核一廠乾式貯存設施熱測試準備作業

109年度統合演練專案檢查報告

放射性物料管理局

中華民國一0九年六月

目　　次

一、檢查目的.....1
二、檢查依據.....1
三、檢查計畫.....2
四、檢查發現.....3
五、檢查結果.....10

一、檢查目的

核一廠第一期用過核子燃料乾式貯存設施，台電公司已於 102 年 1 月依試運轉計畫完成第一階段的功能驗證測試，並提報試運轉設施整體功能驗證報告，經原能會審查後於 102 年 9 月同意備查，並同意台電公司執行第二階段熱測試作業。惟台電公司尚未取得新北市政府核發之水土保持完工證明，故無法進行燃料裝填之熱測試作業，致使核一廠第一期乾式貯存設施迄今尚未啟用。

為管制核一廠乾式貯存設施熱測試準備作業，物管局（以下簡稱本局）於 108 年 1 月放射性物料臨時管制會議，決議要求台電公司於核一廠乾式貯存設施熱測試作業前，每年至少應執行 1 次統合演練，持續維持作業人力及技術能量，以確保未來熱測試作業安全。此外，本局亦要求台電公司應加強落實三級品保管制要求，台電公司核安處應派員執行統合演練作業專案稽查，以提升乾貯作業安全。

台電公司依據前述決議要求，於 108 年度及 109 年度各執行 1 次統合演練作業，同時為培養核一廠自主執行乾式貯存作業的能力，台電公司委託核能研究所協助提供技術指導，以強化核一廠乾式貯存團隊之作業能量。本次統合演練作業自 109 年 4 月 6 日開始執行， 5 月 15 日完成，於核一廠實地模擬用過核子燃料運貯作業。為確保演練過程各項作業確實依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施試運轉計畫」及其相關程序書之規定執行，本局依據「核一廠乾式貯存設施熱測試準備作業 109 年度統合演練專案檢查計畫」、檢查導則（IG-1）及檢查查核表（IG-2）執行專案檢查，嚴密查證作業執行成效。

二、檢查依據

(一) 放射性物料管理法及其施行細則。

(二) 放射性廢棄物處理貯存及其設施安全管理規則。

(三) 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(第十一版)。

(四) 核一廠用過核子燃料乾式貯存設施安全分析報告審查結論。

(五) 核一廠用過核子燃料乾式貯存設施試運轉計畫。

(六) 核一廠用過核子燃料乾式貯存設施整體功能驗證結果報告。

(七) 核一廠用過核子燃料乾式貯存設施試運轉計畫相關程序書。

(八) 核一廠第 1 期乾式貯存系統統合演練作業程序書（程序書編號：D1031）

(九) 物管局核一乾貯統合演練作業檢查導則（IG-1）及檢查查核表（IG-2）。

三、檢查計畫

(一) 檢查重點：

1. 作業現場工安、輻安管制要求及人員資格檢定。

2. 密封鋼筒阻力測試

3. 密封鋼筒移入及翻轉作業

4. 傳送護箱下水定位。

5. 模擬燃料束裝填。

6. 屏蔽上蓋安裝。

7. 傳送護箱出水定位及除污。

8. 密封鋼筒屏蔽上蓋、孔蓋及結構上蓋銲接品質文件查核。

9. 傳送護箱吊裝與密封鋼筒傳送。

10. 混凝土護箱運送作業。

11. 混凝土護箱定位及外加屏蔽安裝

(二) 檢查小組成員：（職銜敬稱略）

郭明傳、李彥良、嚴國城、萬明憲、李博修、鄭敬瀚、袁懿宏。

四、檢查發現

本局於演練期間派員到場執行檢查，經由紀錄文件查核、人員訪談及現場巡查等，逐項查證各項目之執行成效。檢查結果摘要如下：

（一）作業現場工安、輻安管制要求及人員資格檢定

1. 為確保演練作業安全，本局於109年1月份乾式貯存管制討論會議要求台電公司於演練作業前應備妥相關作業程序書、演練人員名冊及其資格檢證紀錄。台電公司於109年3月提報「乾式貯存作業人員資格證明」名冊，經查所有參與演練作業人員均已完成乾貯設施安裝及吊運階段人員專業訓練且訓練成績合格，另名冊中並檢附非破壞檢測人員、起重機操作人員、銲接人員、堆高機與升空車操作人員之資格證明，符合自主品質管制要求。

2. 為確保演練作業流暢度，核一廠參照相關運貯作業程序建置「核一廠第1期乾式貯存系統統合演練作業程序書（編號D1031）」，並據以執行統合演練作業，符合自主品質管制要求。

3. 本局於108年統合演練作業檢查，發現銲接人員僅有5名略顯不足，要求核一廠持續強化人員訓練並提升銲工檢定合格率。本次演練作業核一廠合格銲接人員已提升至7名，有助於強化銲接作業安全。

4. 經查演練過程中，於執行高架作業、高處作業前，現場負責人召集作業人員執行特定潛在危害作業告知。另執行吊運作業前，確實執行吊掛用具檢查，以確保人員作業安全，符合工安作業要

求。

5. 查密封鋼筒及傳送護箱之下水與出水作業，吊運過程全程採用慢速模式，核一廠並指派電氣組人員於吊車上監控吊車運轉電流值，並將記錄電流值以做為乾貯吊掛作業之參考基準，確保吊運安全，符合自主品質管制要求。

6. 查核儀器總表清單，確認本次演練作業使用之各項儀器設備包含氦氣測漏儀、照度計、中子與加馬輻射偵測器等均有執行校驗，並在校正週期內。

（二）密封鋼筒準備作業及阻力測試

1. 依據程序書D1031第4.1.1節，作業前應執行密封鋼筒及傳送護箱使用前檢查。查作業人員確實依據程序書執行傳送護箱（本體、屏蔽門、銜接器）及密封鋼桶（本體、屏蔽上蓋、結構上蓋及組件）檢查，並進行屏蔽上蓋及結構上蓋組裝測試，檢查及測試結果均合格並留下簽核紀錄。

2. 密封鋼筒阻力測試係於核一廠二貯庫進行，作業人員依據程序書D1031第4.1.2節執行，於密封鋼筒56格燃料方管中抽選10格進行裝填測試，使用之模擬燃料束及電子磅秤皆有執行校驗並在校正週期內，測試結果阻力值均符合程序書之接受標準（阻力測試接收標準為模擬燃料束重量±50磅或±22.7公斤）。

（三）密封鋼筒移入及翻轉作業

1. 密封鋼筒移入作業係依據程序書D1031第4.3.1節執行，運送前確認密封鋼筒及相關組件已妥善固定於運送車輛之車板上後，順利運往反應器廠房。

2. 密封鋼筒翻轉作業係依據程序書D1031第4.3.2節執行，演練人員於

確認密封鋼筒及其自翻轉裝置位於反應器廠房天井下方正確位置後，將旋轉吊環安裝在密封鋼筒開口之繫桿上，使用扭力設定值246呎磅之扭力扳手（編號ME3408）鎖緊，使用自翻轉裝置將密封鋼筒豎直，完成翻轉作業。

3. 依據密封鋼筒翻轉裝置操作手冊，載明液壓系統應定期保養，經現場查核核一廠尚未建置相關程序執行維護保養，僅於裝置使用前進行操作測試，已開立注意改進事項要求核一廠儘速建置相關作業程序書，落實自主品質管制要求。

（四）傳送護箱下水定位

1. 密封鋼筒下水作業，係將密封鋼筒置入傳送護箱並吊運入用過燃料池，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。

2. 核一廠依據程序書D 1031第 4.5.1 節執行下水作業，過程如下：

(1) 執行密封鋼筒灌水作業測試，作業人員於灌水前及灌水時，隨時檢查水管及接頭有無破漏。

(2) 將傳送護箱吊軛與J形鉤接合，緩慢將傳送護箱吊起至距離地面 30 公分，再將傳送護箱下降至距離地面 15 公分，暫停 1 分鐘，以確認反應器廠房主吊車煞車功能正常。

(3) 依吊運路徑將傳送護箱移至燃料池裝載區上方，開啟屏蔽門氣密封環供氣閥及環形間隙循環水系統，以除礦水淋濕傳送護箱外表，並緩慢降下傳送護箱，確認傳送護箱底板池壁保護塊分別朝向燃料池東面及北面牆，並以水下攝影機確認傳送護箱於燃料池護箱裝載區定位成功。

(4) 上述作業均依照程序書執行，符合作業要求。

（五）模擬燃料束裝填

1. 模擬燃料束裝填驗證作業，係為確認模擬燃料束可順利裝填於密封鋼筒內指定之位置，接受標準為模擬燃料束可以順利通過密封鋼筒孔位。

2. 核一廠依據程序書D1031第4.5.2節執行，順利完成4個密封鋼筒極限孔位（DB2、DB7、DH7、DI5）的燃料裝填測試，且裝填作業過程中，燃料池水溫約為29.5℃，符合程序書不高於水溫41℃之規定。

（六）屏蔽上蓋安裝

1. 屏蔽上蓋安裝主要係將屏蔽上蓋置放在密封鋼筒支撐環上，接收標準為屏蔽上蓋插槽與密封鋼筒定位鍵接合。

2. 核一廠依據程序書D1031第4.5.3節執行，藉水下攝影機輔助，使用牽引工具使屏蔽上蓋記號與傳送護箱上記號對齊，緩慢將屏蔽上蓋安放在密封鋼筒支撐環上，使屏蔽上蓋插槽與密封鋼筒定位鍵接合，順利完成屏蔽上蓋安裝作業。

（七）傳送護箱出水定位及除污

1. 本項演練作業係將傳送護箱併同已裝載燃料之密封鋼筒吊至五樓操作區定位，並進行傳送護箱除污作業。(演練作業並無實際裝填用過核子燃料)

2. 核一廠依據程序書D1031第4.6 節執行出水定位及除污作業，過程如下：

(1) 以水下攝影機確認傳送護箱吊軛與J形勾接合正常後，開始進行吊運作業，並於吊運路徑鋪設塑膠布，避免污染擴散。

(2) 傳送護箱吊離水池過程，同步啟動沖洗設備，沖洗密封鋼筒頂

部及傳送護箱表面，降低表面污染。

(3) 傳送護箱出水過程輻射防護人員全程使用手提式輻射偵檢器執行輻射偵測，確認傳送護箱表面輻射強度在2.5 mSv/ h以下。

(4) 將傳送護箱坐定燃料池邊，經輻射防護人員確認傳送護箱表面之污染偵檢在370Bq/100cm^{2}以下，將傳送護箱移至緩衝區並拆除傳送護箱底部防污板。

(5) 經輻射防護人員確認傳送護箱底部之污染偵檢在50Bq/100cm^{2}以下，符合護箱傳送限值後，將傳送護箱依吊運路徑移至反應器廠房五樓操作區定位，闔上防震架旋轉臂，並安裝止推桿。隨後由輻射防護人員依據「輻射防護作業程序書（ISFSI-07-SOP-07013）」指揮除污人員執行除污作業，除污結果β/γ ≦ 50Bq/100cm^2，α≦1Bq/100cm^{2}符合核一廠行政管制限值之要求。

（八）密封鋼筒屏蔽上蓋、孔蓋及結構上蓋銲接品質文件查核

查密封鋼筒屏蔽上蓋、孔蓋及結構上蓋各部位銲接（包含點銲、底部銲道、表面銲道）之目視檢測報告及液滲檢測報告，檢測作業係由目視檢測Level II資格之非破壞檢測師執行，確認檢測結果達合格標準，並由另一位同樣具備檢測資格之非破壞檢測師就檢測結果複查，符合自主品質管制要求。

（九）傳送護箱吊裝與密封鋼筒傳送

1. 傳送護箱吊裝與密封鋼筒傳送作業，係依據程序書D1031第4.8.7、4.8.8、4.8.9、4.9.6、4.9.7 節執行。

2. 作業前前置準備：

(1) 輻射防護人員就密封鋼筒頂部表面及可接觸的側面進行擦拭檢

測，並確認低於核一廠行政管制限值之要求。（β/γ ≤ 180 Bq/100cm^2，α≤ 1 Bq/100cm^2）

(2) 反應器廠房2樓完成防震架安裝並確認懸臂組件功能正常。

(3) 傳送護箱銜接器已組裝於反應器廠房1樓之混凝土護箱頂部，而混凝土護箱則置於多軸油壓板車上。

(4) 輻射防護人員執行傳送護箱及吊軛擦拭檢測，並確認鬆散污染低於核一廠行政管制限值之要求（β/γ≤50Bq/100cm^2，α≤1 Bq/100cm^2）。

3. 吊運過程：

(1) 將傳送護箱吊離地面約30公分，再下降至15公分高度，確認反應器廠房主吊車之煞車功能。

(2) 經確認傳送護箱底部及屏蔽門無雜屑後，調整傳送護箱方位，將傳送護箱自反應器廠房5樓吊送至1樓混凝土護箱上方。隨後開啟傳送護箱屏蔽門，由輻射防護人員執行傳送護箱屏蔽門擦拭檢測。

(3) 統合演練為避免混凝土護箱受輻射污染，本項演練作業並無實際將密封鋼筒送入混凝土護箱內，僅稍微吊起密封鋼筒，測試混凝土護箱上方之警報開關，確認正常後即完成本項演練，並將傳送護箱吊回5樓操作區定位。

（十）混凝土護箱運送作業

1. 混凝土護箱運送工作係依據程序書D1031第4.9節執行。

2. 作業前前置準備：

(1) 運送作業使用之設備及組件包含懸浮氣墊組、空氣壓縮機、多軸油壓板車、碳鋼薄板、千斤頂系統、堆高機及混凝土護箱夾

鉗等。

(2) 多軸油壓板車於使用前已完成引擎啟動前檢查及運送車啟動前平衡檢查，本項作業由核一廠機械組負責執行並經核技組複查確認，符合程序書規定及自主品質管制要求。

(3) 對預期將通過之運送路徑進行巡視，移除預期將通過之運送路徑上的障礙物。

(4) 查懸浮氣墊組目前僅有4組，並無備品，基於執行混凝土護箱移動作業需使用4組懸浮氣墊，護箱移動過程中氣墊可能會有破裂損壞風險，必須存有備品以確保作業可順利完成，本項已開立注意改進事項要求台電公司應於下次演練作業執行前完成備品採購。

3. 混凝土護箱運送及定位作業：

(1) 4月30日執行混凝土護箱空桶（編號CS-VCC-01）移入反應器廠房之運送作業，運送過程全程執行交通管制，確保運送途徑車輛淨空，順利完成運送作業。惟過程中多軸油壓板車經過坡度變化較大路段，板車前端底部碰觸地面，本項已開立注意改進事項要求台電公司提出改善精進措施。

(2) 5月7日執行混凝土護箱移至乾貯場之運送作業，混凝土護箱於運離輻射管制區前，依程序書規定進行運送車輛之輻射強度與表面污染程度偵測，確認車輛表面、距離車輛2公尺處及操作人員位置之輻射強度均符合規定，另油壓板車表面處污染程度量測值亦低於最低可測污染值。為確保輻射作業及運送安全，運送過程均有輻射防護人員隨行，且於油壓板車前、後均安排警車、消防車及工程車全程跟送，順利將混凝土護箱運送至乾式貯存設施。

(3) 混凝土護箱定位前，核一廠依安裝懸浮氣墊組程序，配合液壓千斤頂系統及懸浮氣墊，將混凝土護箱降置懸浮氣墊上；再依照懸浮氣墊移動混凝土護箱之程序，將混凝土護箱移動至貯存場上之指定位置。

（十一）外加屏蔽安裝

1. 外加屏蔽安裝係依據程序書 D1031 第 4.9.10 節執行。
2. 外加屏蔽（編號 CS-AOS-01）吊裝作業前，依規定檢查混凝土護箱及外加屏蔽表面之平整性，確認空氣進出口沒有堵塞情形。隨後依序將外加屏蔽之屏蔽頂蓋及屏蔽環依序吊放至地面。
3. 外加屏蔽安裝係依序吊裝屏蔽底座及屏蔽環，並依各環預定方向性進行安裝，另吊裝最上層屏蔽環時，亦將屏蔽環與混凝土護箱排氣孔方向對準後進行置放。吊裝作業由核一廠機械組負責執行並經核技組複查確認，符合程序書規定及自主品質管制要求。

五、檢查結果

109 年度核一廠乾式貯存設施統合演練作業於 5 月 15 日完成，本次演練作業係由核一廠及其下包商組成團隊執行統合演練，作業前所有參與人員已完成乾貯設施安裝及吊運階段人員專業訓練，另作業所需之非破壞檢測人員、起重機操作人員、銲接人員、堆高機與升空車操作人員皆符合資格要求。為確保演練作業及流暢度，核一廠參照相關運貯作業程序建置「核一廠第 1 期乾式貯存系統統合演練作業程序書（編號 D1031）」，並據以執行統合演練作業。

演練期間本局依據檢查計畫派員到場執行專案檢查，查證各演練項目之執行成效及品質文件，檢查結果針對密封鋼筒翻轉設備之維護保養作業、懸浮氣墊備品及混凝土護箱運送作業缺失，合併開立 1 項注意改進事項，要求台電公司檢討改善，以提昇作業安全。

整體而言，本次演練作業核一廠確實依據演練作業程序執行，且相關檢測結果均符合程序書接受標準，確保核一廠具備乾貯作業能力及技術能量。本局將持續要求台電公司於核一廠乾貯熱測試作業前，定期辦理統合演練作業，維持熱測試作業能量，以確保未來熱測試運貯作業安全。