

## 集塵裝置之原理，構造及機能

何錦昌\*

排出於大氣中之灰塵或粉塵對於人體及動植物之危害，要考慮的不僅粒子本身之有害性而且共存之有害氣體亦為重要的因素，粒子越微細其危害影響越大。數微米 ( $10^{-6}$  米) 以下之浮遊粒子，很難沈降至地表面。長時間在大氣中浮遊，為發生煙霧 (Smog) 之原因。為防止大氣污染之公害，此微細粒子應抑制排放於大氣中實有必要。高煙囪使排塵向上空擴散稀釋，大氣之污染濃度雖可降低，但在狹窄之國土，工業又密集，如我國及日本之產業及立地條件以及今後產業之進展與生活環境保護之均衡等等，此種作法已不適用。因此分散灰塵發生源不如走上裝設集塵裝置，使其性能向上，積極除去灰塵之發生源，使地球之污染物絕對量之減少，實屬需要。

## 壹、集塵裝置

燃料燃燒供給熱源使用於發電廠伴隨發生之排煙；或物料之破碎，篩選及其他機械的處理伴隨而發生污染，於空氣中有固體及液體之微粒子狀態之存在，此稱謂煙霧體。自此煙霧體分離捕集固體及液體微粒子則需裝設集塵裝置。

(一)以集塵作用力之分類

集塵裝置要將煙霧之微粒子分離，可藉重力，慣性力，離心力，熱力，擴散附着力，音波力及電氣力，並利用一至二個以上集塵作用力。主要之作用力分類如下。

1.重力集塵裝置。2.慣性力集塵裝置。3.離心力集塵裝置。4.音波集塵裝置。5.洗淨集塵裝置。6.袋濾器集塵裝置。7.雷氣集塵裝置。

## (二) 濕式、乾式集塵裝置之分別

煙霧所含微粒子可被水或其他液體之液滴或液膜所潮濕而去除之設備通常稱謂濕式集塵裝置。另煙霧非以潮濕方式捕集微粒之設備稱謂乾式集塵裝置。

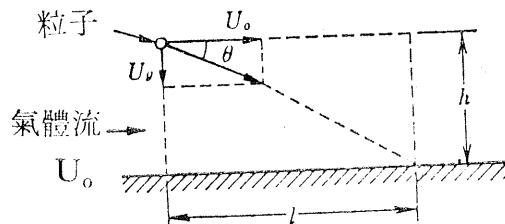
## 貳、重力集塵裝置

## 一、重力集塵裝置原理

重力集塵裝置為含塵氣體中所含有的粒子以重力使之自然沉降而分離捕集之裝置。圖一 所示為含塵氣體水平流動，直徑  $d$  之粒子以重力沉降之情形，粒子以重力之沉降力 ( $F_g$ ) 如下式表示：

$d$ : 粒子直徑(m),  $\rho_s$ : 粒子密度 [Kg/m<sup>3</sup>],  $\rho$ : 氣體密度 [Kg/m<sup>3</sup>],  $g$ : 重力加速度 [m/s<sup>2</sup>]

\* 經濟部國營事業委員會科長



### 圖一 水平氣體流中所含粒子理想

此粒子為球形而其粒徑在  $100-3\mu\text{m}$  之範圍，適用於 Stoke's 法則，粒子自氣體流體分離之際，粒子受到氣體粘性抵抗。此氣體之抵抗力 ( $F$ ) 如下式

$\mu$ : 氣體粘度 [Kg/m·s] , d: 粒子直徑[m] ,  $U_g$ : 粒子分離速度 [m/s] 。

含塵氣體中之粒子能分離與否，可自粒子之沉降力及氣體之抵抗力之關係式求得。由式(1)及式(2)可得粒子之分離速度如下式：

$$U_g = \frac{d^2(\rho_s - \rho)g}{18\mu} \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

重力集塵之分離速度與顆粒粒徑之平方成正比，粒徑越大越易分離，粒徑小，分離速度亦小，故粒子之分離就困難。如圖一，水平氣體流速為  $U_0$ ，粒子 d 自  $h$  高度開始沉降，自水平距離 ( $l$ ) 點落下之情況，則  $U_g/U_0$  如下所示：

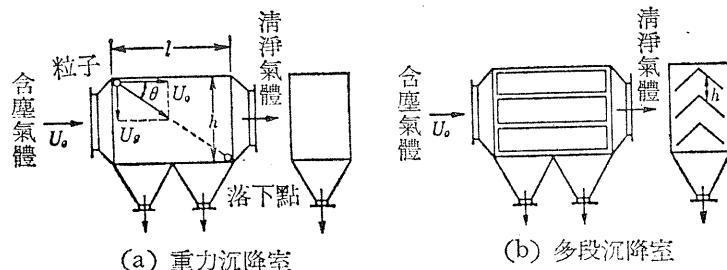
$$\tan \theta = \frac{U_g}{U_0} = \frac{d^2(\rho_s - \rho)g}{18\mu U_0} = \frac{h}{l} \quad \dots \dots \dots (4)$$

重力集塵裝置之沉降室中的氣體速度（基本流速）小，沉降室長，沈降高度低，則細粒子易被分離捕集。

## 二、重力集塵裝置之構造及機能

(-)構 造

重力集塵裝置如圖二所示，有重力沉降室，多段沉降室。前者為氣體慢慢流過空室，粒子受重力而被分離捕集。後者為捕集微細粒子，裝設多段擋板，沉降室長度較長、粒子沈降高度較小。



$U_0$ : 基本流速  $\ell$ : 長度(深度)  $h$ : 高度

圖二 重力集塵裝置

圖三所示以公式(3)計算可求知大氣中球形粒子之分離速度，以自然沉降速度表示。而其真比重為2，直徑為 $40\mu\text{m}$ 粒子之分離速度為 $10\text{cm/s}$ ，沉降室高度1公尺，捕集至漏斗(Hopper)之時間為10秒。因此處理氣體速度 $1\text{m/s}$ ，沉降室長度需要10公尺以上。

## (二)機能

重力集塵裝置機能，以下列項目判定優劣：

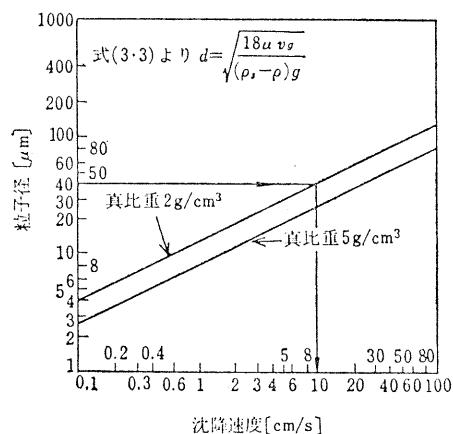
- (1)沉降室內處理氣體之基本流速越小，可以捕集微細粒子，效率較高。
- (2)一定之基本流速，沉降室高度越低，長度越長則被分離灰塵與清淨氣體同伴而出的機會較小，可得較高集塵效率。
- (3)煙道入口之整流板及沉降室之入口、出口裝設分布板，可使沉降室內氣體流動均一，以增進集塵效率。

如上述，重力集塵裝置，基本流速越小，細粒子較易被去除，集塵率可提高。但裝置越大，設備費越高，通常基本流速為 $1-2\text{m/s}$ 左右。實用的捕集對象之粒徑為數拾 $\mu\text{m}$ 以上，壓力損失因基本流速小故為 $5-10\text{ mm H}_2\text{O}$ 左右。

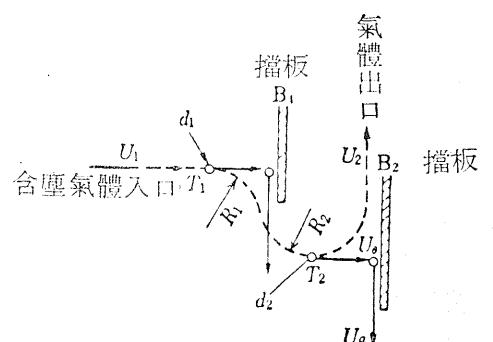
## 三、慣性力集塵裝置

### 一、慣性力集塵裝置之原理

慣性力集塵裝置為含塵氣體由於衝到擋板或氣流進行急劇之方向轉換，粒子受到慣性力而被分離捕集之裝置。圖四所示，裝設二張擋板(Baffles)之慣性力集塵裝置，含塵氣體以直角流入，而粒子之分離情形。即粒子撞擊擋板 $B_1$ ，而在 $B_1$ 面之速度為零，再受重力而沉降。如點線所示，氣流之粗粒子受沉降力而被捕集於漏斗(Hopper)。另與氣流同伴之粒子再撞擊到擋板 $B_2$ 。含塵氣體撞擊到擋板 $B_1$ ， $B_2$ 及以 $R_1$ ， $R_2$ 之曲率半徑使氣流方向急劇轉換，含塵氣體中之粒子受離心力而與氣流分離。旋回氣流之半徑 $R_2$ ，此點之週分速度設為 $U_\theta$ ，直徑 $d_2$ 粒子之分離速度為 $U_0$ ，則後述離心力集塵之場合形成 $U_0 \propto d_2^2 U_\theta^2 / R_2$ 之比例。旋回半徑越小，微細粒子在含塵氣體中分離較難，被分離之灰塵使不與反轉氣流同伴而出之方法應予考慮，而慣性力集塵對於微細粒子之捕集很難。



圖三 球形粒子以重力自然沉降速度



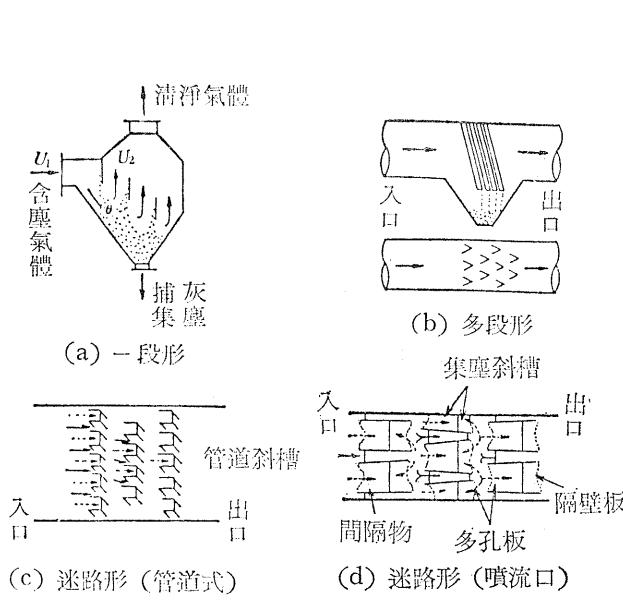
圖四 衝擊及氣流方向轉換之粒子分離

## 二、慣性力集塵裝置之種類與構造

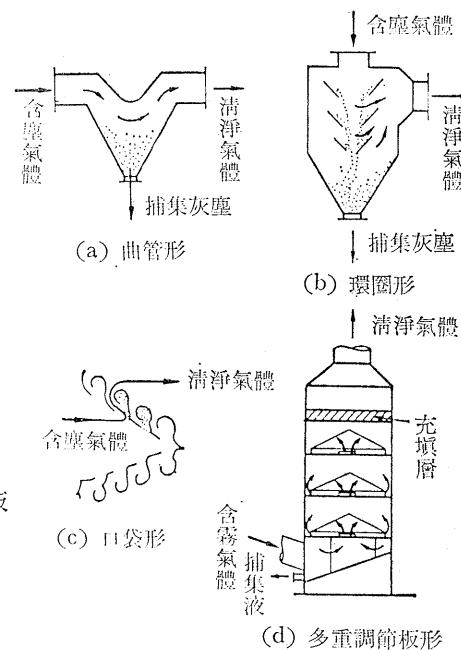
慣性力集塵裝置如圖五所示，主要為含塵氣體受衝擊使粒子被捕集之衝擊式。圖六所示為含塵氣體之方向轉換使粒子被捕集之反轉式。

### (一) 衝擊式 (衝突式)

圖五所示 (a) 1 段形，(b) 多段形，氣流方向裝設擋板 1 段乃至數段，使含塵氣體撞擊擋板而分離粒子。(c) 及 (d) 為迷路形配置管道及噴流口式配置成 Z 字形，使含塵氣體多次受衝擊，提高集塵率。通常壓力損失以 1 段形，多段形，迷路形之順序增大，壓力損失與集塵效率成比例。一般 1 段式，多段形，迷路形 (Channel 式) 構造簡單，可處理高溫氣體。還有處理氣體速度大，可在煙道內適宜點裝設使用。迷路形灰塵會堆積，壓力損失急劇增加，運轉故障之場合多，對於使灰塵震落之撞擊設施及使堆積灰塵易於排出等因素，均需要考慮。



圖五 衝擊式慣性集塵裝置



圖六 反轉式慣性力集塵裝置

### (二) 反轉式

圖六所示 (a) 曲管形有三次含塵氣流方向進行轉換，(b) 環圈形設置環線裝置 (Loop) 使含塵氣流之方向進行急劇 (Sharp) 的轉換，(c) 口袋形，一端使成袋狀 (Pocket)，使分離灰塵在反轉氣流中不致伴隨而出。一般曲管形，環圈形，衝擊式 1 段形及多段形在煙道內可適當安裝使用之情形很多。(d) 多擋板 (Multibaffles) 形，使用於液體粒子之分離捕集，數  $\mu\text{m}$  左右之微細霧 (Mist) 可以捕集，特別微細霧 (Mist) 要捕集時，須在出口側設置適當充填塔。充填材料及充填層高度均有異同，壓力損失通常  $100 \text{ mmH}_2\text{O}$  左右或更多。

### 三、慣性力集塵裝置之機能

慣性力集塵裝置之機能，以下列項目判定其優良與否。

- (1)以衝擊式捕集灰塵而言，衝擊前進之氣體速度大，裝置之出口氣體速度小，灰塵 (Dust) 同伴而出機會少，可得高集塵率。
- (2)以反轉式而言，含塵氣體方向轉換之曲率半徑越小，微細粒子易於捕集。
- (3)含塵氣流之方向轉換次數越多，壓力損失大，集塵率高。
- (4)灰塵漏斗 (Dust Hopper) 為不使捕集灰塵與氣流伴隨而出，故其形狀及容積之足夠與否 均需考慮。

慣性力集塵裝置，以收集灰塵或粉塵為對象，通常裝設在高性能集塵裝置之前，捕集粗粒子，或用於除去燃燒中灰塵之一次集塵，實際上可能捕集粒子為  $20-30\mu\text{m}$  以上。處理氣體速度，一般數~十數  $\text{m/s}$ ，壓力損失視型式而不同，最大的場合為  $100 \text{ mmH}_2\text{O}$  左右。捕集流體粒子之複式旋風型，表面空塔速度  $1-2 \text{ m/s}$  左右，捕集煙霧粒徑在數  $\mu\text{m}$  左右，壓力損失為  $20-30 \text{ mm H}_2\text{O}$ 。要提高霧之捕集率，須在清淨氣體出口裝設充填層，在此情況壓力損失為  $150 \text{ mmH}_2\text{O}$  左右。

## 肆、離心力集塵裝置

### 一、離心力集塵裝置之原理

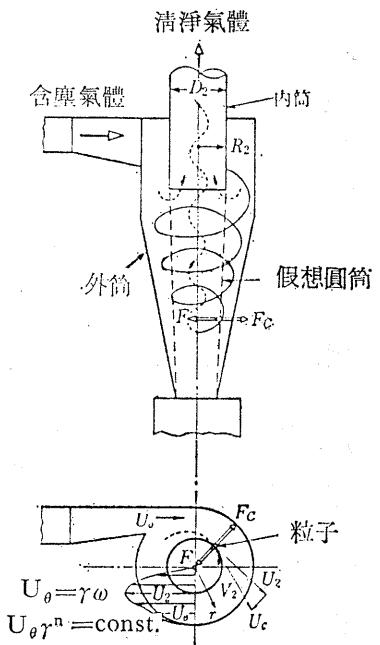
離心力集塵裝置可想到是含塵氣體之旋回運動，由於粒子之離心力作用使粒子自氣流中分離，再受重力作用而沉降於灰塵漏斗 (Dust Hopper) 之裝置。有採用旋風 (Cyclone) 式及回轉式，一般使用旋風式如下述：

圖七所示為切線流入式旋風集塵裝置 (Cyclone) 之粒子分離。旋回氣流之任意點之半徑  $r$ ，此點之速度  $U_\theta$ ，角速度為  $\omega$ ，旋回流之內部其中心保持  $U_\theta = r\omega$  之速度分布，其週邊旋回流  $U_\theta r^n = \text{const.}$  一定，速度分布形成準自由渦流。此時  $n=0.7$  左右而速度  $U_\theta$  為在旋流中心與準自由渦流之境界，Cyclone 內筒之半徑  $R_2$  位置為最大。亦是粒子分離旋回流時離心力最大之點，內筒下部點線所示半徑  $R_2$  之表面上 (如圖)。假想圓筒之表面上粒子運動離心力 ( $F_c$ ) 表示如下式：

$$F_c = \frac{\pi d^3 (\rho_s - \rho)}{6} \cdot \frac{U_2^2}{R_2} [\text{Kg-m/s}^2] \quad \dots \dots \dots (5)$$

$d$ ：粒子直徑 ( $\text{m}$ )， $\rho_s, \rho$ ：粒子及氣體密度 [ $\text{Kg/m}^3$ ]，  
 $U_2$ ：粒子切線速度 [ $\text{m/s}$ ]， $R_2$ ：內筒半徑 [ $\text{m}$ ]。

旋回氣體向旋回中心流入，以半徑分速度  $U_c$  向內流入，粒子受到旋回中心氣體之抗阻力。但粒子直徑  $3-100 \mu\text{m}$



圖七 旋風集塵器內氣流與  
粒子分離

範圍爲球形，則按 Stoke's 法則，此氣體之抵抗力  $F$  如下式：

$$F = 3\pi \mu d U_c \quad [\text{Kg} \cdot \text{m/s}^2] \quad \dots \dots \dots \quad (6)$$

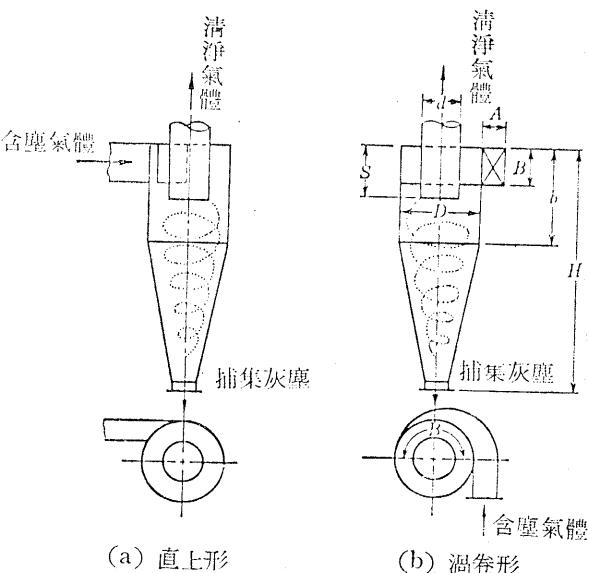
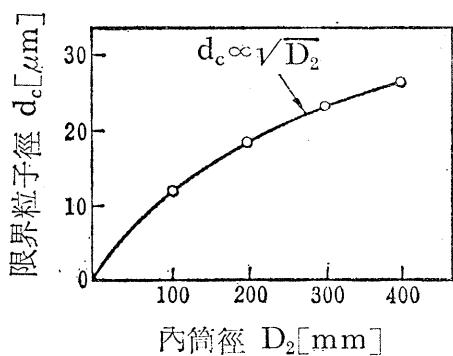
$\mu$ ：氣體粘度 [Kg/m·s]  $U_c$ ：粒子分離速度 [m/s]

自(5)式及(6)式，粒子之分離速度可按下式求得：

$$U_c = \frac{d^2(\rho_s - \rho) U_2^2}{18 \mu R} \dots \dots \dots \quad (7)$$

離心力集塵之分離速度，即重力集塵之分離速度式(3)之  $g$  以  $U_2^2/R_2$  (離心加速度) 代替而求得。Cyclone 內圓筒直徑越小，處理氣體速度（基本流速）越大，則細粒子之分離捕集較易。Cyclone 之旋回氣流內，外向離心力  $F_c$  與內向氣體之抗阻力  $F$  平衡而分離之粒子，在假想圓筒之半徑  $R_2$  上產生圓運動。一般當  $F_c = F$  成立時之粒徑大小稱謂限界粒徑，以  $d_c$  表示之，與內筒直徑  $D_2$  之關係如下：

$$d_c \propto \sqrt{D_s}$$



圖八 旋風集塵器內筒與限界粒徑關係

圖九 切線流入式旋風集塵器

Cyclone 內之粒徑在限界粒徑以上，可以自含塵氣體中分離，內筒徑越小則可分離越細之粒子。圖八所示為真比重 2.0，容積比重 0.7 左右之灰塵在 Cyclone 內之限界粒徑實例。

## 二、離心力集塵裝置之種類與構造

旋風 (Cyclone) 式集塵裝置在市面上有各種商品名，不過以處理氣體導入方式來分類可分為切線流入式及軸流式。旋風集塵性能，處理氣體速度大，內筒徑較小，粒子之分離速度會增大，細粒子可以捕集，但壓力損失增加而亦伴隨運轉費用增加，為增進集塵率，入口氣體速度一般為  $12 \text{ m/s}$  左右。

### (一) 複式旋風集塵裝置 (Multicyclone)

旋風之基本流速，通常  $12 \text{ m/s}$  左右，為捕集微細粒子，限界粒徑會變小，內筒徑有必要使用較小的。處理氣體量多，且須高集塵率時，要使用多數並列小口徑旋風式之構造。稱謂複式旋風集塵設備 (Multicyclone)。

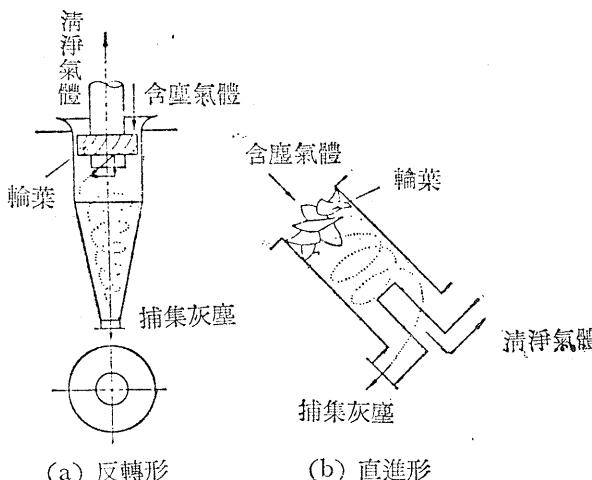
以灰塵阻塞之觀點，小口徑旋風集塵設備之最小內筒徑，實用上一般排煙處理為  $100 \text{ mm}$ ，油燃燒之排煙以  $150 \text{ mm}$  為界限。

### (二) 切線流入式

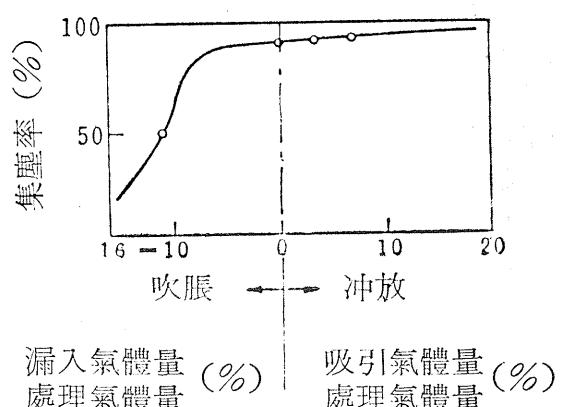
切線流入式旋風集塵設備之入口氣體速度，通常  $7-15 \text{ m/s}$ 。在此範圍雖然與灰塵之性狀有關，但氣體速度對集塵率之影響比較少。切線流入式對處理氣體的均等分配較為困難，此單獨式旋風集塵設備採用於處理氣體量較少之狀況。最近，大量使用冲放 (Blowdown) 式，而一部份採用小口徑之複式旋風集塵器。切線流入式旋風集塵設備如圖九所示為直上形及渦卷形二種，壓力損失在基本流速  $12 \text{ m/s}$  左右時，直上形為  $100 \text{ mmH}_2\text{O}$ ，而渦卷形減少  $30\%$  左右之壓力損失。

### (三) 軸流式

軸流式旋風集塵設備亦稱謂導翼旋迴式集塵設備，入口氣體速度一般使用  $12 \text{ m/s}$ 。軸流式雖有同樣之壓力損失，但與切線流入式比較則可增加氣體處理三倍，而且處理氣體均等分配較為容易為其特點，主要以複式旋風集塵器方式使用。圖十所示為反轉形及直進形之軸流式。使用較多之型式為反轉形，壓力損失在基本流速  $12 \text{ m/s}$  時為  $80 \text{ mmH}_2\text{O}$  左右。直進形之壓力損失為  $40-50 \text{ mmH}_2\text{O}$ ，設置面積小為其特點。旋風集塵設備 (Cyclone) 因有壓力損失而使集塵率下降之情形，最近較少被採用。



圖十 軸流式旋風集塵器



圖十一 吹脹與冲放對集塵率之影響

### (四) 冲放 (Blowdown) 及吹脹 (Blowup)

要提高旋風式集塵設備集塵率之一方法，可採用 Blowdown 方式。此為單獨旋風集塵設備之

集灰塵漏斗 (Dust Hopper) 及集塵設備之集灰塵漏斗部份，會吸引處理氣體量 5—10%，要防範旋風集塵設備內旋迴氣流之亂流，及分離灰塵與上昇氣流伴同逸出之防止方法。圖十一所示為 Cyclone 之 Blowdown 及 Blowup 對集塵率影響之實驗結果之一例，總之 Blowdown 時集塵率稍為增加。但外筒有孔，下端集灰塵部份氣密不良、空氣漏入 Cyclone 內產生旋迴氣流之亂流，集塵率極端下降，一般稱謂 Blowup。

### 三、離心力集塵裝置之機能

旋風式集塵裝置之機能，優劣視下列項目而定：

- (1) 排氣管內筒直徑越小，限界粒徑小，則可捕集微細粒子。
- (2) 基本流速，粒子之性狀及旋風裝置之形狀尺寸比均有一定限度，一般流速大，壓力損失及動力費用增大，集塵率會增加。
- (3) 採用 Blowdown 方式之切線流入式及軸流式直進形之複式旋風集塵 (Multicyclone) 設備之場合較多，而大部份對於軸流式反轉形不予使用。
- (4) 對凝聚性大之灰塵，旋風裝置需直列使用，可提高總合集塵率。
- (5) 集灰塵漏斗 (Dust Hopper) 方面，為使捕集灰塵不與上昇氣流同伴逸出起見，其形狀及充足之容積必須考慮。

旋風式集塵裝置，構造簡單，設備費低，數  $\mu\text{m}$  以上之粒子可以捕集，如單獨式旋風集塵器被廣泛使用於進入文氏除塵器、袋濾器或靜電集塵器前之含塵氣體處理。

壓力損失視旋風裝置之型式及基本流速之不同而有所不同，通常在 80—100  $\text{mmH}_2\text{O}$  左右。

## 伍、濕式洗淨集塵裝置

### 一、濕式洗淨集塵裝置之原理及其捕集機構

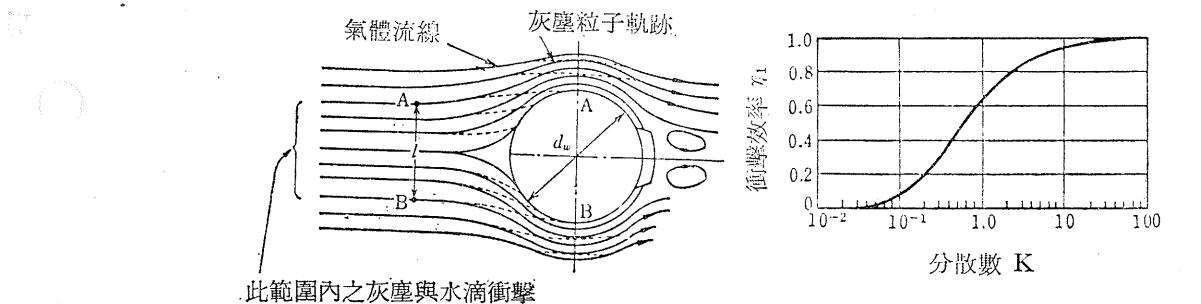
濕式洗淨集塵裝置為洗淨液分散生成液滴、液膜或氣泡，使含塵氣體中微粒子被分離捕集之裝置。此為利用慣性力、擴散力、凝聚力及重力。粒子越大，慣性及重力之作用大，粒子越小，擴散力及凝聚力之作用大。

#### (一) 慣性衝擊作用

濕式洗淨集塵所生成之液滴、液膜、氣泡與灰塵粒子接觸之情形能使粒子分離，灰塵之粒徑在 1  $\mu\text{m}$  以上之場合，慣性衝擊更能支配其集塵作用。圖十二所示為含塵氣體中液滴球之慣性衝擊使灰塵附着之部門。液滴球為含塵氣體之障礙物，如圖十二所示實線為氣體，點線為灰塵流動

表一 粒子之擴散係數

粒徑 [ $\mu\text{m}$ ]	擴散係數 $D[\text{cm}^3/\text{s}]$
0.5	$6.4 \times 10^{-7}$
0.1	$6.5 \times 10^{-6}$
0.01	$4.4 \times 10^{-4}$
0.001	$4.1 \times 10^{-2}$
$\text{SO}_2$ 分子	$11.8 \times 10^{-2}$



圖十二 慣性衝擊後液滴與灰塵附着

圖十三 衝擊效率與分散數之關係

之軌跡，灰塵衝擊至 A'B' 間之液滴表面受到捕捉，而 AB 間之含塵氣體會受到淨化。一般，對於障礙物(液滴)流動方向之投影面積，與分離可能流動垂直方向之斷面積之比稱為衝擊效率 ( $\eta_i$ )。

在捕集上，其值期望近於 1，粒徑在  $3 - 100 \mu\text{m}$  範圍之球形粒子，即適用 Stoke's 法則，衝擊效率 ( $\eta$ ) 受到分散數 (無次元數) K 之影響如圖十三所示。

$$K = \frac{d_p^2 u \rho_p}{18 \mu d} \dots \dots \dots \quad (10)$$

$d_p$ : 灰塵粒徑， $u$ : 氣體與液滴之相對速度。  $\rho_p$ : 灰塵粒子密度， $\mu$ : 氣體粘度， $d_w$ : 液滴粒徑。

濕式洗淨集塵裝置之集塵率，由慣性衝擊觀點，灰塵之粒徑與密度，氣體及滴液之相對速度越大集塵率越低，而氣體之粘度、液滴粒徑越小集塵率則越高。

## (二)擴散作用

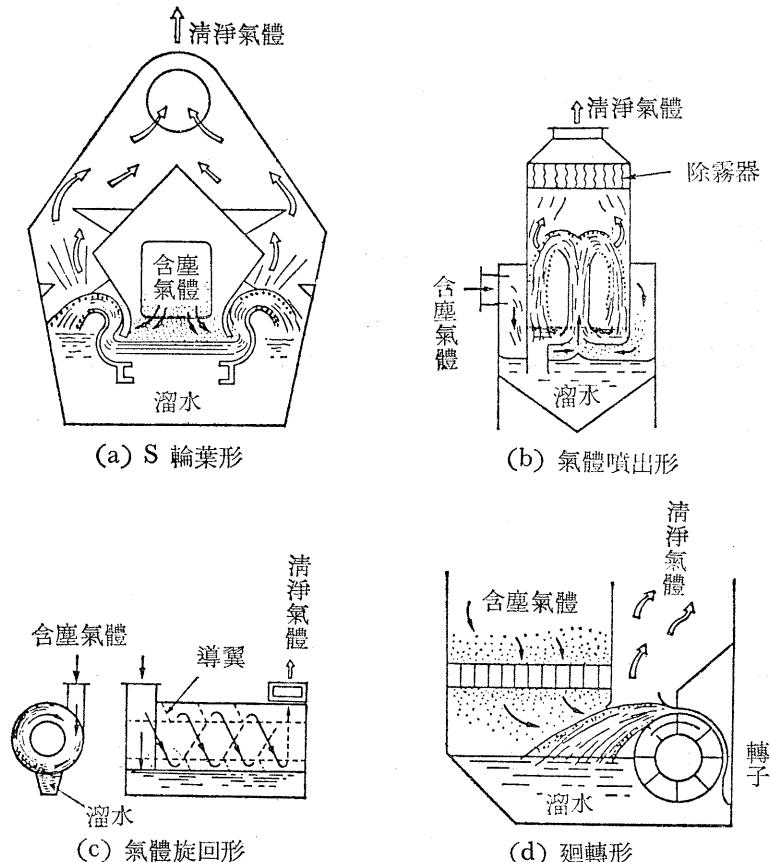
煙霧體（含塵氣體）中粒子濃度有差異，粒子由高濃度區域向低濃度區域擴散移動，有使粒子濃度均勻化之特性。粒子會因布朗寧運動變為微細，經擴散作用在障礙物（液滴）表面附着而被分離。特別是  $0.1 \mu\text{m}$  以下微粒子之捕集，由擴散作用而附着頗有效果。

由於擴散，粒子之附着速度，粒子擴散係數之比例均可知悉。此粒子之擴散係數如表一所示。即粒徑越小擴散係數越大，灰塵粒子向液滴擴散附着量越大。此擴散附着量除與擴散係數有關外，與灰塵濃度、氣體液滴間之相對速度成比例，與氣體之粘度成反比例。若灰塵之粒徑相同，液滴粒徑及氣體之粘度越小，氣體及液滴之相對速度越大，經擴散灰塵粒子向液滴之附着量會增多，集塵率亦增高。

### (三) 凝集作用

排煙之煙霧體一般爲水蒸氣，無水硫酸，並含有氣狀有機物之場合亦多。氣體溫度降低時，凝結液滴在灰塵表面吸收及附着，灰塵粒子互相凝聚增大而形成二次粒子。

洗淨集塵，一般氣體溫度當達到霧點，灰塵粒子表面受凝結液被覆，凝聚效果較緩慢。洗淨集塵裝置要增高集塵率，排氣溫度儘量降低，增濕狀態下處理更加有效。



圖十四 潤水式洗淨集塵裝置

## 二、濕式洗淨集塵裝置之種類與構造

濕式洗淨集塵裝置，為有效使灰塵附着及凝集，液滴、液膜、氣泡之形成及洗淨方法各種各樣都有製造。依其性能來考慮可分溜水式，加壓水式，充填塔式及迴轉式四種：

### (一) 潤水式洗淨集塵裝置

溜水式為集塵室內保持一定的水及其他液體，含塵氣體以迅速之速度通過，使液滴形成液膜，含塵氣體被洗淨而通過。但是此種型式之處理氣體速度（基本流速），水位調整，液膜之形成狀態之優劣對於性能會有所影響。溜水式之特點為僅補充水使保持水之循環作用，就可洗淨集塵之優點。通常 50% 分離限界粒徑為  $1 \mu\text{m}$ ，壓力損失隨其型式及性能而有不同，大致在  $100 - 200 \text{ mmH}_2\text{O}$  之範圍。溜水式洗淨集塵製造如圖十四所示各種型式，圖 (a) 之 S 字型使含塵氣體沿着 Impeller 高速通過，圖 (b) 之氣體噴出型為水車高速迴轉、液滴使形成液膜，含塵氣體進行洗淨集塵。圖 (c) 之氣體旋迴型，以引導葉片 (Guide Vane) 使含塵氣體高速旋迴。溜水式，處理氣體速度越大，可形成大量微細之液滴，集塵率可增高，而清淨氣體却伴隨多量之霧 (mist)，故清淨氣體之出口側常裝除霧器 (demistor) 之捕集設備以除去霧之情形很多。

## (二) 加壓水式洗淨集塵裝置

加壓水式，水加壓供給進行含塵氣體之洗淨集塵。此種型式有文氏除塵器(Venti Scrubber)，噴射除塵器(jet Scrubber,) 噴霧塔(Spray tower,) 旋風除塵器(Cyclone Scrubber)等四種，分離限界粒徑在 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 左右，集塵率很高。惟文氏則較廣為使用。

(+)文氏管式滌氣除塵器 (Venti Scrubber) :

圖十五(a) 所示為 Ventri Scrubber 之標準尺寸比，由圖  $\theta_1 = 20 - 30^\circ$ ,  $\theta_2 = 7 - 8^\circ$ ,

$$L_1 = \frac{1}{2}(D_1 - D_2) \cot \frac{\theta_1}{2} \quad L_2 = \frac{1}{2}(D_1 - D_2) \cot \frac{\theta_2}{2} \quad \ell = \frac{D_2}{2} \quad D_1 = \text{Duct 直徑},$$

$D_2$  : Slot 之直徑。

Slot (孔) 部份之流量  $Q$  可依下式求得

上式  $D_2$  : Slot 部之直徑 (M) , U : Slot 部之氣體速度 (m/s)。

Spray 部用之噴嘴與使用水量之關係，如下式：

$$nd^2 = 2.26 \times \sqrt{\frac{l}{p}} WD_2^2$$

上式  $n$ : 噴嘴之數目,  $d$ : 噴嘴之直徑 (mm),  $p$ : 水壓 [ $\text{Kg}/\text{cm}^2$ ]  $W$ : 水量 [ $\ell/\text{m}^3$ ],

$D_2$  : Slot (孔) 部之直徑 (m) 。

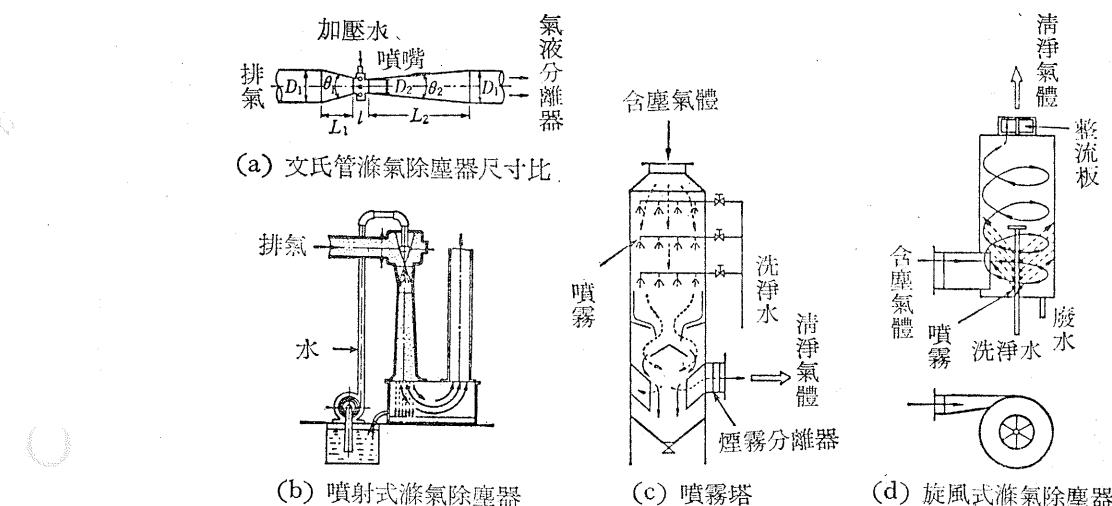
Slot (孔) 部之壓力損失  $\Delta P_s$ , 可以下式表示：

$$\Delta P_s = h_v \times F = \frac{\gamma v^2}{2g} \times (m + L) \text{ [mmH}_2\text{O]}$$

上式  $h_v$  : 孔部之動壓 ( $\text{mmH}_2\text{O}$ )， $F$  : 係數 =  $(m + L)$ ， $v$  : 孔部之氣體速度 ( $\text{m/s}$ )，

$\gamma_g$ : 氣體之密度 ( $\text{Kg/m}^3$ )， g: 重力加速度 ( $\text{m/s}^2$ )， L: 液氣體比 ( $\ell/\text{m}^3$ )，

m : 實驗值 = 0.5 (Ventricle 內面平滑之情況會更小)。



圖十五 加壓水式洗淨集塵裝置

又文氏除塵器之前後包含管子 (Duct) 及旋風裝置以及氣液分離器之場合，全壓力損失  $\Delta P_T$  之  $m=1$ 。文氏除塵器孔部之氣體速度 (基本流速)，通常  $60-90\text{m/s}$ ，壓力損失較集塵裝置大約  $300-800 \text{ mm H}_2\text{O}$  左右。文氏除塵器為利用慣性衝擊力、布朗寧運動以及濃度擴散之附着力，凝集力及重力等集塵作用力。粒子較大則利用慣性力、重力，粒子較小則利用附着力、凝集力。上述集塵作用力對於文氏除塵器有較大之影響乃是慣性衝擊力。含塵氣體中之灰塵向液滴粒子衝擊附着之場合，如式 (9) 所示之衝擊效率  $\eta_t$  與分散係數  $K$  之關係數，一般如下式求得近似值。

圖十六所示為文氏除塵器對各種灰塵粒徑  $d_p$ ，最適合之水滴徑  $d_w$  與孔部氣體速度  $V$  之關係。為捕捉同一粒徑之灰塵  $d_p$ ，最適合之水滴徑  $d_w$ ，孔部氣體速度要大。而微粒化之水滴徑  $d_w$ ，對於氣體速度  $V$  如圖十六點線所示之雙曲線會變小。直線羣及雙曲線交點所示之氣體速度，為捕捉各粒徑灰塵最適合之孔部氣體速度。最適合之水滴徑為灰塵粒徑的 150 倍左右，若太大或太小均會使衝擊效率下降。文氏除塵器之液氣體比，視灰塵粒徑、親水性、吸濕性及集塵率之情況而改變，一般  $10 \mu\text{m}$  以下之微粒子且具親水性之灰塵，其液氣體比為  $0.3 \ell/\text{m}^3$  左右，另  $10 \mu\text{m}$  以下之微粒子又乏親水性之灰塵，其液氣體比為  $1.5 \ell/\text{m}^3$  左右。

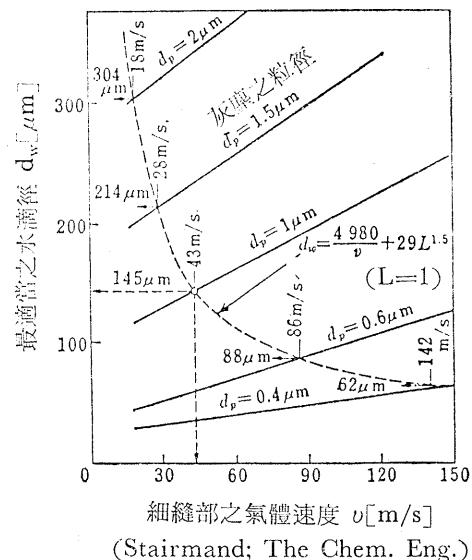
#### (二) 噴射式滌氣除塵器 (Jet Scrubber) :

圖十五(b) 所示為噴射式滌氣除塵器例子。噴射式滌氣除塵器乃氣體加壓(gas booster)之一種，其構造與蒸氣及水之射出器(Ejector)同。洗淨水經具有旋翼噴霧噴嘴產生高速迴轉流而噴射，吸引旋迴之含塵氣體在孔部使之加速而通過擴大管時氣液混和，此種衝擊使灰塵分離除去。使用水量一般為  $10 - 50 \text{ l/m}^3$ ，較普通洗淨集塵裝置多  $10 \sim 20$  倍，壓力為昇壓，可免用送風機。得如文氏除塵器程度之集塵率。噴射式滌氣除塵器通常量少之場合採用之。

(三)噴霧塔 (Spray tower) :

圖十五 (c) 所示為噴霧塔之例子。噴霧塔之空塔內設有 3 至 4 段之噴霧 (Spray) 段，含塵氣體及液滴有充分之接觸時間。噴霧塔之特點為構造簡單，保養麻煩少，因免使用充填材料，灰塵附着亦不會造成壓力損失之增加。通常液氣體比為  $2-3 \text{ l/m}^3$  左右，處理氣體之基本流速為  $1-2 \text{ m/s}$  而壓力損失少約  $30 \text{ mmH}_2\text{O}$ 。噴霧塔供為濕式電氣集塵裝置之一次集塵裝置使用之場合頗多。兼具氣體之冷卻，高溫側之噴霧 (Spray) 段水滴較細，低溫側之噴霧 (Spray) 段水滴較粗，使清淨氣體中伴隨之霧 (Mist) 較少。

### 四旋風式滌氣除塵器 (Cyclone Scrubber)



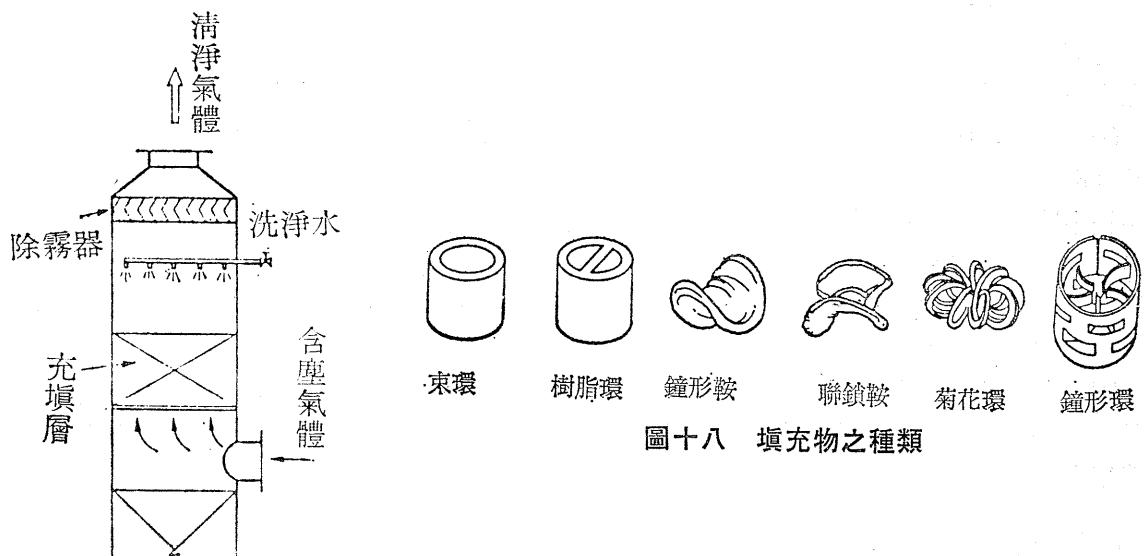
圖十六 對同一粒徑灰塵最適合之水滴徑與氣體速度之關係

圖十五 (d) 為旋風式滌氣除塵器之實例。旋風式滌氣除塵器塔下部之中心具有多數噴霧嘴 (Spray Nozzles) 即圓塔下裝噴射管，含塵氣體以切線流入。含塵氣體在塔內旋迴而上昇，被噴霧嘴 (Spray Nozzles) 所噴射之水滴所洗淨，灰塵因向水滴衝擊而附着，藉離心力在塔內被捕集。液氣比一般為  $1 - 2 \text{ l/m}^3$  左右，壓力損失因利用離心力約  $120 \text{ mmH}_2\text{O}$  左右。旋風式滌器除塵器對液滴式水溶性灰塵之捕集特別有效，故以文氏除塵器之氣液分離器廣被採用。

### (三) 充填塔式洗淨集塵裝置

充填塔式洗淨集塵裝置如圖十七所示之例子。

(1) 充填塔：充填塔一般含塵氣體由塔底部流入，噴水由上往下噴射。充填部處理氣體之基本流速，通常  $1 \text{ m/s}$  以下，視充填物之種類，充填層之高度，其壓力損失有大幅差異，約在  $100 - 250 \text{ mmH}_2\text{O}$  之範圍。液氣比為  $2 - 3 \text{ l/m}^3$ ，與一般洗淨集塵裝置同。充填塔之充填物表面形成水膜，含塵氣體以慣性衝擊及由於灰塵之擴散、附着而被捕集，充填物表面積越大，水膜易於形成，氣流之抵抗力少，溢流或偏流亦少，而且輕又耐用。充填物之種類與型式，如圖十八所示，有使用磁器製，其他如束環 (Lashing Ring)，樹脂環 (Resin Ring) 或木製之中空填充物 (Hollow) 及焦炭 (Cokes) 等，最近多採用塑膠製之鐘形鞍 (Terret Bell Saddle) 之形狀。對於一般有害氣體之處理及集塵同時進行之場合常使用充填塔。由於灰塵及反應生成物之附着使壓力損失急增，運轉發生困難。

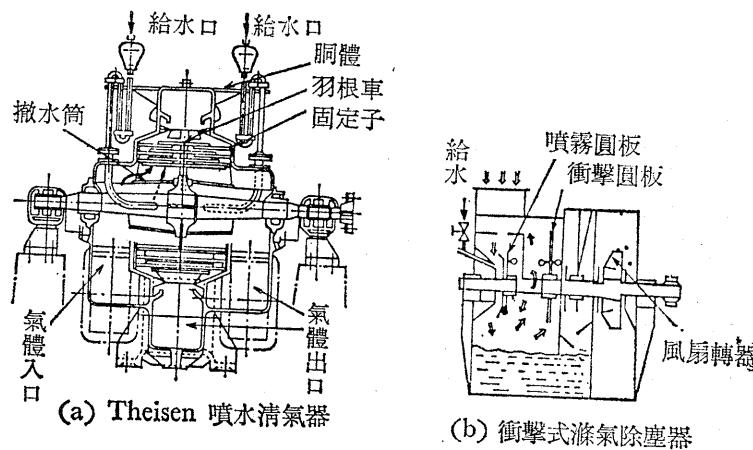


圖十七 充填塔式洗淨集塵裝置

(2) 浮床 (Floating Bed)：充填層部上下柵間具有浮遊之塑膠球，由於球表面之水膜使含塵氣體之集塵及有害氣體吸收同時進行，灰塵之集塵性能為  $50\%$  分離限界粒徑  $1 \mu\text{m}$  左右。為使清淨氣體出口側同伴之霧 (Mist) 分離捕集，裝設利用慣性力之除霧器 (demistor)，通常可以除去粒徑  $20 - 30 \mu\text{m}$  以上之霧。

(3) 水濾器 (Hydro-filter)：Hydrofilter 為商品名稱，放置充填物於過濾層上，過濾層下方以

噴水噴射，使過濾層上再形成渦流層，以進行含塵氣體之洗淨，壓力損失很大約  $200 \text{ mmH}_2\text{O}$  左右。



圖十九 同轉式洗淨集塵裝置

#### 四、迴轉式洗淨集塵裝置

迴轉式為利用扇 (Fun) 之迴轉使供給水被葉片打破而充份與含塵氣體攪拌，供給水形成多量之微滴，水膜或氣泡以進行灰塵之洗淨集塵。

(1) Theisen 噴水清氣器 (Theisen Disintegrator)：圖十九所示為噴水清氣器，有裝置多數動輪 (Runner) 之葉片，外殼 (Casing) 側設置固定葉片使與動輪葉片交互，使給水與含塵氣體由動輪中間導入。動輪以  $350\sim750 \text{ rpm}$  高速迴轉，含塵氣體受供給水攪拌洗淨。液氣比約  $0.7\sim2 \text{ l/m}^3$  左右，壓力為昇壓，一般為  $50\sim150 \text{ mmH}_2\text{O}$  之昇壓。Theisen 噴水清氣器之集塵性能與 Jet Scrubber 差不多， $50\%$  分離限界粒徑為  $0.2 \mu\text{m}$  左右。

#### (2) 衝擊式滌氣除塵器 (Impulse Scrubber)

圖十九所示，供給水衝擊到動輪之噴霧圓板形成水滴，進行含塵氣體之洗淨集塵。其集塵性能具 Theisen 噴水清氣器之劣點，液氣比為  $0.3 \text{ l/m}^3$  左右，所要電力  $0.1 \text{ Kw/m}^3$  左右，惟運轉費用少為其特點。

#### 三、洗淨集塵裝置之機能

洗淨集塵裝置，其機能優劣需按下列項目檢討判定之。

(1)溜水式洗淨集塵，係含塵氣體被溜水轉至上面形成液滴、液膜，微粒化部份之氣體速度（基本流速）越大，液滴越細，集塵率越高。

(2)加壓水式之文氏除塵器及噴射式滌氣除塵器，其孔部之氣體速度（基本流速）越大，液滴越細，集塵率越高。噴霧塔及旋風式除塵器之塔內表面氣體速度（基本流速）越小，液氣比越大，含塵氣體與液滴接觸時間越長，集塵率越高。還有噴霧壓力越高，水滴會越細，可捕集更微細粒子。

表二 各種洗淨集塵裝置的特性

裝置名稱	基本流速 [m/s]	液氣比 [l/m³]	馬達壓力	壓力損失 [mmH₂O]	50%分離限界粒子徑 [μm]
噴霧塔	1~2	2~3	中	10~50	3.0
充填塔	0.5~1	2~3	小	100~250	1.0
旋風式除塵器	1~2	0.5~1.5	中	120~150	1.0
Theisen 噴水清氣器	(300~750rpm)	0.7~2	小	-50~-150	0.2
噴射式滌氣除塵器	10~20	10~50	大	0~-150	0.2
文氏除塵器	60~90	0.3~1.5	小	300~800	0.1

(3)充填塔式洗淨集塵，塔內表面速度（基本流速）越小，充填層之含塵氣體滯留時間越長，集塵率會越高。還有充填物表面積，充填密度越大，充填層內氣流越均一，集塵率會提高。

(4)迴轉式，一般迴轉數越大，液氣比越大，動力費亦大，集塵會越高。

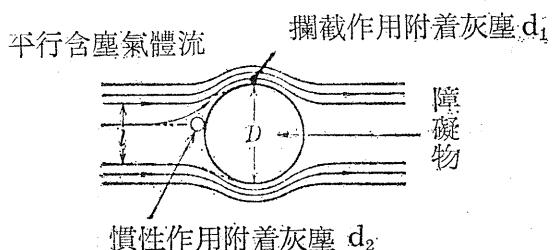
(5)形成細液滴，雖然微細粒子附着於液滴上，但此液滴不予捕集亦不能獲得高集塵率。因此洗淨集塵裝置之氣體分離器，其液滴集塵率越高，則對於含塵氣體之總合集塵率會提高。表二所示為各種洗淨集塵裝置之特性。洗淨集塵裝置之性能及其集塵率因處理對象之含塵氣體性狀而有大幅之變化，且裝置之種類及型式不同亦有所不同。一般為獲得高集塵率所需使用動力消耗較大。

## 陸、濾過式集塵裝置

### 一、濾過式集塵裝置捕集機構及原理

濾過式集塵裝置為使用一較薄濾布之表面分離捕集灰塵，其表面濾過方式係採用袋式濾器，濾過層框內裝上玻璃纖維濾材為內部之充填層以捕集分離灰塵，此內部濾過方式係採用充填層過濾器。

濾過集塵之灰塵捕集應考慮受擴散、慣性衝擊、攔截、重力集塵之作用。



圖二十 慣性作用及攔截作用灰塵之捕集

#### 一、擴散作用：

含塵氣體之粒子濃度有差異，粒子由高濃度區域向低濃度區域移動而使粒子濃度呈均勻之性質。此種擴散作用使之附着於濾材，由於粒子受布朗運動之影響，特別是 $0.1\mu m$ 以下的微粒子之分離捕集，可藉擴散作用來控制。粒子擴散而附着在濾材之速度與粒子之擴散係數成比例，粒

徑越細比例越大；粒子之附着量與擴散係數及粒子濃度成比例，與氣體粘度成反比例。粒徑及氣體粘度越小，粒子濃度越高，粒子之附着量越多，捕集率會越高。

## (二)慣性衝擊作用，攔截作用

圖二十所示爲對於濾布之燃線，含塵氣體平行衝擊之場合，由於慣性作用及攔截作用之灰塵捕集機構（部門）。含塵氣體如點線之軌道流動，比較粗之灰塵  $d_1$  由於慣性力作用而自氣流軌道離開，衝擊至燃線而附着。

慣性衝擊之衝擊效率 ( $\eta_t$ ) 以  $(\ell/D)^2$  表示，在 Stoke's 領域之無次元數（分散數）K 會受到如圖二十之影響。

$$K = \frac{d^2 u \rho_p}{18 \mu D} \dots \dots \dots \quad (14)$$

$d_p$ : 灰塵直徑,  $\rho_p$ : 灰塵 (Dust) 密度,  $u$ : 氣體速度,  $\mu$ : 氣體粘滯係數。

慣性衝擊所捕集之灰塵量，灰塵粒徑及氣體速度越大，氣體粘滯性越小灰塵量收集越多。比較細灰塵  $d_2$ ，雖然未離開氣流軌道，粒子仍會接觸到撲線而被捕集，此一般稱謂攔截作用。

### (三) 重力作用

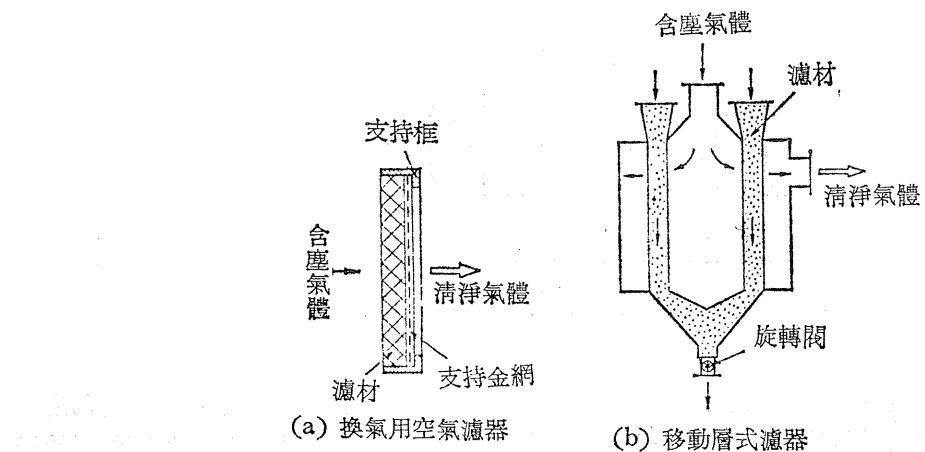
濾過集塵裝置之處理氣體速度（基本流速），通常在使用充填層過濾器之場合為數 cm/s 左右而用袋濾器之場合為 1–2 cm/s 左右，但是數  $\mu\text{m}$  以上之灰塵則以重力方式捕集比較有效。以重力作用處理之灰塵，其分離速度如式 (3) 所示，即灰塵之粒徑及密度越大，而氣體粘滯性越小，分離速度會變大，灰塵容易分離捕集。

濾過集塵裝置之集塵作用，對於微細粒子應以擴散作用來處理，比較粗的粒子則以慣性衝擊作用、攔截作用來處理。

## 二、濾過集塵裝置之種類及構造

## 一、充填層過濾器 (Filter)

充填層濾過器如圖二十一(a)所示為換氣用空氣濾過器 (Air Filter), (b) 所示為以處理黑煙



圖二十一 充填層過濾器之例（內面濾過方式）

爲對象之移動層式之濾過器 (Filter)。

(1) 換氣用空氣濾過器：

鑲板型 (Panel type) 之空氣濾過器爲在工場、事業場所，將空氣中之浮遊塵，經濾材而被捕集之濾過裝置 (Filter Unit)。

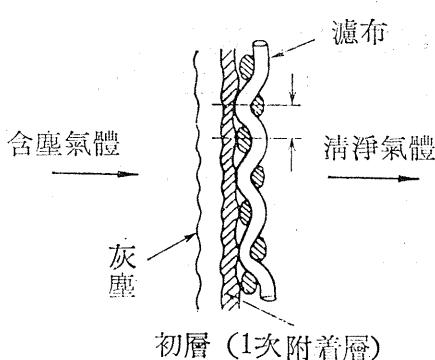
乾式濾過器 (Filter) 有玻璃纖維、綿纖維、合成纖維，如圖示用  $50\text{ cm} \times 60\text{ cm}$  角鐵之支持框，將其充填  $5\text{ cm}$  厚所形成之濾過層。爲使濾過面積大起見未織布之濾材以波浪形充填使用。粘着式濾過器 (Filter) 之濾材用金網，金屬毛線 (Wool) 之合成纖維。爲防止捕集粉塵之再飛散，用揮發性低之機械油在其纖維層塗敷。粘着式與乾式比較，則採用於粉塵濃度高之場合，其濾過速度可以加大。換氣用 Air Filter 之濾過速度，一般爲  $1\sim 2\text{ m/s}$  左右，壓力損失約在  $20\sim 30\text{ mmH}_2\text{O}$  左右。灰塵之捕集採用慣性衝擊來控制，適合對粒徑爲數  $\mu\text{m}$  以上顆粒之捕集。放射性粉塵之雜菌類用高性能之 Filter，以直徑  $1\text{ }\mu\text{m}$  極微細之玻璃纖維用做充填層，濾過速度爲數  $\text{cm/s}$  以下使用之場合很多。換氣用 Air Filter 為利用濾材面捕集灰塵，捕集灰塵之除去較爲困難，故一般之通氣抵抗達到一定值，應予更換新品。

(2) 移動層式過濾器：如圖二十一(b)所示，在特殊金網之濾過層內充填粒狀之濾過材，此濾過層捕集含塵氣體中之灰塵，主要是利用濾過方式捕集灰塵。附着灰塵由濾過材下面漏斗 (Hopper) 處抽出，供其他工程之使用原料或將分離附着之灰塵再予利用。濾過材之移動量被集塵性能所左右，以灰塵之性狀選擇適當之抽出量。處理氣體之表面濾過速度大， $0.1\sim 2\text{ m/s}$  之範圍，處理對象之灰塵越細則其速度要取越小。以水泥工場爲實例，濾過材以粒徑  $2\sim 5\text{ mm}$  之水泥熟料 (clinker) 用於 Air Quenching Cooler 排氣處理之場合，入口灰塵濃度爲  $1.5\text{ }\mu\text{g/m}^3$ ，而出口灰塵濃度是  $0.1\text{ }\mu\text{g/m}^3$ 。此種濾過材，其集塵性能，視濾材之粒徑及其分布。因濾過材爲可移動，故必須具耐磨性或可再利用於其他工程。附着灰塵除去之考慮，頗有需要。

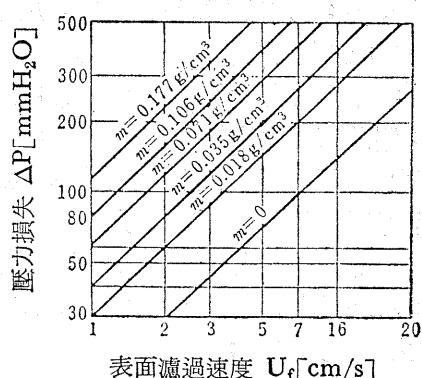
(2) 袋濾式集塵裝置 (Bag Filter)

(1) 濾布捕集灰塵之機構 (部門)：

使用濾布比較薄之濾材，如圖二十二所示，濾布之表面最初附着之粒子層（初層或一次附着層）爲濾過層，以進行微細粒子之分離捕集，常謂表面濾過方式。具粒徑分布之清淨濾布使含塵氣體通過，粗粒子主要爲慣性衝擊作用，細粒子主要爲擴散作用及攔截作用而附着於織系，同



圖二十二 濾布灰塵之捕集機構



圖二十三 表面濾過速度與壓力損失之關係

時織系與織系之間形成灰塵之架橋(Bridge)使生成曲折之一次附着層仍保持有細孔，一般之空隙率為80—85%左右。一次附着層之小細孔進行微細粒子之捕集，為防止濾布之表面濕度，必須在露點以上。一般而言，濾布之單位面積捕集灰塵量稱謂灰塵負荷( $\text{g}/\text{cm}^2$ ,  $\text{Kg}/\text{m}^2$ )。灰塵負荷在運轉時間內會變大，如圖二十三所示滑石(Talc)細粉例，灰塵負荷越大其壓力損失亦增加。間斷式震落情況，為壓力損失到達一定值時就進行震落。通常壓力損失限制最高在 $150\sim 200 \text{ mmH}_2\text{O}$ 。灰塵層進行震落，直接附着於織布之灰塵濾過層之灰塵，由於灰塵之附着狀態會變化，故一次附着層(初層)差不多被殘留。一旦一次附着層形成後，即成為濾過層，粒徑  $0.1 \mu\text{m}$  左右微細粒子之灰塵均可被捕集。袋式濾器之壓力損失  $\Delta P$  以下式表示。由圖可了解，清淨濾布之壓力損失特別小，主要為受灰塵之特性及灰塵之負荷所支配。

表三 各種濾布材特性與價格比

濾布 材	滬布材之性質與價格比		最高使用溫度 [°C]	耐酸性	耐碱性	強度	吸溫性 [%]	價格比
	材	價						
木綿	80	不 可	稍 良	1	8	1		
羊毛	80	稍 良	不 可	0.4	1.6	6		
聚二氯乙烯 (PVDC) 系纖維 (Saran)	80	○ ○	不 可	0.6	0	4		
聚氯乙烯 (PVC) 系纖維 (Tevilone)	95	良	良	1	0.04	2.2		
聚乙烯醇 (PVA) 系纖維 (Vinylon)	100	良	良	1.5	5	1.5		
聚丙烯腈 (PAN) 系纖維 (Kanekalon)	100	良	良	1.1	0.5	5		
聚丙烯腈 (PAN) 系纖維 (Orlan)	150	○	不 良	1.6	0.4	6		
聚醯胺 (PA) 系纖維 (Nylon)	110	稍 良	良	2.5	4	4.2		
聚酯系纖維 (Tetorn)	150	良	不 良	1.6	0.4	6.5		
玻璃纖維	250	良	不 良	1	0	7		
碳纖維	250	稍 良	良	1	10	7		

$$\Delta P = \Delta P_0 + \Delta P_d = (\zeta_0 + \zeta_d) \mu \frac{U_F}{g} = (\zeta_0 + m\alpha) \mu \frac{U_F}{g} (\text{mmH}_2\text{O}) \dots\dots\dots(15)$$

$\Delta P_0 \cdot \Delta P_d$  : 瀝布及附着灰塵之壓力損失 (mmH<sub>2</sub>O)

$\zeta_0 \cdot \zeta_d$ ：濾布及附着灰塵之抵抗係數 ( $= 1/m$ ) 。  $\mu$ ：氣體粘滯性 ( $Kg/m \cdot s$ )

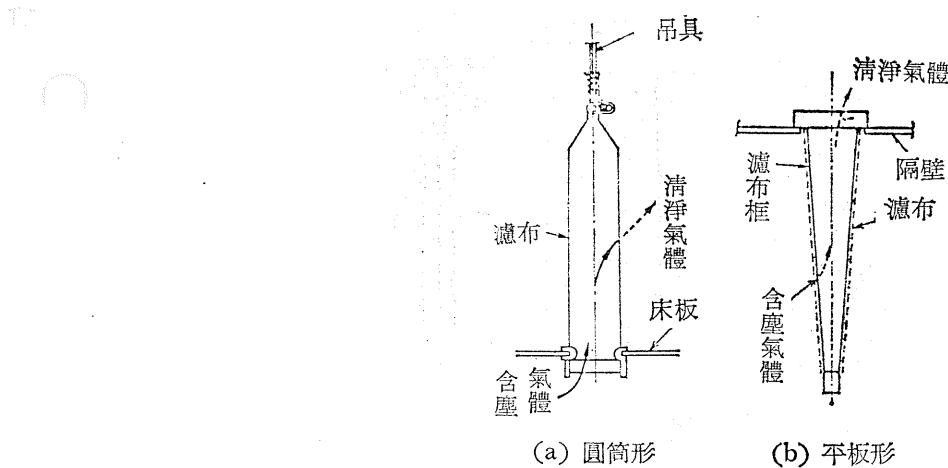
$U_F$ : 表面瀘過速度 ( $m/s$ )， $g$ : 重力加速度 ( $m/s^2$ )。 $m$ : 灰塵負荷 ( $Kg/m^2$ )，

$\alpha$ ：附着灰塵之比抵抗 (m/Kg)。

總之，壓力損失與過濾速度及氣體粘度成正比例，氣體之溫度會受影響，對氣體密度及氣體之全壓力並無影響。抵抗係數大概之範圍為  $\zeta_0 \approx 10^7 - 10^8$ ， $\zeta_d \approx 10^9$  左右，灰塵負荷  $m$  與比抵抗  $\alpha$ ，則視濾布及灰塵之特性或濾過速度有所改變，會起毛之濾布，灰塵粒徑  $1 \mu\text{m}$  以下，濾過速度  $5 \text{ cm/s}$ ， $m \approx 0.2 \text{ Kg/m}^2$ ， $\alpha \approx 10^{10} \text{ m/Kg}$ 。

## (2)瀘布之形狀與特性：

袋瀘器 (Bag filter) 之瀘布有天然，合纖及玻璃纖維等所造成之織布，或用羊毛及合纖所造成之毛氈 (Felt)，圖二十四所示為圓形或平板形瀘布。天然織布之綿、羊毛，其強度、耐熱、耐



圖二十四 袋式濾器之形狀

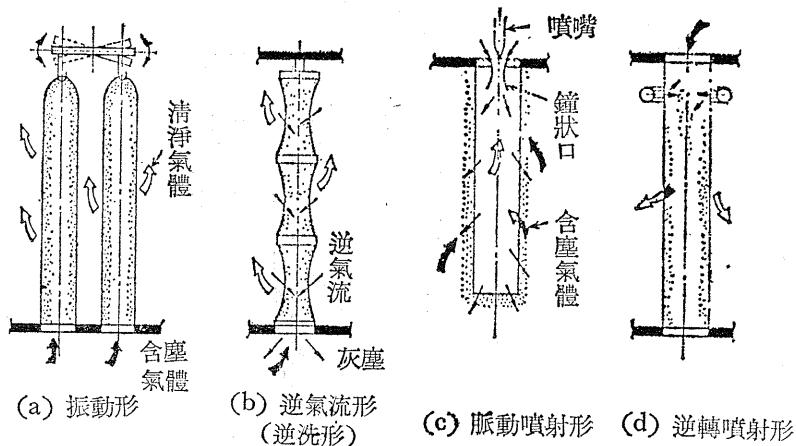
腐及吸濕等問題較多，現在大部分使用合成纖維及玻璃纖維。纖布之構造以撚線種類、粗細、打入之支數或織法之不同而有所異同。撚線有細絲 (Filament) 與一定長度的纖維絲 (Staple)。細絲之表面較滑，附着灰塵離性良好，影響灰塵捕集率。纖維絲原是比細絲細且短之纖維系綿所造成的，系之表面有無數之短纖維，濾布表面易形成薄灰塵層，捕集率良好，與細絲系比較，則強度及附着灰塵分離性較劣。織法有平織、紋織，綾織，而合織，玻璃纖維無疑地較棉纖廣被使用之傾向。此纖布之目孔約  $50-10 \mu\text{m}$ ，天然纖維比較大，而合織，玻璃纖維有比較小之傾向。表三所示為袋濾器之各種濾布材之特性及價格比，濾布材除纖布之構造外，對於灰塵之捕集及附着灰塵之震落操作時，需具有不被機械破損之強度，或針對處理排煙之性狀，要具耐熱性，耐鹼性及吸濕性。通常，處理氣體溫度  $150^\circ\text{C}$  以下須具耐酸性、耐久性之場合，Polyester 系纖維之纖布廣為使用。還有高溫氣體 (至  $250^\circ\text{C}$ ) 之場合，主要採用Glass fiber 纖維之纖布。表三所示以外，最近耐熱，耐酸性之濾布有碳化纖維，能使帶電灰塵之震落良好，以 Stainless 纖維織成之亦有被使用。又不織布 (氈 Felt) 亦有一部分被使用。纖布之空間率為 30—40% (撚線間)，氈 (Felt) 為 70—80%，裏面灰塵捕集濾過方式相同，氈放置於裏面進行灰塵之捕集。為此灰塵之集塵，對於附着灰塵之震落較為困難。

### (3) 灰塵之震落：

袋濾器之濾布附着灰塵之震落方式有間斷式及連續式。

間斷式集塵室以 3 室或 4 室隔開，並在含塵氣體及清淨氣體煙道設置風門 (Damper)，壓力損失達到規定值時，「室」之入口及出口風門關閉，濾布附着之灰塵被震落。震落時多少會有灰塵之再飛散，故震落室之風門關閉，灰塵與清淨氣體同伴，可獲得高集塵率。一般，震落裝置有上部、中央部及下部振動形，逆洗形 (逆氣流形)，或是逆洗與振動組合使用。

連續式集塵室之隔開及處理氣體並未切斷，平時對於濾布進行震落，因此壓力損失保持一定，對於含塵濃度高，附着性強，及易阻塞濾布孔之灰塵之處理頗為適宜。一般之震落裝置有脈動噴射 (Pulse jet) 形，音波震落 (Sonic jet) 形，逆轉噴射 (reverse jet) 形，還有振動及脈動噴射形 (Pulse jet) 組合使用。



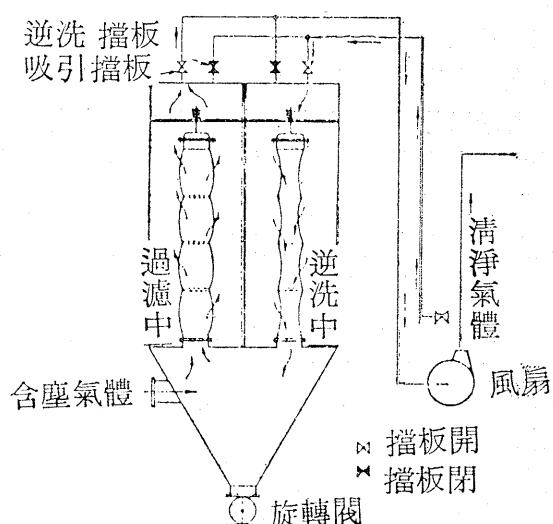
圖二十五 震落裝置之機構

(4)震落裝置：濾布附着灰塵之震落裝置如圖二十五所示。

1. 振動形，圖(a)所示，由於濾布之上部，中央部以及下部振動使附着灰塵震落。以振動使附着灰塵震落之方式，濾布之柔軟性特別重要。而對吸濕性、附着性灰塵之剝離效果非常大。但以灰塵之性質與其他形式併用之場合亦很多。
2. 逆洗形，亦稱謂逆氣流形，被廣為採用。圖二十六所示，在灰塵附着濾布面之外側通入壓縮空氣以進行灰塵之震落。此種方式主要用於間斷式之灰塵震落。
3. 脈動噴射形，如圖二十五(c)，含塵空氣由濾布外側流入，灰塵在外側面被捕集。濾布之上部裝有文式管(Venturi pipe)與噴嘴(Nozzle)，壓縮空氣在一定時間由噴射孔噴射，使附着灰塵掉落。音波震落形及逆轉噴射形主要用於連續式震落，為連續式中廣泛使用之形式。
4. 音波震落形，以清音(Silence)式發生低周波之音波，使空氣振動於濾布，進行附着灰塵之震落。清淨空氣之出口側設置消音器(Silencer)，以防止噪音。
5. 逆轉噴射形，圖二十五(d)所示，圓筒濾布之外側，設置壓縮空氣可自吹落環(Blow ring)之小孔噴出，吹落環上下移動，以進行附着灰塵之震落。

壓縮空氣之噴出情形，會影響織布之損傷，在連續式震落主要用不織布(Felt)，濾過速度通常在 3–10 cm/s 左右。

(待續)



圖二十六 逆洗形震落