

龍門核電廠試運轉測試現況
檢討報告

行政院原子能委員會 核能管制處

中華民國 99 年 3 月

目 錄

壹、前言	1
貳、龍門核電廠試運轉測試狀況簡述	2
參、龍門電廠試運轉測試問題檢討	3
一、程序書之撰寫	3
二、程序書之審核	5
三、程序書之執行及先備條件符合性	7
四、核島區廠家之參與	10
五、移交作業之執行	11
六、整體性測試時程	13
肆、結論.....	15
伍、參考資料.....	16
附件 1 龍門電廠試運轉測試管制措施一覽表	17
附件 2 龍門核能電廠試運轉測試程序書審核流程圖	18
附件 3 「核四廠試運轉測試規劃與品質管制說明」會議紀錄	19
附件 4 「龍門電廠試運轉測試先備條件與時程規劃說明」會議紀錄	22
附件 5 「龍門電廠 1 號機試運轉測試先備系統需用性應用原則說明會 會議紀錄	24
附件 6 「龍門電廠試運轉測試現況與規劃時程說明會議」會議紀錄	26

壹、前言

隨著龍門計畫的進度，龍門核能電廠（即核四廠）自 96 年下半年起陸續展開初始測試作業，包含個別設備及組件之施工後測試、系統移交及試運轉測試等工作。為了因應核四廠逐漸增加的初始測試項目，並能有效掌握測試狀況及管制作業，原子能委員會（以下簡稱本會）於 97 年 2 月建置「核四廠起動測試管制專案小組」，專職初始測試（含試運轉測試）、燃料裝填及機組運轉執照核發之管制事宜。

由於試運轉測試之良窳攸關機組未來運轉安全至為重大，故本會針對龍門電廠機組試運轉測試之管制措施，計有：駐廠視察、定期視察、專案視察、管制會議等作為，此外，並依據已建立之「龍門核電廠運轉視察工作手冊」，審查龍門電廠初始測試計畫（或起動管理手冊）及抽查測試程序書等，有關試運轉測試自 97 年迄今重要之管制措施一覽表如附件 1。經由以上所述各項管制作為而發現龍門電廠之缺失，均以注意改進事項、備忘錄、會議紀錄等方式，正式函送台電公司要求改進。此外，定期視察及專案視察的報告亦都上網公布，並每季定期將管制結果製作成季報，一併公布在本會有關核四廠安全監督的網站上。

99 年 1 月 27 日所召開之核四安全監督委員會上，林宗堯委員提出龍門電廠試運轉測試觀察報告，針對試運轉測試程序書的撰寫品質、程序書審核、程序書之執行及測試先備條件之符合性、設計廠家之參與、測試時程之管制等，提出多項的口頭檢討報告。本會基於核能管制的基本職責，除了持續過去一貫安全至上與品質第一的管制立場，亦展開數項有關試運轉測試的加強管制作為，以下報告將以林委員關切的事項為藍本，逐項檢討龍門測試現況及本會的加強管制措施。

貳、龍門核電廠試運轉測試狀況簡述

龍門電廠規劃將執行試運轉之系統計有 123 個系統，各系統之試運轉測試程序書，依據測試作業之複雜度、整合性及時程等因素，規劃將發行 304 份，目前已發行 277 份程序書，其餘尚在編寫或審查中。

截至 99 年 1 月底，電廠系統移交部分已完成 38 個系統(含電氣及儀控系統之部分支系統)，並分別進行試運轉測試。除電氣及儀控系統外，電廠已完成移交之系統計有高壓爐心灌水系統(E22)、爐心隔離冷卻系統(E51)、爐水淨化系統(G31)、燃料池冷卻與淨化系統(G41)、抑壓池冷卻與淨化系統(G51)、補充水系統(P11)、冷凝水儲存與傳送系統(P13)、反應爐廠房冷卻水系統 C 串(P21-C)、緊要寒水系統 C 串(P25-C)、反應爐廠房廠用海水系統(P26)、汽機廠房廠用海水系統(P27)、輔助鍋爐系統(P61)、電解加氯廠房通風系統(T57)、輔助鍋爐廠房通風系統(T59)、安全等級取水口攔污柵及清洗系統(W12)、非安全等級取水口攔污柵及清洗系統(W13)、化學物品貯存與傳送系統(Y53)、海水電解系統(Y54)等 18 個系統。

前述 18 個系統分別於 98 年 7 月起，陸續執行移交作業，並依移交狀況展開試運轉測試。目前除 T59 系統已完成試運轉測試，並經試運轉審查暨協調委員會(NSARC)審查核准外。其餘均面臨先備條件不足無法進行後續測試(如 P61 及 Y53 系統因汽機廠房冷卻水系統尚未驗證完成，暫停測試)；或可執行測試部份已完成，待其他支援系統完成後方能持續進行(如 P13 系統)；或是儀控系統之邏輯、連鎖、警報錯誤及設計界面不一致(感測器使用錯誤等)等，待廠家修改 DCIS 軟、硬體；以及儀控盤面因電纜敷設及接線雜亂，而進行盤面之退線與整

線，且 I/O 重測等因素，造成整體試運轉測試無法全面性展開而延宕。

綜合上述，電廠實質執行試運轉測試推展不順之原因，除測試期間發現之缺失，改善時效未能如預期外，另一重要因素係為配合移交，而將大量應於施工階段完成或處理之施工作業或改善事項，列入移交清單後續追蹤改善，以及因配合趕工或工序錯置，造成儀控盤面因電纜敷設雜亂而須整線，加上纜線共管未同時敷設之因素，衍生二次施工而延宕整體測試作業。

參、龍門電廠試運轉測試問題檢討

根據本會自 97 年迄今實施有關試運轉查證之發現及重要管制措施，以及核四廠安全監督委員會林宗堯委員所提出之問題檢討，以下將分成試運轉程序書之撰寫、程序書之審核、程序書之執行及先備條件符合性、核島區廠家之參與、移交作業之執行、整體測試時程等，分別檢討如下：

一、程序書之撰寫

核能電廠於執行任何工作時，依品質保證準則規定都必須有程序書供工作人員依循，龍門電廠雖然尚未商業運轉，但是其試運轉測試亦必須有程序書供測試人員使用。依龍門電廠建廠持照文件初期安全分析報告（PSAR）第 14 章之承諾，主要承包設計廠家或台電公司必須提供試運轉測試程序書草稿，但最後仍需由所認知之設計廠家代表，確認試運轉測試程序書之測試標準與要求符合原設計文件，程序書審查意見則必須由程序書撰寫部門與原設計廠家負責解決。惟因台電公司於 95 年起與核島區主要設計承包商 GE 公司之合約爭議，廠家對龍門電廠的支援變得非常有限，再加上台電公司決定將龍門電廠試運

轉測試程序書中文化，更使得原規劃程序書須有廠家參與審核的作業付之闕如。另據本會收集龍門電廠如何編寫程序書的資料，顯示台電公司係參考日本類似機組北陸電力公司－志賀電廠之試運轉測試程序書並以此為基礎，再參照 GE 公司試運轉測試規範內容，據以發展龍門電廠自有之試運轉測試程序書，因此龍門電廠之試運轉測試程序書無論格式與內容，都與參考日本志賀電廠之試運轉測試程序書十分類似，但由於日本志賀電廠興建工程為統包制，而日本核能工業界所執行之品保制度與國內採行之美國制度又有所不同，此舉造成龍門電廠試運轉測試程序書內容及撰寫格式與國內三座核能電廠常見之程序書格式存有很大的不同，如先備條件的制定等，多少也對於執行者和視察者造成了困擾。

本會視察員平時視察所得，再加上林宗堯委員於現場訪談程序書撰寫人員後，發現試運轉測試程序書之撰寫存有下列缺失：

首先是撰寫程序書人員資格部分，龍門電廠編寫程序書人員大多為新進且多數未具核能電廠實際運轉經驗，雖然有請較為資深且赴美受過種子訓練的人員編寫程序書範本，加上廠家所提供的規範，供測試負責人加以編寫。但相較於以往核一、二、三廠之經驗，由具有核能實務經驗廠家或顧問公司提供測試程序書，供台電公司審核及執行的狀況，龍門電廠測試程序書內容完整性和品質確實存有隱憂。以本會抽查反應器廠房冷卻水系統、緊急寒水系統、高壓爐心灌水系統等三份程序書內容為例，視察員依據原設計廠家 GE 公司之試運轉規範內容執行查證時，發現已發行程序書內容未完整測試系統設計功能，因此已開立數份備忘錄（LM-會核 98-031、032、033）要求電廠澄清與改進。本會視察員後來更進一步發現警報測試亦未完整測試，此項缺失對機組未來運轉安全存有安全疑慮，本會因

此已針對警報測試項目未完整測試部份開立五級違規（編號 EF-LM-99-004），要求台電公司檢討改正。

其次是在龍門工程儀控系統施工進度嚴重落後的狀況下，龍門施工處要求龍門電廠幫忙執行及主導設備安裝完後必須執行之施工後測試，電廠為求減少測試次數，因此將儀控系統拉線完成必須執行之儀控邏輯功能測試，納入試運轉測試程序書內中，造成龍門電廠試運轉測試程序書包含施工後測試的項目，此舉不僅增加試轉測試程序書內容之複雜度，日後執行過程亦造成許多困難度。

基於以上試運轉測試程序書之撰寫所發現的缺失，本會已於 99 年 2 月 2 日與台電公司召開管制會議，以會議紀錄（附件 6）要求台電公司針對核四安全監督委員會林委員宗堯對於測試程序書品質與執行之意見及本會視察所發現之缺失，檢討修訂測試程序書編寫相關之 SAM 與工作指引，並據以修訂測試程序書內容。

二、程序書之審核

龍門電廠起動管理手冊（SAM）內包含初始測試計畫，以及用來規範測試期間各項行政管制措施，其中第 23 章為「試運轉測試程序書管控作業」，而程序書審核程序流程圖如附件 2。依此流程圖顯示，程序書在正式出版前，須經數個單位的審查，其中包含了龍門電廠各技術部門及管理階層（SORC）的審查、台電公司核技處及核安處駐廠小組的審查、廠家的審核（NSARC）等，理當有一個完整的審核機制，惟本會抽查程序書及視察時發現，龍門電廠試運轉測試程序書之審核存有下列缺失：

首先是廠內審核的部分，據本會視察員陪同核四廠安全監

督委員會林宗堯委員至電廠訪談，電廠說明在廠內的審核程序上，雖有依起動管理手冊（SAM）之規定，將初訂好之程序書草稿送交各相關技術組協助審查，但審查意見卻非常有限，而由管理階層所組成的電廠運轉審查委員會（SORC），則是利用例行的大會來審查各測試負責人簡報的資料，並沒有書面的審核紀錄可供查詢，故試運轉程序書的廠內審核，僅有大方向的審查，而缺乏實質內容逐句或逐項之審查，有流於形式的疑慮。

其次是有關台電公司核安處對程序書審核之落實性，依 SAM 之規定，核安處駐龍門電廠品保小組應執行安全相關系統測試程序書的審查，在本會發出之備忘錄 LM-會核-98-032 即指出，安全相關之緊急寒水系統（ECW）試運轉程序書未見其審查意見。經本會指出此項缺失後，核安處除了補正該份程序書之審查意見，並決定加強其審查品質。

至於在試運轉審查暨協調委員會（NSARC）的審核部分，原機制設計由廠家組成的委員會來審查電廠測試程序書，但因核島區部分與廠家 GE 公司的合約爭議，龍門電廠自 96 年將程序書中文化之後，幾乎沒有再將程序書送到 GE 公司審核，或以廠家在限期內未回復即代表同意，而在程序書逕行蓋上廠家同意的簽章，卻未見實質簽字認證，程序上存有相當的缺陷。

最後在附件 2 的審核流程上，龍門電廠並未依初期安全分析報告（PSAR）及終期安全分析報告（FSAR）的承諾，由試運轉審查暨協調委員會（NSARC）向聯合試運轉主席做出是否同意測試程序書的建議，SAM 有關 NSARC 核准簽章的部分亦未落實執行。

基於以上試運轉測試程序書審核程序的缺失，本會除要求台電公司龍門電廠針對本會的視察發現及林宗堯委員的意見檢討外，亦應加強核安處審核的機制，同時亦應加強有廠家參與

之試運轉審查暨協調委員會（NSARC）功能。有關程序書內容之審查意見，本會已於 99 年 2 月 12 日以會核字第 0990002667 號函通知台電公司改善。另外本會依據「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」有關係統功能試驗報告的格式上，亦將依法發布其試運轉測試結果應有設計廠家的簽署認可。

三、程序書之執行及先備條件符合性

龍門建廠計畫執行至今已逾十年，期間發生諸多問題，95 年開始與核島區承包廠家 GE 公司發生合約糾紛，而 96 年台電公司又與顧問公司（石威公司）解約，導致電廠於試運轉測試先期準備階段國外顧問之支援有限，且測試執行人員（TD）多數即原測試程序書撰寫人員，資歷淺，亦無試運轉測試經驗。再者，龍門電廠系統試運轉測試執行至今，由於各項支援設備並未完全完工可用，或為了特定里程碑或任務目標而追趕特定設備測試進度，產生若干測試品質問題。本會視察員於測試期間執行之抽查，即發現若干執行上之缺失及先備條件不符合之情形。

首先為試運轉測試程序書的內容設計問題，由於台電公司政策決定，將應屬於施工後測試（PCT）期間執行之人機介面測試、警報測試及若干組件測試（閥、泵等）列入試運轉測試程序書 7.1 到 7.3 節，然而其先備條件與 7.4 節「系統運轉測試」不同，並非 5.0 節所要求之先備條件皆要符合。所以電廠在系統移交後，都要先開小組會議決定可以跳過哪些先備條件，以先執行 7.1 到 7.3 節的測試。這樣的作法並非正規作法，違反程序書之規定（進行試運轉前，先備條件之系統或項目須已先完成），過多之先備條件臨時修改也造成系統測試之亂度增加。

此外，試運轉測試程序書 7.1 到 7.3 節的測試大部分是在主

控制室執行之邏輯與操作盤面驗證及檢查，雖然有許多項目是獨立無牽涉，可以不依順序進行，但僅由測試負責人等少數人決定，程序上不夠嚴謹。本會已與台電公司召開管制會議，以會議紀錄（附件 6）要求台電公司改善此一問題。台電公司已承諾通盤將 7.1 到 7.3 節移出試運轉測試程序書，另建立個別組件施工後測試程序書納入這些測試內容。

此外，由於試運轉測試程序書編寫時並未考量品保查證人員（如 QA、QC 或 TI）須在重要的步驟設定停留查證點（其實測試人員也有此需要），可能造成品保查證人員一個停留查證點涵蓋要全程看完須執行幾天的測試，並不合理。其實品保查證人員也須負部分責任，部分品保停留點及品質管制點，訂定不當，未能適時發揮品保停留點檢驗功能及品質控管功能。這部分的問題本會在管制會議決議（附件 6）要求電廠再檢討修訂測試程序書編寫相關之 SAM 與工作指引，並據以修訂測試程序書內容；也要求台電公司核安處妥善訂定停留查證點，以強化試運轉測試執行之自我稽查機制。

本會為管制龍門電廠系統試運轉測試之執行品質，除制訂本會之視察方案與視察工作手冊據以實施，並於 98 年 1 月起至 99 年 2 月，就試運轉測試召開 4 次管制會議（附件 3 到 6），其決議事項對於試運轉測試規劃時程、品質管制、先備條件及移交作業等有所要求。於龍門試運轉測試次第展開後，本會視察員對於視察發現之缺失也開立各項備忘錄、注意改進事項及違規，要求台電公司改善。

核能電廠系統試運轉測試可以說是初始爐心燃料裝填前最後也是最完整的系統運轉測試，以確保爐心燃料達到核分裂連鎖反應，產生熱能發電後，各項安全相關與支援系統都能發揮預定的功能。因此系統試運轉測試就是模擬正式營運狀況，當

然必須使用商業運轉時所使用的正式設備進行測試，如此才能檢驗系統環環相扣的整體效能。由於試運轉測試階段的電廠狀態並不完全符合營運狀況，因此在工程實務上，設計承包廠家的試運轉測試規範均會制訂所謂「先備條件」，即系統的試運轉測試進行前必須確認達成的運轉條件，包括環境條件、冷卻水源、操作動力、上下游處理及其他支援系統等。測試負責人必須確認所有先備條件均已達成，正式先備系統均已測試可提供必要支援功能，才能執行試運轉測試。這些要求在電廠初/終期安全分析報告（PSAR/FSAR）、廠家（GE 及石威公司）試運轉測試規範、美國核管會管制導則（RG 1.68）中均有明文規定。

在測試初期由於系統互相支援的狀況下（如有空調系統才能提供儀控系統冷卻，而有儀控系統才能操控空調系統），會發生不得已必須先使用臨時設備以支援測試的狀況，這在以上管制文件也有規定要儘量少用（以避免損傷設備及人員），必須加以記錄並於事後補行測試，以確保測試之完整性。

龍門電廠由於施工時程落後，許多試運轉測試支援系統因各種不同原因導致無法完工提供支援功能。台電公司多次向本會申請使用臨時設備進行試運轉測試。本會考量試運轉測試初期確實需要先完成各項支援系統之試運轉測試，乃於 98 年召開三次管制會議（附件 3、4 及 5），要求台電公司定義「先備系統」並制訂「先備系統試運轉測試程序書先備條件之需用性應用原則」，共許可 20 項屬於水、氣、汽、通風、洩水等先備系統之試運轉測試，可使用臨時設備（附件 4），其餘各系統仍應符合先備條件才能進行試運轉測試。

然而龍門電廠目前已移交系統，大部分有為數不少的例外清單，且先備條件之支援系統亦常不夠完整。本會視察員於現場執行測試視察或審查測試紀錄時，偶有發現先備條件不符合

之缺失。如注意改進事項 AN-LM-99-009 所指出之缺失，為執行燃料池冷卻與淨化系統(FPCU，非先備系統)試運轉測試時，依規定不得使用臨時設備，但當時空壓機及樹脂傳送系統為臨時設備，卻開始進行實質試運轉之管路充水及排氣等工作。

四、核島區廠家之參與

依龍門電廠持照文件初期安全分析報告(PSAR)之敘述，試運轉測試程序書草稿應有權責設計廠家代表之審核，以確保測試目標及接受標準符合設計文件之要求。而目前正在審查中之龍門電廠終期安全分析報告(FSAR)，則註明試運轉測試程序書應有適合的設計組織（廠家）提供技術支援。此外在 PSAR 及 FSAR 均提到，龍門電廠在初始測試階段，應由台電公司與主要廠家所組成試運轉審查暨協調委員會（NSARC），其主要工作為審查運轉測試與起動測試的程序書，並對測試結果進行分析評估，向聯合試運轉小組負責人提出是否核准之建議。

此外在核島區廠家 GE 公司的試運轉規範中，要求所有核島區相關的測試應送回 GE 公司審核，此即廠家應參與試運轉測試的重要依據之一。而國際原子能總署所發行的導則（參考資料 4）亦指出，機組供應商應賦有審核測試結果之參與責任。事實上，本會核四廠安全監督委員會林宗堯委員曾經親自參與國內核二、三廠試運轉及起動測試之工程顧問作業，據其表示當時均有數十名顧問公司人員協助電廠，且由專業顧問所編寫發行之英文程序書，在正式發行前仍須由原設計廠家審查後，才會提供測試之用，故由上述所列舉之文件及國內電廠之經驗，可充分說明反應器供應廠家參與試運轉測試之重要性和必要性。

至於龍門電廠有關廠家參與的部分，除前述有關程序書的

審核未能落實之後，本會於 98 年第一季定期視察有關試運轉測試管制之狀況時，即發現核島區測試程序書均已中文化，設計廠家能否適當地參與將有疑慮，故在注意改進事項

AN-LM-98-013 要台電公司龍門電廠在未來執行測試時，應有廠家的協助與參與。另於 98 年第四季定期視察查證有關起動管理手冊（SAM）中，試運轉審查暨協調委員會（NSARC）的運作情形，結果發現到目前為止，總共只開過兩次 NSARC 會議，其執行審核程序書及評估測試結果之功能並無法有效發揮，本會也開出注意改進事項 AN-LM-99-001 要求台電公司加以改進。

針對廠家未能充分參與龍門電廠試運轉測試的狀況，本會除了定期視察的發現及後續要求外，在 98 年 10 月 9 日、99 年 2 月 2 日、99 年 2 月 10 日等與台電公司管理階層及龍門電廠所舉行之試運轉檢討會議上，多次要求台電公司未來提報試運轉測試結果的格式中，須有廠家的簽署同意，以期能回歸台電公司持照文件之承諾。

五、移交作業之執行

依龍門電廠初/終期安全分析報告（PSAR/FSAR）及起動管理手冊（SAM）之內容，當系統要開始進行試運轉前，必須由施工單位先完成該系統各組件之施工後測試，再經過系統移交的審核程序，交給運轉單位來執行系統功能試驗（或試運轉測試）。而起動管理手冊第 13 章（SAM-13）便是聯合試運轉小組用以實施系統移交的依據文件，本會除駐廠期間抽查龍門電廠作業之後，並於 98 年執行兩次移交作業專案視察，以確認電廠是否依照合乎品保規定之規則來執行系統移交。

本會 98 年初視察發現龍門電廠未依據 SAM 之內容，確實

於系統移交前召開移交會議及現場會勘等涉及移交作業流程上之疏失，經本會指出相關缺失後（AN-98-LM-005），龍門電廠已依規定召開移交會議及現場會勘，並由系統移交承辦單位－龍門電廠品質組開立相關訓練課程，使工作同仁得以更為瞭解作業流程。

其次本會在視察移交成套文件時，發現負責審核系統移交關鍵人物之測試負責人（Test Director, TD）對系統是否可以接收的判定，因為沒有一套準則可供遵循，故不同系統之 TD 有不同之認知標準，故本會要求電廠加以改進（AN-98-LM-019），電廠因此而建立了「系統移交接收準則」供 TD 作為系統移交的判定標準。

惟本會於後續抽查時，發現已移交系統之試運轉測試之進度緩慢或停滯，其原因之一為系統移交採取部分移交，無法及時完成者，多被列入設備除外清單(exception list)，但按 SAM-13 之原意，會造成試運轉無法執行者，須在系統移交前完成。其次是有關儀控系統的測試部分，前述移交準則原制定主控制室須能夠監控系統後才能移交，依此準則儀控系統應已完成功能測試，測試過程中即使有測試不符要求項目，其數量應屬少數在可接受範圍，亦較符合工程慣例，惟後來因龍門施工處為因應承諾經濟部機組燃料裝填之時程壓力以及施工進度，只能做到接線導通測試（I/O），故修改移交接收準則，將儀控基本功能如：人機介面、警報測試、邏輯測試等原屬施工後測試的項目，均移至移交後的試運轉執行，使得儀控相關問題沒有及早在施工後測試被發現，而是在試運轉時才產生大量的問題，此亦是造成龍門電廠試運轉進度緩慢的原因。本會核四廠安全監督委員會林宗堯委員於現場查證時，亦質疑把施工後測試內容移至試運轉測試的正確性。

針對以上有關移交作業之缺失，本會於 99 年 2 月 2 日的試運轉檢討會議上，已要求龍門電廠應將試運轉程序書內容中有關施工後測試的項目移出，並據以修改系統移交接受準則。

六、整體性測試時程

類似龍門計畫這種龐大且複雜的工程，在工程界其實並不少見，其工程之推動如欲符合品質、時程與預算，如期如質完工，應依據工程管理實務、施工經驗及專案管理規範進行工程管制，制訂並維護一體依循的整體施工與測試時程。這個時程訂出最需要監控的要徑（Critical Path）工程項目，並由專人（或團隊）執行系統化、強而有力的掌控與維護。

然而龍門計畫的推動並沒有一個務實的整體施工與測試時程。龍門施工處宣稱有一個與日本東芝顧問共同制訂之整體時程，但是僅為理念性的施工推動計畫，並不依據現況更新及調整未來規劃。此時程由龍門施工處掌握，但是因為施工完成進行移交後電廠才能進行試運轉，反而電廠無法掌控時程。由於沒有專業團隊編排並掌控時程，龍門計畫以里程碑（milestone）的方式推動工程進度，出現許多不合理的觀念與現象，徒然浪費人力工時及工程資源。

依據龍門終期安全分析報告（FSAR）第 14 章之承諾，台電公司應於各項測試實際執行前制訂時程，並提供本會這些測試時程，以執行必要之視察，此為合理且必要之作法。然而本會自測試管制專案小組成立後多次要求台電公司提送測試時程均未獲回復。97 年 10 月第一次以公文催討沒有回音，於 98 年 4 月限期提報時程，台電公司答覆待行政院核定商轉日期後儘速陳報時程。而 98 年 12 月台電公司才正式提送時程，卻是一個月的測試時程，不符本會「整體時程」的要求，乃要求重送。

總之，本會多次公文往返向台電公司索取整體性測試時程，並在每次的試運轉管制會議中提出（附件 3 至 6），仍無法得到滿意的答覆，以致本會無法據以規劃派員視察，甚至影響邀請國外管制機構派員協同視察的計畫。99 年 2 月 2 日試運轉測試管制會議中，本會決議限台電公司於 2 月底前提報含試運轉測試及起動測試的整體時程，並每月提報更新進度與調整預估時程。在本會備查此份正式整體測試時程前，龍門電廠相關安全及重要（S/R1）系統（電力系統除外）之試運轉測試結果，本會將不予採認。

肆、結論

核能電廠試運轉測試可以說是初始爐心燃料裝填前最後也是最完整的系統運轉測試，以確保反應爐產生熱能發電後，各項安全相關與支援系統都能發揮預定的功能。因此試運轉測試可說是發掘設備設計、製造、組裝及施工缺失，驗證系統功能符合設計標準，確保運轉後能達到安全目標的最後一道防線，至關重要。

台電公司龍門電廠開始進行系統試運轉測試以來，發生諸多缺失，已由本會視察員發現並開立相關管制文件如前述，然而改善的成效卻不大。故本會於 99 年 2 月 2 日召開之管制會議上，提出 7 項具體決議事項，要求台電公司確實檢討改善（會議紀錄如附件 6），希望導正以往發生種種不合理的缺失，若仍得不到效果，未來本會審核台電公司送審之測試結果報告時，將不予承認，電廠必須重新執行測試。

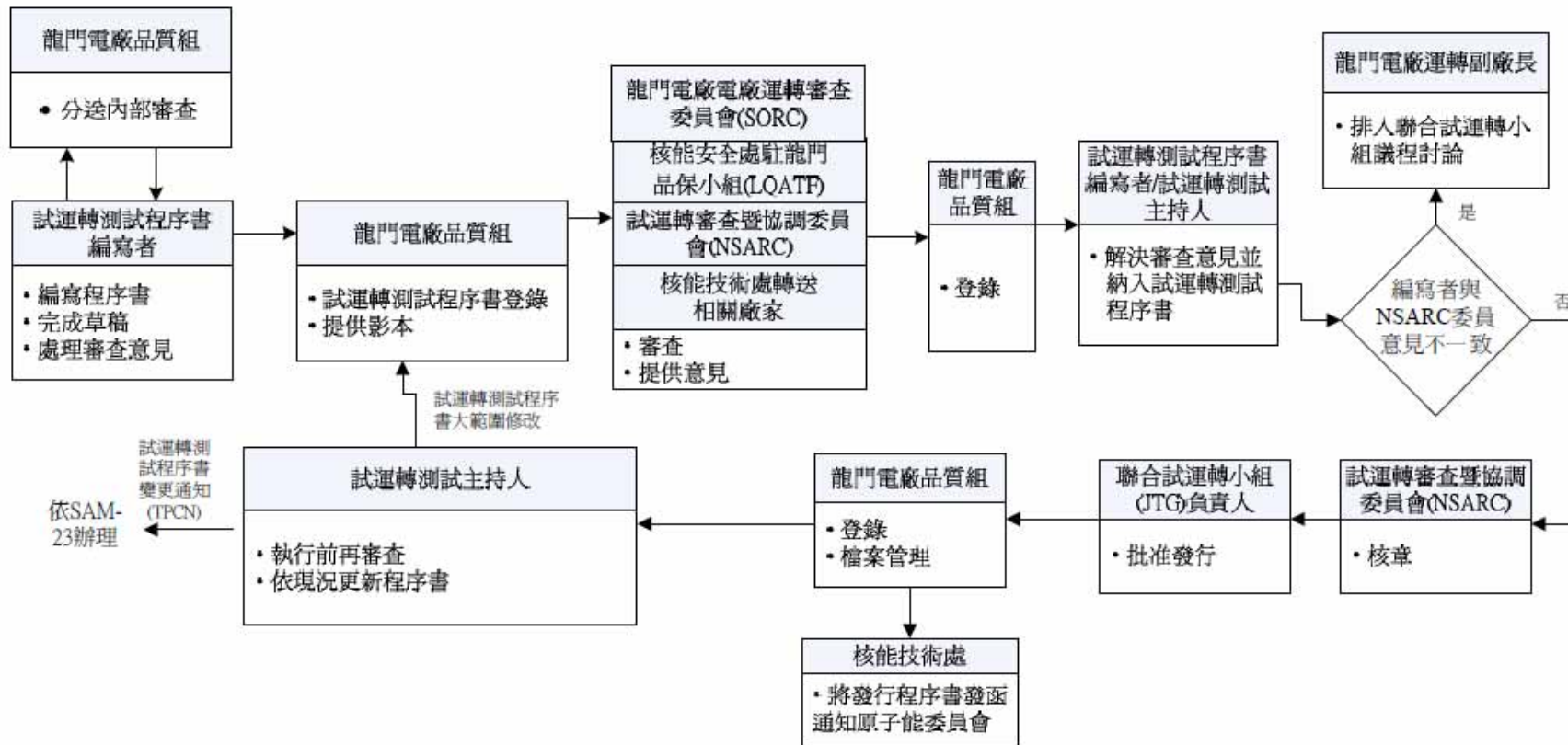
本會本於核能安全管制職責，仍將持續管制台電公司龍門電廠各項測試作業，實地視察試運轉測試執行情形，以確保測試品質，達成安全目標。

伍、參考資料

1. Lungmen Preliminary Safety Analysis Report chapter 14 “Initial Test Program”.
2. Lungmen Final Safety Analysis Report chapter 14 “Initial Test Program”.
3. USNRC, Regulatory Guide 1.68 “Initial Test Program for Water-cooled Nuclear Power Plants”, rev.2
4. IAEA Safety Guide NS-G-2.9, “Commissioning for Nuclear Power Plants”
5. 龍門電廠，先備系統試運轉測試程序書先備條件之需要性原則
6. 龍門電廠，系統移交準則

龍門電廠試運轉測試管制措施一覽表

項次	管制措施	內容概述	管制函件
一	管制會議	98 年 1 月 16 日「核四廠試運轉測試規劃與品質管制說明」	會議紀錄 會核 0980001775 號
		98 年 5 月 18 日「龍門電廠試運轉測試先備條件與時程規劃說明」	會議紀錄 會核 0980009702 號
		98 年 10 月 9 日「龍門電廠 1 號機試運轉測試先備系統需用性應用原則說明會」	會議紀錄 會核 0980017468 號
		99 年 2 月 2 日「龍門電廠試運轉測試現況與規劃時程說明會議」	會議紀錄 會核 0990002290 號
二	程序書審查	反應器廠房冷卻水系統（RBCW）試運轉測試程序書審查	備忘錄 LM-會核-98-31
		緊要寒水系統（ECW）試運轉測試程序書審查	備忘錄 LM-會核-98-32
		高壓爐心灌水系統（HPCF）試運轉測試程序書審查	備忘錄 LM-會核-98-33
		安全系統執行版試運轉測試程序書綜合審查	會核字第 0990002667 號函
		審查龍門電廠程序書- 控制室警報測試方案實施不當，未能完整驗證所有警報組件之功能	開立五級違規 EF-LM-99-04
三	試運轉測試計畫審查	針對龍門電廠起動管理手冊有關試運轉測試計畫、測試項目、測試組織、品質管理等項目，查證其內容妥適性。	備忘錄 LM-會核-97-13
四	定期視察	龍門計畫第 34 次定期視察 - 龍門電廠試運轉程序書管控作業	注意改進事項 AN-LM-98-013
		龍門計畫第 35 次定期視察 - 龍門電廠試運轉問題處理、工作需求管制、維護作業等	注意改進事項 AN-LM-98-018
		龍門計畫第 36 次定期視察 - 龍門電廠系統移交及試運轉測試品質作業查證部分	注意改進事項 AN-LM-98-027
		龍門計畫第 37 次定期視察 - 電廠初始測試作業之行政管理/文件管制/訓練要求查證	注意改進事項 AN-LM-99-001
五	專案視察	龍門電廠移交作業視察（第 1 次） - 電廠應確實執行成套文件審查、移交會議及現場勘查等	注意改進事項 AN-LM-98-006
		龍門電廠移交作業視察（第 2 次） - 電廠應建立移交準則供測試負責人做為審查依據	注意改進事項 AN-LM-98-019
六	視察發現	執行試運轉測試前先備系統之查證不確實	注意改進事項 AN-LM-99-009



龍門核能電廠試運轉測試程序書審核流程圖

「核四廠試運轉測試規劃與品質管制說明」

會議紀錄

一、時間：98 年 1 月 16 日（星期五）上午 9 時 30 分

二、地點：原子能委員會六樓會議室

三、主席：陳宜彬處長

四、出席人員（敬稱略）：

原能會：徐明德、莊長富、牛效中、趙衛武、葉元川、李綺思、張國榮、宋清泉、許明童、王迪生、洪子傑

台電公司：林德福、葉英川、林志鴻、李榮曜、吳耀文、徐自生、陳肇寅、李家光、劉鴻漳、李國鼎、劉明輝、甘澤民、林連祥、游錦康、吳文中、詹世亮

五、記錄：洪子傑

六、簡報與討論：略。

七、決議事項：

- （一）請台電公司就今日簡報所提先備條件及系統使用臨時設備之原則，檢視現有試運轉測試程序書，整理有必要使用非正式設備與電源之測試項目，提報本會，該份清單原則上應以先備(工具類)系統為限。
- （二）簡報所提之先備條件系統使用臨時設備之原則與參數範圍應有所依據，如終期安全分析報告(FSAR)條文、原設計廠家規範或手冊等，否則應取得廠家之書面同意，不宜僅依工程經驗判斷決定。
- （三）臨時電源的使用，應遵循 FSAR 的原則辦理，儘量減少使用，避免因非必要之臨時電源或設備，導致增加重大工安事故或設備損傷之可能

性，也失去測試電廠最終完工組態的意義。另因核四廠中壓匯流排加壓已接近一年，到目前為止仍無法使用正式電源做為保護系統之電源，實已違反電力工程安全防護之常理，請儘速完成相關的裝置。

- (四) 先備條件之環境因素，廠家規範已指明為電廠正常運轉及例行活動的條件，故應包含廠務管理及工安狀況等，不只侷限於溫度及濕度的控制。
- (五) 先前控制棒驅動泵(CRD pump)功能測試並支援 1 號機反應爐水壓測試係屬於施工後測試，其使用臨時設備之案例不應類比援用於試運轉測試。
- (六) 先備(工具類)系統試運轉測試執行前，除了測試主持人(TD)之外，建議由品質部門及核安處負責執行先備條件符合性之查驗。
- (七) 核四廠已提送本會審查之試運轉測試程序書，如因檢討測試先備條件或先備系統而有所修訂時，請先提送修訂清單，並在程序書完成修訂後再提報本會。
- (八) 起動測試管理手冊(SAM)先前已報會核備，若內容有所修訂時，請通知本會駐廠視察員，並定期將修訂的章節部分陳報本會。
- (九) 請台電公司依據 FSAR 承諾，於正式執行試運轉測試前規劃詳細之試運轉測試排程，陳報本會。往後如有任何修訂更動，請隨時通知本會駐廠視察員。
- (十) 依據「核子反應器設施運轉執照申請審核辦法」規定，應於預定初次裝填核子燃料前提送之「系統功能試驗報告」，請核安處預先規劃試運轉測試報告格式，及將測試結果提報本會的方式。
- (十一) 有關 ASME Data Report (N5 及 N3)之替代方

案，請依據第 21 次龍門核管會議的決議，於適用之系統試運轉測試至少兩個月前提報本會審查，以免影響未來試運轉測試之執行。

八、散會：下午 12 時 30 分

「龍門電廠試運轉測試先備條件與時程規劃說明」會議紀錄

一、時間：98 年 5 月 18 日（星期一）下午 14 時

二、地點：原子能委員會六樓會議室

三、主席：陳宜彬處長

四、出席人員（敬稱略）：

原能會：徐明德、莊長富、趙衛武、葉元川、宋清泉、許明童、王迪生、洪子傑、趙得勝

台電公司：林德福、劉增喜、葉英川、林志鴻、李榮曜、柯志明、吳耀文、徐自生、林清榮、劉鴻漳、許永輝、廖學志、張鴻文、潘維耀、黃再添、甘澤民、林連祥

五、記錄：洪子傑

六、簡報與討論：略。

七、決議事項：

- （一）龍門電廠試運轉測試程序書先備條件所列支援系統於測試執行時須符合以下條件：(1)能適時提供符合設計需求之支援功能；(2)具備應有之連鎖保護功能；(3)可長期運轉；(4)能由主控制室監控（空壓機除外）；(5)主要設備及安全功能已完成施工後測試，並完成該部分之移交作業（空壓機除外）。
- （二）試運轉測試執行期間如果發生先備條件之支援系統無法適時提供支援功能，則視同先備條件不完備，應停止測試，待支援系統修復，滿足先備條件後才可再進行測試。
- （三）系統試運轉測試程序書若將廠用電腦系統（C91）列為先備條件，廠用電腦系統之 TRA/SOE/Historian 功能應於該系統試運轉測

試前可用，以支援該系統之試運轉測試，並驗證廠用電腦系統 Historian 之記錄功能。

- (四) 消防系統應列為各項試運轉測試之先備條件，如果正式系統尚未完成，系統試運轉測試執行時該樓層須有符合功能之臨時消防設備，並可由主控制室監視。請台電公司再評估臨時消防設備之需求功能。
- (五) 執行版試運轉測試程序書之「先備條件」應預留空間與簽名欄位，以提供查驗人員執行先備條件符合性之查證。
- (六) 台電公司 98 年 5 月 8 日電核發字第 09804064811 號函陳報龍門電廠整體試運轉測試規劃時程與本次會議提報之先備系統測試時程有所不符之處，請加以修訂，並於經濟部核定新時程後，重新提送有預估日期之時程。另請龍門電廠將完成試運轉測試之進度，及最新的測試時程，按月寄送本會備查。
- (七) 非緊要多工傳輸系統（H23）網路層試運轉測試程序書正由本會審查中，待本會審核通過回函備查後，即可執行該項試運轉測試，惟請台電公司注意測試現場環境潔淨程度。
- (八) 請台電公司遵守美商奇異公司（GE）覆函所提，若支援系統於某項試運轉測試時使用臨時設備，該項試運轉測試應依 SAM 文件規定進行管制，於支援系統正式設備完成可提供需求功能後，執行適當之重複測試（overlap testing）。
- (九) 附加以上各項會議決議事項，本次簡報之龍門電廠「試運轉測試程序書先備條件需用性應用原則」，本會原則同意，惟臨時設備之使用，應以本次簡報所提 5 個先備支援系統為限，不宜擴及至其他系統。

八、散 會：下午 16 時 30 分

「龍門電廠 1 號機試運轉測試先備系統需用性應用原則說明會」會議紀錄

一、時間：98 年 10 月 9 日（星期五）上午 9 時 30 分

二、地點：原子能委員會六樓會議室

三、主席：徐明德副處長代

四、出席人員（敬稱略）：

原能會：莊長富、趙衛武、葉元川、宋清泉、許明
童、王迪生、洪子傑、趙得勝

台電公司：林德福、劉增喜、陳慶鐘、林志鴻、柯志
明、徐自生、詹世亮、林清榮、劉鴻漳、
許永輝、游錦康

五、記錄：洪子傑

六、簡報與討論：略。

七、決議事項：

（一）今日簡報之「試運轉測試程序書先備條件（Prerequisites）之需用性應用原則」（以下簡稱「需用性原則」），僅適用於龍門電廠先備系統之試運轉測試，請台電公司於文件名稱前加上「先備系統」四字，並於文件中定義先備系統（包含輔助鍋爐及洩水系統）。其餘各系統仍應使用正式設備，且在先備條件及支援系統符合測試程序書要求的條件下，才可執行試運轉測試。

（二）有關消防系統支援試運轉之原則，請依據貴公司核安字(D)第 09807000611 號函內容及本會核字第 0980011058 號書函辦理，並請增訂於「需用性原則」一、5 節。

（三）由於現場實務上的需求，且在不影響測試功能的考量下，本會同意於試運轉測試初期，得使

用臨時空壓機支援各系統執行測試，然而請台電公司儘速進行空壓機（P51/P52）之維修及採購作業。

- （四）在支援控制廠房通風系統所需寒水之考量下，本會同意緊要寒水系統（ECW, P25）C 串在設計修改案完成前，得以臨時緩衝槽（Surge Tank）運轉提供符合設計之寒水支援功能，然請增訂說明支援何項通風系統試運轉測試，並應於 ECW 系統本身之試運轉測試前，將永久 Surge Tank 安裝完成，以符合其試運轉測試所需條件。
- （五）因海水電解加氯系統（ES, Y54）已可提供加氯功能，請刪除 TBSW（P27）試運轉測試得使用臨時桶槽加氯之相關敘述。
- （六）請台電公司檢視原設定使用臨時設備之 5 個系統（P11, R13, R16, P51, P52），依現場實際進度狀況，檢討「需用性原則」內容，刪除不須再使用臨時性設備之個別系統。
- （七）除以上各點，本會同意「需用性原則」之各項增修內容。
- （八）目前 P27 及 W13 系統移交出現僅移交 C 串的現象，台電公司承諾除空調相關系統外，不會再有分割或次系統移交之情形發生。
- （九）請台電公司依據行政院所核定之完工期程，將龍門電廠最新試運轉及起動測試進度及預估時程，於每月月底前提送至本會備查。
- （十）台電公司陳報之「系統功能試驗報告」格式及陳報方式和時機等議題，本會將再擇期與相關人員討論後定案。

八、散 會：中午 12 時 10 分

「龍門電廠試運轉測試現況與規劃時程說明會議」會議紀錄

一、時間：99 年 2 月 2 日（星期二）上午 9 時 30 分

二、地點：原子能委員會六樓會議室

三、主席：陳處長宜彬

四、出席人員（敬稱略）：

原能會：徐明德、莊長富、牛效中、趙衛武、葉元川、宋清泉、許明童、王迪生、洪子傑、趙得勝、陳建智

台電公司：林德福、林則棟、林志鴻、陳慶鐘、柯志明、徐自生、詹世亮、林清榮、劉鴻漳、許永輝、游錦康、辛潤

五、記錄：洪子傑

六、簡報與討論：略。

七、決議事項：

- （一）台電公司至今尚未正式函覆並提報本會符合現況之龍門計畫整體測試時程，請台電公司於 99 年 2 月底前提報（含試運轉測試及起動測試），並每月提報更新進度與調整預估時程。在本會備查龍門電廠正式整體測試時程前，相關安全及重要（S/R1）系統（電力系統除外）之試運轉測試結果，本會不予採認。
- （二）請龍門電廠就核四安全監督委員會林委員宗堯對於測試程序書品質與執行之意見，檢討修訂測試程序書編寫相關之 SAM 與工作指引，並據以修訂測試程序書內容。
- （三）請台電公司考量將試運轉測試程序書內應屬施工後測試項目移出，以釐清先備條件之必要性。不符合先備條件下進行之測試結果，本會將不予採認。

- (四) 請台電公司核能安全處制訂計畫，進行龍門電廠試運轉測試程序書實質審查，並訂定停留查證點，以強化試運轉測試執行之稽查機制。該計畫請於 99 年 2 月底前提報本會，將另行召集會議討論。
- (五) 請台電公司依據 PSAR 承諾，將龍門電廠試運轉測試程序書送交廠家審查。未依廠家同意並簽署之程序書，其完整性與嚴謹性存有疑慮，試運轉測試之結果，本會將不予採認。
- (六) 請台電公司澄清負責審查一般廠內系統(BOP)測試程序書及測試結果的石威公司替代廠家，及 N 持照者到位且接受辦理台電公司自行設計之修改案情形。
- (七) 請台電公司於陳報之「系統功能試驗報告」格式，加入「結論」一節以評估測試之適切性。依據 PSAR 承諾及 GE 試運轉測試規範之規定，測試結果須送廠家審查並有明確簽證認可，廠家簽署應含於報告內。本會將另行公告申請初次裝填核子燃料須提送之系統功能試驗報告項目、內容與時限。

八、散 會：下午 13 時 50 分