

龍門核能電廠第二十四次定期視察報告

行政院原子能委員會核能管制處

中華民國九十五年九月二十二日

目 錄

壹、前言.....	1
貳、工程現況.....	2
參、視察結果.....	4
肆、結論與建議.....	23
伍、視察照片.....	24
附件一 龍門計畫第二十四次定期視察計畫	
附件二 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。本次定期視察選定核四廠「反應器內部組件安裝」做為視察執行之主要標的，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、品質稽查及相關之儀控設備等項目，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、銲接檢查及儀電設備安裝與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獨立行政法人原子力安全基盤機構特任參事水町涉先生及東芝公司原子力現場技術部儀電技術組長濱田昌彥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(5人)、核研所核四建廠安全管制支援小組(2人)、放射性物料管理局(4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9月4日至8日於核四工地進行。本次定期視察之實施項目及人員等，請參見龍門計畫第二十四次定期視察計畫(如附件一)。

貳、工程現況

台電公司依據行政院於95年8月21日核定調整第1、2號機商轉日期，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。就視察前台電公司所提報資料顯示至95年7月底止，計畫實際總進度為57.21%，較計畫預定進度57.33%落後

0.12%。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%)：85.19%(0%)，採購(權重：15%)：97.04%(-0.14%)，施工(權重：58%)：44.08%(-0.29%)，試運轉(權重：8%)：11.32%(0.88%)。

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汽水再熱分離器與發電機定子吊裝、一號機反應器內部組件安裝作業，以及二號機反應爐壓力容器吊裝作業等。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。

核四廠反應器本身為一壓力容器兼蒸汽產生器。其工作流體在 RPV 內部依其壓力之不同，大略可區分為降流區、內置泵增壓、爐心進水區 (core inlet plenum) 爐心底鈹降壓、爐心蒸汽產生區、汽水分離器等。反應器內部組件的適當安裝，就是為了能確保：(1) 此內部再循環迴路之邊界及功能。(2) 提供適當的結構，以便後續爐心蒸汽產生區燃料棒、控制棒、核儀偵測器等之安置。基於前述二項功能要求，反應器內部組件安裝中，包括爐心側鈹、爐心底鈹、控制棒導管、控制棒驅動殼 (CRDH) 核儀導管 (ICH) 等的適當對心就成為基礎之關鍵部分。當然，後續爐心燃料之佈局所仰賴的限流器燃料棒墊片 (orificed fuel

support)，也需適當的坐落在控制棒導管上面。換句話說，未來爐心的功能包括：控制棒需能夠在燃料棒之間上下自由移動、冷卻水能按照設計路徑流經燃料棒、中子偵測器能達到定位等等，均仰賴內部組件之安裝。因此內部組件安裝之良窳，對日後營運影響甚鉅。

依據「反應器內部組件安裝」之規劃時程，台電公司預定將於今年 10 月中旬展開組件安裝，目前台電公司及承包商主要進行安裝之前置作業，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設計施作、等等。內部組件安裝工程將自 RCCV TOP SLAB 樓板混凝土灌漿完成及 DRYWELL HEAD COVER 打開後開始施工(預估可在 95 年 10 月 15 日開始)至 RPV 完成水壓試驗(目標日為 97 年 3 月 15 日)止，約需 17 個月的安裝時間。

參、視察結果

一、設備接收、品質文件審查與管制

依據核四工程品質保證方案 17.2.1(1)，業者應規範採購品質文件之建立、移交與保存。本次視察以採購過程廠家所提品質紀錄為主。大略相當於施工處所訂程序書 QLD-007，其列管接收的品質紀錄：即其附件二採購紀錄中，第 2.6 項廠家品質紀錄，以下通稱品質文件，或稱 QRP。

本次主要視察項目為反應器之爐心內部組件；然而，爐內組

件與 RPV 本身是無法分割的，其間安裝精確度的要求高達次釐米等級。從設備接收觀點，內部組件僅係施工過程的暫時使用名詞，故視察的考量目標為：爐內組件能否經過適當安裝後，成為一個可用的反應爐。經查龍門施工處所提依據 MTD-013 外購設備檢驗程序書所產生的紀錄，包括反應爐殼、爐心側鈹、爐心底鈹、與控制棒驅動殼/爐心儀殼等之 RIDR 表格，符合程序書。惟 RIDR 等表格符合設備接收程序書，僅為工程施工之必要條件之一。所以依據品保方案之 6.2.1 作了下列各項深入抽樣，即爐內組件之安裝程序書，包含有 2902-71P-2066(NE) core shroud 安裝程序書、2902-71P -2067(NE) core plate 安裝程序書、以及部分 2902-71P-2068 CRDH/ICH 安裝程序書初稿。

一號機之反應爐 爐心側鈹 爐心底鈹的供應商為奇異公司，製造商為日立公司，將來安裝承包商為中鼎公司；安裝程序書亦由中鼎公司負責撰寫，再經奇異公司審查後定稿。有關安裝程序書部分，絕對尊重程序書使用人員的習慣、觀點。但對於品質管制人員而言，則希望能夠從此等程序書中，了解如何安裝並找出關鍵的管制點；程序書撰寫若能以考量前述觀點，應能更為完臻。

依據 71P-2067(NE) core plate 安裝程序書之 attachment G，其所訂之對心規格為：度量點包括 center hole、master hole 1、master

hole 2；容許誤差為各 0.4mm any direction。此處視察者無法了解：

(1) 施工過程讀取 X、Y 值時，其座標原點到底設在爐心底板、或設在 RPV 爐底；(2) 依據該程序書第 2.3.3 參考資料--105E2615 安裝圖，是否應該考量運轉後溫度效應的尺寸修正；(3) 在第 5 節的工作程序裡，既未曾提到溫度效應修正，attachment G 數據表也無法讀到對心數據之可接受範圍。利用 3 點定一個平面只是一個安裝手段，配合正確製造之爐心底板成品，該項工作必須向下游提供之結果為：位於爐心底板的 205 個 CRGT 孔與 62 個爐心核儀孔，必須一對一與 RPV 底部短管對心。

此外，在 CRDH 安裝程序書 2902-71P-2068 中亦有類似情形，該程序書重要結果之一為：爐內 5.1 公尺高程的爐心底板與爐內 1.4 公尺高程的 CRDH/ICH 頂端之對心，以及爐內 5.1 公尺高程的爐心底板與爐底外 3.3 公尺高程的 CRDH/ICH 底端之對心。以 205 支 CRDH 為例，由於工作人員需依照次序一支支對心、焊接、再對心；然而，程序書中未明訂「依次序把 205 支 CRDH 對心的理想值、容許誤差」的數據表。

二、設備倉儲與維護保養（設備現況）

本次視察所查證之 RPV 內部組件儲存與維護之現況，目前儲放於一、二號機 RPV 倉庫之設備主要是各機組大型組件，其他小包裝組件則分散儲存於中 2、4 倉庫，均屬於 B 級儲存方式；另亦查證 SRNM、LPRM 及 TIP 等爐內儀控設備，儲存倉庫為 A 級。

整體而言，儲存方式及區域符合規定。

首先一、二號機 RPV 倉庫部分，各存放 core plate、top guide & HPCF sparger、shroud、shroud head and separator、steam dryer 等 5 件大型包裝組件。查證結果，每月均依規定執行定期檢查並作紀錄，另外抽查一號機 core plate、shroud head and separator 及二號機 top guide & HPCF sparger、shroud 等部分乾燥計指示，與紀錄一致均為 20 % 以內，儲放狀況良好。此外，查證一號機 top guide 執行檢查情形時，檢查紀錄係自 93 年 8 月開始，發現與檢查指引開立時間（93 年 3 月）有落差，經查證結果，根據進料檢驗報告（RIDR）陳述，是缺 QRP 文件所致，並無延誤檢查情形，類似情形也在查證 RIP 時發現。接著查證一、二號機 RPV 倉庫以外其餘組件（中 2、4 倉庫），其中較特殊部分是 RIP MOTOR，主要是氮壓及乾燥度，抽查其中三台結果也均符合規定。另查證儲放 SRNM、LPRM 及 TIP 等爐內儀控設備倉庫（冷氣 2、3），溫濕度紀錄器情況均正常，在規定溫濕度下，校驗紀錄也在時效內。惟進一步查證該二倉庫今年紀錄時，發現冷氣 2 倉庫濕度在 8 月 10 日至 8 月 11 日間有 14 小時超過 50%，其中 12 小時維持在 80 至 88% 間；經查詢原因，係該倉庫 380 伏特電力跳電及後續相關電力站檢修，造成除濕機跳脫所引起，之後紀錄均維持正常。建議在倉庫管理紀錄上，若發生異常時宜建立紀錄俾供管考。

二號機因近期準備 RPV 吊裝，該倉庫大門敞開（有警衛看守），core plate 及 steam dryer 暫置於戶外，顯示儲放區已非 B 級

儲存方式，已於上部增蓋一層遮雨篷防雨，雖為暫行權宜措施，建議放置期間若遇天候有負面影響時，應不拘泥定期檢查週期，宜迅速加以防範，檢查包裝完整性，以確保存放品質。另查證一號機 RPV 倉庫時，發現倉庫入口並未上鎖，且內部也有些異物，顯然不符倉庫管理及 B 級儲存清潔規定。

為因應一號機 RPV 內部組件安裝，中鼎公司已完成 2902-71P-2062(NE) storage and handling procedure 初稿，其中在 5.2.2 及 5.2.3 有關 shroud、core plate 及 guide rod 等移到反應器廠房之臨時儲存環境訂為 C 級，與要求之 B 級不同，請澄清。

根據器材儲存及保養管制程序書 (MTD-007) 對 O 型環等橡膠系列有管制要點，明載須依廠家規定執行，且 RIP 手冊中對泵及馬達組件更換年限亦有規定。從資料顯示，一號機部分早在 90 年 12 月已裝運，因此 RPV 內部組件安裝時，若依程序書提出之起始時間為製造或交貨時程算起，將達到更換 5 年期限，建議宜先規劃所須更換之備品，避免安裝後造成安全疑慮。此外，根據資料說明，RIP 第 2 道 seal (rubber seal) 與 O 型環同為 EP80 材質，並不在 MTD-007 規範 O 型環系列內；為避免造成管制上疏失，建議該程序書不限制 O 型環系列，增加以材質為管制之項目。

三、工程管控

本項視察作業經訪談有關人員及調閱各作業執行紀錄，了解有關作業執行狀況，並參考核四工程品保方案第 1,2,7&18 章等規

定內容，以評估有關作業執行之適宜情形。以下摘述現行作業情形、發現及建議：

(一)核四整體工程已訂定各項重要里程碑(Milestone)及其時程，未來在施工完成、系統移交(Trunover)時，各系統之安裝完成日程及其詳細內容範圍(含設備組件、儀控、電纜等)應明確訂定，否則在安裝、測試(Post-construction Test)、試運轉(Pre-op)等不同階段之銜接容易發生漏失，因此，各系統移交日程及範圍宜早日明確定義，以提升工期掌控之精確度。

(二)目前電路(含 Cable、Tray、Support、Conduit 等)尚未開始施工,以 2007 年 7 月 15 日廠內 161KV 電源加壓,13.8KV/4.16KV 受電之目標而言，Cable Tray 廠家型錄規格等奇異公司審核尚未完成，據稱並無現貨而必須訂製，交貨期約需 3 個月，考量未來前述電路安裝期間及其後之受電試驗期間，工期相當緊縮，因此在安裝期間宜進行詳細驗證，以免影響工期與品質。

(三)主控室操作盤面之畫面顯示有其限度，未來多項試驗同時進行時，宜先規劃畫面使用日程表。另對於軟體部份，宜建立整體管理辦法(例如以 Floppy Disk、CD、DVD 等將軟體備份)。

四、品質稽查

本次視察除了針對「反應器內部組件安裝」之品質稽查外，

亦對二號機生物屏壁牆 (RSW-2) 逆時針偏轉 15 度誤定位事件等施工與管制之情形進行查證。以下說明各項視察之內容及發現：

(一)反應器內部組件安裝之視察發現、結果如下：

- 1.施工處目前計提 41 份相關之程序書稿件清單，惟其中仍有一部分程序書之內容未提出審查，建議宜配合預定之安裝時程儘速提出。
- 2.前項所述之程序書均為英文版，原係供奇異公司審查之用，惟對於施工處實際執行作業之基層人員恐不甚方便，尤其是有關人員、工具及物品等之進出與清潔作業管制程序書等，建議宜改用中文版，以符合現場施工人員之需要。
- 3.建議將一號機反應器內部組件安裝作業相關之圖面，作一個 Control List，俾確保其均為最新版之正確施工管制圖面。
- 4.反應器內部組件安裝之作業，影響以後核四廠機組運轉品質甚鉅，而施工處品質人力本就稍嫌吃緊，建議可藉助核四廠人員參與其相關之品質管制作業，以疏解施工處人力之不足，增進該安裝作業之品質，及提昇未來核四廠相關人員實務之經驗。

(二)二號機 RSW-2 誤定位事件之視察，發現有下列缺失：

- 1.施工處程序書編號：LMP-NSS-007「核四廠一次圍阻體內部鋼結構工程檢驗程序書」中，其「反應器屏蔽牆組裝檢驗表」規

定 7 大項檢驗內容，而施工處相關人員竟連續於 94.03.07、94.03.14、95.07.27 及 95.08.11 等日期，分別在執行#1 機 RSW-1、#1 機 RSW-2、#2 機 RSW-1 及 #2 機 RSW-2 的安裝作業檢驗時，擅自刪除多項既經規定程序核定之檢驗項目(包含定位之「位置」檢驗項目等)，而作成正式檢驗紀錄，且經承包商、經辦課及品質課等一系列人員審核通過在案，嚴重破壞核能施工品質作業制度，並釀成該#2 機 RSW-2 誤定位事件。

2.前項程序書中，該檢驗表之 7 大項檢驗內容，早於 90.06.05 經規定程序核定應分別執行停留檢驗點(H)或見證點(W)，而施工處相關人員竟連續於前項所述之 4 次執行#1、#2 機 RSW-1 及 2 之安裝作業檢驗時，擅自更改既經核定之有關 H、W 點，並作成正式檢驗紀錄，且經一系列各級人員審核通過在案，嚴重破壞核能施工作業品質制度及精神。

3.施工處程序書編號：LMP-NSS-007「核四廠一次圍阻體內部鋼結構工程檢驗程序書」中，第 6.2.5 節「反應器屏蔽牆安裝檢驗」之第 6.2.5.3 及第 6.2.5.4 小節，有分別規定承包商及施工處經辦課 / 品質課須分別檢驗、核對反應器屏蔽牆安裝後的位置等。

另，新亞建設公司 / 中船公司之程序書編號：C237 程-44-1001B「一次圍阻體 RSW 製造安裝及檢驗程序書」中，第 6.9 節「安

裝作業」之第 6.9.2.1 小節規定：「Shell Block 吊裝前需先測量做 Marking，確定 Shell Block 安裝位置」，而施工處因有關之吊車容量能力夠，故實際作業上係先將該 3 片 Shell Blocks 裝妥為圓柱成型後再吊裝定位；而施工處明知其實務作業並非如該程序書所述，但仍未督促要求更正。有關程序書內容不但未配合實際之作業而修改，且於 95.06.13 當日執行#2 機 RSW-2 吊裝前刻，相關承包商在該 RSW-2 外圈表面作 0 度 Marking 時，各單位均未依上述有關規定程序執行核對確定其安裝位置。相關單位未確實依規定程序落實執行，亦為導致#2 機 RSW-2 誤定位之重要因素。

五、管路與機械設備安裝

本次視察主要針對「反應器內部組件安裝」之前置作業進行了解，反應器內部組件安裝主要為相關組件間之銲接組立，由於爐內組件銲接作業之良窳，影響日後運轉甚鉅，且未來維修不易。故反應器內部組件安裝程序書之完備性及特殊工具之功能性等，均攸關未來安裝品質。本次視察主要針對前述之執行情形進行了解，有關視察之發現及建議如下：

- (一) 整體性程序書，如「2092-71P-2103 RPV INTERNAL 安裝次序程序書」、「2092-71P-2059 反應器壓力槽組件清潔及消耗品管制程序書」、「2092-71P-2062 反應器組件儲存及處理程

程序書」、「2092-71P-2063 反應器壓力槽組件安裝清潔管制程序書」、「2092-71P-2120 反應器內部組件研磨(GRINDING)程序書」、「反應器內部組件安裝照片拍攝(PHOTOGRAPH)程序書」等程序書，強烈建議務必在爐內組件安裝開始執行前完成，以利品保制度與品管作業順利運作與執行。

(二)由 41 份程序書清單的中文程序書名稱中，無法判斷人員管制作業是否有相對映的程序書，查對英文版程序書之「2092-71P-2063(NE) Clean Room Control for RPV Internal Work Procedure」，其人員管制作業已包含在內，其相對應之中文程序書名稱為「反應器壓力槽組件安裝清潔管制程序書」，其名稱並未反應出人員進出管制部份，請施工處考量適度修正中文程序書名稱。

(三)爐內組件安裝期間，工作區域已隔離，該區域內之緊急應變權責區分與程序，請施工處儘早規劃處理。

(四)建議施工處要求中鼎公司，必須於 CRD Housing 及 In Core Housing 施工前，宜先行建立 Draw Bead Straightening 或 Reforming 之技術能力備用。

(五)依據奇異公司之施工規範要求，特殊工具必須經台電公司 Pre-approved，若上述特殊工具必須執行功能驗證，請施工處

於功能驗證執行前三天，通知原能會駐廠視察辦公室。

(六)關於程序書內的相關紀錄表(Data Sheet)，建議必須有紀錄測量原始數據(Raw Data)、換算或計算後數據等欄位，換算或計算公式及接受標準明確登載於管制版程序書之紀錄表中。

(七)爐心側鈹品質銲接材料證明中，發現至少有四家製造廠家可提供符合奇異公司規範的 ER316L 銲條，如 NIKKO YOZAI、NIPPON WELDING ROD、TASETO WELDING MATERIAL、KOBE STEEL，提供施工處參考。

六、檢驗、試驗與人員資格

本次視察項目為「反應器內部組件安裝」，由於反應器內部組件安裝主要為機械安裝組立，本次視察以組件安裝有關之銲接模擬測試程序書與人員訓練等進行查核、了解，有關視察之發現及結果說明如下：

(一)Main Steam Nozzle to Nozzle Extension 銲接模擬測試

- 1.Main Steam Nozzle 和 Nozzle Extension 的銲道，母材厚度為 109.4mm，Cladding 厚度至少 5 mm，加上銲冠厚度及 RT 射線對準偏差，保守估計 RT 射線檢測照相厚度約為 120mm。依據中鼎公司之 RT 射線檢測程序書 2902-71P-2023(NC)第 5.1.4 節規定，RT 射線檢測大於 76mm 應執行必要模擬試照合格驗證能力。建議施工處要求中鼎公司應儘早執行此項能

力驗證。如需採用 Ir-192 以外的射源，必須修訂現有程序書或建立新的程序書。

2. 中鼎公司程序書編號 2902-71P-2084(NE)第 5.2.8.(b)節規定 Main Steam Nozzle 和 Nozzle Extension 的銲接，每銲 13mm 厚度需執行 MT 檢測。另依據中鼎公司程序書編號 2902-71P-2065(NE)第 5.2 節 Note 2 規定，在執行完成 PWHT(銲後熱處理)之前，母材必須維持在預熱溫度(150) 以上。另依據 ASME Sec V, Article 7, T-726 規定，濕式 MT 檢驗，其檢測物表面溫度不可超過 135 (約 57)，乾式 MT 檢驗，其檢測物表面溫度不可超過 600 (約 315)。綜合上述條件判斷，MT 檢測僅能選用乾式 MT，但目前中鼎公司並無乾式 MT 檢測程序書，施工處必須要求中鼎公司預先建立備用。

3. 依照奇異公司規範 26A5271, C30.3.1.4 d.及中鼎公司程序書 2902-71P-2065(NE)第 5.1.14 規定，Main Steam Nozzle 和 Nozzle Extension 的銲道，完成最終 PWHT 之後必須以有限元素方法執行殘留應力分析，報告完成後請送原能會。

(二) Scram Insert Piping 銲接模擬測試(程序書尚未完成審查)

1. CRD Housing Flange 的 Scram Insert Hole 孔徑為 27.7mm，

CRD Scram Insert Piping 的管外徑為 26.7 mm，二者間約有 1mm 的間隙，目前中鼎公司自動銲接機具並無維持間隙一致的機構，Root Opening 可能高達 1mm，或是 0(完全接觸)，此項變數可能導致銲道品質無法掌握。

2. CRD Housing Flange (厚度 46mm)和 Scram Insert Piping (厚度 3.91mm)的銲接厚度相差太大，銲接過程中二種母材之溫差過大，可能導致銲接鎔池偏向 Piping，現場觀察到的銲接失敗試件中，上述現象非常明顯，銲接前以電熱片預熱 CRD Housing Flange，可能有助避免上述銲接缺陷發生，但其溫度必須低於銲接層間溫度限制值。此項意見僅提供參考。
3. CRD Housing Flange 厚度設計值為 46 ± 1.5 mm，奇異公司規範規定 Refacing 後，Flange 厚度必須 44mm。在極端情況下，如果因銲接變形，Refacing 可能容許的最大加工量僅剩 0.5mm，建議施工處必須注意因銲接導致之局部變形量控制。
4. 程序書中使用的 Scram Insert Piping 定位塞，如果適度加長，可能有助於工作便利性與 Scram Insert Piping 插入後之定位準確度。此項意見僅提供參考。
5. 現場觀察到的銲接失敗試件比例偏高，尚無法建立足夠信心。

(三)CRD Housing、In-Core Housing to Stub Tube 銲接模擬測試(程

序書尚未完成審查)

- 1.視察中鼎公司銲接練習，現場銲工表示，銲接 Root Pass 採用不填料方式，銲接品質較佳，但參考銲接程序書並未核可不填料銲接，中鼎公司如果認為有此需要，應在該程序書中明定 Root Pass 採用不填料方式銲接，而不應由銲工自行決定。
- 2.現場視察發現，銲接練習試件上有 Hot Crack 產生，原因可能是試銲時使用不銹鋼銲條，並不是應使用的 ER NiCr-3 銲條，但試件銲接品質不理想，總是無法建立足夠信心，銲接參數或許尚有改善空間，且參與銲接操作人員亦應增加練習使用 ER NiCr-3 銲條，以更能熟悉銲接操作特性。

七、儀控設備安裝及廠務管理

本次視察標的為「反應器內部組件安裝」，依據「反應器內部組件安裝」之計畫，儀、電系統係配合組件安裝之時程進場施作。就整體安裝計畫，儀、電系統屬於較為末期施作項目且多為配合施作性質，因此儀電安裝作業尚未展開。依規劃時程，將於明年3月陸續配合安裝 FMCRD 及 RIP 之管線配置，本次主要就儀控及電氣設備之導線管 (Conduit) 導線管支撐架 (Conduit Support) 及電纜配置等各項安裝前之前置作業進行了解；另，並就一號機反應器廠房及控制廠房之廠務管理等進行查核。綜合本項視察結果如下：

(一) 電氣課配合反應器內部組件安裝之主要工作項有：(1) 依據時程，於明年 3 月進行 Conduit Support 安裝；(2) 明年 6 月配合汽源課執行 FMCRD 安裝時，配置相關之金屬軟管施作；(3) 配合後續 RIP 安裝之管線配置等項目。目前審核發行部份安裝程序書（如導線管安裝程序書）與材料（如 Conduit）型錄。但主要程序書與材料（如金屬軟管、接線盒、cable tray 等）型錄仍審查中，且奇異公司尚未正式發行 FMCRD 電氣安裝之圖面。依施工時程，雖還有一段時間可充裕準備，惟反應器爐底（Under Vessel）下空間有限，電纜配置擁塞，建議應儘速發行安裝之設計圖面，以利施工人員提早了解與因應，並降低日後安裝所衍生之問題。

(二) 儀控課配合反應器內部組件安裝主要項目為 FMCRD 之控制（PIP/SIP）LPRM/SRNM 及 ATIP 等設備之安裝。由於儀控設備之安裝，為「反應器內部組件安裝」之末期作業，故相關之程序書尚未發行。雖為末期工作，但爐心量測設備（如 ATIP），長約 15 公尺，承包商開立公司亦無此方面經驗，為確保安裝之品質，建議儀控課應要求承包商儘速送審相關之作業程序書。另，對於 FMCRD 安裝部份，由於儀控課對廠家之安裝說明書，仍有不明確之施作項目（如 FMCRD 之磁

力線量測), 雖已函請原廠說明, 建議應儘早澄清, 以確保安裝品質。

(三)前(23)次定期視察之廠務管理, 對於一號機反應器廠房 EL+4800 發現地板局部積水情形相當嚴重, 要求施工處加強處理樓層之積水問題。惟本次視察巡視時, 仍發現一號機反應器廠房 EL+4800mm 長期積水現象未處理, 以及 EL+12300mm 樓層人員通道亦有相當嚴重之積水。在 EL+4800 樓層有部份牆面, 已開始進行粉刷作業, 且後續安全級電氣盤面將進場安裝施作, 請施工處加強處理樓層之積水問題, 以確保符合儀電設備安裝環境之要求。

(四)巡視一號機反應器廠房下乾井 (drywell) 區域時, 在 EL-1700mm 設備通道 (Equipment Hatch) 設置人員進出管制, 並確實依規定執行人員之進出申請及出入換證等管制措施。惟因部份燈具損壞, 造成管制站照明不良, 請施工處儘速修復。另巡視下乾井之 EL-1750mm 及 EL-8200mm 等區域, 其周邊環境清潔維護情況, 大致良好。

(五)巡視一號機控制廠房 EL7800mm 控制室及 DCIS 設備室, 現場空調系統施作中, 惟人員通道之照明不足、周遭環境髒亂 (如保特瓶散落四處) 及設備進出通道 (Hatch) 防水性不佳

等。依據整體工程規劃，明年重要工程之里程碑為 161KV 加壓，為達此一目標，未來電氣及儀控相關盤面，將陸續展開現場安裝作業，但相關盤面對安裝環境要求較高，施工處不能因時程壓力，而降低安裝環境之要求。

八、放射性物料管理局部份

(一)新燃料倉庫工程

新核子燃料貯存窖位於燃料廠房之用過燃料貯存池旁，每部機組之容量為 300 束（規格為 25X12=300），其尺寸為長 6200mm、寬為 2430mm、高為 5164mm，位置高度界於 27200mm 至 31700mm 之間。目前尚未興建至本貯存窖，依核四廠建築課鍾股長說明：預計 95 年 11 月 01 日可興建至 27200mm 之高度，96 年 02 月 28 日可完成土木工程，即 31700mm 高度，屆時再裝置新燃料貯存窖格架及約 700mm 的頂蓋。

處理：新核子燃料貯存窖格架及頂蓋安裝工程為物管局查核重點項目，將俟實際進度及核四廠施工單位通知後，派員執行相關檢查工作。

(二)廢棄物處理廠房工程與相關文件

1.廠房內共有 34 座桶槽，目前已全數完成吊裝。現場檢查桶槽

安裝及超高壓縮機廠房與固化系統廠房各項設備保養紀錄卡，均符合程序書要求。

2.第二十三次定期檢查所發現積水之問題，本次定檢期間雖有大雨發生時，並未發現該區域淹水之狀況，應是樓板工程完工後雨水未再流入。

3.檢查各桶槽安裝之品保紀錄均符合程序書要求。

4.廢棄物處理廠房必須有 30 天乾性廢棄物產量暫存區，及 60 天固化廢棄物桶暫存區。依目前廠房設計僅有 12m x 9.5m 及 10m x 9.5m 兩間暫存區，以此容量與各廠廢棄物產生量之經驗值相比較，可能無法負荷未來大修所產生之乾性廢棄物量暫存空間。

處理：請施工處土木課與核四廠廢料課尋求暫存空間與解決方案再議。

(三)低放射性廢棄物倉庫整地工作

目前倉庫預定位置已大致完成整地及相關邊坡穩定工程，但因位於坡地處，應注意排水設施功能。另護坡隔樑之坡腳處，因目前接續開挖裸露，將可能因豪雨而不利於穩定，請注意。

(四)廠務管理

依物管法之規定，廢料廠房內三個廢料處理系統(固化、超高壓縮機、焚化爐)運轉後，均須向原能會物管局申請資格認可後，始得運轉。若依目前興建時程，廢料廠房最快在 97 年中才會完工，距商轉僅剩一年可進行試運轉與人員訓練，請提早考量人員配置、訓練與各系統試運轉之時程。

處理：請核四廠儘早規劃放射性廢棄物廠房運轉人員訓練等相關計畫，並適時取得運轉人員資格認可。

(五) 結論與建議

- 1.由於低放射性廢棄物倉庫工程僅約 2 年工期，未來廠房基礎開挖之穩定與施工安全影響甚鉅。依設計圖將採垂直開挖方式，建議立即埋設邊坡穩定之傾斜觀測井，經初值建立後再予開挖。另由現場觀察結果，岩盤具兩組以上節理，基礎開挖後臨時邊坡可能產生岩楔破壞，應予注意。
- 2.因新建工程於八月決標，請於裝設傾斜觀測井及基礎開挖前，及後續若有設計修改的部份，請會知原能會。
- 3.依目前之執行現況，土建與機電施工預定進度約需兩年完工(97 年底)。時間與一號機預定商轉日期十分接近，請注意工程進度之掌握，以免因時程延後，而影響商轉的時間。
- 4.低放射性廢棄物貯存倉庫新建工程相關程序書，應儘早完成。

- 5.關於廢料廠房之廢棄物暫存區，應及早尋求暫存空間及因應方案，避免乾性廢棄物超儲之問題發生。

肆、結論與建議

根據本次定期視察針對一號機反應器內部組件安裝作業之有關工程施工與管制作業情形所做之了解，在安裝程序書、設備倉儲、維護保養、廠務管理及品質稽查等方面，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。但安裝程序書、特殊工具、模擬測試與人員訓練等方面。則仍未臻完備，亦有相當之改善空間。

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-95-013 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



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



照片五：二號機反應器廠房施工現況



照片六：輔助燃料廠房施工現況



照片七：抽水機廠房施工現況



照片八：核廢料廠房施工現況



照片九：日本專家濱田先生與施工處人員討論情形



照片十：視察後會議情形