

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

台中九、十號機汽輪機設計安裝 運轉維護訓練

服務機關：台灣電力公司
出國人職稱：汽機股長
姓名：蕭木村(683654)
出國地區：日本
出國日期：91.07.01~91.07.30
報告日期：91.09.02

G3/
C09103244

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：台中九、十號機汽輪機設計安裝運轉維護訓練

頁數_____ 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話：台灣電力公司核能火力發電工程處/

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話：蕭木村/汽機課/汽機股長/23229561

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：91.07.01~91.07.30 出國地區：日本

報告日期：91.09.02

分類號/目

關鍵詞：

內容摘要：(二百至三百字)

本次研習之主要任務為「台中九、十號機汽輪機設計安裝運轉維護訓練」，報告內容主要包括：

壹、 國外公務之內容與過程

- 一、 緣起
- 二、 行程及課程安排

貳、 國外公務心得

- 一、 汽輪機概述
- 二、 汽輪機重要設計數據
- 三、 汽輪機主要組件的設計及構造特色
 - (一) 汽輪機轉子
 - (二) 汽輪機葉片
 - (三) 汽輪機機殼
 - (四) 汽輪機噴嘴
 - (五) 跨管

- (六) 軸頸軸承
- (七) 推拔陸塊型止推軸承
- (八) 慢車迴轉機
- (九) 蒸汽閥
- (十) 前控基座

四、 汽輪機的輔助系統

- (一) EHC 液壓油系統
- (二) 潤滑油系統
- (三) 格蘭汽封系統

參、 出國期間所遭遇之困難與特殊事項

肆、 對本公司之具體建議

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

目 錄

壹、國外公務之內容與過程.....	3
一、緣起	3
二、行程及課程安排	3
貳、國外公務心得.....	6
一、汽輪機概述.....	6
二、汽輪機重要設計數據.....	8
三、汽輪機主要組件的設計及構造特色	9
(一) 汽輪機轉子	9
(二) 汽輪機葉片	14
(三) 汽輪機機殼.....	16
1. 高壓及中壓 (HIP) 汽缸.....	16
(1) 反向蒸汽流動	17
(2) 雙殼式的結構	17
(3) 真正的中心線支撐	19
2. 低壓 (LP) 汽缸.....	20
(四) 汽輪機噴嘴.....	22
1. 噴嘴箱 (nozzle box)	22
2. 噴嘴與靜葉環 (diaphragms)	23
(五) 跨管	25

(六) 軸頸軸承	26
(七) 推拔陸塊型止推軸承	28
(八) 慢車迴轉機 (turning gear)	30
(九) 蒸汽閥	31
1. 主關斷閥	31
2. 控制閥	33
3. 複合式再熱閥	33
4. 通汽閥	35
(十) 前控基座	35
四、汽輪機的輔助系統	36
(一) EHC 液壓油系統	36
(二) 潤滑油系統	37
(三) 格蘭汽封系統	38
參、出國期間所遭遇之困難與特殊事項	40
肆、對本公司之具體建議	41

壹、國外公務之內容與過程

一、緣起

汽輪發電機組包括高中低壓段汽輪機、發電機、勵磁機、汽封系統、潤滑油系統、及控制系統等，為電廠之核心設備。設備製造廠家為求能提供高效率兼具高可靠性之機組，均不斷研究發展，在技術上尋求先進之突破，用以改善機組之性能。由於汽輪發電機組性能之優劣及其可靠性之高低對電廠營運成本之影響甚鉅，台中九、十號機汽輪發電機合約中規定設備供應廠家 Toshiba 公司必需提供本公司人員之訓練。為充分掌握該公司之最新發展技術，確有必要派員赴日接受專業訓練，研習設備之設計、製造、安裝、運轉及維修等先進技術，吸收實際經驗，期能加強規畫設計、開立規範與審查標書之能力，並協助解決裝機和試運轉所可能衍生之問題，以掌控工程進度及確保工程品質。

二、行程及課程安排

◎ 91 年 7 月 01 日至 91 年 7 月 01 日：往程(台北→東京→橫濱)

◎ 91 年 7 月 02 日至 91 年 7 月 29 日：橫濱

在日本橫濱市鶴見區 Toshiba Corporation 研習台中九、十號機汽輪機設計安裝運轉維護訓練課程。

◎ 91 年 7 月 30 日至 91 年 7 月 30 日：返程(橫濱→東京→台北)

詳細行程及課程之安排如次頁之行程表所示，其中：

1. Keihin 為 Toshiba 公司位於橫濱市鶴見區末広町の京浜事業所 Keihin Product Operations。由鶴見車站搭鶴見線火車在新芝浦 Shin-Shibaura 站下車即達，車程 9 分鐘。
2. Fuchu 為 Toshiba 公司位於東京都府中市的 Fuchu Works。由鶴見車站搭京浜東北線火車在川崎 Kawasaki 站轉搭南武線火車，抵達府中本町 Fuchu-Honmachi 站後再轉武藏野線火車在北府中 Kita-Fuchu 站下車即達，車程 55 分鐘。
3. Tsurumi 為 Toshiba 公司位於橫濱市鶴見區鶴見中央的鶴見東芝大樓火力事業部。由鶴見車站步行 7 分鐘即達。
4. 7 月 19 日及 7 月 26 日為假日，故未安排課程。



貳、國外公務心得

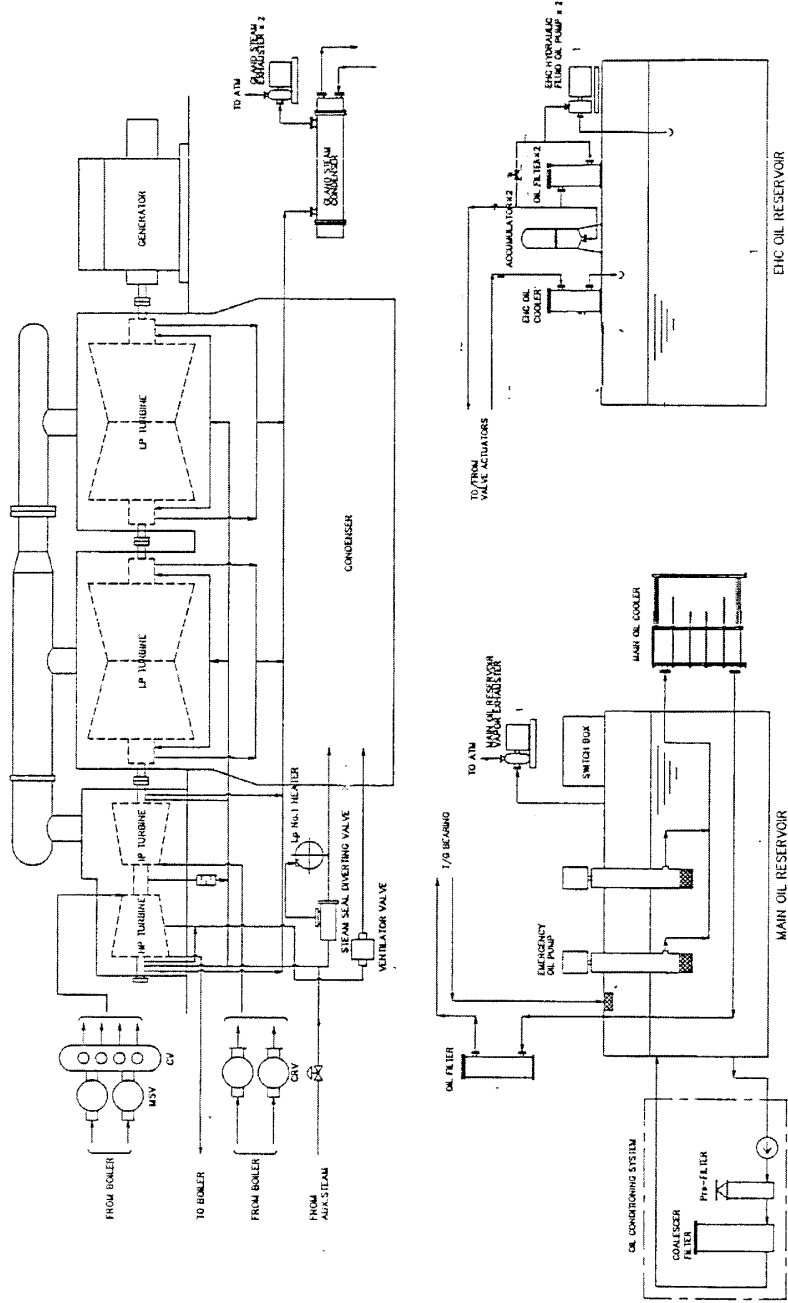
台中火力發電廠第九、十號機為專燒煤之 550 MW 機組，鍋爐由英國的 Mitsui Babcock Energy Ltd. 提供，汽輪發電機則由日本的 Toshiba Corporation 所承製。本次研習之主要任務內容為「台中九、十號機汽輪機設計安裝運轉維護訓練」。

一、汽輪機概述

Toshiba 公司所提供之汽輪機為三缸串聯複合式單級再熱式機組，四流向低壓排汽，包括一個高壓汽輪機，一個中壓汽輪機，和兩個雙流向低壓汽輪機，其主要機械設備及系統大要如次頁之圖示，EHC 液壓油系統、潤滑油系統及格蘭汽封系統為汽輪機之輔助系統。

高壓汽輪機與中壓汽輪機在同一個汽缸之中，稱之為複合式高壓及中壓（HIP）汽輪機，兩者之高壓部分彼此相鄰並以轉軸格蘭隔開，其餘兩缸為低壓汽輪機 LP-A 和 LP-B，HIP 汽缸及 LP 汽缸皆為雙殼式（double-shell）的結構。高壓汽輪機有 6 級葉片，中壓汽輪機亦為 6 級，低壓汽輪機為 4 個 6 級，低壓末級動葉片長度為 850.9 mm（33.5 吋）。第一級噴嘴箱（nozzle box）和噴嘴靜葉環（nozzle diaphragms）安裝於內殼，動葉片則固定於轉軸。轉子分由六個軸頸軸承所支撐，止推軸承置於中間基座（middle standard）。慢車迴轉機（turning gear）裝設在低壓汽輪機發電機端的軸架上。

**Mechanical Summary for Steam Turbine,
auxiliary system and equipment**



鍋爐產生的高壓蒸汽先經過主關斷閥(MSV)和控制閥(CV)後，於HIP汽缸中央區段之處分從上下方流進高壓汽輪機，經由高壓段六級葉片作功後流向高壓汽輪機機頭端，再從下方流回鍋爐再熱器。蒸汽經鍋爐再熱至537.8°C之後，經過複合式再熱閥(CRV)再從HIP汽缸中央區段之處流進中壓汽輪機，蒸汽之流向與高壓汽輪機相反係朝發電機的方向流動經由中壓段六級葉片作功後，再從跨管(crossover pipe)流進兩個低壓汽輪機，並分別朝前後端的方向雙向流經低壓段六級葉片之後，往下排至冷凝器。

關於配管的佈置方面，高壓蒸汽上部進汽管及跨管係以法蘭的方式與汽輪機上半部連接，其餘則以焊接的方式與汽輪機下半部連接。

二、汽輪機重要設計數據

1. Type：三缸串聯複合式單級再熱冷凝衝動式汽輪機
2. 額定出力：550,000 Kw
3. 轉速：3,600 rpm
4. 迴轉方向：逆時針方向（面向汽輪機機頭）
5. 蒸汽條件：
主關斷閥之蒸汽壓力：16.55 Mpa gage
主蒸汽溫度：537.8°C

再熱關斷閥之蒸汽壓力：3,726 Kpa abs

再熱蒸汽溫度：537.8°C

6. 排汽壓力：7.45 kPa abs

7. 葉片級數：

高壓汽輪機 6 級

中壓汽輪機 6 級

低壓汽輪機 6 級 × 4 流

8. 飼水加熱用抽汽數目：8

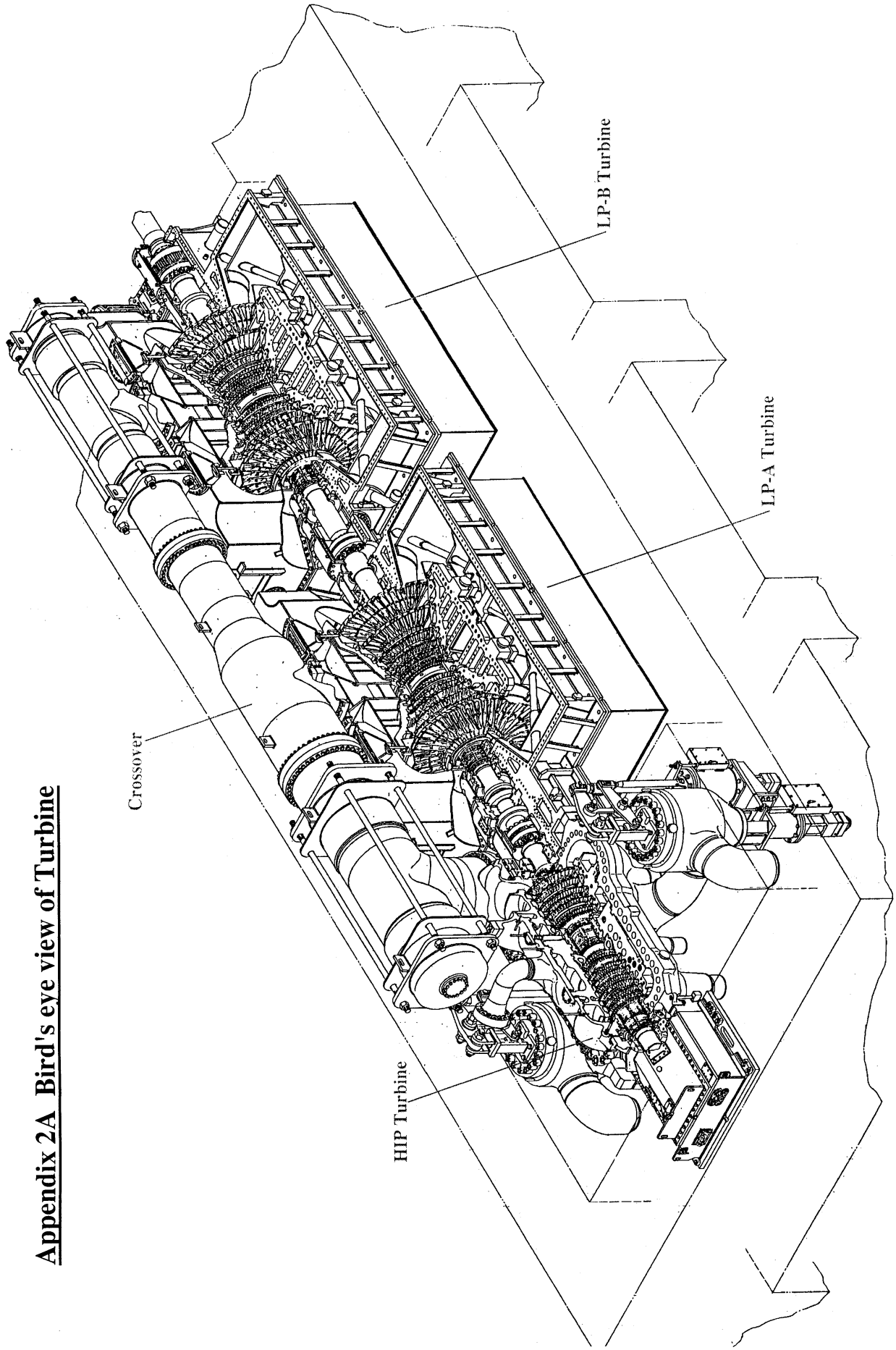
三、汽輪機主要組件的設計及構造特色

汽輪機的主要組件包括：高中壓轉子、低壓轉子、固定在轉子的迴轉葉片、高中壓外缸、高壓內缸、中壓內缸、低壓外缸、低壓內缸、第一級噴嘴箱、噴嘴靜葉環、跨管、支撐轉子的軸頸軸承、止推軸承、慢車迴轉機及蒸汽閥等。噴嘴靜葉環和迴轉葉片為蒸汽通道的主要構件，將熱能轉變為機械能。慢車迴轉機是在低速時用來驅動轉子，以免轉子彎曲變形。請參看次頁三張汽輪機之鳥瞰圖。

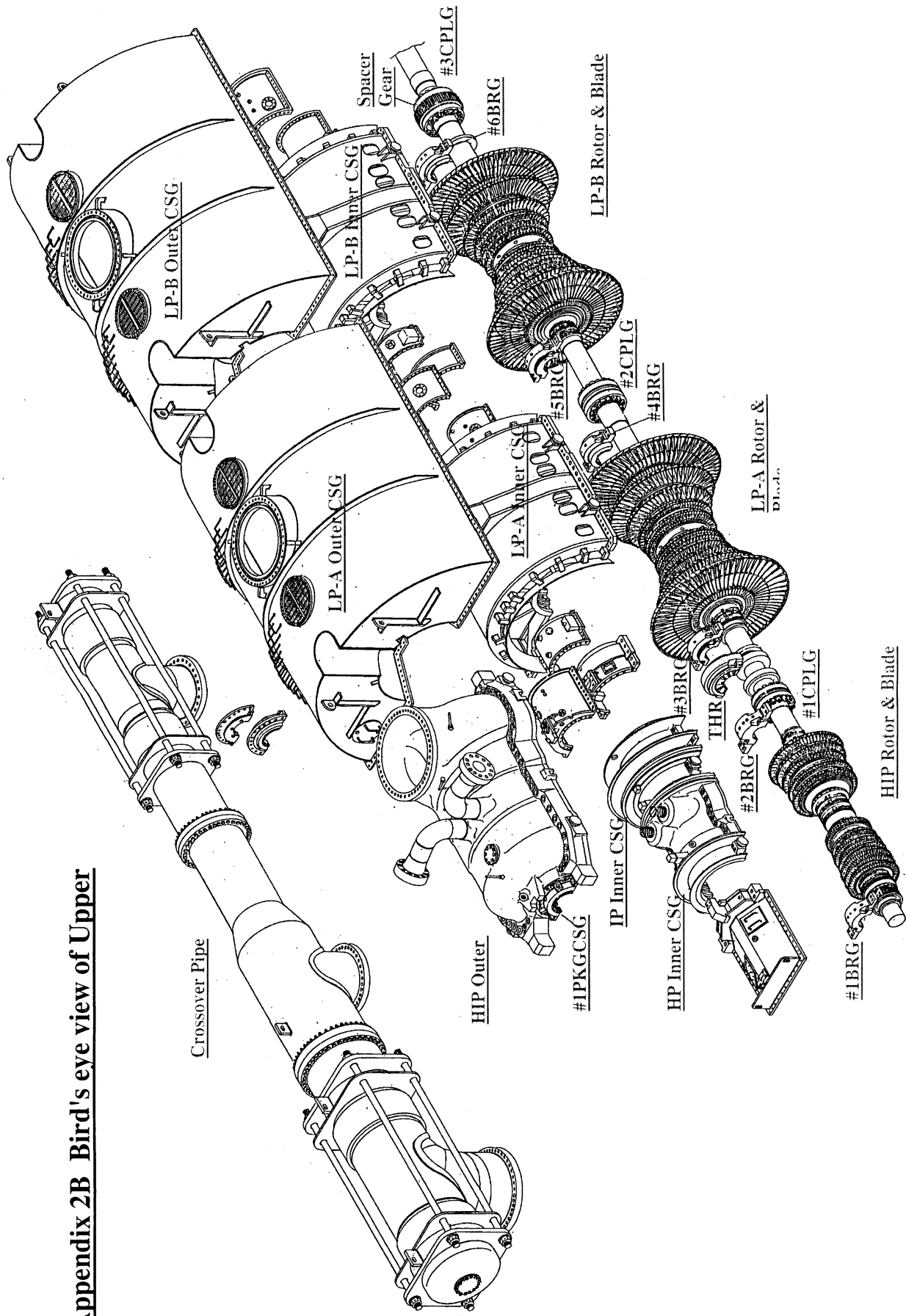
(一) 汽輪機轉子

汽輪機的 HIP 轉子及 LP 轉子係由實心合金鋼鍛件車製而成，包括軸、輪、軸承頸、止推軸環、聯軸器法蘭。車製之前要先做超

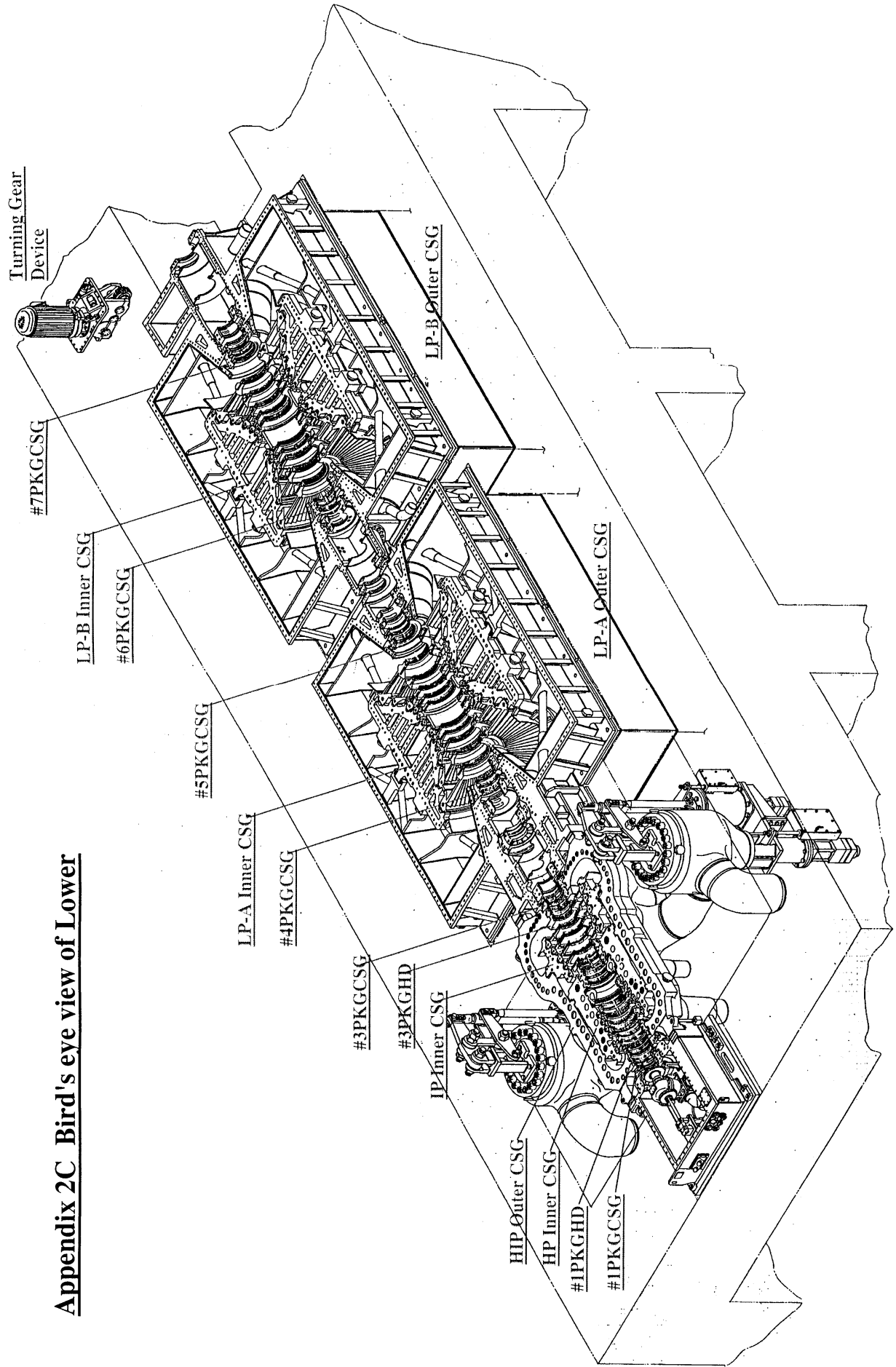
Appendix 2A Bird's eye view of Turbine



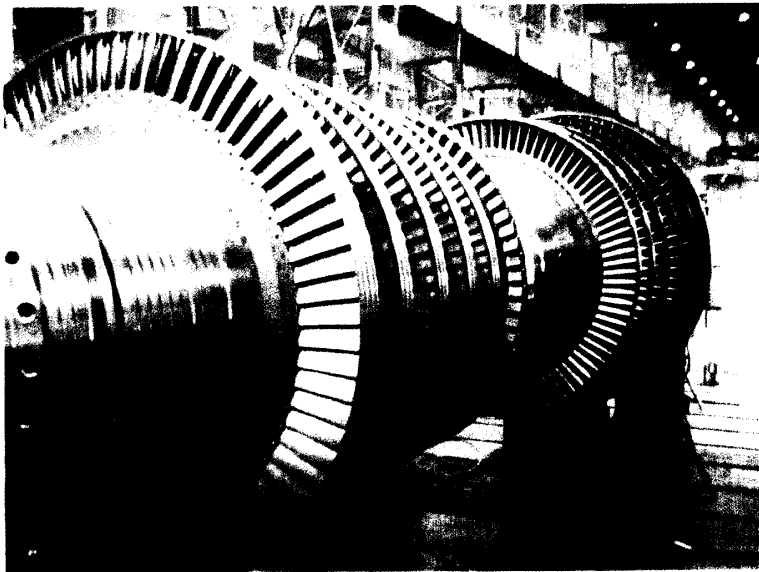
Appendix 2B Bird's eye view of Upper



Appendix 2C Bird's eye view of Lower

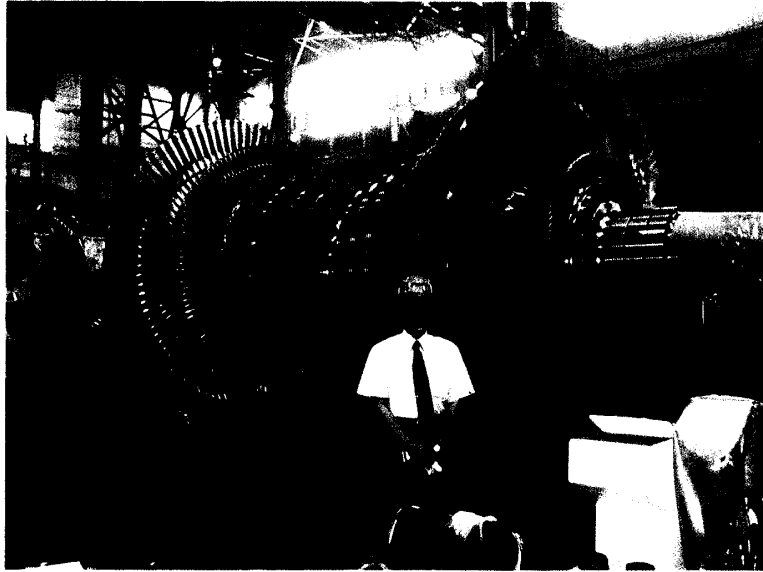


音波檢驗、磁粉檢驗和其他各種檢驗，以確保鍛件確實符合物理上和化學上的需求。HIP 轉子之材質為高溫及疲勞（fatigue）強度甚佳之鉻-鉬-鈮合金鋼，重達 20.6 公噸。LP 轉子之材質為可對抗低溫脆性（brittleness）之鎳-鉻-鉬-鈮合金鋼，LP-A 重達 46.7 公噸，LP-B 重達 49.9 公噸。



每支轉子各由兩只軸頸軸承（journal bearing）所支撐，是為所謂的轉軸獨立雙點軸承支撐。雙點軸承支撐方式可縮短軸承跨距，故而轉子直徑變小，有利於效率及起動和升載的能力，此外，轉子在工廠可做高速精密的平衡，減輕現場裝機平衡作業。轉子與轉子之間以螺栓聯軸器鎖緊接合，前控轉子短軸與 HIP 汽輪機之間的轉子聯軸器為短軸式（stub shaft type），HIP 與 LP-A 汽輪機之間為整體嵌槽式（integral rabbet type），LP-A 與 LP-B 汽輪機之間為間隔環式（spacer type），LP-B 汽輪機與發電機之間則為

間隔齒輪式 (spacer gear type) ，LP-B 轉子聯軸器法蘭加工成齒輪以供慢車迴轉機驅動迴轉用。轉子接合後由位於 No.2 與 No.3 軸承間 LP-A 轉子止推軸環處之止推軸承 (thrust bearing) 做軸向定位，轉子可以此定位點為中心沿軸向熱漲冷縮。



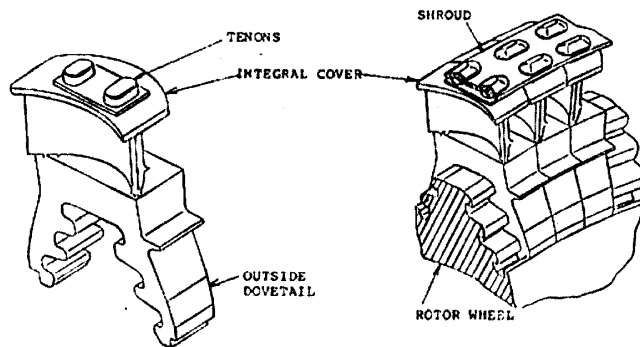
動葉片組裝完成之後，必需先仔細的做動力平衡試驗，對重 (balance weight) 要小心裝配並確實固定之，最後再用高速的平衡試驗機做額定速度的平衡試驗。

(二) 汽輪機葉片

Toshiba 公司在汽輪機葉片的設計上所考量者，包括葉輪的可撓性、扭轉、繫線效應 (tie-wire effects) 和其他許多複雜的因數，利用電腦做精密的計算，來決定適當的葉片的設計。所選用的葉片都是從一批標準的葉片中挑出，它們都有豐富的應用背景。

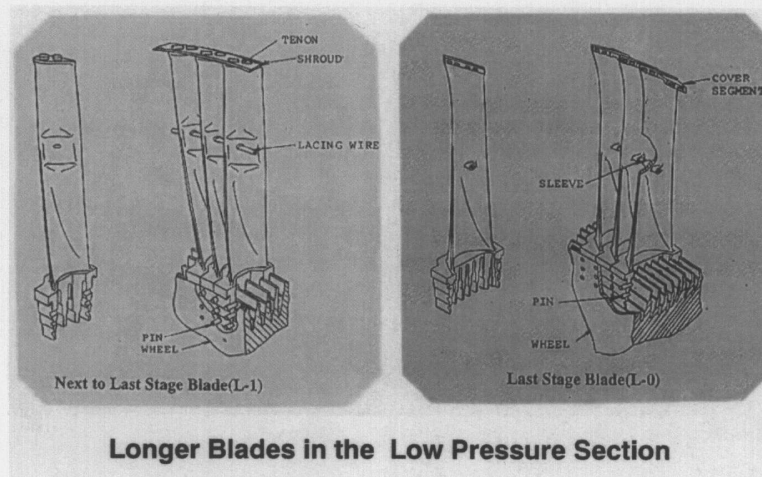
葉片的級數為高壓 6 級，中壓 6 級，低壓 6 級× 4。葉片的材質為 12 鉻-鐵合金鋼，具絕佳的強度和疲勞 (fatigue) 特性，並對蒸汽的侵蝕與沖蝕有高度的對抗性能。葉片係由鍛件切割車製加工成形，與輪緣成緊密的鳩尾 (dovetail) 接合。此一外圍鳩尾的設計可保護輪緣免於蒸汽的侵蝕與沖蝕。經衝孔的覆環帶 (shroud band) 穿過葉片外緣的榫頭 (tenon)，將數片葉片裝配成段，榫頭並經鉚接以固定覆環帶。覆環帶係用來增加葉片的強度，除了可以調整葉片的頻率使其避開運轉時的共振帶減輕其振動之外，並能阻止蒸汽的旁通。

由於負載變化時從噴嘴噴到第一級葉片的蒸汽其衝擊力道的變化很大，第一級寬葉片乃採用整體頂蓋式 (integral cover) 的設計以降低局部高應力，並嵌入覆環帶，如下圖所示。頂蓋係從整體葉片直接車製，覆環帶則嵌入葉片外緣的榫頭再加以輓壓固定。



FIRST STAGE BLADE

末兩級葉片的根部與其他葉片不同，係作成指狀鳩尾嵌入輪緣，再用針銷固定之，其葉片外緣處亦另焊有 Stellite 合金遮板以對抗水汽的沖蝕。為減輕葉片的振動，最末級葉片 (L-0) 中間區段尚焊有套管 (sleeve)，次末級葉片 (L-1) 中間區段則穿有繫線 (lacing wire)，如下圖所示。低壓末級動葉片長度為 850.9 mm (33.5 吋)。



(三) 汽輪機機殼

1. 高壓及中壓 (HIP) 汽缸

高壓汽輪機與中壓汽輪機在同一個汽缸之中，稱之為複合式高壓及中壓 (HIP) 汽輪機，其主要設計特色為：(1) 反向蒸汽流動 (opposed flow) 的安排方式，(2) 雙殼式 (double-shell) 的結構，(3) 中心線的支撐。



(1) 反向蒸汽流動

所謂反向蒸汽流動係指在同一個汽缸之中，蒸汽在高壓區段乃是朝著汽輪機機頭的方向流動，而在中壓區段則是反向朝發電機的方向流動。其設計的優點為：(1) 汽缸溫度的分佈情形為中央部分最高，然後朝兩端遞減，可減低熱應力；而兩端的壓力相對較低，亦可減低蒸汽從格蘭盼更處洩漏，因而可靠率和性能得以提昇。(2) 高壓汽輪機與中壓汽輪機的蒸汽流向相反，推力得到平衡。(3) 汽輪機跨距縮短，減輕基礎和建築物的投資，方便裝機、運轉及維護。(4) 減少軸承的數量，減輕機械損失和維護費用；(5) 減少盼更的數量，減輕格蘭蒸汽的洩漏和維護費用。

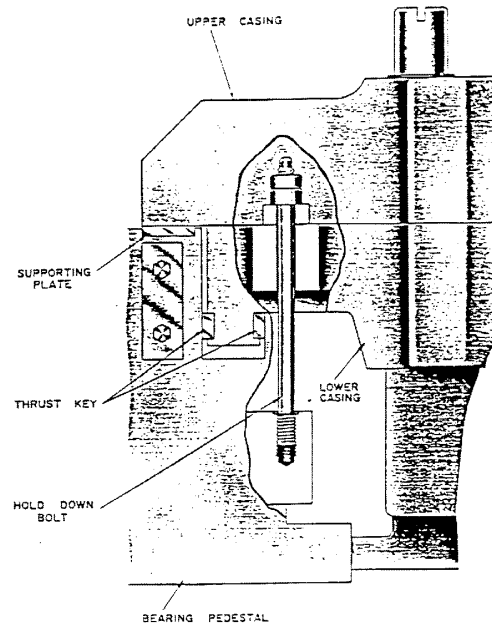
(2) 雙殼式的結構

HIP 汽缸除了中壓段的進口端之外，高壓段和中壓段皆為雙殼式的結構如下圖所示，HIP 外殼，HP 內殼及 IP 內殼的材質皆為鉻

殼式結構比較之下相對較低，此外，蒸汽洩漏的可能性亦得以降低。

(3) 真正的中心線支撐

汽輪機係以低壓汽輪機的軸向定位鍵為膨脹基點軸向膨脹滑動，當汽輪機於運轉中膨脹和收縮時，No.1 及 No.2 軸承基座 (bearing standard) 可軸向滑動。鋼製基座和底板 (foundation plate, 即 sole plate) 之間為了得到較佳的滑動接觸，其間嵌入了經滲油處理過的青銅或鑄鐵襯墊，並且留有充裕的面積提供較佳的軸承面積。



True Centerline Support

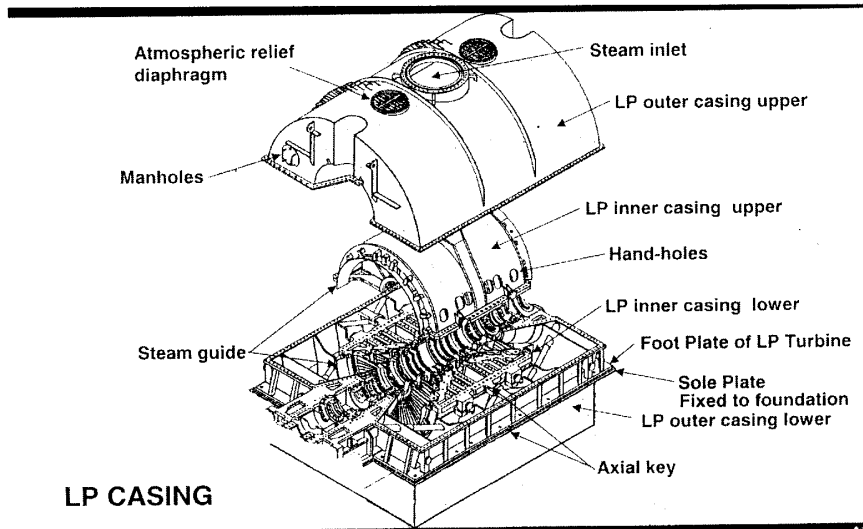
上圖為軸承台和 HIP 汽缸的外殼支臂 (casing arm) 部位的剖面

圖。HIP 汽缸的外殼支臂係由軸向前後兩端的前控基座與中間基座軸承台所支承，外殼上半部承坐在底板（supporting plate），下半部則以推力鍵（thrust key）上鍵到軸承台，並用壓緊螺栓（hold-down bolt）鎖緊，防止機殼因管路的反動力而有上掀之情形。

由於前控基座與中間基座的支承設計，汽輪機在起動或負載變化下，HIP 內殼和外殼於徑向和軸向自由膨脹收縮時，其機殼與噴嘴靜葉環的中心線仍與由軸承所支撐的轉子的中心線維持同心，亦即固定件與迴轉件之間仍能保持精確的對心，換句話說，機殼中心線與轉子的中心線係隨軸承台而移動，因此塞條（spill-strip）間隙與盼更間隙乃得以維持正常。若無此中心線支撐之設計，汽輪機較容易發生對心不準的情形，盼更及塞條在不利的運轉條件下容易發生磨擦的現象而導致效率上的重大損失，特別是反動式（reaction-type）汽輪機。

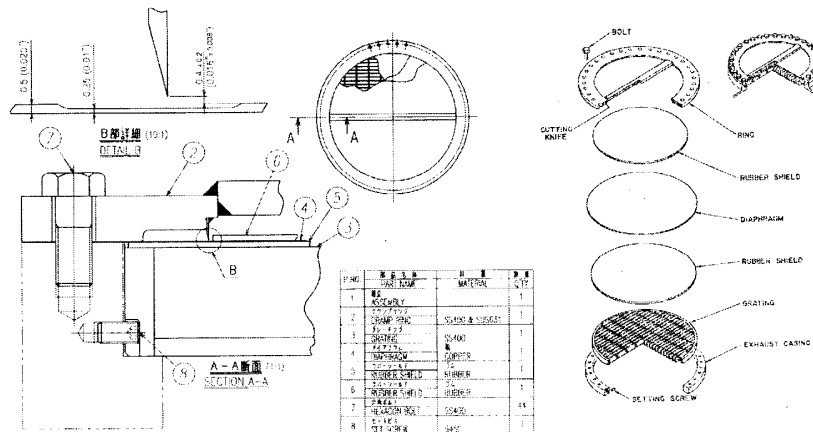
2. 低壓（LP）汽缸

兩個雙流式低壓汽缸的結構頗為類似，亦為雙殼式的結構，內殼以四個支承襯墊架在外殼並上鍵固定，防止軸向或橫向移動，外殼及內殼的材質皆為熔接用鋼板，機殼亦設計為上下兩半之水平分割接合以利拆卸檢視和維修。LP-A 和 B 的機殼中心處分別裝配有軸向定位鍵（axial key），以防止軸向移動，汽輪機並以此處為膨脹基點向外膨脹滑動。



如上圖所示，外殼裝設有大氣釋壓膜片（relief diaphragms）及人孔。大氣釋壓膜片與釋壓閥的功能相同，當機殼內的壓力升高並高於大氣壓力而達到約 34.5 kPag (5 psig) 的設定壓力時，釋壓膜片會被壓抵割刀及至割破後釋出蒸汽，請參看下圖。

Atmospheric relief diaphragm



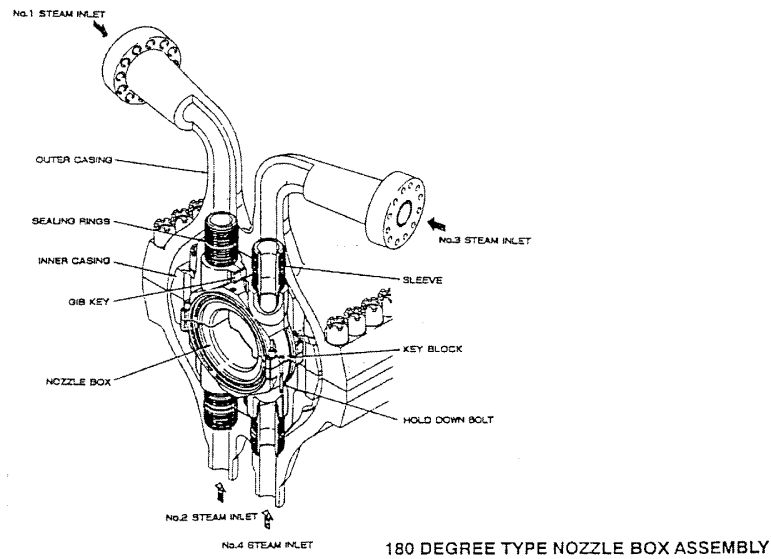
內殼設置有手孔，經由手孔可裝配或拆卸內殼的螺栓及螺帽。低

壓靜葉環 (diaphragm) 裝設在內殼。比較靠近發電機的 LP-B 機殼預留配置慢車迴轉機 (turning gear)。

為顧及內殼與外殼之間的移動會導致空氣漏進冷凝器，LP 內殼法蘭與外殼法蘭之間乃以摺疊伸縮接頭 (bellows-expansion joint) 加以連接。汽輪機出口的蒸汽則利用排汽罩上所佈置的擴散通道導引蒸汽直角轉向，以減低壓降和損失。

(四) 汽輪機噴嘴

1. 噴嘴箱 (nozzle box)



噴嘴箱位於 HIP 汽輪機的中段，為一薄壁的壓力容器如上圖所示，內含高壓段的第一級噴嘴，高溫高壓的蒸汽由此進入高壓汽

輪機。噴嘴箱由上下兩半所組成，又各分隔為左右兩部份，故有四個獨立的噴嘴組。每個噴嘴組分別連通至一個控制閥，蒸汽量可由四個控制閥各別調整。

噴嘴箱的設計概念能大幅降低機殼第一級區段的扭曲變形和熱應力，理由如下：

1. 高溫高壓的蒸汽係經由穿過汽輪機內殼的套筒導至噴嘴箱，汽輪機內殼與高溫高壓的蒸汽並非直接接觸。
2. 噴嘴箱與汽輪機機殼並非一整體結構，因此相對於汽輪機內殼而言可容許自由膨脹。負載變化時，噴嘴箱吸收第一級噴嘴區段的熱震，因此傳到機殼的熱震非常輕微。
3. 噴嘴箱較汽輪機內殼為薄，熱應力因而較小。

為了要有效降低機殼龜裂的可能性，除了以上所述噴嘴箱的設計之外，Toshiba 公司建議在起動及升載到 7% 額定負載時採全弧進汽模式，藉由溫差的控制來減少熱應力的產生。

2. 噴嘴與靜葉環 (diaphragms)

噴嘴靜葉環係嵌入汽輪機內殼的溝槽之中，支承的方式與內殼的支承方式相同。蒸汽經由噴嘴隔板 (nozzle partitions) 以適當的角度和速度導入輪葉，推動葉輪。噴嘴面積和噴出的角度係由許多變數所決定，設計時必須考量通過的蒸汽容積，蒸汽經過靜葉

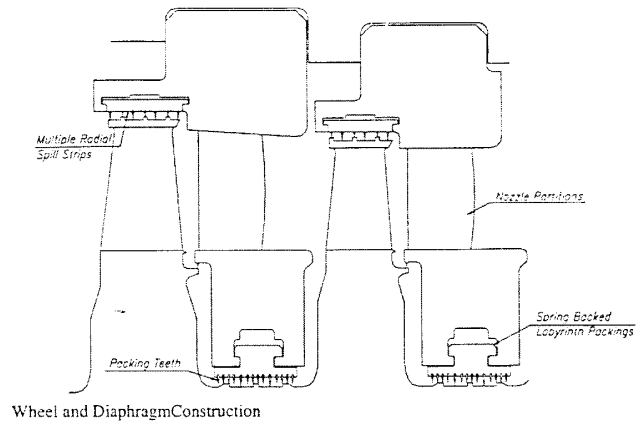
環的壓力降，和相鄰輪葉的速度等。對於衝動式的設計而言，蒸汽經過噴嘴靜葉環的壓力降較大，噴嘴靜葉環的結構強度都須經過有限元素的方法確認。

噴嘴隔板係由實心鉻-鐵合金所車製，整組隔板先與鋼製的衝孔覆環帶組裝並經定位點熔接，再將此一組件焊到靜葉環腹板，接著再焊到外環，最後再做更精密的加工，如下圖所示。

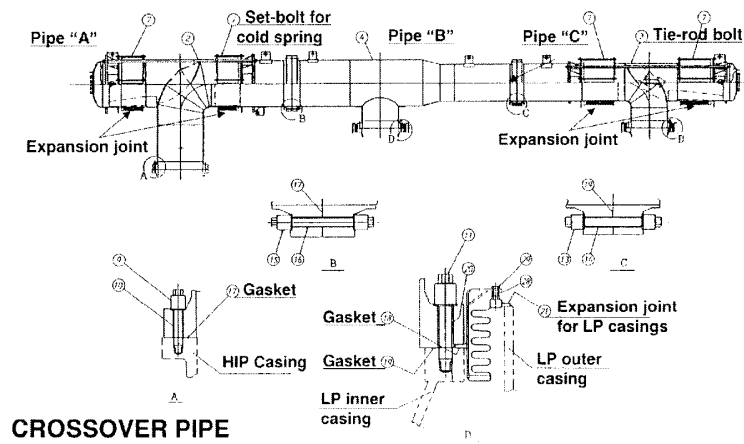


汽輪機的整體性能不僅是靠輪葉部分的性能，同時也牽涉到蒸汽洩漏的程度，畢竟從噴嘴靜葉環和迴轉件之間間隙洩漏的蒸汽並不能用來轉動輪葉。對於衝動式的設計而言，蒸汽經過動葉片的壓力降較小，因此從葉尖間隙洩漏的情況較為輕微，噴嘴靜葉環在相對葉尖之處裝配有多級徑向塞條 (multiple radial spill-strip) 以封住間隙，而於相對轉子之處則裝配有曲折盼更 (labyrinth

packing) 來應付壓力降較大的情況，減輕蒸汽從盼更間隙洩漏的程度。請參看下圖。



(五) 跨管



跨管係用來導引中壓汽輪機出口的蒸汽到低壓汽輪機 LP-A 與 LP-B 如上圖所示，包括三段蒸汽管，A 管連接中壓排汽法蘭，B

管連接 LP-A 進汽法蘭，C 管連接 LP-B 進汽法蘭，材質為焊接用鋼板。

由於跨管與汽輪機機殼之間的溫差有機會高達 300°C，因此必須考慮到熱膨脹的問題，故於肘管的兩側都裝設摺疊伸縮接頭（bellows expansion joint）加以吸收。之後再用繫桿螺栓（tie-rod bolt）在接頭外側加以固定，平衡伸縮接頭所產生的反應力。LP 內殼法蘭與外殼法蘭之間亦以伸縮接頭連接。

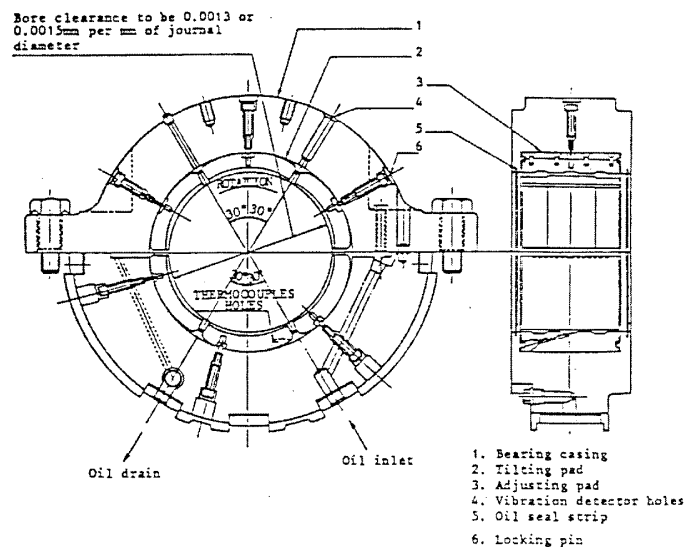
（六）軸頸軸承

所有的主軸承皆為壓力潤滑的接合式（joint type）軸承。為了確保每一個主軸承隨時都能保持適宜的對心，軸承的設計融入了自動對心的功能，因此所有的軸頸軸承都有球形座（spherical seat）的設計，以確保其與軸頸有適宜的對心，軸承套圈（bearing ring）中的球形座則由人工刮合後，再裝配到每一個軸承來獲得適當的活動自由度。為了能夠容易調整起見，軸承套圈都置有填隙襯墊（shimmed pad），很容易移除或更換來達成適當的初步對心工作。軸承套圈並用榫舌（tongue）加以穩固，防止軸向移動，保持對心。螺栓和定位銷（dowel）則是用來防止軸承和套圈的轉動。軸承襯有錫基巴氏合金（babbitt），用鳩尾固定器固定在軸承殼上。

支撐 HIP 汽輪機轉子的兩個軸頸軸承（No.1 及 No.2）為雙傾斜襯墊型（double tilting pad type）軸承，分別坐於前控基座（front

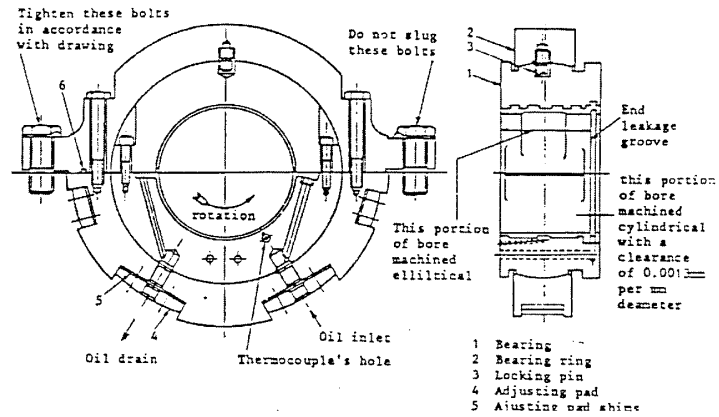
standard) 和中間基座 (middle standard)。雙傾斜襯墊型軸承的優點在於軸承壓力減輕時的穩定性，故適用於軸承負荷變化較大的 HIP 轉子。

雙傾斜襯墊型軸承的軸承套圈和機殼相同分為上下兩半，包括六片襯有巴氏合金的襯墊，固定在軸承套圈的內側如下圖所示。雙傾斜襯墊型軸承的主要特色為其襯墊亦為球形座的設計，因此襯墊可軸向及徑向的平順移動，是故襯墊和轉子之間的撓性頗佳，轉子得以隨時保持正確的對心。



支撐 LP 汽輪機轉子的四個軸頸軸承 (No.3~No.6) 為橢圓型 (elliptical type) 軸承如下圖所示，皆位於低壓汽輪機機殼的錐形區段。橢圓型軸承可以支承較重之負荷，所以用來支承較重的 LP

轉子和發電機轉子。橢圓型軸承也有球形座的設計，自動維持與軸頸正確的對心。



軸承的潤滑油由主油泵所供給，油壓為 172 kPag (25.6 psig, 1.8 kg/cm²)。潤滑油先經過冷油器以降低油溫，再經飼油管中的縮孔提供適當的油量到每一個軸承。當轉軸將潤滑油帶到軸承襯面的上半部後，流經軸承的潤滑油即自軸頸吸收熱量。一部分的潤滑油則被帶到軸承襯面的下半部與軸頸之間，形成液動油膜來支撐轉軸的重量，避免金屬間的直接接觸。

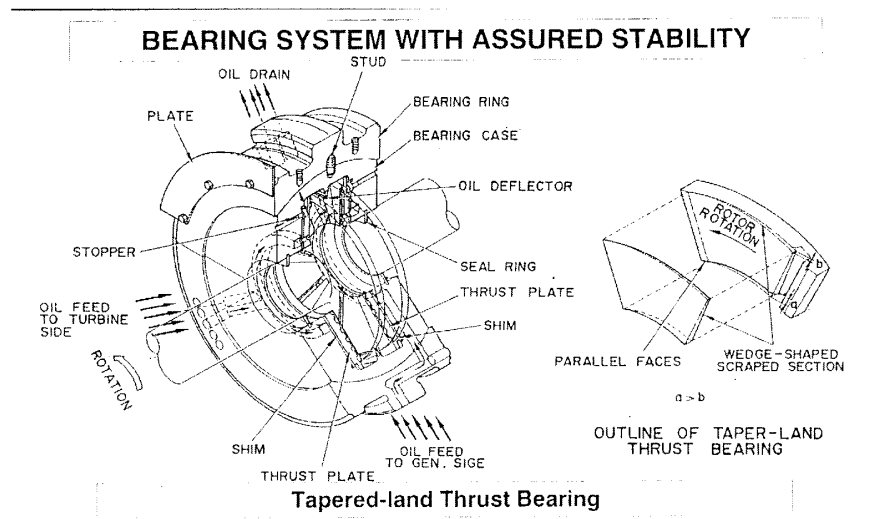
大部分的潤滑油會從軸承出口流至軸承基座的底部，再經由洩油管回到油槽。一小部分則被引至汽輪機側的檢視箱供目視潤滑油的流動情況，並量測油溫。

(七) 推拔陸塊型止推軸承

汽輪機轉子係利用位於中間基座的推拔陸塊型止推軸承 (tapered

land thrust bearing) 來維持其軸向的定位。止推軸承的功能為維持迴轉件與靜止件之間間隙，其迴轉的部份係與汽輪機轉子成一整體構件，不同於以往用分開的軸環 (collar) 上鍵到軸上的設計。

止推軸承總成構造簡單所佔空間小，承載能力強。如下圖所示，止推軸承包括兩個靜止推力板和兩個汽輪機轉軸上的迴轉推力軸環，推力板係架在軸承殼中面對軸環的迴轉面，汽輪機轉軸上的推力經由軸環的迴轉面，將推力傳到推力板。靜止部分的止推軸承組件係將前面和後面的推力板都裝置於一個軸承殼中，軸承殼的外徑則加工成球面，坐於軸承套圈內側，推力板即可自動對準推力軸環。



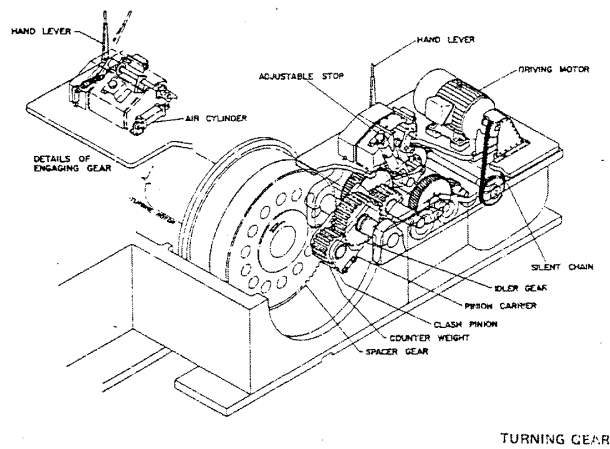
推力板係由銅板做成壓圈 (split ring)，表面襯以巴氏合金並由數條徑向的注油凹槽分割成塊。每一個獨立陸塊的表面都做成推拔狀，與迴轉的軸環之間，無論是從旋轉的方向或是從內徑到外

徑邊緣的方向都形成收斂的接觸面。當低溫的潤滑油經加壓注入推力板的徑向注油凹槽時，迴轉的軸環會將潤滑油帶過推力板的整個表面，而在軸環與推力板之間存留持續性油膜。潤滑油流至徑向注油凹槽的外端即被擋住，以維持凹槽的油壓。

(八) 慢車迴轉機 (turning gear)

慢車迴轉機的主要功能是在機組停機時，持續而緩慢的迴轉汽輪發電機的轉軸，直到轉子的溫度不再變動，機殼完全冷卻為止，以免轉子扭曲變形。機組在停機期間轉子由於本身的重量而有彎曲的現象，因此在機組起動時亦必須先起動慢車迴轉機，以 5 rpm 左右之轉速轉動汽輪機轉子，使轉子得到均勻的加溫預熱，同時在檢修期間也可以用來微量轉動汽輪機轉子。為了降低所需的驅動力，故應儘可能選擇最大直徑間隔齒輪 (spacer gear)，而汽輪機的最大聯軸器即位於汽輪機轉子與發電機轉子之間，因此慢車迴轉機乃裝設在低壓汽輪機發電機端的軸架上。此外，這裡的溫度相對最低，轉子對心的變化比起他處為相對最小。慢車開關設於前控基座。

如下圖所示慢車迴轉機包括一個電動馬達和一組齒輪系，齒輪係以馬達經由無聲鏈加以驅動，再由減速齒輪、減速齒輪系及可移動小齒輪 (pinion gear) 嚙合帶動間隔齒輪。當汽輪機轉子的扭矩大於慢車迴轉機的驅動扭矩時，亦即蒸汽被允許導入推動汽輪機時，慢車迴轉機立即自動脫離。



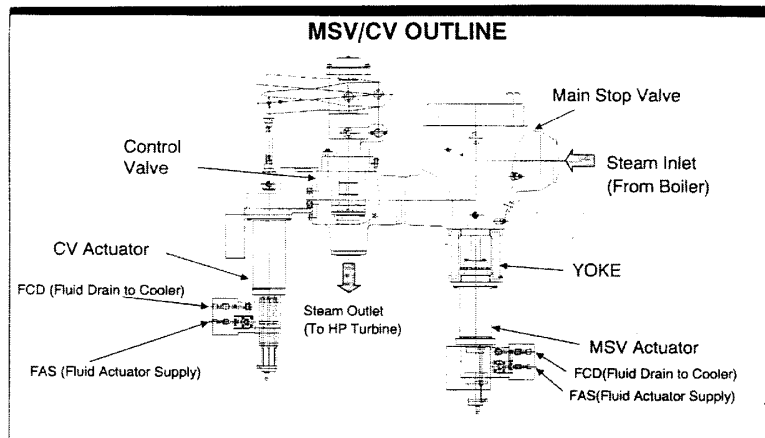
TURNING GEAR

慢車迴轉機的潤滑油與汽輪機軸承的潤滑油一樣，皆由主潤滑油系統所供給。慢車迴轉機的潤滑油直接來自主軸承集管（bearing header），其間並未裝設關斷閥，只要有一台油泵在運作，就會有潤滑油提供給慢車迴轉機。設於飼油管上的壓力開關係與慢車迴轉機馬達的起動線路聯鎖，可以防止慢車迴轉機在汽輪發電機的軸承於無油的情況下運作。

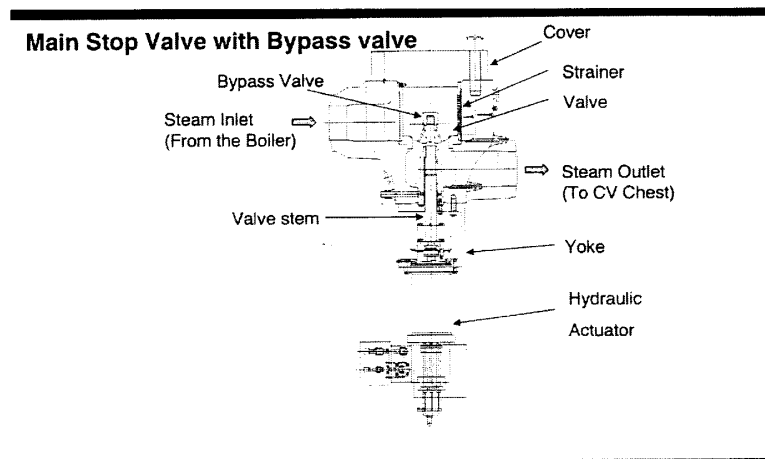
（九）蒸汽閥

1. 主關斷閥

兩個主關斷閥（main stop valve, MSV）位於鍋爐與高壓汽輪機之間的蒸汽管線，出口管直接焊到控制閥（control valve, CV）汽櫃，如下圖所示。蒸汽從高壓管線進入閥殼，經由過濾器、主關斷閥後即達控制閥汽櫃。

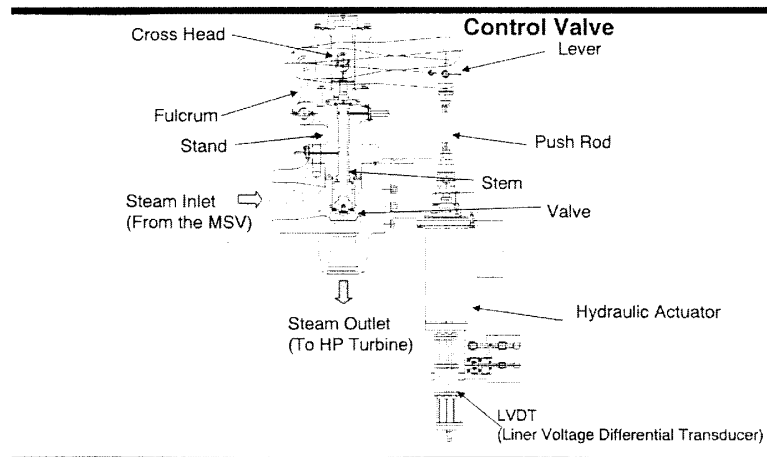


主關斷閥之主要功能為在緊急狀況下譬如失去負載而控制閥無法關閉時，立即快速關斷以阻止蒸汽流入汽輪機，為保護汽輪機的第二道防線，正常狀況下則為全開。此外，裝設旁通閥的右側閥在汽輪機起動時尚有預熱控制閥殼的功能，如下圖所示，左側閥則無旁通閥的裝置。



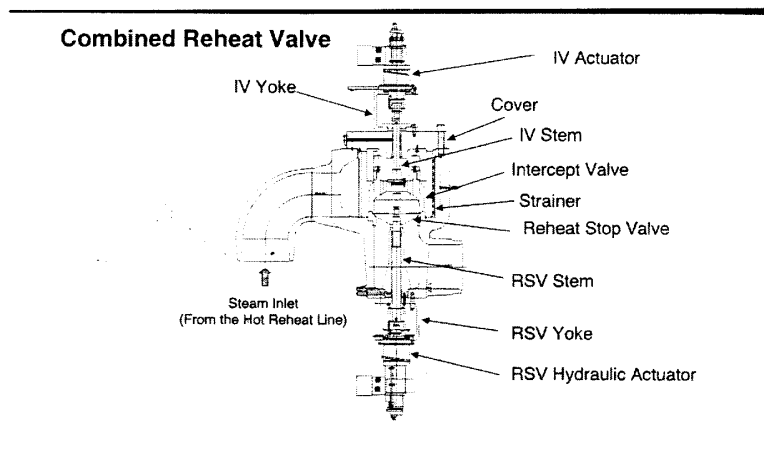
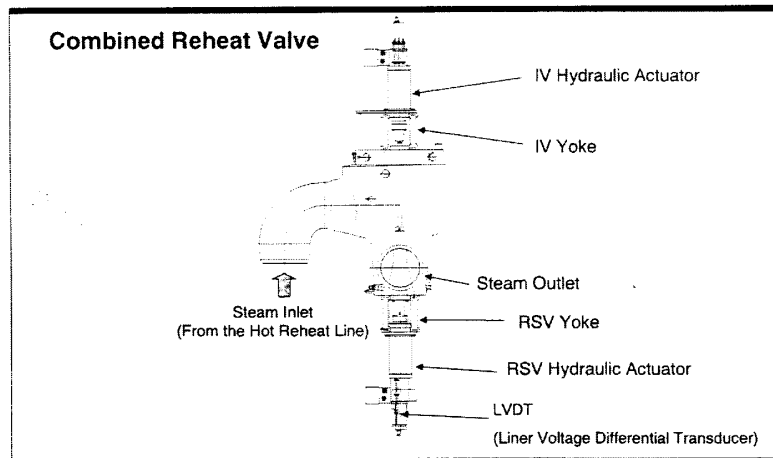
2. 控制閥

如前圖所示，內含四個控制閥的控制閥殼與兩個關斷閥焊接在一起，成為一個單一之組件，蒸汽從關斷閥流入控制閥後在控制閥殼汽櫃中均分。如下圖所示，每個控制閥由其引動器個別間接驅動，液壓油係來自 EHC 液壓油系統經伺服閥後供給液壓缸使用，伺服閥則根據 EHC 控制系統的訊號變更其壓力比。



3. 複合式再熱閥

複合式再熱閥 (combined reheat valve, CRV) 實際上是由中間遮斷閥 (intercept valve, IV) 與再熱關斷閥 (reheat stop valve, RSV) 結合在同一個閥殼之中，如下圖所示。蒸汽從再熱管線進入閥殼，經由過濾器、中間遮斷閥、再熱關斷閥後直接進入再熱汽輪機。



中間遮斷閥的主要功能在提供汽輪機的預警保護，同時於緊急跳脫系統作動時跳動關閉，第二個功能為控制蒸汽流量。再熱關斷閥則在緊急狀況時，立即快速關斷以阻止再熱管線中的蒸汽驅動汽輪機導致汽輪機的超速，為保護汽輪機的第二道防線，正常狀況下則為全開。

為了避免在緊急狀況時複合式再熱閥與汽輪機之間所留存的再熱蒸汽仍足以驅動汽輪機造成超速，複合式再熱閥的位置應儘可能

的靠近汽輪機，因此複合式再熱閥出口管係直接焊到汽輪機的下半部機殼。

4. 通汽閥

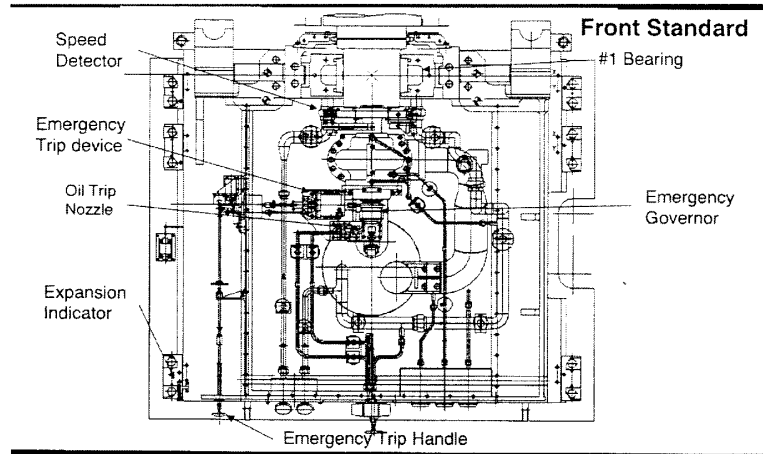
在系統失去負載時，高壓汽輪機若是在塞滿高壓蒸汽的狀況下持續迴轉，可能會因風阻損失（windage loss）而造成嚴重過熱。為了緩和此一現象，乃在 No.1 抽汽管線上介於汽輪機與止回閥之間裝設一通汽閥（ventilator valve），將蒸汽從再熱管線拉回，經動葉片、通汽閥後排至冷凝器。其用意並非要快速沖放再熱器，乃是提供小流量的較低溫蒸汽流經汽輪機的高壓區段。

（十）前控基座

汽輪機前控基座（turbine front standard, STD）位於高壓汽輪機之前，其主要功能為在緊急狀況時作動緊急跳脫系統來跳脫主關斷閥、再熱關斷閥，阻止蒸汽流入汽輪機。第二個功能為偵測汽輪機轉速、汽輪機轉子偏心度、汽輪機轉子差動膨脹及 No.1 軸承壓力。以上任一參數若偏離其正常的操作狀況，STD 立即作動緊急跳脫系統。第三個功能為允許汽輪機機殼因熱膨脹造成的軸向移動，因為 STD 並未與底板固定，其間尚有軸承襯墊之故。此外，STD 並負責支承汽輪機機殼並以 No.1 軸承支承汽輪機轉子。

如下圖所示，STD 包括一些重要的汽輪機控制設備如緊急調速器、速度偵測器、主跳脫拉桿、偏心度感測件、延性計、汽輪機跳脫電磁閥和主油泵等。位於 STD 牆上的主跳脫拉桿係用來隨時

手動操作緊急跳脫系統。



四、汽輪機的輔助系統

除了以上所述之主要設備之外，汽輪機尚包括下列之輔助系統：
EHC 液壓油系統、潤滑油系統及格蘭汽封系統。

(一) EHC 液壓油系統

EHC 液壓油系統為控制汽輪機運作的電子液壓控制系統 (electro-hydraulic control system) 的液壓部分，根據 EHC 控制系統所提供的訊號直接供給高壓油到蒸汽閥上的引動器開啟或關閉蒸汽閥。EHC 液壓油系統包括下列主要設備：(1) 一個油箱，(2) 兩個獨立的泵浦系統，(3) 兩個冷油器，(4) 兩個活塞式蓄壓器，(5) 液位計、壓力開關等。液壓油具防火特性。

液壓油自 EHC 管集箱流出，經由伺服閥及兩個跳脫電磁閥後供給

控制閥液壓缸使用，伺服閥乃根據 EHC 控制系統的訊號變更其壓力比；另外亦經由兩個跳脫電磁閥後供給關斷閥液壓缸使用。當跳脫時關斷閥液壓缸中的液壓油不必經由跳脫電磁閥回到油箱，而是經由排洩管快速排到油箱，如此方能快速關閉關斷閥。

(二) 潤滑油系統

潤滑油系統負責供應潤滑油到汽輪機和發電機的軸承，以及發電機的油封系統。該系統調節油溫、油壓，並回收軸承洩油，此外，藉由雜質和水份的去除來調節潤滑油的油質。

主油泵（或稱主軸油泵）為一裝設在汽輪機前控轉子上的離心泵，負責供應潤滑油到汽輪機與發電機的軸承。主油泵將油壓約為 1.37 Mpag 的潤滑油輸送到油槽中，經過油輪機驅動增壓泵，流經油輪機的油壓降至 0.35~0.50 Mpag 後，經過冷油器再輸送到軸承，油壓約為 0.11~0.18 Mpag。增壓泵渦輪機又驅動沉潛式低壓離心泵，輸送油壓約為 0.12 Mpag 的潤滑油到汽輪機轉軸上的主油泵。

汽輪機在開始起動時係用一個交流馬達驅動的離心油泵，稱之為慢車油泵（turning gear oil pump），將潤滑油自油槽供輸到軸承集管（bearing header）提供軸承所需之潤滑油，直到主油泵建立足夠的流量之後，任務即交回給主油泵。控制上安排慢車油泵於低油壓時即自動起動。另有一直流馬達驅動緊急油泵提供系統失去輔助動力時之保護。

因此汽輪機在開始起動時，必須起動慢車油泵和主吸油泵。如前所述，慢車油泵係暫時替代主油泵，而主油泵亦係先行接收來自主吸油泵的正吸油壓，並開始推轉增壓泵，俟汽輪機達到額定轉速的九成之後，主吸油泵即將任務交回給增壓泵。

(三) 格蘭汽封系統

汽輪機轉軸格蘭與主蒸汽閥 (MSV, CV, CRV) 格蘭共用一氣封系統，主要目的在封阻蒸汽從主蒸汽閥和從汽輪機內部沿著轉軸與機殼之間隙洩漏到大氣，而在內部壓力低於大氣壓的 LP 汽輪機的部分則為防止空氣進入之功能，以控制其真空度。汽輪機轉軸格蘭位於轉軸穿過汽輪機機殼處，以曲折式轉軸盼更封阻蒸汽，從高壓格蘭到低壓格蘭提供一系列的阻塞，限制沿著轉軸的蒸汽洩漏量至最低。汽輪機轉軸格蘭在高中壓部分包括管線及壓力盼更，在低壓部分包括管線及真空盼更。

格蘭汽封系統包括下列主要設備：(1) 汽封集管 (SSH)，(2) 格蘭蒸汽進給閥 (SSAFV)，(3) 蒸汽盼更卸載閥 (SPUV)，(4) 蒸汽盼更排泄管線 (SPE)，(5) 汽封轉向閥，(6) 格蘭蒸汽冷凝器，(7) 格蘭蒸汽排氣器。

汽封集管的壓力由蒸汽進給閥、蒸汽卸載閥及汽封轉向閥控制，維持在 30.4 Kpag。當從壓力盼更漏出的多餘的格蘭蒸汽量大於真空盼更所需之量時，蒸汽盼更卸載閥會將多餘的蒸汽排到汽封轉向閥。汽封轉向閥為一個三通閥，負責將多餘的蒸汽通到低壓加

熱器或主冷凝器。通常都是通往低壓加熱器，只有在蒸汽溫度高於 149°C 時才會轉往主冷凝器，以免過於高溫的蒸汽經由低壓加熱器回流到汽輪機。

格蘭蒸汽冷凝器為一般管式熱交換器，冷卻水為系統的冷凝水，兩個離心式風扇負責排氣以維持冷凝器的真空度。



參、出國期間所遭遇之困難與特殊事項

- 一、我覺得出國期間所遭遇到最大的障礙，仍然是語言的問題。當然在研習課程的研讀方面是毫無問題，因為文件所使用的是英文，然而在開口溝通方面，仍多次發生溝通不良的情況。根據經驗，這種情形在出國地點為英語系國家並不曾發生，而在非英語系國家則非常嚴重。
- 二、這次出國期限為 30 天，根據目前之規定所核定之生活費為減半支給，亦即只支領 15 天，相較於出國期限為 15 天者其所支領之生活費一樣為 15 天的核定邏輯頗令人困擾。在訂定旅館方面必須請 Toshiba 公司協助尋覓較為簡單經濟型者。目前核定之標準如下：

出國期限	核定生活費
15 天	15 天
16 天	8 天
21 天	10.5 天
30 天	15 天

其中最令人費解的部分出現在出國期限為 16 天者。出國期限多了 1 天，生活費卻隨即減半？

肆、對本公司之具體建議

- 一、由於上述語言障礙的問題，因此建議公司能夠儘早確定出國受訓人選。人選一旦確定，即可參與為期三個月至半年的任務地點的語言課程訓練。當然最好還是由公司安排。
- 二、是否能夠較為合理的核定生活費，例如 15 天以下者為全額支付，超過 15 天者自第 16 天開始減半支付，可避免出國期限為 16 天者比 15 天多了 1 天，生活費卻遽減為 8 天之情形，亦即：

出國期限	生活費(核定)	生活費(建議)
15 天	15 天	15 天
16 天	8 天	15.5 天
21 天	10.5 天	18 天
30 天	15 天	22.5 天