

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109年10月

(此頁空白)

國際核能安全公約 中華民國國家報告

總 論

本中文版「國際核能安全公約中華民國國家報告」翻譯自英文版報告「The ROC National Report for the CNS (Sept. 2019)」，幫助國內讀者明瞭「核能安全公約」(Convention on Nuclear Safety, 以下簡稱 CNS)的來龍去脈，更易於了解國內維護核能安全的做法、努力與現況。依據國際原子能總署(IAEA)要求，本報告獨立完整，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。英文版與中文版均參照國外核能公約報告規範從第六章開始。其中英文版報告相關統計數據，因須送美國核管會互審，故依慣例統計至 2018 年底，中文版報告部分因完成時間較晚，相關統計數據原則上統計更新至 2019 年。

國際原子能總署於 1994 年 6 月 17 日採納了「核能安全公約」，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 2021 年 3 月 15 日止，CNS 共有 91 個簽約會員，包含 65 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所應盡到之做法與努力，並於每 3 年舉行之 CNS 審查會議中，與其他簽約國彼此互相審查。我國雖因非 CNS 簽約國，無緣參與此盛會，但不輕易錯過有助於提昇國內核能發電安全之機會。本報告係我國針對 CNS 具體要求 14 項應盡安全義務，自我檢視探討的最新版國家報告。

我國雖未參與簽署 CNS，但一向將核能民用的安全列為第一優先，任何國際活動只要有助於提倡核能安全，我國均樂於參與並履行相關義務。因此我國雖非 CNS 簽約國，仍願意比照簽約國，履行該公約相關章節的所有要求。本報告為 CNS 中華民國報告 2019 年更新版，依照我國與美國核能雙邊技術會議(Bilateral technical meeting)於 2017 年之共識，英文版則作為提供台美互審彼此 CNS 國家報告(Peer review)之用。本報告評估我國核電廠執行該公約安全要求的現況，藉以展現我國履行該公約第二篇(包括第 4 章及第 6 至 19 章)條列的義務。

我國擁有四座核能電廠(以下簡稱 NPP)，包含金山、國聖、馬鞍山及龍門核能電廠，其中有兩座電廠運轉，亦即國聖廠與馬鞍山廠；金山廠業已於 2019 年 7 月 16 日取得除役許可，龍門廠則於 2014 年 4 月 28 日宣布停工封存(2021 年註：龍門電廠已於 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)。依據各核電廠興建的時間順序，金山、國聖、馬鞍山與龍門等核電廠，在我國也依序分別慣稱為核一廠、核二廠、核三廠與核四廠。此四座電廠每一座均有兩部機組。鑒於核四廠目前之建廠執照已屆期失效，不得繼續興建作業，本報告主要針對核一、二、三廠之內容描述。

核一廠擁有 2 部奇異公司第 4 型沸水式反應器(BWR-4)，搭配 Mark I 型圍阻體。核二廠擁有 2 部奇異公司第 6 型沸水式反應器(BWR-6)，搭配 Mark III 型圍阻體。核

三廠擁有 2 部西屋公司三環路壓水式反應器(PWR)，搭配鋼襯預力後拉方式所建造之大型乾式圍阻體。核四廠則擁有 2 部奇異公司進步型沸水式反應器(advanced boiling water reactor)，搭配著與反應器廠房整合之圓柱鋼襯預力混凝土結構，亦即所謂的預力混凝土圍阻體容器。所有四座核能電廠之經營者均為台電公司。

原子能委員會(AEC，簡稱原能會)為國內核能與輻射安全相關事務及放射性物質的管制機關，目前屬部會層級，對行政院負責。

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。本報告說明原能會在管制要求與作業方面的具體事項，也說明核電廠持照者(台電公司)在核能安全運轉上的努力。2000 年代初期，我國已完成數項核能相關基本法律與法規之立法並付諸實施。原能會在 2016 至 2019 年間持續因應除役管制實務等需求，檢視修訂核能法規、規章與導則，強化我國在核能電廠運轉及除役之安全。

為使核能電廠運轉安全情況更透明化，2004 年原能會參考採用美國核管會(USNRC)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，確立電廠安全績效的視察與評估體系，除確保核電廠安全運轉外，也讓民眾更易了解目前各核能發電機組之安全狀態。

無論在建廠、運轉或除役期間，原能會均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、專家小組視察、不預警視察及其他必要之視察。

在核電廠商轉初期，核一廠係採用顧客型運轉技術規範(Custom Technical Specification, CTS)，核二廠與核三廠採用標準型運轉技術規範(Standard Technical Specification, STS)。2002 年 2 月核一廠首先改採用改良式運轉技術規範(Improved Technical Specification, ITS)以取代 CTS；核二廠及核三廠亦分別於 2008 年 1 月及 2004 年 9 月改採用 ITS。2018 年核一廠進入除役期間，則依其機組狀態特性，採用過渡性的技術規範，亦即燃料移出爐心前技術規範(Pre-Defuled Technical Specification, PDTs)。

為強化我國核能發電機組的穩健性，防止電廠電源喪失事故發生，國內核能電廠電力供應系統之設計均依據深度防禦(Defense-in-depth)概念，每部核能機組均備有數道防線以防止電源喪失。

為提供民眾核能與輻射的資訊，原能會透過臉書社群網站直接與民眾交流，分享核能安全與輻射防護基本知識。原能會也同時拜訪國內民間團體，從更寬廣的角度蒐集資訊。

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，負起保護民眾及減輕民眾影響之責。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，全國性的核安演習則每年選定一座運轉中核能電廠進行緊急應變計畫區之演習。透過此等緊急應變演練與核安演習所累積的經驗，國內已備有一套緊急應變與緊急應變整備的應變計畫，並持續更新與改進。

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)。接著於同年 8 月進行所有核能電廠的「壓力測試」，採用歐盟壓力測試規範。2012 年 8 月原能會發布「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，而正式版的「台灣核能電廠壓力測試國家報告」於 2013 年 5 月 28 日發布。原能會同時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 4 月 23 日及 2013 年 11 月 7 日完成。為了強化國內核能電廠運轉安全，原能會根據核能電廠總體檢以及壓力測試結果，向台電公司提出管制要求，台電公司得提出替代方案送原能會核可。

現行核能電廠異常運轉程序書(AOP)與緊急運轉程序書(EOP)所採用之概念係「以徵兆為基準」(Symptom-based)，適用於應付廠內事件。當發生類似福島核子事故之大範圍嚴重複合式廠外事件時，影響將及於全廠區，所要求的應變更為迫切，而以徵兆為基準的程序書就須加以精進。因此，在福島核子事故之後，台電公司每座核電廠均根據其個廠特性，發展出替代性的救援策略，亦即「斷然處置程序指引」(URG)。2018 年 4 月，原能會提出對「斷然處置程序指引」之安全評估報告，並針對需長時間精進且不影響現階段斷然處置執行之部分，原能會亦提出後續管制要求事項，包括台電公司應持續追蹤並將美國核管會福島事故經驗回饋之近期專案小組(Near Term Task Force, NTTF)第 4.2 項徵候導向有關 FLEX 策略之要求納入，並在執行 NTTF 第 8 項有關因應超過設計基準事故，須一併納入「斷然處置程序指引」做整合之考量。

2011 年為回應日本福島核能一廠事故，我國政府於 2011 年 11 月 3 日發布新的核能政策，首次表達運轉中核電廠不會延役。台電公司於 2013 年 12 月 31 日向原能會提出核四廠 1 號機初次燃料裝填申請，惟我國政府於 2014 年 4 月 28 日進一步宣布核四廠 1、2 號機封存，並將以公投決定未來運轉與否。基於上述理由，台電公司決定不再向原能會提出初次燃料裝填申請，核四廠於 2015 年 7 月 1 日進入為期三年的暫時封存；於 2016 年 11 月，台電公司再向原能會提出核四廠資產維護與管理計畫以取代原有的封存計畫，原能會於 2017 年 3 月審查同意。台電公司於後續的 2018 與 2019 年均更新該資產管理計畫。2018 年中起，台電公司亦開始分批將核四廠存放之新核子燃料運回美國。(2021 年註：龍門電廠建廠執照已於 2020 年 12 月 31 日屆期失效。)

2010 年 1 月，我國立法院三讀通過「行政院組織法修正」案，旨在使政府組織更精緻化，將現有二級部會數目由 37 減為 29。行政院依據此法案，於 2012 年啟動政府再造方案。該方案建議之政府架構裡，核能管制的權責單位不再是行政院(內閣)裡的二級部會，改為由「核能安全委員會」獨立三級機關負責。此外，該架構也建議原支援原能會執行核能管制事務技術的主要研發機構「核能研究所」(INER)轉換為行政法人「國家龍潭原子能科技研究院」，核能安全委員會改為該研究院之監督機關，於 2020 年將「核能安全委員會組織法」草案送行政院審查。

綜合上文，我國核能發電之運作，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，證明我國符合維也納核能安全宣言(VDNS)之原則，也顧及核能安

全公約(CNS)第 6 次審查會議所指明之挑戰，執行從福島事故所汲取的教訓。詳細資訊請參閱以下章節。

(此頁空白)

目 錄

頁次

總 論.....	i
引 言.....	1
A. 概述	1
B. 從福島事故經驗汲取教訓.....	5
C. 配合國際同行審查發現採行之措施.....	5
D 第 6 屆 CNS 審查會議特別報告員指出之挑戰.....	5
E. 維也納核能安全宣言三原則	6
F. 對應於 2016 年 CNS 國家報告之修改	7
第 6 章 現有核能電廠.....	19
6.1 國內現有核能電廠	19
6.1.1 電廠廠址、地面高度及海嘯溯上高度	19
6.1.2 核能機組特性、機組共用系統結構組件及功率提昇	23
6.1.3 運轉中核能電廠績效	25
6.1.4 核能電廠電力供應源	27
6.1.4.1 廠外電源	28
6.1.4.2 廠內備用電源 — 水冷式緊急柴油發電機	29
6.1.4.3 緊急備用電源 — 氣冷式共用(swing)緊急柴油發電機和氣渦輪發電機	31
6.1.4.4 直流電源和移動式柴油發電機	33
6.1.4.5 福島事故後電力供應系統之加強	36
6.1.5 國內核能電廠現況	40
6.2 主要安全評估	40
6.2.1 台電公司之核能安全文化方案	40
6.2.2 提出報告之要求	41
6.2.3 管制機關之審查、視察與評估	42
6.2.3.1 建廠執照、初次裝填核子燃料及運轉執照之申請與核准	42
6.2.3.2 管制機關視察	43
6.2.3.3 核安管制紅綠燈	43
6.2.3.4 整體安全評估 (或定期安全評估).....	47

6.2.3.5	核能電廠除役安全管制	49
6.2.3.6	福島事故後國內核能電廠總體檢	50
6.2.3.7	國際同行審查	50
6.3	安全提昇方案與做法	51
6.3.1	設計修改與設備變更之法規要求	51
6.3.2	強震自動急停系統	51
6.3.3	終期安全分析報告之更新	52
6.3.4	技術規範之更新	52
6.3.5	國際合作	53
6.3.5.1	綜合性技術合作計畫	53
6.3.5.2	地震研究	54
6.3.6	安全度評估及其在風險告知上的應用	55
6.3.7	電廠改正措施方案	55
6.3.8	治理，監督，支援和執行	56
6.3.9	核能安全研究與發展方案	56
6.4	從福島事故汲取教訓後的國內核能電廠安全加強措施	57
6.4.1	國內核能電廠總體檢方案與歐盟壓力測試之實施	57
6.4.2	加強電廠安全之法規要求	60
6.4.3	台電公司之電廠安全加強措施	63
6.4.3.1	一般性(General)	63
6.4.3.2	電廠電源之加強	64
6.4.3.3	冷卻水源與終極熱沉之加強	65
6.4.3.4	地震與海嘯/水災安全之加強	65
6.4.3.5	機組斷然處置程序指引之發展	66
第 7 章	立法與核能管制架構	69
7.1	我國之立法與核能管制架構	69
7.2	核能管制法律及法規要求	69
7.2.1	基本法律	69
7.2.2	施行細則	72
7.2.3	法規要求	72
7.3	法令之執行	75

7.4 法規要求之修正	76
7.4.1 涉及核子反應器設施管制法相關條例之規定	76
7.4.2 涉及游離輻射防護法相關條例之規定	77
7.4.3 涉及核子事故緊急應變法相關條例之規定	77
7.4.4 涉及放射性物料管理法相關條例之規定	78
第 8 章 核能管制機關	81
8.1 我國核能管制機關	81
8.1.1 管理權力	81
8.1.2 權限與責任	81
8.1.3 組織架構	82
8.1.3.1 原子能委員會	83
8.1.3.2 原子能委員會單位	83
8.1.3.3 附屬機構	86
8.1.3.4 諮詢委員會	87
8.1.4 財務與人力資源	89
8.1.4.1 財務資源	89
8.1.4.2 向持照者收取之費用	89
8.1.4.3 核子事故緊急應變基金	89
8.1.4.4 人力資源	90
8.1.5 原子能委員會與政府單位之業務關聯性	91
8.1.5.1 行政院部會	91
8.1.5.2 地方政府	92
8.1.5.3 立法院	93
8.2 核能管制機關與核能發展機構之功能區隔	93
第 9 章 核能電廠持照者責任	95
9.1 持照者對核能電廠安全之主要責任	95
9.1.1 台電公司組織架構及其下放安全主要責任之機制	95
9.1.2 持照者維持對社會大眾公開透明溝通之機制	99
9.1.3 持照者處理事故與減輕事故後果之資源確保機制	99
9.2 管制機關確保持照者履行其安全主要責任之機制	100
9.3 持照者對核子設施除役的主要責任	101

第 10 章 安全第一.....	103
10.1 安全第一的制定及要求之概述	103
10.1.1 核能安全政策	103
10.1.2 核能安全承諾	103
10.1.3 核能安全文化	104
10.1.3.1 核能安全文化執行方案	104
10.1.3.2 核能安全文化強化方案	105
10.1.3.3 台電公司核能安全文化精進方案	107
10.1.4 管制機關	108
10.1.4.1 發照	108
10.1.4.2 視察及強制執行	109
10.1.4.3 反應器視察過程	109
10.1.5 獨立評估核能電廠安全	109
10.1.5.1 INPO 與 WANO 同業評估.....	109
10.1.5.2 獨立同行審查壓力測試報告	111
10.2 安全相關之自發性活動與優良作業	112
10.3 增進核安管制資訊透明化做法	118
第 11 章 財務與人力資源.....	119
11.1 財務資源	119
11.1.1 財務要求	119
11.1.2 執照持有者之財務資源	119
11.1.3 增進核能安全之資金支出	120
11.1.4 除役和放射性廢棄物管理之資金提供	121
11.1.5 核子事故衍生求償之財務保證方案	122
11.2 人力資源	122
11.2.1 人員資格、訓練與再訓練之要求	122
11.2.1.1 核能管制單位管制人員之訓練要求.....	123
11.2.1.1.1 核能電廠視察人員	123
11.2.1.1.2 核子保安與緊急應變視察人員	124
11.2.1.1.3 放射性物料管理視察人員	124
11.2.1.1.4 核能電廠除役視察人員	125

11.2.1.2	核子反應器運轉人員之法規要求	126
11.2.1.2.1	值班反應器運轉人員之人數要求	126
11.2.1.2.2	核子反應器運轉人員之資格要求	127
11.2.1.3	輻射防護人員之法規要求	128
11.2.1.4	放射性廢棄物運轉人員之法規要求	129
11.2.1.5	持照者對其員工之訓練與再訓練計畫	129
11.2.1.5.1	反應器運轉人員訓練	130
11.2.1.5.2	持照反應器運轉人員再訓練	132
11.2.1.5.3	持照反應器運轉人員再鑑定	133
11.2.1.5.4	無證照電廠技術人員訓練	134
11.2.1.5.5	台電公司一般員工與承包商員工之訓練	135
11.2.1.5.6	電廠模擬器訓練中心	135
11.2.1.5.7	台電訓練所	135
11.2.2	持照者人力資源	136
11.2.2.1	台電公司人力	136
11.2.2.2	緊急時承包商可提供人力支援	136
11.2.2.3	處理嚴重事故時廠內外可提供人力支援	137
11.2.3	其他人力資源	137
第 12 章	人為因素	139
12.1	核能安全的人為因素及組織議題概述	139
12.2	核能電廠設計時考量的人為因素及後續改善	140
12.3	預防、偵測及改正人為失誤做法	140
12.4	組織與管理議題	142
12.5	管制機關與設施運轉者的角色	144
12.5.1	管制機關	144
12.5.2	設施運轉者	144
12.6	汲取福島教訓	145
12.6.1	強化核安組織管制與推動安全文化	145
12.6.2	強化緊急應變人員的例行訓練	145
第 13 章	品質保證	147
13.1	品質保證方案	147

13.2 品質保證方案之施行與評估	148
第 14 章 安全評估與驗證	149
14.1 確保核能電廠整個壽命期均執行安全評估	149
14.1.1 運轉前之安全評估	149
14.1.2 運轉階段之安全評估	149
14.1.3 設計變更	153
14.1.4 核能電廠除役計畫	154
14.2 分析、監測、測試及視察等驗證工作	155
14.2.1 核能電廠視察	155
14.2.2 燃料填換安全分析	155
14.2.3 預防保養	156
14.2.4 其他運轉階段之安全分析	156
14.2.5 除役前準備階段	157
14.3 汲取福島教訓	157
14.3.1 核能電廠安全防護總體檢	157
14.3.2 壓力測試及獨立同行審查	158
14.3.3 原能會管制案	158
14.3.4 管制案執行現況	160
第 15 章 輻射防護	165
15.1 管制架構與輻射工作人員防護	165
15.1.1 輻射防護之法律、施行細則及法規要求	165
15.1.2 職業曝露之合理抑低	166
15.1.2.1 核能電廠設計與興建時職業曝露之合理抑低	166
15.1.2.2 輻射曝露管制標準	166
15.1.2.3 輻射工作之管理	166
15.1.2.4 降低職業輻射曝露	167
15.1.2.5 人員劑量評定及其驗證	169
15.1.2.6 輻射防護之訓練	169
15.1.3 加強管制的作為	169
15.1.3.1 游離輻射防護安全標準	169

15.1.3.2	建置及利用輻防管制系統	170
15.2	一般民眾之輻射曝露防護	170
15.2.1	放射性物質排放之劑量約束	170
15.2.2	核能電廠周圍民眾劑量評估	170
15.2.3	台電公司之環境輻射監測	172
15.2.4	原子能委員會之環境輻射監測網	175
15.3	汲取福島教訓	175
15.3.1	核子事故後之輻射防護準則	175
15.3.2	再審視救援與支援能力	175
15.3.3	建立大眾與救援者劑量重建能力	175
15.3.4	強化環境輻射偵測實驗室之分析能力	175
15.3.5	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	176
第 16 章	緊急應變整備	178
16.1	廠內與廠外之緊急應變整備	178
16.1.1	法律及法規要求	178
16.1.1.1	各緊急應變組織之編組與任務	178
16.1.1.2	核能電廠經營者之緊急應變組織與任務	180
16.1.1.3	核子事故分類	180
16.1.1.4	緊急應變計畫區	181
16.1.2	規劃與訓練	182
16.1.2.1	核子事故緊急應變基本計畫與民眾防護計畫	182
16.1.2.2	核能電廠經營者緊急應變計畫	182
16.1.2.3	訓練及例行設備測試	182
16.1.3	核安監管中心	183
16.2	民眾之通報與防護	184
16.2.1	緊急應變之整備	184
16.2.2	核子事故應變演習	187
16.2.3	復原措施	187
16.2.4	核子損害賠償	189
16.3	配合國際體制及與鄰近國家關係	190

16.4	汲取福島教訓	190
16.4.1	複合式災害的緊急應變機制	191
16.4.2	緊急應變與整備	191
16.4.3	海域與空中輻射偵測	191
16.4.4	輻射量測計畫審查	192
16.4.5	預警式疏散及核子災害應變措施	192
第 17 章	廠址選擇	195
17.1	評估廠址相關因素	195
17.1.1	鄰近工業與軍事設施及交通	195
17.1.2	氣象	195
17.1.3	水文條件	196
17.1.4	地質與地震條件	196
17.2	個人、社會與環境安全影響評估	196
17.2.1	環境影響評估之管制要求	196
17.2.2	輻射事故後果評估	196
17.3	汲取福島教訓	198
17.4	與周邊國家之核能安全資訊交換	199
第 18 章	設計與建造	201
18.1	防止放射性物質外洩	201
18.1.1	執照申請程序與管制要求	201
18.1.2	深度防禦概念之施行	202
18.1.3	事故之預防與減輕	203
18.2	採用成熟技術	204
18.3	人為因素與人機介面之考量	204
18.4	汲取福島教訓	205
第 19 章	運轉	211
19.1	核能電廠運轉之初次核准	211
19.2	運轉限制與條件	212

19.3	按照核准的程序書執行運轉、維護、檢查和測試	213
19.4	預期運轉暫態與事故之處理以及斷然處置程序指引	215
19.4.1	緊急運轉程序書(Emergency Operating Procedures, EOPs).....	215
19.4.2	機組斷然處置程序指引	216
19.5	工程與技術支援	221
19.6	重要安全相關事件陳報	223
19.6.1	事件陳報之法規要求	223
19.6.2	核能發電機組急停後再起動	224
19.6.3	核能電廠異常事件和設備故障之評估	224
19.7	管制規範違規處罰	225
19.7.1	核子設施違規	225
19.7.2	反應器運轉人員違規	228
19.8	運轉經驗回饋	229
19.8.1	國際管制資訊研析與國際運轉經驗蒐集	229
19.8.2	建立運轉維護經驗回饋制度	229
19.8.3	從國內與國際運轉經驗及/或事件汲取教訓	230
19.8.4	從緊急應變核安演練/演習汲取教訓	230
19.9	放射性廢棄物管理	231
19.9.1	低放射性廢棄物管理	231
19.9.1.1	低放射性廢棄物之處理與貯存	231
19.9.1.2	低放射性廢棄物之最終處置	231
19.9.2	用過核子燃料管理	232
19.9.2.1	用過核子燃料之廠內乾式貯存	232
19.9.2.2	用過核子燃料之最終處置	234
19.10	核能資訊透明化	237
附件 A	縮寫字與特殊用語中英對照表	238
附件 B	誌謝	250
附錄一	福島核子事故後我國新增管制要求	252
A.	2012 年 11 月 5 日發布之管制要求	252

B. 2013 年 6 月 6 日發布之管制要求.....	255
C. 2014 年 3 月 6 日發布之管制要求.....	255

圖目錄

	頁次
圖 6.1 台灣境內核能電廠廠址	20
圖 6.2 核一廠主要設施高程示意圖	21
圖 6.3 核二廠主要設施高程示意圖	22
圖 6.4 核三廠主要設施高程示意圖	22
圖 6.5 國內運轉中核能電廠年平均每部機組異常事件報告數(迄 2020 年 5 月).....	26
圖 6.6 國內運轉中核能電廠年平均每部機組跳機次數(迄 2020 年 5 月).....	26
圖 6.7 國內核能電廠固化低放射性廢棄物總年產量(迄 2019 年).....	27
圖 8.1 行政院原子能委員會組織架構圖	82
圖 9.1 台灣電力公司組織架構	95
圖 9.2 台電公司核能發電事業部組織架構圖	96
圖 9.3 典型台電公司核能電廠組織架構圖	98
圖 9.4 台電公司核能發電廠緊急計畫執行委員會組織架構圖	100
圖 10.1 斷然處置程序指引架構圖(以核一廠為例).....	117
圖 10.2 斷然處置程序指引流程圖	117
圖 11.1 台電公司總資產	120
圖 12.1 核能安全管理體系	139
圖 12.2 預防人為失誤的屏障	141
圖 14.1 台電公司核能電廠複合式防災安全深度優勢	164
圖 15.1 全國環境輻射監測網	176
圖 16.1 複合式災害(核子事故)中央災害應變中心運作架構圖.....	179
圖 18.1 強化爐心冷卻的安全措施	208
圖 18.2 強化用過核子燃料池補水系統	208
圖 18.3 強化電源與氣源供應	209
圖 19.1 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	217
圖 19.2 FLEX 與 URG 之比較	218
圖 19.3 URG、AOP、EOP 和 SAMP 間之關係.....	219
圖 19.4 URG 執行步驟與 EOP 之關係.....	錯誤! 尚未定義書籤。
圖 19.5 核一廠 INER-HPS 乾式貯存護箱外觀	233
圖 19.6 核二廠乾式貯存護箱(MAGNASTOR)示意圖	235
圖 19.7 用過核子燃料最終處置計畫全程規劃	236
圖 19.8 用過核子燃料最終處置計畫替代應變方案	236

(此頁空白)

表目錄

	頁次
表 I.1 國內發電裝置容量 (2019 年).....	4
表 I.2 國內發電量 (2019 年).....	5
表 I.3 對應 2016 ROC 國家報告之修改對照表	7
表 6.1 台灣境內核能電廠之廠址高程與海嘯設計基準高度	22
表 6.2 國內核能發電機組基本數據資料	23
表 6.3 國內運轉中核能電廠績效指標	44
表 6.4 國內運轉中核能電廠視察發現	45
表 6.5 福島事故後國內核能電廠總體檢和壓力測試里程碑	59
表 7.1 核子反應器設施管制法相關之法規要求	73
表 7.2 游離輻射防護法相關之法規要求	73
表 7.3 核子事故緊急應變法相關之法規要求	74
表 7.4 核子損害賠償法相關之法規要求	74
表 7.5 放射性物料管理法相關之法規要求	75
表 8.1 原子能委員會各機關預算與人力	83
表 11.1 台電公司各核能電廠設計變更案統計數字(2015 ~ 2019).....	120
表 11.2 台電公司各核能電廠持有核能相關證照者統計數字(截至 2019 年 2 月) ..	130
表 12.1 影響核能電廠維修之重要因素	143
表 14.1 台灣發展安全度評估模式之歷程	151
表 14.2 台電公司依據 ASME 標準發展安全度評估模式之時間表	152
表 14.3 我國核能電廠福島後管制案之執行現況(統計日期：2020 年 6 月).....	160
表 15.1 現行劑量限值	166
表 15.2 各類輻射工作人員之集體劑量	167
表 15.3 台電公司各核能電廠之集體劑量	167
表 15.4 核一廠對周圍民眾之劑量評估	171
表 15.5 核二廠對周圍民眾之劑量評估	171
表 15.6 核三廠對周圍民眾之劑量評估	172
表 15.7 核能電廠周圍之環境輻射監測	173
表 16.1 防護行動之干預基準	185
表 16.2 食物及飲用水管制標準	186
表 16.3 依核子事故類別於緊急應變計畫區內考慮採行民眾防護行動之建議	186
表 16.4 依輻射劑量率量測及劑量評估結果於受影響區域內考慮採行民眾防護行動 之建議	186
表 17.1 環境影響評估報告書大綱	197
表 19.1 台電公司各核能電廠歷年異常事件報告統計數字(迄 2019 年底).....	224
表 19.2 核能電廠年度違規次數統計	225

(此頁空白)

國際核能安全公約 中華民國國家報告

引言

A. 概述

我國雖未參與簽署國際原子能總署(IAEA)核能安全公約(CNS)，但一向將核能民用的安全列為第一優先，任何國際活動只要有助於提倡核能安全，我國均樂於參與並履行相關義務。因此我國雖非 CNS 簽約國，仍願意比照簽約國，履行該公約相關章節的所有要求。本報告為 CNS 中華民國報告 2019 年更新版，展現我國如何履行該公約條列的義務。

台灣自產能源資源極為匱乏，以 2018 年為例，全年總初級能源供應量約 148,924 千公秉油當量(KLOE)，較 2017 年增加約 1.58%，其中 98.06%仰賴進口。自產能源僅佔約 1.94%，較 2017 年減少約 2.06%。若以能源來源種類分類，核能約佔全部 5.38%，化石能源佔 92.84%，包含煤佔 29.38%，石油佔 48.28%，天然氣佔 15.18%。至於再生能源，慣常水力佔約 0.29%，生質能與廢棄物再生能佔 1.13%，而風力與太陽能約佔 0.35%。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。台灣本身自產的原油與天然氣也很有限。

在核能發電方面，我國目前有兩座運轉中核電廠，分別是核二廠與核三廠；一座核電廠處於除役階段，即核一廠；一座核電廠封存，即核四廠。政府政策為回應福島核子事故後的公眾氛圍，核四廠於 2015 年 7 月 1 日進入封存(2021 年註：龍門電廠已於 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。)。我國每座核能電廠均各有 2 部相同之核能發電機組。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。台電公司為國營事業，政府擁有 96.92%的股份，私部門則擁有 3.08%。

核一廠 1 號機與 2 號機 40 年運轉執照到期日分別為 2018 年 12 月 5 日與 2019 年 7 月 15 日，核二廠 1 號機與 2 號機則分別是 2021 年 12 月 27 日與 2023 年 3 月 14 日，如本報告之表 6.2 所示。根據我國法規，核能電廠延役申請必須於運轉執照到期日之前的 5 到 15 年間，由持照者向管制單位提出。台電公司曾於 2009 年 7 月向原能會提出核一廠延役申請。因為是國內首次受理此類審查，審查時程一般約需 24 到 26 個月。審查期間，因 2011 年 3 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 6.1.2 節)，台電公司請求延後審查。審查作業後於 2014 年 8 月重新開始，當時預估需再審查 2 年以上。2016 年 5 月，根據政府的國家能源政策，在不會有限電危機、電價能維持合理及我國能夠履行對國際社會承諾的減少二氧化碳排放等三前提下，台灣現有核能電廠將不考慮延役。因此，台電公司於 2016 年 7 月 7 日撤回核一廠延役申請。

台電公司為國有事業，曾經是我國生產所需電力的獨一機構，後因國家政策朝向電力自由化方向改變，1999 年 6 月以後，獨立民營電廠(IPP)開始出現與營運。台電公司的電廠曾經提供全國 100%用電，隨著 IPP 的引進，台電公司分擔的供電量開始下降，2018 年全國全年的供電佔比為 78%。

如表 I.1 所示，迄 2019 年底止，台灣電力系統總發電裝置容量為 47.778 百萬瓩，包括台電公司本身與 IPP。屬於台電公司的裝置容量為 35.136 百萬瓩，約佔 73.5%；民營 IPP 裝置容量為 12.642 百萬瓩，佔 26.5%。在台電的裝置容量裡，化石能源電力貢獻為 26.426 百萬瓩或總容量之 56.0%，核能則為 3.872 百萬瓩或總容量之 8.1%，再生能源包含水力(不含抽蓄電力)、風電、太陽光電，約貢獻 2.236 百萬瓩或總容量之 4.7%，抽蓄水力發電的裝置容量則為 2.602 百萬瓩或總容量的 5.4%。

表 I.2 顯示與 2015 年比較，2019 年台灣總發電量為 232.3×10^9 度(kWh)，其中由台電公司發電者為 180.3×10^9 度(kWh)或總發電的 77.6%。核能發電約提供 31.1×10^9 度(kWh)，佔總發電約 13.4%。至於 2019 年的再生能源發電(不含民間再生能源)，約貢獻 5.5×10^9 度(kWh)或總發電的 2.4%。抽蓄水力發電約佔總發電之 1.4%。隨著國家公約報告之更新頻率，表 I.2 亦隨之更新。

國內所有核電廠均為台電公司所有與運轉，維持核能發電的穩定與安全是台電公司的責任。我國核電廠中後期之運轉成績表現良好(參閱圖 6.6)。2018 年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子為 53.64%，相較於 2014 年的 94.07%下降許多，主因為核一廠在此期間已停止運轉。

原能會是國內原子能相關業務之最高主管機關，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(Department of Planning，簡稱綜計處)、核能管制處(Department of Nuclear Regulation，簡稱核管處)、輻射防護處(Department of Radiation Protection，簡稱輻防處)和核能技術處(Department of Nuclear Technology，簡稱核技處)等四個業務單位，分掌各項相關業務。原能會之下設有三個附屬機構：核能研究所(Institute of Nuclear Energy Research，簡稱核研所或 INER)、放射性物料管理局(Fuel Cycle and Material Administration，簡稱物管局或 FCMA)及輻射偵測中心(Radiation Monitoring Center，簡稱偵測中心或 RMC)。若不論大學院校等學術單位，核研所是國內唯一核能研究機構，主要研發領域包含：運轉中核能電廠第二階安全度評估(Level 2 PRA)、輻射源項評估、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、核醫藥物研究、核能級工業技術檢證平台建立等(詳參第 6.3.9 節)。物管局主要負責下列之安全管制：(1)放射性廢棄物包含低放射性廢棄物和用過核子燃料(SNF)之處理、運送與最終處置；(2)核子原料和核子燃料之進出口、貯存、和轉讓。偵測中心主要負責環境中各種天然和人造游離輻射，包含民眾食品與商品中之放射性含量等之監測。

福島核子事故發生後，我國隨即啟動「國內核能電廠現有安全防護體制全面體檢方案」。所有核能電廠隨後並開始進行採用歐盟規範的「壓力測試」(Stress tests)，完成後並分別邀請經濟合作發展組織核能署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，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能力，包含電力供應系統等之安全性與強固性已大幅精進。

本報告獨立完整，讀者無需事先熟悉先前之我國核能安全公約國家報告。本報告第 6 章討論我國核電廠的設計特性、功率提昇、機組發電績效、電源等，也討論核能電廠安全總體檢與壓力測試重點，以及管制單位在福島事故之後為強化核電廠

安全而提出各項管制要求。

第 7 章綜述我國核能電廠法律與管制架構。「原子能法」為我國核能民用之基本法，勾畫整體法律與管制架構。除了原子能法之外，另有六項基本法規，附屬六項施行細則與相關規定。

第 8 章說明管制機關的任務與組織。原能會秉持著三項原則執行管制任務與研發工作：安全第一、合理管制、便民。原能會除了主席(主委)與兩位副主席(副主委)之外，編制有 15 位委員。原能會本部設有四處級技術單位與四處級行政單位，亦設有九個與核能政策及安全有關之任務編組委員會(其中七個為常設委員會)。原能會管轄下另有三附屬機構。

第 9 章之主題為持照者承擔安全首要責任之機制，以及管制機關確保持照者履行安全首要責任之機制。

第 10 章綜述我國在安全優先之原則下所擘劃之組成要項與管制要求、在安全方面之自主作為與優良實務，以及核能安全資訊透明之強化措施，俾確保我國永遠以核能安全為第一優先之原則。

第 11 章討論持照者在核能安全提昇、未來電廠除役與放射性廢棄物處理、萬一發生核子損害賠償之財務保護方案等要求及人力資源。

第 12 章綜述核能安全裡的人為因素與組織議題，核電廠設計與後續改善的人為因素，預防、偵測與矯正人為失誤的方法，管理與組織面向，管制機關與設施運轉者的角色，及從福島事故汲取教訓以確保核電廠人為績效良好。

第 13 章敘述國內核能電廠在設計、採購、製造、興建、運轉與維護等階段之品質保證(QA)政策、要求與執行方案。本章也說明此方面在福島事故裡得到的教訓，確保管制機關與持照者履行首要的安全責任。

第 14 章描述在核能電廠整個壽命期內持續進行之全面性與系統化的安全評估，以及透過分析、偵測試驗、測試與檢測等方法對電廠安全進行之驗證，並汲取福島事故教訓，確保防止核電廠因複合式事故引致災害。

第 15 章提及國內「游離輻射防護法」之立法目的在適當管理放射性物質、可產生游離輻射之設備及輻射作業，防止輻射作業從業人員與民眾受到輻射之傷害。本章強調「合理抑低」(ALARA)降低職業輻射曝露與民眾輻射曝露之精神。

第 16 章聚焦於國內所有核子反應器設施之廠內、外緊急應變整備(EP)。我國已根據「核子事故緊急應變法」建立應變機制。緊急應變組織包括(1)核子事故中央災害應變中心，(2)核子事故輻射監測中心，(3)核子事故地方災害應變中心與(4)核子事故支援中心。2011 年福島事故之後，我國三座核電廠緊急應變計畫區(EPZ)範圍均由原先以核電廠為中心的 5 公里擴大為 8 公里。

第 17 章描述對可能影響核能電廠安全之廠址相關因素的評估，對個人、社會與環境之安全影響的評估，以及福島事故後該等因素於處理極端天然災害包含地震、海嘯和水災等的再評估。

第 18 章敘述核能電廠如何在設計上深度防禦放射性物質的釋出，如何善用成熟技術確保核能電廠運轉安全，以及如何汲取福島教訓，重新檢視並確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。

第 19 章為最後一章，將詳細評估我國核電廠運轉相關作業，包括台電公司所發展之「斷然處置程序指引」(URG)以防止反應器爐心在超越設計基準狀況下熔損。

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。

2015 年 2 月 18 日 CNS 簽約國共同發表維也納核能安全宣言，INFCIRC 872 號文告。該宣言並未確立新要求，但簽約國透過此文告再次承諾將執行 CNS 原則與目標，持續預防並減緩輻射外釋事件後果。我國雖非該公約的成員國，但願意遵行維也納核能安全宣言，預防並減緩輻射外釋事件後果，詳如第 6、14、17、18 與 19 章內容所述。

針對日本福島事故之經驗教訓的回饋，則分別在第 6.1.4.5、6.4、12.6、14.3、15.3、16.4 及 18.4 小節中進行討論。

培育良好的安全文化，確保高水準的核能安全將持續是原能會與台電公司的首要目標，而核能安全公約報告與美方的互審過程，提供我國一個好的實務作法，可以藉此檢視國內核電廠的績效，並與其他簽約國交流彼此之經驗。如同公約前言所述，確保核能使用之安全性、管制周全性與環境健全，是國際核能圈首重之務。綜言之，台灣將遵行 IAEA 核能安全公約的所有義務。

表 I.1 國內發電裝置容量 (2019 年)

能源種類	2019 裝置容量 (百萬瓦)	2019 百分比 (%)	2015 百分比 (%)
台電：			
石油	2,570	5.4	8.1
煤炭	11,600	24.5	18.5
液化天然氣	12,256	25.7	25.9
抽蓄水力	2,602	5.4	6.3
再生能源	2,236	4.7	5.1
核能	3,872	8.1	12.5
(台電合計)	(35,136)	(73.5)	(76.6)
民營電廠(含民間再生能源)	12,642	26.5	23.4
總 計	47,778	100	100

表 I.2 國內發電量 (2019 年)

能源種類	2019 發電量 (十億度)	2019 百分比 (%)	2015 百分比 (%)
台電：			
石油	4.4	1.9	4.7
煤炭	67.4	29.0	26.0
液化天然氣	68.7	29.6	27.0
抽蓄水力	3.2	1.4	1.4
再生能源	5.5	2.4	2.1
核能	31.1	13.4	16.0
(台電合計)	(180.3)	(77.6)	(77.2)
民營電廠(含民間再生能源)	52	22.4	22.8
總 計	232.3	100	100

B. 從福島事故經驗汲取教訓

日本福島第一核能電廠發生核子事故後，台灣所有核能電廠執行核能電廠安全防護總體檢及壓力測試，並依檢視評估結果，在硬體及軟體應變程序上採取多項強化措施，以增進電廠之強固安全性。這些增進電廠整體安全措施，包含提升交流電與直流電供電能力、強化地震與海嘯危害之防護應變能力、依據「核能電廠安全防護總體檢與壓力測試結果發布新管制要求、以及研擬斷然處置措施等。進一步資訊請參閱本報告第 6.2.3.5、6.4、12.6、14.3、15.3、16.4、18.4 和 19.8.4 等節。

C. 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和歐盟執委會歐洲核能安全管制者組織對我國核能電廠壓力測試結果之同行審查發現，我國核能管制機關(原能會)及持照者(台電公司)均審慎地採行配合措施，詳見本報告第 6.2.3.6、6.4.1、10.1.5、14.3、17.3 及 18.4 等節。

D 第 6 屆 CNS 審查會議特別報告員指出之挑戰

2014 年 3 月 24 日至 4 月 4 日舉行之第 6 屆 CNS 審查會議中，芬蘭籍之特別報告員 Petteri Tiippana 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：如何盡量縮小簽約國之間在提昇安全做法上之落差？

挑戰2：如何達成協調和諧的緊急應變計畫和應變措施？

挑戰3：如何更妥善利用運轉與管制經驗，及國際間彼此之同行審查服務？

挑戰4：如何增進管制者的獨立性、安全文化、透明度與公開性？

挑戰5：如何促使所有國家承諾並參與國際合作？

有關挑戰 1，台灣的具體行動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，也參加各項國際合作研究計畫，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 on Civil Nuclear Cooperation meeting)均每年舉行一次。詳參第 6.3.5.1 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 16.1.2 和 19.8.4 節。

針對挑戰 3，透過十年整體安全評估(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 6.2.3.4、10.1.4.1、和 19.3 節。

針對挑戰 4，原能會已建立實施「核安管制紅綠燈」系統，在官網公佈運轉及除役核能電廠之績效指標(Performance indicators)和視察指標(Inspection indicators)，以增進管制透明度與公開性。此外，所有管制法規和原能會活動資訊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。在核安文化方面，台電公司於 2011 年 6 月起建立並實施「核安文化精進方案」，俾建立高標準的核能安全文化，以確保社會大眾健康與安全。詳參第 6.2.1、6.2.3.3、10.1.3、12.6.1、和 19.10 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，並參與多項國際研究計畫加以應對。詳參第 6.3.5.1 節。

E. 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、選址與建造，須符合下述目標：在試運轉和運轉期間要能預防發生事故。若萬一事故仍然發生，則要能減緩長期廠外輻射污染之放射性核種的可能釋放，及避免早期放射性釋放，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。實務上合理或可行的安全精進措施都應及時實行。

- (3) 在核能電廠壽命期間內，因應上述目標而制定的國家要求與管制法規，應該呼應國際原子能總署安全標準，並適度考量CNS審查會議所指出之其他合適優良實務。

維也納核能安全宣言三原則均已在我國履行。實踐原則(1)之敘述見第 6.2.3.1、10.1.4.1 和 19.1 節(雖然尚未完成興建的新核電廠已進入封存)。實踐原則(2)已具體落實在我國實行的十年整體安全評估(ISA)制度，請詳參第 6.2.3.4 和 14.1.2(2)節。實踐原則(3)也已透過我國核能電廠總體檢與壓力測試而有所精進，請詳參第 6.4.1、6.4.2、6.4.3、10.1.5.2、和 14.3.4 節。

2019 年 7 月 12 日，原能會正式核發除役許可台電公司進行核一廠除役作業，並自 2019 年 7 月 16 日開始生效。除役作業將於 25 年之期間內完成。核一廠於此期間的除役作業將會在嚴格的安全管制下進行。原能會已建立必要的管制體系，監督台電公司相關作業符合輻射防護、核子物料與放射性廢棄物管理、環境保護等法規要求，如期如質完成除役計畫。

F. 對應於 2016 年 CNS 國家報告之修改

為使過往讀者便於回顧本報告，本 2019 年 CNS 國家報告相對於 2016 年版報告之修改處請詳見表 I.3。

表 I.3 對應 2016 ROC 國家報告之修改對照表

報告章節		修改說明
總論		
引言		
A.	概述	現況更新與過去 3 年進展討論
B.	從福島事故經驗汲取教訓	僅文字編輯
C.	配合國際同行審查發現採行之措施	僅文字編輯
D.	第 6 屆 CNS 審查會議特別報告報告員指出之挑戰	無更動
E.	維也納核能安全宣言三原則	無更動
F.	對應於 2016 年 CNS 國家報告之修改	新章節
第 6 章 現有核能電廠		
6.1	國內現有核能電廠	現況更新與過去 3 年進展討論
6.1.1	電廠場址、地面高度及海嘯溯上高度	僅文字編輯
6.1.2	核能機組特性、機組共用系統結構組件及功率提昇	現況更新與過去 3 年進展討論

報告章節		修改說明
6.1.3	運轉中核能電廠績效	現況更新與過去 3 年進展討論
6.1.4	核能電廠電力供應源	僅文字編輯
6.1.4.1	廠外電源	現況更新與過去 3 年進展討論
6.1.4.2	廠內備用電源 — 水冷式緊急柴油發電機	僅文字編輯
6.1.4.3	緊急備用電源 — 氣冷式共用(swing)緊急柴油發電機和氣渦輪發電機	僅文字編輯
6.1.4.4	直流電源和移動式柴油發電機	現況更新與過去 3 年進展討論
6.1.4.5	福島事故後電力供應系統之加強	現況更新與過去 3 年進展討論
6.1.5	國內核能電廠現況	現況更新與過去 3 年進展討論
6.2	主要安全評估	無更動
6.2.1	台電公司之核能安全文化方案	無更動
6.2.2	提出報告之法規要求	現況更新與過去 3 年進展討論
6.2.3	管制機關之審查、視察與評估	無更動
6.2.3.1	建廠執照、初次裝填核子燃料及運轉執照之申請與核准	僅文字編輯
6.2.3.2	管制機關視察	現況更新與過去 3 年進展討論
6.2.3.3	核安管制紅綠燈	現況更新與過去 3 年進展討論
6.2.3.4	整體安全評估(或定期安全評估)	現況更新與過去 3 年進展討論
6.2.3.5	核能電廠除役安全管制	新章節
6.2.3.6	福島事故後國內核能電廠總體檢	僅文字編輯
6.2.3.7	國際同行審查	僅文字編輯
6.3	安全提昇方案與做法	無更動
6.3.1	設計修改與設備變更之法規要求	僅文字編輯
6.3.2	強震自動急停系統	僅文字編輯
6.3.3	終期安全分析報告之更新	現況更新與過去 3 年進展討論
6.3.4	運轉技術規範之更新	現況更新與過去 3 年進展討論
6.3.5	國際合作	無更動
6.3.5.1	綜合性技術合作計畫	現況更新與過去 3 年進展討論
6.3.5.2	地震研究	僅文字編輯
6.3.6	安全度評估及其在風險告知上的應用	僅文字編輯
6.3.7	電廠改正措施方案	現況更新與過去 3 年進展討論
6.3.8	治理，監督，支援和執行	新章節
6.3.9	核能安全研究與發展方案	現況更新與過去 3 年進展討論

報告章節		修改說明
6.4	從福島事故汲取教訓後的國內核能電廠安全加強措施	無更動
6.4.1	國內核能電廠總體檢方案與歐盟壓力測試之實施	僅文字編輯
6.4.2	加強電廠安全之法規要求	僅文字編輯
6.4.3	台電公司之電廠安全加強措施	無更動
6.4.3.1	一般性(General)	現況更新與過去 3 年進展討論
6.4.3.2	電廠電源之加強	僅文字編輯
6.4.3.3	冷卻水源與終極熱沉之加強	僅文字編輯
6.4.3.4	地震與海嘯/水災安全之加強	現況更新與過去 3 年進展討論
6.4.3.5	機組斷然處置程序指引(URG)之發展	僅文字編輯
第 7 章 立法與核能管制架構		
7.1	我國之立法與核能管制架構	僅文字編輯
7.2	核能管制法律及法規要求	無更動
7.2.1	基本法律	僅文字編輯
7.2.2	施行細則	現況更新與過去 3 年進展討論
7.2.3	法規要求	現況更新與過去 3 年進展討論
7.3	法令之執行	補充說明核反應器設施管制法與施行細則
7.4	法規要求之修正	現況更新與過去 3 年進展討論
7.4.1	涉及核子反應器設施管制法相關條例之規定	現況更新與過去 3 年進展討論
7.4.2	涉及游離輻射防護法相關條例之規定	現況更新與過去 3 年進展討論
7.4.3	涉及核子事故緊急應變法相關條例之規定	現況更新與過去 3 年進展討論
7.4.4	涉及核子損害賠償法相關條例之規定	現況更新與過去 3 年進展討論
第 8 章 核能管制機關		
8.1	我國核能管制機關	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
8.1.1	管理權力	現況更新與過去 3 年進展討論
8.1.2	權限與責任	僅文字編輯
8.1.3	組織架構	現況更新與過去 3 年進展討論
8.1.3.1	原子能委員會	現況更新與過去 3 年進展討論
8.1.3.2	原子能委員會單位	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論

報告章節		修改說明
8.1.3.3	附屬機構	現況更新與過去 3 年進展討論
8.1.3.4	諮詢委員會	現況更新與過去 3 年進展討論
8.1.4	財務與人力資源	無更動
8.1.4.1	財務資源	現況更新與過去 3 年進展討論
8.1.4.2	向持照者收取之費用	無更動
8.1.4.3	核子事故緊急應變基金	現況更新與過去 3 年進展討論
8.1.4.4	人力資源	補充說明視察員相關作業
8.1.5	原子能委員會與政府單位之業務關聯性	無更動
8.1.5.1	行政院部會	現況更新與過去 3 年進展討論
8.1.5.2	地方政府	現況更新與過去 3 年進展討論
8.1.5.3	立法院	無更動
8.2	核能管制機關與核能發展機構之功能區隔	僅文字編輯
第 9 章 核能電廠持照者責任		
9.1	持照者對核能電廠安全之主要責任	無更動
9.1.1	台電公司組織架構及其下放安全主要責任之機制	僅文字編輯
9.1.2	持照者維持對社會大眾公開透明溝通之機制	無更動
9.1.3	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	僅文字編輯
9.2	管制機關確保持照者履行其安全主要責任之機制	無更動
9.3	持照者對核子設施除役的主要責任	現況更新與過去 3 年進展討論
第 10 章 安全第一		
10.1	安全第一的制定及要求之概述	無更動
10.1.1	核能安全政策	僅文字編輯
10.1.2	核能安全承諾	無更動
10.1.3	核能安全文化	無更動
10.1.3.1	核能安全文化執行方案	補充說明 WANO 同行審查
10.1.3.2	核能安全文化強化方案	僅文字編輯
10.1.3.3	台電公司核能安全文化精進方案	無更動
10.1.4	管制機關	僅文字編輯

報告章節		修改說明
10.1.4.1	發照	僅文字編輯
10.1.4.2	視察及強制執行	僅文字編輯
10.1.4.3	反應器視察過程	僅文字編輯
10.1.5	獨立評估核能電廠安全	無更動
10.1.5.1	INPO 與 WANO 同業評估	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
10.1.5.2	獨立同行審查壓力測試報告	僅文字編輯
10.2	安全相關之自發性活動與優良作業	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
10.3	增進核安管制資訊透明化做法	現況更新與過去 3 年進展討論
第 11 章 財務與人力資源		
11.1	財務資源	無更動
11.1.1	財務要求	僅文字編輯
11.1.2	執照持有者之財務資源	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
11.1.3	增進核能安全之資金支出	現況更新與過去 3 年進展討論
11.1.4	除役和放射性廢棄物管理之資金提供	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
11.1.5	核子事故衍生求償之財務保證方案	文字編輯、現況更新
11.2	人力資源	無更動
11.2.1	人員資格、訓練與再訓練之要求	僅文字編輯
11.2.1.1	核能管制單位管制人員之訓練要求	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
11.2.1.1.1	核能電廠視察人員	新章節
11.2.1.1.2	核子保安與緊急應變視察人員	新章節
11.2.1.1.3	放射性物料管理視察人員	新章節
11.2.1.1.4	核能電廠除役視察人員	新章節
11.2.1.2	核子反應器運轉人員之法規要求	無更動
11.2.1.2.1	值班反應器運轉人員之人數要求	無更動
11.2.1.2.2	核子反應器運轉人員之資格要求	僅文字編輯
11.2.1.3	輻射防護人員之法規要求	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
11.2.1.4	放射性廢棄物操作人員之法規要求	僅文字編輯
11.2.1.5	持照者對其員工之訓練與再訓練計畫	現況更新與過去 3 年進展討論
11.2.1.5.1	反應器運轉人員訓練	無更動

報告章節		修改說明
11.2.1.5.2	持照反應器運轉人員再訓練	無更動
11.2.1.5.3	持照反應器運轉人員再鑑定	無更動
11.2.1.5.4	無證照電廠技術人員訓練	無更動
11.2.1.5.5	台電公司一般員工與承包商員工之訓練	無更動
11.2.1.5.6	電廠模擬器訓練中心	無更動
11.2.1.5.7	台電訓練所	無更動
11.2.2	持照者人力資源	無更動
11.2.2.1	台電公司人力	現況更新與過去 3 年進展討論
11.2.2.2	緊急時承包商可提供人力支援	無更動
11.2.2.3	處理嚴重事故時廠內外可提供人力支援	無更動
11.2.3	其他人力資源	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
第 12 章 人為因素		
12.1	核能安全的人為因素及組織議題概述	僅文字編輯
12.2	核能電廠設計時考量的人為因素及後續改善	僅文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
12.3	預防、偵測及改正人為失誤做法	僅文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
12.4	組織與管理議題	僅文字編輯
12.5	管制機關與設施運轉者的角色	無更動
12.5.1	管制機關	無更動
12.5.2	設施運轉者	無更動
12.6	汲取福島教訓	無更動
12.6.1	強化核安組織管制與推動安全文化	無更動
12.6.2	強化緊急應變人員的例行訓練	僅文字編輯
第 13 章 品質保證		
13.1	品質保證方案	現況更新與過去 3 年進展討論
13.2	品質保證方案之施行與評估	僅文字編輯
13.3	構型管理	刪除
13.3.1	構型管理的目的	刪除
13.3.2	構型管理計畫	刪除
13.3.3	構型管理設計文件	刪除
第 14 章 安全評估與驗證		

報告章節		修改說明
14.1	確保核能電廠整個壽命期均執行安全評估	無更動
14.1.1	運轉前之安全評估	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
14.1.2	運轉階段之安全評估	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
14.1.3	設計變更	無更動
14.1.4	核能電廠除役計畫	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
14.2	分析、監測、測試及視察等驗證工作	無更動
14.2.1	核能電廠視察	僅文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
14.2.2	燃料填換安全分析	無更動
14.2.3	預防保養	無更動
14.2.4	其他運轉階段之安全分析	無更動
14.2.5	除役前準備階段	新章節
14.3	汲取福島教訓	無更動
14.3.1	核能電廠安全防護總體檢	現況更新與過去 3 年進展討論
14.3.2	壓力測試及獨立同行審查	僅文字編輯
14.3.3	原能會管制案	僅文字編輯
14.3.4	管制案執行現況	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
第 15 章 輻射防護		
15.1	管制架構與輻射工作人員防護	無更動
15.1.1	輻射防護之法律、施行細則及法規要求	僅文字編輯
15.1.2	職業曝露之合理抑低	無更動
15.1.2.1	核能電廠設計與興建時職業曝露之合理抑低	無更動
15.1.2.2	輻射曝露管制標準	無更動
15.1.2.3	輻射工作之管理	無更動
15.1.2.4	降低職業輻射曝露	更新表格
15.1.2.5	人員劑量評定及其驗證	無更動
15.1.2.6	輻射防護之訓練	無更動
15.1.3	加強管制的作為	無更動

報告章節		修改說明
15.1.3.1	游離輻射防護安全標準	更新將納入依據 ICRP-103 制定的新版本安全標準
15.1.3.2	建置及利用輻防管制系統	僅文字編輯
15.2	一般民眾之輻射曝露防護	無更動
15.2.1	放射性物質排放之劑量約束	無更動
15.2.2	核電廠周圍民眾劑量評估	文字編輯與更新表格
15.2.3	台電公司之環境輻射監測	更新表格
15.2.4	原子能委員會之環境輻射監測網	更新圖說
15.3	汲取福島教訓	無更動
15.3.1	核子事故後之輻射防護準則	無更動
15.3.2	再審視救援與支援能力	無更動
15.3.3	建立大眾與救援者劑量重建能力	無更動
15.3.4	強化環境輻射偵測實驗室之分析能力	無更動
15.3.5	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	檢視更新項目編號
第 16 章 緊急應變整備		
16.1	廠內與廠外之緊急應變整備	無更動
16.1.1	法律及法規要求	無更動
16.1.1.1	各緊急應變組織之編組與任務	更新圖說並增加國際核子事故應變施行導則新議題
16.1.1.2	核能電廠經營者之緊急應變組織與任務	無更動
16.1.1.3	核子事故分類	僅文字編輯
16.1.1.4	緊急應變計畫區	僅文字編輯
16.1.2	規劃與訓練	無更動
16.1.2.1	核子事故緊急應變基本計畫與民眾防護計畫	僅文字編輯
16.1.2.2	核能電廠經營者緊急應變計畫	僅文字編輯
16.1.2.3	訓練及例行設備測試	僅文字編輯
16.1.3	核安監管中心	無更動
16.2	民眾之通報與防護	無更動
16.2.1	緊急應變之整備	新增兩表格與相關討論
16.2.2	核子事故應變演習	僅文字編輯
16.2.3	復原措施	無更動
16.2.4	核子損害賠償	無更動

報告章節		修改說明
16.3	配合國際體制及與鄰近國家關係	無更動
16.4	汲取福島教訓	無更動
16.4.1	複合式災害的緊急應變機制	僅文字編輯
16.4.2	緊急應變與整備	更新增述我國輻射評估網路未來發展資訊
16.4.3	海域與空中輻射偵測	僅文字編輯
16.4.4	輻射量測計畫審查	無更動
16.4.5	預警式疏散及核子災害應變措施	僅文字編輯
第 17 章 廠址選擇		
17.1	評估廠址相關因素	僅文字編輯
17.1.1	鄰近工業與軍事設施及交通	無更動
17.1.2	氣象	無更動
17.1.3	水文條件	無更動
17.1.4	地質與地震條件	無更動
17.1.5	龍門電廠興建計畫之選址經驗	無更動
17.2	個人、社會與環境安全影響評估	無更動
17.2.1	環境影響評估之管制要求	現況更新與過去 3 年進展討論
17.2.2	輻射事故後果評估	無更動
17.3	汲取福島教訓	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
17.4	與周邊國家之核能安全資訊交換	新章節
第 18 章 設計與建造		
18.1	防止放射性物質外洩	無更動
18.1.1	執照申請程序與管制要求	無更動
18.1.2	深度防禦概念之施行	無更動
18.1.3	事故之預防與減輕	文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
18.2	採用成熟技術	無更動
18.3	人為因素與人機介面之考量	僅文字編輯、現況更新與過去 3 年進展討論
18.4	汲取福島教訓	僅文字編輯
第 19 章 運轉		
19.1	核能電廠運轉之初次核准	僅文字編輯
19.2	運轉限制與條件	僅文字編輯

報告章節		修改說明
19.3	按照核准的程序書執行運轉、維護、檢查和測試	僅文字編輯
19.4	預期運轉暫態與事故之處理以及斷然處置程序指引	無更動
19.4.1	緊急運轉程序書(Emergency Operating Procedures, EOPs)	僅文字編輯
19.4.2	機組斷然處置程序指引	僅文字編輯
19.5	工程與技術支援	僅文字編輯
19.6	重要安全相關事件陳報	無更動
19.6.1	事件陳報之法規要求	僅文字編輯
19.6.2	核能發電機組急停後再起動	無更動
19.6.3	核能電廠異常事件和設備故障之評估	僅文字編輯
19.7	管制規範違規處罰	無更動
19.7.1	核子設施違規	現況更新與過去 3 年進展討論
19.7.2	反應器運轉人員違規	現況更新與過去 3 年進展討論
19.8	運轉經驗回饋	無更動
19.8.1	國際管制資訊研析與國際運轉經驗蒐集	現況更新與過去 3 年進展討論
19.8.2	建立運轉維護經驗回饋制度	無更動
19.8.3	從國內與國際運轉經驗及/或事件汲取教訓	無更動
19.8.4	從緊急應變核安演練/演習汲取教訓	現況更新與過去 3 年進展討論
19.9	放射性廢棄物管理	僅文字編輯
19.9.1	低放射性廢棄物管理	無更動
19.9.1.1	低放射性廢棄物之處理與貯存	現況更新與過去 3 年進展討論
19.9.1.2	低放射性廢棄物之最終處置	僅文字編輯
19.9.2	用過核子燃料管理	僅文字編輯
19.9.2.1	用過核子燃料之廠內乾式貯存	現況更新與過去 3 年進展討論
19.9.2.2	用過核子燃料之最終處置	現況更新與過去 3 年進展討論
19.10	核能資訊透明化	僅文字編輯
附件 A 縮寫字與特殊用語中英對照表		
附件 B 感謝辭		
附錄一 福島核子事故後我國新增管制要求		
I.	金山核能電廠重要特性數據	刪除個私資訊
II.	國聖核能電廠重要特性數據	刪除個私資訊

報告章節		修改說明
III.	馬鞍山核能電廠重要特性數據	刪除個私資訊
IV.	龍門核能電廠重要特性數據	刪除個私資訊
附錄二 福島核子事故後我國新增管制要求		
A.	2012 年 11 月 5 日發布之法規要求	無更動
B.	2013 年 6 月 6 日發布之法規要求	無更動
C.	2014 年 3 月 6 日發布之法規要求	無更動

(此頁空白)

第 6 章 現有核能電廠

每一簽約國(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，簽約國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。

6.1 國內現有核能電廠

國內現有四座核能電廠。核一廠 1 號機於 2014 年 12 月 10 日停機，進行週期 27 末大修期間，發現有 1 束燃料水棒連接桿失效，1 號機一直處於停機狀態直到 2018 年 12 月 5 日執照到期；至於 2 號機於 2017 年 6 月 2 日因 2 號機主變壓器到開關場 3 座鐵塔其中 1 座倒塌，造成主汽機發電機跳機，反應器急停，直到 2019 年 7 月 15 日執照到期，均未再起動；核一廠 1 號機與 2 號機目前皆進入除役階段。核二廠與核三廠目前仍在運轉中；核四廠於 2014 年 4 月 28 日宣布進入停工封存 (2021 年註：龍門電廠已於 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。)。此四座核能電廠依商轉順序簡稱「核一廠」、「核二廠」、「核三廠」、及「核四廠」；另依地名分別又取名「金山」、「國聖」、「馬鞍山」和「龍門」核能電廠。每座核能電廠均各設置有兩部相同之核能發電機組。

截至 2018 年 12 月底止，運轉中之三座核能電廠的總發電裝置容量約為 4.508 百萬瓩(4,508 MWe)，佔台灣電力系統總發電裝置容量 44.509 百萬瓩(44,509 MWe)的 10.13%。台灣電力公司在 2018 年底之總發電裝置容量約為 33.155 百萬瓩(33,155 MWe)。2018 年台灣核能發電量約為 26.656×10^9 度(kWh)，約佔總發電量的 11.43%。

2011 年 3 月 11 日日本發生福島第一核能電廠核子事故，當時我國核四廠兩部核能機組仍在建造階段，台電公司並於 2013 年 12 月 31 日向原能會提出申請 1 號機組之初始(核子)燃料裝填；但受福島核子事故影響，2014 年 4 月 28 日政府調整核能政策宣佈封存核四廠，台電公司決定不再繼續提出初始(核子)燃料裝填。2015 年 7 月 1 日核四廠正式封存；並於 2017 年通過審核進入資產維護管理階段，確保各項資產設備(結構/系統/組件)狀態良好及可用性，以保有未來資產設備的最大價值。(2021 年註：龍門電廠建廠執照已於 2020 年 12 月 31 日屆期失效)

6.1.1 電廠廠址、地面高度及海嘯溯上高度

如圖 6.1 所示，核一廠、核二廠和核四廠皆位於台灣北部海岸，核三廠則位於台灣南部海岸。核一廠位於核二廠西北邊，兩廠距離約 12 公里，核四廠則位處核二廠東南邊。

(1) 核一廠

核一廠位處台灣北端，北臨東海，距海邊約 500 公尺。依據最新調查結果，廠址地面高度約海拔(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。小坑溪位在核一廠東邊約 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。乾華溪則位在核一廠西邊，溪長約 8.0 公里，發生土石流之潛在可能性被評估為「中度」，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，核一廠以構築堤岸、護坡方式將乾華溪下游段改道至人工排放渠道。小坑溪和乾華溪皆注入東海，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)第 2.6.11 節指出，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，因水準原點重新修正後，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 6.2 為核一廠主要設施高程示意圖。

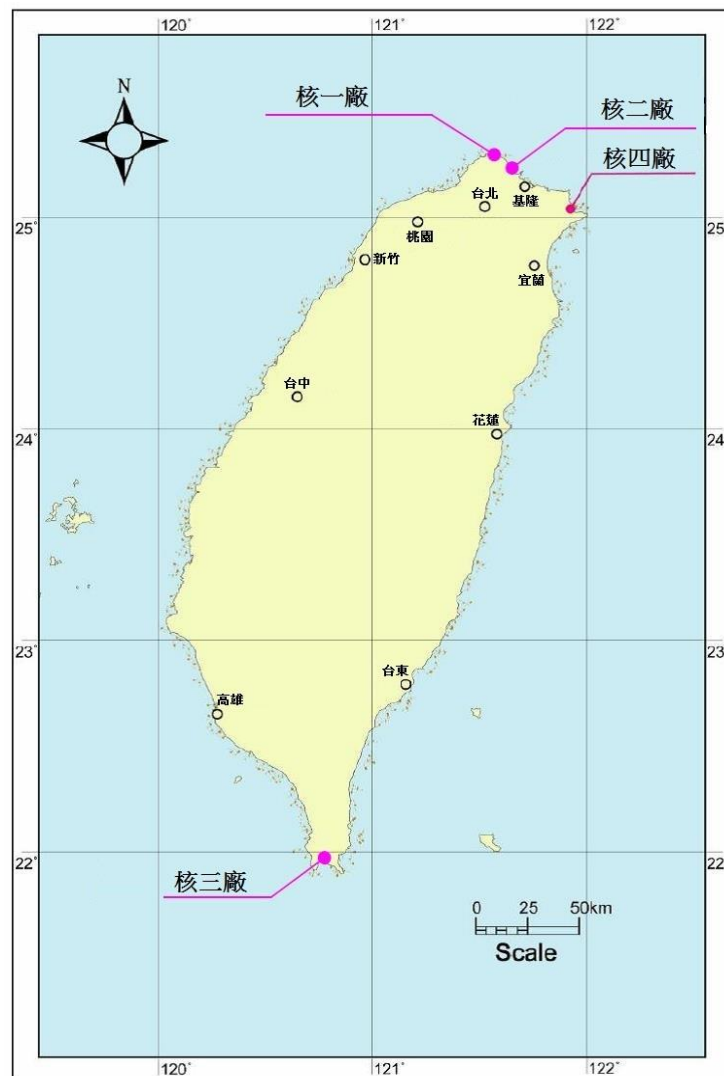


圖 6.1 台灣境內核能電廠廠址

(註：核四廠建廠執照已於 2020 年 12 月 31 日屆期失效)

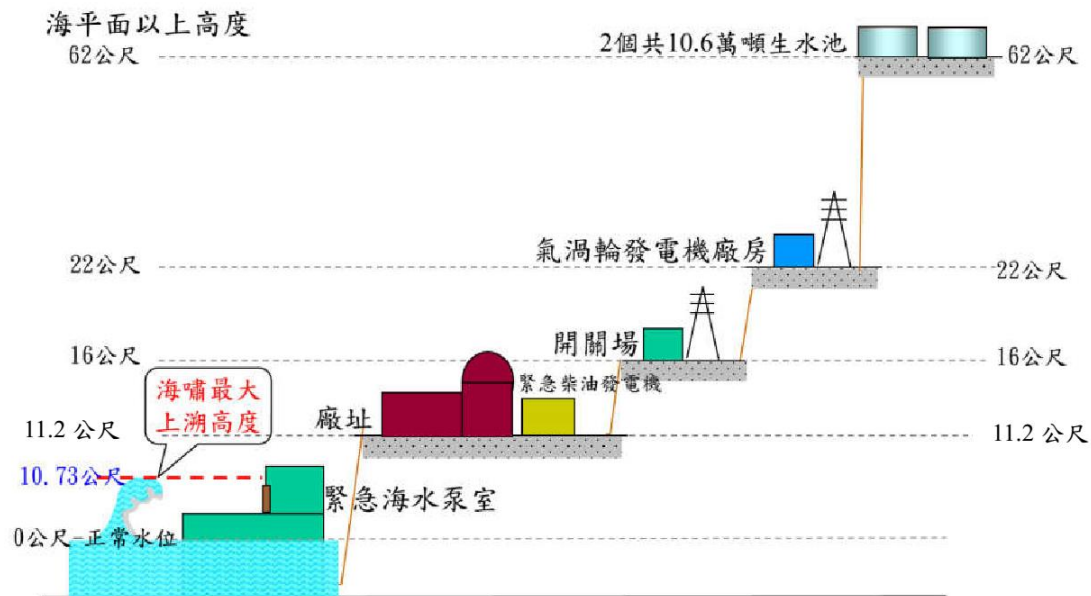


圖 6.2 核一廠主要設施高程示意圖

(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。核二廠廠址地面高度為海拔 12 公尺，距離海邊約 500 公尺。

最接近核二廠廠址區之兩條溪流為員潭溪和瑪鍊溪，兩條溪流均流進東海，與廠區間有山丘相隔(沙丘升高至海拔約數十公尺)。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指出，核二廠廠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 6.3 為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。電廠廠址地面約高於平均海平面高度(海拔)15 公尺。廠址內既無溪流、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。

核三廠最大之潮差紀錄為南灣的 4.03 公尺；假設芮氏規模 8.0 地震引發震央位置 5 公尺高的海嘯浪高，則海嘯抵達核三廠海岸邊的浪高約 11 公尺，至於海嘯溯上高度則約為 8 公尺。再保守加上 4.03 公尺的潮差高度以及 0.5 公尺的安全餘裕，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 6.4 為核三廠主要設施高程示意圖。

表 6.1 整理列示台灣核能電廠之廠址高程(海拔高度)與海嘯最大溯上高度。

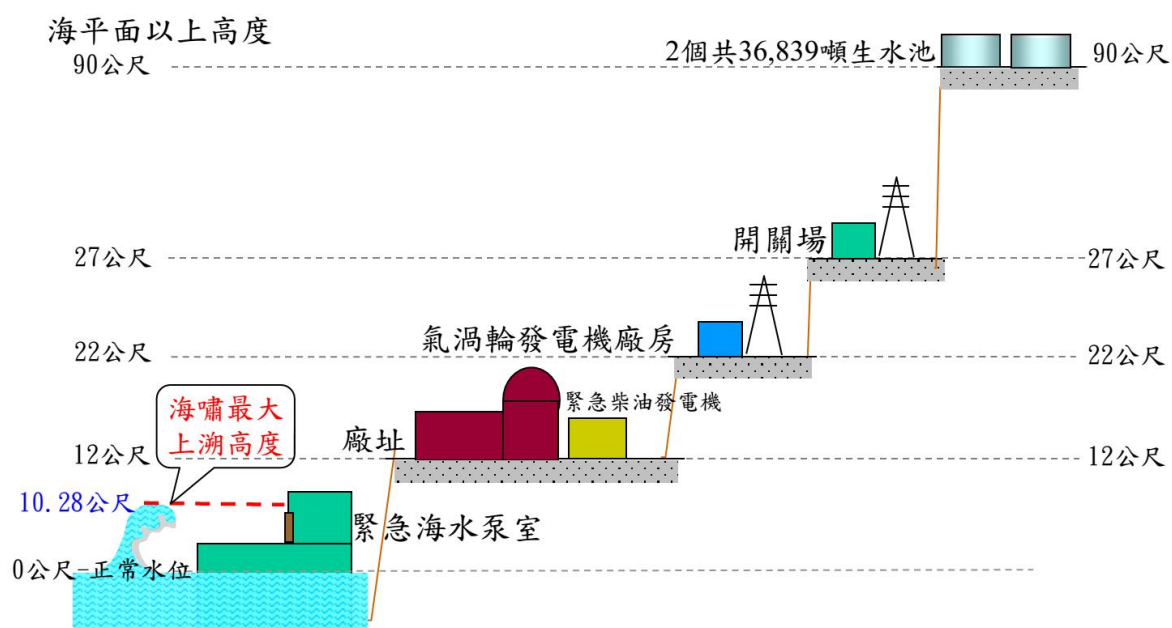


圖 6.3 核二廠主要設施高程示意圖

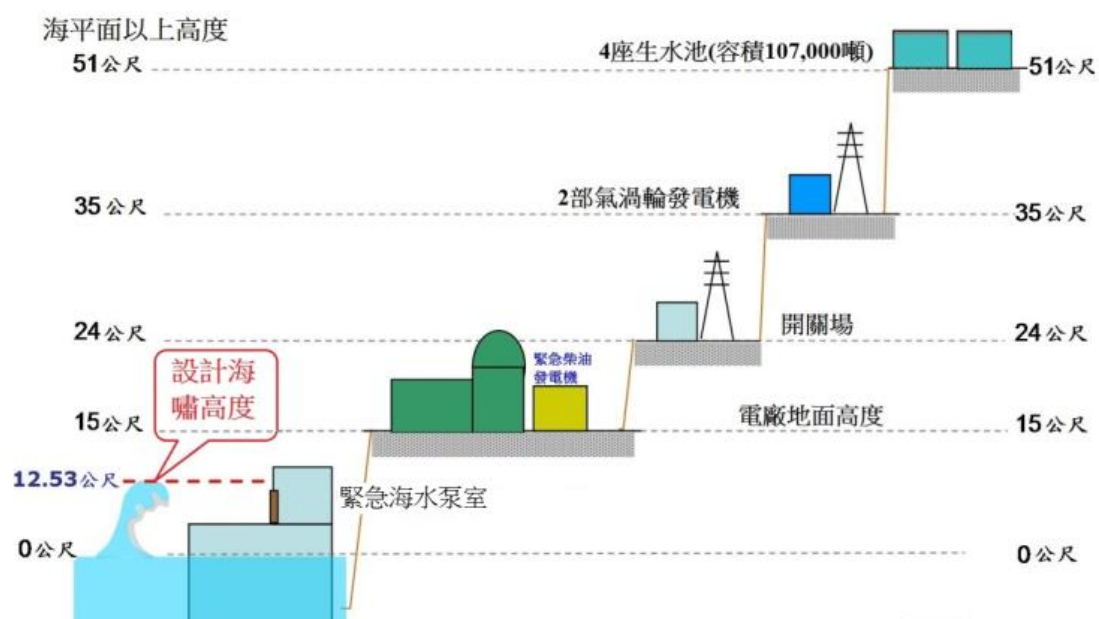


圖 6.4 核三廠主要設施高程示意圖

表 6.1 台灣境內核能電廠之廠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
海嘯最大溯上高度	10.73公尺	10.28公尺	12.53公尺
電廠地面高程	11.2公尺	12.0公尺	15.0公尺

6.1.2 核能機組特性、機組共用系統結構組件及功率提昇

台灣的核能電廠中，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)，而核三廠則裝有 2 部各配置一座三環路壓水式反應器(PWR)的核能發電機組(圍阻體係一內層襯鋼板並有鋼纜加壓增加張力的預力鋼筋混凝土建築)。

核一、二廠之 4 部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。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，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。

核二廠因應用過核子燃料池接近滿儲，同時乾式貯存設施建造因新北市政府放流水減量許可未決而延遲。因此，台電公司規劃安裝 8 組龍門電廠庫存之燃料貯存格架至核二廠。這些格架將安裝於已經原能會審查同意改裝設計之核二廠護箱裝載池(cask loading pool)。如此，核二廠每部機組可以增加 440 束用過核子燃料的貯存空間。該申請案依據審查規範進程序與實質兩階段審查工作。程序審查針對送審分析報告之完整性進行審查，並要求台電公司補充說明與修訂報告後，於 2016 年 9 月 20 日完成程序審查，確認送審文件之完整性符合申請要件。實質審查階段，聘請學者專家與原能會相關局處同仁組成專案審查小組，從各個安全面向進行嚴格審查，以確認是否符合相關法規要求；自 2016 年 9 月 21 日起，共計召開 10 次分組審查會議提出 187 項審查意見。最後，確認台電公司已就各個安全要項與相關作業提出適當評估與說明，並符合安全要求。原能會於 2017 年 4 月 6 日同意護箱裝載池改建為格架設施的申請案。核二廠 1 號機與 2 號機則分別於 2017 年 5 月 19 日與 2019 年 1 月 11 日，取得同意護箱裝載池啟用貯存用過核子燃料。當乾式貯存設施興建完成啟用後，護箱裝載池將回復其原有裝載用過核子燃料護箱之功能。表 6.2 簡示國內各核能電廠之基本設計數據。

表 6.2 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	
機組	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. 12.15	1972. 12.04	1975. 08.19	1975. 08.19	1978. 04.01	1978. 04.01
商業運轉日期	1978. 12.06	1979. 07.16	1981. 12.28	1983. 03.15	1984. 07.27	1985. 05.18

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
運轉到期日期	2018. 12.05	2019. 07.15	2021. 12.27	2023. 03.14	2024. 07.27	2025. 05.17
目前狀態	除役階段		正常運轉		正常運轉	
反應器型式 (廠商)	第 4 型沸水式反應器 (奇異電氣)		第 6 型沸水式反應器 (奇異電氣)		3 環路壓水式反應器 (西屋電氣)	
功率： 額定熱功率 裝置電功率	1,840 MWt 636 MWe		3,001 MWt 985 MWe		2,822 MWt 951 MWe	
汽輪發電機廠商	西屋電氣		西屋電氣		奇異電氣	
工程顧問公司	Ebasco		Bechtel		Bechtel	
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	
設計基準地震 (DBE)： 安全停機地震 (SSE) 運轉基準地震 (OBE)	0.3 g (PGA) 0.15 g (PGA)		0.4 g (PGA) 0.2 g (PGA)		0.4 g (PGA) 0.2 g (PGA)	

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 部核能機組，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。雖然有些重要結構物/系統/組件仍是設計成由兩部機共用；但共用相關的結構物/系統/組件可能的潛在負面效應，皆已完成影響評估並提供運轉程序書建立適當措施管控。以下謹舉數例說明：

國內核能電廠之每部機組均擁有多部水冷式緊急柴油發電機(EDGs)(核一、二、

及三廠之每部機均各擁有 2 部)。此外，每座核能電廠並另裝設 1 部由兩部機共用、可變更供電對象的氣冷式共用緊急柴油發電機(air-cooled swing EDG)(或稱氣冷式共用緊急柴油發電機)，又稱為第 5 部(針對核一、二、三廠)。依照原先設計，當電廠有一部機組(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，但只能供電給兩部機的任一 EDG。然日本福島事故後，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緊急情況下，透過適當的控管與負荷管理下，同時供電給兩部機的任一安全相關 4.16kV 緊要匯流排(essential bus)。

另一個機組共用結構物/系統/組件的例子是，核三廠除了第 5 部 EDG 外，廠用海水(NSCW)系統的廠房也是由兩部機組共用，但廠房內 1 號機或 2 號機的系統與設備則是各自分開的。

功率提昇：

核二廠 2 號機(2007 年 7 月)與 1 號機(2007 年 11 月)先後藉著裝設超音波飼水流量測量系統，利用量測不準度改善(measurement uncertainty recapture)技術來小幅度提昇功率。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)。

隨後，核一、二廠又推動進一步的中幅度功率提昇計畫(stretch power uprate, SPU)。核一廠 1、2 號機分別各於 2012 年 11 月 23 日和 2012 年 11 月 29 日完成提昇熱功率約 2%之中幅度功率提昇，電功率輸出則分別提昇約 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 日完成熱功率提昇約 1.2%之中幅度功率提昇，而電功率輸出增加約 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(假定電廠容量因子為 0.9 的話)。相關功率提昇資訊可參閱本報告第 14.1.2(5)節。

6.1.3 運轉中核能電廠績效

在台電公司核能電廠運轉團隊的努力之下，過去幾年國內運轉中核能電廠之運轉績效仍然維持優良紀錄。以世界核能發電協會的績效指標(PI)而言，WANO 績效方案藉著蒐集、導向以及傳播核能電廠績效數據等作為，來支持國際間運轉經驗資訊的交流。目前，我國運轉中核能發電機組仍以這些績效指標作為改善運轉績效的主要目標。若干 WANO 的績效指標亦在原能會的反應器監管方案的燈號管制出現，包括：臨界 7000 小時非計劃性反應爐急停(US7)、集體輻射曝露(collective radiation exposure)、安全系統功能失效以及放射性廢液處理。經由台電公司有效的管理以及管制單位詳盡的管制政策下，2019 年運轉中核電廠繳出顯著的績效。根據台電公司的 2019 年發電量統計，核能發電占比提升到 13.4%，比前一年多出 2 個百分點，創下近 3 年新高。主因是去年核二、三共 4 部機組運轉情況良好，除大修期間外皆滿載發電。圖 6.5 與圖 6.6 所示則為(資料截至 2020 年 5 月)各年度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。

國內超過 90%(以體積計算)的低階放射性廢棄物是由運轉中核能電廠產生的。成功應用核研所研發成功的高效率固化減廢技術，以及各電廠工作成員的努力之下，

每年核電廠產生的固化低階放射性廢棄物總量，由 1983 年高峰期的約 12,000 桶(每桶 200 公升)大幅度減量至近年不到 200 桶的產生(如圖 6.7 所示)。(更多低階放射性廢棄物資訊請參閱第 19.9.1 節。)

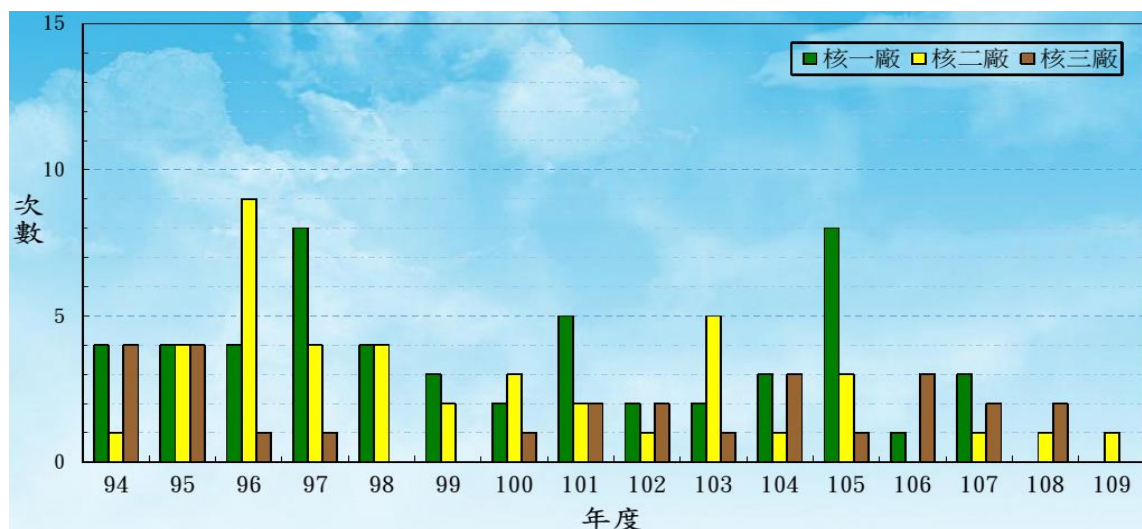


圖 6.5 國內運轉中核能電廠年平均每部機組異常事件報告數(迄 2020 年 5 月)

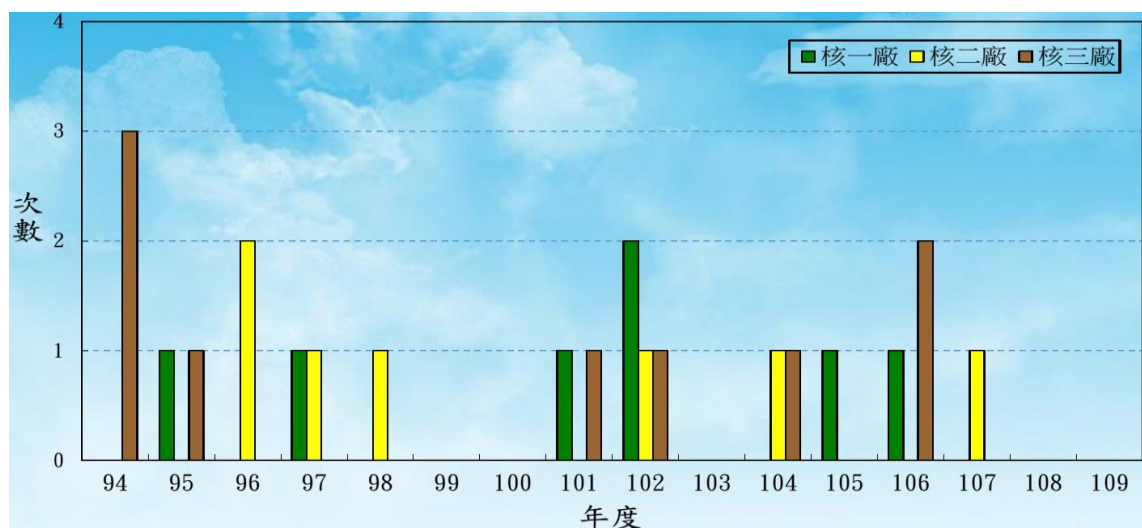


圖 6.6 國內運轉中核能電廠年平均每部機組跳機次數(迄 2020 年 5 月)

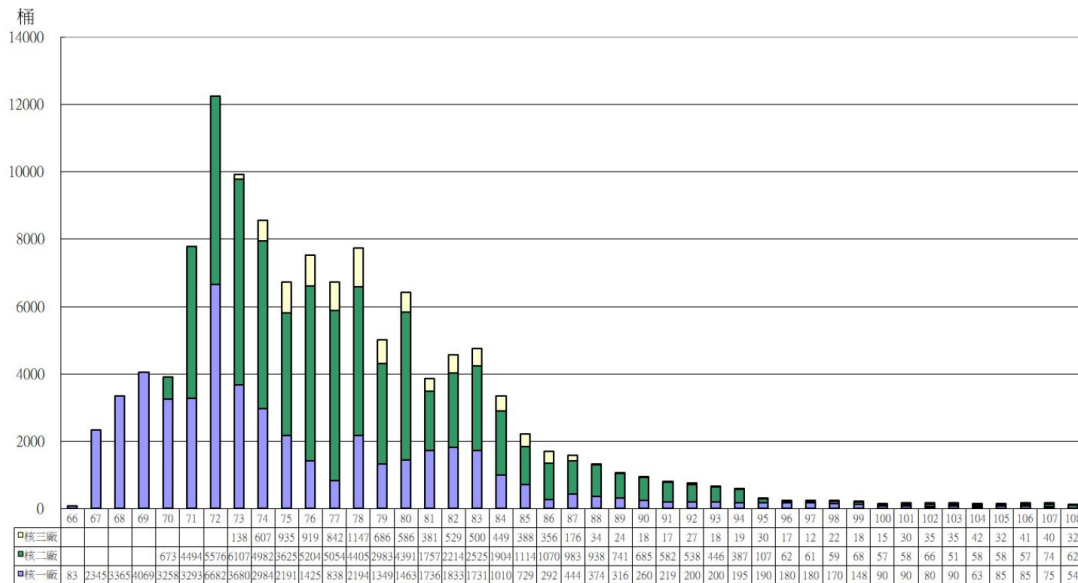


圖 6.7 國內核能電廠固化低放射性廢棄物總年產量(迄 2019 年)

6.1.4 核能電廠電力供應源

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)和緊急爐心冷卻水系統(ECCS)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，廠用電力可由電廠主渦輪發電機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— 345kV(超高壓)和 69kV(或 161kV)(高壓)電力，經由起動變壓器提供機組起動電力。

國內運轉的核能電廠每一部機組，均配置有 2 部相同的(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。所有水冷式緊急柴油發電機均被做為電廠之廠內備用交流電源，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和緊急冷卻水系統。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 部安全相關、耐震一級設計、氣冷式共用緊急柴油發電機。此外，運轉中核能電廠並各自擁有 2 部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—即電廠全黑事故時，氣冷式共用 EDG 和 GTG 可做為另種不同的緊急備用電源。

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 AC 電源時，提供緊要 DC 電力至少 8 小時。福島事故後，國內核能電廠即加強核能機組 DC 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。

以下針對國內核能電廠之電力供應來源再進一步加以討論。

6.1.4.1 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(345kV 和 69kV 或 161kV 電力網)，每個電力網各配置有數條傳輸線路：

- 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

(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，其餘 2 條來自金山二次變電站。如第 6.1.4.3 節將提到的，核一廠還有 2 部氣渦輪發電機可對 69kV 開關場提供緊急備用電源。因此，即使有 1 條廠外電源傳輸線路或斷路器跳脫，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；在廠外電源亦喪失時，則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/中幅及武崙/乾華線。

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 部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(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 系統有兩個重複的匯流排(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。

6.1.4.2 廠內備用電源 — 水冷式緊急柴油發電機

國內四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時對電廠提供廠內備用電源。核一、二、三廠的每一部機組均各有 2 部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 部只對高壓爐心噴灑(HPCS)系統供電之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核子燃料池(SFP)維持冷卻所需電力負載，提供備用 AC 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 部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。屬同一機組的 2 部緊急柴油發電機可相互支援。全部 4 部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 部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 電源。每部緊急柴油發電機各有其獨立的空氣起動系統。

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：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 部緊急柴油發電機，俾在喪失廠外電源時緊急供電給一個緊要匯流排。每 1 部緊急柴油發電機的設計容量均為 100%，因此只要有 1 部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。每部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核子燃料池之替代冷卻方式加以確保，此時熱量最後是經由用過核子燃料池額外冷卻系統(SFPACS)之冷卻水塔傳送至大氣中。

(2) 核二廠

核二廠之每部機組均各有 2 部 4.16kV/3600kW 和 1 部 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 部 4.16kV/3600kW 緊急柴油發電機，任 1 部緊急柴油發電機及其對應之 4.16kV 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 部 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系統。每部機組之 3 部緊急柴油發電機，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 部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 部耐震一級、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(或潛在最大海嘯溯上高度)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 部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 4.16kV 負載群組。

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，供電給特殊安全設施設備，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，

乃由廠用海水系統所提供。

6.1.4.3 緊急備用電源 — 氣冷式共用(swing)緊急柴油發電機和氣渦輪發電機

國內每一座核能電廠均另設置 1 部安全相關、耐震一級設計的 4.16kV 氣冷式共用(swing)之緊急柴油發電機，此氣冷式緊急柴油發電機可手動切換以供電至廠內兩部機組中的任一緊急匯流排。此柴油發電機座落在電廠地面層，在核一、二、三廠，此共用緊急柴油發電機是廠內設置之第 5 部緊急柴油發電機，故又稱第 5 部緊急柴油發電機。

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 %，因此可充分供電給一個緊要匯流排。依照原來設計，共用緊急柴油發電機可供廠內兩部機使用，但一次只能供一部機一個匯流排使用。在福島事故後，相關的電廠運轉程序書已經修正，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，對兩部機各一個匯流排同時提供電力。

此外，在運轉中核能電廠廠址，均各有 2 部非耐震等級、但具全黑起動能力的氣冷式氣渦輪發電機(亦或僅氣渦輪機或氣渦輪發電機)。每部氣渦輪發電機各配置有 1 部專屬的 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，能透過開關廠 4.16kV 輔助電盤對安全相關匯流排提供電力。核一、二、三廠之 AC 電力供應，均可由其所屬 2 部氣渦輪發電機承擔。

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(亦即電廠全黑)事故時，共用式緊急柴油發電機和 2 部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，因此無需提供冷卻水。

(1) 核一廠

除有 4 部水冷式緊急柴油發電機(每部機各有 2 部)外，核一廠另有 1 部安全相關、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 部柴油發電機房。此第 5 部緊急柴油發電機(即：共用緊急柴油發電機)是做為 4 部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 部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部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 部緊急柴油發電機之 125VDC 電源，乃是一套獨立的蓄電池組。

更進一步地，核一廠還有 2 部非安全等級、非耐震一級、但具全黑起動能力的 50MW 氣冷式氣渦輪發電機，座落在海拔 22.4 公尺高度處。此兩部氣渦輪發電機也可經由升壓主變壓器(step-up main transformer)供電給 69kV 匯流排，而做為一種補充電源。每一部氣渦輪發電機均可供電給安全匯流排，其容量達 69.6MVA，

足以替代 69kV 廠外電源提供兩部機組安全停機所需電力。另一方面，每一部氣渦輪發電機均配置有一部專屬的 4.16kV 柴油發電機(容量 1,500kVA)，以提供起動所需電力。兩部氣渦輪發電機(連同各自附屬之起動柴油發電機)，乃是彼此獨立的。然而，當兩部起動柴油發電機中有一部故障，另一部則可藉由關上聯絡斷路器(tie-breaker)，而用來起動其柴油發電機故障之氣渦輪發電機。如此，可不影響兩部氣渦輪發電機之電廠全黑起動能力。

兩部氣渦輪發電機主要是在發生電廠全黑事故時，用來提供緊急起動電廠 AC 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，兩部氣渦輪發電機可提供電力至 69kV 開關場，以提供所需 AC 電源。

通常，起動氣渦輪發電機所需 4.16kV 電力，係由 69kV 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(1500kVA, 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。

兩部氣渦輪發電機附屬之兩部柴油發電機(每部容量 1500kVA、電壓 4.16kV、功率 1100kW)是彼此互相獨立的，其起動電力由 24VDC 電池組提供。當發生喪失廠外電源或電廠全黑事故時，此 24VDC 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 AC 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 分鐘內加入輪配電系統，然後大約再過 7.5 分鐘可達滿載功率 50MW。操控氣渦輪發電機之電力，係由獨立的另一 DC 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 部氣冷式共用緊急柴油發電機和 2 部氣冷式氣渦輪發電機。

(2) 核二廠

除 4 部重複的水冷式緊急柴油發電機外，核二廠另有 1 部安全相關、耐震一級設計之 4.16kV/3910kW 氣冷式共用緊急柴油發電機(第 5 部緊急柴油發電機)，做為備用緊急電源，屬兩部機共有。此第 5 部緊急柴油發電機，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 部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 部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 部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 部非安全等級、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，容量為 50MW。每部氣渦輪發電機有 1 部附屬的起動用之 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 部緊急柴油發電機或任何 1 部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 DC 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 部氣冷式共用緊急柴油發電機和 2 部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 部氣冷式共用緊急柴油發電機(即第 5 部緊急柴油發電機)，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 部緊急柴油發電機廠房內。

另外，核三廠還有 2 部非安全等級、非耐震一級的 69.6MVA/50MW 氣冷式氣渦輪發電機，座落於海拔 35 公尺高度上。每部氣渦輪發電機配置有 1 部 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 部緊急柴油發電機和 2 部氣渦輪發電機可用為不同的緊急電源，以提供緊要 AC 電源。第 5 部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 部水冷式緊急柴油發電機。因第 5 部緊急柴油發電機和 2 部氣渦輪發電機均為氣冷式，故它們皆不需要冷卻水。

當廠外電源和廠內備用電源同時喪失時，第 5 部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 AC 電力給用過核子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。

6.1.4.4 直流電源和移動式柴油發電機

發生電廠全黑事故時，採用沸水式反應器的核一、二廠，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) 的。

另一方面，採用壓水式反應器的核三廠，其處理電廠全黑事故的做法，則是利用汽機驅動輔助飼水泵(turbine-driven auxiliary feedwater pump)及/或柴油引擎驅動(diesel engine-driven)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驅動輔助飼水泵的運轉，都是倚賴

125VDC 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 DC 電力 8 小時。福島事故後，台電即加強核能機組 DC 電源，現已可至少維持 24 小時。這段期間內，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）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，DC 電源和移動式 AC 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)移動式柴油發電機電源車。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，若所有永久性建置之 AC 電源皆不可用，核能電廠仍然有 DC 電源和許多在廠內的移動式 AC 電源柴油發電機可用。

每一個獨立的電池組系統均擁有重複的電池充電器。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 DC 和 AC 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，
- 多部安全相關、耐震一級的水冷式緊急柴油發電機，做為廠內備用電源，
- 一部安全相關、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，
- 兩部非安全相關、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部中型(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。

(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，以及主蒸汽管路上之安全釋壓閥的運作。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 125VDC 電源，相關電池組提供 DC 電力時間已由 8 小時延長到至少 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(氮氣瓶連結到現有儀用氮氣系統相關設計變更已經完成)。

若 DC 電源不可用，仍能使用手動方式操作反應器爐心隔離冷卻系統，以作為事故處理措施之一。核一廠 1 號機與 2 號機正式進入除役階段，反應爐維持開蓋及高水位，因此已無壓力且無 RCIC、SRV、FW、HPCI 系統可用。

(2) 核二廠

核二廠每部機組的安全相關 DC 電源，包含 5 個 125 VDC 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 DC 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 部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 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，已由原來的至少 8 小時延長到可供電達 24 小時。另外，有一部專屬的移動式柴油發電機及其附屬整流器，可提供 DC 電力給反應器爐心隔離冷卻系統及安全釋壓閥，而一部移動式空氣壓縮機則可供應廠用氣體(service air)給安全釋壓閥。

由於第 5 部緊急柴油發電機或任 1 部氣渦輪發電機，都可供電給緊要匯流排上之負載(包含緊要和非緊要 DC 充電器)，因此電池組將可提供 DC 電力一段長時間。若 DC 電源不可用，仍能使用手動方式操作反應器爐心隔離冷卻系統，以作為事故處理措施之一。

(3) 核三廠

核三廠之輔助飼水系統(AFS)配置有 1 部汽機驅動輔助飼水泵、1 部柴油引擎驅動輔助飼水泵、和馬達驅動(motor-driven)輔助飼水泵。當沒有 AC 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以釋放蒸汽)，另一方面利用輔助飼水系統之汽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。汽機驅動(即蒸汽驅動)輔助飼水泵之運轉，需依靠 125VDC 電源。

電池組 A 串和 B 串之每一串的額定容量為 3600 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 DC 電源時間現已可延長到至少 24 小時。

如果連所有 DC 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，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 電力。此電

池組每月維修一次，以確保 DC 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提供 AC 電力。

第 5 部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 部緊急柴油發電機起動，也可反過來對起動第 5 部緊急柴油發電機之電池提供 AC 電力充電。

6.1.4.5 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。

在國內每個核能電廠廠址，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，核一、二、三廠的每部機組，各有 2 部 4.16kV 水冷式緊急柴油發電機，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部水冷式緊急柴油發電機，專為高壓爐心噴灑系統而設。

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 部 4.16kV 氣冷式緊急柴油發電機(即：第 5 部或共用緊急柴油發電機)和 2 部氣冷式氣渦輪發電機，可做為另種緊急電源。

福島事故後，為保護其核能電廠避免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 移動式柴油發電機電源車和 26 部 480V 移動式柴油發電機。台電公司同時添購了數部空氣壓縮機、氮氣瓶等。在配置上述這些移動式設備和器具後，大幅增強核能電廠對抗長期電廠全黑(prolonged SBO)事故之能力。

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部氣渦輪發電機的2部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；
- 2部氣渦輪發電機的2部(4.16kV)全黑起動柴油發電機，其供應緊急電力給兩部機組之4.16kV安全相關緊要匯流排，所需要的電纜線和相關程序書都已備妥；
- 每一廠址各一或兩部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；
- 每一核能電廠場址均已購置了多組480V可攜式柴油發電機，可供電給緊急480V匯流排；
- 電廠全黑事故時，DC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 部緊急柴油發電機，使其可在緊急時同時供電給兩部機組。

此外，核一廠有一組 4.16kV/1500kW 大型可移動貨櫃式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/500kW 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、緊要不斷電系統和 480V 負載等，提供 DC 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、抽水機(combustion water pumps)等。

從 2 部氣渦輪發電機附屬的 2 部 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(TSC)大樓照明系統的電源變壓器，已於 2015 年 10 月從一樓搬移至較高位置，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 部水冷式和 1 部氣冷式者，均座落在大約電廠地面高程之高度。為加強抗水災/抗海嘯能力，水密設備將裝設於第 5 部緊急柴油發電機機房之出入和開口處。並且，核一廠規劃興建 170 公尺長、海平面之上 17 公尺高的防海嘯牆 (因進入除役階段而緩議)；ESW 泵室門外亦加強防水與水密功能加強現場設備防禦機制。

(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，以在緊急情況時，提供 DC 電力給反應器爐心隔離冷卻系統和安全釋壓閥，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屋頂，且相關整流器和電纜線均配備快速接頭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。

為了提高電廠電源系統抵禦福島型嚴重複合事故的強固性，採取以下措施提供緊急的 4.16 kV / 480 V AC 電源：

- 修正電廠緊急計畫，使第 5 部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)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部 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；

- 將技術支援中心和作業支援中心(OSC)的兩部480V/200kW柴油發電機，從各中心連線至負載中心(LCs)1B3和2B3；
- 添加 4 部 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、氫氣點火系統(HIS)等] 和 125VDC 電池充電器(彼可反過來提供電力給 125VDC 匯流排)，提供了額外的緊急電力；
- 將台電公司已購置之 6 部 4.16kV/1500kW 移動式柴油發電機發電引擎(power engines)中的 1 部放置核二廠，3 部放置核一和核四廠，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；
- 增購了 5 組小型 120V 移動式發電機和電源供應器，以在緊急情況時，提供 DC 電力給反應器爐心隔離冷卻系統和安全釋壓閥。
- 添購了 2 組移動式柴油(引擎)驅動空氣壓縮機和 2 組高壓升壓機，以提供安全釋壓閥緊急運作時需要的壓縮空氣；
- 在 DC 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；相關之電廠運轉程序已納入電廠斷然處置程序指引程序書 1451 內。

在增強電廠電力系統抗海嘯/水災能力方面(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淹沒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 部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；
- 兩部氣渦輪發電機座落在海拔 22 公尺高度上；
- 附屬於兩部氣渦輪發電機的兩部 4.16kV 全黑起動柴油發電機座落在海拔 22 公尺高度上；
- 新購之兩部 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。核三廠已購置 10 部 370kVA/480V 移動式柴油發電機，以供應 AC 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 部氣冷式緊急柴油發電機同時供應緊急 AC 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 部 4.16kV/1500kW 移動式柴油發電機，其中 2 部放在核三廠。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水系統(RCS)和反應器冷卻水泵(RCP)密封注水(seal injection)，以及至用過核子燃料池冷卻和緊急補水泵。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 部小型移動式發電機，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。這些倉庫屬於輕結構廠房，目的在確保當地震發生時，損毀的倉庫廠房不會造成救援設備損壞。

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 DC 電力亦喪失，汽機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。如果汽機驅動之輔助飼水泵不可用，可改運轉柴油引擎驅動之輔助飼水泵以補充飼水進蒸汽產生器中。此等動作，可控制反應器冷卻水系統之溫度和壓力，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)。因應 XX-JLD-10203 要求要求，核三廠進行 DCR MMR-C0-0407 設計變更，增設 EDG 機房水密門加強防禦海嘯能力。為防止水災侵襲其他廠房，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/出大門加裝防洪障壁板的可行性，俾可在中央氣象局(CWB)發布颱風及豪雨警報時，或者在判斷電廠廠址有可能遭水災侵襲時，淹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或防爆門的水密特性，俾能防範水災侵襲關鍵區域或房間，並因而避免重要設備/設施之損壞。相關的改善工程已經在 2012 年 12 月 31 日完成。

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

6.1.5 國內核能電廠現況

核一廠兩部機組執照已分別於 2018 年 12 月 5 日及 2019 年 7 月 15 日屆期，目前均已進入除役階段，等待核燃料移出反應爐後，開始進行拆除。核二廠 1/2 號機及核三廠 1/2 號機仍在運轉中，但因政府能源政策及非核家園的目標，四部機組在執照到期後，將停止運轉不再進行執照更新。核四廠已於 2014 年 4 月 28 日宣布停工封存，在政府現有能源政策下，將不會重啟建廠工作。(2021 年註：龍門電廠已於 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。)

6.2 主要安全評估

本節將敘述我國在核能電廠壽命期間安全評估之主要做法，詳細內容請參看本報告第 14 章。

6.2.1 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所發布有關「安全文化」之安全系列 75-INSAG-4 報告(1991 年)，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，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)：培育方案主要原則，包括：責任感、訓練、紀律、控管以及執行落實五大方向。為了追蹤安全文化推動成效，訂定 18 項安全文化績效指標做為參考依據，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。

(3) 強化期 (1998 至 2010 年)：

根據培育期推動安全文化經驗回饋，1998 年初開始的強化期重新評估安全文化績效指標，並訂定 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，
 - 臨界 7000 小時非計劃性自動急停次數，
 - 安全系統績效，
 - 工安事故率(industrial safety accident rate)，及
 - 非計劃性能力損失因子(unplanned capability loss factor)。
- 程序性指標：
 - 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 項主要範圍，包括有效管理、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 10.1.3 和 12.6.1 節。

6.2.2 提出報告之要求

台電公司應定期向原能會提出各核能電廠相關報告，這些報告應提出之時限規定如下：

- 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1小時內以電話通報，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：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。
- 核一廠除役年度執行報告：每年提出年度執行報告。

6.2.3 管制機關之審查、視察與評估

6.2.3.1 建廠執照、初次裝填核子燃料及運轉執照之申請與核准

欲申請興建核能電廠必須提送初期安全分析報告(PSAR)相關資料，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：

- 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環境保護署相關法令規定；及
- 申請人之技術與管理能力及財務基礎足以勝任其設施之經營。

為符合上述與環境相關之要求，申請人必須提送環境影響評估報告至環境保護署(以下簡稱環保署)進行審查與取得同意，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：

- 核子反應器初次裝填申請書、終期安全分析報告、依核子反應器設施管制法第4條第1項規定擬定之計畫；
- 改善結果報告除建廠期間視察發現之檢查改善結果外，亦包括初期安全分析報告審查結論應辦理事項執行情形以及安全相關與可靠度一級設備之結構、系統及組件品質檢查不符案件之改善情形；
- 運轉程序書清單、燃料裝填計畫及起動測試計畫；以及
- 系統功能試驗報告。

最後，完成所有功率測試後，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：

- 環境影響評估報告審查結果相關事項辦理情形；
- 核子反應器設施運轉執照申請書；
- 最新版終期安全分析報告；
- 各功率階段測試結果綜合報告；及
- 申請人財務保證說明。

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 10.1.4.1 以及 19.1 節。

6.2.3.2 管制機關視察

核能電廠運轉的視察計畫，係原能會強化核能安全管理方案的重要工作之一。原能會對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」、「專家團隊視察」、「特殊團隊視察」及「不預警視察」等幾類。即使核一廠進入除役階段，相關管制視察作業仍因燃料尚未移出爐心而維持不變。

對於電廠日常運轉，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。原能會也會選擇如半夜較無特別操作活動的時刻執行不預警視察，以惕勵電廠運轉人員的警覺性。當核能機組在其運轉周期末(EOC)，按照排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。此時，原能會將進行大修視察，以查核持照者確實依品保程序進行大修工作。原能會為確保核能機組安全性與穩定性，訂定嚴格要求事項稽核廠內大修期間所有的活動。除了常態性的視察作業外，有時也會針對某些事先選定的議題進行專家團隊視察。如有需要，也會隨時籌組進行特殊團隊視察。

「臨界申請加強查核」為針對台電公司依「核子反應器設施停止運轉後再起動管制辦法」第 9 條檢送機組初次臨界申請時所執行之現場查證。有關原能會視察之進一步敘述說明，請參閱本報告第 10.1.4.2 和 14.2.1 節。

6.2.3.3 核安管制紅綠燈

原能會基於核安資訊透明化政策，建構一套簡要型(compact)的「反應器監管方案」(國內稱之為「核安管制紅綠燈」方案)，使用可以快速評估以及容易理解的安全狀態指標，來評估運轉中核能電廠的安全績效，並於 2004 年底實施。「核安管制紅綠燈」方案係參考美國核管會(USNRC)之「反應器監管方案」，用來監管與評量核能電廠績效，確保電廠運轉安全。實施初期，僅限於「反應器安全」之策略績效領域，並只選用三項基石(cornerstones)；因為與 USNRC 三項戰略性績效領域(七項基石)不同，因此稱之為簡要型 ROP。此三項基石，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」。因此，原能會根據持照者提報的績效指標為輸入因子，評估電廠績效。2005 年再加入另一項「視察發現」指標，將原能會的視察發現結果輸入為第二項因子，進行國內核能電廠監管。核能電廠監管方案結果每季將揭露於原能會網站(https://www.aec.gov.tw/核能管制/運轉中電廠管制/核安管制紅綠燈--3_21_96.html)之網頁，另核一廠除役許可已於 2019 年 7 月 16 日生效，2019 年第三季以後核安管制紅綠燈資訊請前往核能電廠除役管制專區參

閱)。

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」兩個戰略性績效領域。因此，原能會的「核安管制紅綠燈」方案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)。三個領域下共有七項基石：包括肇始事件(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)。因核子保安事涉機密，故網站上不公佈「核子保安」指標資訊。

原能會核安管制紅綠燈方案包括兩項不同指標：績效指標與視察發現。績效指標係核能機組各重要安全系統之表現，由電廠統計陳報原能會；視察發現則為原能會視察員在電廠視察發現結果。績效指標經過評估後，會加上視察發現而整合為電廠評估績效。若原能會視察員無法在最初時間決定視察發現為「無安全顧慮」之綠燈時，可以借助核研所發展之風險評估工具(PRISE 電腦程式)，進行「重要性確立程序」(SDP) 判定其視察發現的安全重要性(safety significance)或安全顧慮(safety concern)燈號屬性。

每季電廠提供的績效指標評估結果，依據安全顧慮情形轉換成為類似交通號誌燈號呈現。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。電廠的總體評估來自於所有指標的評核結果。原能會亦將視各核能電廠管制燈號，配合調整對各該廠的管制作為。

最新核安管制紅綠燈為 18 項績效指標與 4 項視察發現，表 6.3 和 6.4 所示為一些範例；原能會已於 2006 年建立相關視察程序。更多有關資訊請參閱本報告第 10.1.4.3 節。

表 6.3 國內運轉中核能電廠績效指標

核安管制紅綠燈-績效指標							
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	●	●	●	●	●	●

核安管制紅綠燈-績效指標							
指標 / 核能機組		核一廠		核二廠		核三廠	
		1	2	1	2	1	2
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	●	●	●	●	●	●
廢液處理	廢液飼入量	●		●		●	
	廢液回收率	●		●		●	
	改善事項	●		●		●	
註：● — 無安全顧慮，○ — 低微安全顧慮， ● — 中度安全顧慮，● — 顯著安全顧慮。							

表 6.4 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	2018 年第 4 季	●	●	●	●	●	●
	2018 年第 3 季	●	●	●	●	●	●
	2018 年第 2 季	●	●	●	●	●	●
	2018 年第 1 季	●	●	●	●	●	●
救援系統	2018 年第 4 季	●	●	●	●	●	●
	2018 年第 3 季	●	●	●	●	●	●
	2018 年第 2 季	●	●	●	●	●	●
	2018 年第 1 季	●	●	●	●	●	●
屏障完整	2018 年第 4 季	●	●	●	●	●	●
	2018 年第 3 季	●	●	●	●	●	●
	2018 年第 2 季	●	●	●	●	●	●
	2018 年第 1 季	●	●	●	●	●	●
緊急應變	2018 年第 4 季	●		●		●	
	2018 年第 3 季	●		●		●	
	2018 年第 2 季	●		●		●	
	2018 年第 1 季	●		●		●	
註 1:		● — 無安全顧慮，		○ — 低微安全顧慮，			
		● — 中度安全顧慮，		● — 顯著安全顧慮。			
2:		Q1 — 第 1 季， Q2 — 第 2 季， Q3 — 第 3 季， Q4 — 第 4 季。					

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。依據最新結果顯示六部機組之績效指標與視察發現均為綠燈。過去，曾有數個非綠色燈號例子：核一廠 1 號機之「反應器爐心隔離冷卻水系統不可用率」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/組件偵錯以找出問題所在，包含維修、偵測(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。

另一個例子，2013 年 6 月原能會視察核三廠時，發現 2 號機之 161kV 廠外電源不可用。在利用「重要性確立程序」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水災防護視察(flood protection inspection)時，發現廠用海水泵室有兩處填封損壞。因經由這兩個洞入侵的水災，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布其為四級違規(Level IV violation)。違規原因經判斷為不符合更新後 FSAR 要求。隨後原能會召開會議要求核三廠進行改正措施。現已依照設計要求封好這兩個洞。

核一廠 1 號機與 2 號機雖然進入除役階段，但因核燃料仍然貯放於反應器爐心，為了維持用過核子燃料的貯存安全，原能會要求核一廠比照運轉期間管制規範，執行與燃料貯存安全相關 SSC 設備的維護與測試規劃。原能會將持續視察作業以監管電廠活動。另外，原能會修訂核安管制紅綠燈績效指標，更適用於除役期間安全需求 (例如：移除肇始事件、高壓冷卻水系統等)。

6.2.3.4 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)的做法類似，我國核能管制法規要求核能電廠於正式運轉後，每十年至少應做一次「整體安全評估」，並於十年期限到期前 6 個月提送報告報請原能會審核。此整體安全評估報告內容應至少包含下列事項：

- 過去十年核能機組營運狀況之回顧與檢討，內容涵蓋運轉安全、輻射安全、以及放射性廢棄物營運等回顧；
- 機組待執行之改善或補強事項檢討與承諾之改善或補強事項說明；
- 根據以上兩項內容，總結需要注意事項以及承諾未來十年需改善事項與時間表；及
- 其他經原能會指定之事項。

依據上述要求，台電公司提報原能會的十年整體安全評估報告內容，主要應包含有下列八章：

- (1) 過去十年運轉安全之回顧與評估
- (2) 過去十年運轉輻射安全之回顧與評估
- (3) 過去十年運轉放射性廢棄物營運之回顧與評估
- (4) 機組待執行之改善或補強事項回顧與評估

- (5) 老化管理整體評估
- (6) 耐震安全評估
- (7) 核三廠 3A 事故對機組相關系統之評估
- (8) 日本福島核災事故之檢討與評估
- (9) 總結

原能會「十年整體安全評估審查」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問題。以下謹舉出由於十年整體安全評估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；並可增強公眾對核電運轉安全的信心。強震自動急停系統設計，是在發生大於運轉基準地震之地震時，自動將反應器安全停機。遵循目前反應器保護系統控制邏輯，ASTS 同時都設置 3 或 4 組獨立的地震偵測器控道。
- 核一廠、核二廠和核三廠皆已建立一套地震安全再評估的地震識別系統。
 - 核二廠1號機首次於2006年進行建置地震安全再評估之地震識別系統的地震儀器。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)。
 - 核三廠分別於大修期間在1號機與2號機，建置地震安全再評估之地震識別系統的地震儀器。
 - 核一廠於2005年升級地震儀設備，並另加裝兩套儀器於獨立廠房；核二廠與核三廠則分別於2006年及2008年進行地震儀升級方案。
- 核一廠乾井(drywell)內大部分承受高溫的電纜線，1994 年之後依照 DCR-785S1 改善案進行替換，並已將乾井高溫由 80°C 降低至平均 46°C。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。
- 每個核能電廠廠址現均有兩個廠外電源供機組起動，包含 345kV 和 69kV 或 345kV 和 161kV。原先每個廠址皆只有一個 345kV 起動變壓器，由於 2007 年核一廠發生老化失效(aging failure)事件，台電公司決定每個廠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「十年整體安全評估審查」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能管制委員會法規指引(RG) RG1.12 (Rev.2)：「核能電廠地震儀表」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「十年整體安全評估審查」後，原能會對台電公司發布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，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；(2)建立老化管理系統架構和計畫，包含老化機制、老化管理、記錄建檔、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。
- 在核三廠第 2 次「十年整體安全評估審查」後，原能會對台電公司發布下列要求：
 - 台電公司應改善核三廠之地震偵檢系統。
- 核三廠在第 3 次「十年整體安全評估審查」後，配合原能會十年整體安全評估審查報告 NRD-SER-101-11 之審查意見，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，即使發生評估基準地震(RLE)($\approx 0.72g$)強度的地震下，核三廠現在已可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整體安全評估審查的整體安全評估報告，必須包含有一討論「從福島事故學得的教訓」專章。核一廠因為已進入除役階段，未來不再需要提 ISA 報告。

6.2.3.5 核能電廠除役安全管制

核一廠 1 及 2 號機運轉執照期限分別為 2018 年 12 月 5 日及 2019 年 7 月 15 日，機組即進入除役階段；核能電廠的除役作業為我國當前的重要課題，針對我國核能電廠除役安全管制工作，原能會已建立法規體系確實監督台電公司能如期如質地完成除役作業，並積極參與國際核電廠除役會議，使我國除役安全管制技術與專業知能得以與國際接軌，並將相關資訊公布於原能會對外網頁中，以落實資訊公開促進公眾參與。

台灣對於核電廠除役之管制法令包括由原能會主管之「核子反應器設施管制法」、「游離輻射防護法」、「放射性物料管理法」以及環保署之「環境保護法」等。另外，對於除役廢土之清運、除役拆除作業之人員安全等亦須依其他相關法令辦理。此外，除役作業須依「環境保護法」規定，提出環境影響評估報告送環評主管機關審查，確認對環境保護及生態保育之影響合於法令之規定。

根據審查除役計畫的法規要求，首先會進行為期 1 個月的程序審查，以確認送審文件之完整性符合申請要件。經程序審查確認文件齊備後，方會進入實質審查。實質審查階段，為確認台電公司對除役可能涉及的安全議題，均已進行適當評估並提出適切因應作為。原能會將邀請專家學者與會內各相關局處同仁組成專案審查團隊，就台電公司所提之除役計畫進行實質審查。整體實質審查以三回合規劃，全程約需 18 個月。審查完成後將做成審查結果並通知台電公司。原能會於確認台電公司提出除役計畫之可行性及除役環境影響評估通過環保署審查，即可依法核發除役許可。至於核一廠除役計畫，原能會在 2019 年 7 月 12 日核發核一廠除役許可(2019 年 7 月 16 日生效)，整個規劃的執行期程為 25 年。

台電公司於 2018 年 12 月 27 日提出核二廠除役許可申請案，程序審查已於 2019 年 1 月 21 日完成；並分別於 2019 年 4 月 10 日、2019 年 9 月 17 日以及 2020 年 2 月 13 日召開三次除役計畫實質審查聯席會議，因為嚴重特殊傳染性肺炎(Covid-19)疫情影響，原能會除役計畫之審查作業於 2020 年 10 月完成，惟後續仍待環保署就除役環境影響評估審查通過後，方會核發除役許可。

6.2.3.6 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」，以對國內所有核能電廠安全進行總體檢。2011 年 8 月所有核能電廠開始執行「壓力測試」(ST)方案。

原能會於 2012 年 8 月公佈了「核能電廠總體檢」方案完成報告：「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」，完成之「壓力測試」方案國家報告則公佈於 2013 年 5 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 6.4.1、10.1.5.2、14.3.1、及 14.3.2 節。

6.2.3.7 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、(9)緊急應變、(10)訓練與資格、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 10.1.5.1 節。

此外，原能會「壓力測試」國家報告初稿(只納入三座運轉中核能電廠)及「壓力測試」業者報告，都委由經濟合作發展組織/核能署專家(OECD/NEA)進行同業審查。OECD/NEA 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，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(四座核能電廠均納入)及「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)之專家的同業審查。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。

6.3 安全提昇方案與做法

6.3.1 設計修改與設備變更之法規要求

類似美國法規 10 CFR 50.59 內容，國內運轉中之核能電廠，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：

- 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評估；
- 對安全重要之結構、系統及組件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布之事項。

6.3.2 強震自動急停系統

1995 年 1 月 17 日日本大阪 - 神戶地區發生震矩規模 (moment magnitude) $M_w 6.9$ (M_{JMA} , 日本氣象廳地震規模, 7.3) 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。四年半後的 1999 年 9 月 21 日凌晨 1 點 47 分，台灣發生中部地區造成嚴重毀壞，芮氏規模達 7.3 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)。ASTS 啟動設定點訂定為「運轉基準地震」值，即「安全停機地震」值的一半。因此，核一、二、三廠之 ASTS 分別於 2007 年 11 月底正式上線使用。

以核三廠之強震自動急停系統為例，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監測系統無關。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，於信號比對盤內，兩個信號均將與一雙穩態(B/S)裝置之預設值比較，每個信號比對盤採取 2 個信號平行接線方式。比對邏輯信號會再送出信號給反應器保護系統(RPS)。如果地震來襲所測得之加速度值超過雙穩態預設值，且當 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，反應器保護系統即自動跳脫反應器。

6.3.3 終期安全分析報告之更新

初次商業運轉的核能電廠必須在運轉執照取得 2 年內完成終期安全分析報告初次更新；後續的終期安全報告更新必須在每次燃料填換後 6 個月內完成(有多部機組共用一套之核能電廠，從最後完成大修之時間算起)。

更改或修改 FSAR 若涉及與 6.3.1 小節列出的重要安全問題相關內容，必須提交書面申請並須在實施之前獲得正式批准。

因應核一廠目前燃料仍存放於反應器爐槽現況，台電公司於 2017 年 12 月 1 日提送原能會「核一廠除役停機過渡階段前期安全分析報告(Pre-Defuel SAR)修改案」(FC-CS1/2-10603)進行審查；相關審查過程已經完成，同意函件已於 2018 年 11 月 30 日發出。

6.3.4 技術規範之更新

依據「核子反應器設施管制法」與「核子反應器設施管制法施行細則」規定，核子反應器設施運轉期間，任何涉及運轉技術規範修改之設計修改或設備變更，應報請原能會核准後始得為之。

我國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，核二廠與核三廠則是實施標準型運轉技術規範。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 1992 年版之 NUREG-1433 規定的 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。

核一廠是國內第一座核能電廠，實施顧客型運轉技術規範達 24 年；而在 2002 年 2 月 26 日正式由顧客型運轉技術規範轉換至改良式運轉技術規範；轉換時點，核一廠 1 號機處於正常運轉期間，2 號機則在大修期間。儘管轉換工程耗力費時，然而由於核一廠運轉技術規範轉換 ITS 成功的成效顯著，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。更多有關國內核能 ITS 施行資訊，可參閱第 10.2(8)節。

原先之顧客型運轉技術規範和標準型運轉技術規範內容過於龐雜，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(Technical Requirement Manual)或計畫(program)管制。如此，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。舉例而言，運轉限制條件(LCO)變得更為安全導向，合理的大修時程與監測規範達到最佳化，且所有要求都有紮實的基礎支持。

因應核一廠目前燃料仍存放於反應器爐槽現況，台電公司於 2017 年 12 月 1 日提送原能會「核一廠除役停機過渡階段前期運轉技術規範 (Pre-Defuel TS)修改案」(TSC-CS1/2-297)進行審查；相關審查過程已經完成，同意函件已於 2018 年 11 月 30 日發出。

6.3.5 國際合作

6.3.5.1 綜合性技術合作計畫

台電公司與許多核能領域的國際組織維持良好關係，目前仍是世界核能發電協會成員之一。然而，在 2017 年 12 月 31 日之後，因為(美國)核能發電運轉協會終止了台電公司國際參與計畫成員資格，TPC 不再是 INPO 成員。

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資訊，
- 參與廠內的、公司的、和起動前的同業評估，
- 應用技術支援任務(TSM)與交換訪問，以及
- 從參加研習會、專題討論、領導營課程(leadership courses)和專家會議獲取專業與技術進展。

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、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、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的除役合作計畫和組件運轉經驗/劣化/老化計畫。同時，與捷克核能安全國家辦公室(SÚJB)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)已經超過 30 年。此項會議由雙方輪流主辦，原則上於每年 11 月左右舉行，雙方就相關核能安全議題與運轉經驗進行討論，均認為對彼此之核能技術交流甚有助益。

福島事故後，涉及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 11 月 20 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)，簽署了一個台日在核能和平用途之核能與輻射安全管制方面的合作備忘錄。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。雙方於 2017 年 9 月 21 日簽署了備忘錄的修訂版，建立起兩個國家在核能緊急事件資訊通報機制，象徵兩國在核能資訊交換合作邁進一大步。

「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、(2)廢料管理與環境復原、(3)核子科學、技術與保安、保防以及(4)緊急應變管理。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。

6.3.5.2 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(Soil-Structure Interaction，簡稱 SSI)來分析。1980 年代之前，雖然許多研究關注於地震事件的土壤-結構互制現象，但由於缺乏充分的真實 SSI 數據庫，因此核電廠 SSI 設計方法屬於盲測分析結果，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「羅東大尺度地震測試計畫」(Lotung Large Scale Seismic Test Project)，以研究建築物在軟質地層場址(a soft site)上的土壤-結構互制作用。在羅東計畫所獲數據幫助下，順利成功發展數個 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。在台灣東部花蓮地區的砂礫硬地層(sand-gravel deposit hard site)上建構一個 1/4 縮尺的大尺度圍阻體模型，以便在真實地震事件發生時收集更多土壤-結構互制的資料。

整合羅東計畫與花蓮計畫所獲得成果，可以全面解析土壤與結構的互制作用，相關資訊可以用來確認與校正電腦分析程式計算結果。這些國際合作在地震研究的成果敘述如下：

- 確認各種 SSI 分析方法論、分析程序以及相關的電腦程式的適當與正確性；
- 建立完整的地震資料庫，可以廣泛應用在地震工程與研發工作；
- 提供建立核能電廠完整與全面的地震分析(尤其在有關 SSI)的導則跟論據。

6.3.6 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，原能會開始引進安全度評估技術，並於 1985 年完成建立核二廠之 PRA 分析模式。接著再分別於 1987 年及 1991 年完成建立核三廠及核一廠之 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，以及由於廠內事件或廠外事件造成之爐心熔損頻率(Core Damage Frequency)大小。此處所分析之事件包含地震、颱風、廠內火災和廠內水災。

藉由個人電腦的普及與相關軟體的發展，台電公司於 1994 至 1997 年間更新改進核一、二、三廠之 PRA 分析模式，並將功率運轉期分析模式從採用大型計算機轉換為使用個人電腦，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。在此階段後期，三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 1990 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。致力於應用風險告知技術在電廠的運轉維護，是為國內發展 PRA 技術之第三階段。於此期間，由台電公司與核研所合作並成功開發一套核能電廠整體風險評估與管理系統(TIRM)電腦軟體程式，以電廠特有的活態 PRA 模型發展完整的風險管理系統。

我國核能電廠的 PRA 模式已經同行審查程序確認符合 ASME 標準，並定期反映電廠設計變更(包括福島事件後相關改善)後之評估模式；2008 年台電公司與核研所採用「風險告知」觀念，合作開發排程暨風險評估應用程式(MIRU)軟體進行所有電廠的排程及風險評估。目前 MIRU 軟體仍繼續使用在核二廠與核三廠。在執行維護作業前，例如進行偵測試驗(surveillance test)、維修後測試(post-maintenance test)、改正措施(corrective actions)、和預防保養(preventive maintenance)等，對於經風險告知分析評估為安全重要(important to safety)的系統、結構與組件，因進行此項維護作業將增加的風險均應先經過評估與控管。

更多有關安全度評估技術於台灣之應用，請參閱第 10.1.4.3 和 14.1.2(4)節。

6.3.7 電廠改正措施方案

台電公司核一、二、三廠均建立有「改正措施方案」(CAP)，將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。整合 CAP 系統之目的在強化或改進肇因分析、共因分析、趨勢分析、改正措施有效性評估、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)。

每座運轉中核能電廠會定期舉行「改正措施方案」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(Department of Nuclear Generation，簡稱核發處)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。2016 年底，TPC 的工

作人員參加了 Oyster Creek NPP 基準訪問(benchmarking visit)，學習關於美國 CAP 方案的整體分類和實施作業。2017 年，TPC 創建 CAP Manager 管理系統。模擬中心主任或副主任被任命為 CAP 經理，並組成了 CAP 監督團隊加強 CAP 資訊系統數據庫的有效性，並進行電廠所有權委員會（SOC）和管理審查委員會（MRC）會議，定期檢討電廠的弱點，重複發生事件等；並發展改正措施，追蹤電廠績效的提升。

更多有關改正措施方案之資訊，請參閱第 10.2(6)節。

6.3.8 治理、監督、支援和執行

按照 2015 年 WANO 東京中心技術支援團的建議，TPC 決定加強公司的治理，監督，支援和執行（GOSP）政策。總公司和每個核電廠之間有 20 個職能部門。公司職能部門經理（CFAM）和電廠職能部門經理（SFAM）被指派為同行團隊，建立績效指標；並在每個部門成立溝通群組，負責即時通報和問題討論工作。他們定期檢討績效並追蹤改正進度，以減少每個電廠績效和標準間的差異。

6.3.9 核能安全研究與發展方案

核研所成立於 1968 年，是我國從事原子能科技的國家級研究機構，隨著環境時空變遷，配合國家政策需要而進化；秉持固有精實跨領域之原子能技術，以最大能量擴張至核醫藥物、核材及綠能等民生應用研究，不僅擁有豐碩的研發成果亦獲得國內外獎項的肯定。現今台灣的能源政策為確保核能安全和核廢減量，建立綠能和低碳環境，最終建立一個「非核家園」。

近年來核研所主要研發領域包含：運轉中核能電廠技術支援、安全度評估進階應用、輻射源項(source term)評估、核能電廠地震風險再評估、低放射性廢棄物之高效率固化技術研究、核設施除役與放射性廢棄物管理、核醫藥物(radio-biomedical)研究、核能級工業技術檢證平台(creditation 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。

2017 年，核研所研發多項核能應用技術。首先，在民生應用方面：

- 建立第一間專屬食品放射性檢測實驗室，確保進口食品輻射安全；
- 建立國際核爆/核事故輻射影響評估系統，及時提供信息，協助政府權責單位在發生境外核安緊急事故時，可以在最短時間內做出決策；
- 建立 Mn-54 的放射性活度原級標準量測技術，提供校準服務以及提高活度測量準確性。

其次，在促進核能設施運轉安全方面：

- 建立國內 MAAP5 程式的用過核子燃料池模式，可以應用在嚴重事故的用過核子燃料池救援策略訂定，減輕災害、延緩事故進展並將用過核子燃料池恢復到穩定狀態；
- 發展國內反應器的拆除技術；
- 完成核一廠除役計畫，並發展關鍵技術，包括除役進度控管，3D 工程模擬

和視覺輔助技術等。

另外，在用過核子燃料最終處置技術發展上：

- 完成指標性 SNFD2017 報告，總結階段性研發結果，為後續處置任務奠定良好基礎；
- 進行廢棄物罐外殼無氧銅在地下水模擬溶液中的腐蝕行為；
- 研究硫酸鹽還原菌於膨潤土中對銅罐的腐蝕性，研究在深層地下膨潤土中，硫酸鹽還原菌產生硫化物對銅罐完整性的影響；
- 建立手套箱設施模擬無氧還原環境，進行深地層母岩或膨潤土的吸附特性試驗。

相關研究成果，將提供技術服務，並持續另一階段研發工作。

除了核研所的研發計畫外，原能會與科技部(MOST)每年一起提供一個共同基金，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：核能與除役安全技術發展、放射性物料安全、輻射防護、放射技術、政策推動，以及風險溝通。

核電和安全技術發展是第一期能源國家型科技計畫(2009 年到 2013 年)的主要領域之一，以促進台灣核能產業的發展。核研所與國立清華大學合作，共同致力於核能安全、運轉核電廠績效提升、新一代核反應器、廢棄物處理技術和核能溝通等領域。2011 年日本福島事故後，研究目標轉向核能安全研究。由於福島事故後反核版圖的遷移，核能安全和核後端研究課題被排除在第二期能源國家型科技計畫，部分預算與資助轉移到原能會與清華大學主導接續研究。該項目對核安管制以及相關人才培育具有重要性。此外，科技部也資助能源方案內的核電和輻射應用相關計畫。

6.4 從福島事故汲取教訓後的國內核能電廠安全加強措施

6.4.1 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(或稱東日本大地震)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事故後，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」，以再評估國內所有核能電廠的安全性。

「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)。

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 AC 電源(即長期電廠全黑)，
- (2) 海嘯防護(Protection against tsunami hazards)，

- (3) 用過核子燃料池冷卻(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)核一廠廠址高度量測與終期安全分析報告不符；(2)核二廠緊急循環水泵室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 日發布了歐洲聯盟(EU)壓力測試規範(stress tests specifications)，並經歐盟執委會認可。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 日開始進行核能電廠壓力測試計畫。國內壓力測試計畫目的在，依照 ENSREG 發布的壓力測試規範，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。

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，隨後於 2013 年 5 月 31 日發布正式國家報告，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核一、二、三廠壓力測試報告，邀請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，則再邀請(歐盟)核能安全管制者組織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。

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的地方。因此，原能會要求持照者(台電公司)規劃並執行了各種加強措施。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 6.5 所列為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。更多有關總體檢和壓力測試之資訊，請參閱第 6.2.3.4、10.1.5.2、14.3.1 和 14.3.2 節。

表 6.5 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事故
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四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及 2012/01	原能會對核一、二、三廠進行現場履勘視察
2011/08/05	國內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)專家對國內三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核一、二、三廠之壓力測試報告(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	原能會發布依據核能電廠總體檢和歐盟壓力測試結果之第一波管制要求
2013/01	原能會完成針對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	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~ 03/15	OECD/NEA 獨立同行審查小組到訪台灣，審查壓力測試國家報告以及核一、二、三廠壓力測試報告，並至核二廠現場訪問 2 天

日期	里 程 碑
2013/03/15	原能會與OECD/NEA獨立同行審查小組共同召開記者會
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)對國內四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四座現有核能電廠壓力測試之國家報告(英文版)
2013/05/31	國內四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
2013/06/06	原能會發布依據 OECD/NEA 獨立同行審查小組建議與技術觀察之第二波管制要求
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
2013/09/23 ~ 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提送原能會，並由歐盟及原能會同時在各自之官方網站公佈
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	原能會發布依據EC/ENSREG同行審查小組建議之第三波管制要求

6.4.2 加強電廠安全之管制要求

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 日發布的三波管制要求中。台電公司得提出替代方案送原能會核可。附錄一詳列這些管制要求。

在這些管制要求中，編號 10101、10103、10105、10119、10121、101101、10104、1013003、10201、10202 和 HQ-10201 之要求是有關地震防護，編號 10102、10103、10104、10105、10110、10118、10202、10203 和 10204 者則是有關水災/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 之要求要求台電公司評估是否建立第二個終極熱沉，編號 10115 之管制要求要求建立用過核子燃料池儀表，編號 10121

之管制要求為有關核能電廠生水池(raw water reservoir)抗震能力改善，而編號 10105 之管制要求則是在地震、水災和其他外部事件時利用現場履勘巡視加強安全。在 2013 年 6 月 6 日發布之編號 XX-JLD-10203 管制要求中，原能會要求台電公司系統化地評估在水災和極端大自然事件(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：

- 確認設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。
- 檢討設計基準(DB)最大可能降雨量(PMP)在氣候變遷中的合適性，並設想到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。

基於因應山腳斷層新事證之調查結果，物管局要求台電公司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報告 SECY-93-087 中之幕僚要求備忘錄(SRM)，地震可能損壞之救援系統新增 1.67 倍於安全停機地震的「評估基準地震」要求。

特別是對於電廠全黑和終極熱沉喪失，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：

- 更仔細地分析同一廠址有多部機組受牽連的事故後果
- 更仔細地分析停機狀態，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，對用過核子燃料池的衝擊
- 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の後備能力
 - 運轉中核能電廠的每部機組都有2部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部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)核能電廠電廠發生全黑事件後之運轉經驗回饋，所發布的新要求。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19.8.3節。)
- 進行在各核能電廠再增設 1 部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近期專案小組(NTTF)報告第 4 項建議
- 對非傳統工具進行系統化檢討，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」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)，以移除來自圍阻體及/或反應器熱量的可行性

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：

- 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廠外事件時的電廠全黑救援能力
- 依據美國核能管制委員會近期專案小組報告建議，改進緊急應變整備之人員配置(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)的時間
 - 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，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、備用技術支援中心等之DC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，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
 - 遵照美國核能管制委員會近期專案小組報告建議5.1，原能會建議於核一廠、核二廠各增設一堅固可靠的排氣系統和圍阻體過濾系統。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。
 - 於核三廠裝設圍阻體排氣過濾系統(FCVS)
- 改進及整合緊急運轉程序書、嚴重事故處理指引、大範圍災害減緩指引(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報告，加強用過核子燃料池儀表

6.4.3 台電公司之電廠安全加強措施

6.4.3.1 一般性(General)

台電公司依據前節敘述之法規要求，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-之要求)，台電公司就下列嚴重事故管理相關之領域進行再評估：

- 喪失所有 AC 電源(即電廠全黑)時之能力；
- 用過核子燃料池之冷卻；
- 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；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和安全釋壓閥之用、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。

台電公司同時發展出核能電廠機組斷然處置程序指引，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)」執行指引採用移動式設備的概念，可視為對現有緊急運轉程序書的一種深度防禦補強，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 6.4.3.5、10.2(11)、18.4(C)(5) 和 19.4.2 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、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。
- 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，並與緊急運轉程序書及嚴重事故處理指引相配合。
- 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，以在發生用過核子燃料池事件時，防止用過燃料損壞，並減輕從用過核子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：

- 強化緊急 DC 電力供應
- 針對重要安全設備廠房之進出門(包括防火門)與穿越器，加強水密能力之防護至現行執照基準水位以上 6 公尺。除了上述作為之外，運轉中核能電廠更考慮興建較現行執照基準更高 6 公尺的海嘯牆，進一步強化防海嘯能力。然而，核一廠廠址因為已經進入除役階段而撤回該案；至於，核二廠與核三廠已經完成海嘯牆設計，建造工程則因為等待海嘯危害重新評估結果而暫緩；
- 改進山坡生水池的耐震能力
 - 例如核二廠將消防管路置於地面上，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。
- 對核一、二、三廠現有氣冷式共用緊急柴油發電機廠房加強水密性
- 於核一廠將用過核子燃料池額外冷卻系統冷卻水塔升級，並將相關管路提昇為耐震一級。

此外，台電公司還進行了下列加強措施：

6.4.3.2 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 6.1.4.5 節「福島事故後之電源系統加強」。

6.4.3.3 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。

每個核能電廠廠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。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，而用過核子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：

- 發展完成所有水資源(廠內和廠外)的運送及注水程序書；
- 證實消防水資源和可攜式消防水泵之足夠重複性；
- 發展完成利用各種注水途徑的替代反應器注水和用過核子燃料池注水方法
- 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)空氣壓縮機和備用氮氣瓶，以供所有運轉中核能電廠場址安全釋壓閥和氣動閥之用。

6.4.3.4 地震與海嘯/水災安全之加強

福島事故發生前，台灣就已開始對所有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/或被重新評述(re-characterized)後，所有運轉中核能電廠就開始進行地震危害再評估相關工作。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，包含在岸上的和離岸的。台電公司耐震餘裕評估採用評估基準地震來認定弱點所在，改善國內運轉中核能電廠防震能力，先行加強了所有三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。

另外，國內核能電廠也再進行機率式地震危害分析(PSHA)。PSHA 使用的地震危害數值(seismic hazard values)必須再藉由美國地震危害分析資深委員會(SSHAC)之第三階(Level 3)研究程序更新。一旦經 SSHAC 第三階研究發展更新且再評估過的地震危害值，台電公司之核能電廠將再依評估過的地震危害值，進行必要之耐震提昇作業。

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水災侵襲所需設備與物質能

力，包含可移動工具。對於極端氣候狀況，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、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。

為了防止超越設計基準海嘯對運轉核能電廠廠址造成損害，台電公司遵循原能會的管制要求在現行持照基準高度(以核二廠為例，CLB 為 4.28 公尺)再加 6 公尺的海嘯保護屏障。目前，核一廠因進入除役階段撤回續建海嘯牆的申請；核二廠與核三廠已經完成海嘯牆設計，建造工程則因為等待海嘯危害重新評估結果而暫緩。

此外，台電公司也規劃並實施了一些防範水災的其他補充措施，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、在地面上建置輸水管路、設立水密門等例子。

6.4.3.5 機組斷然處置程序指引之發展

在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 equipment)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 AC 電源或反應器補水系統喪失，並威脅核能機組安全。

因此，欲應變像福島複合式事故的超越設計基準事故，據信發展出一更有效的程序書，以及時採取決定性行動，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，乃是防止爐心熔損所必要的。基於此一認知，台電公司於是發展了「核能電廠機組斷然處置程序指引」。

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，並可能造成廠內外所有永久性建置之 AC 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，即使是犧牲受影響核能電廠未來發電的可能性。[參閱第 18.4(B)(5)節]

URG 可視為對現行緊急運轉程序書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)或廠址專屬(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廠址時，例如福島事故，回應時間是十分急迫的，以徵兆為基礎的程序書並不適用。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(或廠址專屬)特性，發展斷然處置程序指引。

在國際核能界，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)採取移動式設備的概念類似。

URG 之電廠特有徵候可操作，台電公司已經在緊急應變演習執行體現，同時間原能會也進行了嚴謹的視察作為。並且，原能會要求台電公司核能電廠必須遵循 NEI-1206 的 FLEX 要求(NTTF 報告第一級建議 4.2)，以及強化並整合 EOP、SAMG 與 EDMG 進入 URG，以符合美國核管會 NTTF 報告第一階段建議 8 要求。更多有關 URG 資訊，請參閱第 10.2(11)、18.4(C)(5)和 19.4.2 節。

(此頁空白)

第 7 章 立法與核能管制架構

1. 各簽約國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。

7.1 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」，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原能會。原能會於 1955 年正式成立，隸屬於行政院の部會層級。本報告第八章說明原能會的主要任務。

為確保依法行政的精神，「行政程序法」於 1999 年正式公布，以強化在訴訟過程中對人權的保障並提升行政效率。因此，1999 年之前的政府各項法規若未獲得行政院の同意或授權者，將於 2 年の緩衝期後失去合法性。而原子能法及其相關法令亦須全面檢討並修訂，以為因應。

相關の各項法案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要求等子法，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要求，並說明其主要內容。

7.2 核能管制法律及管制要求

本節將簡要介紹原能會主管の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。

7.2.1 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 年公布並於 1971 年修正公布；「核子損害賠償法」於 1971 年公布，後再於 1977 年及 1997 年兩度修正公布；除「低放射性廢棄物最終處置設施場址設置條例」於 2006 年公布外，其餘的法律均於 2002~2003 年間公布。

(1) 原子能法

「原子能法」為我國核子設施最基本法律，共分為下列 9 章(總計 34 條)：

- 第 1 章 總則；
- 第 2 章 原子能主管機關；
- 第 3 章 原子能科學與技術之研究發展；
- 第 4 章 原子能資源之開發與利用；
- 第 5 章 核子原料、燃料及反應器之管制；
- 第 6 章 游離輻射之防護；
- 第 7 章 獎勵、專利及賠償；
- 第 8 章 罰則；
- 第 9 章 附則。

(2) 核子反應器設施管制法

「核子反應器設施管制法」於 2003 年 1 月公布，其目的為管制核子反應器設施以保護民眾之健康與安全。該法共分為下列 5 章(總計 44 條)：

- 第 1 章 總則；
- 第 2 章 興建及運轉管制；
- 第 3 章 停役及除役管制；
- 第 4 章 罰則；
- 第 5 章 附則。

(3) 游離輻射防護法

「游離輻射防護法」於 2002 年 1 月公布，其目的為防制游離輻射之危害，維護人民之健康與安全。該法共分為 5 章(總計 57 條)：

- 第 1 章 總則；
- 第 2 章 輻射安全防護；
- 第 3 章 放射性物質、可發生游離輻射設備或輻射作業之管理；
- 第 4 章 罰則；
- 第 5 章 附則。

此外，本報告第 15 章說明游離輻射防護法的立法經過。

(4) 核子事故緊急應變法

「核子事故緊急應變法」於 2003 年 12 月公布，其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。該法共分為下列 7 章(總計 45 條)：

- 第 1 章 總則；
- 第 2 章 組織及任務；
- 第 3 章 整備措施；
- 第 4 章 應變措施；
- 第 5 章 復原措施；
- 第 6 章 罰則；
- 第 7 章 附則。

(5) 放射性物料管理法

「放射性物料管理法」於 2002 年 12 月公布，其目的在管理放射性物料，防止放射性危害以確保民眾安全。該法共分為下列 5 章(總計 51 條)：

- 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。該法於 1971 年公布，並分別於 1977 年及 1997 年各修訂公布一次，計分為下列 5 章(共 37 條條文)：

- 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 11 章及第 16 章對「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」於 2006 年 5 月公布，計 21 條，其目的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。

7.2.2 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

依據「原子能法」第 33 條規定，「原子能法施行細則」係於 1976 年 12 月 7 日由原能會發布。該施行細則經多次修訂，最新的修訂公布日期為 2002 年 11 月 22 日。

(2) 核子反應器設施管制法施行細則

依據「核子反應器設施管制法」第 43 條規定，「核子反應器設施管制法施行細則」於 2003 年 8 月由原能會發布。該施行細則於 2018 年 11 月 16 日修訂公布。

(3) 游離輻射防護法施行細則

依據「游離輻射防護法」第 56 條規定，「游離輻射防護法施行細則」於 2002 年 12 月 25 日由原能會發布，並於 2008 年 2 月 22 日修正發布。

(4) 核子事故緊急應變法施行細則

依據「核子事故緊急應變法」第 44 條規定，「核子事故緊急應變法施行細則」於 2005 年 3 月 3 日由原能會發布，並於 2017 年 10 月 2 日完成最新的修正。

(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 30 日由原能會發布，並分別於 2008 年 1 月 24 日及 2009 年 4 月 22 日各修正發布一次。

(6) 核子損害賠償法施行細則

依據「核子損害賠償法」第 36 條規定，「核子損害賠償法施行細則」於 1998 年 3 月 25 日由原能會發布。

7.2.3 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 15 項屬「核子反應器設施管制法」、1 項屬「核子損害賠償法」、23 項屬「游離輻射防護法」、18 項屬「放射性物料管理法」、以及 6 項屬「核子事故緊急應變法」，其法規命令分別如表 7.1 至表 7.5 所示。

表 7.1 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
15	核子反應器設施除役許可申請審核及管理辦法

表 7.2 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

項目	法規名稱
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

表 7.3 核子事故緊急應變法相關之法規命令

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	輻射災害潛勢資料公開辦法
6	核子事故警報訊號之種類、內容、樣式、方法及其發布時機
7	核子事故民眾防護行動應變與決策參考指引

表 7.4 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

表 7.5 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
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

7.3 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正措施，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。

「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。

於核子反應器設施興建、運轉及除役期間，原能會得隨時派員檢查，並要求持

照者檢送有關資料，持照者不得規避、妨礙或拒絕。若持照者有違反法規、對民眾健康與安全產生顧慮之虞等狀況時，原能會得依實際情況要求持照者依時限改善或採取必要之措施。若可能產生嚴重後果，逾期仍未改善或改正措施不足時，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能會規定者提高甚多。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。

7.4 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即作了修正，以反映事故後汲取的教訓，另外，因應國內核電廠運轉執照於 2019 年陸續屆期而進入除役階段，故亦參考國際除役法規，同時考量國內管制實務需求，進行除役安全管理相關法規之修訂。以下謹敘述較具代表性的法規修訂。

7.4.1 涉及核子反應器設施管制法相關條例之規定

核子反應器設施管制法施行細則之修訂

「核子反應器設施管制法施行細則」係依據「核子反應器設施管制法」第 43 條規定發布，最新修訂日期為 2018 年 11 月 16 日。該施行細則規定持照者於核子反應器設施初次裝填核子燃料前向原能會提報之計畫及內容，包括：禁制區及低密度人口區之劃分；持照者申請初次裝填核子燃料須提交的文件；核子反應器設施正式運轉後，每屆滿十年之六個月前應提交之整體安全評估報告；依據「核子反應器設施管制法」第 10 條規定，向原能會提交各種報告或紀錄之期限；依據「核子反應器設施管制法」第 13 條規定之重要安全事項範圍；核子反應器設施興建期間，有危害公眾健康與安全或環境生態的情事；核子反應器設施運轉期間，有危害公眾健康與安全或環境生態的情事；核子反應器設施於正常運轉、可預見運轉事件、設計基準事故、外在事件及天然災害等狀況下，安全相關結構、系統及組件的功能需求；核能級產品之設計、製造、檢驗、測試及更換等之品質保證作業；經原能會核准之核子反應器或其他事項之輸入、輸出、遷移的提交文件；核子反應器設施完成除役的年限；核子反應器設施除役後之廠址之輻射劑量限制；以及其他涉及除役的相關規定。

核子反應器設施除役許可申請審核及管理辦法之修訂

「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，2018 年 11 月 16 日最新修訂，名稱亦修訂為「核子反應器設施除役許可申請審核及管理辦法」。本辦法第 2 條修改明定經營者應於主管機關核發除役許可前，檢送環境保護主管機關認可之設施除役環境影響評估相關資料，以供主管機關作成核發除役許可決定之條件。為強化除役管制實務需求，經檢視並考量除役作業涉及相當多現場工作，且須兼顧輻射防護安全與放射性物料管理等之要求，故本次修訂就除役相關技術及

安全等執行面訂定辦法，要求經營者據以執行。

核子反應器設施管制收費標準之修訂

「核子反應器設施管制收費標準」於 2012 年 9 月 14 日發布，最近一次則於 2018 年 11 月 8 日修訂。依據「核子反應器設施管制法」第 41 條規定，本收費標準制定的費用標準包括：動力用核子反應器設施建廠執照審查費；動力用核子反應器設施運轉執照審查費；動力用核子反應器設施提升機組額定熱功率之安全分析審查費；動力用核子反應器設施建廠檢查費；動力用核子反應器設施運轉檢查費；動力用核子反應器設施核子燃料檢查費；動力用核子反應器設施暫態熱水流安全分析方法技術報告審查費；動力用核子反應器設施十年整體安全評估報告審查費；動力用核子反應器設施除役許可審查費；動力用核子反應器設施除役檢查費；動力用核子反應器運轉人員執照或再鑑定測驗費；動力用核子反應器設施建廠執照費、運轉執照費、核子反應器運轉員或高級運轉員執照費；以及核子反應器核能同級品零組件檢證機構、核子反應器設施興建期間監察機構、核子反應器設施運轉期間檢測及測試監察機構認可審查費。

7.4.2 涉及游離輻射防護法相關條例之規定

輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則之修訂

「輻射工作場所管理與場所外環境輻射監測作業準則」於 2002 年 12 月 25 日發布，並分別於 2003 年 12 月及 2004 年 10 月修訂一次。本準則第 19 條規定輻射工作場所(包括核子反應器設施、放射性廢棄物最終處置設施、放射性廢棄物獨立貯存設施、及其他經原能會指定之設施)的設施經營者須檢具環境輻射監測計畫並報請原能會核准後才可實施環境輻射監測作業。

不過，前述之「環境輻射監測計畫」僅限定於運轉前及運轉中之輻射工作場所，並不包括除役期間及除役後之輻射工作場所。

因此之故，本準則又於 2016 年 6 月 27 日修訂，其中第 19 條將環境輻射監測計畫的要求延伸至停役、除役期間與除役後三年內之輻射工作場所，且該環境輻射監測計畫必須提報原能會核准實施。

7.4.3 涉及核子事故緊急應變法相關條例之規定

核子事故緊急應變法施行細則之修訂

「核子事故緊急應變法施行細則」於 2017 年 10 月 2 日修訂，修訂內容包括：

- (1) 核子事故緊急通報之內容；
- (2) 辦理演習之頻次；
- (3) 每年向各核能電廠收取之核子事故緊急應變基金自新台幣五千四百萬元修定成新台幣三千八百萬元。

核子事故分類通報及應變辦法之修訂

「核子事故分類通報及應變辦法」於 2016 年 1 月 28 日修訂。之後，台電公司依據本辦法第 3 條第 2 項的規定，向原能會提報核一、二、三廠，及龍門核能電廠的核子事故分類及研判程序。原能會於 2016 年 5 月 25 日召開審查會議，於 2016 年 6 月 7 日核准該程序，並將該程序發布至原能會網站上。

輻射災害潛勢資料公開辦法之修訂

依據我國「災害防救法」第 22 條規定，「輻射災害潛勢資料公開辦法」於 2017 年 3 月 3 日修訂。本辦法將輻射災害潛勢區域定義為可能會造成輻射災害的地點，包括核子反應器設施所在地、第一類與第二類密封放射性物質之操作地點、以及放射性物質與放射性廢棄物之貯存場所。於 2017 年 3 月 8 日，計有 84 處輻射災害潛勢區域公布在原能會網站上。

核子事故警報訊號之種類、內容、樣式、方法及其發布時機之修訂

依據我國「災害防救法」第 35 條規定，「核子事故警報訊號之種類、內容、樣式、方法及其發布時機」於 2017 年 1 月 13 日完成訂定。

7.4.4 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 9 月 10 日發布，2012 年 7 月 9 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；
- (2) 耐菌性及耐輻射測試測試內容於第 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 7 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 9 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 8 月 30 日發布，2013 年 1 月 18 日修訂。依據本管理規則第 6 條原來規定，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4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6月3日發布，2009年11月23日（福島事故發生前）修訂。福島事故後，對核能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。為因應地震、海嘯等複合性災害防災等級提升，為確保放射性貯存設施長期運作安全，新增管制作業事項，另管制業務需求新增低放射性廢棄物貯存設施之十年再評估報告等。是故，「放射性物料管制收費標準」於2015年11月25日重新修訂。

放射性物料研究發展獎勵辦法之修訂

「放射性物料研究發展獎勵辦法」於2004年12月29日發布，並於2018年5月18日修訂。依據該辦法的規定，對於放射性物料營運技術及最終處置研究發展有卓越貢獻的人員或團體將提供獎勵。而為提升執行獎勵活動的品質，參考「原子能安全績優獎」的執行頻率，該放射性物料研究發展獎勵的執行頻率從每年一次改為每二年一次。

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之修訂

「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」於2006年11月17日發布，並於2017年3月23日修訂。本次修訂的目的係實現總統提議的原住民族政策目標，並依據「原住民族基本法」第31條規定檢視修正本標準。主要的修訂內容為新增第6條之一，明定原住民族地區為處置設施候選場址，非經徵得原住民族同意，符合原住民族基本法第三十一條規定者，為依法不得開發之地區。

(此頁空白)

第 8 章 核能管制機關

1. 各簽約國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. 各簽約國須採取適當措施，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。

8.1 我國核能管制機關

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能會，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。

8.1.1 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 年起，迄今已超過 40 年，其間核一、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。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。

8.1.2 權限與責任

原能會的任務在於確認核能、核子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」(1968 年發布、1971 年修訂)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，例如 X-光機或線性加速器等。

原能會的發照權限亦延伸至核子醫學領域，包括醫院及學術單位及實驗室使用之放射性同位素或人造輻射，以及醫院中的放射性藥物。

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。

為取得國內一般民眾對管制核能發電的充分信任，原能會公開其核能管制的報告與資訊給一般民眾，並增加舉辦記者會的頻率。原能會亦經常主動拜訪環保團體與關心核能的組織，並與其進行對話。此外，原能會也會視需要與這些團體及組織進行溝通會議。

8.1.3 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 8.1 所示。

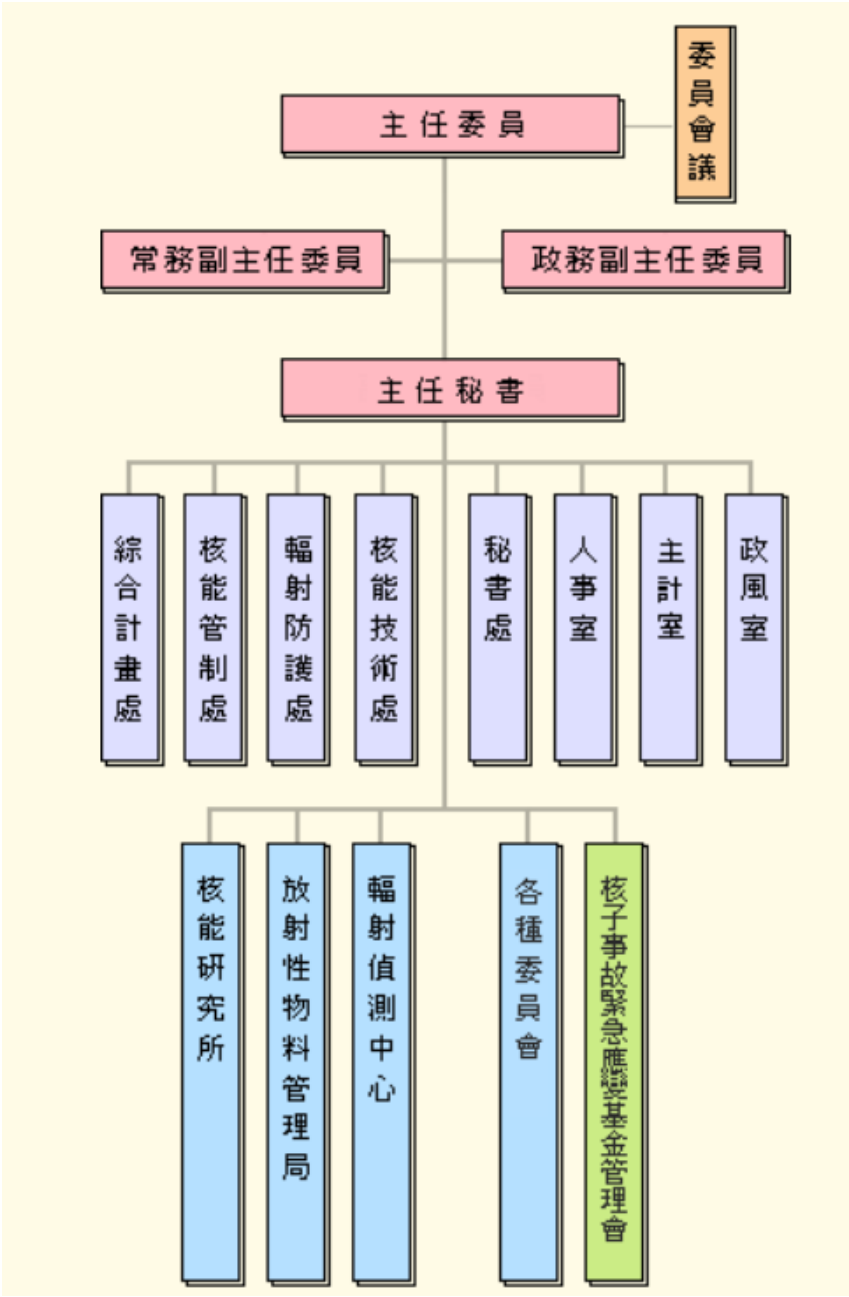


圖 8.1 行政院原子能委員會組織架構圖

8.1.3.1 原子能委員會

依原子能委員會組織條例之規定，原能會置委員至少 11 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。原能會設置 4 個處、4 個室以及 9 個核能政策與安全的諮詢委員會，原能會並設有核研所、物管局及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。

原能會之九個委員會(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(2021 年註：因龍門電廠已被封存並進入資產維護階段，故核能四廠安全監督委員會自 2016 年 11 月 21 日起已停止運作，另龍門電廠建廠執照已於 2020 年 12 月 31 日屆期失效)，(4)核子事故調查評議委員會，(5)法規委員會，(6)放射性物料安全諮詢會，(7)原子能科學技術研究發展成果審議委員會，(8)國家賠償事件處理會，及(9)核子事故復原措施推動委員會。

2019 年底時，原能會會本部(不包括附屬機關)共有員工 241 人，2019 年之預算約為新台幣 5 億 4 千萬元。原能會各機關之預算與人力如表 8.1 所示。

表 8.1 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)		
	2017	2018	2019	2017	2018	2019
原能會本部	536	543	542	241	241	241
核能研究所	2,021	2,072	1,830	789	789	789
放射性物料管理局	85	89	88	43	43	43
輻射偵測中心	79	78	92	31	31	31
合 計	2,721	2,782	2,552	1,104	1,104	1,104

8.1.3.2 原子能委員會單位

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)的主要職掌包括：施政管理、研發專案之規劃、整合及評估、原子能相關法規的推動及審查、核子保防、國際合作、新聞發布、科普教育的推動、民眾溝通以及資訊公開透明。其主要工作業務如下：

- 原子能科技政策之規劃與推動，以及相關計畫、實施活動與研發專案之規

劃、整合、管控與評估

- 與國內及國際組織間就原子能科技議題之溝通及合作
- 核子保防活動之合作、施行、監督及評估
- 原子能科技之人力資源的規劃，包括國外訓練計畫
- 原子能教育計畫之規劃與合作
- 原子能科學與科技專利權之讓與及合作事項
- 核子事故之評估、補償、及保險政策，以及
- 其他的規劃業務

(2) 核能管制處

核能管制處(簡稱核管處)的主要職掌在對核子反應器及其他核子設施之設計、建造與運轉實施安全管制。此外，核管處亦負責核子反應器設施除役許可的審查及管理。核管處的主要業務如下：

- 核子反應器設計、建造、運輸、運轉及維護的審查與監督
- 核子反應器設計、建造、運轉、及除役之安全分析的審查
- 除役計畫的審查
- 核發核子反應器建廠執照、運轉執照、及除役許可
- 核子反應器系統更改、設備更改、及運轉規範改版的審查
- 核發核子反應器運轉員執照
- 核子燃料再填換安全分析的審查
- 核子反應器異常事件的調查與評估
- 核能電廠運轉的分析與評估
- 核子燃料使用的規定，以及
- 其他與核能相關之法規業務

(3) 輻射防護處

輻射防護處(簡稱輻防處)主要職掌為確保核子設施、環境、醫用及非醫用之可發生游離輻射設備與放射性物質的輻射安全。主要業務如下：

- 核子設施的輻射防護與環境輻射管制
- 放射性廢棄物貯存與處置場之輻射防護與環境輻射管制
- 核發可發生游離輻射設備與放射性物質證照及人員操作證書
- 制訂可發生游離輻射設備與放射性物質法規
- 游離輻射作業場所及其環境輻射安全檢查
- 制訂放射性物質安全運送法規

- 制訂輻射安全相關法規
- 輻射防護人員認可
- 發行輻射偵測與度量結果
- 評估我國輻射劑量與背景輻射
- 審查輻射安全評估報告
- 評估輻射工作人員防護能力
- 輻射意外事件之處理與調查，及
- 其他相關業務

(4) 核能技術處

核能技術處(簡稱核技處)為國內核子保安與核子事故緊急應變的主要專責單位。在發生核子事件或輻射事故時，經由對做為最後防線之計畫與系統之制定、施行及協調合作，核技處維持高度備戰以保護國家。核技處最關切的是最小化緊急事故對工作人員、公眾健康與安全、以及環境的衝擊。核技處的主要業務如下：

- 核子事故緊急應變法規的制定
- 核子事故緊急應變整備及演習之規劃與評估
- 核子事故中央災害應變中心的運作與維護
- 核子與輻射緊急事故之協調合作與整合
- 核安監管中心的運作與維護
- 核子資訊的管理與保全，以及
- 其他交辦的業務

(5) 國會聯絡組

國會聯絡組負責與立法院(國會)及監察院之聯繫，監察院在憲法下具有彈劾、糾舉及審計權。

國會聯絡組的主要執掌為強化原能會與國會機構間的聯繫，並同時加強國會成員對原能會業務的了解，使原能會行政工作更順利。該室隨時關切提案、法案、及聽證，並回報國會對原能會政策、規劃及業務的意見。

國會聯絡組的主要業務如下：

- 執行國會機構(包括立法院與監察院)與原能會之間的聯繫
- 執行與國會機構之行政單位的聯繫與溝通
- 就原能會業務與國會成員(包括其助理與職員)進行溝通
- 與行政院下的其他部會之國會聯絡室進行溝通
- 蒐集國會成員的質詢及關切事項，以及

- 回應國會成員的相關要求事項

(6) 行政單位

原能會有四個行政單位，包括秘書處、人事室、主計室及政風室。秘書處負責文書及資產的管理，並對其他處、室提供行政支援。人事室及主計室負責相關的一般行政業務。政風室負責監督政府員工的操守、執行反貪腐業務、保護公務機密、並防止政府機構失能與遭到破壞。因此，原能會的政風室亦負責執行會內類似的業務。

8.1.3.3 附屬機構

(1) 核能研究所

核能研究所成立於民國 57 年，為原能會所屬單位。

身為國家實驗室，核研所的任務如下：

- 建立高等核能研發能力
- 將開發的技術應用至國內工業，以及
- 造福人類

(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」。物管處成立於 1981 年，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。蘭嶼貯存場係設計供接收國內所有產生之固化的低放射性廢棄物，尤其是台電公司核能電廠運轉產生之廢棄物。1990 年 7 月，蘭嶼貯存場移交台灣電力公司負責營運。

1996 年 1 月，物管處改名為「行政院原子能委員會放射性物料管理局」，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。

物管局負責放射性廢棄物處理、貯存、運送與最終處置，以及核子原料與核子燃料之輸入、輸出、貯存與運送之安全管制。物管局的主要業務如下：

- 放射性廢棄物處理、貯存與最終處置設施建造與運轉之核照
- 放射性廢棄物處理、貯存、運送、處置、輸入、輸出等相關作業之安全管制與檢查
- 核子原料輸入、輸出、貯存、使用、廢棄、轉讓等相關作業之安全管制與檢查
- 核子燃料輸入、輸出、貯存、廢棄、轉讓等相關作業之安全管制與檢查

- 放射性物料法規與技術標準的制定
- 放射性物料法規方面的國際合作
- 放射性物料法規方面的教育與公眾溝通
- 放射性物料管理政策的制定

(3) 輻射偵測中心

輻射偵測中心前身為「台灣輻射偵測工作站」(簡稱偵測站)。偵測站成立於 1974 年，為原能會的附屬機構之一，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。自 1996 年 7 月起，台灣輻射偵測工作站改名為輻射偵測中心。

偵測中心的主要業務如下：

- 環境輻射偵測計畫的制定與施行
- 環境中天然游離輻射的偵測
- 輻射落塵的偵測
- 偵測核子設施及其他擁有放射性物料之設施周圍的游離輻射
- 偵測放射性廢棄物處理、貯存、運送、及最終處置產生之環境輻射
- 偵測核子設施事故造成的輻射及評估其放射性污染
- 人口劑量的評估
- 輻射偵測技術的研究發展
- 提供民眾環境放射性的資訊與建議，以及
- 其他涉及環境輻射偵測之事項

8.1.3.4 諮詢委員會

原能會計設置有 9 個核能技術相關之諮詢委員會，其中 7 個為常設，其餘 2 個委員會只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，針對核子反應器設施安全相關議題，例如可能之安全議題、法規標準的適用性及其他管制要求事項，提供諮詢意見，供原能會參考。本諮詢會亦會就特定申請案進行討論，如核能電廠或研究用反應器的執照申請，原能會在核發此類執照前亦會參考本諮詢會的意見。

(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，委員們提供輻射安全議題的意見，並對輻射與放射性同位素的使用

提出專家意見。本諮詢會亦視需要向原能會管理階層提供輻射安全政策的意見。

(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，並特別強調民眾的接受度。本委員會並包括新北市及當地兩個區的代表，每 3 個月舉行一次會議。其主要任務包括核能四廠建廠與運轉期間工程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；以及其他有關核能四廠安全事項之監督與查核。

因龍門電廠已被封存，故自 2016 年 11 月 21 日起，本委員會已停止運作。(2021 年註：龍門電廠已於 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)

(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或核能專業之人士組成，其主要工作為對核能法律、規章、及其修訂案在提交行政院前提供意見。這些法律需再提交立法院同意。其他業務包括對法規的施行提供諮詢、處理對原能會的法律訴訟案、及處理民眾的請願。

(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，其主要諮詢事項包括放射性物料安全議題、放射性廢棄物的最終處置、以及其他涉及放射性廢棄物管理的事項。本諮詢會亦對主要的放射性物料設施的審查與安全管制提供意見。

(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，其主要諮詢事項為對由原能會支助的專案計畫研究成果之管理、分配及應用提供意見。本委員會亦對申請研究結果與產出之唯一授權的審查與許可提出意見。

(7) 國家賠償事件處理會

本委員會包括由學者專家及原能會高級職員共 6 至 8 位，其中學者專家為大多數。本處理會之工作任務包括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、以及關於國家賠償事件之訴訟事項。

除了上述 7 個常設的諮詢委員會外，另有「核子事故調查評議委員會」及「核子事故復原措施推動委員會」，於核子事故發生後由原能會設置。

(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，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；以及核子設施安全防護改善之建議。此外，前述之調查、評估及建議亦會製成報告公布給大眾。核子事故受害者依法律途徑求償時，法院將

參考本委員會之調查及評估報告。

(9) 核子事故復原措施推動委員會

本委員會係於發生核子事故後，並需要執行復原措施時設置，以執行復原措施。本委員會(非諮詢委員會類型)由原能會主任委員擔任召集人，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、主計總處、新聞傳播處、衛生福利部、環境保護署、金融監督管理委員會、農業委員會、國家通訊傳播委員會、受災區地方政府、台電公司、及災民代表等組成。其主要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、以及執行其他復原有關事項。

8.1.4 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。

8.1.4.1 財務資源

由於原能會及核研所、物管局和偵測中心等 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。2019 年原能會本部之預算約為新台幣 5 億 4 千萬元，其 3 個附屬單位核研所、物管局與偵測中心之預算各約為新台幣 18.3 億元、8 千 8 百萬元及 9 千 2 百萬元。原能會 2019 年的總預算為新台幣 25.5 億元。各單位之主計室則負責控制年度內之預算執行。

8.1.4.2 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。第一類為原能會審查核子反應器設施執照申請以及安全評估案件之費用，以核發新執照或換發執照，及審查燃料換裝安全分析文件與特定專案報告。第二類為平衡年度例行支出（例如：檢查、測試和研究費用等），以及一些非屬執照與安全評估審查之管制成本收費。所有收費係依所需之管制人力及其法定薪資作估算。

8.1.4.3 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第 43 條規定，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 3 千 8 百萬元為基金收入。基金的收支、保管及運用辦法由行政院定之。此基金設有核子事故緊急應變基金管理會，置委員 9 至 13 人，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。

核子事故緊急應變基金的運用包括：

- 辦理演習的支出；
- 核子事故中央災害應變中心之幕僚作業；平時整備、訓練與演習工作之規劃、督導及協調；人員之編組、訓練與設備之測試及維護；核子事故緊急應變整備措施之檢查及測試；作業程序書之彙整及編修；研發事項之規劃及委託執行；及其他有關事項的支出；
- 核子事故地方災害應變中心辦理人員之編組、訓練及演習；設備、設施之設置與測試及維護；民眾防護物資、器材之儲備、檢查及調度；其他緊急應變整備措施之規劃及執行事項的支出；
- 核子事故發生時應變作業有關之支出，以及
- 管理及總務的支出。

8.1.4.4 人力資源

(1) 補充與雇用之程序

2019 年度原能會、核研所、物管局與偵測中心編制內員工人數分別為 241、789、43 及 31 人。因為所有的員工均為公務員，且原子能領域需要特定的知識或技術，原能會的員工流動率十分低。晉用新員工係依每年的缺額數量作決定(考量現職員工的退休或離職情形)。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。通過上述考試之核子工程、輻射安全或其他工程領域的人員將先受訓一個月後，再分發至原能會或其附屬機構。

(2) 訓練與視察員資格

經公務人員保障暨培訓委員會的委託，原能會對通過核子工程及輻射安全領域之高考三級的人員實施原子能專業法規的實務訓練。此外，在有限的訓練資源下，本訓練計畫亦會包括其他科技領域的新員工，以獲得最大的裨益。參與訓練的學員會全面了解原能會的組織及功能、法律及規章、以及管制實務。

原能會本部各業務單位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能力。此外，研討會、技術討論、原能會網站資訊、以及核能電廠之現場巡察亦是訓練新員工取得所有最新資訊及協助增進員工視察能力的有效方式。

原能會本部設置的視察員資格檢定制度為持續加強原能會員工知識及技能的有效方法。視察員共分為五類：核能電廠視察員、輻射防護視察員、核子保安及緊急應變視察員、放射性物料管理視察員、以及除役視察員。各類視察員又區分為兩級：視察員及資深視察員。要成為合格之視察員，新員工需經自我研讀、在職訓練並完成相關基本課程與其他專業課程後，經測驗合格後取得視察員資格才可執行視察工作。視察員/資深視察員的證書由原能會核發，有效期 6 年。視察員於取得資格若干年後(申請成為核能電廠資深視察員為 6 年、輻射防護資深視察員為 4 年、核子保安及緊急應變資深視察員為 4 年、放射性物料管理資深視察員為 6 年、除役資深視察員為 6 年)，並滿足其他條件後得申請成為資深視察員。申

請者需再經自我研讀、在職訓練並完成相關高階課程後，經測驗合格及通過評審後可取得資深視察員資格。此外，核能電廠視察員、核能電廠資深視察員、除役視察員、以及除役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。

8.1.5 原子能委員會與政府單位之業務關聯性

本節說明原能會與行政院(即內閣)、地方政府、以及立法院(即國會)間的關係。

8.1.5.1 行政院部會

本節說明原能會與行政院相關部會間的關係。這些部會包括：經濟部、行政院環境保護署、內政部消防署、衛生福利部、勞動部、外交部、以及行政院主計總處。

(1) 經濟部

經濟部掌理國家經濟之建設發展，其主要功能包括工業發展、國際貿易、智慧財產權、標準、計量與檢驗、投資與技術轉移、中小企業的輔導與協助、技術開發、國營企業以及天然資源(能源、水力、及地質等)。本報告第 8.2 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。2019 年 4 月時，台電員工總數為 27,355 人，總資產值約為新台幣 1 兆 9,280 億元。台電公司的主要任務是維持高品質而穩定的電力供應，並維持合理的電力價格。

(2) 行政院環境保護署

行政院環境保護署成立於 1987 年，主要任務是全國之環境保護與改善。環保署的主要功能包括空氣品質防護與噪音控制、水質保護、廢棄物管理、環境衛生及有毒物質管理、以及環境污染的爭議解決。環保署的附屬機構有環境檢驗所、環境分析實驗室、以及毒物及化學物質局。

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至環境保護署負責。

(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(包括颱風、水災、大火、大爆炸、空難等)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。

此外，依據 2014 年 9 月 24 日修訂的「核子事故緊急應變基本計畫」，在發生核子事故時，台電公司負責廠內所有的緊急應變業務，而核子事故中央緊急應變

中心(隸屬於行政院國家搜救指揮中心，並由原能會啟動)則負責廠外的業務。行政院國家搜救指揮中心的指揮官有行政院長指派，原能會主任委員為副指揮官。核子事故中央緊急應變中心由行政院各單位指派的代表組成，包括：原能會、內政部、國防部、經濟部、交通部、行政院農業委員會、衛生福利部、國家通訊傳播委員會、行政院環境保護署、行政院海岸巡防署、行政院災害防救辦公室、行政院新聞傳播處、外交部、財政部、教育部、以及科技部。在核子事故中央緊急應變中心的指揮下，還有三個臨時應變中心，包括核子事故支援中心、核子事故地方災害應變中心、以及核子事故輻射監測中心。本報告第 16.1 節內將有更詳細的說明。

(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 16.2.3 節所述。

8.1.5.2 地方政府

原能會於 1968 年發布的原子能法對核能的健康與安全管制具有優先權限。因此之故，一般的通則是核能安全是中央政府的職權範圍，地方政府不能有管轄權。

不過，某些核能電廠所在之地方政府已有意願參與核能電廠安全相關事務，例如新北市及屏東縣政府均已設立核能安全監督委員會。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或高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。

8.1.5.3 立法院

依據憲法，立法院由人民選出的代表組成，為國家最高的立法機關，並代替人民行使立法權。就其權限、權力、及功能而言，立法院相當於其他民主國家的國會。

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、原能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。

8.2 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安全管制工作，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。

依據「原子能法」之規定，原能會亦負責推動及管制輻射應用。例如，加馬照射廠需要取得原能會的執照才能進行設計、建造及營運，且須由原能會進行例行檢查。另一方面，原能會也會支援使用加馬照射廠的研究，以促進民眾健康。

(此頁空白)

第 9 章 核能電廠持照者責任

每一簽約國必須確保核能電廠安全之主要責任係落在執照持有者身上，且會採取適當措施以確保每個持照者都會盡到其責任。

9.1 持照者對核能電廠安全之主要責任

依據我國「核子反應器設施管制法」第 5 條及第 7 條規定，核能電廠建廠執照持有者應負安全建廠之責。另，本法第 6 條及第 7 條亦規定，在建廠完成及取得運轉執照後，核能電廠運轉執照持有者應負安全運轉之責，以保障公眾之健康與安全。

換句話說，依照我國核能管制法令規定，不管是運轉中核能電廠或建造中核能電廠，其核能安全主要責任均屬執照持有者(台電公司)。

9.1.1 台電公司組織架構及其下放安全主要責任之機制

圖 9.1 所示為台電公司最新組織架構圖(2016 年 1 月 4 日重組後的版本)。如圖中所示，台電公司設有「水火力發電」、「核能發電」、「輸供電」、「配售電」等四大事業部，另外還包含有 1 個研究機構(台灣電力公司綜合研究所)、許多處室、和數個跨處室之委員會。



圖 9.1 台灣電力公司組織架構

2015 年 12 月 17 日台電公司發布將重組其核能事業的單位，而於 2016 年 1 月 4 日成立「核能發電事業部」。如圖 9.2 所示，台電公司「核能發電事業部」係由核能發電處(Department of Nuclear Generation，簡稱核發處)、核能安全處(Department of Nuclear Safety，簡稱核安處)、核能技術處(Department of Nuclear Engineering，簡稱核技處)、核能後端營運處(Department of Nuclear Back-end Management，簡稱後端處)、核能安全委員會(NSC)、策劃室(Planning Office)、以及核能發電廠緊急計畫執行委員會(Nuclear Emergency Planning Executive Committee，簡稱緊執會)所組成。執行長(CEO)由核能副總經理兼任，副執行長由專業總工程師兼任或派人專任。

台電公司擁有兩座運轉中核能電廠、一座正在除役中的核能電廠、和一座目前處於資產維護狀態之核能電廠(2021 年註：龍門電廠已於 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。)。每座核能電廠均建有兩部相同的核能機組。圖 9.3 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。

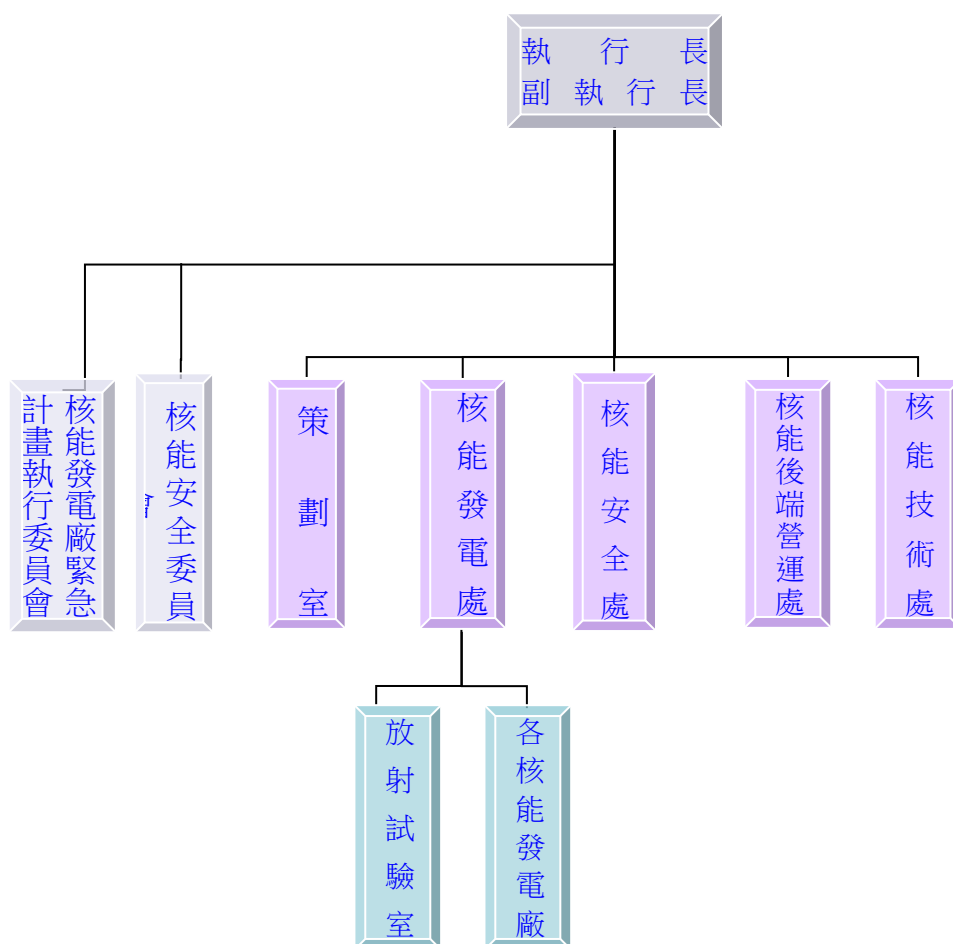


圖 9.2 台電公司核能發電事業部組織架構圖

如原能會核准之各運轉中核能電廠「終期安全分析報告」所述，台電公司應對核能電廠之設計、建造、與運轉安全負全責。此外，「終期安全分析報告」亦說明核能電廠運轉人員應負安全運轉電廠之責。核能電廠廠長對整個電廠的運轉與維護負主要責任，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運轉人員提供訓練與再訓練，並維持電廠擁有足夠的合格技術與運轉人員。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之決議。

當廠長和 3 位副廠長均不在時，廠長職務將由運轉組經理暫代。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。

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，並與其他功能組之經理密切合作。運轉組經理必須擁有原能會核發之有效 SRO 執照。

值班經理接受運轉組經理之技術指導，但直接向運轉副廠長報告。值班經理必須擁有原能會核發之有效 SRO 執照，並負責電廠的運轉。當判斷機組必須停機時，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。值班主任亦須擁有原能會核發之有效 SRO 執照。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責。

各核能電廠設立電廠運轉審查委員會，向廠長提供核能安全相關事項的意見。電廠運轉審查委員會負責審查所有安全相關的事項，並向廠長提供建議。電廠運轉審查委員會的主要職責包括：

- 審查所有運轉程序書及其修訂版
- 審查所有會影響核能安全的測試及檢驗
- 審查運轉規範的修訂
- 審查所有會影響核能安全系統或組件的變更或修正
- 審查所有違反運轉規範的事件
- 審查所有異常事件報告
- 審查電廠緊急計畫

電廠程序書的新制訂或修訂須由電廠運轉審查委員審查，並由廠長核可。

台電總公司之核能發電處及核能安全處均負責協助電廠安全地運轉。然而，台電公司(持照者)仍應負全部責任。

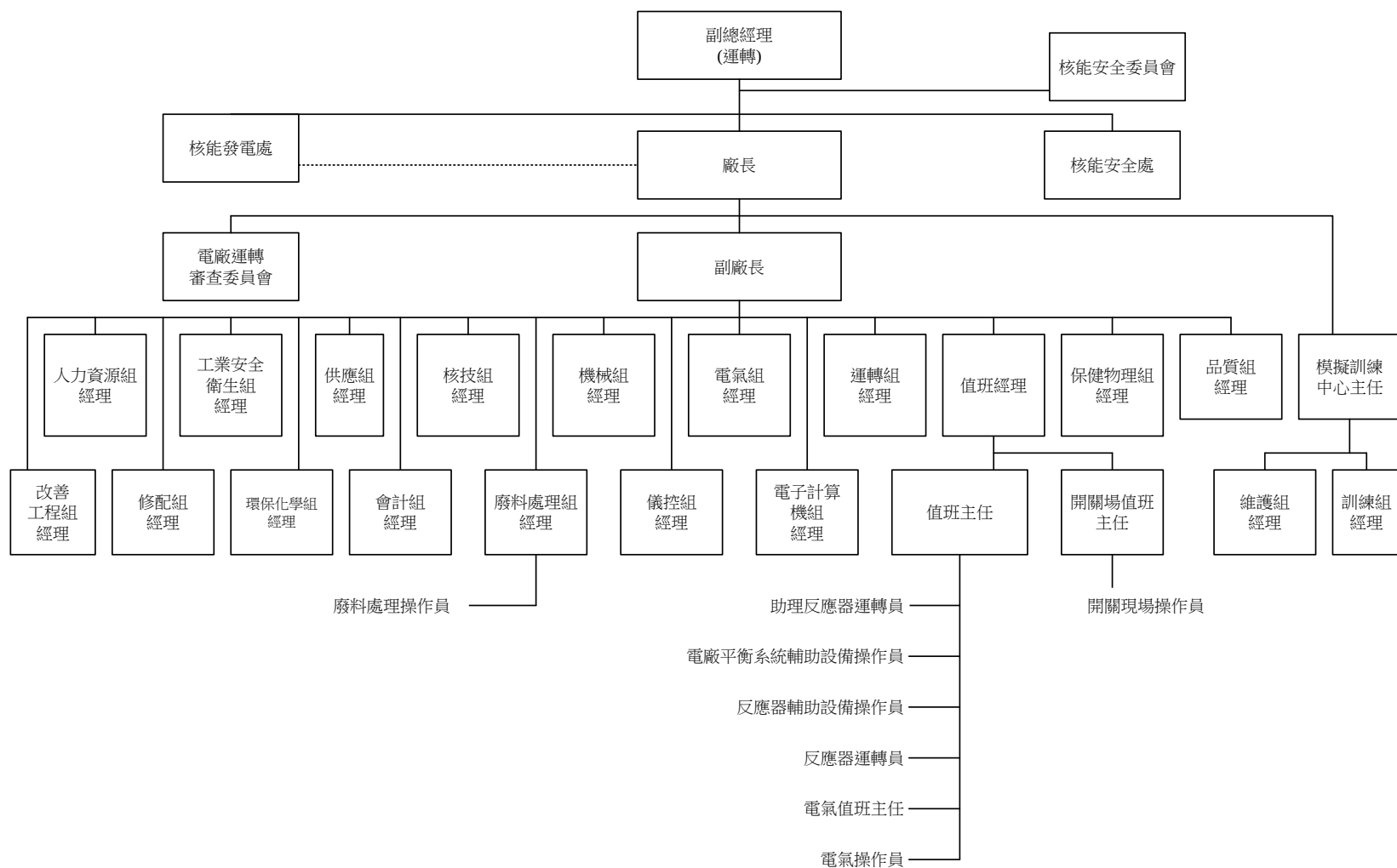


圖 9.3 典型台電公司核能電廠組織架構圖

9.1.2 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。

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的職員與民眾、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布新聞稿

更多有關持照者資訊透明政策，請參閱第 10.3 和 19.10 節。

9.1.3 持照者處理事故與減輕事故後果之資源確保機制

如圖 9.2 所示，台電公司核能發電事業部設有核能發電廠緊急計畫執行委員會(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，緊執會將指揮及動用人力、物力及財務支援展開廠內緊急應變行動，以減輕事故的後果並從事故復原。當對廠內核子事故緊急應變需要廠外支援時，緊執會主任委員可向核子事故中央災害應變中心(隸屬於行政院國家搜救指揮中心，請參閱第 16.1.1.1 節)報告，請求協助。

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。如圖 9.4 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。緊執會下另設近廠緊急應變設施(EOF)，由運轉支援、劑量評估、事故評估、及環境偵測組派遣的技術人員組成。

近廠緊急應變設施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；以及
- 與中央及地方政府組織緊急應變活動之協調。

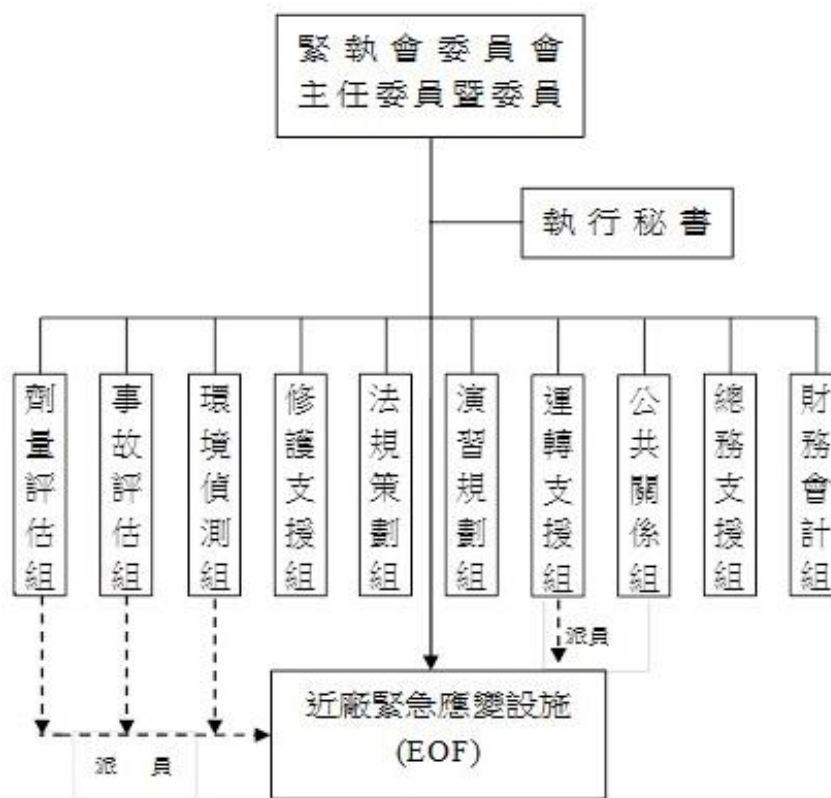


圖 9.4 台電公司核能發電廠緊急計畫執行委員會組織架構圖

9.2 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」(1968 年發布, 1971 年修訂)及「核子反應器設施管制法」(2003 年發布)等核能管制相關法令, 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 6.2.3.1 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。

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。

核能電廠運轉執照申請者必須接受原能會對於該電廠系統功能試運轉相關視察, 以確保該電廠如核可的建廠執照文件所述, 完成所有興建作業。當符合所有初次裝填核子燃料所需條件(參閱本報告第 6.2.3.1 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和功率試驗, 包含系統功能驗證、臨界測試、功率升載測試等, 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。

核能電廠在運轉期間應接受原能會的定期視察，以確保電廠績效維持符合相關提送文件中的技術標準，並確保其他績效仍維持運轉前視察的結果。

執照持有者(台電公司)應依法規規定，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、營運期間檢測及測試，以及核電廠周圍民眾劑量評估等事項。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，就雙方或任何一方有興趣之議題，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，對核能電廠運轉安全之提昇甚有助益。

如有違反核能管制法規情事發生，原能會會立即要求執照持有者採取改正與補救措施，以確保核能電廠的安全。例如，當核能電廠的運轉員無法符合執照的要求時，原能會可吊扣或暫停該執照一段時間。若核能電廠無法符合建廠執照或運轉執照的要求時，執照持有者會受到執法行動，包括：接受正式的違規通知；修改、暫停或吊扣執照；接受罰款通知等。原能會也可以命令執照持有者採取特定的改正措施或將違規案例轉交給法院要求處罰，如刑事起訴或罰款。更多違規處罰資訊，請參閱第 19.7 節。

9.3 持照者對核子設施除役的主要責任

依據「核子反應器設施管制法」第 23 條規定，核子反應器設施之運轉執照持有者應在核子反應器設施預定永久停止運轉三年前，檢附除役計畫向原能會申請除役許可。經原能會審核合於下列規定，發給除役許可後，運轉執照持有者才可開始進行除役作業：

- 除役作業足以保障公眾之健康安全
- 對環境保護及生態保育之影響合於相關法令之規定
- 輻射防護作業及放射性物料管理合於相關法令之規定
- 執照持有者之技術與管理能力及財務基礎等足以勝任除役之執行

核子反應器設施除役許可之申請應備文件、審核程序及其他應遵行事項，由「核子反應設施除役許可申請審核及管理辦法」訂定之，該辦法於 2018 年由原能會修訂。

此外，依據「核子反應器設施管制法」之規定，運轉執照持有者應在核子反應器設施預定永久停止運轉三年前向原能會提交除役計畫。台電公司於 2015 年 11 月 24 日向原能會提交核一廠的除役計畫，並於 2017 年 6 月 28 日獲得原能會同意。在環保署於 2019 年 7 月 2 日核可環境影響評估後，核一廠終於在 2019 年 7 月 12 日取得除役許可，並於同年 7 月 16 日生效。核一廠的除役分為四個主要階段，而除役本身須在取得除役許可後的 25 年內完成。台電公司目前正在進行除役計畫的第一個階段工作(除役過渡階段)，包括：執行機組除役停機、除役期間停止運轉系統設備隔離停用與洩水與除役期間需維持運轉系統設備監測與維護、主變壓器至開關場聯絡鐵塔

除役拆除等作業，以及進行現場輻射特性調查、放射性廢棄物處理區域準備、用過核子燃料室內乾式貯存設施、放射性廢料儲存區與除役拆除等作業之規劃。

第 10 章 安全第一

每一簽約國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。

10.1 安全第一的制定及要求之概述

10.1.1 核能安全政策

原能會係 1955 年成立之部級政府單位，當時主要任務為處理原子能相關之國際事務。1968 年 5 月 7 日，「原子能法」發布，原能會依法(在 1971 年修訂)設置為行政院下的二級機關。作為國家原子能相關事務的主管機構，原能會主要任務為負責國內核子設施及輻射作業場所的安全監督，以及保護民眾和環境免受與核子物料和核設施有關輻射的不利影響。原能會嚴格執行核能安全管理、輻射防護、環境偵測及放射性廢棄物管理等法律，以確保核能應用安全。原能會秉持「安全第一、法規鬆綁、簡政便民」之精神，專注於核能及輻射安全的管制與監督，原能會將繼續強化核子事故的應變能力，並加強對游離輻射應用於家庭醫療、農業、學術和工業部門的安全監督，以確保輻射工作人員和一般民眾的健康和安全。此外，原能會將加強努力使核能安全資訊透明化，讓民眾安心。

10.1.2 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，在開始推動核能安全文化時即發表「核能營運安全政策聲明」。106 年 3 月原能會建議因核一廠將進入除役階段，應將核後端業務納入，台電公司乃於 106 年 4 月 13 日重新修訂「核能營運安全政策聲明」，本次修訂主要為將核能後端之營運安全納入政策聲明中，新修訂之核能營運安全政策聲明如下：

「台電公司遵照原子能法規，以核能營運安全作為最重要考量，並確保核能機組運轉及核能後端之營運安全，保護民眾的安全與健康，及環境免受游離輻射有害的影響。為達此核能營運安全之目標，核能安全管理為核能營運之第一要務。

為建立共識，同心戮力，達成維護核能營運安全，特發布台電公司核能營運安全政策聲明如下：

- (1) 核能營運安全人人有責，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。
- (2) 嚴格遵守核能營運相關法規、標準、準則、規範及作業程序書之規定，若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。

- (3) 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、評估日常運作，以發現並解決問題。
- (4) 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。
- (5) 核能後端營運各階段，都有防止潛在危害的有效防禦措施。
- (6) 不以符合法規最低要求為滿足，應以追求卓越的安全績效為目標。

台電公司為提昇核能安全營運績效，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，使核能安全營運從優秀邁向卓越。」

10.1.3 核能安全文化

儘管沒有法規要求台灣電力公司在其核電廠中實施安全文化，負責國家核能安全的原能會一直提醒並鼓勵台電公司注意核能安全文化的發展。在 1986 年車諾比事故後，國際原子能總署內部之國際核能安全諮詢小組(INSAG)宣布，應考量核子設施的狀況以建立、理解並重視安全文化。從那時起，在國際原子能總署的領導下，對安全文化此領域進行了許多討論和發展。遵循這一國際趨勢，台電公司參考 1988 年以來國際原子能總署的相關報告，制訂了各項精進強化核安文化之執行策略、方案具體改善對策，如先前在 6.2.1 小節中所述。

10.1.3.1 核能安全文化執行方案

在經過多次顧問指導、組織改造、培訓、會議和討論等程序後，台電公司之「核能安全文化執行方案」於 1993 年完成訂定，1994 年全面執行，安全文化的推動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，包含升遷、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。

1989 年，台電簽署加入世界核能發電協會東京中心的協議，成為該中心的創始成員之一。透過 WANO 成員間 KPI 指標等多樣交流之同業審查，台電公司在營運過程中堅持「安全第一」的營運理念，以實現工業安全、輻射安全及設施運轉時之核能安全。此外，台電公司推動安全文化的措施包括：

- (1) 開辦講習班並邀請相關人士，向員工講授安全文化理念；
- (2) 出版「台電核能月刊」(註：110 年 1 月起改季發行)以及每月刊登「安全文化專欄」，向讀者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；及
- (4) 每季持續追蹤核能安全文化的執行狀況，並將執行成果報告送交經濟部(MOEA)，並每年接受經濟部實地查證各廠核能安全文化的執行結果。

10.1.3.2 核能安全文化強化方案

1996 年 7 月，台電公司發布了「核電廠預防人為疏忽措施」，以減少由操作造成的事故。台電公司之「核能安全文化強化方案」於 1997 年開始推動，以將安全文化提升到更高的水準，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
 - 團隊(廠處及各課室)成員共同簽署「安全承諾」並予框裱懸示在每個團隊辦公室牆上；
 - 利用組織性活動及宣導以提升員工的績效及核安文化層次；及
 - 要求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) 落實下列 10 項「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；
- 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；及
- 人員作業疏失肇因分析。

(3) 遵守程序書

- 推程序書認養制度，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；及
- 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」全面評估各系統之潛在問題，以防範事件之發生；及
- 依照程序書規定執行「肇因分析」，徹底改善並採取改正措施直至完成。

(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；及
- 建立公正而客觀的訓練績效評估制度。

此外，訂定 12 項量化指標，分為 2 類別，以評估「核能安全文化強化方案」的績效。這些指標是：

類別 1：針對結果的定量指標

- (1) 人為疏忽造成的事件數量；
- (2) 違反第 4 級以上規定的事件數量；
- (3) 臨界 7000 小時非計畫性自動急停的數量(數量/每單位)；
- (4) 安全系統的效能(佔服役總時間的百分比)；
- (5) 工業安全數量(事件數量/各廠每 20 萬工時)；及

(6) 非計畫性容量損失的百分比。

類別 2：針對流程的定量指標

- (1) 走動管理的人數(人次/每季度)；
- (2) 工具箱會議的監督次數(人次/每季度)；
- (3) 自我評估的監督次數(人次/每季度)；
- (4) 安全狀況改善次數(人次/每季度)；
- (5) 要求設備維修完成的百分比(%)；及
- (6) 系統討論的會議次數(每季度一次)。

除上述方案外，台電公司還進行了安全文化評估，以評估這些方案對安全績效的影響並指出仍須改進之處。該評估包括兩個部分：一個是安全文化指標審查，另一個是績效評估。針對後者，由台電公司總部和核電廠成員組成的團隊前往每個核電廠現場進行自我評估，評估項目包括安全文化績效評估。此外，監督台電公司並隸屬經濟部的國營事業委員會(CNC)還組織一個由學界、政府機構等專家和新聞媒體組成的團隊，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，以改善安全文化。

10.1.3.3 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，以促成高水準的核能安全，保障民眾健康與財產安全，執行迄今台電公司亦回應經濟部國營事業委員會年度核安文化專案小組現場查證建議、各核能發電廠執行後之檢討及因應核一廠進入除役階段，滾動檢討修訂績效評等之計分方法和適用單位。「核安文化精進方案」內容涵括下列四大主軸：管理效能、包商管理、風險管理和人員績效，每一主軸下包括之執行方案如下所示：

- (1) 管理效能，涵蓋下列五分項：
 - 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；及
 - 加強管理工安、輻安事件。
- (2) 包商管理，包含下列六分項：
 - 加強包商安全文化意識；
 - 提昇包商技術能力；
 - 重視包商經驗回饋；
 - 建立考核包商人力工作績效；

- 加強包商安全管理；及
- 加強包商工安、輻安事件安全管理。

(3) 風險管理，包含核一廠四項，核二、核三廠五項：

- 做好定期維護測試週期(MSC)期間風險管理(核一廠)、做好大修期間風險管理(核二、核三廠)；
- 做好機組運轉期間風險管理(核二、核三廠)，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 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；及
 - 執行潛在性跳機檢修作業管控，有效降低維修風險。
- 做好反應器水位及溫度(核一廠)或爐心反應度管理工作(核二、核三廠)；
- 做好因應複合式災害之整備；及
- 若涉及核電廠廠外電源配置變更時，做好審慎評估。

(4) 人員績效：含括下列三分項：

- 防範人員作業疏失；
- 強化質疑的態度；及
- 推動員工工後會議及預防人為疏失事件成效。

10.1.4 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，並於 1971 年修正。根據該法第三條之規定，原子能主管機關為原能會。

原能會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、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 7 章，有關原能會的組織與職責請參閱本報告第 8 章之說明。

10.1.4.1 發照

核電廠申請的執照中，最為典型且重要的是建廠執照和運轉執照。如先前在 6.2.3.1 小節中所述，係採兩階段執照審查過程，在核發運轉執照(OL)之前，於核發建廠執照、初始燃料裝填和啟動測試許可後，再針對終期安全分析報告及起動與各功率階測試結果進行詳細審查，確認符合執照所需的要求後，才會核發運轉執照。由於核電廠運轉人員在對正常運轉和異常情況的臨時反應對核能安全有一定的關鍵作用，其具備的資格和能力相當重要。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)，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，方可在電廠主控制室執行工作。

與大多數國家類似，「核子反應器設施管制法」要求業主每十年對運轉中的核電廠進行整體安全評估，以符合 IAEA 安全標準。十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。定期安全評估更詳細的說明載於本報告的第 6.2.3.4 和 14.1.2 (2) 小節。

10.1.4.2 視察及強制執行

安全評估的目的是確保執照的內容與安全要求相契合，而監督視察則集中在現場的工作和效能是否滿足執照文件中規定的設計要求。駐廠視察、定期視察、大修視察、專家團隊視察及不預警視察對核電廠的業主採取了嚴格和獨立的執法措施。駐廠視察是檢查運轉中電廠的日常運轉項目和選定的偵測試驗；周期性的大修視察是確保每部機組停機期間維護工作的品質；通常會與相應專家團隊一起對特殊任務進行的團隊檢查則為專家團隊視察。此外，每個核電廠每半年會進行一次不預警視察。有關監督視察的更多資訊載於第 6.2.3.2 節。

10.1.4.3 反應器視察過程

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」，於 2004 年底建構國內的反應器監管方案(即核安管制紅綠燈)，如先前在第 6.2.3.3 小節中所述。定期評估核能電廠安全相關系統在肇始事件、救援系統、屏障完整性、緊急應變與核子保安的表現績效定為績效指標，將評估結果以綠、白、黃、紅等燈號呈現，以顏色差異反映每座核電廠現況對於安全顧慮的程度，民眾也可以輕易地從原能會網站上得知每座核電廠的安全性現況。原能會也參考這些燈號的顏色，決定每座核電廠的檢查頻率和檢查範圍。

在 2004 年與 2006 年，原能會分別在網站上發布了核電廠的績效指標和重要性確立方法(SDP)的視察評估結果，方便視察員對視察結果的初步篩選。

安全度評估係考量設備故障或暫態條件的機率、進展和後果，得出對反應器設施安全性相符的數值評估。1982 年開始，原能會發展並使用 PRA 作為增強對核電廠安全性評估的工具，如第 6.3.6 小節所述。原能會使用核研所開發的 PRiSE 電腦程式進行 SDP 中的風險重要性評估及驗證。自 1990 年底以來，台電公司原則上每 3-5 年向原能會提交 PRA 數據更新之結果。台電公司致力於依 PRA 的標準來建立、更新並維護 PRA 模式，根據 ASME PRA 標準來更新第 1 級與第 1.5 級的 PRA 模式。PRA 的詳細說明載於本報告的第 6.3.6 和 14.1.2 (4) 小節。

10.1.5 獨立評估核能電廠安全

10.1.5.1 INPO 與 WANO 同業評估

台電公司持續邀請來自不同國際核能專家小組，如(美國)核能發電運轉協會與世界核能發電協會派遣專家來台進行安全審查與討論，近年來之 INPO 與 WANO 同業評估及技術交流活動如下：

- 2016 年 8 月 22 日至 26 日，WANO 東京中心派出專家，赴林口核能訓練中心進行同業評估；
- 2016 年 11 月 7 日至 10 日，WANO 東京中心派出專家，赴核一廠進行「系統安全健檢強化作業」的技術支援任務。；
- 2016 年 12 月 12 日至 16 日，WANO 東京中心派出專家，赴核三廠進行「防止人為疏忽並遵守程序書之強化作業」的技術支援任務；
- 2017 年 2 月 25 日至 3 月 2 日，WANO 東京中心派出專家，赴核三廠進行「對電廠安全重要且符合環保標準電力設備的管理」之技術支援任務；
- 2017 年 6 月 12 日至 30 日，WANO 東京中心專家小組赴核三廠進行同業評估；
- 2017 年 8 月 14 日至 18 日，WANO 東京中心派出專家，赴林口核能訓練中心進行標準訓練的同業評估；
- 2017 年 8 月 27 日至 9 月 6 日，WANO 東京中心派出專家，赴核二廠進行「著重關鍵數位控制系統之網路安全計畫」的技術支援任務；
- 2018 年 2 月 25 日至 3 月 2 日，WANO 東京中心派出專家，赴核三廠進行「設備驗證合格集冊相關議題」之技術支援任務；
- 2018 年 6 月 25 日至 29 日，WANO 東京中心派出專家，赴林口核能訓練中心進行標準訓練的同業評估；
- 2018 年 8 月 23 日至 9 月 6 日，WANO 東京中心專家小組赴核二廠進行同業評估；及
- 2018 年 10 月 29 日至 11 月 1 日，WANO 東京中心派出專家，赴林口核能訓練中心進行運轉經驗報告撰寫訓練。

根據上述國際專家的建議，進行許多改善，核一廠參照 WANO 同業評估的意見執行改善工作的案例如下：

- 改良劣化及不符合要求之設備可用性判斷方法；
- 精進化學實驗室管制與化學品儲存方式；
- 加強人為失誤之防範，如遵守程序書、自我評估、指令確認等；
- 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；
- 改善電廠自我評估功能；
- 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；及

- 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 同業評估的建議執行改善工作的案例如下：

- 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；
- 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
- 於高輻射劑量區標示含高劑量點之輻射偵測圖；
- 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，並避免在地震發生時，安全系統無法執行其安全功能；
- 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；
- 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；及
- 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 同業評估的建議執行改善工作的案例如下：

- 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；
- 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；
- 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；
- 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；及
- 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，進一步減少因人為疏忽而造成的風險。

10.1.5.2 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，台電公司遵循歐盟執委會核能安全管制者組織技術規範，執行各核能電廠之壓力測試，驗證設計的強度並找出潛在的瀕危效應(cliff edge effects)及尚未發現的缺失，壓力測試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、喪失終極熱沉、或同時喪失電力及終極熱沉，導致喪失安全系統及功能；及
- (3) 事故處理。

壓力測試於 2012 年完成，報告(原文為中文)已於 2012 年 3 月至 2012 年 4 月提交給原能會進行審查。在原能會的邀請下，OECD/NEA 及 EC/ENSREG 專家團隊分別在 2013 年 3 月及 9 月蒞臨台灣，為國內核能電廠進行壓力測試國家報告的獨立同行審查。審查結果分別簡述如下：

(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；及
- 需要檢查的最大可能降雨量與區域地形圖。

(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；
- 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之人員；及
- 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及 OECD/NEA 及 EC/ENSREG 獨立同行審查的建議，原能會於 2012 年 11 月 5 日、2013 年 6 月 6 日、及 2014 年 3 月 6 日發布三個批次的管制案。安全性再評估及壓力測試計畫等管制案的執行期程載於表 6.5，有關安全評估、壓力測試、獨立視察及其後續措施更詳細的說明載於本報告之第 6.4.1、14.3.1 和 14.3.2 節。

10.2 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。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

原能會與台電公司定期舉行核安管制會議，討論與運轉中核電廠相關的議題，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。從 2019 年 5 月開始，每半年定期召開一次除役管制會議，以討論除役安全管制議題。

(2) 反應器機組急停事件肇因調查

國內運轉中的 4 部核能機組，包含 2 部沸水式反應器與 2 部壓水式反應器，均由美國供應商設計與製造，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所訂的法規與標準訂定相關法規、規範。依此管制方式在核電廠運轉的早期，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急停之次數，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。

若核能機組發生急停事件，台電公司必須在事件發生後 2 小時內將通報原能會，並於釐清肇因，提出事件發生過程設備動作情形及檢討改善措施，再向原能會提出再起動申請。原能會於確認肇因已澄清及提出因應改善措施，符合安全要求後才會同意機組再起動。若運轉機組欲進行安全相關設備之設計修改，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，於經原能會審核同意後方可進行，原能會並將監督修改作業執行情形，確認依申請內容執行修改作業。

(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解決為止。

(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(Severe Accident Management Guidelines, 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，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。相信由核一廠、核二廠及核三廠建立的嚴重事故處理指引能加強核電廠員工面對嚴重事故的應變能力。

日本福島第一核能電廠發生災變後，事故處理小組整合了針對超出設計基準事故和嚴重事故、沸水式反應器業主組織、壓水式反應器業主組織和核能協會(NEI，係指美國的核能協會)的 NEI 14-01 初版緊急應變程序及指引之資訊，制定異常運轉程序書、緊急運轉程序書、多樣彈性應變策略(FLEX, NEI 12-06)支援指引(FSG)、大範圍廠區受損救援指引(Extensive Damage Mitigation Guidelines, EDMGs)、嚴重事故處理指引、斷然處置程序指引(Ultimate Response Guidelines, URG)。核一廠、核二廠和核三廠的這些程序書和指引可以增強核電廠員工的嚴重事故處理能力。更詳盡的發展嚴重事故處理指引資料，請參考本報告第 6.4.2 節。

(6) 改正措施方案

台電公司核三廠根據 WANO 的指引，於 2007 年開始推動「改正措施方案」(CAP)，問題的重要性依據其對電廠安全與運轉能力的影響程度，改正行動的資源再依重要性級別做適當的分配。

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，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，可透過網路協助執行問題提報、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。

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，該計畫旨在整合核一廠、核二廠和核三廠的既有各項問題解決機制，有效地針對運轉及維護方面進行問題發掘、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、改正措施之有效性評估與電廠健康指標等。此外，台電公司總管理處的管理及改正措施相關的訊息和資源分享也可以得到有效改善。

在 Oyster Creek 核電廠的基準訪問結束後，每個核電廠的 CAP 監督小組負責編碼和歸類。目前已發現的問題分為人為因素、管理、設備和廠務管理四方面。

上述每個項目的主管部門應針對已發現的問題採取適當的改正措施。

更多核電廠改正措施方案的資訊請參閱第 6.3.7 節。

(7) 執行維護法規

為了規範核電廠的維護效率，美國核能管制委員會於 1991 年發布維護法規 (MR)，並於 1996 年正式發布實施；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，為配合推動「執照換發」、「自主管理線上維護」及「維護最佳化」等提高運轉績效的方案，台電公司於 2004 年 8 月要求運轉中的核電廠建制維護法規方案。此要求的主要目標包括：

- (a) 監測管制核能電廠維護成效；
- (b) 定期評估維護機制；
- (c) 評估及管理維護風險。

在 2008 年，核一廠有 537 個系統功能納入 MR 監測範圍；而對於核二廠有 202 個系統功能納入 MR 監測範圍；至於核三廠則於 2007 年即建立維護整體風險工具，執行維護風險評估及管理之要求。在 2008 年，核三廠有 242 個系統功能納入 MR 監測範圍。總之，在台灣現有的核電廠中實施維護法規的優點包括：

- (a) 執行維護法規是申請「執照換發」之基礎；
- (b) 通過 MR 的定量監測可以有效地察覺維護上的缺失，因此可以有效地提高機組的安全性；
- (c) 定期進行效能評估可以持續提高執行 MR 的成效。

(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)，透過實施這些技術規範，發現了以下缺點：

- (a) 技術規範中包含太多資訊；
- (b) 各個條文訂定的基礎、說明不夠清楚；
- (c) 部分條文規定不盡清楚甚至不盡合理；
- (d) 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。

為了改善上述的缺點，核一廠、核二廠和核三廠分別於 2002 年 2 月、2008 年 1 月和 2004 年 9 月陸續改用改良式 TS (即 ITS)，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需求手冊或方案管制，格式和內容的改進使運轉人員能更理解運轉技術規範的內容，並消除電廠的行政負擔，並且促進核能電廠的營運績效。更多核能電廠 ITS 資訊

請參閱第 6.3.4 節。

(9) 虛驚事件調查

虛驚事件係指那些具有某些機組故障或功能失效，但嚴重性未達到異常事件等級的事件，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)作業程序相關事件及(8)其他等八大類別。為了進一步提高核電廠的安全性，台電公司於 2002 年成立了「虛驚事件調查團隊」來處理此類事件。TPC 的內部網路系統上提供了虛驚事件通報單，員工和承包商可以透過內部網路將虛驚事件通報單提報給虛驚事件調查團隊。該團隊將審查通報單，調查根本原因，並在必要時提供改正措施。依嚴重性等級分別獎勵提交虛驚事件通報單的人員。此外，內部網路中提供了虛驚事件的經驗交流。台電公司的每個員工都能研究這些具有價值的資訊，避免類似的錯誤再次發生。

(10) 安裝強震自動急停系統

如本報告之第 6.3.2 節所述，1999 年 9 月 21 日台灣發生芮氏規模 7.3 級之「集集大地震」後，原能會發文正式要求台電公司於核一、二、三廠，當時共六個運轉中的機組加裝「強震時反應器自動急停系統」(簡稱強震自動急停系統)。2007 年 11 月完成了安裝和測試，正式上線使用。

(11) 發展斷然處置程序指引

緊急運轉程序書和嚴重事故處理指引是採機組徵候用於處理嚴重事故的程序，具體取決於即時運轉的參數以減輕事故的影響結果。對於像福島事故這樣的複合性嚴重事故，對核電廠的影響相對廣大，而不是只集中於一個系統或一個區域。因此，台電公司制定了斷然處置程序指引。如圖 10.1 及圖 10.2 所示，URG 是專門設計用來阻止事故發展並採取立即行動以避免爐心熔損。斷然處置程序指引將與緊急運轉程序書、嚴重事故處理指引和 EDMGs 整合，類似美國核管會 Near-Term Task Force (NTTF)報告建議事項第 8 點。

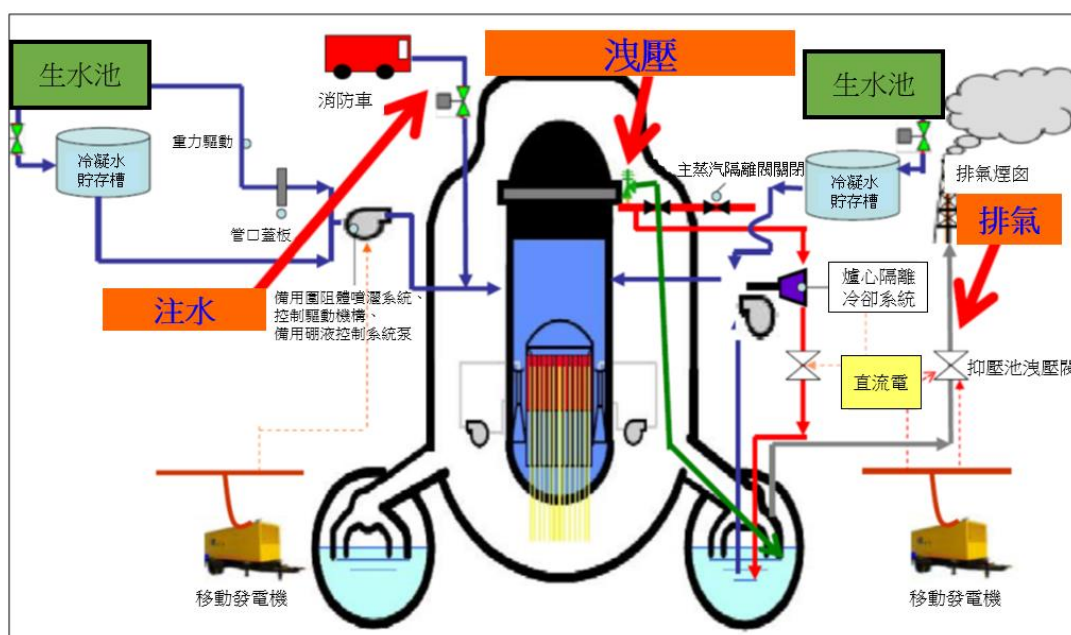


圖 10.1 斷然處置程序指引架構圖(以核一廠為例)

斷然處置程序指引幫助核電廠運轉人員進行反應器降壓、爐心冷卻水注入和圍阻體連通大氣，以防止 BWR 和 PWR 遭受超出設計基準事故的爐心熔損，例如：(1)比超過設計之強震(Safe Shutdown Earthquake)與海嘯還嚴重的事件；(2)電廠全黑事件；和(3)終極熱沉喪失。圖 10.1 與圖 10.2 為 URG 的架構圖及流程圖。台電公司關於斷然處置程序指引的研發經驗已發送給沸水式反應器業主組織委員會進行討論，該國際組織於 2018 年發布 EPG/SAG Rev.4 的正式版本。有關台電公司斷然處置程序指引更詳盡的資料，請參考本報告之第 6.4.3.5、18.4(C)(5)和 19.4.2 節。

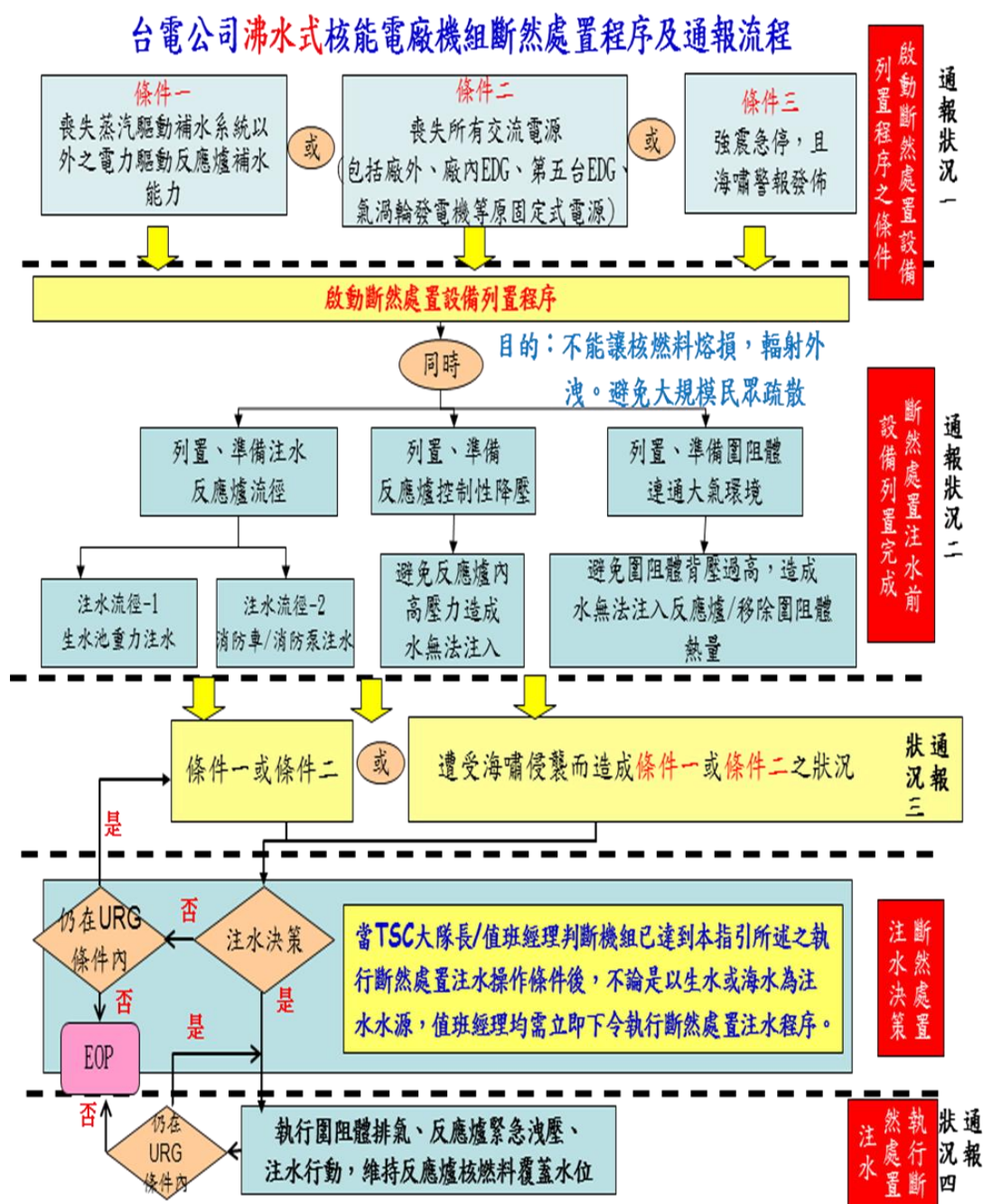


圖 10.2 斷然處置程序指引流程圖

10.3 增進核安管制資訊透明化做法

原能會建立了公眾參與平台，與相關的國內團體和民眾討論與核安管制相關的議題。在制定政策或正在評估中與民眾相關的議題時，透過這個平台進行討論與聽取意見，並以民意作為參考做出決策。與會議有關的所有文件均公開，方便民眾搜尋。

溝通對管制來說是相當重要的。原能會與台電公司定期舉行管制會議，以提高反應器運轉安全。每當新法律、法規發布或宣布政策時，也會與內部利害關係人舉行會議。原能會也會將核電廠的重要安全資訊公布於對外網站，並發送給媒體。

為了提高核安資訊的透明度，原能會進一步地在其網站上提供了選定的核電廠即時數據。目前多種電廠運轉參數和環境偵測即時資訊被傳送到原能會的核安監管中心(NSDC)，一個全年無休，針對異常事件的集中通報系統並為政府部級單位之間的通信窗口，屬於國家災害防救的一環。首先發布來自安全參數顯示系統(SPDS)設定參數的即時彩色編碼數據，以容易判讀的方式顯示每個核電廠的運轉狀態。第二是即時環境輻射偵測數據，例如在所有核電廠外圍邊界的高壓游離腔(high pressure ionization chamber)讀數，每 5 分鐘更新一次。另外統計至 2019 年 9 月，每 5 分鐘更新一次分布於整個台灣地區 54 個環境輻射偵測站(ERM)的區域加馬輻射資訊。(另請詳見第 15.2.4 節。)

台電公司提供充分的核電廠資訊(例如有關核電廠運轉、環境輻射監測器等的即時資訊)，以便一般民眾能更了解核電安全的現況。在這一連串監督管制行動的過程中，能加深一般民眾對這部分的了解。

核能技術及其應用已被廣泛認為具有國際性。在核能界，安全法規和研發方面的國際合作已日益加強，增進核能相關活動的安全性。

原能會還參加了由 OECD 核能機構和 IAEA 贊助的活動和培訓研討會，其涉及反應器安全、除役與除污、環境監測和核子保防等主題，並將持續參加此類活動。在國際核子保防監管部分，國際原子能機構遵循聯合國「核武禁擴條約」(NPT)和與國際原子能機構補充議定書的精神，在台灣進行核子保防方面的監管活動。

原能會是世界核能新聞機構的活躍成員。國內主要的監管政策、核能安全問題、年度運轉數據或與核能相關計畫的新型研發項目與現況之新聞稿會公告在原能會網站上，且視需要發送給世界核能新聞機構，刊載在世界核能新聞月刊內容中。

核能聯會(NEST)是核能領域和輻射領域有關的社團與協會的代表大會，為台灣與國際核能團體就核安加強的主題進行交流的另一個橋樑。自 1990 年以來，NEST 一直是太平洋核能理事會(PNC)和國際核能學會聯席會的活躍成員，並且在 1992 年主辦了第八屆太平洋盆地核能會議(PBNC)。NEST 會定期派代表參加兩年一度的 PBNC。

台電公司在 2013 年舉辦了 4 次國際研討會，並邀請了國際知名人士就福島事件以及世界各地有關核能發電的發展與經驗分享。2014 年、2015 年及 2016 年也舉辦了專題討論的座談會。

第 11 章 財務與人力資源

1. 每一簽約國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. 每一簽約國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。

11.1 財務資源

11.1.1 財務要求

根據 2003 年「核子反應器設施管制法」(第 5、6 條)、2004 年「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」(第 3 條)、2004 年頒發並於 2005 年修訂的「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」(第 14 條)以及 1976 年頒發並於 1996 年修訂的「原子能法施行細則」(第 15 條)，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(以前稱為建廠許可)、運轉執照、或核子燃料執照的必要條件之一。

1971 年發布的「核子損害賠償法」(在 1977 年和 1997 年進行修訂)要求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，根據該法律，賠償責任之最高限額為新台幣 42 億元。福島核子事故後，原能會提出「核子損害賠償法」修正草案，其中將賠償責任之最高限額新台幣 42 億元提高至新台幣 150 億元。

11.1.2 執照持有者之財務資源

依據 2004 年發布「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資格是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。

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。該公司的使命是通過有效的能源開發和電力管理計畫，能穩定且安全地滿足國內的電力需求。截至 2018 年 12 月，台電公司的資產總額約為新台幣 20,282 億元，如圖 11.1 所示。

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、和將用過核子燃料與放射性廢棄物最終處置等所需資金，乃是保護大眾健康和生命與財產安全的必要條件。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，能穩健地建造核電廠並維持運轉安全。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。此外，亦須累積後端管理，包括核電廠除役以及用過核子燃料和放射性廢棄物最終處置所需的資金。

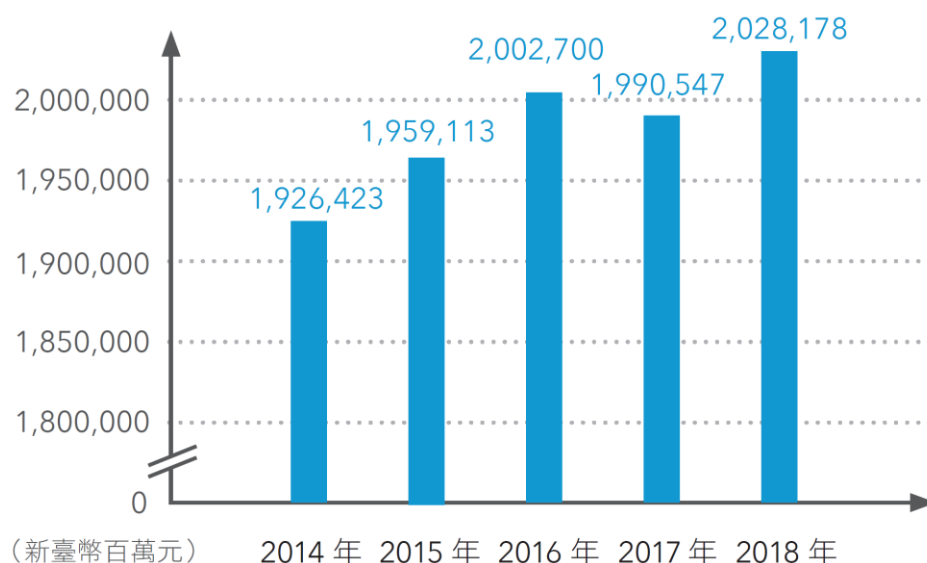


圖 11.1 台電公司總資產

11.1.3 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。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、現場儀器、寬幅中子偵測系統(WRNM)、自動電壓調整器(AVR)和電力系統穩定器、加氫水化學(HWC)系統、超音波流量量測系統、緊急循環水系統、用過核子燃料池燃料格架擴充、以及強震自動急停系統等。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 14.3 所列後福島議題的實施，亦將增進台電公司核能電廠之安全。

表 11.1 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統計數字。

台電公司近年來投入研發之預算如下：2015 年為 2.65 億新台幣，2016 年為 2.57 億新台幣，2017 年為 2.17 億新台幣，2018 年為 1.71 億新台幣。

原能會持續針對核能安全管理相關技術及國際核能相關法規技術發展進行必要的研究與研析，俾滾動檢討修訂相關法規、規範，以及更新執行核電廠安全運作之管制措施。依據 1968 年發布並於 1971 年修正之「原子能法」規定，應由原能會籌撥專款，統籌進行我國原子能安全管理技術之研究發展。近年來，原能會近年來投入研究之預算如下：2017 年約為 5.36 億元新台幣，2018 年為 5.43 億元新台幣，2019 年為 5.42 億元新台幣，分別佔其總財政預算的 33.3%、33.3%和 33.3%。

表 11.1 台電公司各核能電廠設計變更案統計數字(2015 ~ 2019)

西元	核一廠	核二廠	核三廠
----	-----	-----	-----

	兩部 機組 共通	1 號機	2 號機	兩部 機組 共通	1 號機	2 號機	兩部 機組 共通	1 號機	2 號機
2015	8	22	29	19	32	9	18	42	44
2016	12	24	17	19	12	33	7	33	27
2017	5	5	8	19	36	12	11	27	27
2018	3	3	4	17	20	24	5	15	22
2019	4	9	10	11	6	19	4	10	11

11.1.4 除役和放射性廢棄物管理之資金提供

依據「電業法」第 89 條第 1 項規定，發電業設有核能發電廠者，於其核能發電廠營運期間，應提撥充足之費用，充作核能發電後端營運基金。台電公司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，估算了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所需全部費用。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(kWh)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，然後在 1998 年提高到每度核電新台幣 0.18 元。1999 年，「核能發電後端營運基金收支保管及運用辦法」發布生效，此後，後端基金之營運與籌措即依據該辦法。過去，核能發電後端營運基金的徵收率在每度核電新台幣 0.14 元至 0.18 元之間。近年來，後端基金之籌措費率是每度核電新台幣 0.17 元。截至 2020 年 9 月為止，後端基金餘額累計已達約新台幣 4729 億元。經濟部於 2018 年 1 月 10 日發布了「核能發電後端營運基金費用收取辦法」，核後端基金費用之計算與收取方式，更改以每年平均分攤固定金額方式提撥，其金額由經濟部定之，並以全額支付管理費用。應收取之核能發電後端營運費用之計算，由後端處理與處置機構每隔五年進行重估並提報經濟部核定之；應繳交之期間內有重大情事變更時，應適時因應並重新估算送核。2020 年 9 月 3 日經濟部核定核能後端營運基金總費用 4729 億元。本次估算已考量社會現況及核能法規要求，並參照國際最新除役技術資訊。

經濟部之下設一「核能發電後端營運基金管理會」，由經濟部就有關機關(構)、團體代表、學者、專家等 14 名委員所組成。同時，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。當滿足核後端基金的合法使用目的時，上述某些項目可能會包括在核後端基金中。

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設計畫之規劃與執行。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。

11.1.5 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。

11.2 人力資源

11.2.1 人員資格、訓練與再訓練之要求

1968 年發布(經 1971 年修訂)的「原子能法」第 23 條第 4 款和第 26 條第 3 款及其施行細則(第 38 至 43 條)規定，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人員，須領有原能會核發之執照。於 2000 年代初期，陸續發布「核子反應器設施管制法」(2003 年)、「游離輻射防護法」(2002 年)、「放射性物料管理法」(2002 年)及其施行細則。

2003 年發布的「核子反應器設施管制法」第 5 條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；第 6 條規定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；此外，第 11 條規定要操作核子反應器，控制室運轉人員須具備原能會核發之反應器運轉員或反應器高級運轉員執照。核子反應器運轉人員資格要求在 2004 年發布且於 2009 年 12 月修訂之「核子反應器運轉人員執照管理辦法」第 4、5 條和附件二所規定。

2002 年「游離輻射防護法」第 29 條規定放射性物質、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。(在本節及以下各小節中，擁有許可證或已完成登記許可的人稱為設施經營者)。第 7 條進一步要求輻射相關業務設施經營者必須建立輻射防護管理組織或擁有執照的輻射防護人員，實施輻射防護作業。第 30 和 31 條要求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」，而操作放射性物質生產設施的時候，必須具有運轉員執照。第 14 條欲從事或參與輻射作業，須年滿 18 歲；對於在輻射控制區工作的懷孕女性輻射工作人員，設施經營者應即檢討其工作條件並在必要時對其工作為適當之調整。建立輻射相關設施或業務的要求在 2002 年發布之「輻射防護管理組織及輻射防護人員設置標準」中有所規定。另一方面，在 2002 年發布、2011 年修訂的「輻射防護人員管理辦法」規定了輻射防護人員的資格要求。在 2002 年發布、2009 年修訂的「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」規定了對設施經營者的相關要求，在 2003 年發布、2012 年修訂的「放射性物質生產設施運轉人員管理辦法」規定了運轉人員的相關要求。

2002 年發布的「放射性物料管理法」第 27 條要求放射性廢棄物處理設施，應由合格運轉人員負責操作。2009 年發布的「放射性廢棄物處理設施運轉人員資格管理辦法」規定了操作放射性廢物處理設施的運轉人員資格要求。

11.2.1.1 核能管制單位管制人員之訓練要求

面對日益增加的核能管制挑戰，原能會對其工作人員提供了一有系統的訓練方案，以保持及強化其員工的先進專業能力。例如，擬任核能電廠駐廠視察員的新進人員，必須先接受有關 BWR 或 PWR 電廠系統技術及模擬器操作訓練課程，以及再接受更進一步的專業訓練。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。原能會也定期讓核電廠視察員和審查人員進行有關核電廠設計變更要求的訓練。

原能會的視察人員共有五種，分別是核能電廠視察人員、輻射防護視察員、核子保安與緊急應變視察人員、放射性物料管理視察人員及核能電廠除役視察人員。每類視察人員皆分成視察員及資深視察員二級，還另設有主試員 (RO/SRO examiner)，負責核子反應器運轉人員的執照測驗。

為詳細說明，以下介紹各類視察員、資深視察員及主試員之資格要求。

11.2.1.1.1 核能電廠視察人員

2005 年 5 月，為了增進技術能力並進一步提高反應器運轉人員執照測驗及管制的品質，原能會內部要求核能電廠視察員及主試員必須取得證書。視察員、資深視察員和主試員需具備之資格條件(2015 年修訂)分別為：

(1) 視察員

- 大專理工科系畢業或同等學歷；
- PWR 或 BWR 核能電廠系統技術課程受訓至少 2 週並測驗及格；
- 核能電廠視察員基礎課程受訓 6 天並測驗及格；
- 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；

- PWR 或 BWR 核能電廠系統技術課程受訓(至少 4 週)並測驗及格；
- 模擬器訓練 (至少 2 週)並測驗及格；
- 視察員進階訓練課程受訓(4 天)並測驗及格；
- 品質保證課程受訓(6 天)並測驗及格；
- 安全度評估實務應用課程受訓(3 天)並測驗及格；
- 人際關係與有效溝通講習受訓；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證書有效期限為 6 年。視察員獲得證書後，每 2 年至少須再累積 30 小時有關電廠系統與模擬器等之再訓練課程，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並及格。

11.2.1.1.2 核子保安與緊急應變視察人員

2008 年 4 月，為了增進技術能力並進一步提高管制的品質，原能會內部要求核子保安與緊急應變視察人員必須取得證書。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；及
 - 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：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；及
- 專業課程：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，經升級評鑑成績合格者。

11.2.1.1.3 放射性物料管理視察人員

2008 年 5 月，為了增進技術能力並進一步提高管制的品質，原能會內部要求放射性物料管理視察人員必須取得證書。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：
 - (a) 技術訓練課程達 30 點以上(訓練每小時折算 1 點)；及
 - (b) 完成應自行研讀資料 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 30 點以上(訓練每小時折算 1 點)，並完成應自行研讀資料 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 30 點以上(訓練每小時折算 1 點)，並完成應自行研讀資料 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 30 點以上(訓練每小時折算 1 點)，並完成應自行研讀資料 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 30 點以上(訓練每小時折算 1 點)，並完成應自行研讀資料 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。

11.2.1.1.4 核能電廠除役視察人員

2019 年 9 月，為了增進技術能力並進一步提高檢驗的品質，原能會內部要求核

能電廠除役視察人員必須取得證書。依規定核能電廠除役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

- 核能電廠除役視察員基礎課程；
- 2 週(含)以上之 PWR 或 BWR 核能電廠系統技術課程訓練(每週以 30 小時計，不含模擬器及現場熟悉訓練)；及
- 自行研讀及在職訓練項目。

上述核能電廠除役視察員基礎課程由核管處主辦，訓練結束並實施筆試，其中部分課程內容與時數得視需要酌予調整。筆試成績合格(70 分以上)且上課時數不低於全部課程時數 5/6 者，另發給訓練合格證書。

(2) 資深視察員

核能電廠除役資深視察員具擔任核能電廠除役視察員 6 年(含)以上資歷，且期間受過核能電廠除役視察員(一)專業訓練及(二)進階訓練，經升級評鑑成績合格者；專業訓練項目與進階訓練項目係視察員晉升資深視察員之共同必修訓練課程，完成專業訓練、進階訓練及 30 小時以上工安衛訓練課程並獲證明文件，為取得核能電廠除役資深視察員證書之必要條件。

專業訓練部分，在除役機組於爐心仍有燃料時，需完成 2 週以上系統訓練、2 週以上除役訓練、2 週以上之模擬器與現場熟悉訓練，及自行研讀項目；當爐心核子燃料全部移出後，則改為 2 週以上系統訓練、4 週以上除役訓練(其中需包含 1 週現場熟悉訓練)，及自行研讀項目。

進階訓練項目主要包括四項課程，分別為「核電除役作業實務進階訓練課程」、「除役期間風險訓練課程」、「品質保證訓練課程」以及「人際關係與有效溝通」；前述「除役作業實務」、「除役期間風險核電實務進階訓練」與「品質保證訓練課程」結束時，將實施筆試，成績及格及上課時數符合規定者頒與訓練(合格)證書。

11.2.1.2 核子反應器運轉人員之法規要求

11.2.1.2.1 運轉值班人員之人數要求

依據「核子反應器運轉人員執照管理辦法」附件一(於 2009 年 12 月修訂)規定，同時也在 FSAR 技術規範中規定，擁有兩部同型核能機組之核能電廠 運轉期間，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：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(運轉中機組有值班主任 1 人及運轉員 2 人；停機機組有運轉員 1 人)；

- 兩部機組運轉時：值班經理 1 人，值班主任 1 人，運轉員 3 人。

(2) 擁有兩部機組且有個別主控制室者(如核一及三廠)

- 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(運轉中機組有值班主任 1 人及運轉員 2 人；停機機組有運轉員 1 人)；
- 兩部機組運轉時：值班經理 1 人，值班主任 2 人，運轉員 4 人。

如第 9.1.1 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。

11.2.1.2.2 核子反應器運轉人員之資格要求

報考原能會核能電廠反應器運轉人員執照測驗者，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，並滿足以下要求：

(1) 經驗要求：

- 2 年以上電廠工作經驗，其中應有 1 年為核能電廠工作經驗；及
- 在其欲申請執照之核能電廠應有 6 個月的工作經驗，其中應有 3 個月之運轉值班經驗。

(2) 訓練要求：

- 運轉訓練 1 年以上，其中應有 3 個月模擬器操作訓練；及
- 完成必修之運轉人員測驗訓練課程，時數在 300 小時以上。

(3) 健康狀況：

- 接受必要的健康檢查並合格。

報考原能會核能電廠反應器高級運轉人員執照測驗者，須具備大專以上或同等學校畢業之學歷，或具有同等學力，並滿足以下要求：

(1) 經驗要求：

- 2 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 6 個月的工作經驗，其中應有 3 個月之運轉值班經驗。

(2) 訓練要求：

- 運轉訓練 1 年以上，其中應有 3 個月模擬器操作訓練。
- 完成必修之運轉人員測驗訓練課程，時數在 300 小時以上。

(3) 健康狀況：

- 接受必要的健康檢查並合格。

反應器運轉員升任反應器高級運轉人員必須具有：(1)持有原能會所核發同一核能電廠反應器運轉員執照，以及(2)具有 2 年以上實際操作經驗者。除此之外，健康

檢查也必須合格。

要取得運轉人員執照，必須通過法規要求之核子反應器運轉人員測驗，測驗分為兩個階段進行，如後續說明。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，再由原能會核發運轉人員執照。

第一階段測驗為基本原理筆試，筆試內容範圍包含組件、反應器原理、及熱力學。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(1)模擬器個人操作、(2)模擬器團體操作及(3)廠房現場口試。第二階段測驗成績及格，經見習擬任職務 3 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。

只有成功地通過測驗並具有相關領域經驗豐富者，原能會才會核發反應器運轉員或反應器高級運轉員執照。

11.2.1.3 輻射防護人員之法規要求

依據 2002 年發布並於 2011 年 8 月修訂之「輻射防護人員管理辦法」第 2 條規定，輻射防護人員分為輻射防護員和輻射防護師兩級。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；或
- 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：

- 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；或
- 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。

11.2.1.4 放射性廢棄物運轉人員之法規要求

依據 2009 年發布「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，放射性廢棄物(RW)處理設施運轉人員，分為運轉員和高級運轉員兩級。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歷；
- 運轉員訓練及格；及
- 主管機關舉辦之運轉員測驗及格。

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歷，或具有運轉員資格 3 年以上；
- 高級運轉員訓練及格；及
- 主管機關舉辦之高級運轉員測驗及格。

11.2.1.5 持照者對其員工之訓練與再訓練計畫

依 2003 年公布「核子反應器設施管制法」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 2002 年公布之「游離輻射防護法」規定操作放射性物質或可發生游離輻射設備(如 X 光機)之人員，應領有輻射安全證書，並且要求欲操作放射性物質生產設施，必須具備運轉人員證書，另要求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；另依 2002 年公布「放射性物料管理法」規定，放射性廢棄物處理設施，應由合格運轉人員負責操作。

總結，一座核能電廠至少需有具備下列核能相關證照之員工：

- 反應器高級運轉員執照；
- 反應器運轉員執照；
- 輻射防護人員認可證書；
- 輻射安全證書；
- 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。

截至 2019 年 2 月，台電公司僱用的在核電廠工作擁有上述執照(或證書)員工(包括放射性廢棄物處理設施運轉員)之統計人數為 508 人，如表 11.2 所示。這些執照(或

證書)持有者仍須定期接受台電公司對其再訓練。

「核子反應器設施管制法」及其施行細則規定核電廠經營者應為其員工提供教育與訓練的機會。因此，台電公司透過年度教育計畫為其員工提供了更新專業知識和學習最新技術的機會。

一般而言，核電廠的員工技術培訓計畫可分為以下幾項：

- 反應器運轉員訓練；
- 培訓除反應器運轉員以外的其他證照持有人；
- 對無證照的核電廠技術人員進行培訓；及
- 一般員工培訓。

表 11.2 台電公司各核能電廠持有核能相關證照者統計數字(截至 2019 年 2 月)

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	23	25	27
反應器運轉員	22	19	34
輻射防護人員	31	30	31
輻射安全證書	23	28	67
放射性廢棄物處理設施高級運轉員認可證書	5	7	7
放射性廢棄物處理設施運轉員認可證書	44	48	37
各廠小計	148	157	203
總 計	508		

以下內容將進一步討論反應器運轉員訓練和再訓練的計畫。

11.2.1.5.1 反應器運轉人員訓練

一般核電廠員工訓練計畫會遵照原能會在 2009 年 12 月修訂的「核子反應器運轉人員執照管理辦法」、美國核能管制委員會法規指引 1.8「人員選拔與培訓」以及 ANSI / ANS-3.1-1993「核電廠員工的選拔、資格和培訓」等法規，對核電廠員工進行培訓。

每個核電廠都有責任選擇合適的員工參加自辦的運轉人員培訓計畫。完成訓練

後，受訓人員必須通過台電公司內部運轉人員資格考試，以獲取申請執照的資格。然後這些考生必須通過原能會舉辦的運轉人員執照考試，以獲得他們的運轉人員執照。根據原能會規定，由核電廠制定並實施針對持有運轉人員執照人員的再培訓計畫，以確保執照持有者接受適當且必須的訓練。執照持有者必須滿足運轉人員再訓練的法規要求，才能換發執照。

運轉人員與高級運轉人員的培訓計畫是依據原能會要求並依照原能會運轉人員執照測驗的內容所制定，如「核子反應器運轉人員執照管理辦法」附錄 3 所述(2009 年 12 月修訂)之規定執行。主要訓練範圍如下：

(1) 課堂講解

(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(I&C)；
- 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；
- 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(或現場巡視)，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；
- 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；
- 反應器運轉員及反應器高級運轉員職責；
- 燃料營運及管制；
- 遙控停機操作；及
- 行政管理程序。

11.2.1.5.2 持照反應器運轉人員再訓練

依照 2009 年 12 月修訂之「核子反應器運轉人員執照管理辦法」第 10 條規定，核子反應器運轉人員應依再訓練方案接受再訓練，並經測驗及格。經營者應依附件四規定之訓練內容及時數分配提出運轉人員再訓練方案，報請原能會核准。前項再訓練方案應至少每 2 年檢討一次並接續實施，再訓練課程內容應包含：

- (1) 時程規劃；
- (2) 課堂訓練；
- (3) 運轉操作訓練；
- (4) 評鑑方式與時機；
- (5) 評鑑及相關訓練紀錄之保存。

運轉人員執照之有效期間最長為 6 年，為申請換發執照，期滿 30 日前經營者得填具申請書，並向原能會提交下列有關運轉人員的資料：

- 健康檢查合格證明書及健康檢查報告；及
- 運轉再訓練紀錄及測驗及格證明。

上述反應器運轉人員的再訓練課程應包括課堂講解、在模擬器上及現場的操作，如下所述。詳細項目請參見該辦法附件四的內容。

(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，講解的主題應考慮基礎知識和操作能力。

(A) 固定課程

固定課程每年至少須 60 小時以上，且不得挪移。課程包括基礎知識與操作技巧，須於 2 年內全部完成：

(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，關於模擬器與現場操作的再訓練課程範圍如下：

- (A) 正常電廠運轉演練；
- (B) 核能蒸汽供應系統異常之演練；
- (C) 電廠平衡系統異常之演練；以及
- (D) 影響重要安全功能之緊急事件。

上述再訓練課程的詳細內容可由各個核電廠調整，台電公司按照法規要求擁有執照的反應器運轉人員進行年度再訓練計畫，這些反應器運轉人員採每日三班制輪替，共五~六組人員，維持現場操作技能的熟練程度。再訓練課程由核電廠自行定期舉辦。再訓練的機制可確保持照運轉人員對設施、操作程序、政府法規和品保要求、業界經驗、持照者事件報告(LER)和適用於其職責範圍的人為疏失等項目維持一定程度的了解。

11.2.1.5.3 持照反應器運轉人員再鑑定

如上一小節(第 11.2.1.5.2 節)所述，台電公司必須依據 2009 年 12 月所修訂的「核子反應器運轉人員執照管理辦法」附件四之規定，提出其核子反應器運轉人員再訓練方案，報請原能會核准，所有反應器運轉人員必須按照已核准的再訓練計畫進行再訓練。而台電公司所有持照反應器運轉人員，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（包含筆試和口試），方能合法地繼續操作反應器。

另外，原能會可能舉辦再鑑定測驗，內容包含筆試和運轉操作測驗，必要時並得進行現場口試。依據 2009 年所修訂「核子反應器運轉人員執照管理辦法」第 13 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，原能會得要求其接受原能會之再鑑定測驗：

- 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。

被要求接受再鑑定測驗之運轉人員若測驗成績不及格，在收到原能會正式通知

後，台電公司應停止其運轉操作工作。

11.2.1.5.4 電廠其他運轉及技術人員訓練

電廠其他運轉及技術人員主要包含：

- 電廠系統/設備之開關場、海水泵室、氣渦輪發電機廠房等輪值運轉人員；
- 各類維護與工程支援之工程人員，例如機械維護工程師、電力維護工程師、儀控工程師、核子工程師、化學和/或輻射化學工程師、保健物理工程師、品保(QA)及品管(QC)工程師以及電腦工程師；及
- 各類維修與工程支援之技術人員，例如機械維護技術員、電力維護技術員、儀控技術員、核子技術員、化學和/或輻射化學技術員、保健物理技術員、品保及品管技術員。

每年對上述的運轉人員，工程師和技術人員的維護和支援訓練不得少於 40、30 和 15 小時。

對於上述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方法，包含的要素有：分析、設計、發展、實施、和評估。在通過對各類人員的工作和任務分析過程，建立工作績效的需求後，便制定訓練計畫。為反應計畫評估後、法規或設施的變更及業界經驗中吸取的教訓，應該更新訓練計畫。一個定期審查初始訓練和持續訓練計畫的系統已經建立完成，可評估計畫有效性來幫助受訓者達到績效需求的目標。以下謹進一步敘述對此類人員之訓練。

(1) 初始訓練

初始訓練或稱職前訓練，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、知識、和能力。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

對於各類核電廠工作人員，都應實施持續訓練計畫，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績效問題所需之其他訓練。

持續培訓計畫還將包括提供再訓練的安排，以維持一定績效所需的技能和知識的熟練程度。將建立確保核電廠中執行安全相關功能的人員對設施、程序、政府法規和品保要求、業界經驗和適用於其職責範圍的人為疏失等項目的變化維持

一定程度了解的機制。

(3) BWR/PWR 系統技術訓練

依據所工作電廠核子反應器型式之不同，所有其他運轉及維護與工程支援人員，包含工程師和技術人員還需再接受 BWR 或 PWR 之反應器系統技術訓練，並且需要不同的訓練時間。訓練由核電廠經營者自行舉辦，而受過製造商系統技術訓練的員工，所完成的訓練教材須為中文版本。

11.2.1.5.5 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。

11.2.1.5.6 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模擬器和幾台小尺寸之實體模型。模擬器係用來模擬核能電廠主控制室，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。

11.2.1.5.7 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(TIT)，負責對所屬員工進行訓練活動。台電訓練所由所本部與三座訓練中心組成，所本部針對專業人員暨主管人員

以管理發展類及專業性在職訓練為主；而訓練中心以技術相關的訓練為主。三座訓練中心裡，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。

1998 年，台電公司為促進技術人力之發展，在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，例如用過核子燃料池、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。

11.2.2 持照者人力資源

11.2.2.1 台電公司人力

如第 9.1.1 節(圖 9.1 和 9.2)所述，台電公司內設有許多管理、運轉和營業的處室及四座核能電廠。

截至 2019 年 4 月中旬，台電公司員工總數共有 27,355 名，其中 2,452 名工作於核能部門，包含核一廠 459 名、核二廠 597 名、核三廠 599 名和核四廠 227 名。

如圖 9.1 和 9.2 所示，位在台電總公司之核能相關部門包括：核能發電處員工約有 172 名、核能安全處約 91 名、核能技術處約 94 名和核能後端營運處約 122 名。台灣電力公司綜合研究所是台灣公司的附屬研究所，台電訓練所除所本部外還包括 3 個訓練中心，負責訓練台灣電力公司員工。

台灣公司總部的核能安全委員會是一個討論核安議題並給定決策建議的部門組織。為成立該委員會，台灣公司邀請了來自大專院校、研究機構及業界的專家，還包括與核能相關部門的主任，一同作為委員會成員。在每個核電廠中，都有一個電廠運轉審查委員會(SORC)，負責提供有關核安事項的建議給電廠廠長。

如圖 9.3 所示，每座核電廠有許多組織所構成，包括：運轉、機械工程、電力工程、維修、核子工程、保健物理、環保化學、電腦、儀控、品管、廢棄物管理、工程改進和總務科，以及一個模擬器訓練中心。

截至 2019 年 2 月，擁有核子反應器運轉人員執照之員工數，如表 11.2 所示，分別為：核一廠 45 名、核二廠 44 名和核三廠 61 名。

11.2.2.2 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，通過身體健康檢查，並事先接受過至少 3 小時的保安、工安、輻防、緊急計畫、環保、廢棄物管理、品保等課程之訓練，如第 11.2.1.5.5 節所述。

台電公司核能電廠的機械、電氣、儀控、和修配等維護單位，經常地會請承包商派遣其合格技術人員，參與電廠維護工作或暫時性的緊急修護工作。當有核子事故發生，且作業支援中心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(例如泰興公司(Pacific Engineers & Constructors, Ltd.)、美國貝泰集團(Bechtel Group)、益鼎工程股份有限公司(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、世界核能發電協會)等其他組織，可提供對嚴重事故處理(SAM)的技術支援。

11.2.2.3 處理嚴重事故時廠內外可提供人力支援

如第 16.1.1.3 節所述，核子事故依據其可能衝擊的嚴重程度可分成三類：

- (1) 緊急戒備事故；
- (2) 廠區緊急事故(SAEA)；及
- (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將立刻動員起來，且所有緊急運轉中心將立刻設立並運作，以進行電廠搶救任務。緊急運轉中心包含有技術支援中心、作業支援中心、保健物理中心(HPC)、和緊急民眾資訊中心(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；
- 承包商；
-

11.2.3 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、學術單位、以及核工業界。核研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。截至 2018 年底，核研所共有 1047 名正式員工，包含研發替代役、專業支援人力及所聘員工。

國立清華大學(NTHU)位於台北以南約 90 公里的新竹市，全面提供關於核子工程大學與研究所程度的教學。清大是台灣頂尖的大學之一，校內的工程與系統科學系是主要培育台灣核子工程人才的單位，提供了完整的核子工程教育。工程與系統科學系原名為核子工程學系，成立於 1964 年。核子工程學系提供該領域的學士、碩士和博士學位。該系在機械、電力和材料工程方面進行多類學科教育，培養系統整合的能力。為了強調系統整合在現代工程中的重要性，並推動教學與研究的多樣性，該系從 1997 年起改名為工程與系統科學系。為了響應 2000 年代全球核電的復甦，

清大於 2007 年成立了核子工程與科學研究所，並於 2009 年辦理清華大學原子科學院學士班的交換學生計畫。與此同時，台電公司一直為原子科學院學士班的學生提供有限名額的獎學金，多年來吸引了許多年輕一代的人才積極參與核工領域。

除了國立清華大學外，非營利事業財團法人——核能科技協進會(NuSTA)的人員主要來自原能會、核研所和台電公司等國內核子組織的退休專家。不定期視需要對有興趣了解核能的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。

第 12 章 人為因素

每一簽約國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。

12.1 核能安全的人為因素及組織議題概述

人為因素通常是指機械系統和其操作人員之間的介面。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。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。

人員績效一直是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)各階段中非常重要的因子。本報告的第 18.3 節對人為因素和人機介面(MMI)的考量上有更為詳細的描述。

核電廠員工的品質管理也非常重要，因為工作的組織化、人員配置與輪替、監督管理、評估績效和獎勵的方式決定了核電廠的工作效率、生產效率及安全性。美國三哩島(TMI)、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。因此，對於核電廠經營者與管制機關而言，如何強化員工及組織在核能安全上的品質管理為一關鍵議題。台灣建立了一個核能安全管理體系，為嚴格的安全與員工績效的品質把關，聯結原能會、台電總處、及核能電廠之核能電廠安全管理體系如圖 12.1 所示。

核能安全管理體系

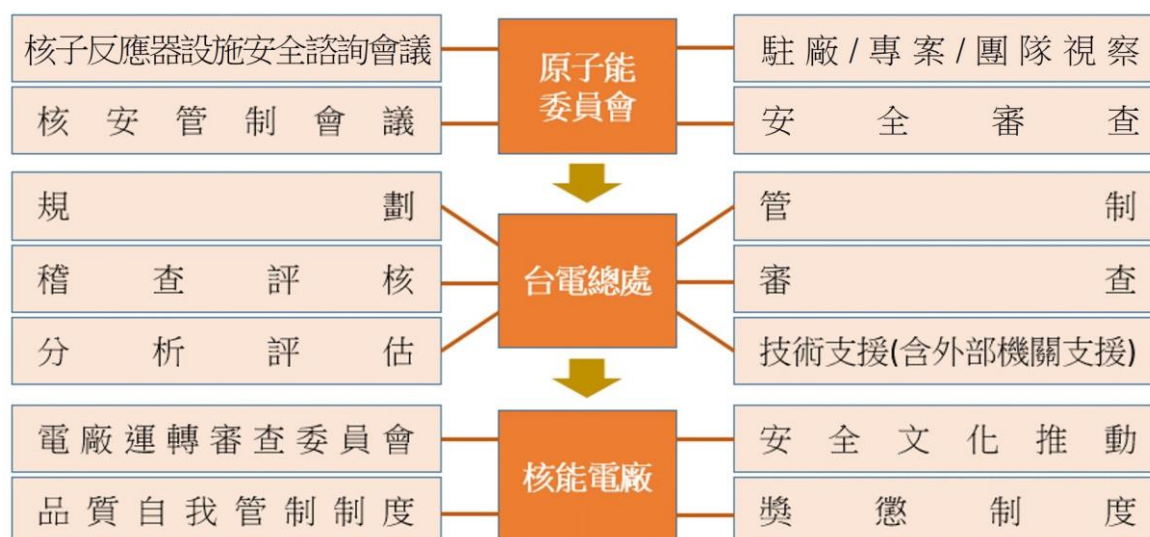


圖 12.1 核能安全管理體系

12.2 核能電廠設計時考量的人為因素及後續改善

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。在核電廠運轉期間，原能會透過視察、安全審查和管制會議來監管員工績效。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。

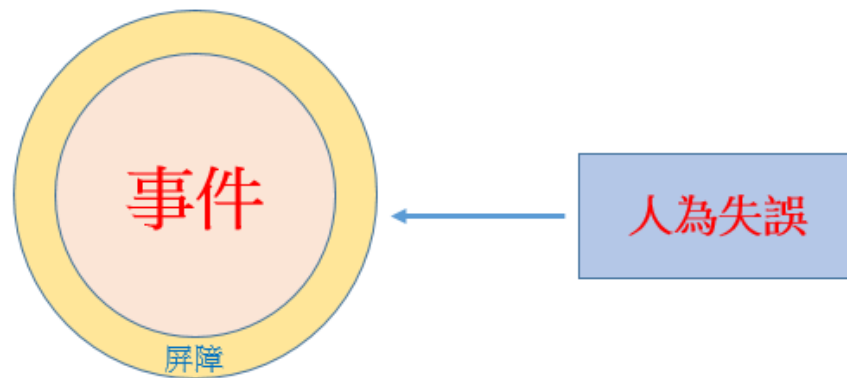
台電為了減少反應器運轉員誤判與誤動作事件的發生率，持續執行短期與長期運轉員訓練方案。接受運轉訓練的學員必須先在課堂學習核子設施基本知識，再到電廠全域主控制室模擬器(國內各核能電廠均有專屬的模擬器)練習運轉技巧。學員若能通過上述訓練的考試則可成為反應器運轉員候選人，並可開始在電廠內值班並在高級反應器運轉員的指導和監督下進行在職訓練。

此外，為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，台電公司將核二廠及核三廠之反應器運轉員值班組織 5 班值班人員中有 3 班輪流執行運轉工作，1 班接受再訓練，1 班休假。

12.3 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：

- (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承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) 為積極避免國內核電廠發生重複的意外事件，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、西屋公司技術公報、沸水式反應器業主組織、壓水式反應器業主組織、美國核能發電運轉協會/世界核能發電協會網路資訊、美國核能管制委員會公報及台電公司本身之異常事件報告等。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。WANO 與 INPO 的資訊文件，如重大運轉經驗報告與重大事件報告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，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；



屏障：

1. 雙重確認
2. 潛在性危險評估
3. 工具箱會議
4. 自我查證
5. 遵守程序書
6. 保守性決策
7. 強化運轉人員與維修人員間(O&M)之協調
8. 減少廠商與承包商之人為失誤
9. 經驗回饋與訓練
10. 人為失誤事件之肇因分析

圖 12.2 預防人為失誤的屏障

- 保守性決策；
- 強化運轉人員與維修人員間之協調；
- 減少廠商與承包商之人為失誤；
- 經驗回饋與訓練；及
- 人為失誤事件之肇因分析。

這些預防方法形成了「預防人為失誤的屏障」，如圖 12.2 所示。

- (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」外，台電公司各核能電廠事故處理小組於 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」，協助運轉員減緩嚴重事故的影響。透過緊急運轉程序書與嚴重事故處理指引相關的訓練，減少人為失誤的事件。為了最大程度地降低事故處理小組判斷錯誤與處理上的疏失，台電公司發展了嚴重事故模擬程式(MAAP4 程式的台電版本)，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。
- (5) 為了持續評估核能電廠的安全狀態，台電公司與核研所自 1996 年即合作開發了所有運轉中核能電廠的活態安全度評估模式，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

誤與流程路徑錯誤的機率。人為失誤分析的結果也會反應於相關的人員訓練教材，且證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；及
- (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，此許可的有效期限為一年。

- 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；及
- 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」中要求電廠對值班中的反應器運轉員實施不定期酒精與禁藥測試，第一次未通過的測試者會被吊扣執照，暫停運轉 3 至 18 個月，若兩次未通過測試則吊銷執照。

12.4 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，電廠人員必須提交人員績效增進系統報告，同時須舉行系統診斷會議，找出預防人為失誤屏障中失效的屏障，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 年針對核電廠

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；及
- (5) 須強調肇因分析、設備失效分析及工作經驗回饋等。

另如 1996 年完成的維修績效改善研究，提出如表 12.1 所示，10 項對核能電廠維修工作有關之因素，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，提昇核電廠工作人員的績效。

另一方面，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，還有一位技術高超且品德優良的資深同仁擔任他的導師，負責指導日常作息、行為、解惑

表 12.1 影響核能電廠維修之重要因素

影響因素	定義
工作協調	規劃、整合及執行維修工作。
學習與經驗回饋	電廠如何鼓勵員工利用知識、經驗與更新資訊發掘問題及提出改善維修工作改善建議。
訓練	為使員工有效執行維修工作所提供必要知識與技巧的廣度。員工對訓練方案有效性的意見。
規範	針對例行工作與意外事件之規則、程序書及標準方法的成熟度與足夠性。
所有權	電廠員工對職務與工作結果的責任感，包括對組織的承諾與自尊。
資源分配	電廠如何分配經費與人力資源，包括實際分配結果與員工的觀感。
人員篩選	針對特定工作篩選人員的內涵，包括必要的知識、經驗、技巧與能力。
個人責任	電廠員工與部門工作分配的合理性與適當性。
績效評估	評估電廠員工工作表現與行為的方式，包括由例行工作回饋中發掘未來改善方法的評估。
目標認知	電廠員工參與、瞭解、接受及同意維修工作緣由與目標的程度。

及評估其績效。所有新進人員每 2 個月須繳交進度報告給主管，每 6 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化記錄系統，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的手持裝置，進行現場巡視時將系統狀況記錄於手持裝置中，巡視後再將有紀錄的清單從個人的手持裝置上傳到電腦主機，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) 減少現場巡視紀錄所需的保存空間；
- (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；及
- (6) 可將儀器之高低警報值與歷史資料存入手持裝置，使現場巡視人員有更多資訊輔助其執行工作。

12.5 管制機關與設施運轉者的角色

12.5.1 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是否符合安全分析報告內容。在運轉階段，原能會以駐廠視察、大修視察、專案團隊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，如要求國內運轉中電廠加強執行美國三哩島核能電廠事故、日本福島一廠事故後之改善方案，以免重蹈該核能電廠事故的覆轍。

如第 11.2.1.1 小節所述，原能會還為員工提供系統化的訓練，維持其專業能力以應對不斷增加的管制項目。例如採用進階的技術訓練課程，提高視察員的監管能力。此外，將選拔工作人員派往核能技術先進的國家，進行在職訓練(OJT)。

12.5.2 設施經營者

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、執行更完善的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前述第 12.3 與 12.4 節。

12.6 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，採取了多種措施，下面將對此進行討論。

12.6.1 強化核安組織管制與推動安全文化

透過以下措施強化核安組織管制與推動安全文化：

- 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；
- 提升人員訓練績效及作業技能；
- 訓練可幫助員工掌握技術、知識並獲得應有態度，在工作與指派任務中關於安全方面無虞，判斷可能造成電廠安全隱憂之處；
- 遵守嚴謹的核能品質保證方案，訂定各項作業的執执行程序書及執行標準；及
- 建立嚴格的安全與品質管制體系及安全管理組織，確保各層面的安全防護。

有關核安組織與文化的較詳盡資訊，請參閱本報告第 6.2.1 及 10.1.3 節。

12.6.2 強化緊急應變人員的例行訓練

儘管核能電廠在風險管理的考量上已具備相當完善的安全防護措施，台電仍依「核子事故緊急應變法」與相關法規，訂定「台電公司核子反應器設施緊急應變計畫導則」，台電公司為緊急應變進行的訓練及其實施方式簡述如下：

(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：

針對緊急應變施以作業訓練，包括：

- 一般訓練每兩年須接受訓練一次；及
- 特定任務的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(緊急應變小組)，提供初始訓練及每年一次之再訓練。

(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、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。

有關較詳盡的核電廠緊急應變作業訓練與核安演習資訊，請參閱本報告第

16.2.2 及 19.8.4 節。

第 13 章 品質保證

每一簽約國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。

13.1 品質保證方案

本章說明在核能電廠設計、採購、製造、建造、啟用、運轉、維修、及除役等階段施行品質保證的政策、要求、方案。

依「核子反應器設施管制法」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，敘明設施於設計、建造、及測試過程中所採用之品質保證方案。原能會於審查並核可初期安全分析報告後，即會核發建廠執照。為確認核子反應器設施經營者在設計及建造階段會實施該品保方案，原能會將根據「核子反應器設施管制法」第 14 條進行視察。

台電公司在初期與終期安全分析報告中均會提出品質保證政策聲明以供原能會審查。依據全面品質管理政策，台電公司建立下列的品質保證政策聲明：

- (1) 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。
- (2) 核能安全有關項目及作業，除遵照前項政策外，尚需依據「核子反應器設施管制法」，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。

特別是，在建造核子設施前須建立核能專案的品保方案。同時，已取得執照的動力用核子反應器設施亦建立其核能營運品保方案，以安全運轉。這兩種品保方案皆採用美國 10 CFR 50 Appendix B 的規定。

對於欲建造的核子設施，應先建立核能專案的品保方案。該方案適用於安全相關的項目及其相關的活動，包含規劃、設計、採購、製造、建造，乃至運轉前測試，以及任何核能相關的作業。

對擁有運轉執照的核子設施，台電公司核能安全處會制訂核能運轉的品保方案。在終期安全分析報告及其他請照文件中的所有承諾應被嚴格遵循，以確保核能安全及公眾健康。

依據原能會發布的「核子反應器設施除役計畫導則」及「核子反應器設施品質保證準則」中的品質保證要求，台電公司制定了除役作業品質保證方案。該品保方案詳列品保要旨、權責區分、及作業要求，並已應用至核一廠的除役作業。已編寫相關的作業程序書，據以施行除役計畫，確保除役作業的品質符合品保方案，並保障工作人員、公眾健康及環境安全。

13.2 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作業的品質，同時也為核能安全及運轉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：

- 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；以及
- 為管理階層提供執行品保的經驗回饋。

原能會採取多項措施以監督建廠、運轉及除役活動是否符合品質要求，主要包括駐廠視察、定期視察、專案視察、及關鍵查核點檢查等。視察方式請參閱本報告第 6.2.3.2 及 14.2.1 節之說明。

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，由 33 位美國代表及 12 位國際代表組成。NUPIC 提供有效的平台，來評估廠商供應安全相關的產品與服務核能工業的品質，其宗旨為各會員間執行廠商聯合稽查/聯合調查，並追蹤廠商績效。因此，NUPIC 成員的採購品質得以大幅提升。

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。台電公司亦參加 NUPIC 舉辦的研討會並定期收集廠商品質的資訊。此外，台電公司已建立公司內部之 NUPIC 使用平台，提供核能工業中所有安全相關產品之廠商的資料庫，包括背景資訊、品保記錄、使用經驗、及內部審查結果。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。

第 14 章 安全評估與驗證

每一簽約國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，此等評估須妥善紀錄，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。

14.1 確保核能電廠整個壽命期均執行安全評估

本節說明確保核能電廠整個壽命期均執行安全評估的程序與文件。

14.1.1 運轉前之安全評估

根據「核子反應器設施管制法」第 5 與第 6 條之規定，建廠執照或運轉執照申請者須執行全面及系統化之安全評估，以確保公眾及環境免於輻射之危害。評估結果須記載於初期安全分析報告(PSAR)與終期安全分析報告(FSAR)中，並接受原能會之審核。除這兩份報告外，申請人還必須向環保署提交環境影響評估報告，以滿足執照申請的要求。有關環境影響評估要求的細節請參閱本報告第 17.2.1 節之說明。

根據「核子反應器設施管制法」第 5 條規定之「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」與「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」分別說明初期與終期安全分析報告內容大綱之要求。而核能蒸汽供應系統(NSSS)供應國的標準安全分析報告(SSAR)涵蓋了上述內容，因此我國核一、二、三廠的 PSAR 與 FSAR 內容大致與 SSAR 內容相同。

14.1.2 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) 終期安全分析報告更新

根據「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」第 15 條之規定，核能電廠持照者必須定期更新其終期安全分析報告，將修訂的資訊及分析內容納入。提送終期安全分析報告的更新內容為申請執照的一部分，確保報告內容包含最新發展的資訊。本報告第六章提供終期安全分析報告的更新說明，而終期安全分析報告更新的要求會在本節說明，此外，也包含定期安全審查的要求說明。

對於運轉中的核電廠，終期安全分析報告的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，共用一套終期安全分析報告之核子反應器設施，其初次更新，以最後取得運轉執照之時間起算；大修後之更新，以最後完成大修之時間起算。

(2) 定期安全評估

根據「核子反應器設施管制法」第 9 條及其施行細則之規定，持照者並必須於電廠運轉每屆滿十年之 6 個月前，將整體安全評估報告報請原能會審核。ISA 報告主要內容如下：

- 運轉條件之審查，包含：運轉安全、輻射安全及放射性廢棄物營運；
- 需要改進或加強的項目之審查，包含：機組待執行之改善或補強事項檢討以及待執行之改善或補強承諾的說明；
- 從先前所關注具前瞻性與審查過的項目，到未來改進措施與期程表的總結；及
- 原能會要求的其他項目。

(3) 執照更新(國內核一廠曾提出執照換發申請後撤回)

根據「核子反應器設施管制法」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。根據「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」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 10 CFR54「核電廠運轉執照換發的需求」，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(IPA)；
 - 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(UFSAR)；
- 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。

台電公司已於 2009 年 7 月提出核一廠延役申請，在審查期間由於核一廠功率提升計畫的實施與日本福島事故的發生，台電公司要求延緩審查。此項審查於 2014 年 8 月重新開始，但由於日本福島事故，台灣的能源政策改變，當前政策不傾向於核電廠的延役，因此台電公司於 2016 年 7 月 7 日撤回核一廠延役申請案。

(4) 安全度評估之更新

國內安全度評估技術的發展已有 30 餘年的歷史，自 1982 年開始，由原能會召集核研所及台電公司合作，完成運轉中核能電廠的 PRA 模式。1996 年底，核研所及台電公司更進一步合作完成了核能電廠的「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。近年來雙方的 PRA 專家們持續執行「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」等多個 PRA 相關計畫，台電公司已進行

「核一、二、三廠安全度評估模式標準化與擴大應用」和「核能發電廠廠外事件安全度評估模式整體標準化與應用」等計畫，用來更新 PRA 模式。台電公司「運轉中核電廠廠內與廠外事件安全度評估模式之整合與精進」計畫正在進行，該計畫將更新核二廠及核三廠(不包含核一廠)安全度評估之數據(包含廠內事件及廠外事件)。表 14.1 摘要說明台灣發展安全度評估模式之歷程。(註:目前則著重於除役相關模式之發展)

在同行審查過程中，按照美國核管會 RG 1.200 的要求，發展合乎美國機械工程師協會(ASME)PRA 標準可接受的安全度評估技術。各廠 PRA 模式之數據已更新至 2013 年底，更新後的 PRA 模式將應用於未來分析項目，例如大修停機維護計畫、電廠設計變更的風險分析等。表 14.2 為台電公司依據 ASME 標準發展安全度評估模式之時間表。

表 14.1 台灣發展安全度評估模式之歷程

PRA計畫 (主導方)	計畫 時程	執行範圍							應用	計畫 執行 人力 /年
		廠 內	地 震	強 風	火 災	水 災	大 修	二 階		
核二廠 (原能會)	1983~ 1985	V	V	V	V	V		V	發展核二廠PRA基礎 模式	37
核三廠 (原能會)	1985~ 1987	V	V	V	V	V		V (1992)	發展核三廠PRA基礎 模式	27.5
核一廠 (原能會)	1988~ 1990	V	V	V	V	V		V	發展核一廠PRA基礎 模式	34.5
第一個三年 (台電)	1994~ 1997	V	V	V			V		少數JCO評估案例	52
第二個三年 (台電)	1997~ 2000	DCR及數據 更新(~1999)			V	V	V	CSET CPET	♦TIRM(整體風險評 估與管理模式) ♦火災模式更新 ♦PRAM (PRA Maintenance)研究 ♦OLM (On-line Maintenance)研究	66
第三個三年 (台電)	2000~ 2003	DCR及數據更新(~2002)						LERF	♦TIRM-2(第二代整體 風險評估與管理模 式) ♦核研所平行發展故 障樹求解引擎 ♦NEI-00-02 同行審查 ♦核一廠 RIFA (Risk-informed Fire Wrapping Alternatives Analysis)研究	66

PRA計畫 (主導方)	計畫 時程	執行範圍							應用	計畫 執行 人力 /年
		廠 內	地 震	強 風	火 災	水 災	大 修	二 階		
									◆RI-ISI(風險告知運轉期間檢測計畫)先導性研究	
第四個三年 (台電)	2004~ 2007	DCR及數據更新(~2005)							◆發展龍門電廠 PRA 基礎模式 ◆核研所平行發展 SDP 工具 (PRiSE) (核研所接受原能會委託，平行發展之故障樹求解引擎) ◆核二、三廠 RIFA 研究 ◆NEI 同行審查 ◆MR (Maintenance Rule)精進	66
第五個三年 (台電)	2008~ 2011	PRA模式更新 DCR及數據更新(~2009)							◆依據 ASME/ANS 標準執行更新 ◆NFPA 805 部分轉換 ◆強風模式改版	24
第六個三年 (台電)	2012~ 2015	V		V		V	V	LERF	◆TIRM-2 ◆排程暨風險評估應用程式(MIRU) ◆海嘯及飛機撞擊模式建立	30
第七個三年 (台電)	2018~ 2022	V		V		V	V	LERF	◆TIRM-2 ◆核三廠 PRA 廠內外模式整合 ◆發展核一廠除役過渡階段風險評估	51

表 14.2 台電公司依據 ASME 標準發展安全度評估模式之時間表

Part	Requirements	時程	電廠
2	廠內模式(功率 PRA)	2008.12-2011.12	核一、二、三廠
3	廠內水災模式(功率 PRA)	2008.12-2011.12	核一、二、三廠
4	火災模式(功率 PRA)	2009.12-2012.11 2013.10-2017.09	核一廠 核二、三廠
5	地震模式(功率 PRA)	2014.07-2016.06	核一、二、三廠
6	其他廠外危害之篩濾及上限分析	2012.12-2015.11	核一、二、三廠

Part	Requirements	時程	電廠
	(功率 PRA)		
7	強風模式(功率 PRA)		
8	廠外水災模式(功率 PRA)		
9	其他廠外危害模式(功率 PRA)		
10	地震餘裕評估(功率 PRA)	2011.07-2013.12	核一、二、三廠

(5) 功率提昇之安全評估

運轉的核能電廠將已核准原始持照熱功率，往上增加至允許的功率值稱為「功率提昇」，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。第三類大幅度功率提昇(EPU)，爐心熱功率提升幅度大於中幅度功率提昇，但提高上限小於 20%，通常都需要對電廠的主要設備做重大之改善。小幅度功率提昇及大幅度功率提昇分別依據美國核管會提供之 RIS 2002-03 和 RS-001 為審查指引。對於中幅度功率提昇，美國核管會主要參考依據是已經通過審查的案例與 RS-001。

如本報告第 6.1.2 節所述，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，原能會依據 RIS 2002-03 進行審查後，也分別於 2007 至 2009 年核准該等申請案。

此外，在小幅度功率提昇後，台電公司開始著手核一廠和核二廠的中幅度功率提昇計畫。中幅度功率提昇申請案包含 3% 的原始持照熱功率(OLTP)提升。台電公司建議採兩階段進行功率提升。第一階段是提升 2% 的原始持照熱功率，若安裝了蒸汽乾燥器振動監測(SDVM)設備，用來監測蒸汽乾燥器的聲波效應，則第二階段可提升原始持照熱功率 1%。反應器運轉壓力不變的情況下，設備沒有重大變化。2012 年，核一廠提高 2% 的原始持照熱功率。核二廠則於 2014 年完成功率提昇。

14.1.3 設計變更

根據「核子反應器設施管制法」第 13 條及「核子反應器設施管制法施行細則」第 8 條之規定，下列核能電廠之設計修改或設備變更，須報請原能會核准後始得為之：

- 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評估；
- 對安全重要之結構、系統及組件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；及
- 其他經主管機關指定並發布之事項。

在原能會核准設計變更前，應先將評估報告提交給原能會。原能會核准後，才能進行設計變更。電廠於修改或變更工作完成後，須執行驗證測試以確保更改後的性能表現與設計需求相符。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。

14.1.4 核能電廠除役計畫

目前國內核能政策並沒有核電廠延役的考量，為運轉執照屆期即如期除役，因此台電公司已建立核電廠相關的後端計畫。該後端計畫的工作範圍包括：

(1) 核能電廠除役作業

依照「核子反應器設施管制法」規定，核能電廠除役係以拆除方式，並於取得除役許可後 25 年限期內完成。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。核一廠 1 號機組於 2018 年 12 月 5 日永久停止運轉；2 號機組於 2019 年 7 月 15 日永久停止運轉。相同地，核二廠除役規劃該廠 1 號機組與 2 號機組分別在 2021 年及 2023 年永久停止運轉。台電公司根據該法規定，已於 2015 年 11 月將核一廠除役計畫提交給原能會，並於 2017 年 6 月 28 日通過審查，環境影響評估定稿本於 2019 年 7 月 2 日獲環保署同意認可，原能會核發台電公司核一廠的除役許可，並自 7 月 16 日生效。

台電制定了核能電廠除役初步規劃，分為下列5個階段執行：

(i) 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之準備；
- 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。

(ii) 除役過渡階段；

(iii) 除役拆廠執行階段；

(iv) 廠址環境輻射偵測階段；

(v) 廠址復原階段等。

台電在核能後端營運處設有除役一組，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。台電已加入美國電力研究所除役計畫，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所屬的核設施除役計畫，並成為正式會員。未來將視除役工作的需要，適時調整組織編制。

(2) 用過核子燃料的轉移、中期貯存與最終處置和核電廠運轉與除役過程中產生的低階放射性廢棄物的最終處置

台電公司對用過核子燃料的管理採國際間已應用的三階段處理策略，即燃料池貯存、乾式貯存和最終處置。目前核一、二、三廠的所有用過核子燃料都貯放在核電廠內部用過核子燃料池中。已完成的用過核子燃料池格架改裝與和後來用過格架第二次改裝計畫在燃料機械設計、熱水流設計、中子設計和事故分析各方面進行了詳細的審查。核一廠及核二廠用過核子燃料池的空間在執照到期前已經填滿。

由於核一廠及核二廠的用過核子燃料池無法容納反應器在運轉 40 年間所生產的所有用過核子燃料，因此台電公司正在計畫建造乾式貯存設施，使每座核電廠都能將用過核子燃料(高放射性廢棄物)運送到最終處置設施之前，進行除役與拆除作業。

原能會要求台電公司建立安全度評估方法，以確保用過核子燃料貯放在電廠內爐心及用過核子燃料池中的安全性。

乾貯設施的執照申請分為兩個階段：建造執照(基於初步安全分析報告)和運轉執照(基於最終安全分析報告)。根據「放射性物料管理法」第 17 條規定，經原能會審核符合下列 4 項規定，才核發給建造執照：

- 符合相關國際公約之規定；
- 設備及設施足以保障公眾之健康及安全；
- 對環境生態之影響合於相關法令規定；及
- 申請人之技術與管理能力及財務基礎等足以勝任其設施之經營。

有關國內乾式貯存設施的更多資訊，請參見第 19.9.2 節。

14.2 分析、監測、測試及視察等驗證工作

14.2.1 核能電廠視察

核能安全視察是原能會重要工作項目之一，原能會通常以下列方式視察運轉中的核電廠：

- 駐廠視察員在核電廠現場進行日常視察和檢驗。駐廠視察員應充分掌握電廠的運轉狀況。
- 定期或計畫性的停機大修視察以團隊視察的方式進行，以確保維修的品質。
- 不預警視察，不作事先通知，以測試核電廠運轉員的警覺性。
- 專案視察的視察項目需要特殊專業技術，原能會邀請外部專家加入視察團隊。視察範圍通常包括與核電廠安全有關的所有特殊項目。

14.2.2 燃料填換安全分析

核能電廠每次燃料填換之前均須提送針對沸水式反應器的「燃料填換安全分析報告」(RSAR)或針對壓水式反應器的「燃料填換安全評估報告」，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：

- 燃料供應商更換；
- 同一燃料供應商的燃料型式更改；及
- 建議對燃料填換安全分析方法進行修訂或重大更新。

審查結論可能會要求進行額外的視察與測試，舉例來說，核一廠及核二廠同時提出一種新的燃料類型(例如 ATRIUM-10)時，需要進行鏽垢厚度觀察、氧化層厚度量測及燃料棒內氣體壓力量測等視察與測試。

14.2.3 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，必須對各項組件、設備進行定期性及計畫性之檢查、量測、調整等工作，以符合品質保證方案之規定。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畫性預防保養，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)和維護風險管控系統(Maintenance Integrated Risk Utilities, MIRU)兩套系統，所有平時例行性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 及 MIRU 系統負責處理。

(2) 大修計畫性預防保養

每次機組大修前，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以及根據設備平時運轉監測結果，需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。

14.2.4 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 1990 年發現爐心側板進出孔的焊接處有龜裂狀況，相同的狀況類似於美國核管會資訊通告 Notice 88-03 中刊載 Peach Bottom 核電廠 3 號機組發生龜裂情形。龜裂產生的裂縫可能造成完整的焊接失效並使爐心的旁通流量增加。為證明能持續運轉，已經進行了安全分析，結果顯示爐心旁通流量的增加沒有安全性的擔憂，在核一廠原始的終期安全分析報告中，此事件不比再循環泵轉軸卡死的事件嚴重。

14.2.5 除役前準備階段

原能會於 2017 年 6 月完成核一廠除設計畫審查後，即多次執行核一廠除役準備作業視察，就計畫品保、工程管理、系統隔離等電廠相關轉換規劃情形進行查證。

原能會並於 2018 年 11 月 21 日至 12 月 3 日以及 2019 年 7 月 2 日至 9 日期間，分別執行核一廠 1 號機以及 2 號機專案團隊視察，就除役期間停用系統設備之隔離管制機制(含停用維護管理)、持續運轉系統設備維護管理方案、程序書轉換、除役(過渡)階段前期技術規範需可用系統之可用性確認、人員訓練等各項準備作業執行與準備情形，進行查核。

於核一廠除設計畫審查期間，原能會要求台電公司須就核一廠運轉期間終期安全分析報告及技術規範進行修訂，以強化核子燃料暫存於反應器內之安全性。台電公司於 2017 年 12 月提出核一廠除役過渡階段燃料移出爐心前之安全分析報告及技術規範(Pre-Defueled Safety Analysis Report/Technical Specification, PDSAR/PDTS)，其內容架構依循運轉期間終期安全分析報告及技術規範的格式，並考量除役期間反應器內仍有核子燃料之安全管制需求進行內容調整修訂。原能會接獲台電公司提出之 PDSAR 及 PDTS 報告後，即組成審查專案小組進行審查作業，就核電廠各個面向進行嚴格的審查作業，並於 2018 年 11 月完成本案之審查作業。

未來，原能會將持續嚴格監督，執行駐廠及專案團隊視察，確認台電公司落實核一廠除設計畫及相關安全基準文件規定要求，執行除役與安全管理作業，並依相同程序辦理核二、三廠除役之安全管制監督作業。

14.3 汲取福島教訓

14.3.1 核能電廠安全防護總體檢

如第 6.4.1 節所述，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，立即啟動核能電廠安全防護總體檢方案，行政院已於 2011 年 4 月 19 日核准。安全防護總體檢方案的目的是透過全面性規劃和審查電廠的抗震和抗海嘯能力，提高電廠在後備與救援電源、後備與救援水源、用過核子燃料池救援和救援資源整備的救援能力，來大幅提高核電廠的安全餘裕。

原能會已要求台電公司重新評估核電廠應對地震、海嘯、強降雨和土石流等極端天然災害的能力，並採取可能的對策。安全防護總體檢方案包括三個部分：(1)安全防護措施、(2)輻射防護以及(3)緊急應變機制，這三個部分有近期(2011 年 6 月底前完成)和中期(到 2011 年 12 月底前完成)兩個階段。原能會完成了對台電公司電廠安全防護總體檢報告的審查，並發布了以下內容：

- 2011 年 5 月的「初步安全評估報告」；
- 2011 年 10 月的，「參考日本福島核子事故之經驗回饋，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」；
- 2012 年 8 月的，「參考日本福島核子事故之經驗回饋，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」，包括近期和中期的重新評估結果；及

- 2012 年 11 月的管制要求。

安全防護總體檢後，依據原能會的要求，台電公司核一、二、三廠提出 96 項自主強化方案。截至 2014 年底，除地震危害重新評估(包括地質調查和地震危害分析資深委員會第 3 層級之程序)以外(2021 年註：已於 2020 年完成)，已完成 95 項方案。這些強化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；
 - 用過燃料池救援；及
 - 救援資源整備。
- (4) 建立機組斷然處置程序指引。

14.3.2 壓力測試及獨立同行審查

原能會要求台電公司進行壓力測試，依據歐盟國家核電廠強化安全性的要求，認定潛在的「瀕危」效應。如 6.4.1 和 10.1.5.2 節所述，國內核電廠的壓力測試範圍應符合 ENSREG 的壓力測試規範。台電公司完成了對運轉中核電廠一系列的壓力測試，確認安全總體檢已有效提升防災、減災的安全餘裕。台電公司在 2012 年 3 月向原能會提交了核一、二、三廠持照者的最終壓力測試報告。龍門核電廠的壓力測試報告已於 2012 年 4 月 27 日完成。表 6.5 列出福島事故發生後，我國核能電廠安全總體檢及壓力測試之里程碑。

原能會邀請經濟合作暨發展組織核能署，籌組對國內核一、二、三廠壓力測試進行獨立同行審查的專案小組。核能署的獨立同行審查專案小組於 2013 年 3 月 4 日至 20 日來台，並前往核二廠進行現場考察。

原能會於 2013 年 9 月再度邀請歐盟成立一個獨立的同行審查小組，對台電公司 4 個現存核電廠的壓力測試進行同行審查，同行審查小組於 2013 年 9 月 23 日至 10 月 3 日訪問我國，並分別前往核三廠及核四廠進行 2 次現場考察。

14.3.3 原能會管制案

福島事故後，進行了安全防護總體檢、壓力測試和獨立的同行審查，原能會向台電公司發出了以下的管制要求，以強化核電廠應對極端天然災害的能力，台電公司可能會提交需原能會核准，具有相同效果的不同方案，以符合法規要求：

- (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 滿足 10 CFR 50.54(hh)(2)之要求；
 - 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 用過核子燃料池儀器之強化；
 - 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」與 EOPs、SAMGs 及 EDMGs 整合之考量；
 - 9.3 緊急整備管制行動(人員配置與通訊)。
- (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：
- 2013 年 10 月，核能電廠附近山腳與恆春斷層新事證進行勘查鑒定；
 - 布設局部地震網獲取微地震資訊，進行監測與系統識別；
 - 納入新事證，以最新方法進行斷層位移分析，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(或建造海牆、擋牆)，其高度達現行持照基準以上再加 6 公尺；
 - 強化現有非耐震一級用於緊急應變之技術支援中心之結構；及
 - 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：
- 包含地震、海嘯、鹽霧或邊坡破壞；
 - 考量具有高危險性的極端天然災害；
 - 評估 2 小時內恢復外電的能力；
 - 研究喪失外電的肇始事件頻率；及
 - 考量台灣是南北向拉長的島嶼，孤立環繞著大海，沒有多餘腹地的事實。
- (6) 廠區全黑事件的因應措施：
- 提升緊急 DC 電源供應，在前 8 小時不得卸去負載，後 16 小時得卸去不必要負載之條件下，安全相關蓄電池組容量具供應 24 小時能力；
 - 新增設置氣冷式柴油發電機(第六部柴油發電機)；及
 - 新增設置第二套最終熱沉。
- (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。

更詳盡的福島事件後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 6.4.2 節及附錄一。

14.3.4 管制案執行現況

表 14.3 為我國核能電廠福島後管制案之執行現況。

日本福島核災事故後，台電公司核能電廠決定執行安全防護總體檢及各項管制案(如圖 14.1)，以確保因應地震與海嘯複合式防災之能力：

- (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；
- (3) 氣冷式柴油發電機提供後備電源；
- (4) 氣冷式氣渦輪發電機提供後備電源；
- (5) 生水池依靠重力注水入反應器；
- (6) 提升海嘯、水災之防護能力至設計基準海嘯潮高再加 6 公尺；及
- (7) 執行斷然處置注水入反應爐。

表 14.3 我國核能電廠福島後管制案之執行現況(統計日期：2020 年 6 月)

序號	編號	關鍵字	案由(註)	(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	水災(含海嘯)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	天然危害防護現場履勘	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

序號	編號	關鍵字	案由(註)	(完成或持續追蹤)		
				核一廠	核二廠	核三廠
6	XX-JLD-10106	電廠全黑之管制	NTTF 4.1	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
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，原能會同意結案	完成，原能會同意結案
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，原能會同意結案	完成，原能會同意結案
11	XX-JLD-10111	新增設置第二套最終熱沉	USNRC	完成，原能會同意結案	原能會持續追蹤	原能會持續追蹤
12	XX-JLD-10112	10 CFR 50.54 (hh)(2)	USNRC	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
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	完成，原能會同意結案	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，原能會同意結案	完成，原能會同意結案	完成，原能會同意結案
16	XX-JLD-10116	整合 EOPs、SAMGs、EDMGs 及 URGs	NTTF 8	原能會持續追蹤	原能會持續追蹤	原能會持續追蹤
17	XX-JLD-10117	火山危害 PRA	AEC	原能會持續追蹤	原能會持續追蹤	完成，原能會後續審查
18	XX-JLD-10118	提昇重要設備防火門、穿越孔填封的防水或水密能力	AEC + J reg.	完成，原能會同意結案	原能會持續追蹤	原能會持續追蹤
19	XX-JLD-10119	電廠消防隊部建築之耐震能力	AEC	完成，原能會同意結案	原能會持續追蹤	原能會持續追蹤

序號	編號	關鍵字	案由(註)	(完成或持續追蹤)		
				核一廠	核二廠	核三廠
20	XX-JLD-10120	(1)強化外電系統及(2)提昇外電可靠性	AEC + J reg.	原能會持續追蹤	原能會持續追蹤	完成,原能會同意結案
21	XX-JLD-10121	強化生水池儲水能力並提昇可靠性	AEC + J reg.	完成,原能會同意結案	原能會持續追蹤	原能會持續追蹤
22	XX-JLD-10122	強化氫氣控制因應之設施(PAR)	ENSREG	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
23	CS-JLD-101101	耐震能力強化為 0.4g	AEC	完成,原能會同意結案	不適用	不適用
24	MS-JLD-101301	RCP 軸封議題因應改善	AEC +ENSREG	不適用	不適用	完成,原能會後續審查
25	XX-JLD-10201	斷層位移危害分析	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
26	XX-JLD-10202	地震、海嘯後程序書間之介面整合	NEA	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
27	XX-JLD-10203	極端天然災害與水災組合之事件	NEA	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
28	XX-JLD-10204	區域地形圖檢視最大可能落雨,確認排洪設計	NEA	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
29	XX-JLD-10301	順向坡滑移及山崩危害評估	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
30	XX-JLD-10302	地震後非耐震 1 級 SSCs 之檢查	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
31	XX-JLD-10303	評估備置閉路冷卻迴路	AEC	完成,原能會同意結案	原能會持續追蹤	原能會持續追蹤
32	XX-JLD-10304	強化BWR機組 RPV 降壓可用性	AEC	完成,原能會同意結案	原能會持續追蹤	不適用
33	XX-JLD-10305	主控制室的強化	AEC	原能會持續追蹤	完成,原能會同意結案	完成,原能會同意結案
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

序號	編號	關鍵字	案由(註)	(完成或持續追蹤)		
				核一廠	核二廠	核三廠
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	原能會持續追蹤	原能會持續追蹤	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，原能會同意結案	完成，原能會同意結案	完成，原能會同意結案
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	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	完成，原能會同意結案	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	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
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

註：

1. NTTF 為美國核管會因應日本福島事故近期專案小組(Near Term Task Force)所提管制措施。
2. Jreg 指日本核安管制機關。
3. ENSREG 為歐盟核能安全管制者組織(European Nuclear Safety Regulators' Group)
4. NEA 為經濟合作暨發展組織下之核能署(Nuclear Energy Agency)

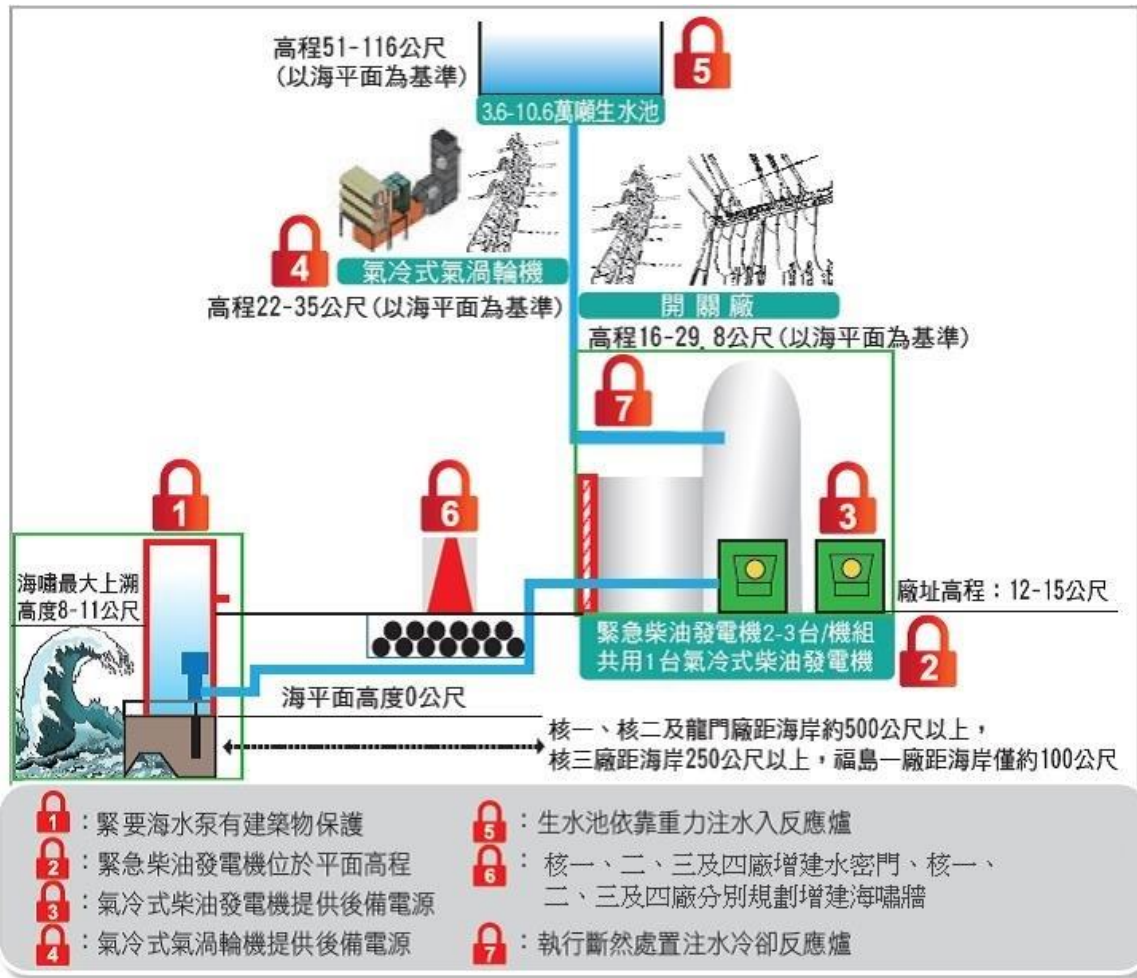


圖 14.1 台電公司核能電廠複合式防災安全深度優勢

第 15 章 輻射防護

各簽約國必須採取適當措施，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。

15.1 管制架構與輻射工作人員防護

15.1.1 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。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。

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以及職業曝露符合合理抑低原則，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，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，輻射工作人員劑量的監測要求，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能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；
- 放射性物質與相關作業規定，如設置管制區；
- 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。

15.1.2 職業曝露之合理抑低

15.1.2.1 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低於國家規定限值：

- 將可發生游離輻射設備個別安裝於具隔牆的屏蔽室，
- 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，
- 於輻射管制區內使用遙控與自動化的設備，
- 於可能有放射性氣體污染的區域內需安裝具有過濾功能的通風設備，
- 於核能電廠內設置持續的輻射監測系統，以及
- 建立合宜的輻射區域劃分及其進出之管制。

15.1.2.2 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 15.1 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。

15.1.2.3 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內工作前，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。

表 15.1 現行劑量限值

類別	輻射工作人員	一般民眾 (關鍵群體)
有效劑量	50 毫西弗(任一年) 100 毫西弗(連續五年)	每年 1 毫西弗
年等價劑量 － 眼球水晶體 － 四肢或皮膚	150 毫西弗 500 毫西弗	15 毫西弗 50 毫西弗

15.1.2.4 降低職業輻射曝露

台電公司已建立並執行降低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作業，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。同時也要求輻射工作人員利用以往類似工作經驗所得之已證明的合理抑低技術。

2010 年至 2019 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 15.2 及表 15.3 所示。

表 15.2 各類輻射工作人員之集體劑量

單位：人-西弗											
年度	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
台電公司	7.787	6.786	6.307	6.371	6.686	6.700	5.586	4.078	4.082	3.703	
醫療	0.488	0.505	0.622	0.815	0.789	0.920	1.078	1.164	1.215	1.186	
工業	0.767	0.684	0.665	0.615	0.815	0.723	0.506	0.402	0.378	0.524	
天然放射性物質	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
其他	0.152	0.177	0.183	0.192	0.302	0.246	0.175	0.161	0.101	0.104	
合計	9.914	8.152	7.777	7.993	8.592	8.589	7.345	5.805	5.776	5.517	
單位：人-年											
合計工作人員數	44,607	46,545	48,225	48,621	50,438	52,012	52,369	52,248	52,995	53,723	

表 15.3 台電公司各核能電廠之集體劑量

單位：人-西弗											
年度	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
核一廠	1.904	2.885	1.966	1.937	3.187	2.845	1.394	1.036	0.525	0.469	
核二廠	4.144	2.294	2.599	3.632	2.562	2.389	3.035	2.188	2.054	2.089	

核 三 廠	1.068	1.096	1.741	0.802	0.937	1.467	1.156	0.853	1.500	1.109	
合 計	7.116	6.275	6.306	6.371	6.686	6.701	5.585	4.077	4.079	3.667	

15.1.2.5 人員劑量評定及其驗證

台灣每年約有 5 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管理系統」，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，需先獲得原能會的批准，才可從事此項服務工作。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。

15.1.2.6 輻射防護之訓練

台電公司於程序書中規定，輻射工作人員以及任何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：

- 人員臨時進廠訓練，
- 人員非經常性進廠訓練，
- 輻射工作人員訓練，
- 再訓練，以及
- 主管訓練。

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。

15.1.3 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)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。

15.1.3.1 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，以符合國際放射防護委員會第 60 號報告建議之精神，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，現行(第四個週期)為 2018 年至 2022 年。國際放射防護委員會第

60 號報告中建議的輻射加權因子(radiation weighting factor)及劑量轉換因子(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子。下一版符合 ICRP-103 建議之精神的游離輻射防護安全標準草案預定於 2022 年公布。

15.1.3.2 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，整合成電腦控制的兩大管理系統(電腦化之進出口簽審系統以及電腦化之輻射防護雲化服務系統)。

15.2 一般民眾之輻射曝露防護

15.2.1 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制條件的數值指引」，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「核能電廠環境輻射劑量設計規範」(1990 年 1 月 8 日公佈)之規定，氣體排放對一般民眾之劑量約束如下：

(1) 放射性惰性氣體

- 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；
- 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；以及

(2) 放射性碘、氙及微粒(半化期超過 8 天者)

- 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：

- (1) 個人有效劑量：0.03 毫西弗/年-機組；以及
- (2) 器官等價劑量：0.1 毫西弗/年-機組。

15.2.2 核能電廠周圍民眾劑量評估

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，各核能電廠每季需評估其對周圍民眾輻射劑量影響情形。評估模式中有考量氣體與液體排放之放射性、氣象條件、劑量轉換因子以及核能電廠周圍 50 公里範圍內農產品與漁貨量

等因子。

台電公司每季均評估其運轉中與除役中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子(atmospheric dispersion factor) χ/Q 及沉積因子(deposition factor) D/Q ，然後再評估關鍵群體(critical group)之個人劑量率與 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魚類、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、GASPAR 及 LADTAP-II 等執行評估(此三程式已被美國核能管制委員會合併成一個圖形使用者友善使用介面程式 NRC Dose 2.3.20)，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因子已修正為國際放射防護委員會第 60 號建議報告內之建議值。三座核能電廠自 2010 年至 2019 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 15.4 至表 15.6 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 15.4 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 ⁽¹⁾	等價劑量 ⁽²⁾	有效劑量 ⁽³⁾	等價劑量 ⁽⁴⁾
2010	1.97×10^{-6}	8.66×10^{-5}	1.43×10^{-4}	4.16×10^{-4}
2011	2.86×10^{-6}	3.10×10^{-5}	6.66×10^{-5}	1.61×10^{-4}
2012	1.12×10^{-6}	6.92×10^{-5}	1.17×10^{-4}	3.29×10^{-4}
2013	2.36×10^{-6}	7.59×10^{-5}	6.87×10^{-5}	1.61×10^{-4}
2014	2.48×10^{-6}	1.17×10^{-4}	3.45×10^{-5}	8.75×10^{-5}
2015	7.20×10^{-7}	4.20×10^{-5}	2.42×10^{-4}	1.67×10^{-3}
2016	9.58×10^{-7}	7.34×10^{-5}	3.76×10^{-5}	1.72×10^{-4}
2017	5.74×10^{-7}	8.68×10^{-5}	1.57×10^{-5}	1.01×10^{-4}
2018	0 ⁽⁵⁾	6.06×10^{-5}	8.48×10^{-6}	1.93×10^{-5}
2019	0 ⁽⁵⁾	8.50×10^{-5}	7.51×10^{-5}	2.77×10^{-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)。

(5) 2018 年起核一廠整年停機，故沒有惰性氣體排放之有效劑量。

* 對兩部機組

表 15.5 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 ⁽¹⁾	等價劑量 ⁽²⁾	有效劑量 ⁽³⁾	等價劑量 ⁽⁴⁾
2010	7.28×10^{-4}	3.71×10^{-3}	3.90×10^{-5}	1.04×10^{-4}
2011	7.45×10^{-4}	3.61×10^{-3}	3.50×10^{-5}	9.50×10^{-5}
2012	8.81×10^{-4}	9.03×10^{-3}	5.82×10^{-5}	2.68×10^{-4}
2013	2.80×10^{-3}	1.20×10^{-2}	4.04×10^{-5}	4.30×10^{-4}
2014	4.92×10^{-3}	5.94×10^{-3}	7.54×10^{-5}	2.96×10^{-4}
2015	4.97×10^{-3}	3.21×10^{-3}	4.02×10^{-5}	5.38×10^{-5}
2016	5.77×10^{-3}	8.49×10^{-3}	6.14×10^{-5}	8.26×10^{-5}
2017	3.06×10^{-3}	1.40×10^{-3}	2.04×10^{-4}	2.78×10^{-4}
2018	1.30×10^{-2}	1.11×10^{-2}	9.42×10^{-5}	1.28×10^{-4}
2019	5.73×10^{-3}	2.90×10^{-3}	5.34×10^{-5}	6.90×10^{-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 15.6 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 ⁽¹⁾	等價劑量 ⁽²⁾	有效劑量 ⁽³⁾	等價劑量 ⁽⁴⁾
2010	7.28×10^{-4}	3.71×10^{-3}	3.90×10^{-5}	1.04×10^{-4}
2011	7.45×10^{-4}	3.61×10^{-3}	3.50×10^{-5}	9.50×10^{-5}
2012	8.81×10^{-4}	9.03×10^{-3}	5.82×10^{-5}	2.68×10^{-4}
2013	2.80×10^{-3}	1.20×10^{-2}	4.04×10^{-5}	4.30×10^{-4}
2014	4.92×10^{-3}	5.94×10^{-3}	7.54×10^{-5}	2.96×10^{-4}
2015	4.97×10^{-3}	3.21×10^{-3}	4.02×10^{-5}	5.38×10^{-5}
2016	5.77×10^{-3}	8.49×10^{-3}	6.14×10^{-5}	8.26×10^{-5}
2017	3.06×10^{-3}	1.40×10^{-3}	2.04×10^{-4}	2.78×10^{-4}
2018	1.30×10^{-2}	1.11×10^{-2}	9.42×10^{-5}	1.28×10^{-4}
2019	3.19×10^{-4}	7.08×10^{-4}	1.38×10^{-6}	1.38×10^{-6}

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

15.2.3 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 2 公里內共設有 52 座採用高壓游離腔之環境輻射監測器站，包含核一廠 14 座、核二廠 14 座、核三廠 12 座、及核四廠 14 座(其中核一廠與核二廠共用 2 座)。

這些監測器之位置係考量地形、人口分布及大氣擴散因子後據以決定的，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 15.7 所示。

表 15.7 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 ¹ /週、加馬能譜/季、銈-89；銈-90 ²
空氣碘(連續)	16	11	16	碘-131/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 ³ 、氚 ³ /月、銈-89；銈-90 ²
飲水(季)	7	11	7	加馬能譜、氚/季、銈-89；銈-90 ² 碘-131 ⁴
河水(季)	2	4	2	加馬能譜、氚/季、銈-89；銈-90 ²
池水(季)	5	3	3	加馬能譜、氚/季、銈-89；銈-90 ²
地下水(季)	2	3	2	加馬能譜、氚/季、銈-89；銈-90 ²

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	
定時雨水(月)	2	2	3	加馬能譜/月、氚/季、銈-89；銈-90 ²
定量雨水	2	2	3	加馬能譜、氚 ⁷
農漁產品：				
牛羊奶(半年)	—	—	1	銈-131、加馬能譜/季、銈-89；銈-90 ²
稻米(半年)	2	3	3	加馬能譜/半年、銈-89；銈-90 ²
蔬菜(半年)	6	5	5	銈-131、加馬能譜/半年、銈-89；銈-90 ²
茶葉(半年)	5	—	—	加馬能譜/半年、銈-89；銈-90 ²
水果(年)	2	2	1	加馬能譜/年、銈-89；銈-90 ²
根菜(地瓜)	5	3	2	加馬能譜/年、銈-89；銈-90 ²
芋頭(年)	1	1	—	加馬能譜/年、銈-89；銈-90 ²
莖菜 ⁵	1	1	1	加馬能譜/年、銈-89；銈-90 ²
家禽(半年)	3	3	3	加馬能譜/半年、銈-89；銈-90 ²
海菜(年)	2	2	2	銈-131、加馬能譜/年、銈-89；銈-90 ²
海魚、貝(季)	5	5	6	加馬能譜/季、銈-89；銈-90 ²
指標生物：				
相思樹(陸)(月)	1	1	1	加馬能譜/月
海藻(海)(年)	1	1	1	放射性銈、加馬能譜/年、銈-89；銈-90 ²
沉積物：				
岸砂(季) ⁶	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、出水口、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) 空氣銈分析中發現銈-131 有活度時，方執行各站飲水(含對照站)之放射性銈分析。

(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。

為了符合法規要求以及確保民眾和環境安全，基於廠址特性，台電公司執行放射性環境監測計畫，有三個例行監測的曝露途徑(也就是呼吸、攝食與直接輻射)。不

同環境介質的樣品被取得以符合目標，所選擇的取樣地點是考慮場址氣象、水文、人口分布、農產品、生活方式和土地利用。

取樣地點分為兩類，指標類和對照類。對照類地點是指被認為不會受電廠運轉影響的地點，而其他所有取樣地點則視為指標類地點，可能受核電廠影響。核一廠與核二廠監測地區包括新北市、基隆和宜蘭，核三廠則是屏東。

15.2.4 原子能委員會之環境輻射監測網

原能會所屬的「輻射偵測中心」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、土壤及牛奶與自然背景等之放射性。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 15.1 所示，包括設於原能會偵測中心、5 個人口密集城市、原能會本部、三座運轉中核能電廠、核研所及國內其他位置之監測站。截至 2020 年 12 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 57 個環境輻射監測站。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。

15.3 汲取福島教訓

15.3.1 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 1 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與入境旅客暫行標準 (0.2 μ Sv/h)。

15.3.2 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。

15.3.3 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，核研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，並且參與生物劑量網比對實驗。

15.3.4 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頻道分析器(MCA)系統和寬幅純銻能譜分析系統、建立即時的事務偵測與分析能力、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

(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。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，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 2019 年 2 月止，總共檢驗超過 142,000 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。

第 16 章 緊急應變整備

1. 每一簽約國必須採取適當措施，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. 每一簽約國必須採取適當措施，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國，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。

16.1 廠內與廠外之緊急應變整備

16.1.1 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，國家最高行政當局行政院於 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」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並送原能會審查核可。

「核子事故緊急應變法」、「核子事故緊急應變法施行細則」、以及 2005 年由原能會公布取代前「核子事故緊急應變計畫」，並於 2009 與 2014 年修正之「核子事故緊急應變基本計畫」(ERBP)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。

16.1.1.1 各緊急應變組織之編組與任務

依據 2014 年 9 月 24 日新修正之「核子事故緊急應變基本計畫」，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、海洋委員會(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)。發生含有核子事故之複合式災害時的中央災害應變中心運作架構如圖 16.1 所示(相關資訊請參閱第 16.4.1 節)。各緊急應變中心之任務說明如下：

(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、澄清錯誤訊息及宣布政府之公告事項等。

(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、台電公司、國防部陸軍司令部、海洋委員會(海巡署)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、輻射偵測與監測、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。

複合型災害中央災害應變中心運作架構圖

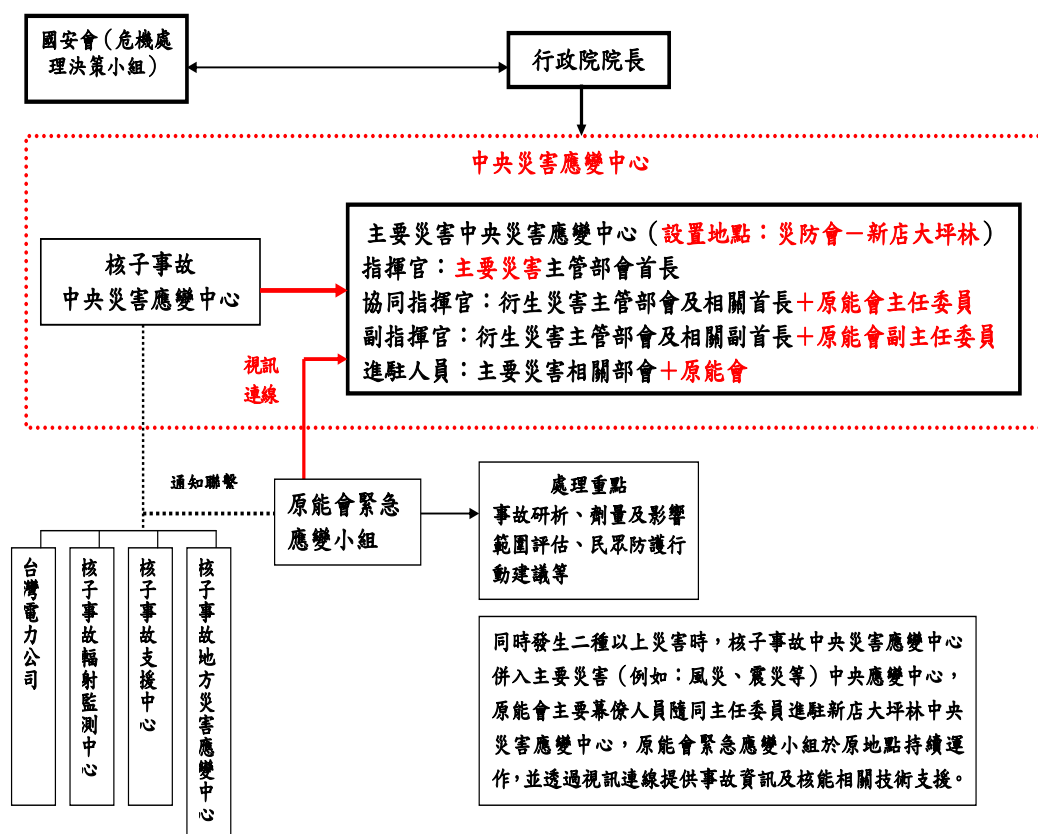


圖 16.1 複合式災害(核子事故)中央災害應變中心運作架構圖

(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與疏散、發放碘片、疏散民眾之收容接待、暫時移居、緊急醫療救護、維持秩序和警戒、協助發放警報和通知訊息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、車輛與重要道路環境等輻射污染之清除，並協助執行民眾防護措施包括掩蔽與疏散、發放碘片、醫療協助、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。

(5) 境外核災處理作業要點

萬一鄰近國家發生核子事故，原能會將依「境外核災處理作業要點」(2014 年公布)採取行動來保護民眾健康與安全，這些行動包括緊急環境輻射監測系統、空氣樣本分析、擴散路徑預測與收集國際資訊。如果事態惡化則成立一個跨部會專案小組會來應變。

16.1.1.2 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)應於總公司設置「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」(包括技術支援中心、作業支援中心、保健物理中心以及緊急民眾資訊中心)。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，並提供廠外各相關單位事故之有關資訊。

16.1.1.3 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嚴重程度，依「核子事故分類通報及應變辦法」分為以下三類：

(1) 第一類：緊急戒備事故

當核電廠一個異常事故惡化到特定安全參數超過技術規範限制值以及可能威脅機組安全運轉則被定義為緊急戒備事故。少量放射性物質可能在此類事故外釋，然而沒有超過防護公眾健康的安全限值，因此尚不須執行核子事故民眾防護行動。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，進行應變如評估事故可能衝擊

與準備必要應變作業；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，並視狀況與可能衝擊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) 第二類：廠區緊急事故

發生核子反應器設施安全功能重大失效以及危害機組安全，就需要宣布進入廠區緊急事故。核子反應器設施經營者要啟動整個緊急應變架構並進行必要應變，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和核子事故輻射監測中心一級開設。廠外居民的防護行動可能需要執行。

(3) 第三類：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，就需要宣布進入全面緊急事故。當事故持續惡化達全面緊急事故時，所有緊急應變組織要啟動，立刻執行最適當的廠外居民的防護行動。

16.1.1.4 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。劃定 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(DBA)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之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量，超過二西弗之年機率應小於百萬分之三。

2011 年日本福島事故後再評估現有 EPZ 事故劑量與風險分布之分析，是利用計算機程式 MACCS2 以及下述輸入資訊：

- 射源項的假設是由於複合式天然災害導致多重機組同時故障。
- 更新氣象數據。
- 放射性外釋可能性。
- 氣候狀況。
- 廠外人口分布以及

- 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，我國核一、二、三廠之緊急應變計畫區半徑由原來的 5 公里在 2011 年福島事故後擴大為 8 公里。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。

在緊急應變計畫區範圍內，各項措施包括民眾預警系統、疏散集結點、疏散路徑，發放碘片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，相關軟硬體工作正常，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。

16.1.2 規劃與訓練

16.1.2.1 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。

16.1.2.2 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，緊急應變計畫區的範圍應每 5 年檢討修正一次。台電公司定期將緊急應變計畫區範圍內民眾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、輻射偵測計畫、民眾預警系統以及民眾集結、疏散及收容。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。

16.1.2.3 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，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器均處於正常狀況，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，緊急連絡的設備之測試與維護是這個維護計畫中重要的部分。

16.1.3 核安監管中心

原能會核安監管中心維持全年無休的每天 24 小時運作，是收集、處理與發布必要緊急通報的單一接觸窗口。在國家緊急、天然或人為災害或是其他異常狀況需要中央管理、通報與應變時期，該中心會執行最初通報與協調管理、後勤與動員行動。

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

2011 年前本系統於全國各地建有 30 個輻射監測站，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，2011 年福島核子事故後我國增設 27 站以增加監測區域。

(3) 視訊會議系統

一個整合系統作為意外或異常狀況下遠端控制頻道，通常每周會進行原能會、台電總公司與核電廠間連線測試。

(4) 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 5 座輻射監測站，以環境加馬輻射為主要量測項目，全天候二十四小時即時線上運作，隨時掌握核一、核二、核三及核四廠廠界環境輻射資訊。

(5) 有線電視新聞頻道

12 個新聞頻道可同時接收國內外報導，這個多重新聞來源可以讓全球核子事故在早期預警。

(6) 衛星通訊系統

當所有通訊系統喪失功能時，衛星電話可以作為原能會和其他組織聯絡的重要備援工具。

(7) 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快速直接電話專線，每日由值班同仁進行測試。

16.2 民眾之通報與防護

16.2.1 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」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」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」，並完成「核子事故地方災害應變中心」和「核子事故支援中心」之二級開設。如若事故惡化成「廠區緊急事故」甚至「全面緊急事故」，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，並通知地方政府和所有應變組織分別完成「核子事故地方災害應變中心」、「核子事故輻射監測中心」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如派出所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、疏散、服用碘片與移居等。執行這些防護行動的準則如表 16.1「核子事故民眾防護行動規範」所示。包括降低輻射劑量之藥物(碘片)之準備，及緊急應變計畫區外適當地點設置收容所以安置從緊急應變計畫區內疏散出來民眾等，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。

(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 16.1 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)及國際原子能總署第 115 號安全系列報告(IAEA-115)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。預期劑量係指未採取防護行動所評估劑量值，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 16.2 所示。

此外，2018 年 5 月原能會公布「核子事故民眾防護行動應變與決策參考指引」，係參考國際原子能總署於 2011 年、2013 年和 2017 年發布之「Criteria for use in preparedness and response for a nuclear or radiological emergency (No. GSG-2)」、「Actions to protect the public in an emergency due to severe conditions at a light water reactor (EPR-NPP Public Protective Actions)」和「Operational interventional levels for reactor emergencies and methodology for their derivation (EPR-NPP OILs)」。此指引可以協助中央災害應變中心在核子事故期間對民眾防護行動做更全面的決策，這個指引包括「依核子事故類別於緊急應變計畫區內考慮採行民眾防護行動之建議」如表 16.3 與「依輻射劑量率量測及劑量評估結果於受影響區域內考慮採行民眾防護行動之建議」如表 16.4。「依核子事故類別於緊急應變計畫區內考慮採行民眾防護行動之建議」是政府在核子事故非常早期可立刻採取民眾防護行動的決策參考，而後續階段可參考「依輻射劑量率量測及劑量評估結果於受影響區域內考慮採行民眾防護行動之建議」。操作干預基準是民眾防護的基準並且考慮透過輻射偵測與監測所知真實放射性物質分布與影響。

表 16.1 防護行動之干預基準

防護行動	干預基準
居民須於室內採取掩蔽措施	可減免劑量於 2 天內達 10 毫西弗
疏散緊急計畫區內之民眾	可減免劑量於 7 天內達 50 至 100 毫西弗
服用碘片	可減免甲狀腺約定等價劑量達 100 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)	30 天之預期輻射劑量達 30 毫西弗
永久遷離	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

表 16.2 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
鋇-90	0.1 以上	-----
銻-241、銻-238、銻-239	0.01 以上	0.001 以上

表 16.3 依核子事故類別於緊急應變計畫區內考慮採行民眾防護行動之建議

	核子事故類別		
	緊急戒備事故	廠區緊急事故	全面緊急事故
民眾防護行動	關閉戶外公立遊憩場所		
		一、發放核子事故警報 二、進行弱勢族群預防性疏散作業 三、通知其他民眾室內掩蔽	
			進行 3 公里內民眾預防性疏散作業

表 16.4 依輻射劑量率量測及劑量評估結果於受影響區域內考慮採行民眾防護行動之建議

		操作干預基準		干預基準
採行時機		放射性物質外釋後		放射性物質外釋前或外釋後
民眾防護行動	掩蔽			可減免劑量 2 天內達 10 毫西弗以上
	服用碘片			可減免甲狀腺約定等價劑量達 100 毫西弗以上
	疏散	OIL1	離地面一公尺處之環境輻射劑量率達每小時 500 微西弗	可減免劑量 7 天內達 50-100 毫西弗

		操作干預基準		干預基準
	暫時移居	OIL2	離地面一公尺處之環境輻射劑量率達每小時 20 微西弗	
	飲食管制	OIL3	離地面一公尺處之環境輻射劑量率達每小時 0.5 微西弗	
	人員除污	OIL4	離皮膚表面 10 公分處之輻射劑量率達每小時 1 微西弗	

16.2.2 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和民間代表擔任評核小組委員，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，而政府規定自 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二及核一廠輪流舉辦。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、區域管制、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、學生與弱勢族群如醫院養老院之預防性疏散、EPZ 內民眾就地掩蔽與疏散、進行空中偵測、地面與海上偵測、設立收容所、污染民眾醫療照護等。參與演習的單位包括參與核子事故中央災害應變中心的各部會、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，每次演習並邀請約 1% 緊急應變計畫區內民眾參與演習之疏散作業。如同廠內演習般由學者專家、政府官員及民間代表組成之評核小組，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。

16.2.3 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。本委員會置委員十九至二十三人，由原能會、相關政府部會、核能電廠經營者與民間團體、災民代表組成。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

內政部負責(a)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，(b)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(c)規劃並執行災區鄰近國家公園等地區受輻射污染之復原相關對策。

(2) 國防部

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，協助執行災區人、車、道路輻射污染清除事宜以及調遣車輛支援復原作業事項。

(3) 財政部

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

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

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

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

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

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

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

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、協助辦理損害賠償請求事宜之任務。

(11) 農委會

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

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

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

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。

16.2.4 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 11.1.5 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。「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，係因被害人之故意或過失所致者，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 11.1.5 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。

16.3 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) 原能會與國際原子能總署、美國核能管制委員會以及美國能源部國家核子保安局(USDOE/NNSA)，多年來維持經常性的聯繫測試，並參加國際原子能總署和國際核子緊急演習(International Nuclear Emergency Exercises)舉辦之緊急應變演習，其他國際演習也定期參與。
- (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，安全度評估研究計畫(COOPRA)，熱流程式應用與維護研究計畫等，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。

16.4 汲取福島教訓

16.4.1 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」，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」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」，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。

16.4.2 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使用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、以及輻射源項強度的反推估計均包含於此劑量評估系統。

針對國外核子事故的國家級系統和國內核能電廠的劑量評估系統正進行整合中，氣象預報的空間解析格也強化中。

16.4.3 海域與空中輻射偵測

- (1) 海域偵測：海洋委員會與科技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。在國軍核生化輻爆裂(CBRNE)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。

16.4.4 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。

16.4.5 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風險。

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」及「下風向優先」。

(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 16.1.1.4 節所述，日本福島核子事故後，台灣三座核能電廠(核一、二、三廠)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「緊急應變計畫區內民眾防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、民眾預警系統、民眾集結、疏散和收容等。

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 日由總統發布之「災害防救法」修正案中，輻射災害已正式納入為官方災害之一。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。

舉辦每一個核安演習是要去進行早期民眾防護行動如警報系統發布、疏散和掩蔽的練習。

(此頁空白)

第 17 章 廠址選擇

每一簽約國必須採取適當措施，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國，並依其要求提供必要的文件，以便該簽約國自行評估前述核能電廠對其領域可能之安全影響。

17.1 評估廠址相關因素

我國對核能電廠廠址之要求，主要為「核子反應器設施管制法施行細則」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。為符合法規對廠址的要求，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：

17.1.1 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。

17.1.2 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)。

17.1.3 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。

17.1.4 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) 基本地質與地震資料

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、構造地質圖、地質剖面(顯示核能電廠建物基礎與地層材料之間的關係)、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：區域與廠址構造、地表與地表下之過去地震活動痕跡、土壤之靜態與動態性質、過去之區域地震資料、地震震央與構造分支之間的關聯性、活動斷層、廠址位置與構造地震相關或板塊活動等的地震資料、廠址最大地表加速度與設計基準地震、運轉基準地震等。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反應器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。

17.2 個人、社會與環境安全影響評估

17.2.1 環境影響評估之管制要求

表 17.1 列出法規對環境影響評估報告書大綱的要求。

17.2.2 輻射事故後果評估

依「核子反應器設施管制法施行細則」第 3 條規定，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(25 侖目)，且來自放射性碘造成之甲狀腺劑量小於 3 西弗(300 侖目)之緊接核能電廠之地區。

表 17.1 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。

- (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(25 侖目)，且來自放射性碘造成之甲狀腺劑量小於 3 西弗(300 侖目)之緊接禁制區之地區。

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，核能電廠選擇廠址時，其地點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。而經營者對禁制區內之土地，除公路、鐵路、水路外，應取得全部使用權。緊臨禁制區邊界外必須設置低密度人口區，以便在發生嚴重核子事故時有合理的機會採取適當的防範措施。依據「核子反應器設施管制法」第 4 條之要求，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，並報請原能會審核。在原能會會商直轄市、縣(市)政府審核通過後，即可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、變動人口數(主要來自海灘、公園、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、及廠址氣象狀況，再透過大氣擴散特性評估並採用保守的大氣擴散因子(χ/Q)，評估設計基準事故的輻射危害，確保人員接受劑量不會超過安全限值。

除了進行必要的劑量分析以支援廠址選擇外，國內所有核能電廠亦評估在電廠建造完成後，因系統、結構及組件的修改而導致的核子事故與放射性外釋之潛在劑量增加程度。在終期安全分析報告的事故分析章節中，亦包括評估設計基準事故[如大破口冷卻水流失事故(LOCA)、小破口 LOCA、燃料吊運事故等]所導致的劑量變化，以確保這些變化仍然符合法規劑量標準。

17.3 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技術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，原能會亦要求台電公司執行下列與廠址相關之管制案，以進一步強化因應極端天然災害的能力：

- 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簡述如下：

(1) 地震危害的重新評估

- 地質補充調查(完成)
台電公司已依第一階段調查結果於 2014 年 10 月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。2015 年 7 月台電公司針對斷層參數、地震活動及斷層延伸持續執行更深入調查。
- 台電公司已於2019年6月依美國SSHAC所訂第3層級程序，完成PSHA，並持續建置與危害度分析一致之各廠場址特有地表反應譜(hazard-consistent GMRS)作業(2021年註：台電公司於2021年2月提送地震危害與篩選評估報告，目前原能會進行審查作業中)。
- 耐震安全度評估(SPRA)(進行中)

(2) 水災危害的重新評估

- 評估22處潛在的大規模地震引發海嘯之影響。(完成)
- 核能電廠海底火山、海底山崩及古海嘯(ancient tsunami)調查暨評估工作。(進行中)

(3) 強化地震及海嘯的安全防護

- 依據耐震餘裕評估結果，執行必要之耐震補強工作。(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、管路及彈性接頭等之耐震能力。(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。(完成)
- 提升海嘯、水災之防護能力至設計基準海嘯潮高再加6公尺(完成重要設備防火門、穿越孔填封之水密能力)。
- 現場履勘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。(完成)
- 強化核一廠的馬達驅動海嘯防護閘門。(完成)
- 購買40套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

- 2013年3月進行核一、二、三廠的地震防護現場履勘。(完成)
- 2013年6月進行核一、二、三廠的水災危害防護現場履勘。(完成)

17.4 與周邊國家之核能安全資訊交換

福島第一核電廠事故後，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。因此之故，我國於 2011 年及 2014 年分別與中國大陸及日本簽訂了合作備忘錄。以下將簡述這兩份備忘錄的內容：

(1) 海峽兩岸核電安全合作協議

本協議於 2011 年 10 月 20 日簽訂。在平等互惠的原則下，協議的正式內容包括海峽兩岸就核能電廠安全、核子事故緊急通報與資訊交換之合作。在平日，資訊的交會可經由定期會議、研討會、互訪、及其他管道來達成，以促進海峽兩岸對核能電廠安全與緊急應變能力的監督。該協議同時也建立了緊急通報的機制。當海峽兩岸任一方發生核子事故時，另一方可立即得到相關諮詢並採取早期應變措施以確保公眾的安全。

(2) 台日核能管制資訊交流備忘錄

本備忘錄於 2014 年 11 月 20 日簽訂，就核能安全及輻射防護領域，提供我國原能會及日本原子力規制委員會討論與資訊交換的管道。具體內容包括：從核子事故學習到的課題、核能安全的升級、地震與海嘯、核子物料性能、輻射防護、危機溝通、緊急事故的管理、核子事故的通報、緊急事故的整備與應變、放射性廢棄物管理、以及核子設施的除役等。依據本備忘錄，原能會與原子力規制委員會輪流召開年度會議以彼此分享管制經驗與相關的進展。

(此頁空白)

第 18 章 設計與建造

每一簽約國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(深度防禦)，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。

18.1 防止放射性物質外洩

18.1.1 執照申請程序與管制要求

根據「核子反應器設施管制法」及「核子事故緊急應變法」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) 在初次裝填核子燃料前定義緊急應變計畫區。

在上述程序中，「防止放射性物質外洩」相關的重要要求說明如下：

- (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；及
 - 附錄C 緊急應變計畫。

(4) 根據「核子事故緊急應變法」及其施行細則之要求，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」與「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」。

18.1.2 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」(GDC)之要求，所有型式之核子反應器在設計其結構、系統與組件時，均須考慮下列廠內與外來(亦稱廠外)事件：

- 廠內事件：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射物、廠內水災與火災等。
- 外來事件：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障，用以確保核能運轉安全。其邏輯是：

無論何種原因導致第一層防禦屏障失效，則下一層防禦屏障將提供足夠的安全性和保護性，萬一第二層防禦屏障也失效，那麼後續仍然會有第三層甚至第四層防禦等多重安全防禦設施或措施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

到最低的程度。防止核反應分裂產物外釋的深度防禦的階層保障包括：燃料丸、燃料棒、反應器壓力槽和相連密閉冷卻水系統及圍阻體結構。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，台電公司採用深度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深度防禦的目的：

- 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。

18.1.3 事故之預防與減輕

「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」及其他相關法規規範了針對預防及減輕事故之要求，根據以上法規，台電公司核電廠之設計採取下列措施：

- 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；及
- 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。另設有餘熱移除系統(RHR)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；及

- 設置緊急應變設施(ERF)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作業支援中心。另安全參數顯示系統須裝設於主控制室、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事故發生時仍可安全地在控制室內執行必要的應變行動。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，以便運轉員能掌控事故狀況及採取適當的行動。

18.2 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，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；
- 所有設計與建造作業，係由合格製造商及施工人員，遵照經台電公司核准之品保方案執行。

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。為取得建廠與運轉執照，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嚴格的要求，原能會則透過安全審查與現場視察對台電公司設計與建造的品質進行審核。

18.3 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。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、警報與控制設施、視覺指示設施、聽覺訊號設施、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；及

- 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；
- 為運轉人員提供可協助記錄參數的手持數位裝置；
- 施行失誤管理訓練；及
- 採用生態介面設計。

18.4 汲取福島教訓

日本福島事故直接的成因為規模 9.0 的地震所引發超過 14 公尺高的海嘯，此已遠超過東京電力公司分析並獲日本安全管制機關批准之海嘯設計基準。儘管在日本本島北部東海岸發生了巨大的海嘯襲擊，但根據數值模擬，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興建中的核能電廠(2021 年註:國內已無正在興建中的核能電廠)，重新檢視設計基準，並推動下列強化安全的措施。

(A) 關於國內核電廠安全評估之11項技術相關議題

參考各個重要核能機構或國際組織，例如美國核能管制委員會，核能協會(NEI)，歐盟歐洲核安管制者組織，世界核能發電協會和日本原子力安全保安院(NISA)等建議，如 6.4.1 和 14.3.1 小節所述，在日本福島電廠核子事故發生後，我國立即啟動核能電廠安全防總體檢方案，原能會要求台電公司驗證核電廠應對設計基準事故和超出設計基準事故的能力。共有 11 個技術議題提出(由台電公司)並審查(由原能會)如下：

- (1) 防止廠區電源全部喪失的能力；
- (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) 熱移除及終極熱沉能力；
- (5) 事故處理程序與訓練；
- (6) 機組斷然處置程序指引之建立；
- (7) 1/2 號機組相互支援；
- (8) 將複合式災難事件納入考量；
- (9) 減緩超越設計基準事故的影響；
- (10) 設備/設施完備性及備品儲備；及

(11) 精進人力/組織運作及強化核能安全文化。

(B) 強化需求的其它議題

儘管安全防護總體檢的結果顯示核能安全沒有立即性的影響，也沒有對民眾健康和 safety 造成威脅，但原能會仍要求台電公司致力於強化核電廠設計基準對地震、海嘯和暴雨的再評估，並強化能降低長時間廠區電源全部喪失造成之影響的能力。確認下列項目需要改善：

(1) 廠區電源全部喪失：

- 重新檢討因應廠區全黑(SBO)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同電廠中兩部機組電源，負載配置須事先妥為規劃。

(2) 水災之防範：

- 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；
- 增加緊急海水系統及緊急爐心冷系統泵之馬達備品，須將馬達備品儲放高處；
- 重新評估設計基準能承受之海嘯高度；
- 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：

- 於核一、二、三廠建置安全相關的設備，用以監控用過燃料池之水位、溫度等重要參數；
- 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：

- 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：

- 建立斷然處置程序指引以防止事件轉變為事故或嚴重事故，犧牲核電廠未來再度運轉發電的可能性，將海水注入反應器以防止爐心熔損。(請參閱第6.4.3.5 (2)節)；
- 各廠採購更多天然硼酸、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：
- 強化核能電廠生水池及其管線的耐震能力；
 - 重新評估地震危害。
- (7) 基礎設施：
- 與外部支援(國軍，消防部門)的協調；
 - 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：
- 執行國際原子能總署的基本安全規則(SF-1)；
 - 參照美國核管會之反應器監管程序，監督核安文化的落實。

(C) 強化超越安全基準事故應對措施

進行歐盟壓力測試，驗證了國內核電廠的穩健性，以應對由地震、廠外水災、極端天氣狀況、喪失電源和失去熱沉所導致的超出設計基準之事件。原能會要求台電公司採取更多對策，以進一步增強應對極端天然災害的能力。因應超越設計基準事件，需加強採取下列措施：

- (1) 爐心冷卻的安全強化項目：(見圖 18.1)
- 所有可用水源能量，包括廠內、廠外水源與調動、注水程序建立；
 - 建立消防車輛資源：數量、容量、排放壓力並考量多重性；
 - 建立多種途徑之替代反應器注水方式；
 - 建立替代終極熱沉；.
 - 建立恢復終極熱沉的方式；及
 - 增購可攜帶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。
- (2) 用過核子燃料池補水/灑水系統項目：(圖 18.2)
- 建立多種用過核子燃料池救援策略；
 - 參照NEI 06-12指引，裝置額外的補水/灑水系統；及
 - 參照NTTF 7.1建議事項，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：
- 根據歐盟的經驗，圍阻體增設可靠且強固的排氣系統及過濾系統(進行

中)；

- 根據歐盟的經驗，核三廠增設被動式自催化氫氣再結合器(已完成)；及
- 建立圍阻體早期氣體排放策略：
 - 降低圍阻體之溫度及壓力；
 - 延長反應器爐心隔離冷卻系統注水時間及強化反應器壓力槽注水系統之可用性。

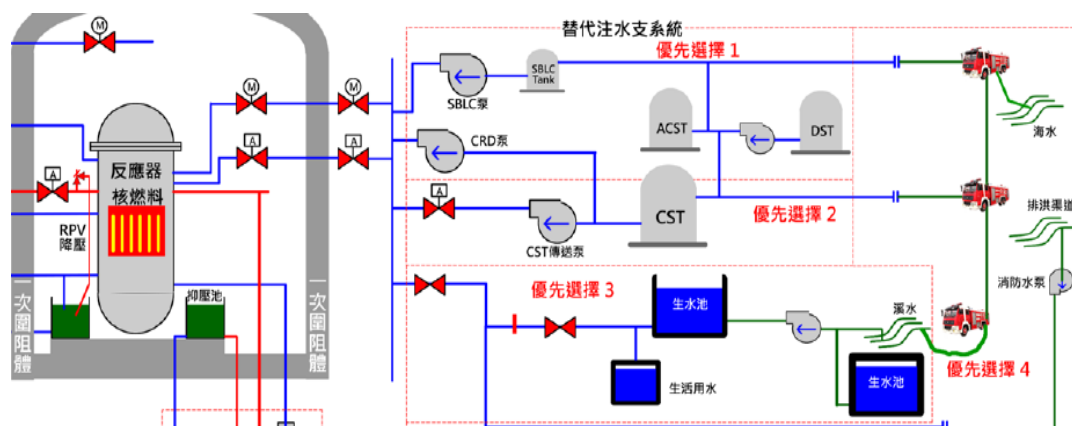


圖 18.1 強化爐心冷卻的安全措施

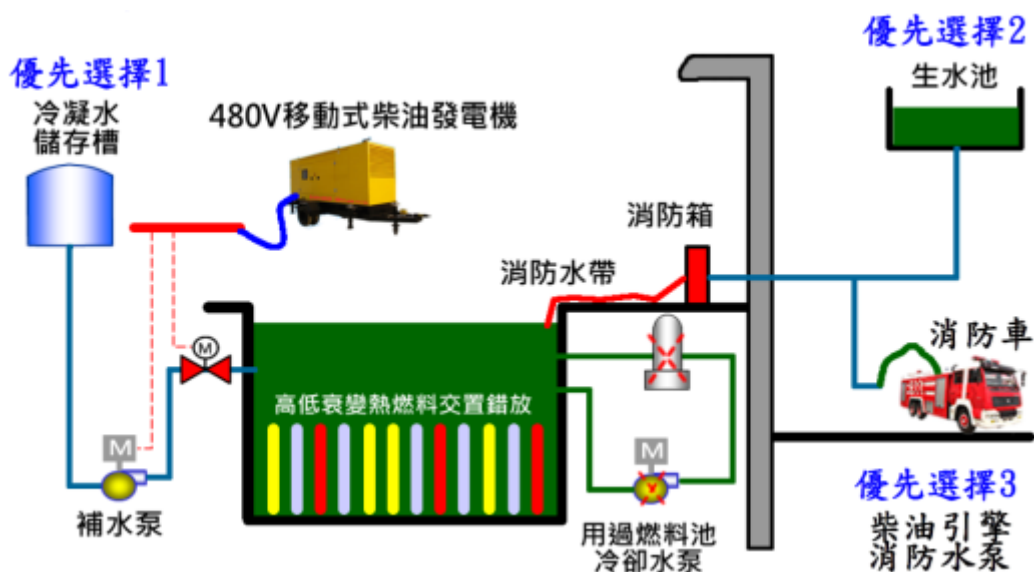


圖 18.2 強化用過核子燃料池補水系統

(4) 後備與救援電源項目：(圖 18.3)

- 擴充第5部備用緊急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；
- 改善核一、二、三廠氣冷式備用緊急柴油發電機防淹水能力；

- 採購了6部4.16kV的電源車與26部480V的移動式柴油發電機；
- 建立安全相關電池組，運轉能力由8小時提升至24小時；及
- 備妥用於控制電源與監控儀器的移動式發電機與電池。

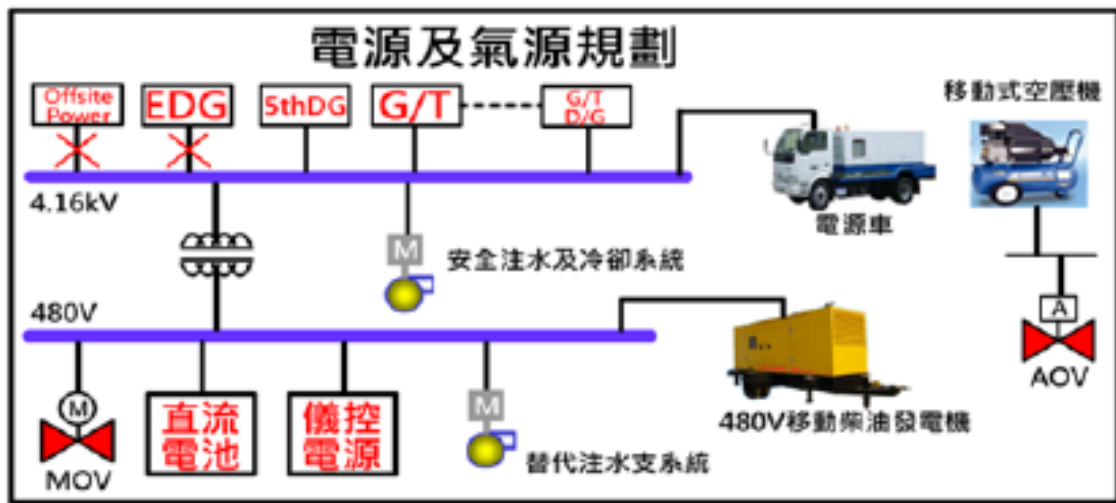


圖 18.3 強化電源與氣源供應

(5) 擬定機組斷然處置之流程指引

機組斷然處置程序指引的發展背景和主要特色如下：

- 汲取福島教訓，主控室的即時處理是防止事件成為事故的關鍵；
- 僅依靠目前的緊急運轉程序書，無法處理複雜的外部災害；
- 機組斷然處置程序指引是專門設計用以阻止事件發展，採取立即性的行動，防止爐心熔損；
- 機組斷然處置程序指引將與緊急運轉程序書、嚴重事故處理指引 (SMAG)、EDMG一同整合；
- 下列三個狀況中，無論發生任何一個狀況，就可以透過緊急降壓、圍阻體排氣及透過任何可用的路徑注入任何可用的水(甚至海水)來確保反應器爐心的安全：
 - 核能電廠遭遇超越設計基準地震值之強震及海嘯；
 - 廠區電源全部喪失；
 - 喪失終極熱沉。
- 機組斷然處置程序指引另名為DIVing計畫，是系統減壓、注水和圍阻體排氣的縮寫。

更詳盡的斷然處置程序指引資料，請參閱本報告之第 6.4.3.5、10.2(11)及 19.4.2 節。

(此頁空白)

第 19 章 運轉

每一簽約國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。

19.1 核能電廠運轉之初次核准

依據「核子反應器設施管制法」(第 5 條)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後始得進行核子反應器設施主體工程之建造：

- 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。(此為 2004 年發布的「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」第 2 條兩項申請核能電廠建照具備資格之一)

而欲獲得原能會核發建廠執照，依據 2004 年實施的「核子反應器設施建廠執照申請審核辦法」第 3 條規定，則申請者必須向管制單位提送下列資料：

- 初期安全分析報告；
- 環境保護主管機關認可之環境影響評估相關資料；
- 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(以安全評估報告形式)。

建廠完成後，欲進行初始(核子)燃料裝填，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 2004 年發布，2005 年修訂之「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」(第 2 條))：

- 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 – 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[內政部，行政院直轄市政府，縣（市）政府及有關部門]劃定禁制區和低密度人口區(符合核子事故後公眾接受之輻射劑量程度)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；
- 燃料裝填計畫 – 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；以及
- 系統功能試驗報告(或運轉前測試) – 預定初次裝填核子燃料前提送。

電廠經營者取得同意初次裝填核子燃料許可後，即可進行新建電廠初次核子燃料裝填。「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」第 13 及 14 條規定：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，提出運轉執照申請。此外，經營者應於預定正式運轉 1 年前，提報環境影響評估報告審查結果相關事項辦理情形，並於完成功率試驗後，填具核子反應器設施運轉執照申請書，同時檢附下列資料送審：

- 最新版終期安全分析報告；
- 各功率階段測試結果綜合報告；及
- 申請者財務保證說明。

19.2 運轉限制與條件

「核子反應器設施管制法」第 6 條以及「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」第 2 條，要求持有建廠執照的核電廠經營者為了取得初次裝填核子燃料許可，必須向原能會提出申請並檢附終期安全分析報告、建廠期間之檢查改善結果報告、運轉程序書清單、燃料裝填計畫、起動測試計畫以及系統功能試驗報告。初次燃料裝填之後，唯有管制單位同意各項功率測試摘要報告並核發運轉執照後，經營者才可以正式進入商轉階段。

我國核能管制法規要求核能電廠之初期安全分析報告和終期安全分析報告內容中，均需有專章載明「運轉技術規範」確保安全運轉（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）。

運轉技術規範內容主要包含下列各項：

- 安全限值(safety limits)；
- 安全系統設定限值(LSSS)；
- 運轉限制條件(LCO)；
- 偵測試驗要求(surveillance requirements)；
- 設備設計特性(design features)；及
- 行政管制(administrative control)。

運轉技術規範內容必須涵括，可以確保核能電廠安全運轉的技術、行政要求以及限制。

從安全性分析和測試結果中得出的運轉限制條件，構成電廠安全運轉應遵守之規定。技術規範是核電廠安全運轉和執行安全相關系統偵測試驗的重要依據。技術規範若隨電廠運轉而做必要、及時的修訂，需先送原能會審查同意後方可修訂。另依據「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」(2009 年修訂)，涉及運轉技術規範修訂的設計修改及設備變更申請，非事先經原能會核准，不得變更。

原能會鼓勵持照者使用改良式技術規範為電廠專用技術規範的基礎，所有核能電廠都已完成從顧客式或標準型技術規範轉換到改良式技術規範工作。有關技術規範更新和 ITS 實施的詳細說明，請參考本報告 6.3.4 節。

19.3 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)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」清單接受審查。

運轉中核能電廠終期安全分析報告中均列有該電廠之運轉程序書，包含「行政管理程序書」；「運轉與維護程序書」以及「其他程序書」。其中「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(含運轉員與高級運轉員)程序書
- 特殊程序書
- 設備控制程序書
- 維護與修改程序書的控制
- 主要的偵測試驗排程
- 工作記錄簿之使用與管制程序書
- 臨時程序書

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」；「控制室運轉程序書」則包含下列幾小類：

- 電廠一般運轉程序書：內容描述當以下電廠狀態變化時的程序步驟：(1)

電廠從冷停機或熱待機進入至功率運轉狀態、(2) 電廠負載改變，以及 (3) 電廠回復至熱待機或冷停機狀態。

- 系統運轉程序書：內容描述個別系統上線與退出服務所需程序步驟；內容包含按照要求的正常條件下操作程序。
- 儀表程序書：內容敘述是提供給運轉員操作儀器上線、防護儀器故障以及不同狀態下操作儀器。
- 系統異常程序書：內容敘述運轉員於異常事件的教則步驟與程序。
- 警報程序書：通常，警報程序書在警報視窗定位（板面，行和列號）後標示，運轉員可以很容易參考到對應的警報程序書。至於警報系統，每個視窗警報設計為提供視覺（燈光）和音頻（聲音）訊號。該視覺警報分為兩類：「紅色」為跳脫、和「白色」為提醒。每個視覺警報訊號都有其特有的保護系統啟動，並伴有高頻蜂鳴聲，提醒運轉員採取行動。當警報被清除時，信號器系統以低頻率的蜂鳴聲通知。
- 緊急運轉程序書：內容提供運轉員處理電廠緊急狀態的教則。(更多有關 EOP 敘述內容，請參考 19.4.1 節)
- 臨時程序書：內容提供特殊測試或安全相關系統運轉的詳細教則。

其他程序書，包括：

- 電廠輻射防護程序書
- 緊急應變整備程序書
- 儀器校準與測試程序書
- 化學與放射化學控制程序書
- 放射性廢棄物管理程序書
- 維護與修改程序書
- 材料管制程序書
- 電廠保安程序書

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、準備、和管制；並確保工作完成內容為最新資訊。程序書由相關組起草或修訂後，須送「電廠運轉審查委員會」(SORC)審查同意後，才由廠長審核同意。運轉中電廠的 SORC 負責審核所有與安全相關事務，並對廠長提報建議。較多有關 SORC 職責說明可以參考 9.1.1 節。根據「核子反應器設施品質保證準則」(第 3 條和第 9 條)規定，對品質有影響之作業亦應訂有「程序書」、「教則」及「圖示」。此等作業係指設施與安全相關之結構、系統及組件的設計、興建、運轉、維護、檢查、修理與測試等等。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之偵測試驗要求，除非已另外載明於個別的偵測試驗要求內。安全相關系統之偵測試驗，包含偵測試驗執行項目與週期等，必須按照運轉技術規範所訂偵測試驗要求而建立。

運轉中核能電廠的持照者必須按照「核子反應器設施管制法施行細則」(2018 年

11 月 16 日修訂)第 7 條規定的相關時間區間，提報下列報告給管制單位：

- 運轉報告：季末後 30 天內提交每季報告；年末後 60 天內提交年報。
- 輻射安全與環境輻射監測報告：季末後 60 天內提交每季報告；年末後 90 天內提交年報。
- 緊急事件報告：事件確認後 1 小時內通報；30 天內提交事件報告。
- 放射性廢棄物產生紀錄：每個月月底後 30 天內提交月報；年末後 3 個月內提交年度報告(根據各電廠技術規範之行政要求)。

台電總公司核能安全委員會(NSC)是公司內最高的核安諮詢機構，負責審查、審核所有轄下核能部門與核能電廠的核安管理事務。此外，核安處與核發處彼此獨立執行核安審查工作。核安處還負責定期或不定期稽核電廠，確保電廠安全可靠地運轉。核安處視察包括年度核安檢查、計畫視察、廠家稽核、行政稽核和部門檢查，確認整體品保計劃執行成效。參考第 6.2.3.2 小節所述，原能會則執行核能電廠的管制視察包括駐廠視察，定期視察，專案團隊視察、特殊視察以及不預警視察，以監督查證電廠各項安全作業執行情形。

根據「核子反應器設施管制法」第 9 條及「核子反應器設施管制法施行細則」第 6 條，核子反應器每隔 10 年應至少進行一次整體安全評估（如第 6.2.3.4 小節所述）。在這十年整體安全評估報告中，核能電廠必須針對過去營運狀況經驗以及設施待執行之改善或補強事項提出檢討說明，並提出未來 10 年應注意之事項、改善承諾及時程

19.4 預期運轉暫態與事故之處理以及斷然處置程序指引

19.4.1 緊急運轉程序書(Emergency Operating Procedures, EOPs)

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」。但當考慮到多重失效事件時，單一失效準則被認為不適用於「緊急運轉程序書」。針對多重失效事件，經營者已發展一套程序書(EOP)，專門用來處理多重系統或組件失效或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)和輔助飼水系統同時故障；
- 高壓反應器補水系統(RCMS)故障；
- 喪失廠外電源之後，又發生預期暫態未急停(ATWS)事件，此時可能動力釋壓閥或安全閥(SV)卡開或主飼水喪失；及
- 運轉人員不小心的失誤。

1979 年 3 月美國三哩島 2 號機組事故發生後，我國所有運轉中核能電廠均已建立並施行一套以徵兆為導向的緊急運轉程序書。然後，再依據反應器供應商提供之一般性「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。EOP 和 EPG 之間的差異已得到適當的文件化和證明，最終的 EOP 應符合

NUREG-0737 I.C.1 的要求。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。緊急運轉程序書以及查證與確認程序也都經過原能會審查過程與同意備查。

台電核一、二廠之 EOP 與 SAMG 係根據沸水式反應器業主組織發行的緊急程序指引與嚴重事故處理指引(SAG)撰寫而成；核三廠 EOP 與 SAMG 則是根據西屋公司業主組織(WOG)發行的通用性程序與指引進行發展。EOP 和 SAMG 亦經過審核程序，並隨最新技術和研究成果予以更新。每個核電廠都需要對這些程序書進行定期訓練和演習。

19.4.2 機組斷然處置程序指引

核能機組運轉狀態係分為四類，包括：

- (1) 正常運轉，
- (2) 異常事件或暫態，
- (3) 事故，
- (4) 嚴重事故。

針對上述各種運轉狀態均備有對應之處理程序書以提供電廠遵循應變(見圖 19.1)，包括：

- (1) 運轉程序書，
- (2) 異常運轉程序書(AOP)，
- (3) 緊急運轉程序書，
- (4) 嚴重事故處理程序書(SAMP)。

如第 6.4.3.5 和 19.4.1 節所述，現行異常運轉程序書和緊急運轉程序書是以電廠徵兆為基準，適合處理廠內事件(或內部事件)。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(或廠址)專屬特徵的「機組斷然處置程序指引(URG)」。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，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，以避免反應器爐心和用過核子燃料池內之用過核子燃料熔損。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，使免於爐心熔損的斷然處置措施。

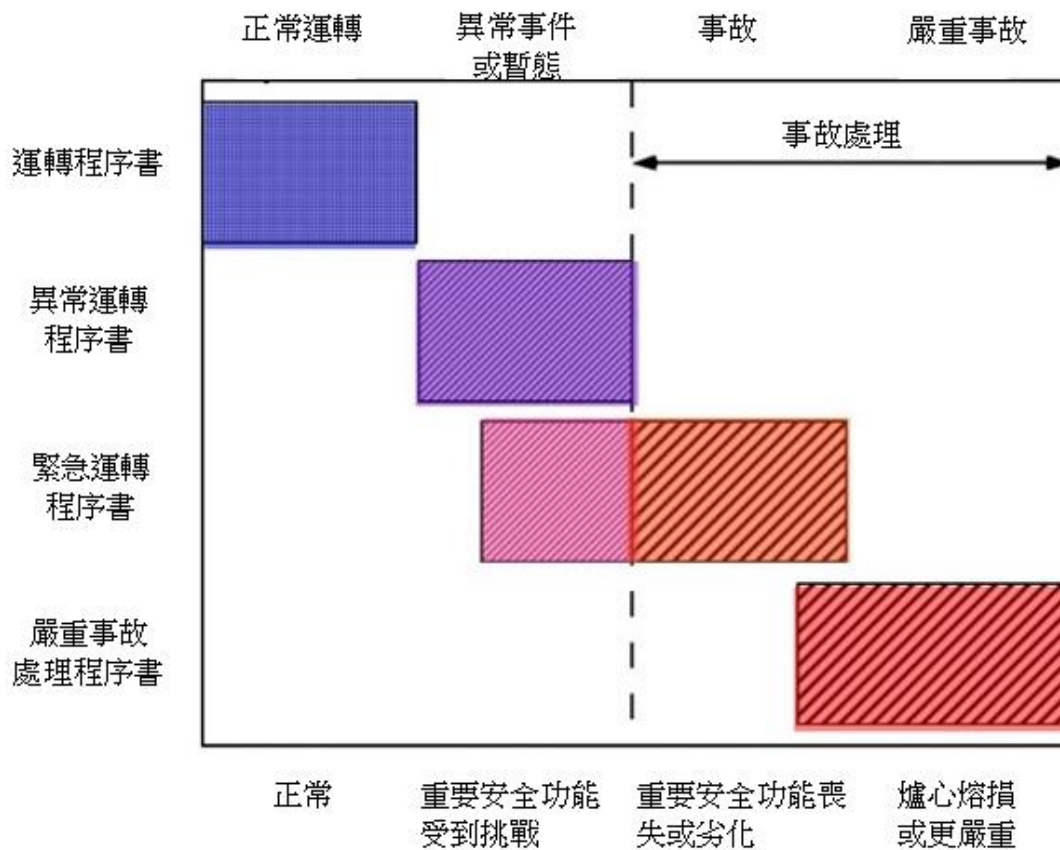


圖 19.1 核能電廠機組運轉狀態與適用之對應電廠運轉程序書關係圖

URG 目標是發展一有效的替代對反應器壓力槽注入冷卻水方式，俾藉由控制反應器壓力和水位來避免爐心熔損。URG 可視為 EOP 的一種深度防禦補強，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 19.2 所示為 FLEX 與 URG 之間比較。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 19.3。

編號 1451 之電廠程序書「機組斷然處置程序指引」是台電公司於福島複合式事故後，於各核能電廠新建立之程序書，以指引反應器運轉員和相關決策人員(例如電廠值班經理)，避免事故惡化變成嚴重事故；或在反應設計基準事故和超越設計基準事故時，確保包含生水或甚至海水的替代終極熱沉可用。

對於長時間電廠全黑事故，URG 採用兩階段降壓策略。舉例說明，在沸水式核能電廠(如核一或核二廠)電廠全黑事故初期，當反應器爐心隔離冷卻系統仍可用時，先進行反應器緩慢控制性降壓。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。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)，同時 RCIC 系統跳脫設定點又不被觸及。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，即使洩壓前反應器處在高水位狀態。

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，並啟動 URG 程序：

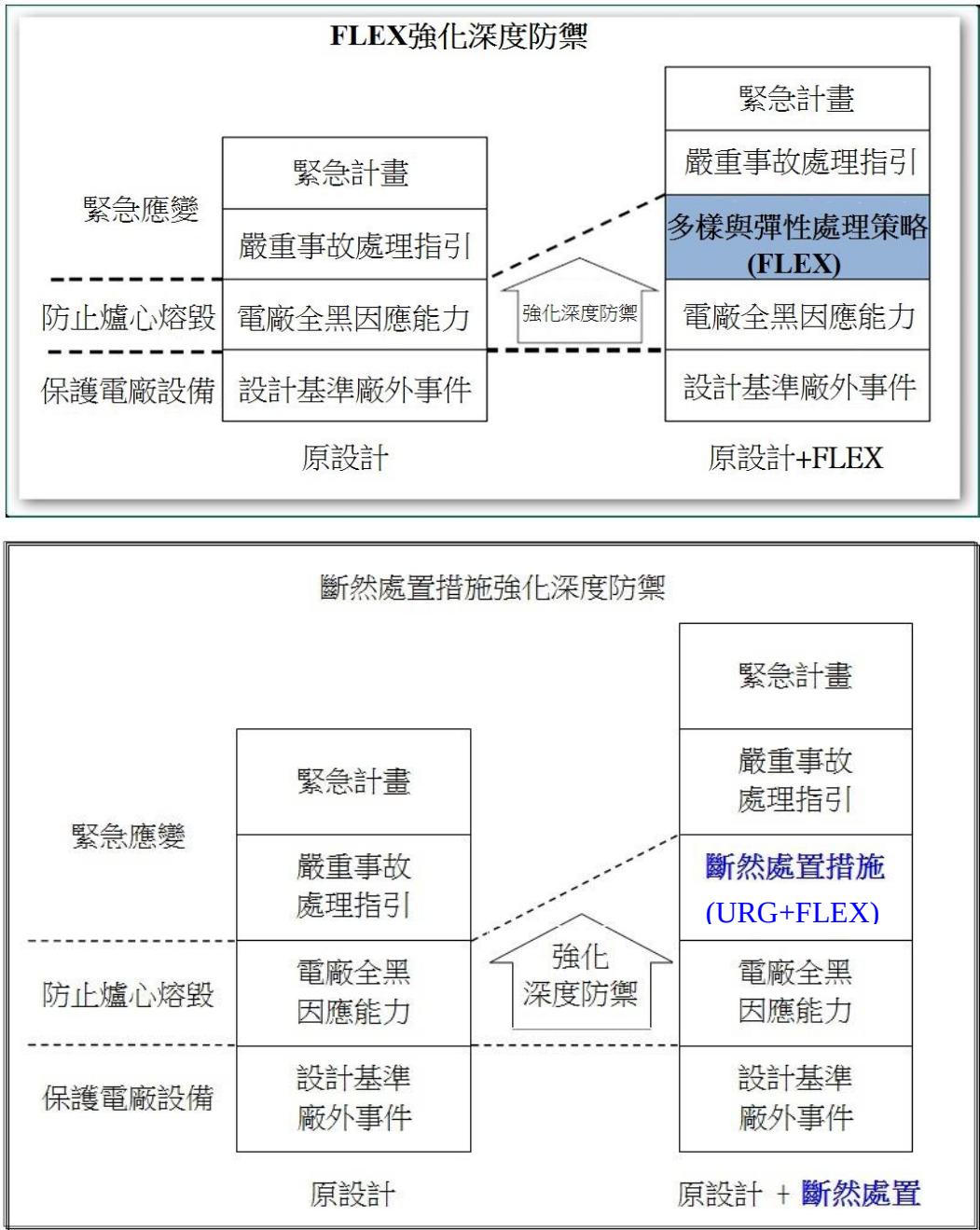


圖 19.2 FLEX 與 URG 之比較

台電公司斷然處置措施之定位_Rev. 1020715

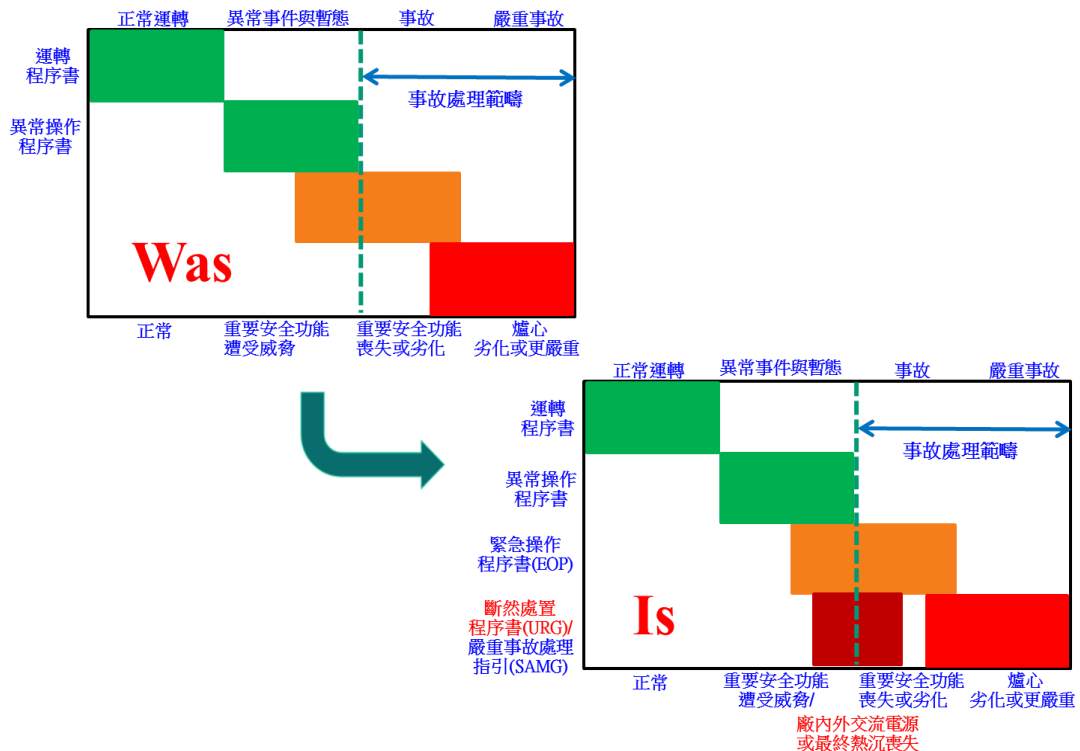
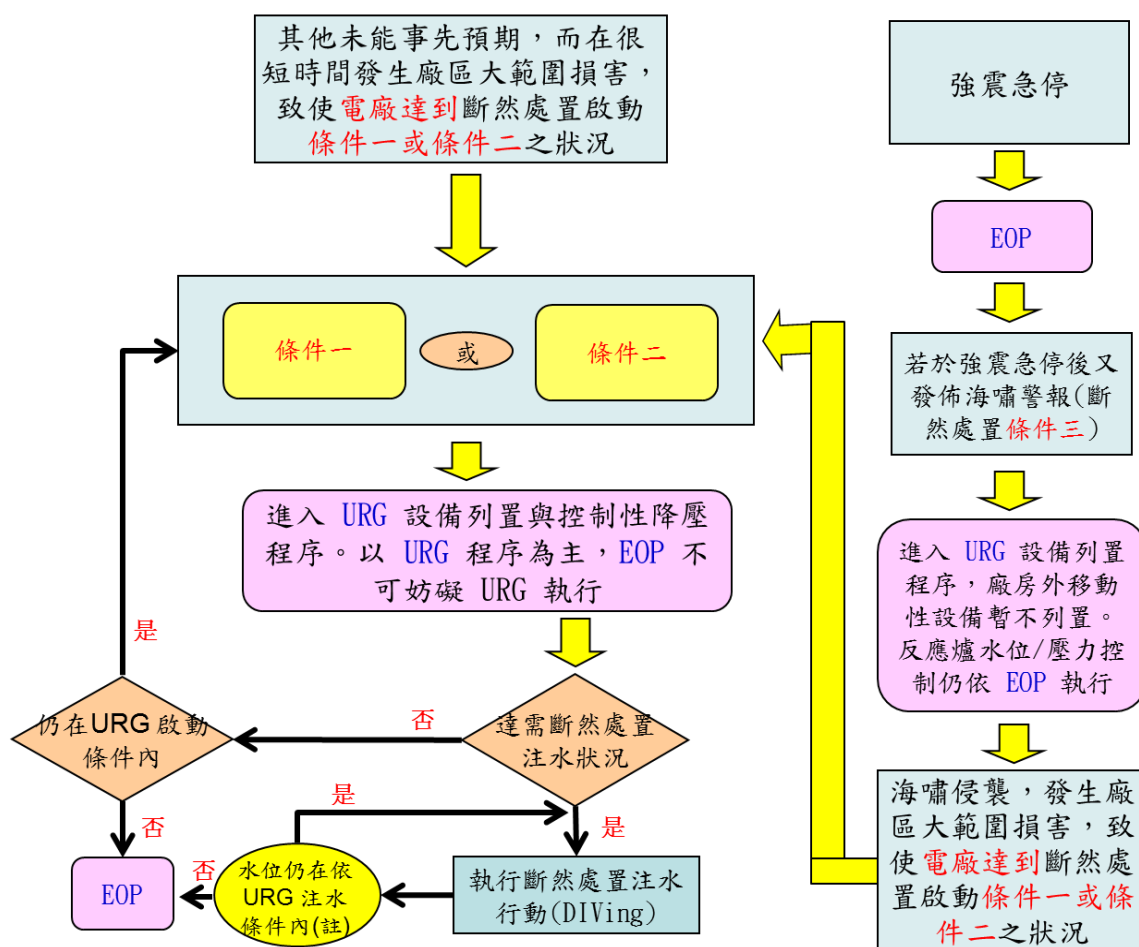


圖 19.3 URG、AOP、EOP 和 SAMP 間之關係

- (條件 1) 所有永久建置之 AC 電源 (包含廠外電源、廠內備用緊急柴油發電機、以及緊急備用之共用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且同時有海嘯警報發布時(即：強震急停加海嘯預警)。

圖 19.4 所示為 URG 程序和 EOP 之關係圖。如圖中所示，若 URG 程序啟動，下列兩階段程序將依序進行：



[註：當水位高於最小蒸汽冷卻水位(MSCRWL)，但在安全水位(L3)以下。]

圖 19.4 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) 當非預期事故發生導致廠內於短時間內遭受大範圍損壞，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(亦即程序將主要由 URG 指引，EOP 不能干擾 URG 執行)，而且同時執行下列兩個動作：

(i) 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、用過核子燃料池緊急補水等，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)。

在此同時，需通報管制機關原能會之核安監管中心及台電「核能發電廠緊急計畫執行委員會」主任委員(同時是台電公司核能副總)。

(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，開始進行緩慢的反應器壓力槽控制性降壓至 $10 \sim 15 \text{ Kg/cm}^2$ ，但保持 RCIC 運轉，同時盡可能維持反應器高水位。

- (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能力，且符合 DIVing 程序啟動條件時，核能電廠值班經理將決定開始進行 DIVing 程序。進行 DIVing 程序時，在開始打開自動洩壓系統 (automatic depressurization system) 之所有安全釋壓閥以快速緊急洩壓前的一個先決條件是，反應器壓力必須低於 15 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和壓水式反應器業主組織之專家，在台灣舉行技術研討會。另一方面，原能會亦為 URG 於 2012 年 7 月 17 日及 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。原能會並且要求台電公司之核能電廠必須遵守 NEI 12-06 的 FLEX 策略要求，且強化與整合 EOPs、SAMGs、EDMGs 與 URG，符合美國核管會 NNTF 報告第 1 項建議 8。更多有關 URG 資訊，請參閱第 6.4.3.5、10.2(11)和 18.4(C)(5)節。

19.5 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」，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。電廠運轉審查委員會負責：

- 審查電廠所有程序書及其變更；
- 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 節要求之異常事件報告；及
- 其他。

至於電廠運轉需要的外部工程與技術支持部分，台電公司聘請諸多本地及海外顧問，提供有關電廠安全運轉與維護主題的技術援助。然而，電廠運轉的主要支援

來自總公司各個部門（參見第 9.1.1 和 11.2.2.1 小節）、其他台電公司核電廠以及核研所，依據以下特定技術領域：

- 核能、機械、結構、電氣、熱水流、冶金及材料、儀器和控制工程支援由核發處、核安處、核技處、其他核電廠和核研所提供。
- 電廠的化學與保健物理作業支援由核發處、其他核電廠和核研所提供。
- 燃料填換營運作業支援由核發處、其他核電廠及核研所提供。
- 維護作業支援由電力修護處、核發處、其他核電廠及核研所提供。

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(台電)]、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：

- 提升電廠功率或績效計劃的建立與實施；
- 收集和提供技術訊息，運轉經驗等；
- 燃料填換爐心設計與安全分析審查；
- 長程燃料營運規劃；
- 不預期或重要事件的安全評估與審查；
- 技術規範或 FSAR 修訂審查；以及
- 電廠設計變更報告需求審查。

另一方面，除了負責配置品保團隊駐守核電廠之外，核安處常態性支援核電廠的職掌如下：

- 實施維護規則，延壽等項目；
- 各核能電廠風險評估模式建立；
- 不預期或重要事件的安全評估與審查；
- 技術規範或 FSAR 修訂審查；以及
- 燃料填換運轉暫態或事故安全分析審查。

此外，核研所（如 6.3.9 節）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，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。近年來核研所主要研發領域包含：運轉中核能電廠技術支援、安全度評估進階應用、輻射源項評估、核能電廠地震風險再評估、低放射性廢棄物之高效率固化技術研究、核設施除役與放射性廢棄物管理、放射生物醫學、核能級工業技術檢證平台建立等。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。

19.6 重要安全相關事件陳報

19.6.1 事件陳報之法規要求

各運轉中之核能電廠若有異常或緊急事件發生，台電公司應依據「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 條以及「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」要求，向原能會通報。依據「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」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」技術導則，電廠經營者於發生各類異常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外來因素，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。
- (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) 因運轉技術規範之限制運轉條件規定，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。
- (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。
 - 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」第 13 條第 1 項所列狀況，亦即人員接受之劑量超過游離輻射防護安全標準(2005 年 12 月修訂)之規定。

(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。

(10) 核子保防作業辦法第 19 條及第 21 條所列狀況。

19.6.2 核能發電機組急停後再起動

如前一小節(第 19.6.1 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」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，機組再起動將受到原能會嚴謹的管控。只有在找到肇因或足夠滿意的安全評估報告完成後，機組才容許再起動。

核能機組因異常事件跳機(或急停)後欲再起動的導則，係依據「核子反應器設施停止運轉後再起動管制辦法」第四章(異常事件)第 17 至 19 條之管制規定，該命令於 2003 年發布實施，並分別於 2005 年 9 月與 2008 年 1 月修訂。

19.6.3 核能電廠異常事件和設備故障之評估

如果核電機組發生異常事件，必須依技術規範規定通報原能會事件發生過程：詳細狀態報告、改善以及預防再發生措施，必須在 30 天之內提交原能會。相關報告的詳細要求係依據「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」(2004 年公布)。原能會將審查經營者陳送之書面報告、評估電廠改善措施、派員到電廠視察(如有需要的話)，並追蹤電廠改善措施執行情形。

表 19.1 所列為三座運轉中核能電廠迄 2018 年底止，過去 10 年因發生異常事件向原能會提送書面異常事件報告之統計數字。

表 19.1 台電公司各核能電廠歷年異常事件報告統計數字(迄 2019 年底)

年度	年度異常事件報告數			
	核一廠	核二廠	核三廠	合計

年度	年度異常事件報告數			
	核一廠	核二廠	核三廠	合計
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
2015	3	1	3	7
2016	8	3	1	12
2017	1	0	3	4
2018	3	1	2	6
2019	0	1	2	3

19.7 管制規範違規處罰

19.7.1 核子設施違規

依據「核子設施違規事項處理作業要點」(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如下：

當核能發電設施違反管制要求時，管制單位(原能會)將視情節輕重提出糾正。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。「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，要求電廠提出具體改正措施方案並需經原能會同意。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，原能會得要求電廠提出改正計畫提供審查。表 19.2 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 19.2 核能電廠年度違規次數統計

年度	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

年度	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
2012	5	8	2	0	0	15
2013	7	4	0	0	0	11
2014	5	3	0	0	0	8
2015	2	4	0	0	0	6
2016	3	1	0	0	0	4
2017	2	0	0	0	0	2
2018	3	2	0	0	0	5
2019	1	1	0	0	0	2
* 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。						

近年來(2016 至 2019 年)輕度違反規定事件(四、五級違規)描述如下：

2016 年違規事件：

- 五級違規事件
 - 因核三廠流程輻射監測器之校正間隔改變，而未事先有適切性評估及未依程序書規定時限申請設備預防保養延期等情事，輻防處於 2016 年 6 月 17 日依據「核子設施違規事項處理作業要點」之附件「違規事項之類級區分」七、其他事項、(五)五級違規之第 1 項，「對安全或環境上有輕微影響之其他違規事項」，開立五級違規。
 - 因核三廠安全相關 125V 直流電力系統充電機偵測試驗程序缺失，核管處於 2017 年 1 月 26 日依據「核子設施違規事項處理作業要點」違規事項類級區分一、(五)、2「未依程序規定執行作業，而對安全或環境上有輕微影響」開立五級違規。
 - 因核二廠流程輻射監測器之警報發生而有漏通報本會情事，輻防處於 2016 年 6 月 04 日依據「核子設施違規事項處理作業要點」之附件「違規事項之類級區分」七、其他事項、(五) 五級違規之第 1 項「對安全或環境上有輕微影響之其他違規事項」，開立五級違規。

上述案件，台電公司已依規定完成所有改正措施，且經原能會同意後結案。

- 四級違規事件
 - 因核一廠未依程序書規定誤操作關鍵性組件，造成反應器急停之異常

事件。核管處於 2016 年 4 月 28 日依據「核子設施違規事項處理作業要點」違規事項類級區分一、(四)、2「未依程序規定執行作業，而對安全或環境上有不良影響」開立四級違規。

台電公司依規定完成所有改正措施，且經原能會同意後結案。

2017 年違規事件：

- 五級違規事件
 - 因核三廠 2 號機第 23 次大修期間爐心異物入侵通報作業缺失，核管處於 2017 年 7 月 19 日依據「核子設施違規事項處理作業要點」違規事項類級區分七、(五)、1「對安全或環境上有輕微影響之其他違規事項」開立五級違規。
 - 因核三廠 2 號機第 23 次大修掛卡作業操作缺失，導致發生特殊安全設施非預期自動引動之異常事件。核管處於 2017 年 7 月 19 日依據「核子設施違規事項處理作業要點」違規事項類級區分一、(五)、2「未依程序規定執行作業，而對安全或環境上有輕微影響」開立五級違規。

上述案件，台電公司已依規定完成所有改正措施，且經原能會同意後結案。

2018 年違規事件：

- 五級違規事件
 - 因核一廠之輻射監測儀校正作業缺失，輻防處於 2018 年 4 月 30 日依據「核子設施違規事項處理作業要點」違規事項類級區分七、(五)、1「對安全或環境上有輕微影響之其他違規事項」開立五級違規。
 - 因核二廠之輻射監測儀校正作業缺失，輻防處於 2018 年 4 月 24 日依據「核子設施違規事項處理作業要點」違規事項類級區分七、(五)、1「對安全或環境上有輕微影響之其他違規事項」開立五級違規。
 - 因核三廠 1 號機第 24 次大修掛卡作業操作缺失，導致發生 2 號機特殊安全設施非預期自動引動之異常事件。核管處於 2018 年 7 月 12 日依據「核子設施違規事項處理作業要點」違規事項類級區分一、(五)、2「未依程序規定執行作業，而對安全或環境上有輕微影響」開立五級違規。
- 四級違規事件
 - 因核三廠非放射性事業廢棄物掩埋場測得高於 80 貝克/公斤的人工放射性核種鈷-60 人工核種之情事，涉及核電廠廢棄物管理及掩埋作業疏失，對物料管理安全有不良之影響。輻防處於 2018 年 5 月 14 日依據「核子設施違規事項處理作業要點」違規事項類級區分七、(四)、4「對安全或環境上有不良影響之其他違規事項」開立四級違規。

- 因核二廠 2 號機執行蒸汽旁通與壓力調節系統調校測試作業，未確實落實核子反應器設施品質保證準則要求，造成反應器急停之異常事件。核管處於 2018 年 9 月 14 日依據「核子設施違規事項處理作業要點」違規事項類級區分一、(四)、2「未依程序規定執行作業，而對安全或環境上有不良影響」開立四級違規。

上述案件，台電公司已依規定完成所有改正措施，且經原能會同意後結案。

2019 年違規事件：

- 五級違規事件
 - 因核三廠未遵循程序書相關管制要求，於進行焊接作業時，造成 2 號機輔助廠房流程輻射偵檢器 GL-RT069 誤動作，核管處於 2019 年 7 月 3 日依據「核子設施違規事項處理作業要點」違規事項類級區分一、(五)、2「未依程序規定執行作業，而對安全或環境上有輕微影響」開立五級違規。
- 四級違規事件
 - 台電公司核管案 GA-0-10201「核一、二、三廠主控制室邊界完整性驗證與建立主控制室適居性方案」執行時程延宕，致遲未能進一步確認控制室適居性。原依「核子設施違規事項處理作業要點」屬五級違規，經原能會數次要求儘速執行，台電公司卻遲未能完成相關作業，故依作業要點第十條第(四)款：「是否曾獲得通知應注意此類缺失之防範」，將本案提升為四級違規。

上述案件，台電公司已依規定完成所有改正措施，且經原能會同意後結案。

19.7.2 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」(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。

運轉人員如有下列違規情形之一者，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」(2004年實施，2009年12月修訂)

第11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。

其他違規處罰資訊，請參閱第 9.2 節。

19.8 運轉經驗回饋

19.8.1 國際管制資訊研析與國際運轉經驗蒐集

在核研所協助下，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，尤其是在美國、日本及法國等國的資訊蒐集與研析，包括美國核能管制委員會發布之管制議題總結(Regulatory Issue Summaries)、通函(Generic Letters)、公報(bulletins)、和資訊通告(Information Notices)等。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、國際原子能總署、和經濟合作發展組織核能署保持聯繫，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。原能會亦要求台電公司持續蒐集美國核能管制委員會所揭露的管制資訊。

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、壓水式反應器業主組織、世界核能發電協會、(美國)核能發電運轉協會(但於 2017 年 12 月 31 日終止參與此國際計畫)以及美國核能管制委員會公報。台電公司藉由國外運轉經驗回饋可以學習課題包括：當前局勢的關鍵評議、蒐集相關信息並實施外部報告鑑定出的建議。根據這些經驗的回饋，原能會也會執行特別的監督、測試以及定期視察。

19.8.2 建立運轉維護經驗回饋制度

為及時分享國內核能電廠運轉經驗並汲取教訓，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)。

各運轉中核能電廠建置之標準運轉程序書中，以確保將電廠運轉經驗回饋給電

廠員工。此外，已採取措施確保這些信息可以持續被納入訓練計劃。例如，核三廠的標準操作程序（SOP 108）已經明確規定將運轉經驗反饋給電廠員工的程序。

19.8.3 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喪失有關的評估，係採用以安全度評估(PRA)研究與模式加以補充的定論式分析法。依據台電公司作業程序，PRA 數據庫每 3 年定期更新一次。在此更新過程中，運轉經驗回饋所得資訊將被有系統地分析，所得結果則做為持照者電廠加強措施和法規要求/指引改進的參考之一。例如，由於從核三廠 2001 年 3 月 18 日發生之電廠全黑事件(又稱為「318 事件」)所汲取教訓，核三廠特地設置了一部柴油引擎驅動之輔助飼水泵。

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 日發生之電廠全黑事件所汲取教訓，改進其緊急柴油發電機之停機大修程序書。更多資訊，請參閱第 6.4.2 節。

19.8.4 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，測試電廠在緊急事故的因應能力；並且讓相關人員有機會熟練需要的技能，在面對真實緊急事故時可以維持冷靜、迅速將事故引導至受控制狀態且降低損壞。另外，每三年於核能一、二、三廠擇一舉行 1 次國家型(或全面性)核安演習(NEE)。NEE 演習內容包括：輻射量測、劑量評估、民眾掩蔽、疏散與收容、碘片分派、除污以及緊急醫療協助。

以 2018 年核安第 24 號演習為例，其於核一廠及鄰近地區舉行，分兵棋推演及實兵演練二階段實施，由中央與地方政府、國軍及民眾協力完成，總參與人數計 7,897 人。本次演習規劃階段即邀請民間團體參與，並於演習評核組中增列民間團體觀察員，以及邀請民間團體及評核委員組成無預警狀況設計小組，以提升公信力及增加演練強度。另為促進核子事故應變整備國際交流，邀請國際外賓來訪觀摩演習，包含美國核能管制委員會、法國核能安全署及輻射防護暨核能安全研究所、日本原子力規制委員會，與歐盟、義大利等相關駐台機構等共 23 人。

兵棋推演部分，於 8 月 10 日辦理，為深化無預警狀況演練，於核子事故中央災害應變中心前進協調所，首次以現場發布議題狀況的方式進行推演，呈現真實氛圍；透過功能分組(輻災救援組、支援調度組、疏散撤離組、醫療衛生及收容安置組等四個分組)討論，強化跨單位協調合作與狀況處置，並擴大地方局處層級人員參與功能分組，即時掌握支援調度需求；另模擬召開記者會，對外說明災情搶救情形及事故現況，釐清外界疑慮。

實兵演練部分，為驗證核電廠緊急應變組織成員召回之時效性，先於 9 月 8 日(週六)非上班時間至核一廠執行無預警動員測試。藉由該項測試，惕勵應變人員之警覺性，核一廠各應變人員皆於指定時間內完成報到集結。

另於 9 月 14 日至 15 日(週六)執行廠內及廠外各項演練，包括：核一廠機組搶修，演練過程中臨時發布 4 項突發狀況，檢驗電廠人員應變能力；於核一廠鄰近 3 所國

中小同時執行預防性疏散至接待學校；首次於假日執行海灘關閉與旅客勸離示範演練；台北榮總及淡水馬偕醫院同時執行輻傷醫療救護；以無人機執行輻射偵測及災情勘查；首次於新北市全區以中英文內容發送核子事故演習之災防告警細胞廣播訊息(CBS)；另安排履帶機動橋搭建、陸域輻射偵測數據即時回傳、環境檢測作業及交通路障排除等抽演項目，由無預警狀況設計小組勾選決定，並適時發布演練時間、地點，以深化各單位狀況應變處置能力。

19.9 放射性廢棄物管理

我國「放射性物料管理法」於 2002 年 12 月 25 日公布實施，以取代過去數十年對放射性物料設施持照者的所有行政管制要求。此法對我國境內核子原料、核子燃料及放射性廢棄物之生產、處理、貯存及最終處置，以及其設施之興建、運轉、除役、封閉及監管等所有許可及強制行為訂定管制要求，主管機關為原能會，由其所屬之物管局負責執行。

19.9.1 低放射性廢棄物管理

19.9.1.1 低放射性廢棄物之處理與貯存

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體積、提升處理效能、確保貯存安全、和推動最終處置計畫。截至 2017 年 08 月底為止，全國 LLW 數量總計 100,277 桶(每桶 55 加侖)，(不含存放蘭嶼)。其中，超過 90%體積的 LLW 來自運轉中核能電廠。其餘則來自醫療院所、研究機構和產業界等非核能發電產生之 LLW。蘭嶼貯存場位於蘭嶼離島，1982 年啟用為 LLW 暫時貯存場，計有 23 座貯存壕溝，設計貯存量為 133,728 桶 LLW；貯存場迄 1996 年因當地居民反對停止收運 LLW。此後，各運轉中核能電廠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。

在採用核研所發展出來之高效率固化技術，並配合電廠員工之努力後，台電公司核一、二、三廠固化低放射性廢棄物的總年產量，從 1983 年最高峰的約 12,000 桶(每桶 55 加侖)，逐年降低至 2018 年的僅剩 189 桶，如圖 6.7 所示。

至於核能電廠以焚燒方式處理低階核廢料，皆依我國「放射性物料管理法」，對可燃性低放射性廢棄物使用焚化爐進行焚化減容(減少放射性廢棄物產生量及體積)，此為國際普遍採行措施；且處理過程產生廢氣均經高效率過濾器處理，可濾除 99.97%以上廢氣微粒粉塵，有效過濾放射性物質，並經輻射監測確認符合安全要求後，才會經煙囪排氣管路排放；核電廠均設置即時環境輻射監測、確保國家核能安全，監測結果均公開於原能會網站，而歷年環境輻射監測結果都在正常背景範圍，未影響廠外環境。

19.9.1.2 低放射性廢棄物之最終處置

2006 年 5 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)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。此條例規定原能會為其主管機關，經濟部為主辦機關，並由主辦機關經濟部指定台電公司為選址作業者。選址作業必須進行場址調查以及公眾溝通等

工作。

2008 年 8 月「選址小組」選出了三個「潛在場址」。稍後於 2009 年 3 月，「選址小組」建議以其中 2 處場址為「建議候選場址」作為舉辦公民投票參考；嗣因其中一處場址土地為自然保留區，不適合做為處置設施場址，將造成「建議候選場址」數目不足情況，選址小組遂決議將選址作業退回至「潛在場址篩選階段」。

2010 年 9 月，「選址小組」再次選出了 2 處「潛在場址」，稍後於 2012 年 7 月，經濟部公告該 2 處場址為「建議候選場址」。惟因選址作業不順遂，原能會督促經濟部及台電公司繼續加強與兩處地方政府及民眾溝通。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設施場址」。

19.9.2 用過核子燃料管理

對於用過核子燃料(以下簡稱 SNF)之管理，台電公司認為在最終處置場設置完成前，以採用廠內中期乾式貯存最為合適。在國內運轉中核能電廠，SNF 從反應器爐心取出後，將先放入每座電廠現有用過核子燃料池貯存。這些核能電廠用過核子燃料池(尤其是核一、二廠者)之原始設計貯存容量均太小，因此核一、二廠之用過核子燃料池格架曾各自重新排列過 2 次，核三廠之用過核子燃料池則曾重整過 1 次。然而，即使經過這些重整，核一、二廠之用過核子燃料池也即將貯滿。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、二廠增建廠內用過核子燃料乾式貯存設施乃是相當急迫的。核三廠之用過核子燃料池貯存容量足以因應其 40 年運轉壽命所產生之用過燃料數量。

國內現行 SNF 管理策略是採取三階段營運方式：

- (1) 短期(水池冷卻) — 將SNF貯存於用過核子燃料池；
- (2) 中期(乾式貯存) — 將SNF貯存於廠內乾式貯存設施內；及
- (3) 長期(最終處置) — 將SNF貯存於最終處置設施內。

此管理策略將配合相關國際情勢發展而做適當修正。

19.9.2.1 用過核子燃料之廠內乾式貯存

核研所為核一廠用過核子燃料乾式貯存設施採購帶安裝計畫的主承包商。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 乾式貯存護箱為直立式混凝土護箱(VCC)，如圖 19.5 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 束用過核子燃料組件，總計貯存約 1,680 束用過核子燃料組件。



圖 19.5 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造執照申請，原能會於 2008 年 12 月 3 日發給台電公司建造執照。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。

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。整體功能驗證測試 (或稱第一階段試運轉)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 日陳報整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」，拖延至今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-直立式混凝土護箱設備之製造，相關之吊運和其他輔助設備也裝設完成，並通過功能驗證測試。

基於室內貯存相較於室外有較佳民眾接受度並較易紓解安全疑慮，有助於推動用過核子燃料乾式貯存及後續核電廠除役作業。原能會物管局於 2016 年 9 月 13 日要求台電公司依照「室內貯存方式」，檢討修正核一廠除役計畫之用過核子燃料乾式貯存設施規劃內容。2016 年 11 月陳報經濟部，將現行三座核電廠原規劃的室外乾貯設施改為室內乾貯，期盼能及早獲得民眾支持乾貯建設，以如期達成「2025 非核家園」的政策目標。核一廠室內乾貯設施將依據除役計畫開展相關工作，俾順利將除役工作進展到拆除階段。

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 國際核能保證公司。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 19.6 所示。每個直立式混凝土護箱可容納 87 束用過核子燃料組件，最多建置 27 組 VCC 乾式貯存系統，總計可貯存 2,349 束用過核子燃料組件。

經濟部於 2009 年 8 月 10 日核准核二廠乾式貯存之「獨立用過核子燃料貯存設施(ISFSI)」計畫，台電公司隨後展開招標作業，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。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 19.6)。此護箱系統已獲得美國核能管制委員會核發之用過核子燃料乾式貯存執照。

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。原能會於 2015 年 8 月 7 日發給台電公司建築執照。農業委員會於 2015 年 12 月 14 日同意「水土保持計畫」，並於 2016 年 2 月 2 日核發相關建造許可。環保署於 2019 年 5 月 15 日同意了核二廠室內乾貯變更案之「環境影響差異分析報告」，並確認相關安全要求未有變異。然而，由於未獲新北市政府核發的逕流廢水減量許可證，該設施的建造期程迄今仍在暫停狀態。

19.9.2.2 用過核子燃料之最終處置

台電公司進行長期的研究計畫，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、核研所、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「我國核子反應器用過燃料處理研究計畫書」。1986 至 2005 年間，進行了四階段的高放射性廢棄物最終處置研發計畫，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 ~ 2005)等四個階段。

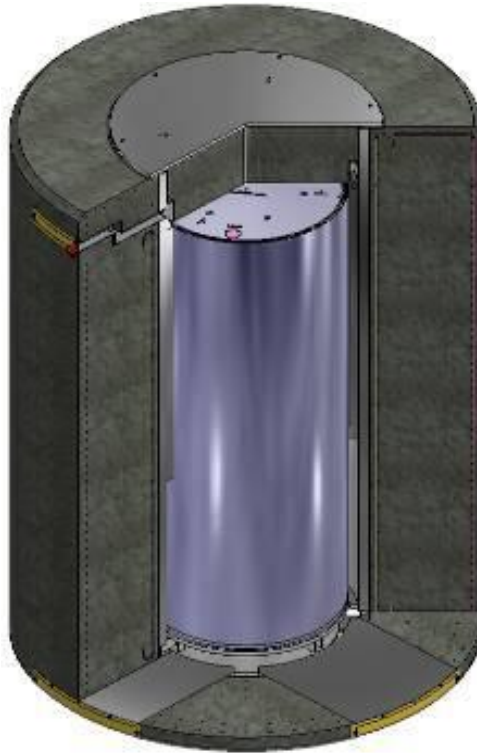


圖 19.6 核二廠乾式貯存護箱(MAGNASTOR)示意圖

2002 年 12 月 25 日「放射性物料管理法」公布實施。為符合「放射性物料管理法」規定，台電公司於 2004 年提報「用過核子燃料最終處置計畫書」(以下簡稱最終處置計畫)，並於 2006 年 7 月取得原能會核備。「最終處置計畫」全程工作規劃分成下列五個執行階段，規劃於 2055 年開始營運(如圖 19.7 所示)：

- 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)。

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、2014 年 9 月和 2018 年 8 月三次向原能會提出「最終處置計畫書」修正案，並分別於 2011 年 1 月、2015 年 3 月和 2020 年 1 月獲准核備，最終處置場係規劃於 2055 年開始營運。

最終處置計畫目前處於第 2 階段「候選場址評選與核定」階段。台電公司於 2017 年 12 月向原能會提報進度報告：「我國用過核子燃料最終處置技術可行性評估報告」(以下簡稱 SNFD2017 報告)，並於 2020 年 2 月奉原能會同意核備。此 SNFD2017 報告匯整過去 30 年國內對用過核子燃料最終處置研發成果。根據 SNFD2017 報告結論指出，台灣存在可供用過核子燃料最終處置用之潛在母岩，值得進一步調查研究。

依據「最終處置計畫書」規劃(圖 19.7)，第 2 階段「候選場址評選與核定

(2018~2028)」階段將於 2028 年結束，屆時台電公司將於 2028 年底提出優先詳細調查的場址。

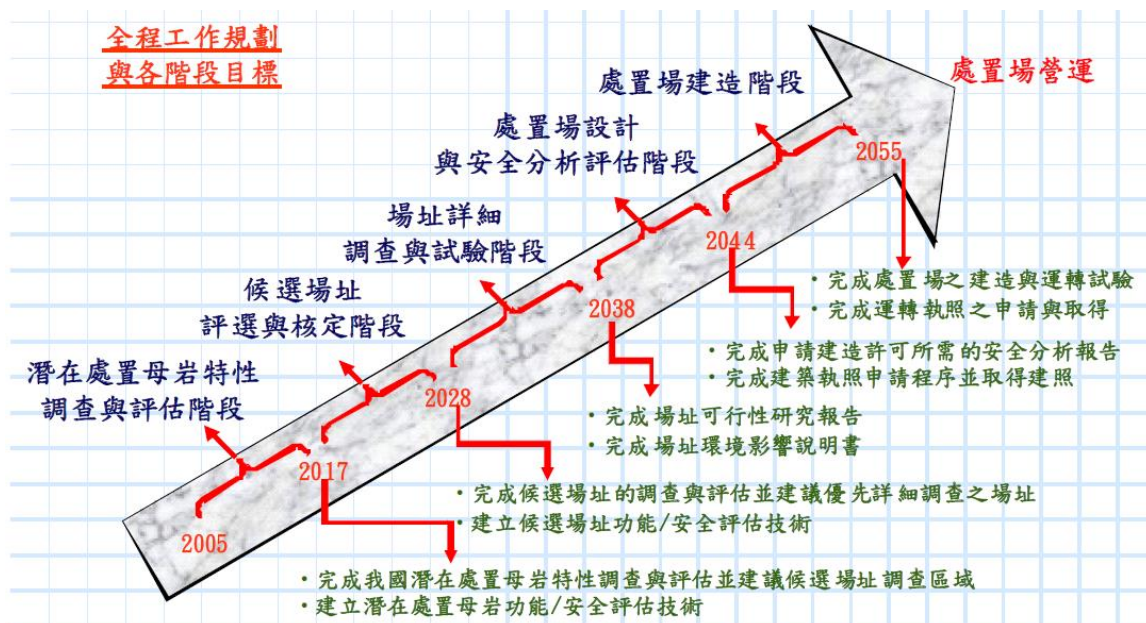


圖 19.7 用過核子燃料最終處置計畫全程規劃

若用過核子燃料最終處置計畫之進展受到阻礙導致時程延遲，台電公司備有「應變方案」。根據此「應變方案」，在處置計畫第 2 階段結束後，若台電公司仍然不能在 2028 年(含)之前提出用過核子燃料處置設施候選場址，台電公司將於 2029 年開始進行應變方案，設置集中式用過核子燃料貯存設施。預計 2038 年(含)之前，完成集中式貯存設施場址選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 19.8 所示)。

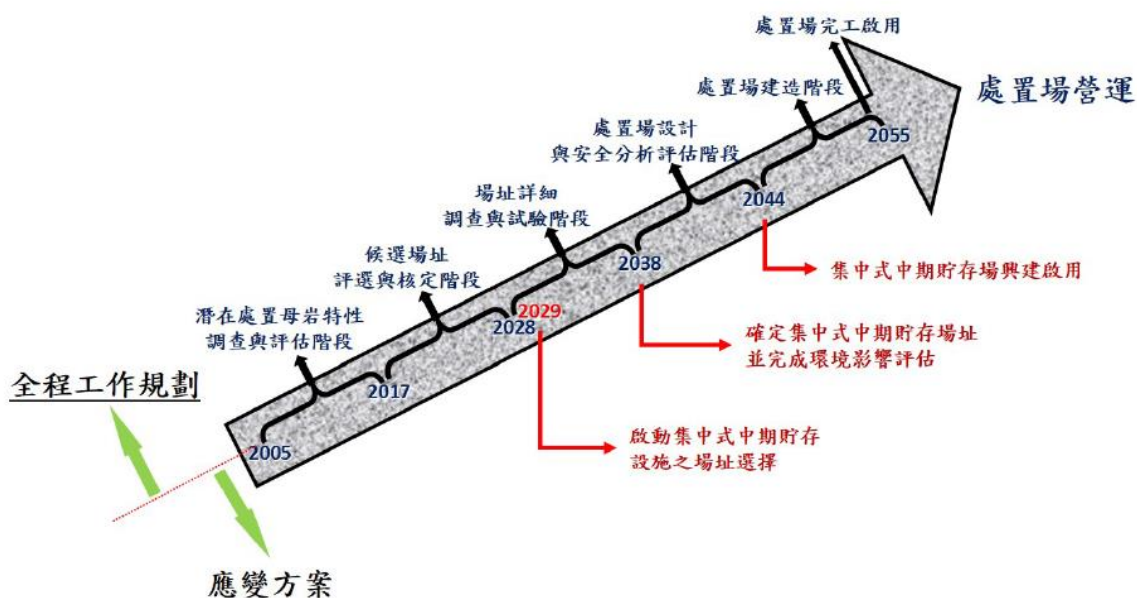


圖 19.8 用過核子燃料最終處置計畫替代應變方案

19.10 核能資訊透明化

類似美國核管會之反應器監管方案，原能會建立並實施了「簡要型反應器監管方案」（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，另方面可提供民眾易懂電廠運轉安全狀況指標的系統並揭露於其網站上。其次，原能會舉辦多次的廠址訪查與公眾會議徵求各方對核安議題的意見。同時，原能會也邀請地方政府參與核能電廠視察作業，加強核安資訊的透明與揭露；透過多面向的意見交換來加強核安管制工作。

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。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(獨立電力生產者或私有電力公司)、及福島事件後台電因應作為等。

更多有關核能資訊透明的細節，可以參閱本報告第 6.2.3.3、9.1.2、10.1.1 以及 10.3 節。

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
10 CFR	Title 10, Code of Federal Regulations 美國聯邦法規第 10 章
AC	alternating current 交流電
AEC	Atomic Energy Council 原子能委員會(簡稱原能會)
AFS	auxiliary feedwater system 輔助飼水系統
AFW	auxiliary feedwater 輔助飼水
AH	ampere-hour 安培-小時
AIT	American Institute in Taiwan 美國在台協會
ALARA	as low as reasonably achievable 合理抑低
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
AOV	air-operated valve 氣動閥，空氣操作閥
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
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
B/S	bistable 雙穩態
BSMI	Bureau of Standards, Metrology and Inspection 經濟部標準檢驗局

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 改正措施方案
CBS	cell broadcast system 細胞廣播系統
CCP	centrifugal charging pump (PWR) 離心充水泵
CFAM	corporate functional area manager 公司職能部門經理
CFR	Code of Federal Regulations (of US) 美國聯邦法規
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
CNC	Commission of National Corporations, MOEA (a supervisory organization of the TPC) 經濟部國營事業委員會
CNS	Convention on Nuclear Safety 核能安全公約
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
COOPRA	Cooperative PRA Research Program 安全度評估研究領域計畫
CP	Contracting Party 簽約會員，簽約會員國，簽約國
CPD	Cooperative Program on Decommissioning 除役合作計畫
CRIEPI	Central Research Institute of Electric Power Industry (日本)電力中央研究所
CS	Chinshan (NPP) 金山(核能電廠)
CSARP	Cooperative Severe Accident Research Program 嚴重事故合作研究計畫
CSCW	combined structure cooling water 聯合廠房冷卻水(系統)
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
CWS	circulating water system 循環水系統
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
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
DOE	Department of Energy, US 美國能源部
D/Q	deposition factor 沉積因子
EA	Exclusion Area 禁制區
E&C	E&C Engineering Corp. 益鼎工程股份有限公司
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 大範圍災害減緩指引
EHV substation	extra high voltage substation 超高壓變電站
EIA	environmental impact assessment 環境影響評估
EL. (EL.74ft)	elevation 標高 (標高 74 呎)
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
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 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
ERF	Emergency Response Facility 緊急應變設施
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)
EU	European Union 歐洲聯盟 (簡稱 歐盟)
EU-PRT	European Union Peer Review Team 歐盟同行審查小組
FCMA	Fuel Cycle and Materials Administration (原能會)放射性物料管理局 (簡稱物管局)
FCVS	filtered containment venting systems 圍阻體過濾排氣系統，圍阻體排氣過濾系統
FLEX	Diverse and Flexible Coping Strategies 多樣與彈性處理策略(NEI 12-06 報告)
FSAR	final safety analysis report 終期安全分析報告
FSG	FLEX Support Guidelines 「多樣與彈性處理策略」支援導則
FW	Feedwater 飼水
GDC	general design criteria 一般設計標準，一般設計規範
GE	General Electric Company 奇異電氣公司(簡稱奇異公司)
GEA	general emergency accident 全面緊急事故
GESIL	General Electric Service Information Letter 奇異公司服務資訊函
GOSP	governance, oversight, support, and perform 核能發電廠治理、監督、支援與執行
GTG	gas turbine generators 氣渦輪發電機
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
HIS	hydrogen ignition system 氫氣點火系統

HLRW (or HLW)	high level radioactive waste (or high level waste) 高階放射性廢棄物，高放射性廢棄物
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
HX	heat exchanger 熱交換器
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
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
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers 電機電子工程師學會
IN	information notice 資訊通告
INER	Institute of Nuclear Energy Research 核能研究所
INER-HPS	INER High Performance System 核研所高效率貯存系統
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
IPA	integrated plant assessment 整體安全評估
IPP	independent power producers 民營電廠
ISA (= PSR)	integrated safety assessment 整體安全評估
ISFSI	independent spent fuel storage installation 獨立用過核子燃料貯存設施，用過核子燃料乾式貯存設施
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
JCO	Justification for Continued Operation 繼續運轉評估
JLD	Japan Lessons-learned project Directorate 日本汲取教訓計畫董事會
KLOE	kilo-liter oil equivalent 公秉油當量
KPI	key performance indicator 主要績效指標

KS	Kuosheng (NPP) 核二廠
kV	kilo-volt 千伏，千伏特 (電壓)
kVA	kilo volt-ampere 千伏安(伏特-安培)， 10^3 伏安 (功率單位)
kW	kilo-watt 瓩 (功率單位)
kWh	kilowatt-hour 瓩小時
LAERI	Longtan Atomic Energy Research Institute 龍潭原子能研究所
LC	load center 負載中心
LCO	limiting conditions for operation 運轉限制條件
LERF	large early release frequency 早期輻射大量外釋頻率
LLW	low level waste (= LLRW) 低放射性廢棄物
LLRW	low level radioactive waste (= LLW) 低放射性廢棄物
LM	Lungmen (NPP) 核四廠
LOCA	loss of coolant accident 冷卻水流失事故
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
MAAP	Modular Accident Analysis Program 嚴重核子事故分析程式
MCC	motor control center 馬達控制中心
MCR	main control room 主控制室
MDG	mobile diesel generator 移動式柴油發電機
MIRU	Maintenance Integrated Risk Utilities 排程暨風險評估應用程式
MMCS	Maintenance Management Computerization System 維護管理電腦系統
MMI	man-machine interface 人機介面
MOEA	Ministry of Economic Affairs, Taiwan 經濟部
MOST	Ministry of Science and Technology 科技部
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
MRC	Management Review Committee 電廠管理審查會議
MS	Maanshan (NPP) 核三廠
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)
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)
NAC	Nuclear Assurance Corporation International, USA 國際核能保險公司
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)
NEE	nuclear emergency exercise 核安演習，緊急應變演習
NEI	Nuclear Energy Institute (美國)核能協會
NERD	nuclear emergency response drill 緊急應變演練
NESC	Nuclear Emergency Support Center 核子事故支援中心
NEST	Nuclear Energy Society, Taipei 台北核能團體聯席會議 (簡稱核能聯會)
NGO	non-governmental organization 非政府組織
NISA	Japanese Nuclear and Industrial Safety Agency 日本原子力安全保安院
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) 中央核子災害應變中心(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
NPT	Non-Proliferation Treaty 禁擴條約
NRA	Nuclear Regulation Authority 日本核能管制局，日本原子力管制委員會
NSC	Nuclear Safety Committee, TPC 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
NTHU	National Tsing Hua University 國立清華大學

NTTF	Near Term Task Force (美國核管會)近期專案小組
NUPIC	Nuclear Procurement Issues Committee 核能採購事務委員會
NUREG	Nuclear Regulatory Guides 美國核管會法規指引出版品
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
OIL	Operational Intervention Level 操作干預基準
OJT	on-the-job training or on-job training 在職訓練
OL	operating license 運轉執照
OLTP	original licensed thermal power 原始發照熱功率
OSC	Operation Support Center 作業支援中心
PAG	protective action guide 防護行動規範
PAR	passive autocatalytic recombiner 被動式自催化氫氣再結合器
PBNC	Pacific Basin Nuclear Conference 太平洋盆地核能會議
PC	power center 電力中心
PGA	peak ground acceleration 最大地動加速度，最大地面加速度
PGM	plant general manager 廠長
PI	performance indicator 績效指標
PMP	probable maximum precipitation 最大可能降雨量
PNC	Pacific Nuclear Council 太平洋核能理事會
PORV	power operated relief valve 動力釋壓閥
PRA	probabilistic risk assessment 安全度評估
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)
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)
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 機率式地震危害分析
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
QC	quality control 品質管控
RAMP	Radiation protection code analysis and Maintenance Program 輻射防護程式分析與維護計畫
RCIC	reactor core isolation cooling system 反應器爐心隔離冷卻(水)系統 (BWR)
RCP	reactor coolant pump 反應器冷卻水泵
RCS	reactor coolant system 反應器冷卻劑系統
RER	reportable event reports 異常事件報告
RG	Regulatory Guide (美國核管會)法規指引
RHR	residual heat removal 餘熱移除
RIS 2002-03	USNRC Regulatory Issue Summary 2002-03 USNRC 管制議題摘要
RL	Radiation Laboratory, TPC (台灣電力股份有限公司放射試驗室)
RLE	review level earthquake 評估基準地震，審查級地震
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
ROC	Republic of China 中華民國
ROP	reactor oversight process 反應器監管方案，(原能會)核安管制紅綠燈
RPS	reactor protection system 反應器保護系統
RPV	reactor pressure vessel 反應器壓力槽
RSAR	reload safety analysis report for the BWR 換裝核子燃料安全分析報告
RSER	reload safety evaluation report for the PWR 換裝核子燃料安全評估報告
RW	radioactive waste (or radwaste) 放射性廢料

SAEA	site area emergency accident 廠區緊急事故
SAG	severe accident guidelines 嚴重事故(處理)指引
SAMG	severe accident management guideline 嚴重事故處理指引
SAR	safety analysis report 安全分析報告
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	Safety culture 安全文化
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。
SDVM	steam dryer vibration monitoring 蒸汽乾燥器震動監測
SER	safety evaluation report 安全評估報告
SF	safety fundamentals 核能裝置安全之基礎
SFAM	site functional area manager 領域經理
SFP	spent fuel pool 用過核子燃料池，用過燃料貯存池
SFPACS	SFP additional cooling system 用過核子燃料池額外冷卻系統，用過核子燃料池外加冷卻系統
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
SNFD	spent nuclear fuel disposal 用過核子燃料最終處置
SNFD2017	Spent Nuclear Fuel Disposal report in 2017 of TPC
SOC	Station Ownership Committee 電廠部門主管審查委員會
SOER	significant operating experience reports (WANO) 重大運轉經驗報告
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)
SPDS	safety parameter display system 安全參數顯示系統
SPRA	seismic PRA 耐震安全度評估
SPU	stretch power uprates 中幅度功率提昇

SRM	(USNRC) Staff Requirements Memorandum 幕僚要求備忘錄
SRO	senior reactor operator 反應器高級運轉員
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 地震危害分析資深委員會
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
STS	standard technical specification 標準型運轉技術規範
SÚJB	State Office for Nuclear Safety of the Czech Republic (捷克)核能安全國家辦公室
SV	safety valve 安全閥
TAF	Taiwan Accreditation Foundation 財團法人全國認證基金會
TECRO	Taipei Economic and Cultural Representative Office in the U.S. 駐美國台北經濟文化代表處
TG	turbine generator 汽輪發電機，渦輪發電機，汽機
TIT	Taipower Institute of Training 台電訓練所
TLAA	time-limited aging analysis 時限老化分析
TLD	thermo-luminescent dosimeter 熱發光劑量計
TMI	Three Mile Island NPP 三哩島核能電廠
TPC	Taiwan Power Company 台灣電力股份有限公司
TIRM	TPC Integrated Risk Monitor 核能電廠整體風險評估與管理系統
TS	technical specification 運轉技術規範
TSC	Technical Support Center 技術支援中心
TSM	technical support missions 技術支援任務
UAT	unit auxiliary transformer 機組輔助變壓器
UFSAR	updated final safety analysis report 更新版終期安全分析報告
UHS	ultimate heat sink 終極熱沉
UPS	uninterruptible power supply(system) 不斷電系統
URG	ultimate response guidelines (機組斷然處置程序指引)

US7	Unplanned Total Scrams per 7,000 hours critical 臨界 7000 小時非計劃性反應爐急停
USNRC	U.S. Nuclear Regulatory Commission 美國核能管制委員會(簡稱美國核管會)
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
<u>W</u>	Westinghouse Electric Corporation 美國西屋電氣公司 (簡稱西屋公司)
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
WMS	weak-motion seismometer 弱震儀
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
WOG	Westinghouse Owners' Group 西屋公司業主組織
χ/Q	atmospheric dispersion factor 大氣擴散因子

附件 B 誌謝

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)	原能會核能管制處
國聖核能電廠(核二廠)	原能會核能技術處
馬鞍山核能電廠(核三廠)	原能會綜合計畫處
龍門核能電廠(核四廠)	原能會輻射防護處
台電核能後端營運處	原能會放射性物料管理局
台電核能發電處	原能會輻射偵測中心
台電核能技術處	核研所核安管制技術支援中心
台電核能安全處	
台電緊執會	
台電核子事故緊急應變單位	
台電總公司	

本報告主要參與者：廖俐毅(主編)、林家德(主編)、馬紹仕(編撰)、楊雍穆(編撰)、
郭文生(編撰)、王惠基(編撰)、
陳勝裕(計畫協調)、及
原能會各局處人員。

沒有孫筱玲小姐封面設計之協助，本報告將難以順利完成。

(此頁空白)

附錄一 福島核子事故後我國新增管制要求

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適用法律與規範原則下，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。

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。

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要求，要求台電公司加強核能安全：

A. 2012 年 11 月 5 日發布之管制要求

根據台灣核能電廠執行壓力測試結果和參考其他國家管制機關採行措施，原能會於 2012 年 11 月 5 日對台電公司發布下列管制要求，台電公司得提出替代方案送原能會核可：

原能會核能管制處發布之管制要求：

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部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。

原能會核能技術處發布之管制要求：

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發布之管制要求：

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，以強化四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：要求台電公司增加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 日發布之法規要求

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，原能會於 2013 年 6 月 6 日發布了下列管制要求：

原能會核能管制處發布之管制要求：

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 日發布之管制要求

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，原能會於 2014 年 3 月 6 日發布了下列管制要求：

原能會核能管制處發布之管制要求：

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。

福島核子事故後我國新增管制要求之執行現況，請參考表14.3。

-
- * XX 代表「管制要求適用於台電所有四座核能電廠」；
CS, KS, MS, or LM 代表「管制要求分別僅適用於核一、核二、核三或核四廠」；
HQ 代表「管制要求適用於台電總公司」；
RL 代表「管制要求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。

(此頁空白)

