

調 查 報 告

壹、案由：據報載，台灣電力股份有限公司核能四廠於101年4月11日下午2時37分許，因自動逸氣閥浮球故障，導致海水灌注廠房，積水達1公尺等情，認有深入瞭解之必要乙案。

貳、調查意見：

本院調查台灣電力股份有限公司核四廠一號機廠用海水系統自動逸氣閥室積水事件，發現該廠98年起另有100年8月16日抑壓池灌水不當、101年3月29日室內消防栓太平龍頭脫落，分別導致反應器廠房底層、汽機廠房積水事件，爰一併列入調查。全案經本院向台電公司、原能會調閱相關卷證、履勘核四廠，並約詢相關人員後，謹臚列調查意見如下：

一、核四廠建廠模式迥異於核一、二及核三廠(統包建廠)，由該廠近年注意改進事項大幅增加，以及廠內室內消防栓之太平龍頭竟脫落等事件觀之，足徵原能會並未確實督促台電公司落實「核四工程品質保證方案」，允宜改進。

(一)查核一、二及核三廠建廠，採統包建廠，由美國核電公司及工程顧問公司負責整廠設計、設備採購、施工督導、試運轉測試至滿載運轉，全程負責。然核四廠設計、施工、採購及試運轉之架構，迥異於前揭三廠，奇異公司負責核島區的設計及設備供應，三菱重工負責汽機及發電機的設計及設備供應，日立公司負責放射性廢料系統設計及設備供應。至廠用配合系統(BOP)之設計、設備採購與施工採購技術規範編寫，則由石威公司為之(96年7月與其終止契約，現由益鼎公司及URS公司接續相關工作)，所有施工、監造及試運轉，皆由台電公

司負責，其困難度，猶如核四安全監督委員會林宗堯委員於「核四論」所形容，堪稱自製之華航/長榮壹號，困難度及風險極高。

(二)次查核子設施違規事項作業要點第5點規定：「違規事項依其情節輕重及影響程度之不同，由重至輕依序分為一級違規、二級違規、三級違規、四級違規、五級違規等五個等級。無安全顧慮且未達五級違規之事項列為注意改進事項。」經統計，核四廠自98年1月1日迄101年7月19日止，原能會對核四建廠計開立二級違規1件、三級違規5件(98年3件、99及100年各1件)、四級違規10件(98~100年各3件、101年1件)、五級違規10件(98年3件、99年5件、100年1件、101年1件)及注意改進事項189件(98年35件、99年56件、100年68件、101年30件)，其中年度違規數雖未增加，但注意改進事項卻大幅增加。

(三)按原能會為我國原子能業務主管機關，負責國內核能電廠、核子設施及輻射作業場所的安全監督。有關核能安全管制，該會核能管制處下設核四廠專案小組、核四廠起動測試管制專案小組，前者(核四廠專案小組)負責運轉人員執照測驗相關業務、終期安全分析報告之審查相關業務、二號機例行駐廠視察業務、核四工地施工作業(包括重要設備之安裝)相關之管制事項…及其他與核四工地施工相關之管制事項。後者(核四廠起動測試管制專案小組)，負責一號機例行駐廠視察業務、管路沖洗、水壓試驗、設備完工後測試、試運轉、核燃料裝填、起動測試及其他與一號機視察管制相關之事項。該會98年1月1日迄101年7月19日對核四廠開立之違規處分數量雖未增加，但注意改進事項大幅增

加，以 100 年 8 月 16 日、101 年 3 月 29 日、4 月 11 日三起淹水事件為例，先有「抑壓池灌水作業時，未適當執行掛卡相關作業及落實操作時之管控，導致一號機反應器廠房底層淹水」，中有「101 年 3 月 29 日 HRK 5026 消防栓箱太平龍頭脫落」，後有「101 年 4 月 11 日廠用海水系統自動逸氣閥故障，致閥室積水」事件。此三起事件，所幸發生在試運轉階段，未肇致重大損失，但卻嚴重衝擊國人對台電公司核能安全運轉之信心，原能會將其列為四級違規或注意改進事項之同時，更應思考得是如何建立完整的預防機制，避免類似違規事項一再發生，尚不得以「預防零缺失之機制，是有的，但任何工業設施，都要人去執行，但難免會有缺失。」而輕忽其自身監督責任，尤其「於地狹人稠的臺灣，一旦有核能事故，沒有逃難的空間。所以，核能是要做到零缺失，才能避免人心浮動」。

(四) 綜上，核四廠建廠模式迥異於核一、二及核三廠(統包建廠)，其工程品質保證方案雖納入初期安全分析報告，惟按近年原能會對核四廠開立之注意改進事項大幅增加，以及該廠竟發生室內消防栓太平龍頭脫落等事件觀之，足徵原能會並未確實監督台電公司落實初期安全分析報告(PSAR)第十七章之附錄 A「台灣電力公司核四工程品質保證方案」(第八版，原能會 100 年 1 月 5 日會核字第 1000000307 號函核定)之有關規定，允宜改進。

二、核四廠一號機抑壓池灌水作業，未查核冷凝水傳送系統相關邊界閥，亦未執行工具箱會議，導致水由已拆修閥體大量洩漏，造成反應器廠房底層積水約 30 公分，違反核子設施違規事項處理作業要點之附件「違規事項之類級區分」二、(四)、1 規定，顯有違失。

- (一)查核子反應器設施經營者「應配合作業時程，以政策文件、程序書或工作說明書等，依本準則之規定建立品質保證方案，並據以執行」、「經營者應使用蓋印、掛卡、標籤、器材遞送卡或其他適當方式等措施，以明確標示對個別設備與組件所執行之檢查及測試之現況。其措施應能識別已通過之檢查及測試項目，並可防止不經意遺漏應檢查及測試之項目。經營者應利用於閥及開關上掛卡等方式，明確標示結構、系統及組件之運轉狀態，以防止錯誤操作。」核子反應器設施品質保證準則第6條、第18條定有明文。倘對可能影響品質之作業未能有效管制，且掛卡機制無法有效落實管控閥之狀態以防止錯誤操作，不符合核子反應器設施品質保證準則之規定，依「核子設施違規事項處理作業要點」之附件「違規事項之類級區分」二、核子反應器設施建造、四級違規之第1項：「違反品保18條準則之有關管制規定，而對安全或環境上有不良之影響，但未構成一、二、三級違規」規定，應開立四級違規事項。
- (二)查核四廠於100年8月16日中午召開一號機試運轉測試工作會議，依據測試工作排程，進行餘熱移除系統(1E11-RHR)，高壓灌水系統(1E22-HPCF)，爐心隔離冷卻系統(1E51-RCIC)及抑壓池淨化系統(1G51-SPCU)之試運轉測試工作，於該日下午依序先期執行抑壓池灌水作業；作業進行中，於13時36分發現反應器廠房底層集水坑高水位警報，值班人員赴現場查漏，並起動抽水泵處置。查漏過程中，發現水由拆修之抑壓池淨化系統1G51-MBV-0009號閥流出，洩漏至反應器廠房底層(EL -8200mm)。經再確認後，於13時50分關閉相

關隔離閥，整起事件於 14 分鐘內完成洩漏隔離，並於當日 18 時許將積水清除，除集水抽水馬達、電磁閥、液位元件外，另有三組地震偵測設備及控制棒蓄壓器液位開關等安全有關設備受積水影響，合計造成約 95 萬元設備損失。原能會以其違反核子設施違規事項處理作業要點之附件「違規事項之類級區分」二、(四)、1 規定，於 100 年 11 月 3 日開立編號 EF-LM-100-004 四級違規事項在案。

(三)經核當日抑壓池灌水作業，計有下列違失：

- 1、龍門電廠值班運轉員於 100 年 8 月 16 日執行從冷凝水槽(CST)經過高壓灌水系統(HPCF)對抑壓池進行灌水作業時(抑壓池灌水後可進行緊急爐心冷卻等系統之試運轉測試)，因未適當依掛卡規定執行相關作業，且未執行工具箱會議¹，導致管路上的 1G51-MBV-0009 號閥因檢修而大量水從閥體處洩漏，造成反應器廠房底層(EL. 8200)局部最高積水約 30 公分，除部分非安全相關設備受到積水影響外，地震偵測設備及控制棒蓄壓器液位、壓力開關等重要安全有關設備亦受到影響。
- 2、經查檢控組執行 1G51-MBV-0009 檢修隔離掛卡作業時，因其上游隔離閥 1P13-BV-5046(已掛卡)也在檢修，因此檢控組未再針對 1G51-MBV-0009 號閥執行上下游隔離閥掛卡作業，導致當 1P13-BV-5046 檢修完成，運轉人員即申請解除閥 1P13-BV-5046 之紅卡並認為下游無檢修工作，而不知 1G51-MBV-0009 尚在檢修，此舉不符合隔離掛卡之規定。

¹ 「工具箱會議」是於工作前執行的一種會議，因常在上工前的工具箱旁實施而得名，其目的在於藉由工作伙伴間彼此的提醒，集體的思考，找出危險因子，於工作中避免之，以達成工安、核安、輻安與環安的無事故成果。

3、此次灌水作業路徑分屬兩個系統(G-51、E-22)，主要由運一組負責操作灌水路徑邊界之系統管閥與巡視設備狀態，運二組負責開啟冷凝水槽洩水閥。負責開啟洩水閥之人員單只詢問 E-22 HPCF 系統主要負責人是否進行灌水作業後即開啟閥，而未待運一組確實查證灌水邊界狀態是否已完成隔離。此次灌水作業顯示電廠對於跨系統又分屬不同運轉組之操作，其作業指揮不明確、協調未落實及工作權責不明確等問題。

4、執行該次灌水作業前未舉行工具箱會議，以致工作人員未能有效分配與協調工作之執行。且本次灌水作業亦未依適當程序，進行重要操作之雙重確認，顯示運轉人員雙向溝通確認之訓練不足。

(四)綜上，核四廠一號機抑壓池進行灌水作業，未適當依掛卡規定執行相關作業，且未執行工具箱會議，導致管路上的 1G51-MBV-0009 號閥因檢修而大量水從閥體處洩漏，造成反應器廠房底層(EL. 8200)局部最高積水約 30 公分，違反核子設施違規事項處理作業要點之附件「違規事項之類級區分」二、(四)、1 之規定，顯有違失。

三、核四廠一號機室內消防栓箱太平龍頭(公制)主內徑 75.18mm、次內徑 72.23mm，惟與之聯結之美規管，外徑僅 73mm，縱不過度切削，二者咬合度僅及設計值 26.1%，肇致一號機汽機廠房編號 HRK-5026 消防栓箱之 2 ½ 吋太平龍頭脫落，汽機廠房淹水，顯有違失。

(一)查核四廠一號機汽機廠房 1P16-HRK-5026 內 2 ½” 太平龍頭脫落前之維修過程：

1、101 年 3 月 6 日龍門電廠消防班員於一號機汽機廠房高程(EL. 30500)巡視時，發現室內消防栓(編號 1P16-HRK-5026)內 2 ½” 太平龍頭與消防

管路連接處脫離，開立內部工作委託單，請龍門施工處配管組協助改善。

- 2、同月 21 日消防班員巡視時，確認 HRK-5026 消防栓箱 2 ½” 快速接頭已修復，但無法與消防管連接，因快速接頭裝設方向錯誤，再次開立內部工作委託單，請 LC 配管組協助改善。
- 3、同月 28 日消防班小隊長簡秋榕、巡察員江浚溢至 TB 廠房 EL. 2500 巡視，發現 TB 廠房立管壓力表 (PI) 均無壓力，深入瞭解後，發現一齊開放閥及自動警報逆止閥均被關閉，回報主控室及主辦後，主控室僅回報 1P16-(ZS)-5363 有申請掛卡，其餘設備均無申請掛卡。嗣協同運轉組進行汽機 (TB) 廠房隔離 1P16-BV-5300、1P16-BV-5301、1P16-BV-5317、1P16-BV-5318、1P16-BV-5320、1P16-BV-5398、1P16-BV-5348、1P16-BV-5347 及 1P16-BV-5322 開啟，建立消防管內壓力，使汽機廠房消防立管及核廢料隧道消防水系統恢復正常壓力。
- 4、同月 29 日依核技處要求，進行 TB 廠房放水測試：
 - (1) 消防班小隊長簡秋榕 07：57 至 FWP 室發現電動泵 5001B 啟動 (07：56)，馬上以高聲電話詢問主控室，是否有任何狀況，主控室告知無任何異常，小隊長簡秋榕立即 (08：01) 將 5001B 手動停止運轉。
 - (2) 消防班員於 07：58 進入 TB 廠房 EL. 30500 發現地面大量積水，發現 HRK-5026 滲漏，開啟栓門後，消防水大量湧出，發現 2 ½” 太平龍頭脫落，隨即將 TB 廠房 EL. 2500 西北側隔離閥 1P16-BV-5408 關閉。

(二) 次查太平龍頭脫落事件發生後，原能會於 101 年 4

月 6 日開立編號 AN-LM-101-014 注意改進事項，網站上公告之注意改進內容有二：

- 1、101 年 3 月 29 日 07:58 一號機汽機廠房 EL. 30500 消防栓箱 HRK-5026 之 2 ½” 太平龍頭脫落致消防水湧出，水經該層開口漏至汽機旁通閥(TBV 及該廠房各樓層。經查證太平龍頭脫落之原因係維修回裝不當所致，維修時未將閥體螺牙溝槽之殘餘止漏膠帶清除致螺紋深度不足，之後無法維持閥螺牙間之密合度，卻以 AB 膠將閥與管做黏合，維修後其上游隔離閥於 3 月 28 日上午 10:30 開啟管路恢復持壓，該閥因安裝不確實造成無法長期承受管路之水壓終致太平龍頭脫落，消防水噴出。
- 2、經查施工處對消防栓箱之安裝檢驗紀錄，未確認所安裝之消防栓箱水帶接頭其螺紋及襯墊可符合 NFPA 1963-消防水帶接頭標準之要求。台電公司應再確認各廠房全部消防栓箱水帶接頭之安裝、檢驗妥適性，並完成必要之改善。

本院 101 年 4 月 19 日立案派查後，研判太平龍頭脫落原因，尚非原能會「注意改進內容」所稱「維修不當」所致，遂函請台電公司說明。案經台電公司 101 年 5 月 14 日電核發字第 10105061121 號函復，略以：「消防栓接頭與消防管路連接處之舊止洩帶未完全去除，使接頭未確實鎖緊，以致不能持久耐壓而鬆脫。」該公司 101 年 5 月 21 日「注意改進事項」處理答覆表，仍稱係「維修回裝不當所致，維修時未將閥體牙溝槽之殘餘止漏膠帶清除，致螺紋深度不足，之後無法維持閥螺牙間之密合度，卻以 AB 膠將閥與管做黏合，維修後其上游隔離閥於 3 月 28 日上午 10:30 開啟管路恢復持壓，

該閥因安裝不確實造成無法長期承受管之水壓，終致太平龍頭脫落，消防水噴出。」

(三)惟查 101 年 3 月 29 日 7 時 58 分一號機汽機廠房 EL.30500 消防栓箱之 2 吋半太平龍頭脫落，致消防水湧出，水經該層開口漏至汽機旁通閥及該廠房各樓層。原能會 101 年 4 月 6 日編號 AN-LM-101-014 注意改進內容及台電公司 101 年 5 月 14 日電核發字第 10105061121 號函稱之「維修不當」原因，皆非正確。為此，本院二度函請台電公司說明太平龍頭脫落原因，該公司至 101 年 7 月 2 日始以電核火字第 10106075121 號函承認：「本案經全面巡查及檢視汽機廠房全部所更換下來之太平龍頭，發現脫落太平龍頭其聯結管車削過度，應屬施工人員車削作業疏失；而太平龍頭與聯結管咬合度不足係因美規鋼管與公制太平龍頭之尺寸差異，則為通案全面性問題。」另原能會同年 7 月 4 日會核字第 1010010377 號函亦稱：「發現所採購之太平龍頭(經過 UL 668 認證)與消防管銜接之管徑係屬配合公制管，亦稱日規管，其 major 內徑為 75.18mm，minor 內徑為 72.23mm，而消防管本身系統美規管(依據合約規定其材質為 ASTM A106 Gr. B，符合 ANSI B36.10 規定)外徑為 73mm，此情況安裝(太平龍頭與消防聯結管)會產生咬合度不足現象，原因為美規鋼管與公制(亦稱日規)太平龍頭螺紋口徑尺寸之差異，查證結果為通案性問題，台電公司已承諾將全面更換能與消防水管完整咬合之太平龍頭，以避免管閥間咬合度不足現象再發生。」顯示，太平龍頭脫落之根本原因，係消防管(美規管)與太平龍頭間咬合度不足所致，尚非原能會 101 年 4 月 6 日編號 AN-LM-101-014 注意改進內容及台電公司 101 年 5

月 14 日電核發字第 10105061121 號函所稱「維修不當」所致。

(四)綜上，核四廠一、二號機非核島區(美國聯邦法規)消防系統安裝工程案內室內消防栓，公制太平龍頭主內徑 75.18mm、次內徑 72.23mm，然與之聯結之美規消防管外徑僅 73mm，縱消防管未過度切削，二者咬合度亦僅 0.23mm，僅及設計咬合度 26.1%，肇致 101 年 3 月 29 日一號機汽機廠房 EL.30500 消防栓箱 HRK-5026 之 2 吋半太平龍頭脫落，致生汽機廠房淹水事件，顯有違失。

四、核四廠廠用海水系統係由石威公司設計、台電公司購料後委外施工，再由台電公司負試運轉之責，惟依此模式採購之自動逸氣閥卻一再故障，101 年 4 月 11 日又發生閥室積水事件，足徵台電公司迄未能徹底解決設備設計及品質問題，核有疏失。

(一)查核四廠廠用海水系統係屬電廠配套系統(BOP)之一，前由石威公司設計、台電公司購料、新亞施工後，交由台電公司負責試運轉。101 年 4 月 11 日下午龍門電廠自 14:37 起先後起動一號機反應爐廠房廠用海水系統(RBSW，系統編號 P26)A、C、B 三串 A1/C2/B1 主泵，建立冷卻海水流量。約於 15:30，工安組人員發現 RBSW 系統海水管路第 4 及 5 號自動逸氣閥所在之三座閥室(位於汽機廠房旁氫氣室附近)有水滲出。運轉人員趕至現場判斷為自動逸氣閥動作異常導致閥室內淹水。經通報主控制室於 16:10 依序手動停止 C2/B1/A1 主泵運轉，開始進行排除積水作業。約至 17:30 完成三座閥室積水清除。依水漬研判淹水高度約 150 公分，自動逸氣閥體及保安系統(Y86)接線盒(尚未接線)浸水。巡視人員發現後除立即通知主控制室依序手動停止 3 台

海水泵運轉外，也立即通報原能會駐廠視察員。視察員立即趕至現場見證排除積水等處理情形，約於晚間 6 點將閥室內積水全部抽乾。該閥室為冷卻海水管路上專為自動逸氣裝置設置之小房間，逸氣閥漏水就是不正常的故障現象。

(二)次查事件發生後，龍門電廠於 12 日執行故障還原測試結果，研判原因為各串管路第 4 號自動逸氣閥(1P26-AV-5550/5552/5554)浮球未定位，以致自動逸氣閥無法自動回關，導致海水自逸氣口大量溢出針對 RBSW 系統自動逸氣閥動作異常導致海水淹溢事件。另原能會亦立即要求台電公司於次(12)日至該會「龍門電廠反應器廠房廠用海水系統自動逸氣閥專案報告」會議，報告 RBSW 自動逸氣閥動作異常原因及檢討改善措施，並於 13 日將會議紀錄發文台電公司，要求台電公司儘速解決自動逸氣閥浮球定位問題，並提報受影響設備清單及後續修復情形。在自動逸氣閥問題未獲徹底解決前，若為進行必要測試，海水冷卻系統之起停作業應定點專人加強整條管路流徑之監控，以避免類似狀況再度發生。並要求針對全廠管路自動逸氣閥再行檢查，如有類似問題，應一併解決。

(三)惟查核一、二、三廠在安全級海水循環水管路系統採用手動逸氣閥逸氣方式，並未在管路安裝自動逸氣閥，核四在海水循環水管路設計，則採自動逸氣以取代手動逸氣。核四廠廠用海水系統當初設備採購廠商資格標(PQ)階段，設備供應商 FLOWSERVE 提送美國 Georgia 電力公司 Hatch 使用經驗，證明其為核能等級設備。經查本次(101 年 4 月 11 日)逸氣閥故障，並非首次發生，依「龍門電廠 RBSW 自動逸氣閥問題解決方案說明」簡報，類此情形，於 100

年 9 月 14 日、10 月 29 日、12 月 12 日均發生過。故原能會 101 年 7 月 11 日編號 EF-LM-101-003 違規處分，略以：「RBSW 系統自動逸氣閥動作異常導致海水淹溢事件，先前曾多次發生。如 100 年 9 月 14 日發生 RBSW-A 串 1P26-AV-5544 自動逸氣閥無法自動回關，致 A 串海水管路渠道淹水事件，本會開立注意改進事項編號 AN-LM-100-054，要求就設備妥善狀態之缺失檢討改善；100 年 12 月 30 日發生 RBSW-1C1 主泵下游 1P26-AV-5541 自動逸氣閥無法自動回關，導致 1C1 泵室淹水事件，本會開立核能電廠五級違規 EF-LM-101-001，要求確實檢討改善。本次事件之故障組件 1P26-AV-5550/5552/5554，與上述事件發生故障之組件位置雖不同，但均屬同型，雖然電廠已由先前事件獲取教訓，也採取運轉暫行措施(起動時巡查)，然而仍未能防範淹水事件再次發生，顯見設備設計及品質問題並未能徹底解決，RBSW 系統可靠度未確實改善。」故提升為第四級違規處分。

(四)綜上，核四廠廠用海水系統係由石威設計、台電公司購料後委外施工，再由台電公司負試運轉之責，惟依此模式採購之自動逸氣閥卻一再故障，101 年 4 月 11 日又發生閥室積水事件，足徵台電公司迄未能徹底解決設備設計及品質問題，核有疏失。