

出國報告（出國類別：實習）

## 汽輪機設計安裝運轉維護訓練研習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：呂聖章 汽機輔機課長

派赴國家：美國

出國期間：112年09月10日至112年10月08日

報告日期：112年11月27日

# 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

汽輪機設計安裝運轉維護訓練研習

頁數 58 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/翁玉靜/02-23667685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

呂聖章/台灣電力公司/興達發電廠/汽機輔機課長/07-6912811#2402

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：112.09.10~112.10.08 出國地區：美國

報告日期：112年11月20日

分類號/目：能源/ 國家發展及科技

關鍵詞：汽機，D654，轉子，熱膨脹，機座，軸承，慢車齒輪裝置，主線監控儀器設備(TSI)，格蘭汽封系統，控制/關斷閥，潤滑，頂升油，油封系統，液壓油，警急跳脫(ETD)

內容摘要：(二百至三百字)

興達發電廠預計新設三部機，每部機裝置容量1,300MW，本專案預計113~114商轉以滿足國家未來電力需求。新設機組由美國奇異公司提供發電用主要設備包含每部機2台氣渦輪機(7HA.03型)對1台汽機(D654型)。本文提供新汽機D654規格及架構簡介、高壓汽機及轉子、中壓汽機及轉子、低壓汽機及轉子、汽機熱膨脹與機座設計、軸承、慢車齒輪裝置、主線監控儀器設備(TSI)、格蘭汽封系統、各控制/關斷閥簡介、潤滑、頂升油及油封系統及液壓油及警急跳脫(ETD)系統介紹。希望研習成果對未來新設機組運營有正面助益。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.nat.gov.tw/reportwork>)

# 目次

壹、實習目的 .....	3
貳、實習過程 .....	3
參、實習內容 .....	4
一、D654主汽輪機規格及架構簡介 .....	4
二、高壓汽機及轉子 .....	8
三、中壓汽機及轉子 .....	11
四、低壓汽機及轉子 .....	13
五、汽機熱膨脹與機座設計 .....	17
六、軸承 .....	19
七、慢車齒輪裝置 .....	23
八、主線監控儀器設備(TSI) .....	25
九、格蘭汽封系統 .....	30
十、各控制/關斷閥簡介 .....	33
十一、潤滑、頂升油及油封系統 .....	40
十二、液壓油及警急跳脫(ETD)系統 .....	49
肆、心得及建議 .....	58
伍、參考文獻 .....	58

## 壹、實習目的

本次赴美國奇異 (GE) 公司休士頓學習中心(Houston Learning Center )研習「興達電廠燃氣機組更新改建計畫」中有關汽輪機設計、製造、組件組裝、測試、安裝運轉及維護相關訓練與實習。預期為將原廠教授之設計、運轉及維護相關概念及知識移轉至未來新設機組之熱機組同仁，使未來新設機組之運轉維護技術更為完備，減少錯誤之運轉及維護手法造成公司不必要損失。

## 貳、實習過程

此次研習地點位於美國德州休士頓市之奇異(GE)休士頓學習中心(Houston Learning Center)，該地為GE為他們世界各地的客戶進行人力培訓之重要機構。本次全程由特聘訓練師 David Miller進行一對一課程講授。112/9/11~112/9/27主要講授”運轉”相關知識，112/9/28~112/10/6主要講授”維護”相關知識，實習期間亦適時進行工廠實體元件參觀說明以增進學習功效。本次實習行程下如表所示。

起 始 日	迄 止 日	地 點	工 作 內 容
112/09/10	112/09/10		往程（台北桃園機場－喬治·布希洲際機場）
112/09/11	112/09/27	GE Houston Learning Center	D654 Steam Turbine Operation 課程
112/09/28	112/10/06	GE Houston Learning Center	D654 Steam Turbine Maintenance 課程
112/10/07	112/10/08		返程（喬治·布希洲際機場－台北桃園機場）

表2.1.1 實習行程表



圖2.1.1 GE HLC 照片

# 參、實習內容

## 一、D654主汽輪機規格及架構簡介

### 1. 銘牌規格：

汽機序號:370T075~370T077 (unit1~3) / 汽機型式:STF-D654

額定功率:453,459.7kW / 轉速:3600rpm

各汽機段:高壓:25；中壓:14；低壓A:2X6；低壓B:2X6

進口壓力:175.8bar(a) / 進口溫度:600°C

排氣壓力:51.98mmHg / 製造年:2021~2022

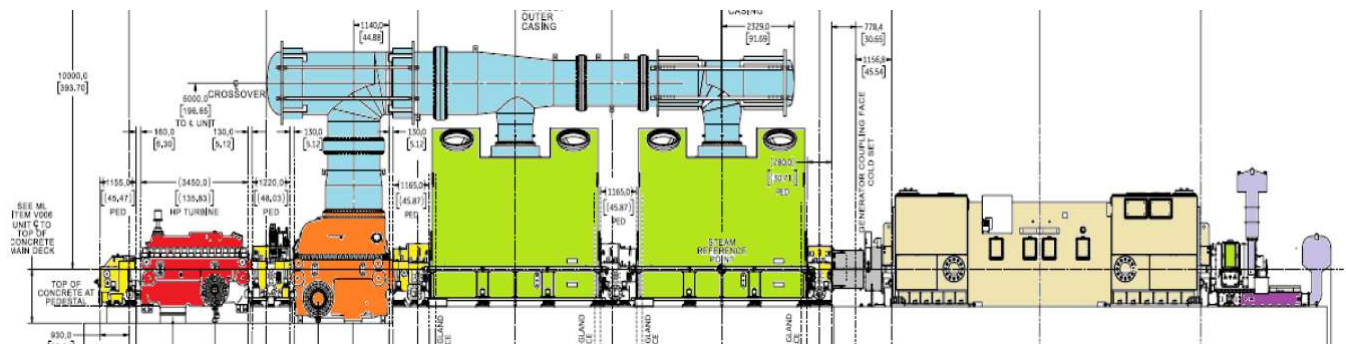
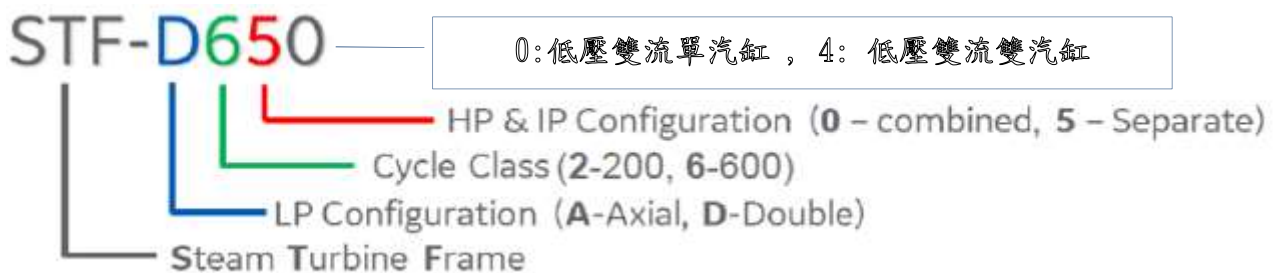


圖1.1 D654 機械外型圖

### 2. D654汽機基本架構(不含發電機):

依照GE對於旗下複循環用汽機型式分類有下圖意義:



本汽機配置高壓汽機\*1組;中壓汽機\*1組;低壓汽機\*2組;軸承\*5只;聯軸器4只(A~D);轉子\*4只(HP\*1,IP\*1,LP\*2);軸承基座\*5處(前座、中間座、LP1座、LP2座及LP3座);軸封\*8處(N1~N8);低壓跨管\*1組;慢車齒輪\*1組;高壓控制閥\*2只/關斷閥\*2只;中壓控制閥\*2只/關斷閥\*2只;低壓管理閥\*1只/關斷閥\*1只及其他。

### 3. 流路設計:

D654將高壓及中壓部分各為一獨立汽缸，並設計其為反向流以便抵銷軸向推力，低壓部分則為

兩只對稱雙向流汽缸。

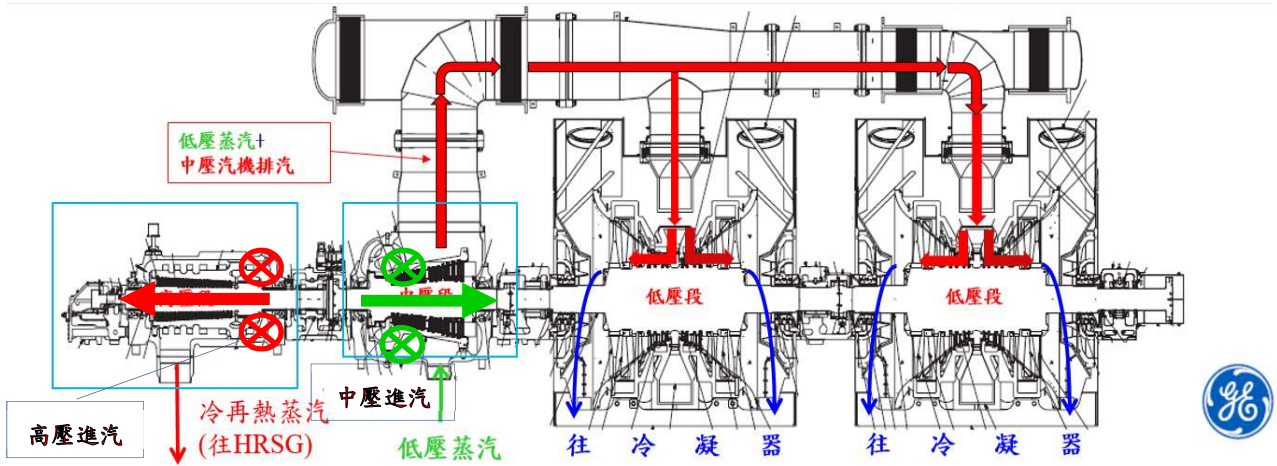


圖1.2 D654 蒸汽流路圖

4. 軸系及支撐設計:

軸系由4只轉軸組成，分別為HP\*1只;IP\*1只;LP\*2只，各軸以聯軸器結合(CPL A~C),聯流器D則連接發電機轉子。當軸系結合後整體由5只軸承(T1~T5)支撐，其中T2軸承為(推力/軸頸複合軸承)。值得注意的是中壓轉子並無軸承支撐，需靠流軸器A及聯軸器B結合後才可穩定於軸系，檢修時須用臨時軸承將其暫時支撐以便拆解聯軸器A&B。

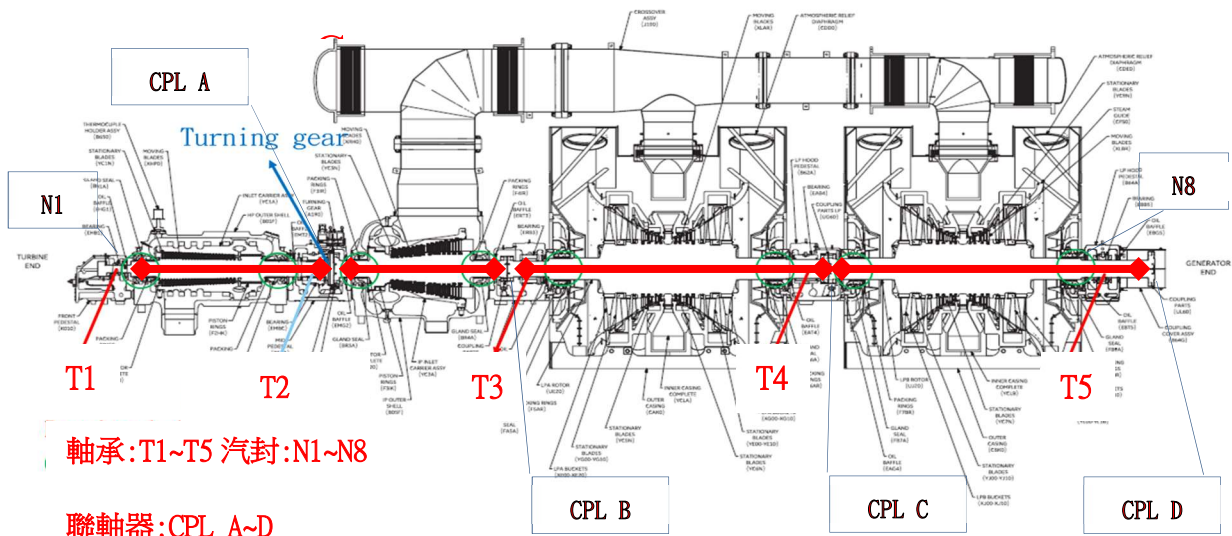


圖1.2 D654 軸承聯軸器位置圖

5. 熱膨脹設計:

據汽機設計原理，運轉時需允許機件有熱膨脹自由度以免熱機因熱應力造成元件破壞。軸承座與機基礎座設計4處錨定點” F1 “(如圖1.4)，除中間座與其上之軸承座可相對運動外其餘軸承座與基礎座相互錨定。外缸設計4處錨定點” F3 ”(如圖1.4)，轉子基準點設計於推力軸承” F4 ”(如圖1.4)，另因內缸置於外缸內，故每只內缸相對基點” F2 ”(如圖1.4)。

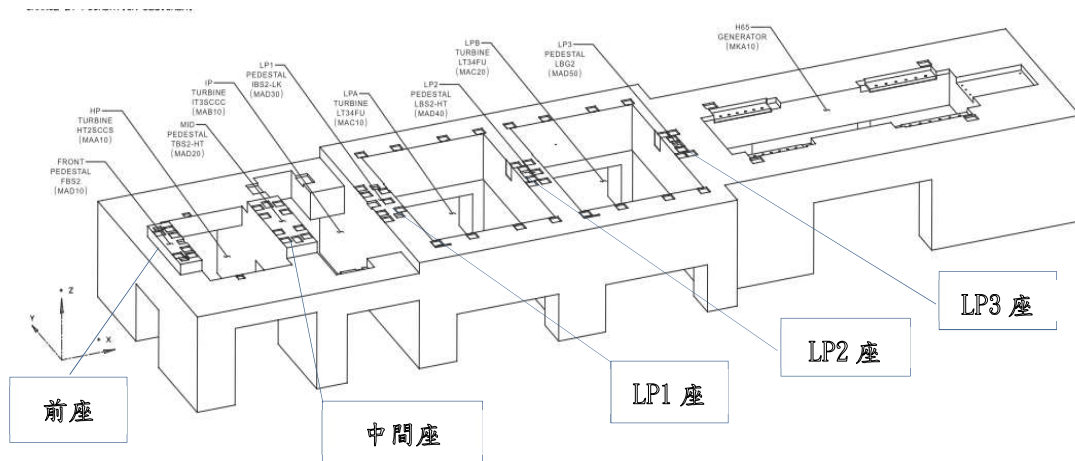


圖1.3 D654 基座位置圖

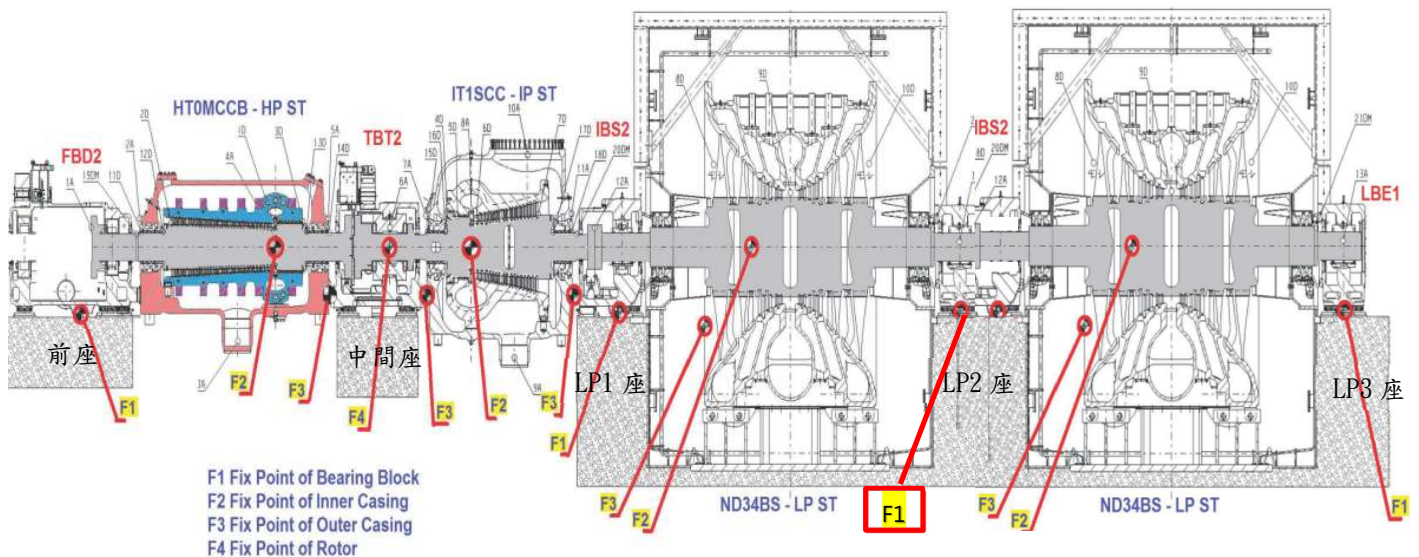


圖1.4 D654 錨定位置圖

D654起動設計係以中壓汽機率先進汽，當汽機受熱膨脹時，高中壓汽機串級以中壓汽機外缸錨定點為”0”點向”前座”方向熱膨脹。低壓汽缸則以各自外缸錨定點向發電機端熱膨脹。轉子則由推力軸承基準點向左右自由膨脹。

#### 6. 控制/關斷閥設計:

高壓段:高壓控制閥(MCV)\*2只/關斷閥(MSV)\*2只;中壓段:中壓控制閥(IV)\*2只/關斷閥(RSV)\*2只;低壓段:低壓管理閥(ACV)\*1只/關斷閥(ASV)\*1只，位置如下圖:

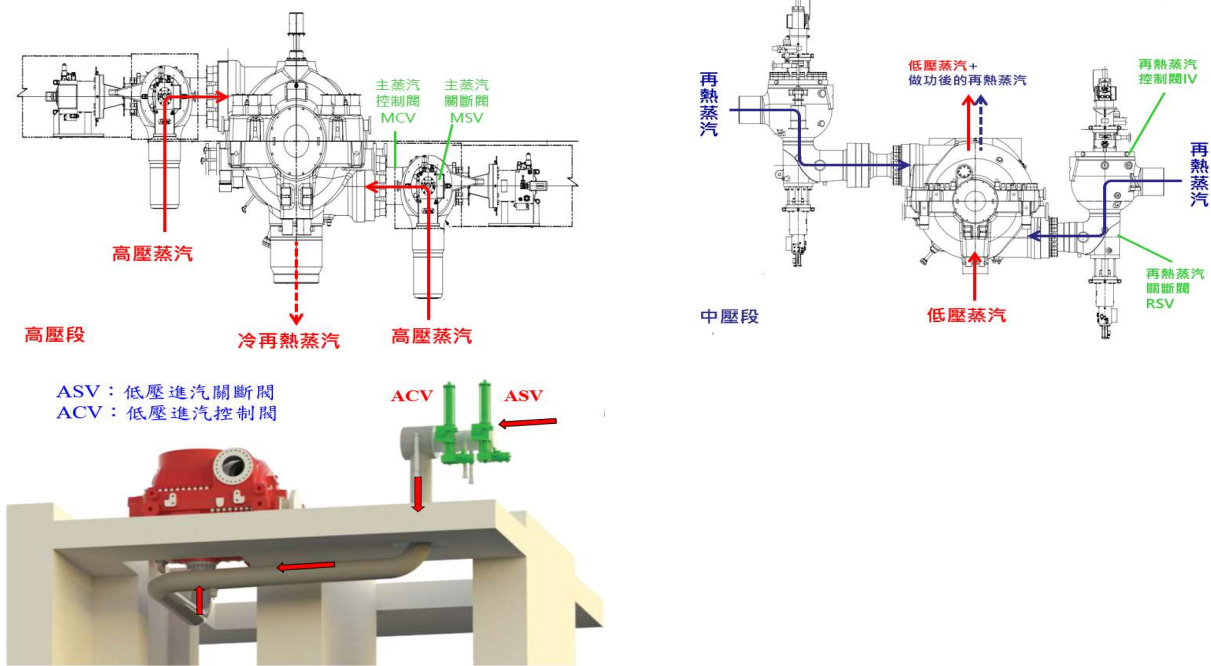


圖1.4 D654 各蒸汽閥位置圖

## 二、高壓汽機及轉子:

高壓汽機重要組件含外缸、內缸、高壓轉子、格蘭汽封及進出汽口等件(如圖2.1)，介紹如下:

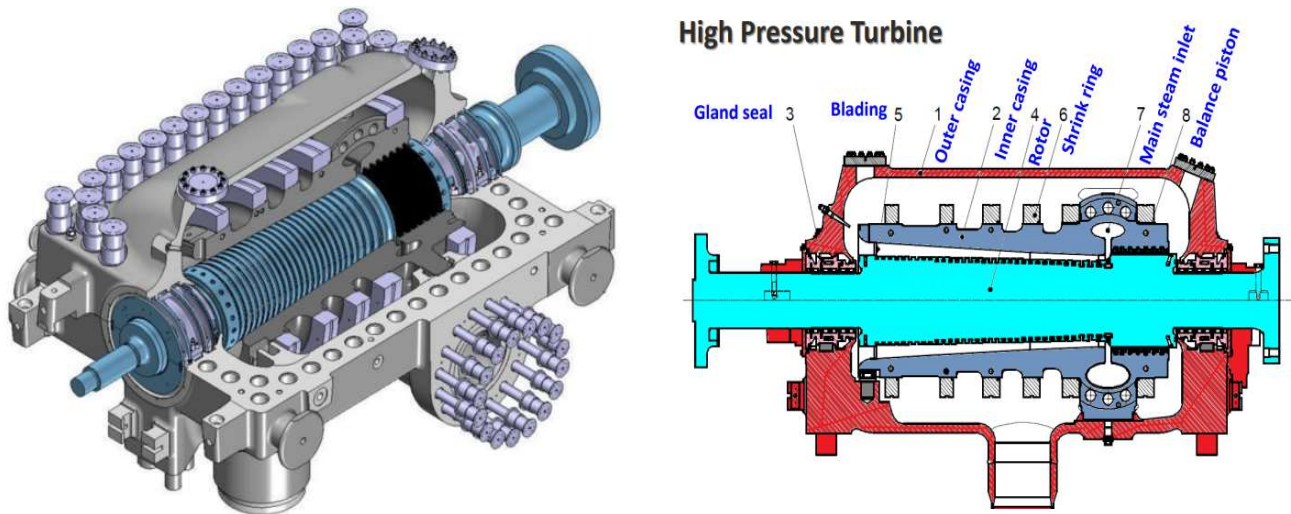


圖2.1高壓汽缸示意圖

1. 外缸:分上下2半以螺栓相互結合。外缸上半設計延伸臂尤如烏龜四肢跨坐於前座與中間座(如圖2.2)，其介面有特殊潤滑材料使外缸滑動以便進行熱膨脹位移。外缸上半亦設置左側高壓進汽孔一處，此外在轉子兩端附近設計檢查孔以便配重及目視檢查。外缸下半則負責承載轉子、內缸、靜葉環等重件並經過固鎖螺栓將荷重傳遞至外缸上半。此外右側高壓進汽孔一處及高壓排汽孔一處亦設計於汽缸下半。本汽機高壓進汽孔配置為左右個一，對向各自以180度汽弧旋入(scroll)送汽如圖2.3;出汽口一處位於則下缸下方。



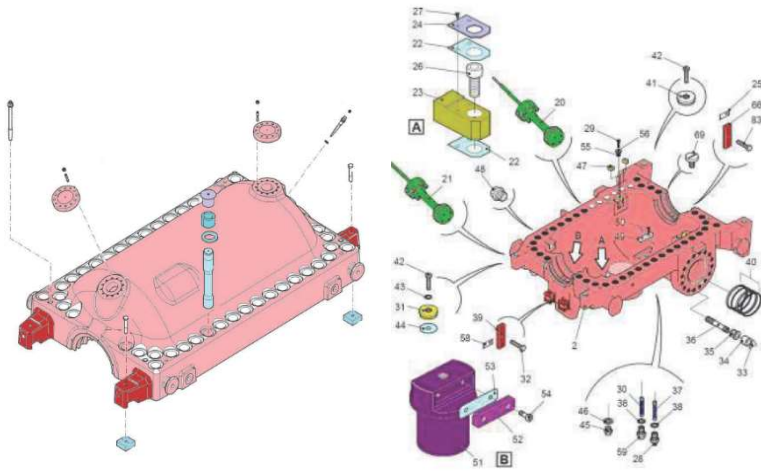


圖2.2 高壓外汽缸上下分解圖

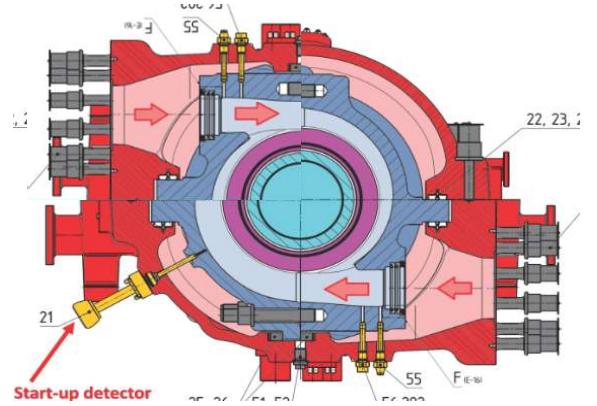


圖2.3 高壓汽缸前剖視圖

2. 內缸:分上下2半並以6只縮緊環(shrink ring)相互結合。此種設計使內缸形狀趨近完美軸對稱，減低內缸因瞬間的熱變化造成汽缸變形，可保持永久的設計汽封間隙避免因洩漏造成運轉效率低的問題。值得注意的是此種設計拆解時需連同內缸及轉子整組吊出，並置於汽機房專用托架進行拆解。故吊出前須使用特殊工具將轉子固定以免損壞重要機件。

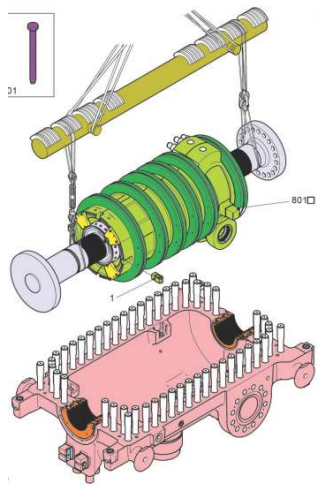


圖2.4 高壓轉子吊裝圖



圖2.5 高壓轉子特殊工具

拆解縮緊環則須依序(M,E,D,C,B,A)以環型燃燒器(溫度不高於360)使之升溫鬆開。另內缸亦設有對應外缸相同位置之高壓進汽口一處。

### 3. 進汽卷軸式導流片(Inlet Scrolls):

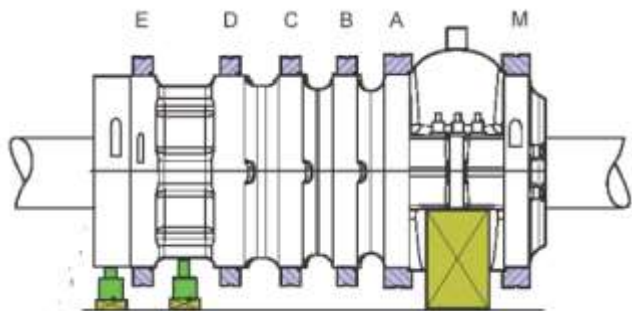


圖2.4 收縮環示意圖



圖2.5 使用火焰分解收縮環

為減少高壓蒸汽進入轉子時造成轉子表面溫度不均而引起的熱應力，D-654在內缸進汽口處設計進汽卷軸式導流片(inlet scrolls)如圖2.6，可以達到均勻分流增加效率並減低轉子熱應力的效果。



圖2.6 進汽卷軸式導流片(inlet scrolls)

### 4. 高壓轉子:

轉子主要特徵為整體鍛造式，汽機端有加工T1軸承軸頸外型，發電機端則有A聯軸器法蘭、T2軸承軸頸及推力環外型。轉子中間段重要特徵有平衡筒、25級反動式動葉片及鳩尾槽N1及N2汽封。其他特徵則有兩端設有配重孔(方便平衡機及線上配重)及多處級間汽封片設計。



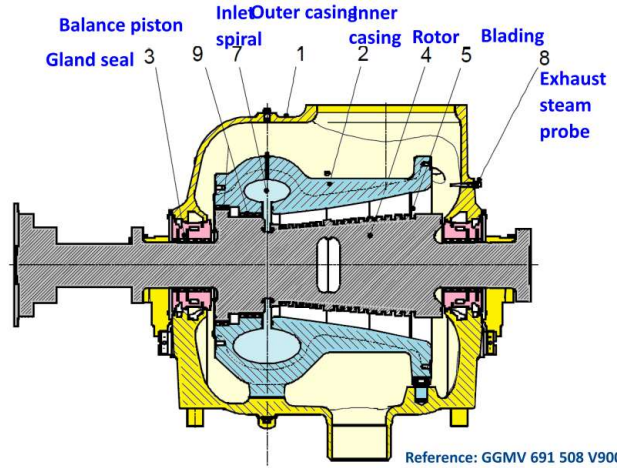
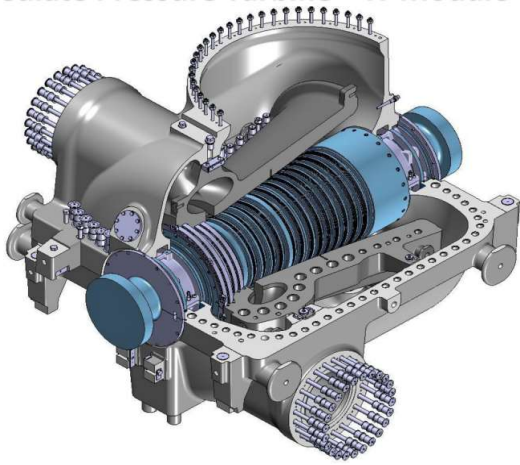


圖3.1中壓汽缸示意圖

1. 外缸:分上下2半以螺栓相互結合。如同高壓汽機設計概念外缸上半設計延伸臂尤如烏龜四肢跨坐於中間座與LP1座，如圖3.2，其介面有特殊潤滑材料使外缸滑動以便進行熱膨脹位移，中壓外缸膨脹時會向汽機端推動中間座及高壓外缸使之一起連動，外缸上半亦設置左側IP進汽進汽孔一處及排氣孔(至低壓汽機)一處。外缸下半則負責承載轉子、內缸、靜葉環等重件並經過固鎖螺栓將荷重傳遞至外缸上半，此外右側中壓進汽孔一處及低壓進汽孔一處亦設計於汽缸下半。D654中壓進口配置為左右各一，對向各自以180度汽弧旋入(scroll)送汽如圖3.3。

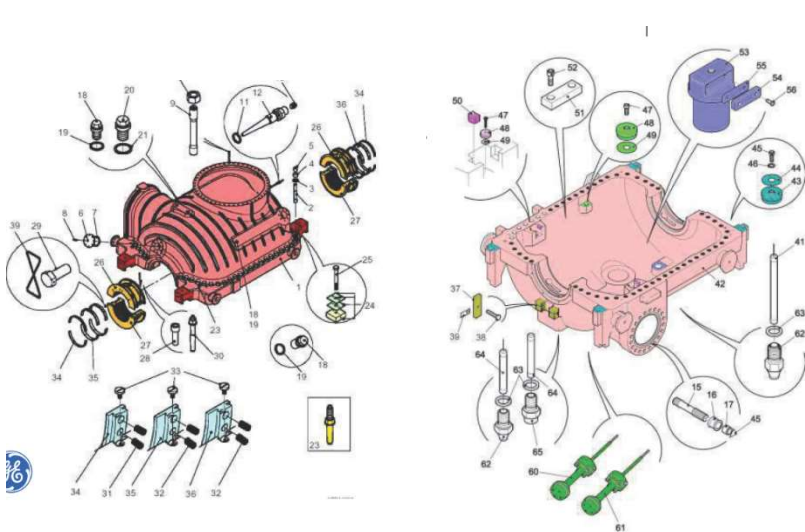


圖3.2 中壓外汽缸上下分解圖

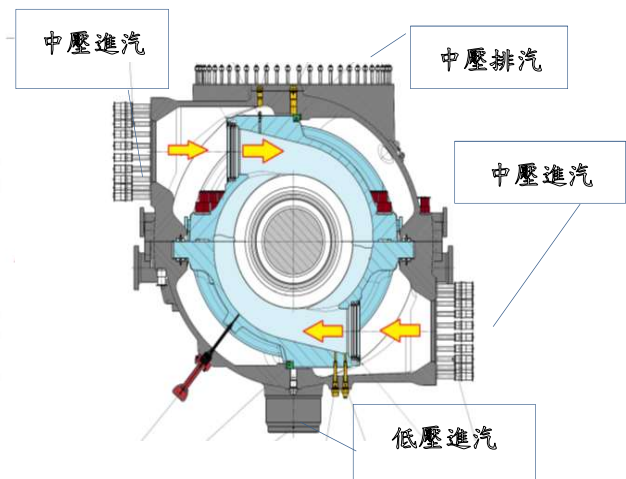


圖3.3 中壓外缸正剖視圖

2. 內缸: 分上下2半，為傳統式螺栓相互結合設計。上半相對於外缸留有中壓進口處，下半則留有另一處。下缸設計多處調整及支撐墊片以便將內缸與軸系對正。內缸設計理念多與傳統設計理念相同，不再贅述。

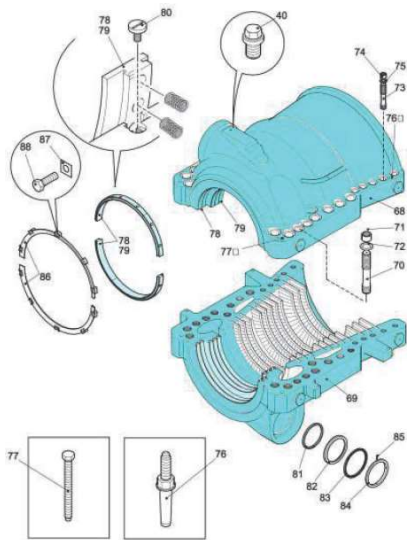


圖3.4 中壓內缸上下分解圖

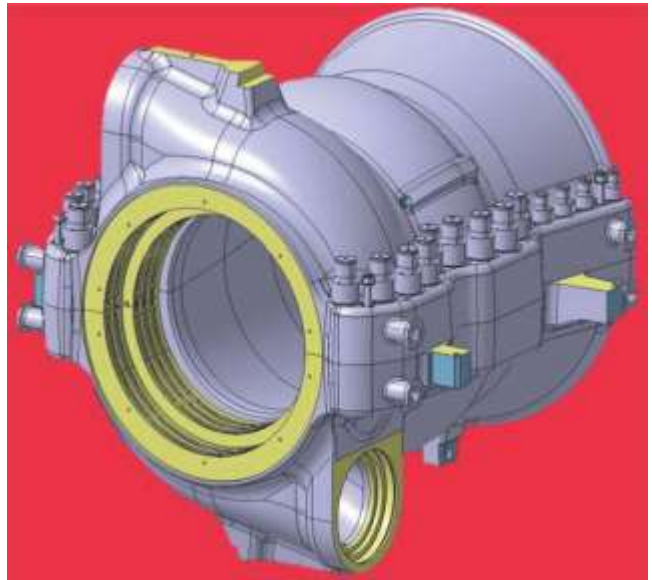


圖3.5 中壓內缸組裝圖

3. 中壓轉子:

轉子主要特徵為非整體鍛造式而是由數組軸盤向互焊接結合而成如圖3.6，兩端聯軸器法蘭為加工一體成形。汽機端有聯軸器A法蘭、發電機端則有B聯軸器法蘭。轉子中間段重要特徵有平衡筒、14級反動式動葉片、鳩尾槽N3及N4汽封。其他特徵則有兩端設有配重孔(方便平衡機及線上配重)及多處級間汽封片設計。

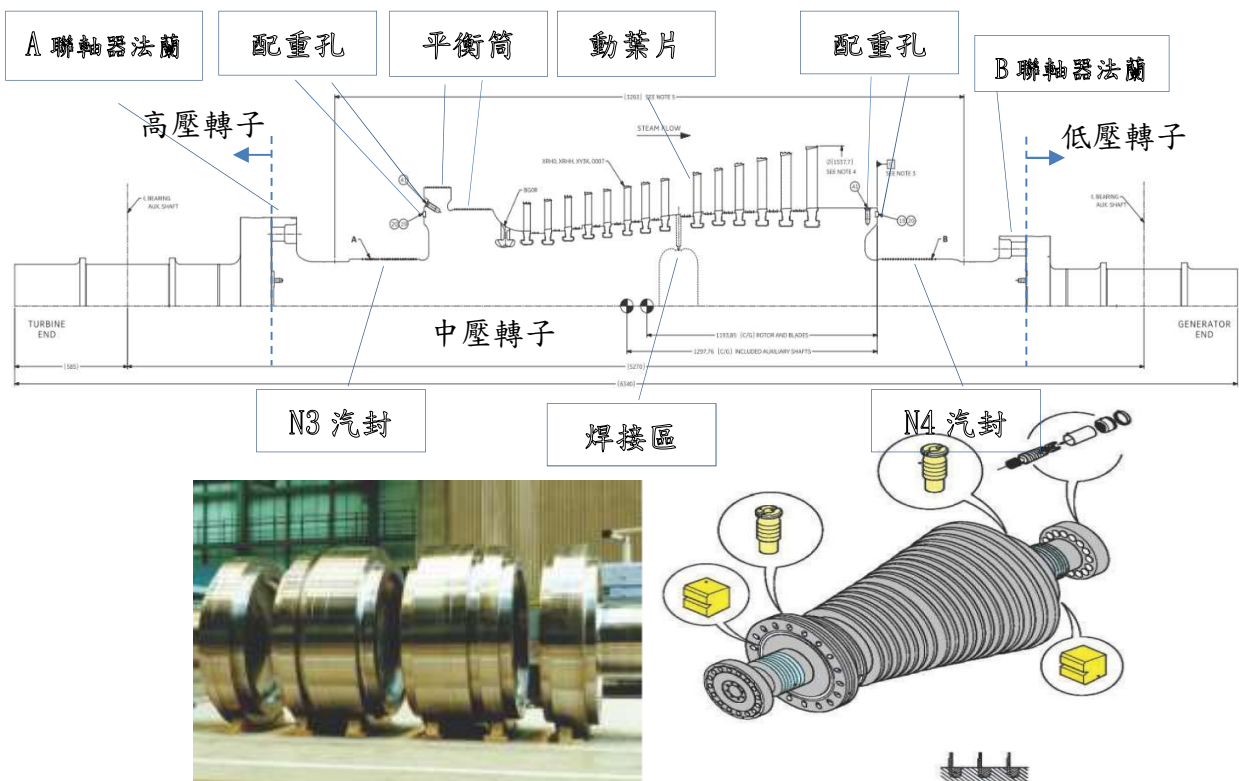


圖3.6 中壓轉子示意圖

4. 中壓覆環式動靜葉片(ICB):與高壓設計，相同在此不再贅述。

#### 四、低壓汽機及轉子:

D654備有兩只雙流式低壓汽機(LPA及LPB)，每只重要組件有進口導引流道、外缸、內缸、靜葉環、轉子、出口導引片、軸承、低壓跨管、格蘭汽封座及爆破膜片等，介紹如下。

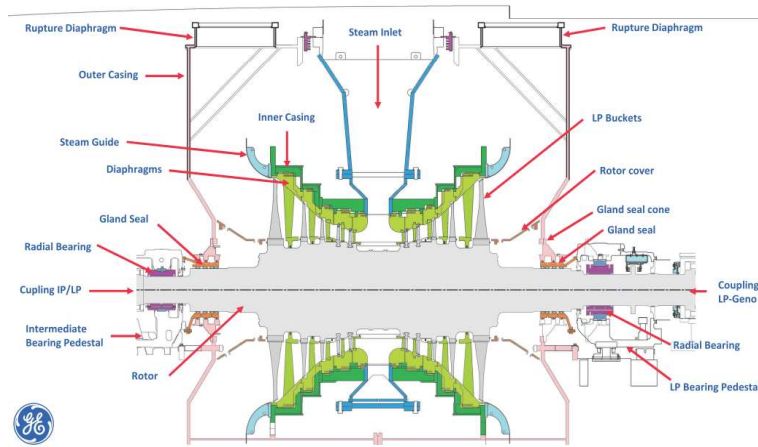


圖4.1 低壓汽缸&轉子示意圖

1. 低壓跨管:來自中壓排汽經過跨管通至低壓汽機A(LPA)及低壓汽機B(LP B)，考量運轉時各汽缸熱膨脹效應，跨管固定點設於中壓汽機排汽口以固定式法蘭相接，並於LPA、LPB進汽口及跨管末端三處設置膨脹接頭以減少熱應力。

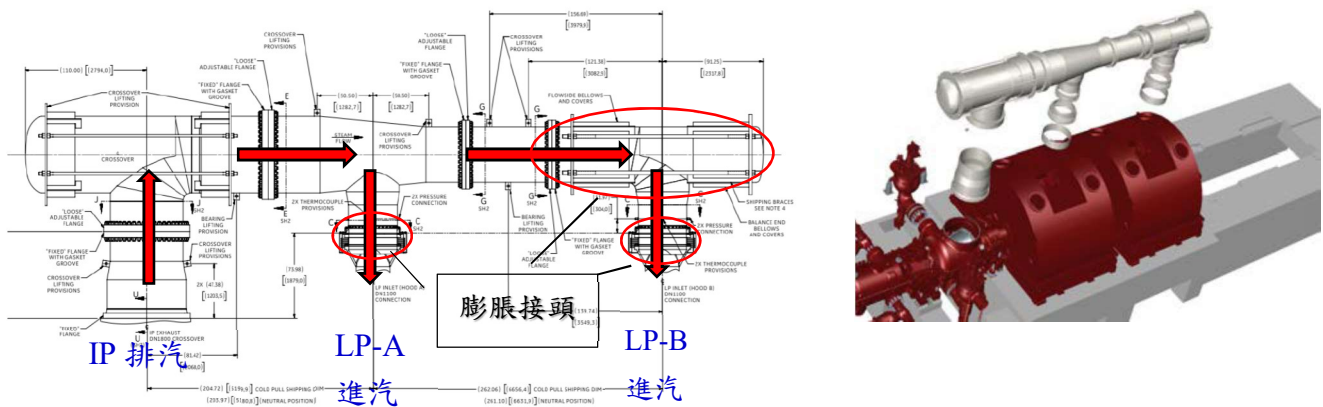


圖4.2 低壓跨管示意圖

2. 外缸:分上下半並以螺栓相互結合。汽缸上半設有一處進汽口、四個爆破釋壓膜片做為冷凝器過壓最終保護。低壓外缸下半靠近汽機側有一處與結構錨定點做為基準點，運轉時低壓汽機會向發電機側熱膨脹位移、設有一只真空破壞閥做為汽機降速時快速通過臨界轉速之用，運轉中時會以冷凝水做為真空破壞閥之水封水以免大氣入侵冷凝器，如圖4.3。

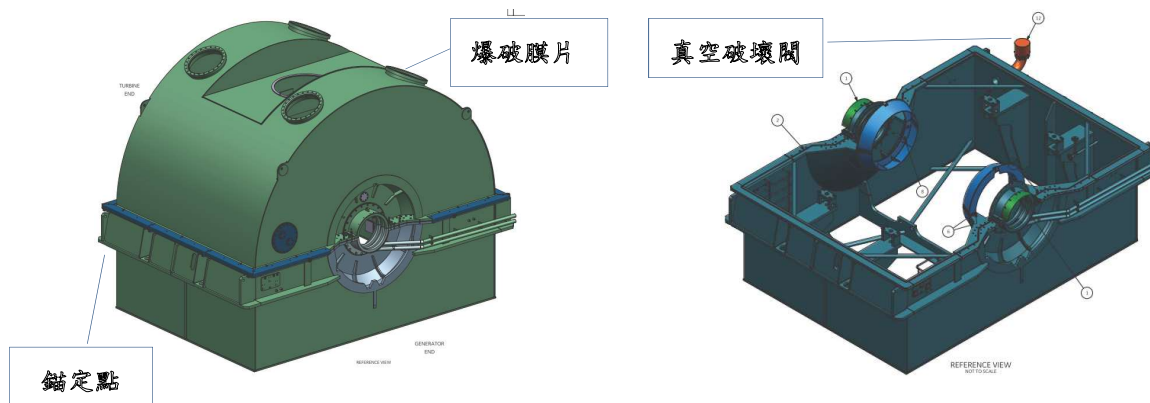


圖4.3 低壓外缸示意圖

3. 爆破釋壓膜片：典型配置如下圖4.4，當低壓汽機排汽壓力超過5psi時，內壓會使膜片邊緣被特殊設計的封利刀封切斷，進而釋放壓力，以保護冷凝器及避免低壓汽機外缸承受過大的壓力而變形，膜片材質：鉛、鋁或銅。

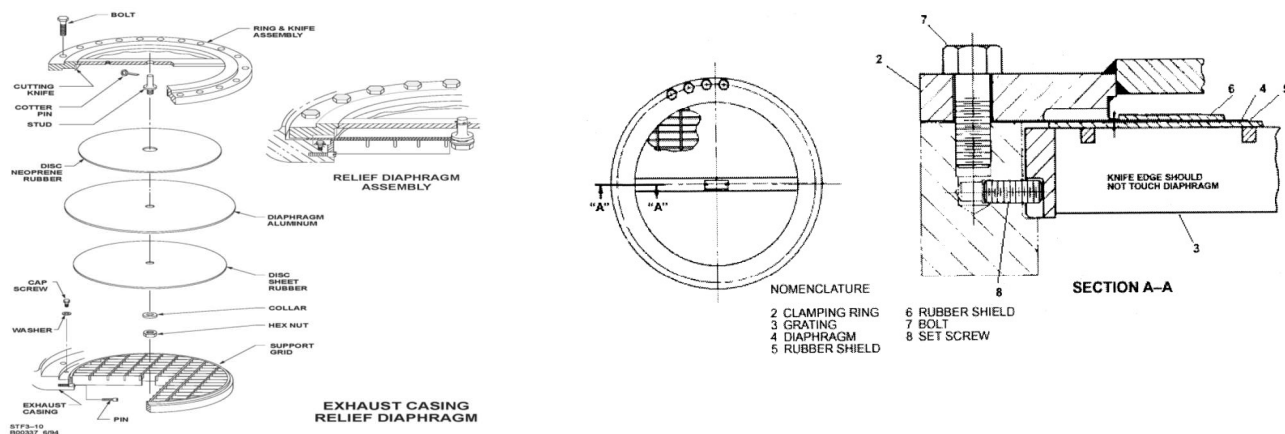


圖4.4 爆破釋壓膜片示意圖

4. 內缸：主要有進口導引流道、上、下半汽缸、出口導引片等，各件以螺栓相互結合。為提高效率設計進口導引流道，流道截面積漸縮並旋入(Scroll)低壓汽機第一級作功如圖4.5。內缸下半設計4只延伸臂並使內缸總成與外缸結合。出口導引片設有環狀低壓末級出口噴水減溫裝置以便無載及低載降溫使用。內缸除承受蒸汽壓力外主要承載對稱六級靜葉環，其中#1~#4靜葉環共用一組靜葉環座(Blade carrier)，#5及#6級則各自獨立一組靜葉環座，靜葉環座再以調整墊片與內缸配合組裝，如圖4.6。

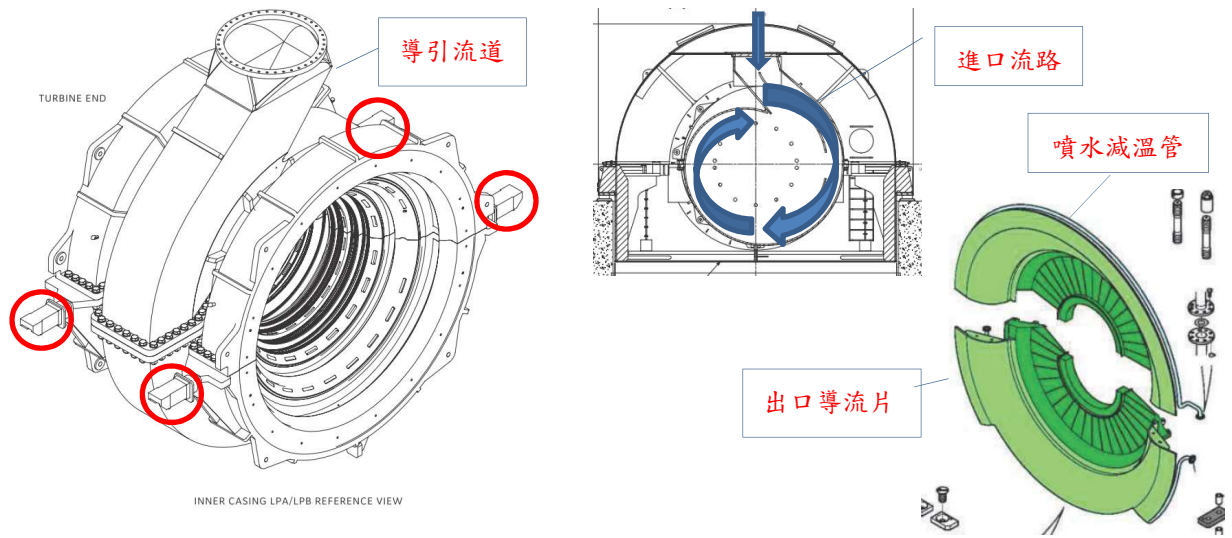


圖4.5 低壓內缸示意圖

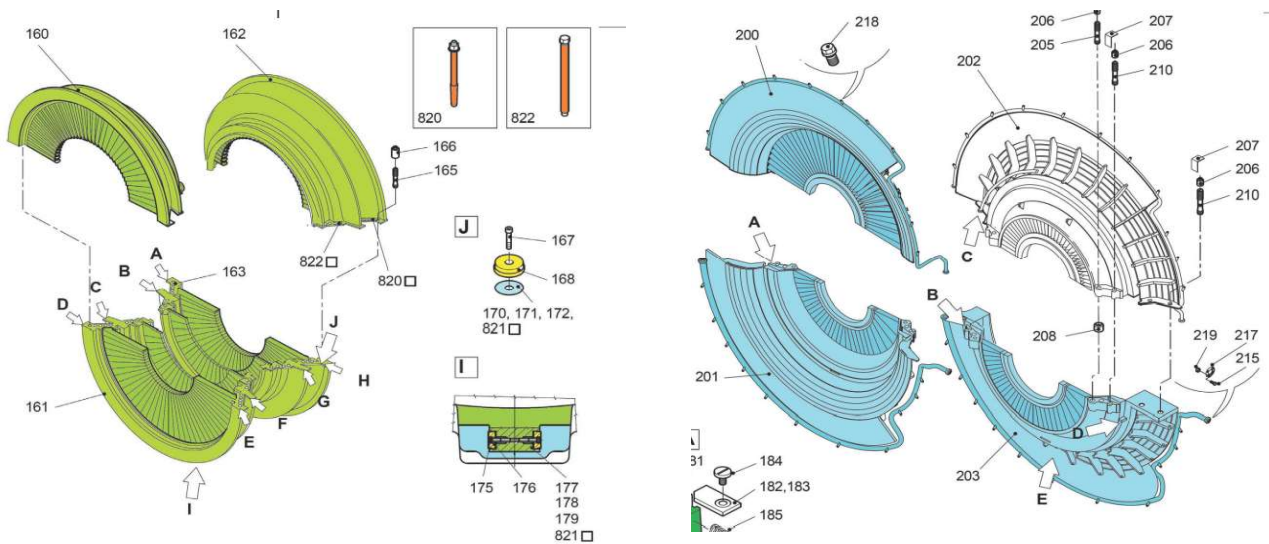


圖4.6 低壓靜葉環示意圖

5. 低壓轉子:分LPA及LPB兩只，其外型大致相同。主要特徵為非整體鍛造式而是由數組軸盤向互焊接結合而成如圖4.7，兩端聯軸器法蘭為加工一體成形。LPA轉子如圖(i)汽機端有聯軸器B法蘭、T3軸頸及N5汽封，發電機端則有C聯軸器法蘭、T4軸頸及N6汽封。轉子中間段重要特徵有對稱6級反/衝動式動葉片(最後一級為L-0葉片，第一級為L-5葉片，其他以此類推)，#1(L-5)~#4(L-2)動葉根部與轉子以鳩尾槽(dovetail)方式結合，#5(L-1)~#6(L-0)級則以彎曲樅樹型(fir-tree)結合，用以承受運轉時較大的離心力及扭力。LPB轉子如圖4.7汽機端有聯軸器C法蘭及N7汽封，發電機端則有D聯軸器法蘭、T5軸頸及N8汽封。轉子中間段重要特徵與LPA相同，其他有兩端設有配重孔(方便平衡機及線上配重)及多處級間汽封片設計。



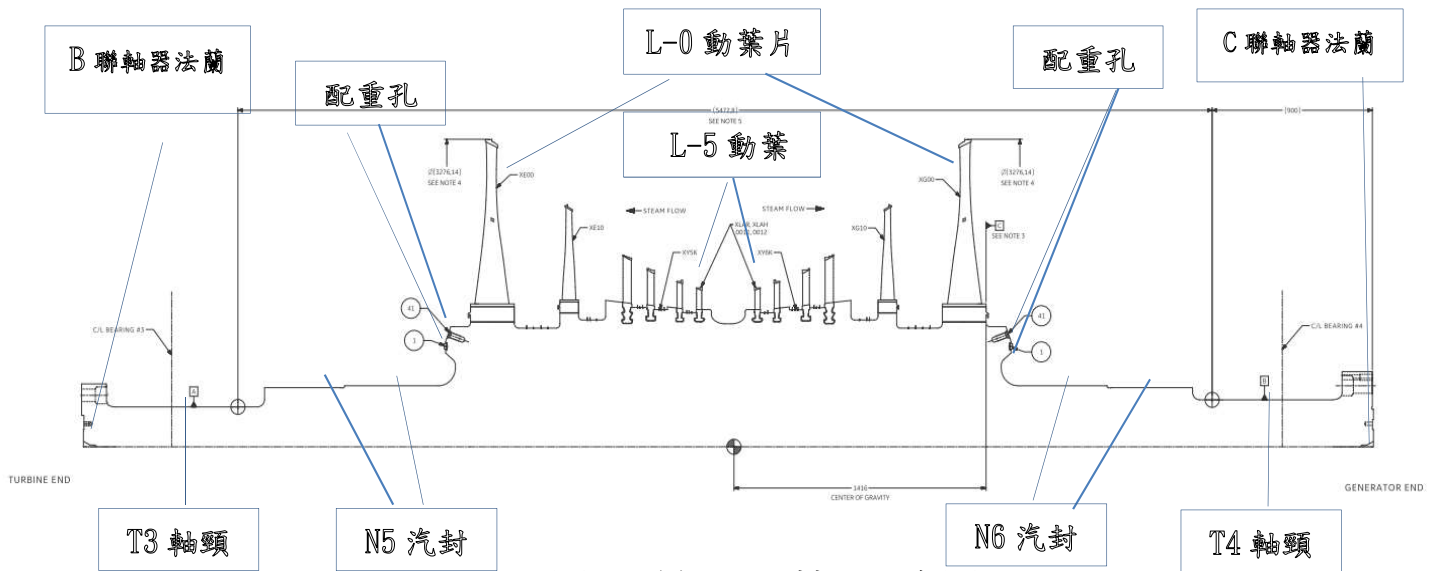


圖4.7 低壓LPA轉子示意圖

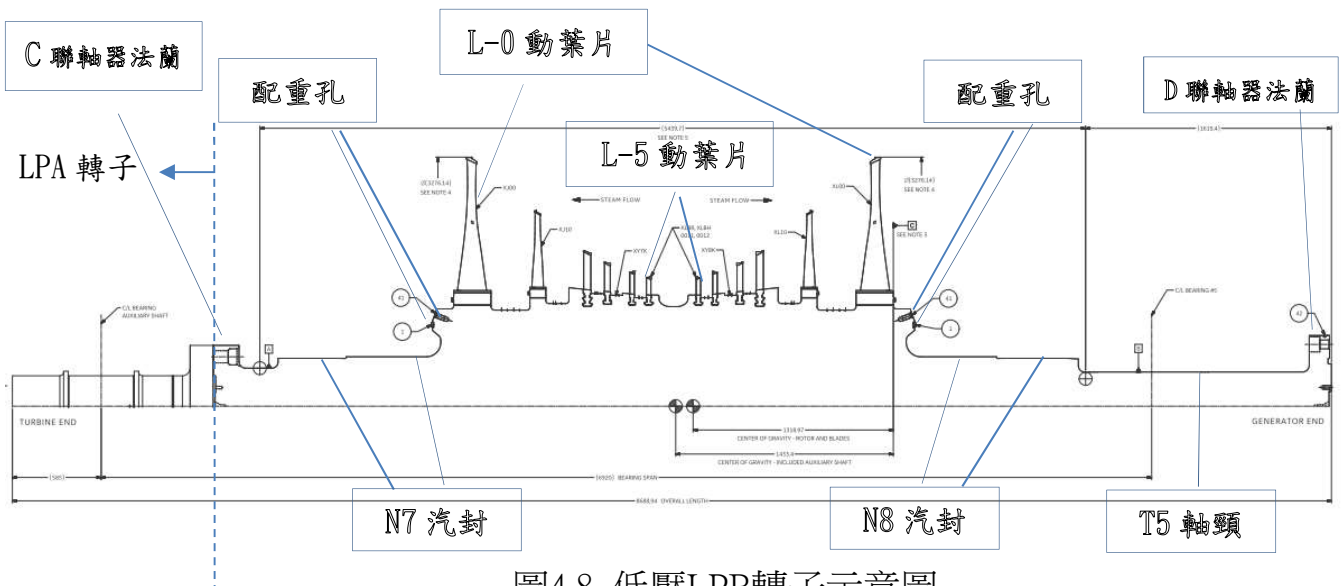


圖4.8 低壓LPB轉子示意圖

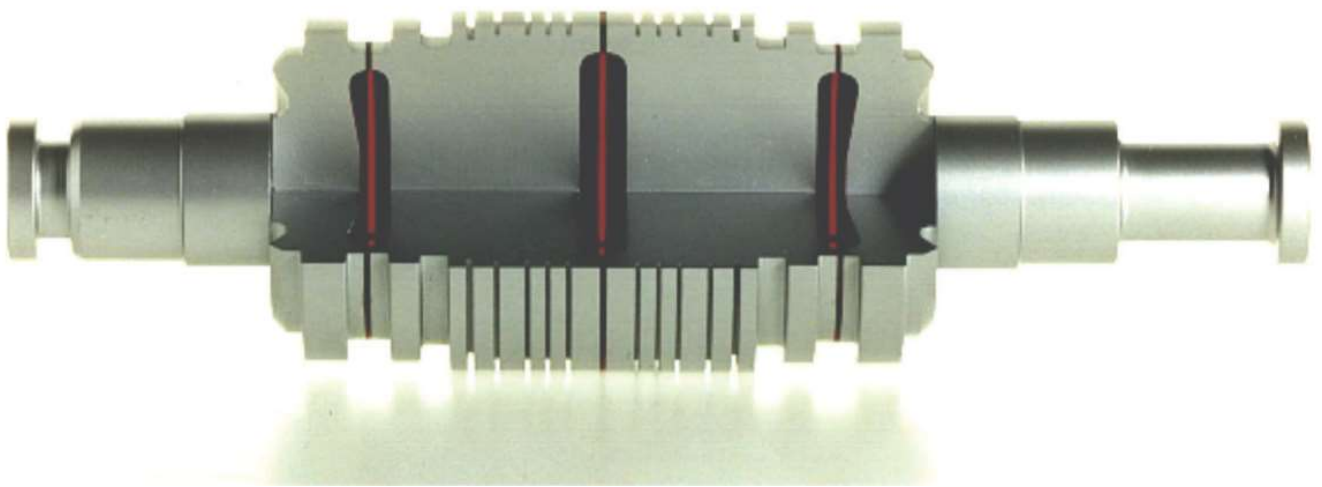


圖4.9 低壓轉子成型示意圖

## 五、汽機熱膨脹與機座設計:

軸承基座主要承受全部汽機荷重及提供軸承、油/汽封環、潤滑油路、監控儀器及慢車齒輪等設備安裝位置。因為汽機支撐基礎，其固定方式甚為重要。軸承基座以錨定螺栓固定於土木基礎結構上，土木結構成型時一同灌注金屬保持塊於內部，使螺栓可藉由保持塊可靠的與土木結構以螺帽鎖緊結合。螺栓與基座側設有可調整支撐板以便補償基礎水平。

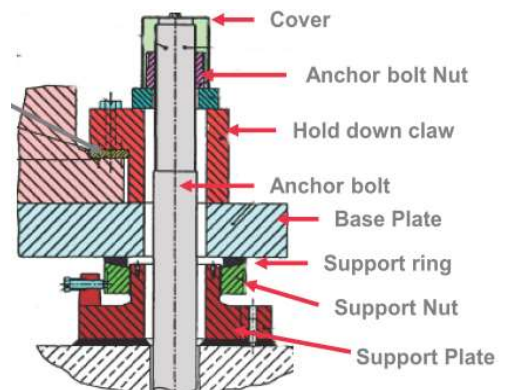


圖5.1 基座錨定螺栓示意圖

1. 前座:分上蓋及底座並以螺栓結合，T1軸承、N1汽封座於底座，底座以四處錨定螺栓固定，並設計有汽缸下壓爪以便固定高壓汽缸上半，以免運轉時反作用力造成汽缸位移。其他有汽缸殼絕對膨脹傳速器、高壓汽缸/軸差膨脹偵測器，另正面有設置潤滑油/頂升管以供應T1軸承運轉及軸承油壓傳送器、軸承金屬溫度偵測器等。上蓋則設有轉軸偏心偵測器、軸心相對振速及軸承殼振動偵測器。

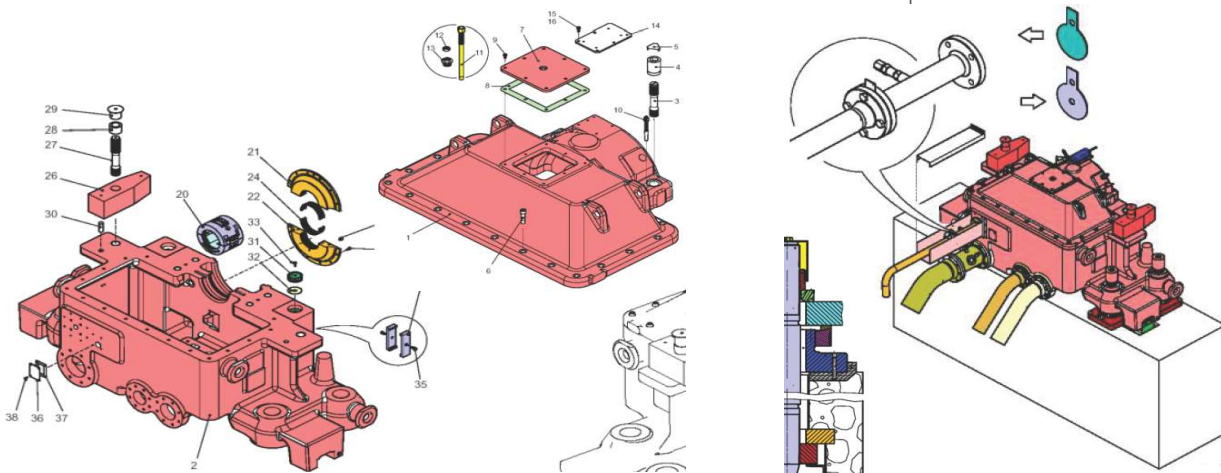


圖5.2 前座示意圖

2. 中間座(推力軸承座): 分上蓋及底座並以螺栓結合，T2軸承及N2汽封座於底座，底座以四處錨定螺栓固定。由於底座部分需保有軸向自由度，除設計基座下壓條以確保運轉時不會鬆動外下壓條與底座中間及多處介面設有特殊固態滑動塊以便使中間座可以軸向運動。另有汽缸下壓爪以便固定高壓及中汽缸上半，以免運轉時反作用力造成汽缸位移。底座與左右側設置進出潤滑油/頂升管以供應軸承運轉外另設有軸承軸承金屬溫度偵測器及中壓汽缸/轉子差膨脹差測器。上蓋主要有慢車齒輪、汽機速度偵測器、相位偵測器、軸位偵測器、軸心相對振速及軸承殼振動偵測器等。

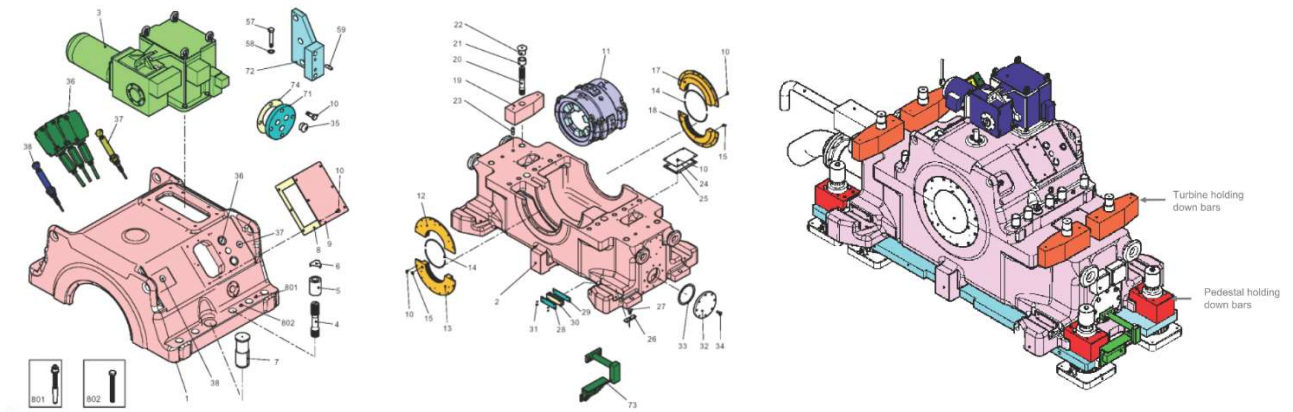


圖5.3 中間座示意圖

高壓汽機以上半外缸各4處延伸件臥座於前座及中間座，此種設計可最佳適應汽缸熱膨脹性並對於機座有較小的熱應力。

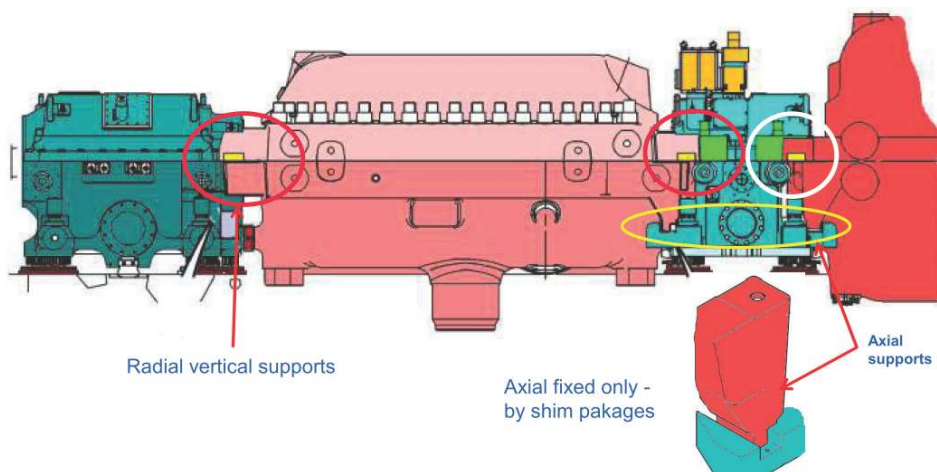


圖5.4 高壓外缸延伸件位置圖

3. LP1~LP3座:設計概念與前座大致相同，本章提供佈置圖供參考，不再贅述。

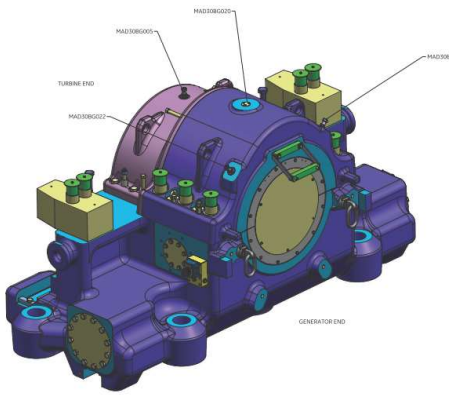


圖5.5 LP1座示意圖

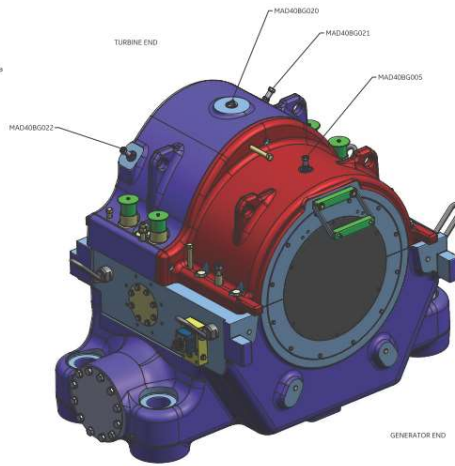


圖5.6 LP2座示意圖

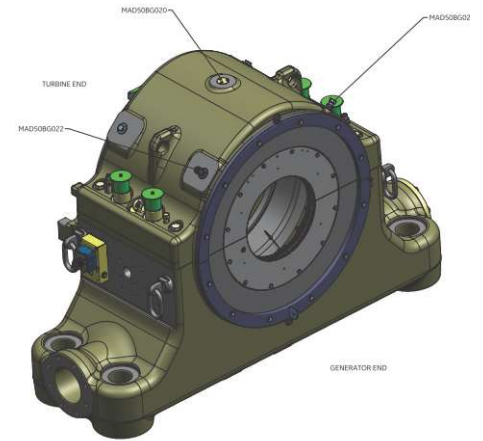


圖5.7 LP3座示意圖

## 六、軸承:

D654汽機部分為三聯軸器(CPL\_A~C)、四軸(HP\*1+IP\*1+LP\*2)、五軸承(T1~T5)設計。其中T1、T3~T5為短橢圓軸頸軸承、T2屬於止推-短橢圓軸頸複合軸承，GE對於不同形式軸承有皆特定代號，其定義如下圖。各軸承皆配有潤滑油系統及頂升油系統使之穩定運轉，位置如下分布圖並詳細介紹。

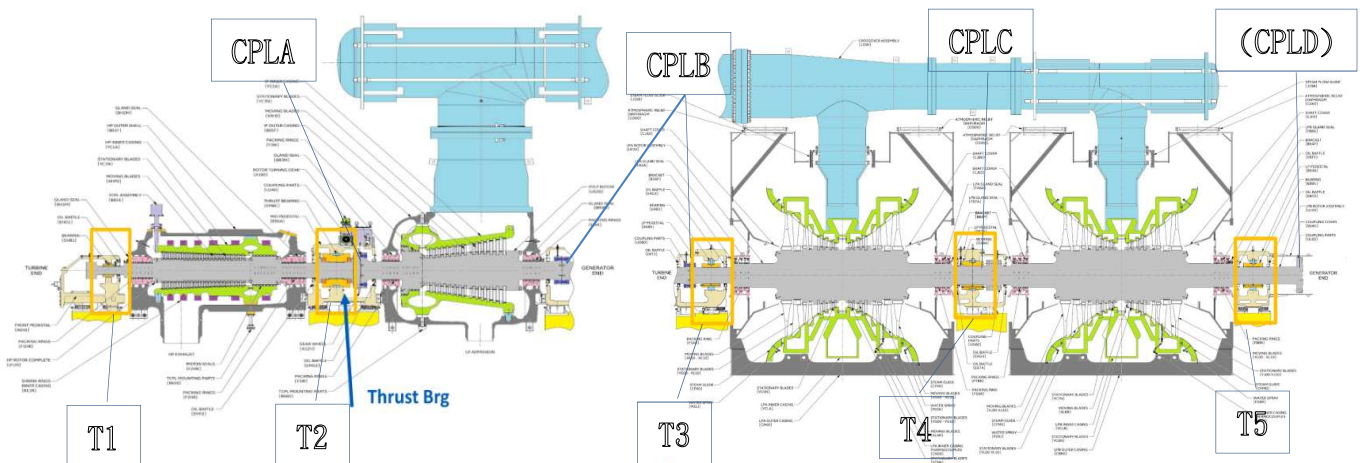
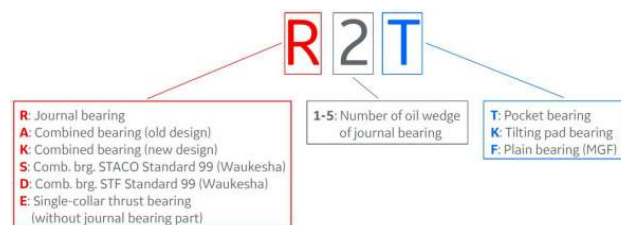


圖6.1 D654軸承及聯軸器位置圖



短橢圓軸承特色:軸承內孔成類似橢圓狀，當轉軸運轉時會產生2處楔型油膜(如圖依轉軸旋轉方向產左下及右上之油膜)。優點為可以更穩定轉軸故可使用於高速中高荷重之轉軸，兩側油進口可以較多進油量，冷卻條件佳，故運轉時油膜溫度較低。

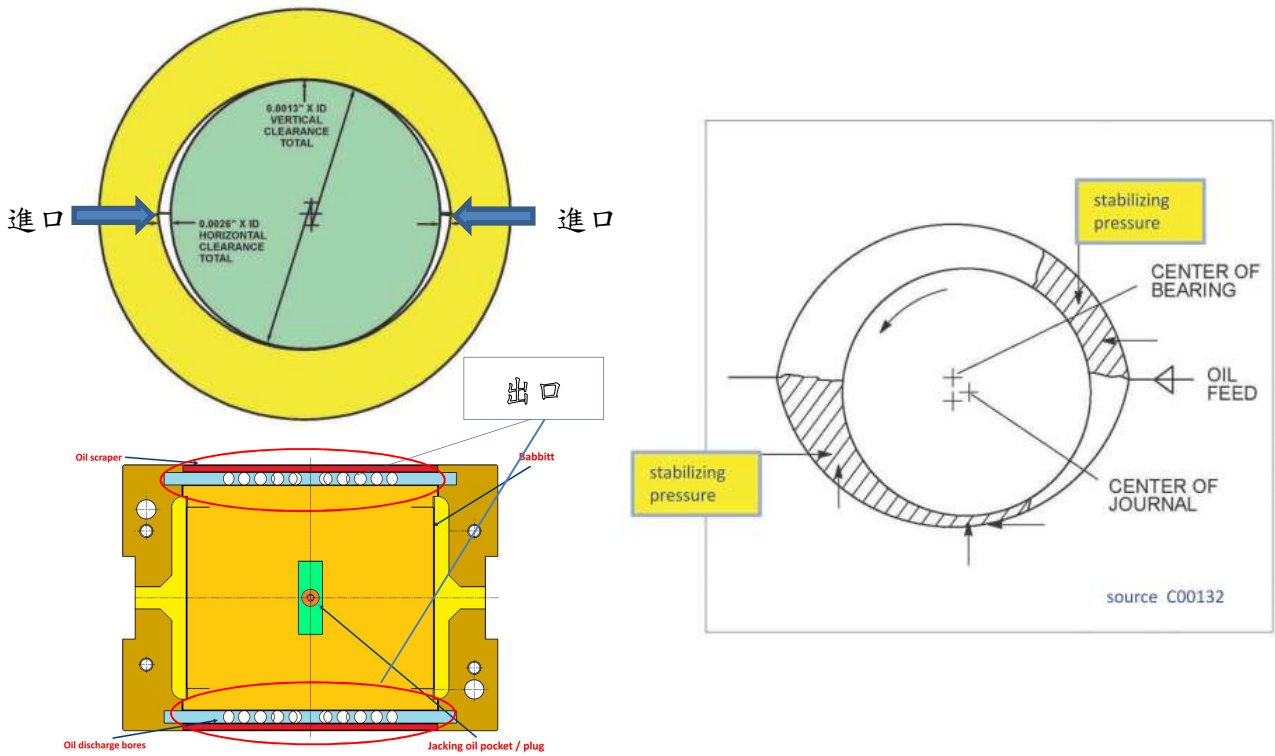


圖6.2 短橢圓軸承示意圖

推力軸承特色:D654採用翹板式止推軸承，主要結構分成三層，由上而下分別為止推翹板(pad)單元、支柱(pillar)、平衡槓桿(equalizing level)組成。止推翹板(pad)單元裝入籠環(cage ring)，中間支柱以球面座與翹板支撐，翹板外側則與擋子(stop)鬆配組裝以確保翹板可以有限度自由運動，翹板表面則澆鑄巴氏合金作為緩衝層。最底面平衡槓桿單元由1對組成，上平衡槓桿與支柱以球面座支撐，下平衡槓桿則由支撐板支撐，上平衡槓桿則以兩兩以外側面接觸，其外型設計可以使槓桿有限度自由擺動，讓翹板傾斜產生適當液動油壓分布抵銷軸向推力。潤滑油路設計則藉由擋子外側油孔輸入潤滑油再由頂部油孔均勻輸送各翹板表面。

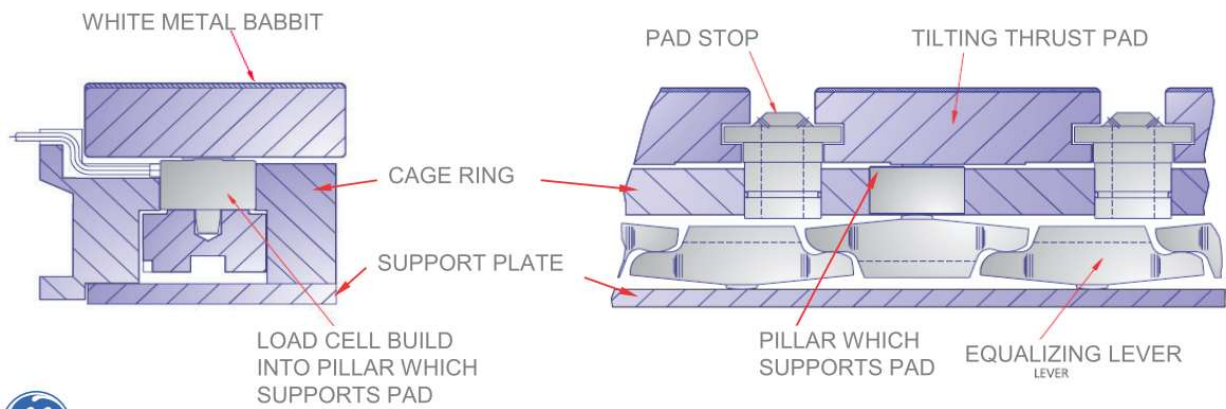


圖6.3 推力軸承示意圖

T1軸承:位於前座內，主體結構於水平中心線分上下兩半並以螺栓結合。外周上下左右四處設有球狀座與前座四點接觸支撐並允許軸承限度運動，球狀座內設計墊片以便對心，最頂端設有防逆轉定位銷。內周直接嵌入巴氏合金層作為轉軸與軸承間之緩衝層。正常運轉時潤滑流路設計以左右

兩端為潤滑油進口，潤滑油進入軸承間隙中產生楔型油膜以支撐轉軸，再由軸向排油孔排出。汽機升降速其間因轉軸轉速未達額定轉速，楔型油膜壓力無法有效支撐轉子，故本軸承設有頂升油孔1只以油壓強迫頂升轉子並潤滑。此外為監視軸承溫度故在下方楔型最小油膜厚軸向位置附近設有兩只熱電偶。

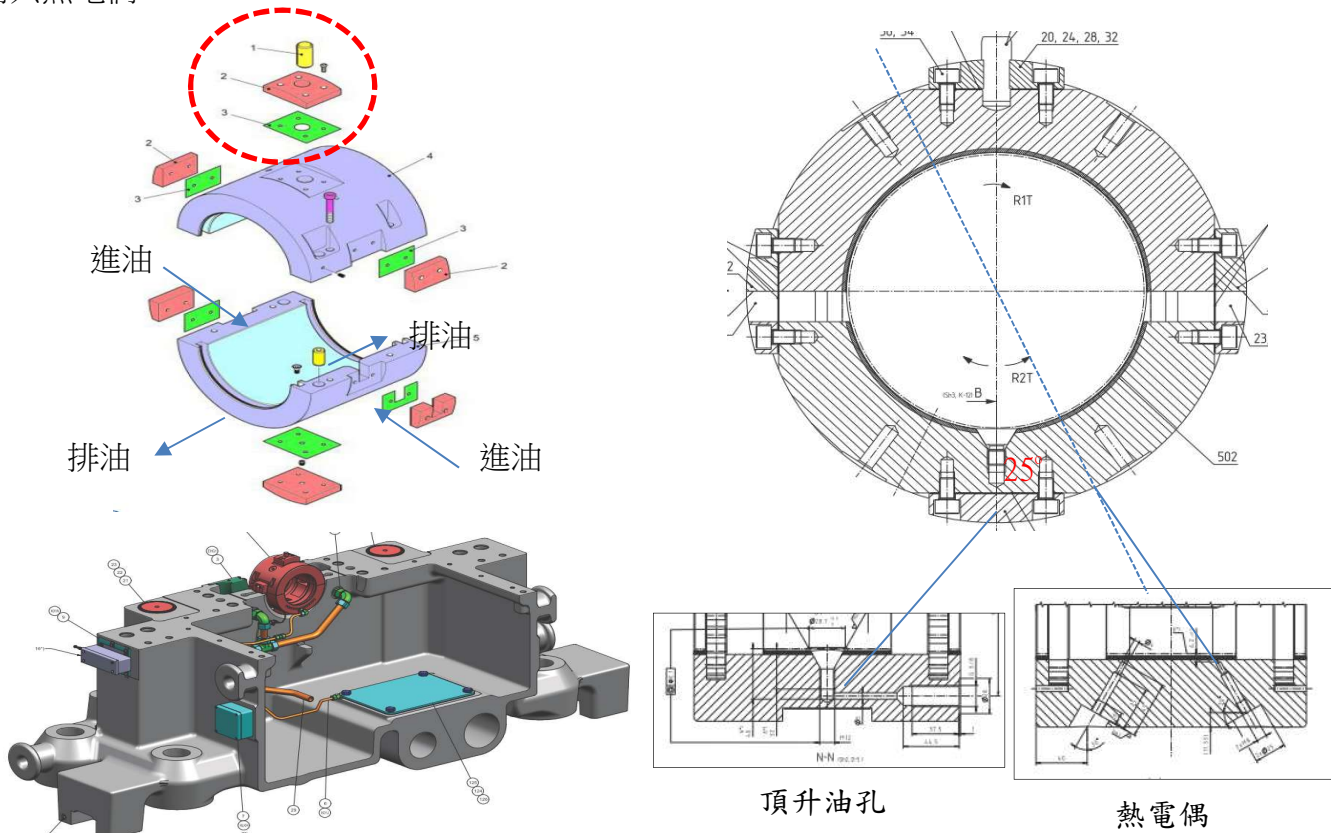


圖6.4 T1短橢圓軸承示意圖

T2軸承:為止推-短橢圓軸頸複合軸承並位於中間座內，主體結構於水平中心線分上下兩半並以螺栓結合，外周軸承殼上下左右四處設有球狀座與中間座四點接觸支撐並允許軸承限度運動，球狀座內設計墊片以便對心，軸向亦有墊片調整推力軸承間隙，最頂端設有防逆轉定位銷。軸承殼內周主要元件中間有上下半短橢圓型軸頸軸承襯套、兩端各有15只推力蹄片。正常運轉時潤滑流路如下圖:潤滑油由軸頸軸承左右兩端進入後分兩路，一路進入軸頸軸承間隙產生楔型油膜以支撐轉軸，另一路由每片推力蹄片中間飼油嘴均勻分配給每片蹄片潤滑，2路匯流後再由軸承軸向排出。本軸承於軸頸下襯墊設有頂升油穴1只，必要時以油壓強迫頂升轉子並潤滑。此外為監視軸承溫度，在軸頸軸承下方楔型最小油膜厚軸向位置附近設有2只熱電偶;推力蹄片亦於前後各4處設有熱電偶以評估整面推力面軸承溫度。

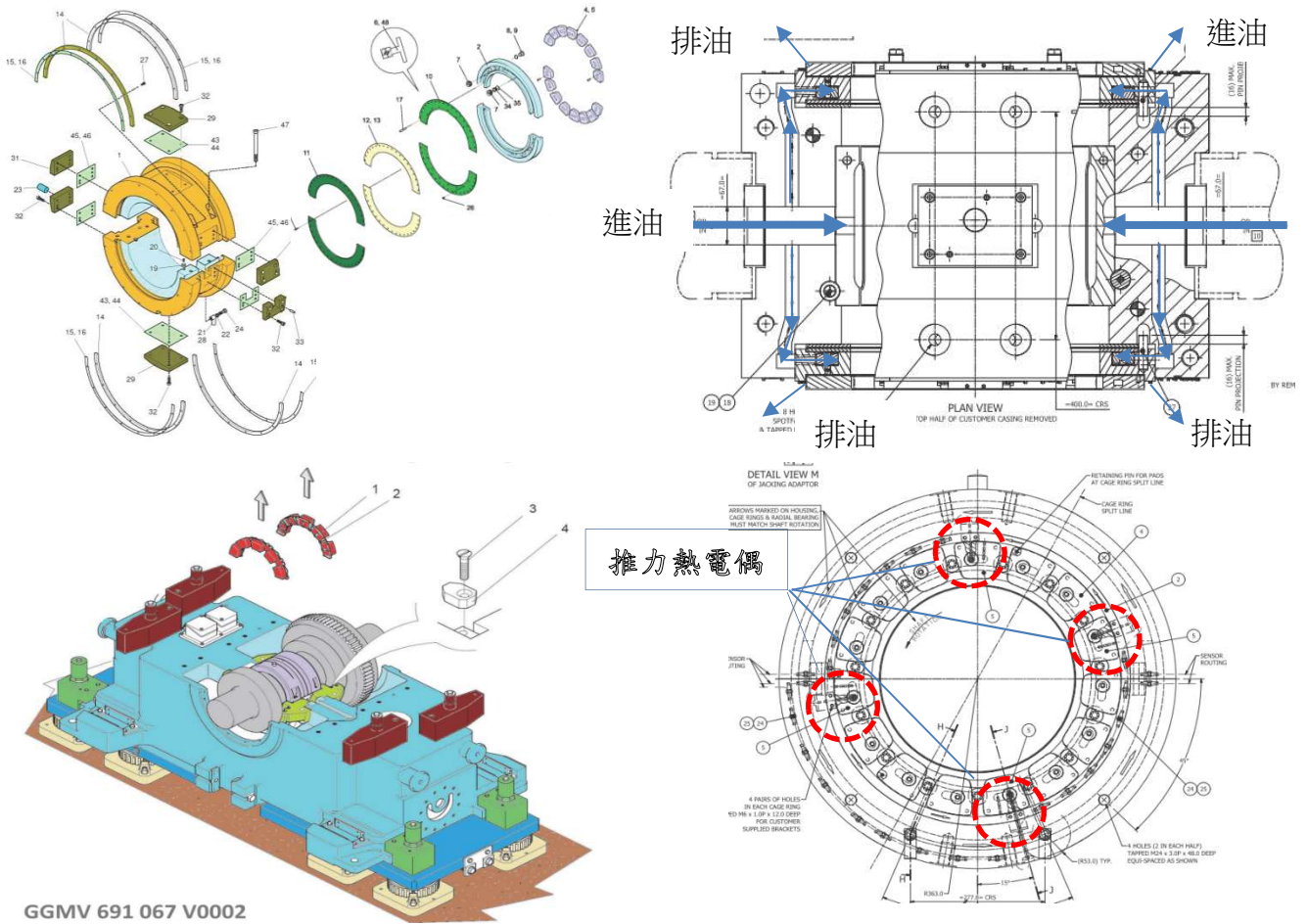


圖6.5 T2 止推-短橢圓軸頸複合軸承示意圖(1)

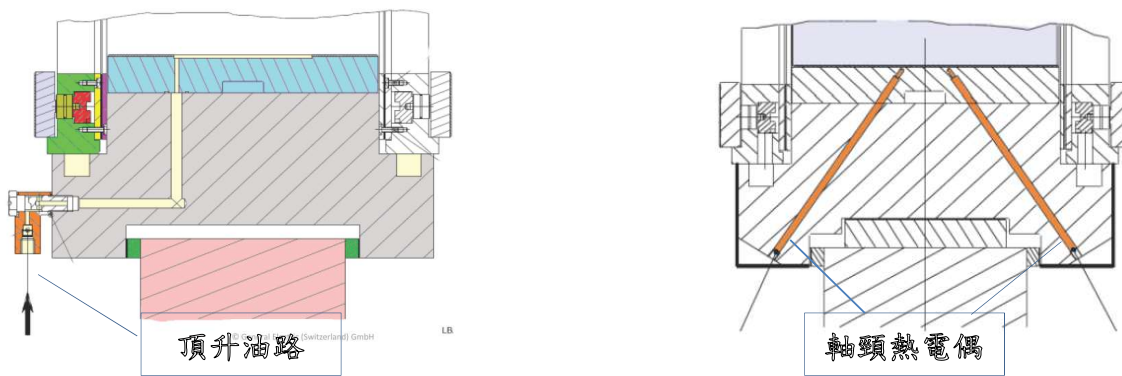


圖6.6 T2 止推-短橢圓軸頸複合軸承示意圖(2)

1. T3~T5軸承:分別位於LP1座、LP2座及LP3座如圖，其設計理念接和T1軸承大致相同，僅軸承尺寸因所處位置軸徑略有不同，不再贅述。

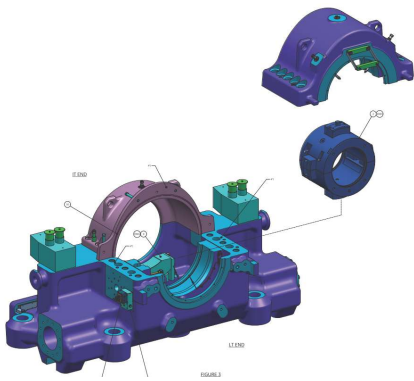


圖6.7 T3軸承示意圖

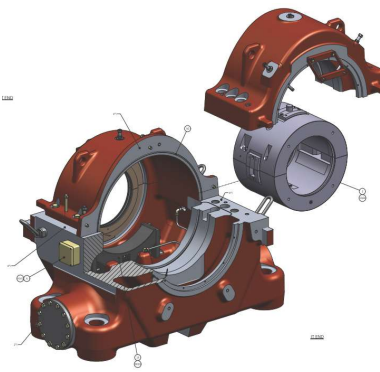


圖6.8 T4軸承示意圖

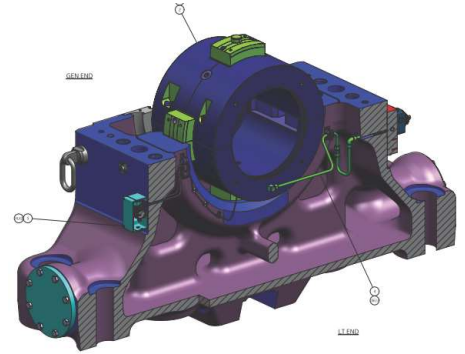


圖6.9 T5軸承示意圖

## 七、慢車齒輪裝置:

慢車齒輪位於中間座T2軸承室上方，主要功能為汽機起動前將因重力變型之轉子整直以避免運轉振動、停機時預防轉子因熱所生的熱永久變形及其他檢修工作所需。它是由變頻交流馬達帶動慢車齒輪機構提供汽機轉子約16rpm之轉動。當汽機需要時由儀用空氣供應閥MAK80AA015激磁提供空氣使慢車齒輪投入，當汽機不需要時，以升速而言轉子轉速若超過慢車齒輪轉速則慢車齒輪會因慣性自動分離，慢車馬達隨即停止。使用或停用時機設計為:

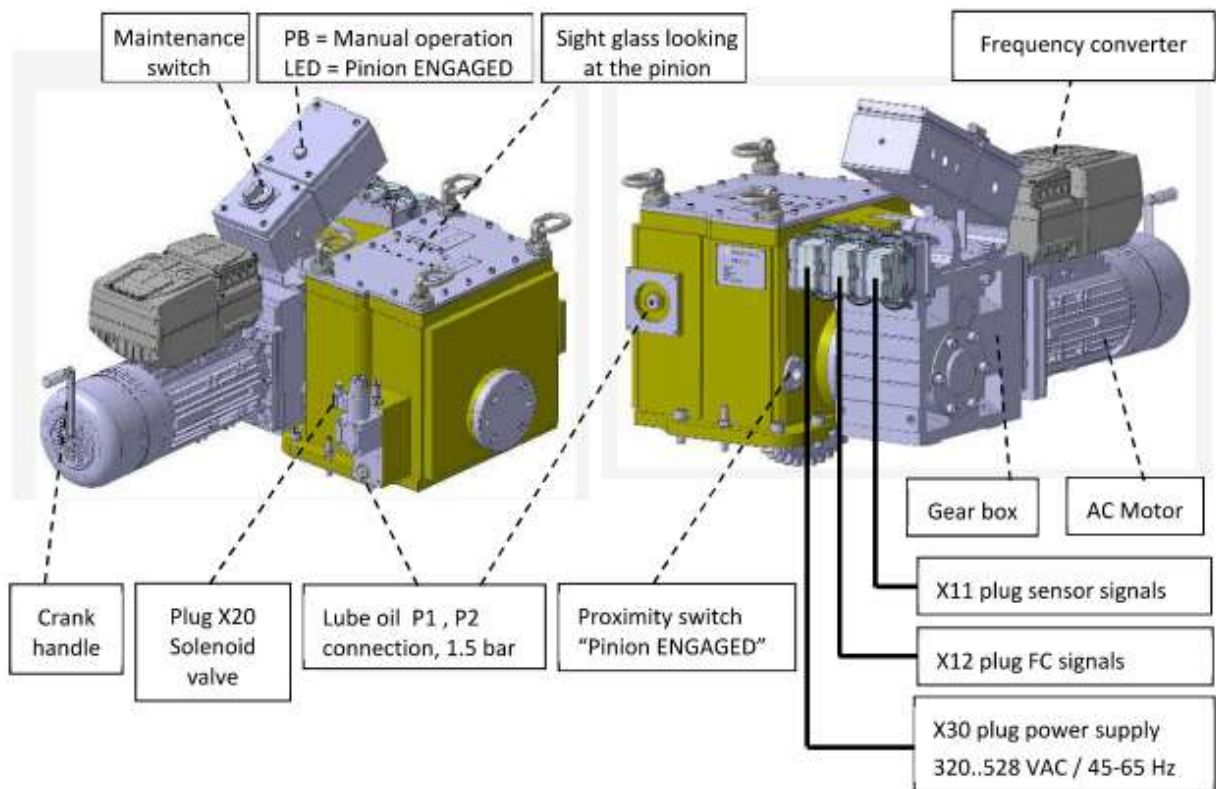


圖7.1 慢車齒輪外型示意圖

1. 停用條件:  
高中壓轉子平均溫度 $<150^{\circ}\text{C}$ 。
2. 長期汽機停機後起動時間建議:



汽機停頓時間(天)	建議慢車時間(小時)
<1	2
1~7	6
8~30	12
>31	24

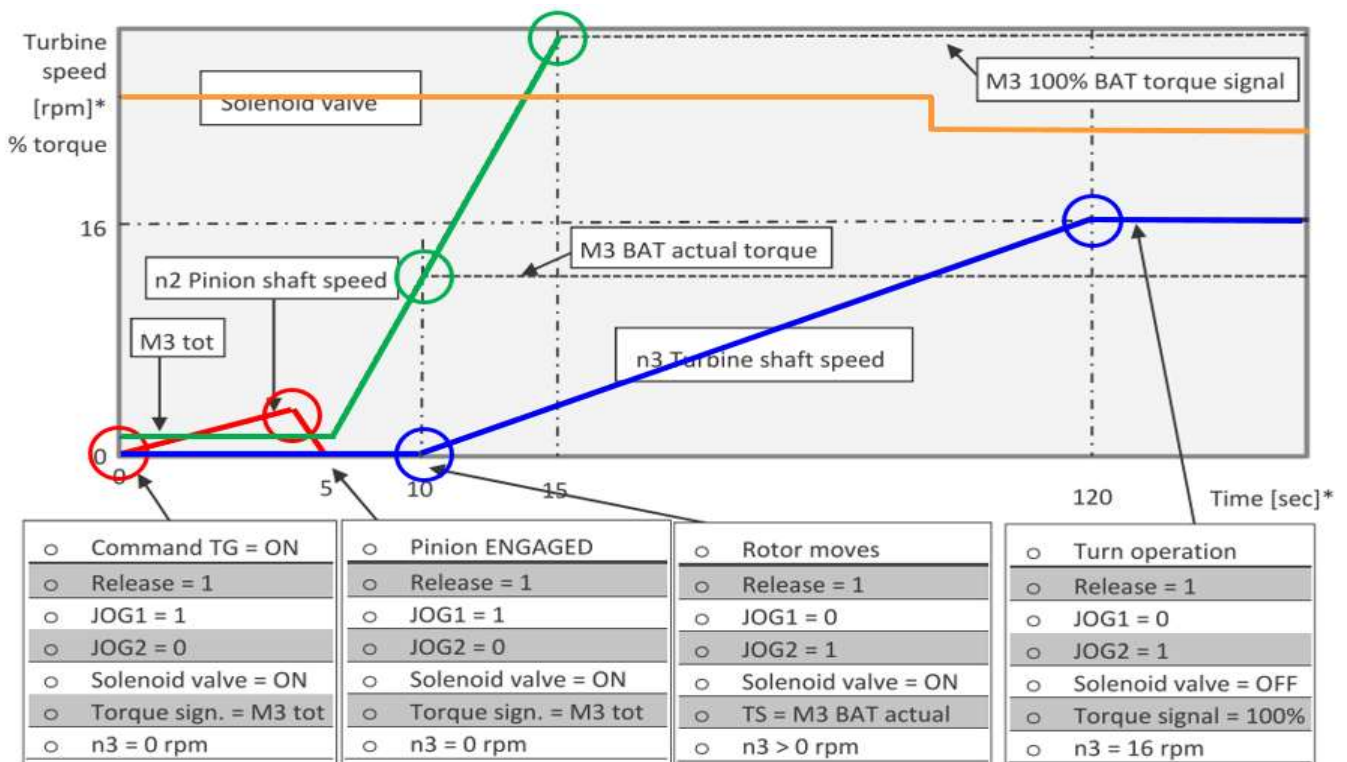
3. 汽機主軸轉速0-16rpm時期:

(1). T/G初始使用條件:

- i. 潤滑油/頂升油正常使用中。
- ii. 主軸轉速為0(standstill signal=1)。
- iii. T/G馬達蓋定位&打開維修開關(送電)。
- iv. T/G齒輪軸未與主軸嚙合。

(2). T/G作動程序:

- i. 起動T/G(JOG1=1)。
- ii. 電磁閥激磁送入油壓(1.5bar)使T/G齒輪軸移向主軸。
- iii. T/G齒輪碰觸到主軸齒輪(馬達扭矩(M3 tot)須足以克服發生齒對齒狀況)，”嚙合信號”需要一些時間回授。
- iv. 主軸開始運轉(JOG2=1)，主軸剛起步時，T/G扭矩隨之增加至(M3 BAT actual torque)，主軸轉速至16rpm，T/G扭矩應至(M3 100% BAT torque signal)。



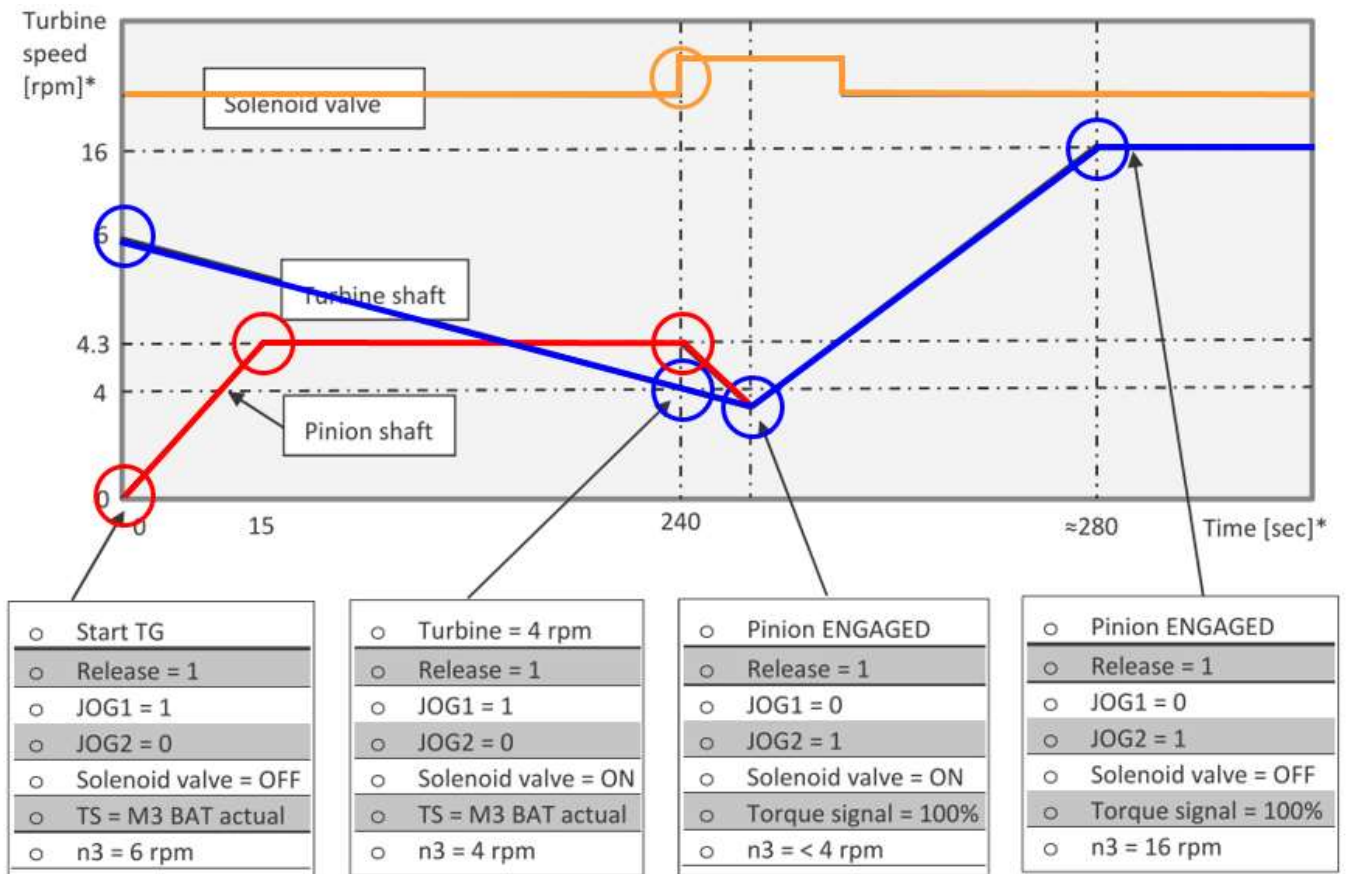
4. 汽機降速時期:

T/G初始使用條件:

- i. 潤滑油/頂升油正常使用中。
- ii. 主軸轉速 > 4rpm。
- iii. T/G馬達蓋定位 & 打開維修開關(送電)。
- iv. T/G齒輪軸未與主軸嚙合。

5. T/G作動程序:

- i. 只要主軸轉速 < 6rpm，T/G馬達就起動準備與主軸嚙合。紅線為T/G齒輪轉速先由0升至4.3rpm預備(約15sec)
- ii. 當主軸降速至4rpm(約低於T/G轉速)，電磁閥激磁(橘線)使T/G與主軸嚙合，主軸轉速會下降至約4rpm再升速至16rpm。



八、主線監控儀器設備(TSD):

為進行監控主汽機運轉及相關保護措施，D645設置多種監控儀器以確保運轉安全，計有:1.軸位2.振動3.相位4.軸偏心器5.轉子-殼差膨脹6.殼膨脹7.軸電流8.溫度9.壓力偵測測器等，其設置位置如下所示:

1. TSI儀器監控:

(1). 高壓汽機部分:

- i. 軸偏心感測器:1只，採用渦電流原理，在軸正常運轉下，透過探測器與軸之間的高峰值監測軸偏心。
- ii. 差膨脹偵測器：2只，左右各一，主要在量測汽機轉軸與汽缸間在熱膨脹之後相對的差值，一般汽機運轉中如果差膨脹過大時，會自動跳脫汽機。
- iii. T1軸承振動偵測器:分別監控T1軸承殼2只及內部轉子振動2只共2種，作為運轉監控。
- iv. 速度偵測器:共有6只，分兩組(3只+3只)，其中3只做為主速度偵測器做為控制用，其於3只做為緊急超速跳脫用。
- v. 殼膨脹@前座偵測器:1只，以LVDT監控由中壓至高壓汽缸累計的汽缸殼膨脹量。

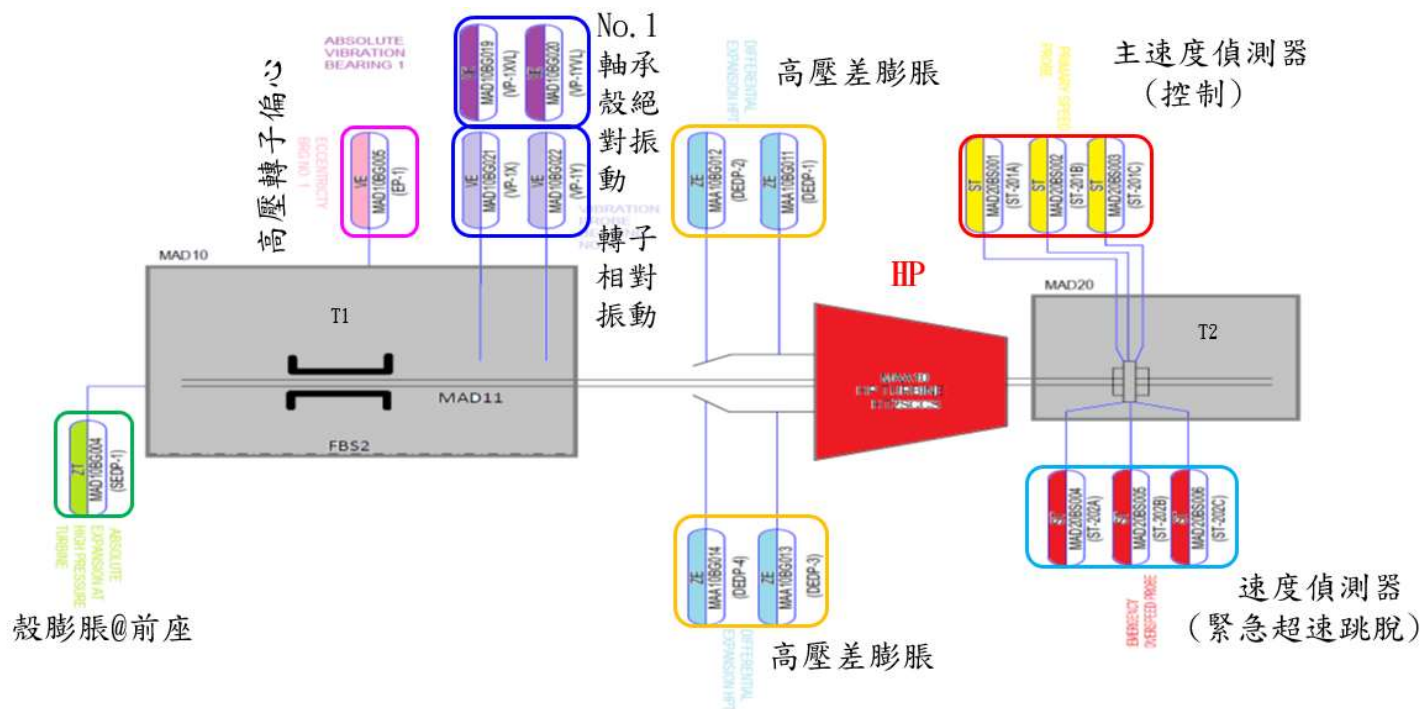


圖7.1 高壓汽機TSI儀器位置圖

(2). 中壓汽機部分:

- i. 止推軸承位移軸位移:3只使用渦電流原理，偵測止推軸承位移，可作為止推軸承功能失效早期的警告，以避免導致汽機機械本體嚴重的損壞。
- ii. 殼膨脹偵測器:1只，以LVDT監控由中壓的汽缸殼膨脹量。
- iii. 相位偵測器:1只，可以知道振動方向及軸運轉軌跡，以利運轉掌握。
- iv. 中壓軸偏心偵測器:(與高壓軸偏心偵測器相同)。
- v. 中壓差膨脹偵測器:(與高壓差膨脹偵測器相同)。
- vi. T2及T3軸承振動偵測器:(與T1相同)。

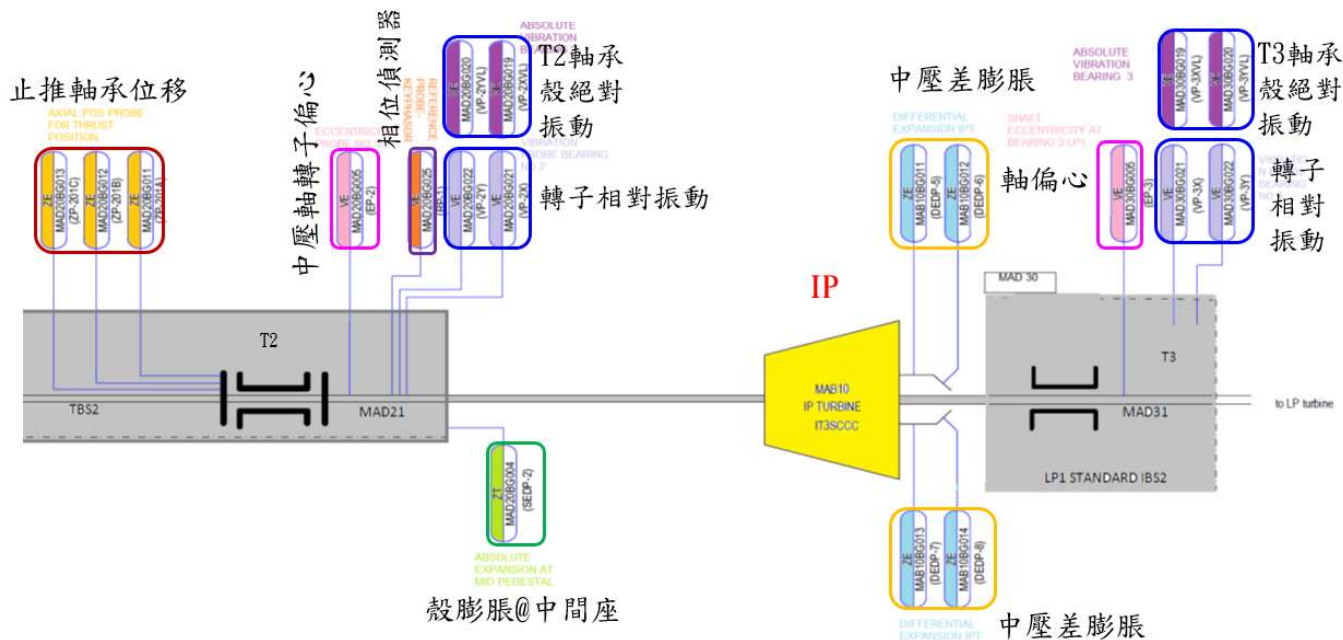


圖7.2 中壓汽機TSI儀器位置圖

(3). 低壓汽機部分:

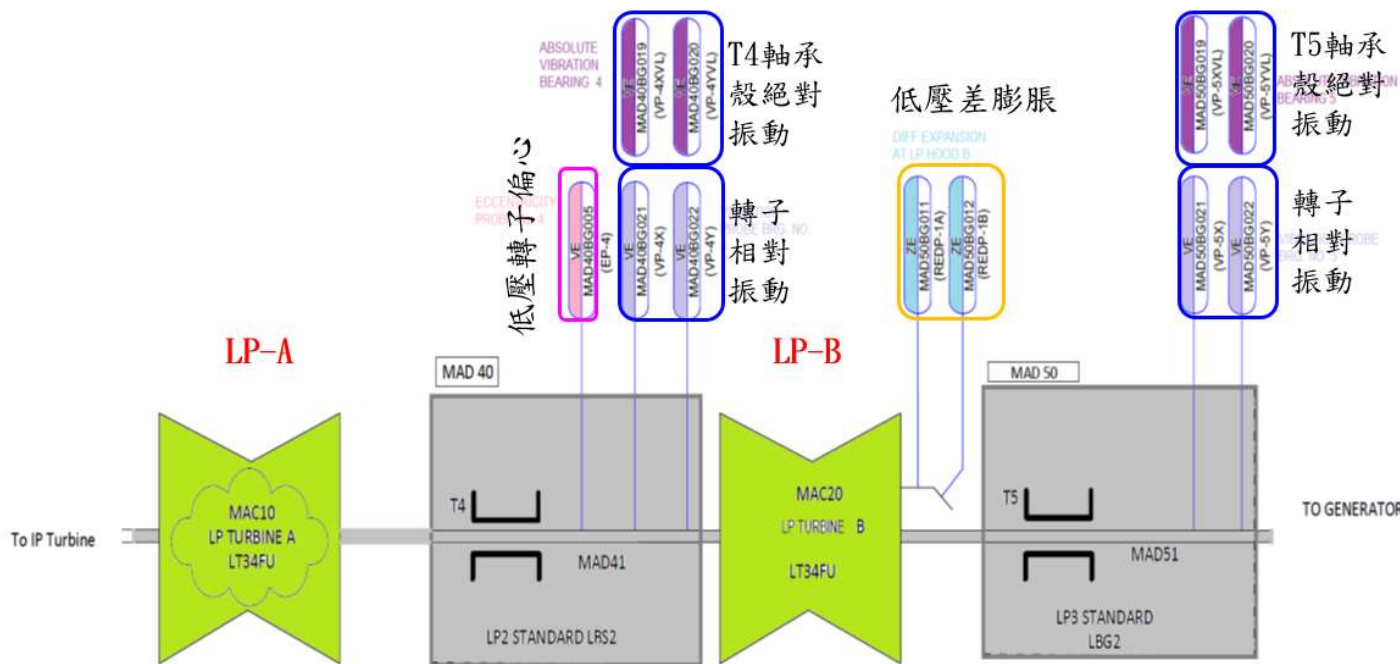


圖7.3 低壓汽機TSI儀器位置圖

2. TSI溫度監控:

(1). 高壓部分:

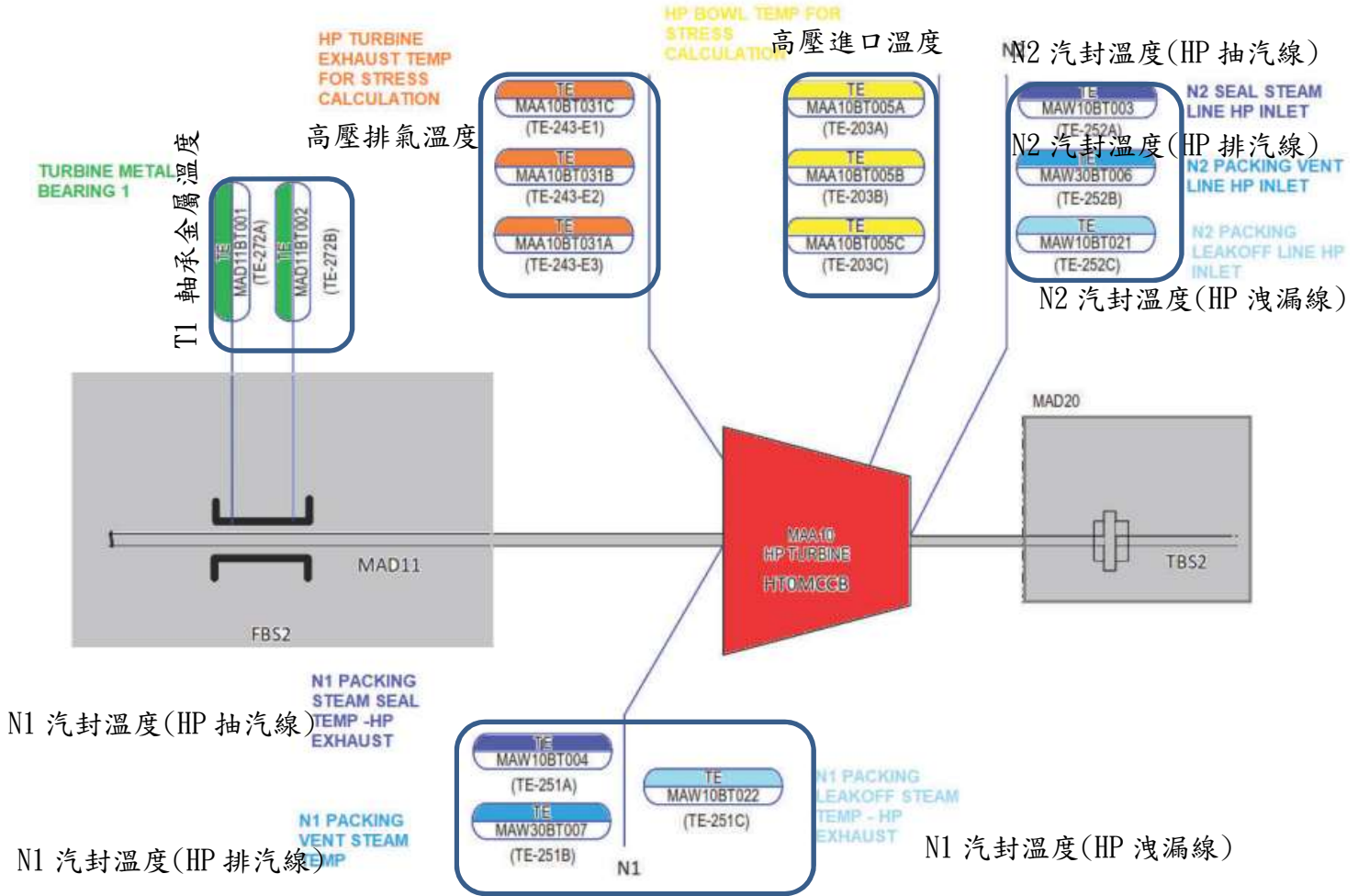
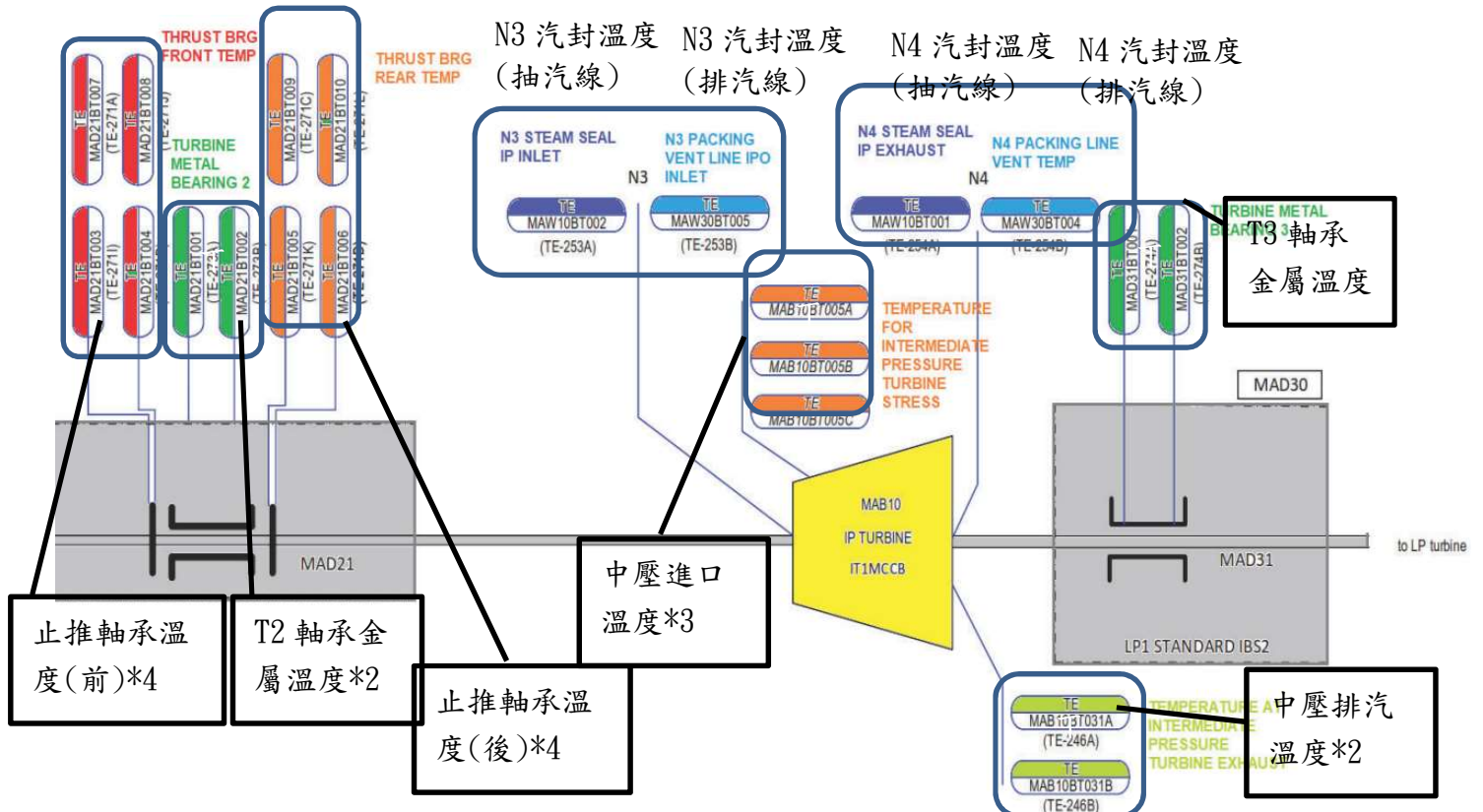


圖7.4 高壓汽機TSI溫度偵測器位置圖

(2). 中壓部分:



(3). 低壓部分:

圖7.5 中壓汽機TSI溫度偵測器位置圖

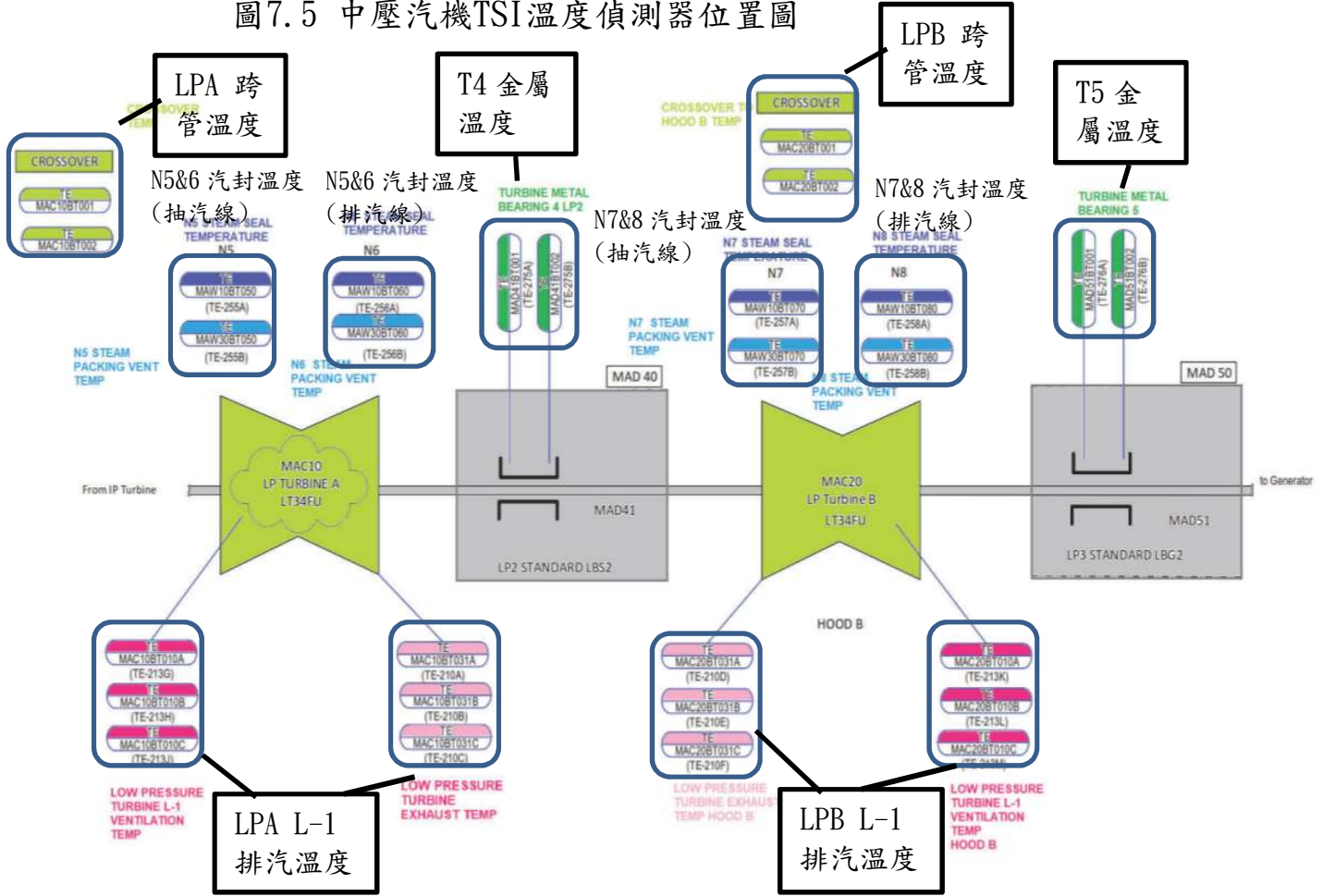


圖7.6 低壓汽機TSI溫度偵測器位置圖

(4). 閥部分:

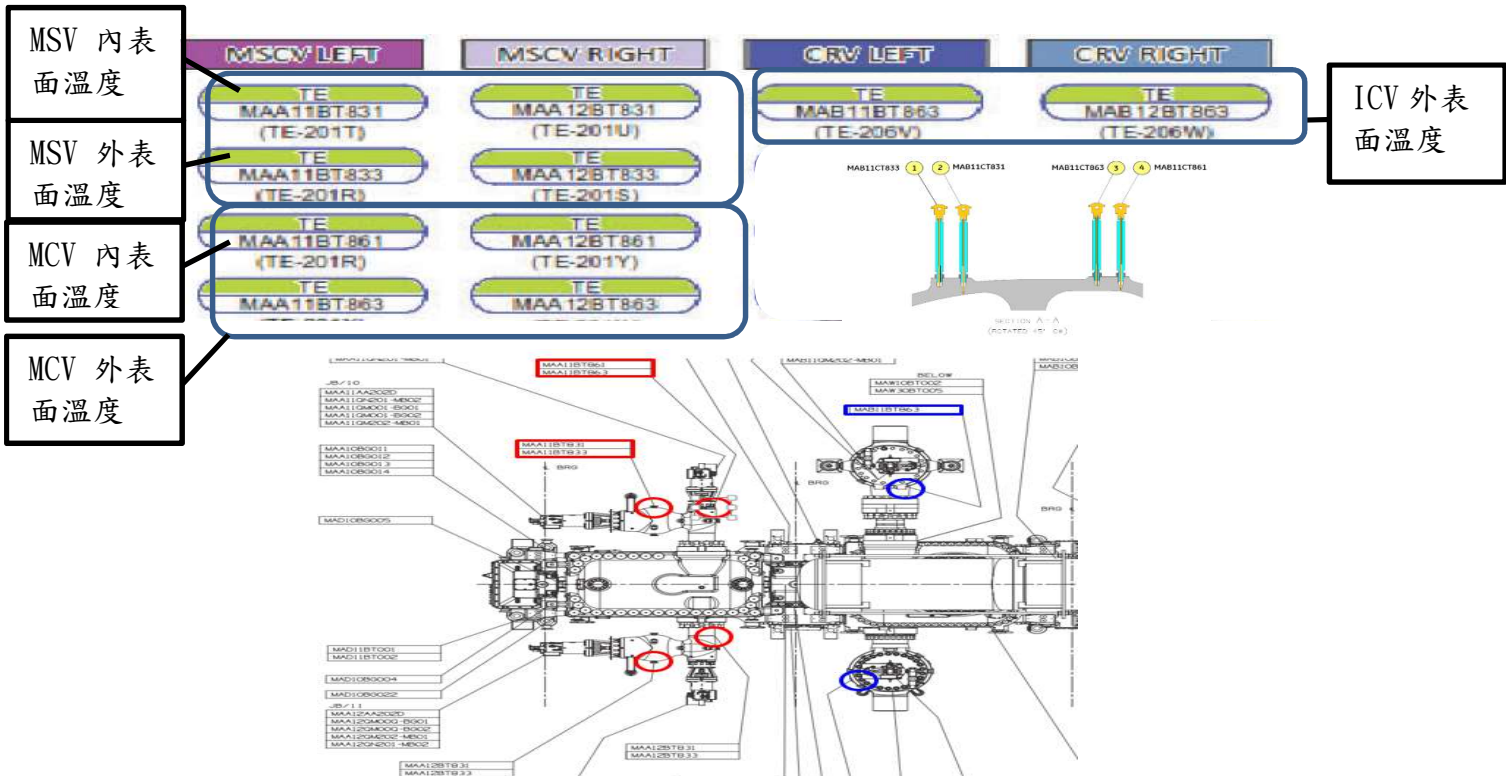


圖7.7 閥體TSI溫度偵測器位置圖

3. TSI壓力部分:

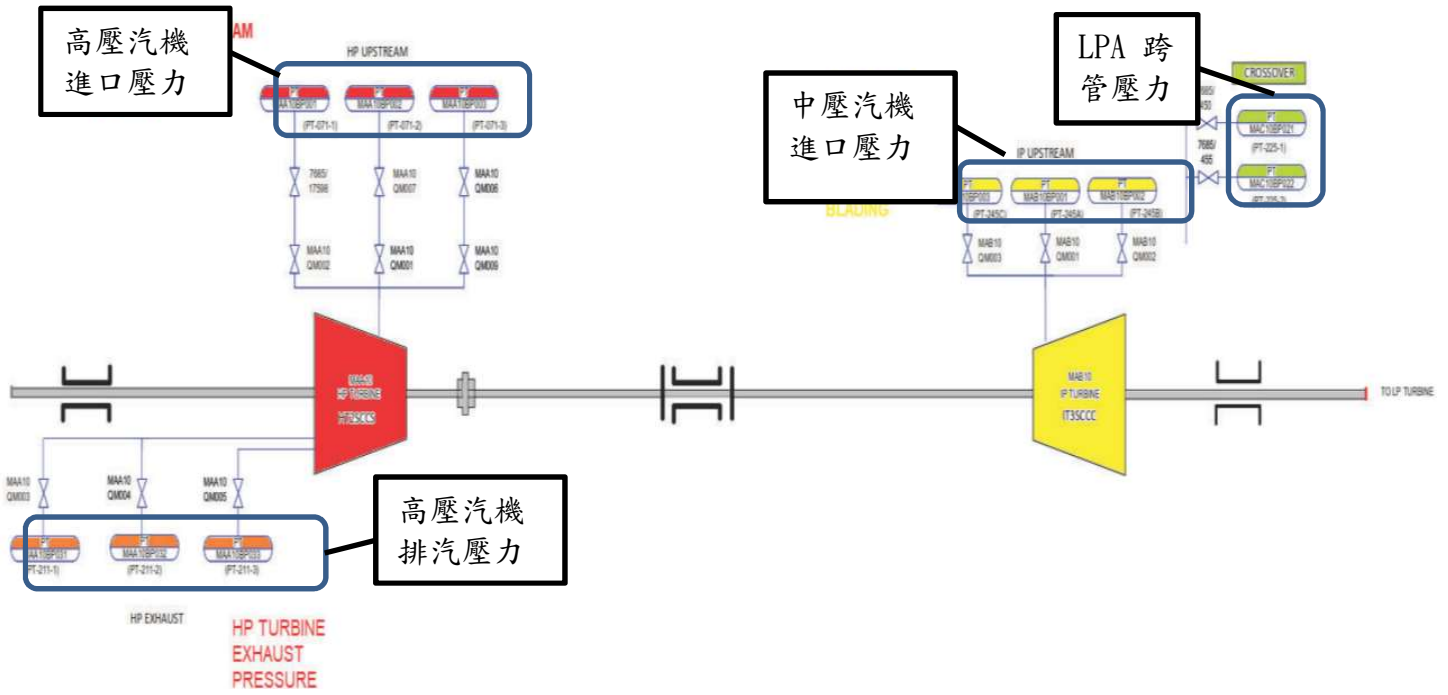


圖7.8 高中壓TSI壓力偵測器位置圖

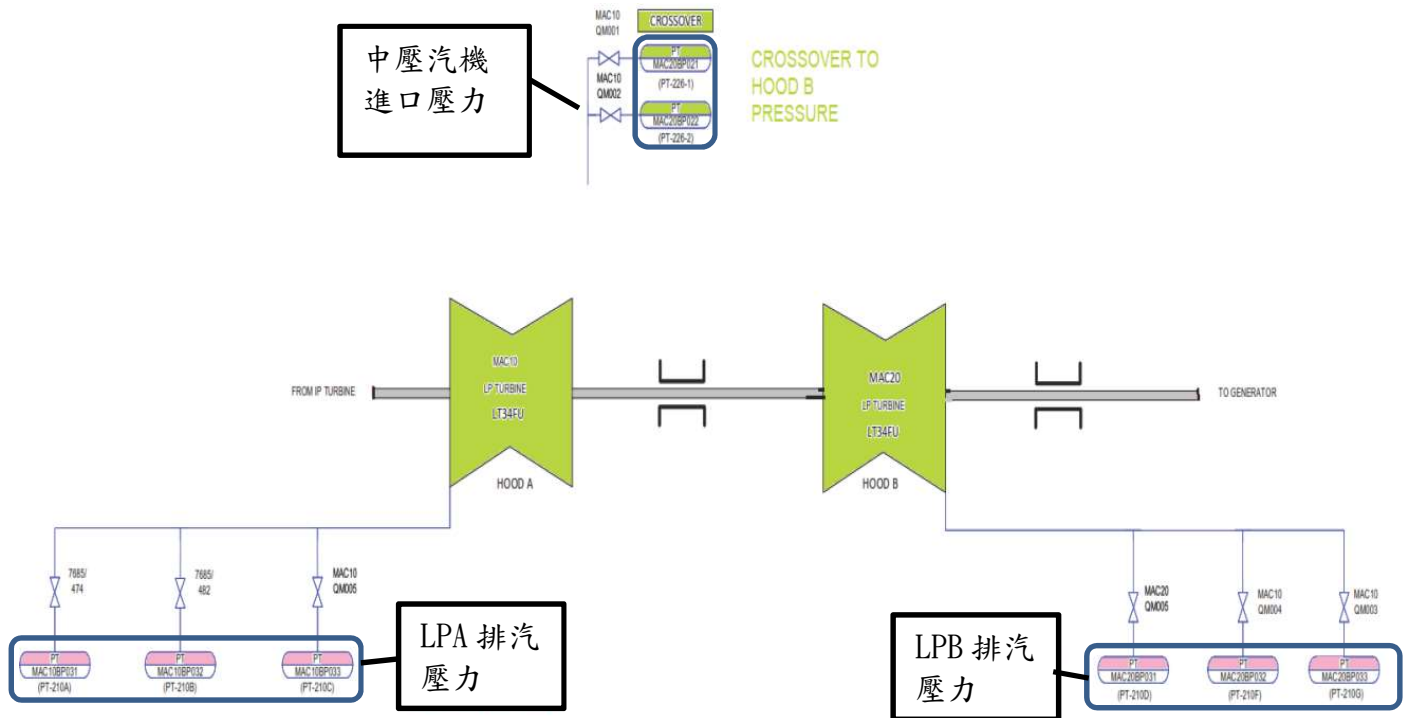


圖7.8 低壓TSI壓力偵測器位置圖

九、 格蘭汽封系統:

主要為了運轉時隔絕汽機內部之高能工作流體與外界連通，以高中壓汽機而言為防止洩漏，以低壓汽機而言為防止大氣入侵。洩漏路徑為蒸汽沿轉軸經機殼連通至大氣，故在每支轉軸兩端

皆設計汽封環，汽機部分共有N1~N8汽封。設計基本原理為主動供應蒸汽進入汽封環，其內部分因隔出許多彎曲的流路，蒸汽在此進行多段式減壓達到軸封的目的，每只汽封環內通常由汽機內側至外側分成3區：(1)洩漏區：設計上把軸向較高壓的洩漏蒸汽供給汽封集管使之保持高於大氣壓力。(2)供汽區：供汽來源有輔助蒸汽、各格蘭洩漏及高壓閘桿洩漏等，集管上游通常有格蘭汽封壓力控制閥(SSFV)控制之穩定蒸汽壓力集管供給。(3)排汽區：下游有格蘭汽封壓力排放閥(SSDV)排出多餘排汽並送至格蘭蒸汽冷凝器與冷凝水熱交換，在SSFV及SSDV協調控制下穩定供汽集管壓力。格蘭系統主要由供/排汽管路及控制閥、各汽封環及格蘭蒸汽冷凝器構成，其管路流程及重要設備介紹如下：

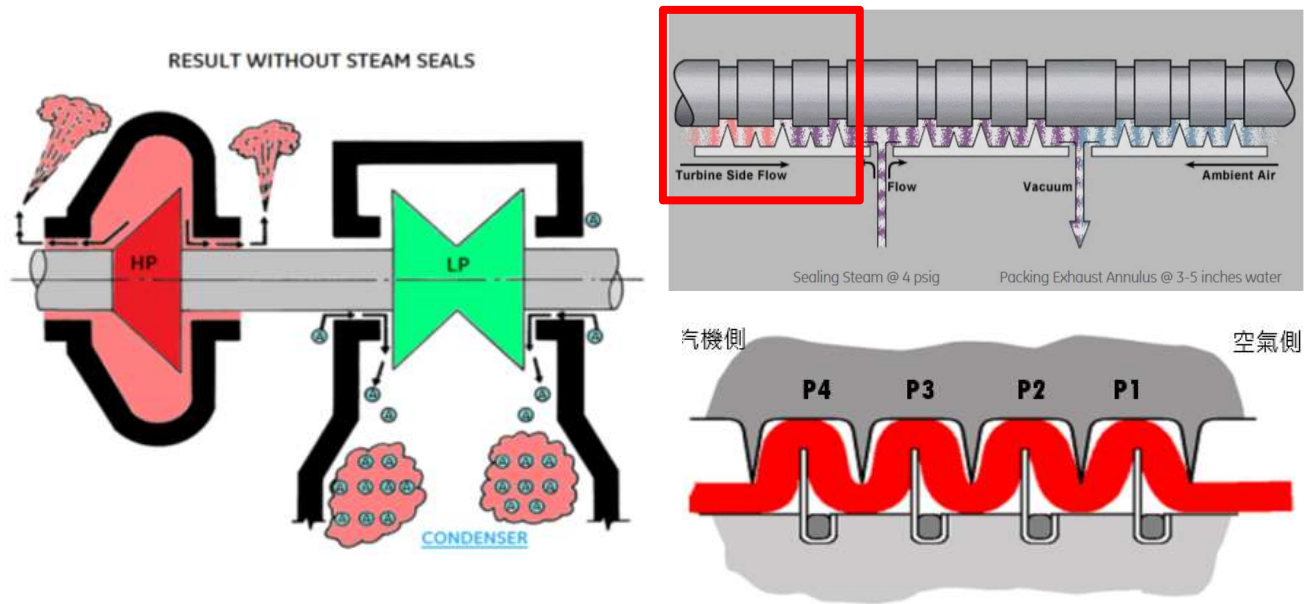


圖8.1 高低壓格蘭汽封示意圖

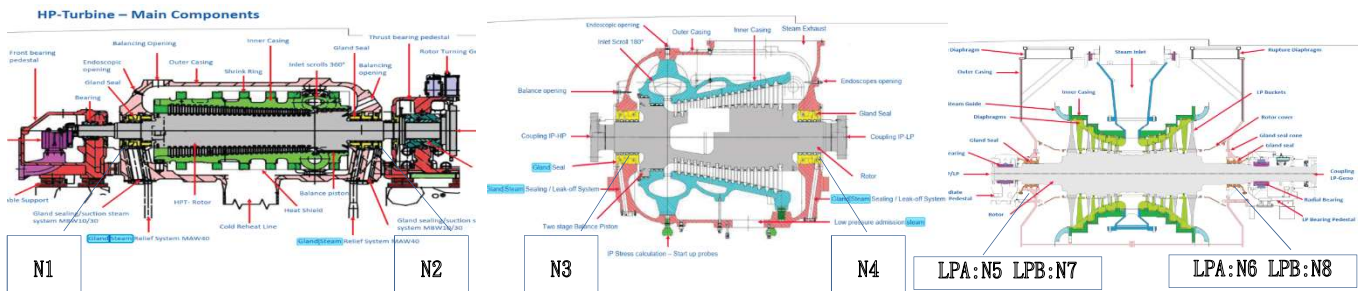


圖8.2 N1~N8格蘭汽封位置圖

1. 格蘭汽封運轉設計初步分為兩階段：

- (1) 起動/初載運轉：初始汽機起動前，必須使冷凝器真空，故高中低壓汽機N1~N8皆須藉由輔助蒸汽供汽進行密封。首先由輔助蒸汽集管提供適當壓力及溫度蒸汽，除了作為高、中、低壓汽機格蘭汽封，並提供低壓汽機蒸汽管路暖管。集管壓力達20.7~27.6 Kpa，開始進行冷凝器抽真空。汽機併聯後進汽壓力控制模式(IPC MODE)，格蘭蒸汽來源為冷再熱蒸汽(CRH)開始提供並供給輔助蒸汽集管使用。進入低壓格蘭蒸汽需將溫度控制在200°C(噴水減溫)，避免Gland Casing 產生熱變形並傷及轉子。初期負載時，格蘭蒸汽



集管壓力控制藉由汽封壓力控制閥將壓力控制在20.7~34.5 Kpa 之間。

- (2) 自封運轉:隨著汽機負載70%上升，高中壓汽機軸封洩漏壓力可以滿足低壓汽機汽封壓力需求，即可對低壓汽機自供給氣封蒸汽，其N1~N4供汽改為排汽並流向格蘭蒸汽集管 (Gland Steam Header) 而低壓側N5~N8汽封蒸汽仍抽回格蘭蒸汽冷凝器。格蘭蒸汽集管壓力控制藉由汽封壓力排放閥將壓力控制在 34.5 Kpa，再將多餘之格蘭蒸汽洩放置冷 凝器，壓力排放閥開啟時控制閥將連鎖關閉。

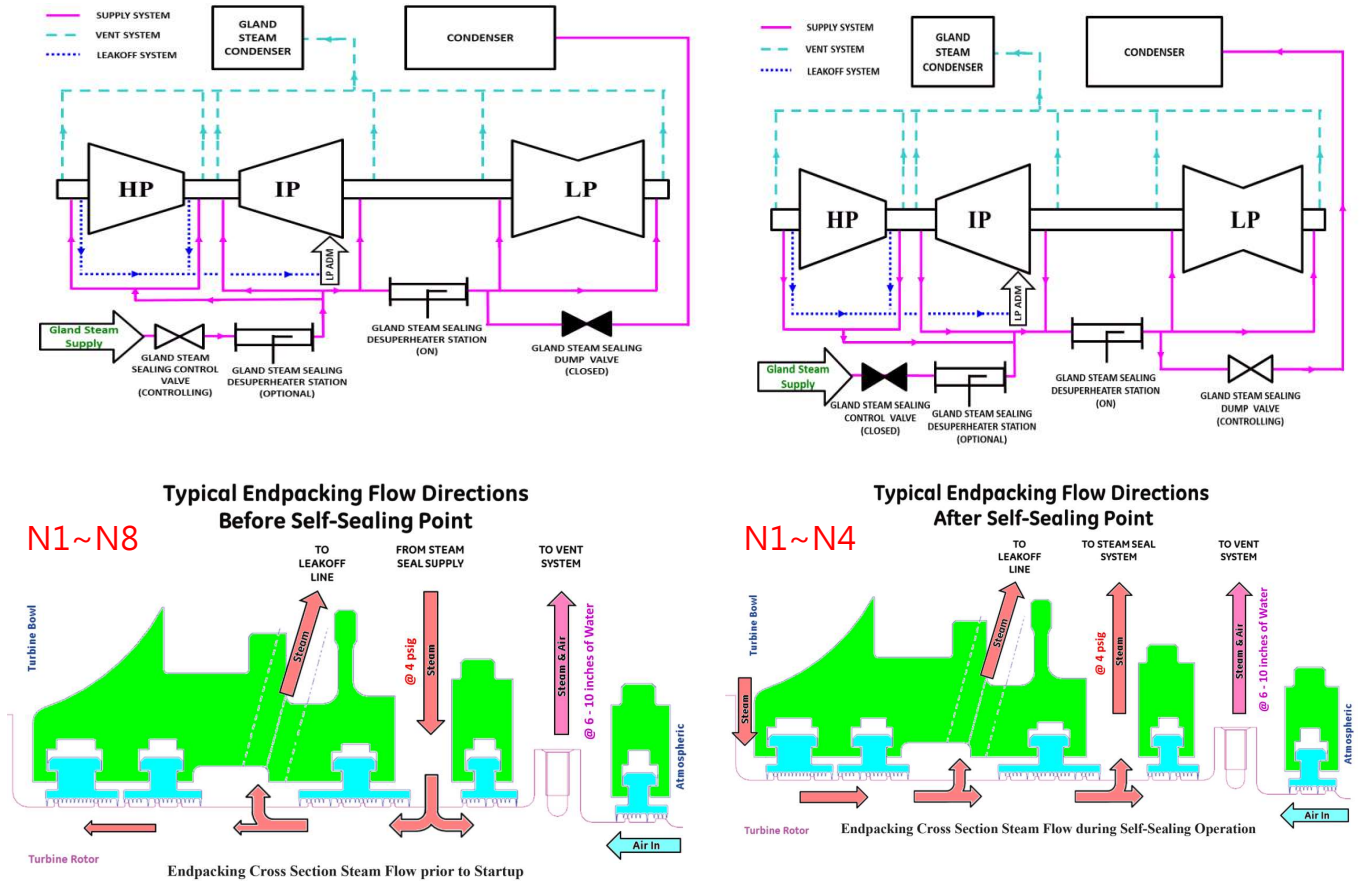


圖8.3 格蘭汽封作動流路示意圖

2. 格蘭SSFV及SSDV閥:汽機控制系統採用比例積分控制進行汽封壓力控制，由一個控制器(汽封集管壓力設定值)同時控制2個控制閥。控制閥採“分程控制”不會同時均open狀態。

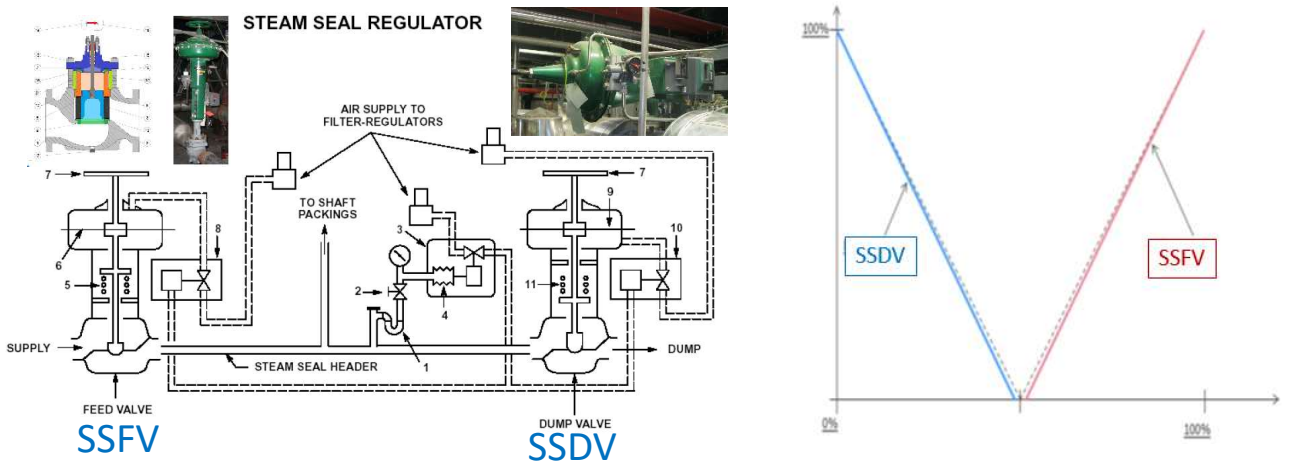


圖8.4 SSVF及SSDV控制示意圖

3. 格蘭蒸汽冷凝器:為一反向流管殼式熱交換器，可回收來自格蘭汽封的蒸汽，並與冷凝水熱交換增加機組效率，使之格蘭蒸汽凝結成為水再提供鍋爐使用。設置兩台格蘭抽氣扇使冷凝器產生負壓用來抽出汽輪機汽封系統的汽氣混合物，防止蒸汽從端部汽封漏到汽機房和油系統中去而污染環境和破壞油質。格蘭蒸汽冷凝器位於冷凝水泵的排放口。它冷凝汽輪機壓蓋密封蒸汽洩漏，並將冷凝水返回熱井。這些通常是殼式和 U 形管式熱交換器。有一個最低冷凝水流量要求，由該熱交換器出口側的冷凝水再循環閥控制。壓蓋密封洩漏的蒸汽通過壓蓋抽風機和蒸汽的一些冷凝作用被吸入壓蓋密封冷凝器。通常有兩個 100% 容量的風扇與壓蓋冷凝器一起提供，用於冗餘操作。一個處於運行狀態，另一個應置於備用狀態。如果正在運行的風扇出現故障，備用風扇將自動啟動。排風機將不凝性氣體排到大氣中。冷凝水通過蒸汽疏水閥或環路密封返回熱井。壓蓋冷凝器保持真空，但真空度不如冷凝器高。如果使用環路密封，則其設計必須能夠承受這種壓力差。蒸汽疏水閥往往更可靠。在任何冷凝器真空損失事故期間，必須檢查這些系統是否正常運行。

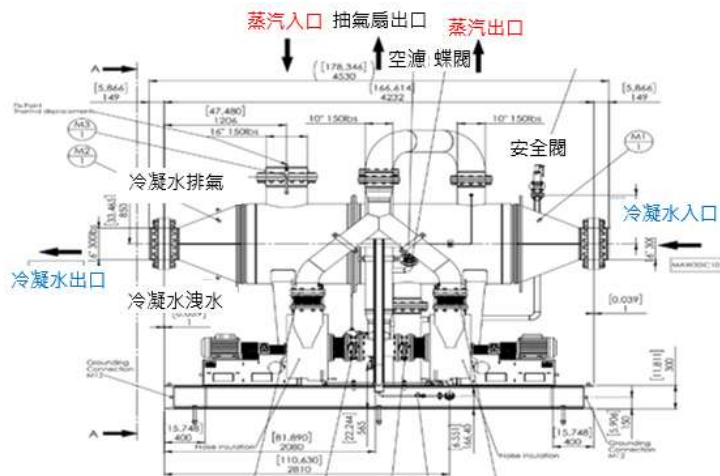


圖8.5格蘭蒸汽冷凝器示意圖

## 十、 各控制及關斷閥簡介:

高壓汽機重要閥件包括控制閥(MCV)、關斷閥(MSV)、動力輔助止回閥(check VV)、高壓起動排汽閥(HP start-up exhaust V/V)等。以下介紹主要功能。

控制閥(MCV):控制進入高壓汽機的蒸汽流量，以達到精確地控制汽機轉速與負載此外在低負荷運轉期間，它還能控制蒸汽節流壓力。此閥設計可以全關以防止汽機超速運轉，是汽機保護的第一線。關斷閥(MSV):關斷閥是一種安全裝置，可在運行期間阻止高壓蒸汽流向汽機，是汽機保護的第二線。閥門只有兩種狀態，啟動和正常運轉時完全打開，關閉時完全關閉。動力輔助止回閥(check VV):再某些運轉狀態下須強迫操作此閥以防止冷再熱蒸汽逆流至高壓汽機造成高壓汽機逆轉。高壓起動排汽閥(HP start-up exhaust VV):汽機起動時因由中壓汽機率先進汽，此時須使用此閥進行高壓汽機內抽真空以防因高壓汽機轉軸共轉之風損過熱。

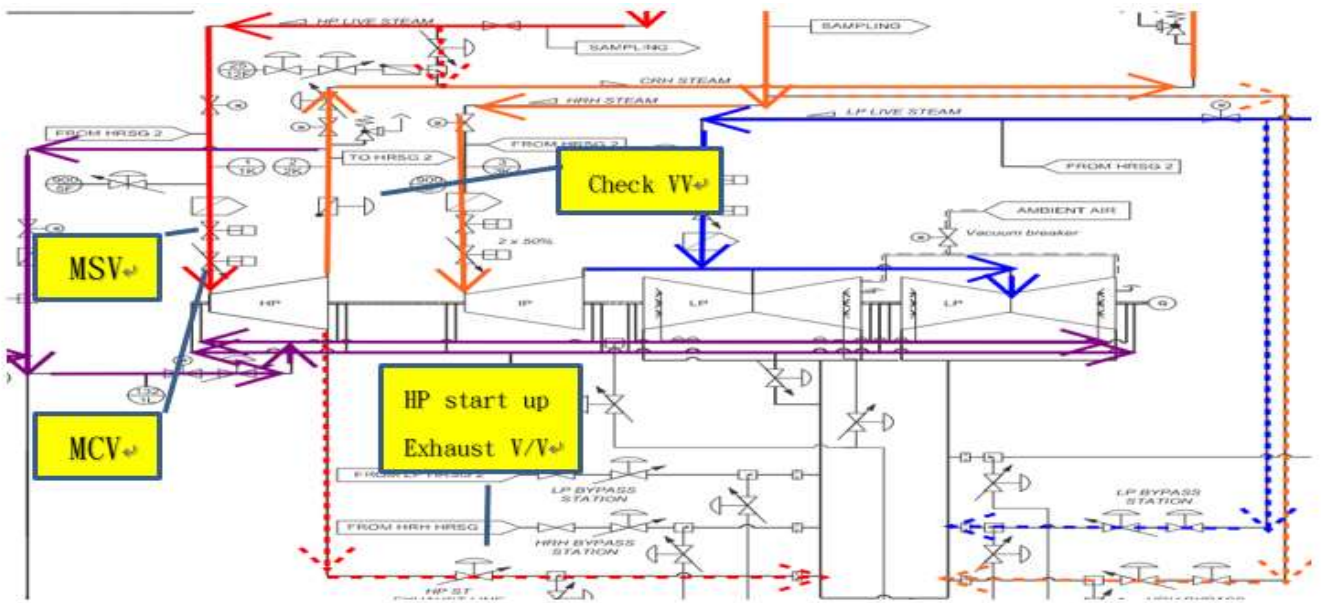


圖10.1 高壓汽機重要閥件位置圖

高壓控制閥與關斷閥為共用閥體的複合設計如圖示。主要元件由各閥上到下一般有驅動器(含盤型彈簧組件)、聯軸器、閥體、閥蓋、閥軛、閥帽、閥桿、閥桿襯套、閥盤、閥座、蒸汽濾網等。

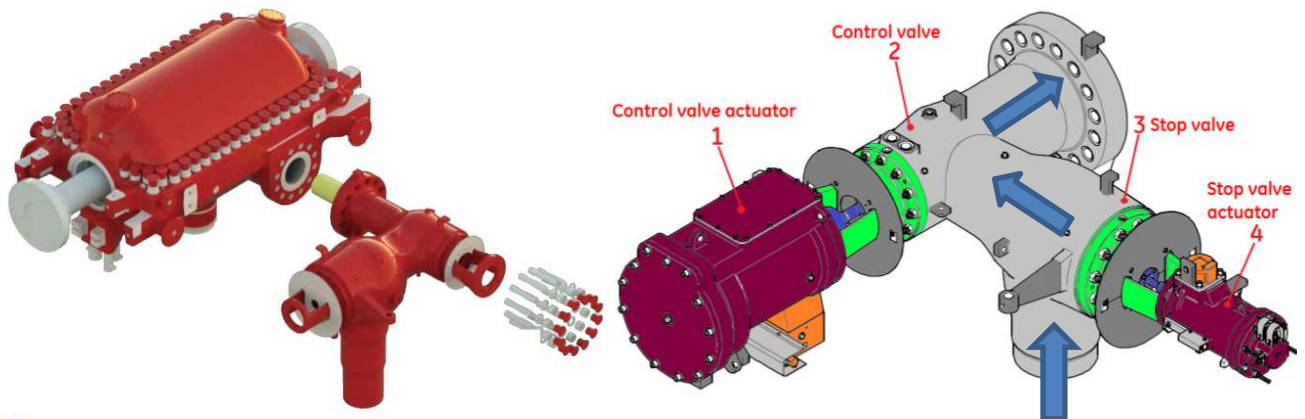


圖10.2 高壓控制閥與關斷閥及外觀示意圖

1. 高壓控制閥驅動器:主要有油壓控制塊及杯狀彈簧組件構成，油壓控制塊上有油壓管路及控制元件以便進行精準控制。分別有:油壓管路3線(FRS,FRD,FSS)、伺服閥(servo)\*1只、關閉閥(shut-off)\*1只、閥位指示&LVDT\*1組、濾芯\*2個。各元件相互配合達成閥開關及閥桿試驗功能。各元件功能說明如下:依液壓油功能區成三種油源分別為動力控制油(FRS)、動力控制洩油(FRD)及停止油(FSS)。關閉閥通常與FSS搭配，如同打開驅動器的鑰匙，使FRS及FRD可以順利運作。伺服閥與LVDT匹配可以依照系統需求做閉回路控制。濾芯有2只，一只較粗者過濾進入控制塊之動力油，另一只較細者過濾進入伺服閥之動力油。

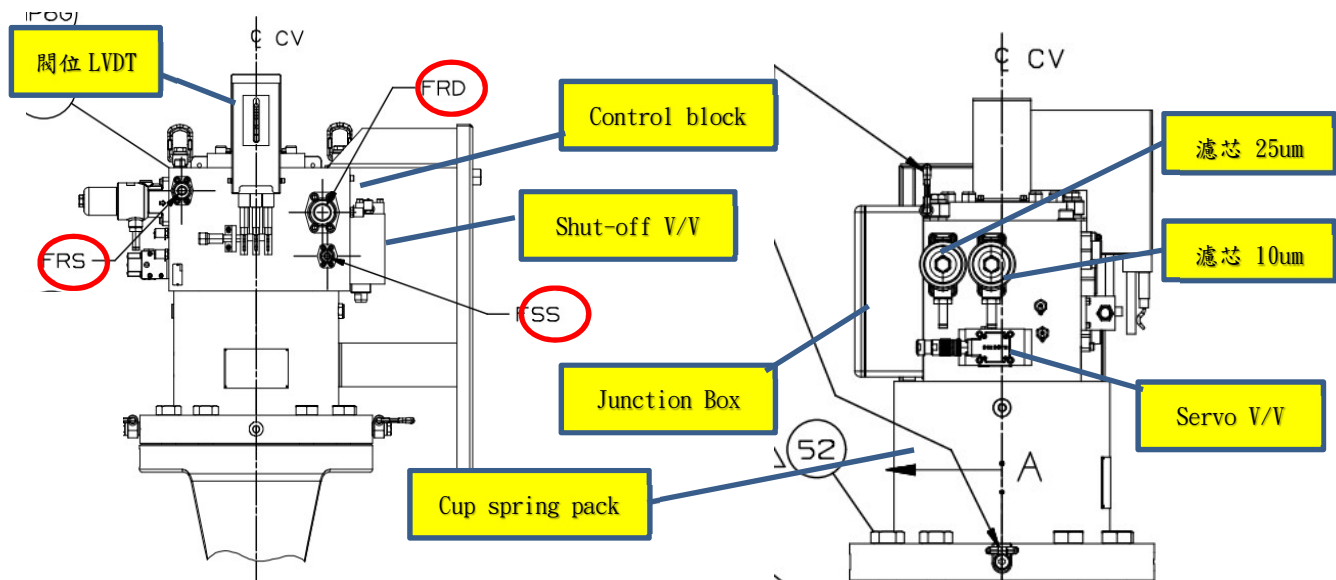


圖10.3 高壓控制閥驅動器示意圖

- 高壓控制閥機構:受EHC信號後以油壓開啟，關閉則以彈簧力驅動。為求精準控制蒸汽流量，開啟時須抵抗上游蒸汽壓力及彈簧力，故此閥有設計”導閥”事先進進行壓力平衡，以求精準控制主閥閥位。閥蓋與閥體以渦捲式墊圈密封，閥帽內孔熱縮一襯套同時襯套與閥桿滑動面留有一定間隙以導引閥桿在襯套內運動，閥全開時襯套外型與閥桿肩部配合成”背座”以便密封閥內蒸汽。閥半開關襯套與閥桿滑動面會有洩漏蒸汽，一般會有1只(低壓)或2只(低+高壓)洩漏管設計，高壓洩漏蒸汽會被導引至格蘭蒸汽集管加以利用，低壓洩漏蒸汽則直接導引至大氣排放或至冷凝器回收。閥盤剖面類似一杯狀並在閥導(精密配合於閥帽內孔)內運動，閥盤內側形成平衡室並透過6個平衡孔進行上下游壓力平衡。閥盤正中間設有”導閥”以便進行初期壓力平衡，閥座上(與閥盤接觸圈面)有硬化塗層以保護閥座。閥盤最外側設有濾網以便阻擋蒸汽中之異物。

關斷閥:

- 高壓關斷閥驅動器:與控制閥類配置類似，由於此閥特性屬於緊急關閉使用故控制元件略有不同分別有:油壓管路3線(FRD,FRS,FSS)、閥位感知器1組、先導閥(piolt)\*1只、關閉(shut-off)閥\*1只、濾芯\*1個。各元件相互配合達成閥開關及線上閥桿試驗功能，油路流程與控制閥相似，僅將伺服閥換成雙通路先導閥(piolt)。

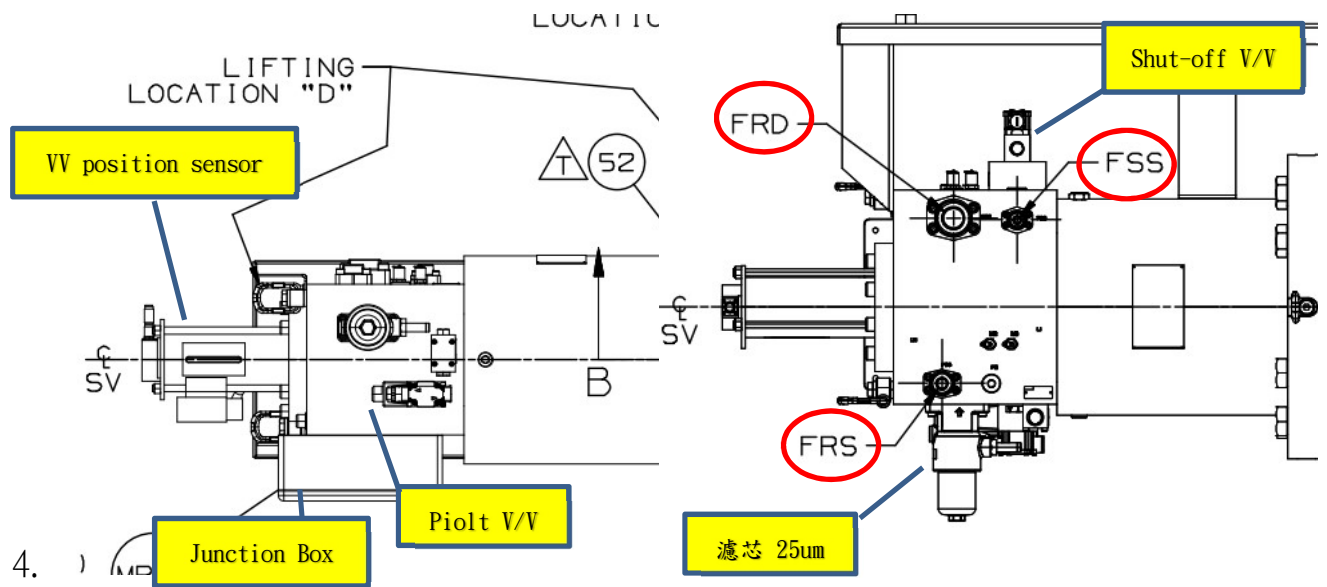


圖10.3 高壓關斷閥驅動器示意圖

- 高壓關斷閥機構:開關設計同控制閥，不同是其設計目的為第二線緊急使用，故無”副閥”設計。關斷閥開啟前須先關閉控制閥，待蒸汽經過閥盤洩放孔降低上下游蒸汽壓力差後才可開啟關斷閥，關斷閥開啟後才可再開控制閥。其他機構設計與控制閥大略相同，此不在贅述。

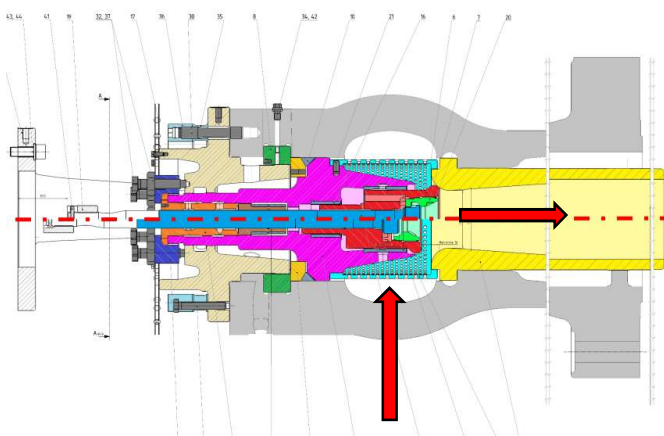


圖10.4 高壓控制閥機構示意圖

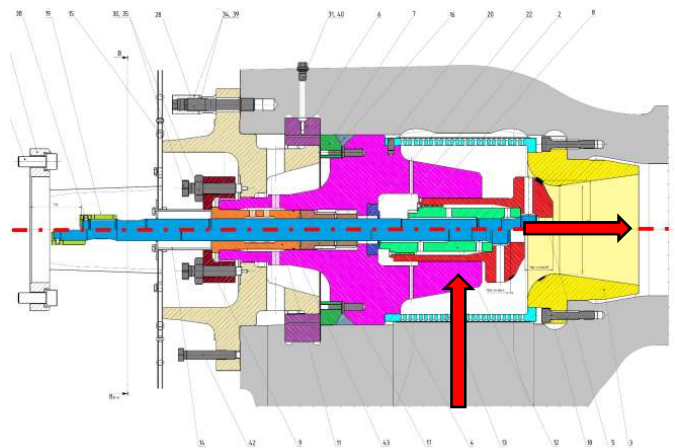


圖10.5 高壓關斷閥機構示意圖

- 中壓複合再熱蒸汽閥(CRV):由中間遮斷閥(ICV)及再熱關斷閥(RSV)構成，主要控制進入再熱器進入中壓汽機之蒸汽。其功能與主要元件類似高壓控制及關斷閥。

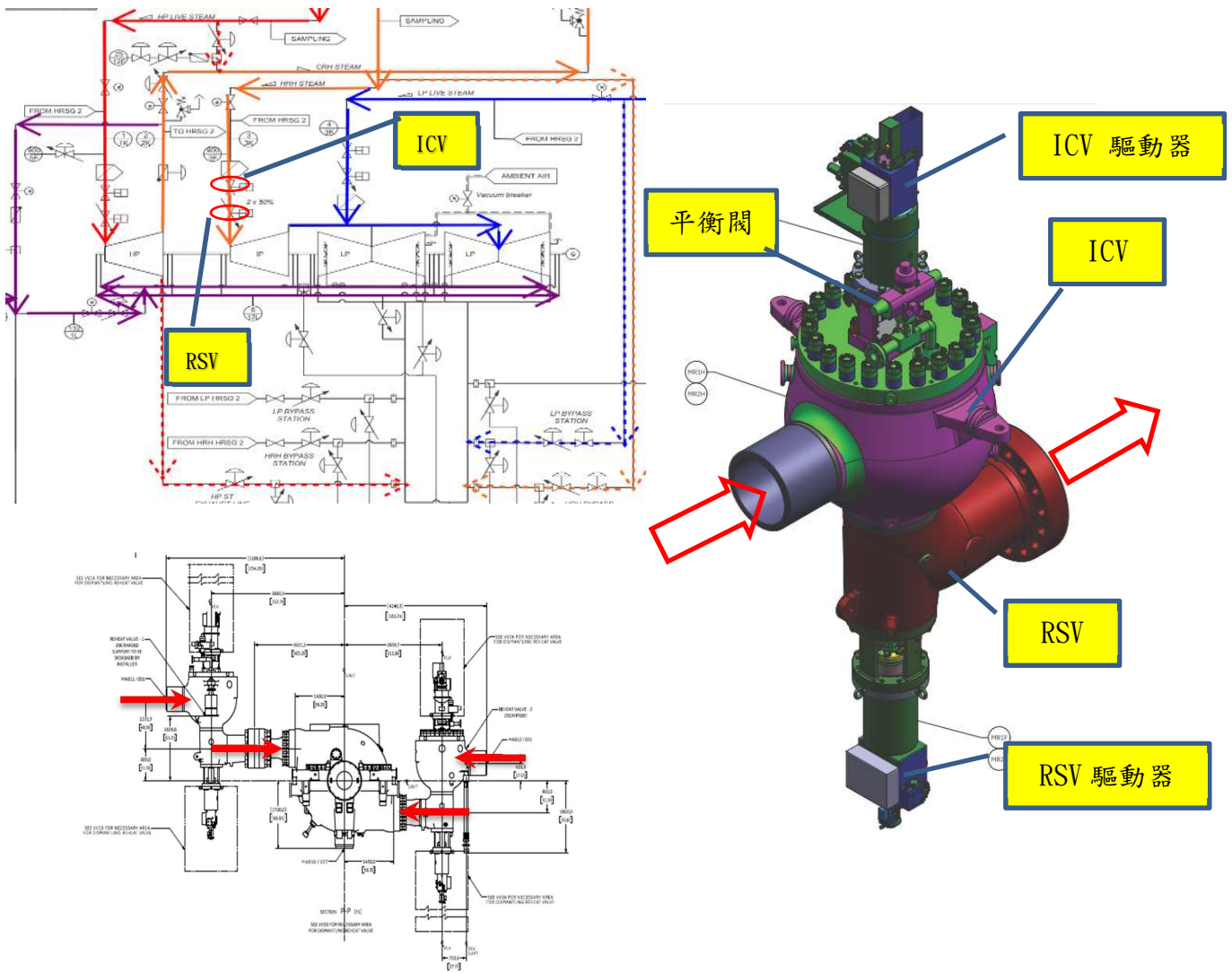


圖10.6 中壓複合再熱蒸汽閥位置及外觀示意圖

7. ICV油壓驅動器: 主要元件與高壓控制閥類分別有油壓管路3線(FRS,FRD,FSS)、伺服閥 (servo)\*1只、關閉閥(shut-off)\*1只、閥位指示&LVDT\*1組及濾芯\*1個。

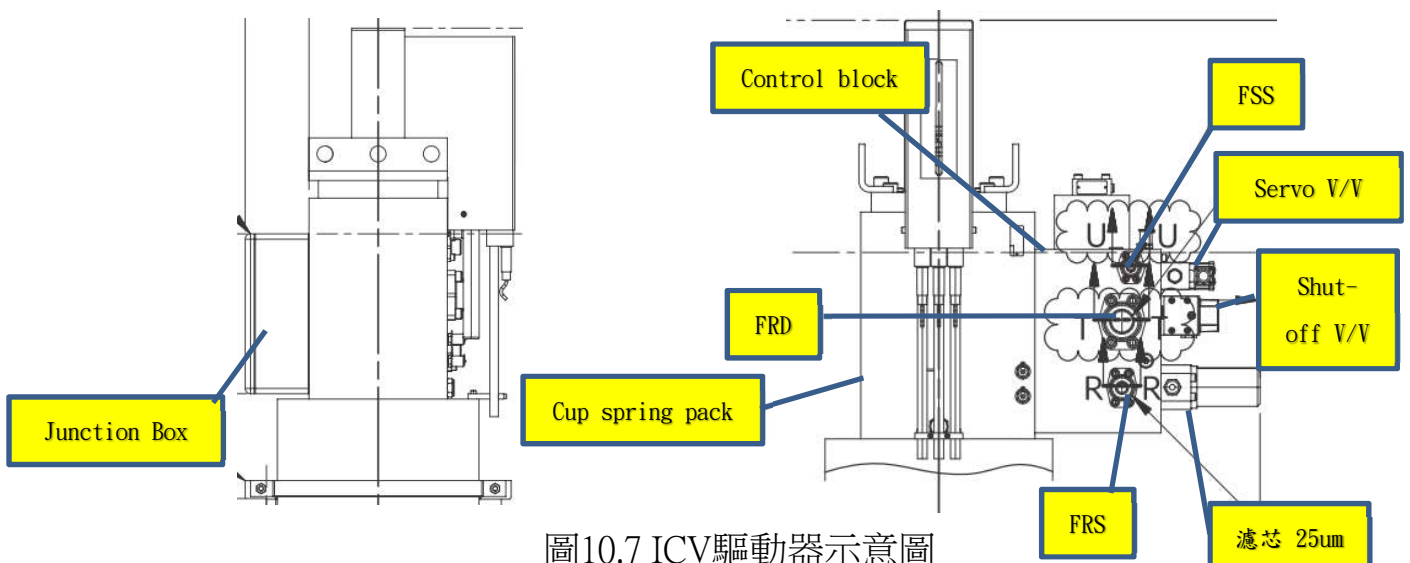


圖10.7 ICV驅動器示意圖

8. RSV驅動器:主要有油壓管路3線(FRD,FRS,FSS)、閥位感知器1組、先導(piolt)\*1只、關閉(shut-off)閥\*1只、濾芯\*1個。

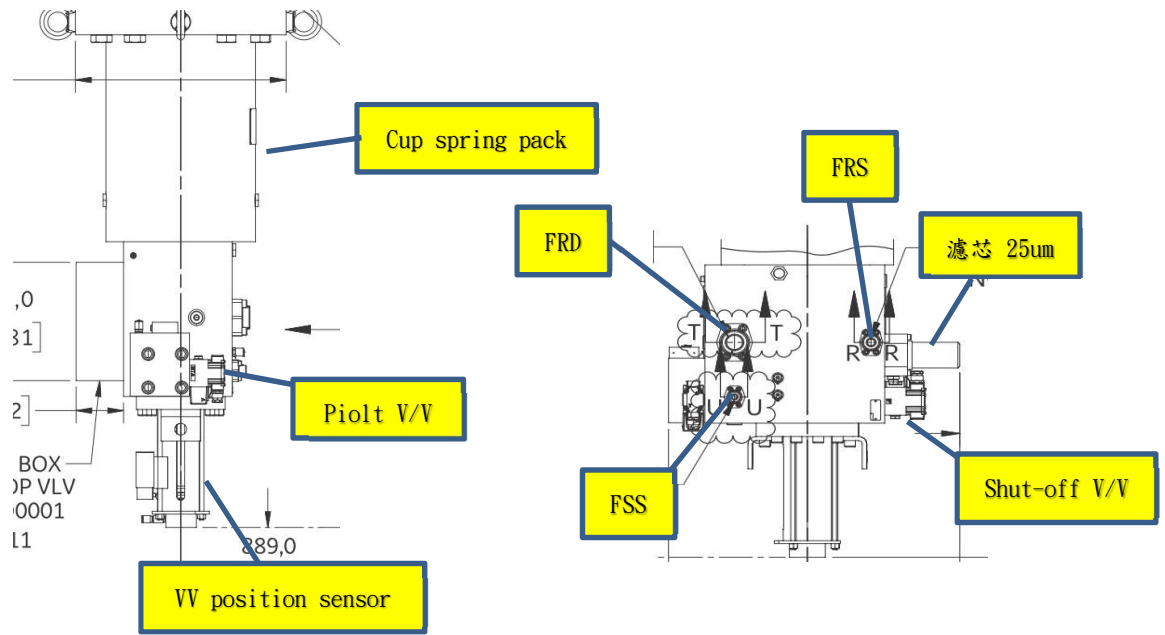


圖10.8 RSV驅動器示意圖

9. 中壓複合再熱蒸汽閥機構:如圖10.9，一般設計原理類似高壓控制閥及關斷閥，值得注意的是ICV另設計平衡閥以利開關。

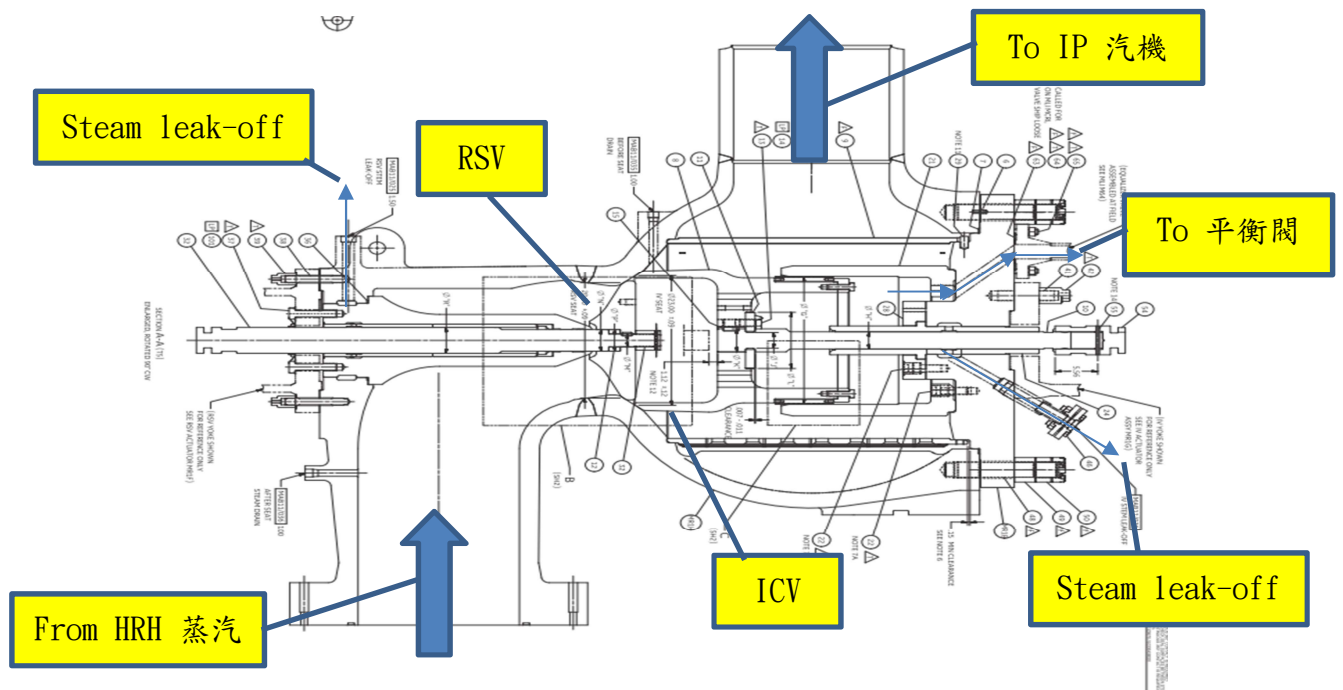


圖10.9 CRV閥機構示意圖

10. 低壓進汽控制閥(ACV)及關斷閥(ASV):

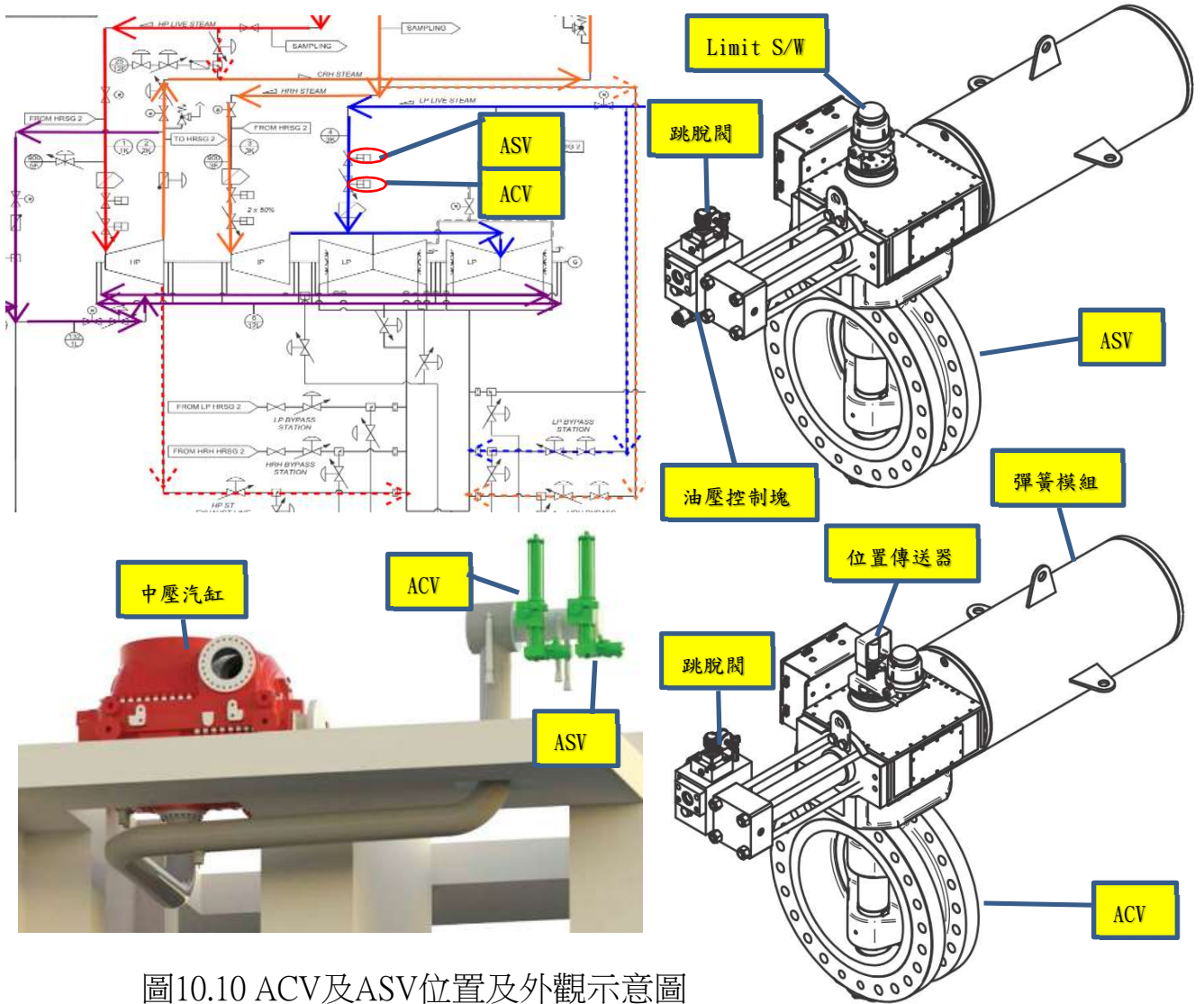


圖10.10 ACV及ASV位置及外觀示意圖

主要控制低壓蒸汽進入低壓汽機，入口設計於中壓汽缸下方，與中壓排氣混和後一齊進入低壓汽缸做功。兩者皆為蝶閥型，無油壓作用時彈簧模組強迫全關，但因其使用目的不同故有不同油壓控制設計。

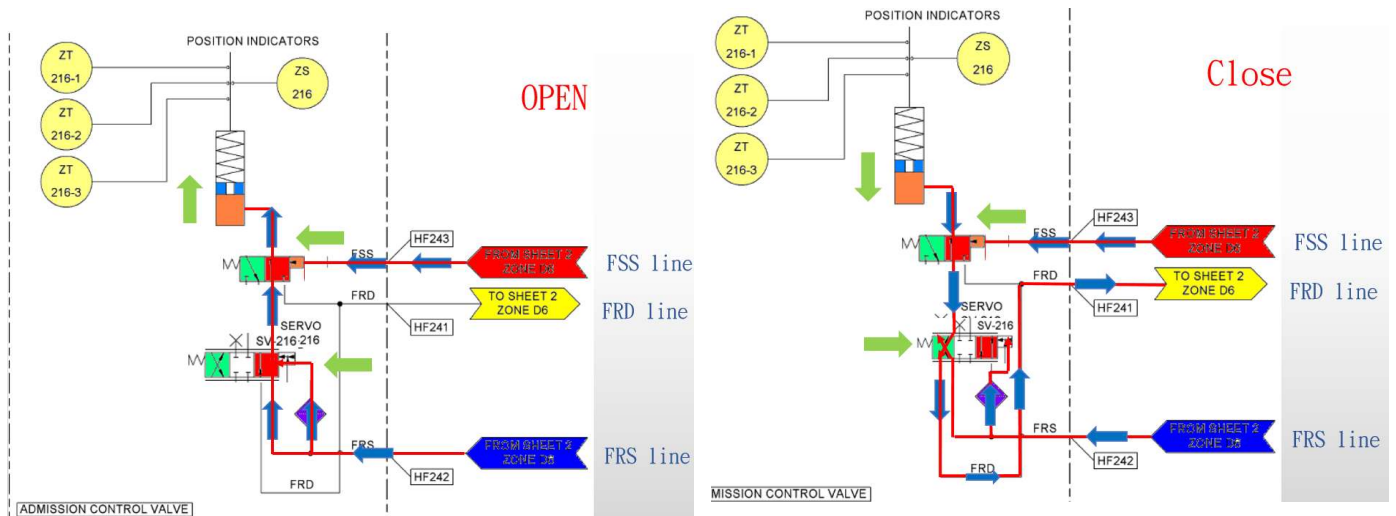


圖10.11 ACV油路開關示意圖



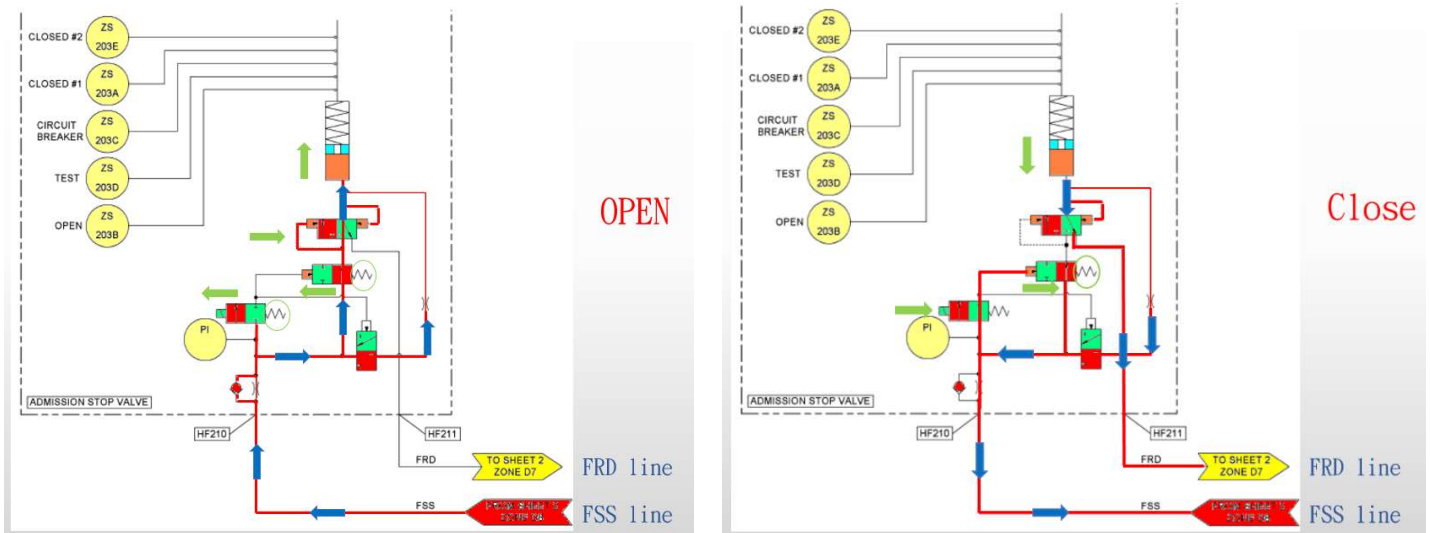


圖10.12 ASV油路開關示意圖

### 十一、潤滑、頂升油及封油系統

新設機組將油系統主要設備模組化並配置於油槽上方，計有軸承潤滑油泵、頂升油泵、封油泵、液壓油泵、淨油模組及油槽抽/除霧器及相關管閥等，其設備佈置圖11.1:

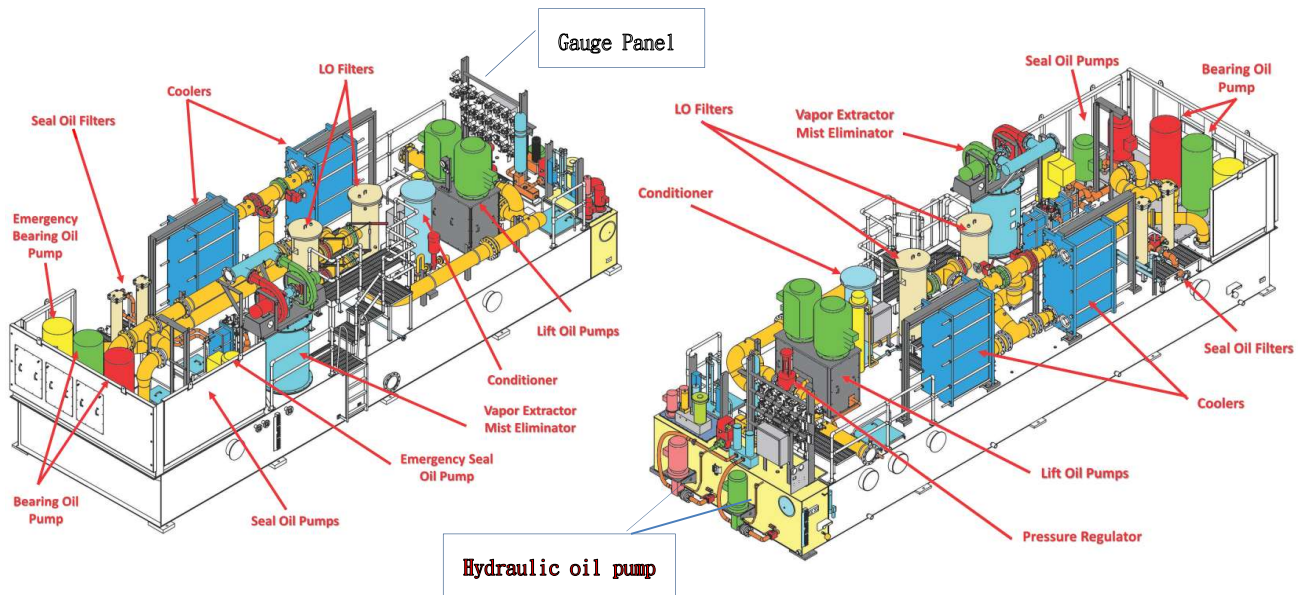


圖11.1 潤滑、頂升油及封油系統總成圖

1. 潤滑油系統:其主要功能(1).提供軸承潤滑、頂升油系統所需潤滑油。(2).於軸承與轉軸之間形成一層油膜，實現液動潤滑並支撐轉軸荷重或軸向推力。(3).帶走軸承附近因運轉所產生機械熱，其管路流程圖及主要設備介紹如下。

# 潤滑油系統-P&ID

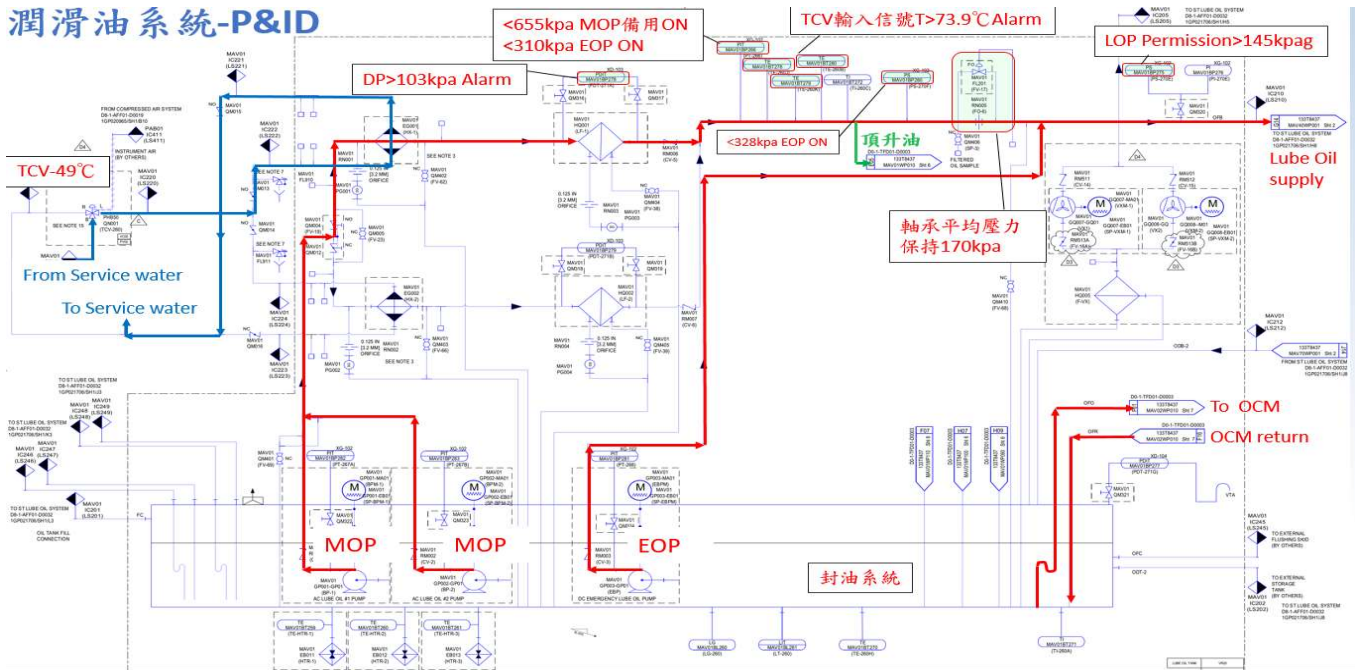


圖11.2 潤滑系統流程圖(1)

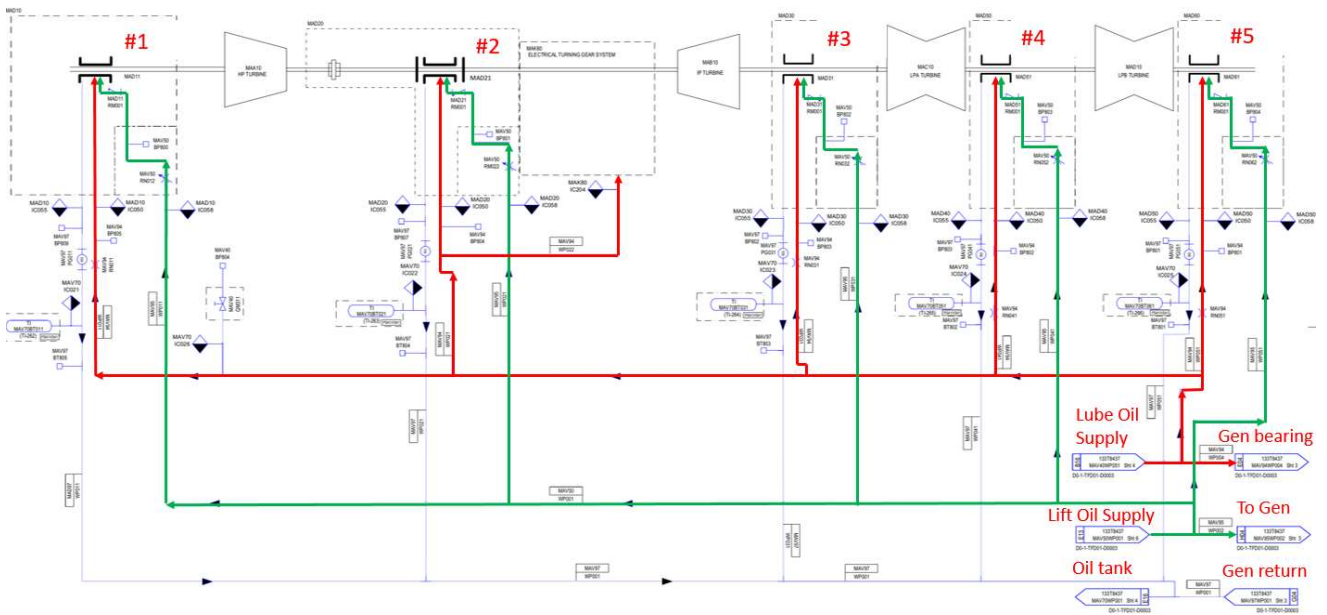


圖11.3 潤滑系統流程圖(2)

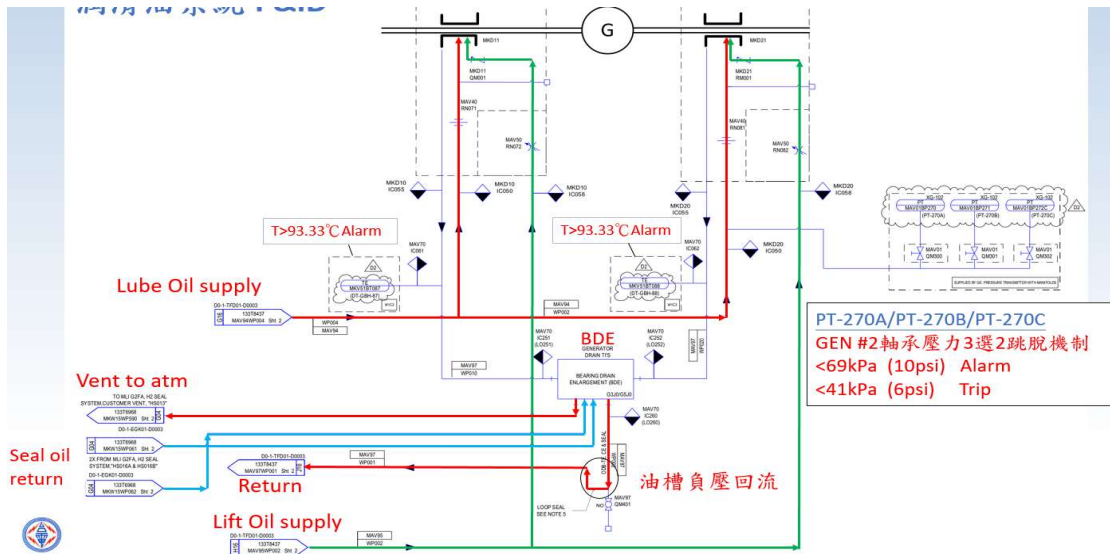


圖 11.4 潤滑系統流程圖(3)

- (1). 潤滑油:潤滑油系統運轉所需油量為31,419L(8,300加侖)(含注滿潤滑油管路所需)。使用品牌及規格如下:

製造商	出光興產株式會社
產品名稱	DAPHNE SUPER TURBINE OILMG32HF
黏度等級	VG32
顏色	透明呈淡黃色
密度	0.8362 g/cm <sup>3</sup> (15 °C)
閃火點	254°C
流動點	-17.5°C

- (2). 油槽:帶有內部擋板的碳鋼槽，內部塗有耐油底漆，擋板創造了一條從回油口到吸入口的路徑，使油有足夠的脫氣時間。其底部設計傾斜，坡度為1:96(傾斜角0.6°)，可使洩油較順暢。油槽上設有釋壓板(Relief hatches)，以便在不幸發生氫氣洩漏時若於油槽爆炸可以及時釋壓。透過熱電偶(TE-260H)監控油槽溫度，並提供現場錶頭TI-260A。浸入式加熱器(HTR-1,-2-3)將根據熱電偶TE-260H所測量的油溫，作為起停依據。安裝在油槽上的液位傳送器(LT-260)顯示油槽油位，同時也發送過高或過低油位警報信號。警報液位是由一40英寸(1016mm)的探頭，由油槽的頂部開始向下測量。油槽液位錶(LG-260)可在現場顯示油槽液位。

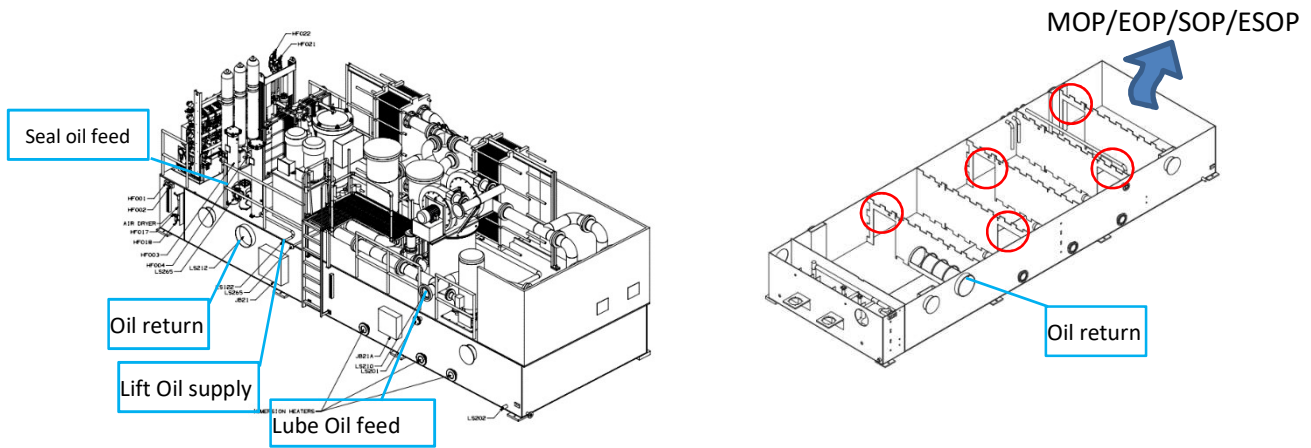


圖 11.5 潤滑油槽示意圖

- (3). **MOP(BP-1, BP-2)**:共有2台AC馬達驅動離心泵(2x100%)，提供ST軸承系統所需油源，一運轉一備用。若潤滑油集管壓力(PT-266)下降到655kpag以下時，備用泵將自動啟動。所有的泵都有一進口過濾器，保護泵不被異物損傷，造成葉片的磨損。油泵出口皆設有逆止閥，以免備用時造成損壞，逆止閥閥瓣上有一洩油孔，目的在於備用時可以補充出口管內流體，以免起動時有空氣包含於管中造成泵體損害。

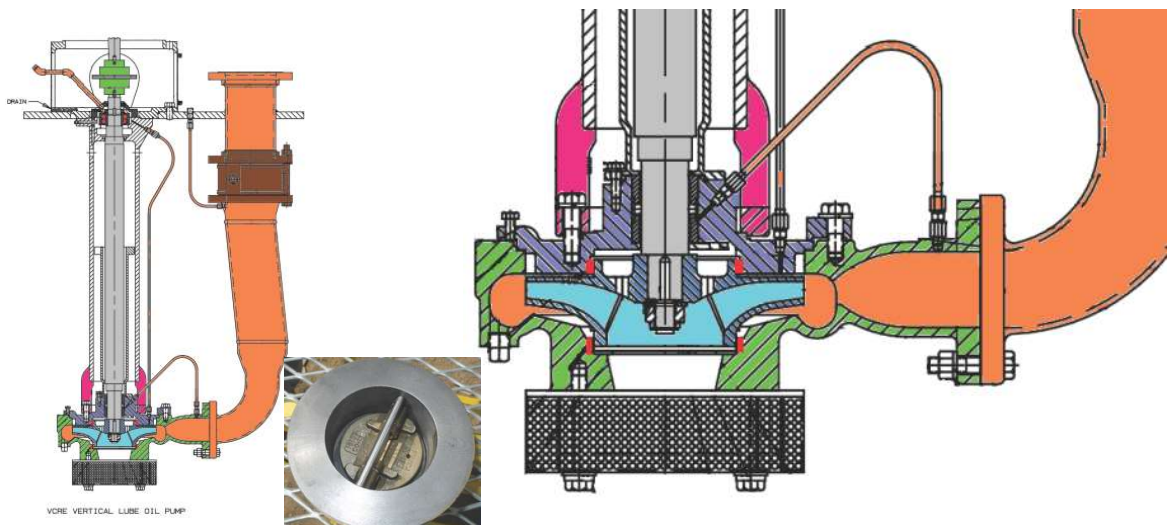


圖 11.6 主油泵 MOP 示意圖

- (4). **EOP(EBP)**:數量1台，位於MOP旁用於緊急供油。使用DC馬達驅動離心泵運轉。EOP平時處於待機狀態，若潤滑油集管壓力(PT-266)下降到310kpag以下時，將自動啟動，使機組能夠安全的降載檢查。
- (5). **Pump-running pressure transmitters (PT-267A, PT-267B, PT-268, PT-263)**在每個泵的出口處，即泵逆止閥上游，都設有一個壓力傳送器，向系統提供泵壓力訊號，供系統辨識泵狀態，傳送器還提供了現場錶頭，顯示泵的出口壓力。
- (6). **Standby pump start pressure transmitter (PT-266)**潤滑油集管壓力由PT-266監控，當壓力下降

到655kpag以下時，MOP備用泵就會啟動。備用AC泵在順序中會先啟動，若壓力持續下降至310kpag，EOP才會啟用。

- (7). **Lube Oil Coolers (HX-1, HX-2):**提供2台板式熱交換器(2\*100%)，一運轉一備用，有一三通閥(FV-19)可將流量導向其中一台，每個冷卻器都串有一個潤滑油過濾器，在每一冷卻器/濾網後端都設有逆止閥，確保三通閥可在線進行備用冷卻器/濾網的切換。
- (8). **Cooling water control valve (TCV-260):** 冷卻水源使用廠用水，溫度控制閥可調整流向潤滑油冷卻器的冷卻水流量，以保持潤滑油溫度維持在49°C。冷卻器下游有3支熱電偶(TE-260J, TE-260K, TE-260B)，提供系統溫度信號給系統作為TCV的控制輸入信號，且當溫度>73.9°C會跳出高溫警報。

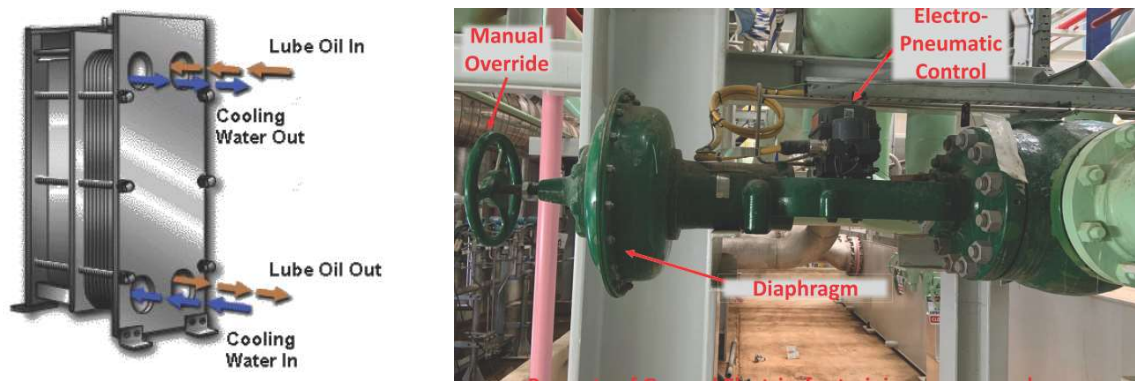


圖11.7 油冷卻器P示意圖

- (9). **Lube Oil Filters (LF-1, LF-2):**每個冷卻器下游都串有一個過濾器，共2台(2x100%)，一運轉一備用，用來過濾油>15 $\mu$ 之細小微粒。過濾器差壓由差壓傳送器(PDT-271A/B)監控，並在差壓 >103kpa時跳高差壓警報。傳送器包含依現場錶頭，每個過濾器都有洩油和逸氣閥，正常情況下自MOP的油會流經過濾器，EOP/ESOP則會繞過冷卻器及過濾器。

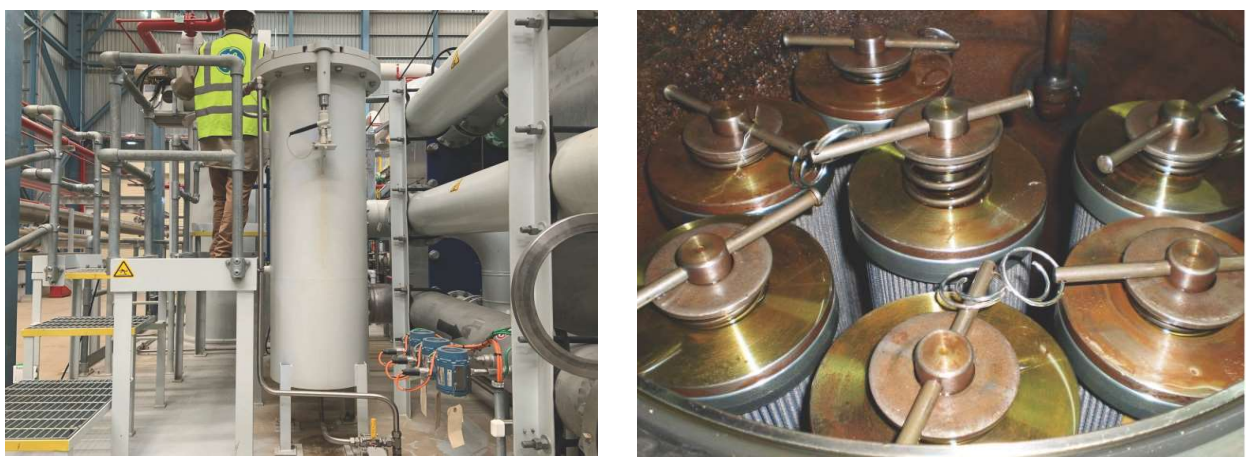


圖11.8 冷卻油過濾器示意圖

- (10). **Lube Oil Pressure Regulating Valve (FV-17):** 潤滑油過濾器下游設有一個壓力調節閥(FV-17)，這個PRV與一固定縮孔平行，用於控制軸承供油壓力保持約172kpa(25psig)。縮孔可

在調節閥完全關閉時提供最小流量。當PRV進行調節時，流經縮孔流量約為軸承總流量的60%。軸承集管的壓力，可通過調整調節閥上的彈簧鬆緊度來設定。

(11). Lubricating Oil Pressure Transmitter: 在集管末端(供應發電機之T7軸承)設有壓力傳送器PT-270A/PT-270B/PT-270C並設置3選2跳脫機制(<69kPa(10psi)\_Alarm ; <41kPa(6psi)\_Trip)。

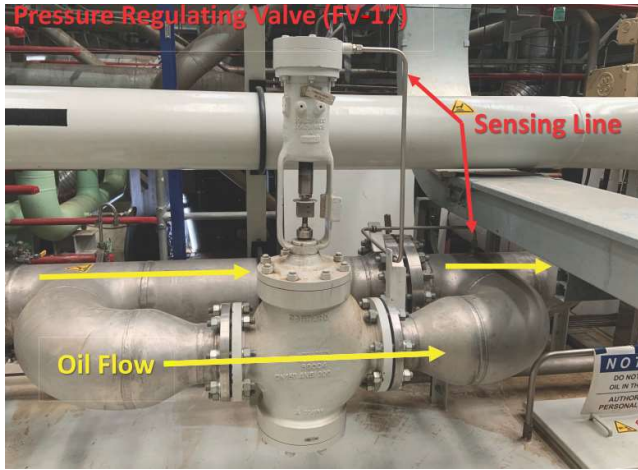


圖11.8 FV-17示意圖

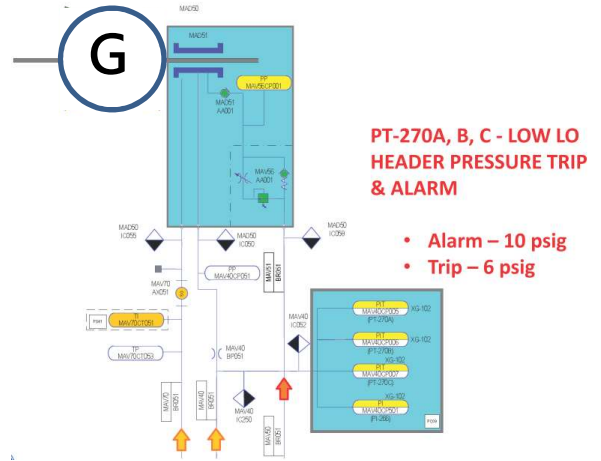


圖11.9 潤滑油壓力傳送器示意圖

2. 頂升油系統:(1)當汽機轉子轉速或軸承集管油壓不足時，無法產生有效的油膜壓力支撐轉子，這時須以頂升油壓強迫支撐轉子，降低轉子與軸承相互接觸磨擦造成的損壞。(2)減少TG 啟動扭矩。其管路流程圖及主要設備介紹如下。

### 頂升油系統-P&ID

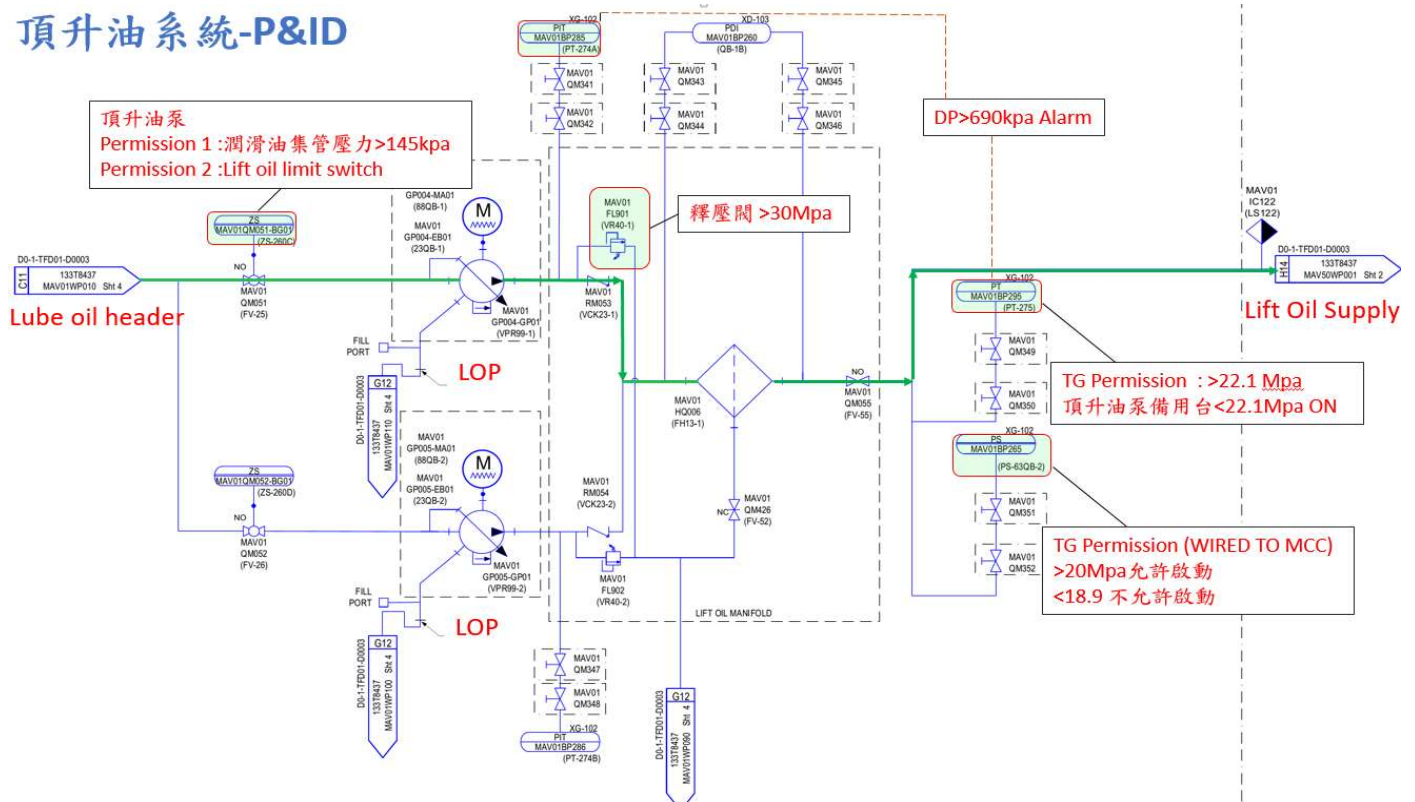


圖 11.10 頂升油系統流程圖(1)

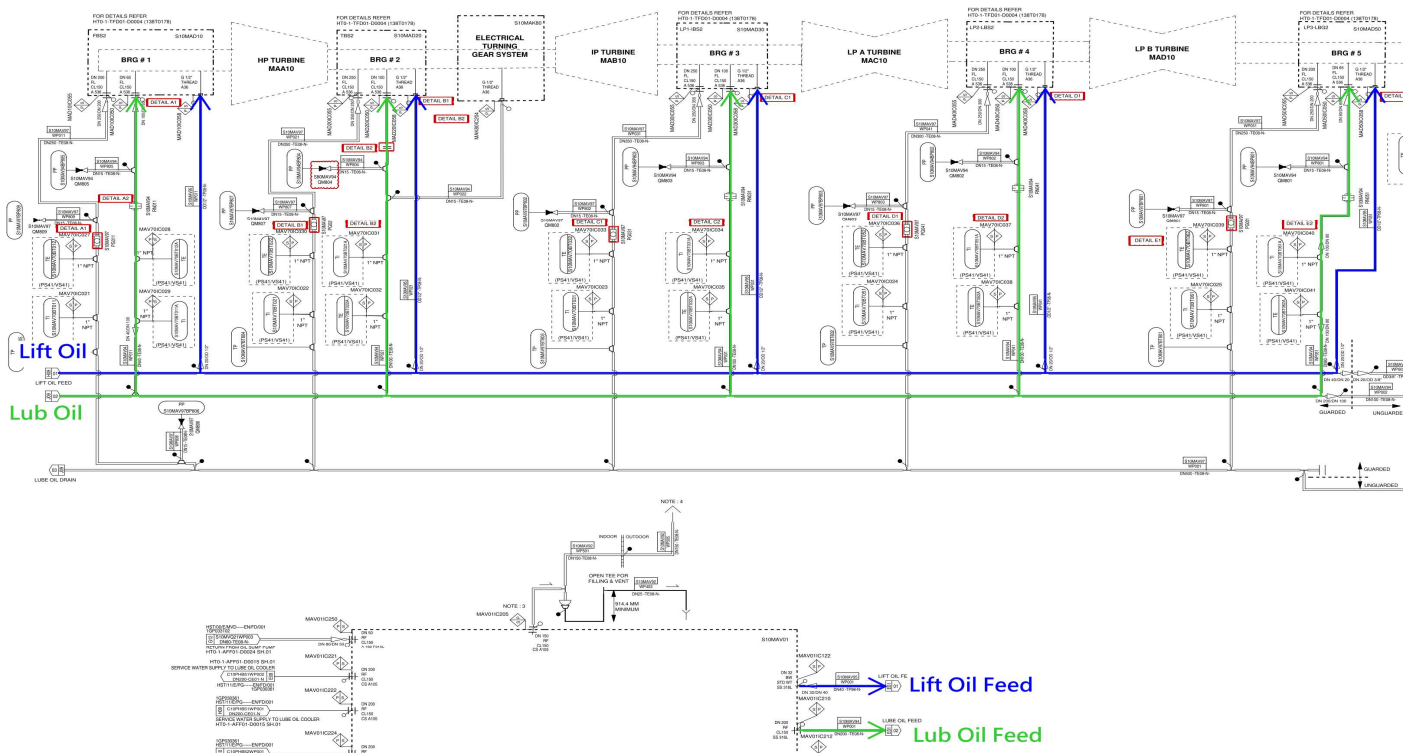


圖 11.10 頂升油系統流程圖(2)

- (1). **Lift Oil Pump (VPR99-1&2):**共有2台AC馬達驅動正排量式頂升油泵，一運轉一備用，備用台由頂升油集管壓力傳送器PT-275監控，當壓力 $<22.1\text{MPa}$ 啟動;當汽機轉速 $<90\%$ 額定轉速時亦會自動啟動。位於潤滑油集管上的壓力開關(PS-270E) $>145\text{kpa}$ 和每台頂升泵入口隔離閥上的極限開關 (ZS-260C&D)是啟動頂升泵的允許條件。每台泵下游有一個釋壓閥(VR40-1&2)，於壓力達 $30\text{Mpa}$ 時作動，以防系統過壓。

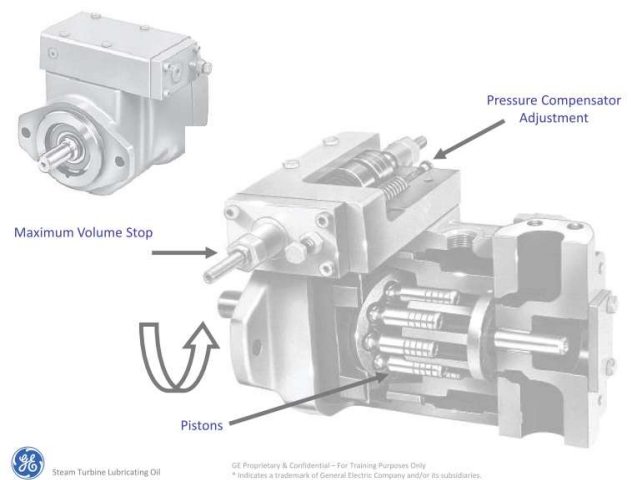


圖 11.11 頂升油泵示意圖

- (2). **Lift Oil Filter (FH13-1):** 頂升油泵出口集管配有一個微粒過濾器，以過濾掉任何磨損顆粒或潛在泵故障的碎片，以及一個頂升油供油壓力開關(PS-63QB-2)作為TG啟動條件。位於

每台頂升泵出口的壓力傳送器(PT-274A&B)可監控頂升泵的出口壓力，並配合過濾器後端PT-275計算濾網差壓，當DP>690kpa 跳高差壓警報。過濾器後端有一壓力傳送器(PT-275)可監控頂升油供給壓力，同時為TG啟動允許條件(>22.1Mpag)。

3. OIL CONDITIONER MODULE (OCM) 淨油模組:淨油系統可移除油中的微粒及水分，一個交流馬達驅動的泵將油從油槽抽出，先會經過加熱器升適當溫度然後流體通過凝聚式過濾(coalescing filter)(內進外周出並通過過濾元件)，將水及雜質從油中去除，最後回到油槽中。水份會累積於筒槽內，本設備設置液位開關(LS-273)，當水累積到設計容量時，會藉電磁閥(SV-270)進行排放。排水管洩水會由一個流量錶(FI-270)紀錄系統排出的水量。油淨化器差壓由差壓傳送器(PDT-273)監控，當高DP >172kpa時會發出警報，運轉時亦有玻璃水位計可供觀察水位變化。

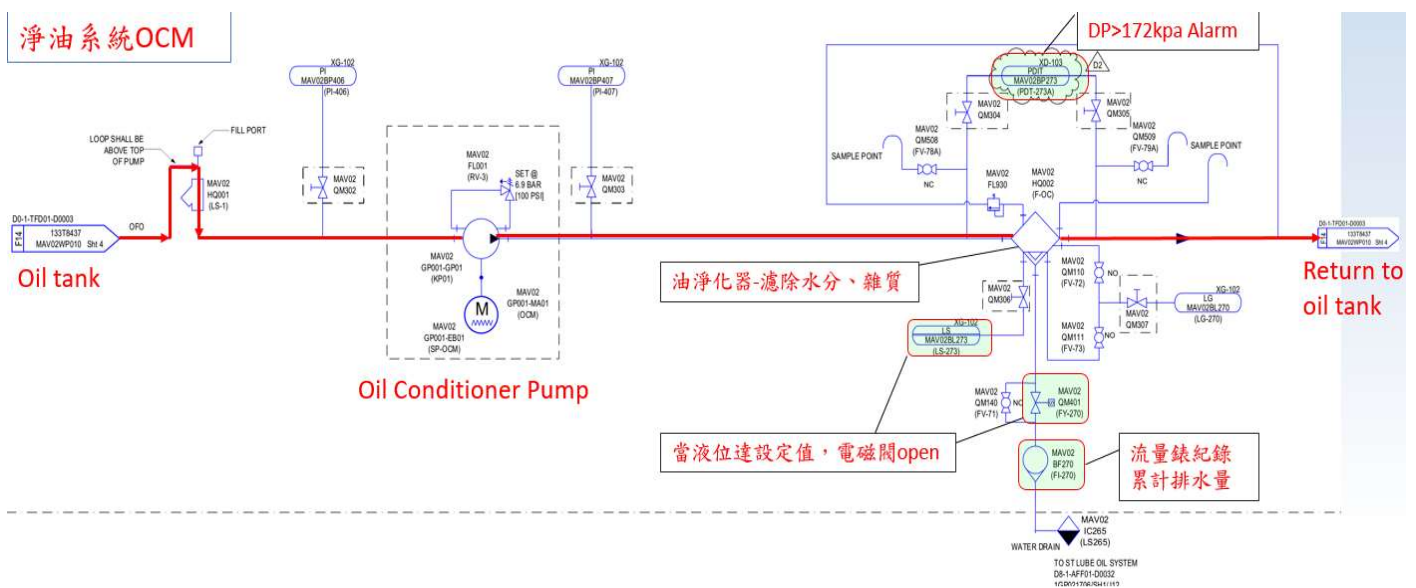


圖11.12 油淨化系統流程圖

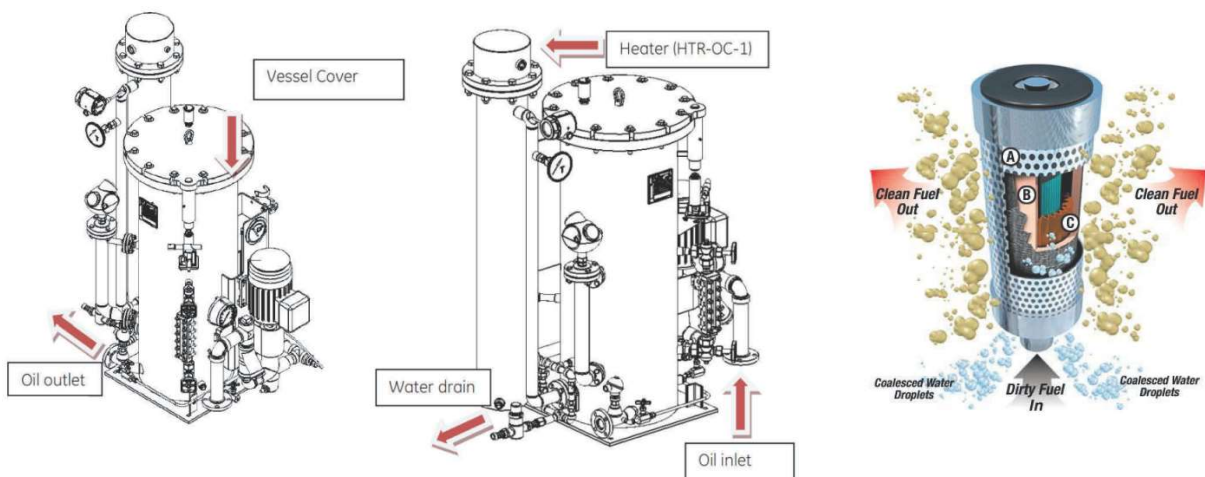


圖11.13 油淨化器示意圖



4. 封油系統:主要功能為密封發電機內冷卻用之氫氣以免外漏至外界。完整的封油系統繁複且一般由電機組維護，本文僅針對汽機組常見主油槽上部分封油管路及設備介紹。

(1). 管路流程圖:

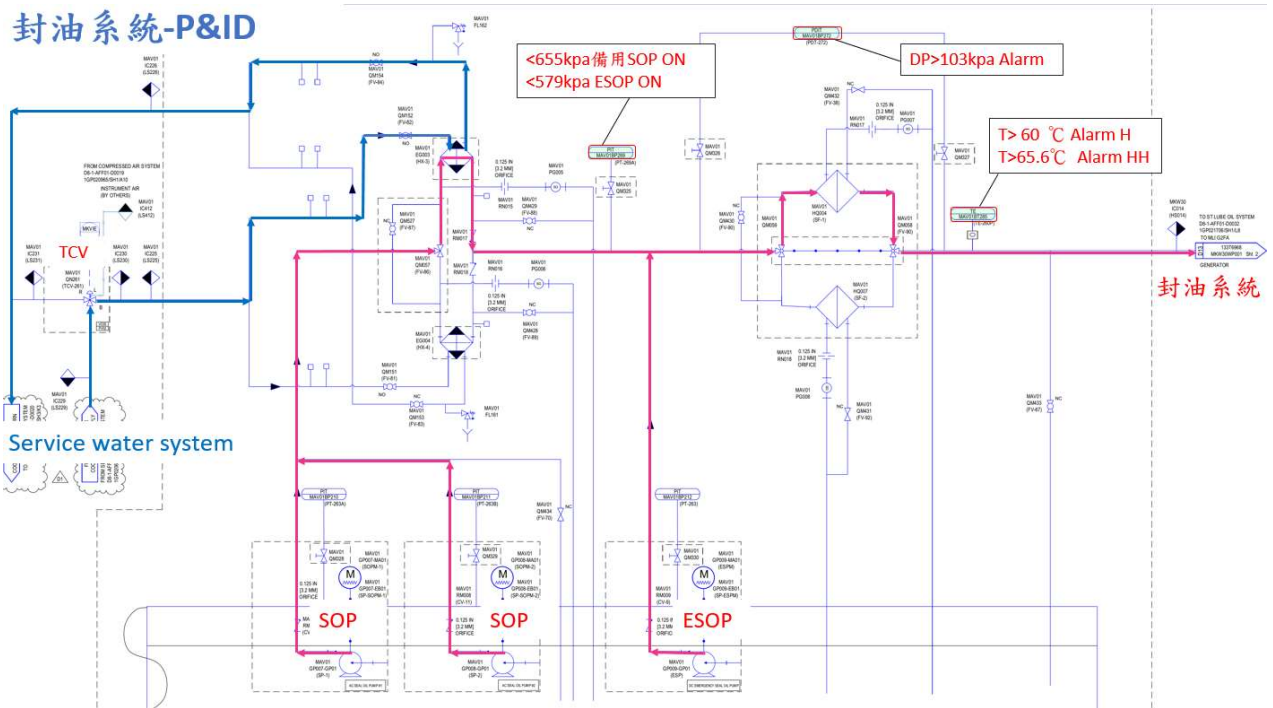


圖11.14 封油系統流程圖

- (2). SOP&ESOP (SP-1,2 & ESP):發電機封油系統之供油是由2台AC離心式封油泵及1台緊急DC離心式封油泵提供。AC封油泵在密封油供給壓力(PT-269A)油壓下降到655kpag以下時，備用台啟動。封油系統的緊急供油是通過位於MOP旁DC馬達驅動離心泵ESOP提供，ESOP平時處於待機狀態，若密封油供給壓力(PT-269A)下降到579kpag以下時，將自動啟動。
- (3). Seal Oil Filters (SF-1, SF-2):Seal oil 出口設置一組複式過濾器，用來過濾油 $>15\mu$ 之細小微粒。過濾器差壓由差壓傳送器(PDT-271A/B)監控，並在差壓  $>103\text{kpa}$ 時跳高差壓警報。傳送器包含依現場錶頭，每個過濾器都有洩油和逸氣閥，正常情況下自MOP的油會流經過濾器，EOP/ESOP則會繞過冷卻器及過濾器。



圖11.15 離心式封油泵示意圖



圖11.16 封油過濾器示意圖

5. **Vapor extractor 抽氣扇 & Mist Eliminator 油霧分離器**: 兩台2x100%馬達驅動離心式抽氣扇(一運轉一備用)安裝在除霧器的頂部。藉抽氣扇可維持油槽負壓，並將負壓保持約 -12mbar，可防止潤滑油在軸承處洩漏，使回油更順暢。油氣被抽氣扇(VXM-1, -2) 從油槽抽出，除霧器會將油霧從油氣中分離出來，油的凝結物會被排回油槽。有一手動節流閥可將油槽負壓調整至-10 ~ -15mbar區間。有一差壓傳送器(PDT-271G)用於監測油槽真空度，當油槽真空度>-91.44mmH<sub>2</sub>O(-8.97mbar)時就會發出警報。

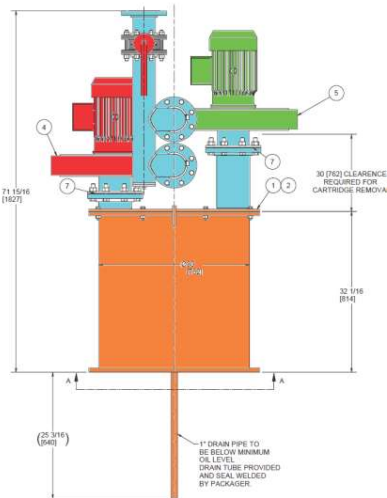


圖11.17 油槽抽氣扇示意圖

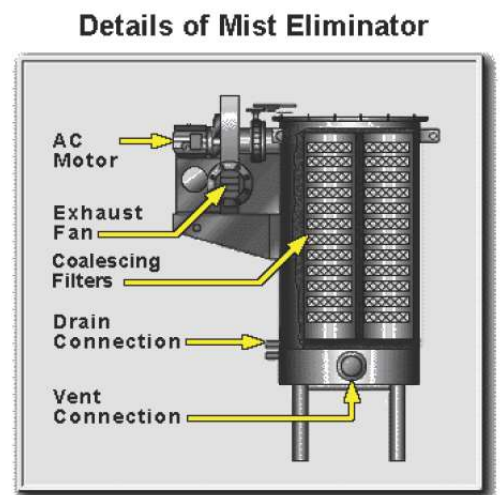
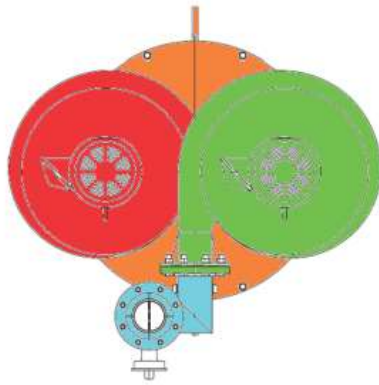


圖11.18 油霧分離器示意圖

## 十二、 電子液壓控制(EHC)及警急跳脫(ETD)系統:

主要為供油至汽機各閥動作機構做為汽機蒸汽閥啟&閉之動力油與操作油及汽機保安油路之緊急跳脫油之用，以開啟或關閉各蒸汽閥並用來控制汽機的運轉。經由跳脫及超速保護迴路上的緊急跳脫(ETD)裝置，作動以關閉汽機蒸汽閥。本系統使用獨立油槽及液壓油(耐火磷酸酯液壓

油)並提供冷卻、過濾等功能。為求快速了解系統架構，管路流程圖所敘設備之縮寫、主要設備說明如下:

ACV	→	低壓進汽控制閥	Admission Control Valve
ASV	→	低壓進汽停止閥	Admission Stop Valve
ICV	→	中壓進汽控制閥	Intercept Control Valve
RSV	→	中壓進汽停止閥	Reheat Stop Valve
MCV	→	高壓進汽控制閥	Main Control Valve
MSV	→	高壓進汽停止閥	Main Stop Valve
EHC	→	電子液壓控制	Electro-Hydraulic Control
HCCP	→	冷卻循環泵	Heating Cooling Circulation
TAFP	→	輔助過濾泵	Transfer Auxiliary Filter
FSS	→	流體停止供給	Fluid Stop Supply
FRS	→	流體控制供給	Fluid Ram Supply
FSD	→	流體停止洩油	Fluid Stop Drain
FRD	→	流體控制洩油	Fluid Ram Drain
LVDT	→	線性可變差動變壓器	Linear Variable Differential Transformer

系統流程示意如下:

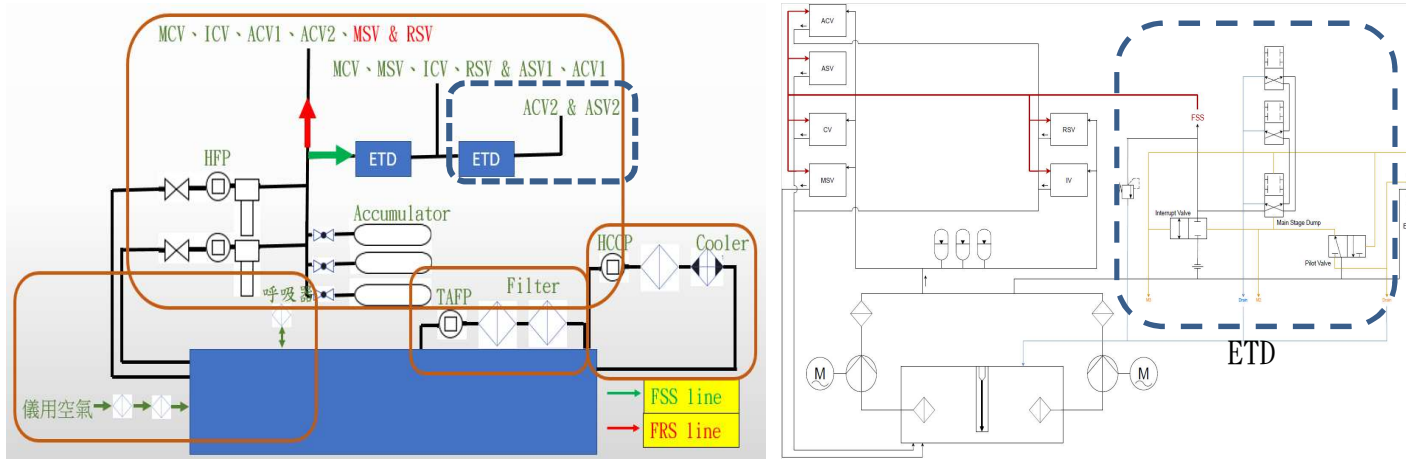


圖12.1 EHC及ETD系統流程示意圖

主要設備有: 1.液壓油槽;2.液壓泵(HFP) x 2;3.各式液壓油過濾器;4.蓄壓器 x 3;5.電子跳脫裝置1或2組 (primary ETD\*3 & (VLP ETD\*3 ie.若有ACV2/ASV2設計));6.液壓油淨化(TAF)及冷卻(HCC)系統;7.各種蒸汽控制閥的液壓控制系統;8.監控和保護系統的儀器設備。

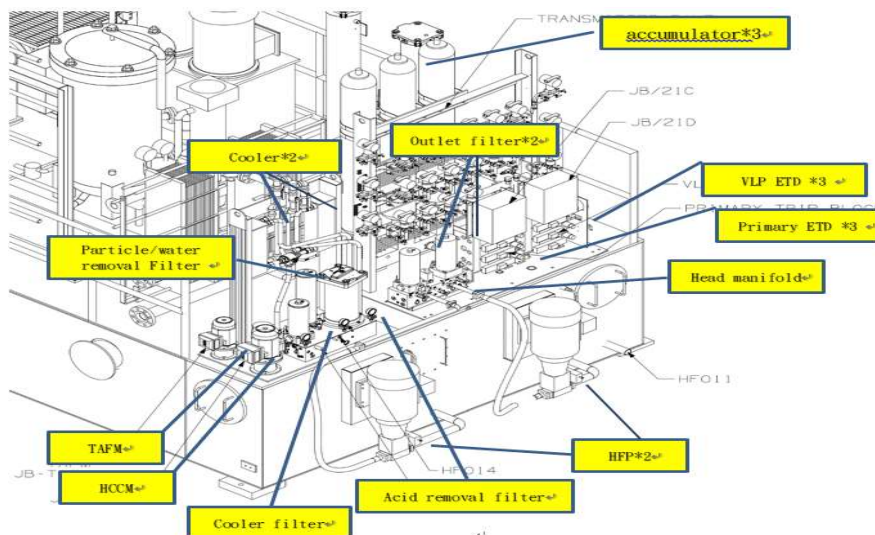


圖12.2 EHC及ETD主要設備示意圖

管路流程:

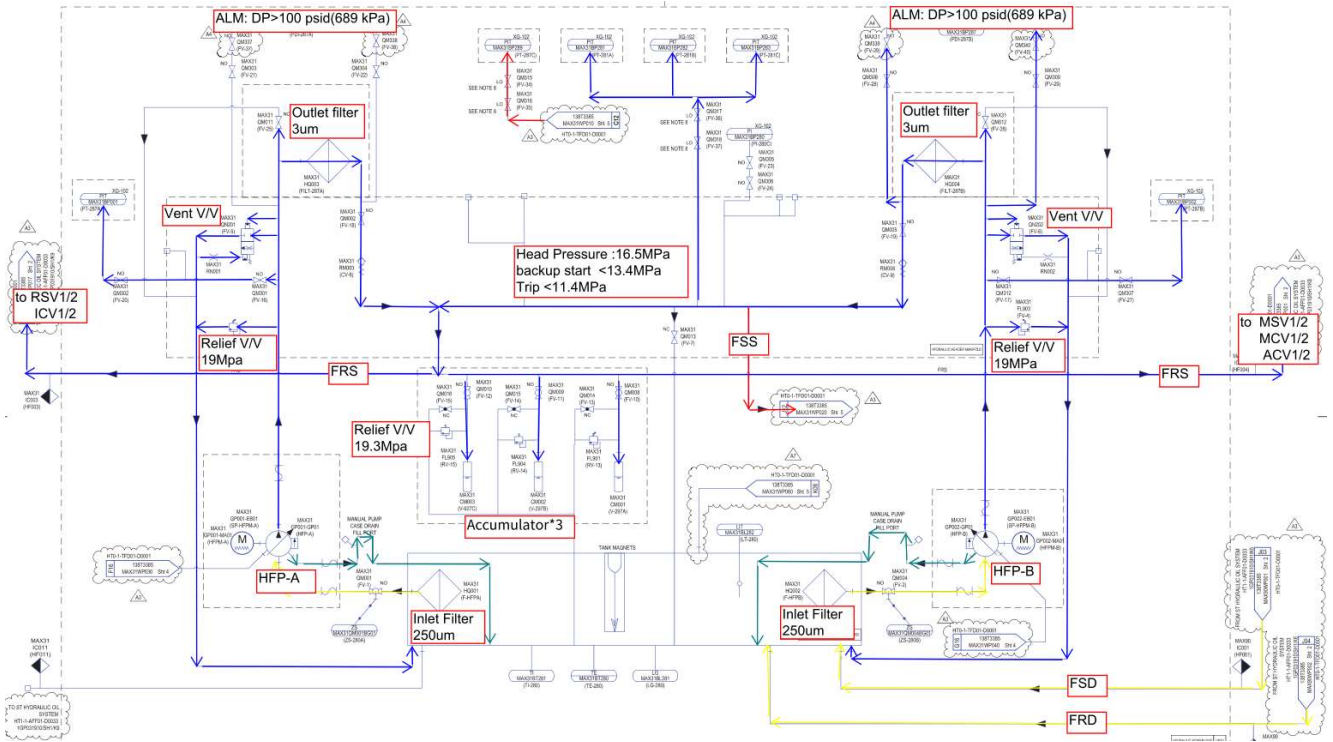


圖12.3 EHC主要流程圖

1. 工作流體基本規格:

Oil Type	合成磷酸酯油;GEK 46357標準規範
閃火點	455°F [235°C]
燃點	665°F [352°C]
自燃溫度	968°F [520°C]
動黏度: 37.8°C	43.2 ~ 49.7mPa·s
動黏度: 98.9°C	4.97 mPa·s
CONDUCTIVITY	1x10 <sup>-9</sup> S/cm

2. 油槽:數量1只/機, 不銹鋼材質。總容量約1,135公升。設有油位高度偵測器, 以油槽底面以上40in為基準點, 分別有高、正常、低、低低顯示。油槽溫度:90 °F-145 °F(32.2 °C-62.8 °C)正常供油溫度為:115 °F(46 °C)低於32.2 °C加熱, 高於62.8 °C ALARM。

3. 液壓油泵: 共有2台AC馬達驅動(30HP/177rpm)具壓力補償之正排量式頂升油泵, 一運轉一備

用，2只並聯排列，提供集管壓力約16.5MPa。集管壓力低於13.6MPa起動備用台、低於11.4MPa機組跳脫保護。

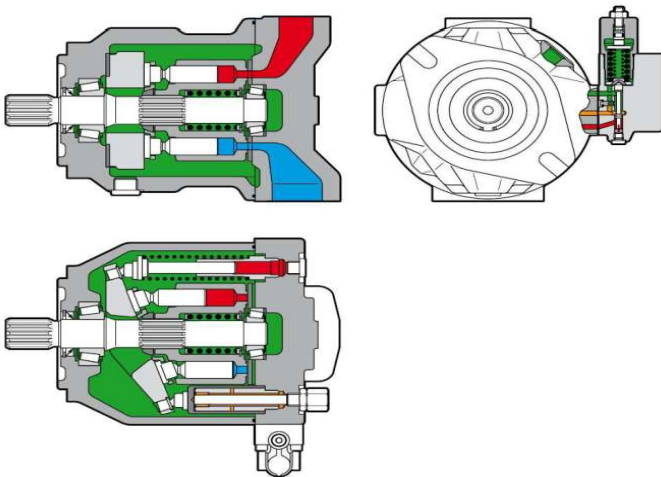


圖12.4 EHC泵示意圖

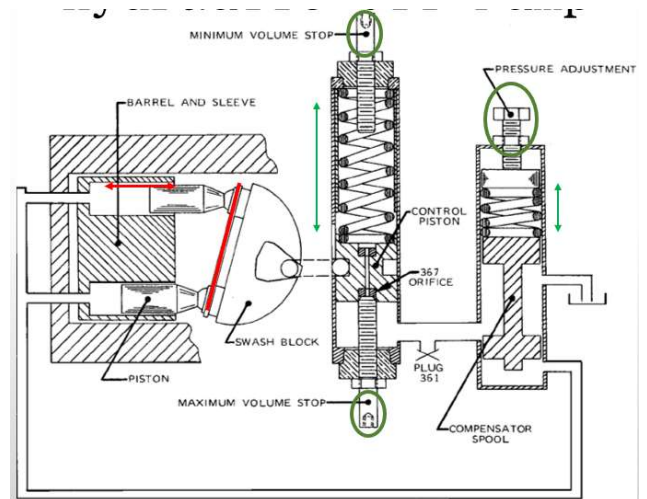


圖12.5 EHC泵控制補償示意圖

4. 出口高壓濾網(FILT-287A&B):每只液壓油泵出口皆有設置濾心，過濾效率為(Beta3=1000)，具差壓顯示(PDI-287A or PDI-287B)，正常壓差約10psid，當達100psid時會出示警報。

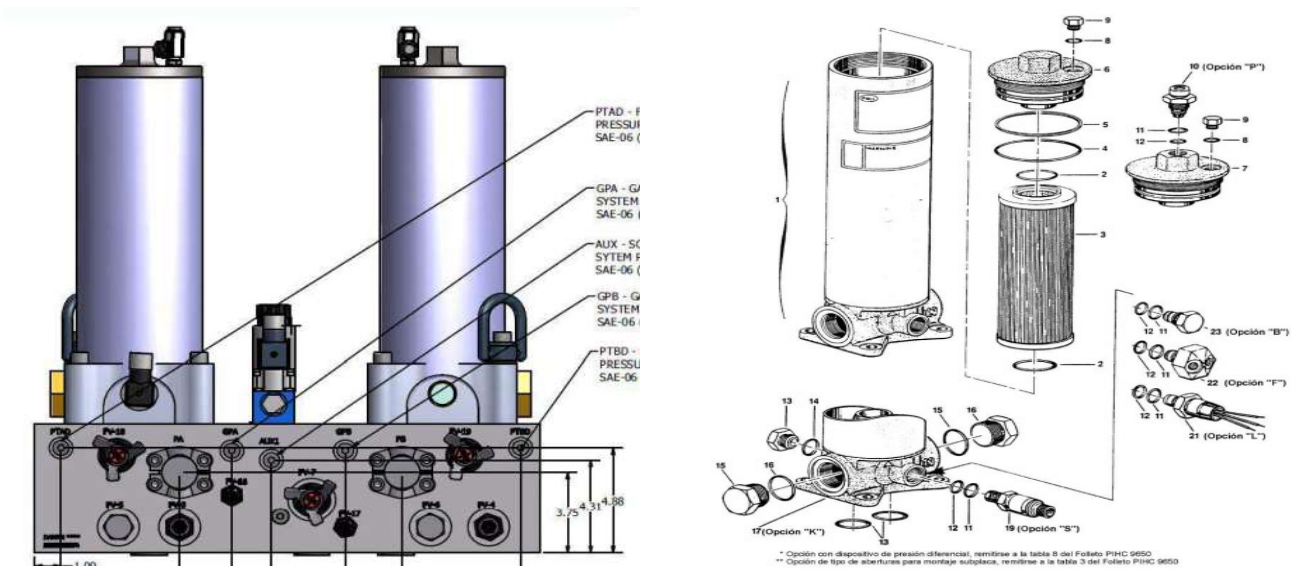


圖12.6 EHC泵高壓濾網示意圖

5. 出口集管:液壓油泵輸出之壓力集中於此並輸出至各蒸汽閥之油壓控制塊，故此區裝設多種控制及保護EHC之閥及儀控設備。出口集管可再細分3個次集管，分別為:

- (1). 液壓油泵出口至觸口濾網出口閥(FV-18 FV-19):包含釋壓閥FV-3 FV-4 (設定@19MPa/25gpm)以做任何暫態或異常超出最高壓力設定之保護。空氣釋放閥FV-5 FV-6可防止管內空氣於液壓系統造成壓力不穩定，通常使用於液壓油系統剛建壓或輕載時排

氣用。逆止閥(CV-8&9)防止集管高壓逆流至備用台。出口濾網出口閥(FV-18&19)可以線上隔離更換濾網或檢修。

- (2). 2.出口濾網出口閥(FV-18&19)之後下游集管:為2線液壓油泵出口匯流之集管，設計1線旁通及手動旁通閥(FV-7)以便油壓系統初始建壓時保護液壓油泵及調整集管壓力用。3只壓力傳送器(PT-281A~C)及1只現場壓力指示器(PI-280C)可以判定集管壓力、液壓油泵之使用及備用組。
- (3). 連結至3只續壓器(V-297A、V-297B、V-297C)之集管:主要有3組穩壓用蓄壓器為活塞式一邊預充氮氣1500 psig(10300 kpa)，另一邊則儲存液壓油，當油管遇到臨時狀況油壓不足時，進行穩壓功能。

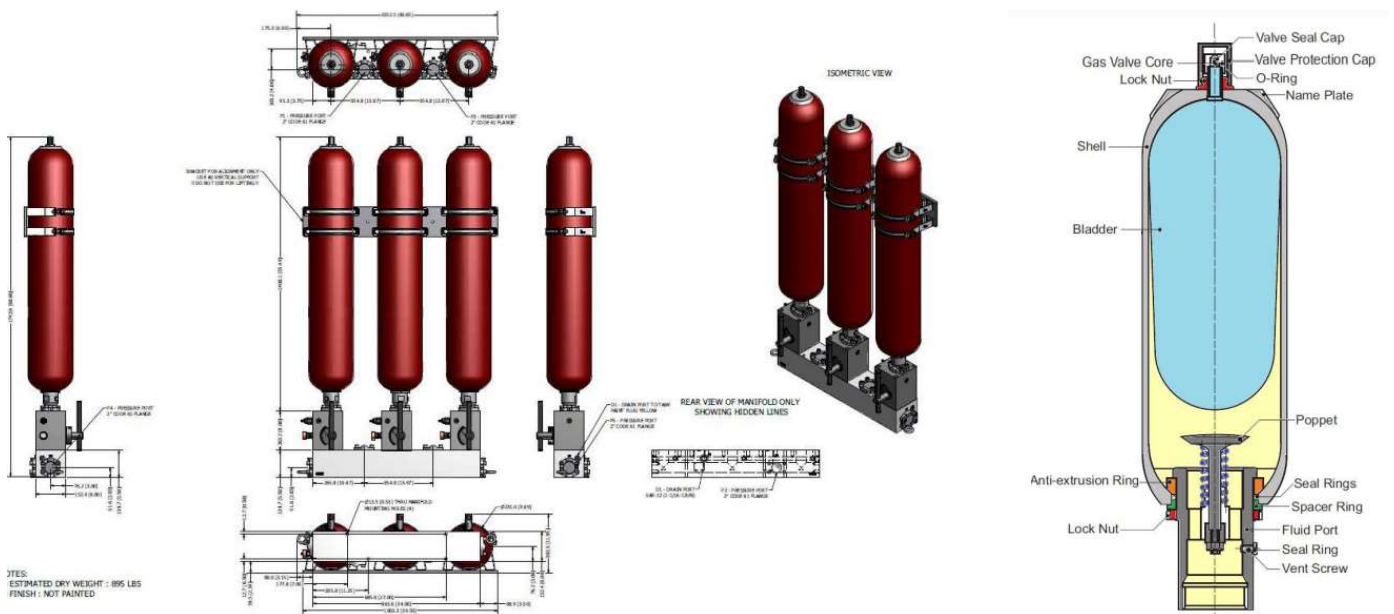


圖12.7 EHC續壓器示意圖

集管出口分成2線提供FRS油至各蒸汽閥驅動器，一線至RSV1&2及ICV1&2，另一線至MSV1&2&MCV1&2&ACV1&2。值得注意的是ASV1&2不需要FRS油，故只要FSS油壓建立，ASV就會開啟。

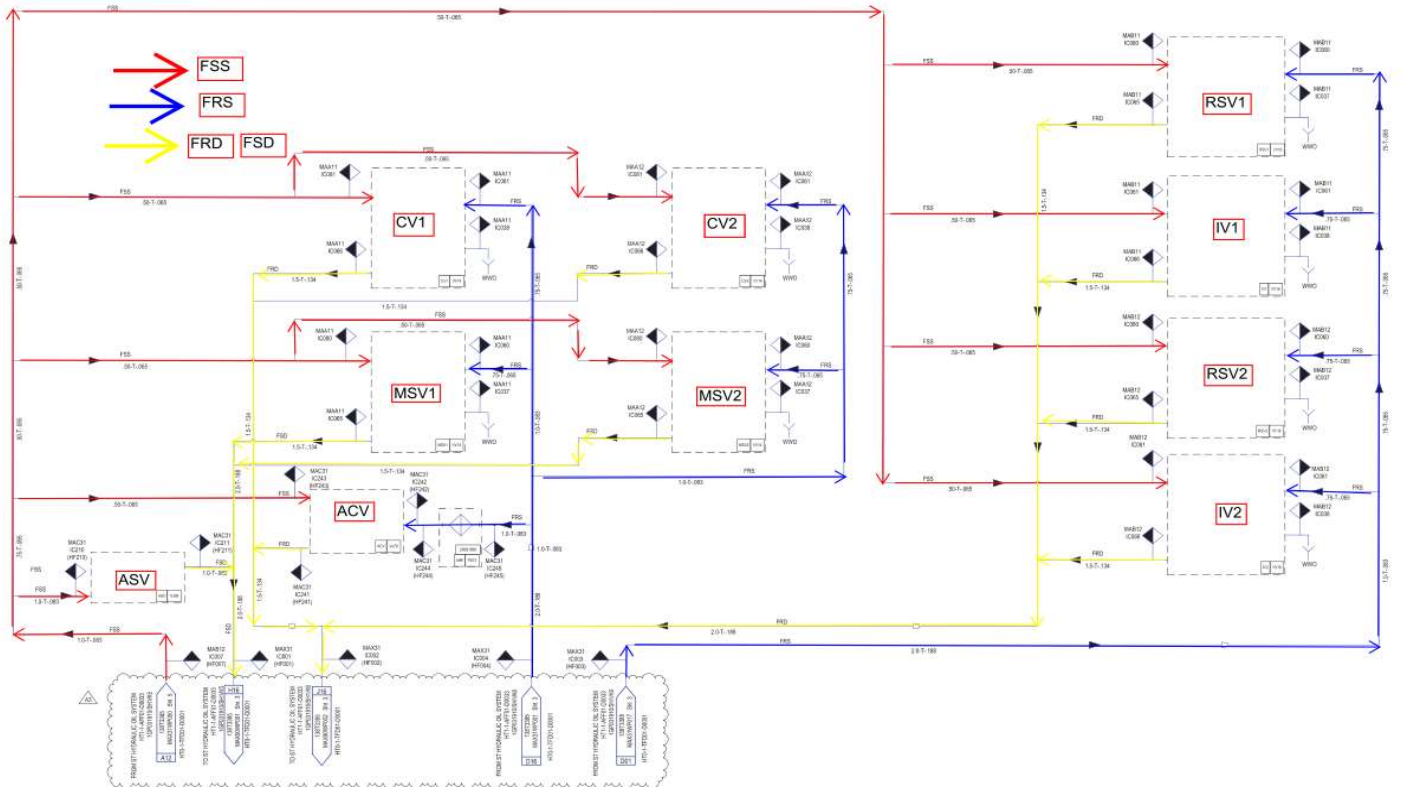


圖12.8 EHC蒸汽閥液壓流程圖

6. 液壓油加熱&冷卻系統:液壓油EHC系統本身會產生機械熱，又輸送到蒸汽閥油壓系統作用後會帶回很多熱，有時亦有需要升溫的運轉需求，故須要一套加熱冷卻系統以控制液壓油在適當的運轉溫度，以免劣發生油質劣化。主要設備有: 板式熱交換器、加熱&冷卻循環(HCCP)、濾網、溫度調節閥、電磁閥及釋壓閥等。

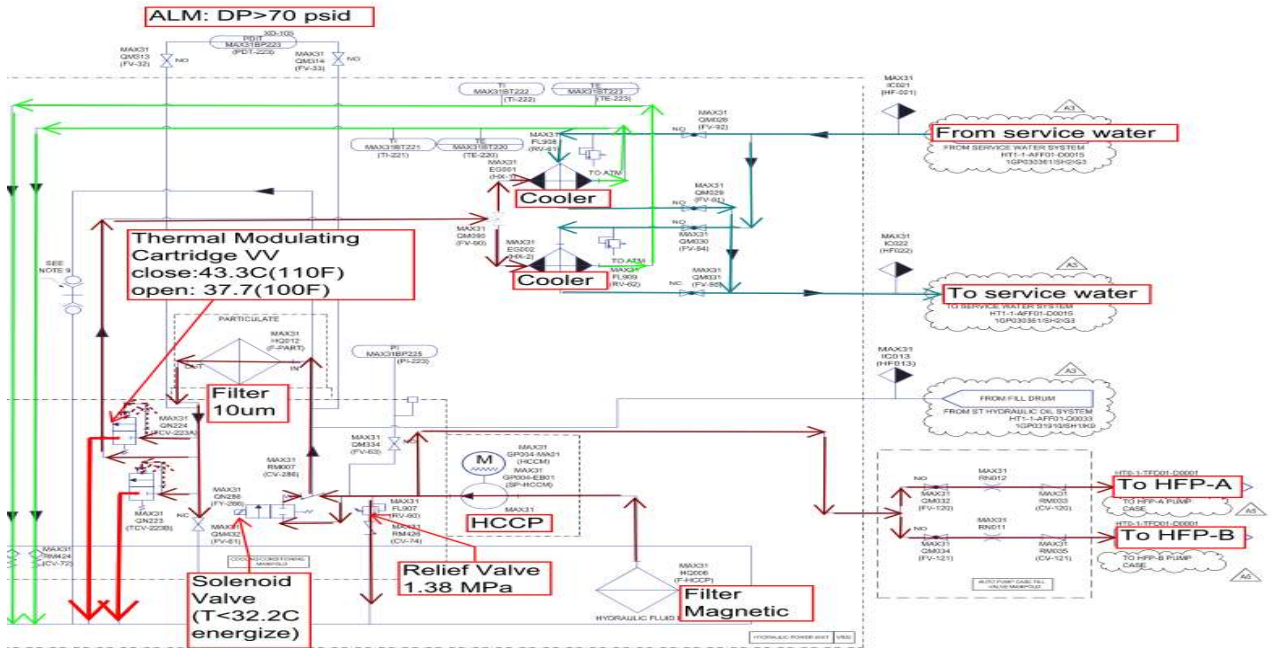


圖12.9 EHC液壓油加熱&冷卻系統流程圖

7. 加熱&冷卻循環泵(HCCP):1台離心泵(3450rpm)進行油槽內液壓油強迫循環。釋壓閥(RV-60):設定1.38Mpa洩壓以保護設備。濾網:具差壓傳送器(PDT-223)大於70psig警報。電磁閥(FV-61):設定32.2°C激磁,液壓油不經冷卻器直接回油槽,以免運轉溫度過冷。溫度調節閥(TCV-223A&B):依液壓油黏度隨溫度變化特性使閥開關。例如:油溫變低,油黏稠度變高,因而經過冷卻器端的油流速變慢,流阻力增加,管路油壓變大足以使TCV變位(打開),令油不經冷卻器直接流回油槽。TCV設定關閉:43.3°C(110F);打開:37.7°C(100F)。冷卻器:黃銅板狀熱交換器,冷流體為廠用水,設計溫度66°C設計壓力,設計150psig。
8. 液壓油淨化系統:液壓系統元件非常精密,若運作不良會造成機組跳脫,其中熱、水份及雜質等不良因素皆會使液壓油劣化進而讓液壓系統元件異常,所以管理液壓油並進行線上淨化是非常重要的。液壓油淨化系統主要元件包括:輔助過濾油泵(TAFP)、除酸濾心、除微粒及水份濾心、油槽乾燥裝置及釋壓閥等。

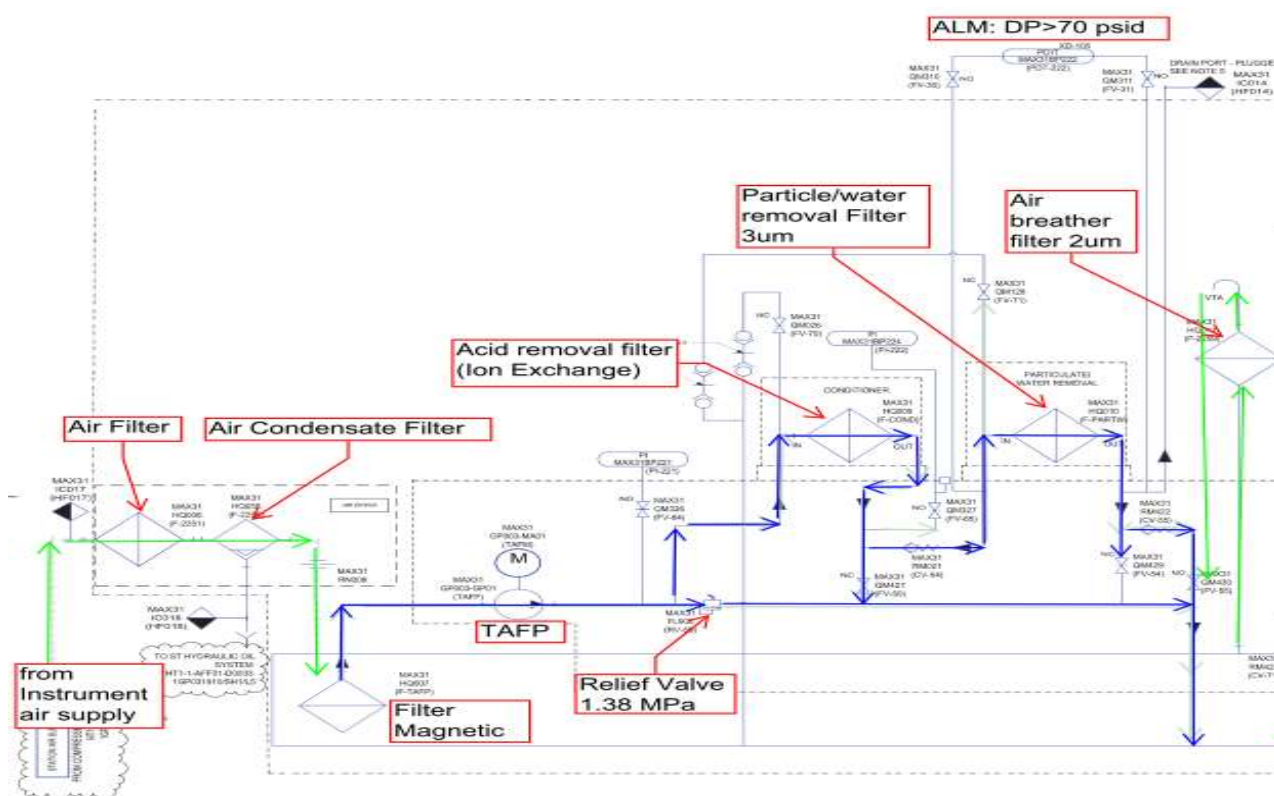


圖12.10 液壓油淨化流程

輔助過濾油泵:1台離心泵(1765rpm)進行油槽內液壓油強迫循環。除酸濾心:利用離子交換原理去除油中的酸性物質(氫離子)。除微粒及水份濾心:去除水分雜質,避免流入液壓系統,設有差壓傳送器70psig時警報。油槽乾燥及過濾裝置:因磷酸酯油比重較水重,故水份會浮於油面,本裝置使用儀用空氣乾燥空氣送入油槽內氣側空間並由呼吸器排出,常時保持氣側空氣乾燥達到除水氣功能。主要設備有:儀用空氣輸送管、空氣濾網、濕氣冷凝濾網及呼吸器。值得注意的是呼吸器內部主要有3層結構分別是2um固態過濾單元、矽床、反應碳粒,分別過濾微粒、水份及油氣,維護上



只要外觀檢查矽床是否有變色金黃色為正常、深綠色即須更新。



圖12.11 油槽乾燥及過濾裝置

9. 電子跳脫裝置(Electrical Trip Devices,ETD):

汽機蒸汽閥透過液壓系統進行控制，但若遇重大異常狀況時須用電子跳脫裝置(ETD)緊急切斷液壓系統供油，使蒸汽閥自動關閉並切斷汽機動力以保護汽機安全。ETD設計邏輯為3只中有2只動作即進行跳脫汽機動作，下圖為ETD模組。此外亦有線上試驗功能以確保所有控制功能正常。

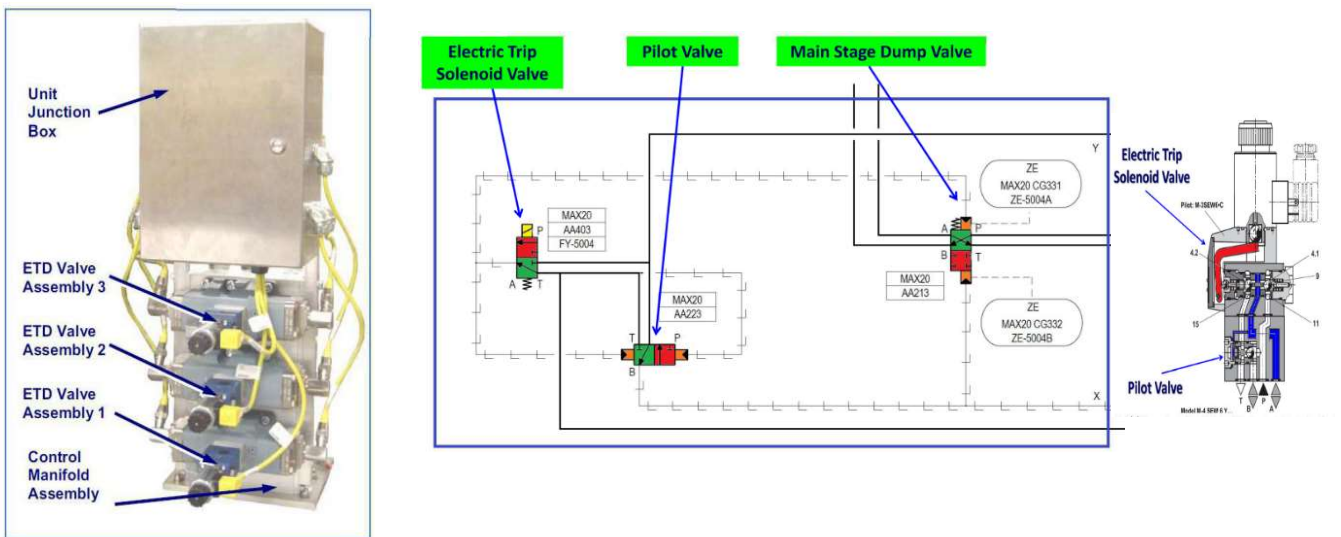


圖12.12 電子跳脫裝置示意圖

以下介紹動作流程:

1. 3組ETD激磁時蒸汽閥有FSS供應解鎖，蒸汽閥可以順利受液壓系統控制。

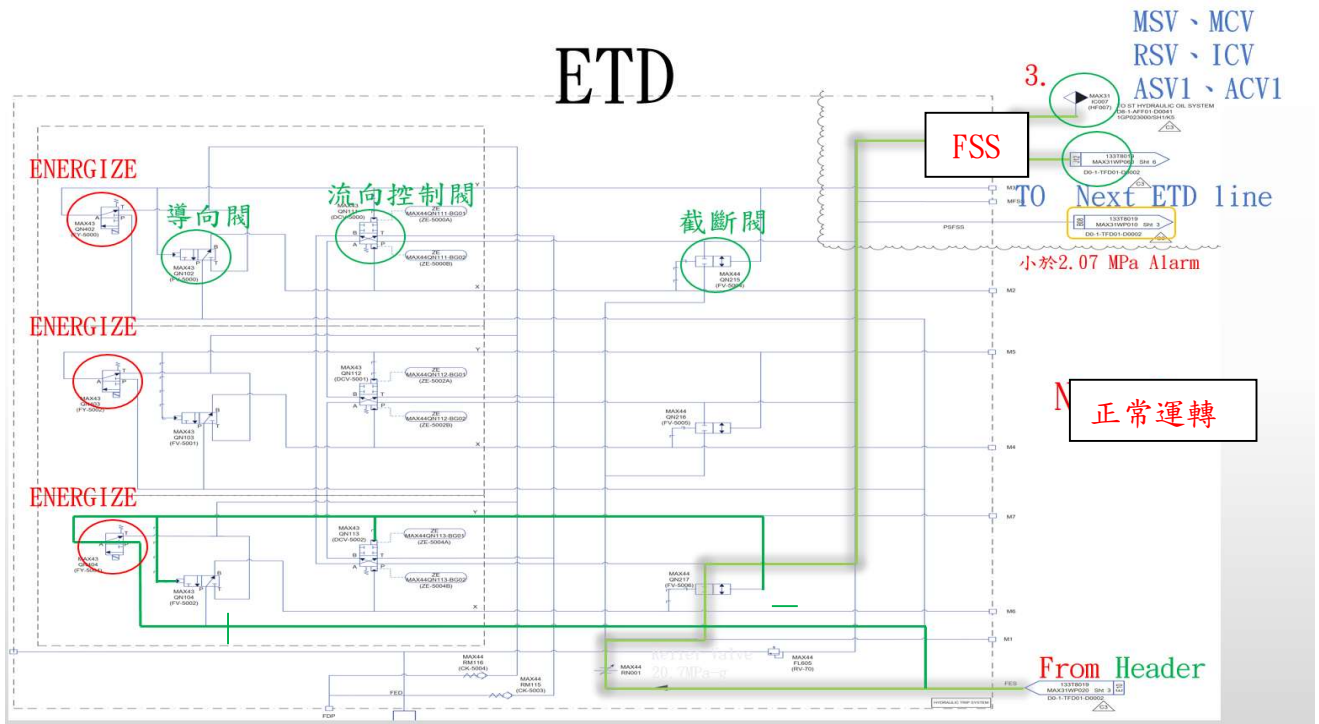


圖12.13 3組ETD皆激磁動作流程

2. 1組ETD失磁時會導致該線導向閥、流向控制閥及截斷閥失去油壓而變位，蒸汽閥仍有FSS供應解鎖，蒸汽閥仍然可以順利受液壓系統控制。

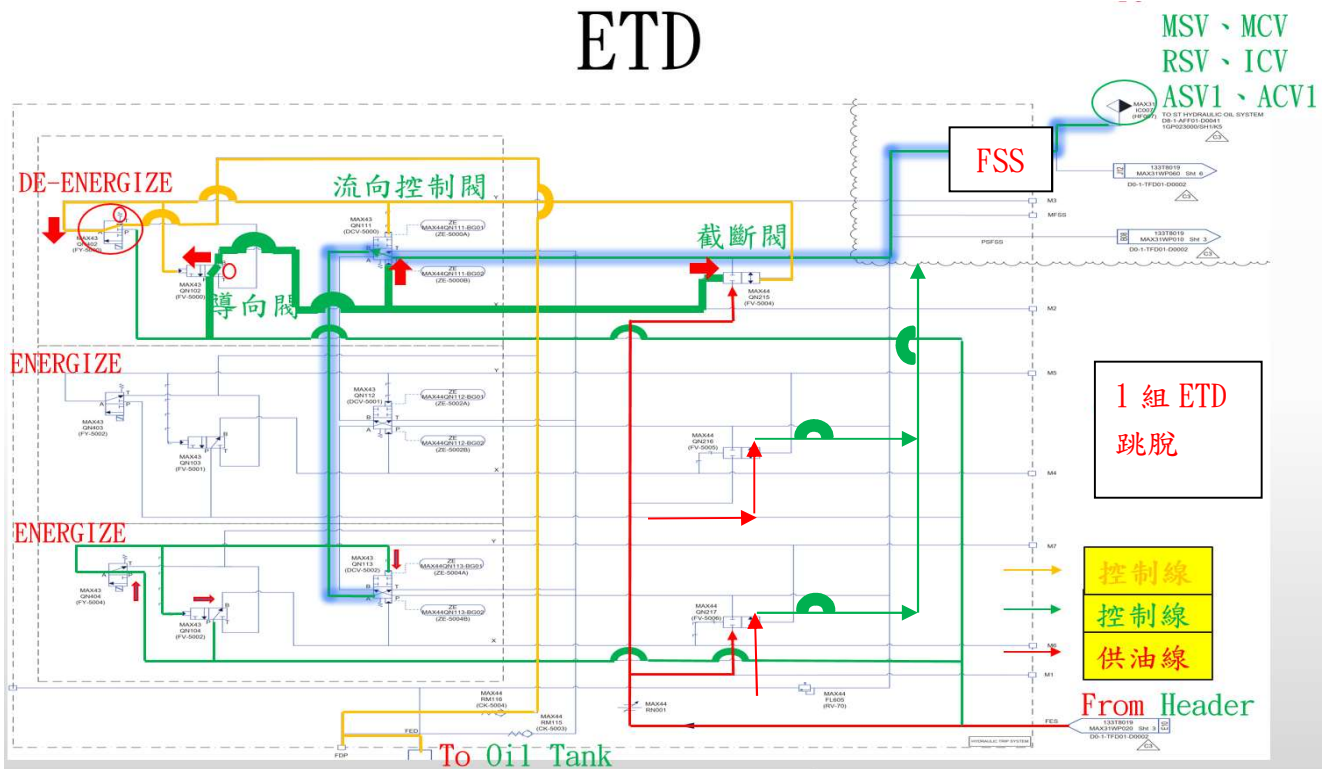


圖12.14 1組ETD失磁/2組激磁動作流程

3. 2組ETD失磁時會導致2線之流向控制閥及截斷閥失去油壓而變位，蒸汽閥之FSS供應油洩回油槽，蒸汽閥之液壓控制系統因無FSS而導至閉鎖全關。

# ETD

MSV、MCV  
RSV、ICV  
ASV1、ACV1

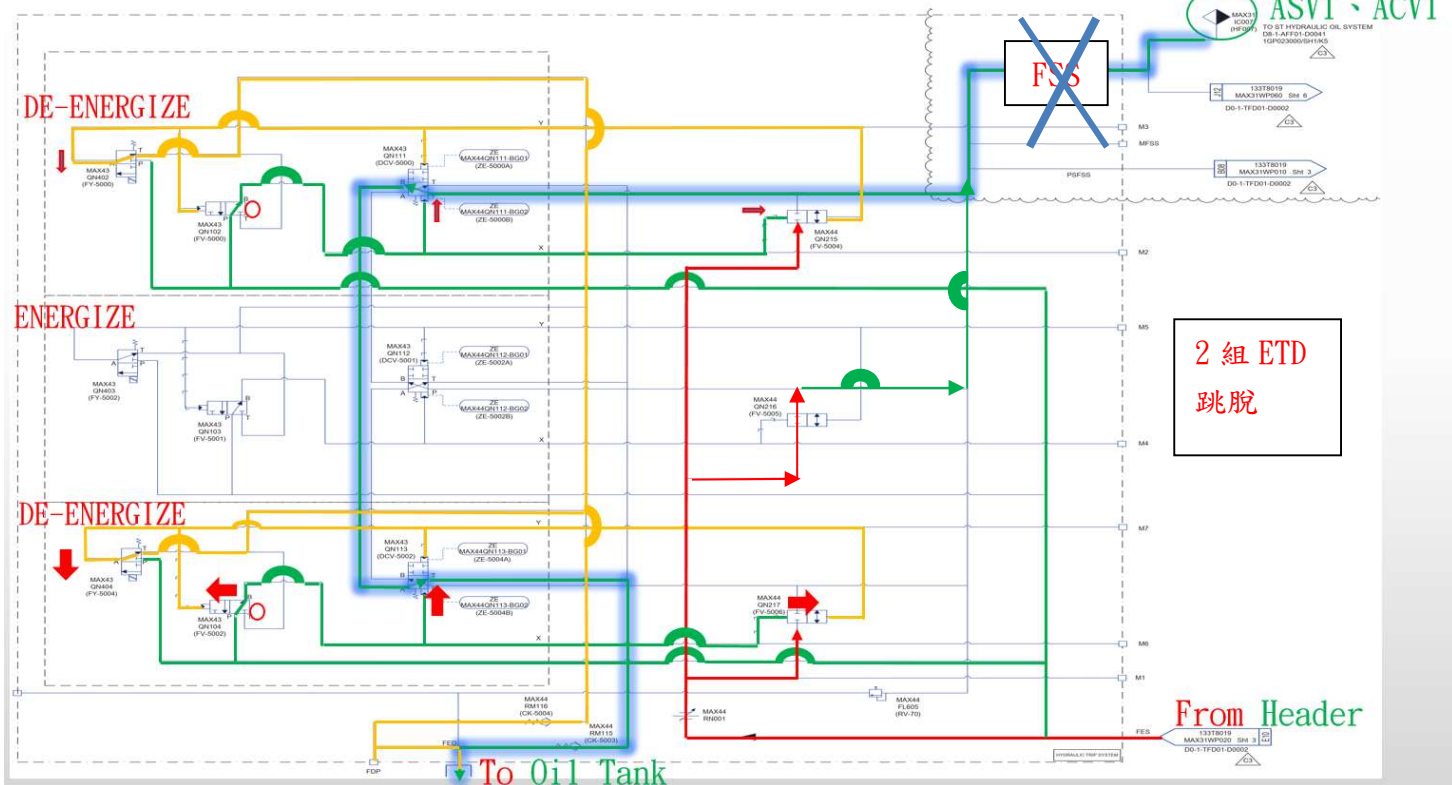


圖12.15 2組ETD失磁/1組激磁動作流程

## 肆、心得與建議

本次承蒙會內長官推薦奉派至美國奇異公司進行短期新建機組汽機部分的研習，印象深刻的是講師教學以一對一方式進行，教授內容充實，每段落會鼓勵學生發問並口試確認學習成果。討論時除提升英語口說能力外，亦增進對內容主題有更深刻認識。本次受訓點為美國奇異教育訓練中心，課程以世界各地的客戶及教授主題為單位安排各別教室與適合的講師。職因一人參訓獨佔一間教室及一位講師。建議公司以後可以多派幾位有潛力的工程師一起參加類似訓練以將實質效益增大。

## 伍、參考文獻

1. GE Gas Power," TRAINING MANUAL - D654 Steam Turbine Operations" ,2023
2. GE Gas Power," TRAINING MANUAL - D654 Steam Turbine&Generator Maintenance " ,2023