

台灣區熔鐵爐污染防治技術現況

劉文海*

一、前言

近年來台灣鑄造業之生產規模與年俱增，1987年之年產量已突破100 萬公噸，全年營業額接近 300 億元，對國家經濟建設甚有貢獻。然而我國鑄造工業尚未完全脫離勞力密集的生產型態，且具有高溫作業和以砂為主要製造手段之特徵。一般業者工廠規模較小，設備簡陋；大部份經營者不重視污染防治問題，導致工作環境惡劣，勞動條件苛刻。此外，目前仍有許多鑄造廠位於都市住宅區內，因環境污染問題引起居民自力救濟事件亦時有所聞。故環保當局已於民國77年起將鑄造業列為污染嚴重十大產業之一，開始展開輔導管制工作。而今後金屬冶煉等二十餘項工業申請新設工廠時，必須檢具環境工程技術顧問簽證之「污染防治計畫書」，經審查合格後，始准設立。建廠完成時，還須檢具相關單位測驗合格的檢驗報告書，才准予登記。

筆者於77年下半年參與國內熔鐵爐污染防治現況調查工作，透過業者的經驗與意見，整理收集有關污染防治的技術資料以及業者在經營與污染防治工作上所遭遇的困擾問題。本文歸納重要調查結果，以供有關單位參考。

二、調查對象與範圍(1)(2)

國內鑄件產量中以各類鑄鐵件佔82%為最大宗，年產86萬公噸。目前國內熔鐵爐(cupola)，仍採用傳統方式以鐵料及焦炭為原料，這些熔鐵爐亦是鑄造業最大污染源之一。本調查之對象係以登記有案之熔鐵爐之鑄造廠為主，感應電爐鑄造廠為輔，但不包含非鐵金屬鑄造業。至1987年止，國內登記有案之鑄造工廠約1200家（表1），其中鑄鐵工廠有480 家左右，以使用熔鐵爐的工廠佔多數，其餘工廠則採用感應電爐。而 156家鑄鋼工廠中，大部份是採用感應爐，小部份使用電弧爐生產大型鑄件。

*金屬發展中心工程師

表 1 國內鑄造廠數量及各類鑄件產量(1987年)

鑄件種類	年產量(公噸)	已登記之鑄造廠／ (壓鑄廠)數量	員工人數
灰口鑄鐵	769,080(72.6%)	415(34.8%)	11,464(59.8%)
球墨鑄鐵	75,150(7.1%)	154(4.5%)	
可鍛鑄鐵	18,140(1.7%)	11(0.9%)	832(4.3%)
鑄鋼	71,190(6.7%)	156(13.1%)	1,413(7.4%)
鑄銅	22,704(2.1%)	135(11.3%)	675(3.5%)
鑄鋁 ²	83,230(7.9%) ³ (49,940)	274(23.0%) (244)	3,015(15.7%)
鑄鋅	20,100(1.9%) ⁴ (16,650)	148(12.4%) (124)	1,776(9.3%)
總計	1,059,594(100%)	1,193(100%)	19,175(100%)

註：1. 包含同時生產球墨鑄鐵與灰口鑄鐵之廠家。

2. 各種生產方式所佔比例如下：

- (1)壓鑄法(60%)
- (2)重力／低壓模鑄法(25%)
- (3)砂模法(15%)。

3. 壓鑄法之產量。

4. 壓鑄法之產量。

* 資料來源：中華民國鑄造學會。

1979年時，有關單位曾進行台灣區鑄造工業全面普查，該次接受調查的鑄造廠計542家，其中熔鐵爐數量計 367座，感應爐計 215座。然而這十年來未曾進行大規模的調查活動，故目前兩種爐體的確實數量尚待查証。本次調查是以問卷及現場訪問方式進行，歷時四個月。在 480家調查對象中，回收的有效樣本有 117家（表 2），其中75家擁有熔鐵爐，計 107座。這些工廠中有14家同時擁有熔鐵爐與感應爐，其餘的42家只採用感應爐，連同上述14家工廠，感應爐總數達56家，135 座。由於人力及時間之限制，本次回收的有效問卷雖僅佔鑄鐵工廠的1/4，但較具規模之業者均已列入調查範圍，已可看出其污染防治之現況。

表 2 回收有效問卷情況

地 區	熔鐵爐廠家	感應爐廠家	兩種皆有廠家	有效問卷總數
北 部	18	25	6	37
中 部	24	11	1	34
南 部	33	20	7	46
總 計	75	56	14	117

三、鑄造業空氣污染排放源及特性(3)(4)(5)

鑄造工廠一般之生產程序如圖1，幾乎每一項作業都會發生各種不同程度的污染，如熔解、造模、澆鑄、清砂、廢砂回收及鑄件後處理等皆會產生粒狀、氣狀污染物或臭氣、噪音等公害。圖2為鑄造工廠空氣污染排放源示意圖。其中熔鐵爐的煙道一般皆突出廠房屋頂外，煙塵直接污染大氣；而感應爐煙塵則直接排放於廠內，有時亦會逸散出廠外。

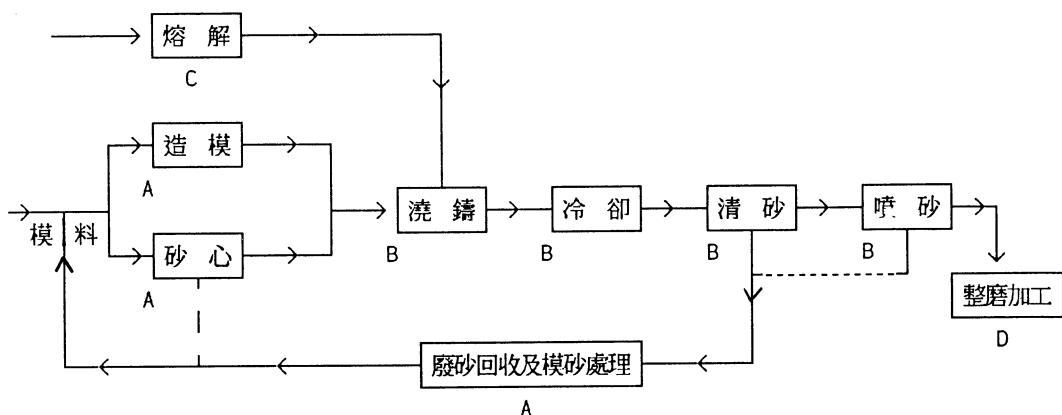


圖 1 鑄造廠一般之生產流程及煙塵特性

註：圖中A、B、C、D、說明如下表

生產過程	產生原因	煙道種類
A、B	模砂材料	石英粒、火山泥、焦炭粉、氧化鐵、水泥、樹脂
C	溶解作業	冶金煙(金屬氧化物)。
D	整磨加工	金屬屑粒、磨砂細屑及灰塵。

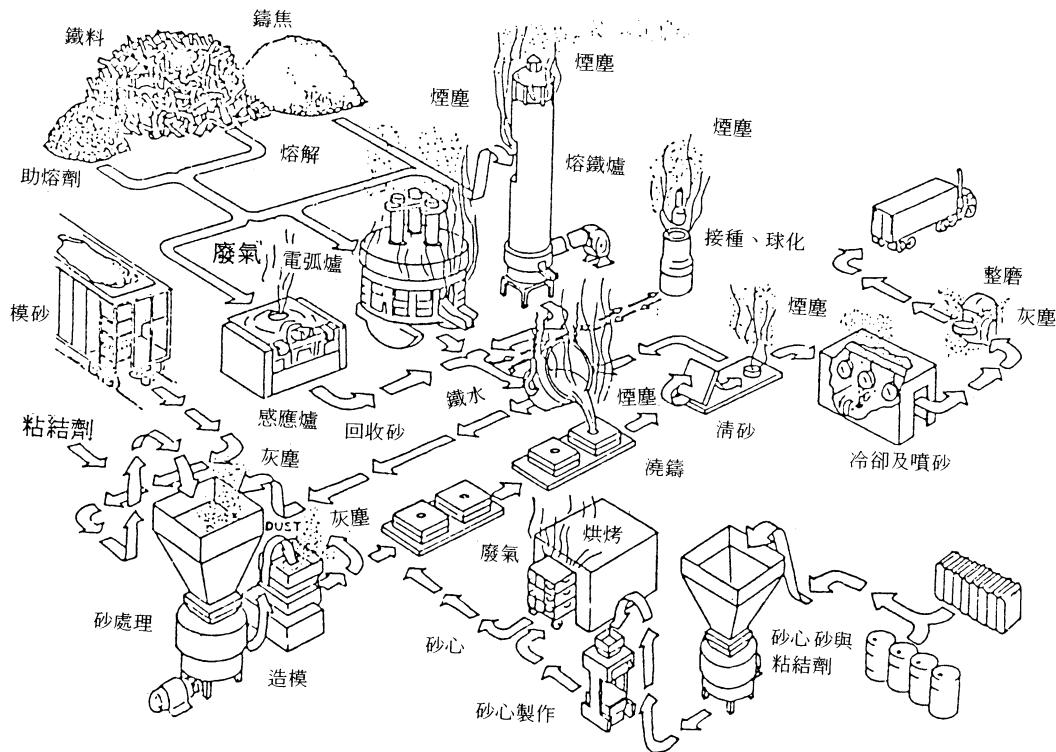


圖 2 鑄造廠空氣污染排放源示意 (11)

熔鐵爐是把鐵料直接加在鑄焦裡，以鼓風助燃方式使其熔化，是一種快速昇溫且熔解量大的熔鐵方法，而為鑄鐵工業普遍使用的熔解設備。但大量鑄焦燃燒時亦產生大量的空氣污染物，其廢氣含有CO、CO₂、SO₂等有害成份，而灰塵排放率平均約7.6kg/t.鐵水。至於感應爐的加料一段皆為經過選擇的乾淨廢鋼，故污染程度較輕微，其灰塵排放率在0.12~0.7kg/t.鐵水。但若添加切削屑等髒廢料時，灰塵排放率亦增加。

四、國內熔鐵爐排氣集塵技術現況(2)

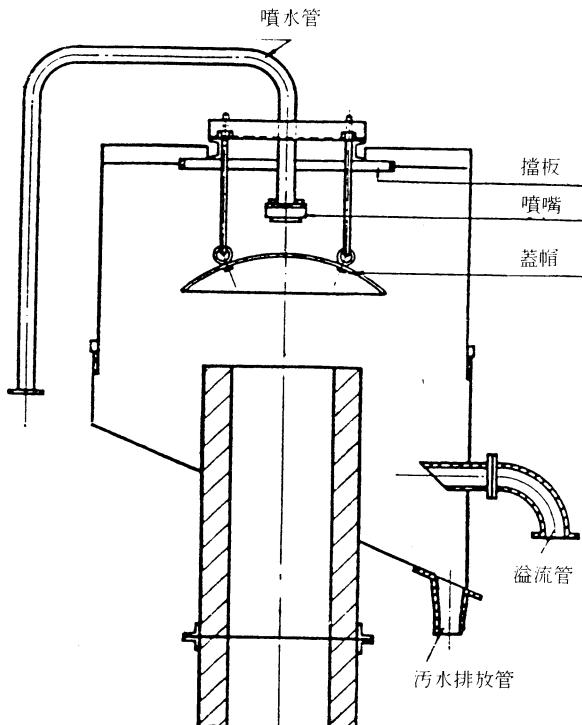
國內熔鐵爐使用的集塵設備可分為兩大類：

- 不需抽氣機、導管及冷卻設備的簡易集塵器。
- 需要抽氣機、導管及冷卻設備的中高效率集塵器。

簡易集塵器亦廣泛使用於國外的小型熔鐵爐（3t/h以下），可分為濕式與乾式兩種。

- 濕式（圖3）

這是種最廉價的洗塵器，其壓力降小於6mm 水柱。頂端設有蓮蓬式噴霧裝置，或直接以水管將水柱噴至蓋帽(wet cap) 頂部形成水幕。可去除一半以上較大的塵粒及 $1/3 \sim 1/2$ 的 SO_2 ，唯一需要動力的設備是抽水泵。



(a) 噴霧式

圖3 簡易濕式集塵器構造

- 乾式

頂部無噴水裝置，只能去除較大塵粒，無法去除SO₂，不需任何動力設備。

中高效率集塵器亦有乾式及濕式兩類，前者如濾袋集塵器，適用於較大的熔鐵爐；後者如噴霧塔洗塵器。濾袋集塵器之缺點在其常需較大之安置空間與具有爆炸或燃燒等潛伏危險，另一缺點是無法去除SO₂。SO₂易吸附於次微米的塵粒而進入人體肺部深處，對人畜之危害極大。SO₂亦會破壞植物葉片組織，降低光合作用能力，使農作物或果樹之收獲量減少。需要抽氣機的洗塵器中以噴霧塔之結構最簡單且操作容易，其除塵原理與簡易濕式集塵器相同，主要是藉塵粒與小水滴的慣性衝擊而去除之。

4.1 國內各種集塵系統之統計

在調查的107座熔鐵爐中，以裝設簡易濕式集塵器者54座最多；簡易乾式集塵器有17座，裝設噴霧塔洗塵器者有10座，因部份工廠為兩座熔鐵爐共用一套噴霧塔，共有6套噴霧塔；使用濾袋集塵器者只有二座（共用一套）。裝設火星攔截器者有8座，而未裝設任何集塵設備者有16座，詳見圖4。若以家數來統計，則使用簡易濕式集塵器者有38家，佔最大比例，如圖5。火星攔截器之外型類似斗笠，置於爐頂煙道上方，只能將火花及體積較大的雜物擋下掉落至爐體四周或廠房屋頂，避免其飛散至遠處，並無集塵效果，故將之列入未設任何集塵器者。

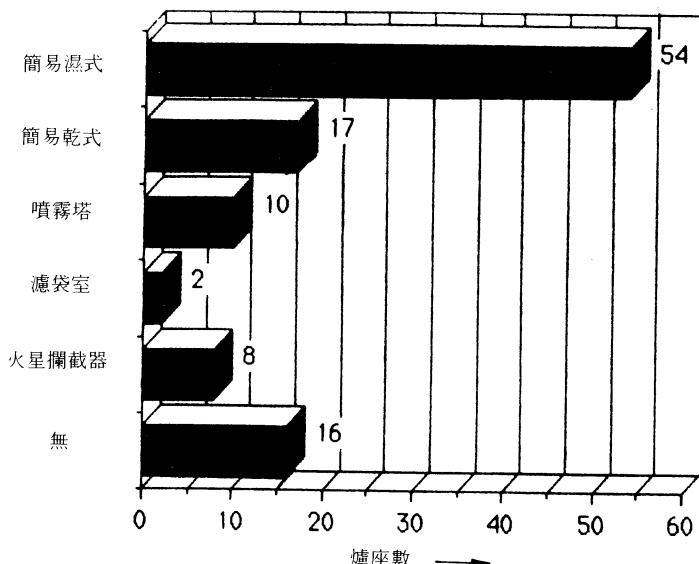


圖4 熔鐵爐集塵器種類之統計

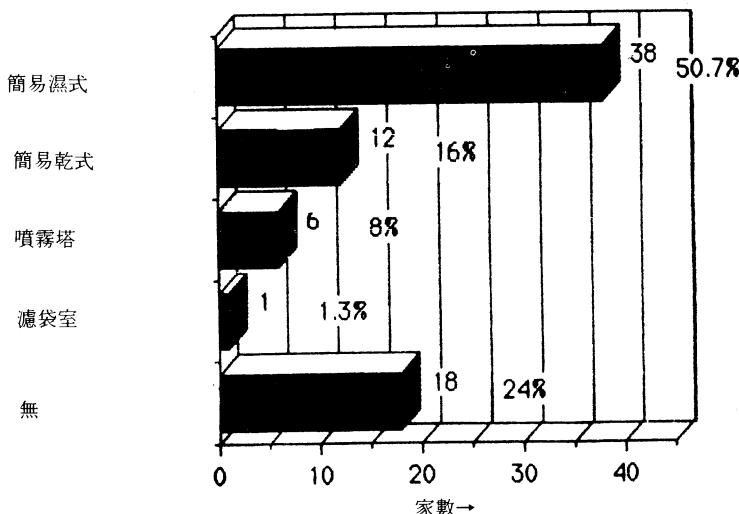


圖 5 熔鐵爐工廠裝設集塵器種類之統計

4.2 集塵系統之設計、製作與費用

國內熔鐵爐所用的簡易乾、濕式集塵器大多為爐體的附屬設備之一，由設備製造商設計並安裝。少數為另外委託防污設備廠商或鐵工廠製作安裝。

6家使用噴霧塔洗塵器的工廠中，有4家是委託國內防污設備廠設計製作，有一家是由國外廠商設計製作；另外一家是業者自行設計製作的小型噴霧塔。國內設計的這5套噴霧塔並未加設熱交換器，以充分回收廢熱。其中有兩家是原先即採用爐頂式預熱鼓風方式，另3家採用冷風送風。而國外設計的這套噴霧塔設有復熱式熱交換器，可將鼓風預熱至400~500°C，另設有水／廢氣熱交換器，可將冷水加熱至60°C供廠內使用。熔鐵爐的廢氣潛熱約佔總輸出熱的45%。調查中唯一的這座濾袋集塵器是由國內廠商設計製作，未另設熱交換器，而採用爐頂式預熱鼓風方式。國內已具備設計製作熔鐵爐集塵系統之能力，但有關廢熱回收利用之技術則有待加強。

4.3 設備費用與使用年限

- 簡易濕式集塵器

以2 t/h的熔鐵爐為例，碳鋼製作的簡易濕式集塵器費用約5萬元，使用壽命視鋼板厚度而異，約1~4年。若使用300系不銹鋼製作，費用約15萬元，使用壽命已有達10年者。上述費用不含沉澱池建造費。

- 噴霧塔及濾袋集塵器

表3為6座噴霧塔與1座濾袋室的設備費與預計使用年限說明。設備費最高者為400萬元，最低者為13萬元。依爐容量、噴霧塔構造及尺寸而呈頗大差距。預計使用年限最長為10年，最短為2年(F廠)，因F廠的噴霧塔乃自行設計製作，尚在試用階段，預計2年後視狀況而改善更新。

表3 噴霧塔與濾袋室之設備費比較

爐熔解量及 數量	設備費 (萬元, 台幣)	預計 使用年限	裝設年代 (民國)	備註
A:6t/h×2	200	10年	77.	含沉澱塔。
B:5t/h×2	200	10年	77.	不含沉澱塔。
C:4t/h×2	400	10年	77.	含沉澱池，煙道加設靜電集塵器。
D:2.5t/h×2	100	5年	77.	含沉澱池。
E:1t/h×1	30	5年	75.	含沉澱池。
F:1.5t/h×1	13	2年	77.	無沉澱池。
G:2.5t/h×2	200	5年	76.	濾袋集塵器。

4.4 集塵系統之運轉問題

1. 簡易乾、濕式集塵器

業者在操作時所遇的問題列舉如下：

- 蓋帽受熱變形。
- 洗塵水排放管堵塞。
- 噴水管或蓮蓬式噴嘴堵塞。
- 設備腐蝕不堪使用。
- 抽水泵葉片磨損、腐蝕。
- 以木材點火燃燒底焦時易排放大量燻煙，無法捕集。
- 水壓不足時，噴霧範圍縮小，降低除塵效果。

採用水幕式時，水柱易受氣流影響而偏向，造成冷卻不均，蓋帽易局部變形。且水量不易控制恰當，太多時廢氣不易穿越水幕，太少時水幕間有空隙，降低除塵效果，採用噴霧式噴嘴則可增加懸浮液滴與塵粒接觸的機會。有些工廠曾使用不銹鋼蓋帽，亦發生變形，因不銹鋼的熱傳導率約為碳鋼的1/3，而300系不銹鋼的熱膨脹係數約為碳鋼的1.5倍($0^\circ \sim 538^\circ\text{C}$ 之間)。

2. 噴霧塔洗塵器

(1) 風車設備

- 額定抽風量

表4為6座噴霧塔及1座濾袋室的相關操作數據，其中有兩廠未能提供正確的風車額定抽風量，故只以其餘4座噴霧塔來比較。

以熔鐵爐單位熔解率的大小來比較噴霧塔之額定抽風量，可看出其抽風量大致相同（圖6）。甲噴霧塔的樣本太少，故無法判斷額定抽風量與熔解率的正確關係。這4座噴霧塔平均單位熔解率需要 $72\text{Nm}^3/\text{min}$ 的額定抽風量。

表4 噴霧塔及濾袋室之相關操作數據

爐熔解率及數量	額定抽風量 (Nm^3/min)	風車馬力 (Hp)	廢氣排出方式	廢氣冷卻方式
A:6t/h×2	500	41	加料口下方	空氣／廢氣及水／廢氣熱交換器
B:5t/h×2	350	30	加料口上方	由加料口引入空氣
C:4t/h×2	300	25	加料口上方	由加料口引入空氣
D:2.5t/h×2	150	15	加料口上方	由加料口引入空氣
E:1t/h×1	—	—	加料口上方	簡易濕式捕集器
F:1.5t/h×1	—	10	加料口上方	簡易濕式捕集器
G:2.5t/h×2	230	75	加料口上方	由導管引入空氣+簡易濕式捕集器

註：1.G廠使用濾袋集塵器

2.E.F兩廠使用的風車量資料不全，無法查證。

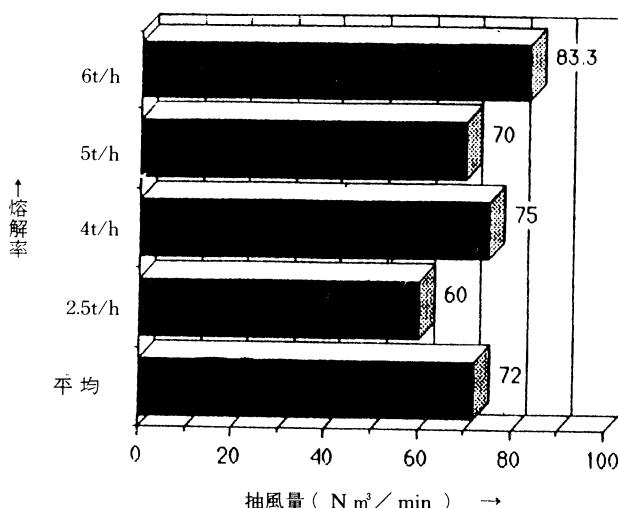


圖6 噴霧塔每噸容量之額定抽風量比較

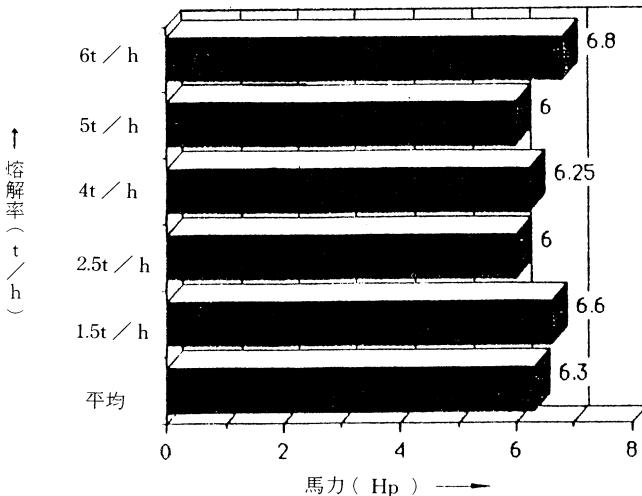


圖 7 噴霧塔中，單位熔解率所需的風車馬力比較

- 馬達馬力

在5座噴霧塔中，每單位熔解率所需的風車馬力亦大致相同（圖7），平均每單位熔解率的馬達馬力為 6.3Hp。因這些噴霧塔的單位熔解率所需的抽風量相差不多，且風車靜壓與風車靜壓效率亦大致相同，故單位熔解率所需的風車馬力大致相等。

註：風車馬達的軸動力與風量Q(Nm³/min)及風車靜壓Ps(mmH₂O)之關係如下：

$$L = \frac{Q \times Ps}{4500 \times \eta s} \quad \eta s: \text{風車靜壓效率}$$

(2)廢氣排出方式

6 座噴霧塔中只有一座其廢氣是由加料口下方排出，其餘皆從加料口上方排出。廢氣若由加料口下方排出，則未被由加料口吸入的冷空氣稀釋；其CO含量易達13%以上，而爐氣溫度亦在537 °C以上，足以燃燒CO提高其顯熱，故適於裝設復熱式熱交換器來預熱鼓風。而廢氣由加料口上方排出的優點有：

- 由加料口吸入的空氣可將廢氣稀釋冷卻。
- 廢氣所含的CO及含碳黑煙發生自燃的機會較大。
- 由加料口吸入空氣，具有抽風機的排氣效果，可淨化廠內空氣。

(3)廢氣冷卻方式

6 座噴霧塔中只有一座具有空氣／廢氣及水／廢氣熱交換器，以冷卻廢氣並回收潛熱。另有二座是在爐頂裝設簡易濕式集塵器，具有初次集塵與冷卻雙重功能。其餘3 座並未裝設額外的冷卻設備，只由加料口吸入空氣，並藉長導管的大氣對流與輻射來冷卻廢氣。採用有抽風機的集塵器時，廢氣在進入集塵器或接觸風車之前皆需先冷卻降溫，以免損壞集塵器，並可減少處理的廢氣量。熔鐵爐燃燒底焦時，爐氣溫度可高達1200 °C；因此時爐氣未被加料吸收熱量，且CO可能發生自燃。故冷卻系統之設計需考慮此種合成效應所產生的高溫狀況，可由計算焦炭率或量測正式熔煉時的廢氣溫度來設計冷卻系

統，並需考慮到廢氣噴水冷卻形成水蒸氣後所增加的流量。

(4)操作時所遭遇的問題

這6套噴霧塔正式操作迄今時間尚短，業者將視使用情形而設法改善操作效率。目前在操作時，煙道仍排放濃密白煙，其不透光率超過目測判煙的取締標準，造成困擾。此種略帶棕色的白煙是否為微細的金屬燻煙或是水蒸氣仍有待檢測查證。有家工廠在煙道排放口加裝靜電集塵器，設法減少白煙，但效果不彰。此外，以普通鋼製的噴霧塔腐蝕情形較嚴重，有待改善。

3.濾袋集塵器

本次調查唯一的一座濾袋集塵器其廢氣是由加料口上方排出，爐頂原來即設有簡易濕式集塵器。另外，由導管引入空氣來降溫，故每單位熔解率所需的額定抽風量高達 $92\text{ Nm}^3/\text{min}$ ，馬達馬力亦高達30Hp。其風車在濾袋室之後，採用聚酯濾袋，耐溫 120°C ，最高進氣溫度 100°C 。

採用引入外界空氣稀釋冷卻廢氣的優點是設備簡單，費用低，缺點是大量增加廢氣體積。若欲將燃燒底焦所產生的廢氣冷至 250°C ，則典型的外界空氣需要量為鼓風量的10倍。

4.5 業者之操作經驗與改善構想

熔鐵爐業者對其集塵設備不滿意之處有一些改善構想，其操作經驗顯示可提高集塵效率，茲舉其大要條列如下：

- 在簡易濕式集塵器之蓋帽表面加鋸突出物，使表面呈梯田狀或鋸齒狀，增加水霧噴濺效果並使冷卻均勻。
- 在濕式蓋帽頂部加設圓柱形容器，水先注滿容器後溢流至蓋帽，如此兼俱水幕式及噴霧式雙重功能。
- 設有多數噴嘴的水管水平置於濕式蓋帽上方，取代單一噴嘴，增加懸浮噴霧數量。
- 裝設爐頂式熱交換器，冷卻廢氣，延長蓋帽使用壽命。
- 在噴霧塔內部加裝鉻鋼製濾網（多重式），不必停機即可交互替換取出清洗。

根據國外業者之操作經驗，下列措施具有污染防治或節約能源之功效，足供國內業者參考：

- 將設有許多噴嘴的環形水管置於濕式蓋帽邊緣，提高捕集效率。
- 簡易濕式集塵器下端設置溢流管，防止底部排水管堵塞時洗塵水無法排出。
- 另設兩支副煙道，以三組簡易濕式集塵器同時操作，煙道底部轉折處有初次集塵功效，較大塵粒可由此處的孔口排出，濕式蓋帽當做二次集塵器。
- 噴嘴塔的前段加裝乾式集塵器，先去除較大塵粒以減輕負荷。
- 加 Na_2CO_3 或 NaOH 於洗塵水中，將其中和，防止其變酸性，腐蝕設備。

- 使用硬鉛（含7~25%錫之Pb-Sb 合金）或耐硫酸之合金製造的抽水泵，提高耐蝕性。
- 採用氣體燃料點燃底焦，減少點火時產生的煙霧。
- 增加煙囗高度，促進污染物擴散，降低地面排放濃度。

4.6 熔鐵爐工廠基本資料

1. 熔解率之等級分佈

熔鐵爐之熔解率由爐內徑、鐵焦比及鼓風率決定之。調查的107 座熔鐵爐中，其熔解率最大者為10t/h(目前國內最大者)，最小為0.06t/h，平均為2.7t/h。其中在1.0~2.0t/h之間者有42座 (39%)，佔最大比例，詳見圖 8；而熔解率在2t/h以下的小型爐佔了47%，可見鑄造規模過小。

2. 數量

在75家熔鐵爐工廠中，每家所擁有的熔鐵爐數量最多 3座，最少1座，平均1.4座，擁有1座熔鐵爐之工廠有50家，佔最大比例（圖9）。

3. 焦炭消耗量

焦炭消耗量是指熔煉一噸鐵水所需底焦與層焦之總和，消耗量在100~150kg者有32家，佔最多數 (42.6%)，其次是151~200kg者有27家 (36%)。消耗量最高者為360kg，最少為86kg，平均為182kg（圖10）。

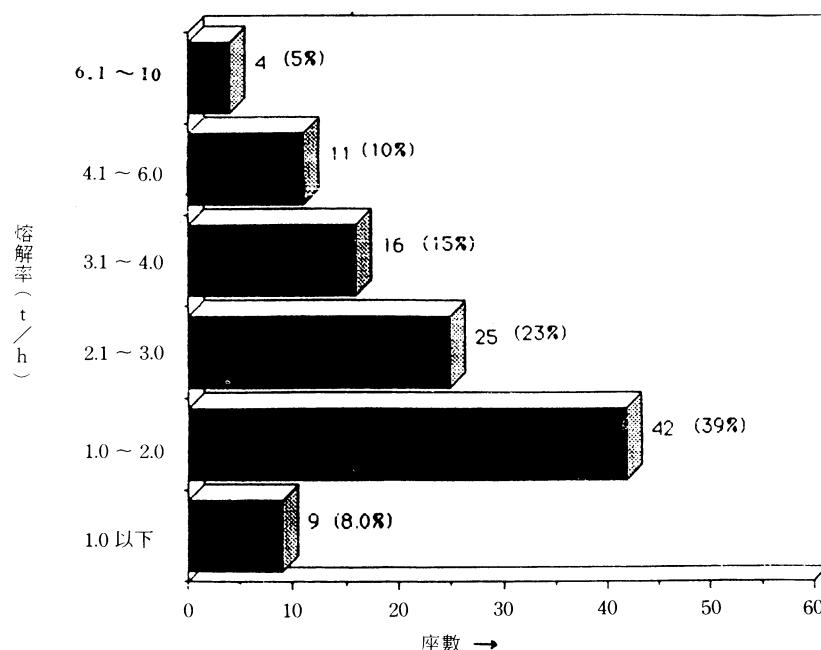


圖 8 107 座熔鐵爐熔解率等級分佈之比較 (11)

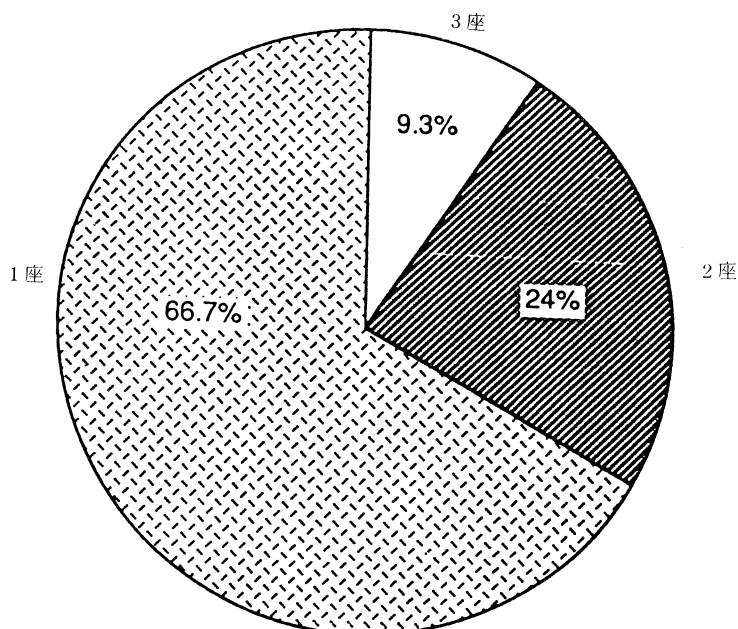


圖 9 75 家熔鐵爐工廠所擁有的熔鐵爐數量統計

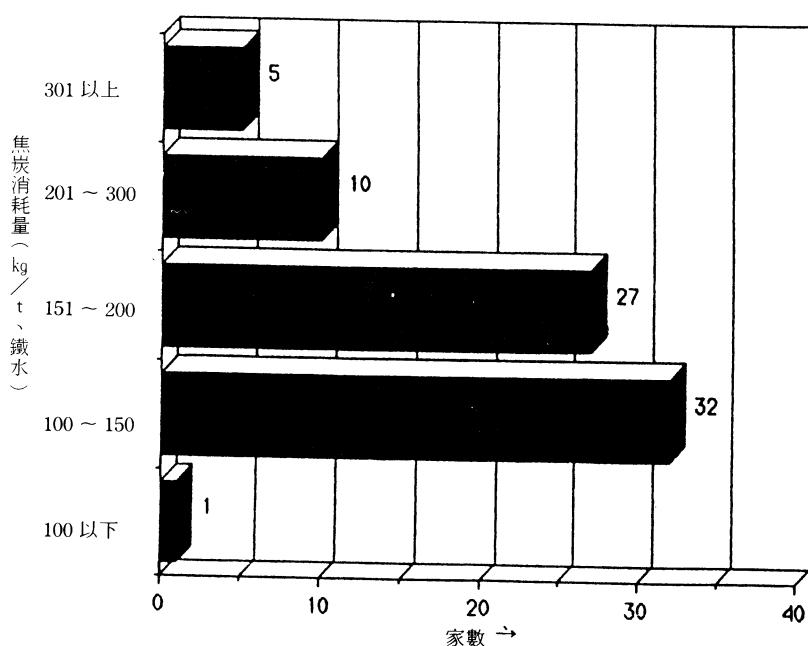


圖 10 熔鐵爐焦炭消耗量之比較

五、國內感應爐排氣集塵技術現況(2)

5.1 感應爐之特性

感應電爐與熔鐵爐最重要不同之處在於不是由外加的固體、氣體燃料而產生熱量，而是藉電能使金屬加料自身感應發熱而熔解，故感應加熱之熱損失最少。使用瓦斯、重油或焦炭加熱時，大部份熱量損失於廢氣及爐壁輻射熱等，而未加熱於金屬。熔鐵爐的使用歷史已超過一千年，而感應爐應用於鑄造只有六十餘年，然而基於下述優點，近年來感應爐在工業先進國家的數量皆有漸增之趨勢，許多熔鐵爐已被感應爐取代：

- 热效率高：低周波爐之熱效率大於60%，而熱風熔鐵爐一般小於40%。
- 污染排放物少：降低集塵系統之操作成本。
- 成份均勻且易控制與調整，減少金屬損失。
- 細小的鐵屑廢料可當做加料，降低原料成本。
- 操作簡易需人力較少。

感應爐的產能在鑄造業所佔比例較熔鐵爐為低，其粒狀污染物的總排放量亦較少，故予人的印象是污染程度較輕微；但業者為降低原料成本，常添加含大量油污的切削屑、鑽孔屑，故在加料、出鋼期易產生大量的煙燻，其中並含有毒氣體成分，不但危害員工健康，亦使廠內外環境品質惡化。

5.2 國內各種集塵系統之統計

感應爐回收的有效問卷有56家，計135 座。其中已裝設抽氣或集塵設備者有12家，佔21%；而尚未裝設者有44家，佔79%，比熔鐵爐者高出許多。12家有防污設備的工廠中，有 6家採用濾袋集塵器，4 家採用噴霧塔，1家採用旋風集塵器，另有1家只有抽風氣罩而無集塵器（圖11）。

5.3 集塵系統之安裝與費用

12家已有防污設備的廠家其裝設年代與設備費用列於表 5，大部份廠家是在近幾年才裝設集塵器。其中有些是1座爐體使用1座集塵器，有些是2座以上爐體共使用一座集塵器，依處理風量大小及系統複雜程度的不同，其設備費用之差距頗大。若將系統裝設費用除以感應爐的總噸數來比較顯示感應爐的總熔解量愈小，則每公噸公稱容量所需的濾袋集塵器裝置費愈高。總容量在 1t 以下者有2 家使用濾袋集塵器，其每噸的設備費用平均高達271萬元，容量1t者為40萬元，2t者為25萬元，7t者因共有5座爐體，其風管及控制系統皆較複雜，故裝置費用每噸為40萬元，而總容量24t 者，每

噸的裝置費用只有12萬元。6家使用濾袋室的工廠，每噸的裝置費用平均為77.6萬元（圖12）。

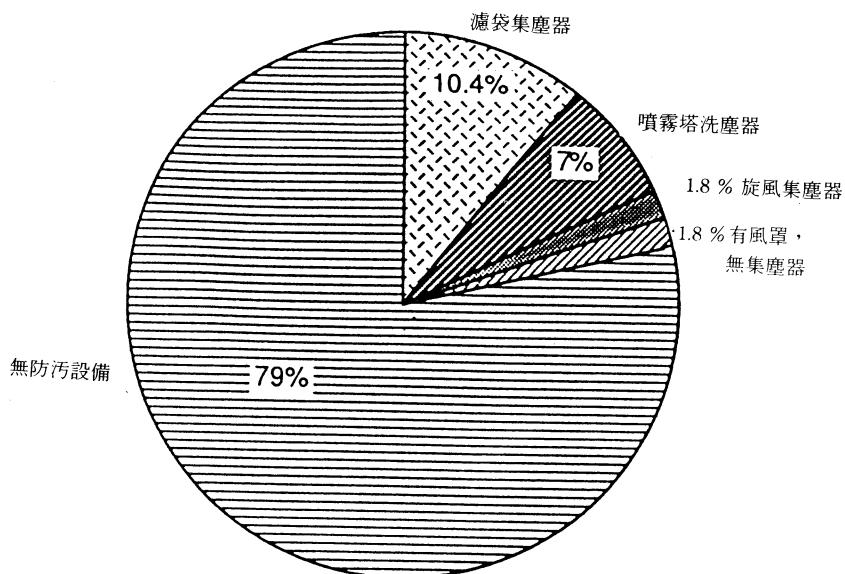


圖 11 感應爐各種集塵系統之統計

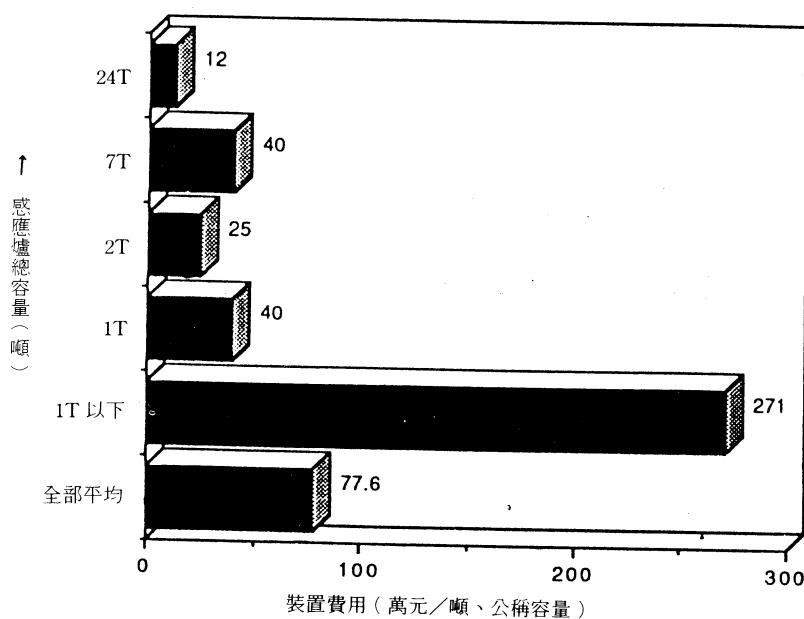


圖 12 感應爐所需濾袋集塵器裝置費用

表5 感應爐集塵系統之裝設年代與費用

廠家	感應爐容量及數量	污染防治設備型式	裝設年代(民國)	系統初裝設費(萬元)
A	1t(3座), 2t(2座)	濾袋集塵器	78年	280
B	0.2t(2座)	濾袋集塵器	72年	150
C	0.3t(2座)	濾袋集塵器	77年	100
D	1t(1座)	濾袋集塵器	75年	40
E	1t(1座)	濾袋集塵器	64年	50
F	8.2t(3座)	濾袋集塵器	70年	300
G	1.5t(2座)	濕式洗滌器	75年	50
H	1.5t(3座)	濕式洗滌器	77年	100
I	1t(1座)	濕式洗滌器	76年	15
J	1.5t(1座)	濕式洗滌器	74年	15
K	1t(1座)	旋風集塵器	76年	20
L	0.09t(2座)	經氣罩排放	77年	20

採用噴霧塔洗塵器其每噸的裝置費如圖13所示，這與濾袋集塵器的情形相反，即總熔解量愈大者其裝設費用愈高。原因是小型噴霧塔的結構簡單，費用低廉；而大型噴霧塔的結構複雜，價格的差距亦大。4家工廠每噸的裝置費用平均為17萬元。

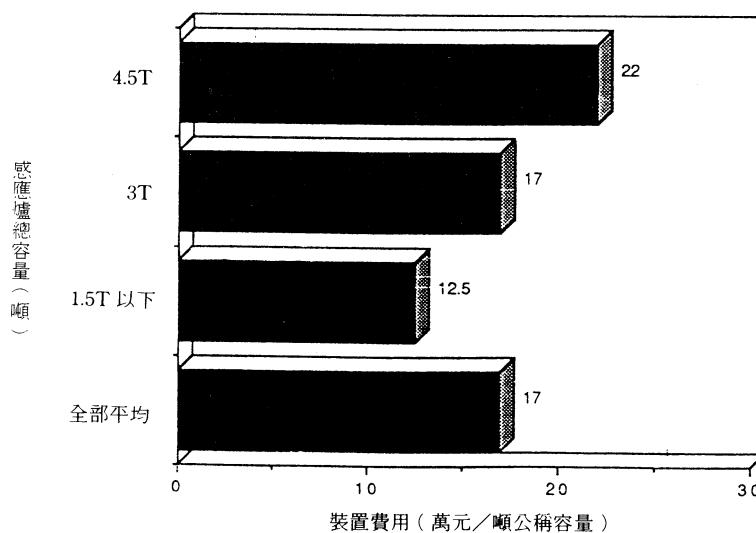


圖 13 感應爐所需噴霧塔洗塵器裝置費用

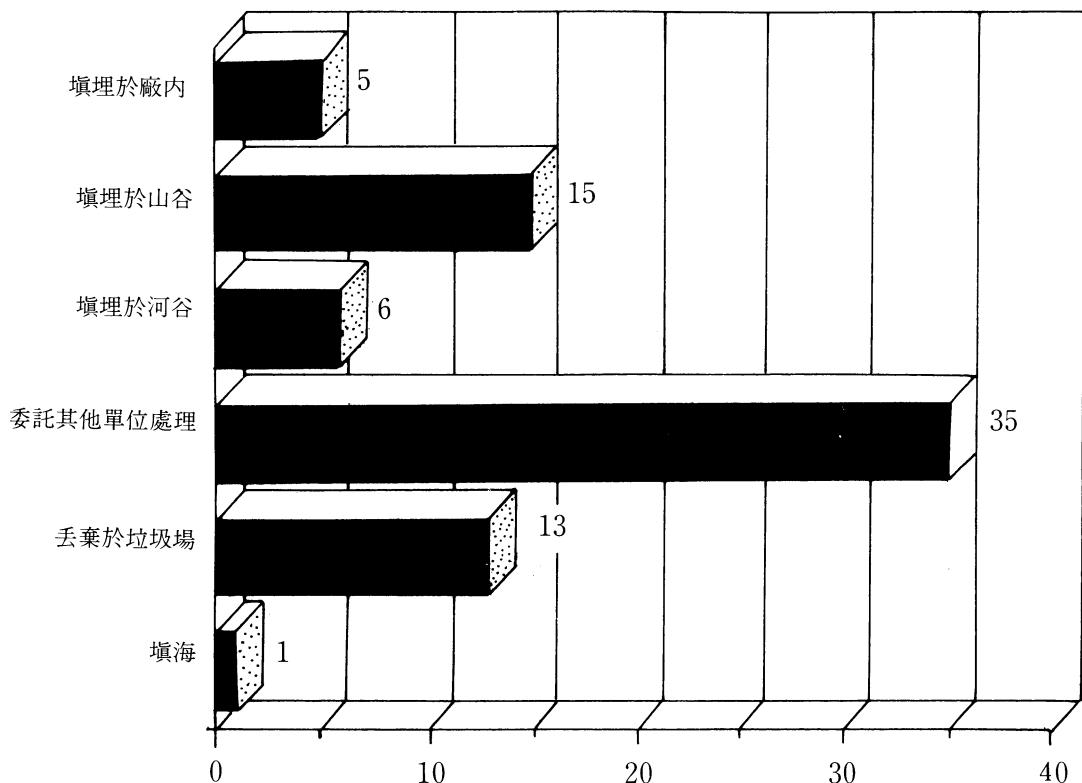


圖 14 熔鐵爐鑄造固體廢棄物處理方式比較

六、固體廢棄物之處理(6)(7)

鑄造工業產生的固體廢棄物種類有：廢砂、研磨屑、粉塵、污泥、爐渣等。此次調查由於國內業者多未做此方面之統計，而未能獲得各項固體廢棄物發生量之確實數據，但由文獻得知，熔煉一噸鐵水可產生320~790Kg的固體廢棄物，依製程與產品而異。其中廢砂所佔比例最大，可達600kg，爐渣約150kg，熔鐵爐的粉塵或污泥約10kg。以國內鑄鐵的年產量85萬噸(1987年)來估算，則每年廢砂的發生量可達50萬噸，爐渣13萬噸，熔鐵爐粉塵或污泥0.85萬噸，此外還有從砂處理、回收區與噴砂作業區收集的粉塵約3萬噸。目前這些固體廢棄物的處理方式不外乎直接丟棄或掩埋填土，有少數業者將爐渣出售做為築路或填地之用。圖14為處理方式之統計，因有些業者的處理方式不止一種，故採多選方式統計之。

丟棄的廢砂遇水會溶出矽、氯化物等；以 CaC_2 脫硫產生的爐渣含有 CaS 與 CaC_2 ，遇水形成 H_2S ，會產生對人畜有害的刺激性臭味。而熔鐵爐收集的粉塵、污泥遇水會溶出過量的Pb、Cd，美國EPA 已將上述各項列為有害廢棄物。這些廢棄物若未經中間處理就任意棄置或掩埋的話，由於其中所含毒性物質的滲出、溶出或揮散，在一段時間後，污染了土壤、地面水、地下水及空氣等，會再度造成嚴重的二次公害問題。目前政府尚未建立區域性的安全掩埋場，業者應避免將有害廢棄物傾倒在河邊或地下水水源區附近。掩埋的地點則應選擇滲透率低，同化力(assimilative capacity) 較高的粘土區，避免選擇含大量砂與碎石的區域。因掩埋場地的取得日益困難，而部份地區的垃圾場在接受這些廢棄物時，開始要求業者付出處理費，使得生產成本提高，業者皆希望有關單位能儘速統籌規劃，協助解決。

七、結論

1. 目前國內的2t/h以下小型熔鐵爐佔大多數，而簡易濕式集塵器為最普遍使用之防污設備，故改善其操作效率可做為有關單位短期之研究目標。
2. 熔鐵爐業者使用的各式集塵器，國內已具備設計、製作之能力，但集塵效率有待改善。
3. 熔鐵爐作業中，以點燃底焦時煙塵排放量最大，時間持續20~30分鐘，此時簡易乾、濕式集塵器無法有效捕集煙塵。
4. 在調查的56家感應爐工廠中，已裝設集塵設備者佔21%，尚未裝設者佔79%。有防污設備之工廠中，以濾袋集塵器佔多數。

八、建議

1. 熔鐵爐業者可使用瓦斯或氧／丙烷火焰設備輔助點燃，以減少污染排放量。
2. 避免將焦炭、生鐵等原料貯存於露天泥土地，造成表面鬆散或氧化現象。石灰石等副料應經過篩選，以去除細小顆粒，並選用粒度適當之焦炭以降低污染。
3. 感應爐業者採用濾袋集塵器時，最好在濾袋預先被覆一層吸收材料，並選用含油污少的乾淨加料。
4. 甲廠的事業廢棄物可能做為乙廠的原料或其他用途，故業者可經由工研院「事業廢棄物交換資訊服務中心」的仲介，尋找適合的廢棄物供需者，以降低處理費用。
5. 開闢設立鑄造專業工業區，合併小廠成為大型鑄造廠，以利於統籌規劃環保工作，如設置原料前處理工廠、庫房、廢水處理廠、廢棄物處理站等。此外可裝設共用的集塵設備，並統一辦理原料進口、產品出口等事宜，如此可降低生產成本，同時可將鑄造廠遷離住宅區以改善環境品質。

參考資料

1. 林良清：'MARKET OPPORTUNITIES, LATEST TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR FOUNDRY AND DIE- CASTING PRODUCTS- THE TAIWAN EXPERIENCE'.
2. 陳文雄、劉文海等：「台灣地區熔鐵爐污染處理技術現況調查研究」，金屬工業發展中心，中華民國78年6月。
3. 王大倫、卓照明譯：「德國鑄造技術資料選譯集」，p6-2，技術資料NO.140，中華民國鑄造學會，中華民國76年12月。
4. 馬寧元、尤崑彬等：「鑄造工業污染防治技術集彙」，P37，技術資料NO., 152，中華民國鑄造學會／金屬工業發展中心，中華民國78年7月。
5. 陳文雄、劉文海等：「熔鐵爐污染防治技術之評估」P33～35，金屬工業發展中心，中華民國77年1月。
6. 石野亨：“キエボラ”，新日本鑄鐵鍛造協會，P193，1985。
7. "Solid Waste Disposal"，American Foundrymen's Society, chapter3, 1979.