



台灣電力公司

核一廠

用過核子燃料乾式貯存設施

運轉執照申請案

意外事件應變計畫

中華民國 114 年 4 月

目錄

1. 前言	1
1.1 概述.....	1
1.2 貯存系統與設施描述	2
2. 目的與範圍.....	3
2.1 目的.....	3
2.2 範圍.....	3
3. 意外事件應變組織與權責	8
4. 意外事件種類.....	10
4.1 安裝/吊運階段	14
4.1.1 吊卸裝填作業.....	14
4.1.2 運搬作業.....	15
4.2 貯存階段	17
5. 意外事件應變裝備及功能	19
5.1 儀器裝備	19
5.2 除污裝備	20
5.3 現場清運裝備	20
6. 意外事件時之處理作業及緊急通報作業	22
6.1 處理通則	22
6.2 人員受傷	22
6.3 反應器廠房內因輔助機具故障維修，意外造成因燃料池池水導致輻 射污染之處理程序.....	22
6.4 混凝土護箱出氣口處之電子式溫度感應器故障處理程序	22
6.5 混凝土護箱墜落或傾倒處理程序（多軸油壓板車輪胎漏氣傾覆、懸	

浮氣墊破損、千斤頂故障、運送道路塌陷、地震)	23
6.6 混凝土護箱進氣口一半堵塞或進/出氣口完全堵塞之處理程序	24
6.7 火災之處理程序	24
6.8 地震之處理程序	25
6.9 混凝土護箱本體或外加屏蔽受損之修補程序	26
6.10 用過核子燃料再取出程序	26
6.11 緊急通報程序	27
6.12 土石流之處理程序	27
6.13 火山灰覆蓋處理程序	29
6.14 多軸油壓板車故障無法正常啟動處理程序	30
7. 意外事件應變功能之維持	32
8. 意外事件應變計畫相關資料	33
附錄 1 核能一廠用過核子燃料乾式貯存設施建照執照	34
附錄 2 核一乾貯安全分析報告第六章第六節所列之「異常狀況、意外事故及天然災害事件」與本意外事件應變計畫意外事件種類對照表及各類事件分級	36
附錄 3 國際乾貯設施運轉異常事件經驗回饋	45
附錄 3.1 Point Beach 電廠乾式貯存氫氣燃燒事件	46
附錄 3.2 Susquehanna 電廠誤填氫氣事件	47
附錄 3.3 Palisades 電廠之裝填完成護箱懸掛空中 43 小時事件	47
附錄 3.4 Palisades 乾貯設施護箱鐸道瑕疵	48
附錄 3.5 Columbia 電廠之用過核子燃料裝填護箱造成氫氣燃燒事件	49
附錄 3.6 Vermont Yankee 電廠之傳送護箱下降未如預期停止事件	50
附錄 3.7 Farley 電廠裝填完成之密封鋼筒溫度上升事件	50

附錄 3.8	Grand Gulf 電廠置入護箱燃料束挑選錯誤事件.....	51
附錄 3.9	San Onofre 電廠之鋼筒內部壓力升高造成真空乾燥系統釋壓 閥作動開啟事件.....	52
附錄 3.10	Byron 電廠之護箱與密封鋼筒間冷卻系統不預期停止運轉 事件.....	53
附錄 3.11	North Anna 電廠之護箱受地震作用造成橫移	53
附錄 3.12	美國 UMS 及 MPC 貯存系統空重之標示內容不符法規規定	54
附錄 3.13	Perry 燃料廠房起重機未執行維護保養	55
附錄 3.14	Monticello 電廠之鋼筒屏蔽上蓋鉸道液滲檢測程序異常事 件.....	56
附錄 3.15	San Onofre 電廠密封鋼筒吊卸卡住事件.....	57

附圖目錄

圖 3-1 核一廠乾式貯存設施意外事件處理之組織架構.....	9
圖 4-1 作業流程圖.....	11
圖 4-2 安裝/吊運階段主要工作項目示意圖.....	12
圖 4-3 貯存場示意圖.....	13

附表目錄

表 2-1 「國際核子與輻射事件等級分類」之判定標準	7
表 5-1 各階段應變裝備設置存放位置	21

1. 前言

1.1 概述

台灣電力公司(以下簡稱本公司)為申請於第一核能發電廠(以下簡稱核一廠)設置用過核子燃料乾式貯存設施(以下簡稱本案),特依據總統於 91 年 12 月公布施行之「放射性物料管理法」第十七條及「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」第三條、第四條之規定,提出台電公司核一廠用過核子燃料乾式貯存設施設置安全分析報告,並於 97 年 12 月 3 日取得核能安全委員會(由行政院原子能委員會 112 年 9 月 27 日改制,以下簡稱核安會)核發之建造執照,如附錄 1。

依 108 年 11 月修正發布之「放射性物料管理法施行細則」第二十六條之規定放射性廢棄物處理、貯存設施於試運轉完成後,於申請運轉執照時應提送意外事件應變計畫供主管機關審查。本公司為符合「安全分析報告審查總結會議決議之重要管制事項第 23 項」—『意外事故應變計畫應於試運轉申請時審查』之要求,於申請試運轉許可時,提出本公司核一廠用過核子燃料乾式貯存設施意外事件應變計畫(以下簡稱本計畫書)。

本計畫書業於 101 年 10 月 15 日獲核安會審查同意,並於 113 年 12 月 18 日完成二組護箱熱測試。

本計畫本公司雖於試運轉申請階段即依核安會要求提報審查並獲核安會同意,惟核安會考量因熱測試作業延宕許久,因此要求本公司依據熱測試作業之執行經驗回饋、歷年來組織架構異動,更新本案計畫書並新增國際乾貯設施運轉異常事件經驗回饋。

本計畫書係參考 93 年 10 月 20 日發布之「低放射性廢棄物最終處置設施安全分析報告導則」第十章第二節意外事件應變計畫內容之格式要求，並依據本案之特性所撰寫。另依據物管組於 113 年 9 月 23 日核電廠乾式貯存設施管制討論會議記錄之意外事件應變計畫章節架構撰擬，並增補附錄 3 國際乾貯設施運轉異常事件經驗回饋說明。

1.2 貯存系統與設施描述

核一廠使用之高功能用過核子燃料乾式貯存系統(INER High Performance System, INER-HPS)，係由本公司承包商國家原子能科技研究院(以下簡稱國原院)技轉自美國 NAC 國際公司(以下簡稱 NAC)，並經考量核一廠特定需求所發展出來。INER-HPS 系統主要的組件有密封鋼筒(Transportable Storage Canister, TSC)、混凝土護箱(Vertical Concrete Cask, VCC)及傳送護箱(Transfer Cask, TFR)。密封鋼筒之設計係用以貯存用過核子燃料，並提供密封之環境，防止放射性物質或燃料顆粒外釋。在長期的貯存期間，密封鋼筒放置在混凝土護箱中，混凝土護箱可提供輻射屏蔽和自然對流冷卻之環境，亦可為密封鋼筒提供與外界環境實體隔絕之保護。傳送護箱主要用來傳送密封鋼筒至混凝土護箱中，並作為封銲上蓋時之臨時屏蔽。貯存場之設計為最多可貯存 30 組護箱，1,680 束用過核子燃料。

2. 目的與範圍

本計畫書主要分安裝/吊運與貯存等二階段，分別討論作業中可能發生之假想、異常或意外災害事件，另本設施之運轉與電廠發電無直接關聯，發生任何假想意外事件時，經評估不致影響電廠其它設施。

2.1 目的

本計畫書之主要目的，在於訂定「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施」於進行安裝/吊運作業及貯存過程中可能發生之假想、異常或意外災害事件，並擬定所應採取之應變處理措施，使本案所有相關人員能及時進行緊急處理、組織人員，以及使用防護與消防設備，以防止事故擴大，合理抑低人員可能接受之輻射劑量；以期事故一旦發生時，能有組織、有系統地迅速處置，使意外事件對人員、設備之損失與廠內環境影響降至最低。

2.2 範圍

本設施經安全分析結果，於各類天然災害及假想意外事故中，不可能發生放射性核種外洩事件，即密封鋼筒之密封性不會受到破壞。且於本案最嚴重之假想意外事件－混凝土護箱傾倒時(經安全評估此事件不會發生，但仍保守列為假想事故)，此假想事件經保守評估對 100 公尺外之廠界民眾可能造成的最高劑量為 0.45 mSv，符合若發生意外事故，廠界上的個人全身輻射劑量，不可超過 50 mSv 之設計基準規定要求。另於最嚴重假想意外事故時仍屬廠內事件，未涉及廠外緊急應變組織之動員。

上述假設符合美國核能研究院(Nuclear Energy Institute, NEI)於2008年2月份發行之最新版NEI 99-01^(註)(Revision 5)報告附錄E之所述—「由於相關法規對乾式貯存設施之嚴格要求，故此設施在面對假想意外事故下仍可保有相當之安全餘裕。因此針對乾貯設施在假想最嚴重意外情況下對廠外民眾健康與安全不致造成明顯的威脅，故針對乾貯設施於最嚴重假想意外事故下，應無需涵蓋廠外緊急應變計畫。」。

綜上，本案於發生最嚴重假想意外事故時仍屬廠內事件，未涉及廠外緊急應變組織之動員；惟若萬一發生之意外事故超出前揭最嚴重假想意外事故，而有涉及影響廠外之虞者，則將依循本公司核能一廠「緊急事故處理計畫」妥適應變處理。

所以，本計畫書適用範圍為安裝/吊運與貯存等階段之一切作業行為及設施所造成之工安、輻安與火災、地震等意外事件，包括所有重要設備與組件在貯存及操作時所發生之廠內應變處理措施。且本計畫書中之意外事件與處理程序已涵蓋安全分析報告中所有需執行矯正行動之事件；若事件安全評估之結果，對設施安全無虞，且無需執行矯正措施之事件，不在本計畫書應變範圍內。本計畫書意外事件種類與核一乾貯安全分析報告第六章第六節所列之「異常狀況、意外事故及天然災害事件」之對照詳述於附錄2，由附錄2之對照表中可看出安全分析報告所述之事件中有9項未列入本計畫書中，其主要理由說明如下：

註：NEI 99-01“Methodology for Development of Emergency Action Levels”係由美國核能研究院彙整核能電廠業主及美國核管會(NRC)意見，針對美國核管會依 Regulatory Guide 1.101“Emergency Planning and Preparedness for Nuclear Power Reactors”規定，訂定核電廠緊急應變事故分類、組織動員、應變規劃等執行規範，並獲美國核管會核備(endorsed)在案。

1. 經安全分析結果顯示設施無安全之虞，且無需執行矯正措施之事件，不屬於本計畫書之應變項目，如貯存時周圍溫度異常(-40 °C及 41 °C)、最大預期熱負載(周圍溫度 56 °C)、意外壓力、燃料底部撞擊及貯存場附近電塔倒塌等。
2. 事件之分析結果可被其他事件情節所涵蓋，且結果顯示無安全之虞，且無需執行矯正措施之事件，亦不屬於本計畫書之應變項目，如颱風過後之焚風造成異常高溫，其結果可被異常周圍溫度，最大預期熱負載及進氣口半堵塞等狀況之分析結果所涵蓋，而前述三項分析結果顯示各組件最高溫度皆在容許範圍內，設施無安全之虞，且無需執行矯正措施。
3. 現實狀況(幾乎)不可能發生之事件，如火災造成中子屏蔽喪失(混凝土護箱之中子屏蔽為不可燃，而傳送護箱之中子屏蔽 NS-4，則灌製在密封的鋼板內，亦不會與火源接觸，故無火災造成中子屏蔽喪失之顧慮)、廠房吊運之墜落狀況(廠房吊車具單一失效功能)、及飛機撞擊(依 NUREG-0800 之要求若乾式貯存場受飛機撞擊機率小於 1×10^{-7} /年，不須進行撞擊後果評估，且不需執行矯正行動)等，亦不屬於本計畫書之應變項目。

此外，亦依據國際原子能總署(IAEA)及經濟合作與開發組織(OECD)於 2008 年，共同發表之國際核子與輻射事件等級分級使用手冊(The International Nuclear and Radiological Event Scale (INES) User's Manual)之定義，評估本計畫書各類事件之分級(詳如附錄 2)。

依 INES 判定標準(如表 2-1)，本案於最嚴重之假想意外事件--混凝土護箱傾倒時，其對民眾與環境所造成之影響，雖遠低於 IAEA 所定義之 1 級事件，即(a)造成民眾有效劑量超過法規年劑量限值；

或(b)工作人員超過劑量約束值；或(c)民眾或工作人員累積曝露有效劑量超過法規年劑量限值。但由於混凝土護箱傾倒時，底部 1 公尺處之最大劑量率為 188 mSv/h，達到 IAEA 對「設施輻射障蔽與控制」所定義 2 級事件『距射源 1 公尺處之工作人員操作區輻射曝露率超過 50mSv/h』之標準，故列為 0-2 級事件。

表 2-1 「國際核子與輻射事件等級分類*」之判定標準

等級分類	民眾與環境影響	設施內輻射障蔽與控制	防禦深度
重大事故 7 級	-大量放射性物質外釋與擴散，對民眾健康與環境影響重大，必須執行民眾防護行動。		
嚴重事故 6 級	-放射性物質有嚴重外釋之虞，有可能必須採取民眾防護行動。		
廣泛影響 事故 5 級	-有限量的放射性物質外釋，有可能必須採取民眾防護行動。 -造成數人死亡。	-反應器爐心受損嚴重。 -釋放大量放射性物質在設施內，可能使民眾受到嚴重輻射曝露。多數為臨界或火災事故。	
局部影響 事故 4 級	-較少量的放射性物質外釋，採取全面民眾防護行動可能性低，最多僅執行局部地區食品管制。 -至少造成一人死亡。	-燃料熔毀或損壞致爐心內 0.1%放射性物質外釋。 -有相當量的放射性物質在設施內，民眾受到嚴重輻射曝露的機率高。	
嚴重意外 事件 3 級	-工作人員接受輻射曝露超過 10 倍年劑量限值。 -造成人員非致死確定健康效應(如燒傷)。	-工作人員操作區的輻射曝露率超過 1Sv/hr。 -地區嚴重污染，但民眾受到嚴重輻射曝露的機率低。	-核能電廠發生接近事故但與運轉安全無關之事件。 -高活度密封射源遺失或失竊。 -現場處置高活度密封射源未按適當的程序。
意外事件 2 級	-民眾受到輻射曝露劑量超過 10 毫西弗(mSv)。 -工作人員接受輻射曝露超過年劑量限值。	-工作人員操作區的輻射曝露率超過 50mSv/hr。 -設施內發生重大污染事件。	-違反安全規定但未造成嚴重後果。 -發現高活度無主密封射源、設備或違反安全規定之運送包件。 -高活度密封射源未按規定包裝。
異常事件 1 級			-民眾受到輻射曝露劑量超過年劑量限值。 -安全組件失效但仍維持防禦深度。 -低活度放射性射源、裝備、或包件遺失或失竊。
0 級為對安全無影響之事件			

*： International Atomic Energy Agency, “The International Nuclear and Radiological Event Scale (INES) User’s Manual” (2008)

3. 意外事件應變組織與權責

核一廠負責意外事件之指揮、聯絡及處理，廠內各組分工如下。

1. 廠長或副廠長：負責意外事件應變之指揮。
2. 核技組：負責意外事件之聯絡、陳報及處理。
3. 廢料處理組：負責混凝土護箱進氣口堵塞物清理、護箱表面除污作業、場址積水清理作業。
4. 工安組：負責火災及醫療救護之安排與工安相關陳報。
5. 保健物理組：負責輻射防護作業管制與輻安事件陳報。
6. 機械組：負責混凝土護箱傾倒或墜落事件發生後之復原相關吊卸作業。
7. 修配組：負責用過核燃料再取出程序的銲道移除等相關作業。
8. 除役工程管理組：負責土石流事故處理、混凝土護箱受損的修補作業、貯存場設施修護作業。
9. 儀控組：負責監測儀器故障修護。
10. 電氣組：負責電力中斷的復原作業。
11. 運轉組：若發生需執行用過核燃料再取出作業之情境，執行燃料吊運作業。

意外事件應變組織如圖 3-1 所示。

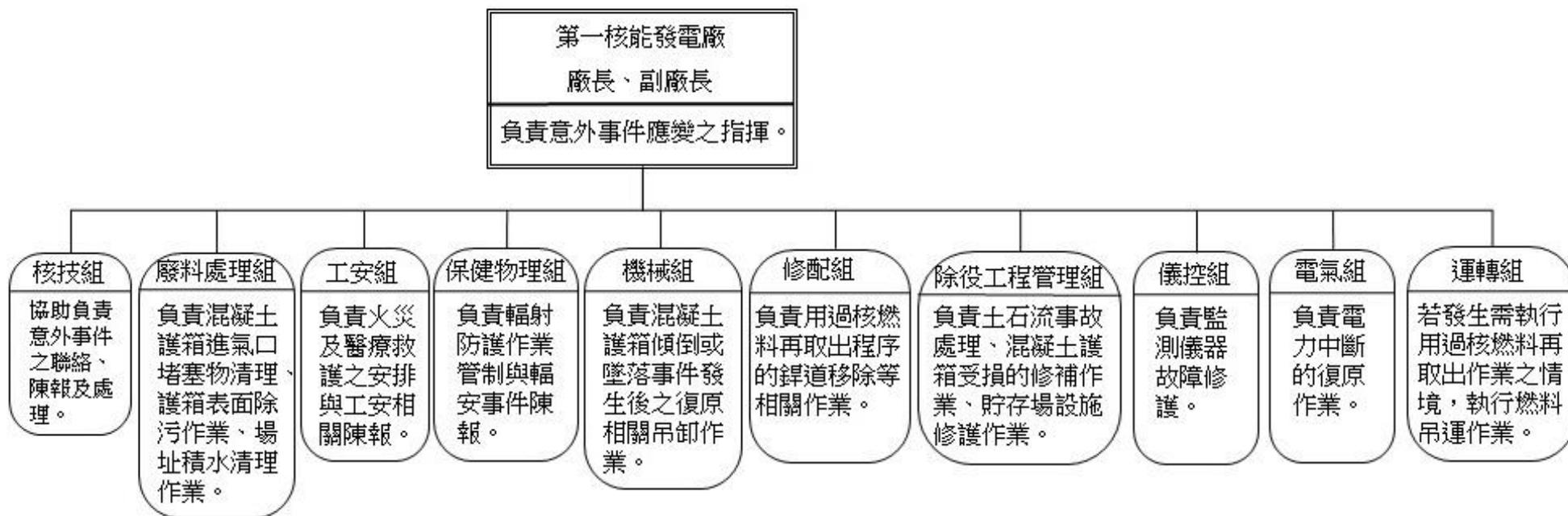


圖 3-1 核一廠乾式貯存設施意外事件處理之組織架構

4. 意外事件種類

安裝/吊運及貯存之全程作業流程如圖 4-1 所示，圖 4-2 為安裝/吊運階段主要工作項目示意圖，圖 4-3 則為貯存場建造完成並貯存混凝土護箱之示意圖。本案經安全評估結果，並未發現重大潛在之安全問題，且發生事故機率很低；然而為提升設施運轉與人員安全，儘管發生機率低，也必須防患於未然，故本節將依本案之作業特性，分安裝/吊運與貯存等二階段，考量可能發生事件之種類，並涵蓋所有可能發生之異常、意外或假想事件。

安裝/吊運階段

貯存階段

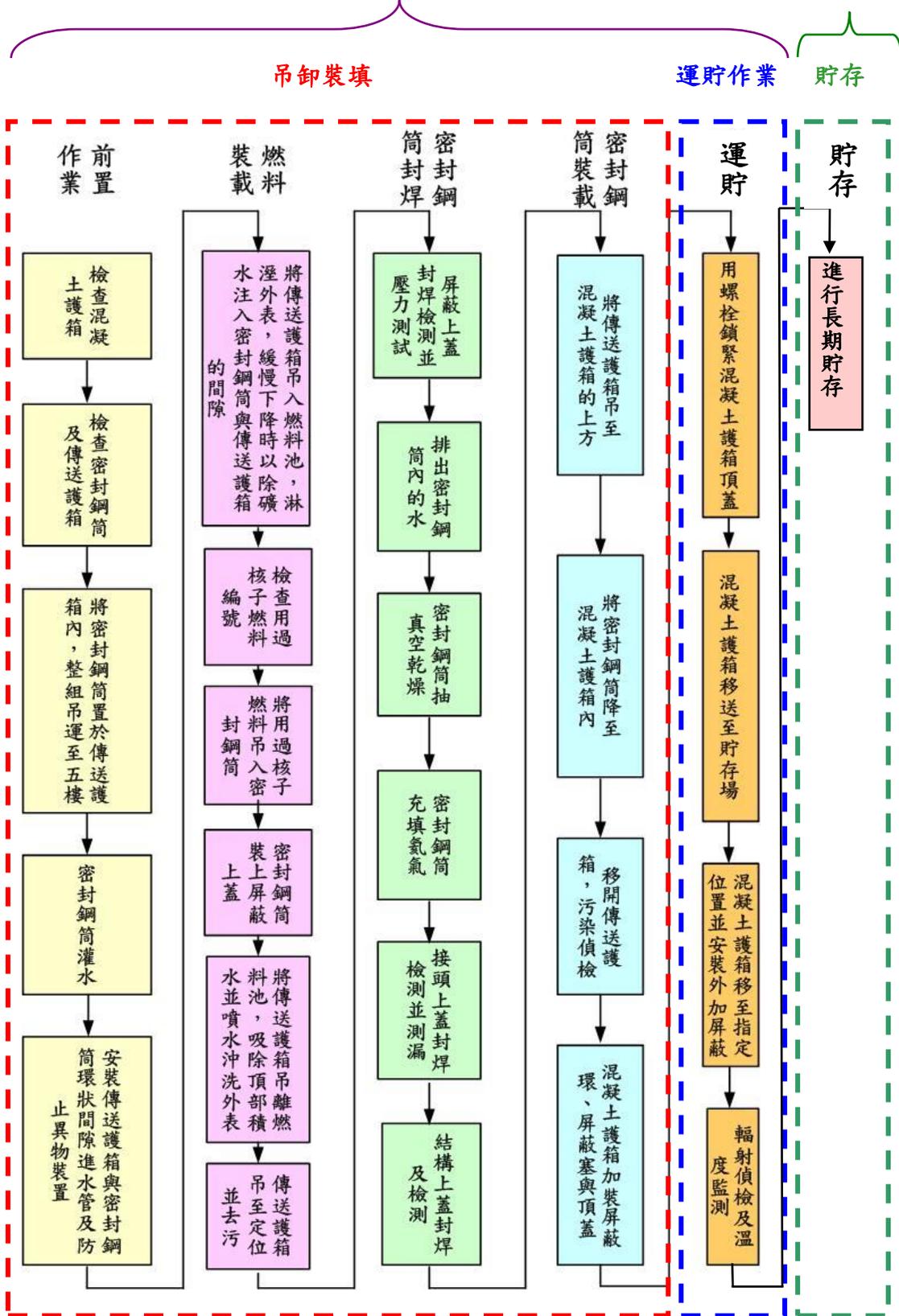


圖 4-1 作業流程圖

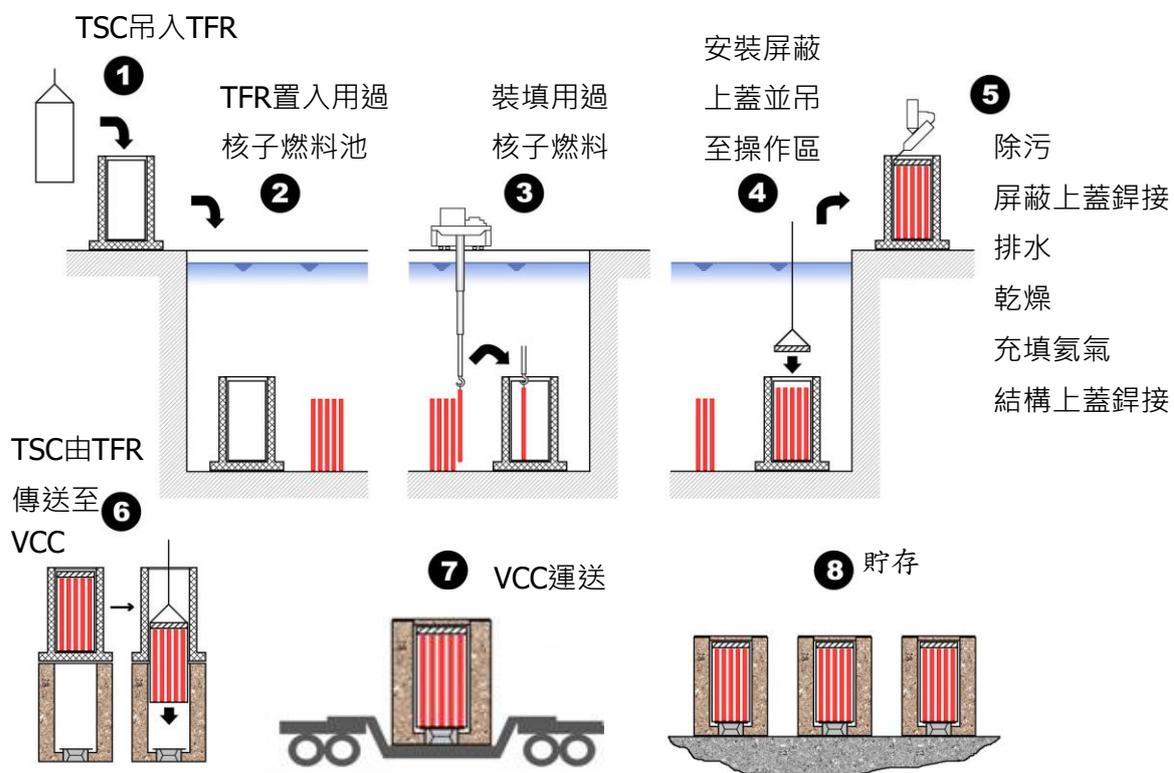


圖 4-2 安裝/吊運階段主要工作項目示意圖



圖 4-3 貯存場示意圖

4.1 安裝/吊運階段

本階段主要作業內容為執行主要設備檢視工作，將空的密封鋼筒吊入傳送護箱內，於安裝環狀間隙進水管及防異物入侵裝置後，將傳送護箱併同密封鋼筒置入用過核子燃料池中，再將用過核子燃料自燃料池貯存格架吊入密封鋼筒內。待完成 56 束用過核子燃料裝填後，再將傳送護箱併同密封鋼筒吊至 5 樓操作區，依序執行除污、屏蔽上蓋銲接、排水、乾燥、充填氬氣，及結構上蓋銲接等工作。完成銲接密封之密封鋼筒由傳送護箱傳送至混凝土護箱內，使用多軸油壓板車，將混凝土護箱從反應器廠房一樓運送至貯存場定位，最後再加裝外加屏蔽。此階段之作業特性歸納為吊卸裝填與運搬(反應器廠房內之作業特性屬吊卸裝填作業；廠房外之運送作業特性屬運搬作業)，可能發生之假想、異常與意外事件分述如下：

4.1.1 吊卸裝填作業

吊卸裝填作業係指自開始執行主要設備檢視工作至完成密封鋼筒置入至混凝土護箱，運送至貯存場前之作業。此部分屬反應器廠房內之作業，主要作業特性為重物吊卸與燃料裝填相關作業，於作業過程中可能發生之意外事件，經評估主要為輔助機具故障或人為操作錯誤，如(1)吊車操作錯誤或索具故障；(2)銲接系統故障；(3)真空乾燥系統(VDS)故障；(4)傳送護箱屏蔽門開啟/關閉之失誤；(5)環狀間隙填充水系統故障；(6) 2F 防震裝置油壓失效故障；(7)電力供應系統故障等。

若上述設備發生故障之原因為一般機械或電氣故障時，則參照各設備操作維修手冊執行故障排除即可。但若因上述設備

故障造成人員受傷，或因電力供應系統、銲接系統故障或操作錯誤所造成之電線短路走火，或設備故障維修時意外造成環境與人員之放射性物質污染等，則須依本計畫書第 6.1 節~6.3 節之規定辦理。

4.1.2 運搬作業

運搬作業係指自完成裝載密封鋼筒後之混凝土護箱開始啟運至貯存場定位，完成外加屏蔽安裝之作業，此部分屬廠房外之運送及搬運作業，經評估作業過程中可能發生之意外事件，主要為運送載具或輔助機具故障，吊車、人為操作錯誤或地震等天然災害，如(1)千斤頂故障；(2)懸浮氣墊破損；(3)多軸油壓板車因漏油而引起燃燒；(4)多軸油壓板車輪胎漏氣；(5)運送道路塌陷；(6)地震；(7)吊車操作錯誤；(8)多軸油壓板車無法正常啟動等。

前述第(1)及(2)項經本案安全評估結果，混凝土護箱不致有傾倒或墜落之虞，但仍將傾倒或墜落保守列為假想事故，故可能導致之後果為混凝土護箱傾倒或墜落地面並造成人員受傷。

第(3)項多軸油壓板車因漏油所引起之火災，已由行政管控如多軸油壓板車最多只能裝載 50 加侖汽油之限制，及運送過程中有消防人員及消防器材隨行等措施將災害降至最低，若發生時其可能導致之後果為人員受傷。

因多軸油壓板車每排有 8 個輪胎，共有 8 排 64 個輪胎，故第(4)項單個或數個輪胎漏氣時，雖對多軸油壓板車承載力及

平衡之衝擊有限，但仍保守列為假想事故，其可能導致之意外事件為混凝土護箱傾倒並造成人員受傷。

第(5)項運送道路塌陷亦屬假想事故不可能發生，因本案於執行運送前已完成道路探勘與改善，並確認運送道路符合 HS20 規範之要求。另為加強確保運送安全，本公司已於運送路徑沿線佈設自動化之地表伸縮計、土壤傾斜管、裂縫計、及傾斜計等 32 組監測器，以連續監控方式確認運送道路之狀況，若有影響運送安全之疑慮，將立即採取必要之行動。雖然運送道路無塌陷之虞，但仍保守考量此假想事件發生時，其可能導致之結果為混凝土護箱傾倒及人員受傷。

第(6)項運送過程中若發生地震時，經安全評估多軸油壓板車不會滑出路面，且混凝土護箱不會傾倒，但仍保守考量此假想事件發生時，其可能導致之結果為混凝土護箱傾倒及人員受傷。

第(7)項吊車操作錯誤造成外加屏蔽於安裝時撞及混凝土護箱，可能導致之後果為混凝土護箱本體受損，人員受傷。

上述人員受傷以及混凝土護箱傾倒等事故發生後，均依本計畫書第 6.2 節及 6.5 節所述之作業規定執行復原作業。

第(8)項多軸油壓板車經長期運行，致其電子控制單元 ECU(Electric Control Unit)發生自然老化與機能故障之損壞，而發生無法正常啟動之異常情事，可依本計畫書 6.14 節所述之作業規定，透過定期進行維護保養，並建立多軸油壓板車之電子元件與機械零件等相關備品清單，並備齊相關備品，以確保能及時應對潛在之故障風險。

4.2 貯存階段

貯存階段係指第一組混凝土護箱運送至貯存場適當之貯存位置，於加裝外加屏蔽後，開始進行長期貯存之階段。於貯存階段可能發生之意外事件，主要為天然災害事件、儀器故障或人為操作錯誤，如(1)進氣口吸入碎片或穴居動物入侵；(2)瞬間豪雨造成貯存場內積水；(3)儀器故障；(4)貯存場附近之變電箱爆炸；(5)貯存場邊坡之灌木林火災意外；(6)土石流；(7)乾華溪渠道發生溢堤；(8)地震；(9)閃電擊中護箱；(10)颱風、風力發電機葉片斷落或落石等擊中護箱；(11)火山噴發。

雖然混凝土護箱進氣口裝有濾網且第(1)及(2)項發生機率不高，但仍保守考量事件發生時將造成混凝土護箱進氣口堵塞，此事件可藉由行政管制措施由運轉人員定期常態巡視或於混凝土護箱出氣口進行溫度監測得知進氣口堵塞狀況，並依本計畫書第 6.6 節之規定執行堵塞物排除即可。

第(3)項貯存場之監測儀器可能因零件故障，或其他意外事件造成之電力中斷、儀器或讀數器損壞，而導致其功能失效。如為一般儀器之故障則參照設備操作維修手冊執行故障排除即可。若為混凝土護箱出氣口處之電子式溫度感應器故障則須依本計畫書第 6.4 節之規定執行復原作業。

第(4)項貯存場附近之變電箱爆炸及第(5)項邊坡之灌木林火災之意外，經安全評估均不會影響密封鋼筒之密封功能，但仍保守考量事件發生後，可能導致之結果為混凝土護箱之進(出)氣口遭碎片堵塞、或監測儀器故障、人員受傷等。上述假想意外事故，依其產

生之後果可分別依本計畫書第 6 章所述之處理作業規定執行復原作業。

本案貯存場經安全評估不可能發生第(6)項土石流或第(7)項乾華溪渠道溢堤淹沒貯存場之意外，但仍保守列為假想事故，其可能導致之結果為混凝土護箱本體受損、護箱底部可能有碎石塊或淤泥等堆積物堵塞進氣口，以及溫度監測系統故障等，均可依本計畫書第 6 章之作業規定執行復原作業。

第(8)項若於貯存過程中發生地震時，經安全評估混凝土護箱不會發生相互碰撞、傾倒或震離貯存水泥平台外，但仍保守列為假想事故，其可能導致之結果為混凝土護箱傾倒，而復原作業則依本計畫書第 6.5 節之規定執行。

第(9)項閃電擊中混凝土護箱及第(10)項颱風、風力發電機葉片斷落或落石等擊中護箱等意外事件，經安全評估雷擊對貯存系統不會造成影響，且混凝土護箱之強度可承受颱風及其投射物之衝擊，此外混凝土護箱外部有外加屏蔽之保護，故事件發生後混凝土護箱本體應不會受損，但仍需執行外加屏蔽之目視檢查。若有受損則依本計畫書第 6.9 節之規定執行復原作業。

第(11)項火山噴發經安全評估不可能發生火山灰覆蓋之意外，但仍保守列為假想事故，火山灰覆蓋意外事件依第 6.13 節火山灰覆蓋處理程序之規定執行。

5. 意外事件應變裝備及功能

意外事件應變裝備之相關儀器、清運裝備及除污裝備均設置於核一廠內，除可隨時取得外，平時亦由核一廠各相關部門負責維護保養及整備，故意外事件時其功能不受影響。其中，索具裝備與重型吊掛裝備最低安全庫存量至少應有 3 套/式，個人防護衣物、膠鞋及手套，最低安全庫存量至少備妥 30 套/式；滅火器除了貯存場本身有的 5 只之外，應另有作業時現場應備妥的最低安全庫存量；此外，其餘每項裝備最低安全庫存量至少應有 1 套/式。在用過核子燃料運送過程中，相關應變之儀器及除污裝備將由專車裝載，並伴隨用過核子燃料運送車至乾式貯存場址及待乾式貯存設施安置定位。過程中一旦發生意外事件，這些相關儀器及除污裝備即可就近發揮其應有功能。應變儀器及除污裝備於安裝/吊運階段及貯存階段設置之位置說明於表 5-1 中。

5.1 儀器裝備

1. 加馬/貝他輻射偵測器：0.00001-50 mSv/hr。
2. 阿伐計數器：低背景污染計測儀。
3. 貝他計數器：低背景污染計測儀。
4. 空氣取樣設備。
5. 移動式柴油發電機。
6. 索具裝備與重型吊掛裝備。
7. 臨時屏蔽。(依現場實際輻射狀況設置如鉛毯等)
8. 輻射警告標誌、臨時圍籬。
9. 滅火器。

10. 急救醫療用品。

5.2 除污裝備

1. 拖把、刷子、除污布、水桶。
2. 除污劑。
3. 真空吸塵器。
4. 防護膠鞋及橡膠手套。
5. 個人防護衣物。

5.3 現場清運裝備

1. 小型挖土機
2. 清運車輛
3. 水龍頭
4. 圓鋤

表 5-1 各階段應變裝備設置存放位置

應變裝備	安裝/吊運階段	貯存階段
儀器裝備		
加馬/貝他輻射偵測器	以輻防專車裝載	保健物理組維護 保管
阿伐計數器(低背景污染計測儀)	後山(洗衣房)管制站待命	
貝他計數器(低背景污染計測儀)		
空氣取樣設備(移動式)		
移動式柴油發電機	存放於電廠指定地點	存放於電廠指定地點
索具裝備與重型吊掛裝備	在重機械廠房待命	機械組維護保管
臨時屏蔽	後山(洗衣房)管制站待命	保健物理組維護 保管
輻射警告標誌、臨時圍籬	以輻防專車裝載	
滅火器	作業時備妥於現場	貯存場設有 5 只滅火器，由核一廠維護管理
急救醫療用品	核一廠備有 1 輛救護車，在消防車庫內待命	存放在核一廠員工診所內
除污裝備		
拖把、刷子、除污布、水桶	以除污專車裝載	廢料處理組維護 保管
除污劑		
真空吸塵器		
防護膠鞋及橡膠手套		
個人防護衣物		
現場清運裝備		
小型挖土機	本階段不適用	機械組維護保管
清運車輛		存放於電廠指定地點
水龍頭		
圓鋤		

註:裝備存放地點可能隨除役進程改變，以屆時現場存放位置為主

6. 意外事件時之處理作業及緊急通報作業

6.1 處理通則

1. 傷患的急救。
2. 滅火。
3. 防止災害擴大或惡化。
4. 設備之修復與重新運轉。

6.2 人員受傷

1. 檢視傷勢，避免傷口遭受感染。
2. 將傷患儘速移開現場，送廠醫務室處理醫治。
3. 傷勢較重者，立即送醫急救並通知工安課、依序陳報。

6.3 反應器廠房內因輔助機具故障維修，意外造成因燃料池池水導致輻射污染之處理程序

1. 防止污染擴散。
2. 被污染人員之除污。
3. 污染區域之除污及恢復至原清潔標準。

6.4 混凝土護箱出氣口處之電子式溫度感應器故障處理程序

溫度感應器故障應於 85 小時內，參照設備操作維修手冊執行完成故障排除；並於故障排除作業期間提供可用之替代機具，或由人工監測及記錄溫度。

6.5 混凝土護箱墜落或傾倒處理程序（多軸油壓板車輪胎漏氣傾覆、懸浮氣墊破損、千斤頂故障、運送道路塌陷、地震）

混凝土護箱墜落或傾倒事件經安全評估皆不可能發生，但仍列為假想事件。經評估若發生墜落或傾倒事件時，密封鋼筒仍能維持其密封性且無放射性物質外釋之虞，所以不會造成人員與環境污染。於本案假想意外事件中，最嚴重之事件為混凝土護箱發生傾倒，而工作人員所接受之輻射曝露，主要來自於護箱頂部、底部及側面之輻射，經保守評估工作人員總集體劑量為 247 man-mSv，個人劑量則為 19 mSv，低於年劑量限值 50mSv；對於 100 m 外之廠界民眾所可能造成之劑量最高為 0.45 mSv，仍低於一般人員之年劑量限值 1 mSv。相關處理程序分述如下：

1. 混凝土護箱墜落處理程序

- (1) 設置圍籬與輻射標誌，撤離非必要人員，成立臨時管制區。
- (2) 檢視混凝土護箱本體有無破損，依本計畫書第 6.9 節之作業規定，做適當之處置。

2. 混凝土護箱傾倒處理程序

- (1) 設置圍籬、輻射標誌及添加臨時屏蔽，撤離非必要人員，成立臨時管制區，並加註警語，提醒處理意外事件之工作人員儘可能避免站立於護箱底部可能造成輻射曝露之範圍，以減少不必要之輻射曝露。
- (2) 執行輻射曝露管制，並確保人員與護箱保持安全距離。

- (3) 以大型吊車將護箱扶正。工作人員應配戴警報劑量計及直讀式劑量計並儘量避免面對護箱底部以減少輻射曝露，隨時監測人員劑量。必要時，進行擦拭檢驗、空氣取樣及地面環境取樣，以再次確認無放射性物質外釋。
- (4) 檢視混凝土護箱本體有無破損，依本計畫書第 6.9 節之作業規定，做適當之處置。

6.6 混凝土護箱進氣口一半堵塞或進/出氣口完全堵塞之處理程序

以小型挖土機、清運車輛及水龍頭等工具或以人工移除方式，清除堵塞物。清理時應由輻射防護人員陪同，先作輻射強度量測，再作移除堵塞物的工作。

6.7 火災之處理程序

由於本貯存場貯存之混凝土護箱為不可燃，且設施內因無可燃物及易爆裂物之陳設，又貯存設施所採用之材料，皆為不可燃材料，故極不可能發生火災，萬一發生火災，燃燒範圍應在貯存場局部區域內，不致擴大至其它區域。滅火後，殘留之滅火劑應予收集清理，並檢視受影響之混凝土護箱是否破碎、鋼筋外露、表面變色等劣化現象，若有則依本計畫書第 6.9 節之作業規定執行復原作業。

若於安裝吊運或運貯階段由易燃物、運輸車輛或電線短路走火所造成之火災，則在場之工作人員應即時手持各區域之消防設備立即滅火，並同時以電話通知廠內消防隊前來救援處理。其餘相關注意事項，請見核一廠 D107.2.系列程序書。

貯存場邊坡之灌木林因天然或人為因素所引起之火災，應儘速通知廠內消防隊前來救援處理，且依核一廠 D 107.2.系列程序書辦理，並在森林火災尚未撲滅前，以行政管理嚴格地進行監控。火災撲滅後，應持續監測密封鋼筒溫度至可回復正常貯存狀態。

6.8 地震之處理程序

1. 於運貯階段發生地震之處理程序

- (1) 立即停止正在實施的活動。
- (2) 待地震停止後，評估地震對設備所造成之影響。
- (3) 做適當之處置，回到事件發生時之程序。

2. 於貯存階段發生地震之處理程序

- (1) 待地震停止後，查驗混凝土護箱在地震後之狀況，確定混凝土護箱位置保持適當之中心至中心距離。
- (2) 查驗溫度監測系統仍維持正常運作。

3. 於吊卸裝填階段發生地震之處理程序

- (1) 遇地震時，應立即停止吊掛並讓傳送護箱或密封鋼筒維持在安全位置，避免劇烈晃動。
- (2) 地震結束後，於五樓檢查吊車、吊具與周邊結構是否完好無異，再評估是否可繼續操作。
- (3) 若檢查無異常即可恢復吊掛，若設備或結構損壞則須立即修復或更換。
- (4) 做適當之處置，回到事件發生時之程序。

6.9 混凝土護箱本體或外加屏蔽受損之修補程序

於本案假想意外事件中，造成混凝土護箱本體受損最嚴重之事件為混凝土護箱從 61 cm(24 in)高度掉落(於實際作業中，混凝土護箱離地面最高之情況為座於懸浮氣墊上，離地 15 cm (6 in)，經安全評估此事件僅造成混凝土護箱基座之混凝土 0.37 cm (0.145 in)破碎，並不會降低混凝土護箱之屏蔽功能。

於事故發生後，如發現混凝土護箱本體或外加屏蔽受損，且產生可能影響輻射屏蔽之瑕疵(深度小於 2.5 公分之表面瑕疵，其寬度大於 2.5 公分；或深度大於 2.5 公分之裂縫，其寬度大於 0.03 公分)時，應立即進行修(填)補作業；若受損嚴重無法修補時，則執行更換。

6.10 用過核子燃料再取出程序

- 1.若發生非預期狀況，經評估需執行用過核子燃料再取出作業時，則執行「核一廠乾式貯存系統：再取出操作作業程序書」。
- 2.本程序之執行人員應為經考核合格之人員，人員資格考核須經審核認定，並應預先熟讀本程序。
- 3.進行再取出作業的任何階段均應執行合理抑低(ALARA)評估。
- 4.依「核一廠乾式貯存系統：再取出操作作業程序書」之規定執行相關作業。

6.11 緊急通報程序

如發生人員受傷、火災等意外或可能引起媒體關注之事件時，須執行內部通報。內部通報程序依「D113.3 各類事故通報作業程序」之規定辦理。

另依放射性物料管理法施行細則第 30 條規定，本貯存設施屬(一)核子反應器設施內者，應依核子反應器設施除役許可申請審核及管理辦法第 11 條規定，若發生前述管理辦法所訂須通報之事件時，電廠應於規定時限內，以電話向主管機關報告事件時間、經過、所造成影響、是否有放射性污染或外釋、人員輻射曝露傷害或其他相關事項；若發生前述管理辦法所訂須提送書面報告之情事時，電廠應於三十日內，將書面報告提送主管機關，書面報告需載明：

- 一、事件經過、發生原因及發生前機組狀況。
- 二、是否有放射性物質外釋及外釋情形。
- 三、是否有人員遭受輻射曝露及傷害情形。
- 四、可能影響。
- 五、過去類似事件。
- 六、改善及防範措施。

前述規定已規範於程序書 D113.1「除役期間立即通報作業程序」及 D113.2「除役期間書面報告作業程序」。

6.12 土石流之處理程序

本案貯存場經安全評估不可能發生土石流之意外，但仍保守列為假想事故。萬一貯存場發生土石流之假想意外事件，並造成外加屏蔽/混凝土護箱進氣口阻塞時，處理程序為：

1. 快速檢視全數護箱進氣口阻塞情況，若有全阻塞情形，需於 85 小時內清理堵塞物，使護箱至少回復至半堵塞狀態，再進一步回復至正常狀態。按半堵塞狀態下之分析結果顯示，長期均無安全顧慮。
2. 清理時應先於受影響區域（護箱進氣口有全阻塞現象者）設立警戒圍籬後，由輻射防護人員作輻射監測（如高壓游離腔 HPIC、連續空浮監測、定期輻射偵測）等，確認監測數據在正常範圍內，如有異常狀況時，依核一廠相關程序書執行環境監測異常之通報及應變作業。
3. 以小型挖土機搭配鏟裝機或人力使用圓鍬（鏟子）工具剷除方式，將覆蓋於護箱進氣口之土石污泥等堵塞物排除。若有全阻塞情形，於 85 小時內使護箱回復至半堵塞狀態。
4. 執行輻射監測數據及混凝土護箱出氣口與周圍溫差狀況之觀察，依乾貯運轉限制條件(LCO 3.1.6)，確認混凝土護箱散熱系統正常。若混凝土護箱通風出口與周圍溫度溫差高於 36.6 °C(66 °F)，持續向外加屏蔽灑水降溫，並使用水柱沖洗混凝土護箱、外加屏蔽進氣/出氣通道及密封鋼筒與混凝土護箱間之空氣通道土石污泥之堵塞物，直至混凝土護箱出氣口與周圍溫度溫差降至正常範圍。
5. 檢視溫度監測系統有無故障，若有故障，則依本計畫書第 6.4 節之作業規定，做適當之處置。
6. 由外至內逐步清除貯存場內堆積之土石污泥等障礙物，並利用清運車輛載離。

7. 使用升空車搭配水龍頭等工具，清除外加屏蔽上表面污泥，必要時以高壓水柱由外加屏蔽出氣口向內沖洗，移除可能附著之污泥。
8. 檢視外加屏蔽本體有無破損，若有破損，則依本計畫書第 6.9 節之作業規定，做適當之處置。

6.13 火山灰覆蓋處理程序

本案貯存場經安全評估不可能發生火山灰覆蓋之意外，但仍保守列為假想事故，火山灰覆蓋意外事件可由土石流意外處理程序涵蓋。

萬一貯存場發生火山灰覆蓋之假想意外事件，並造成外加屏蔽/混凝土護箱進氣口阻塞時，處理程序為第 1~8 項；如僅些微火山灰附著於外加屏蔽表面則執行處理程序第 7~8 項。處理程序如下：

1. 快速檢視全數護箱進氣口阻塞情況，若有全阻塞情形，需於 85 小時內清理堵塞物，使護箱至少回復至半堵塞狀態，再進一步回復至正常狀態。按半堵塞狀態下之分析結果顯示，長期均無安全顧慮。
2. 清理時應先於受影響區域（護箱進氣口有全阻塞現象者）設立警戒圍籬後，由輻射防護人員作輻射監測（如高壓游離腔 HPIC、連續空浮監測、定期輻射偵測）等，確認監測數據在正常範圍內，如有異常狀況時，依核一廠相關程序書執行環境監測異常之通報及應變作業。
3. 以小型挖土機搭配鏟裝機或人力使用圓鍬（鏟子）工具剷除方式，將覆蓋於護箱進氣口之火山灰等堵塞物排除。若有全阻塞情形，於 85 小時內使護箱回復至半堵塞狀態。

4. 執行輻射監測數據及混凝土護箱出氣口與周圍溫差狀況之觀察，依乾貯運轉限制條件(LCO 3.1.6)，確認混凝土護箱散熱系統正常。若混凝土護箱通風出口與周圍溫度溫差高於36.6 °C(66 °F)，持續向外加屏蔽灑水降溫，並使用水柱沖洗混凝土護箱、外加屏蔽進氣/出氣通道及密封鋼筒與混凝土護箱間之空氣通道火山灰之堵塞物，直至混凝土護箱出氣口與周圍溫度溫差降至正常範圍。
5. 檢視溫度監測系統有無故障，若有故障，則依本計畫書第6.4節之作業規定，做適當之處置。
6. 由外至內逐步清除貯存場內堆積之火山灰等障礙物，並利用清運車輛載離。
7. 使用升空車搭配水龍頭等工具，清除外加屏蔽上表面污泥，必要時以高壓水柱由外加屏蔽出氣口向內沖洗，移除可能附著之污泥。
8. 檢視外加屏蔽本體有無破損，若有破損，則依本計畫書第6.9節之作業規定，做適當之處置。

6.14 多軸油壓板車故障無法正常啟動處理程序

多軸油壓板車在長期使用過程中，ECU(Electric Control Unit)零件會因自然老化而出現故障並導致設備無法正常啟動。為避免此類問題的發生，並確保設備穩定運行，提出以下改善措施：

1. 執行定期維保：定期對多軸油壓板車進行全面檢查與保養，維保內容應涵蓋 ECU、油壓系統及機械部件等關鍵元件，並確保維保過程中的所有記錄完整、清晰，便於追蹤與檢討。

2. 建立備品清單：建立一份完整的備品清單，涵蓋多軸油壓板車所需的電子元件、機械零件等，並確認清單中的零件包括所有可能影響設備運行的關鍵元件，以便在故障發生時能夠迅速替換。

7. 意外事件應變功能之維持

發生意外事件時，所需之應變裝備及其功能不受影響。另針對意外事件應變計畫書內可能發生之項目，提報演練計畫書，並定期進行模擬演習，以期事故一旦發生時，能有組織、有系統且熟練地迅速處置，使意外事件對人員、設備之損失與環境影響降至最低。演練計畫書及演習時程將於演習前三個月陳報核安會核備後實施。

意外事件應變計畫之相關演練頻次如下所述：

設施運轉後前三年，每年針對貯存作業進行相關演練乙次。爾後每2年演練乙次。

8. 意外事件應變計畫相關資料

1. 核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告定稿本，台灣電力股份有限公司，九十七年一月。
2. 核一廠乾式貯存系統：再取出操作作業程序書, ISFSI-07-SOP-07011。
3. 核一廠乾式貯存系統：異常作業程序書, ISFSI-07-SOP-07010。
4. 核一廠乾式貯存系統：輻射防護作業程序書, ISFSI-07-SOP-07013。
5. NEI 99-01“Methodology for Development of Emergency Action Levels”, Nuclear Energy Institute, Rev.5, February 2008。
6. 核一廠 D900 系列輻射防護作業程序書。
7. 核一廠 D100 系列行政管理程序書。
8. 核一廠 D107.2 系列程序書。
9. 核一廠 D113.1 「除役期間立即通報作業程序」。
10. 核一廠 D113.2 「除役期間書面報告作業程序」。
11. 核一廠 D113.3 「各類事故通報作業程序」。

附錄 1 核能一廠用過核子燃料乾式貯存設施建照執照



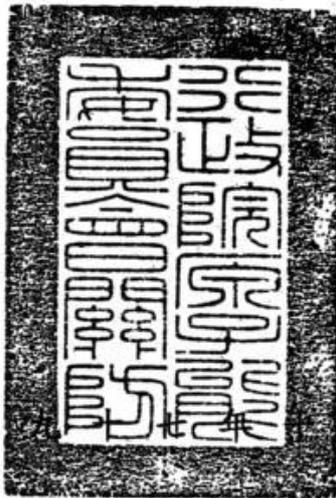
放射性廢棄物貯存設施建造執照

執照號碼：物建字第 32-01 號
設施經營者：台灣電力股份有限公司
設施名稱：核一廠用過核子燃料乾式貯存設施
設施地址：台北縣石門鄉乾華村小坑 12 號

上開放射性廢棄物貯存設施經審
核與放射性物料管理法第十七條
之規定相符合予發給本執照

行政院原子能委員會
主任委員

蔡春鴻



中華民國九十年二月三日

附錄 2 核一乾貯安全分析報告第六章第六節所列之「異常狀況、意外事故及天然災害事件」與本意外事件應變計畫意外事件種類對照表及各類事件分級

SAR 第六章第六節所列之異常狀況、意外事故及天然災害事件		意外事件應變計畫		INES*
事件	肇因/分析結果	Ch4 意外事件種類	Ch6 意外事件時之處理作業	輻射事件等級
異常事件種類				
1.貯存時周圍溫度異常	1. 貯存設施之正常周圍溫度設定為 32 °C，而異常溫度則設定為 -40 °C ~ 41 °C 之間；周圍溫度異常係指超出其正常運轉溫度。 2. 異常周圍溫度下的溫度分析結果顯示，各組件溫度變化皆在容許範圍內。 3. 無須矯正措施。	NA	6.4 混凝土護箱出氣口處之電子式溫度感應器故障處理程序	NA
2.混凝土護箱進氣口一半堵塞	進氣口可能因吸入碎片或穴居動物入侵而造成半堵塞。	● 貯存階段： (1)進氣口吸入碎片或穴居動物入侵；	6.6 混凝土護箱進氣口一半堵塞或進/出氣口完全堵塞之處理程序	0 級
3.密封鋼筒異常操作負載	1. 操作密封鋼筒時因吊車操作錯誤，或操作者的疏忽所發生的非預期載重。 2. 分析結果皆有正值的安全餘裕且應力符合規範規定。	● 吊卸裝填作業： (1)吊車操作錯誤	參照設備操作維修手冊執行故障排除或依本計畫書第 6.1 節~6.3 節之規定辦理。	0 級
意外事件種類				
1.最大預期熱負載	1. 起因於極不可能發生的氣候異常。 2. 分析結果顯示，在 56 °C 周圍溫度依然不會對貯存設施造成結構安全之顧慮。 3. 無須矯正措施。	NA	NA	NA
2.意外壓力	1. 密封鋼筒中所有燃料棒皆破損時，燃料棒中之分裂性氣體釋放至密封鋼筒中，使密封鋼筒內部壓力上升。密封鋼筒中的燃料棒破損，並不容易	NA	6.10 用過核子燃料再取出程序	NA

SAR 第六章第六節所列之異常狀況、意外事故及天然災害事件		意外事件應變計畫		INES*
事件	肇因/分析結果	Ch4 意外事件種類	Ch6 意外事件時之處理作業	輻射事件等級
	<p>從密封鋼筒表面或從混凝土護箱外部測量或偵測。</p> <p>2. 密封鋼筒應力分析結果顯示，當燃料棒 100% 破損時其內壓力安全餘裕均能維持正值。</p> <p>3. 無須矯正措施。</p>			
3. 混凝土護箱進、出氣口完全堵塞	可能的原因為貯存場受土石流、落石、穴居動物等之影響，導致地面混凝土護箱被掩埋使進出氣口阻塞。	<ul style="list-style-type: none"> 貯存階段： <ol style="list-style-type: none"> (1) 進氣口吸入碎片或穴居動物入侵； (2) 瞬間豪雨造成貯存場內積水；(6) 土石流；(7) 乾華溪渠道發生溢堤。 	<p>6.6 混凝土護箱進氣口一半堵塞或進/出氣口完全堵塞之處理程序</p> <p>6.12 土石流之處理程序</p>	0 級
4. 儀器故障	儀器可能因零件故障，或其他意外事件造成之電力中斷、儀器或讀數器損壞，而導致其功能失效。	<ul style="list-style-type: none"> 吊卸裝填作業： <ol style="list-style-type: none"> (1) 吊車操作錯誤或索具故障；(2) 銲接系統故障；(3) 真空乾燥系統 (VDS) 故障；(4) 傳送護箱屏蔽門開啟/關閉之失誤；(5) 環狀間隙填充水系統故障；(6) 2F 防震裝置油壓失效故障；(7) 電力供應系統故障等。 	<p>6.3 反應器廠房內因輔助機具故障維修，意外造成因燃料池池水導致輻射污染之處理程序</p> <p>6.4 混凝土護箱出氣口處之電子式溫度感應器故障處理程序</p>	0 級
		<ul style="list-style-type: none"> 運搬作業： <ol style="list-style-type: none"> (1) 千斤頂故障；(2) 懸浮氣墊破損 	6.5 混凝土護箱墜落或傾倒處理程序 (多軸油壓板車輪胎漏氣傾覆、懸浮氣墊破損、千斤頂故障、運送道路塌陷、地震)	0-2 級**
5. 混凝土護箱於 61 cm 高度墜落分析	1. 混凝土護箱於密封鋼筒滿載用過核子燃料	<ul style="list-style-type: none"> 運搬作業： <ol style="list-style-type: none"> (1) 千斤頂故障；(2) 	6.5 混凝土護箱墜落或傾倒處理程序 (多軸油壓板	0-2 級**

SAR 第六章第六節所列之異常狀況、意外事故及天然災害事件		意外事件應變計畫		INES*
事件	肇因/分析結果	Ch4 意外事件種類	Ch6 意外事件時之處理作業	輻射事件等級
評估	時由 61 cm 高度墜落地面。 2. 評估結果顯示，61 cm 高度的墜落意外事件，對混凝土護箱及密封鋼筒並沒有明顯的影響。	懸浮氣墊破損	車輪胎漏氣傾覆、懸浮氣墊破損、千斤頂故障、運送道路塌陷、地震)	
6.混凝土護箱傾倒	1. 混凝土護箱傾倒為一假想意外事件，相關安全評估結果顯示，並沒有任何狀況會造成護箱的傾倒意外事故。 2. 分析結果顯示，在極保守的假設條件下，密封鋼筒及其內部組件皆能符合 30 g 側向加速度衝擊之設計需求；且混凝土護箱、密封鋼筒和燃料提籃，仍然維持設計上的各項功能。	● 運搬作業： (1)千斤頂故障；(2)懸浮氣墊破損；(4)多軸油壓板車輪胎漏氣；(5)運送道路塌陷；(6)地震；(7)吊車操作錯誤等	6.5 混凝土護箱墜落或傾倒處理程序（多軸油壓板車輪胎漏氣傾覆、懸浮氣墊破損、千斤頂故障、運送道路塌陷、地震）	0-2 級**
7.爆炸	1. 可能起因於設施內工業意外或乾式貯存場附近之其他移動車輛或固定設備爆炸。按貯存設施內並無使用可燃物或爆裂物，且在場界安全控制措施下，亦不允許貯存場址附近有爆裂物，故此狀況極不可能發生。 2. 可被洪水壓力之分析結果所涵蓋。	● 貯存階段： (4)貯存場附近之柴油槽或變電箱爆炸	事件發生後，可能導致之結果為混凝土護箱之進(出)氣口遭碎片堵塞、或監測儀器故障、人員受傷等。處理程序依第 6.2、6.4 及 6.6 節所述之處理作業規定執行復原作業。	0 級
8.火災意外	1. 乾式貯存場址極不可能發生火災，但仍假設最多 50 gal 的汽油散佈於乾式貯存場址燃燒及廠址邊坡灌木林火災等兩種狀況。	● 運搬作業： (3)多軸油壓板車因漏油而引起燃燒 ● 貯存階段： (5)貯存場邊坡之灌木林火災意外	事件發生後，可能導致之結果為混凝土護箱之進(出)氣口遭碎片堵塞、或監測儀器故障、人員受傷等。處理程序依第 6.2、6.4 及 6.6 節所述之處理作業規定執行復	0 級

SAR 第六章第六節所列之異常狀況、意外事故及天然災害事件		意外事件應變計畫		INES*
事件	肇因/分析結果	Ch4 意外事件種類	Ch6 意外事件時之處理作業	輻射事件等級
	<p>2. 在燃油火災過程中，分析結果顯示，密封鋼筒中之護套溫度上升並不明顯，其最高溫仍遠低於限值。保守採用最小移熱量進行冷卻分析，約需經過 24 h，密封鋼筒即回復正常貯存狀態。</p> <p>3. 在灌木林火災分析方面，分析結果顯示，採用最小移熱量進行冷卻分析，結果顯示約事故發生 5 天後，密封鋼筒溫度可回復正常貯存狀態。</p>		原作業。	
9.地震事件	<p>1. 地震為自然現象，其肇因可能為斷層活動或火山活動所造成的地表震運動及週期振動造成。</p> <p>2. 評估結果顯示，混凝土護箱在設計基準之地震力作用下，不會發生傾倒，但會有輕微的滑動。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 運搬作業： (6)地震 ● 貯存階段： (8)地震 	<ul style="list-style-type: none"> ● 運送過程中若發生地震時，經安全評估多軸油壓板車不會滑出路面，且混凝土護箱不會傾倒，但仍保守考量此假想事件發生時，其可能導致之結果為混凝土護箱傾倒及人員受傷。處理程序依第 6.2 及 6.5 節所述之處理作業規定執行 ● 貯存階段則依第 6.8 節地震之處理程序 	0-2 級**
10.洪水	<p>1. 當乾華溪發生重現期距 100 年之暴雨時，場址附近之渠道仍不會溢堤。</p> <p>2. 雖發生溢堤之洪水可能性極低，但基於保守分析原則，依然假設溢堤現象可能發生。</p> <p>3. 分析結果顯示，所有應力（含靜載重、活載重、熱載重及洪水</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 貯存階段： (6)土石流；(7)乾華溪渠道發生溢堤 	事件發生後，可能導致之結果混凝土護箱本體受損、護箱底部可能有碎石塊或淤泥等堆積物堵塞進氣口、以及溫度監測系統故障等。處理程序依第 6.4、6.6 及 6.9 節所述之處理作業規定執行復原作業。	0 級

SAR 第六章第六節所列之異常狀況、意外事故及天然災害事件		意外事件應變計畫		INES*
事件	肇因/分析結果	Ch4 意外事件種類	Ch6 意外事件時之處理作業	輻射事件等級
	造成載重) 的不同組合, 結果皆不會超出容許應力。			
11. 雷擊	<ol style="list-style-type: none"> 雷擊為一隨機的氣象事件, 其發生頻率視乾式貯存場的地理位置而定。 計算得出尖峰電流造成之溫度上升為 2.6°C; 連續電流造成之溫度上升極小可忽略不計(0.00033°C)。相對於整個碳鋼的體積而言, 上升溫度在 0.56°C 以內。 	● 貯存階段: (9)閃電擊中護箱	混凝土護箱外部有外加屏蔽之保護, 故事件發生後混凝土護箱本體應不會受損, 但仍需執行外加屏蔽之目視檢查。若有受損則依 6.9 節混凝土護箱本體或外加屏蔽受損之修補程序之規定執行復原作業。	0 級
12 颱風及颱風投射物	<ol style="list-style-type: none"> 颱風是不定期氣候變化, 每年皆有可能來襲, 颱風及颱風投射物有一定能量作用於護箱上 分析結果顯示, 颱風風壓不會造成混凝土護箱與外加屏蔽滑動或傾倒, 所造成之混凝土應力亦在容許範圍內。混凝土壁及封板設計可抵抗颱風投射物之穿透, 混凝土亦具備充足之剪力強度以抵抗高能量投射物之衝擊。分析颱風及投射物分別或其組合負載狀況, 皆不會使混凝土護箱傾倒 	● 貯存階段: (10)颱風、風力發電機葉片斷落或落石等擊中護箱	混凝土護箱外部有外加屏蔽之保護, 故事件發生後混凝土護箱本體應不會受損, 但仍需執行外加屏蔽之目視檢查。若有受損則依 6.9 節混凝土護箱本體或外加屏蔽受損之修補程序之規定執行復原作業。	0 級
13. 飛機撞擊評估	<ol style="list-style-type: none"> 核一廠禁航區 依 NUREG-0800 之要求若乾式貯存場受飛機撞擊機率小於 1×10^{-7}/年, 不須進行撞擊後果評估。 	NA	NA	NA

SAR 第六章第六節所列之異常狀況、意外事故及天然災害事件		意外事件應變計畫		INES*
事件	肇因/分析結果	Ch4 意外事件種類	Ch6 意外事件時之處理作業	輻射事件等級
	3. 無須矯正措施。			
14.燃料棒底部撞擊	<p>1.肇因：當混凝土護箱內裝有用過核子燃料束的密封鋼筒因操作意外造成 61 cm(24 in) 墜落時，密封鋼筒底部衝擊力傳遞至用過核子燃料。</p> <p>2. 於混凝土護箱 61 cm 的墜落事故中，燃料棒不會發生挫屈。</p> <p>3. 無須矯正措施。</p>	NA	NA	NA
場址之各特定因素				
1.貯存場內積水	<p>1.貯存場址中有良好的排水規劃，使場址中不致積水。</p> <p>2.若豪雨仍造成貯存場內積水，其影響亦可被護箱氣進口堵塞與洪水分析之結果所涵蓋。</p>	<p>● 貯存階段： (2)瞬間豪雨造成貯存場內積水</p>	6.6 混凝土護箱進氣口一半堵塞或進/出氣口完全堵塞之處理程序	0 級
2.颱風過後之焚風造成異常高溫	可被異常周圍溫度(-40 °C及 41 °C)，最大預期熱負載(周圍溫度 56 °C)及進氣口半堵塞之分析情節涵蓋。	NA	NA	NA
3.貯存場附近電塔倒塌	不影響貯存場址運作	NA	NA	NA
4.核一廠風力發電葉片斷落撞擊護箱	<p>1.風力發電葉片斷落不致拋射至貯存場址。</p> <p>2.若極端情況下發生，可被颱風及其拋射物分析情節涵蓋。</p>	<p>● 貯存階段： (10)颱風、風力發電機葉片斷落或落石等擊中護箱</p>	混凝土護箱外部有外加屏蔽之保護，故事件發生後混凝土護箱本體應不會受損，但仍需執行外加屏蔽之目視檢查。若有受損則依 6.9 節混凝土護箱本體或外加屏蔽受損之修補程序之規定執行復原作業。	0 級
5.貯存場附近柴油槽或變電箱爆炸	可被爆炸情節所涵蓋；而柴油槽後續之燃燒產	<p>● 貯存階段： (4)貯存場附近之柴</p>	事件發生後，可能導致之結果為混凝土護箱之進(出)氣	0 級

SAR 第六章第六節所列之異常狀況、意外事故及天然災害事件		意外事件應變計畫		INES*
事件	肇因/分析結果	Ch4 意外事件種類	Ch6 意外事件時之處理作業	輻射事件等級
	生之熱，將可被貯存場鄰近邊坡灌木林燃燒之火災情節所涵蓋。	油槽或變電箱爆炸	口遭碎片堵塞、或監測儀器故障、人員受傷等。處理程序依第 6.2、6.4 及 6.6 節所述之處理作業規定執行復原作業。	
6.淺層土石流淹沒護箱氣進口	可由護箱進氣口完全堵塞的分析項目所涵蓋	● 貯存階段： (6)土石流；(7)乾華溪渠道發生溢堤	6.6 混凝土護箱進氣口一半堵塞或進/出氣口完全堵塞之處理程序及 6.12 土石流之處理程序	0 級
7.落石擊中護箱	鄰近貯存場址之邊坡並無大型落石外，本情節亦可被颱風投射物分析之情節所涵蓋。	● 貯存階段： (10)颱風、風力發電機葉片斷落或落石等擊中護箱	混凝土護箱外部有外加屏蔽之保護，故事件發生後混凝土護箱本體應不會受損，但仍需執行外加屏蔽之目視檢查。若有受損則依 6.9 節混凝土護箱本體或外加屏蔽受損之修補程序之規定執行復原作業。	0 級
8.密封鋼筒外殼表面沾附污泥而影響其散熱能力	颱風豪雨時，雨水無法直接潑濺密封鋼筒，只有在洪水情節下才可能發生污泥沾附密封鋼筒，惟進、出氣口裝設有護網，污泥不易進入混凝土護箱，而萬一發生時，亦可於事後自進、出氣口交互灌水沖洗。	● 貯存階段： (6)土石流；(7)乾華溪渠道發生溢堤	6.6 混凝土護箱進氣口一半堵塞或進/出氣口完全堵塞之處理程序 6.12 土石流之處理程序	0 級
9.火災造成中子屏蔽喪失	無火災造成中子屏蔽喪失之顧慮。	NA	NA	NA
10.貯存設施運送過程之狀況	貯存設施由電廠運送至貯存場址時，混凝土護箱置於低板架之多軸油壓板車上，並以低於 2 km/h 之速度運送混凝土護箱；且操作人員將按作業程序多次模擬演練，實際運送時亦將嚴格遵守作業程序規定。	● 運搬作業： (7)吊車操作錯誤	吊車操作錯誤造成外加屏蔽於安裝時撞及混凝土護箱，可能導致之後果為混凝土護箱本體受損，人員受傷。處理程序依第 6.2 及 6.5 節所述之處理作業規定執行復原作業。	0 級
11.運送之道路狀況	由電廠至貯存場址的道路狀況均符合 AASHTO	● 運搬作業： (5)運送道路塌陷	保守考量此假想事件發生時，其可能導致之結果為混	0-2 級**

SAR 第六章第六節所列之異常狀況、意外事故及天然災害事件		意外事件應變計畫		INES*
事件	肇因/分析結果	Ch4 意外事件種類	Ch6 意外事件時之處理作業	輻射事件等級
	HS20-44 之規範，並對於沿途的穿越管線或孔道的路面補強；具較大坡度的路面亦將鋪平緩和坡度；較突路段則對乾華溪護堤進行補強，以確保運送途中不致發生路面承載力不足造成運送機具及貯存設施翻覆事故。		凝土護箱傾倒及人員受傷。處理程序依第 6.2 及 6.5 節所述之處理作業規定執行復原作業。	
12. 廠房吊運之墜落狀況	主吊車已採單一失效保證設計與製造，故本節將不針對反應器廠房內之吊運墜落意外加以評估。	NA	NA	NA
13. 惡劣氣候	惡劣氣候包含颱風、狂風、豪雨、閃電等惡劣氣候狀況，將全面停止乾式貯存相關活動，並依據本報告進行相關應變作業。	● 貯存階段： (2) 瞬間豪雨造成貯存場內積水；(6) 土石流；(7) 乾華溪渠道發生溢堤；(10) 颱風、風力發電機葉片斷落或落石等擊中護箱	處理程序依第 6.4、6.6、6.9 及 6.12 節所述之處理作業規定執行復原作業。	0 級
14. 火山噴發	火山灰堆積物造成護箱進氣口全堵塞或半堵塞可被土石流分析評估及矯正行動所涵蓋。	● 貯存階段： (11) 火山噴發	6.14 火山灰覆蓋之處理程序	0 級

*： International Atomic Energy Agency, "The International Nuclear and Radiological Event Scale (INES) User's Manual" (2008)

**：依國際原子能總署(IAEA)「國際核子與輻射事件等級分類」(即前項報告)之判定標準，本案於最嚴重之假想意外事件，對民眾與環境所造成之影響，雖遠低於 IAEA 所定義 1 級事件之劑量標準，但由於護箱傾倒時，底部 1 公尺處之最大劑量率為 188 mSv/h(最保守估算，實際劑量率低於此值。)，達到 IAEA 對「設施輻射障蔽與控制」所定義之 2 級事件(操作區輻射曝露率超過 50mSv/h 之標準)，故列為 0-2 級事件。其中，輻射事件等級中 0 級係指對安全無影響之事件；NA 係指該事件無需考慮輻射事件等級。

附錄 3 國際乾貯設施運轉異常事件經驗回饋

本附錄係參考自行政院原子能委員會放射性物料管理局於 108 年 6 月之「美國用過核子燃料乾式貯存設施異常事件彙整手冊」。

附錄 3.1 Point Beach 電廠乾式貯存氫氣燃燒事件

1. 事件說明：

此事件發生於 1996 年 5 月 28 日美國 Point Beach 電廠在進行其混凝土護箱(VSC-24) 密封鋼筒屏蔽蓋板封鐸時，產生氫氣點燃並造成重 2,898 公斤之屏蔽蓋板有一邊翹起高差達 7.6 公分之異位。經美國核管會(NRC)調查，本事件之氫氣由鋼筒所漆之 Carbon Zinc 11 內的鋅成分與燃料池的硼酸水，起化學氧化作用產生。

2. 肇因分析：

經美國核管會(NRC)調查，本事件之氫氣由鋼筒所漆之 Carbon Zinc 11 內的鋅成分與燃料池的硼酸水，起化學氧化作用產生。美國核管會要求乾貯作業電廠應辦理下列事項：(1)注意氫氣可能來源，特別注意硼酸水與乾貯鋼筒材料之可能化學作用對安全之影響；(2)採取適當行動以防止氫氣的產生或累積；(3)檢視運貯程序書，確保無相關安全顧慮。

3. 經驗回饋：

核一廠依核安會要求參酌美國核管會以下三項要求執行安全評估，其結果如下：(1)國內乾貯存設施未使用含鋅物質，且核一廠用過核燃料池不含硼酸，因此並不會產生氫氣之現象；(2)全程以氫氣沖流，以帶出其中之空氣或其他氣體，並全程監測

氫氣濃度，以防止氫氣的產生或累積；(3)將防止氫氣的產生或累積機制，納入相關操作程序書，不致於發生氫氣燃燒事件。

附錄 3.2 Susquehanna 電廠誤填氫氣事件

1. 事件說明：

此事件發生於 2002 年 6 月至 9 月，NRC 檢查 Susquehanna 電廠發現其乾式屏蔽容器（DSC, Dry Shielded Canister）氫氣回填時，並未充填純氫氣，而是回填氫氣與氮氣的混和氣體，與符合證書(CoC No. 1004)要求不合。

2. 肇因分析：

此事件肇因於業者並未於乾式屏蔽容器內充填純氫氣，而是回填氫氣與氮氣的混和氣體。美國核管會認為氫氣熱移除效率比氮氣低 10 倍，且氫氣與氮氣混和氣體回填乾式屏蔽容器情形未經過分析驗證。

3. 經驗回饋：

業者提出的改正行動包括：(1)燃料格架溫度持續監測並維持在允許溫度範圍內，直到 DSC 達到符合證書（CoC）要求；(2)相關人員提供再訓練與更替；(3)氫氣瓶與氮氣瓶提供清楚識別標示；(4)審查與修正程序書；(5)告知相關業界經驗分享；(6)改正行動成效須進一步評估驗證。核一廠依核安會要求訂定相關作業程序書並加強人員訓練，以確保作業安全。

附錄 3.3 Palisades 電廠之裝填完成護箱懸掛空中 43 小時事件

1. 事件說明：

此事件發生於 2005 年 10 月 11 日至 13 日，發生原因係捲筒煞車(drum brake)設定值太低而使緊急煞車作動，造成吊起的護箱懸在池子上方無法動彈。

2. 肇因分析：

由於電廠未將緊急下降程序(emergency lowering procedure)納入電廠除役程序書內，以及操作人員未接受過相關的訓練，造成一時之間電廠無法以手動操作方式將護箱下降到安全位置。

3. 經驗回饋：

核一廠吊車在安裝完成後，已測試過緊急時可利用手動方式將吊掛物下降至安全位置並將此一作業程序納入相關操作人員之訓練課程中，緊急下降程序也納入電廠程序書內，並於吊車上適當位置張貼此一程序。

附錄 3.4 Palisades 乾貯設施護箱銲道瑕疵

1. 事件說明：

該事件發生於 1994 年 6 月，美國 Palisades 電廠進行第 4 只密封鋼筒(MSB #4)裝載燃料，同年 8 月該電廠自行發現已完成裝填燃料的 MSB#4(VSC-24)軸向銲道瑕疵。

2. 肇因分析：

Palisades 電廠認為銲接後的射線檢測(RT)時，在原始判讀時疏漏了第 52 及 57 位置底片的裂紋狀指示判讀。Palisades 電廠以監測裂紋成長、結構完整性再評估及為期一年的每日護箱表面擦拭確認護箱安全性。Palisades 電廠雖完成燃料卸載程序書並經美國核管會審查，但考量不卸載燃料風險性較低因此並未

執行卸載。美國核管會對本案達成技術立場：(1)確認護箱可維持氣密性、(2)再評估結構可維持貯存期間完整性、(3)確認業者具燃料卸載的程序與裝備。

3. 經驗回饋：

核一廠依核安會要求，乾式貯存護箱密封鋼筒製造銲接的射線照射及其他非破壞檢測，應經過第三者檢驗機構的非破壞檢測第三級人員的雙重確認；後續核安會將邀集專業人員複查，對於燃料卸載及再取出作業，要求業者應備妥程序書並執行測試。

附錄 3.5 Columbia 電廠之用過核子燃料裝填護箱造成氫氣燃燒事件

1. 事件說明：

此事件發生於 2008 年 4 月 8 日及 16 日，第一次氫氣燃燒事件係因上蓋封銲完成後，認為排氣與監測設備已經不需要，即將排氣與監測設備予以隔離，因而造成氫氣累積，引起燃燒。第二次氫氣燃燒事件是導因排氣方法的技術問題，在上蓋下方和儀器間氣體交換率過低情形下，操作人員無法發現氫氣累積情形。

2. 肇因分析：

人員於發生第一次氫氣燃燒事件後沒有適當地評估排放與監控設備的配置(configuration)狀態，認為只要完成第一次的銲接程序，氫氣燃燒的風險就不復存在。此外，有關如何排氣之訓練教材並沒有說明，僅在訓練課時利用口語傳達。

3. 經驗回饋：

依據核一廠用過核子燃料乾式貯存案密封鋼筒上蓋封銲操作程序書之規定，全程以氫氣沖流密封鋼筒，並全程進行氫氣濃度（濃度標準為 2.4%）偵測作業，避免發生氫氣燃燒事件。

附錄 3.6 Vermont Yankee 電廠之傳送護箱下降未如預期停止事件

1. 事件說明：

此事件發生於 2008 年 5 月 12 日，當吊車操作員在將傳送護箱下降過程時，原本要在距離樓板上約 4 英吋高時停止下降，但是下降動作卻未如預期地停止，而是繼續以正常速度降到樓板。

2. 肇因分析：

電廠事後執行故障排除時，發現造成此問題的原因，係用來啟動吊車煞車功能的繼電器(relay)未經正確地校正。

3. 經驗回饋：

核一廠吊車在安裝完成後，已經通過完整的機械、儀電等各項組件的校正、功能測試與系統整體功能測試。並在核一廠營運程序書納入定期維護保養程序，每年執行各組件檢查、校正與測試。

附錄 3.7 Farley 電廠裝填完成之密封鋼筒溫度上升事件

1. 事件說明：

此事件發生於 2008 年 6 月 8 日，操作人員未察覺到傳送渠道之替代冷卻系統泵浦沉入水中深度不足，又未確認傳送渠道水位下降的影響，導致替代冷卻系統泵浦失去抽吸能力。對於剛

裝填滿的密封鋼筒，因替代冷卻系統失效，而導致溫度上升 2 度。

2. 肇因分析：

此事件發生之主要原因為(1)作業人員之間溝通不足。(2)未實施乾貯作業回訓與冷卻系統的訓練。(3)乾貯作業相關程序書對於發生故障與偶發事故時，並沒有執行溝通的適當步驟。

3. 經驗回饋：

核一廠依核安會要求之相關作業人員均需由經訓練合格之人員擔任。每日工作開始前將由現場負責人召集所有工作人員進行工具箱會議，以加強工作之溝通與協調。

附錄 3.8 Grand Gulf 電廠置入護箱燃料束挑選錯誤事件

1. 事件說明：

此事件發生於 2008 年 6 月 18 日，電廠人員發現在 16 個月前置入乾式貯存護箱中有數支燃料束挑選錯誤，其中 8 支的衰變熱與 7 支的輻射暴露限值超過該乾式貯存系統符合證書(CoC)的規定。

2. 肇因分析：

未提供特定任務程序書，包括護箱裝填燃料資料庫與如何審查與驗證這些資料的正確性。護箱裝填資料庫發展過程中並未要求資料庫必須針對未來幾個週期的燃料進行比對，以確保重新插入的燃料束上已適切標記為「不適用於乾式貯存」。

3. 經驗回饋：

核一廠用過核子燃料乾式貯存案所擬貯存之用過核子燃料目前均已選取完成並經核安會認可。這些燃料已貯存在用過核子燃料池超過廿年，用過核子燃料均有編號標示，未來燃料裝填作業過程中對於燃料編號標示將採雙重確認方式執行。

附錄 3.9 San Onofre 電廠之鋼筒內部壓力升高造成真空乾燥系統釋壓閥作動開啟事件

1. 事件說明：

此事件發生於 2010 年 6 月 24 日，因完成乾式屏蔽容器 (DSC) 內部上蓋銲接後，同時短時間地將通氣孔及排水孔關閉，造成鋼筒內部的壓力升高，該升高的壓力由氬氣充填管線釋放，使得靠近真空乾燥系統的釋壓閥作動開啟，導致少量的水經由該閥門釋出。

2. 肇因分析：

發生該事件的主要原因是電廠核准的新版程序書 (Procedure SO23-I-30.9 Rev. 12) 程序變更，將通氣孔及排水孔同時關閉，此步驟不符合該系統 FSAR 的規定—即在鋼筒內部的水處於加熱暫態 (heat-up transient) 期間，鋼筒內部須維持通氣之規定。

3. 經驗回饋：

依據「核一乾式貯存設施興建計畫」現有之操作程序書，屏蔽上蓋銲接完成後，需安裝排水管線，並不會同時關閉通氣孔與排水孔，密封鋼筒內部維持在持續通氣的狀態，避免發生類似事件。

附錄 3.10 Byron 電廠之護箱與密封鋼筒間冷卻系統不預期停止運轉事件

1. 事件說明：

此事件發生於 2010 年 8 月 28 日，電廠人員發現應該運轉的冷卻系統(chiller)不預期地停止運轉。雖然電廠於發現後很快地更換備用 chiller 並重新啟動冷卻系統，但是電廠無意識到要確認傳送護箱與密封鋼筒間環狀水溫是否超過限制溫度 125°F (=51.67°C)，以致無法確認燃料護套溫度是否低於 FSAR 所允許的溫度限值。

2. 肇因分析：

主要原因是電廠程序書缺少適當程序來確保環狀冷卻系統的水溫維持低於限制溫度 125°F，以符合 Holtec FSAR 規定。特別是程序書沒有規定需要監測水溫及訂定量化接受標準，以維持燃料護套溫度低於設計基準。

3. 經驗回饋：

由於核一廠乾貯案所選擇擬裝填用過核子燃料熱負載相當低，而且利用已經過評估分析的運轉技術規範(LCO)，管控各階段允許的作業時間，因此不致發生此類似事件。

附錄 3.11 North Anna 電廠之護箱受地震作用造成橫移

1. 事件說明：

此事件發生於 2011 年 8 月 23 日，美國東部距離 North Anna 電廠 11 英哩處，發生規模 5.8 的地震，致使 North Anna 電廠之金屬護箱產生 1~4.5 英吋(2.54~11 公分)的位移量，金屬護

箱無損壞，亦無放射性物質外釋。美國核管會(NRC)說明本案之護箱滑移並不致引起貯存設施安全疑慮。

2. 肇因分析：

發生超過電廠設計基準之強震，造成 North Anna 電廠護箱位移原因，電廠已針對電廠營運提出各項長程因應對策之承諾。就乾式貯存部分，承諾於 2012 年 12 月 31 日前完成地震紀錄儀器。

3. 經驗回饋：

核一廠依核安會 100 年 12 月要求，就發生類似 North Anna 電廠地震事件時，評估其乾式貯存設施安全性。評估結果顯示，核一廠乾貯護箱於上述情節之最大位移量為 1.66 英吋，不會造成傾倒、碰撞或滑出基座，但為避免影響機具操作，因此不須裝位移限制器。台電公司並依核安會 100 年 12 月要求，參照美國 North Anna 電廠的作法，於貯存設施增設地震紀錄儀器。

附錄 3.12 美國 UMS 及 MPC 貯存系統空重之標示內容不符法規規定

1. 事件說明：

2011 年 8 月 9 日美國核管會針對 2011 年前採用 NAC-UMS 及 MPC 貯存護箱之電廠，經統計約 250 組護箱空重標示不符合聯邦法規 10 CFR 72.236(k)(3)之規定，開立違規事項要求 NAC 公司改正。

2. 肇因分析：

2010 年 McGuire 電廠與 NAC 公司討論 MAGNASTOR 護箱標示牌之圖說時，對於護箱空重之標示，雙方有不同見解，便分別檢視聯想法規內容並調查目前已貯存在各電廠共約 250 組護箱之標示牌內容後，於 8 月 9 日主動提報 NRC 不合法規之事實。2011 年以前採用 NAC-UMS 及 MPC 貯存護箱之電廠，經統計約 250 組護箱之空重標示僅以混凝土護箱為主，未包括密封鋼筒空重，因此，不符合 10 CFR 72.236(k)(3) 系統空重之規定。

3. 經驗回饋：

核一廠已依技轉廠家改正措施，於混凝土護箱外增加標示牌，標示空密封鋼筒加上空混凝土護箱之加總重量。另已於外加屏蔽外加標示牌標記密封鋼筒、混凝土護箱及外加屏蔽三者之加總空重，並標示裝載日期。

附錄 3.13 Perry 燃料廠房起重機未執行維護保養

1. 事件說明：

2012 年 12 月 Perry 核能電廠沒有對燃料廠房內用來吊運裝載用過核子燃料的乾式貯存護箱的防止單一失靈起重機執行足夠的保養維護，此為電廠自行揭露的不符合狀況，美國核管會依法開立違規事項。

2. 肇因分析：

Perry 電廠自行發現燃料廠房內之防止單一失靈起重機未依規定定期維護保養，又美國核管會檢查人員發現用過核燃料乾式貯存護箱與用來移動貯存護箱的軌道末端之間的實際距離小於安全運送作業分析的距離，違反程序書的規定。

3. 經驗回饋：

核一廠已依電廠營運相關程序書強化反應器廠房吊車定期保養維護，且在用過核燃料乾貯作業期間，依相關程序書在使用前實施檢查。另已強化人員訓練以及審慎監督計畫來排除類似的人為疏失。

附錄 3.14 Monticello 電廠之鋼筒屏蔽上蓋鐸道液滲檢測程序異常事件

1. 事件說明：

2013 年 12 月 13 日美國 Monticello 電廠執行密封鋼筒屏蔽上蓋鐸道液滲檢測時，因滲透及顯像停留時間不符合規範要求，遭美國核管會下令停工並限期提報評估報告。

2. 肇因分析：

TriVis Inc. 承包 Monticello 電廠乾貯作業，於 2013 年 12 月 13 日提報美國核管會指出鐸道非破壞檢測委外廠商新聘兩名 level II 檢測人員於進行 6 只密封鋼筒(DSCs-11~16)液滲檢測作業時，滲透及顯像停留時間(dwelling times)不足。

3. 經驗回饋：

檢視核一乾貯設施冷測試階段之密封鋼筒鐸道非破壞檢測係委託專業機構(台灣動力機械檢測隊)進行檢測。作業要求(1)室溫檢測時：滲透時間至少 10 分鐘、顯像時間 7~30 分鐘(2)高溫檢測時：滲透時間 5~10 分鐘、顯像時間 10 分鐘內。核一廠已針對上述國外異常事件加強人員訓練、檢討修訂程序書及

增列查證點等，並以現有工作平台上之攝影系統作為確認實際滲透與顯像時間之輔助工具。

附錄 3.15 San Onofre 電廠密封鋼筒吊卸卡住事件

1. 事件說明：

2018 年 8 月 3 日 HI-STORM Umax 型式地下混凝土護箱進行用過核子燃料運貯作業期間，多重功能密封鋼筒(MPC) 吊入地下乾式貯存結構體之腔式密封容器(CEC)時，因人為操作疏失導致發生密封鋼筒遭腔式密封容器內扣板(Inner Ring)卡住之異常事件。

2. 肇因分析：

傳送過程中沒有確實執行觀察密封鋼筒(MPC)於吊卸過程中之高度，導致密封鋼筒(MPC)遭卡住後無法及時發現；人為疏失包含傳送過程中未確實掌握密封鋼筒(MPC)定位情形，以及操作吊運車輛的工作人員沒有及時發現吊索失去張力。

3. 經驗回饋：

核一廠乾貯密封鋼筒(TSC)傳送吊入混凝土護箱(VCC)過程中，工作人員可藉由「可遙控脫勾密封鋼筒吊具」上攝影機監控 TSC 之傳送高度、吊索荷重及吊索移動距離，可觀察 TSC 是否已安全地座落於 VCC 底部。反應器廠房吊車四條吊索裝有荷重感測器(Load Cell)，可顯示密封鋼筒(TSC)之重量，若有卡住之情形，負載將顯示吊索承受之重量不平均。核一廠已針對該異常事件加強人員訓練、檢討修訂程序書及增列查證點。