

龍門電廠 1 號機執行喪失廠外電源或/且冷卻水流失事故試運轉測試之專案視察報告

行政院原子能委員會核能管制處

中華民國 104 年 6 月 12 日

目 錄

頁次

壹、前言	1
貳、視察依據及計畫	3
叁、視察過程與發現	6
肆、結論與建議	16
伍、視察照片	17

壹、前言

龍門電廠係依美國奇異公司進步型沸水式反應器（Advanced Boiling Water Reactor, ABWR）設計建造，根據美國奇異公司之進步型沸水式反應器測試規範（ABWR「Nuclear Island Systems Preoperational Test Specification」）要求，須於試運轉測試階段驗證核能電廠喪失安全級匯流排電源（Loss of Offsite Power, LOOP）或/且冷卻水流失事故（Loss of Coolant Accident, LOCA）的狀況下，確認核能電廠之電力系統和緊急爐心冷卻系統（Emergency Core Cooling System, ECCS）等整體反應符合設計與法規要求；以及核能電廠各區特殊安全設施（Engineered Safety Feature, ESF）之電源和其相關負載群，須能符合多重性（redundant）及獨立性（independent）之設計需求。本項測試係以核能電廠發生喪失廠外電源或/且發生反應爐冷卻水流失事故時，進行下列項目之驗證：（1）各區 ESF 安全相關系統於 LOOP 或/且 LOCA 時，均能依設計負載時序（Load Sequence）依序啟動運轉；（2）ESF 安全相關系統設備依序加載啟動運轉時，緊急柴油發電機（EDG）須有足夠的反應能力，以維持安全匯流排之電壓、頻率，可符合規範要求之限值內。此項測試也是驗證核能電廠若遇到設計基準事故時，電廠 ESF 安全相關系統能如設計要求發揮功能，以確保反應爐之爐心安全，此外，核能電廠之 LOOP 或/且 LOCA 整體試運轉測試結果，亦必須符合終期安全分析報告（FSAR）之要求。

龍門電廠根據奇異公司 ABWR 標準進行設計，每部機具有 3 區 4.16kV 安全級（Class 1E）匯流排，分別為 A4/B4/C4 安全匯流排，其主要提供該區特殊安全設施之電源，且各區負載群均相互獨立，並於每區配置一部安全級緊急柴油發電機；另兩部機共用之 S4 安全匯流排亦配置共用緊急柴油發電機（SDG），可作為替代 1、2 號機 A4/B4/C4 安全匯流排之 EDG 功能。本項試運轉測試主要目的係當機組有乾井高壓力、反應爐低水位、喪失正常及替代電源（Bus LOOP）或匯流排低電壓（Dead BUS）等訊號時，將會自動啟動相對應之安全匯流排配置的緊急柴油發電機，以及（或）自動引動緊急爐心冷卻系統，以確保反應爐之爐心安全。

本項試運轉測試屬於整合性測試，攸關機組日後運轉安全，本會為確保相關測試作業及結果，可符合相關法規要求，遂組成專案視察團隊，並依擬定之 LOOP

或/且 LOCA 專案視察計畫，配合現場測試作業之進行，分別於 1 號機主控制室、柴油發電機設備及現場設備等處，分成 3 小組同時進行視察。在龍門電廠尚未開始執行 LOOP 或/且 LOCA 整體試運轉測試前，本會視察團隊即執行一連串的視察活動，包括 LOOP 或/且 LOCA 試運轉測試程序書之審閱，並於視察前與台電公司就程序書內容進行數次討論，以釐清相關疑義；於測試結束後，則再與台電公司就 LOOP 或/且 LOCA 試運轉測試之過程及結果進行討論，以確認整體測試作業均能符合管制要求。

貳、視察依據及計畫

一、依據文件

依本會視察程序書 NRD-IP-702「核能電廠試運轉測試計畫視察程序書」及 NRD-IP-705「核能電廠試運轉測試視察程序書」之要求，視察員必須執行試運轉測試現場查證，以確認電廠確實依程序書執行測試、審查、評估及判定測試結果等一系列作業。

台電公司龍門電廠根據美國奇異公司之 ABWR「Nuclear Island Systems Preoperational Test Specification」內容與要求，針對電廠喪失廠外電源或/且冷卻水流失事故(LOOP 或/且 LOCA)等事故基準編撰試運轉測試程序書，依其程序先經電廠運轉安全審查委員會(SORC)及龍門計畫試運轉審查暨協調委員會(NSARC，此組織成員包含原設計廠家)審查同意，再提送本會視察參考。本系列試運轉測試共計 11 份程序書，程序書編號及名稱分別如下：

POTP-071.01	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	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	C4 匯流排(DIV. III)喪失電源測試及之後發生冷卻水流失事故測試
POTP-071.05	冷卻水流失事故測試(包含 S4 替代 A4/B4/C4)
POTP-071.06	同時發生冷卻水流失事故和全部安全相關匯流排喪失電源測試(包含 S4 LOOP)
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(包含 S4 替代 B4)
POTP-071.12	全部安全相關匯流排喪失電源測試(包含 S4)
POTP-071.13	同時發生冷卻水流失事故和喪失廠外電源-A4 匯流排(DIV. I)隔離且失能測試(包含 S4 替代 B4)
POTP-071.14	同時發生冷卻水流失事故和喪失廠外電源-B4 匯流排(DIV. II)隔離且失能測試
POTP-071.15	同時發生冷卻水流失事故和喪失廠外電源-C4 匯流排(DIV. III)隔離且失能測試
POTP-071.16	S4 匯流排及其替代至 A4/B4/C4 匯流排喪失電源測試

二、視察計畫

本計畫實施係配合台電公司之實際測試時程（本項試運轉測試於 103 年 4 月 19 日至 6 月 11 日期間執行），並根據現場測試作業需求，分別於 1 號機主控制室、柴油發電機設備及現場設備等 3 處同時進行視察，視察期間並將所發現之相關測試問題包含設備異常檢修、邏輯錯誤修正、程序書執行步驟修正等，均列入試運轉測試之視察報告。

本次龍門電廠 LOOP 或/且 LOCA 試運轉測試專案視察重點及分工，簡述如下：

（一）控制室查證

1. 視察人員：2 名資深視察員、2 名視察員

依據各測試項目所引動之設備，分別對 ECCS 系統、一次圍阻體隔離系統（LDI）、EDG、安全支援系統及非安全設備等分組進行查證。

2. 查證重點：

- 程序書步驟及內容查證。
- 確認 ESF 安全相關設備之負載啟動順序，符合程序書與 FSAR 要求。
- 被隔離之設備其標示、掛紅卡之管制狀態查證。
- 控制室警報正確性查對與評估。
- 值班主任及測試主持人（TD）對控制室之掌控，包含異常設備與警報之處理。

（二）現場查證

1. 視察人員：1 名資深視察員、1 名視察員

2. 查證重點：

- 確認引動之設備運轉情形是否有異常（包含異音、異常振動、漏水等）。
- 確認現場人員與控制室之聯繫是否正常。
- 確認現場不應被引動或影響之設備，是否異常啟動或動作。

（三）柴油發電機設備查證

1. 視察人員：1 名資深視察員、1 名視察員

2. 查證重點：

- 確認 EDG 在 LOOP 或/且 LOCA 訊號下之負載時序與反應時間的正確性。
- 確認 EDG 在 LOOP 或/且 LOCA 訊號下，負載啟動及加載時，EDG 之參數變化與規範及 FSAR 要求之符合性。

參、視察過程與發現

台電公司規劃龍門電廠執行 LOOP 或/且 LOCA 整體性試運轉測試程序書計有 11 份 (POTP-071 系列)，為確保相關測試符合法規要求，本會就前述程序書內容進行審閱，相關疑義並要求台電公司檢討及澄清，台電公司除已釐清前述相關疑義外，並重新檢視及修改相關測試程序書內容。另外，對於執行本項測試之 15 個先備系統，須於測試前完成試運轉測試或能支援本項測試之進行，此部分之相關評估結果於測試前已依程序審查完成。本會於台電公司執行 LOOP 或/且 LOCA 試運轉測前，陸續就本項測試之先備條件，逐項確認其符合性。

本會為確保此項重要試運轉測試之完整性與正確性，於 103 年 4 月 19 日至 6 月 11 日龍門電廠執行 1 號機 LOOP 或/且 LOCA 整體試運轉測試時，執行專案視察，視察結果簡述如下：

(一) 「A4/B4/C4 匯流排(DIV. I / II / III)喪失電源測試及之後發生冷卻水流失事故測試」，本會視察結果如下：

1. 程序書主要驗證 A4/B4/C4 安全匯流排在 LOOP 情形下，發生 LOCA 事故時，EDG-A/B/C 台之運轉能力及 ESF 安全相關設備之啟動時序等與 FSAR 要求之符合性。
2. 台電公司於 4 月 19 日執行「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」，對於 ESF 安全相關設備之負載啟動時序，經現場查證後確認相關設備之負載啟動順序，符合程序書與 FSAR 要求；另測試期間 EDG-A 台之電壓、頻率的變化，亦符合程序書與 FSAR 要求。
3. 台電公司於 6 月 3 日執行「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」時，發現當高壓爐心灌水系統(HPCF)B 泵依序啟動時，EDG-B 台之電壓變化符合接受標準，但其頻率之變化則降至 57Hz 以下，不符接受標準。對此電廠已開立不符合品質案件通知單(NCD-OP-130)管控，電廠維護部門隨即調整 EDG-B 調速器(Governor)，並利用後續執行之 POTP-071.06/13/15 等程序書，於 HPCF B 泵依序啟動時，再次驗證 EDG-B 之頻率變化與程序書及 FSAR

要求之符合性。台電公司執行前述所列程序書時，於 HPCF B 泵依序啟動測試下，EDG-B 台之頻率均大於 57 Hz，符合接受標準。由於 POTP-071.06/13/15 等程序書與 POTP-071.02 對於此部分之驗證步驟相同，故可證明 EDG-B 台於 HPCF B 泵依序啟動時，其頻率確實可大於 57 Hz 之要求，因 EDG-B 台啟動測試之能力可由前述其他程序書執行確認，故 POTP-071.02 測試程序書之此部分，可以不再重測；至於 ESF 安全相關設備之負載啟動時序，經現場查證後確認相關設備之負載啟動順序，符合程序書與 FSAR 要求。

4. 台電公司於 5 月 1 日執行「C4 匯流排(DIV. III)喪失電源測試及之後發生冷卻水流失事故測試」：

(1) 有關 ESF 安全相關設備之負載啟動時序，經現場查證後確認相關設備之負載啟動順序，符合程序書與 FSAR 要求；惟當高壓爐心灌水系統 C 泵依序啟動時，發現 EDG-C 台之電壓變化符合接受標準，但其頻率之變化則降至 57Hz 以下，不符接受標準。電廠須解決前述問題後，再執行測試驗證 EDG-C 台之能力。

(2) 台電公司在執行 C4 安全匯流排 70%電壓之負載卸載 (Load Shielding)測試時，於執行步驟 C3-22(模擬訊號產生外電 LOOP，柴油機直接加載而非跳脫)，當安全匯流排接受喪失外電並引動相關設備時，發現反應器廠房廠用海水系統 (RBSW) C1/C2 泵跳脫後，未再依設計邏輯啟動，造成該次測試失敗。對此，經電廠維護部門查修後，發現 RBSW C1 泵之跳脫原因，係因出口閥 MBV-5004C1 關閉之極限開關(close limit switch)定位異常，造成無法啟動；另 RBSW C2 泵，則係因儀控系統之電子卡片訊號異常，造成無法啟動。前述問題經電廠重新設定極限開關及更換儀控卡片後，於 5 月 6 日再重新執行 C3-22 步驟，測試結果 RBSW C1/C2 泵均已依設計邏輯啟動，本項測試經重新執行並順利完成相關測試。

(3) 此外，於測試過程中，本會視察員發現台電公司為避免緊要寒水

系統(P25) 寒水機(Chiller) C1 串跳脫，於測試前先將其停止，此過程與程序書不符，本會開立注意進事項編號 AN-LM-103-005-0 要求台電公司檢討改善。對此，台電公司經檢討後依注意進事項處理程序辦理，其係因執行本項測試 P25 系統寒水機將會因喪失 RBCW 冷卻水後跳脫，且此預期自動跳脫之邏輯於測試期間已被驗證，故台電公司先停止寒水機運轉，並不會影響測試結果。

(二) 「冷卻水流失事故測試(包含 S4 替代 A4/B4/C4)」，本會視察結果如下：

1. 本份程序書主要驗證 A4/B4/C4 安全匯流排(包含 S4 替代 A4/B4/C4)發生 LOCA 事故時，各區 ESF 安全相關設備啟動時序與 FSAR 要求之符合性。
2. 4 月 19 日台電公司執行 A4 安全匯流排發生 LOCA 事故之試運轉測試，當 LOCA 訊號引動 ESF 安全相關設備負載時序時，發現 RBSW 泵啟動時間較反應器廠房冷卻水系統(RBCW)泵啟動提早約 24 秒，此與 FSAR 要求不符。經電廠維護人員查修後，並依邏輯設計研判係因 RBSW 備用泵於 RBSW 系統出現出口管路低壓力時，將導致備用之 RBSW 泵啟動。對此，台電公司於 4 月 21 日重新執行 A4 安全匯流排發生 LOCA 事故測試，於測試前先模擬且持續送出 RBSW 集管壓力之正常訊號，以避免當 LOCA 發生時 RBSW 泵因集管低壓力先行啟動，而未依負載時序啟動，本次測試過程順利，相關安全設備如 FSAR 之負載時序要求依序啟動。惟電廠於測試前是否可先行外加非正式之邏輯“模擬並持續送出 RBSW 集管壓力正常訊號”，本會認為與程序書原始內容不一致，並開立注意進事項編號 AN-LM-103-005-0 要求台電公司檢討改善。前述測試問題，台電公司已開立不符合品質案件通知單(NCD-OP-126)進行後續處理，並由設計單位發行現場設計變更文件(FDDR-LTI- 15225)進行邏輯修改，使得 RBSW 系統於非 LOCA 狀態下，備用台才會因集管低壓力而啟動，本份程序書於邏輯修改完成後已於 6 月 4 日重新完成測試，測試結果符合要求。

3. 6月3日台電公司分別就B4安全匯流排正常供電（未喪失外電）與SDG接至B4安全匯流排正常供電（未喪失外電）下，發生LOCA之試運轉測試，經查HPCF、餘熱移除系統(RHR)、RBCW、RBSW、備用氣體處理系統(SGT)等設備均依程序書及FSAR要求之順序啟動，符合要求。
4. 6月4日台電公司分別就C4安全匯流排正常供電（未喪失外電）與SDG接至C4安全匯流排正常供電（未喪失外電）下，發生LOCA之試運轉測試，本項測試在C4安全匯流排正常供電下，引動LOCA訊號後，經現場查證ESF安全相關設備啟動之順序，均符合程序書與FSAR規定。後續再執行A4安全匯流排如同前述測試項目（分別正常供電及SDG供電下，發生LOCA之測試），測試過程中確認A4安全匯流排引動LOCA訊號後，ESF安全相關設備之負載依序啟動正確無誤，符合要求。

(三) 「同時發生冷卻水流失事故和全部安全相關匯流排喪失電源測試(包含S4 LOOP)」，本會視察結果如下：

1. 本份程序書主要驗證A4/B4/C4/S4安全匯流排，同時發生冷卻水流失事故和全部安全相關匯流排喪失電源(包含S4 LOOP)時，各區ESF安全相關設備啟動時序與FSAR要求之符合性。
2. 6月10日台電公司執行「同時發生冷卻水流失事故和全部安全相關匯流排喪失電源測試(包含S4 LOOP)」(LOOP後發生LOCA部分)，經查HPCF、餘熱移除系統(RHR)、RBCW、RBSW、備用氣體處理系統(SGT)等設備如程序書要求依序加載，惟發現反應器廠房通風系統空調箱(1T41 AHU-0102B)啟動後過載跳脫，過載跳脫係屬於設備故障問題，經電廠人員查修並將馬達過載電驛及相關接線重新固定後，再重新測試時，相關設備功能已正常運作。
3. 6月11日台電公司執行「同時發生冷卻水流失事故和全部安全相關匯流排喪失電源測試(包含S4 LOOP)」(LOCA後發生LOOP部分)，期間經查證後確認相關負載啟動順序符合程序書與FSAR規定，惟控

制廠房通風系統風扇(1T43-FAN-0001C2)及可燃氣體控制系統馬達操作閉鎖閥(1T49-MBV-0001C)等啟動後發生過載跳脫現象，但其啟動順序均符合程序書及 FSAR 要求；前述設備經台電公司檢修後，發現馬達控制中心 (Motor Control Center, MCC) 接線未能完全固定且設備多次密集動作下造成接線鬆脫，而引動過載跳脫，經維修改善後，於啟動測試時均已正常動作。由於前述設備啟動時序符合要求，且電廠並派員至現場確認 1T49-MBV-0001C 閥已完全關閉，已符合本項程序書之驗證目的，故台電公司評估此次測試係屬於設備本體故障之異常（且後續檢修後，其測試結果均正常），並不影響本項測試之驗證目的。

(四) 「全部安全相關匯流排喪失電源測試(包含 S4)」，本會視察結果如下：

1. 本份程序書主要驗證 A4/B4/C4/S4 安全匯流排，同時喪失廠外電源時，各區 ESF 安全相關設備啟動時序與 FSAR 要求之符合性。
2. 6 月 4 日台電公司執行「全部安全相關匯流排喪失電源測試(包含 S4)」，在測試期間，經確認各區之安全匯流排負載啟動加載順序，均符合程序書及 FSAR 要求。惟本項測試發現控制室通風系統(CRHP)及 RBCW 系統動作異常，台電公司維護人員隨即進行檢修。另於測試期間，本會視察員質疑台電公司執行斷電方式有疑慮需修正，台電公司於是立即提出程序書變更，於相關程序書內容新增斷路器開啟與關閉步驟，經確認程序書修改完成後，於當日再次重新測試並順利完成，且前述動作異常之設備，測試時均正常運作。

(五) 「同時發生冷卻水流失事故和喪失廠外電源-A4/B4/C4 匯流排(DIV. I / II / III)隔離且失能測試」，本會視察結果如下：

1. 程序書主要驗證 A4/B4/C4/S4 安全匯流排，同時發生冷卻水流失事故和全部安全相關匯流排喪失電源，且 A4/B4/C4 匯流排(DIV. I / II / III)隔離及失能時，各區 ESF 安全相關設備啟動時序與 FSAR 要求之符合性。
2. 6 月 10 日台電公司執行「同時發生冷卻水流失事故和喪失廠外電源

-A4 匯流排(DIV. I)隔離且失能測試」，當執行 SDG 替代至 B4 安全匯流排時，發現於任一安全匯流排完全斷電(含交、直流電源)隔離下，S4 安全匯流排無法接至任一安全匯流排，經電廠查修後發現 S4 安全匯流排之 1A/2A/3A 斷路器在此條件下，並無法允許斷路器閉合動作之成立條件，故控制室無法執行操作。因此台電公司就此項提出程序書緊急主要變更，改由現場模擬斷路器閉合信號，本項測試經確認相關程序書完成修改後，台電公司再次重新繼續執行測試，測試期間經查證確認設備引動狀態均正常，以及 EDG 順利啟動且順利併入安全匯流排，符合要求。

3. 6 月 5 日台電公司執行「同時發生冷卻水流失事故和喪失廠外電源-B4 匯流排(DIV. II)隔離且失能測試」，結果發現本項測試有爐水淨化系統(G31)、緊要寒水系統(P25)、備用氣體處理系統(T22)、T41、T43 等系統設備動作時序異常：

(1) 本項測試對於反應器廠房通風系統(RBHV)之 FAN-608A2/FAN-601A2 等設備，依設計邏輯應於接收到引動訊號時同時啟動，惟測試時發現 FAN-608A2 於 FAN-601A2 啟動後 1 分鐘後才啟動，此項延遲啟動問題，經台電公司查修後發現係因「No Control Power」信號存在所致，其前述信號係因馬達控制中心之欠壓電驛(27 Relay)動作設定點偏高所致，台電公司經重新調整設定點後，再次重新測試後已恢復正常。

(2) 本項測試對於控制廠房通風系統(CBHV)之 FAN-0002C1/FAN-0101C1 等設備，依設計邏輯應於接收到 LOOP 訊號後自動啟動，然實際測試時除 FAN-0002C1/FAN-0101C1 自動啟動外，FAN-0002C2/FAN-0101C2 等設備也非預期啟動運轉，因同時有 2 台通風扇運轉會造成出口集管高壓力，導致 2 台通風扇同時跳脫。對此，經台電公司查修後，其原因應該是當 DRS 系統儀控盤發生斷電而盤內之蓄電池同時喪失功能下，造成記憶體資料流失(即流量 K 值之設定值)，使得 CRHA FAN-0002C1/0002C2 啟動後，因低流量之過

壓保護邏輯動作而跳脫，經台電公司將設計單位核准之原始 K 值重新輸入及 DRS 儀控盤更換電池後，再次重新測試後已恢復正常。

- (3) CBHV A 串安全有關設備區(SRE A)於測試過程中，對於 FAN-0001A2/FAN-0006A2 等設備，依邏輯設計應於接收到 LOOP 信號後 35 秒，各自復歸運轉。本項測試發現 FAN-0001A2 未復歸運轉；FAN-0001A1 及 FAN-0006A1 等設備卻非預期啟動運轉。對此，經台電公司查修 FAN-0001A2 設備未復歸運轉之原因，係為「No Control Power」訊號存在所致，此信號係由於馬達控制中心之欠壓電驛動作設定點偏高所致，台電公司經重新調整設定點後已恢復正常。另 FAN-0001A1/FAN-0006A1 等非預期啟動運轉部分，係由於 FAN-0001A1/FAN-0006A1 等設備之記憶體設定問題，而造成電源復歸後異常啟動，前述設備消除記憶體設定狀態後，已恢復正常。
- (4) T22 系統之啟動時序與程序書規範不符部分，經台電公司檢討後，並無不符相關邏輯設計之情事，將依邏輯圖修改程序書。
- (5) G31 系統圍阻體外 LDI 閥未依程序書規範關閉部分，經台電公司檢討後，發現並無不符相關邏輯設計之情事，將依邏輯圖修改程序書。
- (6) P25 系統寒水機 (Chiller) 1A2 未依程序書要求啟動部分，經台電公司檢測後，其係因電磁閥線圈鬆脫導致寒水機滑塊無法移動至 Fully Unloading 位置，造成寒水機未能啟動，經後續更換激磁線圈後，系統恢復正常。另 P25 系統之 1A1 泵及寒水機依程序書規範不應啟動而啟動部分，則係因前次 LOOP 引動信號而產生的 Auto Restart Set 之訊號所造成，此部分因運轉人員未即時復歸所致，台電公司隨即要求運轉人員應加強檢討測試結束後之復歸檢查。
- (7) 綜合上述測試所發生之問題，經台電公司檢討改善後，於 6 月 10 日再次重新執行 P0TP-071.14 程序書測試，經視察員查證確認

P21、P26、T41、T43、T22、P25、P24、G31、E22、E51、R21 等系統負載依序啟動加載之順序，符合程序書及 FSAR 要求，且啟動後各系統運轉正常，符合要求。

4. 6月6日台電公司執行「同時發生冷卻水流失事故和喪失廠外電源-C4匯流排(DIV. III)隔離且失能測試」：

- (1) 發生 RBHV 系統 FAN-608B2 設備延遲啟動，不符合程序書要求。
雖後續重測後恢復正常，然本會視察員查證發現 FAN-608B2 之欠壓電驛，於執行施工後測試至本次測試前，均未執行電驛校驗測試，而導致測試過程發生有延遲啟動之現象，台電公司承諾將於下次小大修時執行電驛校驗測試。
- (2) 本次測試過程發生 CBHV 系統 CRHA B 串之 FAN-0002B2/FAN-0101B2 等設備未依程序書要求而啟動，經台電公司查修後發現 FAN-0002B2 及 FAN-0101B2 相關功能連接圖(Functional Interface Diagram ,FID)未依邏輯圖建置反閘，導致 FAN-0002B2 無法依負載時序要求啟動。對此，台電公司已開立不符合品質案件通知單(NCD-CS-173)進行後續處理，奇異公司並開立現場設計變更文件(FDDR)及現場處置指示(FDI)進行軟體臨時變更作業。
- (3) 6月9日台電公司再次執行 POTP-071.15 程序書測試，有關控制廠房通風系統之 FAN-0101B1/FAN-0101B2 應於測試期間同時啟動運轉，測試期間僅 FAN-0101B1 啟動運轉，不符合程序書要求部分，經台電公司澄清係因 LOCA 模擬訊號時間過短所致(低於序列要求啟動之 30 秒)，台電公司隨後再次重新執行測試，測試過程確認 FAN-0101B1 及 FAN-0101B2 均依程序書要求啟動運轉，符合要求。

(六) 「S4 匯流排及其替代至 A4/B4/C4 匯流排喪失電源測試」，本會視察結果如下：

1. 本份程序書主要驗證 S4 安全匯流排及其替代至 A4/B4/C4 安全匯流排喪失電源時，各區 ESF 安全相關設備啟動時序與 FSAR 要求之符合

性。

2. 4 月 21 日台電公司執行「S4 匯流排及其替代至 A4/B4/C4 匯流排喪失電源測試」(本次測試為 SDG 替代至 A4 安全匯流排)，測試期間發生 S4 安全匯流排於喪失電源後，S4-4A 斷路器未跳脫，經台電公司查修後發現低電壓 (<70%電壓) 之計時器 (Timer) 訊號因接線鬆動而未送出，經檢修後恢復正常。另當 S4 安全匯流排喪失電源後，SDG 啟動加載時，發生 SDG 因低頻跳脫之異常情事，經台電公司查修後減少機械調速器之潤滑油，再重新執行本項測試，前述故障設備均已正常啟動。此外，台電公司執行 S4 安全匯流排低電壓測試時，本會視察人員發現 SDG 冷卻風扇 T54- FAN-0404A/B 無法啟動，與程序書規範不符 (於 20 秒啟動)。經台電公司現場檢查後，其係為欠壓電驛未復歸所致，經復歸電驛後已恢復正常。
3. 5 月 2 日台電公司執行「S4 匯流排及其替代至 A4/B4/C4 匯流排喪失電源測試」(本次測試為 SDG 替代至 C4 安全匯流排)，本次測試係由 SDG 替代至 C4 安全匯流排並進行各設備負載依序啟動加載測試，經確認 SDG 之輸出電壓、頻率均符合程序書接受標準，惟測試期間發生 RBSW C1/C2 泵跳脫之情事，經台電公司查修後發現 RBSW C1 泵係因出口閥 MBV- 5004C1 關閉之極限開關定位異常，造成無法啟動；另 RBSW C2 泵部分，則係因儀控系統電子卡片訊號異常，造成無法啟動。前述異常經修復後，台電公司於 5 月 6 日再次重新執行本項測試，經確認本次測試各負載加載順序均與程序書要求相符，且 SDG 之輸出電壓、頻率也符合程序書接受標準，符合要求。
4. 6 月 3 日台電公司執行「S4 匯流排及其替代至 A4/B4/C4 匯流排喪失電源測試」(本次測試為 SDG 替代至 B4 安全匯流排)，經查 HPCF、RHR、RBCW、RBSW、SGT 等設備負載之加載順序，與程序書及 FSAR 要求相符，符合要求。

綜合上述，本會執行台電公司龍門電廠 1 號機 LOOP 或/且 LOCA (POTP-071 系列) 整體性試運轉測試作業之專案視察，以確認台電公司確實在核能品保要求

下，落實執行各項試運轉測試作業，經現場視察初步可確認各設備負載於啟動加載測試之順序，均符合程序書及 FSAR 之要求，惟對於負載啟動時序之時間的符合性部分，則將俟台電公司正式提送前述試運轉測試報告之暫態記錄分析資料庫/事件序列記錄器(TRA/SOE)等資料，再確認與 FSAR 要求之符合性。至於 EDG-C 台在執行負載啟動測試時，於 HPCF-C 泵啟動下，造成匯流排頻率低於 57Hz，不符合 FSAR 要求部分，台電公司後續須進行檢討改善或評估分析，以確認可符合設計及法規要求。對於本系列試運轉測試結果與 FSAR 要求之符合性，仍俟台電公司正式提送系統功能試驗報告後，再進行審查及確認其符合性。

肆、 結論與建議

有關龍門電廠 1 號機 LOOP 或/且 LOCA 試運轉測試，台電公司已於 103 年 6 月 11 日全部執行完成，由於本系列試運轉測試係屬於整合性測試，也是試運轉測試階段較為後期的重要測試項目，且對於機組日後運轉安全影響甚為重要，因此本會為查證本系列試運轉作業及結果可符合法規要求，投入相當多的視察人力，期能確保龍門電廠之建廠測試品質可符合設計及法規要求。

試運轉測試目的主要驗證由各設備組合成之系統功能，可以符合設計要求，並於測試期間能有效發掘設計、安裝、程序書內容等各項缺失進行修正或改善。本系列試運轉測試歷經近 3 個月的測試，對於測試期間所發現包含設備異常檢修、邏輯錯誤修正、程序書執行步驟修正等問題，台電公司皆已逐一改善後重新測試。另此系列程序書部分測試尚待釐清之問題（如風機或寒水機發生過載跳脫、EDG-C 台於 HPCF-C 台啟動時，頻率低於 57Hz 等）及後續處理方式，已要求台電公司應於設備修復及釐清肇因後，再重新執行相關測試驗證，以確保測試結果之有效性。至於本系列試運轉測試結果之完整性，以及與法規要求之符合性部分，仍須俟台電公司正式提送 LOOP 或/且 LOCA 系統功能試驗報告後，經本會審查，以完整確認其與法規要求之符合性。

伍、視察照片



照片 1：1 號機主控制室測試前準備作業視察



照片 2：測試期間對各設備啟動加載順序之查證作業視察



照片 3:測試前各設備運轉狀態查證作業視察



照片 4:測試期間現場作業視察