

核一廠用過核子燃料乾式貯存設施
熱測試前再演訓作業專案檢查報告



核能安全委員會
中華民國一一三年九月

[本頁空白]

目次

一、檢查目的	3
二、檢查依據	3
三、檢查計畫	4
四、檢查發現	4
五、檢查結果	10

[本頁空白]

一、檢查目的

核一廠室外乾貯設施於102年9月獲本會同意進行熱測試作業，因設施水土保持計畫相關訴訟問題，以致迄今未能執行熱測試作業。台電公司於今(113)年4月透過行政訴訟調解制度與新北市政府就水土保持計畫訴訟案取得共識，台電公司依據調解筆錄提報「水土保持計畫第2次變更設計」至新北市政府審查，並於5月10日獲得審查核定。台電公司自6月12日起開始進行設施水保改善工程，並於8月16日完成施工作業，後續待新北市政府辦理竣工查驗及核發水保完工證明後，即可執行熱測試作業。

核安會為確保熱測試用過核子燃料運貯作業安全，要求台電公司應於作業前執行再演訓作業，提昇人員操作熟練度及設備功能驗證。同時核安會也要求台電公司邀請貯存護箱原設計廠家派遣專家來台提供技術支援，提升作業過程之應變能力。台電公司依據本會要求自7月22日至8月16日執行乾貯設施再演訓作業，於核一廠實地執行用過核子燃料運貯作業演練，為管制演練作業，核安會召集各業務單位及委託外部專家學者共同組成稽查團隊，於作業全程派員檢查，嚴格要求台電公司依據試運轉計畫程序書執行作業，落實工安、輻安、核安及核子保防管制要求。檢查期間同仁藉由現場巡查、訪談作業人員及查核相關文件紀錄等方式，進行檢查作業。本報告主要說明核安會執行專案檢查之成果。

二、檢查依據

- (一) 核電廠用過核子燃料乾式貯存設施興建專案品質保證計畫(第1版)
- (二) 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。
- (三) 核一廠用過核子燃料乾式貯存設施試運轉計畫。
- (四) 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。
- (五) 核一廠特殊程序書 SP-100-10「核一廠用過燃料乾式貯存設施採購帶安裝試運轉作業程序書」。

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. 密封鋼筒燃料方管阻力測試。
3. 貯存護箱吊運作業。
4. 模擬燃料束裝填測試。
5. 貯存護箱排水、真空乾燥、焊接、非破壞檢測作業。
6. 貯存護箱廠內運送及安裝作業。
7. 作業期間自主品質管制成效。

(二) 檢查小組成員:

本會核物料管制組乾式貯存科及核子原燃料科科員。

四、檢查發現

(一) 作業現場工安、輻安管制要求及人員資格查證

1. 依據設施安全分析報告要求，台電公司應依據「安裝/吊運階段之人員訓練計畫」、「貯存階段之人員訓練計畫」實施人員訓練，另用過核子燃料運貯作業涉及起重機操作、堆高機操作、焊接、非破壞檢測、輻射防護、職安等專業領域，因此本會要求台電公司於作業前提報「乾式貯存作業人員資格名冊」，以確認各作業人員之訓練紀錄及專業證照，並要求於作業現場備妥相關文件以利檢查人員查證。
2. 經查演練過程中，於執行高架、高處作業前，現場負責人召集作業人員召開工具箱會議，宣導特定潛在危害作業告知。另執行吊運作業前，確實執行相關吊運設備檢查，以確保人員作業安全，符合工安作業要求。

(二) 密封鋼筒組合測試及燃料方管阻力測試

1. 密封鋼筒組件組合測試係確認密封鋼筒屏蔽上蓋與結構上蓋試組裝結果，經查閱品質文件紀錄，組裝量測結果結構上蓋頂部超出鋼筒外殼頂部邊緣3.1-3.5 mm，符合程序書限值(不得超出4.6 mm)。
2. 密封鋼筒方管阻力測試係測試密封鋼筒燃料方管抽插阻力，驗證方管之垂直度、尺寸精度等，以確保後續可順利進行燃料裝填作業。現場查核燃料方管阻力測試作業執行情形，作業人員以TSC-06密封鋼筒進行燃料方管阻力測試，共計抽測10個孔位，測試結果阻力值均符合程序書標準(± 22.7 kg)。

(三) 傳送護箱與密封鋼筒下水作業

1. 查核密封鋼筒下水前準備作業，作業人員確實依程序書規定進行吊索(帶)以及吊環(馬鞍環)使用前檢查，並完成吊掛作業每日作業前檢點表。
2. 傳送護箱下水前，作業人員確實依程序書步驟「傳送護箱吊起至距離地面約30公分，再緩緩下降至距地面約15公分，暫時停止」進行操作，確認反應器廠房主吊車剎車功能正常。
3. 為降低密封鋼筒污染情形，作業人員依程序書步驟確認屏蔽門氣密封環充氣與確認環形間隙循環水系統開始注水，以確保密封鋼筒於水下作業期間鋼筒表面不受燃料池水污染。

(四) 模擬燃料束(dummy fuel)裝填

1. 為確保燃料吊運安全，作業人員於吊運前依程序書執行燃料台車使用前檢查。另查閱工具箱會議紀錄與作業人員名冊，主吊車操作員呂○達、燃料吊車操作員鄭○益、劉○昇，皆為訓練合格人員，符合資格。
2. 演練作業係使用模擬燃料束進行裝填測試，經查作業過程燃料池

水溫度為35℃，符合程序書要求(41℃)，另水下攝影系統功能正常，整體裝填過程順利，後續執行屏蔽上蓋安裝作業，藉水下攝影機及牽引工具輔助，順利完成屏蔽上蓋安裝作業。

(五) 密封鋼筒與傳送護箱出水作業

1. 經查傳送護箱出水前，作業人員先行確認水下沖洗設備功能正常，輻防人員並於現場待命執行出水偵檢。作業人員利用水下攝影機確認傳送護箱吊軌與J形勾接合正常後，開始進行吊運作業。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，符合程序書規定。
2. 依據程序書規定，出水過程中當密封鋼筒頂部高於燃料池水面時，應暫停吊升，由輻防人員執行頂部輻射偵檢，作業人員同時檢視屏蔽上蓋安放定位情形。經查，出水過程由輻防人員全程執行輻射偵測，確認傳送護箱表面輻射強度在2.5 mSv/h以下，符合程序書作業要求。

(六) 密封鋼筒屏蔽上蓋、孔蓋及結構上蓋焊接及品質文件查核

1. 依程序書規定，密封鋼筒於焊接作業前應進行結構上蓋預組裝，量測並記錄結構上蓋頂至密封鋼筒開口距離，另於屏蔽上蓋封焊完成後、結構上蓋封焊完成前、後進行結構上蓋頂面至密封鋼筒開口距離量測，以確保結構上蓋頂部與密封鋼筒開口距離符合接受標準。經查閱品質文件紀錄確認作業人員確實依據程序書執行作業。
2. 依程序書規定，焊接作業過程氬氣濃度應小於2.4%，以確保焊接作業安全。經查品質文件紀錄，作業人員確實依程序書控制氬氣濃度，符合程序書管制要求。
3. 查核屏蔽上蓋焊接作業紀錄，經確認使用之溫度計及照度計於作業前已完成校正，另作業人員確實依據程序書規定，於焊道管制

作業紀錄表依序記錄屏蔽上蓋點焊、底部焊道、及表面焊道作業情形，符合品保管制要求。

4. 查核結構上蓋表面焊道非破壞檢測報告，目視檢測與液滲檢測為由具檢測資格之非破壞檢測師執行(廖○成，具VT與PT Level II資格)執行，惟報告核准者欄位簽署者不具備非破壞檢測資格證書，不符合程序書人員權責分工，本會已開立注意改進事項要求台電公司檢討改進。
5. 屏蔽上蓋完成焊接後，依程序書規定應進行焊道壓力測試，經查品質文件紀錄，作業人員確實依程序書以35psia壓力，持壓10分鐘進行測試，結果符合接受標準。

(七) 密封鋼筒真空乾燥與氬氣充填作業

1. 依據程序書之運轉限制條件(LCO 3.1.1)，傳送護箱吊出水面至開始執行密封鋼筒排水之作業時間不可超過90小時，經查品質文件紀錄，傳送護箱於吊出水面至開始進行密封鋼筒排水，作業時間歷時29小時36分，符合接受標準。
2. 查核密封鋼筒排水作業之輻防管制，排水前輻防人員已完成傳送護箱污染擦拭檢測，惟偵檢紀錄表非屬本案作業程序書附表，偵檢結果亦未載明阿伐污染值，經本會檢查員提醒後作業人員已立即補正，本會並要求台電公司檢討程序書與表單內容。
3. 依據程序書之運轉限制條件(LCO 3.1.2)，執行真空乾燥作業時，應將密封鋼筒抽真空至壓力小於10torr(mm-Hg)，並維持至少10分鐘，確認壓力不會回升至高於10 mm Hg。經查品質文件紀錄，作業人員將密封鋼筒抽真空至壓力至約8 torr 後，關閉真空幫浦並維持11分鐘，密封鋼桶內部壓力未高於10 torr，符合LCO 3.1.2要求。
4. 依據程序書之運轉限制條件(LCO 3.1.3)，當確認前述持壓時間內

壓力不高於10 torr後，作業人員應接續進行密封鋼筒抽真空作業至壓力小於3 torr後開始進行氬氣回填作業。現場查核品質文件紀錄及透過人員訪談發現，作業過程中，因未能抽真空至3torr，作業人員遂採行氬氣回填後繼續抽真空至3torr，惟程序書並無載明當無法抽至3torr時可以進行氬氣充填，現場作業顯不符合程序書要求，另執行程序書管控之品質人員亦未嚴謹執行程序查核，本會已開立注意改進事項要求台電公司檢討改進。

5. 查核氬氣測漏作業，依據程序書之運轉限制條件(LCO 3.1.5)，密封鋼筒屏蔽上蓋與密封鋼筒殼體焊道氬氣洩漏率不得高於 2×10^{-7} cc/s，經查品質文件紀錄，檢測結果符合接受標準，另檢測人員(張○誠、林○辰)與審查人員(陳○燦)具中級洩漏檢測資格，符合程序書要求。

(八) 傳送護箱吊裝與密封鋼筒傳送

1. 為確保密封鋼筒傳送作業安全，作業人員於執行吊運作業前，確實執行相關吊掛設備，包含主吊車、吊索、吊環等，均於當日作業前完成使用前檢查，符合程序書規定。作業人員並於反應器廠房2樓作業區域設置防震裝置以防範作業過程中遇到地震，隨即將傳送護箱自反應器廠房5樓緩慢吊運至2樓並座落在混凝土護箱上方屏蔽門，接續進行密封鋼筒傳送演練。
2. 作業人員使用可遙控脫鉤吊具與密封鋼筒連接座接合後，緩緩吊起密封鋼筒，使密封鋼筒重量脫離屏蔽門後開啟屏蔽門，測試屏蔽門功能正常後，關上屏蔽門並安裝屏蔽門固定銷，順利完成傳送演練。後續作業人員執行傳送護箱屏蔽門除污作業並經輻防人員執行污染擦拭檢測確認結果符合限值後，將傳送護箱吊回反應器廠房5樓。

(九) 混凝土護箱(VCC)運送作業

1. 依程序書規定，裝載有密封鋼筒的混凝土護箱執行運送作業前，應執行污染擦拭檢測及表面劑量率量測，經查閱品質文件紀錄，混凝土護箱污染擦拭檢測檢測結果，表面污染值符合程序書之管制限值，護箱之平均表面劑量率亦符合運轉限制條件LCO3.2.2之規定。
2. 依程序書規定，混凝土護箱運離輻射管制區前須偵測運送車輛外表面及2公尺處、操作人員處之輻射強度與表面污染程度，查閱品質文件紀錄，確認偵測結果符合限值。
3. 查閱品質文件紀錄，作業人員執行混凝土護箱運送作業前，確實執行多軸油壓板車及吊掛用具使用前檢查及執行運送車輛作業人員酒精測試。運送過程中，作業人員依規定穿著反光背心，並由保警戒護，將混凝土護箱安全運送至乾式貯存設施。
4. 混凝土護箱於乾貯設施定位係採用懸浮氣墊搭配堆高機進行護箱移動與定位作業堆高機操作人員具操作人員證照(莊○賓、黃○僑)，人員資格符合規定，作業前並完成堆高機使用前檢查，作業過程依據程序書步驟進行懸浮氣墊安裝並移動混凝土護箱，順利完成護箱定位作業。

(十) 外加屏蔽安裝

1. 查閱品質文件紀錄，作業人員於執行外加屏蔽安裝作業前，確實依據程序書執行外加屏蔽使用前檢查，包含外表面有無裂縫、進出氣口有無異物及隔柵完整性等目視檢查。
2. 現場查核外加屏蔽吊裝作業，起重機操作人員(林○安、葉○中)具移動式起重機操作證照，人員資格符合規定，作業前並完成起重機使用前檢查，現場工作區域確實使用警示圍籬隔離禁止非工作人員進入，作業過程依序進行外加屏蔽組件吊運，順利完成安裝作業。

3. 完成外加屏蔽吊裝後，輻防人員依程序書劑量率，並確認外加屏蔽外表面與1公尺處輻射劑量率符合程序書管制限值。

(十一) 台電公司自主品質稽查成效

1. 為強化熱測試作業品質，本會於113年6月核電廠乾式貯存設施管制討論會議決議，要求台電公司核安處於核一廠室外乾貯設施熱測試作業前再演訓就作業人力（包含專業技術、資格檢證）及品質文件執行專案稽查，並於8月底前將稽查結果提報本會備查。
2. 查本次再演訓作業期間，核安處依自主品質管制要求執行相關演練及作業人力之專案稽查，就人員證照與訓練、設備整備維護情形與作業期間程序書執行情形等項目進行稽查。稽查結果共提出13項作業精進建議，要求承辦單位核後端處進行檢討改善，以提升後續熱測試作業安全。

五、檢查結果

- (一) 本次再演訓作業期間，核安會全程派員進行現場檢查，依據事先擬定之檢查導則與檢查查核表，逐項進行查核，嚴格要求台電公司依據試運轉計畫作業程序書執行作業演練。本次專案檢查作業，本會就密封鋼筒真空乾燥作業及焊接非破壞檢測作業不符合程序書部份，開立兩項注意改進事項，要求台電公司檢討精進程序書內容，並於熱測試作業前持續進行作業強化演練，同時也應提昇自主品質管控，確保作業人員確實依據程序書執行運貯作業。
- (二) 台電公司核安處於作業期間，依據稽查計畫執行三級品保自主品質稽查，並提出精進建議。另貯存護箱原設計廠家亦派遣技術人員全程參與作業並提供技術支援，有助於提昇作業品質。
- (三) 台電公司已完成核一廠室外乾貯設施水土保持改善工程，後續待新北市政府完成竣工查驗及核發水保完工證明，即可執行熱測試

作業。後續熱測試作業時，核安會將嚴格執行安全檢查，確保用過核子燃料運貯作業安全。