

核一廠用過核子燃料乾式貯存設施

第三組護箱檢查報告



核能安全委員會
中華民國一一四年七月

目 次

一、檢查目的	1
二、檢查依據	1
三、檢查計畫	1
四、檢查發現	2
五、檢查結果	8

一、檢查目的

核安會於114年5月1日核發核一廠用過核子燃料乾式貯存設施運轉執照，台電公司於取得運轉執照後，依規劃陸續將核子反應器內之用過核子燃料移至乾式貯存設施存。

核安會為做好乾式貯存設施營運安全管制作業，已建立檢查計畫，於設施營運期間嚴格執行檢查工作，檢查人員透過實地巡檢掌握作業現況，同時亦查核各項作業之品質文件紀錄，包括操作程序書、作業紀錄、檢查報告、儀器校驗報告等，監督台電公司落實自主品質管理，確認用過核子燃料運貯作業安全。

核一廠用過核子燃料乾式貯存設施第3組護箱運貯作業自114年5月5日開始執行並於6月2日完成，核安會於作業期間每周派員執行現場檢查，監督台電公司依據作業程序書執行用過核子燃料運貯作業，並落實工安、輻安及核子保防等管制要求，確認作業安全。

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安全分析報告
- (四) 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)
- (五) 核安會核一廠乾式貯存設施運貯作業檢查查核表(IG-2)
- (六) 核一廠用過燃料乾式貯存設施運貯作業程序書(D1032)

三、檢查計畫

- (一) 檢查重點：
 - 1. 傳送護箱與密封鋼筒準備作業
 - 2. 用過核子燃料裝填作業

3. 密封鋼筒密封作業
4. 混凝土護箱運送作業
5. 外加屏蔽安裝及護箱安全監控
6. 其他

(二) 檢查團隊：核安會同仁。

四、檢查發現

(一) 傳送護箱與密封鋼筒準備作業

1. **密封鋼筒組合測試：**依據「密封鋼筒前置作業程序書」6.3節密封鋼筒組件組合測試規定，應確認密封鋼筒與組件序號之一致性，並將屏蔽上蓋、排水管組件與結構上蓋依序進行試組裝，並記錄試組裝結果，經查閱品質文件紀錄，組裝量測結果為 3.4 mm，符合程序書不超出鋼筒外殼頂部邊緣4.6 mm之要求。
2. **燃料方管阻力測試：**依據「密封鋼筒前置作業程序書」6.4節密封鋼筒方管阻力測試規定，每組密封鋼筒使用前應針對每一方管孔位進行一次燃料方管抽插阻力測試，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。經查閱品質文件紀錄，作業人員以編號第七只密封鋼筒(TSC-07)進行燃料方管56個孔位阻力測試，測試結果阻力值均符合程序書之接收標準(± 22.7 kg)。

(二) 用過燃料裝填作業

1. **密封鋼筒/傳送護箱吊運與下水定位：**
 - (1) 查核密封鋼筒下水前準備作業，作業人員依「反應器廠房內操作程序書」執行下水前相關前置準備與通報作業，並依程序書規定完成傳送護箱使用前檢查，及進行吊索(帶)以及吊環(馬鞍環)使用前檢查、吊掛作業每日作業前檢點。

- (2) 為降低密封鋼筒污染情形，作業人員依「反應器廠房內操作程序書」步驟完成防污底板安裝與確認屏蔽門氣密環之密封性再開啟環狀間隙注水，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。
- (3) 現場查核人員資格，主吊車操作人員許O、指揮手林O喜，具固定式起重機操作資格，符合規定。

2. 燃料束裝填作業之檢查發現：

- (1) 為確保燃料吊運安全，作業人員應於燃料吊運前依「反應器廠房內操作程序書」執行燃料台車使用前檢查，並確認用過核子燃料池水溫不大於41°C (LCO 3.1.7)，經查閱品質文件紀錄，作業人員依規定於燃料吊運前完成燃料台車使用前檢查，吊運作業期間燃料池水溫度為30.8°C，符合規定。
- (2) 作業現場配置輻防人員，依「輻射防護作業程序書」規定，於當值進行內層隔離墊偵測、連續空氣檢測、及各監測儀器巡視等工作，經查閱品質文件紀錄，作業人員確實依規定進行輻射偵檢，偵檢結果無異常情形。
- (3) 燃料完成裝填後，依「反應器廠房內操作程序書」規定，完成燃料裝填後應以水下攝影機檢查裝載之燃料編號並錄影存證，並再次檢視「燃料束裝載配置表」與「燃料束裝載檢核表」確認裝載內容的一致性，經查閱品質文件紀錄，符合規定。

3. 屏蔽上蓋安裝/密封鋼筒與傳送護箱出水作業：

- (1) 依「反應器廠房內操作程序書」規定，密封鋼筒頂部高於燃料池水面時，應暫停吊升並記錄日期與時間，另輻防人員應進行表面輻射強度偵檢，經查閱品質文件紀錄，作業人員確實執行輻射偵檢，出水表面劑量最大為0.05 mSv/h，符合輻射強度不可大於2.5 mSv/h之要求。

- (2) 依「輻射防護作業程序書」規定，傳送護箱出水定位後應執行傳送護箱、密封鋼筒屏蔽上蓋等除污作業，經查傳送護箱污染偵測紀錄，傳送護箱頂部與側面污染值均小於核一廠行政管制值，符合程序書要求。

(三) 密封鋼筒密封作業

1. 密封鋼筒屏蔽上蓋、孔蓋及結構上蓋銲接作業：

- (1) 依「反應器廠房內操作程序書」6.6規定屏蔽上蓋銲接作業前應通知輻防人員完成銲接區域的輻射偵檢及屏蔽上蓋與密封鋼筒上緣外測污染偵檢，經查閱品質文件記錄，偵測結果符合限值。
- (2) 依「反應器廠房內操作程序書」6.6.6規定屏蔽上蓋銲接作業前應確認已啟動氫氣濃度監測儀，氫氣濃度須小於2.4%才可進行銲接，經查閱品質文件記錄，開始銲接時氫氣濃度為0，符合規定。
- (3) 查核屏蔽上蓋表面銲道目視檢測與液滲檢測非破壞檢測報告，檢測作業使用的溫度計與照度計校驗日期在有效範圍內，銲道非破壞檢測結果合格。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)，報告核准者林○仁(VT Level II)與李○洲(PT Level II)，符合要求。
- (4) 依「反應器廠房內操作程序書」6.6.7規定銲接作業前應完成氫氣濃度確認與紀錄，經查品質文件記錄，銲接作業氫氣濃度監測過程中，台電公司未確實完成所有檢驗點查核簽署即進行屏蔽上蓋銲接作業。針對本項缺失本會開立注意改進事項要求台電公司檢討改進，台電公司除強化作業人員宣導及要求作業人員切實執行文件簽署，並提送檢討報告向本會申請結案，相關改善措施經本會審查後同意結案。

- (5) 查閱所有非破壞檢測報告，執行者與核准者簽署時均未加註核准日期，不符合密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測程序書2.2.2節規定「檢測報告之核准者需不同中級檢測師為之，簽署時應加註等級(Level)與核准日期。」。針對本項缺失本會開立檢查發現管制事項要求台電公司檢討改進，台電公司目前已完成文件補正並強化作業人員宣導，改善答復經本會審查後同意結案。
- (6) 依據「密封鋼筒上蓋銲道非破壞檢測程序書」4.3節檢測程序中規定「常溫檢測時滲透時間至少應有10分鐘」，查閱屏蔽上蓋排氣孔液滲檢測報告(TSC-07-PT-05)與屏蔽上蓋排水孔液滲檢測報告(TSC-07-PT-06)，滲透時間均小於10分鐘，不符規定，另該程序書中液滲檢測作業之顯像時間與ASME 2004年規範要求顯像時間應超過10分鐘不符。針對本項缺失本會開立注意改進事項要求台電公司檢討改進，台電公司業依ASME 2004年規範修正作業程序書，並提出評估說明銲道經氬氣洩漏測試，符合接收標準可確保密封性能，相關改善措施經本會審查後同意結案。

2. 排水/真空乾操作業：

- (1) 依據運轉限制條件(LCO 3.1.1)，傳送護箱於吊出水面至開始進行密封鋼筒排水應於82小時內完成，本次作業因管路洩漏測試執行不順，以致超過運轉限制條件之時間限制，台電公司遂依行政管制程序執行換水作業以延長作業時間，並於傳送護箱出水後第88小時開始進行密封鋼筒排水作業。本會開立檢查發現要求台電公司就本次事件進行經驗回饋並提出精進措施，台電公司說明已完成相關設備檢修及材料更換，後續作業並將提前進行管線真空洩漏測試，以獲取足夠應變處理時間。改善答復經本會審查後同意結案。
- (2) 依據運轉限制條件(LCO 3.1.2)，執行真空乾操作業時，應將密封

鋼筒抽真空至壓力小於10 torr (mmHg)，並維持至少10分鐘，確認壓力不會回升至高於10 torr。經查閱品質文件紀錄，作業人員將密封鋼筒抽真空至壓力至約9.07 torr 後，關閉真空幫浦並維持10分鐘，再次確認密封鋼筒壓力仍小於10 torr，符合運轉限制條件LCO 3.1.2要求。

3. 氬氣回填與測漏作業：

- (1) 依據運轉限制條件(LCO 3.1.3)密封鋼筒氬氣回填壓力應為0 psig，經查閱品質文件紀錄符合要求。本次作業自開始執行密封鋼筒排水至完成真空乾燥測試及氬氣回填之作業時間歷時48小時，符合運轉限制條件(LCO 3.1.1)不可超過600小時之接受標準。
- (2) 查核氬氣測漏作業，依據運轉限制條件(LCO 3.1.5)密封鋼筒屏蔽上蓋與密封鋼筒殼體銲道氬氣洩漏率不得高於 2×10^{-7} cc/s，經查閱品質文件紀錄洩漏率量測值為 7.4×10^{-9} cc/s，檢測結果符合接受標準，另檢測人員(張○誠)與審查人員(黃○峰)具中級洩漏檢測人員資格，符合程序書要求。

(四) 混凝土護箱運送作業

1. 密封鋼筒傳送至混凝土護箱：

- (1) 密封鋼筒進行傳送作業前應完成「反應器廠房內操作程序書」6.15混凝土護箱準備作業及「混凝土護箱前置及運送作業程序書」6.1混凝土護箱目視檢查，經查閱品質文件記錄，依規定進行頂蓋與屏蔽塞編號確認、傳送護箱屏蔽門與銜接器檢查及混凝土護箱(VCC-12)外表面檢查，檢查結果無異常情形。
- (2) 依據運轉限制條件(LCO 3.2.1)密封鋼筒外表面之非固著污染應不超過180 Bq/100cm² (貝他及加馬射源)、1 Bq/100cm² (阿伐射源)，經查閱品質文件記錄，傳送作業前依程序書規定完成密封

鋼筒表面污染偵測，偵測結果符合限值。

2. 混凝土護箱廠內運送作業：

- (1) 經查運送作業前作業人員確實執行多軸油壓板車及堆高機使用前檢查及執行運送車輛作業人員酒精測試，運送期間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場。
- (2) 依「混凝土護箱前置及運送作業程序書」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均小於最低可測值，護箱之平均側表面劑量率0.0016 mSv/h、進氣口與排氣口平均劑量率0.0013 mSv/h符合運轉限制條件LCO3.2.2之規定。
- (3) 依「輻射防護作業程序書」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。

(五) 外加屏蔽安裝及護箱安全監控：

1. 完成外加屏蔽吊裝後，輻防人員依「輻射防護作業程序書」執行外加屏蔽劑量率量測以確認符合接收限值，查閱品質文件紀錄，外加屏蔽外表面與1公尺處輻射劑量率分別為0.5 μ Sv/h與0.28 μ Sv/h，符合程序書管制限值。
2. 依程序書D1032節次7.4.1規定，貯存階段之作業每日應定時檢視混凝土護箱通氣出口溫度及乾貯場之輻射劑量監測數據至少一次並填寫室外乾貯場工作日誌，經查核6月7日工作日誌，護箱出口溫度與環境溫度差異為5.6度，符合運轉限制條件LCO 3.1.6 溫差需小於36.6°C的規定。

(六) 其他

1. 依據「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施維護監測管理計畫」，邊坡穩定監測包含自動化監測系統與攔落石網監測系統，惟台電公司相關維護保養程序書未包含攔落石網監測系統，已要求台電公司建立相關維護保養作業程序書。台電公司說明目前已完成程序書撰寫將於完成內部審查後據以執行。
2. 依據意外事件應變計畫第6.14節「為確保設備穩定運行，定期對多軸油壓板車進行全面檢查與保養，維護保養內容應涵蓋ECU、油壓系統及機械部件等關鍵元件，並確保維保過程中的所有記錄完整、清晰，便於追蹤與檢討」。經查多軸油壓板車本年度2月維護作業紀錄，未見將上述內容納入程序，要求台電公司補充相關佐證文件。台電公司說明已將相關項目將納入程序書執行維護，本會將於後續檢查查核台電公司辦理情形。

五、檢查結果

- (一) 核一廠用過核子燃料乾式貯存設施第三組護箱運貯作業已於114年6月2日完成，作業期間本會每周派員執行檢查，監督台電公司落實自主品質管理，以確保人員作業及用過核子燃料貯存安全。
- (二) 本會於執行檢查作業期間，針對台電公司品質文件管理缺失以及液滲檢測作業程序符合規範等情形，共計開立2項注意改進事項及2項檢查發現管制事項要求台電公司檢討精進，台電公司提出之改善措施業經本會審查後同意結案，本會後續會追蹤台電公司執行成效，持續督促台電公司精進作業程序及強化品質管控，確認用過核子燃料運貯作業安全。