

核一廠 2 號機「維持 75% 功率運轉」評估說明暨審查會議 會議紀錄

一、時間：106 年 5 月 4 日（星期四）下午 2 時

二、地點：原子能委員會 6 樓會議室

三、主席：張處長欣

四、出席人員：(敬稱略)

審查委員：顏家鈺、周元昉、成維華、潘 欽

本會核安中心：廖俐毅、康龍全

本 會：曹松楠、鄭再富、顏志勳、陳彥甫、林宣甫、黃郁仁

台電公司：簡福添、許永輝、潘維耀、張瑞林、吳逸群、徐錫奎、
康力仁、林貴清、陳克忠、劉興漢、陳朝福、許叔賢、
林上仁、王重章、林宏聰。

五、記錄：黃郁仁

六、主席致詞：今日首先感謝委員能協助本案審查，台電公司目前已將機組降載至約 75% 功率狀態，對於可否延時運轉，希望能儘速審查確認。

七、台電公司說明：本案係為因應 6 月上旬電力供給需求，而執行相關降載延時運轉策略。將就核一廠 2 號機降載後機組與燃料狀態，以及相關分析加以說明。

八、台電公司簡報：

核一廠 2 號機「維持 75% 功率運轉」評估說明（略）

九、會議討論事項：

(一)委員審查提問：

有關本案在爐心功率流量圖可變動運轉餘裕有多少？

台電公司回應說明：

依據爐心功率流量圖在熱功率 70% 與爐心流量 50% 以下時約略會在不穩定運轉區域，該區域距本案降載至 75% 功率與爐心流量 80% 仍有距離，可保有相當餘裕。另台電公司每次大修填換燃料會向原能會申請在 18 個月內可運轉燃耗之總能量。考量本次燃

料週期之燃耗不足以維持至 18 個月，故利用降載 75% 功率運轉方式省下 1/4 燃耗能量，以延長運轉時間。委員所關心餘裕部分，本案是透過插入控制棒調整棒位，以及降低爐心流量方式進行降載延時運轉，若有單台再循環泵發生跳脫情形，也可以立即插入控制棒方式脫離不穩定運轉區域。過去台灣電力處於緊澀時期，年假期間即曾有類似降載運轉或是因應設備故障，而短暫將機組降載檢修之案例。

(二)委員審查提問：

所述再循環泵運轉區間為 100.5Hz~133.3Hz 與廠家評估再循環泵速度頻率對應關係為何？

台電公司回應說明：

廠家評估再循環泵運轉頻率在 61~77Hz 之間為爐心組件自然頻率共振區間，再加上正負 5Hz 遠離餘裕。因此，在運轉在 83Hz 以上時即已避開前述共振區間，而目前再循環泵實際上的運轉頻率範圍是在 100.5Hz 以上。

(三)委員審查提問：

有關附件蒸汽乾燥器共振評估部分是由台電公司自行評估？

台電公司回應說明：

是的，不過美國電力研究所(EPRI)也出版 BWRVIP 對沸水式反應器爐心組件要求，針對主蒸汽集管上流速關係造成聲波共振之影響進行評估，其評估結果為不可運轉之 S 值(Strouhal Number)介於 0.25~0.6 之間，以往滿載穩定運轉 S 值約在 0.87 左右，目前降載至 75% 功率運轉時，因降載造成蒸汽流速降低結果使得 S 值餘裕變更大，依 SRV 管路幾何條件最差情況下 S 值為 1.04 左右。

(四)委員審查提問：

依照所述評估公式在機組超過滿載功率提升，蒸汽流速變大時 S 值會落入聲波共振區域，另 EPRI 報告提到功率較低時也有可能發生，但依評估公式除了蒸汽流速以外，其他為管路幾何影響，這樣機組降載就不會發生聲波共振，如何解釋？

台電公司回應說明：

EPRI 報告的確有此敘述並應依 BWRVIP-182A 等參考相關文

獻再進行評估檢視。以核一廠主蒸汽管之幾何形狀評估案例，當蒸汽流量與沖放越小 S 值餘裕越大。另 S 值亦有低限值為 0.25，假設某電廠在滿載運轉案例 S 值小於 0.25，則降載就有可能進入聲波共振區域，但原 BWRVIP-182A 報告主要還是考量機組超過滿載功率提升情況。

(五)原能會審查提問：

對於 EPRI 報告所述降載至 70% 功率亦須考量共振影響應澄清說明，並應檢視 BWRVIP-182A 等相關文獻參數引用適切性。

台電公司回應說明：

這也是為何本案降載延時運轉功率維持在 75%，並將 EPRI 報告可能發生情境納入考量，提出主蒸汽管路及安全釋壓閥相關 Vortex 影響評估計算結果，另核一廠中幅度功率提升案(SPU)對爐心組件影響亦有相關評估內容，可供檢視參考。

原能會補充說明：

EPRI 報告第一章內容與台電公司本案降載方式雖不完全相同，且不論是隨頻率或負載調整功率變動，國內核能電廠為基載運轉並無此設計功能，本案是以人為操作方式達到降載運轉，並依 IAEA 定義只要是非大修更換燃料、維護測試或機組運轉問題執行降載，均屬 EPRI 報告所述彈性運轉範圍，因此將相關資料提供給委員作為審查參考，主要考量在偏離滿載穩定運轉時，有哪些關切議題。

(六)委員審查提問：

有關台電公司所提供爐心功率與流量運轉區的圖為限制運轉熱功率範圍，但沒有限制運轉設備振動安全的圖？

台電公司回應說明：

相關爐內組件振動安全主要考量再循環系統噴射泵 Sensing Line 與 Riser Braces，其他為幾何較大組件影響較小。

(七)委員審查提問：

目前降載延時運轉供電輸出變小，主汽機轉速有變化嗎？另汽機軸承振動變化如第 3 軸承 X 方向振動參數從 2.4mils 上升到 2.6mils，在上升多少時會出現警報？

台電公司回應說明：

主發電機輸出變小，但發電設備相關控制如主汽機轉速無變化仍是 1800rpm，其振動監測達 7 個 mils 時會有警報，一般運轉會維持在 3~4 mils 以內。

(八)委員審查提問：

MSL 支管 Strouhal Number(S)值如何定出?其相關參數及 MSL 流體速度(U)值的選用依據?

台電公司回應說明：

S 值是依據 BWRVIP-182A 之定義公式算出，其中 U 值為變動量，選用為以最長及最大 SRV 支管來計算，有足夠的保守度。

(九)委員審查提問：

目前機組降載運轉其相關設備振動增加，有何監測機制?

台電公司回應說明：

目前汽機軸承振動監點為 10 點，再循環水泵振動監點為 2 點，為 24 小時由運轉員監控，並設定警報值，設備有異常可提前發現。

(十)委員審查提問：

基於安全考量，為避免進入 POWER FLOW MAP 的不穩定區，為何不以爐心流量 90%運轉，採插入控制棒方式降載?

台電公司回應說明：

因目前已至爐心末期，控制棒已大部份在全出的狀態，採爐心流量大於 80%運轉是目前較佳策略。

(十一)委員審查提問：

請補充說明機組降載至 75%，對反應爐飼水進口溫度與爐心出口雙相流乾度之影響?

台電公司回應說明：

反應爐飼水進口溫度降低約 1~2 度，本公司將列入報告重要運轉參數比對表，並再補充說明爐心出口雙相流乾度差異變化。

(十二)委員審查提問：

反應爐 75%功率運轉時，爐心流量維持在 80%~100%區間運轉，是否僅是爐心營運考量？

台電公司回應說明：

核一廠 2 號機降載之爐心流量控制在 80%以上，除有爐心營運考量外，亦參考原廠家評估爐心流量需維持在 67%以上，以避免落入再循環水泵臨界速度及噴射泵 Sensing Line 自然頻率共振區間。

(十三)委員審查提問：

報告內提及因核一廠運轉方式採維持一定熱功率 75%及爐心流量(80%以上)，故控制棒之狀態不會產生變化，請澄清控制棒佈局是否會調整？

台電公司回應說明：

核一廠 2 號機降載至 75%有再插入 3 組控制棒，後續將視爐心營運狀況，適度調整控制棒佈局。

(十四)委員審查提問：

爐心填換安全分析所使用之都卜勒係數與緩和劑溫度係數等參數，是否已涵蓋機組降載至 75%運轉之影響？

台電公司回應說明：

都卜勒係數及緩和劑溫度係數主要與燃料內鈾-239 含量隨燃耗變化有關，因此機組功率降載至 75%，前述參數應仍可適用。

(十五)原能會審查提問：

依據核一廠 2 號機運轉歷史紀錄顯示，主汽機格蘭蒸汽汽封冷凝抽氣扇運轉單台於機組低負載時有過載跳脫情形，台電公司應說明本案維持 75%功率運轉期間，若當前述抽氣扇發生單一故障時，另一台抽氣扇是否能維持原運轉功能；若兩台抽氣扇跳脫，是否導致汽機廠房高輻射警報動作，及其後續處理為何？

台電公司回應說明：

目前相關設備運轉策略及設備故障經驗已納入考量，目前以 2

台同時運轉仍為最佳化運轉方式，若其運轉效率影響汽機廠房空浮情形，將依處理程序執行相關因應措施。

(十六)原能會審查提問：

核一廠飼水加氫系統功能設計，於機組功率達 90% 以上時才會置入可用，依本案功率條件該系統已停止使用，依 BWRVIP 報告對反應爐內組件抑制應力腐蝕之經驗法則，目前電廠水化學電位能否控制低於 $-230\text{mV}_{\text{SHE}}$ 之建議要求應澄清說明及其因應措施。

台電公司回應說明：

飼水加氫主要為因應機組延役之老化管理方案，本案降載停用期間對爐內組件影響再補充說明。

(十七)原能會審查提問：

有關所提 BWRVIP-182A 共振評估案例為主蒸汽管與 SRV 在蒸汽流量變化造成的影響，對於其評估與蒸汽乾燥器幾何關係等影響應再補充說明。

台電公司回應說明：

本案降載造成蒸汽流速降低影響為依照 BWRVIP-182A 等相關參考文件進行評估，將對蒸汽乾燥器影響再補充說明。

(十八)原能會審查提問：

本案考量台電公司已於 4 月 29 日先行執行降載作業，將儘速進行審查確認，若審查結果未通過，台電公司須依原訂時程於 6 月 1 日停止運轉並執行大修作業。

十、會議決議事項：

(一)請審查委員於 106 年 5 月 5 日前針對核一廠 2 號機「維持 75% 功率運轉」評估報告審查案，提出第一次審查意見，俾本會彙整後函送台電公司答覆說明。

(二)本案將於下週擇期召開第二次審查會議。

十一、散會：下午 4 時 00 分。