

出國報告（出國類別：實習）

林口電廠更新擴建計畫鍋爐飼水泵 設計、製造、測試、運轉、維護

服務機關：台灣電力公司北部施工處

姓名職稱：潘元章 汽機課長

派赴國家：日本

出國期間：103年5月27日~103年6月7日

報告日期：103年7月21日

出國報告審核表

出國報告名稱：林口電廠更新擴建計畫鍋爐飼水泵設計、製造、測試、運轉、維護

出國人姓名 (2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位
潘元章	汽機課長	台灣電力公司北部施工處
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他_____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：103年5月27日至103年6月7日		報告繳交日期：103年7月21日

出國人員 自我審核	計畫主辦 機關審核	審核項目
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1. 依限繳交出國報告
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	2. 格式完整 (本文必須具備「目地」、「過程」、「心得及建議事項」)
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3. 無抄襲相關資料
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	4. 內容充實完備.
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	5. 建議具參考價值
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	6. 送本機關參考或研辦
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	7. 送上級機關參考
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8. 退回補正，原因：
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 不符原核定出國計畫
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(4) 抄襲相關資料之全部或部分內容
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(5) 引用相關資料未註明資料來源
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(6) 電子檔案未依格式辦理
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	9. 本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表：
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(1) 辦理本機關出國報告座談會 (說明會)，與同仁進行知識分享。
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(2) 於本機關業務會報提出報告
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	(3) 其他 _____
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	10. 其他處理意見及方式：

報告人：  單位主管  主管處主管  總經理  副總經理

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「公務出國報告資訊網」為原則。

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：林口電廠更新擴建計畫鍋爐飼水泵設計、製造、測試、運轉、維護

頁數 30 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/陳德隆/ (02) 2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

潘元章/台灣電力公司/北部施工處/汽機課長/ (02)2606-1140#6603

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：103 年 5 月 27 日~103 年 6 月 7 日 出國地區：日本

報告日期：103 年 7 月 21 日

分類號/目

關鍵詞：鍋爐飼水泵

內容摘要：(二百至三百字)

本次研習項目為林口電廠更新擴建計畫鍋爐飼水泵設計、製造、測試、運轉、維護等新技術。研習課程內容及地點為(1).鍋爐飼水泵及增壓泵設計、製造及測試。(日本三菱高砂廠)。(2).機械軸封設計、製造及檢驗。(日本 Pillar 工廠)。(3).流體聯軸器設計、製造及測試。(日本 EBARA 工廠)。(4).鍋爐飼水泵在超臨界鍋爐燃煤機組應用實例參觀。(日本橘灣火力發電廠)。

日本三菱高砂廠負責設計製林口計畫一至三號機馬達驅動鍋爐飼水泵(MBFP)共三台；馬達驅動鍋爐飼水增壓泵(MBFP-BP)共三台；汽機驅動鍋爐飼水泵(TBFP)共六台；汽機驅動鍋爐飼水增壓泵(TBFP-BP)共六台；冷凝水增壓泵(CBP)共九台。

日本三田 Pillar 廠負責製造林口計畫一至三號機馬達驅動鍋爐飼水增壓泵(MBFP-BP)

、汽機驅動鍋爐飼水增壓泵(TBFP-BP)及冷凝水增壓泵等泵所需之機械軸封。而在日本東京 EBARA 廠則負責設計、製造林口計畫一至三號機馬達驅動鍋爐飼水泵(MBFP)所需之流體聯軸器(Fluid Coupling)共三台。

三菱公司特別安排到位於四國地區之橘灣火力發電廠參觀，該廠與林口計畫同為燃煤超臨界鍋爐火力發電機組，其鍋爐飼水泵亦由三菱公司設計製造，且正常運轉至今未有問題，相信將來林口機組所使用之鍋爐飼水泵設備亦然。

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

摘要：

本次研習項目為林口電廠更新擴建計畫鍋爐飼水泵設計、製造、測試、運轉、維護等新技术。研習課程內容及地點為(1).鍋爐飼水泵及增壓泵設計、製造及測試。(日本三菱高砂廠)。(2).機械軸封設計、製造及檢驗。(日本 Pillar 工廠)。(3).流體聯軸器設計、製造及測試。(日本 EBARA 工廠)。(4).鍋爐飼水泵在超臨界鍋爐燃煤機組應用實例參觀。(日本橘灣火力發電廠)。

日本三菱高砂廠負責設計製造林口計畫一至三號機馬達驅動鍋爐飼水泵(MBFP)共三台；馬達驅動鍋爐飼水增壓泵(MBFP-BP)共三台；汽機驅動鍋爐飼水泵(TBFP)共六台；汽機驅動鍋爐飼水增壓泵(TBFP-BP)共六台；冷凝水增壓泵(CBP)共九台。

日本三田 Pillar 廠負責製造林口計畫一至三號機馬達驅動鍋爐飼水增壓泵(MBFP-BP)、汽機驅動鍋爐飼水增壓泵(TBFP-BP)及冷凝水增壓泵等泵所需之機械軸封。而在日本東京 EBARA 廠則負責設計、製造林口計畫一至三號機馬達驅動鍋爐飼水泵(MBFP)所需之流體聯軸器(Fluid Coupling)共三台。

三菱公司特別安排到位於四國地區之橘灣火力發電廠參觀，該廠與林口計畫同為燃煤超臨界鍋爐火力發電機組，其鍋爐飼水泵亦由三菱公司設計製造，且正常運轉至今未有問題，相信將來林口機組所使用之鍋爐飼水泵設備亦然。

目次

一、目的.....	3
二、過程.....	3
三、鍋爐飼水泵及增壓泵設計、製造及測試。(日本三菱高砂廠).....	3
(一)、林口計畫鍋爐飼水泵主要規格.....	3
(二)、設備配置.....	7
(三)、鍋爐飼水泵構造.....	9
(四)、管儀圖、流程圖.....	18
(五)、性能測試.....	23
(六)、操作程序.....	26
(七)、維護保養程序.....	27
四、鍋爐飼水泵在超臨界鍋爐燃煤機組應用實例參觀。(日本橘灣火力發電廠).....	28
(一)、林口計畫與日本橘灣火力發電廠超臨界機組比較.....	28
(二)、林口計畫與日本橘灣火力發電廠鍋爐飼水泵採用流體聯軸器比較.....	29
五、心得及建議.....	29

一、目的

本次實習目的為瞭解並學習林口電廠更新擴建計畫鍋爐飼水泵設計、製造、測試、運轉、維護等新技術。

林口電廠更新擴建計畫主發電設備統包採購案由三菱/中鼎團隊得標，每部機組之鍋爐飼水泵送設備包括一台由馬達驅動鍋爐飼水泵(MBFP)、一台馬達驅動鍋爐飼水增壓泵(MBFP-BP)、兩台汽機驅動鍋爐飼水泵(TBFP)、兩台汽機驅動鍋爐飼水增壓泵(TBFP-BP)、三台冷凝水泵(CP)、三台冷凝水增壓泵(CBP)。除了冷凝水泵(CP)外，餘均在本次海外訓練研習範圍內。

二、過程

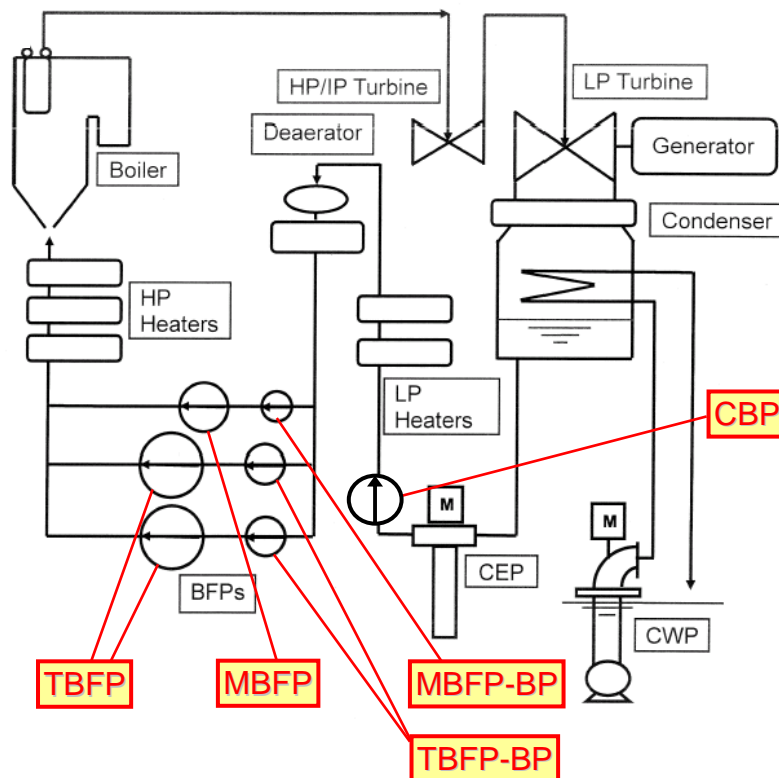
本次研習共計 12 天，除了往返程、上課地點移動及例假日等，實際課程如下：日本三菱高砂廠研習鍋爐飼水泵第一階段 2 日，日本三田地區 Pillar 工廠研習機械軸封 1 日，日本東京地區 EBARA 工廠研習流體聯軸器 2 日，參觀日本橘灣火力發電廠 1 日，日本三菱高砂廠研習鍋爐飼水泵第二階段含測驗 1 日。

5/27 由桃園機場啟程前往日本大阪關西機場。5/28~5/29 在日本三菱高砂廠研習鍋爐飼水泵除了課堂講解，另安排工廠參觀，正逢林口計畫第二號機之鍋爐飼水泵在工廠內組裝。5/30 在日本三田地區 Pillar 工廠研習機械軸封亦安排半日課堂講解及半日工廠參觀及觀摩，工廠參觀包括軸封盤根製造、機械軸封滑動面拋光處理及機械軸封拆解與組合實際操作演練觀摩。6/2~6/4 在日本東京地區 EBARA 工廠研習流體聯軸器亦安排 1.5 日課堂講解及半日工廠參觀，正值林口計畫二號機馬達驅動鍋爐飼水泵(MBFP)所採用之流體聯軸器在廠內組裝。6/5 在日本四國地區參觀日本橘灣火力發電廠 1 日，先在其會客室觀賞簡介影片後，由 2 名該廠接待人員陪同參觀全廠設備，並特別在研習主題鍋爐飼水泵區打開外罩詳細聽取解說。6/6 回到日本三菱高砂廠研習鍋爐飼水泵第二階段課堂講解及測驗。6/7 由日本關西機場搭機返台。

三、鍋爐飼水泵及增壓泵設計、製造及測試。(日本三菱高砂廠)。

(一)、林口計畫鍋爐飼水泵主要規格

泵浦名稱	三菱公司型號	說明
馬達驅動鍋爐飼水泵(MBFP)	MDG 357	MDG ○○△ M : MITSUBISHI D : Double casing pump G : Gear ○○:Impeller dia. (cm) △:Number of Stages
汽機驅動鍋爐飼水泵 (TBFP)	MDG 435	
馬達驅動鍋爐飼水增壓泵 (MBFP-BP)	MLC 300x250 M	MLC ◇◇◇ X □□□ ☆ M:MITSUBISHI L :Land C :Center line support ◇◇◇ : Suc. nozzle size (mm) □□□ : Dis. nozzle size (mm) ☆ : MHI Hydro model type
汽機驅動鍋爐飼水增壓泵 (TBFP-BP)	MLC 450x350 M	
冷凝水增壓泵 (CBP)	MLC 400x300 H	



TYPICAL SYSTEM FOR POWER PLANT

1、馬達驅動鍋爐飼水泵(MBFP) MDG 357：

馬達驅動鍋爐飼水泵(MBFP)	
數量	3 SETS (1 SET/UNIT x 3 UNITS)
型式	水平，7 級，筒狀，渦捲式，雙缸
MHI 型號	MDG 357
規格	840 t/h×33.984 MPa×5,500 rpm
驅動源	馬達(6,800kW×2)驅動可變速流體聯軸器
流體	鍋爐飼水, 溫度 181.8 °C, 比重 0.885
軸封	密封套筒 Bush Seal
軸承型式	徑向：襯套軸承 SLEEVE BEARING, 軸向：可傾斜 (TILTING PAD TYPE)
吸入/吐出 口徑	350A / 300A

2、汽機驅動鍋爐飼水泵(TBFP) MDG 435：

汽機驅動鍋爐飼水泵(TBFP)	
數量	6 SETS (2 SET/UNIT x 3 UNITS)
型式	水平，5 級，筒狀，渦捲式，雙缸
MHI 型號	MDG 435
規格	1,550 t/h×32.532 MPa×5,790 rpm
驅動源	汽機直接驅動(20,300kW)
流體	鍋爐飼水, 溫度 181.8 °C, 比重 0.885
軸封	密封套筒 Bush Seal
軸承型式	徑向：襯套軸承 SLEEVE BEARING, 軸向：可傾斜 (TILTING PAD TYPE)
吸入/吐出 口徑	400A / 350A

3、馬達驅動鍋爐飼水增壓泵(MBFP-BP) MLC 300x250 M：

馬達驅動鍋爐飼水增壓泵(MBFP-BP)	
數量	3 SETS (1 SET/UNIT x 3 UNITS)
型式	水平，單級，雙吸，渦捲式
MHI 型號	MLC 300x250M
規格	840t/h×0.616 MPa×1,780 rpm

驅動源	馬達驅動(220kW)
流體	鍋爐飼水, 溫度 181.8 °C, 比重 0.885
軸封	機械軸封
軸承型式	徑向：襯套軸承 SLEEVE BEARING, 軸向：球狀軸承(BALL TYPE)
吸入/吐出 口徑	300A / 250A

4、汽機驅動鍋爐飼水增壓泵(TBFP-BP) MLC 450x350 M：

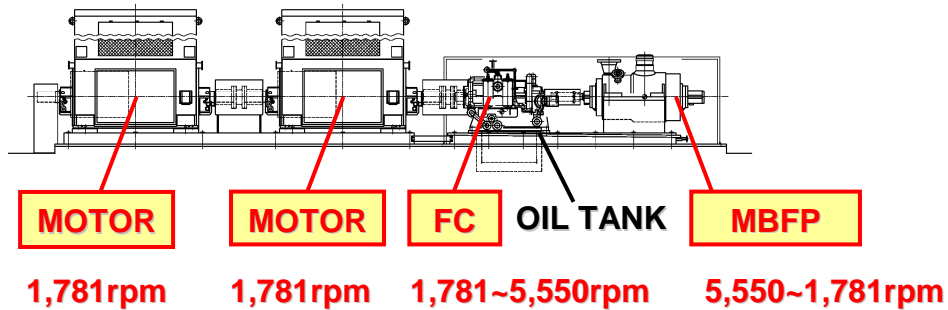
汽機驅動鍋爐飼水增壓泵(TBFP-BP)	
數量	6 SETS (2 SET/UNIT x 3 UNITS)
型式	水平，單級，雙吸，渦捲式
MHI 型號	MLC 450x350M
規格	1,550 t/h×1.068 MPa×1,850 rpm
驅動源	汽機經由減速齒輪組減速後驅動
流體	鍋爐飼水, 溫度 181.8 °C, 比重 0.885
軸封	機械軸封
軸承型式	徑向：襯套軸承 SLEEVE BEARING, 軸向：球狀軸承(BALL TYPE)
吸入/吐出 口徑	450A / 350A

5、冷凝水增壓泵 (CBP) MLC 400x300 H：

冷凝水增壓泵(CBP)	
數量	9 SETS (3 SET/UNIT x 3 UNITS)
型式	水平，單級，雙吸，渦捲式
MHI 型號	MLC 400x300H
規格	1,000 t/h×257m×1,770 rpm
驅動源	馬達驅動(970KW)
流體	冷凝水, 溫度 42 °C, 比重 0.991
軸封	機械軸封
軸承型式	徑向：襯套軸承 SLEEVE BEARING, 軸向：球狀軸承(BALL TYPE)
吸入/吐出 口徑	400A / 300A

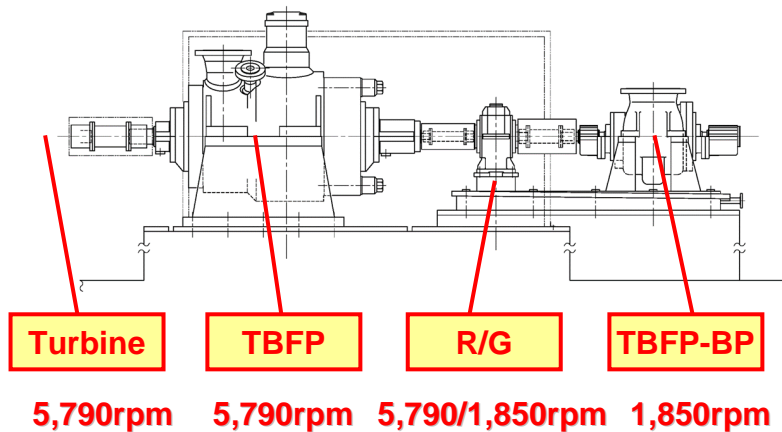
(二)、設備配置

1、馬達驅動鍋爐飼水泵(MBFP)設備配置



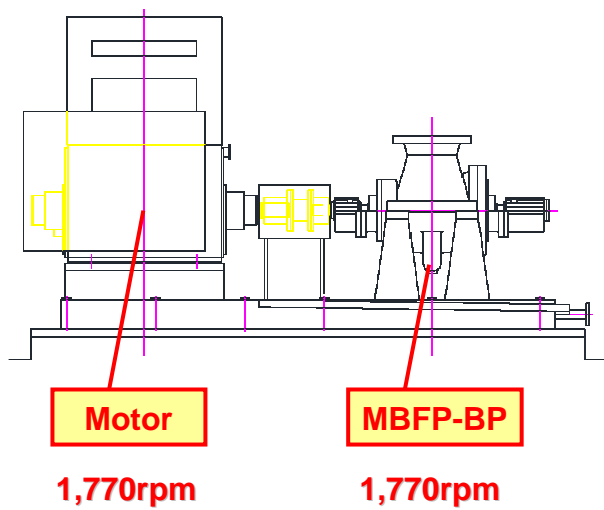
- MBFP 由馬達經可變速流體聯軸器主動軸端增速齒輪增速至 5,550 rpm 再透過葉片傳送可控制流量之流體至輸出軸達到 5,550 至 1,388rpm 可變輸出轉速。
- 所有的設備需要潤滑油，潤滑油由流體聯軸器供應。流體聯軸器具有油泵及油槽。
- MBFP 及 F/C 裝有隔音外罩

2、汽機驅動鍋爐飼水泵(TBFP)及其增壓泵(TBFP-BP)設備配置



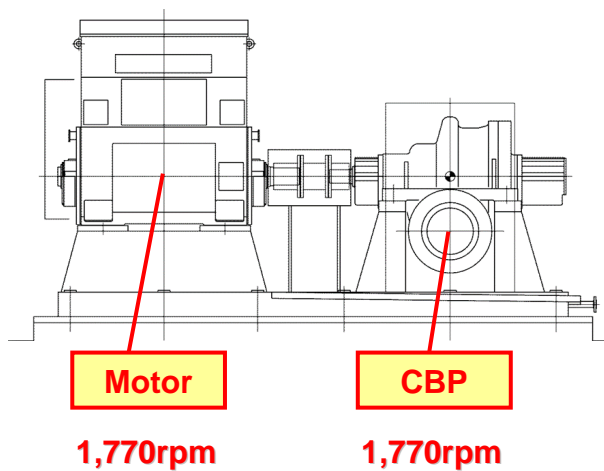
- TBFP 由汽機以 5,790rpm 直接帶動。BFP 非驅動端連接減速齒輪(R/G)，轉速降為 1,850rpm，減速齒輪帶動增壓泵(TBFP-BP)。
- 所有設備需要潤滑油，而潤滑油由汽機潤滑油提供。
- TBFP 及 R/G 周圍有隔音罩覆蓋

3、馬達驅動鍋爐飼水增壓泵(MBFP-BP)設備配置



- MBFP-BP 直接由電動馬達以 1,770rpm 帶動
- MBFP-BP 軸承藉由油環(oil rings)潤滑而不需額外強制潤滑系統，屬自潤式軸承。

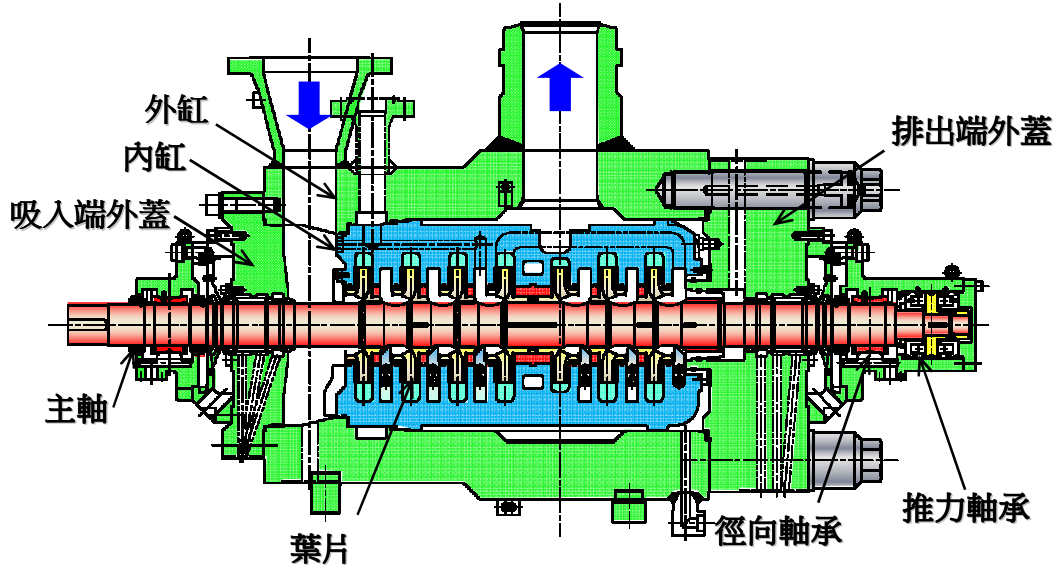
4、馬達驅動鍋爐飼水增壓泵(MBFP-BP)設備配置



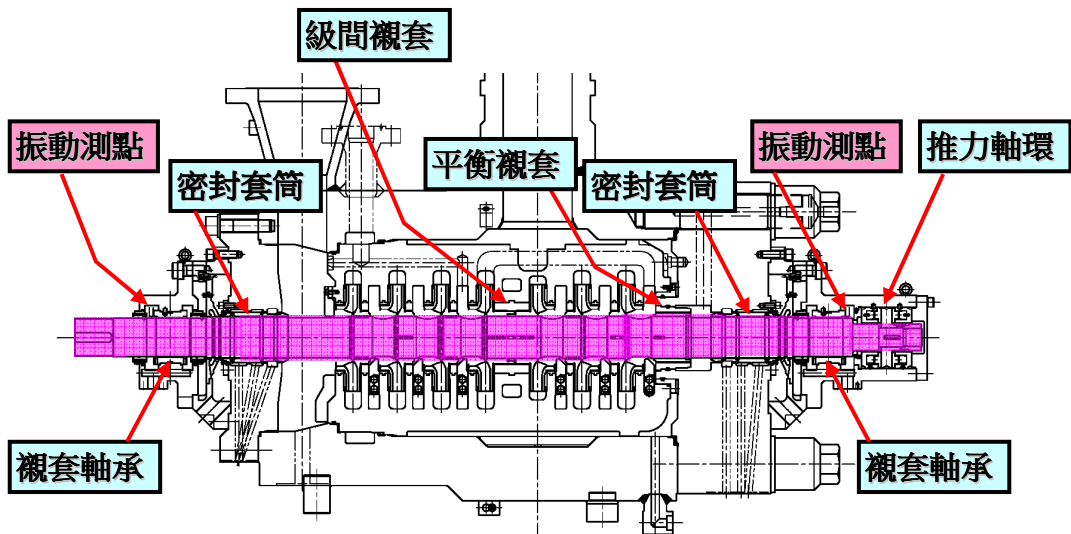
- CBP 直接由電動馬達以 1,770rpm 帶動
- CBP 軸承藉由油環(oil rings)潤滑而不需額外強制潤滑系統，屬自潤式軸承。
- CBP 周圍有隔音罩覆蓋

(三)、鍋爐飼水泵構造

1、鍋爐飼水泵特徵：水平、多級葉片、筒狀外缸、渦流

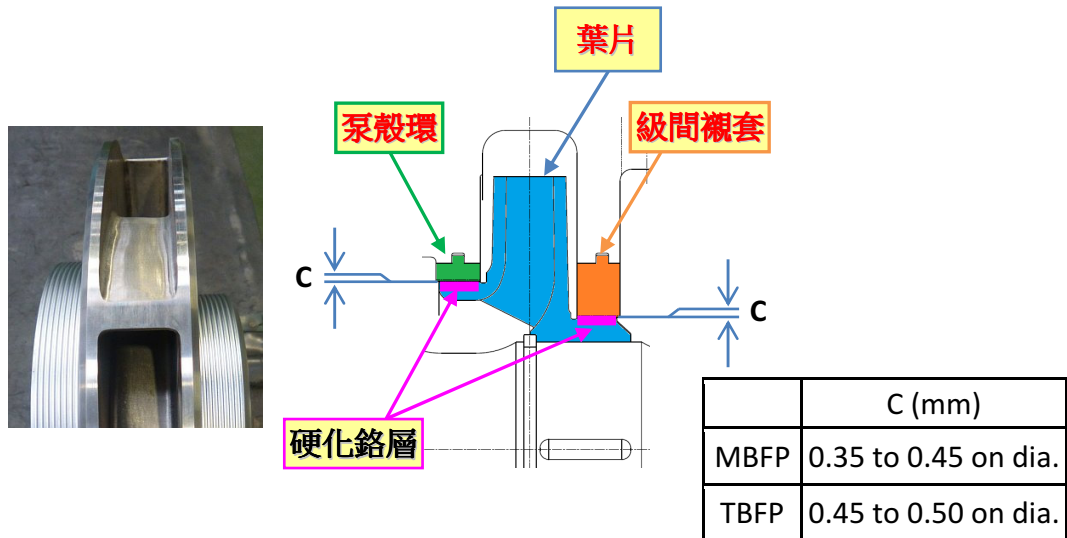


2、主軸 (不銹鋼 - SUS403Q H.T)



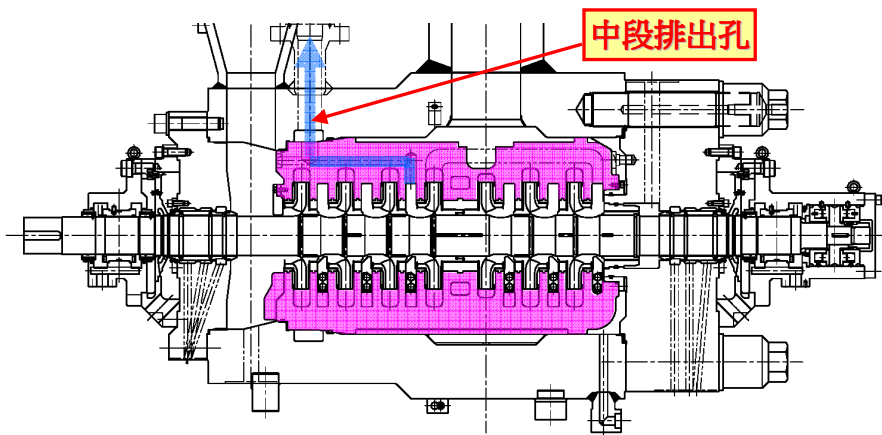
圖示主軸，臨界滑動面配合襯套軸承、密封襯套、止推環以硬化鉻層包覆。聯軸器、所有葉片、止推環及平衡襯套以冷縮熱脹方式組合。襯套軸承表面及振動指示用之表面採精密機械加工方式達成。

3、葉片



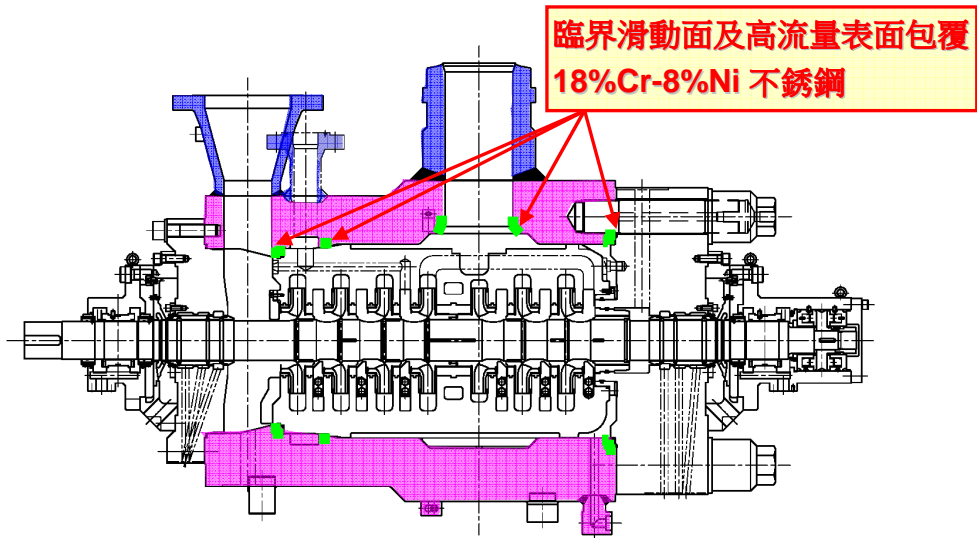
葉片與泵殼環(casing ring)及葉片級間襯套(interstage bushing)間以 0.3~0.45mm (MBFP) 或 0.45~0.5mm(TBFP)之滑動間隙包覆硬化鉻層以加強抗磨耗特性。水力外形設計成可滿足 BFP 由多變條件到滿載廣域需求，精密鍛造平滑內外表面可確保高水力效率。

4、內缸



內缸在軸向分裂成兩半，上下內缸以精密加工不加墊片方式接合。

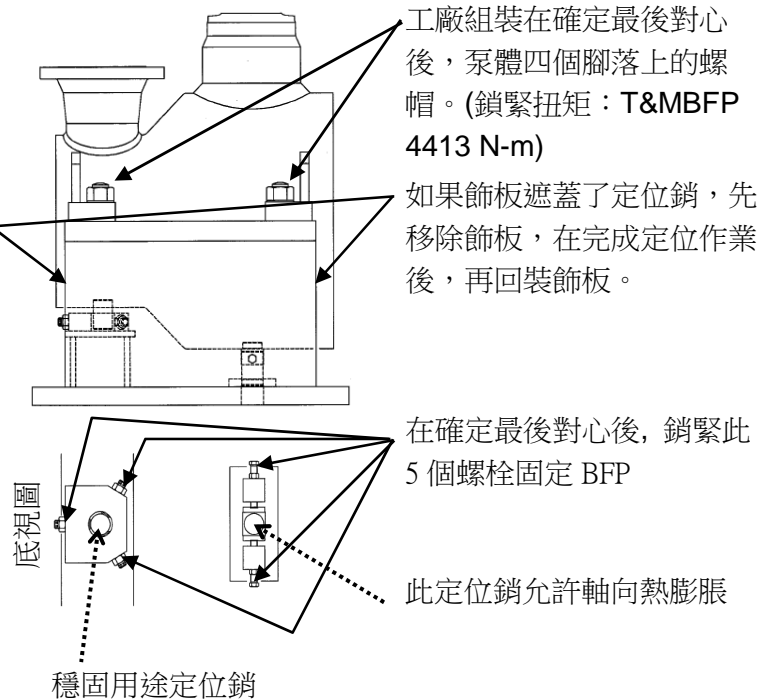
5、外缸



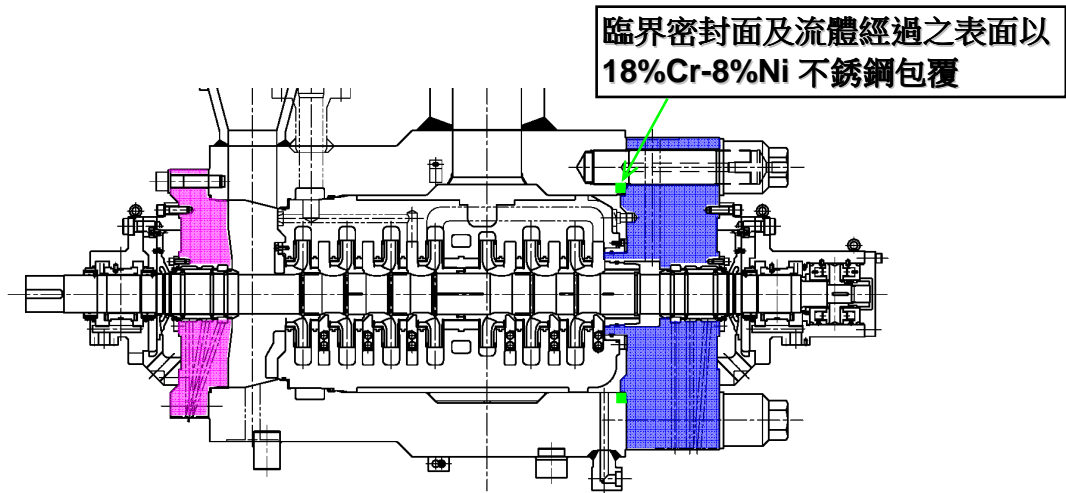
外缸係以碳鋼鍛造成壓力容器。

6、BFP 定位

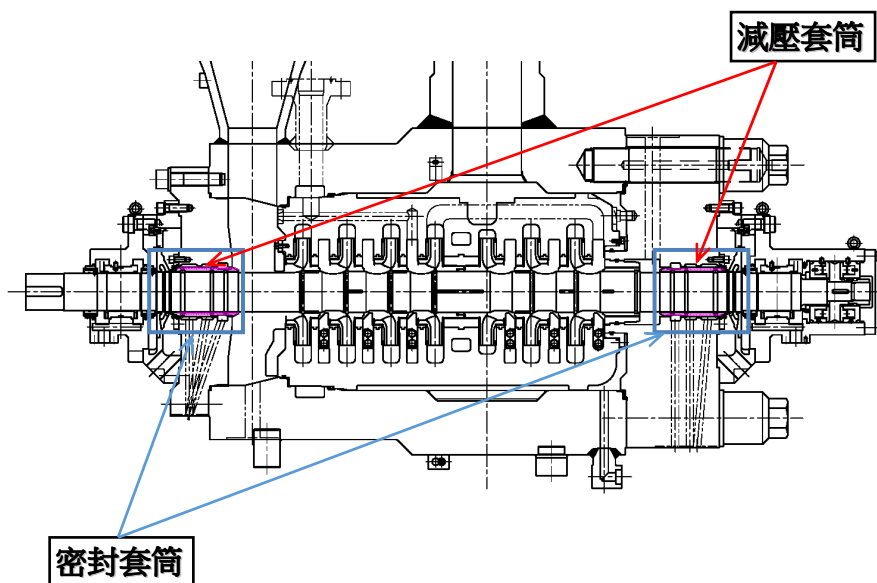
在確認組裝最後位置後，進行定位工作，BFP 利用 2 個定位銷固定在泵殼底下之座板上，其中一個定位銷作為穩固泵殼用途，另一個則允許軸向熱膨脹。



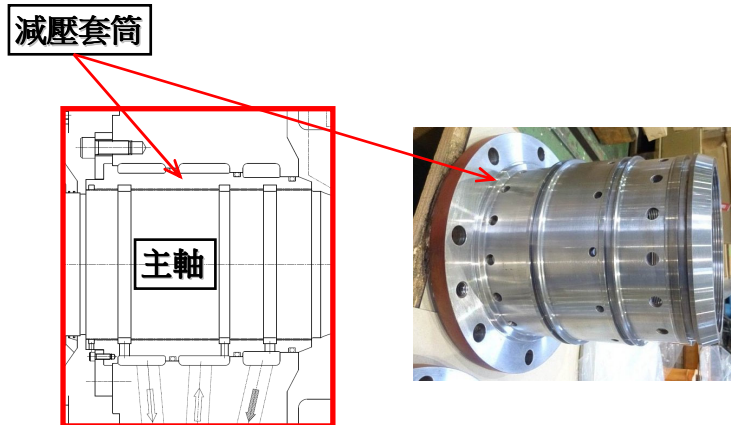
7、吸入端外蓋，泵殼外蓋(CARBON STEEL – SF490A)
吸入端及泵殼外蓋形成壓力容器，這些外蓋以碳鋼鍛造而成。



8、減壓套筒(Pressure Reducing Bushing) (STAINLESS STEEL – SUS420J2Q)
BFP 軸封採用密封套筒(Bush seal)。在密封套筒內，主軸在減壓套筒固定件內轉動。



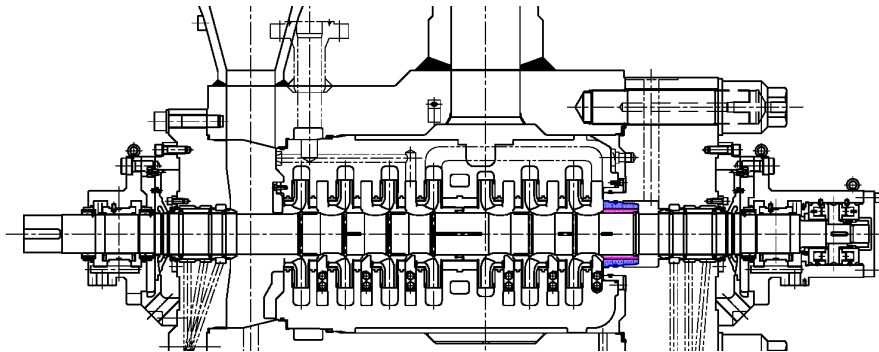
減壓套筒(Pressure Reducing Bushing)



減壓套筒材質採用具有相當強度之 13% 鉻不銹鋼以增進抗磨損與長時間工作壽命。減壓套筒通常採用硬化處理。

9、平衡部件(Balancing Parts) STAINLESS STEEL – SUS420J2Q)

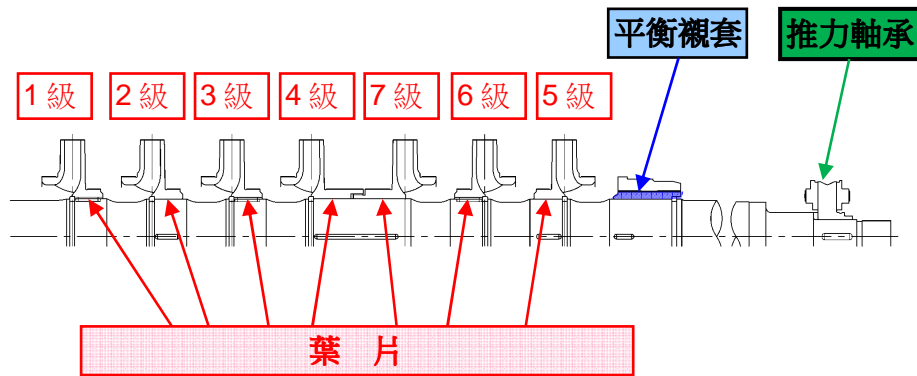
平衡部件的作用是減少葉片軸向力。



平衡襯套(Balance Sleeve)及平衡套筒(Balance Bushing)材質為具有一定強度之 13% 鉻不銹鋼。

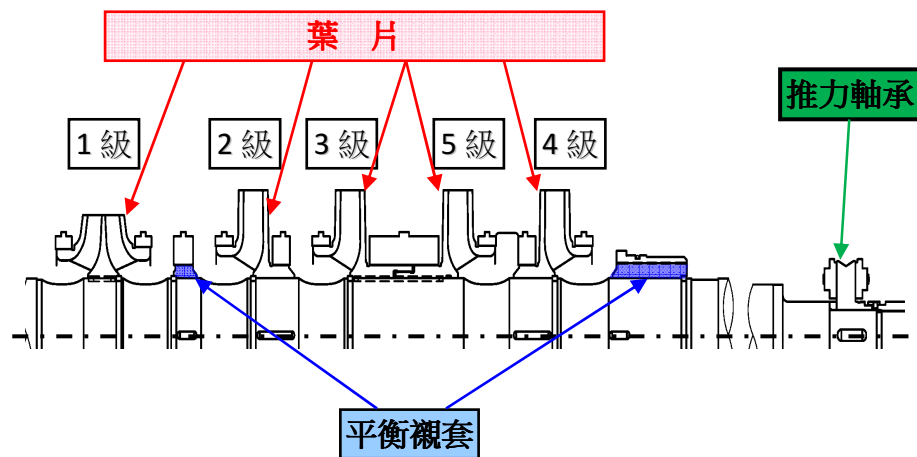
為了增進抗磨損(anti-abrasion)與長時間工作壽命(seizure proof)，分別在平衡襯套滑動面採用具硬化鉻包覆層以及在平衡套筒入口端採用硬化處理。

10、MBFP 平衡機構



葉片以對立方式成組排列以將軸向推力降至最小，而剩餘的軸向推力則由平衡襯套、平衡套筒及推力軸承吸收。

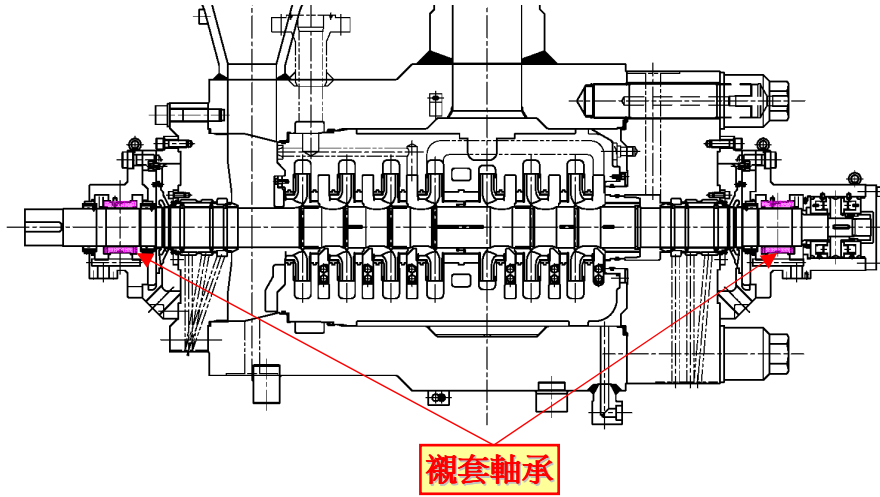
11、TBFP 平衡機構



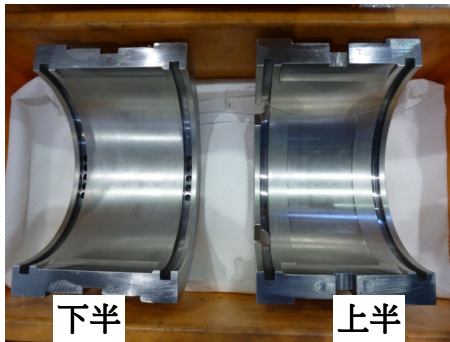
葉片以對立方式成組排列以將軸向推力降至最小，而剩餘的軸向推力則由平衡襯套、平衡套筒及推力軸承吸收。

12、襯套軸承(Sleeve Bearing) (CARBON STEEL + WHITE METAL)

徑向軸承(兩片半圓弧偏置)，耐久巴比合金包覆在精密加工碳鋼上，兩個圓弧偏置表面經精密加工以增加穩定。

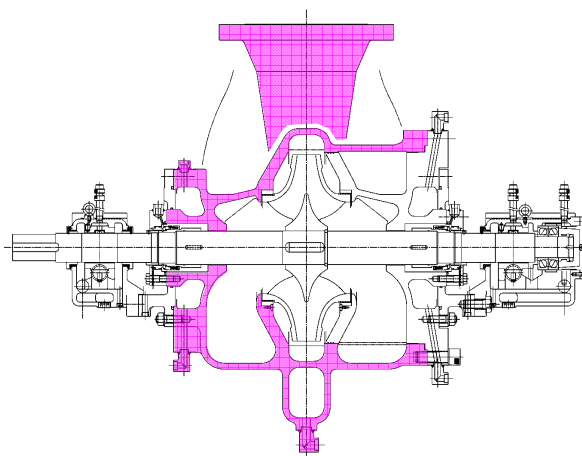


襯套軸承(Sleeve Bearing)

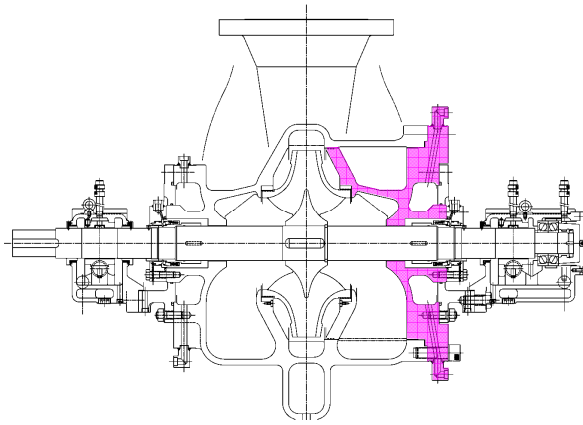


13、增壓泵結構

泵殼 (STAINLESS STEEL CASTING - SCS6)
 雙渦流，13% 鉻不銹鋼鑄造，徑向-推力平衡

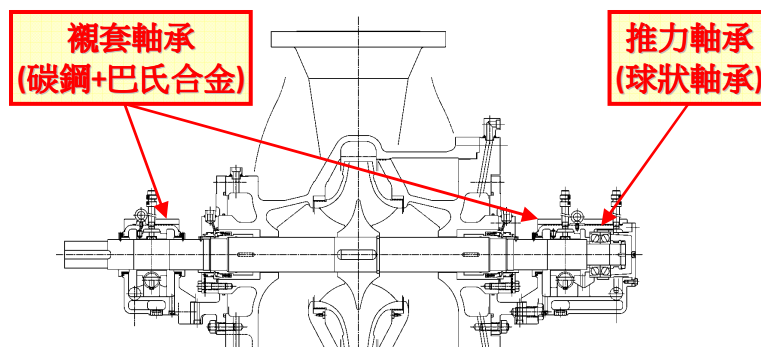


泵殼外蓋 (STAINLESS STEEL CASTING - SCS6)



軸承

轉子兩端各有一徑向襯套軸承(radial sleeve bearing)，軸向推力則由球狀軸承(ball bearing)支撐

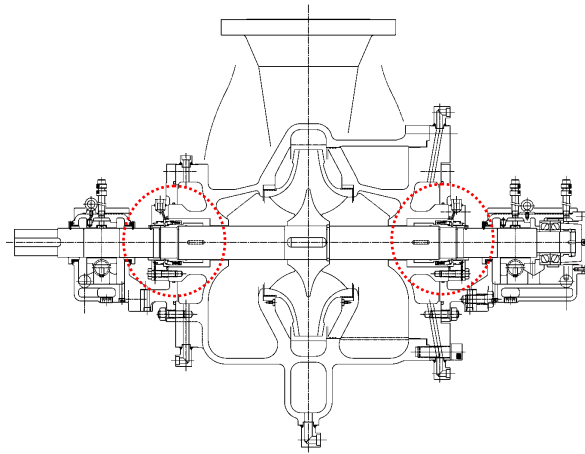


針對馬達驅動鍋爐飼水增壓泵(MBFP-BP)，軸承藉由油環(Oil-Rings)自潤方式潤滑而不需外加潤滑系統。

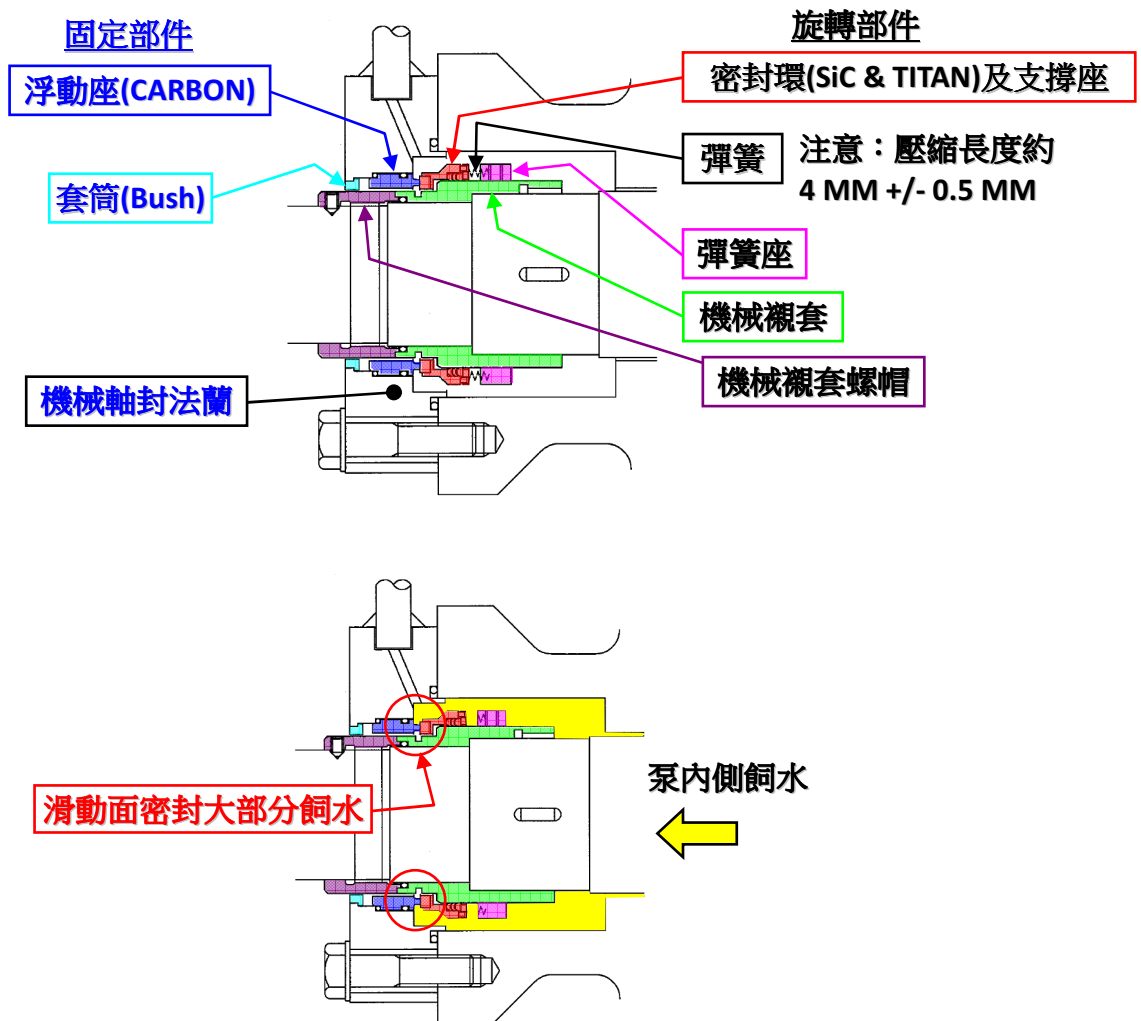
針對汽機驅動鍋爐飼水增壓泵(TBFP-BP)軸承需藉由驅動汽機之潤滑油系統之壓力溫度控制供給潤滑油。

由於汽機慢速運轉，汽機驅動鍋爐飼水增壓泵(TBFP-BP)需要強制潤滑。

軸封
 增壓泵軸封採用機械軸封方式



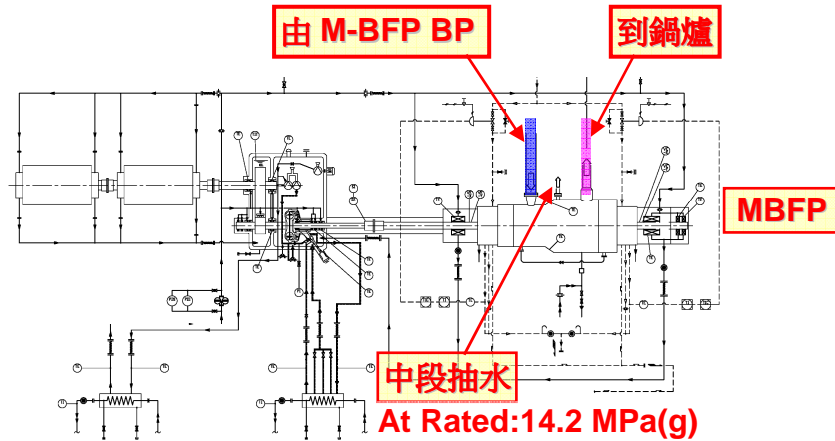
機械軸封構造



(四)、管儀圖

1、MBFP 管儀流程

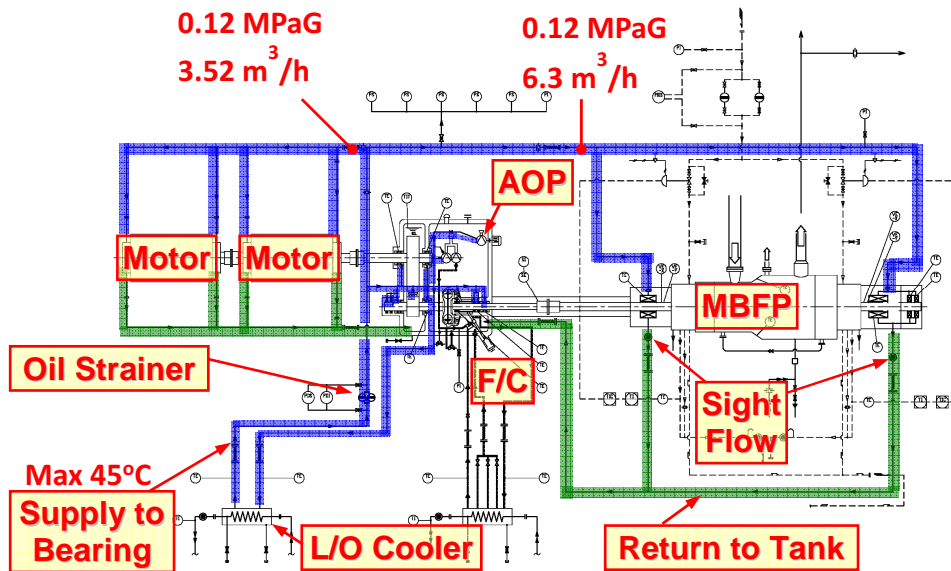
(1)、MBFP 飼水流程



鍋爐飼水由馬達驅動鍋爐飼水增壓泵(MBFP-BP)進入馬達驅動鍋爐飼水泵(MBFP)。MBFP 將飼水壓力由 1.71MPaG 增壓至 35.696MPaG 並將飼水送至鍋爐。

馬達驅動鍋爐飼水泵(MBFP)具有中段抽水以供汽機再熱蒸汽噴水。

(2)、MBFP 潤滑油

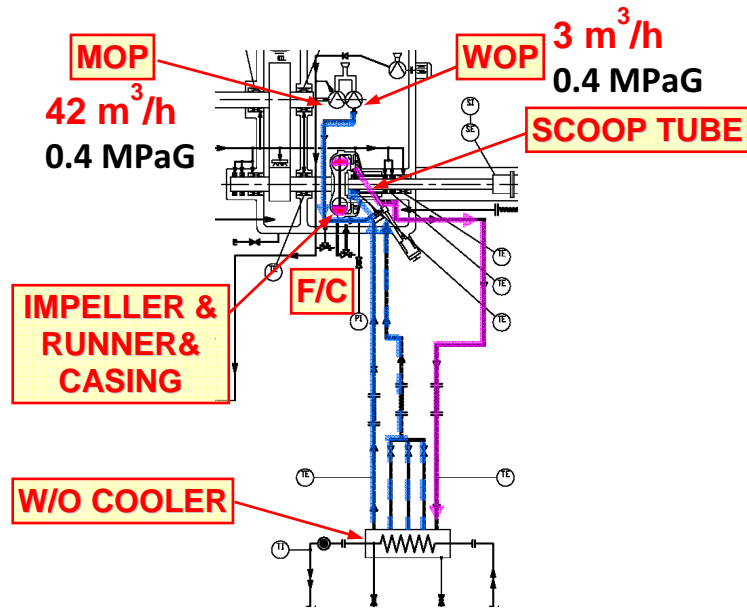


來自主油泵(MOP)之潤滑油經由油冷卻器(L/O Cooler)及濾網(Oil Strainer)供給馬達驅動鍋爐飼水泵(MBFP)、流體聯軸器(F/C)、馬達等之軸承以及齒輪面，輔助油泵(AOP)在起動、停俾及緊急狀態時供給潤滑油。

供給馬達之潤滑油流量及壓力分別為 3.52m³/h 及 0.12MPaG。供給馬達驅動

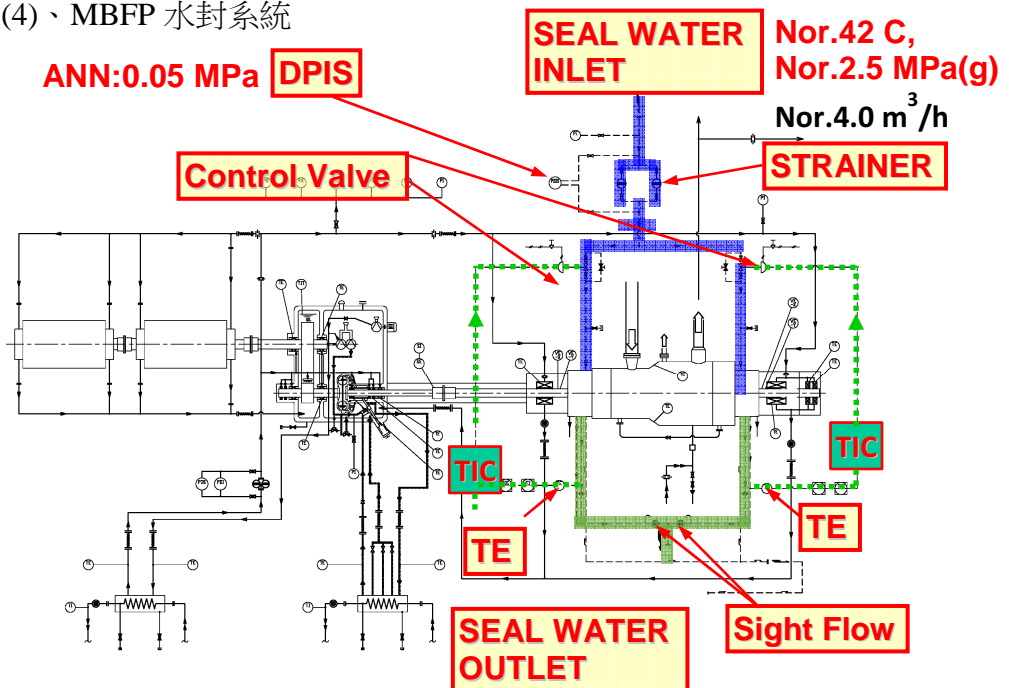
鍋爐飼水泵(MBFP)之潤滑油流量及壓力分別為 6.3m³/h 及 0.12 MPaG。

(3)、MBFP 工作油(Working Oil)



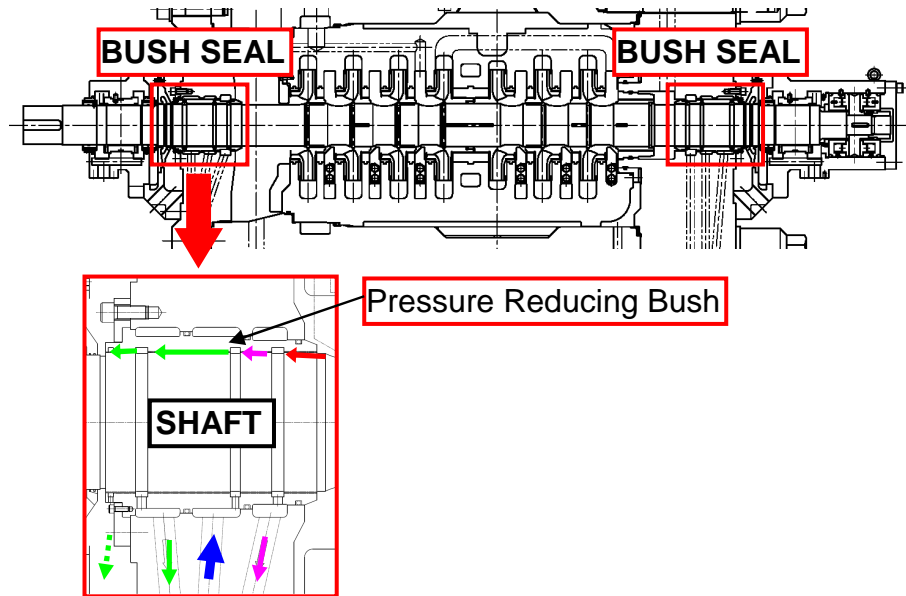
流體聯軸器之工作油路為封閉迴路系統。工作油藉由工作油泵(WOP)從油槽經由軸承室(bearing housing)內的通道供油至聯軸器，由於聯軸器內流體速度水頭作用，工作油被勺管收集並經油冷卻器及流量控制器循環進入聯軸器。軸承座內之勺管可由外側移動。聯軸器內油室作用油量依勺管位置決定。因此可輕易獲得無段變速。循環油藉由與勺管連結之流量控制器自動控制油量。因此可獲得高效率而穩定之操作。

(4)、MBFP 水封系統

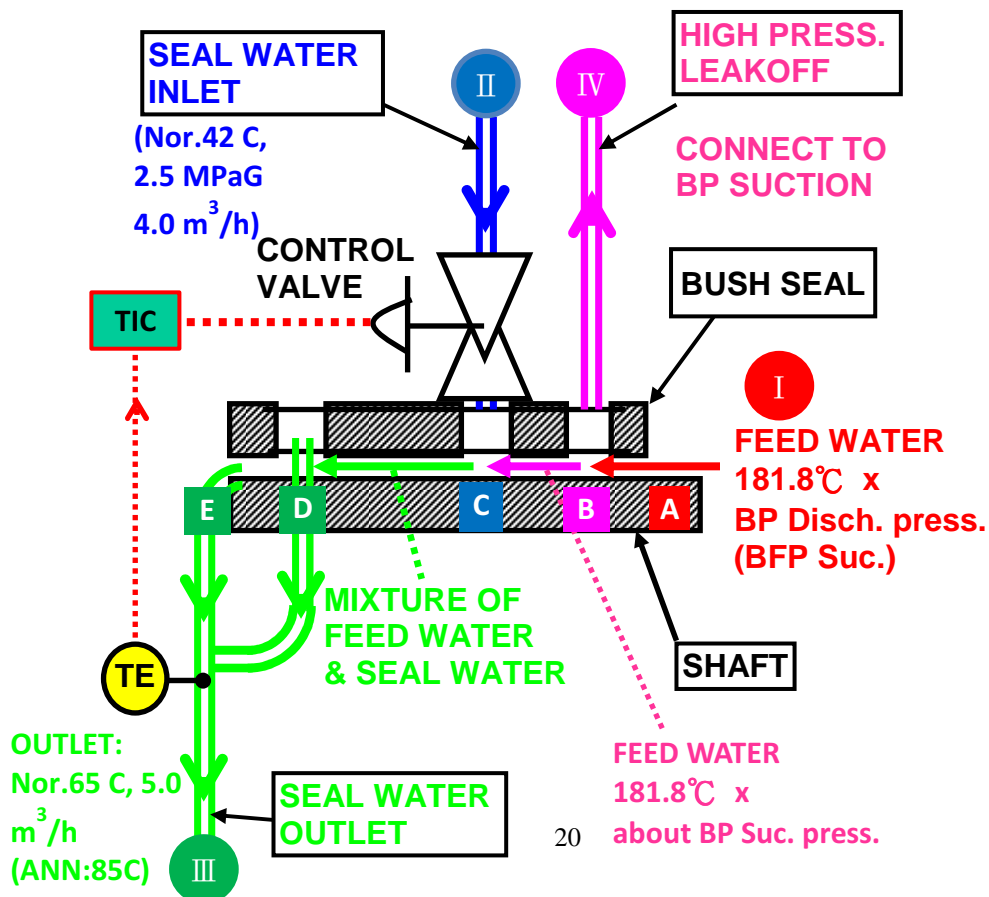


由於 MBFP 主軸軸封採用密封套筒，因此必須使用密封水(Seal water)，密封水經由濾網(strainer)及控制閥進入密封套筒(bush seal)

(5)、MBFP 密封套筒機構



泵兩端安裝密封套筒，在密封套筒內，主軸旋轉於減壓套筒之固定件中，而飼水流經主軸與減壓套筒之間，此為本密封套筒之優點，密封套筒轉動部件與固件部件之間並無接觸點，因此可長期使用。
 重點是密封套筒如何控制轉動部件與固定部件之間的流量。因此密封套筒機構完全取決於流量控制流程。



- I. 鍋爐飼水泵內部洩漏飼水。
- II. 灑水(Injection water)通常為冷凝水。灑水所需溫度需接近 45°C。
- III. 密封套筒(bush seal)之洩水為飼水(feed water)及灑水(injection water)混合水。洩水應該回至灑水源頭位置如冷凝水系統。密封套筒系統與控制閥及溫度控制器控制灑水流量以控制洩水溫度在大約 65°C。
- VI. 超臨界火力電廠高壓洩水管線。必須有此分歧管線因為飼水洩水壓力相當高。此分歧管線與鍋爐飼水增壓泵相連接。

泵之熱水由 A 處洩漏至 B 處，並在 C 處與冷凝灑水混合。混合水流經 D 處，然後在 D 處離開泵。

在 B 處冷凝灑水之流量由溫度控制閥及控制器控制。

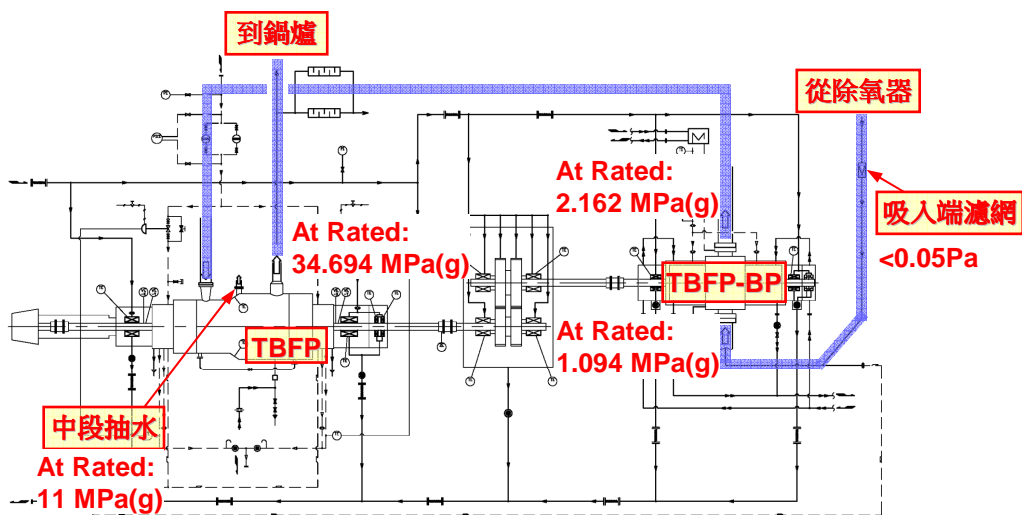
控制器之溫度偵測元件安置於洩放管線支架上以保持洩水溫度在 65°C 左右。

密封套筒與其他型式相較下有以下特徵：

- 既使泵在待命狀態下，亦無密封水流入泵內部。因此密封水對於泵之溫度不影響，而且溶解之氧不會滲透入飼水內。
- 由於泵主軸及減壓套筒之螺旋狀軸封作用，與飼水及冷凝水混合之密封套筒洩水量甚少。
- 因為沒有接觸，運轉速度無限制，也無磨耗部件。
- 只要有可用之密封水，密封套筒可在任何壓力溫度下提供軸封功能。
- 長時間的使用壽命及不需複雜的維護。

2、TBFT 與 TBFP-BP 管儀流程

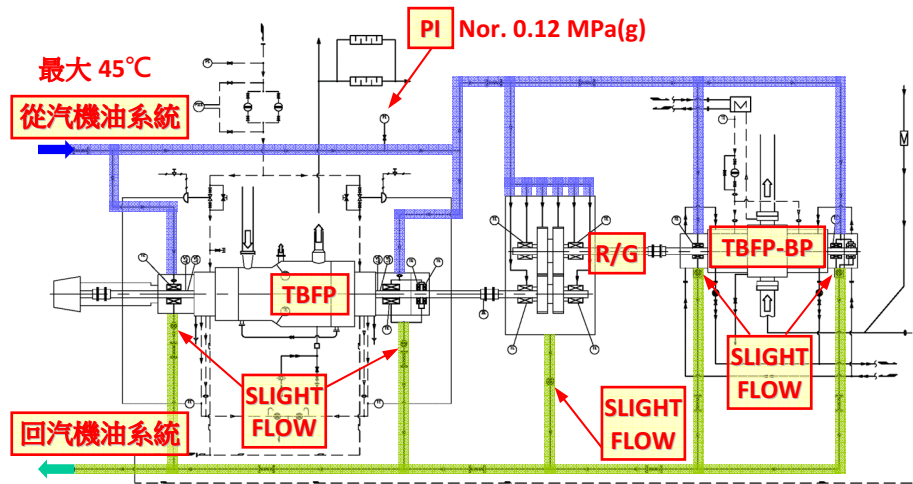
(1)、TBFT 與 TBFP-BP 飼水流程



鍋爐飼水由除氧器經由吸入端濾網進入汽機驅動鍋爐飼水增壓泵(TBFP-BP)。汽機驅動鍋爐飼水增壓泵將飼水壓力由 1.094MPaG 增至 2.162MPaG 送入汽機驅動鍋爐飼水泵(TBFP)。汽機驅動鍋爐水泵再將飼水壓力由 2.162MPaG 增至 34.694MPaG 並將飼水送入鍋爐。汽機驅動鍋爐飼水泵中段抽水則供作主汽機再

熱蒸汽灑水用。

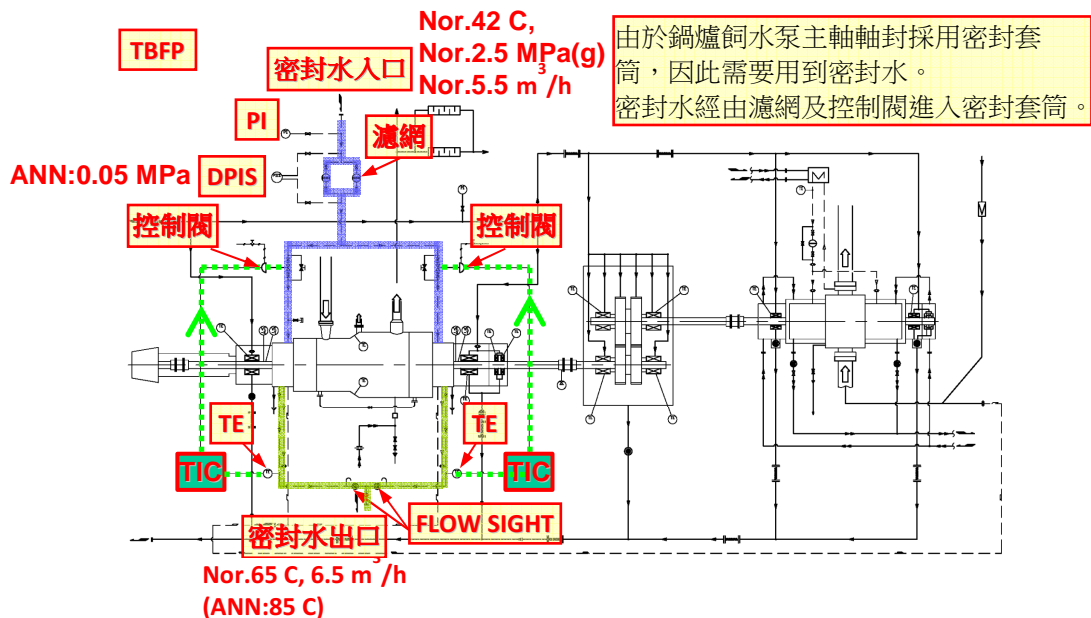
(2)、TBFP 與 TBFP-BP 潤滑油



潤滑油來自驅動汽機油系統，其最大溫度 45°C 正常壓力為 0.12 MPaG。來自驅動汽機之潤滑油分別供油至汽機驅動鍋爐飼水泵(TBFP)、減速齒輪(R/G)及汽機驅動鍋爐飼水增壓泵(TBFP-BP)

潤滑油潤滑每一個軸承及齒輪並回到汽機油系統。每個回油管都有目視指示器(Sight Flow)可供檢查每一條管線流量狀況。

(3)、TBFP 密封水(Seal Water)



(五)、性能測試

1、引用法規標準(FOR SHOP RUNNING TEST)

(1)、[測試方法]：

A. JIS B 8301 : Rotor dynamic pumps – Hydraulic performance acceptance tests – Grade1 and B

Note) Test procedure and test facilities comply with Grade 2.


B. JIS B 8302 : Measurement Methods of Pump Discharge

(2)、[接受標準]：

A. ANSI/HI 1.6-2000 – Centrifugal Pump Tests – Level A

這些法規與標準適用於工廠測試、量測、計算、修正參數(比重、速度等)判斷作業。

2、MBFP 及 TBFP 測試條件

	Continuous running test	Performance test	NPSH test
Pump liquid	Industrial water	Industrial water	Industrial water
Liquid temp.	Approx. 181.8°C (Rated temp.)	Approx. 181.8°C (Rated temp.)	Approx. 110°C (※)
Running speed	Approx. 3,570rpm	Approx. 3,570rpm	Approx. 3,570rpm
Driver	Test Motor	Test Motor	Test Motor
Arrangement	 <p>在工廠測試時，鍋爐飼水泵(BFPB 及 BFPT)直接由測試馬達驅動以 3,570rpm 帶動。</p>		

※ 只要測試設備規範或容量允許，NPSH 測試必須儘可能在最低溫度下進行以保持穩定的飽和蒸汽壓力。

3、馬達驅動鍋爐飼水增壓泵(MBP)、汽機驅動鍋爐飼水增壓泵(TBP)及冷凝水增壓泵(CBP)測試條件

	Continuous running test	Performance test	NPSH test
--	-------------------------	------------------	-----------

Pump liquid	Industrial water	Industrial water	Industrial water
Liquid temp.	Approx. 70°C	Approx. 70°C	Approx. 42°C FOR CBP, Approx. 70 °C FOR M&TBP
Running speed	Approx. 1,780rpm	Approx. 1,780rpm	Approx. 1,780rpm
Driver	Job Motor (CBP and MBP), Test Motor (TBP)	Job Motor (CBP and MBP), Test Motor (TBP)	Job Motor (CBP and MBP), Test Motor (TBP)
Arrangement	 <p>工廠測試時，增壓泵(BP)直接由測試馬達(Test Motor)或工作馬達(Job Motor)以 1,780rpm 驅動</p>		

4、連續運轉測試

理論上，泵必須以額定容量在測試速度下，連續運轉一小時或達到軸承飽和溫度(<1°C/15 分鐘)。

	Test Rated Capacity (t/h)	Test Speed (rpm)
MBFP	540	3,570
TBFP	956	3,570
MBP	840	1,780
TBP	1,491	1,780
CBP	1,000	1,770

5、性能測試(Performance Test)

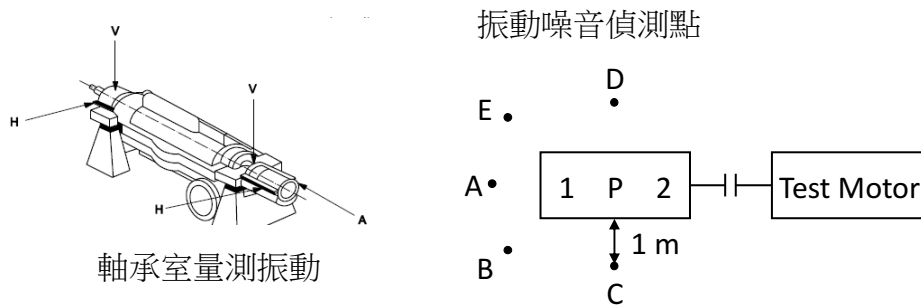
泵之性能測試必須分別以最小流量；60%、80%、90%、100%、110%及120%額定容量在測試速度下進行。

下列數據必須量測或計算並在比例圖表上繪出：

- (1)、入口壓力、出口壓力、總壓力
- (2)、表壓力高度水頭及管路速度水頭
- (3)、泵送水容量及溫度
- (4)、泵轉速
- (5)、馬達電源輸入及輸出端電壓、電流
- (6)、泵效率
- (7)、振動

依規範 ANSI/HI 9.6.3-2000 在 100%額定流量及最小流量下量測泵之

每一個軸承室三軸振動速度，振動增益亦須量測供參考。(在最小流量下量測值並非保證值，僅供參考)



聲壓量測必須在流量達額定容量 100%時取數個距泵 1m 處為測點，環境噪音聲壓值亦須記錄下來供參考。

(8)、NPSH 測試

淨正吸入水頭(NPSH) 測試在流量達額定容量 80%, 100%及 120%時於測試泵之速度及熱水下進行。(※)。在泵吸入端總水頭壓力降需在正常水頭 3%以內，以符合所需淨正吸入水頭(NPSH req)。

※只要測試設備規範或容量允許，NPSH 測試必須儘可能在最低溫度下進行以保持穩定的飽和蒸汽壓力。

(9)、性能測試結果判別

泵之性能測試在設計上需滿足規範 ANSI/HI 1.6-2000- Level A.

Item	Design point				ANSI/HI 1.6-2000-Level A Tolerance for design point	
	MBFP	TBFP	MBP	TBP	Alt-I	Alt-II
Capacity (t/h)	840	1550	840	1550	---	0 to +10%
Pump head (MPa)	34.384	32.532	0.616	1.068	0 to +3%	---
Pump efficiency (%)	80.0	84.0	81.5	84.0	0% or higher	0% or higher
Pump shaft horse power (kW)	11200	18842	199	618	reference	
Pump speed (rpm)	5550	5790	1780	1850	Translated to design speed.	
Liquid density(kg/m ³)	885	885	885	885	Translated to design density.	

(10)、連續運轉測試結果判別

進行連續運轉測試時,泵之輔助管路、軸承室、泵殼必須沒有洩漏,而且因過熱來自軸封之潤滑油洩漏量必須在容許範圍內。

在連續運轉測試後,最後量測之軸承溫度必須符合下列規範:

For MBFP & TBF

徑向軸承溫度 $< 85^{\circ}\text{C}$ 而且(徑向軸承溫度-潤滑油溫度) $< 0^{\circ}\text{C}$

推力軸承溫度 $< 90^{\circ}\text{C}$ 而且(推力軸承溫度-潤滑油溫度) $< 5^{\circ}\text{C}$

For MBP & CBP

徑向軸承溫度 $< 85^{\circ}\text{C}$

For TBP

徑向軸承溫度 $< 85^{\circ}\text{C}$ 而且(徑向軸承溫度-潤滑油溫度) $< 40^{\circ}\text{C}$

當吸入端設定條件為額定容量下設計之所需淨正吸入水頭(NPSH req)時,泵總壓力降應在正常壓力水頭 3%以內。

(六)、操作程序

1、運轉前準備與檢查

如果是在維護保養後第一次啟動設備,至少要完成下列兩項作業才可啟動。

(1)、對心檢查(ALIGNMENT CHECK)

對心程序及尺寸詳述於運轉&維護手冊,以下作業須在啟動前執行

- A. 檢查每個閥之開-關狀況,並檢查冷卻水及密封水流。
- B. 檢查油量
- C. 檢查潤滑油
- D. 執行暖機作業(WARMING)

(2)、管路油洗(OIL FLUSHING)

油洗程序詳述於運轉&維護手冊

- A. 在每個軸承室前安裝臨時濾網(#100 OR #200 MESH)
- B. 油洗作業必須持續進行直到符合下列條件:
- C. *在濾網收集之外界物質已達飽和數量
- D. *每 24 小時所收集之上述外界物質重量小於 0.5 公克
- E. *沒有發現尺寸大於 0.25mm 之硬質物體

2、啟動程序

在操作前須完成以下作業

- * 設定聯軸器安全蓋板
- * 閉鎖迴路檢查(INTERLOCK CIRCUIT CHECK)

(1)、啟動(START-UP)

在起動後,檢查旋轉方向、洩漏

(2)、檢查每個濾網之壓差

大多數的泵在維護保養後的第一次啟動會失敗肇因於外界物質堵塞於濾網內。所以在起動後要經常檢查壓差,

(MBP 吸入端濾網與密封濾網過高(HIGH)的警告值為 $> 0.05 \text{ MPA}$)

吸入端濾網壓差超高(HIGH HIGH)的警告值為> 0.1 MPA)

(3)、排出端及吸入端壓力

檢查增壓泵吸入端壓力(NPSH-available)

在運轉速度下，經由可預期的性能曲線檢查總壓力水頭。

(4)、檢查溫度、振動、噪音

溫度警示及跳機：

襯套軸承(Sleeve Bearings(M&T BFP)：ALARM 85°C/TRIP 90°C

推力軸承(Thrust Bearings(M&T BFP)：ALARM 90°C/ TRIP 95°C

襯套及推力軸承(流體聯軸器 F/C)：ALARM 85°C/TRIP 90°C

冷卻器上游工作油：ALARM 110°C/ TRIP 130°C

冷卻器下游工作油：ALARM 60°C/ TRIP 70°C

冷卻器上油潤滑油：ALARM 75°C/ TRIP 80°C

冷卻器下游潤滑油：ALARM 55°C/ TRIP 65°C

主軸振動警示：

MBFP，TBFP 主軸振動過高 HIGH：84，100 μm P-P

流體聯軸器 F/C BFP 側主軸振動過高：80 μmP-P

流體聯軸器 F/C 馬達側主軸振動過高：100 μmP-P

MBFP，TBFP 主軸振動超高(HIGH HIGH)：140，165 μmP-P

流體聯軸器 F/C BFP 側主軸振動超高(HIGH HIGH)：100 μmP-P

流體聯軸器 F/C 馬達側主軸振動超高(HIGH HIGH)：120 μmP-P

(5)、檢查每個軸封(Gland)

增壓泵之機械軸封

檢查洩漏

若現場水洗用水溫度大於 80°C，清洗磁性濾網(MAGNET STRAINER)

3、正常操作程序

執行每日檢查，並保存運轉記錄。若否，視情況需要。

- (1)、檢查並記錄監視儀器上之數據包括每一溫度值、振動值、速度、容量、飼水壓力與溫度。
- (2)、檢查並記錄現場儀表如油壓、沖洗(Flushing)溫度等等。
- (3)、量測軸承室振動值，容許振動值詳列於運轉&維護手冊。

(七)、維護保養程序

1、建議維護保養檢查程序

- (1)、日保養(DAILY)須依正常操作模式執行，確認保存運轉紀錄。
- (2)、年保養(ANNUAL)建議拆解軸承室，若無不正常訊號，年保養檢查可省略。
- (3)、沒有規律的開蓋大修檢查，無法發現錯誤訊息，設備可能損壞。拆解與回裝建議向製造廠家請求協助。

TYPE	INTERVALS		PROCEDURE
	BFP	BFP-BP	
1	DAILY	EVERY 2 DAYS	CHECK THE OPERATING CONDITION.

2	ANNUAL	EVERY 1 TO 2 YEARS	CHECK BEARINGS. CHECK LUBRICANT OIL, ALIGNMENT, AND IF NECESSARY SEAL PARTS.
3	PERIODICAL	EVERY 2 TO 4 YEARS	OVERHAUL INSPECTION.

四、鍋爐飼水泵在超臨界鍋爐燃煤機組應用實例參觀。(日本橘灣火力發電廠)。

(一)、林口計畫與日本橘灣(TACHIBANA-WAN)火力發電廠超臨界機組鍋爐飼水泵比較

Pump Name	Project	MHI Model	Capacity (t/h)	Total Head (MPa)	Motor Power (kW)	Speed (rpm)
MBFP	林口計畫	MDG357	840	33.984	6,800 x 2	5,500
	橘灣電廠	MDG355	800	25.9	4,500 x 2	5,760
MBFP-BP	林口計畫	MLC 300 x 250 M	840	0.616	220	1,780
	橘灣電廠	MLHC 350 x 300 M	800	0.9	-	1,800
TBFP	林口計畫	MDG435	1,550	32.532	20,300	5,790
	橘灣電廠	MDG455	1,600	32.2	19,300	5,400
TBFP-BP	林口計畫	MLC 450 x 350 M	1,550	1.068	-	1,850
	橘灣電廠	MLC 450 x 350 M	1,600	0.9	570	1,800
CBP	林口計畫	MLC 400 x 300 H	1,000	2.64	970	1,770
	橘灣電廠	MLC 300 x 250 M	1,130	2.1	860	3,600

(二)、林口計畫與日本橘灣火力發電廠鍋爐飼水泵採用流體聯軸器比較

Plant name	Taiwan power company Lin Kou Power Plant	Electric Power Development Co., Ltd. Tachibanawan No.2 Power Plant
Model	GCH105A-55D	GCH105A
Driver Rated Output	13600 kW	8900 kW
BFP Shaft Power	11200 kW	7650 kW
Input / Output Speed	1781 / 5550 - 1388 rpm	1780 / 5600 - 1400 rpm
Direction of Rotation (View from driver)	Input = C.W Output = C.C.W	⇒
Length	2265 mm	1970 mm
Operating Center distance (Gear - Pinion)	550 mm	520 mm
Shaft Diameter	Input Shaft = Φ200 Output Shaft = Φ120	Input Shaft = Φ180 Output Shaft = Φ110
Material of Main Parts		
● Impeller	JIS SCM440H *1	JIS SCM440
● Runner	JIS SCM440H *1	JIS SCM440
● Impeller casing	JIS SCM440H *1	JIS SCM440
● Input Shaft	JIS SCM440H *1	JIS SCM440
● Runner Shaft	JIS SCM440H *1	JIS SCM440
● Casing	JIS FC300	⇒
● Pinion	JIS SCM420H *1	JIS SCM420
● Gear	JIS SCM420H *1	JIS SCM420
Gear	Double Helical	Single Helical
Radial Bearing	Sleeve	⇒
Trust Bearing	Tilting Pad	Tapered-land, Tilting Pad

五、心得及建議

林口電廠更新擴建計畫每部機採用一部 MBFP(含增壓泵 MBFP-BP)在機組起動階段至 35%MCR 額定輸出期間，將來自除氧器冷凝水儲槽飼水加壓泵送至高壓飼水加熱器。機組輸出達 35%~100%MCR 則切換由兩部汽機驅動鍋爐飼水泵 TBFP (含增壓泵 TBFP-BP)繼續泵送鍋爐飼水。受限於空間無法採用更多段葉片方式達到所需壓力水頭，故設計成高轉速 5,500rpm (MBFP)、5,790rpm(TBFP)來獲取所需壓力水頭。

BFP 葉片以 Shrink fit 方式先對孔徑小於主軸外徑之葉片加熱擴大孔徑後與主軸連結。而 BFP 本身具有內缸及外缸結構，內缸上下半間直接金屬接合，沒有墊片，外缸排出端外蓋鎖緊螺栓須用加熱器加熱方式鎖緊。拆解時只需拆除外缸排出端外蓋，內缸連主軸即可自排出端拉出，再拆解內缸上半，即可將主軸連葉片一併吊出，不需逐級拆解葉片。各級葉片排列採對稱排列方式抵消大部分之軸向推力，所餘小部分軸向力則由平衡襯套(Balance Sleeve)及推力軸承消除。BFP 主軸兩端各配置一組分開上下半之襯套軸承(Sleeve Bearing)藉以承受徑向負荷。BFP 採用套筒式軸封(Bush Seal)，設計上使用來自冷凝水增壓泵(CBP)出口之冷凝水做為密封用水(Seal Water)。林口計畫所使用之三種增壓泵(MBFP-BP、TBFP-BT、CBP)因為壓力較低，其軸封採用機械軸封設計，製造廠為日本三田地區之 Pillar 工廠。

TBFP 由汽機產生 5,790rpm 高轉速透過減速齒輪減至 1,850rpm 帶動低壓之 TBFP-BP。MBFP 則由驅動馬達 1,781rpm 低轉速透過流體聯軸器(F/C)內部之增速齒輪增速至 5,500rpm 後經由 F/C 提供由 5,500~1,388rpm 可變轉速輸出，以使 MBFP 可因應機組起動階段低負載及當作 TBFP 故障 1 台時備用所需之高負載。F/C 之製造廠為位於日本東京地區之 EBARA 公司。

最後三菱公司特別安排到位於四國地區之橘灣火力發電廠參觀，該廠與林口計畫同為燃煤超臨界鍋爐火力發電機組，惟其採用複軸排列(CC-4F)與林口計畫機組串列複合排列(TC-4F)稍有不同。2 號機由三菱公司得標建造，於 2001 年商轉，機組輸出為 1,050MW，蒸汽條件為 25Mpa,600°C，高中壓軸轉速為 3,600rpm，低壓軸轉速為 1,800rpm，各有一部發電機配置。而其鍋爐飼水泵所使用之流體聯軸器(GCH105A)與林口計畫所使用者(GCH105A-55D)幾乎一樣，且正常運轉至今未有問題，相信將來林口機組所使用之鍋爐飼水泵設備亦然。