

# 國際核能安全公約 中華民國國家報告

行政院 原子能委員會

中華民國 105 年 12 月

# 國際核能安全公約 中華民國國家報告

## 總 論

首先，謹特別指出，本中文版「國際核能安全公約中華民國國家報告(中華民國 105 年 12 月)」主要係翻譯自英文版報告 “The ROC National Report for the CNS (Sept. 2016)”，但為幫助國內讀者明瞭「核能安全公約(CNS)」的來龍去脈及更易於了解國內維護核能安全的做法、努力與現況，且因中文版編撰時間較英文版稍後，故除增加第 2 章「國際原子能總署核能安全公約簡介」外，部分章節也可能增加一些敘述說明及/或一些較新資訊。另依據國際原子能總署(IAEA)要求，本報告係自我完整的(self-standing 或 stand-alone)，為使讀者閱讀本報告時無需事先熟悉先前之我國核能安全公約國家報告，因此如有需要，先前報告部分內容(或更新後)也可能重述於本報告中。此外，英文版參考國外規範從第六章開始，中文版為避免讀者不清楚而質疑，故中文版編寫時，將英文版章節重組，而從第一章開始，有關中文版與英文版章節對應及差異說明，請參考附錄三。

國際原子能總署(以下簡稱 IAEA)於 1994 年 6 月 17 日採納了「核能安全公約」(以下簡稱 CNS)，此公約於 1996 年 10 月 24 日正式生效。CNS 目標是透過各簽約會員(CP)對此公約應履行之維護核能發電安全義務的努力，來維護全世界高水準的核能安全。迄 2016 年 12 月 6 日止，CNS 共有 80 個簽約會員，包含 79 個國家和 1 個機構(EURATOM)。除了台灣，全世界擁有運轉中核能電廠之國家均已加入 CNS 成為簽約會員 (以下簡稱成為簽約會員之國家為“簽約國”)。

CNS 要求簽約國每 3 年應提送一份國家報告，以檢視及探討該國對於 CNS 要求維護核能發電安全義務(共 14 項具體要求，詳見本報告第 2.2 節) 所應盡到之做法與努力，並於每 3 年舉行一次之 CNS 審查會議(RM)中，與其他簽約國彼此互相審查。我國因非為 CNS 簽約國，無緣參與此一盛會，但對有助於提昇國內核能發電安全之機會則不輕易錯過。本報告係我國針對 CNS 具體要求 14 項應盡義務所做自我檢視及探討的最新版國家報告，以提供預定 2017 年舉行之我國與美國雙邊技術會議(bilateral technical meeting)同行審查(peer review)時，彼此互審對方 CNS 國家報告之用。

我國擁有三座運轉中之核能電廠(以下簡稱 NPP)，包含金山、國聖、及馬鞍山核能電廠(分別簡稱為核一廠、核二廠、及核三廠)。另外，還有 1 座已接近建造完成但目前處於封存(in mothballs)狀態中之龍門核能電廠(簡稱核四廠)。核一廠擁有 2 部第 4 型沸水式反應器(BWR-4)，核二廠擁有 2 部第 6 型沸水式反應器(BWR-6)，核三廠擁有 2 部三環路壓水式反應器(3-loop PWR)，核四廠則擁有 2 部進步型沸水式反應器(ABWR)。所有四座核能電廠均由台電公司擁有及運轉。核一、核二與核三等三座電廠合計總發電裝置容量[不含功率提昇(power uprate)] 為 5,144 百萬瓦(MWe)，約佔 2015 年 12 月底時全國總發電裝置容量 [含民營電廠(IPP)] 的 12.5%。

原子能委員會(以下簡稱原能會)為國內核能與輻射相關事務及放射性物質的管制機關(regulatory authority)，目前屬部會層級，對行政院負責。經濟部所屬的台電公司則負責核能發電之開發與運轉。原能會的核能管制功能與經濟部的核能發電推動功能有著明確的區隔。本報告將描述原能會與台電公司對增進國內核能發電安全分別在管制與運轉方面所做的努力與改善，包含管制法規的加強與改進。

為使核能電廠運轉安全狀況更透明化，2004 年原能會參考採用美國核管會(NRC)之「反應器監管方案」(ROP)，建構了我國「核安管制紅綠燈」方案並實施，主要目的為使民眾能輕易了解目前各核能發電機組之安全狀況。(詳參第 3.2.3.3 節)

另外，不管是在建廠或運轉期間，原能會均得隨時派員視察各核能電廠，並要求台電公司檢送電廠有關資料以供審查。原能會對核能電廠之視察，包含駐廠視察、定期視察、大修視察(outage inspections)、專家視察、特殊團隊視察及不預警視察(unannounced inspections)[或稱夜間視察(midnight inspections)]等幾類。

在建廠完成後運轉初期，台灣三座運轉中核能電廠係採用顧客型運轉技術規範(CTS)或標準型運轉技術規範(STS)。2002 年 2 月核一廠首先取代 CTS 而改採用改良式運轉技術規範(ITS)，由於核一廠改用 ITS 後，效果不錯，因此核二廠及核三廠亦分別於 2008 年 1 月及 2004 年 9 月由 STS 而改採用 ITS。

另為提升核能發電安全品質，原能會與台電依據國際發展及國內需求，亦持續進行多項安全活動，包含：推行汲取過去經驗的「國際核能運轉經驗回饋應用制度」，舉行「核安管制會議」，執行跳機(trip)肇因(root cause)調查、電廠異常事件(abnormal occurrence)調查、及電廠設備故障調查，發展嚴重事故處理指引(SAMGs)，參與國際技術評估與同行審查，執行改善措施方案(CAP)，以及採用改良式運轉技術規範(ITS)。

在財務能力方面，我國核能管制法規規定，核能電廠執照申請人需擁有在電廠運轉壽命期限(lifetime)內，安全運轉該電廠所需之足夠的財務資源，且申請建廠執照者必須為最低資本額新台幣 1,000 億元之合法設立的股份有限公司。另外，萬一發生核子事故，核能電廠持照者對於每一事故造成之生命/財產損失，應負起最高限額新台幣 42 億元之賠償責任(compensation liability)。福島核子事故後，原能會曾提出「核子損害賠償法」修正草案，擬將此限額提高至 150 億元，並於 2011 年 9 月 29 日奉行政院核定，同年 10 月 4 日送立法院審議。由於政府推動「2025 年前廢除核能發電」(nuclear power phase-out by 2025)新政策，因此在立法院同意下，該修正草案已於 2016 年 7 月 27 日撤回。

在人力資源方面，2015 年 9 月中旬時，台電公司員工總數共有 27,059 名，其中 2,794 名服務於核能部門，包含核一廠 573 名、核二廠 669 名、核三廠 598 名、核四廠 478 名。

我國核一、二、三廠的初期安全分析報告(以下簡稱PSAR)與終期安全分析報告(以下簡稱FSAR)內容，大致和反應器原產國－美國的「標準審查規範」(“Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants: LWR Edition,” NUREG-0800) 內容(共17章)相同，但原能會在審查核四廠建廠與運轉執照申請時，為增進電廠安全水準，特別要求須額外增加下列內容：第18章「人因工學」、第19章「嚴重事故分析」、附錄A「安全度評估」、附錄B「整體可靠度分析」、附錄C「緊急應變計畫」、附錄D「後端方案」、及附錄E「經驗回饋」等。(註：早期 NUREG-0800 內容共17章，1984年12月增加第18章「人因工學」，2007年3月再納入第19章「嚴重事故分析」，而擴編為19章。)

為強化我國核能發電機組針對防止發生電廠電源喪失事故之強固性(robustness)，國內核能電廠電力供應系統設計是依據深度防禦(defense-in-depth)概念，每部核能機組均有用來防止電源喪失事故發生的數道防線 (詳參本報告第3.1.4.4



及15.1.2節)。

我國「游離輻射防護安全標準」於 2005 年 12 月修正發布，採用國際放射防護委員會(ICRP)第 60 號報告(ICRP-60)建議之精神，將輻射工作人員之有效劑量限值(effective dose limits)訂為每連續 5 年不得超過 100 毫西弗，任何 1 年不得超過 50 毫西弗。一般民眾之有效劑量限值則為每年不得超過 1 毫西弗。為有效管制輻防作業，原能會於 2003 年 2 月建置完成一套「輻防管制系統」，將輻射工作人員、企業經營者能力、以及放射性物質與可發生游離輻射設備進出口等管制作業，整合成電腦控制的管理系統，可更確保各種輻射作業與民眾的輻射安全。

「核子事故緊急應變法」於 2003 年 12 月發布，依其規定，中央政府於發生核子事故時，負責相關聯繫及決定民眾防護行動；地方政府在原能會與軍方專業人員支援下，負責執行相關防護措施。核能電廠經營者應設置核子事故緊急應變(emergency response)專責單位，並成立核子事故設施內之緊急應變組織，其作業程序應送原能會核准。

為確保緊急應變各項措施的有效性，各核能電廠每年均須執行一次廠內緊急應變演練(emergency drill)，項目包括事故通報及資訊傳遞、緊急應變組織動員應變、事故控制搶修、事故影響評估、核子保安(nuclear security)及防恐、輻射偵測及劑量評估等。全面性的廠內外緊急應變演習[即「核安演習」(NEE)]係每年選定國內一座核能電廠舉行一次，項目包括事故通報及資訊傳遞、緊急應變組織動員應變、事故影響評估、民眾防護行動、輻射偵測及劑量評估、輻射污染清除及相關復原作業等。

我國對於核能電廠廠址之要求，主要依據「核子反應器設施管制法施行細則」及反應器原產國(美國)對廠址之要求，後者並被原能會採納為廠址管制之重要參考資料。依規定，國內核能電廠對可能影響電廠安全的廠址相關因素(包括鄰近之工業與軍事設施及交通、氣象、水文條件、地質與地震條件等)之評估結果，均需記錄於 PSAR 與 FSAR 中。另依核能法規要求，核能電廠應依照其設計基準事故(DBA)可能造成之損害，將電廠周圍地區劃分為禁制區(EA)和低密度人口區(LPZ)。台電公司對禁制區內土地，除公路、鐵路、水路外，應取得使用權，區內禁止與核能電廠運轉、維護或保安無關之人員居住及影響核能電廠安全之活動。低密度人口區位於禁制區外圍，區內得供民眾居住。

另外，為預防事故發生與減輕事故後果，核能電廠設計時台電必須納入考量之措施至少有：(1)反應器爐心之設計，須在運轉時，當遇到反應器功率快速增加則爐心臨界度(criticality)會瞬間自動減少，亦即功率係數(power coefficient)須為負；(2)反應器冷卻水壓力邊界的設計，須能使其洩漏或破裂的機率極小；(3)緊急爐心冷卻系統(ECCS)須能在發生喪失冷卻水事故時自動啟動，並提供足夠的冷卻水；(4)須設置有圍阻體(containment)；及(5)須設置有近廠緊急應變設施[或稱緊急運轉設施(EOF)]。

為增進民眾對核能與輻射的認識，原能會直接於其臉書(facebook)社群網站與民眾溝通，以將核能安全與輻射防護基本知識傳播出去。原能會同時盡可能地拜訪環保團體和關心核能機構，並與其對話。原能會更進一步邀請非政府組織(NGO)成員為原子能委員會委員，以廣納各界聲音。



萬一不幸發生核子事故，我國核子事故緊急應變組織將立即組成並負起保護民眾及減輕對民眾影響之責。核子事故中央災害應變中心(NNERC)(屬中央災害應變中心之一環)為核子事故緊急應變最高指揮中心。為「不怕一萬 只怕萬一」，台灣每座運轉中核能電廠每年均須舉行一次廠內緊急應變演練(on-site NERD)，全國性的(NEE)則每年選定一座運轉中核能電廠舉行。透過此等緊急應變演練與核安演習所累積經驗，國內已備有一套緊急應變與緊急應變整備(EP)的良善計畫，並持續加以必要更新與改進。

2011 年 3 月日本福島第一核能電廠發生核子事故(Fukushima Daiichi accident)後，我國隨即於當年 4 月啟動「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案(簡稱“核能電廠總體檢”方案)」(Programs for Safety Reassessment)。接著於同年 8 月進行所有核能電廠的「壓力測試」(ST)，採用歐盟壓力測試規範 (EU ST specifications)。2012 年 8 月原能會完成「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案」總檢討報告。2013 年 2 月及 4 月原能會分別向經濟合作發展組織核能署(OECD/NEA)及歐盟執委會(EC)提出邀請對我國壓力測試結果進行同行審查。OECD/NEA 及歐盟之歐洲核能安全管制者組織(EC/ENSREG)同行審查小組(PRT)之最後報告分別於 2013 年 04 月 23 日及 2013 年 11 月 07 日完成。根據核能電廠總體檢以及 OECD/NEA 與歐盟同行審查結果，原能會於 2012 年 11 月至 2014 年 3 月間發布三批新增管制命令(regulatory orders)，以強化國內核能電廠運轉安全，台電公司得提出替代方案(alternatives)送原能會核可。

現行核能電廠採用之異常運轉程序書(AOP)與緊急運轉程序書(EOP)係以(電廠)徵兆為基準的(symptom-based)，適用於應付廠內事件(internal events)，當發生類似福島核子事故之大範圍嚴重複合式廠外事故時(此時事故影響將及於全廠區)，將迫切需要緊急應變，而以(電廠)徵兆為基準的程序書就須加以精進。因此，國內核能電廠配合從福島事故汲取之教訓，除在電廠電源供應安全性繼續加強【如增加購置移動式柴油發電機電源車(MDG power vehicles)、加強電源供應抗地震/水災能力等】，並在電廠冷卻水源、設備建物抗地震/水災能力、品保、輻射防護、緊急應變、設計等方面強化電廠強固性之外(詳參各章之“從福島汲取教訓”小節)，台電公司亦積極發展「斷然處置程序指引」(URG)，旨在確保核能電廠一旦面臨類似福島事故情境，可保持反應爐燃料仍維持完整且不會熔損，避免因爐心燃料熔損而衍生之後續效應，以致危及民眾健康安全。另外，因政府能源政策改變，台電公司現有核能電廠將不考慮延役，且宣佈核四廠自 2015 年 7 月 1 日起封存三年。(2021 年註:核四廠已於 2017 年 3 月轉為資產維護管理階段，且於 2020 年 12 月 31 日建廠執照屆期失效)

總而言之，台灣核能發電之運作(包含管制機關原能會與核能電廠持照者台電公司之各項作為)，證明了其符合維也納核能安全宣言(VDNS)之原則，有考慮到核能安全公約(CNS)第 6 次審查會議指出之挑戰，並且執行了從福島事故汲取的教訓。詳細資訊請參閱以下章節。

# 目 錄

|                                           | 頁次 |
|-------------------------------------------|----|
| 總論.....                                   | i  |
| 第 1 章 引言.....                             | 1  |
| 1.1 概述.....                               | 1  |
| 1.2 從福島事故經驗汲取教訓.....                      | 5  |
| 1.3 配合國際同行審查發現採行之措施.....                  | 5  |
| 1.4 第 6 屆 CNS 審查會議特別報告編輯者指出之挑戰.....       | 5  |
| 1.5 維也納核能安全宣言三原則.....                     | 6  |
| 參考文獻(第 1 章).....                          | 7  |
| 第 2 章 國際原子能總署核能安全公約簡介.....                | 8  |
| 2.1 核能安全公約由來.....                         | 8  |
| 2.2 簽約國義務.....                            | 8  |
| 參考文獻(第 2 章).....                          | 11 |
| 第 3 章 現有核能電廠.....                         | 12 |
| 3.1 國內現有核能電廠.....                         | 12 |
| 3.1.1 電廠場址、地面高度及海嘯溯上高度.....               | 13 |
| 3.1.2 核能機組特性、機組共用系統結構組件及功率提昇.....         | 17 |
| 3.1.3 運轉中核能電廠績效.....                      | 20 |
| 3.1.4 核能電廠電力供應源.....                      | 24 |
| 3.1.4.1 廠外電源.....                         | 24 |
| 3.1.4.2 廠內備用電源 — 水冷式緊急柴油發電機.....          | 26 |
| 3.1.4.3 緊急備用電源 — 氣冷式擺動緊急柴油發電機與氣渦輪發電機..... | 28 |
| 3.1.4.4 直流電源與移動式柴油發電機.....                | 31 |
| 3.1.4.5 福島事故後電力供應系統之加強.....               | 34 |
| 3.1.5 國內核能電廠現況.....                       | 40 |
| 3.2 主要安全評估.....                           | 40 |
| 3.2.1 台電公司之核能安全文化方案.....                  | 40 |
| 3.2.2 提出報告之法規要求.....                      | 43 |
| 3.2.3 管制機關之審查、視察與評估.....                  | 44 |
| 3.2.3.1 建廠執照、初次裝填核子燃料許可及運轉執照之申請與核准.....   | 44 |
| 3.2.3.2 管制機關視察.....                       | 45 |
| 3.2.3.3 核安管制紅綠燈.....                      | 45 |
| 3.2.3.4 整體安全評估 (或定期安全評估).....             | 49 |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| 3.2.3.5 福島事故後國內核能電廠總體檢 .....      | 51        |
| 3.2.3.6 國際同行審查 .....              | 51        |
| 3.3 安全提昇方案與做法 .....               | 52        |
| 3.3.1 設計修改與設備變更之法規要求 .....        | 52        |
| 3.3.2 強震自動急停系統 .....              | 52        |
| 3.3.3 終期安全分析報告之更新 .....           | 53        |
| 3.3.4 運轉技術規範之更新 .....             | 53        |
| 3.3.5 國際合作 .....                  | 54        |
| 3.3.5.1 綜合性技術合作計畫 .....           | 54        |
| 3.3.5.2 地震研究 .....                | 55        |
| 3.3.6 安全度評估及其在風險告知上的應用 .....      | 56        |
| 3.3.7 電廠改善措施方案 .....              | 57        |
| 3.3.8 核能安全研究與發展方案 .....           | 57        |
| 3.4 從福島事故汲取教訓後的國內核能電廠安全加強措施 ..... | 58        |
| 3.4.1 國內核能電廠總體檢方案與歐盟壓力測試之實施 ..... | 58        |
| 3.4.2 加強電廠安全之法規要求 .....           | 61        |
| 3.4.3 台電公司之電廠安全加強措施 .....         | 64        |
| 3.4.3.1 一般性 .....                 | 64        |
| 3.4.3.2 電廠電源之加強 .....             | 66        |
| 3.4.3.3 冷卻水源與終極熱沉之加強 .....        | 66        |
| 3.4.3.4 地震與海嘯/洪水安全之加強 .....       | 66        |
| 3.4.3.5 機組斷然處置程序指引(URG)之發展 .....  | 67        |
| 參考文獻(第 3 章) .....                 | 68        |
| <b>第 4 章 立法與核能管制架構 .....</b>      | <b>71</b> |
| 4.1 我國之立法與核能管制架構 .....            | 71        |
| 4.2 核能管制法律及法規命令 .....             | 72        |
| 4.2.1 基本法律 .....                  | 72        |
| 4.2.2 施行細則 .....                  | 74        |
| 4.2.3 法規命令 .....                  | 75        |
| 4.3 法令之執行 .....                   | 75        |
| 4.4 法規命令之修正 .....                 | 79        |
| 4.4.1 涉及核子反應器設施管制法相關條例之規定 .....   | 79        |
| 4.4.2 涉及游離輻射防護法相關條例之規定 .....      | 79        |
| 4.4.3 涉及核子事故緊急應變法相關條例之規定 .....    | 80        |
| 4.4.4 涉及核子損害賠償法相關條例之規定 .....      | 80        |



|                                                        |            |
|--------------------------------------------------------|------------|
| 4.4.5 涉及放射性物料管理法相關條例之規定 .....                          | 81         |
| 參考文獻(第 4 章) .....                                      | 82         |
| <b>第 5 章 核能管制機關 .....</b>                              | <b>83</b>  |
| 5.1 我國核能管制機關 .....                                     | 83         |
| 5.1.1 管理權力 .....                                       | 83         |
| 5.1.2 權限與責任 .....                                      | 83         |
| 5.1.3 組織架構 .....                                       | 84         |
| 5.1.3.1 原子能委員會 .....                                   | 85         |
| 5.1.3.2 原子能委員會單位 .....                                 | 85         |
| 5.1.3.3 附屬機構 .....                                     | 91         |
| 5.1.3.4 諮詢委員會 .....                                    | 95         |
| 5.1.4 財務與人力資源 .....                                    | 97         |
| 5.1.4.1 財務資源 .....                                     | 97         |
| 5.1.4.2 人力資源 .....                                     | 98         |
| 5.1.5 原子能委員會與政府單位之業務關聯性 .....                          | 99         |
| 5.1.5.1 行政院部會 .....                                    | 99         |
| 5.1.5.2 地方政府 .....                                     | 100        |
| 5.1.5.3 立法院 .....                                      | 100        |
| 5.2 核能管制機關與核能發展機構之功能區隔 .....                           | 100        |
| 參考文獻(第 5 章) .....                                      | 101        |
| <b>第 6 章 核能電廠持照者責任 .....</b>                           | <b>102</b> |
| 6.1 持照者對核能電廠安全之主要責任 .....                              | 102        |
| 6.1.1 台電公司組織架構及其下放安全主要責任之機制 .....                      | 102        |
| 6.1.2 持照者維持對社會大眾公開透明溝通之機制 .....                        | 107        |
| 6.1.3 持照者確保擁有適當資源(包含技術、人力、財務)以處理事故與減輕事故<br>後果之機制 ..... | 107        |
| 6.2 管制機關確保持照者履行其安全主要責任之機制 .....                        | 108        |
| 參考文獻(第 6 章) .....                                      | 110        |
| <b>第 7 章 安全第一 .....</b>                                | <b>111</b> |
| 7.1 安全第一的政策及要求 .....                                   | 111        |
| 7.1.1 核能安全政策 .....                                     | 111        |
| 7.1.2 核能安全承諾 .....                                     | 111        |
| 7.1.3 核能安全文化 .....                                     | 112        |
| 7.1.3.1 台電公司核能安全文化執行方案 .....                           | 112        |
| 7.1.3.2 台電公司核能安全文化強化方案 .....                           | 113        |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| 7.1.3.3 台電公司核能安全文化精進方案 .....   | 114        |
| 7.1.4 核能安全管制機關 .....           | 115        |
| 7.1.4.1 發照 .....               | 116        |
| 7.1.4.2 視察及強制執行 .....          | 116        |
| 7.1.4.3 核安管制紅綠燈 .....          | 116        |
| 7.1.5 獨立評估核能電廠安全 .....         | 117        |
| 7.1.5.1 INPO與WANO同業評估 .....    | 117        |
| 7.1.5.2 獨立同行審查壓力測試報告 .....     | 119        |
| 7.2 安全相關之自發性活動與優良作業 .....      | 120        |
| 7.3 增進核安管制資訊透明化做法 .....        | 127        |
| 7.4 藉由國際合作增進核安管制技術 .....       | 127        |
| 參考文獻(第 7 章) .....              | 129        |
| <b>第 8 章 財務與人力資源 .....</b>     | <b>130</b> |
| 8.1 財務資源 .....                 | 130        |
| 8.1.1 財務要求 .....               | 130        |
| 8.1.2 執照持有者之財務資源 .....         | 130        |
| 8.1.3 增進核能安全之資金支出 .....        | 131        |
| 8.1.4 除役和放射性廢棄物管理之資金提供 .....   | 132        |
| 8.1.5 核子事故衍生求償之財務保證方案 .....    | 133        |
| 8.2 人力資源 .....                 | 133        |
| 8.2.1 人員資格、訓練與再訓練之要求 .....     | 133        |
| 8.2.1.1 核能管制單位管制人員之訓練要求 .....  | 135        |
| 8.2.1.1.1 核能電廠視察人員 .....       | 135        |
| 8.2.1.1.2 輻射防護視察人員 .....       | 136        |
| 8.2.1.1.3 核子保安與緊急應變視察人員 .....  | 137        |
| 8.2.1.1.4 放射性物料管理視察人員 .....    | 138        |
| 8.2.1.2 核子反應器運轉人員之法規要求 .....   | 139        |
| 8.2.1.2.1 值班反應器運轉人員之人數要求 ..... | 139        |
| 8.2.1.2.2 核子反應器運轉人員之資格要求 ..... | 140        |
| 8.2.1.3 輻射防護人員之法規要求 .....      | 143        |
| 8.2.1.4 放射性廢棄物操作人員之法規要求 .....  | 144        |
| 8.2.1.5 持照者對其員工之訓練與再訓練計畫 ..... | 144        |
| 8.2.1.5.1 反應器運轉人員訓練 .....      | 145        |
| 8.2.1.5.2 持照反應器運轉人員再訓練 .....   | 147        |
| 8.2.1.5.3 持照反應器運轉人員再鑑定 .....   | 149        |
| 8.2.1.5.4 無證照電廠技術人員訓練 .....    | 149        |

|                                   |            |
|-----------------------------------|------------|
| 8.2.1.5.5 台電公司一般員工與承包商員工之訓練 ..... | 150        |
| 8.2.1.5.6 電廠模擬器訓練中心 .....         | 150        |
| 8.2.1.5.7 台電訓練所 .....             | 151        |
| 8.2.2 持照者人力資源 .....               | 151        |
| 8.2.2.1 台電公司人力 .....              | 151        |
| 8.2.2.2 緊急時承包商可提供人力支援 .....       | 152        |
| 8.2.2.3 處理嚴重事故時廠內外可提供人力支援 .....   | 152        |
| 8.2.3 其他人力資源 .....                | 153        |
| 參考文獻(第 8 章) .....                 | 153        |
| <b>第 9 章 人為因素 .....</b>           | <b>155</b> |
| 9.1 核能安全的人為因素及管理體系 .....          | 155        |
| 9.2 核能電廠設計時考量的人為因素及後續改善 .....     | 155        |
| 9.3 預防、偵測及改正人為失誤做法 .....          | 156        |
| 9.4 組織與管理議題 .....                 | 158        |
| 9.5 管制機關與設施運轉者的角色 .....           | 159        |
| 9.5.1 管制機關 .....                  | 159        |
| 9.5.2 設施運轉者 .....                 | 160        |
| 9.6 汲取福島教訓 .....                  | 160        |
| 9.6.1 強化核安組織管制與推動安全文化 .....       | 160        |
| 9.6.2 強化緊急應變人員訓練 .....            | 161        |
| 參考文獻(第 9 章) .....                 | 161        |
| <b>第 10 章 品質保證 .....</b>          | <b>162</b> |
| 10.1 品質保證方案 .....                 | 162        |
| 10.2 品質保證方案之施行與評估 .....           | 162        |
| 10.3 構型管理 .....                   | 164        |
| 10.3.1 構型管理的目的 .....              | 164        |
| 10.3.2 構型管理計畫 .....               | 164        |
| 10.3.3 構型管理設計文件 .....             | 165        |
| 參考文獻(第 10 章) .....                | 165        |
| <b>第 11 章 安全評估與驗證 .....</b>       | <b>166</b> |
| 11.1 確保核能電廠整個壽命週期均執行安全評估 .....    | 166        |
| 11.1.1 運轉前之安全評估 .....             | 161        |
| 11.1.2 運轉階段之安全評估 .....            | 167        |
| 11.1.3 設計變更之安全評估 .....            | 170        |

|               |                           |            |
|---------------|---------------------------|------------|
| 11.1.4        | 核能電廠除役計畫 .....            | 170        |
| 11.2          | 分析、監測、測試及視察等驗證工作 .....    | 171        |
| 11.2.1        | 核能電廠視察 .....              | 171        |
| 11.2.2        | 燃料填換安全分析 .....            | 173        |
| 11.2.3        | 預防保養 .....                | 174        |
| 11.2.4        | 其他運轉階段之安全分析 .....         | 174        |
| 11.3          | 汲取福島教訓 .....              | 175        |
| 11.3.1        | 核能電廠安全防護總體檢 .....         | 175        |
| 11.3.2        | 壓力測試及獨立同行審查 .....         | 176        |
| 11.3.3        | 原能會管制案 .....              | 176        |
| 11.3.4        | 管制案執行現況 .....             | 177        |
|               | 參考文獻(第 11 章).....         | 181        |
| <b>第 12 章</b> | <b>輻射防護 .....</b>         | <b>183</b> |
| 12.1          | 管制架構與輻射工作人員防護 .....       | 183        |
| 12.1.1        | 輻射防護之法律、施行細則及法規命令 .....   | 183        |
| 12.1.2        | 職業曝露之合理抑低 .....           | 184        |
| 12.1.2.1      | 核能電廠設計與興建時職業曝露之合理抑低 ..... | 184        |
| 12.1.2.2      | 輻射曝露管制標準 .....            | 184        |
| 12.1.2.3      | 輻射工作之管理 .....             | 184        |
| 12.1.2.4      | 降低職業輻射曝露 .....            | 185        |
| 12.1.2.5      | 人員劑量評定及其驗證 .....          | 186        |
| 12.1.2.6      | 輻射防護之訓練 .....             | 186        |
| 12.1.3        | 加強管制的作為 .....             | 186        |
| 12.1.3.1      | 游離輻射防護安全標準 .....          | 186        |
| 12.1.3.2      | 建置及利用輻防管制系統 .....         | 187        |
| 12.2          | 一般民眾之輻射曝露防護 .....         | 187        |
| 12.2.1        | 放射性物質排放之劑量約束 .....        | 187        |
| 12.2.2        | 核能電廠周圍民眾之劑量評估 .....       | 187        |
| 12.2.3        | 台電公司之環境輻射監測 .....         | 189        |
| 12.2.4        | 原子能委員會之環境輻射監測網 .....      | 191        |
| 12.3          | 汲取福島教訓 .....              | 193        |
| 12.3.1        | 核子事故後之輻射防護準則 .....        | 193        |
| 12.3.2        | 再審視救援與支援能力 .....          | 193        |
| 12.3.3        | 建立大眾與救援者劑量重建能力 .....      | 193        |
| 12.3.4        | 強化環境輻射偵測實驗室之分析能力 .....    | 193        |

|                                          |            |
|------------------------------------------|------------|
| 12.3.5 原能會為減輕福島事故對台灣民眾衝擊而採行的輻射安全措施 ..... | 193        |
| 參考文獻(第 12 章) .....                       | 194        |
| <b>第 13 章 緊急應變整備 .....</b>               | <b>195</b> |
| 13.1 廠內與廠外之緊急應變整備 .....                  | 195        |
| 13.1.1 法律及法規要求 .....                     | 195        |
| 13.1.1.1 各緊急應變組織之編組與任務 .....             | 195        |
| 13.1.1.2 核能電廠經營者之緊急應變組織與任務 .....         | 198        |
| 13.1.1.3 核子事故分類 .....                    | 198        |
| 13.1.1.4 緊急應變計畫區 .....                   | 198        |
| 13.1.2 規劃訓練與演習 .....                     | 199        |
| 13.1.2.1 核子事故緊急應變基本計畫與民眾防護計畫 .....       | 199        |
| 13.1.2.2 核能電廠經營者緊急應變計畫 .....             | 199        |
| 13.1.2.3 訓練及例行設備測試 .....                 | 200        |
| 13.1.3 核安監管中心 .....                      | 200        |
| 13.2 民眾之通報與防護 .....                      | 202        |
| 13.2.1 緊急應變之整備 .....                     | 202        |
| 13.2.2 核子事故應變演習 .....                    | 203        |
| 13.2.3 復原措施 .....                        | 204        |
| 13.2.4 核子損害賠償 .....                      | 205        |
| 13.3 配合國際體制及與鄰近國家關係 .....                | 206        |
| 13.4 汲取福島教訓 .....                        | 206        |
| 13.4.1 複合式災害的緊急應變機制 .....                | 206        |
| 13.4.2 緊急應變與整備 .....                     | 207        |
| 13.4.3 海域與空中輻射偵測 .....                   | 207        |
| 13.4.4 輻射量測計畫審查 .....                    | 208        |
| 13.4.5 預警式疏散及核子災害應變措施 .....              | 208        |
| 參考文獻(第 13 章) .....                       | 210        |
| <b>第 14 章 廠址選擇 .....</b>                 | <b>211</b> |
| 14.1 評估廠址相關因素 .....                      | 211        |
| 14.1.1 鄰近工業與軍事設施及交通 .....                | 211        |
| 14.1.2 氣象 .....                          | 211        |
| 14.1.3 水文條件 .....                        | 212        |
| 14.1.4 地質與地震條件 .....                     | 212        |
| 14.1.5 核四廠興建計畫之選址經驗 .....                | 213        |
| 14.2 個人、社會與環境安全影響評估 .....                | 215        |



|                                       |            |
|---------------------------------------|------------|
| 14.2.1 環境影響評估之管制要求 .....              | 215        |
| 14.2.2 輻射事故後果評估 .....                 | 216        |
| 14.3 汲取福島教訓 .....                     | 217        |
| 參考文獻(第 14 章) .....                    | 218        |
| <b>第 15 章 設計與建造 .....</b>             | <b>220</b> |
| 15.1 防止放射性物質外洩 .....                  | 220        |
| 15.1.1 執照申請程序與管制要求 .....              | 220        |
| 15.1.2 深度防禦概念之施行 .....                | 221        |
| 15.1.3 事故之預防與減輕 .....                 | 222        |
| 15.2 採用成熟技術 .....                     | 223        |
| 15.3 人為因素與人機介面之考量 .....               | 224        |
| 15.4 汲取福島教訓 .....                     | 225        |
| 參考文獻(第 15 章) .....                    | 230        |
| <b>第 16 章 運轉 .....</b>                | <b>232</b> |
| 16.1 核能電廠運轉之初次核准 .....                | 232        |
| 16.2 運轉限制與條件 .....                    | 233        |
| 16.3 按照核准的程序書執行運轉、維護、檢查和測試 .....      | 234        |
| 16.4 預期運轉暫態與事故之處理 .....               | 237        |
| 16.4.1 核能電廠運轉狀態分類 .....               | 237        |
| 16.4.2 暫態與事故處理 .....                  | 238        |
| 16.4.3 機組斷然處置程序指引(URG) .....          | 239        |
| 16.4.4 核能電廠事故處置流程 .....               | 244        |
| 16.5 工程與技術支援 .....                    | 245        |
| 16.6 重要安全相關事件陳報 .....                 | 248        |
| 16.6.1 事件陳報之法規要求 .....                | 248        |
| 16.6.2 核能發電機組急停後再起動 .....             | 249        |
| 16.6.3 核能電廠異常事件和設備故障之評估 .....         | 250        |
| 16.7 違規處罰 .....                       | 252        |
| 16.7.1 核子設施違規 .....                   | 252        |
| 16.7.2 反應器運轉人員違規 .....                | 253        |
| 16.8 運轉經驗回饋 .....                     | 254        |
| 16.8.1 核能先進國管制資訊研析與國際核能發電運轉經驗回饋 ..... | 254        |
| 16.8.2 建立運轉維護經驗回饋制度 .....             | 255        |
| 16.8.3 從國內與國際運轉經驗及/或事件汲取教訓 .....      | 256        |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 16.8.4 從緊急應變核安演練/演習汲取教訓 .....        | 256 |
| 16.9 放射性廢棄物管理 .....                  | 258 |
| 16.9.1 低放射性廢棄物管理 .....               | 258 |
| 16.9.1.1 低放射性廢棄物之處理與貯存 .....         | 258 |
| 16.9.1.2 低放射性廢棄物之最終處置 .....          | 259 |
| 16.9.2 用過核子燃料管理 .....                | 260 |
| 16.9.2.1 用過核子燃料之廠內乾式貯存 .....         | 261 |
| 16.9.2.2 用過核子燃料之最終處置 .....           | 263 |
| 16.10 核能資訊透明化 .....                  | 265 |
| 參考文獻(第 16 章) .....                   | 266 |
| 附件 A 縮寫字與特殊用語中英對照表 .....             | 268 |
| 附件 B 感謝辭 .....                       | 290 |
| 附錄一 國內核能電廠重要特性數據 .....               | 291 |
| 附錄二 福島核子事故後我國新增管制要求與行政命令 .....       | 300 |
| A. 2012年11月5日發布之法規命令 .....           | 300 |
| B. 2013年6月6日發布之法規命令 .....            | 303 |
| C. 2014年3月6日發布之法規命令 .....            | 303 |
| 參考文獻(附錄二) .....                      | 304 |
| 附錄三 核能安全公約國家報告中文版英文版章節對應及差異說明表 ..... | 305 |

## 圖目錄

|                                            | 頁次  |
|--------------------------------------------|-----|
| 圖 3.1 台灣境內核能電廠場址 .....                     | 13  |
| 圖 3.2 核一廠主要設施高程示意圖 .....                   | 14  |
| 圖 3.3 核二廠主要設施高程示意圖 .....                   | 15  |
| 圖 3.4 核三廠主要設施高程示意圖 .....                   | 16  |
| 圖 3.5 核四廠主要設施高程示意圖 .....                   | 16  |
| 圖 3.6 國內運轉中核能電廠年平均機組容量因數(加權平均) .....       | 22  |
| 圖 3.7 國內運轉中核能電廠年平均每部機組異常事件報告數 .....        | 22  |
| 圖 3.8 國內運轉中核能電廠年平均每部機組跳機次數 .....           | 22  |
| 圖 3.9 國內運轉中核能電廠固化低放射性廢棄物總年產量 .....         | 23  |
| 圖 5.1 行政院原子能委員會組織架構圖 .....                 | 84  |
| 圖 6.1 台灣電力公司組織架構 .....                     | 102 |
| 圖 6.2 台電公司核能發電事業部組織架構圖 .....               | 103 |
| 圖 6.3 典型台電公司核能電廠組織架構圖 .....                | 106 |
| 圖 6.4 台電公司核能發電廠緊急計畫執行委員會(NEPEC)組織架構圖 ..... | 109 |
| 圖 7.1 斷然處置程序指引流程圖 .....                    | 126 |
| 圖 8.1 台電公司總資產(迄 2015 年) .....              | 131 |
| 圖 9.1 核能安全管理體系 .....                       | 155 |
| 圖 9.2 預防人為失誤的屏障 .....                      | 157 |
| 圖 11.1 台電公司核能電廠複合式防災安全深度優勢 .....           | 181 |
| 圖 12.1 全國環境輻射監測網 .....                     | 192 |
| 圖 13.1 (核子事故)中央災害應變中心組織圖 .....             | 196 |
| 圖 13.2 複合式災害(核子事故)中央災害應變中心運作架構圖 .....      | 197 |
| 圖 14.1 新地震事證安全評估流程圖 .....                  | 213 |
| 圖 15.1 反應器緊急補水冷卻 .....                     | 227 |
| 圖 15.2 強化用過燃料池補水系統 .....                   | 227 |
| 圖 15.3 圍阻體氫氣監控及緊急排放 .....                  | 228 |
| 圖 15.4 強化電源與氣源供應 .....                     | 229 |
| 圖 15.5 核能電廠機組斷然處置之流程 .....                 | 229 |
| 圖 15.6 福島事故後提昇設計基準事故之因應措施 .....            | 230 |
| 圖 16.1 核能電廠機組運轉狀態與適用之對應電廠運轉程序書關係圖 .....    | 238 |
| 圖 16.2 FLEX 與 URG 之比較 .....                | 240 |
| 圖 16.3 URG、AOP、EOP 和 SAMP 間之關係 .....       | 242 |

|        |                                          |     |
|--------|------------------------------------------|-----|
| 圖 16.4 | URG 執行步驟與 EOP 之關係.....                   | 243 |
| 圖 16.5 | 核一廠 INER-HPS 乾式貯存護箱外觀.....               | 261 |
| 圖 16.6 | 核二廠乾式貯存護箱(MAGNASTOR)示意圖.....             | 262 |
| 圖 16.7 | 台灣境內用過核子燃料長程處置計畫發展歷程(2006 年 07 月核定版) ... | 263 |
| 圖 16.8 | 台灣境內用過核子燃料長程處置計畫全程規劃(2014 年修訂版) .....    | 264 |
| 圖 16.9 | 台灣境內用過核子燃料長程處置計畫替代因應方案 .....             | 265 |

## 表目錄

|                                                            | 頁次  |
|------------------------------------------------------------|-----|
| 表 1.1 國內發電裝置容量 (2015 年) .....                              | 2   |
| 表 1.2 國內發電量 (2015 年) .....                                 | 2   |
| 表 1.3 國內核能電廠開始商業運轉及運轉執照到期日期 .....                          | 3   |
| 表 3.1 台灣境內核能電廠之場址高程與海嘯設計基準高度 .....                         | 17  |
| 表 3.2 國內核能發電機組基本數據資料 .....                                 | 17  |
| 表 3.3 國內核能發電機組 2014 年運轉績效指標與世界核能發電協會(WANO)<br>平均值之比較 ..... | 20  |
| 表 3.4 台電核能發電機組安全相關績效指標(1991 ~ 2014)* .....                 | 42  |
| 表 3.5 國內運轉中核能電廠績效指標 .....                                  | 47  |
| 表 3.6 國內運轉中核能電廠視察發現 .....                                  | 48  |
| 表 3.7 福島事故後國內核能電廠總體檢和壓力測試里程碑 .....                         | 60  |
| 表 4.1 核子反應器設施管制法相關之法規命令 .....                              | 76  |
| 表 4.2 游離輻射防護法相關之法規命令 .....                                 | 76  |
| 表 4.3 核子事故緊急應變法相關之法令規定 .....                               | 77  |
| 表 4.4 核子損害賠償法相關之法規命令 .....                                 | 77  |
| 表 4.5 放射性物料管理法相關之法規命令 .....                                | 78  |
| 表 5.1 原子能委員會各機關預算與人力 .....                                 | 85  |
| 表 8.1 台電公司各核能電廠設計變更案統計數字(2011 ~ 2014) .....                | 132 |
| 表 8.2 台電公司各核能電廠持有核能相關證照者統計數字(2015 年 8 月底) .....            | 145 |
| 表 11.1 台灣發展安全度評估模式之歷程 .....                                | 169 |
| 表 11.2 台電公司依據 ASME 標準發展安全度評估模式之時間表 .....                   | 169 |
| 表 11.3 運轉中核能電廠福島後管制案之執行現況 .....                            | 178 |
| 表 12.1 現行劑量限值 .....                                        | 184 |
| 表 12.2 各類輻射工作人員之集體劑量 .....                                 | 185 |
| 表 12.3 台電公司各核能電廠之集體劑量 .....                                | 185 |
| 表 12.4 核一廠對周圍民眾之劑量評估 .....                                 | 188 |
| 表 12.5 核二廠對周圍民眾之劑量評估 .....                                 | 188 |
| 表 12.6 核三廠對周圍民眾之劑量評估 .....                                 | 189 |
| 表 12.7 核能電廠周圍之環境輻射監測 .....                                 | 190 |
| 表 13.1 福島核子事故後我國增設之環境輻射監測顯示系統 .....                        | 201 |
| 表 13.2 防護行動之干預基準 .....                                     | 202 |
| 表 13.3 食物及飲用水管制標準 .....                                    | 203 |

|        |                                        |     |
|--------|----------------------------------------|-----|
| 表 14.1 | 鹽寮、老梅、觀音及大武廠址因素比較 .....                | 214 |
| 表 14.2 | 核四廠廠址評比表 .....                         | 215 |
| 表 14.3 | 環境影響評估報告書大綱 .....                      | 216 |
| 表 16.1 | 台電公司各核能電廠歷年異常事件報告統計數字(迄 2014 年底) ..... | 252 |
| 表 16.2 | 核能電廠年度違規次數統計 .....                     | 253 |

# 國際核能安全公約 中華民國國家報告

## 第 1 章 引言

### 1.1 概述

1994 年 6 月 17 日，「國際原子能總署」(以下簡稱 IAEA)採納了「核能安全公約」(以下簡稱 CNS)，該公約於 1996 年 10 月 24 日正式生效，目標是透過各簽約會員(CP)對此公約中所訂應履行義務(obligations)之努力，來維護全世界的高水準核能發電安全。CNS 維護安全的標的物是建於陸地上的「陸上民用核能電廠」，其簽約會員國(以下簡稱「簽約國」)每 3 年在維也納集會 1 次，稱為 CNS 審查會議(RM)。會議前每個擁有運轉中核能電廠(NPPs)的簽約國均會事先於約 6 個月前提送一份檢視及探討該國在履行公約義務方面之做法與努力的國家報告，俾於會中彼此交換審查，並進行提問與回答(Q&A)。此等國家報告，主要係針對 CNS 第 6 ~ 19 條等條文所規定之 14 項簽約國應盡維護核能發電安全義務，檢討及敘述該國採取了哪些措施與做了哪些努力。首屆 CNS 審查會議於 1999 年 4 月舉行，迄 2016 年 9 月已舉行過 6 屆。第 6 屆 CNS 審查會議於 2014 年 3 月 24 日至 4 月 4 日舉行，下一屆(第 7 屆)預定 2017 年 3 月 27 日至 4 月 7 日舉行(參考文獻 1.1 ~ 1.2)。

我國雖然擁有運轉中之核能電廠，卻因非 CNS 簽約國，無緣參加每 3 年 1 次在維也納 IAEA 總部舉行的 CNS 審查會議，但對有助於提昇我國核能發電安全之機會則不輕易錯過，因此亦決定善用 CNS 機制來自我檢驗，並徵得美國同意與我方互審，以增進並確保國內核能發電安全。「行政院原子能委員會」(以下簡稱「原能會」或 AEC)於 2004 年 9 月，首次針對 CNS 簽約國應履行之 14 項維護核能發電安全義務完成一份自我檢視與探討的(英文版)國家報告，並於翌(2005)年與「美國核能管制委員會」(以下簡稱 NRC、USNRC 或美國核管會)進行同行審查(peer review)。2010 年我國更新 CNS 國家報告(英文版)，並於翌年(2011)再次與美國進行 CNS 國家報告互審。2016 年我國再度更新 CNS 國家報告(英文版)，將再次與美國進行雙邊同行審查。

台灣能源資源匱乏，超過99%以上的初級能源(primary energy)仰賴進口。以2015年為例，全年總初級能源供應量約145,080千公秉( $10^3$  kilo-liter)油當量(oil equivalent)，較前一年減少約1.61%，其中97.84%仰賴進口(較前一年減少約1.80%)。自產能源佔約2.16% (較前一年增加約8.06%)，包含：生質能(biomass energy)及廢棄物能(energy from waste)佔約1.39%；慣常水力發電(hydropower)佔約0.29%；太陽光電及風力發電(wind power)佔約0.16%；太陽熱能佔約0.08%；天然氣佔約0.23%；原油佔約0.01%。核能發電(nuclear power)佔總能源供應量約7.28% (因機組意外停機事件較多及歲修時程較長，使發電量較前一年大幅減少13.96%)。再生能源(renewable energy)佔約1.92%，化石能源(fossil energy)佔約90.08% (參考文獻1.3 ~ 1.4)。自2001年起，國內已不再生產煤炭，所消耗之煤炭百分之百得靠進口。

如表 1.1 所示，迄 2015 年底止，國內三座運轉中核能電廠(NPP)的總發電裝置容量約為 5,144 百萬瓩(5,144 MWe)[不採計機組功率提昇(power uprate)]，佔台灣電力系統總發電裝置容量[含民營電廠(IPP)]41,040 百萬瓩的 12.5%。表 1.2 則顯示，2015 年台灣核能發電量約為  $35.1 \times 10^9$  度(kWh)，約佔總發電量  $219.1 \times 10^9$  度(kWh)的 16.0%。



(參考文獻 1.5)

表 1.1 國內發電裝置容量 (2015 年)

| 能源種類          | 裝置容量 (百萬瓦) | 百分比 (%) |
|---------------|------------|---------|
| 台電:           |            |         |
| 石油            | 3,330      | 8.1     |
| 煤炭            | 7,600      | 18.5    |
| 液化天然氣         | 10,640     | 25.9    |
| 抽蓄水力          | 2,600      | 6.3     |
| 再生能源          | 2,110      | 5.1     |
| 核能            | 5,144      | 12.5    |
| (台電合計)        | (31,424)   | (76.6)  |
| 民營電廠(含民間再生能源) | 9,620      | 23.4    |
| 總 計           | 41,040     | 100     |

表 1.2 國內發電量 (2015 年)

| 能源種類          | 發電量 (十億度) | 百分比 (%) |
|---------------|-----------|---------|
| 台電:           |           |         |
| 石油            | 10.3      | 4.7     |
| 煤炭            | 57.1      | 26.0    |
| 液化天然氣         | 59.1      | 27.0    |
| 抽蓄水力          | 3         | 1.4     |
| 再生能源          | 4.5       | 2.1     |
| 核能            | 35.1      | 16.0    |
| (台電合計)        | (169.1)   | (77.2)  |
| 民營電廠(含民間再生能源) | 50        | 22.8    |
| 總 計           | 219.1     | 100     |

目前我國共有四座核能電廠，分別是運轉中的金山核能電廠（又稱第一核能電廠，簡稱核一廠）、國聖核能電廠（又稱第二核能電廠，簡稱核二廠）、和馬鞍山核能電廠（又稱第三核能電廠，簡稱核三廠），以及封存中(in mothballs)的龍門核能電廠（又稱第四核能電廠，簡稱核四廠）。每座核能電廠均各有 2 部相同之核能發電機組。

核一廠、核二廠、及核四廠均位在台灣北部海邊，核三廠則位在台灣南部海邊。核一廠和核二廠採用的核子反應器是沸水式反應器(以下簡稱 BWR)，核三廠採用的是壓水式反應器(以下簡稱 PWR)，而核四廠用的則是先進的進步型沸水式反應器(以下簡稱 ABWR)。國內核能電廠均為國營之台電公司(TPC)所擁有，並由其負責運轉和建造。目前核四廠已超過 95%建造完成，唯在日本福島事故後因國內社會環境因素考量，台電公司宣佈自 2015 年 7 月 1 日起暫定封存三年(參考文獻 1.6)。(2021 年註：核四廠已於 2017 年 3 月轉為資產維護管理階段，且於 2020 年 12 月 31 日建廠執照屆期失效)

如表 1.3 所示，核一廠 1 號機和 2 號機的 40 年運轉壽命週期(life cycle)將分別於 2018 年 12 月 05 日和 2019 年 07 月 15 日到期，若欲依照國外(例如美國)核能電廠壽命延長(又稱「延役」)(life extension)20 年例子，申請延長核一廠運轉壽命，則依規定必須提出壽命延長申請並獲核准。台電公司於 2009 年 7 月正式向原能會提出核一廠壽命延長申請，因為此為第一次審查，故原能會需時較長以求謹慎(約需 24~26 個月)。審查期間，因 2011 年 03 月發生福島事故，且 2012 年核一廠進行中幅度功率提昇(SPU)(參閱第 3.1.2 節)，故審查於 2014 年 8 月重新開始。唯因政府能源政策有了改變，台灣現有核能電廠將不考慮延役。

表 1.3 國內核能電廠開始商業運轉及運轉執照到期日期(expiration date)

| 核能電廠   | 核一廠            |                | 核二廠            |                | 核三廠            |                |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 機組     | 1 號機           | 2 號機           | 1 號機           | 2 號機           | 1 號機           | 2 號機           |
| 商業運轉日期 | 1978.<br>12.06 | 1979.<br>07.16 | 1981.<br>12.28 | 1983.<br>03.15 | 1984.<br>07.27 | 1985.<br>05.18 |
| 運轉到期日期 | 2018.<br>12.05 | 2019.<br>07.15 | 2021.<br>12.27 | 2023.<br>03.14 | 2024.<br>07.26 | 2025.<br>05.17 |

國內運轉中核能電廠在台電公司用心經營下，近年來運轉成績表現均甚優良(參閱表 6.6)，以 2014 年為例，三座運轉中核能電廠之六部機組的年平均電廠加權容量因數(weighted CF)高達 94.07%。整體而言，從安全性及可靠度來看，國內核能電廠運轉可謂相當令人滿意。

原能會(AEC)是國內原子能相關業務之最高主管機關(regulatory authority)，成立於 1955 年，為行政院下部會層級之二級機關。會本部設有綜合計畫處(DOP)、核能管制處(DNR)、輻射防護處(DRP)、和核能技術處(DNT)等四個業務單位，分掌各項相關業務。另外原能會之下尚設有三個附屬機構：核能研究所(以下簡稱核研所或 INER)、放射性物料管理局(以下簡稱物管局或 FCMA)、和輻射偵測中心(以下簡稱偵測中心或 RMC)。不包含大學院校等學術單位，核研所是國內唯一核能研究機構，其近年來之主要研發領域包含：核能電廠執照更新(license renewal)評估、中幅度和小幅度功率提昇研究、運轉中核能電廠第二階安全度評估(level 2 PRA)、輻射源項(source term)評估、核能電廠地震風險再評估、低放射性廢棄物(LLW)之高效率固化技術(HEST)研究、核設施除役與放射性廢棄物管理、核醫藥物(radiobiological medicines)研究、核能級工業技術檢證平台(creditation platform)建立等(詳參第 3.3.8 節)。物管局主要負責下列之安全管制：(1)放射性廢棄物(radioactive wastes) [包含低放射性廢棄物(LLW)和用過核燃料(SNF)] 之處理、運送與最終處置(final disposal)；(2)核子原料(nuclear materials)和核

子燃料之進出口、貯存、和轉讓(transfer)。偵測中心主要負責環境中各種天然和人造游離輻射(ionizing radiations)，包含民眾吃的食物中之放射性含量(radioactivity content)等之偵測(monitoring)。

福島核子事故 2011 年 3 月中旬發生後，我國隨即於 1 個多月後的 4 月 19 日啟動「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案(簡稱「核能電廠總體檢方案」)」(Programs for Safety Reassessment)。稍後，所有核能電廠並開始進行採用歐盟規範(EU ST specifications)的「壓力測試」(stress tests)，並於完成後分別邀請經濟合作發展組織核能署(OECD/NEA)及歐盟執委會歐洲核能安全管制者組織(EC/ENSREG)組成專家小組(task force)，對壓力測試結果進行同行審查(peer review)。經過此等努力，國內核能電廠防範類似福島核子事故之複合式災害(compound disasters)能力，包含電力供應系統等之安全性與強固性(robustness)均大大提昇。

本報告係自我完整的(self-standing or stand-alone)，閱讀本報告無需事先熟悉先前之我國核能安全公約(CNS)國家報告。另為方便讀者查詢本報告文中專有名詞之原文全名，附件 A 詳列文中專有名詞之英文縮寫、英文全名及中譯。

本報告第 2 章將簡介 CNS 之由來與簽約國義務。第 3 章介紹及探討我國現有核能電廠設計、特性、運轉狀況、歷年來運轉績效與安全提昇做法、以及從福島事故汲取教訓後的國內核能電廠安全加強措施等。第 4 章簡介我國有關核能的立法與管制架構。1968 年公布、1971 年修訂之「原子能法」是我國核能基本法，隨後又陸續公布或修正公布了「核子反應器設施管制法」、「游離輻射防護法」、「核子事故緊急應變法」、「放射性物料管理法」、「核子損害賠償法」、及「低放射性廢棄物最終處置場址設置條例」等，以及多項配合之核能管制法規。第 5 章主要介紹核能管制機關原子能委員會之組織、功能與職責。第 6 章指出核能電廠運轉安全主要責任在持照者(即業者)(licensee)，管制單位運作機制乃為確保持照者符合其應盡義務。第 7 章綜述核能電廠維護提昇安全之各項作為。第 8 章討論持照者在核能電廠運轉、核能安全提昇、未來電廠除役(decommissioning)與放射性廢棄物處理、和萬一發生核子損害賠償等方面之財務資源，以及國內【包含持照者與管制單位(regulatory body)】支持並維護核能發電安全之相關人力資源。第 9 章探討如何從人為因素(human factors)協助增進核能電廠運轉安全及從福島事故汲取之相關教訓。第 10 章敘述國內核能電廠品質保證(QA)做法及從福島事故汲取之相關教訓。第 11 章描述在核能電廠整個壽命週期內持續進行之全面性與系統化的安全評估，以及利用分析、監測、試驗、與視察等方法對電廠安全進行之驗證，並汲取從福島事故學得之教訓。第 12 章提及國內核能電廠輻射防護做法及從福島事故汲取之相關教訓。第 13 章聚焦於廠內外之緊急應變整備(EP)與組織，以及福島事故後緊急應變計畫區(EPZ)範圍擴大等配合調整。第 14 章描述對可能影響核能電廠安全之場址相關因素的評估，以及福島事故後該等因素於處理極端天然災害(extreme natural disasters)(包含地震、海嘯和洪水)時的再評估。第 15 章敘述核能電廠如何在設計上深度防禦(defense-in-depth)放射性物質的釋出，如何善用成熟技術(proven technology)確保核能電廠運轉安全，以及如何汲取福島教訓以再評估驗證電廠應付設計基準事故(DBA)與超越設計基準事故(BDBA)的能力。最後，第 16 章徹底再檢討國內所有與核能電廠運轉有關作為，包含台電公司發展「斷然處置程序指引」(URG)，以在萬一發生超越設計基準事故時，防止反應器爐心燃料熔損(core damage)。附錄一列出國內核能電廠重要特性數據，福島事故後新發布之核能管制命令(regulatory orders)則詳述於附錄二。

獲選為將於 2017 年 3 月底起舉行之第 7 屆 CNS 審查會議(RM)主席 – 加拿大籍 Ramzi Jammal [加拿大核能委員會執行副主任委員 (CNSC Executive Vice-President)]，於 2016 年 2 月 11 日寄給會員國一封公開信，要求會員國在其第 7 屆 CNS 國家報告內，應納入其本國對「如何從福島事故汲取教訓」、「如何善用國際同行審查發現」、第 6 屆 CNS 審查會議特別報告編輯者(Special Rapporteur)指出之「五大挑戰」、及「維也納核能安全宣言(Vienna Declaration on Nuclear Safety)」三原則等之因應做法的描述。以下謹簡述本報告對此之回應，詳細做法則敘述於各相關章節。

## 1.2 從福島事故經驗汲取教訓

在日本福島第一核能電廠發生核子事故後，台灣所有核能電廠在技術與行政管理上採取了多種措施，以增進電廠之強固安全性。這些措施是在進行國內“核能電廠總體檢”方案及國內核能電廠壓力測試中被陸續發掘出來，然後付諸實施。此等增進電廠安全措施，包含例如對交流電(AC)與直流電(DC)供應電源之加強、防範地震與海嘯災變之安全加強、依據「核能電廠總體檢」與「壓力測試」結果發佈新管制命令、以及研擬「核能機組斷然處置指引」(URGs)等。進一步資訊請參閱本報告第 3.2.3.5、3.4、9.6、11.3、12.3、13.3、13.4、14.3、15.4 和 16.8.4 等節。

## 1.3 配合國際同行審查發現採行之措施

經濟合作發展組織核能署(OECD/NEA)和歐盟執委會歐洲核能安全管制者組織(EC/ENSREG)對我國核能電廠壓力測試結果之同行審查發現，我國核能管制機構(原子能委員會)及持照者(台電公司)均審慎地採行配合措施，詳見本報告第 3.2.3.6、3.4.1、7.1.5、11.3、14.3 及 15.4 等節。

## 1.4 第 6 屆 CNS 審查會議特別報告編輯者指出之挑戰

於 2014 年 3 月 24 日至 4 月 4 日舉行之第 6 屆 CNS 審查會議中，特別報告編輯者芬蘭籍之 Petteri Tiippana 發掘指出，CNS 會員國在其下次國家報告對於福島事件有五大挑戰需加考量：

挑戰 1：如何盡量縮小簽約會員國間提昇安全做法之落差？

挑戰 2：如何達成協調和諧的(harmonized)緊急應變計畫(emergency plans)和應變措施(response measures)？

挑戰 3：如何更妥善利用運轉與管制經驗，以及「國際間提供之同行審查相互服務」(international peer review services)？

挑戰 4：如何增進管制者(regulators)的獨立性、安全文化(SC)、透明度(transparency)、和公開性(openness)？

挑戰 5：如何使所有國家承諾(commit)及參與國際合作？

有關挑戰 1，台灣採取的動作包含加入世界核能發電協會(WANO)和美國核能發電運轉協會(INPO)成為會員，以及參加各種國際合作研究計畫，例如：嚴重事故合

作研究計畫 CSARP、熱流程式應用與維護研究計畫 CAMP、除役合作計畫 CPD、和組件運轉經驗/劣化/老化計畫 CODAP。數十年來，台灣與日本核能界雙邊交流研討會(bilateral conference between Taiwan and Japan nuclear communities)以及台灣與美國民用核能合作會議(TECRO-AIT Joint Standing Committee meeting on civil nuclear cooperation)均每年舉行一次。詳參第 3.3.5.1 和 7.4 節。

針對挑戰 2，為使緊急應變計畫和應變措施協調配合，國內每座核能電廠每年均進行一次廠內緊急應變演練(emergency drill)，全面性的廠內外緊急應變演習 [即「核安演習」(NEE)] 則每年南北部輪流挑選一座核能電廠進行緊急應變演練。詳參第 13.1.2 和 16.8.4 節。

針對挑戰 3，透過十年換照整體安全評估(10-year ISA)，國內核能電廠進行的運轉經驗回饋計畫(OEF programs)對其安全提昇甚有助益。詳參第 3.2.3.4、7.1.4.1、和 16.3 節。

針對挑戰 4，原子能委員會已建立實施「核安管制紅綠燈」(ROP)系統，將運轉中核能電廠之運轉績效指標(PI)和視察結果指標(inspection indicators)公佈於其網站上，以增進管制透明度與公開性。此外，所有管制資訊和原能會活動也盡可能公佈於原能會網站上。另一方面，台電公司也以「資訊揭露透明化、六大面向全都露」方式，從經營資訊、發電資訊、電力供需資訊、用戶資訊、環境資訊、和工程資訊等六個面向，將公司資訊公佈於台電網站上。在核安文化(SC)方面，台電公司於 2011 年 6 月起建立並實施「核安文化精進方案」(advanced SC program)，俾孕育高水平核能安全，以確保社會大眾健康與安全。詳參第 3.2.1、3.2.3.3、7.1.3、9.6.1、和 16.10 節。

如同挑戰 1，挑戰 5 我國係以加入多個國際組織成為會員並參加多個國際研究計畫加以應對。詳參第 3.3.5.1 和 7.4 節。

## 1.5 維也納核能安全宣言三原則

2015 年維也納核能安全宣言指出，實踐核能安全公約(CNS)目標之三原則如下：

- (1) 新核能電廠之設計、選址(siting)、和建造，須符合下述目標：在試運轉(commissioning)和運轉期間要能預防發生事故，若萬一事故仍然發生，則要能減緩(mitigating)會導致長期廠外輻射污染之放射性核種(radionuclides 或 radioactive nuclides)的可能釋放，及避免早期放射性釋放(early radioactive releases)或放射性釋放量大到需要長期的防護措施和行動。
- (2) 在現有核能電廠壽命期間內，定期並經常地對其進行全面性與系統性的安全評估，以發掘可再增進安全之事項，俾符合前項目標。合理且實際或可行的增進安全措施應及時實行。
- (3) 在核能電廠壽命期間內，用以實踐這個目標的國家要求與管制法規，應將相關之國際原子能總署安全標準(IAEA Safety Standards)，和在 CNS 審查會議中發掘之其他合適優良實務(good practices)，納入考量。

維也納核能安全宣言三原則在台灣均已履行。實踐原則(1)之敘述見第 3.2.3.1、7.1.4.1 和 16.1 節，實踐原則(2)之敘述見第 3.2.3.4 和 11.1.2(2)節，實踐原則(3)之敘述見第 3.4.1、3.4.2、3.4.3、7.1.5.2、和 11.3.4 節。

## 參考文獻(第 1 章)

- 1.1 “Convention on Nuclear Safety”, International Atomic Energy Agency, Registration No : 1676 (List of Contracting Parties, Last change of status: 23 April 2015)。
- 1.2 “Convention on Nuclear Safety”, International Atomic Energy Agency, IAEA Website, Last update: Monday, February 29, 2016。
- 1.3 「經濟部能源局104年年報」，2016年06月。
- 1.4 「中華民國統計月報」(民國 104 年 12 月)，第 599 期，表 9-6 能源供需，行政院主計處。
- 1.5 「台電公司永續報告書 2016」，經營統計概要，2016 年。
- 1.6 自由時報，2015年6月29日，第A7版。

## 第 2 章 國際原子能總署核能安全公約簡介

### 2.1 核能安全公約由來

國際原子能總署(IAEA)核能安全公約(CNS)係於 1994 年 6 月 17 日為在 IAEA 維也納(Vienna)總部召開之 IAEA 大使會議(Diplomatic Conference)所採納(參考文獻 2.1)。此公約於 1996 年 10 月 24 日正式生效，迄 2016 年 12 月 6 日止共有 80 個簽約會員(CPs) [可為國家或地區性機構 (regional organization)]，包含除台灣以外之所有擁有運轉中陸上民用核能電廠的 30 多個國家，其餘為尚無核能電廠之國家和一個區域性機構「歐洲原子能社團」(EURATOM)(參考文獻 2.2~2.3)。以下簡稱簽約為會員之國家為「簽約國」。

核能安全公約(CNS)建立了各簽約會員應盡之法定義務(legal obligations)，有關規定主要載於公約本文之第 6 條至第 19 條等 14 條條文中，涵蓋了包含廠址、設計、建造、運轉、法令與管制、財務與人力資源等之範圍。義務內容主要是依據 IAEA 安全基礎(safety fundamentals)之兩文件「核子設施之安全」(參考文獻 2.4)及「基本安全原理」(參考文獻 2.5)中的原理所訂定。

核能安全公約之目標，是要讓擁有運轉中核能電廠之參與國(participating states)，承諾會利用國際基準比對(international benchmarks)來維護其國內高水準的核能安全。此公約是一種激勵性工具，其設計是基於簽約會員的共同利益，利用定期集會與對國家報告進行同行審查的機制，來達成高水準的核能安全，而非藉由管控與制裁(control and sanction)。

核能安全公約每 3 年舉行 1 次審查會議，期間長約 11 至 12 天。集會地點均在 IAEA 總部所在地維也納，迄 2016 年底已舉行過 6 屆，各屆審查會議召開時間分別是(參考文獻 2.3)：

- 第 1 屆審查會議 – 1999 年 4 月 12 ~ 23 日；
- 第 2 屆審查會議 – 2002 年 4 月 15 ~ 26 日；
- 第 3 屆審查會議 – 2005 年 4 月 11 ~ 22 日；
- 第 4 屆審查會議 – 2008 年 4 月 14 ~ 25 日；
- 第 5 屆審查會議 – 2011 年 4 月 4 ~ 14 日；及
- 第 6 屆審查會議 – 2014 年 3 月 24 日至 4 月 4 日。

第 7 屆審查會議預計 2017 年 3 月 27 日至 4 月 7 日舉行。

在此 11 至 12 天之審查會議中，各簽約國先是在所參加之國家分組(country groups)內進行討論，彼此互審國家報告，並互相提問與回答(Q&A)，然後才參加大會討論。

### 2.2 簽約國義務

核能安全公約(CNS)內容共分 4 章，總計有 35 條條文(參考文獻 2.1)，其中第 1 章係目標、定義和適用範圍，包含第 1 ~ 3 條等 3 條文，第 2 章為簽約國義務，包含

第 4 ~ 19 條等 16 條文，第 3 章屬簽約國會議，包含第 20 ~ 28 條等 9 條文，第 4 章為最後條款與其他規定(final clauses and other provisions)，包含第 29 ~ 35 條等 7 條文。

對於非 CNS 簽約國之我國而言，較重要的 CNS 條文是前 21 條條文內容，其中又以第 6 ~ 19 條等有關對簽約國義務之 14 條條文最為重要，是為簽約國應檢視其國內維護核能發電安全做法的具體 CNS 要求。對應於此 14 條具體義務要求之每 1 條，本報告自第 3 章起將各有 1 章探討檢視我國之相關做法。另為加深讀者對 CNS 簽約國應盡義務之印象，並於每章一開頭先把對應之 CNS 條文完整敘述一遍。

以下謹簡介 CNS 前 21 條條文：

## CNS 第 1 章 目標、定義和適用範圍

第 1 條 目標(Objectives) — 敘述本公約之 3 個目標為：

- (1) 藉由加強各國努力和國際合作以達到並維持高水準的世界性核能安全；
- (2) 建立並維持核子設施(nuclear installation)對潛在輻射災害的有效防禦能力，以保護個人、社會和環境，使其免受來自此等核子設施之游離輻射的危害；
- (3) 避免發生會有輻射效應後果的事故，若萬一事故還是發生則要能夠減輕後果的嚴重性。

第 2 條 定義(Definitions) — 對「核子設施」、「管制機關」、及「執照」(license)加以定義，其中「核子設施」係定義為「陸上民用核能電廠」，包含位在電廠場址且與電廠運轉直接相關的放射性物質貯存、吊卸、和處理設施。

第 3 條 適用範圍(Scope of Application) — 指出本公約適用於核子設施之安全。

## CNS 第 2 章 義務(Obligations)

第 4 條 履行措施(Implementing Measures) — 指出簽約國須採取必要的立法、管制和行政措施，以履行其在本公約的義務。

第 5 條 提出報告(Reporting) — 在每次審查會議召開前，每一簽約國須提出有關其如何履行其在本公約之每一項義務的國家報告，以供審查。

第 6 條 現有核子設施(Existing Nuclear Installations) — 指導每一簽約國須採取適當步驟以確保現有核子設施(指「陸上民用核能電廠」)之安全。

第 7 條 立法與管制架構(Legislative and Regulatory Framework) — 要求每一簽約國須建立並維持一適當的立法與管制架構，以管理核子設施之安全。

第 8 條 管制機關(Regulatory Body) — 要求每一簽約國須建立或指定一管制機關，並託以履行第 7 條所建立立法與管制架構之責。此管制機關須被賦予足夠的職權、能力、和財務與人力資源以履行其職責。每一簽約國並須確保此管制機關的功能，要與促進核能利用之機構有效區隔。



- 第 9 條 執照持有者之責任(Responsibility of the License Holder) — 要求每一簽約國須將核子設施安全責任落在執照持有者(以下簡稱持照者)身上。
- 第 10 條 安全第一(Priority to Safety) — 要求每一簽約國須確保所有參與核子設施作業之單位，會建立以核能安全為第一優先的政策。
- 第 11 條 財務與人力資源(Financial and Human Resources) — 要求每一簽約國須確保擁有足夠的財務資源與合格人力，以支應核子設施在其整個壽命期中之安全與運轉所需。
- 第 12 條 人為因素(Human Factors) — 要求每一簽約國須確保在核子設施之整個壽命期內，均已考慮到人員行為能力與極限。
- 第 13 條 品質保證(Quality Assurance, 簡稱 QA) — 要求每一簽約國須確保會建立並實施品質保證方案(QA program)，以確信所有對核能安全重要相關之作業均符合要求。
- 第 14 條 安全評估與驗證(Assessment and Verification of Safety) — 要求每一簽約國須確保在核子設施建造、試運轉、及其整個壽命期內，均會進行全面性及系統化的安全評估，而且會利用分析、監測、測試、和視察(inspection)等驗證手段，來確認核子設施的運轉和實際狀態(physical state)歷來均符合設計要求、適用之國家對安全要求、和運轉限制與條件(operational limits and conditions)。
- 第 15 條 輻射防護(Radiation Protection) — 要求每一簽約國須確保不管在任何運轉狀態下，核子設施對工作人員和民眾造成的輻射曝露都要合理抑低(ALARA)，且低於國家規定的劑量限值(dose limits)。
- 第 16 條 緊急應變整備(Emergency Preparedness, EP) — 要求每一簽約國須確保其已建立處理核子事故的廠內和廠外緊急應變計畫，且定期演練，同時確定核子設施附近民眾和地方政府(competent authorities of the States)會獲得緊急計畫與應變的適當資訊。
- 第 17 條 選址(Siting) — 要求每一簽約國須確保其已建立適當程序，俾用來評估可能影響核子設施安全的所有廠址相關因素，及評估建於此廠址之核子設施將對個人、社會和環境造成的安全影響。
- 第 18 條 設計與建造(Design and Construction) — 要求每一簽約國須確保核子設施之設計與建造均擁有防止輻射外釋的深度防禦(defense in depth)，所用技術均是成熟(proven)或合格的，且設計時已考慮到人為因素和人機介面(man-machine interface)。
- 第 19 條 運轉(Operation) — 要求每一簽約國須確保：(1)核發核子設施運轉執照是依據能證明此設施符合設計與安全要求之安全分析和試運轉計畫；(2)運轉限值與條件將視需要加以定義及修正；(3)設施之運轉、維修、視察和測試均依照核准之程序書；(4)已建立處理預期運轉暫態(AOO)和事故之程序書；(5)在所有安全相關領域，隨時均備有必要之工程與技術支援；(6)發生重

要安全相關事件時，持照者會及時陳報管制機關；(7)已建立收集、分析運轉經驗之方案，並將所汲取之教訓加以應用；及(8)盡可能減少所產生之放射性廢棄物的活度與容積，且處理與貯存時須考慮到固化包裝與(最終)處置(conditioning and disposal)。

### CNS 第 3 章 簽約國會議

第 20 條 審查會議(Review Meetings) — 規定簽約國將舉行審查會議以審查依第 5 條提出之報告，簽約國代表間也可組成分組以審查報告中之特定議題。

第 21 條 時程表(Timetable) — 規定首次審查會議須盡快舉行，且不得晚於 CNS 生效後 30 個月，而審查會議之間隔則不得超過 3 年。

### 參考文獻(第 2 章)

- 2.1 “Convention on Nuclear Safety”, International Atomic Energy Agency, Information Circular, INFCIRC/449, 5 July 1994。
- 2.2 “Convention on Nuclear Safety”, International Atomic Energy Agency, Registration No : 1676 (List of Contracting Parties, Last change of status: December 6, 2016)。
- 2.3 “Convention on Nuclear Safety”, International Atomic Energy Agency, IAEA Website, Last update: Monday, January 23, 2017。
- 2.4 “The Safety of Nuclear Installations”, IAEA Safety Series No. 110, (July 1993)。
- 2.5 “Fundamental Safety Principles”, IAEA Safety Standards Series No. SF-1, Safety Fundamentals (November 2006)( First approved in June 1993)。

## 第 3 章 現有核能電廠

每一簽約會員(CP)在本公約對其開始生效時，必須採取適當措施以確保其會盡快對現有核能電廠之安全加以檢討。必要時，簽約會員必須確保會盡快採行所有合理的改進措施，以提昇核能電廠安全。若安全提昇無法達成，則應在可行範圍內盡快執行核能電廠停機計畫。停機之時程可將整體能源狀況和可能替代方案以及對社會、環境和經濟之衝擊納入考量。 <核能安全公約 第 6 條>

### 3.1 國內現有核能電廠

國內現有 4 座核能電廠，3 座已商業運轉，第 4 座也接近建造完成，但置於封存狀態中。此 4 座核能電廠依序取名「金山」、「國聖」、「馬鞍山」和「龍門」核能電廠，分別又簡稱「核一廠」、「核二廠」、「核三廠」、及「核四廠」。每座核能電廠均各設置有兩部相同之核能發電機組。除核三廠之核子反應器係採用美國西屋電氣公司(Westinghouse Electric Company, 簡稱 W 或西屋公司) 設計之 3 環路壓水式反應器(3-loop PWR)外，其餘 3 座核能電廠均是採用美國奇異電氣公司(General Electric Company, 簡稱 GE 或奇異公司) 設計之沸水式反應器(BWR)。核一廠之核子反應器為採用馬克一型圍阻體(Mark I containment)之第 4 型沸水式反應器(BWR-4)，核二廠為採用馬克三型圍阻體(Mark III containment)之第 6 型沸水式反應器(BWR-6)，核四廠則為進步型沸水式反應器(ABWR)。所有 4 座核能電廠均屬於台電公司(TPC)。

國內第一座興建完成之核能發電機組是核一廠 1 號機，1977 年 10 月 16 日初始臨界(initial criticality)，1978 年 12 月 6 日開始商業運轉。核一廠 2 號機初始臨界與開始商轉日期分別為 1978 年 11 月 9 日與 1979 年 7 月 16 日。核二廠 1 號機與 2 號機則分別於 1981 年 2 月 1 日與 1982 年 3 月 26 日初始臨界，1981 年 12 月 28 日與 1983 年 3 月 15 日開始商轉。核三廠 1 號機與 2 號機初始臨界日期分別為 1984 年 3 月 30 日與 1985 年 2 月 1 日，1984 年 7 月 27 日與 1985 年 5 月 18 日分別開始商轉。

台電公司於 1997 年 10 月 16 日向原能會(AEC)正式提出申請建造第四核能電廠之兩部機組，經過大約 15 個月的審慎與仔細審查，原能會於 1999 年 3 月 17 日正式發給台電核四廠建廠執照。由於經歷 2000 年年底之核四廠停建/復建風波及其後之物價飛漲等困擾，核四廠之建造可謂一波三折，幸賴台電公司與建廠團隊之鍥而不捨與用心努力，目前建廠工程已接近完工階段，但在 2011 年 3 月日本福島第一核能電廠發生核子災變後，核四廠於 2015 年 7 月 1 日正式進入封存狀態中，未來是否商業運轉仍是未知數。

截至 2015 年 12 月底止，在不採計機組功率提昇時，運轉中之 3 座核能電廠的總發電裝置容量約為 5.144 百萬瓩(5,144 MWe)，佔台灣電力系統總發電裝置容量(含民營電廠)41.040 百萬瓩(41,040 MWe)的 12.5 %。台灣電力公司在 2015 年底之總發電裝置容量約為 31.424 百萬瓩(31,424 MWe)。2015 年台灣核能發電量約為  $35.1 \times 10^9$  度(kWh)，約佔總發電量  $219.1 \times 10^9$  度(kWh)的 16.0% (參考文獻 3.1)。

2011 年 3 月 11 日日本發生東北大地震(Great Tohoku earthquake)，進而引發海嘯並導致福島第一核能電廠發生核子災變，當時我國核四廠兩部核能機組之建造已接近完工階段，台電公司並於 2013 年 12 月 31 日向原子能委員會提出申請 1 號機組之

初始(核子)燃料裝填(IFL)。但受福島核子事故影響，2014 年 4 月 28 日政府宣佈將暫時封存核四廠。2015 年 7 月 1 日龍門核能電廠正式封存。(參考文獻 3.2)

台灣境內所有核能電廠均為台電公司擁有，並由其負責運轉，台電公司為國營企業，政府擁有 96.92%股權。

### 3.1.1 電廠場址、地面高度及海嘯溯上高度(Tsunami Runup) (參考文獻 3.3 ~3.9)

如圖 3.1 所示，金山、國聖、和龍門核能電廠皆位於台灣北部海岸，馬鞍山核能電廠則位於台灣南部海岸。金山廠位於國聖廠西邊，兩廠距離約 12 公里，龍門廠則位處國聖廠東邊。

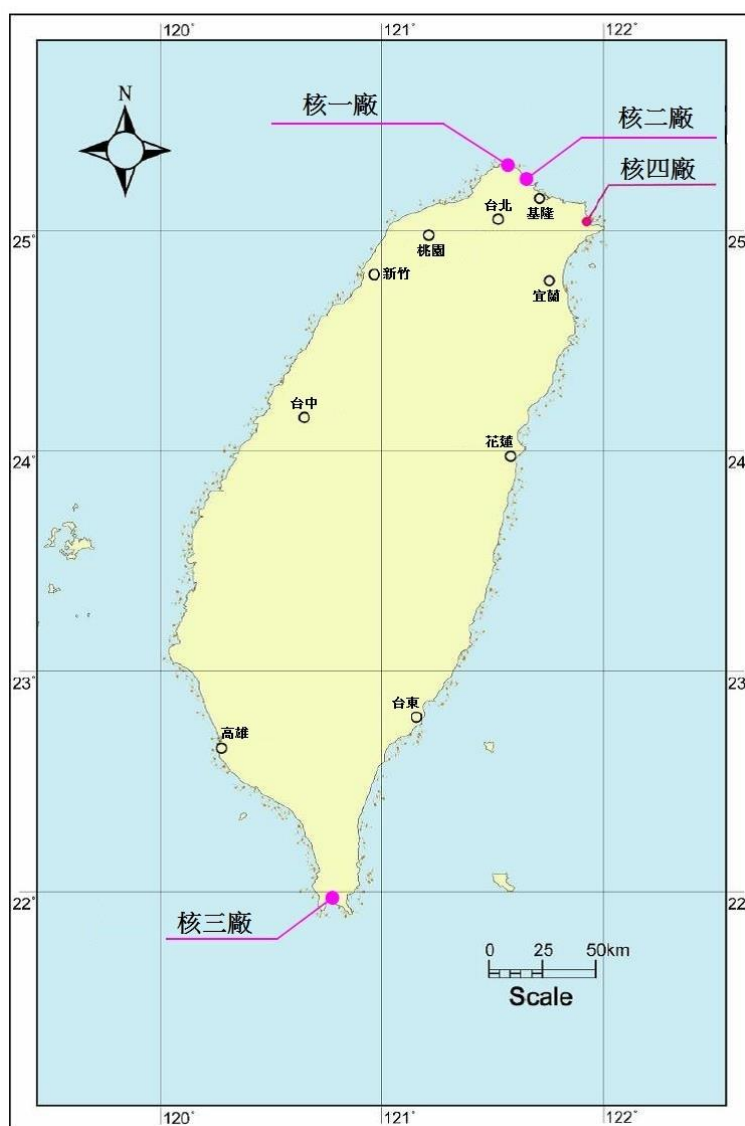


圖 3.1 台灣境內核能電廠場址

#### (1) 核一廠

核一廠位處台灣北端，北臨東海，距海邊約 500 公尺，與台北市距離約 28 公里。

依據最新調查結果，電廠地面高度約海拔(above the MSL)11.2 公尺。

核一廠廠區附近有小坑溪和乾華溪兩條小溪流過。小坑溪位在金山廠東邊約 3.5 公里遠，溪長僅約 4.0 公里。依據農委會水土保持局土石流防災中心資訊，小坑溪並非土石流潛勢溪流(mudslide-prone stream)。乾華溪則位在核一廠西邊，溪長約 8.0 公里，距其源頭 1.5 公里處發生土石流之潛在可能性被評估為「中度」(medium)，但此溪距離核一廠有 4.2 公里遠。為防範乾華溪土石流侵襲金山廠，乾華溪於建廠時即以構築堤岸、護坡方式將廠區段之乾華溪改道，建構為人工排放渠道(artificial drainage trench)，由南向北注入東海。因此，小坑溪和乾華溪均被評估為無潛在土石流顧慮。

根據核一廠終期安全分析報告(FSAR)指出，核一廠廠址最大可能海嘯溯上高度(tsunami runup)為 9 公尺，再加上高潮位 1.73 公尺，最大可能海嘯溯上總高度成為 10.73 公尺，此即為海嘯基準設計高度，故最終安全分析報告建議電廠廠房地面高程應大於海拔 11 公尺。因此建廠期間最終主廠區高程設計目標為海拔 12 公尺。然而，依據 2011 年中興工程顧問公司之最新調查指出，核一廠廠房地面高程實際為海拔 11.2 公尺，仍高於最大可能海嘯溯上總高度的 10.73 公尺。圖 3.2 為核一廠主要設施高程示意圖。

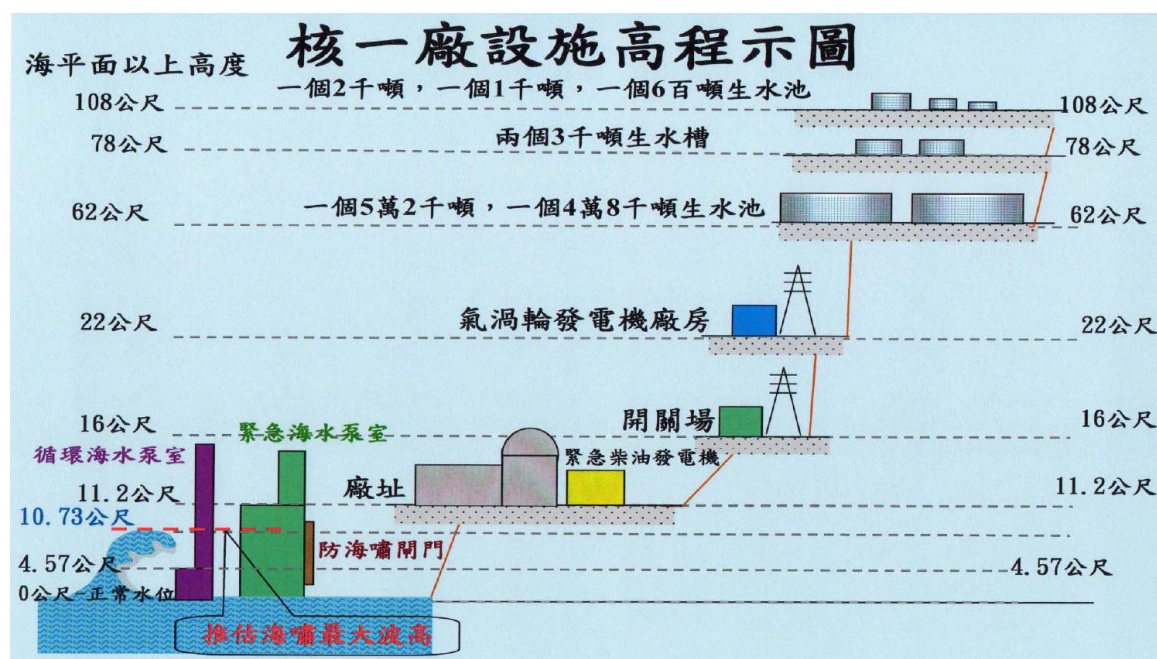


圖 3.1 核一廠主要設施高程示意圖

## (2) 核二廠

和核一廠一樣，核二廠也位處台灣北部海岸且面臨東海，兩座核能電廠相距 12 公里。核二廠場址地面高度為海拔 12 公尺，距離海邊約 500 公尺。核二廠距離台北市 22 公里。



核二廠廠內並無溪流通過，最接近廠址區之兩條溪流為員潭溪和瑪鍊溪，分別位在廠區西側和東側，且分別與廠區相距約 1.5 公里和 4.5 公里遠，均流進東海。兩條溪流與廠區間均有山丘相隔，且經評估對廠區均無潛在土石流威脅。

根據核二廠終期安全分析報告(FSAR)指出，核二廠場址最大可能海嘯溯上高度為7.78公尺，加上潮汐及地形因素影響，評估最高溯上高度為10.28 公尺，低於主要廠房區地面高程之12 公尺。圖3.3為核二廠主要設施高程示意圖。

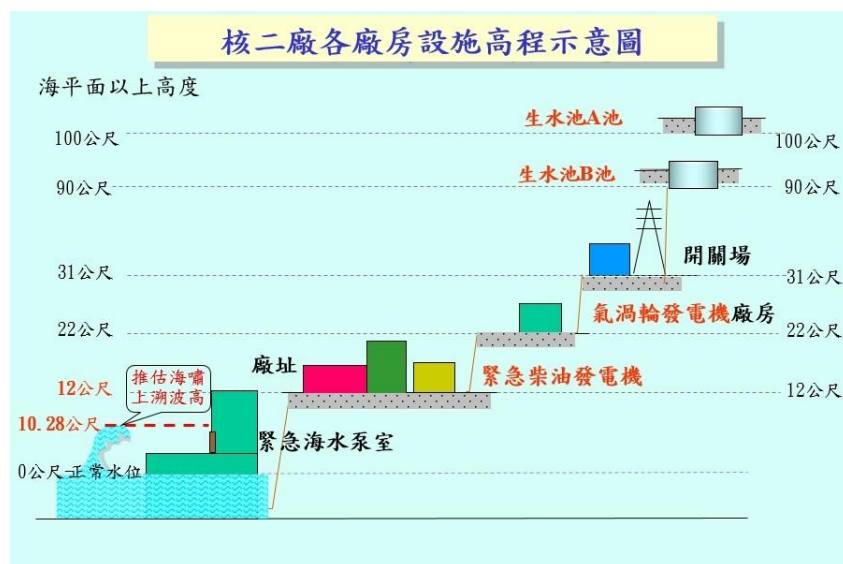


圖 3.3 核二廠主要設施高程示意圖

### (3) 核三廠

核三廠位處台灣南端，距離海邊約 300 公尺。電廠場址地面約高於平均海平面高度(海拔)15 公尺。場址內既無溪流、水壩，也無潛在土石流威脅，電廠北邊附近有一小湖泊—龍鑾潭。湖與廠址間有山丘隔開，可防湖水溢流至電廠。

核三廠廠鄰近海域有紀錄之最大潮差為高雄港的4.03 公尺；依鄰近區域歷次海嘯高度紀錄及鄰近海域地層結構推算出核三廠最大海嘯溯上高度為12.53公尺，此為海嘯設計基準高度，低於電廠廠址高程的15公尺，因此核三廠無海嘯引發廠區水災之虞。圖3.4為核三廠主要設施高程示意圖。

### (4) 核四廠

核四廠位處台灣東北角一內凹海灣之海岸邊，東臨太平洋，電廠場址西邊為小山丘包圍。大部分場址高度介於海平面平均高度以上12至30公尺，電廠距離海邊約 600公尺。主要廠房區地面高度約高於海平面平均高度12公尺。電廠場址附近有2條小溪，其中石碇溪位於廠區北側，廠內段為經整治之複合式明渠，雙溪位於場址南方約2.5 公里，與場址間有高於50 公尺之山丘阻隔。兩條小溪均不在農委會水保局劃定之土石流潛勢區(potential mudflow area)名單上，並分別流向大海。另，在場址

西邊小山丘上，建有生水儲存池。

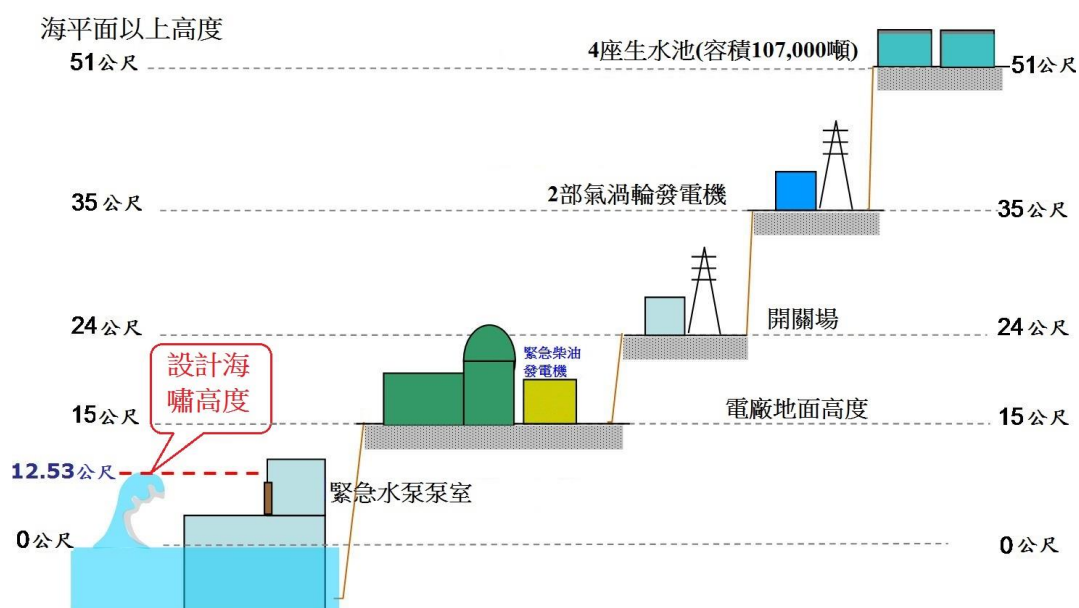


圖 3.4 核三廠主要設施高程示意圖

依據核四廠終期安全分析報告評估結果，核四廠的海嘯最大溯上高度為7.5 公尺。加上潮位變化考量(高潮位0.57公尺)，則最大海嘯溯上高度至少需設在8.07 公尺以上。再保守地加上安全餘裕0.5公尺之出水高度(freeboard)，因此核四廠之海嘯設計基準溯上高程訂為8.57公尺，低於主要廠房區地面高程的12公尺。圖3.5所示為核四廠主要設施高程示意圖。

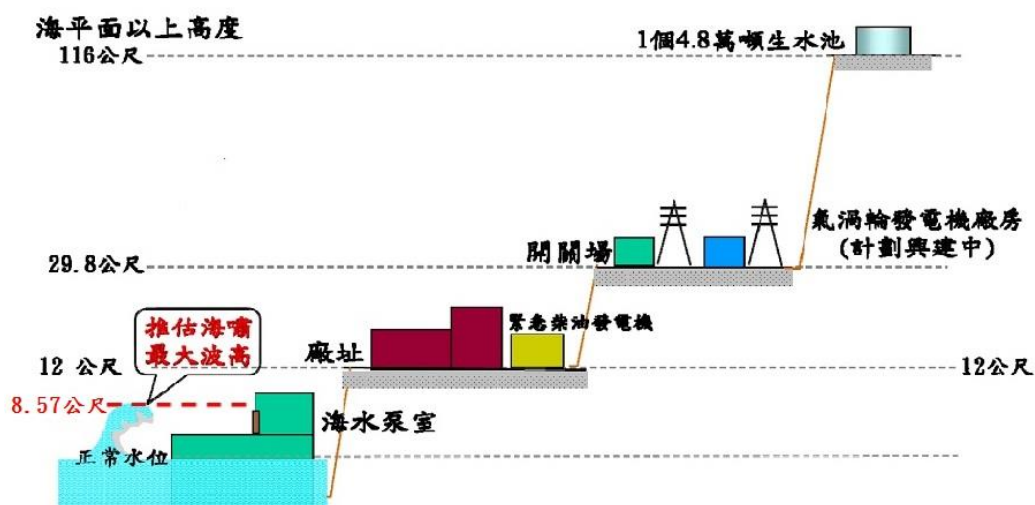


圖 3.5 核四廠主要設施高程示意圖

總之，台灣境內各核能電廠之場址高程(海拔高度)與海嘯最大溯上高度謹整理列示於表 3.1。

表 3.1 台灣境內核能電廠之場址高程與海嘯設計基準高度

| 電廠名稱     | 核一廠     | 核二廠     | 核三廠     | 核四廠    |
|----------|---------|---------|---------|--------|
| 海嘯最大溯上高度 | 10.73公尺 | 10.28公尺 | 12.53公尺 | 8.57公尺 |
| 電廠地面高程   | 11.2公尺  | 12.0公尺  | 15.0公尺  | 12.0公尺 |

### 3.1.2 核能機組特性、機組共用系統結構組件及功率提昇

在台灣的一座運轉中核能電廠，核一廠裝有 2 部各配置一座第 4 型沸水式反應器(BWR-4)的核能發電機組，核二廠裝有 2 部各配置一座第 6 型沸水式反應器(BWR-6)的核能發電機組，而核三廠則裝有 2 部各配置一座三環路壓水式反應器(3-loop PWR)的核能發電機組。至於幾乎興建完成但暫時被封存之核四廠，則擁有各配置一部進步型沸水式反應器(ABWR)的 2 部核能發電機組，採用與反應器廠房合成一體之圓柱形鋼內襯鋼筋混凝土結構的圍阻體，亦即所謂的鋼筋混凝土圍阻體槽(RCCV)，反應器廠房(reactor building)提供了一個包圍住一次圍阻體槽(primary containment vessel)的二次圍阻體(secondary containment)。

核一、二廠之 4 部沸水式反應器及核四廠的 2 部進步型沸水式反應器的核能蒸汽供應系統(NSSS)均由美國奇異電氣公司(GE)設計製造，核一、二廠之汽輪發電機(TG)製造廠商為美國西屋電氣公司(W)，核四廠之汽輪發電機則由日本三菱重工(MHI)製造供應。核三廠 2 部壓水式反應器之核能蒸汽供應系統則係由西屋電氣公司設計製造，而由奇異電氣公司製造供應汽輪發電機。

表 3.2 簡示國內各核能電廠之基本設計數據，該等電廠之主要技術特性則列於附錄一。

表 3.2 國內核能發電機組基本數據資料

| 核能電廠          | 核一廠            |                | 核二廠            |                | 核三廠             |                | 核四廠            |                |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| 機組            | 1 號機           | 2 號機           | 1 號機           | 2 號機           | 1 號機            | 2 號機           | 1 號機           | 2 號機           |
| 建廠執照核發        | 1971.<br>12.05 | 1972.<br>12.04 | 1975.<br>08.19 | 1975.<br>08.19 | 1978.<br>04.01  | 1978.<br>04.01 | 1999.<br>03.17 | 1999.<br>03.17 |
| 商業運轉日期        | 1978.<br>12.06 | 1979.<br>07.16 | 1981.<br>12.28 | 1983.<br>03.15 | 1984.<br>07.27  | 1985.<br>05.18 | —              | —              |
| 運轉到期日期        | 2018.<br>12.05 | 2019.<br>07.15 | 2021.<br>12.27 | 2023.<br>03.14 | 2024.<br>07.26  | 2025.<br>05.17 | —              | —              |
| 反應器型式<br>(廠商) | BWR-4<br>(GE)  |                | BWR-6<br>(GE)  |                | 3 環路 PWR<br>(W) |                | ABWR<br>(GE)   |                |



|                        |                      |                      |                                                                                                            |                                                                                 |
|------------------------|----------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 功率：<br>額定熱功率*<br>裝置電功率 | 1,840 MWt<br>636 MWe | 3,001 MWt<br>985 MWe | 2,822 MWt<br>951 MWe                                                                                       | 3,926 MWt<br>1,350 MWe                                                          |
| 汽輪發電機廠商                | <u>W</u>             | <u>W</u>             | GE                                                                                                         | 三菱重工                                                                            |
| 工程顧問公司                 | Ebasco               | Bechtel              | Bechtel                                                                                                    | S & W                                                                           |
| 反應器圍阻體                 | 馬克一型                 | 馬克三型                 | 內襯鋼板之預力後拉式大型乾式鋼筋混凝土圍阻體 (steel-lined pre-stressed post-tensioned large dry reinforced concrete containment) | 內襯鋼板之鋼筋混凝土結構圍阻體槽 (steel-lined reinforced concrete structure containment vessel) |
| 設計基準地震 (DBE)：          |                      |                      |                                                                                                            |                                                                                 |
| 安全停機地震 (SSE)           | 0.3 g (PGA)          | 0.4 g (PGA)          | 0.4 g (PGA)                                                                                                | 0.4 g (PGA)                                                                     |
| 運轉基準地震 (OBE)           | 0.15 g (PGA)         | 0.2 g (PGA)          | 0.2 g (PGA)                                                                                                | 0.2 g (PGA)                                                                     |

\* 在小幅度功率提昇(MUR power uprate)後。

BWR: 沸水式反應器 (boiling water reactor)

BWR-4, BWR-6: 第 4 型沸水式反應器, 第 6 型沸水式反應器

PWR: 壓水式反應器 (pressurized water reactor)

ABWR: 進步型沸水式反應器 (advanced boiling water reactor)

GE: 奇異電氣公司 (General Electric Company)

W: 西屋電氣公司 (Westinghouse Electric Company)

DBE: 設計基準地震(design basis earthquake)

SSE: 安全停機地震(safe shutdown earthquake)

OBE: 運轉基準地震(operating basis earthquake)

PGA: 最大地動加速度(peak ground acceleration).

### 機組共有結構物/系統/組件：

基本上，國內同一核能電廠之 2 部雙生核能機組(twin units)，其結構物/系統/組件(SSCs)是完全相同的。這些結構物/系統/組件之設計，乃奠基於多重性(redundancy)

與深度防禦概念。亦即，所有安全相關系統必須設計成擁有兩串組件與設備之子系統，兩串子系統在實體上必須是分開的，且在電氣上與機械上必須是互相獨立的。任何一串子系統之組件故障失效，均不會影響此安全相關系統發揮其功能。此種設計的好處是，只要有一串安全相關系統維持正常運作，反應器就可順利達成安全停機。雖然 2 部雙生核能機組串均有屬於各自之結構物/系統/組件，但實際上在不影響電廠安全運轉原則下，有些重要結構物/系統/組件仍是設計成由兩部機共同擁有。以下謹舉數例說明

國內 4 座核能電廠之每部機組均擁有多座水冷式緊急柴油發電機(EDGs)，其中核一、二、及三廠之每部機均各擁有 2 座，而核四廠每部機則各有 3 座。此外，每座核能電廠並另裝設 1 座由兩部機共同擁有、可變更供電對象的氣冷式共用緊急柴油發電機(air-cooled swing EDG)(或稱氣冷式擺動緊急柴油發電機)，又稱為第 5 座(針對核一、二、三廠)或第 7 座(針對核四廠)緊急柴油發電機。依照原先設計，當電廠有一部機(1 號機或 2 號機)之水冷式緊急柴油發電機發生故障時，此氣冷式共用緊急柴油發電機可完全取代其功能，但只能供電給一部機，不能同時供電給兩部機。日本福島事故後，各電廠已將其運轉程序書中的電廠全黑(SBO)程序書修正，使得氣冷式共用緊急柴油發電機可在必要時，同時供電給兩部機的安全相關 4.16kV 緊要匯流排(essential bus)。

另一個機組共有結構物/系統/組件的例子是，核三廠之廠用海水(NSCW)系統的廠房也是由兩部機共用，但在此廠房內屬於 1 號機或 2 號機的系統與設備則是各自分開的。

### 功率提昇：

2000 年代初期，台電公司鑑於核能電廠利用飼水流量「量測不準度復奪」(MUR)技術來小幅度提昇電廠功率，在國際上已有甚多成功案例，乃決定由核二廠率先進行小幅度功率提昇(MUR power uprate)計畫，並於 2005 年 4 月與核研所簽約合作，由後者協助進行小幅度功率提昇有關的工程分析、超音波流量計(UFM)系統採購、請照、現場執行、與功率測試等工作。2007 年 7 月，核二廠 2 號機首先成功裝設超音波飼水流量測量系統，以取代舊有採用文氏管流量計(Venturi flowmeter)之飼水流量測量系統，完成利用 MUR 技術來小幅度提昇其功率，並經原能會核准額定熱功率由 2,894 MWt 提昇至 2,943 MWt (功率提昇約 1.7%)。緊接著，核二廠 1 號機亦於 2007 年 11 月完成利用 MUR 技術小幅度提昇其發電功率，兩部機合計提昇之發電功率約 20 MWe。隨後，核一廠 2 號與 1 號機及核三廠 2 號與 1 號機類似之小幅度功率提昇方案亦陸續分別於 2008 年 7 月、2009 年 2 月、2008 年 12 月與 2009 年 7 月完成。總計三座核能電廠之總發電功率提昇約達 55.64 百萬瓦(MWe)，每年約可增加 4.877 億度發電量。

隨後，核一、二廠又推動進一步的功率提昇計畫，即進行中幅度功率提昇(SPU)。核一廠 1、2 號機分別各於 2012 年 11 月 23 日和 2012 年 11 月 29 日完成將熱功率提昇約 2%之中幅度功率提昇計畫，電功率輸出則分別各提昇約 12.0 和 12.4 百萬瓦。另一方面，核二廠 1、2 號機也分別各於 2014 年 7 月 9 日和 2014 年 7 月 18 日完成將熱功率提昇約 1.2%之中幅度功率提昇計畫，而電功率輸出亦分別各提昇約 7.1 和 8.4 百萬瓦。總計兩座核能電廠之總發電功率提昇約達 40 百萬瓦，每年約可增加 3.1

億度發電量(假定電廠容量因數為 0.9 的話)。相關功率提昇資訊可參閱本報告第 11.1.2(5)節。

### 3.1.3 運轉中核能電廠績效

在台電公司與電廠運轉團隊之細心運轉與重視核安，以及原能會執行核能管制與維護核安等共同努力下，近年來國內 3 座運轉中核能電廠之運轉績效表現均非常亮麗，與國際核能先進國家比較，亦不遑多讓。例如，以世界核能發電協會(WANO)衡量核能電廠運轉表現好壞之 11 項主要績效指標(KPI)做比較，我國運轉中之 6 部核能發電機組於 2014 年的表現，除 1 項績效指標(集體有效劑量)和 WANO 平均水準相當外，其餘 10 項均優於 WANO 平均水準(如表 3.3 所示)。

表 3.2 國內核能發電機組 2014 年運轉績效指標  
與世界核能發電協會(WANO)平均值之比較

| 績效指標 <sup>(a)</sup>                   | 核一廠   |       | 核二廠   |       | 核三廠    |        | WANO-2014<br>(平均) |
|---------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------------------|
|                                       | 1 號機  | 2 號機  | 1 號機  | 2 號機  | 1 號機   | 2 號機   |                   |
| 1. UCF (%)                            | 86.98 | 91.99 | 92.37 | 93.92 | 89.83  | 90.15  | 86.78*            |
| 2. UCLF (%)                           | 0.26  | 0.71  | 0.04  | 0.30  | 0.62   | 0.53   | 1.69              |
| 3. FLR                                | 0.29  | 0.51  | 0.04  | 0.33  | 0.54   | 0.65   | 0.89              |
| 4. UA7                                | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00**            |
| 5. SSP (%)                            |       |       |       |       |        |        |                   |
| BWR(HPSI)                             | 0.00  | 0.02  | 0.00  | 0.00  |        |        | 0.80*             |
| (RHR)                                 | 0.28  | 0.22  | 0.07  | 0.01  |        |        | 0.50*             |
| PWR(HPSI)                             |       |       |       |       | 0.07   | 0.00   | 0.10*             |
| (AFS)                                 |       |       |       |       | 0.61   | 0.02   | 0.00*             |
| EPS                                   | 0.010 | 0.787 | 0.01  | 0.001 | 0.843  | 0.000  | 0.20*             |
| 6. FR                                 |       |       |       |       |        |        |                   |
| BWR( $\mu$ Ci-sec)                    | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  |        |        | 2.00              |
| PWR( $\mu$ Ci-sec)                    |       |       |       |       | 1.0E-6 | 1.5E-6 | 1.9E-6            |
| 7. CP                                 |       |       |       |       |        |        |                   |
| BWR                                   | 1.00  | 1.00  | 1.00  | 1.00  |        |        | 1.00              |
| PWR                                   |       |       |       |       | 1.00   | 1.00   | 1.00              |
| 8. CRE<br>(man-Ci/unit)               |       |       |       |       |        |        |                   |
| BWR                                   | 1.14  | 1.25  | 1.49  | 1.44  |        |        | 1.11*             |
| PWR                                   |       |       |       |       | 0.56   | 0.60   | 0.46*             |
| 9. ISAR<br>( $2 \times 10^5$ man-hrs) | 0.16  | 0.16  | 0.00  | 0.00  | 0.00   | 0.00   | 0.00              |

|                                         |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 10.CISAR<br>(2x10 <sup>5</sup> man-hrs) | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 11.GRLF (%)                             | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

\* 三年平均

\*\*世界平均

(a)績效指標(縮寫)之全名如下:

1. UCF: 機組容量因數 Unit Capacity Factor
2. UCLF: 非計劃性機組容量損失因數 Unplanned Capacity Loss Factor
3. FLR: 強迫損失率 Forced Loss Rate
4. UA 7: 臨界 7000 小時非計劃性自動急停次數 Unplanned Automatic Scrams per 7,000 Hours Critical
5. SSP: 安全系統績效 Safety System Performance  
HPSI: 高壓安全注水系統 High Pressure Safety Injection System,  
AFS: 輔助飼水系統 Auxiliary Feedwater System,  
RHR: 餘熱移除系統 Residual Heat Removal System,  
EPS: 緊急電力供應 Emergency Power Supply
6. FR: 燃料可靠度 Fuel Reliability
7. CPI: 化學績效指標 Chemistry Performance Index
8. CRE: 集體等效劑量 Collective Radiation Exposure
9. ISAR: 工安事故率 Industrial Safety Accident Rate
10. CISAR: 承包商工安事故率 Contractor Industrial Safety Accident Rate
11. GRLF: 電網相關損失因數 Grid-Related Loss Factor

在此同時，如圖 3.6 所示所有 6 部核能機組近年來之年平均容量因數(CF)均維持在 90%左右。2014 年所有 6 部核能機組之平均容量因數達 94.07%。圖 3.7 與圖 3.8 所示則為近年來各年度年平均每部核能機組發生異常事件報告(RER)數目與發生跳機次數。

以體積計算，國內超過 90%的低階放射性廢棄物是由三座運轉中核能電廠產生的。從 2001 年起，6 部機組合計每年固化 LLW 總產量皆少於 1,000 桶(每桶 200 公升)，近六年來(2011~2016)更只剩每年不到 200 桶(如圖 3.9 所示)，與 1983 年只有核一、二廠時 (核三廠當時尚未商轉) 就超過 12,000 桶之紀錄相比，減廢成果確實十分突出。此乃靠各核能電廠的從產生源減廢努力，以及成功應用行政院原子能委員會核能研究所(以下簡稱核研所)研發成功並獲有專利的高效率固化減廢技術(HEST)之減廢成果。(更多低階放射性廢棄物資訊請參閱第 16.9.1 節。)

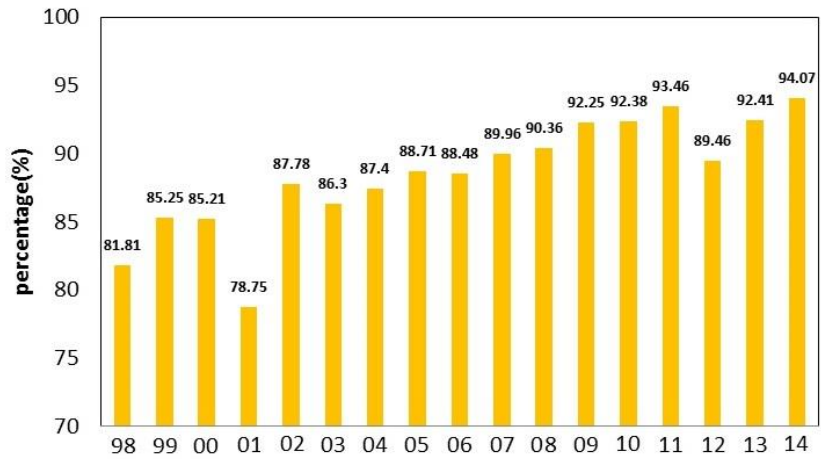


圖 3.6 國內運轉中核能電廠年平均機組容量因數(加權平均)(迄 2014 年)

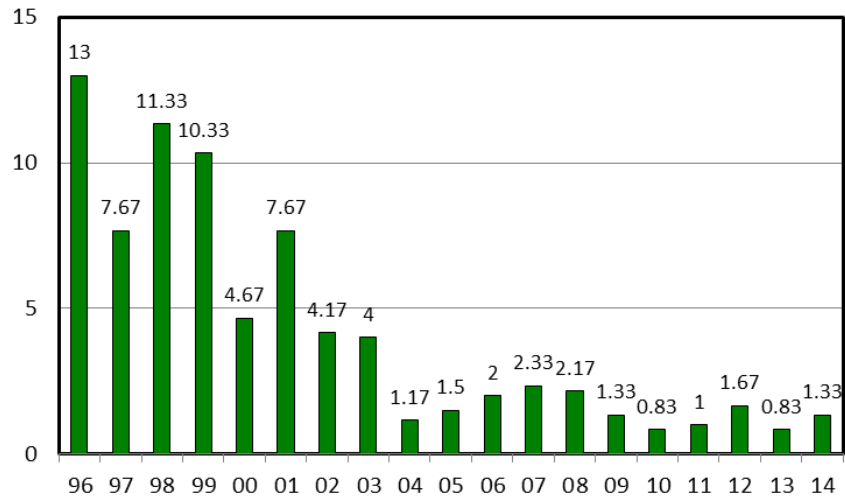


圖 3.7 國內運轉中核能電廠年平均每部機組異常事件報告數(迄 2014 年)

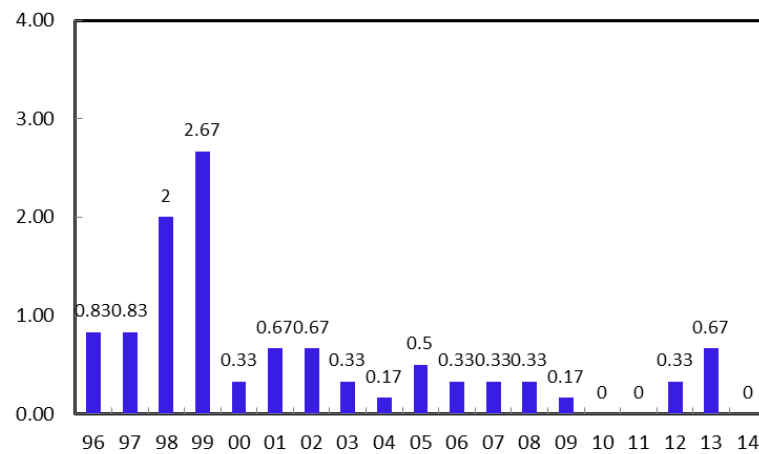
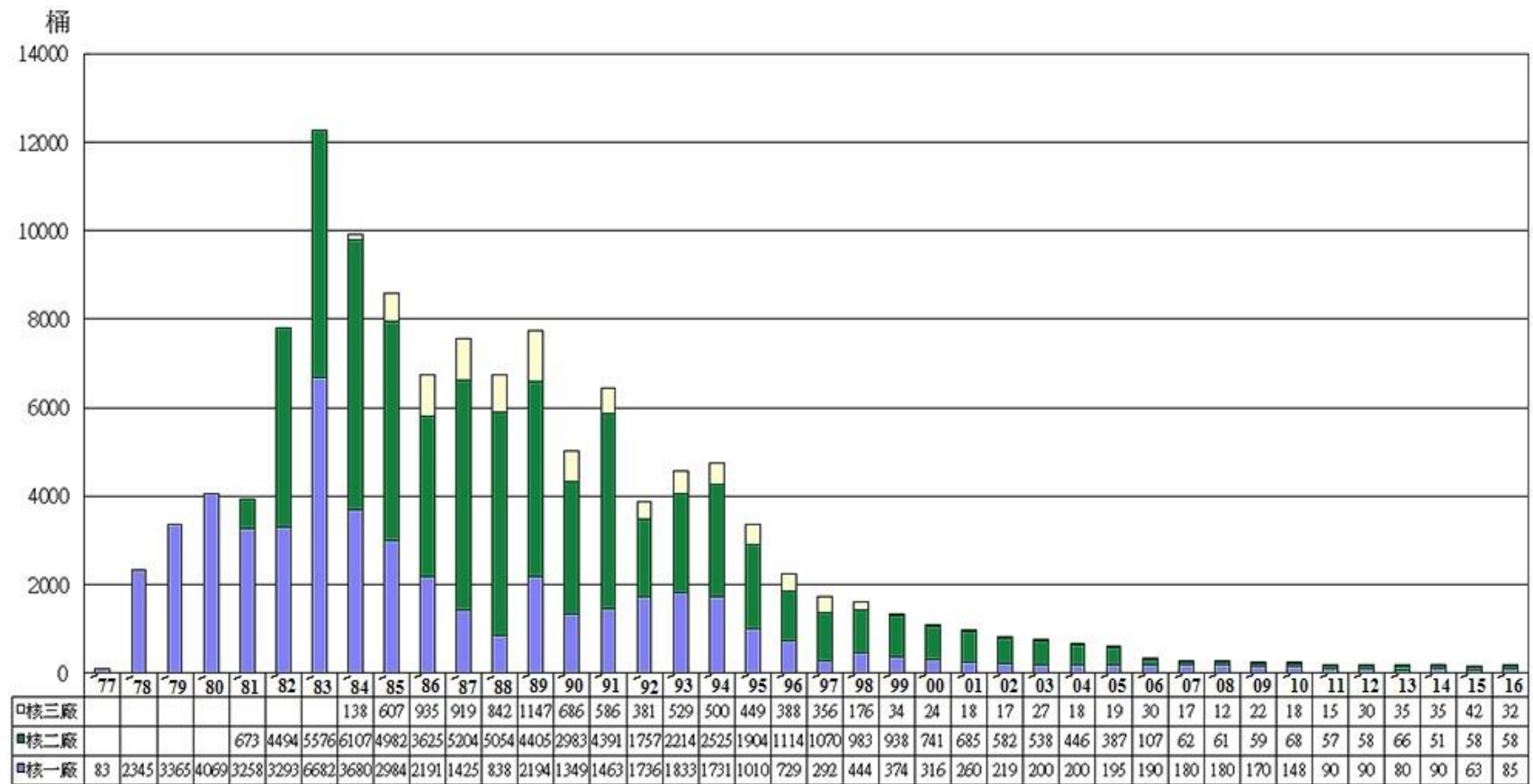


圖 3.8 國內運轉中核能電廠年平均每部機組跳機次數(迄 2014 年)



各核能電廠歷年固化廢棄物產量圖

圖 3.9 國內運轉中核能電廠固化低放射性廢棄物總年產量(單位：55 加侖桶)(迄 2016 年)

### 3.1.4 核能電廠電力供應源 (參考文獻 3.3 ~ 3.10)

國內核能電廠之電力傳輸系統可分兩大類：安全相關及非安全相關。非安全相關之電力系統提供核能發電機組運轉所需輔助負載電力，安全相關電力系統則對反應器保護系統(RPS)和緊急冷卻水系統(ECS)提供負載電力，以確保反應器能夠安全停機與爐心得到冷卻。安全相關電力系統必須符合耐震一級(seismic category I)及電器類一級(electrical class 1)設備之分類要求。

核能發電機組正常運轉時，廠用電力(service power)可由電廠主渦輪發電機(main TG)經由機組輔助變壓器(UAT)自行供給。國內每座核能電廠均有兩種廠外電源(offsite power sources) — 345kV(超高壓)和 69kV(高壓)或者 345kV 和 161kV 電力，經由起動變壓器(startup transformers)提供機組起動電力(startup power)。

三座運轉中核能電廠之每一部機組，均配置有 2 台相同的(或重複的) (redundant) 安全相關、耐震一級、4.16kV 電壓之水冷式緊急柴油發電機(EDGs)，興建中之核四廠的每部機則配置有 3 台此等緊急柴油發電機。所有水冷式緊急柴油發電機均被用為電廠之廠內備用交流電源(on-site backup AC power sources)，以在發生喪失廠外電源(LOOP)事故時，提供電力給反應器保護系統(RPS)和緊急冷卻水系統(ECS)。當電廠喪失廠外電源時，安全相關緊要系統之電力供應，將自動切換改由水冷式緊急柴油發電機提供。此等水冷式 EDGs 可在 10 秒內達到額定速度與電壓，然後其電力輸出斷路器(power output circuit breaker)將自動關閉，以提供電力給緊要匯流排。

每座核能電廠均另配置有 1 台安全相關、耐震一級設計、氣冷式共用緊急柴油發電機(swing EDG)。此外，三座運轉中核能電廠並各自擁有 2 台重複的非安全相關等級、非耐震一級、但具全黑起動(black-start)能力之氣冷式氣渦輪發電機(GTG)。此等氣冷式之共用緊急柴油發電機(swing EDG)和氣渦輪發電機均可在緊急狀況下，用來取代廠內備用水冷式 EDGs 供電給緊要安全系統之功能。當發生廠外電源和廠內備用水冷式 EDGs 同時喪失事故—即電廠全黑事故(SBO)時，氣冷式共用 EDG 和 GTG 可做為另種不同的緊急備用電源。核四廠亦規劃興建 2 台重複的非安全相關、非耐震一級氣冷式氣渦輪發電機。

國內每一部核能機組之蓄電池容量的原始設計，均有能力在喪失交流(AC)電源時，提供緊要直流(DC)電力至少 8 小時。福島第一核能電廠事故後，國內核能電廠即加強核能機組直流電源，現已可至少維持 24 小時。更進一步地，每座核能電廠另又購置了多種大型(4.16kV/1500kW)和中型(480V/500kW 或 480V/200kW)移動式柴油發電機電源車(MDG power trucks)，可在緊急時，提供另外的緊要電源。

以下謹針對國內核能電廠之電力供應來源再進一步加以討論。

#### 3.1.4.1 廠外電源

國內每座核能電廠之廠外電力供應系統均連接至兩個外部電力網(external grids)(345kV 和 69kV 或 161kV 電力網)，每個電力網各配置有數條傳輸線路(transmission lines)：

- 核一廠: 4條345kV傳輸線路和4條69kV傳輸線路

- 核二廠: 4條345kV傳輸線路和2條69kV傳輸線路
- 核三廠: 4條345kV傳輸線路和2條161kV傳輸線路
- 核四廠: 4條345kV傳輸線路和2條161kV傳輸線路

### (1) 核一廠

核一廠共有 4 條 345kV 廠外電源傳輸線路，其中 2 條來自頂湖超高壓變電站，1 條來自汐止超高壓變電站(EHV substation)，另 1 條來自核二廠。另外，尚有 4 條 69kV 廠外電源傳輸線路，其中 2 條來自興仁二次變電站(secondary substation)，其餘 2 條來自金山二次變電站。如第 3.1.4.3 節將提到的，核一廠還有 2 台氣渦輪發電機可對 69kV 開關場(switchyard)提供緊急備用電源。因此，即使有 1 條廠外電源傳輸線路或斷路器跳掉，69kV 起動變壓器仍然可用。

非安全相關電力系統(1 號和 2 號 4.16kV 匯流排)之電源，可選擇來自與機組主發電機相連之機組輔助變壓器或者與廠外 345kV 或 69kV 系統電力網相連之起動變壓器。正常運轉時，電源通常選擇來自主發電機(經由機組輔助變壓器)。如有必要，電力供應可手動(manually)切換從主發電機改至廠外電源(經由 345kV 或 69kV 起動變壓器)。如果發生反應器或機組輔助變壓器跳機，非安全相關 4.16kV 匯流排之電力供應將自動切換至 345kV 或 69kV 起動變壓器。

安全相關緊要電力系統(3 號和 4 號 4.16kV 匯流排)之電源，係來自非安全相關電力系統(1 號和 2 號 4.16kV 匯流排)，後者通常由機組主發電機供電，但可手動切換改由廠外 345kV 或 69kV 系統電力網供電。如遇反應器或機組輔助變壓器跳機，安全相關緊要 4.16kV 匯流排將自動轉為由廠外電力網系統經 345kV 或 69kV 起動變壓器供電，或者在廠外電源亦喪失時，轉由水冷式緊急柴油發電機供電。

### (2) 核二廠

核二廠之廠外電源是由 2 個實體獨立之傳輸系統(345kV 及 69kV)所提供。其中，345kV 系統有 4 條傳輸線路，包含 2 條來自汐止變電站，1 條來自協和變電站，另 1 條來自附近之核一廠。另一方面，69kV 系統有 2 條傳輸線路，分別來自金山線與中幅線。

兩部機組特殊安全設施(ESFs)匯流排之電力，可由 345kV 或 69kV 廠外電力系統供應。此乃經由 345kV 或 69kV 起動變壓器，將廠外電力分別由 345kV 或 69kV 降壓至緊要匯流排所需之 4.16kV 電壓。每一個緊要匯流排同時連接至 1 台獨立的水冷式緊急柴油發電機，以在喪失廠外電源時供電給緊急冷卻系統。

### (3) 核三廠

核三廠之廠外電源系統有 2 個：345kV 和 161kV 系統。345kV 系統有 2 組匯流排（即雙匯流排），以 4 條傳輸線路與電力網連接，其中 3 條連接到大鵬超高壓變電站，1 條连接到瀾力超高壓變電站。161kV 系統亦有 2 組匯流排及 2 條迴路，其中 1 條與楓港變電站直接相連，另 1 條則先經墾丁變電站再回到楓港變電站。核三廠有 2 台 345kV 起動變壓器和 2 台 161kV 起動變壓器，以提供 2 部機組起動和停機所需電力。2 部機組共用 1 台 345kV 起動變壓器，另一台備用；161kV



起動變壓器為每部機組分別使用一台，緊急時可互相支援。在機組正常運轉時，廠用電力係由機組輔助變壓器提供。

核三廠之廠外電源系統有 2 個：345kV 和 161kV 系統。345kV 系統有 2 組匯流排(1 號匯流排和 2 號匯流排)，以 4 條傳輸線路與電力網連接，其中 3 條連接到大鵬超高壓變電站，1 條连接到瀾力超高壓變電站。161kV 系統只有單一匯流排（161kV 匯流排）及 2 條迴路，其中 1 條與楓港變電站直接相連，另 1 條則先經墾丁變電站再回到楓港變電站。核三廠有 2 個 345kV 起動變壓器和 2 個 161kV 起動變壓器，以提供 2 部機組起動和停機所需電力，其中 1 個 345kV 和 1 個 161kV 起動變壓器供 1 號機使用，另外則供 2 號機使用，緊急時則可互相支援。在機組正常運轉時，廠用電力係由機組輔助變壓器提供。

#### (4) 核四廠

和其他 3 座核能電廠相似，核四廠也有 2 個廠外電源系統。345kV 廠外電源有 4 條傳輸線路，其中 2 條來自深美變電站，另 2 條來自龍潭變電站。161kV 廠外電源則由來自南港-坪林變電站和澳底變電站之 2 條傳輸線路提供。

##### 3.1.4.2 廠內備用電源 — 水冷式緊急柴油發電機

國內 4 座核能電廠的每一部機組均配置有重複且合格之安全相關、耐震一級、水冷式 4.16kV 緊急柴油發電機，以備在喪失廠外電源(LOOP)時對電廠提供廠內備用電源。運轉中核一、二、三廠的每一部機組均各有 2 台重複的水冷式緊急柴油發電機，其中核二廠的每部機組另有 1 台只對高壓爐心噴灑(HPCS)系統供電之水冷式緊急柴油發電機。核四廠的每部機組則各有 3 台相同的水冷式緊急柴油發電機。

這些重複的水冷式緊急柴油發電機，在電廠發生設計基準事件(design basis events)時，將對反應器安全停機和反應器爐心及用過燃料池(SFP)維持冷卻所需電力負載，提供備用交流電源。例如，當發生喪失廠外電源時，水冷式緊急柴油發電機將自動起動，並加入供電行列。

#### (1) 核一廠

在核一廠，每一部機組均配置 2 台相同且彼此獨立的耐震一級、安全相關的 4.16kV/3600kW 水冷式緊急柴油發電機(EDG A and B)。屬同一機組的 2 台緊急柴油發電機可相互支援。全部 4 台緊急柴油發電機均位在高程為海拔 11.2 公尺的聯合廠房(combined structure building)，高於潛在最大海嘯溯上高度的 10.73 公尺。1 號機的 2 台緊急柴油發電機稱為 EDG 1A/1B，2 號機者則稱為 EDG 2A/2B。EDG A 和 B 的起動與操控電力均為 125VDC 直流電源。每台緊急柴油發電機各有其獨立的空氣起動(air starting)系統。

每部機組的水冷式緊急柴油發電機系統係分成彼此隔離分開的兩區(division)：DIV I 和 DIV II，並各自獨立地供電給所屬區之緊要匯流排。兩區下游之緊急負載，包含 4.16kV 緊要匯流排及其相關的電力中心(PC)和馬達控制中心(MCC)等，彼此是重複的(即：相同的)。每一區都有 1 台緊急柴油發電機，俾在喪失廠外電源時緊急供電給一個緊要匯流排。每 1 台緊急柴油發電機的設計容量均為 100%，因此只要有 1

台緊急柴油發電機成功運轉，就可提供足夠的電力給緊要匯流排。

當發生喪失廠外電源事故時，連接於 DIV I 或 DIV II 4.16kV 緊要匯流排之緊急柴油發電機將自動起動，以對緊要匯流排提供 4.16kV 緊急電源。起動後，緊急柴油發電機可在 10 秒鐘內達到額定速度和電壓，然後其電力輸出線路斷路器將自動關上，以對緊要匯流排提供電力俾進行緊急冷卻。每台緊急柴油發電機之設計容量，均足供反應器安全停機和冷卻所需電力。若發生反應器跳機，正常時使用的 4.16kV 匯流排電源將在 10 個循環(cycles)內自動切換至 4.16kV 緊要匯流排。

水冷式緊急柴油發電機是由聯合廠房冷卻水(CSCW)系統加以冷卻，其熱量係傳送至緊要廠用水(ESW)系統，最後再傳送至大海終極熱沉(UHS)。若緊要廠用水系統不可用，水冷式緊急柴油發電機之冷卻，仍可藉由經聯合廠房冷卻水系統傳熱至用過燃料池(SFP)之替代冷卻方式加以確保，此時熱量最後是經由用過燃料池額外冷卻系統(SFPACS)之冷卻水塔(cooling tower)傳送至大氣中。

## (2) 核二廠

核二廠之每部機組均各有 2 台 4.16kV/3600kW 和 1 台 4.16kV/2200kW 水冷式緊急柴油發電機，此等柴油發電機屬安全相關、耐震一級設備，位在高程為海拔 12 公尺(亦即電廠地面高度)之緊急柴油發電機廠房(EDG building)的不同隔間(compartments)內，高於潛在最大海嘯溯上高度的 10.28 公尺。

核二廠之緊急柴油發電機系統分成三區：Div. I、Div. II 和 Div. III。每一區之緊要匯流排電力是由對應之緊急柴油發電機供電。Div. I 和 Div. II 兩區是連接至 2 台 4.16kV/3600kW 緊急柴油發電機，任 1 台緊急柴油發電機及其對應之 4.16 kV 緊要匯流排的設計容量，均足以確保反應器安全停機和冷卻。對於 Div. I 和 Div. II 緊要匯流排之下游負載，此兩區之電源可相互備用支援。Div. III 連接至 1 台 4.16kV/2200kW 緊急柴油發電機，此柴油發電機及其對應緊要匯流排僅提供電力給高壓爐心噴灑(HPCS)系統。每部機組之 3 台緊急柴油發電機，均可在起動後 10 秒鐘內達到額定速度和電壓。

當有機組發生喪失廠外電源事故時，機組內屬於 Div. I 和 Div. II 之 2 台緊急柴油發電機將自動起動，以提供將反應器安全停機所需電力。

## (3) 核三廠

在核三廠，每一部機組均配置 2 台耐震一級、安全相關的 4.16kV/7000kW 水冷式緊急柴油發電機(EDG A 和 EDG B)，座落於高程海拔 15 公尺(亦即電廠地面高度)之緊急柴油發電機廠房內，高於設計基準海嘯高度(design basis tsunami height)[或潛在最大海嘯溯上高度(potential maximum tsunami runup height)]的 12.53 公尺。

在每部機組內，均有 2 個安全相關的緊要匯流排：匯流排 A/B-PB-S01，每一個匯流排配置 1 台水冷式緊急柴油發電機，以提供緊急電源給對應之安全相關 4.16 kV 負載群組(load group)。

當安全相關匯流排 A/B-PB-S01 喪失電壓(LOV)(或發生喪失廠外電源事故)時，該匯流排連接之緊急柴油發電機將自動起動，並依供電負載順序(loading sequence)，

供電給特殊安全設施(ESF)設備，以將反應器安全停機。此等水冷式緊急柴油發電機之冷卻水，乃由廠用海水(NSCW)系統所提供。

#### (4) 核四廠

在核四廠，每一部機組均有 3 個 4.16kV 安全相關匯流排：匯流排 A4、B4 和 C4，及下游對應之 480V 電力中心/馬達控制中心 (PC/MCC)。每一個安全相關匯流排均連接至 1 台耐震一級、安全相關的 4.16kV/7500kW 水冷式緊急柴油發電機(EDG A、EDG B 或 EDG C)，以提供緊急時需要的電力。

每部機之 3 台緊急柴油發電機(EDG A、EDG B 和 EDG C)均座落在高程為海拔 12.3 公尺(約為電廠地面高度)之反應器廠房(reactor building)內的不同隔間，高於潛在最大海嘯溯上高度的 8.57 公尺。

當發生喪失廠外電源事故時，安全相關 4.16kV 匯流排 A4/B4/C4 及其下游電力中心/馬達控制中心所需電力，可由緊急柴油發電機 EDG A/B/C 供應。這些緊急柴油發電機是水冷式的，由反應器廠房冷卻水(RBCW)系統和反應器廠房廠用水(RBSW)系統加以冷卻。換言之，這些緊急柴油發電機是先由安全相關反應器廠房冷卻水加以冷卻，然後反應器廠房冷卻水所吸收熱量再由充當終極熱沉之反應器廠房廠用水加以移除。

##### 3.1.4.3 緊急備用電源 — 氣冷式擺動緊急柴油發電機和氣渦輪發電機

國內每一座核能電廠均額外地另有 1 台安全相關、耐震一級設計的 4.16kV 氣冷式共用緊急柴油發電機，因為此氣冷式緊急柴油發電機可對廠內兩部機組中的任何一部機提供緊急交流電力，就像 1 台可擺動變換供電對象的柴油發電機，故又稱“擺動”緊急柴油發電機(或共用之緊急柴油發電機)。此柴油發電機座落在電廠地面高度，可事先手動使其和任何一部機連線，以對該部機提供緊急備用電源。在核一、二、和三廠，此共用緊急柴油發電機是廠內設置之第 5 台緊急柴油發電機，故又稱第 5 台緊急柴油發電機。同樣地，在核四廠，共用緊急柴油發電機則又稱第 7 台緊急柴油發電機。

和廠內設置的水冷式緊急柴油發電機一樣，共用緊急柴油發電機的設計容量是 100 %，因此可充分供電給緊要匯流排。依照原來設計，共用緊急柴油發電機是供廠內兩部機共同使用的，但一次只能供一部機使用，端視原先是連線至那一部機。它可提供一部機之滿載電力需求。在福島事故後，(與共用緊急柴油發電機安排)相關的電廠運轉程序書(plant operating procedures)已經修正，如有需要，此共用緊急柴油發電機將可在負載控制之安排下，對兩部機同時提供電力。

此外，在三座運轉中核能電廠場址，均各有 2 台非安全相關、非耐震等級、但具全黑起動(black-start)能力的氣冷式氣渦輪發電機(GTG)。每台氣渦輪發電機各配置有 1 台專屬的 4.16kV/1100kW 柴油發電機，以提供全黑起動所需電力。此等氣渦輪發電機均座落於高過電廠地面高度之位置上，能對安全相關匯流排提供電力。所有三座運轉中核能電廠之交流電電力供應，均可由其所屬 2 台氣渦輪發電機承擔。核四廠之 2 台氣渦輪發電機的設置，則尚在規劃中。

當有一機組發生廠外電源和廠內備用水冷式緊急柴油發電機同時失效(即：電廠全黑)事故時，擺動式緊急柴油發電機(swing EDG)和 2 台氣渦輪發電機可做為另外的電源，以提供緊急備用電力。值得一提的是，共用緊急柴油發電機和氣渦輪發電機均是氣冷式的，因此無需冷卻水。

### (1) 核一廠

除有 4 台水冷式緊急柴油發電機(每部機各有 2 台)外，核一廠另有 1 台安全相關、耐震一級設計的 4.16kV/4000kW 氣冷式緊急柴油發電機，座落於高程為電廠地面高度(海拔 11.2 公尺)之第 5 台柴油發電機房。此第 5 台緊急柴油發電機(即：共用緊急柴油發電機)是做為 4 台水冷式緊急柴油發電機之備用電源，以便在水冷式緊急柴油發電機故障時，提供緊要電力。第 5 台緊急柴油發電機可於主控制室(MCR)手動起動，以取代任何一部機組之任何一台水冷式緊急柴油發電機的功能。換言之，當發生設計基準事故導致水冷式緊急柴油發電機失效時，共用緊急柴油發電機可提供所需電力，以確保反應器安全停機和維持冷卻。用來起動和操控第 5 台緊急柴油發電機之 125 VDC 電源，乃是一套獨立的蓄電池組。

更進一步地，核一廠還有 2 台非安全等級、非耐震一級、但具全黑起動能力的 50 MW 氣冷式氣渦輪發電機，座落在海拔 22.4 公尺高度處。此兩台氣渦輪發電機也可經由升壓主變壓器(step-up main transformer)供電給 69 kV 匯流排，而做為一種補充電源。每一台氣渦輪發電機均可供電給安全匯流排，其容量達 69.6 MVA，足以替代 69 kV 廠外電源提供兩部機組安全停機所需電力。另一方面，每一台氣渦輪發電機均配置有一台專屬的 4.16kV 柴油發電機(容量 1,500 kVA)，以提供起動所需電力。兩台氣渦輪發電機(連同各自附屬之起動柴油發電機)，乃是彼此獨立的。然而，當兩台起動柴油發電機中有一台故障，另一台則可藉由關上連線上之電流斷路器(tie-breaker)，而用來起動其柴油發電機故障之氣渦輪發電機。如此，可不影響兩台氣渦輪發電機之電廠全黑(SBO)起動能力。

兩台氣渦輪發電機主要是在發生電廠全黑事故時，用來提供電廠緊急起動之交流電電源。它們也可在尖峰負載時段，或由於電力網中有大發電機組跳機而造成電力短缺時刻，用來提供電力。當發生喪失廠外電源或電廠全黑事故時，兩台氣渦輪發電機可提供電力至 69kV 開關場，以提供所需交流電電源。

通常，起動氣渦輪發電機所需 4.16kV 電力，係由 69 kV 匯流排-2(或匯流排-1，如果匯流排-2 不可用)經由主變壓器(69kV/13.8kV)和起動變壓器(13.8kV/4.16kV)降壓至 4.16kV 所提供。此 4.16kV 電力係用來供電給起動馬達，以啟動氣渦輪發電機。

兩台氣渦輪發電機附屬之兩台柴油發電機(每台容量 1500kVA、電壓 4.16kV、功率 1100kW)是彼此互相獨立的，其起動電力由 24 VDC 電池組提供。當發生喪失廠外電源或電廠全黑事故時，此 24 VDC 電池組將用來起動柴油發電機，以提供電力給氣渦輪發電機起動馬達所需之 4.16kV 交流電電源，因此，氣渦輪發電機具有電廠全黑起動能力。起動後，氣渦輪發電機將在大約 10 秒鐘內加入輸配電系統(distribution system)，然後大約再過 7.5 分鐘可達滿載功率 50 MW。操控氣渦輪發電機之電力，係由獨立的另一直流電池組提供。

因此，即使喪失廠外電源和喪失水冷式緊急柴油發電機同時發生(即：電廠全

黑)，核一廠核能機組仍然擁有緊急備用電力系統可取代廠內備用緊急柴油發電機之功能，以供電給緊要安全系統，此緊急備用電力系統包含 1 台氣冷式共用緊急柴油發電機和 2 台氣冷式氣渦輪發電機。

## (2) 核二廠

除 4 台重複的水冷式緊急柴油發電機外，核二廠另有 1 台安全相關、耐震一級設計之 4.16kV/3910kW 氣冷式共用緊急柴油發電機(第 5 台緊急柴油發電機)，做為備用緊急電源，屬兩部機共有。此第 5 台緊急柴油發電機，座落於位在海拔 12 公尺(即電廠地面高度)之一座分離廠房內，可做為替代任何一部機組之 Div. I 或 Div. II 水冷式緊急柴油發電機功能的不同電源。

當有任何一部機組之 Div. I 或 Div. II 緊急柴油發電機故障時，第 5 台緊急柴油發電機可於主控制室手動操作使其運轉，以取代故障之水冷式緊急柴油發電機，提供維持機組於安全停機狀態所需之緊要電力供應。此第 5 台緊急柴油發電機之原始安排是，只對任一機組之一區(Div. I 或 Div. II)緊要匯流排供電。福島事故後，在將相關電廠運轉程序書加以修正，以適當控制負載後，第 5 台緊急柴油發電機已可同時供電給兩部機組。

此外，核二廠還設置有 2 台非安全等級、非耐震一級的氣冷式氣渦輪發電機，座落在海拔 22 公尺高度上，具全黑起動能力，容量 50 MW。每台氣渦輪發電機有 1 台附屬的起動用之 4.16kV/1100kW 柴油發電機，且能提供足夠兩部機組維持安全停機所需緊要匯流排和非安全相關匯流排負載之電力。起動氣渦輪發電機並併入 69kV 電力系統約需 20 分鐘。

第 5 台緊急柴油發電機或任何 1 台氣渦輪發電機皆能提供緊要匯流排負載所需電力，包含緊要和非緊要直流電充電器所需電力。因此，當核二廠的任何一部機組喪失其廠外電源和廠內備用電源(Div. I, II, III 緊急柴油發電機)時，該部機組仍然擁有來自 1 台氣冷式共用緊急柴油發電機和 2 台氣渦輪發電機的另外緊急備用電源，以提供確保反應器安全停機和足夠冷卻所需電力供應。

## (3) 核三廠

核三廠擁有 1 台氣冷式共用緊急柴油發電機(即：第 5 台緊急柴油發電機)，是為安全等級、耐震一級設計的 4.16kV/7000kW 柴油發電機，座落於海拔 15 公尺(電廠地面高度)的第 5 台緊急柴油發電機廠房內。

另外，核三廠還有 2 台非安全等級、非耐震一級的 69.6 MVA/50 MW 氣冷式氣渦輪發電機，座落於海拔 35 公尺高度上。每台氣渦輪發電機配置有 1 台 4.16kV/1100kW 的全黑起動柴油發電機。如有廠外電源可用，操控氣渦輪發電機所需電力將由廠外電源提供。如果廠外電源不可用，全黑起動柴油發電機之柴油引擎將提供氣渦輪發電機起動階段所需電力。

如果廠外電源和廠內備用的水冷式緊急柴油發電機同時喪失(即：電廠全黑)，第 5 台緊急柴油發電機和 2 台氣渦輪發電機可用為不同的緊急電源，以提供緊要交流電電源。第 5 台緊急柴油發電機可於主控制室手動起動，以替代任何一部機組的任 1

台水冷式緊急柴油發電機。因第 5 台緊急柴油發電機和 2 台氣渦輪發電機均為氣冷式，故它們皆不需要冷卻水。

除上述之外，核三廠另配置有 1 個非安全相關可提供交流電的 11.4kV 第三電源。此第三電源係由 11.4kV 系統經 11.4kV/4.16kV 變壓器將電壓降壓至 4.16kV，以提供電力給安全相關 4.16kV 匯流排。第三電源可做為安全相關 4.16kV 匯流排的備用電源，它的電源是從 161kV 開關場透過 161kV/11.4kV 降壓變壓器(step-down transformer)提供的。若 161kV 系統故障，第三電源可另由 69kV 壟山線、壟廠線供電。喪失外電時，則第三電源的電力來源可由氣渦輪發電機提供。

當廠外電源和廠內備用電源同時喪失時，第 5 台緊急柴油發電機或氣渦輪發電機，可經由安全相關匯流排，提供交流電電力給用過燃料池冷卻水泵和緊急補水泵。如有需要，這些水泵可由運轉員手動起動，以保護用過燃料，避免其外露(於水面外)。

#### (4) 核四廠

除了 6 台水冷式緊急柴油發電機(每部機組各有 3 台：EDGs A/B/C)，核四廠另有 1 台安全相關、耐震一級的 4.16kV/7800 kW 氣冷式緊急柴油發電機，屬兩部機組共有。此第 7 台緊急柴油發電機(又稱共用緊急柴油發電機)，座落於海拔 12.3 公尺(大約是電廠地面高度)的輔助燃料廠房(AFB)內，可對兩部機組的任何一個安全相關匯流排提供電力。

任何一部機組均有 3 個安全相關的 4.16kV 匯流排(A4/B4/C4)及其下游的 480V 電力中心/馬達控制中心，每個匯流排各自連接至 1 台水冷式緊急柴油發電機：匯流排 A4 連接至 EDG A，匯流排 B4 連接至 EDG B，依此類推。另外，核四廠還有 1 個安全相關的 4.16kV 匯流排(S4)，連接至共用緊急柴油發電機(即第 7 台緊急柴油發電機)及其下游的 480V 電力中心/馬達控制中心。匯流排 S4 屬兩部機組共有。

若廠外電源喪失，緊急電力可由緊急柴油發電機 EDGs A/B/C 提供至 4.16kV 匯流排 A4/B4/C4/S4 及其下游的電力中心/馬達控制中心。第 7 台緊急柴油發電機是做為兩部機組 6 台水冷式緊急柴油發電機的備用支援。如有任何 1 台水冷式緊急柴油發電機故障，第 7 台緊急柴油發電機可取代其設計功能。欲由第 7 台取代之水冷式緊急柴油發電機須事先選定。滿載運轉時，第 7 台緊急柴油發電機可提供緊急爐心冷卻系統(ECCSs)所需之全部交流電力。當廠外電源和廠內備用電源(EDG A, B and C)同時喪失時，第 7 台緊急柴油發電機將被用來提供反應器安全停機和充分冷卻所需電力。起動及操控第 7 台緊急柴油發電機之電力，由一獨立電池組提供。

此外，核四廠也規劃建置 2 台 12MVA 非安全等級、非耐震一級的氣冷式氣渦輪發電機，以做為發生電廠全黑事故時的另一個緊急備用電源。

##### 3.1.4.4 直流電源和移動式柴油發電機

發生電廠全黑事故時，採用沸水式反應器(BWR)的核一、二、和四廠，維持反應器充分水位和適當壓力的做法，乃是靠反應器爐心隔離冷卻(RCIC)系統之運轉以提供飼水(FW)至反應器壓力槽(RPV)，以及開啟主蒸汽管路上的安全釋壓閥(SRVs)以釋放蒸汽壓力。反應器爐心隔離冷卻水泵是汽機驅動(turbine-driven) [即蒸汽帶動

(steam-driven)] 的。

另一方面，採用壓水式反應器(PWR)的核三廠，其處理電廠全黑事故的做法，則是利用汽機帶動之輔助飼水泵及/或柴油引擎帶動之輔助飼水泵將飼水注入蒸汽產生器二次側(即：殼側)，以及開啟主蒸汽管路上的動力釋壓閥(PORVs)以釋放蒸汽壓力。

上述之反應器爐心隔離冷卻系統和汽機帶動輔助飼水泵的運轉，都是倚賴 125 VDC 直流電源。

福島事故發生前，國內核能電廠機組喪失廠外電源時，在不考慮備用電源是否可用情形下，機組之電池組可至少提供所需直流電力 8 小時。福島事故後，台電即加強核能機組直流電源，現已可至少維持 24 小時。這段期間內，相信電廠之廠內備用電源 (即：水冷式緊急柴油發電機) 及/或其他替代電源 (包含：氣冷式之共用緊急柴油發電機和氣渦輪發電機，以及移動式電源) 應已建立好。

當發生電廠全黑事故，而共用緊急柴油發電機和氣渦輪發電機又剛好全都喪失時，直流電源和移動式交流電柴油發電機將是電廠僅剩之電力來源。台電公司依據從福島事故學得之教訓，特別為各核能電廠增購各種不同大型(4.16kV/1500kW)和中型(480V/500kW 或 480V/200kW)移動式柴油發電機(MDG)電源車(power vehicles)。此等移動式柴油發電機，將用來提供關鍵系統電力以及為電池組再充電。換句話說，若所有永久性建置(permanently installed)之交流電源皆不可用，核能電廠仍然有直流電源和許多在廠內的移動式交流電柴油發電機可用。

每一個獨立的電池組系統均擁有重複的電池充電器(charger)。只要電池充電器可用，透過不斷電(UPS)系統，電池組就可用，而緊要的直流和交流電源亦跟著可用。

綜合而言，依據深度防禦概念，國內核能電廠之電力供應系統有下列數道防線，用以防止電廠緊要系統喪失電源事故發生：

- 多條廠外電力網傳輸線路，
- 多台安全相關、耐震一級的水冷式緊急柴油發電機，做為廠內備用電源，
- 一台安全相關、耐震一級的氣冷式共用緊急柴油發電機，做為另種緊急備用電源，
- 兩台非安全相關、非耐震一級、但具全黑起動能力的氣冷式氣渦輪發電機，做為另種緊急備用電源，
- 多個電池組，以及
- 多輛大型 (4.16kV/1500kW) 移動式柴油發電機電源車和多台中型 (480V/500kW或480V/200kW)柴油發電機，以在緊急時刻對關鍵系統和電池再充電系統提供電力。(運轉中之核一、二、三廠，每座現均各配置有兩台 4.16kV/1500kW移動式柴油發電機電源車。)

## (1) 核一廠

核一廠處理電廠全黑事故時，是倚賴反應器爐心隔離冷卻系統或高壓爐心注水 (HPCI)系統，以及主蒸汽管路(main steam lines)上之安全釋壓閥(SRVs)的運作。反應

器爐心隔離冷卻水泵和高壓爐心注水泵都是汽機驅動的。

反應器爐心隔離冷卻系統之運轉係靠 125V 直流電源，相關電池組提供直流電力時間已延長到至少 24 小時。核一廠為延長電池供電時間而配合修正的電廠全黑程序書已建立好。對應的高壓爐心注水系統運轉時間至少達 8 小時。安全釋壓閥運作所需空氣供應則足夠 43.2 小時之用。

不用直流電源，而僅以手動操作就可使反應器爐心隔離冷卻系統運轉之測試已成功，並被納入電廠運轉程序書中，以做為事故處理措施之一。

## (2) 核二廠

核二廠每部機組的安全相關直流電源，包含 5 個 125 VDC 直流電力系統，即電池組 A、B、C、D 和 G，其中，電池組 A 和 C 屬於第一區(Div. I)負載群，電池組 B 和 D 屬於第二區(Div. II)負載群，電池組 G 屬於第三區(Div. III)負載群。這些直流電力系統的設計特色是，任一系統故障皆不會影響反應器保護系統(RPS)和緊要設備執行其預定功能。

欲應付電廠全黑事故，核二廠機組須倚靠反應器爐心隔離冷卻系統(其水泵是蒸汽驅動的)的運轉和主蒸汽管路安全釋壓閥的啟動。當電廠全黑事故以及第 5 台緊急柴油發電機和氣渦輪發電機失效同時發生時，運轉反應器爐心隔離冷卻系統將可維持反應器水位。反應器爐心隔離冷卻系統之運轉，靠的是 125VDC 直流電源。提供反應器爐心隔離冷卻系統運轉和安全釋壓閥啟動所需電力之安全相關電池組設計，可至少供電達 24 小時。另外，有一台專屬的移動式柴油發電機及其附屬整流器(rectifier)，可提供直流電力給反應器爐心隔離冷卻系統安全釋壓閥，而一台移動式空氣壓縮機(air compressor)則可供應廠用氣體(service air)給安全釋壓閥。

由於第 5 台緊急柴油發電機或任 1 台氣渦輪發電機，都可供電給緊要匯流排上之負載(包含緊要和非緊要直流充電器)，因此電池組將可提供直流電力一段長時間。

## (3) 核三廠

核三廠之輔助飼水系統(AFS)配置有 1 台汽機驅動的輔助飼水泵(TDAFP)、1 台柴油引擎驅動(diesel engine-driven)的輔助飼水泵、和 2 台馬達驅動(motor-driven)的輔助飼水泵。當沒有交流電源時，馬達驅動的輔助飼水泵將不能運轉，而汽機驅動的輔助飼水泵則能運轉。

在電廠全黑時，核三廠須一方面倚賴蒸汽產生器二次側(或殼側)將熱移除 [利用開啟主蒸汽管路上的動力釋壓閥(PORV)以釋放蒸汽]，另一方面利用輔助飼水系統之渦輪機驅動或柴油引擎驅動的輔助飼水泵，將飼水注入蒸汽產生器二次側。渦輪機驅動(即蒸汽驅動)輔助飼水泵之運轉，需依靠 125 VDC 直流電源。

電池組 A 串和 B 串之每一串的額定容量為 1650 安培-小時(Ah)，電池組 C 串和 D 串之每一串則為 900 安培-小時。依據最低負載需求(即：將一些非緊要負載隔離)，當發生電廠全黑事故時，電池組 A、B、C、和 D 四串的設計電池容量，連續提供直流電源時間現已可延長到至少 24 小時。



如果連所有直流電源也不可用，則輔助飼水系統之蒸汽驅動泵(連同主蒸汽管路上的動力釋壓閥)仍能用手動模式操作，此可視為事故處理措施之一種。

核三廠氣渦輪(發電)機之全黑起動柴油發電機的鉛酸電池組(lead acid battery set)，含有 6 個容量 12VDC/200Ah 之電池，用以提供該全黑起動柴油發電機所需 24VDC 直流電力。此電池組每月維修一次，以確保直流電池皆處於正常備用狀態。氣渦輪(發電)機一旦起動，即可反過來對用以起動該柴油發電機之電池組充電所需交流電力。

第 5 台緊急柴油發電機之電池容量為 125VDC/220Ah，可提供緊急電力 2 小時。一旦第 5 台緊急柴油發電機起動，也可反過來對用以起動第 5 台緊急柴油發電機之電池加以充電所需之交流電力。

#### (4) 核四廠

核四廠之每部機組皆有 3 個安全相關 4.16kV 匯流排(A4/B4/C4)及其所屬下游 480V 電力中心/馬達控制中心，每個匯流排連接至一台水冷式緊急柴油發電機。另外，還有一個 4.16kV 匯流排(S4)及其所屬下游 480V 電力中心/馬達控制中心，屬兩部機組共用。匯流排 S4 連接至兩部機組共用之擺動式緊急柴油發電機(即：第 7 台緊急柴油發電機)。匯流排 A4、B4 和 C4 各有 5 個電源(包含其各自對應之緊急柴油發電機)，匯流排 S4 則只有 3 個電源(包含其對應之擺動式緊急柴油發電機)。匯流排 A4、B4、C4 和 S4 對其各自下游之 480V 電力中心提供電力，電力中心則反過來提供電力給下游對應之 480V 馬達控制中心。

若電廠全黑(即：廠外電源和緊急柴油發電機 A/B/C 全喪失)且第 7 台緊急柴油發電機亦故障，電廠內仍有直流電源可用。此時，反應器水位與壓力可倚靠反應器爐心隔離冷卻(RCIC)系統之運轉而得以維持，RCIC 系統之運轉則靠 125VDC 直流電源。匯流排 A4、B4 和 C4 之電池設計，可供應直流電力至少 8 小時，且能提供啟動安全釋壓閥所需操控電力。RCIC 渦輪機調節閥(GV)之運作是機械式的，無需用到電力。因此，單靠手動打開蒸汽進汽閥(steam inlet valve) E51-MBV-0103 和冷卻水排放閥(water discharge valve) E51-MBV-0004，就可讓汽機驅動(即：蒸汽驅動)之 RCIC 泵運轉。RCIC 泵之冷卻水源，是取自抑壓池(suppression pool)或凝結水貯存槽(CST)。與第 7 台緊急柴油發電機連接之第 0 區(DIV 0) 125 VDC 電池(電池 S4)的設計容量為 1800 AH。依據核四廠終期安全分析報告之分析，此容量可提供直流電力至少 3.5 小時。如果對直流電負載加以控制，電池供電時間將可延長。

#### 3.1.4.5 福島事故後電力供應系統之加強

為因應從日本福島第一核能電廠事故學得之教訓，台灣電力公司對其核能電廠實施了多種加強電力供應系統措施，以下謹扼要敘述之。

在國內每個核能電廠場址，都有多條傳輸線路，以對電廠正常和緊急負載提供廠外電源。另外，三座運轉中核能電廠的每部機組，各有 2 台 4.16kV 水冷式緊急柴油發電機，核四廠則各有 3 台，當正常廠外電源喪失時，這些緊急柴油發電機將自動起動並加入供電行列。核二廠的每部機組尚有第三台水冷式緊急柴油發電機，專為高壓爐心噴灑(HPCS)系統而設。

若發生廠外電源和水冷式緊急柴油發電機同時喪失情況，三座運轉中核能電廠各另有 1 台 4.16kV 氣冷式緊急柴油發電機(即：第 5 台或共用緊急柴油發電機)和 2 台氣冷式氣渦輪發電機，可做為另種緊急電源。此外，核三廠每部機組尚有一個第三電源，其電力來源由 161kV 開關場(switchyard)經 161kV/11.4kV 降壓變壓器提供，或者如 161kV 廠外電源喪失，則改由氣渦輪發電機提供。核四廠目前僅有 1 台氣冷式共用緊急柴油發電機(即：第 7 台緊急柴油發電機)，另有 2 台氣冷式氣渦輪發電機規劃建置中。

福島事故後，為保護其核能電廠使發生類似福島之複合式事故(compound accident)，台電總公司添購了 6 部 4.16kV/1500kW 移動式柴油發電機(MDG)電源車和 26 台 480V 移動式柴油發電機。台電公司同時添購了數台空氣壓縮機、氮氣瓶(nitrogen bottles)等。在配置上述這些移動式設備和器具後，核能電廠對抗長期電廠全黑(prolonged SBO)事故之能力，將大大增強。

除此之外，依據從福島事故學得之教訓，國內運轉中核能電廠之電力供應系統，亦執行了下列加強措施：

- 共用緊急柴油發電機現已可同時對兩部機組之必要負載提供電力；
- 用來起動2台氣渦輪發電機的2台全黑起動之柴油發電機，現已可同時對兩部機組之必要負載提供電力；
- 用來從2台氣渦輪發電機的2台4.16kV全黑起動柴油發電機，供應緊急電力給兩部機組之4.16kV安全相關緊要匯流排的電纜線(power cables)和相關程序書已備妥；
- 提供給運轉中核能電廠(核一、二、三廠)每一場址各兩台4.16kV/1500kW移動式柴油發電機電源車，可同時對兩部機組之必要緊急負載提供電力 (參考文獻3.10)；
- 每一核能電廠場址均已購置了多組480 V可攜式柴油發電機(portable DGs)，可供電給緊急480 V匯流排；
- 電廠全黑事故時，直流電源因應時間可從原來8小時延長至24小時。

### (1) 核一廠

為因應萬一發生兩部機組同時喪失電力之複合式事件，核一廠之電廠運轉程序書已加以修正，以導引第 5 台緊急柴油發電機，使其可在緊急時同時供電給兩部機組。

此外，核一廠有兩台 4.16kV/1500kW 大型可移動貨櫃式(mobile container type)柴油發電機電源車和 12 組中型柴油發電機 (包含 4 組 480V/200kW 柴油發電機及 8 組 480V/500 kW 移動式柴油發電機)，這些均座落在位處較高地點之合格耐震廠房屋頂上。該等 4.16kV/1500kW 電源車能提供 4.16kV 安全相關匯流排所需電力，480V/500kW 移動式柴油發電機則連接至電池充電器，以對 125VDC 匯流排、緊要不斷電系統(vital UPS)和 480V 負載等，提供直流電力。核一廠同時也備有許多組小型

的移動式汽油/柴油發電機、空氣壓縮機、燃燒水泵(combustion water pumps)等。

從 2 台氣渦輪發電機附屬的 2 台 4.16kV/1100kW 全黑起動柴油發電機，供應緊急電力給兩部機組之安全相關緊要匯流排，所需配合的電纜線及相關程序書也已備好。

技術支援中心大樓[TSC building]的照明系統，已於 2015 年 10 月從一樓搬移至較高位置，將之快速連至移動式柴油發電機的程序也已加入相關程序書中。

所有緊急柴油發電機，包含 4 台水冷式和 1 台氣冷式者，均座落在大約電廠地面高程之高度。為加強抗洪水/抗海嘯能力，水密設備將裝設於第 5 台緊急柴油發電機機房(5th EDG building)之窗戶和開口處。

## (2) 核二廠

核二廠增購了 5 組小型 120V 移動式發電機和電源供應器(power suppliers)，以在緊急情況時，提供直流電力給反應器爐心隔離冷卻(RCIC)系統和安全釋壓閥(SRVs)，以及其他緊要儀器控制所需電力。其中 1 組 120V 移動式發電機放置在控制廠房(control building)屋頂，且相關整流器和電纜線均配備快速接頭(quick connectors)並存放於主控制室兩個箱子內，以在緊急情況時，加速對 RCIC 系統和安全釋壓閥的支援。另外，再添購了 2 組移動式柴油(引擎)驅動(diesel-driven)空氣壓縮機和 2 組高壓升壓機(high pressure boosters)，以提供安全釋壓閥緊急運作時需要的壓縮空氣。

為增進電廠對抗福島式的嚴重複合式事故，核二廠執行了下列措施，以提供 4.16kV/480V 緊急交流電源：

- 修正電廠緊急計畫，使第 5 台緊急柴油發電機經由「核能電廠機組斷然處置程序指引」(簡稱：「斷然處置程序指引」)(URG)程序書 1451 指引後，可對兩部機組的緊要匯流排，同時提供緊急電力；
- 修正緊急柴油發電機運轉程序書，使一部機組的水冷式緊急柴油發電機能夠用來支援同電廠的另一部機組；
- 完成調整附屬於氣渦輪發電機之兩台 4.16kV/1100kW/1500kVA 全黑起動輔助柴油發電機的設計變更案(DCRs)，使能提供電力給兩部機組的緊要匯流排；
- 將技術支援中心(TSC)和運轉支援中心(OSC)的兩台 480V/200kW 柴油發電機，從各該中心連線至負載中心(LCs)1B3和2B3；
- 添加 4 台 480V/200kW 移動式柴油發電機，以提供電力給兩部機組的負載中心 1B3/1B4/2B3/2B4，因而對緊要 480V 負載 [例如：不斷電系統(UPS)、氬氣點火系統(HIS)等] 和 125 VDC 電池充電器(彼可反過來提供電力給 125 VDC 匯流排)，提供了額外的緊急電力；
- 將台電公司已購置之 6 台 4.16kV/1500kW 移動式柴油發電機發電引擎(power engines)中的 1 台放置核二廠，3 台放置核一和核四廠，而放置核一和核四廠者可用來支援核二廠，反之亦然；
- 完成將安全相關電池組容量從原設計的 8 小時升級到 24 小時之設計變更案

(DCR)；

- 備有 1 台專用的移動式柴油發電機及其附屬的整流器，以對反應器爐心隔離冷卻系統(RCIC)和安全釋壓閥(SRVs)提供緊急直流電力，另有 1 部移動式空氣壓縮機，可對安全釋壓閥提供廠用空氣；
- 在直流電源喪失或 RCIC 系統跳脫時，手動起動蒸汽驅動的 RCIC 系統已證明可行；
- 在沒有直流電源時，可手動運作蒸汽閥以運轉 RCIC 系統，相關之電廠運轉程序已納入電廠斷然處置程序指引(URG)程序書 1451 內。

在增強電廠電力系統抗海嘯/洪水能力方面（潛在最大海嘯溯上高度 10.28 公尺），核二廠採取了下列措施：

- 在緊急柴油發電機廠房(EDG building)人員出入口(personnel hatch)和設備出入口(equipment hatch)設置防洪障壁板，以增強此廠房防水能力；
- 在緊急循環水(ECW)泵室添加高達天花板頂端之 11.24 公尺高防水牆，且對此泵室之所有穿越孔密封，以防止海嘯通過保護牆而氾濫緊急循環水泵馬達區；經此改進後，防止海嘯溯上的保護高度將和電廠地面高度(海拔 12 公尺)一樣，如此可保護緊急循環水系統和 Div. I, II, III 三區之緊急柴油發電機，使免受海水侵襲；
- 將第 5 台緊急柴油發電機廠房配置安全門(security doors)，而其通氣孔高度則達 17 公尺；
- 兩台氣渦輪發電機座落在海拔 22 公尺高度上；
- 附屬於兩台氣渦輪發電機的兩台 4.16kV 全黑起動柴油發電機座落在海拔 22 公尺高度上；
- 新購之兩台 4.16kV/1500kW 移動式柴油發電機電源車將停放在海拔 31 公尺高度上；
- 480V 移動式發電機存放在位於海拔 16 公尺之倉庫內。

### (3) 核三廠

在福島事故後，核三廠執行了一些增加電廠電力供應系統強固性的加強措施，下列為其中一些較具代表性者。

電池組已完成將其安全相關電池組容量從原設計的 8 小時升級到 24 小時之設計變更案(DCR)。核三廠已購置 10 台 480V/370kVA 移動式柴油發電機，以供應交流電力給：

- 電池充電器(以維持125VDC匯流排電源)；
- 緊要水泵(以供水給關鍵設備和設施)；和
- 重要480V負載，例如電話交換機、技術支援中心(TSC)和主控制室 [以維持必要的通訊、指揮和適居性系統，以及其他重要480V負載]。

利用第 5 台氣冷式緊急柴油發電機同時供應緊急交流電力給兩部機組，已證實可行。進行此種目的時，快速連接的終端連接點(**terminal points**)已建置好，相關操作指示已納入電廠機組斷然處置程序書 1451 中。

台電總公司購置了 6 台 4.16kV/1500kW 移動式柴油發電機(MDGs)，其中 2 台放在核三廠。這些移動式柴油發電機可做為支援設備，用以提供電力給安全相關之 4.16kV 匯流排 A/B-PB-S01。從這些匯流排，電力可再供應給離心式充水泵(CCP)，以補充冷卻水至反應器冷卻劑系統(RCS)和反應器冷卻水泵(RCP)密封注水(**seal injection**)，以及至用過燃料池(SFP)冷卻和緊急補水泵。相關設計變更案(DCR-M0-4325)已建立好，可將這些移動式柴油發電機與現有設備連接。

核三廠另購置了 24 台小型移動式發電機，可用來提供短暫性電力給浸沒式水泵、排氣風扇和輻射偵檢器，以確保這些救援設備或儀器能夠適當運作。救援設備存放於海拔 25 公尺的倉庫內。

當發生電廠全黑時，核三廠須倚賴蒸汽產生器上【實際是主蒸汽管路上】之動力釋壓閥的啟動而釋放蒸汽，以經由蒸汽產生器二次側將熱移除，並藉由輔助飼水系統之蒸汽驅動及/或柴油引擎驅動之輔助飼水泵的運轉，以將飼水注入二次側。若電廠全黑發生之同時，所有直流電力亦喪失，渦輪機驅動（即：蒸汽驅動）之輔助飼水泵和蒸汽產生器上之動力釋壓閥仍可手動操作，以補充飼水給蒸汽產生器及從蒸汽產生器釋放蒸汽至大氣中。如果渦輪機驅動之輔助飼水泵不可用，可改運轉柴油引擎驅動(**diesel engine-driven**)之輔助飼水泵以補充飼水進蒸汽產生器中。此等動作，可控制反應器冷卻劑系統之溫度和壓力，並維持對爐心冷卻。當所有輔助飼水泵皆不可用時，可運轉柴油引擎驅動的消防泵(**diesel engine fire pumps**)以補水進蒸汽產生器。

緊急柴油發電機機房設計是耐震一級，座落在海拔 15 公尺之高度上，高於最大海嘯溯上高度(12.53 公尺)。為防止洪水侵襲其他廠房，核三廠提出了一個設計變更案，以評估在安全相關系統所在廠房的進/出大門(**ingress/egress gates**)加裝防洪障壁板的可行性，俾可在中央氣象局(CWB)發佈颱風及豪雨警報時，或者在判斷電廠場址有可能遭洪水侵襲時，洪水障壁板可事先裝上以防止水患。核三廠同時提出了另一個設計變更案，以改進安全相關系統所在廠房之關鍵防火門(**fire-proof doors**)或防爆門(**explosion-proof doors**)的水密特性，俾能洪水侵襲關鍵區域或房間，並因而避免重要設備/設施之損壞。

此外，核三廠購置了 3 台移動式空氣壓縮機，以供應工作氣體(**working air**)給各個氣動閥(AOVs)。

#### **(4) 核四廠**

當電廠全黑及第 7 台緊急柴油發電機喪失同時發生時(即：所有廠內和廠外交流電力全部喪失)，反應器水位與壓力可利用 RCIC 系統之運轉加以維持。依據設計基準(DBs)，核四廠供電給 RCIC 系統之直流電源可維持至少 8 小時。而依據核四廠安全分析終期報告(FSAR)第 8.3 節之分析，電廠全黑時 RCIC 系統可運轉至少 21 小時。如果利用負載控制而將一些不必要的直流電負載隔離，核四廠電池組可供應直流電給 RCIC 系統至少 24 小時。更進一步，利用反應器降壓(開啟蒸汽產生器上安全釋壓

閥以釋放蒸汽至大氣中)和圍阻體通風,也可為電廠爭取更多時間進行復原交流電力。

更多在電廠全黑時可用來提供緊急 4.16kV/480V 交流電力的強化措施包含：

- 使第7台緊急柴油發電機可在緊急時，經由匯流排S4同時對兩部機組的匯流排A4/B4/C4提供電力
  - 為確保在喪失廠外電力時，仍有電力供應給必要負載，操作第7台緊急柴油發電機之電廠運轉程序書已加以修正，使電力可經由匯流排S4同時提供給兩部機組。相關的緊急操作步驟已納入電廠機組斷然處置程序書(URG)1451中。
- 增加2台氣渦輪發電機
  - 此2台氣渦輪發電機(GTG)(規劃建置中)將能提供交流電力至開關場之161kV匯流排，然後經由變壓器供電給安全相關匯流排A4/B4/C4和S4，以及其下游之480 VAC電力中心和馬達控制中心。
- 準備了5台480V/100kW移動式柴油發電機
  - 核四廠準備了5台480V/100kW移動式柴油發電機，任何1台均能提供交流電力至斷路器(breaker)1R12-MCC-0140A4-9B，有此交流電源對電池組充電，電池供電時間將可因而延長。

上述3個強化措施，可確保RCIC系統有可靠且持久的直流電源。與上述安排有關的緊急操作步驟，已納入電廠機組斷然處置程序書1451中。

- 將氣渦輪發電機(規劃建置中)之全黑起動柴油發電機連接至開關場之4.16kV輔助配電盤(auxiliary electrical panel)，以提供電力給安全相關4.16kV匯流排和480V電力中心/馬達控制中心。
- 使兩部機組之水冷式緊急柴油發電機可在緊急時相互支援，如此，一部機組之可用緊急柴油發電機，將可對有緊急柴油發電機故障之另一部機組提供支援。相關操作程序準備中。
- 增加480VAC移動式柴油發電機，以提供電力給480VAC電力中心/馬達控制中心(包含Q級和非Q級者)。
- 手動操作RCIC泵
  - RCIC渦輪機(turbine)調節閥(GV)是機械式操作的，無需用到電力。因此，單靠手動打開相關蒸汽進汽閥和冷卻水排放閥，也可運轉渦輪機驅動之RCIC泵。這兩個閥位在圍阻體外面，欲操作它們，不成問題。相關操作步驟已證實可行，且已納入電廠程序書中。
- 增加保全系統(security system)使用之緊急柴油發電機(11.4kV/1250kW)
  - 此緊急柴油發電機將經由開關場輔助配電盤，供電給4.16kV匯流排及其下游之480VAC電力中心/馬達控制中心。

### 3.1.5 國內核能電廠現況

如表 3.2 所示，核一廠 1 號機和 2 號機之 40 年運轉壽命，分別將於 2018 年 12

月 5 日和 2019 年 7 月 15 日到期。依據國內核能法規，申請核能電廠延役(life-extension)，必須由持照者(licensee)在運轉執照(OL)到期前 5 ~15 年向管制單位提出。因此，台電公司於 2009 年 7 月向原子能委員會提送核一廠壽命延長申請書，以供審查。此類審查在國內係屬首次，通常需時 24 ~ 26 個月。審查期間，由於 2011 年 3 月發生福島事故以及 2012 年核一廠進行中幅度功率提昇(SPU)計畫(參閱第 3.1.2 節)，因此台電公司請求延後審查。2014 年 8 月審查重新開始，估計約再需 2 年。2016 年 5 月政府宣示核一、二廠將不延役。

2014 年 4 月 28 日當時之政府宣佈對興建中之核四廠的新政策：核四廠將在安全檢查後進行封存。台電公司於 2014 年 9 月 1 日向原子能委員會提送核四廠封存計畫，並於 2015 年 1 月 29 日奉核准。2015 年 7 月 1 日，核四廠正式封存。雖然台電公司曾於 2013 年 12 月 31 日，向原子能委員會提出申請核四廠 1 號機初次裝填核子燃料(IFL)許可，一旦政府決定核四廠計畫要再起動，台電公司仍須重新再提送初次裝填核子燃料申請。

## 3.2 主要安全評估

本節將敘述我國提昇核能電廠運轉安全之主要做法，詳細之安全評估請參看本報告第 11 章。

### 3.2.1 台電公司之核能安全文化方案

為培養員工與組織良好的工作習慣及對核能安全的正確認知與恰當態度，時時擁有「安全第一、品質為先」的觀念，台電公司參考國際原子能總署 (IAEA) 所發佈有關「安全文化」之安全系列 75-INSAG-4 報告(參考文獻 3.11)，發展建立了一套適合本身組織與員工個人的「台電安全文化」。

台電公司之核能安全文化方案最早於 1988 年開始推動。此方案之實施可概分成四階段：1988 至 1992 年為學習期，1993 至 1997 年為培育期，1998 至 2010 年為強化期(參考文獻 3.12)，2010 年以後迄今為精進期。各階段作法如下：

#### (1) 學習期 (1988 至 1992 年)：

- 要求各階層主管研讀安全文化有關之報告或出版品；
- 開辦講習班，向員工介紹安全文化觀念；
- 利用員工集會場合，宣導安全文化重要性；
- 發行「安全文化專欄」，宣導安全文化。

#### (2) 培育期 (1993 至 1997 年)：

- 規劃培育方案，建立員工安全文化意識；
- 頒佈核能發電營運安全政策聲明，強調安全絕對優先和建立良好安全文化的重要性；
- 訂定安全文化績效指標，做為追蹤安全文化推動成效參考依據；本期共訂定 18 項安全文化績效指標，分別是：

- 員工提案之改善率與改善效益，
- 人為疏失造成之異常事件數，
- 程序書缺失造成之異常事件數，
- 重複發生之異常事件數，
- 人為疏失事件重複發生數，
- 大修或平時違規案件數，
- 核安處未發現但被原能會發現之缺失件數，
- 核安處已發現但尚未改善而被原能會發現之缺失件數，以及
- WANO 訂定之 10 項運轉績效指標，包含：
  - 機組能力因數、
  - 非計劃性機組能力損失因數、
  - 熱功性能、
  - 臨界 7000 小時非計畫性自動急停次數、
  - 安全系統績效、
  - 燃料可靠度、
  - 化學績效指標、
  - 集體等效劑量、
  - 工安事故率、和
  - 低放射性固體廢料產量。

### (3) 強化期 (1998 至 2010 年)：

本階段初期係將台電公司於前一階段(培育期)推動安全文化作法，與 IAEA 安全系列報告 75-INSAG-4(參考文獻 3.11)中提到的安全文化精髓做比較，進而規劃出「安全文化強化方案」，做為台電推動安全文化的努力方向，並重新訂定 12 項新的安全文化指標如下：

- 結果性指標：
  - 人為疏失造成之異常事件數，
  - 大修及平時違規案件數，
  - 非計劃性自動急停(跳機)次數，
  - 安全系統可靠度，
  - 工安事件數，及
  - 機組容量因數(UCF)之非計劃性損失。
- 過程性指標：



- 核安文化活動指標，
- 督導工具箱會議指標，
- 督導自我查證指標，
- 改善安全狀況指標，
- 設備請修單結案率指標，及
- 系統討論會次數指標。

(4) 精進期 (2011 年迄今)：

台電總經理於 2010 年要求所有員工及單位遵守「核能安全第一，不容鬆懈」政策，並堅持「沒有安全，就沒有核能」的最高指導原則。依據從福島事故學得的教訓，「核能安全文化精進方案」於 2011 年 6 月定案，以孕育高水平的核能安全，保護社會大眾生命與財產的安全。此精進期安全文化涵蓋 4 主要範圍：有效管理、包商管理、危機處理、和人員績效。更多有關台電安全文化資訊，請參閱第 7.1.3 和 9.6.1 節。

台電公司推動安全文化方案後的效果，可從表 3.4 所列 1991 年以來各年度主要過程性績效指標之演變趨勢觀察出來。

表 3.4 台電核能發電機組安全相關績效指標(1991 ~ 2014)\*

| 年                     | 平均每部機<br>每年跳機次<br>數** | 平均每部機<br>每年異常事<br>件次數 | 平均每部機每年較<br>四級違規嚴重之違<br>規次數*** | 平均每部機之電廠<br>容量因數, (%)<br>(加權平均) |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 1991                  | 2.33                  | 34.8                  | 7.8                            | 78.32                           |
| 1992                  | 1.16                  | 23.3                  | 2.2                            | 74.90                           |
| 安全文化培育方案於 1993 年初開始實施 |                       |                       |                                |                                 |
| 1993                  | 2.16                  | 22.3                  | 5.0                            | 76.24                           |
| 1994                  | 1.5                   | 16.5                  | 2.3                            | 77.38                           |
| 1995                  | 1.83                  | 13.1                  | 3.2                            | 78.37                           |
| 1996                  | 0.83                  | 13.0                  | 2.8                            | 83.63                           |
| 1997                  | 0.83                  | 7.6                   | 2.3                            | 80.49                           |
| 安全文化強化方案於 1998 年初開始實施 |                       |                       |                                |                                 |
| 1998                  | 2                     | 11.3                  | 1.7                            | 81.81                           |
| 1999                  | 2.67                  | 10.3                  | 2.2                            | 85.25                           |
| 2000                  | 0.33                  | 4.67                  | 0.7                            | 85.21                           |
| 2001                  | 0.67                  | 7.67                  | 0.5                            | 78.75                           |
| 2002                  | 0.67                  | 4.17                  | 0.3                            | 87.78                           |

|                      |      |      |      |       |
|----------------------|------|------|------|-------|
| 2003                 | 0.33 | 4.0  | 0.5  | 86.3  |
| 2004                 | 0.17 | 1.17 | 0    | 87.4  |
| 2005                 | 0.5  | 1.5  | 0.67 | 88.71 |
| 2006                 | 0.33 | 2.0  | 0.33 | 88.48 |
| 2007                 | 0.33 | 2.33 | 0.17 | 89.96 |
| 2008                 | 0.33 | 2.17 | 0    | 90.36 |
| 2009                 | 0.17 | 1.33 | 0.33 | 92.25 |
| 安全文化進步方案於 2010 年開始實施 |      |      |      |       |
| 2010                 | 0    | 0.83 | 0.33 | 92.38 |
| 2011                 | 0    | 1    | 0.67 | 93.46 |
| 2012                 | 0.33 | 1.67 | 1    | 89.46 |
| 2013                 | 0.67 | 0.83 | 0.5  | 92.41 |
| 2014                 | 0    | 1.33 | 0.33 | 94.07 |

\* 表內數字是台電運轉中 6 部機組之平均值。

\*\* 「平均每部機每年跳機次數」指機組非計劃性自動急停次數。

\*\*\* 第一級違規是最嚴重的，第五級違規則是最輕微的。

### 3.2.2 提出報告之法規要求

依據我國核能管制法規要求，台電公司應定期向原能會提出各核能電廠有關運轉、輻射安全、環境輻射監測、異常或緊急事件報告、立即通報(prompt notification)、放射性廢棄物產生紀錄及其他經指定之報告(參考文獻 3.13 第 10 條)，有關報告應提出之時限規定如下(參考文獻 3.14 第 7 條及參考文獻 3.15 第 3 至 8 條)：

- 運轉報告：每季結束後 30 日內提出季報，每年結束後 60 日內提出年報。
- 輻射安全及環境輻射監測報告：每季結束後 60 日內提出季報，每年結束後 90 日內提出年報。
- 緊急事件報告：於發現事件時起 15 分鐘內以電話通報，1 小時內書面通報，30 日內提出書面報告。
- 放射性廢棄物產生紀錄：每月結束後 30 日內提出月報，每年結束後 90 日內提出年報。
- 核安管制紅綠燈之運轉績效指標 — 每季。
- 放射性外釋物排放報告(radioactive effluent release report)：季報與年報。
- 測試報告：每次機組大修後 90 日內提出運轉期間檢測、測試及圍阻體洩漏率試驗報告。
- 居民劑量評估報告：每 5 年提出廠址附近居民劑量評估調查報告。

### 3.2.3 管制機關之審查、視察與評估

#### 3.2.3.1 建廠執照、初次裝填核子燃料許可及運轉執照之申請與核准

欲申請興建核能電廠，應檢附初期安全分析報告(PSAR)、環境保護主管機關認可之環境影響評估(EIA)報告相關資料、及申請者財務保證說明等資料，向原能會申請審核同意，並經確認符合下列要求，發給建廠執照(CL)後，始得進行建廠工程(參考文獻 3.13 第 5 條及參考文獻 3.16 第 3 條)：

- 與原子能和平使用目的一致；
- 設備與設施足以保障公眾健康及安全；
- 對環境保護及生態保育影響合於相關法令規定；及
- 申請人之技術與管理能力以及財務基礎等足以勝任其設施之經營。

申請人檢附經環境保護署(以下簡稱環保署)認可之環境影響評估相關資料，係用來確認建廠工程對環境及生態保育影響合於相關法令規定。

建廠工程完成後，欲初次裝填核子燃料(IFL)進入核子反應器爐心前，應於規定時間內提送下列資料向原能會申請審核同意後，始得裝填核子燃料(參考文獻 3.13 第 6 條、參考文獻 3.14 第 5 條及參考文獻 3.17 第 2 條)：

- 核子燃料初次裝填申請書 – 預定初次裝填核子燃料 14 個月前提出；
- 終期安全分析報告(FSAR) – 預定初次裝填核子燃料 14 個月前提送；
- 建廠期間之檢查改善結果報告 – 預定初次裝填核子燃料 3 個月前提送；
- 運轉程序書清單、燃料裝填計畫及起動測試計畫 – 預定初次裝填核子燃料 2 個月前提送；以及
- 系統功能試驗報告 – 預定初次裝填核子燃料前提送。

最後，欲運轉電廠時，應於規定時間內檢附下列資料向原能會申請審核同意，發給運轉執照後，始得正式運轉(參考文獻 3.13 第 6 條及參考文獻 3.17 第 14 條)：

- 核子反應器設施運轉執照申請書 – 得於功率試驗完成後提出 (但須於原能會同意初次裝填核子燃料之日起 18 個月內提出，否則得書面敘明理由報請原能會同意始得延長之)；
- 環保署審核同意之環境影響評估報告 – 預定正式運轉 1 年前提交；
- 最新版終期安全分析報告 – 功率試驗完成後與運轉執照申請書一起提交；
- 各功率階段測試結果綜合報告 – 功率試驗完成後與申請書一起提交；及
- 申請人財務保證說明 – 功率試驗完成後與申請書一起提交。

更多有關核能電廠建廠執照和運轉執照核發之資訊，請參閱第 7.1.4.1 節。

#### 3.2.3.2 管制機關視察

依據「核子反應器設施管制法」(參考文獻 3.13)第 14 條規定，核能電廠於興建

或運轉期間，原能會得隨時派員檢查，並要求電廠經營者檢送有關資料以供審查。為加強執行核能管制、確保核能電廠興建或運轉安全，原能會因此訂定了綿密的電廠興建或運轉期間之核能安全視察計畫，視需要隨時派員至核能電廠現場或其他場所（例如安全相關之重要組件製造工廠）進行視察。原能會對興建中及/或運轉中核能電廠之視察主要可分為「駐廠視察」、「定期視察」、「大修視察」、「專家視察」、「特殊團隊視察」及「不預警視察」等幾類。

對於電廠日常運轉(daily operations)，原能會駐廠視察員(resident inspectors)將對每座核能電廠進行每天的監督與管制任務。偶而，且通常是在令人討厭的半夜時刻，原能會會進行不預警視察，以加強電廠運轉人員的警覺性。不預警視察（通常在夜間人員精神較易鬆懈時執行）頻次視各核能電廠運轉績效而定，原則上每年執行 1 ~ 2 次。當一部核能發電機組在其每一個運轉循環末期(EOC)，按排定時程停機下來，準備進行燃料更換、檢查、維修、和結構物/系統/組件修改，以確保下一個週期的穩定運轉時，原能會將進行大修視察，以檢驗持照者和承包商所進行之所有工作的品質。此外，有時也會針對某些事先選定的議題進行專家視察。如有需要，也會隨時籌組進行特殊團隊視察。

有關原能會視察之進一步敘述說明，請參閱本報告第 7.1.4.2 和 11.2.1 節。

### 3.2.3.3 核安管制紅綠燈

為使核能電廠運轉安全狀況更透明化，2004 年原能會參考採用美國核管會(NRC)之「反應器監管方案」(ROP)(參考文獻 3.18)，建構了我國「核安管制紅綠燈」方案並實施。此方案係以「風險告知」(risk-informed)概念來評估並藉以確保核能安全，其目的是一方面隨時注意並評估各核能電廠機組之整體運轉績效，另一方面將評估結果以簡單易懂方式公佈於原能會網站上。

換言之，建立核安管制紅綠燈制度之主要目的，為藉由將核能電廠安全相關系統及設備之績效表現簡單地以綠、白、黃、紅等燈號呈現，使民眾能輕易了解目前各核能發電機組之安全狀況。綠燈代表無安全顧慮，白燈代表低微安全顧慮，黃燈表示有中度安全顧慮，紅燈則表示有顯著安全顧慮。此紅綠燈表現除上網公告讓大眾了解外，原能會亦將視各核能電廠績效表現之良莠，配合調整對各該廠的管制做為，對表現有待改進者，將增加視察頻率、加強管制措施，必要時並停止機組運轉。

美國核管會「反應器監管方案」(ROP) 包含三個戰略性績效領域 (strategic performance areas)：反應器安全、輻射安全、及保防(safeguards)。三個領域下各有七項基石(cornerstones)：肇始事件(initiating events)、救援系統(mitigating systems)、屏障完整(barrier integrity)、緊急應變整備(或簡稱緊急應變)(emergency preparedness)、民眾輻射安全(public radiation safety)、職業輻射安全(occupational radiation safety)、及實體防護(physical protection)。我國將民眾輻射安全與職業輻射安全兩項，合併為輻射防護加以考量。

用來評估核能電廠績效(plant performance)的輸入基礎(inputs)，則是兩項不同指標：績效指標(PI)與視察發現(inspection findings)，兩項指標各再細分為多個子項指標。績效指標係核能機組各重要安全系統之表現，由電廠每季統計一次並陳報原能會；視察發現則為原能會視察員在電廠現場視察驗證績效指標之統計結果與安全表

現的視察結果，以「風險告知」概念進行評估。在原能會視察員為判定其視察發現的安全重要性(safety significance)或安全顧慮(safety concern)，而進行「重要性確立程序」(SDP)時，通常會借助核能研究所(INER)研究發展出之電腦程式 PRiSE。視察發現加上績效指標之綜合表現等於電廠評估(plant assessment)績效。

2004 年原能會剛開始實施「核安管制紅綠燈」方案時，僅限於「反應器安全」一個戰略性績效領域，並只選用三項基石，包含「肇始事件」、「救援系統」和「屏障完整」，且僅採用一項指標：「績效指標」。2005 年再加入另一項指標：「視察發現」。

2009 年第 1 季開始，原能會核安管制紅綠燈方案擴大納入了「輻射安全」與「保防」(或「核子保安與緊急應變整備」) 兩個戰略性績效領域。因核子保安事涉機密，故網站上只公佈「緊急應變整備」方面之指標，對「核子保安」指標有興趣者，請洽詢原能會。

目前原能會網站公佈之「核安管制紅綠燈」績效，在電廠績效指標方面，包含肇始事件、救援系統、屏障完整、緊急應變整備、和合併大眾輻射安全與職業輻射安全而成的輻射安全等 5 項基石；其下再細分 15 項績效指標，包含：(1)臨界 7000 小時非計劃性反應器急停(自動或手動)、(2)非計劃性反應器急停且喪失正常熱移除、(3)臨界 7000 小時非計劃性功率變動 > 20% 額定功率、(4)高壓冷卻水系統(HPCI/HPCS)不可用率、(5)反應器爐心隔離冷卻水系統(RCIC)不可用率(針對 BWR)或輔助飼水(AFW)系統不可用率(針對 PWR)、(6)餘熱移除(RHR)系統不可用率、(7)緊急柴油發電機不可用率、(8)安全系統功能失效、(9)反應器冷卻水系統比活度、(10)反應器冷卻水系統洩漏率、(11)演練/演習績效指標、(12)緊急應變組織演練參與指標、(13)警示及通報系統可靠性指標、(14)職業輻射曝露、和(15)民眾輻射防護。

在原能會視察發現方面，原能會網站公佈之「核安管制紅綠燈」績效則包含：(1)肇始事件、(2)救援系統、(3)屏障完整、和(4)緊急應變等 4 項基石。

表 3.5 和 3.6 所示為一些範例，最新核安管制紅綠燈之績效指標(PIs)與視察發現可於原能會網站公佈之「核安管制紅綠燈」績效查得(參考文獻 3.19)。更多有關資訊請參閱本報告第 7.1.4.3 節。

自從原能會實施「核安管制紅綠燈」方案後，評估結果顯示所有運轉中六部核能機組的績效均相當良好。迄 2014 年底止，除少數幾個案例外，絕大部分時間六部機組之績效指標與視察發現均為綠燈。核一廠 1 號機之「反應器爐心隔離冷卻水系統(RCIC)不可用率」指標，從 2005 年第 4 季起至 2007 年第 4 季止，一直被評定為白燈。根據這項發現，原能會要求台電公司採取行動，對相關結構物/系統/組件(SSCs)偵錯(troubleshoot)以找出問題所在，包含維修、監測(surveillance)、偵檢(monitors)等範圍，並進行肇因分析(root cause analysis)。經由一系列動作，台電公司終於恢復 RCIC 系統功能，此後核一廠有關 RCIC 績效指標一直維持為綠燈。

表 3.3 國內運轉中核能電廠績效指標

| 核安管制紅綠燈-績效指標(PIs) |                                                        |     |   |     |   |     |   |
|-------------------|--------------------------------------------------------|-----|---|-----|---|-----|---|
| 指標 / 核能機組         |                                                        | 核一廠 |   | 核二廠 |   | 核三廠 |   |
|                   |                                                        | 1   | 2 | 1   | 2 | 1   | 2 |
| 肇始事件              | 臨界 7000 小時非計劃性反應器急停(自動或手動)                             | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|                   | 非計劃性反應器急停且喪失正常熱移除                                      | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|                   | 臨界 7000 小時非計劃性功率變動 > 20% 額定功率                          | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
| 救援系統              | 高壓冷卻水系統(HPCI/HPCS)不可用率                                 | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|                   | 反應器爐心隔離冷卻水系統(RCIC)不可用率(針對 BWR)或輔助飼水系統(AFW)不可用率(針對 PWR) | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|                   | 餘熱移除系統(RHR)不可用率                                        | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|                   | 緊急柴油發電機不可用率                                            | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|                   | 安全系統功能失效                                               | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
| 屏障完整              | 反應器冷卻水系統比活度                                            | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|                   | 反應器冷卻水系統洩漏率                                            | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
| 緊急應變              | 演練/演習績效指標                                              | ●   |   | ●   |   | ●   |   |
|                   | 緊急應變組織演練參與指標                                           | ●   |   | ●   |   | ●   |   |
|                   | 警示及通報系統可靠性指標                                           | ●   |   | ●   |   | ●   |   |
| 輻射防護              | 職業輻射曝露                                                 | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |
|                   | 民眾輻射防護                                                 | ●   | ● | ●   | ● | ●   | ● |

|                                   |                                                                                             |                                                                                             |
|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 註：                                |  — 無安全顧慮，  |  — 低微安全顧慮， |
|                                   |  — 中度安全顧慮， |  — 顯著安全顧慮。 |
| 版面最後更新時間：2015 年 6 月 3 日 下午 14:34。 |                                                                                             |                                                                                             |

表 3.6 國內運轉中核能電廠視察發現

| 核安管制紅綠燈-視察發現                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |             |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 指標 / 核能機組                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |             | 核一廠                                                                                 |                                                                                     | 核二廠                                                                                  |                                                                                       | 核三廠                                                                                   |                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |             | 1                                                                                   | 2                                                                                   | 1                                                                                    | 2                                                                                     | 1                                                                                     | 2                                                                                     |
| 肇始事件                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2015 年第 1 季 |    |    |     |    |    |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2014 年第 4 季 |    |    |     |    |    |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2014 年第 3 季 |    |    |     |    |    |    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2014 年第 2 季 |    |    |     |    |    |    |
| 救援系統                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2015 年第 1 季 |   |   |    |   |   |   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2014 年第 4 季 |  |  |   |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2014 年第 3 季 |  |  |   |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2014 年第 2 季 |  |  |   |  |  |  |
| 屏障完整                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2015 年第 1 季 |  |  |   |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2014 年第 4 季 |  |  |   |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2014 年第 3 季 |  |  |   |  |  |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2014 年第 2 季 |  |  |   |  |  |  |
| 緊急應變                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2015 年第 1 季 |  |                                                                                     |  |                                                                                       |  |                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2014 年第 4 季 |  |                                                                                     |  |                                                                                       |  |                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2014 年第 3 季 |  |                                                                                     |  |                                                                                       |  |                                                                                       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 2014 年第 2 季 |  |                                                                                     |  |                                                                                       |  |                                                                                       |
| <div>註 1:  — 無安全顧慮， — 低微安全顧慮，<br/> — 中度安全顧慮， — 顯著安全顧慮。</div> <div>2: Q1— 第 1 季， Q2— 第 2 季， Q3— 第 3 季， Q4— 第 4 季。</div> |             |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
| 版面最後更新時間：2015 年 7 月 15 日 上午 08:21。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |             |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                      |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |

另一個例子，2013 年 6 月原能會視察核三廠時，發現 2 號機之 161 kV 廠外電源不可用。在利用「重要性確立程序」(SDP)加以風險評估(risk evaluation)後，將此視察發現歸類為白燈，意為輕微偏離安全。因此，原能會後續乃加強對此白燈發現之視察(即更頻繁視察)，直到問題解決。

由於「核安管制紅綠燈」方案之實施而使電廠安全改進的第三個例子是：2011 年 3 月 23 日原能會在核三廠之駐廠視察員進行洪水防範保護視察(flood protection inspection)時，發現廠用海水泵室(NSCW pump house)有兩個洞。因經由這兩個洞入侵的洪水，對所有廠用海水泵發揮其事故救援(accident mitigation)之設計功能的能力會有影響，故原能會依此發現而發佈其為四級違規(Level IV violation)。隨後原能會要求核三廠進行改善措施。兩個洞現已封好。

#### 3.2.3.4 整體安全評估 (或定期安全評估)

與國際上要求核能電廠進行「定期安全評估」(PSR)的做法(參考文獻 3.20 ~ 3.21)類似，我國核能管制法規要求核能電廠於正式運轉後，每 10 年至少應做一次「整體安全評估」(ISA)，並提送報告報請原能會審核(參考文獻 3.13 第 9 條)，此在國內又稱為「十年換照審查」。此整體安全評估報告(ISAR)內容應至少包含下列事項(參考文獻 3.14 第 6 條)：

- 核能機組營運狀況之回顧與檢討；
- 機組待執行之改善或補強事項檢討；
- 總結；及
- 其他經原能會指定之事項。

以核一廠為例，依據上述要求，其最近一次提出十年整體安全評估報告內容，主要共包含有下列八章：

第一章 運轉安全之回顧與評估

第二章 輻射安全之回顧與評估

第三章 放射性廢棄物營運之回顧與評估

第四章 機組待執行之改善或補強事項檢討

第五章 老化管理整體評估

第六章 耐震安全評估

第七章 核三廠 3A 事故對核一廠相關系統之評估

[註：核三廠 3A 事故請參看本報告第 3.3.8(3-3)節之敘述]

第八章 總結

原能會「十年換照審查」(10-year ISA)目的在要求執照持有者，每十年須進行一次符合當時最先進知識、分析方法、和配備 (例如新的地震分析方法和數位地震儀)的電廠再評估，並發掘潛在的電廠老化(aging)問題。以下謹舉出由於十年換照審查



而獲得重要改進的幾個例子：

- 台電運轉中的每一部核能發電機組皆已因此而設置一套強震自動急停系統(ASTS)，以強化強震時將反應器安全停機的能力。強震自動急停系統設計，是在發生大於運轉基準地震(OBE)之地震時，自動將反應器安全停機。
- 核二廠已建立一套地震安全再評估的系統確認方案，核三廠和核一廠亦建置完成。
  - 核二廠1號機首次於2006年進行建置地震安全再評估之系統確認方案的地震儀器。依據後福島安全加強評估(Post-Fukushima Safety Enhancement Review)結果，2015年1號機和2號機裝置了更多地震感測儀(seismic sensors)。
- 核一廠乾井(drywell)內承受高溫的電纜線，1994年之後已大部分改用可忍受相對高溫的電纜線。位在核二廠乾井上部之馬達操作閥(MOV)電纜線也已改用可忍受較高溫的電纜線。
- 每個核能電廠場址現均有兩個廠外電源供機組起動，包含345kV和69kV或345kV和161kV。原先每個場址皆只有一個345kV起動變壓器，由於2007年核一廠發生老化失效(aging failure)事件，台電公司決定每個場址增加一個備用起動變壓器(即：增加一個廠外電源)。
- 核一廠在第3次「十年換照審查」後，依據原能會審查結果建置了一套地震偵檢系統：
  - 兩部機組均建置了符合美國核發管制委員會(NRC)法規指引(RG) RG1.12 (Rev.2): 「核能電廠地震儀仗(instrumentation)」要求。
  - 現在弱震儀(WMS)記錄器的啟動，將同時啟動強震儀(SMS)記錄器。啟動設定點則從0.0025g降至0.0015g。
- 在核二廠第2次「十年換照審查」後，原能會對台電公司發佈了下列有關電廠老化運轉經驗回饋(OEF)的要求：
  - 台電公司應向原能會陳送一份核二廠電廠老化管理(aging management)策略之評估報告書，內容至少要包含：(1)利用整體評估和篩選(screening)，發覺對運轉安全和執照更新(license renewal)相當重要的結構物/系統/組件(SSCs); (2)建立老化管理系統架構和計畫，包含老化機制(aging mechanism)、老化管理、記錄建檔(record documentation)、老化趨勢分析方法等。台電公司已於2001年12月陳送評估報告書，並經原能會核准。
  - 台電公司應密集地研究覆焊(overlay welding)對管路整體應力影響，持續蒐集有關再循環管路測試與維修技術，並陳送一份有關再循環管路老化管理報告書。台電公司已陳送評估報告書，並經原能會核准。
  - 台電公司應改善核二廠之地震偵檢系統。台電公司正進行改善中。
- 在核三廠第2次「十年換照審查」後，原能會對台電公司發佈下列要求：
  - 台電公司應改善核三廠之地震偵檢系統。台電公司正進行改善中。

- 核三廠在第3次「十年換照審查」後，配合原能會十年換照審查報告NRD-SER-101-11之審查意見(review comments)，做了下列改善：
  - 2011年8月委託一顧問公司評估核三廠結構物/系統/組件(SSCs)抗震能力，以進行耐震餘裕評估(SMA)。經此耐震餘裕評估後，發現有23個電氣及/或機械設備需要加強。相關加強措施於2014年6月18日完成，核三廠現已可在即使發生評估基準地震(RLE)( $\approx 0.72g$ )強度的地震下，安全地將反應器停機。

福島事故後，原能會進一步要求運轉中核能電廠陳送供十年換照審查的整體安全評估報告(ISARs)，必須包含有一討論「從福島事故學得的教訓」專章。

### 3.2.3.5 福島事故後國內核能電廠總體檢

在2011年3月日本福島第一核能電廠事故後，我國政府於2011年4月19日啟動了「核能電廠總體檢方案」(Programs for Safety Re-assessment)，以對國內所有核能電廠安全進行總體檢(re-assess)。2011年8月所有核能電廠開始執行「壓力測試」(ST)方案(參考文獻3.22~3.24)。

原能會於2012年8月公佈了「核能電廠總體檢」方案最後報告：「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」，「壓力測試」方案最後之國家報告則公佈於2013年3月31日。有關「核能電廠總體檢」和「壓力測試」方案之更多資訊，請參閱第3.4.1、7.1.5.2、11.3.1、及11.3.2節。

### 3.2.3.6 國際同行審查

國內核能電廠之運轉一直都持續地接受不同國際專家小組的同業評估。例如，每4年世界核能發電協會東京中心(WANO-TC)就會對國內每一核能電廠，進行一次同行審查(或稱同業評估)。這些評估報告皆很有價值。由於保密協議，很遺憾不能公佈報告內容。雖然如此，過去專家評估小組均未發現有可能導致任何一部核能機組必須停機的嚴重問題。

舉例，2015年6月11日世界核能發電協會東京中心組成一個包含25位專家的小組，到訪台灣對核一廠進行15天同業評估。評估範圍包含11個領域：(1)組織與行政、(2)運轉、(3)維修、(4)工程支援、(5)輻射防護、(6)運轉經驗、(7)化學、(8)消防(fire protection)、(9)緊急應變(emergency preparedness)、(10)訓練與資格(training and qualification)、以及(11)從世界核能發電協會之重大運轉經驗報告(SOER)學得的教訓。這些同業評估的評估結果與建議對台電公司均甚有助益。更多有關(美國)核能發電運轉協會(INPO)和世界核能發電協會對台灣核能電廠進行國際同業評估之資訊，可參閱第7.1.5.1節。

此外，由經濟合作發展組織/核能署(OECD/NEA)專家組成的獨立同行審查小組(PRT)，於2013年3月4日至3月20日到訪台灣，對3座運轉中核能電廠「壓力測試」業者報告及原能會「壓力測試」國家報告初稿(只納入3座運轉中核能電廠)進行同業評估，包含訪問核二廠2天。稍後，原能會最後之「壓力測試」國家報告(4座核能電廠均納入)及所有4座核能電廠的「壓力測試」業者報告，均再接受來自歐盟核能安全管制者組織(EC/ENSREG)之專家的同業評估。EC/ENSREG專家小組於2013

年 9 月 23 日至 10 月 23 日到訪台灣，包含到核三廠與核四廠現場訪問。參考國內核能電廠總體檢結果以及「壓力測試」同行審查結果與建議後，原能會陸續發佈了第三批新管制命令，台電公司也配合進行了必要的改善措施。

### 3.3 安全提昇方案與做法

#### 3.3.1 設計修改與設備變更之法規要求

國內不管是興建中或運轉中之核能電廠，若其設計修改或設備變更涉及下列重要安全事項時，一律須報請原能會核准後，始得為之（參考文獻 3.13 第 13 條及參考文獻 3.14 第 8 條）：

- 運轉技術規範修改；
- 發生事故頻率或事故後果嚴重性，高於終期安全分析報告(FSAR)評估；
- 對安全重要之結構、系統及組件(SSCs)發生故障可能性或故障後果嚴重性，高於終期安全分析報告評估；
- 可能產生與終期安全分析報告預估不同之事故形式，或對安全重要之結構、系統及組件發生與終期安全分析報告預估不同之故障；
- 終期安全分析報告所定有關分裂產物障壁之設計基準限值改變；
- 終期安全分析報告所定用於建立設計基準或安全分析之評估方法改變；
- 其他經原能會指定並發佈之事項。

#### 3.3.2 強震自動急停系統

1995 年 1 月 17 日日本大阪-神戶地區發生芮氏規模(Richter scale) [或「力矩地震規模」(MMS)] 6.9 之強烈地震，造成巨大的人員傷亡與財物損失，史稱「阪神大地震」。由於造成嚴重破壞的阪神大地震就發生在台灣周邊國家，為防萬一，原能會隨即於 1995 年 1 月 28 日發文請台電公司研議「強震時核能電廠採行反應器自動急停裝置」之可行性。1999 年 9 月 21 日台灣發生芮氏規模 7.3 級之「集集大地震」(又稱「921 大地震」)後，原能會當即於是年 11 月 4 日發文正式要求台電公司於現已運轉之核一、二、三廠加裝「強震自動急停系統」(ASTS)。

之後，經過設計、採購、安裝、測試與改善等必要階段，確認 3 座核能電廠之強震自動急停裝置的可靠度皆合乎要求後，台電公司遂於 2007 年 11 月向原能會提出該等裝置上線使用之申請，經審查核准後，核一、二、三廠之 ASTS 分別於 2007 年 11 月底正式上線使用。

「強震自動急停」意即當核能電廠裝設之地震感測儀(seismic sensors)，偵測到大於該電廠之「運轉基準地震」(OBE)設定值之地震時，將立即自動送出「跳脫」(trip)信號給電廠核能機組之反應器保護系統(RPS)，以跳脫反應器(即：使反應器急停或跳機)，確保強震時機組將處在安全停機之狀態。

以核三廠之強震自動急停系統(ASTS)為例（參看核三廠 FSAR 第 3.7.4.2.6 節“The Automatic Seismic System”)(參考文獻 3.25)，其係一僅用來在強震時自動使反應

器跳機之獨立系統，與電廠原有由地震儀構成之地震量測系統 (seismic monitoring system)無關。核三廠 ASTS 系統共包含有 6 個可測加速度在 0~1.0g 之間的三軸向 (triaxial)地震感測儀和 3 個信號比對盤(signal conditioning panels)，其中 3 個地震感測儀裝於輔助廠房標高 74 呎(EL.74ft)之樓層，另外 3 個地震感測儀則裝於同一廠房但標高 126 呎(EL.126ft)之樓層。此 6 個地震感測儀測得之(地震)信號均送至信號比對盤，每個信號比對盤各接收 2 個信號 (來自前述每一樓層各 1 個)。於信號比對盤內，兩個信號均將與一雙穩態(B/S)裝置(device)之預設值比較，比對邏輯採「邏輯-或」 (“logic-or”)，意即只要有 1 個信號大於 B/S 預設值，此信號比對盤即會送出 1 個「跳脫反應器」信號給反應器保護系統 RPS)。當 3 個信號比對盤中有 2 個送出「跳脫反應器」信號給 RPS 系統時 [即採「3 選 2」邏輯 (“2 out of 3” logic)]，反應器保護系統即自動跳脫反應器。[註：所謂雙穩態裝置，是一種輸出信號只有「通路或斷路」 (on/off)，且在輸入信號到達預設值時其輸出信號之狀態(通路或斷路)將即刻改變之裝置。]

### 3.3.3 終期安全分析報告之更新

依據「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」規定(參考文獻 3.17 第 3、15 條)，終期安全分析報告(FSAR)經原能會核定後，其內容涉及「核子反應器設施管制法施行細則」(參考文獻 3.14)第 8 條所述重要安全事項者(參看本報告第 3.3.1 節)，非經書面報請核准，不得變更；而在取得核子反應器設施運轉執照後，則應於下列期限內依規定更新其終期安全分析報告，並報請原能會備查：

- 運轉執照取得 2 年內完成初次更新 (有多部機組共用一套終期安全分析報告之核能電廠，從最後取得運轉執照之時間算起)；
- 每次機組大修完成後 6 個月內完成更新 (有多部機組共用一套終期安全分析報告之核能電廠，從最後完成大修之時間算起)。

### 3.3.4 運轉技術規範之更新

依「核子反應器設施管制法施行細則」規定(參考文獻 3.14 第 8 條)，運轉技術規範之修改乃屬重要安全事項，故依「核子反應器設施管制法」規定(參考文獻 3.13 第 13 條)，應報請原能會核准後始得為之。

我國 3 座運轉中核能電廠自建造完成投入商業運轉起，各自採用之運轉技術規範類型分別是：核一廠採用顧客型運轉技術規範(CTS)，核二廠與核三廠則是實施標準型運轉技術規範(STS)。

1988 年原能會要求核一廠改採標準型運轉技術規範。然而在 1990 年代初期，台電公司注意到美國已正在發展改良式標準型運轉技術規範(improved STS) [簡稱改良式運轉技術規範(ITS)]，因此成立一專案計畫，以研究將核一廠運轉技術規範跳過 STS 而直接改為 ITS 之可行性。台電公司此一構想與做法獲得原能會支持，並同意其直接轉換為依據美國核管會(USNRC)1992 年版之 NUREG-1433 規定(參考文獻 3.26)的 ITS，此依據隨後修正為 1995 年修正 1 版之 NUREG-1433。最後，在 2002 年 2 月 26 日，於核一廠 2 號機第 18 次爐心燃料循環末期(EOC-18)之大修完成後，核一廠正式實施改良式運轉技術規範。

在上述運轉技術規範轉換過程中，不僅台電公司投入相當多之人力物力，原能會也配合投入不少努力於研究了解所需之 ITS 相關管制要求。轉換過程中，單只運轉程序書就有數百種被加以檢討及修正，而核一廠全體運轉團隊成員並多次接受相關訓練以熟悉採用 ITS 後之運作。

由於核一廠運轉技術規範轉換成功，實施 ITS 後成效顯著，因此核二廠與核三廠也分別於 2008 年 1 月與 2004 年 9 月將其運轉技術規範轉換為 ITS，其中核二廠依據的是修正 1 版之 NUREG-1434(BWR-6 專用)(參考文獻 3.27)，核三廠則是修正 1 版之 NUREG-1431(PWR 專用)(參考文獻 3.28)。

原先之顧客型運轉技術規範(CTS)和標準型運轉技術規範(STS)內容過於龐雜，包含太多東西，對各個條文訂定基礎的說明不甚清楚，且有部分條文規定不夠明白甚至不盡合理，而條文書寫的格式與內容也不符人因工學(HFE)要求，致常造成運轉人員查閱困擾。改為 ITS 後，一些可不必納入運轉技術規範中之項目，包含消防設備、爐心運轉限值報告(COLR)、輻射防護與環境監測作業、減震器、設備列表、氣象儀、及水化學等，均被移出運轉技術規範而改由技術需求手冊(TRM)或計畫(program)管制。如此，增進了運轉人員對運轉技術規範之了解，也減輕了電廠的許多行政負擔，並進一步提昇了電廠的運轉安全與營運績效。更多 ITS 的資訊請參閱本報告第 7.2(8)節。

### 3.3.5 國際合作

#### 3.3.5.1 綜合性技術合作計畫

台電公司加入了許多在核能領域的國際組織而成為其會員，以便技術交流，分享運轉經驗，並於必要時技術互助。其中較主要者有世界核能發電協會(WANO)和(美國)核能發電運轉協會(INPO)。

依據台電公司與上述組織簽訂之合約，台電公司每年均參加好幾個相互合作計畫，包含(但不僅限)下列數個：

- 會員間分享運轉經驗和優良實務(good practice)資訊，
- 參與廠內的(in-plant)、公司的(corporate)、和起動前的(pre-startup)同業評估(peer review)，
- 應用技術支援任務(TSM)與交換訪問(exchange visit)，以及
- 從參加研習會(workshops)、專題討論(seminars)、領導營課程(leadership courses)和專家會議獲取專業與技術進展(professional and technical development)。

另一方面，原能會參加了美國核管會之嚴重事故合作研究計畫(CSARP)、技術資訊交換與核能管制暨安全研究事務合作計畫(Exchange of Technical Information and Cooperation in Nuclear Regulatory and Safety Research Matters)、熱流程式應用與維護研究計畫(CAMP)、和輻射防護程式分析與維護計畫(RAMP)，以及經濟合作發展組織核能署(OECD/NEA)的除役合作計畫(CPD)和組件運轉經驗/劣化/老化計畫(CODAP)。同時，與捷克核能安全國家辦公室(SUJB)亦簽署了核能合作諒解備忘錄

(MOU)。

此外，台灣與日本雙方核能界每年共同舉辦「台日核能安全研討會」(Taiwan-Japan Nuclear Safety Seminar)已快 30 年(迄 2014 年)。此項會議由雙方輪流主辦，原則上於每年 11 月左右舉行，雙方均認為對彼此之核能技術交流甚有助益。

福島事故後，介入核能發電事務的世界各國加強了核能安全措施，並且強調國際合作與資訊分享的需要性。2014 年 9 月 11 日台灣亞東關係協會(Association of East Asian Relations of Taiwan)和日本交流協會(Interchange Association of Japan)(註 1)，簽署了一個台日在核能和平用途之核能與輻射安全管理方面的合作備忘錄，象徵兩國向核能資訊交換邁進一大步。經由 2015 年 7 月在日本召開原能會與日本核能管制局(NRA)間之第一次 AEC-NRA 核能管制資訊交換會議，雙方面對面溝通，分享核能管制經驗，並討論未來可合作的項目與議題。[註 1：日本「交流協會」於 2017 年元旦起改名為「日本台灣交流協會」(Japan-Taiwan Exchange Association)。台灣「亞東關係協會」於 2017 年 3 月宣布將正名為「台灣日本關係協會」(Taiwan-Japan Relations Association)，4 月獲行政院核准，5 月 17 日正式掛牌 (參考文獻 3.29 及 3.30)。]

「中華民國政府和美國政府原子能民生用途合作協議」(“Agreement for Cooperation between the Government of the Republic of China and the Government of the United States of America Concerning Civil Uses of Atomic Energy”)一直是我國與美國核能共同合作與資訊交換的一個重要基礎，該協議於 2014 年 6 月 22 日到期。經過數年的正面溝通與磋商，新的「美國在台協會與我國北美事務協調委員會駐美國台北經濟文化代表處總部有關核能和平用途合作協議」(“Agreement for Cooperation between the American Institute in Taiwan (AIT) and the Taipei Economic and Cultural Representative Office in the United States (TECRO) Concerning Peaceful Uses of Nuclear Energy”)終於 2013 年 12 月 20 日在美國華府簽訂，並自 2014 年 6 月 22 日生效。

自 1984 年起，台灣和美國核能界每年舉行一次台美民用核能合作聯合常設委員會會議(簡稱台美民用核能合作會議)(TECRO-AIT Joint Standing Committee meeting on civil nuclear cooperation)，會議分 4 組進行，包含：(1)反應器管制規範與管制研究(reactor regulation and regulatory research)、(2)廢料管理與環境復原(waste management and environmental restoration)、(3)核子科學、技術與保防(nuclear science, technology and safeguards)、以及(4)緊急應變管理(emergency management)。這個年度會議給予台灣一個和美方交換核能管制與運轉經驗的好機會。

### 3.3.5.2 地震研究

台灣地處東亞地震帶，地震在核能電廠運轉安全設計上的考量是一極其關鍵重要的因素。

地震對建築物的影響，通常可用土壤與結構互制作用(SSI)來分析。過去，由於缺乏足夠的 SSI 數據資料，因此分析結果的準確度不是很理想。為彌補這方面的缺憾，在 1985 至 1990 年間，台電與美國電力研究所(EPRI)合作成立「羅東計畫」，以研究建築物在軟質土壤(soft soil)或柔性結構(soft structure)場地(site)上的土壤與結構互制作用。在羅東計畫所獲數據幫助下，順利發展成功數個 SSI 地震分析程式。

接著，從 1990 至 2001 年台電公司再與美國電力研究所以及其他機構，包含美國核管會、東京電力公司、(日本)電力中央研究所(CRIEPI)、韓國集團(Korean Group)、和法國集團(French Group)等，合作成立一取名「花蓮計畫」之專案計畫。此計畫係在花蓮選一由砂與碎石(sand-gravel)組成之剛性結構(hard structure)場地上，建立一個全尺寸的四分之一大小圍阻體測試模型，以獲取針對剛性結構場地相關地震分析所需 SSI 數據，進而驗證與改進相關地震分析程式。

### 3.3.6 安全度評估及其在風險告知上的應用

台灣發展建立安全度評估(PRA)技術可分 3 個階段。首先，自 1982 年起，原能會在美國 NUS 公司協助下，開始引進安全度評估技術，並於 1985 年建立完成核二廠之 PRA 分析模式。接著再分別於 1987 年及 1991 年建立完成核三廠及核一廠之 PRA 分析模式，以探討研究可能導致反應器爐心熔損(core damage)之事故情節，以及由於內部事件(或稱廠內事件)(internal events)或外部事件(或稱廠外事件)(external events)造成之爐心熔損頻率(CDF)大小 [CDF 一般係以「每反應器年(per reactor year)有多少爐心熔損次數」表示]。此處所分析之外來事件包含地震、颱風、火災和廠內水災(internal flood)。由於在此第一階段 PRA 技術建立期間，個人電腦(personal computer)尚未發展成熟，因此上述 3 座電廠之 PRA 分析模式都是採用電腦主機(mainframe computer)，且模式建立未考慮後來電廠可能進行設計變更等更新改善工程，以致使用起來甚不方便。

為克服上述不便，台電公司於 1994 至 1997 年間成立了一個「應用 PRA 於核能電廠日常運轉」計畫，以更新改進核一、二、三廠之 PRA 分析模式，並將分析模式從採用大型計算機轉換為使用個人電腦即可，且增加分析電廠大修期間之風險。此為國內發展 PRA 技術之第二階段。在此階段末期，3 座電廠之活態安全度評估(living PRA)分析模式均成功建立完成，不僅使用方便，而且很容易即可納入電廠系統之設計變更。

自 1980 年代開始，由於核能發電的市場競爭力漸增，人們也開始思考如何可在降低核能電廠運轉維護(O&M)費用之同時，又能兼顧維持核能安全。欲達此目的，公認最適當的做法是採用「風險告知」方法(risk-informed approach)。風險告知方法乃是 PRA 技術的一種應用。因此在國內 PRA 技術相當成熟之後，台電公司自 1998 年開始迄今，即持續致力於應用風險告知技術於電廠的運轉維護，是為國內發展 PRA 技術之第三階段。於此期間，由台電公司與核能研究所合作並成功開發一套電腦軟體程式“TIRM”以供核能電廠風險告知分析之應用。

目前我國 3 座運轉中核能電廠的維護法規(MR)均採用「風險告知」觀念，在執行維護作業前，例如進行監測試驗(surveillance test)、維修後測試(after-maintenance test)、改善措施(corrective actions)、和預防保養(preventive maintenance)等動作前，對於經風險告知分析評估為安全重要(safety-important)的結構、系統與組件(SSCs)，均先評估其因進行此項維護作業所將增加的風險。獲得的效益主要為可允許系統有不可用時間、放寬營運期間檢測(ISI)管制、及增進核能發電機組安全度和營運績效。

更多有關安全度評估技術於台灣之應用，請參閱第 7.1.4.3 和 11.1.2(4)節。

### 3.3.7 電廠改善措施方案

為使核能電廠能有效管理運轉中所遇到的問題，並整合各項資訊以精進運轉和維護的品質，原能會乃參考國外核能電廠的作法，要求台電公司建立單一管理系統。因此台電公司運轉中之每座核能電廠均建立有一「改善措施方案」(CAP)，以把解決電廠各式各樣問題的各種機制整合在一起，俾執行發現問題、問題分類、改正、追蹤、分析、和資源整合等工作。建立 CAP 系統之目的在強化或改進肇因分析、共因分析、趨勢分析、改善措施有效性評估、和電廠效能指標(plant health indicator)等。以核三廠為例，其 CAP 系統稱為「卓越管理系統」(excellent management system)，以追求卓越為目標，於 2006 年下半年完成建置，經試用並與原先舊有之走動管理系統銜接後，於 2007 年 1 月 1 日起正式啟用。

審查運轉中核能電廠安全申請案或重大改善案，為原能會對核能電廠安全管制重要工作之一。對於台電公司所提送之安全分析報告，原能會邀請學者專家共同組成專案審查小組，就關切的議題執行審查作業，在確認機組運轉安全之情況下，台電公司方可據以執行。

每座運轉中核能電廠會定期舉行「改善措施方案」(CAP)審查會議，以檢討電廠結構系統組件之退化趨勢，發覺電廠系統弱點。同時，電廠會透過核能發電處(DONG)每季於總公司召開用以檢討核能系統弱點之「安全文化推動會報」(SC implementation meeting)，向長官報告。核發處隨後將統計建檔過去 18 個月與人員行為(human behavior)和管理有關之改善措施方案，並依照嚴重性程度將這些改善措施方案排列優先順序，以監督電廠運轉，期能及時發現並改正弱點。

更多有關改善措施方案之資訊，請參閱第 7.2(6)節。

### 3.3.8 核能安全研究與發展方案

國內核能安全研究與發展之重鎮為原子能委員會核能研究所(簡稱核研所)。核研所定位為國家實驗室，是我國唯一利用原子能科技以研究發展核能與輻射民生應用的政府研究機構，其任務主要是支援核能管制、應用核能安全技術於核能發電、和發展除役及放射性廢棄物處理技術。(更多核研所介紹請參閱第 5.1.3.3 與 8.2.3 節。)

核研所成立於 1968 年，近年來其主要研發領域包含：核能電廠執照更新(license renewal)評估、中幅度和小幅度功率提昇研究、運轉中核能電廠第二階安全度評估(level 2 PRA)、輻射源項(source term)評估、核能電廠地震風險再評估、低放射性廢棄物(LLW)之高效率固化技術(HEST)研究、核設施除役與放射性廢棄物管理、核醫藥物(radiobiological medicines)研究、核能級工業技術檢證平台(accreditation platform)建立等。除了執行經常性的研發計畫之外，如有需求，核研所也能為解決某一特定核安議題而成立一特殊技術小組或專案計畫。

核研所 2014 年在核安領域之主要研發有：(1)核電營運安全領域關鍵技術綱要計畫、(2)核電能源系統生命週期之放射性廢棄物管理技術發展與應用、以及(3)依法執行核設施清理作業。

核電營運安全領域關鍵技術綱要計畫下包含下列子計畫：



- 核能電廠安全維護研究，
- 嚴重事故與複合式災變(compound disaster)防治，及
- 核子事故之輻防與緊急處置措施研究。

核電能源系統生命週期之放射性廢棄物管理技術發展與應用計畫下包含下列子計畫：

- 除役拆除廢棄物減量技術研究，
- 特殊放射性廢液安定化處理技術研究，及
- 放射性廢棄物最終處置技術研發與應用。

依法執行核設施清理作業計畫下包含下列子計畫：

- 核子反應器附屬設施清，及
- 放射性廢棄物減量與檢整。

除了核研所的研發計畫外，原能會與科技部(MOST)(前身為國科會)每年一起提供一個共同基金(mutual fund)，以協助國內大學與研究機構進行有關核能科技政策、應用、和基礎研究方面之研究。近年來之主要研究題目包含：核能安全技術發展、放射性物料安全、輻射防護、核醫藥物(radioactive medicine)、和人才培育(manpower cultivation)，以及風險溝通(communication on risk)。

### 3.4 從福島事故汲取教訓後的國內核能電廠安全加強措施

#### 3.4.1 國內核能電廠總體檢方案與歐盟壓力測試之實施

在 2011 年 3 月 11 日(日本)東北大地震(Great Tohoku earthquake)[或稱東日本大地震(Great East Japan earthquake)]及接踵而至的大海嘯，導致日本福島第一核能電廠發生核子災變後，我國政府於當年 4 月 19 日啟動了「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案」(簡稱「核能電廠總體檢方案」)，以再評估國內所有核能電廠的安全性。(參考文獻 3.22 ~ 3.24)

「核能電廠總體檢方案」係要求台電公司再評估其核能電廠的安全性，方案內容分為兩部分：(1)核能電廠安全防護措施，(2)輻射防護及緊急應變機制。總體檢係分兩階段進行：近期(near-term)(2011 年 6 月底前完成)(第一階段)和中期(mid-term)(2011 年 12 月底前完成)(第二階段)。(參考文獻 3.24)

在「核能電廠安全防護措施」部分，持照者(台電公司)須於至少下列 8 個具體項目方面，再評估其核能電廠的安全性：

- (1) 長期喪失所有廠區交流電源(即長期電廠全黑)(Prolonged SBO)，
- (2) 海嘯防護(Protection against tsunami hazards)，
- (3) 用過燃料池冷卻(Spent fuel pool cooling)，
- (4) 氫氣偵測及爆炸防範(Hydrogen detection and explosion prevention)，

- (5) 嚴重事故處理(Severe accident management) ,
- (6) 地震災變防範(Prevention against seismic hazards) ,
- (7) 廠區基礎設施檢討(Infrastructure resilience) , 及
- (8) 安全文化(Safety culture)檢討。

在審查台電公司提出的第一階段和第二階段再評估報告後，原能會對應完成的近期和中期安全評估報告(SER)(中文版)分別於 2011 年 10 月和 2012 年 8 月經行政院核定。原能會中期安全評估報告名稱為「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」，係涵蓋「核能電廠總體檢方案」兩階段再評估結果的最後報告，於原能會網站可查到。

審查台電公司的第一階段(或近期)再評估報告時，原能會發覺兩個與核能電廠現行持照基準(CLB)相關的議題：(1)核一廠場址高度量測與終期安全分析報告不符；(2)核二廠緊急循環水(ECW)泵室(pump room)的海嘯防護設計不夠。此兩議題後來均獲解決，並經 2011 年 6 月視察證實。

總體檢期間，(歐盟)核能安全管制者組織(ENSREG)於 2011 年 5 月 25 日發佈了歐洲聯盟(EU)壓力測試規範(“stress tests” specifications)，並經歐盟執委會(EC)認可。為善用歐盟經驗，因此國內核能電廠在執行「核能電廠總體檢方案」後，又於 2011 年 8 月 5 日開始進行核能壓力測試計畫。國內壓力測試計畫目的在，依照 ENSREG 發佈的壓力測試規範，對國內每座核能電廠進行全面性且透明的風險與安全評估。(參考文獻 3.8)

審查持照者(licensee)(即台電公司)核能電廠壓力測試報告後，原能會於 2012 年 9 月完成壓力測試國家報告(英文版)初稿(draft national report)，隨後於 2013 年 5 月 31 日發佈正式國家報告，名為「台灣核能電廠壓力測試國家報告」。

原能會壓力測試國家報告初稿及持照者三座運轉中核能電廠壓力測試報告，接受了經濟合作發展組織核能署(OECD/NEA)專家的同行審查。OECD/NEA 獨立同行審查小組於 2013 年 3 月 4 日至 3 月 15 日到訪台灣，期間有 2 天到核二廠現場訪問。而原能會壓力測試正式國家報告及所有核能電廠的持照者壓力測試報告，則隨後再接受(歐盟)核能安全管制者組織(EC/ENSREG)專家小組的同行審查。EC/ENSREG 專家小組於 2013 年 9 月 23 日至 10 月 3 日到訪台灣，期間有 2 次分別到核三廠及核四廠現場訪問。(參考文獻 3.8 ~ 3.9)

從核能電廠總體檢和壓力測試方案以及 OECD/NEA 和 EC/ENSREG 專家同行審查所得結果，再加上從福島事故學得的教訓，發覺了國內核能電廠可再加強增進其強固性(robustness)的地方。因此，原能會和持照者(台電公司)規劃並執行了各種加強措施(enhancement actions)。以下謹描述國內與核能發電安全改進有關之主要努力與加強措施。表 3.7 所列为國內進行核能電廠總體檢和壓力測試方案時之主要活動里程碑(milestones) (參考文獻 3.3 ~ 3.9)。更多有關總體檢和壓力測試之資訊，請參閱第 7.1.5.2、11.3.1 和 11.3.2 節。

表 3.4 福島事故後國內核能電廠總體檢和壓力測試里程碑

| 日期                            | 里 程 碑                                                            |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 2011/03/11                    | 日本發生規模 9.0 級之東北大地震，此地震與隨後之海嘯造成福島第一核能電廠發生核子災變                     |
| 2011/04/19                    | 行政院核准「核能電廠總體檢方案」                                                 |
| 2011/04 ~ 05                  | 台電公司向原能會提出現有4座核能電廠之電廠總體檢初期報告(中文版)                                |
| 2011/05/31                    | 行政院核准原能會之初期安全評估報告(PSER)(中文版)                                     |
| 2011/06 ~ 10                  | 行政院專家審查小組(ERT)審查原能會之初期安全評估報告                                     |
| 2011/06, 2011/10, and 2012/01 | 原能會對3座運轉中核能電廠進行現場履勘視察(walkdown inspections)                      |
| 2011/08/05                    | 國內4座現有核能電廠開始進行壓力測試方案                                             |
| 2011/10/07                    | 行政院核准納入歐盟壓力測試規範要求之原能會近期(第一階段)安全評估報告(中文版)                         |
| 2011/11/01                    | 原能會邀請經濟合作發展組織核能署(OECD/NEA)專家對國內3座運轉中核能電廠執行歐盟壓力測試結果進行獨立同行審查       |
| 2011/11 ~ 2012/01             | 原能會與台電公司就壓力測試進展召開5次管制會議                                          |
| 2012/02                       | 原能會完成「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」初稿(中文版)                          |
| 2012/03                       | 台電公司向原能會提出 3 座運轉中核能電廠之壓力測試報告(中文版)                                |
| 2012/04                       | 台電公司向原能會提出核四廠之壓力測試報告(中文版)                                        |
| 2012/08                       | 行政院核准原能會完成之核能電廠總體檢最後國家報告：「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」(中文版)        |
| 2012/09                       | 原能會完成針對 4 座現有核能電廠壓力測試之國家報告初稿(英文版)                                |
| 2012/11/05                    | 原能會發佈依據核能電廠總體檢和歐盟壓力測試結果之第一波管制命令(regulatory orders)               |
| 2013/01                       | 原能會完成針對3座運轉中核能電廠之壓力測試國家報告最後版本(英文版)                               |
| 2013/02                       | 3 座運轉中核能電廠之原能會壓力測試國家報告及台電公司壓力測試報告(英文版)提供給 OECD/NEA 專家組成之獨立同行審查小組 |

|                       |                                                                                   |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| 2013/03/04<br>~ 03/15 | OECD/NEA 獨立同行審查小組到訪台灣，並至核二廠現場訪問 2 天                                               |
| 2013/03/15            | 原能會與OECD/NEA獨立同行審查小組共同召開記者會(press conference)                                     |
| 2013/04/23            | OECD/NEA 獨立同行審查小組完成最後報告                                                           |
| 2013/04/30            | 原能會邀請歐盟(EC)對國內4座現有核能電廠之壓力測試進行獨立同行審查                                               |
| 2013/05/28            | 原能會完成針對國內4座現有核能電廠壓力測試之國家報告(英文版)                                                   |
| 2013/05/31            | 國內 4 座現有核能電廠壓力測試之國家報告及持照者報告(英文版)寄送歐盟核能安全管制者組織(EC/ENSREG)同行審查小組                    |
| 2013/05/31            | 歐盟同行審查小組(EU-PRT)對台灣壓力測試國家報告開始進行書面審查(desktop review)                               |
| 2013/06/06            | 原能會發佈依據 OECD/NEA 獨立同行審查小組建議與技術觀察(technical observations)之第二波管制命令                  |
| 2013/07/09            | 原能會和歐盟同行審查小組代表於比利時布魯塞爾召開一天的預備會議(preparatory meeting)                              |
| 2013/09/23<br>~ 10/03 | 歐盟同行審查小組到訪台灣，並至核三廠與核四廠進行現場訪問                                                      |
| 2013/11/07            | 歐盟將其同行審查報告最後版本及歐盟總結報告(summary report)提送原能會，並由歐盟及原能會同時在各自之官方網站(official website)公佈 |
| 2013/11/08            | 原能會於其網站公佈歐盟總結報告中文版                                                                |
| 2013/12/12            | 原能會於其網站公佈歐盟同行審查報告中文版                                                              |
| 2014/03/06            | 原能會發佈依據EC/ENSREG同行審查小組建議之第三波管制命令                                                  |

### 3.4.2 加強電廠安全之法規要求

以國內核能電廠核能安全總體檢及壓力測試結果以及 OECD/NEA 和 EC/ENSREG 同行審查建議為基礎，並借鏡其他國家採行之措施後，原能會建立了對核能電廠執行核能安全加強的清晰要求。這些要求具體地編入原能會分別於 2012 年 11 月 5 日、2013 年 6 月 6 日和 2014 年 3 月 6 日頒布的三波法規命令中。台電公司得提出替代方案送原能會核可。附錄二詳列這些法規命令 (參考文獻 3.8 及 3.31 ~ 3.34)。

在這些法規命令中，編號 10101、10103、10105、10119、10121、101101、10104(AECDNT)、1013003、10201、10202 和 HQ-10201 之命令是有關地震防護(seismic protection)，編號 10102、10103、10104、10105、10110、10118、10202、10203 和

10204 者則是有關洪水/海嘯防護(flood/tsunami protection)。另一方面，有關電力供應加強之命令為編號 10106、10107、10108、10109、10110 和 10120 者。編號 10111 之命令要求台電公司評估是否建立第二個終極熱沉(UHS)，編號 10115 之命令要求建立用過燃料池儀表(instrumentation)，編號 10121 之命令為有關核能電廠生水池(raw water reservoir)抗震能力改善，而編號 10105 之命令則是在地震、洪水和其他外部事件(external events)時利用現場履勘巡視(walkdown inspections)加強安全。在 2013 年 6 月 6 日頒布之編號 XX-JLD-10203 命令中，原能會要求台電公司系統化地評估在洪水和極端大自然事件(extreme natural events)方面的事件組合(combination of events)。

另外，原能會指出有關極端氣候(extreme weather)下改善核能電廠恢復能力的下列要求：

- 確認內有安全相關設備之廠房，能防範風速超過每秒70.2公尺之超越設計颱風(beyond design typhoons)的飛射物(projectiles)。
- 檢討設計基準(DB)最大可能降雨量(PMP)在氣候變遷(climate change)中的合適性，並設想到(envisage)排水系統的相關改善。這些應經由定期安全評估程序加以檢討。
- 澄清防火門(fire-fighting doors)和管路穿越孔密封之水密能力。
- 進行針對極端大自然事件組合的系統化評估。

其他原能會要求尚有來自放射性物料管理局(FCMA)者，例如：

- 再評估用過燃料乾式貯存設施(ISFSI)的安全性，以因應類福島事故(Fukushima-like accidents)和超越設計基準地震(BDBE)。

福島事故後，比照美國核能管制委員會(USNRC)報告 SECY-93-087 中之幕僚要求備忘錄(SRM)要求，某些系統新增「評估基準地震」(RLE)要求，其值為安全停機地震(SSE)之 1.67 倍，此地震有可能損壞救援系統(mitigation systems)。

特別是對於電廠全黑(SBO)和終極熱沉(UHS)喪失，原能會指出了一些必要措施，而台電公司則被要求處理下列議題：

- 更仔細地分析同一場址有多部機組受牽連的事故後果
- 更仔細地分析停機狀態(shutdown conditions)，尤其是在壓水式反應器處於半水位運轉(mid-loop operation)時
- 更仔細地評估，由於極端外部危害(extreme external hazards)造成電廠全黑和終極熱沉完全喪失，對用過燃料池的衝擊(impact)
- 分析當一部機組在運轉而另一部機組處於停機狀態時，共用緊急柴油發電機(swing EDG)的後備能力(backup capability)
  - 所有運轉中核能電廠的每部機組都有2台水冷式緊急柴油發電機。現行規定，如果一部機組在正常運轉，而另一部機組處於停機狀態，且其有1台水冷式柴油發電機正接受檢查，則共用緊急柴油發電機將被指派給後一部機組，此乃原能會依據2011年4月7日日本東通(Higashidori)核能電廠發生全黑事件後之運轉經驗回饋(OEF)，

所頒布的新要求。因此，共用緊急柴油發電機對正常運轉中之該部機組的後備能力將受到限制。故而需要解決此一問題之預期措施(envisaged measures)。(請參閱第16.8.3節。)

- 進行在各核能電廠再增設1台氣冷式緊急柴油發電機之評估
- 進行建立一新增替代熱沉(例如來自深水井之地下水)的評估
- 增加電廠全黑時核三廠應付主冷卻水泵密封喪失冷卻水事件的強固性
- 參考日本緊急應變管理與要求，加強廠外電力系統並增進其可靠度
- 加強所有核能電廠針對設計基準(DB)及超越設計基準(BDB)廠外事件的電廠全黑救援能力(SBO mitigation capability)，如同美國核能管制委員會(USNRC)近期專案小組(NTTF)報告第4項建議
- 對非傳統工具(non-conventional means)進行系統化檢討(systematic review)，並聚焦於核能電廠設備於相關情況下的可用性(availability)與適當的運轉
  - 非傳統工具之可操作性(operability)應依據技術性數據加以證實。存放移動式設備之設施應加以評估，如有需要則加以強化，使得它們在即使是由超越設計基準事件(BDB-event)造成之損害情況下，仍然是安全的。
- 依據嚴謹的系統化檢討和徹底的事務分析，證明“斷然處置程序指引”(URG)的可執行性
- 利用考量各種事故情節(accident scenarios)，證明斷然處置程序指引中之氫氣與圍阻體壓力控制策略是正確的
- 研究增加一部移動式熱交換器(HX)，以從圍阻體及/或反應器移除熱量的可行性

此外，原能會也要求下列運轉程序書與指引之改進及/或升級(upgrading)：

- 將額外增加的設備與操作整合進程序書或指引中
- 再評估緊急運轉程序書(EOP)和嚴重事故處理指引(SAMG)納入考量新程序書/指引的可行性
- 確保嚴重事故處理指引適用於多機組事件(multi-unit events)，且如果有需要，也可將其由指引提昇為程序書
- 加強運轉中反應器於設計基準及超越設計基準事件時的電廠全黑救援能力
- 依據美國核能管制委員會(USNRC)近期專案小組(NTTF)報告建議，改進緊急應變整備(EP)之人員配置(staffing)和通訊
- 確認斷然處置程序指引及其執行時刻、執行後的措施與偵測策略，包含放射性釋放的偵測、現有系統與設備的備用能力等

原能會新增的要求尚包含：

- 對於各種嚴重事故情節、超越設計基準事故和多事件事故(multi-event accidents)，估計獨立應變能力(可支持的)時間長
  - 在簽約廠外支援時，所需材料與設備也應指出
- 改進主控制室(MCR)，俾可在倘若發生超越設計基準事故(BDBA)時得以
  - 確保主控制室、技術支援中心(TSC)、備用技術支援中心等之直流電源能力
  - 改進主控制室、技術支援中心、備用技術支援中心、和其設備的耐震水準(seismic level)，以及
  - 評估倘若發生多機組事件時主控制室人員安排之適當性
- 設計裝有過濾器之圍阻體堅固可靠的排氣系統(reliable containment hardened vent)
  - 遵照美國核能管制委員會(USNRC)近期專案小組(NTTF)報告建議 5.1，原能會建議於核一廠(BWR-4)、核二廠(BWR-6)和核四廠(ABWR)各增設一堅固可靠的排氣系統 (reliable hardened vent)和圍阻體過濾系統。一部機組的乾井(drywell)或溼井(wetwell)之堅固排氣系統不應與另一部機組共用，且應可利用電力或手動運轉。
  - 於核三廠(PWR)裝設圍阻體排氣過濾系統(FCVS)
- 改進及整合緊急運轉程序書(EOPs)、嚴重事故處理指引(SAMGs)、大範圍廠區受損救援指引(EDMGs)和斷然處置程序指引
  - 每座核能電廠在修訂現行嚴重事故處理指引時，應備妥應變措施。對決策(decision-making)人員應有適當訓練與資格限制。
- 依據美國核能管制委員會近期專案小組(NTTF)報告，加強用過燃料池儀表

### 3.4.3 台電公司之電廠安全加強措施

#### 3.4.3.1 一般性(General)

台電公司依據前節敘述之法規要求/命令，所配合採行用來處理嚴重事故防範與救援的加強措施可分成三階段：(1)研究要求/命令階段，(2)規劃與執行相關加強措施階段，以及(3)加強措施完成階段。目前大部分在前二階段，以下將探討台電公司之重要加強措施。

福島事故後，遵照原能會要求(例如編號 XX-JLD-10203 之命令)，台電公司就下列嚴重事故管理相關之領域進行再評估：

- 喪失交流電(即電廠全黑)時之能力；
- 用過燃料池之冷卻；
- 熱移除和終極熱沉之能力；
- 緊急運轉程序書之再評估；
- 斷然處置程序指引(URGs)之執行；

- 不同機組間之相互支援；
- 超越設計基準事故時之救援(mitigating)；及
- 緊急應變整備與備用設備。

在上述每一領域中，台電公司均已執行各種措施以處理嚴重事故的防範與救援，包含：增購替代用移動式柴油發電機電源車、採購可攜式發電機、採用消防車(fire trucks)或可攜式水泵做為冷卻水源、提供替代水源(包含海水)、提供替代可攜式空氣和氮氣源以供氣動閥(AOVs)和安全釋壓閥(SRVs)之用、以及其他措施以加強核能安全。

國內核能電廠已將緊急運轉程序書和嚴重事故處理指引升級，以在該等情況下提供相關人員適當的指導(instructions)。

台電公司同時發展出核能電廠機組斷然處置程序指引(簡稱斷然處置程序指引)(URGs)，此 URGs 係類似美國核能協會(NEI) 編號 NEI 12-06 報告「多樣與彈性處理策略(FLEX)」執行指引的概念，可視為對現有緊急運轉程序書的一種深度防禦補強(defense-in-depth supplement)，目的在防止核子事件惡化變成嚴重事故。更多 URG 資訊，請參閱第 3.4.3.5、7.2(11)、15.4(C)(5)和 16.4.3 節。

另外，所有核能電廠均已實施若發生嚴重事故就廣泛使用移動式設備。再則，台電公司承諾進行下列對嚴重事故處理的安全加強工作：

- 建立一處理嚴重事故的組織架構  
這包含組織成立事故處理小組(AMT)、廠內技術支援中心(onsite TSCs)、和可獲得核子事故中央災害應變組織(NNEO)與台電總公司支援的廠外技術支援中心(off-site TSCs)。
- 發展並實施「斷然處置程序指引」  
「斷然處置指引」的目標是消除爐心熔損事件的發生，並與嚴重事故處理指引(SAMGs)相配合。
- 發展並建立替代的電力供應系統、冷卻水注入系統、和供應水與空氣的支援系統
- 發展並實施替代的冷卻措施，以在發生用過燃料池事件時，防止用過燃料損壞，並減輕從用過燃料池釋出放射性物質的情況

台電公司同時也列下設想用以增加核能電廠強固性的措施清單。其中，以下列較被強調(highlighted)：

- 強化緊急直流電力供應
- 強化緊要電氣設備室消防門的水密能力
- 改進山坡生水池的耐震能力
  - 例如核二廠將消防管路(fire piping)置於地面上，並於一些選定處用軟管(flexible piping)連接，以改進山坡生水池管路的強固性



- 在核四廠場址上，於孤立耐震廠房內建置氣渦輪發電機(GTGs)
- 對核一、二、三廠現有氣冷式共用緊急柴油發電機加強水密性
- 於核一廠將用過燃料池額外冷卻系統(SFPACS)冷卻水塔升級，並將相關管路提昇為耐震一級
- 在三座運轉中核能電廠，興建較現行持照基準(CLB)高6公尺的防海嘯牆(tsunami walls)，以增加防範海嘯威脅的保護能力（例如於核一、二、三廠分別規劃興建高於平均海平面17、17、19公尺的防海嘯牆）

此外，台電公司還進行了下列加強措施：

### 3.4.3.2 電廠電源之加強

依據從福島事故學得的教訓，台電公司對其核能電廠規劃並實施了各種電力供應源加強措施，詳細資訊請參閱第3.1.4.5節“福島事故後之電源系統加強”。

### 3.4.3.3 冷卻水源與終極熱沉之加強

對國內每座核能電廠，台電公司均在山坡地頂端興建有一大型生水池，以在萬一終極熱沉喪失時提供足供長期冷卻用之充分水源。此大量生水可利用重力(gravity)注入。為改善在地震引發超越設計基準的電廠全黑與終極熱沉喪失事故時之深度防禦能力，位在山坡地頂端之生水池與相關管路均已加強其強固性。

每個核能電廠場址的正常及緊急終極熱沉均自大海抽取冷卻用水。例如在核一廠，其正常及緊急終極熱沉分別是循環水系統(CWS)和緊急廠用水系統(ESW)。如正常終極熱沉不可用，安全等級的緊急終極熱沉將被用來移除衰變熱(decay heat)，俾保持反應器於安全停機狀態，而用過燃料池則保持於穩定及冷卻狀態。基於從福島事故學得的教訓，台電公司另再實施下列可提供運轉中核能電廠替代冷卻水源的加強措施：

- 發展完成(developed)所有水資源(廠內和廠外)的運送(transportation)及注水(injection)程序書
- 證實消防水資源(fire engine resources)和可攜式消防水泵(fire pumps)之足夠重複性
- 發展完成利用各種注水途徑的替代反應器注水和用過燃料池注水方法
- 發展完成終極熱沉之替代熱沉和復原的方法
- 購置可攜式(或移動式)空氣壓縮機和備用氬氣瓶，以供所有運轉中核能電廠場址安全釋壓閥(SRVs)和氣動閥(AOVs)之用

### 3.4.3.4 地震與海嘯/洪水安全之加強

福島事故發生前，台灣已開始對三座運轉中核能電廠進行耐震安全增進的調查研究。在核能電廠附近的兩個斷層(faults)被發現及/或被重新描繪(re-characterized)後，三座運轉中核能電廠就開始進行地震災害再評估相關工作。其中一個斷層(山腳斷層)在台灣島北邊，從核一廠和核二廠之間通過。另一個斷層(恆春斷層)在台灣南

邊，距離核三廠不到 1 公里。國內曾做過數量可觀的地質和地球物理上的工作，包含在岸上的(onshore)和離岸的(offshore)。另外，也進行過機率性地震災害分析(PSHA)。原定 2013 年 5 月就緒(ready)的 PSHA 改良(refinement)工作現已延後，因台電公司進行了高階地震災害分析委員會(SSHAC)之第三階(Level 3)研究。

一旦 SSHAC 第三階研究發展建立了更新且再評估過的地震災害值(seismic hazard values)，台電公司之核能電廠將開始進行全面性的耐震提昇(seismic upgrading)工作。屆時，在壓力測試範疇內，耐震餘裕評估(SMA)將繼續採用評估基準地震(RLE)來認定實際行動(practical activities)，以參照地震危害風險來加強電廠安全。

台電公司已進行過耐震餘裕評估(SMA)和安全度評估(PRA)，以完成其安全評估。為增進核能電廠抗震能力，台電公司加強了所有 3 座運轉中核能電廠各自之兩串安全停機爐心冷卻注水系統(safe-shutdown core coolant injection systems)抗震能力，因此核一、二、三廠之抗震能力已分別達到 0.51g、0.67g 和 0.72g。

台電公司也實施地震現場履勘(seismic walkdowns)，以對採用這些方法進行瀕危效應(cliff edge effects)風險評估做個補充。同時，永久性的地震偵測與警報系統(例如強震急停 ASTS 系統)已建置於核能電廠，以增進地震防護能力。台電公司也進行定期現場履勘(periodic walkdowns)，以確認防範廠外與廠內洪水侵襲所需設備與物質能力，包含可移動工具(mobile means)。對於極端氣候狀況(extreme weather condition)，台電公司指出了其一些加強措施，包含特定的現場履勘(dedicated walkdowns)以確認壕溝功效(trench performance)、執行利用可移動工具(例如水泵、柴油機等)支援各系統(例如內部排水、電力系統等)、執行防洪障壁(flood barriers)建立等。

此外，台電公司也規劃並實施了一些防範洪水的其他補充措施，包含設置會自動關閉的大門、防止大型殘渣異物造成堵塞、設立防洪障壁、將水管設在地面上、設立水密門等例子。

#### 3.4.3.5 機組斷然處置程序指引(URG)之發展

在一核能機組之設計與建造階段，所有可能的預期運轉暫態(AOO)及不預期但可能發生的事故均納入考量。因此，若有任何設計基準事件發生，電廠已有必要的對應程序書和救援設備(rescue equipments)可供緊急應變，以確保電廠安全。然而，儘管已在設計、建造和運轉上做了各種努力，超越設計基準事故仍然可能發生，此可能導致廠內外所有永久性建置之交流電源或反應器補水系統喪失，並威脅核能機組安全。

因此，欲回應像福島複合式事故(compound accident)的超越設計基準事故(BDBA)，據信發展出一更有效的程序書，以及時採取決定性行動(decisive action)，在短時間內讓所有可用冷卻水源(包含生水或甚至海水)可以準備好注入反應器內，乃是防止爐心熔毀(core melt)所必要的。基於此一認知(understanding)，台電公司於是發展了「核能電廠機組斷然處置程序指引」(URG) (參考文獻 3.35)。

所謂 URG，簡單地說，就是意指：

- (1) 當發生超越設計基準之複合式事故，導致電廠受到長時間的大規模衝擊(prolonged large-scale impact)，並可能造成廠內外所有永久性建置之交流

電源或反應器補水系統喪失時，準備好隨時可從所有可用水源(包含生水和海水)對反應器注入冷卻水；以及

- (2) 當判斷反應器爐心冷卻能力將會喪失時，基於安全第一原則，採取決定性措施，以將冷卻水從所有可用水源注入反應器，以防止爐心熔損及放射性物質跑到廠外，即使是此受到影響之核能電廠未來再恢復發電的可能性得犧牲。[參閱第 15.4(B)(5)節]

URG 可視為對現行緊急運轉程序書(EOP)的一個深度防禦補充，用以防止一事故惡化變成爐心熔損的嚴重事故。URG 及其相關動作的啟動是植基於電廠專屬(plant-specific)或場址專屬(site-specific)特徵(features)，和以徵兆為基礎的(symptom-based)現行異常運轉程序書(AOP)及 EOP 不同。現行 AOP 及 EOP 適用於處理廠內事件。當發生大規模的嚴重複合式廠外事件，而其影響及於整個電廠場址時，例如福島事故，回應時間是十分急迫的(urgent)，以徵兆為基礎的程序書須加以精進。因此，福島事故後，台電公司之每座核能電廠皆針對其電廠專屬(或場址專屬)特性，發展斷然處置程序指引。

在國際核能界(nuclear community)，類似台電公司斷然處置指引之一些緊急應變程序書與指引，近來也被發展出來，以處理超越設計基準事故和嚴重事故，例如沸水式反應器業主組織(BWROG)、壓水式反應器業主組織(PWROG)、和(美國)核能協會(NEI)所發展的。斷然處置程序指引和(美國)核能協會之「多樣與彈性處理策略(FLEX)執行指引」(NEI 12-06)的概念類似(參考文獻 3.36)。

由於 URG 之可運用性，受到要求仍須在嚴謹的系統化檢討和徹底的事務分析等基礎上獲得證實，原能會除密切注意 URG 之後續發展並執行嚴謹且嚴格的技術審查。迄今原能會已開過四次 URG 審查會議，最近一次召開於 2016 年 9 月 29 日。更多有關 URG 資訊，請參閱第 7.2(11)、15.4(C)(5)和 16.4.3 節。

### 參考文獻(第 3 章)

- 3.1 「台電公司永續報告書 2016」，經營統計概要，2016 年。
- 3.2 自由時報，2015 年 6 月 29 日，第 A7 版。
- 3.3 “Taiwan Stress Test National Report for Nuclear power plants,” Atomic Energy Council, (May 28, 2013).
- 3.4 “EU Stress Test for CS NPP – Licensee Report,” Taiwan Power Company, (May 2013).
- 3.5 “EU Stress Test for KS NPP – Licensee Report,” Taiwan Power Company, (May 2013).
- 3.6 “EU Stress Test for MS NPP – Licensee Report,” Taiwan Power Company, (May 2013).
- 3.7 “EU Stress Test for LM NPP – Licensee Report,” Taiwan Power Company, (May 2013).
- 3.8 “EU Peer Review Report of the Taiwanese Stress Tests,” ENSREG, (November 2013).
- 3.9 “Independent Peer Review Report of the Stress Tests Performed On the Operating

- Reactors in Chinese Taipei,” OECD/NEA, (April23, 2013).
- 3.10 台電公司核能發電處對 Taiwan National Report for the CNS (September 2016)審查意見 (2016.09.19)。
- 3.11 IAEA Safety Series No.75-INSAG-4, “Safety Series,” (1991)。
- 3.12 吳永富，「中日推動安全文化作法比較」，台灣電力公司核能安全處，安全文化專欄第 121 期 (2001)。
- 3.13 「核子反應器設施管制法」，原子能委員會，2003 年 1 月公布。
- 3.14 「核子反應器設施管制法施行細則」，原子能委員會，2003 年 8 月發布。
- 3.15 「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」，原子能委員會，2004 年 5 月發布。
- 3.16 「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」，原子能委員會，2004 年 4 月發布。
- 3.17 「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」，原子能委員會，2004 年 10 月發布，2005 年 11 月修正發布。
- 3.18 “Reactor Oversight Process,” USNRC, NUREG-1649, July 2000。
- 3.19 原子能委員會網站：「核能安全」→「運轉中電廠管制」→「核安管制紅綠燈」→「績效指標」或「視察指標」，2016 年 07 月。
- 3.20 “Implementation of the Obligations of the Convention on Nuclear Safety”, the fourth Swiss report in accordance with article 5 (July 2007)。
- 3.21 “Finnish Report on Nuclear Safety”, Finnish 4<sup>th</sup> National report as referred to in Article 5 of the Convention on Nuclear Safety (September 2007)。
- 3.22 “Fukushima I Nuclear Power Plant”, from Wikipedia, the free encyclopedia, last modified on April 12, 2011 at 07:14。
- 3.23 “Fukushima II Nuclear Power Plant”, from Wikipedia, the free encyclopedia, last modified on April 6, 2011 at 23:08。
- 3.24 「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」，原子能委員會，2012 年 8 月。
- 3.25 Maanshan Nuclear Power Station Units 1 & 2 , “Final Safety Analysis Report”.
- 3.26 “Standard Technical Specifications – General Electric Plants (BWR/4),” USNRC, NUREG-1433, Revision 0 (1992), Revision 1 (1995), Revision 3 (2010)。
- 3.27 “Standard Technical Specifications – General Electric Plants (BWR/6),” USNRC, NUREG-1434, Revision 1 (1995), Revision 3 (2010)。
- 3.28 “Standard Technical Specifications – Westinghouse Plants (PWR),” USNRC, NUREG-1431, Revision 1 (1995), Revision 3 (2010)。
- 3.29 自由時報，2017 年 3 月 26 日，第 A2 版。
- 3.30 自由時報，2017 年 4 月 20 日，第 A6 版；自由時報，2017 年 5 月 18 日，第 A2 版。
- 3.31 原子能委員會核能管制處核三科 2015 年 09 月 01 日回覆待蒐資訊 A6-4: 請提

供「福島事故後，管制單位(原能會)新增或修正之管制措施或要求資訊」(不包含 2012 年 11 月 5 日及 2013 年 6 月 6 日發佈之行政命令)。

- 3.32 「列管運轉中核能電廠有關福島後管制案清單」(統計日期：2015年12月31日)，原子能委員會網站。
- 3.33 “Recommendations for Enhancing Reactor Safety in the 21st Century,” The Near Term Task Force Review of Insights from the Fukushima Dai-Ichi Accident, USNRC, SECY-11-0093, (July 12, 2011).
- 3.34 “Staff Assessment and Prioritization of Near-Term Task Force (NTTF) Recommendations,” USNRC, SECY-11-0137, (December 15, 2011).
- 3.35 台電公司「核能電廠機組斷然處置程序」指引(沸水式電廠)，修訂 4 版，台灣電力公司，(2015 年 5 月 27 日)。
- 3.36 “Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Implementation Guide,” Nuclear Energy Institute, NEI 12-06 (Draft Rev. 0), (August 2012).

## 第 4 章 立法與核能管制架構

1. 各簽約會員(CP)須建立並維持立法與管制架構，以管理核能電廠之安全。
2. 立法與管制架構須提供：
  - (i) 適用之國家安全要求與法規的建立；
  - (ii) 核能電廠之執照核發系統，並禁止運轉未取得執照之核能電廠；
  - (iii) 一套核能電廠管制視察與評估系統，以確保其遵守相關的法規與執照許可的條件；
  - (iv) 執行相關法規與執照許可條件之措施，包括暫停、修正或撤銷。

＜核能安全公約 第 7 條＞

### 4.1 我國之立法與核能管制架構

國內最早有關原子能的法令是「原子能法」(參考文獻 4.1)，此法係於立法院三讀通過後，由總統於 1968 年公布施行。「原子能法」提供了我國核能使用的立法與管制架構，本法曾於 1971 年修正過一次。「原子能法」的立法目的是為促進原子能科學與技術之研究發展及資源之開發與和平應用，法中明定原子能的主管機關為行政院原子能委員會(簡稱原能會)。原能會於 1955 年正式成立，隸屬於行政院の部會層級。

另一項考量因素是「行政程序法」(參考文獻 4.2)於 1999 年 2 月 3 日正式公布，並定於 2001 年 1 月 1 日開始正式施行，其間給予各行政機關約有 2 年時間預為準備及因應。「行政程序法」規範了行政機關之各種行政作為，法中明確規定凡無法律授權而剝奪或限制人民之自由、權利之法規命令一律無效，此等有關法規命令及行政規則之規定，對原能會衝擊頗大。為求能依法行政，原能會亟須全面檢討原子能相關法令，以為因應。

於 2000 年原能會主管之法律有「原子能法」與「核子損害賠償法」，在法規命令的部分，除了組織及處務法規外，實際執行管制業務之法規命令僅有「原子能法施行細則」、「核子損害賠償法施行細則」、「游離輻射防護安全標準」、「放射性物質安全運送規則」、「核子原料礦及礦物管理辦法」、「放射性廢棄物管理辦法」、「原子能業務財團法人設立許可及監督準則」及「輻射污染建築物事件防範及處理辦法」共計八種。這些法令規範人民之權利、義務部分，因無法律授權，或因法律授權不明確，依大法官以往所作解釋意旨，已不具效力。由於原能會執行管制業務之法規明顯不足，「原子能法」又長年未修，欠缺訂定法規命令之授權依據，因此各業務單位為因應需求而訂定了多種要點、注意事項或技術規範等行政規定，其內容亦有涉及人民權利、義務者，與大法官解釋意旨不符，又與「行政程序法」之規定有違，故這些行政規定均將在「行政程序法」於 2001 年 1 月 1 日正式施行後喪失規範效力。

上述各項法律由原能會先行準備草案，草案完成送行政院核准後，再送請立法院審議。立法院「教育與文化委員會」負責原能會所提出法案草案之審查，由原能會向該委員會報告法案草案，並作必要之修正。法案草案經立法院三讀通過並由總

統公布後，原能會即依正式公布法律之授權，進一步訂定或修正相關之施行細則與法規命令等子法，以配合實際管制作業之需求。各相關子法草案由主管之原能會業務單位草擬後，先送原能會之法規委員會討論並作修正建議(如果有的話)後，再經由原能會內部行政程序核准後發布施行。

以下章節將分別介紹原能會主管之法律及相關法規命令，並說明其主要內容。

## 4.2 核能管制法律及法規命令

本節將簡要介紹原能會主管的用以管制核能與輻射相關作業之 7 項法律，並說明其施行細則與法規命令之大要。

### 4.2.1 基本法律

原能會主管之 7 項法律包括「原子能法」、「核子反應器設施管制法」、「游離輻射防護法」、「核子事故緊急應變法」、「放射性物料管理法」、「核子損害賠償法」、及「低放射性廢棄物最終處置場址設置條例」等。其中「原子能法」係於 1968 年 5 月公布並於 1971 年 12 月修正公布；「核子損害賠償法」於 1971 年 7 月公布，後再於 1977 年 5 月及 1997 年 5 月兩度修正公布；「核子反應器設施管制法」於 2003 年 1 月公布；「游離輻射防護法」於 2002 年 1 月公布；「核子事故緊急應變法」於 2003 年 12 月公布；又，「放射性物料管理法」於 2002 年 12 月公布，而「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」則於 2006 年 5 月公布。

#### (1) 原子能法

「原子能法」為我國核子設施最基本法律，共分為 9 章計 34 條。第 1 章明定立法之目的為促進原子能科學與技術的研究發展、資源之開發與和平應用，及專用名詞的說明。第 2 章明定原能會為主管機關，對外代表政府並得設置研究機構。第 3 章賦予原能會訂定原子能發展計畫，輔導專業人才之培訓，與國內、外相關機關(構)進行合作，並充實設備以促進原子能科學與技術之研究發展。第 4 章為原子能資源之開發與利用，指定原能會對相關礦業、核子原料及放射性物質使用的管理與規劃，並對核子反應器生產之可分裂物質之管理與原子能相關應用之督導。第 5 章為對核子原料、燃料及反應器的應有管制。特別是核子反應器自申請、建造、運轉、轉讓及相關應有之紀錄，原能會均負有核准、稽查之權責。第 6 章為游離輻射之防護，明定原能會應訂定安全標準，並實施放射性落塵之偵測，管理各項輻射作業與從業人員應具有之執照證書，以及訂定相關之管理措施。第 7 章為推動原子能發展而定之獎勵專利規定，並授權訂定核子事故之賠償法。第 8 章為違反各項法律條文之罰則，而第 9 章是授權訂定細則及徵收費用之標準。

#### (2) 核子反應器設施管制法

「核子反應器設施管制法」為管制核子反應器設施以保護民眾之健康與安全(參考文獻 4.3)，計分為 5 章共 44 條。第 1 章提到立法之目的在確保民眾安全，及專有名詞之說明並指明原能會為主管機關。第 2 章說明禁制區與低密度人口區之劃定、核子反應器興建之申請、試運轉與運轉申請之規定、更換燃料或大修後之再起動、相關報告之提出規定、反應器運轉人員應具條件、反應器設施之設計修改或設備變

更核准規定及主管機關於興建運轉期間之檢查與處分方式，核子反應器設計、安裝、檢測應聘合格之監察機構監察，以及核能級產品須符合檢証合格之相關管制規定等。第 3 章為停役及除役之管制，核子反應器除役之方式及申請除役的規定，除役期間之管制等。第 4 章規定違反相關條文之罰則，包括罰鍰、限期改善、限載運轉或強制拆除以及必要之有期徒刑或拘役等管制措施。第 5 章附則規定授權訂定應收取之檢查、審查及執照費及有貢獻者之獎勵辦法。

### (3) 游離輻射防護法

「游離輻射防護法」之目的為防制游離輻射之危害，維護人民之健康與安全(參考文獻 4.4)，計分為 5 章共 57 條。第 1 章規定立法之目的，說明各專有名詞之意義，並明定原能會為主管機關。第 2 章為輻射安全防護，規定主管機關應訂定的管制法規命令，例如游離輻射防護安全標準、放射性物質安全運送規則、各式工作場所與人員的管理辦法、商品的管制辦法、輻射污染建物的防範與處理辦法、以及各式輻防服務業的管理辦法等，以供輻射防護管制作業之需求。第 3 章規定放射性物質與可發生游離輻射設備之作業管制，包括作業之申請、人員之資格、設備執照之申請，相關作業之變更、設備停止使用或永久停止使用，均授權主管機關訂定各管制需求之法規命令。第 4 章為罰則，規定違反各項條文之處罰內容包括罰鍰、限期改善、停止作業、廢止許可等，情況嚴重者並處以刑法之有期徒刑、拘役等。第 5 章附則指委託辦理認可、訓練、偵測等之規定及訂定相關之收費標準等。

### (4) 核子事故緊急應變法

「核子事故緊急應變法」之目的為健全核子事故緊急應變體制，強化緊急應變功能，以確保人民生命身體及財產安全(參考文獻 4.5)，計分為 7 章共 45 條。第 1 章說明立法旨意、說明各專用名詞之意義、及明定原能會為主管機關。第 2 章規範核子事故之應變組織及其任務，包括核子事故中央災害應變中心、核子事故輻射監測中心、核子事故支援中心、核子事故地方災害應變中心及台電公司之核子事故緊急應變專責單位與核子事故設施內之緊急應變組織等。第 3 章整備措施規定各應變組織平時應辦理的事項包括工作規劃、場所與設備之設置、計畫擬定、人員訓練及民眾宣導等。第 4 章為應變措施，規範一旦發生核子事故時相關通報，各應變中心及核子事故反應器設施經營者應採取之各項應變措施。第 5 章復原措施包括事故排除後各應變中心任務之解除及成立核子事故復原措施推動委員會的規定，並說明此委員會之相關任務。第 6 章罰則，說明違反核子事故緊急應變法有關係文時之罰鍰或限期改善等規定。第 7 章附則為因應緊急應變之整備及可能事故下之運用，規定設置核子事故緊急應變基金及基金之各項用途等事宜。

### (5) 放射性物料管理法

「放射性物料管理法」之目的在管理放射性物料，防止放射性危害以確保民眾安全，共分為下列 5 章(總計 51 條)(參考文獻 4.6)：

- 第 1 章 總則；
- 第 2 章 核子原料與核子燃料之管制；
- 第 3 章 放射性廢棄物之管制；



- 第 4 章 罰則；及
- 第 5 章 附則。

## **(6) 核子損害賠償法**

「核子損害賠償法」係依「原子能法」之規定，對原子能和平用途所發生核子損害之賠償加以規範，計分為下列 5 章(共 37 條條文) (參考文獻 4.7)：

- 第 1 章 總則；
- 第 2 章 損害賠償責任；
- 第 3 章 賠償責任限額及保證；
- 第 4 章 損害賠償請求權；及
- 第 5 章 附則。

本報告第 8 章(第 8.1.5 節)及第 13 章(第 13.2.4 節) 對「核子損害賠償法」有進一步之討論。

## **(7) 低放射性廢棄物最終處置場址設置條例**

「低放射性廢棄物最終處置場址設置條例」旨在選定低放射性廢棄物最終處置設施場址，並符合安全及環境保護之要求(參考文獻 4.8)，共計有 21 條條文。

### **4.2.2 施行細則**

上節中所述 7 項法律規定了基本的管制原則，除了「低放射性廢棄物最終處置設施場址條例」外，其他各法均訂有施行細則，謹分述如下：

#### **(1) 原子能法施行細則**

「原子能法施行細則」係於 1976 年 12 月由原能會發布，並於 2002 年 11 月修正發布。共計 63 條，規定了原能會負責督導原子能之相關研發、禁制區與低密度人口區之規劃原則、核子原料及核子燃料之管制、核物料之運送儲存相關安全管制、核子反應器之興建、運轉的申請與審核、運轉人員之資格與考照、換照規定、放射性物質與可發生游離輻射設備之所有人、設備與操作人員之管理，並特別規定操作人員之分類與申請換發等事宜。另外在細則內亦包括了相關的收費標準與申請書格式。因為早期主要是以「原子能法」作為管制基礎，故其細則內包含較詳盡之執行細節規定，以供主管機關為有效之管制。

#### **(2) 核子反應器設施管制法施行細則**

「核子反應器設施管制法施行細則」於 2003 年 8 月發布，共計 22 條。規定核子反應器設施禁制區與低密度人口區之劃定標準，經營者每十年應對核子反應器設施、提出整體安全評估之內容、並報請原能會審核。另規定經營者應提出相關報告、紀錄之期限。細則中並定義重要安全事項及說明興建與運轉期間、可能危害公眾健康與安全之虞的事項，以及相關結構之安全性規定、系統與組件之內容與核能級產

品之品保規定，細則中並規定核子反應器設施除役之期限及標準，並需提出除役後環境輻射偵測報告等事項。

### **(3) 游離輻射防護法施行細則**

「游離輻射防護法施行細則」於 2002 年 12 月發布，並於 2008 年修正發布，共計 25 條。內容包括規範輻射防護計畫、輻射安全評估、調查分析報告、輻射工作人員教育訓練、雇主對輻射工作人員作個人劑量監測及健康檢查之規定。細則中亦規定相關生產設施之申請方式、換發許可證之時間規定，以及放射性物質或可發生游離輻射設備停用、永久停止使用之申請，以及設施廢棄之清理計畫內容等事項，並授權訂定各式所需文書之格式。

### **(4) 核子事故緊急應變法施行細則**

「核子事故緊急應變法施行細則」於 2005 年 3 月發布，2012 年 3 月修正，共計 17 條條文。內容包括核設施經營者應劃定緊急應變計畫區範圍之準則，並應報請核定之時間且每五年應檢討修正一次，細則中並規定民眾防護措施之規劃內容、緊急應變基本計畫之內容，地方政府應擬定區域民眾防護應變計畫，經營者應擬定核子反應器設施緊急應變計畫內容。細則中亦說明每年應舉辦演習之內容、民眾防護所需之物資與器材、事故時通報之時間，其第 16 條並明定每年每一核子反應器設施應繳納之核子事故緊急應變基金金額為新台幣 5 千 4 百萬元。

### **(5) 放射性物料管理法施行細則**

依據「放射性物料管理法」第 50 條規定，「放射性物料管理法施行細則」係於 2003 年 7 月發布，並於 2009 年 4 月最新修正發布，共計 39 條條文。

### **(6) 核子損害賠償法施行細則**

「核子損害賠償法施行細則」於 1998 年 3 月發布，共計 12 條，內容包括定義放射性併合毒害性、說明財務保證之說明方式及向原子能委員會申請核可之文件內容，原子能委員會有進行查核的職權，以及終止責任保險之條件與申請核可方式等。

## **4.2.3 法規命令**

除了基本的 7 項法律外，原能會在法律授權下，進一步訂定了各項管制子法以求有效執行管制。除了遵照「中央法規標準法」之規定，依子法性質分別訂定規程、規則、細則、辦法、綱要、標準或準則等各類法規命令外，並另行訂定技術標準、作業導則俾利業者遵循，以確保有效遵守法律並可提昇行政效率。相關的法規命令包括 14 項屬「核子反應器設施管制法」、24 項屬「游離輻射防護法」、8 項屬「核子事故緊急應變法」、1 項屬「核子損害賠償法」，以及 19 項屬「放射性物料管理法」，其法規命令分別如表 4.1 至表 4.5 所示。

## **4.3 法令之執行**

「核子反應器設施管制法」及其相關授權訂定的法規命令，賦予原能會執行檢查、撤照、要求改善或持照者執行改善措施，必要時亦會依罰則執行核子反應器設

施經營者繳交罰鍰或處以有期徒刑或拘役等管制作為。

表 4.1 核子反應器設施管制法相關之法規命令

| 項目 | 法規名稱                    |
|----|-------------------------|
| 1  | 核子反應器設施安全設計準則           |
| 2  | 核子反應器設施管制法施行細則          |
| 3  | 核子反應器設施監查工作範圍及監查機構認可辦法  |
| 4  | 核能同級品零組件檢證作業及檢證機構認可管理辦法 |
| 5  | 核子反應器設施停止運轉後再起動管制辦法     |
| 6  | 核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法  |
| 7  | 核子反應器運轉人員執照管理辦法         |
| 8  | 核子反應器設施品質保證準則           |
| 9  | 核子反應器設施管制收費標準           |
| 10 | 核子反應器設施運轉執照申請審核辦法       |
| 11 | 核子反應器設施建廠執照申請審核辦法       |
| 12 | 核子反應器運轉人員健康檢查實施辦法       |
| 13 | 核子反應器設施停役申請審核及管理辦法      |
| 14 | 核子反應器設施委託檢查辦法           |

表 4.2 游離輻射防護法相關之法規命令

| 項目 | 法規名稱                      |
|----|---------------------------|
| 1  | 游離輻射防護法施行細則               |
| 2  | 游離輻射防護安全標準                |
| 3  | 放射性物質安全運送規則               |
| 4  | 輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準       |
| 5  | 人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法         |
| 6  | 輻射防護人員管理辦法                |
| 7  | 嚴重污染環境輻射標準                |
| 8  | 商品輻射限量標準                  |
| 9  | 放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法 |
| 10 | 輻射防護服務相關業務管理辦法            |
| 11 | 輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則    |

|    |                                |
|----|--------------------------------|
| 12 | 放射性物質或可發生游離輻射設備操作人員管理辦法        |
| 13 | 放射性物質生產設施運轉人員管理辦法              |
| 14 | 高強度輻射設施種類及運轉人員管理辦法             |
| 15 | 軍事機關輻射防護及管制辦法                  |
| 16 | 輻射源豁免管制標準                      |
| 17 | 游離輻射防護管制收費標準                   |
| 18 | 放射性污染建築物事件防範及處理辦法              |
| 19 | 輻射醫療曝露品質保證組織與專業人員設置及委託相關機構管理辦法 |
| 20 | 輻射醫療曝露品質保證標準                   |
| 21 | 天然放射性物質管理辦法                    |
| 22 | 輻射工作人員特別健康檢查項目                 |
| 23 | 放射性物質及可發生游離輻射設備或其設施年度偵測項目      |
| 24 | 游離輻射設備製造業個人資料檔案安全維護計畫管理辦法*     |

\* 上列法規中，「游離輻射設備製造業個人資料檔案安全維護計畫管理辦法」係依「個人資料保護法」規定訂定，其餘 23 種則均由「游離輻射防護法」授權制定。

表 4.3 核子事故緊急應變法相關之法令規定

| 項目 | 法規名稱                            |
|----|---------------------------------|
| 1  | 核子事故緊急應變法施行細則                   |
| 2  | 核子事故分類通報及應變辦法                   |
| 3  | 研究用核子反應器設施緊急應變管制辦法              |
| 4  | 核子事故緊急應變基金收支保管及運用辦法             |
| 5  | 核子事故緊急應變基本計畫                    |
| 6  | 核子事故民眾防護行動規範(會輻字第 0940024215 號) |
| 7  | 核子事故中央災害應變中心作業要點                |
| 8  | 核子事故輻射監測中心作業要點                  |

表 4.4 核子損害賠償法相關之法規命令

| 項目 | 法規名稱                      |
|----|---------------------------|
| 1  | 核子損害賠償法施行細則 (會綜字第 5370 號) |

表 4.5 放射性物料管理法相關之法規命令

| 項目 | 法規名稱                         |
|----|------------------------------|
| 1  | 放射性物料管理法施行細則                 |
| 2  | 放射性廢棄物處理貯存最終處置設施建造執照申請審核辦法   |
| 3  | 低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則        |
| 4  | 放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則         |
| 5  | 核子原料核子燃料生產貯存設施建造執照申請審核辦法     |
| 6  | 放射性物料管制收費標準                  |
| 7  | 放射性物料研究發展獎勵辦法                |
| 8  | 一定活度或比活度以下放射性廢棄物管理辦法         |
| 9  | 核子燃料運作安全管理規則                 |
| 10 | 核子原料運作安全管理規則                 |
| 11 | 核子保防作業辦法 (會綜字第 0920023127 號) |
| 12 | 核子原料礦及礦物管理辦法                 |
| 13 | 放射性廢棄物運作許可辦法                 |
| 14 | 核子反應器設施除役許可申請審核辦法            |
| 15 | 高放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則        |
| 16 | 放射性物料設施委託檢查辦法                |
| 17 | 低放射性廢棄物最終處置設施場址禁置地區之範圍及認定標準  |
| 18 | 天然放射性物質衍生廢棄物管理辦法             |
| 19 | 放射性廢棄物處理設施運轉人員資格管理辦法         |

「核子反應器設施管制法」中第 4 至 20 條授權原能會核發核子反應器設施之興建、運轉等執照，第 21 條至 28 條授權原能會對停役或除役之核子反應器設施之稽查，第 29 條至 40 條授權原能會對違反法令者處以行政罰鍰、強制改善或刑法之有期徒刑或拘役等。

原能會於核子反應器設施興建與運轉期間，得依實況要求持照者依時限改善或採必要之措施，例如違反法規、民眾健康與安全有顧慮之虞等。若可能產生嚴重後果，逾期仍未改善或改善措施不足時，原能會得要求核子反應器暫時停止運轉、撤銷其運轉執照或要求設施經營者降載運轉。於執行這些罰則處分前，原能會先以正式書面文件送交設施經營者，於緊急情況下得先以口頭方式告知，並於 7 日內補送正式之書面文件給予設施經營者。

「核子反應器設施管制法」針對相關罰則之方式與內容，均有詳細之規定，不

僅包括刑罰，就連各項罰鍰金額均較以往原子能委員會規定者提高甚多。通常會先處以行政罰則並要求限期改善，以決定是否再採取進一步之罰則。

## 4.4 法規命令之修正

我國經常進行核能發電相關法規的檢討，尤其是當國際上有嚴重核子事故發生時，因此，如果認為有必要，政府相關管制法規就會配合修正。2011 年 3 月日本福島第一核能電廠發生事故後，原能會相關的一些法規命令條例即作了修正，以反映事故後汲取的教訓。以下謹敘述我國原能會較具代表性的法規修訂。

### 4.4.1 涉及核子反應器設施管制法相關條例之規定

#### 核子反應器設施監查工作範圍及監查機構認可辦法之修訂

「核子反應器設施監查工作範圍及監查機構認可辦法」於 2004 年 6 月 23 日訂定發布施行，2009 年 2 月 11 日修正施行，自日本福島核能電廠發生嚴重事故後迄今已超過五年。核子反應器設施營運首重安全，為確保我國核子反應器設施安全相關結構物、系統及組件之完整性與可靠性，在運轉期間，須參考引用美國機械工程師學會鍋爐及壓力容器規章第十一卷 (BPV Code, Section XI) 之規定執行檢測和測試，經營者並且應依據規範之要求，訂定上述結構物、系統及組件之營運期間檢測及測試計畫，報請主管機關審查核定。(參考文獻 4.9)

經參考美國相關法規及考量國內現有運轉中核能電廠，爰修正本辦法，要點如下：

- 明確說明監查機構係指獲授權之監查機構，需是能獨立行使監查工作以確保公眾之健康及安全之監查作業機構。
- 增加運轉期間監查作業範圍應包含審查經營者之品質保證方案，並查證其執行。
- 明訂監查機構高級非破壞檢測人員應具有體積檢測及表面檢測之非破壞檢測專業能力，以確保監查機構作業品質。
- 明訂監查機構作業申請書及程序書之必要內容，並參照「核子反應器運轉人員執照管理辦法」第十條之規定，明訂再訓練之課程內容範圍及再訓練之時數要求。
- 明確規範核子反應器設施監查機構必須建立監查作業品質保證計畫及程序，並執行監查作業人員證照之管理。
- 明確區分興建期間及運轉期間之監查督導員，各應具備之監查經驗。
- 增訂得辦理核子反應器設施運轉期間監查員訓練之機構。
- 增訂監查機構在執行業務期間，需每季檢送工作報告，並報請主管機關備查。

### 4.4.2 涉及游離輻射防護法相關條例之規定

#### 輻射防護人員管理辦法之修訂

「游離輻射人員管理辦法」於 2002 年 12 月 11 日發布，2003 年施行，最近一次修訂日期為 2011 年 8 月 31 日。本辦法頒布前，已取得輻射防護人員資格且未於本辦法施行日起二年內申請轉換者，可重新填具申請表，並檢附原領證明書及符合規定之訓練時數或積分之證明文件，向主管機關申請輻射防護人員認可證書，高、中級輻射防護人員認可證明書得換發輻射防護師認可證書，初級輻射防護人員認可證明書得換發輻射防護員認可證書，其原領之證明書於本辦法施行日起 2 年後失其效力。輻射防護師及輻射防護員認可證書有效期限為 6 年，申請換發證書時應取得相關之學術活動或繼續教育積分，輻射防護師需取得至少 96 點以上、輻射防護員需取得至少 72 點以上。(參考文獻 4.10)

#### 4.4.3 涉及核子事故緊急應變法相關條例之規定

##### 核子事故中央災害應變中心作業要點之修訂

「核子事故中央災害應變中心作業要點」於 2014 年 11 月 4 日修訂，修正要點如下 (參考文獻 4.11)：

- 配合「核子事故緊急應變基本計畫」修正，增列應變中心分級開設規定及行政院災害防救辦公室、教育部、外交部、財政部、科技部五個進駐機關之成立時機及組成。
- 參考「中央災害應變中心作業要點」、「境外核災處理作業要點」及「輻射災害防救業務計畫」有關進駐機關任務分工部分，增列行政院災害防救辦公室、教育部、外交部、財政部、科技部五個進駐機關任務並配合行政院組織改造，修正進駐機關相關任務與名稱。
- 配合「中央災害應變中心作業要點」規定，增列辦理地震或海嘯等天然災害併同發生核子事故時之防救作業程序。

#### 4.4.4 涉及核子損害賠償法相關條例之規定

##### 核子損害賠償法之修訂

「核子損害賠償法」於 1971 年 7 月 26 日公布施行後，曾於 1977 年 5 月 6 日及 1997 年 5 月 14 日二次修正。茲因國際間關於核子損害賠償之法制，主要係參考「巴黎公約」及「維也納公約」，而上開公約關於核子事故損害賠償之趨勢及法例已有變遷，為使本法能與國際接軌，強化受災民眾之保障及利於未來爭取加入核子損害補充賠償公約(CSC)相關國際公約，爰借鏡日本福島核能電廠事故以及美國三哩島核能電廠事故案例，擬具「核子損害賠償法」部分條文修正草案，其建議修正要點如下(參考文獻 4.12)，(參看第 8.1.5 及 13.2.4 節)。

- 將「重大天然災害」所導致之核災，排除於核子損害賠償免責事由之外。
- 將核子設施經營者之損害賠償責任限額，由現行之新臺幣 42 億元提高至新臺幣 150 億元 [約等同於 3 億特別提款權(SDR)]。
- 延長核子事故賠償請求權時效(由 10 年延長為 30 年)。

上述「核子損害賠償法」部分條文修正草案於 2011 年 9 月 29 日業經行政院院會審查通過，並於同年 10 月 4 日送立法院審議。復因屆期不續審，於 2012 年 2 月

20 日再送立法院審議，2012 年 4 月 18 日第 8 屆第 2 會期教育及文化委員會審查時，賠償金額上限部分尚有其他修正意見，決議予以保留併案交付黨團協商後送院會處理。由於政府推動「2025 年前廢除核能發電」新政策，因此在立法院同意下，該修正草案已於 2016 年 7 月 27 日撤回。

#### **4.4.5 涉及放射性物料管理法相關條例之規定**

##### **低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則之修訂**

「低放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」於 2003 年 09 月 10 日發布，2012 年 07 月 09 日最新修訂第 2 及 6 條。修正要點如下：

- (1) 使低放射性廢棄物均勻固化體之特別測試方法遵循第 2 條第 4 項之定義及附表三(低放射性廢棄物均勻固化體測試項目、方法及標準)之方法，因此可適用於一般之均勻固化體；
- (2) 耐菌性及耐輻射測試內容於第 6 條做了修正。

##### **放射性廢棄物運作許可辦法之修訂**

「低放射性廢棄物輸入、輸出、過境轉口、運送、廢棄、轉讓許可辦法」於 2003 年 12 月 24 日發布，2012 年 07 月 31 日修訂並改稱「放射性廢棄物運作許可辦法」。修正要點如下：

「放射性物料管理法」中將「放射性廢棄物」分為「低放射性廢棄物」(LLRW)和「高放射性廢棄物」(HLRW)兩類，但「低放射性廢棄物輸入、輸出、過境轉口、運送、廢棄、轉讓許可辦法」只管制「低放射性廢棄物」，此許可辦法因此修訂以納入「高放射性廢棄物」管制，並改稱「放射性廢棄物運作許可辦法」(2014 年 09 月 19 日最新修訂)。

##### **高放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則之修訂**

「高放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」於 2005 年 08 月 30 日發布，2013 年 01 月 18 日修訂。依據本管理規則第 6 條原來規定，申請高放射性廢棄物最終處置設施建築執照，需要提送環保署(EPA)核准之環境影響評估(EIA)報告及場址細部調查計畫，以便獲准進行場址細部調查。此提送環境影響評估報告要求，於另一法規「放射性廢棄物處理貯存最終處置設施建造執照申請審核辦法」(2009 年 04 月 13 日修訂)之第 3 條已有規定，因此，修訂刪除「高放射性廢棄物最終處置及其設施安全管理規則」第 6 條中之環境影響評估要求。

##### **放射性物料管制收費標準之修訂**

「放射性物料管制收費標準」於 2003 年 06 月 03 日發布，2009 年 11 月 23 日（福島事故發生前）修訂。福島事故後，對核心設施的安全要求變得更嚴謹，因此必須投入更多資源與人力於管制視察及放射性物料審查相關事務。另外，為符合保護因嚴重廠外事件（例如地震和海嘯）引起的複合式災害（compound disaster）所需進一步要求（upgrading requirements），低放射性廢棄物（LLRW）貯存設施必須進行十年定期安全評估(10-year PSR)。是故，「放射性物料管制收費標準」於 2015 年 11 月 25 日重



新修訂。

### **核子反應器設施除役許可申請審核辦法之修訂**

「核子反應器設施除役許可申請審核辦法」於2004年07月14日發布，2012年07月09日修訂。依據本審核辦法第2條原來規定，申請核子反應器設施除役許可，在提送除設計畫和財務保證文件之外，尚需提送環保署核准之環境影響評估報告。雖然「環境影響評估」是核發「除役許可」的一個先決條件，但卻是在管制機關即將對申請案作成最後結論時才需要的。因此，2012年07月09日修訂本審核辦法第2條，刪除於申請初期需要提送「環境影響評估報告」規定，但要求在原能會作成最後結論前還是需要提送「環境影響評估報告」。

### **參考文獻(第 4 章)**

- 4.1 「原子能法」，原子能委員會，1968 年公布，1971 年 12 月修正公布。
- 4.2 「行政程序法」生效後，原子能委會如何因應法規修訂的合法程序要求之說明，原子能委員會 法規會，2003 年。
- 4.3 「核子反應器設施管制法」，原子能委員會，2003 年 1 月公布。
- 4.4 「游離輻射防護法」，原子能委員會，2002 年 1 月公布。
- 4.5 「核子事故緊急應變法」，原子能委員會，2003 年 12 月公布。
- 4.6 「放射性物料管理法」，原子能委員會，2002 年 12 月公布。
- 4.7 「核子損害賠償法」，原子能委員會，1971 年公布，1997 年 5 月最新修正公布。
- 4.8 「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」，原子能委員會，2006 年 5 月公布。
- 4.9 「核子反應器設施監查工作範圍及監查機構認可辦法」修正草案，原子能委員會，核管處提供，2015 年 8 月 8 日。
- 4.10 「輻射防護人員管理辦法」修正草案，原子能委員會，核管處提供，2015 年 8 月 8 日。
- 4.11 「核子事故中央災害應變中心作業要點」第三點、第四點、第五點修正草案，原子能委員會，核技處提供，2015 年 8 月 8 日。
- 4.12 「核子損害賠償法」部分條文修正草案相關事項之報告，原子能委員會，綜計處核資小組提供，2015 年 7 月 29 日。

## 第 5 章 核能管制機關

1. 各簽約會員須設立或指定核能管制機關，並賦予充分之職權、能力、財務及人力資源，以履行前一章所述之立法與管制架構。
2. 各簽約會員須採取適當措施，以確保管制機關與發展或使用核能的任何其他機構或組織，在功能上要能有效區隔。 <核能安全公約 第 8 條>

### 5.1 我國核能管制機關

行政院原子能委員會(簡稱原能會)成立於 1955 年，為行政院內閣之一員。「原子能法」於 1968 年公布，明定我國原子能主管機關為原子能委員會，隸屬行政院，賦予原能會核能管制權責，以確保於和平用途下，核能及核子物料之管制能保護民眾之健康與安全。

#### 5.1.1 管理權力

原能會於初成立時期之任務，係侷限於國際原子能事務之管理及促進國內原子能的和平應用。

自 1978 年 12 月 6 日核一廠一號機開始商轉而開啟我國核能發電新紀元起，迄今已近 40 年，其間核一廠二號機及核二、三廠已陸續商轉併聯至電網，同期間同位素應用在醫學、工業、農業與研究領域也快速成長。由於核能電廠不但硬體結構非常龐大，萬一發生意外事故時所造成的災難遠大於輻射應用於醫學、工業、農業與研究領域發生意外事故時所造成的災難，因此，原能會主要的工作也隨之轉移至核子反應器安全管制、輻射防護、放射性廢棄物管理、以及相關管制法規的研究。

原能會於執行各項管制與研究工作時，堅持的原則是「安全第一、簡政便民、法規鬆綁」，於核能應用之技術發展上，安全永遠是最受重視的一環。

#### 5.1.2 權限與責任

原能會的任務在於確認核能、核物料與放射性物質的和平使用，確保核能安全以及民眾與財產的安全，並管制由核子反應器、放射性物質、放射性物質生產設施及放射性廢棄物設施外釋之放射性物質排放以保護民眾與環境之輻射安全。「原子能法」中明定了原子能和平用途的國家政策及相關管制權責的基本法令。「原子能法」並配合相關之技術發展，以及世界各國對管制需求的精進了解，作必要之修正公布；例如訂定更針對性的法令包括低、高放射性廢棄物之處理及處置、核子設施的除役、安全審查以及進出口之管制等，以規範原能會的權責。

原能會除了負責管制鈾、鈾等核子物料外，亦負責管制天然及人造放射性物質，同時負責管制各種可發生游離輻射設備。

總而言之，原能會之權責範圍包括核能安全與核子保防，確保相關設備與放射性物質之安全以防範其遭到破壞、遺失、偷竊或濫用。

5.1.3 組織架構

原能會之組織架構 (包含各處室、附屬機關與諮詢會等) 如圖 5.1 所示。

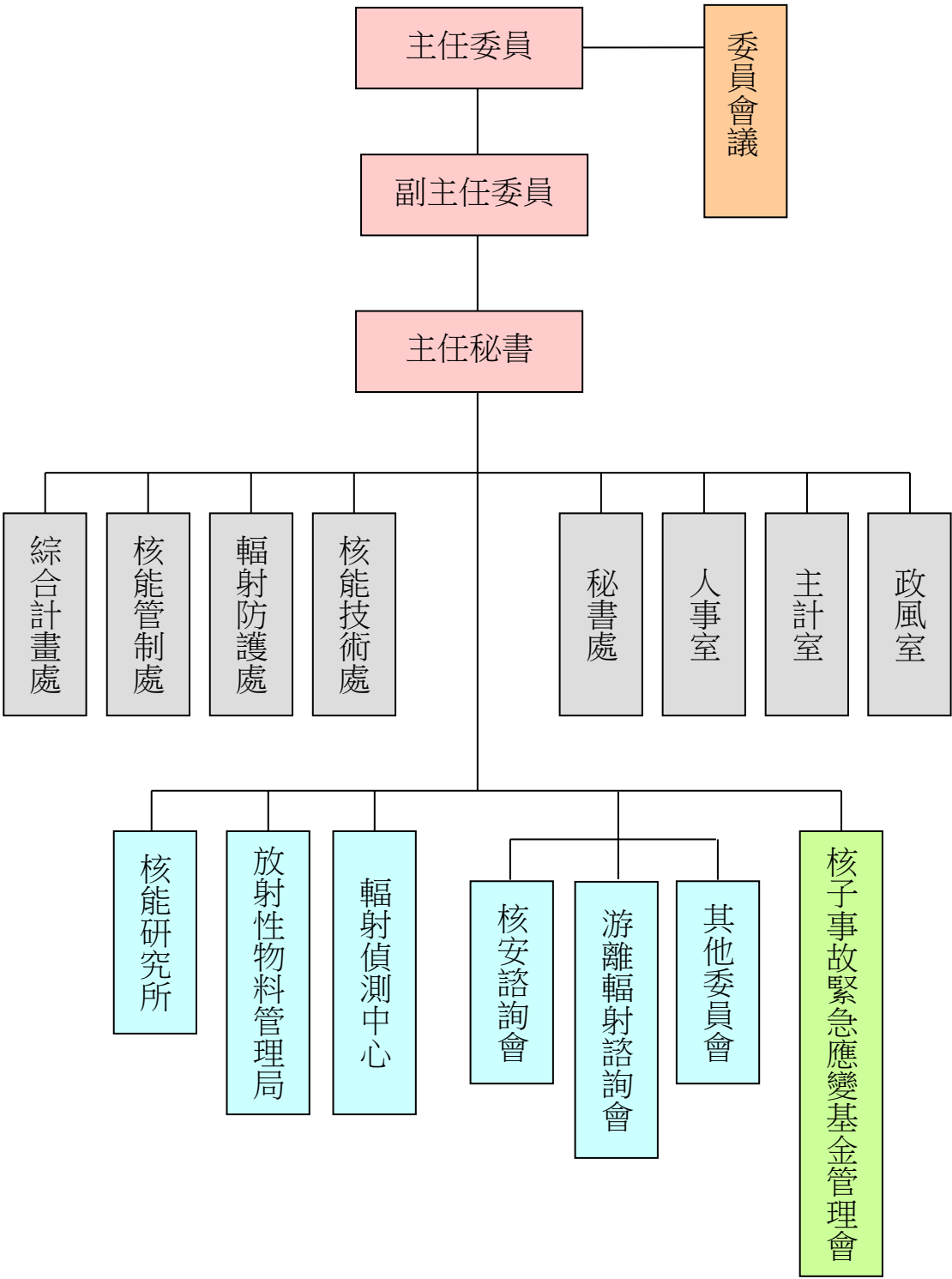


圖 5.1 行政院原子能委員會組織架構圖

### 5.1.3.1 原子能委員會

依原子能委員會組織條例之規定，原能會置委員 11 至 15 人，多由行政院有關機關人員或學者專家分別派兼或聘兼之。委員會議討論事項包括原子能科技發展方針及政策審議、原子能科技年度施政計畫之審議及考核，以及原子能委員會主管法律之制定、修正及廢止的審議等。原能會設置 5 個處、3 個室以及 7 個核能政策與安全的諮詢委員會，原能會並設有一個基金管理會(核子事故緊急應變基金管理會)和核能研究所、放射性物料管理局及輻射偵測中心等三個附屬機關。

原能會會本部置主任委員 1 人綜理會務，副主任委員 2 人及 1 位主任秘書襄助主任委員處理會務。

原能會設置的 4 個業務處(技術單位)為綜合計畫處、核能管制處、輻射防護處以及核能技術處。4 個行政幕僚單位為秘書處、人事室、主計室以及政風室，另設有任務導向之國會聯絡室。

原能會之七個常設委員會(或諮詢會)分別為：(1)核子反應器設施安全諮詢會，(2)游離輻射安全諮詢會，(3)核能四廠安全監督委員會，(4)法規委員會，(5)放射性物料安全諮詢會，(6)原子能科學技術研究發展成果審議委員會，及(7)國家賠償事件處理會。另有「核子事故調查評議委員會」，為非常設委員會，係於核子事故發生後依「原能會核子事故調查評議委員會設置辦法」規定成立之臨時性任務編組。

2015 年底時，原能會會本部(不包括附屬機關)共有員工 185 人 (另有聘用人員 7 人)，2015 年之預算約為新台幣 5 億 2 百萬元。原能會各機關之預算與人力如表 5.1 所示。(參考文獻 5.1~5.4)

表 5.1 原子能委員會各機關預算與人力

| 機 關      | 年度預算(新台幣百萬元) |       |       | 年度人力(人-年) |       |       |
|----------|--------------|-------|-------|-----------|-------|-------|
|          | 2013         | 2014  | 2015  | 2013      | 2014  | 2015  |
| 原能會本部    | 435          | 461   | 502   | 174       | 188   | 185   |
| 核能研究所    | 2,222        | 2,152 | 2,150 | 793       | 764   | 767   |
| 放射性物料管理局 | 83           | 81    | 82    | 36        | 39    | 39    |
| 輻射偵測中心   | 79           | 70    | 71    | 31        | 32    | 31    |
| 合 計      | 2,819        | 2,764 | 2,805 | 1,034     | 1,023 | 1,022 |

### 5.1.3.2 原子能委員會單位 (參考文獻 5.5)

原能會各單位及其職掌如下：

#### (1) 綜合計畫處

綜合計畫處(簡稱綜計處)工作項目包括「施政管理」、「國際合作」及「溝通及資

訊公開透明」三大區塊，具體項目為本會工作計畫編定、業務或專案管考、國際交流合作、核子保防、對外新聞發布／溝通、資訊公開透明。綜計處下分「計畫科」、「管考科」、「國際科」、「核子保防科」、與「編訓科」等，其業務職掌如下：

計畫科：

- 原子能科技政策及施政計畫之規劃及推動
- 原子能業務財團法人設立許可及管理
- 兩岸原子能事務交流審核及管理
- 原子能委員會議議事事項並公告會議紀錄

管考科：

- 原子能中長程計畫、年度施政計畫執行進度與成果之管制考核
- 各級重要會議及指示推動工作之追蹤管制
- 重要專案、重大工作及相關列管案件之追蹤管制
- 原能會資料開放之推動

國際科：

- 蒐集國際原子能相關管制科技及動態
- 推動原子能相關國際會議及國際合作
- 相關國內外人士訪問之聯繫及安排事項

核子保防科：

- 國際核子保防事務
- 鈾、鈾、鈾及重水等核子保防物料之使用管制
- 執行台美民用核能合作之行政規約，管控所有物項之料帳
- 配合國貿局進出口貿易管控，辦理戰略性高科技貨品管制業務

編訓科：

- 設立原子能公眾參與平台，以各式溝通活動邀請關心核能議題之民眾參與對話
- 記者會等媒體新聞相關工作，並適時調整對外溝通作法，以迅速、簡明方式揭露資訊
- 出版品或彙編、原子能文宣及社群媒體之經營
- 推廣原子能民生應用，辦理相關科普教育活動及輻射你我她演講
- 原子能相關民眾溝通與陳情回應事項

(2) 核能管制處

核能管制處(簡稱核管處)本於法律所賦予之職權，監督各核能電廠之安全性與可靠性，以派員駐廠，並輔以執行各類視察(駐廠視察、大修視察、專案視察、不預警視察等)與安全審查等管制機制，當發現缺失，即依缺失情形開立注意改進事項、違規、罰鍰等不同程度的行政管制案件，要求各核能電廠分析肇因和改善，確保國內核電安全。核管處下分「核一廠專案小組」、「核二廠專案小組」、「核三廠專案小組」、「核四廠專案小組」、「安全審查與評估專業小組」、與「核安督察小組」等，其業務職掌如下：

#### 核一廠專案小組：

- 對核能一廠運轉安全，執行以下事項：
  - － 運轉駐廠視察、大修期間管制、異常事件調查管制、設備維護及故障調查，以及安全列管事件追蹤管制
  - － 燃料再填換安全分析審查、終期安全分析報告及運轉規範變更審查、10年評估與使用執照更新審查等
- 辦理核能一廠運轉人員訓練、執照測驗及核發事項
- 執行日本福島事故後安全總體檢中有關核能一廠之改善及追蹤管制事項
- 辦理「核子反應器設施安全諮詢委員會」議事事項及公開會議紀錄

#### 核二廠專案小組：

- 對核能二廠運轉安全，執行以下事項：
  - － 運轉駐廠視察、大修期間管制、異常事件調查管制、設備維護及故障調查，以及安全列管事件追蹤管制
  - － 燃料再填換安全分析審查、終期安全分析報告及運轉規範變更審查、10年評估與使用執照更新審查等
- 辦理核能二廠運轉人員訓練、執照測驗及核發事項
- 執行日本福島事故後安全總體檢中有關核能二廠之改善及追蹤管制事項
- 辦理核安管制紅綠燈、運轉中電廠統計圖表與持照運轉人員統計數據上網公布作業

#### 核三廠專案小組：

- 對核能三廠運轉安全，執行以下事項：
  - － 運轉駐廠視察、大修期間管制、異常事件調查管制、設備維護及故障調查，以及安全列管事件追蹤管制
  - － 燃料再填換安全分析審查、終期安全分析報告及運轉規範變更審查、10年評估與使用執照更新審查等
- 辦理核能三廠運轉人員訓練、執照測驗及核發事項
- 執行日本福島事故後安全總體檢中有關核能三廠之改善及追蹤管制事項
- 辦理「核能管制會議」議事事項，就運轉中核能電廠安全議題或社會大眾關

切事項進行討論；並公開會議紀錄

核四廠專案小組：

- 對核能四廠(龍門電廠)建廠安全，執行以下事項：
  - － 駐廠視察、施工與施工後視察管制、維護與營運前檢測視察管制、列管事件追蹤管制
  - － 初期／終期安全分析報告及變更事項審查、建廠執照核發與管理事項
- 辦理「核能四廠安全監督委員會」議事事項，並公開會議紀錄

安全審查與評估專業小組：

- 辦理日本福島事故後安全總體檢之改善及追蹤管制
- 執行國內核能電廠運轉至除役期間之安全管制。並辦理相關規範研議與國際交流
- 執行核能電廠設備維護管制及品質保證查證
- 執行核能電廠安全度評估應用之管制事項

核安督察小組：

- 辦理安全管制相關法規研訂事項、禁制區及低密度人口區申請案件、核能安全管制視察員訓練及資格檢定事項
- 辦理核子反應器設施監查機構、核能同級品零組件檢證機構之認可事項
- 辦理核能安全管制相關之技術研究發展、國際交流事項

(3) 輻射防護處

輻射防護處(簡稱輻防處)是以專業的安全管制與稽查，保障人員及環境之輻射安全，並推動醫療曝露品保作業，確保民眾之醫療曝露品質。主要管制場所包括核子設施及醫療機構、學術機構、工業、農業等單位所使用之放射性物質及可發生游離輻射設備等。輻防處下分「標準科」、「保健物理科」、「輻安評估科」、「醫用科」、與「非醫用科」等，其業務職掌如下：

標準科：

- 辦理國內輻射防護法規之研修事項
- 執行輻射防護相關工作計畫
- 建置輻射防護雲化服務系統及進出口簽審系統
- 辦理國內輻射防護人員資格、操作執照認可測驗事項
- 辦理「游離輻射安全諮詢會」議事事項，並公開會議紀錄

保健物理科：

- 執行核能一廠、核能二廠、核能三廠、清華大學核設施、核能研究所之輻射

防護作業及含放射性物質之廢氣、廢液排放管制事項

- 執行核能電廠環境輻射監測管制事項
- 針對含有較高天然放射性核種之建材或商品，訂定檢測基準與程序
- 辦理人員體外輻射劑量評定機構之認可及管理與全國輻射工作人員劑量資料庫之管理維護
- 辦理輻射防護人員認可申請及輻射防護繼續教育積分審查與證書核發
- 辦理輻射防護訓練業者之認可及管理事項
- 辦理輻射防護管制會議之議事事項

#### 輻安評估科：

- 對建築物輻射及相關污染管制，執行以下事項：
  - － 辦理鋼鐵業者輻射偵測作業之認可、鋼鐵偵檢人員資格規範，並執行管制事項
  - － 建立鋼鐵業輻射異常物通報機制，輔導業者應變處理能力
  - － 執行建築物輻射偵測，及資訊查詢系統
  - － 辦理放射性污染建築物善後措施與房舍改善工程技術諮詢服務，及放射性污染建築物居民健康照護事項
- 執行放射線照相檢驗業之輻射安全管制事項

#### 醫用科：

- 執行醫用可發生游離輻射設備、醫用密封／非密封放射性物質、醫用高強度設施之審查、管制及檢查事項
- 推動醫用放射性物質及可發生游離輻射設備之醫療曝露品質保證作業
- 辦理醫用輻射安全證書之審查、核發，醫用高強度設施、生產設施運轉人員證書之審查、核發事項
- 辦理醫療用可發生游離輻射設備或放射性物質之銷售業者之認可、管理及督導考核
- 辦理醫療院所開辦輻射防護教育訓練之學分認可與督導考核
- 辦理醫療用輻射源之操作人員輻射安全證書認可申請與證書核發

#### 非醫用科：

- 執行公司行號、學術單位、政府機關、軍事機構、核醫藥局及動物醫院等單位之輻射源之輻射安全管制
- 執行輻射照射廠、同步輻射加速器與非屬醫療用可發生游離輻射設備製造設施等高強度輻射設施與輻射源生產製造設施的輻射安全管制
- 執行產業界使用之離子佈植機、靜電消除器之全廠管制



- 辦理非屬醫療用可發生游離輻射設備或放射性物質之銷售業者之認可、管理及督導考核
- 辦理公司行號、學術單位、政府機關與軍事機構等開辦輻射防護教育訓練之學分認可與管督導考核
- 辦理非屬醫療用輻射源之操作人員輻射安全證書認可申請與證書核發

#### (4) 核能技術處

核能技術處(簡稱核技處)核心業務為核能電廠緊急應變與保安作業管制與監督、核子事故中央與地方應變作業規劃、準備與監督、辦理年度核安演習、全國輻射災害預防、整備與應變之督導，以及維持核安與輻安事故通報機制正常運作等。本著「防災重於救災，離災優於防災」的原則，累積核子及輻射事故應變處理經驗與技術，建立機制、確保應變作業完備，減低輻災影響，維護民眾生命財產安全與環境品質。核技處下分「核子保安科」、「緊急應變科」、「整備動員科」、「資訊管理科」、「核安監管中心」、與「核子事故緊急應變基金管理會」等，其業務職掌如下：

##### 核子保安科：

- 辦理核子保安法規研訂、保安計畫及適職方案審查、保安作業管制與視察，及國際保安資訊蒐集分析
- 辦理核能電廠緊急應變整備及核子保安管制紅綠燈、資訊公布作業
- 辦理核能電廠緊急應變計畫之審查、平時整備管制、演習視察事項
- 制定「放射性物質重大人為危安事件或恐怖攻擊應變」計畫，參與基礎設施防護演練中的輻射事件演練
- 辦理原子能設備進口關稅減免案件審查

##### 緊急應變科：

- 辦理核子事故緊急應變法及其子法、輻射災害計畫及程序書之研修訂
- 辦理核能電廠緊急應變計畫區劃設、審查事項
- 執行各縣市輻射災害整備業務之輻導、審查及稽查，執行民安、漢光等演習實兵演練、兵棋推演事項之規劃及執行
- 辦理國際輻射災害緊急應變資訊蒐集與分析

##### 整備動員科：

- 辦理「核子事故民眾防護措施分析與規劃」報告、「區域民眾防護應變」計畫之審查，平時整備事項之審查與督導
- 辦理核子事故應變中心(含緊急應變計畫區內地方政府、輻射監測中心、支援中心)整備、訓練及演練事項之輔導及稽查
- 辦理年度核安演習之規劃、協調與督導
- 辦理核子事故後復原機制、運作組織等規劃事項

- 辦理核子事故緊急應變計畫區域之溝通、座談、家庭訪問、應變與決策人員訓練等事項
- 建置核子事故緊急應變網路工作平台、防災電子地圖等通訊作業

#### 資訊管理科：

- 辦理本會資訊設備／網站之管理、運作及維護事項
- 辦理本會業務相關資訊系統之規劃、設計、發展及維護事項
- 建置本會資通安全機制
- 辦理本會核能技術資訊作業之研究發展、教育訓練、服務事項

#### 核安監管中心：

- 辦理核安監管中心標準作業程序書之研訂、軟硬體設備建置與維護、值勤人力規劃及訓練等
- 辦理核安監管中心各項資訊公開、接受外部參訪
- 執行定期／不定期通聯測試、國際／兩岸定期緊急通訊測試

#### 核子事故緊急應變基金管理會：

- 辦理「核子事故緊急應變基金」年度預算及決算之編製與審議
- 辦理「核子事故緊急應變基金」收支、保管及運用之審議與考核
- 辦理核子事故緊急應變基金管理會相關法規之研訂
- 辦理核子事故緊急應變基金管理會之議事事項

### **5.1.3.3 附屬機構**

#### **(1) 核能研究所（參考文獻 5.6）**

核能研究所(以下簡稱核研所) 成立於民國 57 年，位於桃園市龍潭區，為行政院原子能委員會所屬單位，是我國核能與輻射應用的專責研究機構。核電安全、輻射防護、緊急應變、以及核廢料安全相關技術研發，是核研所首要任務。核研所並掌理接收醫農工學研等單位所產生之低放射性廢棄物貯存及妥善管理，以利於醫農工學研等單位的發展。

核研所隨環境時空變遷，配合國家政策需要而進化，秉持固有精實跨領域之核能技術，以最大能量擴張至放射醫藥、醫材及綠能等民生應用研究，主要研發領域概分為：(1)核能安全，(2)環境能源，(3)輻射應用；另配合政府能經策略需求及 2025 年非核家園政策，核研所亦積極投入能經策略研究，也更加強對核能電廠除役及放射性廢棄物處理與處置等技術研發。核研所近 10 餘年轉型，致力於相關領域創新研發，搭配原有堅強之系統整合能量，產出成果良好，已累積可觀的可交易技術與專利，透過技術移轉、技術服務、合作開發等推廣作為，協助國內企業產品開發、創新製程、系統改善等，均獲得良好成效。

核研所在所長、副所長之下設置兩個委員會、一個技術支援中心、一個技術推廣中心、十個功能組、一個專案計畫、三個任務中心暨五個業務支援單位，並彙集各類專業人才之頂尖研發團隊，持續專注於核能安全、核設施除役及放射性廢棄物管理、輻射應用、新能源與再生能源及環境電漿五大領域的研發。並且充分配合政府政策，以應用核能科技、增進民生福祉、確保核能安全研究為發展目標。2015 年底核研所共有編制內員工 767 人，其中具博、碩士學位者 309 人。其 2015 年之公務預算約為新台幣 21.5 億元。(參考文獻 5.2)

## (2) 放射性物料管理局

放射性物料管理局之前身為「放射性待處理物料管理處」(簡稱物管處)。物管處成立於 1981 年元月 1 日，負責管制核能電廠及其他如研究單位、醫療單位、工業與其他設施產生之放射性廢棄物，並負責蘭嶼放射性廢棄物貯存場之營運工作(參考文獻 5.7)。蘭嶼貯存場係設計供接收國內產生之固化的低放射性廢棄物，於 1990 年奉行政院核准將蘭嶼貯存場移由放射性廢棄物的最大生產者 – 台灣電力公司負責營運，而物管處則專司國內放射性廢棄物之安全管制。

1996 年 4 月 6 日，物管處依 1992 年 11 月新修正之原子能委員會組織條例，正式改名為「行政院原子能委員會放射性物料管理局」(簡稱物管局)，負責放射性廢棄物之管制，與放射性廢棄物主要生產者台灣電力公司在角色扮演上有明確之區隔，而且更強化了其管理上的權責。物管局負責全國放射性廢棄物處理，以及貯存與處置設施之建造、運轉與除役的審核與發照，並進行相關管制法規之研擬，包括對小規模放射性廢棄物生產者、天然放射性物質衍生廢棄物、及核子原料與核子燃料等之管理。物管局主要工作包括 (參考文獻 5.5)：

1. 監督我國放射性物料處理、貯存與最終處置設施之興建、試運轉、運轉與除役之核照與檢查，以及放射性物料輸入、輸出、處理、貯存、運送與處置等相關作業之安全管制與檢查等事項。
2. 執行各類檢查與安全審查，開立注意改進事項、違規、罰鍰等不同程度的行政管制案件，要求各放射性物料設施經營者分析肇因和檢討改善，確保國內放射性物料安全。

物管局下分「第一組」、「第二組」、與「第三組」，其業務職掌如下：

### 第一組：

- 辦理放射性物料有關工作計畫、管理研究計畫、科技合作等規劃、推行及考核事項
- 辦理放射性物料管制法規與技術準則研訂事項
- 辦理核子反應器設施除役之管制法規與技術準則研訂、核子反應器設施除役之管制規劃事項
- 辦理「高放射性廢棄物最終處置」之先期管制規劃事項
- 辦理放射性物料相關資訊蒐集、教育溝通、專業人員訓練等事項

### 第二組：

- 對「低放射性廢棄物」之處理、運送與貯存作業，執行以下事項：
  - － 相關法規蒐集及研擬
  - － 運輸及貯存容器之審核
  - － 運送計畫之審查及管制
  - － 作業檢查
  - － 處理及貯存設施興建、運轉與除役申請之審查及管制
  - － 意外事故處理之督導及管制
  - － 設施運轉人員資格審查
- 執行低放射性廢棄物輸入、輸出、過境、轉口、運送、廢棄或轉讓之審查、檢查等管制事項
- 執行「低放射性廢棄物最終處置設施」場址調查之檢查事項
- 執行「低放射性廢棄物最終處置設施」興建、運轉之審查、檢查等管制事項
- 執行「低放射性廢棄物最終處置設施」封閉、監管與免予監管或土地再利用之審查及管制事項
- 執行一定活度或比活度以下放射性廢棄物之審查事項

### 第三組：

- 對核子燃料、核子原料、用過核子燃料、小產源放射性廢棄物、天然放射性物質衍生廢棄物等，執行以下事項：
  - － 相關管制法規之研訂事項
  - － 處理、運送及貯存作業之檢查
- 對核子原料、核子燃料，執行以下事項：
  - － 持有、使用、輸入、輸出、過境、轉口、運送、貯存、廢棄、轉讓、租借與設定質權申請之審查及管制事項
  - － 生產及貯存設施之興建、運轉之審查、檢查等管制事項
  - － 生產設施運轉人員之資格審查
- 執行「用過核子燃料中期貯存設施」興建、運轉之審查、檢查等管制事項
- 執行用過核子燃料運送作業申請之審查及管制
- 執行「高放射性廢棄物最終處置設施」興建、運轉之審查、檢查等管制事項
- 執行天然放射性物質衍生廢棄物處理、貯存與運送申請之審查及管制事項

### (3) 輻射偵測中心

輻射偵測中心(簡稱偵測中心)前身為「台灣輻射偵測工作站」(簡稱偵測站)。偵測站成立於 1974 年，負責執行有關環境中之天然輻射及核能電廠、研究用核子反應器及放射性廢棄物設施周圍之人造游離輻射偵測。偵測中心係於 1996 年 7 月正式成

立(參考文獻 5.8)，其主要之工作包括 (參考文獻 5.5)：

1. 執行全國各項環境輻射偵測與調查工作，確實維護國民的輻射安全，在核設施周圍及各地區布置監測系統，並加強採集各類環境樣品分析計測。
2. 積極參與國際性之比較實驗及技術交流，以提升各項相關技術能力，及推動實驗室品質認證，確保偵測數據之正確與公信力。

偵測中心下分「資訊劑量組」、「環境偵測組」、與「輻防稽查組」，其業務職掌如下：

資訊劑量組：

- 執行以下系統之運作及維護管理：
  - － 台灣地區及核設施周圍環境輻射自動監測站
  - － 環境輻射即時監測系統之監控中心通訊、資料庫
- 辦理「環境輻射即時監測資訊」公開及歷史資料維護
- 執行環境直接輻射熱發光劑量計偵測實驗室比較實驗
- 辦理加馬劑量校正實驗室認證、輻射偵檢器校正作業技術服務
- 提供手提式輻射偵檢器對外校正服務

環境偵測組：

- 對環境試樣、食品試樣，執行加馬能譜、貝他計測、放射化學實驗等分析作業
- 提供環境樣品分析、核醫廢水分析與洩漏擦拭分析等技術服務
- 執行衛福部食管署與財政部國庫署日本進口樣品輻射含量檢測
- 執行核設施周圍環境輻射監測計畫

輻防稽查組：

- 執行環境背景輻射調查，提升輻射偵測能力
- 對環境輻射應變作業，執行以下事項：
  - － 核子事故「南部輻射監測中心」緊急應變業務
  - － 「輻射災害應變技術隊」緊急應變業務
  - － 高雄港「大港倡議計畫」輻射異常貨櫃再確認偵檢作業
  - － 鋼鐵廠輻射異常物偵測及作業場所輻防稽查

#### 5.1.3.4 諮詢委員會

原子能委員會計設置有 8 個核能技術相關之諮詢委員會，其中 7 個為常設，僅「核子事故調查評議委員會」係於核子事故發生後，有需要時才臨時設立。

以下將分別說明各諮詢委員會的組織與功能：

##### (1) 核子反應器設施安全諮詢會

本諮詢會置具科學與工程專業之委員 13 至 19 人，每年至少召開四次會議，提供相關意見供原子能委員會參考(參考文獻 5.9)。其諮詢事項包括：

- 有關核子反應器設施安全之標準及管制方針。
- 有關核子反應器設施安全技術之研究發展方案。
- 有關核子反應器設施建造、運轉及除役之安全分析報告。
- 有關核子反應器設施安全之管制作業。
- 其它有關核子反應器設施之安全事項。

##### (2) 游離輻射安全諮詢會

本諮詢會設置具科學與工程專業之委員 13 至 19 人，包括醫師與科學家及其他醫界代表(參考文獻 5.10)，委員們提供的諮詢事項包括：

- 有關游離輻射防護之管制方針。
- 有關游離輻射防護安全之標準。
- 有關游離輻射防護技術之研究發展方案。
- 有關游離輻射防護人員之訓練制度。
- 有關游離輻射設施之環境管制方針。
- 有關游離輻射環境偵測及環境影響評估技術之研究發展方案。
- 其他與游離輻射安全相關事項。

##### (3) 核能四廠安全監督委員會

本委員會包含具科學與工程專長的委員 12 至 14 人，特別強調地方政府與民間團體代表的參與(參考文獻 5.11)。本委員會每 3 個月舉行一次會議，其主要任務如下：

- 核能四廠建廠期間工程安全及品質之監督與查核。
- 核能四廠營運期間運轉安全及品質之監督與查核。
- 核能四廠資訊公開、透明化之監督與查核。
- 其他有關核能四廠安全事項之監督與查核。

##### (4) 法規委員會

本委員會包含委員 11 至 15 人，係由行政院相關部會及民營單位具有法律專業之人士組成(參考文獻 5.12)，其主要諮詢事項如下：

- 年度立法計畫之審議事項。
- 原子能法規制 (訂) 定案、修正案之研議或審議事項。
- 原子能法規疑義之研議闡釋事項。
- 原子能國際條約及協定之審議。
- 國家賠償事件之處理事項。
- 原子能法規資料之蒐集、分析、研究及管理事項。
- 原子能法規動態之登記、統計及管制事項。
- 原子能法規令函解釋之整理及編印事項。
- 其他有關法制事項。

#### (5) 放射性物料安全諮詢會

本諮詢會包含具科學與工程專業之委員 11 至 15 人(參考文獻 5.13)，其主要諮詢事項包括如下：

- 放射性物料管理方針及法規。
- 放射性物料設施重要審查事項。
- 放射性物料重要安全管制作業。
- 放射性廢棄物最終處置相關事項。
- 放射性物料重要研究發展計畫。
- 其他有關放射性物料管理事項。

#### (6) 原子能科學技術研究發展成果審議委員會

本委員會包含具科學與工程專業之委員 11 至 17 人(參考文獻 5.14)，其主要任務如下：

- 審議執行單位為管理與運用研發成果所制訂相關之制度與規範。
- 審議本會管理之國有研發成果管理與運用事項。
- 審議執行單位擬將研發成果專屬授權、無償授權、成果讓與等申請核准事項。
- 審議執行單位自行將研發成果製成商品銷售須報經本會核准事項。
- 評鑑執行單位管理及運用研發成果之績效。
- 審議其他有關研發成果之管理、運用及分配等事項。

#### (7) 國家賠償事件處理會

本委員會包括由學者專家及原子能委員會高級職員共 6 至 8 位，其中學者專家

不得少於二分之一(參考文獻 5.15)。本會之工作任務如下：

- 關於國家賠償事件之協議及審議事項。
- 關於賠償義務機關之確定事項。
- 關於國家賠償事件之訴訟事項。
- 關於求償事件之核議事項。
- 其他有關國家賠償事項。

除了上述 7 個常設的諮詢委員會外，另有一個「核子事故調查評議委員會」，係依核子損害賠償法第 32 條，於核子事故發生後由原能會設置者。

#### (8) 核子事故調查評議委員會

本委員會係於核子事故發生後設置，包括 13 至 17 位委員(參考文獻 5.16)，其主要任務包括：

- 核子事故之認定及其原因之調查。
- 核子損害之調查與評估。
- 核子事故賠償、救濟及善後措施之建議。
- 核子設施安全防護改善之建議。
- 調查、評估及建議報告之製作。

核子事故受害者依法律途徑求償時，法院將參考此委員會之調查及評估報告。

當核子事故發生後，需要執行復原措施時，成立「核子事故復原措施推動委員會」。此委員會由原子能委員會主任委員擔任召集人，本委員會置委員 19 至 23 人，除原能會主任委員為當然委員外，其餘委員由內政部、國防部、財政部、經濟部、交通部、衛生福利部及行政院所屬機關，包括主計總處、新聞傳播處、環境保護署、金融監督管理委員會、原子能委員會、農業委員會、國家通訊傳播委員會、受災區地方政府、核子反應器設施經營者等相關機關（構）與民間團體、災民代表及學者專家等組成。其主要任務如下：

- 決定復原措施及督導復原措施之執行。
- 通知各級政府相關機關及核子反應器設施經營者執行復原相關措施。
- 協調復原人力及物力之調遣。
- 發布復原期間民眾防護行動命令並發布復原新聞。
- 其他復原有關事項。

#### 5.1.4 財務與人力資源

本節說明原能會之預算、基金、財務管理、與人力資源。

##### 5.1.4.1 財務資源



### **(1) 年度預算 (參考文獻 5.1 ~ 5.4)**

由於原能會及核能研究所、放射性物料管理局和輻射偵測中心等 3 個附屬單位，均屬政府機關，故其主要之運作預算係由政府提供。於會計年度開始前，原能會與其附屬單位，先經由行政院管道申請年度預算，並經由立法院審議通過後據以執行相關工作。2015 年原子能委員會本部之預算約為新台幣 5 億 2 百萬元，其 3 個附屬單位核能研究所、放射性物料管理局與輻射偵測中心之預算各約為新台幣 21.5 億元、8 千 2 百萬元及 7 千 1 百萬元。各單位之主計室則負責控制年度內之預算執行。

### **(2) 向持照者收取之費用**

依核子反應器設施管制法及放射性物料管理法之授權，原能會訂有管制收費標準，收取之各項經費均為政府之收入。第一類收取之費用為安全評估與執照核發費用，原能會負責審查相關申請案件，以核發新執照或批准申請、修正、更新或核准執照，及審查燃料更換與相關專題報告。第二類收費為年度例行收取規費，包括一般檢查、測試和研討費用，以及執照核發安全評估未包括之管制費用。所有收費係依據所需之人力及其薪資作估算，並列為收費標準，此標準會定期檢討作必要之修正。

### **(3) 核子事故緊急應變基金**

為推動核子事故緊急應變之整備措施，並支應發生核子事故時作業所需之費用，依核子事故緊急應變法，設置核子事故緊急應變基金。原能會每年向各核子反應器設施收取新台幣 5 千 4 百萬元為基金收入(參考文獻 5.17)。此基金設有核子事故緊急應變基金管理會，負責基金年度預算、決算、基金收支、保管及運用之審議，及基金運用情形之考核。基金之用途包括年度演習費用，中央災害應變中心、輻射監測中心、支援中心與地方災害應變中心例行作業及訓練費用。

#### **5.1.4.2 人力資源**

##### **(1) 補充與雇用之程序**

2015 年度原能會本部、核能研究所、放射性物料管理局與輻射偵測中心編制內員工人數分別為 185(另有聘用人員 7 人)、767、39 及 31 人。晉用新員工係依缺額數量作決定。考試院考選部每年會依各政府部門之需求舉辦一次公務人員高等考試，二級與三級考試是原能會新晉任用人員之主要來源。(參考文獻 5.1 ~ 5.4)

另一人員晉用之管道係與國防部或內政部合作，與具有碩士或博士學位者簽約 3 年的替代役，在原能會、核能研究所、放射性物料管理局或輻射偵測中心服務，以替代於軍隊應服務一年之義務役。2015 年 12 月底時，原子能委員會、核能研究所、放射性物料管理局及輻射偵測中心之研發替代役人數分別為 0、179、0 及 0 人。

##### **(2) 訓練與視察員資格**

原能會本部各業務單位(包含綜計處、核管處、輻防處、核技處與物管局等)之新進人員將在其服務單位接受在職訓練，熟稔執行視察所依據的法規與規範後，資深人員會指導新進人員相關之法規要求與視察技術，以及赴各核能電廠之現場巡

察等，協助新進人員了解最新的資訊，並提升其視察能力。

要成為合格之核能電廠視察人員，需經自我研讀、在職訓練並完成相關基本課程與核能電廠系統課程後，經測驗合格後取得視察員資格才可執行核能電廠之視察工作。視察員於取得資格 6 年後經測驗評估合格後得申請成為資深視察員，視察員與資深視察員每兩年均需參與 30 小時以上的再訓練課程，以持續其資格之有效性。2015 年 12 月底，原能會共計持有核能電廠的視察人員證書之視察員 47 人(包含核能電廠、輻射防護、核子保安與緊急應變、和放射性物料管理各別為 15、7、10、和 15 人)及資深視察員 49 人(包含核能電廠、輻射防護、核子保安與緊急應變、和放射性物料管理各別為 17、12、3、和 17 人)。

### **5.1.5 原子能委員會與政府單位之業務關聯性**

#### **5.1.5.1 行政院部會**

##### **(1) 經濟部**

經濟部掌理國家經濟之建設發展，在能源方面，其主要功能包括發展與應用核能發電，以及水力、地質等天然資源等之效能提升，本報告第 5.2.1 節內將有更詳細的說明。

台電公司係經濟部管轄國營企業中的一個單位，成立於 1946 年 5 月 1 日。2015 年 12 月時，台電員工總數為 27,140 人，總資產值約為新台幣 1 兆 9280 億元，其電力裝置容量為 31,424 百萬瓦(MWe) [台電電力系統(含購電自民營電廠)總裝置容量則為 41,040 百萬瓦]，其中核能 5,144 百萬瓦佔台電總裝置容量之 16.25%，火力 21,570 百萬瓦佔 68.64%，抽蓄水力 2,600 百萬瓦佔 8.27%，再生能源(水力、風力、太陽能等)2,110 百萬瓦佔 6.71%。台電公司的主要任務是維持高品質而穩定的電力供應，並維持合理的低電力供應價格。(參考文獻 5.18)

##### **(2) 行政院環境保護署**

行政院環境保護署(簡稱環保署)成立於 1987 年，主要任務是全國之環境保護與改善。

1994 年 12 月「環境影響評估法」公布後，新建核能電廠或其他核子設施如用過核燃料乾式貯存設施及低放射性廢棄物最終處置場等，其環境影響評估報告審查之職掌亦由原能會移轉由環境保護署負責。

##### **(3) 內政部消防署**

1999 年 9 月 21 日國內發生集集大地震後，政府乃於 2000 年 7 月成立「行政院國家搜救指揮中心」，由內政部之消防署負責幕僚作業。其主要任務是針對重大事故作緊急規劃與應變。原能會保留對核能電廠緊急應變的責任。消防署協助原能會有關核能電廠執照核發時的審核工作，特別是有關廠區外緊急應變規劃之審核，以及視察與評估核能電廠的演習作業。

##### **(4) 衛生福利部**

衛生福利部(簡稱衛福部)的主要職掌是全國之民眾健康，原能會與衛福部合作核發輻射安全證書予醫療院所相關工作人員，包括醫院內操作 X 光機與加速器工作人員，以及操作放射性同位素與核醫藥物的工作人員。

## **(5) 勞動部**

原能會密切注意勞動部研擬之法規，特別是有關可能影響核能電廠與醫院輻射工作人員的健康與安全者，例如勞工安全衛生法即勞動部特別規定對工作人員健康檢查的要求。

## **(6) 外交部**

原能會與外交部協調作業之項目，包括與國際組織之國際原子能總署(IAEA)及經濟合作發展組織之核能署(OECD/NEA)有關合作事項、原能會權限內核能議題之政策發展，以及協助其他國家有關核能安全之計畫規劃與協調等。

## **(7) 行政院主計總處**

行政院主計總處負責中央與地方政府之預算、會計與統計相關事務，原能會需先向主計總處提出年度預算需求，由其進行初步審核，包括對規劃人力需求之審核。

另外，原能會於萬一發生核子事故時，將與國防部、內政部及其他部會等之相關業務與合作事項，詳見本報告第 13 章內所述。

### **5.1.5.2 地方政府**

核能電廠所在之地方政府均有意願參與核能電廠安全相關事務，因此原能會也表達充分與地方政府合作的意願，包括告知地方有興趣的核能安全事項，請地方政府參與核能電廠的視察業務，或參與相關諮詢委員會會議。惟地方政府僅係觀察性質以協助原能會之視察工作，並不得影響原能會獨立執行有關人員健康與安全的視察作業。

台電公司是國內放射性廢棄物最大的產生者，因此在選擇低放射性最終處置場所場址課題上，亦扮演了與地方鄉鎮溝通的主要角色。

### **5.1.5.3 立法院**

依立法院程序委員會組織章程第 5 條第 1 款之規定，教育及文化委員會負責審查相關部會包括教育部、文化部、原子能委員會等掌理事項的議案。依立法院各委員會組織法第二條之規定，各委員會審查立法院會議交付審查之議案，及人民請願書，並得於每會期開始時，邀請相關部會作業務報告並備質詢。

## **5.2 核能管制機關與核能發展機構之功能區隔**

### **原子能委員會與經濟部之功能區隔**

依據「原子能法」之規定，原能會為核能發電與放射性物質的管制機關，而經濟部所屬的國營企業台電公司則負責維持穩定的電力供應。另外，經濟部能源局負

責提出國家之能源政策以及能源供需之預測、規劃及推動事項，扮演推動包括核能等各式能源發展的角色，原能會則專注於核能發電的管制工作，因此原能會的核能管制功能與經濟部的核能發電推動功能有著明確的功能區隔。台電公司是由經濟部監督的國營企業，負責核能電廠的運轉，並經由各項研究與實務計畫以及興建、運轉核能電廠累積的經驗，提供並維持安全的核能發電。

## 參考文獻(第 5 章)

- 5.1 行政院「原子能委員會 104 年年報」，2016 年。
- 5.2 行政院原子能委員會「核能研究所 104 年年報」，2016 年 7 月出版。
- 5.3 行政院「原子能委員會 103 年年報」，2015 年。
- 5.4 行政院「原子能委員會 102 年年報」，2014 年。
- 5.5 「行政院原子能委員會網站」→「關於本會」→「組織架構」→「處室介紹」，2016 年。
- 5.6 「行政院原子能委員會核能研究所網站」→「本所簡介」或 →「組織架構」，2016 年。
- 5.7 「行政院原子能委員會放射性物料管理局組織條例」，1980 年 11 月 28 日公布，1996 年 1 月 26 日修正公布。
- 5.8 「行政院原子能委員會輻射偵測中心組織條例」，1980 年 11 月 24 日公布，1998 年 7 月 17 日修正公布。
- 5.9 「行政院原子能委員會核子反應設施安全諮詢會設置要點」，2008 年 7 月 23 日會核字第 0970011861 號函。
- 5.10 「行政院原子能委員會游離輻射安全諮詢會設置要點」，2008 年 8 月 22 日會輻字第 0970013488 號函發文實施。
- 5.11 「核能四廠安全監督委員會設置及作業要點」，2004 年 3 月 31 日會核字第 0930010857 號函發文訂定，2010 年 5 月 28 日會核字第 0990007762 號函發文修正。
- 5.12 「行政院原子能委員會法規委員會組織規則」，1973 年 1 月 1 日發布，1993 年 11 月 17 日修正發布。
- 5.13 「行政院原子能委員會放射性物料安全諮詢會」，2004 年 7 月 20 日會物字第 0930023894 號函發文實施，2008 年 9 月 9 日會物字第 0970014514 號函修訂發文。
- 5.14 「行政院原子能委員會科學技術研究發展成果歸屬及運用辦法」，2007 年 1 月 19 日修正。
- 5.15 「行政院原子能委員會及所屬機關國家賠償事件處理要點」，2007 年 12 月 31 日修正。
- 5.16 「行政院原子能委員會核子事故調查評議委員會設置辦法」，1999 年 3 月 31 日修正。
- 5.17 「核子事故緊急應變法施行細則」，2012 年 3 月 28 日修正。
- 5.18 「台電公司永續報告書 2016」，經營統計概要，2016 年 6 月。



2015 年 12 月 17 日台電公司發布將成立一新單位「核能發電事業部」(Nuclear Power Division)，2016 年 1 月 4 日宣佈正式成立「水火力發電事業部」、「核能發電事業部」、「輸供電事業部」與「配售電事業部」等四大事業部(參考文獻 6.3 ~ 6.4)。如圖 6.2 所示，台電公司「核能發電事業部」係由策劃室(Planning Office)、核能發電處(DONG)、核能安全處(DNS)、核能後端營運處(DNBM)、核能技術處(DNE)、核能安全委員會(NSC)、及核能發電廠緊急計畫執行委員會(NEPEC)所組成。執行長(CEO)由一位副總經理兼任，副執行長由專業總工程師兼任或派人專任(參考文獻 6.5)。其中各單位任務如下：

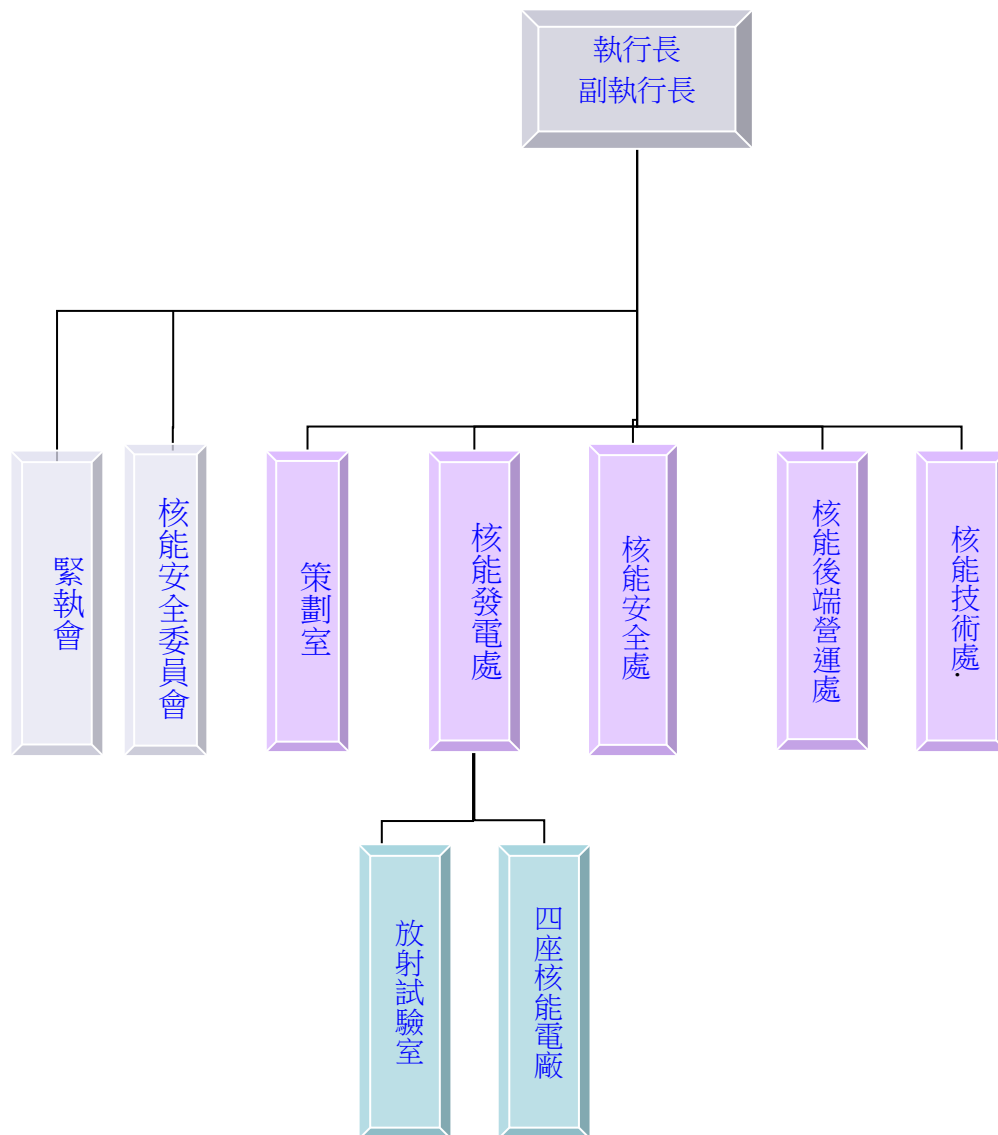


圖 6.2 台電公司核能發電事業部組織架構圖

(1) 策劃室：事業部策略規劃、人力資源規劃及管理會計，事業部各項投資評

估、預算規劃，事業部利潤中心建立、規劃與追蹤管控，事業部各單位財務分析與成本管控，國際合作及未來共享服務整合，執行長臨時交辦事項。

- (2) 核能發電處：落實核能電廠安全及穩定運轉，提升設備可靠度及妥善管理大修工期，規劃設計與分析核能電廠爐心營運，管制核子物料與保防，評估維護績效及審查設備檢修計畫，審查與監督設備更新及改善工程，規劃與考核各核能發電廠輻射防護及環境輻射監測，規劃與執行核能電廠非破壞檢測，規劃與監督核能電廠化學及廢料營運，統籌規劃及督導核能電廠保安計畫，掌握關鍵人力及訓練，督導放射試驗室做好環境及輻射偵測。
- (3) 核能安全處：核能電廠品保、執照、安全管制、安全分析及安全評估與審查，核後端設施安全品保，並兼辦核能安全委員會會務事項。
- (4) 核能後端營運處：用過核燃料及低放射性廢棄物之貯存及處置規劃，促成低放選址公投，興建各廠用過核燃料乾式貯存設施及除役作業規劃事項。
- (5) 核能技術處：核能新建工程之設計及執照申請，運轉中核能電廠改善工程之技術評估，用過核燃料及低放射性廢棄物設施之技術評估，核能技術資訊之蒐集等事項。
- (6) 核能安全委員會：審議、監督核能各單位暨各核能發電廠有關安全之管理事宜。
- (7) 核能發電廠緊急計畫執行委員會：因應各核能發電廠萬一發生緊急事故之處理需要。核能發電廠緊急計畫執行委員會(NEPEC)

上述各單位並負責其主辦業務與原能會間之聯繫、溝通與陳報事項。

經原能會核准之各核能電廠「終期安全分析報告」(FSAR)(例如參考文獻 6.6)第 13 章「運轉管理」(conduct of operation)一開頭(FSAR 第 13.1 節)，台電公司(國內唯一持有核能電廠運轉執照者)即宣示其對核能電廠之設計、建造、與運轉安全負全責。

建廠期間，台電公司對電廠安全負責之具體作業包含：核能電廠之興建，應確實符合主管機關所定核子反應器設施管制法相關規定，主要應符合核子反應器設施安全設計準則及核子反應器設施品質保證準則之規定，並應聘請監查機構擔任監查工作，以確保核能電廠之設計、安裝、檢測及測試，確實符合核能安全之要求。此外，若涉及重要安全事項設計修改或設備變更時，應先報請主管機關核准後，始得為之。另需接受主管機關之隨時派員檢查，及檢送有關資料之要求。

對於電廠之運轉安全，「終期安全分析報告」第 13.1.2.2 節「電廠人員職責與職權」與第 13.1.3 節「核能電廠人員資格」分別明示核能電廠人員對電廠安全運轉應負起的責任與人員資格要求。另外，FSAR 第 16 章「運轉技術規範」也特設一節(FSAR 第 16.6 節)「行政管制」，其中之第 16.6.1 節「職責」明訂核能電廠廠長對整個電廠之營運應負起全責。

依據前述「終期安全分析報告」第 13.1.2.2 節規定，核能電廠廠長必須確保電

廠能夠安全、有條理、且高效率地運轉，以及符合運轉執照和運轉技術規範的要求。廠長同時負責為電廠技術人員和運轉人員提供訓練與再訓練，並維持電廠擁有足夠的合格員工。廠長也負責透過台電核能發電處處長向核能發電運轉副總經理報告，並執行台電總公司訂定之政策及核能安全委員會決議。

另外，我國核能管制法規規定，核能電廠運轉時，必須是領有原能會核發之該核能電廠的核子反應器運轉人員執照者，方能操作該電廠之核子反應器。核子反應器運轉人員分為反應器運轉員(RO)和反應器高級運轉員(SRO)兩種。(有關 RO 與 SRO 之進一步資訊，請參閱本報告第 8.2.1.2 和 8.2.1.5.1~8.2.1.5.3 節。)

台電公司擁有 3 座運轉中核能電廠和 1 座目前處於封存狀態之接近完工核能電廠。每座核能電廠均建有兩部相同的核能機組。圖 6.3 (參考核三廠 FSAR 圖 16.6.2-2) 所示為典型台電核能電廠組織架構圖。每座運轉中核能電廠均設有廠長 1 人，副廠長 3 人，其中 1 名副廠長負責電廠運轉，稱為運轉副廠長。副廠長協助廠長處理廠務，廠長不在時，由 3 位副廠長中的 1 位暫代廠長職務。廠長和運轉副廠長均須擁有台電公司核發之 SRO 證書(certificate)，雖然無需擁有原能會核發之有效 SRO 執照。實際上，台電 3 座運轉中核能電廠的運轉副廠長均擁有或曾擁有原能會核發之有效的 SRO 執照。

廠長、副廠長之下，電廠設有多個功能組，包含運轉組、核技組、儀控組、電子計算機組、保健物理組、化學組、機械組、電氣組、和其他功能組等，每組均設有 1 位經理(過去稱組長)以督導組務。

台電每座核能電廠的反應器運轉人員均係分別配屬於 6 個班，每天 3 班輪值，每班輪值 8 小時。當電廠之兩部核能發電機組皆在運轉時，於主控制室(MCR)輪值之每一班反應器運轉人員中皆包含有 1 位值班經理(SM)(管 2 部機組)和兩位值班主任(SL)(各管 1 部機組)。(運轉時主控制室執勤運轉人員最低人數要求，請參閱第 8.2.1.2.1 節。)

當廠長和 3 位副廠長均不在時，廠長職務將由運轉組經理(以前稱運轉組組長)暫代。下班後，或者當廠長、3 位副廠長和運轉組經理皆不在電廠時，值班經理將負起安全運轉電廠及確保電廠運轉符合運轉執照和運轉技術規範要求之責。運轉組經理和值班經理均必須擁有原能會核發之有效 SRO 執照。

電廠運轉與操作係接受運轉組經理之監督指導。運轉組經理向運轉副廠長報告，並與核技組、儀控組、電子計算機組、保健物理組、化學組、機械組、和電氣組等之經理密切合作。

值班經理負責督導兩部機組之運轉，職務上接受運轉組經理之技術指導，但直接向運轉副廠長報告。當判斷機組面臨嚴重異常狀況時，值班經理可以下令將該機組停機。

每位值班主任負責督導一部機組之運轉，其主要職責為負責該機組之反應器操控和配合電廠負載需求。當遇到緊急情況而值班經理不在時，值班主任將暫代並擔起值班經理之權與責。和運轉組經理及值班經理一樣，值班主任也必須擁有原能會核發之有效 SRO 執照。



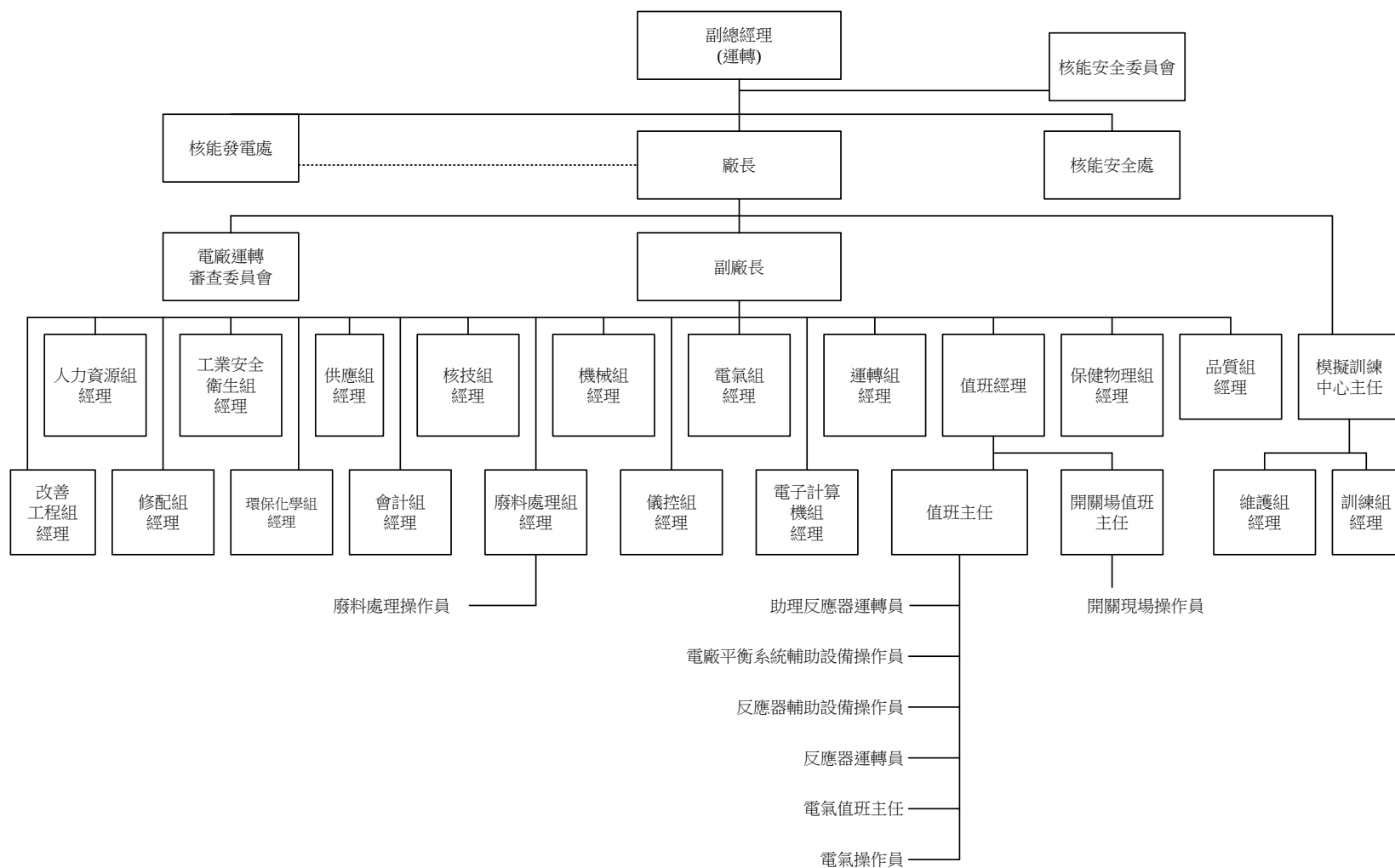


圖 6.3 典型台電公司核能電廠組織架構圖

### 6.1.2 持照者維持對社會大眾公開透明溝通之機制

秉持誠懇態度與客觀看法，台電公司在其網站從六大面向將公司訊息忠實地向社會大眾揭露，包含：(1)經營資訊、(2)發電資訊、(3)電力供需資訊、(4)用戶資訊、(5)環境資訊、與(6)工程資訊等面向。以發電資訊面向為例，從台電網站可獲得火力營運現況與績效、核能營運現況與績效、再生能源發電概況、購入電力概況、及福島事件後台電因應作為等方面之資訊(參考文獻 6.7)。

另外，台電公司成立有「核能溝通小組」(NCT)，扮演社會大眾與台電公司間有關核能事務溝通窗口。核能溝通小組與民眾溝通方式至少包含：

- 經常舉辦有國外專家對社會大眾發表關於核能相關知識之演講的國際核能研討會
- 派遣台電核能部門內受過訓職員與民眾、學生及民營公司面對面溝通
- 設立一特定網站，以就特定核能相關主題探討核能基本知識與(放射性物質)外釋資訊，並經常更新網站內容
- 對媒體錯誤報導主動回應發佈新聞稿(newsletters)

更多有關持照者資訊透明政策，請參閱第 7.3 和 16.10 節。

### 6.1.3 持照者確保擁有適當資源(包含技術、人力、財務)以處理事故與減輕事故後果之機制

如圖 6.2 所示，台電公司核能發電事業部有一「核能發電廠緊急計畫執行委員會(NEPEC)」(簡稱緊執會)，負責核能各項緊急計畫業務之統籌規劃與執行。當有核能電廠發生核子事故時，緊執會將統籌指揮各有關單位展開廠內緊急應變行動，並協助核子事故中央災害應變中心暨原能會推動廠外緊急應變行動。緊執會任務如下：

- (1) 核能緊急事故應變方案之統籌規劃與執行事項。
- (2) 核能發電廠發生緊急事故時，負責通知核子事故中央災害應變中心暨原能會執行廠外緊急應變事項。
- (3) 核能發電廠發生緊急事故後，辦理各緊急組織與本公司總管理處核子事故應變中心間之通訊連絡事項。
- (4) 核能發電廠發生緊急事故後，有關設備搶修、損害控制、事故機組復原以及所需人力支援之規劃與執行事項。
- (5) 核能發電廠發生緊急事故後，有關緊急技術支援、事故處理策略研析以及提供系統設計與事故應變資料等之執行事項。
- (6) 核能發電廠發生緊急事故時廠外民眾劑量與民眾防護行動之評估事項。
- (7) 核能發電廠發生緊急事故時廠內輻射防護之評估與協調支援事項。
- (8) 核能發電廠發生緊急事故時及事故後廠外環境輻射監測之執行與影響之評估事項。
- (9) 核能發電廠發生緊急事故後，協助核子事故中央災害應變中心(NNERC) [編制在

中央災害應變中心(CDRC)之下] 暨原能會設置輻射監測中心，展開廠外緊急應變作業有關事項。

- (10) 在 NNERC 成立前，負責核能發電廠事故消息之對外統一發布事項。
- (11) 在核子事故中央災害應變中心成立後，協助核子事故中央災害應變中心暨原能會執行核能發電廠事故消息之對外統一發布事項。
- (12) 核能發電廠發生緊急事故後，有關各項保險索賠、災害賠償等法律事務之辦理事項。
- (13) 核能發電廠發生緊急事故後，有關本會緊急支援人員交通、食宿等事務性工作之綜理事項。
- (14) 核能發電廠發生緊急事故後，有關事故處理所需費用之籌措及報銷等事項。
- (15) 協助原能會執行核能發電廠緊急事故之廠外模擬演習事項。
- (16) 有關台電公司核子反應器設施緊急應變計畫之制定與修訂事項。
- (17) 有關核能發電廠緊急計畫之審查及督導修訂事項。
- (18) 有關核能發電廠緊急計畫訓練與演習之推動與督導事項。
- (19) 有關核能發電廠緊急計畫專業技術之研析與改善協調事項。
- (20) 其他有關核能發電廠緊急事故之處理事項。

緊執會置主任委員一人，由核能發電事業部執行長(亦為台電副總經理)兼任，委員十六至十八人，由核能發電處、核能安全處、核能後端營運處、核能技術處、電力修護處、電力通信處、核能火力發電工程處、燃料處、秘書處、工業安全衛生處、公眾服務處、政風處、財務處等單位主管與專家一至三人兼任。如圖 6.4 所示，緊執會下設演習規劃、法規策劃、事故評估、環境偵測、修護支援、劑量評估、運轉支援、公共關係、總務支援、財務會計等十組。

緊執會下之近廠緊急應變設施(EOF)為台電公司管控操作之廠外支援中心，置有供下列運作之設施：

- 台電總體緊急應變之管理；
- 輻射與環境評估之協調；
- 大眾防護行動建議之決定；和
- 和中央及地方政府組織緊急應變活動之協調。

當廠內核子事故緊急應變需要廠外支援時，緊執會主任委員將報告核子事故中央災害應變中心(NNERC)尋求協助。

## 6.2 管制機關確保持照者履行其安全主要責任之機制

依據「原子能法」(參考文獻 6.8)及「核子反應器設施管制法」(參考文獻 6.1)等核能管制相關法令(參看第 4.2 節)，原子能委員會(簡稱原能會)為我國原子能最高主管機關，掌管所有核能管制法令之施行。原能會主要職責之一為確認核能電廠執照

持有者，在電廠運轉壽命期間均遵守執照要求。亦即：確保持照者會負起法定責任、妥適地符合法規要求、和執行執照所載事項與條件等，乃是原能會應負之責。如本報告第 3.2.3.1 節所述，核能電廠之建廠執照和運轉執照均須向原能會申請，並於獲得原能會核准發給後，始得分別進行建廠工程和發電運轉。

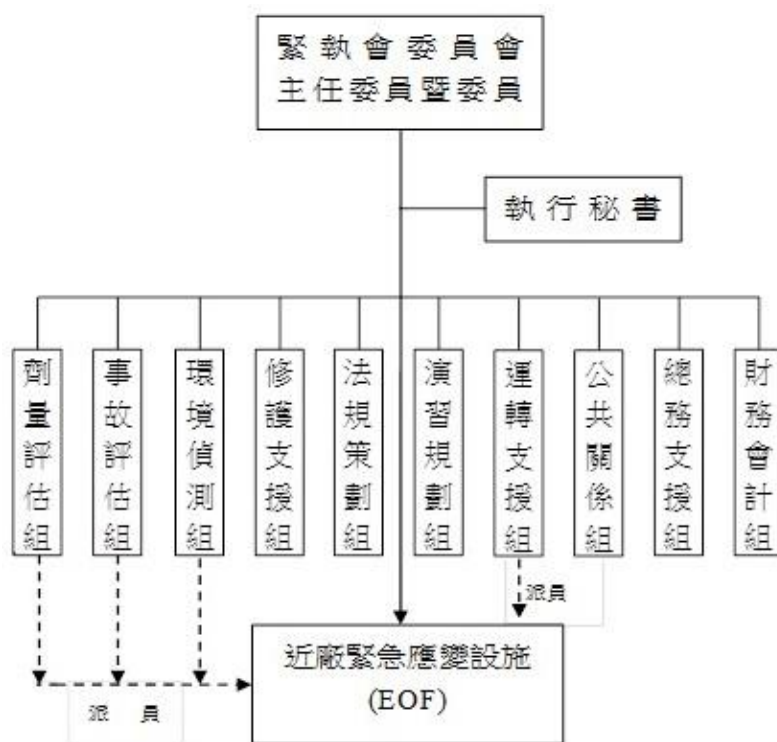


圖 6.1 台電公司核能發電廠緊急計畫執行委員會(NEPEC)組織架構圖

在核能電廠建廠階段，原能會將詳細審查電廠之設計安全，以及執照申請者在電廠設計、建造、和安全運轉等方面之能力。同時原能會也將利用各種視察來加強對電廠之安全檢查，並確認建造工程與品質均符合建廠執照要求。

當符合所有初次裝填核子燃料所需條件(參閱本報告第 3.2.3.1 節)並且獲得原能會核准後，運轉執照申請者始得開始將核子燃料放入反應器爐心中。然後，在完成所有起動測試(startup test)和功率試驗(power tests)，包含初次臨界測試、功率升載及不同功率階段測試等，並經原能會核准後，申請者將獲得原能會核發之運轉執照以進行商業運轉。而原能會在核發運轉執照後，則將持續利用各種管制措施(包含審查與視察等)以確認持有執照者會確保其核能電廠的運轉安全。在核能電廠運轉期間(包含停機大修期間)，原能會將對電廠進行各項定期與不定期視察(參看本報告第 3.2.3.2 節)，以確保電廠運轉符合運轉執照要求。

執照持有者(台電公司)應依法規規定，包含「核子反應器設施管制法」第 10 條、「核子反應器設施管制法施行細則」第 7 條、及「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」等之規定，按時或限時向原能會提出有關運轉、輻射安全、環境輻射監測、異常或緊急事件、立即通報、放射性廢棄物產生紀錄等之報告，及其

他經原能會指定之報告(參看本報告第 3.2.2 節)。藉由對這些報告之審查檢視，原能會將得以更進一步掌握核能電廠的安全狀況。

此外，原能會也定期與台電總公司高階管理人員（例如核能發電運轉副總經理及核能發電處與核能安全處管理人員等）舉行核安管制會議，以對於雙方或任何一方有興趣議題，相互討論和彼此交換意見。這種管制機關與持照者間的管制會議，為雙方提供一個了解對方想法與看法及避免誤解的溝通平台，對核能電廠運轉安全之提昇甚有助益，而會議的結論往往形成重要的管制需求與措施。

如有違反核能管制法規情事發生，原能會除立即要求執照持有者採取改正與補救措施外，亦得視情節輕重而依規定加以適當處理或給予適當處罰。「核子反應器設施管制法」第 29 至 40 條訂有罰則，包含違規罰款、停止作業、限制運轉、甚至判處徒刑等。該法第 11 條亦訂有「核子反應器運轉人員怠忽職守時，原能會得視情節輕重吊扣其執照 3 至 18 個月，情節重大者並得廢止其執照」之規定。對於違反核能管制法規情事之處理，原能會另可依「核子設施違規事項處理作業要點」(參考文獻 6.9)規定，就違規事項之情節輕重與影響程度大小，給予不同等級違規之糾正，並由原能會以行政命令提出。違規等級之劃分，由重而輕依序分為一級違規、二級違規、三級違規、四級違規、及五級違規等五個等級，無安全顧慮且程度未達五級違規之違規事項，則列為注意改進事項。如有違法情事，另依法處理。更多違規處罰資訊，請參閱第 16.7 節。

## 參考文獻(第 6 章)

- 6.1 「核子反應器設施管制法」，原子能委員會，2003 年 1 月公布。
- 6.2 「台灣電力股份有限公司組織系統圖」，台灣電力公司網站：「關於台電」→「組織架構」，2016 年 7 月 10 日上網蒐得。
- 6.3 「台電成立 4 大事業部 明年元月 4 日揭牌」，中央通訊社，2015 年 12 月 29 日電子報。
- 6.4 「台電事業部成立」，中央廣播電台，2016 年 1 月 4 日電子報。
- 6.5 「台灣電力股份有限公司核能發電事業部組織規程」，台灣電力公司，2015 年 12 月 17 日發布。
- 6.6 Maanshan Nuclear Power Station Units 1 & 2, “Final Safety Analysis Report”.
- 6.7 「資訊揭露透明化、六大面向全都露」，台灣電力公司網站：「資訊揭露」，2016 年 7 月 10 日。
- 6.8 「原子能法」，原子能委員會，1968 年 5 月公布，1971 年 12 月修正公布。
- 6.9 「核子設施違規事項處理作業要點」，原子能委員會，1988 年 9 月發布，2008 年 1 月 28 日最新修正發布。

## 第 7 章 安全第一

每一簽約會員必須採取適當措施以確保所有與核能電廠直接業務相關的組織，均須訂定核能安全第一的政策。〈核能安全公約 第 10 條〉

### 7.1 安全第一的政策及要求

#### 7.1.1 核能安全政策

行政院原子能委員會(簡稱原能會)於 1955 年成立，當時主要任務為處理原子能相關之國際事務。1968 年，總統令頒「原子能法」明定設置原子能委員會，原能會遂成為依法設置之行政院下的一級機關。目前原能會之主要任務為負責國內核能電廠、核子設施及輻射作業場所的安全監督。除嚴格執行核能安全管制、輻射防護及環境偵測，妥善規劃放射性廢棄物管理，以確保核能應用安全外，亦積極推動原子能科技在民生應用的研究發展，以增進民生福祉。原能會秉持「安全第一，簡政便民，法規鬆綁」之精神，專注於核能及輻射安全的管制與監督，強化意外事故應變能力，建立核能電廠除役技術，厚植專業人力，並督促台電公司妥善處理放射性廢棄物問題，同時亦匯集民間及學者專家的力量，力求資訊公開透明化，期能讓民眾安心、放心。(參考文獻 7.1)

#### 7.1.2 核能安全承諾

原能會為國內原子能相關事務的管制機關，「安全」一直是原能會首要的職責。為有效地履行此項責任，原能會持續投注最大努力，發展管制法規，改善管制方式，增進專業技術與能力，並推動核能安全文化。而為了贏得民眾的信任，原能會承諾確保最高標準的核能安全與輻射防護。

在核能發電營運方面，台電公司為了增進核能發電安全，於開始推動核能安全文化時即發表「核能營運安全政策聲明」，該聲明 2004 年 8 月 27 日修訂二版的內容如下：(參考文獻 7.2)

“台電遵照原子能法規,並以核能發電機組持續安全運轉作為最重要考量，以提供長期穩定之電力。核能發電營運須避免發生反應器爐心熔毀及防止異常放射性物質外釋,以確保大眾健康與財產之安全。為達此核能發電營運安全之目標，核能安全管理為核能發電營運之第一要務。為建立共識，同心戮力，達成維護核能發電運轉安全，特頒布本公司核能營運安全政策聲明如下：

- (一) 核能發電營運安全是所有核能從業人員的責任，與安全有關工作之執行者、管理者及管制者，人人須對所負任務負責。
- (二) 嚴格遵守核能發電營運相關法規、標準、準則、規範及作業程序書之規定，若為符合規定有實際困難，應事先提出修正或免予遵循之申請，送請權責單位核准，在核准前仍應嚴格遵守規定。
- (三) 推動核能安全文化並建立自我評估及自我管制制度，適當使用稽查、營運指標、趨勢分析及評估日常運作，以發現並解決問題。

(四) 在符合法規及規範之安全要求條件下，應全力防止異常或違規事件之發生。對具潛在危險性測試或檢修，應先執行評估建立防範對策。

(五) 不以符合法規最低要求為滿足，應以追求卓越的安全營運績效為目標。

台電公司為提昇核能發電安全營運績效，全體核能營運同仁必須以積極、負責之態度及高度之使命感、榮譽心，共同努力，塑造優良之核能安全文化，並展現於日常各項作業中，使本公司核能安全營運從優秀邁向卓越。”

### 7.1.3 核能安全文化

台電公司自 1989 年推動核能安全文化迄今，除最初係以國際原子能總署(IAEA)內部之國際核能安全諮詢小組(INSAG)於相關資料所作之定義與闡釋，作為推動核能安全文化之依據外，另於推動過程中亦隨時注意國外核能業界推行安全文化狀況，參考其精神及作法，並考量我國核能電廠之實際狀況，據以制訂各項精進強化核安文化之執行策略、方案具體改善對策。台電公司核能部門培育核能電廠員工安全文化的過程，於 1989~1992 年為學習期：要求各階層主管，研讀有關安全文化理念的報告或刊物；開辦講習班，向員工講授安全文化理念；藉各種集會時機，宣導安全文化；及發行安全文化專欄，宣導安全文化理念。

自 1992 年推動核能電廠員工安全文化的過程可分成「核能安全文化執行方案」、「核能安全文化強化方案」、及「核安文化精進方案」三個階段，各階段作法如下：

#### 7.1.3.1 台電公司核能安全文化執行方案

台電公司之「核能安全文化執行方案」於 1993 年完成訂定，1994 年全面推動，其內容歸類成下列五大原則：

(1) 責任：

- 明確訂定各職位權責,並訂定資訊傳遞系統。
- 人人對所負任務負責。
- 建立良好之作業程序書,並建立遵循作業程序書之具體作法。

(2) 訓練：

- 訓練應 " KNOW HOW" 及 " KNOW WHY" 並重。
- 建立訓練績效評估制度。
- 設置核能技術訓練中心。

(3) 紀律：

- 創造良好工作環境一升遷、訓練、獎懲、溝通及統御。
- 建立評估制度,儘早發現並解決問題。
- 各級主管應重視重覆發生之錯誤。

(4) 管制

- 建立自我管制制度，評估日常運作。
- 適當使用稽查、營運指標、趨勢分析、評估技術以發掘問題。

(5) 執行

- 安全文化自上而下，各級主管應以身作則。
- 各級主管應訂定目標，並追蹤執行成效。

此外，台電公司推動安全文化的措施包括：

- (1) 開辦講習班，向員工講授安全文化理念。
- (2) 「台電核能月刊」設置安全文化專欄，介紹及傳遞國內外核能專業技術及處理核能事故之經驗。
- (3) 宣導最先進的核能安全知識至每一階層，使所有員工認為核能安全是生活之部份。
- (4) 每季持續追蹤核能安全文化的執行狀況，並將稽查結果送交經濟部及原能會。每年接受經濟部實地考察核能安全文化的執行狀況。

#### 7.1.3.2 台電公司核能安全文化強化方案

台電公司之「核能安全文化強化方案」於 1997 年開始推動，其內容包括下列 6 大目標：

- (1) 宣示核能安全承諾，落實核安文化
  - 團體「廠處及各課室」成員共同簽署安全承諾並予框裱懸示。
  - 利用組織性活動及宣導以提升人員的良好表現及核安文化層次。
  - 各級員工應重視安全，加強現場巡視，尤其各級主管應加強現場走動管理。
- (2) 落實「人員作業疏失防範措施」
  - 保守性決策。
  - 潛在性危險評估。
  - 工具箱會議。
  - 自我查証(含指認呼喚)。
  - 遵守程序書。
  - 執行雙重確認。
  - 加強運轉、維護介面連繫。
  - 防範包商、廠家人員作業疏失。
  - 經驗回饋。



- 人員作業疏失肇因分析。
- (3) 遵守程序書
- 推行程序書認養制度,程序書認養人及使用人應確實負起程序書完整、正確之責任。
  - 各級主管應教導員工遵守程序書。
- (4) 提高自我評估能力
- 推動自我評估作業。
  - 積極推動核安專案評鑑工作。
- (5) 提高設備可靠度
- 執行設備趨勢分析及早發現問題。
  - 利用系統討論會全面評估各系統之問題，以防範事件之發生。
  - 依照程序書規定執行肇因分析，徹底改善並追蹤完成。
- (6) 提高訓練績效
- 推動工作人員的資格檢定或證照制度。
  - 改進訓練規劃、提升教學水準。
  - 建立公正而客觀的訓練績效評估制度。

台電公司另於 1998 年訂定核能安全文化 12 項量化指標，包括 6 項結果性及 6 項過程性指標。有關各核能電廠推動「核能安全文化」之成效則由台電核能安全處於每年赴核能電廠執行核安稽查時，由稽查團隊加以評估及提改善建議供各運轉中之核能電廠參考改進，以提升安全文化之推動績效。12 項量化指標及歷年成果請參閱見本報告第 3 章之說明。此外經濟部國營會亦邀請原能會、產業界及學界專家學者組成審查小組，每年到各核能電廠查訪核能安全文化執行狀況，並提出改善建議供各核能電廠參考執行。

#### 7.1.3.3 台電公司核能安全文化精進方案

歷經日本福島核災事故，「核能安全文化精進方案」於 2011 年 6 月定案，研訂過程除參考國外核能業界推行核安文化之作法，亦將因應複合式災變之整備列入考量，全面修訂安全文化量化指標項目，期使透過電廠之落實執行，確保核能電廠安全運轉，保障民眾的健康與安全。「核安文化精進方案」內容歸類成下列四大主軸：

- (1) 管理效能，涵蓋下列四分項：
- 組織目標有效傳達與落實。
  - 精進現場作業管理效能。
  - 管理效能驗證與矯正。
  - 標竿學習。

(2) 包商管理，包含下列六分項：

- 建立考核包商人員工作的成效機制。
- 包商人力工作規定遵循。
- 提昇包商技術能力。
- 加強包商安全文化意識。
- 重視包商經驗回饋。
- 維修時或維修運轉後發生機組跳機或急停。

(3) 風險管理，包含下列四分項：

- 做好大修風險期間管理。
- 做好機組運轉期間風險管理，包含：
  - 重視風險顯著系統之可用性，確保機組運轉安全餘裕。
  - 利用維護整體風險工具(MIRU)進行風險管控，確保日常維護排程符合機組風險管理需求。
  - 執行潛在性跳機檢修作業管控，有效降低維修風險。
- 做好爐心反應度管理工作。
- 做好因應複合式災害之整備。

(4) 人員績效：含括下列四分項：

- 持續推動防範人因疏失訓練。
- 落實防誤工具於工作中之運用。
- 推動員工工後會議。
- 強化「逐步確認、段落查證、綜合類」各類程序書之周延性。

台電公司核能高層主管每季召開之安全文化推動會報，檢討「核安文化精進方案」之執行成果，並提示精進方向，以求持續改善（參考文獻 7.3）。更多有關台電安全文化資訊，請參閱第 3.2.1 和 9.6.1 節。

#### 7.1.4 核能安全管制機關

原子能法是為原子能使用提供法制架構的基本法，其制定目的為「促進原子能科學與技術之發展，資源之開發與和平使用」。該法於 1968 制定公布，全文 34 條，並於 1971 年修正公布第 33 條條文。根據該法第三條之規定，原子能主管機關為原能會。

原能會於 1955 年成立，為依法設置之行政院下的一級機關，設立之初的主要任務為處理原子能相關國際事務及推廣國內原子能之和平應用。近年來原能會之主要

任務已轉為國內核子設施的安全管制、輻射防護、環境偵測、放射性廢棄物處理與處置之管制，及原子能科技在民生應用的研究發展。有關我國核能安全的立法與管制架構請參閱本報告第 4 章，有關原能會的組織與職責請參閱本報告第 5 章之說明。

#### 7.1.4.1 發照

申請興建核能電廠，應檢附初期安全分析報告(PSAR)、環境影響評估(EIA)報告等相關資料，向原能會申請審核同意，發給建廠執照(CL)。建廠工程完成後，欲初次裝填核子燃料進入核子反應器爐心前，須提送核子燃料初次裝填申請書、終期安全分析報告(FSAR)、建廠期間之檢查改善結果報告、系統功能測試報告、運轉程序書清單、燃料裝填計畫及起動測試(startup test)計畫報告等資料，向原能會申請審核同意後，始得裝填核子燃料。

最後，欲運轉核能電廠時，應於規定時間內檢附核子反應器設施運轉執照申請書、環保署審核同意之環境影響評估報告、最新版終期安全分析報告、各功率階段測試結果綜合報告等資料，向原能會申請審核同意，發給運轉執照(OL)後，始得正式運轉。核能電廠運轉時，必須是領有原能會核發之該核能電廠的核子反應器運轉人員執照者，方能操作該電廠之核子反應器。核子反應器運轉人員分為運轉員(reactor operator, 簡稱 RO)和高級運轉員(senior reactor operator, 簡稱 SRO)兩種，均須通過嚴格的測試，包括筆試、電廠現場測驗、和模擬器操作後(參閱第 8.2.1.2.2 節)，方可在主控制室 (MCR) 操作。

核子反應器設施管制法要求業主每 10 年須進行定期安全評估，此規定有別於美國法律與法規(來源國)，但與國際原子能總署及多數核能發電國家的安全標準一致。該 10 年整體安全評估報告包含輻射安全、放射性廢棄物管理、主要電廠修改事項、結構物/系統/組件(SSCs)老化管理、地震再評估、重大事件經驗教訓、及國內與國外經驗與研究結果回饋等章節。原能會已要求台電公司在各核能電廠最近提送或將提送的 10 年整體安全評估報告中，增加特定章節說明"福島事故後全面安全評估與安全強化"。此特定章節涵蓋所有的福島事故後安全重新評估項目，包含水災與海嘯防範的重新評估。定期安全評估的更詳細說明，載於本報告之第 3.2.3.4 和 11.1.2(2)節。

#### 7.1.4.2 視察及強制執行

核能電廠於興建或運轉期間，原能會得隨時派員檢查，並要求電廠經營者檢送有關資料以供審查。為加強執行核能管制、確保核能電廠興建或運轉安全，原能會因此訂定了綿密的電廠興建或運轉期間之核能安全視察計畫，視需要隨時派員至核能電廠現場或其他場所(例如安全相關之重要組件製造工廠)進行視察。原能會對興建中及/或運轉中核能電廠之視察主要可分為下列幾類：駐廠視察、不預警視察、大修視察、專家視察、及團隊視察。因應原能會由於視察發現(inspection findings)而開立之違規與注意改進事項(IN)，強制各核能電廠配合執行改善行動。有關視察之進一步敘述說明載於本報告之第 3.2.3.2 節。

#### 7.1.4.3 核安管制紅綠燈

為使核能電廠運轉安全狀況更透明化，原能會參採美國 NRC「反應器監管方案」

中有關反應器安全領域之肇始事件、救援系統及屏障完整、緊急應變與核子保安等，建構了核安管制紅綠燈，本制度包括績效指標與視察指標二大部份，前者係核能電廠各項安全系統之表現，由電廠每季統計一次，其結果於 2004 年底開始上網公告；後者係原能會視察員至現場視察驗證績效指標之統計結果及安全表現，並將視察發現公佈於網站，該部份亦於 2005 年建構完成。

核安管制紅綠燈制度之主要目的為藉由核能電廠對安全相關系統及設備之表現績效，以綠、白、黃、紅等燈號呈現，綠燈表示無安全顧慮；白燈表示低微安全顧慮；黃燈表示中度安全顧慮；紅燈表示顯著安全顧慮。同時，隨著績效表現之良窳，管制單位亦將調整其管制措施，例如增加視察頻度、加強管制措施等，必要時停止機組運轉。該制度亦可鼓勵核能電廠加強自我管理，提昇核能機組運轉安全，並將管制資源作最有效之運用，確保民眾安全。更多有關資訊請參閱本報告第 3.2.3.3 節。

除了定期安全評估外，台灣早期也發展並使用機率式安全度評估，做為強化核能電廠安全的工具。活態機率式安全度評估應用於台灣核能電廠，包含線上維修、維護法規、風險告知營運期間檢查、風險監視系統，火災防護計畫等等。原能會整合相同的機率式安全度評估模式至反應器監管方案(ROP)，可應用於重要性確立方法(SDP)中之運算程式 PRiSE，方便視察員快速知道其視察發現之安全重要性，俾進行後續必要動作。

## 7.1.5 獨立評估核能電廠安全

### 7.1.5.1 INPO 與 WANO 同業評估

台電公司為了確保核能電廠營運之安全，持續邀請來自不同國際核能專家小組的同業評估(或稱同行審查)(peer reviews)，如(美國)核能發電運轉協會(INPO)與世界核能發電協會(WANO)派遣專家來台進行技術評估、同業評估或技術交流，台電公司根據上述專家之建議進行許多改善工作，核一廠參照 WANO 同業評估的意見執行改善工作的案例如下：

- 建立電廠自我評估功能；
- 改進工作環境，如改進地面通行障礙、迴轉機器增設急停按鈕、規劃清潔用具儲放位置等；
- 加強人為失誤之防範，如遵守程序書、自我評估、指認呼喚等；
- 改進運轉指示，如塗銷手寫資訊、定期檢查控制盤面之指示、於「儀器電氣設備設定點申請表」內增加警報窗設定點是否須修訂之欄位；
- 改進廠務管理，如定期檢查設備清潔狀況、巡查擦拭設備與地面之油漬、檢查閥牌完整性、改善廠房內物品堆放方式等；
- 建立吊重設備管制要求與檢查清單，藉以改善吊重作業之安全；
- 改善備品貯存倉庫之環境，如改良濕度控制及屋頂與牆壁之鏽蝕；
- 改良劣化及不符合要求之設備可用性判斷方法；
- 精進肇因分析技術以避免事故重複發生；
- 改善去污方法以避免污染區擴大；

- 精進化學實驗室管制與化學品儲存方式；
- 加強國外運轉經驗之利用以發展改正行動，避免重大事件重複發生。

核二廠參照 WANO 同業評估的意見執行改善工作的案例如下：

- 將執行作業預期引發之警報加入程序書中，降低對控制室值班人員之干擾，以有效區隔並掌握非預期之警報；
- 對電廠內所有閥牌加以分類，訂定標示方法，以防止操作失誤；
- 於高輻射劑量區標示含高劑量點之輻射偵測圖，並改善管制站前之輻安資訊系統，建構符合合理抑低(ALARA)精神之管制系統；
- 建立「廠房內物件、器材放置管理要點」，並進行全廠區之改善與人員訓練，以避免因儲放位置不當而影響電廠安全性與可靠度。
- 訂定起重吊具之管理要點與檢查表，以確保檢查之正確性，強化吊運安全；
- 建立『工作間/儀器室管理規範』及管理階層定期視察和督導制度，以維持良好之廠務管理；
- 建立下燃料池異物排除管制區並設管制員，以防止異物侵入而造成燃料受損；
- 制定走動管理區域觀察標準，對走動管理區域負責人施以教育訓練，對發現缺失進行趨勢分析及追蹤，實施管理績效評比，以強化走動管理區域負責人之功能。

核三廠則參照 WANO 同業評估的意見執行改善工作的案例如下：

- 建立蒸汽產生器飼水添加乙醇胺(ETA)作業，降低蒸汽產生器銹渣；
- 建立反應度管理政策，明訂反應度管理的理念、責任與要求，以符合核能安全的目標；
- 建立卓越管理報告系統，合併走動管理、虛驚事件、員工提案、設備瑕疵單、工作委託書等提報作業，建立單一問題提報窗口；
- 訂定走動管理之高標準指引及訂定廠區各組認養廠務管理分區及評核辦法；
- 檢視業界可供回饋之經驗來源，按種類性質分配相關組課持續搜尋業界運轉經驗，定期(每月)提列搜尋報告，並就相關個案指派專人研讀後，提報分享全廠同仁；
- 降低人員績效增進系統(HPES)分析案例之門檻，若發生人員行為缺失情形，雖未造成嚴重後果，亦須提報執行 HPES 分析，使每年達到 3 案例以上。

近年來之 INPO 與 WANO 同業評估及技術交流活動(參考文獻 7.4)，簡述如下：

- 2014 年 7 月 28 日至 8 月 1 日，WANO 東京中心 派出 2 位專家，蒞臨林口核能訓練中心進行同業評估。

- 2014 年 8 月 18 日至 28 日，來自 WANO 東京中心的 12 位專家組成團隊，蒞臨台電總公司進行 WANO 同業評估。
- 2014 年 11 月 13 日至 25 日，來自 WANO 東京中心的 25 位專家組成團隊，蒞臨核二廠進行同業評估。
- 2014 年 12 月 1 日至 5 日，來自 WANO 東京中心的 2 位專家，蒞臨核三廠進行技術交流。
- 2015 年 2 月 2 日至 6 日，來自 WANO 東京中心的 5 位專家，蒞臨核二廠進行技術交流。
- 2015 年 3 月 9 日至 13 日，來自 WANO 東京中心的 4 位專家，蒞臨核三廠進行技術交流。
- 2015 年 6 月 11 日至 25 日，來自 WANO 東京中心的 25 位專家，蒞臨核一廠進行同業評估。
- 2015 年 8 月 3 日至 7 日，來自 WANO 東京中心的 2 位專家，蒞臨林口核能訓練中心進行同業評估。
- 2015 年 8 月 31 日至 9 月 4 日，來自 WANO 東京中心的 5 位專家組成團隊，蒞臨台電總公司進行技術交流。

#### 7.1.5.2 獨立同行審查壓力測試報告

在日本福島電廠核子事故發生後，與國際核能管制機關同步地，我國立即啟動國內核能電廠安全防護總體檢方案，審慎檢討評估現有核能機組因應超越安全基準事故之能力、異常天災發生時可能發生設備失效的危險要項、及複合式事故(包含多機組與多廠址事故)效應，以便認定潛在的瀕危效應(cliff edge effects)與相關的安全強化措施。並要求台電公司採行改善或強化措施，以防範及避免類似福島電廠事故在台灣發生。

原能會要求台電公司遵循歐盟執委會核能安全管制者組織（EC/ENSREG）技術規範，執行各核能電廠之壓力測試。歐盟「壓力測試」係以全面、透明的安全及風險評估為基礎，針對所有歐盟境內核能電廠執行的安全審查，評估現有電廠持照基準的安全餘裕是否足以因應未預期的事件，並經由對日本事故的經驗回饋，避免並防範類似福島事件發生。我國壓力測試與國家報告係採取與歐洲核安管制組織一致的標準作法，聚焦於三個主要領域：

- (1) 極端廠外肇始事件，包括地震、水災或其他極端氣候狀況
- (2) 由於喪失電力、喪失最終熱沉、或同時喪失電力及最終熱沉，導致喪失安全系統及功能
- (3) 事故處理

原能會在民國 2011 年 5 月要求台電公司遵循歐盟執委會核能安全管制者組織（EC/ENSREG）技術規範，完成國內各核能電廠之壓力測試及報告。經原能會審查及彙整撰寫成國家報告，並同步向歐盟及經濟合作暨發展組織核能署(簡稱 OECD/NEA)提出邀請，籌組獨立專家小組進行同行審查。於 2013 年 3 月及 9 月，OECD/NEA

及 EC/ENSREG 專家團隊分別蒞臨台灣，為國內核能電廠進行壓力測試國家報告的獨立同行審查。原能會根據壓力測試的結果、獨立同行審查的建議、及其他國家採取對策的洞識。於 2012 年 11 月 5 日、2013 年 6 月 6 日、及 2014 年 3 月 6 日分三個批次發管制命令予台電公司。並追蹤這些管制案的執行，以能應對極端的複合式天然災害。核能署和歐盟審查結果，建議需要改善或強化措施分別簡述如下：

(1) 核能署同行審查建議重點：

- 應執行斷層位移危害分析
- 核能電廠附近區域，需要佈署網絡記錄微震，以瞭解震央之型態是否與假想板塊構造特性有關聯性
- 需要提供地震後和海嘯後兩種程序書之介面
- 需要有系統地評估淹水地區和極端自然事件的組合
- 需要檢查的最大可能降雨量(PMP)與區域地形圖

(2) 歐盟同行審查建議重點：

- 必須針對各廠址進行土石流與坡地塊體崩滑的評估，此評估應考慮地震、豪雨、與二者複合所可能的誘發效應。
- 地震後檢查亦須特別注意低耐震等級的結構物、系統與組件。
- 應發展事故時抑低污染水量的策略，並且評估達成封閉冷卻迴路的可能選項。
- 需要提高沸水式反應器壓力降壓設備的有效性。
- 需要可替代主控制室的額外強固設施，以因應意外事故。
- 需要培訓足夠執行嚴重事故處理指引(SAMG)之人員，以因應複合式災害之發生。
- 需要改善電廠廠區內道路/橋樑及相關基礎設施，備置大型道路清理設備，使發生強震的情況下，確保道路及橋樑仍可通行。

根據壓力測試的結果、其他國家採取對策的洞識、OECD/NEA 及 EC/ENSREG 獨立同行審查的建議，原能會乃針對核能安全強化措施之實施，建立清楚明確的要求，並已具體納入在原能會於 2012 年 11 月 5 日、2013 年 6 月 6 日、及 2014 年 3 月 6 日三個批次發函台電公司的管制案。追蹤這些管制案的執行狀況於表 11.3，更詳盡的壓力測試載於本報告之第 3.4.1、11.3.1 和 11.3.2 節。(參考文獻 7.5 及 7.6)

## 7.2 安全相關之自發性活動與優良作業

在諸多自發性安全活動中，首先值得一提的是「國際核能運轉經驗回饋應用制度」。為了汲取過去的經驗，原能會與台電公司持續蒐集分析國際核能發電運轉與管制資訊，對其中有關異常事件的原因均詳加研究，並檢視國內電廠是否有類似缺點，而若國外有優良作業案例，則在工作同仁間廣為宣導。

2011 年 3 月 11 日日本福島第一核能電廠發生災變後，原能會與台電公司都積極透過網路與國外合作管道蒐集事故相關資料；另外在核能發電安全方面，台電公司

參照原能會要求、世界核能發電協會(WANO)四項建議，以及日本關西、中部與東京電力公司之強化安全措施、日本經產省短期緊急安全對策、日本經產省長期根本安全對策、和歐盟核能電廠壓力測試之內容，成立了「核能電廠耐震評估」、「海嘯總體檢」、及「用過核燃料池冷卻功能評估」等 3 項專案，同時提出 1 項「提前進行 10 年整體安全評估」之中期檢討方案，及下列 12 項短期檢討方案：(參考文獻 7.7)

- 電廠全黑事件檢討；
- 廠內廠外水災事件檢討；
- 用過燃料池完整性及冷卻能力檢討；
- 最終熱沉能力檢討；
- 機組斷然處置程序檢討；
- 一/二號機互相支援方式檢討；
- 複合式災難事件檢討；
- 超過設計基準事故檢討；
- 設施/設備完備性及備品貯備檢討；
- 精進人力/組織運作及強化核能安全文化；
- 事故處理程序與訓練檢討；
- 加強廠區防災演練；

此外，台電公司為了要求各核能電廠互相分享重要的運轉與維護經驗，特別推行一項「運轉經驗」方案，要求國內任何一座電廠所經歷的安全議題均須告知其他友廠，以便分享優良的作業或避免重蹈覆轍。根據「運轉經驗」方案實施後的成果，證明該方案確為改善核能電廠營運績效的良好工具。除了上述的經驗回饋外，還有許多增進核能發電安全的作為，謹說明如下。

### **(1) 核安管制會議**

原能會與台電公司每 6 個月舉行一次核安管制會議，討論的議題包括：近期國外核電相關活動、機件故障與異常事件、安全改善方法、及興建中電廠動態等。此項會議的目的是針對核能安全事件與改善方式尋求管制者與被管制者間之共識。

### **(2) 跳機肇因調查**

國內運轉中的 6 部核能機組均自美國進口，因此所有核能電廠相關之重要事務如設計、採購、運送、貯存、建造、裝機、檢查、測試、運轉、維修、更換燃料、及改善等均仿照美國核管會(NRC)所訂的法規與標準進行管制。若依此管制方式則核能機組大修與更換燃料後之再起動應不須管制單位核准，但為了減少核能機組跳機與強制停機之次數，原能會自 1987 年起決定核能機組大修後必須經其審查核准後才能再起動，此一做法之目的是要確保結構、系統與零組件的維修品質，進而提昇電廠營運績效。

若核能機組發生跳機事件，台電公司必須在事件發生後 2 小時內將跳機造成的



後果及可能的肇因提報原能會，原能會必須確認肇因已澄清及有合於要求的安全評估與改善行動才會准許跳機機組重新起動。若運轉機組欲進行安全相關設備之修改或更換，則台電公司必須在事前備妥修改或更換之原因、程序及安全評估等文件向原能會提出申請，原能會將審核上述文件並全程監督修改或更換相關活動。

### **(3) 電廠異常事件調查**

若核能機組發生異常事件，台電公司必須在事件發生後 30 天內將異常事件的肇因及改善方法提報原能會，原能會除審查相關文件外，並於必要時派遣視察員赴現場查證，同時也將追蹤改善方法之實施成效，直至異常事件的肇因被有效解決為止。

### **(4) 電廠設備故障調查**

若核能電廠中某項設備之故障被確認對安全有顯著影響，台電公司必須將故障的肇因及改善方法提報原能會，原能會將追蹤改善方法之實施成效，直至故障的肇因被有效消除為止。

### **(5) 發展嚴重事故處理指引**

美國三哩島核能電廠發生爐心熔損事故後，國際核能發電工業界進行大規模的嚴重事故研究以瞭解相關現象及發展可以改善預測能力的分析軟體，這些研究的目標是發展一套嚴重事故處理指引(SAMG)，以供運轉員減輕嚴重事故的後果。台電公司在 2003 年底已針對核一、二、三廠建立各廠專屬的 SAMG，其內容包括系統狀態(硬體能力)與電廠控制參數(儀器可用性)之評估、緊急運轉程序書(EOP)與 SAMG 介面之建立、SAMG 正確性之驗證、及運轉員訓練等。根據 SAMG 的要求，各電廠須設置事故處理小組(AMT)，成員包括運轉組經理、機械支援班主任、品質組經理、及核技組經理等，AMT 的職責是為技術支援中心提供事故處理的建議。AMT 的運作是核能電廠年度廠內緊急計畫演習的項目之一。核二廠並建立了「SAMG 運作資訊平台」彙整相關資訊，此平台的優點包括：增加 SAMG 流程圖之閱讀性、凸顯 SAMG 中應變要點、提昇 AMT 各分組討論效率、增加資訊決策之透明度、及增加 SAMG 資料完整性等。2011 年 3 月 11 日日本福島核一廠發生災變後，台電公司正在檢討 SAMG 的內容，期能加強嚴重事故的應變能力。

日本福島第一核能電廠發生災變後，原能會依據美國核管會近期專案小組報告第一階段建議事項 8，要求台電公司強化並整合廠內緊急應變能力相關之緊急運轉程序書(EOPs)、嚴重事故處理指引(SAMGs)及大範圍廠區受損救援指引(EDMGs)，並須納入精進後之「斷然處置程序指引(URG)」與 EOPs、SAMGs 及 EDMGs 整合之考量。

台電公司對運轉人員定期辦理「緊急運轉操作程序(EOP)」與「嚴重事故指引(SAMG)」演練，並透過各種技術交流或研究發展不斷審視更新這些程序與指引；新制定的「斷然處置措施」，則是以減緩並轉化「事故(accident)」為「事件(event)」的概念，全力避免嚴重事故爐心熔毀。更詳盡的發展嚴重事故處理指引資料，請參考本報告之 3.4.2 節。

### **(6) 改善措施方案**

台電公司核三廠根據 WANO 的指引，於 2007 年開始推動「改善措施方案」(CAP)。此方案追查問題之來源涵括各級主管之作業活動監督報告、不符合電廠既定期望與標準的狀況、各種觀察與研討結果、人員的行為表現、改進方法與意見(虛驚事件、員工提案)、工作委託、保安類工作委託、優良事蹟提報、資訊傳遞或例行報告、防範異物入侵措施、機組設備洩漏管理、反應度管理措施、上級管制查核發現(核管案、違規/注改、備忘錄、稽查/視察發現)、廠內發生之各類事件、自我評估與外部評估發現或建議、WANO 同業評估發現或建議、及技術經驗回饋之改正/改善措施等 17 項。所有問題再分為下列 7 類並指定改正負責單位：

- 制度面偏差：程序書、控制文件、辦法。
- 執行面偏差：未落實/未遵守程序、不諳/不熟習程序/辦法。
- 人員績效偏差：如不良習性、不安全行為。
- 設計或製造瑕疵：如設計不佳/不良、製造缺陷/不當。
- 管理偏差：如管理(監督)不當/不足/瑕疵。
- 廠房整潔：未涉及設備功能之異常狀況或廠房清潔、整理/整頓等缺失。
- 其他：如行政管理、生活、福利等問題。

上述問題的重要性依據其對電廠安全與運轉能力的影響程度分為 A、B、C 三級，改正行動的資源再依此三級做適當的分配。此外核三廠也對重要問題進行統計分析並提改善對策，同時對改善成果持續追蹤考核。

台電公司核二廠也於 2007 年 11 月開始施行 CAP，其追查問題之來源與核三廠類似，而核二廠特別於廠內網路針對 CAP 建立一套資料庫與資訊分析系統，協助執行問題提報、趨勢分析及統計評估等工作。

台電公司核一廠於 2008 年 7 月開始建置 CAP 系統，其處理架構與管理平台係仿美國 Hatch 電廠，將廠內稽察發現、自行發現、事件報告等，整合為單一管理機制，統一處理標準。

另台電公司總管理處為整合各電廠之 CAP，於 2009 年開始發展一套統一的 CAP，將現行電廠既有各項問題解決機制，整合為單一系統，有效進行問題發掘、歸類、改正、追蹤、分析與資源整合，以解決現存各項機制中有待強化的肇因分析、共因分析、趨勢分析、改善措施之有效性評估與電廠健康指標等。預計於 2011 年底完成強化核一、二、三廠現有 CAP 系統之趨勢分析及健康指標功能，2012 年底完成核四廠 CAP 系統上線。更多核能電廠 CAP 資訊請參閱第 3.3.7 節。

## (7) 執行維護法規

美國核能管制委員會(NRC)於 1980 年代末期透過視察發現，大部份電廠運轉事件與維護缺失相關，因此於 1991 年發布維護法規(MR)(10CFR 50.65)，以管制維護作業成效，並於 1996 年正式頒布實施；該國核能電廠自維護法規施行後迄今，核能機組安全度及營運績效均有顯著提昇，並一直維持在績優水準(機組容量因素：約 90% 左右)。執行維護法規(MR)的目的在於：(1)監測管制核能電廠維護成效，(2)定期評估維護機制，及(3)評估及管理維護風險；而其主要效益為：(1)自我管理「線上維護」，

(2)申請「執照更新」之基礎，(3)運轉規範允許系統不可用時間及營運期間檢測放寬管制之基礎，及(4)「維護最佳化」提昇機組安全度及營運績效。台電公司為配合推動「執照更新」、「自主管理線上維護」及「維護最佳化」，於 2004 年 8 月決策建制核一、二、三廠維護法規方案。

在維護法規執行成效方面，2011 年核一廠有 170 個系統功能納入 MR 監測範圍，1 及 2 號機各有 2 件系統功能列為 MR(a)(1)管制須採取適當的改正行動；核二廠有 230 個系統功能納入 MR 監測範圍，計有共用機組 1 件、1 號機 4 件及 2 號機 3 件系統功能列為 MR (a)(1)管制。核三廠有 265 個系統功能納入 MR 監測範圍，計有共用機組 1 件、1 號機 2 件，2 號機 1 件系統功能列為 MR (a)(1)管制。另根據 MR(a)(4)維護風險評估及管理之要求，核二廠開發維護整體風險評估工具(MIRU)，建立 13 週排程軟體資料庫，進行預防保養及未來線上維護的工作排程及風險管控。核三廠則於 2007 年即建立 MIRU 工具執行 MR(a)(4)維護風險評估及管理之要求。

## **(8) 改良式運轉技術規範**

核一廠原來使用的運轉技術規範(TS)為顧客型 TS (即 CTS)，核二、三廠使用的為標準型 TS (即 STS)，但這些 TS 內容龐雜，包含太多東西，各個條文訂定的基礎、說明不夠清楚，部分條文規定不盡清楚甚至不盡合理，條文書寫的格式內容不符人因工學，造成運轉人員查閱時的困擾。因此從 2002 年開始，核一、二、三廠陸續改用改良式 TS (即 ITS)。改用 ITS 後之優點包括可提升核能運轉安全，同時促進運轉人員對運轉技術規範的了解，並將消防設備、輻射防護與環境監測作業、減震器、設備列表、氣象儀、水化學等，移出運轉技術規範改由技術手冊或方案管制，消除電廠的行政負擔，並且促進核能電廠的營運績效。各電廠改用 ITS 的詳細日期如下：

- 核一廠由 CTS 改版為 ITS，於 2002 年 2 月開始使用。
- 核二廠由 STS 改版為 ITS，於 2008 年 1 月開始使用。
- 核三廠由 STS 改版為 ITS，於 2004 年 9 月使用。

更多核能電廠 ITS 資訊請參閱第 3.3.4 節。

## **(9) 虛驚事件調查**

虛驚事件(near miss events)係指「幸好未造成災害」或「差一點造成損失」的事件。亦即工作人員從事各項作業或欲執行某項作為之過程中，所發現或遭遇到驚嚇，造成心悸之事件。此種事件調查之目的是藉由工作人員實際經歷過有驚無險之工作經驗，發掘可能之潛在危害因子，並施以必要之軟硬體設備或作業場所或作業方法之改善，進而營造出機組穩定運轉與安全之作業程序及環境。而為了方便改正行動的分工，虛驚事件分為(1)工安，(2)運轉，(3)維護，(4)輻安，(5)核安，(6)交通，(7)作業程序有關，及(8)其他等 8 大類別。事件的提案與獎勵措施包括：

- 工作人員自身之工作中所察覺之虛驚事件，或觀察別人之工作發現可能引發或造成危害之情事者皆可提報。
- 提報人須提報虛驚事件之經過、潛在後果等級及建議採行之改善措施等資料。
- 公司員工之提案，依嚴重性等級分別給予 500 元、1000 元、2000 元之獎金；

承包商則記予 2 分、3 分、5 分之優良點數，列入年度工安考評。

#### **(10) 安裝強震自動急停系統**

「強震自動急停」意即當核能電廠裝設之地震感測儀(seismic sensors)，偵測到大於該電廠之「運轉基準地震」(OBE)設定值之地震時，將立即自動送出「跳脫」(trip)信號給電廠核能機組之反應器保護系統(RPS)，以跳脫反應器 (即：使反應器急停或跳機)，確保強震時機組將處在安全停機之狀態。1999 年 9 月 21 日台灣發生芮氏規模 7.3 級之「集集大地震」(又稱「921 大地震」)後，原能會當即於是年 11 月 4 日發文正式要求台電公司於現已運轉之核一、二、三廠加裝「強震時反應器自動急停系統」，簡稱「強震自動急停系統」(ASTS)。2007 年 11 月，完成了安裝和測試，正式上線使用。更多強震自動急停系統的資訊，請參考本報告之第 3.3.2 節。

#### **(11) 發展斷然處置程序指引**

在福島事故之後，台電公司在每個運轉中電廠已發展並實施個廠「斷然處置程序指引」(URG)，在假設發生類似福島一廠 1 號機至 3 號機類似之情況下避免爐心受損。圖 7.1 為 URG 之流程包括：進入 URG 的條件為發生超過設計基準事故如：強震急停、海嘯警報、喪失反應爐補水能力、喪失所有交流電源；立刻執行準備程序包括：備妥注水水源、反應爐降壓、準備圍阻體連通大氣；經由明快的斷然處置措施決策。執行降壓、注水、排氣的行動，以確保核燃料不致於因失水而融損。URGs 的救援措施分三個階段：第一階段的工作為在 1 小時內恢復或確認爐心冷卻功能；第二階段主要工作是在 8 小時內恢復或確認爐心持續冷卻所需的支援功能；第三階段的工作是在 36 小時內恢復或確認衰變熱長期移除功能，確保反應爐安全。更詳盡的斷然處置程序指引資料，請參考本報告之第 3.4.3.5、15.4(C)(5)和 16.4.3 節。(參考文獻 7.8。)

# 台電公司沸水式核能電廠機組斷然處置程序及通報流程

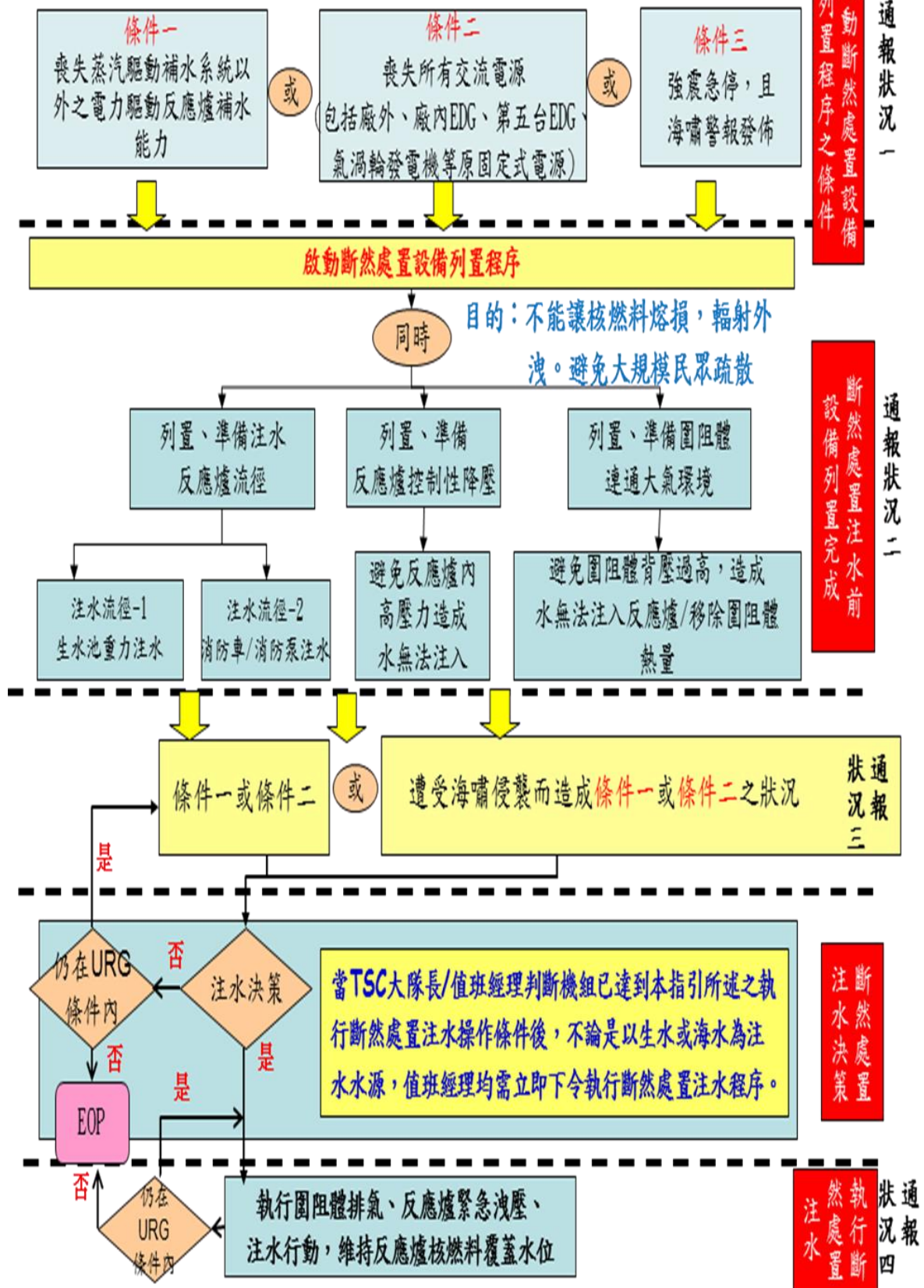


圖 7.1 斷然處置程序指引流程圖

### 7.3 增進核安管制資訊透明化做法

原能會依據我國「政府資訊公開法」、「行政程序法」，並參考其他核能先進國家包括英、美、法等國的經驗，在積極推動核安資訊公開的運作機制、已完成研訂「核能資訊公開作業要點」、「處理民眾申請資訊公開作業程序」、「民眾旁聽會議及參與活動作業要點」據以實施。為消弭民眾的疑慮，原能會力求資訊公開透明，將核安管制資訊公佈於原能會網站，便利民眾取得。增進核安管制資訊透明化做法(參考文獻 7.9)如下：

#### (1) 「公開資訊」到「開放資料」，管制透明化更上一層樓

透過公開資訊－保障民眾「知」的權利，進而推展至開放資料－保障民眾「用」的權利。原能會積極於網站建置「開放資料專區」，方便民眾蒐尋、選用資訊，同時經由政府資料的開放，促使跨機關資料流通，提升政府整體施政效能，滿足民眾及產業界需求，以強化民眾監督政府的力量。

#### (2) 利用多元化服務管道，讓外界瞭解專業管制作為

建置以「即時、就地提供安全防護」為目的之創新「核安即時通」行動裝置應用程式(APP)，為積極回應民眾對應變防護和輻射知識需求，已主動完成 APP 功能改版，民眾可定位得知最近收容所與集結點之位置、認識接待學校及警報聲等資訊，並以圖像淺顯易懂方式讓民眾瞭解一般及醫療游離輻射劑量，提升溝通服務效果。

#### (3) 開放外界參與核能電廠不預警視察

原能會鑒於核能電廠 24 小時皆須有運轉值班人員在主控制室及其他崗位負責機組必要之運轉與監控工作，為惕勵值班人員值勤之警覺性，加強對電廠之安全監督，遂規劃以團隊方式執行不預警夜間視察。此外，原能會持續推動資訊公開與透明化，在進行核能電廠不預警視察時，均規劃安排地方代表人士觀察視察作業，讓民眾更能瞭解核能電廠安全管制的作業。

#### (4) 建置全國環境輻射監測網

原能會建置全國環境輻射監測網，在台灣、金門、馬祖、澎湖及蘭嶼等全國各地建立了 46 個環境輻射監測站(ERM stations)。各站均全天候 24 小時全程自動化監測當地的環境輻射量，並即時將監測結果傳輸至輻射偵測中心，再透過網站公布即時資訊，以達到資訊透明化的目標。原能會網站中，依據核安監督標準，以綠、白、黃、紅的燈號，標示各核能電廠的核安現況，使民眾易於了解核一、二、三廠的營運安全狀況。台電建置「核能資訊透明化系統」網站，充分揭露核能電廠營運及相關資訊，其中包括核能電廠運轉即時資訊、環境輻射監測等現況，達到全民監督核能安全的目的。更多的核能資訊透明化資料，請參閱第 6.1.2 節及 16.10 節。

### 7.4 藉由國際合作增進核安管制技術

原能會已和多個核能先進國家建立實質穩定的互惠交流機制，且增進我國與國際原子能總署有關核子保防業務的溝通，並與歐洲重要國家核能機構間就核能安全

管制、放射性廢棄物管理及核能技術發展議題等進行高層及技術合作交流。自從福島第一核能電廠事故後，世界上所有核電國家一方面除了採取核安強化措施外，另一方面也強調國際合作與資訊分享的必要性。相關國際合作，強化核安經驗交流之具體成果，摘要如下：(參考文獻 7.9)

### **(1) 搭建台日官方核安管制交流新平台，維繫核安管制技術交流能量**

鑑於台日社會大眾對於核能安全的關注日益殷切，雙方核安管制機關在核能安全強化之作法亦互相影響，「台日核安管制資訊交流備忘錄」已於 2014 年 11 月 20 日第 39 屆台日經貿會議中完成簽署，搭建起未來台日間核能管制技術資訊交流的官方橋樑，雙方可以分享在福島事故後，提升核能安全與輻射安全措施的经验。

### **(2) 奠基同行審查合作基礎，台歐擴大核能安全合作範圍**

我國與歐洲國家之核能合作，近年來取得多項進展。我國與歐盟核能合作更加緊密，已就擴大核能管制合作範圍達成初步共識，共同發展核能安全—核子保安—核子保防(3S)之評估導則計畫，將延續我國與歐盟國家核管機關之技術交流。除此之外，EC/ENSREG 的獨立專家小組來台執行壓力測試國家報告同行審查的結論，肯定我國核能電廠壓力測試與歐盟國家作法一致，且相關安全強化措施與壓力測試結果符合歐盟規範。

### **(3) 台美核能合作**

為增進台美原子能應用、管制技術交流，台美雙方業簽署數項原子能相關之合作項目，台美雙方自 1984 年簽訂台美民用合作常設指導委員會協議，並每年召開台美民用核能合作會議檢討及規劃未來合作事項。另為深化我國與美國核能相關機構的技術經驗交流，2010 年原能會和美國核能管制委員會協商簽訂「核能管制與安全技術資訊交流及合作協議」，並於 2011 年元月完成正式簽署，雙方亦依據國際合作公約的精神，進行台美雙邊「核能安全公約國家報告」的互審作業。而就核子事故緊急應變整備國外支援與國際通報部分，原能會復與美國能源部核子安全局協商完成台美間有關「核子與輻射事故應變暨緊急應變管理能力意向聲明書」，為我國核子事故國外通報與支援合作建立了一個重要的交流管道。

### **(4) 落實核安協議，促進兩岸核電安全更保障**

「海峽兩岸核電安全合作協議」(以下簡稱核安協議) 2011 年 10 月 20 日第七次江陳會完成簽署，並於 2012 年 6 月 29 日生效。兩岸透過核安協議建立官方交流管道，平時分享核能電廠安全監督資訊及經驗，提升運轉安全與營運績效，藉合作交流來減少核安事故的發生，防患事故於未然，並建立緊急通報機制，即時掌握相關資訊，事故時可預先採取因應作為，確保民眾安全。

### **(5) 邀請國際核能人士來訪及分享，促進瞭解與技術交流**

台電公司與國際核能機構及組織如：國際原子能總署 (IAEA)、美國核能運轉協會 (INPO) 及世界核能發電協會 (WANO) 等保持密切交流與合作，精進安全管理措施，讓我國核能電廠安全管理與國際接軌，以持續提昇核能電廠安全。有關與國際核能機構及組織技術交流與合作的詳盡資訊，請參閱第 3.3.5 及 7.1.5.1 節。



於 2013 年舉辦 4 場國際論壇，透過論壇專家瞭解福島事故真相及世界各國發展核能相關經驗，增進民眾對核能安全之信心(參考文獻 7.10)。於 2014 年舉辦 3 場國際論壇，邀請國際知名人士，針對核廢料、以及從核燃料看核能永續發展等主題內容。透過論壇專家提供正確訊息，瞭解日本核電再啟動的現狀及美、法兩國核廢料的處理現況，以增進民眾對核能安全及核廢料處理可妥善處理之信心(參考文獻 7.11)。於 2015 及 2016 年亦有舉辦核能相關之國際論壇。

## 參考文獻(第 7 章)

- 7.1 原子能委員會網站，[www.aec.gov.tw](http://www.aec.gov.tw)，「任務與沿革」，2011 年 5 月。
- 7.2 台電公司核能看透了網站，「核能安全文化」，2016 年 8 月。  
[http://wapp4.taipower.com.tw/nsis/4/4\\_2.php?firstid=4&secondid=2&thirdid=1](http://wapp4.taipower.com.tw/nsis/4/4_2.php?firstid=4&secondid=2&thirdid=1)
- 7.3 「台電公司核發處回覆撰稿委員需求資料(編號 A12-2)」，2015 年 7 月 29 日。
- 7.4 「台電公司核發處回覆撰稿委員需求資料(編號 A10-2)」，2015 年 7 月 29 日。
- 7.5 「台灣核能電廠壓力測試之歐盟同行審查報告」(中譯版)，歐盟執委會/歐洲核能安全管制者組織同行審查專家小組，2013 年 12 月。  
[http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index\\_01\\_9\\_3-1\\_04.pdf](http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index_01_9_3-1_04.pdf)
- 7.6 「台灣運轉中核能電廠壓力測試之獨立同行審查報告」”(中譯版)，經濟合作暨發展組織核能署之獨立同行審查專家小組，2013 年 4 月 23 日。  
[http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index\\_01\\_9\\_1-02.pdf](http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index_01_9_1-02.pdf)
- 7.7 「我國核能電廠因應日本福島電廠事故總體檢－核能安全防護近期檢討議題初步安全評估報告」，原子能委員會，2011 年 5 月 13 日。  
[http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index\\_05\\_1.pdf](http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index_05_1.pdf)
- 7.8 康哲誠，「斷然處置安全注水作法與最低流量分析」，台電核能月刊 351 期 p. 71~80，2012 年 3 月。  
[info.taipower.com.tw/TaipowerWeb//upload/files/34/TNM\\_351\\_I7.pdf](http://info.taipower.com.tw/TaipowerWeb//upload/files/34/TNM_351_I7.pdf)
- 7.9 「行政院原子能委員會一〇二年年報，原子能委員會」，2014 年 5 月。  
[http://www.aec.gov.tw/webpage/service/other/files/annual\\_102.pdf](http://www.aec.gov.tw/webpage/service/other/files/annual_102.pdf)
- 7.10 「2014 台灣電力公司永續報告書」，台電公司，2014 年 8 月。  
[http://csr.taipower.com.tw/images/pdf/2014\\_tw.pdf](http://csr.taipower.com.tw/images/pdf/2014_tw.pdf)
- 7.11 「2015 台灣電力公司永續報告書」，台電公司，2015 年 8 月。  
[http://csr.taipower.com.tw/images/pdf/2015\\_tw.pdf](http://csr.taipower.com.tw/images/pdf/2015_tw.pdf)



## 第 8 章 財務與人力資源

1. 每一簽約會員必須採取適當措施以確保擁有足夠的財務資源可供支持每一核能電廠在其整個壽命期中的安全。
2. 每一簽約會員必須採取適當措施以確保擁有足夠的合格人員，這些人員均受過適當的教育、訓練、和再訓練，能夠在每一核能電廠內承擔其整個壽命期中的所有安全相關作業。 <核能安全公約 第 11 條>

### 8.1 財務資源

#### 8.1.1 財務要求

依據「核子反應器設施管制法」(第 5、6 條) (參考文獻 8.1)、「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」(第 3 條) (參考文獻 8.2)、「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」(第 14 條) (參考文獻 8.3)、及「原子能法施行細則」(第 15 條) (參考文獻 8.4) 規定，核能電廠執照申請人除需具備足以勝任電廠經營之技術與管理能力外，還需擁有在核能電廠壽命期限內安全運轉該電廠所需之足夠的財務資源，此為核發建廠執照、運轉執照、或核子燃料執照的必要條件之一。

此外，為確保電廠經營者有能力負起萬一發生核子事故造成民眾生命財產損失時之賠償責任，我國現行「核子損害賠償法」(第 8、18、24 及 25 條) (參考文獻 8.5) 規定：核能電廠執照持有者對於每一核子事故所造成之生命喪失、人體傷害、或財產損失等，不論有無故意或過失，均應負起賠償責任(但如核子事故係直接由於國際武裝衝突、敵對行為、內亂或重大天然災害所造成者，則不在此限)，而賠償責任之最高限額為新台幣 42 億元；持照者並應維持擁有足供履行核子損害賠償責任最高限額之責任保險或財務保證，經原能會核定後，始得運轉核能電廠；核子損害之賠償請求權，自請求權人知有損害及負賠償義務之核子設施經營者時起，3 年間不行使而消滅；自核子事故發生之時起，逾 10 年者亦同。

2011 年 3 月 11 日日本發生福島核子災變後，原能會參考國際趨勢而提出「核子損害賠償法」修正草案，其中將最高限額新台幣 42 億元提高至新台幣 150 億元，生命喪失與人體傷害之賠償請求權由 3 年延長為 10 年，自核子事故發生之時起，由逾 10 年延長為 30 年。此「核子損害賠償法」部分條文修正草案於 2011 年 9 月業經行政院院會審查通過，並於同年 10 月送立法院審議(參考文獻 8.6)。由於政府推動「2025 年前廢除核能發電」新政策，因此在立法院同意下，該修正草案已於 2016 年 7 月撤回 (參看第 4.4.4 及 8.1.5 節)。

#### 8.1.2 執照持有者之財務資源

依據「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」(第 2 條)規定，申請核能電廠建廠執照者的一項必要資格是，其必須為最低資本額新台幣 1,000 億元之依我國公司法設立的股份有限公司，除非已擁有另外核能電廠之運轉執照。

台電公司是政府投資的一家國營企業公司，為國內唯一擁有運轉中核能電廠的公用事業電力公司。2015 年底時台電總資產約有新台幣 19,350 億元(≈ 590 億美元)，

假定匯率為新台幣 32.6 元兌換 1 美元)。對於核能電廠執照持有者而言，擁有足夠供其安全建廠、運轉、除役、和將用過燃料與放射性廢棄物最終處置(final disposal)等所需資金，乃是保護大眾健康和生命與財產安全的必要條件。雖然表面看來，持照者財務狀況和其電廠安全營運似無直接關連，但很明顯地一個有財務壓力的電廠經營者，要對電廠進行改善、改進、升級、和其他安全相關措施的花費，能力就相對地較有限了。因此，「核子反應器設施管制法」要求持照者必須擁有足夠的財務資源。圖 8.1 所示為台電公司過去 5 年(迄 2015 年)之資產。

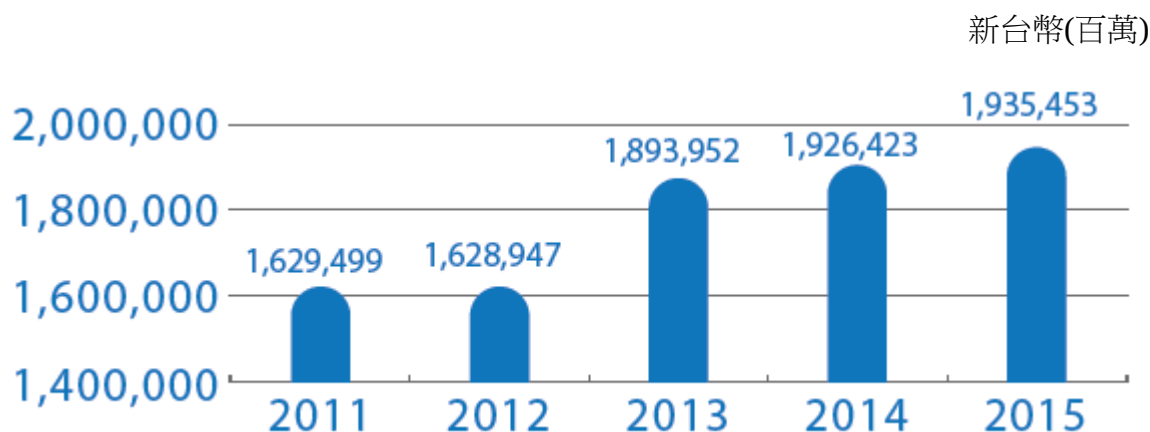


圖 8.1 台電公司總資產(迄 2015 年)

### 8.1.3 增進核能安全之資金支出

為增進各核能電廠之運轉安全性和可靠度，台電公司除規劃提撥資金以進行本身研究發展外，同時建立了一套改善計畫(betterment plan)。在其中長程改善方案下，台電公司對各核能電廠進行提昇安全性和可靠度所需各種設施/設備之更換及/或強化工作。已完成改善或功能提昇之系統/設備例子有：模擬器、飼水控制系統、反應器保護系統、電廠監測系統、汽機轉子、寬幅中子偵測系統(WRNM)、自動電壓調整器(AVR)、加氫水化學(HWC)系統、超音波流量量測系統、緊急循環水系統、用過燃料池燃料格架重新排列(re-racking)、以及強震自動急停系統(ASTS)等。在此等改善計畫中，台電公司已投入可觀資金於各核能機組之系統/設備改善上。此外，對於本報告表 11.3 所列後福島議題的實施，將大大增進台電公司之核能電廠安全。

表 8.1 所示為近年來由於上述改善計畫而提出之各核能電廠的設計變更案(DCR)統計數字。台電公司近年來投入研發之預算如下：2011 年 - 1.65 億新台幣，2012 年 - 3.33 億新台幣，2013 年 - 2.39 億新台幣，2014 年 - 2.95 億新台幣。

另一方面，依據「原子能法」(第 7 條)，我國原子能科學與技術之研究發展，應由原能會籌撥專款，統籌進行。因此原能會於其規劃之中長程核能技術研究發展計畫中，除由所屬核能研究所執行年度核能科技發展計畫外，亦於年度預算中編列經費委託國內學術及研究機構進行委託研究計畫，以增進或建立國內核能安全相關技術及原能會所需之核能管制技術。原能會近年來投入研發之預算如下：2014 年 - 8.47 億新台幣，2015 年 - 8.46 億新台幣，2016 年 - 8.56 億新台幣。

表 8.1 台電公司各核能電廠設計變更案統計數字(2011 ~ 2014)

| 西元   | 核一廠            |      |      | 核二廠            |      |      | 核三廠            |      |      |
|------|----------------|------|------|----------------|------|------|----------------|------|------|
|      | 兩部<br>機組<br>共通 | 1 號機 | 2 號機 | 兩部<br>機組<br>共通 | 1 號機 | 2 號機 | 兩部<br>機組<br>共通 | 1 號機 | 2 號機 |
| 2011 | 12             | 43   | 40   | 33             | 12   | 57   | 19             | 28   | 70   |
| 2012 | 9              | 11   | 46   | 27             | 54   | 11   | 27             | 66   | 64   |
| 2013 | 10             | 37   | 9    | 22             | 45   | 54   | 21             | 58   | 20   |
| 2014 | 8              | 28   | 39   | 22             | 24   | 49   | 22             | 38   | 81   |

#### 8.1.4 除役和放射性廢棄物管理之資金提供

「放射性廢料管理方針」(1988 年 9 月發布, 1997 年 9 月修正發布)[第 9 條第(3)項](參考文獻 8.7)規定放射性廢料管理所需費用, 應建立基金籌措。此基金統稱核能發電後端營運基金, 簡稱後端基金。此處所謂放射性廢料管理, 包含放射性廢料之處理、運送、貯存及最終處置, 也包含放射性廢料處理/貯存設施之除役。台電公司乃依據核能電廠發電裝置容量、預估放射性廢料產量、消費者物價指數(CPI)、和國際經驗等, 估算包含上述放射性廢料管理以及核能電廠除役等核能後端作業(nuclear backend activities)所需全部費用, 並自 1987 年起以由核能電廠產生之電力分攤費用方式籌措基金。頭兩年後端基金籌措費率是每度核電新台幣 0.14 元, 然後慢慢爬升至 1993 年的每度核電新台幣 0.17 元和 1998 年的 0.18 元。

1999 年 2 月, 「核能發電後端營運基金收支保管及運用辦法」(參考文獻 8.8)頒布生效, 此後, 後端基金之營運與籌措即依據該辦法。目前核能發電後端營運基金(簡稱後端基金)之籌措費率是每度核電新台幣 0.17 元或美金  $5.2 \times 10^{-3}$  元(假設匯率為: 新台幣 32.6 元兌換 1.0 美元), 此費率係每年檢討是否調整, 以配合通貨膨脹。截至 2016 年 8 月為止, 後端基金餘額累計已達約新台幣 2,813.8 億元。預估之台電核能後端營運計畫(nuclear backend management programs)總經費, 係每五年或為配合台電核能發電計畫發展狀況、工業技術及政府法規而有需要時再評估一次。以六部核能發電機組每部皆運轉 40 年為設定情況, 估計總核能後端經費約需新台幣 3,353 億元。

依據上述後端基金收支保管及運用辦法, 於經濟部之下設一「核能發電後端營運基金管理會」, 以掌管後端基金之收支、保管及運用之審議等。此管理會置召集人一名, 由經濟部長派員兼任之; 委員 8 至 14 人, 由經濟部就有關機關(構)、團體代表、學者、專家聘兼之。原能會自後端基金成立以來, 即隨時密切注意了解該基金之運作情形。

目前各核能電廠運轉產生之放射性廢棄物的處理與減容、廢棄物處理設施的改善、廠內廢棄物貯存設施的運轉與維護、以及廢棄物的廠內運送等所需費用, 係涵蓋於各電廠之年度維護預算中。

台電總公司另成立有「核能後端營運處」，以負責放射性廢棄物處置及核能電廠除役計畫之規劃與執行，同時兼辦後端基金相關之行政工作。各核能電廠之「廢料處理組」則負責本身電廠產生放射性廢棄物的處理與貯存。

### 8.1.5 核子事故衍生求償之財務保證方案

我國於 1971 年 7 月立法公布「核子損害賠償法」(1997 年 5 月最新修正公布)(參考文獻 8.5)，以規範由於原子能和平用途所產生核子損害之賠償。該法明定「核子事故發生後，其經營者對於所造成之核子損害，應負賠償責任」。所稱核子損害，係指由核子設施(例如核能電廠)內之核子燃料、放射性產物、廢料或運入運出核子設施之核子物料所發生之放射性或放射性併合毒害性、爆炸性或其他危害性，所造成之生命喪失、人體傷害或財產損失。所稱核子事故，則指由同一原因造成核子損害之單一事件或數個同時或先後接續發生之事件。

依現行「核子損害賠償法」(第 11 及 24 條)規定，核能電廠發生核子事故後，其持照者對於所造成之核子損害，應負賠償責任，而對於每一核子事故，所負之賠償責任，其最高限額定為新台幣 42 億元。對於因個人故意行為以致造成核子損害之個人，則持照者擁有求償權(第 22 條)。另外，為確保核能電廠持照者保有足夠負擔賠償責任之財務保證，該法(第 25 條)要求持照者應維持足供履行核子損害賠償責任限額之責任保險(liability insurance)或財務保證，並經原能會核定。

另依現行(1997 年 5 月 14 日修正之)「核子損害賠償法」(第 28 條)規定，核子損害之賠償請求權，自請求權人知有損害及負賠償義務之核子設施經營者時起，3 年間不行使而消滅；自核子事故發生之時起，逾 10 年者亦同。(參看第 13.2.4 節)

福島核子事故後，原能會提出「核子損害賠償法」修正草案，修正要點如下(參考文獻 8.6)：(參看第 4.4.4 及 13.2.4 節)

- 將核子設施經營者之損害賠償責任限額(limit of the total liability claims)，由現行之新台幣 42 億元提高至新台幣 150 億元[約等同於 3 億特別提款權(SDR)]；
- 將生命喪失與人體傷害之賠償請求權由 3 年延長為 10 年，自核子事故發生之時起，由逾 10 年延長為 30 年；
- 將「重大天然災害」所導致之核子災害，排除於核子事故損害賠償免責事由之外。

上述修正草案於 2011 年 9 月 29 日奉行政院核定，2011 年 10 月 4 日送立法院審議，立法院院會決議交「教育及文化委員會」審查。由於政府推動「2025 年前退出核能發電」新政策，因此在立法院同意下，該修正草案已於 2016 年 7 月 27 日撤回。

## 8.2 人力資源

### 8.2.1 人員資格、訓練與再訓練之要求

依據「原子能法」(第 23 條第 4 點、第 26 條第 3 點)(參考文獻 8.9)及其施行細則(第 38 和 39 條)(參考文獻 8.4)規定，核子反應器之運轉應依原能會規定，原能會

得隨時派員檢查之，而操控核子反應器之運轉人員和操作放射性物質與可發生游離輻射設備之人，則須領有原能會核發之有效的對應執照。為更有效且完善地管制國內原子能之和平應用、確保核能安全，於 2000 年代初期，原能會陸續制定了經立法院通過並由總統府頒布之「核子反應器設施管制法」(參考文獻 8.1)、「游離輻射防護法」(參考文獻 8.10)和「放射性物料管理法」(參考文獻 8.11)，並由原能會制定發布對應之施行細則及配合之各項管制法規。

「核子反應器設施管制法」(第 5、6、及 11 條)及其配合之管制法規「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」(第 3 條) (參考文獻 8.12)、「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」(第 14 條) (參考文獻 8.13)和「核子反應器運轉人員執照管理辦法」(第 2~6、9~14 條及附件二、附件三、附件四) (參考文獻 8.14)規定，核能電廠建廠申請人必須事先獲得原能會同意並核發建廠執照，方能開始進行主體工程之建造；核能電廠建廠完成後，必須事先獲得原能會同意並核發運轉執照，方能開始正式運轉；而核能電廠運轉時，對於會直接影響核子反應器功率或反應度(reactivity)之裝置的操作，必須由合格之核子反應器運轉人員為之，對於會間接影響核子反應器功率或反應度之裝置的操作，則必須有反應器運轉人員之許可。換言之，必須是領有原能會核發之核能電廠核子反應器運轉人員執照者，方能操作該核能電廠之核子反應器。

所謂核子反應器運轉人員，是指由核能電廠經營者(即台電公司)報請原能會測驗及格並通過見習後，由原能會核發而持有核子反應器運轉人員執照者。核子反應器運轉人員分反應器運轉員(RO)和反應器高級運轉員(SRO)兩種。核子反應器運轉人員資格要求如「核子反應器運轉人員執照管理辦法」第 4 條和附件二所規定。

另依「游離輻射防護法」(第 7、14、29~31 條) (參考文獻 8.10)、「輻射防護人員管理辦法」(第 2 條) (參考文獻 8.15)、「放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法」(第 4、11~14、19、26、30 條) (參考文獻 8.16)、及「高強度輻射設施種類及運轉人員管理辦法」(第 3 條) (參考文獻 8.17)規定：

- 設施經營者應依其輻射作業之規模及性質，依主管機關之規定，設輻射防護管理組織或置輻射防護人員，實施輻射防護作業。
- 輻射防護人員分輻射防護師與輻射防護員兩級。
- 欲從事或參與輻射作業，須年滿 18 歲。(但基於教學或工作訓練需要，於符合特別限制情形下，得使 16 歲以上未滿 18 歲者參與輻射作業。)
- 放射性物質、可發生游離輻射設備或輻射作業，應依原能會之指定，申請許可(證)或登記備查。經指定應申請「許可」或「許可證」者，應向原能會申請審查，經許可或發給許可證後，始得進行輻射作業。同樣地，經指定應申請「登記備查」或「登記」者，應報請原能會同意登記後，始得進行輻射作業。
- 使用上述須申請「登記備查」者以外之放射性物質或可發生游離輻射設備，應向原能會申請「使用許可證」。另外，放射性物質或可發生游離輻射設備之輸入、輸出或轉讓，以及放射性物質之過境或轉口，亦應申請許可。
- 操作放射性物質或可發生游離輻射設備 (例如一般醫療診斷用 X-光機)

之人員，應領有「輻射安全證書」(certificate of radiation safety) (有效期限為 6 年)。但領有輻射相關執業執照經原能會認可者，或基於教學需要且在合格人員指導下從事操作訓練者，不在此限。而操作一定活度以下之放射性物質或一定能量以下之可發生游離輻射設備人員，則可以訓練代替輻射安全證書。

- 放射性物質生產設施之運轉，應由領有輻射作業「運轉人員證書」(operator license)之合格人員負責操作。運轉人員證書有效期間為 6 年。此處所謂放射性物質生產設施，係指利用電磁場、原子核反應等方法，生產放射性物質之設施，例如加速器。
- 領有「輻射安全證書」之人員，在接受設施運轉訓練和運轉操作實務訓練後，得檢附相關證明文件，經由設施經營者向原能會申請測驗，測驗及格者，由原能會核發「運轉人員證書」。

依據「放射性物料管理法」(第 27 條)及「放射性廢棄物處理設施運轉人員資格管理辦法」(第 2 ~ 8 條) (參考文獻 8.11 及 8.18)規定，放射性廢棄物處理設施之操作，應由領有原能會核發之「放射性廢棄物處理設施運轉人員認可證書」者為之。放射性廢棄物處理設施運轉人員分為運轉員和高級運轉員兩種，其認可證書有效期間為 6 年。

#### 8.2.1.1 核能管制單位管制人員之訓練要求

面對日益增長的核能管制挑戰，原能會對其工作人員(staff)提供了一有系統的訓練方案，以保持及強化其員工的先進(up-to-date)專業能力。例如，擬任核能電廠駐廠視察員的新進人員，必須先接受 12 或 24 星期有關 BWR 或 PWR 技術的課程訓練及模擬器訓練並及格。然後，還需再接受更進一步的技術訓練。此外，並經常以在職訓練方式選送一些工作同仁至國外核能管制或研究機構見習。

另一方面，原能會為強化視察人員專業素質，提高視察品質，自 2005 年 5 月起陸續訂定並實施各類視察人員之資格檢定作業程序。視察人員共分為核能電廠視察人員、輻射防護視察人員、核子保安與緊急應變視察人員、及放射性物料管理視察人員等 4 類，每類視察人員皆分成視察員及資深視察員二級，其證書有效期限均為 6 年。

以下謹介紹原能會對各類視察人員之資格要求。

##### 8.2.1.1.1 核能電廠視察人員

2005 年 5 月，原能會訂定並開始實施「核能電廠視察人員分級作業程序」(參考文獻 8.19)，以建立視察人員制度，同時加強對視察人員之訓練。其涵蓋範圍包含運轉中及建造中核能電廠之視察人員以及核能電廠運轉人員執照測驗之主試員(或稱考官)。依此「作業程序」，核能電廠視察人員分為兩級：視察員和資深視察員，主試員則不分級。視察員(inspector)、資深視察員(senior inspector)和主試員(RO/SRO examiner)需具備之資格條件(2015 年修訂)分別為：

##### (1) 視察員

- 大專理工科系畢業或同等學歷；
- 核能電廠視察員基礎課程受訓(6 天，每天以 6 小時計)並及格；
- PWR、BWR、或 ABWR 核能電廠系統技術課程受訓[至少 2 週，每週以 30 小時計，不包含模擬器(simulator)訓練及現場熟悉訓練]並及格；及
- 完成視察員級之自行研讀及在職訓練規定項目並通過(即獲得證明文件)。

## (2) 資深視察員

- 擔任核能電廠視察員 6 年以上；
- 人際關係與有效溝通講習受訓(9 小時)；
- 視察員進階訓練課程受訓(4 天)並及格；
- 品質保證課程受訓(6 天)並及格；
- 安全度評估(PRA)實務應用課程受訓(3 天)並及格；
- PWR、BWR、或 ABWR 核能電廠系統技術課程受訓(至少 4 週)並及格；
- PWR、BWR、或 ABWR 核能電廠模擬器訓練及現場熟悉訓練(至少 2 週)並及格；及
- 完成資深視察員級之自行研讀及在職訓練規定項目並獲得證明文件。

視察員或資深視察員候選人經審查或升級評鑑成績合格並奉核准後，由原能會發給視察員或資深視察員證書(有效期限 6 年)。視察人員獲得證書後，每兩年至少須再累積 30 小時有關電廠系統、設計修改(DCR)、模擬器、核安管制紅綠燈、異常事件等之再訓練課程，方得於證書期滿前 3 個月申請換證。

## (3) 主試員

- 現任資深視察員或具備資深視察員資格；及
- 曾受主試員專業訓練(specialist training)並及格。

### 8.2.1.1.2 輻射防護視察人員

2006 年 7 月，原能會進一步訂定並開始實施「輻射防護視察人員資格檢定作業程序」(參考文獻 8.20)，以強化輻防管制作為，提昇視察人員專業知識。輻射防護視察人員亦分為視察員和資深視察員兩級，其資格條件分別如下：

#### (1) 視察員

##### ● 基本條件

在原能會各業務處或附屬機關(包含核能研究所、放射性物料管理局、和輻射偵測中心)任職 1 年以上。

##### ● 必要條件

接受過下列課程訓練：

- 輻射防護基礎課程訓練(如參考文獻 8.20 之附件一)達 108 小時以上，且經筆試測驗合格；
- 輻射防護管制實務訓練(如參考文獻 8.20 之附件二)達 60 小時以上，且經直屬主管簽核、輻射防護處複核認定；
- 研讀完成依規定應自行研讀資料(如參考文獻 8.20 之附件三)，且經直屬主管簽核、輻射防護處複核認定；及
- 完成輻射防護處 2 個見習科別之輻射防護視察員見習課程(如參考文獻 8.20 之附件四)，且經直屬主管簽核認定，曾任職其他業務處或附屬機關半年以上者，視為已完成 1 個見習科別之輻射防護視察員見習課程。

## (2) 資深視察員

須具備下列資格之一：

- 擔任視察員 4 年(含)以上，且期間接受過輻射防護視察員在職專業訓練 64 小時以上，並完成應自行研讀資料(如參考文獻 8.20 之附件三)，由直屬主管簽核、輻射防護處複核認定，再經升級評鑑成績合格者；
- 取得輻射防護員認可證書 2 年以上，並擔任輻射防護視察員 2 年(含)以上，且完成應自行研讀資料(如參考文獻 8.20 之附件三)，由直屬主管簽核、輻射防護處複核認定，再經升級評鑑成績合格者；
- 取得輻射防護師認可證書 1 年以上，並擔任輻射防護視察員 1 年(含)以上，且完成應自行研讀資料(如參考文獻 8.20 之附件三)，由直屬主管簽核、輻射防護處複核認定，再經升級評鑑成績合格者；或
- 在「輻射防護視察人員資格檢定作業程序」施行前已取得輻射防護師認可證書 1 年以上，或輻射防護員認可證書 2 年以上，並曾任職輻射防護處任何 2 科(含)以上合計達 2 年以上，或曾任職輻射偵測中心、核能研究所，實際從事輻射防護視察業務 2 年以上，且完成應自行研讀資料(如參考文獻 8.20 之附件三)，由直屬主管簽核、輻射防護處複核認定，再經升級評鑑成績合格者。

### 8.2.1.1.3 核子保安與緊急應變視察人員

2008 年 4 月 16 日原能會完成修訂「核子保安與緊急應變視察人員資格檢定作業程序」(參考文獻 8.21)並核准實施，以提升人員對核子保安與緊急應變之專業知能，強化視察品質及管制成效。核子保安與緊急應變視察人員分為視察員及資深視察員二級，其資格條件分別如下：

#### (1) 視察員

- 基本條件
  - 大專理工科系畢業或同等學歷；
  - 任職原能會各業務處或所屬機關 2 年(含)以上。
- 必要條件



接受過下列之課程訓練：

- － 共同課程：內容如參考文獻 8.21 之附表一，主要包含基礎課程、核能電廠系統技術課程、輻射防護課程，受訓達 120 小時以上，並經取得結業證書或證明文件。
- － 專業課程：內容如參考文獻 8.21 之附表二，受訓達達 30 小時以上，並經取得結業證書或證明文件。

## (2) 資深視察員

擔任視察員 4 年(含)以上，且完成自行研讀資料(內容如參考文獻 8.21 之附表三)，經升級評鑑成績合格者。

### 8.2.1.1.4 放射性物料管理視察人員

2008 年 5 月 16 日原能會頒定「放射性物料管理視察人員資格檢定作業程序」(參考文獻 8.22) 並開始實施，以強化放射性物料管制作為，提升視察人員專業知識。依規定放射性物料管理視察人員分為視察員及資深視察員二級，其資格條件分別如下：

#### (1) 視察員

- 基本條件

任職放射性物料管理局(簡稱物管局)、原能會業務處或附屬機關 1 年以上。

- 必要條件

須完成以下之課程訓練：

- － 放射性物料管理視察員法規訓練課程(如參考文獻 8.22 附件一)達 60 點以上(訓練每小時折算 1 點)，並經實施筆試，成績合格。
- － 完成以下放射性物料管理視察員專業知識訓練，經直屬主管簽核認定後再送物管局複核認可：
  - (1) 技術訓練課程(如參考文獻 8.22 附件二)達 30 點以上(訓練每小時折算 1 點)；
  - (2) 完成應自行研讀資料(如參考文獻 8.22 附件三)10 點以上(研讀每小時折算 1 點)。
- － 完成放射性物料管理視察員實務歷練課程(如參考文獻 8.22 附件四)達 30 點以上(訓練每小時折算 1 點)，經直屬主管簽核認定後再送物管局複核認可。

#### (2) 資深視察員

須具備下列資格之一：

- － 曾任視察員 6 年(含)以上，且期間受過放射性物料管理視察員進階技術訓練(如參考文獻 8.22 附件五)30 點以上(訓練每小時折算 1 點)，並完成應自行研讀資料(如參考文獻 8.22 附件三)20 點以上(研讀每小時折算 1 點)，由直屬主管簽核認定後再送物管局複核，經升級評鑑成績合格者；

- 任職或曾任職物管局(處)，從事放射性物料管理視察業務 6 年以上，且期間受過放射性物料管理視察員進階技術訓練(如參考文獻 8.22 附件五)30 點以上(訓練每小時折算 1 點)，並完成應自行研讀資料(如參考文獻 8.22 附件三)20 點以上(研讀每小時折算 1 點)，由直屬主管簽核認定後再送物管局複核，經升級評鑑成績合格者；
- 任職原能會業務處及附屬機關，從事放射性物料管理視察業務 10 年以上，且期間受過放射性物料管理視察員進階技術訓練(如參考文獻 8.22 附件五)30 點以上(訓練每小時折算 1 點)，並完成應自行研讀資料(如參考文獻 8.22 附件三)20 點以上(研讀每小時折算 1 點)，由直屬主管簽核認定後再送物管局複核，經升級評鑑成績合格者；或
- 任職原能會業務處或附屬機關，且曾從事放射性物料管理實務 20 年以上。且期間受過放射性物料管理視察員進階技術訓練(如參考文獻 8.22 附件五)30 點以上(訓練每小時折算 1 點)，並完成應自行研讀資料(如參考文獻 8.22 附件三)20 點以上(研讀每小時折算 1 點)，由直屬主管簽核認定後再送物管局複核，經升級評鑑成績合格者。

#### 8.2.1.2 核子反應器運轉人員之法規要求

##### 8.2.1.2.1 值班反應器運轉人員之人數要求

依據「核子反應器運轉人員執照管理辦法」(第 3 條及附件一) (參考文獻 8.14) 規定，擁有兩部同型核能機組之核能電廠 (例如我國 4 座核能電廠之任何 1 座)，運轉時其在主控制室執勤之運轉人員的最低人數要求如下：

##### (1) 擁有兩部機組但只有單一主控制室者 (如核二廠)

- 沒有機組運轉時：高級運轉員(SRO) 1 人，運轉員(RO) 2 人(每部機組各 1 人)；
- 一部機組運轉時：高級運轉員 2 人，運轉員 3 人；
- 兩部機組運轉時：高級運轉員 2 人，運轉員 3 人。

核二廠配合做法為：

- 沒有機組運轉時：值班經理(SM) 1 人，運轉員 2 人(每部機組各 1 人)；
- 一部機組運轉時：值班經理 1 人，值班主任(SL) 1 人，運轉員 3 人；
- 兩部機組運轉時：值班經理 1 人，值班主任 2 人(每部機組各 1 人)，運轉員 4 人(每部機組各 2 人)。

其中值班經理(督導管理兩部機組之運轉)和值班主任(負責一部機組之運轉)，如本報告第 6.1.1 節所述，均須持有核子反應器高級運轉員執照。

##### (2) 擁有兩部機組且有兩個主控制室者 (如核一及三廠)

- 沒有機組運轉時：高級運轉員 1 人，運轉員 2 人(每部機組各 1 人)；
- 一部機組運轉時：高級運轉員 2 人，運轉員 3 人；

- 兩部機組運轉時：高級運轉員 3 人，運轉員 4 人。

核一及三廠配合做法為(參看 FSAR 第 13.1.2.3 節)：

- 沒有機組運轉時：值班經理 1 人，運轉員 2 人(每部機組各 1 人)；
- 一部機組運轉時：值班經理 1 人，值班主任 1 人，運轉員 3 人；
- 兩部機組運轉時：值班經理 1 人，值班主任 2 人(每部機組各 1 人)，運轉員 4 人(每部機組各 2 人)。

如第 6.1.1 節所述，值班經理和值班主任均須擁有有效的高級運轉員執照。

#### 8.2.1.2.2 核子反應器運轉人員之資格要求

核子反應器運轉人員係指由核子反應器設施經營者報請原能會測驗及格並通過見習後，由原能會核發運轉人員執照之人員。依據「核子反應器運轉人員執照管理辦法」(第 4、5、9 條及附件二)規定，原能會對核能電廠核子反應器運轉人員之測驗，係分為兩個階段進行，第一階段測驗及格者，方能報考第二階段測驗；第二階段測驗成績及格，經見習擬任職務三個月以上且成績及格者，方得由經營者於規定期限內，報請原能會核發反應器運轉人員執照。

第一階段測驗為基本原理筆試(written test)，筆試內容範圍包含組件、反應器原理、及熱力學。第二階段測驗分個廠特性筆試和運轉操作測驗兩部分，前者筆試內容範圍包含緊急及異常狀況操作、電廠系統、運轉作業、設備控制、輻射控制、緊急應變程序、及緊急應變計畫，後者測驗科目則有模擬器個人操作、模擬器團體操作、及廠房現場口試(oral, plant walk-through examination)。應試人員依其報考反應器高級運轉員或反應器運轉員執照類別，分別接受各該類別之個廠特性筆試。

以下謹就報考原能會舉辦之運轉人員第一或第二階段測驗者應具備資格，分別加以敘述介紹。

##### (1) 核能電廠反應器運轉人員第一階段測驗應試資格

報考原能會核能電廠反應器運轉人員第一階段測驗者，須具備高級中等學校或同等學校畢業之學歷，或具有同等學力。

##### (2) 核能電廠反應器運轉人員第二階段測驗應試資格

第二階段測驗分 RO 和 SRO 兩種，其應試資格則分別又各分為二及三類。

##### (A) 反應器運轉員

##### (A.1) 直接報考者

- 學歷要求：
  - － 高級中等學校或同等學校畢業之學歷，或具有同等學力。
- 經驗要求：

- 兩年以上電廠工作經驗，其中應有一年為核能電廠工作經驗。
- 在其欲申請執照之核能電廠應有六個月的工作經驗，其中應有三個月之運轉值班經驗（興建中核能電廠之三個月運轉值班經驗得以同類型核能電廠為之）。
- 訓練要求：
  - 運轉訓練一年以上，其中應有三個月模擬器操作訓練（含運轉人員訓練班半年以上，並由執照持有者內部檢定考試及格）。
  - 完成「核子反應器運轉人員執照管理辦法」（參考文獻 8.14 之附件三）所規定之運轉人員測驗訓練課程，時數在 300 小時以上。
- 健康狀況：
  - 接受符合「核子反應器運轉人員健康檢查實施辦法」（參考文獻 8.23）規定資格醫療機構就規定檢查項目進行之健康檢查 (physical examination) 並合格，獲有該醫療機構核發之健康檢查合格證明書。
- 第一階段測驗及格證明：
  - 報考日期前，二年內同類型核子反應器運轉人員第一階段測驗及格，但報考時持有同類型核子反應器運轉人員執照者可不受二年之時間限制。

#### (A.2) 擬由同類型核子反應器運轉員轉任之報考者

- 經歷要求：
  - 曾持有原能會核發之同類型核能電廠反應器運轉員執照，且實際從事運轉操作職務達二年以上。
- 訓練要求：
  - 已完成機組差異訓練。
- 健康狀況：
  - 接受符合「核子反應器運轉人員健康檢查實施辦法」規定資格醫療機構就規定檢查項目進行之健康檢查並合格，獲有該醫療機構核發之健康檢查合格證明書。
- 第一階段測驗及格證明：
  - 同類型核子反應器運轉人員第一階段測驗及格。

#### (B) 反應器高級運轉員

##### (B.1) 直接報考者

- 學歷要求：
  - 大專以上或同等學校畢業之學歷，或具有同等學力。
- 經驗要求：

- 二年以上核能電廠核子反應器工作經驗。
- 在所欲申請執照之核能電廠核子反應器應有六個月的工作經驗，其中應有三個月之運轉值班經驗（興建中核能電廠核子反應器之三個月運轉值班經驗得以同類型核能電廠核子反應器為之）。
- 訓練要求：
  - 運轉訓練一年以上，其中應有三個月模擬器操作訓練。(含運轉人員訓練班半年以上，並經經營者內部檢定考試及格)
  - 完成「核子反應器運轉人員執照管理辦法」(參考文獻 8.14 附件三)所規定的運轉人員測驗訓練課程，時數在 300 小時以上。
- 健康狀況：
  - 接受符合「核子反應器運轉人員健康檢查實施辦法」規定資格醫療機構就規定檢查項目進行之健康檢查並合格，獲有該醫療機構核發之健康檢查合格證明書。
- 第一階段測驗及格證明：
  - 報考日期前，二年內同類型核子反應器運轉人員第一階段測驗及格，但報考時持有同類型核子反應器運轉人員執照者可不受二年之時間限制。
- 未持有同一核子反應器運轉員執照直接報考高級運轉員執照測驗者，應接受反應器高級運轉員及反應器運轉員之個廠特性筆試。

#### (B.2) 擬由反應器運轉員升任之報考者

- 經歷要求：
  - 持有原能會所核發同一核能電廠反應器運轉員執照，且具有二年以上實際操作經驗者。
- 健康狀況：
  - 接受符合「核子反應器運轉人員健康檢查實施辦法」規定資格醫療機構就規定檢查項目進行之健康檢查並合格，獲有該醫療機構核發之健康檢查合格證明書。
- 第一階段測驗及格證明：
  - 同類型核子反應器運轉人員第一階段測驗及格。

#### (B.3) 擬由同類型核子反應器高級運轉員轉任之報考者

- 經歷要求：
  - 曾持有原能會所核發同類型核能電廠反應器高級運轉員執照，且實際從事運轉操作職務達二年以上。
- 訓練要求：
  - 已完成機組差異訓練。

- 健康狀況：
  - － 接受符合「核子反應器運轉人員健康檢查實施辦法」規定資格醫療機構就規定檢查項目進行之健康檢查並合格，獲有該醫療機構核發之健康檢查合格證明書。
- 第一階段測驗及格證明：
  - － 同類型核子反應器運轉人員第一階段測驗及格。

只有在核能電廠核子反應器運轉員或高級運轉員執照申請者成功地通過相關的第一和第二階段測驗以及隨後的至少三個月在職訓練後，原能會才會核發反應器運轉員或反應器高級運轉員執照。

### 8.2.1.3 輻射防護人員之法規要求

依據「輻射防護人員管理辦法」第 2 及 6 條規定(參考文獻 8.15)，輻射防護人員(radiation protection personnel)分為輻射防護員(radiation protectors)和輻射防護師(senior radiation protectors)兩級，其認可證書有效期限為 6 年。該辦法第 3 條規定，欲申請輻射防護員認可證書，申請人須至少具備下列資格之一：

- 國內公立或立案之私立大學校院或符合教育部採認規定之國外大學校院以上理、工、醫、農科系畢業，曾修習 6 學分以上之輻射防護相關課程持有學分證明，或接受 108 小時以上之輻射防護人員專業訓練持有結業證書，經員級專業測驗及格後，再接受 3 個月以上輻射防護工作訓練者。
- 國內公立或立案之私立專科或符合教育部採認規定之國外專科以上理、工、醫、農科系畢業，曾修習 6 學分以上之輻射防護相關課程持有學分證明，或接受 108 小時以上之輻射防護人員專業訓練持有結業證書，經員級專業測驗及格後，再接受 6 個月以上輻射防護工作訓練者。
- 國內公立或立案之私立高中(職)或符合教育部採認規定之國外高中(職)畢業，曾接受 108 小時以上之輻射防護人員專業訓練持有結業證書，經員級專業測驗及格後，再接受 9 個月以上輻射防護工作訓練者。

欲申請輻射防護師認可證書者，則須至少具備下列資格之一(參考文獻 8.15，第 3 條)：

- 國內公立或立案之私立大學校院或符合教育部採認規定之國外大學校院理、工、醫、農科系以上畢業，曾修習 8 學分以上之輻射防護相關課程持有學分證明，或接受輻射防護人員專業及進階訓練達 144 小時以上持有結業證書，經師級專業測驗及格後，再接受 3 個月以上輻射防護工作訓練者。
- 國內公立或立案之私立專科或符合教育部採認規定之國外專科理、工、醫、農科系以上畢業，曾修習 8 學分以上之輻射防護相關課程持有學分證明，或接受輻射防護人員專業及進階訓練達 144 小時以上持有結業證書，經師級專業測驗及格後，再接受 6 個月以上輻射防護工作訓練者。
- 具有輻射防護員資格，曾修習 8 學分以上之輻射防護相關課程持有學分證明，或接受輻射防護人員專業及進階訓練達 144 小時以上持有結業證書，

經師級專業測驗及格者。

- 具有輻射防護員資格期間，修習 2 學分以上之輻射防護相關課程持有學分證明，或接受 36 小時以上之輻射防護人員進階訓練持有結業證書，經師級專業測驗及格者。
- 經下列之一考試及格後，再接受 3 個月以上輻射防護工作在職訓練(on-the-job training)者：
  - － 公務人員薦任以上升官等考試原子能職系考試。
  - － 公務人員高等考試或相當等級之特種考試原子能、保健物理、核子工程、公職輻射安全技術師、輻射安全類科考試。

#### 8.2.1.4 放射性廢棄物操作人員之法規要求

依據「放射性廢棄物處理設施運轉人員資格管理辦法」第 2 條規定(參考文獻 8.18)，放射性廢棄物處理設施(以下簡稱處理設施)運轉人員，分為運轉員和高級運轉員兩級。該辦法第 3 條規定，欲申請運轉員認可證書，申請人須符合下列條件：

- 高中(職)以上學校畢業或同等學力；
- 運轉員訓練及格；和
- 主管機關測驗及格。

欲申請高級運轉員認可證書者，則須符合下列條件：

- 專科以上學校畢業或同等學力，或具有運轉員資格三年以上
- 高級運轉員訓練及格；和
- 主管機關測驗及格。

#### 8.2.1.5 持照者對其員工之訓練與再訓練計畫

依「核子反應器設施管制法」(2003 年 01 月 15 日公布)第 11 條規定，核能電廠之運轉，必須是領有原能會核發之各該核能電廠之「反應器運轉人員執照」者，方能操作其核子反應器。而依「游離輻射防護法」(2002 年 01 月 30 日公布)第 7 及 31 條規定，從事輻射作業之設施經營者，應視其輻射作業規模與性質，依規定設輻射防護管理組織或置「輻射防護人員」；操作放射性物質或可發生游離輻射設備之人員，應領有「輻射安全證書」。另依「放射性物料管理法」(2002 年 12 月 25 日公布)第 27 條規定，放射性廢棄物處理設施，應由合格運轉人員負責操作。

因此，一座核能電廠至少需有具備下列核能相關證照之員工：

- － 反應器高級運轉員(SRO)執照；
- － 反應器運轉員(RO)執照；
- － 輻射防護人員認可證書；
- － 輻射安全證書(radiation safety certificate)；
- － 放射性廢棄物處理設施高級運轉員認可證書；及

- － 放射性廢棄物處理設施運轉員認可證書。

表 8.2 所示為 2015 年 8 月底時台電公司各核能電廠擁有上述證照員工之統計人數，總計 600 人。

表 8.2 台電公司各核能電廠持有核能相關證照者統計數字(2015 年 8 月底)

| 執照或證書種類                 | 持有執照或證書人數 |     |     |
|-------------------------|-----------|-----|-----|
|                         | 核一廠       | 核二廠 | 核三廠 |
| 反應器高級運轉員(SRO)           | 27        | 30  | 30  |
| 反應器運轉員(RO)              | 18        | 24  | 24  |
| 輻射防護人員                  | 34        | 39  | 31  |
| 輻射安全證書                  | 72        | 71  | 68  |
| 放射性廢棄物處理設施運轉員<br>認可證書   | 10        | 16  | 7   |
| 放射性廢棄物處理設施高級運轉員<br>認可證書 | 35        | 30  | 34  |
| 各廠小計                    | 196       | 210 | 194 |
| 總 計                     | 600       |     |     |

依前面第 8.2.1.2.2、8.2.1.3 及 8.2.1.4 節所述，欲申請前述證照者須接受台電公司之相關訓練並及格。而依相關法規規定，證照持有者仍須定期接受台電公司對其之再訓練。

以下謹以核子反應器運轉人員為例，說明台電公司對此等員工之訓練與再訓練方案。

#### 8.2.1.5.1 反應器運轉人員訓練

遵照「核子反應器運轉人員執照管理辦法」(2004 年 03 月 31 日公布，2009 年 12 月 30 日修正)第 5 條及附件三規定，台電公司對其擬報考核子反應器運轉人員測驗員工之訓練課程範圍，應包含：

##### (1) 課堂講解

課堂講解分為兩部分，包含：

##### (A) 動力用核子反應器基本理論，內容涵蓋：

- － 核子反應器運轉原理；
- － 核子反應器設計特徵；



- 動力用核子反應器運轉特性；
- 暫態分析相關之爐心分析基本理論(熱傳導、熱力學與流體力學)；
- 核子反應器儀器與控制；
- 輻射安全與控制；及
- 核能相關法規。

(B) 動力用核子反應器系統，內容涵蓋：

- 動力用核子反應器儀器與控制系統；
- 安全與緊急及消防系統；
- 一次及二次側機械系統；
- 電氣系統；
- 電廠輔助及支援系統；
- 燃料吊卸系統(fuel handling systems)；
- 廢料處理系統；及
- 整體之電廠運轉與事故暫態反應。

(2) 模擬器操作，包含：

- 正常與緊急運轉程序；
- 運轉暫態；
- 事故研判與分析；
- 機組正常、異常、與緊急情況之操作；及
- 運轉值班交接。

(3) 現場見習(plant observation) [或現場巡視(plant walkdown)]，包含：

- 各廠房主要設備組件之設計與配置；
- 設備之功能及運轉特性；
- 設備組件故障排除方法及特殊運轉程序操作；
- 輻射安全防護；
- 主控制室盤面熟悉及操作；
- 反應器運轉員(RO)及反應器高級運轉員(SRO)職責；
- 燃料營運(fuel management)及管制；
- 遙控停機操作；及
- 行政管理程序。

#### 8.2.1.5.2 持照反應器運轉人員再訓練

遵照「核子反應器運轉人員執照管理辦法」(2009 年 12 月 30 日修正)第 10 條規定，台電公司應依附件四要求之訓練內容及時數分配，提出其核子反應器運轉人員再訓練方案，報請原能會核准。依附件四規定，反應器運轉人員再訓練課程內容應包含：

##### (1) 課堂講解

課堂講解每年合計須達 90 小時以上，分為固定課程與可調整課程兩部分。

##### (A) 固定課程

固定課程每年至少須 60 小時以上，且不得挪移。課程包括下列範圍，名稱可不必完全相同，但須於 2 年內全部完成：

##### (A1) 基本項目，包含

- － 核子反應器運轉原理；
- － 熱傳導、熱力學與流體力學；
- － 設施設計特性；
- － 動力用核子反應器運轉特性；
- － 包括設備及儀器故障之預期反應；
- － 動力用核子反應器儀器與控制系統；
- － 保護系統；
- － 特殊安全設施(ESFs)；
- － 輻射防護；
- － 化學控制；
- － 燃料吊卸操作；
- － 爐心設計參數及限制；及
- － 暫態與事故之分析及控制(包含事故處理、指揮監督技巧訓練、領導與團隊溝通、及診斷處理)。

##### (A2) 運轉熟練項目，包含：

- － 工業界及廠內運轉經驗；
- － 正常、異常、與緊急操作程序書；
- － 設備重要安全功能監測；
- － 防止與減緩爐心熔毀；
- － 等等。

##### (B) 可調整課程

可調整課程與固定課程每年合計須達 90 小時以上。可調整課程內容以運轉相關課程為準，運轉經驗回饋等。

## (2) 模擬器與現場操作

模擬器操作再訓練每年須有 30 小時以上，課程範圍如下，但細項可由各電廠依實際需要自行規劃：

### (A) 正常電廠運轉演練，包含：

- 核子反應器起動；
- 核子反應器加溫加壓；
- 正常停機；
- 手動控制蒸汽產生器水位 (針對壓水式反應器)；
- 飼水控制手動與自動間切換之操作；
- 低壓噴灑系統可用性測試 (針對沸水式反應器)；
- 等等。

### (B) 核能蒸汽供應系統異常之演練，包含：

- 核子反應器急停；
- 安全有關設施不當動作；
- 安全有關設施動作失效；
- 喪失儀用空氣；
- 爐水淨化系統隔離 (針對沸水式反應器)；
- 喪失保護系統控道；
- 燃料破裂與核子反應器冷卻水或廢氣放射性偏高；
- 再循環泵單台或全部跳脫 (針對沸水式反應器)；
- 核子反應器冷卻水泵跳脫 (針對壓水式反應器)；
- 噴射泵(jet pumps)故障 (針對沸水式反應器)；
- 主控制室撤離；
- 等等。

### (C) 電廠其他系統異常之演練，包含：

- 喪失冷凝器真空；
- 汽輪發電機跳脫；
- 冷凝水泵或系統故障；
- 發電機定子冷卻故障；

- 喪失輔助冷卻水；
- 電力或控制電源喪失或電壓降低；
- 等等。

(D) 影響重要安全功能之緊急事件，包含：

- 影響壓力邊界完整性之事件；
- 影響反應度控制之事件；
- 影響爐心冷卻水或餘熱移除能力之事件；及
- 影響圍阻體完整控制之事件。

### 8.2.1.5.3 持照反應器運轉人員再鑑定

如上一小節(第 8.2.1.5.2 節)所述，台電公司必須依據「核子反應器運轉人員執照管理辦法」附件四規定之訓練內容及時數分配，提出其核子反應器運轉人員再訓練方案，報請原能會核准。而台電公司所有反應器運轉人員，均須依此方案接受再訓練，並於再訓練後通過台電公司年度再鑑定測驗(re-qualification test)(包含筆試和口試)，方能合法地繼續操作反應器。

另外，依據「核子反應器運轉人員執照管理辦法」第 13、14 及 15 條規定，對於在核子反應器運轉期間有下列情事之一的運轉人員，原能會亦得要求其接受原能會之再鑑定測驗，並於測驗日 1 個月前將受測名單通知台電公司：

- 運轉操作績效不佳；
- 運轉人員再訓練成效及品質不佳；或
- 運轉人員於執照有效期間內有操作疏失。

原能會再鑑定測驗內容分為筆試和運轉操作測驗，必要時並得進行現場口試。被要求接受再鑑定測驗之運轉人員，若測驗成績不及格，台電公司應停止其運轉操作工作，並得依規定申請補考，補考最多可兩次。

### 8.2.1.5.4 無證照電廠技術人員訓練

無證照電廠人員主要包含：

- 電廠系統/設備之放射性廢棄物控制與處理系統/設備、開關場(switchyard)、泵浦機房(pump house)、氣渦輪發電機等無需證照的輪值運轉人員；
- 各類維修與工程支援之工程人員；及
- 各類維修與工程支援之技術人員。

對於無證照技術人員將實施初始和持續的訓練方案，以確保其能勝任工作需求。此訓練方案係採用系統化訓練策略(SAT)方法。SAT 為一種以績效為基準的(performance-based)方法，包含的要素有：分析、設計、發展、實施、和評估。以下

謹進一步敘述對無證照技術人員之訓練。

### (1) 初始訓練

初始訓練或稱職前訓練(pre-job training)，是用來幫助受訓者建立或加強其從事被指派之工作時所需要的技能(skill)、知識(knowledge)、和能力(ability)。初始訓練將因受訓者職前背景不同而互有差異。依據個人職前受過的教育、經歷、和訓練，有些人可能可以免去一些特定訓練。

### (2) 持續訓練

持續訓練是用來幫助受訓者保持和加強其對電廠的熟練精通。此等訓練方案將包含下列各主題：

- － 電廠系統和組件的重大改變；
- － 適用的程序書修改；
- － 適用的業界運轉經驗；
- － 經過挑選的基本知識(重點放在核能安全所需之知識與技能)；及
- － 用來矯正現任職務上運作問題所需之其他訓練。

### (3) BWR/PWR/ABWR 系統技術訓練

依據所工作電廠核子反應器型式之不同，所有無證照電廠工程人員和技術人員還需再接受 BWR(核一、二廠)、PWR(核三廠)、或 ABWR(龍門廠)之動力反應器系統技術訓練。

#### 8.2.1.5.5 台電公司一般員工與承包商員工之訓練

核能電廠內所有員工以及台電公司承包商(contractors)進入電廠工作之人員，都必須依照其工作任務而接受下列領域之訓練：

- － 電廠與廠內設施之一般描述；
- － 工作相關的政策、程序書、和工作說明；
- － 輻射防護與安全方案；
- － 電廠緊急應變計畫；
- － 業界安全方案；
- － 消防計畫；及
- － 保安計畫(security program)。

#### 8.2.1.5.6 電廠模擬器訓練中心

台電公司之每一座核能電廠，均設置有一個供訓練反應器運轉人員用的「模擬器訓練中心」。每個訓練中心均配置有一部全尺寸(full-scope)模擬器和幾台小尺寸(small-scale)之實體模型(mock-ups)，以提供反應器運轉人員熟練如何操控反應器之實

習機會。模擬器係用來模擬核能電廠主控制室(MCR)，並提供符合運轉人員訓練要求和美國國家標準協會/美國核能學會模擬器規範(ANSI/ANS-3.5: “Nuclear Power Plant Simulators for Use in Operator Training and Examination”)要求的操作環境。

模擬器能模擬核能機組運轉時之各種正常、不正常及緊急狀態，主要用來支援：

- 主控制室盤面之複製；
- 運轉人員之在職訓練；
- 反應器運轉員(和反應器高級運轉員)之執照訓練；
- 原能會對反應器運轉員(和反應器高級運轉員)之執照測驗；及
- 反應器運轉員(和反應器高級運轉員)之再訓練。

#### 8.2.1.5.7 台電訓練所

台電公司於其人力資源處之下設有台電訓練所。台電訓練所所本部位於新北市新店區龜山雙溪口(地址：新北市新店區新烏路 3 段 81 號)，下設 3 個訓練中心，包含林口核能訓練中心、高雄訓練中心、和谷關訓練中心。所本部及三中心分別依其訓練特性，建置有完善之訓練環境與軟、硬體設施，以培訓台電營運所需之各種技術與管理人才。目前訓練主要針對電業經營、專業人員暨主管人員等，另亦辦理電力工程相關職類之技能檢定，是台電公司培育電業經營管理與專業技術人才(包含核能技術人才)的搖籃。該所於 1999 年 5 月通過 ISO-9002 認證，復於 2002 年 5 月通過 ISO-9001 2000 年版之認證，以提高其教育訓練之服務品質。

台電訓練所所本部及三訓練中心之主要功能如下：

- 所本部 — 以管理發展類及專業性在職訓練為主，並統籌規劃該訓練所及各訓練中心訓練有關事宜；
- 林口核能訓練中心 — 以核能電廠及火力電廠維護技術訓練為主，並規劃辦理電廠維修技術及技能檢定；
- 高雄訓練中心 — 以養成班及技能類在職訓練為主，並設有輸、配、變電實習場，可供辦理技能檢定；
- 谷關訓練中心 — 以一般在職訓練及水力電廠各類技術訓練為主。

1998 年林口核能訓練中心建置了一座大型的「核能維護訓練設施」，配備了核能電廠相關各種大型設備與設施之實體模型，例如用過燃料池、燃料更換設施、反應器冷卻水泵等，以加強培育核能電廠維修所需技術人才。

### 8.2.2 持照者人力資源

#### 8.2.2.1 台電公司人力

如第 6.1.1 節(圖 6.1 和 6.2)所述，台電公司內設有許多管理、運轉和營業(business)的處室及四座核能電廠，其中 3 座運轉中，1 座處於封存狀態。2015 年 9 月中旬時，台電公司員工總數共有 27,059 名，其中 2,794 名工作於核能部門，包含核一廠 573 名、核二廠 669 名、核三廠 598 名和核四廠 478 名。位在台電總公司之核能相關部

門，核能發電處員工約有 193 名，核能安全處約 99 名，核能技術處約 94 名，核能後端營運處則約 85 名。三座運轉中核能電廠擁有反應器運轉人員執照之員工數，如表 8.2 所示，分別為：核一廠 45 名、核二廠 54 名和核三廠 54 名。(參考文獻 8.24)

#### 8.2.2.2 緊急時承包商可提供人力支援

承包商員工若欲合格地在核能電廠內工作，就必須要擁有相關設備的維修證照(maintenance certificate)，通過身體健康檢查，並事先接受過至少 3 小時的保全(security)、工安(industry safety)、輻防、緊急計畫、環保、廢棄物管理、品保等課程之訓練。

台電公司核能電廠的機械、電氣、儀控、和修復(repair)等維修小組，經常地會請承包商派遣其合格技術人員，參與經常性的電廠維修工作或暫時性的緊急修護工作。當有核子事故發生，且運轉支援中心(OSC)人力不夠應付此緊急狀況時，承包商的技術人員將受邀進入電廠協助解決問題。

除了上述經常性的運轉維修承包商(O&M contractors)外，如有需要，尚有包含反應器廠商(美國奇異公司和西屋公司)、工程顧問公司(A/E consultants) [例如泰興公司(Pacific Engineers & Constructors, Ltd.)、美國貝泰集團(Bechtel Group)、益鼎公司(E&C Engineering Corp.)、Ebasco 服務企業公司(Ebasco Services, Inc.)] 和國際核能機構 [例如美國核能發電運轉協會(INPO)、世界核能發電協會(WANO)] 等其他組織，可提供對嚴重事故處理(SAM)的技術支援。

#### 8.2.2.3 處理嚴重事故時廠內外可提供人力支援

如第 13.1.1.3 節所述，核子事故依據其可能衝擊的嚴重程度可分成三類(參考文獻 8.25)：

- (1) 緊急戒備事故(alert event)、
- (2) 廠區緊急事故(SAEA)和
- (3) 全面緊急事故(GEA)。

當發生廠區緊急事故或全面緊急事故時，所有廠內緊急應變組織(emergency organizations)將立刻動員(mobilized)起來，且所有緊急運轉中心(emergency operation centers)將立刻設立並運作，以進行電廠搶救任務。緊急運轉中心包含有技術支援中心(TSC)、運轉支援中心(OSC)、保健物理中心(HPC)、和緊急應變民眾資訊中心(EPIC)。

如若事故惡化而電廠本身無法處理時，要處理嚴重事故則廠外支援就有需要了。台電公司之每一座核能電廠，均可有來自下列單位之廠外人力支援：

- 鄰近的核能電廠；
- 台電總公司；
- 陸軍化學兵輻射除污單位；
- 地方政府(Local governments)；

- 承包商；
- 等等。

### 8.2.3 其他人力資源

除了台電公司本身擁有的人力資源外，國內支援核能電廠運轉安全的人力資源以及培育核能專業人才的來源，尚可來自研究機構(例如核能研究所)、學術單位(例如國立清華大學核工相關系所和其他公私立大學開設之核工學程)、以及核工業界(例如益鼎工程股份有限公司、泰興工程顧問股份有限公司)。

核能研究所在協助確保核能電廠運轉安全上，扮演了一個很重要的技術支援人才庫。2014 年底，核研所共有 764 名正式員工，超過 300 名外聘技術人員(contractured technical employees)，和超過 200 名研發替代役(RDSS)人員。

國立清華大學(簡稱清大)為國內培育核子工程人才之主要學術機構，設有原子科學院(簡稱原科院)，下設「工程與系統科學系」(簡稱工科系)、「核子工程與科學研究所」(簡稱核工所)、「生醫工程與環境科學系」、及「原子科學院學士班」。

除了國立清華大學外，國立高雄應用科技大學於 2012 至 2014 年度開設了核能相關課程，包含「核工與核能技術導論」(Introduction to Nuclear Engineering and Energy Technology)和「原子能與環境」(Atomic Energy and the Environment)，而私立義守大學亦於 2014 年度開設了「核工導論」(Introduction to Nuclear Engineering)課程，此皆提供國內培育核能人才之另外管道。另外，非營利事業財團法人—核能科技協進會(NuSTA)也不定期應需要對社會大眾提供核能基本知識或對核能從業人員提供進一步核能科技專業訓練課程。

## 參考文獻(第 8 章)

- 8.1 「核子反應器設施管制法」，原子能委員會，2003 年 1 月公布。
- 8.2 「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」，原子能委員會，2004 年 4 月發布。
- 8.3 「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」，原子能委員會，2004 年 10 月發布，2005 年 11 月修正發布。
- 8.4 「原子能法施行細則」，原子能委員會，1976 年 12 月發布，1996 年 1 月最新修正發布。
- 8.5 「核子損害賠償法」，原子能委員會，1971 年 7 月公布，1997 年 5 月最新修正公布。
- 8.6 對「核子損害賠償法部分條文修正草案」暨「核子事故緊急應變法第十三條條文修正草案」相關事項之報告，原子能委員會，2012年4月19日。
- 8.7 「放射性廢料管理方針」，原子能委員會，1988 年 9 月發布，1997 年 9 月修正發布。
- 8.8 「核能發電後端營運基金收支保管及運用辦法」，經濟部，1999 年 2 月發布，2006 年 11 月最新修訂發布。
- 8.9 「原子能法」，原子能委員會，1968 年 5 月公布，1971 年 12 月修正公布。



- 8.10 「游離輻射防護法」，原子能委員會，2002 年 1 月公布。
- 8.11 「放射性物料管理法」，原子能委員會，2002 年 12 月公布。
- 8.12 「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」，原子能委員會，2004 年 4 月發布。
- 8.13 「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」，原子能委員會，2004 年 10 月發布，2005 年 11 月修正發布。
- 8.14 「核子反應器運轉人員執照管理辦法」，原子能委員會，2004 年 3 月發布，2009 年 12 月最新修正發布。
- 8.15 「輻射防護人員管理辦法」，原子能委員會，2002 年 12 月 11 日發布，2011 年 8 月 31 日最新修正發布。
- 8.16 「放射性物質與可發生游離輻射設備及其輻射作業管理辦法」，原子能委員會，2003 年 1 月發布，2009 年 9 月最新修正發布。
- 8.17 「高強度輻射設施種類及運轉人員管理辦法」，原子能委員會，2003 年 1 月發布，2011 年 1 月修正發布。
- 8.18 「放射性廢棄物處理設施運轉人員資格管理辦法」，原子能委員會，2009 年 4 月發布。
- 8.19 「核能電廠視察人員分級作業程序」，原子能委員會，NRD-PCD-006，2005 年 5 月核定，2008 年 4 月第三次修訂。
- 8.20 「輻射防護視察人員資格檢定作業程序」，原子能委員會，2007 年 7 月。
- 8.21 「核子保安與緊急應變視察人員資格檢定作業程序」，原子能委員會，2008 年 4 月 16 日修訂版。
- 8.22 「放射性物料管理視察人員資格檢定作業程序」，原子能委員會，2008 年 5 月 16 日。
- 8.23 「核子反應器運轉人員健康檢查實施辦法」，原子能委員會，2004 年 9 月發布。
- 8.24 台電公司人資處 2015 年 10 月 01 日回覆待蒐資訊 A11-10：  
Please update (or revise) the data (or information) in the following statements up to the year as recent as possible, if available:
- The TPC is composed of more than 20 departments of general management, operations and business. Up to mid-August 2009, the total number of employees in the TPC was about 26,800 and, among these, 2,650 were working in the nuclear sectors including the construction and operation of the nuclear power plants.”
- 8.25 「核子事故分類」，原子能委員會網站，2016 年 5 月 13 日更新。

## 第 9 章 人為因素

每一簽約會員必須採取適當措施以確保在核能電廠之整個壽命期中，均會將人員行為表現的能力與限制納入考量。〈核能安全公約 第 12 條〉

### 9.1 核能安全的人為因素及管理體系

美國三哩島、前蘇聯車諾比及日本福島核能電廠發生嚴重事故，部份肇因是人為失誤，突顯人員行為對確保核能電廠安全的重要性。人為因素通常是指機械系統和其操作人員之間的介面，研究人為因素的目標是排除影響人員績效的不利因素，盡量降低潛在的人為失誤。而人員績效取決於其能力、限制、態度，及業主提供教導和培訓的品質。

為了預防人為失誤，導致核能電廠於整個壽命週期內(包括：設計、試運轉、運轉、維護、監控、修改、除役和拆除之各階段)發生異常事件，政府建立聯結原子能委員會、台電總處、及核能電廠之核能電廠安全管理體系如圖 9.1 所示。該組織體系之分工為原子能委員會設置：核子設施安全諮詢會議、核能管制會議、駐廠視察、專業及團隊視察；台電總處設置：規劃、稽查評核、分析評估、管制、審查及技術支援；核能電廠設置：電廠運轉審查委員會、品質自我管制制度、安全文化推動及獎懲制度。經由核能安全管理體系嚴格的安全與品質把關，強化核能電廠相關工作人員的績效，以確保核能電廠安全。(參考文獻 9.1)

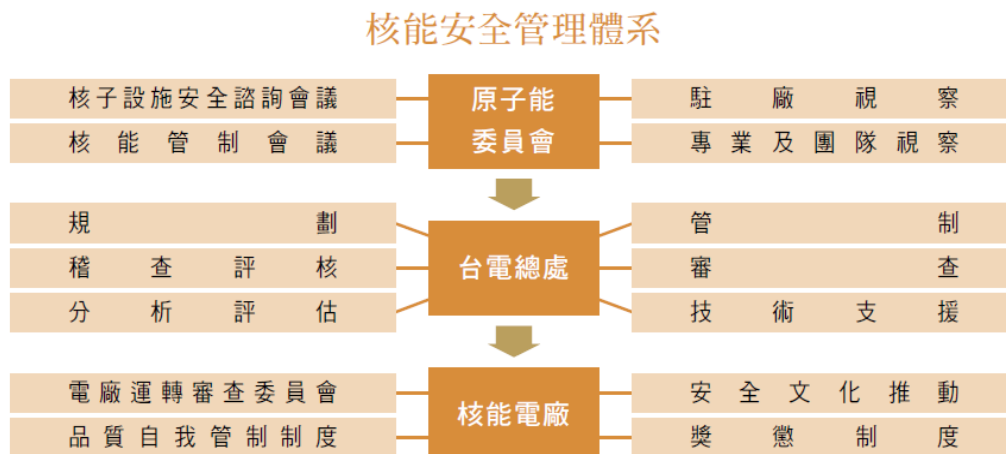


圖 9.1 核能安全管理體系

### 9.2 核能電廠設計時考量的人為因素及後續改善

原能會要求核四廠在設計時就須考慮人為因素與人機介面，以預防人為失誤導致異常事件發生。核四廠在建廠階段，原能會檢驗了控制室與其他介面相關設計，是否符合初期安全分析報告(PSAR)第 18 章人因工學(HFE)－人機介面設計需依據“人因工學方案審查模式”(NUREG-0711, 1994 年初版)。原能會並要求，在終期安全分析報告(FSAR)中，評估“人因工學方案審查模式”之初版與其第二版(2004)之差異

性。更多的人因工學資料，請參閱第 9.3(8)及 15.3 節。

台電為了減少反應器運轉員誤判與誤動作事件的發生率，持續執行短期與長期運轉員訓練方案。接受運轉訓練的學員必須先在課堂學習核子設施基本知識，再到電廠模擬器（國內各核能電廠均有專屬的模擬器）練習運轉技巧。學員若能通過上述訓練的考試則可成為反應器運轉員候選人，並可開始值班及在高級反應器運轉員的指導下進行在職訓練。反應器運轉員候選人若能通過原能會舉辦的運轉員筆試與運轉測試，即可獲得反應器運轉員執照並可正式操作反應器。持有執照的運轉員還須接受定期的再訓練，以維持處理反應器正常與異常狀況的能力。

台電公司將核二廠及核三廠之反應器運轉員值班組織從早期的 5 個班增加為 6 個班，6 班值班人員中有 3 班輪流執行每班 8 小時的運轉工作，1 班接受再訓練，1 班執行安全相關系統評估與測試等例行工作，1 班休假。希望可藉減輕工作負擔以減少人為失誤的發生，同時兼顧教育與訓練之需求。

### 9.3 預防、偵測及改正人為失誤做法

國內核能單位預防、偵測及改正人為失誤做法如下：(參考文獻 9.2)

- (1) 為了維持維修品質，台電公司設置一個維修訓練中心，以供電廠維修人員與包商做定期維修訓練。維修人員依其知能與技術之不同進行分級訓練，訓練內容包括基本理論、模型訓練、在職訓練及經驗回饋研討會等。
- (2) 借鏡國際核能電廠運轉經驗，其來源包括：奇異公司服務資訊函(GESIL)、西屋公司技術公報(WTB)、沸水式反應器業主組織 (BWROG)、西屋公司業主組織(WOG)、美國核能發電運轉協會(INPO)、世界核能發電協會(WANO)、美國核能管制委員會(NRC)及台電公司本身之異常事件報告(RER)等。上述資訊經過篩選評估後之結論將透過運轉經驗回饋系統送交適用的電廠參用，而電廠接獲適用的經驗資訊後，即參考評估結果將防範方法納入程序書、訓練課程及設備中。INPO 與 WANO 的資訊文件，如重大運轉經驗報告(SOER)與重大事件報告(SER)為學習國際運轉經驗的重要文件，其中的肇因分析、相關改正行動與建議等特別有價值，可供電廠運轉員參考使用，以預防類似事件之發生。
- (3) 為了減少人為失誤(或稱人因失誤)，台電公司「核能安全文化強化方案」中訂定了 10 種預防人為失誤的方法：
  - 雙重確認
  - 潛在性危險評估
  - 工具箱會議
  - 自我查證
  - 遵守程序書
  - 保守性決策
  - 強化運轉人員與維修人員間之協調
  - 減少廠商與包商之人為失誤

- 經驗回饋與訓練
- 人為失誤事件之肇因分析

這些預防方法形成了「預防人為失誤的 10 種屏障」(如圖 9.2 所示)，其中運轉經驗回饋被視為是預防同類事件重複發生的很好方法。

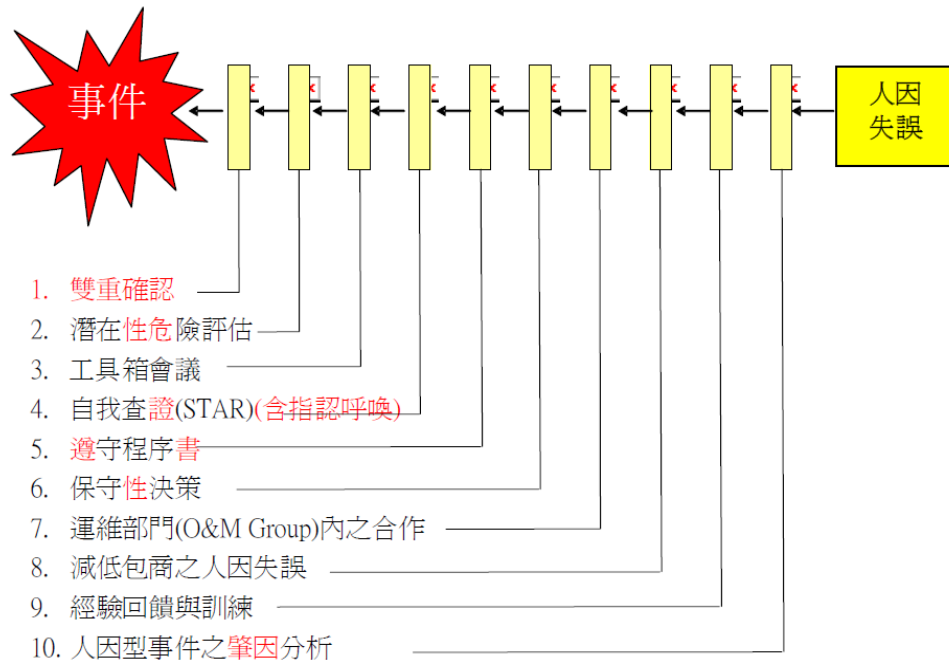


圖 9.2 預防人為失誤的屏障

- (4) 除了備有協助運轉員處理設計基準事故的「緊急運轉程序書」(EOP)外，台電公司各核能電廠於 2003 年均針對超過設計基準的嚴重事故建立了「嚴重事故處理指引」(SAMG)，協助運轉員處理嚴重事故，同時也發展一套嚴重事故模擬程式，以供訓練使用。原能會則透過緊急計畫演習來稽查相關訓練的績效。日本福島核一廠發生災變後，台電公司積極透過網路與國外合作管道蒐集事故相關資料，在核電安全方面成立了核能電廠耐震評估、海嘯總體檢、及用過核燃料池冷卻功能評估等三項專案，並提出 1 項「提前進行 10 年整體安全評估」之中期檢討方案，及 12 項短期檢討方案。未來根據這些方案的檢討結果，EOP 與 SAMG 將亦隨之修訂，俾將日本福島核一廠災變過程納入防護範圍。
- (5) 為了持續評估核能電廠的安全狀態，台電公司與核能研究所自 1996 年即合作開發了三座運轉中核能電廠的活態安全度評估(living PRA)模式，其中人為可靠度分析(HRA)是重要的步驟之一，此分析根據人機介面、工作複雜度、工作環境、壓力、時機、訓練、程序書、經驗等因素評估人為失誤機率(HEP)，此機率中也包含儀器校正錯誤與流體路徑錯誤的機率。人為失誤分析的結果也會反應於相關的人員訓練教材，且証明對減少電廠運轉中的人為失誤有具體幫助。
- (6) 為了確保外包工作的安全品質，台電公司對外包商執行工作發生人為失誤的預防措施：

- 電廠熟悉訓練－包商僱用人員在進廠工作前必須接受下列訓練課程：

- (a) 保安與門禁管制
- (b) 工安衛訓練
- (c) 輻射防護
- (d) 環境與放射性廢棄物管理
- (e) 品質管理
- (f) 緊急計畫

包商僱用人員必須通過上述訓練的考試才能取得入廠工作許可，此許可的有效期為一年。

- 職前訓練

此種訓練基本上是依據工作範圍與內容而設計課程內容，通常包括模擬訓練。

- 訓練學員之資格與執照須予確認

- 駐廠管理

包商須指派具有工程與管理經驗的人員擔任領班，以監督廠內相關工作。

- 自我驗證與經驗回饋
- 台電公司對外包工作之審查
- 罰則與保固條款

- (7) 為了防止酒精與禁藥導致人為失誤，原能會在「核子反應器運轉人員執照管理辦法」中要求電廠對反應器運轉員實施不定期酒精與禁藥測試，第一次未通過測試者暫停運轉 3 至 18 個月，若兩次未通過測試則吊銷執照。
- (8) 為了在核能電廠正常、異常及事故狀態下使人員行為更安全、可靠及有效，我國目前興建中的龍門核能電廠採用人因工學(HFE)方法進行控制室與其他電廠區域資訊、展示、控制及其他介面相關設計。此種方法包括規劃、分析、設計及驗證四個階段，規劃階段主要進行 HFE 方案管理；分析階段進行運轉經驗審查、功能要求分析、功能分配、任務分析、人為可靠度分析等工作；設計階段進行人機介面設計、建立程序書與訓練計畫等工作；最後所有設計必須在最佳階段加以驗證無誤且可行，方完成所有人因工程要求的步驟。相信此種人因工學的方法加上自動運轉能力，將可增進龍門核能電廠運轉的安全性與效率。

## 9.4 組織與管理議題

為了確認核能電廠組織與管理的適切性，原能會在「核子反應器設施管制法施行細則」中要求電廠經營者在初期與終期安全分析報告中，必須說明核能電廠人員(包括反應器運轉員、維修人員、及行政人員)之組織。台電公司必須依照原能會核准的人員組織營運核能電廠。

當人為失誤發生時，電廠運轉員必須提交人員績效增進系統(HPES)報告，同時須舉行系統診斷會議，找出預防人為失誤的 10 個屏障中失效的屏障，並提出改善行動。台電公司過去曾委託若干研究計畫探討核能電廠組織與管理的改善方法，如 1995 年針對大修管理及改正維修所做的研究即提出下列改善建議：

- (1) 須建立詳細的大修排程與大邊界隔離要求。
- (2) 須設立系統協調人員以增進不同工作小組間的溝通。
- (3) 維護管理電腦系統(MMCS)中的長短期維修排程功能有待加強。
- (4) 改正與有效維修相關工作小組間的溝通與協調有待加強。
- (5) 須強調肇因分析、設備失效分析及工作經驗回饋等。

另如 1995 年完成的維修績效改善研究，提出 10 項對核能電廠維修工作有關之因素(如表 9.1 所示)對電廠中 35 位管理人員及 372 位工程師進行問卷調查，結果發現兩個族群對影響維修工作重要因素的選擇有顯著的差異，因此建議管理者多關注差異之處並協調出一致的看法。台電公司採納此項建議及其他相關研究的發現，並進行相關改善行動，提昇人員行為的績效。

台電公司各核能電廠也施行「導師制度」以幫助新進人員加速瞭解電廠營運狀況。每一個新進人員除了向相關專業同仁學習工作上的技能外，還有一位技術高超品德優良的資深同仁擔任他的導師，負責指導日常作習、行為、解惑及評估其績效。所有新進人員每個月須繳交進度報告給主管，每六個月須向主管做一次口頭報告，說明學習進度與心得。導師必須在這些報告上繳或提報前進行審查及提出修改建議。台電公司希望透過此項「導師制度」增進新進人員訓練的效率與績效，同時也可減少新進人員的人為失誤。

此外，台電公司尚發展一套增進現場巡視效率的電腦記錄系統，現場巡視人員可先將所需的檢查清單從電腦主機下載到個人數位助理(PDA)，進行現場巡視時將系統狀況記錄於 PDA 中，巡視後再將有紀錄的清單上傳到電腦主機，此系統比過去抄寫記錄優良之處包括：

- (1) 減少現場巡視的人為失誤。
- (2) 現場巡視紀錄易於保存與搜尋。
- (3) 減少現場巡視紀錄保存空間。
- (4) 減少紙張用量，符合環保需求。
- (5) 易於進行現場巡視紀錄之趨勢分析。
- (6) 可將儀器之高低警報值與歷史資料存入 PDA，使現場巡視人員有更多資訊輔助其執行工作。

## 9.5 管制機關與設施運轉者的角色

### 9.5.1 管制機關

美國三哩島與前蘇聯車諾比核能電廠事故顯示了人員行為對確保核子設施安

全的重要性。為了防止核能電廠中人為失誤事件的發生，原能會要求台電公司在電廠規劃、設計、建造、及運轉等各階段均須考量人為因素。原能會透過初期與終期安全分析報告(PSAR 與 FSAR)的審查，對人因工程相關的安全分析文件執行審查。在建廠階段，原能會利用電廠視察確認人因工程相關設施符合 PSAR 內容。在運轉階段，原能會以駐廠視察、大修視察、及核管會議等方式檢視運轉人員行為是否恰當。此外，原能會也推動許多特殊方案增進人員績效，如要求國內三座運轉中電廠加強執行美國三哩島核能電廠事故後之改善方案，以免重蹈該核能電廠事故的覆轍。(參考文獻 9.3)

### 9.5.2 設施運轉者

為使核能電廠能保持良好的人員行為，台電公司在預防、偵測、及改正人為失誤方面扮演關鍵性角色。除了遵循原能會對人為因素的基本要求外，台電公司尚投入許多心力減少人為失誤增進人員績效，包括培育核安文化、建立並更新運轉手冊、執行運轉與維修人員訓練、及執行安全相關研究計畫等。這些努力的細節請參閱本報告第 9.3 與 9.4 節。

## 9.6 汲取福島教訓

從日本福島核災事故後，經檢討顯示部份肇因是人為因素，台電為了改善技術、人為因素及組織管理三者的協調配合，採取強化核安組織管制與推動安全文化、及強化緊急應變人員訓練，以防範人員作業疏失，提升核能電廠運轉安全。(參考文獻 9.4 及 9.5)

### 9.6.1 強化核安組織管制與推動安全文化

- 推行「核安文化精進方案」，以「管理效能」、「包商管理」、「風險管理」與「人員績效」為四大主軸，並於「風險管理」中納入因應複合式災害之整備項目，全面修訂安全文化量化指標項目及績效評等，提昇管理效能，重視風險意識，防止人員作業疏失，找出弱點並予以補強。
- 成立核能電廠安全文化會報，持續推動安全文化，並定期檢視人員表現，以調整安全文化推動策略，提升安全文化推動成效。
- 持續辦理核安工作聯繫會議以掌握核能電廠運轉及設備狀況，使台電總管理處能及時支援協助核能電廠，採行有效措施排除風險維持機組穩定運轉。
- 推動核能電廠主管現場作業觀察，各級主管或作業人員領班參與現場工作，指導現場作業同仁正確作業方式，以防範人員作業疏失，提升人員績效表現。
- 提升人員訓練績效及作業技能，強化員工重視安全的態度，養成良好作業習性、減少人員作業疏失。
- 建立嚴格的安全與品質管制體系及安全管理組織，訂定各項作業的執执行程序書及執行標準，遵守嚴謹的核能品質保證方案，確保安全的防護關卡。

有關核安組織與文化的較詳盡資訊，請參閱本報告第 3.2.1 及 7.1.3 節。

## 9.6.2 強化緊急應變人員訓練

核能電廠在設計上已具備相當完善的安全考量與多重多樣的防護措施，發生事故的機率極低。但基於未雨綢繆的觀點，台電依「核子事故緊急應變法」，訂定「台電公司核子反應器設施緊急應變計畫導則」，作為台電緊急應變專責單位（核能電廠緊執會）及各核能電廠緊急應變組織執行緊急應變計畫作業之依據。有關台電員工緊急應變訓練，簡述如下：

### (1) 舉辦緊急應變作業訓練

核能電廠緊執會所屬緊急工作人員，由各任務工作組就其應變專業性，施以定期訓練以維持事故之處理能力。緊急應變作業訓練包括：

- 一般訓練每兩年須接受訓練一次，
- 專業訓練則每年須接受訓練一次

各核能電廠對負責緊急應變任務之人員，提供初始訓練及每年一次之再訓練。訓練的內容應包括緊急計畫一般訓練，及特定任務之緊急計畫專業訓練。

### (2) 舉辦廠內、外緊急應變作業演習

各核能電廠除了每年舉辦一次廠內演習之外，台電與中央(原能會)、地方政府及軍警、醫療等單位總動員，每年輪流由各運轉中核能電廠舉辦一次核安演習。除了主管機關，台電亦邀請專家學者組成演習評核團，針對演習之各項應變措施進行評核，使核能電廠緊急應變計畫與行動更趨完善，有關較詳盡的緊急應變作業演習資訊，請參閱本報告第 13.2.2 及 16.8.4 節。

## 參考文獻(第 9 章)

- 9.1 「2013 台灣電力公司永續報告書」，台電公司，2013 年 8 月。  
[http://csr.taipower.com.tw/images/pdf/2013\\_tw.pdf](http://csr.taipower.com.tw/images/pdf/2013_tw.pdf)
- 9.2 台電公司網站，[www.tpc.com.tw](http://www.tpc.com.tw)，2011 年 5 月。
- 9.3 原子能委員會網站，[www.aec.gov.tw](http://www.aec.gov.tw)，2011 年 5 月。
- 9.4 「2014 台灣電力公司永續報告書」，台電公司，2014 年 8 月。  
[http://csr.taipower.com.tw/images/pdf/2014\\_tw.pdf](http://csr.taipower.com.tw/images/pdf/2014_tw.pdf)
- 9.5 「台電公司核發處回覆撰稿委員需求資料(編號 A12-2)」，2015 年 7 月 29 日。



## 第 10 章 品質保證

*每一簽約會員必須採取適當措施以確保品質保證方案已建立並實施，俾在核能電廠之整個壽命期中，能有信心確保所有核能安全重要相關的作業均符合特定要求。*  
〈核能安全公約 第 13 條〉

本章說明在核能電廠設計、採購、製造、建造運轉及維修等階段施行品質保證的政策、要求、方案。

### 10.1 品質保證方案

依「核子反應器設施管制法」及「核子反應器設施品質保證準則」要求，申請核能電廠建廠執照時，應於其初期安全分析報告中，敘明設施之結構、系統及組件於設計、製造、施工及測試過程中所採用之品質保證方案。於申請初次燃料裝填時，亦應於其終期安全分析報告中，敘明該設施安全營運之品質保證方案。原能會將根據「核子反應器設施管制法」第 14 條進行現場視察(參考文獻 10.1)。

為了遵守原能會對品質保證(QA)的要求，台電公司在初期與終期安全分析報告中提出的全面品質管理(total quality management)政策聲明如下：(參考文獻 10.2)

- (1) 經營理念：誠信、關懷、創新、服務。
- (2) 品質政策：
  - 參照國家標準或國際標準，建立全面品管體系，推行全面品質管理，實施持續性的改善活動，不斷提昇服務品質，使顧客滿意。
  - 核能安全有關項目及作業，除遵照前項政策外，尚需依據原子能法規，實施核能品質保證方案，履行法規承諾，以確保核能安全及民眾的健康。
- (3) 品質目標：供應優質、價廉、充裕、安全的電力。

由於台電公司之四座核能電廠供應商均屬於美國，故國內核能電廠不管是在設計建造階段或運轉階段，其適用於安全相關設備及有關活動之品質保證方案(QA Programs)，不但須符合原能會對品質保證的要求，且須符合電廠供應商所屬國家(美國)對品質的要求，包含 10 CFR 50 Appendix B, ANSI/ASME N45.2, ANSI/ASME NQA-1 及 NQA-1a 等。非安全相關但與可靠度有關的結構、系統與組件(SSCs)則須遵循 ISO-9001 的品保要求，以符合台電公司全體品質管理方案。(參考文獻 10.2)

### 10.2 品質保證方案之施行與評估

施行品質保證方案之目的是確保相關專案的品質，同時也為核能安全與電力生產的可靠性奠定良好的基礎。台電公司採用下列管理行動以達成必要的安全品質：(參考文獻 10.2)

- 建立並維持有效的品質保證方案；
- 稽查及評估品質保證方案的有效性；
- 為管理階層提供執行品保的經驗回饋。

在設計與建造階段，台電公司、反應器供應商、電廠其他安全重要系統的供應商、零組件供應商及各種下包商均須建立對應的品質保證方案並據以執行品保活動。在核四廠興建計畫(以下簡稱核四廠計畫)中，台電公司不但執行本身的品質保證方案，且監督電廠承造商執行其品質保證方案，後者須遵行被核准的龍門建廠專案程序書、其附屬之電廠承造商標準程序書、及處理台電公司特別要求的程序書。

原能會採取多項措施以監督建廠活動是否符合品質要求，包括駐廠視察、定期視察、專案視察、及關鍵查核點檢查(examination of the key holding points)等。視察方式請參閱本報告第 3.2.3.2 及 11.2.1 節之說明。

在營運中核能電廠方面，台電公司為確保核能電廠安全相關結構、系統、組件之安全運轉，特訂定核能營運品質保證方案。以適用於營運中核能電廠及各核能營運單位之核能安全相關作業。該方案於報請原能會核備後，各核能電廠終期安全分析報告書第十七章及核能後端營運之品保計畫可逕行引用該方案，倘若內容與該方案有差異，差異部份須明示於適當章節，按各計畫分別報請原能會核備。

核能營運品質保證方案依據原能會公布之「核子反應器設施品質保證準則」及參照美國聯邦法規第 10 篇第 50 單元附錄 B 之品質保證要求，按品質保證準則順序逐章（共 18 章）列明品保要旨、核能營運單位之權責區分及各項作業要求，以充分反應各單位主管對核能安全及品質保證所負的責任。各單位主管務須依照該方案要求，訂定個別之作業程序書，並嚴格遵行，以確保核能營運安全。

核能營運品質保證方案由台電公司核安處負責管制其發行、更新及修訂。核能營運各有關單位推行本方案時如有疑義，由核安處負責解釋。於 2014 年更積極推動「精進大修排程及品質」，各核能電廠完成 ISO 14000 驗證工作，建立有效之環境管理系統，達到持續改善環保、預防污染之積極目標。

另為了進一步提昇採購品質，台電公司於 2005 年參加核能採購事務委員會(NUPIC)，該委員會成立於 1989 年，其宗旨為各會員間執行廠商聯合稽查(joint audit)/聯合調查(joint survey)，並追蹤廠商績效。此外另提供採購品保(procurement QA)事務及廠商品保(supplier QA)問題之討論平台。目前有 34 個美國會員(含運轉中及除役機組)以及 11 個國際會員，包括台灣、韓國、斯洛維尼亞、西班牙、瑞典、南非、加拿大、巴西、墨西哥等國電力公司，而參加聯合稽查的廠家約 280 家，參予調查的廠商約 70 餘家，聯合廠商遍佈世界各區域，除美加地區外，亦包括歐洲、亞洲等地。

台電公司身為 NUPIC 會員之義務為建立稽查程序、參加聯合廠商稽查、及參加相關研討會等。NUPIC 執行聯合廠商稽查的目的，在於透過稽查來確保核能安全等級設備及組件的品質，使其能夠符合法規及採購規範的要求。稽查小組的成員都是來自於各電力公司，從事核能品質保證工作的專家。台電公司負責 NUPIC 計畫的核安處，為使資訊能充分使用，已建立公司內部之 NUPIC 使用平台，引進並取得相關稽查/調查技術，以培養台電公司參與 NUPIC 稽查/調查所需人力，同時引進國外核能電廠辦理安全等級器材採購、商業級零組件檢證等相關經驗，建構一套安全設備組件廠商資料庫，提供各核能電廠辦理安全設備組件採購參考。目前執行稽查業務，已由原核安處派員參與，擴大為核發處及各核能電廠亦派員參與。上述資料庫之優點包括：

- 易於取得完整且正確的供應商資料；
- 可確保安全相關設備的品質；
- 可增加安全相關設備的可靠性；
- 可減少安全相關設備的採購價格；
- 可縮短安全相關設備的採購時間。

## 10.3 構型管理

### 10.3.1 構型管理的目的

核四廠計畫係採用電腦化資訊管理系統(IMS)作為工程管理之工具，期藉從設計、採購/施工到電廠運轉、維修階段各項文件之全面整合性與管理控制，以有效控制工期、降低成本、並達成將來電廠運轉安全之目的。構型管理(CM)之目的為確保電廠的結構、系統、組件和電腦軟體等符合經核定之設計要求，並保證電廠之實體(physical)與功能(functional)特性可正確地反映在適當的文件中，俾使設備維持足夠的安全餘裕，進而確保電廠之運轉安全及可靠性。INPO 87-006 之“Report on Configuration Management in the Nuclear Utility Industry”文件為核四廠計畫構型管理之主要參考依據，核四廠計畫之構型管理不但吸收 INPO 報告之精髓，更針對核四廠計畫本身之需求而制定。

### 10.3.2 構型管理計畫

核四廠計畫工程要求各廠家應依合約規定完成其責任範圍內之構型管理計畫，計畫內容應包括：

- 目的
- 適用範圍
- 構型管理系統架構
- 設計基準
- 設計控制及設計變更控制
- 設計文件控制
- 構型管理作業之評估
- 界面及整合
- 構型管理計畫作業程序書
- 執行設計工作及構型管理之電腦程式

台電公司並訂定全廠依循之構型管理計畫程序書，供相關廠家遵循執行其責任範圍內之設計工作、設計文件管理及設計變更控制等作業，以及在工程進展過程中定期更新及維持所有設計文件在最新狀態。

### 10.3.3 構型管理設計文件

核四廠計畫核能電廠新建工程之構型管理工作涵蓋核能蒸汽供應系統(NSSS and related systems, equipment and services)及一般廠內系統(BOP)等廠家所提供與電廠運轉維護有關之設計文件的管理作業，此等文件包括：設計準則、系統說明、規範書(含採購文件技術規範)、說明書、製造圖面等有關設計文件。作業則包含從設計階段之資料 (如設計基礎、技術準則與介面要求、設計修改、設備採購)、施工、以至運轉、維修期間等各階段文件資料之保存、維持與整合等，以期達到在龍門廠整個電廠壽命週期(life cycle)間，文件資料均保存完整，且隨時可正確級快速地追查、搜尋、並取得所需資料。

### 參考文獻(第 10 章)

- 10.1 「核子反應器設施管制法」，2003 年 1 月公布。
- 10.2 「台灣電力公司核四工程品質保證方案」(第 7 版)，2007 年 3 月、「台灣電力公司核能營運品質保證方案」(第 6 版)，2015 年 6 月。

## 第 11 章 安全評估與驗證

每一簽約會員必須採取適當措施以確保：

- (i) 在核能電廠興建與試運轉前以及其整個壽命期中，均會執行全面性及系統化之安全評估，此等評估須好好紀錄起來，隨後並根據運轉經驗與新的重要安全資訊而不斷更新，同時也須接受管制單位的審查；
- (ii) 會執行分析、監測、測試、及視察等驗證工作，以確保核能電廠的實際狀態與運轉均持續符合設計、國家相關安全要求、及運轉限制與條件(*operational limits and conditions*)。 <核能安全公約 第14條>

### 11.1 確保核能電廠整個壽命週期均執行安全評估

本節說明確保核能電廠整個壽命週期均執行安全評估的程序與文件。

#### 11.1.1 運轉前之安全評估

根據「核子反應器設施管制法」(參考文獻11.1)第5與第6條之規定，核能電廠之執照申請分為建廠執照與運轉執照兩階段，申請建廠執照時須執行全面及系統化之安全評估，以確保核能電廠萬一發生輻射災害不致影響公眾健康及安全、環境保護、及生態保育。評估結果須記載於初期與終期安全分析報告(PSAR與FSAR)中，並接受原能會之審核。另根據環境影響評估法第5條之要求(參考文獻11.2)，從事對環境可能有不良影響之活動必須執行環境影響評估(EIA)。因此核能之開發及放射性廢料貯存或處理設施之興建必須執行EIA，其相關細節請參閱本報告第14.2.1節之說明。

「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」(參考文獻11.3)與「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」(參考文獻11.4)分別說明初期與終期安全分析報告內容大綱之要求，我國核一、二、三廠的PSAR與FSAR內容大致與核子反應器出口國提交的「標準安全分析報告」(SSAR)內容相同，但原能會審查龍門核能電廠建廠與運轉執照時，要求初期與終期安全分析報告中須增加下列章節，以期增進其安全水準：

- 第18章 人因工學
- 第19章: 嚴重事故分析
- 附錄 A 安全度評估
- 附錄 B 整體可靠度分析
- 附錄 C 緊急應變計畫
- 附錄 D 後端方案，及
- 附錄 E: 經驗回饋

其中，第18章「人因工學」須說明適用於龍門核能電廠的人員與系統介面(HSI)設計之發展、目標、與基準，標準HSI設計特性，及HIS設計與執执行程序等。第19章「嚴重事故分析」須顯示分析結果符合美國NRC對進步型輕水式反應器(ALWR)相關嚴重事故策略與要求。

附錄A「安全度評估」結果須顯示電廠有能力防止及減輕事故的後果。安全度評估須包含運轉與停機階段之風險評估，也須包含廠內與外來(亦稱廠外)的肇因事件，外來事件(或稱廠外事件)(external events)部分須包含來自地震與颱風的威脅，廠內事件部分須包含來自水災與火災的威脅。2011年3月11日日本福島第一核能電廠發生災變後，嚴重事故分析與安全度評估均須根據該事故的經驗做適當修正，以期加強嚴重事故的應變能力。

附錄B「整體可靠度分析」(IRA)的目的是確保龍門核能電廠的安全度與可靠度在採購與建廠階段完成後，仍可符合原始設計要求。IRA可顯示電廠安全度與可用度(availability)績效是否符合設計值，電廠安全度績效指標包括爐心熔損機率、反應器冷卻系統意外降壓、電廠全黑事件頻率、及跳機頻率等。可用度績效指標包括電力產出可用度要求、強制停機之頻率與期長、更換燃料期長、電廠大修期長等。

附錄C「緊急應變計畫」須顯示電廠與相關政府單位能安全有效地處理任何核能電廠意外事故引起的緊急狀況，其詳細要求請參閱本報告第13章。

附錄D「後端方案」須處理的範圍包括：(1)核能電廠之除役；(2)用過核燃料之運送、中期貯存、及最終處置；及(3)電廠運轉與除役所產生低放射性廢料之最終處置。

附錄E「經驗回饋」的目的是希望蒐集並善用國內核能電廠在設計、採購、製造、建造、試運轉、正式運轉、及維護等方面所獲得的寶貴經驗。

### 11.1.2 運轉階段之安全評估

核能電廠運轉階段重要之安全評估包括：

#### (1) 終期安全分析報告(FSAR)更新

根據「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」(參考文獻11.4) 第15條之規定，核能電廠持照者必須依據其提送給原能會的更新資訊與分析，定期更新其終期安全分析報告，初次更新須於運轉執照取得 2 年內完成，其後須於每次機組大修完成後 6 個月內完成更新，相關法規與規定細節請參閱本報告第3.3.3節。

#### (2) 整體安全評估

根據「核子反應器設施管制法」(參考文獻11.1) 第9條之規定，核能電廠於正式運轉後，每10年至少應做一次「整體安全評估」(ISA)，持照者並必須於電廠運轉10年期滿前6個月，將「整體安全評估」報告報請原能會審核。ISA報告內容之要求請參閱本報告第3.2.3.4節。

#### (3) 執照更新

根據「核子反應器設施管制法」(參考文獻11.1)第6條之規定，核能電廠運轉執照之有效期間最長為40年，期滿須繼續運轉者，經營者應於主管機關規定之期限內申請換發執照。未依規定換發執照者，不得繼續運轉。根據「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」(參考文獻11.4) 第16條之規定，申請執照更新之

期限是從執照到期前15年至最晚執照到期前5年。申請執照更新所需安全評估的主要參考文件為美國NRC的法規10CFR54(參考文獻11.5)，其相關要求包括：

- 定義安全評估的範圍；
- 提供下列技術資訊：
  - 整體安全評估(ISA)；
  - 時限老化評估(TLAA)；
  - 老化管理方案(AMP)；
  - 最新版終期安全分析報告(updated FSAR)；
- 更新運轉技術規範；及
- 提供環境影響資訊，如換發執照對地表水、地下水、土地使用、及生態等之影響。

由於核一廠1號機及2號機的運轉執照到期日分別為2018年12月5日及2019年7月15日，台電公司依「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」規定，於2009年間提出核一廠延役申請。因政府「現有核能電廠不延役」之新政策，台電公司於2016年7月7日撤回核一廠延役申請案，原能會已停止該案之審查作業。

#### (4) 安全度評估之更新

國內安全度評估(PRA)技術的發展已有30餘年的歷史，自1982年開始，由原能會召集核能研究所及台電公司合作，依序完成3座運轉中核能電廠的評估，並建立了本土自主的分析能力。1996年底，核能研究所及台電公司更合作完成了3座核能電廠的活態PRA模式，為電廠運轉人員提供了迅速評估電廠安全現況的工具。近年來雙方亦持續執行「建立核能電廠整體風險評估與管理模式」及「核一、二、三廠水災、火災、圍阻體系統安全度評估模式建立及維護、應用」等PRA相關計畫，擴大其應用範圍。表11.1摘要說明台灣發展安全度評估模式之歷程。

目前台電公司委託核能研究所執行「核能電廠安全度評估ASME標準化模式精進」計畫，依據現有或最新之美國機械工程師協會(ASME) PRA標準(參考文獻11.6)，執行兩階段PRA模式之同業評估，發展合乎ASME PRA標準要求之功率運轉廠內事件(包括廠內水災)的爐心熔損頻率(CDF)、早期輻射大量外釋頻率(LERF)基礎模式(以下簡稱基礎模式)，及數據資料更新維護；同時亦將成果反應至應用模式、並更新相關功率運轉外來(亦稱廠外)事件CDF、LERF基礎模式、大修停機CDF基礎模式。表11.2為台電公司依據ASME標準發展安全度評估模式之時間表。

#### (5) 功率提昇之安全評估

核能電廠將已核准之功率往上增加稱為“功率提昇”(power uprate)，依據提昇的幅度及所藉用的方法可將功率提昇分為三類，第一類小幅度功率提昇(MUR power uprate)是藉著更精準的飼水流量量測及爐心熱功率計算來達成，提昇的爐

心熱功率在2%以下。第二類中幅度功率提昇(SPU)可將爐心熱功率提昇至高達7%，一般來說不需要對電廠的主要設備做改善。若爐心熱功率提昇超過7%則為

表11.1 台灣發展安全度評估模式之歷程

| Major PRA Projects<br>(Main Sponsor) | Periods           | Scope*                           |       |       |       |       |       |              | Application                                                                                                                                      | Task Force Man-year        |
|--------------------------------------|-------------------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
|                                      |                   | L1-P                             | L1-SM | L1-TY | L1-FR | L1-FL | L1-SD | L2           |                                                                                                                                                  |                            |
| Kuosheng (AEC)                       | 1983<br>•<br>1985 | ✓                                | ✓     | ✓     | ✓     | ✓     |       | ✓            | Base PRA model development                                                                                                                       | 37<br>(4.5) <sup>#</sup>   |
| Maanshan (AEC)                       | 1985<br>•<br>1987 | ✓                                | ✓     | ✓     | ✓     | ✓     |       | ✓<br>(1992)  | Base PRA model development                                                                                                                       | 27.5<br>(2.0) <sup>#</sup> |
| Chinshan (AEC)                       | 1988<br>•<br>1990 | ✓                                | ✓     | ✓     | ✓     | ✓     |       | ✓            | Base PRA model development                                                                                                                       | 34.5<br>(1.0) <sup>#</sup> |
| 1st-3<br>(Taipower)                  | 1994<br>•<br>1997 | ✓                                | ✓     | ✓     |       |       | ✓     |              | Few cases of justification of continued operation                                                                                                | 52                         |
| 2nd-3<br>(Taipower)                  | 1997<br>•<br>2000 | DCR & experience updates (~1999) |       |       | ✓     | ✓     | ✓     | CSET<br>CPET | ♦TIRM (risk monitor)<br>♦Fire models upgrade<br>♦PRAM (PRA Maintenance)<br>♦OLM                                                                  | 66                         |
| 3rd-3<br>(Taipower)                  | 2000<br>•<br>2003 | DCR & experience updates (~2002) |       |       |       |       |       | LERF         | ♦TIRM-2<br>♦FT Engine developed<br>♦NEI-00-02 peer review<br>♦Chinshan RIFA (Risk-informed Fire Wrapping Alternatives Analysis)<br>♦RI-ISI pilot | 66                         |
| 4th-3<br>(Taipower)                  | 2004<br>•<br>2007 | DCR & experience updates (~2005) |       |       |       |       |       |              | ♦Lungmen base PRA model<br>♦SDP tool (PRiSE) developed<br>♦Follow-on NEI Peer Review<br>♦Maintenance Rule Implementation                         | 66                         |
| 5th-3<br>(Taipower)                  | 2008<br>•<br>now  | PRA model upgrade                |       |       |       |       |       |              | ♦Upgrade to meet ASME/ANS PRA standards and peer review<br>♦NFPA 805 transition (potential)<br>♦Typhoon model enhancement                        | 24                         |

\*P: Internal at-power; SM: Seismic; TY: Typhoon; FR: Internal Fire; FL: Internal Flood; SD: Shutdown; L1: Level-1; L2: Level-2  
#:from US Consultant

表11.2 台電公司依據ASME標準發展安全度評估模式之時間表

| Part | Requirements                                                           | Timetable                          | NPPs         |
|------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------|
| 2    | Internal events at power PRA                                           | 2008.12-2011.12                    | CS, KS, MS   |
| 3    | Internal flood at power PRA                                            | 2008.12-2011.12                    | CS, KS, MS   |
| 4    | Fires at power PRA                                                     | 2009.12-2012.11<br>2013.10-2017.10 | CS<br>KS, MS |
| 5    | Seismic events at power PRA                                            | 2012.07-2014.06                    | CS, KS, MS   |
| 6    | Screening and conservative analysis of other external hazards at power | 2012.12-2015.11                    | CS, KS, MS   |
| 7    | High wind events at power PRA                                          |                                    |              |
| 8    | External flood events at power PRA                                     |                                    |              |
| 9    | Others external hazards at power PRA                                   |                                    |              |
| 10   | Seismic margin assessment at power                                     | 2011.07-2013.12                    | CS, KS, MS   |



第三類大幅度功率提昇(EPU)，通常都需要對電廠的主要設備做重大之改善。核能電廠功率提昇可為業主帶來可觀的經濟效益，但是提昇功率之前須經詳細評估，以確保電廠在提昇功率後仍可維持原有之安全水準。

國際間包括美國、德國、西班牙、瑞典、芬蘭、瑞士等國均有核能電廠完成提昇功率之案例，美國核管會(NRC)並曾有核准功率提昇超過 20%的大幅度功率提昇案例。台電公司已於 2006 至 2008 年提出核一、二、三廠小幅度功率提昇申請，原能會經審慎之審查後，也分別於 2007 至 2009 年核准該等申請案，三個電廠的 6 個機組完成小幅度功率提昇案後，總輸出功率增加約 55.64 MWe。

有關中幅度功率提昇，核一廠中幅度功率提昇(SPU)計畫自民國 98 年開始，於 101 年完成功率提昇測試，額定熱功率由 1804 MWt 提昇至 1840 MWt。核二廠中幅度功率提昇計畫自民國 99 年開始，核二廠兩部機組於 103 年 7 月分別完成功率提昇，爐心熱功率由 2,943 MWt 提昇至 2,971 MWt。更多相關功率提昇資訊，請參閱第 3.1.2 節。(參考文獻 11.7)

### 11.1.3 設計變更之安全評估

根據「核子反應器設施管制法」(參考文獻 11.1)第 13 條及核子反應器設施管制法施行細則(參考文獻 3.13)第 8 條之規定，核能電廠之設計修改或設備變更涉及重要安全事項時(重要安全事項之說明請參閱本報告第 3.3.1 節)，一律須準備相關安全評估報告，並報請原能會核准後始得為之。原能會在電廠執行設計修改或設備變更時，將進行必要之現場視察。電廠於修改或變更工作完成後，須執行驗證測試以確保工作成果之品質。

### 11.1.4 核能電廠除役計畫

依照「核子反應器設施管制法」(參考文獻 11.1)規定，核能電廠除役係採自永久停止運轉後 25 年期限內完成拆除方式執行，經營者並應於核子反應器設施預定永久停止運轉之 3 年前，提出除役計畫。由於 2018 年核一廠 1 號機永久停止運轉，台電公司在 2015 年 11 月已提交核一廠除役計畫送原能會審查。

台電初步規劃將核能電廠除役分為下列 5 個階段執行：

- 除役前置作業階段：包括先期廠址歷史及特性初步調查、除役策略及作業研究、除役工作規劃，以及除役計畫書(含環境影響評估報告)之準備、陳報及核准。
- 除役停機過渡階段。
- 除役拆廠執行階段。
- 廠址環境輻射偵測階段。
- 廠址復原階段等。

我國並無任何核能電廠除役的經驗，因此台電在核能後端營運處正式成立除役組，配合跨處級之專案小組開始推動，辦理核一廠除役規劃工作。並積極參預國際除役組織，目前台電已加入美國電力研究所 (EPRI) 除役計畫，該計畫每年會提供

除役相關技術服務活動（包含除役中電廠參訪活動）與諮詢，另台電也已加入經濟合作發展組織（OECD）所屬核能署（NEA）之核設施除役計畫（CPD）成為會員，透過此等國際組織每年的除役活動，吸取除役經驗與交流；未來將視除役工作的需要，適時調整組織編制。（參考文獻 11.8）

## 11.2 分析、監測、測試及視察等驗證工作

核能電廠運轉技術規範中包括有監測、測試、及定期視察等之相關要求，例如對於 ASME 規範之 1、2、3 類零組件、空浮濃度、固體放射性廢料系統、停機餘裕、緩和劑溫度係數(MTC)、反應器冷卻水溫度、加硼系統、停機水流路徑可用度等須執行運轉中視察與測試。電廠持照者負責執行上述監測、測試、及定期視察，原能會負責稽查相關工作績效。以下謹列舉重要之驗證工作並說明其內涵：

### 11.2.1 核能電廠視察

為確保核能電廠興建或運轉安全，核能安全視察是原能會重要工作項目之一，運轉期間視察類別與內容請參閱本報告第 3.2.3.2 節之說明，本節再針對龍門電廠興建期間之視察，說明其重要類別與內容。

#### (1) 駐廠視察

電廠興建期間駐廠視察員的職責包括：(i)向原能會提報每日建廠活動；(ii)監視品保方案執行狀況；(iii)稽查建廠活動遵循法規之情形；及 (iv)執行例行建廠活動視察。

#### (2) 定期視察

通常每季執行一次定期視察，但也會隨建廠活動內容調整視察頻率。在設計階段，原能會依據品保要求並參考美國 NRC 的整體設計視察指引對台電公司設計管控功能、工程顧問公司、及龍門建廠辦公室等進行視察。

製造階段的視察重點為安全相關設備與零組件的製造品質，例如反應器壓力槽、控制棒微調驅動機構(FMCRD)、及圍阻體內襯鋼板等重要設備之品質。

建造與裝機階段之視察分為土木與結構、機械與管路、及儀控與電力三大類。土木與結構類的視察重點包括：鋼結構之焊接、鋼筋之鋪設、水泥之品管、混凝土澆灌之控制、行政管理、及相關品管與品保功能等。機械與管路類的視察重點包括：焊接、非破壞性檢測、及相關品管與品保等。儀控與電力類的視察重點包括：電纜導管之焊接、導管之裝配、儀控管路之裝配、電纜鋪設與確認、防火狀況、耐震程度、及相關品管與品保等。

#### (3) 特殊專案視察

針對下列專業技術項目，原能會邀請相關領域之學者專家協助執行視察工作：

##### (a) 土木與結構

視察重點包括：結構設計、水泥之品管、水泥之成份、混凝土澆灌之控制

等。

(b) 特殊程序控制

視察重點包括：焊接與非破壞性檢測之品管、材料特性檢驗、缺陷處理、X 檢驗之再評估、及執行特殊程序之查核等。

(c) 人因工學

視察重點包括主控制室、備用停機盤面、及現場控制盤面的人員與系統介面設計，同時也會查證操作手冊與程序書是否符合 NUREG-0711 (參考文獻 11.8)中有關人因工學設計的要求。

(d) 防火

視察重點為查證火災預防與保護系統之設計與安裝是否合法規要求，視察項目包括火災危害分析、火災偵測、火災圍堵、防火材料適用程度、及防火計畫等。

**(4) 關鍵建造查核點視察**

對建廠品質有重大影響的工作項目必須先獲得原能會的核准才能進行，送請審核的文件包括品管計畫、測試程序或計畫、及測試結果，須進行查核點(holding points)管制的項目如下：

- (a) 反應器廠房基礎初次澆灌混凝土；
- (b) 反應器壓力槽安裝；
- (c) 安全相關機械設備開始安裝；
- (d) 安全相關管路系統開始安裝；
- (e) 安全相關儀控設備開始安裝；
- (f) 安全相關電氣設備開始安裝；
- (g) 圍阻體整體功能測試；
- (h) 反應器保護系統開始功能測試；
- (i) 靜態冷水壓測試；
- (j) 運轉員開始試運轉訓練；
- (k) 試運轉測試；
- (l) 系統整體功能測試；
- (m) 初次裝填燃料；
- (n) 初次臨界與安全餘裕測試；
- (o) 汽機轉動與初次並聯；及
- (p) 功率提昇測試，包括 25%、50%、75%、及 100%額定功率測試。

建造工作完成後即展開試運轉測試(pre-operational test)與起動測試(startup test)。

試運轉測試項目包括：建造後測試、靜態水壓測試、系統沖洗、轉動機械設備初次轉動測試、及系統運轉測試等。此時之視察重點包括：測試計畫、測試執行程序、測試結果審查、進行查核點管制、不合格項目之處理、及初次裝填燃料前系統運轉能力等之品保作業。

起動測試項目包括：初次裝填燃料、初次臨界、汽機轉動、發電機並聯、及 25%、50%、75%、及 100%額定功率之提昇測試。此時之視察重點包括：測試計畫、測試執行程序、測試結果審查、進行查核點管制、不合格項目之處理、及 100%額定功率持續運轉 100 小時測試等之品保作業。

在電廠商轉前，尚須審查運轉與維護(O&M)之行政管理是否備妥，以確保電廠可以安全與可靠地運轉。審查重點包括：運轉與維護人員之訓練、運轉安全審查與稽查功能、運轉中視察與測試計畫、品管與品保計畫之建立與執行等。

除了上述原能會的視察工作外，台電公司核能安全處在各核能電廠也派有駐廠安全小組，負責公司內部稽查工作。各駐廠安全小組設置安全小組經理 1 人，課長 3 人分別主管安全、管制與品保之業務，另有主辦/協辦品保人員 3 人。安全小組日常從事有關一般稽查及專案評鑑等品保作業，並執行安全相關事務(例如異常事件、營運程序書、品保採購規範等)之審查與查證工作，另每日蒐集運轉狀況資訊供核安處處本部彙整後陳報台電公司高層及相關單位參考；在電廠大修期間則參與核安處審查工作組，現場查證營運期間測試、停機安全及起動、DCR、維護、測試、輻防、工安等作業及大修成套文件審查。

安全小組透過一般稽查與對日常機組營運狀態的查證，若發現有技術或設備個案上之缺失者，即提出品質改正通知或建議。對系統、設備或管制措施方面，若發現有重要品質問題存在時，則執行「專案評鑑」，以期發掘潛在問題因子，並將評鑑後所發現之缺失提出具體可行改善建議或簽發品質改正通知書，供電廠參考改正。

### 11.2.2 燃料填換安全分析

核能電廠每次燃料填換之前均須提送「燃料填換安全分析報告」(沸水式反應器)或「燃料填換安全評估報告」(壓水式反應器)，並經原能會審查核准後才能進行燃料填換工作。而若有下列狀況發生時，則須對上述報告中的燃料機械設計、熱流設計、中子設計、暫態分析、及其他相關分析進行詳細審查，以確認各項重要參數均符合安全要求。

- 燃料供應商更換；
- 燃料型式更改；及
- 燃料填換安全分析方法更新。

針對燃料型式更改狀況，審查結論可能會要求進行額外的視察與測試，如鏽垢(crud)厚度觀察、氧化層厚度量測、及燃料棒內氣體壓力量測等。

### 11.2.3 預防保養

核能電廠為使廠內設備在運轉期間能維持它應有的設計功能，以確保設備和系統能有良好的運轉情況，因此，必須對各項組件、設備進行定期性及計劃性之檢查（如設備分解／翻修／更換、潤滑油位檢查、水／潤滑油洩漏檢查、設備／結構外觀目視檢查……等）、量測（如振動量測、絕緣量測、電流量測、壓力／溫度量測……等）、調整（如設定點漂移調整、鎖緊裝置鬆緊調整、傳動裝置調整……等）等工作，以符合品質保證方案對核能電廠預防保養之規定，並確保核能發電之安全。台電公司核能電廠的預防保養分為平時之例行性預防保養及大修時之計劃性預防保養，重要內容如下：

#### (1) 平時例行性預防保養

核能電廠目前已建立維護管理電腦系統(MMCS)，平時例行性預防保養係 MMCS 之下的一個子系統，所有預防保養工作之擬定、排程、通知、執行、查證等作業管制，以及資料保存、延誤工作追蹤等處理規定，均由 MMCS 之預防保養子系統來負責處理，以有效管理核能電廠之平時運轉時之預防保養作業。

#### (2) 大修計劃性預防保養

機組大修時則將十年長期維護計畫中屬於該次大修需執行之預防保養項目及根據設備平時運轉監測結果需預為保養之項目等納入大修排程計畫並依據大修作業管制程序、設備檢修工作管制程序及相關保養工作之維護程序書進行大修時之預防性維護。

### 11.2.4 其他運轉階段之安全分析

若核能電廠系統參數嚴重偏離正常範圍，或結構、系統、零組件發生故障，則電廠持照者必須證明機組可繼續運轉並向原能會提報相關狀況。若上述異常狀況嚴重則電廠持照者必須執行安全分析，原能會則將進行深入之審查。例如核一廠在 1994 年 3 月發現爐心側板有龜裂狀況，1995 年 3 月再發現這些龜裂處有逐漸增大現象，因此進行整體安全評估證明爐心側板之修理不會造成安全問題後，進行爐心側板之修復作業。

我國核一、二廠內的用過燃料池容量有限，過去曾採用貯存格架調整的方式增加貯存容量，當時也曾做過相關之燃料機械設計、熱流設計、中子設計、暫態分析、及其他相關安全分析，證明貯存格架調整之安全性。不過核一、二廠的用過燃料池仍將分別於民國 2010 年及 2016 年貯滿。台電公司為因應中期貯存的需求，經考量安全性、技術面、經濟面及社會面等因素後，決定採用廠內乾式中期貯存方式，並已於 2005 年 8 月委託核能研究所執行核一廠用過核燃料乾式貯存設施採購帶安裝計畫。乾式貯存設施之功用為在一定期限內，不論正常、異常或假想事故狀況下，均能將核能電廠用過核燃料保持在安全包封狀態，防止燃料護套受損。典型的乾式貯存系統為被動式系統，由包封罐(primary confinement vessel)與護箱(over pack)兩大部分所組成；包封罐由維持幾何形狀的燃料格架(basket)、移除衰變熱的機制、及包含輻射核種的包封邊界等三部份所構成；護箱一般由鋼材或混凝土所製成，其主要功用為保護包封罐、屏蔽中子與  $\gamma$  射線、以及提供散熱途徑等。原能會對乾式貯存設

施有「放射性廢棄物處理貯存最終處置設施建造執照申請審核辦法」(參考文獻 11.10)及「申請設置用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告導則」(參考文獻 11.11)等相關規定，台電公司須依據上述規定提送貯存設施安全分析報告，說明相關臨界安全、熱傳安全、結構安全、輻射安全等分析結果，以接受管制單位審查。

## 11.3 汲取福島教訓

### 11.3.1 核能電廠安全防護總體檢

在日本福島電廠核子事故發生後，原能會參考日本福島核子事故之經驗回饋，與國際上包括美國、日本及歐盟等國家重要作為，立即啟動核能電廠安全防護總體檢方案(參考文獻 11.12)，主要內容為：(1)確保核能安全--確認各受檢電廠的安全防護機制與現行設計基準的符合性之外，更重要的是檢討並評估電廠對超過設計基準的因應方式與強化其縱深防禦能力；(2)輻射防護及(3)緊急整備與應變。

安全防護總體檢方案分為二個階段執行，簡述如下：

- (1) 第一階段原能會要求台電公司採行改善或強化措施，提昇超越設計基準事件防範能力，以防範及避免類似福島電廠事故在台灣發生，於 2011 年 7 月，行政院核備「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢第一階段安全評估報告」。
- (2) 第二階段原能會要求台電公司依據歐盟規範進行核能電廠壓力測試，從極端天然災害(包括強震、海嘯、極端氣候)、喪失電源與水源、緊急事故應變處理等領域做進一步檢視、確認核能電廠深度防禦能力及安全餘裕。於 2012 年 8 月，行政院核備「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢第二階段安全評估報告」(參考文獻 11.13)。更詳盡的核能電廠安全防護總體檢資料，請參考本報告之第 3.4.1 節。

台電公司依安全總體檢結果，擬定「核能電廠安全防護總體檢因應與強化方案」，該方案包括下列四個面向：

- (1) 強化耐震能力。
- (2) 強化防海嘯及水災能力。
- (3) 強化救援能力，包括：
  - 後備及救援電源；
  - 後備及救援水源(含熱沉)；
  - 用過燃料池救援；
  - 救援資源整備。
- (4) 建立機組斷然處置程序指引。

各核能電廠執行「核能電廠安全防護總體檢因應與強化方案」，針對安全防護總體檢第一階段之評估檢視結果，擬定各廠超過設計基準事故的因應與強化方案。其中，運轉中電廠之因應與強化方案共計 96 項，截至 2014 年底已完成 95 項(參考文獻 11.14)。因營運中核能電廠地質穩定性及地震危害度評估，需配合擴大地質調查最

新成果，進行再評估，「再評估地震」工作目前進行中。

### 11.3.2 壓力測試及獨立同行審查

歐盟定義「壓力測試」係以全面、透明的安全及風險評估為基礎，針對所有歐盟境內核能電廠執行的安全審查。執行壓力測試的目的是評估現有電廠持照基準的安全餘裕是否足以因應未預期的事件，並經由對日本事故的經驗回饋，避免並防範類似福島事件在歐洲發生。原能會參考歐盟核能電廠壓力測試之評估項目及內容，要求台電公司檢討強化我國核能安全措施，並推動我國壓力測試國家報告及加入歐盟之同行審查。台電依據歐盟壓力測試規範，於 2012 年 3 月完成運轉中核能電廠壓力測試，核四電廠壓力測試亦已於 2012 年 4 月 27 日完成。確認安全總體檢已有效提升防災、減災的安全裕度。

原能會邀請經濟合作暨發展組織核能署(OECD/NEA)代為籌組獨立專家小組，於 2013 年 3 月來台進行「運轉中核能電廠壓力測試國家報告」同行審查(peer review)。於 2013 年 9 月原能會再度邀請歐盟/歐洲核安管制者組織 (EC/ENSREG) 來台進行同行審查，確認我國壓力測試的成果。表 3.7 列出我國核能電廠安全總體檢及壓力測試里程碑。更詳盡的核能電廠壓力測試及同行獨立審查資料，請參考本報告之第 3.4.1 和 7.1.5.2 節。

### 11.3.3 原能會管制案

原能會參考美國核管會(NRC)分三階段實施強化安全的做法、歐盟壓力測試行動計畫的優良實務、日本原子力安全保安院的因應對策及要求、我國核能電廠安全總體檢及壓力測試、同行獨立審查建議，並考量國內之特定環境之需求，提出國內四座核能電廠各項管制案件要求，實施內容及重點項目包括：(參考文獻 11.15)

(1) 參照美國核管會近期專案小組報告第一階段建議事項：

- 2.1 重新評估地震、水災危害；
- 2.3 地震、水災及其他廠外危害防護的現場履勘；
- 4.1 電廠全黑之管制措施提昇；
- 4.2 強化 NEI 06-12 所涵蓋設備對廠外危害的防護；
- 5.1 對 BWR 馬克 I 型及馬克 II 型圍阻體強化可靠的排氣系統；
- 7.1 用過燃料池儀器之強化；
- 8 強化並整合廠內緊急應變能力相關之 EOPs、SAMGs 及 EDMGs，並須納入精進後之「機組斷然處置程序指引(URGs)」與 EOPs、SAMGs 及 EDMGs 整合之考量；
- 9.3 緊急整備(emergency preparedness)有關人員配置與通訊議題。

(2) 參照美國核管會近期專案小組報告第二階段及第三階段建議事項。

(3) 參照歐盟執委會核能安全管制者組織行動計畫之建議事項。

(4) 參照國際對地震、海嘯及廠區全黑事件的優良實務策略，執行下列措施：

- 核能電廠附近山腳與恆春斷層新事證進行勘查鑒定；
  - 布設局部地震網（北部與南部各一處）獲取微地震資訊，以瞭解震央分布型式是否與於假想的板塊構造特點有關聯性；
  - 山腳與恆春斷層新事證進行斷層位移分析，重新評估地震危害；
  - 模擬地震、海嘯危害的機制及其導致的風險；
  - 強化廠房建物水密性，或建海牆(seawall)、擋牆(tidal barrier)其高度達現行持照基準(CLB)以上再加 6 公尺；
  - 要求台電公司強化現有非耐震一級用於緊急應變之技術支援中心(TSC)之結構；
  - 考量興建隔震之技術支援中心建物。
- (5) 廠區全黑事件之追加考量事項：
- 評估山崩及因地震、豪雨或兩者同時誘發山崩對個廠之危害，並就可能威脅廠址之山坡，須建立持續監視、早期預警之機制；
  - 系統化方式評估極端天然災害之事件；
  - 研究發生喪失外電之頻率。
- (6) 廠區全黑事件的因應措施：
- 提升緊急直流電源供應，建立 24 小時全黑之因應能力；
  - 新增設置氣冷式柴油發電機；
  - 新增設置第二套最終熱沉(UHS)。
- (7) 安裝被動式自催化氫氣再結合器(PAR)避免氫氣爆炸。
- (8) 提升重要電氣設備房間防火門之水密能力。
- (9) 提升電廠消防隊之建築耐震能力能因應超過設計基準地震。
- (10) 強化生水池耐震能力，並考量裝置不透水層(impermeable liner)以提升可靠性。
- (11) 提升核能電廠之外電可靠性。
- (12) 核能三廠處理反應器冷卻水泵軸封喪失冷卻水事故洩漏之議題。

更詳盡的核能電廠各項管制案件要求及實施內容，請參考本報告之第 3.4.2 節及附錄二。

#### 11.3.4 管制案執行現況

原能會參考日本福島核子事故之經驗回饋與美國、日本及歐盟等國家重要作為，於 2012 年起陸續提出要求台電公司再增加相關強化措施（即安全防護總體檢第二階段管制案件）。於 2014 年，原能會針對歐盟管制者組織同行審查後之建議，再提出 7 項強化措施管制案件。表 11.3 為運轉中核能電廠福島後管制案之執行現況(統計日期：2016 年 6 月 30 日)。(參考文獻 11.16)



表 11.3 運轉中核能電廠福島後管制案之執行現況

| 序號 | 編號           | 關鍵字                     | 案由            | (完成或持續追蹤)                 |                           |                           |
|----|--------------|-------------------------|---------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|    |              |                         |               | 核一廠                       | 核二廠                       | 核三廠                       |
| 1  | XX-JLD-10101 | 地震危害                    | NTTF 2.1      | 原能會持續追蹤                   | 原能會持續追蹤                   | 原能會持續追蹤                   |
| 2  | XX-JLD-10102 | 海嘯危害                    | NTTF 2.1      | 原能會持續追蹤                   | 原能會持續追蹤                   | 原能會持續追蹤                   |
| 3  | XX-JLD-10103 | 地震及海嘯危害模擬               | AEC           | 完成，原能會同意結案                | 完成，原能會同意結案                | 完成，原能會同意結案                |
| 4  | XX-JLD-10104 | 防海嘯能力                   | J reg. +AEC   | 原能會持續追蹤                   | 原能會持續追蹤                   | 原能會持續追蹤                   |
| 5  | XX-JLD-10105 | 危害防護現場履勘                | NTTF 2.3      | 完成，原能會同意結案                | 完成，原能會同意結案                | 完成，原能會同意結案                |
| 6  | XX-JLD-10106 | 電廠全黑之管制                 | NTTF 4.1      | 追蹤美國對救援超過設計基準事故之管制要求的立法進度 | 追蹤美國對救援超過設計基準事故之管制要求的立法進度 | 追蹤美國對救援超過設計基準事故之管制要求的立法進度 |
| 7  | XX-JLD-10107 | 限制第五部柴油發電機之備用           | J reg.        | 完成，原能會同意結案                | 完成，原能會同意結案                | 完成，原能會同意結案                |
| 8  | XX-JLD-10108 | 電池組 24 小時運轉能力           | AEC           | 完成，原能會同意結案                | 完成，原能會後續審查                | 完成，原能會後續審查                |
| 9  | XX-JLD-10109 | 24 小時全黑之因應能力            | AEC           | 完成，原能會後續審查                | 完成，原能會後續審查                | 完成，原能會後續審查                |
| 10 | XX-JLD-10110 | 新增氣冷式柴油發電機              | AEC           | 完成，原能會同意結案                | 完成，原能會後續審查                | 完成，原能會後續審查                |
| 11 | XX-JLD-10111 | 新增設置第二套最終熱沉             | USNRC         | 原能會持續追蹤                   | 原能會持續追蹤                   | 原能會持續追蹤                   |
| 12 | XX-JLD-10112 | 10CFR50.54(h)(2)        | USNRC         | 完成，原能會後續審查                | 完成，原能會同意結案                | 完成，原能會同意結案                |
| 13 | XX-JLD-10113 | 設備對廠外危害的防護              | NTTF 4.2      | 完成，原能會後續審查                | 完成，原能會後續審查                | 完成，原能會後續審查                |
| 14 | XX-JLD-10114 | (1)具備過濾功能之圍阻體及(2)強化排氣設計 | NTTF 5.1 +AEC | 原能會持續追蹤                   | 原能會持續追蹤                   | 原能會持續追蹤                   |
| 15 | XX-JLD-10115 | 用過燃料池儀器之強化              | NTTF 7.1      | 完成，原能會後續審查                | 完成，原能會後續審查                | 完成，原能會後續審查                |
| 16 | XX-JLD-10116 | 整合 EOPs、SAMGs、          | NTTF 8        | 追蹤美國對救援超過設計基              | 追蹤美國對救援超過設                | 追蹤美國對救援超過設計基              |

|    |                   | EDMGs 及<br>URGs                     |                 | 準事故之管制<br>要求的立法進<br>度 | 計基準事故<br>之管制要求<br>的立法進度 | 準事故之管制<br>要求的立法進<br>度 |
|----|-------------------|-------------------------------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|
| 17 | XX-JLD-<br>10117  | 火山危害<br>PRA                         | AEC             | 原能會持續追<br>蹤           | 原能會持續<br>追蹤             | 原能會持續追<br>蹤           |
| 18 | XX-JLD-<br>10118  | 提昇重要設備<br>防火門、穿越<br>孔填封的防水<br>或水密能力 | AEC +<br>J reg. | 原能會持續追<br>蹤           | 原能會持續<br>追蹤             | 原能會持續追<br>蹤           |
| 19 | XX-JLD-<br>10119  | 電廠消防隊部<br>建築之耐震能<br>力               | AEC             | 替代措施已完<br>成           | 替代措施已<br>完成             | 完成，原能會<br>後續審查        |
| 20 | XX-JLD-<br>10120  | (1)強化外電<br>系統及(2)提<br>昇外電可靠性        | AEC +<br>J reg. | 原能會持續追<br>蹤           | 原能會持續<br>追蹤             | 原能會持續追<br>蹤           |
| 21 | XX-JLD-<br>10121  | 強化生水池儲<br>水能力並提昇<br>可靠性             | AEC + J reg.    | 原能會持續追<br>蹤           | 原能會持續<br>追蹤             | 原能會持續追<br>蹤           |
| 22 | XX-JLD-<br>10122  | 強化氫氣控制<br>因應之設施<br>(PAR)            | ENSREG          | 原能會持續追<br>蹤           | 原能會持續<br>追蹤             | 原能會持續追<br>蹤           |
| 23 | CS-JLD-<br>101101 | 耐震能力強<br>化為 0.4g                    | AEC             | 原能會持續追<br>蹤           | 不適用                     | 不適用                   |
| 24 | MS-JLD-<br>101301 | RCP 軸封議<br>題因應改善                    | AEC<br>+ENSREG  | 不適用                   | 不適用                     | 原能會持續追<br>蹤           |
| 25 | XX-JLD-<br>10201  | 斷層位移危害<br>分析                        | NEA             | 原能會持續追<br>蹤           | 原能會持續<br>追蹤             | 原能會持續追<br>蹤           |
| 26 | XX-JLD-<br>10202  | 地震、海嘯後<br>程序書間之介<br>面整合             | NEA             | 完成，原能會<br>同意結案        | 完成，原能會<br>同意結案          | 完成，原能會<br>同意結案        |
| 27 | XX-JLD-<br>10203  | 極端天然災害<br>與水災組合之<br>事件              | NEA             | 完成，原能會<br>同意結案        | 完成，原能會<br>同意結案          | 完成，原能會<br>同意結案        |
| 28 | XX-JLD-<br>10204  | 區域地形圖檢<br>視最大可能落<br>雨，確認排洪<br>設計    | NEA             | 完成，原能會<br>同意結案        | 完成，原能會<br>同意結案          | 完成，原能會<br>同意結案        |
| 29 | XX-JLD-<br>10301  | 順向坡滑移及<br>山崩危害評估                    | AEC             | 原能會持續追<br>蹤           | 原能會持續<br>追蹤             | 原能會持續追<br>蹤           |
| 30 | XX-JLD-<br>10302  | 地震後非耐震<br>1 級 SSCs 之<br>檢查          | AEC             | 完成，原能會<br>後續審查        | 完成，原能會<br>後續審查          | 完成，原能會<br>後續審查        |
| 31 | XX-JLD-<br>10303  | 評估備置閉路<br>冷卻迴路                      | AEC             | 原能會持續追<br>蹤           | 原能會持續<br>追蹤             | 原能會持續追<br>蹤           |
| 32 | XX-JLD-           | 強化 BWR 機                            | AEC             | 原能會持續追                | 原能會持續                   | 不適用                   |

|    |                    |                                     |              |                          |                          |                          |
|----|--------------------|-------------------------------------|--------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|    | 10304              | 組 RPV 降壓<br>可用性                     |              | 蹤                        | 追蹤                       |                          |
| 33 | XX-JLD-10305       | 主控室的強化                              | AEC          | 原能會持續追蹤                  | 原能會持續追蹤                  | 原能會持續追蹤                  |
| 34 | XX-JLD-10306       | 模擬器納入雙機組事故之能力                       | AEC          | 完成，原能會同意結案               | 完成，原能會同意結案               | 完成，原能會同意結案               |
| 35 | XX-JLD-10307       | (1)電廠廠區內道路/橋樑及基礎設施的改善，(2)備置大型道路清理設備 | AEC          | (1)原能會持續追蹤，(2)完成，原能會同意結案 | (1)原能會持續追蹤，(2)完成，原能會同意結案 | (1)原能會持續追蹤，(2)完成，原能會同意結案 |
| 36 | HQ-JLD-10201       | 核能電廠鄰近區域地震監視網絡(南、北各一)               | NEA          | 完成，原能會後續審查               | 完成，原能會後續審查               | 完成，原能會後續審查               |
| 37 | HQ-JLD-1013001     | 緊急應變區半徑範圍擴增至 8 公里                   | AEC          | 完成，原能會同意結案               | 完成，原能會同意結案               | 完成，原能會同意結案               |
| 38 | HQ-JLD-1013002     | 緊急應變有關通訊議題                          | NTTF 9.3     | 完成，原能會同意結案               | 完成，原能會同意結案               | 完成，原能會同意結案               |
| 39 | XX-JLD-10104 (DNT) | 強化緊急應變之技術支援中心結構之議題                  | AEC          | 完成，原能會同意結案               | 完成，原能會同意結案               | 完成，原能會同意結案               |
| 40 | XX-JLD-1013003     | 隔震緊急應變場所                            | J reg + IAEA | 原能會持續追蹤                  | 原能會持續追蹤                  | 原能會持續追蹤                  |
| 41 | XX-JLD-1013004     | 緊急應變有關人員配置議題                        | NTTF 9.3     | 原能會持續追蹤                  | 原能會持續追蹤                  | 原能會持續追蹤                  |
| 42 | RL-JLD-1012042     | 購買 40 部移動式偵測設備                      | AEC          | 完成，原能會同意結案               | 完成，原能會同意結案               | 完成，原能會同意結案               |
| 43 | RL-JLD-1012043     | 緊急計畫區內增設 13 座固定式輻射偵測站               | AEC          | 完成，原能會同意結案               | 完成，原能會同意結案               | 完成，原能會同意結案               |
| 44 | RL-JLD-1012044     | 購買 4 輛輻射偵測車強化輻射監測能力                 | AEC          | 完成，原能會同意結案               | 完成，原能會同意結案               | 完成，原能會同意結案               |

日本福島核災事故後，台電公司核能電廠執行安全防護總體檢及各項管制案，以確保因應地震與海嘯複合式防災之能力，圖 11.1 顯示台電公司核能電廠複合式防災安全深度優勢如下：(參考文獻 11.8)

- (1) 緊要海水泵有建築物保護；

- (2) 緊急柴油發電機位於平面高程(surface elevation)；
- (3) 氣冷式柴油發電機提供後備電源；
- (4) 氣冷式氣渦輪機提供後備電源；
- (5) 生水池依靠重力注水入反應爐；
- (6) 核一、二、三及四廠增建水密門、核一、二、三及四廠分別規劃增建海嘯牆；及
- (7) 執行斷然處置注水冷卻反應爐。

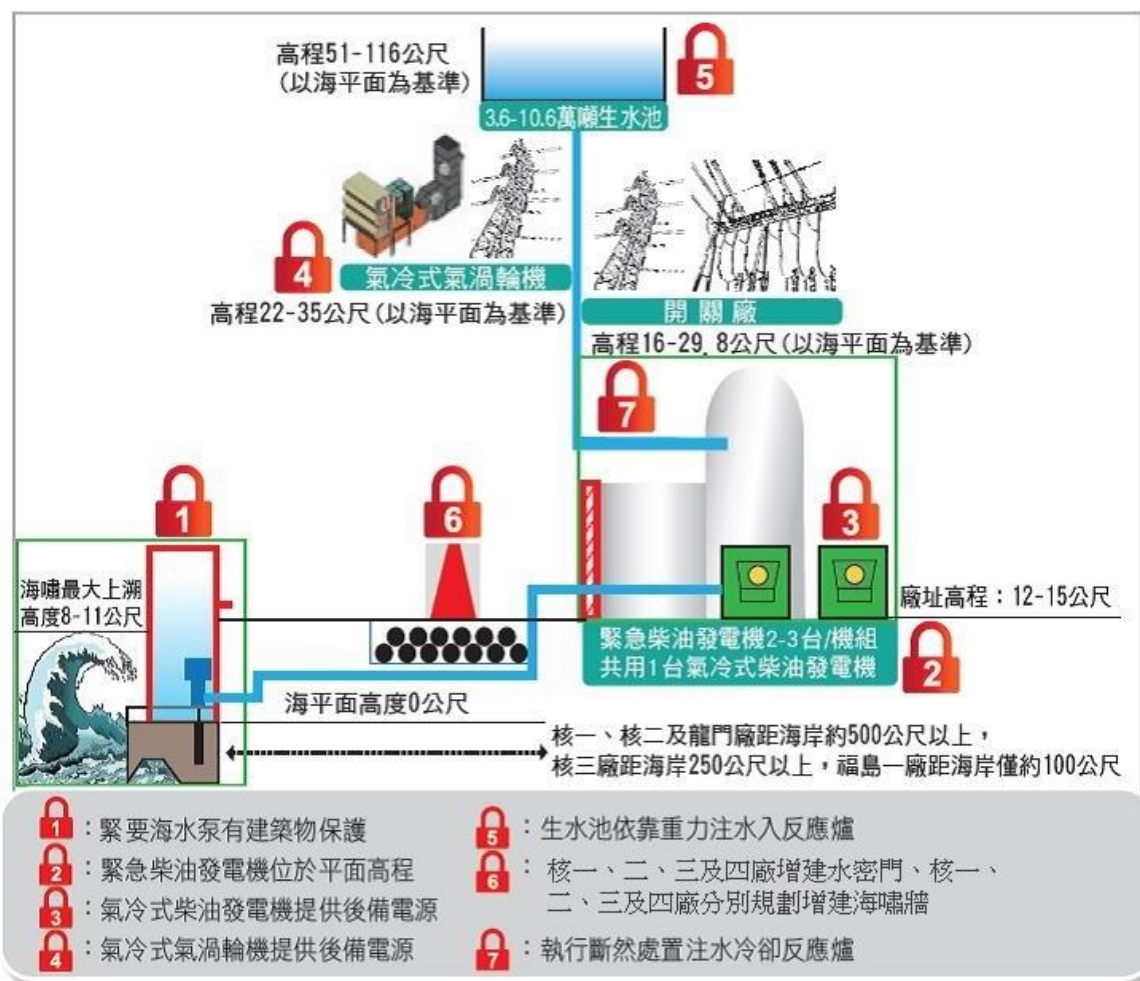


圖 11.1 台電公司核能電廠複合式防災安全深度優勢

## 參考文獻(第 11 章)

- 11.1 「核子反應器設施管制法」，原子能委員會，2003 年 1 月公布。
- 11.2 「環境影響評估法」，環境保護署，2003 年 1 月修正公布。
- 11.3 「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」，2004 年 4 月公布。
- 11.4 「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」，2005 年 11 月修正公布。

- 11.5 “Requirements for Renewal of Operating Licenses for Nuclear Power Plants”, 10 CFR 54, USNRC.
- 11.6 “Standard for Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications,” ASME, RA-S-2002, April 2005; RA-Sa-2003, Addendum A to RA-S-2002, December 2003. RA-Sb-2005, Addendum B to RA-S-2002, December 2005.
- 11.7 原子能委員會核能研究所網站，2016 年 8 月。  
<http://www.iner.gov.tw/siteiner/wSite/ct?xItem=12172&ctNode=513&mp=INER/>
- 11.8 「2014 台灣電力公司永續報告書」，台電公司，2014 年 8 月。  
[http://csr.taipower.com.tw/images/pdf/2014\\_tw.pdf](http://csr.taipower.com.tw/images/pdf/2014_tw.pdf)
- 11.9 “Human Engineering Factors Program Review Model”, NUREG-0711 Rev. 1, USNRC, May 2002.
- 11.10 「放射性廢棄物處理貯存最終處置設施建造執照申請審核辦法」，原子能委員會，2009 年 4 月修正公布。
- 11.11 「申請設置用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告導則」，原子能委員會，2005 年 10 月公布。
- 11.12 「我國核能電廠因應日本福島電廠事故總體檢－核能安全防護近期檢討議題初步安全評估報告」，原子能委員會，2011 年 5 月 13 日。  
[http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index\\_05\\_1.pdf](http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index_05_1.pdf)
- 11.13 「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」，原子能委員會，2012 年 8 月。  
[http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index\\_05\\_4.pdf](http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index_05_4.pdf)
- 11.14 「台電公司核發處回覆撰稿委員需求資料」(編號 A14-4)，2015 年 7 月 29 日。
- 11.15 「行政院原子能委員會一〇二年年報，原子能委員會」，2014 年 5 月。  
[http://www.aec.gov.tw/webpage/service/other/files/annual\\_102.pdf](http://www.aec.gov.tw/webpage/service/other/files/annual_102.pdf)
- 11.16 「原能會列管運轉中核能電廠有關福島後管制案清單」，原子能委員會，統計日期：2016 年 6 月 30 日。  
[http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index\\_01\\_11\\_1-02.pdf](http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index_01_11_1-02.pdf)

## 第12章 輻射防護

各簽約會員必須採取適當措施，以確保在所有運轉狀態下，核能電廠對工作人員及民眾所造成的輻射曝露均將合理抑低，且無任何人之輻射劑量超過國家規定之劑量限值。〈核能安全公約第15條〉

### 12.1 管制架構與輻射工作人員防護

#### 12.1.1 輻射防護之法律、施行細則及法規命令

「游離輻射防護法」(簡稱「輻防法」)係於 2002 年公佈，並於 2003 年 2 月 1 日開始施行(參考文獻 12.1)。此法共 5 章 57 條條文，為便於執行，「輻防法」中授權制定了 23 種法規命令 (參看第 4.2.3 節及表 4.2)。

輻防法的目的在於合宜地管理放射性物質、可發生游離輻射設備及各種輻射作業，以防範輻射工作人員與一般民眾受到輻射傷害。

輻防法中規定了基本的輻射防護原則，並特別強調下列各項與核能電廠相關的議題：

- 規定各項防護措施，使放射性物質排放值符合職業曝露合理抑低(ALARA)原則，以防範輻射之危害；
- 規定與運轉相關的各項安全措施，註明各項與核能電廠運轉有關的必要措施，以保護工作人員、民眾及環境免於受到可能的輻射危害；
- 對於輻射工作人員與進入核設施人員，規定其輻射劑量評定的執行標準；以及
- 輻射工作人員之訓練要求。

「游離輻射防護法施行細則」之條文共 25 條(參考文獻 12.2)，詳述母法的細節並作必要的補充說明。其中與核能電廠有關的規定包括核能電廠的輻射防護計畫，氣、液體排放之安全分析報告內容，對輻射工作人員施行輻射防護訓練的相關需求以及對可能發生的事故之評估報告內容等。

「輻防法」授權制定之 23 種法規命令，規範了輻射防護的技術需求，並針對核能電廠特別強調以下各項課題：

- 用於判定輻射工作人員與民眾是否符合游離輻射防護安全標準之細部規定；
- 放射性物質安全運送之規定；
- 核能電廠輻射防護管理組織的設置規定；
- 輻射工作場所及周圍環境的監測規定；
- 有關監測輻射工作場所及周圍環境的規定；
- 輻射防護人員之精確定義；以及

- 人員劑量評定執行標準的規定。

## 12.1.2 職業曝露之合理抑低

### 12.1.2.1 核能電廠設計與興建時職業曝露之合理抑低

台電公司於設計及興建核能電廠時，均特別納入下列輻射防護原則，以確保符合「合理抑低」標準，並維持輻射工作人員及一般民眾之輻射劑量等於或低於國家規定限值：

- 含有大量放射性物質之管路與設備，其外加屏蔽之外緣需足以衰減輻射至法規限值以下，
- 於輻射管制區內使用遙控與自動化的設備，
- 於可能有放射性污染的區域內需安裝具有過濾功能的通風設備，
- 於核能電廠內設置連續輻射監測系統，以及
- 建立合宜的輻射區域劃分及其進出之管制。

### 12.1.2.2 輻射曝露管制標準

台電公司針對其輻射工作人員於輻射作業中接受之目標劑量限值為表 12.1 所示法規限值之 90%，並控制輻射劑量於目標劑量限值內。台電公司並於程序書中規定，如有人員之年累積劑量接近目標劑量限值時，需作密集之每日監測。並且任何人員累積之劑量達到正式法規限值的 80%時，除非經廠長批准且採取適當措施外，將不允許在高輻射區工作。

表 12.1 現行劑量限值

| 類別      | 輻射工作人員                        | 一般民眾<br>(關鍵群體) |
|---------|-------------------------------|----------------|
| 有效劑量    | 50 毫西弗 (任一年)<br>100 毫西弗(連續五年) | 每年 1 毫西弗       |
| 年等價劑量   |                               |                |
| － 眼球水晶體 | 150 毫西弗                       | 15 毫西弗         |
| － 四肢或皮膚 | 500 毫西弗                       | 50 毫西弗         |

### 12.1.2.3 輻射工作之管理

台電公司之程序書中規定，任何人於進入輻射管制區工作前，應先取得輻射工作許可證，這是經由考量工作類別、輻射強度及工作條件後才發出的許可證。核能電廠保健物理組的輻射防護人員於發出此許可證前會評估工作造成之預期劑量，並在必要時會對工作人員作一些特別的要求，例如佩戴輻射劑量警報器及防護面具等。

#### 12.1.2.4 降低職業輻射曝露

台電公司已建立並執行職業輻射曝露的各項目標，例如年集體劑量、更換燃料或預防保養(preventive maintenance)期間之集體劑量及各特定工作之集體劑量等。台電公司於程序書中規定需依工作前擬定之計畫執行輻射防護工作，並規定應於規劃階段召開合理抑低委員會之會議，以評估輻射強度及預期集體劑量。此外，台電公司針對主要的維護工作、設計修改及設備更換等，每年均至少要評估合理抑低的成效一次以上。於執行輻射工作時需於輻射工作程序書或輻射工作許可證上說明降低劑量之相關技術。

台電公司各核能電廠於 2014 年之總集體劑量為 6.686 人-西弗，其主要來源為三座運轉中核能電廠的員工，分別為核一廠 3.187 人-西弗，核二廠 2.562 人-西弗及核三廠 0.937 人-西弗。2004 年至 2010 年各類輻射工作人員及三座核能電廠員工之集體劑量分布如表 12.2 及表 12.3 所示。

表 12.2 各類輻射工作人員之集體劑量

| 單位：人-西弗 |        |        |        |        |        |        |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 年度      | 2009   | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   |
| 台電公司*   | 7.455  | 7.791  | 6.791  | 6.309  | 6.393  | 6.764  |
| 醫療      | 0.429  | 0.488  | 0.505  | 0.622  | 0.815  | 0.789  |
| 工業      | 0.768  | 0.767  | 0.684  | 0.665  | 0.615  | 0.815  |
| 其他      | 0.203  | 0.152  | 0.177  | 0.183  | 0.192  | 0.302  |
| 天然放射性物質 | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  | 0.000  |
| 合計      | 8.855  | 9.918  | 8.157  | 7.779  | 8.015  | 8.670  |
| 單位：人-年  |        |        |        |        |        |        |
| 合計工作人員數 | 42,966 | 44,607 | 46,545 | 48,225 | 48,621 | 50,438 |

\* 台電公司數據涵蓋各核能電廠、蘭嶼貯存場及其他單位放射性照相檢驗等輻射工作人員劑量。

表 12.3 台電公司各核能電廠之集體劑量

| 單位：人-西弗 |       |       |       |       |       |       |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 年度      | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  |
| 核一廠     | 2.076 | 1.904 | 2.885 | 1.966 | 1.937 | 3.187 |
| 核二廠     | 3.048 | 4.144 | 2.294 | 2.599 | 3.632 | 2.562 |
| 核三廠     | 2.011 | 1.068 | 1.096 | 1.741 | 0.802 | 0.937 |
| 合計      | 7.135 | 7.116 | 6.275 | 6.306 | 6.371 | 6.686 |



#### 12.1.2.5 人員劑量評定及其驗證

台灣每年約有 4 萬多人參與輻射相關之作業，原能會已建立「全國輻射工作人員劑量資料庫中心」，以供檢視所有從事輻射工作人員之劑量。

包括台電公司在內，如有機構欲從事人員劑量評定服務，需先獲得原子能委員會的批准，才可從事此項服務工作(參考文獻 12.3)。台電公司發放熱發光劑量計(TLD)給相關員工佩戴，按月回收計讀並告知個人劑量的結果，此結果並於每月陳報原能會。經濟部標準檢驗局主管之「財團法人全國認證基金會」(TAF)，會舉辦實驗室相互比對認證以維持計讀之準確性。

#### 12.1.2.6 輻射防護之訓練

台電公司於程序書中規定，輻射工作人員獲准進入核能電廠及放射性廢棄物處理或貯存設施前，均需接受適當的輻射防護訓練課程。工作人員經此訓練可獲得輻射工作所需的基本知識與處理技術。訓練課程依性質分為以下幾類：

- 進廠訓練，
- 輻射防護法第 14 條第 4 項規定有關從事輻射作業之防護及預防輻射意外事故所必要之教育訓練，以及
- 承攬輻射防護業務包商之訓練。

各種課程均訂有訓練時數，基本內容包括基礎輻射防護、輻射之健康效應、進出管制區程序以及緊急狀況之整備。其他內容包括輻射曝露管制、污染管制、廢棄物管理以及偵測儀器與防護裝備之使用。參與訓練之人員須參加筆試，通過筆試後，參與訓練的人員才具有進出管制區或在管制區內工作的資格。

#### 12.1.3 加強管制的作為

原能會自 1996 年 7 月開始推動了一系列之計畫時，已納入國際放射防護委員會(ICRP)第 60 號建議報告(ICRP-60)(參考文獻 12.4)的內容於相關法律與法規命令之內。「游離輻射防護法」於 2002 年 1 月公布，也已納入部分 ICRP 第 60 號建議報告的概念。「游離輻射防護安全標準」於 2003 年 1 月發布，並於 2005 年 12 月修正發布，此法規命令之主要內容為減低了劑量限值，並納入體內曝露評估系統以取代廢止的最大容許劑量概念。原能會已建置了「輻防管制系統」，以有效管制人員、輻射源、可發生游離輻射設備及其輻射作業。

##### 12.1.3.1 游離輻射防護安全標準

「游離輻射防護安全標準」於 2005 年 12 月 30 日修正發布(參考文獻 12.5)，以符合國際放射防護委員會第 60 號 (ICRP-60) 報告建議之精神 (參考文獻 12.4)，此版本中採用有效劑量(effective dose)取代上一版本(ICRP-26)使用的有效等效劑量(effective dose equivalent)。輻射工作人員之職業劑量限值為每連續 5 年不得超過 100 毫西弗。此 5 年週期依原能會規定，2003 年至 2007 年為第一個週期，2008 年至 2012 年為第二個週期，2013 年至 2017 年則為第三個週期。國際放射防護委員會第 60 號報告中建議的輻射加權因數(radiation weighting factor)及劑量轉換係數(dose

conversion coefficients)均已納入 2005 年版的「游離輻射防護安全標準」中。一般民眾每年之有效劑量不得超過 1 毫西弗，且於評估因呼吸及攝入造成之體內劑量時，考量不同年齡群的差異，採用 6 組不同年齡群的劑量轉換因數。

### 12.1.3.2 建置及利用輻防管制系統

為執行新公布的游離輻射防護法，並實現電子化管理的政策，以有效管制放射性物質與可發生游離輻射設備的使用，原能會於 2003 年 2 月 1 日建置完成並開始使用一套「輻防管制系統」，以使民眾對可能的輻射危害得到更好的保護。輻防管制系統是一套將人員資格、企業經營者能力以及放射性物質與可發生游離輻射設備進出口等管制作業，整合成電腦控制的管理系統，更可確保各種輻射作業與民眾的輻射安全。

## 12.2 一般民眾之輻射曝露防護

### 12.2.1 放射性物質排放之劑量約束

原能會參考美國聯邦法規第 10 章第 50 節 (10 CFR Part 50) 附錄 I：「輕水式核能電廠放射性物質排放符合合理抑低之設計目標及運轉限度的數值指引」(參考文獻 12.6)，規定排放至環境中氣體與液體核種的最大容許濃度以及有關的劑量約束。各核能電廠依相關法規確認核種濃度符合允許之限度後，方可將氣體與液體排入外界環境。

依法規之規定，氣體排放對一般民眾之劑量約束如下：

- 空氣中加馬吸收劑量：0.1 毫戈雷/年-機組；
- 空氣中貝他吸收劑量：0.2 毫戈雷/年-機組；
- 體外曝露個人有效劑量：0.05 毫西弗/年-機組；
- 體外曝露皮膚等價劑量：0.15 毫西弗/年-機組；以及
- 碘與微粒放射性核種造成器官等價劑量：0.15 毫西弗/年-機組。

液體排放對一般民眾之劑量約束為：

- 個人有效劑量：0.03 毫西弗/年-機組；以及
- 器官等價劑量：0.1 毫西弗/年-機組。

### 12.2.2 核能電廠周圍民眾之劑量評估

依「輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則」之規定(參考文獻 12.7)，各核能電廠每季需評估其對周圍民眾之輻射劑量影響情形。評估模式中有考量氣體與液體排放之放射性、氣象條件、劑量轉換因數以及核能電廠周圍 50 公里範圍內農產品與漁貨量等因數。

台電公司的三座運轉中核能電廠每季均評估其電廠周圍民眾之輻射劑量，以確保核能電廠附近之關鍵民眾所接受之劑量低於法規劑量限度。關鍵民眾接受之劑量係以實際經由氣體與液體途徑排放之放射性核種作為評估之依據，廠區之氣象監測

站記錄每小時之風向、風速與大氣穩定度等氣象資料。在氣體曝露途徑部份，先計算核能電廠周圍 50 公里範圍內關鍵位置的大氣擴散因數(atmospheric dispersion factor)X/Q 及沉積因數(disposition factor)D/Q，然後再評估關鍵群體(critical group)之個人劑量與 50 公里範圍內的集體劑量，並與相關之法規限值做比較。氣體核種排放時，所考慮的曝露途徑含煙羽曝露、地表曝露、呼吸及所攝入污染之蔬菜、牛肉及牛奶等。液體排放依實際之核種排放紀錄作評估，所考慮之曝露途徑包括吃下食用魚、無脊椎動物以及游泳與海邊活動等。

各核能電廠採用典型的計算機程式 XOQDOQ-82、GASWIN 及 LQWIN 等執行評估，為符合現行「游離輻射防護安全標準」之規定，這些程式中劑量轉換係數已修正為國際放射防護委員會(ICRP)第 60 號建議報告內之建議值。

三座運轉中核能電廠自 2008 年至 2014 年之氣、液體核種排放造成的個人有效劑量與器官等價劑量值，彙總列表 12.4 至表 12.6 中。由於核能發電廠實際之核種排放量均較終期安全分析報告中所列的設計值為低，故一直以來核能電廠周圍民眾接受到的劑量均在背景值變動範圍內，並符合法規要求。

表 12.4 核一廠對周圍民眾之劑量評估

單位：毫西弗/年\*

| 年度   | 氣體排放                  |                       | 液體排放                  |                       |
|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|      | 有效劑量 <sup>1</sup>     | 等價劑量 <sup>2</sup>     | 有效劑量 <sup>3</sup>     | 等價劑量 <sup>4</sup>     |
| 2008 | $1.37 \times 10^{-6}$ | $2.77 \times 10^{-4}$ | $5.87 \times 10^{-4}$ | $3.00 \times 10^{-3}$ |
| 2009 | $3.40 \times 10^{-6}$ | $2.68 \times 10^{-4}$ | $2.05 \times 10^{-4}$ | $4.43 \times 10^{-4}$ |
| 2010 | $1.97 \times 10^{-6}$ | $8.66 \times 10^{-5}$ | $1.43 \times 10^{-4}$ | $4.16 \times 10^{-4}$ |
| 2011 | $2.86 \times 10^{-6}$ | $3.10 \times 10^{-5}$ | $6.66 \times 10^{-5}$ | $1.61 \times 10^{-4}$ |
| 2012 | $1.12 \times 10^{-6}$ | $6.92 \times 10^{-5}$ | $1.17 \times 10^{-4}$ | $3.29 \times 10^{-4}$ |
| 2013 | $2.36 \times 10^{-6}$ | $7.59 \times 10^{-5}$ | $6.87 \times 10^{-5}$ | $1.61 \times 10^{-4}$ |
| 2014 | $2.48 \times 10^{-6}$ | $1.17 \times 10^{-4}$ | $3.45 \times 10^{-5}$ | $8.75 \times 10^{-5}$ |

註：1.惰性氣體之體外曝露(劑量約束 0.05 毫西弗/年-機組)。

2.碘與微粒之器官等價劑量(劑量約束 0.15 毫西弗/年-機組)。

3.劑量約束 0.03 毫西弗/年-機組。

4.器官等價劑量(劑量約束 0.1 毫西弗/年-機組)。

\* 對兩部機組

表 12.5 核二廠對周圍民眾之劑量評估

單位：毫西弗/年\*

| 年度   | 氣體排放                  |                       | 液體排放                  |                       |
|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|      | 有效劑量 <sup>1</sup>     | 等價劑量 <sup>2</sup>     | 有效劑量 <sup>3</sup>     | 等價劑量 <sup>4</sup>     |
| 2008 | $7.62 \times 10^{-4}$ | $1.83 \times 10^{-2}$ | $1.87 \times 10^{-4}$ | $8.30 \times 10^{-4}$ |
| 2009 | $8.30 \times 10^{-4}$ | $3.20 \times 10^{-3}$ | $1.10 \times 10^{-4}$ | $2.94 \times 10^{-4}$ |
| 2010 | $7.28 \times 10^{-4}$ | $3.71 \times 10^{-3}$ | $3.90 \times 10^{-5}$ | $1.04 \times 10^{-4}$ |
| 2011 | $7.45 \times 10^{-4}$ | $3.61 \times 10^{-3}$ | $3.50 \times 10^{-5}$ | $9.50 \times 10^{-5}$ |

|      |                       |                       |                       |                       |
|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 2012 | $8.81 \times 10^{-4}$ | $9.03 \times 10^{-3}$ | $5.82 \times 10^{-5}$ | $2.68 \times 10^{-4}$ |
| 2013 | $2.80 \times 10^{-3}$ | $1.20 \times 10^{-2}$ | $4.04 \times 10^{-5}$ | $4.30 \times 10^{-4}$ |
| 2014 | $4.92 \times 10^{-3}$ | $5.94 \times 10^{-3}$ | $7.54 \times 10^{-5}$ | $2.96 \times 10^{-4}$ |

註：1.惰性氣體之體外曝露(劑量約束 0.05 毫西弗/年-機組)。

2.碘與微粒之器官等價劑量(劑量約束 0.15 毫西弗/年-機組)。

3.劑量約束 0.03 毫西弗/年-機組。

4.器官等價劑量(劑量約束 0.1 毫西弗/年-機組)。

\* 對兩部機組

表 12.6 核三廠對周圍民眾之劑量評估

單位：毫西弗/年\*

| 年度   | 氣體排放                  |                       | 液體排放                  |                       |
|------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|      | 有效劑量 <sup>1</sup>     | 等價劑量 <sup>2</sup>     | 有效劑量 <sup>3</sup>     | 等價劑量 <sup>4</sup>     |
| 2008 | $4.47 \times 10^{-4}$ | $1.20 \times 10^{-3}$ | $3.66 \times 10^{-5}$ | $1.58 \times 10^{-4}$ |
| 2009 | $2.63 \times 10^{-4}$ | $2.28 \times 10^{-3}$ | $2.30 \times 10^{-5}$ | $2.30 \times 10^{-5}$ |
| 2010 | $2.67 \times 10^{-4}$ | $8.03 \times 10^{-4}$ | $2.24 \times 10^{-5}$ | $2.24 \times 10^{-5}$ |
| 2011 | $2.66 \times 10^{-4}$ | $7.42 \times 10^{-4}$ | $2.24 \times 10^{-5}$ | $2.24 \times 10^{-5}$ |
| 2012 | $2.19 \times 10^{-4}$ | $5.36 \times 10^{-4}$ | $1.02 \times 10^{-5}$ | $5.15 \times 10^{-4}$ |
| 2013 | $3.28 \times 10^{-4}$ | $2.34 \times 10^{-4}$ | $9.34 \times 10^{-6}$ | $9.34 \times 10^{-6}$ |
| 2014 | $2.14 \times 10^{-4}$ | $1.63 \times 10^{-4}$ | $1.03 \times 10^{-5}$ | $1.03 \times 10^{-5}$ |

註：1.惰性氣體之體外曝露(劑量約束 0.05 毫西弗/年-機組)。

2.碘與微粒之器官等價劑量(劑量約束 0.15 毫西弗/年-機組)。

3.劑量約束 0.03 毫西弗/年-機組。

4.器官等價劑量(劑量約束 0.1 毫西弗/年-機組)。

\* 對兩部機組

### 12.2.3 台電公司之環境輻射監測

台電公司依「輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則」之規定，須執行核能電廠環境輻射監測作業，包括裝置熱發光劑量計(TLD)與設置環境輻射監測站(ERM stations)，並分析各式環境樣品中的放射性。

國內四座核能電廠在其周圍共設有 30 座採用高壓游離腔之環境輻射監測器站(ERM stations)，包含核一廠 7 座、核二廠 7 座、核三廠 5 座、及核四廠 11 座。這 30 座監測器之位置係考量地形、人口分布及大氣擴散係數後據以決定的，用以量測距地表 1 米高位置的連續加馬劑量率。這些監測器系統的狀況與輻射劑量值均連線至各核能電廠的保健物理站及台電放射試驗室以供即時確認。熱發光劑量計之安裝程序為先將竿埋入地表下並確認其穩固後再於離地表往上 1 米處之竿上進行安裝。安裝完成後即可以量測核能電廠周圍 50 公里半徑範圍內每季加馬輻射劑量之累積值。核一、核二、核三及核四廠分別安裝了 45、36、32 及 40 組熱發光劑量計。

核一、二、三廠的環境樣本包括空氣、水(海水、飲用水、地表水、地下水及雨水)、沉積物(海底沉積物、岸砂)以及食物產品(牛奶、蔬果、水果、芋頭、魚、貝類及海藻等)，不同之樣本在不同時段加以取樣量測如表 12.7 所示。

表 12.7 核能電廠周圍之環境輻射監測

單位：取樣數

| 試樣類別       | 核能電廠 |     |     | 分析項目/分析頻度                                                   |
|------------|------|-----|-----|-------------------------------------------------------------|
|            | 核一廠  | 核二廠 | 核三廠 |                                                             |
| 直接輻射：      |      |     |     |                                                             |
| 熱發光劑量計(連續) | 45   | 36  | 32  | 加馬劑量/季                                                      |
| 高壓游離腔(連續)  | 7*   | 7*  | 5   | 加馬劑量/小時                                                     |
| 空氣：        |      |     |     |                                                             |
| 微粒(連續)     | 16   | 11  | 16  | 總貝他、加馬能譜 <sup>1</sup> /週、加馬能譜/季、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>      |
| 空氣碘(連續)    | 16   | 11  | 16  | 放射性碘/週                                                      |
| 落塵(連續)     | 1    | 1   | 1   | 加馬能譜/月                                                      |
| 水樣：        |      |     |     |                                                             |
| 海水(季)      | 9    | 9   | 10  | 加馬能譜 <sup>3</sup> 、氬 <sup>3</sup> /月、銈-89；銈-90 <sup>2</sup> |
| 飲水(季)      | 7    | 11  | 7   | 加馬能譜、氬/季、銈-89；銈-90 <sup>2</sup> 放射性碘 <sup>4</sup>           |
| 河水(季)      | 2    | 4   | 2   | 加馬能譜、氬/季、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>                             |
| 池水(季)      | 5    | 3   | 3   | 加馬能譜、氬/季、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>                             |
| 地下水(季)     | 2    | 3   | 2   | 加馬能譜、氬/季、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>                             |
| 定時雨水(月)    | 2    | 2   | 3   | 加馬能譜/月、氬/季、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>                           |
| 定量雨水       | 2    | 2   | 3   | 加馬能譜、氬 <sup>7</sup>                                         |
| 農漁產品：      |      |     |     |                                                             |
| 牛羊奶(半年)    | —    | —   | 2   | 放射性碘、加馬能譜/季、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>                          |
| 稻米(半年)     | 2    | 3   | 3   | 加馬能譜/半年、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>                              |
| 蔬菜(半年)     | 5    | 5   | 5   | 放射性碘、加馬能譜/半年、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>                         |
| 茶葉(半年)     | 5    | —   | —   | 加馬能譜/半年、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>                              |

| 試樣類別               | 核能電廠 |     |     | 分析項目/分析頻度                          |
|--------------------|------|-----|-----|------------------------------------|
|                    | 核一廠  | 核二廠 | 核三廠 |                                    |
| 水果(年)              | 2    | 2   | 1   | 加馬能譜/年、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>      |
| 根菜(地瓜)             | 3    | 3   | 2   | 加馬能譜/年、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>      |
| 芋頭(年)              | 1    | 1   | —   | 加馬能譜/年、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>      |
| 莖菜 <sup>5</sup>    | 1    | 1   | 1   | 加馬能譜/年、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>      |
| 家禽(半年)             | 3    | 3   | 3   | 加馬能譜/半年、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>     |
| 海菜(年)              | 2    | 2   | 2   | 放射性碘、加馬能譜/年、銈-89；銈-90 <sup>2</sup> |
| 海魚、貝(季)            | 5    | 5   | 6   | 加馬能譜/季、銈-89；銈-90 <sup>2</sup>      |
| <b>指標生物：</b>       |      |     |     |                                    |
| 相思樹(陸)(月)          | 1    | 1   | 1   | 加馬能譜/月                             |
| 海藻(海)(年)           | 1    | 1   | 1   | 放射性碘、加馬能譜/年、銈-89；銈-90 <sup>2</sup> |
| <b>沉積物：</b>        |      |     |     |                                    |
| 岸砂(季) <sup>6</sup> | 9    | 12  | 10  | 加馬能譜/季                             |
| 土壤(半年)             | 15   | 15  | 11  | 加馬能譜/半年                            |
| 海底沉積物(半年)          | 4    | 4   | 4   | 加馬能譜/半年                            |

註：1. 每週空氣微粒總貝他分析結果超過 4 毫貝克/立方公尺，方執行加馬能譜分析。

2. 加馬能譜分析中發現銈-137 大於原能會規定之可接受最小可測活度 (AMDA)時，方執行銈-89；銈-90 分析。

3. 海水加馬能譜和氚分析僅於對照、出、入水口三站按月執行，當上述各站分別發現電廠排放核種或氚活度大於原能會規定之 AMDA 時，分別於其餘各站全面執行上述加馬能譜分析或氚分析。

4. 空氣碘分析中發現碘-131 有活度時，方執行各站飲水(含對照站)之放射性碘分析。

5. 莖菜類核能一廠取筴白筍，核能三廠取洋蔥。

6. 距出、入水口 600 米處，核一(出水口)、核二(出水口)、核三(出入水口)。

7. 於每一階段下雨時取樣執行氚分析。

\* 其中 1 座之監測資訊係核一與核二兩廠共用。

#### 12.2.4 原子能委員會之環境輻射監測網

原子能委員會所屬的「輻射偵測中心」(簡稱偵測中心)負責量測全國空浮微粒、落塵、雨水、飲用水、地下水、畜產品、農產品、土壤及牛奶等之放射性。輻射偵測中心建置了「全國環境輻射監測網」(ERMN)，俾能快速偵測並針對環境中任何放射性異常狀況作出反應。原能會建置之全國環境輻射監測網如圖 12.1 所示，包括設

於原能會輻射偵測中心、6 個人口密集城市、原能會本部、3 座運轉中核能電廠、核研所及國內其他位置之監測站。截至 2016 年 9 月，原能會共在台灣、金門、馬祖、澎湖及蘭嶼等全國各地(甚至高山阿里山)建立了 46 個環境輻射監測站(ERM stations)。各站均全天候 24 小時全程自動化監測當地的環境輻射量，並即時將監測結果傳輸至輻射偵測中心，再透過網站公布即時資訊，以達到資訊透明化的目標，同時透過網路提

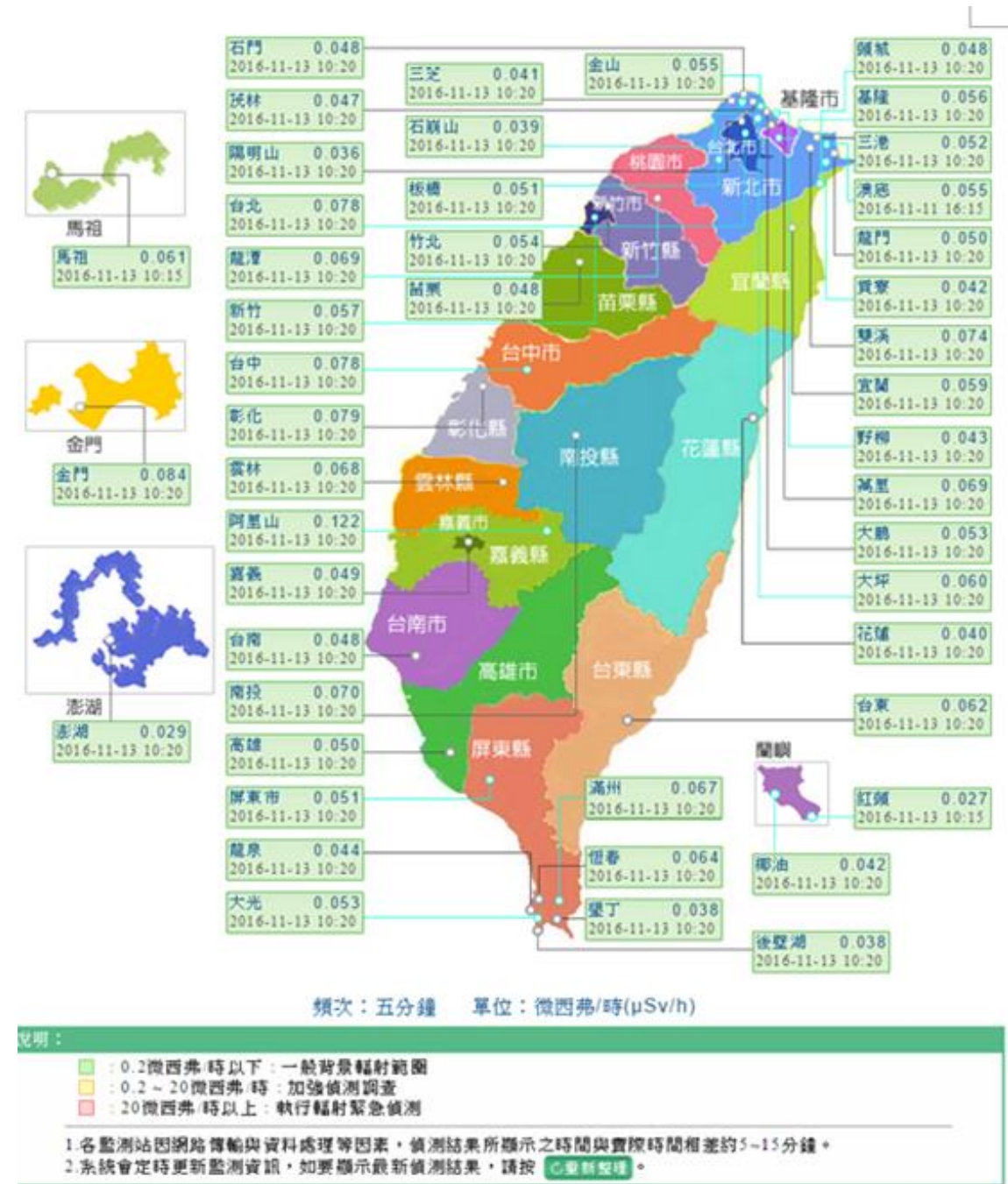


圖 12.1 全國環境輻射監測網

供原能會核安監管中心即時監測結果，以強化核子事故緊急應變能力。輻射偵測中心每年並舉辦全國及國際性實驗室間的環境放射性量測比對，以確保量測品質管制。

## **12.3 汲取福島教訓**

### **12.3.1 核子事故後之輻射防護準則**

福島事故後，衛生福利部於 2016 年 01 月 18 日修正了「食品中原子塵或放射性污染安全容許量標準」(網站：<http://goo.gl/o75U0n>)。另外，原能會在福島事故後也公布了「進口商品和入境旅客輻射管制標準」(0.2 $\mu$ Sv/h)。

### **12.3.2 再審視救援與支援能力**

欲達輻射偵測與防護目的，相關組織的人力與設備必需動員並互相協調。地方政府單位應建立其自己的實驗室或者與大學或研究機構合作以強化其輻射偵測能力。

### **12.3.3 建立大眾與救援者劑量重建能力**

為在意外受到輻射曝露後提供全功能生物劑量計服務，核能研究所建立了生物劑量計實驗室，購置了自動化顯微鏡，也建立了試管內劑量校正曲線，並且參加了生物劑量網(bio-dose network)以相互比較。

### **12.3.4 強化環境輻射偵測實驗室之分析能力**

為強化核能電廠周圍縣市之環境輻射偵測實驗室的分析能力，將需要設立高效率純銻多控道分析器(MCA)系統和寬幅純銻能譜分析系統、建立即時的事故偵測與分析能力、提昇環境偵測技術與品質、以及購置感應耦合電漿質譜儀(ICP-MS)。另外，還需要建立一套 3G 無線傳送系統以供緊急應變環境輻射偵測與展示網之用。此偵測與展示網可設在任何選定之地點，並且可傳送即時的(real-time)輻射強度和氣象資訊。

### **12.3.5 原能會為減輕福島事故對台灣民眾衝擊而採行的輻射安全措施**

#### **福島事故期間：**

#### **(1) 於機場和港口設立門框式輻射偵檢器以快速偵檢入境旅客**

原能會在 4 個機場 2 個港口設立了門框式輻射偵檢器，可快速篩選檢測來自日本旅客是否受到輻射污染。從 2011 年 03 月 15 日至 04 月 30 日止，總共篩選檢測約 20 萬名旅客，只有 45 名旅客被檢出受到很輕微的污染，他們因無輻射安全顧慮而被允許離開。

#### **(2) 規劃跨部會合作機制以保護民眾的食品、飲用水和商品輻射安全**

為了確保民眾健康，原能會邀集負責食品、農業、漁業、畜牧、菸、酒和飲用水管理的相關部會(包含衛福部、農委會、財政部、經濟部等)召開數次特別會議。原能會同時協調有分析能力之國家環境輻射實驗室，以提供有效的偵測與分析服務。



對於從日本進口的商品，原能會公布了「福島事故後進口商品和入境旅客輻射管制標準」，以做為經濟部標準檢驗局(BSMI)、財政部關務署、和中華郵政公司使用輻射偵檢器檢測來自日本之進口貨品或郵件時的指引。

### **(3) 整合國家輻射偵測系統以評估輻射落塵影響**

為評估趨近台灣之落塵所造成的危害增加程度，原能會整合 6 所檢證過的國家環境輻射實驗室之偵測系統及交通部中央氣象局之風向預測(wind forecast)，以進行全國性環境輻射偵測。偵測項目包含空氣、土壤、植物、灰塵、海水等。偵測結果立即公布於原能會網站以讓民眾放心。

### **福島事故後：**

#### **(1) 繼續推動跨部會合作以保護民眾的食品輻射安全**

福島事故發生後，原能會持續接到來自衛福部、農委會、財政部和其他政府單位委託，要求對日本進口食品、含酒精飲料、菸草和漁獲進行輻射檢驗。迄 2015 年 7 月止，總共檢驗超過 78,000 件，且相關工作仍持續進行中。此外，為管制進口台灣之日本食品，衛福部採用與日韓相同標準(銻含量：100Bq/kg)，此較 Codex 國際標準(銻含量：1,000Bq/kg)嚴苛許多。藉由上述各項管制措施，民眾之食品輻射安全將得以確保。

#### **(2) 引進空中偵測系統以強化國內輻射預警系統**

由日本福島事故經驗看來，有必要正確了解陸上、海域和空中全域輻射偵測資訊。原能會已完成精密的早期預警系統之運作，並與國外機構共同進行落塵擴散的輻射偵測計畫。這包含利用海巡署船舶和軍用直昇機支援輻射偵測，以強化萬一發生核子事故時的偵測能力。另外，也引進美國的空中與陸上輻射偵測儀器，以提昇國內在緊急應變時的即時偵測能力。

### **參考文獻(第 12 章)**

- 12.1 「游離輻射防護法」，原子能委員會，2002 年 1 月公布。
- 12.2 「游離輻射防護法施行細則」，原子能委員會，2002 年 12 月發布。
- 12.3 「人員輻射劑量評定機構認可及管理辦法」，原子能委員會，2002 年 12 月發布。
- 12.4 “1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection”，ICRP Publication 60 (1990)。
- 12.5 「游離輻射防護安全標準」，原子能委員會，1970 年 7 月 29 日年發布，2005 年 12 月 30 日修正發布。
- 12.6 “Numerical Guides for the Design Objectives and Limiting Conditions for Operation to meet the Criteria ‘As Low as is Reasonably Achievable’ for Radioactive Material in Light-Water-Cooled Nuclear Power Reactor Effluents”，US 10 CFR 50 Appendix I。
- 12.7 「輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則」，原子能委員會，2002 年 12 月發布。

## 第 13 章 緊急應變整備

1. 每一簽約會員必須採取適當措施，以確保其核能電廠均有定期測試之廠內及廠外緊急應變計畫，此等計畫並涵蓋一旦有緊急狀況時須採取之行動。

對任何新建之核能電廠而言，此等緊急應變計畫須於其開始以高於管制機構所同意之低功率進行運轉前完成準備與測試。

2. 每一簽約會員必須採取適當措施，以確保只要核能電廠周圍之民眾與政府主管機關(competent authorities of the States)有可能受到放射性緊急狀況影響時，會對其提供緊急計畫與應變的適當資訊。
3. 境內無核能電廠之簽約會員，只要有可能受到鄰近核能電廠放射性緊急狀況影響時，必須採取適當措施以準備及測試其領域內之緊急應變計畫(emergency plan)，此等計畫涵蓋一旦有緊急狀況時必須採取的行動。 <核能安全公約 第 16 條>

### 13.1 廠內與廠外之緊急應變整備

#### 13.1.1 法律及法規要求

依「核子反應器設施管制法」之規定，核能電廠的安全必需於設計、興建與運轉各階段中都要執行嚴格的管制。然而天有不測風雲，為確保做好相關應變整備，以防範發生機率雖甚低但會排放大量放射性物質的事故，行政院於 1981 年發布了「核子事故緊急應變計畫」，並於 1994、1998 及 2002 年分別再修正發布。「核子事故緊急應變法」(參考文獻 13.1)於 2003 年 12 月 24 日公布後，原能會依法規劃相關應變機制，俾能於發生核子事故時有效執行緊急應變行動。依規定，中央政府於發生核子事故時負責相關聯繫及民眾防護行動之決定；地方政府在原能會與軍方專業人員支援下，負責執行相關防護措施。以下將說明各應變組織與其功能職掌。另外，核能電廠經營者應設置「核子事故緊急應變專責單位」，並成立「核子事故設施內之緊急應變組織」，此專責單位與緊急應變組織之職掌與動員時機，及其作業程序，均應由核能電廠經營者編撰。

「核子事故緊急應變法」、「核子事故緊急應變法施行細則」(參考文獻 13.2)、以及 2005 年由原能會公布取代「核子事故緊急應變計畫」，並於 2014 修正之「核子事故緊急應變基本計畫」(ERBP) (參考文獻 13.3)中，包含了核子事故緊急應變時各權責單位之職掌、事故分類、防護行動及復原措施。「核子事故緊急應變基本計畫」之重點謹概述於下。

##### 13.1.1.1 各緊急應變組織之編組與任務

依據 2014 年 09 月 24 日新修正之「核子事故緊急應變基本計畫」(ERBP)，發生核子事故時，台電公司負責電廠內緊急應變事宜，由原能會啟動之「核子事故中央災害應變中心」(NNERC) [屬「中央災害應變中心」(CDRC)]則負責電廠外緊急應變事宜。中央災害應變中心指揮官由行政院長指派，原能會主任委員擔任協同指揮官。核子事故中央災害應變中心由來自原能會、內政部、國防部、經濟部、交通部、農委會、衛福部、國家通訊傳播委員會(NCC)、環保署、海巡署、災防辦公室、行政院

新聞傳播處、外交部、財政部、教育部及科技部等單位代表組成。在核子事故中央災害應變中心之下，並臨時成立三個緊急應變中心，包含：核子事故支援中心(NESC)、核子事故地方災害應變中心(RNERC)和核子事故輻射監測中心(RMDAC)。核子事故中央災害應變中心之組織圖如圖 13.1 所示，發生含有核子事故之複合式災害(compound disaster)時的中央災害應變中心運作架構如圖 13.2 所示(相關資訊請參閱第 13.4.1 節)。各緊急應變中心之任務說明如下：

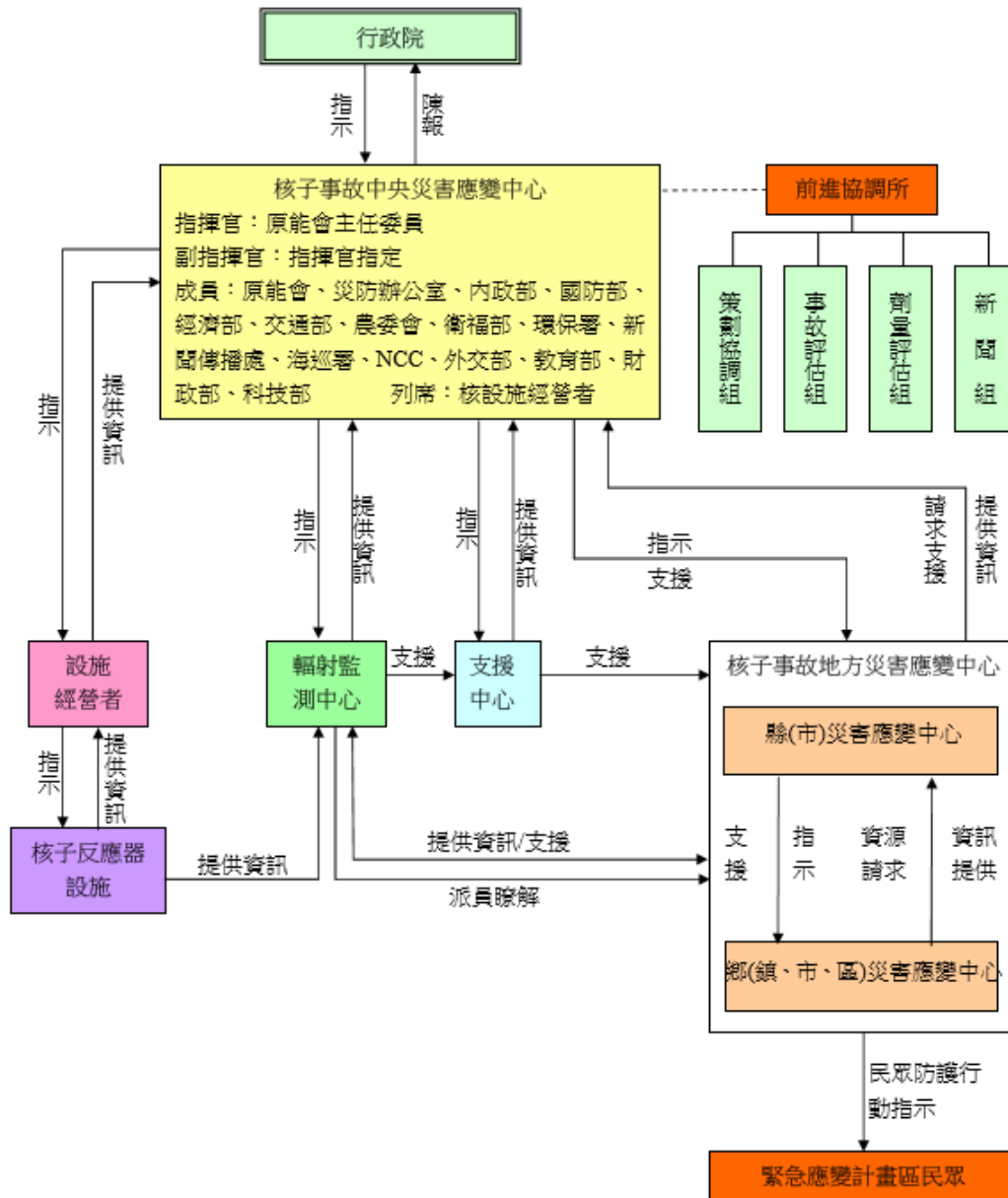


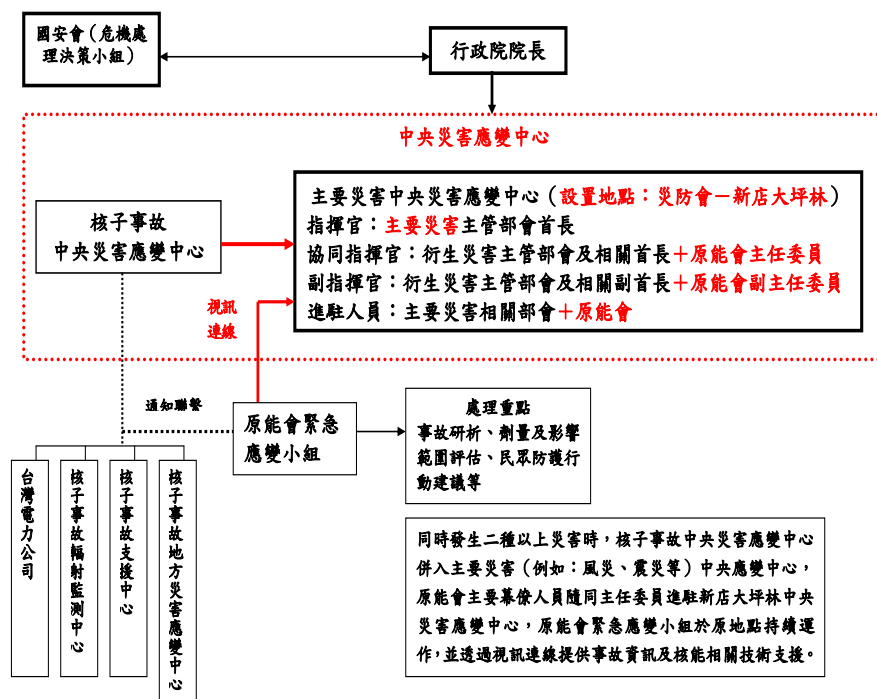
圖 13.1 (核子事故)中央災害應變中心組織圖

#### (1) 核子事故中央災害應變中心

核子事故中央災害應變中心之組織成員如前所述，包含原能會、災防辦公室、內政部、國防部、經濟部、交通部、農委會、衛福部、國家通訊傳播委員會、

環保署、海巡署及行政院新聞傳播處等，主要任務為統籌督導應變措施之執行、評估事故、通知地方政府成立地方災害應變中心，通知國防部成立支援中心，發布民眾防護行動命令、發布事故狀況及援救行動之新聞、澄清錯誤訊息及宣告政府之通告事項等。

複合型災害中央災害應變中心運作架構圖



## (2) 核子事故輻射監測中心

核子事故輻射監測中心由原能會、交通部中央氣象局、國防部陸軍司令部、行政院海岸巡防署海洋巡防總局及核子反應器設施經營者等派員組成。其主要任務包括收集事故相關資訊、發放警報、研判事故時程與影響範圍、監測輻射、評估民眾輻射劑量、建議防護行動，以及提供充分之資訊與技術予其他應變中心。

## (3) 核子事故地方災害應變中心

地方災害應變中心由地方政府派員組成，其主要任務為通知並執行各項民眾防護行動，包含執行交通管制、告知民眾作室內掩蔽、發放碘片、疏散民眾收容、暫時移居、緊急醫療救護與受影響居民之照護等。

## (4) 核子事故支援中心

核子事故支援中心由國防部派員組成，其主要任務包括人員、車輛與重要道路等輻射污染之清除，並協助執行民眾掩蔽與疏散、發放碘片、交通管制警戒與秩序維持等工作。此中心並協助受到影響地區的輻射偵測與監測。

### 13.1.1.2 核能電廠經營者之緊急應變組織與任務

核能電廠經營者(即台電公司)應設置「核子事故緊急應變專責單位」，並於核子事故發生或有發生之虞時，成立「核子事故設施內緊急應變組織」。核子事故緊急應變專責單位負責核能電廠內緊急應變作業之支援與協調及建議、事故資料蒐集分析與輻射劑量及影響程度之評估、配合各級災害應變中心進行相關之應變措施。此核子事故緊急應變專責單位於事故情況下，應與各相關中心及原能會通報與聯繫，並於必要時請求設施外之支援。核子事故設施內緊急應變組織 [即技術支援中心(TSC)] 由核子反應器設施經營者派員組成，其主要任務包括採取相關措施以控制事故狀況、設施內緊急應變行動之指揮、環境輻射偵測及劑量評估，並提供各相關單位事故之有關資訊。

### 13.1.1.3 核子事故分類

並非核能電廠所有之異常事件均需啟動緊急應變，即使一旦發生核子事故，只要核能電廠運轉人員採取了合宜的措施，事故亦不致影響到一般民眾。為求有效表示緊急應變之步驟並決定民眾適當的防護行動，核子事故依其可能之影響程度，分為以下三類：

- (1) **緊急戒備事故**：發生核子反應器設施安全狀況顯著劣化或有發生之虞，而尚不須執行核子事故民眾防護行動者。

發生緊急戒備事故時，核子反應器設施經營者應動員設施內緊急應變組織全部人員及核子事故緊急應變專責單位全部人員，進行應變；並立即通報中央主管機關及地方主管機關。中央主管機關應動員全部人員設置成立緊急應變小組及完成核子事故中央災害應變中心二級開設，並通知核子事故輻射監測中心設置成立、核子事故地方災害應變中心及核子事故支援中心二級開設。

- (2) **廠區緊急事故**：發生核子反應器設施安全功能重大失效或有發生之虞，而可能須執行核子事故民眾防護行動者。

當事故持續惡化達廠區緊急(含)以上事故時，核子反應器設施經營者除賡續進行應變，並應定時通報核子事故中央災害應變中心及核子事故地方災害應變中心。核子事故中央災害應變中心接獲通報後，應完成一級開設，並通知核子事故地方災害應變中心及核子事故支援中心一級開設。

- (3) **全面緊急事故**：發生核子反應器設施爐心嚴重惡化或熔損，並可能喪失圍阻體完整性或有發生之虞，而必須執行核子事故民眾防護行動者。

當事故持續惡化達全面緊急事故時，核子反應器設施經營者除賡續進行應變，並應定時通報核子事故中央災害應變中心及核子事故地方災害應變中心。

### 13.1.1.4 緊急應變計畫區

當發生核子事故而須針對廠區外民眾執行初期防護或疏散時，首先需了解受影響的範圍有多大，除了民眾安全考量外，成本效益亦是一項重要的因素。為因應緊

急應變之相關準備，現有各核能電廠均定有「緊急應變計畫區」(EPZ)。EPZ 範圍是依反應器型式、核能電廠周圍之人口密集分布情形、地形地物、氣象條件、以及所假定之最嚴重核子事故等決定的。EPZ 範圍於“核子事故緊急應變法施行細則”中訂有規定如下：

- 設計基準事故在緊急應變計畫區外所造成之預期輻射劑量，不超過核子事故民眾防護行動規範之疏散干預基準。
- 爐心熔損事故(CMA)在緊急應變計畫區外所造成之預期輻射劑量，超過核子事故民眾防護行動規範干預基準之年機率應小於十萬分之三。
- 爐心熔損事故在緊急應變計畫區外所造成之預期輻射量，超過二西弗之年機率應小於百萬分之三。

緊急應變計畫區有關事故劑量與風險之分析，是利用計算機程式 MACCS2，其輸入的數據包括事故發生之機率、氣象條件、廠區外之人口分布及其他相關參數。依上述之決定準則、方法、分析結果，以及核子事故民眾之防護行動規範，並經過社會與經濟上之考量，三座運轉中核能電廠之緊急應變計畫區原訂為核能電廠半徑 5 公里的範圍。依規定，台電公司並應每 5 年依最新的人口與氣象資料重新評估各核能電廠之緊急應變計畫區。日本於 2011 年 3 月 11 日因地震引發海嘯，造成福島核能電廠的重大事故後，原能會乃要求台電公司將兩部機組同時發生熔毀事故納入評估分析，經審查並考量我國國情與民眾接受程度，於 2011 年 10 月 27 日公告我國核一、二、三廠之緊急應變計畫區半徑由原來的 5 公里擴大為 8 公里。

在緊急應變計畫區範圍內，各項包括民眾預警系統、疏散集結點、疏散路徑及收容與照護中心等，均應於平時整備就緒。並須定期演練以評估相關整備及應變安排之可行性，並檢視相關人員依程序作業，相關硬軟體工作正常，並了解核能電廠周圍民眾是否已習慣於此作業，以強化緊急應變計畫之效率與有效性。

### 13.1.2 規劃訓練與演習

#### 13.1.2.1 核子事故緊急應變基本計畫與民眾防護計畫

依據「核子事故緊急應變法」之規定，原能會會商各相關機關，訂定「核子事故緊急應變基本計畫」以及「核子事故民眾防護行動規範」。「核子事故緊急應變基本計畫」內容包括各應變組織的任務，其例行整備措施、緊急應變計畫之演習、事故之通報及各應變組織之動員，以及核子事故後之復原措施等。「核子事故緊急應變基本計畫」提供原能會、核子事故輻射監測中心、核子事故支援中心及核子事故地方災害應變中心作為其細部計畫之指引，以強化其緊急應變能力。

地方主管機關依據「核子事故緊急應變基本計畫」及「核子事故民眾防護行動規範」訂定「區域民眾防護應變計畫」，計畫內容包括核子事故分類、緊急應變組織及任務、緊急應變場所及設備、事故通知及緊急應變組織動員、平時整備措施、緊急應變措施、以及核子事故後之復原措施。

#### 13.1.2.2 核能電廠經營者緊急應變計畫

核能電廠經營者(台電公司)依據原能會規定，劃定其核能電廠周圍之緊急應變計畫區(EPZ)，緊急應變計畫區的範圍應每 5 年檢討修正一次。日本於 2011 年 3 月 11 日福島核能電廠的重大事故後，原能會乃要求台電公司進行評估分析，經審查並考量我國國情與民眾接受程度，於 2011 年 10 月 27 日公告我國核一、二、三廠之緊急應變計畫區半徑由原有之 5 公里擴大為 8 公里。

台電公司定期將緊急應變計畫區範圍內民眾之防護措施加以分析及規劃，並報請原能會核定。民眾防護措施之分析規劃內容包括人口分布、輻射監測計畫、民眾警報系統以及民眾之集結疏散與收容。台電公司依據核定之分析及規劃結果設置完成必要之場所及設備，並訂定「核子反應器設施緊急應變計畫」，計畫內容包括核子事故分類與判定程序及方法、緊急應變組織及任務、平時整備措施、緊急應變措施及事故後之復原措施等。新建之核能電廠則應於初次裝填燃料前，劃定電廠周圍之緊急應變計畫區範圍，並規劃民眾防護措施計畫及核能電廠緊急應變計畫，報請原能會核定。

### 13.1.2.3 訓練及例行設備測試

為確保執行緊急應變措施的人員能熟稔相關應變作業之知識與技能，各核能電廠與相關機關均應定期舉辦訓練課程與設備之維修測試。訓練之內容包括緊急運轉程序書(EOP)，受傷人員之搶救以及損壞設備之緊急搶修，原能會視察人員負責稽查相關訓練課程之辦理情形。參與核子事故中央災害應變中心、核子事故輻射監測中心、核子事故地方災害應變中心及核子事故支援中心緊急應變的中央政府、地方政府與軍方人員，由核子事故中央主管機關(原能會)負責舉辦一般之訓練課程，課程內容包括核子事故基本概述、緊急通訊、災害應變措施、掩蔽與疏散等，另軍方相關單位亦需定期舉辦人員、車輛與道路除污等特殊訓練課程。此外，每次廠外演習前同時針對緊急應變計畫區內之民眾舉辦緊急應變之基本介紹課程，區域內小學與中學老師們亦需接受訓練，以教導學生們一旦遇到核子事故時相關防護措施的知識。每年也須發放宣導文宣及影音光碟給緊急應變計畫區內的民眾，使他們了解核子事故的應變與防護措施。

為確保所有設施與儀具均處於正常狀況，核能電廠經營者及各應變組織，均需依已先行核可之維護計畫執行有關之維修與功能測試工作。

### 13.1.3 核安監管中心

原能會負責全時監測各運轉核能電廠之運轉及環境輻射狀況，並與國內外核能機構保持密切聯繫，以達到聯繫、技術支援及事故通報的目的。於 2004 年 2 月正式成立「核安監管中心」，整合相關功能以強化緊急應變之成效。核安監管中心維持全年無休的每天 24 小時運作，負責監測各核能電廠的運轉狀況、收集相關資訊、人員訓練及對民眾有關之核能安全宣導工作。一旦發生核子事故時，核安監管中心立即成為緊急應變之樞紐，負責啟動應變機制並配合事故分析與劑量評估等工作。核安監管中心之應變設施功能如下：

#### (1) 核能電廠運轉安全數據顯示系統

線上即時顯示核能電廠運轉現況，以確實掌握事件整體狀況，並可利用本系統進行事故評估與分析，以作為採取應變措施之重要參考資訊。

(2) 全國環境輻射監測顯示系統

本系統於全國各地皆建有輻射監測站，以環境加馬輻射為主要量測項目，全天候二十四小時線上運作，隨時掌握核設施附近地區、台灣本島及金門、馬祖及蘭嶼等環境輻射資訊，民眾可透過原能會網站連結閱覽。

福島核子事故後我國增設之環境輻射監測顯示系統如表 13.1 所示。全國共建置 46 座輻射監測站，每天 24 小時輻射監測，提供並顯示全台灣各地及蘭嶼、金門、馬祖、澎湖等地即時環境輻射資訊。

(3) 核能電廠廠界環境輻射監測顯示系統

本系統於每座核能電廠廠界各建置五座輻射監測站，以環境加馬輻射為主要量測項目，全天候二十四小時線上運作，隨時掌握核一、核二、核三及核四廠廠界環境輻射資訊。

(4) 核能電廠即時影像顯示系統

即時顯示各核能電廠之反應器廠房、燃料廠房、汽機廠房即時影像，使執勤人員更能主動掌握電廠運轉狀況。

(5) 衛星通報系統

當一般有線電話系統喪失功能時，以衛星通報系統作為原能會、核子事故輻射監測中心、核子事故支援中心、核子事故地方災害應變中心、台電公司各核能電廠等相互間之通訊工具。

(6) 直通熱線群

原能會核安監管中心與台電總公司、核一、二、三及四廠之間點對點熱線電話專線，直接掌握事故電廠現況，迅速採取因應措施。

(7) 視訊會議系統

經由環控主機控制麥克風系統、視訊系統，使核安監管中心得以與各應變單位召開視訊會議及資訊傳遞。

表 13.1 福島核子事故後我國增設之環境輻射監測顯示系統

| 年    | 國內增設之環境輻射監測站              | 備註                                                |
|------|---------------------------|---------------------------------------------------|
| 2011 | 馬祖，澎湖，花蓮，新竹（4 站）          | 他國萬一發生核子事故，藉由邊境增設的 4 個輻射監測站，可提早獲得資訊，降低我國受他國核災的影響。 |
| 2012 | 板橋，基隆，屏東，滿州（4 站）          | 因應各核能電廠「緊急應變計畫區」半徑由 5 公里擴大為 8 公里而增加 4 個環境輻射監測站    |
| 2013 | 台中，竹北，苗栗，南投，彰化，雲林，嘉義（7 站） | 每個縣至少設 1 個環境輻射監測站                                 |
| 2016 | 蘭嶼（1 站）                   | 蘭嶼包括紅頭、椰油共 2 站                                    |



## 13.2 民眾之通報與防護

### 13.2.1 緊急應變之整備

#### (1) 緊急應變組織之通知成立

當核能電廠發生「緊急戒備事故」(Alert)時，電廠經營者必須馬上動員其核子事故緊急應變組織和電廠核子事故緊急應變單位，並即刻通報原能會和地方政府。原能會將隨即動員其緊急應變小組(成員包含處長和科長)和小組下之技術群組，並完成「核子事故中央災害應變中心」(NNERC)之二級開設。原能會同時將通知相關機構成立「核子事故輻射監測中心」(RMDAC)，並完成「核子事故地方災害應變中心」(RNERC)和「核子事故支援中心」(NESC) 之二級開設。如若事故惡化成「廠區緊急事故」(SAEA)甚至「全面緊急事故」(GEA)，電廠經營者除繼續執行其緊急應變措施外，還必須定期向「核子事故中央災害應變中心」和「核子事故地方災害應變中心」報告現況。在接到事故惡化通報後，「核子事故中央災害應變中心」必須馬上完成其一級開設，並通知地方政府和國防部(陸軍)分別完成「核子事故地方災害應變中心」和「核子事故支援中心」之一級開設。

#### (2) 民眾之通報

當發生嚴重核子事故可能影響緊急應變計畫區內之居民時，中央災害應變中心負責提供民眾相關正確與完整之資訊。一般通知民眾的方式包括收音機與電視之廣播、廣播車以及設於緊急應變計畫區內由台電公司建置之民眾預警系統。

#### (3) 一般民眾之防護行動

當發生嚴重核子事故，可能影響廠外環境時，緊急應變計畫區內民眾之防護行動包括掩蔽與疏散，執行這些防護行動的準則如表 13.2 所示(參考文獻 13.4)。包括降低輻射劑量之藥物(例如碘片)之準備，及緊急應變計畫區外設置收容所等，並於進入收容所前先行檢查人員與車輛是否有受到污染，必要時預先進行除污作業。核子事故地方災害應變中心負責提供疏散人員之飲水、食物、藥品與必要之協助，核子事故支援中心提供人員、車輛與路面之除污、交通管制、疏散民眾、暫時移居及緊急醫療等，並協助碘片的分發等支援工作。

表 13.2 防護行動之干預基準

| 劑量限度                      | 防護行動                                    |
|---------------------------|-----------------------------------------|
| 可減免劑量於 2 天內達 10 毫西弗       | 居民須於室內採取掩蔽措施                            |
| 可減免劑量於 7 天內達 50 至 100 毫西弗 | 疏散緊急計畫區內之民眾                             |
| 可減免甲狀腺約定等價劑量達 100 毫西弗     | 服用碘片                                    |
| 30 天之預期輻射劑量達 30 毫西弗       | 暫時移居(移居後 30 天之預期輻射劑量在 10 毫西弗以下時，終止暫時移居) |

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| 終生之預期輻射劑量達 1 西弗以上或暫時移居達 1 年以上 | 永久遷離 |
|-------------------------------|------|

#### (4) 防護行動規範

若發生核能電廠有排出放射性物質至廠區外時，將依表 13.2 中所述廠區外民眾預期會接受之輻射曝露情況，以決定民眾是否須採取掩蔽、疏散或其他之防護行動。表中所列為原能會採用之防護行動規範(PAG)，係參考國際放射防護委員會第 63 號報告(ICRP-63)(參考文獻 13.5)及國際原子能總署第 115 號安全系列報告(IAEA-115)(參考文獻 13.6)建議內容，以預期劑量及可減免劑量作為防護行動有關干預基準的劑量限度。而可減免劑量係指採取防護行動與未採取防護行動預期所減少的劑量值。另外，污染地區食物的適食性依牛乳、嬰兒食品、飲用水及一般食品中之放射性核種濃度而定，如表 13.3 所示。

表 13.3 食物及飲用水管制標準

| 放射性核種                        | 行動基準(千貝克/公斤) |             |
|------------------------------|--------------|-------------|
|                              | 一般食品         | 牛乳、嬰兒食品、飲用水 |
| 銻-134、銻-137、釷-103、釷-106、鐳-89 | 1 以上         | 1 以上        |
| 碘-131                        | -----        | 0.1 以上      |
| 鐳-90                         | 0.1 以上       | -----       |
| 鈾-241、鈾-238、鈾-239            | 0.01 以上      | 0.001 以上    |

#### 13.2.2 核子事故應變演習

為確保緊急應變各項措施的有效性，核能電廠廠內及廠外均執行定期之演習。各核能電廠每年須執行廠內演習一次，廠內演習之項目包括事故通報及資訊傳遞、緊急應變組織動員應變、事故控制搶修、事故影響評估、核子保安及反恐、輻射偵測及劑量評估等。每次演習均由台電總公司事前於保密情況下規劃，包括學者專家及政府官員擔任評核小組委員，以檢視演習之績效並提出書面建議事項供台電公司據以改善。

於 2001 年之前廠外之全面演習係每兩年舉辦一次，而自 2002 年開始改為每年舉辦一次。目前是依南部的核三廠及北部的核一或核二廠輪流舉辦。廠區外演習之項目包括事故通報及資訊傳遞、緊急應變組織動員應變、事故影響評估、民眾防護行動、輻射偵測及劑量評估、新聞處理與發布、輻射污染清除及相關復原作業等。參與演習的單位包括核子事故中央災害應變中心、核子事故地方災害應變中心、核子事故輻射監測中心、核子事故支援中心及台電公司，此外，並邀請緊急應變計畫區

內民眾參與演習之疏散作業。由學者專家、政府官員及民眾組成之評核小組，評估演習之績效並提出改善意見供台電公司作為改進之依據。

### 13.2.3 復原措施

核子事故後為使災區迅速復原，原能會得召集各級政府相關機關及核子反應器設施經營者，成立「核子事故復原措施推動委員會」(以下簡稱復原推動委員會)，採取復原措施(參考文獻 13.7)。復原推動委員會任務包括決定復原措施及督導復原措施之執行、通知各級政府相關機關及核子反應器設施經營者執行復原相關措施、協調復原人力及物力之調遣、發布復原期間民眾防護行動命令、發布復原新聞以及其他復原有關事項。本委員會置委員十九至二十三人，除原能會主任委員為當然委員外，其餘委員由內政部、國防部、財政部、經濟部、交通部、行政院主計總處、行政院新聞傳播處、衛生福利部(簡稱衛福部)、行政院環境保護署(簡稱環保署)、行政院金融監督管理委員會(簡稱金管會)、原能會、行政院農業委員會(簡稱農委會)、國家通訊傳播委員會(NCC)、受災區地方政府、核能電廠經營者等相關單位與民間團體、災民代表及學者專家等組成。

本復原推動委員會各組成機關應就所屬業務權責，執行下列任務：

- (1) 內政部負責督導地方政府辦理災區民眾救助、民眾臨時性搬遷、安置及永久性再定居、社區重建、協助失蹤人員搜尋等事項，督導核子事故影響地區民生必需品運用、儲備及供給事項，督導災區復原作業所需警察與消防單位人力之調遣以及規劃並執行災區鄰近國家公園等地區受輻射污染之復原、復育相關對策。
- (2) 國防部負責指揮與督導國軍部隊協助輻射偵測，協助地方政府執行區域警戒、管制、疏運民眾等有關事項，督導所屬相關單位協助執行復原區域治安維護事項，協助執行災區人、車、道路輻射污染清除事宜以及調遣軍隊支援復原作業事項。
- (3) 財政部負責災區內地稅減免或緩徵，災害關稅減免、災區國有土地之租金減免或緩徵以及規定視災害需要調整進口關稅之稅率或關稅配額之數量。
- (4) 經濟部負責督導核子反應器設施經營者執行復原相關事宜，督導所屬機關配合受污染水源管制措施及辦理民生用水、用電之調度供應等有關事項，以及督導民生必需品之供應、調節、監控及救災物資之調度。
- (5) 交通部負責協助復原作業所需道路之評估與規劃，協助復原作業所需車輛之徵用，以及規劃並執行災區鄰近國家風景區等觀光休憩地區受輻射污染之復原、復育之相關對策。
- (6) 主計總處負責協助受災區之地方政府處理復原作業所需經費。
- (7) 衛福部負責督導災區民眾醫療及保健事項，督導復原措施所需藥品、醫材規劃及調遣事宜，督導輻傷醫療照護及追蹤評估等事項，執行災民心理衛生事宜，以及辦理災區全民健康保險就醫優惠措施與民眾醫療照護等有關事項。
- (8) 環保署負責災區放射性污染以外之一般環境保護、環境衝擊分析事宜，並協助進行受污染環境復原等有關事項，督導災區公共環境衛生事項，對環境污染物、廢棄物之運送、處理、處置方式提供建議，以及規劃辦理環境復育及

復原後環境保護事宜。

- (9) 金管會負責協調保險業者對災區採取保險費之延期繳納、優惠等措施，以減輕受災民眾之負擔，及保險理賠協助及災區金融優惠融通等事項。
- (10) 原能會負責提供復原所需核能技術諮詢，協調執行災區輻射偵測、輻射劑量、輻射污染評估等復原所需輻射防護與管制事項，規劃放射性污染清除及污染廢棄物運送、處理、處置等作業，監督核子反應器設施經營者執行污染地區之偵測、除污、污染廢棄物運送、處理、處置及防止污染擴散事宜，協調國外技術援助事項，依實際輻射監測結果劃定受輻射災害影響區域、災情彙整與通報處理及污染證明發給、依公益勸募條例規定適時發動各界捐款協助災區重建工作等，並協助辦理損害賠償請求事宜之任務。
- (11) 農委會負責協調災區農產品供應調節事項，辦理農、林、漁、牧災情之蒐集及彙整事項，協助受污染農、林、漁、牧業管制及復原輔導，並協調金融機構，對業者有關災害復建及維持經營所需資金，提供相關融資等有關事項，協助辦理農、林、漁、牧之污染物處理等復原措施推動事宜，以及規劃辦理農、林、漁、牧復育及復原後保護事宜。
- (12) 國家通訊傳播委員會負責協調相關電信事業確保災區通訊正常，必要時，優先提供緊急通訊協助。
- (13) 受災區地方政府負責訂定災區復原計畫，協助辦理復原重建、災區民眾通知等事宜，辦理災區民眾臨時性搬遷、安置及永久性再定居等事項，負責災區放射性污染以外之環境整潔及廢棄物等處理，並採取適當措施維護居民、作業人員之健康以及加強災區治安維護、交通管制等有利復原重建工作推行等措施。
- (14) 核能電廠經營者負責電廠內復原事宜，協助災區復原作業所需民眾劑量評估、輻射偵測及民眾防護措施之執行，協助執行污染地區之偵測、除污、污染廢棄物運送、處理、處置及防止污染擴散事宜。

#### 13.2.4 核子損害賠償

核子事故引起索賠之財務賠償計畫於本報告之第 8.1.5 節中說明，本節中將強調核子損害有關賠償的一些重要規定。「核子損害賠償法」係依原子能法第 29 條規定而制定者，於 1971 年 7 月 20 日公布，並於 1977 年 5 月 6 日及 1997 年 5 月 14 日修正公布(參考文獻 13.8)。「核子損害賠償法」適用於原子能和平用途所發生損害之賠償，由核子設施內或運送核子物料而發生核子意外時，設施經營者對於所造成的核子損害應負賠償責任，設施經營者對於事件造成的損害，不論有無故意或過失，均應負賠償的責任，但核子事故係直接由國際武裝衝突、敵對行為、內亂或重大天然災害所造成者，不在此限。核子設施經營者證明核子損害之發生或擴大，係因被害人故意或過失所致者，法院得減輕或免除其對被害人之賠償金額。

核子設施經營者對每一核子事故所負之賠償責任，最高限額為新台幣 42 億元，核子設施經營者應維持足夠履行核子損害賠償責任限額之責任保險或財務保證，惟中央政府、省市級政府及其所屬研究機構之核子設施不適用此規定。核子設施之運轉或核子物料之運送在一定限度內，得向原能會申請酌減其責任保險或財務保證金額。若核子設施經營者因責任保險或財務保證所取得之金額，不足以履行以確定之

核子損害賠償責任時，國家應補足其差額，但以補足至新台幣 42 億元為限。

依現行(1997 年 5 月 14 日修正之)「核子損害賠償法」第 28 條規定，核子損害賠償之請求權，請求時間自請求權人知有負賠償義務之核子設施經營者起，三年間不行使而消滅，且自核子事故發生之時起逾十年者亦同(參看第 8.1.5 節)。核子事故發生後，原能會得設置「核子事故調查評議委員會」，其職權如下：

- (1) 核子事故之認定及其原因之調查。
- (2) 核子損害之調查與評估。
- (3) 核子事故賠償、救濟及善後措施之建議。
- (4) 核子設施安全防護改善之建議。

相關之調查、評估及建議應作成報告並公告之，當核子事故被害人以訴訟請求賠償時，法院得參酌「核子事故調查評議委員會」之調查報告及賠償建議，依損害之大小及被害人數多寡作適當之分配。

茲因國際間關於核子損害賠償之法制，主要係參考「巴黎公約」及「維也納公約」，而上開公約關於核子事故損害賠償之趨勢及法例已有變遷，為使「核子損害賠償法」能與國際接軌，強化受災民眾之保障及利於未來爭取加入國際公約，原能會已擬具「核子損害賠償法」部分條文修正草案，並於2011年9月經行政院院會通過後送請立法院審議。復因屆期不續審，而於2012年2月20日再送立法院審議，2012年4月18日第8屆第2會期教育及文化委員會審查時，賠償金額上限部分尚有其他修正案，決議予以保留併案交付黨團協商後送院會處理。(參看第4.4.4及8.1.5節)

### 13.3 配合國際體制及與鄰近國家關係

為精進國內緊急應變整備之技術，並強化參與應變組織人員之知識與能力，原能會積極與相關之國際組織及鄰近國家合作，在相關領域已完成或正持續進行的重要措施包括以下幾項：

- (1) 身為國際原子能總署(IAEA)緊急通報系統的一員，原能會與國際原子能總署，多年來維持經常性的聯繫測試，並定期參加國際原子能總署舉辦之緊急應變訓練。
- (2) 我國核能電廠均由美國進口，故安排許多工程師赴美國接受包括緊急醫療救護、緊急應變計畫區評估及緊急應變之規劃等訓練。此外，亦常邀請美國政府單位、國家實驗室及核能電廠的專業人士來台與我國的政府官員與工程師交換緊急應變整備的資訊。另外參加由美國核能管制委員會主持有關嚴重核子事故的國際合作計畫，例如：嚴重事故合作研究計畫(CSARP)，熱流程式應用與維護研究計畫(CAMP)等，都有很好的成果。
- (3) 為與鄰近國家針對緊急應變之整備互相合作，原能會與日本原子力產業協會(JAIF)已簽訂雙邊之緊急支援合約。在此合約下執行了包括安全研討會、資訊交換以及政府官員與專業人士的交流多項活動。

### 13.4 汲取福島教訓

### 13.4.1 複合式災害的緊急應變機制

福島核子事故後，原能會修訂了「核子事故緊急應變基本計畫」(ERBP)，以應付複合式災害(即極端天然災害引起的核子事故)。一旦天然災害(例如地震、海嘯、極端降雨和土石流等)併同核子事故一起發生，國家緊急應變小組將納入許多機構，其運作將透過多機構協調連繫而加強。啟動核子事故緊急應變機制的時機點將提早一階段，即於「緊急戒備事故」(Alert)就啟動，而不是福島事故前要等到「廠區緊急事故」(Site Area Emergency)才啟動。當原能會接到核能電廠通報有「緊急戒備事故」發生時，原能會緊急應變小組將立即啟動，且在原能會主委批准後很快就成立「核子事故中央災害應變中心」(NNERC)，然後所有相關災害應變中心人員將進駐「中央災害應變中心」(CDRC)，以處理複合式災變。「中央災害應變中心」指揮官將由行政院長指定，原能會主委則擔任協同指揮官。

### 13.4.2 緊急應變與整備

依據福島核子事故之啟示，國內完成了總體核能安全再評估，並且進行了一系列的相關安全加強措施，包含將緊急應變計畫區(EPZ)半徑由 5 公里擴增為 8 公里。

#### 大氣擴散模式之應用：

以往大氣擴散研究係聚焦於核能電廠區域附近之評估，已建立所謂的 2 維或 3 維大氣擴散模式。日本福島核子事故後，研究重點已轉移至長程(long-range)大氣擴散，因此了解如何將各種不同模式整合起來或如何操控國際社會高度認同的模式是相當重要的。與美國能源部國家核子保安局(USDOE/NNSA)的合作將有助於台灣正發展中的大氣擴散模式(XOQDOQ)。

#### ● 原能會與美國能源部國家核子保安局合作的第一個案例：

建構台灣輻射評估網及擺脫福島陰影(核研所)：

2011 年 3 月 11 日日本福島第一核能電廠因遭受極大海嘯侵襲而發生嚴重核子事故，大量放射性物質被排放至大氣中，並於大氣中擴散。國內政府、新聞媒體和社會大眾均高度重視福島事故的輻射效應，原能會不只再評估並且加強了國內核能電廠核子事故的緊急應變能力與需求。

第一優先是合併核研所與中央氣象局(CWB)專有的技術，以發展建立針對國外核子事故進行輻射評估與預測的國家級系統。對輻射落塵影響之評估過的預測可提供政府強而有力的資訊，以回應國外核子事故的發生。利用此輻射評估網系統，將有助於強化決策根據及有關當局於緊急應變期間採取適當的行動導則。

國內核能電廠的劑量評估系統是根據擴增後的緊急應變計畫區。發展對台灣全區輻射影響的評估能力[以 2.5 公里為空間解析格(spatial resolution)]、多處輻射釋放的模擬、以及輻射源項(source terms)強度的反推估計均包含於此劑量評估系統。

### 13.4.3 海域與空中輻射偵測

- (1) 海域偵測：海岸巡防署(CGA)與國防部合作建立了海域輻射偵測程序。
  - (2) 空中偵測技術：空中偵測是偵測空氣中輻射強弱程度，以判斷其對環境與大眾可能之輻射影響的一個有效方法。此外，政府也可利用此資訊以引導大眾採取早期的疏散或掩蔽措施。在台灣，小型無人機發展主要是供氣象研究用，空中輻射偵測技術所需硬體與軟體，將在美國能源部國家核子保安局協助下發展建立。
- 原能會與美國能源部國家核子保安局合作的第二個案例：

空中測量技術發展(核研所)：

核研所在美國能源部國家核子保安局協助下已建立空中測量技術。在國軍核生化(CBRN)小組與直升機小組合作下，空中測量是每年核安演習的一個主要項目。考量在核子事故後，由人駕駛的直升機將難以進入高輻射劑量率區域，因此由無人機(UAV)攜帶的重量輕又可攜式輻射偵檢器已發展及測試，以降低應變人員的輻射曝露。

### 13.4.4 輻射量測計畫審查

輻射量測計畫規劃將增加建立即時(real-time)環境輻射偵測站和偵測路線。每座核能電廠必須配置足夠數量的輻射量測車輛，以供必要的緊急量測之需。

### 13.4.5 預警式疏散及核子災害應變措施

福島核子事故後，原能會進行了疏散行動(evacuation operation)的分析與研究，因而獲致下列數點建議：

#### (1) 預防性疏散

##### (a) 一般大眾之疏散

放射性物質在核子事故一開始就可能被釋放出來，因此，第一優先是對居住於核能電廠周圍 3 公里範圍內民眾，以及緊急應變計畫區內之弱勢與特定族群(例如在醫院、學校、照護與長照中心等之人)，進行預防性疏散措施。

遊客及參加大型活動的人們，將在事故初期事先被通知離開。進入緊急應變計畫區之車輛將被管制。

##### (b) 國小及國中學生之疏散

緊急應變計畫區內之每一所國民小學及國民中學均已有其各自的疏散計畫。

如果核子事故發生於學校正常上課時間，且分析結果顯示事故可能惡化導致輻射外釋，地方政府將直接通知受影響學校，並開始派出準備的車輛。學生隨後將被送往位在核能電廠 16 公里外的事先規劃之「接待

學校」(host school)。如此，將可避免學生家長欲逆向來到學校接其小孩，並有助於降低交通混亂程度及學生與家長遭受輻射曝露之險。

若學生家長在學校附近工作或學生家在學校附近，學生家長可方便地帶其小孩回家，但學校必須做好相關的登記作業。另外，地方政府教育局和學校必須經常事先調查可供疏散教師與學生之特定車輛數目，並規劃緊急應變所需車輛數目及做好相關準備。

## **(2) 下風向優先疏散**

核子事故的演變通常是漸漸地，其危害程度的增加也是漸漸地。進行疏散的核子災害界限基本原則是「自內向外」(from the inside out)及「下風向優先」(downwind first)。

## **(3) 室內掩蔽**

以當地居民對核子事故之緊急應變而言，採取室內掩蔽是除了疏散之外的另一個有效的輻射防護措施。鋼筋混凝土是有效的屏蔽材料，在鋼筋混凝土屋內掩蔽的輻射防護效果是高的。因此，在政府尚未指示要疏散的地區，主要的緊急應變就是採取室內掩蔽，以避免由於匆促和混亂的疏散造成的不必要生命與財產損失。當政府指示要求當地居民採取室內掩蔽時，此意謂此時採取室內掩蔽的輻射防護效果比疏散更佳。

## **(4) 台電之民眾防護措施更新**

如第 13.1.1.4 節所述，日本 311 福島核子事故後，台灣 3 座運轉中核能電廠緊急應變計畫區半徑由原來的 5 公里擴大為 8 公里。台電公司已審查完成「緊急應變計畫區內居民保護措施之分析與規畫」報告，並陳送原能會與地方政府審查。此報告內容包含人口分布、輻射偵測方案、民眾警報系統、民眾集結、疏散和收容(relocation)等。

依據此報告，地方政府修訂區域民眾防護應變計畫。這些應變計畫內容包含緊急應變組織、場地、設備、以及確保民眾安全通常應有的整備與應變措施，例如各種不同方式的警報通知、掩蔽的執行、碘片發放與食用的通知、疏散的執行等。

針對由於發生重大天災(major natural disasters)而引發核子事故所導致之複合式災害，原能會也規劃了緊急應變機制，此機制於 2012 年 2 月已納入於法規「核子事故中央災害應變中心作業要點」中。此外，在 2016 年 4 月 13 日由總統頒布之「災害防救法」(Disaster Prevention and Protection Act) 修正案中，輻射災害已正式納入為官方災害(official disasters)之一。因此，未來中央與地方政府對國內核子災害採取的預防、整備、應變和復原行動將整合起來，俾有效善用國家之救援資源。

## **(5) 核安演習**

原能會要求每座運轉中核能電廠每年必須執行廠內緊急應變計畫演習。在各相關部會及地方政府一起配合下，原能會每年於一選定之核能電廠舉行包含廠內外之核安演習一次。



最近一次核安演習於 2016 年 9 月在核三廠舉行，它參考了從福島汲取的經驗。在此核安演習中，屏東縣政府連同一些相關機構和民間志工團體演練了早期警報通知、疏散、和掩蔽行動。重點放在預防性疏散演練和高品質掩蔽行動機制與練習的建立。

### 參考文獻(第 13 章)

- 13.1 「核子事故緊急應變法」，原子能委員會，2003 年 12 月公布。
- 13.2 「核子事故緊急應變法施行細則」，原子能委員會，2005 年 3 月發布。
- 13.3 「核子事故緊急應變基本計畫」，原子能委員會，2005 年 7 月公告。
- 13.4 「核子事故民眾防護行動規範」，原子能委員會，2005 年 7 月公告。
- 13.5 “Principles for Intervention for Protection of the Public in a Radiological Emergency,” ICRP Publication 63, (May 1, 1993)。
- 13.6 “International Basic Safety Standards for Protection Against Ionizing Radiation and for the Safety of Radiation Sources,” IAEA Safety Series No. 115, (1996)。
- 13.7 「核子事故復原措施推動委員會之成立與組織及運作作業要點」，原子能委員會，2007 年 12 月函定。
- 13.8 「核子損害賠償法」，原子能委員會，1971 年 7 月公布，1997 年 5 月修正公布。
- 13.9 「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」，原子能委員會，2012 年 8 月。
- 13.10 「從預防性疏散談核災應變措施」，原子能委員會核能技術處文稿，2015 年 7 月。

## 第 14 章 廠址選擇

每一簽約會員必須採取適當措施，以確保已針對下列事項建立並施行適當的程序書：

- (i) 評估所有在核能電廠預估壽命期中可能影響其安全的廠址相關因素；
- (ii) 評估計畫興建之核能電廠對個人、社會、及環境可能之安全影響；
- (iii) 若有需要，重複執行前述(i)與(ii)項之評估，藉以確保核能電廠後續之安全可接受性；
- (iv) 針對計畫興建之核能電廠，洽詢附近可能被影響的簽約會員，並依其要求提供必要的文件，以便該簽約會員自行評估前述核能電廠對其領域可能之安全影響。 <核能安全公約 第17條>

### 14.1 評估廠址相關因素

我國對核能電廠廠址之要求，主要為「核子設施管制法施行細則」(參考文獻14.1)並參照下列核能電廠反應器供應商所屬國家之相關管制法規與標準對廠址之要求：

- 美國聯邦法規第10章第100節(10 CFR 100) -- 反應器廠址準則
- 美國核管會法規指引(RG)第4.7節 -- 核能電廠廠址適用通則
- 美國核管會審查標準(SRP)第2.5.1節 -- 基本地質與地震資訊

這些反應器供應商所屬國之規範與標準被原能會採納為廠址管制之重要參考資料。國內現有電廠中可能影響電廠安全的廠址相關因素評估結果均記錄於初期與終期安全分析報告中，這些評估之重要考量謹說明如下：

#### 14.1.1 鄰近工業與軍事設施及交通

依據我國核能管制要求，新核能電廠廠址的申請者須提供鄰近工業與軍事設施及交通路線等資訊，同時須評估潛在的外來災害。申請者也須指認電廠附近可能導致事故的任何狀況，如危險物質之爆炸、可燃氣團之延遲燃燒、有毒液體與氣體洩漏、火災及海上事故等，同時也須評估這些狀況對核子設施安全運轉的潛在影響。為了符合這些要求，國內核能電廠持照者執行的評估包括：河流交通事故、爆炸、火災、有毒氣體意外洩漏、飛機墜毀、空污污染等。一般而言，鄰近工業與軍事設施及交通對我國核能電廠所造成的潛在危險非常輕微而可以忽略。

#### 14.1.2 氣象

與氣象有關的廠址相關因素評估包括大量降雨、颱風、暴風雨、龍捲風、強風及海嘯等。為了蒐集氣象評估所需的數據，每個核能電廠在商轉前後均執行廠區氣象測量方案。根據此方案，核能電廠商轉前觀察的氣象參數包括風、溫度、降雨量、日照率、蒸發率、雲層狀況、大氣壓力、濕度、高空風速、及氣溫梯度，商轉後監測的參數則僅包括風速與風向、氣溫梯度及濕度(或露點)。

### 14.1.3 水文條件

與水文條件有關的廠址相關因素包括最大可能水災、最大可能降雨量、複合式風浪、複合式天災、最大可能海嘯造成之水災等。

### 14.1.4 地質與地震條件

地質與地震評估為決定廠址適當性的必要評估，也為預定廠址可以興建及運轉核能電廠提供合理保證。安全相關結構系統與零組件須能承受適當的地震強度，上述評估中重要考量包括：

#### (1) 基本地質與地震數據

地質與地震評估須蒐集與分析的數據包括：區域與廠址地形、區域地質與地殼構造、廠址地質結構、結構性地質圖、地質外形(顯示核能電廠地基與地表下物質之關係)、地下水變動歷史、地表下之勘查、地震強度調查、岩石之靜態與動態性質、挖掘與回填歷史等。

#### (2) 地表振動

地表振動(vibratory ground motion)分析包括：區域與廠址地殼板塊構造、地表與地表下物質於過去地震時之行為、土壤之靜態與動態性質、過去之區域地震數據、震央與地殼構造之關係、廠址地殼構造相關地震之振動式地層運動、最大地表加速度、設計基準地震、運轉基準地震等相關分析。設計基準地震之設定是為了確保下列事項：

- 反應器壓力邊界之完整性不被破壞；
- 反應器停機與維持安全狀態之能力不被破壞；
- 針對可能導致廠外輻射曝露量超過核子設施管制法施行細則規定之事故，防止或減輕該類事故後果的能力不被破壞。

此外，台電公司在 2009 年進行的核一廠第三次 10 年整體安全再評估的地震安全評估章節中引用經濟部中央地調所 2007 年的報告，指出核一、二廠之間的山腳斷層屬於第二類活動斷層，且長度可能會超過之前的認定，此為可能影響核一、二廠發電安全的新事證。另我國中央地調所 2009 年第 27 號特刊將原來認為是存疑性的恆春斷層歸納為第二類活動斷層的報告，衝擊到鄰近的核三廠的地震安全，加上 2006 年 12 月 26 日台灣西南外海發生連續兩次地震的規模超過設計時對該區域所推估之最大潛能規模，並造成核三廠 2 號機手動急停。針對以上關於新學理及新事證的說明，原能會要求台電公司立即進行「核能電廠耐震安全評估精進作業」，流程規劃詳如圖 14.1，台電公司已依承諾於 2012 年 6 月、2012 年 12 月及 2013 年分別完成海域與陸域地質補充調查、地質穩定性及地震危害度分析以及三座核能電廠耐震餘裕檢討評估。並依據上述耐震餘裕評估結果，於 2013 年 6 月完成核能電廠結構、系統與組件的後續補強作業，以強化運轉中核能電廠的耐震能力。

針對地質調查部份，依前期調查結果顯示山腳斷層有向外海延伸可能，前述地震危害評估除已先假設延伸狀況進行評估外，台電公司亦再就延伸段執行擴大之補

充調查。有關 SPRA 部分，於日本福島 1 廠事故後，原能會再進一步要求台電公司參照美國核能管制委員會 NTF 2.1 之內容進行地震危害再評估，預定於 2018 年完成資深地震專家會議(SSHAC)程序，確立評估結果，依結果進行必要之補強作業，詳參第 14.3 節（「汲取福島教訓」）之地震危害的重新評估內容。

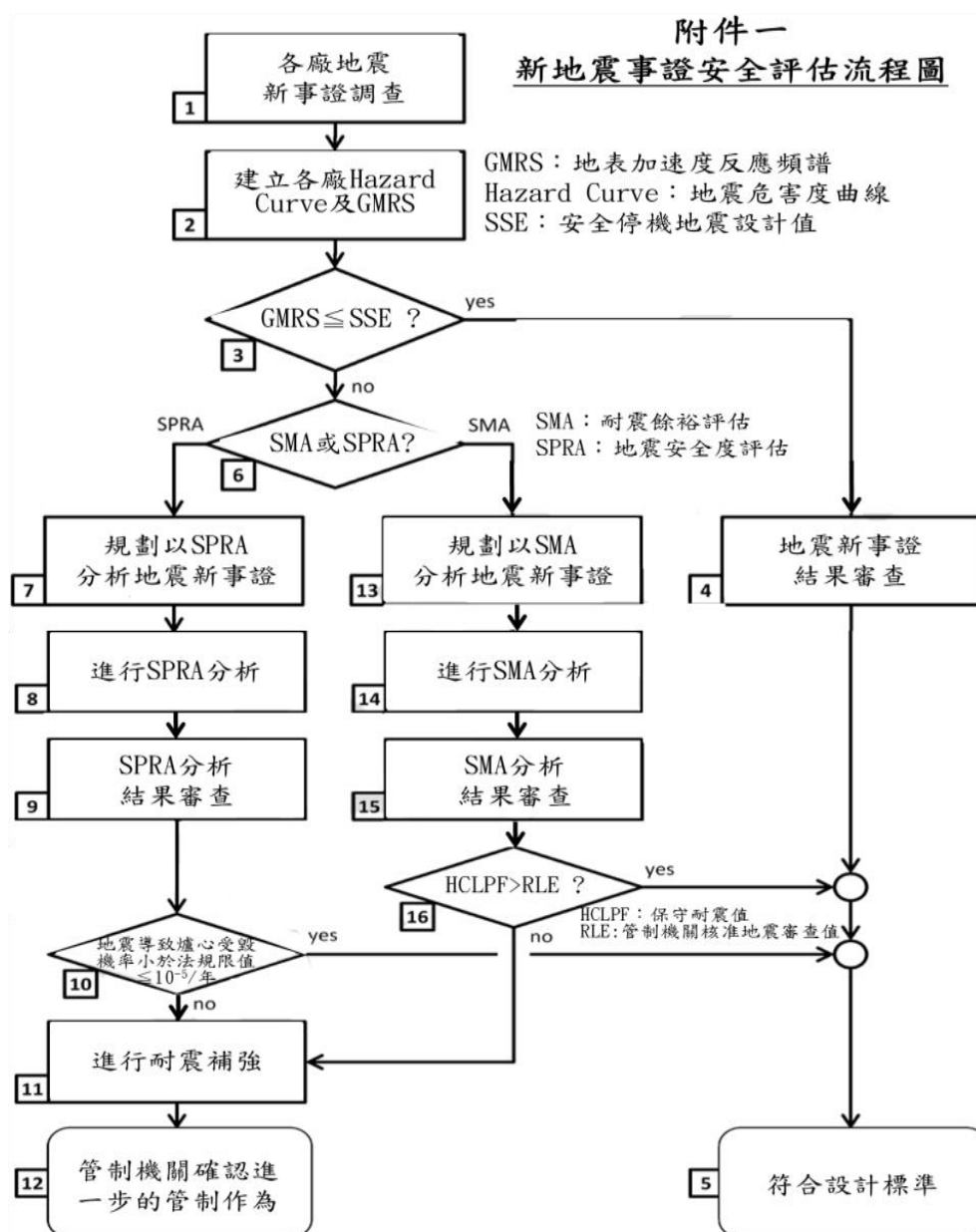


圖14.1 新地震事證安全評估流程圖

#### 14.1.5 核四廠興建計畫之選址經驗

核四廠興建計畫經初步評估後原有 4 個可能之廠址，包含鹽寮、老梅、觀音及大武等地點。篩選這些廠址時需考量許多因素，這些因素被分為「最重要因素」與

「重要因素」兩類，謹說明如下：

(1) 最重要因素

- 地質條件
- 地震條件
- 基礎狀況
- 環境影響

(2) 重要因素

- 易接近性(accessibility)
- 土地取得與使用
- 電力傳輸
- 人口
- 氣象
- 海洋條件
- 水文條件
- 廠址發展
- 輻射劑量之考量

表 14.1 鹽寮、老梅、觀音及大武廠址因素比較

| 廠址<br>因素 | 鹽寮                                                                   | 老梅                                       | 觀音                                                       | 大武                                           |
|----------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 地震條件     | •鹽寮與觀音符合美國核管會廠址地質與地震要求<br>•為求保守之地震設計，採用最大水平地表加速度 0.4g 作為安全停機地震(SSE)。 |                                          |                                                          | •大武無法符合美國核管會廠址地質與地震要求<br>•大武之 SSE 大於 0.55g.  |
| 地質條件     | 鹽寮、老梅與觀音之地質適合做為核能電廠廠址。                                               |                                          |                                                          | 大武接近活動版塊邊界且可能是斷層(capable faults)             |
| 基礎狀況     | •地表下有適當的岩盤且有最佳基礎狀況<br>•表層有 0 到 10 米的沖積層覆蓋                            | •地表下也有良好的岩盤，但表層有 30 米的沖積層覆蓋<br>•有斜坡穩定度問題 | •基礎狀況做為核能電廠廠址頗為勉強<br>•11 到 15 米過重土壤壓在軟弱之岩層上<br>•有土壤液化之可能 | •因有 53 米過重土壤壓在岩層上故大武是最不看好的廠址<br>•有嚴重的斜坡穩定度問題 |
| 其他       | •位於本島東北海岸<br>•靠近福隆海灘                                                 | •極難建造 345 kV 輸電線。<br>•靠近白沙灣海灘            | •靠近觀音海灘<br>•生水供應困難                                       | 人口密度與成長率很低                                   |

此 4 個候選廠址的「最重要因素」與「重要因素」評估結果如表 14.1 與表 14.2 所示，其中各因素優劣等級分為 1 到 4 級，而兩種因素的權重各為 4 與 2。評估結果顯示鹽寮是核四廠廠址的最佳選擇。

表 14.2 核四廠廠址評比表

| 因素      | 權重 | 廠址評比 |     |     |     | 權重後之評比 |     |    |    |
|---------|----|------|-----|-----|-----|--------|-----|----|----|
|         |    | 鹽寮   | 老梅  | 觀音  | 大武  | 鹽寮     | 老梅  | 觀音 | 大武 |
| 最重要因素：  |    |      |     |     |     |        |     |    |    |
| 地質條件    | 4  | 4.0  | 4.0 | 3.3 | 2.1 | 16     | 16  | 13 | 8  |
| 地震條件    | 4  | 4.0  | 3.8 | 3.5 | 1.0 | 16     | 15  | 14 | 4  |
| 基礎狀況    | 4  | 4.0  | 3.0 | 1.8 | 1.0 | 16     | 12  | 7  | 4  |
| 環境影響    | 4  | 1*   | 2*  | 3*  | 2*  | 4      | 8   | 12 | 8  |
| 重要因素：   |    |      |     |     |     |        |     |    |    |
| 易接近性    | 2  | 4    | 4   | 3   | 2   | 8      | 8   | 6  | 4  |
| 土地取得與使用 | 2  | 2    | 2   | 3   | 4   | 4      | 4   | 6  | 8  |
| 電力傳輸    | 2  | 4    | 1   | 3   | 2   | 8      | 2   | 6  | 4  |
| 人口      | 2  | 3    | 3   | 3   | 4   | 6      | 6   | 6  | 8  |
| 氣象      | 2  | 4    | 4   | 3   | 2   | 8      | 8   | 6  | 4  |
| 海洋條件    | 2  | 3    | 3   | 2   | 4   | 6      | 6   | 4  | 8  |
| 水文條件    | 2  | 3    | 4   | 2   | 2   | 6      | 8   | 4  | 4  |
| 廠址發展    | 2  | 3    | 2   | 3   | 1   | 6      | 4   | 6  | 2  |
| 輻射劑量之考量 | 2  | 3    | 2   | 3   | 4   | 6      | 4   | 6  | 8  |
| 總計      |    |      |     |     |     | 110    | 101 | 96 | 74 |

\* 評比時假設電廠設計可將環境影響減至最少：優 = 4，良 = 3，好 = 2，劣 = 1

## 14.2 個人、社會與環境安全影響評估

### 14.2.1 環境影響評估之管制要求

根據「環境影響評估法」第 5 條之要求(參考文獻 14.2)，開發行為對環境有不良影響之虞者必須執行環境影響評估(EIA)。因此核能之開發及放射性廢料貯存或處理設施之興建必須執行 EIA。而根據 EIA 工作指引的規定，活動專案的發展者在規劃階段必須執行第一階段 EIA 並準備環境影響說明書(EIS)。此份 EIS 須在申請活動許可時送交環保署審核，環保署必須在接到申請案 50 天內(若有需要得延長 50 天)公布審查結論。若 EIS 審查結論認為所申請的活動對環境有顯著不良影響，則申請者須執行第二階段 EIA。根據環境影響評估法第 11 條之要求，核能專案申請者須準備 EIA 報告草案並送交原能會審查，該草案之內容大綱如表 14.3 所示。原能會在收到上述申請案 30 天內須會同環保署、環評會委員、及其他相關單位，邀請專家、學者、非政府團體及當地居民，執行現場視察並舉行公聽會說明開發活動發展內容。視察與公聽會紀錄須送交環保署。環保署收到上述紀錄後，須在 60 天內公布審查意見，申

請者可根據審查意見修訂原草案並完成正式 EIA 報告再送交環保署審查。環保署審查通過後須公布正式 EIA 報告及審查結論摘要。

表 14.3 環境影響評估報告書大綱

- 一、開發單位之名稱及其營業所或事務所。
- 二、負責人之姓名、住、居所及身分證統一編號。
- 三、評估書綜合評估者及影響項目撰寫者之簽名。
- 四、開發行為之名稱及開發場所。
- 五、開發行為之目的及其內容。
- 六、環境現況、開發行為可能影響之主要及次要範圍及各種相關計畫。
- 七、環境影響預測、分析及評定。
- 八、減輕或避免不利環境影響之對策。
- 九、替代方案。
- 十、綜合環境管理計畫。
- 十一、對有關機關意見之處理情形。
- 十二、對當地居民意見之處理情形。
- 十三、結論及建議。
- 十四、執行環境保護工作所需經費。
- 十五、預防及減輕開發行為對環境不良影響對策摘要表。
- 十六、參考文獻。

EIA 報告在建廠期間考量的環境影響因素包括：空氣品質、噪音、交通流量、水質、陸域生態、水域生態、固體廢料、歷史與古蹟資源等。在運轉之後考量的因素則包含輻射與熱污染。龍門廠興建計畫的 EIA 報告係於 1991 年獲得批准。

#### 14.2.2 輻射事故後果評估

依「核子反應器設施管制法」及其施行細則要求，核能電廠應依照其設計基準事故可能造成之損害，將電廠周圍地區分為下列兩區域：

- (1) 禁制區(EA)：指核子事故發生後，其邊界上之人於 2 小時內，接受來自體外放射線分裂產物造成之全身劑量小於 250 毫西弗，且來自放射性碘造成之甲狀腺劑量小於 3 西弗之緊接核能電廠之地區。
- (2) 低密度人口區(LPZ)：指核子事故發生後，其邊界上之人自放射性雲到達時起至全部通過時止，接受來自體外放射線分裂產物造成之全身劑量小於 250 毫西弗，且來自放射性碘造成之甲狀腺劑量小於 3 西弗之緊接核能電廠之地區。低密度人口區內得供民眾居住。

除了上述輻射劑量的要求外，根據核子反應器設施管制法第 4 條之要求，核能電廠經營者應按核子事故發生時可能導致民眾接受輻射劑量之程度，擬訂計畫，報

請原能會會商內政部、直轄市、縣(市)政府及有關機關劃定禁制區及低密度人口區，經行政院核定後，由直轄市、縣(市)政府公告實施，並由各該政府於公告後二個月內會同經營者分別設立界樁。而經營者對禁制區內之土地，除公路、鐵路、水路外，應取得使用權。禁制區內，禁止與核能電廠運轉、維護或保安無關之人員居住及影響電廠安全之活動。

核能電廠選擇廠址時，其地點除低密度人口區半徑大小須適當外，與二萬五千人以上人口集居地區之距離，至少應為低密度人口區半徑一又三分之一倍。低密度人口區，得供民眾居住。但在該區內新設學校、工廠、監獄、醫院、長期照護機構、老人養護及安養機構，應先參照當地區域民眾防護應變計畫研提配合方案，報請原能會會商直轄市、縣(市)政府審核通過後，依有關法令之規定為之。

根據前述要求，台電公司必須蒐集離反應器 10 公里內之人口數、離反應器 10 至 40 公里區域之人口數、暫態人口數(主要來自海灘、寺廟、教堂及釣魚等季節性人口變化及例行工作日之人口變化)、人口聚集中心及公眾建築與設施等資料。而評估禁制區與低密度人口區範圍須考量的參數包括：爐心分裂產物外釋比例、圍阻體洩漏率、廠址氣象狀況、大氣擴散特性等。若電廠系統進行重大修改，則須評估其對設計基準事故及核子事故發生率與後果的影響。

### 14.3 汲取福島教訓

汲取日本福島核能電廠地震海嘯經驗，原能會要求台電公司以新學理重新評估各核能電廠廠址，因應極端天然災害(包括強震、海嘯、及水災)的能力。參照美國核管會近期專案小組報告第一階段建議事項，原能會要求台電公司執行下列與廠址相關之管制案：(參考文獻14.3)

- XX-JLD-10101 地震危害的重新評估
- XX-JLD-10102 水災危害(包括海嘯)的重新評估
- XX-JLD-10105 地震、水災及其他廠外危害防護的現場履勘

這些管制案的執行現況(參考文獻 14.4、14.5 及 14.6)，簡述如下：

#### (1) 地震危害的重新評估

- 地質補充調查 (進行中)

台電公司已依第一階段調查結果完成山腳斷層海域延伸段之擴大地質調查，調查報告於 2015 年 1 月送原能會審查，原能會於 2016 年 6 月完成審查，針對調查結果顯示海域部分有分段情形，將提由高階地震災害分析委員會(SSHAC)充分討論後確立訂定，以儘可能地降低不確定性。2015 年 7 月台電公司針對斷層參數及相關地震活動持續執行更深入調查，調查報告進行中。

- 依美國地震危害分析資深委員會所訂第 3 層級(SSHAC Level 3)程序，建置台灣地震危害高階模型及後續評估(進行中)
- 耐震安全度評估(SPRA) (進行中)



## (2) 水災危害(包括海嘯)的重新評估

- 對 22 處潛在可能地表板塊移動 (earthquakes of massive scale) 、海底火山及海底山崩等不同機制引發之海嘯，評估海嘯對廠外危害之影響。(進行中)
- 核能電廠海域火山、海底山崩及古海嘯(ancient tsunami)調查暨評估工作。(核一、二及三廠進行中，核四廠待啟封後再執行)

## (3) 強化地震及水災的安全防護

- 依據耐震餘裕評估(SMA)結果，執行必要之耐震補強工作。(完成)
- 強化 RCIC 及 RHR 系統之耐震能力以保證「斷然處置程序指引」(URG)能有效運作。(完成)
- 建置各廠與中央氣象局的地震及海嘯警報系統連線。(完成)
- 補強生水池結構及管路等之耐震能力。(完成)
- 核一廠安全相關組件、系統、結構物的耐震基準由 0.3g 強化為 0.4g 之後續補強作業規劃。(進行中，台電公司可能請求停止執行此項作業)
- 興建海嘯防護牆(tsunami-protective walls)其高度達現行持照基準(CLB)以上再加 6 公尺;(進行中)
- 興建防護水災板(flooding-protective plate )提昇重要設備防火門、穿越孔填封的防水或水密能力(water-tightness) (進行中)
- 視察所有防海嘯及水災設備之防水或水密能力。(完成)
- 地震、海嘯危害模擬及情境模擬。(完成)
- 在緊急海水系統(emergency sea water system)增設水密屏障(water-tight barrier)。(完成)
- 強化核一廠的馬達驅動海嘯防護牆。(完成)
- 購買柴油驅動排水泵以強化可移動之排水能力。(完成)

## (4) 地震、水災及其他廠外危害防護的現場履勘

- 核一廠、核二廠及核三廠的地震防護現場履勘。(完成)
- 核一廠、核二廠及核三廠的水災危害防護現場履勘。(完成)
- 核四廠設施之危害防護現場履勘。(完成)

## 參考文獻(第 14 章)

- 14.1 「核子反應器設施管制法施行細則」，原子能委員會，2003 年 8 月發布。
- 14.2 「環境影響評估法」，環境保護署，2003 年 1 月修正公布。
- 14.3 「行政院原子能委員會 2013 年年報，原子能委員會」，2014 年 5 月。  
[http://www.aec.gov.tw/webpage/service/other/files/annual\\_102.pdf](http://www.aec.gov.tw/webpage/service/other/files/annual_102.pdf)

- 14.4 「原能會核管處回覆撰稿委員需求資料(編號 A17-1)」，2015 年 9 月 9 日。
- 14.5 「台電公司核發處回覆撰稿委員需求資料(編號 A17-1)」，2015 年 7 月 29 日。
- 14.6 「台電公司核發處回覆撰稿委員需求資料(編號 A17-2)」，2015 年 10 月 3 日。

## 第 15 章 設計與建造

每一簽約會員必須採取適當措施以確保：

- (i) 核能電廠之設計與建造提供數個可靠的保護層次與方法(縱深防禦)，以預防事故的發生及萬一發生事故時減輕其後果，俾防止放射性物質外洩；
- (ii) 核能電廠的設計與建造技術均由經驗證明已成熟，或經測試或分析驗證為合格；
- (iii) 核能電廠設計提供可靠、穩定、及易於管理的運轉，且特別將人為因素與人機介面納入考量。 <核能安全公約 第 18 條>

### 15.1 防止放射性物質外洩

#### 15.1.1 執照申請程序與管制要求

根據「核子反應器設施管制法」(參考文獻15.1) 及「核子事故緊急應變法」(參考文獻13.1)之要求，建造核能電廠之重要程序包括：

- (1) 定義禁制區與低密度人口區；
- (2) 提送初期安全分析報告以申請建廠執照；
- (3) 提送終期安全分析報告以申請初次裝填核子燃料許可與運轉執照；以及
- (4) 定義緊急應變計畫區，並於初次裝填核子燃料前執行一次緊急應變計畫演習。

在上述程序中，「防止放射性物質外洩」相關的重要要求謹說明如下：

- (1) 核子事故發生後，禁制區邊界上之人於2小時內，接受來自體外放射線分裂產物造成之全身劑量小於250毫西弗，且來自放射性碘造成之甲狀腺劑量小於3西弗。核能電廠經營者必須買下禁制區內所有的土地。
- (2) 核子事故發生後，低密度人口區邊界上之人於30天內，自放射性雲到達時起至全部通過時止，接受來自體外放射線分裂產物造成之全身劑量小於250毫西弗，且來自放射性碘造成之甲狀腺劑量小於3西弗。
- (3) 初期與終期安全分析報告中必須清楚說明防止放射性物質外洩的方法，報告中相關章節應包括
  - 第11章 放射性廢料管理
  - 第12章 輻射防護
  - 第15章 事故分析
  - 第19章 嚴重事故分析
  - 附錄A 安全度評估
  - 附錄C 緊急應變計畫
- (4) 根據「核子反應器設施管制法」(參考文獻15.1)及其施行細則(參考文獻15.2)

之要求，緊急應變計畫區之評估準則如下：

- 設計基準事故在緊急應變計畫區外所造成之預期輻射劑量，不超過核子事故民眾防護行動規範之疏散干預基準。
- 爐心熔損事故在緊急應變計畫區外所造成之預期輻射劑量，超過核子事故民眾防護行動規範疏散干預基準之年機率應小於十萬分之三。
- 爐心熔損事故在緊急應變計畫區外所造成之預期輻射劑量，超過 2 西弗之年機率應小於百萬分之三。

其中疏散措施的干預基準為預估 7 天之可減免有效劑量達 50 至 100 毫西弗。

申請建廠執照與運轉執照的詳細要求請參閱「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」(參考文獻15.3)與「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」(參考文獻15.4)。

### 15.1.2 深度防禦概念之施行

根據「核子反應器設施管制法」、「核子反應器設施管制法施行細則」及「核子反應器設施安全設計準則」(參考文獻15.5)之要求，所有型式之核子反應器在設計其結構、系統與組件(SSCs)時，均須考慮下列廠內與外來(亦稱廠外)事件：

- 廠內事件(internal events)：喪失冷卻水、主蒸汽與高能管路破裂、汽機轉子引起之廠內飛裂物、廠內水災與火災等。
- 外來事件(或稱廠外事件)(external events)：地震、水災、颱風、可燃物、有毒氣體、爆炸、及其他人為災難等。

核能電廠之設計必須針對上述廠內與外來事件採用深度防禦(defense-in-depth)(或稱縱深防禦)原則，此原則之重要內容如下：

- 設計時必須保有充分的安全餘裕，俾使設計基準事故的發生機率減至最小。安全系統的設計必須保有獨立性、多重性與多元性，俾使事故的後果減至最輕。
- 核能電廠之設計必須保有下列功能：即使設備失效、人為失誤、或兩者組合，而導致異常事件發生，反應器保護系統仍可在偵測到異常狀況時，自動啟動反應器停機系統，以防止異常事件發展成嚴重事故。
- 核能電廠之設計必須保有多層防禦屏蔽(multiple barriers)，用以確保核能運轉安全。其邏輯是：建立多層防禦屏蔽，每層防禦屏蔽都包含獨立而多重的安全防範設施或措施，雖然可能某一層或兩層的防禦屏蔽，就足以提供確保防止核反應分裂產物外釋的功能，但核能電廠的安全設計要求，縱使某一層防禦屏蔽因故而失效，而其他層屏蔽仍可提供安全性及保護性的防禦功能。多層防禦的目的是要把核能電廠發生核子事故的機會及其產生的衝擊均降到非常低的程度。防止核反應分裂產物外釋的深度防禦的階層保障包括：(參考文獻15.6)

- 燃料丸：將燃料固化為燃料丸，核分裂發生在燃料丸內，而多數放射性物質均滯留在發生核分裂處。
- 燃料棒：燃料棒由鋁合金燃料護套構成，可以有效的阻滯放射性物質在燃料護套之內。
- 反應爐壓力槽和相連密閉冷卻水系統：分裂產物均會被侷限在密閉冷卻水循環系統內。
- 圍阻體結構：確保任何自反應器或冷卻水系統釋出之放射性物質，絕大部分不會釋放到外界環境。

為了保證核能電廠之安全，台電公司採用縱深防禦原則執行相關設計、建造、及運轉工作，在所有安全相關系統中，採用下列概念以達成縱深防禦的目的：

- 保有充分的安全餘裕；
- 失效安全概念；
- 安全連鎖概念；
- 保有獨立性、多重性與多元性；
- 多重障壁概念；及
- 運轉中之可測試性。

### 15.1.3 事故之預防與減輕

根據「核子反應器設施管制法」、「核子反應器設施管制法施行細則」、「核子反應器設施安全設計準則」及其他相關法規之要求，台電公司採取下列措施以預防事故發生與減輕事故後果：

- 反應器爐心之設計須保有下列功能：運轉時若功率快速增加則爐心反應度能瞬間自動減少以降低功率(即負反應度係數)；防止或快速壓制會超過設計限值的爐心功率振盪現象。
- 反應器冷卻水壓力邊界的設計須能使其洩漏或破裂的機率非常小。若反應器冷卻系統發生洩漏，則能快速測知其狀況，避免其發展成嚴重事故。為了評估結構完整性與防漏性，上述設計也使系統能夠執行定期檢查與測試。
- 緊急爐心冷卻系統須能在發生喪失冷卻水事故時自動啟動，並提供足量的冷卻水以防止爐心燃料受損。在喪失外電的狀態下，電廠內設有緊急柴油發電機以供應緊急爐心冷卻系統所需之電力。反應爐停機後，有餘熱移除系統帶走爐心中之衰變熱。

反應器保護系統設置的目的是偵測事故狀況，及自動啟動反應器停機系統與特殊安全設施，以維持反應器於安全狀態。反應器保護系統須保有獨立性、多重性與多元性，以確保設備與系統的單一失效(single failure)不會導致安全功能喪失。

此外，核能電廠之設計必須包含下列事項，以減輕包含嚴重事故在內之任何事故的後果：

- 設置圍阻體以便於事故發生後，長期包容反應器冷卻水壓力邊界內洩漏出來的放射性物質。圍阻體內須設置可燃氣體濃度控制系統，也須設置圍阻體噴灑系統與風扇冷卻器，以便降低圍阻體內的壓力，進而將放射性物質外洩的量減至最少。
- 設置緊急應變設施以便於放射性物質洩漏至廠外時，將周圍居民的輻射傷害及環境的輻射污染減至最少。緊急應變設施包括技術支援中心與運轉支援中心。另安全參數顯示系統(SPDS)須裝設於主控制室、技術支援中心、及台電公司總管理處，以便各重要單位能即時瞭解電廠之安全狀態。

主控制室之設計必須使運轉員在嚴重事故發生時仍可安全地在控制室內執行必要的應變行動。而為了使運轉員能掌控事故狀況及採取適當的行動，主控制室必須能監測運轉參數、圍阻體內外之放射性物質洩漏量、放射性物質外洩的路徑、及電廠周圍的輻射強度等。龍門核能電廠因採用下列設計，使放射性物質洩漏至廠外的機率顯著降低：

- 正常運轉時一次圍阻體內充滿氬氣防止氬氣燃燒或爆炸。
- 若反應器壓力槽被熔穿則在抑壓池與反應器爐穴間裝有10支被動式淹水管，以確保爐心熔渣得到冷卻。
- 反應器爐穴下方地板不用石灰岩水泥而採用玄武岩水泥，以減少爐心熔渣與水泥作用時產生的不凝結氣體。
- 裝設圍阻體過壓保護系統(COPS)防止圍阻體因過壓而失效，此系統釋放溼井上方之蒸汽，因而大量減少外釋蒸汽中的輻射物質。

基於立法院於2013年2月26日通過朝野黨團協商，針對核四廠作成「除已發包及安全檢測工作外，暫停施工」之決定，且為化解國人對於核四廠之疑慮，行政院在2014年4月28日之國際記者會上宣布：「核四廠1號機不施工、只安檢，安檢後封存；2號機全部停工」。

配合核四廠封存指示，台電擬定三項封存策略，包括：(1)啟封後可用且成本最經濟，(2)利用封存期間，加強核能溝通，及(3)積極準備核四廠啟封之工程管理。台電並依原能會封存作業導則，擬定核四廠封存計畫。該計畫已於2014年8月29日奉行政院核定，而封存計畫細部規劃也已於2015年1月29日獲原能會審查同意。(參考文獻15.6)

## 15.2 採用成熟技術

台電公司為確保核能發電安全，要求核能電廠之設計與建造須採用成熟的工程技術(proven technology)，其重要內涵包括：

- 所有技術須經測試或經驗之保證。
- 所有設計、建造、及運轉程序遵循核准過之規範與標準。
- 必須由合格製造商執行所有設計與建造工作，且須遵照台電公司批准之品保方案。

因國內所有核子反應器均自國外進口，故台電公司相關招標程序中一直將成熟的技術列為先決要求。例如招標規範中要求進口至我國的核子反應器均須採用國內外運轉經驗驗證過的技術進行設計，同時該核子反應器也須通過出口國的執照審核，這些要求都是新核能電廠申請建廠與運轉執照必須符合的重要條件。

至於核能電廠設計與建造的規範與標準，台電公司必須遵循「核子反應器設施管制法」、「核子反應器設施管制法施行細則」、「核子反應器設施安全設計準則」及其他相關法規之要求。此外，核子反應器出口國的規範與標準，如美國NRC的法規、ASME與IEEE的標準等也是核能電廠管制與營運單位遵循的重要參考資料。台電公司在核子反應器招標規範中對製造商與建造商資格訂定非常嚴格的要求，原能會則利用安全審查與現場視察對製造商與建造商的工作進行審核。

### 15.3 人為因素與人機介面之考量

根據「核子反應器設施管制法」及其施行細則之規定，為了反應人為因素分析與評估結果，並使擁有最佳之安全與效率水準，核能電廠必須設置主控制室、安全參數顯示系統、及遙控停機盤(Remote Shutdown Panel)。此項規定同時要求初期與終期安全分析報告中必須包含有人因工學設計的可行性與適當性分析，重要的分析內容包括：

- 在主控制室設計中考慮人為因素，安排適當的人機介面，使電廠得以安全運轉。主要考慮的因素包括工作空間與環境、面板與其位置、以及盤面的分配等。
- 在安全參數顯示系統設計中考慮人因工學原理，使該系統可持續提供重要的安全資訊，且使反應器運轉員很容易從特定的位置讀取資訊。
- 在遙控停機盤設計中考慮人機介面，使反應器得以安全地停機。

美國三哩島核能電廠事故顯示運轉員的行為對安全非常重要，而人為失誤是影響人員行為的因素之一，因此近來在核能電廠主控制室的人員與系統介面(HSI)設計中，考慮了下列減少人為失誤的方法：

- 在設計階段消除失誤的可能性；
- 在智慧型決策輔助系統中納入訓練改善方案；
- 為維護人員提供可協助記憶的工具，如可攜式互動維護助理器；
- 施行失誤管理訓練；及
- 採用生態介面設計。

例如根據龍門廠終期安全分析報告中的說明，人員與系統介面(HSI)設計的目的是在電廠正常運轉、異常狀態、及事故狀態等所有狀態下，增進安全、有效、及可靠的運轉員行為。為達此目的，主控制室及其他電廠區域的資訊、顯示、控制、及其他介面設備的設計與執行方法均與優良人因工學(HFE)作業一致。詳細的人因工學設計與執程序請參閱本報告第9.2及9.3(8)節。

## 15.4 汲取福島教訓

日本福島事件直接的成因為規模 9.0 的地震並導致超過 14 公尺高的海嘯，此最嚴重天然災害已遠超過電廠的設計基準，福島一廠廠址的設計僅能防護達 5.7 公尺高的海嘯。汲取福島教訓，原能會要求台電公司運轉中及正在興建的核能電廠，重新檢視設計基準，以因應類似福島電廠事故之能力。

### (A) 運轉中電廠11項近期檢討議題

在日本福島電廠核子事故發生後，我國立即與國際管制機關同步啟動核能電廠安全防總體檢方案(詳細內容請參閱本報告第3.4.1節及11.3.1節)，審慎檢討現有核能機組因應超越設計基準事故(BDBA)之能力，以及異常天災發生時可能發生設備失效的危險要項，並要求採行改善或強化措施，以防範及避免類似福島電廠事故在台灣發生。在安全防總體檢方案中，對運轉中電廠提出11項近期檢討議題(參考文獻15.7)，項目包括：

- (1) 廠區電源全部喪失(SBO)。
- (2) 廠房/廠區水災事件及防海嘯能力。
- (3) 用過燃料池完整性及冷卻能力。
- (4) 熱移除及最終熱沉能力。
- (5) 事故處理程序(EOP)與訓練。
- (6) 機組斷然處置程序指引(URG)之建立。
- (7) 一/二號機組相互支援。
- (8) 複合式災難事件(compound accidents)。
- (9) 超越設計基準事故(BDBA)。
- (10) 設備/設施完備性及備品儲備。
- (11) 精進人力/組織運作及強化核能安全文化。

### (B) 運轉中電廠安全檢視結果與強化措施

經由安全防總體檢(參考文獻 15.8 與 15.9)，確認下列項目需要改善：

- (1) 廠區電源全部喪失(SBO)，項目包括：
  - 重新檢討因應廠區全黑能力之時間提高為 24 小時
  - 增建電池容量，以滿足因應 SBO 之時間由 8 小時延長為 24 小時
  - 氣冷式柴油發電機同時提供兩部機電源，負載配置須事先妥為規劃
- (2) 水災之防範，項目包括：
  - 提高各廠緊要海水系統廠房重要設備之防水設計及水密性；
  - 增加緊急海水系統(ESW)及緊急爐心冷系統(ECCS) 泵之馬達備品，須將馬達備品儲放高處；



- 重新模擬海嘯溯上水位並進行海嘯衝擊力分析；
  - 強化緊要海水泵室在機組間的實體分隔性。
- (3) 用過燃料池之冷卻，項目包括：
- 安全相關儀器提供主控制室監控用過燃料池之重要參數(水位、溫度、輻射)；
  - 安全相關電源供應用過燃料池補水系統；
  - 廠內緊急電源為可供電予用過燃料池補水系統及儀器；
  - 耐震之噴灑方法注水進入用過燃料池。
- (4) 氫氣排放，項目包括：
- 移動式空壓機供氣動閥緊急操作使用；
  - 重新檢查氫氣排放路徑；
  - 建築物內防止氫氣累積。
- (5) 嚴重事故之處理，項目包括：
- 建立機組斷然處置程序指引(URG)，防止嚴重事故之發生(請參閱第 3.4.3.5、7.2(11)、15.4(C)(5)及 16.4.3 節)；
  - 各廠採購天然硼酸、硼砂之適切性；
  - 興建一座耐震之技術支援中心；
  - 模擬類似福島核災嚴重事故之情境分析。
- (6) 耐震之強化措施，項目包括：
- 核一廠地震設計基準從 0.3 g 提高至 0.4 g；
  - 強化核能電廠生水池(raw water reservoir)及其管線的耐震能力；
  - 重新評估地震危害。
- (7) 基礎設施，項目包括：
- 協調與外部支援(國軍，消防部門)；
  - 檢討廠內人員的能力及訓練，以因應緊急情況，及時發揮減輕事故後果之功效。
- (8) 安全文化，項目包括：
- 執行國際原子能總署的基本安全規則(IAEA SF-1)；
  - 參照美國核管會之反應器監管程序(ROP)，監督核安文化的落實。

### (C) 因應超越安全基準事故措施

因應超越設計基準事件(BDBA)，防範現有設備可能受損，故需加強採取下列措施：(參考文獻 15.10 及 15.11)

(1) 反應器緊急補水冷卻，項目包括：（圖 15.1）

- 廠區既有系統注水之各項水源包括廠內水源與生水系統，增加後備與救援水源、大型消防水泵與建立注水程序；
- 建立各種途徑之替代反應器注水支系統；
- 提高各廠緊要海水系統廠房重要設備之防水設計及水密性；
- 建立替代最終熱沉；
- 建立海水熱沉，復原長期冷卻能力；
- 增購移動式空氣壓縮機及備用氮氣瓶，以供安全洩壓閥及氣動閥使用。

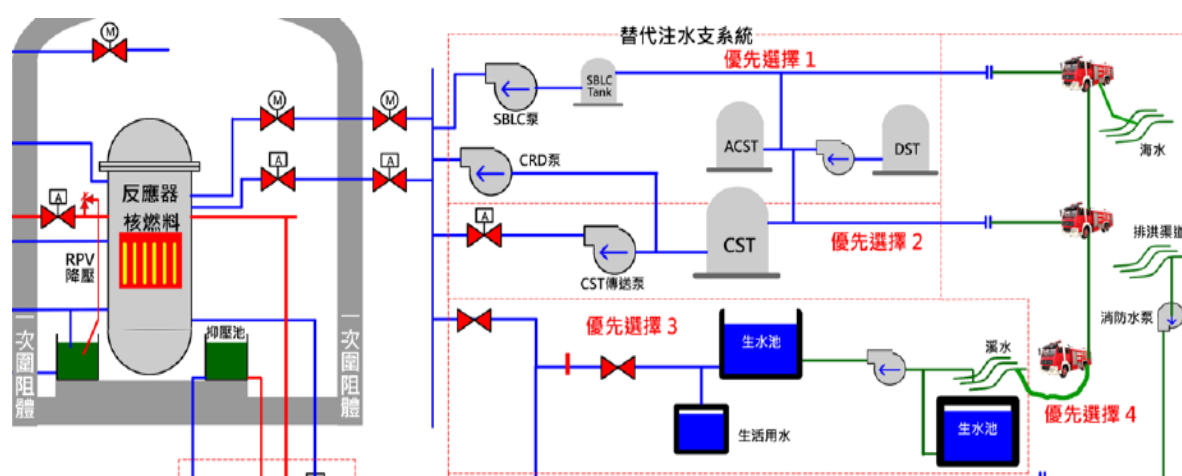


圖 15.1 反應器緊急補水冷卻

(2) 用過燃料池補水/灑水系統，項目包括：（圖 15.2）

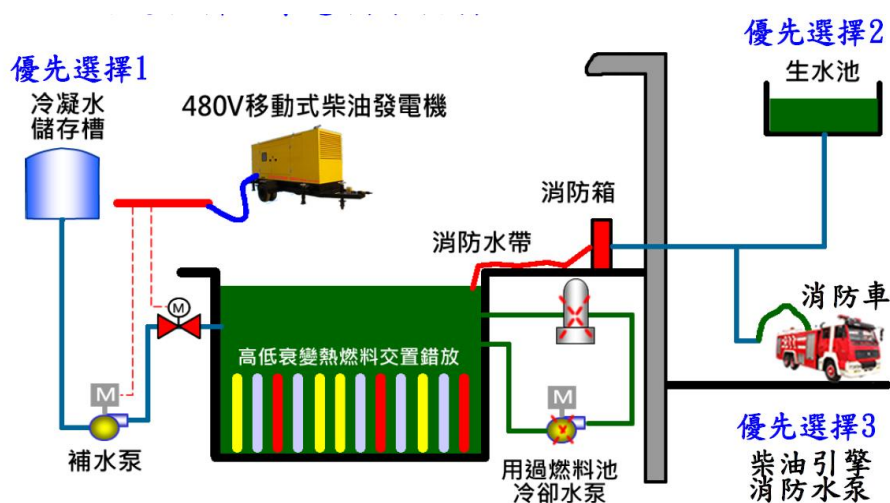


圖 15.2 強化用過燃料池補水系統

- 建立救援用過燃料池的各種策略，優先使用移動式發電機及空壓機，提供補水泵與閥開關的動力，恢復正常補水功能；
- 參照 NEI 06-12 裝置額外的補水/灑水系統；
- 參照 NTTF 7.1 強化安全相關儀器，提供主控制室監控用過燃料池之水位、溫度等重要參數。

(3) 圍阻體完整性與氫氣監控能力，項目包括：(圖 15.3)

- 圍阻體增置可靠且強固的排氣系統及過濾系統；
- 核三廠增添被動式自催化氫氣再結合器(PARs)；
- 建立圍阻體早期氣體排放策略，項目包括：
  - 降低圍阻體之溫度及壓力；
  - 延長反應器爐心隔離冷卻系統(RCIC)注水時間及強化反應器壓力槽(RPV)注水系統之可用性。

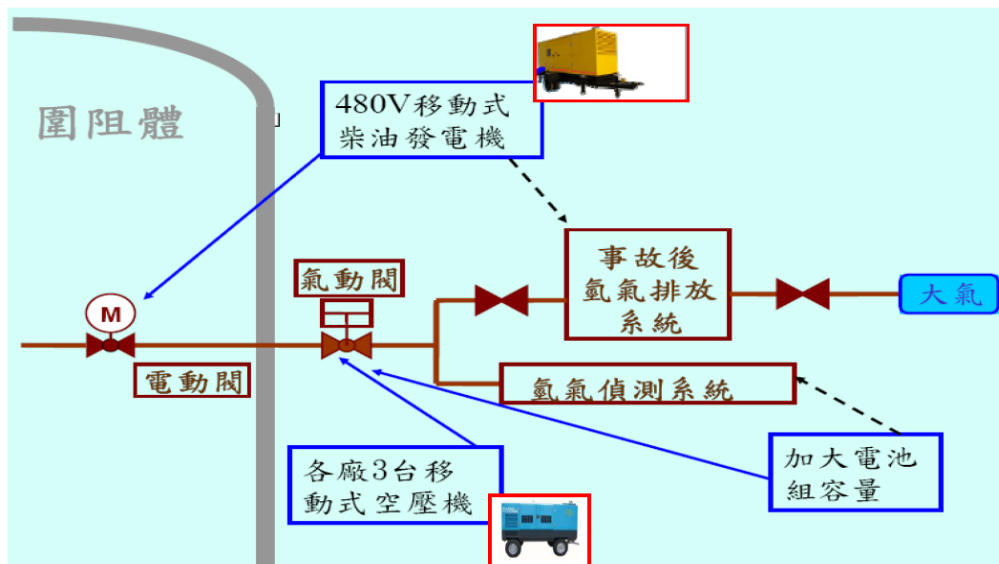


圖 15.3 圍阻體氫氣監控及緊急排放

(4) 後備與救援電源，項目包括：(圖 15.4)

- 擴充第 5 台氣冷式柴油發電機，供電能力可同時提供兩部機電源；
- 提升氣渦輪發電機全黑起動柴油機，供電能力可同時提供兩部機電源；
- 建立安全相關電池組 24 小時運轉能力；
- 增購移動式救援電源，包括電源車與移動式柴油發電機，多重緊急電源準備，確保電廠有電可用。

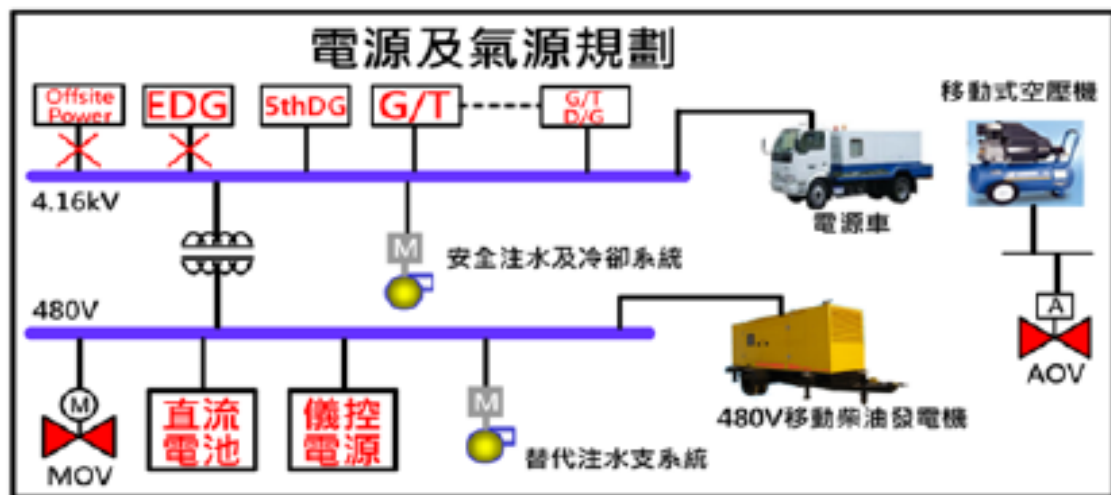


圖 15.4 強化電源與氣源供應

(5) 擬定機組斷然處置之流程指引(URG)，項目包括：

- 明確定義機組斷然處置之流程如圖 15.5 所示。

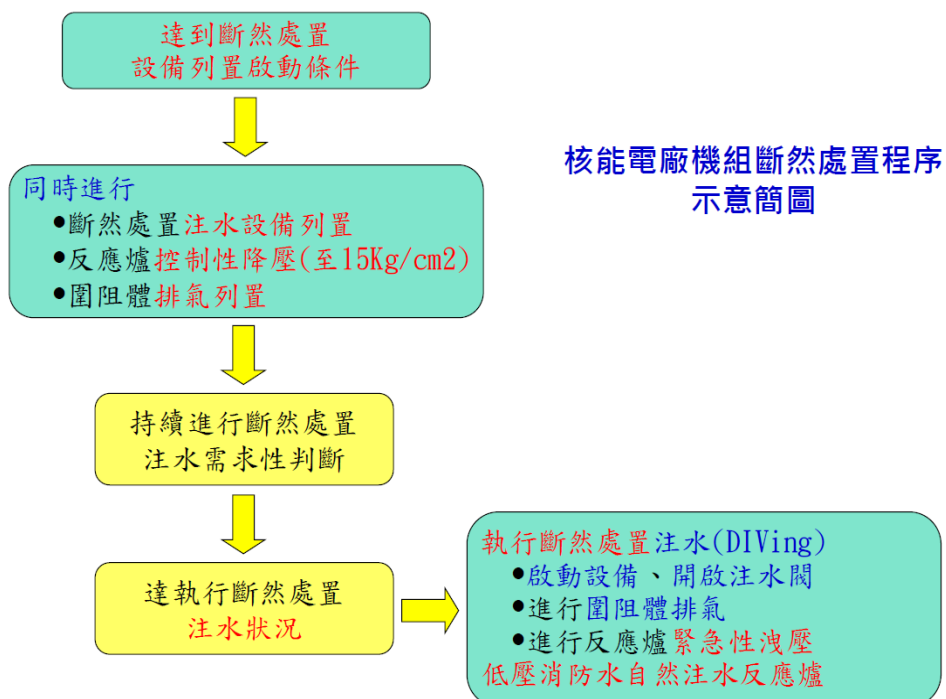


圖 15.5 核能電廠機組斷然處置之流程

- 下列三個狀況中，無論發生任何一個狀況，達到機組斷然處置啟動條件
  - 一 核能電廠遭遇超越設計基準地震值(SSE)之強震及海嘯；

- 廠區電源全部喪失；
- 喪失最終熱沉。
- 執行斷然處置注水(DIVing)，項目包括：
  - 啟動設備、開啟注水閥；
  - 進行圍阻體排氣；
  - 進行反應爐緊急性洩壓；
  - 低壓消防水自然注水反應爐。

更詳盡的斷然處置程序指引資料，請參閱本報告之第 3.4.3.5、7.2(11)及 16.4.3 節。

#### (D) 強化持照基準

因應 BDBA 設備失效的危險要項，除執行上述因應之改善或強化措施外，原能會並將臨時性及移動式之措施，考量重新評估後對持照基準之影響，提昇電廠因應超越設計基準事故之能力，如圖 15.6 所示。(參考文獻 15.12)

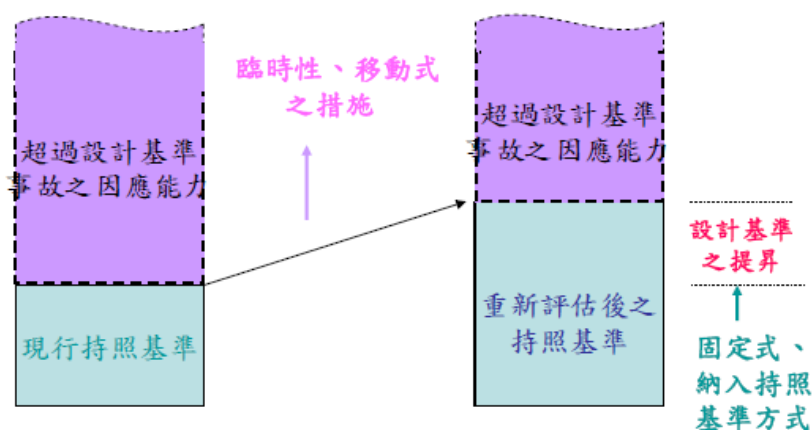


圖 15.6 福島事故後提昇設計基準事故之因應措施

#### 參考文獻(第 15 章)

- 15.1 「核子反應器設施管制法」，原子能委員會，2003 年 1 月公布。
- 15.2 「核子反應器設施管制法施行細則」，原子能委員會，2003 年 8 月發布。
- 15.3 「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」，原子能委員會，2004 年 4 月發布。
- 15.4 「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」，原子能委員會，2004 年 10 月發布，2005 年 11 月修正發布。
- 15.5 「核子反應器設施安全設計準則」，原子能委員會，2008 年 1 月修正發布。
- 15.6 「2015 台灣電力公司永續報告書」，台電公司，2015 年 8 月。

[http://csr.taipower.com.tw/images/pdf/2015\\_tw.pdf](http://csr.taipower.com.tw/images/pdf/2015_tw.pdf)

- 15.7 「我國核能電廠因應日本福島電廠事故總體檢－核能安全防護近期檢討議題初步安全評估報告」，原子能委員會，2011 年 5 月 13 日。  
[http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index\\_05\\_1.pdf](http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index_05_1.pdf)
- 15.8 「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」，原子能委員會，2012 年 8 月。  
[http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index\\_05\\_4.pdf](http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index_05_4.pdf)
- 15.9 「核能電廠安全檢視結果與強化措施」，台灣電力公司，2011 年 6 月。  
<http://www.caee.org.tw/page/file/100062901.pdf>
- 15.10 陳宜彬，「我國核能電廠因應日本福島第一核能電廠事故總體檢初步結果」，核能學會第 28 屆第 9 次理監事會議，2011 年 6 月 27 日。  
[archived.chns.org/upload/download1/u1310539364\\_ba7b98.ppt](http://archived.chns.org/upload/download1/u1310539364_ba7b98.ppt)
- 15.11 陳布燦，「核能電廠斷然處置措施」，台灣電力公司，2014 年 6 月。  
[www.cie.org.tw/cms/upload/files/Nuclear/1031120%20斷然處置措施-中工會.ppt](http://www.cie.org.tw/cms/upload/files/Nuclear/1031120%20斷然處置措施-中工會.ppt)
- 15.12 「近期檢討議題共通性審查意見及核能管制案件」，原子能委員會，105 年 8 月。  
[http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index\\_01\\_11\\_1.pdf](http://www.aec.gov.tw/webpage/npp-check/files/index_01_11_1.pdf)

## 第 16 章 運轉

每一簽約會員必須採取適當措施以確保：

- (i) 對於核能電廠運轉的初次核准是根據適當的安全分析和能證明興建完成之核能電廠符合設計與安全要求的試運轉計畫；
- (ii) 從安全分析、測試、和運轉經驗推導而得之運轉限值與條件有清楚加以定義並視需要而修正，以界定運轉的安全邊界；
- (iii) 核能電廠之運轉、維護、檢查、和測試係依照經過核准的程序書執行；
- (iv) 已建立起發生預期運轉暫態和事故時的回應程序書；
- (v) 在核能電廠運轉壽命期間，於所有安全相關方面有需要的工程與技術支援均已齊備；
- (vi) 對安全有重大關聯之事件會由相關執照持有者及時向管制機關報告；
- (vii) 已建立搜集和分析運轉經驗之方案，並對所得結果與獲致結論採取行動，且利用現有機制和國際機構以及其他核能電廠運轉單位與管制機關分享重要運轉經驗；
- (viii) 在相關程序可行範圍內，已將核能電廠運轉產生之放射性廢棄物活度與容積減至最低，所需與運轉直接相關且在電廠廠址進行之用過燃料和廢棄物的處理與貯存也已將固化包裝與(最終)處置(conditioning and disposal)納入考量。

〈核能安全公約 第 19 條〉

### 16.1 核能電廠運轉之初次核准

如本報告第 3.2.3.1 節所述，依據「核子反應器設施管制法」(第 5 條)(參考文獻 16.1)與「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」(第 3、8、10 及 13 條)(參考文獻 16.2)規定，欲興建核能電廠，申請者必須符合下列條件，並獲得原能會核發建廠執照(CL)後始得進行電廠主體工程之建造：

- 與原子能和平使用目的一致；
- 設備與設施足以保障公眾健康及安全；
- 對環境保護及生態保育影響合於相關法令規定；及
- 申請人之技術與管理能力以及財務基礎等足以勝任其設施之經營。

而欲獲得原能會核發建廠執照，則申請者必須向原能會提送下列資料：

- 初期安全分析報告(PSAR)；
- 環境保護主管機關認可之環境影響評估相關資料 [如環境影響評估(EIA)報告]；
- 申請者財務保證說明；及
- 其他經原能會指定並發布之事項。

原能會於收受完整之上述書件後，應在一年內作成審查結論〔以安全評估報告(SER)形式〕，審查結論認為應予許可者，即發給建廠執照。

建廠完成後，欲進行初始(核子)燃料裝填(IFL)，核能電廠經營者須於規定期間內向原能會提出申請並提送下列資料，經原能會審查同意後，始得為之〔參看「核子反應器設施管制法」(第 6 條)(參考文獻 16.1)及「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」(第 2 條)(參考文獻 16.3)]：

- 初次裝填核子燃料申請書 – 預定初次裝填核子燃料 14 個月前提送；
- 終期安全分析報告(FSAR) – 預定初次裝填核子燃料 14 個月前提送；
- 擬報請原能會會商有關機關劃定禁制區(EA)和低密度人口區(LPZ)之計畫 – 預定初次裝填核子燃料 14 個月前提送；
- 建廠期間之檢查改善結果報告 – 預定初次裝填核子燃料 3 個月前提送；
- 運轉程序書清單 – 預定初次裝填核子燃料 2 個月前提送；
- 裝填計畫 – 預定初次裝填核子燃料 2 個月前提送；
- 起動測試計畫 – 預定初次裝填核子燃料 2 個月前提送；
- 系統功能試驗報告 – 預定初次裝填核子燃料前提送。

電廠經營者應於取得原能會同意初次裝填核子燃料許可後 18 個月內，以及預定正式運轉日前 1 年，提出運轉執照申請(即：審查需時約 1 年)。且申請時須提報環境影響評估報告審查結果相關事項辦理情形，並已完成核子反應器功率試驗，同時檢附下列資料〔參看「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」(第 13 及 14 條)]：

- 最新版終期安全分析報告(FSAR)；
- 各功率階段測試結果綜合報告；及
- 申請者財務保證說明。

經原能會審查同意後發給核能電廠運轉執照。

## 16.2 運轉限制與條件

我國核能管制法規要求核能電廠之初期安全分析報告(PSAR)和終期安全分析報告(FSAR)內容中，均需有一專章載明「運轉技術規範」(TS)〔參看「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」(第 4 條)及「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」(第 3 及 16 條)]。核能電廠「運轉技術規範」之目的是對核子反應器之運轉設定運轉限制與條件(operational limits and conditions)，以消除會對大眾健康與安全造成立即危險之異常情況或事件發生的可能性(參看 FSAR 第 16.0 節)。

運轉技術規範內容主要包含下列各項〔參看核三廠 FSAR(參考文獻 16.4)第 16.2 ~ 16.6 節及美國聯邦法規 10CFR50.36 (參考文獻 16.5)]：

- 安全限值(safety limits)；



- 安全系統設定限值(LSSS)；
- 運轉限制條件(LCO)；
- 監測試驗要求(SR)；
- 設計特性(design features)；及
- 行政管制(administrative control)。

依據「核子反應器設施管制法」(第 13 條)、「核子反應器設施管制法施行細則」(第 8 條)(參考文獻 16.6)及「核子反應器設施設計修改及設備變更申請審核作業規範」(第 3 條)(參考文獻 16.7)規定，運轉技術規範所載運轉限值和條件，非事先經原能會核准，不得變更。

### 16.3 按照核准的程序書執行運轉、維護、檢查和測試

依據我國核能管制法規「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」(第 2 條)(參考文獻 16.3)規定，核能電廠經營者於新電廠建造完成，欲初次裝填核子燃料入反應器爐心前，必須向原能會提送「運轉程序書」接受審查。

另一方面，「核子反應器設施品質保證準則」(第 9 和 3 條)(參考文獻 16.8)規定，對品質有影響之作業亦應訂有「程序書」。此等作業係指安全相關之結構、系統及組件(SSCs)的設計、興建、運轉、停役等，包含 SSCs 之設計、採購、製造、裝卸、運輸、儲存、清潔、組立、安裝、檢查、測試、運轉、維護、與修理，以及燃料填換和設備修改等。

我國核能電廠終期安全分析報告(FSAR)中均列有該電廠之運轉程序書，包含「行政管理程序書」以及「運轉與維護程序書」兩大類[參看龍門廠 FSAR(參考文獻 16.9)與核三廠 FSAR(參考文獻 16.4)之第 13.5 節]。其中「行政管理程序書」主要係參照美國核能管制委員會(USNRC)之法規指引 1.33(參考文獻 16.10)的建議所制訂，而「運轉與維護程序書」則再下分為兩類：「控制室運轉程序書」和「其他程序書」。

以核三廠為例，其「行政管理程序書」可分為下列幾小類：

- 值班經理/值班主任和值班運轉人員程序書(procedures for shift supervisors and operators)
- 特殊程序書(special procedures)
- 設備控制程序書(equipment control procedures)
- 維護與修改管制程序書(control of maintenance and modification procedures)
- 監測試驗主時程(master surveillance testing schedule)
- 工作記錄簿之使用與管制程序書(log book usage and control procedures)
- 臨時程序書(temporary procedures)

核三廠之「控制室運轉程序書」和「其他程序書」則分別包含下列幾小類：

(1) 控制室運轉程序書：

- 電廠一般運轉程序書(general plant operation procedures)
- 系統運轉程序書(system operating procedures)
- 儀仗程序書(instrumentation procedures)
- 系統異常程序書(system abnormal procedures)
- 警報程序書(alarm procedures)
- 緊急運轉程序書(EOP)
- 臨時程序書

(2) 其他程序書：

- 電廠輻射防護程序書(plant radiation protection procedures)
- 緊急應變整備程序書(emergency preparedness procedures)
- 儀器校準與測試程序書(instrument calibration and test procedures)
- 化學與放射化學控制程序書(chemical-radiochemical control procedures)
- 放射性廢棄物管理程序書(radioactive waste management procedures)
- 維護與修改程序書(maintenance and modification procedures)
- 材料管制程序書(material control procedures)
- 電廠保全程序書(plant security procedures)

我國最新之核四廠(興建中)的「行政管理程序書」(100 系列)部分清單如下：(詳細清單請參閱核四廠 FSAR 表 13.5-1)

| 程序書編號  | 程 序 書 名 稱         |
|--------|-------------------|
| 103    | 電廠運轉實務            |
| 104    | 運轉審查委員會作業程序管制     |
| 105    | 員工提案作業程序          |
| 110    | 保安計畫              |
| 113    | 門禁管制作業程序          |
| 114    | 一次圍阻體人員出入管制       |
| 116    | 核子保防管制作業          |
| 120    | 營運程序書管制作業         |
| 122    | 程序書臨時變更管制程序       |
| 123    | 運轉規範修改管制定期更新作業    |
| 123.01 | 運轉規範基準修改管制及定期更新程序 |

|        |                              |
|--------|------------------------------|
| 123.02 | 運轉規範及本公司採用 ITS 所承諾各計畫對應文件之管制 |
| 125    | 原能會備忘錄處理                     |
| 126    | 核能電廠管制追蹤案件作業程序               |
| 127    | 核能管制會議處理                     |
| 128    | 終期安全分析報告修改及定期更新作業            |
| 130    | 機組再起動管制程序                    |
| 134    | 專業人員訓練                       |
| 135    | 模擬器構型管理(CM)                  |
| 137    | 系統討論會作業程序                    |
| 139    | 大修外單位支援人員資格審查及訓練程序           |
| 141    | 毒性化學物質管理作業程序                 |
| 150    | 大修作業                         |
| 152    | 維護法規實行方案                     |
| 153    | 機組大修後再起動查核管制                 |
| 155    | 線上維修作業                       |
| 156    | 肇因分析作業程序                     |
| 159.01 | 防止異物入侵(FME)管制程序              |
| 160    | WANO/INPO 網路作業及管制辦法          |
| 162    | 資通安全作業                       |
| 172    | 核能機組急停/跳機及異常事件停止運轉再啟動作業管制程序  |
| 174    | 異常事件立即通報作業程序                 |
| 175    | 異常事件書面/特別報告作業程序              |
| 176    | 各類災害及緊急事件通報作業程序              |
| 180    | 人員與設備安全                      |
| 182    | 走動管理作業                       |
| 184    | 消防計畫                         |
| 185    | 噪音管制作業程序                     |
| 186    | 動用火種工作許可及管制作業                |
| 186.01 | 災害防救要點                       |
| 187    | 颱風期間作業程序                     |
| 190    | 潛在性及關鍵性組件造成機組跳機工作評估審查作業      |
| 191    | 無潛在性跳機之危險工作評估審查作業程序          |
| 192    | 危機管理及應變作業程序                  |

---

核四廠之「控制室運轉程序書」分成下列幾小類：

- 100 系列之行政管理程序書 (100 series administrative procedures)
- 200 系列之整合運轉程序書 (200 series integrated operation procedures)
- 300 系列之系統運轉程序書 (300 series system operating procedures)
- 400 系列之儀表與控制系統運轉程序書 (400 series I&C system operating procedures)
- 500 系列之異常與緊急運轉程序書 (500 series abnormal and emergency operating procedures)
- 600 系列之監測試驗程序書 (600 series surveillance test procedures)

「其他程序書」則有下列幾小類：

- 700 系列之維護保養程序
- 800 系列之核能化學程序
- 900 系列之輻射防護作業程序
- 1000 系列之核工營運程序
- 1100 系列之品質管制程序
- 1200 系列之施工管制程序
- 1300 系列之改善工程程序
- 1400 系列之緊急計畫程序

核能電廠內各組經理負責在其職掌下所掌管電廠「運轉程序書」之起草 (initiating)、準備(preparing)、和管制(controlling)。程序書由相關組起草後，須送「電廠運轉審查委員會」(SORC)審查同意後，才由廠長正式發布以供使用。當程序書有需要變更或修正時，其程序亦同。

當核能電廠處於運轉模式 (包含功率運轉模式和起動模式) 或個別運轉限制條件所指明之情況時，電廠須符合運轉技術規範(TS)之監測試驗要求(SR)，除非已另外載明於個別的偵測試驗要求內 [參看核三廠 FSAR 第 16.4.0.1 節(參考文獻 16.4)或核四廠 FSAR 第 16.3.0.2 節(參考文獻 16.9)]。安全相關系統之偵測試驗時間表，包含偵測試驗頻率等，必須按照運轉技術規範所訂偵測試驗要求而建立。

## 16.4 預期運轉暫態與事故之處理

### 16.4.1 核能電廠運轉狀態分類

相較於核子事故依據其可能衝擊的嚴重程度而分成緊急戒備事件(alert event)、廠區緊急事故(SAEA)和全面緊急事故(GEA)等三類(參考文獻 16.11)(參閱第 8.2.2.3 和 13.1.1.3 節)，核能機組運轉狀態係分為四類(參考文獻 16.12 ~ 14)，包括：

- (1) 正常運轉(normal operations)，

- (2) 異常事件或暫態(abnormal events/transients) ,
- (3) 事故(accidents) , 及
- (4) 嚴重事故(severe accidents) 。

針對上述各種運轉狀態均備有對應之處理程序書，包括：

- (1) 運轉程序書(operating procedures) 、
- (2) 異常運轉程序書(AOP) 、
- (3) 緊急運轉程序書(EOP) 、及
- (4) 嚴重事故處理程序書(SAMP) ，

以提供電廠遵循應變。電廠依事件(events)或事故(accidents)演變情形，據以執行對應的電廠運轉程序書(圖 16.1)。

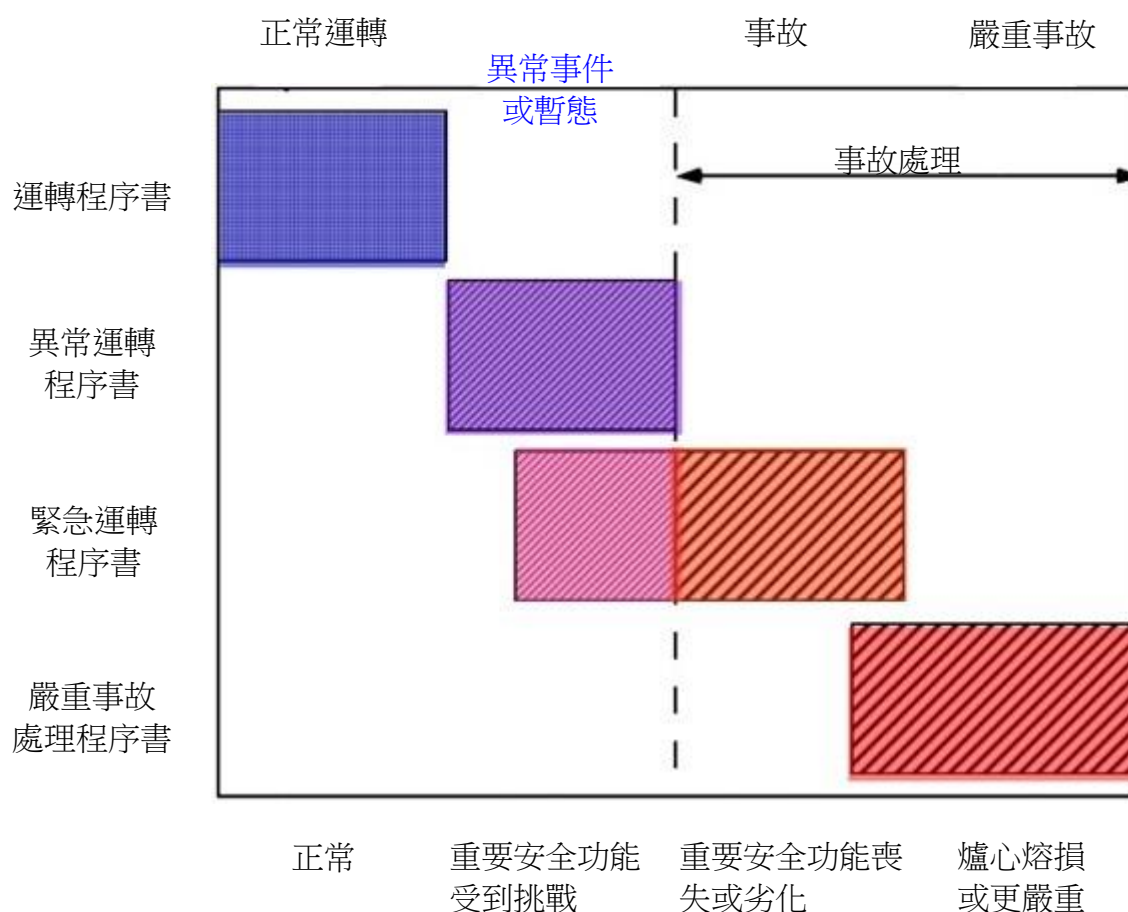


圖 16.1 核能電廠機組運轉狀態與適用之對應電廠運轉程序書關係圖

#### 16.4.2 暫態與事故處理

各核能電廠於 FSAR 中對於暫態與事故的分析，乃是根據「單一失效準則」

(single-failure criterion)。但當「運轉程序書」考慮到多重失效事件(multiple failure event)時，單一失效準則就不適用了。因此(核能電廠)經營者(licensee)有必要發展一套緊急運轉程序書(EOP)，此程序書係專門用來處理由多重系統或組件失效或多重運轉人員失誤而引起的暫態與事故。下列為多重失效事件例子：

- 一部蒸汽產生器有多根蒸汽產生器管(SG tubes)破裂或多部蒸汽產生器有蒸汽產生器管破裂；
- 主飼水系統(MFS)和輔助飼水系統(AFS)同時故障；
- 高壓之反應器補水系統(RCMS)故障；
- 喪失廠外電源(LOOP)或動力釋壓閥(PORV)或安全閥(SV)卡開(stuck open)之後，又發生預期暫態未急停(ATWS)事件；及
- 運轉人員不小心的失誤。

在 1979 年 3 月美國三哩島 2 號機組(TMI-2)事故發生後，我國三座運轉中之核能電廠均已發展建立一套以徵兆為導向的(symptom-oriented)緊急運轉程序書。然後，再依據反應器供應廠商提供之一般性「緊急程序書指引」(EPGs)，發展建立各核能電廠適用之細部緊急運轉程序書(detailed EOP)，以處理較嚴重的暫態與事故。為確保這些緊急運轉程序書確實適用，台電公司特別對這些緊急運轉程序書進行「查證與確認」(V&V)程序，另外並以模擬器驗證之。

如果事故演化成嚴重事故，此時就須採用嚴重事故處理程序書(SAMP)。台電核一、二廠(核子反應器皆為 BWR)與核四廠(反應器為 ABWR)之 SAMP 係根據沸水式反應器業主組織發行的嚴重事故處理指引(BWROG-EPG/SAG)第 2 版撰寫而成，核三廠(反應器為 PWR)則是根據西屋公司業主組織發行的嚴重事故處理指引(WOG-SAMG)第 2 版撰寫的。

因此，各核能電廠面對事故處理範疇(accident management regime)，即係依據 EOP 及 SAMP 執行。EOP 及 SAMP 提供電廠人員正確、有效及可行的工具，將機組的關鍵參數及實際徵候作為決策導向，建有反應器、一次圍阻體、二次圍阻體、放射性物質之控制流程與緊急措施，指引電廠人員適當地控制核能機組。其應變的基礎是以「深度防禦」為理念，目的在維持燃料、反應器、一次圍阻體、及二次圍阻體的完整性，以防止或降低機組受到的潛在威脅與維護公眾的安全。

#### 16.4.3 機組斷然處置程序指引

美國核能業界於 2001 年發生的 911 事件後，為因應發生核能電廠喪失控制與監控能力，或喪失所有電源，於 EOP 及 SAMP 以外，另再發展一套「大規模損壞減輕指引」(EDMGs)(即 NEI 06-12) (參考文獻 16.15)，涵括 EOP 和 SAMP 無法處置的複合式災害，提供核能電廠第一線人員迅速反應的準則。

如第 3.4.3.5 和 16.4.2 節所述，現行異常運轉程序書(AOP)和緊急運轉程序書(EOP)是以電廠徵兆為基準的(symptom-based)，適合處理廠內事件(或內部事件)(internal events)。當發生類似福島事故的大規模嚴重複合式事件時，其影響是全廠性的，反應時間則是十分急迫(urgent)的。因此福島事故後，台電公司之每座核能電廠乃參考 EDMGs 的概念，擬訂了植基於電廠(或場址)專屬特徵(plant-specific or site-specific

features)的「機組斷然處置程序指引」(URG) (參閱第 3.4.3.5 節)。換言之，URG 乃是以電廠(或場址)狀況為基準的(plant-specific or site-specific basis)，作為其進入 URG 條件與行動的依據(參考文獻 16.14)。

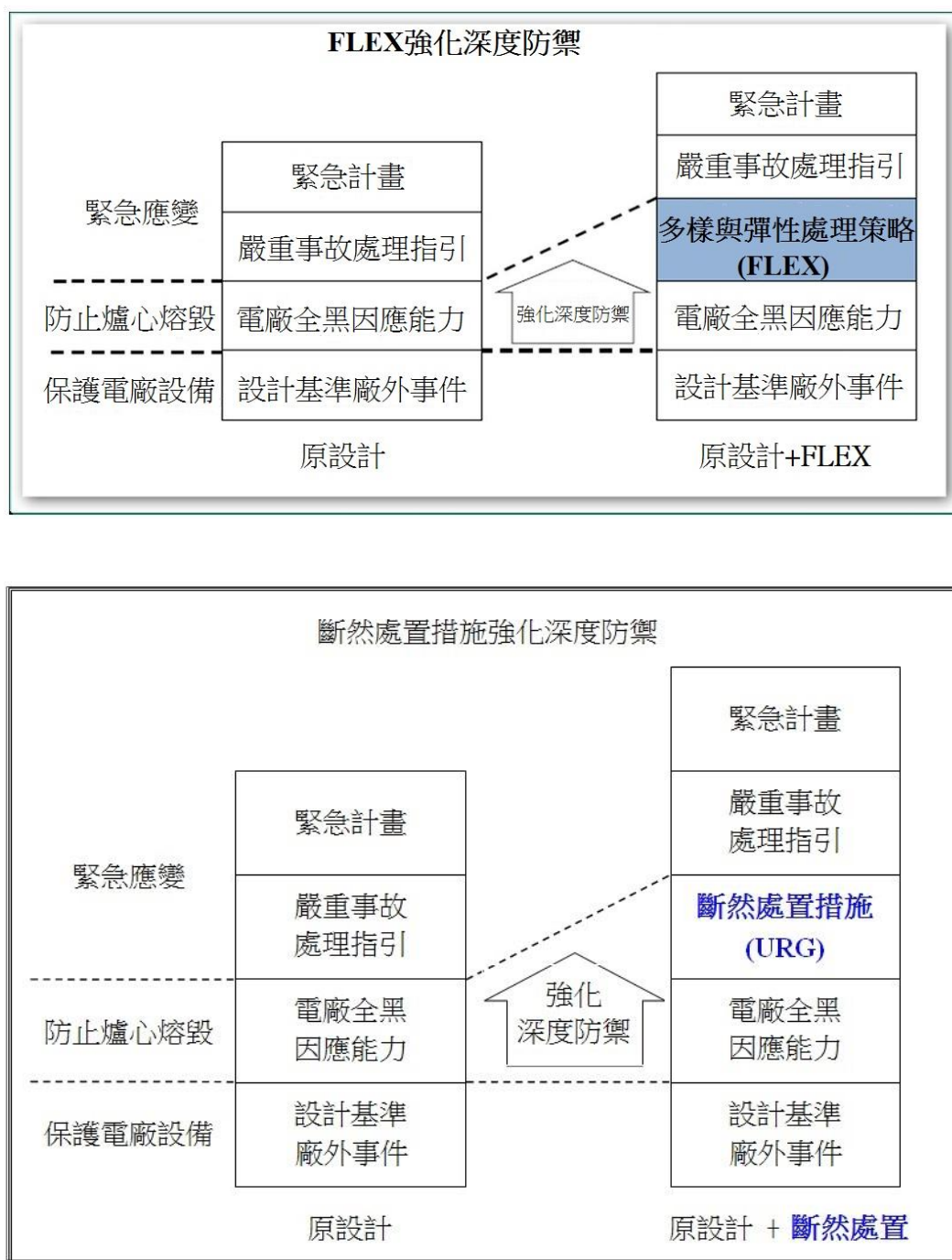


圖 16.2 FLEX 與 URG 之比較

以電廠狀況為基準的 URG 概念，是在核能電廠萬一面臨嚴重複合式事件時，採取必要決策動作(decisive action)，備妥可應用的任何方式(即使反應器可能因此受損)替代冷卻水注水(alternative cooling water injection)，以避免反應器爐心和用過燃料池內之用過燃料熔毀(meltdown)。URG 之冷卻水注水是一個同時啟動反應器降壓

(Depressurization)、反應器冷卻水注水(Injection)和圍阻體通風排氣(Venting)的程序，簡稱 DIVing 程序。DIVing 程序是用以保護核能電廠反應器，使免於熔毀的斷然處置措施。

URG 目標是發展一有效的替代式對反應器壓力槽(RPV)注入冷卻水方式，俾藉由控制反應器壓力和水位來避免爐心熔毀(core meltdown)。URG 可視為 EOP 的一種深度防禦補強(defense-in-depth supplement)，以避免事故惡化變成嚴重事故，如同美國核能協會(NEI)於其 NEI 12-06 報告 “Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Implementation Guide” (「多樣與彈性處理策略(FLEX)執行指引」) 所採用概念。圖 16.2 所示為 FLEX 與 URG 之比較(參考文獻 16.14 及 16.16)。URG 也可視為基於從福島事故汲取教訓後，對現行 EOP 的一種改進。URG、AOP、EOP、和 SAMP 間之關係如圖 16.3。

編號 1451 之電廠程序書「機組斷然處置程序指引」(URG)是台電公司於福島複合式事故後，將於各核能電廠新建立之程序書，以指引反應器運轉員(RO)和相關決策人員(decision-makers)[例如電廠值班經理(SM)]，避免事故惡化變成嚴重事故；或在回應設計基準事故(DBA)和超越設計基準事故(BDBA)時確保包含生水或甚至海水的替代終極熱沉(alternative UHS)可用。

對於長時間電廠全黑事故(prolonged SBO)，URG 採用兩階段(two-step)降壓策略。舉例說明，在沸水式核能電廠(如核一或核二廠)電廠全黑事故(SBO)初期，當反應器爐心隔離冷卻系統(RCIC)仍可用時，先進行反應器緩慢控制性降壓(slow and controlled depressurization)。當反應器爐心隔離冷卻系統不再可用時，則進行第二階段的反應器快速緊急洩壓(fast and emergency depressurization)。利用緩慢控制性降壓程序，反應器可被帶到並維持在相對安全狀態(即低壓且水存量高)，同時 RCIC 系統跳脫設定點(trip set-point)又不被觸及(reached)。在此相對安全狀態下，RCIC 系統失效後反應器快速緊急洩壓的衝擊可降到最低，而反應器水存量(water inventory)可由各種低壓注水方法加以補充。否則，如果在相對高危險狀態下的電廠全黑事故初期進行反應器快速洩壓，反應器爐心燃料可能會裸露(core uncovered)，即使洩壓前反應器是處在高水位。

通常在發生事故時，EOP 是先被採用的。然而，當碰到下列三種條件中之任何一種時，EOP 將被跳過(bypassed)，並啟動 URG 程序：

- (條件 1) 所有永久建置之交流電源(power supply)(包含廠外電源、廠內備用緊急柴油發電機、以及緊急備用之擺動式緊急柴油發電機和氣渦輪發電機等)均喪失時；
- (條件 2) 蒸汽驅動之反應器冷卻水補水能力以外的馬達驅動反應器冷卻水補水能力喪失時；或
- (條件 3) 由於強震導致反應器自動急停(scram)且同時有海嘯警報發布時(即：強震急停加海嘯預警)。

圖 16.4 所示為 URG 程序和 EOP 之關係圖。如圖中所示，若 URG 程序啟動，下列兩階段(two-stage)程序將依序進行(followed step-by-step)：



台電公司斷然處置措施之定位

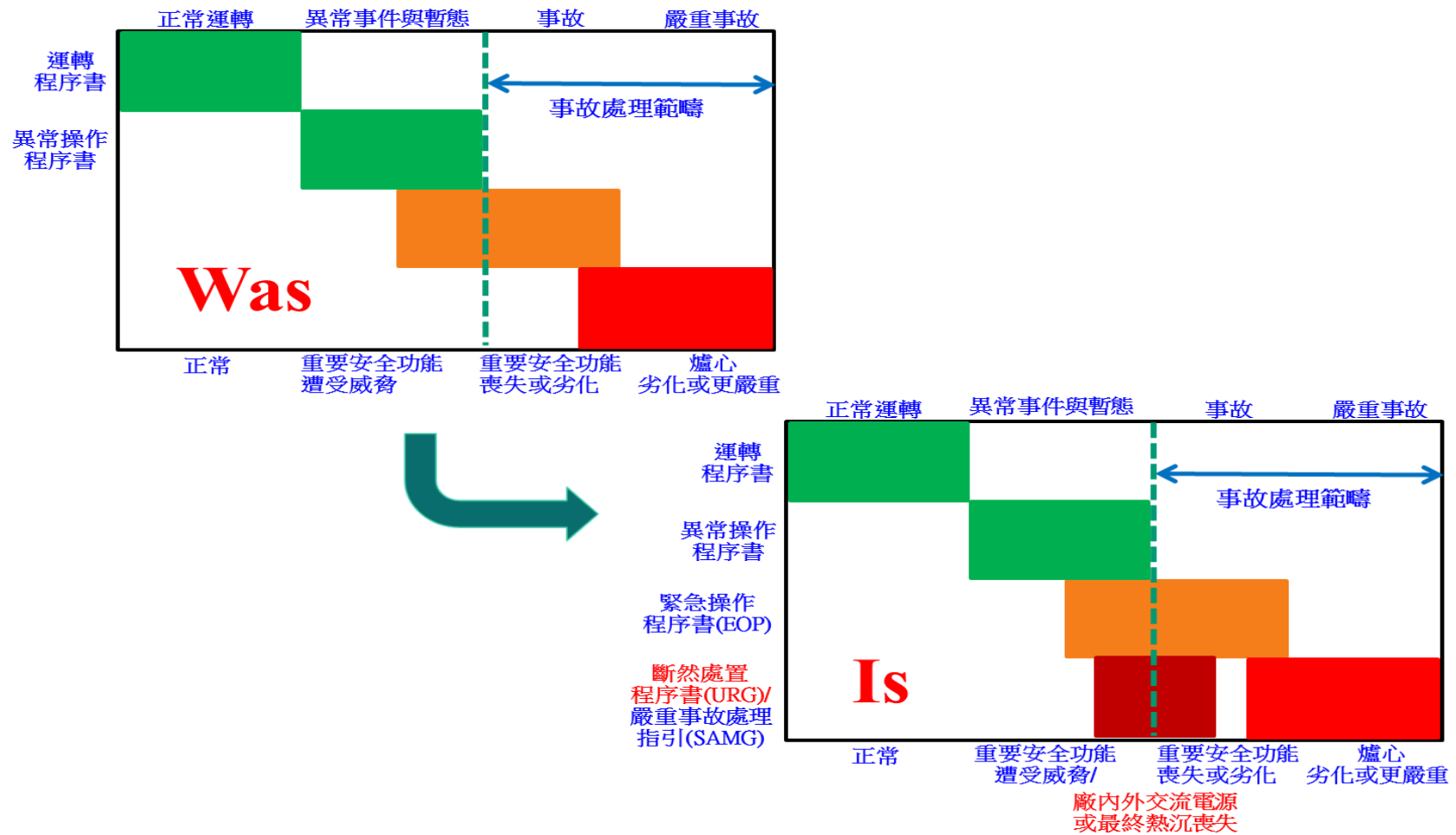
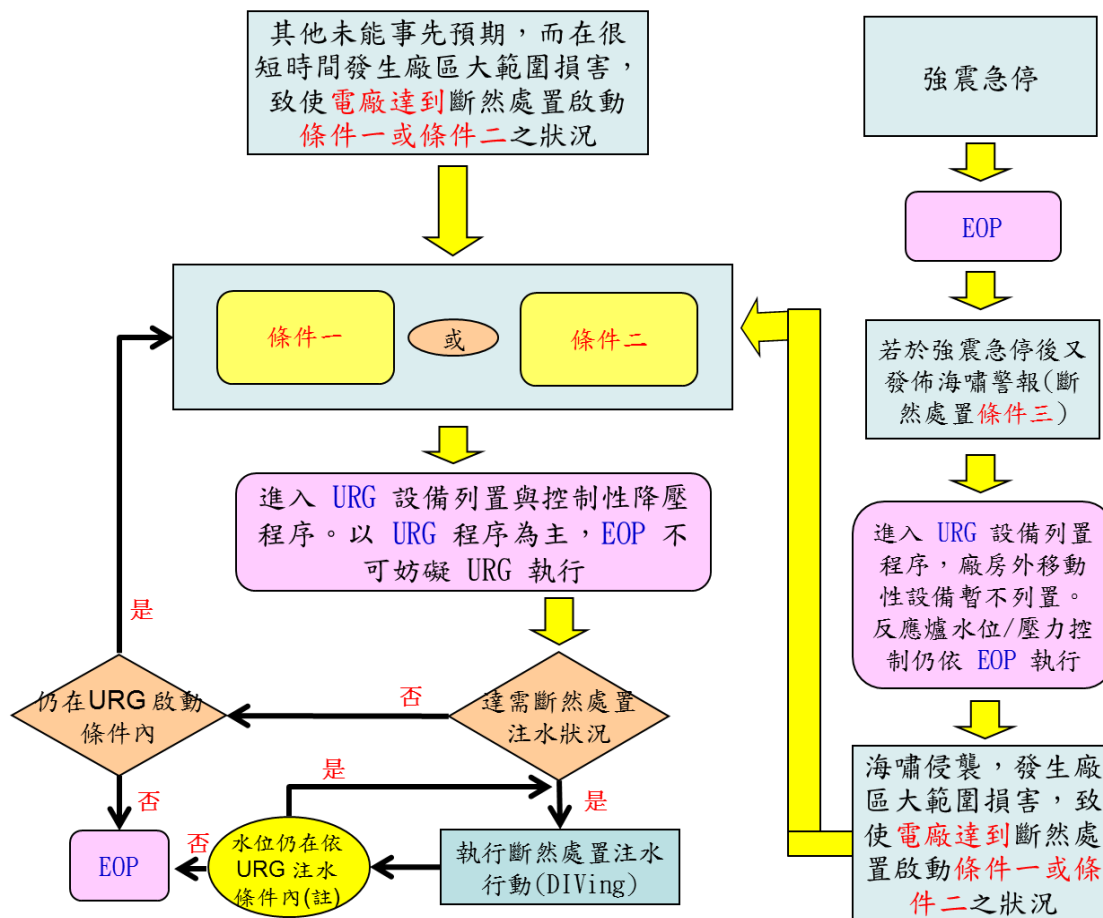


圖 16.3 URG、AOP、EOP 和 SAMP 間之關係



[註：當水位高於 MSCRWL，但在安全水位(L3)以下。]

圖 16.4 URG 執行步驟與 EOP 之關係

(1) 第一階段 — 設備列置與控制性降壓 (斷然處置之關鍵階段)

(1A) 當非預期事故(unexpected accident)發生導致廠內於短時間內遭受大範圍損壞(large area damage)，並因此而達到上述 URG 啟動條件 1 或 2 時，URG 程序將被遵循並跳過 EOP，而且同時執行下列兩個動作：

(i) 注水前之設備列置

於 1 小時內，對反應爐注水流徑、反應爐緊急洩壓、圍阻體連通大氣環境、用過燃料池緊急補水等，完成以低壓、移動式注水設備列置之準備程序(包括廠用水或生水或海水水源之列置)，並進行反應爐控制性降壓。所有注水與圍阻體排氣流程均列置至維持最後一個手動閥於關閉位置。並測試所有動力設備性能。

在此同時，需通報管制機關原能會之核安監管中心(NSDC)及台電「核能發電廠緊急計畫執行委員會」(簡稱緊執會) (NEPEC) 主任委員。

(ii) 反應器壓力槽控制性降壓

利用開啟主蒸汽管路上之一個安全釋壓閥(SRV)，開始進行緩慢的反應器壓力槽(RPV)控制性降壓至  $10 \sim 15 \text{ Kg/cm}^2$  (以便 URG 注水時反應器緊急洩壓)，但保持 RCIC 運轉，同時盡可能維持反應器高水位 (但在 L-8 以下)。

- (1B) 若屬於條件 3「強震急停加海嘯預警」，在海嘯確實侵襲廠區前，反應器控制仍依 EOP 執行反應器降溫、降壓，將熱量排放至冷凝器，但除了排除廠房外移動式設備之列置外，前述設備列置程序均照樣進行。倘若之後發生海嘯侵襲廠區，則立刻停止 EOP 程序，並進入 URG 開始進行前述反應器壓力槽控制性降壓的程序。廠房外移動式設備列置，需等海嘯過後再操作。

(2) 第二階段 — URG 冷卻水注入 (DIVing 程序)

任何時刻，當判斷反應器即將失去其爐心冷卻和反應器冷卻水注水(reactor coolant injection)能力，且符合 DIVing 程序啟動條件時，核能電廠值班經理(SM)將決定開始進行 DIVing 程序。進行 DIVing 程序時，在開始打開自動降壓系統(ADS)之所有安全釋壓閥(SRVs)以快速緊急洩壓前的一個先決條件(pre-requirement)是，反應器壓力必須低於  $15 \text{ kg/cm}^2$ 。

為了確認 URG 程序可行，台電公司於 2014 年 2 月和 10 月分別邀請來自沸水式反應器業主組織(BWROG)和壓水式反應器業主組織(PWROG)之專家，在台灣舉行技術研討會。另一方面，原能會亦為 URG 於 2012 年及 2014 年 3 月 28 日、2015 年 7 月 22 日及 2016 年 9 月 29 日，分別舉辦過四次審查會議。由於 URG 之可操作性有待基於嚴謹系統性評估和徹底事故分析的證實，原能會已密切注意 URG 之發展並審查。更多有關 URG 資訊，請參閱第 3.4.3.5、7.2(11) 和 15.4(C)(5)節。

#### 16.4.4 核能電廠事故處置流程

核能電廠發生核子事故時，台電公司負責廠內事故的控制。廠外民眾防護行動由原能會主導的核子事故中央災害應變中心負責，經濟部全力配合。

發生核子事故時，台電公司將在廠內成立緊急控制大隊，負責機組控制，並在總公司成立核能發電廠緊急計畫執行委員會(簡稱緊執會)(NEPEC)，調集公司內資源協助發生事故的電廠。

各核能電廠均遵照「核子事故緊急應變法」暨相關子法之規定及台電公司本身之「核子反應器設施緊急應變計畫」要求內容，事先編擬各廠緊急計畫備用，並據此訂定緊急應變措施與編擬實施程序，進而執行訓練及演習。

各核能電廠之緊急計畫係依據核能電廠可能發生事故的特性及可能影響程度等，將核子事故分為「緊急戒備事故」、「廠區緊急事故」、及「全面緊急事故」三大

類。各廠依事故類別釐訂應有之緊急應變組織、緊急應變實施程序等，俾於事故發生時，能依照既定計畫，迅速掌握情況，立刻動員緊急應變組織，運用緊急應變措施，以達到控制事故、將災害減至最小程度、及確保電廠員工與廠外民眾安全之目的，並據此策劃事故後的復原措施。

各廠的緊急計畫組織係任務編組，但皆經事前訓練，隨時可予動員。緊急組織係以各廠緊急控制大隊為核心單位，以台電公司緊執會為直接支援單位，以核子事故中央災害應變中心為廠外協調支援單位。緊急事故發生時，除立即通報原能會外，各廠緊急控制大隊立即研判事故所屬種類，影響程度，動員其所轄不同技術小組，展開不同緊急應變措施，同時依規定向緊執會報告事故的演變，緊執會則依該會作業程序隨時支援各廠，於狀況需要時，緊執會將建請核子事故中央災害應變中心、輻射監測中心、地方災害應變中心、及支援中心執行廠外民眾的防護行動。

## 16.5 工程與技術支援

各核能電廠本身均設有「電廠運轉審查委員會」(SORC)，主要功能是對所有有關核能安全事項向廠長提出建議。此委員會置主席一人，委員十一至十三人，由廠長兼任主席，副廠長為當然委員，另由主席聘請資深技術人員擔任委員。電廠運轉審查委員會負責：(參看核三廠 FSAR 第 16.6 節：「行政管制」)

- 審查電廠所有程序書(例如本報告第 16.3 節中所述者或各電廠 FSAR 第 16.6.8 節(參考文獻 16.4 及 16.9)所要求者)及其變更，以及經廠長判定足以影響核能安全之其他程序書或其變更之建議；
- 審查所有擬議之會影響核能安全的測試和實驗；
- 審查所有擬議之運轉技術規範修正事項；
- 審查所有擬議之會影響核能安全系統或設備的變更或改善；
- 調查所有違反運轉技術規範之事件，並提出防止再發生之建議；
- 審查 FSAR 第 16.6.9.2 節要求通報之異常事件；
- 審查電廠運轉情形，以偵知可能之核能安全災害；
- 依任一電廠運轉審查委員會委員之要求，執行特殊審查、調查、或分析，並提出報告；
- 審查電廠保安計畫及其執执行程序，並將修改建議呈報核能發電處轉陳原能會核准；
- 審查電廠緊急計畫及其執执行程序，並將修改建議呈報核能發電處，透過緊急計畫執行委員會轉陳原能會核准；及
- 偵察可能無法於每天觀察時獲知之趨勢。

另一方面，台電公司總管理處對所屬各核能電廠亦會視需要提供各項工程與技術支援，例如對於涉及兩個或兩個以上電廠案件或屬於大型計畫案等(如功率提升案、執照更新/延壽案)，總公司相關處(核能發電處或核能安全處)會主動主導成立專案小組，將各廠成員納入，共同推動執行。平時，對於電廠突發性案件，總公司亦

會依據電廠要求，指派專人或專案小組協助電廠處理解決問題。

台電總公司設有「核能安全委員會」(簡稱核安會)，為總經理處理重大核能安全問題之最高諮詢單位，負責審議、監督核能各單位暨各核能電廠有關安全之管理事宜。核安會置委員 15 至 19 人，主任委員由主管核能營運副總經理兼任，而主管核能工程副總經理、核能相關總工程師及核能安全處處長為當然委員，其餘委員由主任委員遴聘公司內、外專家各 5 至 7 人兼任或擔任之。核安會審查項目如下：

- 核能營運安全原則與行政管制目標；
- 核子設施涉及重大安全問題之異常事件；
- 核能電廠機組首次起動試驗或爐心燃料設計重大變更後之起動試驗；
- 核子設施涉及新增安全問題之特殊測試及重大設備系統修改案；
- 核子設施之輻射防護計畫、環境監測計畫、保安計畫、緊急計畫；
- 原能會稽查發現涉及環境輻射偵測計畫、保安計畫、緊急計畫及重大核能安全問題之評估與改善方案；
- 核子設施涉及原能會頒佈之一、二級違規事項；
- 有關核子燃料或放射性物料重大缺失案件；
- 新建核子設施重大安全事項；
- 核能有關單位對重大安全有關問題爭議事項；及
- 總經理交議事項

設在台電總公司之核能技術幕僚單位主要有「核能發電處」(簡稱核發處)、「核能安全處」(簡稱核安處)、「核能技術處」(簡稱核技處)、及「核能後端營運處」(簡稱後端處)，可在需要時對電廠提供必要之人力與技術支援，其中又以核發處和核安處與核能電廠運轉之技術交流最為密切。

核發處職掌如下：

- 各核能電廠運轉之策略規劃管制及績效審查事項；
- 各核能電廠維護制度及檢修計畫之編審及維護績效之評估考核事項；
- 各核能電廠設備更新及改善工程之規劃、督導、追蹤管制事項；
- 各核能電廠核心營運之規劃設計與分析及核子物料保防與管制事項；
- 各核能電廠輻射防護及環境輻射監測之規劃、考核與支援事項；
- 核能人力資源、訓練、資格檢定及長期培訓制度之規劃與推行事項；
- 各核能電廠非破壞檢測之規劃與執行及新建核能電廠有關非破壞檢

測規劃設計之審查事項；

- 各核能電廠土木營繕工程之督導、設計審查與支援事項；
- 各核能電廠化學、環境管理、材料防蝕及廢料營運之規劃、督導、考核與支援事項；
- 本處各核能電廠及放射試驗室有關預算、調配、報關提運、總務業務之策劃、執行核轉及支援事項；
- 各核能電廠異常事件分析及改正建議、重大事故與緊急計劃有關之處理事項；
- 各核能電廠保安計畫(含適職方案)作業之統籌規劃、督導與推行事項；
- 各核能電廠工業安全衛生之規劃、督導、考核及追蹤管制事項；
- 各核能電廠危險性機械或設備定期檢查作業之審查事項；
- 放射試驗室之監督考核事項；
- 新建核能電廠規劃、設計有關運轉性與維護性之審查事項；
- 國內、外運轉經驗交流之辦理事項；
- 各核能電廠及放射試驗室之電腦硬軟體設置計畫之審查及整體性電腦化系統之規劃、推動及督導事項；及
- 其他有關核能發電事項。

核安處職掌如下：

- 負責獨立分析、評估及審查各核能電廠安全有關事項；
- 各核能電廠營運安全有關之考核事項；
- 各核能電廠使用執照管制及更新作業之執行、聯繫與追蹤事項；
- 原能會安全管制作業之聯繫、協調與追蹤事項；
- 核能發電營運作業有關品質保證及品質管制制度之策劃、推行、督導及回饋事項；
- 核能發電營運品質保證方案執行績效之評估事項；
- 核能發電營運有關作業之巡視、稽查、查證事項；
- 核能安全系統及可靠性有關設備、器材及服務廠商品質能力之調查及鑑定事項；
- 各核能電廠品質作業之統計、分析與改善、追蹤事項；
- 原子能法規之彙編、研辦及管制事項；及
- 其他有關核能發電安全與品質事項。

此外，「核能研究所」亦隨時應台電公司或各核能電廠之需要或要求，對其提供

各項專業技術支援（此部分之支援人力係嚴格與支援原能會人力分隔），主要包含應台電公司或電廠要求，成立各項研究計畫或專案計畫，以協助台電或電廠發展建立所需技術及解決所遭遇技術性困難或問題。

## 16.6 重要安全相關事件陳報

### 16.6.1 事件陳報之法規要求

如本報告第 3.2.2 節所述，依據我國核能管制法規規定，台電公司應定期向原能會提出其各核能電廠有關運轉、輻射安全、環境輻射監測、異常或緊急事件報告、立即通報、放射性廢棄物產生紀錄及其他經指定之報告(參考文獻 16.1 第 10 條、參考文獻 16.6 第 7 條、及參考文獻 16.17 第 3 至 8 條)。各運轉中之核能電廠若有事件發生，應依據「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」(參考文獻 16.17) 第 5 與 6 條規定和附件二：「動力用核子反應器設施應立即通報之情事及通報時限」要求，向原能會通報。各類事件之通報要求時限如下：

(一) 應於事件發生 1 小時內通報者，包含：

- (1) 違反運轉技術規範之安全限值。
- (2) 任何天然災害或其他因素，對核子反應器設施運轉安全構成實質威脅，或嚴重阻礙核子反應器設施人員執行安全運轉（例如發生火災、颱風、洪水、海嘯、地震、暴徒攻擊、毒氣洩漏、放射性物質外釋等情事時）。
- (3) 已發布新聞或通知相關機關之事件，且該事件對民眾或設施內人員健康及安全會構成影響。

(二) 應於事件發生 2 小時內通報者，包含：

- (1) 機組有導致分裂產物障壁嚴重劣化或進入未經分析且嚴重影響機組安全之情事。
- (2) 因運轉技術規範之規定，而須使機組開始降載或停機。
- (3) 任何事件導致有下列明顯影響設施處理核子事故能力之情事之一者：
  - － 喪失核子事故評估能力，包括喪失主控制室一半以上安全系統參數顯示或警報達 15 分鐘以上，且嚴重影響事故發生時之狀況判斷；
  - － 喪失設施外應變能力，包括天然災害導致交通中斷達一天以上，嚴重影響核子事故應變計畫之執行；
  - － 喪失核子事故緊急應變相關通訊能力之情事，包括電廠與原能會之緊急通報電話及商用有線電話同時喪失達一小時以上，或喪失設施內緊急應變組織間之通訊系統，且足以妨礙電廠內應變組織間之通訊達一小時以上；
- (4) 導致特殊安全設施或反應器保護系統自動或手動引動之情事。但下列情形之一者，不在此限：

- 因運轉或測試需要而於事前計劃
  - 反應器保護系統引動時，反應器爐心已無照射過之核子燃料
  - 動作信號經確認為假信號或未列於運轉技術規範內，且符合下列條件之一者：
    - (a) 發生時，動作之系統或設備已事前離線；
    - (b) 動作之系統或設備之安全功能已預先達成；或
    - (c) 動作之系統屬爐水淨化系統，或為主控制室、燃料廠房、輔助廠房、反應器廠房等廠房之通風系統。
- (5) 有使具有下列功能之結構或系統，無法達到其設計功能之情事者。但因測試或維修需要於事前計劃並經主管機關認可者，不在此限。
- 使核子反應器停機並維持在安全停機狀態
  - 移除核子反應器餘熱
  - 控制放射性物質外釋
  - 減緩事故後果
- (6) 「游離輻射防護法」(參考文獻 16.18)第 13 條第 1 項所列各款狀況。
- (7) 有下列與民眾或電廠內員工安全及健康有關情事之一者：
- 電廠內人員死亡或工安事故造成人員須送至電廠外就醫
  - 違反游離輻射防護法或放射性物料管理法相關規定，將放射性物質或放射性廢棄物移出電廠外
  - 人員受放射性污染且須送至電廠外就醫
  - 電廠內或鄰近地區發生巨響、煙霧、天然災害或意外事故，可能造成民眾疑慮
  - 電廠內吊運核子燃料、放射性廢棄物或核子反應器內部組件時，發生意外
  - 核子燃料、輻射源或放射性廢棄物遺失、遭竊或受破壞
- (8) 保安相關之入侵或破壞事件。
- (9) 機組強制停止運轉或解聯 [即機組發生跳機(trip)或急停(scram)]。
- (10) 核子保防作業辦法(參考文獻 16.19)第 19 條及第 21 條所列狀況。

電廠經營者依上述要求時限通報後，並應再填具通報表，以傳真或其他方式傳送書面資料給原能會。

#### 16.6.2 核能發電機組急停後再起動

如前一小節(第 16.6.1 節)所述，核能發電機組發生跳機或急停後，須於 2 小時內向原能會通報。實務上做法是向原能會「核安監管中心」(NSDC)通報機組急停後概



況及初判可能肇因。如果急停原因不明或可能有安全顧慮，機組再起動(restart)將受到嚴謹的管控(rigorous control)。只有在肇因(root cause)找到(identified)或使人滿意的安全評估報告完成後，機組才容許再起動。

依據「核子反應器設施停止運轉後再起動管制辦法」(第 17 至 19 條)(參考文獻 16.20)之管制規定，核能機組因異常事件跳機(或急停)後欲再起動，應先檢送有關此異常事件之綜合檢討報告，報請原能會審查同意後始得為之。此綜合檢討報告須包含下列事項：

- (1) 事件過程中機組系統設備動作序列正確性之評估；
- (2) 事件發生肇因；
- (3) 改善措施；
- (4) 機組再起動安全性評估；及
- (5) 其他經主管機關指定之事項。

如機組急停是因發生核子事故，其申請再起動所檢送之綜合檢討報告，除上述內容外，應再包含輻射安全評估及復建計畫。

另外，如機組因異常事件急停後，經原能會評估機組再起動無安全顧慮者，得授權由經營者自行管制機組再起動，但經營者應於機組再起動前，備妥綜合檢討報告，以供原能會查核。

### 16.6.3 核能電廠異常事件和設備故障之評估

依據「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」(參考文獻 16.17)第 7 條及附件三：「動力用核子反應器設施應檢送書面報告之情事」規定，發生下列情事之一時，核能電廠經營者應於 30 日內把書面報告檢送原能會：

- (1) 違反運轉技術規範之安全限值者。
- (2) 任何天然災害或其他因素，對核能電廠運轉安全，會構成實質威脅或嚴重阻礙核能電廠人員執行安全運轉者 (例如火災、颱風、洪水、海嘯、地震、暴徒攻擊、毒氣洩漏、放射性物質外釋等)。
- (3) 任何事件導致會有下列明顯影響電廠處理核子事故能力的情事之一發生者：
  - 喪失核子事故評估能力，包括喪失主控制室一半以上安全系統參數顯示或警報達 15 分鐘以上，且嚴重影響事故發生時之狀況判斷；
  - 喪失核子事故緊急應變相關之通訊能力，包括設施與主管機關之緊急通報電話及商用有線電話同時喪失達 1 小時以上，或喪失電廠內緊急應變組織間之通訊系統，且足以妨礙設施內應變組織間之通訊達 1 小時以上。
- (4) 依運轉技術規範之規定，須將機組置於停機狀態者。但依據颱風期間運轉方案停機者，不在此限。

- (5) 運轉技術規範所禁止之運轉或狀況。
- (6) 機組有導致分裂產物障壁嚴重劣化或進入未經分析且嚴重影響機組安全之情事。
- (7) 導致特殊安全設施或反應器保護系統自動或手動引動之情事。
- (8) 有使具有下列任一功能之結構或系統，無法達到其設計功能之情事者：
  - 使核子反應器停機並維持在安全停機狀態；
  - 移除核子反應器餘熱(residual heat)；
  - 控制放射性物質外釋；
  - 減緩事故後果。
- (9) 因同一原因或狀況導致具有下列任一功能之多重系統有兩個以上系統中皆至少有一個獨立串或控道不可用；或單一系統中有兩個以上獨立串或控道不可用之事件：
  - 使核子反應器停機並維持在安全停機狀態；
  - 移除核子反應器餘熱；
  - 控制放射性物質外釋；
  - 減緩事故後果。
- (10) 因單一原因可能使具有下列任一功能之不同系統中有兩個以上之串或控道無法達到其設計功能之事件或狀況：
  - 使核子反應器停機並維持在安全停機狀態；
  - 移除核子反應器餘熱；
  - 控制放射性物質外釋；
  - 減緩事故後果。
- (11) 游離輻射防護法第 13 條第一項所列各款狀況。
- (12) 有下列與民眾或設施內員工安全與健康有關情事之一者：
  - 違反游離輻射防護法或放射性物料管理法相關規定，將放射性物質或放射性廢棄物移出設施外；
  - 人員受放射性污染且須送至設施外就醫；
  - 核子燃料、放射性廢棄物在設施內，或核子反應器內部組件在反應器廠房內吊運過程中發生意外；
  - 核子燃料、輻射源或放射性廢棄物遺失、遭竊或受破壞。
- (13) 核子保防作業辦法第 19 條及第 21 條所列狀況者。

前述書面報告內容應包含下列事項：

- － 事件經過、發生原因及發生前機組狀況；

- 是否有放射性物質外釋及外釋情形；
- 是否有人員遭受輻射曝露及傷害情形；
- 可能影響；
- 過去類似事件；及
- 改善及防範措施。

原能會將審查經營者陳送之書面報告、評估電廠整治措施(remediation measures)、派員到電廠視察(如有需要的話)，並監察(monitor)改善措施(corrective actions)(如果有的話)。

表 16.1 所列為三座運轉中核能電廠迄 2014 年底止，過去 10 年因發生異常事件(abnormal occurrence)而書面向原能會提送異常事件報告(RER)之統計數字。由之可見三座電廠每年發生需提送書面報告之異常事件次數近年來均已非常少，顯示電廠對運轉安全之維護有愈來愈嫻熟、愈來愈漸入佳境之趨勢。

表 16.1 台電公司各核能電廠歷年異常事件報告統計數字 (迄 2014 年底)

| 西元   | 年度異常事件報告數 |     |     |    |
|------|-----------|-----|-----|----|
|      | 核一廠       | 核二廠 | 核三廠 | 合計 |
| 2004 | 2         | 4   | 1   | 7  |
| 2005 | 4         | 1   | 4   | 9  |
| 2006 | 4         | 4   | 4   | 12 |
| 2007 | 4         | 9   | 1   | 14 |
| 2008 | 8         | 4   | 1   | 13 |
| 2009 | 4         | 4   | 0   | 8  |
| 2010 | 3         | 2   | 0   | 5  |
| 2011 | 2         | 3   | 1   | 6  |
| 2012 | 5         | 2   | 2   | 9  |
| 2013 | 2         | 1   | 2   | 5  |
| 2014 | 2         | 5   | 1   | 8  |

上述向原能會檢送書面報告之程序亦適用於核能電廠有重要設備(major equipment)故障時。當電廠有重要設備發生故障時，原能會將立即派遣視察人員至現場進行現場檢視、仔細審核台電公司有關故障肇因之分析、以及確保如有必要電廠會做進一步的改進。

## 16.7 違規處罰

### 16.7.1 核子設施違規

依據「核子設施違規事項處理作業要點」(參考文獻 16.21)(1988 年 9 月發布,2008 年 1 月修訂)第 5 條及第 9 至 15 條規定,核子設施違反管制要求時之處罰規則(penalty rules)如下:

當核能發電設施違反管制要求時,管制單位(原能會)將發布行政命令(administrative order)糾正之。違規事項依其情節輕重及影響程度之不同,由重至輕依序分為一級違規(Level I violation)、二級違規、三級違規、四級違規、及五級違規等五個等級。無安全顧慮且未達五級違規之事項列為注意改進事項(IN)。「核子設施違反事項處理作業要點」附件列出違規事項之類級區分。

一、二級違規事項屬重大違反規定,原能會將立即糾正缺失,並得另依原子能相關法規要求停止作業、降載運轉、停止運轉、或進行特定之安全改善。對於一、二級違規事項,原能會應立即發布新聞,並視需要召開記者會。三級違規事項屬中度違反規定,原能會將糾正缺失,要求提出具體改善措施方案(CAP)。三級違規事項原能會得視需要發布新聞。四、五級違規事項屬輕度違反規定,原能會得糾正缺失,要求提出具體改正措施。表 16.2 所示為近年來核能電廠違規次數統計,顯示違規次數有降低趨勢。

表 16.2 核能電廠年度違規次數統計

| 西元                                         | 違規次數* |      |      |      |      |    |
|--------------------------------------------|-------|------|------|------|------|----|
|                                            | 五級違規  | 四級違規 | 三級違規 | 二級違規 | 一級違規 | 合計 |
| 2011                                       | 7     | 7    | 1    | 1    | 0    | 16 |
| 2012                                       | 5     | 8    | 2    | 0    | 0    | 15 |
| 2013                                       | 7     | 4    | 0    | 0    | 0    | 11 |
| 2014                                       | 5     | 3    | 0    | 0    | 0    | 8  |
| * 一級違規為最嚴重者,二級違規為第二嚴重者,依此類推。四、五級違規屬輕度違反規定。 |       |      |      |      |      |    |

### 16.7.2 反應器運轉人員違規

依據「核子反應器運轉人員執照管理辦法」(參考文獻 16.22) (2004 年發布,2009 年 12 月修訂)第 27 至 32 條規定,以下敘述對反應器運轉人員行為與績效之要求,以及違規處罰。

運轉人員執勤(on-duty)時,應接受酒精及毒品抽測。運轉人員並應通過上述管理辦法第 12 條要求之健康檢查。

運轉人員如有下列情形之一者,主管機關原能會得視情節輕重,吊扣其執照 3 至 18 個月:

- 違反操作規定,致有影響人員安全、環境生態、運轉安全或設備受損之虞。
- 執勤時擅離職守。

- 執勤時食用含酒精成分之飲料。
- 違反「核子反應器運轉人員執照管理辦法」第11條第2項或第25條第2項規定操作核子反應器。
- 不依規定接受健康檢查。

如果運轉人員有下列違規情形之一者，主管機關原能會得廢止其執照：

- 違反相關法令或運轉技術規範，致核子反應器設施喪失安全保護功能或嚴重降低安全餘裕。
- 曾受吊扣執照處分，再因操作疏失，致核子反應器設施超過運轉技術規範之安全限值。
- 經主管機關吊扣執照，而不依前條規定停止運轉操作工作或不繳還執照。
- 毒物檢測未通過。
- 曾受吊扣執照處分，於執勤時食用含酒精成分之飲料或擅離職守。

另外，如若運轉人員於申請執照測驗或換發執照時，故意提供不實文件、資料或紀錄，致影響原能會核發執照之正確性者，原能會得依行政程序法第 117 條規定撤銷其執照。其他違規處罰資訊，請參閱第 6.2 節。

## 16.8 運轉經驗回饋

### 16.8.1 核能先進國管制資訊研析與國際核能發電運轉經驗回饋

在核能研究所協助下，原能會自 1993 年起即建立一個國外核能電廠運轉與管制經驗的蒐集與研析計畫。此計畫主要蒐集研析美國核能管制委員會(USNRC)之資訊，包含 NRC 發佈之管制議題總結(regulatory issue summaries)、通函(generic letters)、公報(bulletins)、和注意改進事項(IN)。同時，也蒐集研析來自日本和法國的異常事件資訊。

原能會同時派遣代表常駐美國華府、奧地利維也納和法國巴黎等三個國際核能重鎮，以分別與美國核能管制委員會(NRC)、國際原子能總署(IAEA)、和經濟合作發展組織核能署(OECD/NEA)保持聯繫，協調國際核能合作與交換事項，並就近收集國際核能相關資訊傳回國內。

另一方面，台電公司除汲取本身各核能電廠運轉經驗(OE)外，也從多處管道獲得各國運轉經驗，並立即與所屬電廠分享。此等國外運轉經驗資訊來源主要包含：

- 奇異公司服務資訊函(GESIL)
- 西屋公司技術公報(WTB)
- 沸水式反應器業主組織(BWROG)
- 壓水式反應器業主組織(PWROG)
- 世界核能發電協會(WANO)

- (美國)核能發電運轉協會(INPO)
- 美國核能管制委員會公報(NRC bulletins)

國內各電廠運轉經驗資訊來源則包含來自電廠本身和友廠兩部分：

(1) 電廠本身部分

- 運轉/維護事件及經驗
- 虛驚事件(near-miss events)
- 異常事件報告(RER)
- 違規/注意改進(IN)事件

(2) 友廠部分

- 技術交流研討會
- 各電廠事故報導及肇因分析報告
- 各電廠填報之核能發電回饋表

## 16.8.2 建立運轉維護經驗回饋制度

為及時分享國內外核能電廠運轉經驗並汲取教訓(lessons learned)，台電公司建置了一適用於其所有核能電廠之運轉經驗回饋方案(OE Program)。以核一廠為例，其典型運作方式如下：

- (1) 從國內外獲得之各種核能電廠營運資訊，統一由核能發電處以「核能營運資訊通知表」傳送各核能電廠。
- (2) 電廠收到後，以「技術資訊通知表」送運轉副廠長批示，並指定主/協辦組。若資訊來源為世界核能發電協會(WANO) [核能發電運轉協會(INPO)代表美國電力公司參加 WANO-亞特蘭大中心] 之重大事件報告(SER)或重大運轉經驗報告(SOER)，或資訊有經驗回饋重要性者，主辦組需至技術經理會議報告。
- (3) WANO/INPO 所發行之 SOER，由(主辦組)直屬副廠長召集組成專案小組討論執行方向與重點，所研擬之檢討與建議報告將先於專案小組討論後，再於技術經理會議中報告並定案。
- (4) 技術資訊處理後之意見或改善措施，於陳送主管副廠長或廠長核章後，晒存歸檔。若有改善措施在進行中而尚未完成，則需於完成期限前另開「追蹤表」追蹤。
- (5) 電廠所有員工均可提報廠內所發生與運轉有關事件，以鼓勵發覺提供可能可用來參考、回饋或再訓練之資訊，並列入電廠本身之經驗回饋系統。如資訊可供友廠參考時，則進一步提報核能發電處列為經驗回饋項目，提報內容一般包含：
  - 回饋摘要；

- 事件經過與處理情形；
- 改善措施(corrective actions)或預防措施；
- 檢討與建議。

各運轉中核能電廠建置之標準運轉程序書(SOP)中，均有一技術資訊處理程序書(SOP 108)，以規範如何將運轉經驗回饋給電廠員工。

### 16.8.3 從國內與國際運轉經驗及/或事件汲取教訓

台電公司核能電廠對於和電源喪失及終極熱沉(UHS)喪失有關的評估，係採用以安全度評估(PRA)研究與模式(model)加以補充的定論式分析法(deterministic approach)。依據台電公司作業程序(TPC's procedure)，PRA 數據庫定期每 3 年更新一次。在此更新過程中，運轉經驗回饋(OEF)所得資訊將被有系統地分析，所得結果則做為持照者(licensee)電廠加強措施和法規要求/指引改進的參考(input)之一。例如，由於從核三廠 2001 年 3 月 18 日發生之電廠全黑(SBO)事件(又稱為“318 事件”)所汲取教訓，核三廠特地設置了一台柴油引擎驅動(diesel engine driven)之輔助飼水泵(AFP)。

另一個運轉經驗回饋例子是，原能會要求台電公司按照從日本東通核能電廠(Higashidori NPP)2011 年 4 月 7 日發生之電廠全黑(SBO)事件所汲取教訓，改進其緊急柴油發電機(EDGs)之停機大修程序書(outage procedures)。(更多資訊，請參閱第 3.4.2 節。)

### 16.8.4 從緊急應變核安演練/演習汲取教訓

在台灣，每座運轉中核能電廠每年均須舉行一次廠內緊急應變計畫演練(NERD)。另外，每年輪流於南、北核能電廠擇一舉行 1 次國家型(或全面性)核安演習(NEE)，演習進行區域包含廠內和廠外。

2014 年核安演習(代號：核安第 20 號演習)(參考文獻 16.23 ~ 16.27)於 2014 年 7 月和 8 月在北部之核二廠舉行，係首次結合新北市與基隆市的聯合演練，目的為汲取日本福島核子事故案例，因應核二廠緊急應變計畫區(EPZ)擴大為 8 公里範圍並涵蓋新北市及基隆市後，聯合實施兩市「應變場所聯合開設作業」、「民眾疏散收容與聯合交通管制、調節」等作業演練，以驗證及強化核子事故緊急應變能力。演習構想為在新北市金山區外海發生強烈地震，導致核二廠喪失交流電源，並因而造成冷卻水流失事故(LOCA)發生。此次演習將檢驗(inspected)及評估核二廠在日本福島第一核能電廠事故後發展與實施的核安改進措施。

本次核安第 20 號演習分「兵棋推演(desktop practice)」與「實兵演練(field drill)」二個階段實施。兵棋推演於 2014 年 7 月 8 日上午 10 時至下午 4 時，假「核一廠模擬操作中心」開設「中央災害應變中心前進協調所」，由核子事故防救之相關部會納編適當人員共同編成，進行事故現場協調與調度，依照核能電廠搶救、民眾安全防護、輻射污染處理三階段，編定共五日之情境模擬綜合資訊，採圖上訓練、議題式推演，以臨場發布劇本、階段下達狀況方式，藉「狀況反應處置」之模式實施推演，並與新北市政府、基隆市政府、國軍支援中心(六軍團)、原能會應變小組、北部

輻射監測中心、核二廠、台電公司等實施視訊連線，即時掌握各應變組織之事故處理應變作為，整合中央、地方民物力，強化面對複合式災害時，核子事故中央災害應變中心(NNERC) [編制在中央災害應變中心(CDRC)之下] 前進協調所(FCP)之狀況處置能力，共計有內政部、經濟部、國防部、交通部、衛生福利部、農委會、原能會、新北市政府、基隆市政府、台電公司及核二廠等機關約 130 人參與演練。

實兵演練部分，假想核子事故併同地震同時發生之複合式災害威脅，檢驗各應變機關的處置能力。演練期間因遇麥德姆颱風來襲，乃分成三階段完成(於3天舉行)。

2014年7月22日動員核二廠、北部輻射監測中心、原能會應變小組、台灣自來水公司、臺北榮民總醫院等單位進行應變演練，演練重點項目包括機組斷然處置作業[排洪渠道取水注入反應器壓力槽(RPV)演練、抽取海水灌注入渠道補充水源演練、移動式480V/200kW柴油發電機引接演練]、異地異廠緊急資源調度作業—空中運輸演練、核能電廠安全防護總體檢之備品檢視(移動式救援設備管理及運作說明)、輻傷特約醫院(臺北榮總)輻傷救護演練、機組運轉模擬器操作演練、緊急民眾資訊中心演練、技術支援中心演練、中幅淨水場飲用水源輻射偵測與取樣作業，以確認總體檢各項改善措施務實可行。

7月29日採實地實境方式，於新北市金山區及萬里區進行「核子事故警報發放」、「居家掩蔽」、「民眾預防性疏散演練(3公里)」、「台大醫院金山分院病患預防性撤離與轉介」、「弱勢族群(仁愛之家)預防性疏散演練」、「人員車輛偵檢與除汙演練」、「石門洞防護站開設作業演練」、「收容所開設作業演練」，其中民眾實際疏散至三重綜合體育館進行收容安置。基隆市部分則配合新北市政府進行「聯合交通調節與管制」、「防護站聯合開設作業演練」並進行轄內緊急應變計畫區「核子事故警報發放(巡迴廣播)」、「居家掩蔽(5~8公里)」、「社區碘片補發放作業」等階段民眾防護演練。

8月12日於新北市萬里區萬里漁港執行環境輻射偵測演練，演練重點項目包括「陸、海、空域偵測演練」、「99式核生化偵檢車執行地面環境輻射偵測」、「空間輻射劑量分析作業無線傳輸運作演練」。3天實兵演練參與演練民眾約1,700人，應變人員約2,000人次參與防護行動演練，亦邀請各級長官指導及廣邀各界250餘人前往觀摩，以達核災緊急應變教育宣傳溝通之目的。

演習前，先舉辦了一系列的溝通活動(communication activities)，例如家庭訪問(home visits)、研習會(workshops)、各式各樣的(various)於學校之群組討論(group discussions)和演講(seminars)、以及記者會(press conferences)，以讓社會大眾明瞭政府之作為(practices)與努力(efforts)。

藉由此次核安演習(NEE)，原能會與台電公司以及其他緊急應變機構(emergency response agencies)確認了(validate)自從福島事故後，國內實施「核能電廠總體檢方案」(“Programs for Safety Reassessment”) (參考文獻 16.28)以來，所建立的許多精密應變措施(sophisticated response measures)和緊急應變整備(EP)是正確的。此次核安演習特色(special features)與成果如下：

- 驗證核二廠喪失所有廠外電源及海水終極熱沉的斷然處置程序指引(URG)之作業能力。



- 驗證北部輻射監測中心及支援中心合力進行大範圍陸域、空中及海上之輻射偵測作業能力。
- 演練核子事故中央災害應變中心(NNERC)前進協調所(FCP)開設作業，以建立行政院各部會於前進協調所之作業能量，並整合中央、地方民物力，檢驗地方政府面對複合式災害，執行狀況應變及民眾防護的處置能力；在推演過程中透過中央各部會的支援，也順利協助基隆市政府解決收容場所設置的困難。
- 因應緊急應變計畫區調整及我國「核能電廠總體檢」結果，首次進行新北市及基隆市聯合演練，實施相關民眾防護措施之實地實作演練，驗證區域民眾防護應變計畫的適切性與可行性，地方政府亦依據本次演習經驗，修正各自的應變計畫或程式書。
- 演練預警警報系統、村里廣播系統、車輛巡迴廣播、市話語音通知及區域簡訊等多元化警報通知系統。

## 16.9 放射性廢棄物管理

我國「放射性物料管理法」(參考文獻 16.29)於 2002 年 12 月 25 日公布實施，以取代原來對放射性廢棄物管理的所有行政管制命令。此法對我國境內核子物料、核子燃料、和放射性廢棄物之處理與貯存，以及放射性廢棄物(含用過核子燃料)貯存所(repository)之興建、運轉、封閉(closure)、除役(decommissioning)和監管(institutional control)等執行管制，主管機關為原能會，由其所屬之放射性物料管理局(FCMA)負責執行。

### 16.9.1 低放射性廢棄物管理

原能會對「低放射性廢棄物」(以下簡稱“LLW”)的管理策略是：盡最大努力降低廢棄物的產量與容積、革新處理技術、確保貯存安全、和主動升級(promote)最終處置方案(final disposal program)。

#### 16.9.1.1 低放射性廢棄物之處理與貯存

截至 2016 年 03 月底為止，全國 LLW 數量總計 220,801 桶，其中存放蘭嶼 100,277 桶，佔 45.42%，核一、二、三廠分別各存放 4 萬 3 千多、5 萬 3 千多、8 千多桶，另有 1 萬 4 千多桶由醫療院所、研究機構和產業界等非核能發電產生之 LLW 存放於核能研究所(參考文獻 16.31)。]

蘭嶼貯存場計有 23 個貯存壕溝，可存放 98,112 桶 LLW，於 1982 年正式展開廢棄物接收作業。早期係由原能會之「放射性待處理物料管理處」(「放射性物料管理局」之前身)經營管理，惟於 1990 年 7 月 2 日依據行政院頒布之「放射性廢棄物管理方針」移交台電公司經營，原能會則負責安全監督工作。貯存場迄 1996 年已貯滿。此後，各運轉中核能電廠乃依據放射性物料管理法第 17 條「放射性廢棄物處理、貯存或最終處置設施之興建，應向主管機關提出申請，經審核合於規定，發給建造執照後，始得為之」之規定，皆已於廠內擴建新貯存設施來暫時解決新增低放射性廢棄物貯存問題，以待最終處置設施(final disposal facility)之完成。

在採用核能研究所發展出來之高效率固化技術(HEST)，並配合電廠員工之努力後，台電公司三座運轉中核能電廠固化低放射性廢棄物的總年產量，從 1983 年 11,814 桶 (接近 12,000 桶) 的最高峰(當時核三廠都還未加入運轉)，逐年降低至 2014 年的僅剩 176 桶，如圖 3.9 所示。

#### 16.9.1.2 低放射性廢棄物之最終處置

2006 年 05 月 24 日，我國「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」(簡稱「選址條例」)(參考文獻 16.32)發布實施，以規範在我國境內選擇 LLW 最終處置設施場址時應遵循的程序與相關措施。此條例指定原能會為其主管機關，經濟部為主辦機關。經濟部依規定成立「處置設施場址選擇小組」(簡稱「選址小組」)，以執行處置設施之選址工作。經濟部另再依規定，經會商原能會後指定全國主要 LLW 產出機構 – 台電公司為「處置設施選址之作業者」(簡稱「選址作業者」)，以進行場址調查、安全分析、公眾溝通及土地取得等工作，並提供選址小組有關處置設施選址之資料。

依據「選址條例」，LLW 最終處置設施場址核定程序如下：

- (1) 「選址小組」於成立後 6 個月內，向經濟部提報「處置設施選址計畫」。
- (2) 經濟部收到選址計畫後 15 日內，將之公告 30 日，並於公告屆滿後 2 個月內，核定該計畫。
- (3) 選址計畫核定後 6 個月內，「選址小組」提報經濟部公告「潛在場址」。
- (4) 「潛在場址」公告後 6 個月內，「選址小組」向經濟部提出建議 2 個以上「建議候選場址」之遴選報告。
- (5) 經濟部收到「建議候選場址」遴選報告後 15 日內，將之公告 30 日。機關、個人、法人或團體，得於公告期間內以書面向經濟部提出意見，經濟部則應逐項答復意見採納情形。
- (5.1) 另外，縣(市)政府若自願於轄區內設置處置設施者，也可經縣(市)議會及鄉(鎮、市)民代表會議決通過，經公告設置計畫及舉行聽證後，於潛在場址公告後 4 個月內，以書面向經濟部提出申請，其符合規定者，得優先核定為「建議候選場址」，並公告之。
- (6) 「建議候選場址」公告屆滿後 30 日內，於該等「建議候選場址」所在地縣(市)辦理地方性公民投票(local county referendum)。經公民投票同意者，得為「候選場址」。如合格「候選場址」有 2 個以上時，由經濟部決定之。
- (7) 「候選場址」通過環境影響評估審查後 1 個月內，台電公司應檢附環境影響評估相關資料，提報經濟部核轉行政院核定為「處置設施場址」。

為提高縣(市)及鄉(鎮、市)居民意願，便於推動處置設施選址工作，「選址條例」規定經濟部得由核能發電後端營運基金提撥經費作為回饋金，其總額以行政院核定處置設施場址時之幣值計算，最高不得超過新臺幣 50 億元。回饋金分配比率如下：

- (1) 處置設施場址所在地鄉(鎮、市)不低於 40%。

- (2) 處置設施場址鄰近鄉(鎮、市)合計不低於 30%；無鄰近鄉(鎮、市)者，處置設施場址所在地鄉(鎮、市)及縣(市)各增加 15%。
- (3) 處置設施場址所在地縣(市)不低於 20%。

2008 年 8 月「選址小組」選出了三個「潛在場址」。稍後於 2009 年 2 月，「選址小組」再選出其中的「澎湖縣望安鄉(東吉嶼)」及「台東縣達仁鄉」2 處為「建議候選場址」，嗣因澎湖縣政府於 2009 年 9 月 15 日公告增設望安鄉東吉嶼部分土地為玄武岩自然保留區，並於同年 9 月 23 日獲行政院農業委員會復函同意核備，造成「建議候選場址」出現數目不足情況，選址小組遂於 2010 年 1 月 26 日決議將選址作業退回至「潛在場址篩選階段」。

2010 年 9 月 1 日選址小組再次選出「金門縣烏坵鄉」及「台東縣達仁鄉」2 處場址為「潛在場址」，經濟部並於同年 9 月 10 日依法公告，並繼續辦理「自願場址徵選」及「建議候選場址遴選」作業，至 2011 年 1 月 9 日申請截止日為止並無縣市提出「自願場址」之申請，後續於 2011 年 3 月 21 日再由選址小組票選同意「金門縣烏坵鄉」及「台東縣達仁鄉」為「建議候選場址」。經濟部業於 2011 年 3 月 29 日辦理「建議候選場址遴選報告」公開上網及陳列，以徵詢各界意見。2012 年 7 月，經濟部再次公告該 2 處場址為「建議候選場址」，俾辦理地方縣市公民投票。但兩處場址之地方縣政府均拒絕辦理公民投票，經濟部只得要求台電公司繼續加強與兩處地方政府及民眾的溝通。

如場址能獲得公民投票同意成為候選場址，接下來將需再經過環境影響評估審查通過，並獲得行政院核准後，方能成為正式的「低放射性廢棄物最終處置場址」(final disposal site)。

### 16.9.2 用過核子燃料管理

對於用過核子燃料(以下簡稱「用過燃料」或“SNF”)之管理，台電公司經過調查評估國外中期貯存設施(interim storage facility)經驗、技術成熟度、及考量國內環境後，對於在能夠進行最終處置前之過渡時期國內用過燃料的中期貯存，認為以採用廠內中期乾式貯存(on-site interim dry storage)最為合適。用過燃料乾式貯存設施在國際上已經有 20 多年以上的安全使用經驗，係屬成熟技術，且為全世界核能先進國家所廣泛採用。此外，在乾式貯存期間，如國內最終處置場完工、國際區域合作處置或再處理案有所突破時，SNF 也將儘早移出。

國內現行 SNF 管理策略是採取三階段營運方式(參考文獻 16.33)：

- (1) 短期(水池冷卻) — 將SNF貯存於用過燃料池 (storage in spent fuel pools for the short term)；
- (2) 中期(乾式貯存) — 將SNF貯存於廠內乾式貯存設施內 (on-site dry storage for the medium term)；及
- (3) 長期(最終處置) — 將SNF貯存於最終處置設施內 (final disposal for the long term)。

此管理策略將配合相關國際情勢發展而做適當修正。

在國內三座運轉中核能電廠，SNF 從反應器爐心取出後，將先放入每座電廠現有用過燃料池(SFP)貯存。這些核能電廠用過燃料池(尤其是核一、二廠者)之原始設計貯存容量均太小，因此核一、二廠之用過燃料池格架曾各自重新排列過(re-racking) 2 次，核三廠之用過燃料池則曾重整過 1 次。然而，即使經過這些用過燃料重整，核一、二廠之用過燃料池也即將貯滿。因此，為因應核能電廠 40 年運轉壽命所產生之 SNF 數量，在核一、二廠增建廠內用過燃料乾式貯存設施乃是相當急迫的(urgent)。核三、四廠之用過燃料池貯存容量足以因應其各自 40 年運轉壽命所產生之用過燃料數量，故尚無增建廠內用過燃料乾式貯存設施之需求。

#### 16.9.2.1 用過核子燃料之廠內乾式貯存

核能研究所是為核一廠提供用過燃料廠內乾式貯存之「獨立用過燃料貯存設施」(ISFSI)(即「乾式貯存設施」)設備帶安裝計畫的主承包商(參考文獻 16.33 及 16.34)。核一廠乾式貯存系統採用核研所高效率貯存系統(INER-HPS)，INER-HPS 型乾式貯存護箱(dry storage cask)為直立式混凝土護箱(VCC)，如圖 16.5 所示。台電公司規畫建置 30 組乾式貯存系統-混凝土護箱，每個混凝土護箱可容納 56 束用過燃料組件(spent fuel assemblies)，總計貯存約 1,680 束用過燃料組件(參考文獻 16.33)。



圖 16.5 核一廠 INER-HPS 乾式貯存護箱外觀

台電公司於 2007 年 3 月 2 日向原能會提出核一廠乾式貯存設施建築執照(CL)申請，原能會於 2008 年 12 月 3 日發給台電公司建築執照。核一廠乾式貯存設施於 2010 年 10 月 18 日開始建造，原能會隨後即進行建造視察，以確保品質。核一廠乾式貯存設施場地之整地工程(含水土保持)於 2011 年 1 月開工，於 2013 年 6 月竣工。混凝土基座及其附屬設備係於 2013 年 2 月全部完工(參考文獻 16.33)。

2012 年 5 月 23 日原能會核准台電公司提出之核一廠乾式貯存設施試運轉計畫

(commissioning plan)。總體功能驗證測試(overall functional tests) [或稱第一階段試運轉(first stage commissioning)] 作業於 2012 年 6 月開始進行,2012 年 11 月 14 日完成。台電公司於 2013 年 3 月 8 日陳報總體功能驗證測試報告予原能會審查,原能會則於 2013 年 9 月 24 日准予進行熱測試(或稱第二階段試運轉)作業。然而,由於迄未能獲得新北市政府核發「水土保持設施完工證明」(Soil and Water Conservation Facility Completion Approval),致尚未執行熱測試作業。

台電公司已於 2014 年 9 月完成 25 組乾式貯存系統-直立式混凝土護箱(VCC)設備之製造,相關之吊運(handling)和其他輔助設備也裝設完成,並通過功能驗證測試。

另一方面,核二廠乾式貯存設施計畫的主承包商則為美國 NAC 國際核能保險公司。核二廠乾式貯存系統採用 NAC-MAGNASTOR-87 型乾式貯存護箱系統,如圖 16.6 所示。每個直立式混凝土護箱可容納 87 束用過燃料組件,最多建置 27 組 VCC 乾式貯存系統,總計可貯存 2,349 束用過燃料組件。

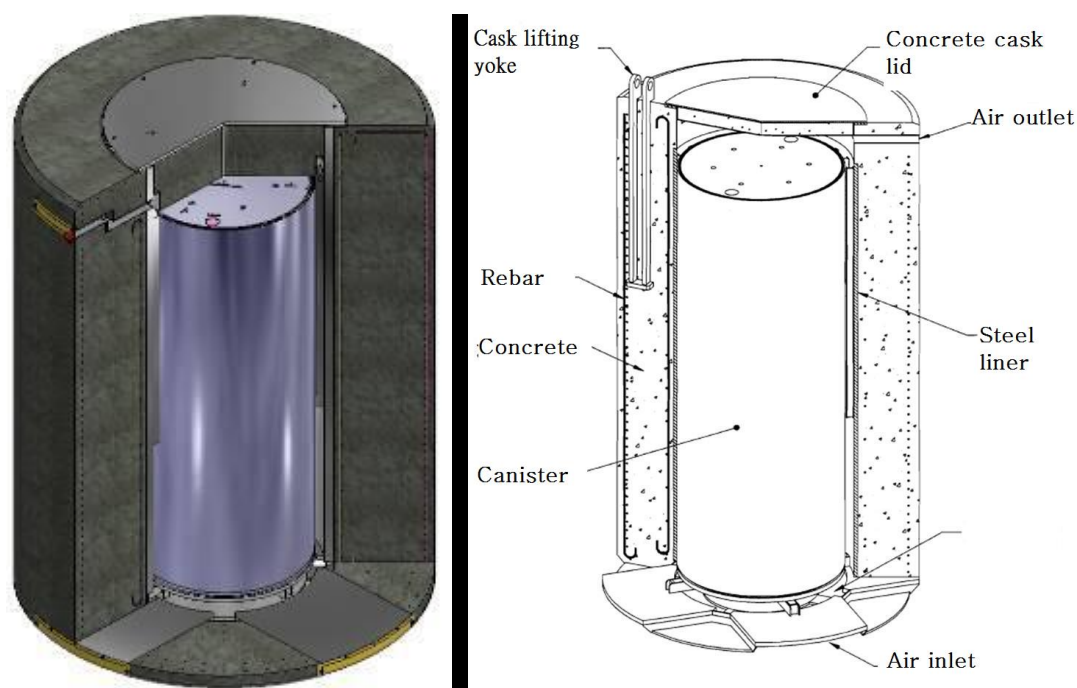


圖 16.6 核二廠乾式貯存護箱(MAGNASTOR)示意圖

經濟部於 2009 年 8 月 10 日核准核二廠乾式貯存之「獨立用過燃料貯存設施 (ISFSI)」計畫,台電公司隨後展開招標作業(tender operation),並於 2010 年 11 月 12 日決標委託台灣中鼎集團之俊鼎機械廠股份有限公司(CTCI Machinery Corporation)和美國 NAC 國際(NAC International)公司合作建造此設施(參考文獻 16.33)。核二廠乾式貯存設施將採用 NAC 公司設計之 MAGNASTOR 乾式貯存護箱(圖 16.6)。此護箱系統已獲得美國核能管制委員會(USNRC)核發之用過燃料乾式貯存執照。每一個 MAGNASTOR 護箱可容納 87 束用過燃料組件,台電公司規劃建置 27 個護箱,因此核二廠乾式貯存設施共可容納 2,349 束用過燃料組件。

台電公司於 2012 年 2 月 14 日向原能會提出核二廠乾式貯存設施建築執照申請,



經過六回合技術審查後，原能會於 2013 年 9 月 3 日舉行最後一次審查會議並通過核准該項建築執照申請。

### 16.9.2.2 用過核子燃料之最終處置

台電公司積極推動用過核子燃料之最終處置計畫，依法須在國內尋找地質特性適合之處置母岩以供最終處置場建造之用。

自 1983 年 12 月起，原能會、台電公司、核能研究所、經濟部中央地質調查所 (CGS)、和工業技術研究院(ITRI)共同組成一個專案小組，以草擬「我國用過核子燃料最終處置研究計畫」。1986 至 2004 年間，進行了四階段的高放射性廢棄物(HLRW)最終處置研發計畫(參考文獻 16.34~16.35)，包含：

- 「處置概念初步研發」 (1986 ~ 1988) 、
- 「初期工作規劃」 (1988 ~ 1991) 、
- 「區域調查技術準備」 (1993 ~ 1998) 、及
- 「調查實施與技術發展」 (1999 ~ 2004)

等四個階段(圖 16.7)。

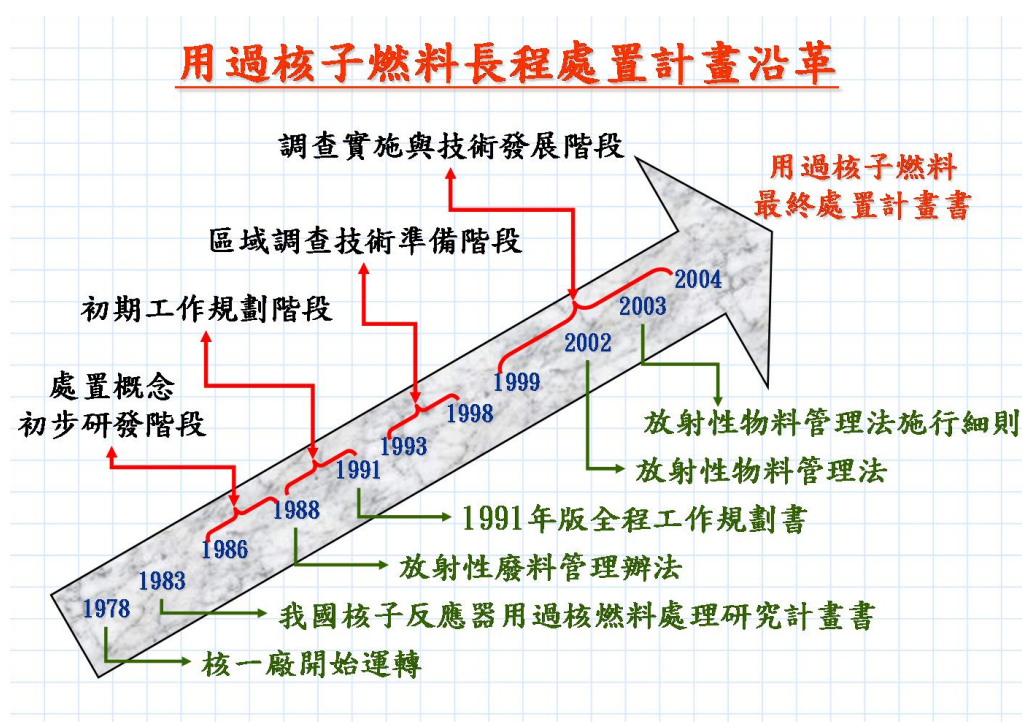


圖16.7 我國用過核子燃料長程處置計畫發展歷程

2002 年 12 月 25 日原能會公布「放射性物料管理法」(參考文獻 16.29)。為符合此新公布「放射性物料管理法」之第 29 條及 2003 年 7 月發布「放射性物料管理法施行細則」(參考文獻 16.37) 之第 37 條規定，台電公司於 2004 年提報我國「用過核子燃料最終處置計畫書」(簡稱「最終處置計畫」)，並於 2006 年 7 月取得原能會核

備(參考文獻 16.34~16.35)。此「最終處置計畫」全程工作規劃分成下列五個執行階段(如圖 16.8 所示)(參考文獻 16.35~16.36)：

- 第 1 階段： 潛在處置母岩特性調查與評估(2005~2017 年)；
- 第 2 階段： 候選場址評選與核定(2018~2028 年)；
- 第 3 階段： 場址詳細調查與試驗(2029~2038 年)；
- 第 4 階段： 處置場設計與安全分析評估(2039~2044 年)；及
- 第 5 階段： 處置場建造(2045~2055 年)。

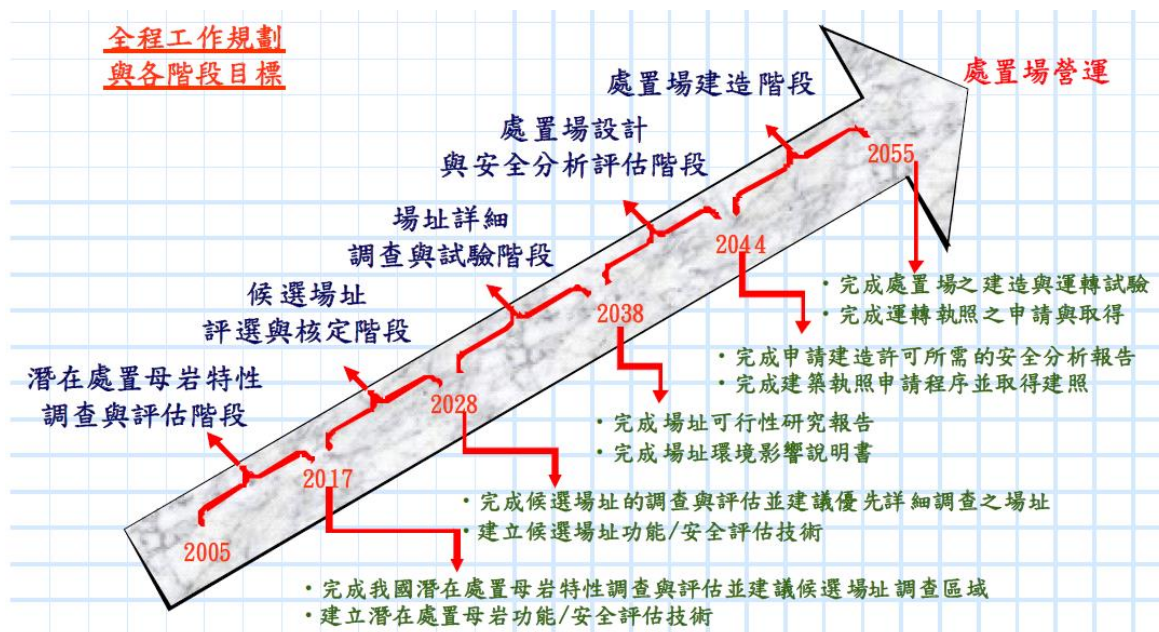


圖16.8 我國用過核子燃料長程處置計畫全程規劃(2014年修訂版)

依放射性物料管理法施行細則(第 37 條)規定，最終處置計畫書將每 4 年檢討修正一次。因此，台電公司於 2010 年 5 月和 2014 年兩次向原能會提出「最終處置計畫書」修正案，並分別於 2011 年 1 月和 2015 年 5 月獲准核備。最終處置場係規劃於 2055 年開始營運。

最終處置計畫正處於第 1 階段「潛在處置母岩特性調查與評估」。台電公司於 2009 年底向原能會提報進度報告：「我國用過核子燃料最終處置初步技術可行性評估報告」(簡稱 SNFD2009 報告)，並於 2010 年 7 月奉原能會同意核備。此 SNFD2009 報告匯整過去 20 年國內對用過核子燃料最終處置研發成果。根據 SNFD2009 報告結論指出，台灣本島確實存在有可供用過核子燃料最終處置用之潛在母岩(potential host rock)，值得進一步調查研究。相關報告可於原能會網站找到。

依據「最終處置計畫書」規劃(圖 16.8)，第 1 階段「潛在處置母岩特性調查與評估」將於 2017 年結束，屆時台電公司將提出「我國用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告」(簡稱 SNFD2017 報告)，並進行國際同儕審查，以驗證台電公司針對用

## 過核子燃料最終處置之技術能力

如果國際間對於用過核子燃料最終處置計畫之進展(promotion)受到阻礙導致時程延遲，台電公司也備有「替代應變處置計畫」(contingency disposal plan)。根據此「替代應變處置計畫」，在第 2 階段結束後，如果台電公司仍然不能在 2028 年(含)之前提出應變處置場候選場址(candidate site)，台電公司將於 2029 年開始進行替代措施，以研究考量設置集中式用過核子燃料貯存設施(centralized SNF storage facility)。2038 年(含)之前，完成集中式貯存設施場址確定及其環境影響評估，而於 2044 年(含)前完成此集中式貯存設施建造工程並開始營運(如圖 16.9 所示)。

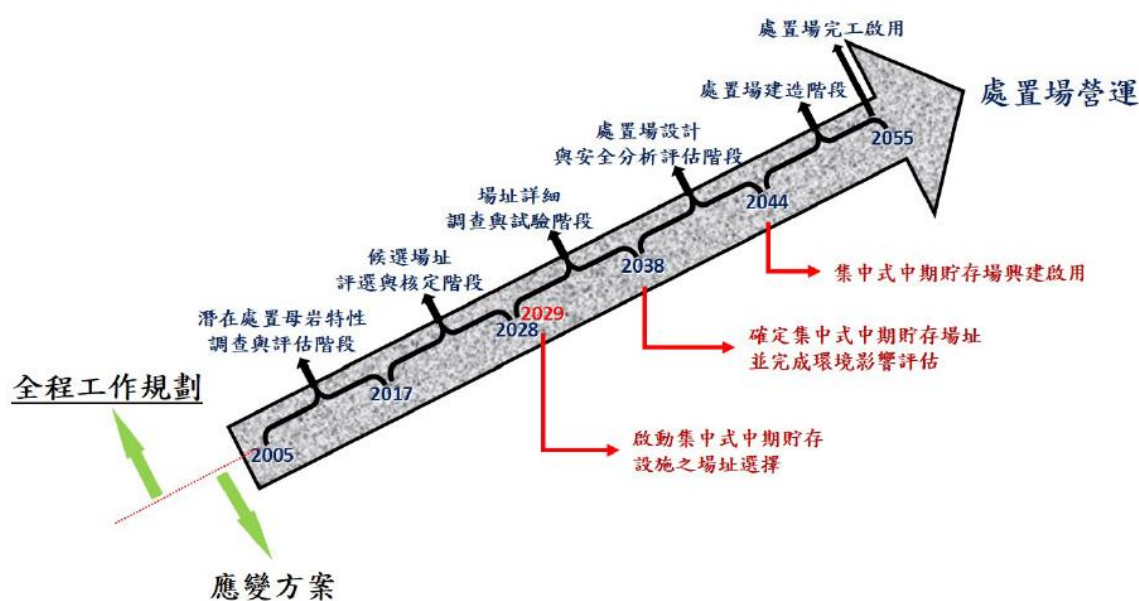


圖 16.9 我國用過核子燃料長程處置計畫之替代應變處置計畫

## 16.10 核能資訊透明化

類似美國核管會(USNRC)之反應器監管方案(ROP)，原能會建立並實施了「緊密的反應器監管方案」(compact ROP)(又稱「核安管制紅綠燈」)，以做為其核能資訊透明化的一部分。「核安管制紅綠燈」方案目的是建立一套一方面可視察與評估電廠績效以確保電廠安全運轉，另一方面可提供民眾易懂電廠運轉安全狀況指標的系統。原能會定期將各運轉中核能電廠機組之「核安管制紅綠燈」資訊揭露於其網站上(參考文獻 16.38)。

另外，台電公司也以誠懇的態度、客觀的角度，在其網站上將一般民眾想知道的台電資訊從六大面向(aspect)對社會民眾忠實揭露，包含「經營資訊」、「發電資訊」、「電力供需資訊」、「用戶資訊」、「環境資訊」、與「工程資訊」等(參考文獻 16.39)。以「發電資訊」為例，民眾可獲得之台電公司資訊，包含：火力營運現況與績效、核能營運現況與績效、再生能源發電概況、購入電力概況、及福島事件後台電因應作為等。更多核能資訊透明化資料，請參閱第 7.3 節及台電公司網站之「核能看透了」網頁(Website: <http://wapp4.taipower.com.tw/nsis>)。



## 參考文獻(第 16 章)

- 16.1 「核子反應器設施管制法」，原子能委員會，2003 年 1 月公布。
- 16.2 「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」，原子能委員會，2004 年 4 月發布。
- 16.3 「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」，原子能委員會，2004 年 10 月發布，2005 年 11 月修正發布。
- 16.4 Maanshan Nuclear Power Station Units 1 & 2, “Final Safety Analysis Report”。
- 16.5 10CFR50.36, “Technical Specifications”。
- 16.6 「核子反應器設施管制法施行細則」，原子能委員會，2003 年 8 月發布。
- 16.7 「核子反應器設施設計修改及設備變更申請審核作業規範」，原子能委員會，1989 年 9 月發布，2009 年 12 月修正。
- 16.8 「核子反應器設施品質保證準則」，原子能委員會，2003 年 6 月發布。
- 16.9 Lungmen Nuclear Power Station Units 1 & 2, “Final Safety Analysis Report”。
- 16.10 USNRC Regulatory Guide 1.33, “Quality Assurance Program Requirements (Operation)”, revision 2, February 1978。
- 16.11 「核子事故分類」，原子能委員會網站，2016 年 5 月 13 日更新。
- 16.12 “EU Peer Review Report of the Taiwanese Stress Tests,” ENSREG, (November 2013) (Subsection 7.2.1.2).
- 16.13 「國際核能安全公約中華民國國家報告」，原子能委員會，中華民國 101 年 3 月。
- 16.14 台電公司「核能電廠機組斷然處置程序指引(沸水式電廠)」，修訂 4 版，台灣電力公司，(2015 年 5 月 27 日)。
- 16.15 “B.5.b Phase 2 & 3 Submittal Guideline,” Nuclear Energy Institute, NEI 06-12 (Revision 3), (September 2009).
- 16.16 “Diverse and Flexible Coping Strategies (FLEX) Implementation Guide,” Nuclear Energy Institute, NEI 12-06 (Draft Rev. 0), (August 2012).
- 16.17 「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」，原子能委員會，2004 年 5 月發布。
- 16.18 「游離輻射防護法」，原子能委員會，2002 年 1 月公布。
- 16.19 「核子保防作業辦法」，原子能委員會，2003 年 9 月發布。
- 16.20 「核子反應器設施停止運轉後再起動管制辦法」，原子能委員會，2003 年 11 月發布，2008 年 1 月修正發布。
- 16.21 「核子設施違規事項處理作業要點」，原子能委員會，1988 年 9 月發布，2008 年 1 月 28 日最新修正發布。
- 16.22 「核子反應器運轉人員執照管理辦法」，原子能委員會，2004 年 3 月發布，2009 年 12 月最新修正發布。
- 16.23 「103 年核安第 20 號演習—綱要計畫」，原子能委員會，中華民國 103 年 5 月

21 日。

- 16.24 「103 年核安第 20 號演習—實施計畫」，原子能委員會，中華民國 103 年 6 月 20 日。
- 16.25 「103 年核安第 20 號演習—實兵演練手冊」，原子能委員會，中華民國 103 年 7 月 22、23 日。
- 16.26 「103 年核安第 20 號演習—評核報告」，原子能委員會，中華民國 103 年 10 月。
- 16.27 「103 年核安第 20 號演習—總結報告」，原子能委員會，中華民國 103 年 10 月。
- 16.28 「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案總檢討報告」，原子能委員會，2012 年 8 月。
- 16.29 「放射性物料管理法」，原子能委員會，2002 年 12 月公布。
- 16.30 台電公司核能後端營運處 2015 年 10 月 16 日回覆待蒐資訊(編號 A19-8)“Please update (or revise) the data (or information) in the following statements up to the year as recent as possible, if available”：  
Until May 2009, a total of 193,834 drums (55-gallon each) of the LLW are stored in Taiwan.
- 16.31 自由時報，2015 年 08 月 04 日，第 A5 版。
- 16.32 「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」，原子能委員會，2006 年 5 月公布。
- 16.33 原子能委員會放射性物料管理局 2015 年 11 月 03 日回覆待蒐資訊 A19-13：請提供「核一、二廠 Independent Spent Fuel Storage Installation (ISFSI)(乾式貯存設施)執行情形」。
- 16.34 台灣電力公司：「用過核子燃料最終處置計畫(2006年7月核定版)」，2006年7月。
- 16.35 原子能委員會核能研究所98年年報，中華民國99年4月出版。
- 16.36 台灣電力公司：「用過核子燃料最終處置計畫書(2014修訂版)」，2015年3月。
- 16.37 「放射性物料管理法施行細則」，原子能委員會，2003 年 7 月發布，2009 年 4 月最新修正發布。
- 16.38 原子能委員會網站：「核能安全」→「運轉中電廠管制」→「核安管制紅綠燈」→「績效指標」或「視察指標」，2016 年 07 月。
- 16.39 「資訊揭露透明化、六大面向全都露」，台灣電力公司網站：「資訊揭露」，2016 年7月10日。

## 附件 A 縮寫字與特殊用語中英對照表 (Abbreviations and Special Terms)

| 縮寫/詞彙                         | 全名與中譯                                                                                                                    |
|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| “2 out of 3” logic            | 「三選二」邏輯                                                                                                                  |
| 3-loop PWR                    | 三環路壓水式反應器，3 迴路壓水式反應器                                                                                                     |
| 3S                            | safety, security and safeguard 核能安全-核子保安-核子保防                                                                            |
| 10 CFR                        | Title 10, Code of Federal Regulations 美國聯邦法規第 10 章                                                                       |
| 10-year ISA (= 10-year PSR)   | 10-year integrated safety assessment<br>十年整體安全評估 (= 10-year periodic safety review<br>十年定期安全評估)(或稱「十年換照審查」或「十年換照整體安全評估」) |
| abnormal occurrence           | 異常事件                                                                                                                     |
| above MSL                     | 海拔，高於平均海平面(高度)                                                                                                           |
| ABWR                          | advanced boiling water reactor 進步型沸水式反應器                                                                                 |
| AC                            | alternating current 交流電                                                                                                  |
| ADS                           | automatic depressurization system 自動洩壓系統，自動降壓系統(BWR)                                                                     |
| A/E                           | Architect/Engineer (consultants) 工程顧問公司                                                                                  |
| AEC                           | Atomic Energy Council 原子能委員會，原能會                                                                                         |
| AFB                           | auxiliary fuel building 輔助燃料廠房                                                                                           |
| AFP                           | auxiliary feedwater pump 輔助飼水泵                                                                                           |
| AFS                           | auxiliary feedwater system 輔助飼水系統                                                                                        |
| AFW                           | 輔助飼水                                                                                                                     |
| Ah                            | ampere-hour 安培-小時                                                                                                        |
| airborne radiation monitoring | 空中輻射偵測                                                                                                                   |
| AIT                           | American Institute in Taiwan 美國在台協會                                                                                      |
| ALARA                         | as low as reasonably achievable 合理抑低                                                                                     |
| alert event                   | 緊急戒備事故                                                                                                                   |
| alternatives                  | 替代方案                                                                                                                     |
| ALWR                          | advanced light water reactor 進步型輕水式反應器                                                                                   |
| AMDA                          | acceptable minimum detectable activity 可接受最小可測活度                                                                         |
| AMP                           | aging management program 老化管理方案                                                                                          |
| AMT                           | accident management team 事故處理小組，嚴重事故處理小組                                                                                 |

---

|                      |                                                                                    |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| ANS                  | American Nuclear Society 美國核能學會                                                    |
| ANSI                 | American National Standard Institute 美國國家標準協會                                      |
| AOO                  | anticipated operational occurrences 預期運轉暫態                                         |
| AOP                  | abnormal operating procedures 異常運轉程序書，異常操作程序書                                      |
| AOVs                 | air-operated valves 氣動閥，空氣操作閥                                                      |
| APP                  | mobile application 行動裝置應用程式                                                        |
| ASME                 | American Society of Mechanical Engineers 美國機械工程師學會                                 |
| ASTS                 | automatic seismic trip system 強震時反應器自動急停系統，簡稱「強震自動急停系統」                            |
| ATWS                 | anticipated transient without scram 預期暫態未急停                                        |
| AVR                  | automatic voltage regulator 自動電壓調整器，自動電壓調解器                                        |
| AWOL                 | absent without official leave (or absent without leave) 擅離職守                       |
| BDB                  | beyond design basis 超越設計基準，超出設計基準，超過設計基準                                           |
| BDBA                 | beyond design basis accident 超越設計基準事故，超出設計基準事故，超過設計基準事故                            |
| BDBE                 | beyond design basis earthquake 超越設計基準地震，超出設計基準地震，超過設計基準地震                          |
| betterment plan      | 改善計畫                                                                               |
| BKR                  | breaker 斷路器                                                                        |
| black-start          | 全黑起動                                                                               |
| BOP                  | balance of plant 一般廠內系統                                                            |
| BPV Code             | ASME Boiler and Pressure Vessel Code                                               |
| BPV Code, Section XI | ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section XI                                   |
| breaker              | 斷路器                                                                                |
| B/S                  | bistable 雙穩態                                                                       |
| BSMI                 | Bureau of Standards, Metrology and Inspection 經濟部標準檢驗局                             |
| bulletins            | 公報                                                                                 |
| BWR                  | boiling water reactor 沸水式反應器                                                       |
| BWR-4 (BWR-6)        | 第 4 型沸水式反應器 (第 6 型沸水式反應器)                                                          |
| BWROG                | BWR Owner's Group 沸水式反應器業主組織，沸水式核能電廠業主組織                                           |
| CAMP                 | Thermal-Hydraulic Code Applications and Maintenance Research Program 熱流程式應用與維護研究計畫 |

---

|                           |                                                                                 |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| CAP                       | corrective action program 改善措施方案，改正行動方案                                         |
| capable faults            | 活動斷層                                                                            |
| capacity factor           | 容量因數                                                                            |
| cask                      | 護箱                                                                              |
| CBRN group                | chemical, biological, radiological and nuclear group 國軍核生化小組                    |
| CCP                       | centrifugal charging pump 離心式充水泵                                                |
| CCW                       | Component Cooling Water 核機冷卻水(系統)(核三廠)                                          |
| CDF                       | core damage frequency 爐心熔損頻率，爐心熔損發生(頻)率                                         |
| CDRC                      | Central Disaster Response Center 中央災害應變中心                                       |
| CEO                       | Chief Executive Officer 執行長                                                     |
| CF                        | capacity factor 容量因數                                                            |
| CFR                       |                                                                                 |
| CGA                       | Coast Guard Administration 海岸巡防署                                                |
| CGS                       | Central Geological Survey 經濟部中央地質調查所                                            |
| CL                        | construction license 建廠執照                                                       |
| CLB                       | current licensing basis 現行持照基準                                                  |
| cliff edge effects        | 瀕危效應                                                                            |
| CM                        | configuration management 構型管理                                                   |
| CMA                       | core meltdown accident 爐心熔損事故                                                   |
| CMF                       | core melt frequency 爐心熔毀(或爐心熔損)頻率                                               |
| CNS                       | Convention on Nuclear Safety 核能安全公約                                             |
| CNSC                      | Canadian Nuclear Safety Commission 加拿大核能委員會                                     |
| CODAP                     | Component Operational Experience, Degradation and Ageing Program 組件運轉經驗/劣化/老化計畫 |
| COLR                      | core operating limits report 爐心運轉限值報告                                           |
| commissioning             | 試運轉                                                                             |
| compact ROP               | compact reactor oversight process 緊密的反應器監管方案 (又稱「核安管制紅綠燈」)                      |
| compensation liability    | 賠償責任                                                                            |
| complex disaster          | 複合式災害，複合型災害                                                                     |
| compound accident         | 複合式事故，複合型事故                                                                     |
| compound disaster         | 複合式災害，複合型災害                                                                     |
| conditioning and disposal | 固化包裝與(最終)處置                                                                     |
| conduct of operation      | 運轉管理                                                                            |
| containment               | 圍阻體                                                                             |

---

|                                  |                                                                        |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| contingency disposal plan        | 替代之應變處置計畫                                                              |
| COPS                             | Containment Overpressure Protection System 圍阻體過壓保護系統                   |
| core damage                      | 爐心熔損                                                                   |
| core meltdown                    | 爐心熔毀                                                                   |
| core uncovered (or core uncover) | 爐心燃料裸露                                                                 |
| cornerstone                      | 基石                                                                     |
| corrective actions               | 改善措施，改正措施，改正行動                                                         |
| country of origin                | 原產國                                                                    |
| CP                               | Contracting Party<br>簽約會員，簽約會員國，簽約國                                    |
| CPD                              | Cooperative Program on Decommissioning 除役合作計畫                          |
| CPI                              | commodity price index 消費者物價指數                                          |
| CRA                              | control rod assembly 控制棒組件                                             |
| CRIEPI                           | Central Research Institute of Electric Power Industry (日本)電力中央研究所      |
| criticality                      | 臨界度                                                                    |
| CSARP                            | Cooperative Severe Accident Research Program 嚴重事故合作研究計畫                |
| CSC                              | Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage 核子損害補充賠償公約 |
| CSCW                             | combined structure cooling water 聯合廠房冷卻水(系統)                           |
| CST                              | condensate storage tank 凝結水貯存槽                                         |
| CTS                              | customer technical specification 顧客型運轉技術規範                             |
| CWB                              | Central Weather Bureau (交通部)中央氣象局                                      |
| CWP                              | circulating water pump 循環水泵                                            |
| CWS                              | circulating water system 循環水系統                                         |
| daily operations                 | 日常運轉                                                                   |
| DB                               | design basis 設計基準                                                      |
| DBA                              | design basis accident 設計基準事故                                           |
| DBE                              | design basis earthquake 設計基準地震                                         |
| DC                               | direct current 直流電                                                     |
| DCR                              | design change requests 設計變更案，設計修改                                      |
| decay heat                       | 衰變熱                                                                    |
| decommissioning                  | 除役                                                                     |
| defense-in-depth                 | 深度防禦(by AEC)，縱深防禦(by TPC)                                              |
| desktop practice                 | 兵棋推演                                                                   |

---

|                                        |                                                                                                                                      |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| desktop review                         | 書面審查                                                                                                                                 |
| DG or D/G                              | diesel generator 柴油發電機                                                                                                               |
| diesel engine-driven                   | 柴油引擎驅動                                                                                                                               |
| dip slope                              | 順向坡                                                                                                                                  |
| dip slope sliding                      | 順向坡滑移                                                                                                                                |
| Diplomatic Conference                  | 大使會議                                                                                                                                 |
| Disaster Prevention and Protection Act | 災害防救法                                                                                                                                |
| DIVing                                 | a simultaneous process of reactor Depressurization, reactor coolant Injection, and containment Venting 同時啟動反應器降壓、反應器冷卻水注水和圍阻體通風排氣的程序 |
| DNBM                                   | Department of Nuclear Back-end Management (台電)核能後端營運處，後端處                                                                            |
| DNBR                                   | departure from nucleate boiling ratio<br>偏離核沸騰比                                                                                      |
| DNE                                    | Department of Nuclear Engineering (台電)核能技術處，核技處                                                                                      |
| DNR                                    | Department of Nuclear Regulation, AEC (原能會)核能管制處 (簡稱“核管處”)                                                                           |
| DNS                                    | Department of Nuclear Safety, TPC (台電)核能安全處，核安處                                                                                      |
| DNT                                    | Department of Nuclear Technology, AEC (原能會)核能技術處 (簡稱“核技處”)                                                                           |
| DONG                                   | Department of Nuclear Generation (台電)核能發電處，核發處                                                                                       |
| DOP                                    | Department of Planning, AEC (原能會)綜合計畫處 (簡稱“綜計處”)                                                                                     |
| dose limits                            | 劑量限值                                                                                                                                 |
| DRP                                    | Department of Radiation Protection, AEC (原能會)輻射防護處 (簡稱“輻防處”)                                                                         |
| dry storage                            | 乾式貯存                                                                                                                                 |
| EA                                     | Exclusion Area 禁制區                                                                                                                   |
| EAB                                    | Exclusion Area Boundary 禁制區邊界                                                                                                        |
| EC                                     | European Commission 歐盟執行委員會 (簡稱“歐盟執委會”)                                                                                              |
| ECCS                                   | emergency core cooling system 緊急爐心冷卻系統                                                                                               |
| EC/ENSREG                              | European Nuclear Safety Regulators Group of the European Commission 歐盟執委會歐洲核能安全管制者組織，歐盟核能安全管制者組織                                     |

---

|                     |                                                                         |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| ECS                 | emergency cooling systems 緊急冷卻水系統                                       |
| ECW                 | emergency circulating water 緊急循環水(系統)                                   |
| EDG                 | emergency diesel generator 緊急柴油發電機                                      |
| EDMGs               | Extensive Damage Mitigation Guidelines 大範圍廠區受損救援指引，大規模損壞減輕指引            |
| EHV                 | extra high voltage 超高壓                                                  |
| EHV substation      | extra high voltage substation 超高壓變電站                                    |
| EIA                 | environmental impact assessment 環境影響評估                                  |
| EIS                 | environmental impact statement 環境影響說明書                                  |
| EL. (EL.74ft)       | elevation 標高 (標高 74 呎)                                                  |
| electrical class 1  | 電器類一級                                                                   |
| emergency drill     | 緊急應變演練                                                                  |
| emergency exercises | 緊急應變演習                                                                  |
| emergency response  | 緊急應變                                                                    |
| energy from waste   | 廢棄物能                                                                    |
| ENSREG              | European Nuclear Safety Regulators Group 歐洲核能安全管制者組織，歐盟核能安全管制者組織        |
| envisaged measure   | 預期措施                                                                    |
| EOC (EOC-18)        | end of cycle (18th end of cycle) (爐心)燃料循環末期，(運轉)循環末期 [第 18 次(爐心)燃料循環末期] |
| EOF                 | emergency operations facility 緊急(應變)運轉設施 (或稱“近廠緊急應變設施”) (屬台電緊執會)        |
| EOP                 | emergency operating procedures 緊急運轉程序書                                  |
| EP                  | emergency preparedness 緊急應變整備，緊急應變                                      |
| EPA                 | Environmental Protection Administration 環境保護署                           |
| EPGs                | emergency procedures guidelines 緊急程序書指引                                 |
| EPIC                | emergency public information center 緊急應變民眾資訊中心，緊急民眾資訊中心                 |
| EPRI                | Electric Power Research Institute 美國電力研究協會                              |
| EPU                 | extended power uprates 大幅度功率提昇                                          |
| EPZ                 | emergency planning zone 緊急應變計畫區                                         |
| ERBP                | Emergency Response Basic Plan 核子事故緊急應變基本計畫                              |
| ERL                 | Energy and Resources Laboratories 能源研究所 (“綠能與環境研究所”之前身)                 |
| ERM                 | environmental radiation monitors 環境輻射監測站，環境輻射監測器                        |
| ERMN                | Environmental Radiation Monitoring Network 全國環境輻射監測網                    |



---

|                                |                                                                                                                                  |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ERT                            | Expert Review Team 專家審查小組                                                                                                        |
| ESFs                           | engineered safety features 特殊安全設施                                                                                                |
| ESW                            | essential service water system 緊要廠用水系統(核一廠)；emergency service water system 緊急廠用水系統(核二廠)；essential sea water system 緊要海水系統(核一、二廠) |
| ETA                            | ethanolamine 乙醇胺                                                                                                                 |
| EU                             | European Union 歐洲聯盟 (簡稱“歐盟”)                                                                                                     |
| EU ST specifications           | European Union “stress tests” specifications 歐盟壓力測試規範                                                                            |
| EU-PRT                         | European Union Peer Review Team 歐盟同行審查小組                                                                                         |
| EURATOM                        | European Atomic Energy Community 歐洲原子能社團，歐洲原子能公司                                                                                 |
| existing nuclear installations | 現有核子設施                                                                                                                           |
| external event                 | 外部事件，廠外事件                                                                                                                        |
| faults                         | 斷層                                                                                                                               |
| fault displacement             | 斷層位移                                                                                                                             |
| FCMA                           | Fuel Cycle and Materials Administration (原能會)放射性物料管理局 (簡稱“物管局”)                                                                  |
| FCP                            | Forward Coordination Post 前進指揮所，前進協調所 [屬(核子事故)中央災害應變中心]                                                                          |
| FCVS                           | filtered containment venting systems 圍阻體過濾排氣系統，圍阻體排氣過濾系統                                                                         |
| field drill                    | 實兵演練                                                                                                                             |
| final disposal                 | 最終處置                                                                                                                             |
| final repository               | 最終處置場                                                                                                                            |
| fire brigade                   | 電廠消防隊，電廠消防班                                                                                                                      |
| fire engine                    | 消防車                                                                                                                              |
| fire trucks                    | 消防車                                                                                                                              |
| FLEX                           | Diverse and Flexible Coping Strategies 多樣與彈性的處理策略，不一樣與彈性的處理策略 (NEI 12-06 報告)                                                     |
| flexible piping                | 軟管                                                                                                                               |
| FMCRD                          | fine motion control rod drive 控制棒微調驅動機構                                                                                          |
| FME                            | foreign material exclusion 防止異物入侵                                                                                                |
| freeboard                      | 出水高度 (高出水面之高度)                                                                                                                   |
| FSAR                           | final safety analysis report 終期安全分析報告                                                                                            |
| Fukushima Daiichi accident     | 福島第一核能電廠核子事故                                                                                                                     |
| FW                             | Feedwater 飼水                                                                                                                     |
| gas turbines                   | 氣渦輪發電機，氣渦輪機                                                                                                                      |

---

|                                                                             |                                                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| GDC                                                                         | general design criteria 一般設計標準，一般設計規範                               |
| GE                                                                          | General Electric Company (美國)奇異電氣公司，簡稱奇異公司                          |
| GEA                                                                         | general emergency accident 全面緊急事故                                   |
| general emergency                                                           | 全面緊急事故，全面戒備緊急事故                                                     |
| generic letters                                                             | (USNRC 發佈之)通函                                                       |
| GESIL                                                                       | General Electric Service Information Letter 奇異公司服務資訊函               |
| good practices                                                              | 優良實務，作業典範                                                           |
| Great Tohoku earthquake<br>(also called the Great East<br>Japan earthquake) | (日本)東北大地震 (或稱東日本大地震)                                                |
| GTG                                                                         | gas turbine generators 氣渦輪發電機                                       |
| GV                                                                          | governor valve 調節閥                                                  |
| hardened vent                                                               | 強固的排氣系統，強化的排氣系統                                                     |
| heat sink                                                                   | 熱沉                                                                  |
| heavy rain                                                                  | 豪雨，暴雨                                                               |
| HEP                                                                         | human error probabilities 人為失誤機率                                    |
| HEST                                                                        | high efficiency solidification technology 高效率固化(減廢)技術               |
| HFE                                                                         | human factor engineering 人因工學                                       |
| high pressure booster                                                       | 高壓升壓機                                                               |
| HIS                                                                         | hydrogen ignition system 氫氣點火系統                                     |
| HLW (or HLRW)                                                               | high level waste (or high level radioactive waste) 高放射性廢棄物，高階放射性廢棄物 |
| holding points                                                              | 查核點                                                                 |
| host rock                                                                   | 母岩                                                                  |
| host school                                                                 | 接待學校 (核安演習-緊急應變)                                                    |
| HPC                                                                         | health physics center 保健物理中心                                        |
| HPCI                                                                        | high pressure coolant injection 高壓注水系統 (核一廠)                        |
| HPCS                                                                        | high pressure core spray 高壓爐心噴灑系統 (核二廠)                             |
| HPES                                                                        | human performance enhancement system 人員績效增進系統，人員行為增進系統              |
| HRA                                                                         | human reliability analysis 人為可靠度分析                                  |
| HSI                                                                         | human-system interface 人員與系統介面                                      |
| human behavior                                                              | 人員行為                                                                |
| human error                                                                 | 人為疏失，人為錯誤                                                           |
| human factors                                                               | 人為因素                                                                |
| HVAC                                                                        | <u>heating</u> , ventilation, and air conditioning 空調通風系            |

---

|                           |                                                               |
|---------------------------|---------------------------------------------------------------|
|                           | 統，空調系統                                                        |
| HWC                       | hydrogen water chemistry 加氫水化學                                |
| HX                        | heat exchanger 熱交換器                                           |
| hydropower                | 水力發電                                                          |
| I&C                       | Instrumentation and Control 儀控系統，儀表控制系統                       |
| IAEA                      | International Atomic Energy Agency 國際原子能總署                    |
| IAEA-115                  | IAEA Safety Series No. 115<br>國際原子能總署第 115 號安全系列報告            |
| ICP-MS                    | Induction coupled plasma mass spectrum equipment 感應耦合電漿質譜儀    |
| ICRP                      | International Commission on Radiological Protection 國際放射防護委員會 |
| ICRP-60                   | ICRP Publication 60<br>國際放射防護委員會第 60 號報告                      |
| ICRP-63                   | ICRP Publication 63<br>國際放射防護委員會第 63 號報告                      |
| IEEE                      | Institute of Electrical and Electronics Engineers 電機電子工程師學會   |
| IFL                       | initial fuel loading 初次裝填(核子)燃料，初始(核子)燃料裝填                    |
| IMS                       | information management system 電腦化資訊管理系統                       |
| IN                        | information notice 注意改進事項                                     |
| INER                      | Institute of Nuclear Energy Research 核能研究所，核研所                |
| INER-HPS                  | INER High Performance System 核研所高效率貯存系統                       |
| infrastructure resilience | 廠區基礎設施檢討                                                      |
| initial criticality       | 初始臨界                                                          |
| initiating events         | 肇始事件，起始事件                                                     |
| INPO                      | Institute of Nuclear Power Operations (美國)核能發電運轉協會            |
| INSAG                     | International Nuclear Safety Advisory Group 國際核能安全諮詢小組        |
| inspection indicators     | 視察指標                                                          |
| institutional control     | 監管                                                            |
| interim dry storage       | 中期乾式貯存                                                        |
| internal event            | 內部事件，廠內事件                                                     |
| international benchmarks  | 國際基準比對                                                        |
| inverter                  | 變流器                                                           |
| IPP                       | independent power producers 民營電廠                              |

---

|                                   |                                                                   |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| IRA                               | integrated reliability analysis 整體可靠度分析                           |
| ISA (= PSR)                       | integrated safety assessment 整體安全評估，或稱「十年換照審查」                    |
| ISAR                              | integrated safety assessment report 整體安全評估報告                      |
| ISFSI                             | independent spent fuel storage installation 獨立用過燃料貯存設施，用過燃料乾式貯存設施 |
| ISI                               | in-service inspection 營運期間檢測，營運期間檢查                               |
| ISO                               | International Organization for Standardization                    |
| ITRI                              | Industrial Technology Research Institute 工業技術研究院                  |
| ITS                               | improved technical specification 改良式運轉技術規範                        |
| JAIF                              | Japan Atomic Industrial Forum 日本原子力產業協會                           |
| Japan-Taiwan Exchange Association | 財團法人日本台灣交流協會                                                      |
| JLD                               | Japan Lessons-learned project Directorate 日本汲取教訓計畫董事會             |
| KPI                               | key performance indicator 主要績效指標                                  |
| kV                                | kilo-volt 千伏，千伏特 (電壓)                                             |
| kVA                               | kilo volt-ampere 千伏安(伏特-安培)，10 <sup>3</sup> 伏安 (功率單位)             |
| kW                                | kilo-watt 瓩 (功率單位)                                                |
| kWh                               | kilo-watt hour 度(電)，瓩-小時，千瓦-小時 (用電量或發電量)                          |
| landslide                         | 山崩 (mass movement 的一種)                                            |
| LC                                | load center 負載中心                                                  |
| LCO                               | limiting conditions for operation 運轉限制條件                          |
| lead acid battery set             | 鉛酸電池組                                                             |
| legal obligations                 | 法定義務                                                              |
| LERF                              | large early release frequency 早期輻射大量外釋頻率                          |
| lessons learned                   | 汲取教訓                                                              |
| level 2 (Level 3)                 | 第二階 (第三階)                                                         |
| Level I (or IV) violation         | 一級(或四級)違規                                                         |
| liability insurance               | 責任保險                                                              |
| license renewal                   | 執照更新                                                              |
| licensee (= license holder)       | 持照者，執照持有者，經營者，業主                                                  |
| licensing basis SSE               | 執照設計基準安全停機地震值                                                     |
| life cycle                        | 壽命週期，生命週期                                                         |
| life extension                    | 延役，壽命延長，延長壽命                                                      |
| living PRA                        | living probabilistic risk assessment 活態安全度評估                      |

---

|                                                   |                                                                                  |
|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| LLW (= LLRW)                                      | low level waste 低放射性廢棄物，低階放射性廢棄物                                                 |
| LOCA                                              | loss of coolant accident 冷卻水流失事故                                                 |
| local county referendum                           | 地方性公民投票                                                                          |
| local shutdown panel                              | 現場停機盤，現場遙控停機盤                                                                    |
| LOOP                                              | loss of offsite power 喪失廠外電源，喪失外電                                                |
| LOV                                               | loss of voltage 喪失電壓                                                             |
| LPZ                                               | low population zone 低密度人口區                                                       |
| LSSS                                              | limiting safety system settings 安全系統設定限值                                         |
| man-machine interface                             | 人機介面                                                                             |
| manually                                          | 手動地                                                                              |
| marine radiation monitoring                       | 海域輻射偵測                                                                           |
| Mark I (or III) containment                       | 馬克一型(或三型)圍阻體                                                                     |
| mass movements (e.g. landslide)                   | 塊體崩滑，大規模崩滑，塊體運動 (例如：山崩)                                                          |
| MCA                                               | multi-channel analyzer 多通道分析器                                                    |
| MCC                                               | motor control center 馬達控制中心                                                      |
| MCPR                                              | minimum critical power ratio 最小臨界功率比                                             |
| MCR                                               | main control room 主控制室                                                           |
| MDG                                               | mobile diesel generator 移動式柴油發電機                                                 |
| MDG power vehicles (or power trucks)              | 移動式柴油發電機電源車                                                                      |
| MFS                                               | main feedwater system 主飼水系統                                                      |
| MHI                                               | Mitsubishi Heavy Industries (日本)三菱重工                                             |
| mid-loop operation                                | 半水位運轉                                                                            |
| midnight inspections (or unannounced inspections) | 夜間視察 (或稱不預警視察)                                                                   |
| MIRU                                              | Maintenance Integrated Risk Utilities 維護整體風險評估工具                                 |
| mitigating systems (or mitigation systems)        | 救援系統                                                                             |
| MMCS                                              | Maintenance Management Computerization System 維護管理電腦系統                           |
| MMS                                               | moment magnitude scale (a successor to the Richter scale) 力矩地震規模，矩震規模 (取代芮氏地震規模) |
| mobile means                                      | 可移動工具                                                                            |
| MOST (前身為 NSC)                                    | Ministry of Science and Technology 科技部 [前身為國科會 (National Science Council)]       |
| mothballs                                         | 封存                                                                               |
| motor-driven                                      | 馬達驅動的，馬達帶動的                                                                      |
| MOU                                               | memorandum of understanding 諒解備忘錄                                                |

---

|                           |                                                                                          |
|---------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| MOV                       | motor operated valves 馬達操作閥                                                              |
| MR                        | maintenance rule 維護法規                                                                    |
| MSCRWL                    | minimum steam cooling reactor (or RPV) water level 最小蒸汽冷卻水位                              |
| MSL                       | mean sea level 平均海平面(高度)                                                                 |
| MTC                       | moderator temperature coefficient 緩和劑溫度係數，緩速劑溫度係數                                        |
| mud flows (or mud slides) | 土石流                                                                                      |
| mudslide-prone stream     | 土石流潛勢溪流                                                                                  |
| MUR                       | measurement uncertainty recapture 量測不準度復奪                                                |
| MUR power uprate          | 小幅度功率提昇                                                                                  |
| MVA                       | million volt-ampere 百萬伏安，百萬伏特·安培 (功率單位)                                                  |
| MW                        | mega-watt 百萬瓦，千瓩 (功率單位)                                                                  |
| MWe                       | mega-watt electrical 百萬瓦(電功率)，千瓩(電功率)                                                    |
| MWt                       | mega-watt thermal 百萬瓦(熱功率)，千瓩(熱功率)                                                       |
| NCC                       | National Communications Commission 國家通訊傳播委員會                                             |
| NCT                       | Nuclear Communication Team, TPC (台電)核能溝通小組                                               |
| NEA                       | Nuclear Energy Agency 核能署 (屬 OECD)                                                       |
| near-miss events          | 虛驚事件                                                                                     |
| NEE                       | nuclear emergency exercise 核安演習，緊急應變演習                                                   |
| NEI                       | Nuclear Energy Institute (美國)核能協會                                                        |
| NEPEC                     | Nuclear Emergency Planning Executive Committee 核能發電廠緊急計畫執行委員會 (簡稱緊執會)(台電)                |
| NERD                      | nuclear emergency response drill 緊急應變演練                                                  |
| NESC                      | Nuclear Emergency Support Center 核子事故支援中心                                                |
| newsletters               | 新聞稿                                                                                      |
| NGO                       | non-governmental organization 非政府組織，非政府機構                                                |
| NNEO                      | National Nuclear Emergency Organization 核子事故中央災害應變組織                                     |
| NNERC                     | National Nuclear Emergency Response Center (under CDRC) 核子事故中央災害應變中心 (屬中央災害應變中心)         |
| NNSA                      | National Nuclear Security Administration (of the US Department of Energy) (美國能源部)國家核子保安局 |
| NPP                       | nuclear power plant 核能電廠                                                                 |

---

|                              |                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| NQA                          | nuclear quality assurance 核能級品質保證                                                                                                                                                                                                              |
| NRA                          | Nuclear Regulation Authority 日本核能管制局，日本原子力管制委員會                                                                                                                                                                                                |
| NRC                          | U.S. Nuclear Regulatory Commission 美國核能管制委員會 (簡稱美國核管會)                                                                                                                                                                                         |
| NRC bulletins                | 美國核能管制委員會公報，美國核管會公報                                                                                                                                                                                                                            |
| NSC                          | Nuclear Safety Committee 核能安全委員會 (台電)                                                                                                                                                                                                          |
| NSCW                         | Nuclear Service Cooling Water 廠用海水(系統) (for PWR)                                                                                                                                                                                               |
| NSDC                         | Nuclear Safety Duty Center 核安監管中心 (原能會)                                                                                                                                                                                                        |
| NSSS                         | nuclear steam supply systems 核能蒸汽供應系統                                                                                                                                                                                                          |
| NTTF                         | Near Term Task Force (美國核管會)近期專案小組                                                                                                                                                                                                             |
| nuclear backend activities   | 核能後端作業                                                                                                                                                                                                                                         |
| nuclear installation         | 核子設施                                                                                                                                                                                                                                           |
| nuclear power                | 核能發電                                                                                                                                                                                                                                           |
| Nuclear Power Division       | (台電)核能發電事業部                                                                                                                                                                                                                                    |
| nuclear regulation           | 核能管制                                                                                                                                                                                                                                           |
| nuclear regulatory authority | 核能管制機關                                                                                                                                                                                                                                         |
| nuclear security             | 核子保安                                                                                                                                                                                                                                           |
| NUPIC                        | Nuclear Procurement Issues Committee 核能採購事務委員會                                                                                                                                                                                                 |
| NUREG-0800                   | “Standard Review Plan for the Review of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants: LWR Edision” (NUREG-0800),<br>One of the USNRC’s NUREG-Series Publications (about Regulatory Guides) 美國核管會 NUREG 系列法規指引出版品之一：對輕水式核能電廠安全分析報告審查之標準審查計畫 |
| NuSTA                        | Nuclear Science and Technology Association 財團法人核能科技協進會                                                                                                                                                                                         |
| O&M                          | operation and maintenance 運轉維護，運轉維修                                                                                                                                                                                                            |
| OBE                          | operating basis earthquake 運轉基準地震                                                                                                                                                                                                              |
| OE                           | operating experience 運轉經驗                                                                                                                                                                                                                      |
| OECD                         | Organization for Economic Cooperation and Development 經濟合作發展組織                                                                                                                                                                                 |
| OECD/NEA                     | Nuclear Energy Agency of the OECD 經濟合作發展組織核能署                                                                                                                                                                                                  |
| OEF                          | operational experience feedback 運轉經驗回饋                                                                                                                                                                                                         |
| OEF programs                 | operational experience feedback programs 運轉經驗回饋方案                                                                                                                                                                                              |

---

|                                   |                                                |
|-----------------------------------|------------------------------------------------|
| OE program                        | operating experience program 運轉經驗回饋方案          |
| off-site TSCs                     | 廠外技術支援中心                                       |
| oil equivalent                    | 油當量                                            |
| OL                                | operating license 運轉執照                         |
| on-duty                           | 執勤的                                            |
| on/off                            | 通路或斷路                                          |
| on-site NERD                      | 廠內緊急應變演練                                       |
| onsite TSCs                       | 廠內技術支援中心                                       |
| operational limits and conditions | 運轉限制與條件                                        |
| operator license                  | 運轉人員證書                                         |
| OSC                               | Operation Support Center 運轉支援中心                |
| outage                            | 停機，大修，停機大修                                     |
| outage inspections                | 大修視察                                           |
| overlay welding                   | 覆焊                                             |
| PAG                               | protective action guide 防護行動規範                 |
| PARs                              | passive autocatalytic recombiners 被動式自催化氫氣再結合器 |
| PC                                | power center 電力中心                              |
| PDA                               | personal digital assistant 個人數位助理              |
| peer review                       | 同行審查(管制機關用語)，同業評估(業界用語)                        |
| performance-based                 | 以績效為基準的                                        |
| periodic walkdowns                | 定期現場履勘                                         |
| PGA                               | peak ground acceleration 最大地動加速度，最大地面加速度       |
| physical examination              | 健康檢查，身體健康檢查，體檢                                 |
| physical protection               | 實體防護                                           |
| PI                                | performance indicator 績效指標                     |
| plant aging                       | 電廠老化                                           |
| plant life-extension              | (核能)電廠延役                                       |
| plant observation                 | 現場見習                                           |
| plant performance                 | 電廠績效                                           |
| plant walkdown                    | 現場巡視，電廠巡視，現場履勘，電廠履勘                            |
| plant-specific                    | 電廠專屬的                                          |
| PMP                               | probable maximum precipitation 最大可能降雨量         |
| PORV                              | power operated relief valve 動力釋壓閥              |
| power coefficient                 | 功率係數                                           |
| power engine                      | 發電引擎                                           |
| power test                        | 功率試驗                                           |



---

|                                                                   |                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| power uprate                                                      | 功率提昇                                                                                                             |
| power vehicle (or power truck)                                    | 電源車                                                                                                              |
| PRA (= PSA)                                                       | probabilistic risk assessment 安全度評估                                                                              |
| practical activities                                              | 實際行動                                                                                                             |
| pre-job training                                                  | 職前訓練                                                                                                             |
| pre-operational test                                              | 試運轉測試                                                                                                            |
| press conference                                                  | 記者會                                                                                                              |
| preventive maintenance                                            | 預防保養，預防維護，預防性維修                                                                                                  |
| primary containment                                               | 一次圍阻體                                                                                                            |
| primary energy                                                    | 初級能源                                                                                                             |
| priority to safety                                                | 安全第一，安全優先                                                                                                        |
| PRiSE                                                             | PRA Risk Significance Evaluation (a PRA model based Risk Significance Evaluation tool) (一種“評估風險重要性”之 PRA 電腦軟體程式) |
| Programs for Safety Reassessment                                  | 國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案，簡稱「核能電廠安全防護總體檢方案」或「核能電廠總體檢方案」                                                               |
| prolonged SBO                                                     | 長期電廠全黑，長時間電廠全黑                                                                                                   |
| prompt notification                                               | 立即通報                                                                                                             |
| proven technology                                                 | 成熟技術                                                                                                             |
| PRT                                                               | Peer Review Team 同行審查小組(管制機關用語)，同業評估小組(業界用語)                                                                     |
| PSA (= PRA)                                                       | probabilistic safety assessment 機率式安全度評估                                                                         |
| PSAR                                                              | preliminary safety analysis report 初期安全分析報告                                                                      |
| PSER                                                              | preliminary safety evaluation report 初期安全評估報告                                                                    |
| PSHA                                                              | probabilistic seismic hazard analysis 機率性地震災害分析                                                                  |
| PSR (= ISA)                                                       | periodic safety review (=原能會之 ISA) 定期安全評估                                                                        |
| PWR                                                               | pressurized water reactor 壓水式反應器                                                                                 |
| PWROG                                                             | PWR Owners' Group 壓水式反應器業主組織，壓水式核能電廠業主組織                                                                         |
| QA                                                                | quality assurance 品質保證                                                                                           |
| QA programs                                                       | quality assurance programs 品質保證方案                                                                                |
| Q&A                                                               | questions and answers 提問與回答                                                                                      |
| radiation protector                                               | 輻射防護員                                                                                                            |
| radiation safety certificate (or certificate of radiation safety) | 輻射安全證書                                                                                                           |
| radioactive effluent release                                      | 放射性外釋物排放                                                                                                         |

---

|                                       |                                                                         |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| radionuclides or radioactive nuclides | 放射性核種                                                                   |
| RAMP                                  | RAdition protection code analysis and Maintenance Program 輻射防護程式分析與維護計畫 |
| raw water reservoirs                  | 生水池                                                                     |
| RBCW                                  | Reactor Building Cooling Water 反應器廠房冷卻水系統                               |
| RBSW                                  | Reactor Building Service Water 反應器廠房廠用水系統，反應器廠房海水系統                     |
| RCCV                                  | reinforced concrete containment vessel 鋼筋混凝土圍阻體槽                        |
| RCIC                                  | reactor core isolation cooling system 反應器爐心隔離冷卻(水)系統 (BWR)              |
| RCMS                                  | reactor coolant makeup system 反應器補水系統                                   |
| RCP                                   | reactor coolant pump 反應器冷卻水泵                                            |
| RCP seal                              | 反應器冷卻水泵軸封                                                               |
| RCS                                   | reactor coolant system 反應器冷卻劑系統                                         |
| RDSS                                  | R&D Substitute Service 研發替代役                                            |
| reactivity                            | 反應度                                                                     |
| reactor building                      | 反應器廠房                                                                   |
| real-time                             | 即時的                                                                     |
| redundancy                            | 多重性，重複性                                                                 |
| refuelling                            | 填換燃料，燃料填換                                                               |
| regional topographical maps           | 區域地形圖                                                                   |
| regular inspection                    | 定期視察，例行視察                                                               |
| regulations                           | 法規，規範，規章，管制                                                             |
| regulators                            | 管制機關，管制單位，管制者                                                           |
| regulatory authority                  | 主管機關，管制機關                                                               |
| regulatory body                       | 管制機關，管制單位                                                               |
| Regulatory Guide                      | (USNRC 之)法規指引                                                           |
| reinforced concrete                   | 鋼筋混凝土                                                                   |
| renewable energy                      | 再生能源                                                                    |
| reportable event                      | 異常事件                                                                    |
| RER                                   | reportable event reports 異常事件報告                                         |
| re-racking                            | (用過燃料池)格架重新排列                                                           |
| rescue equipment                      | 救援設備                                                                    |
| resident inspections                  | 駐廠視察                                                                    |
| resident inspectors                   | 駐廠視察員                                                                   |
| residual heat (= decay heat)          | 餘熱                                                                      |

---

|                           |                                                                   |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| response measures         | 應變措施                                                              |
| review meeting            | 審查會議                                                              |
| RG                        | Regulatory Guide (美國核管會)法規指引                                      |
| RHR                       | residual heat removal 餘熱移除                                        |
| Richter scale             | 芮氏規模 (指地震)                                                        |
| risk-informed             | 風險告知                                                              |
| RLE                       | review level earthquake 評估基準地震，審查級地震                              |
| RM                        | review meeting 審查會議                                               |
| RMC                       | Radiation Monitoring Center (原能會)輻射偵測中心                           |
| RMDAC                     | Radiation Monitoring and Dose Assessment Center 核子事故輻射監測中心        |
| RNERC                     | Regional Nuclear Emergency Response Center 核子事故地方災害應變中心           |
| RO                        | reactor operator 反應器運轉員                                           |
| root cause analysis       | 肇因分析                                                              |
| ROP                       | reactor oversight process 反應器監管方案，(原能會)核安管制紅綠燈                    |
| RO/SRO examiner           | 反應器運轉人員主試員，主考官，考官                                                 |
| RPS                       | reactor protection system 反應器保護系統                                 |
| RPV                       | reactor pressure vessel 反應器壓力槽                                    |
| SAEA                      | site area emergency accident 廠區緊急事故                               |
| safety limits             | 安全限值                                                              |
| safety margin             | 安全餘裕                                                              |
| SAG                       | severe accident guidelines 嚴重事故(處理)指引                             |
| SAM                       | severe accident management 嚴重事故處理                                 |
| SAMGs                     | severe accident management guidelines 嚴重事故處理指引                    |
| SAMP                      | severe accident management procedures 嚴重事故處理程序書                   |
| SAT                       | systematic approach to training 系統化訓練策略，系統化訓練制度                   |
| SBO                       | station blackout 電廠全黑(事故)，廠區全黑(事故)                                |
| SC                        | 安全文化                                                              |
| SC implementation meeting | 安全文化推動會報                                                          |
| scram                     | 急停                                                                |
| SDP                       | significance determination process 重要性確立程序，重要性確立方法                |
| SDR                       | Special Drawing Rights (特別提款權)：又稱為「紙黃金」，是國際貨幣基金組織（IMF）於 1969 年進行第 |

---

|                               |                                                       |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------|
|                               | 一次國際貨幣基金協定修訂時創立的用於進行國際支付的特殊手段，1 SDR 約等於 50 元新台幣。      |
| seal injection                | 密封注水                                                  |
| secondary containment         | 二次圍阻體                                                 |
| secondary earthquake effects  | 地震衍生效應                                                |
| secondary substation          | 二次變電站                                                 |
| security program              | 保安計畫                                                  |
| seismic category I            | 耐震一級                                                  |
| seismic upgrading             | 耐震提昇                                                  |
| seismic walkdowns             | 地震現場履勘                                                |
| seismically isolated          | 隔震的                                                   |
| self-standing (= stand-alone) | 自我完整的                                                 |
| senior inspector              | 資深視察員                                                 |
| senior radiation protector    | 輻射防護師                                                 |
| SER                           | safety evaluation report 安全評估報告                       |
| SER                           | Significant Event Reports 重大事件報告(WANO)                |
| service air                   | 廠用空氣                                                  |
| service power                 | 廠用電力                                                  |
| set-point                     | 設定值                                                   |
| severe accident management    | 嚴重事故處理                                                |
| SFP                           | spent fuel pool 用過燃料池，用過燃料貯存池                         |
| SFPACS                        | SFP additional cooling system 用過燃料池額外冷卻系統，用過燃料池外加冷卻系統 |
| SFPCS                         | spent fuel pool cooling system 用過燃料池冷卻系統              |
| SG                            | steam generator 蒸汽產生器                                 |
| SG tubes                      | steam generator tubes 蒸汽產生器管                          |
| signal conditioning panel     | 信號比對盤                                                 |
| single-failure criterion      | 單一失效準則                                                |
| site-specific                 | 場址專屬的                                                 |
| siting                        | 選址，廠址選擇                                               |
| SL                            | shift leader 值班主任(負責一部機)                              |
| SM                            | shift manager 值班經理(負責兩部機)                             |
| SMA                           | seismic margin assessment 耐震餘裕評估                      |
| SMS                           | strong-motion seismometer 強震儀                         |
| SNF                           | spent nuclear fuel 用過核子燃料                             |
| SNF Final Disposal Program    | (台電)用過核子燃料最終處置計畫書 (簡稱最終處置計畫)                          |
| SNFD                          | spent nuclear fuel disposal 用過核子燃料最終處置                |

|                                                          |                                                                  |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| SNFD2009                                                 | (台電)我國用過核子燃料最終處置計畫 2009 年度報告                                     |
| SOER                                                     | significant operating experience reports (WANO) 重大運轉經驗報告         |
| Soil and Water Conservation Facility Completion Approval | 水土保持設施完工證明                                                       |
| solar power                                              | 太陽能發電                                                            |
| SOP                                                      | standard operating procedures 標準運轉程序書                            |
| SORC                                                     | Station Operation Review Committee 電廠運轉審查委員會(台電核能電廠)             |
| source term                                              | 輻射源項                                                             |
| SPDS                                                     | safety parameter display system 安全參數顯示系統                         |
| Special Rapporteur                                       | 特別報告編輯者                                                          |
| SPRA                                                     | seismic PRA 耐震安全度評估                                              |
| SPU                                                      | stretch power uprates 中幅度功率提昇                                    |
| SR                                                       | surveillance requirements 監測試驗要求，偵測試驗要求                          |
| SRM                                                      | (NRC) Staff Requirements Memorandum 幕僚要求備忘錄                      |
| SRO                                                      | senior reactor operator 反應器高級運轉員                                 |
| SRP                                                      | standard review plan 標準審查計畫                                      |
| SRV                                                      | safety relief valve 安全釋壓閥，安全釋放閥                                  |
| SSAR                                                     | standard safety analysis report 標準安全分析報告                         |
| SSCs                                                     | structures, systems and components 結構、系統與組件，結構物、系統與組件            |
| SSE                                                      | safe shutdown earthquake 安全停機地震(值)                               |
| SSHAC                                                    | Senior Seismic Hazard Analysis Committee 高階地震災害分析委員會，資深地震災害分析委員會 |
| SSI                                                      | soil-structure interaction 土壤與結構互制作用，土壤與結構間之交互作用                 |
| ST                                                       | stress tests 壓力測試                                                |
| stand-alone (= self-standing)                            | 自我完整的                                                            |
| STAR                                                     | ? 自我查證                                                           |
| startup power                                            | 起動電力，起動電源                                                        |
| startup test                                             | 起動測試                                                             |
| startup transformer                                      | 起動變壓器                                                            |
| steam dome                                               | 圓頂蒸汽空間                                                           |
| steam-driven (= turbine-driven)                          | 蒸汽帶動的，蒸汽驅動的<br>(=汽機驅動的，汽機帶動的)                                    |
| step-down transformer                                    | 降壓變壓器，減壓變壓器                                                      |

---

|                                                                         |                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| step-up transformer                                                     | 升壓變壓器，增壓變壓器                                                                 |
| stress tests                                                            | 壓力測試                                                                        |
| STS                                                                     | standard technical specification 標準型運轉技術規範                                  |
| stuck open                                                              | 卡開                                                                          |
| SUJB                                                                    | State Office for Nuclear Safety (捷克)核能安全國家辦公室                               |
| suppression pool                                                        | 抑壓池                                                                         |
| surveillance test                                                       | 監測試驗，偵測試驗                                                                   |
| SV                                                                      | safety valve 安全閥                                                            |
| SW                                                                      | service water 廠用水，廠用海水                                                      |
| swing EDG                                                               | 擺動式緊急柴油發電機，共用式緊急柴油發電機                                                       |
| switchyard                                                              | 開關場                                                                         |
| symptom-based                                                           | 以(電廠)徵兆為基準的，以(電廠)徵兆為基礎的                                                     |
| symptom-oriented                                                        | 以徵兆為導向的                                                                     |
| TAF                                                                     | Taiwan Accreditation Foundation 財團法人全國認證基金會                                 |
| Taiwan-Japan Nuclear Safety Seminar                                     | 台日核能安全研討會                                                                   |
| task force                                                              | 專案小組                                                                        |
| TDAFP (or TDAFWP)                                                       | turbine-driven auxiliary feedwater pump 汽機帶動輔助飼水泵，汽機驅動的輔助飼水泵                |
| TECRO                                                                   | Taipei Economic and Cultural Representative Office in the U.S. 駐美國台北經濟文化代表處 |
| TECRO-AIT Joint Standing Committee meeting on civil nuclear cooperation | 台美民用核能合作聯合常設委員會會議，簡稱台美民用核能合作會議                                              |
| tectonic features                                                       | 板塊構造特點                                                                      |
| TG                                                                      | turbine generator 汽輪發電機，渦輪發電機，汽機                                            |
| tie-breaker                                                             | (連線上的)電流斷路器                                                                 |
| Tier 1 recommendation                                                   | 第一階段建議事項                                                                    |
| TIRM                                                                    | Taipower Integrated Risk Monitor 「核能電廠整體風險評估與管理系統」電腦軟體程式                    |
| TLAA                                                                    | time-limited aging analysis 時限老化評估                                          |
| TLD                                                                     | thermo-luminescent dosimeter 熱發光劑量計                                         |
| TMI-2                                                                   | Three Mile Island-2 (美國)三哩島核能電廠 2 號機                                        |
| TPC                                                                     | Taiwan Power Company 台灣電力公司，台電公司                                            |
| transmission lines                                                      | 傳輸線路                                                                        |
| trip                                                                    | 跳脫，跳機                                                                       |
| TRM                                                                     | technical requirement manual 技術需求手冊，技術手冊                                    |
| TS                                                                      | technical specification 運轉技術規範                                              |

---

|                                            |                                                                                      |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| TSC                                        | Technical Support Center 技術支援中心                                                      |
| TSC building                               | Technical Support Center building 技術支援中心大樓                                           |
| TSM                                        | technical support missions 技術支援任務                                                    |
| tsunami height                             | 海嘯溯上高度                                                                               |
| tsunami runup (or tsunami runup height)    | 海嘯溯上高度                                                                               |
| tsunami wall                               | 海嘯牆，防海嘯牆，抗海嘯牆                                                                        |
| turbine-driven (= steam-driven)            | 汽機(或渦輪機)帶動的，汽機驅動的 (= 蒸汽帶動的，蒸汽驅動的)                                                    |
| UAT                                        | unit auxiliary transformer 機組輔助變壓器                                                   |
| UCF                                        | unit capacity factor 機組容量因數                                                          |
| UFM                                        | ultrasonic flowmeter 超音波流量計                                                          |
| UHS                                        | ultimate heat sink 終極熱沉                                                              |
| UPS                                        | uninterruptible power supply (system) 不斷電系統                                          |
| URG                                        | ultimate response guidelines 核能電廠機組斷然處置程序指引，簡稱“斷然處置程序指引”                             |
| USDOE/NNSA                                 | National Nuclear Security Administration of the US Department of Energy 美國能源部國家核子保安局 |
| USNRC                                      | U.S. Nuclear Regulatory Commission 美國核能管制委員會，簡稱美國核管會                                 |
| VAC                                        | volt alternating current (交流電)伏特，伏特交流電壓                                              |
| V&V                                        | verification and validation 查證與確認                                                    |
| VCC                                        | vertical concrete cask 直立式混凝土護箱                                                      |
| VDC                                        | volt direct-current (直流電)伏特，伏特直流電壓                                                   |
| VDNS                                       | Vienna Declaration on Nuclear Safety 維也納核能安全宣言                                       |
| volcanic PRA (= volcanic PSA)              | 火山機率式安全度評估                                                                           |
| <u>W</u>                                   | Westinghouse Electric Company 美國西屋電氣公司 (簡稱西屋公司)                                      |
| walkdown                                   | 現場履勘，履勘，現場巡視                                                                         |
| walkdown inspections                       | (原能會)現場履勘視察，(台電)現場履勘巡視                                                               |
| WANO                                       | World Association of Nuclear Operators 世界核能發電協會                                      |
| WANO-TC                                    | World Association of Nuclear Operators – Tokyo Center 世界核能發電協會東京中心                   |
| weighted CF                                | weighted capacity factor 加權容量因數                                                      |
| Westinghouse Electric Company ( <u>W</u> ) | 美國西屋電氣公司 (簡稱西屋公司)                                                                    |
| wind power                                 | 風力發電                                                                                 |

---

|              |                                               |
|--------------|-----------------------------------------------|
| WMS          | weak-motion seismometer 弱震儀                   |
| WOG          | Westinghouse Owners' Group 西屋公司業主組織           |
| written test | 筆試                                            |
| working air  | 工作氣體                                          |
| WRNM         | wide-range neutron monitoring system 寬幅中子偵測系統 |
| WTB          | Westinghouse technical bulletins 西屋公司技術公報     |

---



## 附件 B 感謝辭

在下列單位協助下，本報告由原子能委員會和核能研究所共同完成：

|              |               |
|--------------|---------------|
| 金山核能電廠(核一廠)  | 原能會綜合計畫處      |
| 國聖核能電廠(核二廠)  | 原能會核能管制處      |
| 馬鞍山核能電廠(核三廠) | 原能會輻射防護處      |
| 龍門核能電廠(核四廠)  | 原能會核能技術處      |
| 台電核能發電處      | 原能會核能研究所      |
| 台電核能安全處      | 原能會放射性物料管理局   |
| 台電核能技術處      | 原能會輻射偵測中心     |
| 台電核能後端營運處    | 原能會核能管制技術支援中心 |
|              | 核能科技協進會       |

本報告主要參與者：楊昭義(主編)、李堅雄(編撰)、陳渙東(編撰)、  
陳勝裕(計畫協調)、廖俐毅(顧問)、周 鼎(顧問)、  
莊長富(計畫協調)、及  
原能會與核研所許多其他技術專業人員

沒有下列人員之協助，本報告將難以順利完成：

楊慶威、羅龍珠、孫筱玲

## 附錄一 國內核能電廠重要特性數據

### (1) 金山核能電廠重要特性數據

| 項 目                                                                                                       | 1 號機與 2 號機                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| <b>熱流設計</b>                                                                                               |                                    |
| 額定熱功率, MWt                                                                                                | 1,840                              |
| 設置電功率, MWe                                                                                                | 636                                |
| <b>反應器冷卻劑系統:</b><br>系統壓力 [圓頂蒸汽空間(steam dome)正常壓力],<br>psia<br>爐心冷卻劑流量, lb/hr                              | 1,020<br><br>53 x 10 <sup>6</sup>  |
| 蒸汽流量, lb/hr                                                                                               | 7.693 x 10 <sup>6</sup>            |
| 飼水流量, lb/hr                                                                                               | 7.670 x 10 <sup>6</sup>            |
| 飼水溫度, °F                                                                                                  | 420                                |
| <b>熱傳:</b> 最大熱輸出, kW/ft<br>平均熱輸出, kW/ft<br>最大熱通率, Btu/hr-ft <sup>2</sup><br>平均熱通率, Btu/hr-ft <sup>2</sup> | 13.4<br>4.04<br>441,400<br>133,200 |
| 最小臨界功率比 (MCPR)                                                                                            | ≥ 1.32                             |
| <b>核子設計</b>                                                                                               |                                    |
| 平均燃料濃縮度 (第一個爐心), w/o<br>燃料再填換 (Reload Cycle)                                                              | 1.90<br>4.0                        |
| H <sub>2</sub> O/UO <sub>2</sub> 體積比 (冷爐時)                                                                | 2.59                               |
| <b>爐心機械設計</b>                                                                                             |                                    |
| 爐心等效直徑, in.                                                                                               | 136.8                              |
| 爐心高度(有效燃料長度), in.                                                                                         | 全長度燃料棒: 149.45<br>部分長度燃料棒: 90      |
| <b>燃料組件(初始爐心):</b><br>爐心內燃料組件數目<br>燃料棒排列方式<br>燃料組件全長, in.                                                 | 408<br>10 x 10<br>176.39           |
| <b>燃料棒:</b><br>每束燃料組件內之燃料棒數目<br>外徑, in.<br>徑向間隙(燃料丸至護套之間), in.<br>燃料護套厚度, in.                             | 91<br>0.3957<br>0.0067<br>0.02385  |

|                                                                                                                    |                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 燃料護套材料                                                                                                             | 鉛-2 合金                                             |
| <b>燃料丸:</b><br>材料<br>密度, 理論值之百分比 (%)<br>直徑, in.<br>長度, in.                                                         | 二氧化鈾 (UO <sub>2</sub> )<br>95.85<br>0.3413<br>0.41 |
| <b>燃料匣(fuel channel):</b><br>材料<br>全長, in.<br>厚度, in.<br>橫切面尺寸, inch x inch                                        | 鉛-4 合金<br>166.91<br>0.08<br>5.438 x 5.438          |
| <b>控制棒組件 (CRA):</b><br>形狀<br>中子吸收劑材料<br>護套材料<br>爐心內控制棒組件總數                                                         | 十字型<br>B <sub>4</sub> C 及 Hf<br>不銹鋼<br>97          |
| <b>圍阻體</b>                                                                                                         |                                                    |
| 式樣                                                                                                                 | 馬克一型，鋼製乾井及抑壓池                                      |
| 洩漏率, % vol/day                                                                                                     | 0.5                                                |
| <b>乾井:</b><br>建物<br>內部設計溫度, °F<br>最大內部壓低, psig<br>總體自由(空氣)空間, ft <sup>3</sup>                                      | 燈泡狀鋼製壓力槽<br>340<br>56<br>130,000                   |
| <b>抑壓池:</b><br>建物<br>內部設計溫度, °F<br>內部設計壓力, psig<br>水體積(高水位時), ft <sup>3</sup><br>全部自由(空氣)空間(高水位時), ft <sup>3</sup> | 輪胎形鋼製壓力槽<br>340<br>56<br>71,658<br>101,342         |
| <b>設計基準地震</b>                                                                                                      |                                                    |
| 安全停機地震                                                                                                             | 0.30 g (PGA)                                       |
| 運轉基準地震                                                                                                             | 0.15 g (PGA)                                       |

## (2) 國聖核能電廠重要特性數據

| 項 目                                                                                                       | 1 號機與 2 號機                                                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| <b>熱流設計</b>                                                                                               |                                                                 |
| 額定熱功率, MWt                                                                                                | 2,943                                                           |
| 設置電功率, MWe                                                                                                | 985                                                             |
| <b>反應器冷卻劑系統:</b><br>系統壓力 [圓頂蒸汽空間(steam dome)正常壓力],<br>psia<br>爐心冷卻劑流量, lb/hr                              | 1,040<br><br>84.5 x 10 <sup>6</sup>                             |
| 蒸汽流量, lb/hr                                                                                               | 12.734 x 10 <sup>6</sup>                                        |
| 飼水流量, lb/hr                                                                                               | 12.831 x 10 <sup>6</sup>                                        |
| 飼水溫度, °F                                                                                                  | 424.14                                                          |
| <b>熱傳:</b> 最大熱輸出, kW/ft<br>平均熱輸出, kW/ft<br>最大熱通率, Btu/hr-ft <sup>2</sup><br>平均熱通率, Btu/hr-ft <sup>2</sup> | 13.4<br>4.3<br>0.50 x 10 <sup>6</sup><br>0.16 x 10 <sup>6</sup> |
| 最小臨界功率比 (MCPR)                                                                                            | 1.20                                                            |
| <b>核子設計</b>                                                                                               |                                                                 |
| 平均燃料濃縮度 (第一個爐心), w/o<br>燃料再填換                                                                             | 1.88<br>4.0                                                     |
| H <sub>2</sub> O/UO <sub>2</sub> 體積比 (冷爐時)                                                                | 2.70                                                            |
| <b>爐心機械設計</b>                                                                                             |                                                                 |
| 爐心等效直徑, in.                                                                                               | 160.2                                                           |
| 爐心高度(有效燃料長度), in.                                                                                         | 150                                                             |
| <b>燃料組件(初始爐心):</b><br>爐心內燃料組件數目<br>燃料棒排列方式<br>燃料組件全長, in.                                                 | 624<br>10 x 10<br>176                                           |
| <b>燃料棒:</b><br>每束燃料組件內之燃料棒數目<br>外徑, in.<br>徑向間隙(燃料丸至護套之間), in.<br>燃料護套厚度, in.<br>燃料護套材料                   | 91<br>0.396<br>0.0067<br>0.0238<br>鉛-2 合金                       |

|                                                                                  |                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>燃料丸:</b><br>材料<br>密度, 理論值之百分比 (%)<br>直徑, in.<br>長度, in.                       | 二氧化鈾(UO <sub>2</sub> )<br>95.85<br>0.3413<br>0.413             |
| <b>燃料匣(Fuel Channel):</b><br>材料<br>全長, in.<br>厚度, in.<br>橫切面尺寸, inch x inch      | 鉛-4 或鉛-2 合金<br>166.9<br>0.067/0.114<br>5.278 x 5.278           |
| <b>控制棒組件 (CRA):</b><br>形狀<br>中子吸收劑材料<br>護套材料<br>爐心內控制棒組件總數                       | 十字型<br>B <sub>4</sub> C 及 Hf<br>不銹鋼<br>145                     |
| <b>圍阻體</b>                                                                       |                                                                |
| 式樣                                                                               | 馬克三型，具有由抑壓反應器廠房圍住之乾井及抑壓池的鋼筋混凝土圍阻體                              |
| 洩漏率, % vol/day                                                                   | 0.45                                                           |
| 反應器廠房建物                                                                          | 具有半球形頂蓋與鋼板襯裡的鋼筋混凝土建築物                                          |
| 內部設計溫度, °F                                                                       | 200                                                            |
| 設計壓力, psig                                                                       | 15                                                             |
| 總體自由(空氣)空間, ft <sup>3</sup>                                                      | 1.43 x 10 <sup>6</sup>                                         |
| <b>乾井:</b><br>建物<br><br>內部設計溫度, °F<br>設計壓力, psig<br>全體自由(空氣)空間, ft <sup>3</sup>  | 無襯裡的鋼筋混凝土建物；基本上為圓柱體；<br>鋼製頂蓋<br>330<br>+27.5, -21.7<br>238,000 |
| <b>抑壓池:</b><br>建物<br><br>內部設計溫度, °F<br>設計壓力, psig<br>水體積 (高水位時), ft <sup>3</sup> | 鋼筋混凝土建物，有鋼板襯裡之環狀水池<br>200<br>15<br>113,950                     |

|        |              |
|--------|--------------|
| 設計基準地震 |              |
| 安全停機地震 | 0.40 g (PGA) |
| 運轉基準地震 | 0.20 g (PGA) |

### (3) 馬鞍山核能電廠重要特性數據

| 項 目                                             | 1 號機與 2 號機              |
|-------------------------------------------------|-------------------------|
| <b>熱流設計</b>                                     |                         |
| 反應器爐心熱功率, MWt                                   | 2,822                   |
| 設置電功率, MWe                                      | 951                     |
| <b>反應器冷卻劑系統:</b>                                |                         |
| 系統壓力(正常設計值), psia                               | 2,280                   |
| 系統壓力(最低穩態值), psia                               | 2,220                   |
| 系統壓力(正常運轉值), psia                               | 2,250                   |
| 冷卻劑入口溫度(正常值), °F                                | 554.2                   |
| 反應器壓力槽入口溫度, °F                                  | 554.2                   |
| 反應器壓力槽出口溫度, °F                                  | 621.4                   |
| 全部反應器冷卻劑流量, gpm                                 | 277,800                 |
| <b>蒸汽產生器:</b>                                   |                         |
| 飼水溫度, °F                                        | 442.6                   |
| 蒸汽產生器之蒸汽出口溫度, °F                                | 537.2                   |
| 蒸汽壓力, psia                                      | 979                     |
| 全部蒸汽流量, lb/hr                                   | 12.55 x 10 <sup>6</sup> |
| <b>熱傳:</b> 最大熱輸出, kW/ft                         | 13.4                    |
| 平均熱輸出 Average Thermal Output, kW/ft             | 5.53                    |
| 最大熱通率 Maximum Heat Flux, Btu/hr-ft <sup>2</sup> | 505,089                 |
| 平均熱通率 Average Heat Flux, Btu/hr-ft <sup>2</sup> | 201,130                 |
| <b>最小偏離核沸騰比(minimum DNBR) (設計用):</b>            |                         |
| 典型水流通道暫態                                        | ≥ 1.23                  |
| 套管水流通道 (thimble flow channel)                   | ≥ 1.22                  |
| <b>核子設計</b>                                     |                         |
| <b>燃料濃縮度(第一個爐心), w/o:</b>                       |                         |
| 第 1 區                                           | 1.6                     |
| 第 2 區                                           | 2.4                     |
| 第 3 區                                           | 3.1                     |
| 燃料再填換                                           | 4.60 & 4.95             |

|                                                                                      |                                                 |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| H <sub>2</sub> O/U 分子比例 (冷爐時)                                                        | 2.73                                            |
| <b>爐心機械設計</b>                                                                        |                                                 |
| 爐心等效直徑, in.                                                                          | 119.7                                           |
| 爐心高度 (有效燃料長度), in.                                                                   | 144                                             |
| 爐心桶: 內徑, in.<br>外徑, in.                                                              | 133.85<br>137.875                               |
| 熱屏蔽                                                                                  | 中子屏蔽墊塊設計                                        |
| <b>燃料組件:</b><br>爐心內燃料組件數目<br>燃料棒排列方式<br>每束燃料組件內之燃料棒數目                                | 157<br>17 x 17<br>264                           |
| <b>燃料棒:</b><br>外徑, in.<br>徑向間隙(燃料丸至護套之間), in.<br>護套厚度, in.<br>護套材料                   | 0.360<br>0.0062<br>0.0225<br>zirlo 合金           |
| <b>燃料丸:</b><br>材料<br>密度, 理論值之百分比 (%)<br>直徑, in.<br>長度, in.                           | 二氧化鈾(UO <sub>2</sub> )<br>95<br>0.3088<br>0.507 |
| <b>控制棒組件:</b><br>形狀<br>中子吸收劑材料<br>護套材料<br>護套厚度, in.<br>爐心內控制棒組件總數<br>每束控制棒組件內之吸收劑棒根數 | 爪型<br>銀-鈾-鎳合金<br>304 不銹鋼<br>0.0185<br>52<br>24  |
| <b>圍阻體</b>                                                                           |                                                 |
| 式樣                                                                                   | 有鋼板內襯的預力及後張力且具有半球形圓頂之鋼筋混凝土圓柱體                   |
| 洩漏率, 每天洩漏體積百分比 (% vol/day)                                                           | 0.1 (24 小時內), 0.05 (24 小時後)                     |
| 內部設計壓力, psig                                                                         | 60                                              |
| 總體自由(空氣)空間, ft <sup>3</sup>                                                          | 2.0 x 10 <sup>6</sup>                           |
| 直徑, ft                                                                               | 130                                             |

|        |              |
|--------|--------------|
| 高度, ft | 195          |
| 設計基準地震 |              |
| 安全停機地震 | 0.40 g (PGA) |
| 運轉基準地震 | 0.20 g (PGA) |

#### (4) 龍門核能電廠重要特性數據

| 項 目                                                                                                       | 1 號機與 2 號機                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>熱流設計</b>                                                                                               |                                      |
| 額定熱功率, MWt                                                                                                | 3,926                                |
| 設置電功率, MWe                                                                                                | 1,350                                |
| <b>反應器冷卻劑系統:</b><br>系統壓力 [圓頂蒸汽空間(steam dome)正常壓力],<br>psia<br>爐心冷卻劑流量, lb/hr                              | 1,040<br><br>115.1 x 10 <sup>6</sup> |
| 蒸汽流量 (at 420 °F, FW temp.), lb/hr                                                                         | 16.843 x 10 <sup>6</sup>             |
| 飼水流量, lb/hr                                                                                               | 16.807 x 10 <sup>6</sup>             |
| 飼水溫度, °F                                                                                                  | 420                                  |
| <b>熱傳:</b> 最大熱輸出, kW/ft<br>平均熱輸出, kW/ft<br>最大熱通率, Btu/hr-ft <sup>2</sup><br>平均熱通率, Btu/hr-ft <sup>2</sup> | 13.4<br>4.2<br>432,296<br>135,496    |
| 最小臨界功率比 (MCPR)                                                                                            | 1.35                                 |
| <b>核子設計</b>                                                                                               |                                      |
| 平均燃料濃縮度 (第一個爐心), w/o                                                                                      | 1.79                                 |
| H <sub>2</sub> O/UO <sub>2</sub> 體積比 (冷爐時)                                                                | 3.04                                 |
| <b>爐心機械設計</b>                                                                                             |                                      |
| 爐心等效直徑, in.                                                                                               | 203.3                                |
| 爐心高度(有效燃料長度), in.                                                                                         | 150                                  |
| <b>燃料組件(初始爐心):</b><br>爐心內燃料組件數目<br>燃料棒排列方式<br>燃料組件全長, in.                                                 | 872<br>10 x 10<br>176                |



|                                                                                                                                     |                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>燃料棒:</b><br>每束燃料組件內之燃料棒數目<br>外徑, in.<br>徑向間隙(燃料丸至護套之間), in.<br>燃料護套厚度, in.<br>燃料護套材料                                             | 92<br>0.404<br>0.007<br>0.026<br>鉛-2 合金              |
| <b>燃料丸:</b><br>材料<br>密度, 理論值之百分比 (%)<br>直徑, in.<br>長度, in.                                                                          | 二氧化鈾 (UO <sub>2</sub> )<br>97<br>0.345<br>0.35       |
| <b>燃料匣(Fuel Channel):</b><br>材料 Material<br>全長 Overall Length, in.<br>厚度:<br>角落(Corner), in.<br>壁面(Wall), in.<br>橫切面尺寸, inch x inch | 鉛-2 合金<br>176<br><br>0.120<br>0.075<br>5.278 x 5.278 |
| <b>控制棒組件 (CRA):</b><br>形狀<br>中子吸收劑材料<br>護套材料<br>爐心內控制棒組件總數                                                                          | 十字型<br>B <sub>4</sub> C and Hf<br>不銹鋼 SS<br>205      |
| <b>圍阻體</b>                                                                                                                          |                                                      |
| <b>一次圍阻體:</b>                                                                                                                       |                                                      |
| 式樣                                                                                                                                  | 超壓及負壓抑制型<br>(Over-and-Under Pressure Suppression)    |
| 建物                                                                                                                                  | 具有鋼內襯及鋼結構之鋼筋混凝土建物                                    |
| 乾井                                                                                                                                  | 混凝土圓柱體                                               |
| 抑壓室                                                                                                                                 | 混凝土圓柱體                                               |
| 圍阻體內部設計壓力, psig                                                                                                                     | 45                                                   |
| 乾井內部設計壓力, psig                                                                                                                      | 45                                                   |
| 乾井自由(空氣)空間, ft <sup>3</sup>                                                                                                         | 259,600                                              |

|                                     |                               |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| 抑壓室自由(空氣)空間 (高水位時), ft <sup>3</sup> | 210,000                       |
| 抑壓室水體積 (低水位時), ft <sup>3</sup>      | 126,400                       |
| 乾井設計溫度, °F                          | 340                           |
| 抑壓室設計壓力, psig                       | 30.5                          |
| 洩漏率, % free volume/day              | 0.5                           |
| <b>二次圍阻體:</b>                       |                               |
| 式樣                                  | 控制洩漏型<br>(Controlled Leakage) |
| 建物: 下層(Lower Levels)                | 鋼筋混凝土                         |
| 上層(Upper Levels)                    | 鋼筋混凝土                         |
| 屋頂                                  | 鋼筋混凝土                         |
| 設計基準地震                              |                               |
| 安全停機地震                              | 0.40 g (PGA)                  |
| 運轉基準地震                              | 0.20 g (PGA)                  |

## 附錄二 福島核子事故後我國新增管制要求與行政命令

由於台灣核能電廠所用反應器均是美國設計及製造，因此基於遵循原產國(country of origin)適用法律與規範(laws and regulations)原則下，國內將盡可能採行美國相關法律與規範。另外，參照從福島事故汲取的教訓，原能會要求台電公司採行日本與歐洲的優良實務(good practices)做法，以在“核子反應器設施管制法”(簡稱“核管法”)監督下，進一步強化其核能電廠的強固性(robustness)。

核子反應器設施管制法第 14 條規定：對於不合規定或有危害公眾健康與安全或環境生態之虞者，主管機關應令持照者(licensee)限期改善或採行其他必要措施；其情節重大、未於期限內改善或採行必要措施者，得命其停止現場作業、運轉，或廢止其執照或限載運轉。(參考文獻 Ann.1)

依據上述立法架構，原能會在 2011 年 3 月 11 日發生福島核子事故後，乃於 2012 年 11 月 5 日、2013 年 6 月 6 日和 2014 年 3 月 6 日分三批發布下列管制命令(regulatory orders)，要求台電公司加強核能安全 (參考文獻 Ann.2 ~ 6)：

### A. 2012年11月5日發布之法規命令

根據台灣核能電廠執行壓力測試(STs)結果和參考其他國家管制機關(other regulators)採行措施，原能會於 2012 年 11 月 5 日對台電公司發布下列管制命令，台電公司得提出替代方案送原能會核可：

#### 原能會核能管制處(DNR)發布之管制命令：

1. XX-JLD-10101\*：要求台電公司依據美國核管會近期專案小組報告之第一階段建議事項2.1「重新評估地震與水災危害」，實施地震危害的重新評估。
2. XX-JLD-10102：要求台電公司依據美國核管會近期專案小組報告之第一階段建議事項2.1「重新評估地震與水災危害」，實施水災危害的重新評估。
3. XX-JLD-10103：要求台電公司模擬地震與海嘯危害的機制及其導致的風險。
4. XX-JLD-10104：要求台電公司強化廠房建物水密性(water tightness)，或建海牆、擋牆並使其高度達現行持照基準以上再加6公尺(參考日本核能電廠採行對策及依美國核管會近期專案小組報告，採加高6公尺防護以處理原設計基準海嘯高度所伴隨較大不準確度的議題)。
5. XX-JLD-10105：要求台電公司依據美國核管會近期專案小組報告對於「執行地震與水災現場履勘」之第一階段建議事項2.3，實施地震、水災及其他外部事件危害的現場履勘。
6. XX-JLD-10106：要求台電公司依據美國核管會近期專案小組報告之第一階段建議事項4.1「電廠全黑管制措施」，採取行動以處理電廠全黑的議題。
7. XX-JLD-10107：要求台電公司每一核能機組於所有狀態下(即使停機時)，均

需維持有至少2部緊急柴油發電機可用。因此，當一機組停機且其有一緊急柴油發電機處於維修狀態，而共用緊急柴油發電機(swing EDG)依據此新管制要求被派用給此停機機組時，共用緊急柴油發電機供另一機組備用之能力將受到限制。

8. XX-JLD-10108：要求台電公司建立安全相關電池組24小時運轉能力，電池組容量之要求為至少在前8個小時不得採計來自卸去不必要負載所節省的電池容量，其後至24 小時得採計卸去不必要負載。
9. XX-JLD-10109：美國核管會管制導則1.155之要求中並未涵蓋地震與海嘯之影響。基於國內特殊環境，要求台電公司建立24小時電廠全黑之因應能力。
10. XX-JLD-10110：要求台電公司每座核能電廠增設位於高處的一台耐震等級氣冷式緊急柴油發電機，以處理電力系統深度防禦之特定議題。原能會接受提供共用緊急柴油發電機廠房水密性為此命令的替代方案。
11. XX-JLD-10111：要求台電公司參照歐洲核能安全管制者組織行動計畫之建議，設置替代終極熱沉(ultimate heat sink, UHS)。
12. XX-JLD-10112：要求台電公司依據美國核管會因應911 恐怖攻擊對策(B.5.b)，於廠區或鄰近廠區的地方備妥因應設施，以因應極端外部事件(參見美國核管會10 CFR 50.54(hh)(2))。
13. XX-JLD-10113：要求台電公司依據美國核管會近期專案小組報告第一階段建議事項4.2，實施10 CFR 50.54(hh)(2)處理雙機組廠外危害防護的對策。
14. XX-JLD-10114：要求台電公司依據美國核管會近期專案小組報告第一階段建議事項5.1(對BWR 馬克一型及馬克二型圍阻體強化可靠的排氣系統)，對馬克一型及進步型沸水式反應器圍阻體增置堅固可靠的排氣系統(reliable hardened vents)，且對所有不同型式圍阻體增置過濾系統。
15. XX-JLD-10115：要求台電公司依據美國核管會近期專案小組報告第一階段建議事項7.1，增置用過燃料池儀器。
16. XX-JLD-10116：要求台電公司依據美國核管會近期專案小組報告第一階段建議事項8，強化並整合廠內緊急應變能力相關之緊急運轉程序書(EOPs)、嚴重事故處理指引(SAMGs)及大範圍廠區受損救援指引(EDMGs)，並須納入精進後之「機組斷然處置程序指引」(URGs)與EOPs、SAMGs 及EDMGs整合之考量。
17. XX-JLD-10117：要求台電公司執行核能電廠之火山機率式安全度評估(volcanic PRA)，並研究火山爆發導致火山灰堆積(ash dispersion)的影響(行政院高階審查會議之意見)。
18. XX-JLD-10118：要求台電公司提昇重要電氣設備房間防火門(fire doors)之水密能力(water-tightness)(參考日本管制機關對核能電廠要求)。

19. XX-JLD-10119：要求台電公司考量台灣核能電廠特定議題及參照歐盟同行審查優良實務，提昇電廠消防隊(fire brigade)之建築的耐震能力以因應超越設計基準地震(BDBE)。
20. XX-JLD-10120：要求台電公司考量台灣核能電廠特定議題及參考日本管制機關對核能電廠建議，提昇核能電廠廠外電源(off-site power supplies)之可靠性。
21. XX-JLD-10121：要求台電公司考量台灣核能電廠特定議題及參考日本東京電力公司對核能電廠採行之對策，強化生水池(raw water reservoirs)耐震能力，並考量裝置不透水層(impermeable liners)。
22. XX-JLD-10122：要求台電公司參照歐盟歐洲核能安全管制者組織行動計畫之建議，安裝被動式自催化氫氣再結合器(passive autocatalytic recombiners, PARs)避免氫氣爆炸。
23. CS-JLD-101101：要求台電公司進行核一廠安全相關結構物、系統及組件(SSCs)強化之評估，然後將用來應對意外事故的特定結構物、系統及組件之執照設計基準安全停機地震值(licensing basis SSE)由0.3g提昇為0.4g (行政院命令)。
24. MS-JLD-101301：要求台電公司參照歐洲核能安全管制者組織行動計畫之建議，對核三廠進行PWR反應器冷卻水泵軸封(RCP seal)發生冷卻水洩漏之喪失冷卻水事故(LOCA)議題的處理。

**原能會核能技術處(DNT)發布之管制命令：**

1. HQ-JLD-1013001：要求台電公司更新「核能電廠緊急應變計畫區(EPZ)民眾輻射防護措施與規畫」，以因應根據從福島事故汲取教訓將緊急應變計畫區範圍從5公里擴增到8公里。
2. XX-JLD-1013002 與1013004：要求台電公司依據美國核管會近期專案小組報告第一階段建議事項9.3「緊急應變管制措施」，處理與緊急應變有關之人員配置(staffing)、通訊(communications)議題。
3. XX-JLD-10104(原能會核能技術處)：要求台電公司強化現有非耐震一級用於緊急應變的技術支援中心(TSC)之結構，以處理核能電廠特定之地震議題。
4. XX-JLD-1013003：要求台電公司參照日本已實施之實務及國際原子能總署提供之經驗回饋，考量興建隔震(seismically isolated)之技術支援中心建物(TSC building)。

**原能會放射性物料管理局(FCMA)發布之管制命令：**

1. RL-JLD-1012042：要求台電公司購買40部移動式偵測設備，具有自動資料傳輸能力，以強化4座核能電廠之輻射落塵及時監測能力。

2. RL-JLD-1012043：要求台電公司在核能電廠緊急應變計畫區內設置13處輻射監測站(radiation monitoring stations)，以建立輻射監測整備平台與強化輻射監測能力。
3. RL-JLD-1012044：要求台電公司購買4輛輻射偵測車輛(radiation detection vehicles)，以強化移動式輻射監測能力。

## **B. 2013年6月6日發布之法規命令**

根據經濟合作發展組織核能署(OECD/NEA)對台灣核能電廠之壓力測試進行同行審查結果(參考文獻 Ann.7)，原能會於 2013 年 6 月 6 日發布了下列管制命令：

### **原能會核能管制處(DNR)發布之管制命令：**

1. XX-JLD-10201：要求台電公司依據核能電廠附近(半徑8公里範圍內)山腳與恆春斷層新事證(new evidences)進行斷層位移(fault displacement)分析。
2. XX-JLD-10202：要求台電公司提供核能電廠現有地震後與海嘯後運轉程序之間的界面。
3. XX-JLD-10203：要求台電公司對核能電廠水災(flooding)與各種極端天然事件(extreme natural events)的組合進行系統性的評估。
4. XX-JLD-10204：要求台電公司以核能電廠的區域地形圖(regional topographical maps)檢討最大可能降雨量(probable maximum precipitation, PMP)。
5. HQ-JLD-10201：要求台電總公司布設(deploy)局部地震網(local seismic network)(北部與南部各一處)以獲取微地震(small earthquakes)資訊，俾可瞭解震央(epicenters)分布型式是否與於假想的板塊構造特點(tectonic features)有關聯性。

## **C. 2014年3月6日發布之法規命令**

根據歐盟執委會/歐洲核能安全管制者組織(EC/ENSREG)對台灣核能電廠之壓力測試進行同行審查結果(參考文獻 Ann.2)，原能會於 2014 年 3 月 6 日發布了下列管制命令(參考文獻 Ann.3 ~ 4)：

### **原能會核能管制處(DNR)發布之管制命令：**

1. XX-JLD-10301： 要求台電公司進行順向坡滑移(dip slope sliding)及山崩(landslides) (因地震、豪雨或兩者同時誘發)等個廠之危害評估，對可能威脅廠址之山坡須建立持續監視、早期預警之機制。
2. XX-JLD-10302： 要求台電公司地震後非耐震1級SSCs之檢查。
3. XX-JLD-10303： 要求台電公司評估備置閉路冷卻迴路(包括移動式熱交換

器及高壓替代注水設備)，及建立嚴重事故後降低污染水量的策略。

4. XX-JLD-10304\*\*: 要求台電公司採多樣化措施，以強化BWR機組對RPV降壓之能力。
5. XX-JLD-10305: 要求台電公司改善主控制室(MCR)及現場停機盤區域(local shutdown panel areas)在事故狀況下之適居性(habitability)。
6. XX-JLD-10306: 要求台電公司考量將各核能電廠模擬器納入雙機組事故之能力。
7. XX-JLD-10307: 要求台電公司改善電廠廠區內道路/橋樑及相關基礎設施之抗震能力，並且備置大型道路清理設備。

---

\* XX 代表「命令適用於台電所有 4 座核能電廠」；

CS, KS, MS, or LM 代表“命令分別僅適用於核一、核二、核三、或核四廠”；

HQ 代表「命令適用於台電總公司」；

RL 代表「命令適用於台電放射試驗室」；及

JLD 代表“Japan Lessons-learned project Directorate”。

\*\* 不適用於核三廠。

## 參考文獻(附錄二)

Ann.1 「核子反應器設施管制法」，原子能委員會，2003 年 1 月公布。

Ann.2 “EU Peer Review Report of the Taiwanese Stress Tests,” ENSREG, (November 2013).

Ann.3 原子能委員會核能管制處核三科 2015 年 09 月 01 日回覆待蒐資訊 A6-4：請提供「福島事故後，管制單位(原能會)新增或修正之管制措施或要求資訊(不包含 2012 年 11 月 5 日及 2013 年 6 月 6 日發佈之行政命令)」“”。

Ann.4 「列管運轉中核能電廠有關福島後管制案清單」(統計日期：2015年12月31日)，原子能委員會網站。

Ann.5 “Recommendations for Enhancing Reactor Safety in the 21st Century,” The Near Term Task Force Review of Insights from the Fukushima Dai-ichi Accident, USNRC, SECY-11-0093, (July 12, 2011).

Ann.6 “Staff Assessment and Prioritization of Near-Term Task Force (NTTF) Recommendations,” USNRC, SECY-11-0137, (December 15, 2011).

Ann.7 “Independent Peer Review Report of the Stress Tests Performed on the Operating Reactors in Chinese Taipei,” OECD/NEA, (April 23, 2013).

### 附錄三 核能安全公約國家報告中文版英文版章節對應及差異說明表

(中文版章節一欄中各章節後藍色括號中標示該章節對應的英文版章節)

(中文版章節一欄中各紅色標示的章節為額外補充或差異的部份)

| 中文版章節                                                                                                                                                                                         | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 差異說明                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 總論                                                                                                                                                                                            | <b>EXECUTIVE SUMMARY</b>                                                                                                                                                                                                                                                                          | 中文版 <b>新增第一段</b> ，說明中文版比英文版新增內容及差異的緣由。 |
| <b>第1章 引言(INTRODUCTION)</b><br>1.1 概述( <b>A</b> )<br>1.2 從福島事故經驗汲取教訓( <b>B</b> )<br>1.3 配合國際同行審查發現採行之措施( <b>C</b> )<br>1.4 第6屆CNS審查會議特別報告編輯者指出之挑戰( <b>D</b> )<br>1.5 維也納核能安全宣言三原則( <b>E</b> ) | <b>INTRODUCTION</b><br><br>A. General<br>B. Lessons Learned from the Fukushima Daiichi Accident<br>C. Adoption of Findings from Peer Review Missions<br>D. Challenges Identified by the Special Rapporteur at the 6th Review Meeting<br>E. Principles of the Vienna Declaration on Nuclear Safety | 無                                      |
| <b>第2章 國際原子能總署核能安全公約簡介</b><br>2.1 核能安全公約由來<br>2.2 簽約國義務                                                                                                                                       | 無                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 新增章節，增進民眾對國際原子能總署核能安全公約的了解。            |



| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 差異說明     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <p><b>第 3 章 現有核能電廠(ARTICLE 6)</b></p> <p>3.1 國內現有核能電廠(6.1)</p> <p>3.1.1 電廠場址、地面高度及海嘯溯上高度(6.1.1)</p> <p>3.1.2 核能機組特性、機組共用系統結構組件及功率提昇(6.1.2)</p> <p>3.1.3 運轉中核能電廠績效(6.1.3)</p> <p>3.1.4 核能電廠電力供應源(6.1.4)</p> <p>3.1.4.1 廠外電源(6.1.4.1)</p> <p>3.1.4.2 廠內備用電源 — 水冷式緊急柴油發電機(6.1.4.2)</p> <p>3.1.4.3 緊急備用電源 — 氣冷式擺動緊急柴油發電機與氣渦輪發電機(6.1.4.3)</p> <p>3.1.4.4 直流電源與移動式柴油發電機(6.1.4.4)</p> <p>3.1.4.5 福島事故後電力供應系統之加強(6.1.4.5)</p> <p>3.1.5 國內核能電廠現況(6.1.5)</p> <p>3.2 主要安全評估(6.2)</p> | <p><b>ARTICLE 6. EXISTING NUCLEAR INSTALLATIONS</b></p> <p>6.1 Nuclear Power Plants in Taiwan</p> <p>6.1.1 Plant Site, Ground Elevation and Tsunami Runup</p> <p>6.1.2 Nuclear Power Unit Characteristics, SSCs Shared and Power Upgrades</p> <p>6.1.3 Performance of the Operating NPPs</p> <p>6.1.4 Power Supply Sources of the NPPs</p> <p>6.1.4.1 Offsite Power</p> <p>6.1.4.2 Onsite Backup Power — Water-Cooled EDGs</p> <p>6.1.4.3 Emergency Backup Power — Air-Cooled Swing EDG and Gas turbines</p> <p>6.1.4.4 DC Power and Mobile Diesel Generators</p> <p>6.1.4.5 Enhancement of Power Supply Systems after Fukushima</p> <p>6.1.5 Status of Nuclear Installations in Taiwan</p> <p>6.2 Major Safety Assessments</p> | <p>無</p> |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 差異說明 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <p>3.2.1 台電公司之核能安全文化方案(6.2.1)</p> <p>3.2.2 提出報告之法規要求(6.2.2)</p> <p>3.2.3 管制機關之審查、視察與評估(6.2.3)</p> <p>3.2.3.1 建廠執照、初次裝填核子燃料許可及運轉執照之申請與核准(6.2.3.1)</p> <p>3.2.3.2 管制機關視察(6.2.3.2)</p> <p>3.2.3.3 核安管制紅綠燈(6.2.3.3)</p> <p>3.2.3.4 整體安全評估 (或定期安全評估)(6.2.3.4)</p> <p>3.2.3.5 福島事故後國內核能電廠總體檢(6.2.3.5)</p> <p>3.2.3.6 國際同行審查(6.2.3.6)</p> <p>3.3 安全提昇方案與做法(6.3)</p> <p>3.3.1 設計修改與設備變更之法規要求(6.3.1)</p> <p>3.3.2 強震自動急停系統(6.3.2)</p> <p>3.3.3 終期安全分析報告之更新(6.3.3)</p> <p>3.3.4 運轉技術規範之更新(6.3.4)</p> <p>3.3.5 國際合作(6.3.5)</p> | <p>6.2.1 Licensee's Nuclear Safety Culture Program</p> <p>6.2.2 Reporting Requirements</p> <p>6.2.3 Regulatory Reviews, Inspections and Assessments</p> <p>6.2.3.1 Application and Approval for the Construction or Operating License</p> <p>6.2.3.2 Regulatory Inspections</p> <p>6.2.3.3 Reactor Oversight Process</p> <p>6.2.3.4 Integrated Safety Assessment (Periodic Safety Review)</p> <p>6.2.3.5 Nuclear Safety Reassessments after Fukushima Accident</p> <p>6.2.3.6 International Peer Reviews</p> <p>6.3 Programs and Measures for Safety Upgrading</p> <p>6.3.1 Regulatory Requirements for Changes and Modifications</p> <p>6.3.2 Automatic Seismic Trip System</p> <p>6.3.3 Update of Final Safety Analysis Report</p> <p>6.3.4 Update of Technical Specifications</p> <p>6.3.5 International Cooperation</p> |      |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 差異說明 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <p>3.3.5.1 綜合性技術合作計畫(6.3.5.1)</p> <p>3.3.5.2 地震研究(6.3.5.2)</p> <p>3.3.6 安全度評估及其在風險告知上的應用(6.3.6)</p> <p>3.3.7 電廠改善措施方案(6.3.7)</p> <p>3.3.8 核能安全研究與發展方案(6.3.8)</p> <p>3.4 從福島事故汲取教訓後的國內核能電廠安全加強措施(6.4)</p> <p>3.4.1 國內核能電廠總體檢方案與歐盟壓力測試之實施(6.4.1)</p> <p>3.4.2 加強電廠安全之法規要求(6.4.2)</p> <p>3.4.3 台電公司之電廠安全加強措施(6.4.3)</p> <p>3.4.3.1 一般性(6.4.3.1)</p> <p>3.4.3.2 電廠電源之加強(6.4.3.2)</p> <p>3.4.3.3 冷卻水源與終極熱沉之加強(6.4.3.3)</p> <p>3.4.3.4 地震與海嘯/洪水安全之加強(6.4.3.4)</p> <p>3.4.3.5 機組斷然處置程序指引(URG)之發展(6.4.3.5)</p> | <p>6.3.5.1 General</p> <p>6.3.5.2 Seismic Study</p> <p>6.3.6 Probabilistic Risk Assessment (PRA) and Its Risk-Informed Application</p> <p>6.3.7 Corrective Action Program</p> <p>6.3.8 Research and Development Programs in Nuclear Safety</p> <p>6.4 Enhancement Actions after Lessons Learned from Fukushima</p> <p>6.4.1 Programs for Safety Reassessments and Stress Tests for NPPs in Taiwan</p> <p>6.4.2 Regulatory Requirements for Safety Enhancement</p> <p>6.4.3 Licensee's Enhancement Measures</p> <p>6.4.3.1 General..</p> <p>6.4.3.2 Electrical Power Supply Enhancement</p> <p>6.4.3.3 Cooling Water Supply and Ultimate Heat Sink Enhancement</p> <p>6.4.3.4 Seismic and Tsunami/Flooding Safety Enhancement</p> <p>6.4.3.5 Development of Ultimate Response Guidelines (URG)</p> |      |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 差異說明                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| <p><b>第 4 章 立法與核能管制架構(ARTICLE 7)</b></p> <p>4.1 我國之立法與核能管制架構(7.1)</p> <p>4.2 核能管制法律及法規命令(7.2)</p> <p>4.2.1 基本法律(7.2.1)</p> <p>4.2.2 施行細則(7.2.2)</p> <p>4.2.3 法規命令(7.2.3)</p> <p>4.3 法令之執行(7.3)</p> <p>4.4 法規命令之修正(7.4)</p> <p>4.4.1 涉及核子反應器設施管制法相關條例之規定(7.4.1)</p> <p>4.4.2 涉及游離輻射防護法相關條例之規定(7.4.2)</p> <p>4.4.3 涉及核子事故緊急應變法相關條例之規定(7.4.3)</p> <p>4.4.4 涉及核子損害賠償法相關條例之規定</p> <p>4.4.5 涉及放射性物料管理法相關條例之規定(7.4.4)</p> | <p><b>ARTICLE 7. LEGISLATIVE AND REGULATORY FRAMEWORK</b></p> <p>7.1 Legislative and Regulatory Framework in the ROC</p> <p>7.2 Nuclear Regulatory Laws, Regulations and Requirements</p> <p>7.2.1 Basic Laws</p> <p>7.2.2 Enforcement Rules</p> <p>7.2.3 Regulations</p> <p>7.3 Enforcement</p> <p>7.4 Amendment of Regulations</p> <p>7.4.1 Regulations Related to the Nuclear Reactor Facilities Regulation Act</p> <p>7.4.2 Regulations Related to the Ionizing Radiation Protection Act</p> <p>7.4.3 Regulations Related to the Nuclear Emergency Response Act</p> <p>7.4.4 Regulations Related to the Nuclear Materials and Radioactive Waste Management Act</p> | <p>新增 4.4.4 涉及核子損害賠償法相關條例之規定，反應現況，增進民眾的了解。</p> |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 差異說明                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <p><b>第 5 章 核能管制機關(ARTICLE 8)</b></p> <p>5.1 我國核能管制機關(8.1)</p> <p>5.1.1 管理權力(8.1.1)</p> <p>5.1.2 權限與責任(8.1.2)</p> <p>5.1.3 組織架構(8.1.3)</p> <p>5.1.3.1 原子能委員會(8.1.3.1)</p> <p>5.1.3.2 原子能委員會單位(8.1.3.2)</p> <p>5.1.3.3 附屬機構(8.1.3.3)</p> <p>5.1.3.4 諮詢委員會(8.1.3.4)</p> <p>5.1.4 財務與人力資源(8.1.4)</p> <p>5.1.4.1 財務資源(8.1.4.1;8.1.4.2;8.1.4.3)</p> <p>5.1.4.2 人力資源(8.1.4.4)</p> <p>5.1.5 原子能委員會與政府單位之業務關聯性(8.1.5)</p> | <p><b>ARTICLE 8. REGULATORY BODY</b></p> <p>8.1 Nuclear Regulatory Body</p> <p>8.1.1 Mandate</p> <p>8.1.2 Authority and Responsibilities</p> <p>8.1.3 Structure of the Regulatory Body</p> <p>8.1.3.1 Atomic Energy Council</p> <p>8.1.3.2 Offices of the Atomic Energy Council</p> <p>8.1.3.3 Affiliated Agencies</p> <p>8.1.3.4 Advisory Committees</p> <p>8.1.4 Financial and Human Resources of the Nuclear Regulatory Body</p> <p>8.1.4.1 Financial Resources</p> <p>8.1.4.2 Fees Collected from the Licensees</p> <p>8.1.4.3 Nuclear Emergency Response Fund</p> <p>8.1.4.4 Human Resources</p> <p>8.1.5 Position of the AEC in the Government</p> | <p>5.1.4.1 財務資源<br/>包含英文版<br/>8.1.4.1;8.1.4.2;8.1.4.3</p> |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                        | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 差異說明 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 5.1.5.1 行政院部會(8.1.5.1)<br>5.1.5.2 地方政府(8.1.5.2)<br>5.1.5.3 立法院(8.1.5.3)<br>5.2 核能管制機關與核能發展機構之功能區隔(8.2)                                                                                                                                       | 8.1.5.1 Executive Yuan<br>8.1.5.2 Local Counties<br>8.1.5.3 Legislative Yuan<br>8.2 Separation of Functions of the Regulatory Body from Those of Bodies Promoting Nuclear Energy                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |
| <b>第 6 章 核能電廠持照者責任(ARTICLE 9)</b><br><br>6.1 持照者對核能電廠安全之主要責任(9.1)<br><br>6.1.1 台電公司組織架構及其下放安全主要責任之機制(9.1.1)<br><br>6.1.2 持照者維持對社會大眾公開透明溝通之機制(9.1.2)<br><br>6.1.3 持照者確保擁有適當資源(包含技術、人力、財務)以處理事故與減輕事故後果之機制(9.1.3)<br><br>6.2 管制機關確保持照者履行其安全主要責任 | <b>ARTICLE 9. RESPONSIBILITY OF THE LICENSE HOLDER</b><br><br>9.1 Prime Responsibility of the License Holder for the Safety of Nuclear Installations<br>9.1.1 Organization of the Taiwan Power Company and Mechanism for the License Holder to Discharge Its Prime Responsibility for Safety<br>9.1.2 Mechanism for the License Holder to Maintain Open and Transparent Communication with the Public<br>9.1.3 Mechanism for the License Holder to Ensure Having Appropriate Resources (Technical, Human, Financial) for On-site Accident Management and Consequence Mitigation<br>9.2 Mechanism for the Regulatory Body to Ensure that the License Holder Will Meet Its Prime Responsibility for | 無    |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 差異說明                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 之機制(9.2)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Safety                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                            |
| <b>第 7 章 安全第一(ARTICLE 10)</b><br>7.1 安全第一的政策及要求(10.1)<br>7.1.1 核能安全政策(10.1.1)<br>7.1.2 核能安全承諾(10.1.2)<br>7.1.3 核能安全文化(10.1.3)<br>7.1.3.1 台電公司核能安全文化執行方案(10.1.3.1)<br>7.1.3.2 台電公司核能安全文化強化方案(10.1.3.2)<br>7.1.3.3 台電公司核能安全文化精進方案(10.1.3.3)<br>7.1.4 核能安全管理機關(10.1.4)<br>7.1.4.1 發照(10.1.4.1)<br>7.1.4.2 視察及強制執行(10.1.4.2)<br>7.1.4.3 核安管制紅綠燈(10.1.4.3)<br>7.1.5 獨立評估核能電廠安全(10.1.5)<br>7.1.5.1 INPO與WANO同業評估(10.1.5.1)<br>7.1.5.2 獨立同行審查壓力測試報告 | <b>ARTICLE 10. PRIORITY TO SAFETY</b><br>10.1 Overview of the Arrangements and Requirements to Prioritize Safety<br>10.1.1 Safety Policy<br>10.1.2 Commitment to Safety<br>10.1.3 Safety Culture<br>10.1.3.1 Safety Culture Implementation Plan<br>10.1.3.2 Safety Culture Reinforcement Plan<br>10.1.3.3 Safety Culture Advanced Plan<br>10.1.4 Regulatory Control<br>10.1.4.1 Licensing<br>10.1.4.2 Inspections and Enforcement<br>10.1.4.3 Reactor Oversight Process<br>10.1.5 Independent Safety Assessment<br>10.1.5.1 INPO and WANO Safety Review<br>10.1.5.2 Independent Review on Stress Test Reports | 中文版新增 <b>7.4 藉由國際合作增進核安管制技術</b><br>強化國際合作與交流增進民眾對國內核安管制的信心 |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 差異說明                                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>(10.1.5.2)</p> <p>7.2 安全相關之自發性活動與優良作業(10.2)</p> <p>7.3 增進核安管制資訊透明化做法(10.3)</p> <p>7.4 藉由國際合作增進核安管制技術</p>                                                                                                                                                                                                                            | <p>10.2 Voluntary Activities and Good Practices Related to Safety</p> <p>10.3 Measures to Enhance Transparency of Nuclear Safety Information</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                |
| <p><b>第 8 章 財務與人力資源(ARTICLE 11)</b></p> <p>8.1 財務資源(11.1)</p> <p>8.1.1 財務要求(11.1.1)</p> <p>8.1.2 執照持有者之財務資源(11.1.2)</p> <p>8.1.3 增進核能安全之資金支出(11.1.3)</p> <p>8.1.4 除役和放射性廢棄物管理之資金提供(11.1.4)</p> <p>8.1.5 核子事故衍生求償之財務保證方案(11.1.5)</p> <p>8.2 人力資源(11.2)</p> <p>8.2.1 人員資格、訓練與再訓練之要求(11.2.1)</p> <p>8.2.1.1 核能管制單位管制人員之訓練要求(11.2.1.1)</p> | <p><b>ARTICLE 11. FINANCIAL AND HUMAN RESOURCES</b></p> <p>11.1 Financial Resources</p> <p>11.1.1 Financial Requirements</p> <p>11.1.2 Financial Resources of the Licensee</p> <p>11.1.3 Financing of Safety Improvements</p> <p>11.1.4 Financial Provisions for Decommissioning and Radioactive Waste Management</p> <p>11.1.5 Financial Protection Program for Liability Claims Arising from Nuclear Accidents</p> <p>11.2 Human Resources</p> <p>11.2.1 Requirements for Personnel Qualification, Training and Retraining</p> <p>11.2.1.1 Training Requirements for Regulatory Staff</p> | <p>新增以下三種：</p> <p>8.2.1.1.2 輻射防護視察人員</p> <p>8.2.1.1.3 核子保安與緊急應變視察人員</p> <p>8.2.1.1.4 放射性物料管理視察人員</p> <p>使核能管制也包含輻防、核子保安與緊急應變、及放射性物料，更完整含蓋。</p> |



| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 差異說明 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <p>8.2.1.1.1 核能電廠視察人員</p> <p>8.2.1.1.2 輻射防護視察人員</p> <p>8.2.1.1.3 核子保安與緊急應變視察人員</p> <p>8.2.1.1.4 放射性物料管理視察人員</p> <p>8.2.1.2 核子反應器運轉人員之法規要求<br/>(11.2.1.2)</p> <p>8.2.1.2.1 值班反應器運轉人員之人數<br/>要求(11.2.1.2.1)</p> <p>8.2.1.2.2 核子反應器運轉人員之資格<br/>要求(11.2.1.2.2)</p> <p>8.2.1.3 輻射防護人員之法規要求<br/>(11.2.1.3)</p> <p>8.2.1.4 放射性廢棄物操作人員之法規要<br/>求(11.2.1.4)</p> <p>8.2.1.5 持照者對其員工之訓練與再訓練<br/>計畫(11.2.1.5)</p> <p>8.2.1.5.1 反應器運轉人員訓練(11.2.1.5.1)</p> <p>8.2.1.5.2 持照反應器運轉人員再訓練<br/>(11.2.1.5.2)</p> <p>8.2.1.5.3 持照反應器運轉人員再鑑定<br/>(11.2.1.5.3)</p> | <p>11.2.1.2 Regulatory Requirements for Nuclear Reactor<br/>Operators</p> <p>11.2.1.2.1 Requirements for the Number of ROs<br/>On-Duty</p> <p>11.2.1.2.2 Qualification Requirements for the ROs</p> <p>11.2.1.3 Regulatory Requirements for Radiation<br/>Protection Personnel</p> <p>11.2.1.4 Regulatory Requirements for Radioactive<br/>Waste Operators</p> <p>11.2.1.5 Licensee's Training and Retraining Programs<br/>for Its Employees</p> <p>11.2.1.5.1 Reactor Operators Training</p> <p>11.2.1.5.2 Licensed Reactor Operators Retraining<br/>Program</p> <p>11.2.1.5.3 Re-qualification of Licensed Reactor<br/>Operators</p> |      |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 差異說明 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <p>8.2.1.5.4 無證照電廠技術人員訓練(11.2.1.5.4)</p> <p>8.2.1.5.5 台電公司一般員工與承包商員工之訓練(11.2.1.5.5)</p> <p>8.2.1.5.6 電廠模擬器訓練中心(11.2.1.5.6)</p> <p>8.2.1.5.7 台電訓練所(11.2.1.5.7)</p> <p>8.2.2 持照者人力資源(11.2.2)</p> <p>8.2.2.1 台電公司人力(11.2.2.1)</p> <p>8.2.2.2 緊急時承包商可提供人力支援(11.2.2.2)</p> <p>8.2.2.3 處理嚴重事故時廠內外可提供人力支援(11.2.2.3)</p> <p>8.2.3 其他人力資源(11.2.3)</p> | <p>11.2.1.5.4 Training for Non-Licensed Plant Technical Staff</p> <p>11.2.1.5.5 Training for TPC's General Employees and Contractors' Personnel</p> <p>11.2.1.5.6 Plant Simulator Training Center</p> <p>11.2.1.5.7 The Taipower Institute of Training</p> <p>11.2.2 Human Resources of the Licensee</p> <p>11.2.2.1 Manpower of the Taiwan Power Company</p> <p>11.2.2.2 Supports from Contractors in Emergency</p> <p>11.2.2.3 On-site and Off-site Manpower Supports for Severe Accident Management</p> <p>11.2.3 Other Human Resources</p> |      |
| <p><b>第9章 人為因素(ARTICLE 12)</b></p> <p>9.1 核能安全的人為因素及管理體系(12.1)</p> <p>9.2 核能電廠設計時考量的人為因素及後續改善(12.2)</p> <p>9.3 預防、偵測及改正人為失誤做法(12.3)</p>                                                                                                                                                                                                      | <p><b>ARTICLE 12. HUMAN FACTOR</b></p> <p>12.1 Overview of Human Factors and Organizational Issues for the Safety of NPPs</p> <p>12.2 Human Factors in the Design of NPPs and Subsequent Modifications</p> <p>12.3 Methods to Prevent, Detect, and Correct Human Errors</p>                                                                                                                                                                                                                                                                    | 無    |

| 中文版章節                                                                                                                                                                           | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 差異說明 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 9.4 組織與管理議題(12.4)<br>9.5 管制機關與設施運轉者的角色(12.5)<br>9.5.1 管制機關(12.5.1)<br>9.5.2 設施運轉者(12.5.2)<br>9.6 汲取福島教訓(12.6)<br>9.6.1 強化核安組織管制與推動安全文化(12.6.1)<br>9.6.2 強化緊急應變人員訓練(12.6.2)      | 12.4 Managerial and Organizational Issues<br>12.5 Role of the Regulatory Body and the Facility Operator<br>12.5.1 Role of the Regulatory Body<br>12.5.2 Role of the Facility Operator<br>12.6 Fukushima Lessons Learned<br>12.6.1 Strengthening Nuclear Safety Organization and Culture<br>12.6.2 Routine Training in Response to Emergency Situations |      |
| <b>第 10 章 品質保證(ARTICLE 13)</b><br>10.1 品質保證方案(13.1)<br>10.2 品質保證方案之施行與評估(13.2)<br>10.3 構型管理(13.3)<br>10.3.1 構型管理的目的(13.3.1)<br>10.3.2 構型管理計畫(13.3.2)<br>10.3.3 構型管理設計文件(13.3.3) | <b>ARTICLE 13. QUALITY ASSURANCE</b><br>13.1 Quality Assurance Programs<br>13.2 Implementation and Assessment of Quality Assurance Programs<br>13.3 Configuration Management<br>13.3.1 Purpose of Configuration Management<br>13.3.2 Configuration Management Plan<br>13.3.3 Design Documents in Configuration Management                              | 無    |
| <b>第 11 章 安全評估與驗證(ARTICLE 14)</b>                                                                                                                                               | <b>ARTICLE 14. ASSESSMENT AND VERIFICATION OF</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 無    |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 差異說明 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <p>11.1 確保核能電廠整個壽命週期均執行安全評估(14.1)</p> <p>11.1.1 運轉前之安全評估(14.1.1)</p> <p>11.1.2 運轉階段之安全評估(14.1.2)</p> <p>11.1.3 設計變更之安全評估(14.1.3)</p> <p>11.1.4 核能電廠除役計畫(14.1.4)</p> <p>11.2 分析、監測、測試及視察等驗證工作(14.2)</p> <p>11.2.1 核能電廠視察(14.2.1)</p> <p>11.2.2 燃料填換安全分析(14.2.2)</p> <p>11.2.3 預防保養(14.2.3)</p> <p>11.2.4 其他運轉階段之安全分析(14.2.4)</p> <p>11.3 汲取福島教訓(14.3)</p> <p>11.3.1 核能電廠安全防護總體檢(14.3.1)</p> <p>11.3.2 壓力測試及獨立同行審查(14.3.2)</p> <p>11.3.3 原能會管制案(14.3.3)</p> <p>11.3.4 管制案執行現況(14.3.4)</p> | <p><b>SAFETY</b></p> <p>14.1 Ensuring Safety Assessment throughout Plant Life</p> <p>14.1.1 Safety Assessment before Operation Stage</p> <p>14.1.2 Safety Assessment at Operation Stage</p> <p>14.1.3 Design Changes</p> <p>14.1.4 Phase-out Plan of Nuclear Power Stations</p> <p>14.2 Verification by Analysis, Surveillance, Testing and Inspection</p> <p>14.2.1 Nuclear Power Plant Inspection</p> <p>14.2.2 Reload Safety Analysis</p> <p>14.2.3 Preventive Maintenance</p> <p>14.2.4 Other Safety Analysis at Operation Stage</p> <p>14.3 Fukushima Lessons Learned</p> <p>14.3.1 Comprehensive Safety Assessment of Nuclear Power Generation</p> <p>14.3.2 Stress Tests and Independent Peer Review</p> <p>14.3.3 Issuance of Regulatory Orders</p> <p>14.3.4 Status of Implementation</p> |      |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 差異說明     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| <p><b>第 12 章 輻射防護(ARTICLE 15)</b></p> <p>12.1 管制架構與輻射工作人員防護(15.1)</p> <p>12.1.1 輻射防護之法律、施行細則及法規命令(15.1.1)</p> <p>12.1.2 職業曝露之合理抑低(15.1.2)</p> <p>12.1.2.1 核能電廠設計與興建時職業曝露之合理抑低(15.1.2.1)</p> <p>12.1.2.2 輻射曝露管制標準(15.1.2.2)</p> <p>12.1.2.3 輻射工作之管理(15.1.2.3)</p> <p>12.1.2.4 降低職業輻射曝露(15.1.2.4)</p> <p>12.1.2.5 人員劑量評定及其驗證(15.1.2.5)</p> <p>12.1.2.6 輻射防護之訓練(15.1.2.6)</p> <p>12.1.3 加強管制的作為(15.1.3)</p> <p>12.1.3.1 游離輻射防護安全標準(15.1.3.1)</p> <p>12.1.3.2 建置及利用輻防管制系統(15.1.3.2)</p> <p>12.2 一般民眾之輻射曝露防護(15.2)</p> | <p><b>ARTICLE 15. RADIATION PROTECTION</b></p> <p>15.1 Regulatory Framework and Protection of Radiation Workers</p> <p>15.1.1 Laws, Enforcement Rules, and Regulations for Radiation Protection</p> <p>15.1.2 ALARA for Occupational Exposure</p> <p>15.1.2.1 Implementation of ALARA in the Design and Construction of Nuclear Power Plants</p> <p>15.1.2.2 Criteria for Radiation Exposure Control</p> <p>15.1.2.3 Management of Radiation Work</p> <p>15.1.2.4 Reduction of Occupational Radiation Exposure</p> <p>15.1.2.5 Personnel Dosimetry Service and Its Verification</p> <p>15.1.2.6 Radiation Protection Training</p> <p>15.1.3 Activities to Enhance the Regulatory Control</p> <p>15.1.3.1 Safety Standards for Protection against Ionizing Radiation</p> <p>15.1.3.2 Utilization of Radiation Protection Control System</p> <p>15.2 Protection of Radiation Exposure for Members of the</p> | <p>無</p> |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 差異說明 |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <p>12.2.1 放射性物質排放之劑量約束(15.2.1)</p> <p>12.2.2 核能電廠周圍民眾之劑量評估(15.2.2)</p> <p>12.2.3 台電公司之環境輻射監測(15.2.3)</p> <p>12.2.4 原子能委員會之環境輻射監測網(15.2.4)</p> <p>12.3 汲取福島教訓(15.3)</p> <p>12.3.1 核子事故後之輻射防護準則(15.3.1)</p> <p>12.3.2 再審視救援與支援能力(15.3.2)</p> <p>12.3.3 建立大眾與救援者劑量重建能力(15.3.3)</p> <p>12.3.4 強化環境輻射偵測實驗室之分析能力(15.3.4)</p> <p>12.3.5 原能會為減輕福島事故對台灣民眾衝擊而採行的輻射安全措施(15.3.5)</p> | <p>Public</p> <p>15.2.1 Dose Constraints on Radioactive Effluents</p> <p>15.2.2 Assessment of Radiation Doses to the Population around NPPs</p> <p>15.2.3 Environmental Radiation Monitoring by the Licensee</p> <p>15.2.4 Environmental Radiation Monitoring Network by the AEC</p> <p>15.3 Fukushima Lessons Learned</p> <p>15.3.1 Radiological Protection Guideline Following a Nuclear Accident</p> <p>15.3.2 Review the Rescue and Support Capability</p> <p>15.3.3 Establishment of Dose Reconstruction Capabilities for the Public and Rescuers</p> <p>15.3.4 Enhancing the Analysis Capability of Environmental Radiation Detection Laboratories</p> <p>15.3.5 Radiation Safety Measures Taken by AEC to Reduce the Impact of Fukushima Accident to the People in Taiwan</p> |      |
| 第 13 章 緊急應變整備(ARTICLE 16)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ARTICLE 16. EMERGENCY PREPAREDNESS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 無    |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 差異說明 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <p>13.1 廠內與廠外之緊急應變整備(16.1)</p> <p>13.1.1 法律及法規要求(16.1.1)</p> <p>13.1.1.1 各緊急應變組織之編組與任務(16.1.1.1)</p> <p>13.1.1.2 核能電廠經營者之緊急應變組織與任務(16.1.1.2)</p> <p>13.1.1.3 核子事故分類(16.1.1.3)</p> <p>13.1.1.4 緊急應變計畫區(16.1.1.4)</p> <p>13.1.2 規劃訓練與演習(16.1.2)</p> <p>13.1.2.1 核子事故緊急應變基本計畫與民眾防護計畫(16.1.2.1)</p> <p>13.1.2.2 核能電廠經營者緊急應變計畫(16.1.2.2)</p> <p>13.1.2.3 訓練及例行設備測試(16.1.2.3)</p> <p>13.1.3 核安監管中心(16.1.3)</p> <p>13.2 民眾之通報與防護(16.2)</p> <p>13.2.1 緊急應變之整備(16.2.1)</p> <p>13.2.2 核子事故應變演習(16.2.2)</p> <p>13.2.3 復原措施(16.2.3)</p> | <p>16.1 On-site and Off-site Emergency Preparedness</p> <p>16.1.1 Laws, Regulations and Requirements</p> <p>16.1.1.1 Emergency Response Organizations and Their Missions</p> <p>16.1.1.2 Emergency Response Organizations of the Licensee and Their Missions</p> <p>16.1.1.3 Categorizations of Nuclear Accidents</p> <p>16.1.1.4 Emergency Planning Zone</p> <p>16.1.2 Planning and Training</p> <p>16.1.2.1 Nuclear Accident Emergency Response Basic Plan and Nuclear Emergency Public Protection Plan</p> <p>16.1.2.2 Emergency Response Plan of the Nuclear Reactor Facility Licensee</p> <p>16.1.2.3 Training and Routine Equipment Testing</p> <p>16.1.3 Nuclear Safety Duty Center</p> <p>16.2 Notification and Protection of the Public</p> <p>16.2.1 Implementation of Emergency Preparedness</p> <p>16.2.2 Exercise</p> <p>16.2.3 Recovery Measures</p> |      |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                       | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 差異說明 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <p>13.2.4 核子損害賠償(16.2.4)</p> <p>13.3 配合國際體制及與鄰近國家關係(16.3)</p> <p>13.4 汲取福島教訓(16.4)</p> <p>13.4.1 複合式災害的緊急應變機制(16.4.1)</p> <p>13.4.2 緊急應變與整備(16.4.2)</p> <p>13.4.3 海域與空中輻射偵測(16.4.3)</p> <p>13.4.4 輻射量測計畫審查(16.4.4)</p> <p>13.4.5 預警式疏散及核子災害應變措施(16.4.5)</p> | <p>16.2.4 Compensation for Nuclear Damage</p> <p>16.3 International Framework and Relationship with Neighboring Countries</p> <p>16.4 Fukushima Lessons Learned</p> <p>16.4.1 Emergency Response Mechanism of Complex Disaster</p> <p>16.4.2 Emergency Response and Preparedness</p> <p>16.4.3 Marine and Airborne Radiation Monitoring</p> <p>16.4.4 Review of Radiation Detection Plan</p> <p>16.4.5 Precautionary Evacuation and Nuclear Disaster Response Measures</p> |      |
| <p><b>第 14 章 廠址選擇(ARTICLE 17)</b></p> <p>14.1 評估廠址相關因素(17.1)</p> <p>14.1.1 鄰近工業與軍事設施及交通(17.1.1)</p> <p>14.1.2 氣象(17.1.2)</p> <p>14.1.3 水文條件(17.1.3)</p> <p>14.1.4 地質與地震條件(17.1.4)</p> <p>14.1.5 核四廠興建計畫之選址經驗(17.1.5)</p>                                    | <p><b>ARTICLE 17. SITING</b></p> <p>17.1 Evaluation of Site-Related Factors</p> <p>17.1.1 Nearby Industrial and Military Facilities and Transportation</p> <p>17.1.2 Meteorology</p> <p>17.1.3 Hydrology</p> <p>17.1.4 Geology and Seismology</p> <p>17.1.5 Experience of Site Selection from the Lungmen</p>                                                                                                                                                              | 無    |



| 中文版章節                                                                                                                                                                                                             | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 差異說明                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 14.2 個人、社會與環境安全影響評估(17.2)<br>14.2.1 環境影響評估之管制要求(17.2.1)<br>14.2.2 輻射事故後果評估(17.2.2)<br>14.3 汲取福島教訓(17.3)                                                                                                           | Nuclear Project<br>17.2 Evaluation of Safety Impact on Individuals, Society, and the Environment<br>17.2.1 Regulatory Requirements for Environmental Impact Assessment<br>17.2.2 Evaluation of Radiological consequences<br>17.3 Reevaluation of Site-Related Factors after Fukushima Daiichi Accident                                                                                                                 |                                 |
| <b>第 15 章 設計與建造(ARTICLE 18)</b><br>15.1 防止放射性物質外洩(18.1)<br>15.1.1 執照申請程序與管制要求(18.1.1)<br>15.1.2 深度防禦概念之施行(18.1.2)<br>15.1.3 事故之預防與減輕(18.1.3)<br>15.2 採用成熟技術(18.2)<br>15.3 人為因素與人機介面之考量(18.3)<br>15.4 汲取福島教訓(18.4) | <b>ARTICLE 18. DESIGN AND CONSTRUCTION</b><br>18.1 Protection against the Release of Radioactive Materials<br>18.1.1 Licensing Process and Regulatory Requirements<br>18.1.2 Implementation of Defense-in-Depth Concept<br>18.1.3 Prevention and Mitigation of Accidents<br>18.2 Application of Proven Technologies<br>18.3 Consideration of Human Factors and Man-Machine Interface<br>18.4 Fukushima Lessons Learned | 無                               |
| <b>第 16 章 運轉(ARTICLE 19)</b>                                                                                                                                                                                      | <b>ARTICLE 19. OPERATION</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 中文版新增 <b>16.4.4</b><br>核能電廠事故處置 |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 差異說明                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 16.1 核能電廠運轉之初次核准(19.1)<br>16.2 運轉限制與條件(19.2)<br>16.3 按照核准的程序書執行運轉、維護、檢查和測試(19.3)<br>16.4 預期運轉暫態與事故之處理(19.4)<br><br>16.4.1 核能電廠運轉狀態分類(19.4.2)<br>16.4.2 暫態與事故處理(19.4.1)<br>16.4.3 機組斷然處置程序指引(URG) (19.4.2)<br>16.4.4 核能電廠事故處置流程<br>16.5 工程與技術支援(19.5)<br>16.6 重要安全相關事件陳報(19.6)<br>16.6.1 事件陳報之法規要求(19.6.1)<br>16.6.2 核能發電機組急停後再起動(19.6.2)<br>16.6.3 核能電廠異常事件和設備故障之評估 (19.6.3)<br><br>16.7 違規處罰(19.7) | 19.1 Initial Authorization to Operate a Nuclear Installation<br>19.2 Operational Limits and Conditions<br>19.3 Operation, Maintenance, Inspection, and Testing Conducted in Accordance with Approved procedures<br>19.4 Procedures for Responding to Anticipated Operational Occurrences (AOOs) and Accidents and the Ultimate Response Guidelines (URG)<br><br>19.4.1 Emergency Operating Procedures (EOPs)<br>19.4.2 Ultimate Response Guidelines (URG)<br><br>19.5 Engineering and Technical Support<br>19.6 Reporting of Incidents Significant to Safety<br>19.6.1 Regulatory Requirements for Reporting Incidents<br>19.6.2 Restart of a Nuclear Power Unit after Scram<br>19.6.3 Evaluation of the Abnormal Occurrence and Equipment Malfunctions of the Nuclear Power Plant<br><br>19.7 Penalty for Violations of Regulatory Requirements | <b>流程</b><br>增進民眾對國內處理核能電廠事故緊急應變的完備規劃與信心 |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 差異說明 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 16.7.1 核子設施違規(19.7.1)<br>16.7.2 反應器運轉人員違規(19.7.2)<br>16.8 運轉經驗回饋(19.8)<br>16.8.1 核能先進國管制資訊研析與國際核能發電運轉經驗回饋(19.8.1)<br>16.8.2 建立運轉維護經驗回饋制度(19.8.2)<br>16.8.3 從國內與國際運轉經驗及/或事件汲取教訓(19.8.3)<br>16.8.4 從緊急應變核安演練/演習汲取教訓(19.8.4)<br>16.9 放射性廢棄物管理(19.9)<br>16.9.1 低放射性廢棄物管理(19.9.1)<br>16.9.1.1 低放射性廢棄物之處理與貯存(19.9.1.1)<br>16.9.1.2 低放射性廢棄物之最終處置(19.9.1.2)<br>16.9.2 用過核子燃料管理(19.9.2)<br>16.9.2.1 用過核子燃料之廠內乾式貯存(19.9.2.1)<br>16.9.2.2 用過核子燃料之最終處置(19.9.2.2) | 19.7.1 Violations by the Nuclear Facilities<br>19.7.2 Violations by the Reactor Operators<br>19.8 Operating Experience Feedback<br>19.8.1 Regulatory Information Study and International Operating Experience Collections<br>19.8.2 Establishment of a System for the Feedback of Operating and Maintenance Experiences<br>19.8.3 Lessons Learned from Domestic and International Operating Experiences and/or Incidents<br>19.8.4 Lessons Learned from Emergency Drills/Exercise<br>19.9 Radioactive Waste Management<br>19.9.1 Low Level Waste Management<br>19.9.1.1 Low Level Waste Treatment and Storage<br>19.9.1.2 Low Level Waste Final Disposal<br>19.9.2 Spent Nuclear Fuel Management<br>19.9.2.1 Onsite Dry Storage of Spent Nuclear Fuel<br>19.9.2.2 Final Disposal of Spent Nuclear Fuel |      |

| 中文版章節                                                                                                                                                                                              | 英文版章節                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 差異說明                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 16.10 核能資訊透明化(19.10)                                                                                                                                                                               | 19.10 Transparency of Nuclear Information                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                  |
| 附件 A 縮寫字與特殊用語中英對照表<br>附件 B 感謝辭<br><br>附錄一 國內核能電廠重要特性數據<br><br>附錄二 福島核子事故後我國新增管制要求與行政命令<br>A. 2012年11月5日發布之法規命令<br>B. 2013年6月6日發布之法規命令<br>C. 2014年3月6日發布之法規命令<br><br>附錄三 核能安全公約國家報告中文版英文版章節對應及差異說明表 | <b>APPENDIX A ACRONYMS</b><br><b>APPENDIX B CONTRIBUTORS TO THE ROC' S NATIONAL REPORT</b><br><br><b>ANNEX 1 MAJOR TECHNICAL CHARACTERISTICS OF NPPS IN TAIWAN</b><br><br><b>ANNEX 2 REGULATORY REQUIREMENTS/ORDERS IN THE AFTERMATH OF FUKUSHIMA DAIICHI NUCLEAR ACCIDENT</b><br><br>A. Regulatory Orders Issued on November 5, 2012<br>B. Regulatory Orders Issued on June 6, 2013<br>C. Regulatory Orders Issued on March 6, 2014 | 中文版新增 <b>附錄三</b><br><b>核能安全公約國家報告中文版英文版</b><br><b>章節對應及差異說明表</b><br><br>方便讀者核對中文版與英文版的章節對應及差異了解。 |