

# 核一廠用過核子燃料乾式貯存設施

## 試運轉計畫

台灣電力股份有限公司

中華民國一〇一年五月



【 文件修訂紀錄表 】

第 1 頁/共 8 頁

文件編號				修訂日期	101.03.30	
文件名稱		試運轉計畫書		版次	10104	變更次數 0
章節	頁次	原文內容	變更內容		變更理由	
1.1	2	混凝土基座為一筏式基礎，...海平面高程約 24 m。 惟本案僅執行 25 組護箱之運貯。	混凝土基座為一筏式基礎，... 海平面高程約 24 m。		依物管局 M05-01-5第1次 審查意見修訂	
1.2.5	4	將依照「核能一廠用過核燃料中期貯存計畫環境現況差異分析及對策檢討報告定稿本」、「核一廠輻射防護計畫書」及其輻射監測相關程序書執行貯存場四周之輻射環境監測作業。	將依照「核能一廠用過核燃料中期貯存計畫環境現況差異分析及對策檢討報告定稿本」之規劃，於貯存設施附近設置直接輻射、空氣放射性濃度及水樣等項目之輻射監測，「施工期間」及「運轉期間」之測站說明如下：.....		依物管局 C01-01-9第1次 審查意見修訂	
表1-1	26	表 1-1 貯存設施內重要設備清單 項次 5. 環境輻射監控系統	表 1-1 貯存設施內重要設備清單 配合第 1.2.5「環境輻射監控系統」一節內容之增補，同步修訂項次 5. 環境輻射監控系統特性功能欄內容		依物管局 C01-01-9第1次 審查意見修訂	
全文		異物入侵裝置	上水封環機構		依物管局 R04-01-12第2次 審查意見修訂	
1.4.14	12	...本公司依據 NUREG-0554 之相關規定，進行反應器廠房吊車升級為具有防止單一失效功能，以因應本案吊運之需求。	...本公司為因應本案吊運之需求，乃依據 NUREG-0554 之相關規定，...，因此本反應器廠房吊車修改案亦比照美國核能業界慣例辦理。採用的設備之品質為 B 級。		依物管局 C03-01-16第1次 審查意見修訂； 文字修正意見編號1第1次審查意見修訂	
表2-2	46	表 2-2 試運轉前應完成之準備作業與執行結果	更新「表 2-2 試運轉前應完成之準備作業與執行結果」之狀態		依物管局 M06-01-17第1次 審查意見修訂	

FOM-02-QAP-05020-01-02

【 文件修訂紀錄表(續) 】

第 2 頁/共 8 頁

章節	頁次	原文內容	變更內容	變更理由
圖1-3	21	圖 1-3 安裝/吊運階段主要工作項目示意圖	依審查意見修訂作業地點及增補 TSC,TFR 及 VCC 說明	依物管局 R01-01-19第1次 審查意見修訂
圖1-6	24	圖 1-6 試運轉主要工作項目與預定時程	更新 圖 1-6 試運轉主要工作項目與預定時程	依物管局 M06-01-21第1次 審查意見修訂
1.2.7	6	無	新增 1.2.7 溫度偵測系統一節	依物管局 R01-01-22第1次 審查意見修訂
表1-1	26	表 1-1 貯存設施內重要設備清單	表 1-1 貯存設施內重要設備清單 新增項次 7.溫度偵測系統一欄	依物管局 R01-01-22第1次 審查意見修訂
表1-2	28	表 1-2 輔助系統/設備清單及初步功能測試/分析結果	表 1-2 輔助系統/設備清單及初步功能測試/分析結果 新增項次 15.混凝土護箱氣墊設備	依物管局 R11-01-24第1次 審查意見修訂
3.1.1	53	3.1.1 銲接/非破壞檢測	3.1.1 銲接/非破壞檢測 增補 VT 檢測接受標準	依物管局 R09/R11-03-32及 M12-03-33第1次 審查意見修訂
表3-1	67	表 3-1 輔助設備整合功能驗證之作業程序、接受標準與人力及時程預估	表 3-1 輔助設備整合功能驗證之作業程序、接受標準與人力及時程預估 --銲接/非破壞檢測增補 VT 檢測接受標準	依物管局 R09/R11-03-32及 M12-03-33第1次 審查意見修訂
4.1.1	83	5. 銲接屏蔽上蓋及執行氣壓測漏	5. 銲接屏蔽上蓋及執行氣壓測漏 增補 VT 檢測接受標準	依物管局 R09/R11-03-32及 M12-03-33第1次 審查意見修訂

FOM-02-QAP-05020-01-02

【 文件修訂紀錄表(續) 】

第 3 頁/共 8 頁

章節	頁次	原文內容	變更內容	變更理由
3.2.2	59	3.2.2 密封鋼筒翻轉	3.2.2 密封鋼筒翻轉 增加密封鋼筒組件組合測試與燃料方管阻力測試之敘述，以及作業時程預估與作業人力預估。	依物管局 R11-03-39第1次 審查意見修訂
表3-2	72	表 3-2	表 3-2 修訂接受標準、人力及時程預估	依物管局 R11-03-39第1次 審查意見修訂
3.3.4	65	無	新增 本階段主要驗證輻射防護與除污作業，工作內仍主要包含設立臨時管制區、備妥輻射偵/監儀器、人員/物件進出/作業之輻防管制、污染防治與除污等。	依物管局 C01/R03-03-44第 1次審查意見修 訂
4.1.1.2	81	本作業預估投入 3 人，作業時程預估為 3 小時，作業場所為核一廠用過核子燃料池。	本作業預估投入 5 人，作業時程預估為 28 小時，作業場所為核一廠用過核子燃料池。	依物管局 R04-04-49第1次 審查意見修訂
4.1.2	90	1. 密封鋼筒由傳送護箱傳送至混凝土護箱之作業	修訂 1. 密封鋼筒由傳送護箱傳送至混凝土護箱之作業內容第(2)~(9)項	依物管局 R11-04-53， R08/R11-04-55， 以及M01-07-72 第1次審查意見 修訂
7.2	133	7.2 1.一般作業輻射防護安全措施	7.2 1.一般作業輻射防護安全措施 新增(7) 高劑量輻射作業(輻射強度大於(等於) 1 mSv/h (毫西弗/小時))，輻防人員應明確告知工作人員工作區域輻射劑量值及該次作業之預估人員劑量值，相關人員劑量記錄則留存備查。	依物管局 R08/R11-04-55及 M01-07-73第1次 審查意見修訂

FOM-02-QAP-05020-01-02

【 文件修訂紀錄表(續) 】

第 4 頁/共 8 頁

章節	頁次	原文內容	變更內容	變更理由
7.2	134	7.2 2. 燃料池水下操作功能驗證階段及熱測試階段作業輻射防護安全措施	7.2 2.燃料池水下操作功能驗證階段及熱測試階段作業輻射防護安全措施 ● 新增(3)密封鋼筒結構上蓋與密封鋼筒表面擦拭取樣其作業方式如下：...(d)依據核一廠營運程序書 902「輻射防護標準」有關規定，鋪設適當之鉛毯或鎢片屏蔽，以及必要時採取合理抑低管制措施，如穿著鉛衣等，以抑低作業人員輻射劑量。 ● 編號(3)以下之項次配合重編	依物管局 R08/R11-04-55； M01-07-72及 M01-07-73第1次 審查意見修訂
5.1	115	5.1 相關法規及標準	5.1 相關法規及標準 增補版次及年份	依物管局 R05-05-63第1次 審查意見修訂
6.1	121	核一廠目前所擁有的核子燃料計有 GE8x8-1、GE8x8-2、GE9B、GE12、ANF8 與 ATRIUM-10 共六種燃料型式，其中 GE8x8-1、GE8x8-2、GE12（只有 4 束）與 ANF8 已全數退出爐心，並存放於燃料池中；GE9B 截至 87 年 4 月 30 日，已退出 284 束至用過核子燃料池中； ATRIUM-10 則尚未退出。	核一廠目前所擁有的核子燃料計有 GE8x8-1、GE8x8-2、GE9B、GE12、ANF8 與 ATRIUM-10 共六種燃料型式。截至 87 年 4 月 30 日為止，用過燃料池中已存放了全數退出爐心的 GE8x8-1、GE8x8-2、GE12、ANF8 以及一部份的 GE9B 用過核子燃料， ATRIUM-10 此時則尚未退出爐心。	依物管局 C02-06-67第1次 審查意見修訂
6.1	121	INER-HPS 系統可貯存之 BWR 用過核子燃料...，每燃料束最大平均燃耗為 36,000 MWD/MTU，最小冷卻時間為 10 年。	INER-HPS 系統可貯存之 BWR 用過核子燃料...，每燃料束最大平均燃耗為 36,000 MWD/MTU，冷卻時間至小為 10 年。	依物管局 C02-06-67及文字 修正意見編號1 第1次審查意見 修訂

FOM-02-QAP-05020-01-02

【 文件修訂紀錄表(續) 】

第 5 頁/共 8 頁

章節	頁次	原文內容	變更內容	變更理由
7.2	136	7.2 2.燃料池水下操作功能驗證階段及熱測試階段作業輻射防護安全措施	7.2 2.燃料池水下操作功能驗證階段及熱測試階段作業輻射防護安全措施 新增 (7)本作業各項 $\gamma$ /中子輻射劑量率量測儀器及 $\alpha$ 、 $\beta$ /污染偵測儀器說明如下：	依物管局 M01-07-72第1次 審查意見修訂
7.2	137	7.2 3.抑低人員輻射劑量，採取之措施如下：	7.2 3.抑低人員輻射劑量，採取之措施如下： 新增 f.有關輻射屏蔽之安裝使用，依據核一廠營運程序書902「輻射防護標準」規定執行，...，合於ALARA考量下實施。	依物管局 M01-07-73第1次 審查意見修訂
表7-1	140	表 7-1 前置作業操作危害因子分析及評估	表 7-1 前置作業操作危害因子分析及評估 ●解決危害的對策中，增列作業區域保持人員淨空 ●潛在危害因子中有「池邊作業」時，應於其對應解決危害的對策中，增列落實防止異物入侵措施。	依物管局 R04/R05-07-74第 1次審查意見修 訂
表7-2	141	表 7-2 燃料裝載操作危害因子分析及評估	表 7-2 燃料裝載操作危害因子分析及評估 解決危害的對策中，增列落實防止異物入侵措施。	依物管局 R04/R05-07-74第 1次審查意見修 訂
圖7-1	139	圖 7-1 合理抑低計畫輻射防護管理組織圖	依權責修訂 圖 7-1 合理抑低計畫輻射防護管理組織圖	依物管局 R04/R05-07-74第 1次審查意見修 訂

FOM-02-QAP-05020-01-02

【 文件修訂紀錄表(續) 】

第 6 頁/共 8 頁

章節	頁次	原文內容	變更內容	變更理由
表7-3	143	表 7-3 密封鋼筒封銲操作危害因子分析及評估 第 4 行主要流程「密封鋼筒充填氬氣」	表 7-3 密封鋼筒封銲操作危害因子分析及評估 第 4 行主要流程「密封鋼筒充填氬氣」	依物管局 R09-07-75第1次 審查意見修訂
		無	屏蔽上蓋封焊時之危害因子應列入氬爆(國外經驗);並增列防範對策。	依物管局 C03-07-78第1次 審查意見修訂
1.2.1	3	以符合核一廠廠界劑量 0.05 mSv 限制之特殊需求。	以符合核一廠廠界劑量每年 0.05 mSv 限制之特殊需求。	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂
1.4.4	9	並有真空壓力錶指示所有壓力範圍等	並有真空壓力錶指示所有壓力範圍	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂
表1-2	27	表 1-2 輔助系統/設備清單及初步功能測試/分析結果第 8 欄 「密封鋼筒吊掛系統」	表 1-2 輔助系統/設備清單及初步功能測試/分析結果第 8 欄 「密封鋼筒吊掛系統」細分成「可遙控脫鈎密封鋼筒吊具」與「吊掛相關操作/輔助工具」	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂
1.4.4	9	3. ...本系統由氣體管路、控制閥、氣壓源(高壓氣瓶或廠房高壓氣源)壓力錶及卸壓閥等組成。	3. ...本系統由氣體管路、控制閥、氣壓源(高壓氣瓶或廠房高壓氣源)、壓力錶及卸壓閥等組成。	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂
1.5	14	...「ISFSI PAD 公用系統及設備之設計分析」報告中，此文件已另案函送主管機關審查中。	...「ISFSI PAD 公用系統及設備之設計分析」報告，本報告業於 100 年 10 月 26 日獲物管局以物三字第 1000002670 號函同意核備在案。	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂

FOM-02-QAP-05020-01-02



【 文件修訂紀錄表(續) 】

第 7 頁/共 8 頁

章節	頁次	原文內容	變更內容	變更理由
1.6	16	本系統設計上可貯存 56 束 BWR 燃料，...	本系統每組護箱設計上可貯存 56 束 BWR 燃料，...	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂
1.7	16	本計畫之主要工作項目與預定時程如圖 1-7 所示。按圖 1-7 之預定時程，...	本計畫之主要工作項目與預定時程如圖 1-6 所示。按圖 1-6 之預定時程，...	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂
1.8	17	1.8 引用法規	1.8 引用法規 引用法規之日期後面宜統一加入公佈施行或其他適合之說明	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂
表1-2	28	表 1-2 輔助系統/設備清單及初步功能測試/分析結果第 11 欄「多軸油壓板車」已於工廠及核一廠...	表 1-2 輔助系統/設備清單及初步功能測試/分析結果第 11 欄「多軸油壓板車」已於製造工廠及核一廠... 增補第 15 欄「混凝土護箱氣墊設備」說明	依物管局 R11-01-1 審查意見及文字修正意見編號1第1次審查意見修訂
2	29	本公司將嚴謹規劃並執行核一廠用過核子燃料乾式貯存設施之試運轉作業，...	本公司嚴謹規劃並執行核一廠用過核子燃料乾式貯存設施之試運轉作業，...	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂
2	29	...使現場作業人員對運貯流程可重複演練，確保對設備及儀器操作之熟練度達最高程度。...	...使現場作業人員對運貯流程可重複演練，確保對設備及儀器操作之熟練度。...	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂
2.1.1	30	...經確認重要管制事項與本案試運轉有關者共有 18 項，應提送審查或備查之文件對照彙整於表 2-2。	...經確認重要管制事項與本案試運轉有關者共有 19 項，應提送審查或備查之文件對照彙整於表 2-2。	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂

FOM-02-QAP-05020-01-02

【 文件修訂紀錄表(續) 】

第 8 頁/共 8 頁

章節	頁次	原文內容	變更內容	變更理由
3.1.3	56	若作業時周圍溫度低於 18.3 °C (65 °F)，則抽真空壓力測試標準須保持壓力小於 5 mm-Hg，維持 10 分鐘。	若作業時周圍溫度低於 18.3 °C (65 °F)，則抽真空壓力測試標準須保持壓力小於 5 mm-Hg，維持 10 分鐘。	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂
表4-4	104	表 4-4 運轉限制條件(LCO 3.1.1)	表 4-4 運轉限制條件(LCO 3.1.1) 刪除 註*:詳附件一	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂
5.3	119	配合本設施試運轉時程，本計畫將在試運轉實施約半年前，...	配合本設施試運轉時程，本案在試運轉實施約半年前，...	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂
6.3	122	本案將依據原能會「核子保防管制作業要點」，...	本案將依據原能會「核子保防作業辦法」，...	依物管局文字修正意見編號1第1次審查意見修訂
3.1.6	58	3.1.6 密封鋼筒上蓋銲道移除 ... 相關作業程序係依據「再取出操作作業程序書 (ISFSI-07-SOP-0711)」第 6.5 節密封鋼筒再取出作業程序執行。本作業預估投入 5 人，作業時程預估為 16 小時。	3.1.6 密封鋼筒上蓋銲道移除 ... 相關作業程序係依據「再取出操作作業程序書 (ISFSI-07-SOP-0711)」第 6.5 節密封鋼筒再取出作業程序執行。本作業預估投入 5 人，作業時程預估為 40 小時。本項工作中所使用之銲道移除設備將於重件吊運功能驗證階段，運入核一廠反應器廠房五樓燃料池邊作業區進行吊組配接，以確定設備符於現場狀況。	依物管局 R06/R04-02-26 第3次審查意見修訂

FOM-02-QAP-05020-01-02

# 目錄

1. 設施綜合概述 .....	1
1.1 貯存設施地理位置與貯存容量概述 .....	2
1.2 設施內重要系統組件及設備 .....	2
1.2.1 貯存系統 .....	3
1.2.2 排水系統 .....	4
1.2.3 照明設施 .....	4
1.2.4 監視預警系統及消防設備 .....	4
1.2.5 環境輻射監控系統 .....	4
1.2.6 避雷及接地系統 .....	6
1.2.7 溫度偵測系統 .....	6
1.3 運貯作業概述 .....	7
1.3.1 安裝/吊運階段 .....	7
1.3.2 貯存階段 .....	7
1.4 輔助系統及設備之設計 .....	8
1.4.1 傳送護箱吊軌 .....	8
1.4.2 遙控自動銲接機 .....	8
1.4.3 現場銲接用屏蔽板 .....	9
1.4.4 整合型排水真空乾燥系統(包含氣壓測漏系統) .....	9
1.4.5 氫氣偵測系統 .....	9
1.4.6 密封鋼筒自動翻轉裝置與吊索 .....	10
1.4.7 密封鋼筒吊掛系統 .....	10
1.4.8 氫氣測漏系統 .....	10
1.4.9 輔助油壓系統(傳送護箱屏蔽門動力) .....	10
1.4.10 傳送護箱環狀間隙注水系統 .....	11
1.4.11 多軸油壓板車 .....	11
1.4.12 防震設備 .....	11
1.4.13 雜項吊索與吊具附件 .....	12
1.4.14 反應器廠房吊車 .....	12

1.5 公用系統及設備之設計 .....	14
1.5.1 通訊 .....	14
1.5.2 電力 .....	14
1.5.3 供水 .....	14
1.5.4 供氣 .....	15
1.5.5 照明 .....	15
1.5.6 一般廢棄物處理 .....	15
1.5.7 通風與排氣 .....	15
1.5.8 接地裝置 .....	15
1.6 使用限制條件 .....	16
1.7 預估開始使用之時程 .....	16
1.8 引用法規 .....	17
2. 試運轉規劃 .....	29
2.1 試運轉前置準備作業 .....	30
2.1.1 試運轉前許可申請階段應提送審查或備查之文件 .....	30
2.1.2 關鍵系統模擬操作(含設備單元性能測試) .....	31
2.2 整體功能驗證(Dry-Run)階段之規劃 .....	32
2.2.1 輔助設備整合功能驗證之規劃項目 .....	33
2.2.2 重件吊運、傳送及運送功能規劃項目 .....	34
2.2.3 燃料池水下操作功能驗證之規劃項目 .....	35
2.3 熱測試(Hot-Test)階段之規劃 .....	36
3. 整體功能驗證 .....	52
3.1 輔助設備整合功能驗證 .....	53
3.1.1 銲接/非破壞檢測 .....	53
3.1.2 壓力測試 .....	55
3.1.3 排水/真空乾燥 .....	56
3.1.4 氬氣回填 .....	56
3.1.5 氬氣測漏 .....	57
3.1.6 密封鋼筒上蓋銲道移除 .....	57
3.2 重件吊運、傳送及運送功能驗證 .....	58

3.2.1	傳送護箱翻轉 .....	59
3.2.2	密封鋼筒翻轉 .....	59
3.2.3	密封鋼筒/傳送護箱吊運與輔助設備試組裝 .....	60
3.2.4	密封鋼筒傳送至混凝土護箱 .....	60
3.2.5	多軸油壓板車運送 .....	61
3.2.6	混凝土護箱氣墊運送 .....	62
3.2.7	外加屏蔽安裝 .....	63
3.3	燃料池水下操作功能驗證 .....	63
3.3.1	密封鋼筒/傳送護箱吊運與下水定位 .....	63
3.3.2	模擬燃料束裝填 .....	64
3.3.3	屏蔽上蓋安裝/水下傳送護箱吊運操作 .....	64
3.3.4	輻防及除污作業 .....	65
4.	熱測試驗證(Hot Test) .....	79
4.1	安裝/吊運階段 .....	80
4.1.1	吊卸裝填 .....	80
4.1.2	運搬作業 .....	89
4.2	貯存階段 .....	93
5.	品質保證計畫 .....	115
5.1	相關法規及標準 .....	115
5.2	核一廠用過核子燃料乾式貯存設施專案計畫組織 .....	116
5.3	人員訓練計畫 .....	119
5.4	試運轉階段品質保證作業 .....	120
6.	核子保防與料帳管理 .....	121
6.1	待貯存用過核子燃料特性 .....	121
6.2	熱測試階段待運貯之用過核子燃料 .....	122
6.3	料帳管理 .....	122
7.	試運轉安全措施 .....	132
7.1	作業安全措施 .....	132
7.2	輻射防護安全措施 .....	133
8.	意外事件應變計畫 .....	147

附錄 A 核能一廠用過核子燃料乾式貯存設施建照執照 ..... A-1

## 附圖目錄

圖 1-1 核一廠用過核子燃料乾式貯存場平面配置圖.....	19
圖 1-2 作業流程圖.....	20
圖 1-3 安裝/吊運階段主要工作項目示意圖.....	21
圖 1-4 貯存場示意圖.....	22
圖 1-5 運送路線圖.....	23
圖 1-6 試運轉主要工作項目與預定時程.....	24
圖 2-1 關鍵系統模擬設備.....	39
圖 5-1 核一廠用過核子燃料乾式貯存設施專案計畫組織系統圖.....	118
圖 6-1 核一廠 ISFSI 之護箱燃料佈置.....	124
圖 6-2 護箱編號 01 的用過核子燃料束配置圖.....	125
圖 6-3 護箱編號 02 的用過核子燃料束配置圖.....	126
圖 7-1 合理抑低計畫輻射防護管理組織圖.....	139

## 附表目錄

表 1-1 貯存設施內重要設備清單.....	25
表 1-2 輔助系統/設備清單及初步功能測試/分析結果.....	27
表 2-1 核一乾貯整體功能驗證階段與熱測試之操作項目內容比較表.....	40
表 2-2 試運轉前應完成之準備作業與執行結果.....	46
表 2-3 關鍵系統模擬操作項目與模擬設備.....	50
表 3-1 輔助設備整合功能驗證之作業程序、接受標準與人力及時程預估.....	67
表 3-2 重件吊運、傳送及運送功能驗證之作業程序、接受標準與人力及時程預估 .....	72
表 3-3 燃料池水下操作功能驗證之作業程序、接受標準與人力及時程預估.....	76
表 4-1 熱測試驗證吊卸裝填作業之工作項目與操作場所.....	94
表 4-2 熱測試驗證運搬作業之工作項目與操作場所.....	100
表 4-3 熱測試驗證貯存階段之工作項目與操作場所.....	103
表 4-4 運轉限制條件(LCO 3.1.1).....	104
表 4-5 運轉限制條件(LCO 3.1.2).....	106
表 4-6 運轉限制條件(LCO 3.1.3).....	107
表 4-7 運轉限制條件(LCO 3.1.4).....	108
表 4-8 運轉限制條件(LCO 3.1.5).....	109
表 4-9 運轉限制條件(LCO 3.1.6).....	110
表 4-10 運轉限制條件(LCO 3.1.7).....	111
表 4-11 運轉限制條件(LCO 3.2.1).....	112
表 4-12 運轉限制條件(LCO 3.2.2).....	113
表 6-1 核一廠截至 87 年 4 月 30 日已退出之各類型燃料數.....	127
表 6-2 護箱熱負載列表.....	127
表 6-3 特種核物料移動表(MBA FORM)(1001.1).....	128
表 6-4 核物料存量摘要表(1001).....	129
表 6-5 第一核能發電廠核物料移動查對表.....	130
表 6-6 密封鋼筒用過核子燃料束裝載檢核表.....	131
表 7-1 前置作業操作危害因子分析及評估.....	140



表 7-2 燃料裝載操作危害因子分析及評估 .....	141
表 7-3 密封鋼筒封鐸操作危害因子分析及評估 .....	143
表 7-4 密封鋼筒裝載操作危害因子分析及評估 .....	145
表 7-5 貯存操作危害因子分析及評估 .....	146



## 1. 設施綜合概述

台灣電力公司(以下簡稱本公司)為申請於核一廠設置用過核子燃料乾式貯存設施(以下簡稱本案)，特依據行政院原子能委員會(以下簡稱原能會)於 91 年 12 月公佈施行之「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 1 月 21 日獲主管機關審查同意，同年 12 月 3 日取得原能會核發之建造執照，如附錄 A。

依據 92 年 7 月實施之「放射性物料管理法施行細則」第二十六條之規定，申請放射性廢棄物處理、貯存或最終處置設施運轉執照者，應先檢附試運轉計畫，報經主管機關核准進行試運轉。試運轉完成後，應填具申請書並檢附資料，向主管機關申請核發運轉執照。故本公司依據前述規定提出「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施試運轉計畫」(以下簡稱本計畫書)，申請試運轉(以下簡稱核一乾貯試運轉)，以驗證設備功能與程序符合設計需求。本計畫書格式係依據行政院原子能委員會放射性物料管理局(以下簡稱物管局) 98 年 10 月 7 日物三字第 0980002570 號函「核一廠乾式貯存設施試運轉作業管制討論會」會議紀錄第六項第(五)點表 1「試運轉計畫書之格式與內容」之要求所撰寫。

## 1.1 貯存設施地理位置與貯存容量概述

本案貯存場係位於核能一廠廠區內西南隅之乾華溪下游左岸，總面積約為 2,876 m<sup>2</sup>。場址東側設有護岸排樁、西側設有擋土排樁及擋土牆，確保貯存場邊坡與河岸之穩定性。貯存場設施包含混凝土基座、進場道路、內外圍籬、雙重門等，其配置如圖 1-1 所示。

新乾華橋前之貯存場入口處設有第一道柵欄，通過新乾華橋後，有 14 m 寬之電動鐵門(屬內圍籬之一部分)，進入後約有 16 m 寬之道路，可提供傳送車輛及機具之轉彎及暫停檢測等功能；內圍籬上設置侵入警報監視系統，包含刀型蛇腹網、360 度不銹鋼壓力感知器、及紅外線偵測器，系統之訊號接連至核一廠保安監控中心既有之監控系統；發現異常(含系統故障/被破壞時)時，將自動傳送警報訊號。

混凝土基座為一筏式基礎，用於放置裝載用過核子燃料之混凝土護箱以進行乾式貯存。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，基礎面積約 2,200 m<sup>2</sup>，厚 0.9 m，海平面高程約 24 m。

混凝土護箱採露天方式存放，任二個混凝土護箱中心距離為 5.8 m，混凝土護箱加上環形外加屏蔽後之外徑約 4.2 m。又為強化地震抗傾倒功能，外加屏蔽底座設計為(長 4.5 m，寬 4.5 m，高 0.96 m)，而底座間淨距離為 1.3 m。

## 1.2 設施內重要系統組件及設備

設施內重要系統組件及設備包含貯存系統、排水系統、照明設施、監視預警及消防設備、環境輻射監控、以及避雷及接地系統等，相關清單列於表 1-1。

另於圍籬旁設置監視信號接線箱，以收集攝影機、溫度監控信號及環境輻射監控信號等，並以專用纜線連接至壹號貯存庫訊號傳送站，再利用現有視訊管溝，加配專用纜線至各監控中心。

### 1.2.1 貯存系統

核一廠使用之高性能用過核子燃料乾式貯存系統(INER High Performance System, INER-HPS，以下簡稱本系統)，係由本公司承包商核能研究所技轉自美國 NAC 公司，並經考量核一廠特定需求所發展。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)，相關安全分析結果已於 97 年 1 月 21 日獲主管機關審查同意。

本貯存系統係指將裝載用過核子燃料之密封鋼筒置於混凝土護箱內，運送至貯存場定位進行長期貯存，每個護箱可貯存 56 束 BWR 用過核子燃料；而傳送護箱則主要用來傳送密封鋼筒至混凝土護箱中，並作為封鐸上蓋時之臨時屏蔽。

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。混凝土護箱另有外加屏蔽，其主要功能為降低對環境之輻射強度，以符合核一廠廠界劑量每年 0.05 mSv 限制之特殊需求。外加屏蔽側面厚度為 35 cm，成環狀，分為五層，每層間以楔形嵌合，以保持對準圓心。

### 1.2.2 排水系統

貯存場址配合水保排水系統，於場址西側沿坡址擋土牆設排水溝及滙流井，將逕流水藉由水溝由南往北流向滙入北側之滯洪沉沙池，經沉澱後排入乾華溪。

### 1.2.3 照明設施

貯存場四周外圍籬(即擋土樁位置)處，設置 49 盞鈉氣燈，具自動點滅功能並符合防勤需求(防空演習或空襲警報時要能人工控制燈火關斷)。

### 1.2.4 監視預警系統及消防設備

貯存場四周重要據點裝置屋外型全天候功能彩色攝影機組(含支架)閉路電視攝影機共 5 座，隨時監視進出之人員及車輛。內圍籬則裝設入侵警報偵測系統，其信號與畫面皆顯示於保安監控中心，以監視鄰近道路及圍籬狀況。攝影機及防入侵系統係使用廠區之緊要電源。

貯存場入口處之西南角圍籬道路旁，設置五只手提式滅火器，其規格為 ABC 乾粉滅火器 20 型。

### 1.2.5 環境輻射監控系統

將依照「核能一廠用過核燃料中期貯存計畫環境現況差異分析及對策檢討報告定稿本」之規劃，於貯存設施附近設置直接輻射、空氣放射性濃度及水樣等項目之輻射監測，「施工期間」及「運轉期間」之測站說明如下：

#### 1. 施工期間測站如下：

##### (1)直接輻射監測項目

a. 高壓游離腔輻射偵測器(連續監測方式)

主警衛室、開關場及氣渦輪機，共 3 站。

b. TLD 熱發光劑量計(每一季計讀一次)

106、107、108、109、115、主警衛室新增 116、乾華隧道新增 117 共 7 個偵測站。

(2) 空氣放射性濃度(每週取樣分析一次)

主警衛室、開關場、氣渦輪機及中期貯存設施場址，共 4 站。

(3) 廠區內水樣(每月取樣分析一次)

貯存設施週邊新設排水溝-NO.5、6、7、8，共 4 站。

(4) 沉積物試樣(土壤)測站

1 站，即西南民宅。每半年取樣分析一次。

2. 運轉期間測站如下：

(1) 直接輻射監測項目

a. 高壓游離腔輻射偵測器(連續監測方式)

西南民家及西南崗哨處等 3 站。

b. TLD 熱發光劑量計(每一季計讀一次)

用過核燃料中期貯存設施邊界每 30 公尺設一站。

(2) 空氣放射性濃度(每週取樣分析一次)

主警衛室、開關場、氣渦輪機及中期貯存設施場址，共 4 站。

(3) 廠區內水樣(每月取樣分析一次)

貯存設施週邊新設排水溝-NO.5、6、7、8，共 4 站。

#### (4) 沉積物試樣(土壤)測站

西南民宅一站，每年取樣一次，並分析鈾-239 (Pu-239) 關鍵長半化期核種。

除施工及運轉階段之各項監測外，另增加兩處熱發光劑量計偵測站，於每批次運送核燃料時執行連續監測，並於各批次運送完成後，立即執行計讀偵測結果，以確保用過核燃料之運送輻射安全。偵測站別：主警衛室(編號 116A)、乾華隧道西(編號 117B)。

#### 1.2.6 避雷及接地系統

貯存場於營運期間，除了電器設備會有適當的接地設施外，在貯存場高處將設有避雷裝置，避雷之接地設施將於混凝土基座施工時預埋接地線及預留導電接點。

本系統設計主要依據 NF C 17-102 法國電避雷針國家標準、建築技術規則建築設備編、中國國家標準(CNS)、美國國家電機法規(NEC)、美國電子電機工程師協會(IEEE)、國際電工委員會(IEC)、屋外供電線路裝置規則及屋內線路裝置規則。

#### 1.2.7 溫度偵測系統

本系統設置於監控中心，主要提供混凝土護箱之溫度監控，主要設備包括：警報器、記錄器、溫度感測器、電源盤，以及連接到控制盤的信號接頭。

溫度感測器(RTD)量測範圍為 0~200°C，安裝於每個 VCC 護箱每個出風口(共 4 個)；另於貯存場中間位置之護箱及貯存場外，各安裝 1 個溫度感測器，以測量環境溫度，並與 VCC 護箱出風口之溫度執行差異比較，若超過規定限值，將有警報示警。



本系統另配有不斷電系統，可供應電腦及控制/監測裝置至少 8 小時所需之電力。

### 1.3 運貯作業概述

本案主要分安裝/吊運與貯存等二階段，全程作業之流程如圖 1-2 所示，圖 1-3 為安裝/吊運階段主要工作項目示意圖，圖 1-4 則為貯存場建造完成並貯存混凝土護箱之示意圖，圖 1-5 為運送路線圖。各階段作業概述如下，另試運轉規劃、整體功能驗證、以及熱測試驗證則分別詳述於第 2 至第 4 章。

#### 1.3.1 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上水封環機構後，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(內含密封鋼筒)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。

#### 1.3.2 貯存階段

貯存階段係指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作業。

## 1.4 輔助系統及設備之設計

為能順利執行上述運貯作業，本公司特依據核一廠作業場所之特性，審慎規劃並設計適用於本案運貯過程中所需之輔助設備。

本案之輔助設備主要用於密封鋼筒之燃料裝載、密封，以及反應器廠房內外傳送作業；主要包括有傳送護箱吊軌、自動銲接機、現場銲接用臨時屏蔽板、整合型排水真空乾燥系統、氫氣偵測系統、壓力測試系統、密封鋼筒自翻轉裝置、密封鋼筒吊索與操作工具、氫氣測漏系統(leakage test system ,LTS)、輔助油壓系統、傳送護箱環狀間隙注水系統、多軸油壓板車、防震設備，以及雜項吊索與吊具附件等，相關清單及功能測試/分析結果如表 1-2 所示。與結構安全相關之評估則詳述於「運轉階段輔助設備結構安全評估」報告中，此文件已獲主管機關審查同意。

### 1.4.1 傳送護箱吊軌

傳送護箱吊軌為銜接起重機(90 MT 廠房吊車)吊鈎與傳送護箱吊耳軸的吊具，其設計符合 ANSI N14.6 及 NUREG-0612 法規要求，屬於品質分級(安全等級)B 級。使用前，已先經組件裝配、功能測試、檢查與 3 倍負載的安全測試，以確認符合相關法規規定。

### 1.4.2 遙控自動銲接機

用於執行密封鋼筒在裝載燃料完成後之屏蔽上蓋與結構上蓋之密封銲接作業，本設備為商業產品，品質分級屬於 NQ (Non-Quality)級。

### 1.4.3 現場銲接用屏蔽板

屏蔽板為上述自動銲接機定位的基座並兼有輔助屏蔽功能，可減少密封鋼筒現場銲接時的人員輻射劑量。其外徑小於密封鋼筒內徑，避開上蓋與/密封鋼筒外殼銲道與排水/通氣孔蓋。本設備品質分級為 NQ 級。

### 1.4.4 整合型排水真空乾燥系統(包含氣壓測漏系統)

本系統主要包含密封鋼筒排水及真空乾燥等兩系統。本設備品質分級屬於 NQ 級。

1. 密封鋼筒排水系統主要提供密封鋼筒在裝載燃料完成後，屏蔽上蓋銲接前的排水，及密封鋼筒真空乾燥前的全面排水功能，主要設備包括抽水泵、抽水管路。
2. 真空乾燥系統則用於密封鋼筒屏蔽上蓋銲接完成後，維持密封鋼筒內真空乾燥，隨後灌入氬氣以保持用過核子燃料處於惰性氣體環境中，主要由真空泵、軟管、控制閥等與密封鋼筒銜接組成，並有真空壓力錶指示所有壓力範圍。
3. 壓力測試系統用於密封鋼筒屏蔽上蓋封銲之後(孔蓋封銲前)，銜接密封鋼筒排水口與排氣口，以執行氣壓測漏(測試標準為 35 psia，維持 10 分鐘壓力不降)，確認密封鋼筒屏蔽上蓋封銲之密封性。本系統由氣體管路、控制閥、氣壓源(高壓氣瓶或廠房高壓氣源)、壓力錶及卸壓閥等組成。本系統設備品質分級屬於 NQ 級，為工業用操作儀器。

### 1.4.5 氬氣偵測系統

氬氣偵測系統用於偵測密封鋼筒在屏蔽上蓋銲接前，用過核子燃料在水中可能產生的氬氣，以避免產生氬爆而導致人員危險或設

備損壞。銲接作業需在氬氣濃度於 2.4 % 以下才能進行。本設備品質分級屬於 NQ 級，為操作用工業儀器。

#### **1.4.6 密封鋼筒自動翻轉裝置與吊索**

密封鋼筒自動翻轉裝置與吊索用來翻轉空的密封鋼筒，由水平轉成垂直（或垂直轉成水平）置放的座架，吊索則為銜接起重機吊鉤與翻轉架間的吊具。本系統設備品質分級屬於 NQ 級，為操作用工業標準吊具。

#### **1.4.7 密封鋼筒吊掛系統**

可遙控脫鉤密封鋼筒吊具，為裝滿燃料束的密封鋼筒進入混凝土護箱作業時，與起重機吊鉤銜接的吊具；其設計符合 ANSI 14.6 法規要求，組裝完成(共 6 組吊鉤)須經 3 倍負載的安全測試，屬於品質分級(安全等級)B 級。操作工具則為銜接起重機吊鉤或執行密封鋼筒進入混凝土護箱作業的輔助工具，例如定位用推桿或拉繩等，品質分級屬於 NQ 級，為操作用工業標準吊具。

#### **1.4.8 氬氣測漏系統**

氬氣測漏系統用來檢測並確認密封鋼筒/屏蔽上蓋/孔蓋間的銲接處是否為密封狀態，經確認後始可進行結構上蓋的銲接。本系統設備包括氬氣測漏機組、測漏探測器及必要系統管路與控制閥組。本系統設備品質分級屬於 NQ 級，為工業用操作儀器。

#### **1.4.9 輔助油壓系統(傳送護箱屏蔽門動力)**

本系統為傳送護箱底部屏蔽門的開關驅動系統，系統設備組件架設在傳送銜接器(adapter)上，用以開關屏蔽門，提供密封鋼筒由傳送護箱底部進入混凝土護箱內的控制孔道。功能測試於組裝傳送

護箱的軌道與定位裝置時實施。輔助油壓系統由油壓動力組、油壓缸、控制閥及油壓軟管等組成。本系統設備品質分級屬於 NQ 級，為操作用工業標準動力單元。

#### **1.4.10 傳送護箱環狀間隙注水系統**

本系統提供傳送護箱與密封鋼筒間環狀間隙填充乾淨的除礦水或經過濾池水之管路系統，以避免密封鋼筒表面與傳送護箱內壁之可能污染。配合傳送護箱進水池，本系統同時實施注水與排水，排水將直接排入燃料池。傳送護箱環狀間隙注水系統由水管(軟)、控制閥、壓力錶等組成。本系統設備品質分級屬於 NQ 級，為操作用管路設施。

#### **1.4.11 多軸油壓板車**

多軸油壓板車為運送混凝土護箱之機具，主要將混凝土護箱(內含密封鋼筒)由反應器廠房運送至貯存場，品質分級屬於 NQ 級。多軸油壓板車具備 22 cm 厚之超低重型承板，承載能力達 150 MT 以上；為符合廠房內之作業空間限制，並增加載具接地面積以減少對地面之均佈應力，採用 8 軸共 64 輪之自走式多軸油壓板車取代傳統拖車頭曳引。藉由液壓平衡對路面之顛簸自動反饋，可確保所運載物件保持平穩狀態；具備自有動力源，各車軸可獨立轉向，移動靈活，並可視路況需要隨時調整承載平台高度，減少與地面距離或降坐於地面，確保所載運物件之安全穩定。

#### **1.4.12 防震設備**

防震設備分別位於反應器廠房二樓與五樓及燃料池裝載區，用於裝載作業時，萬一發生地震，可以防止豎立的混凝土護箱滑動與

傳送護箱傾倒。另於反應器廠房天井一樓側牆上，安裝管路保護裝置，以防止空的密封鋼筒與傳送護箱於一樓作業時，因發生地震，而撞擊天井側牆上的管路，影響電廠正常運轉。各項防震設備說明如下：

- (1) 於反應器廠房天井將密封鋼筒由傳送護箱傳送至混凝土護箱時，在天井二樓處用四支樑(圍著傳送護箱腰部)撐住設備出入天井(hatch)的樑側(開口框內)。
- (2) 在五樓操作區有一方形結構框住傳送護箱，方形結構再與地板拉環(五樓操作區已有的吊耳)相結合。
- (3) 於燃料池之裝載區內利用既有框架(cask constraint)結構作防震。

上述設備品質分級皆屬於 NQ 級。

#### **1.4.13 雜項吊索與吊具附件**

例如製造組合與搬運過程各主要之吊索、吊具及工作平台等。上述設備品質分級皆屬於 NQ 級，為臨時操作用具。

#### **1.4.14 反應器廠房吊車**

反應器廠房吊車為傳送護箱吊運的主要輔助設備之一，用於吊掛傳送護箱於燃料池、操作區，以及反應器廠房一樓與五樓間之移動與吊卸。本公司為因應本案吊運之需求，乃依據 NUREG-0554 之相關規定，進行反應器廠房吊車修改為具有防止單一失效功能。但由於核一廠反應器廠房之舊吊車(修改前)是在 NUREG-0554 公佈前完成設計與建造，因此在進行核一廠反應器廠房吊車修改時，有部份被動承載負荷的主要組件，包括吊鉤(Hook)、下組塊(Load Block)及上組塊插梢(Upper Block Pin)，受限於既有反應器廠房的吊

升高度、吊升荷重及既有吊具(如反應爐爐蓋之吊具)之限制條件，而無法完全依照 NUREG-0554 要求採重置(redundant)設計。前述這些組件乃改爰用美國核管會於 1980 年發佈的 NUREG-0612 Appendix C，以提供既有吊車修改為防止單一失效吊車時之替代方案，即採用提高安全係數為兩倍之設計。另由於 NUREG-0554 部份相關規定，僅提供功能需求或目標準則，在執行上缺乏具體量化可遵循之標準，在美國核能業界即參照 ASME NOG-1 來協助設計者執行設計與評估，因此本反應器廠房吊車修改案亦比照美國核能業界慣例辦理。採用的設備之品質為 B 級。

核一廠反應器廠房吊車升級後，可符合兩個主要目標：

- (1) 當發生安全停機地震 (SSE) 時，該吊車能維持安全懸吊緊要荷重 (critical load)，但不須維持其運轉操作能力。
- (2) 該吊車即使發生單一零組件失效，仍不會喪失制動與懸吊緊要荷重之能力。

在最重要的捲揚系統部份，其安全裝置包括：(1) 双重捲揚驅動裝置；(2) 過速保護裝置；(3) 三重剎車裝置 (喪失電源情況下，仍能懸吊荷重與放下荷重)；(4) 雙重荷重路徑 (双重穿索系統及四條鋼索)；(5) 斷索偵測裝置與過負荷預防裝置；(6) 過捲預防裝置。過捲預防裝置包括齒輪式極限開關、重桿式極限開關、秤梢、壓力開關、上組塊極限開關及液壓緩衝器(吸收過捲能量)等層層措施，以避免發生上下組塊碰撞(two blocking)或荷重卡阻(load hangup)情況。

## 1.5 公用系統及設備之設計

本節說明運貯作業及貯存場例行運轉期間，各項公用系統之特性，細部設計與分析結果則詳述於「ISFSI PAD 公用系統及設備之設計分析」報告，本報告業於 100 年 10 月 26 日獲物管局以物三字第 1000002670 號函同意核備在案。

### 1.5.1 通訊

燃料裝載操作期間，反應器廠房內之通訊將利用核一廠內既有通訊設施，並依照核一廠通訊作業規定使用。貯存場例行運轉期間，警衛人員於巡視時，以適當之通訊工具與保安監控中心值班人員聯繫。

### 1.5.2 電力

反應器廠房內於貯存燃料裝填及運送作業期間，電力將利用核一廠內既有電力供應設備，並依照核一廠廠內公用電力使用規定辦理。貯存場於例行貯存期間，將利用核一廠現有電力系統，供應貯存場之照明、電動門、出氣口溫度偵測及環境監測系統、監視系統，以及各監控中心儀器與控制設施。

### 1.5.3 供水

於反應器廠房內進行燃料束裝載作業期間，須連續供應除礦水以注入於密封鋼筒外壁與傳送護箱內壁之環狀間隙，供應量在 15 L/min 以下，每筒次作業時間約在 30 小時以上。另傳送護箱於進出水池面時，其表面須以除礦水噴灑以降低表面污染，除礦水將由核一廠既有供應設施供應，並依核一廠規定辦理。貯存場於例行貯存期間，並無供水需求。



#### **1.5.4 供氣**

反應器廠房內於貯存燃料裝填及運送作業期間，公用壓縮空氣將使用核一廠既有供氣設施，使用時將依核一廠規定辦理；若有超過廠內供氣且不符使用時，將另備壓縮空氣設備。貯存場於例行貯存期間，則無供氣之需求。

#### **1.5.5 照明**

反應器廠房內及燃料池內已有照明設備，若有特殊需要，將另備燈具，燈具使用將依核一廠規定辦理。貯存場圍籬內設有照明設備，其照度除符合 CNS 標準外，並符合 10 CFR 73.55(C)(5)照度至少應達 0.2 呎燭之規定。

#### **1.5.6 一般廢棄物處理**

反應器廠房內於貯存燃料裝填及運送作業期間，產生的一般廢棄物，將依照核一廠一般廢棄物處理規定辦理。貯存場於例行貯存期間，並無一般廢棄物生成。

#### **1.5.7 通風與排氣**

反應器廠房內於貯存燃料裝填及運送作業期間，將使用核一廠反應器廠既有通風與排氣設施，遇有特殊廢氣須排除時，將另備排風設施與導管引至既有通風與排氣進口附近，由既有設施排至廠外。貯存場為露天貯存設施，燃料貯存用的密封鋼筒外表，採用自然空氣對流的冷卻方式，沒有強制式通風與排氣設備之需求。

#### **1.5.8 接地裝置**

反應器廠房內之貯存燃料裝填及運送作業用電器設備，若需接地裝置，將聯結至核一廠反應器廠房既有之接地線路，接地之執行

將依照核一廠電器接地規定辦理。貯存場於例行貯存期間，除了電器設備會有適當的接地裝置外，將於貯存場高處設置避雷裝置，避雷之接地裝置，將於混凝土基座施工時預埋接地線網與預留導電接點。

## 1.6 使用限制條件

本系統每組護箱設計上可貯存 56 束 BWR 燃料，待貯存的用過核子燃料為 GE8x8-1、GE8x8-2 及 SPC8x8 等 3 類型，於執行貯存時將以嚴謹之行政管制程序，使每一貯存護箱之熱負載不會超過 7 kW。經盤查目前已退出並分別貯存在一、二號機燃料池的用過核子燃料，計有 1,708 束可符合上述條件；而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。

## 1.7 預估開始使用之時程

本計畫之主要工作項目與預定時程如圖 1-6 所示。按圖 1-6 之預定時程，本公司目前已完成貯存場整地，以及各系統模擬操作（含水下操作、VDS 系統、自動銲接、上蓋銲道移除、全荷重重物運送測試、重件吊運、傳送與運送等）分項演練。在主管機關審查試運轉計畫書之同時，本公司將持續進行前兩組混凝土護箱與外加屏蔽之澆置及測試，以及貯存場（含進場道路）之建造及周邊設備（輻防監測及保安圍籬）之裝設等。

在獲得主管機關核准試運轉後，本公司開始進行本設施整體功能驗證（dry run test）與兩組護箱燃料裝載（hot test）之能力確認。本公司將依據試運轉之過程及結果，完成試運轉報告並視需要修訂安全分析報

告及相關程序書後向主管機關辦理申請運轉執照。在獲主管機關核發執照後，本公司將避開一、二號機大修期間分別執行燃料裝載，完成本計畫裝載運貯工作。

## 1.8 引用法規

1. 「放射性物料管理法」，91年12月25日公布施行
2. 「放射性物料管理法施行細則」，98年4月22日修正發布
3. 「放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則」，97年10月22日修正發布
4. 「游離輻射防護法」，91年1月30日制定公佈
5. 「游離輻射防護法施行細則」，97年2月22日修正發布
6. 「游離輻射防護安全標準」，94年12月30日修正發布
7. 「核子保防作業辦法」，92年09月10日發文實施
8. 中華民國「勞工安全衛生法」，91年6月12日修正發布
9. 中華民國「勞工安全衛生法施行細則」，98年2月26日修正發布
10. 勞工安全衛生設施規則，98年10月13日修正發佈
11. 營造安全衛生設施標準，99年11月30日修正發佈
12. 勞工安全衛生組織及自動檢查辦法，100年1月14日修正發佈
13. 勞工安全衛生教育訓練規則，98年9月7日修正
14. 「金山核能發電廠安全分析報告」，93年4月
15. 「台灣電力公司非破壞檢測人員考訓與資格審定程序」，92年9月19日第9次修訂
16. 10 CFR 72, "Licensing Requirements for the Independent Storage of Spent Nuclear Fuel and High-Level Radioactive Waste." , 2006/01
17. 10 CFR 73, "Physical Protection of Plants and Materials.",

2006/01

18. ASME Section V, "Nondestructive Examination.", 2004
19. ANSI/ASME NQA-1, "Quality Assurance Program Requirements for Nuclear Facilities.", 1994
20. American Society for Non-destructive Testing, SNT-TC-1A, "Recommended Practice for Nondestructive Testing Personnel Qualification and Certification." , 2001

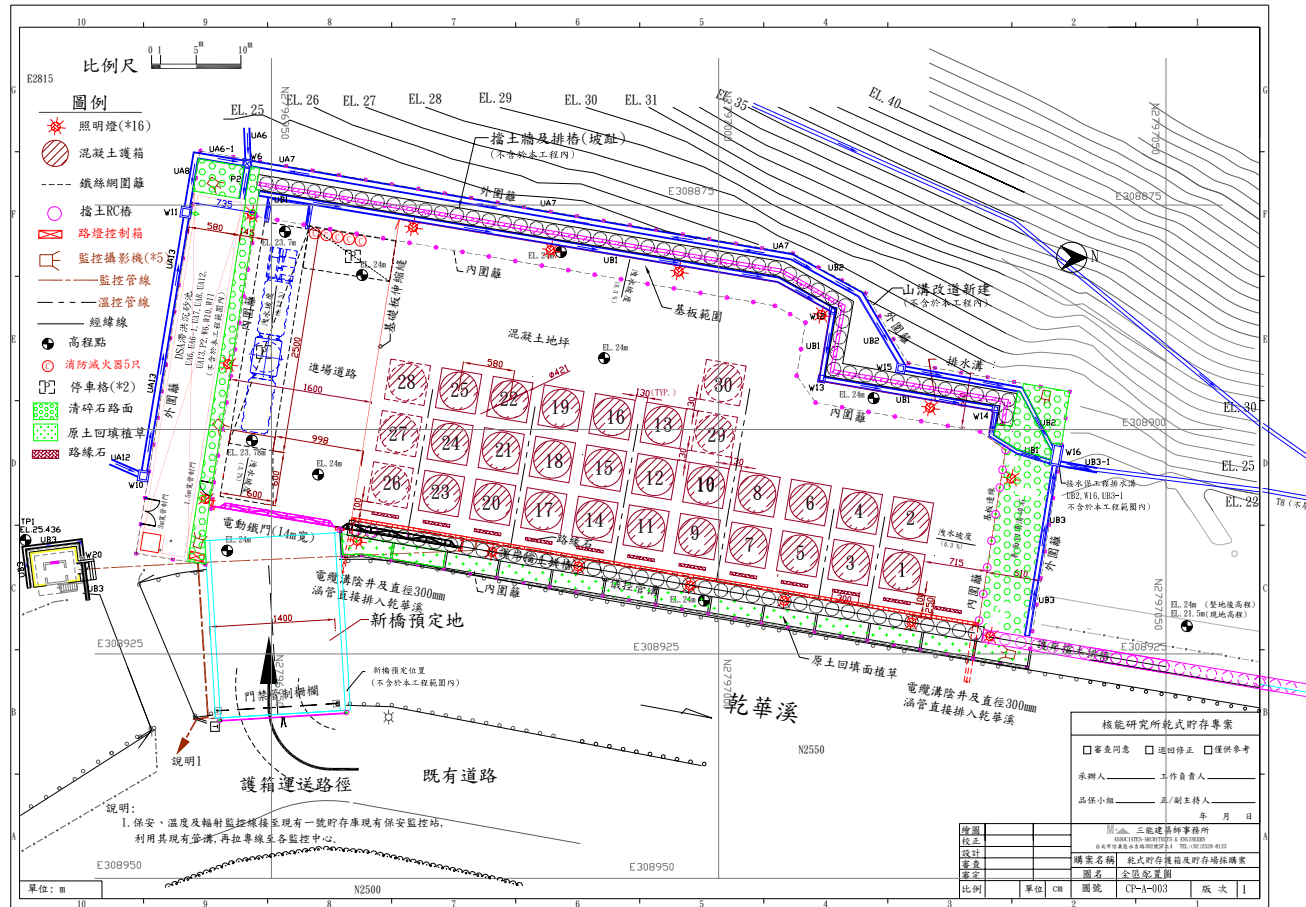


圖 1-1 核一廠用過核子燃料乾式貯存場平面配置圖

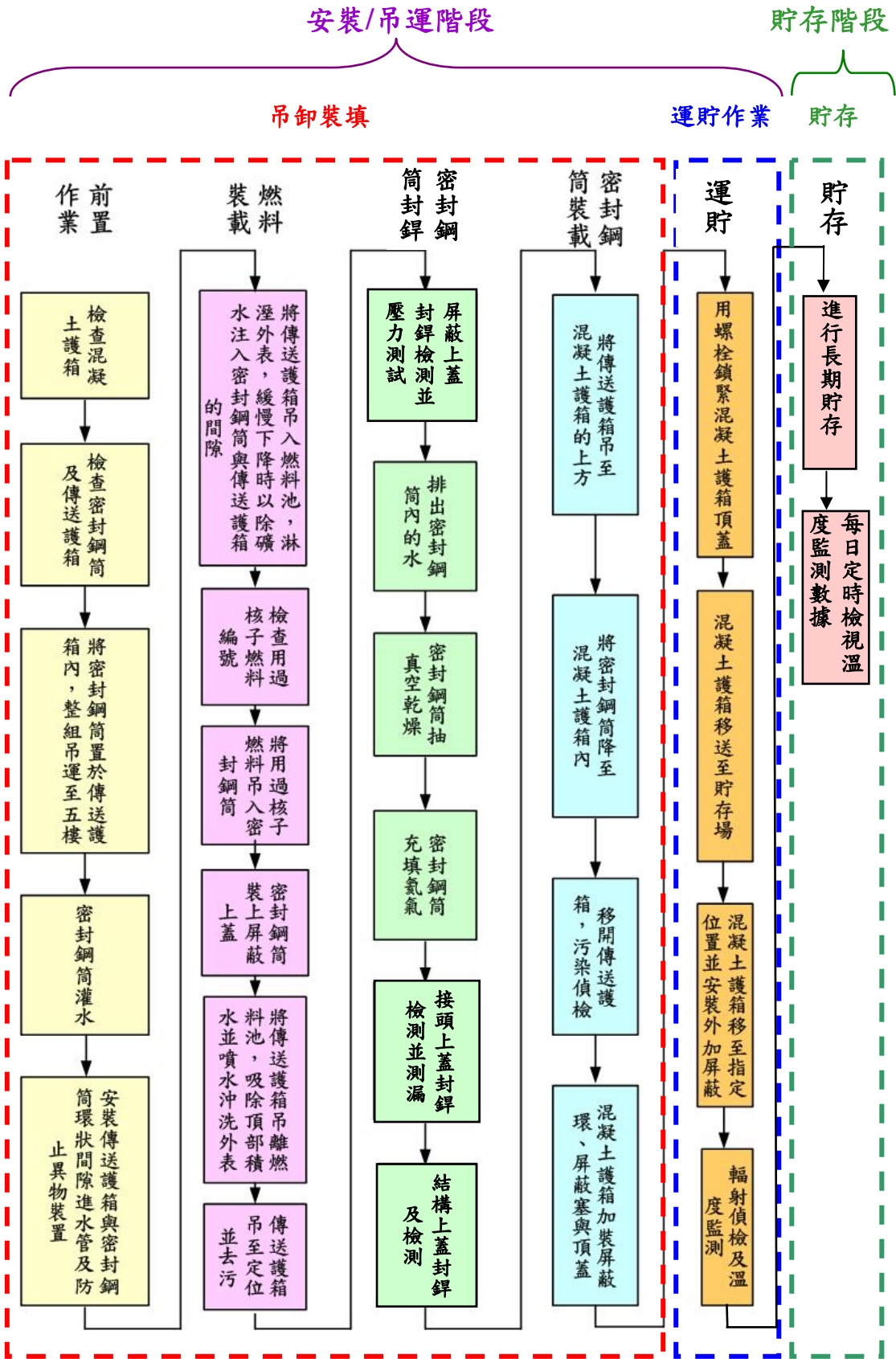
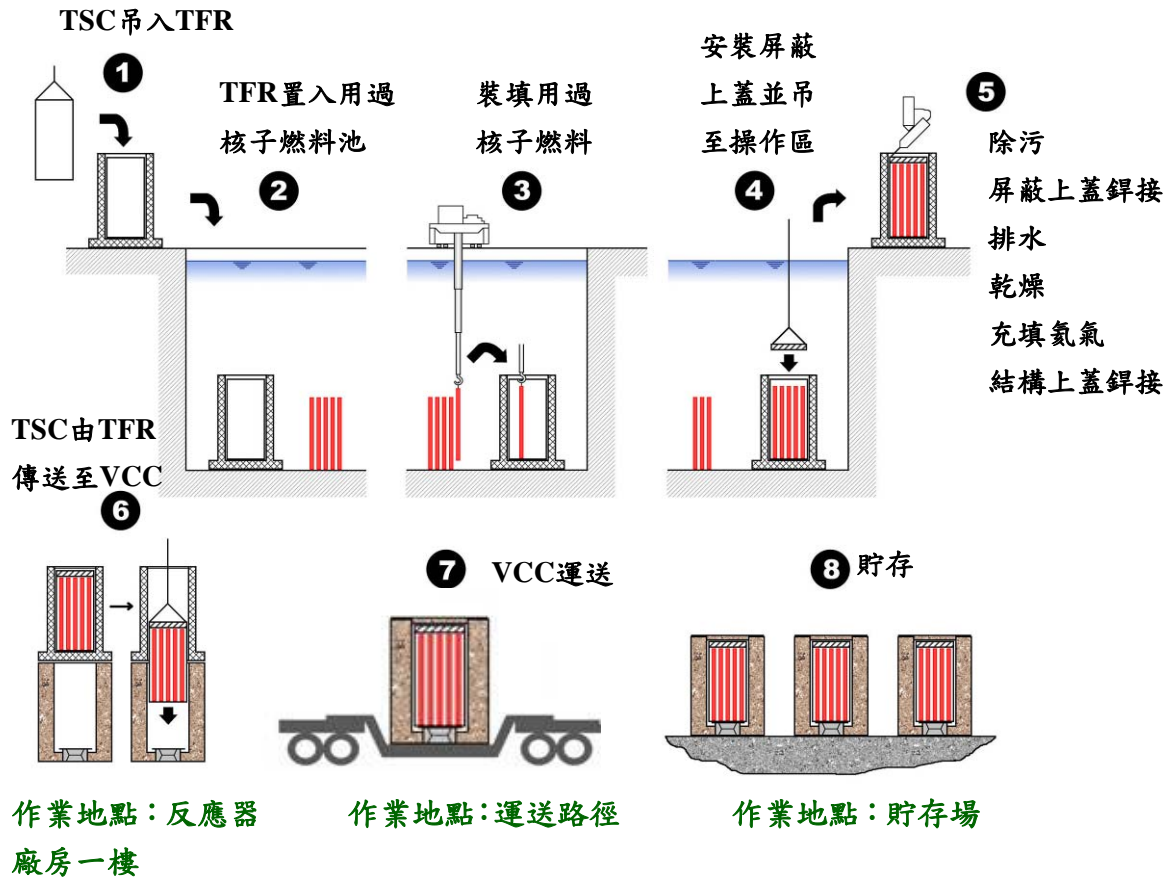


圖 1-2 作業流程圖

- ① 作業地點：反應器廠房一樓及五樓
- ②~⑤ 作業地點：反應器廠房五樓及用過核子燃料池



註：TSC：密封鋼筒  
TFR：傳送護箱  
VCC：混凝土護箱

圖 1-3 安裝/吊運階段主要工作項目示意圖





圖 1-4 貯存場示意圖





圖 1-5 運送路線圖

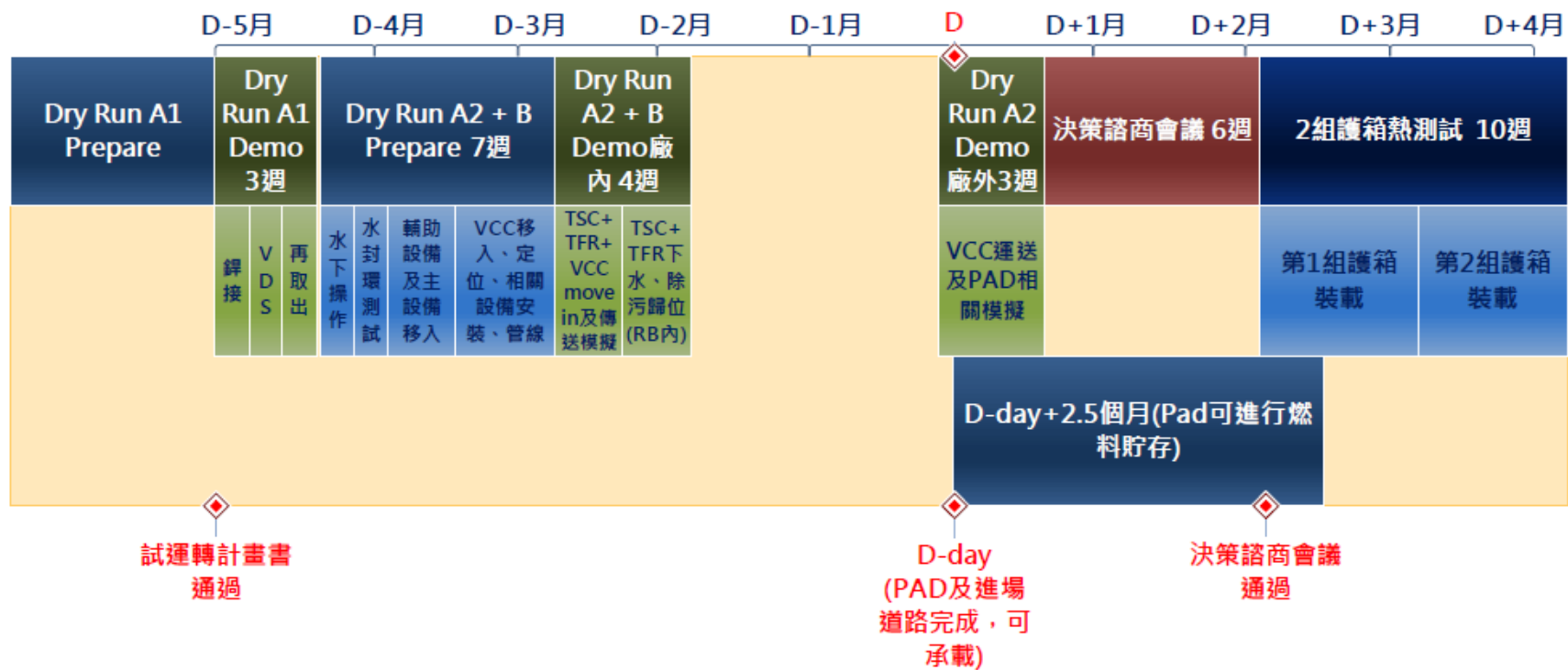


圖 1-6 試運轉主要工作項目與預定時程

表 1-1 貯存設施內重要設備清單

項次	設備名稱	特性功能
1	貯存系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 密封鋼筒主要功能為貯存用過核子燃料，並提供密封之環境，防止放射性物質或燃料顆粒外釋。</li> <li>● 在貯存期間，密封鋼筒放置在混凝土護箱中，混凝土護箱主要功能為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。</li> <li>● 混凝土護箱外加屏蔽主要功能為降低對環境之輻射強度，以符合核一廠廠界劑量 0.05 mSv 限制之特殊需求。</li> </ul>
2	排水系統	排水系統主要功能為將貯存場區內之雨水排放至乾華溪，防止貯存場內積水。
3	照明設施	照明設施之照度除符合 CNS 標準外，並符合 10 CFR 73.55(C)(5)照度至少應達 0.2 呎燭之規定，且具備自動點滅功能及防勤需求(防空演習或空襲警報時要能人工控制燈火關斷)
4	監視預警系統及消防設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 監視預警及消防系統主要功能為確保貯存設施之安全。</li> <li>● 貯存場內設有環境輻射、溫度及保安等監控系統各一套</li> <li>● 另圍籬旁設置監視信號接線箱，以收集攝影機、溫度監控信號及環境輻射監控信號等。</li> <li>● 以專用纜線連接至一號貯存庫訊號傳</li> </ul>

項次	設備名稱	特性功能
		<p>送站，利用現有視訊管溝，加配專用纜線至各監控中心。</p>
5	環境輻射監控系統	<p>環境輻射監控系統包含：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 直接輻射監測 <ol style="list-style-type: none"> <li>a. 高壓游離腔輻射偵測器(連續監測方式)</li> <li>b. TLD 熱發光劑量計(每一季計讀一次)</li> </ol> </li> <li>2. 空氣放射性濃度(每週取樣分析一次)</li> <li>3. 廠區內水樣(每月取樣分析一次)</li> <li>4. 沉積物試樣(土壤)測站(每半年取樣分析一次)</li> </ol>
6	避雷及接地系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 為放電式避雷針，架於燈桿上(8m)，保護半徑 <math>R \geq 110 \text{ m}</math> 以上。</li> <li>● 接地設施於混凝土基座施工時，預埋接地線及預留導電接點。</li> </ul>
7	溫度偵測系統	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 每個 VCC 護箱每個出風口皆安裝溫度感測器(共 4 個)。</li> <li>● 貯存場中間位置之護箱及貯存場外，各安裝 1 個溫度感測器，以測量環境溫度。</li> </ul>

表 1-2 輔助系統/設備清單及初步功能測試/分析結果

項次	設備名稱	自行設計/ 商用品	初步功能測試/分析結果	品質 分級
1	傳送護箱吊軌	自行設計	符合 ANSI N14.6 及 NUREG-0612 規範，計算書編號 ISFSI-04-CAL-02-08001	B
2	遙控自動銲接機	商用品	已於核研所執行組合測試，並確認功能符合要求。	NQ
3	現場銲接用屏蔽板	商用品	已於核研所執行組合測試，並確認功能符合要求。	NQ
4	整合型排水真空乾燥系統(包含氣壓測漏系統)	商用品	已於核研所執行組合測試，並確認功能符合要求。	NQ
5	氫氣偵測系統	商用品	已於核研所執行組合測試，並確認功能符合要求。	NQ
6	氫氣測漏系統	商用品	已於核研所執行組合測試，並確認功能符合要求。	NQ
7	密封鋼筒自動翻轉裝置與吊索	自行設計	業已於製造工廠及核一廠測試，符合功能要求。	NQ
8	密封鋼筒吊掛系統	自行設計	可遙控脫鈎密封鋼筒吊具：符合 ANSI N14.6 規範，計算書編號 ISFSI-04-CAL-02-08003。	B
		商用品	吊掛相關操作/輔助工具：為工業	NQ

項次	設備名稱	自行設計/ 商用品	初步功能測試/分析結果	品質 分級
			標準吊具，已於核一廠測試，符合功能要求。	
9	輔助油壓系統(傳送護箱屏蔽門動力)	自行設計	已於製造工廠測試，符合功能要求。	NQ
10	傳送護箱環狀間隙填充水系統	自行設計	已於製造工廠組合測試，確認功能符合要求。	NQ
11	多軸油壓板車	商用品	已於製造工廠及核一廠組裝測試，確認功能符合要求。	NQ
12.1	1F 防震設備	自行設計	已進行評估，確認功能符合要求，分析報告名稱為「運轉階段輔助設備結構安全評估」。	NQ
12.2	2F 防震設備			
12.3	5F 防震設備			
13	雜項吊索與吊具附件	自行設計	已於製造工廠組合測試，確認功能符合要求。	NQ
14	反應器廠房吊車	商用品	符合 NUREG-0554 規範要求。	B
15	混凝土護箱氣墊設備	商用品	已於核研所執行組合測試，並確認功能符合要求。	NQ

## 2. 試運轉規劃

本公司嚴謹規劃並執行核一廠用過核子燃料乾式貯存設施之試運轉作業，藉以驗證乾貯設備之功能性、安全性及相關作業程序符合設計與需求，以確保乾貯設施未來正式運轉順暢。試運轉內容依作業性質分成設施整體功能驗證(Dry-Run)及熱測試(Hot-Test，2 組護箱裝載)兩階段，相關驗證與測試結果將於熱測試完成後提出。

熱測試係指前 2 組護箱完成用過核子燃料裝載並運送至貯存場定位之作業，其與設施整體功能驗證最主要之差異在於整體功能驗證階段不裝填用過核子燃料，且銲接與真空乾燥作業之驗證係採模擬方式進行。

整體功能驗證階段不裝填燃料的主要考量為，在最低的輻射污染與人員劑量情況下，使現場作業人員對運貯流程可重複演練，確保對設備及儀器操作之熟練度。而銲接與真空乾燥之驗證採模擬方式進行之主要原因分別為：銲接技術之關鍵在於驗證銲道是否符合法規要求，由於密封鋼筒封銲後即無法再重行使用，故以模擬之結構上蓋與屏蔽上蓋(直徑與實際上蓋相同，但厚度均為 3 吋；實際屏蔽上蓋厚度為 7 吋，結構上蓋厚度為 3 吋)執行銲接技術驗證，由於銲接相關部分僅為上蓋上端約 1.3 cm(屏蔽上蓋)與 2.2 cm(結構上蓋)，故可充分模擬上蓋銲接之實際狀況。另真空乾燥之驗證採模擬方式進行主要是因真空乾燥作業程序係於屏蔽上蓋封銲後執行，與前述所考量之密封鋼筒封銲後即無法再重行使用之因素一致，故製作大小尺寸與 INER-HPS 系統之密封鋼筒相同之測試用密封鋼筒，其差異僅內部承載圓盤較實際鋼筒少(此部分不會影響真空乾燥功能之驗證)，同時為能重複進行演練，

屏蔽上蓋採用充氣式 O-環之密封設計，其密封性較銲接效果略差，故真空乾燥功能演練若可通過，更可確保上蓋銲接後之通過性。現階段已多次使用測試用鋼筒進行真空乾燥之測試，皆可達到真空度之要求。表 2-1 為本案整體功能驗證階段與熱測試各操作項目之作業內容(含操作地點與方式)之差異比較說明。

此外，本公司考量本案係國內第一次設計、製造與執行，為使參與作業之現場工作人員熟習設備之操作，累積足夠經驗，故規劃於整體功能驗證前先就關鍵系統(如吊車、防震裝置、銲接機、真空乾燥系統、多軸油壓板車等)進行個別系統模擬(mock-up)操作演練，並將此演練納為試運轉前置準備作業。

以下將分別說明試運轉前置準備作業及試運轉之規劃之內容。

## **2.1 試運轉前置準備作業**

試運轉前置準備作業包含各項設備單元性能測試、程序書建立、待貯存用過核子燃料完整性檢測、各組護箱用過核子燃料裝載佈置規劃等作業，以及關鍵系統模擬操作。

### **2.1.1 試運轉前許可申請階段應提送審查或備查之文件**

依 97 年 1 月 17 日物管局之「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告」審查總結會議紀錄第六項決議，本案共有 30 項重要管制事項，由管制單位進行後續之確認或管制。經查 30 項重要管制事項，共分屬試運轉階段審查、參照核定之水保計畫確認、興建期間檢查、用過核子燃料裝填前 30 天審查、及運轉階段執照審查等 5 個查核點。經確認重要管制事項與本案試運轉有關者共有 19 項，應提送審查或備查之文件對照彙整於表 2-2。



### 2.1.2 關鍵系統模擬操作(含設備單元性能測試)

本案關鍵技術為安裝/吊運階段之作業，如密封鋼筒上蓋封銲、真空乾燥、吊運、重車運送等。為使工作人員熟習相關操作程序，故本公司承包商核研所特別訂製測試用鋼筒、縮小型密封鋼筒、測試用傳送護箱、封銲測試用銲接平台...等物件(如圖 2-1)，以模擬實際作業，供參與試運轉作業之人員練習操作以熟習關鍵操作程序。模擬作業場所則依作業特性，分核研所與核一廠反應器廠房兩部分。各項模擬設備之主要演練項目及與實際系統之差異彙整於表 2-3。以下分項說明各項模擬設備之特性以及其所模擬之作業。

1. 測試用密封鋼筒：為模擬 INER-HPS 系統之密封鋼筒，僅內部承載圓盤數量較實際密封鋼筒少，另考量屏蔽上蓋可重複開啟之操作性，其密封設計改以充氣式 O-環取代銲接(如圖 2-1G)。測試用密封鋼筒主要用於壓力測試(氣壓)、安裝排水管、排水/真空乾燥、氬氣回填、翻轉直立(如圖 2-1A)等操作演練。
2. 測試用傳送護箱：主要模擬 INER-HPS 系統之傳送護箱之上半部，其高度約為實際護箱之二分之一；主要用於密封鋼筒/傳送護箱吊運及水下定位等操作演練(如圖 2-1B~圖 2-1C)。圖 2-1C 所示為位於核研所 065 館之水池實驗室，用於模擬核一廠用過核子燃料池之相關水下操作。
3. 廠房吊車掛鉤轉換器：主要用於傳送護箱吊運之操作演練(如圖 2-1D)。

4. 封銲測試用銲接平台：用以模擬屏蔽上蓋與結構上蓋封銲相關之操作演練(僅模擬部分銲道，如圖 2-1E)，此部分模擬作業之目的在於使操作人員熟習銲接設備之使用。
5. 縮小型密封鋼筒：考量測試用密封鋼筒充氣式 O-環之密封性可能無法達到氬氣測漏標準之要求，故另行設計縮小型密封鋼筒以執行模擬氬氣測漏作業之操作練習(如圖 2-1F)。

## 2.2 整體功能驗證(Dry-Run)階段之規劃

本節概述整體功能驗證階段之驗證項目及使用之關鍵設備，如表 2-1 所述，而詳細之工作內容、時程與人力規劃則說明於第 3 章。整體功能驗證階段以作業特性及作業地點可粗分成輔助設備整合功能驗證(Fluid Operation/Welding)，重件吊運、傳送及運送功能驗證(Heavy Load Movement )，以及燃料池水下操作功能驗證(Wet Operation)等三大部分。

與密封鋼筒銲接、檢測、排水及真空乾燥相關作業之驗證，歸類為輔助設備整合功能驗證，驗證作業地點於核研所 019 館。與吊卸及運送有關作業之驗證，歸類為重件吊運、傳送及運送功能驗證，驗證作業地點於核一廠。與燃料池水下相關作業之驗證，則屬於為燃料池水下操作功能驗證，驗證作業地點於核一廠用過核子燃料池。另於執行上述功能驗證時，亦將於適當時機執行相關設備實體之現場組裝測試，如屏蔽上蓋與銲機、密封鋼筒與整合型排水真空乾燥系統、排水及排氣孔蓋與銲機、密封鋼筒與氬質譜儀洩漏檢測系統、及結構上蓋與銲機等之組合界面確認，以及與現場公用水電設施之整體配合確認。

整體功能驗證規劃之主要精神為於最低的輻射污染與人員劑量情況下，模擬實際運貯的全部流程。基於上述原則，整體功能驗證依序執行輔助設備整合功能驗證，以及重件吊運、傳送及運送功能驗證。於上述兩類功能驗證確認可達規劃目標後，再進行可能造成設備污染之水下操作功能驗證項目。而於上述三類功能驗證完全符合規劃目標後，再著手準備進行下一階段之熱測試工作。

### 2.2.1 輔助設備整合功能驗證之規劃項目

輔助設備整合功能驗證作業涵蓋排水系統、真空乾燥系統、氦氣測漏系統、自動銲接、以及非破壞檢測(Non-Destructive Examination, NDE)操作程序及操作技術之驗證；另亦涵蓋密封鋼筒上蓋銲道移除技術能力之驗證，以確認於非預期狀況進行燃料再取出之技術能力。

輔助設備整合驗證規劃項目如下所述，相關驗證工作於核研所 019 館進行。

1. 壓力測試：主要驗證整合型排水真空乾燥系統之操作程序與能力，使用之關鍵設備為測試用密封鋼筒(表 2-1 第 9 項)。
2. 排水/真空乾燥：主要驗證整合型排水真空乾燥系統之操作程序與能力，使用之關鍵設備為測試用密封鋼筒(表 2-1 第 10 項)。
3. 氦氣回填：主要驗證整合型排水真空乾燥系統之操作程序與能力，使用之關鍵設備為測試用密封鋼筒(表 2-1 第 11 項)。
4. 氦氣測漏：主要驗證氦質譜儀洩漏檢測系統之操作程序與能力，使用之關鍵設備為縮小型密封鋼筒(表 2-1 第 13 項)。

5. 銲接/非破壞檢測：主要驗證銲接能力與檢測程序，使用之關鍵設備為模擬屏蔽上蓋、模擬結構上蓋及孔蓋(表 2-1 第 8, 12, 14 項)。
6. 密封鋼筒上蓋銲道移除：主要驗證燃料再取出之技術能力，使用之關鍵設備為模擬屏蔽上蓋與模擬結構上蓋及孔蓋(表 2-1 第 19 項)。

### 2.2.2 重件吊運、傳送及運送功能規劃項目

重件吊運、傳送及運送功能驗證作業主要驗證吊運、傳送及運送之操作程序及技術。驗證規劃項目如下所述，相關驗證工作於核一廠進行。

1. 傳送護箱豎直：主要驗證傳送護箱豎直的程序與能力，使用之關鍵設備為 INER-HPS 系統之傳送護箱(表 2-1 第 1 項)。
2. 密封鋼筒豎直：主要驗證密封鋼筒豎直的程序與能力，使用之關鍵設備為 INER-HPS 系統之密封鋼筒(表 2-1 第 2 項)。
3. 密封鋼筒/傳送護箱吊運：主要驗證吊運的程序與能力，使用之關鍵設備為 INER-HPS 系統之密封鋼筒及傳送護箱(表 2-1 第 3 項)。
4. 密封鋼筒傳送至混凝土護箱：主要驗證吊運的程序與能力，使用之關鍵設備為 INER-HPS 系統之密封鋼筒、傳送護箱及混凝土護箱(表 2-1 第 15 項)。
5. 多軸油壓板車運送：主要驗證運送的程序與能力，使用之關鍵設備為 INER-HPS 系統之混凝土護箱(表 2-1 第 16 項)。

6. 混凝土護箱氣墊運送：主要驗證運送的程序與能力，使用之關鍵設備為 INER-HPS 系統之混凝土護箱(表 2-1 第 17 項)。
7. 外加屏蔽安裝：主要驗證吊運的程序與能力，使用之關鍵設備為 INER-HPS 系統之混凝土護箱及外加屏蔽(表 2-1 第 18 項)。

### 2.2.3 燃料池水下操作功能驗證之規劃項目

燃料池水下操作功能驗證作業主要驗證水下吊運及燃料束裝填之操作程序及技術，安排於功能驗證作業之最後階段執行，以避免不必要的早期設備污染。驗證規劃項目如下所述，相關驗證工作於核一廠進行。

1. 密封鋼筒/傳送護箱吊運與下水定位：主要驗證吊運的程序與能力，使用之關鍵設備為 INER-HPS 系統之密封鋼筒及傳送護箱(表 2-1 第 4 項)。
2. 模擬燃料束裝填：主要驗證燃料束裝填的程序與能力，使用之關鍵設備為 INER-HPS 系統之密封鋼筒、模擬燃料束及傳送護箱(表 2-1 第 5 項)。
3. 屏蔽上蓋安裝/水下傳送護箱吊運操作：主要驗證吊運的程序與能力，使用之關鍵設備為 INER-HPS 系統之密封鋼筒、屏蔽上蓋及傳送護箱(表 2-1 第 6, 7 項)。
4. 輻防及除污作業：主要驗證輻防作業的程序與除污能力，使用之關鍵設備為 INER-HPS 系統之密封鋼筒、屏蔽上蓋及傳送護箱(表 2-1 第 7 項)。

### 2.3 熱測試(Hot-Test)階段之規劃

熱測試係指前 2 組護箱完成裝載並運送至貯存場定位之作業；執行時機為整體功能驗證作業全部完成，確認作業人員已熟練整體運貯流程後執行。主要操作項目、內容與地點詳如表 2-1 所述，所有運貯相關之操作設備皆為實體。



A. 測試用密封鋼筒與自動翻轉裝置



B. 模擬傳送護箱



C. 模擬燃料池裝載區

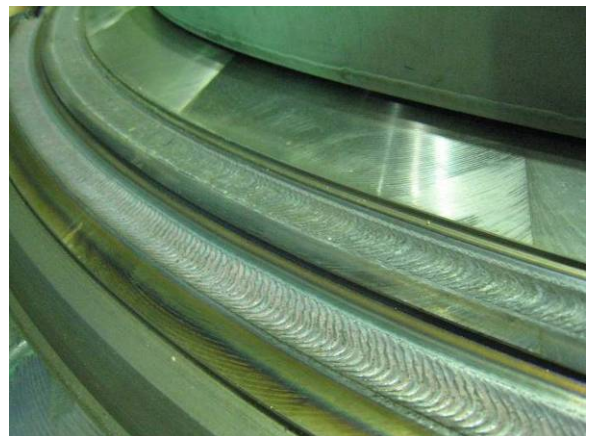




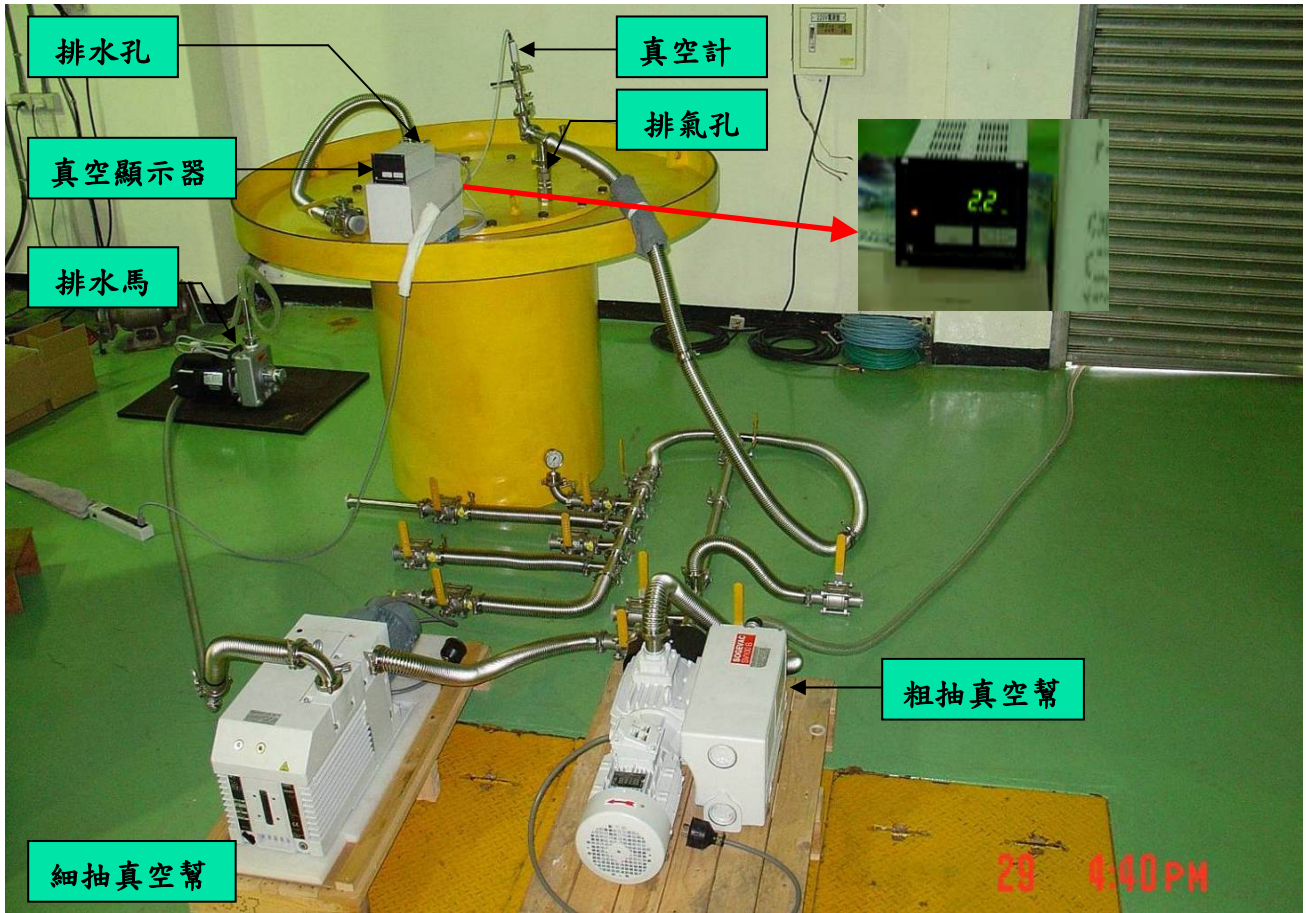
D. 廠房吊車掛鉤轉換器



E. 自動銲接機、封銲測試用銲接平台  
模擬結構上蓋銲道  
模擬屏蔽上蓋銲道







F. 縮小型密封鋼筒與VDS系統



G. 測試用密封鋼筒  
模擬屏蔽上蓋



圖 2-1 關鍵系統模擬設備

表 2-1 核一乾貯整體功能驗證階段與熱測試之操作項目內容比較表

100.10.21 更新

編號	操作項目	整體功能驗證 內容、執行地點與屬性	熱測試 內容與執行地點	備註
1	傳送護箱翻轉豎直	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 實體操作</li> <li>• 反應器廠房外空地(道路)</li> <li>• 屬重件吊運、傳送及運送之功能驗證</li> </ul>	N/A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 含傳送護箱自貯存位置運送至反應器廠房外。</li> <li>• 傳送護箱已於整體功能驗證階段豎直。</li> <li>• 熱測試階段不再重複本操作項目。</li> </ul>
2	密封鋼筒翻轉豎直	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 實體操作</li> <li>• 反應器廠房 1F</li> <li>• 屬重件吊運、傳送及運送之功能驗證</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房 1F</li> <li>• (僅第 2 組)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 含密封鋼筒自貯存位置運送至反應器廠房內。</li> <li>• 第 1 組密封鋼筒已於整體功能驗證階段豎直。</li> </ul>
3	密封鋼筒/傳送護箱吊運至 5F 定位，進行前置作業	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 實體操作</li> <li>• 反應器廠房 1F、5F</li> <li>• 屬重件吊運、傳送及運送之功能驗證</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房 1F、5F</li> <li>• (僅第 2 組)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 整體功能驗證作業--內容包含密封鋼筒置入傳送護箱(1F)、安裝 5F 防震架、傳送護箱吊運至 5F、安裝工作平台、環狀間隙填充水系統、模擬燃料束拉力測試及防止異物裝置。</li> <li>• 熱測試作業--內容同整體功能驗證作業，但第 1 組密封鋼筒緊接功能驗證後持續執行，不</li> </ul>

編號	操作項目	整體功能驗證 內容、執行地點與屬性	熱測試 內容與執行地點	備註
				再重複本操作項目。
4	傳送護箱(含密封鋼筒)進入燃料池裝載區	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 實體操作</li> <li>• 反應器廠房 5F、用過核子燃料池</li> <li>• 屬燃料池水下操作之功能驗證</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房 5F、用過核子燃料池</li> </ul>	
5	燃料裝填	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 模擬燃料束裝填(後抽出)</li> <li>• 反應器廠房用過核子燃料池</li> <li>• 屬燃料池水下操作之功能驗證</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 裝填 56 束用過核子燃料</li> <li>• 反應器廠房用過核子燃料池</li> </ul>	模擬燃料束裝填之目的為確認燃料吊車之定位。
6	屏蔽上蓋水下安裝	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 實體操作</li> <li>• 反應器廠房用過核子燃料池</li> <li>• 屬燃料池水下操作之功能驗證</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房用過核子燃料池</li> </ul>	
7	傳送護箱含已裝載之密封鋼筒吊至五樓操作區(含輻射偵檢及除污作業)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 實體操作(不含燃料)</li> <li>• 反應器廠房用過核子燃料池、5F</li> <li>• 屬燃料池水下操作之功</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房用過核子燃料池、5F</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 整體功能驗證作業階段之密封鋼筒未裝填燃料。</li> <li>• 熱測試作業階段之密封鋼筒裝載 56 束用過核子燃料。</li> </ul>

編號	操作項目	整體功能驗證 內容、執行地點與屬性	熱測試 內容與執行地點	備註
		能驗證		
8	屏蔽上蓋銲接/非破壞檢測	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 相關作業設備組合測試(反應器廠房 5F)</li> <li>• 模擬屏蔽上蓋銲接演練(核研所 019 館)</li> <li>• 屬輔助設備整合之功能驗證</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房 5F</li> </ul>	
9	密封鋼筒氣壓測漏(壓力測試)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 相關作業設備組合測試(反應器廠房 5F)</li> <li>• 以測試用密封鋼筒執行壓力測試功能驗證(核研所 019 館)</li> <li>• 屬輔助設備整合之功能驗證</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房 5F</li> </ul>	
10	排水/真空乾燥	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 相關作業設備組合測試(反應器廠房 5F)</li> <li>• 以測試用密封鋼筒執行排水/真空乾燥功能驗證(核研所 019 館)</li> <li>• 屬輔助設備整合之功能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房 5F</li> </ul>	

編號	操作項目	整體功能驗證 內容、執行地點與屬性	熱測試 內容與執行地點	備註
		驗證		
11	氬氣回填	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 相關作業設備組合測試(反應器廠房 5F)</li> <li>• 以測試用密封鋼筒執行氬氣回填功能驗證(核研所 019 館)</li> <li>• 屬輔助設備整合之功能驗證</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房 5F</li> </ul>	
12	排水及排氣管孔蓋銲接/ 非破壞檢測	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 相關作業設備組合測試(反應器廠房 5F)</li> <li>• 以模擬排水/排氣孔封口蓋銲接執行演練(核研所 019 館)</li> <li>• 屬輔助設備整合之功能驗證</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房 5F</li> </ul>	
13	氬氣測漏	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 相關設備組合測試(反應器廠房 5F)</li> <li>• 以縮小型密封鋼筒執行氬氣測漏功能驗證(核研所 019 館)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房 5F</li> </ul>	

編號	操作項目	整體功能驗證 內容、執行地點與屬性	熱測試 內容與執行地點	備註
		<ul style="list-style-type: none"> <li>屬輔助設備整合之功能驗證</li> </ul>		
14	結構上蓋銲接/非破壞檢測	<ul style="list-style-type: none"> <li>相關設備組合測試(反應器廠房 5F)</li> <li>以模擬結構上蓋銲接執行演練(核研所 019 館)</li> <li>屬輔助設備整合之功能驗證</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>反應器廠房 5F</li> </ul>	
15	密封鋼筒傳送至混凝土護箱	<ul style="list-style-type: none"> <li>實體操作(不含燃料)</li> <li>反應器廠房 5F、1F</li> <li>屬重件吊運、傳送及運送之功能驗證</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>反應器廠房 5F、1F</li> </ul>	整體功能驗證作業內容包含混凝土護箱於 1F 定位之準備作業、2F 防震架安裝、以及密封鋼筒傳送作業(但密封鋼筒進入混凝土護箱後，隨即回位傳送護箱)。
16	多軸油壓板車運送 (至貯存場邊界)	<ul style="list-style-type: none"> <li>實體操作(混凝土護箱內不含密封鋼筒)</li> <li>運送路徑</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運送路徑</li> </ul>	
17	混凝土護箱氣墊運送 (由貯存場邊界至貯存位置)	<ul style="list-style-type: none"> <li>實體操作(混凝土護箱內不含密封鋼筒)</li> <li>貯存場</li> <li>屬重件吊運、傳送及運送</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>貯存場</li> </ul>	

編號	操作項目	整體功能驗證 內容、執行地點與屬性	熱測試 內容與執行地點	備註
		之功能驗證		
18	外加屏蔽安裝	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 實體操作(混凝土護箱內不含密封鋼筒)</li> <li>• 貯存場</li> <li>• 屬重件吊運、傳送及運送之功能驗證</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 貯存場</li> </ul>	
19	密封鋼筒上蓋銲道移除	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 相關設備組合測試(反應器廠房 5F)</li> <li>• 以模擬屏蔽上蓋、擬屏結構上蓋及孔蓋銲道執行移除演練(核研所 019 館)</li> <li>• 屬輔助設備整合之功能驗證</li> </ul>	N/A	僅執行模擬密封鋼筒屏蔽上蓋、模擬結構上蓋及孔蓋銲道之移除，其餘之燃料再取出作業項目(如混凝土護箱回運至反應器廠房、以及密封鋼筒由混凝土護箱回位傳送護箱等)均為運貯作業之相反程序，業已於其他步驟驗證。

註：1.實體操作係指使用與熱測試相同之設備進行操作。

2.工安及輻安作業依核一廠現行規定執行，涵蓋於每一操作項目中。

表 2-2 試運轉前應完成之準備作業與執行結果

項次	重要管制事項	提送結案文件名稱/管制事項	執行結果
1	SER 第 1 項	1.核一廠乾式貯存系統：現場作業組織架構與行政作業管制程序書； 2.核一廠乾式貯存系統：密封鋼筒前置作業程序書； 3.核一廠乾式貯存系統：傳送護箱前置作業程序書； 4.核一廠乾式貯存系統：燃料啜吸檢驗作業程序書； 5.核一廠乾式貯存系統：反應器廠房內操作程序書； 6.核一廠乾式貯存系統：密封鋼筒上蓋銲接操作程序書； 7.核一廠乾式貯存系統：密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測程序書； 8.核一廠乾式貯存系統：密封鋼筒上蓋銲道洩漏測試程序書； 9.核一廠乾式貯存系統：混凝土護箱前置及運送作業程序書； 10.核一廠乾式貯存系統：貯存場作業程序書； 11.核一廠乾式貯存系統：再取出作業程序書； 12.核一廠乾式貯存系統：異常作業程序書； 13.核一廠乾式貯存系統：輔助設備操作手冊(真空乾燥設備、自動銲接系統、氬氣偵測設備、氬氣回填設備等操作手冊)； 14.核一廠乾式貯存系統：輻射防護作業程序書； 15.核一廠乾式貯存系統：工安作業程序書。	已於 100 年 11 月 21 日獲大局同意備查結案(物三字第 1000002864 號函)
2	SER 第 7 項	護箱燃料束配置報告	已於 100 年 12 月 28 日獲大局審查同意結案(物三字第 1000003245 號函)



項次	重要管制事項	提送結案文件名稱/管制事項	執行結果
3	SER 第 9,26 項	運轉階段輔助設備結構安全評估(第 26 項同意同意結案，納入第 9 項追蹤)	已於 100 年 8 月 1 日獲 大局審查同意結案(物三字第 1000002023 號函)
4	SER 第 10 項	公用系統及設備之設計分析	已於 100 年 10 月 26 日獲 大局審查同意結案(物三字第 1000002670 號函)
5	SER 第 11,20 項	現有建物與結構物之結構影響評估報告 重車運送路徑勘查紀錄與結果	完成「現有建物與結構物之結構影響評估報告」、「運送路徑勘查紀錄與結果」兩份報告、並於 100 年 9 月 28 日以 D 核端 1000900086 號函函請 大局審查。
6	SER 第 12 項	承攬商與事業單位的權責分工詳細組織圖	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 已將「承攬商與事業單位的權責分工組織圖」納入試運轉計畫書。</li> <li>• 已於 100 年 11 月 15 日獲大局審查同意結案(物三字第 1000002803 號函)</li> </ul>

項次	重要管制事項	提送結案文件名稱/管制事項	執行結果
7	SER 第 13 項	勞工安全衛生管理計畫	已於 100 年 10 月 21 日獲大局審查同意結案(物三字第 1000002641 號函)
8	SER 第 15 項	安裝/吊運階段之人員訓練計畫及訓練紀錄	已於 100 年 11 月 24 日獲大局同意備查結案(物三字第 1000002883 號函)
9	SER 第 17 項	試運轉計畫書	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 本計畫即為試運轉計畫書。</li> <li>• 已於 100 年 11 月 15 日獲大局審查同意結案(物三字第 1000002803 號函)</li> </ul>
10	SER 第 18 項	「用過核子燃料啜吸檢驗之抽樣計畫書」及「燃料完整性評估」	已於 98 年 9 月 3 日獲大局審查同意結案(物三字第 0980002264 號函)
11	SER 第 19,22,25 項	運轉技術規範	已於 100 年 8 月 29 日獲大局審查同意結案(物三字第 1000002216 號函)

項次	重要管制事項	提送結案文件名稱/管制事項	執行結果
12	SER 第 23 項	意外事故應變計畫	已於 100 年 2 月 25 日獲大局審查同意結案(物三字第 1000000531 號函)
13	SER 第 24 項	修訂核一廠核子反應器設施終期安全分析報告 FSAR 9.1.2.3	已於 101 年 1 月 13 日獲大局審查同意結案(物三字第 1010000156 號函)
14	SER 第 27 項	「輻防作業程序書」及「混凝土護箱前置及運送作業程序書」	已於 99 年 8 月 4 日獲大局審查同意結案(物三字第 0990002144 號函)
15	SER 第 28 項	工作人員之輻射曝露合理抑低作業計畫	已完成『作業人員輻射曝露合理抑低計畫』，並於 100 年 10 月 20 日以 D 核端 1001000049 號函函請大局審查。

表 2-3 關鍵系統模擬操作項目與模擬設備

編號	模擬操作項目	模擬設備	模擬操作場所	模擬之部位/實際系統之差異	備註
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 屏蔽上蓋與結構上蓋之銲接、非破壞檢驗</li> </ul>	封銲測試用銲接平台	核研所 019 館	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 僅模擬屏蔽上蓋與結構上蓋部分銲道(非全圓周)</li> </ul>	此部分模擬作業之目的在於使操作人員熟習銲接設備之使用。
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 壓力測試(氣壓)</li> <li>• 安裝排水管</li> <li>• 排水/真空乾燥</li> <li>• 氬氣回填</li> </ul>	測試密封鋼筒	核研所 019 館	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 模擬密封鋼筒</li> <li>• 承載圓盤數量較實際密封鋼筒少。</li> <li>• 屏蔽上蓋之密封設計為充氣式 O-環。</li> </ul>	亦用於試運轉整體功能驗證階段之壓力測試、排水/真空乾燥、氬氣回填等功能驗證。
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 封銲演練</li> <li>• 非破壞檢驗</li> <li>• 銲道移除訓練</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 模擬結構上蓋</li> <li>• 模擬屏蔽上蓋</li> </ul>	核研所 019 館	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 模擬排水/排氣孔蓋</li> <li>• 材質與尺寸與實際孔蓋一致</li> </ul>	亦用於試運轉整體功能驗證階段之封銲與銲接檢驗功能驗證。
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 氬氣測漏</li> </ul>	縮小型密封鋼筒	核研所 019 館	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 模擬屏蔽上蓋封銲後之密封鋼筒頂部</li> </ul>	亦用於試運轉整體功能驗證階段之氬氣測漏。
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒/傳送護箱吊運</li> <li>• 下水定位等操作</li> </ul>	測試用傳送護箱	核研所水池實驗室	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 模擬傳送護箱上半部</li> <li>• 高度約為實際護箱之二分之一</li> </ul>	由於吊運僅涉及傳送護箱上半部，故測試用護箱之高度不

編號	模擬操作項目	模擬設備	模擬操作場所	模擬之部位/實際系統之差異	備註
	練習				影響測試目的。
6	• 傳送護箱之吊運	廠房吊車掛鉤轉換器	核研所 水池實驗室	• 連接於 10 公噸天車勾頭上，模擬廠房吊車掛鉤	

### 3. 整體功能驗證

如第 2 章所述，整體功能驗證規劃之主要精神為於最低的輻射污染與人員劑量情況下，模擬實際運貯的全部流程，並依作業特性依序執行輔助設備整合功能驗證，重件吊運、傳送及運送功能驗證，以及水下操作功能驗證等三部分。按水下操作功能驗證項目需於輔助設備整合功能驗證，以及重件吊運、傳送及運送功能驗證確認可達規劃目標後，始可執行。

依據本計畫書第 1.7 節「預估開始使用時程」之規劃(圖 1-7)，整體功能驗證階段所需之作業時程預計約為 8 個月。在取得試運轉許可後 2 週內開始執行第 1 部分之輔助設備整合功能驗證，預計 2 個月內可完成相關驗證作業，於確認符合接受標準後開始執行第 2 部分之重件吊運、傳送及運送功能驗證。第 2 部分驗證工作完成且各項作業皆合於接受標準之要求後，即開始進行第 3 部分水下操作功能驗證作業。第 2 部分與第 3 部分驗證之時程預估分別為 5 個月及 1 個月。各部分驗證之預定執行時間請參閱圖 1-7。

整體功能驗證階段係驗證相關作業程序之可執行性與操作之技術能力，驗證目的與操作內容已說明於本計畫書第 2.2 節及表 2-1 中，不再贅述。以下將分別詳細說明輔助設備整合功能驗證，重件吊運、傳送及運送功能驗證，以及水下操作功能驗證等各部分作業於執行驗證時所需使用的設備、依循之程序與接受標準、以及各工作項目時程與人力規劃。

### 3.1 輔助設備整合功能驗證

輔助設備整合功能驗證項目主要有：1.自動銲接/NDT；2.壓力測試；3.排水/真空乾燥；4.氬氣回填；5.氬氣測漏；及6.密封鋼筒上蓋銲道移除等六項。將於取得試運轉許可後2週內開始執行上述驗證作業。

本驗證作業主要涵蓋整合型排水真空乾燥系統、氬氣測漏系統、銲機、以及非破壞檢測(NDT)等設備之操作程序與技術能力驗證，為取得相關設備最佳之操作條件，需經多次反覆操作試驗，試驗之場所位於本公司承包商核研所 019 館，故本項驗證作業將配合驗證設備之試驗場所於核研所 019 館執行。此外，本公司亦規劃於整體功能驗證階段之適當時機執行相關輔助設備實體於核一廠之現場組裝，如屏蔽上蓋與銲機、密封鋼筒與整合型排水真空乾燥系統、排水及排氣孔蓋與銲機、密封鋼筒與氬質譜儀洩漏檢測系統、結構上蓋與銲機等之組合界面確認，以及與現場公用水電設施之整體配合確認。

相關工作項目、所需設備、接受標準、時程、及人力規劃等詳列於表 3-1。

#### 3.1.1 銲接/非破壞檢測

銲接/非破壞檢測作業使用之設備為銲機、模擬屏蔽上蓋、模擬結構上蓋、臨時屏蔽、非破壞檢測設備、模擬排水/排氣孔封口蓋等。接受標準為須符合「密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測 (ISFSI-07-SOP-07002)」第 4.4 節接受標準之規定：

4.4.1 VT 檢測結果應符合下列需求：

A. 銲道表面不得凸出屏蔽上蓋頂部。

- B. 結構上蓋表面銲道最多可以超出鋼筒外殼頂端 1/8 吋 (3.2mm)，但不得高於結構上蓋表面。
- C. 屏蔽上蓋銲道最後一道(Pass)跨鋪(wash up)外殼之內表面，銲冠尺寸不得超過 0.11 吋(2.8mm)，跨鋪到外殼內表面部份不得超過 0.22 吋(5.6mm)。
- D. 下列各種顯示應判定為不予接受：
  - a. 任何裂痕、重疊或融合不良。
  - b. 銲蝕深度大於 1/32 吋(0.8 mm)。
  - c. 銲道有目視可見串聯式或叢集性氣孔產生。
  - d. 在面積 6 in<sup>2</sup> (4000 mm<sup>2</sup>)且主要單邊不超過 6 in. (150mm)的範圍內出現10個以上圓形顯示，範圍之選擇須以出現最多顯示之面積為準不得故意避開。

4.4.2 PT 檢測結果應符合下列需求：

- A. 尺寸大於 1/16 吋(1.5 mm)之顯示方視為有效指示。
- B. 下列各種有效指示應判定為不予接受：
  - a. 任何裂痕及線形顯示。
  - b. 圓形顯示之尺寸大於 3/16 吋(5 mm)。
  - c. 四個或四個以上之圓形顯示成一條線，且其邊緣與邊緣間隔小於 1/16 吋(1.5 mm)。

本階段主要工作內容為：

- (1) 安裝銲機。
- (2) 進行模擬屏蔽上蓋、模擬結構上蓋、以及模擬排水/排氣孔封口蓋銲接。
- (3) 進行銲道非破壞檢測。



相關作業程序係依據「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.6 節屏蔽上蓋銲接、第 6.11 節排水及排氣孔封口蓋銲接程序、第 6.13 節結構上蓋銲接；「密封鋼筒上蓋銲接操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07007)」第 5.0 節屏蔽上蓋銲接程序、第 6.0 節排水孔封口蓋與排氣孔封口蓋銲接程序與第 6.0 節結構上蓋銲接程序；以及「密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測 (ISFSI-07-SOP-07002)」第 4.0 節作業程序之內容執行。本作業預估投入 5 人，作業時程預估為 32 小時。

### 3.1.2 壓力測試

壓力測試於屏蔽上蓋封銲後執行以確認無洩漏情況，本驗證作業所需之設備為測試用密封鋼筒、整合型排水真空乾燥系統裝置、氮氣瓶、釋壓閥及調壓器；接受標準為系統可提供壓力測試所需壓力(35 psia)且作業程序可執行。

考量密封鋼筒封銲後即無法再重行使用，故於本階段使用測試用密封鋼筒執行壓力測試，以確認程序之可執行性及儀器設備之能力。

本階段主要工作內容為：

- (1) 安裝排水管、測試管線與整合型排水真空乾燥系統。
- (2) 開始執行壓力測試。

相關作業程序係依據「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.7 節密封鋼筒氣壓測漏程序之內容執行。本測試作業預估投入 3 人，作業時程預估為 4 小時。

### 3.1.3 排水/真空乾燥

排水/真空乾燥驗證作業所需之設備為測試用密封鋼筒與整合型排水真空乾燥系統裝置。接受標準為須符合運轉限制條件 LCO 3.1.2 「密封鋼筒抽真空乾燥壓力」之要求，作業須在 600 小時內完成，另抽真空至壓力小於 10 mm-Hg (torr)時，關閉抽真空幫浦及隔離閥，應維持至少 10 分鐘壓力不高於 10 mm-Hg。若作業時周圍溫度低於 18.3 °C (65 °F)，則抽真空壓力測試標準須保持壓力小於 5 mm-Hg，維持 10 分鐘。

本階段主要工作內容為：

- (1) 安裝整合型排水真空乾燥系統，進行測試用密封鋼筒加壓排水。
- (2) 進行真空乾燥作業，須在 600 小時內完成。
- (3) 抽真空至壓力小於 10 mm-Hg 時，執行真空壓力測試。
- (4) 系統須保持壓力小於 10 mm-Hg，維持 10 分鐘。若作業時周圍溫度低於 18.3°C (65 °F)，則抽真空壓力測試標準須保持壓力小於 5 mm-Hg，維持 10 分鐘。

相關作業程序係依據「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.8 節密封鋼筒排水程序與第 6.9 節密封鋼筒真空乾燥程序之內容執行。本作業預估投入 4 人，作業時程預估為 24 小時。

### 3.1.4 氬氣回填

氬氣回填驗證作業使用之設備為測試用密封鋼筒、整合型排水真空乾燥系統裝置、氬氣瓶及調壓器。接受標準為須符合運轉限制

條件 LCO 3.1.3 「密封鋼筒之氦氣回填壓力應為 0 (+1, -0)psig」之要求。

本階段之主要工作內容為抽真空至壓力小於 3 mm-Hg 後，充填純度 99.9% 氦氣，且測試用密封鋼筒須保持壓力 0 (+1, -0) psig；重複抽真空至壓力小於 3 mm-Hg 及填充氦氣一次。

相關作業程序係依據「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.10 節密封鋼筒填充氦氣之程序執行。本作業預估投入 4 人，作業時程預估為 12 小時。

### 3.1.5 氦氣測漏

氦氣測漏使用之設備為縮小型密封鋼筒、洩漏測試用蓋板與氦質譜儀洩漏檢測系統；接受標準為確認系統偵測功能正常，且測試儀器精度可達  $1 \times 10^{-7}$  cm<sup>3</sup>/sec 之要求。

考量密封鋼筒封銲後即無法再重行使用，故於本驗證階段使用縮小型密封鋼筒執行氦氣測漏，以確認氦質譜儀洩漏檢測系統與密封鋼筒之組合，並驗證相關操作程序與技術能力。

本階段主要工作內容為安裝氦質譜儀洩漏檢測系統及洩漏測試用蓋板、執行氦氣測漏等。相關作業程序係依據「密封鋼筒上蓋銲道洩漏測試程序書 (ISFSI-07-SOP-07003)」第 5.0 節檢測程序執行。本作業預估投入 3 人，作業時程預估為 4 小時。

### 3.1.6 密封鋼筒上蓋銲道移除

密封鋼筒上蓋銲道移除作業使用之設備為銲道移除系統、模擬屏蔽上蓋、模擬結構上蓋、模擬排水/排氣孔封口蓋、整合型排水真空乾燥系統、及輻射偵檢儀器等。接受標準為完成模擬排水/排

氣孔封口蓋、模擬屏蔽上蓋與模擬結構上蓋銲道移除，並將結構屏蔽上蓋與結構上蓋吊至指定位置。

本階段主要工作內容為安裝銲道移除系統，依序進行模擬結構上蓋銲道、排水及排氣孔蓋塞銲道、以及模擬屏蔽上蓋銲道切除，並將各組件吊至指定存放位置；於各銲道移除作業過程中，輻射防護人員應適時進行輻射偵檢。

因用過核子燃料取出作業為燃料裝填之反向操作，而燃料裝填作業將於功能驗證階段之模擬燃料束裝填以及熱測試階段進行能力驗證，基於本試運轉作業規劃之一貫原則—「最低的輻射污染與人員劑量」，故本項驗證不重複執行燃料之取出。

相關作業程序係依據「再取出操作作業程序書 (ISFSI-07-SOP-0711)」第 6.5 節密封鋼筒再取出作業程序執行。本作業預估投入 5 人，作業時程預估為 40 小時。本項工作中所使用之銲道移除設備將於重件吊運功能驗證階段，運入核一廠反應器廠房五樓燃料池邊作業區進行吊組配接，以確定設備符於現場狀況。

### 3.2 重件吊運、傳送及運送功能驗證

重件吊運、傳送及運送功能驗證項目主要有：1.傳送護箱翻轉；2.密封鋼筒翻轉；3. 密封鋼筒/傳送護箱吊運與輔助設備試組裝；4. 密封鋼筒傳送至混凝土護箱；5.多軸油壓板車運送；6.混凝土護箱氣墊運送；7.外加屏蔽安裝等七項。本部份驗證作業將於輔助設備整合功能驗證完成並確認符合接受標準後執行。

由於本驗證作業將使用到核一廠既有設備(如廠房吊車)，且驗證作業與場地之空間佈置密切相關(如二樓及五樓防震裝置安裝、運送

路徑、貯存場...等)，故為使操作人員熟悉作業場地及核一廠既有設備之操作，本驗證作業規劃於核一廠內執行。本驗證之相關工作項目、所需設備、接受標準、時程、及人力規劃等詳列於表 3-2。

### 3.2.1 傳送護箱翻轉

傳送護箱翻轉驗證作業所需之設備為傳送護箱、吊具、吊索、平板車、屏蔽門、50 公噸以上吊車二組；接受標準為完成傳送護箱豎直，及屏蔽門安裝作業。

本階段主要工作內容為：

- (1) 將傳送護箱由貯存位置運送至反應器廠房外空地。
- (2) 利用二組吊車，進行傳送護箱之豎直作業。
- (3) 安裝屏蔽門。

相關作業程序係依據「傳送護箱前置作業 (ISFSI-07-SOP-07006)」第 6 節作業程序規定執行。本作業預估投入 8 人，作業時程預估為 4 小時。

### 3.2.2 密封鋼筒翻轉

密封鋼筒翻轉驗證作業所需之設備為密封鋼筒、平板車、自動翻轉裝置；接受標準為完成密封鋼筒組件組合、燃料方管阻力測試與鋼筒豎直作業。

本階段主要工作內容為：

- (1) 將密封鋼筒組件與鋼筒組合，並進行方管阻力測試。
- (2) 將密封鋼筒由貯存位置運送至反應器廠房內。
- (2) 利用自動翻轉裝置，進行密封鋼筒之豎直作業。

相關作業程序係依據「密封鋼筒前置作業 (ISFSI-07-SOP-07004)」第 6.3 至 6.5 節程序；「反應器廠房內操作

程序書(ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.1.2 節密封鋼筒準備作業執行。  
本作業預估投入 5 人，作業時程預估為 16 小時。

### 3.2.3 密封鋼筒/傳送護箱吊運與輔助設備試組裝

密封鋼筒/傳送護箱吊運驗證作業所需之設備為密封鋼筒、傳送護箱、廠房吊車、J 型勾、吊軌、密封鋼筒吊環、五樓防震裝置；接受標準為完成密封鋼筒吊入傳送護箱中並與傳送護箱一起吊至五樓操作區防震架定位。

本階段主要工作內容為：

- (1) 將空密封鋼筒吊入傳送護箱內。
- (2) 將傳送護箱(內含密封鋼筒)，吊運至五樓，放置在五樓操作區防震架定位，闔上防震架旋轉臂，安裝止推桿。
- (3) 五樓工作平台組裝
- (4) 屏蔽上蓋對心
- (5) 鐸機吊裝組立
- (6) 整合型排水真空乾燥系統組合
- (7) 結構上蓋吊裝組立

相關作業程序係依據「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.1~6.13 節中有關密封鋼筒及上蓋組吊，以及輔助設備組裝之相關程序執行。本作業預估投入 8 人，作業時程預估為 24 小時。

### 3.2.4 密封鋼筒傳送至混凝土護箱

密封鋼筒傳送至混凝土護箱驗證作業所需之設備為密封鋼筒、傳送護箱、銜接器、混凝土護箱、廠房吊車、J 型勾、吊軌、

多軸油壓板車、可遙控脫鉤吊具(密封鋼筒)、二樓防震裝置、五樓防震裝置；接受標準為完成密封鋼筒傳送至混凝土護箱。

本階段主要工作內容為：

- (1) 利用多軸油壓板車將混凝土護箱及其相關組件由澆置場運送至反應器廠房內天井下方指定位置。
- (2) 傳送護箱銜接器吊置混凝土護箱上方。
- (3) 將傳送護箱(連同二樓防震裝置)吊至混凝土護箱上，並將傳送護箱屏蔽門與銜接器連接後，將二樓防震裝置懸臂放平，頂至定位。
- (4) 確認可遙控脫鉤密封鋼筒吊具掛鉤與密封鋼筒連接座接合，吊起密封鋼筒，開啟傳送護箱屏蔽門。
- (5) 降下密封鋼筒至座落在混凝土護箱底座鉸件上。

相關作業程序係依據「混凝土護箱前置及運送作業程序書 (ISFSI-07-SOP-07005)」第 6.2 節混凝土護箱及其相關組件由澆置場至反應器廠房內之移動程序，以及「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.15 節混凝土護箱準備作業、第 6.16 節傳送護箱臨時固定裝置安裝、第 6.17 節密封鋼筒傳送至混凝土護箱程序執行。本作業預估投入 10 人，作業時程預估為 8 小時。

### 3.2.5 多軸油壓板車運送

多軸油壓板車運送驗證作業所需之設備為混凝土護箱、多軸油壓板車；接受標準為確認運送路徑無干涉之情況且混凝土護箱順利運送至貯存場。

本階段主要工作內容為將混凝土護箱(不含密封鋼筒)從反應器廠房一樓，移出反應器廠房，並運送至貯存場邊界指定位置。由於

本階段係確認運送路徑無干涉情況，故使用空的混凝土護箱並不會影響驗證結果。有關運送道路承載能力之驗證，本公司已完成「重車運送路徑勘查紀錄與結果」之撰寫，並另案提送主管機關審查中(表 2-2 試運轉前應完成之準備作業與執行結果之第 8 項)。

相關作業程序係依據「混凝土護箱前置及運送作業 (ISFSI-07-SOP-07005)」第 6.3 節由反應器廠房內移動已裝載密封鋼筒(含用過燃料)之混凝土護箱至貯存場程序之內容執行。本作業預估投入 8 人，作業時程預估為 4 小時。

### 3.2.6 混凝土護箱氣墊運送

混凝土護箱氣墊運送驗證作業所需之設備為混凝土護箱、堆高機、千斤頂系統(用於舉起混凝土護箱以安裝或移除懸浮氣墊組)、懸浮氣墊組、空氣壓縮機、橋架板(使用於貯存場及多軸油壓板車間)、混凝土護箱夾鉗、人員升降作業車；接受標準為將混凝土護箱移動至貯存場上之指定位置。

本階段主要工作內容為將混凝土護箱(不含密封鋼筒)從貯存場邊界移送至貯存場上指定位置。由於本階段係驗證懸浮氣墊之操作程序與技術能力，故使用空的混凝土護箱並不會影響驗證結果。

相關作業程序係依據「混凝土護箱前置及運送作業 (ISFSI-07-SOP-07005)」附件一安裝/移除懸浮氣墊組、以及附件二使用懸浮氣墊移動混凝土護箱程序之內容執行。本作業預估投入 8 人，作業時程預估為 2 小時。



### 3.2.7 外加屏蔽安裝

外加屏蔽安裝驗證作業所需之設備為混凝土護箱、外加屏蔽、堆高機、運送車輛、起重機；接受標準為外加屏蔽套裝於混凝土護箱外。

本階段主要工作內容為外加屏蔽之吊裝。由於本階段係驗證外加屏蔽安裝之技術能力，故使用空的混凝土護箱並不會影響驗證結果。

相關作業程序係依據「貯存場運貯作業程序書 (ISFSI-07-SOP-07009)」第 6.0 節作業程序之內容執行。本作業預估投入 8 人，作業時程預估為 6 小時。

## 3.3 燃料池水下操作功能驗證

燃料池水下操作功能驗證項目主要有：1.密封鋼筒/傳送護箱吊運下水定位；2.模擬燃料束裝填；3.屏蔽上蓋安裝/水下傳送護箱吊運操作；4.輻防及除污作業等四項。本部份驗證工作將於重件吊運、傳送及運送功能驗證完成，確認符合接受標準後執行。驗證作業場所於核一廠反應器廠房及用過核子燃料池。

各部分工作項目、所需設備、接受標準、時程、及人力規劃等詳列於表 3-3。

### 3.3.1 密封鋼筒/傳送護箱吊運與下水定位

密封鋼筒/傳送護箱吊運與下水定位驗證作業所需之設備為密封鋼筒、傳送護箱、吊軌、J 型勾、廠房吊車、池底防污板、水下攝影系統、TFR 上水封環機構、環形間隙循環水系統；接受標準為傳送護箱併同密封鋼筒吊運至燃料池護箱裝載區定位。

本階段主要工作內容為燃料池裝載區底部安裝池底防污板、將傳送護箱(含密封鋼筒)由五樓操作區吊至用過核子燃料池裝載區定位。

相關作業程序係依據「反應器廠房內操作程序書(ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.2 節傳送護箱含密封鋼筒吊入燃料池燃料裝載區程序之內容執行。本作業預估投入 6 人，作業時程預估為 4 小時。

### 3.3.2 模擬燃料束裝填

模擬燃料束裝填驗證作業所需之設備為密封鋼筒、傳送護箱、吊軌、J 型勾、廠房吊車、池底防污板、模擬燃料束、水下攝影系統、TFR 上水封環機構、環形間隙循環水系統；接受標準為模擬燃料束裝填於密封鋼筒內指定之位置。

本階段主要驗證燃料吊車定位之技術能力，工作內容為將模擬燃料束由燃料池吊送至密封鋼筒內定位。

相關作業程序係參考「反應器廠房內操作程序書(ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.3 節燃料裝填相關程序之規定執行。本作業預估投入 6 人，作業時程預估為 4 小時。

### 3.3.3 屏蔽上蓋安裝/水下傳送護箱吊運操作

屏蔽上蓋安裝/水下傳送護箱吊運操作驗證所需之設備與組件為密封鋼筒、傳送護箱、屏蔽上蓋、吊軌、J 型勾、廠房吊車、池底防污板、水下攝影系統、屏蔽上蓋吊具、塑膠布、水下沖洗設備、TFR 上水封環機構、環形間隙循環水系統；接受標準為屏蔽上蓋水平安裝於密封鋼筒上；且傳送護箱含密封鋼筒順利吊至五樓操作區。

本階段主要作業內容為將屏蔽上蓋由反應器廠房 5F 操作區吊運至用過核子燃料池裝載區之密封鋼筒上，緩慢放下屏蔽上蓋，確認屏蔽上蓋插槽與密封鋼筒定位鍵嵌合，且屏蔽上蓋平放在頂蓋支撐環上；以及將傳送護箱(含空密封鋼筒)由用過核子燃料池裝載區吊至五樓操作區。

相關作業程序係依據「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.4 節安放密封鋼筒屏蔽上蓋程序，以及第 6.5 節傳送護箱含已裝載之密封鋼筒吊至五樓操作區程序之內容執行。本作業預估投入 8 人，作業時程預估為 4 小時。

### 3.3.4 輻防及除污作業

輻防及除污作業驗證所需之設備為密封鋼筒、傳送護箱、屏蔽上蓋、污染偵檢器、警報劑量計、移動式輻射監測器、中子劑量偵測器、空氣監測器、 $\alpha/\beta$  污染計數器、高壓水幫浦、除污設備；接受標準為密封鋼筒外表面鬆散污染限制值： $\beta/\gamma$ ： $\leq 180$  Bq/100  $\text{cm}^2$ ； $\alpha$ ： $\leq 1$  Bq/100  $\text{cm}^2$  (運轉限制條件 LCO 3.2.1)。

本階段主要驗證輻射防護與除污作業，工作內仍主要包含設立臨時管制區、備妥輻射偵/監儀器、人員/物件進出/作業之輻防管制、污染防治與除污等。

相關作業程序係依據「輻射防護作業程序書 (ISFSI-07-SOP-07013)」之規定執行。本作業預估投入 4 人，作業時程預估為 8 小時。

前述整體功能驗證作業全部完成，且各項作業皆符合接受標準，並確認作業人員已熟練整體運貯流程後，將續執行熱測試。熱測試階段之各項工作內容與接受標準詳如第 4 章所述。

表 3-1 輔助設備整合功能驗證之作業程序、接受標準與人力及時程預估

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃 (人)	作業時程 預估(小時)
<p>銲接/非破壞檢 測</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 銲機</li> <li>• 模擬屏蔽上蓋</li> <li>• 模擬結構上蓋</li> <li>• 模擬排水/排氣孔封口蓋                             <ul style="list-style-type: none"> <li>• 臨時屏蔽</li> </ul> </li> <li>• 非破壞檢測設備</li> </ul>	<p><b>VT 檢測結果</b></p> <p>A. 銲道表面不得凸出屏蔽上蓋頂部。</p> <p>B. 結構上蓋表面銲道最多可以超出鋼筒外殼頂端 1/8 吋 (3.2mm)，但不得高於結構上蓋表面。</p> <p>C. 屏蔽上蓋銲道最後一道(Pass)跨鋪 (wash up) 外殼之內表面，銲冠尺寸不得超過 0.11 吋 (2.8mm)，跨鋪到外殼內表面部份不得超過 0.22 吋 (5.6mm)。</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008) 第 6.6 節屏蔽上蓋銲接、第 6.11 節排水及排氣孔封口蓋銲接程序、及第 6.13 節結構上蓋銲接</li> <li>• 密封鋼筒上蓋銲接操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07007) 第 5.0 節屏蔽上蓋銲接程序、第 6.0 節排水孔封口蓋與排氣孔封口蓋銲接程序與第 6.0 節結構上蓋銲接程序</li> <li>• 密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測 (ISFSI-07-SOP-07002)</li> </ul>	<p>5</p>	<p>32</p>

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃 (人)	作業時程 預估(小時)
		<p>D.下列各種顯示應判定為不予接受：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. 任何裂痕、重疊或融合不良。</li> <li>b. 銲蝕深度大於 1/32 吋 (0.8mm)。</li> <li>c. 銲道有目視可見串聯式或叢集性氣孔產生。</li> <li>d. 在面積 6 in<sup>2</sup> (4000 mm<sup>2</sup>)且主要單邊不超過 6 in. (150 mm)的範圍內出現 10 個以上圓形顯示，範圍之選擇須以出現最多顯示之面積為準不得故意</li> </ul>	第 4.0 節作業程序		

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃 (人)	作業時程 預估(小時)
		<p>避開。</p> <p><b>PT 檢測結果</b></p> <p>A. 尺寸大於 1/16 吋 (1.5 mm) 之顯示方視為有關瑕疵。</p> <p>B. 下列各種顯示應判定為不予接受：</p> <p>a. 任何裂痕及線形顯示。</p> <p>b. 圓形顯示之尺寸大於 3/16 吋(5 mm)。</p> <p>c. 四個或四個以上之圓形顯示成一條線，且其邊緣與邊緣間隔小於 1/16 吋(1.5 mm)。</p>			

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)
壓力測試	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 測試用密封鋼筒</li> <li>• 整合型排水真空乾燥系統裝置</li> <li>• 氮氣瓶、釋壓閥及調壓器</li> </ul>	系統可提供壓力測試所需壓力(35 psia)且作業程序可執行。	反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)第 6.7 節。	3	4
排水/真空乾燥	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 測試用密封鋼筒</li> <li>• 整合型排水真空乾燥系統裝置</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 自開始執行密封鋼筒排水至完成密封鋼筒抽真空乾燥測試及氮氣回填，時間不得超過 600 小時。</li> <li>• 抽真空至壓力小於 10torr(mm-Hg)時，關閉抽真空幫浦及隔離閥，應維持至少 10 分鐘壓力不高於 10 mm Hg。若作業時周圍溫度低於 18.3°C (65 °F)，則抽真空壓力測試標</li> </ul>	反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)第 6.8 節與第 6.9 節。	4	24



功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃 (人)	作業時程 預估(小時)
		準須保持壓力小於 5 mm-Hg，維持 10 分鐘。			
氬氣回填	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 測試用密封鋼筒</li> <li>• 整合型排水真空乾燥系統裝置</li> <li>• 氬氣瓶及調壓器</li> </ul>	須符合密封鋼筒之氬氣回填壓力應為 0 (+1,-0)psig (LCO 3.1.3)之要求	反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)第 6.10 節密封鋼筒填充氬氣程序	4	12
氬氣測漏	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 縮小型密封鋼筒</li> <li>• 洩漏測試用蓋板</li> <li>• 氬質譜儀洩漏檢測系統</li> </ul>	確認系統偵測功能正常，且測試儀器精度可達 $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^3/\text{sec}$	密封鋼筒上蓋銲道洩漏測試程序書 (ISFSI-07-SOP-07003)第 5.0 節檢測程序	3	4
密封鋼筒上蓋 銲道移除	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 銲道移除系統</li> <li>• 模擬屏蔽及模擬結構上蓋</li> <li>• 模擬排水/排氣孔封口蓋</li> <li>• 整合型排水真空乾燥系統</li> <li>• 輻射偵檢儀器</li> </ul>	完成模擬排水/排氣孔封口蓋、模擬屏蔽上蓋與模擬結構上蓋銲道移除，並將結構屏蔽上蓋與結構上蓋吊至指定位置。	再取出操作作業程序書 (ISFSI-07-SOP-0711)第 6.5 節密封鋼筒再取出作業程序	5	16

表 3-2 重件吊運、傳送及運送功能驗證之作業程序、接受標準與人力及時程預估

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)	備註
傳送護箱翻轉	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 傳送護箱</li> <li>• 吊具</li> <li>• 吊索</li> <li>• 平板車</li> <li>• 二組 50 公噸以上吊車</li> <li>• 屏蔽門</li> </ul>	完成傳送護箱豎直,及屏蔽門安裝	傳送護箱前置作業 (ISFSI-07-SOP-07006)第 6 節作業程序	8	4	核一廠一貯庫前
密封鋼筒翻轉	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 平板車</li> <li>• 自動翻轉裝置</li> </ul>	完成密封鋼筒組件組合、燃料方管阻力測試與鋼筒豎直作業	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)第 6.1.2 節密封鋼筒準備作業</li> <li>• 密封鋼筒前置作業 (ISFSI-07-SOP-07004)第 6.3.2 節及附件 7 豎直密封鋼筒作業程序</li> </ul>	5	16	核一廠反應器廠房
密封鋼筒/傳送護箱吊運與輔助設備試組裝	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 傳送護箱</li> <li>• 廠房吊車</li> </ul>	完成密封鋼筒吊入傳送護箱中並與傳送護箱一起吊至五樓操作	反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)第 6.1~6.13 節中有關密封鋼	8	24	核一廠反應器廠房

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)	備註
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 吊軌、J型勾</li> <li>• 密封鋼筒吊環</li> <li>• 五樓防震裝置</li> <li>• 五樓工作平台組裝</li> <li>• 屏蔽上蓋</li> <li>• 鐸機</li> <li>• 整合型排水真空乾燥系統</li> <li>• 結構上蓋</li> </ul>	區	筒及上蓋組吊，以及輔助設備組裝之相關程序執行。			
密封鋼筒傳送至混凝土護箱	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 傳送護箱</li> <li>• 混凝土護箱</li> <li>• 銜接器</li> <li>• 廠房吊車</li> <li>• 吊軌、J型勾</li> <li>• 多軸油壓板車</li> <li>• 可遙控脫鈎吊具(密封鋼筒)</li> <li>• 二樓防震裝置</li> </ul>	完成密封鋼筒傳送至混凝土護箱	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 混凝土護箱前置及運送作業程序書 (ISFSI-07-SOP-07005)「第 6.2 節混凝土護箱及其相關組件由澆置場至反應器廠房內之移動程序</li> <li>• 反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)</li> </ul>	10	8	核一廠反應器廠房

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)	備註
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 五樓防震裝置</li> </ul>		第 6.15 節 混凝土護箱準備作業、第 6.16 節 傳送護箱臨時固定裝置安裝、第 6.17 節 密封鋼筒傳送至混凝土護箱程序			
多軸油壓板車 運送	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 混凝土護箱</li> <li>• 多軸油壓板車</li> </ul>	混凝土護箱順利運送至貯存場且運送路徑無干涉之情況	混凝土護箱前置及運送作業(ISFSI-07-SOP-07005)第 6.3 節 由反應器廠房內移動已裝載密封鋼筒(含用過燃料)之混凝土護箱至貯存場程序	8	4	核一廠運送路徑
混凝土護箱氣墊運送	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 混凝土護箱</li> <li>• 堆高機</li> <li>• 千斤頂系統</li> <li>• 懸浮氣墊組</li> <li>• 空氣壓縮機</li> <li>• 橋架板</li> <li>• 不銹鋼板/鍍鋅鋼板</li> <li>• 混凝土護箱夾</li> </ul>	混凝土護箱順利移動至貯存場指定位置	混凝土護箱前置及運送作業(ISFSI-07-SOP-07005)附件一安裝/移除懸浮氣墊組、附件二使用懸浮氣墊移動混凝土護箱程序	8	2	貯存場

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)	備註
	鉗 • 人員升降作業車					
外加屏蔽安裝	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 混凝土護箱</li> <li>• 外加屏蔽</li> <li>• 堆高機</li> <li>• 運送車輛</li> <li>• 起重機</li> </ul>	外加屏蔽順利套裝於混凝土護箱外	貯存場運貯作業程序書 (ISFSI-07-SOP-07009)第6.0 節作業程序	8	6	貯存場

表 3-3 燃料池水下操作功能驗證之作業程序、接受標準與人力及時程預估

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃	作業時程預估	備註
密封鋼筒/傳送護箱吊運與下水定位	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 傳送護箱</li> <li>• 吊軌、J型勾</li> <li>• 廠房吊車</li> <li>• 池底防污板</li> <li>• 水下攝影系統</li> <li>• TFR 上水封環機構</li> <li>• 環形間隙循環水系統</li> </ul>	傳送護箱併同密封鋼筒吊運至燃料池護箱裝載區定位	反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)第 6.2 節傳送護箱含密封鋼筒吊入燃料池燃料裝載區程序	6	4	核一廠用過核子燃料池
模擬燃料束裝填	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 傳送護箱</li> <li>• 模擬燃料束</li> <li>• 吊軌、J型勾</li> <li>• 廠房吊車</li> <li>• 池底防污板</li> <li>• 水下攝影系統</li> <li>• TFR 上水封環機構</li> </ul>	模擬燃料束裝填於密封鋼筒內指定之放置位置	反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)第 6.3 節燃料裝填程序第 6.3.4~第 6.3.10 項	6	4	核一廠用過核子燃料池

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃	作業時程預估	備註
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 環形間隙循環水系統</li> </ul>					
屏蔽上蓋安裝/ 水下傳送護箱 吊運操作	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 屏蔽上蓋</li> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 傳送護箱</li> <li>• 吊軌、J型勾</li> <li>• 廠房吊車</li> <li>• 池底防污板</li> <li>• 水下攝影系統</li> <li>• 屏蔽上蓋吊具</li> <li>• 塑膠布</li> <li>• 水下沖洗設備</li> <li>• TFR 上水封環機構</li> <li>• 環形間隙循環水系統</li> </ul>	屏蔽上蓋水平安裝於密封鋼筒上，且傳送護箱含密封鋼筒順利吊至五樓操作區	反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)第6.4節安放密封鋼筒屏蔽上蓋程序，以及第6.5節傳送護箱含已裝載之密封鋼筒吊至五樓操作區程序	8	4	核一廠用過核子燃料池
輻防及除污作業	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 屏蔽上蓋</li> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 傳送護箱</li> <li>• 污染偵檢器</li> <li>• 警報劑量計</li> </ul>	密封鋼筒外表面鬆散污染限制值： $\beta/\gamma: \leq 180 \text{ Bq}/100 \text{ cm}^2$ ； $\alpha: \leq 1 \text{ Bq}/100 \text{ cm}^2$	輻射防護作業程序書 (ISFSI-07-SOP-07013)	4	8	核一廠反應器廠房

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃	作業時程預估	備註
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 移動式輻射監測器</li> <li>• 中子劑量偵測器</li> <li>• 空氣監測器</li> <li>• α/β 污染計數器</li> <li>• 高壓水幫浦</li> <li>• 除污設備</li> </ul>					



#### 4. 熱測試驗證(Hot Test)

熱測試驗證定義為前 2 組護箱完成用過核子燃料裝載並運送至貯存場進行長期貯存之作業，內容涵蓋全部之運貯作業，依序包含用過核子燃料之吊卸裝填、運搬、及貯存等情境，依作業特性歸類為安裝/吊運(含吊卸裝填及運搬)與貯存等二階段，作業流程如圖 1-3 及 1-4 所示。

熱測試驗證作業中之第一組護箱，係為整體功能驗證階段所使用之傳送護箱、密封鋼筒與混凝土護箱。有關傳送護箱與密封鋼筒翻轉豎直，以及傳送護箱併同密封鋼筒吊至五樓操作區定位等之能力驗證，已於整體功能驗證階段中執行完畢，且整體功能驗證作業完成之最終狀態為傳送護箱(含空密封鋼筒)由用過核子燃料池裝載區吊至五樓操作區定位，並完成除污，故熱測試驗證作業將自傳送護箱併同密封鋼筒(即第一組護箱)吊入用過核子燃料池裝載區開始進行。至於第二組護箱之密封鋼筒翻轉豎直，以及傳送護箱併同密封鋼筒吊至五樓操作區定位之驗證作業內容及接受標準與整體功能驗證一致，已說明於本計畫書第 3.2 節中，故不再贅述。

以下將分別詳細說明熱測試驗證中安裝/吊運與貯存等二階段之工作內容、執行驗證時所需使用之設備、依循程序與接受標準、以及各工作項目時程與人力規劃。

## 4.1 安裝/吊運階段

安裝/吊運驗證作業依作業場所細分成反應器廠房內之吊卸裝填作業與反應器廠房外之運搬作業等兩項，各部分之作業詳述如下。

### 4.1.1 吊卸裝填

吊卸裝填階段係指自傳送護箱含密封鋼筒吊至燃料池裝載區定位後開始裝填燃料至完成密封鋼筒密封銲接及非破壞檢測之作業。作業場所於核一廠反應器廠房內用過核子燃料池及五樓操作區。

相關工作項目、所需設備、接受標準、時程、及人力規劃等詳列於表 4-1。

#### 1. 設備下水之前置作業

本階段之主要工作內容為：

- (1) 將燃料池裝載區底部墊板安放定位，以防污染附著。
- (2) 將傳送護箱併同密封鋼筒吊運至燃料池上方，淋溼外表。
- (3) 將傳送護箱緩慢下降至燃料池裝載區定位。

上述作業依據之程序書為「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.2 節傳送護箱含密封鋼筒吊入燃料池燃料裝載區作業程序。所需之設備為密封鋼筒、傳送護箱、吊鉤、J 型勾、廠房吊車、池底防污板、水下攝影系統、TFR 上水封環機構、環形間隙循環水系統。

接受標準為傳送護箱併同密封鋼筒吊運至燃料池護箱裝載區定位。本作業預估投入 6~8 人，作業時程預估為 20 小時，作業場所為核一廠用過核子燃料池。

## 2. 燃料束裝填識別及確認

燃料裝填前，須先建立每一密封鋼筒(燃料提籃)之裝載配置表，詳列每個貯存位置裝載燃料束之識別編碼，並依裝載配置表執行燃料裝填。裝填完畢後，利用水下攝影機檢查裝載燃料編號，再次確認資料正確性，並錄影存證。

上述作業依據之程序書為「核一廠用過核子燃料乾式貯存護箱燃料束配置報告(ISFSI-04-REP-07001)」以及「反應器廠房內操作程序書(ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.3 節燃料裝填作業程序。所需之設備為密封鋼筒、傳送護箱、吊軌、J 型勾、廠房吊車、池底防污板、模擬燃料束、水下攝影系統、TFR 上水封環機構、環形間隙循環水系統。

接受標準為用過核子燃料束正確裝填於密封鋼筒內指定之放置位置；限制條件為須符合運轉限制條件 LCO 3.1.7 (表 4-10) 之規定，燃料池水溫度不得超過 41°C。本作業預估投入 5 人，作業時程預估為 28 小時，作業場所為核一廠用過核子燃料池。

## 3. 安裝屏蔽上蓋

本階段之主要工作內容為：

安裝吊具，將屏蔽上蓋吊運安放在傳送護箱內之密封鋼筒上，並確認定位。

上述作業對應之程序書為「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.4 節安放密封鋼筒屏蔽上蓋程序。所需之設備為密封鋼筒、傳送護箱、屏蔽上蓋、吊軌、J 型勾、廠房吊車、池底防污板、水下攝影系統、屏蔽上蓋吊具、TFR 上水封環機構、環形間隙循環水系統。

接受標準為將屏蔽上蓋安放在密封鋼筒支撐環上，且屏蔽上蓋插槽與密封鋼筒定位鍵接合。本作業預估投入 8 人，作業時程預估為 4 小時，作業場所為核一廠用過核子燃料池。

#### 4. 由燃料池移出傳送護箱

本階段之主要工作內容為：

- (1) 將傳送護箱緩慢吊升，使用加壓除礦水沖洗傳送護箱表面，以防污染附著。
- (2) 將傳送護箱吊至五樓操作區，定位，安裝工作架，進行傳送護箱外表除污。
- (3) 輻防人員適時執行各項輻射偵檢，並指揮除污人員進行除污。

上述作業對應之程序書為「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.5 節傳送護箱含已裝載之密封鋼筒吊至五樓操作區程序及「輻射防護作業程序書 (ISFSI-07-SOP-07013)」。所需之設備為密封鋼筒、傳送護箱、屏蔽上蓋、吊軌、J 型勾、廠房吊車、池底防污板、水下攝影系統、塑膠布、水下沖洗設備、TFR 上水封環機構、環形間隙循環水系統。

接受標準為傳送護箱併同已裝載燃料之密封鋼筒順利吊至五樓操作區定位。另本項作業應自傳送護箱吊出燃料池水面開始記錄作業時間，以作為運轉限制條件 LCO 3.1.1 第 1 項限制時間之計時基準。

本作業預估投入 6 人，作業時程預估為 4 小時，作業場所為核一廠反應器五樓操作區。

## 5. 銲接屏蔽上蓋及執行氣壓測漏

本階段之主要工作內容為：

- (1) 排水約 260 公升。
- (2) 架設自動銲機與臨時屏蔽，對心定位。
- (3) 經排氣管取樣量測密封鋼筒內部氫含量，確認低於 2.4%，否則以真空泵排除，並全程檢測。
- (4) 執行銲接程序，以及分別對底道及表面銲道執行液滲非破壞檢測，檢測合格後拆除銲機。
- (5) 執行氣壓測漏，壓力須達 35 psia 且維持 10 分鐘不降。

上述作業對應之程序書為「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.6 節屏蔽上蓋銲接程序、第 6.7 節密封鋼筒氣壓測漏，「密封鋼筒上蓋銲接操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07007)」第 5.0 節屏蔽上蓋銲接，以及「密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測 (ISFSI-07-SOP-07002)」第 4.0 節作業程序。所需之設備為密封鋼筒、傳送護箱、屏蔽上蓋、整合型排水真空乾燥系統裝置、自動銲機、臨時屏蔽。

接受標準為符合：

- (1) 「密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測 (ISFSI-07-SOP-07002)」

第 4.4 節接受標準之規定：

4.4.1 VT 檢測結果應符合下列需求：

- A. 銲道表面不得凸出屏蔽上蓋頂部。
- B. 結構上蓋表面銲道最多可以超出鋼筒外殼頂端 1/8 吋(3.2mm)，但不得高於結構上蓋表面。

- C. 屏蔽上蓋銲道最後一道(Pass)跨鋪(wash up)外殼之內表面，銲冠尺寸不得超過 0.11 吋(2.8mm)，跨鋪到外殼內表面部份不得超過 0.22 吋(5.6mm)。
- D. 下列各種顯示應判定為不予接受：
  - a. 任何裂痕、重疊或融合不良。
  - b. 銲蝕深度大於 1/32 吋(0.8 mm)。
  - c. 銲道有目視可見串聯式或叢集性氣孔產生。
  - d. 在面積 6 in<sup>2</sup> (4000 mm<sup>2</sup>)且主要單邊不超過 6 in. (150mm)的範圍內出現10個以上圓形顯示，範圍之選擇須以出現最多顯示之面積為準不得故意避開。

4.4.2 PT 檢測結果應符合下列需求：

- A. 尺寸大於 1/16 吋(1.5 mm)之顯示方視為有效指示。
- B. 下列各種有效指示應判定為不予接受：
  - a. 任何裂痕及線形顯示。
  - b. 圓形顯示之尺寸大於 3/16 吋(5 mm)。
  - c. 四個或四個以上之圓形顯示成一條線，且其邊緣與邊緣間隔小於 1/16 吋(1.5 mm)。

(2) 氣壓測漏之壓力須達 35 psia 且維持 10 分鐘不降。

前述第 4 項由燃料池移出傳送護箱作業與本作業階段(銲接屏蔽上蓋及執行氣壓測漏)，密封鋼筒內部係充滿用過核子燃料池水，在進行密封鋼筒開始排水作業前，筒內水溫不得超過沸騰溫度(100 °C)，故需於時限內完成至密封鋼筒開始排水之所有程序。經分析，不同的護箱熱負載有不同的限制時間，詳如運

轉限制條件 LCO 3.1.1(表 4-4)第 1 項所示。由於本試運轉每組護箱之總熱負載小於 4 kW，故依前述運轉限制條件之規定，自傳送護箱吊離水池後，須於 90 小時內完成本節第 4 項及本項之作業。若不符合運轉限制條件之時間限制時，則需依運轉限制條件所述之採行措施，執行密封鋼筒內部換水冷卻作業。由於本試運轉每組護箱之總熱負載小於 4 kW，故依運轉限制條件 LCO 3.1.1(表 4-4)執行 8 小時之內部換水冷卻作業後，即可再取得容許作業時間 89 小時。

不符合發生之處理作業程序依「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」附件九改正程序第 9.4 節 LCO 3.1.1 作業時間限制不符合之改正程序執行。

本作業預估投入 5 人，作業時程預估為 14 小時，作業場所為核一廠反應器五樓操作區。

## 6. 排水、乾燥及充填氦氣

本階段之主要工作內容為：

- (1) 輻防人員適時執行輻射偵檢並採必要之防護措施。
- (2) 進行密封鋼筒排水。
- (3) 將排氣導至 HEPA 系統，進行真空乾燥。
- (4) 抽真空至壓力小於 10 torr (mm-Hg)時，執行真空壓力測試。依據運轉限制條件(LCO 3.1.2，如表 4-5)所定測試標準，系統須保持壓力小於 10 torr(mm-Hg)，維持 10 分鐘。若作業時周圍溫度低於 18.3°C (65 °F)，則抽真空壓力測試標準須保持壓力小於 5 torr(mm-Hg)，維持 10 分鐘。

- (5) 繼續抽真空至壓力小於 3 torr(mm-Hg)，充填純度 99.9% 氦氣，依據運轉限制條件(LCO 3.1.3，如表 4-6)所定氦氣填充壓力標準，密封鋼筒須保持壓力 0 (+1, -0)psig；重複抽真空至壓力小於 3 torr(mm-Hg)並再填充氦氣一次。
- (6) 填充氦氣後，須於運轉限制條件(LCO 3.1.4，如表 4-7)所定 600 小時內，完成將密封鋼筒傳送至混凝土護箱。

上述作業對應之程序書為「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.8 節密封鋼筒排水程序、第 6.9 節密封鋼筒真空乾燥程序、以及第 6.10 節密封鋼筒填充氦氣之程序。所需之設備為密封鋼筒、整合型排水真空乾燥系統裝置、氦氣瓶及調壓器。

真空乾燥接受標準為：抽真空至壓力小於 10 torr(mm-Hg)時，關閉抽真空幫浦及隔離閥，應維持至少 10 分鐘壓力不高於 10 mm Hg。若作業時周圍溫度低於 18.3°C (65 °F)，則抽真空壓力測試標準須保持壓力小於 5 mm-Hg，維持 10 分鐘。

氦氣回填之接受標準為：密封鋼筒之氦氣回填壓力應為 0 (+1, -0)psig<sup>註</sup>。

於密封鋼筒抽真空及充填氦氣作業階段，為避免燃料護套、密封鋼筒及傳送護箱之重要組件溫度超過限值；另亦因傳送護箱非貯存容器，密封鋼筒不能長久置放其內，故需於時限內完成至密封鋼筒開始吊運至混凝土護箱之所有程序。密封鋼筒於傳送護箱內最長留置時間限制，須符合運轉限制條件 LCO 3.1.4(表 4-7)之規定。

---

註：「(+1,-0)psig」代表之意義為密封鋼筒抽真空後回填氦氣時，密封鋼筒壓力到達 1 大氣壓(0 psig)即可停止氦氣回填作業，其接受標準範圍為 0 (+1, -0) psig。



由於本試運轉每組護箱之總熱負載小於 4 kW，故依前述運轉限制條件之規定，時間不得超過 600 小時。若不符合運轉限制條件之時間限制時，則須依運轉限制條件所述之採行措施，執行相關作業，處理程序依「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」附件九改正程序第 9.5 節第 4 項 LCO 3.1.1 作業時間限制不符合之改正程序執行。

本作業預估投入 4 人，作業時程預估為 28 小時，作業場所為核一廠反應器五樓操作區。

## 7. 銲接排水與排氣接頭封口蓋(seal cap)及氬氣測漏

本階段之主要工作內容為：

- (1) 安裝封口蓋，進行銲接與液滲等非破壞檢測，移開銲機等裝備。
- (2) 進行氬氣洩漏測試。密封鋼筒屏蔽上蓋銲道氬氣洩漏率，不得大於運轉限制條件(LCO 3.1.5, 如表 4-8)規定之  $2 \times 10^{-7}$  cc/s 限值，測試儀器精度應達  $1 \times 10^{-7}$  cc/s。

上述作業對應之程序書為「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.11 節排水及排氣孔封口蓋銲接程序及第 6.12 節氬氣洩漏測試、「密封鋼筒上蓋銲接操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07007)」第 6.0 節排水孔封口蓋與排氣孔封口蓋銲接、「密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測程序書 (ISFSI-07-SOP-07002)」第 4.0 節作業程序、以及「密封鋼筒上蓋銲道洩漏測試程序書 (ISFSI-07-SOP-07003)」第 5.0 節檢測程序。所需之設備為密封鋼筒、傳送護箱、排水與排氣接頭封口

蓋、鐸機、臨時屏蔽、非破壞檢測設備、以及氬質譜儀洩漏檢測系統。

接受標準為符合：

(1) 「密封鋼筒上蓋鐸道非破壞檢測(ISFSI-07-SOP-07002)」

第 4.4 節接受標準之規定：

A. 尺寸大於 1/16 吋(1.5 mm)之顯示方視為有關瑕疵。

B. 下列各種顯示應判定為不予接受：

a. 任何裂痕及線形顯示。

b. 圓形顯示之尺寸大於 3/16 吋(5 mm)。

c. 四個或四個以上之圓形顯示成一條線，且其邊緣與邊緣間隔小於 1/16 吋(1.5 mm)。

(2) 「密封鋼筒上蓋鐸道洩漏測試程序書 (ISFSI-07-SOP-07003)」第 5.0 節合格標準之規定：氬氣洩漏率不得大於  $2 \times 10^{-7}$  cc/s 限值。

本作業預估投入 3 人，作業時程預估為 6 小時，作業場所為核一廠反應器五樓操作區。

## 8. 鐸接結構上蓋並執行非破壞檢測

本階段之主要工作內容為：

(1) 架設自動鐸機，對心定位。

(2) 進行鐸接與液滲非破壞檢測；合格後移開鐸機等裝備。

上述作業對應之程序書為「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.13 節結構上蓋鐸接、「密封鋼筒上蓋鐸接操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07007)」第 7.0 節結構上蓋鐸

接、以及「密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測程序書 (ISFSI-07-SOP-07002)」第 4.0 節作業程序。所需之設備為密封鋼筒、傳送護箱、結構上蓋、自動銲機、臨時屏蔽、以及非破壞檢測設備。

接受標準為符合「密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測 (ISFSI-07-SOP-07002)」第 4.4 節接受標準之規定。

- A. 尺寸大於 1/16 吋(1.5 mm)之顯示方視為有關瑕疵。
- B. 下列各種顯示應判定為不予接受：
  - a. 任何裂痕及線形顯示。
  - b. 圓形顯示之尺寸大於 3/16 吋(5 mm)。
  - c. 四個或四個以上之圓形顯示成一條線，且其邊緣與邊緣間隔小於 1/16 吋(1.5 mm)。

本作業預估投入 5 人，作業時程預估為 20 小時，作業場所為核一廠反應器五樓操作區。

#### 4.1.2 運搬作業

運搬階段係指將已完成銲接密封之密封鋼筒由傳送護箱吊運至混凝土護箱，直至運搬至貯存場之作業，以下依程序分述各項作業之工作內容、對照之程序書、所需設備、時程、人力規劃、操作場所等詳列於表 4-2。

##### 1. 密封鋼筒由傳送護箱傳送至混凝土護箱之作業

本階段之作業內容與整體功能驗證階段一致，惟密封鋼筒已裝載用過核子燃料，故執行本項作業時，需適時執行輻射偵檢，作業內容概述如下：

- (1) 混凝土護箱座於多軸油壓板車上，在反應器廠房一樓定位，安裝並測試銜接器及屏蔽門液壓驅動設備。(與整體功能驗證一致)
- (2) 將傳送護箱外表去污，並執行密封鋼筒正上方及圓周上緣外側可觸及之外表面擦試取樣計測輻射污染。拆除工作架，裝妥傳送護箱吊軌。
- (3) 若計測結果均符合運轉限制條件(LCO 3.2.1，如表 4-11)之限值，進行後續作業。若密封鋼筒表面污染不符合運轉限制條件(LCO 3.2.1，如表 4-11)所定限值，則進行除污。除污作法係將密封鋼筒略為吊升使其不與傳送護箱屏蔽門接觸，再以除礦水執行去污。
- (4) 確認輻防人員已執行密封鋼筒表面，輻射污染擦拭取樣計測，密封鋼筒表面污染不得超過運轉限制條件(LCO 3.2.1，如表 4-11)所定限值。拆除工作架，裝妥傳送護箱吊軌。
- (5) 將傳送護箱(連同二樓防震裝置)吊至混凝土護箱上，並將傳送護箱屏蔽門與銜接器連接後，將二樓防震裝置懸臂放平，頂至定位。(與整體功能驗證一致)
- (6) 確認可遙控脫鉤密封鋼筒吊具掛鉤與密封鋼筒連接座接合，略為吊起密封鋼筒約 1 cm 高，開啟傳送護箱屏蔽門。
- (7) 將可遙控脫鉤密封鋼筒吊具與密封鋼筒連接座脫離，吊至五樓暫存區放置。關屏蔽門。(與整體功能驗證一致)
- (8) 以傳送護箱吊軌，將傳送護箱吊至五樓操作區定位。(與整體功能驗證一致)
- (9) 確認輻防人員已執行密封鋼筒表面，輻射污染擦拭取樣計測，密封鋼筒表面污染不得超過運轉限制條件(LCO 3.2.1，如表 4-11)所定限值。

(10) 安裝混凝土護箱屏蔽塞及頂蓋。(與整體功能驗證一致)

上述作業對應之程序書為「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.15 節混凝土護箱準備作業、第 6.16 節傳送護箱臨時固定裝置安裝、第 6.17 節密封鋼筒傳送至混凝土護箱、第 6.18 節混凝土護箱運送前作業，以及「混凝土護箱前置及運送作業程序書 (ISFSI-07-SOP-07005)」第 6.1 節混凝土護箱之準備及檢查程序、第 6.2 節混凝土護箱及其相關組件由澆置場至反應器廠房內之移動程序。所需之設備為密封鋼筒、傳送護箱、混凝土護箱、2 樓及 5 樓防震裝置、廠房吊車、密封鋼筒吊具、吊軌、J 型勾、多軸油壓板車、碳鋼薄板(用於混凝土護箱及多軸油壓板車之接合面)、混凝土護箱屏蔽塞及屏蔽上蓋。

接受標準為符合運轉限制條件 LCO 3.2.1 (表 4-11)密封鋼筒外表面之鬆散污染應不超過： $180 \text{ Bq}/100 \text{ cm}^2$ (貝他及加馬射源)； $1 \text{ Bq}/100 \text{ cm}^2$  (阿伐射源)限值規定。若密封鋼筒表面污染不符合運轉限制條件時，則依「反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)」附件九改正程序第 6 節密封鋼筒表面鬆散污染不符合程序執行。

本作業預估投入 10 人，作業時程預估為 8 小時，作業場所為核一廠反應器一樓天井區。

## 2. 運搬至貯存場定位

本階段之主要工作內容為：使用多軸油壓板車，將混凝土護箱(併同已裝載用過核子燃料之密封鋼筒)從一樓天井區，移出反應器廠房，運送至貯存場，並搭配氣墊系統及堆高機(含混

凝土護箱夾鉗)，將凝土護箱送至貯存場定位，並安裝外加屏蔽，其作業內容與整體功能驗證階段一致，惟整體功能驗證階段僅運送凝土護箱(不含密封鋼筒)，故執行本項作業時，將適時執行輻射偵檢，作業內容概述如下：。

- (1) 偵檢凝土護箱表面劑量率，確認不超過運轉限制條件(LCO 3.2.2，如表 4-12)限值。
- (2) 運送全程由警衛及輻射防護人員隨行監控。
- (3) 將多軸油壓板車移動至貯存場邊界指定位置。
- (4) 使用氣墊將凝土護箱移送至貯存場之指定位置。
- (5) 安裝外加屏蔽、通氣孔道格柵、溫度監測儀器、標示牌及鉛封。

上述作業對應之程序書為「凝土護箱前置及運送作業程序書(ISFSI-07-SOP-07005)」第 6.3 節由反應器廠房內移動已裝載密封鋼筒(含用過核子燃料)之凝土護箱至貯存場程序，以及「貯存場運貯作業程序書(ISFSI-07-SOP-07009)」第 6.0 節作業程序。所需之設備為密封鋼筒、凝土護箱(含屏蔽塞及屏蔽上蓋)、多軸油壓板車、碳鋼薄板(用於凝土護箱及多軸油壓板車之接合面)、堆高機、千斤頂系統(用於舉起凝土護箱以安裝或移除懸浮氣墊組)、懸浮氣墊組、空氣壓縮機、橋架板(使用於貯存場及多軸油壓板車間)、移動式起重機(80 公噸以上)、外加屏蔽、通氣孔道格柵、溫度監測儀器、標示牌及鉛封、凝土護箱夾鉗、人員升降作業車。

接受標準為符合運轉限制條件 LCO 3.2.2 (表 4-12) 每個凝土護箱之側表面平均劑量率應低於 0.5 mSv/h (中子及加

馬)；上表面之平均劑量率應低於 0.5 mSv/h (中子及加馬)；進氣口與排氣口之平均表面劑量率應低 1 mSv/h (中子及加馬)。本作業預估投入 8 人，作業時程預估為 16 小時，作業場所為核一廠運送路徑及乾式貯存場。

#### 4.2 貯存階段

貯存階段之作業為每日應定時檢視混凝土護箱通氣出口溫度監測數據至少一次，接受標準為符合運轉限制條件 LCO 3.1.6 (表 4-9)溫差需小於 36.6 °C (66 °F)。

表 4-1 熱測試驗證吊卸裝填作業之工作項目與操作場所

熱測試驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)	操作場所
設備下水之前置作業	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 傳送護箱</li> <li>• 吊軌、J型勾</li> <li>• 廠房吊車</li> <li>• 池底防污板</li> <li>• 水下攝影系統</li> <li>• TFR 上水封環機構</li> <li>• 環形間隙循環水系統</li> </ul>	傳送護箱併同密封鋼筒吊運至燃料池護箱裝載區定位	反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)第 6.2 節傳送護箱含密封鋼筒吊入燃料池燃料裝載區作業程序	6~8	20	核一廠用過核子燃料池
燃料束裝填識別確認程序	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 傳送護箱</li> <li>• 吊軌、J型勾</li> <li>• 廠房吊車</li> <li>• 池底防污板</li> <li>• 模擬燃料束</li> <li>• 水下攝影系統</li> <li>• TFR 上水封</li> </ul>	用過核子燃料束正確裝填於密封鋼筒內指定之放置位置 限制條件 燃料池水溫度不得超過 41℃。	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 核一廠用過核子燃料乾式貯存護箱燃料束配置報告 (ISFSI-04-REP-07001)</li> <li>• 反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008) 第 6.3 節燃料裝填作業</li> </ul>	5	28	核一廠用過核子燃料池



熱測試驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)	操作場所
	環機構 • 環形間隙循環水系統。		程序			
安裝屏蔽上蓋	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 傳送護箱</li> <li>• 屏蔽上蓋</li> <li>• 吊軌、J型勾</li> <li>• 廠房吊車</li> <li>• 池底防污板</li> <li>• 水下攝影系統</li> <li>• 屏蔽上蓋吊具</li> <li>• TFR 上水封環機構</li> <li>• 環形間隙循環水系統</li> </ul>	屏蔽上蓋水平安裝於密封鋼筒上	反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008) 第 6.4 節安放密封鋼筒屏蔽上蓋程序	8	4	核一廠用過核子燃料池
由燃料池移出傳送護箱	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 傳送護箱</li> <li>• 屏蔽上蓋</li> <li>• 吊軌、J型勾</li> <li>• 廠房吊車</li> </ul>	傳送護箱含已完成裝載之密封鋼筒順利吊至五樓操作區定位。 限制條件 傳送護箱離開水池	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008) 第 6.5 節傳送護箱含已裝載之密封鋼筒吊至五</li> </ul>	6	4	核一廠反應器五樓操作區

熱測試驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)	操作場所
	<ul style="list-style-type: none"> <li>池底防污板</li> <li>水下攝影系統</li> <li>塑膠布</li> <li>水下沖洗設備</li> <li>TFR 上水封環機構</li> <li>環形間隙循環水系統</li> </ul>	<p>後，須於 90 小時內完成至密封鋼筒開始排水之所有程序(因本試運轉每組護箱之總熱負載小於等於 4)，時間限制列於表 4-4 (運轉限制條件 LCO 3.1.1) 第 1 項 <math>L \leq 4</math>。若不符合運轉限制條件之時間限制，則須依運轉限制條件所述之採行措施，執行密封鋼筒冷卻作業；或執行密封鋼筒內部換水冷卻之操作模式。</p>	<p>樓操作區程序</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>輻射防護作業程序書 (ISFSI-07-SOP-07013)</li> </ul>			
<p>銲接屏蔽上蓋及執行氣壓測漏</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>密封鋼筒</li> <li>傳送護箱</li> <li>屏蔽上蓋</li> <li>整合型排水真空乾燥系統裝</li> </ul>	<p>符合密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測 (ISFSI-07-SOP-07002) 第 4.4 節接受標準之規定；氣壓測漏之壓</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008) 第 6.6 節屏蔽上蓋銲接程序、第 6.7 節密封鋼筒</li> </ul>	5	14	核一廠反應器五樓操作區

熱測試驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)	操作場所
	置 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 自動銲機</li> <li>• 臨時屏蔽</li> </ul>	力須達 35 psia 且維持 10 min 不降。	氣壓測漏 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒上蓋銲接操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07007) 第 5.0 節屏蔽上蓋銲接</li> <li>• 密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測 (ISFSI-07-SOP-07002) 第 4.0 節作業程序</li> </ul>			
排水、乾燥及充填氦氣	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 整合型排水真空乾燥系統裝置</li> <li>• 氦氣瓶及調壓器</li> </ul>	抽真空至壓力小於 10 torr(mm-Hg)時，關閉抽真空幫浦及隔離閥，應維持至少 10 min 壓力不高於 10 mm Hg。若作業時周圍溫度低於 18.3°C (65 °F)，則抽真空壓力測試標準須保持壓力小於 5 mm-Hg，維持 10 分鐘；密封鋼筒	反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)第 6.8 節密封鋼筒排水程序、第 6.9 節密封鋼筒真空乾燥程序、以及第 6.10 節密封鋼筒填充氦氣之程序。	4	28	核一廠反應器五樓操作區

熱測試驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)	操作場所
		之氬氣回填壓力應為 0 (+1, -0)psig。且須於 600 小時內完成密封鋼筒傳送至混凝土護箱之作業。				
銲接排水與排氣接頭封口蓋 (seal cap) 及氬氣測漏	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 傳送護箱</li> <li>• 排水與排氣接頭封口蓋</li> <li>• 銲機</li> <li>• 臨時屏蔽</li> <li>• 非破壞檢測設備</li> <li>• 氬質譜儀洩漏檢測系統</li> </ul>	符合 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測 (ISFSI-07-SOP-07002)第 4.4 節接受標準之規定</li> <li>• 密封鋼筒上蓋銲道洩漏測試程序書 (ISFSI-07-SOP-07003)第 5.0 節合格標準之規定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008) 第 6.11 節排水及排氣孔封口蓋銲接程序及第 6.12 節氬氣洩漏測試</li> <li>• 密封鋼筒上蓋銲接操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07007) 第 6.0 節排水孔封口蓋與排氣孔封口蓋銲接</li> <li>• 密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測程序書 (ISFSI-07-SOP-07002) 第 4.0 節作業程序</li> </ul>	3	6	核一廠反應器五樓操作區

熱測試驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)	操作場所
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒上蓋銲道洩漏測試程序書 (ISFSI-07-SOP-07003) 第 5.0 節檢測程序。</li> </ul>			
銲接結構上蓋並執行非破壞檢測	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 傳送護箱</li> <li>• 結構上蓋</li> <li>• 自動銲機</li> <li>• 臨時屏蔽</li> <li>• 非破壞檢測設備</li> </ul>	符合密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測 (ISFSI-07-SOP-07002) 第 4.4 節接受標準之規定	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008) 第 6.13 節結構上蓋銲接</li> <li>• 密封鋼筒上蓋銲接操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07007) 第 7.0 節結構上蓋銲接</li> <li>• 密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測程序書 (ISFSI-07-SOP-07002) 第 4.0 節作業程序。</li> </ul>	5	20	核一廠反應器五樓操作區

表 4-2 熱測試驗證運搬作業之工作項目與操作場所

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)	操作場所
密封鋼筒由傳送護箱傳送至混凝土護箱之作業	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 傳送護箱</li> <li>• 混凝土護箱</li> <li>• 2樓及5樓防震裝置</li> <li>• 廠房吊車</li> <li>• 密封鋼筒吊具</li> <li>• 吊軌、J型勾</li> <li>• 多軸油壓板車</li> <li>• 碳鋼薄板(用於混凝土護箱及多軸油壓板車之接合面)</li> <li>• 混凝土護箱屏蔽塞及屏蔽上蓋</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 符合運轉限制條件 LCO 3.2.1 (表 4-11)</li> <li>• 密封鋼筒外表面之鬆散污染應不超過：               <ul style="list-style-type: none"> <li>• 180 Bq/100 cm<sup>2</sup>(貝他及加馬射源)；</li> <li>• 1 Bq/100 cm<sup>2</sup>(阿伐射源)限值規定</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 反應器廠房內操作程序書 (ISFSI-07-SOP-07008)第 6.15 節混凝土護箱準備作業、第 6.16 節傳送護箱臨時固定裝置安裝、第 6.17 節密封鋼筒傳送至混凝土護箱、第 6.18 節 混凝土護箱運送前作業</li> <li>• 混凝土護箱前置及運送作業程序書 (ISFSI-07-SOP-07005)第 6.1 節混凝土護箱之準備及檢查程序。所需之</li> </ul>	10	8	核一廠反應器一樓天井區

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)	操作場所
			設備為。			
運搬至貯存場定位	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 密封鋼筒</li> <li>• 混凝土護箱 (含屏蔽塞及屏蔽上蓋)</li> <li>• 多軸油壓板車</li> <li>• 碳鋼薄板(用於混凝土護箱及多軸油壓板車之接合面)</li> <li>• 堆高機</li> <li>• 千斤頂系統 (用於舉起混凝土護箱以安裝或移除懸浮氣墊組)</li> <li>• 懸浮氣墊組</li> <li>• 空氣壓縮機</li> <li>• 橋架板(使用於貯存場及多</li> </ul>	<p>混凝土護箱外表面鬆散污染值須低於核一廠監測區之行政管制限值：  <math>\beta/\gamma</math>： <math>\leq 2 \text{ Bq}/100\text{cm}^2</math>  <math>\alpha</math>： <math>\leq 1 \text{ Bq}/100 \text{ cm}^2</math>            以及</p> <p>符合運轉限制條件 LCO 3.2.2 (表 4-12) 每個混凝土護箱</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 側表面平均劑量率應低於 0.5 mSv/h (中子及加馬)；</li> <li>• 上表面之平均劑量率應低於 0.5 mSv/h (中子及加馬)；</li> <li>• 進氣口與排氣口之平均表面劑量率應低 1 mSv/h (中子及加馬)</li> </ul>	<p>混凝土護箱前置及運送作業程序書 (ISFSI-07-SOP-07005) 第 6.2 節混凝土護箱及其相關組件由澆置場至反應器廠房內之移動程序。所需之設備為。</p>	8	16	核一廠運送路徑及乾式貯存場

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)	操作場所
	軸油壓板車間) • 移動式起重機(80公噸以上) • 外加屏蔽 • 通氣孔道格柵 • 溫度監測儀器 • 標示牌及鉛封 • 不銹鋼板/鍍鋅鋼板 • 混凝土護箱夾鉗 • 人員升降作業車					



表 4-3 熱測試驗證貯存階段之工作項目與操作場所

功能驗證項目	執行中需使用之設備	接受標準	依據程序書	人力規劃(人)	作業時程預估(小時)	操作場所
貯存階段	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 混凝土護箱通氣出口溫度監測儀器</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 每日應定時檢視數據至少一次，溫差需小於 36.6 °C (66 °F)</li> </ul>		1	0.1	核一廠乾式貯存場

表 4-4 運轉限制條件(LCO 3.1.1)

LCO 3.1.1		密封鋼筒抽真空時間限制			
1.自密封鋼筒吊出燃料池水面至開始執行密封鋼筒排水，時間不得超過下列限制：					
總熱負載 (L)(kW)	時間限制 (小時)	採行 A.1.1 以及 A.1.2 措施後可再作 業時間限制(小時)	採行 A.2 措施後 可再作業之時間 限制(小時)		
$L \leq 4$	90	89	34		
$4 < L \leq 4.5$	82	75	34		
$4.5 < L \leq 5$	70	62	34		
$5 < L \leq 5.5$	61	52	34		
$5.5 < L \leq 6$	54	47	34		
$6 < L \leq 6.5$	49	41	34		
$6.5 < L \leq 7$	45	39	34		
$7 < L \leq 14$	21	16.7	15		
2.自開始執行密封鋼筒排水至完成密封鋼筒抽真空乾燥測試及氦氣回填(完成 LCO3.1.3 所述之要求)，時間不得超過下列限制：					
總熱負載 (L)(kW)	時間限制 (小時)	採行 B.1 措施後 可再作業時間	採行 B.2 措施後可 再作業時間(小時)		
$L \leq 4$	600	NA	NA		
$4 < L \leq 7$	600	NA	NA		
$7 < L \leq 14$	31	26	3.6*		
行動					

(下頁續)

表 4-4 運轉限制條件(LCO 3.1.1)(續)

運轉限制條件(LCO 3.1.1)(續)

狀態	採行措施	完成時間
A. 不符合自密封鋼筒吊出燃料池水面至開始執行密封鋼筒排水之時間限制	A.1.1 在 TSC 上蓋接上內部冷卻(inter-cooling)系統管線與設備 <u>以及</u>	3 小時
	A.1.2 以 30gpm 之速率, 將池水注入 TSC 中, 並將 TSC 中內部之水排回燃料池, 持續 8 小時	11 小時
	或 A.2 於 8 小時內將護箱吊回池中, 持續冷卻 24 小時	32 小時
B. 不符合密封鋼筒排水至完成氦氣回填之時間限制	B.1.1 對密封鋼筒進行氦氣填充 <u>以及</u>	2 小時
	B.1.2 將傳送護箱連同已填充氦氣之密封鋼筒置入燃料池。 <u>以及</u>	2 小時
	B.1.3 將傳送護箱與密封鋼筒留置於燃料池中至少 24 小時。	28 小時
	或 B.2.1 對密封鋼筒進行氦氣填充並連接環狀間隙注水系統 <u>以及</u>	3 小時
	B.2.3 以溫度低於 41°C, 流速 30gpm 水流注入傳送護箱與密封鋼筒間的環狀間隙中至少 2 小時	5 小時

檢查要求

檢查	頻率
SR 3.1.1.1 監測自完成密封鋼筒排水作業至完成氦氣回填所花費的時間。	完成氦氣回填前
SR 3.1.1.2 監測自池中冷卻結束至完成氦氣回填所花費的時間。	完成氦氣回填前

註：燃料池冷卻於必要時可以藉由充水至傳送護箱與密封鋼筒間之環狀間隙循環冷卻取代。

表 4-5 運轉限制條件(LCO 3.1.2)

LCO 3.1.2      密封鋼筒抽真空乾燥壓力  
 密封鋼筒抽真空乾燥達壓力不高於 10 mm Hg 後，關閉抽真空幫浦及隔離閥，應維持至少 10 min 壓力不高於 10 mm Hg。若作業時周圍溫度低於 18.3°C (65 °F)，則抽真空壓力測試標準須保持壓力小於 5 mm-Hg，維持 10 min。

適用：            裝填作業  
 行動

-----註-----

個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。

狀態	採行措施	完成時間
A. 不符合密封鋼筒真空乾燥壓力	A.1 確使密封鋼筒抽真空乾燥壓力符合限值。	25 天
B. 不符合採行措施之完成時間	B.1 由 INER-HPS 系統移除所有燃料束	5 天

檢查要求

檢查	頻率
SR 3.1.2.1 驗證密封鋼筒真空乾燥壓力符合限值。	於運搬作業前

表 4-6 運轉限制條件(LCO 3.1.3)

LCO 3.1.3 密封鋼筒氦氣回填壓力		
密封鋼筒之氦氣回填壓力應為 0 (+1, -0)psig。		
適用：裝填作業		
行動		
-----註-----		
個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。		
-----		
狀態	採行措施	完成時間
A. 不符合氦氣回填壓力	A.1 確使密封鋼筒氦氣回填壓力符合限值。	25 天
B. 不符合採行措施之完成時間	B.1 由 INER-HPS 系統移除所有燃料束	5 天
檢查要求		
檢查		頻率
SR 3.1.3.1 驗證密封鋼筒氦氣回填壓力符合限值。		於運搬作業前

表 4-7 運轉限制條件(LCO 3.1.4)

LCO 3.1.4	密封鋼筒於傳送護箱內最長留置時間限制 對已裝填燃料並回填氦氣而留置於傳送護箱內之密封鋼筒，在無冷卻之情況下，應實施下述時間限制。密封鋼筒之總熱負載低於下述限制者，僅受限於 600 小時總累積時間限制。	
	總熱負載 (L)(kW) $7 < L \leq 14$	時間限制 (小時) 50
適用：	裝填作業、傳送作業及再取出作業。	
行動	-----註-----	
	個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。	
狀態 A. -----註----- 於狀態 A 所花費之時間須計入 600 小時總累積時間之一部分。 ----- 不符合時間限制	採行措施 A.1.1 將傳送護箱連同裝於其中之密封鋼筒置入燃料池中。 以及 A.1.2 將傳送護箱及密封鋼筒留置於燃料池中至少 24 小時。	完成時間 2 小時  26 小時
B. 不符合 600 小時總累積時間限制	B.1 將密封鋼筒裝載入混凝土護箱。 或 B.2 由密封鋼筒中移除所有燃料束。	5 天  5 天
檢查要求		
	檢查	頻率
SR 3.1.4.1 監測完成 LCO 3.1.4 所花費的時間。		於裝入混凝土護箱前

表 4-8 運轉限制條件(LCO 3.1.5)

LCO 3.1.5 密封鋼筒氬氣洩漏率  
 檢驗密封鋼筒屏蔽上蓋至密封鋼筒殼體銲道，其氬氣洩漏率不得高於  $2 \times 10^{-7} \text{ cm}^3/\text{s}$ (氬氣)，氬氣洩漏測試之靈敏度為  $1 \times 10^{-7} \text{ cm}^3/\text{s}$ (氬氣)。

適用： 裝填作業

行動

-----註-----

個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。

狀態	採行措施	完成時間
A. 不符合密封鋼筒氬氣洩漏率	A.1 確認密封鋼筒氬氣洩漏率符合限值。	25 天
B. 不符合採行措施之完成時間	B.1 由 INER-HPS 系統移除所有燃料束	5 天

檢查要求

檢查	頻率
SR 3.1.5.1 驗證密封鋼筒氬氣洩漏率符合限值。	於運送作業前。

表 4-9 運轉限制條件(LCO 3.1.6)

LCO AOS 出口溫度與環境溫度差異不得高於 36.6°C

3.1.6

適用： 裝填作業與貯存作業  
 行動

-----註-----

個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。

狀態	採行措施	完成時間
A. 不符合溫度 差異限制	A.1 目視檢查進出氣道是否全堵塞。若是全堵塞採行 A.2 措施。若非全堵塞採行 A.3 措施。	立即
	A.2 設法清除氣道上堵塞物使全堵塞狀況改善為半堵塞。並立即進行安全評估，必要時可採取強制冷卻方式，使 INER-HPS 系統置於安全狀態。	7 ≤ L ≤ 14      85 小時 L ≤ 7              660 小時
	A.3 回復系統冷卻能力至正常狀態 確認燃料佈局為正確佈局。	25 天

檢查要求

檢查	頻率
SR 3.1.6.1 驗證混凝土護箱排氣口與環境溫度度差異不高於 36.6°C。 或 目視檢查所有空氣進出口均是暢通無阻礙的。	24 小時(最長可每 30 小時執行一次)  24 小時(最長可每 30 小時執行一次)
SR 3.1.6.2 驗證混凝土護箱排氣口與環境溫度之空氣溫度差異不高於 36.6°C。	護箱進入貯存狀態後每 24 小時(最長 30 小時)執行一次



表 4-10 運轉限制條件(LCO 3.1.7)

LCO 3.1.7 用過核子燃料池水溫限制  
 用過核子燃料池水溫應不大於 41°C  
 適用： 裝填作業、執行燃料池冷卻(LCO 3.1.1 及 3.1.4 採行措施)或密封鋼筒  
 內部換水冷卻(LCO 3.1.1 採行措施)

行動

-----註-----

個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。

狀態	採行措施	完成時間
A. 不符合水溫限制	通知啟動燃料池冷卻系統	立即

檢查要求

檢查	頻率
SR 3.1.7.1 驗證用過核子燃料池水溫不大於 41°C。	每次適用時機之活動執行前，並於其後每 12 小時執行一次。最長可每 15 小時行一次

表 4-11 運轉限制條件(LCO 3.2.1)

LCO 3.2.1 密封鋼筒表面污染  
 密封鋼筒外表面之非固著污染應不超過：  
 a. 180Bq/100 cm<sup>2</sup>，貝他及加馬射源；  
 b. 1 Bq/100 cm<sup>2</sup>，阿伐射源。

適用： 裝填作業

行動

-----註-----

個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。

狀態	採行措施	完成時間
A. 不符合密封鋼筒表面 鬆散污染限制	A.1 使密封鋼筒表面鬆散污染 減低至限值內	於運搬作業前

檢查要求

檢查	頻率
SR 3.2.1.1 透過直接或間接之方法，確使密封鋼筒外表面 之鬆散污染未超過限制	於運搬作業前。

表 4-12 運轉限制條件(LCO 3.2.2)

LCO 3.2.2	<p>混凝土護箱之平均表面劑量率</p> <p>每個混凝土護箱之平均表面劑量率應低於下述限制，除非符合採行措施 A.1 及 A.2。</p> <p>a. 0.5 mSv/小時 (中子及加馬)，於側表面(於混凝土表面)；</p> <p>b. 0.5 mSv/小時 (中子及加馬)，於上表面；</p> <p>c. 1 mSv/小時 (中子及加馬)，於進氣口與排氣口。</p> <p>適用： 貯存作業</p> <p>行動</p>
-----------	---

-----註-----

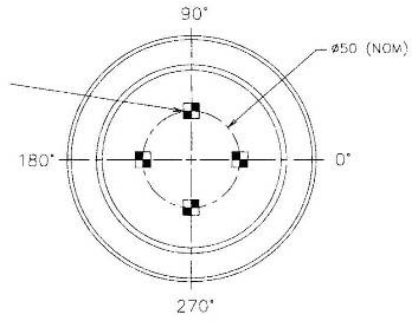
個別之項目條件適用每個 INER-HPS 系統。

狀態	採行措施	完成時間
A. 不符合混凝土護箱平均表面劑量率限制	A.1 行政驗證裝填之燃料正確。	24 小時
	以及 A.2 執行分析確認 ISFSI 場外輻射防護符合「游離輻射防護安全標準」及「放射性物料管理法施行細則」及廠界年劑量 0.05 mSv 之要求。	7 天
B. 不符合採行措施之完成時間	B.1 由 INER-HPS 系統移除所有燃料束	30 天

檢查要求

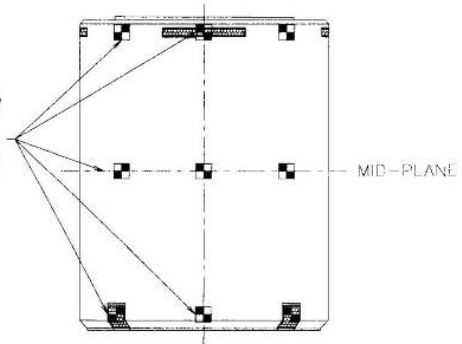
檢查	頻率
SR 3.2.2.1 驗證已裝載包含燃料束之密封鋼筒的混凝土護箱之平均表面劑量率未超過限制。劑量率應於下圖所標示之位置進行量測。	於貯存作業前。

於所示目標點進行劑量率之量測。



■ 目標點

每個平面分別於八個目標點(0, 45, 90, 135, 180, 225, 270, 315度)量測劑量率。分別在各個進氣口(排氣口)中央，以及進氣口(排氣口)間取一點量測。



## 5. 品質保證計畫

試運轉計畫作業，遵循「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施興建專案品質保證計畫(四版)」、「核一廠用過核燃料乾式貯存設施採購帶安裝」品保手冊 (ISFSI-02-QAM-05002-09) 及品保計畫書 (ISFSI-02-QPE-05001-08)，規範之內容、權責、組織及各項品保管制工作之要點，增列相關對應的作業程序書，說明各作業的實施細則，執行各項功能測試之品質保證計畫作業，確保能達成核一廠設施整體功能驗證與熱測試作業之品質；並依「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施興建專案品質保證計畫(四版)」，適用於核能發電有關設施及各核能營運單位之核能安全相關作業，執行於核一廠之相關試運轉計畫作業，期能確保貯存之用過核子燃料相關作業品質，防止發生輻射意外，確保公眾健康與安全。

### 5.1 相關法規及標準

1. 原子能法，60 年 12 月 24 日。
2. 原子能法施行細則，91 年 11 月 22 日。
3. 放射性物料管理法，91 年 12 月 25 日。
4. 放射性物料管理法施行細則，98 年 4 月 22 日。
5. 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，98 年 4 月 13 日。
6. 核子反應器設施品質保證準則，92 年 6 月 25 日。
7. 放射性物質安全運送規則，96 年 12 月 31 日。
8. 游離輻射防護法，91 年 1 月 30 日。

9. 核能研究所輻射防護計畫，100 年 11 月 16 日。
10. 10CFR Part72 Subpart G , 2006/01。
11. ASME NQA-1 , 1994。

## 5.2 核一廠用過核子燃料乾式貯存設施專案計畫組織

核一廠用過核子燃料乾式貯存設施專案計畫之主要工作項目包括：整地、混凝土基座及橋樑新建等土建工作及乾式貯存設施之設計、分析、製造、組立、用過核子燃料裝填、吊運、安裝，檢驗、試驗等工作。參與本計畫之單位包括：提供乾式貯存設施之承包商(簡稱設備供應商)、設備供應商之主要下包商(包括製造、土建及燃料裝填與吊運等)、整地及橋樑新建等土木工程之承包商、本公司委託之工程顧問公司以及本公司之相關單位，組織架構，詳如圖 5-1 所示。

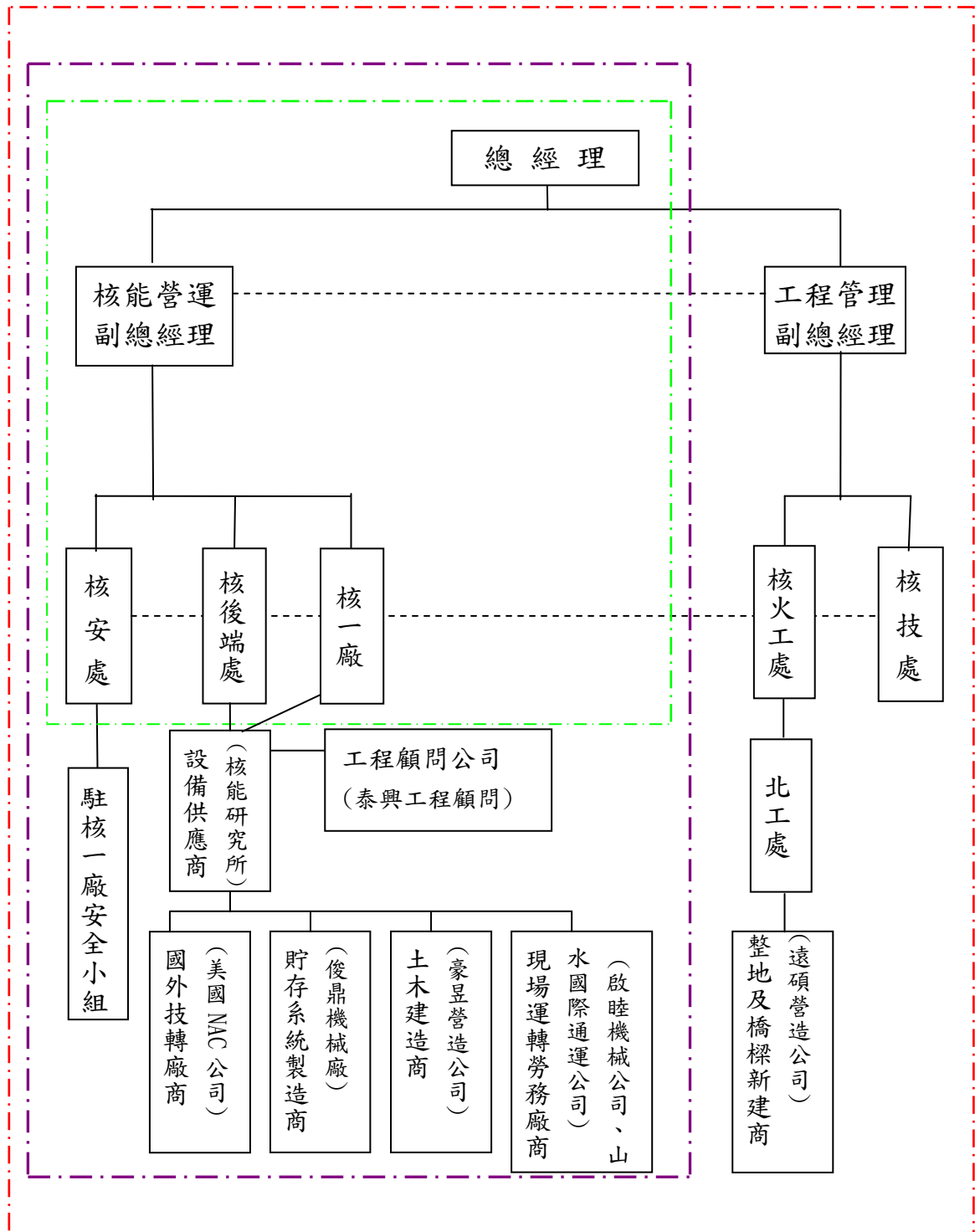
本公司委託之顧問公司為泰興工程顧問公司，主要協助技術審查。

整地及橋樑新建等土木工程係委託遠碩營造公司負責。

設備供應商為核能研究所，負責執行核一廠用過核子燃料乾式貯存設施之建置與安裝(含乾式貯存設施之設計、分析、製造、組立、用過核子燃料裝填、吊運、安裝，檢驗、試驗及混凝土基座建造等工作)。

設備供應商核能研究所之主要下包商包括：國外技轉廠商美國 NAC 公司；貯存系統製造商為俊鼎機械廠，主要負責密封鋼筒、傳送護箱及混凝土護箱鋼構部份之製造；土木建造商為豪昱營造公司，主要負責混凝土基座及貯存場周邊設施建造、混凝土護箱及外加屏蔽之澆置製造；現場運轉勞務廠商依作業特性，細分為廠內與廠外勞務，廠內運轉勞務廠商為啟睦機械公司，主要協助用過核子燃料裝填與安裝等工作；廠外運轉勞務廠商為山水國際通運公司，主要協助混凝土護箱運送與安裝相關工作。





- 註：
- 行政管理
  - 連繫
  - - - - 施工階段 (土木工程)
  - - - - 吊運階段 (吊卸裝填及搬運)
  - - - - 運轉階段 (接收及貯存)

圖 5-1 核一廠用過核子燃料乾式貯存設施專案計畫組織系統圖



### 5.3 人員訓練計畫

試運轉階段人員訓練課程時程與內容，概述如下：

#### 1. 訓練時程

配合本設施試運轉時程，本案在試運轉實施約半年前，準備本設施之人員訓練計畫；自試運轉實施前約三個月起實施；並於試運轉實施約一個月前完成人員訓練。

#### 2. 訓練課程內容

本設施之人員訓練課程內容，包括基本訓練及專業訓練。

##### (1) 基本訓練

基本訓練係依據核一廠程序書 131「承包商管理要點」之規定，承包商進廠前需執行輻安及工安等相關講習；適用對象為參加本計畫施工階段及安裝、吊運及運貯階段之承包商及下包商。

基本訓練分保安及門禁管制、工安衛生、輻射防護、環境及廢料管理、品質管制與緊急計畫。

##### (2) 專業訓練

本階段專業訓練之主要目的，在於使作業人員瞭解本設施於用過核子燃料裝載、運送時之相關作業程序，並提升或瞭解與其職責相關之知識和技術，以確保安裝、吊運及運貯作業之安全。專業訓練包括本設施及貯存系統之設計、核工原理、設施之保安與通訊系統、貯存護箱之驗收要求、起重機與索具操作要求、裝填前準備作業及裝填作業、密封作業、運搬輔助機具之操作、接收貯存及監測作業、異常狀況與意外事故之應變及改正措施、去污作業，以及其他特殊作業項目等，適用對象為參加本設施試運轉階段之工作人員。

## 5.4 試運轉階段品質保證作業

### 1. 作業要求

有關試運轉階段，試運轉程序變更及改正措施等品保紀錄文件管制、本設施各組件及設備之安裝、吊運及運貯，應依照電廠 1100 系列品質管制程序書來規範與要求，以保證相關之作業流程符合核一廠的品保作業。

### 2. 審查與稽核

有關試運轉階段之審查與稽核作業，要點如下：

#### • 審查

根據核一廠 120 程序書「營運手冊程序書管制程序」規定，對程序書做以下之審查：

- (1) 審查程序書之適用範圍及使用時機。
- (2) 確保程序書符合運轉執照、運轉規範及對政府管理規章之承諾。
- (3) 審查程序書是否涉及重要安全事項。

#### • 稽核

針對「核一廠用過核燃料乾式貯存設施採購帶安裝」之試運轉作業，本公司核安處將依據台電專案品質保證計畫規定，於定期稽查時對其相關作業執行稽查外，試運轉作業期間，並將由駐核一廠安全小組依核安處「駐核能電廠安全小組一般稽查作業程序書」執行不定期查核。

## 6. 核子保防與料帳管理

### 6.1 待貯存用過核子燃料特性

核一廠目前所擁有的核子燃料計有 GE8x8-1、GE8x8-2、GE9B、GE12、ANF8 與 ATRIUM-10 共六種燃料型式。截至 87 年 4 月 30 日為止，用過燃料池中已存放了全數退出爐心的 GE8x8-1、GE8x8-2、GE12、ANF8 以及一部份的 GE9B 用過核子燃料，ATRIUM-10 此時則尚未退出爐心。

INER-HPS 系統可貯存之 BWR 用過核子燃料之最大初始濃縮度為 3.25 wt%，每燃料束最大平均燃耗為 36,000 MWD/MTU，冷卻時間至小為 10 年。經盤查目前已退出並分別貯存在一、二號機燃料池的用過核子燃料，型式與數量如表 6-1，計有 3,508 束，均符合上述條件。設計基準燃料經保守估算，每根燃料束之衰減熱均在 0.25 kW 以內，以每組護箱裝載 56 束燃料，每組護箱熱負載在 14 kW 以內。

本案準備裝載 25 組護箱，可貯存最多 1,400 束燃料；經詳細檢視上述符合規格的 3,508 束燃料（詳如表 6-1），依先進先出及同一類型一併處理之原則，選擇 GE8x8-1、GE8x8-2 兩種燃料為本案待貯存用過核子燃料；其最大初始濃縮度為 3.25 wt %，最大燃耗度為 34,000 MWD/MTU，以及至少 21 年冷卻時間；根據調查符合上述條件者，核一廠一號機計有 840 束，二號機 868 束，共有 1,708 束；扣除紀錄中 31 束破損燃料（一號機 12 束，二號機 19 束），較待運貯所需 1,400 束，仍有相當餘裕。故經待運貯之用過核子燃料最適化配置後，1 號機擬貯存 13 組護箱，2 號機擬貯存 12 組護箱。配置的原則是將用過核子燃料依照其衰變熱的大小，分為 A、B、C 三個類別，以 12 束 A

類燃料、18 束 B 類燃料和 26 束 C 類燃料，將 A 類燃料放置在護箱的中央區域，其外圍圍繞著 B 類燃料，最外圍則為 C 類燃料的放置方式為最低之要求標準，來填放護箱的 56 個貯存位置，如圖 6-1 所示。25 組護箱之配置說明詳述於「核一廠用過核子燃料乾式貯存護箱燃料束配置報告(ISFSI-04-REP-07001)」中，本報告為試運轉許可申請階段應提交之文件，已另案提送審查申請結案中。

## 6.2 熱測試階段待運貯之用過核子燃料

熱測試階段規劃將 112 束(2 組護箱)之用過核子燃料自一號機燃料池移往乾式貯存場以進行貯存。其護箱配置係採 12 束 B 類燃料和 44 束 C 類燃料的安排，其特性及功能均可被圖 6-1 所涵蓋；12 束 B 類燃料放置在護箱之中央區域，44 束 C 類燃料放置在四周圍，每組護箱之熱負載僅約 4 kW(詳如表 6-2 所示)，其主要目的為在最長的容許作業時間、最低的輻射污染與人員劑量情況下，累積操作經驗，並確認 INER-HPS 系統之各項功能與分析皆符合設計需求。本批次 2 組護箱之佈置則如圖 6-2 及圖 6-3 所示。

## 6.3 料帳管理

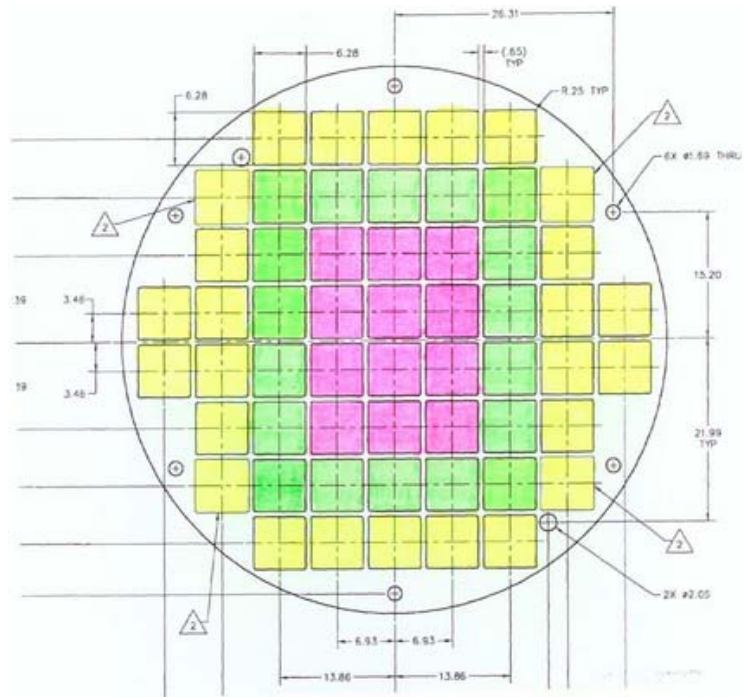
本案將依據原能會「核子保防作業辦法」，以及本公司核發處「核子保防管制作業程序書(編號 172)」、核一廠「特種核物料移轉與存量之管制(編號 1001)」與本案「核子保防規劃報告(ISFSI-04-REP-06002)」等程序書之內容，執行核子保防料帳管理，並建立核物料料帳與控制系統作業程序。

依規定用過核子燃料在連續移動的情形下，若特種核物料需路經數個緊要量度點(Key Measurement Point, KMP)時，核物料移動表只要就整個移動情形加以填寫即可，不必為中途經過其他 KMP 而個別填

寫核物料移動查對表。故將依上述原則填寫相關表格。

本案於熱測試作業前，應先於核一乾式貯存場設立新物料平衡區（代號為 TW-T），其作業內容依「核子保防規劃報告 (ISFSI-04-REP-06002)」第 4.3 節之規定執行。於執行用過核子燃料裝載作業前則應填具「特種核物料移動表(表 6-3)」、「核物料存量摘要表(表 6-4)」、以及「第一核能發電廠核物料移動查對表(表 6-5)」，並經核准後，始能進行裝填作業。於進行裝載作業時，則應填寫「密封鋼筒用過核子燃料束裝載檢核表(表 6-6)」；完成裝載作業後，應再確認檢核表之紀錄是否正確。詳細作業程序明述於「反應器廠房內操作程序書(ISFSI-07-SOP-07008)」第 6.3 節 6.3.2~6.3.13 項程序。

護箱加裝鉛封之時機則依據「核子保防規劃報告 (ISFSI-04-REP-06002)」第 4.4 節之規定執行。



- A 區。裝載 12 組燃料束。(0.1390 kW < decay heat ≤ 0.1644 kW)
- B 區。裝載 18 組燃料束。(0.0980 kW < decay heat ≤ 0.1390 kW)
- C 區。裝載 26 組燃料束。(decay heat ≤ 0.0980 kW)

圖 6-1 核一廠 ISFSI 之護箱燃料佈置

基於核子保防要求，本圖不予公開

圖 6-2 護箱編號 01 的用過核子燃料束配置圖

基於核子保防要求，本圖不予公開

圖 6-3 護箱編號 02 的用過核子燃料束配置圖



表 6-1 核一廠截至 87 年 4 月 30 日已退出之各類型燃料數

統計至 87/4/30 退出總束數	GE8x8-1	GE8x8-2	ANF8	GE9B	合計
一號機	408	432	800	172	1812
二號機	408	460	716	112	1696
總計					3508

表 6-2 護箱熱負載列表

護箱(TSC)編號	配置方式	總衰變熱 (W)
01	12B+44C	3837.5
02	12B+44C	3841.8

表 6-3 特種核物料移動表(MBA FORM)(1001.1)

<b>台灣電力公司第一核能發電廠營運程序書</b>			
程序書編號：1001			
特種核物料移轉與存量之管制		版次： 14	
		頁次： 8 - 00 /13	
附表 1001.1	<b>第 一 核 能 發 電 廠</b> <b>核 物 料 移 動 表</b>		
(1) 編號：			
(2) 提出日期：    年    月    日			
(3) 移動理由：			
(4) 移動區域：			
(5) 移動核物料內容：			
主 辦	初 審	複 審	核 准
(6) 執行結果：			
執行者／日期_____ 查驗者／日期_____			

表 6-4 核物料存量摘要表(1001)

程序書編號：1001

版次：14

第一核能發電廠

1001.3

號機核物料存量摘要表 (Accounting Record)

[核燃料]  
[Fuel]

Page:  
機組: TW-

日期 (Date)						
KMP 1 國外接收 Receipt Foreign	Items					
	Ue					
	Ue235					
	Pu					
KMP 1 國內接收 Receipt Domestic	Items					
	Ue					
	Ue235					
	Pu					
KMP 1 項目變更 Category Change	Items					
	Ue					
	U235					
	Un					
KMP 2 核物料產生 Nuclear Production	Items					
	Pu					
KMP 2 核物料損耗 Nuclear Loss	Items					
	Ue					
	Ue235					
KMP 3 國外運送 Shipment Foreign	Items					
	Ue					
	Ue235					
	Pu					
KMP 3 國內運送 Shipment Domestic	Items					
	Ue					
	Ue235					
	Pu					
KMP A 新燃料倉庫 Fresh Fuel Storage	Items					
	Ue					
	Ue235					
	Pu					
KMP B 爐心燃料 Fuel in Rx Core	Items					
	Ue					
	Ue235					
	Pu					
KMP C 燃料池 (新燃料) Spent Fuel Storage (Fresh)	Items					
	Ue					
	Ue235					
	Pu					
KMP C 燃料池 (照射過燃料) Spent Fuel Storage (Spent)	Items					
	E					
	Ue					
	Ue235					
	Pu					
	N					
KMP D 暫存區 Temporary	Items					
	Ue					
	Ue235					
	Pu					
總量 Total	Items					
	Ue					
	Ue235					
	Pu					
製表 Recorded By						
審核 Checked By						



表 6-6 密封鋼筒用過核子燃料束裝載檢核表

TSC 編號：

裝填燃料位置及編號

	DI	DH	DG	DF	DE	DD	DC	DB	DA	
										1
										2
										3
										4
										5
										6
										7
燃料編號										8
座底標高										

## 7. 試運轉安全措施

本案相關運送與貯存作業經安全評估結果，並未發現重大潛在之安全問題，而一般意外事故發生之機率亦相當低，然而為提升試運轉作業與人員安全，儘管發生機率低，也應防患於未然，故本節將依工安與輻安分別說明本案試運轉安全措施之規劃。

### 7.1 作業安全措施

為確保工作人員之作業安全，本節將依作業性質分別針對操作人員工作中之危害因子，事先加以分析及評估，並制定工作安全措施詳如表 7-1~7-5。

1. 試運轉相關作業之安全措施將依「現場施工作業安全評估報告 (ISFSI-07-REP-07001)」，所訂定之解決危害的對策執行，詳如表 7-1~7-5。
2. 提供符合防護標準之機械、器具，供作業人員使用。
3. 應依相關之機械、設備及器具使用、操作標準程序書執行相關作業。
4. 作業前應召開工具箱會議，說明每日施工重點，並由指認呼喚時指出可能發生之危害。
5. 應實施作業檢點及自動檢查，並紀錄於相關表單中。
6. 作業中確實依核准作業程序書執行運送與貯存作業。
7. 作業完成後妥善完成作業區域之復原與作業施工器具材料之清理。

## 7.2 輻射防護安全措施

本案貯存設施所在位置位於核一廠廠區內，故相關試運轉計畫作業須遵守核一廠輻射防護計畫、核一廠 900 系列營運程序書及環境監測計畫之現有規定，以及另就本案作業特性所建立之輻射防護作業程序書與作業人員輻射曝露合理抑低計畫執行輻射防護安全作業，其重點摘述如下：

### 1. 一般作業輻射防護安全措施

- (1) 參與燃料池水下操作功能驗證階段及熱測試階段之所有工作人員配帶警報劑量計(alarm dosimeter)。
- (2) 反應器廠房五樓操作區建立臨時管制站，並於進出口處懸貼輻射警示標誌及「未經許可不准進入」之警語。
- (3) 為確保曝露合理抑低，程序中各項步驟須確實依相關程序書要求執行，以及設置合理抑低計畫輻射防護管理組織督導(如圖 7-1)執行。
- (4) 任何設備或工具移出管制區前，須通知輻射防護人員確實偵檢合格後方可移出。
- (5) 各項輻射與污染偵檢設備應在有效校正期限內。
- (6) 若有任何意外事件(詳如「核一廠用過核燃料乾式貯存設施採購帶安裝」案意外事件應變計畫)，此項工作將立即編入合理抑低項目，且指派專人負責此項恢復工程之輻安、核安及劑量之合理抑低行動。
- (7) 高劑量輻射作業(輻射強度大於(等於) 1 mSv/h (毫西弗/小時))，輻防人員應明確告知工作人員工作區域輻射劑量值

及該次作業之預估人員劑量值，相關人員劑量記錄則留存備查。

## 2. 燃料池水下操作功能驗證階段及熱測試階段作業輻射防護安全措施

- (1)於反應器廠房將執行連續輻射監測，並設警報裝置，以使作業人員可透過輻射偵測系統確認警報，並加以適當管制，以確保作業人員於輻射場所之安全。
- (2)由燃料池移出吊升傳送護箱時，以除礦水淋洗傳送護箱表面及底部，減少污染附著。傳送護箱定位後，執行傳送護箱、密封鋼筒屏蔽上蓋、吊索螺栓、五樓工作平台及其他吊具(如 Yoke)之輻射與污染偵測。
- (3)密封鋼筒結構上蓋與密封鋼筒表面擦拭取樣其作業方式如下：以排水管與排氣管為軸等分為四個區域，每個區域至少擦拭取樣方式 1 點(按密封鋼筒表面擦拭位置為圓周上緣外側)，並計測其  $\alpha$  與  $\beta/\gamma$  污染值，以做為後續工作(如銲接、排水等)之輻防管制作業。本擦拭取樣作業之人員輻射劑量抑低措施：  
(a)擦拭取樣作業前應設置工作平台及適當之臨時屏蔽以利傳送護箱外表面除污，並抑低除污作業人員之輻射劑量；  
(b)執行除污與表面擦乾，利用沖洗方式移除相關設備所沉積之高輻射點，以減少輻射來源降低工作區域環境之背景輻射，以及減少污染散播，抑低作業人員輻射劑量；  
(c)使用長柄式輻射偵測器執行輻射偵測，以減少輻射偵檢人員輻射劑量；  
(d)依據核一廠營運程序書 902「輻射防護標準」有關規定，鋪設適當之鉛毯或鎢片屏蔽，



以及必要時採取合理抑低管制措施，如穿著鉛衣等，以抑  
低作業人員輻射劑量。

(4)參與用過核子燃料裝載及封銲之工作人員應著適當之防護  
衣物，並按高污染區域管制辦法管制。自用過燃料裝載至  
密封鋼筒完成第一層封銲期間對於熱粒子區至少每值偵測  
一次。

(5)裝載後混凝土護箱運離反應器廠房前應依執行輻射偵測，  
以確保符合相關規定。其輻射污染限制值如下：

(a)密封鋼筒(TSC)自裝載用過核子燃料後運送至乾式貯存  
場貯存之前，其外表面鬆散污染限制值如下：

$$\beta/\gamma : \leq 180 \text{ Bq}/100 \text{ cm}^2$$

$$\alpha : \leq 1 \text{ Bq}/100 \text{ cm}^2$$

(b)混凝土護箱(VCC)外表面鬆散污染值，於運送至乾式貯  
存場(ISFSI)之前，須低於核一廠監測區之行政管制限  
值：

$$\beta/\gamma : \leq 2 \text{ Bq}/100 \text{ cm}^2$$

$$\alpha : \leq 1 \text{ Bq}/100 \text{ cm}^2$$

(c)混凝土護箱運送至貯存場前，其平均表面(接觸面)輻射  
劑量率，應不超過下列限制值：

(i)混凝土護箱側表面之中子與加馬總合之輻射劑量  
率(平均)不超過 0.5 mSv/h。

(ii) 混凝土護箱頂蓋之中子與加馬總合之輻射劑量  
率(平均)不超過 0.5 m Sv/h。

(iii) 混凝土護箱進/出氣口處之中子與加馬總合之輻射劑量率(平均)不超過 1 mSv/h。

(6) 運至貯存場定位後，執行貯存場周圍環境輻射偵測，以確保符合設施環境劑量限度要求。

(7) 本作業各項  $\gamma$ /中子輻射劑量率量測儀器及  $\alpha$ 、 $\beta$ /污染偵測儀器說明如下：

偵檢器種類	型號	偵檢頭	最低可測值
中子輻射偵測器	ASP-2	三氟化硼中子偵測器	10 $\mu$ Sv/h
加馬輻射偵測器	Tellectector6112	蓋革偵檢器	1 $\mu$ Sv/h
加馬輻射偵測器	RadEye PRD	碘化鈉(鉍)偵檢器	0.05 $\mu$ Sv/h
加馬輻射偵測器	FH40	蓋革偵檢器	0.18 $\mu$ Sv/h
$\alpha$ 、 $\beta$ /污染偵測計測系統	LB4100	比例型低背景計測器	$\alpha$ 0.14 Bq $\beta$ 1.0 Bq

3. 抑低人員輻射劑量，採取之措施如下：

(1) 落實試運轉計畫作業前準備工作

依試運轉計畫作業規畫流程，於作業前完成人員基本與專業訓練，以及組件/設備檢查，能於作業期間減少故障及工作時間，除可提升工作效率外並可抑低個人與集體有效劑量。

(2) 減少輻射污染與劑量

a. 由核一廠核技組、機械組、運轉組、廢料處理組、保健物理組、核研所(承包商)及配合主辦課共同規劃及執行。利

用沖洗方式移除相關設備內、外所沉積之高輻射點，以降低工作區域環境之背景輻射，抑低作業人員輻射劑量。

b. 使用長柄式輻射偵測器執行輻射偵測工作；使用自動銲接機執行封銲作業；使用整合排氣、排水、灌氣、壓降測試等之 VDS 系統，以減少作業時間與增加距離，減少工作人員輻射劑量。

### (3) 善用輻射屏蔽

a. 為抑低作業人員之輻射劑量，依據核一廠營運程序書 902「輻射防護標準」有關規定，鋪設適當之鉛毯或鎢片屏蔽，以抑低作業人員輻射劑量。

b. 密封鋼筒裝載用過核子燃料移出燃料池水面後，視需要架設臨時鉛毯屏蔽。

c. 設置工作平台及適當之臨時屏蔽以利傳送護箱外表面後續除污，並抑低密封處理作業人員之輻射劑量。

d. 掌握排水、乾燥及充填氬氣作業特性，適時增設移動式屏蔽牆，以降低反應器廠房平面樓環境之輻射強度。

e. 吊卸傳送護箱時，視需要在傳送護箱屏蔽門處加裝臨時屏蔽。

f. 有關輻射屏蔽之安裝使用，依據核一廠營運程序書 902「輻射防護標準」規定執行，其限制如下：(1)輻射屏蔽安裝需求為高輻射區人員劑量預估將超過 0.05 人-西弗；(2)現場環境，適於搭設輻射屏蔽；(3)設置輻射屏蔽所節省之人員劑量，至少三倍於設置輻射屏蔽所耗費之工作劑量等，合於 ALARA 考量下實施。

#### (4)召開 ALARA 協調會議

試運轉計畫作業前，應先召開 ALARA 協調會議，討論各單位分工及輻防管制細節。核一廠保健物理規劃設立輻防管制區域及 ALARA 待命區，並製成圖示公佈於作業現場，供作業人員參閱，以及準備輻射、污染、空浮等偵測儀器與圍籬設備(如圍籬樁、圍籬繩)、污染隔離墊、防護衣物、示警標誌、防制污染擴散物品(如塑膠布、牛皮紙)等輻射防護器材。

#### (5)運送作業之管制

混凝土護箱連同裝載用過核子燃料之密封鋼筒需使用專用多軸油壓板車運送，除混凝土護箱外表黏貼警示標誌外，將有保警及輻防人員等隨行，依輻射工作許可(RWP)及輻射劑量紀錄之規定執行輻射管制，運送前，在反應器廠房出口處建立輻射管制區，以及確認運送路徑上無障礙物及人車。運送時，管制人員與運送車輛保持安全距離。俟混凝土護箱吊卸後，偵測運送車外表面之輻射劑量率，並執行污染偵測；確認運送車未受污染後放行。

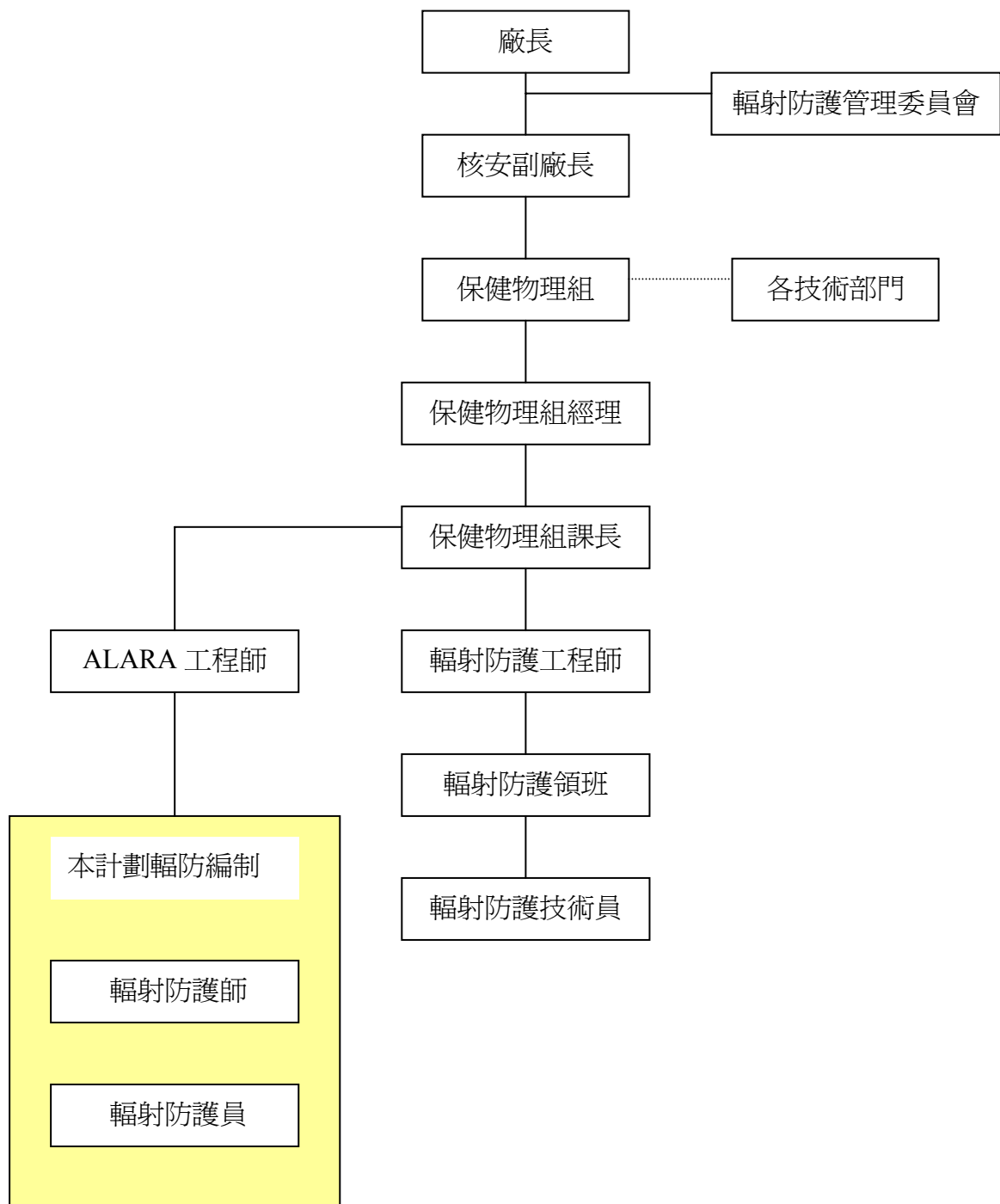


圖 7-1 合理抑低計畫輻射防護管理組織圖

表 7-1 前置作業操作危害因子分析及評估

主要流程	作業型態及方法、工具	潛在危害因子	解決危害的對策
檢查混凝土護箱。	<ul style="list-style-type: none"> <li>目視檢查。</li> <li>安裝屏蔽塞及頂蓋。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高處作業，造成墜落。</li> <li>安裝壓傷。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>正確使用工作梯、工作架等設備。</li> <li>作業區域保持人員淨空。</li> <li>使用個人防護具等。</li> <li>正確使用手工具。</li> </ul>
檢查傳送護箱及密封鋼筒。	<ul style="list-style-type: none"> <li>接收、水平移入反應器廠房、檢查、豎直。</li> <li>使用吊車。</li> <li>使用堆高機。</li> <li>使用人員升降車。</li> <li>吊掛作業。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高處作業，造成墜落。</li> <li>吊掛作業，造成掉落、擠壓翻倒、衝撞、壓傷等。</li> <li>道路行駛，車輛運送，造成翻落、衝撞、被撞等交通事故。</li> <li>地面濕滑，造成跌倒。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>正確使用工作梯、工作架等設備。</li> <li>作業區域保持人員淨空。</li> <li>正確使用吊掛器具，執行作業檢點。</li> <li>現場監督並指派合格人員操作起重機具。</li> <li>使用個人防護具等。</li> <li>依照規劃運送路線之行駛。</li> <li>作業前道路淨空、導引。</li> <li>正確使用合格堆高機。</li> <li>正確使用人員升降車。</li> <li>保持環境整齊、清潔。</li> <li>穿防滑安全鞋。</li> </ul>
將密封鋼筒裝入傳送護箱，整組吊運至五樓操作區。	<ul style="list-style-type: none"> <li>使用廠房吊車。</li> <li>吊掛作業。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>吊掛作業，造成掉落、擠壓翻倒、衝撞、壓傷等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>正確使用吊掛器具，執行作業檢點。</li> <li>現場監督並指派合格人員操作起重機具。</li> </ul>
密封鋼筒灌水。	<ul style="list-style-type: none"> <li>五樓板平面作業、池邊作業。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>池邊作業，造成墜落、溺水。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>正確使用安全護欄及安全帶。</li> <li>落實防止異物入侵措施。</li> <li>指派現場安全指揮監督人員，執行任務。</li> </ul>
安裝傳送護箱與密封鋼筒環狀間隙進水管及防止異物裝置。	<ul style="list-style-type: none"> <li>五樓板平面作業、池邊作業。</li> <li>使用廠房吊車。</li> <li>吊掛作業。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>池邊作業，造成墜落、溺水。</li> <li>吊掛作業，造成掉落、擠壓翻倒、衝撞、壓傷等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>正確使用安全護欄及安全帶。</li> <li>指派現場安全指揮監督人員，執行任務。</li> <li>落實防止異物入侵措施。</li> <li>正確使用吊掛器具，執行作業檢點。</li> <li>現場監督並指派合格人員操作起重機具。</li> <li>作業區域保持人員淨空。</li> </ul>

表 7-2 燃料裝載操作危害因子分析及評估

主要流程	作業型態及方法、工具	潛在危害因子	解決危害的對策
將傳送護箱吊入燃料池，淋溼外表，緩慢下降時以除礦水注入密封鋼筒與傳送護箱的間隙。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 使用廠房吊車。</li> <li>● 五樓板平面作業、池邊作業。</li> <li>● 吊掛作業。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 吊掛作業，造成掉落、擠壓翻倒、衝撞、壓傷等。</li> <li>● 池邊作業，造成墜落、溺水。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 正確使用安全護欄及安全帶。</li> <li>● 正確使用吊掛器具，執行作業檢點。</li> <li>● 現場監督並指派合格人員操作起重機具。</li> <li>● 作業區域保持人員淨空。</li> <li>● 落實防止異物入侵措施。</li> </ul>
檢查用過核子燃料編號。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 池邊作業。</li> <li>● 目視檢查。</li> <li>● 使用水底照明燈具。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 池邊作業，造成墜落、溺水。</li> <li>● 使用水底照明燈具，漏電造成感電。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 正確使用安全護欄及安全帶。</li> <li>● 指派現場安全指揮監督人員，執行任務。</li> <li>● 落實防止異物入侵措施。</li> <li>● 正確使用水底照明燈具，實施安全檢點。</li> </ul>
將用過核子燃料吊入密封鋼筒。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 五樓板平面作業、池邊作業、吊掛作業。</li> <li>● 使用燃料吊車。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 池邊作業，造成墜落、溺水。</li> <li>● 吊掛作業，造成掉落、擠壓翻倒、衝撞、壓傷等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 正確使用安全護欄及安全帶。</li> <li>● 指派現場安全指揮監督人員，執行任務。</li> <li>● 落實防止異物入侵措施。</li> <li>● 正確使用吊掛器具，執行作業檢點。</li> <li>● 現場監督並指派合格人員操作起重機具。</li> <li>● 作業區域保持人員淨空。</li> </ul>
密封鋼筒裝上屏蔽上蓋。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 池邊作業。</li> <li>● 吊掛作業。</li> <li>● 使用廠房吊車。</li> <li>● 手工具操作。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 池邊作業，造成墜落、溺水。</li> <li>● 吊掛作業，造成掉落、擠壓翻倒、衝撞、壓傷等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 正確使用安全護欄及安全帶。</li> <li>● 指派現場安全指揮監督人員，執行任務。</li> <li>● 落實防止異物入侵措施。</li> <li>● 正確使用吊掛器具，執行作業檢點。</li> <li>● 現場監督並指派合格人員操作起重機具。</li> <li>● 作業區域保持人員淨空。</li> <li>● 使用個人防護具等。</li> </ul>
將傳送護箱吊離燃料池，吸除頂部積水並噴水沖洗外表。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 池邊作業。</li> <li>● 吊掛作業。</li> <li>● 使用廠房吊車。</li> <li>● 以高壓水柱或清水擦拭除污。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 池邊作業，造成墜落、溺水。</li> <li>● 吊掛作業，造成掉落、擠壓翻倒、衝撞、壓傷等。</li> <li>● 除污作業地面濕滑，造成跌倒。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 正確使用安全護欄及安全帶。</li> <li>● 指派現場安全指揮監督人員，執行任務。</li> <li>● 落實防止異物入侵措施。</li> <li>● 正確使用吊掛器具，執行作業檢點。</li> <li>● 現場監督並指派合格人員操作起重機具。</li> <li>● 作業區域保持人員淨空。</li> <li>● 使用個人防護具等。</li> </ul>

主要流程	作業型態及方法、工具	潛在危害因子	解決危害的對策
			<ul style="list-style-type: none"> <li>● 保持環境整齊、清潔。</li> <li>● 穿防滑安全鞋。</li> </ul>
傳送護箱吊至定位並除污。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 五樓板平面作業、池邊作業。</li> <li>● 吊掛作業。</li> <li>● 使用廠房吊車。</li> <li>● 以高壓水柱或清水擦拭除污。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 池邊作業，造成墜落、溺水。</li> <li>● 吊掛作業，造成掉落、擠壓翻倒、衝撞、壓傷等。</li> <li>● 除污作業地面濕滑，造成跌倒。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 正確使用安全護欄及安全帶。</li> <li>● 指派現場安全指揮監督人員，執行任務。</li> <li>● 落實防止異物入侵措施。</li> <li>● 正確使用吊掛器具，執行作業檢點。</li> <li>● 現場監督並指派合格人員操作起重機具。</li> <li>● 作業區域保持人員淨空。</li> <li>● 使用個人防護具等。</li> <li>● 保持環境整齊、清潔。</li> <li>● 穿防滑安全鞋。</li> </ul>



表 7-3 密封鋼筒封銲操作危害因子分析及評估

主要流程	作業型態及方法、工具	潛在危害因子	解決危害的對策
屏蔽上蓋封銲檢測並壓力測試。	<ul style="list-style-type: none"> <li>五樓板平面作業、高處作業。</li> <li>使用自動銲機。</li> <li>加壓測漏。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高處作業，造成墜落。</li> <li>封銲作業，造成強光、感電、灼熱、氬爆（國外經驗）等危害。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>正確使用工作梯、工作架等設備。</li> <li>指派合格銲接操作人員，執行封銲作業。</li> <li>實施封銲設備自主檢查，封銲區域之遮光隔離。</li> <li>保持良好環境通風條件。</li> <li>正確使用電器機具及臨時用電設備。</li> <li>持續氬氣沖流及氬氣偵檢（氬氣 &gt;2.4%時，停止銲接）。</li> </ul>
排出密封鋼筒內的水。	<ul style="list-style-type: none"> <li>五樓板平面作業、高處作業。</li> <li>使用水泵排水。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高處作業，造成墜落。</li> <li>連接管線，造成絆倒。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>正確使用工作梯、工作架等設備。</li> <li>環境整理、清潔。</li> <li>正確使用手工具。</li> <li>注意管線，預防絆倒。</li> </ul>
密封鋼筒抽真空乾燥。	<ul style="list-style-type: none"> <li>五樓板平面作業、高處作業。</li> <li>使用真空泵浦抽真空。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高處作業，造成墜落。</li> <li>使用、連接真空泵浦連接管線，造成絆倒。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>正確使用工作梯、工作架等設備。</li> <li>環境整理、清潔。</li> <li>正確使用手工具。</li> <li>注意管線，預防絆倒。</li> </ul>
密封鋼筒充填氬氣。	<ul style="list-style-type: none"> <li>五樓板平面作業、高處作業。</li> <li>使用高壓氣體鋼瓶加壓。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高處作業，造成墜落。</li> <li>使用高壓氣體洩漏，造成窒息、凍傷。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>正確使用工作梯、工作架等設備。</li> <li>正確固定高壓氣體鋼瓶。</li> <li>使用減(調)壓閥裝置，降低鋼瓶出口壓力。</li> </ul>
接頭上蓋封銲檢測並測漏。	<ul style="list-style-type: none"> <li>五樓板平面作業、高處作業。</li> <li>使用自動銲機。</li> <li>氬氣測漏。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高處作業，造成墜落。</li> <li>封銲作業，造成強光、感電、灼熱等危害。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>正確使用工作梯、工作架等設備。</li> <li>指派合格銲接操作人員，執行封銲作業。</li> <li>實施封銲設備自主檢查，封銲區域之遮光隔離。</li> <li>保持良好環境通風條件。</li> <li>正確使用電器機具及臨時用電設備。</li> <li>佩戴護目鏡、佩帶絕緣手套。</li> </ul>
結構上蓋封銲及檢測。	<ul style="list-style-type: none"> <li>五樓板平面作業、高處作業。</li> <li>使用自動銲機。</li> <li>加壓測漏。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高處作業，造成墜落。</li> <li>封銲作業，造成強光、感電、灼熱等危害。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>正確使用工作梯、工作架等設備。</li> <li>指派合格銲接操作人員，執行封銲作業。</li> <li>實施封銲設備自主檢查，封銲區域之遮光隔離。</li> </ul>

主要流程	作業型態及方法、工具	潛在危害因子	解決危害的對策
			<ul style="list-style-type: none"> <li>● 保持良好環境通風條件。</li> <li>● 正確使用電器機具及臨時用電設備。</li> <li>● 佩戴護目鏡、佩帶絕緣手套。</li> </ul>

表 7-4 密封鋼筒裝載操作危害因子分析及評估

主要流程	作業型態及方法、工具	潛在危害因子	解決危害的對策
將傳送護箱吊至混凝土護箱上方。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 五樓板平面作業、開口作業。</li> <li>● 吊掛作業。</li> <li>● 使用廠房吊車。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 開口作業，造成墜落。</li> <li>● 吊掛作業，造成掉落、擠壓翻倒、衝撞、壓傷等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 正確使用圍籬護欄、安全帶。</li> <li>● 正確使用吊掛器具，執行作業檢點。</li> <li>● 現場監督並指派合格人員操作起重機具。</li> <li>● 作業區域保持人員淨空。</li> </ul>
將密封鋼筒降至混凝土護箱內。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高處作業。</li> <li>● 吊掛作業。</li> <li>● 使用廠房吊車。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高處作業，造成墜落。</li> <li>● 吊掛作業，造成掉落、擠壓翻倒、衝撞、壓傷等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 正確使用工作梯、工作架等設備。</li> <li>● 正確使用吊掛器具，執行作業檢點。</li> <li>● 現場監督並指派合格人員操作起重機具。</li> <li>● 作業區域保持人員淨空。</li> </ul>
移開傳送護箱，污染偵檢。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高處作業。</li> <li>● 吊掛作業。</li> <li>● 使用廠房吊車。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高處作業，造成墜落。</li> <li>● 吊掛作業，造成掉落、擠壓翻倒、衝撞、壓傷等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 正確使用工作梯、工作架等設備。</li> <li>● 正確使用吊掛器具，執行作業檢點。</li> <li>● 現場監督並指派合格人員操作起重機具。</li> <li>● 作業區域保持人員淨空。</li> </ul>
混凝土護箱加裝屏蔽環、屏蔽塞與頂蓋。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高處作業。</li> <li>● 吊掛作業。</li> <li>● 使用手工具。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高處作業，造成墜落。</li> <li>● 吊掛作業，造成掉落、擠壓翻倒、衝撞、壓傷等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 正確使用工作梯、工作架等設備。</li> <li>● 正確使用吊掛器具，執行作業檢點。</li> <li>● 現場監督並指派合格人員操作起重機具。</li> <li>● 作業區域保持人員淨空。</li> <li>● 正確使用手工具。</li> <li>● 使用個人防護具等。</li> </ul>


表 7-5 貯存操作危害因子分析及評估

主要流程	作業型態及方法、工具	潛在危害因子	解決危害的對策
用螺栓鎖緊 混凝土護箱 頂蓋。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高處作業。</li> <li>● 使用手工具。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高處作業，造成墜落。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 正確使用工作梯、工作架等設備。</li> <li>● 使用個人防護具等。</li> <li>● 正確使用手工具。</li> </ul>
混凝土護箱 移送至貯存 場。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 道路行駛。</li> <li>● 使用多軸油壓板車運送。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 道路行駛，車輛運送，造成翻落、衝撞、被撞等交通事故。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 依照規劃運送路線之行駛。</li> <li>● 合格人員，安全駕駛。</li> <li>● 作業前道路淨空、導引。</li> <li>● 安裝混凝土護箱固定裝置。</li> </ul>
混凝土護箱 移至指定位 置並安裝外 加屏蔽。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 吊掛作業。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 吊掛作業，造成掉落、擠壓翻倒、衝撞、壓傷等。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 正確使用吊掛器具，執行作業檢點。</li> <li>● 現場監督並指派合格人員操作起重機具。</li> <li>● 作業區域保持人員淨空。</li> <li>● 使用個人防護具等。</li> </ul>
輻射偵檢及 溫度監測。	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 安裝空氣柵欄及溫度監測儀器。</li> <li>● 高處作業。</li> <li>● 使用輻射偵測儀器。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 高處作業，造成墜落。</li> <li>● 安裝壓傷。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 正確使用工作梯、工作架等設備。</li> <li>● 使用個人防護具等。</li> <li>● 正確使用手工具。</li> </ul>

## 8. 意外事件應變計畫

核一廠用過核子燃料乾式貯存設施於試運轉期間，萬一發生意外事件，如銲接系統或真空乾燥系統(VDS)故障、懸浮氣墊破損、多軸油壓板車因漏油引起燃燒、或地震等，均按照『核一廠用過核子燃料乾式貯存設施意外事件應變計畫』辦理，包括各類意外事件處理作業與緊急通報程序及緊急應變組織與職責之執行。

附錄 A 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 七 年 二 月 三 日