

## 糾 正 案 文

壹、被糾正機關：台灣電力股份有限公司。

貳、案由：台灣電力股份有限公司施工人員於第二核能發電廠建廠時，因施工不慎而造成反應爐下方之錨定螺栓損傷，該公司品管人員卻未能即時發現缺失，復因施工環境不佳與錨定螺栓材質瑕疵等情，致一號機及二號機共 8 支錨定螺栓產生斷裂或裂紋，而須支付新台幣 1 億 8 千餘萬元之修復費用；又該公司發現錨定螺栓裂損後，所認定之斷裂原因前後不一，未能適時澄清其原因及影響，遭致媒體及大眾質疑，且先後三次變更修復支數，致使一號機啟動時間延後 61 天，增加運轉成本之損失高達新台幣 62 億 2 千餘萬元，電力系統之備用容量率亦長時間降低約 3.3%，均核有違失，爰依法提案糾正。

參、事實與理由：

本案台灣電力股份有限公司（下稱台電公司）第二核能發電廠（下稱核二廠，廠內有兩部反應爐機組，即一號機及二號機）一號機及二號機陸續發現 7 支及 1 支錨定螺栓發生斷裂或裂紋之情事，影響核二廠之運轉安全，其後又耗費新台幣 1 億 8 千餘萬元之高昂費用委由原廠更新，涉有浪費公帑之嫌。爰經本院立案調查，經調閱台電公司及行政院原子能委員會（下稱原能會）有關卷證資料，並於 101 年 7 月 11 日約詢台電公司、原能會相關人員，並邀請學者專家列席諮詢，民國（下同）7 月 23 日、8 月 20 日、9 月 17 日

另請台電公司有關人員到院說明案情細節，嗣請有關機關補充說明資料後，業已調查竣事，茲臚列糾正事實與理由如下：

台電公司施工人員於核二廠建廠時，因施工不慎而造成反應爐下方之錨定螺栓損傷，該公司品管人員卻未能即時發現缺失，復因施工環境不佳與錨定螺栓材質瑕疵等情，致二號機及一號機共 8 支錨定螺栓產生斷裂或裂紋，而須支付新台幣 1 億 8 千餘萬元之修復費用，核有疏失；台電公司及原能會發現錨定螺栓裂損後，所認定之斷裂原因前後不一，未能適時澄清裂損之原因及影響，遭致媒體及大眾質疑，且先後三次變更修復支數，在 6 支螺栓均修復完成一號機可起動時，又因大眾質疑而決定修復第 7 支，致使該機啟動時間延後 61 天，增加成本之損失高達新台幣 62 億 2 千 2 百萬元，電力系統之備用容量率亦長時間降低約 3.3%，均核有違失。

#### 一、錨定螺栓之安裝與材質：

查核二廠於 66 年建廠時，錨定螺栓係由台電公司委由美商貝泰(Bechtel)公司進行採購(台電公司當時係聘請貝泰公司為顧問公司，負責核二廠廠房之設計及指導現場施工)，再經台電公司確認符合採購規範，並在貝泰公司之指導下，由台電公司人員施工安裝於反應爐下方之支撐裙板。錨定螺栓直徑約 7.6 公分、長約 66 公分，主要係為承受垂直拉力，以提供防止反應爐橫向滑動所需之摩擦力及部分剪力，材質為美國材料試驗協會(ASTM) A-540，GR. B 23，Class 1。

#### 二、二號機於 100 年間發現 1 支錨定螺栓斷裂：

(一)查核二廠二號機於 72 年 3 月間開始商業運轉，

100年10月11日至11月12日於進行第21次大修期間，於10月24日執行錨定螺栓10年1次週期之目視檢測前清潔作業時，首次發現位於裙板外側之1支錨定螺栓斷裂（編號A15），斷裂位置距螺栓頂部約20公分之螺牙處，其餘119支錨定螺栓經超音波檢測結果並無異常。核二廠透過國內供應商向國外廠家洽詢錨定螺栓之供料事宜，僅獲美國核能級之螺栓製造廠商NOVA公司回應，其1支螺栓（不含螺帽、墊圈）之報價為25,000美元，交貨期約3至4週，台電公司認為無法配合大修工期。嗣台電公司於12月14日提送該支錨定螺栓斷裂之安全評估及未來處置等事件處置報告予原能會，經認為並不影響二號機之運轉安全，原能會在要求核二廠一、二號機於下次大修時，應全面進行錨定螺栓之超音波檢測及修復二號機該支錨定螺栓，爰於11月11日同意二號機恢復運轉，翌日二號機即發電併聯至電力系統迄今。核二廠預定將於102年2月23日至3月24日之二號機第22次大修期間，修復該1支斷裂之錨定螺栓，因修復恐涉及設計變更，台電公司決定向原設計廠家奇異公司洽商修復，以利獲得原能會審查通過。

- (二)核二廠二號機該支斷裂之錨定螺栓，係位於反應爐支撐裙板外側，並包覆於機座結構之襯板中，未如位於內側之錨定螺栓，可採敲除底部水泥方式移除，其修復方式須先使用機具退除（或鑽除）錨定螺栓之殘根，如能順利退出殘根而不傷及下部螺帽時，僅需重新鎖入1支錨定螺栓即可恢復原設計功能（核二廠已有備品）；若於螺栓殘根移除過程中損傷下部螺帽，則將採變更設計之修復

方式，先擴孔下部載板並加以攻牙，以取代下部螺帽之功能，並使用尺寸較大之螺栓鎖入（若毋須使用第 2 方案時，亦可留為爾後更新之預備方案）。奇異公司依據核二廠之需求，於 101 年 9 月 3 日提出工作計畫書及報價，其修復費用為 3,196,558 美元，嗣奇異公司於 9 月 19 日提送修訂後計畫書及報價，修復費用調降為 2,913,761 美元，並同意將螺栓施工所需之螺栓拉伸機（價值為 86,930 美元）由租用改為轉移予台電公司。核二廠初步審查認為價格尚屬合理，目前正辦理後續議價及簽約等事宜。台電公司表示：「核二廠一號機於 101 年 3 月 16 日起之第 22 次大修期間，所修復 7 支錨定螺栓之總價為 311 萬美元（機具並未移轉台電公司），而二號機雖僅修復 1 支，惟工法完全不同，修復費用亦達 290 萬餘美元，主要費用仍以技術服務為大宗，奇異公司之技術服務費用有其一定的標準，且適用於全球；且因涉及設計變更之分析、設計、評估等費用較高，因此所需費用會較純粹更換螺栓之費用為高，因此兩者不能以單純更換之螺栓數量來比較。」

### 三、一號機於 101 年發現 7 支錨定螺栓裂損及 29 支錨定螺栓測得微小訊號或雜訊：

- (一)核二廠一號機依計畫於 101 年 3 月 16 日凌晨 0 時 41 分起停機進行第 22 次大修，於 3 月 23 日進行清潔作業時，發現支撐裙板內側有 1 支錨定螺栓斷裂。3 月 24 日起開始執行超音波檢測，3 月 26 日再發現支撐裙板內側另有 2 支錨定螺栓已近斷裂，4 支錨定螺栓有裂紋顯示，其裂紋判斷約為 2.5 公釐（螺栓發生斷裂之臨界裂縫深度為 10.08 公釐）。上開 7 支錨定螺栓之裂損情形

如下：

編號	位置(方位度數 0度為南方)	裂損情形	斷裂/裂紋距離 螺栓頂部距離	斷裂/裂紋位置
A2	內圈 357 度	已斷裂	46.5 公分	螺桿
C6	內圈 153 度	近斷裂	55.1 公分	螺牙
D14	內圈 15 度	近斷裂	50.8 公分	螺牙
B10	內圈 219 度	裂紋	51.1 公分	螺牙
B13	內圈 201 度	裂紋	50.3 公分	螺牙
C9	內圈 135 度	裂紋	49.5 公分	螺牙
D11	內圈 33 度	裂紋	49.5 公分	螺牙

- 此外，另有 29 支錨定螺栓測得微小之訊號或雜訊。台電公司稱：依據美國機械工程師學會 (ASME) 檢測直徑 3 吋螺栓之規定，應以 2.5 公釐深之刻槽執行儀器校準，該尺寸以上之訊號始為較精確之判定，然超音波檢測儀器雖可達 0.6 公釐之精確值，惟螺牙部分會有雜波而不易判讀，致無法肯定 2.5 公釐以下裂痕之訊號，為保守考量，檢測發現之瑕疵若小於 2.5 公釐，均視為 2.5 公釐之裂痕等語。查一號機第 22 次大修之原計畫工期為 36 天(101 年 3 月 16 日至 4 月 20 日)，台電公司於 3 月 23 日至 3 月 26 日陸續發現 7 支錨定螺栓有裂損情事後，為使機組能儘速啟動，最初僅決定委請奇異公司先行修復 3 支 (B13、C6、D14) 已斷裂之錨定螺栓，並預估金額約為 5 千萬元以下，嗣因台電公司未能適時明確澄清錨定螺栓裂損之原因及影響，致遭有關媒體及大眾等之質疑，原能會遂再決定將修復數量增至 6 支錨定螺栓，餘第 7 支(編號 A2)留待下次大修時再行修復。4 月 9 日奇異公司提出修復 6 支螺栓(包含 9 組

螺栓組件)之報價為 2,918,494 美元。4 月 14 日至 30 日核二廠要求奇異公司執行第 7 支螺栓之修復及其他額外工作，奇異公司報價 448,594 美元，總計為 3,367,088 美元，台電公司表示，奇異公司之工程規劃設計、結構安全分析、製程監督等技術服務費用，約占全部費用之 40%。因外界質疑 7 支螺栓之修復費用過高，核二廠於 6 月 7 日成立奇異公司報價費用審查專案小組，並要求奇異公司給予優惠，奇異公司則同意諮詢人員及日用費採用較低費率，計折扣 21,012 美元，並額外提供優惠折扣 84,177 美元，而調降報價為 3,261,899 美元。8 月 20 日台電公司與奇異公司之最後議價結果為 311 萬美元，其中奇異公司之計畫管理與支援、現場分析與諮詢等技術服務費用，共約 106 萬餘美元，約占全部費用三分之一，而 9 組與原設計規格相同之錨定螺栓共計 403,093 美元(2 組為備用)，約占全部費用八分之一，即每組錨定螺栓(包含螺栓 1 支、螺帽 2 個、墊圈 2 個)之材料費約為 44,788 美元，其餘則為人力、機具及檢測等施作費用。

(二)查台電公司於 101 年 3 月間發現核二廠一號機 7 支錨定螺栓有裂損情事後，原本決定僅修復 3 支，嗣因台電公司未能適時明確澄清錨定螺栓裂損之原因及影響，致遭有關媒體及大眾等之質疑，原能會遂再決定將修復數量增至 6 支錨定螺栓，一號機於 4 月 18 日 15 時 20 分即已完成各項原訂之大修工作，機組隨時可起動。然適逢電價調漲，外界對台電公司各項營運事項強力抨擊，致本案錨定螺栓裂損之問題，亦成為關注之焦點，

原能會為應各界(含立法院)之要求，召開4次審查委員會，嗣要求台電公司提前修復第7支錨定螺絲，並增加其他檢測作業，經核二廠於4月27日修復第7支錨定螺絲，並完成後續相關錨定螺絲之檢測作業後，直至6月18日18時30分原能會始同意一號機起動，6月20日一號機發電併聯至電力系統，其中等待機組獲准起動時間約為61天。而一號機併聯時程由原訂101年4月21日延後至6月20日，實際大修之停機時間則為96.7天(101年3月16日至6月20日)，亦延後61天。一號機每日發電量23.47百萬度(每日燃料成本新台幣3.65百萬元)，台電公司須調度其他自有之大潭電廠、通霄電廠、大林五號、大林六號等燃氣機組及協和電廠、大林三號、大林四號等燃油機組因應大修停機期間之供電，燃氣及燃油機組各調度達15.52及7.95百萬度(每日燃料成本各為新台幣61.36百萬元及44.68百萬元)，致每日燃氣及燃油機組之發電燃料替代成本約為新台幣1.02億元，總計延後61日因成本增加而造成之損失共計為新台幣62億2千2百萬元。另當時每日最高負載約3,000萬瓩，核二廠一號機停機期間，系統將減少近100萬瓩之供電能力，故造成電力系統之備用容量率約降低3.3%。

(三)台電公司表示：「核二廠一號機發現7支錨定螺絲裂損後，曾接洽3家國內五金供應商，其口頭答復交貨期皆要3至4週，因此作罷；經洽奇異公司緊急搜詢後，尋獲合格之材料供應商，可於2週內提供修復所需之核能級螺絲，並提出相關品質文件與認證，因此委由奇異公司進行更新。

本次錨定螺栓更新後，核二廠已掌握及建立相關施工技術及維修程序書，未來若遇相同案例，台電公司人員將有能力按程序書自行修復，不再委外施工，預估施工機具（螺栓拉伸器及螺栓伸長量超音波量測器）約新台幣 600 萬元及錨定螺栓每組約 60 萬元（自行向國外採購，奇異公司已提供採購規範及圖面），已不需原廠昂貴之技術服務費用。另有關媒體報載本案錨定螺栓更新價格過高（網路 1 支 2,418 元或中國大陸製 1 支 3,076 元）乙節，經洽詢報載之幾家公司，皆非美國機械工程師協會認證合格之工廠，不符合核能安全要求。」

#### 四、台電公司及原能會所認定之肇因難平爭議；對於錨定螺栓裂損原因核有違失：

- (一)關於核二廠一號錨定螺栓裂損之原因，媒體及大眾對之提出許多質疑，重點包括：本案錨定螺栓發生斷裂或裂紋，係屬金屬疲勞或材質瑕疵問題（含碳量偏高），或因停機振動而造成螺栓裂損；在大修停機前，曾有異常之振動，後來發現振動來自反應爐體內，附近測震儀顯示高達 0.29 g（重力加速度， $1g = 980\text{cm}/\text{sec}^2$ ），相當於 4 級地震之衝擊波；錨定螺栓之超音波檢測儀器精確度不足，刻意忽略細小裂紋，應有 3 成左右之錨定螺栓有瑕疵；其餘未更新之 113 支錨定螺栓潛藏斷裂危機，應全數更新，且核燃料棒應全部移出；台電公司貿然再起動核二廠一號機等等。
- (二)核二廠二號機於發現 1 支錨定螺栓斷裂後，台電公司即將該螺栓斷裂面取樣送請財團法人工業研究院（下稱工研院）及原能會核能研究所（下稱核研所）進行破斷面檢驗及金相分析（奇異公司



亦依台電公司之要求，派遣材料專家來臺參與金相分析之工作），並於 100 年 12 月 14 日提送處置報告予原能會審查，該報告第六點「肇因研判」認為：斷裂原因可能是疲勞破壞或應力腐蝕龜裂，非使用環境所導致的老化。嗣核二廠一號機發現 7 支錨定螺栓有裂紋或斷裂，台電公司再委託工研院及核研所進行該 7 支錨定螺栓之相關檢測，並經輿論關切及提出質疑後，台電公司又重新認定二號機該支錨定螺栓斷裂之肇因，且竟與上開處置報告大相逕庭，認為：錨定螺栓裂紋之肇因，並非疲勞老化所造成，而係「階段性腐蝕環境」（建廠初期露天環境造成）、「以前的施工方法造成應力集中或表面缺陷」及「材料瑕疵」等（如夾雜硫化物，惟裂損螺栓之碳、硫含量仍於規範內；另裂損之 7 支螺栓有 5 支來自同一批爐號，另 2 支爐號則無法查出）三項因素同時存在，而造成應力腐蝕龜裂。原能會審查結果，亦同意上開肇因。

- (三) 經查台電公司及原能會所分析之上開肇因，均係採事後推測，而且前後不一，至今仍未能確實排除其他原因存在。再者，台電公司既稱裂損螺栓原因為裂損螺栓夾雜硫化物而有「材料瑕疵」，卻高價採購與裂損螺栓完全相同材質之螺栓作為修復之用，其所稱之肇因是否真實即有可疑之處，恐難平息爭議。原能會應審慎追蹤本案裂損錨定螺栓修復後，對於台電公司後續研提螺栓應力監測之可行性評估計畫、分析反應爐基座之動態荷載、強震儀與振動加速規之調整建議、每次大修應執行螺栓之超音波檢測及驗證預力、修訂超音波檢測程序書、續請奇異公司執行相

關分析工作及提供有關資料等管制要求，且由於部分肇因係採事後推測，應再審慎確認肇因是否確為上開 3 種因素同時存在，而造成錨定螺栓之應力腐蝕龜裂，以維核二廠之運轉安全。

#### 五、台電公司對於錨定螺栓裂損原因核有違失：

台電公司施工人員建廠時使用液壓扳手以手工鎖緊錨定螺栓於反應爐支撐裙板上，因預力大小控制不當，造成應力集中或表面缺陷，使部分螺栓於施工時即有表面缺陷之存在，致於局部應力集中區域形成應力腐蝕龜裂。該公司品管人員卻未能即時發現缺失，復因施工環境不佳與錨定螺栓材質瑕疵等情，而引發二號機 1 支及一號機 7 支錨定螺栓陸續產生裂紋或斷裂，造成二號機 1 支錨定螺栓預估修復費用 2,913,761 美元(約新台幣 9 千萬元)及一號機 7 支錨定螺栓 311 萬美元，共計 6 百餘萬美元(約新台幣 1 億 8 千餘萬元)之損失，台電公司相關施工及品保作業，顯有疏失。

#### 六、台電公司及原能會對遲延修復造成鉅額損失均有違失：

台電公司於 101 年 3 月間發現核二廠一號機 7 支錨定螺栓有裂損情事後，因未能適時明確澄清錨定螺栓裂損之原因及影響，遭致有關媒體及大眾等之質疑，致原本決定僅修復 3 支，再增至 6 支，直至 6 支均修復完成後，一號機於 4 月 18 日完成機組大修而隨時可起動時，又因大眾質疑而決定修復第 7 支錨定螺栓，致使一號機發電併聯至電力系統之時程，由原訂 101 年 4 月 21 日延後至 6 月 20 日，共延後 61 天，延後 61 日因替代燃料成本增加，而造成之損失共計為新台幣 62 億 2 千 2 百萬元，電力系統之備用容量率亦長時間降低約 3.3%，影響

供電可靠度，均有違失。

據上所述，本案台電公司施工人員於核二廠建廠時，因施工不慎而造成反應爐下方之錨定螺栓損傷，該公司品管人員卻未能即時發現缺失，復因施工環境不佳與錨定螺栓材質瑕疵等情，致一號機及二號機共 8 支錨定螺栓產生斷裂或裂紋，而須支付新台幣 1 億 8 千餘萬元之修復費用，該公司相關施工及品保作業，核有疏失；又台電公司發現錨定螺栓裂損後，所認定之斷裂原因除部分肇因係採事後推測外，且前後不一，未能適時澄清裂損之原因及影響，遭致媒體及大眾質疑，且先後三次變更修復支數，在 6 支螺栓均修復完成一號機可起動時，復因大眾質疑而決定修復第 7 支，致使一號機啟動時間延後 61 天，增加替代燃料之運轉成本損失高達新台幣 62 億 2 千 2 百萬元，電力系統之備用容量率亦長時間降低約 3.3%，均核有違失，爰依監察法第 24 條提案糾正，移送行政院轉飭所屬確實檢討改善見復。