

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

# 新建燃氣火力電廠規劃設計

## 研習報告

服務機關：台灣電力公司  
出國人 職 稱：機械工程師  
姓 名：黃文龍(685584)  
出國地區：日本  
出國日期：89.11.30-89.12.13  
報告日期：90.2.13

63/008907503

# 新建燃氣火力電廠規劃設計

## 研習報告

### 目 錄

章節	內 容	頁次
一、	國外公務之內容與過程	2
二、	國外公務心得報告	2
	(一) 前言	2
	(二) 新型燃氣氣渦輪機	3
	(三) 廢熱鍋爐	11
	(四) 蒸汽渦輪機	13
	(五) 最高效率燃氣複循環機組	14
三、	公務感想與建議	15

## 一、國外公務之內容與過程

1. 89.11.30~89.11.30 往程(台北—日本大阪)
2. 89.12.01~89.12.10 大阪(實習新建燃氣火力電廠  
規畫設計)
3. 89.12.11~89.11.12 東京(實習新建燃氣火力電廠  
規畫設計)
4. 89.12.13~89.12.13 返程(東京—大阪—台北)

## 二、國外公務心得報告

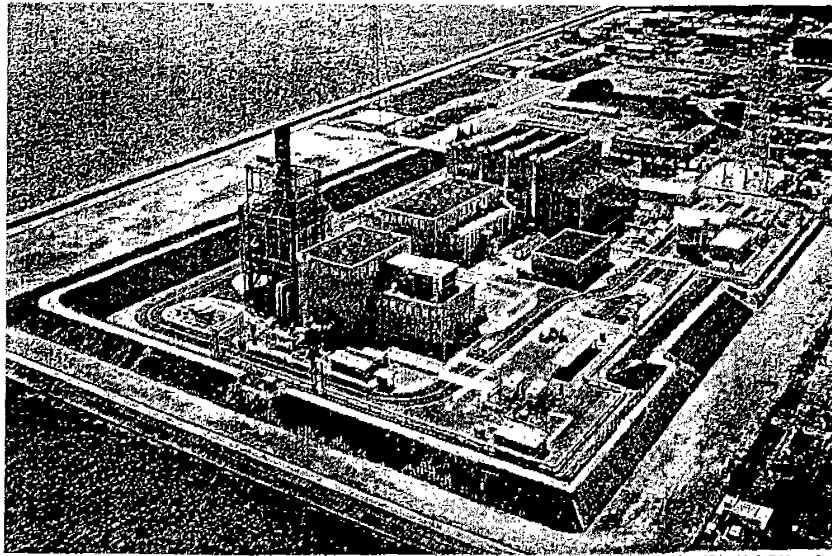
### (一)、前言

三菱重工(MHI)公司曾提供本公司大林 1~5 號機、興達 1、2 號機與協和 1~3 號機蒸汽輪發電機，歷史悠久，且 MHI 與美國西屋公司合作，現已成為日本最大發電機製造廠。目前本公司核四廠之汽輪機及南部第四號複循環機組亦由該公司設計、規畫及製造中。

MHI 公司近年來於發電機組之研究相當有成就，如進歩型燃氣渦輪機 F 型、G 型至目前的 H 型等都相當具有競爭性；其複循環機組的組合更是由效率 40% 提升到近 60% 的最高機

型，發電量亦由最基本的 4MW 到 600MW 都能供給，可說是近代世界上相當知名的發電發電機設備公司。

本次報告將分別敘述至 MHI 公司實習之新型燃氣氣渦輪機，廢熱鍋爐，及最高效率複循環機組等設備規劃設計。



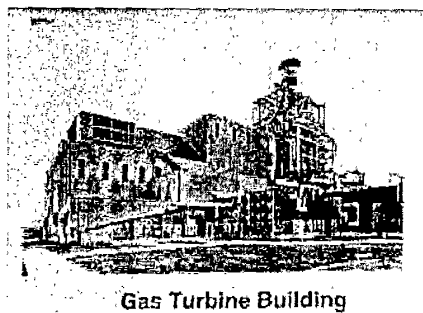
## (二)、新型燃氣氣渦輪機

氣渦輪機以空氣與燃料混合燃燒而膨脹作功，俱有能利用高溫度熱量之特性，為提高氣渦輪機發電之熱效率多朝提高進口燃燒溫度努力，較高燃燒溫度係可經由改善噴嘴及葉片之材料及對噴嘴及葉片空氣冷卻之應用設計而達成，同時合金材料、防腐蝕及葉片表面保護系統之發展使得燃料之使

用較具彈性。

MHI 近年來研發的進步型燃氣渦輪機有 M501F/M701F 型、M501G/M701G 型及 M501H/M701H 型(5 系列為 60Hz, 7 系列為 50Hz)，其單機發電量分別為 185MW、230MW 及 300MW 以上；其中 M501H/M701H 機型目前尚在測試中，並未在市場上有運轉的紀錄。M501F/M701F 機型於 1989 年完成廠內負載測試，1992 年完成首部機商轉至今已運轉 5000 小時以上；M501G/M701G 型首部機商轉完成於 1997 年。

MHI 公司為測試新型氣渦輪機之性能，於該公司廠內建一測試發電廠，目前測試 501G 型機，以天然氣為燃料，夏天接受關西電力公司調度運轉約半年，冬天做維修改進工作。該機至今已運轉四個夏天，進氣溫度大部份在 1440°C ~1500°C 之間，複循環之發電量是 310MW。該測試發電廠，同時又做較新型之 501H 型機測試。(圖 2-2-1)

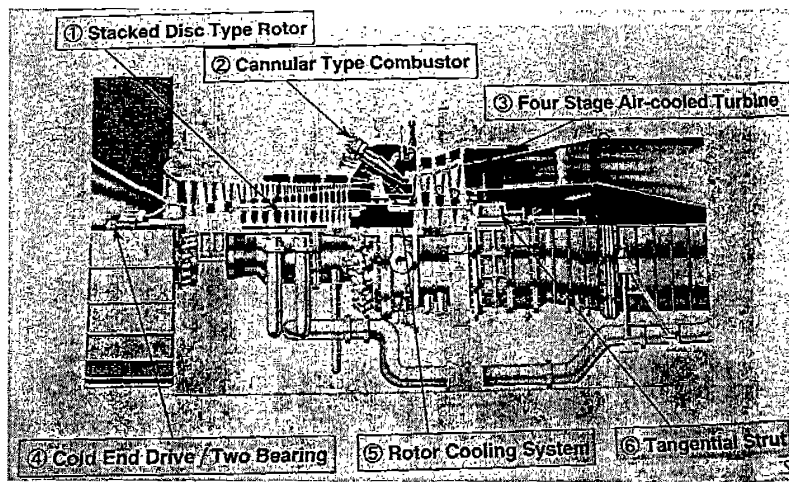


G 型為 F 型的進步的機型，F 型與 G 型在技術上大部份

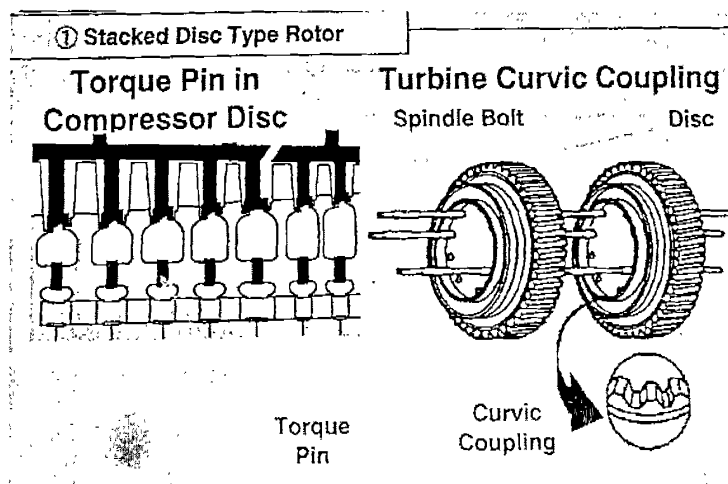
相當，尚有一些是改進氣渦輪機在高溫高壓運轉時衍生的問題，如材料，冷卻與排廢氣等。下列是對 M501G/M701G 機型及 M501F/M701F 機型相關敘述：

(1)、M501F/M701F 機型(圖 2-2-1-1)

F 機型的氣渦輪機有下列六點特殊設計：

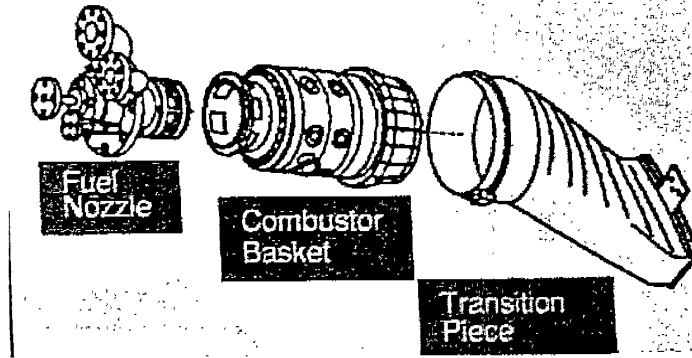


a. 壓縮機之堆積盤型轉子(Stacked Disc Type Rotor, 圖 2-2-1-2)



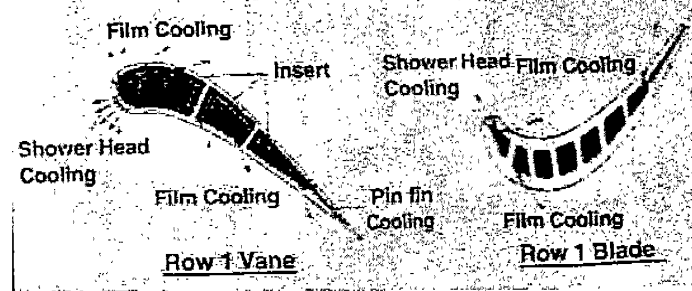
b. Cannular 型燃燒器(Combustor, 圖 2-2-1-3)

### ② Cannular Type Combustor



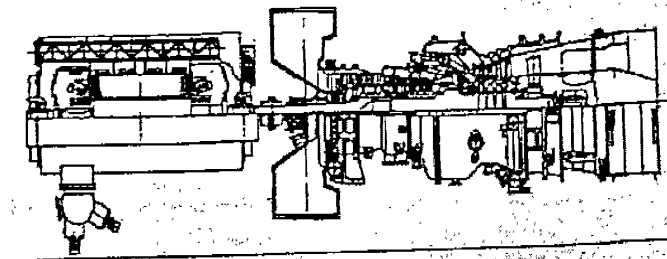
c. 氣冷式渦輪機(Air-cooled Turbine, 圖 2-2-1-4)

### ③ Air-cooled Turbine

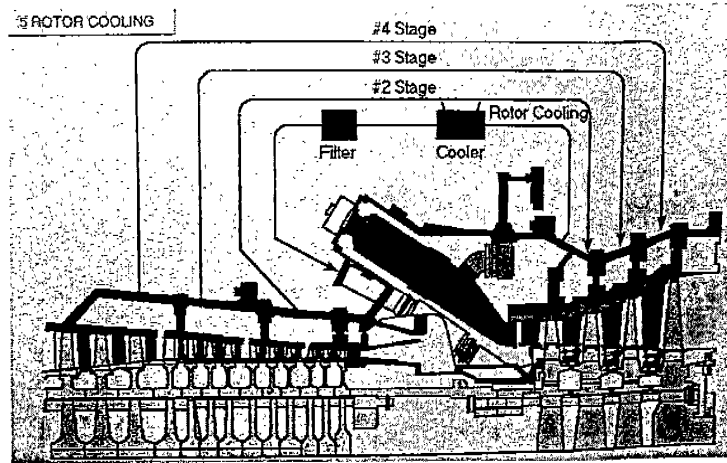


d. 冷端驅動器(Cold End Drive,圖 2-2-1-5)

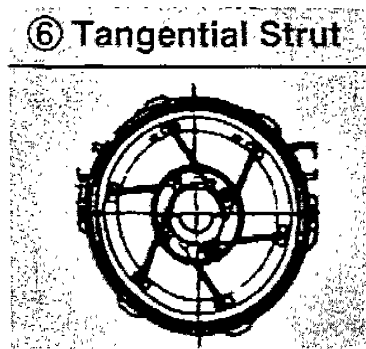
### ④ Cold End Drive



e. 轉子冷卻(Rotor Cooling, 圖 2-2-1-6)



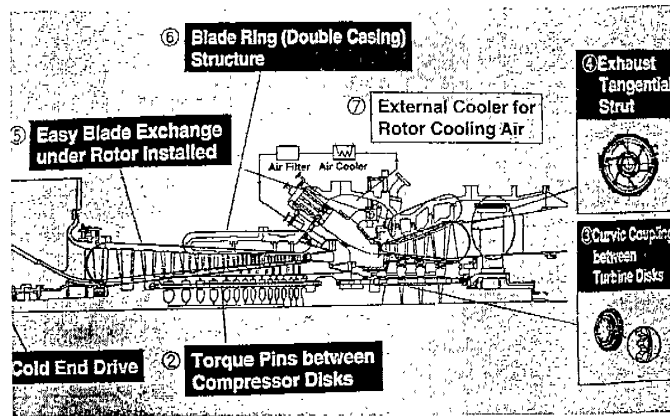
f. 切線式的 Strut (Tangential Strut, 圖 2-2-1-7)



(2)、M501G/M701G 機型(圖 2-2-2-1)

G 機型的氣渦輪機有下列七點特殊設計：





- a. 冷端驅動器(Cold End Drive)
- b. 壓縮器盤面間之扭矩鎖(Torque Pins between Compressor Discs)
- c. 渦輪機盤面間弧線型耦合器(Curvic Coupling between Turbine Discs)
- d. 排氣切線式的 Strut (Exhaust Tangential Strut)
- e. 轉子安裝時可容易置換翼片(Easy Blade Exchange under Rotor Installed)
- f. 雙殼式翼片環結構 (Blade Ring Structure—Double Casing)
- g. 轉子冷卻空氣之外部冷卻器(External Cooler for Rotor Cooling Air)

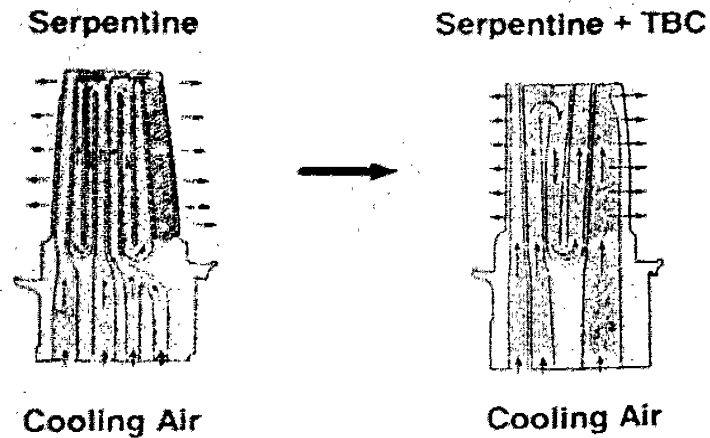
(3)、F 機型與 G 機型的比較

a. 燃料溫度與出力：

F 機型的最高燃燒溫度為  $1350^{\circ}\text{C}$  及單機出力為  $185\text{MW}$ ，G 機型的最高燃燒溫度為  $1500^{\circ}\text{C}$  及單機出力為  $230\text{MW}$ 。

b. 渦輪機第一級葉片的冷卻空氣於翼片內的路徑(圖

2-2-3-1)使 G 機型的溫度可達  $1500^{\circ}\text{C}$ ，F 機型的溫度可達  $1350^{\circ}\text{C}$ 。



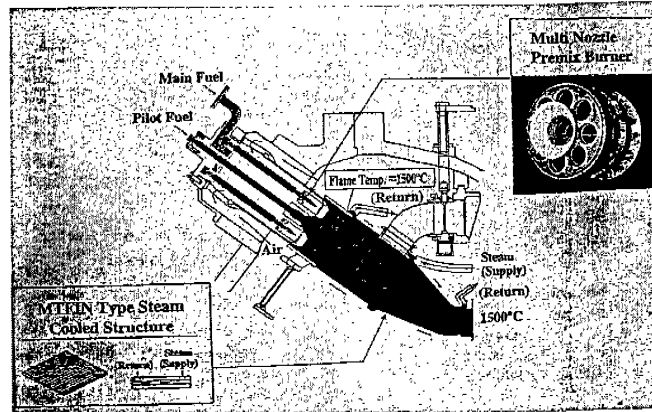
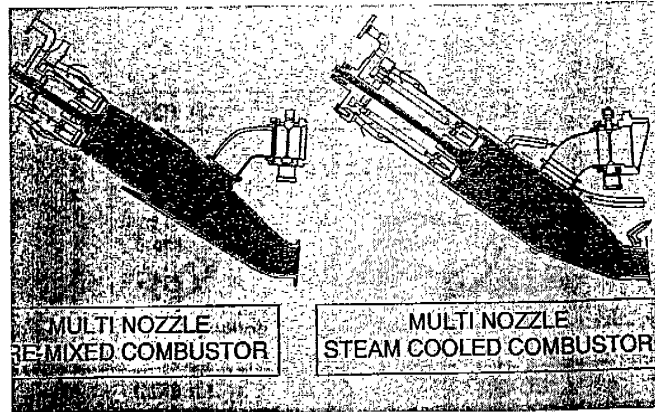
c. 組合複循環機組效率(C/C Efficiency)：

F 系列的組合可達  $55\%$ ，G 系列的組合可達  $58\%$ 。

d. 燃燒器：

F 系列燃燒器為多噴嘴式先混合型燃燒器(Multi Nozzle Pre-mixed Combustor)，其  $\text{Nox}$  排放量可達  $25$

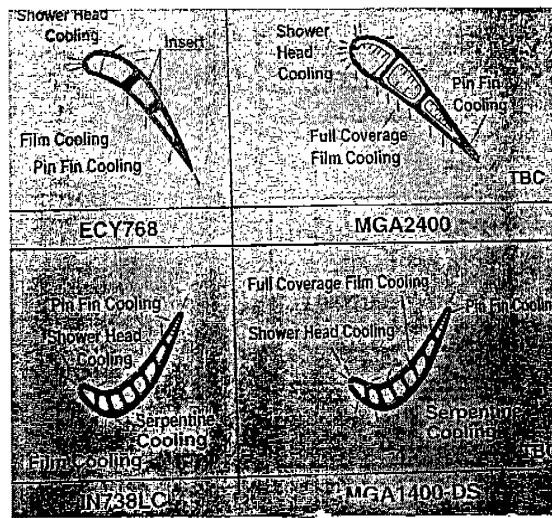
ppm；G 系列燃燒器為多噴嘴式蒸汽冷卻型燃燒器 (Multi Nozzle Steam Cooled Combustor)，其 Nox 排放量可達 15 ppm 以下。(圖 2-2-3-2)



e. 第一級動、靜葉片之結構與材質(圖 2-2-3-3)：

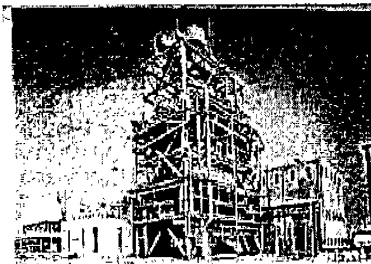
F 系列之動、靜葉片材質為 ECY768 及 IN738LC；F

系列之動、靜葉片材質為 MGA2400 及 MGA1400-DS。



### (三)、廢熱回收鍋爐(Heat Recovery Steam Generator, HRSG)

MHI 規劃 HRSG 設計基楚在 HRSG 供應廠商的設計以符合氣渦輪機排放高溫熱氣回收產生蒸汽之用。HRSG 之規劃設計主要依循高可靠性、高性能及與氣渦輪機運轉上服相互配合。



HRSG

MHI 所規劃的 HRSG 可為直立式或臥式，亦可為自然或強制循環式；近來為提昇整體複循環機組及 HRSG 之效率已將原 HRSG 之壓力級由一級、二級到三極，且更加上預熱

器及再熱器，讓廢熱可有效的利用使整廠效率達到最佳、最好的狀態。

HRSG 中主要設備有下列幾項：

- (1)、低壓冷凝水預熱器(Condensate Preheater)：此設備主要可將冷凝器由 60°C 提昇到 150°C。
- (2)、低、中、高壓省煤器(Economizer)：低溫飼水經省煤器加熱後成飽和飼水，再送入汽鼓中。
- (3)、低、中、高壓蒸發器(Evaporator)：將汽鼓飽和飼水經循環泵送入蒸發器加熱，飼水蒸發成飽和蒸汽後再回到汽鼓。
- (4)、低、中、高壓過熱器(Superheater)：汽鼓中經汽水分離出來的乾蒸汽進入過熱蒸汽，將蒸汽加熱到蒸汽渦輪機工作溫度，再送入蒸汽渦輪機中作功發電。
- (5)、低、中壓再熱器(Reheater)：將高壓或中壓蒸汽渦輪機作完功的蒸汽再送回再熱器加熱，使蒸汽溫度可達下一壓力級之狀態。

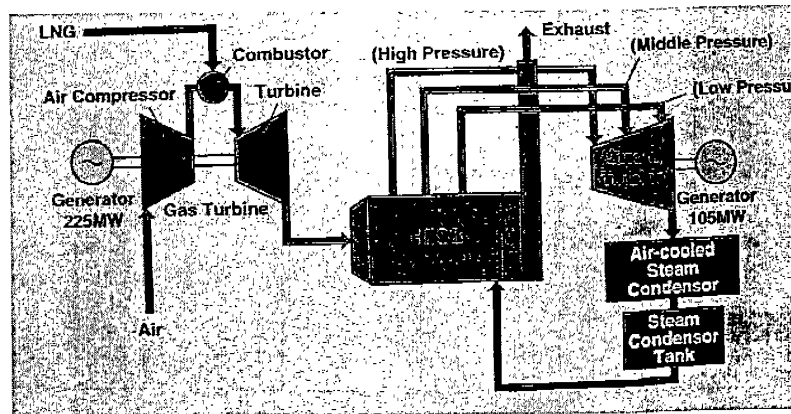
#### (四)、蒸汽渦輪機

蒸汽渦輪機完全靠蒸汽之動力作用來作功。蒸汽在通道或噴嘴中會產生壓力降，由於此壓力降而使若干份量之熱能轉換成機械動能，致蒸汽可以更大之速度移動。蒸汽迅速移動之水分子進入汽渦輪機之運動部份，使其運動方向變更，此項運動方向之變更，使動量變化升高，從升高力量之變化，構成機器之驅動力量轉動汽渦輪機。

MHI 近代大型汽渦輪機係由實際設計及製造上考慮決定，多由多段(Sections)或筒(Cylinders)構成，包括串列(Tandem，在同一軸上)及並列複式(Cross-Compound，在兩平行軸上)配置。各段的安排成串列，但若考慮蒸汽流動，則低壓段可以並列操作。

### (五)、最高效率燃氣複循環機組

MHI 發展最高效率燃氣複循環機組為空氣進入空氣壓縮器(Air Compressor)，壓縮至燃燒器內與 LNG 燃料點燃後的燃料混合燃燒成高溫高壓的氣體，再流入渦輪機內膨脹作功發電，此為第一段發電；作完功的高溫廢氣(約 550°C~500°C)排放至廢熱鍋爐，利用高熱將飼水加熱成蒸汽，蒸汽再近入蒸汽渦輪機作功發電，此為第二段發電。由此，以 LNG 為燃料，使用氣渦輪機與蒸汽渦輪機作功發電，即稱為複循環機組。(圖 2-5-1)



MHI 所發展的最高複循環機組是將上述各設備最佳之狀態組合，以達到近 60% 高的效率，其組合的方式更是為追求高可靠度、高出力與高效率的目標做最完美的規劃與設計。

複循環發電系統之特色有下列幾項：

- (1)、熱效率高：傳統火力發電效率近年來已提高到 40%以上的高效率；然複循環機組之效率可由 50%到 60%，其憑藉著複循環效率高、起動停機時間短，損失較小等優點。
- (2)、起動時間短：傳統火力發電在停機八小時後起動到額定出力之起動時間通常至少約 2~3 小時，而複循環機組約半至一小時即可滿載併聯。
- (3)、複循環排水量較少。
- (4)、部份負載時熱效率下降少。
- (5)、最大出力會隨大氣溫度而變化。
- (6)、使用較乾淨之燃料。

### 三、公務感想與建議

當前蒸汽渦輪發電機的發展，因受限於容量、壓力、溫度、材料等因素，而影響其設計之取向。甚而為因應全球環境保護意識的抬頭，環保觀念在蒸汽渦輪機研究發展的領域中，更是被列為首要的考慮因素，提高效率降低成本，精簡人員，系統控制，學習成長環境，電廠公園化，環境保護教育等等無一不朝向“人性化哲理”的發展研發。MHI 公司近年來，在燃氣複循環電廠之研發中，確實也順應世界潮流，全以電腦系統來對整廠的設計、規



劃、製程控制、運轉及保養等做出有效、可靠、安全的控制，間接地提高了電廠的效率及可信度。

台灣經濟發展，現今正值轉型及升級時期，用電量更相對的每年大幅成長，而近年來，全球環保意識影響所致，加上台灣因社會型態改變，政治民主化，民眾對環境保護的各種要求也日漸提高，致使電力建設在台灣變得日益困難，甚而每年均須面對尖峰時的限電危機，長此以往勢將嚴重影響台灣經濟的長遠發展。

所以如何在兼顧經濟發展與環境保護兩者之矛盾，取得兩贏之中庸之道，應是目前公司最重要之課題，依據職此次參觀研習，對於公司電力發展職有幾點建議：

- (1)、應多舉辦各種研習、再教育課程，以提供員工充電與第二專長的機會，也為未來公司民營化之因應。
- (2)、對全球發電設備與系統的新發展與新技術須多作研究，以期公司的發電效率可達最高。
- (3)、應盡力宣導環保之重要，使員工建立正確的環保概念。並做好敦親睦鄰與教化之工作。