

火力發電廠排煙脫硫設備高度運用成功案例

吳朝銘*

一、前　　言

本文所要介紹的案例是，日本仙台火力發電廠於1991年參加該國省能中心主辦之第16屆「全國省能推動大會」，獲得通商產業大臣獎的得獎案例。從本案例中，我們可以知道火力發電廠排煙脫硫設備之高度運用，對環境保護及污染防治確有不可忽視的貢獻。

二、發電廠簡介

仙台火力發電廠為了改善環境污染，於1982～1983年，在廠內2、3號鍋爐上，安裝排煙脫硫裝置（濕式石灰石，石膏法）及脫硫排水處理裝置，但由於脫硫設備所需之電費，藥品費及維修費用，非常龐大，因此廠內設有檢討小組，有計畫地逐步減少這些費用的支出。其改善成果包括採用吸收塔內氧化方法、脫硫排水處理方法，及減少吸收塔循環泵的台數，改善之後每年可減少2億5千萬日幣的支出。

仙台火力發電廠基本資料如表1所示。其具有3個175百萬瓦機組，總發電能力為525百萬瓦。1959到1962年開始營業期間，使用燃燒重油、煤炭或以兩者混合燃燒之發電設備。

表1 仙台火力發電廠基本資料

員工人數* (人)	172	
發電電力**(10^3 千度／年)	3,264	
每 年 使 用 的 能 源 量	煤炭(10^3 噸／年)	994
	重油(10^3 公秉／年)	147
	輕油(10^3 公秉／年)	1
	電力(10^3 千度／年)	281

*：1990年資料

**：1989年資料

*中國技術服務社能源技術服務中心工程師

其後，由於社會情勢及燃料的問題，採取20%加煤混合燃燒，接著又因石油危機，乃將比率提高到40%，在1982年到1983年，更在2號及3號燒煤鍋爐加裝排煙脫硫裝置（濕式石灰石、石膏法）及脫硫排水處理裝置，而能在兼顧環境保護的情況下持續順利運轉。

但1985年間，2號及3號鍋爐排煙脫硫裝置及脫硫排水處理裝置的電費、藥品費及修護費約為10億日幣，因此於1986年9月在廠內組成污染防治設備省能檢討小組，有計畫性地使上述費用降低。

三、排煙脫硫設備現況及分析

3.1 改善前的設備狀況

該廠的排煙脫硫設備，是由濕式石灰石、石膏法的排煙脫硫裝置及脫硫排水處理裝置所構成，改善前的主要處理工程如圖1所示。

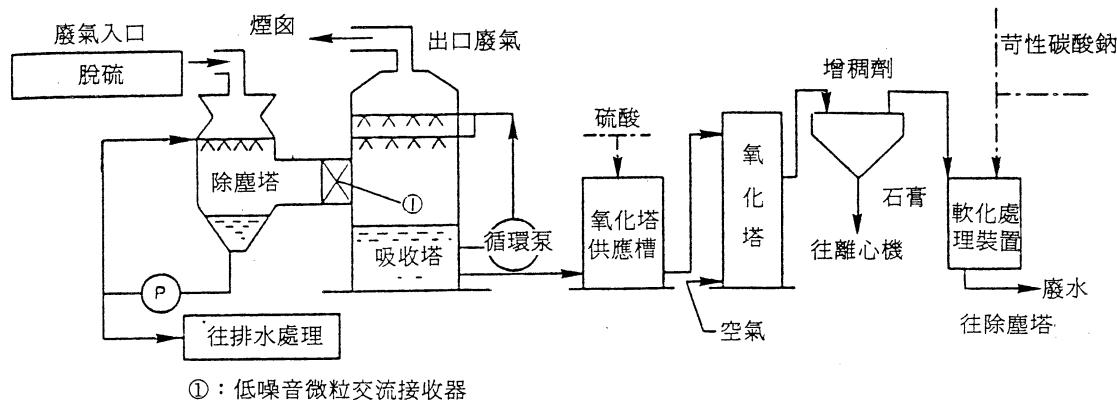


圖1 2、3號之排煙脫硫設備（排氣處理量：664,000m³ /小時・1台）

1. 除塵、吸收工程

鍋爐排氣經過風車吸入除塵塔，並在除塵塔霧化將微粉粒、氯化氫及氟化氫等除去。

除塵塔被洗淨的排氣送到吸收塔後，在含有碳酸鈣的吸收塔循環液裡，將SO₂除去。

2. 氧化工程

在吸收塔內所生成的部份亞硫酸鈣(CaCO₃ · 1/2 H₂O)，被排氣中的氧，氧化成石

膏 ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) 而石膏泥裡尚未反應的亞硫酸鈣，則在氧化塔逸出，與裡面的氧反應，氧化成石膏。

為了促進在氧化塔內亞硫酸鈣的氧化反應，則在氧化塔供給槽添加硫酸。

在氧化塔所生成的石膏泥，在石膏增稠器 (thickener) 內濃縮成一定濃度之後，於石膏離心機上脫水，可得到純度97%的副產品生石膏。

3. 排水處理工程

除塵塔所吸收的氯化氫、氟化氫等不純物，以 Cl^- 及 F^- 離子狀態存在，因為都蓄積在除塵塔循環液中，為了保持濃度在規定值以下，必須將一部份排出去，2號機採熟石灰・水氧化鎂法，3號機採熟石灰・硫酸光譜法・處理脫硫所產生的排水，所有的污染物都控制在排水基準值以下。

3.2 現況分析

在1985年，經過調查，發現2號及3號脫硫設備的運轉經費，一年約需10億日幣，就經費項目而言，將定期檢修及規劃作業所需的工程費除外，一般維修費佔全部運轉經費的25%，動力費為58%，藥品費則佔17%。因此，減少排煙脫硫設備的經費，應可降低煤炭火力發電所需的費用，故須進行總合的、具體的檢討。

四、改善過程

4.1 設定目標

改善目標的設定，必須十分留意，以下列項目、新技術的導入及技術開發等為主體，展開改善活動，最終目的是要降低運轉經費。

1. 遵守環境關係法令所規定的排出基準及公害防止協定值。(以上係指日本頒佈的法令)
2. 確保不影響生產。
3. 保持石膏的品質。

4.2 改善過程

自從於1986年9月設有環境設備省能檢討小組後，將現況的問題分點提出檢討，使其改善並進行試驗。

在檢討進行期間，為了提昇有關環境設備的技術水準，聘請製造商的技術員為講師舉辦四次研討會，而在廠所舉辦的個人研討會有五次，經過研討會後，有因個人創意而提出專利申請的情形發生。

4.3 問題及對策

改善脫硫設備，首先需提出現況的問題點，然後確實的實施改善對策。以下簡述問題及對策。

4.3.1 吸收塔內的氧化方式（2號機，1988年6月；3號機，1990年2月開始使用）

氧化塔的氧化方式，即將從吸收塔吹出之亞硫酸鈣與空氣混合，經過氧化成為石膏，這個工作如果能在吸收塔內進行，將可大幅削減氧化設備的運轉經費。

改造前，先實施脫硫性能試驗，確認可在吸收塔內氧化，對於需消耗大量電力來供給氧化所需空氣的壓縮機，則將原1台改為低壓用兩機組使用，改造時也須注意節省經費。改造前後的系統比較如圖2所示。改造方法，如圖3所示，在脫硫率與改造前同樣是80%以上的情形下，石灰過剩率卻可低至改造前的1/2，而且現在尚順利運轉中。改造後用電量及用藥量，2號機及3號機大致一樣，2號機的數據如表2所示。

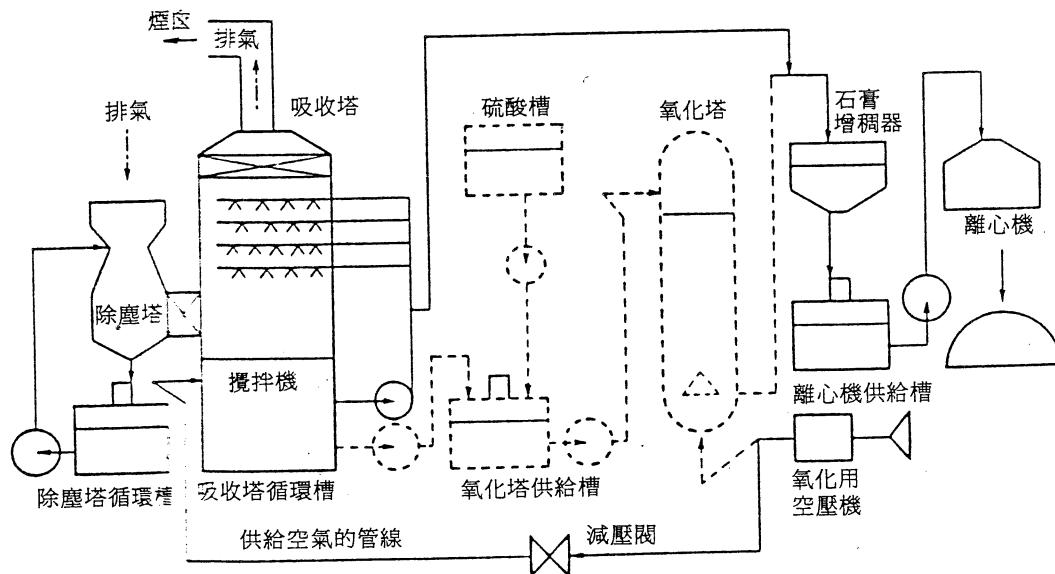


圖2 改造前後的系統比較

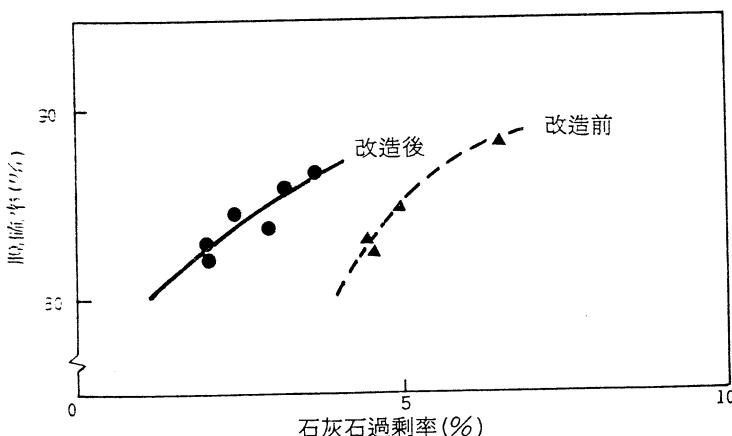


圖3 改造前後的石灰石過剩率與脫硫率的關係

表 2 用電量與用藥量的減少量

項目	改造前	改造後	削減量
用電量(千瓦)	164	81	83
硫酸(公斤／小時)	80	0	80
石灰石過剩率(%)	6	3	3

4.3.2 減少吸收塔循環泵的使用台數(1990年 5月開始運轉)

爲了要使本廠所使用煤炭的含硫量，比改造後的設計含硫量低，因此，脫硫設備必須有相當的餘裕。如此一來，運用上最低 2台（上段 1台，下段 1台）的吸收塔循環泵運轉，爲了降低動力費用，經檢討擬停止 1台運轉。

如果吸收塔循環泵只以1台運轉，2號機、3號機的總負荷在150百萬瓦以下，停止脫硫效果較小的下段循環泵，一個機組可節省 260百萬瓦的泵用電。

4.3.3 離心分離機跳脫現象的改善(1990年 4月開始運轉)

吸收塔內氧化的運轉中，設備入口的SO₂濃度，長期在430ppm以上的狀態下運轉，因而引起石膏粒徑變小變細，以致每個月有八次離心分離機振動時發生跳脫的現象。

這種現象跟氧化用空氣量及石膏的粒徑有密切的關係，因此，著手改善使氧化用空氣量能夠適當。

4.3.4 2號機脫硫排水處理方法的改善(1989年 6月開始運轉)

2號機如果採用消石灰・水氧化鎂法來做脫硫排水處理，因其需除去排水中的氟離子，使配管等容易附著大量的污垢，因此無法持續安定的處理，且也增加了修護費用及藥品費。

爲了解決這個問題，如圖4所示，以鎂循環法做基礎，將消石灰添加法做適當的組合來除去氟離子，改善的結果，沒有污垢附著的現象，可以安定地除去氟離子，藥品費只有以前的65%，處理費用則每 1噸排水可以減少 470日幣。

4.3.5 3號機脫硫排水處理方法的改善

3號機脫硫排水處理，以消石灰・硫酸法將排水中的氟離子除去，同樣會使配管及儲槽附著污垢，以致無法安定處理。

爲了解決這個問題，如圖5所示，去除氟離子的過程中，將鈣濃度控制在400～600毫克／升之間，並無污垢附著現象，可安定地除去氟離子，藥品費也只須以前的70%，處理費用則每 1噸排水可以減少 170日幣。

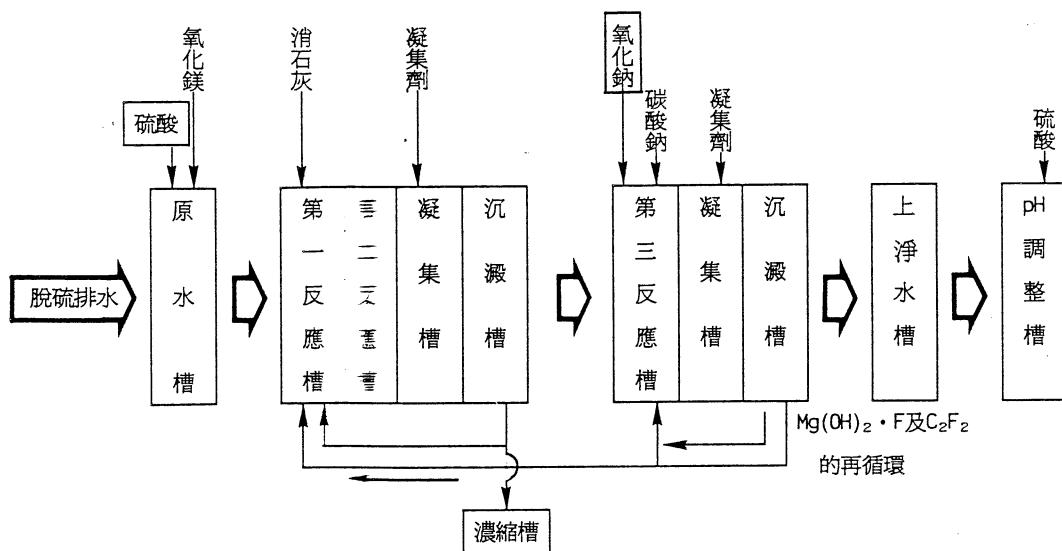


圖 4 2 號機脫硫改善後的排水處理方法

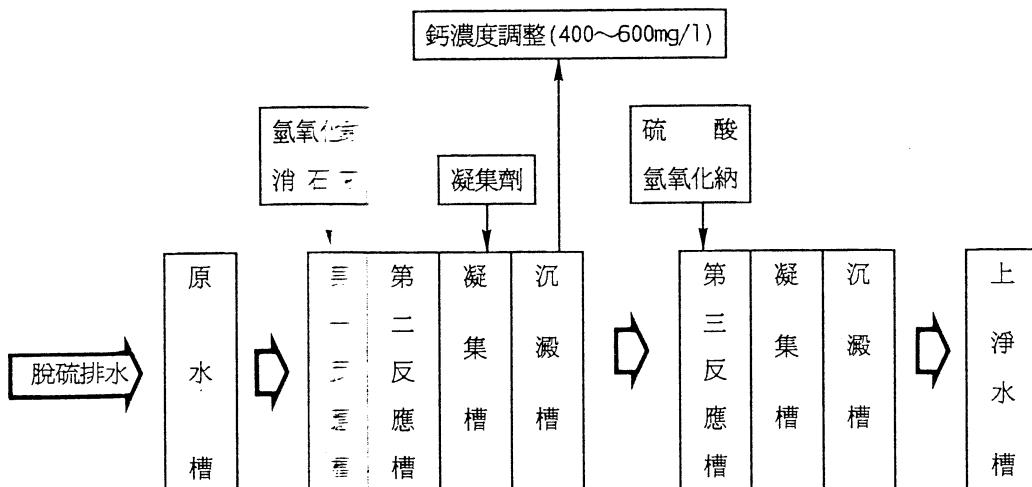


圖 5 3 號機脫硫改善後的排水處理方法

4.3.6 脫硫排水處理脫水機濾布洗淨方法的改善（西元 1988 年 3 月開始運轉）

在脫硫排水處理裝置所產生的污泥，在過濾脫水機上脫水，會造成 1 個月 1 次的濾布堵塞，因此必須將濾布取下，在鹽酸溶液中洗淨，因而增加了酸洗的費用。

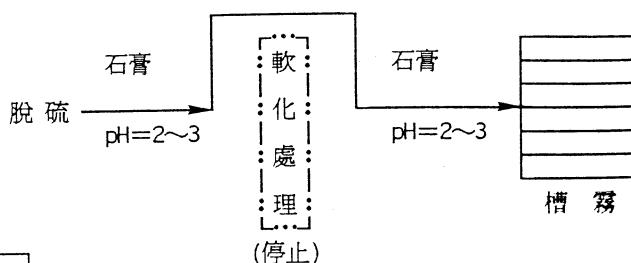
所實施的改善對策，是將 pH 值的脫硫排水做為清洗濾布之用，且不須鬆脫濾布，如此可得到好的洗淨效果，濾布的壽命可以延長 3 倍。

4.3.7 脫硫排水軟化處理方法的改善(西元1987年12月開始運轉)

石膏增稠器的濾水，以防止發生污垢的觀點來看，濾水中的鈣，用碳酸鈉及氫氧化鈉予以除去後，濾水再做為槽霧消除器的洗淨水，但是消除器及噴嘴會發生污垢積集，所以會阻礙處理氣體的流動。

本項改善對策如圖6所示，2、3號機的軟化處理每隔一週間歇運轉，軟化處理停止時，用低pH值(2~3)石膏增稠器的濾水，將配管中積垢溶出，相反地，軟化處理運轉時，注入氫氧化鈉用高pH值(10~12)的處理水，將石膏轉化為碳酸鈣，予以除去。使用本方法可使藥品用量減少50%。

• 軟化處理停止時



• 軟化處理運轉時

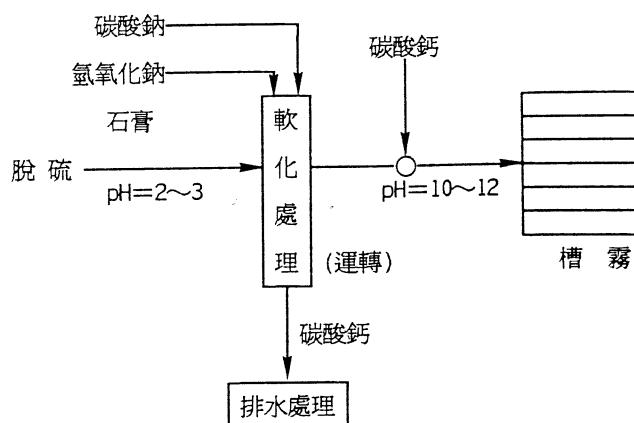


圖6 2、3號機脫硫改善後的軟化處理方法

4.3.8 減少脫硫處理排氣以降低脫硫風車的動力費用

(2號機，1987年6月；3號機1987年1月開始運轉)

從鍋爐來的排氣量增大的話，脫硫處理排氣的量也會增加，從而脫硫風車的用電量也相對地增大。

本發電廠為了提高鍋爐熱效率及降低脫硫風車的電費，而進行降低再生式空氣預熱

器洩漏空氣的工程。

結果，空氣預熱器出口排氣量減少 7%，同時 2、3 號機的脫硫風車，合計可以減少 160 千瓦的電力。

4.4 改善對策實施後的效果

表 3 係為各個改善項目所減少的經費，合計一年節省 2 億 5 千萬日幣。

表 3 每一改善項目所節省費用

改善項目	節省項目	2號機 (萬日元/年)	3號機 (萬日元/年)	2單元 (萬日元/年)
吸收塔內的氧化方式	電費	1,610	1,610	7,520
	藥品費	500	300	
	修護費	1,750	1,750	
減少吸收塔循環泵的台數	電費	690	720	3,690
	藥品費	1,020	1,260	
離心分離機跳脫現象的改善	修護費	1,100	1,100	2,200
2號機脫硫排水的處理方法	藥品費	4,200	—	4,200
3號機脫硫排水的處理方法	藥品費	—	1,700	1,700
脫硫排水處理脫水機濾布洗淨的方法	修護費	500		500
脫硫排水軟化的處理方法	藥品費	3,310		3,310
減少脫硫處理排氣量及脫硫風車	電費	500	890	1,390
合計	—	—	—	2 4,510

五、結語

從 1985 年 9 月本發電廠設置環境設備省能檢討小組到現在 1990 年共 4 年，徹底推動省能改善的結果，每年減少了 2 億 5 千萬日幣的費用。

這個成果跟 1985 年的運轉費用 10 億日元相比，在 4 年期間共減少 25% 的費用，成果不可謂不大。（本文譯自日本省能中心所發行之省能月刊 vol.43 NO.2 1991）