

核一廠一號機第十九次大修 原能會視察報告

核能管制處
行政院原子能委員會
中華民國九十二年二月十二日

目 錄

頁次

| | |
|-----------------------------|----|
| 一、前言 | 1 |
| 二、本次大修異常事件概述 | 2 |
| 三、本次大修重要專案項目 | 3 |
| (一)核子反應爐水下目視檢測 | 3 |
| (二)控制棒葉片檢查 | 5 |
| (三)爐心噴灑系統改善工程 | 5 |
| (四)電源喪失儀器控道校正及邏輯功能測試 | 5 |
| (五)大修計畫排程安全管制 | 6 |
| (六)再循環管路 AH-J1 焊道修補作業 | 8 |
| 四、大修期間廢料營運檢查績效 | 9 |
| (一)檢查目的 | 9 |
| (二)檢查發現 | 9 |
| (三)結論 | 10 |

| | |
|-----------------|----|
| 五、輻射防護管制 | 11 |
| (一)概述 | 11 |
| (二)視察結果 | 11 |
| (三)結論 | 18 |
| 六、廠外環境偵測 | 18 |
| (一)概述 | 18 |
| (二)視察結果 | 18 |
| (三)結論 | 18 |
| 七、結論與建議 | 19 |
| 附註：專有名詞說明 | 26 |

核一廠一號機第十九次大修原能會視察報告

一、前言

核能機組於運轉一段時間後，必須停止運轉，以換裝核子燃料並執行結構、系統及組件之檢查、維修與改善等大修作業，期使再起動後，得以在下一次運轉週期時，維持核能機組的穩定運轉。一般而言，核能機組換裝核子燃料及大修時之結構、系統與組件之檢查、維修與改善等作業品質，均會直接或間接地影響到機組的運轉安全性及穩定性，而作業品質的優劣，則反映出核能電廠管理品質之良窳。

核一廠一號機第十九次大修，於 91 年 9 月 9 日開始降載停機大修至 91 年 11 月 15 日機組併聯為止，工期總計 57 天，大修期間較重要的工作項目如下：

(一)反應爐部分

1.更換新燃料 116 組。

2.共檢查 75 支 D-215 型控制棒葉片，並更換新的控制棒葉片 46 支。

(二)完成爐心噴灑管路改善工程，共計更換 4 支下肘管與新裝四組 T 型噴嘴束緊器。

(三)兩台爐水淨化系統(RWCU)泵更換為無軸封式泵。

(四)完成再循環管路 AH-J1 焊道覆焊及相關必要檢查。

(五)執行 12 只飼水加熱器測厚及飼水加熱器 3A 進行焊補處理。

(六)執行碳鋼管路 UT 測厚共計 2112 件，其中 8 件執行換管處理。

(七)執行高壓汽機分解檢查與低壓汽機一般檢查(低壓汽機外缸與低壓汽機末級葉片檢查)。

為監督電廠執行核能機組換裝核子燃料及大修作業之品質，確保機組運轉之安全性及穩定性，原能會要求電廠於每次作業前，均事先提出大修作業計畫陳報原能會。原能會除嚴加審查其作業計畫外，並於大修作業期間針對大修作業管理、停機安全、維護設備、輻防及廢料營運等各方面進行視察。

總計此次核一廠一號機第十九次大修，原能會為督促台電公司做好各項維修工作，投入之視察人力總計 108 人-天，視察計畫如附件一。

二、本次大修異常事件概述

為能適時掌握核能機組狀況，俾便執行相關的安全管制措施，原能會訂定有「異常事件立即通報規範」，責成台電公司當核能機組出現偏離正常作業狀況時，必須在時限內通知原能會，而進入此一通報作業的狀況，簡稱為異常事件。此次核一廠一號機第十九次大修期間，只發生一件異常事件，內容如下：

| 編號 | 異常事件內容 | 肇因類別 |
|---------------|------------------------------------|------|
| RER-91-11-001 | 電廠維護人員執行儀器定期校正，不慎送成 PCIS Group3 動作 | 人為疏失 |

本件異常事件之肇因為 91 年 9 月 9 日電廠儀控課人員於執行程序書 602.4.15 之廠房通風排氣輻射監測系統校正作業時，於反應器廠房通風排氣輻射偵測器 D11-K609B 校正後，因儀控課人員未依程序書步驟復歸其模式選擇開關，以致於執行另一控道之 D11-K609A 輻射監測器校正時，造成 A、B 兩迴路均不可用而引動一次圍阻體隔離

系統(PCIS) Group 3 動作，原能會為加強防範核電廠因人為疏失而造成之異常事件，因此正式發文要求台電公司研訂進一步落實相關防範人為疏失之措施與作法(附件二)。

由核一廠此次大修僅發生一次異常事件，與以往核一廠機組大修所發生之異常事件件數相比(如附件三)，雖然稍佳，但約略相當，顯示核一廠大修期間之管理已日漸穩定。

三、本次大修重要專案項目

為落實核能機組之大修安全管制，原能會在事前便會妥善規劃，針對核一廠前次運轉週期曾發生較重大異常現象之安全有關設備、機組大修期間安全有關設備有重大修改之維護工作、以及重要系統功能測試等工作項目，擬定視察計畫並據以執行，在完成現場查證與管制後，便即撰寫視察報告並歸檔留存。茲將本次核一廠一號機第十九次大修 (EOC-19)，原能會各項視察工作中較重要者，摘要說明如后：

(一)核子反應爐水下目視檢測

核子反應爐之爐體內部及其內部組件依規定需定期檢測，檢測方式係利用機組大修反應爐開蓋灌水後(灌水可減少大修工作人員輻射暴露)，進行水下目視檢測(In Vessel Visual Inspection，簡稱 IVVI) (參照片一)。核子反應爐屬安全等級第一級，水下目視檢測必須依照美國機械工程師學會規範(ASME CODE)第 11 章之要求執行，有關此項檢查之頻率，按規範要求機組每十年內必須配合大修工作項目，執行完成三次爐體內部重要組件水下目視檢測工作。

依 ASME 規範，核子反應爐之水下目視檢測共可分為兩種，即 VT-1 和 VT-3，VT-1 之目視可藉光學器材如水下電視攝影機(能防水

和抗輻射照射)來檢測,其檢測能力要在 24 吋距離 大於或等於()30 度角度,能看到 1/32 吋的黑線(此線置於 18%灰卡上並放置於防水透明壓克力夾內)才算通過驗證,並且全部檢測過程均必須用錄影帶記錄。VT-1 檢測要能檢查細微缺陷如腐蝕、龜裂、磨損。VT-3 檢測則需能分辨組件間隙、零件鬆脫、銹蝕及組件失去完整性等事項。目前核一廠之核子反應爐水下目視檢測已依原能會要求可做到目視檢測能力能清晰分辨 0.5mil(0.0005 吋)的黑線。

本次水下目視檢測,核一廠係委託美商奇異公司具合格目視證照人員執行檢測,檢測項目共計 23 項組件,而相關的檢測組件位置、零件、焊道等共計 215 件檢查子項,其中並包括以前大修所發現之異常組件,以追蹤其劣化情形,此部分項目共 6 項,分別為蒸汽乾燥器焊道有輕微裂紋、噴射泵瑕疵、飼水噴嘴有輕微裂紋、人孔蓋板及其加裝永久螺栓功能、爐心側板及其加裝固定器功能、爐心噴灑噴嘴之輕微裂紋等。

本次大修核子反應爐水下目視檢測結果如下：

- 1.列入追蹤之 6 項瑕疵,本次(除噴射泵外)未發現成長並經評估後不影響機組安全功能,可繼續運轉一個運轉周期。
- 2.新發現之異常瑕疵有下列三項
 - (1)蒸汽乾燥器之支撐環、底面及加強焊道,發現新裂紋。
 - (2)飼水噴嘴之流水孔在 45°、135°、250°、315° 等角度,發現新缺陷。
 - (3)噴射泵之 330° 與 340° 舊有缺陷略成長,另外於 350° 發現新缺陷。

本次所發現之三件異常瑕疵,電廠均已分別提出不符合品

質報告，並經安全評估判定為不影響安全功能，可照現況使用並列入下次大修繼續追蹤檢測之項目。

(二)控制棒葉片檢查

核一廠一號機 EOC-19 爐心內使用 22 支 D-100 型和 75 支 D-215 型，共計 97 支控制棒。台電公司於本次大修前即規劃將 D-100 型控制棒全部退出，不再使用，因此不予以檢查，其餘 75 支 D-215 型，依據檢查計畫，執行結構性檢查，發現 38 支控制棒有類似先前之裂痕問題（參照片二），依照處理準則，將 14 支僅有把手滾輪外側裂痕之控制棒繼續使用，其餘 24 支有其他裂痕之控制棒予以更換，連同 22 支 D-100 型，本次大修共更換 46 支控制棒，以新品 D-215 型和馬拉松型各 23 支控制棒替換，並於大修後機組起動前，執行全爐心控制棒功能測試，未發現異常情形。

(三)爐心噴灑系統改善工程

核一廠一號機於 EOC-15(85 年 10 月)大修期間，發現反應器內部爐心噴灑系統管件銲道處有裂痕指示，隨後每次大修仍持續執行檢測追蹤及安全評估，但鑑於銲道裂痕劣化現象，台電公司乃進行改善工程作業（參照片三），並於 91 年 7 月底提送本項工程相關安全評估報告，原能會邀請專家協助審查，於 91 年 9 月 3 日完成相關審查工作。核一廠隨即於一號機 91 年 9 月大修期間進行本項修復工程，並於該項工程完工後，針對修復部分執行目視檢測，並未發現異常情形。

(四)電源喪失儀器控道校正及邏輯功能測試

電源喪失儀器設計之目的，在於當發生喪失廠外電源時，提供信號引動緊急柴油發電機，提供事故期間機組之可靠電源，以確保機組得以冷爐停機。

依據運轉規範 SR 3.3.8.1.2 及 SR 3.3.8.1.3 之規定，機組每 18 個月必須執行 4.16KV 緊急匯流排 69%低電壓電驛、4.16KV 緊急匯流排 89%低電壓電驛及其相關延遲電驛之控道設定校正、以及執行 4.16KV 緊急匯流排電源喪失儀器邏輯功能測試。此次大修期間，即依據上述之規定，執行相關儀器控道校正及邏輯功能測試。經查核一廠 4.16KV 緊急匯流排 69%低電壓電驛、4.16KV 緊急匯流排 89%低電壓電驛及其相關延遲電驛之控道設定校正，以及 4.16KV 緊急匯流排電源喪失儀器邏輯功能測試，均已建立相關程序書以執行各項校正及測試（原能會視察狀況如照片四），抽查 4.16KV 緊急匯流排 BUS 3 相關電驛之校正結果，均符合要求，但相關程序書執行 4.16KV 緊急匯流排 89%低電壓邏輯功能測試之測試程序，並沒有進行以下二項邏輯驗證：

- 1.喪失爐心冷卻水信號電驛接點之邏輯驗證。
- 2.備用緊急柴油發電機運轉於額定電壓及額定轉速之備載信號電驛接點是否閉合之邏輯驗證。

由於核一廠此項測試程序未臻完整，無法符合運轉規範 SR 3.3.8.1.3 之規定，原能會已開立注意改進事項(如附件四)，要求核一廠檢討改進。

(五)大修計畫排程安全管制

依原能會核准之大修計畫排程風險評估陳報準則的要求，台電公司核能一廠於大修作業前，將大修計畫排程之安全評估及安全管理準則陳報原能會，經審核同意後，核一廠乃依計畫排程執行大修作業。

核能一廠一號機大修因電力調度考量，重新修訂大修時程，期間為 91 年 9 月 9 日至 91 年 11 月 5 日。因大修計畫排程有變動，且涉及需通報之運轉組態變動(聯合廠房冷卻水系統全停維修排程)，電廠依

核能電廠大修計畫排程風險評估之撰寫及陳報準則之規定，於變更大修計畫執行前完成安全評估和安全管理準則，並以備忘錄方式通報原能會駐廠小組覆查（如附件五）。

根據台電公司的分析結果（參見附圖一），聯合廠房冷卻水系統(CSCW)共管部份之檢修期間，乃此次核一廠一號機大修評估風險值最高之一段時間(計 14 小時)，因核一廠一號機新增燃料池冷卻系統已完工並經測試可用於此次大修，將可解決以往因 CSCW 系統全停維修造成燃料池冷卻能力喪失問題，但為防止用過燃料池發生高溫現象，故核一廠將此項作業安排在爐穴滿水時執行，且避免與其他安全相關設備同時維修，增加安全相關救援設備之可用性，以提升大修作業的安全。此期間並執行原能會核准之安全管制措施，亦即：

- 1.電廠指派一名大修班值班主任專責聯合廠房冷卻水系統全停期間相關工作之聯絡與協調，並負責維修期間所擬因應對策之執行。
- 2.使用用過燃料池冷卻系統或餘熱移除系統進行用過燃料池之冷卻，先行抑低聯合廠房冷卻水系統全停前用過燃料池之初始水溫。
- 3.停用聯合廠房冷卻水系統時，應考量增加聯合廠房冷卻水系統之排洩量，以縮減洩水時間。
- 4.篩選檢修項目，減少聯合廠房冷卻水系統全停時非必要之檢修量，並增加人力，做好先期準備工作、增加預留後備人力，縮短非預期之閘盤車修時間。
- 5.復原灌水時增加排氣點及操作人力，儘快恢復聯合廠房冷卻水系統運轉等措施，以確保用過燃料池不會發生高溫現象。

以核一廠一號機此次大修而言，9月30日10:02至10月01日12:35是聯合廠房冷卻水系統共管檢修全停期間，根據紀錄此段時間用過燃料池水溫變化如附圖二所示，最高溫為45.0℃，小於原能會要求之行政限制值60℃，而整個大修期間用過燃料池水溫變化亦在安全限值之下。

核電廠大修計畫排程，係朝向最佳化之運轉組態作為排程依據，在大修期間風險管制方面，電廠人員每日均查核機組運轉維修組態、檢討大修進度、確認爐心運轉安全並充分討論機組潛在安全問題，避免高風險現象之發生。對於需進行之必要檢修，如果經分析會產生相對較高之風險狀況時，則會事先擬定對應之應變及防範措施，避免意外狀況發生。變更大修排程前後之大修風險趨勢分析比較如附圖三所示，最高風險值由 $2.09\text{E-}7/\text{hr}$ 變更至 $2.53\text{E-}7/\text{hr}$ ，定量分析風險值增加原因，係更換反應爐水淨化系統馬達，導致需將聯合廠房冷卻水系統共管檢修之全停時間增長所致。此次大修爐心受損機率最高值為 $2.53\text{E-}7/\text{hr}$ ，而停機期間大修風險值在 $6.23\text{E-}12/\text{hr}$ 至 $2.53\text{E-}7/\text{hr}$ 之間。

(六)再循環管路 AH-J1 焊道修補作業

本次大修自91年9月9日開始，電廠負責再循環管路非破壞檢測工作人員，即於9月9日發現再循環管路 AH-J1 焊道有針孔以及微量滲水現象，工作人員於是進一步執行超音波檢測(UT)，發現在管路內層表面有長度1吋之軸向晶粒間應力腐蝕(IGSCC)裂紋指示，而管路外表面則呈現針孔滲水。電廠乃依品質不符案件作業程序，開立品質不符通知，經評估後判定需執行焊道覆焊修補。

由於再循環管路係屬安全設備，雖然此次再循環管路之焊道軸向裂紋相當細微，經由現場目視無法發現滲水現象，須經液滲檢測(PT)才能發現，惟原能會仍予以高度重視，除派人至現場查證外（如照片五），並於9月23日發備忘錄（如附件六），要求核一廠針對 AH-J1

焊道軸向裂紋之原因提出說明並謀求改善對策，並於機組大修結束後之機組再起動前會議中，要求台電公司加強非破壞檢測人員對於焊道軸向裂紋之檢測訓練，以確保機組運轉安全。

四、大修廢料營運檢查績效

(一)檢查目的

核能設施放射性廢棄物營運管理，係為妥善處理放射性廢棄物，確保設施之正常運轉。為督促各核能設施廢棄物處理系統正常運轉，減少廢棄物產量，增進廢棄物貯存安全，本次核能一廠一號機 EOC-19 大修期間除加強乾性廢棄物管制外，亦加強系統及廢液之洩水管制、廢液處理設備維護品質與運轉績效等，俾確保廢棄物系統之運轉安全、提升整體營運績效。

核能電廠機組大修期間所產生之乾性廢棄物，較平時運轉為多，於是核能電廠大修期間乾性廢棄物之減量工作為檢查之重要項目之一。

(二)檢查發現

- 1.91 年 09 月 12 日一號機汽機廠房三樓，在噴砂設備更新與氧化鋁噴砂作業前，廢料課人員即要求廠商禁止攜入不相關用品，拆除不必要之外包裝進入，以減少乾性廢棄物之產生。
- 2.本次大修期間共進行 28 個集水池之清槽作業，該作業流程規定每日工作前須開工具箱會議，並至廢控室了解當日擬清槽之集水池編號、拆卸馬達、馬達維修保養、底部淤泥清除及各項掛卡與消卡等作業。本次作業較以往不同之處，在要求塗裝作

業必須隔日才能回裝，以降低總有機碳(TOC)之污染。此外廢料課亦派專人現場督察，管制含有揮發性溶劑之使用。

- 3.核一廠一號機 2 樓進行反應器爐水淨化循環系統更換無軸封泵工程，完成後可杜絕廢液之洩漏。工程內容包含拆除及安裝泵浦、管路、管閥、管架、基座及儀控、電氣等設備，設備更新後管路必須執行非破壞檢測及配合電氣相關測試。
- 4.為保持該廠房清潔並抑低廢棄物減量，作業期間嚴格要求地板不得刮損或污染。材料必須在廠區管制區外完成截切與預製，不得有多餘材料攜入管制區。廢棄基座及其他混凝土需先經逐層去污、偵測，才可進行敲除作業，且需逐層敲除，以減少污染廢棄物產生。為避免保溫材污染廠房，已規定保溫工程材料不得再使用真珠岩。由於該工程多項工作屬高污染、高輻射作業，為避免污染擴散，施工區域需搭建兩層式塑膠帳幕隔離；作業人員使用半面式面具工作，但所產生之廢棄物，仍較「乾性廢棄物產量控制及防治污染計劃表」預估值略高。
- 5.本次一號機 EOC-19 大修廢液處理系統 TOC 偏高，乃源自於地面洩水。因大修近尾聲，各地面洩水孔之廢液流至 3 號集水池，地面洩水原本其 TOC 就高於設備洩水許多，通常該槽之廢液處理方式為將約 3%~5% 之廢液打入濃縮器內與其它來源之廢液混合處理，但此次運轉操作員在其值班之八小時內因 3 號集水池之水量較多，加入超過約 15% 之廢液，致使濃縮處理後之冷凝水 TOC 偏高，故將部分冷凝水排放。

(三)結論

上次二號機 EOC-18 大修 52 天總共產生可燃廢棄物 339 桶，本次一號機大修共產生可燃廢棄物 317 桶，雖有下降趨勢但目前仍然無

法運送至減容中心處理之情況下，希望檢討、改進，儘量降低產生量，以免增加倉儲壓力。

有關 TOC 問題於本次一號機大修前會議中，曾提出呼籲多加注意與防範。本次設備洩水含 TOC 量很正常，但地面洩水含 TOC 量卻偏高，經由洩水小組全力協助追查，並針對現場系統檢修工作及洩水狀況，深入探討分析，將來源移除，才解決 TOC 問題。因此爾後洩水時，各施工單位如再加以配合油性物質管制，應有更良好之成效。

五、輻射防護管制

(一)概述

核一廠一號機本次大修各項輻射作業，均依陳報原能會之大修輻防作業計畫書與程序書執行，無發生人員劑量超限、異常排放、環境污染或其他輻安事件。

核一廠依計畫內容設立各廠房臨時管制站，確實執行機組內外之輻防作業，大修期間集體劑量(電子劑量計 EPD 值)為 1.97 人-西弗，與原目標值 1.991 人-西弗，相當接近，管制成效符合要求。

原能會依視察計畫包括曝露管制、人員訓練、輻射偵監儀器、合理抑低計畫、排放管制、放射性物質管制與廠區環境管制作業等項目一一完成各項輻防相關作業之檢查，藉由多重之管制，以確保人員與環境之輻射安全。本次大修視察合計 11 人-天。

(三)視察結果

本次大修視察主要視察項目、內容及結果如下：

1.曝露管制

本項視察重點包括區域管制與人員劑量管制。

- (1)一號機主管制站及乾井、汽機、燃料更換樓大修臨時管制站瞭解其現場設站及管制情形，包括人員更衣區、區域輻射與污染之度量及標示、圍籬設置、偵監儀器之配置及劑量管制（為進一步確保人員均依規定配戴 TLD 及 EPD，並以電腦即時管制個人之授權劑量），均依大修輻防作業計畫書執行，且廠務管理（House Keeping）良好。
- (2)欲進入核能電廠管制區內工作者，必須申請 TLD 劑量徽章，而申請者應繳交文件包括：本年度歷史曝露紀錄、台電公司從事游離輻射工作人員特殊體格與健康檢查紀錄表、輻射防護訓練及格、個人輻射劑量登記簿、全身計測等資料。本次抽查包商工作人員所繳交的文件，結果均合乎規定。
- (3)依核一廠呼吸防護計畫規定兩機組主管制站及控制室應分別備有 6 具自攜式面具（SCBA），本次檢查時該廠均依規定配置，各面具均依程序書規定定期檢查，並留存紀錄備查。
- (4)大修前，原能會已要求核一廠需注意人員徽章使用狀況，本次查核核一廠執行情形，包含對包商工作人員宣導及現場人員徽章管制查驗情形，該廠均有依要求執行並留存紀錄，包含發布備忘錄、TLD 與 EPD 使用情形調查記錄表、TLD 與 EPD 劑量抽查比較記錄表。本次大修期間，人員徽章使用狀況正常。
- (5)核一廠本次執行爐水淨化系統更換作業，屬於高輻射高污

染作業，本次抽查該作業之現場輻防管制措施、人員作業劑量管制、ALARA 計畫實行狀況，均依大修輻防作業計畫書執行。同時於現場抽查工作人員 TLD 及 EPD 配戴狀況，均有佩掛，符合規定。

2.人員訓練

本項視察重點包括電廠與包商之人員輻防訓練。

- (1)抽查電廠員工 91 年度輻防訓練（3 小時）紀錄，該廠均依規定管制並留存紀錄備查。
- (2)抽查大修包商進廠訓練（含輻防等項目）紀錄，該廠均依規定辦理訓練並留存紀錄備查，教材內容含括一般輻防專業與大修管制實務，能達到訓練之目的。
- (3)抽查大修輻射防護包商人員進廠訓練（37 小時）紀錄，該廠均依規定管制並留存紀錄備查。訓練內容包括管制站作業、人員劑量及污染管制、物品管制、廢料處理管制等大修輻防管制事項。於現場燃料更換樓管制站抽考兩位大修輻射防護包商人員有關輻防管制問題，均能正確回答，本次並抽查包商工作人員所繳交的文件，結果均合乎規定。
- (4)核一廠確實依原能會於大修前會議結論，加強游離輻射防護法與輻射安全績效指標評鑑制度之宣導，同時於主管制站電腦動態顯示器上宣導。

3.輻射偵監儀器

本項視察重點包括現場所選用儀器及其校正與維護。

- (1)至各管制站抽查現場之空氣監測器、移動式輻射監測器，

各儀器均依規定校正，並在有效期限內，且依程序書規定有專人巡查相關儀器，並留有紀錄備查。

(2)使用 Co-60 劑量率 10~12uSv/hr 之射源測試主警衛室門框偵檢器與乾華隧道偵檢器，現場警鳴聲及警示燈功能正常，主警衛室紀錄、警報功能正常。

(3)測試主警衛室旁的高壓游離腔輻射偵測器 HPIC，因 HPIC 直接用蓄電池的直流電，本次將交流電充電電源斷電，不影響 HPIC 之電源供應；另將蓄電池電源中斷，15 分鐘後主警衛室的監控螢幕會反白顯示該站 HPIC 斷訊；此外，測試 HPIC low alarm，功能正常。

(4)抽查管制人員使用之手提輻射偵檢器，亦均依規定校正，並在有效期限內。

(5)抽查核一廠通風濾層組維護週期校正狀況，均有依規定校正。

4.合理抑低（ALARA）計畫

本項視察重點包括輻防作業之規畫與協調，人員講習與模擬訓練及作業後檢討。

(1)核一廠保物課管制站人員針對其工作中可能發生之劑量曝露與污染顧慮，主動召開現場工具箱會議（Tool Box Meeting），與工作者達成應配合之行動方案，對劑量抑減與降低異常曝露，有正面助益。如爐水淨化系統更換作業及「Core Spray 管路更換工程」，經現場工具箱會議討論後，工作單位採納保健物理建議，修改施工順序，提前移除主要射源組件，改善高輻射區作業環境成為一般輻射區，效

果良好。該區劑量率由 3-5mSv/h 降至 0.07-0.15mSv/h，劑量抑減成效良好，且無異常污染發生。

- (2)核一廠每日統計追蹤各項 ALARA 管制工作之人員劑量消耗情形，並與原計畫比較，遇特別之狀況則立即討論及處理。
- (3)本次大修之各項 ALARA 工作，除在大修輻防計畫均已詳細規劃並提出適當對策及要求，在工作前討論、工作中追蹤及工作後檢討，均依 ALARA 精神執行。對於重要高輻射工作，如自動超音波檢測作業 (AUT)，藉由模擬 (Mock Up) 訓練，提昇工作熟悉度，減少人員劑量並降低異常曝露之機率。
- (4)本次大修 ALARA 管制工作項目計六項，各項人員劑量消耗之目標值與實際值差量如表一。反應器開蓋及回裝工程、閥類檢修工程、非破壞檢測、輻射防護屏蔽工程、爐水淨化泵浦更換工程等五項工程，劑量消耗比例與目前大修作業進度相符或表現較佳。而反應器爐穴及一級管閥去污工程其劑量消耗比例超出目標值約一成，其原因為預防爐水淨化泵浦更換工程與燃料更換樓之爐心噴灑系統換管作業之高污染造成體內污染及產生熱粒子問題，加強去污作業，也因此增加去污劑量消耗。整體而言，各 ALARA 管制工作項目均符合預期目標。

5.排放管制

本項視察重點包括排放分析取樣之代表性與正確性，並應符合法規標準。

- (1)本次查核液體之排放單，排放單記有各主要排放核種之參

考濃度，其承辦人員並計算確認濃度比總和小於 1，以符合法規規定。查核結果各排放濃度均低於法規規定，各相關課人員均依程序書規定執行相關作業與審核，無異常發現。

(2)91 年 9 月 12 日上午 11:05 廠區環境管制作業發現汽渦輪機的空浮偵測器無訊號，經與電廠輻防人員巡視該站，發現抽氣馬達故障，電廠人員馬上更新馬達。

(3)查核核一廠執行放射性廢液排放程序，包括排放前循環處理、現場取樣程序、計測分析、排放單審核及排放時流程輻射偵測器(RPM)之監看，均符合程序書規定。另外亦查核化學課例行氣體排放之取樣與分析，相關程序均符合程序書規定，計測結果無異常。

(4)該廠排放分析實驗室已依原能會要求申請中華民國實驗室認證體系(CNLA)認證，目前能力試驗與現場評鑑均已完成，也經 CNLA 審議後，且已於 91 年 4 月正式取得認證，更加提昇分析資料之可信度。

(5)本次查核，依據監察院要求，請核一廠與核研所進行樣品分析比對測試，測試結果兩者頗為符合，核一廠計測分析能力已達一定水準。

6.放射性物質管制

本項視察重點包括廠房物品管制與廠區人員、車輛及物品管制。

(1)T-11 門為一鐵捲門，位於汽機平面樓，係物件進出機組之主要管制門禁，依規定該門僅供物件進出，平時應維持關閉；且物件進出需先申請核可，並經保健物理課偵測合於規

定後方可放行。大修時因物件進出較頻繁管制不易，開啟時間較長，經原能會提出意見後，該廠於本次大修開始，更改部分作業方式，即較小型物件利用 T-12 門（小門）放行，縮短 T-11 門開啟時間，以確保廠房之隔離性。

(2)為加強包商貨櫃區工具管制，核一廠於原能會第 13 次輻管會議中表示計畫於貨櫃區車輛進出口加設管制站，指派專人偵檢，並於乾華隧道口二端增設偵檢器，本項管制已自 89 年 10 月二號機 EOC-17 大修開始。本次檢查時執行狀況良好，車輛亦均能配合接受偵檢。

(3)核一廠保物課均依程序書規定執行車輛、物品及人員離開主警衛室之偵檢與管制，車輛與門框偵檢器除依規定執行校正外，另亦定期每月執行功能測試，並留存紀錄備查。

7.廠區環境管制作業

本項視察重點包括廠區直接輻射、空氣取樣與環境試樣應依計畫執行。

(1)核一廠廠區設置之主要輻射及空氣監測器（共有小坑警衛室、緊急進水口、主警衛室、開關場及汽渦輪機等五站）功能正常，並依程序書規定定期巡視及更換濾紙，監測紀錄及巡視紀錄亦保存完整。

(2)不預警以斷訊測試主警衛室之高壓游離輻射偵測（HPIC）器，控制室人員亦以電話查詢原因，顯示警報功能正常，且值班室人員反應積極，能迅速對訊號斷訊原因加以查證與排除。

(3)審閱並比較核一廠 91 年第二季與第三季廠區環境樣品（土

樣、草樣)例行分析報告,無異常發現。

(4)於廠區環境中取小坑大門前之土樣、草樣進行計測,分析結果均小於最低可測值。

(四)結論

核一廠於本次大修期間輻射作業管制良好,並依合理抑低計畫執行,無發生人員劑量超限、環境污染或其他輻安事件。原能會依視察計畫一一完成各項輻防相關作業之檢查,藉由多重之管制,以確保人員與環境之輻射安全。

六、廠外環境偵測

(一)概述

核一廠一號機本次大修自 91 年 9 月 9 日起至 91 年 11 月 5 日,為了解此次大修作業對環境造成影響之情形,原能會特委請所屬之輻射偵測中心,於大修期間進行液態排放監測,加強岸沙與海水試樣之取樣分析作業。於十月上旬採取石門、白沙灣、金山海水浴場之岸沙試樣及每週前往出水口採取海水試樣進行加馬能譜分析。本次大修環境偵測合計 10 人-天。

(二)視察結果

本次大修期間之環境試樣分析結果如表二,由分析結果顯示,海水及岸沙試樣僅測得天然核種,均未測得人造核種。

(三)結論

由分析結果顯示,本次核一廠一號機第十九次大修期間輻射作業

管制良好，對周圍環境無輻射影響之疑慮。

七、結論與建議

核一廠一號機此次第十九次大修，業已於 91 年 11 月 06 日順利結束，大修期間各項機組設備，均如預期依規定進行維護工作，電廠工作人員亦依規定進行工安與輻射安全防護等作業。核一廠一號機此次大修期間只發生一件異常事件，工安與輻安事件均未發生。另由核一廠周圍環境試樣結果可知，本次核一廠一號機大修期間輻射作業管制良好，對周圍環境無輻射影響之疑慮。針對此次大修原能會建議事項如下：

- (一)一號機大修期間，廢水回收系統總有機碳（TOC）值偏高現象已有改善，但乾性廢料數量有增加情形，電廠應於下次大修加強乾性廢料管制。
- (二)一號機大修期間，發現部分彈簧支架冷機設定值有偏移現象，原能會已發備忘錄（如附件七）要求電廠查證肇因，並於機組大修結束後機組起動前會議中，要求電廠於下次二號機大修（EOC-19）時及早規劃因應。

註：若對本報告有任何疑問，請洽本會黃智宗科長，
電話：(02) 22322160。

表一 合理抑低（ALARA）管制工作項目之人員劑量目標值與實際值差量

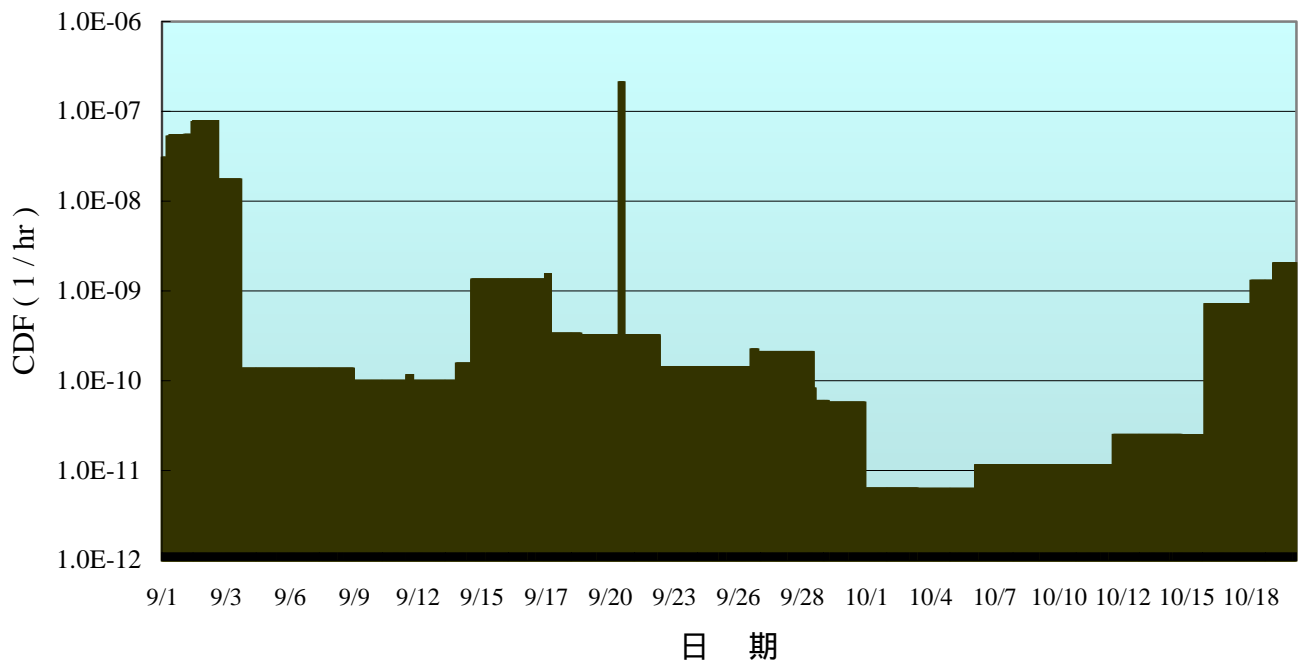
| 項目 | 工作劑量比較(人-西弗) | | |
|-------------------|--------------|------|--|
| | 目標值 | 實際值 | 差異比 ^註 % |
| 1.反應器開蓋及回裝工程 | 0.0694764 | 0.07 | 99.25 % |
| 2.再循環泵 2A 高震動檢修工程 | 0.186425 | 0.19 | 98.11 % |
| 3.閥類檢修工程 | 0.223654 | 0.24 | 93.19 % |
| 4.非破壞檢測 | 0.098925 | 0.09 | 109.92 % 因為需加強 c/u 及燃料更換樓污染控制，所以去污劑量增加 |
| 5.反應器爐穴及一級管閥去污工程 | 0.06357 | 0.07 | 90.81 % |
| 6.輻射防護及屏蔽工程 | 0.09905 | 0.1 | 99 % |

註：差異比 =(實際值 – 目標值)÷ 目標值

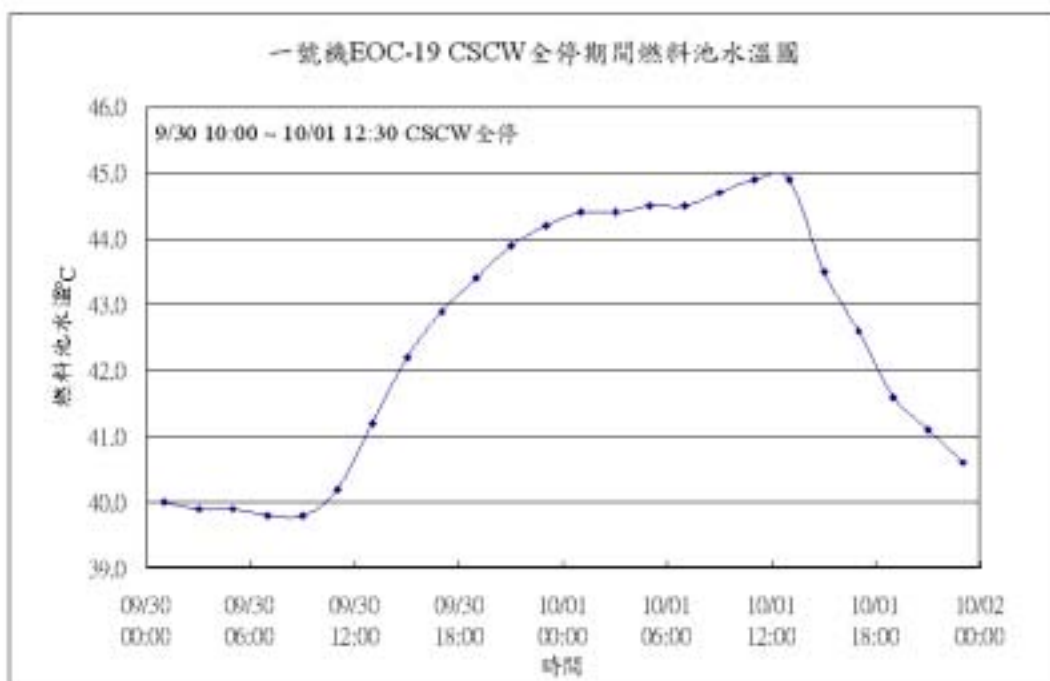
表二 核能一廠周圍環境試樣加馬能譜分析結果

| 試樣名稱 | 取樣地點 | 取樣日期 | 活度 | | | | | | 單位 |
|------|--------|----------|------|-------|------|-------|------|------|-------|
| | | | 銻-7* | 鉀-40* | 鈷-60 | 銫-137 | 鈾系列* | 鈾系列* | |
| 海水 | 出水口 | 91.09.11 | - | 10200 | - | - | - | - | 毫貝克/升 |
| | | 91.09.16 | - | 9660 | - | - | - | - | |
| | | 91.09.24 | - | 11800 | - | - | - | - | |
| | | 91.09.30 | - | 11800 | - | - | - | - | |
| | | 91.10.09 | - | 12200 | - | - | - | - | |
| | | 91.10.14 | - | 12200 | - | - | - | - | |
| | | 91.10.21 | - | 10700 | - | - | - | - | |
| | | 91.10.29 | - | 7860 | - | - | - | - | |
| | | 91.11.04 | - | 10300 | - | - | - | - | |
| 岸沙 | 白沙灣 | 91.10.15 | - | 132 | - | - | 7.70 | 7.22 | 貝克/千克 |
| | 金山海水浴場 | 91.10.15 | - | 395 | - | - | 16 | 16 | |
| | 石門 | 91.10.15 | - | 123 | - | - | 6.79 | 7.22 | |

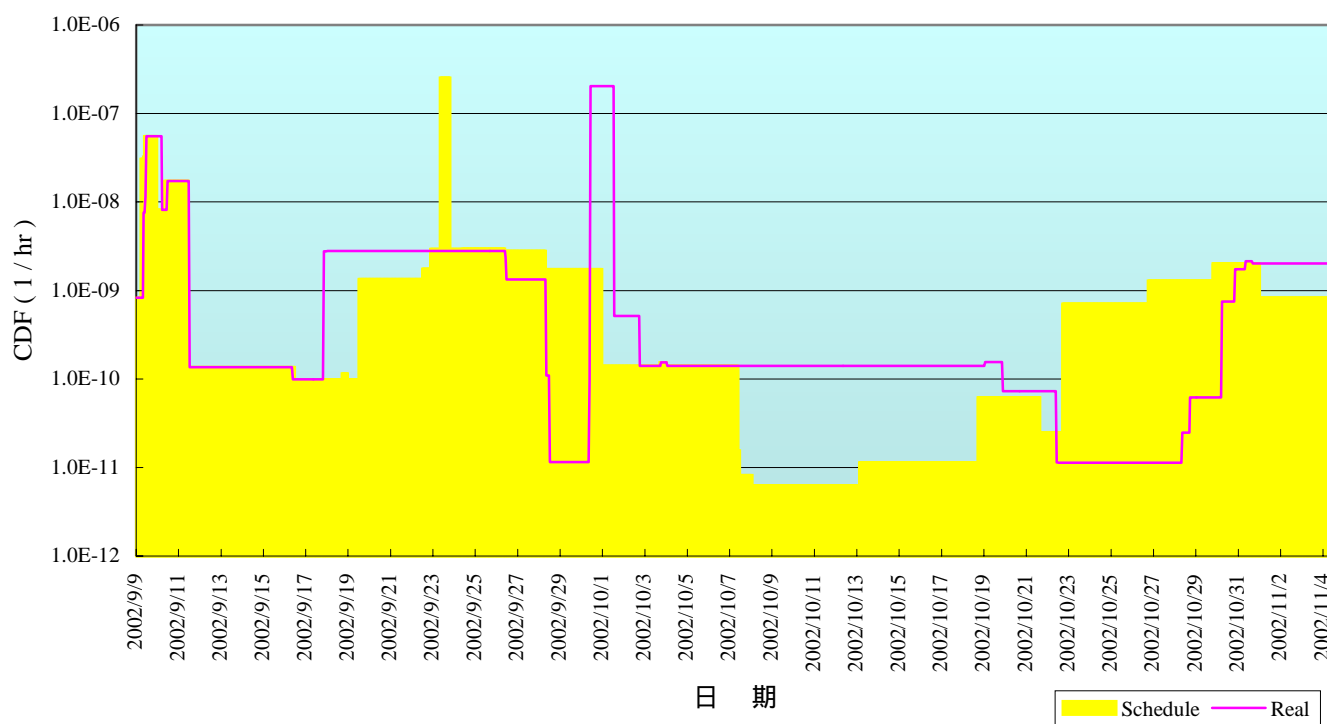
備註：“*”表天然核種。



附圖一 停機大修風險變動趨勢圖 (凸起尖峰為 CSCW 系統全停期間)



附圖二 聯合廠房冷卻水系統全停燃料池水溫度變化圖

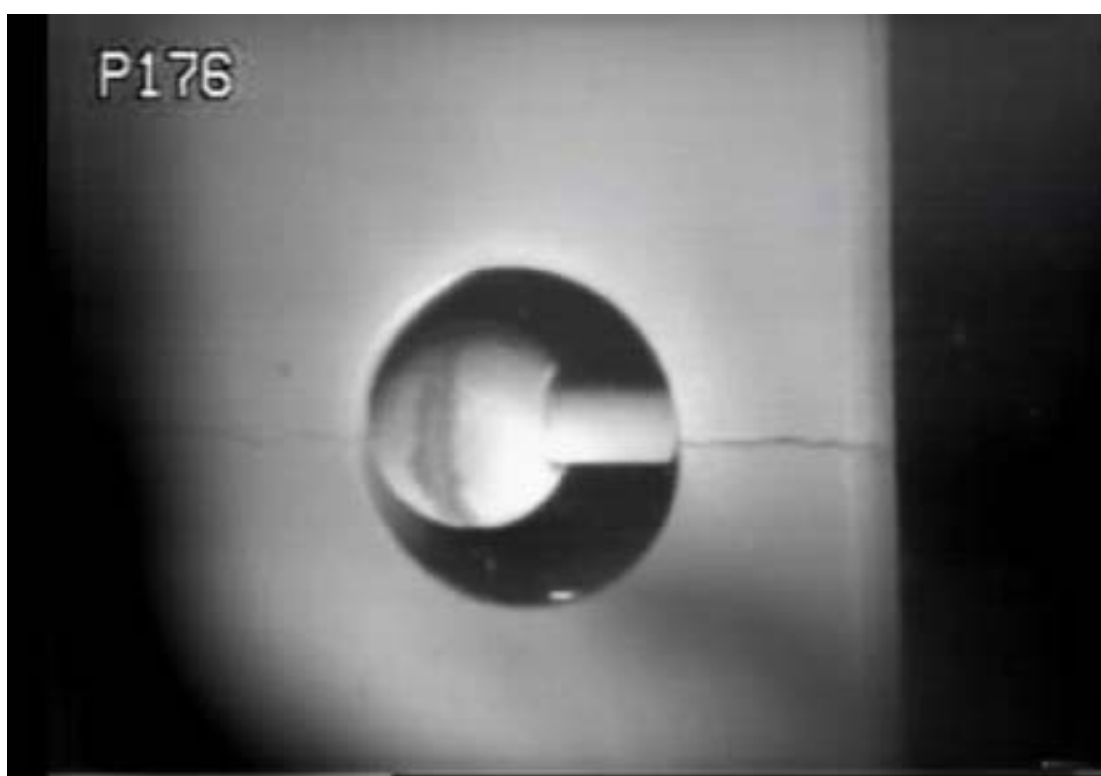


* 圖示黃色表係規劃排程爐心受損機率，紅色表係實際排程之爐心受損機率

附圖三 核一廠一號機 EOC-19 變更大修排程後風險趨勢圖
(Log Scale)



照片一 執行核子反應爐水下目視檢測



照片二 控制棒葉片把手滾輪裂痕情形



照片三 爐心噴灑系統改善工程現場施工情形



照片四 原能會視察員於現場查證緊急電源系統圖面



照片五 原能會視察員於現場視察再循環管路
AH-J1 焊道滲水狀況

附註：專有名詞說明

- 一、PCN(Procedure Change Notice):核電廠各項作業包含維護設備與機組運轉，均有相關程序書供工作人員依循，因此當機組設備修改或發生異常時，核電廠會檢討其程序書是否周全與適當，若有疏漏則核電廠會開立 PCN 修改相關程序書，以求程序書能趨於更完善。
- 二、DCR(Design Change Request)：電廠原有的各項設備若有更改其原始設計時，則電廠均需成立 DCR，並經過電廠運轉安全審查委員會審查後方可進行相關改善工程，若改善工程涉及運轉規範修改或有降低機組安全疑慮時，則需送原能會審查通過後方可進行施工。

附件一

行政院原子能委員會 書函

機關地址：台北市基隆路四段一四四巷六十七號
傳真：(〇二)二三六八三五九一

受文者：本會核能管制處宋清泉

送別：

密等及解密條件：

發文日期：中華民國九十一年九月二日

發文字號：會核字第0910017216號

附件：大修視察計劃

主旨：檢送本會核一廠一號機第十九次大修視察計劃，如附件，請查照。

正本：臺灣電力股份有限公司（含附件）

副本：臺灣電力股份有限公司第一核能發電廠（含附件）、本會核能管制處宋清泉

行政院原子能委員會

核能一廠一號機第十九次大修定期視察計畫

一、視察人員：

領 隊：倪副處長茂盛

第一組：賴科長尚煜、李建平、王惠民、鄭再富、臧逸群、
宋清泉。

第二組：黃科長智宗、姜文騰、劉雄輝。

第三組：張科長欣、林繼航、趙衛武、高斌。

第四組：侯科長榮輝、廖家群、陳志平、賴良斌、金立言。

第五組：李綺思、余元通、蘇軒銳。

二、視察時程：

九十一年九月三日至九十一年十月二十八日（約五十九天）

視察前會議：九十一年九月二日上午十時

起動前會議：機組預訂起動前提出申請。

三、注意事項：

- 1.包商訓練及資格檢定應留存紀錄備查。
- 2.維修項目之負責工程師及包商名單應留存備查。
- 3.維修紀錄及品管、品保文件應於檢修完畢消卡十天內完成。
- 4.機組起動前需送原能會審查之報告，須於起動會議前一週送達原能會。
- 5.若電廠臨時變更作業時程，須於前一週通知原能會。
- 6.申請召開起動會議時間指標：

(1)大修成套文件完成率指標以電廠完成 A 類文件審查達 80%為原則，召

開大修起動前會議時 A 類文件預估可完成 90%以上。

(2)機組狀態指標：反應爐爐蓋回裝並完成螺栓鎖緊作業。

7.大修期間 A 類變更項目，請及早陳送本會核備。

8.請品質課及核安處駐廠小組嚴格稽查包商施工狀況。

9.其他注意事項依視察前會議決議事項行之。

10.核研所支援本會執行大修視察之項目及人員名單另行通知。

11.本會大修定期視察承辦人：宋清泉(TEL：23634180-365)、

(FAX：23635377)。

視察分組

第一組

| 項次 | 視 察 項 目 | 負責人 |
|----|-------------------------------|--|
| 1 | 停機水質查證及除礦器相關設備檢修查證(含廢水、廢油等管制) | 賴尚煜 王惠民 李建平 鄭再富 臧逸群 宋清泉 |
| 2 | RWCU Pump 更換為 Sealless Type. | |
| 3 | Lose of Power 儀器校正及邏輯功能測試 | |
| 4 | 再循環泵 M-G set 發電機拆檢查證 | |
| 5 | CREF unit 儀器校正及邏輯功能測試 | |
| 6 | 機組停機安全查證 | |
| 7 | IVVI 爐心噴灑管路更換作業查證 | |
| 8 | 主蒸汽管高輻射跳脫安全功能取消之 DCR 查證 | |
| 9 | 柴油發電機測試查證 | |
| 10 | 緊急柴油發電機 A 台拆檢及更換轉子查證 | |

第二組

| 項次 | 視 察 項 目 | 負責人 | 是否需停留查證 |
|----|------------------|------------|---------|
| 1 | 安全有關系統十八個月功能測試查證 | 姜文騰 葉培欽 | 否 |

第三組

| 項次 | 視 察 項 目 | 負責人 | 是否需停留查證 |
|----|---|-----|---------|
| 1 | 爐心反應度異常測試 | 林繼統 | 否 |
| 2 | 用過燃料池水溫控制及熱移除系統改善案 | 趙衛武 | 否 |
| 3 | 飼水加熱器殼側壁厚檢測 | 高 斌 | 否 |
| 4 | 爐心側板檢查 | 高 斌 | 否 |
| 5 | 控制棒葉片檢查 | 高 斌 | 否 |
| 6 | 爐心噴灑系統 Lower Section Replacement 及 Modification | 高 斌 | 否 |

第四組

| 項次 | 視 察 項 目 | 負責人 | 是否需停 留查證 |
|----|----------|-----|-------------|
| 1 | 曝露管制 | 廖家群 | 否 |
| 2 | 人員訓練 | 陳志平 | 否 |
| 3 | 輻射偵監儀器 | 賴良斌 | 否 |
| 4 | 合理抑低計畫 | 廖家群 | 否 |
| 5 | 氣、液體排放管制 | 陳志平 | 否 |
| 6 | 放射性物質管制 | 金立言 | 否 |
| 7 | 廠區環境管制作業 | 賴良斌 | 否 |

第五組

| 項次 | 視 察 項 目 | 負責人 | 是否需停 留查證 |
|----|--------------|-------------------|-------------|
| 1 | TSC 緊急維護管理查證 | 李綺思 余元通 蘇軒銳 | 否 |

附件二

行政院原子能委員會 書函

機關地址：台北縣永和市成功路一段八十號
傳真：(〇二)八二三一七八四三

受文者：本會核能管制處

速別：普通件

密等及解密條件：無

發文日期：中華民國九十一年十月十七日

發文字號：會核字第0910019853號

附件：無

主旨：貴公司核一廠異常事件報告（編號：RER-91-11-001-0），本會意見如說明，請查照。

說明：

- 一、復貴公司九十一年十月八日電核發字第9110-0357號函。
- 二、鑒於貴公司核一廠今年以來接連發生人為疏失異常事件，請研訂進一步落實相關防範措施之做法，並送本會核備。

正本：臺灣電力股份有限公司
副本：臺灣電力股份有限公司第一核能發電廠、本會核能管制處

行政院原子能委員會

附件三

八十九年核一廠二號機第十七次大修期間異常事件統計表

| 編 號 | 異常事項內容 | 肇 因 類 別 |
|---------------|-------------------------------------|---------|
| RER-89-12-002 | 執行 WRNMG 之阻棒 測試不慎引起反應器 保予系統動作 | 人為疏失 |

九十一年核一廠一號機第十八次大修期間異常事件統計表

| 編 號 | 異常事項內容 | 肇 因 類 別 |
|---------------|---------------|---------|
| RER-90-11-001 | 燃料束 CAG037 受損 | 人為疏失 |

九十一年核一廠二號機第十八次大修期間異常事件統計表

| 編 號 | 異常事項內容 | 肇因類別 |
|---------------|--|------|
| RER-91-12-002 | 機組大修中 PCIS Group-4 動作，造成餘熱移除系統 E-11-F008/F009 自動隔離 | 人為疏失 |
| RER-91-12-003 | 外電 69-kV 斷電，造成 4.16-kV Bus 1 與 Bus3 失電，柴油發電機 A 台自動加載 | 設備故障 |

核能電廠注意改進事項

| | | | |
|--|--------------|-----|---------------|
| 編號 | AN-CS-91-007 | 日期 | 91 年 11 月 1 日 |
| 廠別 | 核一廠 | 承辦人 | 王惠民 |
| <p>注意改進事項：緊急柴油發電機之測試程序及接受標準不符終期安全分析報告之要求。</p> <p>注意改進內容：</p> <p>一、程序書 606.7 (ECCS 整體性測試) 為符合 T/S SR3.8.1.17 規定，模擬 EDG 接受喪失外電且 LOCA 信號下，能自動起動依時序加載，該程序書測試之接受準則，不符合終期安全分析報告第八章 Figure 8.3-6 之要求，另對 CORE SPRAY PUMP、RHR PUMP-C、D 依加載時序自動起動可接受之時間範圍，係參考運轉規範 TABLE 3.3.5.1-1(PAGE1、3 OF 5) 之規定，但與 FSAR 第八章 Figure 8.3-6 所列不同，另運轉規範 TABLE 3.3.5.1-1 未規範 ESW PUMP 及 CSCW PUMP 等依加載時序自動起動可接受之時間範圍，故程序書 606.7 對 ESW PUMP 及 CSCW PUMP 等依加載時序自動起動可接受之時間範圍，其接受標準不知從何而定。</p> <p>二、程序書 609.6.3(喪失正常電源 EDG 自動起動加載測試間) 為符合 T/S SR3.8.1.10 規定，模擬 EDG 接受喪失正常電源信號下，能自動起動依時序加載，經查程序書 609.6.3 測試之接受準則未列加載時序可接受時間範圍之準則，不符終期安全分析報告第八章 Figure 8.3-5 之要求，且程序書之操作步驟，未要求在緊急柴油發電機接受喪失正常電源信號自動起動依時序加載後，對加載時序可接受時間部份做驗證，不符規定。</p> <p>三、請 貴廠儘速澄清對緊急柴油發電機可用性之判定，並檢討、改正緊急柴油發電機之測試程序及接受準則。</p> | | | |
| <p>參考文件：一、終期安全分析報告。二、電廠營運程序書。</p> | | | |

附件五

台灣電力公司
第一核能發電廠
備 忘 錄

日期：97年09月19日
文號：核一核發字第90168號

受文者：原能會駐廠視察小組
發文者：核一廠（核技課）
副本抄送：核安處安評課、安全小組

主 旨：檢送本廠「一號機 EOC-19 大修計畫風險評估報告（修訂一版）」，如附件。

說 明：

- 一、旨述機組因調度需求，變更大修排程。
- 二、依「核能電廠機組大修作業管制暫行措施」辦理，以備忘錄方式陳報原能會駐廠視察小組備查。

行政院原子能委員會 視察備忘錄

編號 CS - 會核 - 91 - 27 - 0

日期 91年 9月 23日

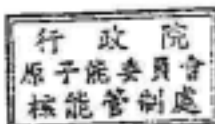
受文者：核一廠、駐核一廠安全小組

發文者：原能會視察員 李建平

副本抄送：核發處

事由：請探討核能一廠一號機16吋 Recirc-HDR A AH-J1焊道缺陷，未能及早檢測發現之原因並改善之。

說明：1.核能一廠一號機16"-Recirc-HDR A AH-J1焊道，於第十九次大修發現缺陷且有滲水現象。
2.根據檢測文件顯示：該處焊道最近兩次之檢測結果均顯示正常，無任何發現。請詳加說明未能及早發現之原因並謀求改善對策。



行政院原子能委員會 視察備忘錄

編號 CS - 會核 - 92 - 2 - 0

日期 92年 1月 2日

受文者：核一廠、駐核一廠安全小組

發文者：原能會視察員 宋清泉

副本抄送：核安處

事由：有關 貴廠安全相關吊架之冷負載值餘裕相關建議事項，如說明請 查照

說明：貴廠一號機汽機廠房主蒸汽管上，部分吊架冷負載值已接近熱負載限值之缺失，貴廠雖主動於一號機EOC-19大修時完成重新評估與調整，並於一號機EOC-19大修時完成所有安全相關吊架之冷負載值餘裕檢查，惟下列事項仍請改善：

(一)電廠應將其檢查判定吊架冷負載值合格之方法與標準明訂於程序書內。

(二)電廠新增之DCR如果對於管路之負載造成變動時，其管路上吊架之冷負載值與熱負載值應重新標定。

