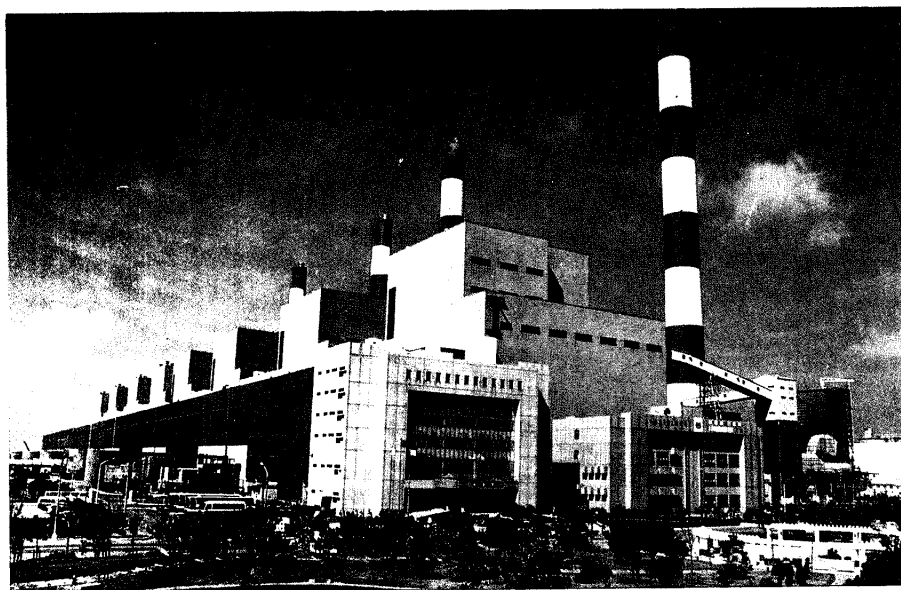


台灣電力公司



台中發電廠

台中九、十號機
排煙脫硫系統相關技術



中華民國 年 月 日

43 / 09104207

行政院及所屬各機關出國報告提要 C09104707

出國報告名稱：台中九、十號機排煙脫硫系統
設備相關技術

頁數 41，含附件 是 否

出國計劃主辦機關/聯絡人/電話

陳德隆 2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

姓名：李一龍 C09104707
服務機關：台灣電力公司
單位：台中發電廠 修配課
職稱：機械工程師
電話：(04)26302123 分機 3221

出國類別：

1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：91.09.04 ~ 91.10.03

出國地點：日本

報告日期：91.11.06

分類號/目：

關鍵詞：Absorber、FGD、EP、IDF、ME、GGH、COD

內容摘要

台中九、十號機排煙脫硫系統是由日本 IHI 公司製作，IHI 公司是否有能力承包及其經驗如何呢？IHI 的排煙脫硫系統與台中一、四號機排煙脫硫系統的德國 BISCHOFF 公司及台中五、八號機排煙脫硫系統的 BABCOCK & WILCOX 美國公司的差別及比較分析？都是值得去研究。

興達三、四號機排煙脫硫系統已於本年二月試轉通氣，IHI 的性能如何呢？在本次台中九、十號機排煙脫硫系統是否有針對興達三、四號機排煙脫硫系統運轉情形作改善？

報告提要概述如下：

一、IHI 的歷史及FGD製作能力：

IHI 的全名為石川島·播磨重工業。

二、排煙脫硫系統概述

三、濕式石膏排煙脫硫系統、附屬設備及其原理

吸收塔、吸收塔噴灑泵、石灰石漿液管路、除霧器、石灰石粉供應系統、石膏製造及輸送系統、煙氣再熱器等設備。

四、廢水處理系統

五、台中九、十號機與一四及中五八之差異

六、台中九、十號機與興達三四之差異

七、興達三四號機FGD之圖片

八、歷年來經驗於此次改善

九、未來FGD預測模型

十、IHI 特別設計及未來研究方向

目 錄

頁次

壹、 國外研習之時程.....	1
貳、 排煙脫硫設備系統相關技術.....	1
一、 前言.....	1
二、 IHI 的歷史.....	1
三、 IHI 的排煙脫硫系統製作經驗...	2
四、 排煙脫硫系統概述.....	3
五、 濕式石膏排煙脫硫系統及原理...	5
六、 廢水處理系統.....	14
七、 台中九十號機與一四及中五八差異	18
八、 台中九十號機與興達三四之差異	20
九、 興達三四號機 FGD 之圖片.....	20
十、 歷年來經驗於此次改善.....	20
十一 IHI 特別設計.....	21
十二未來 FGD 預測模型.....	21
十三 IHI 未來研究方向.....	21
參、 結論.....	21
肆： 附件.....	21

壹、國外研習之時程

91年9月4日	去程(台中→橫濱)
91年9月4日至91年10月3日	排煙脫硫設備系統設備相關技術
91年10月3日	返程(橫濱→台中)

貳、排煙脫硫設備系統設備相關技術

一、前言：

台中九、十號機排煙脫硫系統是由日本 IHI 公司製作，IHI 公司是否有能力承包及其經驗如何呢？IHI 的排煙脫硫系統與台中一～四號機排煙脫硫系統的德國 BISCHOFF 公司及台中五～八號機排煙脫硫系統的 BABCOCK & WILCOX 美國公司的差別及比較分析？都是值得去研究。

興達三、四號機排煙脫硫系統已於本年二月試轉通氣，IHI 的性能如何呢？在本次台中九、十號機排煙脫硫系統是否有針對興達三、四號機排煙脫硫系統運轉情形作改善？

二、IHI 的歷史：

IHI 的全名為石川島·播磨重工業；西元 1853 年成立石川島造船公司於西元 1889 年改制為石川島造船有限公司並於西元 1945 年與西元 1907 年成立的播磨造船公司合併為現在的石川島·播磨重工業至今；專門生產軍艦、飛機引擎、鋼鐵、水泥、塑化、發電等重工業。

三、IHI 的排煙脫硫系統製作經驗：

日本是一個相當注重環保的國家，於西元 1975 年訂定空污標準後，所有日本的火力發電廠開始增設排煙脫硫系統；而 IHI 製作經驗如何呢？就如下：

1. 西元 1976 年完成神奈川縣磯子發電廠發電容量 265MW×2。
2. 西元 1981 年完成宮城縣松島發電廠發電容量 500MW。
3. 西元 1983 年完成廣島縣竹原發電廠發電容量 700MW；當時是全世界容量最大的發電廠。
4. 西元 1986 年完成長野縣篠ノ井發電廠發電容量 500MW×2。
5. 西元 1986 年完成石川縣石川發電廠發電容量 156MW×2。
6. 西元 1991 年完成福井縣敦賀發電廠發電容量 500MW。
7. 西元 1995 年完成熊本縣苓北發電廠發電容量 700MW。
8. 西元 1997 年完成長崎縣松浦發電廠發電容量 1000MW；當時是全世界容量最大的發電廠。
9. 西元 2000 年完成福井縣敦賀發電廠發電容量 700MW。
10. 西元 2002 年完成台灣電力公司興達發電廠發電容量 550MW×2。
11. 西元 2002 年完成熊本縣苓北發電廠發電容量 700MW。

正在施工機組如下：

1. 茨城縣日立中發電廠發電容量 1000MW。
2. 台灣電力公司台中發電廠發電容量 550MW×2。

四、排煙脫硫系統概述：

由於行政院環保署刻正積極推動空氣污染總量管制計劃之規劃與制度建制工作，冀望能在民國 95 年達成國家環境保護計劃所訂定之空氣品質改善目標，及全年空氣品質不良日數低於 2%，總量管制實施後，環保主管機關將限定各污染源的排放總量，並導入差額排放量之保留、抵換與交易制度，各污染源排放量若超過該總量值，即需進行排放減量或向外界價購排放量，預估對台中電廠的營運將產生重大衝擊。依照行政院環保署之規劃時程，將於民國 91 年 10 月完成縣市空氣污染防治計畫之核備，之後總量管制區內之大小固定污染源即需辦理排放量申請認可，並依照指定削減量進行空氣污染物減量，於目標年（第一階段為民國 95 年，第二階段為民國 100 年）以前達到減量目標。

另根據空氣污染防治法第二十條「直轄市縣（市）主管機關得因特殊需要，擬定個別較嚴之排放標準，報請中央主管機關會商有關機關核定之」，因台中電廠為既有大型火力燃煤電廠，為因應日趨嚴格之空氣污染排放標準，台中電廠九、十號機遂增設排煙脫硫系統（Flue Gas Desulfurization，簡稱 FGD）及脫硝系統（SCR），以去除煙氣中大部分之硫氧化物（SO_x）與氮氧化物（NO_x），使其所排放之煙氣能符合新的環保要求。台中九、十號機所增設之煙氣除硫系統（FGD）為日本 IHI 公司所提供，為能熟稔本系統設備之系統設備相關先進技術，因此於採購合約中明定承包商須提供本公司有關人員技術訓練，落實技術轉移。

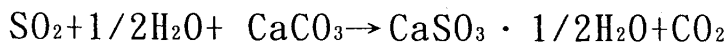
世界各國針對石化燃料燃燒後降低其煙氣中之含硫量，以符合環保要求，所採取方法，除採用低硫份煤炭外，最有效方法為設置排煙脫硫設備，發展排煙脫硫設備大致有下列不同之方法：

1. Limestone-Gypsum process
2. Magnesium process
3. Ammonium process
4. Magnesium-Gypsum process
5. Sodium process
6. Sea Water process；麥寮電廠使用方法。

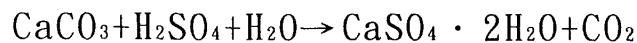
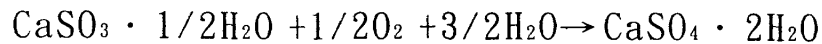
本公司本著環保及堅持不產生二次污染之原則，經嚴苛之環境影響評估及可行性研究，均採用最有效且適用於大型火力電廠，其副產品又兼具經濟價值之方法－濕式石膏排煙脫硫法（Limestone - Gypsum process），台中九、十號機所增設之煙氣除硫系統（FGD）即為濕式石膏排煙脫硫法；其簡單流程（如附圖 1）敘述如下：

燃煤電廠於鍋爐燃燒後所產生之煙氣，經靜電集塵器（EP）除塵後，由 IDF 將煙氣推送至煙氣熱交換器（Gas to Gas Heater 簡稱 GGH），使煙氣降溫，以避免鍋爐之高溫煙氣破壞吸收塔本體，後再送入吸收塔，煙氣進入噴灑式吸收塔，接受一連串高濃度石灰石粉漿溶液之沖洗，煙氣自吸收塔由下往上與自上噴灑而下之石灰石粉漿溶液逆向接觸，而產生吸收與氧化。此時煙氣內之硫氧化物（SO_x）即被石灰石漿液吸收並與空氣氧化，完成脫硫程序，其主要吸收與氧化的化學反應如下：

吸收化學反應過程如下：



氧化化學反應過程如下：



脫硫後的冷乾淨煙氣夾帶之水滴被位於吸收塔頂部之除霧器(ME)去除，經煙氣熱交換器再加熱，避免低溫之煙氣進入煙囪造成結露腐蝕，並避免低溫排入大氣後產生白煙，造成不必要之居民誤會。

五、濕式石膏排煙脫硫系統、附屬設備及其原理

整個 FGD 主要脫硫反應均於吸收塔內完成（如附圖 2），吸收塔是整個 FGD 之核心，茲就吸收塔及其附屬設備敘述如下：

（一）吸收塔(Absorber):

吸收塔也稱反應器，排煙中之硫氧化物在此被石灰石粉漿液吸收、中和、氧化、結晶、生成石膏。

吸收塔內四週裝置四只攪拌器攪動防止沉澱，塔底成錐形(cone)，內部貼有 6mm 厚之橡膠襯墊，有分離器設備，倉底四台吸收塔噴灑泵進口成切線形排列可使槽底在泵吸成攪動。

吸收塔的外殼材質，IHI 標準規範為碳鋼+Flake Lining，但本廠九、十及興達三、四採用較優之材質分別為 Hastelloy C-276 solid 及 6% Molybdenum 再加 Flake Lining 製成。熱煙氣進口亦採用 Hastelloy C-276 均有較佳的防腐蝕作用，同時 Flake Lining 亦可防止溫度方面造成的損傷。

煙氣進入噴灑式吸收塔，與石灰石粉漿溶液逆向接觸，此時煙氣中的二氧化硫(SO₂)會和石

灰石粉漿溶液起作用，產生亞硫酸鈣留在吸收塔槽中，其主要流程、相關設備及化學反應過程：

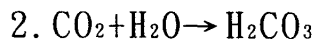
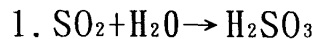
A. 吸收區(Absorption Zone):

吸收區內有四層噴灑層(正常使用三層)由上而下裝設，每層安裝有數個耐蝕性大型噴嘴，分別配置四台吸收塔循環噴灑泵(正常使用三台)，每一噴嘴皆有一高漿液生產容器，可產生細小液滴。所有噴嘴噴灑方向皆與煙氣逆向，因此可產生極佳之液－氣接觸(Liquid-to-gas)，並使液滴極均勻地分布在整個吸收區。另有一層噴灑層及一台吸收塔循環噴灑泵備用，以確保某一噴灑層故障時或噴灑層需要保養時，可脫離系統，而系統的脫硫能力不變仍可維持高的脫硫效率。

吸收區的噴灑層，每一層的高度都不同，各層都配備有許多噴嘴，噴嘴為大的螺旋式噴嘴能產生大量的細小液滴與煙氣流逆向接觸，使液－氣接觸效果良好，並使液滴在吸收區內均勻分佈。

煙氣進入吸收塔槽上方的吸收區，逆向流過噴灑層和噴灑漿液緊密接觸，再經過兩級水平流向的除霧器除霧後離開吸收塔。吸收區及吸收塔槽區的物理和化學的脫硫程序步驟，在不同的邊界條件存在下，主要的物理和化學反應。

a. SO_2 和 CO_2 被吸收反應成亞硫酸和碳酸(其它的酸如 HCl 和 HF 也會吸收下來)。



b. 亞硫酸和碳酸的離子化：

1. $\text{H}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HSO}_3^-$ (1st Stage)
2. $\text{HSO}_3^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{SO}_3^{-2}$ (2nd Stage)
3. $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{H}^+ + \text{HCO}_3^-$ (1st Stage)
4. $\text{HCO}_3^- \rightarrow \text{H}^+ + \text{CO}_3^{-2}$ (2nd Stage)

如上面反應所示 H^+ 被釋放後，會降低 pH 值， H^+ 濃度的增加會降低噴灑漿液對 SO_2 和 CO_2 的吸收能力，所以 H^+ 必須從平衡中移除，如此吸收漿液才能吸收更多的 SO_2 和 CO_2 。而 H^+ 的移除，就得靠接下來的中和反應來達成了。

c. 石灰石與酸的中和反應：

在中和反應中，石灰石粉加進漿液中當作反應劑，石灰石粉和上述解離的離子反應。反應式如下所示：

1. $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{HSO}_3^- \rightarrow \text{Ca}(\text{HSO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
2. $\text{CaCO}_3 + \text{H}^+ + \text{HCO}_3^- \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$
3. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + 2\text{H}^+ + \text{SO}_3^{-2} \rightarrow \text{CaSO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2$

式 c. 3 的反應會產生亞硫酸鈣的沉澱並釋放 CO_2 ，此反應主要發生在吸收區的上部（較高噴灑層）。在吸收區的下部（較低噴灑層），高含量的 SO_2 的低 PH 值會和漿液 CaCO_3 引起較理想的式 c. 1 的反應，而形成可溶性的亞硫酸氫鈣。漿液和氣體體積的比率 (L/G)，很明顯地會影響 SO_2 的反應速率， SO_2 的反應速率也會受上面式 c. 1 和式 c. 2 的反應所影響。

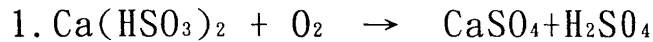
石灰石的溶解度是 H^+ 濃度的函數，並隨著 PH 的降低而增加。氫離子、鈣離子和硫酸根離子的存在都會降低石灰石的溶解度，特別當 PH 值高於 5.0 時。而其中氫離子是隨著煙氣及生水進入系統中，鈣離子主要是隨著反應劑進入反應系

統，硫酸根離子主要是由亞硫酸氫根離子和煙氣中的氧反應而成。我們希望的是式 b.1、c.1、d.1 的反應，而不希望有式 b.2、c.3 的反應。

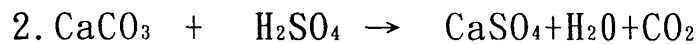
B. 氧化區(Oxidation Zone)：

強迫氧化的目的是要產生石膏，氧化作用發生在吸收塔槽鼓風機出口(稱為氧化區)。漿液進入氧化區後，PH 值會比進入吸收區時還低，原因為亞硫酸氫鈣的量增加，經氧化後產生硫酸所致。在氧化區內低 PH 值(4.0~4.5)可促進石膏形成。

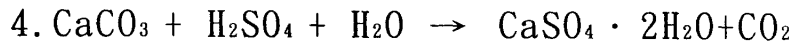
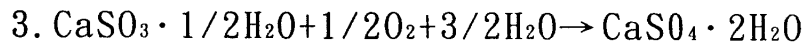
d. 氧化區的化學反應：



硫酸和石膏(結晶成固態)依照式 d.1 氧化產生，而且在 PH 為 4.0~4.5 之間最易產生。未溶解的 CaCO_3 可與硫酸反應成硫酸鈣，如下反應式：



氧化所需空氣由空氣鼓風機送至吸收塔氧化區，該管路位於氧化區下方，也正好在反應槽分隔版之上方。空氣經管線均勻分散，向上浮升，與向下沉降的漿液形成逆向流動，達成充份的氧化作用。過剩的空氣最後與煙氣混合，隨煙氣排向大氣。吸收塔內生成之半水亞硫酸鈣($\text{CaSO}_3 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$)受到空氣之氧化而產生石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)，未反應之 CaCO_3 和 H_2SO_4 中和並供給足夠空氣使 CaSO_3 亦向下沉降吸收水份，變為較大石膏晶體($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)。其化學反應式如下：



C. 結晶區(Crystallization Zone)

結晶區位於反應槽分隔板之下方，淨石灰石粉漿利用特殊噴嘴從結晶區上方導入，這些噴嘴為確保淨石灰石粉漿能充分混合，而利用控制 PH 值來完成；整個結晶區採用橡膠內襯。

經氧化後的漿液向下流到吸收塔槽最底下的結晶區。結晶區與氧化區之間有分隔器區隔，設計成增加漿液下降速度，而且不會回流到氧化區。氧化區所生成的細小石膏，在此區會形成較大晶體以利脫水。

漿液中的石膏濃度約保持在 80~90g/l, 理想的結晶程序為新的石膏長在已存在的石膏晶種上。淨石灰石粉漿從結晶區的上部、分隔器的下方加入，以便增加 PH 值，並且使漿液經由噴灑泵回到噴灑層時較具反應性。石灰石粉漿的加入也會引起如式 d. 2 的反應而產生非常少量的石膏沉澱。

e. 結晶區之化學反應：



(二) 吸收塔噴灑泵(Absorber Recycle Pump)

吸收塔噴灑泵乃將吸收塔塔槽內之石灰石粉漿液或小顆粒之石膏結晶漿液泵再傳送至噴灑層，經多次循環噴灑與煙氣接觸反應，使漿液結晶增大，生成大顆粒之石膏結晶。故吸收塔噴灑泵之外殼及葉片均使用橡膠包覆以免腐蝕，且該橡膠須設計容易拆換保養。

吸收塔噴灑泵共計四台，其功用是由吸收塔噴灑泵將石灰石粉漿液打回噴灑層，使粉漿液與煙氣產生對流而將煙氣中的硫氧化物吸收在漿

粉漿槽中央，為三葉式螺旋槳，攪拌器之功用為均勻混合石灰石粉與液體以保持固定濃度，防止石灰石粉沉積於粉漿槽底。

起動攪拌器之前必須確認粉漿槽內液面高於 0.5M 及葉槳之轉向，以免粉漿飛滅或損壞攪拌器。

(六) 石膏製造及輸送系統：

當吸收塔內結晶區的石膏濃度達 15% 以上時，由吸收塔沖放泵抽出，抽出後泵送至一次旋風分離器內，做第一階段的脫水，石膏漿液經此脫水後，分成兩條流路，一為溢流，另一為底流，溢流的濾液回收至濾液回收槽內，底流為濃度較高的石膏漿液，先送到石膏飼給槽 (Filter Feed Pump) 與苛性鹼混合後送至水平真空皮帶過濾器上，做第二階段的脫水，石膏漿液經真空皮帶過濾器脫水後，做成濃度達 90% 以上的石膏餅，石膏餅由真空皮帶過濾器的釋放輪端排放到石膏輸送皮帶上，石膏再由此皮帶傳送至儲存場內的石膏下料輸送帶上，石膏下料輸送帶再將石膏放置於儲存場內存放，若要賣出石膏時，利用儲存場內的刮耙機刮耙石膏堆至刮耙機輸送帶上，然後傳送至卡車裝載處裝載。

(七) 煙氣再熱器 (Gas Gas Heater, 簡稱 GGH)

由吸收塔排出之煙氣溫度為 45~55°C，容易結露，腐蝕煙道及產生白煙，故需再加熱至 90~100°C，加熱方法計有下列三種：

1. 直接加熱系統 (Direct Fired Reheat System):
最早期使用，直接加熱系統可以達到加熱目

的，但須額外提供熱源。對整個系統的能源消耗較大，不符經濟效益，浪費能源。

2. 蒸汽加熱系統(Steam Coil Reheat System):
於火力電廠中使用，用蒸汽做熱源來加熱煙氣，同樣需要額外能源，才能達到加熱目的。就能源效率而言，不符合經濟效益。

3. 煙氣熱交換器再熱系統(Gas Gas Heater Reheat System):

此系統完全不需要外來能源，利用未處理煙氣的熱量，類似空氣預熱器藉回轉型加熱之煙氣熱交換器再熱系統(GGH)，由德國 Lungstrom 氏所發明，因其性能優越，具經濟效益，故被廣為採用；其原理簡介如下：

EP 出口煙氣溫度一般約為 140°C，經 IDF 推送至 GGH 中之熱元件並加熱之，此段即為未處理煙氣區。加熱元件吸熱後，由驅動裝置旋轉，使加熱元件轉到由吸收塔出來而溫度約為 45°C 之已處理煙氣區，此時，加熱元件將該溫度提昇至 90~100°C，以達到防止煙道因驟冷結露而腐蝕及產生白煙之效果。

GGH 之主要結構為加熱元件、轉軸及軸承、馬達的驅動裝置、氣封系統及清洗系統。

六、廢水處理系統

(一) 來源

煤炭在鍋爐燃燒所排放煙氣中含有重金屬化合物、氯化物、氟化物、硫氧化物(SO_x)(大部分為二氧化硫—SO₂)、飛灰等物質。這些物質隨著煙氣進入 FGD 吸收塔，二氧化硫與石灰石漿液反應再經氧化形成石膏；其它物質亦被石灰石漿液沖洗溶解為水溶性化合物，此等溶解性化合物隨吸收漿液連續循環，濃度慢慢增加，濕式

石灰石法所產生的廢水須處理的項目包括：

1. 重金屬：Fe Mn Cd Pb Cr Hg Cu Zn
2. 懸浮固體：Suspended Solid (SS)，即飛灰
3. 化學需氧量：Chemical Oxygen Demand (簡稱 COD)(酚、脂肪和其他有機物質)
4. 氟離子：Fluoride

(二) FGD 排出廢水的處理有五個主要目的：

1. 中和
2. 重金屬去除
3. 進一步澄清
4. COD 濃度降低
5. 分離固體縮水

(三) 整體處理程序包含下列系統及單元：

1. 最初廢水調勻及儲存系統

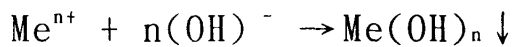
中間儲存池之功用為儲存及調勻廢水，儲存由二次旋風分離機溢流而來的酸性廢水，可連續儲存 12 小時的最大廢水量，大大提高廢水處理彈性。

2. 物理及化學處理系統

① 由液鹼提昇 PH 值，使 PH 值上升至 8.5~9.0 之中和槽：

由中間儲存池送來的酸性廢水，在此由氫氧化鈉計量泵浦加入中和劑氫氧化鈉 (NaOH)，將 PH 由 4.5~5.5 調整至 8.5~9.0 左右，使廢水中的金屬離子與氫氧化鈉反應，生成金屬氫氧化物 (Metal Hydroxide) 細小膠羽 (Floc) 粒子 (很穩定的化合物且

不會再溶解)沉澱。反應如下：



Me：重金屬 n+：正離子價數

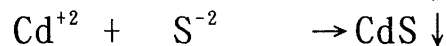
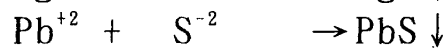
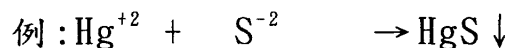
↓：表示產生不溶物沉澱

在中和反應中，除了汞外，大部分的重金屬都會形成沉澱，而汞可在 1 號反應槽中加入 Na_2S 來形成硫化汞沉澱。

② 硫化鈉使重金屬沉澱之一號反應槽：

廢水中的重金屬汞於中和槽時不會與氫氧化鈉反應，無法去除，同時，利用 $\text{PH}=9$ 之氫氧化鈉沉澱法時，廢水中仍然會含有一定量濃度的重金屬。此時必須加入 Na_2S 當硫化劑，與廢水中的汞離子和未完全反應的其它重金屬離子 (Zn 、 Pb 、 Cd) 形成金屬硫化物 (Metal Sulfide) 沉澱而去除之，以符合國家排放標準。

金屬離子中除了 Cr^{+3} 和 Fe^{+3} 外，其餘與硫離子反應均能迅速形成穩定的金屬硫化物沉澱。



↓：表示產生不溶物沉澱

③ 氯化鐵混凝之二號反應槽：

氯化鐵為暗棕色液體，容易解離出 Fe^{+3} ， Fe^{+3} 帶三價電荷，具有良好的電荷中和能力。

④ 沉澱槽單元加入高分子助凝劑：

沉澱槽的目的為藉顆粒重力沉降以去除懸浮固體，而達到固液分離的目的。當大顆粒形成時，藉重力迅速沉降於圓錐形槽底形。而澄清液由槽頂溢流而出，再靠重力自然流入砂過濾器做進一步處理。為了要除去重金屬沉澱物，可用高分子助凝劑來改善。

3. 懸浮固體及 COD(化學需氧量)去除系統

① 砂過濾器：

沉澱槽的溢流水仍含有約 50mg 的細小懸浮固體，不符合放流水管制標準，因此須流入砂過濾器，藉砂濾材將懸浮固體與水分離，使水中的 S.S 降低至 30mg/l 以下，達到澄清放流水目的。砂過濾器是一個圓錐底開放式的圓筒槽，一個 Air Lift Pump 安裝於過濾器上部中央，且包含砂洗滌器及砂導引圓錐，也包含必要的砂充填設備，可以同時過濾及自動逆洗。沉澱槽溢流水由入口管流入過濾槽內的分配管，然後均勻向上通過砂濾料，此時水流中的懸浮固體就會被濾料阻截及吸附，達到過濾目的。過濾後的澄清水再通過一位於濾器頂端的上升管(Riser Pipe)洩放，然後經頂部溢流堰流至澄清濾液槽。

當過濾器水頭損失大時，逆洗會自動發生且自動回復到可用狀態。

② 活性炭吸附槽：

COD 之去除係採用活性炭吸附。從砂過濾器過濾後之澄清濾液尚含有酚、脂肪或其它有機物質，為了符合環保法規的 BOD、COD

七、台中九、十號機與一四及五八之差異

1. 煙氣風門及再熱系統

① 旁通風門：

一四：FGD 之旁通風門很接近，兩風門之間安裝一台氣封風扇當做隔離。

五八：FGD 之旁通風門距離拉遠，兩風門各安裝一台氣封風扇。

九十：旁通風門距離比五八更遠。

② 停機水洗系統

一四：利用生水水壓直接清洗。

五八及九十安裝低壓水洗泵加壓清洗。

2. 吸收塔洗系統

① 吸收塔攪拌器：

一四：無。

五八及九十安裝四只。

② 氧化空氣部分：

一四及五八氧化空氣管路在吸收塔內吸收區位置。

九十氧化空氣管路在吸收塔內結晶區之攪拌器上方。

③ 噴灑泵：

一四及五八噴灑泵五台，一台備用，正常四台運轉。

九十噴灑泵四台，一台備用，正常三台運轉。

④ 除霧氣清洗管：

一四：多方向。

五八：三層。

九十：四層。

3. 石灰石進料系統

① 石灰石接收倉系統：

一四及五八：有。

九十：無。

②送至脫水機系統：

一四及五八相同無石膏飼給槽及泵。

九十：先送至石膏飼給槽與苛性鹼充分混合後才送至脫水系統。

如附件一，將三者差異性依英文及數量列出。

八、台中九、十號機與興達三四之差異

台中九、十號機FGD的契約訂定的石灰石來源是石灰石粉而興達三、四號機的規定來源並非石灰石粉，因此台中九、十號機並無碎雜機設備。

九、興達三四號機FGD之圖片

附圖 3：碎雜機

附圖 4：再循環泵

附圖 5：脫水機系統

附圖 6：石膏運送系統

附圖 7：石膏堆

十、歷年來經驗於此次改善

1. 吸收塔與噴灑泵共構

共構就是共同基礎；由於吸收塔與循環泵重量差異太大，下陷造成的差異數使得膨脹接頭失去作用，以致一段時間後管路須重新更改，台中九十號機排煙脫硫系統已經共構，就解決此問題。

2. 攪拌器加裝清洗管

攪拌器無法攪動時，就可利用清洗管清除即將凝固的漿液，讓攪拌器攪動順利。

3. 高壓管加漆紅色條漆

以後機組可據此標示，作為以後維修及操作方面的準備；對於以後鉅材的選擇及起動的判斷有相當大的幫助。

十一、IHI 特別設計

在吸收塔內加裝攪拌器，以一般發電容量 700MW 來說需要 100 支空氣管增加維護困難，而 IHI 特殊設計只需要四支空氣管；此設計不僅如此有如下優點：

1. 鼓風機僅少數風量即可完成化學作用之氧化反應。
2. 製作風管及維修費更便宜也容易。
3. 此化學反應比較無化學沉澱物，提高石膏品質顆粒及純度。

十二、未來 FGD 預測模型

附圖 8：FDG 西側模型

附圖 9：吸收塔左側模型

附圖 10：吸收塔右側模型

十三、IHI 未來研究方向

1. 冷凝管式熱交換器 GGH：
有鑒於林口經驗，對於耐腐蝕的 GGH 唯目前方向。
2. GGH 在 EP 之前：
一來就大大提升效率，但須克服粉塵之難題。

參、結論

日本是一個重視環保的國家，對於將空污轉嫁到水污之海水脫硫設備並無研究方案及製作計劃，IHI 一直為了這個可愛的地球而努力。

	煙氣與風門		再熱系統	
	#9、10 機	#1~4 機	#5~8 機	
FGD 系統旁通進口風門	bypass damper 1 組	bypass damper 1 組	FGD system bypass inlet damper 1 組	
FGD 系統旁通出口風門	bypass damper 1 組	bypass damper 1 組	FGD system bypass outlet damper 1 組	
FGD 系統旁通風門氣封風扇	bypass damper seal air fan 2 台	FGD system bypass flue seal air 1 台	bypass flue seal air 2 台	
FGD 系統進口風門	FGD inlet damper 1 組	FGD system inlet damper 1 組	FGD inlet damper 1 組	
FGD 系統進口風門氣封風扇	FGD inlet damper seal air fan 2 台	FGD system inlet damper seal air fan 1 台	FGD inlet damper seal air fan 2 台	
FGD 系統出口風門	FGD outlet damper 1 組	FGD outlet damper 1 組	FGD system outlet damper 1 組	
FGD 系統出口風門氣封風扇	FGD outlet damper seal air fan 2 台	FGD system outlet damper seal air fan 1 台	FGD outlet damper seal air fan 2 台	
清吹煙氣風扇	purge air fan 1 台	purge air fan 1 台	purge air fan 1 台	
高壓水洗泵	flue gas reheater high pressure wash water pump 1 台	high pressure washing pump 1 台	high pressure washing pump 1 台	
低壓水洗泵	flue gas reheater low pressure wash water pump 1 台	利用生水	gas reheater wash pump 1 台	
氣封扇	flue gas reheater seal air fan 4 台	seal air fan 2 台	seal air fan 2 台	
除濕器	flue gas reheater dehumidifier GGH 熱端進口 2 組 GGH 冷端進口 2 組	corrosion protection equipment dehumidifier GGH 熱端進口 2 組 GGH 冷端進口 2 組	corrosion protection equipment dehumidifier GGH 熱端進口 2 組 GGH 冷端進口 2 組	

吸收塔			
	#9、10 機	#1~4 機	#5~8 機
吸收塔攪拌器	absorber agitator 4 台		Agitator 4 台
氧化空氣管鼓風機	吸收塔攪拌器氧化空氣 管鼓風機 4 台	oxidation blower 2 台	oxidation air blower 2 台
沖放槽	absorber process blowdown tank 共 1	auxiliary storage tank 共 1	Absorber process blowdown tank 1 台
沖放泵	absorber process blowdown pump 1 台	auxiliary storage return pump 2 台	absorber process blowdown return pump 2 台
攪拌器	agitator 1 台	auxiliary storage tank agitator 1 台	agitator 1 台
噴灑泵	absorber recycle pump 4 台	absorber spray pump 5 台	absorber recyclation pump 5 台
除霧器	二段式	二段式	二段式
除霧器噴灑層	四層	多方向	三層

石灰石進料系統			
	#9、10 機	#1~4 機	#5~8 機
石灰石粉接收倉		limestone receiving surge bin 1 座	limestone receiving surge bin 1 座
逸氣集塵器		limestone receiving surge bin vent filter 1 台	vent filter 1 台
振動器		limestone receiving surge bin bottom vibrator 1 台	
旋轉進料器		limestone receiving surge bin rotary feeder 2 台	limestone receiving surge bin rotary feeder 2 台
鼓風機		limestone receiving surge bin vent filter fan 1 台	vent fan 1 台
攪動空氣鼓風機		limestone receiving surge bin blower 2 台	blower 2 台
石灰石粉儲存倉	limestone silo 1 台	limestone storage silo 1 台	limestone storage silo 1 台
振動器		limestone storage silo rotary feeder 2 台	gyratory bin bottom 2 台
鼓風機	siloblower 2 台	limestone storage silo fluidizing air blower 2 台	fluidizing air blower 2 台
旋轉進料器	silorotary feeder 2 台	limestone storage silo rotary feeder 2 台	silorotary feeder 2 台
石灰石粉漿槽	石灰石粉漿坑 1 座	limestone slurry storage tank 1 座	石灰石粉漿坑 1 座
攪拌器	limestone slurry agitator 1 台	limestone slurry storage agitator 1 座	limestone slurry agitator 1 台
粉漿泵	limestone slurry feed pump 2 台	limestone slurry feed pump 2 台	limestone slurry feed pump 2 台

石膏製造及輸送系統			
	#9、10 機	#1~4 機	#5~8 機
噴灑泵	absorber bleed pump 2 台	absorber blowdown pump 2 台	absorber bleed pump 2 台
一次旋風分離器組	primary hydroclone 4 組	primary hydrocyclone assembly 20 組	first stage hydrocyclone 6 組
一次旋風分離溢流槽	溢流坑 A 1 台	至濾液回收槽 C	First stage hydroclone overflow tank 1 台
一次旋風分離溢流泵	hydroclone pump 2 台	secondary hydroclone feed pump 1 台	first stage hydrocyclone overflow pump 2 台
二次旋風分離器組	secondary hydroclone 14 組	secondary hydroclone assembly 3 組	secondary stage hydrocyclone 10 組
二次旋風分離溢流槽	同溢流坑 A	至濾液回收槽 C	second stage hydrocyclone overflow tank 共 1 台
二次旋風分離溢流泵		Waste water blowdown pump 1 台	2nd stage hydrocyclone overflow pump 打至廢水 1 台

脫水機系統			
	#9、10 機	#1~4 機	#5~8 機
脫水機	belt filter 1 台+共 1	belt filter 1 台+共 1	horizontal cloth vacuum filter 1 台+共 1
一次濾液汽水分離器	primary vacuum receiver 1 台+共 1	primary filtrate separator 1 台+共 1	primary filter separator 1 台+共 1
一次濾液泵	primary filter pump 1 台+共 1		primary filter pump 1 台+共 1
二次濾液汽水分離器	secondary vacuum receiver 1 台+共 1	secondary filtrate separator 1 台+共 1	secondary filter separator 洗污泥餅 1 台+共 1
二次濾液泵	secondary vacuum pump 1 台+共 1	secondary feed pump 1 台+共 1	secondary filter pump 1 台+共 1
真空泵	vacuum pump 2 台+共 2	vacuum pump 2 台	vacuum pump 2 台+共 2
真空泵汽水分離器		vacuum pump separator 2 組+共 2	vacuum pump separator 2 組+共 2
濾布水洗槽	濾布水洗槽 B 1 台	cloth wash water tank 1 台+共 1	cloth wash water tank 1 台+共 1
濾布水洗泵	cloth wash water pump 1 台+共 1	cloth wash water pump 1 台+共 1	cloth wash water pump 1 台+共 1
石膏餅水洗泵	cake wash water pump 1 台+共 1	primary cake wash pump 1 台+共 1 secondary cake wash pump 1 台	cake wash water pump 1 台+共 1
石膏餅水洗槽	同濾布水洗槽 B	wash water effluent receiver 1 台+共 1	cake wash water tank 1 台+共 1
濾液回收槽	濾液回收坑 1 台	濾液回收槽 C 1 台	filtrate water pit 共 1 台
濾液回收泵	filtrate pit pump 2 台	filtrate return pump 2 台	filtrate water pit pump 共 2
石膏飼給槽	filter feed tank 1 台		
石膏飼給槽泵	filter feed pump 2 台		

Limestone-Gypsum Process

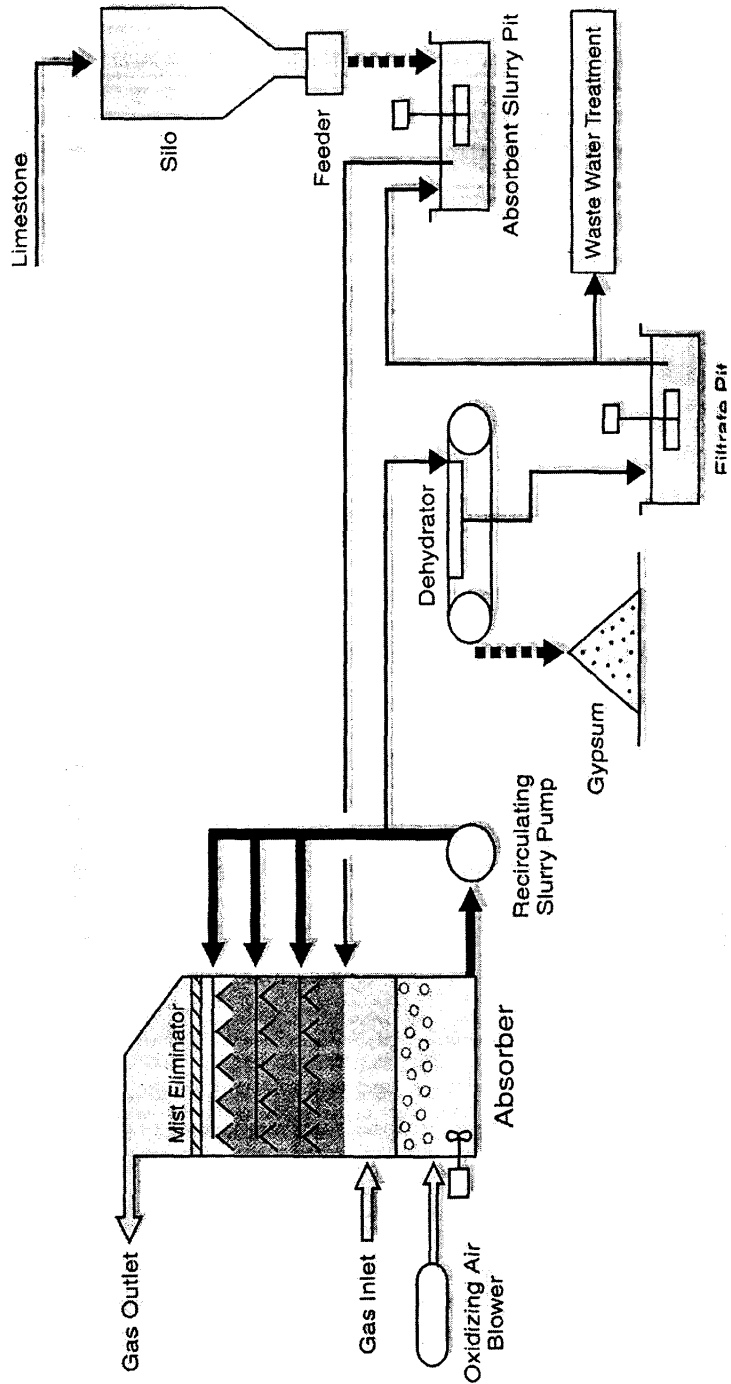
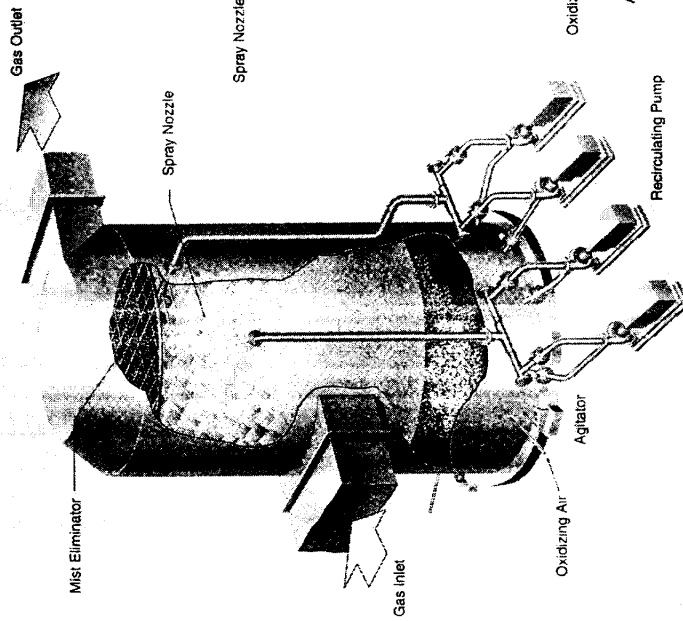


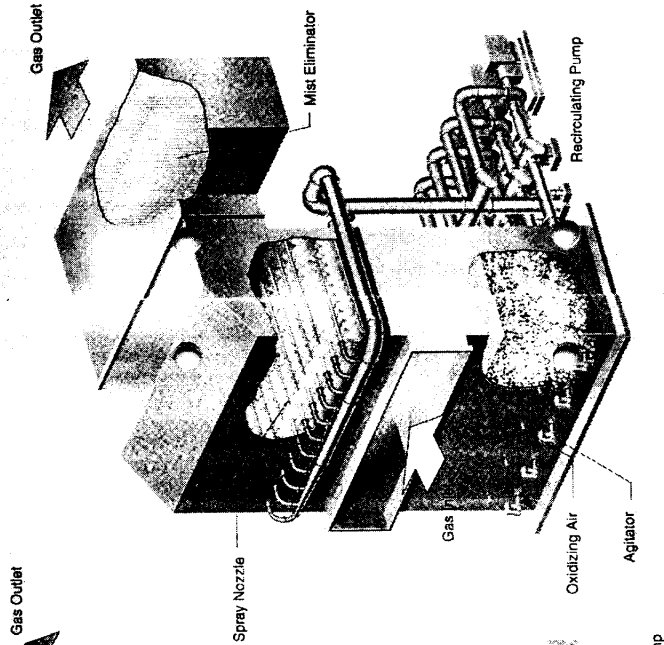
圖 1：濕式石膏脫硫法

IHI Spray Tower

Cylindrical Type Absorber



Rectangular Type Absorber



Features

圖 2： 吸收塔

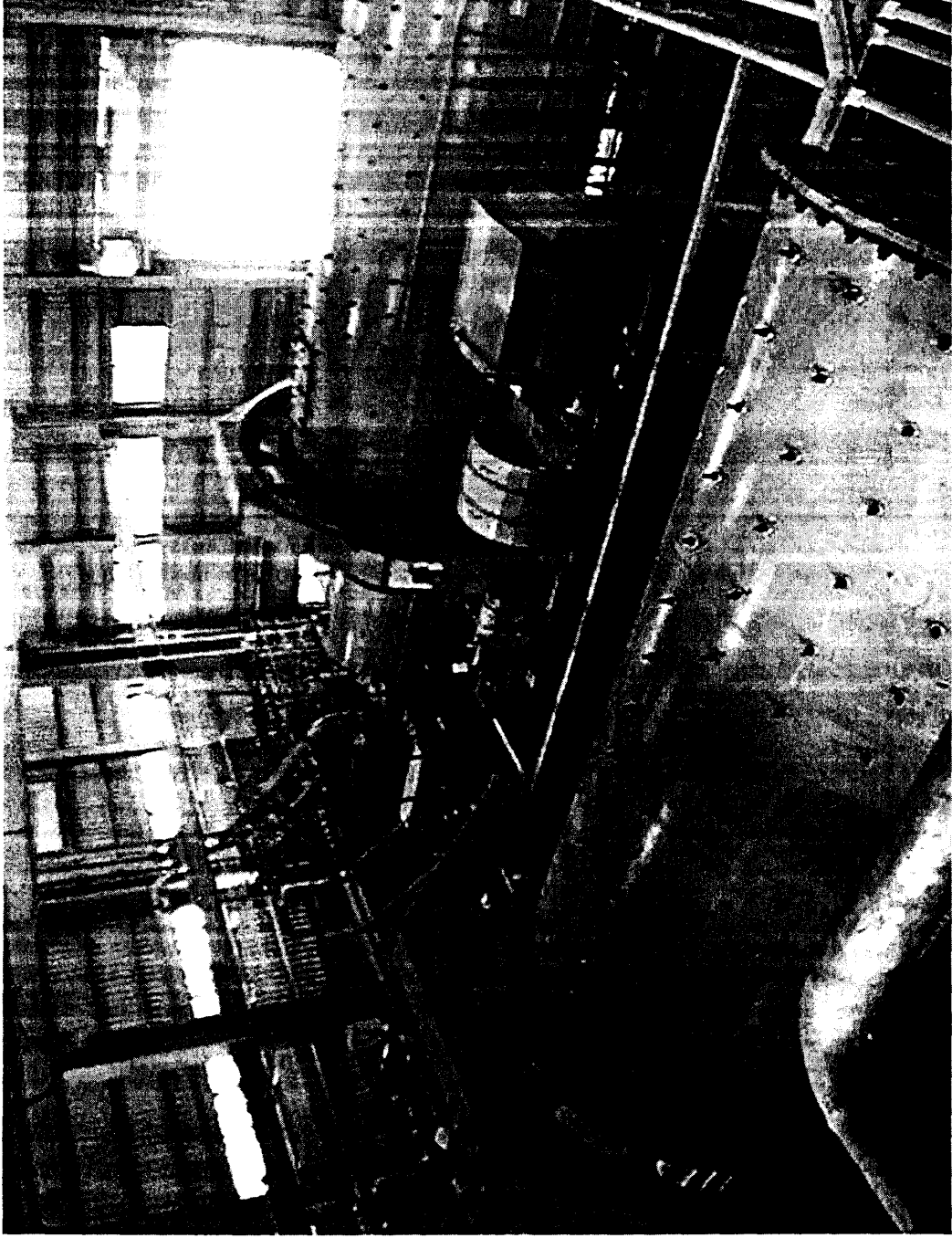


圖 3：碎雜機

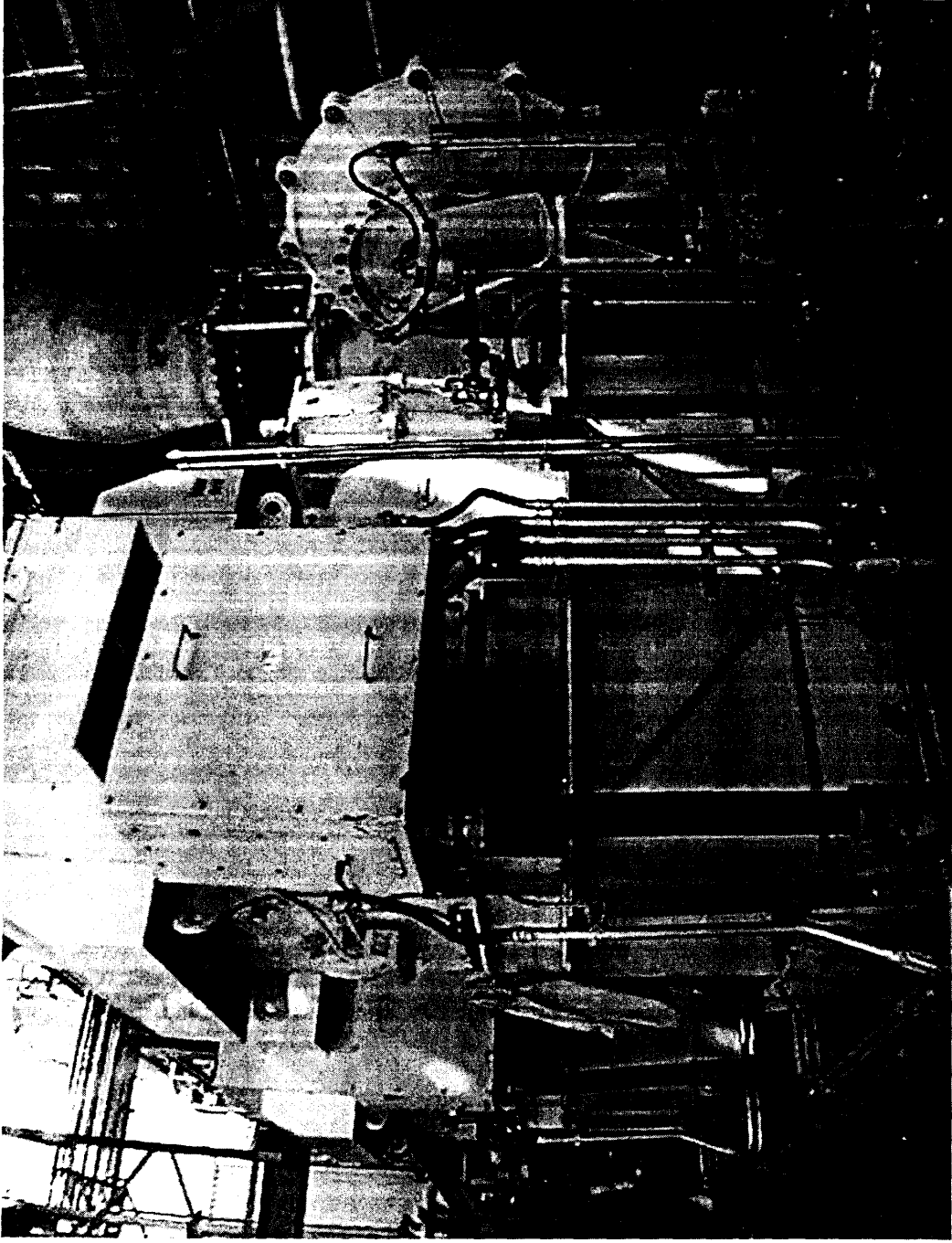


圖 4：再循環泵

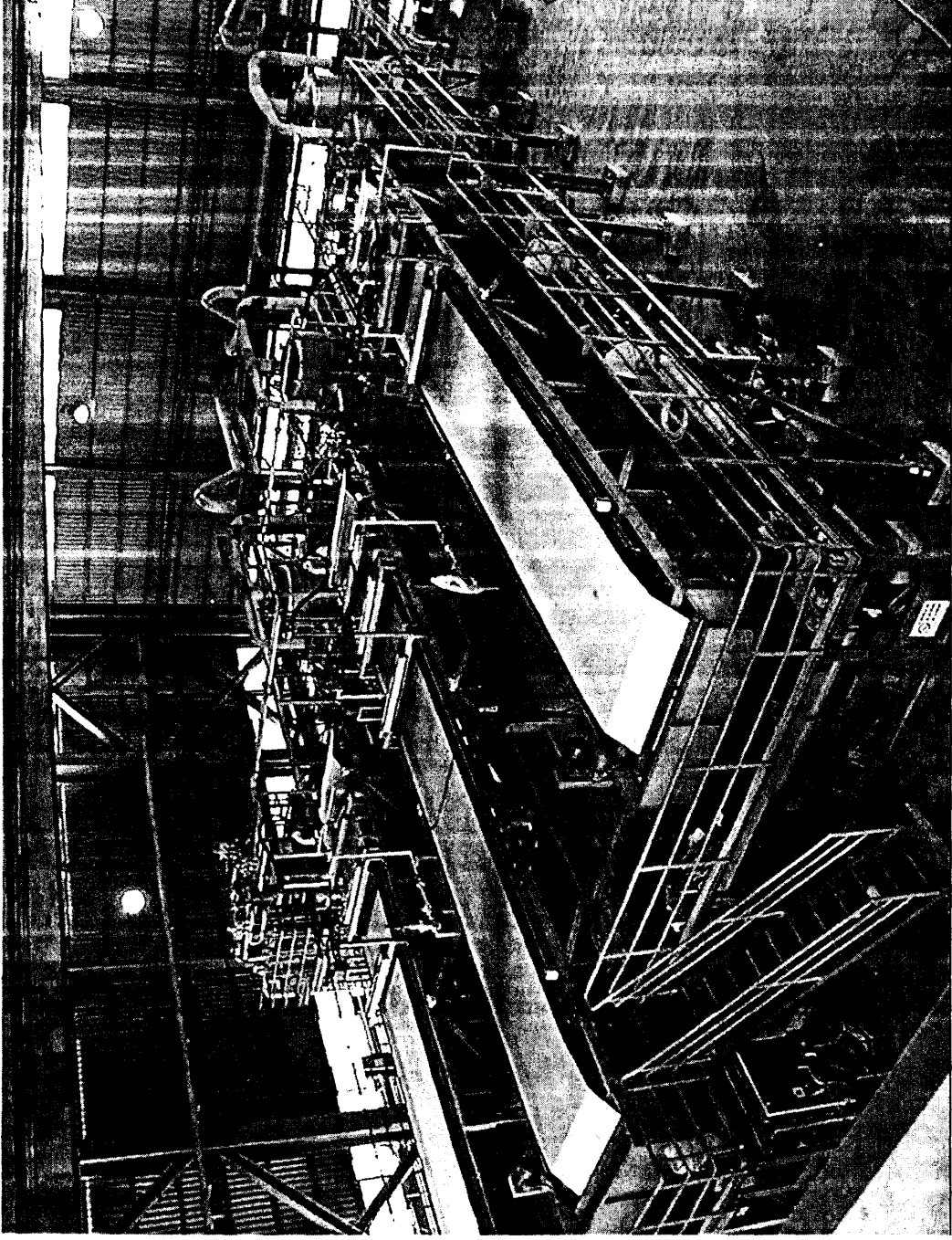


圖 5：脫水機系統



圖 6：石膏運輸系統

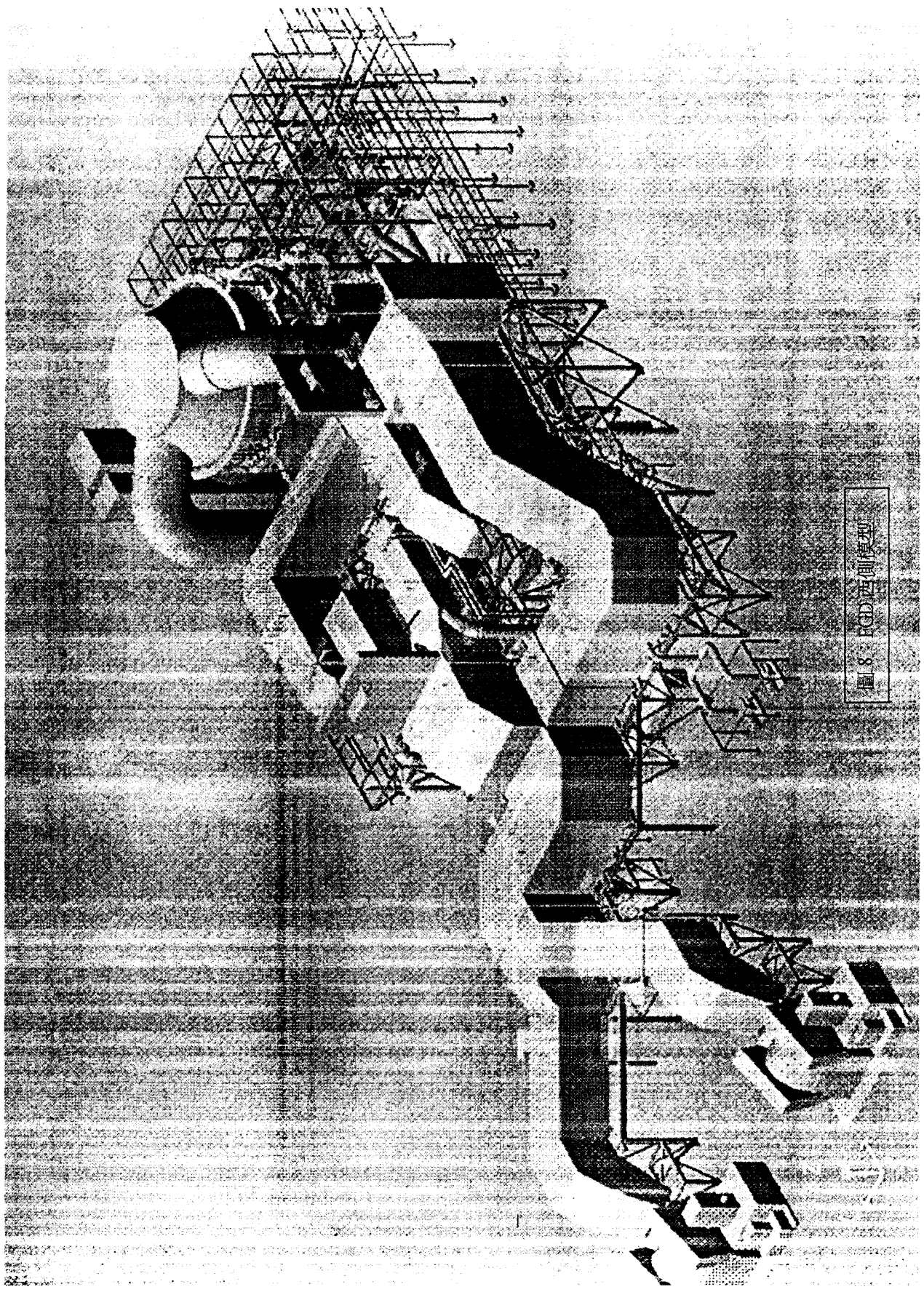


圖 8 EGD 西側模型

