

龍門核能電廠第 55 次定期視察報告  
(1 號機一次圍阻體整體洩漏率測試視察)

行政院原子能委員會核能管制處

中華民國 103 年 11 月

# 摘要

核能電廠一次圍阻體整體洩漏率測試 (ILRT) 係為驗證一次圍阻體系統之氣密完整性，以確保反應器發生設計基準事故時能發揮圍阻體包封功能，將外釋放射性物質導致的輻射劑量限制在法規要求的安全限值以下。依據核能法規要求，龍門電廠 1 號機初次燃料裝填前必須執行一次圍阻體整體洩漏率測試，屬於試運轉測試項目，本會將此測試項目列為需全程參與並查核其作業符合測試要求的重要視察工作項目。配合龍門電廠於 103 年 3 月接續 1 號機一次圍阻體結構完整性測試 (SIT) 後執行整體洩漏率測試，與本會第 54 次定期視察預計期程相當，同時考量本項視察需多人日夜輪班進行全程視察的情形，乃以龍門電廠 1 號機一次圍阻體 SIT 及 ILRT 測試做為本會龍門計畫第 54 次定期視察計畫的視察項目。惟 SIT 測試作業完成後，台電公司 ILRT 測試初期即評估洩漏率無法符合接受標準，須再查洩漏源，決定暫停並延後 ILRT 測試。經約 3 個月查漏與修補，於 103 年 6 月下旬再執行正式 ILRT 測試，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。

本項視察作業內容涵蓋 ILRT 測試先備條件及準備事項完成情形之查證；測試期間現場測試作業執行之見證與符合性查證；及測試結果報告與文件審查作業。第一階段之先備事項及測試準備事項包括 ILRT 測試作業程序書審查及法規與工業標準規定的測試前準備作業查證，皆經本會審查與見證確認符合。本會配合輪班於現場執行視察，查證測試作業符合法規與工業標準規定並確保人員設備安全，見證重要測試項目之執行與記錄，在測試完成後也視察復原作業之完整性。最後的測試結果與文件彙整，台

電公司將提送系統功能試驗報告，整合測試過程之作業查證、量測數據紀錄、計算與驗證結果，及其相關品保文件等，本會將進行報告審查，以確認龍門電廠 1 號機一次圍阻體整體洩漏率測試的完整性。

# 目 錄

	<u>頁次</u>
壹、前言 .....	1
貳、視察之測試作業說明 .....	3
參、視察情形與結果 .....	6
肆、結論 .....	15
伍、參考文件 .....	16
附件一 本次定期視察之 ILRT 專案團隊視察計畫 .....	17
附件二 視察活動照片 .....	20

## 壹、前言

依「核子反應器設施管制法」第七條及「核子反應器設施品質保證準則」規定，核子反應器設施經營者應建立符合核子反應器設施品質保證準則要求之品質保證方案，明定從事會影響核能安全有關功能作業之人員、部門及機構之權責，以及作業需達成之品質目標、執行功能及品質保證功能，期確保核能工程品質。台電公司乃根據「核子反應器設施品質保證準則」編寫「龍門工程品質保證方案」，並經原能會核備後，做為龍門核能電廠建廠工程中核能安全有關項目及作業之品質保證要求及執行依據。而為確保龍門核電廠興建品質，確保日後之運轉安全，原能會乃依據「核子反應器設施管制法」第十四條規定，派員執行工地駐廠視察、每三個月一次之團隊定期視察及相關之不定期視察等作業。

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（以下簡稱 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，本會針對這兩項測試執行專案團隊視察，詳見「龍門核能電廠第 54 次定期視察報告」（參考文件六）。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。因此本會循前例執行專案團隊視察，並擬定「龍門電廠 1 號機 ILRT 專案團隊視察計畫」如附件一。

本報告係本會執行龍門電廠 1 號機 ILRT 測試之視察情形

與結果。以下概述視察計畫之主要內容，包括：視察目的、視察依據、視察執行方式、視察項目與區域，以及視察時程等：

- 一、視察目的：經由本會視察員之現場觀察，確認台電公司確實依程序書執行測試、記錄與評估，以驗證測試之結果以及評估之正確性，並確保設備及人員安全。
- 二、視察依據：包括（1）本會核能管制處 NRD-IP-709「圍阻體整體洩漏率測試視察程序書」、（2）龍門核能發電廠試運轉測試程序書 POTP-074「一次圍阻體結構完整性及整體洩漏率測試」、（3）ILRT 測試法規及工業標準。
- 三、視察執行方式：由於現場 ILRT 測試為 24 小時日夜持續進行，故在龍門電廠測試期間，本會以輪值方式排班每班 2 位視察員執行視察。
- 四、視察項目與區域：主要依測試程序書查證測試作業之加壓、目視檢查與數據擷取等視察工作，包括視察主控制室與現場工作站設備之資料擷取、加壓站設備操作與升/降壓速率控制以及現場目視檢查並記錄，並對各執行單位、QC、QA 與 GEH 人員現場巡查、停留查證選點之查證作業簽署確認等進行視察，並適時參與測試相關會議。
- 五、視察時程：ILRT 正式測試於 103 年 6 月 20 日開始現場加壓作業，並於 6 月 26 日完成降壓至大氣壓力與相關測試數據之蒐集之測試時程。本會視察人員均按輪班表依序進行先備條件查驗與現場測試視察作業。

## 貳、視察之測試作業說明

一次圍阻體為核能電廠建構安全深度防禦中的一道重要屏障，確保於核子事故發生時，外釋至外界的放射性物質導致的輻射劑量不會超過法規要求的安全限值。核能法規對於一次圍阻體洩漏率的接受標準有嚴格的要求。我國核子反應器設施安全設計準則第四十五條規定：「圍阻體結構之設計，應確保於任何冷卻水流失事故狀況下，其洩漏率仍可符合設計限值並有足夠餘裕。」第四十七條規定：「圍阻體及其相關設備之設計，應能於圍阻體設計壓力下，執行定期整體洩漏率測試。」均為規範一次圍阻體洩漏率須符合限值要求之條文。

龍門電廠 1 號機一次圍阻體整體洩漏率測試 (Integrated Leak Rate Test, ILRT) 的目的係在初次燃料裝填前驗證一次圍阻體在設計壓力下的整體洩漏率符合法規限值規定。本測試作業屬於初次燃料裝填前之試運轉測試項目，台電公司龍門電廠編寫編號 POTP-074「一次圍阻體結構完整性及整體洩漏率測試程序書」(參考文件一)，規定先備條件查驗、加壓、持壓、輔助驗證、降壓、測試數據讀取與結果判定等作業程序。

龍門電廠一次圍阻體的設計壓力 (Pd) 為 411.225kPaA，設計廠家依據設計基準事故 (Design Basis Accident, DBA) 計算事故情況下可能的最高圍阻體承受壓力峰值 (Peak Pressure, Pa) 為 402.925kPaA。依據美國聯邦核能法規 10CFR50 附錄 J (參考文件三) 規定，初次燃料裝填前須執行之試運轉 ILRT 須分兩階段實施：先加壓一次圍阻體於「降壓」(Reduced Pressure, Pt) 下執行降壓測試 (Reduced Pressure Test) 測量降壓洩漏率 (Ltm)，目的在供後續營運期間之測試參考；再加

壓於峰壓 (Pa) 下執行峰壓測試 (Peak Pressure Test)，以測量圍阻體峰壓整體洩漏率 (Lam)。依規定降壓 (Pt) 值須不小於峰壓 (Pa) 的一半。這兩項洩漏率測量後，均須執行輔助驗證測試 (VLRT) 以驗證量測系統的準確度，確認 ILRT 量測的結果符合運轉規範洩漏率限值之規定。

10CFR50 附錄 J 規定，峰壓測試圍阻體整體洩漏率的接受標準為小於峰壓測試最大允許洩漏率 (La) 的 0.75 倍。依據龍門電廠運轉規範 SR.3.6.1.1.1 規定，La 為峰壓下，每天洩漏一次圍阻體內所含空氣重量之 0.5%。根據龍門電廠一次圍阻體容積 13310 立方公尺及工業標準計算公式，換算空氣重量為體積，經計算得  $La = 183600\text{SCCM}$  (Standard Cubic Centimeters per Minute)。

10CFR50 附錄 J 也規定，試運轉 ILRT 的測試方法須依據工業標準 1987 年版 ANSI/ANS-56.8 (參考文件四) 及 1972 年版 ANSI N45.4 (參考文件五) 之規定執行，這也是龍門電廠 ILRT 測試程序書所依循之文件。龍門電廠 ILRT 測試方法，以 ANSI/ANS-56.8(1987)之 Mass Point Method 為主，ANSI N45.4(1972)之 Total Time Method 為輔 (此方法僅供驗證)。

龍門電廠反應器一次圍阻體 (反應器鋼筋混凝土包封圍阻體簡稱 RCCV) 為低洩漏之鋼筋強化混凝土結構，其內牆表面另覆內襯鋼板，以確保氣密。圓柱型之圍阻體內部，有一橫隔樓板 (Diaphragm Floor) 及反應爐基座 (Reactor Pedestal) 將之區分成上乾井、下乾井及抑壓室 (Suppression Chamber) 等三個區域。維持一次圍阻體氣密性除了須確保圍阻體結構內牆表面鋼襯板沒有缺陷外，還有乾井頂蓋、機械管路穿越器、電氣設備穿越器、人員與設備通道之穿越器、氣鎖門，以及一次圍阻體穿越管路之隔離閥等可能造成洩漏

的來源，均須在 ILRT 測試前執行局部洩漏率測試 (LLRT)，以確認這些可能洩漏源的總洩漏率。LLRT 總洩漏率須低於法規限值，否則不允許執行 ILRT。

ILRT 測試期間本會進行現場見證，視察期間未發現有測試程序或測試結果有不符合情形，因其屬於系統試運轉測試項目，本會將對其系統功能試驗報告進行審查，故本定期視察報告僅陳述相關視察經過與結果。

### 參、視察情形與結果

龍門電廠 1 號機一次圍阻體整體洩漏率測試作業 (ILRT) 視察工作歷經先備事項及測試準備事項之完成情形查證；現場測試期間之輪班派員現場見證與作業符合性查證；測試結果與文件審查等三部分，分別敘述如下：

#### 一、ILRT 測試作業之先備條件及準備情形查證

龍門電廠 1 號機圍阻體整體洩漏率測試作業執行前之先備條件、測試設備數量與規格、安裝及檢查等，在法規及工業標準中都有明確規定。由於 ILRT 係接續於 SIT 後執行，故相關施工完成、管制追蹤案結案及系統文件移交等查證均已完成，如加壓設備狀況、進出管制等措施也已就緒，不再贅述。本會在本項測試之先備事項視察作業中，主要依序就 ILRT 程序書審查及現場測試設備準備情形執行查證，以下分別說明查證結果情形：

##### (一) 圍阻體整體洩漏率測試程序書審查

本會針對核能電廠一次圍阻體整體洩漏率測試，經參考國內外相關法規、工業標準與管制規定，訂定視察程序書編號 NRD-IP-709 之「圍阻體整體洩漏率測試視察程序書」(參考文件二)，依據該程序書之相關測試作業要求規定，審查台電公司龍門電廠之一次圍阻體整體洩漏率測試程序書 POTP-074 內容是否符合規定，主要審查意見如下，台電公司已依相關審查意見完成相關程序書之改善與修訂。

- 1.對於部分 ILRT 測試閥位佈置，並未模擬 DBA 事故狀況予以佈置，要求台電公司重新檢視各系統閥位佈置之正確性。
- 2.有關 ILRT 測試儀器之校正部分，其中針對乾球溫度偵測器、露點溫度偵測器、絕對壓力計、流量計等之解析度及重

複性校正規範要求，均未能較各測試儀器顯示器之解析度及重複性的要求更為保守，故校正規範要求並不合理。

- 3.因 ILRT 偵測器數量及位置之配置與 ILRT 圍阻體內偵測器配置圖不一致，要求台電公司確認 ILRT 偵測器數量及位置配置之正確性。
- 4.有關執行 ILRT 量測系統之安裝檢查（In-situ check）說明，相關檢查記錄表之 ILRT 偵測器數量及位置配置與 ILRT 圍阻體內偵測器配置圖不一致，要求台電公司確認 ILRT 偵測器數量及位置配置之正確性。
- 5.有關執行一次圍阻體檢查之注意事項說明，並未明確說明執行一般目視檢查人員資格要求，要求台電公司澄清說明。
- 6.有關執行一次圍阻體降壓測試說明：執行測試前通知主控制室起動 PCHV 進行一次圍阻體內部氣體沖淨，但測試程序中並未說明何時停止 PCHV 進行一次圍阻體內部氣體沖淨，要求台電公司確認測試程序之完整性。
- 7.有關執行一次圍阻體降壓測試說明：每 30 分鐘記錄圍阻體內/外大氣、環境狀況，但相關之二次圍阻體水銀柱壓力、乾球溫度、濕球溫度、反應器水位、反應器爐水溫度、抑壓池水位及抑壓池水溫度等所需監視儀器，並未表列相關儀器名稱編號，要求台電公司澄清說明。
- 8.有關 ILRT 接受標準說明，部分測試標準均需引用電廠之設計參數，諸如 La、Ld 等，建議程序書應能明確說明各項設計參數之確切數值，以供查核測試結果所需。

## （二）圍阻體整體洩漏率測試設備準備情形

ILRT 執行前主要的準備程序與測試設備作業分述如下：

- 1.儀器量測系統誤差評估與校正。龍門電廠 ILRT 使用量測系統（偵測器）共計乾球溫度 28 組、溼球溫度（露點溫度）9 組、絕對壓力計 2 組、流量計 2 組，均較工業標準規定的最少必要數量為多，以備儀器故障時有合格替代品。誤差評估項目包括感測元件精確度（Accuracy）、系統靈敏度（Sensitivity）、重複性（Repeatability）及解析度（Resolution），在工業標準 ANSI/ANSI-56.8(1987)內有各項儀器與評估項目之規範。龍門電廠為本項評估作業編寫 CP-09 工作指引「ILRT 儀器量測系統誤差評估作業指引」。測試儀器須依規範完成校正，有效期限為 6 個月。電廠儀控組於執行所有量測系統誤差評估後，將紀錄影本裝冊，連同儀器校正紀錄提送本會駐廠辦公室，經本會視察員檢閱，無明顯缺失。
- 2.於 ILRT 執行前 1 個月內，完成圍阻體內偵測器配置後，執行 ILRT 量測系統之安裝後現場檢查（In-Situ Check），即針對每個偵測器及其讀數，使用國家實驗室校正合格之標準儀器比對，可經由 ILRT 工作站確認其差異未超過工業標準規定之各項規範，並留存紀錄。由於龍門電廠 1 號機 ILRT 在 103 年 3 月及 6 月各執行 1 次，均於執行前 1 個月內進行現場檢查，經本會視察員至上乾井現場抽檢及觀察現場以恆溫爐進行量測之作業情形，無明顯缺失。
- 3.執行 ILRT 資料處理系統驗證，包括硬體驗證、軟體靜態驗證及動態驗證，以確認資料處理系統的功能符合設計要求，亦符合 ANSI/ANS-56.8(1987)規定。本會視察員於 2 月視察電廠機械組及改善組人員進行 ILRT 程式靜態驗證之溫度穩定、儀器選用指引、Data Rejection 及 ILRT Dataset 計算驗證，與工業標準 sample 比對，均符合工業標準之規定。

4. 相關機械設備配置檢查，測試邊界隔離閥閥位配置並掛紅卡（執行 ILRT 共應掛 1075 張紅卡）。本會視察員於 ILRT 測試前至濕井查證程序書先備條件 5.16.2 節「T31 之 8 個乾/濕井真空破壞閥皆在正常關閉位置」，均正確無誤。
5. 一次圍阻體內部之蓄壓組件/容器（如 MSIV、SRV 之氮氣儲槽），視現場狀況予以移至圍阻體外、或洩壓、排氣。本會視察員於 ILRT 測試前利用駐廠視察期間，至上乾井視察 SRV 等相關設備，並要求提供蓄壓組件/容器清單比對，均依規定進行處理。
6. ILRT 測試前確認儀器選擇指引（ISG）小於 0.25La，完成局部洩漏測試（LLRT）且總合洩漏率小於 0.6La。本會視察員查證結果，龍門電廠 1 號機執行 ILRT 前均滿足這兩項要求。
7. ILRT 執行前對一次圍阻體結構可接近的之內外表面作一全面檢查，以發掘任何可能影響圍阻體結構完整性和氣密性的結構劣化。本項於加壓前執行，待檢查完畢評估發現劣化情形不影響測試，經執行者於程序書簽署後，測試主持人才決定開始加壓，本會視察員於現場見證。

## 二、一次圍阻體整體洩漏率測試作業現場查證

龍門電廠 1 號機一次圍阻體整體洩漏率測試作業為本會設定之停留查證作業，本會擬定「龍門電廠 1 號機 ILRT 專案團隊視察計畫」，於龍門電廠測試期間，以 24 小時日夜輪值方式排班執行視察，重要 ILRT 視察情形摘錄如下：

- （一）龍門電廠 1 號機一次圍阻體 SIT 測試於 3 月 5 日完成降壓開始靜置兩日與相關測試數據之蒐集後，電廠 3 月 7 日開始進行 ILRT 先備條件查證及閥位配置作業。依程序書 654.06.04 執行一次圍阻體內表面襯板及穿越

件一般目視檢查，發現上乾井 Hatch 附近有 3 處塗裝品質不佳，出現顏色異狀、薄片脫落，已於檢驗表上註記及拍照，以拋光進行修補，待 ILRT 結束後再進行補漆，GEH 顧問評估不影響測試。另濕井內表面襯板也有幾處類似，均加以處理。並於 08:46 開始 ILRT 加壓。圍阻體壓力在 150kPaA 時持壓查漏，本會視察員隨同視察。期間發現 RB 411 房間 thermal well 1T31-TE-0007 螺栓鎖接部位有洩漏，經檢修並更換止洩帶，但加壓後還是發現微漏。

- (二) 3 月 7 日 20:45 壓力到達 269.7PaA，進行一次圍阻體降壓 Pt 穩定持壓條件判定。至 3 月 8 日 01:10 視察一次圍阻體已滿足 Pt 穩定持壓條件「最後 4 小時與最後 1 小時之 weighted temperature 平均變化率  $\leq 0.3^{\circ}\text{C/hr}$ 」。觀察粗估降壓洩漏率  $L_{tm}$  差距預估  $0.75L_t = 0.246\text{wt\%/day}$  頗大，因此評估 Pt 測試應無法符合要求。電廠決定暫停測試，但在 Pt 仍加壓狀態下進行查漏，未發現明顯洩漏源。
- (三) 3 月 11 日在一次圍阻體仍有壓力下電廠發現 RB 內圍六樓地面噴泡沫水後有數處冒泡現象，研判為上乾井 RCCV 襯板銲道瑕疵導致洩漏。進入上乾井全面查漏發現於 EL. 15600 77° 牆面有為接地線鑽孔貫穿襯板之孔洞，但經測試其洩漏率仍不足彌補差距，顯示仍有洩漏源。
- (四) 經過施工處及電廠規劃使用氦氣查漏、負壓查漏及正壓查漏三種方法，查出上乾井頂層共 5 處洩漏源，為支架銲道瑕疵導致洩漏，乃進行正式法規修補，補銲並進行非破壞性檢測 (NDE)，並訂 6 月 20 日開始執

行 ILRT 正式測試。

- (五) 龍門電廠於 6 月 20 日上午進行 ILRT 聯合工具箱會議，本會視察員抽樣查證程序書先備條件，均符合規定。一次圍阻體內表面襯板及穿越件一般目視檢查發現數處塗裝品質不佳，出現顏色異狀、薄片脫落，已於檢驗表上註記及拍照，經判定不影響 ILRT 測試，待測試結束後再進行補漆。而一次圍阻體外表面混凝土牆目視檢查，無發現劣化情況。加壓前各項閥位配置經派員到現場及主控制室操作，確認後回報並簽署。本會視察員到現場查證 1T31-ABV-0031 下游 vent 閥 BV-0504 已開啟，符合程序書要求。隨即於 12:01 開始進行 ILRT 加壓。本會視察員至加壓站視察，測試人員以清潔白布蓋在下游逸氣閥出口，確認加壓空氣無油、水沉積。
- (六) 圍阻體壓力在 150kPaA 時持壓查漏，本會視察員隨同視察。期間發現 1T62-BV-0441 下游 cap 微漏（以夾具再鎖緊後止漏），1P51-BV-0138 下游 cap 微漏，無法止漏，因洩漏量很小，電廠評估後決定保持原狀繼續升壓。
- (七) 21 日 03:03 加壓至降壓 (Pt)，持壓至 07:12 達到 Pt 穩定持壓條件，開始量取 24 小時洩漏率數據。至 22 日 07:20 達 24 小時，共取 97 組數據，符合最少數量要求，計算 Ltm。數據顯示一次圍阻體空氣溫度平均變化率為 0.134°C/hr，符合穩定條件要求 (<0.3°C/hr)。LLRT penalty = 1497.4SCCM。1% 及 5% Reject Data Sets 皆為 0。測試結果 Ltm = 32569.8SCCM，即 0.1367%/day，95%UCL = 0.138424%/day。08:15 進行 Pt VLRT 引流，

流量計顯示引流流量為 139.55SLPM，至 13:00 達 4 小時，共取 17 組數據，實測驗證洩漏率  $L_c = 164820\text{SCCM}$ ，即  $0.69246\%/day$ ，符合接受標準 ( $L_o + L_{tm} \pm 25\%L_t = 0.7236 \pm 25\%L_t$ )。

- (八) 本會視察員發現洩漏率驗證測試 (VLRT) 所使用之組流量計，其中 1 組 (0T62-FT-0001A) 因感測元件卡片故障送修，未置入使用；雖仍符合最少 1 組流量計規定，但電算組承諾於 Pa VLRT 前由核二廠調用流量計補行 In-situ check，依程序書規範確認儀器可用性。
- (九) 22 日 14:13 繼續升壓到峰壓 Pa，23 日 05:14 達 Pa 測試壓力值，停止加壓。剔除不合格數據後，自 5:35 起算，到 9:35 持壓達 4 小時。報表顯示一次圍阻體空氣溫度最後 4 小時與最後 1 小時之 weighted 平均變化率為  $0.049^\circ\text{C/hr}$ ，符合  $<0.3^\circ\text{C/hr}$  要求，達到 Pa 穩定持壓條件，開始進入 24 小時 Lam 洩漏率測量。本會視察員於 12:23 到工作站視察，電廠以 Mass Point 法計算加 95%UCL 及 LLRT Penalty 的洩漏率持續降低，已在  $0.2\%/day$  以下 (每 5 分鐘取 1 點)，較接受標準  $0.375\%/day$  低許多。另電廠從核二廠調用之流量計，已完成校正作業並於當晚抵廠。
- (十) 24 日本會視察員於 09:58 到測試站視察，乾/濕井壓力為  $407.630\text{kPaA} / 407.690\text{kPaA}$ ，仍在  $405\sim 410\text{kPaA}$  範圍，符合 Pa 有效範圍。經 data reject 排除後 Lam 測量時間變更為 23 日 10:15 到 24 日 10:15，共取 97 組數據，符合最少數量要求。計算結果  $L_{am} = 51581.931\text{SCCM}$ ，即  $0.142088\%/day$ ，95%UCL =  $0.142725\%/day$ ，加上 penalty 修正 Pa 洩漏率為

0.14685%/day，符合接受標準（小於 0.375%/day）。並開始進行 Pa VLRT 測試，VLRT 引流時間為 10:50，引流量目標值為 1.0La。待穩定後於 11:20 起算流量，引流流量  $L_o = 183431\text{SCCM}$ ，即 0.50613%/day，預計做到 15:20。測試車流量計顯示引流流量為 183.44SLPM。至 15:20，共取 17 組數據，符合要求，實測驗證洩漏率  $L_c = 224939\text{SCCM}$ ，即 0.6207%/day，符合接受標準（ $L_o + L_{am} \pm 25\%L_a = 0.6482\%/day \pm 25\%L_a = 0.523\sim 0.773\%/day$ ）。

（十一）24 日 16:20 電算組於測試站補做第 2 台流量計（由核二廠調用）安裝後檢查與比對（In-situ check），作法為與目前使用中流量計串接，比對讀數，誤差在 5% 以內，符合程序書規定。

（十二）24 日 17:38 開始執行一次圍阻體洩壓，至 25 日下午降至大氣壓力。經本會視察員現場確認，過程符合作業要求，確保人員及設備安全。

（十三）ILRT 測試期間，本會視察員見證升/降壓過程中，升/降壓速率均符合速率規定：圍阻體壓力在 276.325kPaA 以下，升/降壓速率不超過 20kPa/hr；圍阻體壓力在 276.325kPaA 至 451.3kPaA 間，升/降壓速率不超過 10kPa/hr；圍阻體壓力在 451.3kPaA 以上，升/降壓速率不超過 5kPa/hr 之規定。

### 三、測試結果與文件審查

台電公司各相關單位與人員在「龍門電廠 1 號機圍阻體整體洩漏率測試作業」測試期間，整體上包含測試作業之操作與控制，以及見證檢查，均依程序書進行檢查、操作、記錄、確認簽署的工作，包括品保人員的停留查證點見證及簽

署。測試過程有數項須修改程序書之處，但多為文字錯誤，沒有足以影響測試結果的重大修訂，且均依程序規定完成修改，在本會視察人員現場查證作業期間，沒有發現有不符合同程序作業的情形。

本項 ILRT 測試最主要的比對項目：峰壓 Pa 洩漏率測試值 Lam 為 0.14685%/day，符合接受標準（小於 0.375%/day），過程中重要的各項驗證數據也均符合接受標準。然而，最後的測試結果與文件，台電公司將彙整後提送系統功能試驗報告，包括整合測試過程之作業查證、量測數據紀錄、計算與驗證結果，及其相關品保文件等，本會將進行系統功能試驗報告審查，以確認龍門電廠 1 號機一次圍阻體整體洩漏率測試的完整性。

## 肆、結論

本次（第 55 次）定期視察作業，主要係針對龍門電廠 1 號機一次圍阻體整體洩漏率測試作業，執行一連串的視察活動，包括現場視察前與台電公司開會進行測試計畫作業相關討論、正式測試前先備條件、設備準備作業與測試程序書審查，以及依擬定之「龍門電廠 1 號機 ILRT 專案團隊視察計畫」於測試期間 24 小時輪班現場查證測試作業符合性，乃至於最後測試結果數據確認及復原作業視察，以確認整體測試過程符合法規與品保要求。

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 Lam 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。惟最後的測試結果完整性與法規要求之符合性，仍待本會對一次圍阻體整體洩漏率測試系統功能試驗報告之審查後確認。

## 伍、參考文件

- 一、龍門電廠 1 號機「一次圍阻體結構完整性及整體洩漏率測試」試運轉測試程序書 (POTP-074, 第 2 版)
- 二、本會核能管制處視察作業程序書「圍阻體整體洩漏率測試視察程序書」(NRD-IP-709)
- 三、10CFR50, Appendix J, Primary Reactor Containment Leakage Testing for Water-Cooled Power Reactors (2003)
- 四、ANSI/ANS-56.8, Containment System Leakage Testing Requirements (1987)
- 五、ANSI N45.4, Leakage Rate Testing of Containment Structure for Nuclear Reactors (1972)
- 六、龍門核能電廠第 54 次定期視察報告 (1 號機一次圍阻體結構完整性測試視察) 103 年 9 月

## 附件一

### 龍門電廠 1 號機 ILRT 測試專案團隊視察計畫

#### 一、目的：

執行龍門電廠 1 號機 ILRT(一次圍阻體整體洩漏率測試) 試運轉測試視察作業，經由視察員之現場觀察，確認台電公司確實依程序書執行測試記錄與評估，以驗證測試程序及結果評估之正確性，並確保設備及人員安全。

#### 二、視察依據：

1. 本會核能管制處視察作業程序書 NRD-IP-709 「圍阻體整體洩漏率測試視察程序書」。
2. 龍門核能發電廠試運轉測試程序書 POTP-074 「一次圍阻體結構完整性及整體洩漏率測試 (SIT & ILRT)」，第 2 版。
3. 10CFR50, Appendix J, Primary Reactor Containment Leakage Testing for Water-Cooled Power Reactors.
4. ANSI/ANS-56.8, Containment System Leakage Testing Requirements (1987).
5. ANSI N45.4, Leakage Rate Testing of Containment Structure for Nuclear Reactors (1972).

#### 三、測試及視察時間：

龍門電廠 1 號機 ILRT 試運轉測試規劃於 103 年 6 月 20 日到 6 月 26 日正式執行。預計自 6 月 20 日 11 時開始加壓，6 月 26 日上午降至大氣壓力，結束測試。

#### 四、視察執行方式：

- 1.由於 ILRT 測試為 24 小時日夜持續進行，本會視察以輪值方式排班執行視察。
- 2.視察輪值時段分白天班（7:30~20:30）及夜間班（20:00~8:00），各時段配置視察員兩名，第一位為當值負責人，熟悉龍門電廠，帶領第二位組員執行視察。
- 3.本會 ILRT 視察負責人為洪○○技正，測試執行期間為白天班當值負責人。
- 4.交接班時間為上午 07:30~08:00 及晚上 20:00~20:30，須交代前一時段進行情形及須注意事項。
- 5.各時段當值負責人須提供視察報告表一份，交測試視察負責人，做為視察紀錄、書面交接資料及最終視察報告依據。
- 6.測試期間本會視察作業中心為 1 號機 ACB 四樓駐廠辦公室。
- 7.用餐及休息時間由同組視察員自行協調。
- 8.視察員對於排定時間若有不便，可自行協商調換（但不可同值兩員均為資淺人員），並須知會測試視察負責人。
- 9.測試期間若發生非預期狀況而延長測試期程，視察員排班依輪值表循環持續進行視察。

#### 五、視察項目與區域：

- 1.視察任務包括主要測試作業（加壓、目視檢視等）視察、現場巡查（主控制室、加壓站、數據擷取站等）及參加測試相關會議。
- 2.ILRT 測試視察負責人於測試前視察測試先備條件及準備情形。

#### 六、視察要領與文件：

視察前會議另擇日舉行，將說明 ILRT 測試程序與視察要

領，測試相關資料（程序書、視察指引、表格及簡報等）  
電子檔將另寄送視察員。

## 附件二 視察活動照片



照片 1：現場查證閥位配置：1T31-ABV-0031 下游 BV-0504 開啟



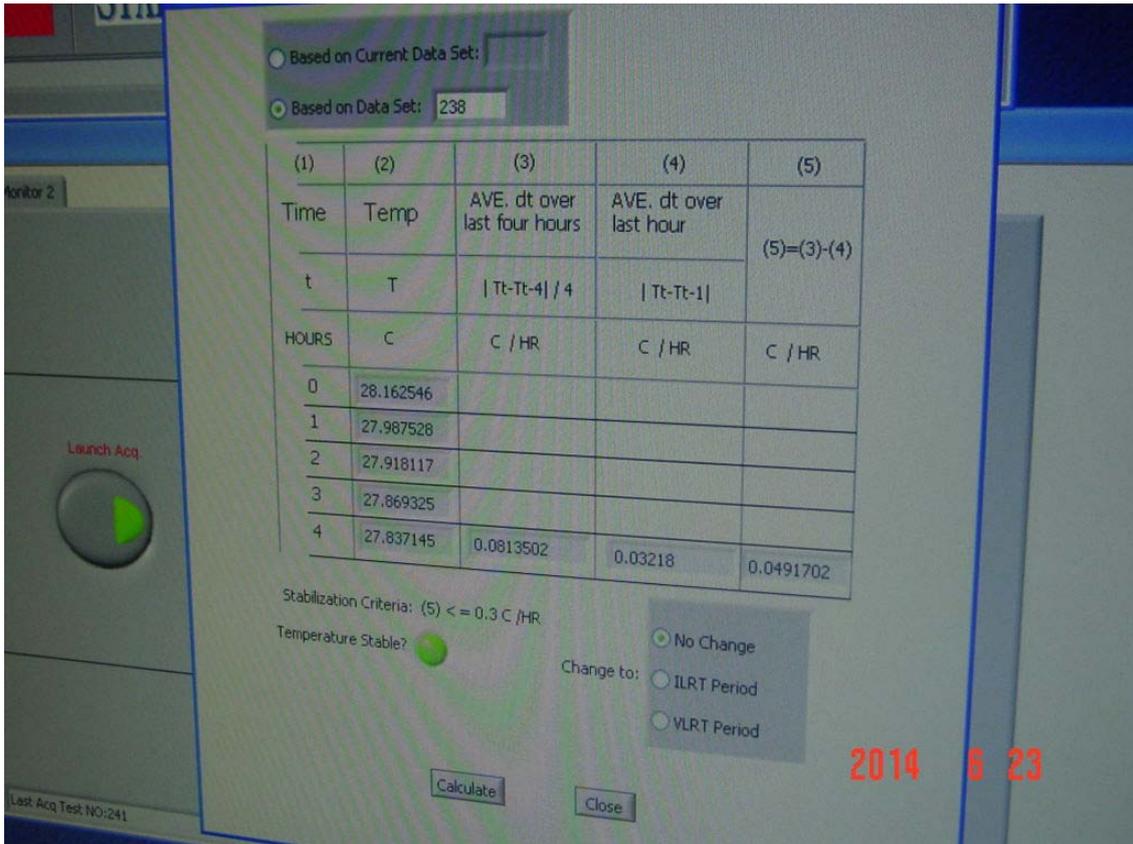
照片 2：測試人員以清潔白布蓋確認加壓空氣無油、水沉積



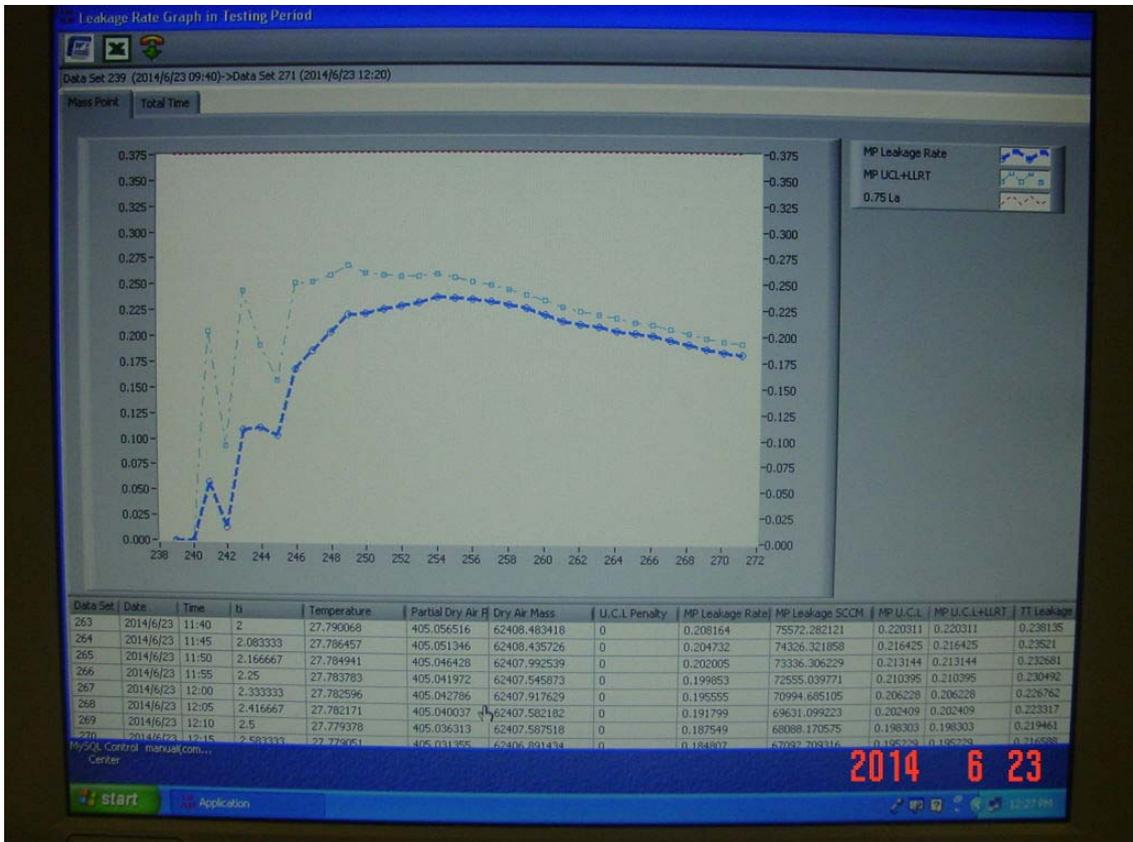
照片 3：查漏人員查看主蒸汽隧道內 MSIV



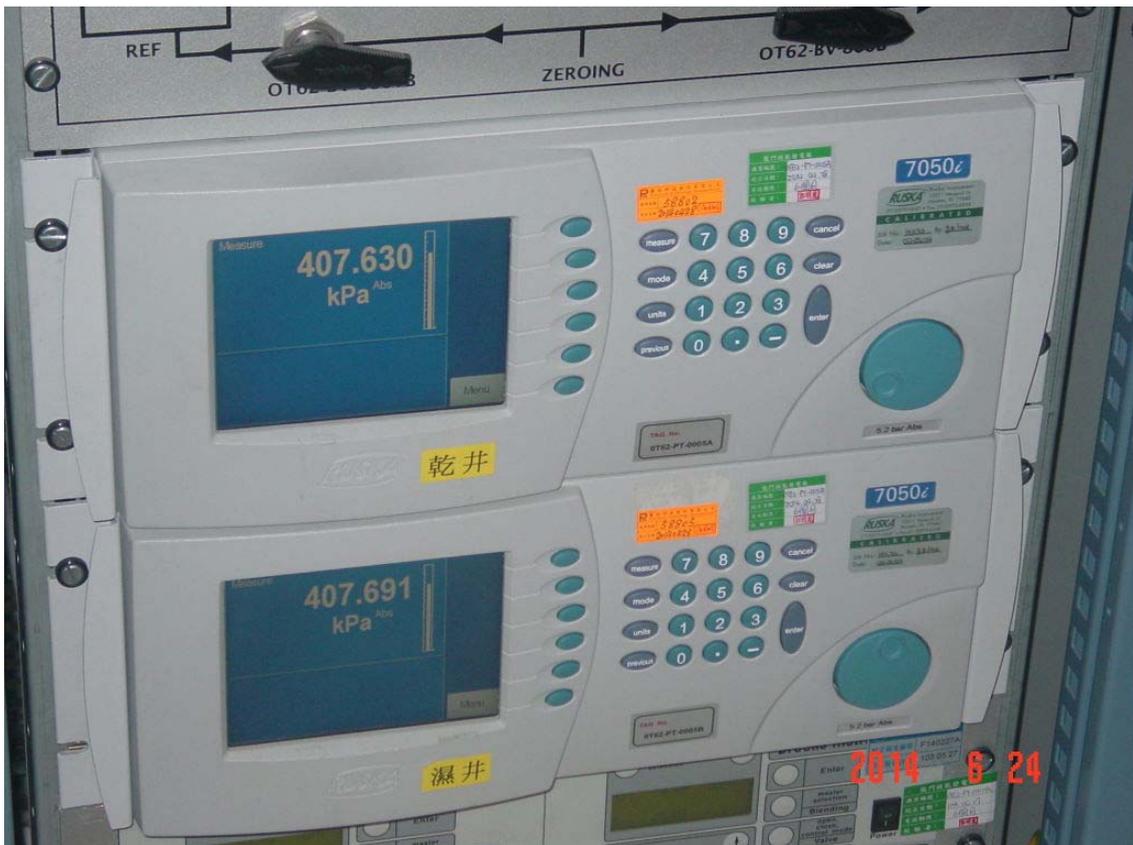
照片 4：1T62-BV-0441 下游 cap 微漏



照片 5：軟體顯示峰壓狀態下持壓 4 小時達穩定



照片 6：Mass Point 法 Pa 洩漏率  $< 0.2\%/day$ ，較接受標準  $0.375\%/day$  低



照片 7：24 日上午壓力值，符合 Pa 有效範圍（405~410kPaA）



照片 8：本會視察員進行加壓站作業視察



照片 9：本會視察員進程序書紀錄查證



照片 10：本會視察員進行測試工作站數據擷取作業視察



照片 11：核二廠調用之流量計及其校驗標籤