

污染防治技術

處理技術

除塵技術(二)

徐永錢*

貳、除塵及除塵設備的種類

一、除塵

在化學工程所謂除塵是為了把氣流中所含有的微小固體粒子，以某種分離方法把它分離，而達到淨化氣體之目的。事實上，在某種情況下，所分離的固體粒子，也是人們所欲求得的物質。例如水泥工廠除塵所得的塵埃也很有用。因此，人們不可把除塵認為只是用於清除污染空氣中之塵埃而已，應把它視為分離氣體固體混相流，或分離氣體液體混相流的一種方法。

粒徑與除塵的對象，一般常以分離的難易加以分類。例如 100μ 左右的塵埃，可利用自然或最簡單的方法，藉著自然沉降而分離，一般都不把它算進除塵領域，也許是這不需特別技術，故一般除塵都不考慮。然而，對 0.1μ 以下超微粒子，因測定困難，且不會引起公害問題，故吾人亦常忽略了它。因此今日所謂除塵之範圍，應該是屬於 $100\mu \sim 0.1\mu$ 之間的粒子，這些粒徑中， 10μ 以上者，容易分離且對人體害處不多，故實際除塵粒徑範圍，應可縮成爲 $10\mu \sim 0.1\mu$ 或以 1μ 左右者而論，目前研究的對象大都在 $0.1\mu \sim 1\mu$ 為主，原因是分離不易，而且對人體危害最多。

塵埃的名稱，如受機械之粉碎而生成 1μ 以上者，稱爲固體粒子。如果由金屬蒸氣經冷凝而生成 1μ 以下者，常稱煙塵 (Fume)。又粉塵濃度之表示法極多，有的用個數來表示，但是一般常以重量爲基準。一般除塵器的入口濃度大約在幾 mg/m^3 至幾 kg/m^3 範圍內，但其出口濃度常依據各國之排放標準而定，大約是在幾 mg/m^3 至幾 g/m^3 之間。假如要達肉眼無法看到程度，必須要在 $10 \sim 50 \text{ mg}/\text{m}^3$ 才可。

二、除塵設備的選擇及種類：

由除塵的原理上大概可分成機械式與電力式。這些都是屬於乾式除塵方法。此外，亦有用水做爲除塵的濕式法。假如依據粒徑的大小，來考慮其方法時，可概略分成：(1)幾 μ 以上者，可採用最簡單之慣性除塵法。(2)幾 μ 左右者，採用旋風分離器。(3)幾 μ 以下之微粒子，採用濾袋式或電氣除塵，有關濕式或乾式的選擇原則，假如水源及排水等處理沒有問題時，可採用洗淨

*本小組委員
臺灣工業技術學院化工系教授

除塵法，因此法不會使灰塵飛揚，比一般乾式者為優，適用於除去 1μ 左右之塵埃。當然也可採用濾袋式或電氣式，但在某些情況下，仍以採用濕式的較為經濟。至於各種除塵法及特性，列於表 2—1 做為參考之用。

表 2—1 除塵設備及其特性

除塵原理		名稱	適用風量 m^3/min	性 能		入口 含塵量 g/Nm^3	最適除塵速度 m/sec	壓力損失 $mmHg$	最高溫度 C°	水	
				除塵粒徑 μm	除塵效率 %					水 量 ℓ/m^3	水 壓
乾用質量力	應重力	沉降室	~1000	50~	~75	~200	~5	5~15		—	—
		衝擊板形	~1000	30~	~80	~200	5~10	10~30	300	—	—
		引導板形	~1000	20~	~80	~200	5~10	10~30	300	—	—
		反轉形	~1000	20~	~80	~200	10~15	15~35	300	—	—
		加速形	~200	20~	~80	~200	10~15	15~35	300	—	—
	離心力	切線形	~200	5~	90~	~500	15~18	100~200	300	—	—
		渦室形	~200	5~	90~	~500	15~18	100~200	300	—	—
		軸流形	~200	10~	85~	~500	15~18	100~150	300	—	—
		多缸形	$\sim 10^4$	5~	95~	~500	15~18	50~150	300	—	—
		過濾	填充層形	~500	0.05~	~99.9	~30	~0.3	5~15	150	
式物的電	應用粉塵	紙形	~500	0.05~	~99.9	~30	~0.3	5~50	100		
		布形	$\sim 10^4$	0.1~	~99.9	~30	0.01~0.05	50~250	250		
		特殊形	~1000	0.1~	~99.9	~30	0.03~3	50~450	150		
		靜電	乾式 collector	$\sim 10^5$	0.1~	~98	~30	1~3	20~50	300	
		二段荷電形	~700	0.01~	~99	~10	1~3	8~15	50		
	式的電	凝集旋風器	$\sim 10^5$	0.5~	~90	~10	1~3		300		
		凝集過濾形	~1000	0.01~	~90	~10	1~3	30~60	80	~0.5	小
		濕式 collector	$\sim 10^5$	0.1~	~98	~30	1~3	20~50	80	~0.5	小
		水膜附着	多管式	~400	5~	~70	~10	1~5	30~50	80	1~5
		衝擊式	~5000	1~	~80	~10	5~50	150~400	80	0.1~2	小
式	濕運動	固體填充形	~3000	1~	~90	~10	1~3	50~200	80	1~5	小
		多孔板形	$\sim 10^3$	1~	~95	~10	2.5~3	20~40	80	2~3	小
		水滴附着	水沖形	$\sim 10^4$	1~	~90	~10	0.2~3	2~20	80	0.2~1.5
		文氏噴射器	~1000	0.1~	~90	~10	5~20	20~200	80	10~100	大
		離心形	~1500	0.1~	~97	~10	20~80	200~800	80	0.5~1.0	大
	式的電	滿水沖洗	氣泡沖洗形	~1000	1~	~95	~10	1.5~2	150~200	80	2~4
		水路形	~1000	1~	~95	~10	1.5~2	150~200	80	0.05~0.3	小
		旋轉流形	~1000	1~	~95	~10	10~30	100~150	80	0.05~0.3	小
		強制水洗	機械式	~1000	1~	~90	~10	0.5~1.0	50~100	80	0.05~0.3
		攪拌形	~1000	1~	~90	~10	0.5~1.0	50~100	80	0.05~0.3	小

三、對於除塵設備需要考慮的事項：

(1)除塵效率要高

不論其目的是為了保持環境衛生或是為了回收有用的成份，對於選用之除塵設備都必須有高效率及低廉的價格。為了符合上述的條件，吾人必須以粉塵粒子的大小、形狀、空氣、氣體的量及其狀態選擇一最適當的除塵裝置。一般而言，粉塵愈微細，其設備費愈高。另外，要獲得高的除塵效率，則設備之構造也愈顯得複雜，所需投入的資金亦將相對地提高，故實用上要選擇除塵裝置時，必須考慮除塵之最低限度、設備費及操作維護費，以達最經濟為原則。

(2)性能的安定性

任何一種除塵裝置，都有它的優點和劣點存在，當計畫設置除塵設備之際，必須對所需處理的粉塵和空氣、氣體量、性狀等，充分地了解後，選定一種最適當的設備。以免將來操作時，有性能減低或是不合乎經濟效益的情形。然而，實際的裝置，也常因某種關係而需要變更操作條件及發生機器磨損等情況，因此選擇之設備必須對某種操作條件之變更或機器磨損時，其性能遞減不會很明顯者才好。

(3)要有耐久性及易修護

除塵設備主要的對象是粉塵，對機器的磨損很厲害，又生產設備都是日夜連續的操作，不便停止以免妨礙生產。甚至於有些廠，常為了維持生產，而不得已遷就於性能低減的情況下，仍在操作。如果設備構造太複雜者，修理之際，所需要的時間增加，人工費用亦高。因此，選用設備要以耐久性及易修護者為最基本原則。

(4)操作容易且操作費用便宜

除塵設備，原則上跟生產設備同時進行操作，不論日、夜都在進行。最好不需要太多的人力來操作；縱然需要，也要操作簡易。操作費用要求便宜，方可減少生產成本。

四、工程計劃上所須了解的事項

(1)生產狀態

形成塵埃源的種類、粉塵的種類、風量、風速、溫度、濕度、粉塵之擴散範圍及其擴散速度、外面氣流之方向和強度、以及受時間的變化狀況。

(2)粉塵性狀

粉塵量、粒徑分佈、粒子的形狀、硬度、真比重、假比重、安息角、附着性、流動性、破碎性、化學成分、化學反應、水分、吸濕性、酸鹼性、親水性、溶解性、帶電性、電阻、爆炸性、毒性及對於時間之變化情況。

(3)氣體的性狀

氣體量、壓力、速度、溫度、濕度、化學成分、化學反應、酸鹼性、腐蝕性、溶解性、爆炸性、毒性、濃度、比重量、含塵量、對時間之變化情況。

(4)粉塵的吸引

吸引的場地、吸引速度、吸引口之形狀及大小、吸引口之材質、處理方法、壓力損失等。

(5)氣體燃燒器、有害氣體之處理設備

氣體種類、成分、濃度、溫度、氣量、燃燒室之構造及大小、所生成氣體的成分、點火方式

、檢查口、耐火材料、清掃口、冷却法、注入藥劑之種類及量、生成物之處理方法、壓力損失等。

(6)冷却器

冷却方式、構造、熱傳面積、出入口溫度、板厚、清除方法、掃除口及裝設面積、高度、重量、所需水量、水之出入口溫度、水壓、壓力損失等。

(7)導管

形狀、大小、風速、耐壓、溫度、冷却方法、曲管數及形狀、長度、伸縮接頭、風門、安全閥、檢查口、清掃口、裝設位置、材質、板厚、一支之長度、接頭、氣密試驗、重量、支持方式、架臺、塗裝、四周狀況、施工方法、壓力損失等。

(8)除塵器本體

機種、方式、容量、細節設計、構造、強度、裝設面積、高度、重量、施工方法、周圍狀況、壓力損失等。

(9)抽風機

風量、吸引壓力、溫度、材質、葉片形狀及特性、軸承、旋轉數、帶動方法、檢查及清掃方法、冷却方法、噪音情形及消音法、連接導管大小及形狀、重量、裝設面積、裝設基礎等。

(10)馬達種類及容量

螺旋、週波、旋轉數、冷却方法、起動停止之頻率、旋轉之傳動方法、供油法、機種、KW、裝設面積、重量、裝設基礎等。

(11)電器品、補助機器

變壓器之容量、電線之容量、配線方法、連鎖、Limitswitch、壓力開關、電磁閥、Thermoswitch、控制盤、操作方式、是否需要防爆、屋內或屋外、裝設位置之四周情況。

(12)排氣口

消音器、消音壁、排氣口之方向、排氣口之形狀、風向、周圍之設施、噪音等。

(13)建築物

所需面積、高度、構造、強度、基礎工程、起重機、照明、上下水道、通信、施工方法等。

(14)供水、排水及污水處理

水量、水壓、水質、溫度、溶存物之物理化學性質、濃度、污水淨化、再使用方法、泵浦、配管、連鎖等。

(15)施工工程

基礎工程、安裝工程、建築工程、配電工程、機器搬運、組立、施工用之操作機械、工具類、臨時房、施工電源、施工用水、塗裝、廢料處理、第二次公害之防止等。

(16)試驗、操作

單項試驗及操作、綜合試驗及操作、性能測試、設定保養檢查事項、最後的檢查、操作員之教育、申請許可證。

(17)預備品

種類及數量、製造廠名單、消耗品之定期交換試驗、保管方法等。

(18) 管理

計畫→設計→製作→施工→檢查→全工程管理之認可，安全管理、物料管理、施工處理、人員之勞務管理、緊急時之處理方法等。

(19) 法則

調查有關之法則及遵守，向有關機關申請認可，及會同有關單位檢查。

(20) 其他事項

操作場地之特別事項，有關方面之連絡、考慮社會的習慣，及四季操作應注意事項、其他等。

五、除塵設備之收集效率的表示方法

一般用於表示設備之收集粒子之效率方法，分列述幾種常用的效率說明之。

(1)全收集效率 η ：此為考慮整裝置之收集率。

(a)今以收集到之粉塵粒子量為 $W_c[\text{kg}]$ 、與通過設備粉塵粒子量 $W_i[\text{kg}]$ 之比。

(b) 在設備出口之粉塵濃度 C_e [g/Nm³]、處理氣體之氣量 Q_e (Nm³/min) 又於設備入口之粉塵濃度 C_i [g/Nm³]、處理氣體之氣量 Q_i [Nm³/min]

$$\text{則 } \eta = (1 - \frac{C_e Q_e}{C_i Q_i}) \times 100 [\%] \quad \dots \dots \dots \quad (2.2)$$

假如設備內不產生任何氣體或漏氣現象時， $Q_c = Q_i$

$$\text{則 } \eta = (1 - \frac{C_e}{C_i}) \times 100 [\%] \quad \dots \dots \dots \quad (2.3)$$

然而，實際上，要能正確地測得 Q_e 及 Q_i 並不容易，且 C_e 及 C_i 很容易測得，因此一般都採用較易測定的公式 (2.3) 較多。

(2)部分收集效率 η_j : 此僅考慮特定大小粒子為對象的表示法。收集之程度常受粒徑之不同而相異，愈微小的粒子，其收集愈困難，因此部分收集效率為表示其收集困難程度之方式。今以粒徑為 X_i 的粒子 $W_{ji}[\text{kg}]$ 中收集到 $W_{ci}[\text{kg}]$ 為例

對許多除塵器而言，未被收集之粉塵隨排氣而排放之粉塵粒子的比例，常使用 $\exp(-ax_j^m)$ 來表示此 a 及 m 為實驗常數及指數。

因此

(3) 串聯除塵器之效率表示法

綜合收集效率 $\eta_i[\%]$ 為第一收集器之效率 $\eta_1[\%]$ 與第二收集器入口狀態為基準效率 $\eta_2[\%]$ 之和即