

NRD-LM-90-07

# 核四工程設計品質視察報告

行政院原子能委員會

核能管制處

中華民國九十年九月二十六日

# 目 錄

壹、前言 .....	1
貳、視察項目 .....	3
參、視察結果 .....	4
肆、結論 .....	14
附件一、核四工程設計品質視察計畫 .....	15
附件二、核能工程注意改進事項 .....	17

## 壹、前言

核四工程在九十年二月十四日行政院宣布核四復工續建後，台電公司即著手進行復工動員的各項作業。從召開「核四復工討論會」、「核四廠成立時程及規劃作業討論會」以及要求台電公司提出復工品質查驗計畫等，均在原能會安全管制與品質監督下次遞展開。此外，原能會為實地瞭解台電公司執行品質查證之執行情形，本(九十)年三月到七月間分別執行核四復工品質視察、核四廠設備製造品質視察、核四廠圍阻體襯板及鋼筋與鍍材製造品質視察、以及核四復工第二次品質視察，藉由實地的視察活動提出改善建議，要求台電公司加強改善，以落實原能會執行核四建廠安全管制之工作。

以上各項復工品質查證與視察活動，基本上對於核四建廠工程的現場施作及設備製程的品質管制，已完成相當程度的察查與改善，但對於核四計畫的業主 - 台電公司對廠家設計品質的管理情形，則有待進一步的瞭解，以確認其品保作業的執行情形是否符合規範要求。因此，原能會於九十年八月十三日至十四日，由核能管

制處陳建源技正領隊，率同視察人員包括黃智宗、莊長富、石門環、劉允平、張國榮及謝得志、易俗(以上二員係核研所支援人員)，對負責台電公司核四工程總管設計工作的核能技術處，執行核四工程設計品質視察，視察人力為 16 人天，詳細視察計畫如附件一。

## 貳、視察項目

核四廠興建計畫中，台電公司核能技術處所扮演的角色，從核四工程的招標、審標、設計審查乃至於與顧問公司、設計廠家間設計介面的連繫、溝通與協調，都是其職掌範圍。由此可見其工作之重要性，特別是設計品質的良窳更是關係著日後運轉安全的重要依據。因此，本次的視察活動除復工品質查證外，主要視察項目則以設計審查、品保管理、介面控制數位儀控、以及經驗回饋等事項為重點，詳細視察項目如下：

- 1.核能工程品保方案執行
- 2.復工設計品質查證
3. 設計審查、設計變更及設計品保管理
- 4.設計文件管制及構形管理
- 5.設計介面控制
- 6.數位儀控及人因設計
- 7.經驗回饋作業
- 8.追蹤事項及缺失處置管理

## 參、視察結果

### 一、核能工程品保方案

核能技術處已依據核能工程品保方案所界定之權責要求，建立相關作業程序書，並有效執行，經抽查人員訓練、品保方案定期評估成效及更新作業、設計準則文件等項均符合方案要求，但本次視察仍有下發現待改善：

1. Q list 迄今尚未定案，且亦未適時更新。再則 R list 在 PSAR 17B 之定義與核能工程品保方案附錄二之定義不同，而且所適用之品質標準亦不同。PSAR 第 3 章表 3.2-1d 註解(e)說明 R/G 級適用標準為 10 CFR 50 附錄 B 之各項準則，而核能工程品保方案第二章第 2.21 節所適用之規定為 CNS12680-(ISO-9000)，兩者不一致。
2. 核能工程品保方案第 3.2.2 節要求「核技處須建立辦法來訂定及管制核能發電設計準則手冊，並標示適當的品質標準」，但目前台電公司係以 TPC-URD 取代設計準則，應作適當之修訂，以反映事實。

3. 在執行特殊製程之廠商驗證及協審外購內製器材之廠商製程見證點與停留檢驗點方面，尚未建立作業程序管制，亦未留下紀錄。

## 二、復工設計品質查證

台電公司派遣團隊分赴奇異公司、石威公司等執行復工設計品質查證，執行方式係以龍門計畫設計品質查證問卷表、復工現況查證作業表及復工設計文件品質查證核對表，篩選較關鍵之設計文件或設計管理執行情形，以查證其品質維護現況，依據台電公司設計品質查證報告，各廠家之設計品質維護均符合要求。惟本次視察仍發現有下列問題待改善：

1. 龍門計畫復工設計文件品質查證核對表中，部份文件台電公司所登錄之版次與奇異公司或石威公司不同，而查證報告中未說明原因或如何處置。
2. 復工設計品質查證仍著重於停工期間之品質維護，然而作業之可延續性對工程之品質影響甚鉅，因而有關復工後之設計銜接問題，應有具體之作法，而其執行成效亦應詳予說明及追蹤。

3. 有關人員復員部份，係由需求單位(廠家)自行提列資格標準，建議台電公司抽驗各項資格標準是否符合法規之要求。例如：初期安全分析報告第十八章人因工程，對相關人員訂定資格要求，而廠家所提列之資格標準，是否符合要求，應再核對。

### 三、設計審查、設計變更及設計品保管理

在設計文件審查及設計文件管理方面，經抽查土木課之設計審查文件之管理及抽閱核能分析課之部份文件，均符合作業程序之要求，但仍有下列發現待改善：

1. 設計文件審查，經抽閱控制棒驅動系統(C12) P&ID 成套文件，符合 NED-M-3.1.1 第 3 版作業程序要求，但各課承辦人自行保管之文件宜建立目錄以有效落實定期清點及管制之要求。
2. 程序書編號 NED-C-3.1.30 核能電廠土木工程設計作業程序書之 A1 核能電廠鋼筋混凝土結構設計指引，為因應 921 地震後建築技術規則相關規範之修訂，擬進行該指引之改版作業，而在該控制版本上逕行修改之作法，似有不妥，應予改善。

3. 龍門計畫之設計文件審查，係依文件性質分為一到四級，其中第三、四級文件則視文件內容，做選擇性審查。其中第四級設計文件包含埋件圖、容器製造安裝圖、管架製造安裝圖、鋼筋配置圖等，於實際施工作業中，各圖面常有相互衝突，造成須設計變更，潛在影響工程品質之情形。因此如何於早期審查時，發現問題點，應做適當之考量。

#### 四、設計文件管制及構形管理

龍門計畫之構型管理是採用資訊管理電腦系統作為工程設計及文件管理工具，從設計階段之資料如設計基礎、技術準則與介面要求、設計修改、設備採購、施工以至運轉、維修期間等各階段文件資料之保存、維持與整合等作業，以達到龍門計畫整個電廠生命週期（Life Cycle）間，文件資料保存完整，在整個電廠壽命期間，皆可正確地、快速地追查，搜尋並取得所需的資料。經現場查證電腦管理作業情況良好，均能有效掌握相關資訊，惟作業程序上，仍有下列發現待改善：

1. 「龍門計畫構型管理作業程序書」(NED-L-5.8-T)之

「6.6 設計變更(Design Change)」規定管制作業應依「新(擴)建核能發電工程計畫設計變更評估作業程序書」(NED-L3.1.5-T)辦理，經查該程序書已於 89 年 3 月作廢。另「7.3 紀錄保存」中，「重要者(如與設計基準或機組驗收等有關者)」，建議修正為「應予永久保存」。

2. 各項設計過程中之文件，由廠家及工程設計顧問公司將其轉換為電子檔文件，定期更新，併入構型管理系統中，實務上若發現錯誤或舊版未更新時，應有適當之處理程序，以確保構型管理系統中資料之正確性。

## 五、設計介面控制

核四工程從台電公司核技處到國內、外顧問公司，再到製造或營造廠家，形成一龐大而複雜的關係群體。因此彼此間相互產生的介面，一直是核四工程推展中，極重要且需考量的問題。台電公司為加強介面設計管理工作，舉辦了各項會議，包括每週及每月分別討論核四工程外購案進行情形及契約執行、設計懸案、工程整體

進度執行情形等。再則，針對執行面與管理面就廠家間及各廠家與台電公司間的設計介面問題，在核四工程暫停施工前每月辦理一次討論會，復工後則將視各廠家復工情形，於適當時機恢復舉行。

目前核技處暫時由王副處長固定每週一日及三位副處長不定期率所屬課長赴施工處，協調處理設計與施工介面問題，並將視復工情形，於適當時機成立由核技處、奇異、石威等負責設計單位組成之駐工地辦公室。由以上可知台電公司在處理核四工程設計介面管理工作之用心與努力，值得肯定。惟核四工程設計介面的問題仍千頭萬續，建議廠家間及廠家與台電公司間的設計介面討論會，應儘早恢復，而駐工地辦公室的成立，對解決設計介面的問題與成效上，應可提供相當助力。

## 六、數位儀控及人因設計

核四儀控系統因應現代化科技採數位化設計，廣泛用網路多工科技及軟體應用，與傳統核電廠類比式的儀控系統相當不同。核四數位儀控遵循美國新版的標準審查規範及相關的技術規範來進行核四分散式儀控資訊系

統 (DCIS) 的開發工作，由於開發工作涉及多家廠家，如 GENE、GE-NUMAC、Eaton 及 Foxboro 等數家廠家。目前整個 DCIS 發展作業正在進行，透過這次的稽查，對於廠家間的介面整合與測試及人因工程等方面提出下列問題，加強注意。

1. 從工業界常可看到一般系統開發計畫，若發生時程緊迫或延誤情形時，測試工作項目常受到壓縮或被調整以配合時限的例子。核四儀控系統發展作業中包含許多測試，如單元測試、整合測試、廠家驗收測試(FAT)、工地安裝測試(SAT)等，且除 SAT 由台電公司負責外，餘皆由廠家負責。台電公司應建立一套機制，以防範各項測試工作計畫受到排擠或不合理調整的情況發生，且對於測試計畫變動時，應更正紀錄並分析有無不合理改變的情形。
2. 數位儀控系統含軟、硬體及其整合，欲得到良好品質的數位儀控系統，更需先確保軟體發展作業、硬體選擇及其整合工作等各工作環節皆有良好品質方足以竟功。對於硬體的選擇台電公司除需注意廠家

提供的硬體符合“Proven”要求外，亦應考量硬體會被淘汰的可能性；另對於不同廠介面整合時所需的 MVD，目前仍由奇異公司設計中，台電公司應速澄清 MVD 定位(Class 1E 或 Non-Class 1E)及其設計特性。

- 3.台電公司依據原能會注意改進事項 AN-LM-89-031 有關人因問題追蹤系統(HFEITS)應追蹤其執行成效之要求，已督促奇異公司定期將 HFEITS 送台電公司查閱，台電公司並已同時追蹤其執行成效，本項作法值得肯定。
- 4.人因工程第一階段之確認與驗證作業中之個別系統動態測試(GETS)，目前仍計畫在奇異公司進行。為擴大參與面，使各系統之人因設計確實符合營運單位之需求，建議 GETS 之動態測試儘可能在國內進行。

## 七、經驗回饋作業

本次視察針對核四 PSAR 附錄 E 經驗回饋之執行現況進行查證，其中國內部份包括核一、二、三廠等經驗回饋至核四廠之狀況已作適當分類，並對執行現況分項說明，然而對國外部份，例如蒐集柏崎六、七號機施工運轉經驗，評估是否需要回饋至核四工程(追蹤案件編號 LM-P-E-01)之執行現況，本次視察發現仍有改善空間，如下述：

1. 目前核技處所蒐集到之 K-6、K-7 資料相當少，且未將其摘要並作適當之評估。此追蹤案件中，台電公司答覆原能會：日本輸外管制法不允許送交任何有關核電 (NSSS) 資訊給台灣。此項應再澄清後修正。
2. 鑑於核四之重要設備多為日本製造，日後與日本之交流將更趨頻繁，建議台電公司核能有關單位成立對日交流任務編組，對日本核電資訊進行蒐集、摘譯、整理、記錄、歸檔等。其初期目標為外界對 K-6、K-7 所提問題均能迅速提供正確而完整的資訊。

## 八、追蹤事項及缺失處置管理

原能會曾於 89 年 4 月對台電公司核技處執行數位儀控系統發展作業稽查，隨後並於該年 5 - 6 月間赴美對奇異公司、Eaton 及 Foxboro 等三家主要核四數位儀控系統廠家稽查。二次的稽查原能會提出了多項注意改事項，台電公司亦針對這些改進事項提出承諾且行文原能會，其中部分案件並獲原能會“准予備查”處理。惟核四計畫發生停工、復工的事件，台電公司原先承諾改善事項及預計完成日期若受其影響而無法作到，應重新檢討後送原能會備查。另外，目前仍有先前稽查後尚未結案之注意改進事項多件，台電公司應儘速提出因應對策及結案申請，尤其是涉及法規面問題澄清的注意改進事項，如 AN-LM-89-030。

## 肆、結論

本次執行核四工程設計品質的團隊視察，其目的在於視察核四工程的品質管理源頭 - 設計作業及其功能管理的執行情形，期望在實地視察活動中，瞭解復工後的實際執行情形，並發掘出潛在問題，以確保核四復工後設計到施工之整體工程品質。

本次視察就整體而言，台電公司核能技術處在各項設計工作的審查與品保工作，執行情況良好。特別是在設計界面的控制，做了相當多的努力及改善工作，值得肯定。本次視察仍發現部份待改善事項，例如：執行特殊製程相關檢驗中，其見證點與停留檢驗點未建立作業管制程序，亦未留下紀錄；設計文件審查中第三、四級文件採選擇性審查，卻常有圖面間相互衝突需變更設計之情形；以及蒐集柏崎六、七號機施工運轉經驗，以期將經驗回饋至核四工程中，仍未見執行成果。其他在復工品質查證、品保方案、設計品質管理、數位儀控的設計等，則仍有改善空間。以上改善建議將開立注意改進事項（如附件二），要求台電公司改善。

# 核四工程設計及設備製造品質視察計畫

## 一、視察人員

(一) 領 隊：陳技正建源

(二) 視察人員：黃智宗、莊長富、石門環、劉允平、張國榮、孫儒宗、方 鈞、謝得志、易 俗

註 1：謝得志組長為觀察員。

註 2：孫儒宗及方鈞謹參與石威公司部分之視察。

## 二、視察行程

(一) 台電公司核技處及品質處

1. 時 間：九十年八月十三日至十四日（核技處）

九十年八月十六日至十七日（品質處）

2. 視察前會議：九十年八月十三日上午九時

3. 視察後會議：九十年八月十七日下午三時

(二) 石威公司

1. 時 間：九十年八月二十日至二十二日

2. 視察前會議：九十年八月二十日上午十時

3. 視察後會議：九十年八月二十二日下午二時三十分

## 三、視察項目

(一) 核技處

1. 核能工程品保方案執行

2. 復工設計品質查證

3. 設計審查、設計變更及設計品保管理

4. 設計文件管制及構形管理

5. 設計介面控制

6. 數位儀控設計

7. 經驗回饋作業
8. 追蹤事項及缺失處置管理

## (二) 品質處

1. 核能工程品保方案執行
2. 復工設備製造品質查證
3. 品質文件管制
4. 不符合報告控制
5. 廠家評鑑作業
6. 品質人員訓練及檢定作業管理
7. 改正行動及追蹤事項管理

## (三) 石威公司

1. 品保方案執行
2. 設計作業控制：含設計審查、設計變更控制及設計介面控制
3. 設計文件管理
4. 設計品保功能
5. 人員資格與訓練
6. 設計法規與標準控制

## 四、注意事項

(一) 視察前會議時，請分別提出下列簡報：

1. 核技處：數位儀控復工現況與設計管理。
2. 品質處：品保組織與稽查功能。
3. 石威公司：核四計畫組織及作業現況、設計作業流程、以及品保作業。

(二) 本會視察石威公司時，請台電公司指派聯絡人會同視察。

(三) 本案承辦人：張國榮 (TEL：23634180 分機 353)。

## 核能工程注意改進事項

編號	AN-LM-90-005	廠別	台電核技處	日期	90年09月07日
<p>注意改進事項：核能工程品保方案執行</p> <p>注意改進內容：</p> <p>一、Q list 迄今尚未定案，且亦未適時更新。</p> <p>二、R list 在 PSAR 17B 之定義與核能工程品保方案附錄二之定義不同，而且所適用之品質標準亦不同。PSAR 第 3 章表 3.2-1d 註解(e)說明 R/G 級適用標準為 10 CFR 50 附錄 B 之各項準則，而核能工程品保方案第二章第 2.21 節所適用之規定為 CNS12680-(ISO-9000)，兩者不一致。</p> <p>三、核能工程品保方案第 3.2.2 節要求「核技處須建立辦法來訂定及管制核能發電設計準則手冊，並標示適當的品質標準」，目前則以 TPC-URD 取代設計準則，請作適當之修訂，以反映事實。</p> <p>四、在執行特殊製程之廠商驗證及協審外購內製器材之廠商製程見證點與停留檢驗點方面，尚未建立作業程序管制，亦未留下紀錄。</p>					
承辦人：陳建源			電話：2363-4180-302		

## 核能工程注意改進事項

編號	AN-LM-90-006	廠別	台電核技處	日期	90年09月07日
<p>注意改進事項：復工設計品質查證</p> <p>注意改進內容：</p> <ol style="list-style-type: none"><li>一、龍門計畫復工設計文件品質查證核對表中，部份文件台電公司所登錄之版次與奇異公司或石威公司不同，而查證報告中未說明原因或如何處置。</li><li>二、復工設計品質查證仍著重於停工期間之品質維護，然而作業之可延續性對工程之品質影響甚鉅，因而有關復工後之設計銜接問題，應有具體之作法，而其執行成效亦應詳予說明及追蹤。</li><li>三、有關人員復員部份，係由需求單位(廠家)自行提列資格標準，建議台電公司抽驗各項資格標準是否符合法規之要求。</li></ol>					
承辦人：黃智宗			電話：2363-4180-350		

## 核能工程注意改進事項

編號	AN-LM-90-007	廠別	台電核技處	日期	90年09月07日
<p>注意改進事項：設計審查、設計變更及設計品保管理</p> <p>注意改進內容：</p> <p>一、程序書編號 NED-C-3.1.30 核能電廠土木工程設計作業程序書之 A1 核能電廠鋼筋混凝土結構設計指引，為因應 921 地震後建築技術規則相關規範之修訂，擬進行該指引之改版作業，然而在該控制版本上逕行修改之作法，似有不妥，請改善。</p> <p>二、龍門計畫之設計文件審查，係依文件性質分為一到四級，其中第三、四級文件則視文件內容，做選擇性審查。第四級設計文件包含埋件圖、容器製造安裝圖、管架製造安裝圖、鋼筋配置圖等，於實際施工作業中，各圖面常有相互衝突，造成須設計變更，潛在影響工程品質之情形，此情形如何於早期審查時予以改善，請做適當之考量。</p>					
承辦人：張國榮			電話：2363-4180-353		

## 核能工程注意改進事項

編號	AN-LM-90-008	廠別	台電核技處	日期	90年09月07日
注意改進事項：設計文件管制及構形管理					
注意改進內容：					
一、「龍門計畫構型管理作業程序書」(NED-L-5.8-T)之「6.6 設計變更(Design Change)」規定管制作業應依「新(擴)建核能發電工程計畫設計變更評估作業程序書」(NED-L3.1.5-T)辦理，經查該程序書已於89年3月作廢，請修正。另「7.3 紀錄保存」中，「重要者(如與設計基準或機組驗收等有關者)」，建議改為「應予永久保存」。					
二、各項設計過程中之文件，由廠家及工程設計顧問公司將其轉換為電子檔文件，定期更新，併入構型管理系統中，實務上若發現錯誤或舊版未更新時，應有適當之處理程序，以確保構型管理系統中資料之正確性。					
承辦人：劉允平			電話：2363-4180-352		

## 核能工程注意改進事項

編號	AN-LM-90-009	廠別	台電核技處	日期	90年09月07日
<p>注意改進事項：人因設計</p> <p>注意改進內容：</p> <p>一、人因工程第一階段之確認與驗證作業中之個別系統動態測試(GETS)，目前仍計畫在奇異公司進行，為擴大參與面，使各系統之人因設計確實符合營運單位之需求，建議 GETS 之動態測試儘可能在國內進行。</p> <p>二、根據目前龍門人因工程驗證與確認執行現況，第一階段將以 GETS 執行 21 個系統的驗證與確認，請說明 21 個系統如何選定？其他的系統是否執行驗證與確認？何時執行？整體計畫為何？另 GETS 原係為輔助設計而設，惟目前縮小規模至 20 餘個，請速檢討其原因並評估其對輔助設計工作之影響。</p>					
承辦人：黃智宗			電話：2363-4180-350		

## 核能工程注意改進事項

編號	AN-LM-90-010	廠別	台電核技處	日期	90年09月07日
注意改進事項：經驗回饋作業					
注意改進內容：					
一、目前核技處所蒐集到之 K-6、K-7 資料相當少，且未將其摘要並作適當之評估。且本案之管制追蹤案件中，貴公司答覆：日本輸外管制法不允許送交任何有關核電資訊給台灣。本項請再澄清後修正。					
二、鑑於核四之重要設備多為日本製造，日後與日本之交流將更趨頻繁，建議台電公司核能有關單位成立對日交流任務編組，對日本核電資訊進行蒐集、摘譯、整理、記錄、歸檔等。其初期目標為外界對 K-6、K-7 所提問題均能迅速提供正確而完整的資訊。					
承辦人：石門環			電話：2363-4180-351		

## 核能工程注意改進事項

編號	AN-LM-90-011	廠別	台電核技處	日期	90年09月07日
<p>注意改進事項：數位儀控</p> <p>注意改進內容：</p> <p>一、從工業界常可看到一般系統開發計畫，若發生時程緊迫或延誤情形時，測試工作項目常受到壓縮或被調整以配合時限的例子。核四儀控系統發展作業中包含許多測試，如單元測試、整合測試、廠家驗收測試(FAT)、工地安裝測試(SAT)等，且除 SAT 由台電公司負責外，餘皆由廠家負責。台電公司應建立一套機制，以防範各項測試工作計畫受到排擠或不合理調整的情況發生，且對於測試計畫變動時，應更新紀錄並分析有無不合理改變的情形。</p> <p>二、數位儀控系統含軟、硬體及其整合，欲得到良好品質的數位儀控系統，更需先確保軟體發展作業、硬體選擇及其整合工作等各工作環節皆有良好品質方足以竟功。對於硬體的選擇台電公司除需注意廠家提供的硬體符合“Proven”要求外，亦應考量硬體會被淘汰的可能性。請台電公司說明核四主要儀控廠家，對其提供系統中硬體選擇的情形；另對於不同廠家介面整合時所需的 MVD，目前仍由奇異公司設計中，請台電公司速澄清 MVD 定位(Class 1E 或 Non Class 1E)及其設計特性。</p> <p>三、在品保各階段審查所發現各種缺失紀錄請進一步進行統計分析，以明瞭缺失處理時間、型式並討論產生原因、重覆出現比例、處置預防方法等，以反映 GE 品保作業體系之效率與效能。GE 在應用 Six Sigma 於 DCIS 軟體發展作業時，是否已考慮軟體發展工作與傳統硬體發展工作本質上的差異；加強注意軟體品質量測(Metric)的正確性、代表性等考量。</p> <p>四、請提供到目前為止，軟體安全分析所發現之危險因子(Hazard Factor)項目清單。</p>					
承辦人：莊長富			電話：2363-4180-307		

## 核能工程注意改進事項

編號	AN-LM-90-012	廠別	台電核技處	日期	90年09月07日
<p>注意改進事項：追蹤事項及缺失處置管理</p> <p>注意改進內容：</p> <p>一、原能會曾於89年4月對台電公司核技處執行數位儀控系統發展作業稽查，隨後並於該年5、6月間赴美對奇異公司、Eaton及Foxboro等三家主要核四數位儀控系統廠家稽查。二次的稽查原能會提出了多項注意改進事項，台電公司亦針對這些改進事項提出承諾且行文原能會，其中部分案件並獲原能會“准予備查”處理。惟核四計畫發生停工、復工的事件，台電公司原先承諾改善事項及預計完成日期若受其影響而無法作到，應重新檢討後報原能會備查。</p> <p>二、目前仍有先前稽查後尚未結案之注意改進事項多件，台電公司應儘速提出因應對策及結案申請，尤其是涉及法規面問題澄清的注意改進事項，如AN-LM-89-030。</p>					
承辦人：莊長富			電話：2363-4180-307		

