

出國報告（出國類別：實習）

大林電廠更新改建計畫鍋爐設備運作及材料評估選用實習

服務機關：台灣電力股份有限公司

姓名職稱：簡大舜 機械工程監

林傳宗 機械工程師

顏挺洋 機械工程師

派赴國家：日本

出國期間：103 年 10 月 01 日～10 月 28 日

報告日期：103 年 12 月 11 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：大林電廠更新改建計畫鍋爐設備運作及材料評估選用
實習

頁數 52 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

簡大舜/台灣電力公司/發電處/機械工程監/(02)2424-8111#530

林傳宗/台灣電力公司/核火工處鍋爐組/機械工程師/(02)2322-9539

顏挺洋/台灣電力公司/核火工處南部施工處鍋爐組/機械工程師/(07)871-1100#254

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：103.10.01~103.10.28

出國地區：日本

報告日期：103.12.11

分類號/目

關鍵詞：鍋爐、材料、空氣預熱器、鍋爐循環泵

內容摘要：(二百至三百字)

大林電廠更新改建計畫所採用廠家之超臨界鍋爐設備，赴當地實地研析相關設備技術規範及熟悉廠家規劃之設計理念及容量訂定、材料選擇之基準，提昇設計規劃之瞭解度。實習課程內容包含鍋爐概要、IHI 鍋爐設計特點、鍋爐材料選用、汽水系統、輔助蒸汽系統、粉煤機系統、燃燒器、軸流式風機、空氣預熱器、SCR 及鍋爐製造等之講解與

探討，參訪設備商之製作工廠及相關研究室，作為後續工程引進或修改之參考。

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

目錄

一、目的.....	1
(一)、緣起.....	1
(二)、實習目標.....	1
二、實習過程.....	1
三、實習內容摘要.....	2
(一)、鍋爐概要 Steam Generator Overview.....	2
(二)、IHI 鍋爐設計特點(Boiler Design Feature).....	3
(三)、鍋爐材料選用.....	7
(四)、汽水系統(Steam and Water System).....	8
(五)、輔助蒸汽系統(Auxiliary Steam System).....	12
(六)、粉煤機系統(Pulverizer System).....	13
(七)、輕油系統及燃燒器(Burner)系統.....	16
(八)、空氣、煙氣系統及軸流式風機(Primary Air Fan , Force Draft Fan , Induced Draft Fan).....	20
(九)、鍋爐循環泵(BCP).....	29
(十)、空氣預熱器(Air Preheater).....	31
(十一)、SCR(Selective Catalyst Reduction) System.....	45
四、鍋爐製造(IHI Aioi Works 相生工廠).....	50
五、心得與建議.....	53
參考文獻.....	53

一、目的

(一)、緣起

配合大林電廠更新改建計畫所採用廠家之超臨界鍋爐設備，赴當地實地研析相關設備維護技術及熟悉廠家規劃之設計理念及容量訂定、材料選擇之基準，提昇設計規劃之瞭解度。

(二)、實習目標

- 1、熟悉廠家之設計理念及材料選擇之基準，提昇對設計規劃之了解度。
- 2、藉由了解廠商之設計規劃概念、製造流程、測試、運轉、維護程序理念，使能正確運轉操作與維護以實現高機組效率之目標。
- 3、參訪設備商之製作工廠及相關研究室，作為後續工程引進或修改之參考。
- 4、通過廠家實習考試，取得結業證書。

二、實習過程

日期		地點	實習課程	課程內容
10月2日	10月3日	東京-IHI 總部	General Introduction	Steam Generator Overview Layout/Arrangement
10月6日	10月7日	東京-IHI 總部	General Introduction	System Description/P&ID
10月8日	10月10日	東京-IHI 總部	Design Operation & Maintenance(1)	Steam Generator
10月14日	10月15日	東京-IHI 總部	Design Operation & Maintenance(2)	Pulverizer & Burner System
10月16日	10月17日	東京-IHI 總部	Design Operation & Maintenance(3)	Steam Generator Auxiliaries
10月20日	10月21日	相生市-IHI 工廠	WorkShop Tour	Manufacturing of Steam Generator
10月22日	10月23日	東京-IHI 總部	Design Operation & Maintenance(4)	Steam Generator Auxiliaries
10月24日	10月24日	東京-IHI 總部	System Operation	Steam Generator Control Philosophy
10月27日	10月27日	東京-IHI 總部	System Operation	Water Quality/ Boiler cleanup

三、實習內容摘要

實習課程內容包含鍋爐概要、IHI 鍋爐設計特點、鍋爐材料選用、汽水系統、輔助蒸汽系統、粉煤機系統、燃燒器、軸流式風機、空氣預熱器、SCR 及鍋爐製造等講解與探討。實習內容說明如下：

(一)、鍋爐概要 Steam Generator Overview

鍋爐主要功能是将水經過層層的增加後，轉換成高溫高壓的蒸汽，藉以推動汽機(Steam Turbine)發電，主要流程如圖 1。

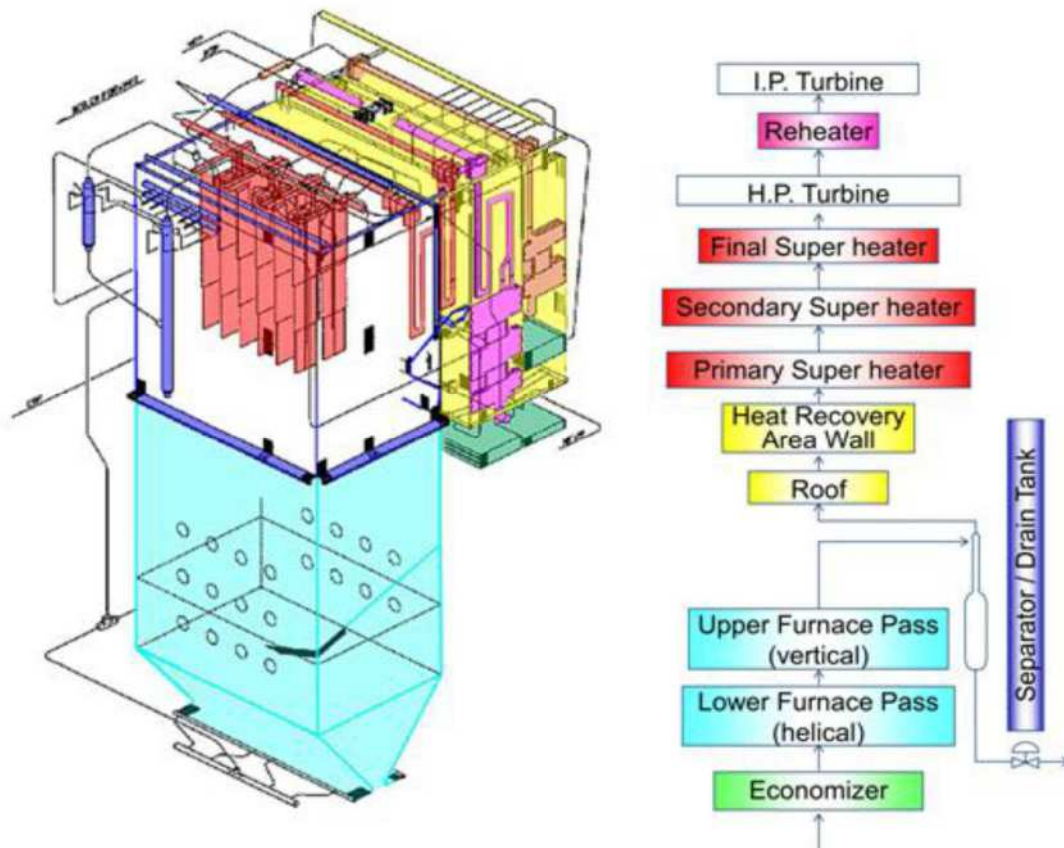


圖 1 鍋爐主要流程

(二)、IHI 鍋爐設計特點(Boiler Design Feature)

IHI 公司經過長時間的操作運轉許多機組之後發展出了 SOVR(Stationary Once-through Variable pressure Reheat type)型式的鍋爐；於 2000 年商轉的 Tachibanawan 1 號機為 IHI 公司建造日本最大發電機組(1050MW)，IHI 公司之後所建造之 Isogo 新 1 及 2 號機更是日本發電機組蒸汽條件最高的機組，而 Isogo 新 1 號機也是日本境內第一座塔式鍋爐。

IHI 公司鍋爐設計的四個特點，如圖 2，分別為對牆式燃燒(Wall Firing)、低氮氧化物燃燒方式(Low NOx Combustion Technology)、平行通氣設計(Parallel Pass Design)、螺旋式水牆管(Helical Tube Furnace Wall)，個別敘述如下：

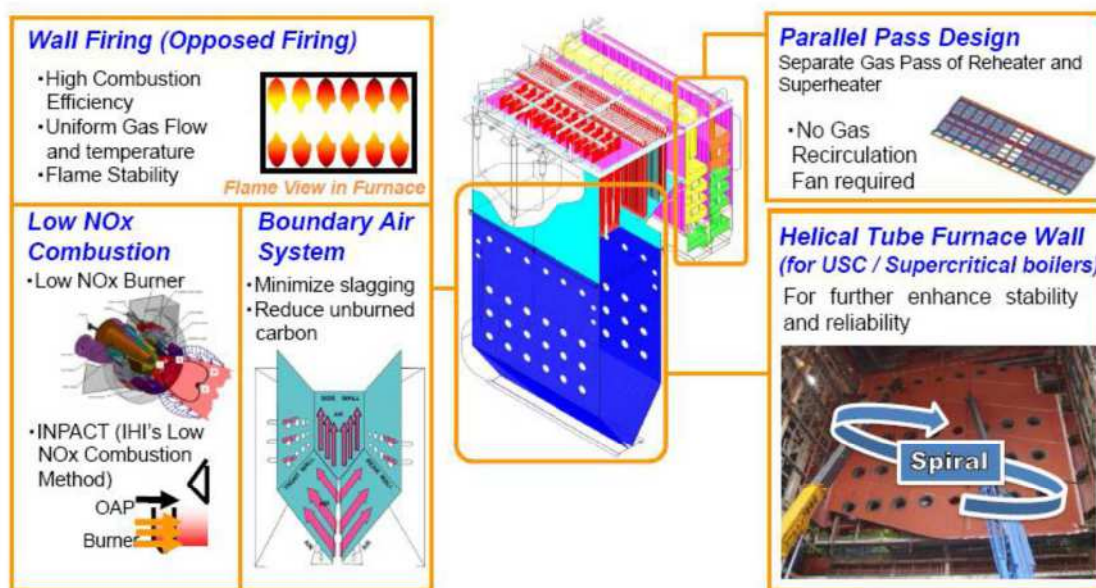
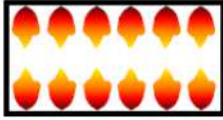



圖 2 IHI 公司鍋爐設計的四個特點

1、對牆式燃燒(Wall Firing)：對牆式燃燒的特點是高燃燒效率、均勻一致的氣流及溫度分布和火焰的高穩定度；由於對牆式燃燒可控制個別的燃燒器火燄位置，使機組於低負載狀態下較切線式燃燒更為穩定，而其高燃燒效率可降低未燃燒碳之含量；IHI 公司認為此種燃燒方式適合使用於不同燃料且規律操作之機組；其在鍋爐底部裝設 Boundary Air System，透過送風機(Forced Draft Fan，FDF)從鍋爐底部提供空氣，可以降低鍋爐底部的積渣並可降低未燃炭的數量。表 1 為對牆式燃燒及切線式燃燒之比較表。

表 1 對牆式燃燒與切線式燃燒比較表

Burner Type	Wall Firing	Tangential Firing
Flame View in Furnace		
Features	<ul style="list-style-type: none"> Flame holding is possible by individual burners - Stable Combustion - Stable low minimum load - High combustion efficiency - Low unburned carbon 	<ul style="list-style-type: none"> Combustion by the fire ball in furnace - Unstable & moving of fire ball location (especially at low load) - Unstable and moving of 2 fire balls affected by each other - Increase the unburned carbon - Difficulties of NOx emission control
Deviation at Furnace Exit Gas Velocity Gas Temperature	Less than half Less than half	BASE
Heat Spot and Impingement	Less possibility local heat spot and flame Impingement	BASE
Conclusion	-Recommended for various coal -Suitable for various kind of coal -Useful for cyclic operation	BASE

2、低氮氧化物燃燒方式(Low NOx Combustion Technology)：IHI 公司所製造之低氮氧化物燃燒器於鍋爐燃燒時可降低 30%氮氧化物，如搭配 INPACT (IHI NOx-Preventing Advanced Combustion Technology)燃燒方式，可進一步降低機組 30%氮氧化物排放量，如圖 3，而最後可以裝設選擇性觸媒脫硝系統再降低 30%氮氧化物排放量。

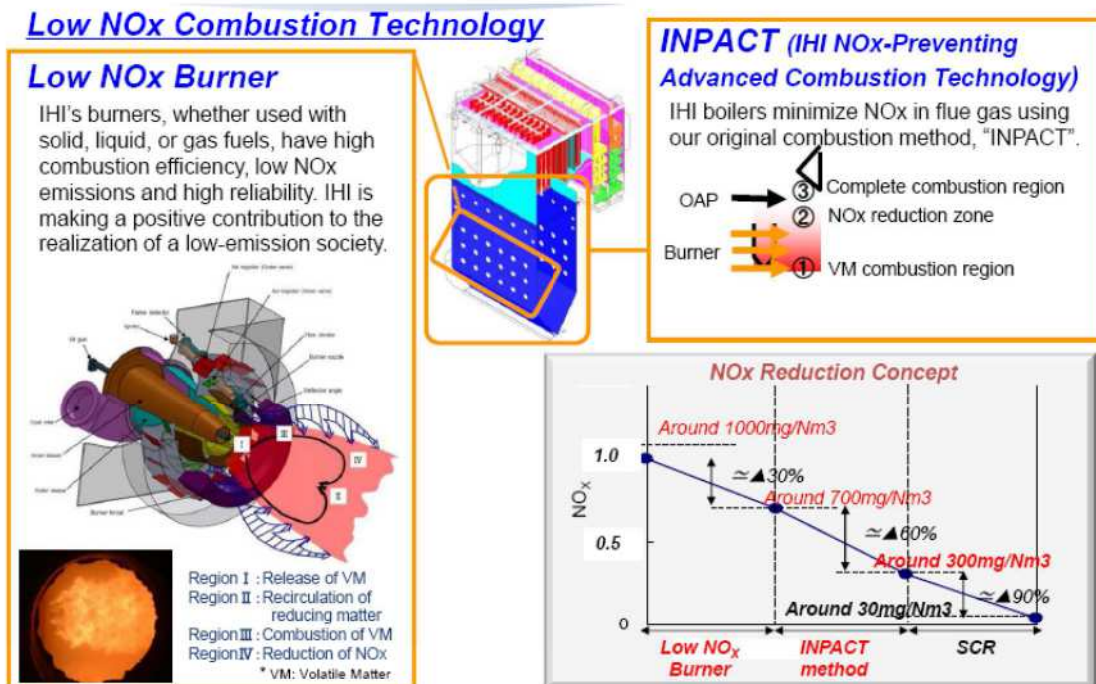


圖 3 IHI 公司燃燒器及 INPACT 技術

3、平行通氣設計(Parallel Pass Design)：平行通氣(如圖 4)設計主要在熱回收區後側設置過熱器，前側設置再熱器，而過熱器及再熱器各有個別之煙道，於省煤器出口裝置蒸汽溫度控制風門(STC Damper)，因透過風門開度大小調整煙氣流量可控制再熱器出口溫度，故不需裝設煙氣循環風機，也可降低維護之需求及廠用電用量。個別煙道之設計優點有不需要調整燃燒器傾斜角度及再熱器噴水裝置，便可達到控制再熱器出口溫度之需求。

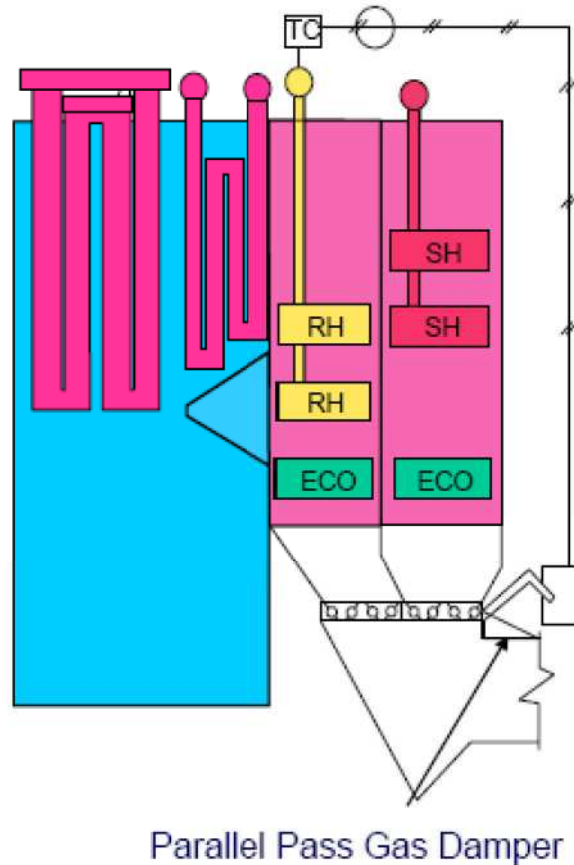


圖 4 蒸汽溫度控制風門(STC Damper)

4、螺旋式水牆管(Helical Tube Furnace Wall)：IHI 公司所設計超臨界及超超臨界鍋爐水牆管皆為螺旋式(如圖 5-1)之設計，在下部爐膛使用螺旋式環繞之水牆管設計，水牆管內面為光滑管；上部爐膛仍採用垂直式水牆管。螺旋式水牆管主要特點為吸熱較為均勻(如圖 5-2)，出口溫度也比較平均，確保爐牆管在低載時出口溫度的穩定性，及避免燃燒器區爐管熱通量偏高過熱，適合變壓運轉模式。

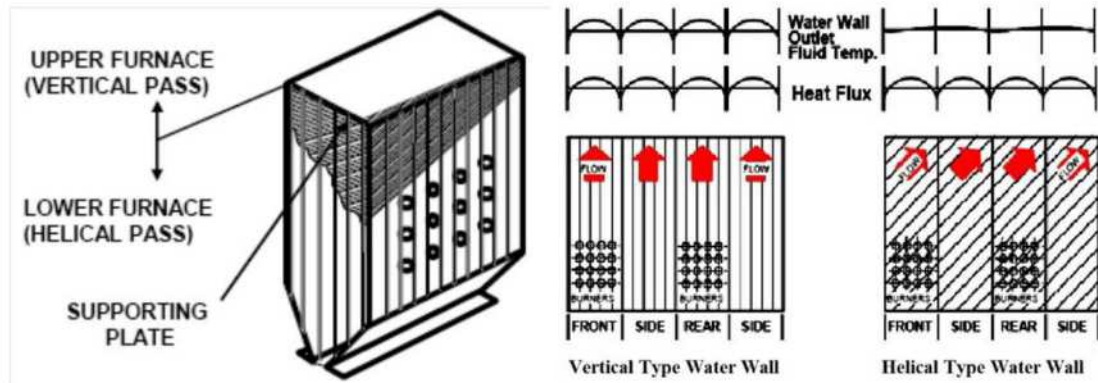


圖 5-1 螺旋式水牆管(Helical Tube Furnace Wall)

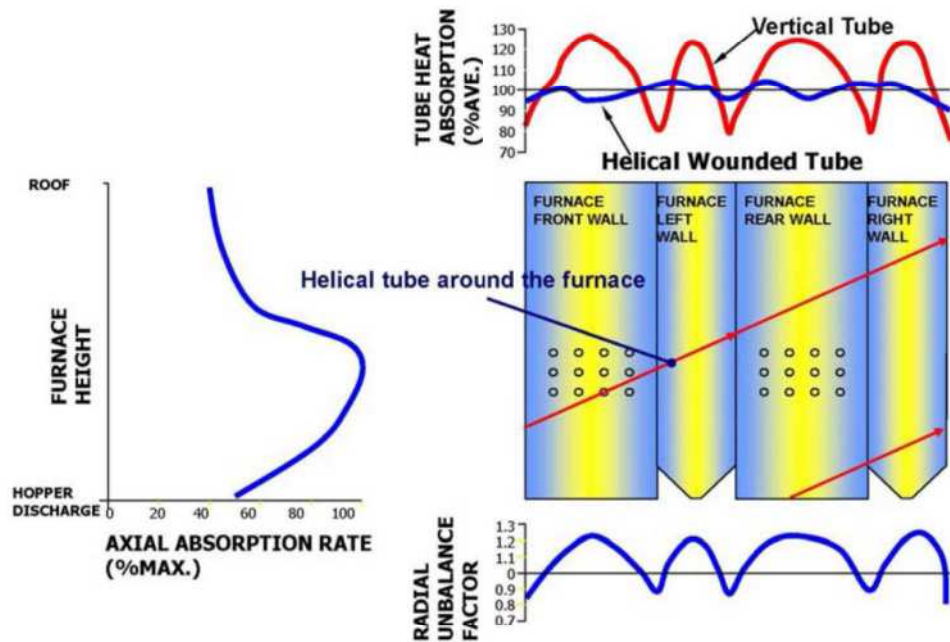


圖 5-2 螺旋式水牆管熱吸收情形

(三)、鍋爐材料選用

鍋爐壓力件材質的選擇，主要基於材料的容許應力、管材表面高溫氧化特性、管材表面高溫腐蝕特性、管材蒸汽側氧化及材料的碳化反應，而壓力件使用於不同部位所考量的因素也不同，表 2 為鍋爐不同部位壓力件考量因素【1】，而圖 6 為大林更新改建計畫統包商 IHI 公司基於以上因素，於不同溫度之下所選擇之壓力件材料。

表 2 鍋爐不同部位壓力件考量因素

鍋爐部位	考量因素
水牆管	銲接性、腐蝕、潛變、疲勞
過熱器/再熱器管	腐蝕、潛變、疲勞
集管	潛變、疲勞
蒸汽管路	潛變、疲勞

Turbine Throttle Steam Temperature (°C) (25MPa)	(1,000F) 538	(1,050F) 566	(1,100F) 593	(1,160F) 625
ECO	A178C / A210A1			
Furnace	A213 T2 / A213 T12			
Separator / Separator Drain Tank	SBV62 (equiv. A302 C)			
Final SH (Heated Tubes)	A213 T91	A213 TP347H	Super 304	
Final SH (Unheated Tubes)	A213 T91			
Final SH Outlet Header	A335 P22	A335 P91,92		
Main Steam Pipe	A335 P22	A335 P91,92		
Final RH (Vertical : Heated Tubes)	A213 T91	A213 TP347H	Super 304	
Final RH (Vertical : Unheated Tubes)	A213 T22	A213 T91		
Final RH Outlet Header	A387-22 cl.2	A335 P91,92		
Hot Reheat Pipe	A387-22 cl.2	A335 P91,92		
	Low-Cr Alloy (Ferritic Steel)	9 Cr Alloy (Ferritic Steel)		
	Austenitic Steel			

*Final RH 於大林更新改建計畫之名稱為 Secondary RH

圖 6 IHI 公司壓力件材料選擇

(四)、汽水系統(Steam and Water System)

鍋爐藉由燃燒燃料產生熱能，熱能可加熱飼水，飼水吸收熱能轉換成氣態蒸汽，蒸汽進入汽輪機並推動葉片而產生電力，這看似簡單的一個循環，卻是發電廠內一個重要的系統，圖 7 為蒸汽及飼水系統概略流程圖，以下是相關元件簡略說明：

- 1、**Economizer**：又稱為省煤器，位於燃氣出口，飼水流入下部水牆管前可先與煙氣在此進行熱交換，提高飼水溫度。
- 2、**Furnace**：稱為爐膛，燃料於爐膛燃燒之後產生熱能，加熱水牆管中的飼水，使飼水轉換為蒸汽。
- 3、**Separator**：汽水分離器，可分離蒸汽中所含有的水並將水排至汽水分離器洩水槽。
- 4、**Separator Drain Tank**：汽水分離器洩水槽，收集並排放由汽水分離器排放之飼水。
- 5、**Boiler Circulation Pump(BCP)**：鍋爐循環泵浦，於鍋爐起動、停機及濕態操作時，藉由鍋爐循環泵浦、水位控制閥(P-Valve)與流量控制閥(Q-Valve)建立一飼水的循環。
- 6、**HRA (Heat Recovery Area, 熱回收區)及 SH (Superheater, 過熱器)**：當飼水經由汽水分離器之後，藉由熱回收區(HRA)及過熱器(SH)加熱並提高蒸汽溫度，使蒸汽達到鍋爐設計之溫度及壓力。
- 7、**Reheater (RH, 再熱器)**：蒸汽於高壓汽機做完功後，回到鍋爐再熱器(Reheater)再被加熱而用以提高蒸汽溫度。

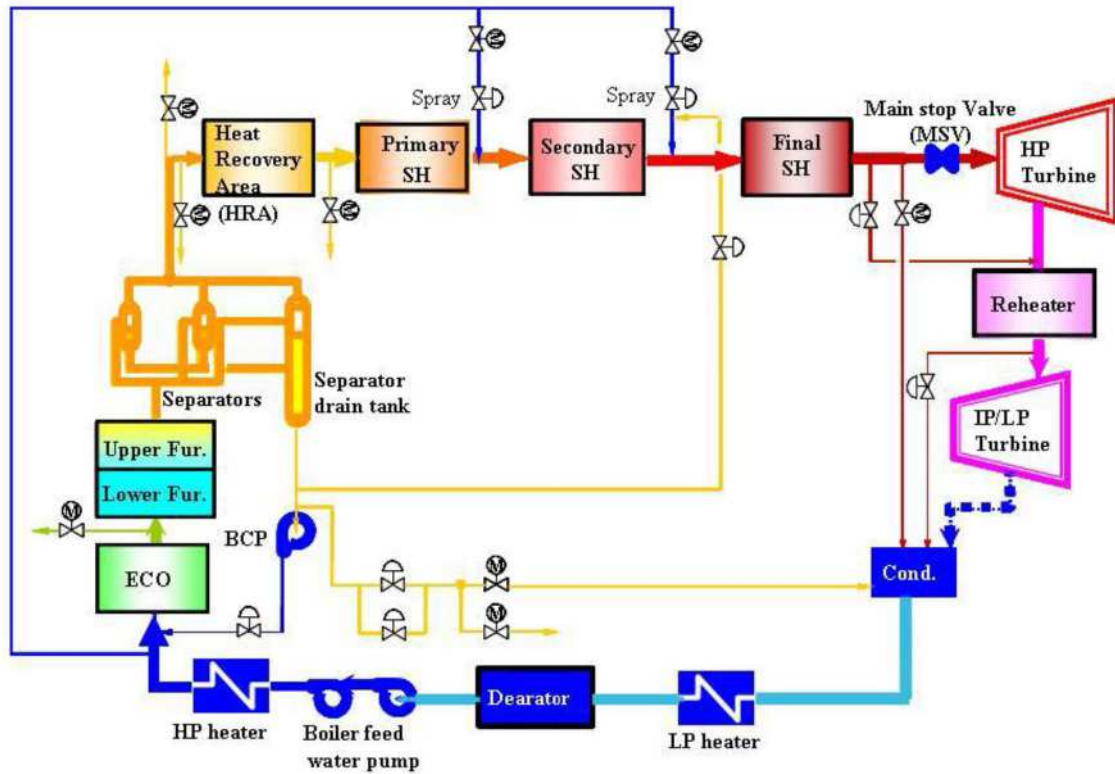


圖 7 蒸汽及飼水系統概略流程圖

而為能有效率的使鍋爐末段過熱器出口溫度能達到設計要求，且避免過熱器溫度過高而造成爐管破損，而採取噴水減溫來控制過熱器溫度。汽水系統流程概述如下：飼水藉由鍋爐飼水泵浦(BFP)將其注入鍋爐中，流經高壓加熱器、省煤器至爐膛區(下部及上部水牆管)，在飼水進入爐膛區前會先於省煤器透過吸收燃燒產生之燃氣熱量而被預先加熱，之後再流入爐膛區中，於爐膛區吸收熱量提升溫度轉換成蒸汽。

蒸汽離開汽水分離器後，於 HRA、一次過熱器、二次過熱器與末段過熱器中被加熱，蒸汽的溫度可使用兩段噴水減溫器控制，第一段位於一次過熱器與二次過熱器之間，第二段噴水減溫器位於二次過熱器與末段過熱器之間，而噴水減溫器的水源為由省煤器區引出之飼水，圖 8 為兩段噴水減溫器控制位置示意圖。

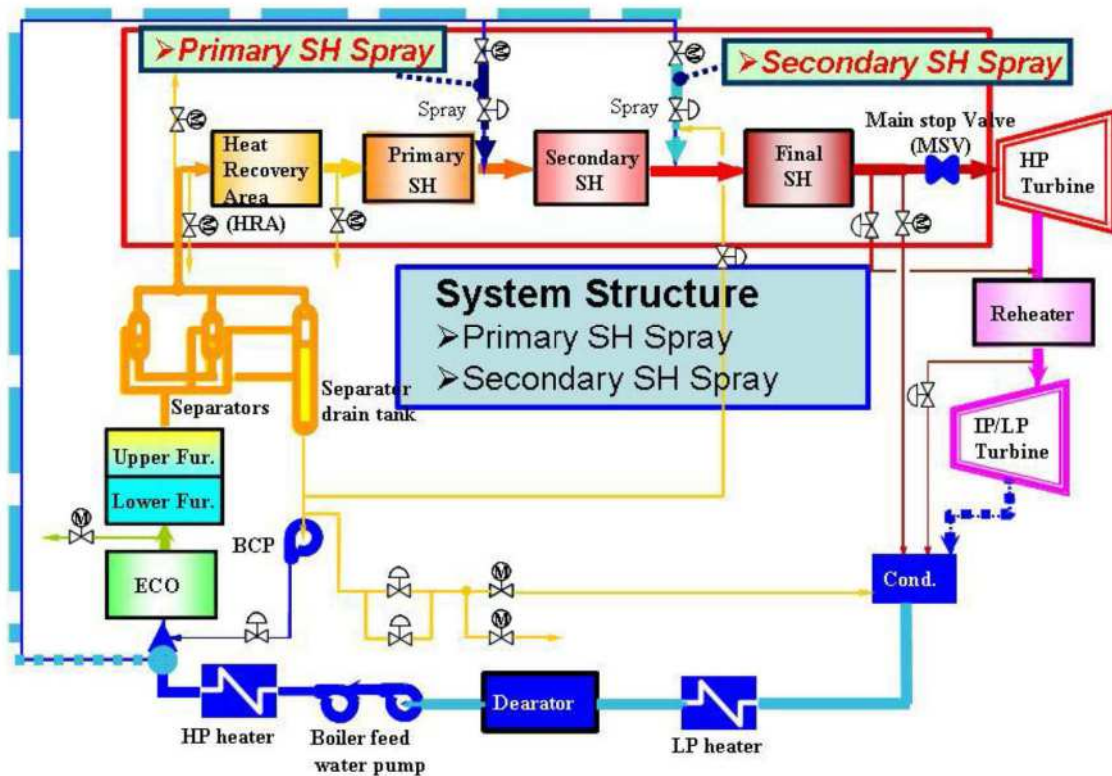


圖 8 SH 兩段噴水減溫器控制位置圖

離開末段過熱器之蒸汽稱做主蒸汽，主蒸汽於高壓汽機做完功後，經由管線再流回鍋爐再次加熱提高蒸汽溫度，再熱蒸汽的溫度可藉由蒸汽溫度控制風門 (Steam temperature control damper, STC Damper)及噴水減溫器控制，IHI 公司鍋爐主要是由蒸汽溫度控制風門調整再熱蒸汽的溫度，而噴水減溫器為一後備系統，圖 9 為再熱蒸汽的溫度控制示意圖。

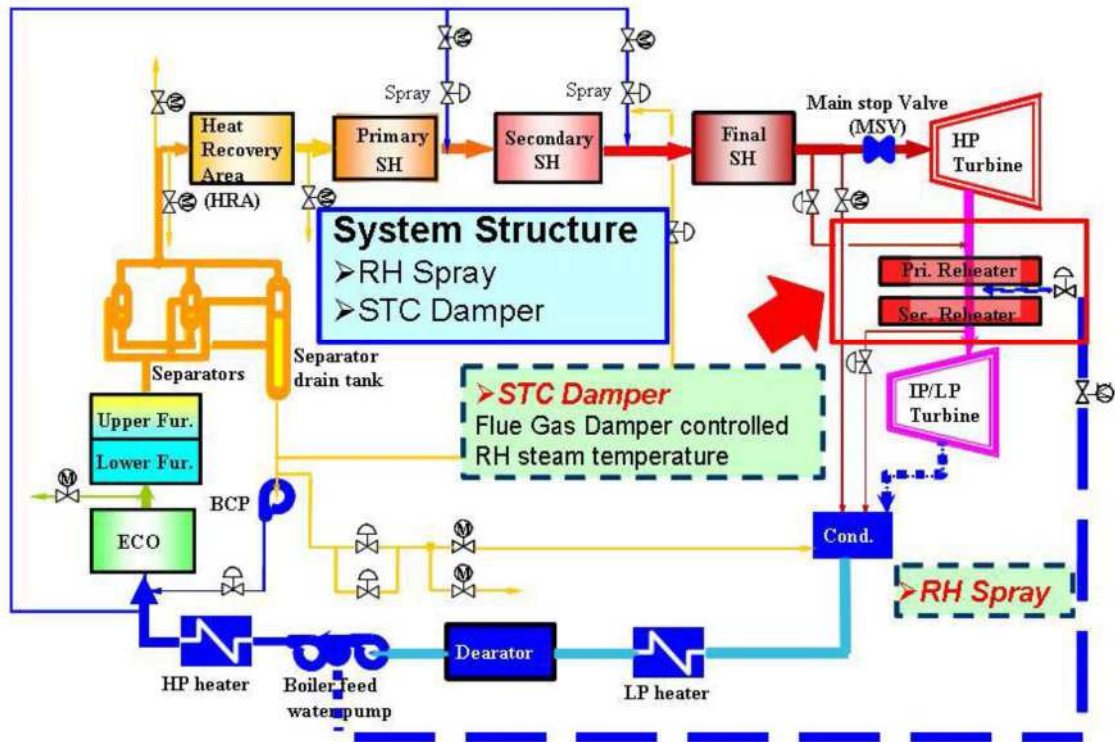


圖 9 再熱蒸汽的溫度控制示意圖

由於鍋爐起動時，為了避免再熱器管路空燒而過熱，裝設了高壓汽機旁通系統，此系統功用為於鍋爐起動、停機及緊急情況時可使主蒸汽旁通進入再熱器管路區，並維持再熱器管路中蒸汽的最小流量，以達到保護再熱器之功用，圖 10 為汽機旁通系統示意圖。

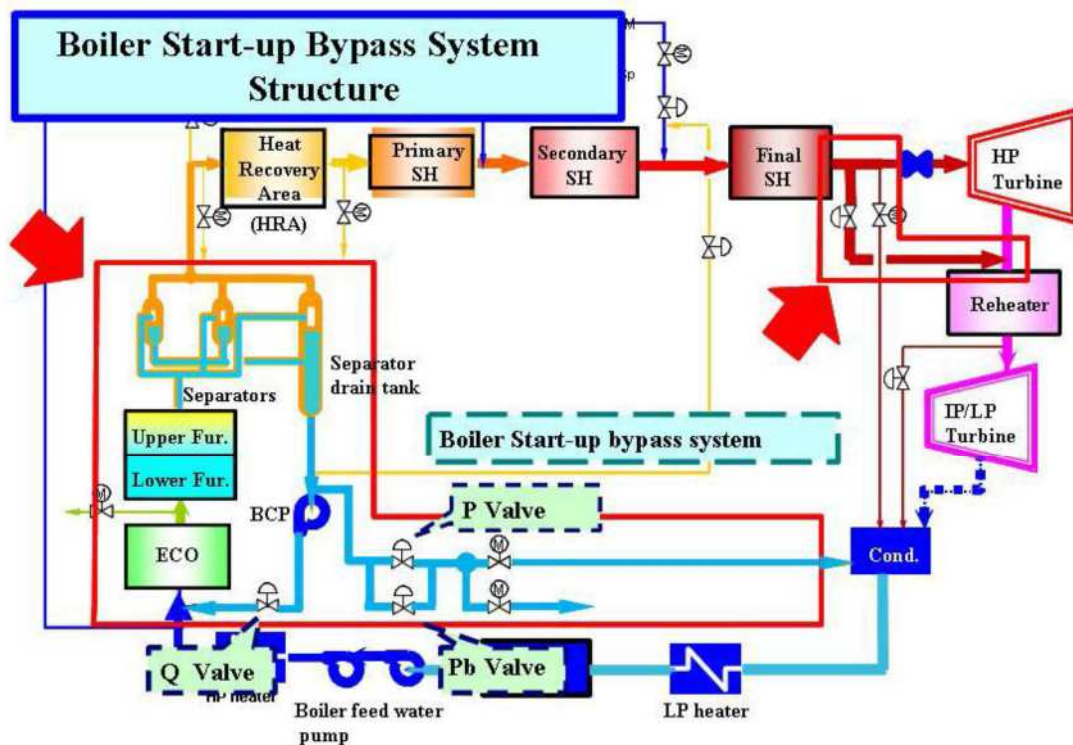


圖 10 汽機旁通系統示意圖

(五)、輔助蒸汽系統(Auxiliary Steam System)

輔助蒸汽系統目的為提供並分配輔助蒸汽給予各項需要蒸汽之設備使用；圖 11 為輔助蒸汽系統概要圖，輔助蒸汽主要供應粉煤機、海水脫硫系統、除氧器所需之蒸汽、SCAH(Steam Coil Air Heater)系統，並做為吹灰器後備蒸汽，也與其他機組之輔助蒸汽管路相連通，進而可供應其他機組所需之輔助蒸汽。

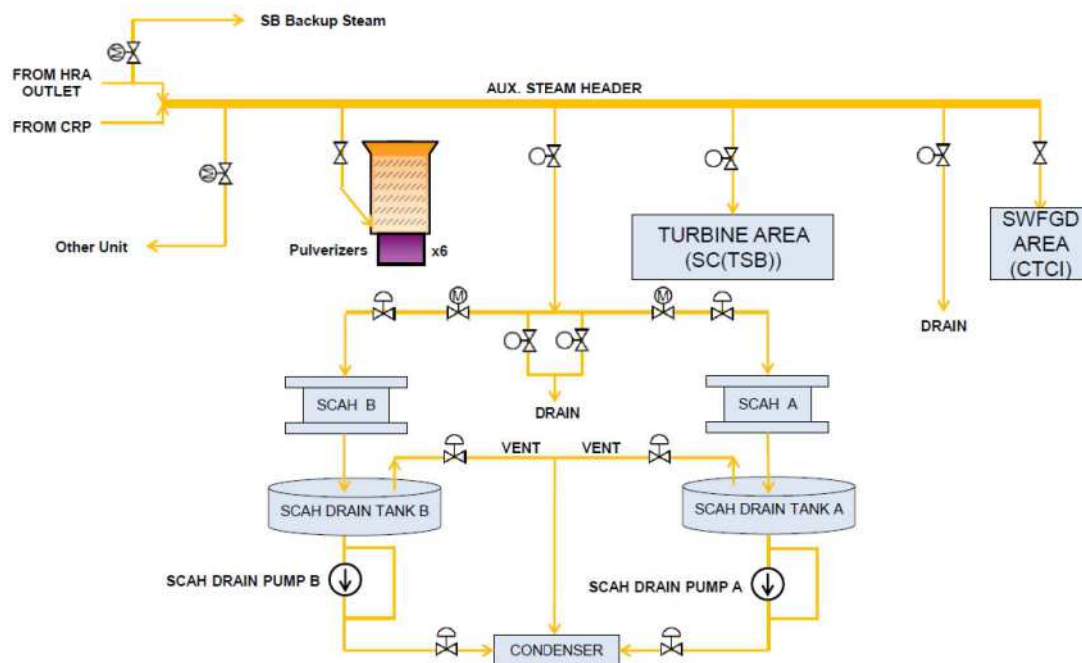


圖 11 輔助蒸汽系統概要

輔助蒸汽的壓力為 2.0MPa，來源為 HRA 出口、CRP (Cold Reheater)與外來蒸汽系統(臨時性輔助鍋爐或其他機組)，依據機組之負載切換輔助蒸汽系統來源，機組負載小於 10% Rated Load 時，輔助蒸汽系統來源為外來蒸汽系統，當機組升載至 10% Rated Load 時，由 HRA 出口引出蒸汽做為輔助蒸汽系統來源，而機組負載達到 55% Rated Load 時，輔助蒸汽系統來源會由 HRA 出口切換至 CRP；HRA 出口、CRP 與外來蒸汽系統之蒸汽溫度、壓力如表 3。

表 3 不同機組負載蒸汽來源溫度及壓力

	Vacuum-up & cold clean-up	Cold clean-up to ignition	Ignition to Turbine rolling	Synchroniza-tion	Unit Load						
					10% RO	30% RO	50% RO	55% RO	75% RO	100% RO	VWO
Source	Temporary Aux. steam boiler / (Other unit)					HRA Outlet			CRP		
Pressure (MPa)	2.0					2.0			2.0		
Temperature (deg.C)	275~340 (283-346)					283-310			322-346		

(六)、粉煤機系統(Pulverizer System)

1、粉煤機設計參數及規格：本計畫每部機組共有六部粉煤機，每一部粉煤機每小時最大可以輸出 71,830kg 之粉煤，每粉煤機內共三顆磨輪，其詳細規格如表 4 所示。

表 4 粉煤機詳細規格

Item	Unit	Specification
Type		IHI-VS(S)24.5
Rotary Classifier		Yes
200 mesh sieve	%	More Than 80
50 mesh sieve	%	More Than 99
Hydraulic Press Roller		Yes
Quantity	Set	6/Boiler
Design Capacity	Kg/h	71,830
Motor Output	kW	930
Table Speed	rpm	21.8
Number of Roller	Set	3

2、粉煤機部件：粉煤機主要提供鍋爐穩定粒狀之粉煤，依其功能分為七個部分，如圖 12 所示。

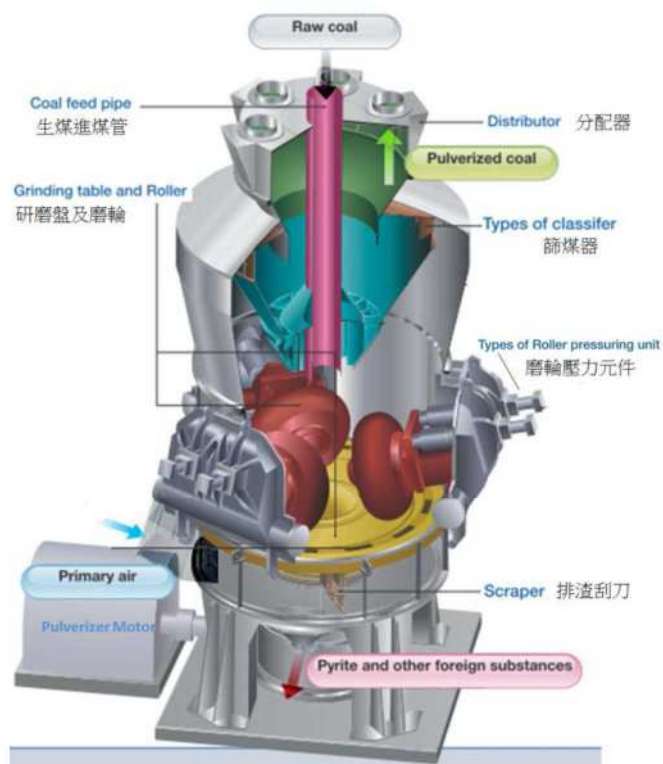


圖 12 粉煤機部件圖

- (1)、生煤進煤管(Coal feed pipe)：提供生煤傳送至研磨盤上。
- (2)、研磨盤及磨輪(Grinding table and Roller)：生煤藉由磨盤旋轉產生的離心力推擠向研磨台的外部。生煤通過磨輪而粉碎後引導至空氣端口。
- (3)、一次空氣進氣口(Air Port)：一次空氣從研磨台的邊緣處端口吹出。此空氣可將研磨過的粉煤吹送至燃燒器。若顆粒太大，將會再將落下來，並通過磨輪再次研磨。若有外來物質，如黃鐵礦，經由空氣進氣孔排出。
- (4)、排渣刮刀(Scraper)：可將外來物質，如黃鐵礦，經由空氣進氣孔落入研磨台的下方，由刮板收集後排出至排渣槽。
- (5)、篩煤器(Classifier)：粉煤經由一次空氣往上傳送，通過該篩煤器，如果粉煤顆粒太大，它們將無法通過篩煤器而落下至研磨盤上再次研磨。本計畫採用動態式篩煤器。(篩煤器一般分為兩種模式，如圖 13 所示，第一種為靜態式篩煤器是藉由調整葉片的開度，調整粉煤顆粒的大小，篩煤器本身並未旋轉，第二種為動態式篩煤器，藉由調整轉動篩煤器的速度，調整粉煤顆粒，這種方式可以改善並降低靜態式篩煤器 100 mesh 大小之顆粒進入 200 mesh 篩煤標準內，並以減少飛灰未燃燒炭的含量)。

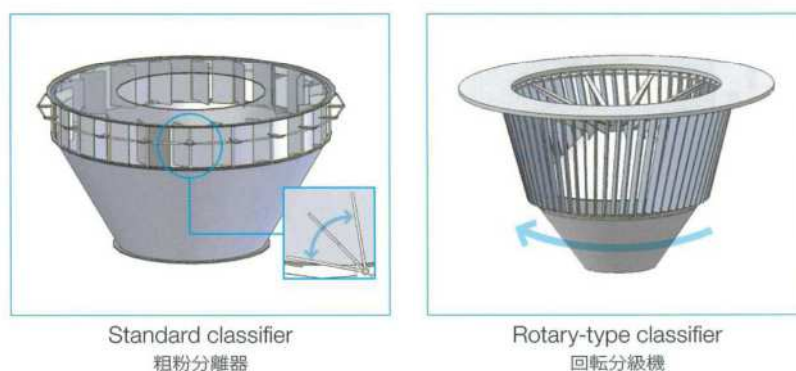
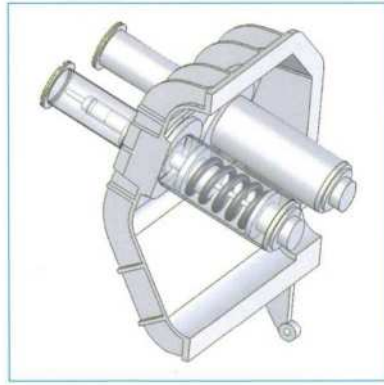
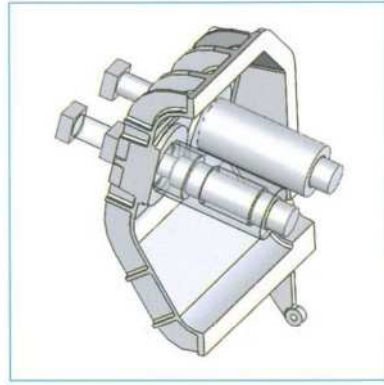


圖 13 篩煤器(左圖為靜態篩煤器，右圖為動態篩煤器)

- (6)、分配器(Distributor)：粉煤經過篩煤器進入分配器後分配給每一個燃燒器。
- (7)、磨輪壓力元件(Type of roller pressuring unit)：磨輪的加壓裝置一般分為兩類，如圖 14，分別為彈簧式及油壓式，當大量的生煤進入研磨盤內，油壓式較彈簧式可提供較穩定的壓力，而達到粉煤顆粒的要求，大林更新改建計畫採用油壓式作為磨輪加壓裝置。



Spring pressuring unit
ばね式加压装置



Hydraulic pressuring unit
油压式加压装置

圖 14 磨輪壓力元件(左圖為彈簧式，右圖為油壓式)

(七)、輕油系統及燃燒器(Burner)系統

輕油系統主要功能為分配輕油至各對點火器(pair ignitor)，圖 15 為輕油系統概略圖，輕油系統於下列 3 個時機會供應輕油：

- 1、鍋爐啟動及停機時會提供輕油供點火器使用。
- 2、需要點燃粉煤，使粉煤燃燒時。
- 3、當粉煤機加入供煤或停止供煤，須維持穩定燃燒時。

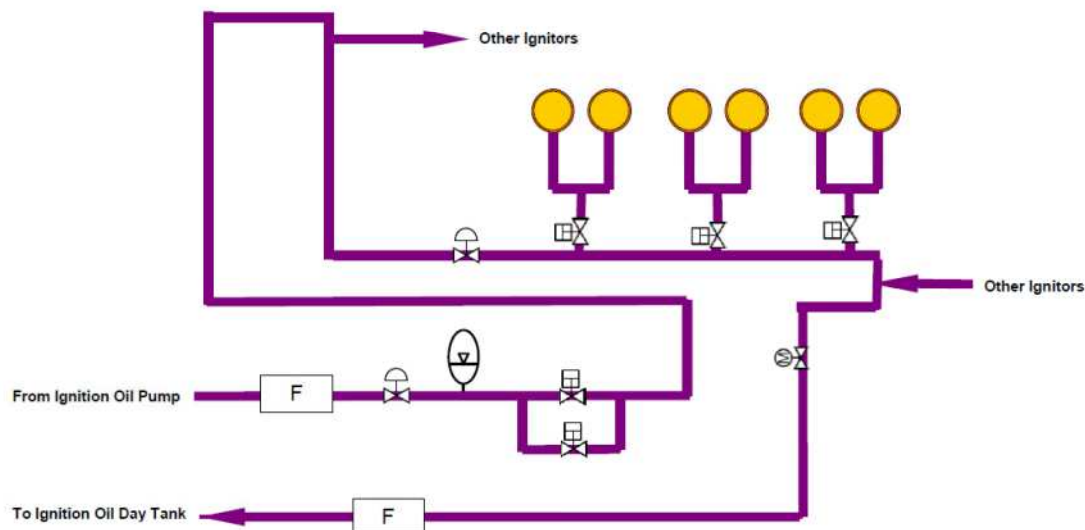


圖 15 輕油系統概略圖

燃燒器系統中的主要設備為燃燒器，功能是維持穩定的燃燒且將燃料完全燃燒，IHI 公司所製造之低氮氧化物燃燒器(Low NOx Burner)具有高效率、低 NOx 燃燒及高可靠性等特點。大林更新改建計畫每部機組共有 36 個燃燒器，每 1 個燃燒器每小時最大可以承受 11,200kg 之粉煤，表 5 為 IHI 燃燒器及點火器的規格，圖 16 為 IHI DF 燃燒器構造圖。

表 5 IHI 燃燒器及點火器規格

Burner Specification per 1 Burner		
IHI DF Coal Burner	Fuel	Pulverized Coal
	Capacity	11,200 Kg/h
	Pulverizer	IHI VS(S)-24.5 X 6
	Quantity	36 sets / Boiler
Ignitor	Type	Intermediate Mixing Type Air Atomizing (Direct Ignition)
	Fuel	Light Oil
	Capacity	1,300 kg/h
	Quantity	36 sets / Boiler
	Oil Pressure	1.4 MPa
	Air Pressure	0.7 MPa

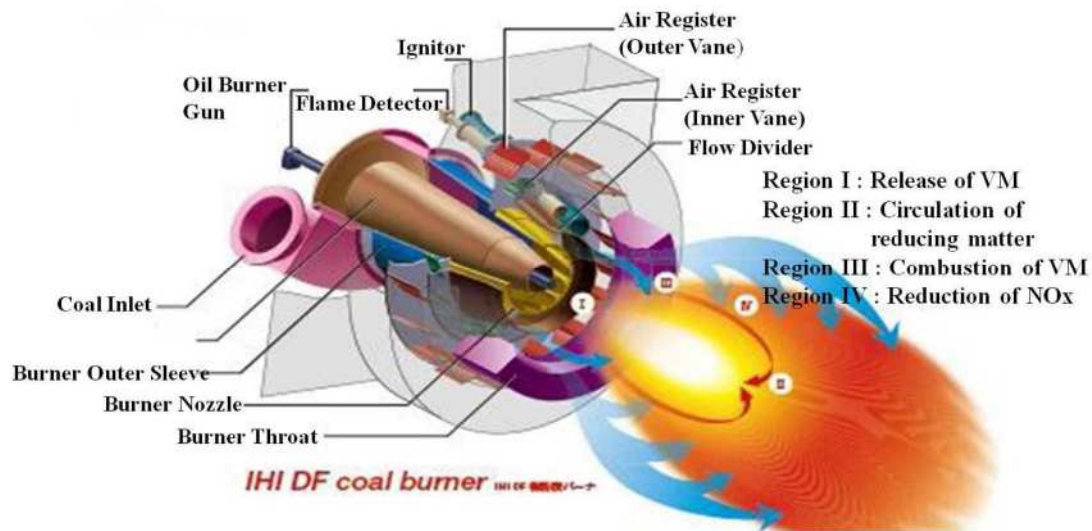


圖 16 IHI DF 燃燒器構造圖

IHI DF 燃燒器中心部份包含了粉煤燃燒器噴嘴(Burner Nozzle)、輕油槍(Oil Burner Gun)。點火器(Ignitor)的功能是點燃燃燒器，火焰偵測器(Flame Detector)是由外側斜插並面對燃燒器中心以偵測火焰。燃燒器主要可分為三個部分，風量調節器(Air Register)、粉煤燃燒器(Coal Burner)及輕油槍(Oil Burner)，簡述如下：

- 1、風量調節器(Air Register)：**根據燃料及燃燒器的配置，調整風量調節器(Air Register)的內側風門(Inner Vane)及外側風門(Outer Vane)，可達到良好的燃燒狀況。如果風量調節器開度調整為關閉時，燃燒空氣會呈現旋轉且強勁的氣流，此時燃燒火焰會較短且寬廣，所以藉著調整風量調節器開度，可使燃燒器燃燒多變的燃料且運用於各種燃料的點火性能及設置，圖 17 為風量調節器的構造圖及不同開度的氣流分布圖。

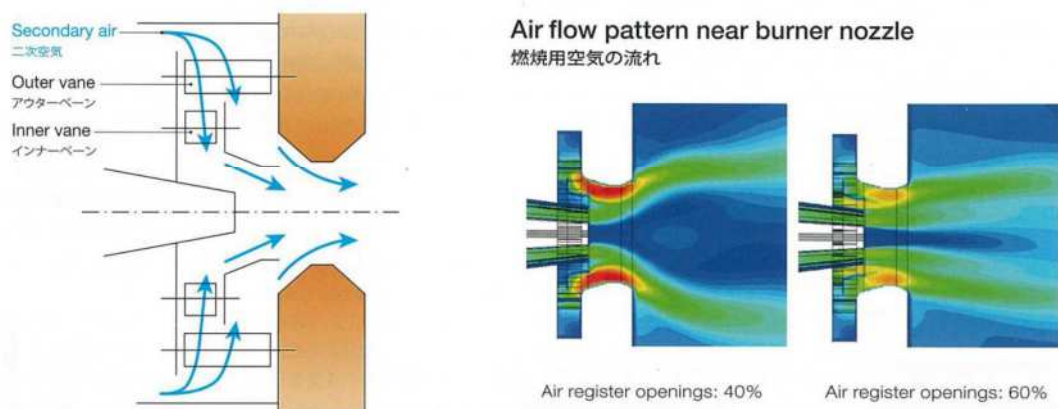


圖 17 風量調節器的構造圖及不同開度的氣流分布圖

2、粉煤燃燒器(Coal Burner)：IHI-DF 燃燒器可藉由燃燒器入口旋轉式氣流及反射角將粉煤平均分配，並在爐膛中與空氣均勻混合燃燒，這種方式可以降低氮氧化物及未燃碳的產生，也可增進鍋爐的效率並降低二氧化碳的排放，圖 18 為空氣與粉煤於燃燒器出口混合圖，圖 19 為 IHI DF 燃燒器簡單構造圖。

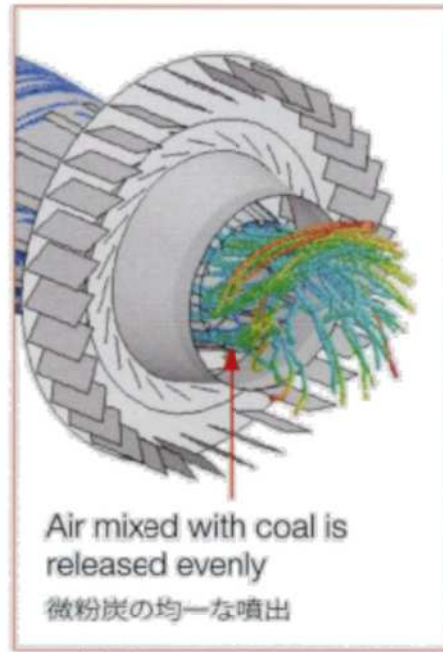


圖 18 空氣與粉煤於燃燒器出口混合圖

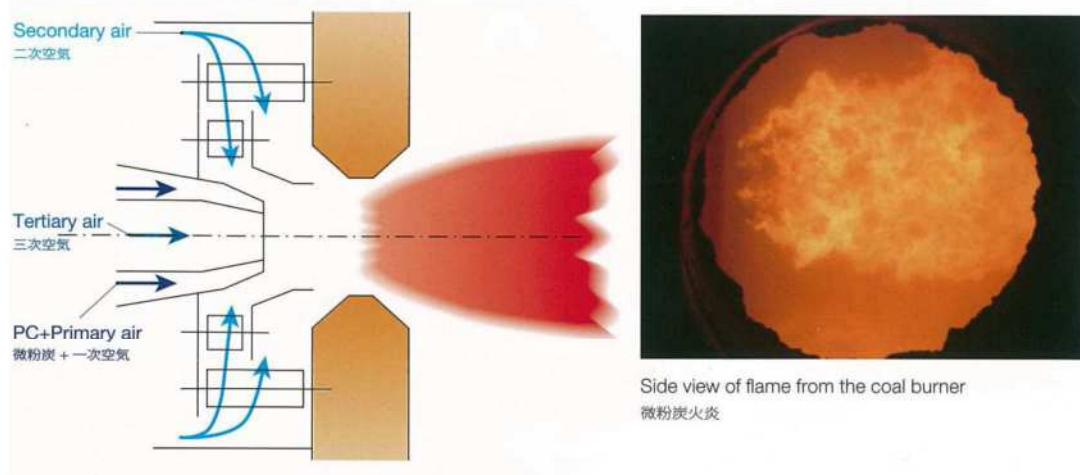


圖 19 IHI DF 燃燒器簡單構造圖

3、輕油槍(Oil Burner)：對於輕油槍，IHI 公司具有兩種類型(壓力及雙流體霧化系統)，如圖 20 所示，依據燃料種類和使用量來選擇所需的類型。另外，對於雙流體霧化型，又可依據燃油粘度選擇中間混合或預混型霧化介質，可使用空氣或蒸汽等。藉由分割燃燒器噴孔的位置，可以改變霧化輕油的濃度，進一步降低 NOx 產生。本計畫採用是輕油，燃燒器採用雙流體霧化及中間混合式。

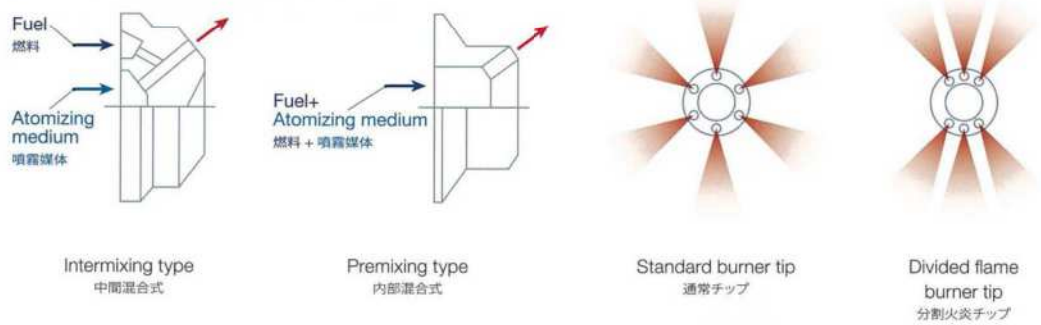


圖 20 輕油槍的兩種類型

(八)、空氣、煙氣系統及軸流式風機(Primary Air Fan, Force Draft Fan, Induced Draft Fan)

在鍋爐燃燒燃料時，系統必須供應足夠的空氣，且必須將燃燒後的煙氣抽離出爐膛，然後繼續供應新鮮的空氣，使燃料不斷的燃燒並產生熱能，這就是空氣及煙氣系統的功用，圖 21 為煙氣及空氣系統概略圖。

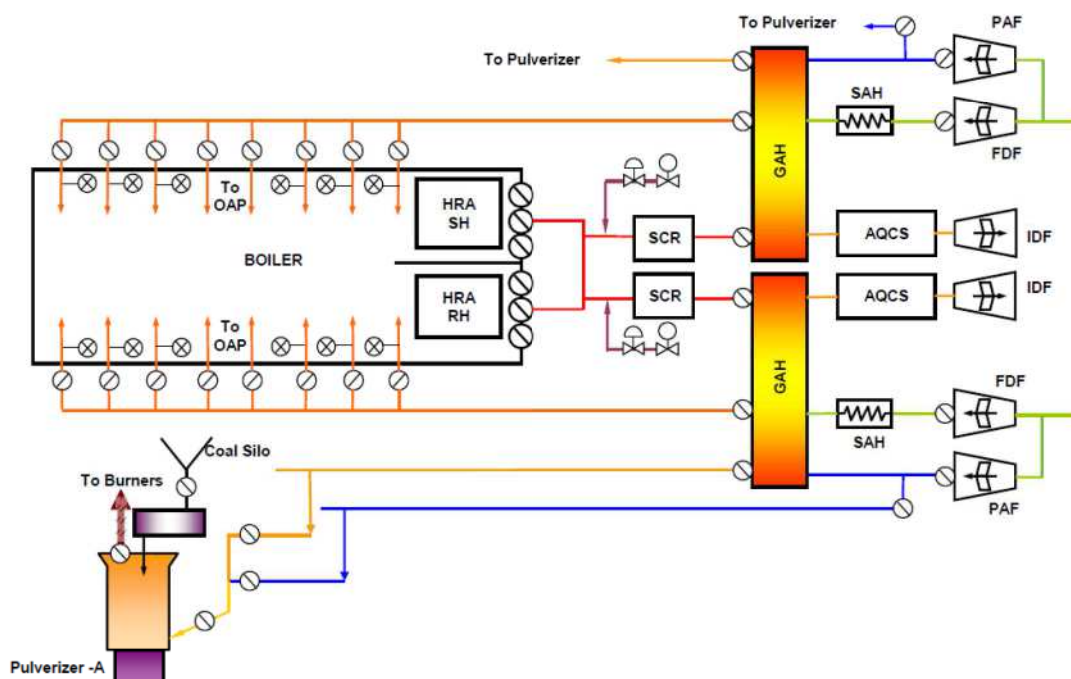


圖 21 空氣及煙氣系統

煙氣及空氣系統包含了一次空氣系統、二次空氣系統及煙氣系統。

1、一次空氣系統

一次空氣系統有 2 項主要功用：

- (1)、供應一次冷空氣至粉煤機，提供氣封空氣。
- (2)、供應一次熱空氣至粉煤機，可乾燥粉煤，提高粉煤溫度，並輸送粉煤至爐膛中燃燒。

一次風機供應燃燒系統一次空氣，分為一次冷空氣及一次熱空氣，一次冷空氣主要為氣封空氣，供應粉煤機磨盤、磨輪及飼煤機使用；一次空氣於空氣預熱器中和燃燒後煙氣熱交換後成為一次熱空氣，並分配供應至各部粉煤機，主要功用為乾燥粉煤並控制粉煤機出口溫度以獲得良好的粉煤機運作，圖 22 為一次空氣系統概略圖。

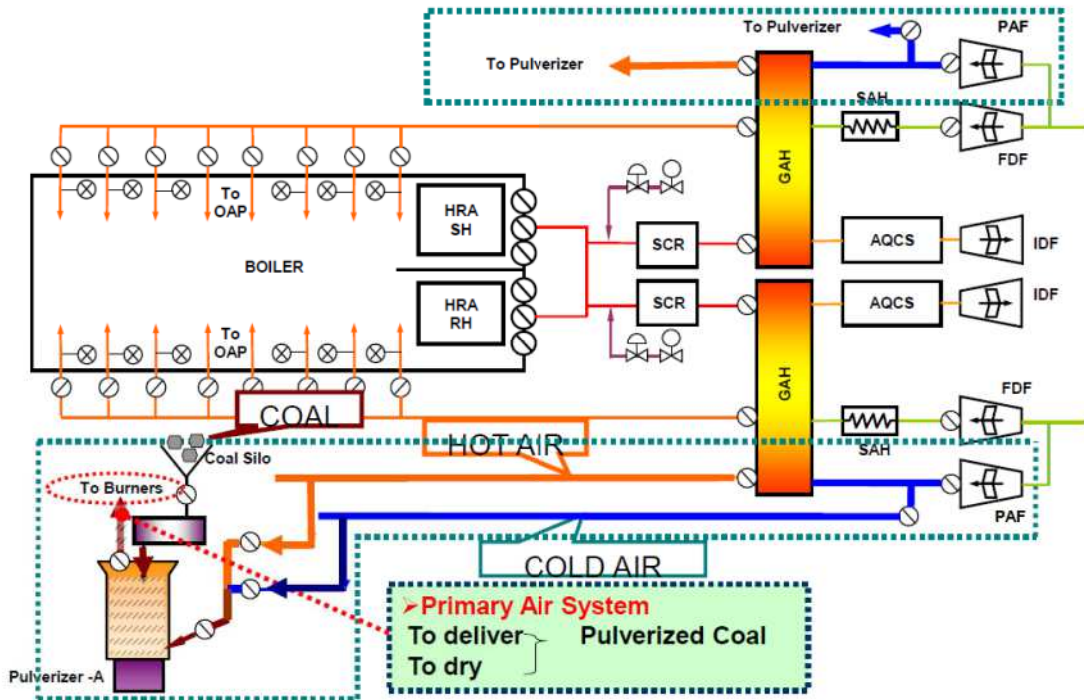


圖 22 一次空氣系統

當一次冷空氣與一次熱空氣於粉煤機入口混合之後為一次空氣，可控制粉煤機出口溫度並輸送粉煤至爐膛中燃燒，且於粉煤機入口裝設流量控制風門，可控制一次空氣流量，圖 23 為一次空氣系統控制風門位置及功能圖。

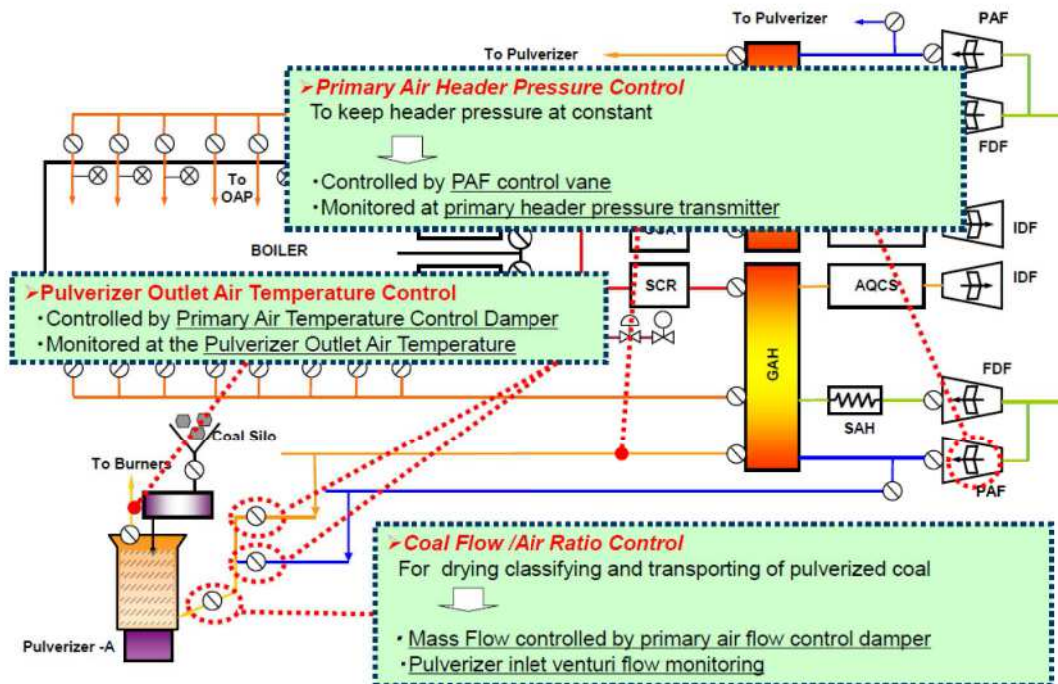


圖 23 一次空氣系統控制風門

2、二次空氣系統

二次空氣系統有 2 項主要功用：

- (1)、供應二次空氣至爐膛中，做為燃燒輕油及粉煤使用。
- (2)、在鍋爐燃燒之前，供應二次空氣驅除爐膛及煙道中殘存燃料及煙氣。

送風機供應燃燒系統二次空氣，二次空氣由送風機出口流出後，經過蒸汽加熱器、空氣預熱器，並與燃燒後煙氣產生熱交換，使自身溫度上升，之後流入風箱中並分配至燃燒器、OAP 及 SAP。為了降低氮氧化物的產生，分配 15 至 20% 二次空氣至 OAP 及 SAP 做為分段燃燒使用，圖 24 為二次空氣系統。

為了降低鍋爐底部的積渣，部分二次空氣透過邊界空氣風道 (boundary air duct) 由爐膛底部注入，稱為邊界空氣系統 (boundary air system)。邊界空氣系統分成 Under Hopper Air (UHA) 及 Hopper Slope Air (HSA)，UHA 空氣流量約為 2% 燃燒空氣 (VWO 狀況)，而 HSA 空氣流量約為 1% 燃燒空氣 (VWO 狀況)。

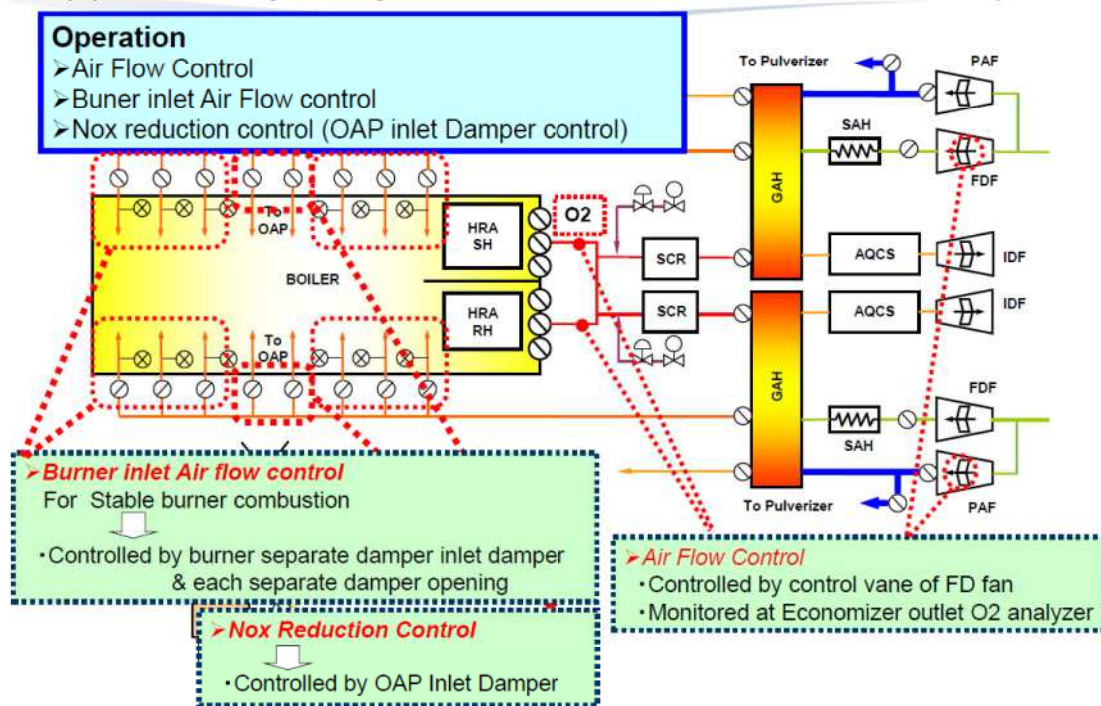


圖 24 二次空氣系統

3、煙氣系統

煙氣系統有 2 項主要功用：

- (1)、將燃燒後的煙氣帶出爐膛，並經過 AQCS 系統處理後由煙囪排出。
- (2)、於空氣預熱器與一次空氣、二次空氣產生熱交換，並加熱一次空氣及二次空氣。圖 25 為煙氣系統概略圖。

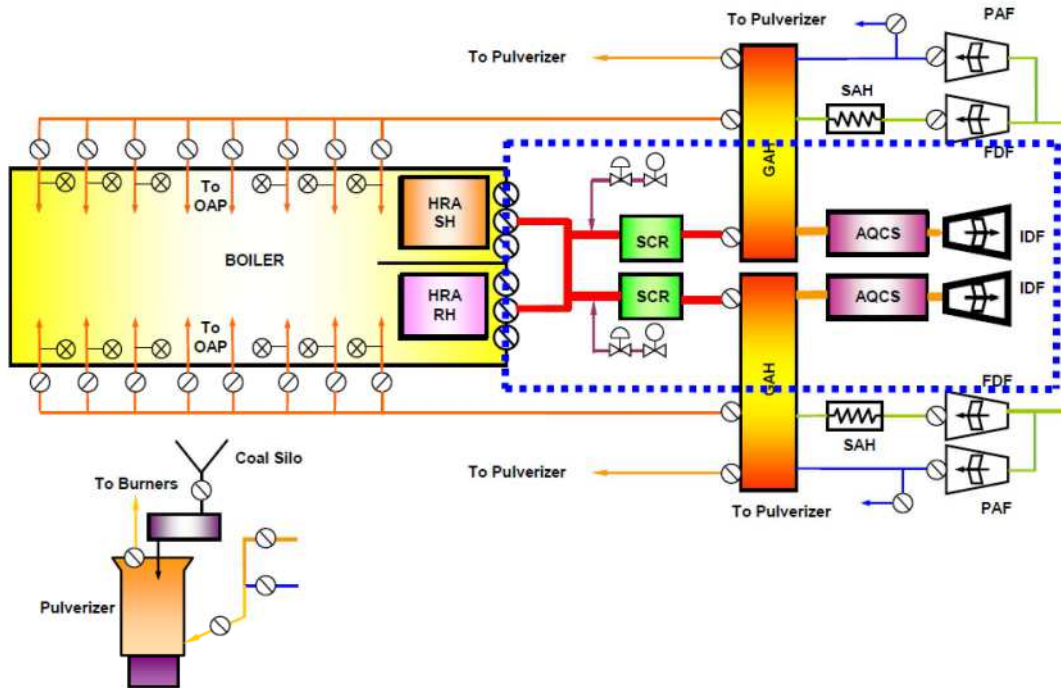


圖 25 煙氣系統

4、軸流式風機(Primary Air Fan, Force Draft Fan, Induced Draft Fan)

整個鍋爐系統總共有三大主要風機，分別為一次風機(Primary Air Fan)，送風機(Force Draft Fan)及引風機(Induced Draft Fan)，其功能如下：

- (1)、一次風機(Primary Air Fan)：本計畫採用 Howden (Denmark)水平雙葉片式風機，圖 26 為其設備圖及規格(詳表 6)如下，每座鍋爐各設置 2 台 50%軸流式一次風機 (Primary Air Fan) 自二次風道口消音器下游吸入空氣後分成兩路，一路經空氣預熱器加熱後，與另一路未預熱之冷空氣混合調溫後進入粉煤機，將粉煤經粉煤管吹送至爐膛內燃燒。一次冷空氣亦提供作為冷風道、熱風道、冷熱混合風道之控制風門及粉煤機磨球與飼煤機氣封空氣使用。

Variax® fan type ANT

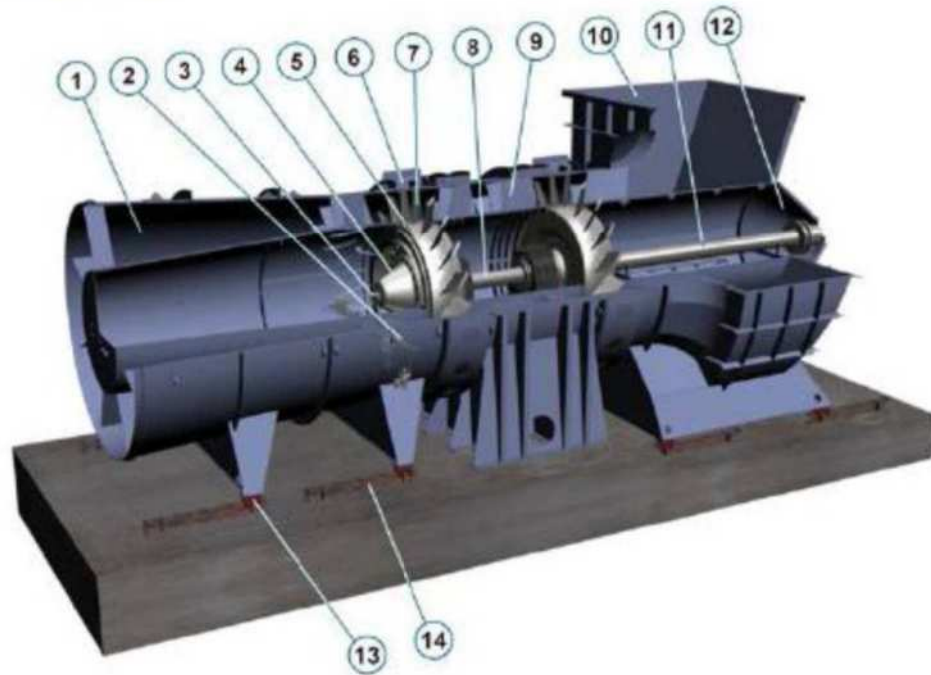


圖 26 Primary Air Fan 設備圖

表 6 Primary Air Fan 規格

Type	Horizontal Axial Flow Fan
Manufacturer	Howden (Denmark)
Number	50% x Two (2) sets per unit
Application	Primary Air Fan
Capacity	6,900 m ³ /min at 100.476 kPa, 49.00°C
Fan Speed	Max 1800 rpm (synchronous)
Driver Output	2,500 KW
Capacity Control	Adjustable Pitch Blades
Fan System Static Head	18.200 kPa
Fan Total Head	18.278 kPa

(2)、送風機(Force Draft Fan)：本計畫採用 Howden (Denmark) 水平單葉片式風機，圖 27 為其設備圖及規格(詳表 7)如下，每座鍋爐各設置 2 台 50%軸流式送風機 (Forced Draft Fan)，裝設位置在鍋爐房地面一樓，進氣口則提高至鍋爐房頂樓 (約 77 米高)，主要目的係用以回收包封鍋爐房頂內之熱氣及增加房內空氣循環流通。此二次空氣離開送風機後先進入空氣預熱器加熱後，熱空氣再進入風箱作為鍋爐燃燒空氣使用。

Variax® fan type ANN

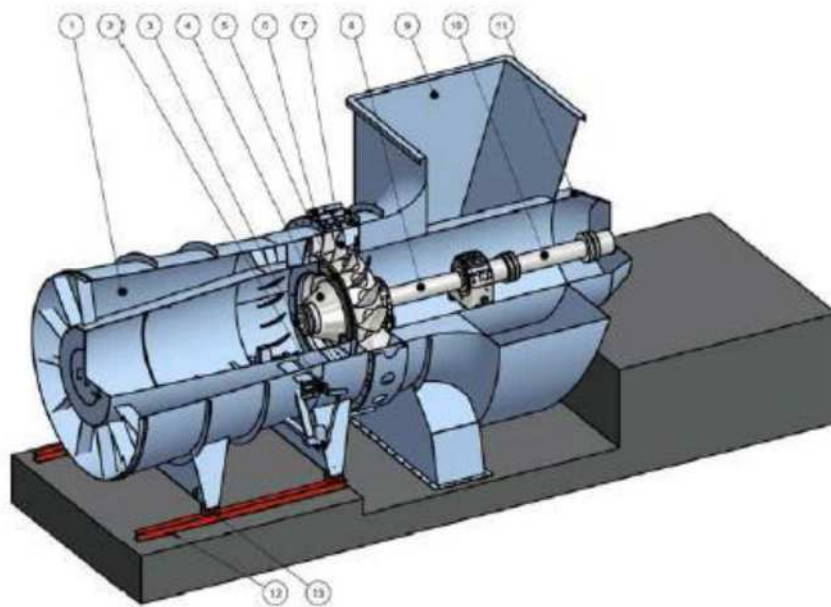


圖 27 Force Draft Fan 設備圖

表 7 Force Draft Fan 規格

Type	Horizontal Axial Flow Fan
Manufacturer	Howden (Denmark)
Number	50% x Two (2) sets per unit
Application	Forced Draft Fan
Capacity	22,300 m ³ /min at 100.294 kPa, 49°C
Fan Speed	Max 1200 rpm (synchronous)
Driver Output	3,250 KW
Capacity Control	Adjustable Pitch Blades
Fan System Static Head	6.449 kPa
Fan Total Head	6.596 kPa

(3)、引風機(Induced Draft Fan)：本計畫採用 Howden (Denmark)水平雙葉片式風機，圖 28 為其設備圖及規格(詳表 8)如下，每座鍋爐各設置 2 台 50%軸流式引風機 (Induced Draft Fan)，裝設位置在袋式集塵設備下游，主要目的係使爐內產生些微負壓，以免煙氣自鍋爐或煙道外洩，同時亦幫助煙氣自鍋爐內排出，流往脫硝設備、空氣預熱器、集塵設備及脫硫設備後自煙囪排出。

Variax® Fan Type ANT

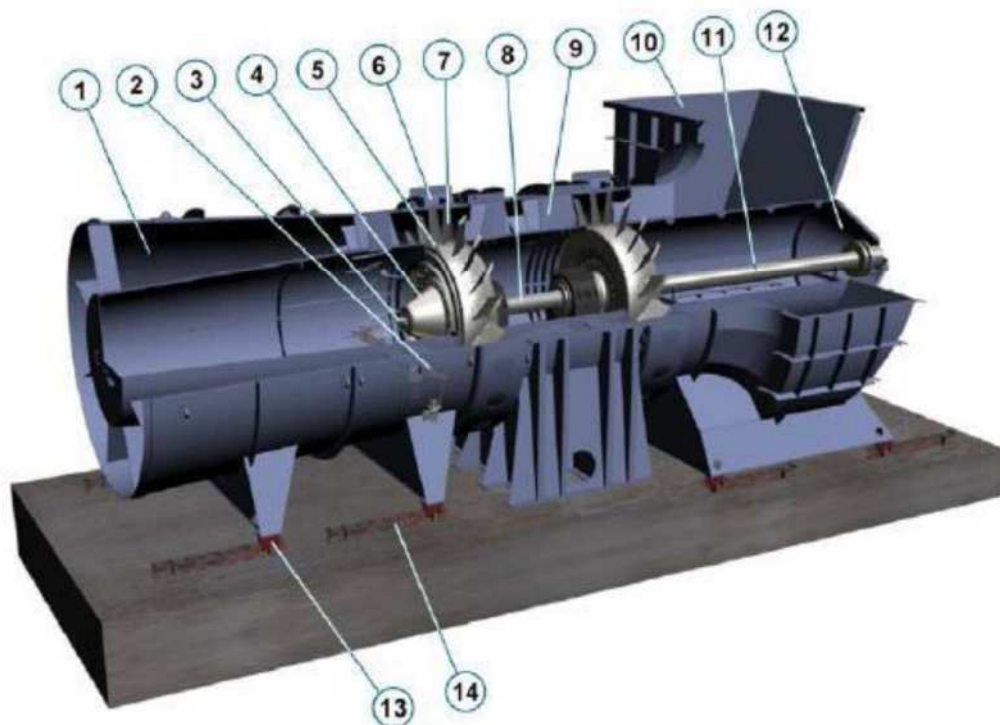


圖 28 Induced Draft Fan 設備圖

表 8 Induced Draft Fan 規格

Type	Horizontal Axial Flow Fan
Manufacturer	Howden (Denmark)
Number	50% x Two (2) sets per unit
Application	Induced Draft Fan
Capacity	42,000 m ³ /min at 94.469 kPa, 130°C
Fan Speed	Max 720 rpm (synchronous)
Driver Output	10,200 KW
Capacity Control	Adjustable Pitch Blades
Fan System Static Head	11.500 kPa
Fan Total Head	11.769 kPa

5、送風機、一次風機、引風機之設計參數

(1)、送風機：送風機所提供之風量，在 MCR 狀況的 1.2 倍，經計算鍋爐燃燒所需的風量為 2,807.1 ton/h，由一次風機所需提供燃燒風量為 576.3 ton/h，故由送風機提供平衡燃燒風量為 2,377.5 ton/h(含風量洩漏產生的損失)如圖 29 所示。

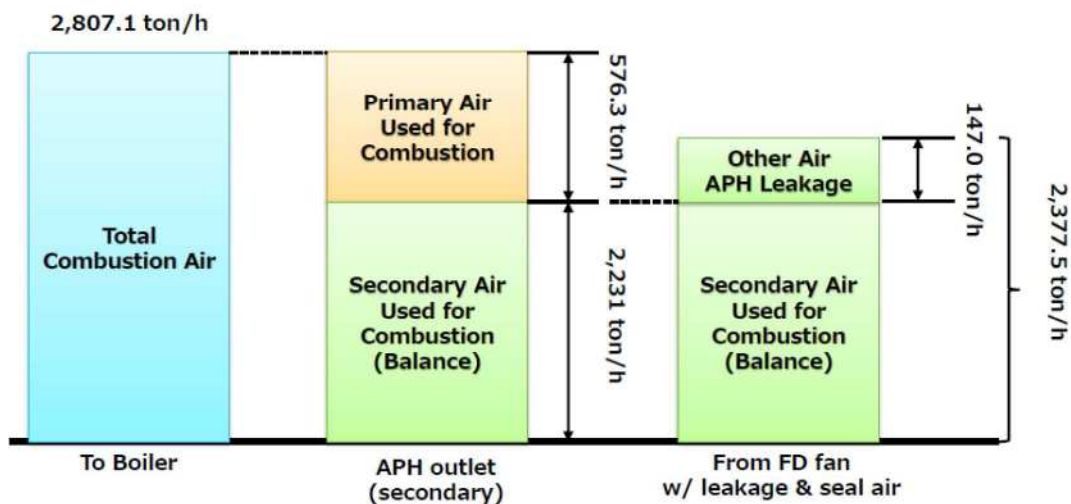


圖 28 送風機風量設計參數

(2)、一次風機：一次風機所需提供燃燒風量為 576.3 ton/h，另需增加氨氣稀釋空氣及密封空氣所需風量，故一次風機所需提供的風量為 742.1 ton/h，如圖 29 所示。

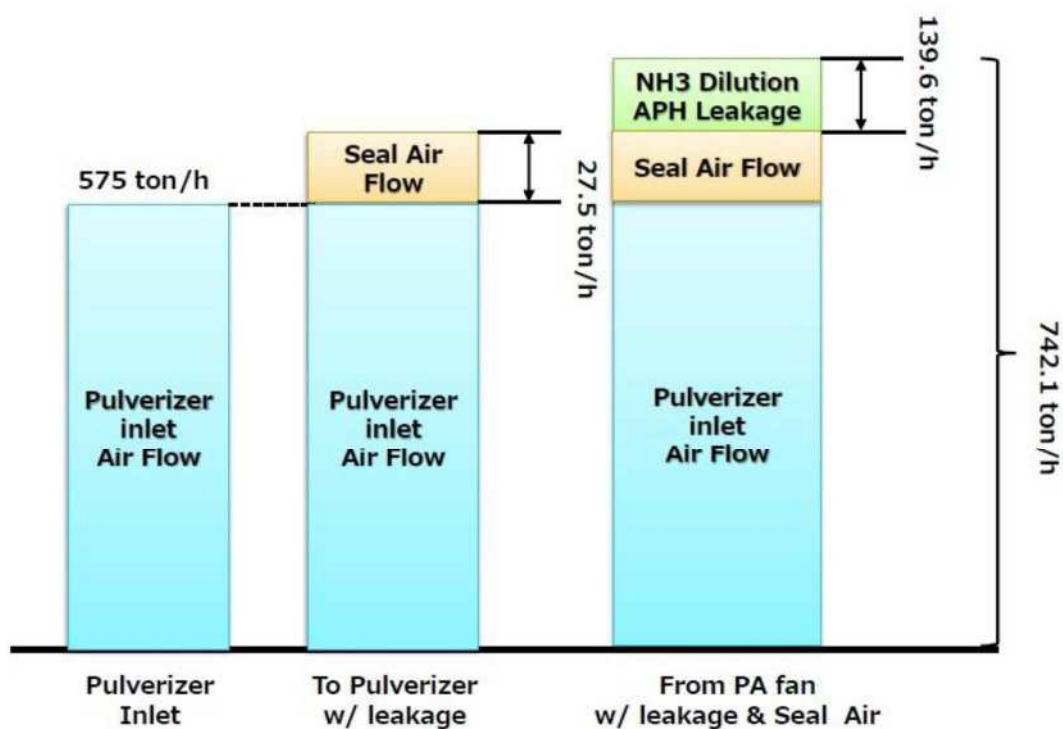


圖 29 一次風機風量設計參數

(3)、引風機：引風機須使鍋爐產生些微負壓，故引風機的風量需涵蓋燃料中濕空氣，氮氣稀釋空氣及風量洩漏之損失，計算為3119.7 ton/hr，如圖 30 所示。

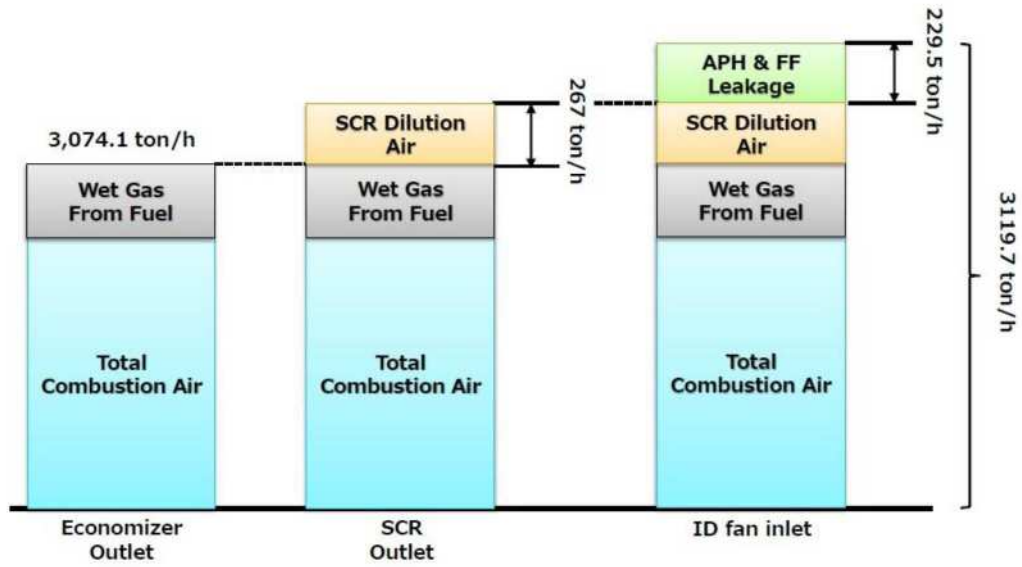


圖 30 引風機風量設計參數

(九)、鍋爐循環泵(BCP)

1、鍋爐循環泵之功能

- (1)、點火前爐水循環系統沖洗期間，提供足夠的流量與壓力，縮短沖洗時間並節省用水。
- (2)、點火後之濕態運轉（Wet mode Operation）期間，將大量飽和水作再循環，以達節省用水及熱量回收，同時亦可保持穩定流速、流量，保護蒸發面不致過熱。
- (3)、當鍋爐蒸汽可達到完全過熱的單相汽態之乾態運轉（Dry mode Operation）後，系統解聯作為鍋爐低載時之備用循環設備。

2、鍋爐循環泵之構造

本計畫採用 Torishima 垂直離心無軸封式泵，圖 31 為鍋爐循環泵設備圖及規格(詳表 9)如下。

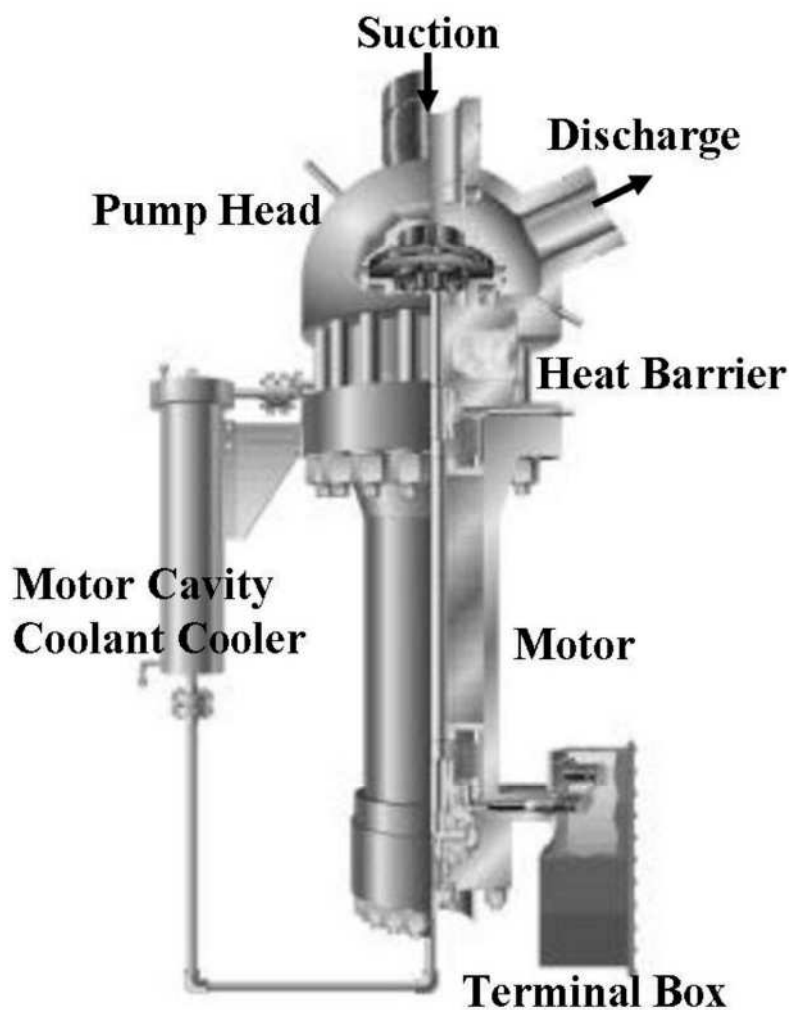


圖 31 鍋爐循環泵設備圖

表 9 Boiler Circulation Pump 規格

Type	Vertical, Centrifugal, Glandless pump
Manufacturer	Torishima Pump (Japan)
Model	HLAV250-490/1K
Capacity	788.5 t/hr (including minimum flow, 77.5 t/hr)
Head	650 KPa
Suction Fluid Temp.	303.8 °C (8.96 Mpag) saturated temp.
Pump Speed	1800 rpm (synchronous) / 1760 rpm (running)
Rated Driver Output	420 kW

- (1)、Suction 及 Discharge 分別為循環水之進口及出口。
- (2)、Heat Barrier 設置於泵及馬達之間，主要防止熱泵熱量傳遞到馬達，進一步保護馬達線圈的絕緣。
- (3)、馬達(Motor)是潛水式三相籠型轉子馬達。定子線圈採用是塑料絕緣。佈置在馬達下端的推力軸承板處為輔助葉輪式，可推動冷卻循環水進入馬達內側。
- (4)、Motor Cavity Coolant Cooler 主要是冷卻馬達所產生的熱量，冷卻器分管側及殼側，管側走馬達運轉所產生之熱水，殼側走低壓之外部冷卻水，用以冷卻冷卻器，其循環圖如圖 32。

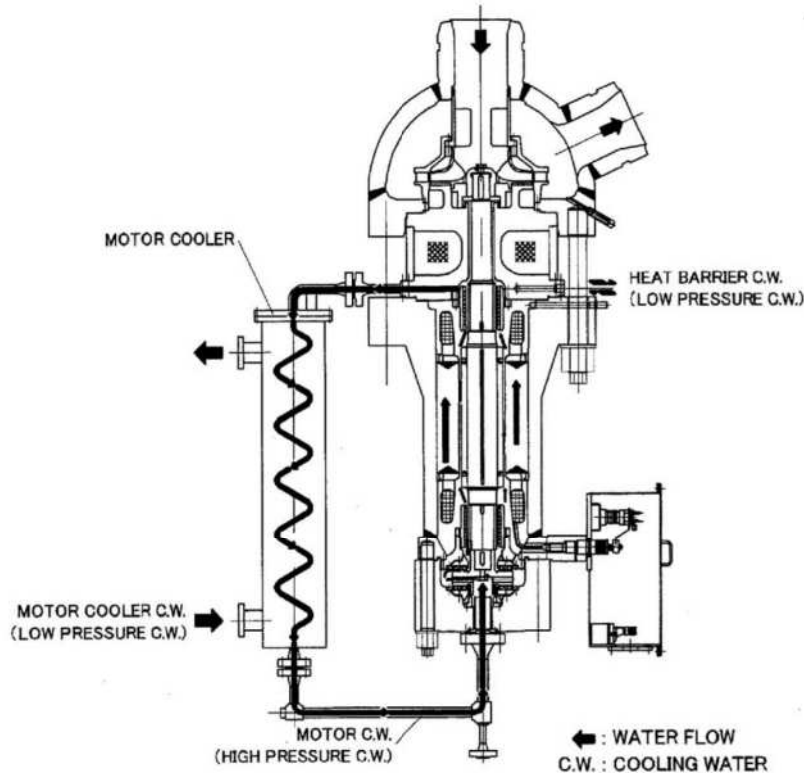


圖 32 BCP 循環圖

(十)、空氣預熱器(Air Preheater)

空氣預熱器主要為一熱交換器，吸收煙氣的熱量，降低煙氣溫度，並利用此熱量加熱燃燒所需之一次及二次空氣，可達到提高效率的功能，大林更新改建計畫所購買的是 Howden 所製造之三分倉再生迴轉垂直軸(Vertical Shaft Tri-sector, VST)空氣預熱器，以下為空氣預熱器簡介。

1、空氣預熱器功能及概述

空氣預熱器主要設計為在相當小的空間中利用熱元件的熱吸收表面積，加熱鍋爐所需熱空氣以節省燃料，於空氣預熱器中，熱元件在煙氣通過時被加熱，而旋轉至空氣側時冷卻，圖 33 為空氣預熱器風煙道位置圖。

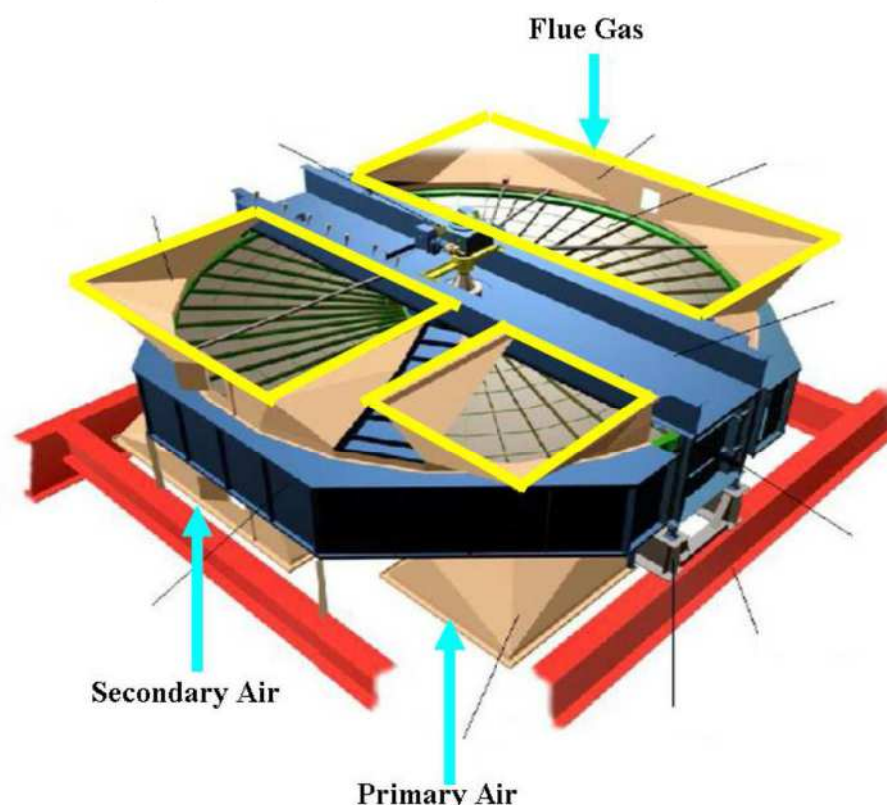
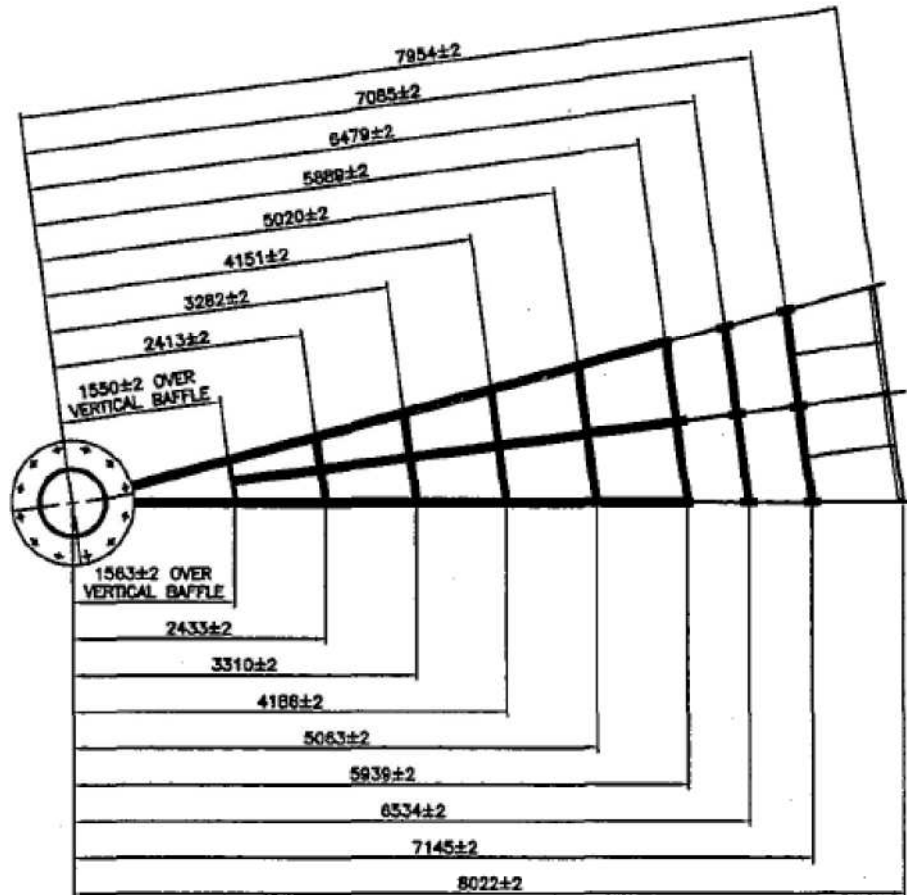


圖 33 空氣預熱器風煙道位置圖

在空氣預熱器中，煙氣從上側流入，一次及二次空氣由下側流入，特殊設計過的熱元件經由轉軸緩慢的逆時針轉動，透過熱元件的轉動，煙氣中部份的熱量被熱元件吸收，而熱元件再將熱量傳導至一次及二次空氣中，經由此動作，原本要流出鍋爐的熱量會再次被吸收，經由一次及二次而帶回到鍋爐。

轉軸位於空氣預熱器中心部分，徑向平板由轉軸向外延伸，將空氣預熱器分成 24 個大區塊，二次徑向平板可將大區塊再細分成小區塊(如圖 34)，徑向平板之間由區塊分隔板支撐並加強轉軸及熱元件容器的強度。



PLAN VIEW ON ONE SECTOR
SHOWING TOLERANCES TO POSITIONS OF VERTICAL
BAFFLE PLATE AND SECTOR DIVISION PLATES
(ALL DIMENSIONS INSIDE PLATES U.O.S.)

圖 34 轉軸區塊圖

2、大林更新改建計畫採用之空氣預熱器規格

此次大林更新改建計畫所採用之空氣預熱器為 Howden 33.0 VST 2300，詳細規格如表 10，旋轉方向為逆時針，依序由「Flue gas」、
「Secondary Air」、最後為「Primary Air」，IHI 公司表示此旋轉方向之
選擇依據過往運轉經驗，有下列 2 個優點：

- (1)、磨耗較低，因 Flue gas 與 Secondary Air 壓差較小，其洩漏率及堆積之灰較少，所以由「Flue gas」轉至「Secondary Air」時磨耗會較由「Flue gas」轉至「Primary Air」小。
- (2)、溫度上升效率較高，由於 Secondary Air 量較 Primary Air 多，所以由「Flue gas」轉至「Secondary Air」時溫度上升效率會較由「Flue gas」轉至「Primary Air」略高。

表 10 空氣預熱器規格表

Service	Air Preheater (APH)
Type	Counter flow, Rotary Regenerative, Tri-sector, Vertical
Model / Type No.	33.0 VST 2300
Quantity	2 sets per Boiler
Manufacture	Howden UK
Location	Indoor
Performance	
Total Heating Surface	78,528 m ² (Single Sided)
Unit Load (Design)	VWO
Boiler Evaporation (T/h)	Approx. 2,369
Fuel	Bituminous Coal
APH Outlet Air Flow (T/h)	2,614 per Boiler
APH Inlet Gas Flow (T/h)	3,051 per Boiler
Leak Air Flow Rate (% of APH Inlet Gas Flow)	6% or less
APH Inlet Pri. Air Temp. (°C)	62
APH Inlet Sec. Air Temp. (°C)	52
APH Outlet Pri. Air Temp. (°C)	332
APH Outlet Sec. Air Temp. (°C)	346
APH Inlet Gas Temp. (°C)	370
APH Outlet Gas Temp. (UnCorrected)(°C)	137 (Guarantee 138)
APH Outlet Gas Temp. (Corrected)(°C)	134
Gas Side Draft Loss (kPa)	Approx. 1.2
Primary Air Side Draft Loss (kPa)	Approx. 0.5
Secondary Air Side Draft Loss (kPa)	Approx. 1.2

空氣預熱器結構圖如圖 35，構成組件有驅動單元(Centre Drive Unit)、轉軸(Rotor)、轉軸外殼(Rotor Housing)、煙道(Gas Duct)、風道(Air Duct)、熱元件(Heating Element)、吹灰器(Sootblower)、火焰偵測設備(Fire Detection Equipment)及消防系統(Fire Fighting System)。

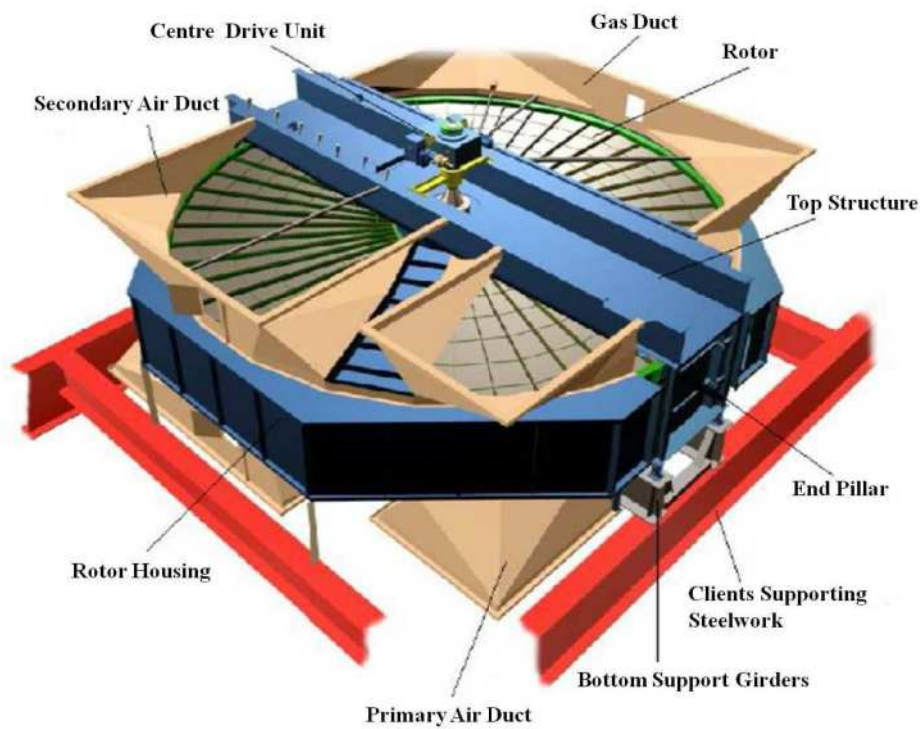


圖 35 空氣預熱器結構圖

3、轉軸(Rotor)：轉軸材質為碳鋼(Carbon Steel)，為由鋼板構成許多區間及中間軸承而構成，而這些由鋼版所隔成的小區間為放置熱元件的位置，其結構圖如圖 36。

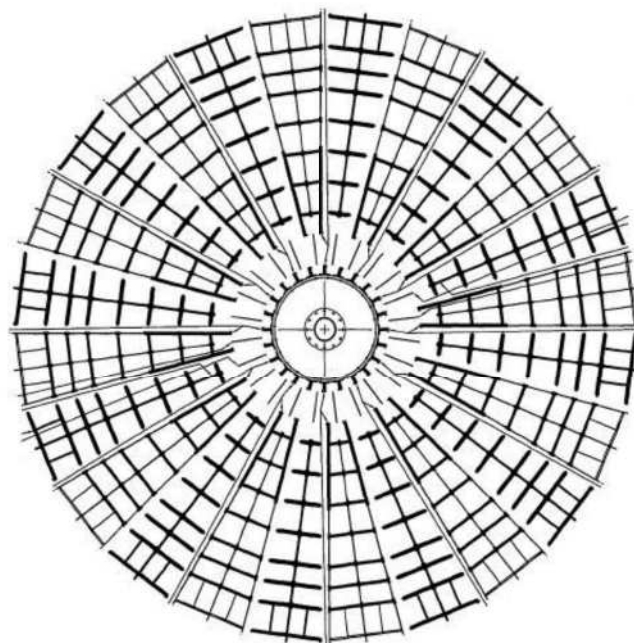


圖 36 轉軸結構圖

4、熱元件及其容器(Heating Element and Container)

熱元件分為三層，冷端(Cold End)、中溫層(Intermediate)及熱端(Hot End)，熱端使用形式為 HS7(如圖 37)，冷端及中溫層為 HS8(如圖 37)，詳細規格如表 11。

- (1)、熱端(Hot End)：設計的主要考慮因素為最佳的熱傳導表面積 (Optimum Heat Surface Area)，所以採用 HS7 為熱元件外型；於大林更新改建計畫中採用材質為 CRLS(Corrosion Resistance Low Alloy Steel)，厚度為 0.5 mm，高度為 950 mm。
- (2)、中溫層(Intermediate)：設計的考量為 ABS 可能造成熱元件的積灰及壓損，所以採用 HS8 為熱元件外型；於大林更新改建計畫中為了獲得最好的搪瓷(enamel)鍍層品質而採用脫碳鋼(Decarburized Steel)為基材，厚度為 0.75 mm，高度為 200 mm。
- (3)、冷端(Cold End)：設計的考量為 ABS 可能造成熱元件的積灰及壓損，所以採用 HS8 為熱元件外型；於大林更新改建計畫中為了獲得最好的搪瓷(enamel)鍍層品質而採用脫碳鋼(Decarburized Steel)為基材，厚度為 0.75 mm，高度為 1150 mm。

搪瓷(enamel)鍍層的優點主要為極佳的抗腐蝕性、優秀的機械性質與熱震(Thermal Shock)並可增加抵抗磨耗能力。



Profile Name	Profile Description	Performance Level	Comment
HS7	 Double-Undulated profile optimised for minimum element area	HIGH	Extensively used for both hot and cold end of APHs
HS8	 Double-Undulated profile optimised for enamelling and minimum pressure drop.	HIGH	Extensively used for both hot and cold end of APHs and GGHs. Suitable for cold end of SCR compatible APHs

圖 37 熱元件之外型

表 11 熱元件詳細規格

	Hot End	Intermediate	Cold End
Profile	HS7	HS8e	HS8e
Material	Corten (CRLS)	Enamelled Decarburised Steel	Enamelled Decarburised Steel
Material Standard	BS EN 10025-5:2004 S355JOWP	BS EN 10029	BS EN 10029
Depth (mm)	950	200	1150
Metal Thickness (mm)	0.5	0.75	0.75
Enamel Thickness (mm)	0.00	0.3 (0.15 per side)	0.3 (0.15 per side)
Total Thickness (mm)	0.50	1.05	1.05

熱元件為片裝鋼板，放置在熱元件容器中組裝而成一個塊狀熱元件，這樣可在維護時較為方便。表 12 為熱元件容器的詳細規格，圖 38 為熱元件容器示意圖。

表 12 熱元件容器的詳細規格

	Hot End	Intermediate	Cold End
Material	Mild Steel	Corten (CRLS)	Corten (CRLS)
Material Standard	Support Bars : BS EN 10025 S275JR End Plates : BS EN 10025 S235JR	BS EN 10025-5:2004 S355JOWP	BS EN 10025-5:2004 S355JOWP
Depth (mm)	1033	255	1235

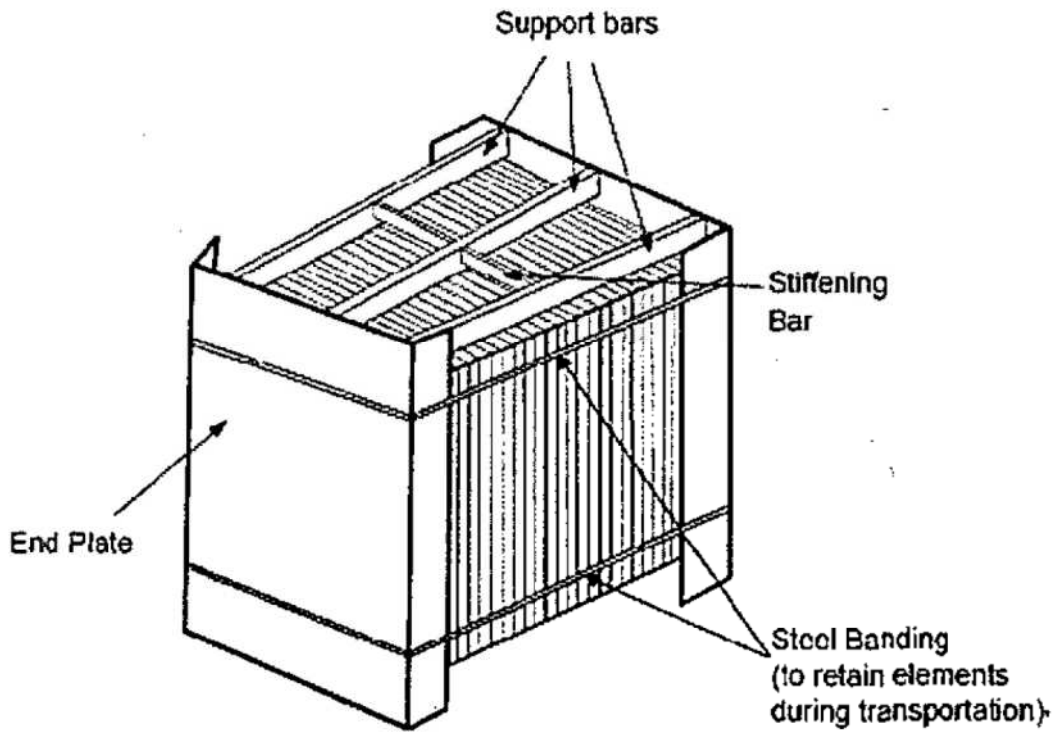


圖 38 熱元件容器示意圖

5、吹灰器(Sootblower)

吹灰器主要功能為清除積灰或堆積物，可恢復熱交換效率，於冷端及熱端各裝設一支吹灰器，並以蒸汽為吹灰介質，圖 39 為吹灰器裝設位置圖，表 13 為吹灰器設備規格表。

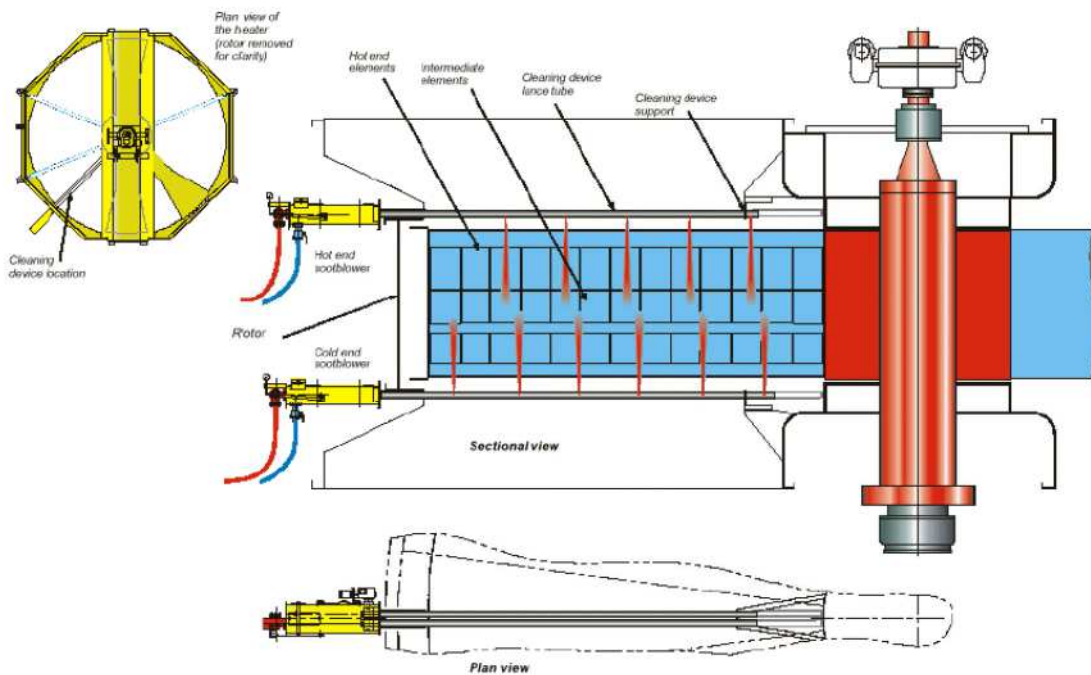


圖 39 吹灰器裝設位置圖

表 13 吹灰器設備規格表

Design	Semi-Retractable Lance Design
Blower Arrangement	Hot & Cold End, Sequential Operation
Blowing Medium	Steam
Operating Condition	10.3 bar g, 111 °C superheat (296.5 °C)
Supply Pressure (Bar g)	20
Supply Temperature (°C)	357
Number of Nozzle per Lance	7
Blowing Time per Lance (min)	26.5

6、火焰偵測設備(Fire Detection Equipment)及消防系統(Fire Fighting System)

由於燃燒時產生的飛灰會經由煙氣被帶至空氣預熱器葉片並沉積，當溫度過高時，沉積物有可能會自燃，如燃燒溫度過高時，就有可能對熱元件造成損傷，所以於空氣側裝設火焰偵測設備(如圖 40)，火焰偵測設備為偵測溫度的偵測器，如溫度上升過高，就有可能是有火焰產生，如確認發生燃燒狀況時，此時必須使用消防系統滅火(如圖 41)。

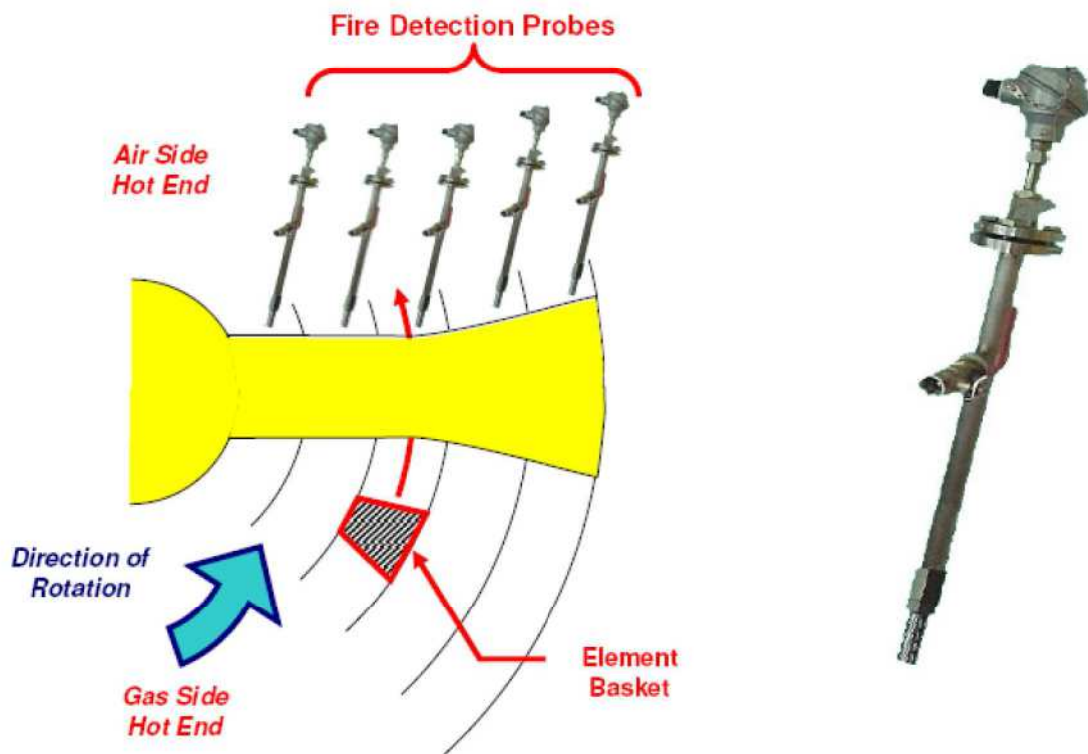


圖 40 火焰偵測設備

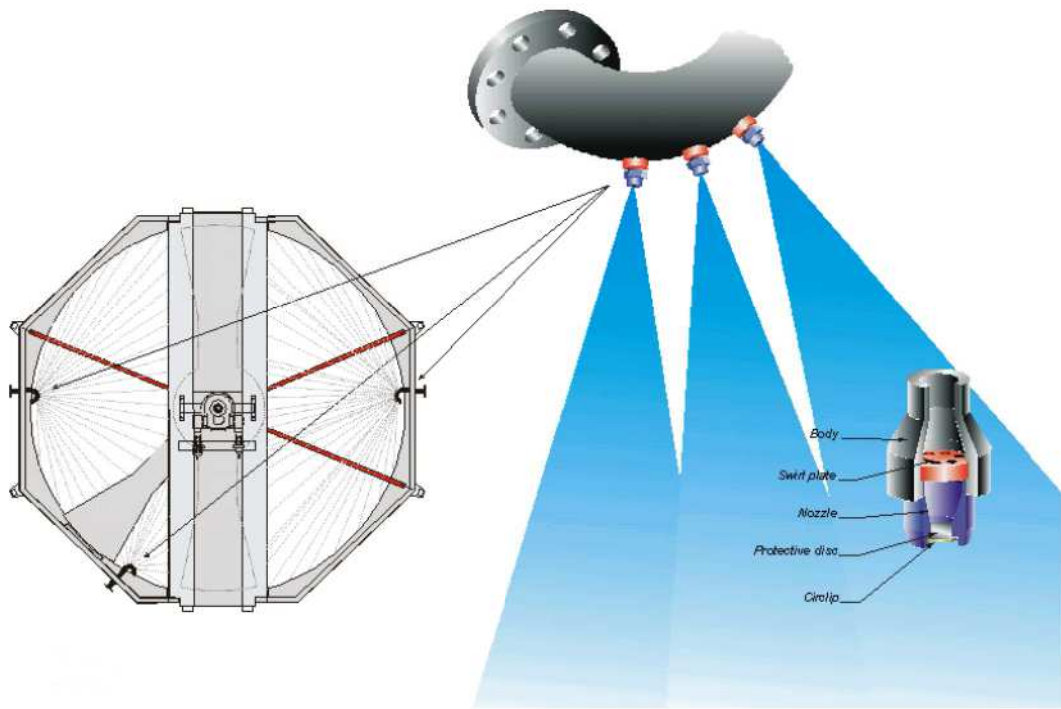


圖 41 消防系統

7、氣封系統(Seal System)

由於煙氣及空氣側之壓力不同，且轉動元件有間隙，所以一次空氣及二次空氣會經由間隙，由高壓處洩漏至低壓煙氣，此時會降低空氣預熱器熱交換效率，也會增加引風機的負擔；降低洩漏的方式為加裝氣封片，降低洩漏量，圖 42 為洩漏路徑圖，由圖中可知，洩漏大致上分成 Circumferential seal leakage、Axial seal leakage、Radial seal leakage、Hub region leakage 等 4 種，相對應的降低洩漏方式說明如下；

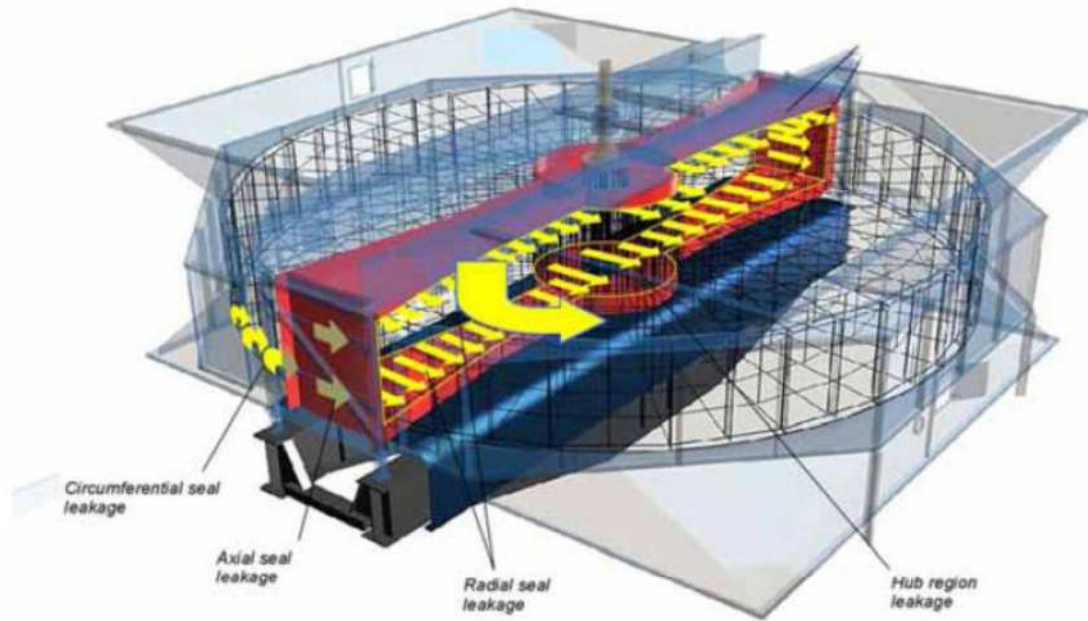
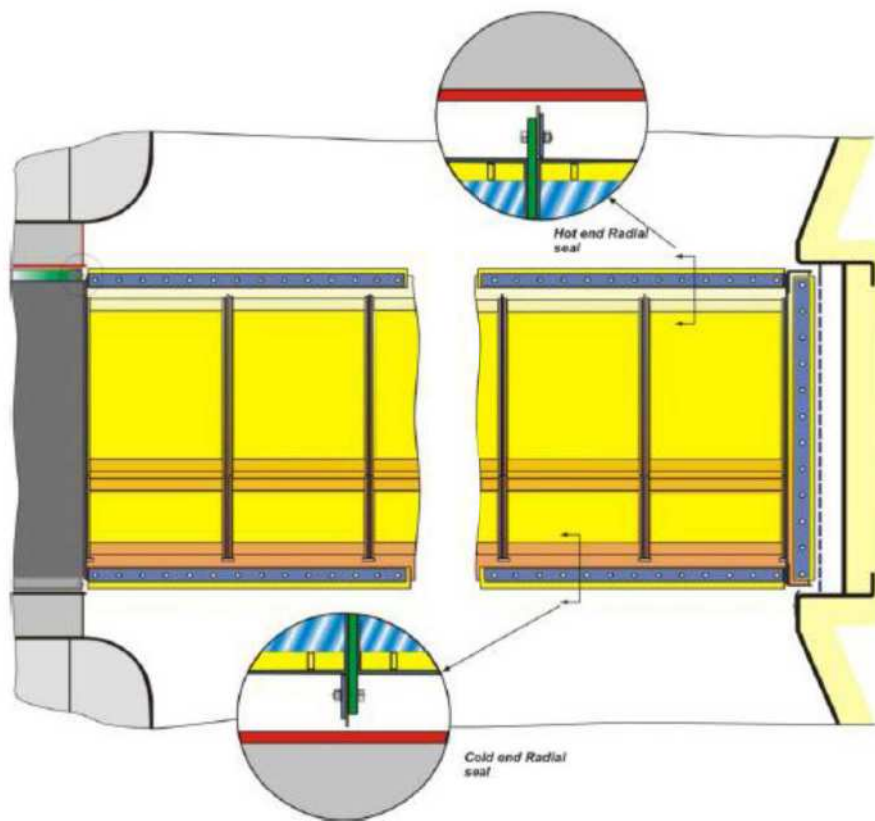


圖 42 洩漏路徑圖

(1)、徑向氣封(Radial seal)：在轉動元件上下各裝設氣封片，降低洩漏(如圖 43)。



Radial Seals

圖 43 徑向氣封(Radial seal)

(2)、**軸向氣封(Axial seal)**：裝設 1 道氣封片，分隔空氣側及煙氣側(如圖 44)。

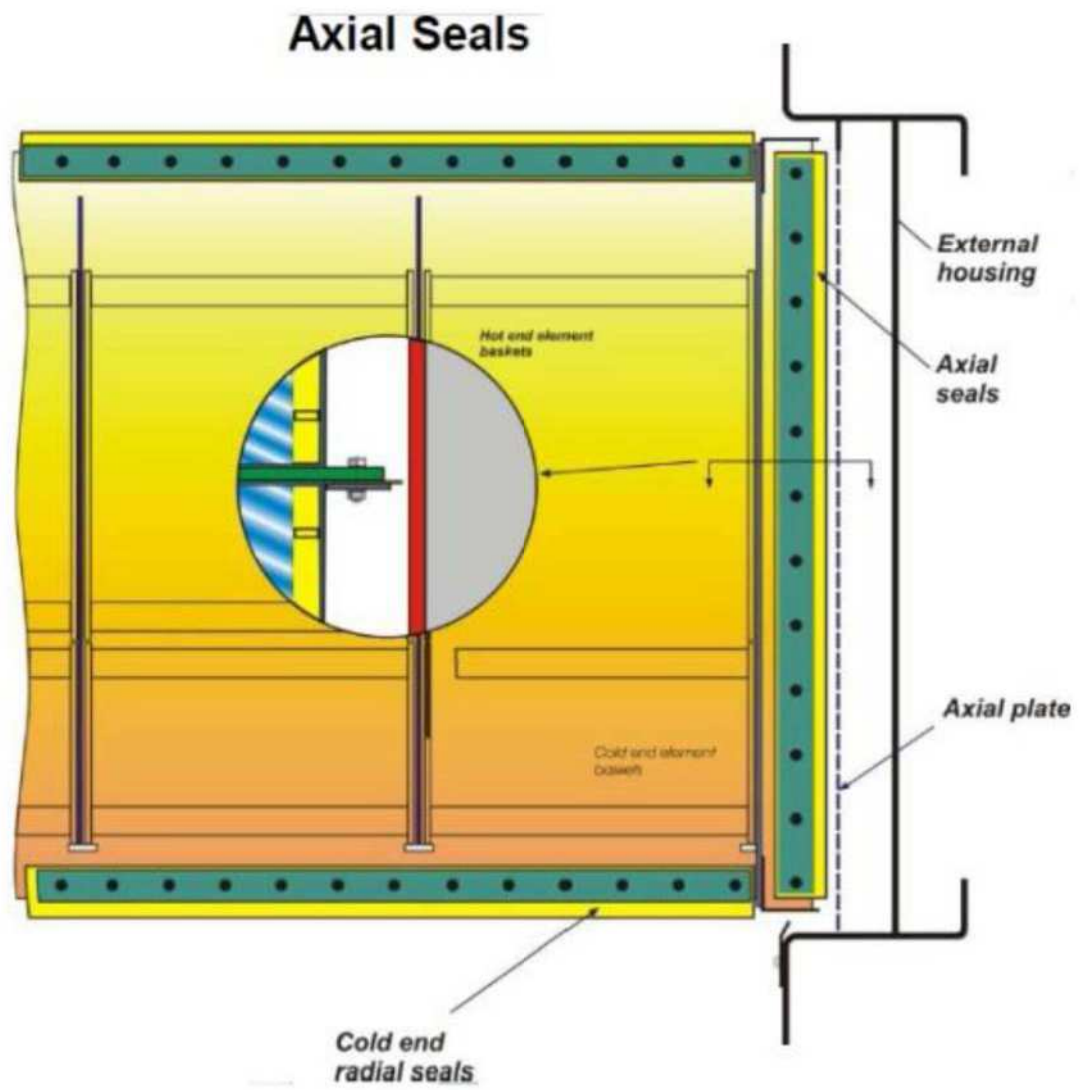


圖 44 軸向氣封(Axial seal)

(3)、周向氣封(Circumferential seal)：分為 Inner 及 Outer 兩種，Outer Circumferential seal 是於空氣預熱器外殼上下端各裝設1道氣封片(如圖 45)。Inner Circumferential seal 是於轉軸處裝設氣封片，降低洩漏量(如圖 46)。

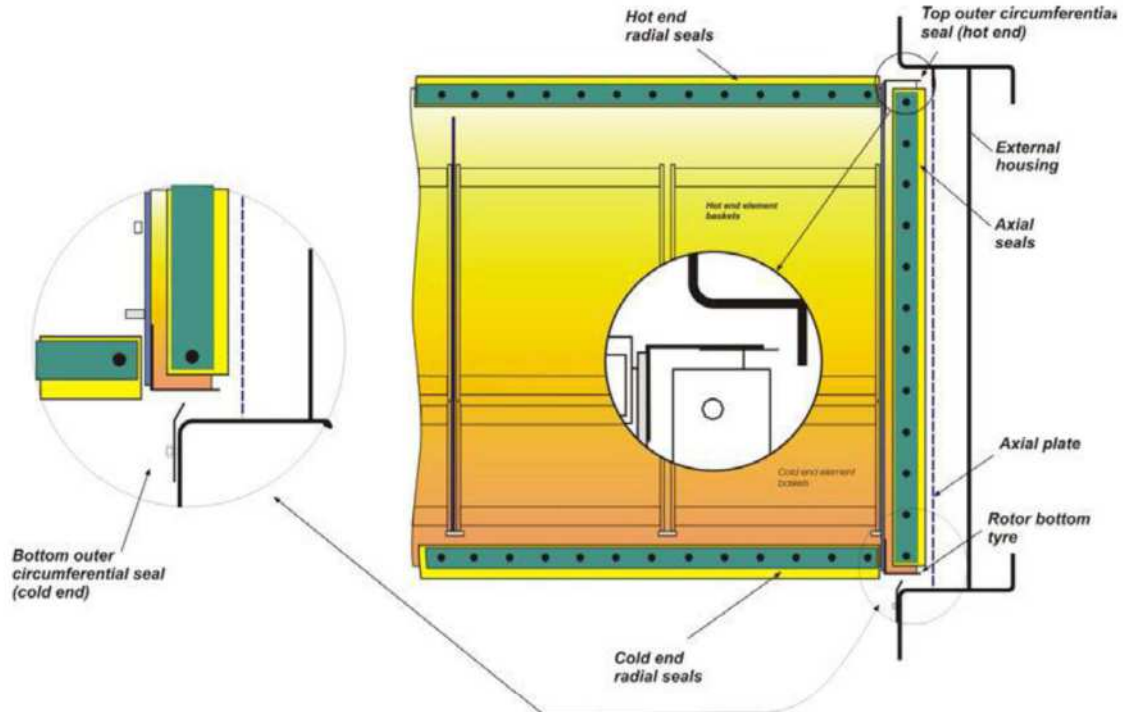


圖 45 周向氣封(Outer Circumferential seal)

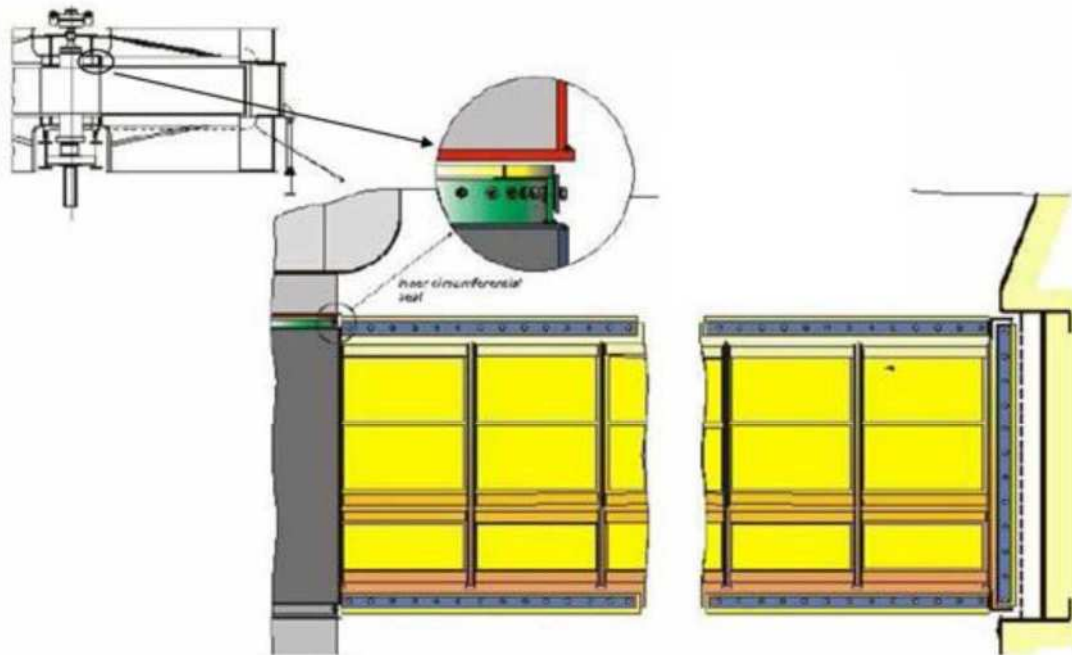


圖 46 周向氣封(Inner Circumferential seal)

(4)、軸氣封(Hub seal)：裝設氣封片，降低煙氣洩漏至大氣(如圖 47)。

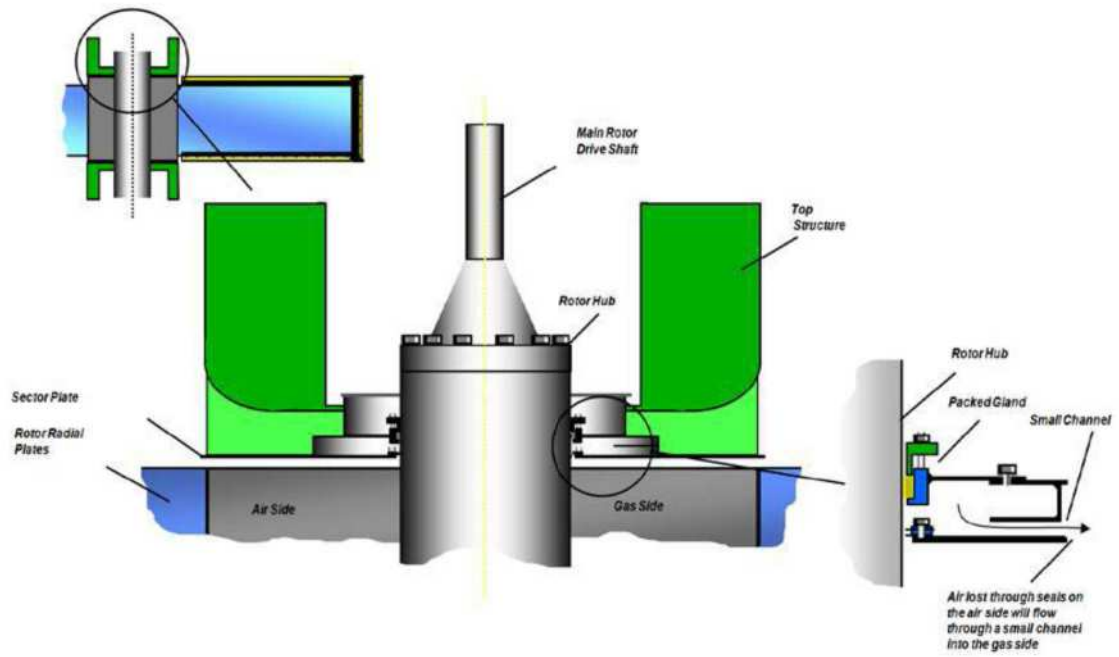


圖 47 軸氣封(Hub seal)

(十一)、SCR(Selective Catalyst Reduction) System

SCR 系統的主要功用為將煙氣中的氮氧化物轉化為氮氣及水，以降低氮氧化物的排放量。氣態氨透過氨氣注入系統注入煙道中，並在進入 SCR 反應器之前與煙氣混合，氮氧化物的還原作用發生於觸媒層間，公式(1)及公式(2)為氮氧化物於觸媒層中發生反應的化學反應式。圖 48 為 SCR 系統及反應圖。

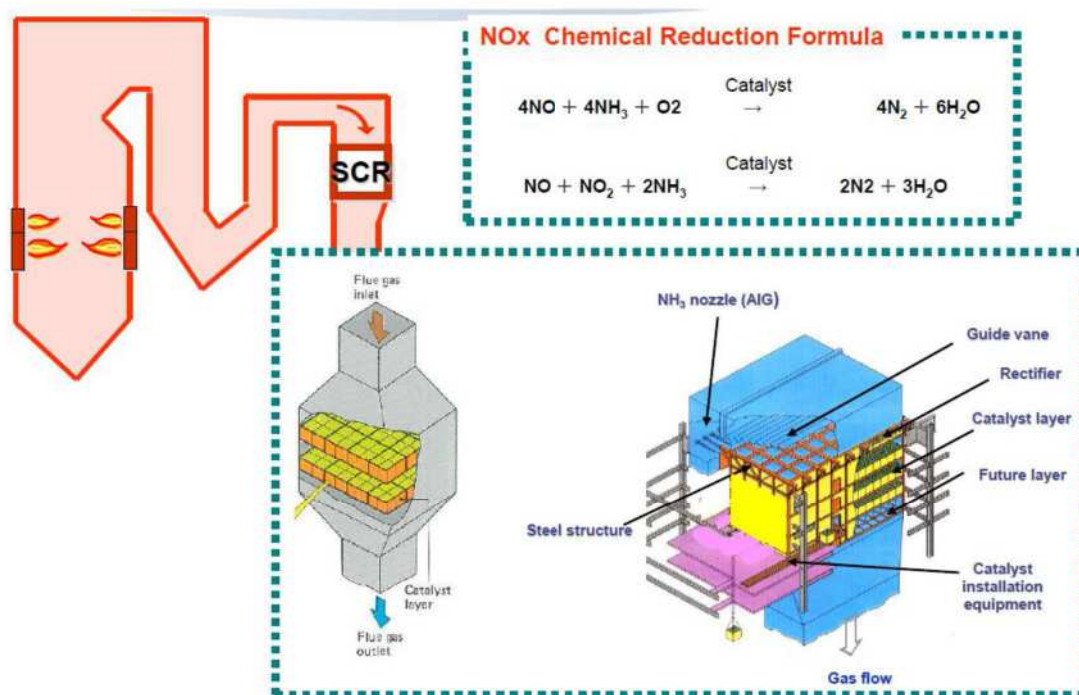
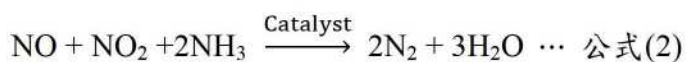
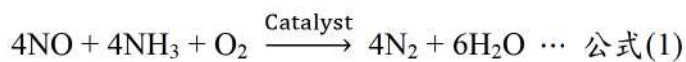


圖 48 SCR 系統及反應圖

SCR 系統的氨氣供應系統包含液態氨儲存槽、液氨蒸發器、加壓器、混合器及注氨系統，液態氨透過電熱式液氨蒸發器加熱後成為氣態，氣態氨經過加壓器後與稀釋空氣混合並注入 SCR 反應器前煙道與煙氣混合，圖 49 為液氨系統概略圖。

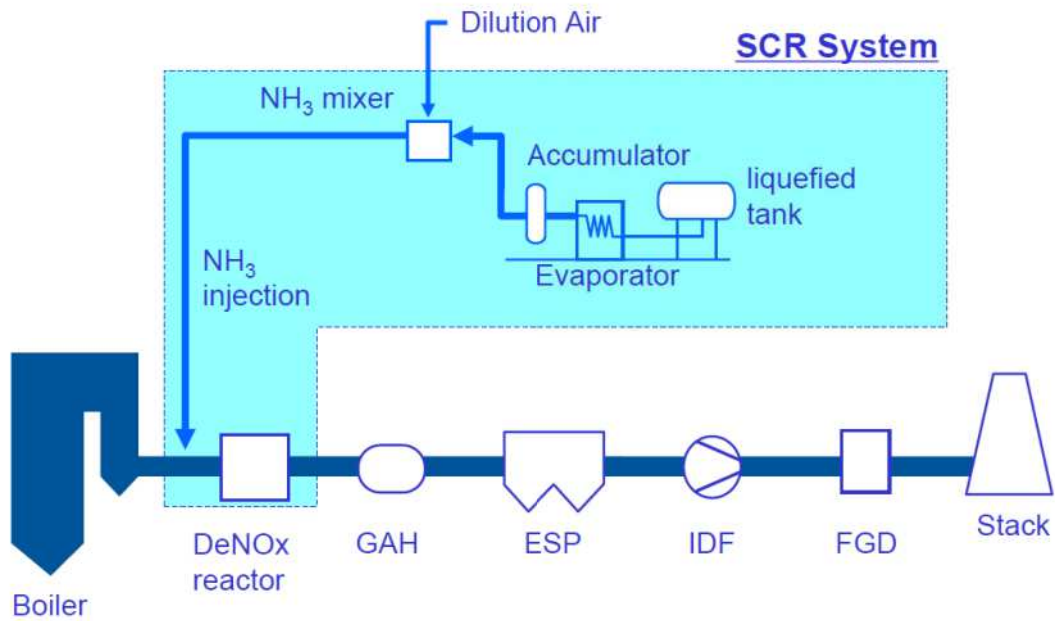


圖 49 液氨系統概略圖

大林更新改建計畫 SCR 反應器最多可裝設三層觸媒，第三層為未來層，並於反應器中裝設聲波除塵器除去觸媒積灰，表 14 及圖 50 為觸媒規格及照片。

表 14 觸媒規格

Type		Honeycomb Type
Material	-	Titanium Dioxide Basis
Cross section size (a) x Length (L)	mm	150 x 150×770
Cell arrangement (n x n)	-	21×21
Cell pitch size (p)	mm	7.1
Cell opening size (d)	mm	6.4
Inner wall thickness (t)	mm	0.7
Catalyst volume per unit	m ³	449.1
Space Velocity	1/h	5,130
Maximum allowable temperature	°C	427

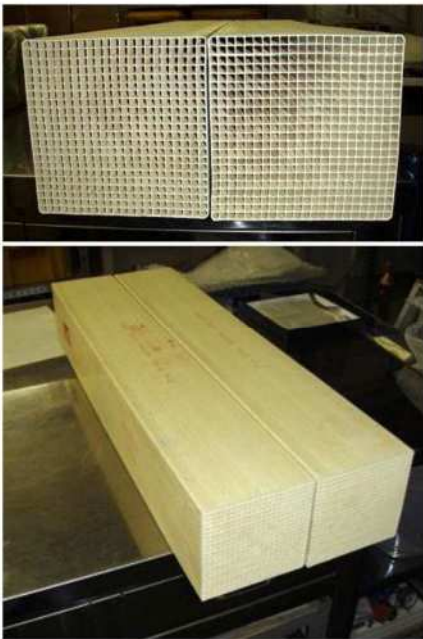
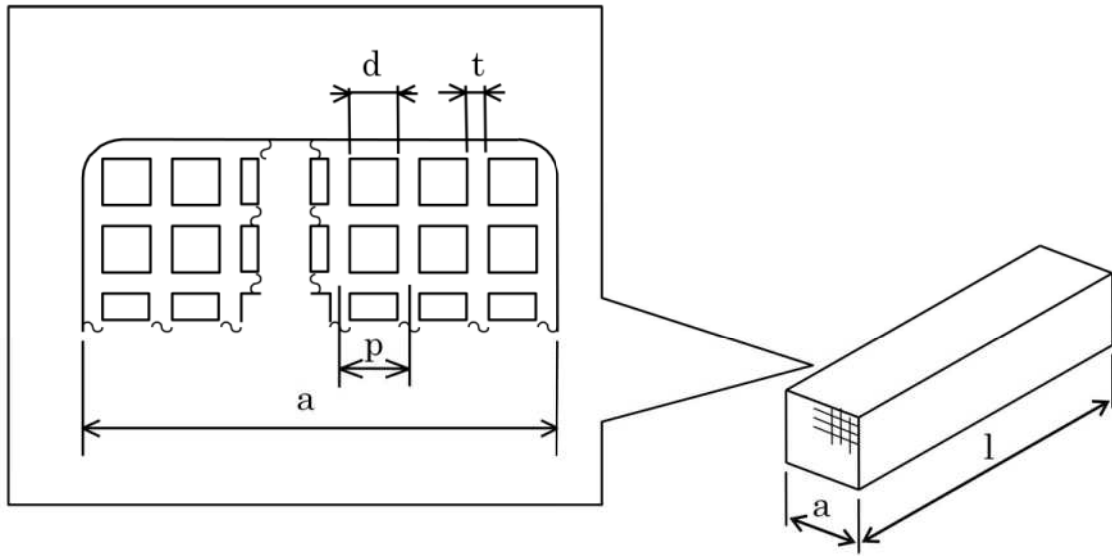


圖 50 觸媒元件照片

表 15 及圖 51 分別為 SCR 反應器規格及佈置圖，此次大林更新改建計畫於省煤器出口煙道裝設了大顆粒灰屏幕，主要是捕捉煙氣中較大顆粒灰塵，並阻擋使其不至於阻塞觸媒。

表 15 SCR 反應器規格

Table SCR Reactor specification		
Type (Flue gas direction)	-	Vertical down flow type
Material	-	Carbon Steel
Catalyst cleaning system	-	Sonic Horn is to be equipped with each layer
No. of reactor per boiler	-	2 reactors
SCR reactor dimensions (W x D)	m	17,325 x 9,930
No. of catalyst layer including spare layer(s)	-	2 (+1 spare) layers
No. of catalyst module	-	90 modules per layer per reactor 180 modules per reactor(2 layers) 360 modules per unit

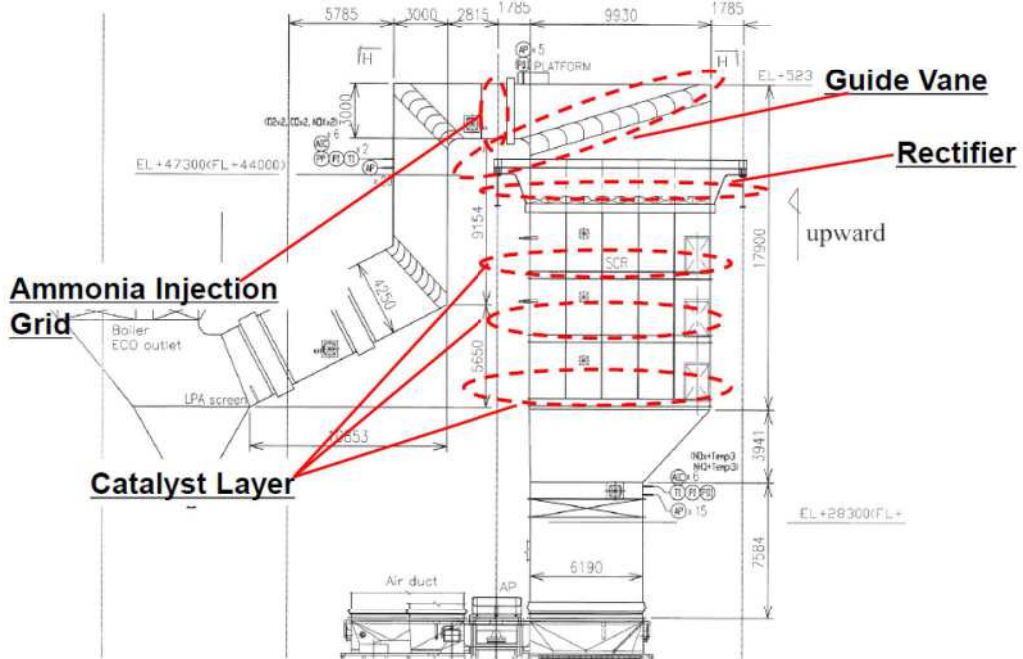
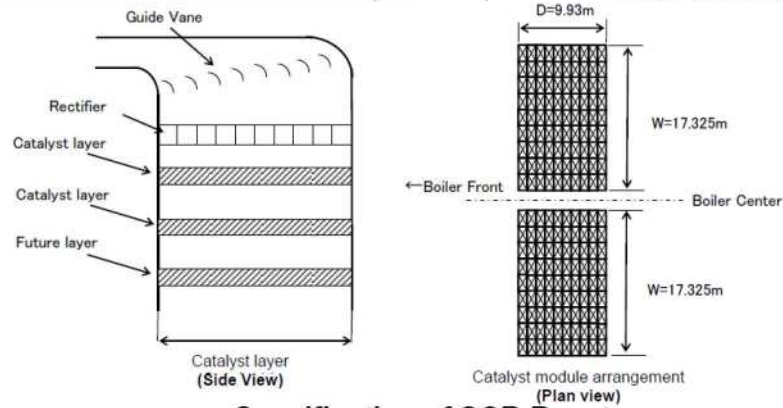
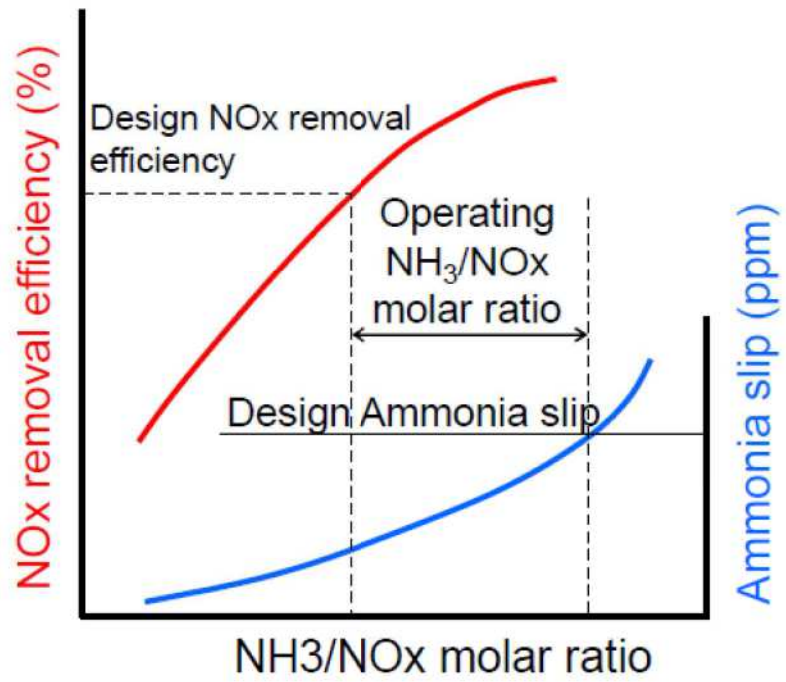


圖 51 SCR 反應器佈置圖

SCR 控制系統主要是在控制液氨的流量，所需的流量可由公式(3)估算，而圖 52 為 SCR 系統特性曲線圖，注入越多的液氨，氮氧化物移除效率會上升，但是相對的液氨洩漏量(ammonia slip)也會增大，大林更新改建計畫 SCR 系統所規定的液氨洩漏量為 3 ppm。

$$\text{NH}_3 = \text{【Gas Flow】} \times \text{【Inlet NOx】} \times \text{【NH}_3/\text{NOx】} \dots \text{公式(3)}$$



Molar Ratio Characteristic Curve

圖 52 SCR 系統特性曲線圖

四、鍋爐製造(IHI Aioi Works 相生工廠)

IHI 公司鍋爐設備主要生產工廠位於日本兵庫縣相生市的相生工廠(Aioi Works)及印尼海外工廠(Indonesia Works PT. Cilegon Fabricators)，此次大林計畫海外實習鍋爐製造科目安排我們參觀的是相生工廠(Aioi Works)，相生工廠主要分成兩個製造工廠及一個實驗工廠，其地理位置如圖 53。

相生工廠的兩個製造工廠為 Sakuragaoka Plant 及 Hinoura Plant，實驗工廠為 Development & Demonstration Park；



圖 53 相生工廠(Aioi Works) 地理位置

- 1、**Sakuragaoka Plant**：主要生產鍋爐的壓力件，如集管、管排、過熱器、再熱器及省煤器；Sakuragaoka Plant 內有許多精密機器，如自動銲接機、連續銲接機、管排銲接機、銲接機器人、連續彎管機(圖 54)【2】、退火爐及相關壓力件製造設備。



圖 54 Sakuragaoka Plant 連續彎管機

2、Hinoura Plant：主要為粉煤機、燃燒器、天然氣儲存槽、汽鼓及汽水分離器製造工廠；天然氣儲存槽(圖 55)【2】為此工廠主要產品。

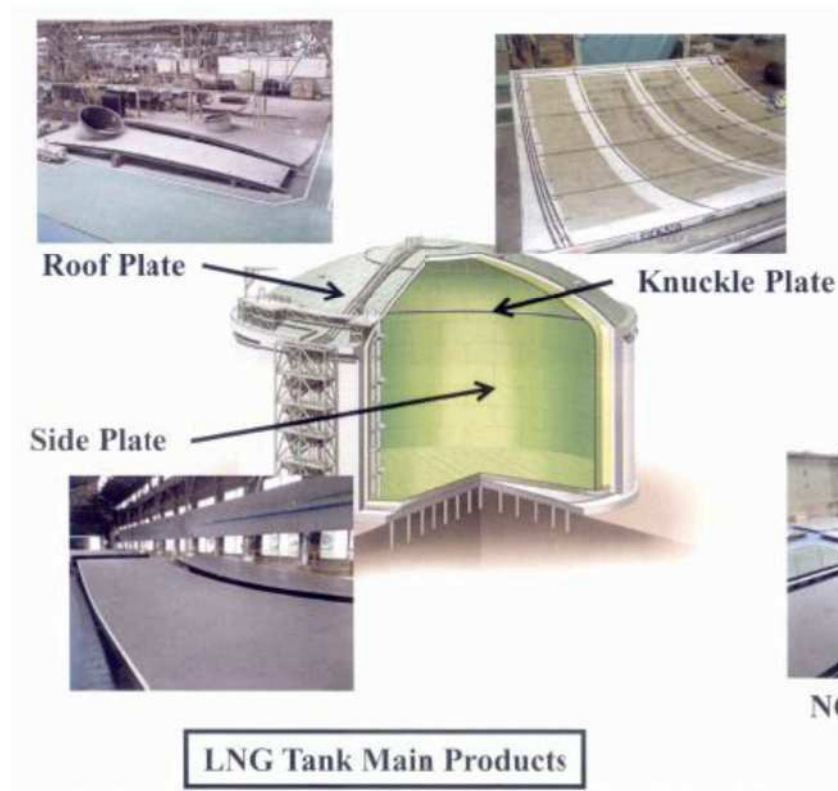


圖 55 Hinoura Plant 產品天然氣儲存槽

3、實驗工廠(Development & Demonstration Park): 主要有四個實驗機組，此次參觀的為粉煤燃燒實驗設備機組(Coal combustion test facility, CCTF)，機組示意圖如圖 56【3】、此實驗機組主要目的為燃燒技術的改良、Oxy-fuel 燃燒技術開發及 CO₂ 分離回收技術開發；此機組為 IHI 公司建造之燃煤鍋爐的縮小版，配備有選擇性觸媒脫硝設備、濕式石膏脫硫設備及 CO₂ 回收設備。



圖 56 粉煤燃燒實驗設備機組(Coal combustion test facility, CCTF)

五、心得與建議

- (一)、本次受訓和 IHI 公司鍋爐設計工程師，直接交談與討論相關問題，對於鍋爐各系統之規劃、設計與運轉維護有更進一步的了解，受益良多。
- (二)、相生工廠為 IHI 公司鍋爐組件製作工廠，參觀相生工廠時發現廠區環境維持一塵不染，工作區及通道區各項標示相當清楚，可降低工安事故的發生。爐管製作流程採用自動化，僅需少量現場工作人員，可做為國內製造工廠管理與壓力組件加工方式學習之處。
- (三)、此次出國實習的科目為平常工作中所負責的項目，在 IHI 公司有系統的介紹與指導下，使我們對電廠整體架構、流程更為清楚，就像拼圖般的從最初的設計到運轉維護建立起整體機組的架構。超臨界與亞臨界鍋爐因設計上及運轉要求的條件不同，實習期間鍋爐廠家也提出了一些建議，認為有些設備並不是必要設備，本公司憑藉以往運轉亞臨界機組之經驗，於相關規範仍嚴謹的要求設置，此部份需由往後的運轉經驗的累積與回饋，方能持續對設備進行改善，增加設備的可靠度，並反應至新機組之招標規範上。
- (四)、建議未來課程增加與現有相同設計參數超超臨界機組電廠之參訪行程，藉以與電廠各相關人員討論與交流鍋爐運轉、維修、大修排程等各方面之問題，蒐集資料做為建廠及後續運轉、維護與改善之參考。

參考文獻

- 【1】薛人豪(2008)，『公務出國報告-赴德研習高效率超超臨界鍋爐之發展』，台灣電力公司。
- 【2】相生工廠，IHI 公司介紹文件。
- 【3】Development & Demonstration Park，IHI 公司介紹文件。