

出國報告（出國類別：實習）

研習林口電廠更新擴建計畫之海水法 脫硫系統及其附屬設備裝機技術

服務機關：台灣電力公司

出國人	姓名	單位	職稱
	葉瑞峰	林口發電廠	汽機課長

派赴國家：馬來西亞

出國期間：103年06月09日至103年07月04日

報告日期：103年08月28日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：研習林口電廠更新擴建計畫之海水法脫硫系統及其附屬設備裝機技術

頁數 31 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：

姓名	服務機關	單位	職稱	電話
葉瑞峰	台灣電力公司	林口發電廠	汽機課長	(02)2606-2221#261

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：103 年 06 月 09 日至 103 年 07 月 04 日

出國地區：馬來西亞

報告日期：103 年 08 月 28 日

分類號/目：

關鍵詞：海水法脫硫、ALSTOM、GGH

內容摘要：(二百至三百字)

林口超臨界發電機組係本公司第一部高效率的超超臨界發電機組，其蒸汽壓力及溫度達到 25.38 MPa/604 °C/602 °C，效率高達 42.3% (HHV,Gross)，且單一機組裝置容量達 800 MW，為本公司目前火力機組中單機最大的容量，煙氣的脫硫係採用海水法脫硫，為了解海水法脫硫系統安裝、運轉及維護相關知識，以利機組運轉維護人員對於日後設備之運轉及維護，確保新機組設備運轉功能

正常及良好的供電品質，確有必要派員前往相關廠商研習與交換經驗。

此次實習地點在馬來西亞 ALSTOM 分公司，實習項目為了解海水法脫硫系統安裝、運轉及維護之相關知識，共四星期。此次林口新機組所使用的海水法脫硫係第一次應用在本公司，但在世界各地已被廣泛應用且技術純熟，而 ALSTOM 公司在馬來西亞所規劃、設計與興建的 TNB 電力公司 Manjung 電廠即使用海水法脫硫。

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

目 次

一、研習目的與過程	1
(一) 目的	1
(二) 過程	1
二、研習內容	2
(一) 海水法脫硫系統介紹	2
(二) TNB 電力公司 Manjung 電廠現場見習	6
(三) 海水法脫硫系統機械設備介紹	14
(四) 海水法脫硫系統儀控設備介紹	25
三、心得及建議事項	30

一、研習目的與過程：

(一)目的：

赴馬來西亞 ALSTOM 分公司，參加林口電廠更新擴建計畫之海水法脫硫系統及其附屬設備裝機技術訓練，了解海水法脫硫系統安裝、運轉及維護相關知識，協助解決裝機和運轉維護所可能衍生之問題，確保新機組設備性能、建造工程品質能符合日後電廠運轉及維護需求，以利運轉、維護人員對於日後設備的運轉及維護，有助於減少機組停機損失並增進運轉之安全。

(二)過程（實習日期、前往機構及實習內容）：

起 訖 日	機 構 名 稱 及 實 習 內 容
103 年 06 月 09 日	赴馬來西亞
103 年 06 月 10 日至 103 年 06 月 15 日	於 ALSTOM 海水法脫硫系統介紹
103 年 06 月 16 日至 103 年 06 月 22 日	於 TNB 電力公司 Manjung 電廠現場見習
103 年 06 月 23 日至 103 年 06 月 29 日	於 ALSTOM 海水法脫硫系統機械設備介紹
103 年 06 月 30 日至 103 年 07 月 03 日	於 ALSTOM 海水法脫硫系統儀控設備介紹
103 年 07 月 04 日	返台灣台北

二、研習內容：

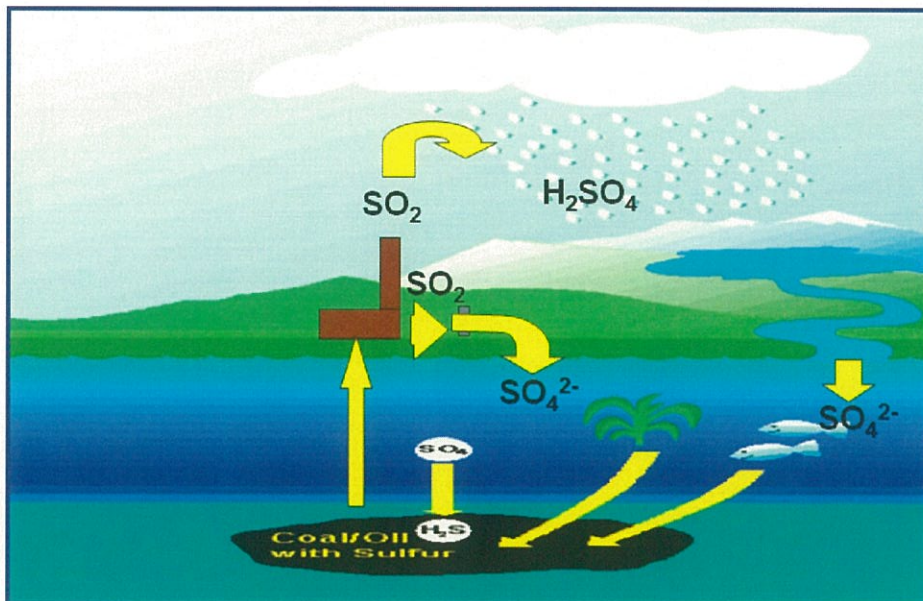
(一) 海水法脫硫系統介紹

海水脫硫(SWFGD)的目的是在煙氣通過煙囪排放之前，減少從鍋爐來的煙氣中的二氧化硫。根據林口電廠的煙氣量和煙氣參數，如果不進行脫硫，每部機組每個小時排到大氣中的 SO_2 約有 2,250 噸。大量的 SO_2 如果排到大氣中，會造成環境惡化。因此，在排放之前必須去除煙氣中的 SO_2 。

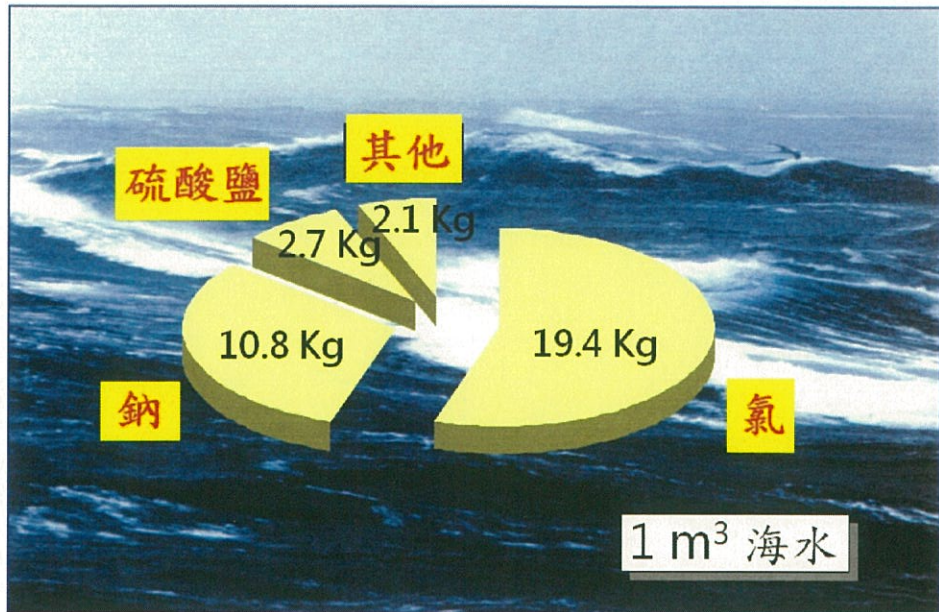
海水脫硫技術特點：

- 技術成熟， SO_2 脫除效率高。
- 對於海邊電廠，海水資源豐富。
- 系統簡單，運轉成本低，操作維護方便，無化學添加。
- 沒有二次污染及副產品處理的問題。

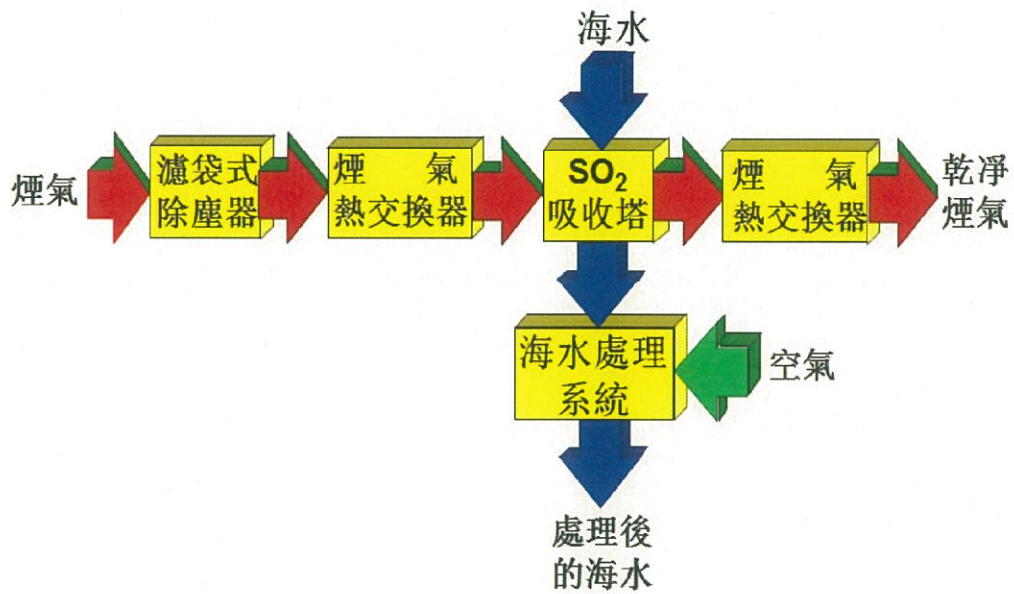
硫的循環：



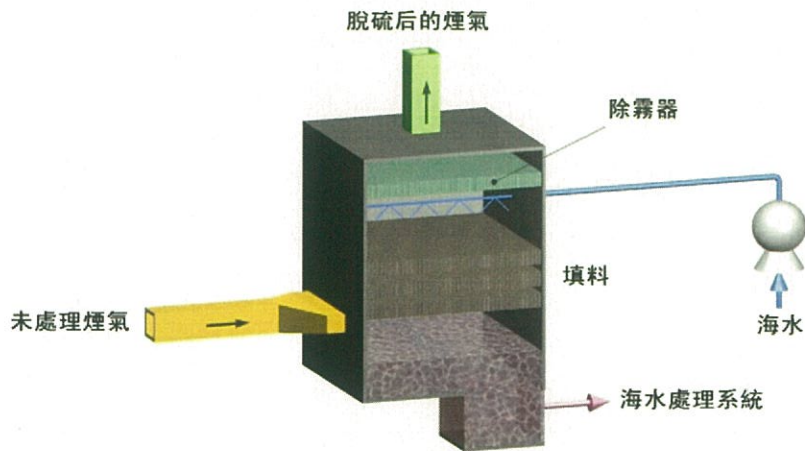
海水成份：



流程概述：

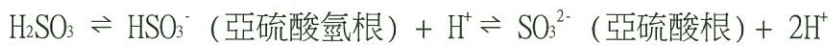


吸收塔：



1、吸收塔內的反應：

煙氣中 SO_2 的吸收：



2、在海水處理系統的反應：

在曝氣池內 SO_2 的氧化：



利用海水中的鹼度，對 H^+ 的中和：



曝氣系統是用來對從 H_2CO_3 轉為氣態 CO_2 ，提供較好的物質傳輸條件：



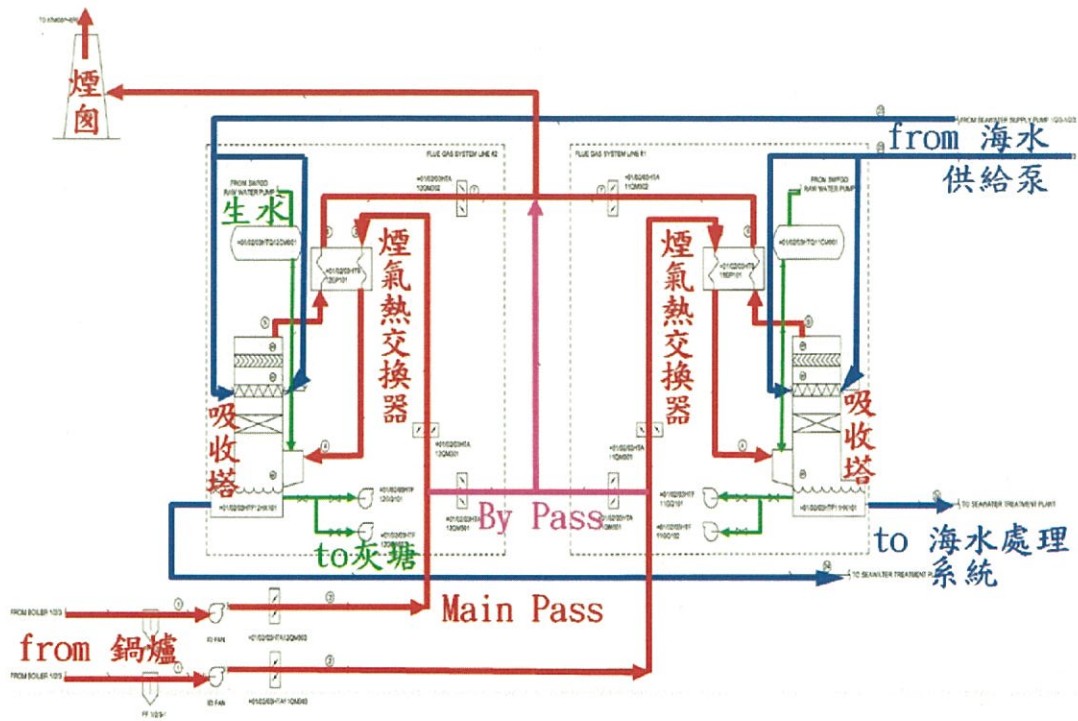
當 CO_2 除去時，消耗更多 H^+ 而使 PH 值得到提升

(排放水 pH : > 6.8) {低 pH \Leftrightarrow 高濃度 H^+ }

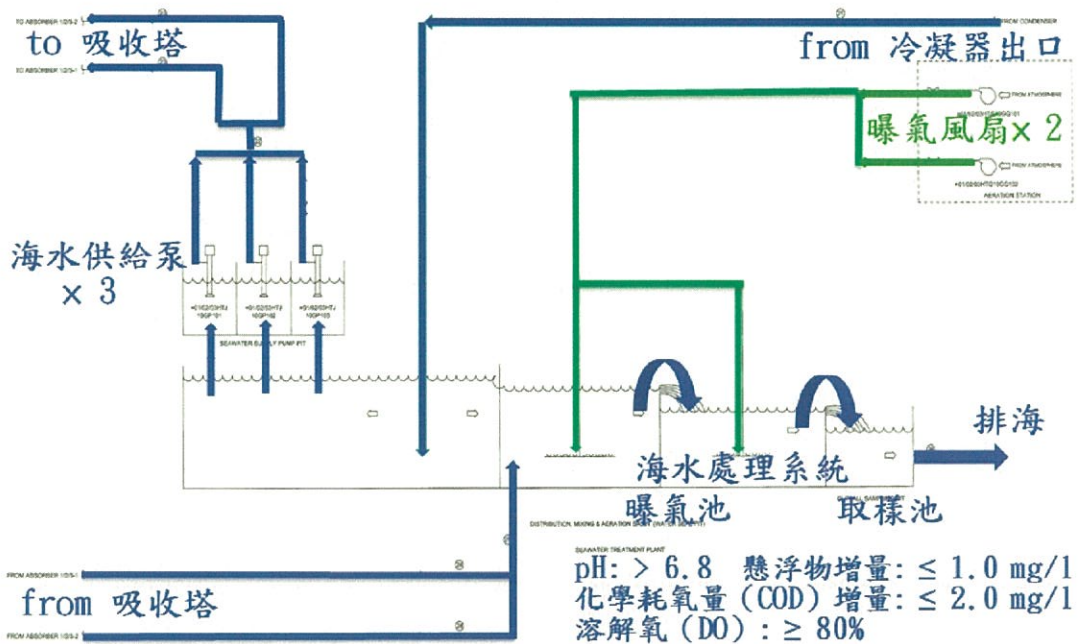
3、總體反應



海水脫硫系統流程



海水處理系統流程



100% MCR 實際條件下：

1、煙氣排放

煙囪入口 SO₂: ≤ 23 ppm (6% O₂,dry)

煙囪入口溫度: ≥ 90°C(在 30%~100% MCR 鍋爐負荷的條件下)

2、海水排放

pH: > 6.8

懸浮物增量: ≤ 1.0 mg/l

化學耗氧量 (COD) 增量: ≤ 2.0 mg/l

溶解氧 (DO) : ≥ 80%

(二) TNB 電力公司 Manjung 電廠現場見習

TNB (Tenaga Nasional Berhad) 電力公司簡介：

馬來西亞 TNB (Tenaga Nasional Berhad) 電力公司係負責馬來西亞半島的發電、輸電和配電工作。 TNB 電力公司建於 1990 年 9 月，其前身為 1949 年建立的中央電力局 (CEB)，後更名為國家電力局 (NEB)。 TNB 實行股份制，股東有國內的也有國際的，但馬來西亞政府通過財政部繼續保持著過半數的股份。 1992 年，TNB 的股票在吉隆坡股票交易所上市。 1996 年 1 月，TNB 百年債券成功發行。

TNB 積極推行發電燃料多樣化的政策，採用天然氣、煤、石油和水電 4 種燃料發電，以減少對石油的依賴。利用本^土天然氣發展高效能的燃氣發電廠是 TNB 的長遠計劃。

TNB 在馬來西亞半島上架設的輸電系統，主要電壓等級是 275kV、132kV 和 66kV。整個電網由位於吉隆坡的國家負荷調度中心和若干不同的區域控制中

心所控制。TNB 的電力系統還與新加坡、泰國的電網相連以交換電力。目前 TNB 正著手建設一條 500kV 輸電線路，它將成大國家電網的骨幹線路。

TNB 的配電系統電壓等級一般為 33kV 或更低。對需要較高電壓的用戶，則由變電站直接向用戶供電。馬來西亞的電力供應正向獨立電力生產者（IPP）方向過渡。馬來西亞政府已向一些 IPP 頒發了許可證。這些 IPP 的電廠中，有些已在 1995 年投入生產。預計 IPP 的總發電容量約為 4000MW。TNB 在 4 家 IPP 中有股金。

為了進一步增強競爭機制，TNB 進行了改組。改組後形成的 4 個主要部門是：能源供應、商業經營、財務和勞資。發電、輸電和配電業務歸屬於能源供應部門；商業經營部門負責非核心業務活動，包括國內外新的營業活動的建立、發展以及檢查和監督子公司、合資企業的營業活動；而勞資部門則負責勞務、編制以及其它一些事務。

TNB 現在約有 400 萬用戶，概括地可分為工業、商業、生活、採礦和公共照明等類。

儘管電力系統規模不斷擴大，TNB 電力公司職工人數卻始終保持相當固定。每年 TNB 用於職工培訓及教育方面的費用約為 6000 萬馬來西亞零吉（RM），約佔其年營業額 10%。

TNB 電力公司 Manjung 電廠係由法國 ALSTOM 公司所規劃、設計與興建，電廠的發電機組共有 3 部各 700MW 的燃煤傳統火力機組及 1 部正在興建中的 1,000MW 燃煤超臨界火力機組，總裝置容量為 3,100MW，其 4 部燃煤機組的煙氣脫硫均是使用海水法脫硫。



TNB 電力公司 Manjung 電廠興建中的 1,000 MW 超臨界機組



TNB 電力公司 Manjung 電廠運轉中的 3 部 700 MW 傳統機組



ALSTOM 公司 TNB 電力公司 Manjung 電廠現場辦公室



等待拜訪 TNB 電力公司 Manjung 電廠廠長



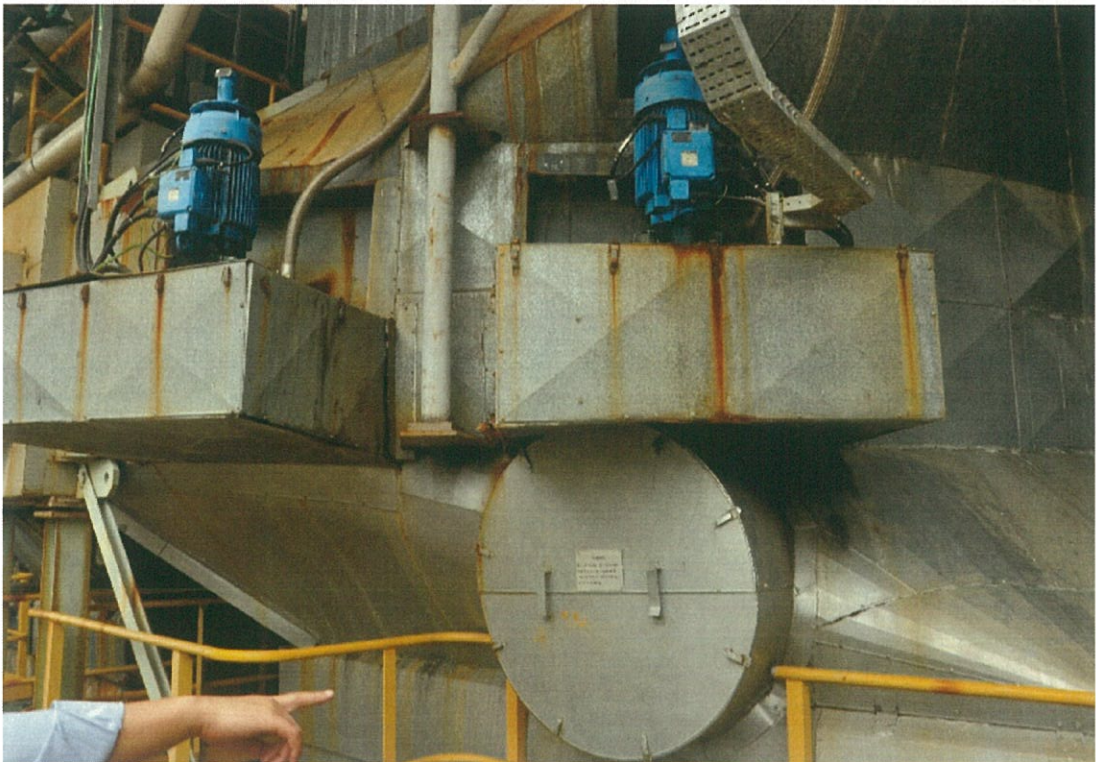
由 TNB 電力公司 Manjung 電廠工程師帶領現場見習解說



由 ALSTOM 公司工程師陪同現場見習



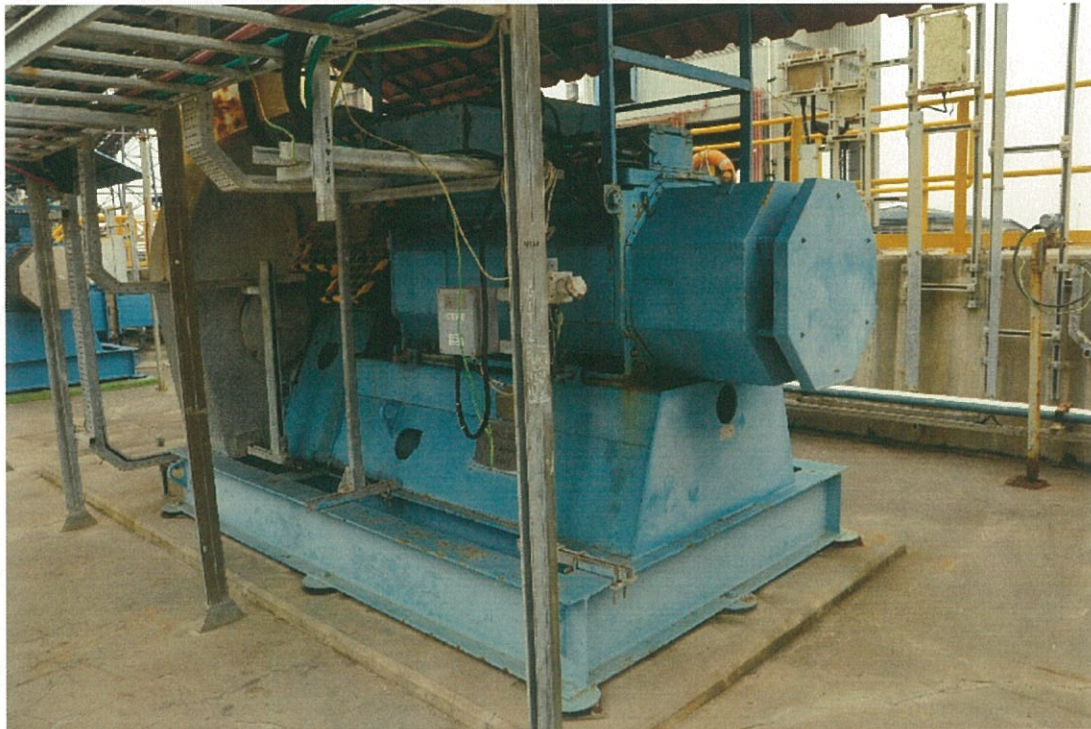
海水法脫硫現場設備見習



海水法脫硫現場設備(GGH)見習



海水法脫硫現場設備(海水供給泵)見習



海水法脫硫現場設備(曝氣風扇)見習



海水法脫硫現場設備(曝氣池)見習



海水法脫硫現場設備(曝氣池)見習

(三) 海水法脫硫系統機械設備介紹

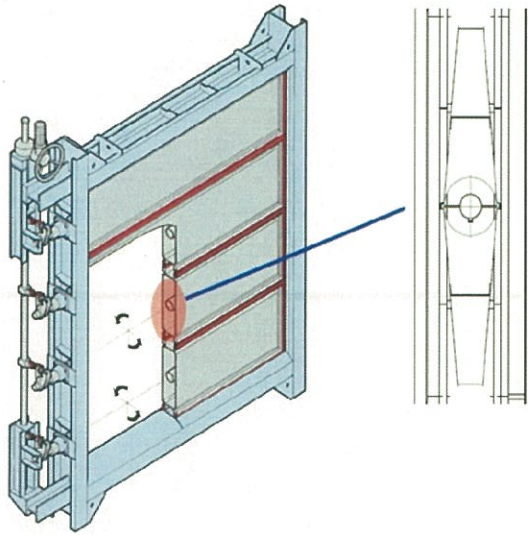
主要設備：

1、進口風門(Inlet Damper)：

風門類型：百葉窗式

驅動器型式：電動

驅動器數量(每個風門)：1



2、出口風門(Outlet Damper)：

風門類型：百葉窗式(與進口風門相同)

驅動器型式：電動

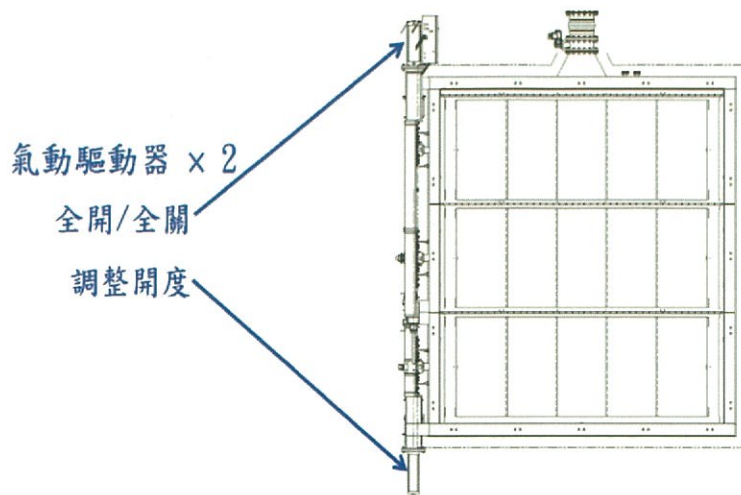
驅動器數量(每個風門)：1

3、旁通風門(Bypass Damper)：

風門類型：百葉窗式

驅動器型式：氣動

驅動器數量(每個風門)：2



4、風門規範：

	ID FAN OUTLET	FGD INLET	FGD BYPASS	FGD OUTLET
Type	Single Louver	Tandem louver with hot seal air system	Tandem louver with hot seal air system	Tandem louver with normal seal air system
Dimension (W × H), mm	5,600 x 5,600	9,000x3,500	5,600 x 5,600	7,000 x 4,000
Blade	3	2+2	3	3
Frame Material	A588	A588	A588+C276 cladding	A588+C276 cladding
Blade Material	A242	A242	C276	C276
Seal Material	C276	C276	C276	C276
Actuator	Electric	Pneumatic	Electric	Electric
Supplier	CBPG	CBPG	CBPG	CBPG

5、煙氣熱交換器(GGH)：

型式：容克式(LjungStrom)。

安裝數量：2套/每部機組。

換熱元件材料：鋼鍍搪瓷。

功用：a.降低進入吸收塔的煙氣溫度。

b.增加煙氣逸出大氣的擴散效率。

c.防止可見的煙柱。

煙氣熱交換器(GGH)的材質：

Rotor: A588

Heating element box: A588

Housing: A588

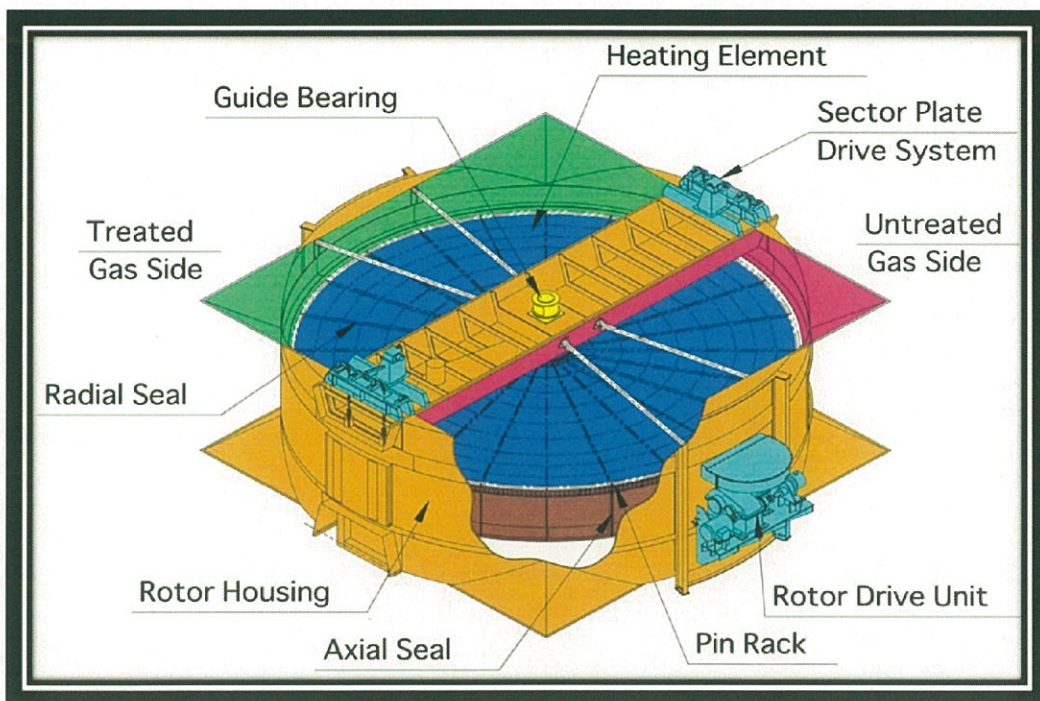
Heating element :1.0399 DC03ED acc. to DIN EN 10209

Top sector plate : A588

Bottom sector plate : A588

Axial seal : A588

Circumferential seal : A588

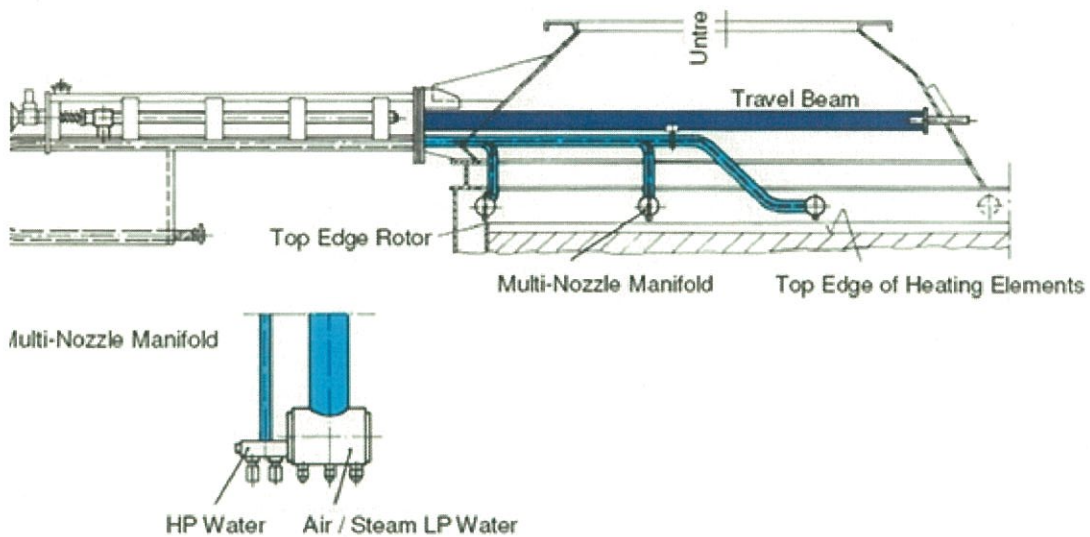
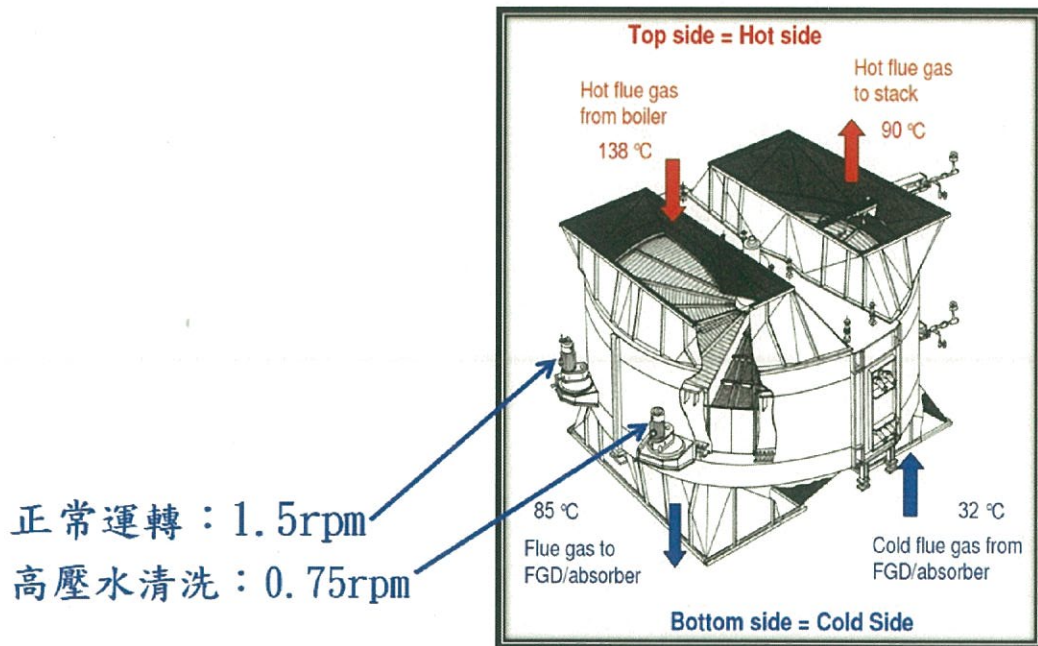


煙氣熱交換器(GGH)的清洗系統：

GGH清洗系統由兩套可完全伸縮的噴槍組成(在轉子兩側)，可以用壓縮空氣和高壓水進行清洗。

空氣吹灰每八小時自動進行(持續3h)，採用可伸縮式吹灰器。

空壓機室有三台Atlas Copco 3 x 100% 壓縮機。



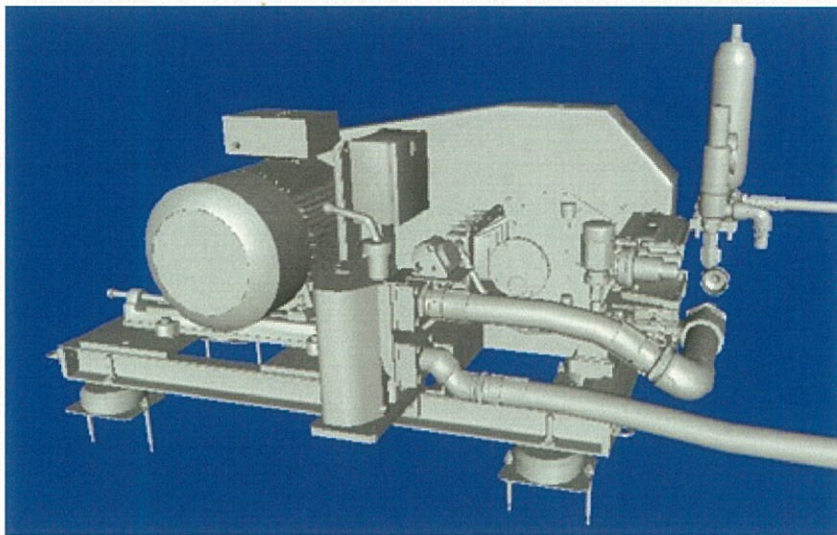
高壓水泵

當GGH壓降達到1.5倍初始乾淨狀態壓降時，高壓水清洗系統應該由操作人員啟動。

- 每台GGH配1台高壓水泵。
- GGH雙速驅動電機低速運轉中進行高壓水清洗。
- 壓力大約為100 bar。耗水量7,5 m³/h，持續大約11 hours。
- 高壓水噴嘴同樣位於吹灰噴槍上，但是比較小。
- 兩只高壓水槍同時清洗。
- 無壓力調節 - 壓力由水流和噴嘴孔確定。
- 使用水源：RAW WATER。

低壓水清洗

- 停機時進行低壓水清洗。
- 壓力大約2~5 bar。
- 耗水量27~42 m³/h。
- 人工操作接通水源並打開關斷閥。



6、吸收塔(Absorber)：

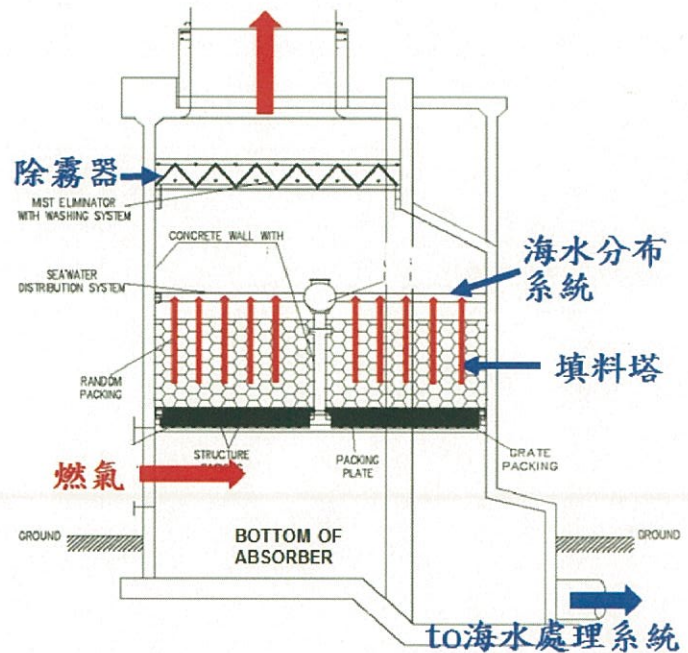
吸收塔型式：填料塔

吸收塔殼體材質：混凝土，內襯防腐材料

填料材質：PP

除霧器材質：PP

安裝數量：2套/每部機組

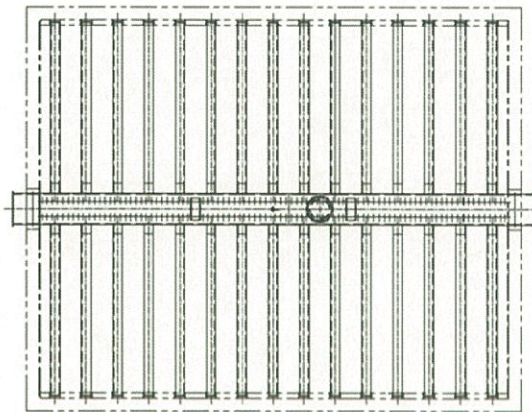


A. 海水分布系統(Seawater Distribution System)：

主管尺寸：900mm(內徑)

支管尺寸：263mm(內徑)

材質：6-Mo



B. 填料(Packing)：

型式：雪花式

材質：PP



C. 除霧器(Mist Eliminator)：

當含有霧沫的煙氣以一定速度流經除霧器時，由於氣體的慣性撞擊作用，霧沫與波形板相碰撞，當聚集的液滴大到其自身產生的重力超過氣體的上升力與液體表面張力的合力時，液滴就從波形板表面上被分離下來。除霧器波形板的多折向結構增加了霧沫被捕集的機會，未被除去的霧沫在下一個轉彎處經過相同的作用而被捕集，這樣反復的作用，大大的提高了除霧效率。氣體通過波形板除霧器後，基本上不含霧沫。



7、海水供水泵(Seawater Supply Pump)：

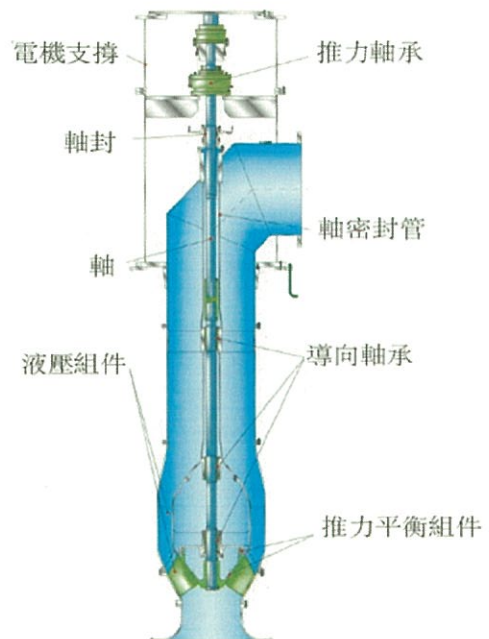
型式：立式混流式

安裝數量：3台(每部機組)

運轉台數：2台(每部機組)

流量：8,000 m³/h(每台泵)

揚程：16.5 m



8、曝氣鼓風機(aeration air blowers)：

型式：離心式

安裝數量：2台(每部機組)

運轉台數：1台(每部機組)

流量：112,000 m³/h(每台鼓風機)

壓力頭：27 kPa



9、生水泵(Raw Water Pump)：

用途：吸收塔清洗用水及緊急時的冷卻水

型式：離心式

安裝數量：4台(3部機組共用)

運轉台數：3台(1台備用)

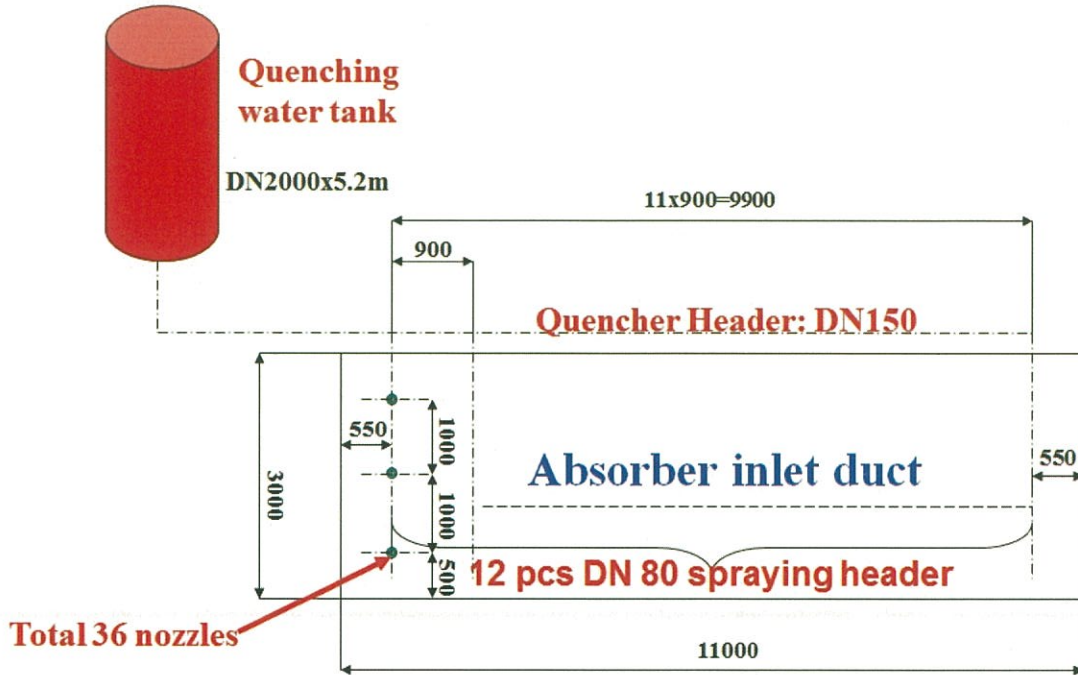
流量：80 m³/h(每台泵)

揚程：70 m

材質：碳鋼

10、降溫系統(Quenching System)：

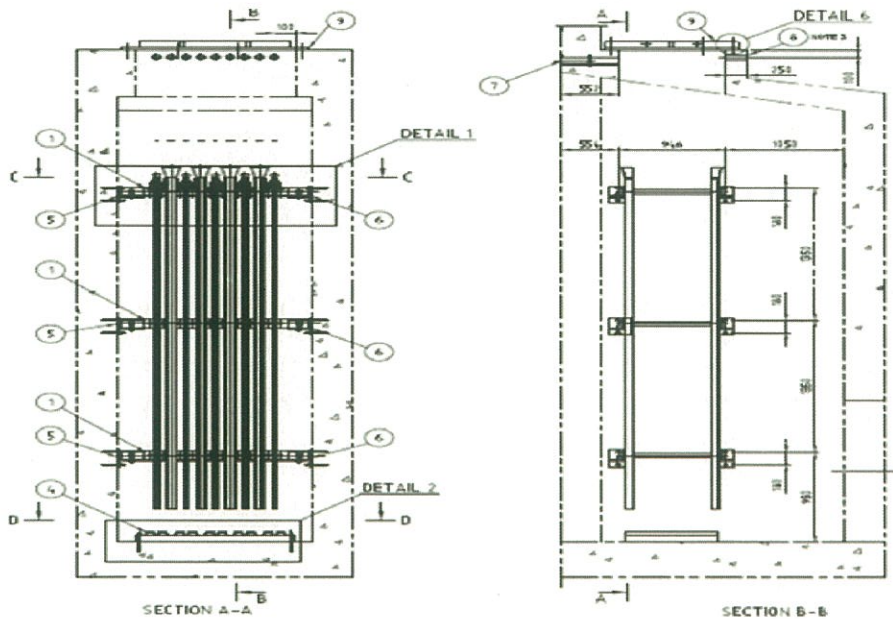
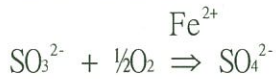
作動時機：吸收塔進口燃氣溫度 $\geq 150^{\circ}\text{C}$



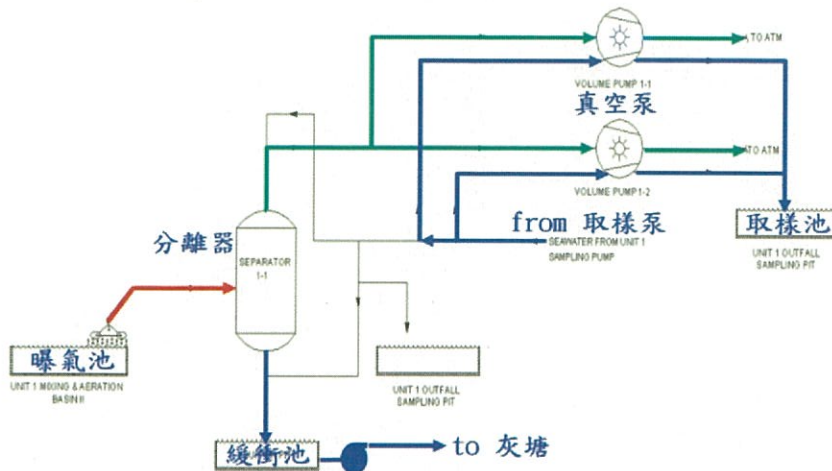
11、海水處理系統(Seawater Conditioning System)：

海水處理系統是一種加鐵系統，將浸在海水裡的鐵板通上電流，使產生鐵離子 Fe^{2+} ，做為催化劑的作用，以增加硫化物的氧化速率。

化學反應式如下：



12、除沫系統(Foam Interceptive System)：



海水脫硫系統的啟動：

啟動條件：

- 1、海水脫硫系統中沒有緊急停用的信號。
- 2、布袋除塵器正常運轉中(布袋除塵器出口含塵量 $\leq 10 \text{ mg/m}^3$ @ dry, 6% O₂)。
- 3、引風機正常運轉中。
- 4、鍋爐燃煤，負荷大於30% BMCR。
- 5、進口煙氣溫度120°C ~ 140°C。
- 6、出口風門在開啟位置。
- 7、儀用空氣和廠用空氣系統正常運轉中。
- 8、冷卻水系統正常運轉中。

啟動程序：

- 1、啟動海水側(海水供水泵)。
- 2、啟動曝氣風扇。
- 3、啟動煙氣換交熱器(GGH)。
- 4、啟動煙氣側。
- 5、啟動海水處理系統。

旁通程序：

- 1、 停用海水處理系統。
- 2、 停用煙氣側(煙氣旁通)。
- 3、 停用煙氣換交熱器(GGH)。
- 4、 停用曝氣風扇。
- 5、 停用海水側(海水供水泵)。

緊急停用ESD(Emergency Shut Down)：

有兩種級別的緊急停用，即ESD1和ESD2：

ESD1：只停用煙氣側(海水側保持運轉)。

條件：

- 1、 進口煙氣溫度 Hi-Hi (三選二)。
- 2、 進口煙氣壓力 Hi-Hi。
- 3、 進口含塵量 Hi-Hi。
- 4、 吸收塔進口煙氣溫度 Hi-Hi (三選二)。
- 5、 煙氣熱交換器(GGH)轉速 Lo-Lo。
- 6、 IDF × 1 Trip。
- 7、 Boiler Trip。

ESD2：煙氣側和海水側均停用。

條件：

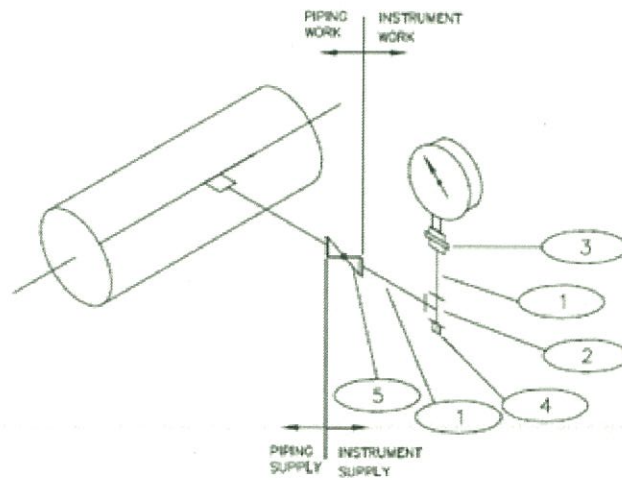
- 1、 吸收塔內液位 Hi-Hi。
- 2、 海水供水流量 Lo-Lo。
- 3、 旁通風門的氣動控制壓力 Lo-Lo。

(三) 海水法脫硫系統儀控設備介紹

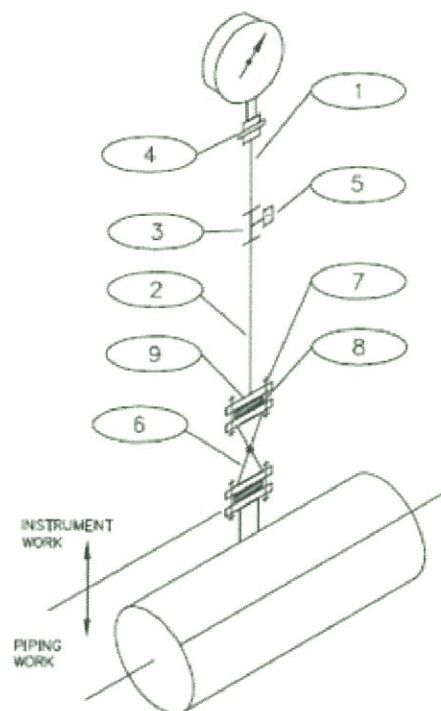
儀控設備的現場安裝方式：

1、壓力錶(Pressure Gauge) 的現場安裝：

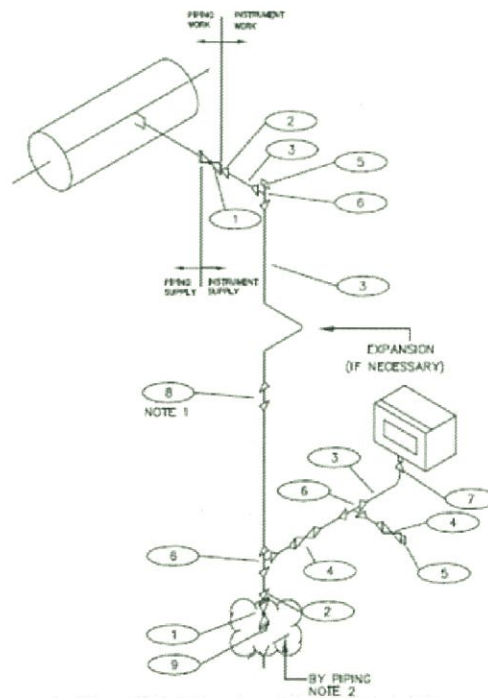
a. 介質為水的安裝方式



b. 介質為空氣的安裝方式

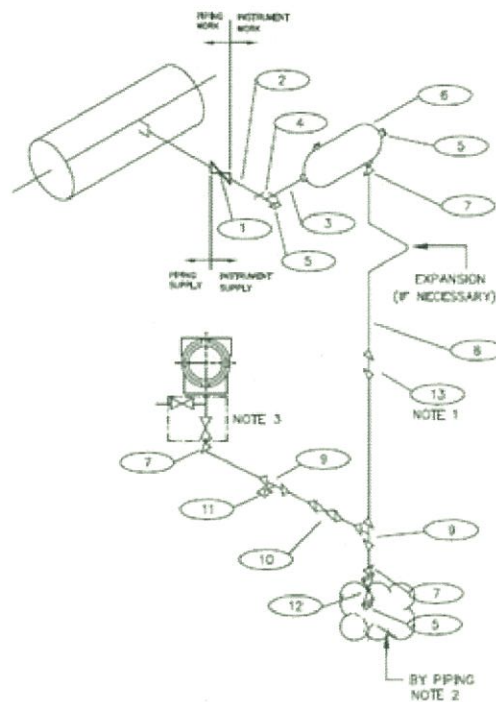


c. 介質為液體的安裝方式

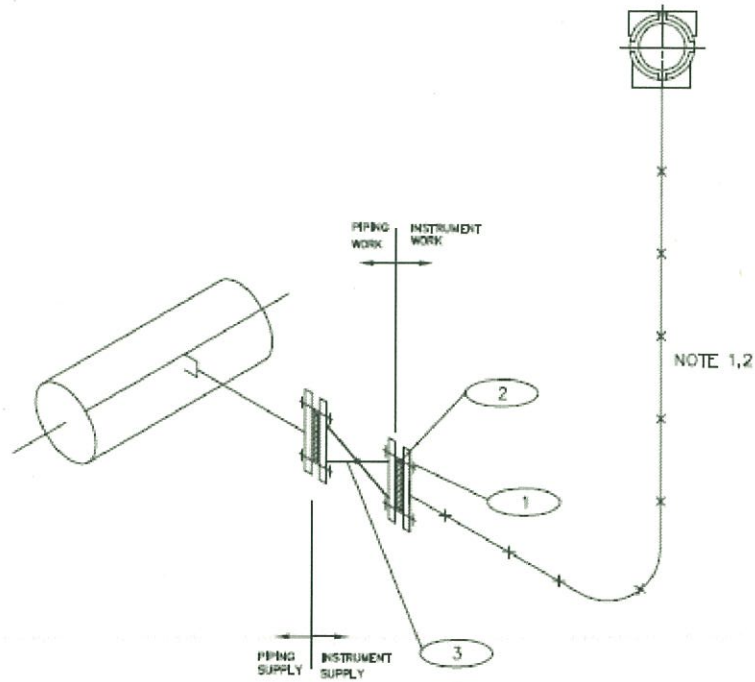


2、壓力傳送器(Pressure Transmitter) 的現場安裝：

a. 介質為蒸汽的安裝方式



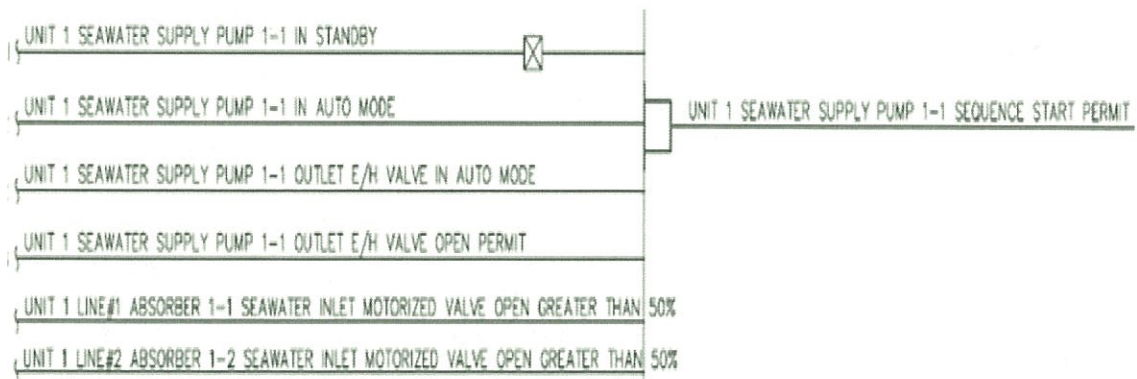
b. 介質為海水的安裝方式



3、控制邏輯和設定點：

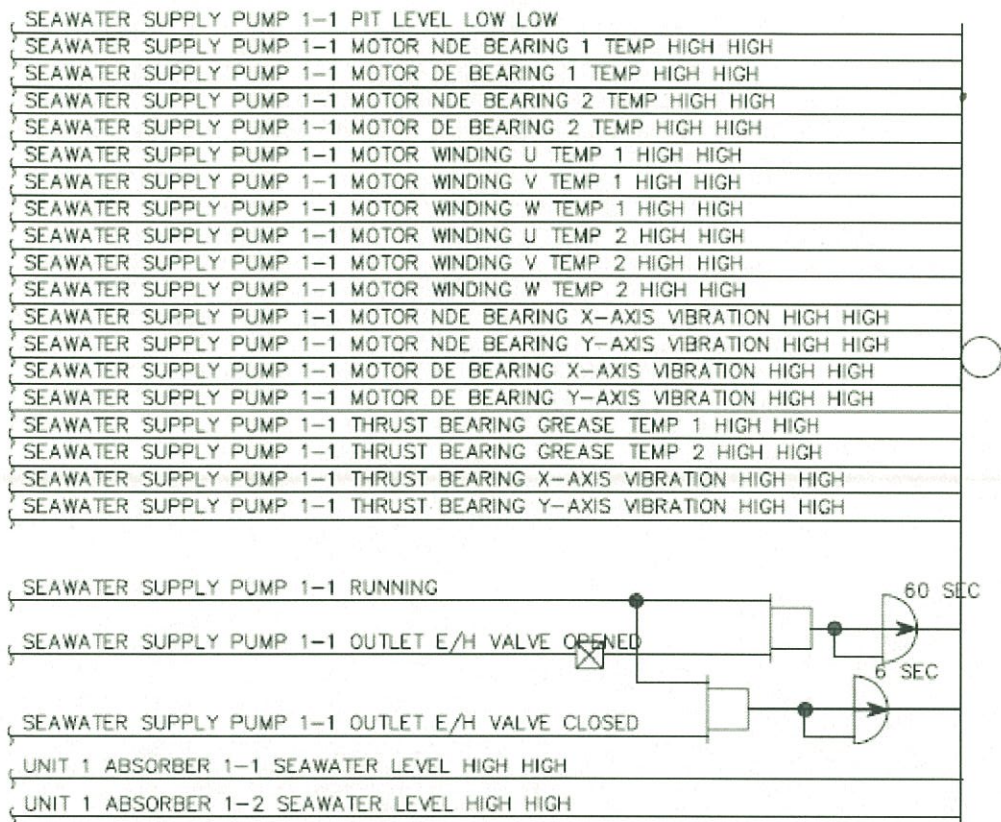
a. 海水供給泵(手動/自動)啟動的允許條件：

- 海水出口閥在全關位置
- 海水供給泵坑水位沒有低水位警報
- 泵及馬達沒有軸承溫度高警報
- 泵及馬達沒有軸承振動高警報

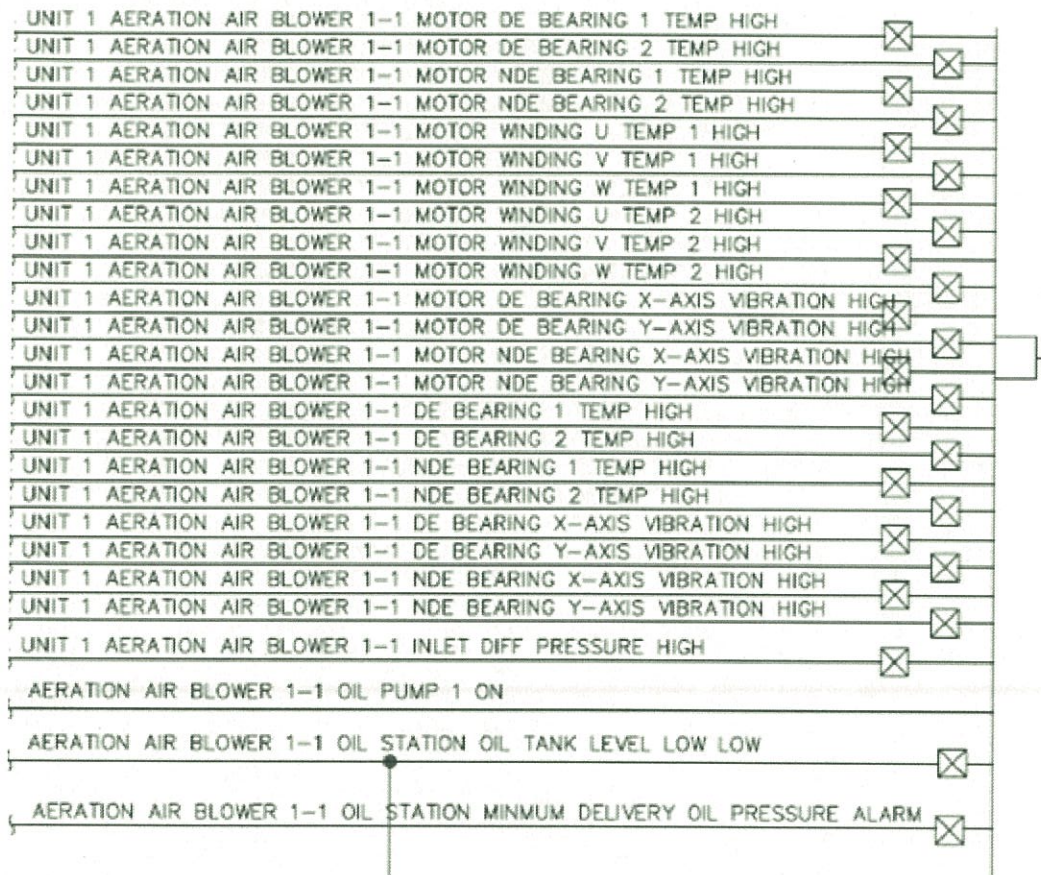


b. 海水供給泵停止邏輯：

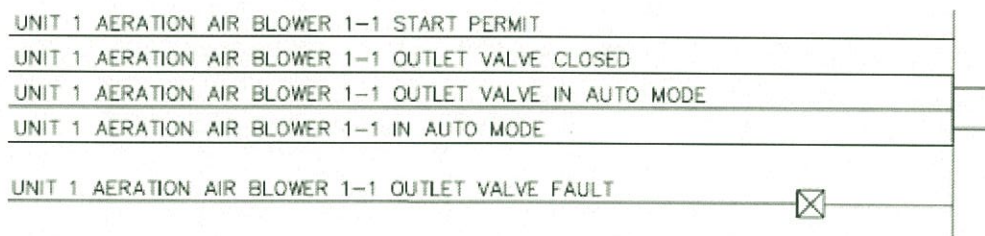
- 自動停止(泵的出口閥在自動模式下離開全開位置)
- 跳脫連鎖
- 手動停止



c. 曝氣鼓風機(手動/自動)啟動的允許條件：



d. 曝氣鼓風機自動起動邏輯：



三、心得及建議事項

職本次能有這樣的機會奉派前往法國 ALSTOM 公司位於馬來西亞的總部實習，首先須感謝公司各級鈞長的支持，才能出國實習本公司第一套的海水法脫硫，更要感謝邱廠長泰川及湯副廠長榮清推薦我代表林口電廠出國實習，還要感謝本課陳昱光主辦在我出國受訓期間代理我的工作，讓我可以心無旁騖的在國外專心學習。

此次實習地點位於馬來西亞的吉隆坡和曼絨(Manjung)，住宿的飯店則因原廠 ALSTOM 公司代訂的特約飯店(Prince Hotel 五星級飯店)，住宿費一晚要價台幣 3,700 元，高於出國每天的日用費，因此自己上網訂了位於吉隆坡單軌電車武吉免登(Bukit Bintang)站旁一晚台幣 1,700 元的 Izumi Hotel，從飯店走路到位於 ALSTOM 馬來西亞分公司的上課地點約 15 分鐘，飯店的路口，除了有單軌電車外尚有三條免費的市區巴士經過，並可透過轉乘，連接到另一條的免費市區巴士及捷運系統，從此交通系統可達著名的國油雙子星大樓、吉隆坡電視塔、嘉美克清真寺、獨立廣場、吉隆坡舊火車站、中央市場和唐人街等等景點，並可再搭快速巴士抵達不可不去的總理府及粉紅清真寺，交通非常的便利。上課地點位於 Prince Hotel 對面 Chulan Tower 內的 ALSTOM 公司馬來西亞總部，現場見習則是在距離吉隆坡約 250 公里的 TNB 電力公司 Manjung 電廠，該電廠有 3 部 700 MW 運轉中的傳統機組，另有 1 部正在興建中的 1,000 MW 超臨界機組，興建的進度與本廠新一機進度相仿，在實習期間除了瞭解林口新機組海水法脫硫的設計理念與規劃配置外，也到擁有海水法脫硫設施的電廠實際見習。除了課程上設備的學習、了解之外，更實際參觀了設備的運作。

馬來西亞土地有 33 萬平方公里，約台灣的 6 倍大，但人口只有約 2,000 萬，蘊藏著豐富的錫與石油，因此利用銷售石油所得，大肆建設，馬來西亞國民每人 GDP 已達到我國的一半(102 年台灣國民每人 GDP 為 20,952 美元，馬來西亞則為 10,429 美元)，我們現在已是亞洲四小龍之尾了！如果我們再不警惕，全民拼經濟，使得競爭對手不停往前跑而我們卻只有尺寸之進，將來被馬來西亞追過，可不是杞人憂天！

因為馬來西亞為非英語系國家(最主要使用馬來語及華語)，雖然大部份可以用英語溝通，但是卻有很重的馬來語腔調，有時候英語也派不上用場，而且此次的實習只有自己一個人，幸好此次實習前即購買自助旅遊書並上網做了很多功課，才能順利的完成此次任務。因此，建議同仁以後有機會到非英語系國家實習時，務必在出國前做足功課，在海外實習期間才能夠生活得更便利。

此次林口新機組所使用的海水法脫硫，在全世界已被廣泛採用、技術純熟且成效良好。經過此次的海外實習，對於海水法脫硫的系統與設備有了很深入的了解，真是獲益良多！