

## 介紹

1. 使用範圍：燻煙（Fume）係金屬在高溫加熱的情況下，溫度達到其熔點，使部分金屬蒸發成蒸氣，金屬蒸氣被空氣中氧氣氧化成金屬氧化物，即統稱為燻煙。
2. 存在之行業：煉鋼業、瓦窯業、煉鋁業及其它有對金屬施以高溫之機械設備或製程，皆屬於會產生燻煙的工業。
3. 作業之內涵：電弧爐因設置成本低、施工期短，且操作成本亦較傳統之高爐、轉爐煉鋼成本低，所以普遍獲得業者喜愛。然而因煉鋼作業污染性高且污染量大，常成為環保單位取締與民眾抗爭之對象，在工業安全與衛生上對勞工亦產生相當程度的危害，以下將以鋼鐵工業的電弧爐煉鋼為例，來探討工業燻煙的操作安全。

### (1) 製鋼概要

電弧爐煉鋼係以人造石墨電極插入爐體內之廢鋼原料中並通入電流，藉石墨電極與廢鋼間產生之電弧，高溫放熱而熔解廢鋼，達成鋼鐵冶煉之目的，其構造如圖 1 所示。

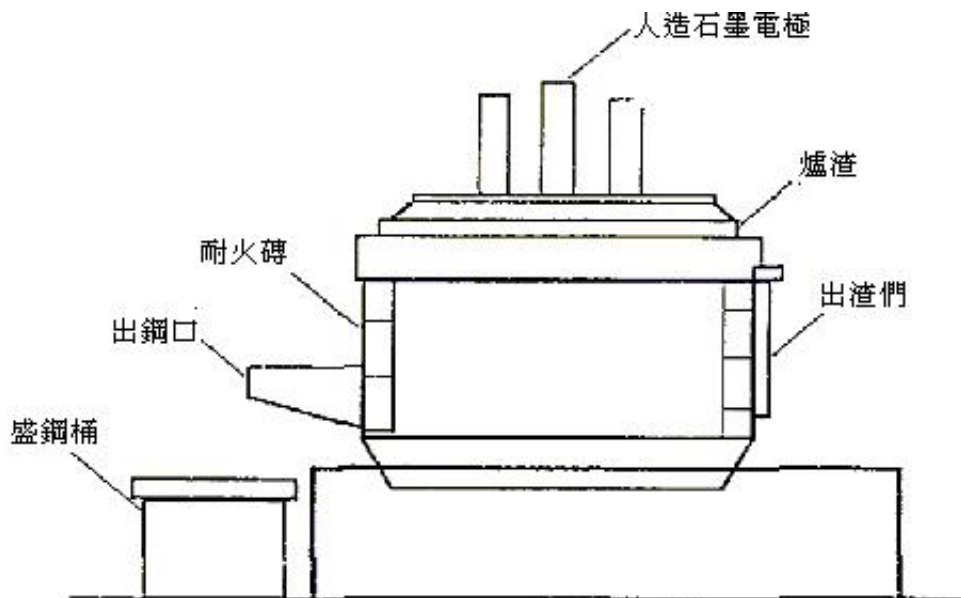


圖 1 典型電弧爐構造

## (2) 產生煉鋼煙之製程

電弧爐體主要是由三支人造石墨電極、爐蓋與爐體部份組成。石墨電極用以通入電流產生電弧，由於電弧之溫度高達 1,600℃ 以上，爐蓋上設有三孔供電極棒進出爐體之用，由於電弧爐煉鋼一般採用爐頂加料，故爐蓋多為移動式，以便於加料時旁移。電極棒因損耗而生成之一氧化碳氣體為電弧爐煉鋼廢氣之主要來源之一，另外主要的污染物即為金屬煙。

冶煉過程中依產品規格之要求，可添加少量錳鐵、矽鐵、焦碳、生石灰、脫硫劑等添加劑，並通入純氧助燃。電弧爐煉鋼均為批次式作業，通常每一批次時間約 1.5~3 小時，冶煉過程可依其化學反應分成三個階段，分別為熔解期、氧化期及還原期，製程如圖 2 所示。

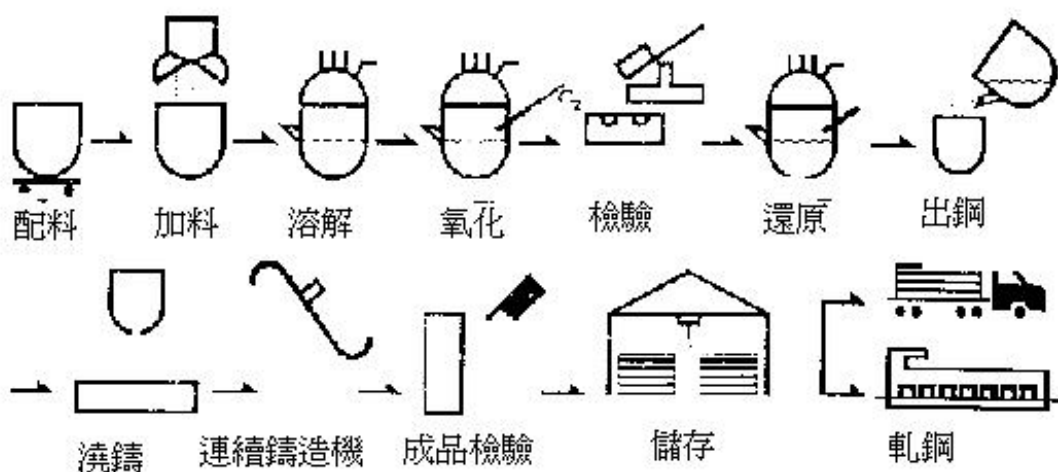


圖 2 電弧爐煉鋼製造流程

電弧爐煉鋼之空氣污染源主要為冶煉過程中所逸散之煙，由於電弧爐構造與操作特性，在冶煉過程中，常有含煙之高溫廢氣自加料口，鋼水出口及電極棒四週逸散。

煉鋼過程可分為熔煉期（熔解、氧化、還原期），與非熔煉期（加料、出鋼期），各時期之操作條件不同，所產生之廢氣特性亦異。熔煉期主要污染源為爐內所產生之高溫廢氣，非熔煉期由於必須

將爐蓋移開，故大量煙煙將隨熱空氣上升，造成廠房內之污染，此部分之廢氣溫度較低，且含塵量較少。煉鋼過程之空氣污染或有害物來源如下：

- A. 加料與再加料期：廢鋼互撞振動，或雜質遇高溫氧化而使廢氣、煙煙外逸。
- B. 熔解期：送電時，電弧振動、廢鋼崩落、爐溫上升、爐壓增大，致廢料中之煙煙外逸。
- C. 氧化期：氧氣吹入，因化學反應而產生一氧化碳及二氧化碳等氣體。
- D. 還原期：空氣進入爐內，爐壓增加而導致爐內氣體外洩。
- E. 出鋼期：傾倒鋼液時，塵粒隨爐頂之高溫氣體而上升逸散。

主要空氣污染物為熔煉過程排放之粒狀物、煙煙及一氧化碳等。然而於廢氣排放之前，一氧化碳氣體都經轉化槽氧化成二氧化碳，因此，廢氣中之主要污染物為煙煙中之粒狀污染物。煙煙成份依廢鋼原料之種類及品質、爐襯之性質，和操作條件之控制而異。

## 危害

一般而言，各廠之煙煙均含氧化鐵（FeO）、氧化錳（MnO）、氧化鋅（ZnO）與二氧化矽（SiO<sub>2</sub>）等成份，其中以氧化鐵（FeO）與氧化錳（MnO）之含量較多。而由於錳煙煙之危害較大，因此在此討論之。錳之容許濃度標準：民國八十四年我國「勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準」修正錳煙煙之容許濃度標準值由 5 mg/m<sup>3</sup> 降至 1 mg/m<sup>3</sup>，錳粉塵及其化合物最高容許濃度為 5 mg/m<sup>3</sup>（以錳計）。其他世界各先進國家之容許濃度標準值，雖略有差異，但大多為錳粉塵 5 mg/m<sup>3</sup>，錳煙煙 1 mg/m<sup>3</sup>，詳見表 1。截至 1993 年止，世界各國官方仍無訂定錳之生物偵測暴露限值，僅有加拿大頒訂有生物指標之警告值（Alert Values），分別為血清錳正常值介於 0.017~0.053 μ mol/L，尿中錳正常值小於 3 μ mol/mol creatinine，尿中錳警告值 110 μ mol/mol creatinine，英國公佈未暴露者正常值為血中錳 130-190 μ mol/L，尿中錳 0.2~0.35 μ mol/L。

錳之健康危害：錳是人體新陳代謝不可或缺的微量元素，它可以活化

許多酵素。缺乏錳可能會影響軟骨發育、結締組織的形成，以及妨礙生殖系統的成熟，相反的體內過量的錳也會引起嚴重的疾病。有關錳燻煙或微粒可能造成人體的健康危害，經由呼吸道吸入之證據相當多，很少會由皮膚吸收，另經由攝食進入人體後，大約僅 3~5%被吸收，其它大部份由糞便排出體外。錳中毒對人體的危害仍不清楚，其中以呼吸道疾病、神經疾病、精神疾病及生殖系統的影響最為重要。茲分述如下：

## 1. 神經系統之影響

### (1) 早期非特異性症狀

包括全身無力倦怠、肌肉痙攣、腰酸和食慾不振、偶而伴隨反應遲鈍、性無能和性慾降低、失眠和精神不集中等。

### (2) 初期症狀

包括記憶力障礙、心智障礙、緊張、易怒、情緒失控、不穩定、具有攻擊性等暴力行爲、具有強迫性質的行爲無法控制的大笑、大哭、狂奔、無意義的跳舞，病人大多知道其現象卻控制不住。此種現象醫學上稱爲「錳性精神病」(Manganese Psychosis)，此種症狀約持續 1 至 3 個月而後消失，接著出現巴金森症狀。

### (3) 典型症狀

錳性精神病在約三個月後會消失，如果繼續暴露於錳燻煙中，就會出現兩種不同類型之症狀，一爲無動和僵直 (Akinetic-Rigid) 爲主的巴金森症候群，二爲肌張力不全 (Dystonia)。

## 2. 呼吸系統的影響

人體與動物暴露均顯示吸入氧化錳之燻煙會刺激肺部，造成呼吸障礙，導致輕度肺部發炎或增加肺炎機會，但其對肺部之傷害非廣面積型，而是造成局部肺水腫、纖維化、肺氣腫和降低呼吸功能。其它臨床上會出現症狀尚包括咳嗽、多痰、氣管發炎、氣喘等，肺功能檢查亦有降低現象。

表 1 世界各國錳暴露容許濃度標準一覽表

	(mg/m <sup>3</sup> )											
	錳		錳煙煙		錳化合物 (無機物)		錳及其化合物 (以錳計)		錳及其化合物 (無機物)		錳化合物 (以錳計)	
	TWA	STEL	TWA	STEL	TWA	STEL	TWA	STEL	TWA	STEL	TWA	STEL
澳洲			1	3			5	-				
比利時			1	3			5	-				
捷克							2	6				
丹麥	2.5	-	1	-	2.5	-						
芬蘭	2.5	-	1	-								
法國			1	-								
德國	5											
匈牙利							0.3	0.6				
日本							0.3	-				
波蘭							0.3	-				
中華民國			1				5					
瑞典	2.5	5			2.5	5			1	2.5		
瑞士	5	-	1									
英國			1	-								
美國			1	3			5	5				
美國			1	3			5					
英國			1	3								5
蘇俄			-	0.2								

TWA:時量平均容許濃度

STEL:短時間時量平均容許濃度

資料來源：空氣中有害物職業暴露容許濃度（1991年第三版）

## 工業煙煙之作業程序

處理設備操作安全—廢氣控制設備設置後需有良好的操作維護，始能發揮正常功能，達到良好的去除率。以下以袋濾集塵機探討煙煙處理設備之作業程序及操作安全。

### 1. 操作運轉

袋濾集塵機之操作運轉涵蓋下列三部份：集塵機啟動程序、平常運轉之維護保養及操作停止之維護保養。茲分述如下：

#### (1) 集塵機啟動程序

- A. 開動移除粉塵的設備。
- B. 開動清洗濾袋的設備，若是使用嶄新的濾袋，延遲啟動清洗系統的定時器，一直到獲得預期的壓力差為止，如果因運轉條件而不能達到此壓差，定時器也可開動使系統於較低的壓差運轉。
- C. 啟動風車，減少初步流過新濾袋的氣流，一直到塵餅形成

爲止，這時再增加風量至滿載。如果處理的是高溫粉塵，則需要在粉塵進入前將過濾室預熱，以防凝縮。

- D. 觀察通過過濾室的壓力差，如果壓差增加至超過預定限度，將清理週期以手動操作，以便決定減短清理週期，或延長清理時間。過濾室以高壓反向噴氣清理者，檢查其供氣管路中的壓力是否足夠清理濾袋粉塵，或供氣不足，以便決定是否需要增加空氣量，並檢查濾袋是否阻塞，同時檢查各隔間之間的清理次序及集塵斗之粉塵量是否會超載。

### (2) 平常運轉之維護安全

袋濾集塵機日常運轉時，爲能以最低運轉費用維持設計之最高性能，必須施行定期檢查及非適當調整，以延長濾袋壽命，降低動力費用。每日檢查項目應包括：濾袋狀況、濾袋清洗施行程度、流量變化、集塵斗是否積料、清洗時粉塵是否吹漏、濾袋是否發生凝縮、清洗機構、風車轉數、入口風管是否堵塞、擋板是否故障、過濾室是否漏氣等。

袋濾集塵機系統運轉情形，可依壓差測定用液體壓力計及袋濾集塵機入口溫度、主電動機電壓、電流測知判斷。測定值乃維護及運轉之重要指標，應定期施行記錄。由於流量爲影響集塵效率的主要因素之一，若流量增加，過濾速度會增快，不但會發生吹漏現象，濾袋張力會鬆弛及產生濾布加速破損，因此，日常應保持流量的穩定性，以達到預期的處理效率。

### (3) 操作停止之維護安全

袋濾集塵系統長期間停止運轉時，更需注意集塵機內濕氣及風車軸承。過濾室內濕氣凝縮時，含濕氣的氣體，尤其是可燃性氣體發生冷卻之前，必須自系統完全清除，置換乾燥空氣。長期間停止時，雨水可能漏入過濾室內，爲防止凝縮，系統清淨後，應予安全密閉；停止期間亦可使用熱空氣連續流通集塵機內過濾室。

此外，長期間停止運轉時，更需注意風車之清掃、防銹；尤其注意軸承部位不可滲入塵埃及水份，電動機應防止濕氣，清除風管及集塵斗內堆積之粉塵，清洗機構及驅動部分應充分加潤滑油。特殊長期間停止時，濾袋應拆除至無濕氣的倉庫內保管。短時間

停止期間施行定期的保護運轉（空運轉），亦為一種良好之保養方法。

## 2. 維護管理安全

運轉中由於粒狀物（懸浮微粒、煙塵）、氣體（有害氣體）之濃度變化，無論密閉型或敞開型，工作人員絕對不可進入系統內。停止時，系統內氣體雖以空氣充分清淨後，倘認為仍存在粒狀物、有害氣體時，須以氣體偵測器量測，以確認安全，更不可單獨作業。於維護作業時，作業人員應於操作盤懸掛「檢查中，禁止運轉」的指示牌，並確認關閉原動機之主電源。分別做袋濾集塵機之濾袋、濾袋安裝機構及清洗機構維護，藉以達到維護管理安全之目的。

## 相關法令、標準及解釋令

### 1. 勞工安全衛生法

第五條 雇主對下列事項應有符合標準之必要安全衛生設備：

- A. 防止機械、器具、設備等引起之危害。
- B. 防止爆炸性、發火性等物質引起之危害。
- C. 防止電、熱及其它能引起之危害。
- D. 防止採石、採掘、裝卸、搬運、堆積及採伐等作業中引起之危害。
- E. 防止高壓氣體引起之危害。
- F. 防止原料、材料、氣體、蒸氣、粉塵、溶劑、化學物品、含毒性物質、缺氧空氣、生物病原體等引起之危害。

### 2. 勞工安全衛生法施行細則

(1) 第十二條 本法第七條第一項規定應有標示之有害物，係指致癌物、毒性物質、劇毒物質、生殖系統致毒物、刺激物、腐蝕性物質、致敏感物、肝臟致毒物、神經系統致毒物、腎臟致毒物、造血系統致毒物及其它造成肺部、皮膚、眼、黏膜危害之物質，經中央主管機關指定者。

(2) 第二十一條 本法第十二條所稱特別危害健康之作業，係指：

- A. 高溫作業。
- B. 噪音在八十五分貝以上之作業。
- C. 游離輻射線作業。

- D. 異常氣壓作業。
- E. 鉛作業。
- F. 四烷基鉛作業。
- G. 粉塵作業。
- H. 從事下列化學物質之製造或處置作業：
  - (二二)錳及其化合物。
- I. 其它經中央主管機關指定之作業

### 3. 特定化學物質危害預防標準

第三十八條 雇主依本標準規定設置之局部排氣裝置及空氣清淨裝置應每年定期就左列事項實施自動檢查一次以上；發現異常時，應即採取必要之措施。但超過一年未使用，而於未使用期間，不在此限。

- A. 氣罩、導管、排氣機及空氣清淨裝置之磨損、腐蝕、凹凸及其它損害之狀況及程度。
- B. 導管、排氣機及空氣清淨裝置之粉塵堆積狀況。
- C. 排氣機之注油潤滑狀況。
- D. 導管接觸部份之狀況。
- E. 連接電動機與排氣機之皮帶之鬆弛狀況。
- F. 吸氣及排氣之能力。
- G. 其它為保持性能之必要事項。

雇主對前項規定之局部排氣裝置及空氣清淨裝置於開始使用、改造、修理之際，應依同項規定實施重點檢查。

### 主要參考資料

1. A.W. Cox., F.P. Lees and M.L. Ang, 1993; "Classification of Hazardous Locations", ISBN 0-85295-258-9, Institution of Chemical Engineers, UK.
2. F. P. Lees, 1996; "Loss Prevention in the Process Industries", 2<sup>nd</sup> Edition, ISBN 0-7506-1547-8, Butterworth-Heinemann, Oxford, UK, Vol. 1:3/12-16.
3. 許國敏，1994；“中部地區鑄造業勞工肺部疾病與粉塵測定濃度相關性研究”，IOSH-M224，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所:3-4。



4. 許國敏，1994；“中部地區鑄造業勞工肺部疾病與粉塵測定濃度相關性研究”，IOSH-M224，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所:6。
5. P. A. Carson, C. J. Mumford, 1998；“The Safety Handling of Chemical in Industry”，1<sup>st</sup> Edition, Longman Scientific & Technical, Essex, England, Vol. 1, ISBN 0-582-00304-0:135-9, 294-5, 300-26, 549-54.
6. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，1994；台灣地區錳鋼及矽錳鋼製造工廠勞工錳暴露追蹤調查研究”。
7. Barbara A. Plog, MPH, CIH, CSP, “Fundamentals of Industrial Hygiene”，3<sup>rd</sup> Edition, National Safety Council: 769-805.
8. 行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所，1994；“中部地區電鍍業勞工健康危害調查” :3-5, 53。