

龍門核能電廠初始測試視察報告
(103 年第 1 季季報)

行政院原子能委員會 核能管制處

中華民國 103 年 9 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	4
一、管路沖洗	4
二、施工後測試	4
三、系統移交	5
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	7
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 1 季（1 至 3 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 3 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 3 月底，龍門電廠已完成 1 號機 124 個完整系統及 2 個部分系統移交作業（P16、R15）；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 3 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 259 份程序書，總完成比率約為 84%。

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 3 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 87 份，審查同意 19 份。

貳、本季實施之定期視察與專案視察

103 年 2 月 26 日至 3 月 5 日本會執行龍門計畫第 54 次定期視察，由本會核管處視察員組成視察團隊，主要係針對龍門電廠 1 號機一次圍阻體結構完整性測試作業進行視察，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，以及依擬定之「龍門電廠 1 號機 SIT/ILRT 專案團隊視察計畫」於測試期間 24 小時輪班現場查證作業符合性，乃至於最後確認測試完成後之評估報告與各項測試接受標準之符合性。

為配合龍門電廠執行 1 號機之一次圍阻體結構完整性測試時程，本會遂組成視察團隊執行龍門計畫第 54 次定期視察，並規劃於測試期間全程執行視察，本次視察結果簡述如下：

- 1.在整個加壓過程，台電公司測試作業依計畫完成階段壓力之升壓速率控制(17~18kPaG)、持壓時間 1 小時，以及 SIT-DAS 之各項數據資料讀取等，均符合依規定程序加壓控制操作與記錄之要求。
- 2.在升壓至最大壓力前，於圍阻體壓力達 153.3 kPaA 時，須執行一次圍阻體穿越件查漏及乾井氣鎖門與設備通道組件查漏作業，發現

在 Close 位置之 ACS 通大氣之內側過壓保護隔離閥 T31-ABV-0032 靠濕井側法蘭，整圈有洩漏情形，推估墊片老化損壞需更換，以及 T31-ABV-0007 上游溫度元件 T31-TE-0005 之 Thermal Well 也有洩漏情形，經台電公司召開工具箱會議(TBM)決定預定於 SIT 測試完成 24 小時靜置後前進行修復。

3. 依測試程序書規定圍阻體加壓至最大測試壓力期間，將分別依不同速率加壓控制，在 0~175kPaG 為< 20kPa/hr 的加壓速率控制；175~350 kPaG 為< 10kPa/hr 的加壓速率控制；350~356.39 kPaG 為< 5kPa/hr 的加壓速率控制(實際加壓值均會增加約 4~5kPa，以免洩漏量影響測試壓力值有效性)，經現場視察見證其測試控制及結果數據讀取等，均依規定作業執行。
4. 在升至最大測試壓力時，與各階段持壓後須作業項目最大不同為須再執行一次圍阻體目視檢查，本項為本會要求最大測試壓力下，有必要對測試邊界圍阻體外部結構之牆與樓版之外表面，再檢查確認有無影響結構評估之發現情形。測試作業歷經約 45 小時升壓後，於乾 / 濕井測試壓力達最大測試壓力值控制範圍 456.80/456.51kPaA 時，由奇異公司的 TA(技術顧問)與反應器廠房結構設計廠家-日本清水公司及台電公司等相關人員，執行一次圍阻體外表面共計六個樓層 76 個房間或區域的混凝土表面目視檢查，本會視察人員共計 5 員亦配合巡查作業，進行見證視察，並將視察發現之裂縫提供台電公司進行評估。
5. 在歷經最大壓力測試並完成持壓與圍阻體目視檢查及數據讀取記錄後，開始進行降壓作業，降壓期間於圍阻體設計壓力 309.9kPaG 時，一併執行乾/濕井之人員與設備氣鎖門相關鉸道洩漏測試，以及乾井維持 309.9kPaG 壓力，濕井陸續降至 137.3kPaG 時，執行試運轉測試程序書 POTP-144 乾/濕井間最大設計差壓之旁通洩漏測試，此項係試運轉測試項目之一。

6. 最後測試作業在乾/濕井均降至完全解壓到 0kPaG 後，除依程序讀取當時數據資料外，將先靜置 24 小時後再讀取測試數據資料，確認相關變形與變位回復情形，有無永久變形的情形，並再執行一次最後的圍阻體結構目視檢查，確認有無結構損壞現象，之後始可開啟圍阻體進行查漏或修理有洩漏之設備。現場視察作業情形並無發現有違反作業程序情形，測試過程應記錄項目亦依規定辦理。

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，並順利完成相關測試作業，至於詳細視察結果，請參閱本會「龍門計畫第 54 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，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 3 月底，須執行 MMI-PCT 之程序書

244 份，已完成測試的有 241 份，佔須執行程序書總數比率為 99%。

三、系統移交

截至 103 年 3 月底，1 號機部分共有 124 個完整系統完成移交，及 2 個部分系統（P16、R15）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 3 月底，已完成初步試運轉測試的程序書計有 259 份，仍在測試中則有 13 份，總完成比率為 84%。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 87 份系統功能試驗報告，其中已審查同意 19 份，分別為「飼水泵汽機測試」、「管路系統之膨脹、位移、動態影響測試」、「飼水泵汽機慢車迴轉系統」、「主汽機連鎖」、「主汽機數位電子液壓控制系統」、「主汽機保護設備」、「主汽機 EHC 閥體調整及測試」、「主汽機 EHC 液壓控制油系統」、「汽機潤滑油系統」、「蒸汽旁通與壓力控制系統」、「主汽機系統(MAIN TURB)」、「發電機氣體控制系統」、「勵磁變壓器保護」、「廢料集水池系統-RWB」、「高純度廢液處理系統」、「高純度廢液可逆洗過濾器」、「高純度廢液除礦器」、「汽機發電機數位控制系統盤面連線測試」、「汽機發電機網路連線測試」等系統功能試驗報告。

本季進行試運轉測試之系統有遙控停機系統（C61）、洩漏偵測與隔離系統（C73）、再循環流量控制系統（C81）、爐水淨化系統（G31）、反應器廠房廠用海水系統（P26）、反應爐保護系統(C71)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-071.10 全部安全相關匯流排同時喪失電源-且只有共用緊急柴油發電機可用測試」及「POTP-071.12 全部安全相關匯流排同時喪失電源(包含 S4)」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-103-01-0 及 LM-會核-103-02-0，要求台電公司針對上述視察缺失改善或澄清，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 3 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 1 季結束時已接近全數發行，預計 103 年第 2 季發行完畢，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

102 年 9 月 27 日現場視察龍門電廠 1 號機主控制室時，本會視察員發現反應爐廠房廠用海水系統（RBSW, P26）B 串跳脫，經查原因為施工處配管組人員檢修 P26-B 管路時，在檢控組及值班員完成隔離掛卡前，未取得紅卡副卡也未通知主控制室值班主任取得核准，即擅自操作關閉 P26-MBV-1006B2 閥，導致 P26-B 原運轉兩串熱交換器（HX-1B2/1B3）的 B2 串被隔離，造成 P26-B1 泵跳脫。

本會過去曾對類似前揭違反掛卡管制作業規定於 99 年開立 AN-LM-99-050（施工處人員在未向電廠檢控組申請消卡狀況下逕行操作掛有紅卡之配電盤）及 100 年開立 AN-LM-100- 062（施工處人員擅開龍門電廠 1 號機掛紅卡之 CRD 逆沖閥）等注意改進事項糾正，台電公司均承諾改善並加強宣導，然類似違反掛卡規定事件重覆發生，顯見先前承諾之宣導與教育仍不徹底，人員之作業安全意識不足，核安文化並未落實，故於 103 年 2 月 13 日開立違規事項 EF-LM-102-001 要求台電公司檢討改善。

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 54 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。

