

龍門核能電廠初始測試視察報告
(103 年第 4 季季報)

行政院原子能委員會 核能管制處

中華民國 104 年 2 月

目 錄

壹、龍門核能電廠本季初始測試狀況簡述.....	1
貳、本季實施之定期視察與專案視察	2
參、初始測試項目查證	3
一、管路沖洗	3
二、施工後測試	4
三、系統移交	4
四、試運轉測試	5
五、起動測試	6
肆、機組運轉前整備作業查證	6
伍、其他視察項目	6
陸、綜合結論與建議	8

壹、龍門核能電廠本季初始測試狀況簡述

依據龍門核能電廠終期安全分析報告（FSAR）及起動管理手冊（SAM）規定，初始測試分為：施工後測試（Post-Construction Test, PCT）、試運轉測試（Pre-Operational Test）及起動測試（Startup Test）等三階段。此外，管路沖洗及系統移交作業亦為整個初始測試階段重要工作項目，故龍門核能電廠聯合試運轉小組（JTG）即涵蓋上述五項重要工作之管控，亦納入本會視察重點項目。

103 年第 4 季（10 至 12 月份）龍門電廠初始測試進度如下，1 號機管路沖洗作業，除通往輔助燃料池之管路未沖洗外，其餘部分均已完成。2 號機則除須以系統本身動力沖洗（如 CRD 管路）外，也大致完成沖洗作業。

系統移交方面，統計至 103 年 12 月底，龍門電廠已完成 1 號機 126 個完整系統移交作業；1、2 號機共用系統共移交 10 個系統（0F31、0K12、0K13、0P16、0P18、0P51、0R12、0S21、0T57、0Y47），2 號機則部分移交 3 個系統（2R10-1/-3、2R11-1、2R41）。

本季龍門電廠 1 號機持續進行各系統人機介面（MMI）測試，統計至 103 年 12 月底，龍門電廠 1 號機 MMI 測試率已達 100%。至於燃料裝填前應完成 308 份試運轉測試的程序書，截至 103 年 9 月底 1 號機試運轉測試均已全部完成，總完成比率為 100%。

有鑒於龍門電廠系統設備於初次試運轉測試後已放置過久，經濟部為降低民眾對龍門電廠試運轉測試有效性之疑慮，要求台電公司於龍門電廠 1 號機於系統初次試運轉測試完成後，再次進行再驗證測試，並於 102 年 4 月成立再驗證相關安檢小組，其屬經營單位之自行強化作為。本會則本於核安管制之權責，依「核子反應器設施管制法」及「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」規定，要求龍門電廠 1 號機於初次裝填核子燃料前，依品保制度完成各項相關測試，並將 187 份系統功能試驗報告送本會審核，本會於 102 年 3 月 22 日「龍門電廠 102 年第 1 次核安議題討論會」決議：將再驗證系統功能試驗報告列為評估系統功能符合性之正式文件（少數系統不須進行再驗證測試），而初次試運轉測試之系統功能試驗報告則列為審查時之參考文件。

截至 103 年 12 月底，台電公司龍門電廠 1 號機燃料裝填前須提送本會 187 份系統功能試驗報告，正式提送 158 份，審查同意 75 份。

依據 103 年 4 月 28 日行政院國際記者會宣佈「核四 1 號機不施工、只安檢、安檢後封存；核四 2 號機全部停工」後，龍門電廠即全面準備進入停工/封存的狀態，台電公司並於 9 月初提送龍門電廠停工/封存計畫，本會就其品保方案及維護計畫等進行審查，目前仍在審查中；惟龍門電廠停工/封並非停建，且不排除未來啓封的可能，因此為確保台電公司確實依承諾辦理相關作業，本會仍持續進行相關之核能安全管制作業。

貳、本季實施之定期視察與專案視察

103 年 12 月 8 日至 12 日本會核能管制處視察員與核能研究所同仁分 2 組，執行龍門計畫第 57 次定期視察，為確保龍門電廠停工/封存計畫符合作業導則要求及完整性，本次視察項目分別為「龍門電廠 1 號機封存維護計畫及倉儲作業查證」，及「龍門電廠 2 號機封存準備、維護計畫、品質文件管制作業及倉儲作業查證」，並於視察開始日之上午及結束日之下午分別舉行視察前與視察後會議。本次視察結果簡述如下：

1. 「龍門電廠 1 號機封存維護計畫及倉儲作業」部分，主要視察發現為：(1) 電廠尚未依工作總指引 (SP-2014-DP-001) 完成封存作業人員資格審查，且總指引亦未明確說明一般性訓練課程內容；(2) 目前訂定 1 個月巡查 1 號機主發電機氦封設備一次，惟氦封管路並未有氦氣洩漏警報裝置，有可能影響系統封存之有效性，或有工安疑慮；(3) 主發電機側比壓器 (PT) 前櫃使用臨時加熱器及電源進行除濕，定子線圈冷卻管路亦使用臨時壓力錶，監測氦氣壓力，針對這類封存期間所加裝的臨時設備或電源，尚未有管制標示，或定期校驗。
2. 「龍門電廠 2 號機封存準備、維護計畫、品質文件管制作業及倉儲作業」部分，主要視察發現為：(1) 目前龍門施工處針對 2 號機施工檢驗品質文件部分之清點與接收作業規劃，僅止於對施工檢驗品質文件之現況清點與接收，僅為施工狀態基本資料呈現，應再由構型管理與重啟觀點，加強相關資料之整理，以提供更較為直觀與全盤性之施工狀態資訊，以利後續管

理及重啟作業；(2) 封存期間駐龍門品保小組應依據核安處工程品質巡查作業程序書執行查證，然該份程序書目前尚未發行，應儘速完成；(3)龍門電廠 1、2 號機封存作業之倉儲管理作業人力配置應適時檢討，且未能有效利用倉儲管理空間、物件登記欠缺可資辨識之獨立記號，及倉儲門禁管理欠缺 24 小時攝影設備。

針對前述視察之各項發現，本會已分別開立 3 件備忘錄，要求台電公司澄清及改善，至於詳細視察結果，請參閱本會「龍門電廠第 57 次定期視察報告」。

參、初始測試項目查證

一、管路沖洗

管路沖洗作業的主要部分，包括氣壓洩漏測試、水壓測試、管路沖洗、鹼洗及沖淨等作業項目，並於前述項目執行完成後，隨即進行乾燥封存。依據系統需求及沖洗時程共規劃成 19 階段 (phases)，自 96 年 11 月份正式展開 1 號機管路沖洗作業後，至今進度已完成約 98.58%，未完成管路沖洗的系統只剩輔助燃料池冷卻與淨化系統 (G42)，現因輔助燃料廠房燃料池目前儲存有 2 號機新燃料，其連接至溢流口 (skimmer) 之管路暫不予進水沖洗外，1 號機其餘之管路沖洗作業目前已實質完成，因此短期內 1 號機不會有所進度與更新。

關於 2 號機沖洗狀況如下：2 號機除須以系統本身動力沖洗 (如 CRD 管路) 外，也大致已完成管路沖洗作業，因台電公司目前已進行 2 號機停工/封存準備作業，相關管路沖洗進度暫時不會更新。

二、施工後測試

龍門電廠 1 號機須執行試運轉之系統共有 126 個，其中包含各類別之多項施工後測試項目。截至 103 年 9 月底，須執行 MMI-PCT 之程序書 244 份，已完成測試的有 244 份，佔須執行程序書總數比率為 100%。

三、系統移交

截至 103 年 12 月底，1 號機燃料裝填前須移交 126 個系統，已完成全系統移交共有 126 個。

1 及 2 號機共用系統部分，本季無進展，仍只有 10 個共用系統（0F31、0K12、0K13、0P16、0P18、0P51、0R12、0S21、0T57、0Y47）完成移交作業。至於 2 號機部分，已移交系統仍維持配電系統(R10)、中壓配電系統(R11)及廠區接地系統（R41）等 3 個系統部分設備。

四、試運轉測試

龍門電廠 1 號機須執行試運轉的系統共有 126 個，燃料裝填前應完成的試運轉測試程序書共有 308 份，在 103 年 9 月底前已執行完畢所有試運轉測試程序書。龍門電廠 1 號機系統試運轉測試數據及相關品質文件經台電公司整理並通過內部審核後，應提送本會 187 份系統功能試驗報告，截至 103 年 12 月底，總計正式提送本會 158 份系統功能試驗報告，其中已審查同意 75 份，分別為「棒控制及資訊系統」、「再循環流量控制系統/反應爐再循環水系統-可調速驅動裝置(ASD)測試」、「功率階中子偵測系統」、「自動核心探針系統」、「流程輻射監測系統-01 廢氣處理系統處理後排氣」、「流程輻射監測系統-02 廢棄物處理廠房排氣」、「流程輻射監測系統-03 汽機廠房排氣」、「流程輻射監測系統-04 輔助燃料廠房排氣」、「流程輻射監測系統-05 主汽機氣封冷凝器排氣」、「流程輻射監測系統-06 汽機廠房一般區排氣」、「流程輻射監測系統-07 汽機廠房設備區排氣」、「流程輻射監測系統-08 汽機廠房廢氣處理系統活性炭床室排氣」、「流程輻射監測系統-09 人員進出管制大樓通風系統」、「流程輻射監測系統-10 技術支援中心通風系統」、「流程輻射監測系統-12 放射性廢液排放監測系統」、「流程輻射監測系統-13 廢氣處理系統處理前取樣系統」、「流程輻射監測系統-15 備用廢氣處理系統」、「流程輻射監測系統-16RBCW 跨系統洩漏輻射監測系統」、「流程輻射監測系統-17 圍阻體過壓保護系統輻射監測系統」、「流程輻射監測系統-18 主蒸汽隧道區域」、「流程輻射監測系統-21 控制廠房通風進氣」、「流程輻射監測系統-23 輔助用過燃料廠房主要區域排氣」、「起動階中子偵測系統」、「控制廠房通風與空調系統(SREA Div A/B/C)」、「反應爐廠房海水泵室通風系統（RBPV）NS」、「低純度廢液處理系統」、「一次圍阻體穿越器及隔離閥相關洩漏率測試」、「再循環流量控制系統/反應爐再

循環水系統-RFC 控制邏輯測試」、「洩漏偵測與隔離系統」、「反應器廠房通風系統--二次圍阻體&一次圍阻體通風系統」、「控制廠房通風與空調系統(CRHA)」、「整體性初始功能測試」、「汽機格蘭汽封系統」、「發電機同步系統」等系統功能試驗報告。

本季 126 個系統皆已完成試運轉測試，但仍有部分系統功能驗證報告尚未提送、須澄清說明，或再補件補測試等情況，因此本會視察員仍持續審查中，相關審查進度已上網公佈，並每週定期更新，詳本會網頁。

五、起動測試

起動測試包括在各種爐心功率條件下的測試階段，從初次裝填核子燃料開始，直到電廠達到滿載執照功率為止。龍門核能電廠現今尚未進入起動測試階段，目前工作重點為起動測試程序書之編寫、審查及發行，統計至 103 年 12 月底止，各工程主要承包商及台電公司規劃完成之起動測試程序書共計 217 份，已編寫完成並審核通過者有 158 份，其餘仍持續進行編寫中。本會將持續收集起動測試程序書，供視察員先行研閱，以利未來起動測試之視察作業。

肆、機組運轉前整備作業查證

機組運轉前之整備，主要包含人員訓練（含運轉及維護人員）、電廠運轉、火災防護、電廠水化學管制、品質保證方案及營運程序書之編寫與發行等多項項目必須完成，到 103 年第 2 季電廠已全數發行完畢，另外電廠例行性巡查及運轉維護等工作項目亦已納入 MMCS 管理系統定時追蹤管理。龍門電廠目前正進行 1 號機之封存規劃，相關整備作業暫緩，但本會仍會持續關注電廠整備作業進度，並將視龍門電廠準備狀況進行相關視察。

伍、其他視察項目

本季 126 個系統雖皆已完成試運轉測試，但龍門電廠仍須進行封存作業、規劃並試行運轉規範例行性偵測試驗，及依據 MMCS 系統執行例行性設備維護保養作業。針對上述封存作業、偵測試驗及維護作業，本會視察員亦適時到現場查證測試先備條件及測試步驟，以有效管制龍門電廠測試及封存作業

品質。

一、龍門電廠 1 號機封存作業視察

103 年 11 月 17 日本會視察員視察 1 號機主發電機暨附屬系統封存作業，經查電廠查核完成先備條件後，除連接儀用空氣至主發電機內部進行乾燥封存作業外，並記錄系統封存巡查表。經查發現主發電機內部儀用空氣相對濕度 12.7%，符合接受標準小於 40%；滑環室加熱器正常送電；發電機側比壓器盤加熱器正常送電；1000Vdc 量測轉子線圈絕緣 234M 歐姆，符合接受標準大於 10 歐姆。另 12 月 27 日則協同電廠品質人員抽查 1 號機主發電機暨附屬系統封存作業之第一次維護及巡查現況，發現電廠維護人員確實依據相關工作指引，進行主發電機/發電機氣體控制系統/發電機定子冷卻系統/勵磁系統（1N41/1N42/1N43/1N51）重要設備運轉參數查核，且系統設備巡查參數亦在接受標準值內，無明顯缺失。

103 年 12 月 1 日本會視察員至海水泵室視察 1 號機循環海水系統封存作業，使用的工作指引編號為 MS-008。當日電廠以循環海水泵 D/E/F 台抽乾渠道中的海水，使循環海水泵乾式封存。而循環海水泵 A/B/C 台因與運轉中的汽機廠房廠用海水系統（TBSW）共用海水渠道，長期浸置於海水中，若不運轉將很快被腐蝕，因此封存期間須將 A/B/C 台三台循環海水泵進行拆解、清理、吊離、運送存放於廢料倉庫（有空調，屬 A 級倉庫），馬達則暫時置放於泵室現場。當日主要視察循環海水泵 A 台拆解及馬達吊運工作，及循環海水泵 A/B/C 台所置放的廢料倉庫，經查現場狀況良好且有定期溫濕度監控，無明顯缺失。

二、龍門電廠 1 號機偵測試驗視察

103 年 11 月 10 日本會視察員視察營運程序書編號 647.09.02-DIV B 及 DIV C 控制室人員居住區空調（CRHA）設備起動功能測試，該份程序書主要驗證該系統可正常引動循環運轉模式、煙霧模式及排煙模式功能。經查該份程序書除於測試前遺漏查核系統正常運轉風門及風扇狀態等步驟外，其他系統邏輯驗證皆如程序書所述，對應開啟或關閉相關風門及風扇。整體測試過程值班人員確實依程序書執行，品質人員亦到場查核，無重大缺失，惟另發

現 DIV C CRHA 集管風量計無法顯示數值，已請值班人員開立請修單處理，並要求電廠修訂該程序書所缺漏之步驟。

103 年 11 月 11 日本會視察員視察營運程序書編號 691.22.14—控制棒驅動系統 (CRD) 集管低壓力阻棒功能控道校正測試，該份程序書主要驗證 DIV A/B/C/D 安全系統邏輯控制/反應器跳脫及隔離功能 (SSLC/RTIF) CRD 集管低壓力設定點如設計值、可正常引動跳脫訊號並送阻棒訊號至棒控制及資訊系統 (RCIS) 等。經查該測試如程序書所述，當 CRD 系統引動跳脫訊號時，確實會送阻棒訊號至 RCIS 盤面引動阻棒功能，測試過程電廠品質人員亦到場查核，無發現明顯缺失。

103 年 12 月 3 日上午本會視察員視察營運程序書編號 622.12.02，爐心隔離冷卻系統 (RCIC) 手動引動控道功能測試，經查主控制室 RCIC 系統 VDU 及硬開關皆可如設計引動注水模式，且 RCIC 注水閥 (1E51-MBV-0004) 從注水模式引動至該閥全開之時間，小於 29 秒，符合接受標準值內，測試過程品質人員亦到場見證，無發現明顯缺失。

陸、綜合結論與建議

本會自 97 年起針對龍門核能電廠初始測試階段，執行定期團隊視察、專案視察、駐廠視察等視察管制措施。本季除駐廠視察外，並執行龍門計畫第 57 次定期視察、封存作業、系統設備維護保養及偵測試驗查證。此外，亦持續針對 1 號機系統功能驗證報告進行審查，以確保試運轉測試品質。而初始測試相關審查、視察發現缺失或需進一步澄清者，均開立注意改進事項或視察備忘錄，要求台電公司檢討改善或澄清，以確保試運轉測試之嚴謹性及完整性。

註：由於台電公司於 103 年 9 月底已完成龍門電廠試運轉測試作業，並將進行龍門電廠停工/封存準備作業，現階段已無相關測試作業，故本會於停工/封存期間不再更新「龍門核能電廠初始測試視察報告」相關內容，並俟龍門電廠未來重啟後進行相關測試作業時，再一併更新。