

出國報告（出國類別：實習）

台中計畫汽輪機設計、安裝、運轉
維護訓練實習

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：曹哲維/中部施工處 機械工程專員

派赴國家：美國

出國期間：112年7月29日至112年8月27日

報告日期：112年10月18日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：台中計畫蒸汽輪機之設計、運轉、維護訓練研習

頁數__ 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力股份有限公司/黃惠淪/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

曹哲維/台灣電力公司/中部施工處/機械工程專員/(04)2639-6002~6415

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：112 年 7 月 29 日至 112 年 8 月 27 日 出國地區：美國

報告日期：112 年 10 月 18 日

分類號/目

關鍵詞：蒸汽輪機

內容摘要：(二百至三百字)

本公司為因應未來台灣電力系統整體需求，配合政府節能減碳之環境保護政策，優先使用潔淨天然氣發電，提升發電營運績效與競爭力，以及降低發電時之溫室氣體排放強度，乃於台中電廠進行電廠新建計畫，設置兩部 130 萬瓩燃氣複循環機組，為使目前施工安裝以及後續運維工作能順利進行且確保機組能高效穩定的運轉，特此派員赴廠家美國休士頓奇異公司訓練中心，研習蒸汽輪機及其附屬設備的規劃設計、製造、測試及維護等相關知識和技術，同時並參訪機組相關設備的訓練情況。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

(<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

目錄

壹、	前言	2
貳、	研習目的與過程.....	4
參、	研習內容.....	5
肆、	問題與討論.....	32
伍、	研習心得與建議事項	34

壹、 前言

由於電力建設攸關國家安全、全民福祉與經濟發展，實為國家主要基礎建設之一，為滿足國內電力需求及質優價廉之電力，本公司長期電源開發規劃係以能源安全、供電經濟性及環境保護等因素作綜合考量，在系統成本最小化目標下，評估分析最佳規劃目標。台中電廠是世界第四大火力發電廠，位於臺灣臺中市龍井區。1980 年代由台電公司興建，廠區為抽取台中港航道的砂浚填成之新生地，面積達 277.5 公頃。是第一個經過環境影響評估審核通過後才興建的電廠，並且是一座公園化的電廠。目前除裝設有 10 組燃煤機組、4 部氣渦輪機組，合計裝置容量達 578 萬瓩。

近年來因應臺灣中部用電成長以致區域電源已不足，加上民眾減煤減排期待，開始推動興建燃氣機組，因而成立本計畫設置 2 組 130 萬瓩燃氣複循環機組，另包含一船席之液化天然氣(LNG)接收碼頭及 5 座液化天然氣(LNG)儲槽，以逐漸取代燃煤機組。利用既有廠址(如圖 1)進行機組新建計畫，新建後電廠後的示意如下圖 2。



圖 1.台中電廠現況



圖 2. 台中電廠新建燃氣機組計畫執行後主發電設備示意圖

除了既有廠址再利用之功效外，本計畫還可就近供電中部，以彌補中部地區電力缺口、燃料供應便利，鄰近台中發電廠，無需長途鋪設天然氣供應新管線以及機組的汰舊更新。台中新建燃氣複循環機組的淨效率則可高達 63%(LHV)，為目前為 GE 公司最高效率機組。

為使機組安裝工程順利進行及後續運轉維護工作能盡善盡美的達成，並讓機組能於安全且穩定的情境下運轉，同時習得此最新機組之相關設計理念以及操作運維的知識以熟稔機組的特性，發揮其最大效能。依計畫合約規定須派員參與得標廠家所安排蒸汽輪機設計、安裝、運轉維護訓練等相關知識和技術。

貳、 研習目的與過程

一、赴美國休士頓 GE LEARNING CENTER 參加台中電廠新建燃氣機組計畫汽輪機設計、安裝、運轉維護等相關知識和技術及實際參訪設備廠家，加速對於設備的熟稔，以利後續安裝運維等工作能順利推動。

二、過程:

此次實習起訖日期、參訪機構及實習內容如下表一：

起迄日期	參訪機構	實習內容
112 年 7 月 29 日		赴美國休士頓
112 年 7 月 31 日	HLC	蒸汽輪機設計、運轉、控制理念
112 年 8 月 16 日	HLC	蒸汽輪機維護
112 年 8 月 26 日		回程

表 1. 實習課程及工廠參觀活動日程表

本次實習地點位於美國休士頓 GE Learning Center，位址如圖 3，我國多項採購案皆有 GE 相關設備，例如成功級巡洋艦發動機組、F-18 引擎、通霄小型發電機組，於 GE 中心皆有實體提供來此學員了解觀摩。



圖 3. GE Huston Learning Center

參、 研習內容

一、 蒸汽輪機

台中電廠新建燃氣機組計畫汽輪機為美國 GE 公司 D654 型式(如圖 4)，其設計組成包含一座高壓 25 級反應式蒸汽輪機(圖 5)、一座中壓 14 級反應式蒸汽輪機(圖 6)及兩座低壓 6 級反應及衝壓混合式蒸汽輪機(圖 7)。

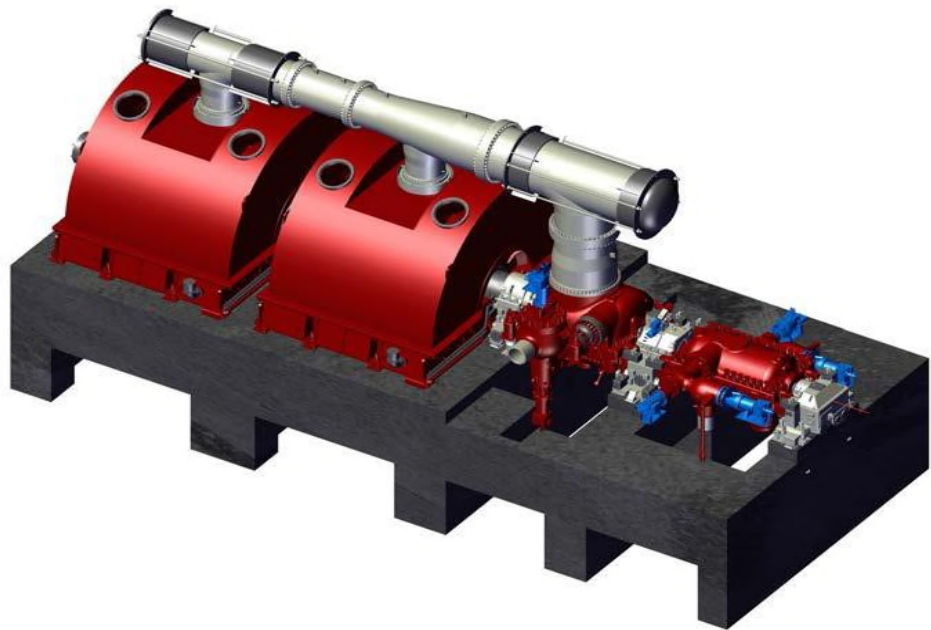


圖 4 台中新建燃氣機組蒸汽輪機示意圖

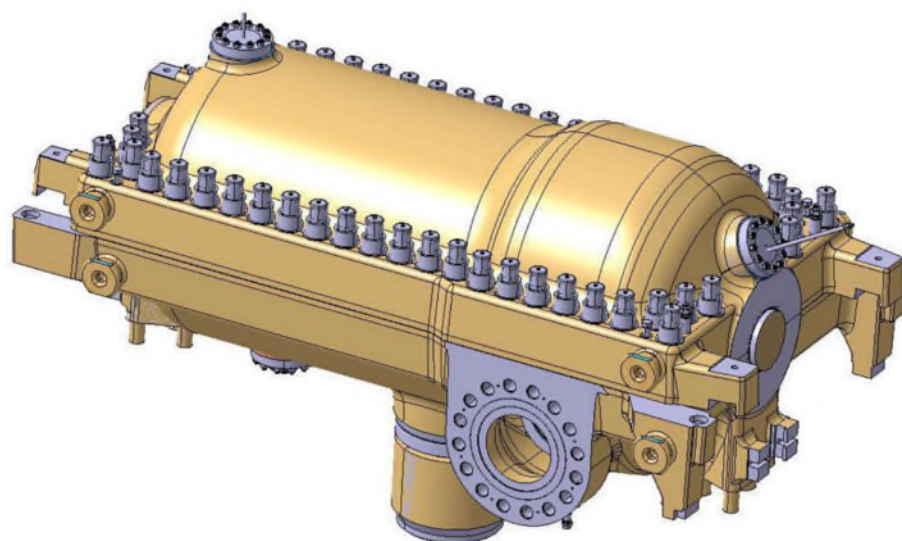


圖 5 蒸汽輪機高壓段

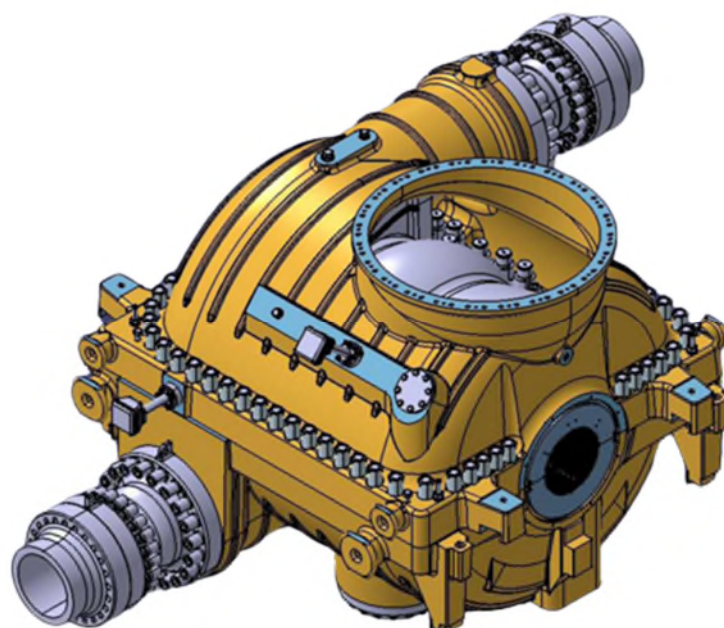


圖 6 蒸汽輪機中壓段

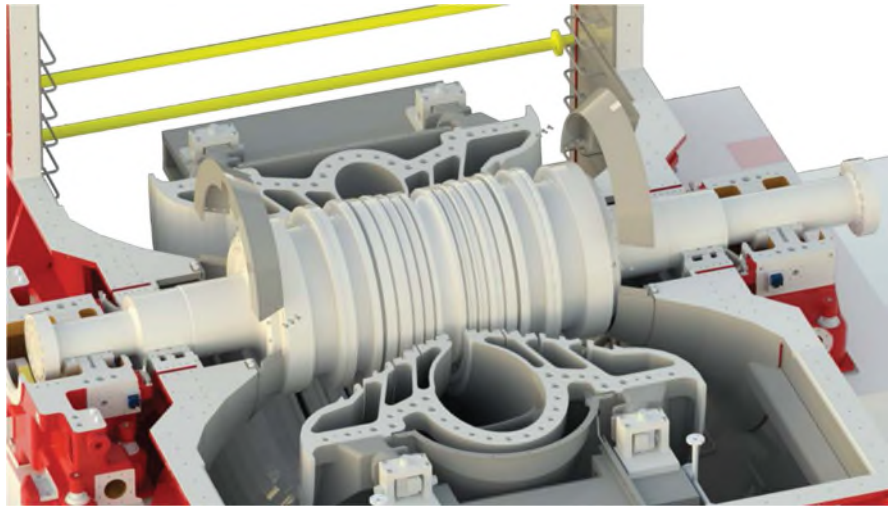


圖 7 蒸汽輪機低壓段

本案系統設計分為高壓、中壓、低壓三套壓力系統、如下圖 8

高壓蒸氣系統傳輸來自兩個熱回收鍋爐(HRSG)加熱至 285bar 攝氏 600 度之過熱蒸氣，然後經由 MSV(Main Steam Stop Valve)、MCV(Main Steam Control Valve)進入高壓汽缸作功，然後回到 CRH(Cold Reheat System)系統加熱。

中壓蒸汽系統經由熱回收鍋爐(HRSG)再次加熱至 35bar 攝氏 600 度之過熱蒸氣，經由 HRH(Hot Reheat System)系統由 ISV、ICV 入中壓汽缸作功，作功後經由跨管進入到低壓汽機。

低壓蒸汽系統由熱回收鍋爐(HRSG)加熱，由 LPACV 及 LPASV 閥控制，與 IP Turbine 作功後之蒸汽混合、由低壓汽機上方跨管進入低壓汽機作功。

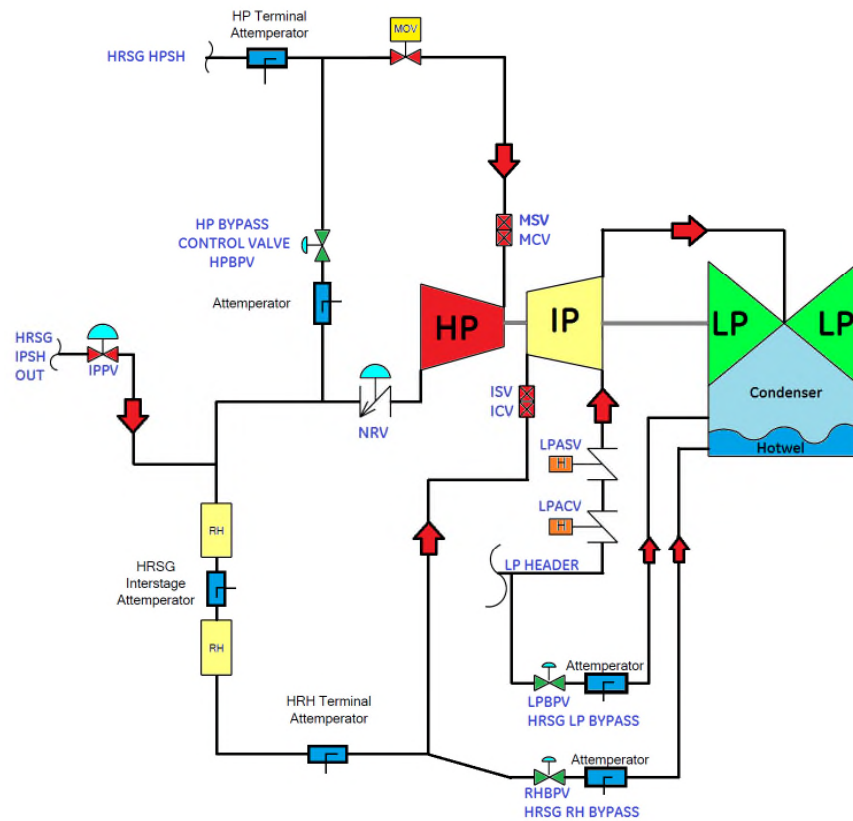


圖 8 蒸汽流向示意圖

蒸汽輪機於高壓、中壓段因為進氣溫度較高，葉片受熱伸長量變化差異極大，為了增進葉片身長量與機殼間隙控制的可靠性，避免機組因溫度變化產生葉片與機殼干涉，導致機組損壞，GE 公司於設計高壓蒸汽輪機及中壓蒸汽輪機時，以內外缸設計方式，由外缸包覆內缸，作功後的蒸汽溫度包覆內缸再由高壓排氣口進入 Cold Reheater 系統，進而有效減少內缸與外部溫度的差異，如此能有較為有效的控制蒸汽輪機內外缸溫差所產生的伸長量如圖 9、10。

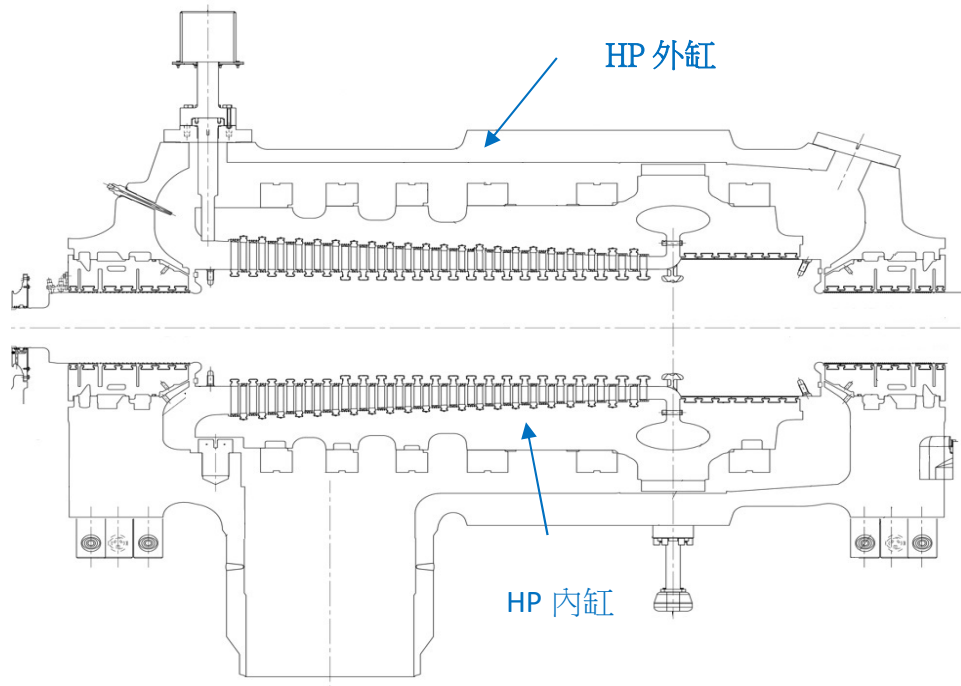


圖 9 蒸汽輪機高壓缸

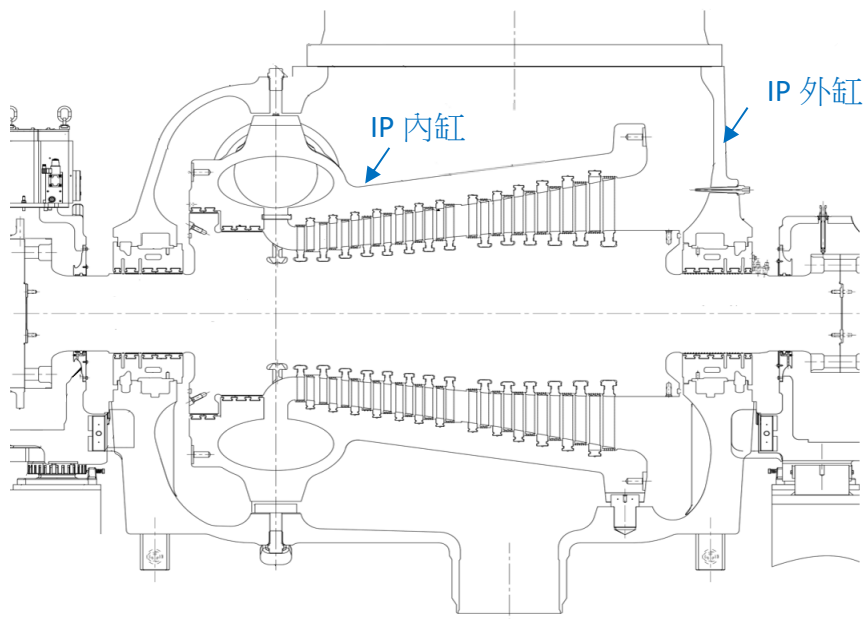


圖 10 蒸汽輪機中壓缸

三、蒸汽流向設計

蒸汽進入蒸汽輪機後，其產生的推力產生軸方向的推移，因而蒸汽流向設計對於蒸汽輪機穩定運轉密不可分的關係，本案 GE 公司設計為高壓進汽側蒸汽流向與中壓進汽側蒸汽流向以相反方向設計，藉由

高、中壓蒸氣流向不同而抵銷其推力，達到穩定轉軸的效果，如圖 11；另外低壓汽機轉子採中間進汽往兩側排汽的方式，使得轉子可以在運轉時達到穩定平衡，如圖 12。

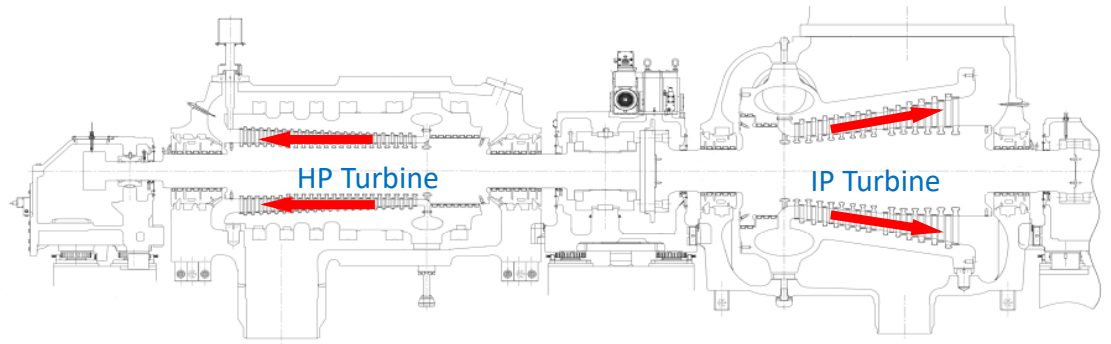


圖 11 高、中壓缸內部蒸氣流向

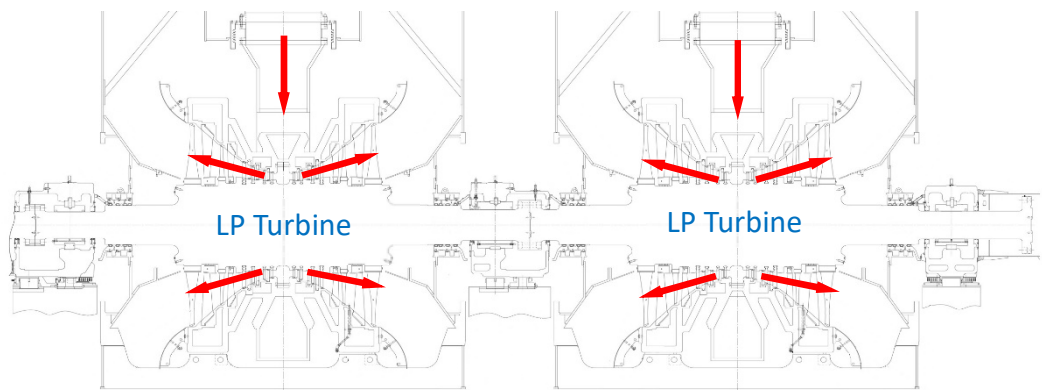


圖 12 低缸內部蒸氣流向

蒸氣通過葉輪葉輪膨脹並衝擊渦輪葉片的方式可以分為脈衝式 (Impulse)或反應式兩種設計(Reaction)，本案高、中壓汽機葉片採反應式設計，而低壓汽機葉片則為反應式與脈衝式兩種方式混和設計，目前主流設計皆為反應式為主，具經驗表示反應式動葉片較脈衝式葉片

能多提供約 2%的效率，但是反應葉片設計的汽封效果又沒有脈衝式葉片設計的好，其設計上仍需綜合考量，如反應式汽封沒有達到完善，從旁洩漏的汽封可能造成蒸氣流向的混亂，因而降低效率。

脈衝式渦輪機中，蒸汽在靜葉片處膨脹並傳遞到動葉片將動能轉化為機械能，如圖 13。在反應用式渦輪機中靜葉片和動葉片處發生膨脹，葉片通道面積連續變化蒸汽在渦輪葉片上連續膨脹，如圖 14。

蒸汽膨脹發生在脈衝式渦輪機的固定噴嘴處；動能轉化為渦輪葉片上的機械功。整個壓降發生在噴嘴處，而葉片通道處的壓力保持大致恆定。

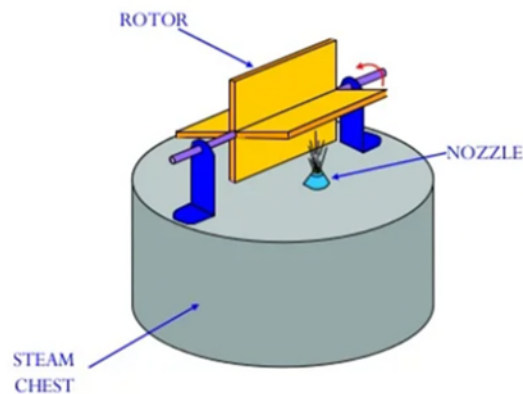


圖 13 脈衝式設計示意

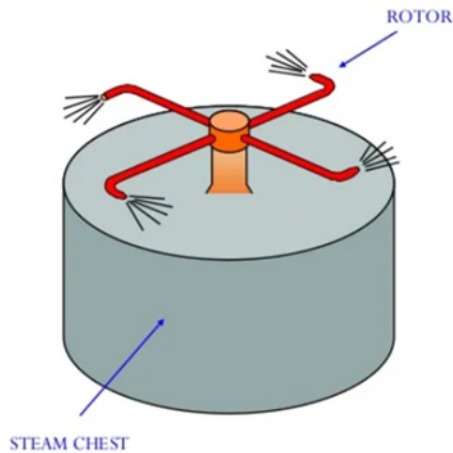


圖 14 反應式設計示意

四、蒸汽閥簡介

蒸汽輪機於基主運轉考量到本身轉軸受熱膨脹的伸長量及轉軸的轉速快慢皆會直接影響到軸承上的葉片會不會干涉到機殼，因此控制蒸汽進入蒸汽輪機的流量就扮演著至關重要的角色，在高壓蒸汽閥分為高壓關斷閥 Main Stop Valve (MSV)及高壓控制閥 Main Control Valve (MCV)，如圖 15，高壓閥操作時壓差甚鉅，故在閥體內部設計一領航閥(Poilet valve)於開啟時先打開內部的小閥，待進出口兩端壓力差變小時，以利開啟閥門，如圖 16；中壓蒸汽閥分為中壓關斷閥 Reheat Stop Valve(RSV)及中壓控制閥 Intercept Valve(ICV)，本案設計為將中壓關斷閥及控制閥一併設計於同一閥體 Combined Reheat Valve，如圖 17、18；低壓蒸汽閥分為低壓關斷閥 LP Admission Stop Valve 及低壓控制閥 LP Admission Control Valve，如圖 19。

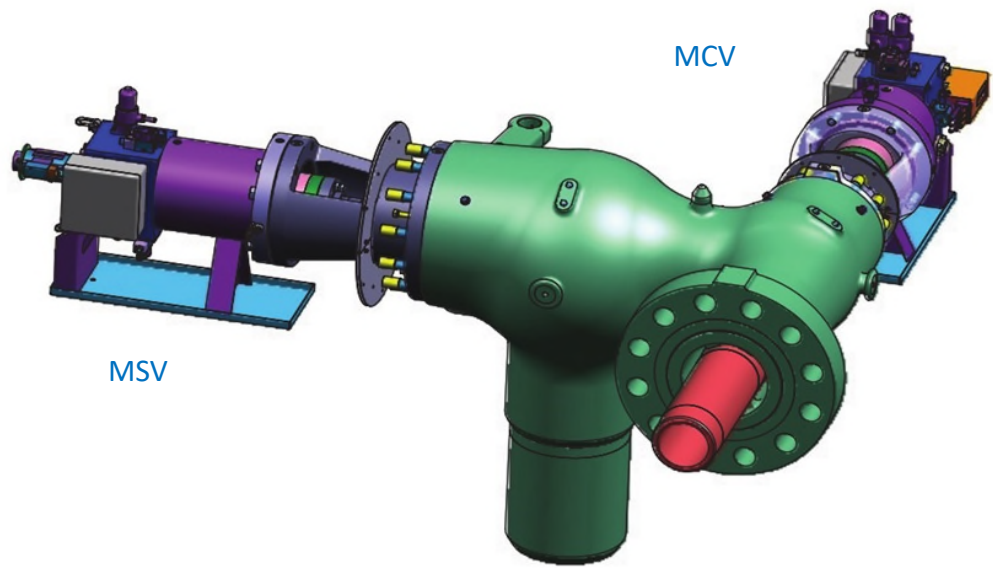


圖 15 主蒸汽關段閥及控制閥示意圖



圖 16 主蒸汽閥內部領航閥示意圖

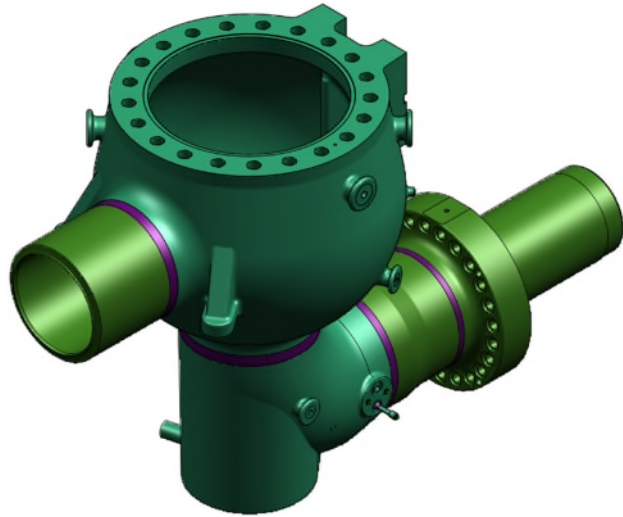


圖 17 中壓蒸汽閥示意圖

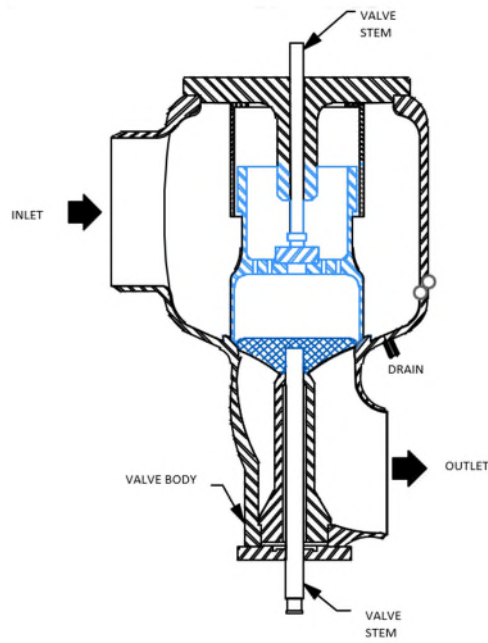


圖 18 中壓蒸汽閥內部示意圖

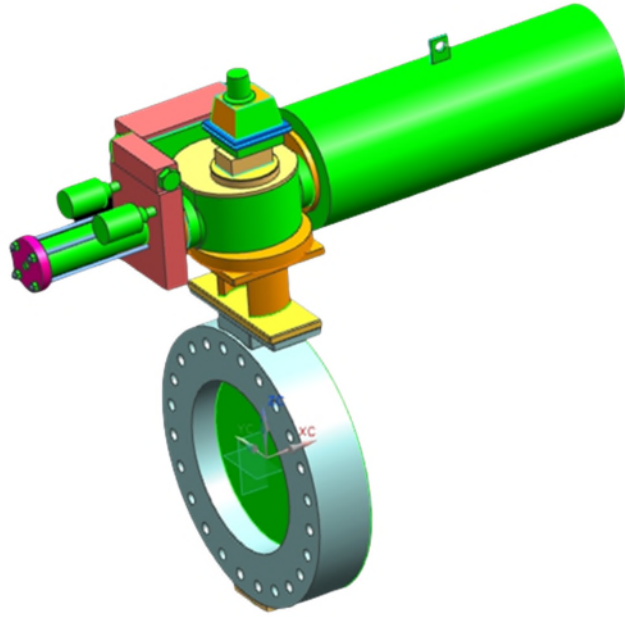


圖 19 低壓關段閥及控制閥示意圖

高壓、中壓、低壓蒸汽輪機的主蒸汽閥，需要定期測試確保其預期功能正常，確定其閥體是否作動順暢、驅動器操作是否操作正常、以及液壓油是否穩定供應，如此才能確保蒸汽輪機運轉時轉速控制，發生超速情形才能有效藉由閥門控制避免因速度過快造成葉片損傷，建議測試時間間隔如下表 2。

閥名	測試間隔
Main Stop Valve (MSV)	每天
Main Control Valve (MCV)	每天
Combined Reheat Valve (CRV) (includes Intercept and Reheat Stop Valve)	每天
LP Admission Stop Valve	每天
LP Admission Control Valve	每天

表 2 主蒸汽閥測試間隔

上述閥皆可以於機組運行時，線上測試是否作動正常，以確保超速跳脫時能正常關閉，測試後可以依照測試後的圖表觀察閥作動是否有黏

滯現象或是異常的情形產生。

本機組超速跳脫保護設置於 110%，蒸汽輪機運轉速度如超過額定轉速 3600RPM 10%即 3960RPM 時機組會跳脫(TRIP)保護蒸汽輪機，如圖

20。

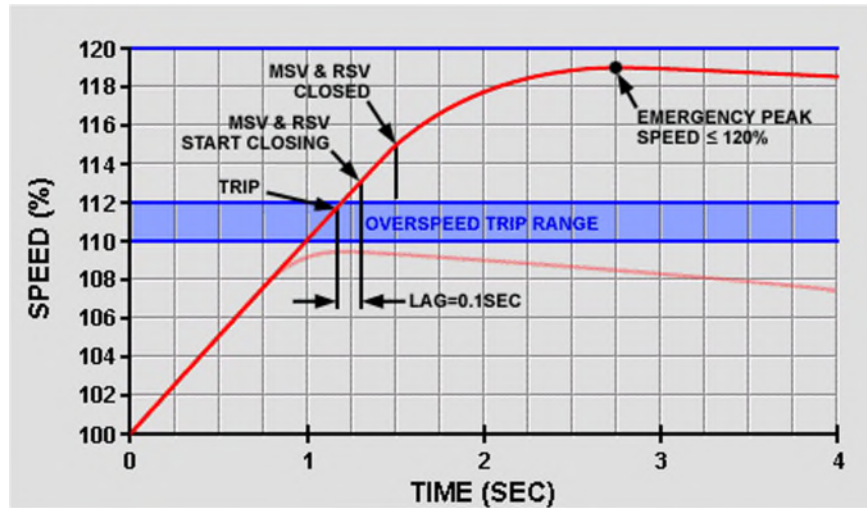


圖 20 超速跳脫保護設定

五、汽機軸承座

蒸汽輪機可分為高壓汽機、中壓汽機、低壓汽機及發電機組成，其每一部件的重量皆不相同，為了再安裝後能有效且快速的對心，再設計時已事先考慮安裝後之變形量，所以再安裝軸承基座時，需各別對每個軸承座的高程做個別的確認，後續安裝才能順利完成，如圖 21。

本機組軸承做共配置高壓軸承座、中壓軸承座、低壓軸承座及發電機軸承座，總共 7 座。

上述安裝軸承座時，軸承座下方有可以調整高程的板來提供調整，在 GE 設計時如安裝高程準確理論上在各轉子對心時，可達對心所需之數值，因現況安裝有許多誤差，因此於現場須仰賴工程師做對心調校，此動作往往需要較長的時間反覆調整才能完成。

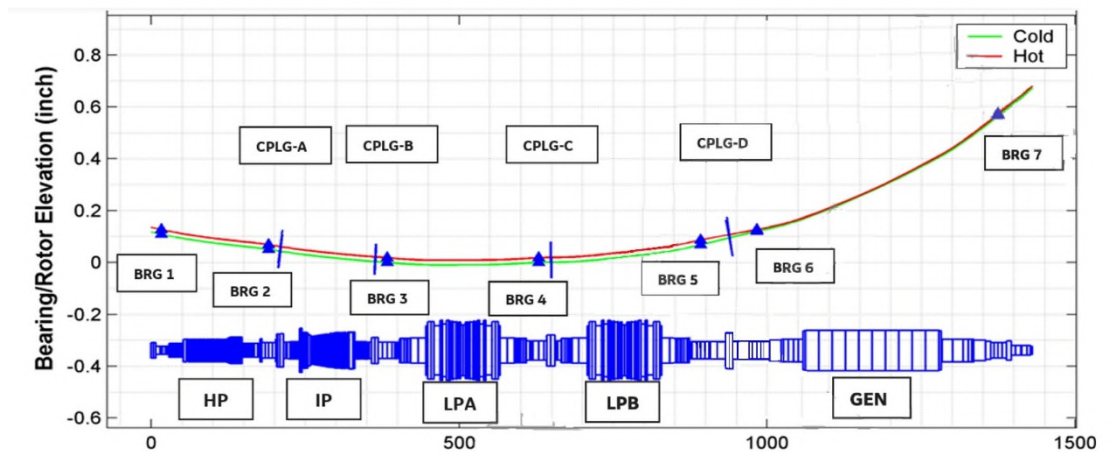


圖 21 蒸汽輪機軸承座調整高程示意

軸承安裝於軸承座作為轉軸之重要零件主要功能分為，其控制軸向、徑向位置，轉軸於軸承上運作時能有較小的摩擦力、乘載轉軸的重量。

發電機軸承，採用徑向軸承(Journal Bearings)及斜墊軸承(Tilting Pad Bearings)的複合設計，內有傾斜墊塊設計，並有油於內部潤滑產生一層油膜降低摩擦，具有最小的功率損耗和最佳的動態特性，如圖 22。

高壓、中壓及低壓軸承採 Elliptical Bearings 橢圓式軸承，其特性為水平方向直徑大於垂直方向直徑，除需注入較多的油外，此軸承較一般徑向軸承使用穩定，且使用於高速大型軸負載重的條件，如圖 23。

在各徑向軸承限制後，考量到軸向受熱後的身長量控制，GE 公司於熱變化最劇烈的 HP-IP 端的軸承座設置止推軸承，其讓主軸膨脹方向分別往高壓汽機出口及中壓汽機出口膨脹，作為控制蒸汽輪機動葉片及靜葉片間隙計算的基準，如圖 24、25。

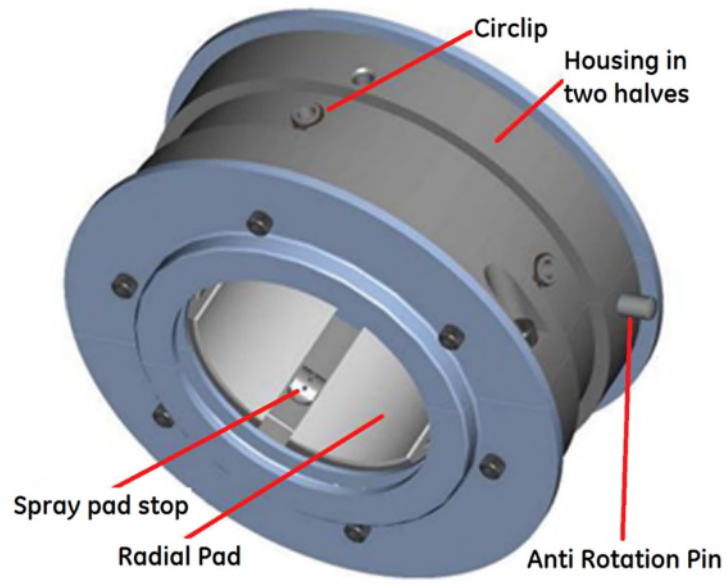


圖 22 徑向軸承示意圖



圖 23 橢圓軸承示意圖

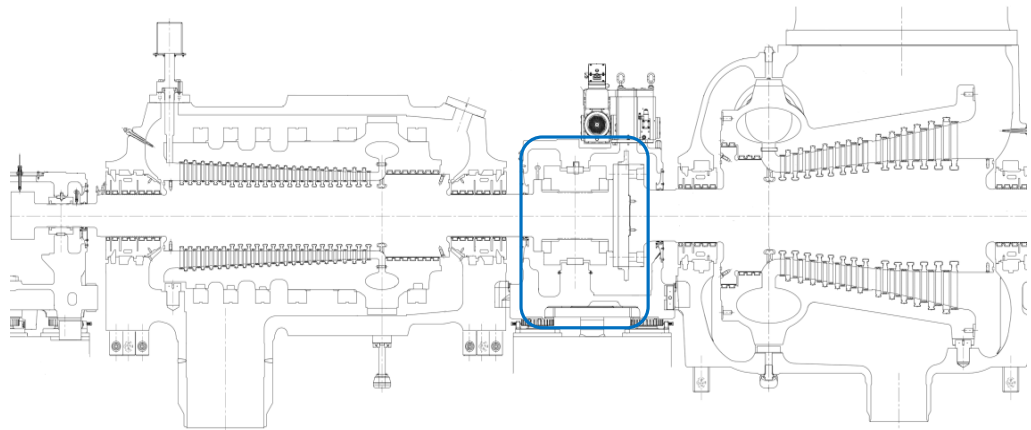


圖 24 止推軸承安裝位置圖

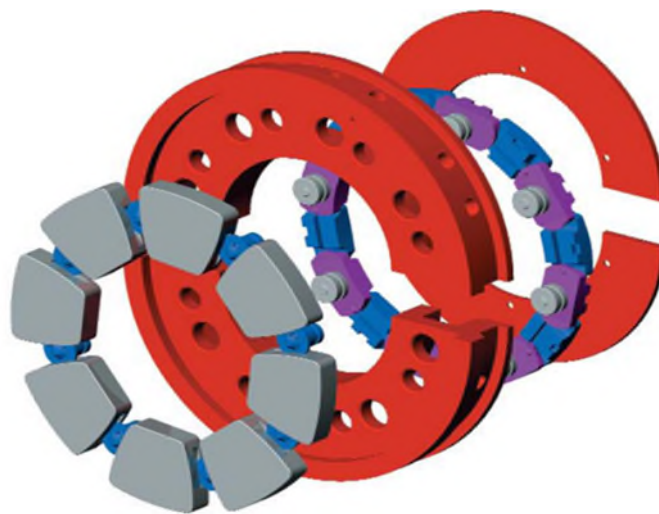


圖 25 止推軸承示意圖

六、慢車(Turning gear)

Turning gear 以旋轉的操作手段，於蒸氣輪機停止後可以讓主軸平均受熱得一種方式，避免主軸受熱影響導致主軸彎曲，進而防止軸封間隙變大產生干涉或運轉震動變大等不利運轉的因素，如圖 26。

停機後轉軸應持續轉動至機殼溫度低於 260 度 C 及軸承潤滑油溫度低於 150 度，已達保護汽機，否則機組可能因為溫度差異過大導致主軸

產生貓背現象(bow rotor)，更嚴重會使葉片與機殼干涉(Locked rotor)，因此有效的控制機組停止後的機殼溫度及潤滑油溫度至關重要，所以 GE 公司也於控制屏幕上建立相關參考軸變化的監控數值，建議於 4 個軸承的變化率於正常值後再停止 Turning gear。

慢車啟動期間，潤滑油系統必須持續運轉提供軸承潤滑，如此可以有效避免軸承及轉軸的損壞，再者潤滑油系統啟動期間潤滑油溫度需於允許運轉溫度範圍內，以有效的保護軸承巴氏合金不會超過 150°C 造成軸承損壞。

慢車啟動需要注意事項如下：

1. 潤滑油壓力不能低於設定值
2. 頂升油系統必須於作動狀態
3. 速度感測器座動正常

慢車啟動程序如下：

1. 轉軸於靜止狀態
2. 潤滑油系統啟動
3. 頂升油泵啟動
4. 慢車啟動
5. 控制閥開啟
6. 慢車退出
7. 轉速升速至額定轉速 50%(1800rpm)，頂升油泵關閉

機組停機順序如下：

1. 機組轉速由 3600rpm 降至 1800rpm
2. 頂升油泵啟動
3. 機組轉速降至 4.3rpm
4. 慢車尺齒輪接合

5. 慢車升速至 16rpm

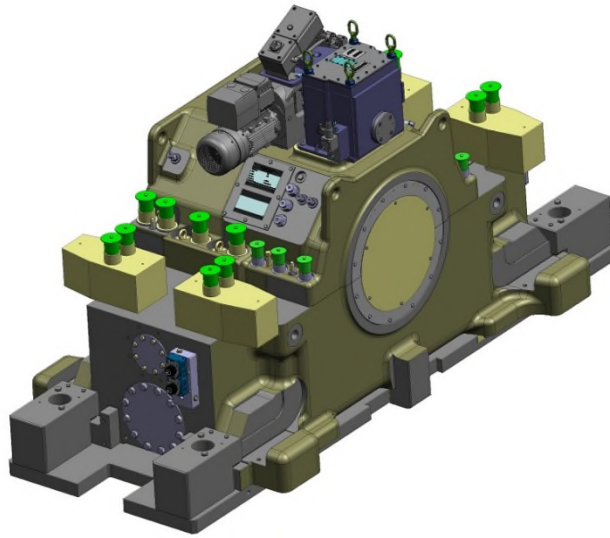


圖 26 慢車系統示意

七、潤滑油槽及相關系統(Lube Oil System)

本機組潤滑油系統(Lube Oil System)，如圖 27 為兩台 AC 主潤滑油泵、一台 DC 緊急潤滑油泵、兩台熱交換器、濾網及壓力控制閥，主潤滑油泵為單台 100%可以滿足軸承潤滑油及密封所需之潤滑油，另外一台處於持續待機狀態，如果潤滑油壓力降至低於設定值，備用泵會自動啟動。緊急潤滑油泵鄰近於兩台主油泵旁邊，其電源為直流電源，如潤滑油管路壓力低於設定值時會自動啟動，以達到保護軸承之功能；潤滑油系統配有過濾器及熱交換器，確保供給軸承的潤滑之溫度及粒徑，建議對潤滑油定期取樣檢驗，以確保潤滑油供給品質穩定。

潤滑油槽內部馬達及泵，建議至少每三個月量測震動數值、溫度及添加潤滑油脂，以為持機組穩定運轉。

板式熱交換器，如圖 28，具有空間小效率高的特性，因此潤滑油系統中設置兩組熱交換器，由廠用水提供冷卻水源流入板式熱交換器中與潤滑油作熱交換，而達到溫度控制的效果，如潤滑油壓差過大時可以

切換至另外一側的熱交換器及濾網線路以保持潤滑油的穩定供給，
 潤滑油系統管路裝置一個限流板(Orifice Plate)，如圖 29，再搭配壓力
 控制閥來控制潤滑油出口壓力。

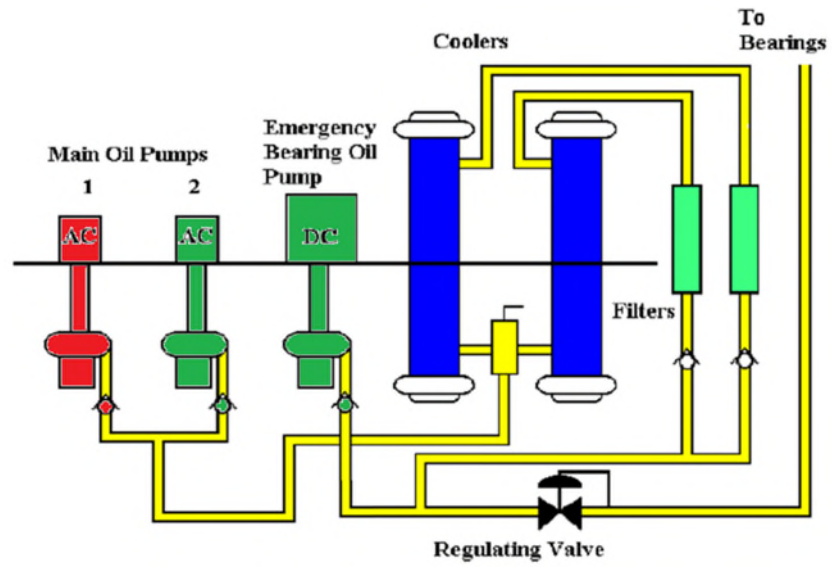


圖 27 潤滑油系統示意圖

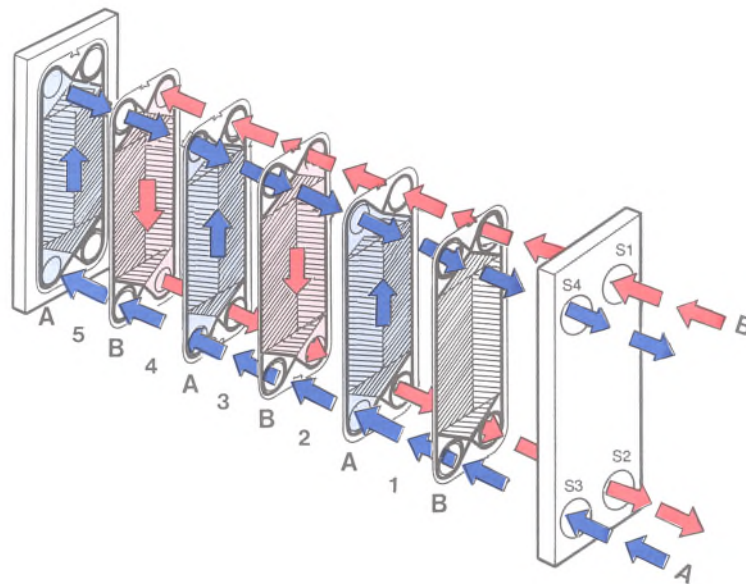


圖 28 板式熱交換器式意



Typical Orifice Plate

圖 29 限流孔

潤滑油槽，如圖 30，設置兩台油封泵 AC Seal oil Pump 用以提供發電機氫氣使用之油封，每台油封泵皆設計 100%容量，一台運轉另一台則為備用，在兩台油封泵旁，同時設置一台直流電源緊急油封泵，如油封壓力低於設定值，緊急油封泵會自動啟動供給油封所需用油，因於使用於發電機氫氣油封，相對於潤滑油槽設置兩組排氣風扇，供氣體溢散。

頂升油泵使用油與潤滑油相同，並於機組啟動或停止時提供慢車使用，其運轉或停止為參考主軸額定轉速，於主軸額定轉速 50%以下頂升油泵會作動供給軸承頂升用油，於主軸額定轉速 50%以上則頂升油泵停止，油潤滑油供應軸承即可。

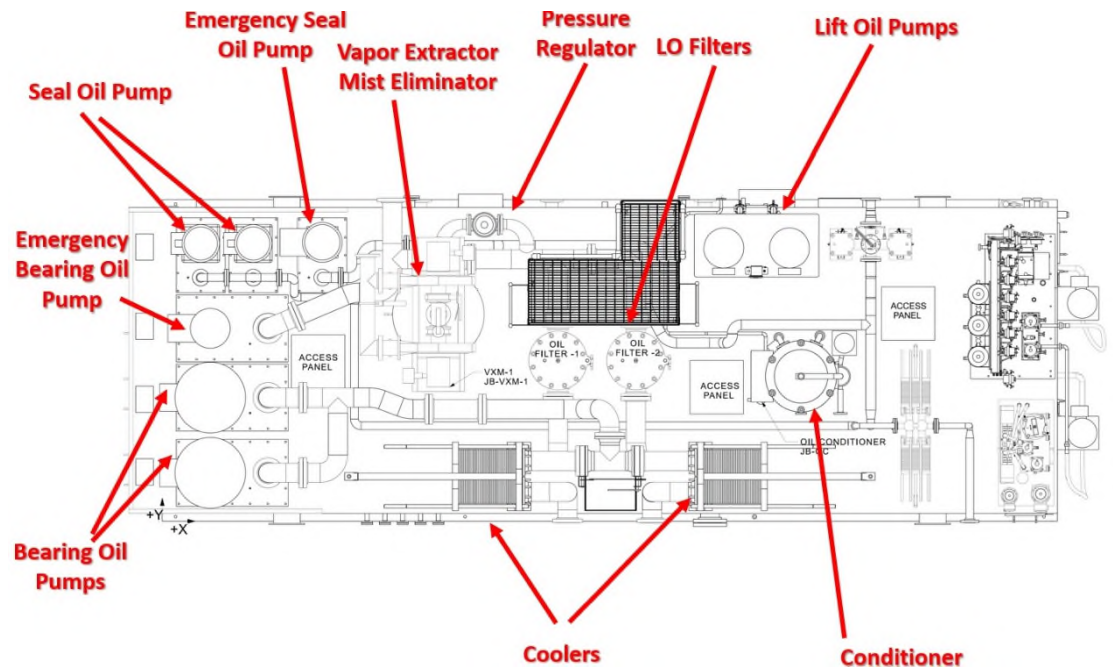


圖 30 潤滑油槽

潤滑油油槽裡面油提供至液壓油系統(Hydraulic System)使用，如圖 31，供給高、中、低主蒸汽閥(MSV、MCV、ISV、ICV、ASV、ACV)使用，其液壓系統關係蒸汽進入蒸汽輪機的控制穩定與否，因此液壓系統設置兩台液壓油泵，一台為運轉時供給所需液壓油用、另一台則為備用泵，並設置濾網、冷卻器、續壓器等相關組件。

液壓油系統設置調節系統(Conditioning System)，其運行確保油水分、顆粒大小能符合運轉需求，並設置續壓器避免突然的壓力變化造成相關閥類控制不穩定，續壓器上方可以外接儀錶確認續壓器功能，為如需測試續壓器功能時，必須於入口端隔離，並打開相關回流閥才可安裝儀表確認續壓器功能；系統中因考量油溫過低，因此配備加熱器確保溫度不低於 32°C。

為了有效控制油的水分含量，液壓油槽由外部接儀用空氣經乾燥器等相關設備後進入液壓油槽內，然後經由排氣管線排出，以確保液壓油

槽內部空間空氣的濕度。

DC 泵為緊急時所使用的系統，因此測試 DC 泵是否正常運轉至關重要，壓力閥偵測失去油壓、或失去交流電時，緊急油泵皆會啟動，建議每周做測試確保機組安全，測試方法可於盤控控制、現場控制盤啟動或者手動隔離壓力偵測閥。

液壓油對於油的水分及粒徑大小皆比潤滑油所需品質高，因此建議每三個月對液壓油進行油品取樣檢測。

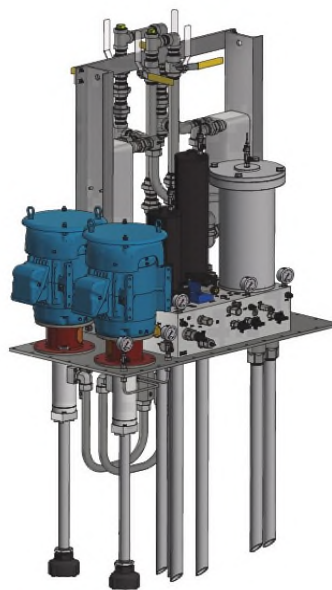


圖 31 液壓油系統

八、格蘭蒸氣系統(Gland Steam)

為了使機組有效作功，避免高壓、中壓蒸汽輪機內部的蒸汽向外溢出，低壓蒸汽輪機內部進入空氣，需仰賴格蘭蒸汽系統對運轉中軸承做有效的密封已達運轉機組最大效率，其設計分別如下：

高壓蒸汽輪機設計分為三個部分，分別為 Leak off、Gland steam 和 Gland Exhaust，分為啟動初期，如圖 32，即機組運轉穩定，如圖 33，因高壓端內部壓力較高作功後之蒸汽會導入 CRH 系統中，機組啟動時

設計先由格蘭蒸汽系統提供所需之格蘭蒸汽，經由 Gland steam 控制閥控制所需的格蘭蒸汽流量，格蘭蒸汽控制閥後方裝置一個噴水間溫裝置，用以控制進入高壓、中壓格蘭蒸汽溫度。

高壓端格蘭蒸汽啟動初期由 Steam Supply 流入至高壓端格蘭汽封，然後分別流向 Vent System 以及 Leak off line 然後進入高壓轉子，如圖 34，等待機組穩定運轉後，Gland steam 控制閥會關閉，Gland steam dump 閥會打開，讓 HP 高壓轉子做功後的蒸汽(CRH)進入格蘭系統提供密封所需的蒸汽，由高壓汽機轉子格蘭汽封經過 Leak off line 進入中壓轉子，以及 Steam Supply line 提供中壓及低壓所需之格蘭蒸汽，最後進入 Gland Exhaust 系統中，如圖 35。

中壓轉子格蘭汽封於啟動初期由格蘭蒸汽系統經 Gland steam 控制閥供應，待機組運轉穩定後 Gland steam 控制閥關閉，Gland steam dump 閥會打開，中壓轉子格蘭汽封所需之格蘭蒸汽由高壓轉子經由 Steam Supply Line 提供給中壓轉子格蘭汽封。

低壓轉子格蘭汽封於啟動初期由格蘭蒸汽系統經 Gland steam 控制閥供應，因低壓端工作溫度較低再提供低壓轉子格蘭汽封前會經過一個熱交換器降低格蘭蒸汽的溫度，避免低壓轉子格蘭汽封與轉軸溫度差異過大，待機組運轉穩定後 Gland steam 控制閥關閉，Gland steam dump 閥會打開，低壓轉子格蘭汽封所需之格蘭蒸汽由高壓轉子經由 Steam Supply Line 提供給低壓轉子格蘭汽封。

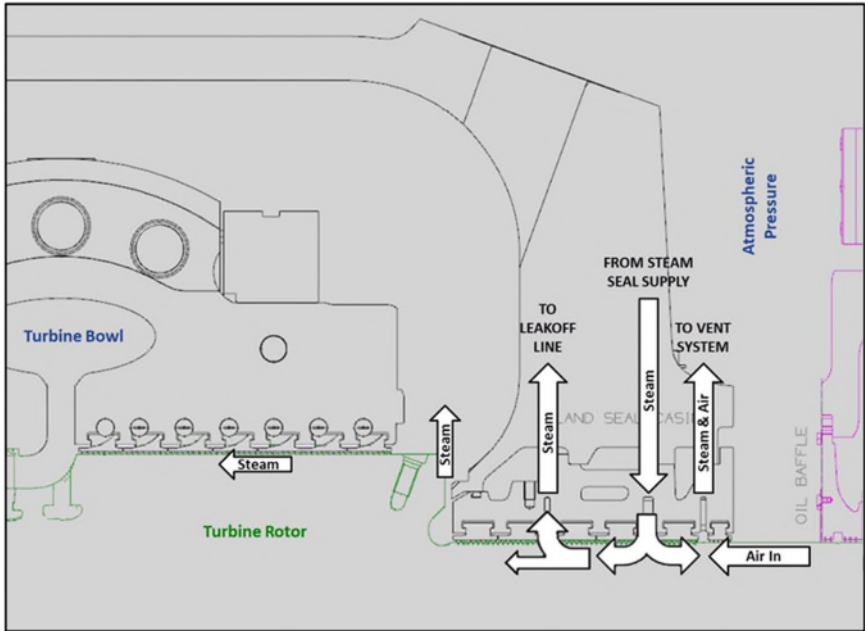


圖 32 格蘭蒸汽流向(機組起機時)

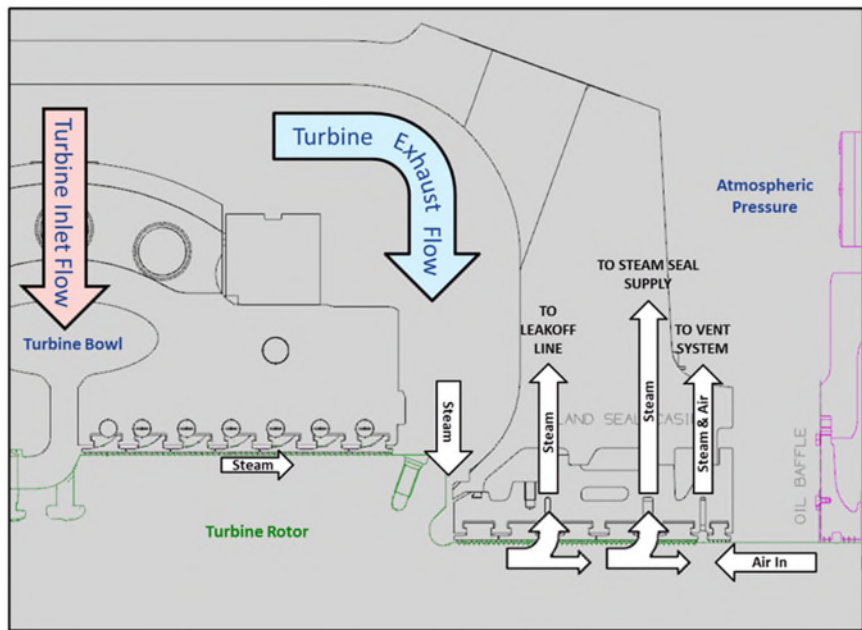


圖 33 格蘭蒸汽流向(機組穩定運轉後)

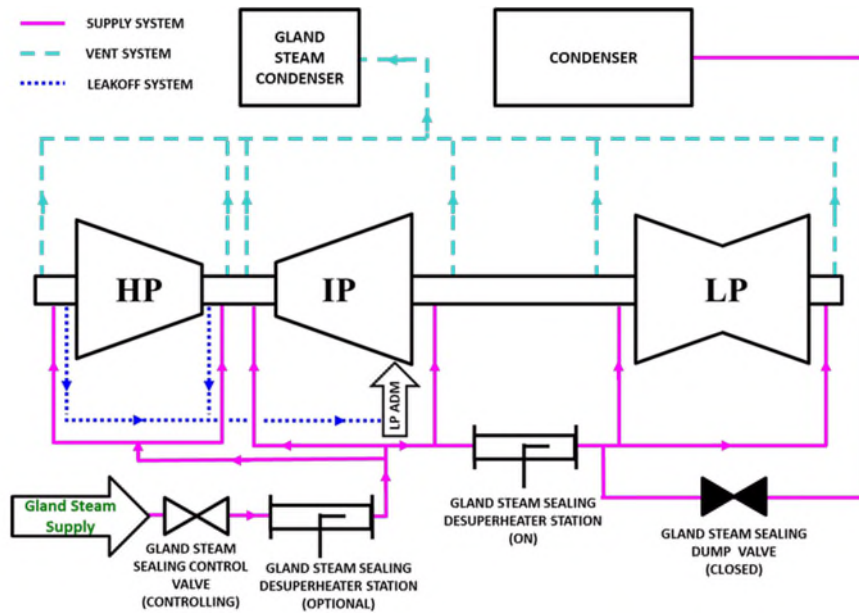


圖 34 格蘭蒸汽供應式意圖(機組起機時)

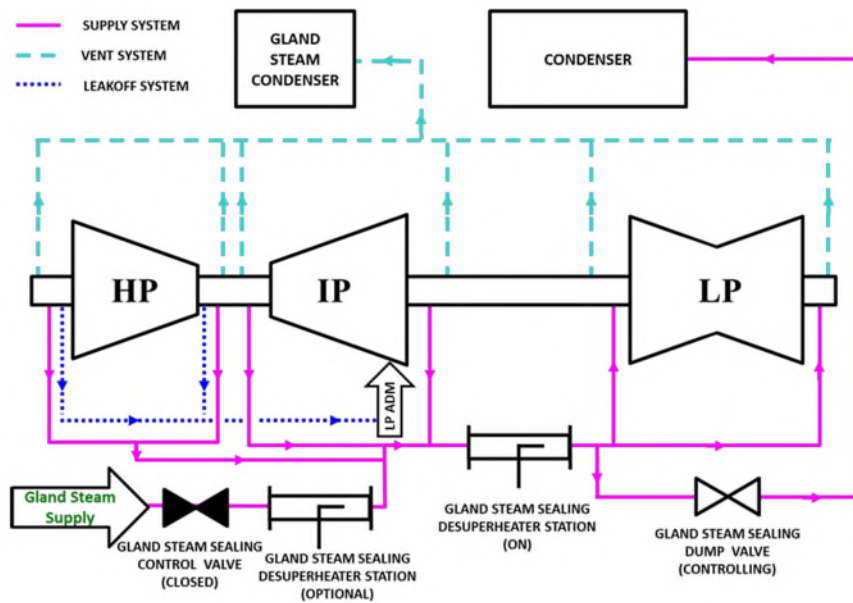


圖 35 格蘭蒸汽流向(機組穩定運轉後)

九、排氣噴霧系統(Exhaust Hood Spray System)

蒸汽輪機啟動或未負載期間，低壓汽機蒸汽溫度可能會很高，排溫度過高可能導致葉片伸長量過大與機殼產生干涉，造成機組損壞，為了避免這種不良情況產生，因此在低壓蒸汽輪機末端出口設置了噴嘴，

並由冷凝水系統提供冷卻水源，降低蒸汽溫度減少熱膨脹產生的影響。

在蒸汽輪機設有溫度感測器，當溫度過高時，系統會發送訊號至噴水減溫控制閥，提供所需冷卻的水源，其噴嘴方向並不會朝向葉片，避免葉片受損害，待溫度達到允許範圍後，噴水減溫閥即關閉，如圖

36。

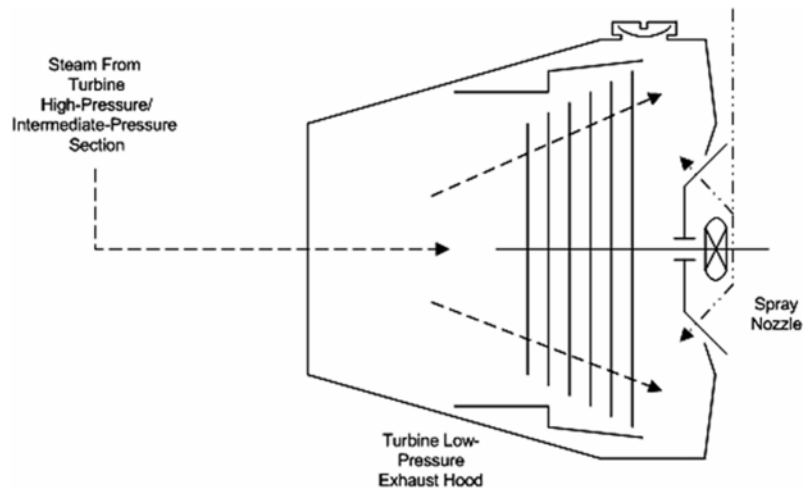


圖 36 低壓蒸汽輪機末級葉片噴霧

十、蒸汽輪機壓力及溫度誤差

設計蒸汽輪機各部件，葉片、閥體、轉軸、殼體等，皆須考量額定運轉時的壓力、轉速、溫度等條件，作為各部件壽命設計參考，因此設計允許誤差就關乎運轉條件，因此溫度於操作時需要保持在一定區間範圍，以確保機組穩定運轉，如圖 37。

由圖可以知道 GE 公司以蒸汽溫度必須大於零件溫度作為設計理念來保護機組。

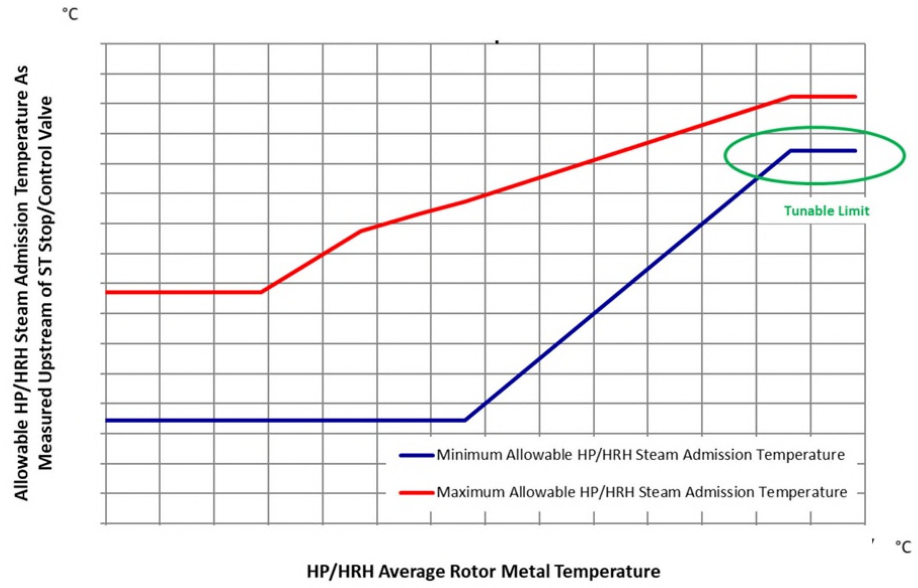


圖 37 轉子溫度曲線圖

十一、 真空破壞閥

真空破壞閥為破除冷凝器真空時使用，該閥需要冷凝水提供作為水封。該系統由電動真空破壞閥、水封水管、洩水管以及儀表和控制裝置組成。真空破壞閥為蝶閥，由電動驅動器提供動力，如圖 38，。如果驅動器出現故障，可以使用手輪手動操作閥門。該閥門配有供水封水管路，提供該閥水封，多餘的水封水將排入廢水系統。

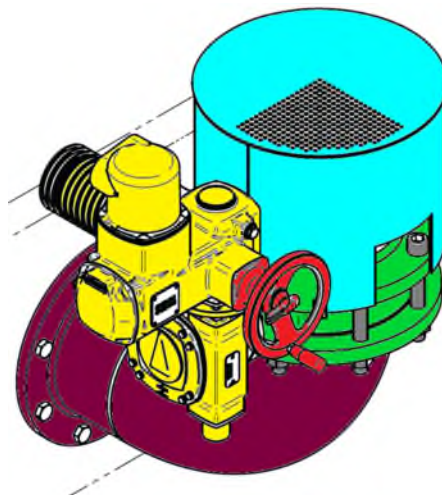


圖 38 真空破壞閥

十二、 低壓蒸汽跨管

低壓蒸汽跨管，為中壓蒸汽做功後之蒸汽與低壓蒸汽混和後，至低壓汽機做功之管路，連結兩座低壓汽機，其低壓蒸汽會平均分至兩組低壓汽機做功，其因蒸汽產生的熱膨脹，故該管路有膨脹街頭之設計，避免管路膨脹導致機組受損，如圖 39。



圖 39 低壓蒸汽跨管

十三、 維護與檢修

D654 機組所設計之蒸汽輪機，其建議大修週期為 6 年(48000 小時)，運轉期間，GE 公司透過許多偵測元件，以確保機組穩定運轉無虞，而檢修時，建議針對蒸汽輪機內部作非破壞檢測其項目如下：

Part	MP	PT	UT
Titanium blades		V	
Bucket blades	V		
Bucket covers	V		
Turbine rotor	V		V
couplings	V	V	V
Couplings bolts	V		

檢測結果可以提供給 GE 公司，由其相關工程師提供建議，以確保運轉順利無虞。

肆、 問題與討論

台電公司擁有許多不同大型廠牌的機組，藉由此次教育訓練得以與 GE 公司相關人員討論新舊機組設計上的差異，主要提及相關議題如下：

一、Q1:現行機組潤滑油泵設計為兩台潤滑油泵一台緊急油泵，為何不再採用接觸式潤滑油泵？

A1:接觸式潤滑油泵為與主軸接觸連接的潤滑油系統，在機組做超速跳脫測試，或者是機組超速時其接觸式潤滑油泵可能因運轉速度過快造成一定損壞，如潤滑油泵轉速升高對於潤滑油的壓力也會造成一定影響，因此接觸式潤滑油泵的可靠性並沒有符合設計預期，再者如採接觸式潤滑油泵，泵與主軸連接校正工序複雜且不易，對於維修方便性也會造成一定影響，因此現今設計皆不考慮此方式。

二、Q2:先前 GE 相關機組皆有機械式超速跳脫設計，本案為何無此設計？

A2:本案超速跳脫採電子式跳脫，不再採用機械式跳脫乃現行許多機組皆回饋機械式跳脫裝置，調校不易，外加彈簧容易疲乏等因素，已有多次回饋於未達機械跳脫設定轉速時跳脫，因此機械式跳脫不可靠，故機械式跳脫方式不再考慮加入於本機組中。

三、Q3:在維修逆洗過濾器出口閥時，曾遇到排渣管線後方與循環水管路連接，導致無法確定是否能有效隔離檢修，是否有更好的方法？

A3:逆洗過濾器機組中排渣閥如遇檢修時，其排渣管線後方連通海水，很有可能海水由排渣管線至排渣閥溢出，因而在管線末端加入一手動隔離閥，可以有效的避免海水溢出的情形，人員維修及操作更為安全。

四、Q4:為何 GE 公司 ST 轉軸於慢車停止時溫度較其他廠牌機組溫度高？

A4:GE 公司全世界有許多在線機組可以獲取參考數值，經由長久累積與工程師團隊的考量，汽機轉軸可以較其他廠牌的機組於高溫下停機

檢修。

五、Q5:本案為水箱真空泵空氣移除系統中何會有真空槽?

A5:水箱真空泵啟動通常以水箱內部液位偵測然後於低水位時啟動水箱真空泵將水箱上方空氣移除以確保水箱能保持於滿水位狀態，本案設計略有不同為於水箱排氣管線設置一個真空槽，並以壓力感測器監測其壓力如果壓力過高，則水箱真空泵會啟動，讓水箱保持高水位。

六、Q6:為何要將 Flash Box 獨立設計?

A6:Flash Box 是回收乾淨可用的蒸汽、凝結水再回到熱井供使用循環，Flash Box 將相關洩水集中，其好處為可以有效於真空不佳時，可以分開系統排除，如機組安裝空間允許為運轉維護較適當的設計。

伍、 研習心得與建議事項

一、研習心得:

感謝鄭副總慶鴻、核火工處許處長勝豐、中部施工處鍾處長永結以降各級長官栽培後進、不吝提攜之恩，讓職有幸能赴奇異公司休士頓訓練中心研習，同時也參觀奇異公司於國內參與相關購案設備，如通霄小型氣渦輪機等設備，令我收穫良多。

GE 公司於職美國休士頓訓期間皆適時關心，上下課交通是否安全、住宿地點治安環境、飲食等生活相關問題，皆全力配合協助，GE 訓練機構訓練林經理將我司於訓練中心之事告知駐休士頓辦事處人員，讓職感到 GE 公司對於台電公司的到來相當重視。

在訓練期間，職所提出的問題，講師竭盡所能的回覆，並仔細回答其原由，如提出現行非 GE 機組所遇到的情形，GE 公司也毫不吝嗇的分享 GE 的看法或其設計原理，提供給職參考了解。

GE 訓練中心，內部腹地廣大，除了上課教室、也提供現場實作部分，職受訓期間，看到許多 GE 公司成員來此受訓提升自我，並考取 GE 相關設備檢修證書，GE 對於人員培訓及經驗傳承不遺餘力。

二、建議與改善:

在課程中，職與 GE 工程師提及，現場洩漏真的是一項惱人的問題，如果有更快速查漏的方法，可以快速找到洩漏源頭，查漏時間縮短可以減少洩漏期間造成的損失，因此講師提及市面上已經有設備利用音頻協助查漏，並且他們也計畫要買來使用，我司對於運轉維護兢兢業業，如能夠買相關檢測設備一定對於運轉維護有莫大的幫助。

現今循環水系統排渣管線設計概念與以往不同，我司合約仍採以往設計方式，於審查相關文件時會有相關衝突，建議後續能於合約圖說修

正較符合現今設計概念，以符合我司最大利益。