

NRD-NPP-92-20

# 核二廠一號機第十六次大修管制報告

## (緊急爐心冷卻系統維修及測試)

行政院原子能委員會

核能管制處

中華民國九十二年五月

# 目 錄

壹、背景簡介.....	1
貳、電廠大修相關作業說明.....	3
參、本次大修作業查證.....	4
肆、結論與建議.....	19
圖 表 附件.....	20

# 核二廠一號機第十六次大修管制報告

## (緊急爐心冷卻系統維修及測試查證)

### 壹、背景簡介

沸水式核能電廠緊急爐心冷卻系統 (Emergency Core Cooling System, 簡稱 ECCS) 功用在爐心冷卻水流失事故 (Loss Of Coolant Accident, 簡稱 LOCA) 發生時，迅速補水進入反應爐，維持爐心燃料被冷卻水覆蓋，俾確保反應爐能安全停機及減低事故之後果。而依國內採用之美國聯邦法規 10CFR50.46 中明確規定緊急爐心冷卻系統可接受準則，其中規定 LOCA 事故發生後最高燃料護套溫度不超過 2200 °F，最大燃料護套氧化程度少於氧化前總厚度之 17 %，最大氫氣產生量應小於假設燃料周圍護套完全氧化產生氫氣量之 1 %，爐心冷卻水流道變形量應不影響爐心水流的冷卻功能，且需能達成維持長期爐心於安全之低溫冷卻效果與衰變熱移除效果。

核二廠緊急爐心冷卻系統包含高壓噴灑系統 (HPCS)、低壓噴灑系統 (LPCS) 及餘熱移除系統 (RHR) 之低壓注水模式 (LPCI 模式) 共三種注水系統，另包含一自動釋壓系統 (ADS)。依據 10CFR50 APP.A 一般設計準則之規定，緊急爐心冷卻系統需具有多重性之組件與設施，在任一假設單一故障 (Single failure) 狀況下，系統之安全功能亦

須能夠達成。

核二廠每部機設有 HPCS、LPCS 各一套，RHR 之低壓注水模式有 A、B、C 三套。HPCS 系統使用馬達驅動之 HPCS 泵，正常使用 4.16KV ESF 電源，喪失正常電源時則由第三區緊急柴油發電機（DIV III D/G）供電。LPCS 系統與 RHR 低壓注水模式 A 串均使用馬達驅動之注水泵，正常使用 4.16KV ESF DIV I 電源，喪失正常電源時則由第一區緊急柴油發電機（DIV I D/G）供電。RHR 之低壓注水模式 B、C 串均使用馬達驅動之注水泵，正常使用 4.16KV ESF DIV II 電源，喪失正常電源時則由第二區緊急柴油發電機（DIV II D/G）供電。

在發生中小程度之 LOCA 事故時，由 HPCS 補水進入反應爐便應可達成安全功能要求，若 HPCS 無法應付或 HPCS 不動作時，自動釋壓系統（ADS）可手動或自動開啟，降低反應器壓力後，使低壓之注水系統 LPCS 與 LPCI 能迅速補水進入反應爐，達成核能法規要求之安全功能要求（ECCS 注水系統簡圖如圖一、二）。而緊急爐心冷卻系統在事故發生時之動作機制，將由儀控設備偵測 LOCA 事故信號後，傳送信號給電氣設備動作，起動注水系統之泵、馬達以及注水系統中相關電動閥之自動開關，其中泵、閥、管路等機械設備需適時達成原設計功能，才能完成安全注水之工作。鑑於此系統在安全上的重要性，故相關儀控、電氣及機械設備維修、測試與十八個月功能測試，遂列

為此次大修之視察重點。至於動作所需之電力，由前述之 ESF 電源與備用之柴油機電源來供應，電源供應部分為電源與緊急柴油發電機之視察項目，將不在此處討論。

本會對於緊急爐心冷卻系統可靠度向來十分重視，為查證電廠之作業是否能確保緊急爐心冷卻系統高度之可靠性，本會除於平時機組運轉期間，密切注意緊急爐心冷卻系統之運轉情形，若有任何異常，即深入瞭解電廠是否採取適當之因應措施，並視需要管制電廠所採取改善措施；於機組大修期間為了確認緊急爐心冷卻系統之可靠程度，亦針對電廠之維護與測試作業進行視察，視察重點為相關注水系統之儀控、機械及電氣設備維修與十八個月功能測試，以瞭解電廠是否依規定執行相關之維護與測試，及測試結果是否符合要求。

## 貳、電廠大修相關作業說明

緊急爐心冷卻系統相關儀控、機械及電氣設備，必須定期校正、測試及維護，以維持其整體系統可靠度，俾於事故時發揮其應有安全注水功能。除了平時應對相關設備執行測試檢驗外，緊急爐心冷卻系統維修工作是核二廠第二個十年維修計畫中主要項目之一，在大修期間則對緊急爐心冷卻系統進行更深入之維修校正與整體檢查，該工作由核二廠機械課、電氣課、儀控課、運轉課值班人員配合共同執行，工作時程幾乎涵蓋整個大修工期。

緊急爐心冷卻系統在大修期間所進行之設備校正、維護及測試工作，乃依運轉規範之要求與十年維修計畫之規劃來進行。執行之大修作業內容大致可分為維護與測試兩部份，維護部份又細分為機械、儀控及電氣三項。其工作重點分別為：a.儀控設備 - 偵測器、卡片及組件校驗、更新、檢查，管路維護，功能測試等工作。b.電氣設備 - 馬達拆解、檢查、組件與潤滑油更新、測試等工作。c.機械設備 - 泵、閥分解檢查、管路檢查、組件更新與潤滑、測試等工作。

目前機械、電氣之馬達部份及儀控更換管路等部份維修係外包，電廠人員負責檢驗、校正與功能測試之工作。當維護工作結束後，將依程序書進行維護後測試，測試完成後方將緊急爐心冷卻系統交由運轉值班人員進行運轉規範中所規定之十八個月功能測試，於測試合格後方可宣佈該緊急爐心冷卻系統恢復可用。

## 參、本次大修作業查證

此次大修現場作業之查證分維護作業及測試作業兩項進行，兩者由核研所支援之專家吳先生、陳先生及本會視察員負責。此部份之視察項目包括大修維護作業查證、十八個月測試作業查證及設計修改案查證等項，視察時間共計 18 人天。茲就視察內容及結果分述如下：

### 一、維護作業查證

由於 ECCS 系統包括有機、電、儀、運等程序書，每一系統都有

不同種類閥、泵浦、電動閥操作器、控制儀錶。每一種設備的維修方式亦不同，故每一份程序書內的規定要求與接受標準都不一樣。但對於維修人員需經過適當的實務訓練與取得証照的要求則是一致，工具必須經過安全檢查，測試儀具必須在校驗有效期間。維修期間應防止異物進入開口，設備回裝前應清除管路及閥體內部的碎屑及雜物以防止進入反應爐內造成燃料損壞。本項查證內容包括包商人員資格、維護程序書版次是否為最新版、檢測儀器是否在有效期限、校正及維修作業現場觀察等項，查證結果如下：

1. 餘熱排除泵(RHR PUMP)保養作業程序書(編號 703):核研所專家查證餘熱排除泵保養作業程序書中之 RHR 泵 C (P-49C)分解檢查，本項為十年維修計畫項目之一，現場工作人員為機械課主辦李先生、檢驗員林先生、李先生，均能依照程序書之規定值行各項檢驗。此泵為 BYRON JACKSON 28D x 18.5CK x L 之泵有三級，由於此泵的流體為反應爐水故輻射污染控制相當重要，拆解時現場會產生空浮，零件體積大，重量也重，工作十分的粗重，成為影響大修工作時程的重要工作之一，此項工程由凱淳機械公司承包，現場該公司之監工黃先生、領班謝先生、作業員共四名，承包商工作人員資格經查證皆為合格。經查證其執行換新頂軸(TOP COLUMN SHAFT)及泵軸(PUMP SHAFT)之泵維修程序均能依照程序書規定執行，無異常事項。但對於程序書的內容發现有數點待改進之處，提出如下：
  - a. 程序書內容提及之泵配件並無編號，程序書中附圖五之泵結構圖

也無編號，因此兩者無法互相對照。

- b. 程序書中 7.0 節維護查證表應增加 3.5 節的查證項目，因分解檢修時泵連軸器進行 PT 檢查，此 PT 檢查亦應附在維護查證表中。
  - c. 程序書中附圖六 Top Column Shaft 之翻譯為上軸，Pump Shaft 之翻譯為下軸。但在 6.3.3.5 及 6.3.3.5.4 節翻譯為頂軸及泵軸，建議修改程序書以求其一致性。
2. 程序書 755 電動閥維護檢查程序書（電氣部份）執行查證，因本程序書包含 ECCS 系統本次大修所有需進行維護之電動閥，故分別由核研所專家與本會視察員進行不同項目查證。
- a. 核研所專家查証：在 MCC ROOM 內現場查證工作人員執行電動閥維護檢查程序書，電動閥(MOV)開與關之功能測試，工作人員由電氣課鄭先生、賴先生及承包商台北榮福唐先生、張先生兩員配合，測試對地電阻、三相內阻、電動閥全開、全關時間及電流，維護查證表均依規定紀錄。同時查驗電流錶及高阻計均在校正有效日期，測試結果符合程序書要求。MOV 電氣一般檢查由臣宏工程有限公司承包，承包商工作人員資格合格登記表經查證合乎規定，作業人員蘇先生及陳先生，依照規定清除油脂盒內的舊油脂，檢查內部組件正常無損壞後，更換新油脂(Mobil Grease 28)，並依規定步驟檢查回裝，維護查證表均留有詳細紀錄。
  - b. 本會視察員查証：(a)核二廠 LPCIA 系統現場維修工作查證，依程序書 755 表 3 進行 E12-F048A 馬達之拆解維修，現場工作人員為包商臣宏公司李先生及楊先生、電氣課施工工程師，另核安處安全小

組柯先生亦同時進行品質查證。經查證本工作維修前依規定進行工具箱會議並留下紀錄，兩位包商均具有效之證照。本工作之重點在於確認馬達轉軸與小齒輪間之鍵無磨損鬆動、小齒輪 LOCK WIRE 應繫好並以手動試轉平順正常，並同時更換特殊插銷，查證結果皆符合程序書規定。(b) 視察員進行 1EJ-HV-162 與 1EJ-HV-201 電動閥馬達之分解檢查程序之查證，包商為臣宏公司李先生與陳先生，經查證具有符合本項工作資格之證照，本項查證重點為該二個電動閥具有連接馬達與齒輪箱之特殊插銷 (Key)，1EJ-HV-201 電動閥馬達之分解檢查時發現特殊插銷發生斷裂 (如圖三)，經查該特殊插銷原廠家已於 1992 年開始進行新產品材質更新，而本斷裂之特殊插銷尚為舊型材質，且本 1EJ-HV-201 電動閥在 RHR 系統運轉時管路震動大，造成特殊插銷受力過大而發生斷裂。管路震動問題電廠利用改變 RHR S/D Cooling Mode 使用時該閥操作模式來減少震動，另本件要求電廠應將安全系統中電動閥具有之特殊插銷更換為新材質之產品以維護設備可靠度。經電氣課人員清查後 ( 清單如表一 ) 本次大修之一號機已更換新材質之特殊插銷完畢，運轉中之二號機有四台電動閥將利用停機檢修時更換完成。

- c. 程序書 755 規定電動閥(MOV)開與關之功能測試時間準確度要求為 1/10 秒，但電廠計時錶並無校正，且全廠使用之計時錶亦無校正機制，已發備忘錄要求電廠訂立計時錶檢驗或校正機制以確保測試時間準確度之要求 ( 附件一 )。

3. HPCS 閥門拆解研磨及電動閥操作器分解檢修查證：核研所專家於輔助廠房的一樓及二樓查證 HPCS 的閥門拆解研磨及電動閥操作器分解檢修，球型閥 1EM-HV-122、HV-123、閘閥 E22-F026、洩壓閥 1EM-PSV-156，為十年維修計畫項目之一，機械課主辦林先生，現場檢驗員有劉先生、楊先生、鄭先生等人，本項工程由凱淳機械公司承包，承包商工作人員資格經查證皆為合格人員，現場凱淳公司之監工黃先生、領班謝先生、工作人員有郭先生等七員，本項工作均位於污染區，工件粗重而有輻射，故對於工安及輻安要求特別注意，工作人員對閥的維修都有豐富的經驗，現場工作使用之程序書為 700.6、700.1.1、700.7、719.2，執行時依程序書的規定進行檢查、清潔，承包商的監工及領班不定時巡視各個工作場所，以確保工作品質與安全，閥座研磨使用 3M 廠牌的砂紙，閥盤使用 Glover Compound 廠牌的金鋼砂，使用之扭力扳手均在校驗有效週期，閥盤(Disk)及閥座(Seat)研磨後做密合試驗(紅丹)，接觸面良好，整理螺栓及各接合面後回裝，檢修記錄記載詳實。本項工作經現場查證結果良好。
4. LPCI B 系統維修工作查證：本會視察員進行 LPCI B 系統現場維修工作查證，H22 -P021 盤進行儀器管路更換工作，由包商豐輝公司張先生負責執行，監工為儀控課沈先生，經查證該包商人員證照資格符合本項工作之要求，且對於工作目的與要求認知非常清楚，現場工作查證結果良好，其工作皆符合相關規定。

5. 程序書 773.2.2 RHR B/C 系統儀器維校程序書查證：本會視察員進行 RHR B/C 系統儀器維校現場工作查證，在輔機廠房 1S75 盤共計進行查證 EJ-ZT-196A、EJ-ZT-196B、EJ-ZT-167A、EJ-PI-184、EJ-PS-195、EJ-PS-268 六台傳送儀器之校正，負責工作人員為修護處簡先生、核一廠林先生，核研所吳先生、監工為儀控課沈先生，QC 謝先生亦依所訂之查證點在場確認。經查證執行人員具有符合本項工作資格之證照，本項工作內容包含：檢查信號線在系統中之連續性是否良好，檢查供給電源是否正常，檢查傳送器之測試端點是否能量得信號，依資料表所列個別儀器之校正程序書，與適用之校正範圍或設定點進行校正。經查本項工作執行時確能依指認呼喚、雙重確認方式執行，校正使用相關儀器依規定記載於校正紀錄卡中並附於程序書內，校正工作及結果查證合乎程序書要求。03 月 22 日進行新更換之壓力開關 N009B、N010B 之功能測試，儀控課沈先生、修護處簡先生於測試時發現包商豐輝公司張先生線路未接正確，沈先生立即要求線路更正後重新執行 N009B、N010B 壓力開關之功能測試，並於重新執行功能測試後合乎要求。本件於視察後會議已要求電廠需加強要求包商工作之準確性。
6. 程序書 615.3.4.1.1 低壓注水系統 RHR B 及 C 注水管保持充水壓力儀器功能測試及控道校正：本會視察員進行程序書 615.3.4.1.1 查證，該工作負責之工作人員為修護處簡先生、核一廠林先生、監工為儀控課沈先生，壓力開關 E-12- N022C 依規定進行校正，該壓力

開關之精確度要求為 $\pm 1\%$  之誤差範圍，經確認校正結果合於此項標準。程序書規定校正測試完成後需進行該儀器之功能測試，經查證功能測試執行完成且通過程序書之要求。

7. 程序書 603.4.6.2 RHR LPCI 模式，RHR B 及 C 泵出口高壓力功能測試及控道校正：本會視察員進行程序書 603.4.6.2 查證，負責工作之人員為修護處簡先生、核一廠林先生、監工為儀控課沈先生，進行壓力開關 E-12-N019B 與 N019C 之校正測試，該兩儀器負責傳送 RHR B 及 C 泵出口壓力之允許邏輯信號進入 ADS 系統中，儀器精確度要求為 $\pm 1\%$  之誤差範圍，經確認校正結果合於此項標準。程序書規定校正測試完成後需進行該兩儀器之功能測試，經查證功能測試執行完成且通過程序書之要求。
8. 程序書 700.7 電動閥操作器分解及回裝現場查證：核研所專家與本會視察員會同進行 RHR B 系統中電動閥 EJ-HV-201 之分解檢查保養之現場查證，該項工作人員包商為凱淳公司封先生、陳先生與盧先生，監工為修護處許先生，經查證執行人員具有符合本項工作資格之證照，工作程序皆依程序書規定執行，查證結果合乎規定。

本次所查証之 ECCS 大修執行項目相關工作程序書及各類檢測工具儀器校正程序書，均為最新之執行版，ECCS 系統之工作部份在污染區中執行，其測試數據在污染區先登錄於現場工作表中，均能後補登錄於程序書中且簽名確認。由視察結果顯示電廠之維護作業依相

關程序書執行狀況良好，對於維護過程中發現之設備異常，亦能妥善處理。

## 二、十八個月測試作業查證

緊急爐心冷卻系統十八個月功能測試主要目的為分別驗證模擬自動起動信號、注水系統額定流量測試、系統響應時間是否正常、系統迴路與邏輯功能是否正常，在測試驗證均能達成運轉規範規定標準時，將可確認緊急爐心冷卻系統在事故發生時能可靠運作以確保反應爐安全。

本次大修重要之緊急爐心冷卻系統十八個月功能測試包括對於 DIV I、II、III 額定流量測試、系統響應時間驗證、系統迴路功能試驗、邏輯功能測試等程序書；本項之視察就測試程序書內容適切性、測試過程、及測試結果等項目進行查證。其中並執行六次測試之現場查證作業，視察之結果整理如下：

### (一) 測試作業查證

1. 程序書 615.2.3-IST「低壓噴灑系統額定流量測試」現場查證：本程序書執行時控制室由值班員杜先生、賴先生、邱先生執行，現場由值班黃先生、陳先生、杜先生負責。LPCS 泵在起動數分鐘後流量達穩定運轉時，進行泵電流、振動幅度、軸承溫度等量測，由機械課陳先生、電氣課榮福支援人員洪先生現場量測，現場量測使用之

振動儀、三用電表、溫度計其使用期限及誤差範圍均依規定執行校正且資料記載於電腦系統中。測試結果合乎程序書及運轉規範 16.4.5.2.1 規定之要求，現場執行結果 LPCS 泵流量 318 L/s，滿足要求值大於 316 L/s 之規定，LPCS 泵進出口差壓  $21.82\text{Kg/cm}^2$ ，符合必須在  $21.48$  至  $25.41 \text{ Kg/cm}^2$  之間的限制要求。

2. 程序書 615.3.3-IST 「 LPCI A 額定流量試驗」現場查證：本程序書執行時控制室由值班員杜先生、賴先生、邱先生執行，現場由值班黃先生、陳先生、杜先生負責。LPCI A 泵在起動數分鐘後流量達穩定運轉時，開始進行泵電流、振動幅度、軸承溫度等量測，由機械課陳先生、電氣課榮福支援人員洪先生與余先生現場量測，現場量測使用之振動儀、三用電表、溫度計其使用期限及誤差範圍均依規定執行校正且資料記載於電腦系統中。現場執行結果 LPCI A 泵流量 320 L/s，滿足要求值大於 318 L/s 之規定，LPCI A 泵進出口差壓  $10.8\text{Kg/cm}^2$ ，符合必須在  $10.19$  至  $11.80 \text{ Kg/cm}^2$  之間的限制要求。此外，亦針對包商榮福支援人員洪先生與余先生之資格進行查證，經查證電廠電氣課建立之支援人員基本資料卡及資格審查表，確定該二人員具有使用振動儀、三用電表、溫度計進行本測試相關量測之工作能力。
3. 程序書 615.1.3-IST 高壓噴水泵額定流量試驗現場查證：本程序書為高壓噴水系統可用性測試之操作。依照運轉規範 16.4.5.1-B.3 之要求，每三個月完成一次或 HPCS 泵檢修後，必須執行本項測試。

本項測試於控制室由值班部門杜先生、林先生執行，QA 呂先生負責品質查証，測試時由 CST 供應泵之取水，故泵的回水仍流回 CST，水泵穩定後機械課陳先生測量震動，電氣課蔡先生測量馬達軸承溫度，程序書規定測試時由 CST 取水與液壓池取水之額定流量均需進行一次，而本次測試抑壓池正在進行 RHR A、RHRB、RHRC、HPCS 及 LPCS 的過濾器換新工程，故隔日才能再繼續測試由抑壓池供應泵之取水，泵的回水流回抑壓池之額定流量測試，測試過程符合程序書的規定。現場執行結果 HPCS 泵流量 317 L/s 滿足要求值大於 316 L/s 之規定。HPCS 泵進出口差壓 34.2Kg/cm<sup>2</sup>，符合必須在 32.06 至 37.13Kg/cm<sup>2</sup> 之間的限制要求，本項測試查證結果均符合運轉規範 16.4.5.2.1 之規定。

4. 程序書 603.3.6-AST 高壓爐心注水系統 HPCS 響應時間現場查證：  
本測試程序書於控制室由值班部門杜先生、賴先生、黃先生執行，儀控課許先生、凌先生負責儀控部分工作，QC 陳先生先生負責品質查証，本程序書的目的在於證明 HPCS 系統接收自動起始信號後啟動綜合及輸送額定流量，試驗期間緊急柴油發電機及爐心噴灑系統同時被自動信號所引發(LOCA 信號)，並由 HPCS 柴油發電機供給系統之功率，其測試結果 HPCS 響應時間為 19.4 Sec，要求值為 < 27 Sec，本項測試查證結果均符合運轉規範 16.4.3.3.3 之規定。
5. 程序書 603.2.6-IST 低壓爐心注水迴路 B 及 C 邏輯功能測試現場查證：本程序書執行人員為儀控課劉先生、曾先生、周先生與陳先生

共四人。程序書目的為查驗失去冷卻水事故全部邏輯串的適當功能，以便確認第二區間低壓緊急爐心冷卻系統的可用性。程序書執行時劉先生在控制室前盤確認燈號與警報，背盤現場執行人員依程序書逐步確認各電驛動作狀況，另一人並同時執行複查工作，執行結果確實良好。

6. 程序書 602.6.5.2-ATS RHR B/C 停機冷卻系統隔離邏輯功能測試現場查證：本程序書為查證 RHR 停機冷卻模式隔離邏輯及相關 RHR 室溫之邏輯功能測試。現場查證工作人員依程序書規定執行，系統隔離由值班部門許先生於控制室執行，儀控課劉先生及曾先生依程序書之規定步驟逐步執行隔離邏輯功能及所有儀器控道自動功能測試，本項測試現場查證結果均符合運轉規範 16.3.3.2 之規定。

經現場查證前述測試作業之執行情形，測試人員均能依程序書執行，且對於須跨接或隔離之電驛接點，皆事先查出其所在位置，於執行跨接或隔離時，亦能先進行雙重確認與指認呼喚以避免錯誤發生。

## （二）測試紀錄查證

1. 程序書 603.1.4 紀錄查證：程序書 603.1.4 低壓爐心噴灑系統和低壓爐心注入 A 系統響應時間測試，本程序書的目的在於證明系統響應時間維持在要求之限制值內，以確保 LPCS 和 LPCI A 可用性，試驗期間緊急柴油發電機 爐心噴灑系統與低壓爐心注水系統同時

被自動信號所引發( LOCA 信號) , 並由 DIV I 柴油發電機供給系統之功率 , 經查其測試記錄 LPCS 響應時間為 28 Sec , LPCI A 響應時間為 12 Sec , 要求值為 < 40 Sec , 本項測試紀錄查證結果符合運轉規範 16.4.3.3.3 之規定。

2. 程序書 603.2.5 紀錄查證 : 程序書 603.2.5 低壓爐心注水系統迴路 B 及迴路 C 系統響應時間測試 , 程序書的目的在於證明系統響應時間維持在指定限制值內 , 以確保 LPCI B 和 LPCI C 可用性 , 試驗期間緊急柴油發電機 爐心噴灑系統與低壓爐心注水系統同時被自動信號所引發( LOCA 信號) , 並由 DIV II 柴油發電機供給系統之功率 , 經查其測試記錄 LPCI B 響應時間為 26.19 Sec , LPCI C 響應時間為 26.10Sec , 要求值為 < 40 Sec , 本項測試紀錄查證結果符合運轉規範 16.4.3.3.3 之規定。
3. 程序書 615.1.4.4 紀錄查證 : 程序書 615.1.4.4 高壓爐心噴灑系統功能測驗 , 程序書的目的在於查證 HPCS 流程管路上之每一閥當接受到模擬自動啟動信號後啟動到其正確位置 , 本項測試紀錄查證結果符合運轉規範 16.4.5.1.C 及 16.4.5.2.1 之規定。
4. 程序書 615.2.4.3 紀錄查證 : 程序書 615.2.4.3 LPCS 和 LPCI A 迴路功能試驗 , 程序書的目的在於查證執行三項第一區間低壓緊急爐心冷卻系統的可運轉性 , 包括 : a. 系統功能試驗 ; b. LPCS 管路充

水之儀器控道校正；c. RHR A 管路充水之儀器控道校正。本項測試紀錄查證結果符合運轉規範 16.4.5.1.C 及 16.4.5.2.1 之規定。

5. 程序書 615.3.4.3 紀錄查證：程序書 615.3.4.3 低壓爐心注水迴路 B 及 C 功能測試，程序書的目的在於查證第二區低壓緊急爐心冷卻系統的可運轉性。包括：a.系統功能試驗；b.管路充水之儀器控道校正；c.水頭 P 儀器控道校正。本項測試紀錄查證結果符合運轉規範 16.4.5.1.C 及 16.4.5.2.1 之規定。
6. 程序書 603.3.7 紀錄查證：程序書 603.3.7 HPCS 高壓爐心噴灑系統邏輯功能測試，程序書的目的在於模擬驗證所有 HPCS 系統自動啟動邏輯控道的資料。本項測試紀錄查證各電驛與警報燈號均正常動作，測試結果符合運轉規範 16.4.3.3.2 之規定。
7. 程序書 603.1.5 紀錄查證：程序書 603.1.5 LPCS 低壓爐心噴灑系統和低壓爐心注水系統 LOOP A 邏輯功能測試，程序書的目的在於模擬驗證整個爐水流失事件邏輯串聯的適當功能，以便查證第一區 DIV I 低壓緊急爐心冷卻系統的可操作性。本項測試紀錄查證各電驛與警報燈號均正常動作，測試結果符合運轉規範 16.4.3.3.2 之規定。
8. 程序書 615.4.2 紀錄查證：615.4.2 手動操作 ADS 閥測試，程序書的目的在執行進行七個 ADS 閥手動操作開啟測試，以符合運轉規

範要求安全 / 釋壓閥定期測試之規定。測試紀錄查證操作人員依程序書規定逐次依序執行，並同時監視各閥之出口溫度。執行測試時抑壓池水溫均小於 25.2 °C，而程序書規定限值為 40.5 °C。本項測試紀錄查證各 ADS 閥與警報燈號均動作正常，測試結果符合運轉規範第 16.4.5.1.D.2 章節規定。

以上測試結果紀錄之查證，對於各項測試之紀錄良好；測試結果亦皆符合運轉規範之規定。

### 三、設計修改案查證

除前述之例行維護測試作業外，針對大修期間現場進行的兩項與緊急爐心冷卻系統有關之設計修改案亦進行查證，分別是：

#### 一、DCR-K1-3062：

核二廠 DCR-K1-3062 修改案為將 RHR 系統中編號 EJ-PDISH-113/161 之差壓開關儀器型號由 ITT BARTON 288A 改為較新型之儀器 ITT BARTON 288C，更改原因為舊型儀器已經停產，其中連接儀器之 Sensing 管線必須一併予以更新。03 月 20、21 日進行核二廠 DCR-K1-3062 改善案現場工作查證，因 DCR 安裝工作使用電焊方式，經查證動火許可已依規定申請，承包商為日川公司，包商電焊工李先生經查具合乎本項工作要求之專業證照，監工為儀控課沈先生，QC 謝先生同時在場查證 Q 級查證點。本項工作查證之重點為電焊工

使用之焊條是否合乎工作規定，本工作在碳鋼與不銹鋼焊接時使用編號 309 之焊條，不銹鋼與不銹鋼焊接時使用編號 308 之焊條，因焊條正確使用與否將影響接合面之強度與韌性，故需嚴格查證焊條使用是否正確，經查本項工作之電焊工確實使用正確焊條進行工作。查證本 DCR 完工時同時完成程序書 773.2.1 及 773.2.2 功能測試，確定儀器功能達成原設計要求。

## 二、DCR-K1-2687 緊急爐心冷卻系統泵進口濾網改善案：

1. 緊急爐心冷卻系統泵進口濾網改善案，為根據美國 NRC 1996 BULLETIN 96-03 方案，要求電廠改善以緩和在 LOCA 後，被沖落之管路保溫材料將 ECCS 系統進水濾網堵塞之潛在性問題。本案亦為核管案編號 00-8502 號「ECCS 進口濾網潛在性堵塞問題因應改善對策」承諾事項辦理。本次大修以更換大容量之 ECCS 進口濾網來施工改善。
2. 現場查證 ECCS 進口濾網改善工作狀況，本改善案需進行抑壓池水底工作，整體改善工程由瑞典 CCI AG 公司承攬，泰興公司負責工程品質查核及工程監工，潛水俠於著裝完成後（相片如圖四）進入抑壓池水底工作，施工程序由潛水俠於抑壓池水底將原有濾網以 Thermal Cutting 方式切除，再以法蘭接頭方式換裝新設計濾網，工程師及監工人員利用攝影機監看水底工作狀況，並以麥克風相互聯

繫指導水底工作人員（相片如圖五）。現場查證其工作程序書為 SP-2002- 19 工作進行時依規定登錄，查證結果符合規定。

3. ECCS 進口濾網改善後，需進行 ECCS 系統泵額定流量測試，以確定新安裝之濾網在運轉時可達到原設計之要求。本次大修進行之 ECCS 系統泵額定流量測試程序書 615.3.1 & 615.3.2 & 615.3.3 結果均符合測試要求，故可確認 ECCS 進口新安裝之濾網在運轉時可達到原設計之要求。

## 肆、結論與建議

經由此次之視察，可獲致以下之結論：

- 一、本次大修維護作業經實地查證包商人員資格、維護程序書版次是否為最新版、檢測儀器是否在有效期限、校正及維修作業現場觀察之結果，顯示電廠之維護作業皆能依相關程序書執行；對於維護過程中發現之設備異常，亦能妥善處理。
- 二、此次大修十八個月測試結果皆符合運轉規範要求，實地查證測試過程，測試人員之測試準備作業及測試皆能依程序書規定執行，指認呼喚及雙重確認等之實施情形亦頗為良好。現場查證 HPCS、LPCI A、B、C 及 LPCS 測試之結果，均能符合運轉規範相關之規定要求。
- 三、綜合此次視察之結論，應可確認核二廠二號機之緊急爐心冷卻系

統具有適當之可靠性，並無降低緊急爐心冷卻系統可靠性之疑慮，對於本次視察所發現之待改善事項，本會已請電廠檢討改善並以備忘錄管制。

註：1.本報告之圖表與附件因篇幅過多，故從略。

2.若對本報告有任何疑問，請洽本會張欣科長，電話：(02)22322130

# 圖、表、附件

圖三：1EJ-HV-201 電動閥馬達之特殊插銷斷裂圖





圖四：潛水俠完成著裝準備進行抑壓池水下工作

圖五：抑壓池水下工作監視現場及監視儀器運作狀況



表一：核二廠安全有關電動閥特殊插銷清單

機組	閥號	GE 編號	屬特殊插銷	更換為原廠 AISI-4041 材質日期	預計更換日期
壹號機	1EJ-HV-142	E12-F087B	特殊插銷	1EOC-16	
	1EJ-HV-162	E12-F003B	特殊插銷	1EOC-16	
	1EJ-HV-201	E12-F048B	特殊插銷	1EOC-16	
	1EJ-HV-114	E12-F003A	特殊插銷	1EOC-16	
	1EJ-HV-139	E12-F087A	特殊插銷	1EOC-16	
	1EJ-HV-148	E12-F048A	特殊插銷	1EOC-16	
貳號機	2EJ-HV-142	E12-F087B	特殊插銷		俟#2 機可掛卡時更換
	2EJ-HV-162	E12-F003B	特殊插銷	2EOC-15	
	2EJ-HV-201	E12-F048B	特殊插銷		俟#2 機可掛卡時更換
	2EJ-HV-114	E12-F003A	特殊插銷	2EOC-15	
	2EJ-HV-139	E12-F087A	特殊插銷	2EOC-15	
	2EJ-HV-148	E12-F048A	特殊插銷	2EOC-15	

- 註:
1. #1 機已全面清查並更換完畢
  2. #2 機 EOC-15 大修時,係依 ORDER NUMBER 清查,當時遺漏 2 只,將於可掛卡時予以更換.