

核一廠用過核子燃料乾式貯存設施
試運轉設施整體功能驗證報告

審查報告



行政院原子能委員會放射性物料管理局
中華民國一〇二年九月

目 錄

一、審查概要.....	1
二、審查過程.....	1
三、審查結論.....	7

一、 審查概要

依據「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。台電公司依據前述規定，於 100 年 11 月 3 日以電核端字第 10011001261 號函提出「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），含括整體功能驗證(冷測試)及熱測試，向原子能委員會(以下簡稱原能會)申請試運轉作業，以驗證各項設備功能與作業程序符合安全設計需求。原能會放射性物料管局(以下簡稱物管局)為周延審查，邀請核臨界、屏蔽與輻射防護、結構、熱傳、密封、意外事件以及品質保證等領域專家學者，以及物管局負責乾貯管制人員籌組審查團隊，進行本案審查工作。於 101 年 5 月 23 日完成審查核備上網公告，並要求台電公司於完成整體功能驗證作業後，應提報驗證結果報告經核備後，始得進行熱測試。

台電公司於 101 年 6 至 11 月間進行整體功能驗證作業，分階段陸續完成(1)輔助設備整合功能驗證，(2)重件吊運、傳送及運送功能驗證，(3)燃料池水下操作功能驗證等各項作業。物管局除派員檢查外，亦要求台電公司應落實自主品保作業，並加強工安、輻安檢查，以確保作業安全。台電公司完成前述驗證作業後，於 102 年 3 月 8 日提報測試結果報告。經物管局完成程序審核，確認文件內容齊全後，正式受理並交由負責乾貯管制同仁與外部學者專家進行實質審查，審查重點主要為確認其功能驗證結果符合安全分析報告相關運轉限制條件(LCO)之要求。審查依據文件包括核一乾貯設施安全分析報告、安全審查報告以及試運轉計畫書，並參考美國 NAC-UMS 護箱之運轉技術規範及各電廠作業實務等技術文件。

二、 審查過程

本案邀請各領域學者專家 6 位以及物管局 6 位同仁組成專案審查小組，同

時依原能會業務權責分工，由綜計處、核管處、輻防處及核技處等就其業務職掌協助進行審查。經審查團隊審查設施整體功能驗證報告，共提出 27 項審查意見，其中 6 項重要審查議題摘述如下：

議題 1：密封鋼筒之保防封緘作業

審查意見：

請說明密封鋼筒(TSC)裝滿燃料吊離水池後，加裝保防封緘的時機；封緘後，若必需移除密封鋼筒上蓋鉚道時的保防作業及通報程序

答覆說明：

依據我國與國際原子能總署之協商結果，總署表示請我國事先將規劃作業時程通知總署後，可依既定時程執行相關作業，總署會自行調整安排檢查人員與時間。總署執行保防封緘作業，本公司將給予必要之配合與協助。

依據本公司核一廠 172 程序書第 4.4 節規定：核燃料儲存池及爐頂總署監測區域，如有疑似核燃料移動作業，主辦組應在一週前通知核技組，事前向國際原子能總署報備。換言之，移除密封鋼筒上蓋鉚道前一週需向國際原子能總署報備。

審查結果：

請台電公司於熱測試作業時程確認後，通知總署安排視察行程。另移除密封鋼筒上蓋鉚道作業，請依程序書規定辦理申報事宜。

議題 2：考量冷、熱測試兩者之差異性

審查意見：

輔助設備整合功能驗證於核研所執行，並未於核一廠的 1 號機反應器廠房燃料池旁執行，且過程中使用測試用縮小型密封鋼筒，於熱測試前請就每一項執行作業，仔細比較冷、熱測試兩者之差異性，並預作準備，以利爾

後熱測試之順利執行。

答覆說明：

本公司於規劃時已考量場地相關差異性，並針對冷、熱測試之不同處預作準備，包括：(1)銲接作業中使用的縮小型密封鋼筒，除鋼筒高度不同外，銲道的長度、寬度、深度等，皆與實際密封鋼筒相同，溫度因素亦已於參數設計時，依據規範納入考量。(2)非破壞液滲檢測作業，為因應熱測試中密封鋼筒燃料裝載後，可能累積較高的表面溫度，已規劃可適用於相對應溫度區間的藥劑。(3)在現場環境方面，皆全程實施管制以模擬電廠環境狀況，並以人員出入時間記錄工時與模擬人員劑量管控。(4)在排水真空作業中亦使用全尺寸測試用密封鋼筒(與正式作業之鋼筒相同容積)，並曾對系統實施熱風測試，以模擬燃料裝載後之溫度，確保管線儀表於鋼筒溫度較高時仍能正常運作等。此外，於第 2 階段(重件吊運、傳送及運送功能驗證)期間，亦將相關輔助設備移至反應器廠房 5 樓完成試組裝作業，應可確保後續熱測試之順利執行。

審查結果：

同意台電公司答覆。

議題 3：燃料束裝填作業之意外事件處理

審查意見：

假燃料束填裝之阻力測試雖可驗證其作業可行性，但對於意外事件的處置似無相關處置程序；如燃料裝填時卡死或是卡死後抽取時破損等事故。

答覆說明：

目前之燃料束填裝作業進行時，於燃料吊車上皆有儀表監控阻力值，裝填作業時燃料向下之力量皆為其本身重量，並無另外施加壓力，且方管表面光滑，應不至於發生燃料卡死與破損之情形，至多為阻力值較大無法正常

裝填。遇有此狀況時，將採用預備之燃料替換。

審查結果：

核一乾貯設施貯存之用過核子燃料均經完整性檢驗合格之燃料，且於燃料裝填時，以水下攝影機同步監看，不致發生類似事故。同意台電公司答覆。

議題 4：乾貯護箱下水後之氫氣產生問題

審查意見：

鑒於美國 Columbia 電廠乾貯護箱下水後，因中子吸收板之鋁成份與池水反應產生氫氣案例，請台電公司再確認 INER-HPS 之鋁材料(如中子吸收板與導熱圓盤等)產氫機制及防範措施。

答覆說明：

美國 Columbia 電廠案例，其產氫之機制係因鋁材與水之氧分子化合，因而產生氫氣。本系統在初始設計引進時已將氫氣產生之可能性納入考慮，並採取最嚴謹的方式進行氫氣監測及防範措施。觀察國外之氫氣防範措施，通常為間歇性氫氣檢測；當氫氣累積至一定程度時，才進行氫氣沖流或抽氣等方式進行處理。本公司為確保作業之安全性，於屏蔽上蓋封銲過程中，全程連續偵測氫氣濃度並同步以氫氣(惰性氣體)沖流密封鋼筒內水面以上的空間，主動抑制氫氣濃度上升(同時降低氧氣濃度)，可確保銲接期間氫氣濃度始終在安全範圍內，若氫氣濃度高於 2.4%(約為氫氣可燃燒最低值的一半)將立即停止銲接，待其濃度下降後始繼續。

審查結果：

物管局檢查員現場查證傳送護箱含密封鋼筒下水測試時，初期產生間斷氣泡，係因水壓力擠壓組件空隙產生，靜置一段時間後，仍有間歇性微量氣泡持續產生，符合安全分析報告第 6.2 章說明，在密封鋼筒裝卸期間，可能因鋁製導熱圓盤及燃料提籃之中子吸收板與燃料池水接觸，而有微量氫氣

產生，但當水自密封鋼筒中排除時反應也隨之停止。

物管局為強化監督未來熱測試及營運期間作業安全，要求密封鋼筒完成裝填作業自燃料池吊離出水前，至少需浸水 72 小時，以減少銲接作業時的氫氣產生量，列為標準作業程序要求；熱測試所使用的前 2 組密封鋼筒及未來若經核准營運第 3 組護箱應執行氣泡取樣分析，以確認其成分；增列氫氣濃度偵測值 1.6% 為行政管制限值。此外，應指派專人全程監測氫氣濃度，將氫氣偵測作業列為品質停留查證點，以維作業安全。

議題 5：確實度量劑量及執行輻射安全措施

審查意見：

應確實度量加馬與中子的劑量率，評估容許作業時間。必要時，應採用長柄工具並輔以臨時屏蔽，來進行拭跡偵檢作業，確實執行輻射安全措施。

答覆說明：

傳送護箱於吊離燃料池上方時，先以乾淨水沖洗傳送護箱與底部防污板，並確實偵檢加馬與中子的輻射劑量率。打開護箱環狀間隙注水系統之上水封環，依規定以特殊工具對密封鋼筒外壁進行拭跡偵檢；拭跡作業前須以執行人員操作位置輻射劑量率量測評估，必要時，並輔以臨時屏蔽或長柄工具等防護措施。

多軸油壓板車啟動運送混凝土護箱前，均會檢測護箱本體表面及底部的輻射度量。未來於實際裝填燃料進行 Hot Test 時，將會遵照程序確實執行 VCC 側表面和底部加馬與中子的輻射劑量率量測，以及 VCC 本體表面污染偵檢，以確定符合限值。

審查結果：

同意台電公司答復，熱測試作業時，多軸油壓板車啟動運送前，應確實執行混凝土護箱底部加馬與中子的輻射劑量率量測。

議題 6：上蓋移除與排水(氣)管封口蓋移除之作業防護規劃

審查意見：

再取出作業進行上蓋移除與排水管封口蓋取出時，是否有相關抽氣或防護規劃。因為核一廠雖然於常壓下填充氬氣，但於長期貯存後的高溫、甚至是設計限值內的燃料破損皆會造成內部壓力的提高，因此冒然進行切割封口蓋有可能造成內部氣體釋出之可能，而造成人員危害與污染物擴散之疑慮。

答覆說明：

再取出操作作業程序書中已明定在切除結構上蓋及屏蔽上蓋銲道時，可視需要架設防止污染擴散帳篷及臨時屏蔽，在切除二孔蓋塞時可再加設獨立的空氣過濾系統（HEPA），以作為抽氣及防護規劃，應可避免人員危害與污染物擴散。

審查結果：

同意台電公司答覆，並請依相關作業程序執行，以避免人員危害與污染物擴散。

本案審查意見經台電公司 3 回合答覆說明澄清問題後，物管局於 102 年 7 月 23 日召開審查會議，會議決議如下：

1. 核一廠乾式貯存設施「試運轉設施整體功能驗證結果報告」經台電公司答覆說明澄清審查意見後，審查結果認為可以接受。
2. 請台電公司依據審查意見處理結果，完成修訂「試運轉設施整體功能驗證結果報告」(含修正對照表)，提報原能會核備後，始得依 101 年 5 月 23 日經原能會核准之試運轉計畫書，進行後續熱測試作業。
3. 核一廠乾式貯存熱測試期間，用過核子燃料吊卸裝填作業，應有高級運轉員負責現場監督相關作業，以提升乾貯作業安全。

三、審查結論

台電公司已依照原能會 101 年 5 月 23 日核備之「核一廠用過核子燃料乾式貯存設施試運轉計畫」執行整體功能驗證作業。

本案試運轉設施整體功能驗證報告歷經 3 回合答復澄清及 1 次審查會議，各項審查意見已完成澄清並結案，審查結果認為可以接受。

台電公司為強化自主管理能力，已於熱測試作業前再強化自主管理演訓計畫，針對安裝/吊運階段之關鍵工作項目辦理模擬演習，以提升作業熟練度，確保熱測試作業安全。

為確保國內首座用過核子燃料乾式貯存設施之安全，核一乾貯設施試運轉及未來營運作業，台電公司應落實自主品保，並加強工安、輻安檢查，以確保作業安全。