

除塵技術(六)

徐永錢*

肆、過濾式除塵設備(續)

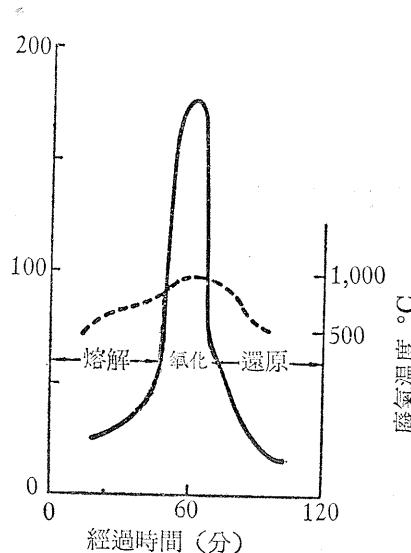
4.11 濾袋除塵式之應用例：

4.11-1 電弧爐廢氣除塵設備：

一般民間之煉鋼大都採用電弧爐方式較多，而此種煉鋼，在進料及氧化期間，會有大量的塵埃產生，使工廠附近的空氣大受污染，此種情形，在臺灣是常見的污染之一。今分別討論如後。

(a) 電弧爐之操作與塵埃之發生量：

臺灣常見的電弧爐，在其構造上來看，都不能裝設煙道，因此，濃煙及灰塵都隨著操作口，鐵水出口以及電極之四周冒出，擴散至好幾哩外，使大氣受污染。有關於排放氣體與溫度之情形，可用圖二十三表示。



圖二十三 操作時間與廢氣排放量與溫度之關係

從此圖中，可知，此爐之操作大致上可分為熔解、氧化、還原三期，順次進行。由於在氧化期中，要把廢鐵中所含有的雜物完全燃燒，要吸入大量氧氣，同時會排放大量的廢氣。此量大約是熔解期及還原期之幾倍至十幾倍之多。

* 本小組委員

臺灣工業技術學院化工系副教授

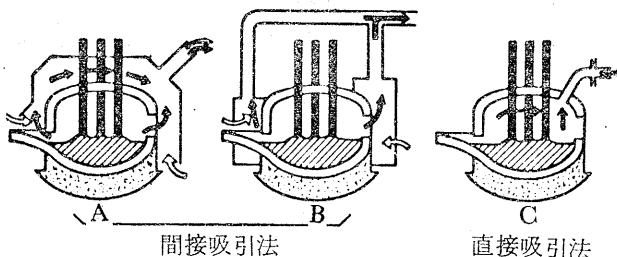
此種廢氣中，常含有碳之不完全燃燒之一氧化碳，此種氣體不但有毒，且容易引起爆炸，吾人必須特別注意處理，故一般另裝設有 CO 轉化成 CO₂ 之轉化槽來處理。關於此種廢氣在操作各期之組成，可用表十示之。

表十 廢氣之組成及灰塵量

操作期別	主要組成 %			灰塵量 g/Nm ³
	CO ₂	CO	H ₂ O	
熔解期	0.5~5	0.5~10	10~14	1~25
吹氣精煉期	0.4~10	15~40		25~40
還原期				2~8

(b) 除塵方式：

電弧爐之集煙方式，大體上可分間接吸引式及直接吸引式兩種。如圖二十四所示。



圖二十四 電弧爐廢氣之吸引法

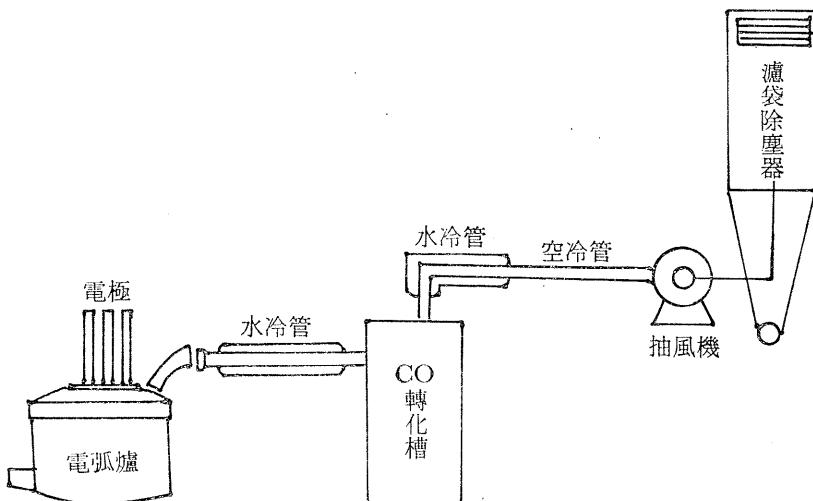
間接吸引方式：此種為在電爐上方或開口部，裝設集煙罩，使發生之煙塵能被吸引進入煙道中。如果設計之設備稍有差錯，對於爐內之熔解金屬的冶金溫度不會有影響。但是，因有罩子在爐上方，操作及保養很不方便，同時，吸引風量要大，使用抽風機之馬力較大，無形間會增加設備費及操作費。以前主要應用五噸爐以下者為多。目前雖然也有應用於較大型的電弧爐上，但相當不經濟，不易被大眾採用。現在，各國亦在進行研究發展中，以便能兼顧防治空氣污染及經濟操作。

直接吸引方式：此為利用爐蓋開一適當孔徑連接於排氣管，直接抽引爐內的 1500~1600°C 之廢氣及塵埃。如與間接吸引式比較時，所需要之設備較小即可，同時操作上很便利，所需要的抽風機比較小即可。然而，這種高溫處理方式，在設計及材料的選擇要有特別的技術才可。為了保持高品質及節省能源起見，設計之抽風量必須恰恰好，不能太多或太少。另外，此種直接吸引方式在進料時，常會發生大量的煙塵現象，為目前必須研究開發之處。在能源回收利用方面，在日本已經開發新的廢鐵預熱設備，據說其效果很好，國內有必要進一步研究。

(c) 直接吸引式之設備系統：

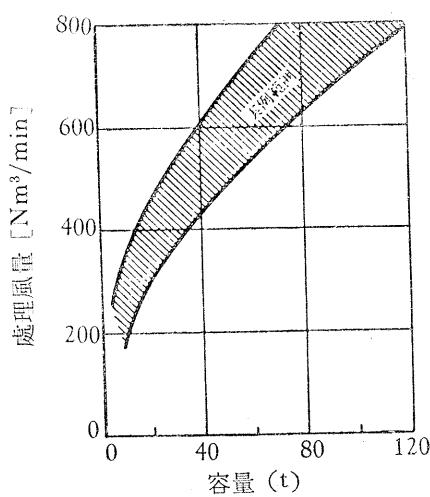
如圖二十五，在爐蓋上裝設之抽氣管，另加設能調節空氣量之擋風門，以便抽空氣進入一氧化碳轉化槽，把一氧化碳燃燒成 CO₂，以免發生爆炸之危險。在抽氣管外另設水冷套管，以保

護抽氣管不被高溫損壞。在一氧化碳轉化槽出口亦裝有水冷套管及空冷管，使廢氣溫度降至 150°C 以下（如濾布採用玻璃纖維者，可降至 260°C 以下即可）。然後用抽風機送入濾袋除塵室除去塵埃後，排放入空中。



圖二十五 直接吸引式之除塵流程

此種方式之吸引風量與爐之容量關係，可參考圖二十六。



圖二十六 直接吸引處理風量與電弧爐容量關係圖

塵埃之組成，因受廢料之種類而異，同時也受操作所經過的時間之長短而變化很大，今列舉一些例子如表十一以便參考，此表中所示，不銹鋼之塵埃，除了一般碳鋼之 Fe_2O_3 外，也含有鉻在內。其組成乃是以 Fe_2O_3 佔30—50%為主。

表十一 電弧爐煉鋼之塵埃組成%

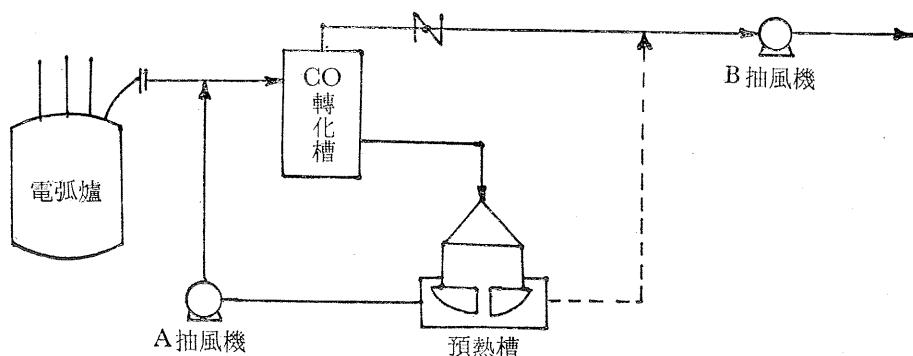
成 品 公 司	Fe_2O_3	Cr	Mn	Al_2O_3	ZnO	CaO	Cl_2	SO_2	SiO	H_2O
不銹鋼	A 15.8	10.0		9.2	0	11.4	3.2	2.3		6.7
	B 58.6	8.6				1.6	2.5			2.7
軟 鋼	C 58.4	0.9	9.6	0.4	3.9	7.9		1.1	4.4	
	D 52.9		7.2	0.4		1.5			7.2	
	E 76.6					9.4	0.3	0.1		0.3
	F 34.9			6.9	34.5	2.3		1.6		0.4
	G 31.0			5.2	50.5	3.6				4.1
	H 30.4			11.7	43.0	2.3		2.6		4.7

實際的設備，在抽引導管、冷卻管及一氧化碳轉化槽內，常有塵埃堆積，嚴重時，會引起壓損過大，使抽風機能力下降，以及引起冷卻效果不良等。又當有些廢料中含有硫的份數者，當排氣溫度降低至露點以下，它會跟水份一起附着在導管上，此種現象發生時，除了堆積障礙之外，還有被腐蝕之危險性。因此，如採用含有多量硫份、水份、Zn 份之廢料，在設計時，應加以考慮如何消除這些堆積物，以及如何決定其風速及其構造物，盡量減少有堆積的現象發生。

(e) 直接吸引式的廢料預熱方式：

目前比較盛行的廢料預熱方式；主要的有三種為主流，

第一種：其流程如圖二十七。

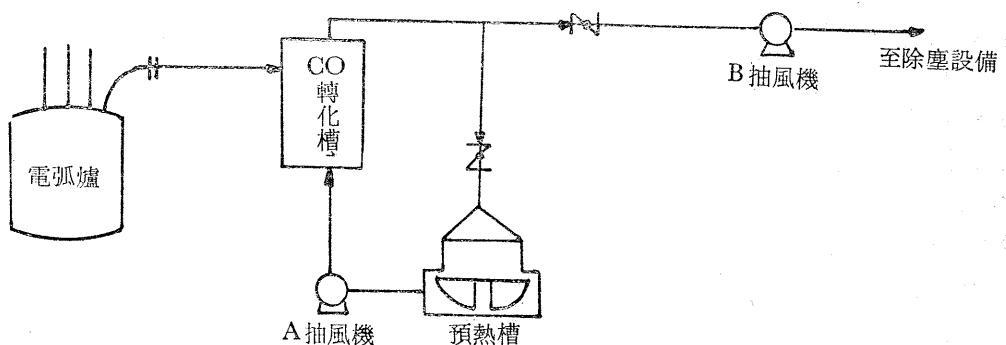


圖二十七 第一種預熱流程圖

此流程之虛線部份，為以往之預熱方式，由於在濾袋出口會冒白煙及惡臭，因此，把它改用另一送風機送回高溫之廢氣熱源中再燃燒，以便消除這些白煙及惡臭。但有其缺點，第一： CO 轉換槽及其進出口之部份導管要加大，增加投資費用。第二：因燃燒所發生的白煙回到高溫氣體中燃燒，但風速太快，無法達到完全燃燒之效果。第三：由於循環氣體，經先預熱而溫度已

顯著地降低，無法提高廢料之預熱溫度，第四：使用的送風機要能耐高溫 350°C 之機種才可。其優點有，第一： CO 轉化槽之溫度不太高，可採用較普通之材料，如預熱籃袋就不需用特殊鋼製造。第二：溫度低所使用之冷卻水較節省。

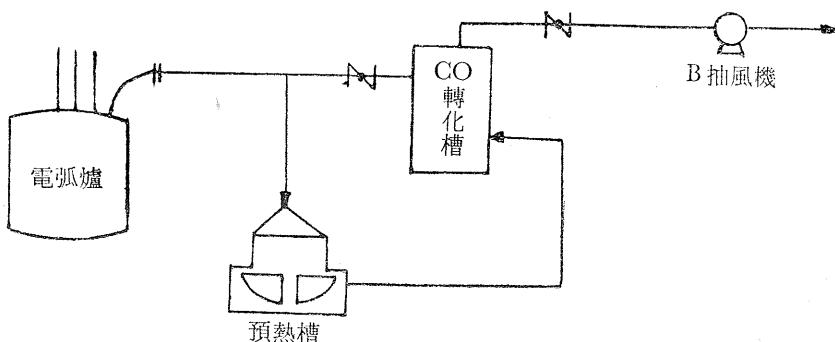
第二種，其流程圖如圖二十八



圖二十八 第二種預熱流程圖

此種方法，主要改良第一種方法之白煙及惡臭無法處理，此法是利用 CO 轉化槽來增加白煙及惡臭物質之燃燒滯留時間。據說因溫度不够高，排氣出口還有微量之白煙及惡臭。其他缺點跟第一種一樣。優點除了第一種同樣之外，能處理白煙及惡臭到達某一相當程度。

第三種，其流程圖如圖二十九。其缺點，主要是高溫操作，特別是廢料籃袋，在某部份之設備，需要用比較高價之材料才可以，不然會產生被熔解的情形。又 B 抽風機要增大，但其總馬力約與上述者差不多。另外有關高溫導管部份，需要另加耐高溫磚等保護，而增加設備費。 CO 轉化槽用高溫，需要增加冷卻水來保護它。其優點，第一：因高溫氣體進入預熱設備，能提高廢料



圖二十九 第三種預熱流程圖

之溫度達 $450\sim500^{\circ}\text{C}$ ，可大量回收熱源。同時容易控制預熱槽之溫度，只要用 CO 轉化槽之前的 damper 開度調節即可。第二：不需要循環廢氣之高溫抽風機。第三：由於從預熱槽來之廢氣溫度仍高，再與 CO 轉化槽前來之廢氣混合後，溫度仍然很高，又有 CO 轉化槽，提供足夠之燃燒白煙及惡臭物質之時間，故比上述之兩法，更容易消除白煙及惡臭之功效。

以上所述之三種方法，都各有長短，企業界選擇時必須慎重的研究考慮。

4.11—2 封屋風罩除塵設備

(a) 此設備的主要目的：

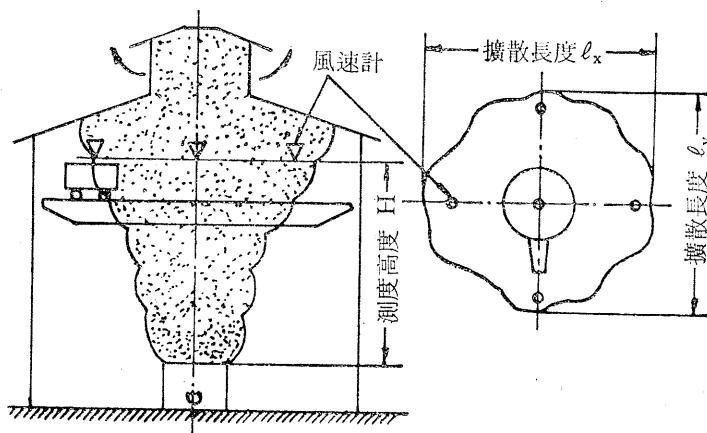
在熔解期精鍊期中，前述之直接吸引及間接吸引方式，都能完全發揮最大的除塵效果。但在進料期及中途裝料期及出鋼期等，其爐蓋都打開的，雖然所需要的時間大約五分鐘，但是其冒煙塵相當厲害，目前唯有利用封屋式除塵設備才能完全解決全廠區域之環境污染問題。

(b) 處理風量之計算方法：

像電弧爐所發生煙塵的部分都是高溫地點，煙塵也要降低溫度到大氣溫度後才能停止飛揚。因此在設計處理風量時，只要把自熱源上昇之風量抽引到除塵設備處理即可，然而電弧爐設備，除了本身以外，還受進料等設備之影響，同時爐內所發生的變化，也常受各種不同操作期而有相當的變化，無論從理論上或實測上都很難能够求出上昇風量。因此一般以下列三種方法來決定。

(i) 實測法：如圖三十所示，自爐蓋至風罩之高度，在四周圍及中央部位，採用彼托管或熱線風速計來測定 n 點之上昇速度如 $u_1, u_2, u_3, \dots, u_n$ ，再依據這些速度，計算其上昇風量 Q_a

$$Q_a = \frac{u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_n}{n} \times \frac{\pi}{4} \cdot \ell_{xi} \cdot \ell_y$$



圖三十 热風上昇測定

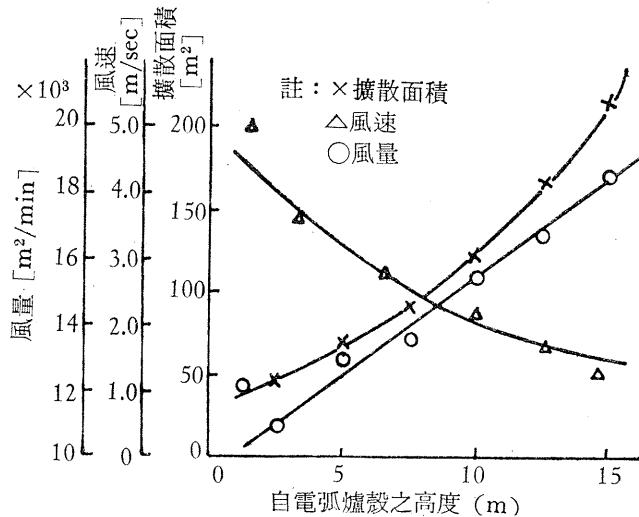
此種實測法，常受操作期之不同而改變，故應在全操作期中分別測定之，以便做為實際設計之依據，另外，處理風量之大小常影響操作成本，如果希望處理量減少，必須盡可能降低風罩之高度，以避免抽吸多餘之空氣量。

(ii) 照相之分析法。

利用連續攝影或影片，再經由校正其攝影角度及遠近距離，由這些影片計算煙塵上昇高度及其擴散範圍跟時間關係，決定其煙塵上昇速度及擴散速度及其範圍。如此將能決定其風量及其範圍，圖三十一表示經由攝影所求出之結果。

此種方法，雖然所需要之經費較多，但對於設計而言是一種可靠的資料。

(iii) 計算方法



圖三十一 由攝影求出之電弧爐排煙風速及風量擴散狀態

假設自爐所產生的上昇熱風如圖三十二，在爐體之直徑 E 所產生的上昇熱風量為 Q_a $[m^3/min]$ ，在高度 H 之風量 Q_d $[m^3/min]$ ，可依下式計算求得。

式中

N ：熱源之形狀係數，如圓形之熱源爲 1

A : 热源之表面積 [m^2]

$$\Delta\theta : \frac{H}{E_o} \leq 0.7 \text{ 時}, \Delta\theta = \theta_o - \theta$$

$$\frac{H}{E_o} > 0.7 \text{ 時 } \Delta\theta = (\theta_o - \theta) \left\{ (ZE_o + H) / (2.7Z_o) \right\}^{-5/13}$$

$$Z = \frac{H}{E_o} \leq 0.7 \quad Z = 2E_o$$

$$\frac{H}{E} > 0.7 \quad Z = (2E_o + H) / 1.35$$

θ_0 : 熱源之平均溫度 $[{}^\circ\text{C}]$

θ : 室內之空氣溫度 $[^{\circ}\text{C}]$

α : 熱源之狀態校正係數。

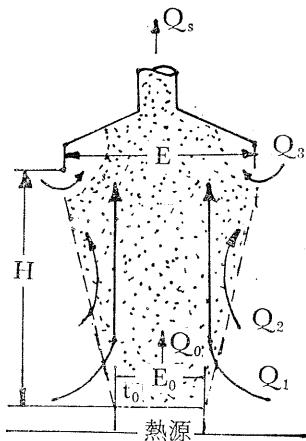
β : 煙塵之擴散狀態的校正係數。

雖然上述之三法求出之值是 (i) < (ii) < (iii)，但是都在可容許之誤差範圍之內。

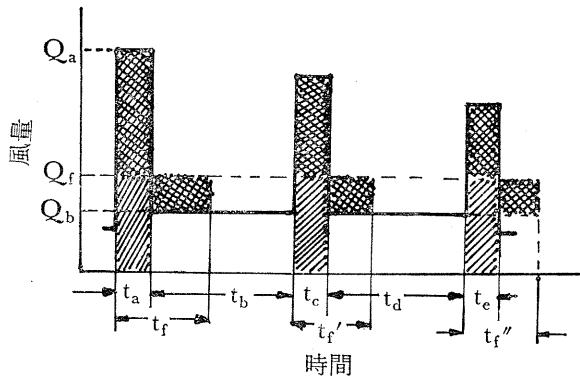
(c) 決定抽引風量：

由於上昇熱風量是隨着操作過程之時間而改變，今考慮如下列模式圖三十三。

- Q_0 : 自熱源上昇熱風量
- Q_1 : 由 Q_0 所捲入風量
- Q_2 : 由上昇氣流所捲入風量。
- Q_3 : 至風罩吸引面所捲入之風量。



圖三十二 封屋式除塵設備之抽引風量



圖三十三 電弧爐操作過程中上昇熱風量與時間之關係

如上述之各期不同，本來在設計時，可依據其最大上昇風量再加上圖三十二之 Q_3 決定抽風機之抽引風量。而雖有此種大風量，但所冒出的時間很短暫，如果全操作期都全量抽風，所消耗的動力相當多，不合乎經濟。因此設計時，應考慮 Q_3 之一部份，能暫時儲存於預設之大風罩內停留，以 Q_f 的抽風量在 t_f 時間內抽完即可，如此不但能節省設備費用，而且能節省操作費用。如此，欲計算含塵熱風在暫時儲存容量可依下式計算之。

又抽引風量 Q_f 可依下式求之

$$Q_f = \frac{Q_a t_a + Q_b (t_f - t_a)}{t_f} \dots \dots \dots \quad (17)$$

在實際之設備中，所採用之 $Q_f/Q_a = 1/3 \sim 1/4$ 或盡可能縮短開蓋時間，減少抽風量來設計之。

(d) 設備之流程圖。

如圖三十四爲除塵設備之流程圖。說明如下。

抽風機之吸引風量 $Q_s = Q_1 + Q_2 + (Q_0 \text{ 之熱氣流變化量}) + Q_0 + Q_3$

t_a：首次進廢料期：爐蓋被打開，直接吸引設備無法進行，含有大量塵埃的熱風Q_a往上衝出。

t_b : 熔解期：關閉爐蓋，可用直接吸引設備抽引，其處理量為 Q_b 。

t_c ：中途加料期：爐蓋打開，
大量熱風往上昇，但較首次進料期為小。

t_d ：中途加料熔解期：爐蓋關閉，可用直接吸引設備，其處理風量大約與 Q_b 相同。

t_c : 出鋼期：爐體傾斜，送出
熔解金屬，此時亦冒出大
量的熱煙塵。

(1)熔解及精鍊期：此時，爐蓋關閉，採用直接吸引設備除塵。即自爐蓋上之 elbow 抽引氣體及煙塵內含有一氧化碳氣體流入 CO 轉化槽內燃燒變成 CO_2 、經由冷卻器，冷卻後送至 A 濾袋中除去粉塵後由 A 抽風機排放於大氣中。在這期操作時，因爐蓋溫度很高，自然能使爐蓋附近之空氣加熱而發生無煙塵之上昇熱風，可利用溫度測定器來測定溫度，如溫度太高，可用控制盤來控制屋頂上 monitor damper 使其打開把熱氣流排放入大氣中。

(ii) 進料及出鋼期：

在此期中，爐蓋被打開，無法使用直接吸引的方式，有大量含塵熱風在上升，應依據下述方式來除塵：

利用控制盤來關閉 monitor damper，轉動⑧抽風機，同時關閉④damper，打開⑤damper，抽引之煙塵可由④⑤兩濾袋機除去，然後把清潔空氣排放入大氣中。當爐體及爐蓋恢復原來位置後，由檢出器測出，通知變換 damper，使直接吸引除塵及封屋式除塵兩部同時操作，然後在屋頂裝設之塵埃測定器，測得塵埃量已減少至某一程度後，由控制盤自動地停止封屋式之除塵系統，同時把 monitor damper 打開。

如上述之自動控制系統，可將封屋式之除塵時間減少，達到節省能源之效果。

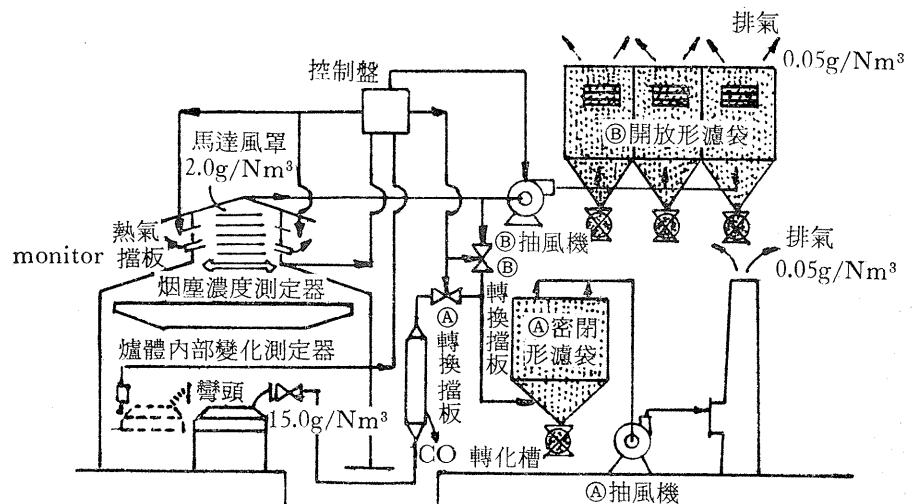
設計時之注意事項。

①如煙塵含量不多時，可將抽風機放在濾袋器之前，如此就不必考慮有粉塵堆積在抽風機之內部，妨礙抽風機之操作，同時濾袋的結構可以不必那麼強，以降低投資費用。

②如含塵量多者，應把抽風機放置於濾袋器之後，以免有塵埃堆積在抽風機內部，但採用此種系統時，其濾袋器必須要有良好氣密性，其結構強度要大。

③如採用停止—啟動往復操作抽風之設備者，應採用起動電流較小的馬達，本體之結構強度要強。

④設計時，可考慮採用變極馬達，以避免一開一停之操作，亦即風量大時用極數少的來操作，如此亦能節省能源。



圖三十四 封屋式除塵設備流程圖