

目 錄

壹、前言	1
貳、研習目的與過程	1
參、研習內容	1
肆、研習心得與建議	27

壹、 前言

為因應未來台灣電力系統整體需求，配合政府計畫使用潔淨天然氣發電政策，提升通霄電廠營運績效與競爭力，以及降低發電時之溫室氣體排放強度，本公司乃規劃於通霄電廠進行機組更新擴建計畫，其效益有一、既有廠址利用：既有廠址更新改建，毋須開發新廠址造成另一環境衝擊。二、就近供電北部：引接峨眉超高壓變電所，就近供應北部，避開中電北送瓶頸。三、燃料供應便利：鄰近中油通霄配氣站，天然氣供應毋須長途鋪設新管線。四、機組汰舊換新：通霄#1~#3 機為台電目前系統中最老舊及效率最低之燃氣複循環機組，改建後可提昇機組發電效率。

貳、 研習目的與過程

電力修護處中部分處負責中部地區水火力電廠發電機組歲修作業，其中火力機組包括汽力機組及氣渦輪機組，近年來環保意識抬頭，使用天然氣發電的氣渦輪機組漸受重視及採用，由於電力市場的需求日盛，也帶動氣渦輪機發電機組的蓬勃發展。台電公司也因應此一趨勢，興建了大潭發電廠，其中#1-#2 採用日本三菱公司 M501F 機組，每部機發電量為 742.7MW，#3-#6 採用日本三菱公司 M501G 機組，每部機發電量為 724.7MW。通霄電廠#1-#3 機更新計畫，亦沿用過去的天然氣發電，採用日本三菱公司最新 M501J 型氣渦輪機組，每部機發電量為 892.6MW。此最新一代的氣渦輪機組，氣機進口溫度更可達 1600°C，目前機組正在興建中，為增進氣渦輪機組之維護技術並因應未來機組之大修工作，前往日本 MHPS 公司高砂製作所，參觀工廠及研習三菱公司氣渦輪機組維護技術。

參、 研習內容

一、公司簡介

三菱重工 Mitsubishi Heavy Industry, Ltd.，簡稱 MHI，可追溯至 1884 年開始，向日本政府租借位於長崎市的造船廠開始它的事業，於 1880-1945 年間，主要生產車輛、船隻及飛機，到了 1946-1963 年間的戰後恢復期，配合政府政策開始製造機車、冷氣及其他消費性產品，在 1964-1990 年間，其產品已涵蓋陸海空，以及鑽油設備、發電廠、坦克及橋樑等，從 1991 到現在，MHI 集團生產的氣渦輪機以及其他產品已臻世界級產品水準。MHI 集團為有效管理旗下事業，自 2014 年將其旗下之公司分為四大事業群，並以四種顏色的符號代表四個事業群，分別為能源及環境事業群 (Energy and Environment)、商業航空及交通事業群 (Commercial

Aviation and Transportation System)、國防及太空事業群(Integrated Defense and Space System)、機械設備及工程事業群(Machinery, Equipment and Infrastructure), 如圖 3-1-1 所示。

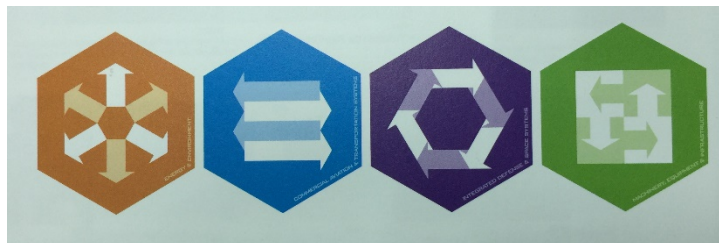


圖 3-1-1 MHI 四大事業群圖

Mitsubishi Hitachi Power System, Ltd.，簡稱 MHPS，即為 MHI 集團的能源及環境事業群下之一間子公司，成立於 2014 年 2 月 1 日，係由 Mitsubishi Heavy Industry, Ltd. 出資 65%，與 Hitachi, Ltd. 出資 35% 合資而成，其總部設在橫濱市，公司內除辦公營業場所外，還包括日立製作所(Hitachi Works)、橫濱製作所(Yokohama Works)、高砂製作所(Takasago Works)、吳製作所(Kure Works)及長崎製作所(Nagasaki Works)等五間工廠，全公司正式員工至 2015 年 8 月止共有 22,322 人。

高砂製作所最早於 1962 年成立，因 MHI 公司與 Hitachi 公司發電事業部門的合併，成為 MHPS 公司下的一間工廠，為專門製造大容量電廠輪機之製造廠，今日的高砂製作所可製造各種高效率的氣渦輪機、蒸汽輪機及其相關產品，它的 J 型氣渦輪機為目前市場上最高熱效率的氣渦輪機，其產品對於全世界人類生活的進步帶來貢獻，高砂製作所之歷史沿革如表 3-1-1 所示。



圖 3-1-2 高砂製作所廠區圖

高砂製作所廠房面積 873,841 平方公尺，建築物面積 299,560 平方公尺，員工約 5,000 人，分為 27 個廠區，主要包括葉片鍛造廠、葉片加工廠、焊接工廠、大型組件加工廠、組裝測試廠，燃燒器製造廠、熱元件再生廠、複循環認證測試廠、研發中心、教育中心，以及出廠碼頭。目前年產量氣渦輪機為 8,000MW，火力或核能電廠汽機為 2,400MW，其廠區工廠分布如圖 3-1-2 所示。

表 3-1-1 高砂製作所歷史沿革

年份	重要事件
1962	三菱重工神戶造船及機械製作所開始製造單一的輪機產品
1963	製造出第一台氣渦輪發電機
1964	高砂製作所由神戶造船及機械製作所獨立出來
1969	製造出第一套核能電廠汽輪機
1984	建造氣渦輪發電複循環機組
1986	發展出 1250°C 級氣渦輪機組(MF-111)
1992	1350°C 級 M701F 認證測試通過
1997	開始展示 1500°C 級氣渦輪機 M501G 運轉操作
1999	發表世界第一台蒸汽冷卻氣渦輪機(M501H) 認證測試通過
2001	在美國成立三菱電力美國公司(MPSA)
2004	300MW M701F BFG firing 複循環電廠開始商轉
2005	在中國成立三菱重工東方氣渦輪機公司
2007	M701DA 煤氣化氣渦輪複循環機組達成商轉 M701G2 氣渦輪複循環機組開始商轉
2008	在高砂製作所成立技術教育中心
2009	發展第一台進氣溫度為 1600°C J 系列氣渦輪機並逐步邁向商轉，第 500 台氣渦輪機出貨，在高砂製作所成立特殊核能電廠汽輪機工廠
2011	MPSA 在美國成立機械製作所，從事氣渦輪機及其組件之製造、服務以及維修氣渦輪機與汽輪機組
2014	2014 年 2 月 1 日，由三菱重工與日立整合火力發電系統及其他企業，合併成立三菱日立電力系統公司，MHPS 高砂製作所於是形成。

高砂製作所為一間能夠從研究發展、設計製造到測試認證，一條龍作業的工廠，它所建立的生產系統，藉由世界上最先進的科技、以藝術化的設計、高品質的產品製造，以及世界上最大的測試設備，來確保產品的高品質水準與可靠性，其主要生產設備如表 3-1-2 所示。

表 3-1-2 主要生產設備

工作母機	大型機殼車削機	拱門寬 7m，最大加工高度 6m，機台面積 2mx6m
	大型 NC 車床	最大直徑 5.5m，中心到中心尺寸 15m
	大型直立式車床	最大承載重量 210 噸
鍛造設備	高速自動鍛造機	100 噸 x4 鍛頭，200 噸 x4 鍛頭
	螺栓壓製機	10,000 噸，2,800 噸
製造設備	油壓壓床	3,000 噸
	自動進料彎管機	最大管長 17.5m
焊接設備	電子束焊接機	最大輸出 45Kw，真空室尺寸 5.8mx7.4mx4.4m
	加熱爐	爐內尺寸 8m(W)x16.5m(L)x7m(H)，250 噸
	雷射光束加工機	最大輸出 3.5Kw，最大加工尺寸 2.6m(W)x1.7m(L)x0.6m(H)
噴焊設備	低壓電漿噴焊機	最大輸出 120Kw
	空氣電漿噴焊機	最大輸出 55Kw，六軸機器人-兩軸旋轉台
測試設備	汽機測試設備	最大蒸汽量 370 噸/h，30Kg/cm ² x425°C
	轉子高速平衡機	最大尺寸 5.6m(D)x15m(L)，200 噸
	氣渦輪機組件測試設備	空氣壓力 25Kg/cm ² ，空氣流量 37Kg/s

高砂製作所目前主力產品為氣渦輪機 M501J 型氣機轉子、M501J 型氣渦輪機、長 54 英吋葉片之核能電廠低壓汽機轉子，以及火力電廠高中低壓汽機轉子，如圖 3-1-3。

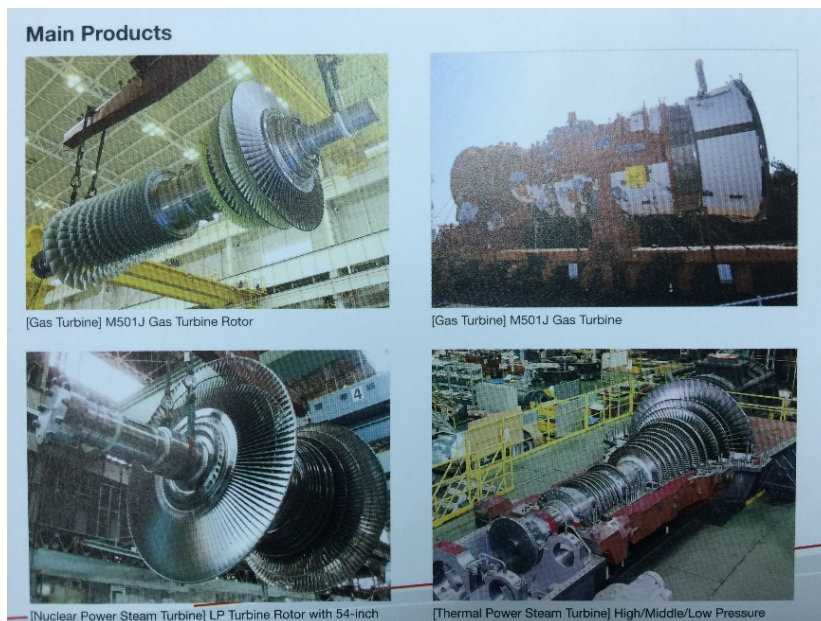


圖 3-1-3 主要產品

二、氣渦輪機簡介

在氣渦輪機組，進氣經由空氣壓縮機壓縮成高壓氣體，再經過燃燒室與燃料混合後燃燒成高壓高溫燃氣，燃氣通過氣渦輪機葉片，帶動氣機轉子轉動，氣機轉子並與發電機轉子相連，因而帶動發電機發電，通過氣機作完工之廢氣，經排氣口排出，如圖 3-2-1 所示。在氣渦輪機複循環機組，除了氣渦輪機的電力輸出外，蒸汽渦輪機也可以從氣渦輪機的廢熱回收中輸出電力，如圖 3-2-2，故複循環發電廠的電力輸出與效率都較單循環發電廠為佳。對於蒸汽動力循環而言，汽機之進汽溫度大約在 538~565°C，由於氣渦輪機之排氣溫度正好與蒸汽動力循環最高溫度相近，而將兩者結合起來，將氣渦輪機排放的熱氣之熱能回收，導入熱回收鍋爐將飼水加熱成過熱蒸汽，送至汽機再度作功，此部分稱為 HRSG(Heat Recovery Steam Generator)，一般來說，複循環機組之熱效率可大幅提升 20%左右。

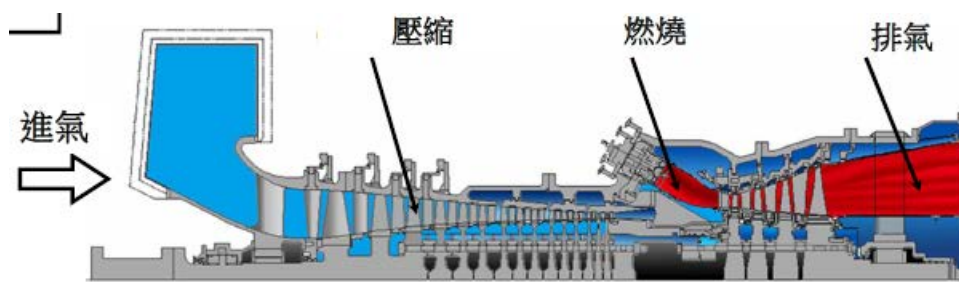


圖 3-2-1 氣渦輪機組

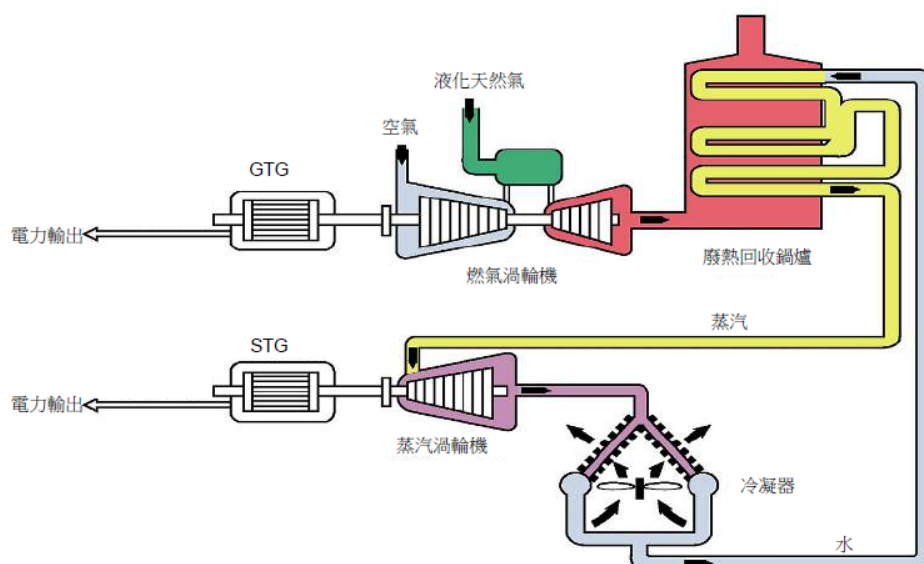


圖 3-2-2 複循環機組

一般氣渦輪機組，概分為六個外殼及六個部分，六個外殼分別是：進氣殼、壓縮機殼、壓縮機及燃燒器殼、氣機殼、排氣殼以及排氣歧管。而六個部分分別是進氣部分、壓縮機部分、燃燒室部分、氣機部分、排氣部分以及轉子部分，如圖 3-2-3 所示。

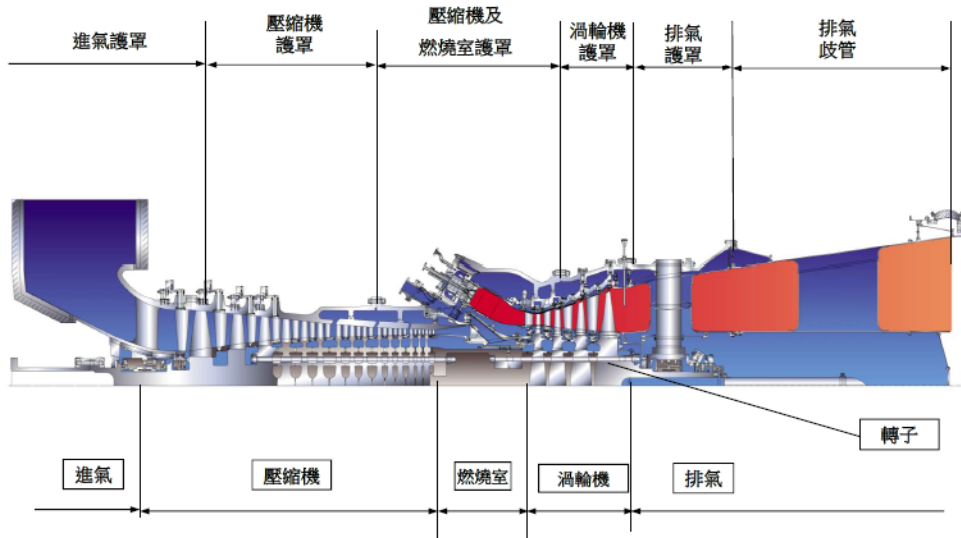


圖 3-2-3 氣渦輪機結構

氣渦輪機的 P-V 圖及 T-S 圖如圖 3-2-4 所示，以理想簡單循環的熱效率相當於 T-S 圖中 1234 包圍面積和 23dc 包圍面積的比值。若探討溫比 τ (T_3/T_1) 對機組比功和熱效率的影響，當溫比增加時，比功曲線向上移動，表示機組的比功增加了。在氣渦輪機循環中，燃燒過程所能達到的 T_3 越高，則 p-v 圖上循環曲線所包圍的面積越大，即循環的比功越大。隨著 T_3 的增加，機組的效率 η_{GT} 與比功 w_{GT} 都愈高。一般而言， T_3 每提高 100°C ，機組比功大約增加 $20\% \sim 40\%$ ，熱效率增加 $2\% \sim 5\%$ 。但 T_3 的提高了程度，會受到材料和冷卻技術的限制。溫比對機組比功和熱效率的影響，理論上，在其他系數不變的情況下，只要溫比 τ 相同，機組的熱效率和比功就會相同。從實際上來看， T_a 、 T_3 的變化對機組的熱效率與比功的影響是不同的。 T_a 每下降 1°C 要比 T_3 上升 1°C 對溫比 τ 的影響要大得多。故天氣冷暖對氣渦輪機的性能有明顯的影響。 T_a 每下降 10°C ，機組比功可增加 $4\% \sim 10\%$ ，效率可提升 $1\% \sim 2\%$ 。

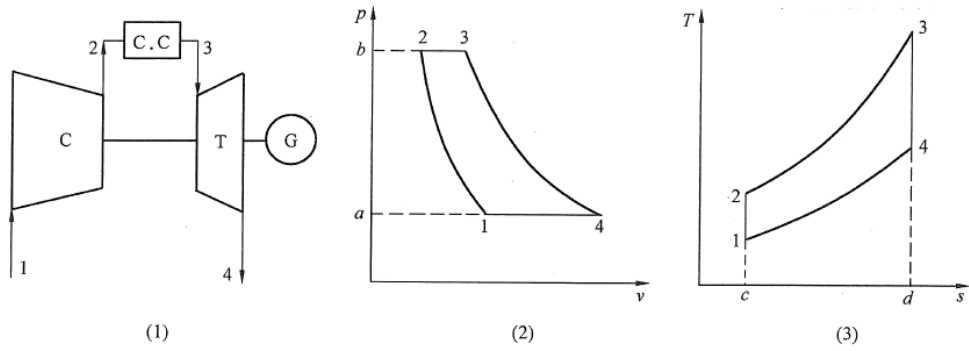


圖 3-2-4 氣渦輪機熱力循環圖

截至 2015 年 5 月，MHPS 氣渦輪機全球安裝數量為 826 部，其中 M501J 已獲 36 部機組訂單，有 10 部機已在韓國的 4 個電廠運轉中，如圖 3-2-5。

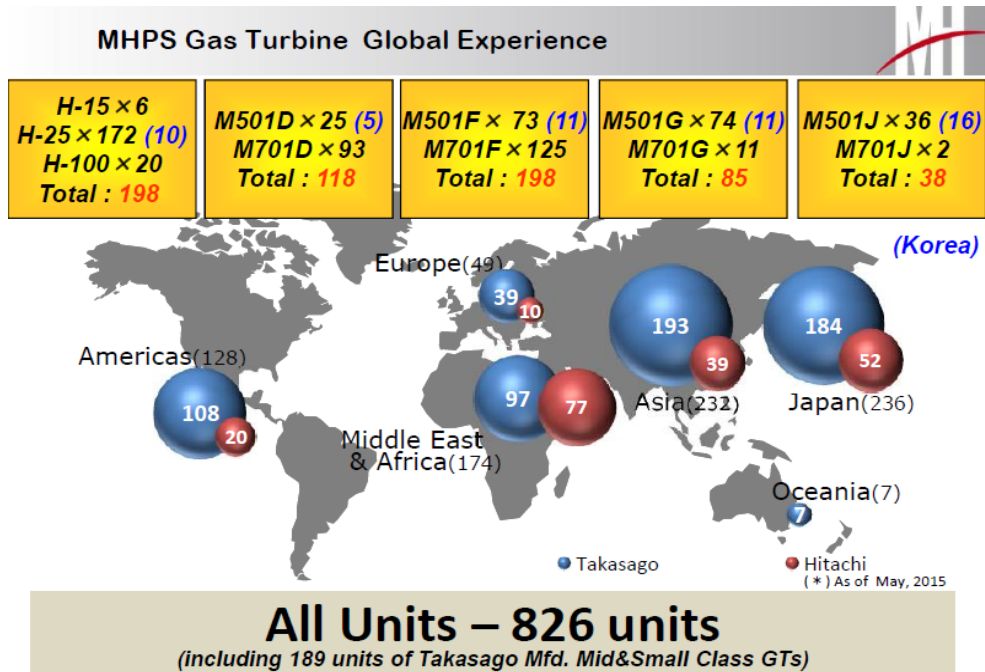


圖 3-2-5 三菱公司全球氣渦輪機組安裝數量

三、先進的 M501J 氣渦輪機

三菱氣渦輪機的發展，從最小 MF-61 型發電量為 6MW，發展到目前 M701J 發電量為 334MW，如圖 3-3-1 所示，各型氣渦輪機 1 對 1 的複循環機組之效率從 D 系列的 52%，發展到 J 系列的 62%，發電量由 D 系列的 167MW，發展到 J 系列的 470MW，如圖 3-3-2 所示。這些氣渦輪機組的共通設計是，發電機位於壓縮機空氣進氣側的冷端，而非在氣機排氣側的熱端；氣機轉子由前後兩只軸承支撐；氣機為四級動靜葉片；燃燒室為環狀獨立設置；外缸為水平中間對開；氣機葉片由空氣冷卻；將空氣冷卻並過濾後作為轉子的冷卻空氣，如圖 3-3-3 所示。

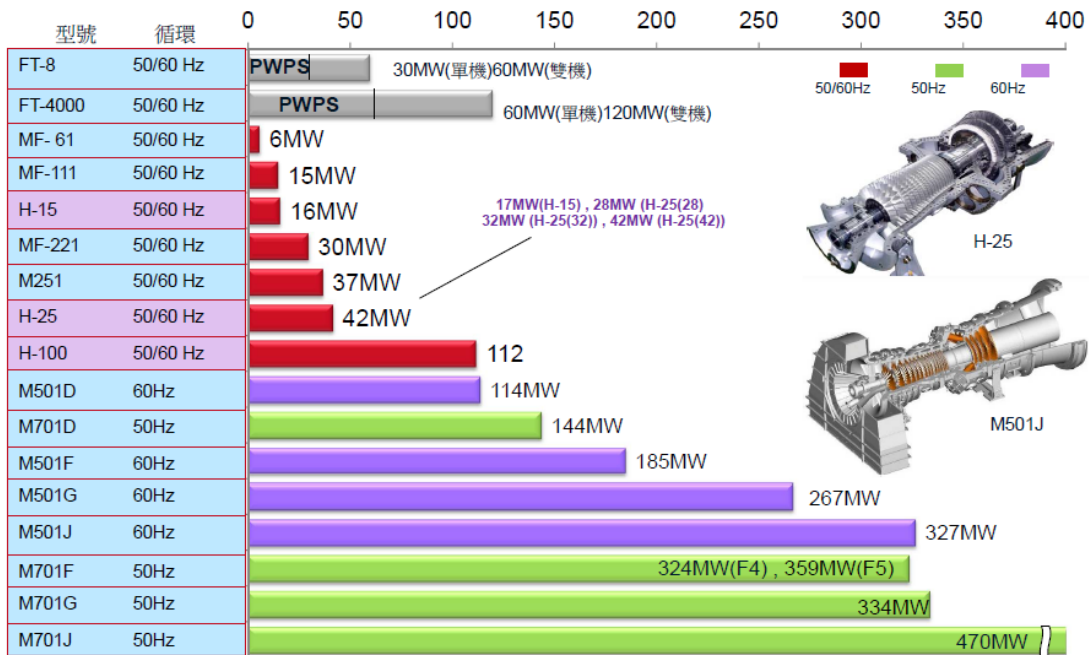


圖 3-3-1 三菱各型氣渦輪機發電量

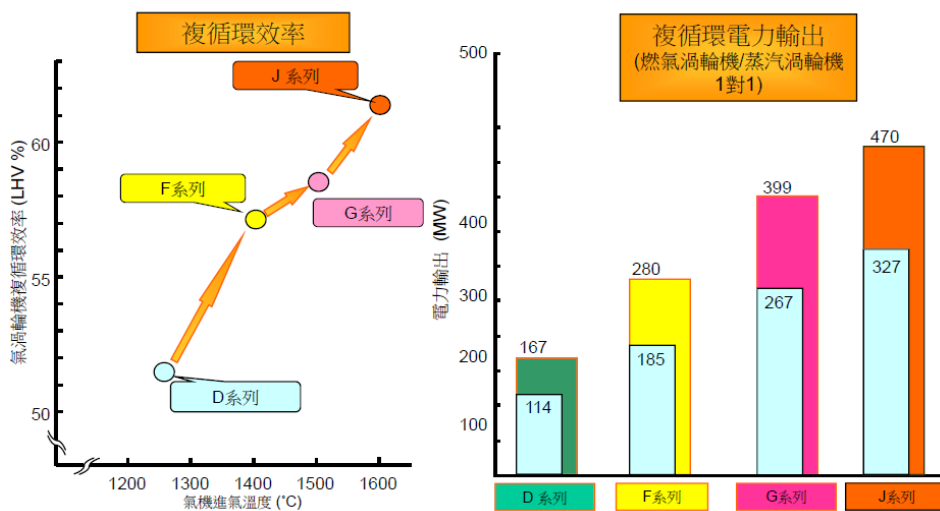


圖 3-3-2 各型複循環機組的效率與發電量

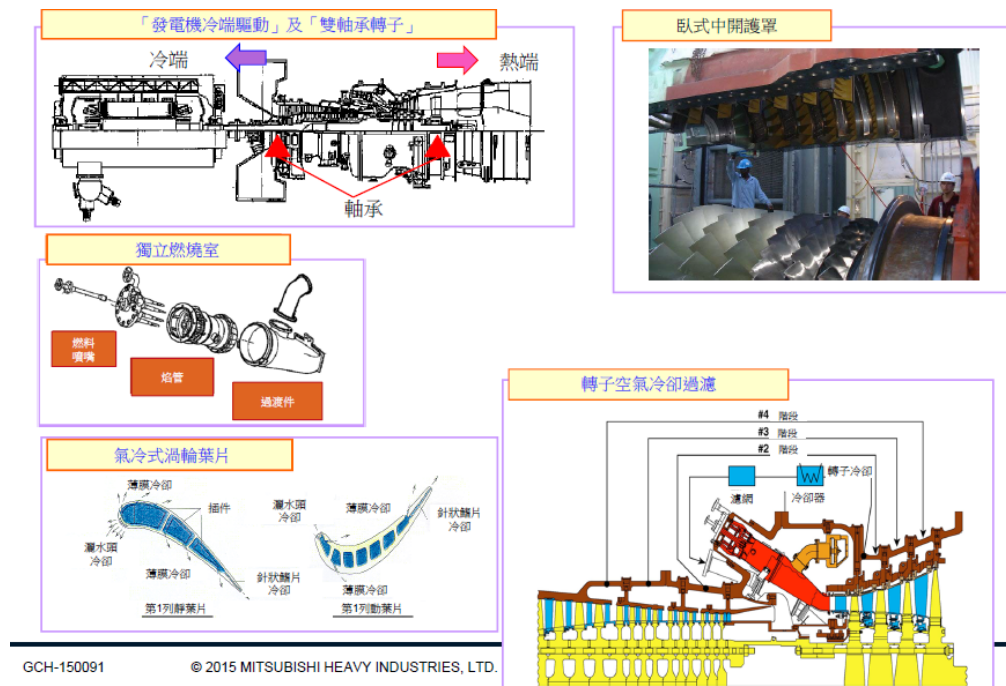


圖 3-3-3 各型氣渦輪機的共通設計

J 型氣渦輪機之設計理念，一是源自 H 型氣渦輪機的高壓縮比技術，二是源自 G 型氣渦輪機之蒸汽冷卻燃燒室技術，三是源自三菱公司參與國家專案研究之結果，包括先進的冷卻技術、先進的熱遮斷塗層(TBC, Thermal Barrier Coating)，以及先進的空氣動力學葉片。

氣渦輪機的進氣量調整，是由進氣護罩段的進氣導葉 IGV(Inlet Guide Vane)所控制，而進氣導葉的開度係由油壓缸衝程以及連接每支葉片的連桿機構來調整，如圖 3-3-4 所示。另外為降低喘振的發生，並提高機組效率，壓縮機的第一級到第三級葉片為可調整角度，稱為 VV (Variable Vane)，如圖 3-3-5 所示。

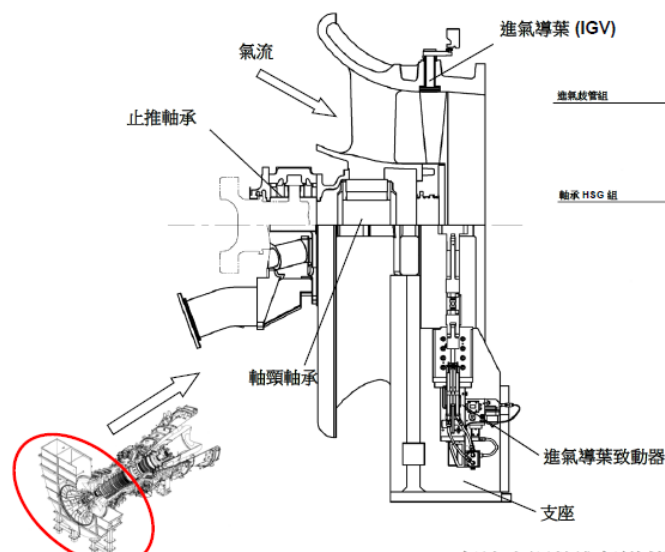


圖 3-3-4 進氣 IGV

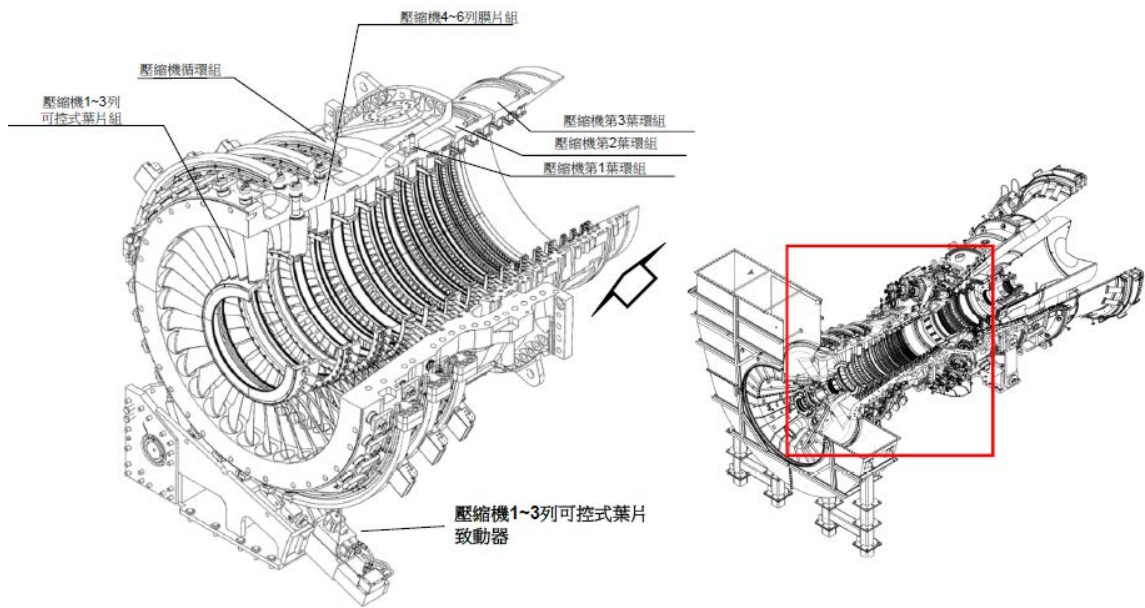


圖 3-3-5 壓縮機 VV

在氣渦輪機運轉時，控制進氣導葉、可控式葉片及排氣閥的啟閉可避免壓縮機喘振及失速的發生，如圖 3-3-6。尤其是在機組啟動及停機時，因氣流對葉片的運轉角度不在設計操作點，使得對葉片的流入角偏大，導致葉片失速，當葉片失速時，氣流受到部分阻塞，氣流方向也會發生部分改變，壓縮機因為加速期間的失速傳播而導致旋轉失速，當氣流的分離的範圍擴及所有葉片時，壓縮機會突然喘振，伴隨高壓波動、氣流波動及機械振動。故為避免失速的發生，高壓、中壓及低壓排氣閥會適時啟閉，進氣導葉及可控式葉片的角度也隨時因應調整。

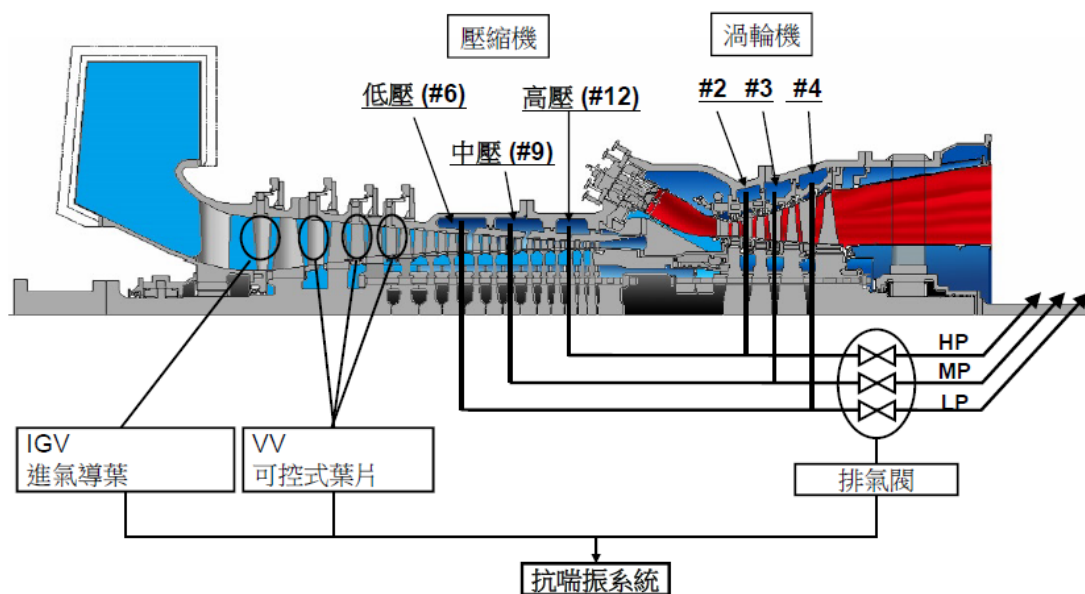


圖 3-3-6 壓縮機喘振控制

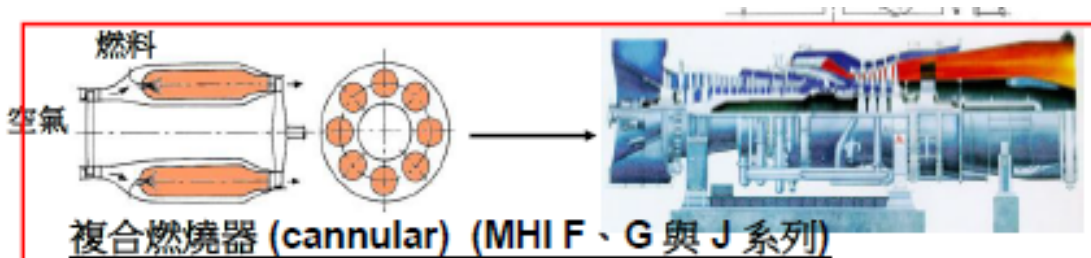


圖 3-3-7 複合燃燒器

J 型氣渦輪機是使用複合燃燒器，如圖 3-3-7，每部機有 16 只燃燒器。燃燒時氮氧化物的生成，主要有熱式氮氧化物及燃料氮氧化物，熱式氮氧化物是由氧和空氣中的氮所組成，燃料氮氧化物則是由氧和燃料中的氮氧化物組成，而大多數的氮氧化物排放來自於熱式氮氧化物，一旦火焰溫度上升，熱式氮氧化物就會明顯增加，故減少氮氧化物的產生在於降低火焰溫度。為達到降低火焰溫度，若為擴散燃燒，可於火焰中注入蒸汽或水，或使用預混燃燒，使火焰達一致低溫，如圖 3-3-8 所示。要滿足氣渦輪機進氣溫度越來越高，同時又要使氮氧化物含量愈來愈低，是氣渦輪機設計重要的課題，如圖 3-3-9。

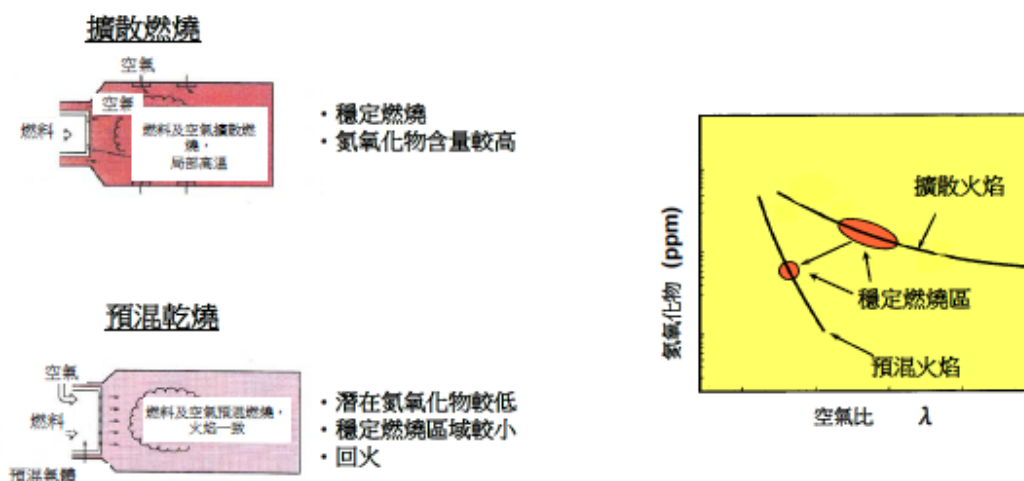


圖 3-3-8 擴散燃燒與遇混燃燒

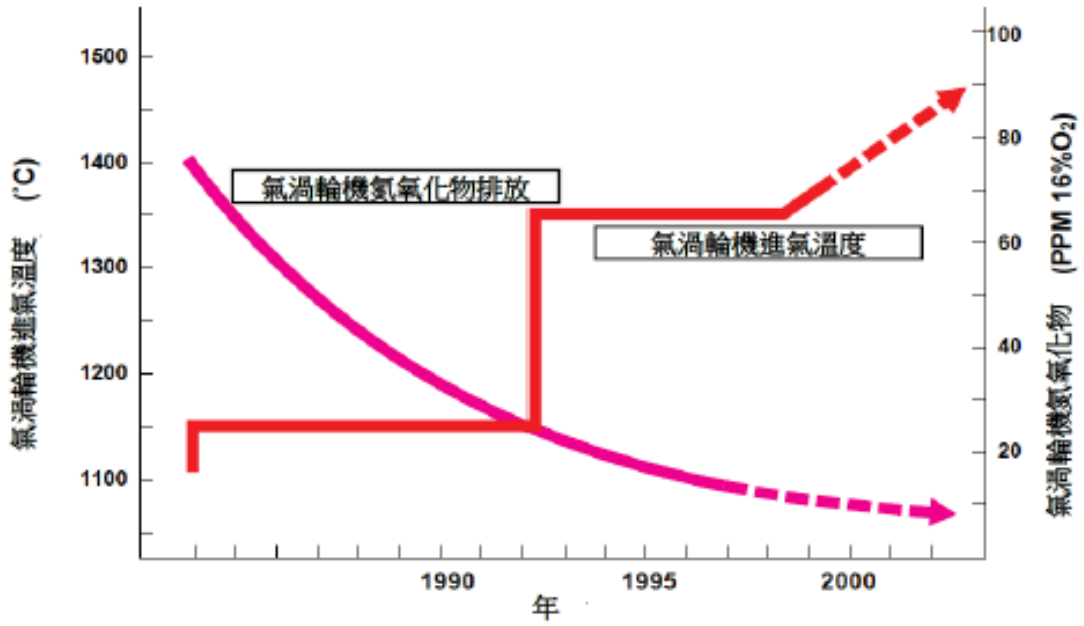


圖 3-3-9 氮氧化物與進氣溫度

低氮氧化物燃燒器係由燃料噴嘴、燃燒旋流器及內燃燒筒所組成，如圖 3-3-10。母火噴嘴用於穩定擴散燃燒，為降低氮氧化物排放，預混燃燒使用主噴嘴及帽型噴嘴來均勻混合燃料與空氣，以降低火焰溫度，如圖 3-3-11。燃燒旋流器的功能是供應燃料與空氣的預混氣體。預混的氣體在燃燒筒內燃燒，並導引燃氣至氣渦輪機作功。為了抵抗燃氣的高溫，內部使用鰭狀冷卻結構，並使用吸音裝置來吸收燃燒振盪，如圖 3-3-12。

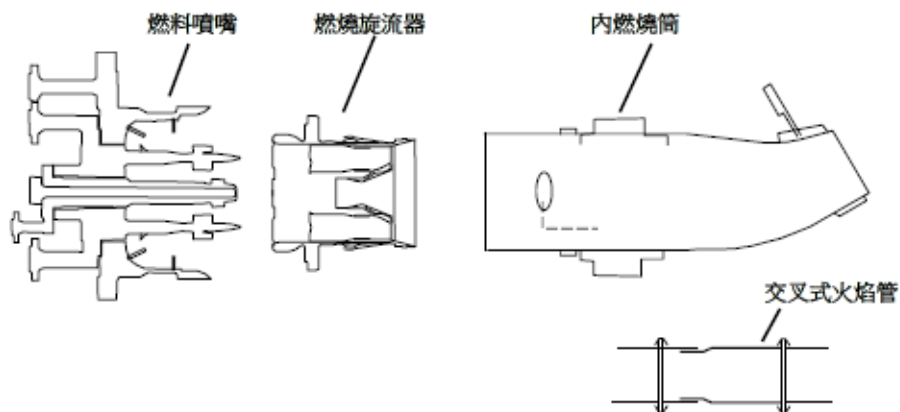


圖 3-3-10 低氮氧化物燃燒器

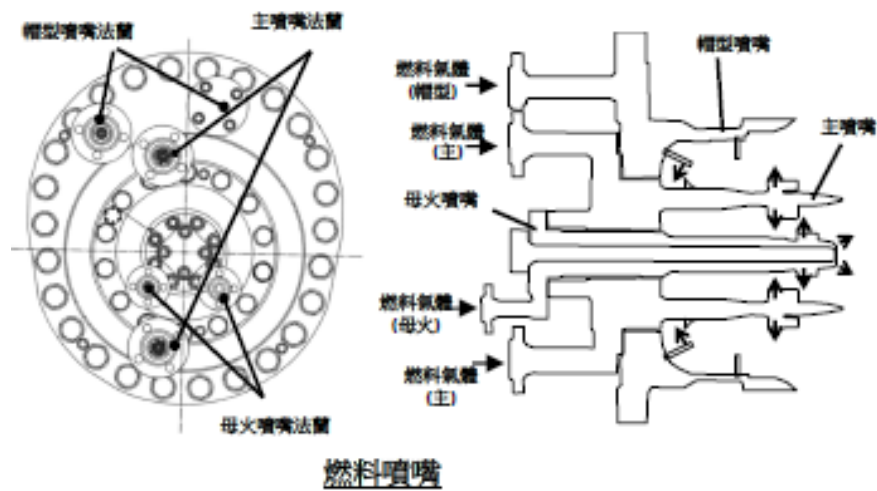


圖 3-3-11 燃料噴嘴

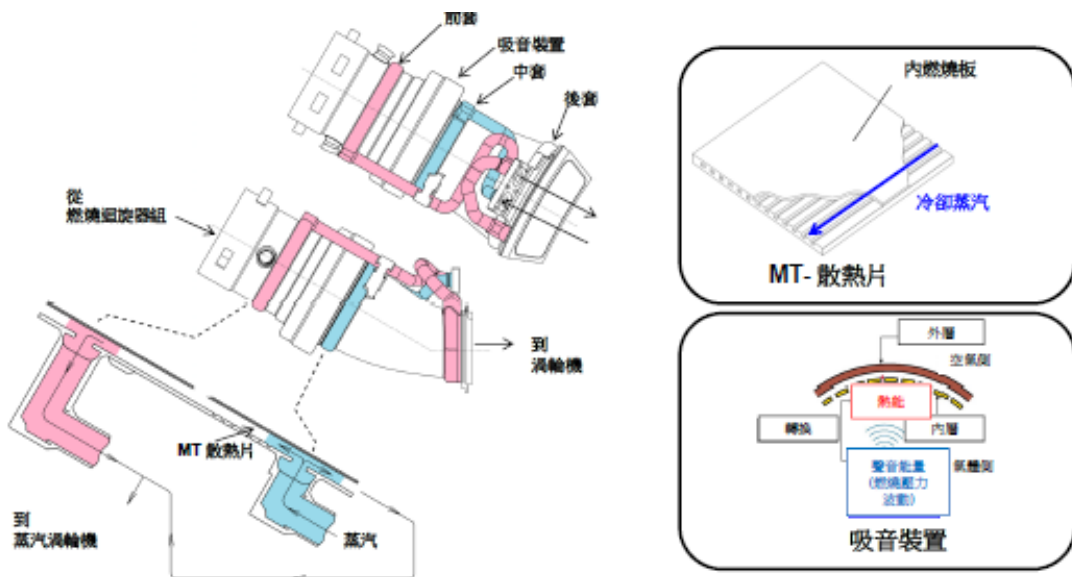


圖 3-3-12 燃燒筒

燃燒器之間有穿火管，點火火焰經穿火管將火焰傳到下一個燃燒器，點火器裝於第 8 及第 9 個燃燒器，火焰向左右兩邊傳遞，火焰偵測器則位於第 1 及第 16 個燃燒器，如圖 3-3-13。早先的燃燒控制程序是固定的，係以過去的運轉紀錄及燃燒調校結果為基礎，如需再調校需由三菱公司進行。而先進的燃料擾動監視(A-CPFM, Advanced Combustion Pressure Fluctuation Monitoring System) 是根據即時燃燒穩定度分析結果，來調整 Pilot 噴嘴的空氣燃料比與 Tophat 噴嘴的空氣燃料比，以維持穩定燃燒。先進的燃料擾動監視之特點，先取得並儲存電腦操作數據，再

根據已取得的資料分析燃燒穩定性，最後根據分析，自動調整控制參數，以抑制燃燒振動，增加氣渦輪機的可信賴度與可用率。

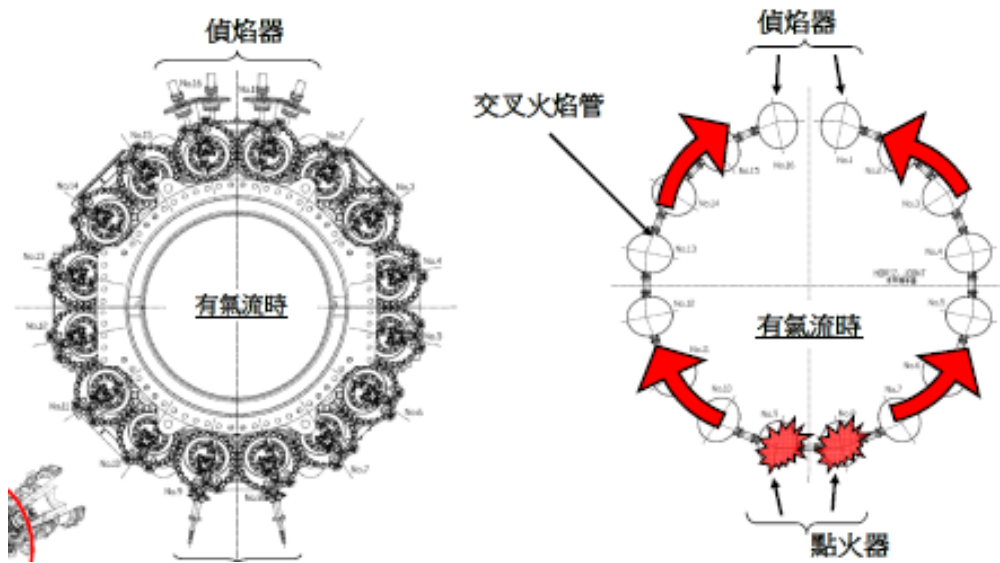


圖 3-3-13 燃燒傳遞

氣機有四級動葉片及靜葉片，並從壓縮機抽取空氣來冷卻氣渦輪機，壓縮機第 6 抽氣用來冷卻氣機第 4 級靜葉片，壓縮機第 9 抽氣用來冷卻氣機第 3 級靜葉片，壓縮機第 12 級抽氣用來冷卻氣機第 2 級靜葉片，除此之外，第 6 級抽氣經冷卻及過濾，亦提供第 4 級轉子冷卻，如圖 3-3-14。故靜葉片的冷卻空氣來自葉環 (Blade Ring) 的空孔處，而動葉片的冷卻則來自轉盤的軸心，如圖 3-3-15。壓縮機是利用碟盤間的氣封來防止高壓空氣逆流，氣機則是利用密封氣體來防止高壓燃氣逆流，如圖 3-3-16。

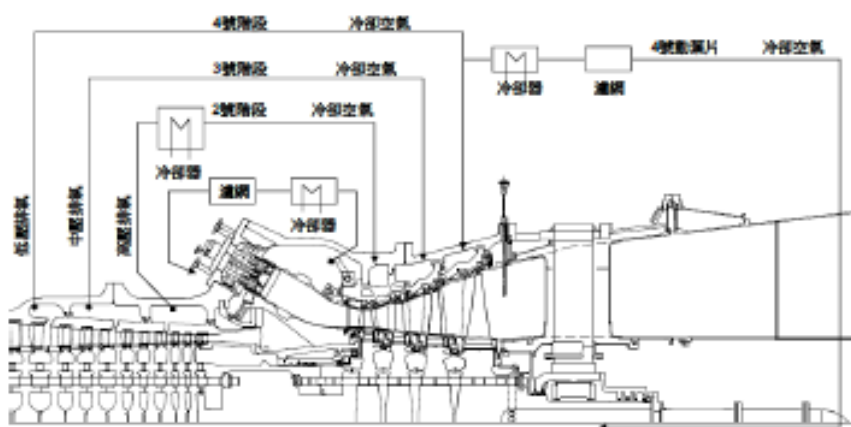


圖 3-3-14 壓縮機抽氣

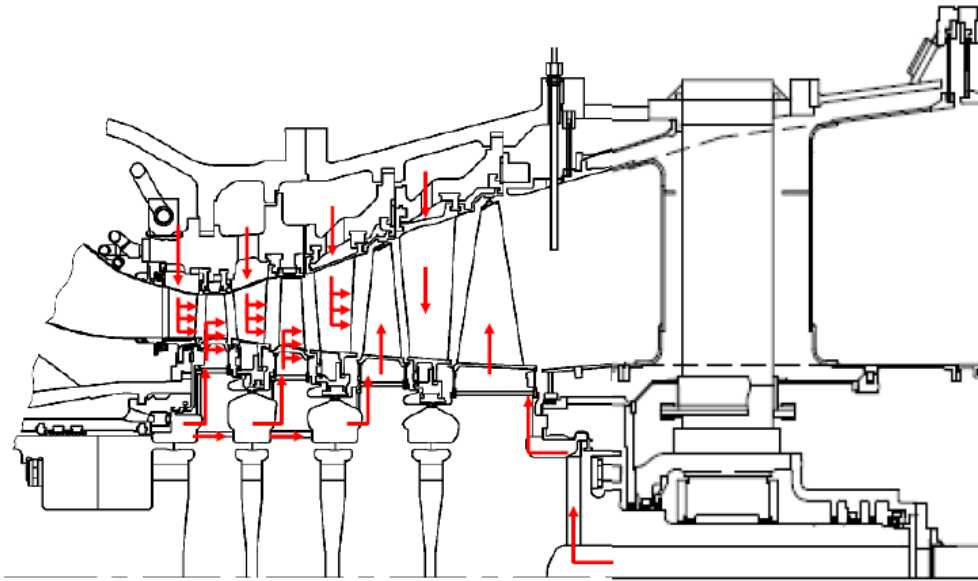


圖 3-3-15 動靜葉片的冷卻

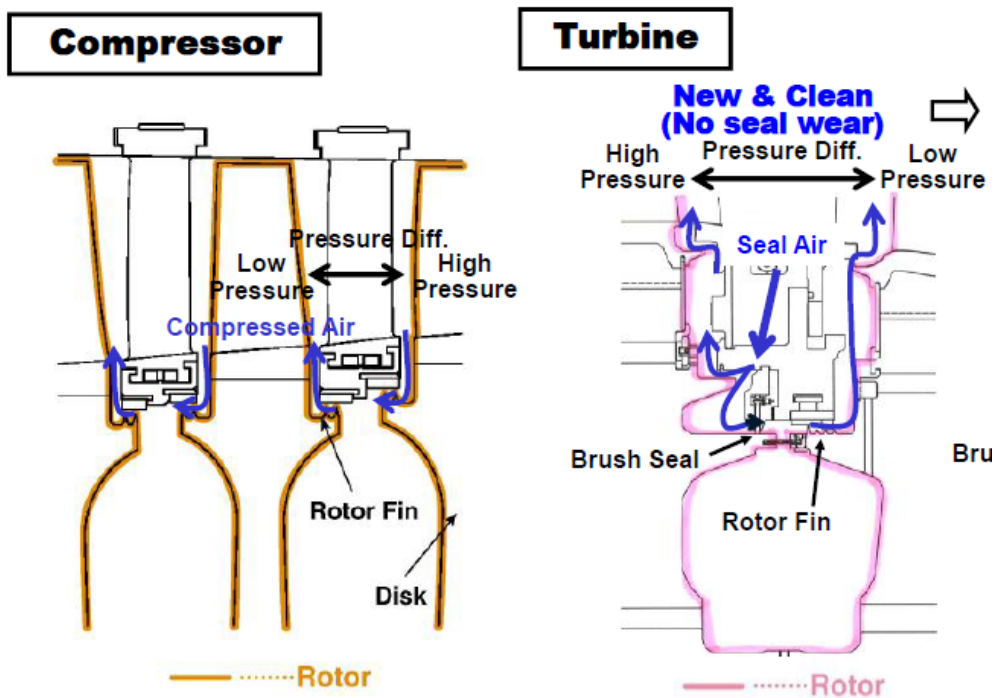


圖 3-3-16 防止高壓逆流

排氣殼採用切線支柱，即使支柱與護罩有熱膨脹之差異，軸承箱會旋轉，使軸承仍可以保持在中心位置，圖 3-3-17。轉子是由多片轉盤堆疊而成，這些轉盤由軸螺栓鎖在一起，並藉由扭力銷與轉盤間的曲面連結，來傳遞穩定的旋轉力量，如圖 3-3-18。

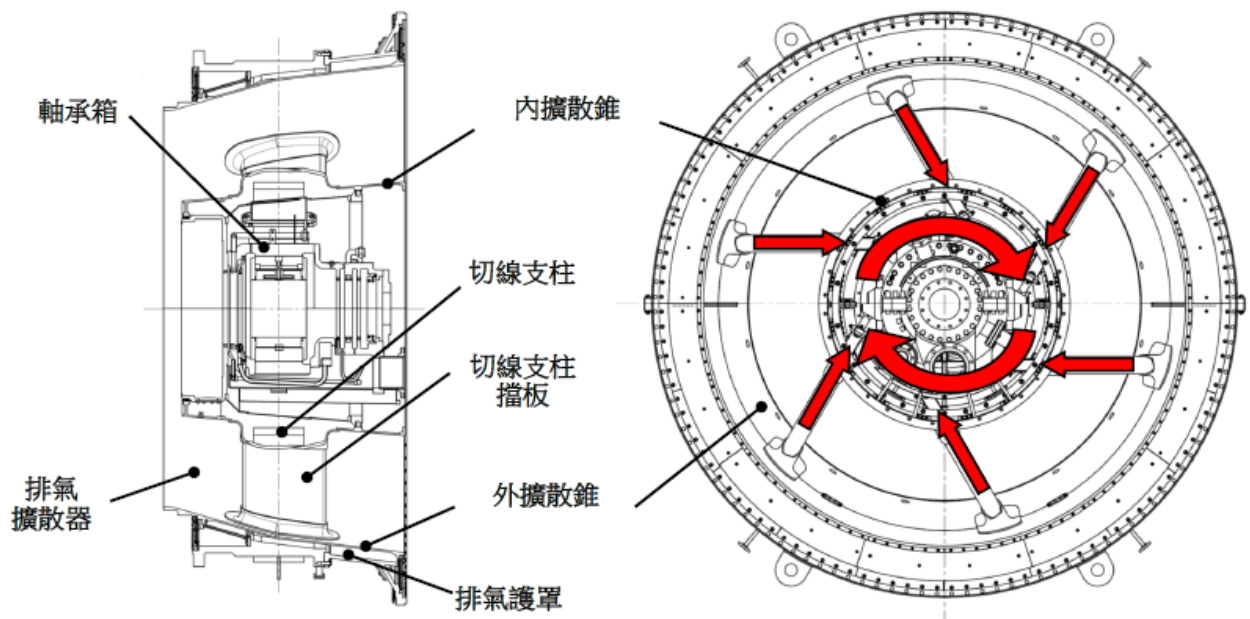


圖 3-3-17 切線支柱排氣殼

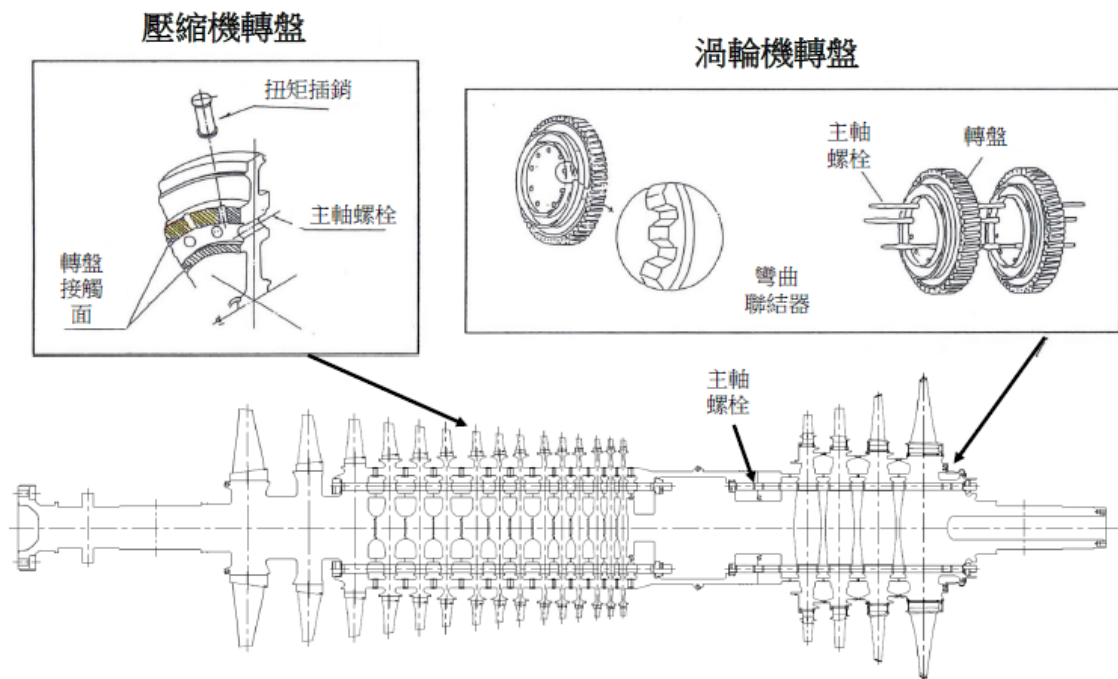


圖 3-3-18 轉子的組成

氣渦輪機的效率隨著氣機的進氣溫度與塗層技術的提升而提升，如圖 3-3-19 所示，由最早 1970 年代 M501A 的進氣溫度 900°C 及效率為 30%，發展到 2010 年代 M501J 的進氣溫度 1600°C 及效率為 42%，而氣機能夠承受這麼高的溫度，有賴於材料的改進、冷卻技術的改進，以及隔熱塗層的技术提升。在 D 型、F 型及 G 型氣渦輪機，即使燃氣由 1250°C 提升至 1500°C ，第 1 至第 3 級葉片的溫度並無太大變化，除了第 4 級的動靜葉片外，因其為是非冷卻型，如圖 3-3-20。

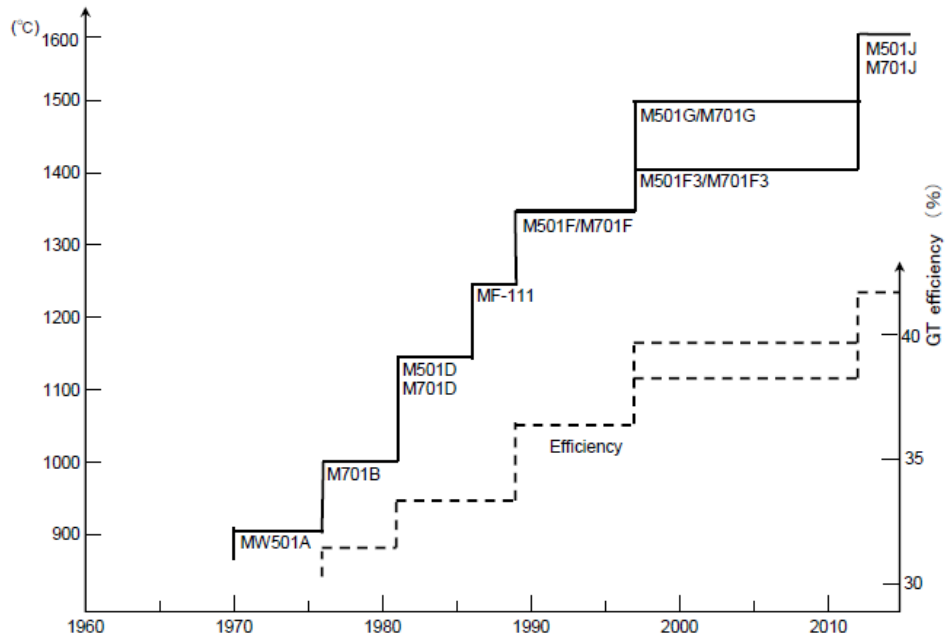


圖 3-3-19 進氣溫度與氣渦輪機效率

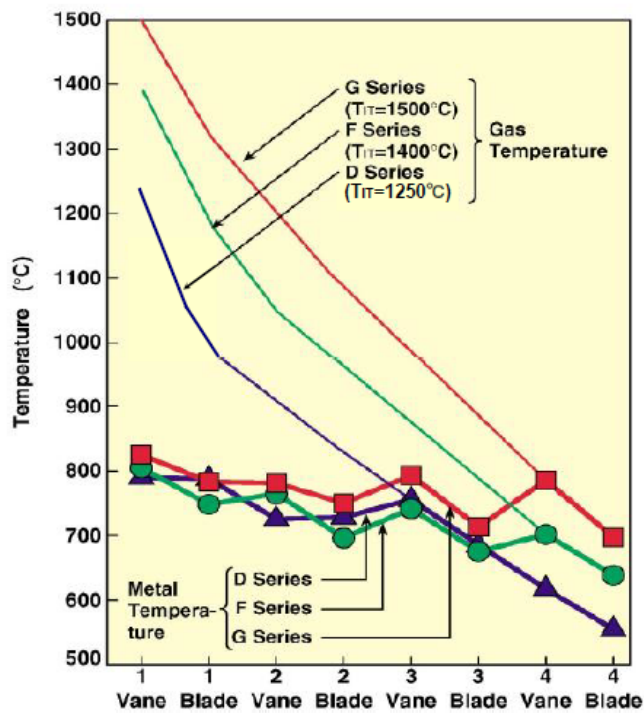


圖 3-3-20 各級葉片溫度

葉片藉由隔熱塗層的保護而能隔絕外部的高溫，維持在較低的溫度，使氣渦輪機的運轉溫度能提高，因而提高氣渦輪機的效率，隔熱塗層一般都是使用陶瓷材料，如圖 3-3-21。此外透過葉片本身不同的內部結構設計，來應用各種冷卻技術，如對流冷卻、衝擊冷卻、薄膜冷卻、以及全面式薄膜冷卻，每一種冷卻方式的效果與空氣的消耗量皆不相同，葉片的設計即結合各種冷卻方式以達最佳冷卻效果，如圖 3-3-22。

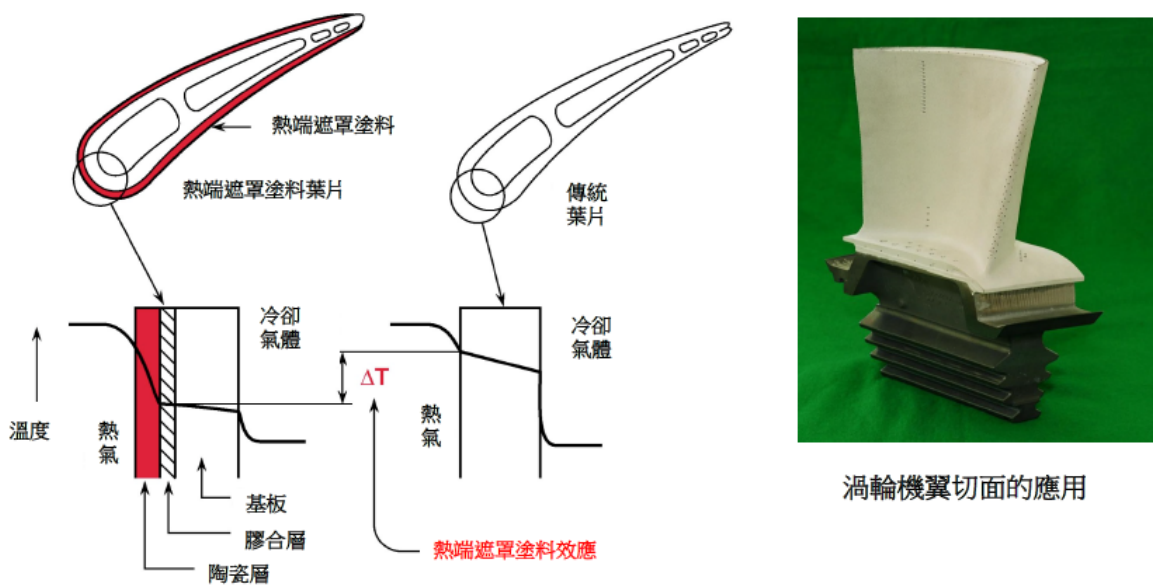
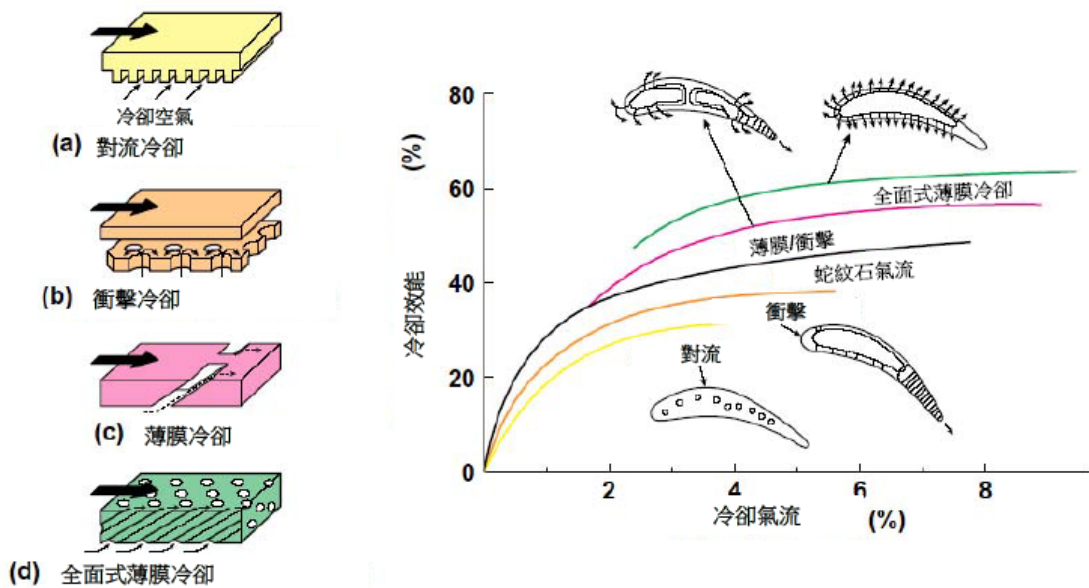


圖 3-3-21 葉片 TBC 塗層



如圖 3-3-22 各種冷卻方式

藉由控制多個噴嘴的啟閉，及燃料的預混，來控制排氣的 NOX，故取消原有 By-Pass Valve 的設計。圖 3-3-23 為機組啟動及停機時，各噴嘴開啟及關閉的時機。因無 By-Pass Valve，故燃燒室的維修空間較大，如圖 3-3-24。有別於以往的機組設計，J 型氣渦輪機可不用拆氣機外殼，就可以直接抽出燃燒筒，增加維護的便利性，如圖 3-3-25。

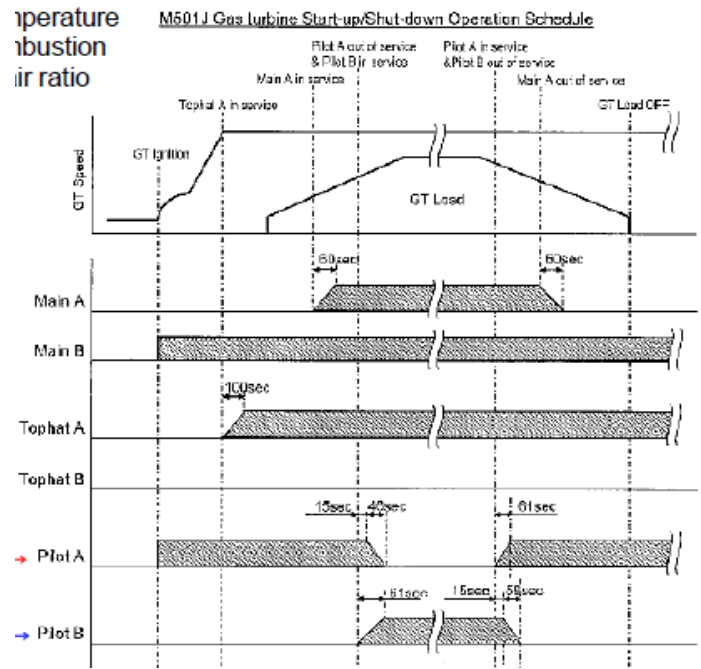


圖 3-3-23 各噴轉的啟閉程序

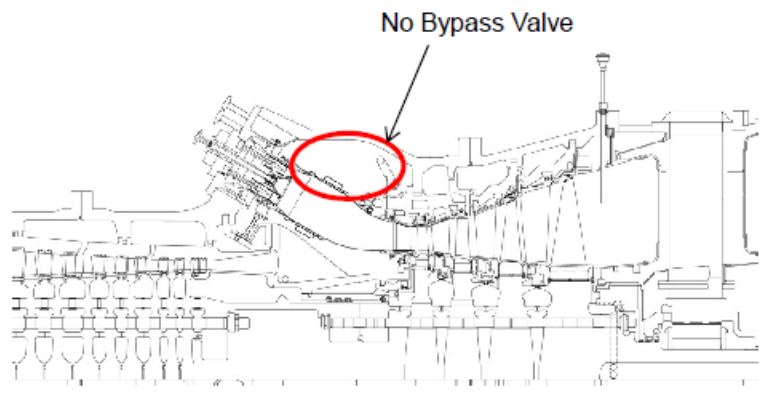


圖 3-3-24 無 Bypass 閥

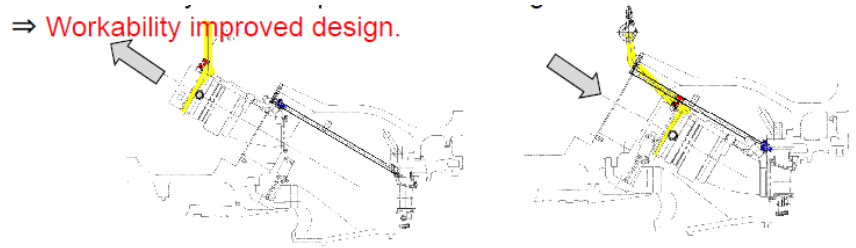


圖 3-3-25 燃燒筒的拆裝

最後談到溫度的監視，①轉子冷卻空氣溫度、②#2 轉盤腔溫度、③#3 轉盤腔溫度、④#4 轉盤腔溫度、⑤#4 級轉盤下游溫度、⑥動葉片路徑溫度，如圖 3-3-26。而氣機各級動葉片寂靜葉片都可以透過探視孔用內視鏡檢查，而不必開蓋。

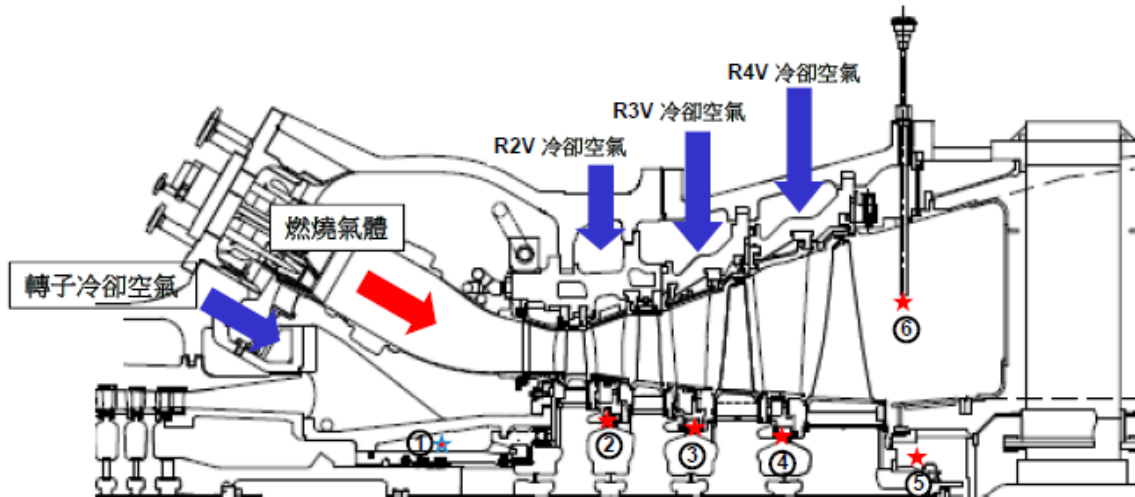


圖 3-3-26 溫度量測

四、M501J 氣渦輪機的維護

M501J 氣渦輪機每 12,000EOH (Equivalent Operation Hour)，須執行定期大修一次，大修分為三種，即 CI (Combustor Inspection)、TI (Turbine Inspection) 及 MI (Major overhaul Inspection)，其中最重要的工作就是檢查與更換暴露在高溫環境下的熱元件 (Hot Gas Path Parts)，熱元件是有使用壽命的，故熱元件的更換採取 Roll in-Roll out 的方式進行，即大修時將熱元件拆下，換上新的或再生的熱元件，拆下的熱元件經過檢查，若可整修即予再生處理供下次使用，否則即予廢棄，如圖 3-4-1 所示，三種定期大修之比較如圖 3-4-2 所示，圖 3-4-3 為更換第 2 級靜葉片情形，圖 3-4-4 為更換 4 級氣機動葉片情形。

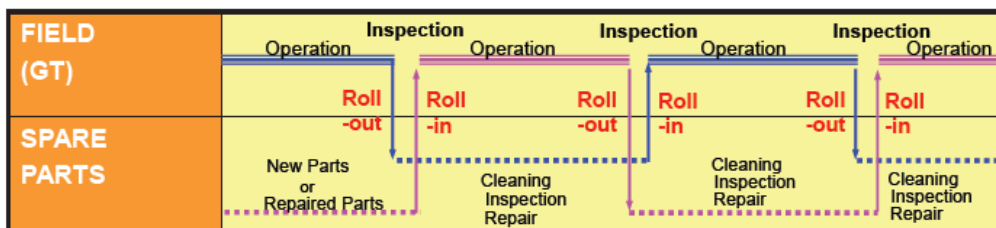


圖 3-4-1 大修排程

(一) CI 主要工作內容

- 更換燃油噴嘴、燃燒室渦流器與燃燒襯套
- 重複使用的零件應施行非破壞檢查
- 壓縮機與氣機葉片實施內視鏡檢查
- IGV、VV 與燃油控制閥進行調校
- 無需拆解任何外缸

(二) TI

- 除 CI 更換之熱元件見外，氣機動葉片、靜葉片以及 Ring Segment 必需更換
- 重複使用的零件應施行非破壞檢查
- 壓縮機葉片實施內視鏡檢查
- IGV、VV 與燃油控制閥進行調校
- 應拆解燃燒室與氣機外缸

(三) MI

- 更換之熱元件同 TI
- 軸承及壓縮機動靜葉片應施行非破壞檢查
- 應實施含閥調整在內的儀表零件校準
- 氣機軸與發電機軸須對心
- 所有外缸及轉子需拆解吊出

Major parts	Combustor parts	Turbine parts	Compressor parts	Combustor cylinder	Turbine cylinder	Other cylinder	Rotor
Combustor Inspection	✓						
Turbine Inspection	✓	✓		✓	✓		
Major overhaul Inspection	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

圖 3-4-2 定期大修的比較

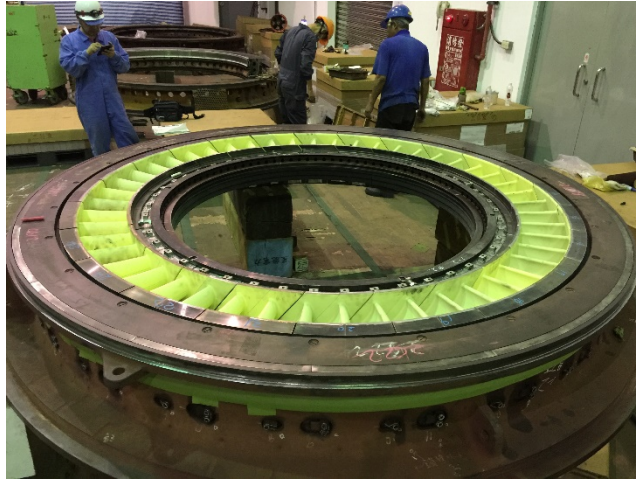


圖 3-4-3 更換第 2 級靜葉片



圖 3-4-4 更換 4 級氣機動葉片

除了 IGV 外，#1-#3 級葉片變槳連桿機構亦裝設在靜葉片外殼上，所以在拆壓縮機外缸時須先拆變槳機構的水平螺栓，如圖 3-4-5。

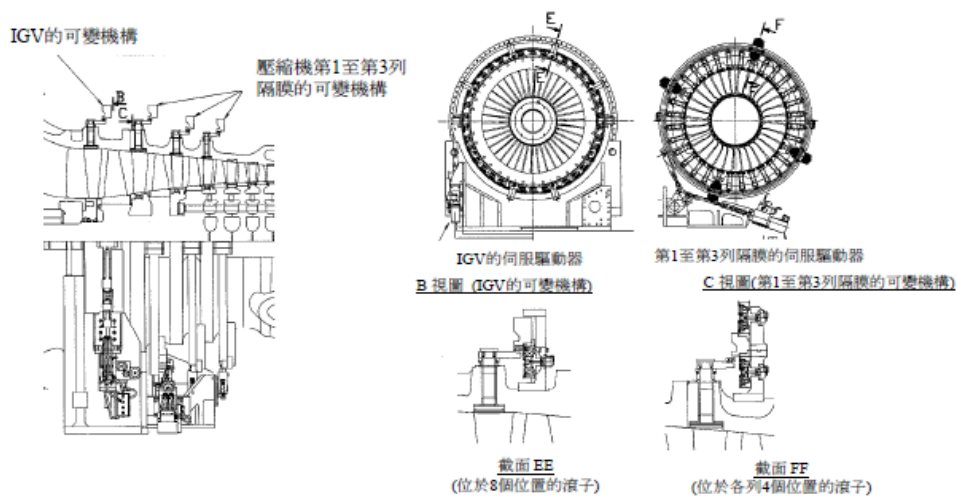


圖 3-4-5 壓縮機外缸拆解

氣機轉子與發電機轉子之間有一只連接管，在 MI 吊轉子時，必須先將該連接管拆除，如圖 3-4-6。

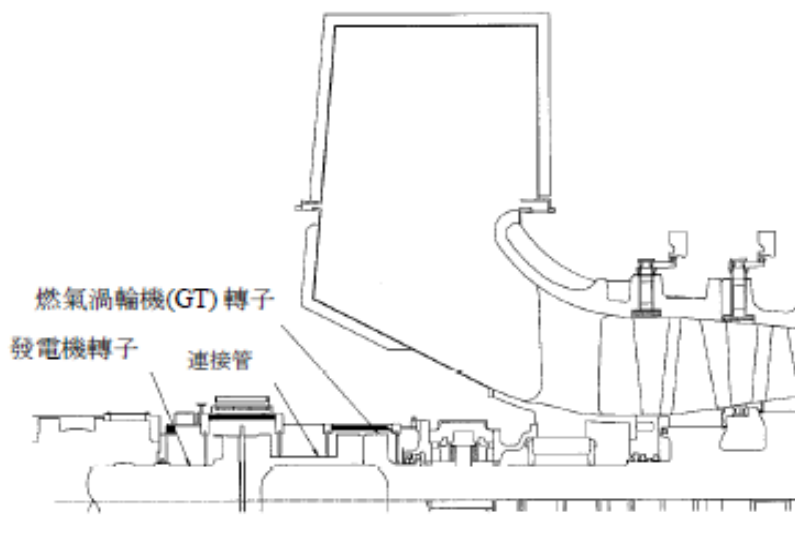


圖 3-4-6 氣機轉子與發電機轉子間的連接管

共有 6 個燃料噴嘴系統，包括 Top Hat A 噴嘴、Top Hat A 噴嘴、Pilot A 噴嘴、Pilot B 噴嘴、以及 Main A 與 Main B 噴嘴，因此拆裝這些管路會比較耗時，如圖 3-4-7。

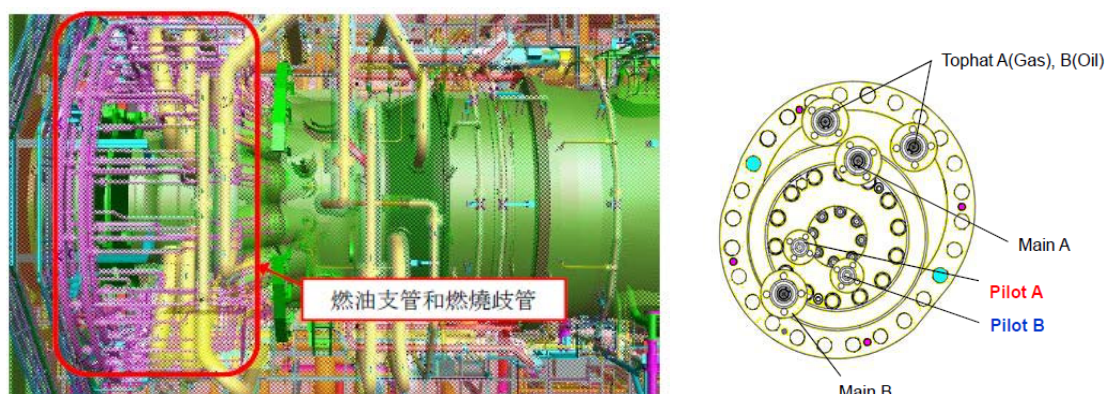


圖 3-4-7 複雜的燃料噴嘴

氣機的第 1 級及第 2 級 Blade Ring 結為一體，且第 1 級靜葉片需沿軸向拆解，要吊第 1,2 級 Blade Ring 前，要先把第 1 級靜葉片拆下，回裝時，Blade Ring 安裝後，再回裝第 1 級靜葉片，如圖 3-4-8。

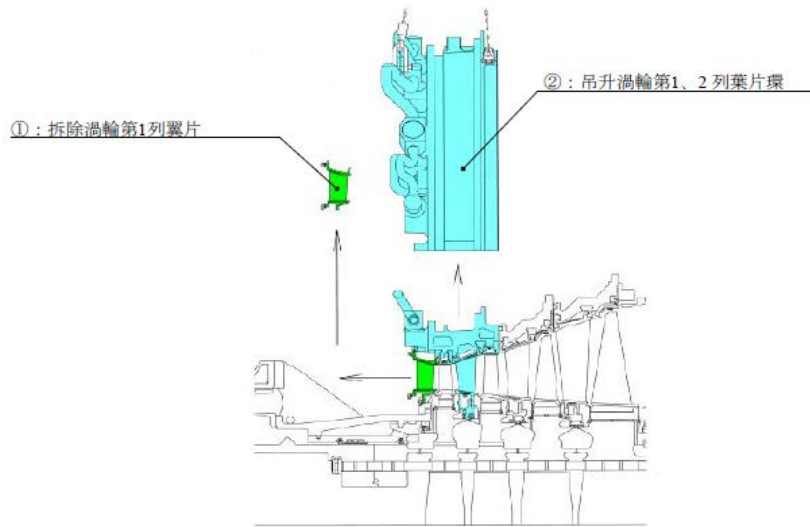


圖 3-4-8 氣機第 1、2 級葉片環

除第 3 級動葉片葉根有彈簧外，因第 3 級葉片比較重，使用彈簧可減少葉根接觸面磨損，故第 3 級葉片葉根亦有彈簧，如圖 3-4-9，注意在拆氣機第 3、4 級動葉片前，其根部之彈簧要先拆除。尤其在拆裝氣機第 3 級動葉片時，注意不要傷到第 4 級零件，如圖 3-4-10。

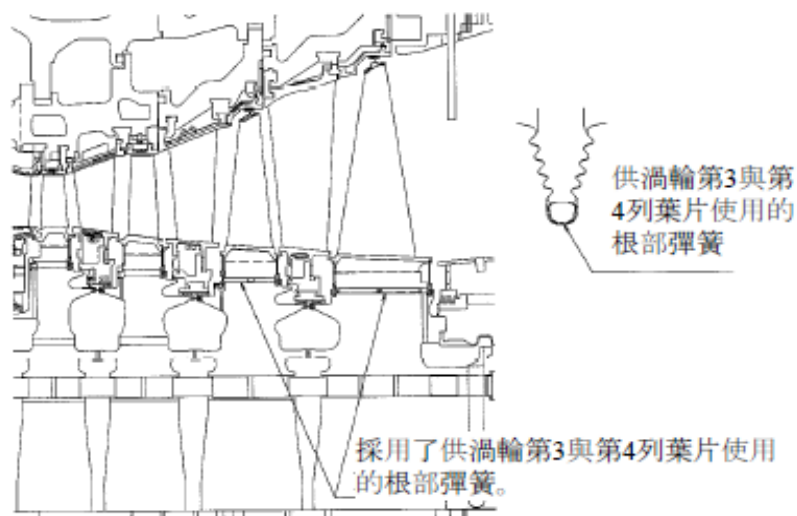


圖 3-4-9 氣機第 3 級葉片根部彈簧

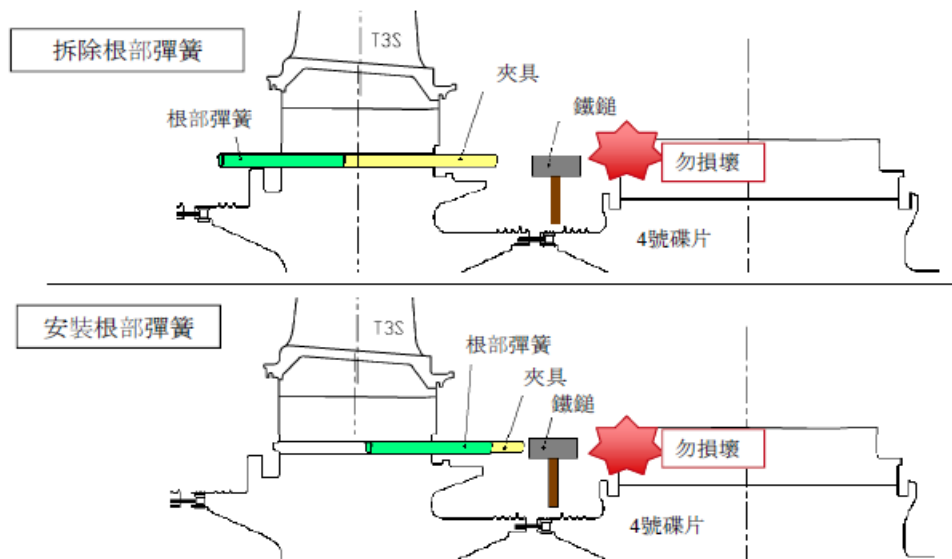


圖 3-4-10 第 3 級葉片的拆解

冷卻空氣歧管與燃燒室外缸是分開的結構，不過在吊升時，不須拆解轉子冷卻空氣管路，冷卻空氣歧管應該要和燃燒室外缸一起吊，如圖 3-4-11。

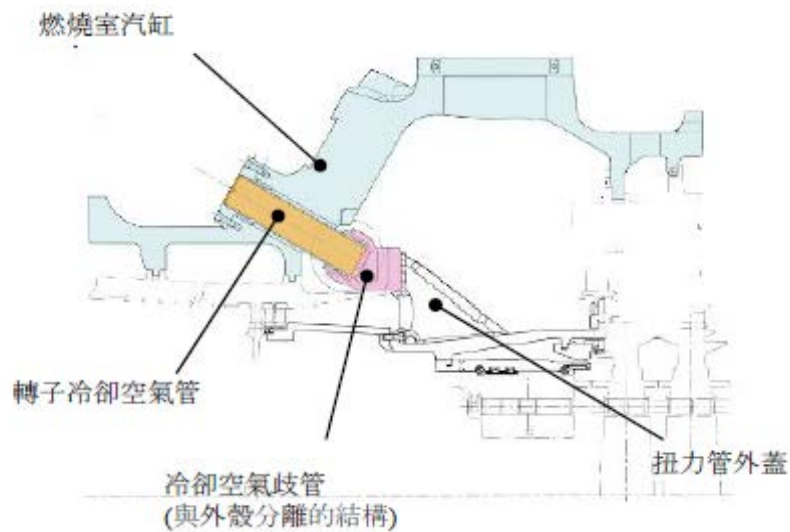


圖 3-4-11 冷卻空氣歧管

為了降低葉片的溫度，氣機第四級葉片多了冷卻空氣管路，其冷卻空氣是由氣機軸端來供應，當氣機端的軸承蓋吊起後，該冷卻空氣管路也要吊走，才有辦法拆吊排氣殼下蓋，如圖 3-4-12。

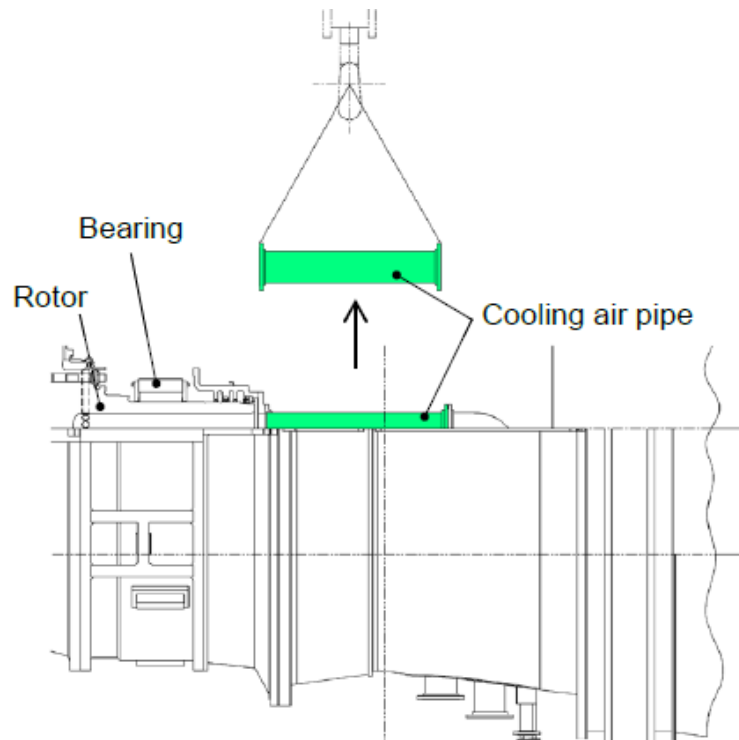


圖 3-4-12 冷卻空氣管路

進行 MI 大修工作時，外缸的拆解順序，如圖 3-4-13 所示，燃燒室外缸及氣機外缸可一起吊，不必拆開。

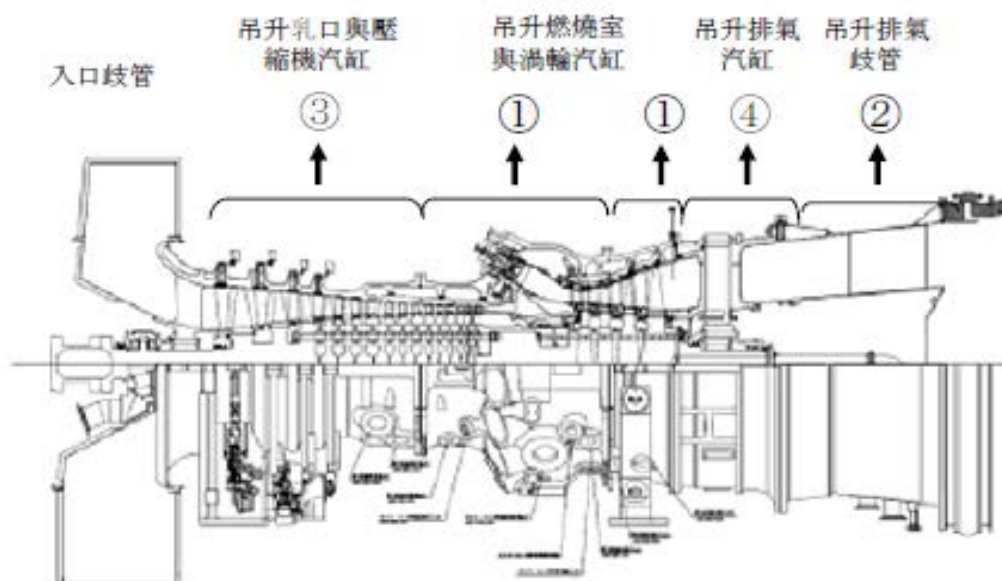


圖 3-4-13 外缸拆解順序

在燃燒器外缸及氣機外缸一起吊出前，冷卻空氣岐管螺絲及燃燒筒需先拆除，如圖 3-4-14。

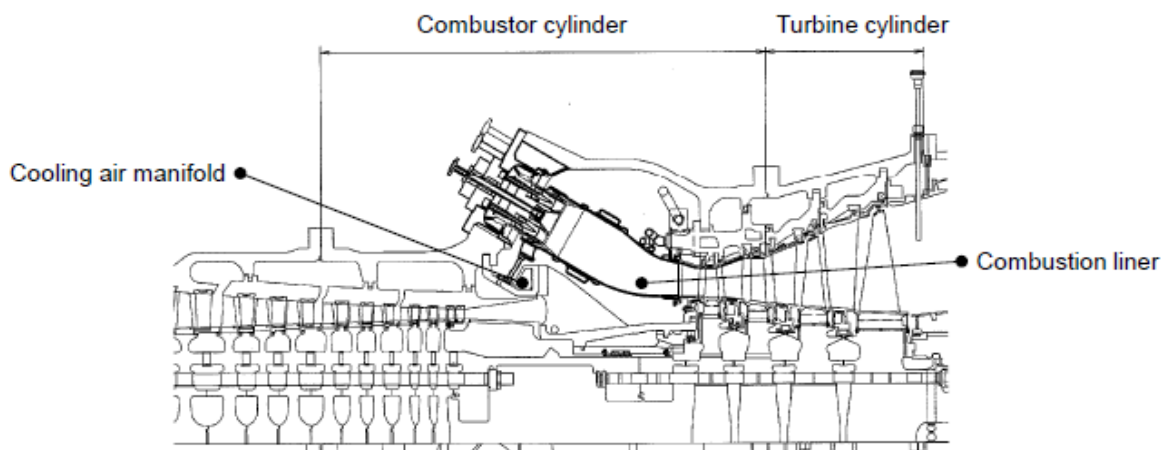


圖 3-4-14 冷卻空氣岐管螺絲及燃燒筒

肆、 研習心得與建議

三菱重工早在 1884 年就開始它的事業版圖，距今已超過 130 年的歷史，從早期發展重工業開始，生產出第一台蒸氣鐵殼船、第一台坦克，甚至零式戰鬥機，二次大戰後開始轉而生產汽車、冷氣等消費性產品，直到現在其產品已涵蓋陸海空、國防工業及外太空，其中能源部門生產的氣渦輪機組已行銷全球各地，其產品已臻世界領先地位。由三菱公司與日立公司，將過去各自發展的發電機組生產製造部門合併，合資成立的 MHPS 公司，納入 1962 年即開始生產發電機組的高砂製作所，自 1991 年結束與西屋公司技術合作後，即開始自主研發氣渦輪機組，從早期 D 系列氣機進氣溫度 1250℃，發展到現在 2013 年 J 系列，結合先進的葉片隔熱塗層技術、先進的冷卻技術，以及最佳化的 3D 葉片設計，氣機進氣溫度已達 1600℃ 水準，為業界最先進。截至 2015 年 5 月為止，三菱公司已接獲 M501J 共 36 台訂單，其中在韓國境內四個電廠有 10 部機組已經商轉，唯此機組雖已通過三菱公司實際運轉測試，也有機組已經商轉，但其運轉實績仍然不久，其效率及可用率有待持續觀察。

通霄電廠#1-#3 改建工程於 103.9.12 基樁開工，經重新檢討周邊工程之配合時程，商轉日期於 104.9.18 經行政院核定延後，修訂後之商轉日期為 106.07.01、107.01.01、107.07.01。目前三菱公司氣渦輪機組在台灣裝置情形，如表 4-1-1。

表 4-1-1 三菱公司氣渦輪機組

電 廠	機組型式	容 量
星能電力彰濱電廠#1	MHI M501F	159.8Kw x 2
森霸電力豐德電廠#1-#2	MHI M501F	159.8Kw x 4
大潭電廠#1-#2	MHI M501F	153.5Kw x 6
大潭電廠#3-#6	MHI M501G	233.9Kw x 8
通霄電廠#1-#3	MHI M501J	289.88Kwx 6

大多數氣渦輪的大修周期為 8,000 EOH，大潭電廠#3 機 M501G 升級後機組的大修周期延為 12,000 EOH，而 MHI 501J 的大修周期為 12,000 EOH，相對來說比較長。為縮短大修作業的時間，大修模式還是採用現行的 Roll-in & Roll-out 方式。

三菱公司若有機組升級建議，應可仔細評估採用，雖需投入升級的費用與人力，但或可提升機組效率，或可延長大修週期，進而增加機組發電量，長遠來看應是有利的。

M501J 機組在國內尚無大修經驗，通霄機組更新工程正進行中，可參與該工程所舉辦的相關教育訓練課程，或可適時派員赴國外 M501J 氣渦輪機組電廠觀摩實際大修情形，以提早瞭解機組結構，及大修週期與程序，收集充分資訊，為大修工作預作準備。