

龍門核能電廠第十六次定期視察報告

行政院原子能委員會核能管制處

中華民國九十三年十月四日

目 錄

壹、前言.....	1
貳、視察項目.....	2
參、視察結果.....	2
肆、結論.....	17
伍、視察照片.....	18

壹、前言

核四工程累計總計畫進度至九十三年八月底止，為 57.25% (各分項進度為：設計：94.49%，採購：97.29%，施工：42.18%，試運轉：3%)。目前進行之主要工程包括：核島區與汽機島區廠房結構及設備管路安裝工程、核廢料廠房新建工程、放射性廢料處理系統機械設備與管路安裝工程、核廢料隧道工程、高壓電纜管路結構工程、循環冷卻水進出水道(含海底隧道)工程及循環冷卻水抽水機廠房工程等共計三十三項。未來半年將進行之工程計有：十二萬噸生水系統及道路工程、廠區內外電纜管道工程、進出管制與機組行政大樓工程等十一項。核四建廠工程由於受到部分工程經常性之設計變更，與因之而起之臨時性需求器材備製耗時之影響，致現場施作時因待料暫停或以 BLOCK OUT 方式分區施工，以致整體工程施作進度嚴重不符合原規劃之目標，因而現場已安裝及未安裝之設備之維護保養品質，為本次視察之重點項目之一。

為強化本會核四建廠安全管制之深度及其公正性，並持續引進日本核電廠建廠品質管制作業經驗，以提升本會視察人員之視察作業之能力，本次定期視察亦委請財團法人核能科技協進會與日本財團法人發電設備技術檢查協會(JAPEIC)，派遣具建廠品質管制作業經驗之銲接與非破壞檢測專家參與管路與機械設備安裝品質等視察項目之執行。

本次定期視察作業時程，自九十三年九月二十一日至二十四

日，視察團隊由原能會核能管制處(八人)、核研所核四建廠安全管制支援小組(三人)及核能科技協進會(三人，含 JAPEIC 專家一人)之視察人員所組成，並由原能會核能管制處黃科長智宗擔任領隊。本報告即綜述本次定期視察之執行情形及結果。

貳、視察項目

本次定期視察配合國內外學者專家之參與，乃依其專長區分成兩組分別執行視察作業，第一組以本會人員為主而核研所人員協助，針對承包商品質與施工管理、土木結構施工品管、倉儲與廠務管理等項目之執行情形進行視察；第二組則由核能科技協進會與 JAPEIC 專家、本會與核研所人員共同組成，針對非破壞檢測與銲接作業管制、管路與機械設備安裝品管作業，以及現場施工作業情形執行視察。

視察作業執行前除依例由台電施工處在視察前會議中針對核四工程進度及現況進行簡報外，亦請其針對視察項目中有關設備維護與廠務管理缺失之改善規劃與執行現況進行報告，以使視察人員能對相關作業之執行情形有較完整之了解，以利後續視察作業之執行。

參、視察結果

一、施工與承包商品質管理

本次定期視察有關施工與承包商品質管理作業執行現況，主要針對核島區附屬廠房結構、核島區空調設備與風管安裝，以及

循環冷卻水抽水機房等工程之施工廠商(即：榮工公司、東元公司及大棟公司)等之執行情形進行視察，各項視察結果摘述如下：

(一) 核島區附屬廠房結構工程 (榮工公司明湖施工處第三工務所)

1. 輔助燃料廠房 (AFB) 使用之不銹鋼襯板、不銹鋼管、鍍材、碳鋼管、油漆等文件完備。惟不銹鋼襯板『差異分析一覽表』批號應為 E35495-2-02 誤鍵入 E28296-2-02，應予修正。
2. 施工圖面管制依據圖面管制程序書 (QC-P-PR603 Rev.3) 規定，將領出圖面及回收圖面均由專人負責管登，回收圖面並依規定註記「作廢」。
3. 依據品質稽查程序書 (QC-P-PR630) 編列年度稽查計畫，目前已完成其協力廠商銘宏、伍經及合雄等公司稽查作業，並依規定撰寫稽查報告。
4. 依據教育訓練管理程序書 QC-P-PR602 擬定年度訓練計畫，目前均依年度計畫編列執行計畫並按季提送台電核備，惟查核相關訓練紀錄其九十三年八月十三日及九十三年八月二十七日人員出席紀錄並未簽名。

(二) 核島區空調設備及風管安裝工程 (東元電機股份有限公司)

1. 品質保證方案之品質文件管理作業程序書 (LMT-085)，依據 6.4 節『查協力廠商... 收回舊圖』及 6.5.1 節『品質文件變更時應取回舊版文件廢止』。但『施工圖管制及

簽收表』因無回收簽收紀錄及影印份數，舊版文件是否回收不易查核，建議對舊版文件回收作廢建立管制機制。

2. 東元電機依據品質稽查管理作業程序書（LMT-092）擬訂年度稽查計畫，九十三年度已執行7次稽查作業，並依規定完成相關稽查作業報告。

(三) 循環冷卻水抽水機房工程（大棟公司）

1. 依據品保小組於九十三年四月十二至十六日稽查並開立「改正行動通知」（93-CAR-024），對圖面及文件之分發暨回收等問題提出要求改善，大棟公司修正程序書並經台電審核於九十三年六月底改版。經查核「文件與資料作業程序書」（PHQC-G-008）及「圖面作業管制程序書」（PHQC-G-003）舊版程序書仍未依規定回收而與新版程序書混用。
2. 依據圖面作業管制程序書規定進行圖面分發並登錄「圖說管制彙總表」，惟舊版圖面回收管制部份，並未依據新版程序書執行。且該問題品保小組前已開立「改正行動通知」並已結案惟仍未改善，建議日後品質課或品保小組於結案審查時，應現場查核確認改善後再結案。
3. 針對人員資格與訓練情形查證其紀錄，結果如下：
 - (1) 依工地人員訓練及銓定辦法作業程序書第7.1節規定各類人員之銓定，經查證僅有檢驗人員經品管主任銓定，其餘各類包括品管人員、危險性機械、設備操作

員等均從缺。

- (2) 工地組織編排各類工作群組，惟部份群組未安排負責人員，此對相關作業程序所規定應辦理之業務，恐有疏漏或辦理未盡周延情形，應檢討改善。
- (3) 人員訓練認定紀錄表未正確使用，埋件工程師由品管工程師兼任，以及訓練時數是否滿足程序書規定等，施工處應進一步查核並督導承包商改善，並檢討查核計畫之頻次、完整性。此外建議是否能在訂定查核計畫時，充分考慮查核項目與範圍，使查核制度能夠更為周延，以期有效而確實督導承包商落實品質管理。
- (4) 其他人員資格等包括年資、學經歷、證照等要求均符合程序書規定。

二、土木結構施工品管作業

本次土木結構施工品管視察範圍，主要包括反應器廠房結構整體性測試現場施工品質、共同煙囪工程規劃與施工現況，以及循環水抽水機房工程，視察之發現及建議概述如下：

(一) 反應器廠房結構整體性測試作業

1. 結構整體性測試計畫 (SIT) 之現場施作，目前已安裝部分鋼筋計，經查證安裝方式係採鐵線綁紮，安裝位置及角度等符合 50 mm 位置偏差及 2° 角度偏差的誤差上限規定，安裝前、後及混凝土澆置前、後均進行鋼筋計讀數量測，紀錄判讀儀器亦符合半年內有效期限的規定，鋼筋計的編

號及管理等作業品質良好，整體而言 SIT 現場安裝及管理作業品質符合規定要求。

2. 為進一步了解前項現場安裝作業及管理情形，本會將於下次鋼筋計安裝時派員了解現場作業情形，以便對日後測試作業的可靠性，有進一步的認識。
3. 為及早掌握日後 SIT 測試作業，建議台電公司說明 SIT 測試作業與結構振動試驗、運轉前測試之測試程序關係。
另，本計畫測試範圍僅限於一號機，二號機有無任何簡易試驗計畫，建議台電公司再補充說明。
4. 為了解 RCCV Wall 18 號鋼筋錨定接頭其受力後結構行為，建議配合 SIT 測試計畫，將其納入測試監測之項目，再與設計分析值比對。

(二) 共同煙囪工程

本項工程目前已完成試樁作業，待資料回饋符合原設計要求後，即將展開下部結構施作，經訪談本工程預估將在明(九十四)年三月後，即可完成滑動模板架設並展開上部結構體之施工，如進行順利約一個月即可完成施作，基於工程時程短的特性，建議應注意下列事項：

1. 本工程之結構特殊，工作環境危險性高且時程短，因而所需之前置作業準備更形重要，建議相關人員的教育訓練應充分考量專業性、工安要求、及核能工程的品保要求，並

於作業前完成訓練。

2. 為求周延，前項之作業準備應查證所有設計圖、施工圖，是否已全部定案發行。
3. 各項作業程序書，亦應一併查證是否均完成，並確認其檢驗表、檢驗項目等是否周延。
4. 施工作業執行前，應協調廠商辦理工程說明會，並通知本會。

(三) 鑒於循環水抽水機房發生混凝土澆置品質不良之案例，且混凝土澆置進行中如同線上作業，不符合事項的發生，無法於事後補救，以恢復原狀或符合原作業品質要求，建議施工處擬定澆置中不符合品質作業之處理方式，提供工程監工人員能及時應變處置。

三、倉儲管理

針對施工處倉儲管理作業執行情形，視察人員實地赴各倉儲現場了解各器材設備之儲放及倉庫管理情形，視察發現及建議摘要如下：

- (一) 艾莉颱風期間曾造成中六倉庫鐵捲門受損，固定用鋼樑傾倒，造成部分設備損傷。查閱施工處相關程序書並未發現有防颱應變措施相關之程序書，建議施工處建立相關程序書，以利日後颱風來襲時降低其對設備及工區之衝擊。
- (二) 露天儲存場之防雨棚受艾莉颱風肆虐，絕大部份已損害，

原來儲存之管節及設備已曝露在風吹日曬及雨淋中，部份已嚴重鏽蝕。依目前儲存狀況，已不符合儲存等級 D 級（器材不致直接受風吹日曬雨淋）以及 NQA-1 的要求。

- (三) 對儲存之器材應提供充份的防護措施，以防止火災、天候因素、設備之移動以及其他因素所可能引起之損害。目前使用之防雨棚已不足以抵擋颱風之摧殘，而露天儲存場的管節等設備亦不知何時會安裝，配管課雖有派員處理鏽蝕，但大批管節堆置在露天儲存場，已不符合規定，建議施工處應即早因應，以防範下次颱風的侵襲。
- (四) 露天儲存場有 1P22-PRRT-0036、0007、0010 等六支方鋼製的 SUPPORT，其開口向上，因而方鋼內部已積滿雨水並鏽蝕。
- (五) 二號機 OFF GAS DRYER(A 台及 B 台)及一號機 CHARCOAL ABSORBER(6 台) 儲存等級為 C，原儲存在露天儲存場的防雨棚，但受艾莉颱風的侵襲，防雨棚已受損，目前儲存等級已不符合 C 級之要求。
- (六) 中鼎公司九十三年五月十九日自倉庫領出的 MOV 共有 4 只 (2G31-MBV-0025、0028 及 2K11-MBV-0007、0068)，目前暫時儲存在中鼎公司的庫房，查核其維護保養紀錄，機械維護由中鼎公司按月執行，電氣維護（每三個月應執行一次）至本次視察期間為止，仍未依規定執行。類似設備維護保養介面問題，施工處應建立管制機制，避免再次發生。

(七) 一號機 RPV 倉庫氮氣瓶架周圍利用紅色寶特瓶作為隔離標誌，如確有隔離保護需要，建議另以更具警示及阻隔效用之設施為之。

四、現場設備維護作業

本項視察主要針對現場存放與安裝設備之維護保養、廠房環境整頓及消防設施與管理等事項，進行現場查證與了解，視察結果摘述如下：

(一) 設備維護

1. 一號機基座下乾井最底層 FMCRD HANDLING DEVICE 維護保養紀錄卡均依規定週期填記「正常」(包括清潔、乾燥劑)，但經查發現該設備上附著許多水泥灰渣未清除；此外，例如二號機 RHR HX 2E11-HX-001B 多只螺栓已發霉，RWCU PUMP MOTOR 未依規定加熱，然而維護保養卡均記錄正常。
2. RHR-HX 1A 維護保養紀錄顯示自九十三年九月六日開始，HX SHELL SIDE 氮氣壓力為 0，至視察期間仍未處理解決，不符規定。
3. 一號機濕井內部份設備組件因上次颱風而浸水，例如 HPCF SUCTION STRAINER 1E11-STR-002B，至視察期間尚未開箱進行清理維護，建議類似浸水設備組件應速檢查，以確保設備品質。
4. 查證中鼎公司維護保養人員之資格與訓練，目前設備、管路維護保養人員共十人(包括領班二人)，其訓練紀錄符合

規定，但執行維護保養之工作人員有八名為外勞人員，其語言溝通能力及設備維護保養之技能上是否足以勝任工作需求，施工處應再審慎評估。

5. HCU ROOM 之鍍鋅 DECK 因施工銲接，致多處之鍍鋅有遭到損害之可能，使其防蝕功能有失效之虞，應儘速加以檢視並再進行塗裝。

(二) 環境整潔

1. 一號機 R/B EL-8200 部份區域之環境清潔相較以往已有改善(例如 HPCF-1C、RCIC 等區域)，但仍有許多地方仍待加強，例如進入 EL-8200 樓梯間照明不足，RHR-1C 等區域髒亂；一號機 HCU ROOM 目前進行基礎螺栓更換作業，作業現場通風不良，而二號機 HCU ROOM 因上方 DECK 尚未完成，部份區域因下雨而漏水，地面積水未清理，且由紀錄顯示自九月六日至二十日該房間濕度為 92%，已超過規定值，未見採取改善措施；一號機反應爐基座附近施工工具放置零亂，未適當歸位。。
2. 經查廠務管理(HOUSEKEEPING)之整體計畫尚未建立(包括設備吊入之管控、環境清潔管理、消防設施管理等)，致廠務管理作業目前僅停滯在廠房清潔工作，且無法得到良好成效。廠務管理作業程序書(LMP-SED-012)雖已於九十三年六月訂定，但目前尚未正式發行，且其內容不夠周延難以執行，例如有關清潔區之分類分級由主辦課訂之，但

無詳細執行辦法。目前一號機已將四區域、二號機三個區域劃為四級管制區，但尚未訂出具體管理辦法，僅以巡視方式代替管理，難達成效。建議考量施工作業之特性，將其分階段、分類、分區、分級，訂定周延之執行程序並落實執行。

- 3 目前「廠務管理工作」發包範圍未將一號機 RCCV WALL 以內之區域納入，原因何在？
4. 龍門計畫工程龐大，承包商眾多，工程介面亦多，為有效解決環境管理問題，除承包商每日完工後必須自我清理管理外，建議採用設備掛牌方式，將廠區內之工具、使用機具(包括電焊機、鷹架、鋼瓶、等)、待用器材等掛牌說明使用單位及連絡電話。另建議設置協調人制度，以協調各工程之進行，防止各工程施工介面之衝突。
5. 石碇溪旁人工湖附近環境優美、安靜，令人心情舒爽，附近變電所外觀類似旅館，可見景觀問題亦受重視，並曾下過一番工夫。

(三) 廠區消防

1. 施工現場已依本會上次視察要求，將滅火器移置各工作區域且明顯易取得之處，並增加四十具滅火器，以加強滅火功能，針對滅火設備之維護保養則尚未建立作業程序書。
2. 有關廠區動火管制區域之劃分及執行應建立妥善之作業程序書，以供執行之依據。另現場重要設備及易發生火災

區域，建議納入動火管制作業規範中。

五、非破壞檢測作業

本次定期視察除針對各項檢測紀錄文件進行查證外，對於放射性檢測之射源管理情形亦實地巡視部分廠商儲存環境及施工處之管理情形。整體而言非破壞檢測作業之執行及管理均按相關之程序書，紀錄之存檔及保管亦符合規定，主要之視察結果分述如下：

- (一) PT 及 MT 所使用之檢測材料均依規定進行成分分析，以確保會損傷被檢物之成分(如：氯及硫)含量都在法規限值以內，抽查近期之試驗報告結果均符合規定要求。
- (二) 查核 PT 及 MT 之檢測靈敏度與儀器性能校驗執行情形，檢測報告及測試(校驗)紀錄，均依程序書之規定執行，施工處亦派員會同見證。例如：在 MT 方面，檢測前後與檢測作業時間超過 4 小時以上時都會進行檢測靈敏度之測試，而每 6 個月則執行 MT 檢測儀之 LIFT POWER 測試；在 PT 方面，則每個月執行一次常溫範圍(16~52)之檢測靈敏度測試，較法規規定之頻率更高，至於低溫之檢測靈敏度驗證測試亦會在低溫環境(<16)之使用情況下，於檢測前進行。
- (三) 在 RT 檢測方面視察人員除針對檢測紀錄內容進行抽查，了解是否符合法規與程序書對有關應記錄事項之要求外，亦抽取部分之底片進行底片品質查核。視察之結果顯示檢測

紀錄之內容與底片之品質均符合規定要求，對於缺陷之表示亦明確且易於了解。

- (四) 查核 RT 底片品質之幾何模糊度與有效檢測範圍時，除了解是否符合 ASME 之要求外，亦依據 JIS 之規定公式進行計算並進行比較，結果發現兩種不同方式求得之數據非常相近，但 ASME 之計算結果較 JIS 之結果更佳。
- (五) 查核 UT 檢測作業紀錄過程中，除發現符合程序書之規定要求外，亦發現非破壞檢測股對於瑕疵修補檢測作業，建立了一套修補檢測追蹤查核表，此一作法在對具有多處瑕疵並需經多次修補之鐸道在檢測修補作業過程，能有效協助檢測人員追蹤瑕疵現狀及修補檢測之結果。
- (六) 對於 RT 射源儲存室之管理、儲存區域輻射偵測執行及進出(儲存室及核四工地)管制之情形進行了解，經實地了解及查閱各項紀錄文件，發現廠商均依規定進行管制及偵測作業。

六、鐸接管制

本項視察除查閱部分廠商鐸材室鐸材簽發、領用、回收與器材校驗等紀錄外，為了解有關作業現場執行情形，亦赴作業現場進行查證。視察結果顯示廠商鐸材室各項管制作業，大致能依程序書之要求執行。以下摘述視察之主要發現：

- (一) 作業現場仍可見未穿著防(耐)火護具及高空作業時未使用安全帶之人員，除應加強高空作業安全帶使用之要求外，對於鐸工鐸接及研磨作業時之防護衣物及器具之使用，應

再予落實執行，並宣導廠商遵行。

- (二) 一號機基座現場發現銲工於封閉之隔艙環境中進行銲接作業時，雖然現場設置有抽風扇，但未見使用來排除因銲接而大量積蓄於隔艙中之濃煙，應加強對作業環境安全及通風器材使用之管理，對於於較深隔艙中執行銲接作業時，建議定時查驗其氧之含量是否符合法規要求。
- (三) 在部分基座之隔艙中仍發現有紙張、破布、寶特瓶及塑膠袋等雜物，除應加強現場環境之管理外，於隔艙中執行銲接作業時，亦應要求銲工注意相鄰隔艙中是否有前述雜物及其他工作人員，且預熱及銲接作業時之防火作業務必加強落實。
- (四) 銲接作業現場仍可發現有作業區域下方設備器材未依規定進行防火保護之情形，致仍可見有銲接火星掉落其上之現場，應加以改善。
- (五) 查核中鼎公司銲材室近期內之銲材領用及烤箱進出情形，其出入及領用數量相符。
- (六) 審閱近期中船及中鼎公司之銲材領用紀錄(W3 表)，其表單之填寫及簽發上均依規定經不同之權責人員進行雙重確認，銲材管理人員在執行銲材發放及回收時依規定方式進行記錄。
- (七) 由於熱電耦在使用一段時間後有性能變異之可能，因此在執行銲材烤箱校驗作業時，應再對熱電耦性能進行測試，

以確認其性能是否維持正常，而為便於日後之管理，建議對測試方式有所規定。

- (八) 中船公司鐳材管制室因原址配合工程需要加以拆除，至現場發現新建之管制室仍在搭建並未完成，但原有之管制室已有部分拆除，中船公司臨時以帆布遮蔽遭破壞之部分牆面。由於此一情形損害鐳材管制室儲存、處理及管理等功能之完整，施工處除應要求廠家儘速完成新建之鐳條管制室外，爾後針對類似情形應以先建後拆之方式進行。

七、管路與機械設備安裝品管作業

巡查一號機 HCU 反應爐基座及管路安裝現場，並針對部分工程作業情形與工作人員進行訪談後，雖多數作業之執行能符合要求，惟建議施工處能針對下列情形再進行檢討改善：

- (一) HCU 為安全相關設備，由於其中部分高精密組件對粉塵相當敏感，因此除製造廠家對部分敏感性組件以膠套保護外，安裝廠商亦再以保鮮膜及膠套將受保護之組件範圍加大，而 HCU ROOM 之地板並進行防塵處理。其中一號機部分之 HCU 因錯用 R 級之基礎螺栓，目前正進行換裝為 S 級螺栓之作業，然於巡視 HCU ROOM 126 時發現，此安裝作業缺乏符合此設備需要之塵土管制措施，致現場地板存有大量之塵土，以致前述防護之效用亦可能遭受破壞，對此除應盡速清潔現場外，建議應加強工作人員進入 HCU ROOM 工作前之防塵管理，並將類似工作規範要求逐步擴

展至類似設備之安裝工作區域，以為日後 RPV 內部組件之安裝作業模式預作準備。

- (二) 在目前惡劣施工環境下，不銹鋼管路與碳鋼支架間發生電位腐蝕問題應有其可能性，因此本會曾要求針對是否加裝墊片再進行檢討，由於反應器及控制廠房之不銹鋼管路與碳鋼支架多已安裝一段時日，為確認是否已有腐蝕情形，宜定期檢視兩者接觸之區域是否出現腐蝕跡象，以儘早採取改正措施。
- (三) 目前一號機基座正進行第四層之安裝作業，觀察現場作業情形，發現第四層安裝銲接之 WELDING SEQUENCE 與 1 至 3 層不同，究其原因僅係為避免干擾 RPV 固定螺栓孔之鑽孔作業。由於在前三層中曾發現因銲接變形過大，導致銲接接頭出現高低差及增加整體殘留應力之影響。由於目前對於 WELDING SEQUENCE 之管控嚴謹度不足，為避免類似不當情形再於二號機之基座安裝時出現，建議能開始整理分析一號機基座 WELDING SEQUENCE 之經驗及資料，以建立基座每一層之 WELDING SEQUENCE，以期能降低二號機基座安裝時鋼構之變形及殘留應力之情形。
- (四) 為避免基座 WN23 銲道修補初期出現之缺失(如：銲接程序書適用性及修補計畫審查機制問題)一再出現，並提升修補作業之嚴謹性、品質及成功率，針對銲道缺陷修補過程建立事前之管制審核機制應有其必要。目前承包廠商中已有

中鼎公司編寫發行該類銲接修補管制程序書，經其作業程序及執行落實程度，均有可供借鏡之處，建議可加以參考。

肆、結論

本次定期視察結果顯示，在核四建廠工程承包商品質管理、反應器廠房結構整體性測試作業、共同煙囪工程執行規劃、銲材管制及非破壞檢測作業管制等方面，大體均能遵循有關之作業規定執行或有相當程度之改善，僅有部分事項之執行細節及其落實性仍有再改善的空間。至於在現場設備維護作業與設備安裝及倉儲管理方面，仍有部分事項未能符合程序書規定之要求，應再繼續檢討並加強改善，以確保建廠品質。

針對前述之視察發現及建議改善事項，視察人員在視察過程中除即告知相關部門及人員注意改善外，於視察結束後亦彙整開立注意改進事項 AN-LM-93-011，並依行政作業流程正式發函台電公司，請台電公司確實督促龍門施工處進行檢討與改善。本會亦將持續追蹤管制台電公司及施工處對相關改善措施之規劃及執行情形，避免類似問題再次發生，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份並未附上，如有任何疑問，請洽本會黃智宗科長，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



照片五：二號機反應器廠房施工現況



照片六：二號機控制廠房施工現況



照片七：二號機汽機廠房施工現況



照片八：輔助用過燃料廠房施工現況



照片九：視察非破壞檢測作業紀錄情形



照片十：視察人員巡視一號機 HCU 安裝現場情形



照片十一：視察人員巡視一號機 RPV 基座安裝現場情形



照片十二：視察後會議情形