

龍門核能電廠初始測試視察報告
(103 年第 2 季季報)

行政院原子能委員會 核能管制處

中華民國 103 年 12 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	4
五、起動測試	5
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	7

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2季(4至6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。目前進行部分消防管路(1/2號機連通)沖洗。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6月底，龍門電廠1號機MMI測試率已達99%。

系統移交方面，統計至103年6月底，龍門電廠已完成1號機125個完整系統及1個部分系統移交作業(P16)；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)。

本季試運轉測試進度隨MMI測試及移交作業之進行而逐步推進，但因現場測試所產生的現場問題報告(FPR)解決費時，且台電公司同時進行各廠房現場施工問題或缺失等重要工項作業及維護(含停電作業)，少部分試運轉測試受到影響，統計至103年6月底，燃料裝填前應完成試運轉測試的程序書計有308份，其中已完成初步試運轉測試共有297份程序書，總完成比率約為96%。

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。原能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 6 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 98 份，審查同意 41 份。

貳、本季實施之定期視察與專案視察

一、龍門計畫第 55 次定期視察

本次定期視察作業配合台電公司龍門電廠之測試規劃時程，以龍門電廠 1 號機一次圍阻體整體洩漏率測試（ILRT）做為視察主題。龍門電廠 1 號機 ILRT 試運轉測試曾在 103 年 3 月期間接續一次圍阻體結構完整性測試（SIT）執行後進行，惟當時 SIT 測試完成後，於 ILRT 測試執行初期粗估洩漏率無法符合接受標準，顯示有額外洩漏源，台電公司決定停止 ILRT 測試，開始進行洩漏源之查漏與修補，待完成後再重新執行 ILRT 測試。期間本會視察員持續了解並視察洩漏源查漏與修補情形。台電公司於改善措施完成後，於 6 月下旬重新執行 ILRT 測試，因與本會第 55 次定期視察預定期程相當，故訂定專案視察計畫，以龍門電廠 1 號機一次圍阻體 ILRT 測試做為本會龍門計畫第 55 次定期視察計畫的視察項目。

本視察過程當中，本會視察員提出的相關管制要求，台電公司均積極回應與準備，由測試結果資料能獲得完整紀錄，可以確認作業的準備充分。由本項 ILRT 測試最主要的比對項目：峰壓 Pa 洩漏率測試值為 0.14685%/day，符合接受標準（小於 0.375%/day）且有相當餘裕，顯示本

項測試基本上已順利完成，龍門電廠 1 號機一次圍阻體氣密完整性得到驗證，可以發揮設計功能，確保公眾安全。至於詳細視察結果，請參閱本會「龍門計畫第 55 次定期視察報告」。

二、喪失外部電源/冷卻水流失事故(LOOP/LOCA)專案視察

本次專案視察作業由原能會核能管制處組成視察團隊，自 103 年 4 月 19 日至 6 月 11 日測試期間，依擬定之 LOOP/LOCA 專案視察計畫分成 3 組於 1 號機主控制室、柴油發電機設備及現場設備處進行視察並展開現場查證作業；並於視察開始日前執行一連串的視察活動，包括現場視察前與台電公司進行數次測試計畫作業討論、正式測試前之先備條件與測試程序書審查。

另電廠執行該測試時，本會視察員發現電廠修改測試邏輯或步驟，不符合核能電廠試運轉測試視察程序書 NRD-IP-705 規定，故開立注意改進事項 AN-LM-103-005-0，要求電廠應確實依程序書執行，若有與送會審查程序書內容不同或臨時修改相關測試步驟，除應依程序書完成修改後再執行外，並應告知本會視察人員。

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,此外本季龍門電廠也進行部分 1、2 號機連通之消防系統(0P16)管路沖洗。

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 6 月底,須執行 MMI-PCT 之程序書 244 份,已完成測試的有 242 份,佔須執行程序書總數比率為 99%。

三、系統移交

截至 103 年 6 月底,1 號機部分共有 125 個完整系統完成移交,及 1 個部分系統(P16)進行移交作業。

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則有 308 份,截至 103 年 6 月底,已完成初步試運轉測試的程序書計有 297 份,仍在測試中則有 3 份,總完成比率為 96%。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,總計正式提送本會 98 份系統功能試驗報告,其中已審查同意 41 份,分別為「飼水控制系統」、「再循環流量控制系統/反應爐再循環水系統-馬達發電機組(MG SET)測試」、「燃料池冷卻與淨化系統」、「非緊要多工傳輸系統」、「流程輻射監測系統-11 輔助用過燃料廠房排氣」、「反應器廠房通風系統--安全有關設備通風系統」、「反應器廠房通風系統--安全有關電氣設備通風系統」、「反應器廠房通風系統--安全有關柴油發電機通風系統」、「反應器廠房通風系統--爐內泵可調速驅動器通風系

統」、「反應器廠房通風系統--非安全有關設備通風系統」、「反應器廠房通風系統--主蒸汽隧道通風系統」、「區域輻射監測系統」、「反應爐廠房海水泵室通風系統(RBPV) Div I」、「反應爐廠房海水泵室通風系統(RBPV) Div II」、「反應爐廠房海水泵室通風系統(RBPV) Div III」、「主發電機控制、保護與監測」、「發電機定子線圈冷卻系統」、「發電機氫氣封油系統」、「勵磁機櫃」、「發電機比壓器、比流器及轉換器量測」、「廢料集水池系統-BOP」、「廢樹脂/淤渣貯存系統」等系統功能試驗報告。

本季進行試運轉測試之系統有反應爐保護系統(C71)、控制棒及資訊系統(C11)、高壓爐心灌水系統(E22)等，針對這些測試項目，本會視察員均適時到現場查證測試先備條件及測試步驟，並依試運轉測試視察方案規定，撰寫試運轉測試視察報告，以有效管制龍門電廠試運轉測試品質。此外，本會審查「POTP-071.01 安全等級匯流排 A4 匯流排(DIV. I)喪失電源測試及之後發生冷卻水流失事故測試」、「POTP-071.02 安全等級匯流排 B4 匯流排(DIV.II)喪失電源測試及之後發生冷卻水流失事故測試」、「POTP-071.03 安全等級匯流排 C4 匯流排(DIV.II)喪失電源測試及之後發生冷卻水流失事故測試」、「POTP-071.16 安全等級匯流排 S4 匯流排及其替代至 A4/B4/C4 匯流排喪失電源測試」試運轉測試程序書部分測試內容發現之問題，本會已分別開立視察備忘錄 LM-會核-103-009-0、LM-會核-103-010-0、LM-會核-103-011-0、LM-會核-103-012-0，要求台電公司針對上述審查發現之缺失改善或澄清，以確保試運轉測試之品質。

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 6 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 201 份，已編寫完成並審核通過者有 150 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。本會除持續關注電廠整備進度外，並將視龍門電廠試運轉測試進度與電廠準備狀況，針對電廠整備作業項目進行分組視察。

伍、其他視察項目

一、1R13-CVCF-0000A4 故障失電事件

103 年 4 月 3 日本會視察員在視察龍門電廠 1 號機主控制室時，發現有 CVCF A4 Trouble 警報，造成 RBCW RM HH LEVEL 警報、RBSW HX 進出口閥關閉，以及引動 RBSW PUMP 跳脫；於 4 月 7 日本會視察員針對 1 號機發生 1R13-CVCF-0000A4 故障失電事件，訪談電廠運轉、電氣、儀控等相關人員，要求電廠對於編號 X007 接頭燒燬，疑有接點銲接不良之情事，應平行展開檢查，並應提出特殊情況報告，以及維護人員應洽廠家技術顧問詢問維護監測措施等事項。另於 5 月 16 日本會視察員查證本項事件之後續處理作業，查證結果如下：

1. 電廠人員檢查 CVCF A4 設備，發現係因電壓偵測訊號接頭接觸不良或斷線而發生閃絡短路事件，導致控制介面卡 A071 及相關線路有所受損，設備廠家已將 A071 所屬底板含相關模組拆回原廠檢修並進行肇因判讀。
2. 電廠電氣組 CVCF 維護單位承諾將研究是否涉及 RER 及 10CFR 21 通報，並提供設備廠家檢討報告予本會。
3. 電廠電氣組 CVCF 維護單位同步檢查其他 CVCF 並未發生異常狀況。
4. 電廠電氣組 CVCF 維護單位將於相關維護程序書中增訂大修及平時定

期保養(PM)項目。

針對前述 1R13-CVCF-0000 A4 故障失電事件，本會視察員於 103 年 5 月 27 日赴電廠巡視 1 號機主控制室查證時，CVCF A4 已更換完保險絲並重新送電運轉中。

二、汽機廠房 EL. 2500 桶槽洩水溢流事件

103 年 5 月 8 日本會視察員就 5 月 5 日下午汽機廠房 (TB) EL. 2500 發生桶槽洩水溢流事件赴現場視察，其原因為電廠執行整體性初始功能測試之抽真空作業，當循環水系統(CCW)主泵起動前應進行水箱抽真空作業，而將 P28-ACV-5042E/F 開啟 30%，並起動水箱真空泵，約 6~7 秒後因達到 7KPaA 跳脫設定點而跳脫，依程序溢流槽 TNK-5003 將水洩至下方洩水孔，但因水量過大，或可能洩水孔有堵塞，以致溢流至地面，並經由附近有兩個集水坑將殘水排出。惟因電廠執行水箱抽真空作業皆依標準程序進行，會發生溢流事件，電廠並檢討 P28-ACV-5042 開度以控制排水量，及洩水孔設計是否合適等改善措施。

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 55 次定期視察及試運轉測試作業之查證。此外，亦持續針對試運轉測試程序書進行審查，以確保試運轉測試程序書品質。而初始測試相關審查、視察發現缺失或需進一步澄清者，均依行政作業流程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，進而提升試運轉測試之嚴謹性及完整性。