

# 台電工程月刊 807 期 (11 月號) 目錄

---

---

## 電廠煙氣淨化及其副產物處理技術 專輯

- 燃煤火力發電廠空污防制設備概述 ..... 劉源隆 ..... (1)
- 火力電廠選擇性觸媒還原脫硝技術介紹 ..... 張玉金 ..... (10)
- 台中燃煤電廠煙氣除硫設備維修經驗談 ..... 林榮松 ..... (18)
- 海水法煙氣脫硫技術介紹 ..... 曾志富 ..... (34)
- 同步控制燃煤電廠煙道氣中微量汞/SO<sub>x</sub>/NO<sub>x</sub>創新控制技術介紹 ..... 劉冠宏 等 ..... (46)
- 燃煤電廠細懸浮微粒排放 ..... 陳怡伶 等 ..... (57)
- 臺灣再生綠建材標章的發展及應用 ..... 李明賢 ..... (69)
- 脫硫石膏的再利用 ..... 李建平 ..... (78)
- 煤灰在混凝土之應用 ..... 李明倫 等 ..... (86)
- 我國煤灰控制性低強度材料之研發與應用 ..... 賴正義 等 ..... (95)
- 煤灰塘之再利用和地盤改良工法探討 ..... 廖洪鈞 等 ..... (110)
- 
-

# 燃煤火力發電廠空污防制設備概述

Introduction to Air Pollution Control Devices of Coal-Fired Power Plants

劉源隆\*

Liu, Yuan-Long

## 摘 要

103 年國內燃煤發電占淨發購電量 37.6%，就化石燃料蘊藏量可使用年限而言，煤仍高於油及天然氣。故就能源供應穩定性、能源分散、及發電成本考量，未來數十年間燃煤發電仍將會占一定的比例。本篇就目前燃煤火力發電廠粒狀污染物、硫氧化物、氮氧化物等之污染防制設備作一概述，期盼引起更多的探討，讓未來新電廠之環保技術得到最佳的組合。

**關鍵詞(Key Words)：**空氣污染防制設備(Air Pollution Control Device)、粒狀污染物(Particulate Matter)、硫氧化物(Sulfur Oxide)、氮氧化物(Nitrogen Oxide)、靜電集塵器(Electrostatic Precipitator)、袋式集塵器(Bag Filter or Baghouse)、石灰石-石膏法(Limestone-Gypsum Method)、低氮氧化物燃燒器(Low NOx Burner-LNB)、排煙脫硫設備(Flue Gas Desulfurization)、空氣/燃料比(Air to Fuel Ratio)。

---

\*台灣電力公司環境保護處

# 火力電廠選擇性觸媒還原脫硝技術介紹

Introduction of SCR DeNO<sub>x</sub> Technology for Thermal Power Plants

張玉金\*

Chang, Yu-Ching

## 摘 要

選擇性觸媒還原反應系統具高處理氮氧化物之效率，其反應主要乃是利用氨為還原劑，經過觸媒的催化還原，氮氧化物轉換成氮氣與水排放。觸媒為影響脫硝效率最重要之因素，但觸媒經長時間使用後其活性會衰退，造成觸媒活性衰退的原因有煙氣、粉塵、燒結、磨耗等，綜研所針對觸媒樣品之活性衰減程度與物、化性部分進行分析測試，探討觸媒狀況與可能之劣化原因，藉以了解與掌握觸媒機組運轉狀況及活性，並持續進行取樣測試，進行使用壽命評估，藉以掌握更換觸媒之正確時機與數量。除此之外，進行脫硝系統運轉管理使系統效率達到最佳化。

**關鍵詞(Key Words)**：選擇性觸媒還原(Selective Catalytic Reduction)、觸媒(Catalyst)、脫硝反應(De-NO<sub>x</sub> Reaction)、失活(Deactivation)、衰退速率(Deterioration Rate)、逸氨(NH<sub>3</sub> Slip)。

---

\*台灣電力公司綜合研究所

# 台中燃煤電廠煙氣除硫設備維修經驗談

Operation & Maintenance of Flue Gas Desulfurization Systems  
at Taichung Thermal Power Plant

林榮松\*  
Lin, Rong-Song

## 摘 要

全世界目前使用之排煙脫硫方式可概分為乾式、濕式及半乾式三種而實際發展則有十幾種之多。唯台灣目前使用於大型鍋爐者僅濕式石灰石-石膏法及海水除硫法兩種。台電公司的興達(四部機)、台中電廠(十部機)及台泥集團之和平電廠(二部機)鍋爐皆使用濕式石灰石-石膏法，台塑集團之麥寮電廠鍋爐(三部機)、台電公司新林口(三部機)、新大林(二部機)則是使用海水除硫法。台中電廠有十部燃煤發電機組共裝設十座濕式排煙脫硫，#1~#4 機分別於民國 79 年開始陸續運轉，排煙脫硫設備則是自民國 86 年陸續通氣運轉，#5~#8 機則是配合汽力機組建造時程一併規劃建造排煙脫硫設備，#5~#8 機排煙脫硫自民國 88 年起陸續隨機組商轉而通氣運轉；#9~#10 機也是汽力機組與排煙脫硫設備同時建造並自民國 94 年至 95 年陸續商轉及通氣運轉。

本文是藉由 10 部相同的 FGD，由 3 個廠家所設計建造之排煙脫硫設備，如何維修及流程簡化或停用設備等，維持 FGD 與汽力機組同步通氣運轉之經驗與大家分享。

**關鍵詞(Key Words)：**排煙脫硫(FGD Flue Gas Desulfurization)、吸收塔(Absorber)、二氧化硫(Sulphur Dioxide)、石灰石(Limestone)、石膏(Gypsum)、濕式石灰石-石膏法(Wet Limestone - Gypsum)。

---

\*台灣電力公司台中發電廠

# 海水法煙氣脫硫技術介紹

## Introduction of Seawater Flue Gas Desulfurization Technology

曾志富\*  
Tseng, Chih-Fu

### 摘 要

二氧化硫屬刺激性毒性氣體，是大氣主要汙染源，也是產生酸雨的罪魁禍首。目前台電公司燃煤火力電廠皆有加裝排煙脫硫設備以控制二氧化硫排放，現有機組大多採用石灰石-石膏法煙氣脫硫技術，未來林口、大林新機組將採用海水法煙氣脫硫技術。海水法煙氣脫硫技術已發展約 40 年，目前應用最廣泛的地區是中國大陸，約佔全球 50% 以上，但是對台電公司來說，此技術是全新的領域，故有必要針對此技術加以研究探討，以因應未來新機組商轉後，可及時預防問題及有效地解決問題。本篇以彙整國外相關文獻進行海水法煙氣脫硫技術初步介紹，以作為未接觸此領域相關人員之參考。

**關鍵詞(Key Words):** 煙氣脫硫(Flue Gas Desulfurization)、海水(Seawater)、吸收塔(Absorption Tower)。

---

\*台灣電力公司綜合研究所

# 同步控制燃煤電廠煙道氣中微量汞/ $\text{SO}_x$ / $\text{NO}_x$ 創新控制技術介紹

Introduction to a Novel Control Technology of Simultaneous Control of Hg/ $\text{SO}_x$ / $\text{NO}_x$  from  
Coal-combustion Flue Gases

劉冠宏\*  
Liu, Kuan-Hung

許哲榮\*  
Hsu, Che-Jung

邱俊祥\*\*  
Chiu, Chun-Hsiang

席行正\*  
Hsi, Hsing-Cheng

## 摘要

由於世界各國對於火力發電的依賴性仍然相當高，燃煤電廠中汞排放議題一直以來備受大眾關注，然而傳統污染防制設施已無法有效地將汞從煙氣中捕捉，因此許多創新控制技術陸續被提出。許多研究結果指出，相較於水溶性低的元素汞( $\text{Hg}^0$ )，水溶性高的二價汞( $\text{Hg}^{2+}$ )較容易被去除，因此選擇性還原觸媒(SCR)及金屬表面修飾技術為近年來最被熱烈討論的議題之一。雖然濕式煙氣脫硫(Wet FGD)被證實可有效的應用於去除煙道中之酸性氣體及二價汞，但卻面臨著汞再還原逸散及含汞廢水放流/廢棄物處置適切性等問題。活性炭是一種相當優良的吸附劑，當氣相或液相中污染物與活性炭接觸時，就會被活性炭吸附而達到去除污染物的效果。在許多研究中已證實，活性炭若使用粉狀硫、多硫化物溶液、含硫氣體、硫酸鹽/硝酸鹽類、鹵素及其金屬鹽類等含浸或熱處理後，其吸附汞之能力將會顯著地增加。本文討論的核心概念在於利用 SCR 提升 Wet FGD 脫汞的效能，並且結合含硫活性炭對汞的吸附能力，降低汞再逸散的可能性，達到零汞排放的目標。

**關鍵詞(Key Words)：**汞(Mercury)、煙氣(Flue Gases)、燃煤電廠(Coal-fired Power Plant)、擇性還原觸媒(Selective Catalytic Reduction)、濕式煙氣脫硫(Wet Flue Gas Desulfurization, wet FGD)。

---

\*台灣大學環境工程學研究所

\*\*台北科技大學環境工程與管理研究所

# 燃煤電廠細懸浮微粒排放

## Fine Particulate Matters of Coal-fired Power Plants

陳怡伶\*  
Chen, Yi-Lin

張翰青\*  
Chang, Han-Ching

### 摘要

本研究蒐集國內外相關研究，說明  $PM_{2.5}$  特徵、可能排放來源及控制技術對  $PM_{2.5}$  之影響。 $PM_{2.5}$  包含由污染源直接排放之原生  $PM_{2.5}$  及由前驅物在大氣環境中經化學反應產生之衍生  $PM_{2.5}$ ，電廠排放原生性  $PM_{2.5}$  受空氣污染防制設備影響，除塵設備可捕集粒狀物，然對於小於  $2.5\mu m$  之微粒，袋式集塵器之效率較佳。選擇性觸媒還原設備(SCR)處理廢氣有可能衍生煙囪排放細懸浮微粒問題，主要機制為生成  $SO_3$  及氨的逸散。石膏法脫硫設備所使用石灰石漿之  $CaCO_3$  與煙氣中  $SO_2$  反應生成的亞硫酸鈣、石膏產物及未反應的  $CaCO_3$  可使煙氣中細顆粒濃度增加，可能反而導致 WFGD 出口廢氣  $PM_{2.5}$  濃度高於入口。

檢測結果顯示，燃煤電廠煙囪  $PM_{2.5}$  排放濃度約為  $7.2\text{-}34.6\text{ mg/Nm}^3$ ，其中  $FPM_{2.5}$  排放濃度約為  $0.6\text{-}2.3\text{ mg/Nm}^3$ ， $CPM$  濃度約為  $6.6\text{-}32.3\text{ mg/Nm}^3$ 。以檢測結果計算  $PM_{2.5}$  排放係數，其中  $FPM_{2.5}$  排放係數約為  $0.005\text{-}0.022$  公斤/公噸燃煤，低於美國環保署 WebFIRE 與 MACTEC 研究的  $FPM_{2.5}$  排放係數  $0.085\text{-}0.520$  公斤/公噸燃煤。 $CPM$  排放係數約為  $0.068\text{-}0.304$  公斤/公噸燃煤，與美國環保署 WebFIRE、MACTEC 研究的  $CPM$  排放係數 ( $0.169\text{-}0.286$  公斤/公噸燃煤)相近。

燃煤電廠排放原生性  $PM_{2.5}$  可經由煙囪檢測結果計算排放量，然其排放之氮氧化物、硫氧化物在大氣中反應後可能生成衍生性  $PM_{2.5}$ ，且衍生性細懸浮微粒所佔比例不容忽略，顯示衍生性  $PM_{2.5}$  來源的追溯對  $PM_{2.5}$  之控制扮演重要角色，惟國際間目前尚無一確定方法可供依循，未來仍可持續進行相關研究，使排放溯源的工作有更符合實際的作法。

**關鍵詞(Key Words)：**細懸浮微粒(Fine Particulate Matter,  $PM_{2.5}$ )、可過濾性粒狀物(Filterable Particulate Matter, FPM)、可凝結性粒狀物(Condensable Particulate Matter, CPM)。

# 臺灣再生綠建材標章的發展及應用

The Development and Application of Recycling Green Building Material Label in Taiwan

李明賢\*

Lee, Ming-Hsien

## 摘要

綠建材標章制度是配合內政部建築研究所推動綠建材相關政策之措施，落實完善的審核評定基準，除供政府、民間建材業界及建築消費大眾對於建材選用有一優質之品管依據。期能藉綠建材標章制度之建立與推廣，傳達以地球永續與人本健康為依歸的綠建材標章精神，提昇國人健康安全之居住環境品質。2015 年版本之再生綠建材標章之申請，明確規範 22 種試驗基準外，讓國內消費者在選擇建材時有所依據，以落實營建署增訂建築技術規則綠建築專章於民國 101 年 7 月起實施的綠建材規定，亦即綠建材之使用應達室內裝修材料面積 45% 以上及戶外地坪面積 10% 之規定。

截至民國 104 年 7 月底，綠建材標章共核定通過 1346 標章(1025 件健康、5 件生態、113 件再生與 203 件高性能)，包含 377 家廠商共 9638 種產品。

**關鍵詞(Key Words)：**綠建材(Green Building Material, GBM)、再生(Recycling)、煤灰(Coal Ash)。

# 脫硫石膏的再利用

## FGD Gypsum Recycling

李建平\*  
Lee, Chien-Ping

### 摘要

世界面臨氣候變遷、能資源緊缺及國際經濟危機等一連串全球性議題與挑戰，因此各國在經濟發展方案中，無不採取綠色成長之政策，由高碳經濟發展模式朝向低碳經濟發展轉型，並提高能資源使用效率與循環利用。我國是一個能資源相當匱乏的國家，仰賴進口甚深，其中能源更是高達百分九十八，故能資源更有必要充分循環使用，發揮最大效益。

台電公司是一個國營事業，在配合政府節能減碳永續發展的政策下，提供穩定質優的電力外，長期以來，對於能資源的再利用更是不遺餘力。本文針對「燃煤發電過程所產出的副產品石膏之再利用」做探討分析，以作為往後脫硫石膏再利用之參考。

**關鍵詞(Key Words)：**脫硫石膏(FGD Gypsum)、脫硫設備(Flue Gas Desulfurization)、濕式石灰石膏法(Wet Limestone Gypsum Process)、反應劑(Reagent)、合板(Plywood)、石膏板(Gypsum Board)、石膏纖維板(Gypsum Fibre Board)、矽酸鈣板(Calcium Silicate Board)。

---

\*台灣電力公司環保處退休員工

# 煤灰在混凝土之應用

## Application of Coal Ash in Concrete

李明倫\*  
Lee, Ming-Lun  
黃怡碩\*\*  
Huang, Yi-Shuo

李明君\*\*  
Lee, Ming-Gin  
蘇育民\*\*\*\*  
Su, Yu-Min

李釗\*\*\*  
Lee, Chau  
王韡蒨\*\*\*\*\*  
Wang, Wei-Chien

### 摘 要

台電公司燃煤電廠每年都會產出大量煤灰(飛灰、底灰與副產品石膏)，以 2012 年度為例，計產出煤灰約 212.6 萬噸(飛灰產量 170 萬噸與底灰 42.6 萬噸)，副產品石膏約 73.3 萬噸，其皆屬於良好的水泥或混凝土礦物摻料，利用價值相當高；從過去的研究與資料顯示煤灰擁有很多很好的理由作為資源材料，而不是一種廢棄物。當人類回收再利用煤灰，將可節約自然資源和能源。在許多情況下，有摻料煤灰製造的產品比沒有摻料煤灰的產品更好(例如飛灰混凝土)。但近年受景氣影響，台電的煤灰利用率約 85%，仍有再改善的空間，故應透過研究與政策推廣煤灰的再利用技術，以有效進行煤灰(飛灰、底灰與副產品石膏)混凝土資源化利用。

煤灰大量資源化利用途徑在國外達到商品化的實例很多，例如資源化利用水泥原料、水泥混凝土混合料、骨材製造、複合建材、瀝青填充料及道路穩定材料等。本文針對煤灰運用於混凝土來探討可包含(1)煤灰簡介。(2)煤灰分類與資源化利用。(3)飛灰混凝土應用。(4)煤灰混凝土應用與研究案例做為台電推動煤灰資源化利用之參考。

**關鍵詞(Key Words)：** 煤灰(Coal Ash)、底灰(Bottom Ash)、飛灰(Fly Ash)、混凝土(Concrete)、資源化利用(Resource Utilization)。

---

\*交通部公路總局

\*\*朝陽科技大學營建工程系

\*\*\*國立中央大學土木工程系

\*\*\*\*國立高雄應用科技大學營建工程系

\*\*\*\*\*中原大學土木工程系

# 我國煤灰控制性低強度材料之研發與應用

Research and Application of Coal Ash Controlled Low Strength Material in Taiwan

賴正義\*

Lai, Cheng-I

郭麗雯\*\*

Quo, Lih-Wen

## 摘要

控制性低強度材料(CLSM)為一高流動性、低強度的材料，早期主要應用於管溝回填工程。煤灰雖常為 CLSM 基材，但其使用量並不高，國內學研界少有探討以煤灰為主的 CLSM。台電公司近年來為拓展煤灰的利用，積極開發全煤灰 CLSM。本文主要簡介台電公司已執行的煤灰 CLSM 研究與應用，包括：含煤灰之可流動材料的工程性質研究、煤灰製造控制性低強度回填材料(CLSM)之研究、控制性低強度混凝土使用大量煤灰之配比試驗及現地試驗、全煤灰 CLSM 材料於淺層海水下之最佳構築配比與澆置方式、灰塘煤灰層以 CLSM 進行地層改良之材料與工法研究、全煤灰 CLSM 材料於淺層海水下澆置作業程序訂定、煤灰 CLSM 築堤工程效益評估、CO<sub>2</sub>排放量盤查與計算等。期能做為國內產學研界的參考，並開拓出全煤灰 CLSM 的嶄新應用領域。

**關鍵詞(Key Words)：**控制性低強度材料(Controlled Low Strength Material)、煤灰(Coal Ash)、飛灰(Fly Ash)、底灰(Bottom Ash)。

---

\*國立臺灣科技大學研究發展處

\*\*台灣電力公司綜合研究所

# 煤灰塘之再利用和地盤改良工法探討

Study on the Reuse of Coal Ash Pond and its Ground Improvement Methods

廖洪鈞\*

Liao, Hung-Jiun

邱進隆\*

Chiu, Chin-Lung

鄭世豪\*\*

Cheng, Shih-Hao

郭麗雯\*\*\*

Quo, Lih-Wen

曾志富\*\*\*

Tseng, Chih-Fu

## 摘要

燃煤鍋爐所產出之煤灰與垃圾焚化爐所產之灰燼有所不同，因垃圾焚化爐燃燒時垃圾相當多樣，導致垃圾灰之成份相當複雜，而煤灰相較於垃圾灰其成份則顯得單純許多。目前燃煤發電在世界上仍屬於較為主力的發電方式，因此不論亞洲、歐洲甚或是美國均有煤灰處置之問題存在。由於煤灰本身屬於備受爭議的副產物，所以世界各國也均訂立相關煤灰規範來加以約束煤灰之資源再利用。此外，不可利用之煤灰若以回填掩埋之方式進行處理，則回填場址之選址、回填期間管理、回填完畢後處置也均有加以規範。本文除了就國內外煤灰與煤灰塘相關法規及應用進行探討外，因臺灣土地資源取得不易，灰塘地之使用迥異於其他國家，均需經由地盤改良後再後續利用，本文除同時就台灣灰塘地之使用進行說明外，更探討目前台灣常用之灰塘地改方式，並提出一次性地改之新構想，期能提供給予煤灰及煤灰塘管理單位一新的煤灰塘改良思維與方向。

**關鍵詞(Key Words)：** 煤灰(Coal Ash)、煤灰塘(Coal Ash Pond)、水力回填(Hydraulic Filling)、地盤改良(Ground Improvement)。

---

\*台灣科技大學營建工程系

\*\*台灣科技大學建築科技中心

\*\*\*台灣電力公司綜合研究所