

龍門核能電廠第二十五次定期視察報告

行政院原子能委員會核能管制處

中華民國九十六年一月二十四日

目 錄

壹、前言.....	1
貳、工程現況.....	2
參、視察結果.....	5
肆、結論與建議.....	25
伍、視察照片.....	27
附件一 龍門計畫第二十五次定期視察計畫	
附件二 「反應器內部組件安裝」討論會問題紀錄	
附件三 核能工程注意改進事項	

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。依此項要求台電公司乃根據本會「核子反應器設施品質保證準則」編寫「核四工程品質保證方案」經本會核備後，做為核四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。

為了解台電公司品保部門及龍門施工處在品保與施工品質管制作業之執行，是否符合前述之法規與「核四工程品質保證方案」之要求，以及其所應達成之品保目標與功能，本會定期視察作業乃就台電公司品保部門及龍門施工處在品保與工程管理等作業之執行情形，參照台電公司「核四工程品質保證方案」，進行整體性之視察作業，然為兼顧並增進視察之深度及系統性，本會定期視察作業乃逐一針對電廠各系統之施工品保及管理作業情形進行了解。本次定期視察除選定核四廠「緊急柴油發電機系統(EDG R21)」做為視察執行之主要標的外，配合核四廠反應器內部組件安裝作業即將展開及邀請之會外專家專長亦將核四廠反應器內部組件安裝準備作業現況情形，持續列入本次視察之範圍。視察團隊人員分工針對其設備接收與品質文件審查、設備倉儲與維護保養、工程管控、品質稽查、設備安裝及廠務管理等項目，就施工管理與

品保管制之作業情形進行深入之查核、了解。

而為引進國外核電廠建廠管制作業與施工品質管控之經驗，持續提升本會視察人員之視察作業能力，以強化本會核四建廠安全管制之深度及其公正性，本次定期視察仍委請財團法人核能科技協進會邀請國外具進步型沸水式反應器建廠經驗、反應器內部組件安裝、銲接、檢查及測試規劃作業等經驗之學者專家，共同組成專家團隊協助本會視察作業之執行。本次視察該協會特別邀請日本 獨立行政法人原子力安全基盤機構(JNIS)特別顧問 安藤弘昭(ANDO Hiroaki) 先生及審議役(Assistant Director-General) 岡田 史朗(OKADA Hisaaki)先生擔任此一專家團隊之國外專家成員。

本次定期視察作業由原能會核能管制處賴科長尚煜擔任領隊，率領由原能會核能管制處(7人)、核研所核四建廠安全管制支援小組(3人)及核能科技協進會(4人，含國外專家2人)等共同組成視察團隊，自95年12月11至15日於核四工地進行。本次定期視察之實施項目及人員等，請參見龍門計畫第二十五次定期視察計畫(如附件一)。

貳、工程現況

行政院於95年8月21日核定調整核四廠第1、2號機商轉日

期後，台電公司即依此重新檢討修訂現階段核四工程整體與各分項作業工程之進度狀況。依視察前台電公司所提報資料顯示至 95 年 10 月底止，計畫實際總進度為 59.69%，較計畫預定進度 60.57% 落後 0.88%。各主要分項作業實際進度如下(括弧內為與預定進度差異情形)，設計(權重：19%)：86.17%(0%)，採購(權重：15%)：97.58%(-0.14%)，施工(權重：58%)：47.81%(-1.5%)，試運轉(權重：8%)：11.9%(0.1%)。

目前核四廠大多數之主要分項工程均已展開實際之施工作業，而由工程時程調整情形顯示，預期未來半年之重要或要徑工程目標主要有：一號機汽機安裝前置作業之主冷凝器與天車安裝、一號機汽機安裝、一號機反應器內部組件安裝作業，以及二號機反應器廠房 EL+12300 隔膜地板(Diaphragm Floor)施工作業等。為確保這些重要要徑工程之施工品質不致因趕工而有所影響，本會已針對前述工程及施工作業，擇定若干重要項目，將依實際施工規劃與作業執行狀況，進行專案及持續性視察及查核作業。

台電公司原定於 95 年 10 月中旬展開之反應器內部組件安裝規劃時程，因持續受到加強鋼筋混凝土包封容器頂板(RCCV TOP SLAB；EL+23500)樓板混凝土灌漿及反應爐井襯板(Reactor Well Liner)與更換燃料封環(Refueling Bellow)安裝延遲之影響，龍門施工處已於 11 月 5 日修訂其施工進度規劃時程，至 12 月 15 日方才展開安裝前之清潔管制準備作業，但原定之反應器完成水壓

試驗(Hydrostatic Test)目標時程仍定為 97 年 3 月 15 日，使全部之預定施工工期進一步由 17 個月壓縮至 15 個月，以期確保現階段核定之一號機商轉日期仍能如期達成。目前台電公司及承包商仍在持續進行安裝之前置準備作業，如程序書撰寫、特殊工具準備、銲接模擬測試、可掀式屋頂防護蓋與清潔室之設計施作、…………等等。

核四廠每一部機組的緊急柴油發電機系統(EDG R21)係由位於反應器廠房內，並具有多重性獨立之三台安全有關 Class 1E 緊急柴油發電機，以及位於輔助燃料廠房的一台共用緊急柴油發電機所共同組成，其設計壽命為四十年。

各 Class 1E 匯流排專屬的各台緊急柴油發電機除能在該匯流排電壓降低或失電時，提供所屬安全設備需要之交流電力外，並能同時因應發生喪失外電 (LOOP) 與爐水流失事故 (LOCA) 時，特殊安全設施 (ESF) 必要的電力，使機組達到安全停機。此外每一台緊急柴油發電機均各為一完整的功能單元，各自擁有各自的支援系統，因此任一台緊急柴油發電機或其支援系統的故障，均不致影響其它緊急柴油發電機的運作。而共用緊急柴油發電機的作用係在 Class 1E 匯流排專屬緊急柴油發電機故障、保養、修理時，暫時替代該台專屬緊急柴油發電機。

各台緊急柴油發電機係由原動機、交流發電機、燃油儲存與傳送系統、相關儀器與控制設備以及輔助系統等所共同組成，重

要之設備及子系統有：柴油發電機、燃油儲存與傳送系統、潤滑油系統、冷卻水系統及起動空氣系統等，目前除泵(54台)、低壓與控制櫃(LV & Control Cubicles)、備用組件(Spare Parts)及管路與支架(Piping and Supports)等設備組件仍尚未到貨外，其他各設備組件均運抵核四工地，其中柴油發電機 1A 於到貨檢驗時，因發現已有損壞情形，目前正由原廠進行檢修中。另已完成：柴油發電機(A/B/C 台)、潤滑油熱交換器(1A/1B/1C 台)、起動空氣槽(Starting Air Receiver, 1A1/A2, 1B1/B2, 1C1/C2)、停機空氣儲存槽(Shutdown Air Storage Tank, 7A/B/C) (註：以上一號機)、水套熱交換器(Jacket Water Heat Exchanger, 2A/B/C 台)、DG A/B/C 內冷器水熱交換器(Intercooler WTR Heat Exchanger 3A/B/C)(註：以上二號機)等之吊裝，其中柴油發電機 1B 於 95 年初吊裝後因遭到火損亦正由原廠進行檢修中。

參、視察結果

一、設備接收、品質文件審查與管制

針對本項視察作業此次選定緊急柴油發電機之廠家製造品質文件為視察範圍，惟由於品質文件之項目甚多且廣，因此僅就屬美國機械工程師協會鍋爐與壓力容器規章第三章(ASME B&PV Sec III)閥類品質文件進行查證，查證結果如下：

(一)經查“Specification for Emergency Diesel Generators (EDG) for the Lungmen Nuclear Power Project”，文件編號 31113.63.1410

Rev. 2，該文件之 Preparer、Reviewing Engineer、Quality Assurance、Specialist 等欄位，以及需要專業工程師(RPE, Registered Professional Engineer)簽署之處，相關人員均未署名。

(二)依據 31113.63.1410 Rev. 2 文件 3.3.10.5 Nondestructive Testing 之規定，非破壞檢測作業除依 ASME B&PV Code, Section III 外，亦需依下述要求執行磁粒檢測：

- As-cast, as-welded, or as forged surfaces shall be examined by the dry particle method.
- Machined surfaces shall be examined using the wet method.
-

但查證一號機緊急柴油發電機系統 ASME Class 3 管閥品質文件，發現下表中之閥體(Valve Body)均未執行非破壞檢驗，需查證二號機是否亦有類似情形。

Valve Type	Tag Number	QRP Volume and Page	Remarks
Release Valve	1R21-RV-0078A	Volume 1, Page 109	
Release Valve	1R21-RV-0047A	Volume 1, Page 111	
Release Valve	1R21-RV-0078B	Volume 1, Page 113	
Pressure Valve	1R21-CV-0054C	Volume 4, Page 000171	
Pressure Valve	1R21-CV-0066A	Volume 4, Page 000195	
6" Thermostatic Valve	1R21-ADV-0033A	Volume 8, Page 000082	
6" Thermostatic Valve	1R21-ADV-0034C	Volume 8, Page 000289	

4" Thermostatic Valve	1R21-ADV-0020A	Volume 7, Page 000421	
4" Thermostatic Valve	1R21-ADV-0020B	Volume 7, Page 000465	

(三) 對於安全(S)級之設備組件之品質文件，台電公司曾承諾將全面進行查證作業，惟查證發現除本項 EDG 系統有關設備組件之品質文件，台電公司未執行查證作業外，自 95 年 1 月以後亦未再執行其他 S 級組件之品質文件查證，不符已有之承諾。

二、設備倉儲與維護保養

本次視察之範圍乃就台電公司龍門施工處 EDG 相關設備倉儲與現場安裝之儲存狀況，及相關設備倉儲與現場安裝之維護保養狀況進行查證，相關視察發現如下：

(一) 設備儲存狀況

抽查中十一倉庫緊急柴油發電機冷卻水持溫加熱器與儀控電纜設備儲存狀況時，發現該倉庫部分地面有明顯積水現象，不符合 NQA-1C 級器材儲存場所及龍門施工處作業程序書 LMP-MTD-007「器材儲存及保養管制作業程序書」之規定要求。

(二) 維護保養狀況

1. 抽查一號機反應器廠房 EL.+12300 緊急柴油發電機 1R21-DG-0001A/B/C 及 1R21-GEN-0001A/B/C、潤滑油熱交

換器 1R21-HX-0001A/B/C、起動空氣接收槽 1R21-RCV-0001A1 /A2/B1/B2/C1/C2 及停機空氣儲存槽 1R21-RCV-0007A/B/C 等設備現場安裝維護保養狀況，視察結果，雖然相關設備大致均能依照器材儲存期維護工作指引之要求進行維護保養，但仍發現如下之缺失，宜予以澄清改善：

- (1) 依據龍門施工處程序書 LMP-QLD-022「設備安裝期間維護保養管制作業程序書」之規定，承包商必須依照維護保養作業程序書及器材設備安裝期間維護保養工作指引，執行維護保養及檢查作業，而經辦課或協辦課則至少每 3 個月要執行維護保養檢查見證一次，且上述之維護保養檢查紀錄表及見證表均需以正本懸掛在設備上備查，但經查現場緊急柴油發電機 1R21-GEN-0001A/B/C 承包商榮電股份有限公司之器材設備安裝期間維護保養檢查紀錄表，發現自 95 年 10 月 11 日以後，其維護保養檢查紀錄表並未置放於現場備查，且台電公司龍門施工處之器材設備安裝期間維護保養檢查見證表，自 95 年 8 月 1 日以後，其維護保養檢查見證表亦未置放於現場備查，相關設備之維護保養管制作業並不符合前述程序書

之規定。

(2) 依據緊急柴油發電機 1R21-GEN-0001A/B/C 器材儲存期維護工作指引之要求，線圈空間加熱器應每月量測電壓及電流是否正常，同時，每月應使用 DC1000V 高阻計量測馬達線圈繞組絕緣值 $>200M\Omega$ ，經查承包商執行維護保養所使用之馬達線圈繞組絕緣量測儀器，其儀器有效期均在有效期限之內，但由承包商榮電股份有限公司之器材設備安裝期間維護保養檢查紀錄表及台電公司龍門施工處之器材設備安裝期間維護保養檢查見證表顯示，於 95 年 8 月以前，緊急柴油發電機馬達線圈繞組絕緣值量測結果均為 $>100M\Omega$ ，並不符合器材儲存期維護工作指引之要求，同時，相關設備之器材儲存期維護工作指引亦未建立線圈空間加熱器之電壓及電流量測接受標準值。

(3) 現場抽查起動空氣接收槽 1R21-RCV-0001 A1/A2/B1/B2/C1/C2 之器材設備安裝期間維護保養檢查紀錄時，發現起動空氣接收槽 1R21-RCV-0001C1，現場並未置放台電公司龍門施工處之器材設備安裝期間維護保養檢查見證表。

2.抽查一號機反應器廠房 EL.+18100 緊急柴油發電機護套水熱交換器 1R21-HX-0002A/B/C 及內部冷卻器熱交換器 1R21-HX-0003A/B/C 等設備現場安裝維護保養狀況，視察結果，相關設備大致均能依照器材儲存期維護工作指引之要求進行維護保養，惟於現場視察時，發現內部冷卻器熱交換器 1R21-HX-0003A/B/C 承包商中鼎/大宇建設工程公司之器材設備安裝期間維護保養檢查紀錄表，誤將器材設備名稱標示為護套水熱交換器。

3.抽查台電公司龍門施工處 EDG 倉庫、一號機反應器壓力槽儲存倉庫、中五倉庫及中十一倉庫之緊急柴油發電機、中壓電器盤及冷卻水持溫加熱器與儀控電纜等設備倉儲維護保養狀況，視察結果，各項設備均能依器材儲存期維護工作指引之要求進行維護保養。

4.抽查台電公司龍門施工處中三倉庫、小十倉庫及中六鐵皮屋之緊急柴油發電機引擎潤滑支系統部分儀控設備、壓力傳送器、部分安全相關止回閥、釋壓閥、溫度控制器及壓力控制閥等設備倉儲維護保養狀況，視察結果，各項設備大致均能依器材儲存期維護工作指引之要求進行維護保養，惟該等設備之器材儲存期維護工作指引均要求每月應執行設備鏽

損、破損、變質檢查，但於現場視察期間，發現該等設備於開箱驗收後，即進行封箱儲存，對於設備前述檢查要求，並無法進行實質上之檢查，不符合前述器材儲存期維護工作指引要求。

5.依據龍門施工處作業程序書 LMP-MTD-007「器材儲存及保養管制作業程序書」第 6.1 節器材維護保養作業程序之規定，相關維護課應就器材之功用及特性，並參照廠家說明書之規定，擬訂倉儲期維護保養計畫表，自收到交運通知後，提出器材儲存期維護工作指引，並送品質課審查接受後，作為儲存期器材與設備維護之用。但經分別抽查台電公司龍門施工處中三倉庫、小十倉庫及中七鐵皮屋之緊急柴油發電機引擎潤滑支系統部分儀控設備、發電機之特殊組件及工具、起動空氣壓縮機、潤滑油熱交換器、伸縮接頭及儀器控制閥等雜項設備，發現相關設備之廠家維護手冊台電公司龍門施工處至今並未完成接收，致使施工處僅依設備一般維護保養準則進行相關設備之維護保養，相關設備器材儲存期維護工作指引內容之正確性並無法確認，應儘速取得相關設備供應廠家之維護保養手冊，以制定正確之器材儲存期維護工作指引，確保相關設備之維護品質。

三、檢驗、試驗與品質稽查(含人員資格)

本次視察主要針對 EDG 基礎台施作檢驗之情形進行查核，並針對 EDG 有關不符合案件(NCR)之處理管制現況進行了解，有關視察情形及結果摘要如下：

(一)查閱一號機 EDG B 台基礎施作紀錄，該項工作分為兩階段，

第一階段施作係在今(95)年四、五月間完成，目前正進行第二階段工作。從資料顯示，第一階段檢驗內容分別有：施工區域磨平及 pipe sleeve 突出部切除、smoothing resin 施工區域 concrete surface 打毛及清潔、搭建臨時蓬架、phase 1 cofferdam 施做、smoothing resin 拌合、smoothing resin 澆置、smoothing resin 表面研磨，phase 2 cofferdam 施做及 smoothing resin 施工油漆等。根據施工處檢驗辦法作業程序書

(QLD-003) 規定，S 級設備經辦課及品質課停留點分別是 20% 及 10%，見證點及停留點合計分別是 70% 及 40%。查證結果，各項內容均依所訂定之見證點或停留點執行查驗工作，符合程序書規定。

(二)抽查一號機 EDG B 台基礎施作紀錄數據，「施工區域磨平及 pipe sleeve 突出部切除」及「smoothing resin 澆置」檢驗標準施工處所訂數據分別是「EL.+12350 mm 以下」及「EL.+12330 ± 1 mm」，但在承包廠商新亞自主檢查表上卻是「EL.+12300

mm以下」及「EL.+12300± 1 mm」，顯然與施工處檢驗表所訂數據不同。雖施做結果皆符合接受標準，然就狀況研判，承包廠之自主檢驗資料可能與經辦單位規定有所出入，致施工後才發現。針對此一情形，考量施工處 QLD-003 程序書中並無經辦課審核承包廠自主檢驗文件之程序，建議將此道程序加入或另擬預防措施，以避免甲、乙方施工標準不一之情形再發生。

(三)抽查一號機 EDG B 台基礎高程檢測數據，膨脹螺絲高程部分共有 60 點，主要是提供 smoothing resin 澆置之參考水準，使其符合接受標準；其中第 3 點新亞公司紀錄為 EL.+12355 mm，遠超過設計值達 25 mm，且與施工處會驗紀錄 (EL.+12300 mm) 不一致；之後經辦人員澄清，表示該點之膨脹螺絲已經過修正，因此 smoothing resin 澆置時係以施工處會驗值為準，可確保高程在誤差值以內。

(四)目前有關緊急柴油發電機(EDG)之不符合報告(NCR)共有 8 件，根據品質文件稽催作業程序書 (QLD-034) 每月稽催一次，惟查閱 11 月稽催表單發現編號 NSS-366 之 NCR 案，並未列入其中；另 NCR-472 案之附件，其並未填寫 NCR 案編號，致不易確認所屬案件，以上均宜加以改善。

四、管路與設備安裝

本項視察之範圍，係就台電公司龍門施工處之緊急柴油發電機相關設備安裝之狀況進行查證，其有關之視察發現與建議如下：

(一) 抽查一號機反應器廠房 EL.+12300 緊急柴油發電機 1R21-DG-0001A/B/C 與 1R21-GEN-0001A/B/C、潤滑油熱交換器 1R21-HX-0001A/B/C、起動空氣接收槽 1R21-RCV-0001A1/A2/B1/B2/C1/C2 及停機空氣儲存槽 1R21-RCV-0007A/B/C 等設備與系統安裝現場狀況；其視察結果，整體看來安裝狀況大致良好，重要設備外面並有以防火布包著，惟於現場視察緊急柴油發電機 1R21-DG-0001C 現場時，發現有一管路管節之護蓋破損，造成該管路管節內部鏽蝕，應予以處理改善。

(二) 抽查一號機反應器廠房 EL.+18100 上面夾層之緊急柴油發電機護套水熱交換器 1R21-HX-0002B 及內部冷卻器熱交換器 1R21-HX-0003B 等設備現場安裝狀況，視察結果整體看來安裝狀況大致良好，惟該現場並未安裝照明設施，而地面又有以木板臨時蓋住之空洞，對施工與執行維護保養人員等之工作安全似有未周全之虞，施工處應儘速安裝照明設施或採行相關之因應改善措施；並建議施工處經辦課亦應赴其他緊急

柴油發電機護套水熱交換器（如：1R21-HX-0002 A /C、2R21-HX-0002A/ C）及內部冷卻器熱交換器（如：1R21-HX-0003 A /C、1R21-HX-0003A /C）等設備安裝現場查看，以確認相關現場是否亦有類似之情況，俾一併改善之。

(三)巡查一號機反應器廠房 EL.12300 之各緊急柴油發電機室安裝現場，發現 A、B、C 三台緊急柴油發電機之基礎螺栓護套均有許多只未套上去，建請施工處改善並隨手將其套上；又緊急柴油發電機之機台或基座上，都有一些螺帽等零件散置情形，亦請施工處有關課能督導各協力廠商持續加強相關之安裝現場廠務管理工作。

(四)現場工作環境若不良，會影響工作人員的心理和出入安全，甚至引發工安事件，故土建各樓層完成後，宜能儘速進行有關之通行通道和樓梯、電源和照明、以及工作通風等設施之安裝，對人員心理、安全和管路、設備之運送、安裝，必均有正面助益；目前，一號機反應器廠房 EL.+12300 各緊急柴油發電機有關之土建工程均已完成多時，爰建請施工處儘速進行相關之設施加強或配合改善措施。

(五)因一號機緊急柴油發電機 1R21-DG-0001B 吊入至反應器廠房 EL.+12300 安裝後曾遭受火損，為求安全保守慎重起見，建

議於修護後之安裝有關測試中，除了原有之一般測試項目外，宜再考量針對電氣與儀控方面，其可能受火災波及而有影響之虞的零組件及接頭等，加強查核與測試確認所有功能正常，俾保證一號機緊急柴油發電機 1R21-DG-0001B 之緊急功能完整性。

(六)本(12)月 12 日在與二號機緊急柴油發電機房同高程之反應器廠房北側 EL+12300 地面，發生工作人員受傷送外就醫手術之工安事故，顯示工作人員之勞工安全意識仍有不足情形，施工處經辦課對通報有關法規亦不夠熟悉，故並未依「核子反應器設施異常事件報告及立即通報作業辦法」第三條第一項第一款之規定，於二小時內通報本會。進行現場裝機工作，難免會遇到有安全影響之相關作業，建議於執行有安全顧慮之作業時，現場應有監工或工安人員在場，相關人員發現任何有危險疑慮之跡象，應當時立即糾正，即時阻止錯誤行動，必要時應暫停該作業，以保障人員安全；並建議施工處整體考量，是否宜由統一權責窗口處理陳報有關主管機關之作業，以避免各經辦課因不熟悉通報等相關法規致發生遺誤時機或違反規定之情事。

五、土木結構施工作業及現場巡視

本項視察主要針對廠房廠務管理、工作週遭環境與設備安裝現場做整體性的視察，以下為視察過程中主要之發現及建議：

(一)在廠務管理方面相較於以往經驗，有明顯的進步值得鼓勵。

此或許與 WANO 將派員執行 Peer Review 有關，但不管如何，請持續保持並做的更好。

(二)前述整體廠務管理雖有長足的進步，但在一號機反應器廠房巡查時，發現 EL+12300 之西南側有 2 只瓦斯桶及一節風管留置現場，而該區位並非在作業中，也無風管安裝工程進行，應要求廠商改善，並加強管制器材有關之廠務管理。

(三)同前項在一號機 RB 廠房 EL+18100 巡查一號機緊急柴油發電機 B 台之 Jacket water 及 Inter cooler 之熱交換器房間時，該房間位於該層夾層上，存有積水現象；而上方已完全封頂情況，似不應有積水情形，且該處封頂已久，故推測該積水應存在有一段時間，應加強環境方面之廠務管理。

(四)除上述有待改善情形外，整體方面包括：有部分樓版之貫穿開口未遮蔽，或採用木板臨時遮蔽未牢固，有人員掉落受傷的危險；有設備需時常做保養，但無臨時照明設備；許多動線未設爬梯或有障礙物或以穿越口穿越等，都有待進一步改善。

(五)一號機反應器廠房緊急柴油發電機目前正持續進行細部安裝定位，但旁邊亦堆置著 RBCW 系統之管節，可能影響安裝作業的進行及使管節受損，對此一情形建議應整體考量檢討是否必要，並宜避免之。

六、工程管理(一號機反應器內部組件安裝)

本項視察作業除由本會視察人員會同會外專家團隊共同執行外，為增進施工處及安裝廠家有關人員於反應爐內部組件安裝作業之經驗及了解，視察過程中本會視察團除由會外專家舉行反應爐內部組件安裝之演講外，亦曾分別與施工處及安裝廠家各進行一場座談討論會，充分交換日本之安裝經驗與核四工地目前遭遇之狀況及問題。以下僅將重要之視察建議與意見摘要於後，有關座談討論會之內容摘要請另參閱附件二。

(一) 使用油壓式千斤頂做為爐心側板(shroud)安裝時之臨時支撐及調整器具，因其有微調不易、長時間有下沈與不易完全固定不動，以及萬一故障漏油將失去平衡之缺點及風險，建議考量改採日本安裝時所使用之機械式千斤頂。

(二) 爐內組件安裝時如果使用壓縮空氣作為工具動力源，請注意空氣清潔度，不能含有油份等異物。

(三) Shroud 下方之蜘蛛網限制器(Spider Restraint)在拆除時不宜一次全部移除，建議應配合銲接作業進程，逐步將其拆除、鬆

弛。

(四) 爐底下方之機、電、儀工序比傳統 BWR 繁雜，宜特別注意

界面管制(Interface Control)及工序之計畫並儘早完成規劃。

(五) Shroud 銲接時，以 4 部電銲機同時各施銲 4 分之 1 圓周長，

應較易發生變形，宜考慮減為各銲 8 分之 1 圓周長。

七、施工文件

本次視查期間，一號機反應器內部組件安裝正準備開始；因此，施工文件的抽查，僅就品保方案第 6.2.1 的 b. 設計文件與 d. 作業程序書取樣部分文件。由於品保方案係提供抽象的原則，只有應用在特定設備上時，才能顯出其意義。所以，在設計文件部分，取樣爐心底鈹差壓管 CP Δ P 的管路為查證對象；作業程序書部分，則以爐心側鈹、爐心底鈹等安裝程序書為視察對象。

爐心底鈹差壓管，以下簡稱 CP Δ P，共有 4 支。每支 CP Δ P 管路包含同軸的內管、外管各一支。內管開口於爐心底鈹上方，以度量爐心底鈹下游之水壓；外管開口於爐心底鈹下方，以度量爐心底鈹上游之水壓。爐心底鈹上游、下游的差壓，經儀控設備、經驗公式將其轉換成爐心流量後，將來為運轉員操作重要參數之一部分。在奇異公司(GE)安裝規範 26A5271 文件，4 支 CP Δ P 管以平行於 RPV 中心線方式，分布於爐心底鈹圓週 76°、148°、256°、及 328.5°。

在 RPV 爐內部分，與此 4 支 CP Δ P 管路配管相關的組件有爐

心底鈹、爐心側鈹、爐心側鈹支柱、及 RPV 爐底預留的穿越孔（編號 N11）。從 RPV 爐內側視，每支 CP Δ P 同軸管的路徑，上面始於爐心底鈹，垂直向下經過爐心側鈹內緣掛耳、爐心側鈹支柱內緣掛耳，再經 RPV 爐底的 N11 穿越孔貫穿反應爐而出。其中爐心底鈹預留孔與 RPV 爐底的 N11 穿越孔為製造廠已完成部份；4 支同軸管的頂視圖應該投影在相同座標，即上述 GE 安裝規格所描述的 4 個方位。此部分查證下列數據：

(一)反應爐爐體部分，日立公司工程圖 KUO-185-576，其 RPV 爐底 4 個 N11 穿越孔，各分布於投影座標 (2495,622)、

(1362,-2181)、(-2495,-622)、(-1344,2193)。

(二)爐心底鈹部分，依據日立公司工程圖 310PB05-388，其中的 4 個 CP Δ P 的預留孔，亦分別位於爐心底鈹座標 (2495,622)、

(1362,-2181)、(-2495,-622)、(-1344,2193)。

由於爐心底鈹與 RPV 爐底之間，高程差超過 5 米；所以每支垂直配管的管路，需分別於不同高程設有管路支撐；經查 GE 工程圖-177D3641，總共在爐心側鈹、側鈹支柱內側，有數個掛耳。其頂視投影座標亦分別與爐心底鈹預留孔座標相同。前述 GE 安裝規範 26A5271 文件，其 0° 為汽機軸方向，相當於所查工程圖之 y-軸方向；因此，以上所查各次組件之設計數據，查核結果沒有問題。

有關作業程序書部份，以既有的爐心側鈹、爐心底鈹等安裝

程序書為視查對象。此部分的視察所得如下：

- (一)內部組件安裝程序書與運轉中電廠的測試程序書，目的與功能不盡相同。系統測試程序書經常仰賴正確之程序邏輯，即能成功的控制測試參數；內部組件安裝程序書相當於靜態結構物安裝方法、次序等，其特性為程序書只構成成功安裝必要因素之一，現場的銲接施作經常扮演著更重要的腳色。
- (二)施工處所提程序書中的可接受準則、數據，大致上係源自設計廠家的相關資料。一般而言，廠家的設計數據是超越視察者所能評判的範圍；故此部分將尊重施工者現場的施工程序、及其可接受準則。作為安全管制的關卡，後續仍有許多功能規格可以追蹤。
- (三)從安全觀點，內部組件安裝終極目標必需滿足的是設備的可用性、安全性；例如反應爐淨水壓測試、ECCS 注水測試、控制棒功能測試等之規格。因此，在施工過程，如何從程序書中建立符合品保方案 6.2.1.(1).e 竣工報告之數據表，以供下游設備之安裝，也是重要的課題。

八、模擬測試規劃與執行現況

至視察當時為止模擬測試所需之材料雖均已大致備齊，但八份模擬測試有關之程序書僅正式發行三份(分別為主蒸汽管延伸管銲接模擬程序書、主蒸汽管延伸管銲後熱處理程序書模擬施工

程序書及反應器壓力槽急停管路銲接模擬程序書)，而唯一執行模擬測試之主蒸汽管延伸管銲接與銲後熱處理模擬測試作業仍在進行中，且已發現有需剷修之銲接缺陷。相關視察發現及建議簡述如下：

- (一)以目前仍有五份模擬測試程序書未發行與無一模擬測試作業完成，以及規劃之安裝開始時程在即之情形，未來模擬測試作業需與安裝銲接作業同時進行之狀況恐難避免，因此除仍請儘速完成未發行程序書編寫審查與測試作業，以減少模擬測試作業需與安裝銲接作業同時進行之狀況外，並請評估目前規劃之銲接人力是否足夠，並儘早因應，以合理作業人員之施工負荷，避免影響施工作業品質。
- (二)針對目前正在進行之主蒸汽管延伸管銲接與銲後熱處理模擬測試作業，查核有關之檢驗與作業紀錄情形均符合程序書之規定要求。
- (三)主蒸汽管延伸管銲接與銲後熱處理模擬測試作業完成後，依規範規定需進行殘留應力及永久應變量之分析，惟鑑於其所擬採用之有限有元素分析方法(FEM)與分析參數與一般常用之分析方式有相當之差異，請於該分析報告經施工處審查後提送本會，本會將邀請專家進行審查。
- (四)依本會於主蒸汽管延伸管銲接與銲後熱處理模擬測試作業過

程之視察了解，本項模擬測試作業係採取團隊測試之原則進行，因此測試是否合格應以團隊為單位，而非僅針對單一焊工，是以目前參加測試之銲接操作人員應至少有三名需重新進行測試。

(五)控制棒驅動殼(CRD HOUSING)銲道依規定需進行超音波檢測(UT)，惟至目前為止其檢測程序書及檢測比較規塊均仍未規劃準備及製作完成，考量此一 UT 檢測需由管內進行及銲道結構形態，為增進檢測品質、效率及精度，應建立本項檢測之作業程序書，並列入反應器壓力容器(RPV)內部組件相關程序書進行管制，以及儘速完成檢測規塊之製作。

九、廠務管制(一號機反應器內部組件安裝)

由於至視察結束前(12月14日)清潔管制室仍在進行整理清潔及油漆中，現場清潔管制設施及器材亦仍未準備及設置完成，因此視察作業主要針對已發行之中鼎公司”2902-71P-2063 RPV 內部組件施工清潔管控程序書”之有關規定進行了解、訪談施工處、核四廠及中鼎公司本項作業有關人員，了解其對相關規定了解之情形，並依前述程序書規定精神查證內部組件施工前應完備事項之現況情形。以下為視察之發現及建議：

(一)在安裝作業初期，核四廠已成立之 RPV 清潔小組人員將會與中鼎公司管制人員共同執行實際之清潔管制作業，並使用中

鼎公司之”2902-71P-2063”程序書作為作業之依據，此似不符合品保管制精神，此外為明確施工處之管制機制及有關人員之權責，仍應建立明確之管制要求、執行程序等管制作業規範或文件。

(二)目前中鼎公司對於清潔管制人力僅規劃配置 1 人(每班)，然由以往之經驗及其規定之權責顯示，此一人力之配置並不足夠，應考量工作需求適度增加，並至少配置 2 人。

(三)依 RPV 內部組件施工之環境空間，其應屬密閉空間，所需工安防護及監測設施請依規定設置，並定期查驗。

(四)依程序書之內容顯示，在 RPV 內部組件施工期間，RPV 內部及基座之溫度僅要求需能維持在 28°C 及 30°C 以下。然在此溫度條件，且工作人員穿著連身工作服進行施工作業之情形下，其顯然無法不留汗，應檢討修訂前述之環境溫度之設定值、溼度限制，以及空調設備能力是否足夠。

(五)為防止灰(粉)塵進入，清潔室及 RPV 內部應維持正壓，請檢討並確認清潔室及 RPV 內部應維持之大氣壓力值，並定期監測記錄。

(六)經與中鼎公司人員討論確認，有關物料、器材及工具之使用、進出，將採取專用、集中統一進出及人員與物料、器材、工

具分離進出之原則，應將此一原則納入程序書內並執行。

(七)有關研磨作業(含控制研磨與拋光)依中鼎公司之規劃，將採取專人執行之方式實施，施工處應將此作業要求納入程序書加以管制。另為完全杜絕切割作業造成之金屬微粒污染，切割作業應於管制域外進行。

(八)目前對於施工期間 RPV 內部之清理僅有針對工作人員對其工作區域之作業後清潔要求，至於全面性之定期清潔要求則未有所規定，建議訂定之。

(九)為進一步減少污染之可能情形，建議再增加鞋套之使用，且與工作服一樣均於使用一次後即清洗。

(十)經查詢 RPV 內部搭架所需之器材、物料等，中鼎公司至今尚未將清單提送清潔小組，致無法確認是否有需進行檢(化)驗鹵素成份之器材、物料，又工作服清洗廠商其清洗後工作服之氣殘留量是否能符合程序書之規定，至今亦尚未進行測試。

(十一)反應器內部組件安裝有關作業程序書及施工圖面，送本會駐廠辦公室一套，並協助保持最新版本。

(十二)反應器內部組件安裝有關檢驗作業，於工程檢驗表系統另設置一單獨之工程項目，並依規定上網登錄。

肆、結論與建議

根據本次定期視察針對「緊急柴油發電機系統(EDG R21)」及「一號機反應器內部組件安裝」有關之工程規劃、施工與管制等作業情形所做之了解，在檢驗作業、設備倉儲、現場巡查管制及品質稽查等方面，雖仍可發現若干執行缺失或瑕疵，但大體均能符合「核四工程品質保證方案」並遵循有關程序書之規定執行，或已有相當程度改善之趨勢。但現場設備維護保養、反應器內部組件安裝程序書、廠務管理及模擬測試等方面則仍未臻完備，有相當之改善空間。

針對上述之缺失及建議，視察人員除均已於視察過程中立即告知會同視察之台電公司人員外，更於視察後會議中再次提出說明，並與施工處相關部門人員再進行討論，確認所發現問題確實存在。而為促請台電公司確實考量缺失情形並參酌各項建議，以督促龍門施工處針對視察發現缺失進行改善，本會已依行政作業流程，將前述視察發現以注意改進事項 AN-LM-96-02 正式函送台電公司。而龍門施工處對於各項缺失及改善建議之執行與採納情形，本會亦將持續定期追蹤其執行情形至改善完成，期避免類似問題再次發生，並進而達到提升核四建廠施工品質之最終目標。

註：本報告限於篇幅，附件部分並未附上，如有任何疑問，請洽本會
賴尚煜科長，Tel：02-2232-2140

視察照片



照片一：視察前會議



照片二：一號機反應器廠房施工現況



照片三：一號機控制廠房施工現況



照片四：一號機汽機廠房施工現況



照片五：視察緊急柴油發電機情形



照片六：視察主蒸汽延伸管銲接模擬作業情形



照片七：視察清潔管制室情形



照片八：視察一號機 Refueling Bellow 情形



照片九：視察一號機下乾井情形



照片十：會外專家與施工處及廠商人員討論情形



照片十一：會外專家演講討論情形



照片十二：視察後會議情形