

核一廠乾式貯存設施熱測試準備作業

112年度統合演練專案檢查報告



放射性物料管理局
中華民國一一二年六月

[本頁空白]

目次

一、檢查目的	1
二、檢查依據	2
三、檢查計畫	2
四、檢查發現	3
五、檢查結果	12

[本頁空白]

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，行政院原子能委員會放射性物料管理局(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 108-112 年度各執行 1 次統合演練作業，並自 110 年度起由核一廠自主進行第一期乾式貯存設施統合演練，以於執行熱測試及未來正式營運前，培養核一廠自主執行乾式貯存作業的能力，並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 112 年 4 月 17 日開始執行，6 月 2 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「112 年度核一廠乾式貯存設施統合演練作業專案檢查計畫」、檢查導則(IG-1)及檢查查核表(IG-2)執行專案檢查，嚴密查證統合演練執行成效。

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(第十二版)。
- (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) 核一廠第 1 期乾式貯存系統統合演練作業程序書(程序書編號：D1031)
- (八) 物管局檢查導則(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。
- 2. 傳送護箱下水定位。
- 3. 模擬燃料束裝填。
- 4. 屏蔽上蓋安裝。
- 5. 密封鋼筒真空乾燥及氬氣填充。
- 6. 傳送護箱出水定位及除污。
- 7. 密封鋼筒屏蔽上蓋、孔蓋及結構上蓋銲接品質文件查核。
- 8. 混凝土護箱運送作業。
- 9. 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)

嚴國城、萬明憲、鄭敬瀚、袁懿宏、高弘俊、王清鍾、陳又新。

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) 核能安全處駐廠小組品質稽查

1. 為確保核一廠第一期乾式貯存設施維持熱測試作業量能，本局於109年「第139次放射性物料管制會議」及108年1月放射性物料臨時管制會議，要求台電公司核能安全處(以下簡稱核安處)駐核一廠安全小組，定期辦理乾式貯存作業人力及設備保養專案稽查；另於110年1月6日函請台電公司應定期提報稽查結果報告。以落實三級品保，並提升運貯作業安全。
2. 查本次乾貯統合演練作業期間，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。稽查發現摘述如下：
 - (1) 4月17~20日統合演練進行混凝土護箱(VCC)準備作業、將VCC移動至多軸油壓板車(Dolly)、以及傳送護箱(TFR)使用前檢查及組件安裝等作業。稽查確認現場已配妥液壓缸、液壓管、橋架板、不銹鋼板、空壓機及發電機等附屬設備，其作業區域並已建立警示圍籬。另確認VCC移動至dolly的作業程序與人員資格及TSC使用前檢查與翻轉作業，均符合程序書D1031規定。
 - (2) 4月21~26日稽查項目，包含密封鋼筒組件試組裝、模擬燃料束阻力測試、將VCC自乾貯場運送至1號機反應器廠房。稽查結果確認密封鋼筒組件試組裝結果正常，結構上蓋試組裝結果符合程序書D1031要求，及模擬燃料束抽插阻力測試結果符合D1031不超過22.7kg要求。另VCC運送作業人員資格經查符合

規定，且dolly之操作與指揮人員作業前均已完成酒精測試，酒測儀器並於使用效期內。

- (3) 5月4~10日針對VCC自反應器廠房運送至乾貯場、VCC運送至乾貯場之定位、以及外加屏蔽(AOS)吊裝等作業執行稽查。查運送前人員已配戴輻射劑量計並完成開機登錄手續，輻防人員並於反應器廠房出口處建立輻射管制區。乾貯場之VCC定位作業，依程序書D1031執行安裝/移除懸浮氣墊組與使用懸浮氣墊移動混凝土護箱程序，作業現場之工安維護並符合規定(確實配戴工安帽、鞋、護目鏡等護具，且有工安員在場監護)。另稽查AOS安裝作業，有關吊車作業前檢點、吊車一機三證之查證、及現場作業指揮聯繫情形等，均未發現作業缺失。
- (4) 5月12~17日演練作業包含屏蔽上蓋銲接及非破壞檢測、VDS管線安裝及壓力測試。經查屏蔽上蓋模擬件銲接之非破壞檢驗(NDE)，檢查結果符合要求，另抽查銲接人員資格以及液滲(PT)檢驗所使用藥劑，符合相關規定。
- (5) 5月18~19日演練項目包含密封鋼筒氣壓測漏、密封鋼筒排水、密封鋼筒真空乾燥等作業。查作業人員依程序書D1031進行管線組裝及洩漏測試，作業過程符合D1031第4.7.7.9節要求。惟第4.7.7.1節之敘述附件名稱不正確，已開立改正行動通知(CAP)要求改正。稽查密封鋼筒排水作業步驟符合程序書規定，且進行運轉限制條件確認，另真空乾燥作業壓力符合程序書D1031第4.7.9.16節應維持至少10分鐘壓力不高於10 torr之規定。
- (6) 5月23~31日稽查內容包含排水孔及排氣孔封口蓋銲接、氬氣洩漏測試、結構上蓋銲接等作業。稽查確認排水孔及排氣孔封口蓋銲接之非破壞檢測結果合格，且銲接作業人員與非破壞檢測

人員資格符合要求，惟起重機之每日作業前檢點表中起重機之編號誤繕，經通知後現場已立即改正。氬氣測漏結果洩漏率(M3)為 6.4×10^{-8} std cm³/sec，符合接受標準(小於 2.0×10^{-7} std cm³/sec)，惟程序書附件28之名稱誤繕，已開立CAP要求改正。結構上蓋銲接部分，經查確認銲接作業依程序書D1031第4.8.6節執行，並進行對應銲道之非破壞檢測，抽查銲接人員與非破壞檢測人員資格符合要求。

(二) 作業現場工安、輻安管制要求及人員資格檢定

1. 台電公司於112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，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)」，經核一廠SDRC會議審定發行並送本局備查，據以執行現場演練作業，符合自主品質管制要求。
3. 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。

(三) 傳送護箱下水定位及模擬燃料束裝填

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，主要作業為將傳送護箱併同密封鋼筒吊運至燃料池護箱裝載區並定位坐妥。查台電公司演練過程確實依據程序書D1031第

4.5.1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。經查作業前確認燃料池裝載區水下視線清晰，且相關設備皆在可用狀態始進行吊運作業。

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) 傳送護箱吊放進入水池前確認已通知控制室，吊車並採用慢速模式(slow mode)進行吊運。
- (2) 確認傳送護箱吊軌與J形鉤接合正常後，緩緩將傳送護箱吊起至距離地面約30公分，再緩緩將傳送護箱下降至距離地面約15公分暫停，以確認反應器廠房主吊車煞車功能正常。
- (3) 確認傳送護箱底部及屏蔽門底部無雜屑及其他異物，並將傳送護箱吊至燃料池東北角裝載區上方，依程序書D1031開啟環形間隙循環水系統開始注水，確認循環水回流至指定位置，另以除礦水淋濕傳送護箱表面，緩慢下降傳送護箱，下降過程並以除礦水淋濕吊車主吊鉤及鋼索，並以水下攝影機確認傳送護箱並坐妥。
- (4) 模擬燃料束裝填驗證作業，係為確認未來實際裝載用過燃料束時，可順利裝填於密封鋼筒內指定位置，接受標準為模擬燃料束可以順利通過密封鋼筒指定孔位。經查演練過程之紀錄文件，現場依據程序書D1031第4.5.2節模擬燃料裝填作業程序，順利完成4個密封鋼筒極限孔位(DH2、DI4、DB2、DB7)的燃料裝填測試，裝填測試完成後將模擬燃料束吊入池內置妥。

(四) 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. 檢查屏蔽上蓋吊運作業，確認作業過程緩慢下降屏蔽上蓋及吊具，在浸入燃料池池水前先以除礦水淋濕屏蔽上蓋及吊具。屏蔽上蓋吊運期間，藉由水下攝影機輔助以調整屏蔽上蓋記號與傳送護箱記號對齊，依程序書D1031第4.5.3.8、4.5.3.9節步驟確認屏蔽上蓋定位妥當。

(五) 傳送護箱出水定位

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。惟統合演練作業以維持乾式貯存作業之人員技術量能與確保機具功能正常為主，無實際裝填用過核子燃料。
2. 核一廠依據程序書D1031第4.6節執行出水定位作業，過程如下：
 - (1) 傳送護箱上升時確認作業人員隨時注意水下狀況，避免有護箱碰撞或卡住池邊物件情形，另以水下攝影機監視吊升情況。密封鋼筒頂部高出燃料池水面時，依程序書D1031作業規定將時間記錄於「密封鋼筒排水時間限制追蹤表」。
 - (2) 出水時，由輻防人員執行傳送護箱及密封鋼筒頂部輻射偵檢，確認是否有非預期之輻射劑量率上升情形。傳送護箱吊升過程中，輻防人員持續監控傳送護箱與管線輻射劑量。當傳送護箱吊升至底部高於燃料池水面時，輻防人員另執行傳送護箱底部及屏蔽門偵檢，確保偵檢值符合規定。
 - (3) 傳送護箱全部吊升出水後，現場作業依程序書D1031第4.6.14節規定，停止環形間隙循環水水源及屏蔽門環形密封環供氣，另打開排氣閥將管路排氣，使環形間隙內積存之循環水流洩至燃料池。並將傳送護箱安放坐定後，由輻防人員進行表面劑量率偵測及污染擦拭檢測。

3. 經檢視演練作業之相關輻射偵檢紀錄，污染測值均低於行政管制限值 $50\text{Bq}/100\text{cm}^2$ ，直接輻射劑量率量測，亦低於行政管制限值 2.5mSv/h ，對核一廠乾式貯存設施統合演練出水作業之輻防管制作業無異常發現。

(六) 密封鋼筒屏蔽上蓋、孔蓋及結構上蓋銲接及品質文件查核

1. 屏蔽上蓋銲接作業為依據程序書D1031第4.7.6節執行相關步驟。屏蔽上蓋銲接過程有發生銲料進料不順而暫停情形，由人員更換銲料後並順利完成銲接作業，銲接作業期間人員進出模擬管制區確實穿著鉛衣。另檢查密封鋼筒屏蔽上蓋底部銲道、表面銲道之非破壞檢測報告(目視檢測、液滲檢測)紀錄情形，目視檢測為由具目視檢測Level II資格之非破壞檢測師(蔡○文)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(王○迪)就檢測結果複查；液滲檢測為由具液滲檢測Level II資格之非破壞檢測師(蔡○文)執行，確認檢測結果達合格標準，亦由另一位同樣具備檢測資格之非破壞檢測師(王○迪)就檢測結果複查。符合自主品質管制要求。
2. 現場執行結構上蓋銲接作業第三個 $3/8$ "銲道之非破壞檢驗作業情形，經查現場作業人員依程序書要求，填寫銲道非破壞檢測報告及銲道管制作業記錄表，並於結構上蓋封銲作業完成後，量測結構上蓋頂面與密封鋼筒開口距離，符合程序書要求。另查本日非破壞檢測是由具備VT及LT Level II檢測資格人員執行檢測工作，執行人員並已取得台電公司非破壞檢測師證書，有效期限符合規定，本日檢測判定結果皆為符合。另抽查程序書D1031附件九「結構上蓋頂與密封鋼筒開口距離量測記錄表」，發現圖示與欄位之紀錄數值未一致，且圖示之數值尚有空白未記錄完成，不符合自

主品保要求。本局要求台電公司執行測量結果記錄時，應依品保規定辦理並落實覆核機制，以確保文件品質。另檢查5月31日之「鐸道管制作業記錄表」，內容顯示有鐸工作業交接情形，惟人員未依該表規定於規定欄位記載相關事項；程序書D1031第4.8.6.19節說明”通知輻防人員移開臨時屏蔽，並完成結構上蓋頂部輻射劑量率測量；鐸機撤離後，執行輻射污染偵測...”惟檢查發現現場未設置臨時屏蔽，且輻防人員於鐸機撤離”前”即執行相關污染偵檢作業，未確實依程序書步驟執行。針對上述缺失情形，本局已要求台電公司確實改善，以提升作業品質。

3. 抽查排水孔及排氣孔封口蓋鐸接作業之執行情形，台電公司依程序書D1031之鐸接步驟，依序執行底部鐸道、表面鐸道之鐸接工作。鐸接當日作業前召開工具箱會議說明工作重點與注意事項，符合自主品質管制要求。經查鐸接作業前，人員已確認排水及排氣孔蓋附近區域清潔度，鐸接後並完成鐸道管制作業紀錄表及底部、表面鐸道之目視(VT)、液滲(PT)非破壞檢測報告。檢查過程抽查鐸接人員(蘇○裕、張○誠)資格，確認取得台電公司非破壞檢測師證書，有效期限並符合規定。於封口蓋鐸接作業完成後，現場並依程序書D1031第4.7.11.11節由輻防人員執行劑量率量測，符合作業規定。
4. 另抽查排水孔及排氣孔蓋鐸接作業底部、表面鐸道之非破壞檢測報告，由具備VT及PT Level II檢測資格人員蔡○文負責執行非破壞檢測，檢測結果均為合格。

(七) 密封鋼筒填充氬氣作業

1. 完成密封鋼筒排水後，接續執行密封鋼筒真空乾燥及填充氬氣作業。乾燥測試之接受標準，依除役程序書D1031第4.7.9節規定密封

鋼筒真空乾燥壓力應維持至少10分鐘壓力不高於10 torr。經抽查品質紀錄文件，確認依程序書D1031第4.7.9.16節在工作現場周圍溫度18.3°C以上時，作業維持至少10分鐘壓力不高於10 torr(反應器廠房五樓操作區室溫為28°C)，結果並經作業之執行及複查人員簽核，測試接受標準符合程序書規定及自主品保要求。

2. 持續追蹤運轉限制條件LCO 3.1.1(2)之時限，確保自開始執行排水至完成氦氣回填，時間不超過LCO限制。依程序書D1031第4.7.9.18節要求，進行氦氣填充前應將密封鋼筒內壓力抽真空達3 torr，經現場檢查確認密封鋼筒內壓力已達標準後，始進行後續氦氣填充。經查核一廠依據執行程序書D1031第4.7.10節「密封鋼筒填充氦氣」相關程序執行。另確認完成氦氣填充後，時間限制符合運轉限制條件LCO 3.1.1(2)時限要求。

(八) 混凝土護箱(VCC)運送準備作業與定位

1. 工作人員依程序書D1031第4.9.5節執行混凝土護箱由乾貯場移至反應器廠房移動作業過程，經抽查車輛作業人員已通過酒精測試，符合安全規定，另確認多軸油壓板車操作人員已取得原廠訓練證明，並將多軸油壓板車移動至反應器廠房天井下方指定位置。惟抽查多軸油壓板車檢查表，檢查日期為4月17日，檢查當日(4月26日)則未再進行使用前檢查。抽查多軸油壓板車維護保養品質文件，相關維護保養作業依程序書D787.9附件維護查證表內容所列項目執行檢查，檢查結果無異常；另查核一廠於統合演練作業前，依程序書D1031於演練開始時(4月17日)完成多軸油壓板車檢查工作。惟多軸油壓板車之檢查執行頻次，本局要求台電公司仍應依職業安全衛生法相關規定辦理以符合工安規定。針對作業期間多軸油壓板車之檢查執行頻次，本局已開立檢查發現管制事項

要求台電公司進一步說明，以確保作業安全。

2. 另依程序書D1031第4.9節混凝土護箱運送作業前，應進行混凝土護箱準備前置作業。檢查準備前置作業之辦理情形，確認依程序書規定填寫「多軸油壓板車檢查表」，另完成「VCC專用堆高機之使用前檢查表」，檢查結果由作業人員簽章確認，符合程序書規定及自主品質管制要求，各項檢查項目之檢查結果顯示正常。作業現場並已備妥千斤頂系統、不鏽鋼板、懸浮氣墊組、混凝土護箱夾鉗等，以利混凝土護箱於貯存場之定位作業。
3. 檢查將混凝土護箱自多軸油壓板車(dolly)移動至貯存場指定位置之演練情形，作業過程依照程序書D1031第4.9.9節，依序進行「安裝懸浮氣墊組」、「使用懸浮氣墊移動混凝土護箱」步驟，作業過程使用千斤頂系統抬升混凝土護箱，並鋪設懸浮氣墊與鋼板以利執行護箱移動與定位。檢查混凝土護箱與堆高機連結時以豎帶固定妥當，另護箱與機具接觸面有適當保護避免混凝土護箱表面塗裝損傷，符合程序書規定，另抽查堆高機操作人員資格，具備堆高機證照符合作業規定，堆高機確實進行作業前檢點。惟混凝土護箱移動過程中，懸浮氣墊一度卡住，經重新調整氣墊之高度後，順利進行移動，並將混凝土護箱移動至貯存場上之指定位置完成定位。

(九) 外加屏蔽安裝

1. 統合演練為模擬密封鋼筒假傳送至混凝土護箱(VCC)，完成後並將VCC自反應器廠房移動至貯存場。VCC移動於乾貯場定位後，依程序書D1031第4.9.10節執行安裝外加屏蔽(AOS)。經檢查人員作業前確認VCC及AOS之空氣進、出口沒有堵塞及雜物，且AOS之空氣進、出口格柵可用且未受損傷，相關情形符合程序書D1031

第 4.9.10.3 節規定。

2. 檢查 AOS 吊裝作業過程，確認工作人員注意保持各環方向的一致性，且將屏蔽底座、屏蔽頂蓋與混凝土護箱進、出氣口對齊後置放，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。另於外加屏蔽安裝完成後，依程序書 D1031 第 4.9.10.10 節規定，執行 VCC 加上 AOS 後外表面輻射劑量率量測。

(十) 抽查核子保安作業辦理情形

1. 通報聯繫部分，保安小組接獲用過核子燃料廠內運送通知後，立即連繫駐廠保警派遣警力加強戒護。保安監控中心及保警中隊部相互通報一號機反應器廠房現場狀況。
2. 保安監控部分，保安監控中心透過電腦門禁監控系統，加強查看一號機反應器廠房現場及其附近區域人員進出刷卡紀錄。保安監控中心加強一號機反應器廠房週邊警報監視錄影，並通知保警隊加強門禁管制及巡邏查察勤務。
3. 巡邏戒護部分，保護區配置 2 名武裝警力，機動巡邏及緊急應變之用。一號機反應器廠房門口 2 名警力現場戒護。

五、檢查結果

112 年度核一廠乾式貯存設施統合演練作業於 6 月 2 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，本局檢查結果如下分述：

1. 本次統合演練期間，物管局依據檢查計畫派員到場執行檢查，逐項查證各演練項目之執行成效及品質文件，確認作業程序及設備功能接受標準符合程序書及相關要求，檢查結果並未發現重大缺失。
2. 核安處駐核一廠品保小組全程執行第三級品管品保作業稽核，有助

於確保統合演練符合作業要求，以及工安、輻安的落實。

3. 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。
4. 本次統合演練作業，針對多軸油壓板車於作業期間之檢查執行頻次，本局已開立檢查發現管制事項，建議台電公司援引職業安全衛生法規相關要求，執行每日作業前檢查，以確保護箱運送安全。
5. 統合演練作業有助提升核一廠乾貯作業技術能量，本局將持續要求台電公司於核一廠乾貯熱測試作業前，每年應辦理一次統合演練作業，並持續強化自主品管品保作業，以維持熱測試作業能量，確保未來乾貯設施營運安全。