

出國報告（出國類別：實習）

台中發電既有機組空污改善工程計畫
(A16)-鍋爐改善之設備之設計、製造、測
試、運轉及維護訓練

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：發電處鍋爐組主管鍋爐主機 顧宏基

核能火力工程處機械工程專員 謝恆晟

台中發電廠機械工程專員 楊維聖

派赴國家：日本

出國期間：107年11月5日至11月17日

報告日期：107年12月20日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：台中發電既有機組空污改善工程計畫(A16)-鍋爐改善之設備之設計、製造、測試、運轉及維護訓練

頁數 32 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

顧宏基/台灣電力公司發電處鍋爐組/機械工程監/(02)-2366-6518

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 開會 6 其他

出國期間：107 年 11 月 5 日至 11 月 17 日

派赴國家/地區：日本/長崎、廣島

報告日期：

關鍵詞：粉煤機、動態分煤器、液壓加載系統、一次風喉環、燃燒器，火上風門、二階段燃燒

內容摘要：(二百至三百字)

「台中發電廠 1~4 號機空污改善計畫」由日本三菱日立公司統包得標，台中 1 號機目前已完成改善，相關設備也投入運轉中，為使本案改善後的新設備在未來運轉、營運與維護上，本公司能熟悉其運轉操作原理及設備維護新知，並能掌握其關鍵技術，故派員至日本三菱日立公司實習，研習台中電廠空汙改善計畫鍋爐設備之設計、製造、測試、運轉及維護訓練相關經驗，確保設備性能及建造工程品質符合本公司需求，以厚植、增進本公司對未來燃煤火力機組之改善規劃、工程設計採購及運轉維護技術能力。

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

目 錄

第一章 前言	1
1.1 任務之起源	2
1.2 任務之目標	2
1.3 行程與內容	2
第二章 心得報告	3
2.1 長崎訓練課程	3
2.1.1 粉煤機改造	3
2.1.1.1 改善需求	4
2.1.1.2 主要改善說明	5
2.2 廣島訓練課程	15
2.2.1 鍋爐改造簡介	16
2.2.2 鍋爐改造說明	17
2.2.2.1 燃燒器改造	19
2.2.2.2 火上風門改造	24
2.2.2.3 風箱改造	26
2.2.3 二階段燃燒	28
2.3 結論與建議	30

第一章 前言

1.1 任務之起源

臺中市環保局為持續改善中部地區空氣品質，依空氣污染防治法第二十條第二項規定訂定更嚴格的臺中市電力設施空氣污染物排放標準。因此，為能符合中央及地方加嚴之環保法規，藉由既有 1~4 號機空污設備改善，預期將可進一步減少各項空氣污染物排放，以滿足臺中市電力設施空氣污染排放加嚴標準及環保署預定實施的電力設施加嚴標準，因此本公司遂於 106 年起並自台中 1 號機開始執行「台中發電廠 1~4 號機執行的空污改善計畫」，使既有機組在未來營運壽齡內能在合於環保標準下穩定供電，相關之改善期程與預計改善成果如表 1-1 與表 1-2。

表 1-1：台中發電廠 1~4 號機執行的空污改善計畫改善期程

機組	預定時程
中一機工期	民國 106 年 9 月 1 日~107 年 2 月 27 日
中二機工期	民國 107 年 9 月 1 日~108 年 1 月 26 日
中三機工期	民國 107 年 12 月 29 日~108 年 5 月 31 日
中四機工期	民國 108 年 9 月 1 日~109 年 1 月 26 日

表 1-2：台中發電廠 1~4 號機執行的空污改善計畫改善標的

改善標的	改善目標	本計畫改善內容
NO _x	鍋爐出口排放濃度降至 140 ppm	1. 每部機組 6 部粉煤機升級 2. 更新燃燒器 3. 更新 OFA 並調整設置位置(上移 3.1m) 4. 風箱改善(開放式改為區隔式)
PM	ESP 出口濃度降至 15mg/Nm ³	ESP 最後一除塵區更換為「移動式集塵板」(MEEP)
SO _x	FGD 吸收塔除硫效率提升至 96.5%	1. 更新噴灑系統 2. 吸收塔內襯材質更新 3. 更新除霧器 4. 改善氧化空氣系統

「台中發電廠 1-4 號機空污改善計畫」由日本三菱日立公司統包得標，台中 1 號機目前已完成改善，相關設備也投入運轉中，為使本案改善後的新設備在未來運轉、營運與維護上，本公司能熟悉其運轉操作原理及設備維護新知，並能掌握其關鍵技術，故派員至日本三菱日立公司實習，研習台中電廠空汙改善計畫鍋爐設備之設計、製造、測試、運轉及維護訓練相關經驗，確保設備性能及建造工程品質符合本公司需求，以厚植、增進本公司對未來燃煤火力機組之改善規劃、工程設計採購及運轉維護技術能力。

1.2 任務之目標

- (1) 目標：研習台中電廠空污改善計畫鍋爐設備之設計、製造、測試、運轉及維護訓練相關經驗，確保設備性能及建造工程品質符合本公司需求。
- (2) 實施要領：由日本 Mitsubishi Corporation 安排至位於長崎市(Nagasaki)工廠實施粉煤機相關設備之課堂講習及現場實務見習後並前往廣島吳市(Kure)進行鍋爐系統相關設備之課堂講習及現場實務見習。
- (3) 要求成果：充分瞭解有關台中電廠空污改善計畫鍋爐設備之設計、製造、測試、運轉及維護訓練相關經驗有助於工程順利推展，以及研習鍋爐設備新技術之發展，供日後燃煤火力機組之改善規劃之參考。

1.3 行程與內容

日期	地點	內容
11/5		往程（台北－福岡機場－長崎市）
11/6~11/8 上午	日本長崎市	粉煤機系統與結構介紹、粉煤機操作與維修保養介紹
11/8 下午~11/9 上午		往程（長崎市－廣島市）
11/9 下午~11/16	日本廣島縣吳市	鍋爐改善設備之設計、製造、測試、運轉及維護訓練
11/17		返程（廣島市－廣島機場－台北）

第二章 心得報告

2.1 長崎訓練課程

三菱日立公司位於日本長崎市飽の浦町の長崎工廠，在三菱與日立發電部門合併前，屬於三菱公司之鍋爐製造工廠，主要是生產燃煤鍋爐壓力件、HRSG、粉煤機等設備，台中 1-4 AQCS 改善工程中，所升級的粉煤機即是在長崎工廠生產製造。本次前往長崎工廠實習，三菱日立公司僅安排粉煤機設備講解之訓練課程，未安排參觀工廠。



圖(一) 在長崎工廠訓練情形

2.1.1 粉煤機改造簡介

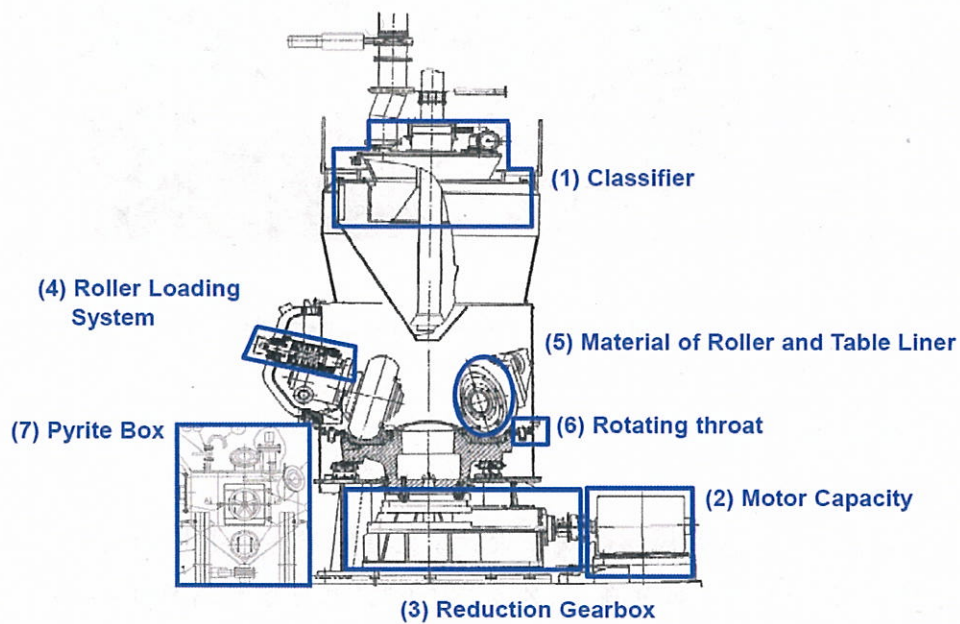
台中 1-4 號機鍋爐粉煤機原設計、製造廠家為美國 Foster Wheeler 公司，型號為 MBF22.5，額定容量為 42.2 公噸/小時(在可磨性指數 HGI=48 時)。粉煤機在電廠運轉歷經 25 年以上後，性能已有下降之趨勢，加上目前燃用之煤質，其 HGI 大多低於原設計值，故粉煤機之研磨效率逐漸變差，粉煤細度常常達不到通過 200mesh 篩網 70%以上之要求，其結果為造成鍋爐爐內延後燃燒(二次燃燒)，其影響為導致燃氣溫度偏高、爐管金屬溫度高、飛灰燒失量高、爐管結渣…等等後遺症，故為改善鍋爐爐內之燃燒，降低污染物之排放，粉煤機改造以提升性能為必要之工作。

2.1.1.1 改善需求

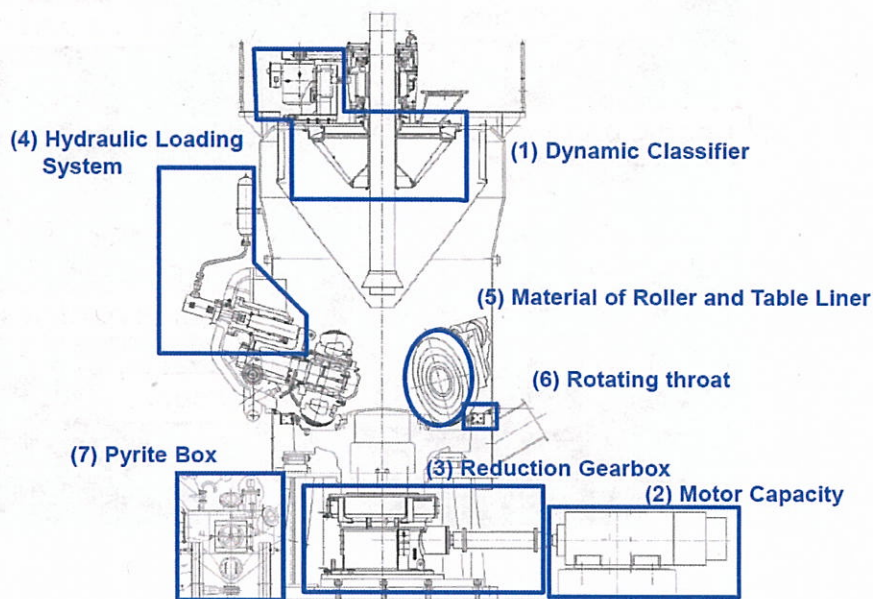
依據合約之規範要求，改造升級後之粉煤機，必須要有如下之要求：

- (1) 在粉煤機研磨量 50 公噸/小時下，其粉煤細度要求必須通過 200 mesh 之篩網有 75%以上；50 mesh 之篩網有 99.7%以上。
- (2) 研磨配件(磨輪及磨盤等)等改造。
- (3) 磨輪加壓系統需改為由液壓油系統供給之液壓加載系統。
- (4) 動態分煤器及其所屬相關配件改造。
- (5) 粉煤機減速機更新。
- (6) 粉煤機馬達更新。
- (7) 迴轉式一次風喉環更新。
- (8) 排渣槽更新(容量 0.5M³ 以上)。

有關粉煤機改造部分，參閱圖(二)、圖(三)之說明。



圖(二) 原粉煤機構造及改造部分示意圖

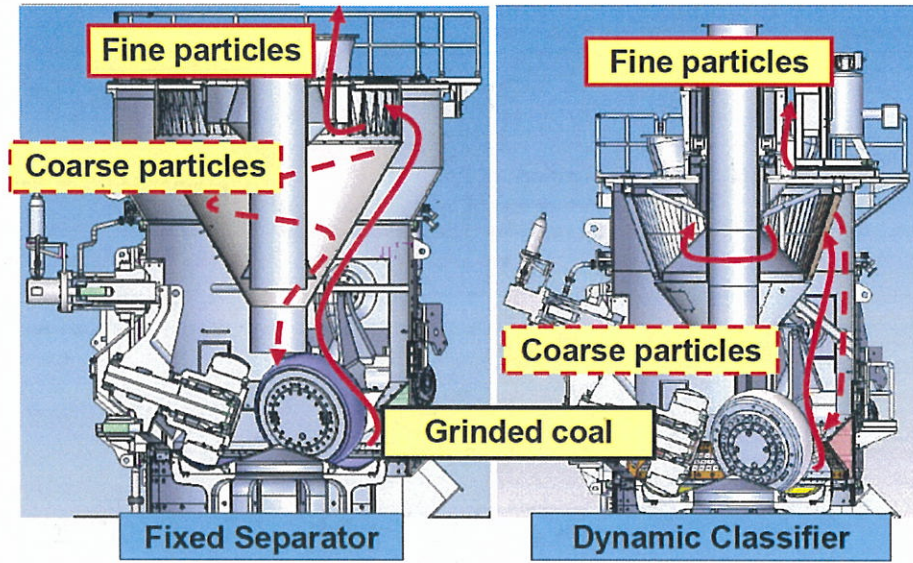


圖(三) 改造後粉煤機構造及改造部分示意圖

2.1.1.2 主要改善說明

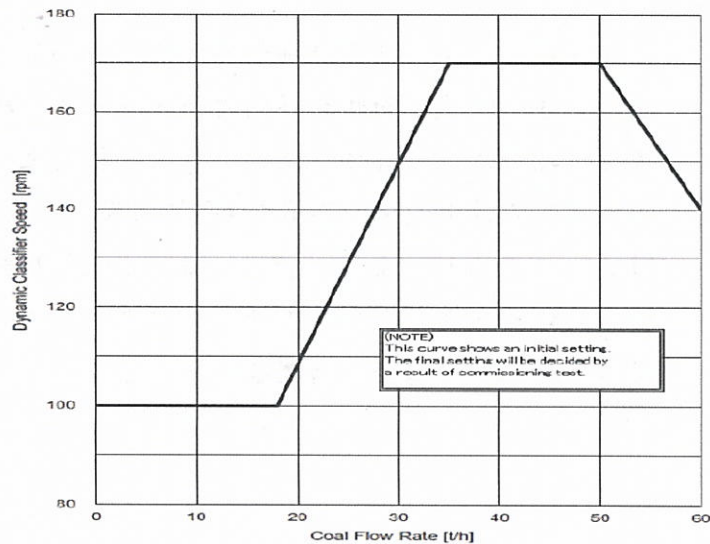
(一) 動態分煤器：

動態分煤器的功用為篩選細粉煤，僅允許細度達到合格之細粉煤通過，並送到爐內燃燒，而粗粉煤則再循環掉入粉煤機內繼續研磨。相較於傳統使用之固定導翼式之靜態分煤器，有較高之分離效果。中 1 至中 4 機粉煤機原設計上使用靜態分煤器，但電廠曾於民國 92 年左右改造升級為 Alston 設計製造之動態分煤器，由於本次粉煤機改造後將會提升研磨容量，故動態分煤器需再度重新設計改造，以提升粉煤分離效果。圖(四)所示為動態與靜態分煤器之構造與分離原理。



圖(四) 靜態分煤器(左)與動態分煤器(右)之構造與原理

動態分煤器的轉速控制，於控制系統上則依圖(五)之設定曲線運轉，粉煤機起動時以 100rpm 運轉，再依粉煤機負載，自動升速到最高 170rpm，但控制至上可依粉煤細度要求，允許調整至最高 200rpm。這個控制方式與中 5-8 機(同是三菱改造的動態分煤器)是不同的。

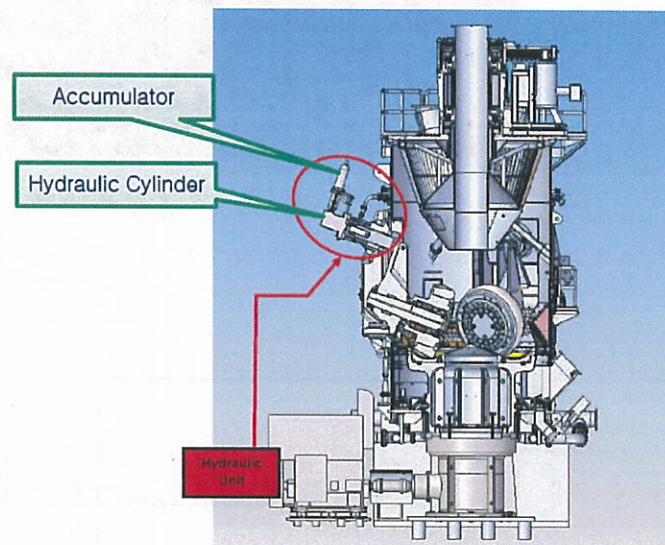


圖(五) 態分煤器之速度控制曲線

(二) 液壓加載系統：

改造前的磨輪，原設有彈簧式加壓的固定加載系統，以提供磨輪額外的研磨壓力，此種設計有如下的缺失，如會因粉煤機運轉時間增加，磨輪、磨盤的磨耗增加時，彈簧長度將會伸長而造成研磨壓力逐漸下降，因此必須定期停用粉煤機再調整彈簧長度以維持研磨壓力；另外一缺點為無法依飼煤量、煤質來調整加載的壓力，運轉彈性低。

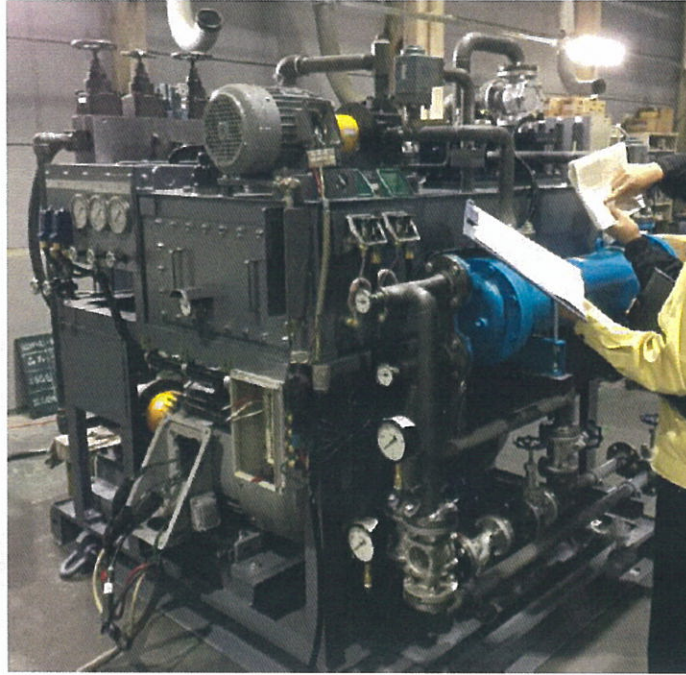
改造後的粉煤機，增加由液壓驅動的加載系統，可使磨輪的研磨壓力維持於一定值，且可隨粉煤機負載變化，調整研磨壓力



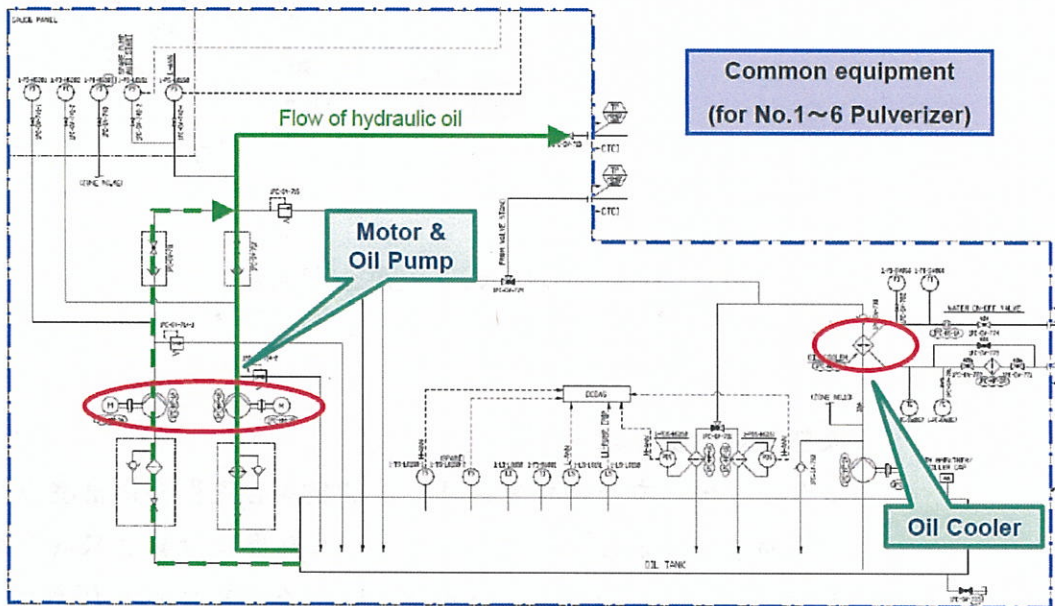
圖(六) 液壓加載系統

液壓加載系統原理：

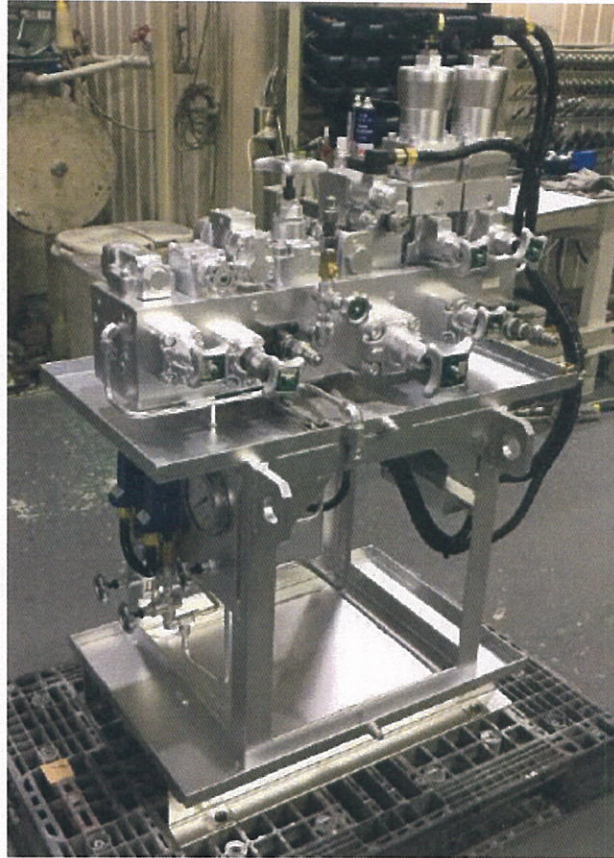
每台粉煤機設有一個控制閥站，以調整各台液壓油輸出壓力，各閥站的液壓油則共同來自液壓油動力單元。每只磨輪設有 2 只液壓缸，接受來自液壓油泵出口的壓力，以加壓磨輪，液壓油泵的壓力係以依系統設定好的運轉曲線輸出壓力，在粉煤機起動時(最小煤流量下)，輸出 6.7Mpa 的壓力，而隨者飼煤量的增加，到最高負載時，輸出 12.0 Mpa 的壓力。



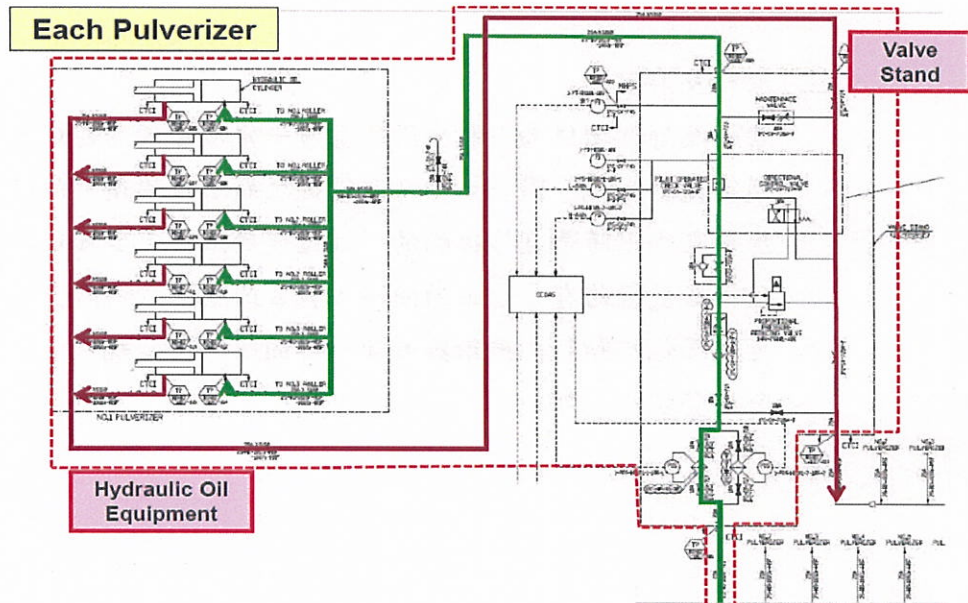
圖(七) 液壓輸出單元



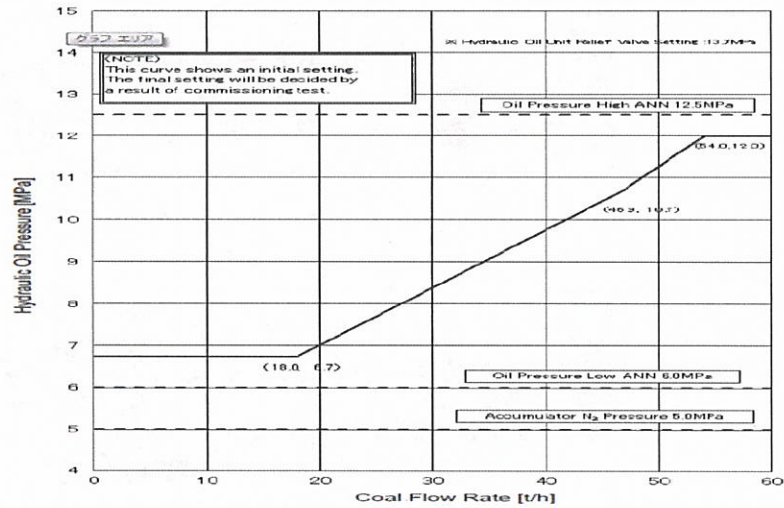
圖(八) 液壓輸出單元迴路圖



圖(九) 閥站



圖(十) 閥站油路圖



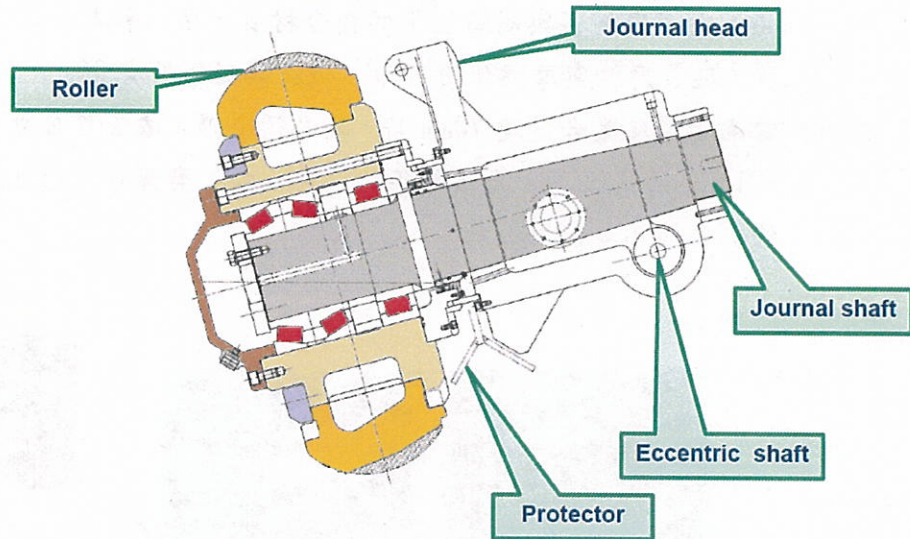
圖(十一) 液壓油壓力與負載關係曲線

液壓加載系統壓力提高之影響：

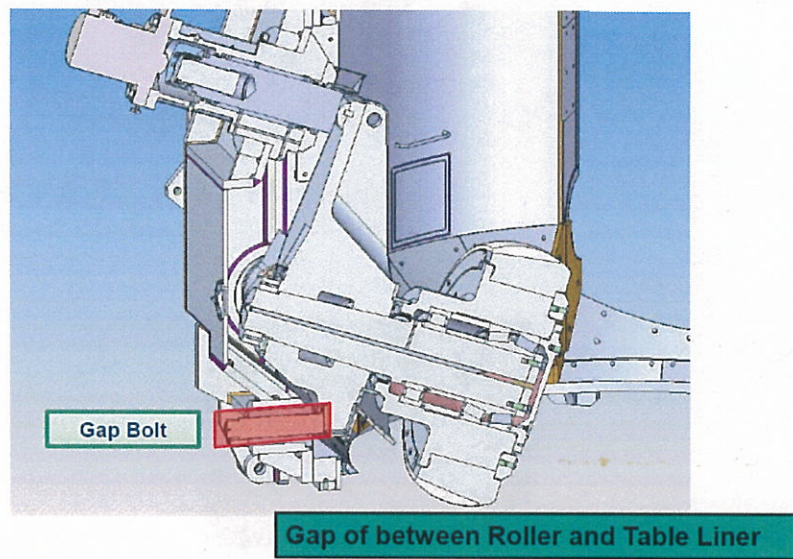
1. 粉煤細度提高。
2. 磨台差壓減小。
3. 磨輪頂升位置下降。
4. 粉煤機馬達運轉電流上升。
5. 粉煤機振動上升。

(三) 磨輪及磨盤：

磨輪及磨盤功用為：將生煤研磨成一定程度的細粉煤，使粉煤能在爐內獲得完全燃燒。圖(十二)為改造後之新磨輪構造。原有的設計，磨輪與磨盤在停用時是直接接觸的，改造後的磨輪，磨輪與磨盤未互相接觸，磨輪距磨盤約有 3-5mm 的間隙，其目的除了可以減少起動之扭矩外，也可以降低起動時之振動與噪音。當間隙不符合規定值時，可以利用「間隙調整螺栓」調整。

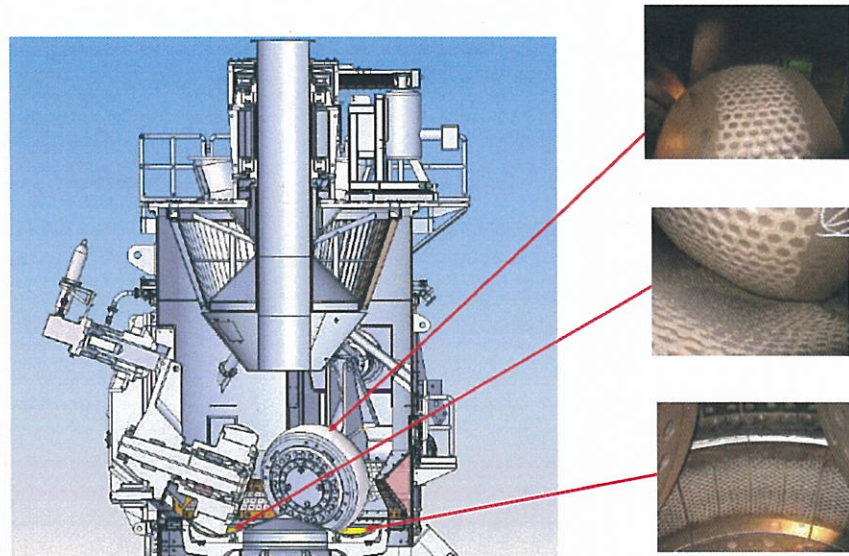


圖(十二) 新磨輪構造圖

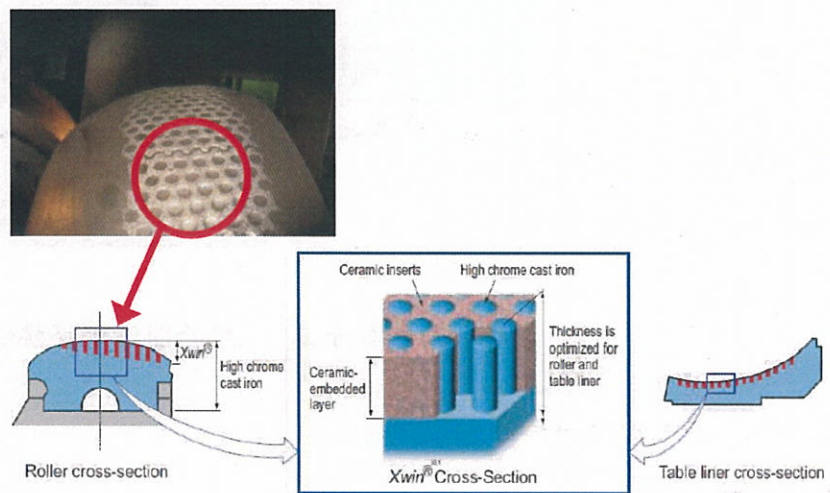


圖(十三) 磨輪間隙調整螺栓位置

新磨輪磨與磨盤耐磨材質改用 Xwin[®]，係由 Magotteaux 所發展出來的產品，為耐磨陶瓷與高鉻金屬的複合材質，依其材料特性，可改善磨耗性質，延長磨輪與磨盤使用壽命，而磨輪耐磨層有 50mm，磨盤則有 25mm，當兩者磨耗量合計達 70mm 時，就必須更換，依三菱日立之評估，在煤質 HGI=50 的情況下，磨輪每年約磨耗 1mm，磨盤每年磨耗約 0.8mm，預估約有 3~4 年之使用壽命。



圖(十四) 磨輪與磨盤之耐磨材質



圖(十五) Xwin[®]複合材料材質

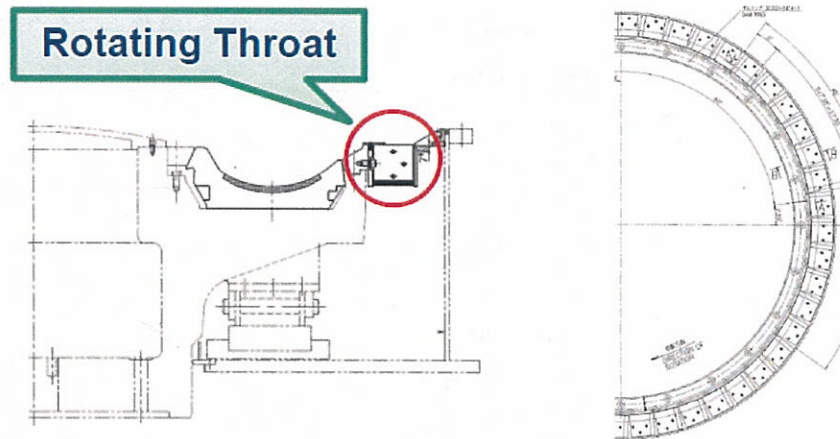
(四) 一次風喉環

功用：導引一次風進入磨煤室，並達到所需的流速及流量，並乾燥、輸送粉煤至燃燒器。

改造原因：

1. 粉煤機容量提升。
2. 粉煤機本體(一次風進出口)差壓已上升達 4.0kPa，若動態分煤器轉速再提高，則粉煤機本體差壓將更高，影響粉煤機運轉，甚至排煤，故必須重新設計粉煤機一次風進口喉環以降低粉煤機本體差壓。

新一次風喉環導翼方向與改造前相反，其製造方式為使用鋼板銲接所製造，導翼表面上再複銲 16mm 厚之耐磨材質；改造前則為使用高鉻材質整體鑄造而成。新式喉環開口面積較改造前大 80%，因此一次風流速較低，粉煤機本體差壓因此而降低，另外喉環開口面積則可使用 upper ring 調整為其一大特點。



圖(十六) 喉環位置圖



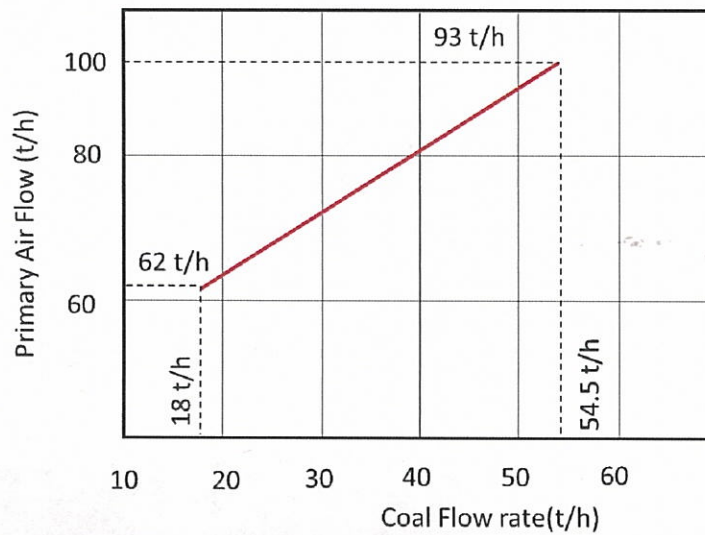
圖(十七) 改造前之一次風喉環



圖(十八) 改造後之一次風喉環

(五) 空氣燃料比(Air/Fuel ratio)

一次風的流量不能太低，否則燃燒器會有回火的危險，但也不能太高，否則粉煤著火不易，另外也會導致粉煤細度變差，因此一次風流量與飼煤量必須有一定的比例。空氣與燃料比的關係為依照圖十九之曲線設定於 DCDAS 上自動控制。滿載情況下 A/F 約為 1.7(改造前之設計值為 1.79)。



圖(十九) Air/Fuel Ratio

2.2 廣島訓練課程

2014 年，三菱重工業株式會社（總公司），以日立的火力發電系統的業務進行整合，成立了三菱日立電力系統公司。三菱日立吳工廠有 2 處，本次均安排現場工廠參觀，了解鍋爐相關製程。

1. 位於廣島縣吳市宝町 8-9，原為 Hitachi Babcock 工廠，主要生產燃煤鍋爐、燃燒器等。
2. 位於廣島縣吳市昭和町 10-1，主要生產鍋爐重大壓力構件，如蒸汽集管製造、核能反應爐等等。在 19 世紀時，原為吳海軍工廠，主要生產軍艦、大砲等軍事武器。

廣島實習內容主要為研習中 1-4 機 AQCS 鍋爐改造後相關設備及鍋爐運轉、維護相關技能，並安排工廠參觀鍋爐製程。



圖(二十) 廣島吳工廠訓練情形



圖(二一) 廣島吳工廠參觀

2.2.1 鍋爐改造簡介

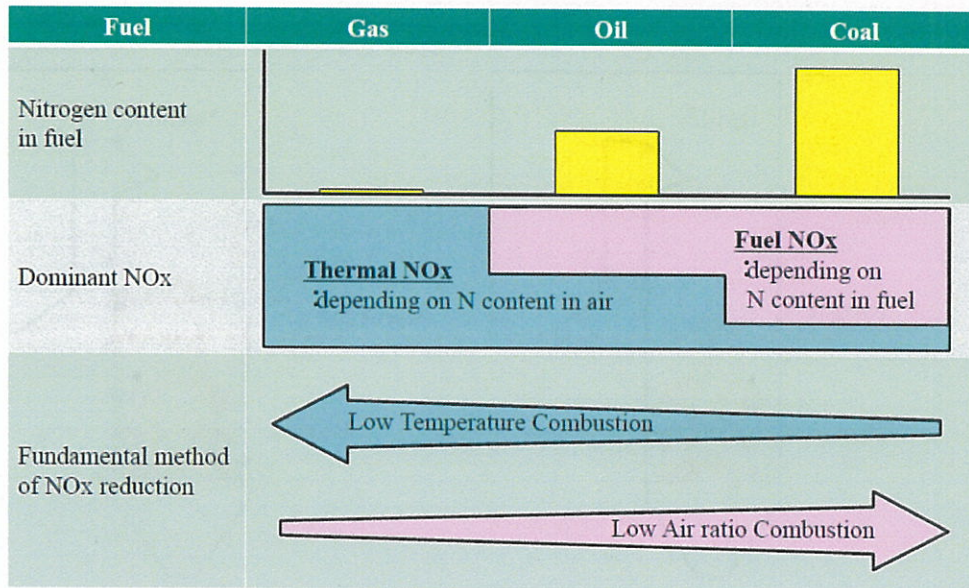
台中 1-4 號機 AQCS 改善工程針對降低 NO_x 排放目的的改善，在鍋爐部分主要改善改善燃燒狀況，以達到降低 NO_x 排放，其方法是透過更換新式低氮氧化物燃燒器、火上風門，並將火上風門高程往上移動 3.1m。

燃煤鍋爐 NO_x 的產生主要來源有 3 種：

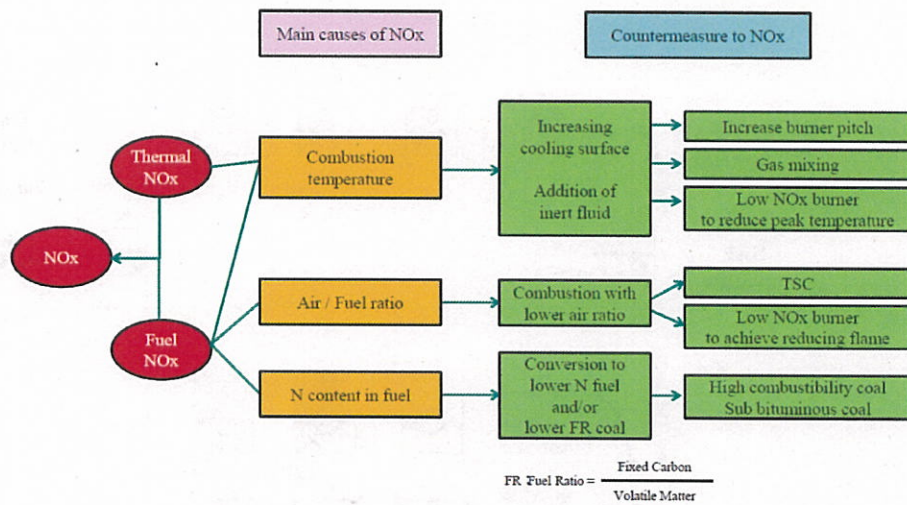
1. 熱力型 NO_x(Thermal NO_x)：主要是由於高溫燃燒下(約 1700°C 以上)，由於燃燒空氣中的氮與氧的結合所產生的 NO_x。
2. 燃料型 NO_x(Fuel NO_x)：主要是由於燃料中所含的氮與燃燒過程中的氧氣相結合所產生。
3. 快速型 NO_x(Prompt NO_x)：主要是由於大氣中的氮氣與燃料燒過程中產生的 C、CH、CH₂ 自由基反應生成，在早期低溫燃燒下而產生，含量相當低。

對於粉煤燃燒鍋爐而言，NO_x 的來源主要是熱力型與燃料型的 NO_x，其中以燃料型所佔的量最高，約佔整體 NO_x 含量 60%-80%(視燃燒溫度)，因此為降低 NO_x 的排放，主要採用方法為：

1. 降低燃燒溫度。(降低 Thermal NO_x)
2. 增加燃料／空氣比，即採用富燃料燃燒技術(降低 Fuel NO_x)。
3. 使用低氮燃料(對煤而言，為燃用低燃料比的煤，如亞煙煤)。



圖(二二) NO_x 的產生與減量的方法(一)

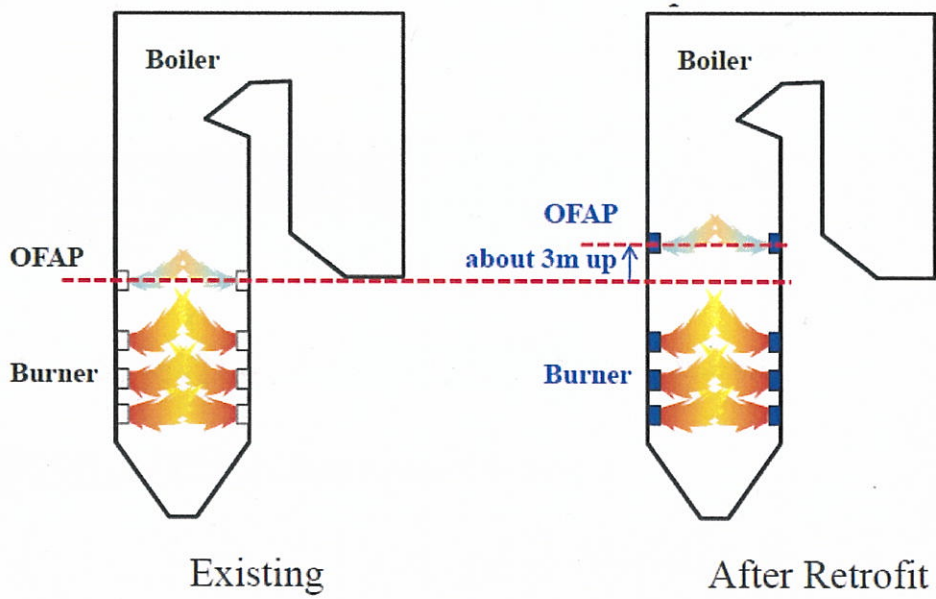


圖(二二) NO_x 的產生與減量的方法(二)

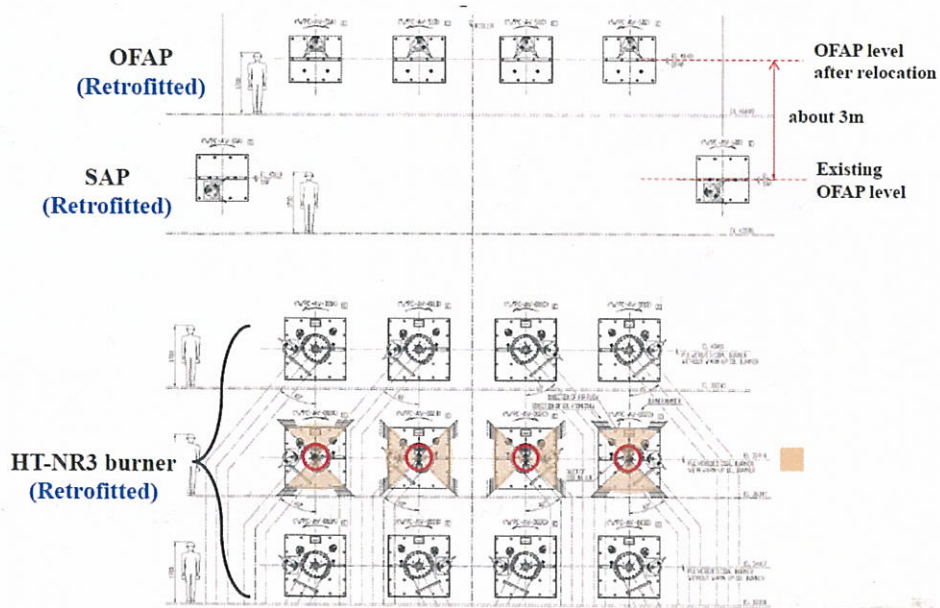
2.2.2 鍋爐改造說明

台中 1-4 號機 AQCS 鍋爐改造主要內容可分為：

1. 燃燒器 24 只、火上風門 12 只全數更新。
2. OFA 全數更新並往上移 3.1m。
3. 各層燃燒器風箱分層區隔，並增設 Compartment Damper。



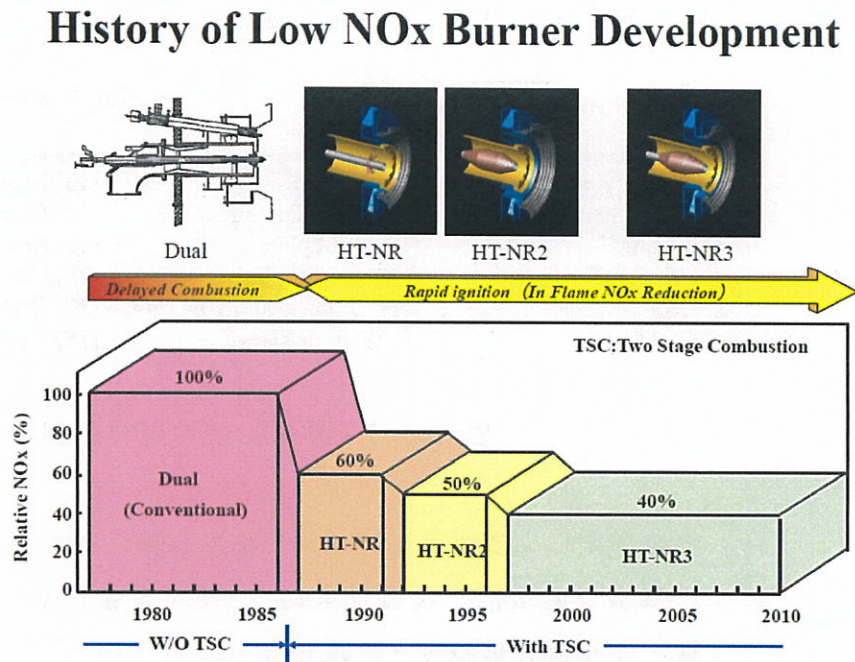
圖(二三) 台中 1-4 號機鍋爐 OFA 上移示意圖



圖(二四) 台中 1-4 號機鍋爐燃燒器、OFA 改造後佈置圖

2.2.2.1 燃燒器改造

為降低鍋爐燃燒所產生的 NO_x，台中 1-4 號機鍋爐燃燒器改換由三菱日立公司所生產的新式低氮氧化物燃燒器 HT-NR3。依三菱日立的評估，此新式低氮氧化物燃燒器配合火上風門，以 2 階段燃燒的方式可降低 60% 的氮氧化物生成。

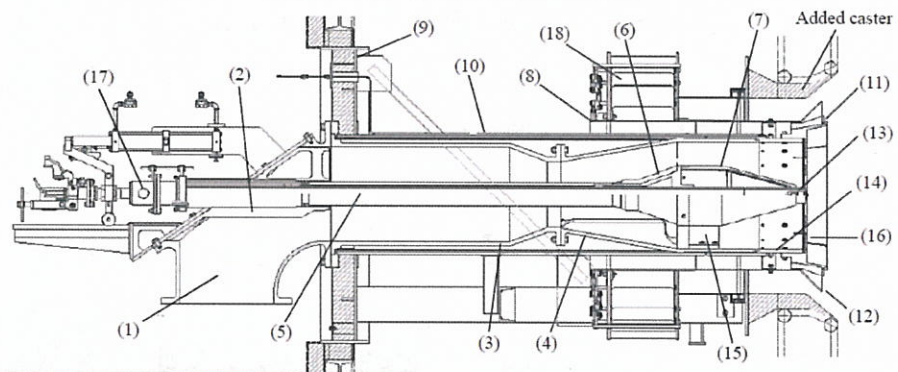


圖(二五) HT-NR 系列燃燒器對降低 NO_x 之關係

燃燒器構造如圖(二六)所示，為達成降低 NO_x 生成之目的，HT-NR3 燃燒器主要是依靠下列機構來達成：

1. 火焰穩定環(Flame stabilizing ring)
2. 粉煤濃縮器(Pulverized coal concentrator)
3. 三次風調節風門(Tertiary air register)
4. 導流板(Guide sleeve)

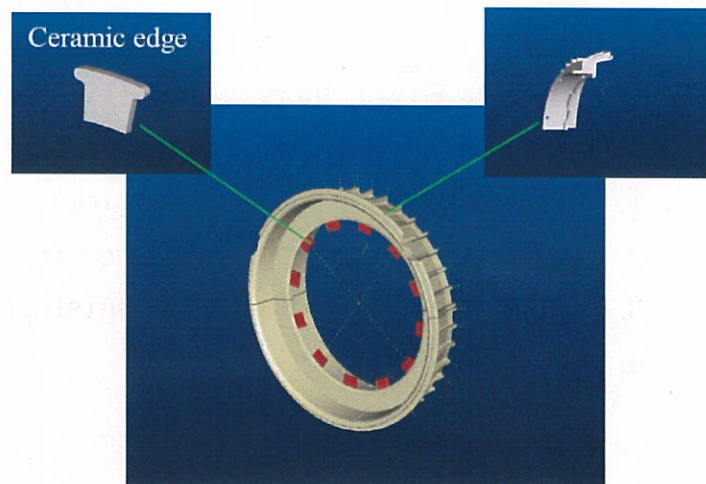
Burner Construction



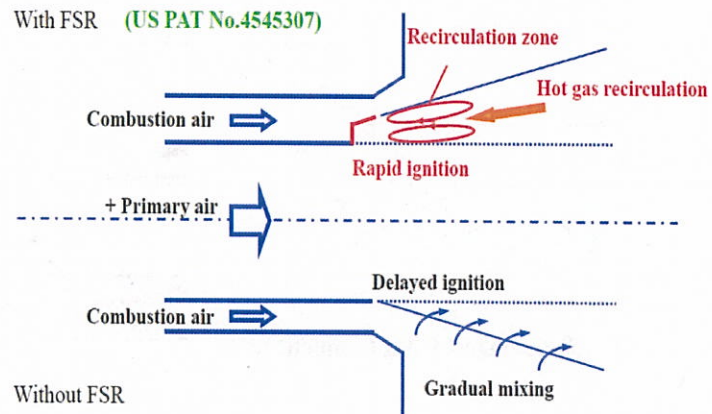
(1) Primary elbow	(7) P.C.C. II	(13) Regulating rod
(2) Wearing plate	(8) Secondary air sleeve	(14) Burner sleeve
(3) Venturi I	(9) Front plate	(15) Leg
(4) Venturi II	(10) Primary air sleeve	(16) Ceramic edge
(5) Rod protector	(11) Flame stabilizing ring	(17) Oil burner
(6) P.C.C. I	(12) Guide sleeve	(18) Tertiary air register

圖(二六) HT-NR3 燃燒器構造圖

(一) 火焰穩定環：位於燃燒器前端，構造如圖(二七)，其功用為在燃燒器一次風出口區域使一次風產生迴流(吸入高溫氣流)，因此可迅速點燃粉煤，並維持火焰穩定，其原理如圖二八說明。

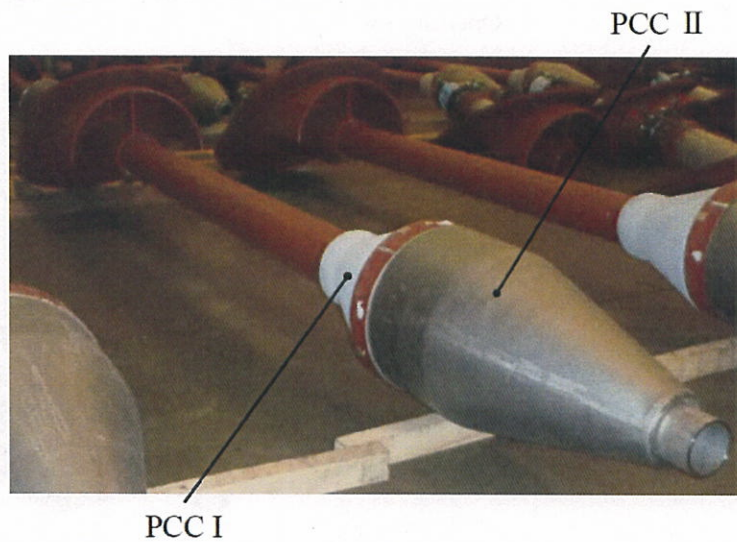


圖(二七) 火焰穩定環構造圖

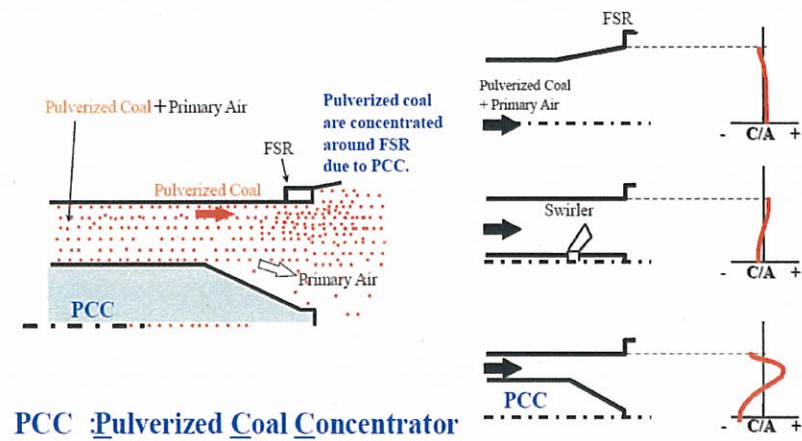


圖(二八) 火焰穩定環作用原理

(二) 粉煤濃縮器功用：外觀如圖(二九)，位於一次風／粉煤通道內，功用為提高一次風道內之粉煤濃度，使粉煤容易著火，原理如圖三十。

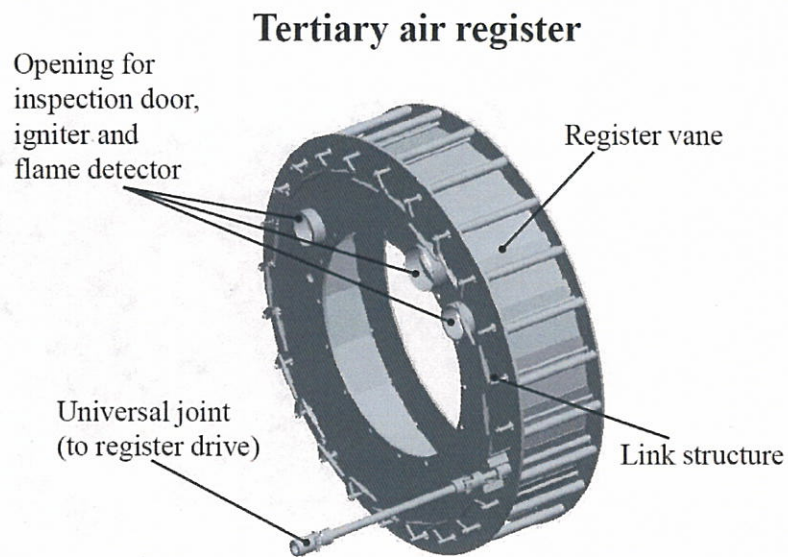


圖(二九) 粉煤濃縮器構造圖

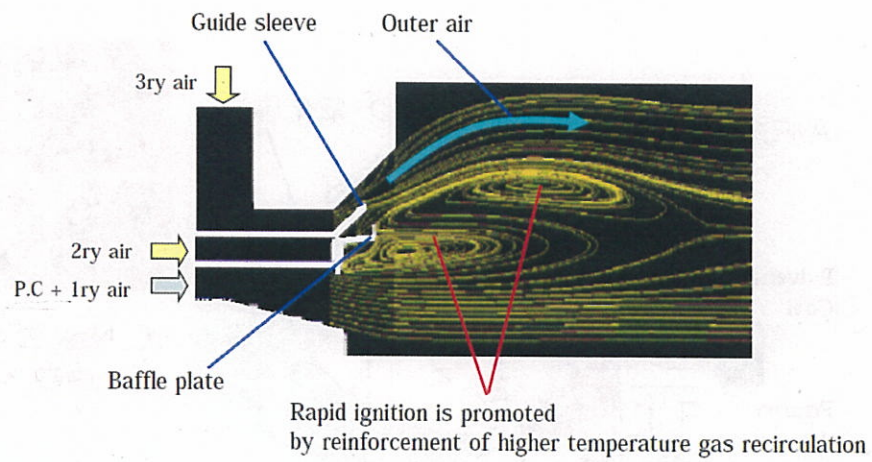


圖(三十) 粉煤濃縮器作用原理

(三) 三次風調節風門：輸送燃燒粉煤的空氣，並控制燃燒器外圍氣流以產生迴流，以控制火焰貼近水牆的距離，正常燃煤時，開度約在 40%-60%，可依據爐內燃燒狀況(O₂ 值)調整。

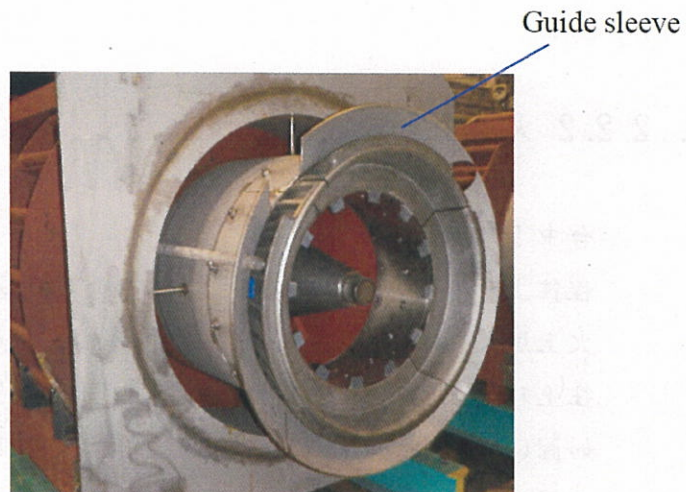


圖(三一) 三次風調節風門構造圖



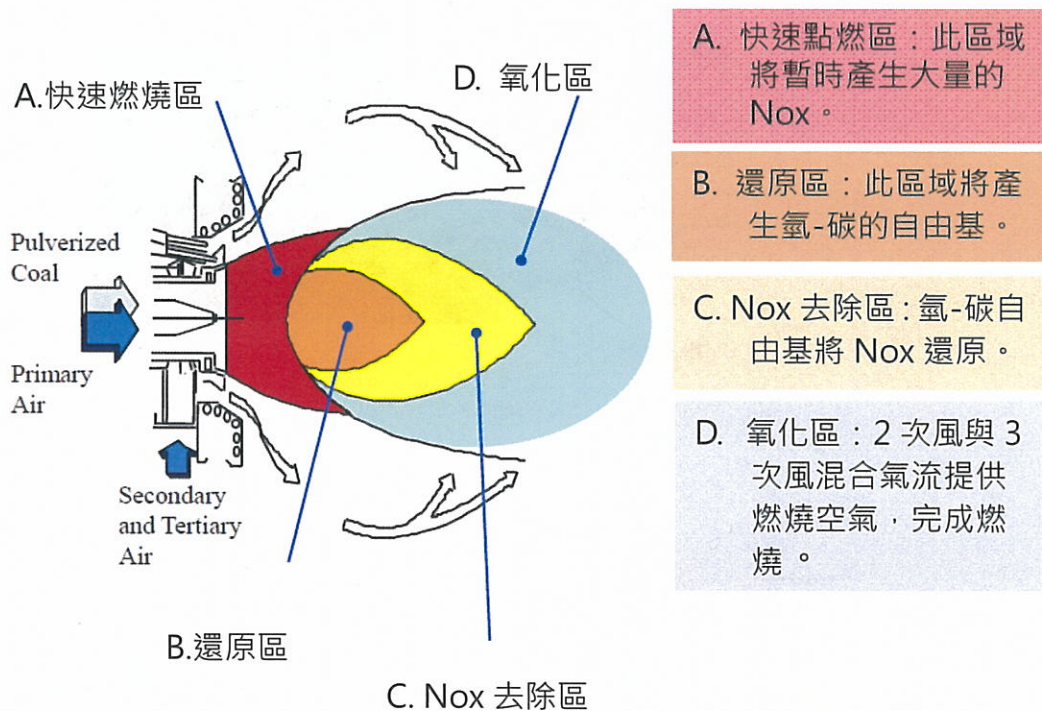
圖(三二) 三次風調節風門作用原理

(四) 導流板：位於二次風出口處，導引燃燒器二次風、三次風氣流，使在燃燒區域產升迴旋氣流，並引入爐內熱量，幫助燃燒。



圖(三三) 二次風導流板構造

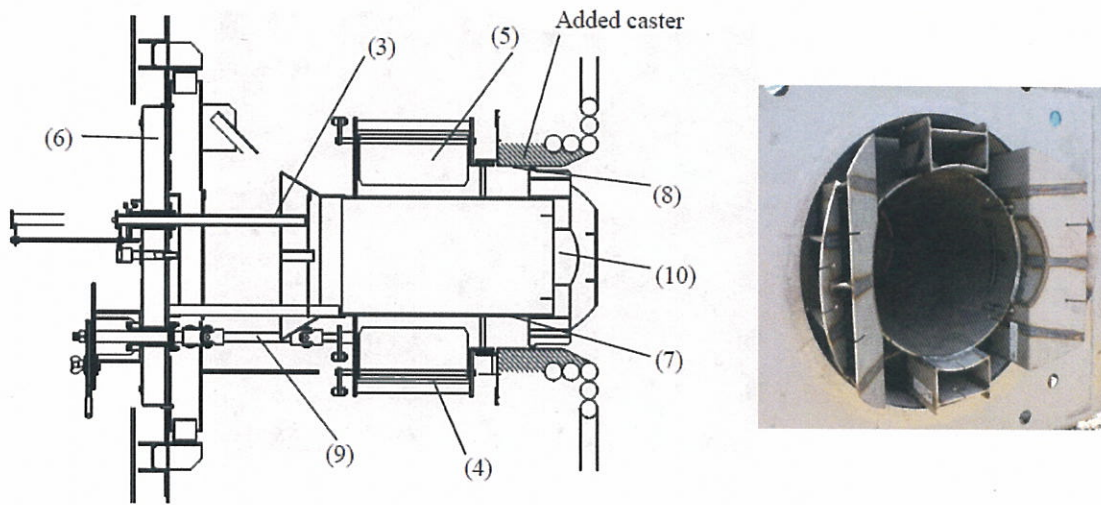
HT-NR3 燃燒器整體降低 NOx 的作用原理如圖(三四)所示。



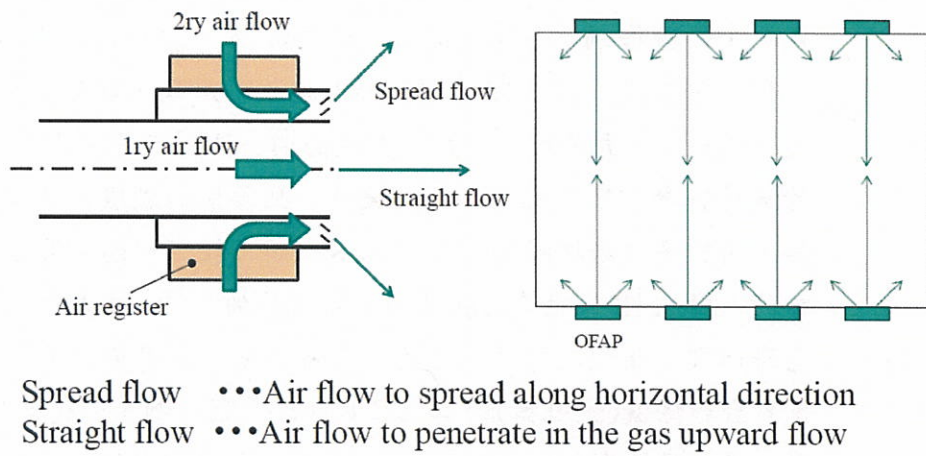
圖(三四) HT-NR3 燃燒 De-NOx 示意圖

2..2.2.2 火上風門改造

台中 1-4AQS 改善後，除了更新燃燒器外，也將火上風門同時更新，並將高程往上移高 3.1 米，藉此增加燃燒器還原區的停留時間，以降低 NOx 生成。火上風門共有 12 只，即前、後爐各有 6 只依南北排列，但僅有中間 4 只有往上移動，兩邊之 OFA 維持原高程，稱為 Side OFA(SOFA)。火上風門構造如圖(三五)，其原理為主要將燃燒空氣分為一次風與二次風氣流，其中一次風主要控制燃燒空氣往爐內方向吹入，藉以幫助爐內燃燒，二次風則將燃燒空氣產生偏流，往風門兩側，主要供給靠近水牆邊緣的可燃性氣體燃燒用空氣[參考圖(三六)]，一次風、二次風皆有風門可調整其流量大小，一次風利用圓錐體外筒，以前後推動外筒的位置來達到控制風量目的[參考圖(三七)]。

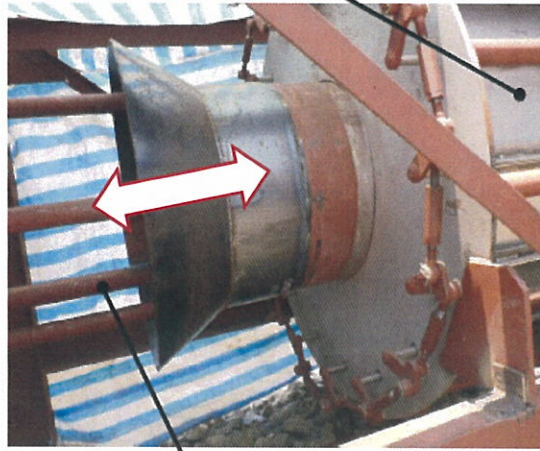


圖(三五) 火上風門構造圖



圖(三六) 火上風門作用原理

Air register vane



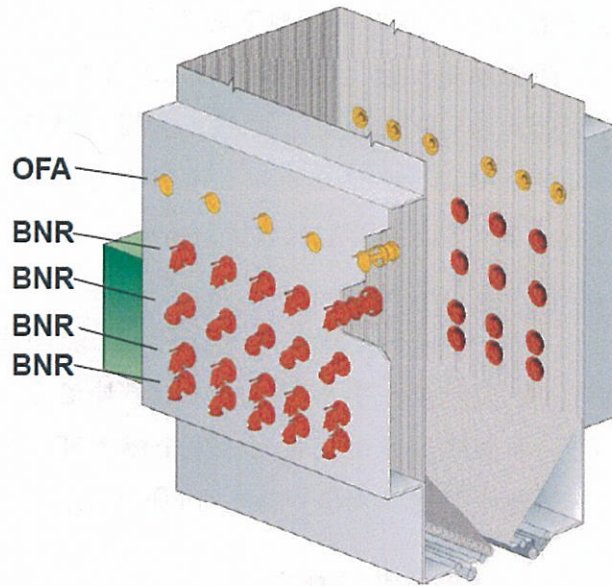
圖(三七) 火上風門一次風外筒

2.2.2.3 風箱改造

台中 1-4 號機鍋爐燃燒器二次風箱原始設尚屬於 Open Windbox[參考圖(三八)], 即前爐 3 排共 12 只燃燒器共用 1 個風箱, 並共用調節風門, 後爐亦同。此種設計對於燃燒器燃燒空氣的調整控制不易, 因為調整 1 只燃燒器的風量將會影響其他 11 只的風量, 且每排的燃燒器的粉煤來自單台粉煤機, 由於每台粉煤機的煤質可能不相同, 故個別的燃燒空器使用量也不盡相同, 因此 12 只燃燒器共用同 1 只風箱的設計, 對於常常改變煤質的台中電廠而言, 這種設計並不適用, 故有必要將各層燃燒器的風箱加以區隔, 使各台粉煤機(燃燒器)的二次風量可以單獨控制, 不受其他台影響。

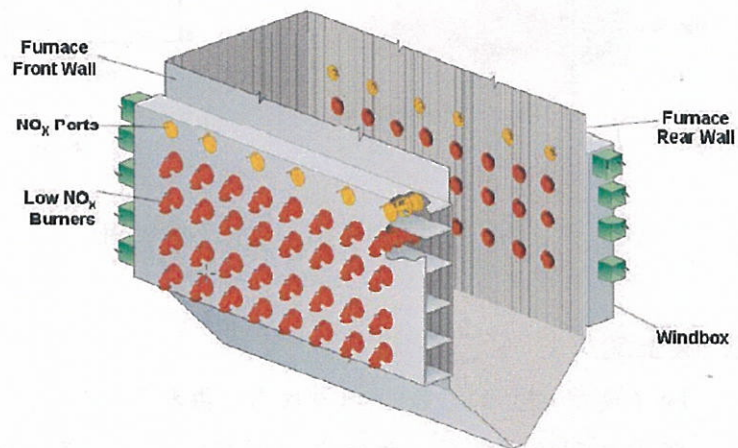
改善後的風箱為 Compartment Windbox, 前爐與後爐的各層燃燒器各有其獨立的風箱, 並且設有單獨的調節風門(Compartment Damper), 改善後的圖可參可圖(三九)。

Open Windbox with Staging Ports



圖(三八) Open Type 風箱(改善前示意圖)

Compartmented Windbox with Staging Ports



圖(三九) Compartment Type 風箱(改善後示意圖)

2.2.3 二階段燃燒(2 stage combustion, TSC)

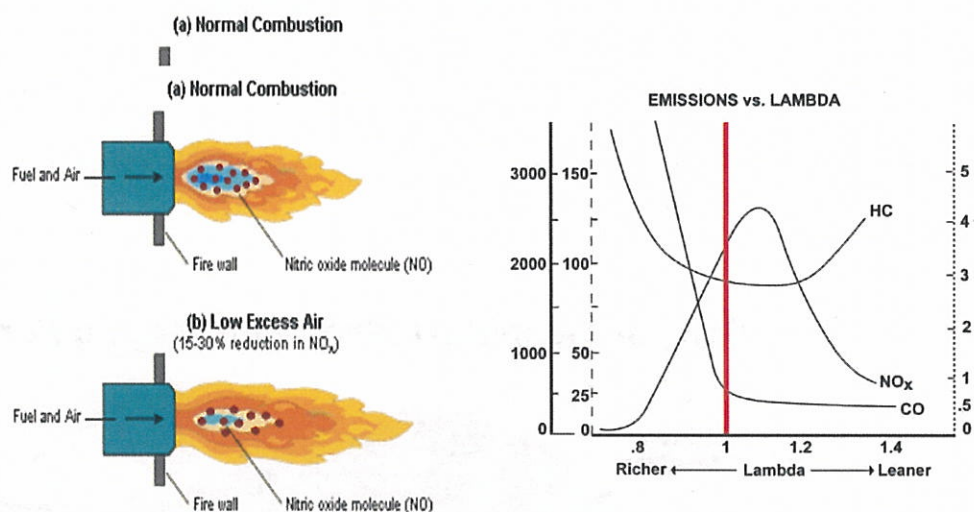
前述為降低鍋爐燃燒過程中所產生的 NO_x，除了改燃用低燃料比的煤質外，在燃燒技術上，可以透過如下的方法：

1. 降低燃燒溫度。(降低 Thermal NO_x)
2. 增加燃料／空氣比，即採用富燃料燃燒技術(降低 Fuel NO_x)。

為達成上述的目的，通常使用 2 階段燃燒的方式來達成，即低氮氧化物燃燒器 + 火上風門(LNB+OFA)的方式。

1. 低氮氧化物燃燒器：

- (1) LNB 操作的原理運用減少引入主燃燒區的空氣量，從而產生富燃料燃燒，產生還原環境和降低燃燒溫度，進而抑制 NO_x 的形成。
- (2) 在主燃燒區之後再供給完全燃盡可燃物所需的剩餘空氣，可降低其燃燒溫度，以減少額外的 NO_x 形成，其原理可參閱圖(四十)之說明。

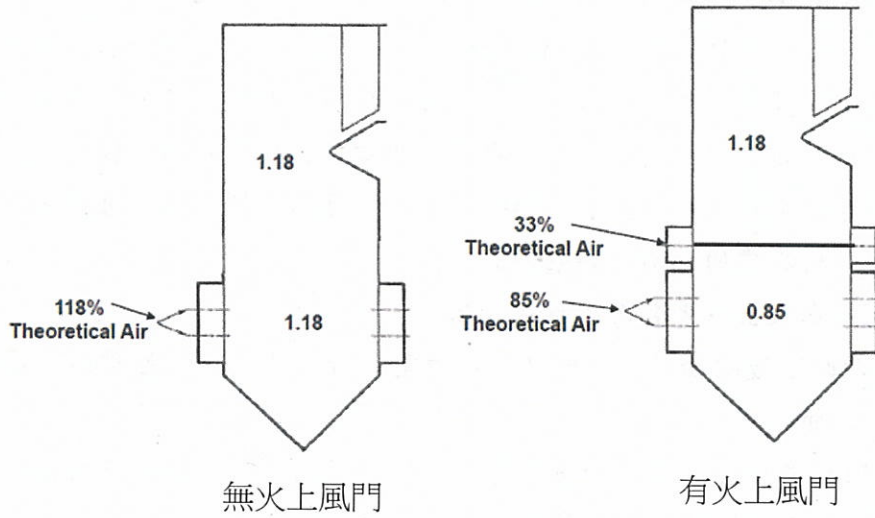


圖(四十) LNB 原理說明

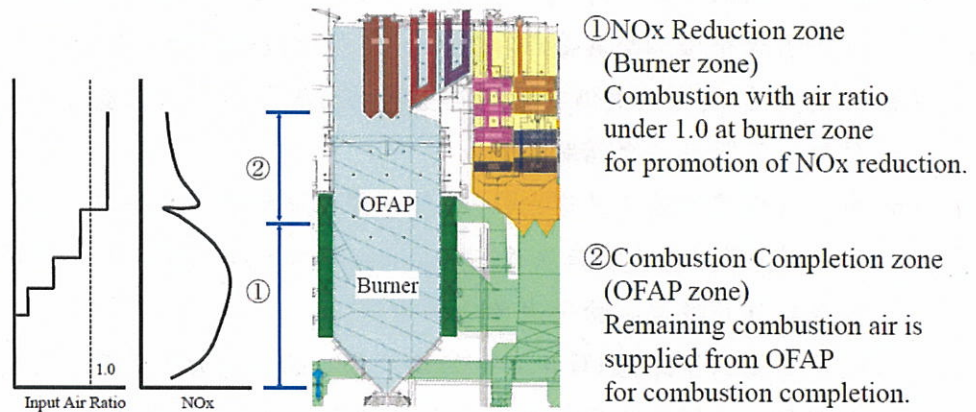
2. 火上風門：

除了使用 LNB 的技術降低 NO_x 外，再利用上層的火上風門引入完全燃燒所需的剩餘空氣量，並提供過剩空氣，達到低溫燃燒的目的，藉以限制 NO_x 的生成。其原理如圖(四一)~(四二)之說明。

Ratio of air available for combustion to theoretical air



圖(四一) OFA 原理說明



圖(四二) LNB+OFADe-NOx 原理說明

2.3 結論與建議

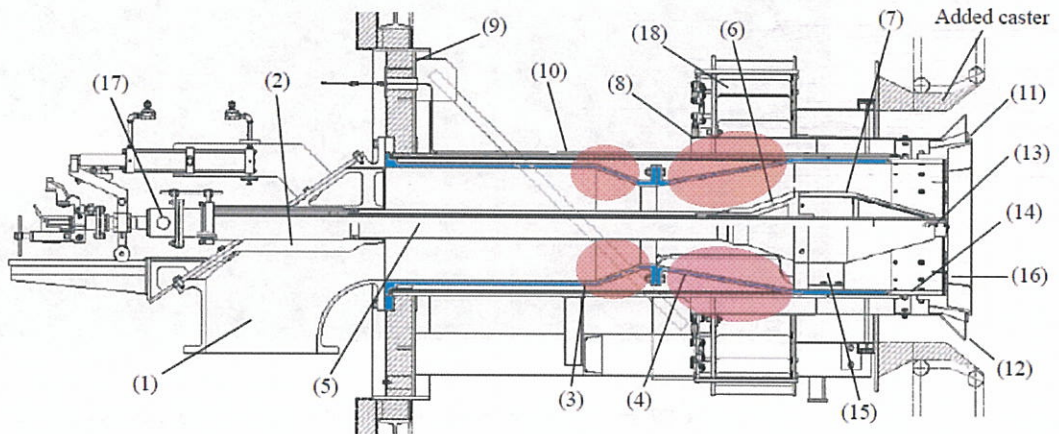
本次赴日本海外訓練，獲益良多，除了對台中 1-4 號機空污改善有更進一步的認識與了解外，對於自身的專業知識能力的提升也增加不少，如鍋爐的設計、構造與維護等等，由其在與日本人相處期間，更可感受到日本人對於工作上的要求一絲不苟，有條有理，充分自我要求的態度，特別在現場上的管理，從個人的製服、使用的器具、環境的整潔、動線規劃到工安的要求，都能展現出有條不紊的秩序，每個崗位上的人都能按部就班，顯現出專業的一面，頗感佩服。

以下為本次出國實習之結論與建議。

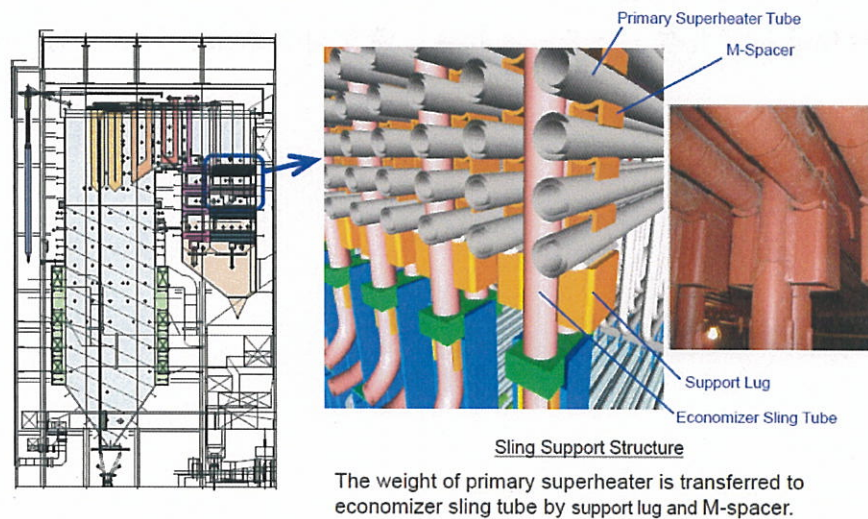
- (1) 新改造後的粉煤機性能已較改造前提升，惟馬達運轉電流平均較改造前約上升 19Amp。
- (2) 新改造後的磨輪、磨盤材質改使用耐磨陶瓷與高鉻金屬之複合材質，未來電廠無法再使用鐸補的方式維護，勢必增加維護成本。
- (3) 雖然依據三菱日立的估算，新的磨輪、磨盤有較長的壽命(3-4 年)，惟其成果仍待觀察，但三菱日立人員表示，因磨輪行狀是對稱的，因此當磨輪內側磨耗嚴重時，可將磨輪(Tire)反向再使用。
- (4) 新式喉環的導翼出口截面積較原來大 80%，且方向相反，可降低一次風差壓，且可用上調整環調整其截面積大小，這是比較特別的設計。
- (5) 目前中 1 機粉煤機仍有磨輪液壓缸漏油等問題需待三菱日立解決，已於課堂上反應，三菱日立允諾將解決。
- (6) 中 1 機鍋爐經過改造後，NO_x 排放確實已達到要求標準(ECO 出口 140ppm 以下)。
- (7) 惟測試初期 CO 排放無法達到 200ppm 以內，經三菱日立再繼續對 OFA 改善後，於今年 9 月效率試驗通過各項保證值。
- (8) 三菱日立為了降低 CO 排放，加強了 OFA 的穿透力，提高 OFA 的風箱壓力，因此也增加了鍋爐二次風的流量，間接造成 FDF/IDF 運轉電流提高(淨廠效率會降低)、燃氣出口溫度提高、爐管灰蝕將會更嚴重等負面影響(O₂ 提高到約 4%)
- (9) 另因為 OFA 高層提高，造成煙氣於板狀過熱器前的「滯留時間(residence time)」減少(估算已小於 1s)，燃燒將延至爐後燃燒完成，故過熱器區爐管金屬溫度部分偏高，噴水減溫流量也增加(汽機效率會下降)。依台中電鍋爐效率實際測試結果，鍋爐效率下降 0.01%；淨廠效率下降 0.06%。(與大修前比較)。
- (10) 新式 HT-NR3 燃燒器中，由於燃燒器內部的文氏管(一次風)為粉煤與一次風的混合氣流，依過去維護經驗，在此區域極易產生被粉煤沖蝕薄化而破漏問題，依三菱日立的經驗，約 2 年需再鐸補，故建議三菱日立此區域可以貼上耐磨陶瓷保護。(參考圖四三)
- (11) 於鍋爐構造課程中，三菱日立介紹的省煤器 Sling Tube 與一次過熱器水平管排之間的固定方式，可防止因管排振動而造成管排磨蝕(fretting corrosion)

而破管的問題，建議電廠可參考之。(參考圖四四)

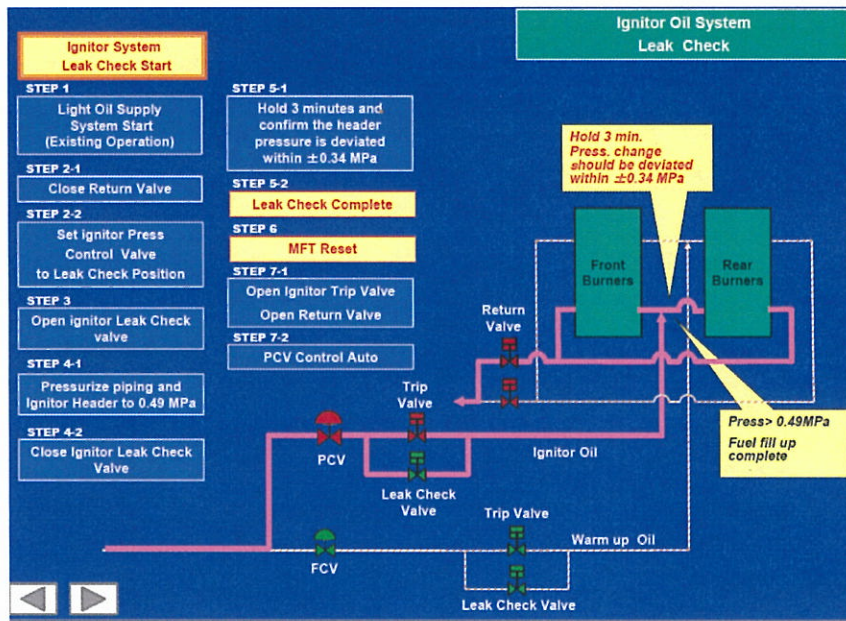
(12)於鍋爐運轉課程實習中，點用輕油槍前，需實施 Leakage Test，油壓須保持在 0.49Mpa 3 分鐘，且壓力變化在 $\pm 0.34\text{Mpa}$ 以內洩漏試驗才合格，由於相較於 0.49Mpa，變動 0.34Mpa 似乎太過於寬裕，輕油系統現場可能已經漏大警報才出來，已於課堂當場建議三菱日立修改，三菱日立表示將再核對設計資料後決定。(參考圖四五)。



圖(四三) 燃燒器內部文氏管易受粉煤沖蝕處



圖(四四) 省煤器 Sling Tube 與一次過熱器水平管排之間的固定方式



圖(四五) 燃燒器輕油槍點用前之 Leakage Test 程序

綜上，本次海外實習，除了可以親自與原廠設計部門討論相關設計理念外，對於使用端得我們也可參與溝通使用情形，雙向的互動，不但可以獲取相關領域的新知外，也能對原廠提出改善建議，對於設備功能的精進提升將有所助益，另外，工廠參觀，可臨場了解鍋爐相關製程，也是一大收穫，希望對於未來公司未來的營運能有所幫助。