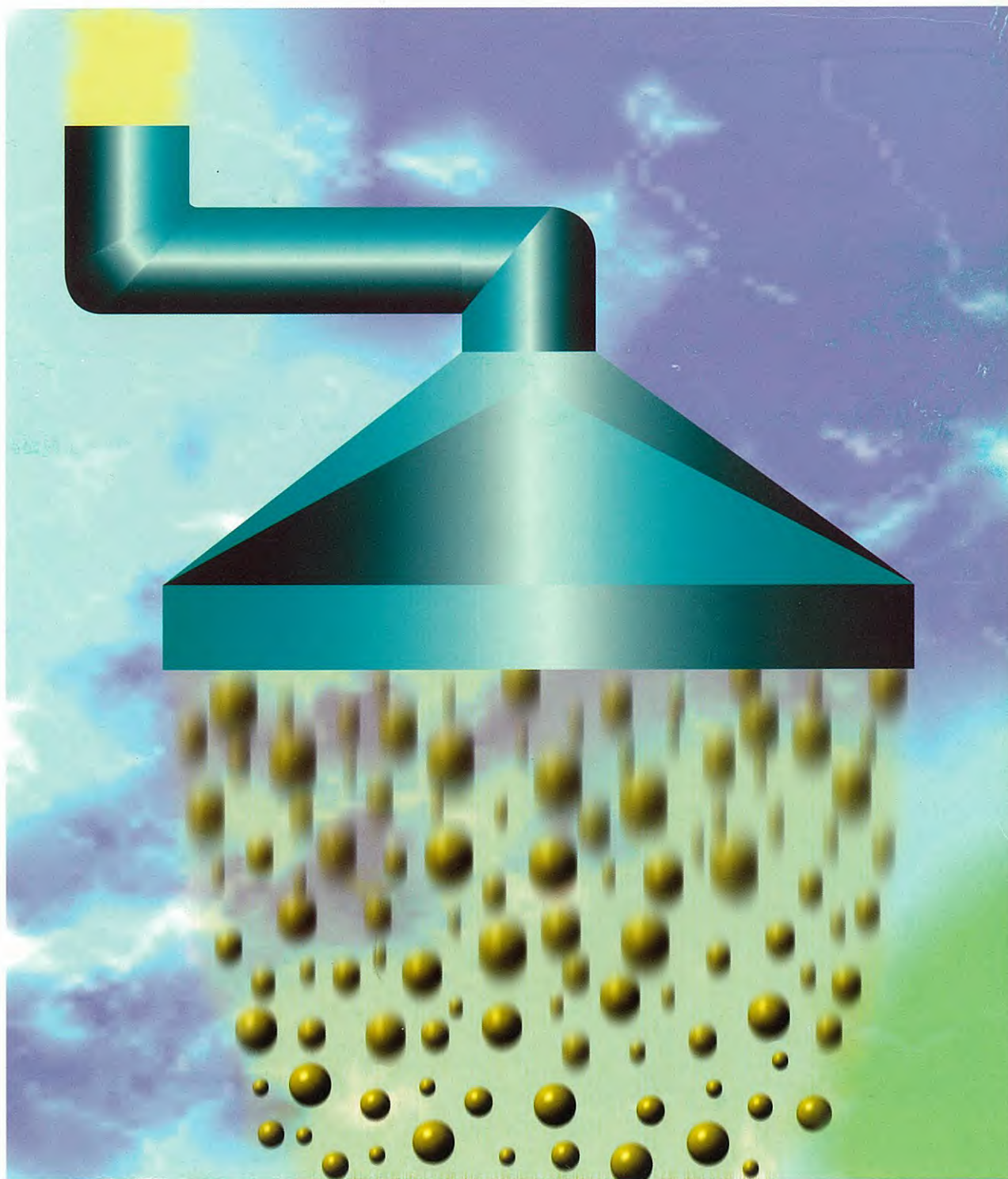




6

工業污染防治技術手冊

局部排氣系統設計



序

防治工業污染，乃當前工業發展重點工作之一。本團自民國七十二年成立以來，即積極展開輔導國內污染性工廠有關防治污染之技術。在輔導工作進行期間，深覺工業污染防治範疇內之技術資料頗為缺乏，且多為英文，其實用性甚難為國內業者普遍接受。

本團有鑑於此，乃自七十三年起，陸續準備各類有關資料，於輔導工廠時提供其參考；由於此等技術性資料深具實用性，的確有助於污染防治之改善，頗為業者所喜愛。七十五年開始，本團更進一步，有系統地將各類處理技術，分門別類，陸續延聘國內知名專家學者撰寫成冊，予以編印，免費提供各界參考，期能加速業界對污染防治技術之普遍提昇，從而達成發展工業兼顧環境保護之目的。

本手冊為鄭福田教授所撰寫，鄭教授目前任教於國立台灣大學環境工程學研究所，作育英才，原極忙碌，為協助本團推動防治工業污染工作，特抽空就所專精撰寫專文，除敬表欽佩外，並致誠摯的謝忱。

工業污染防治技術服務團

楊萬發

中華民國八十三年四月

目 錄

	頁次
一、前 言.....	1
二、氣 罩.....	2
(一)氣罩之型式.....	2
(二)氣罩排氣量之決定.....	3
(三)氣罩之壓損.....	15
(四)氣罩結構.....	16
(五)高溫材料.....	16
(六)抗腐蝕性材料.....	16
(七)設計比例.....	16
(八)氣罩與管道的連接.....	19
三、風 管.....	19
(一)風管之壓力損失.....	19
(二)風管之設計原則.....	23
四、排氣系統設計.....	33
(一)設計優先次序.....	33
(二)設計步驟.....	34
(三)設計例.....	35
五、結 語.....	45
六、參考資料.....	45

圖 目 錄

		頁次
圖 一	典型工廠排氣處理流程圖.....	1
圖 二	五種捕捉型氣罩.....	4
圖 三	捕捉速度應能捕集零速度點之污染物.....	7
圖 四	三種均勻分佈速度之方式.....	7
圖 五	上升空氣柱受抽風而轉向及被氣罩捕集之情況.....	8
圖 六	用以設計熱源高吊式氣罩之尺寸.....	8
圖 七	高吊式氣罩之 Z 值.....	8
圖 八	低吊式圓形氣罩所需最小之通風量.....	14
圖 九	低吊式長方形氣罩最小通氣率.....	15
圖 十	粉塵每 100 呎速度壓力之摩擦損失圖.....	24
圖十一	每米速度壓力之摩擦損失圖.....	25
圖十二	風管設計原則(一).....	30
圖十三	風管設計原則(二).....	31
圖十四	風管設計原則(三).....	32
圖十五	風管設計原則(四).....	33
圖十六	擋板及靜壓平衡法.....	35
圖十七	肥料篩洗裝袋作業通風系統.....	38
圖十八	通風系統配置圖.....	39
圖十九	使用靜壓平衡法於設計磨輪通風系統.....	42

表 目 錄

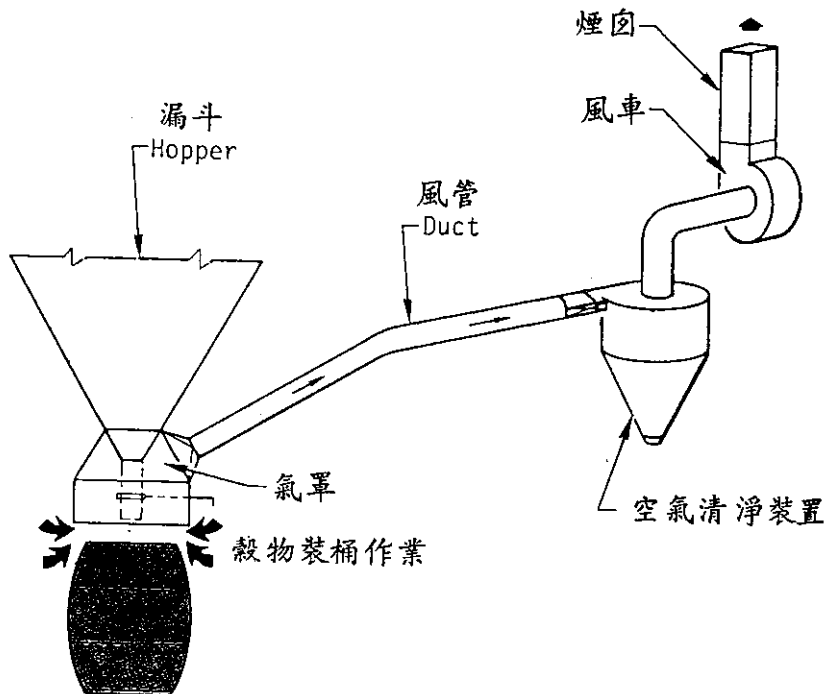
	頁次
表 一 氣罩種類及特性.....	3
表 二 捕捉速度.....	5
表 三 氣罩之進口係數與壓力損失.....	17
表 四 風管之搬運 (<i>Carrying Velocity</i>) 速度.....	20
表 五 不同速度產生之速度壓力—標準氣體.....	21
表 六 速度壓力表.....	22
表 七 圓形長方形風管對換表.....	26
表 八 圓形肘管之壓力損失.....	27
表 九 長方形肘管之壓力損失.....	27
表 十 合流管之壓力損失.....	28
表十一 漸縮管之壓力損失.....	28
表十二 漸擴管之壓力復得.....	29
表十三 檔板平衡及靜壓平衡之比較.....	37
表十四 速度壓力法計算圖.....	39
表十五 速度壓力法計算壓力降.....	43

局部排氣系統設計

一、前言

工廠空氣污染問題之解決，除藉廠內改善，即製程改變或管理加強，用以減少污染物之排放外，對於無法避免產生之污染物，則有賴於各種空氣污染控制設備，將污染物處理至合乎管制標準之後，再予排放。

一般除鍋爐等燃燒源產生污染之控制稍有不同之外，工廠廢氣處理之流程不外如圖一所示者。主要部份為氣罩 (Hood)、吸塵風管 (Duct)、風車 (Fan)、空氣清淨裝置 (air cleaner)、煙囪 (Stack)，以上之組合，在工業衛生而言，可稱為局部排氣 (Local Exhaust System)，此項工作之成功，不但解決工廠之空氣污染問題，而且可促進廠房內部空氣品質之改善，達到保護勞工健康與安全之目的。本手冊乃一系列工廠空氣污染



圖一 典型工廠排氣處理流程圖

控制手冊之先鋒，針對重點在於氣罩和風管，探討如何收集污染源產生之廢氣，並將其輸送至處理設備，以致於排放至大氣中。

二、氣 罩

氣罩乃局部排氣系統中最重要之一環，其大小之設計及安裝位置之選定直接影響局部排氣系統之功能。必須了解氣流之理論，工廠生產程序及工人之工作型態，俾能在最少之抽氣量下，發揮最有效之集氣功能。

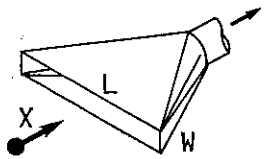
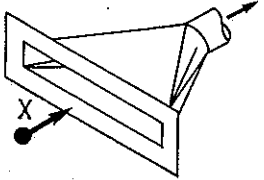
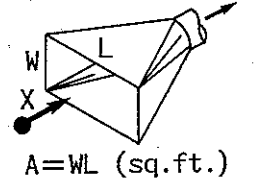
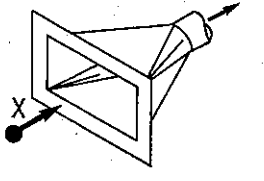
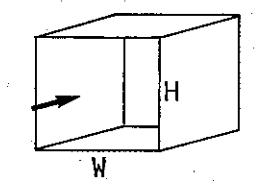
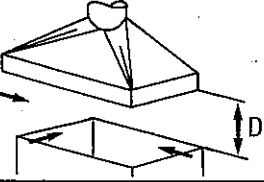
(一)氣罩之型式

氣罩之型式，主要如表一所示，有(1)狹縫型(2)凸緣狹縫型(3)簡單開口(4)凸緣開口(5)岡亭型(6)傘頂型。以上只是一種綜合性之分類，表中第一至第四種氣罩，可通稱為捕捉型氣罩(capturing hood)，第五種為包圍型氣罩之一種(enclosures)，第六種為接納型氣罩(receiving hood)，表一第三行所列者為各類型氣罩基本之尺寸比例。

捕捉型氣罩又分為下列四種：

- 1 旁抽式氣罩(Side Draft Capturing Hoods)；如圖二(a)所示，此類氣罩可作成固定式或移動式，裝置處應儘可能和污染源接近。
- 2 狹縫式氣罩(Slot Hoods)；如圖二(b)所示，此類氣罩主要應用於電鍍工廠或其他類似之設備，狹縫之主要功用乃使整個電鍍槽槽面長方向均有廢氣流入，而同時儘量減低吸入之空氣量。如槽面太寬，則可使用如圖二(c)之系統，稱為推一拉系統(Push-pull System)，用以減少風車之馬力。
- 3 下抽式氣罩(Down Draft Hoods)；如圖二(d)所示，此種氣罩主要乃因氣罩面須作為工作臺面，尤其適用於工作臺附近，使用溶劑或焊接場所，或用火焰切割金屬時，可使用此類氣罩。由於工作臺上有大物體時會阻碍氣流，致無法抽吸污染物，而且熱氣流使污染物向上運動，致無法捕捉，因此應設計足夠大之捕捉速度。
- 4 低能量—高速氣罩(Low-Volume, High-Velocity Hoods)；如

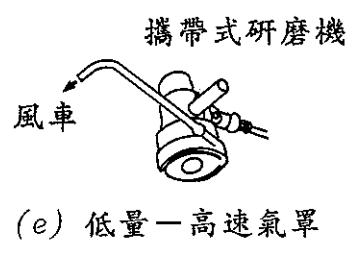
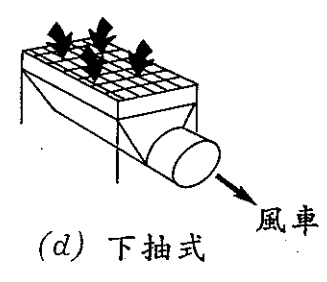
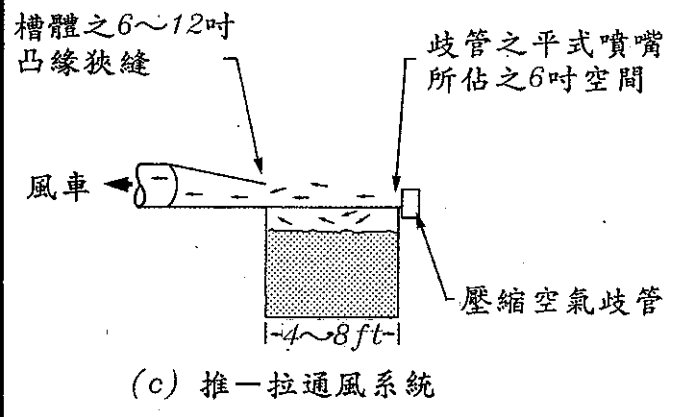
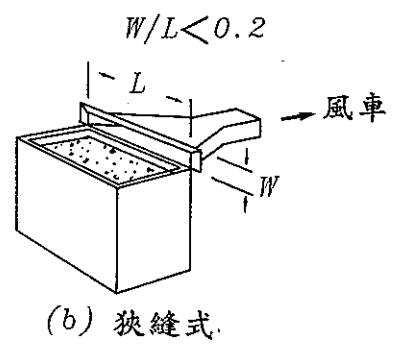
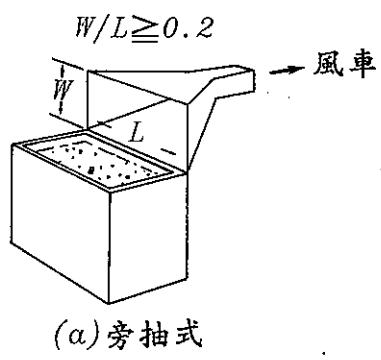
表一 氣罩種類及特性

氣罩型式	說明	外形尺寸	風量
	狹縫型	≤ 0.2	$Q=3.7LVX$
	凸緣狹縫型	≤ 0.2	$Q=2^6LVX$
	簡單開口型	≥ 0.2 及圓弧形	$Q=V(10X^2+A)$
	凸緣開口型	≥ 0.2 及圓弧形	$Q=0.75V(10X^2+A)$
	亭型	視工作台而定	$Q=VA=VWH$
	傘頂型	視工作台而定	$Q=1.4PDV$ P=工作台之周長 D=距離工作台之高度

圖二(e)所示，適用於用電之手工具或機械工具，而需要極高之捕捉速度者（10,000~12,000 fpm），其壓力達15-20 cm 水銀柱之靜壓，非一般之排氣風車所能勝任，需要使用小型渦輪式空壓機（Turbine Compressor）。

(二) 氣罩排氣量之決定

氣罩排氣量之決定有兩種方式，第一種為根據許多實際經驗累積所製



圖二 五種捕捉型氣罩

定之適合於各種不同工作場合，各類型氣罩之排氣量，請見附錄一，第二種乃根據如表一第四行所列各型氣罩之抽氣量，其中之V為捕捉速度(capture velocity)，其定義為氣罩前緣，氣體所須具備之最小速度，以克服相反之氣流，使污染之空氣能流入氣罩之內。捕捉速度之決定如表二所示。

表二 捕捉速度

污染物發生之條件	實 例	捕集速度,公尺/秒
污染物以幾近於無速度之情況排放至靜止之空氣中	由液面蒸發產生之蒸氣	0.25 ~ 0.50 * (50 ~ 100 fpm)
污染物以低速排放至中等靜止之空氣中	噴漆棚 間斷性操作之容器 低速輸送帶 銲接 電鍍液貯槽 金屬之酸液清洗	0.5 ~ 1.0 (100 ~ 200 fpm)
污染物之產生較快，而且排放至快速運動之空氣中	較淺之噴漆棚， 卸料口，粉碎機， 輸送帶之加料	1.0 ~ 2.5 (200 ~ 500 fpm)
污染物以高速排放至快速運動之空氣中	磨碎機 abrasive blasting tumbling	2.5 ~ 10 (500 ~ 2000 fpm)

註：*表中速度範圍之選定原則為：

低速範圍之情況

1. 室內速度低，有利於廢氣捕集
2. 污染物之毒性低或僅令人覺得壓惡
3. 生產量低，且屬間歇性之生產
4. 氣罩大，有大量空氣處於運動中

高速範圍之情況

1. 室內空氣受干擾
2. 污染物毒性高
3. 生產量高，使用頻率大
4. 小氣罩只是局部排氣而已

除表二原則性之規定外，適應各種不同場所之各類型氣罩，也有其速度之限制。基本上氣罩之設計應使排氣量為最少，可藉下列基本理念達成之：

- 儘可能包圍污染物產生之作業場所。
- 如使用捕捉型氣罩或接納型者，則應儘可能使氣罩安裝於近污染源處。
- 儘可能減少污染物之產生或排放。
- 儘可能使進入氣罩之廢氣能均勻分佈。

有兩個因素會影響捕捉型氣罩效能，即捕捉速度是否足夠與捕捉速度是否均勻分佈。捕捉速度已如表二所述，但尚有一點須注意者是捕捉速度之影響應能觸及到零速度（null point）之範圍（如圖三所示），一般需要克服此種零速度之工作場所計有粉碎操作（pulverizing application），物料運處（material handling），氣動式工具（pneumatic tools）等等。

為使進入氣罩時能均勻分佈，可藉圖四之氣罩達成之。

圖四(a)乃錐形氣罩，通常錐體角度為 60° ，但對大型氣罩而言，則此型不切實際。

圖四(b)裂縫型氣罩（splitter vanes）；此類型之好處為氣流阻力小，節省空間。

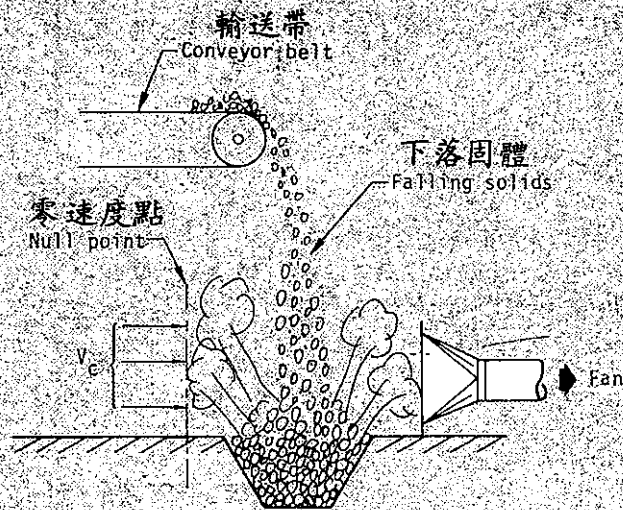
圖四(c)狹縫型氣罩，此型氣罩只能使進入氣罩之捕捉速度均勻，但無法增加捕捉速度，通常此種氣罩無法捕捉2呎以外之粒子，狹縫寬如不超過長之20%，則可達到速度均勻分佈之目的。

另外一種氣罩為高溫操作的氣罩，因為熱效應，氣罩設計在高溫情況所持原理與低溫操作者全然不同，當大量的熱由傳導和對流而傳送到周圍的空氣時，一股熱曳力，使上昇的空氣柱具有400fpm以上的速度，氣罩的設計和抽氣量，必須把此一效應考慮在內。當熱騰騰的空氣柱自熱源表面上上昇時，與周圍空氣混合，空氣柱上昇得越高，就愈擴大，而越稀薄。圖五為上昇空氣柱膨脹之情形。

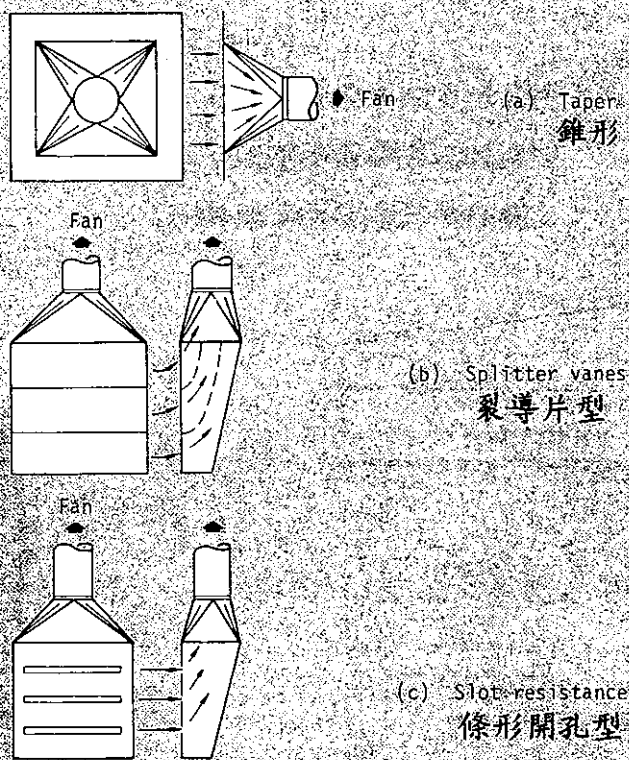
高溫操作氣罩依形狀及安裝位置而有不同之風量，其計算如下：

1 高吊圓形氣罩：

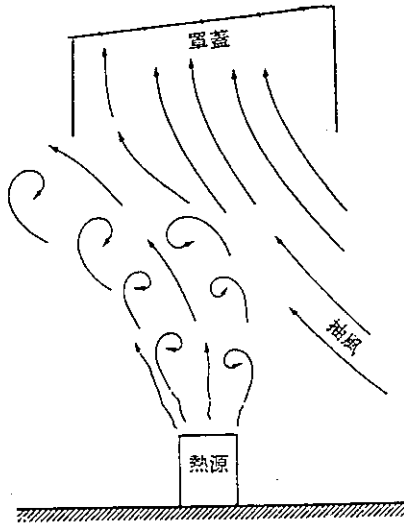
圖六表示熱氣膨脹之大小， $Z = (2D_s)^{1.38}$ (1)



圖三 捕捉速度應能捕集零速度點之污染物



圖四 三種均勻分佈速度之方式



圖五 上升空氣柱受抽風而轉向及被氣罩捕集之情況
 高溫操作氣罩依形狀及安裝位置而有不同之風量，其計算如下：

1 高吊圓形氣罩：

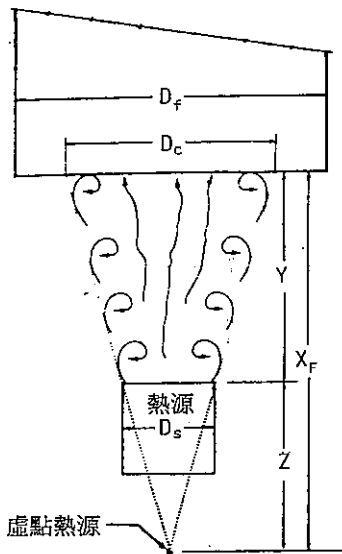
圖六表示熱氣膨脹之大小， $Z = (2D_s)^{1.38}$ (1)

$$D_c = 0.5 X_f^{0.88}$$

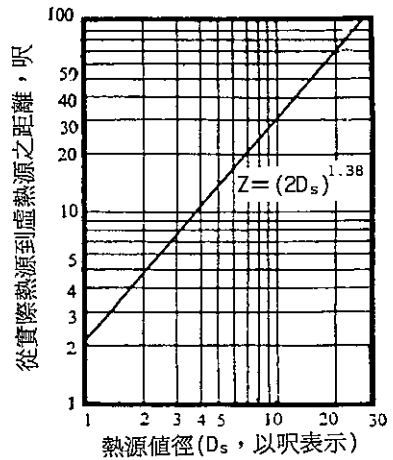
Z ：熱源離虛點熱源之距離， Z 也可由圖七得知

D_c ：空氣柱在氣罩面的直徑 ft

X_f ：虛點熱源至氣罩面之距離 ft



圖六 用以設計熱源高吊式氣罩之尺寸



圖七 高吊式氣罩之 Z 值

進入氣罩面氣流之速度計算可依下式(3)：

$$V_f = \frac{8(A_s)^{\frac{1}{3}}(\Delta t)^{\frac{5}{12}}}{X_f^{\frac{1}{4}}} \quad (3)$$

V_f ：上昇氣柱在氣罩面的速度 fpm

A_s ：熱源之面積 ft^2

Δt ：廢氣溫度和周圍空氣之溫度差

由於上昇空氣柱，受到周圍氣流之影響，而有「搖曳」和「抖動」之現象，因此通常氣罩還要稍加擴大，即：

$$D_f = D_c + 0.8 y \quad (4)$$

進入氣罩之風量依式(5)計算：

$$V_t = V_f A_c + V_r (A_f - A_c) \quad (5)$$

V_t ：進入氣罩之總風量 cfm

V_r ：氣罩面除 A_c 外，其他面積之風速 fpm，通常為 100 fpm

A_c ：上昇氣柱在氣罩面之截面積 ft^2

A_f ：氣罩面之總面積 ft^2

根據式(5)計算之風量，扣除廢氣在氣罩停留之體積即風車所須抽氣之量（抽氣速度），此乃目前我國使用於電弧爐煉鋼之計算公式。

下列例題說明如何應用上式來解決金屬熔爐之污染問題。

【例一】

已知：熔鋅爐直徑長 $4ft$ 金屬溫度 $880^\circ F$ ，現在要用高吊式以收集煙塵，因為有某些不方便，覆蓋必須置於爐上方 $10ft$ 高的地方，周圍空氣溫度 $80^\circ F$ 。

求：氣罩的大小和排風量

解：徑長為 $4ft$ ，查圖七得 $z = 11ft$

$$x_f = y + z$$

$$x_f = 11 + 10 = 21ft$$

上昇氣柱在氣罩面的直徑，可利用公式(1)

$$D_c = 0.5 x_f^{0.88}$$

$$D_c = 0.5(21)^{0.88} = 7.3 \text{ ft}$$

上昇氣柱在氣罩面所佔的面積

$$A_c = \frac{\pi}{4} D_c^2$$

$$\begin{aligned} A_c &= (0.7854)(7.3)^2 \\ &= 42 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

氣罩大小……考慮「搖曳」和「抖動的影響」

$$D_f = D_c + 0.8 y$$

$$D_f = 7.3 + (0.8)(10) = 15.3 \text{ ft}$$

用 15 ft - 4 in 直徑的氣罩

氣罩面積

$$A_f = \frac{\pi}{4} D_f^2$$

$$\begin{aligned} A_f &= (0.7854)(15.33)^2 \\ &= 185 \text{ ft}^2 \end{aligned}$$

上昇空氣在氣罩面的速度

$$V_f = \frac{8(A_s)^{1/3}(\Delta t)^{5/12}}{x_f^{1/4}}$$

$$V_f = \frac{8(12.57)^{1/3}(800)^{5/12}}{(21)^{1/4}} = 143 \text{ fpm}$$

氣罩所需的總風量

$$\begin{aligned} V_t &= V_f A_c + 100(A_f - A_c) \\ &= (143)(42) + (100)(185 - 42) = 20300 \text{ cfm} \end{aligned}$$

如果氣罩可以降低一點點，則捕集煙塵的需要風量可以大大的減少，如下例所示。

【例二】

已知與例一同樣的爐，但氣罩可以降低到爐上 6 ft 的地方，

求：氣罩的大小和排氣風量

解：由圖七徑長為 4 ft

$$z = 11 \text{ ft}$$

$$x_f = z + y$$

$$x_f = 11 + 6 = 17 \text{ ft}$$

上昇空氣柱在氣罩面的直徑，由方程式(2)得

$$D_c = 0.5 x_f^{0.88}$$

$$D_c = 0.5(17)^{0.88} = 6.1 \text{ ft}$$

上昇的空氣在氣罩的面積

$$A_c = \frac{\pi}{4} (D_c)^2$$

$$A_c = (0.7854)(6.1)^2 = 2.92 \text{ ft}^2$$

氣罩大小

$$D_f = D_c + 0.8 y$$

$$D_f = (6.1) + (0.8)(6) = 10.9 \text{ ft}$$

用直徑為 10 ft 11 in 的氣罩

氣罩面積

$$A_f = \frac{\pi}{4} (D_f)^2$$

$$A_f = (0.7854)(10.92)^2 = 93.7 \text{ ft}^2$$

上昇空氣在氣罩面之速度

$$V_f = \frac{8(A_s)^{1/3}(\Delta t)^{5/12}}{x_f^{1/4}}$$

$$V_f = \frac{8(12.57)^{1/3}(800)^{5/12}}{(17)^{1/4}} = 149 \text{ fpm}$$

總風量

$$V_t = V_f A_c + 100(A_f - A_c)$$

$$\begin{aligned} V_t &= (149)(29.2) + (100)(93.7 - 29.2) \\ &= 10800 \text{ cfm} \end{aligned}$$

2. 高吊式長方形氣罩

若熱源非圓形，則氣罩的形狀當然不一定要用圓形，長方形熱源可用長

方形氣罩，才可使通風設備減到最小，固如果用圓形的氣罩，將需要更多的風量，而徒增加不少之動力與設備。

【例三】

已知：長方形熔鉛爐 $2\text{ ft} - 6\text{ in}$ 寬 4 ft 長，金屬溫度為 700°F 在爐上方 8 ft 高的地方有長方形氣罩收集煙塵，周圍空氣溫度為 80°F 。

求：氣罩的大小和排氣風量

解：查圖七直徑 2.5 ft 的熱源得 $z = 6.2$

$$x_f = z + y = 6.2 + 8 = 14.2\text{ ft}$$

上昇空氣柱在氣罩面的寬度可以如下法算之

$$D_c = 0.5 x_f^{0.88}$$

$$D_c = 0.5 (14.2)^{0.88} = 5.2\text{ ft}$$

設上昇空氣柱寬度之增加量和長度之增加量一樣

$$D_c = 4 + (5.2 - 2.5) = 6.7\text{ ft}$$

上昇空氣柱的面積

$$A_c = (5.2)(6.7) = 35\text{ ft}^2$$

氣罩面必須大於此值以允許空氣柱的「搖曳」和「抖動」

若在長寬二邊都增加 $0.8y$

氣罩的大小變成

$$\text{寬} = 5.2 + (0.8)(8) = 11.6\text{ ft}$$

$$\text{長} = 6.7 + (0.8)(8) = 13.1\text{ ft}$$

用寬 $11\text{ ft } 7\text{ in}$ 長 $13\text{ ft } 1\text{ in}$ 的氣罩

氣罩的面積

$$A_f = (11.58)(13.083) = 152\text{ ft}^2$$

上昇空氣的噴氣速度

$$V_f = \frac{8(A_s)^{1/3}(\Delta t)^{5/12}}{x_f^{1/4}}$$

$$V_f = \frac{8(10)^{1/3}(620)^{5/12}}{(14.2)^{1/4}} = 130\text{ fpm}$$

氣罩所需的總風量

$$V_i = V_f A_c + V_r (A_f - A_c)$$

$$V_i = (130)(35) + (200)(152 - 35) = 28000 \text{ cfm}$$

注意在本題中，在氣罩面，除了上昇氣柱外的其餘面積的通風風速定為 200 *fpm*，有人甚至定得更大，這是因為鉛的煙塵必須完全於予捕集，否則會危害人體健康。

3. 低吊式圓形氣罩

低式圓形氣罩的設計，和高式氣罩有些不同，若氣罩的距離不超過熱源的直徑（或 3*ft*，視何值較小而取之）都可叫做低式氣罩。高低氣罩嚴格的劃分並不需要，最重要的是低氣罩距離熱源很接近，以至於上昇氣柱的直徑可視為與熱源的直徑相等，氣罩只要稍為加大一點點以允許「搖曳」和「抖動」的效應就可以了。當拈風並不嚴重時，氣罩各邊加長 6*in* 就夠了。也就是說氣罩面的直徑必須大於熱源直徑 1*ft*，長方形氣罩則長與寬都要比熱源多 1*ft*，如果拈風很嚴重或排出物具有毒性時，必須用較大的安全係數，也就是說加大氣罩的直徑 1*ft* 或更多，或使用密閉室。

雖然氣罩通常比熱源還要大，把它們視為相等也不會有多大的誤差。總風量可由下式算得，此式來自 Heme on 方程式再加上十五%的安全係數。

$$V_i = 4.7 (D_f)^{2.33} (\Delta t)^{5/12} \quad (6)$$

$$V_i = \text{總風量 cfm}$$

$$D_f = \text{氣罩的直徑 ft}$$

$$\Delta t = \text{熱源和周圍空氣的溫度差 } ^\circ F$$

圖八是公式(6)的圖解，利用此圖時先要取大於熱源直徑 1*ft* 或 2*ft* 作為氣罩的直徑 D_f ，由 Δt 和 D_f 可因而從圖中找出總風量 V_i 。

【例四】

已知當銅在直徑 20 *in* 的熔杓 (ladle) 中熔為渣並流動時，吾人欲用低吊式氣罩來收集煙塵，金屬的操作溫度不超過 2350 $^\circ F$ 氣罩放置在金屬表面 24 *in* 的高度，周圍空氣的溫度是 80 $^\circ F$ 。

求：氣罩的大小和排氣量

解：熱源和周圍空氣的溫度差

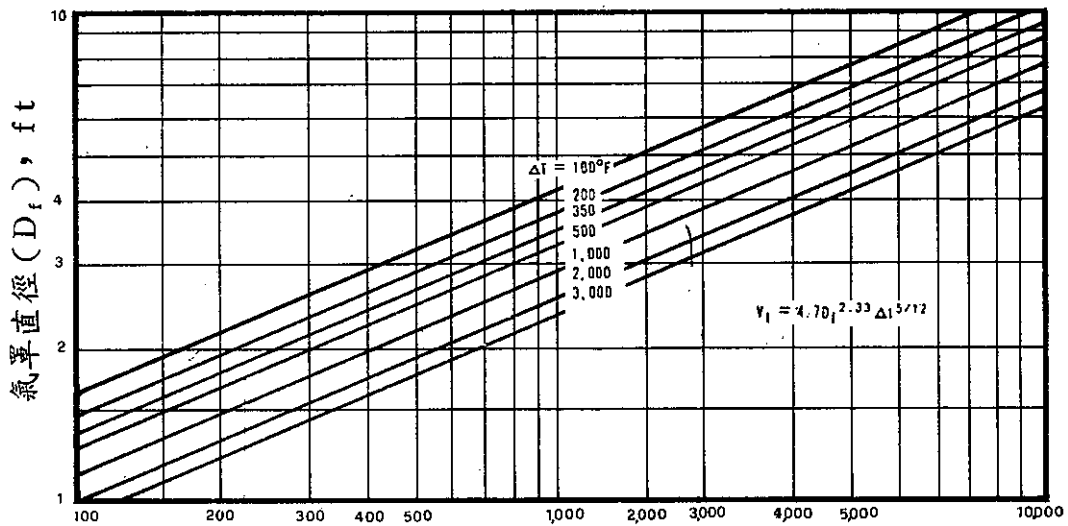
$$\Delta t = 2350 - 80 = 2270^{\circ}F$$

氣罩的直徑應比熱源的直徑大 1 ft

$$D_f = 1.67 + 1.0 = 2.67 \text{ ft}$$

總風量由圖八可得

$$V_t = 1150 \text{ cfm}$$



圖八 低吊式圓形氣罩所需最小之通風量

4. 長方形低吊式氣罩

以相同的方法加上十五%的安全係數公式(6)變成

$$\frac{V_t}{L} = 6.2 b^{4/3} \Delta t^{5/12} \quad (7)$$

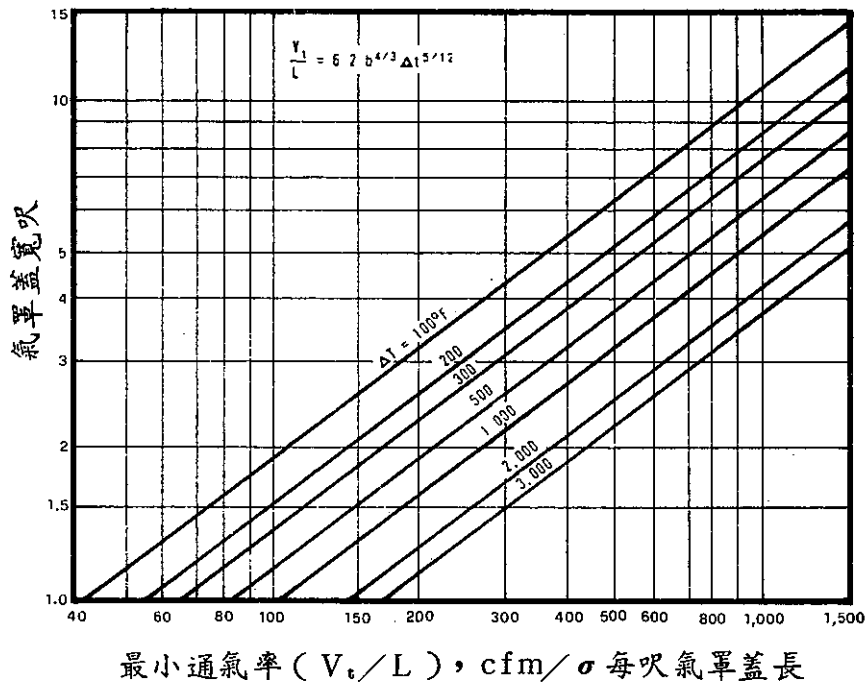
V_t = 氣罩總風量 cfm

L = 長方形氣罩的長度 (比熱源大 1 或 2 ft) ft

b = 長方形氣罩的寬度 (比熱源大 1 或 2 ft) ft

Δt = 熱源和周圍空氣的溫度差 $^{\circ}F$ 。

圖九是公式(7)的圖解。



圖九 低吊式長方形氣罩最小通氣率

【例五】

已知一架鋅塊鑄模機有一個寬 2 ft 長 3 ft 的熔鋅槽，槽上方 30 in 處有一個低吊式氣罩，金屬溫度為 820°F 周圍空氣溫度為 90°F 。

求：氣罩的大小和排氣風量

解：若氣罩的長和寬都比熱源大 1 ft

則氣罩大小為 3 ft 寬， 4 ft 長，熱源和周圍空氣的溫度差。

$$\Delta t = 820 - 90 = 730^\circ\text{F}$$

每單位氣罩長度所需風量可由圖九查得

$$\frac{V_e}{L} = 430\text{ cfm/ft}$$

總風量

$$V_e = 430 \times 4 = 1720\text{ cfm}$$

(三) 氣罩之壓損

當廢氣進入氣罩時，由於氣罩之形狀，造成紊流，形成束縮面 (Vena Contracta)，使一部份之速度壓力 (Velocity Pressure)，

變成熱能損失，假設流體在風管之速度壓力為 P_v ，在氣罩進口為 P_R ，則

$$P_R = F_h \times P_v \quad (8)$$

或 $P_R = \frac{1 - Ce^2}{Ce}$ 表示 (9)

其中 F_h 稱為氣罩進口壓力損失係數

Ce 稱為進口係數 (Coefficient of entry)

表三為各種不同形狀之 F_h 與 Ce 值

(四) 氣罩結構

如果溫度和污染物的腐蝕不太嚴重，氣罩的材料通常用鍍鋅的鋼就可以了。如果有彎頭和「連接處」，其金屬材料至少要比所連接管道的重 2 Gauges。除了較小的氣罩外，通常都需要架角鋼加以補強。

(五) 高溫材料

溫度在 $900^\circ F$ 以下時，要用黑鐵 (black iron)。其所需厚度與溫度成正比例增加，一直到 $1/4 in$ 的厚度為止。溫度高過 $900^\circ F$ 甚至到 $1600, 1800^\circ F$ 時必須使用不銹鋼，如果氣罩的溫度周期性地高過 $1800^\circ F$ ，或者是長時期的高於 $1600^\circ F$ 必須使用具有耐火性的金屬材料。溫度在 400 到 $500^\circ F$ 之間通常用 10 Gauge 的金屬。

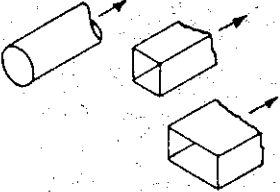
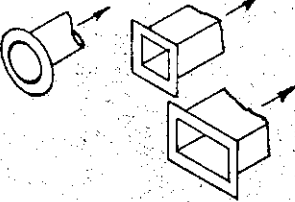
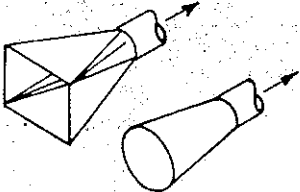
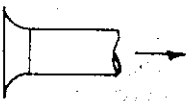
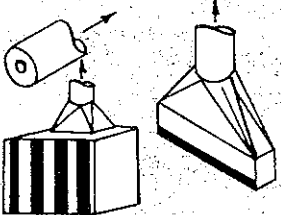
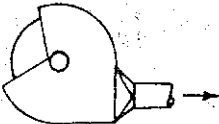
(六) 抗腐蝕性材料

有許多材料能適用於有腐蝕性的情形，合板用於輕質塵埃或暫時性的設備。有時也可以在鋼上面塗一層橡皮或塑膠，就像塗油漆一樣。如果腐蝕性很嚴重的話，氣罩必須用 PVC 板，纖維玻璃或 Transite。

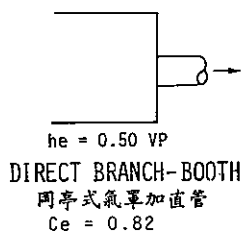
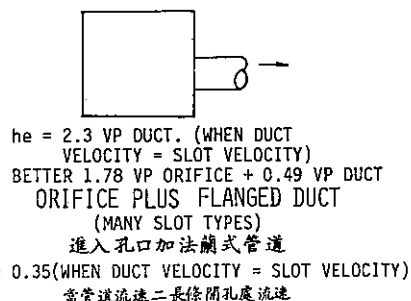
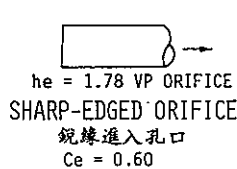
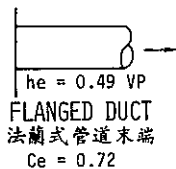
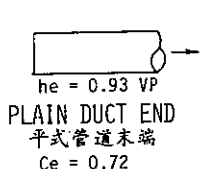
(七) 設計比例

雖然設計氣罩最重要的項目是大小，形狀和氣罩面的方位，及排氣風量。氣罩的深度，其與管道連接處的形狀也要考慮在內。若氣罩太淺，其效果無異是只在管道的開口加裝輪緣而已。但是如果太深則浪費了許多磨擦耗損的能量。

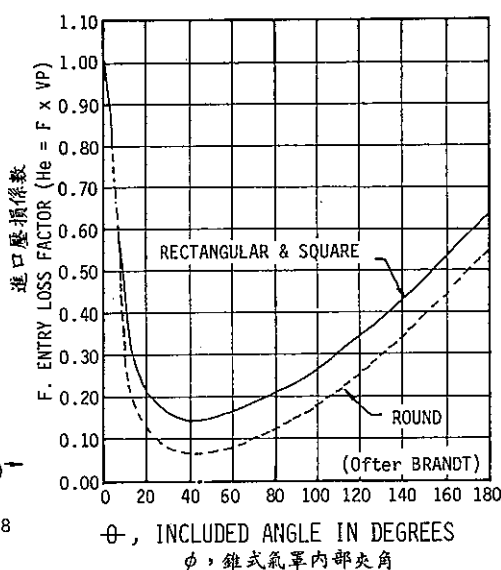
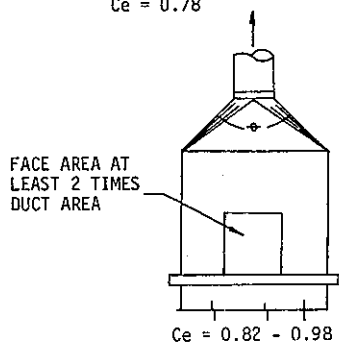
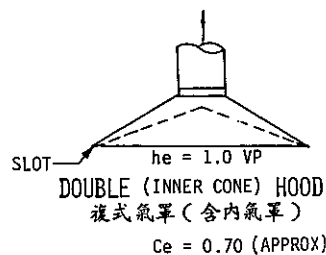
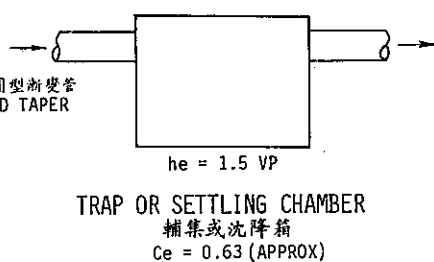
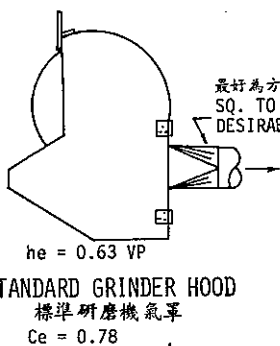
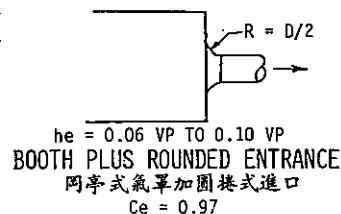
表三 氣罩之進口係數與壓力損失

HOOD TYPE	DESCRIPTION	COEFFICIENT OF ENTRY, C_e	ENTRY LOSS
	PLAIN OPENING	0.72	0.93VP
	FLANGED OPENING	0.82	0.49VP
	TAPER or CONE HOOD	Varies with angle of taper or cone. 見續表三	
	BELL MOUTH INLET	0.98	0.04VP
	ORIFICE	見續表三	
	TYPICAL GRINDING HOOD	STRAIGHT TAKE-OFF	
		0.78	0.65VP
		TAPERED TAKE-OFF	
		0.85	0.40VP

續表三



α	進口壓損 ENTRY LOSS		進口係數 ENTRY COEFFICIENT	
	圓型管	矩型管	圓型管	矩型管
15°	0.15 VP	0.25 VP	0.93	0.89
30°	0.08 VP	0.08 VP	0.96	0.93
45°	0.06 VP	0.15 VP	0.97	0.93
60°	0.08 VP	0.17 VP	0.98	0.92
90°	0.15 VP	0.25 VP	0.93	0.89
120°	0.26 VP	0.35 VP	0.89	0.86
150°	0.40 VP	0.48 VP	0.84	0.82



$$he = \frac{1 - C_e^2}{C_e^2} \times VP$$

$$F = \frac{1 - C_e^2}{C_e^2} \quad he = F \times VP$$

Q = 4005 AC, SD

F = ENTRY LOSS FACTOR
VP = VELOCITY PRESSURE IN DUCT
SP = STATIC PRESSURE AT THROAT. INCHES WATER GAGE
he = ENTRY LOSS. INCHES WATER GAGE
Q = AIR VOLUME. CFM
A = CROSS SECTION AT THROAT. SQUARE FEET
Ce = COEFFICIENT OF ENTRY

ENTRY LOSS FOR COMPLICATED HOOD SHAPES.
1. BREAK HOOD INTO SIMPLE COMPONENTS
2. CALCULATE he FOR EACH COMPONENT
3. ADD VALUES OF he

各種係數值
MISCELLANEOUS VALUES

氣罩 HOOD	進口壓損係數, F ENTRY LOSS, F.
ABRASIVE BLAST CHAMBER	1.0
ABRASIVE BLAST ELEVATOR	2.3
ABRASIVE SEPARATOR	2.3
ELEVATORS (ENCLOSURES)	0.09
FLANGED PIPE PLUS CLOSED ELBOW	0.8
PLAIN PIPE PLUS CLOSE ELBOW	1.80
TUMBLING MILLS (VARIES WITH DESIGN OF WILL)	AV 2.0

FLANGED OR UNFLANGED: ROUND, SQUARE OR RECTANGULAR.
φ IS THE MAJOR ANGLE ON RECTANGULAR HOODS.

HOOD ENTRY LOSS
氣罩之進口壓力損失

* REPRODUCED BY PERMISSION FROM "INDUSTRIAL HEALTH ENGINEERING" BY A. D. BRANDT. PUBLISHED BY JOHN WILEY AND SONS, INC.

(八) 氣罩與管道的連接

在氣罩和管道之間必須有一個圓錐形的連接部，其角度小於 60° ，此一連接部的形狀是氣罩的「壓損」的決定因素。

三、風 管

風管之主要功能乃將氣罩收集之含污染物廢氣送至處理設備，因此對於含粉塵之廢氣，應維持一最小之搬運速度 (carrying velocity)，以防止粉塵沉積於風管中，減少風管之有效送風面積，增加壓力損失和清理、維護工作，但風速太大，則會增加風壓損失，和對風管之磨損。風管之搬運速度，依其所含污染物性質不同，而有如表四之規定。

(一) 風管之壓力損失

風管之壓力，可分為兩種，即靜壓和動壓，靜壓用以產生系統之初速度及克服氣流之摩擦阻力和紊流。動壓又稱為速度壓力，乃空氣運動所造成之壓力，其和風速之關係，可用下式表示之：

$$V = 4,005 \sqrt{Vp} \quad (10)$$

V ：風速 fbm

Vp ：速度壓力，吋水柱

或
$$V = 4,043 \sqrt{Vp} \quad (11)$$

V ： m / sec ,

Vp ：毫米水柱

Vp 與 V 之關係如表五、表六

1. 直管之壓力損失

① 圓形直管

由於廢氣在風管內流動，產生摩擦，造成壓力損失，此損失大小可用 Fanning 公式計算而得：

表四 風管之搬運 (carrying velocity) 速度

污 染 物	例	設 計 風 速
蒸氣，氣體，煙	所有蒸氣氣體及煙	任何意欲風速 (經濟 運作風速常為 1000- 1200 fpm)
煙霧	鋅和氧化鋁煙霧	1400-2000
非常微細的輕灰	棉紗，木粉，石粉	2000-2500
塵、乾塵及粉	細橡皮塵，電木塑粉塵，黃麻 絨，棉塵，刮下屑 (輕的) ， 肥皂粉塵，皮革刮下屑	2500-3500
一般工業塵	鋸木屑 (重而濕的) ，研磨塵 ，磨光絨 (乾的) ，毛黃麻塵 (搖動器的廢渣) ，咖啡豆， 製鞋灰塵，花崗石塵，矽粉， 一般物料處理，切磚，黏土塵 ，鑄造 (一般的) ，石灰石塵 ，紡織工業中石棉的打包與稱 重時放出的塵粉。	3500-4000
重 塵 粉	金屬錠俤，鑄造鼓轉筒及搖動 器塵，噴砂灰塵，木塊，豬廢 料等處理塵粉，黃銅錠俤，鑄 鐵搪孔塵，鉛塵	4000-4500
重或潮濕塵粉	鉛塵夾有小切塊，潮濕黏合料 塵，切管機切管時之石棉或塑 膠塵，磨光絨 (有黏性的) ， 生石灰塵	4500 以上

表五 不同速度產生之速度壓力—標準氣體

FROM: $V = 4005 \sqrt{VP}$

V = VELOCITY FPM
VP = VELOCITY PRESSURE, INCHES OF WATER

VP	V	VP	V	VP	V	VP	V	VP	V	VP	V
0.01	401	0.52	2888	1.03	4065	1.54	4970	2.05	5734	3.10	7052
0.02	566	0.53	2916	1.04	4084	1.55	4986	2.06	5748	3.20	7164
0.03	694	0.54	2943	1.05	4104	1.56	5002	2.07	5762	3.30	7275
0.04	801	0.55	2970	1.06	4123	1.57	5018	2.08	5776	3.40	7385
0.05	896	0.56	2997	1.07	4143	1.58	5034	2.09	5790	3.50	7493
0.06	981	0.57	3024	1.08	4162	1.59	5050	2.10	5804	3.60	7599
0.07	1060	0.58	3050	1.09	4181	1.60	5066	2.11	5818	3.70	7704
0.08	1133	0.59	3076	1.10	4200	1.61	5082	2.12	5831	3.80	7807
0.09	1202	0.60	3102	1.11	4220	1.62	5098	2.13	5845	3.90	7909
0.10	1266	0.61	3128	1.12	4238	1.63	5113	2.14	5859	4.00	8010
0.11	1328	0.62	3153	1.13	4257	1.64	5129	2.15	5872	4.10	8110
0.12	1387	0.63	3179	1.14	4276	1.65	5145	2.16	5886	4.20	8208
0.13	1444	0.64	3204	1.15	4295	1.66	5160	2.17	5900	4.30	8305
0.14	1499	0.65	3229	1.16	4314	1.67	5176	2.18	5913	4.40	8401
0.15	1551	0.66	3254	1.17	4332	1.68	5191	2.19	5927	4.50	8496
0.16	1602	0.67	3278	1.18	4351	1.69	5207	2.20	5940	4.60	8590
0.17	1651	0.68	3303	1.19	4369	1.70	5222	2.21	5954	4.70	8683
0.18	1699	0.69	3327	1.20	4387	1.71	5237	2.22	5967	4.80	8775
0.19	1746	0.70	3351	1.21	4406	1.72	5253	2.23	5981	4.90	8865
0.20	1791	0.71	3375	1.22	4424	1.73	5268	2.24	5994	5.00	8955
0.21	1835	0.72	3398	1.23	4442	1.74	5283	2.25	6008	5.10	9045
0.22	1879	0.73	3422	1.24	4460	1.75	5298	2.26	6021	5.20	9133
0.23	1921	0.74	3445	1.25	4478	1.76	5313	2.27	6034	5.30	9220
0.24	1962	0.75	3468	1.26	4495	1.77	5328	2.28	6047	5.40	9307
0.25	2003	0.76	3491	1.27	4513	1.78	5343	2.29	6061	5.50	9393
0.26	2042	0.77	3514	1.28	4531	1.79	5358	2.30	6074	5.60	9478
0.27	2081	0.78	3537	1.29	4549	1.80	5373	2.31	6087	5.70	9562
0.28	2119	0.79	3560	1.30	4566	1.81	5388	2.32	6100	5.80	9645
0.29	2157	0.80	3582	1.31	4584	1.82	5403	2.33	6113	5.90	9728
0.30	2194	0.81	3605	1.32	4601	1.83	5418	2.34	6126	6.00	9810
0.31	2230	0.82	3627	1.33	4619	1.84	5433	2.35	6140	6.10	9892
0.32	2266	0.83	3649	1.34	4636	1.85	5447	2.36	6153	6.20	9972
0.33	2301	0.84	3671	1.35	4653	1.86	5462	2.37	6166	6.30	10052
0.34	2335	0.85	3692	1.36	4671	1.87	5477	2.38	6179	6.40	10132
0.35	2369	0.86	3714	1.37	4688	1.88	5491	2.39	6192	6.50	10211
0.36	2403	0.87	3736	1.38	4705	1.89	5506	2.40	6205	6.60	10289
0.37	2436	0.88	3757	1.39	4722	1.90	5521	2.41	6217	6.70	10367
0.38	2469	0.89	3778	1.40	4739	1.91	5535	2.42	6230	6.80	10444
0.39	2501	0.90	3799	1.41	4756	1.92	5550	2.43	6243	6.90	10520
0.40	2533	0.91	3821	1.42	4773	1.93	5564	2.44	6256	7.00	10596
0.41	2564	0.92	3841	1.43	4790	1.94	5578	2.45	6269	7.50	10968
0.42	2596	0.93	3862	1.44	4806	1.95	5593	2.46	6282	8.00	11328
0.43	2626	0.94	3883	1.45	4823	1.96	5607	2.47	6294	8.50	11676
0.44	2657	0.95	3904	1.46	4839	1.97	5621	2.48	6307	9.00	12015
0.45	2687	0.96	3924	1.47	4856	1.98	5636	2.49	6320	9.50	12344
0.46	2716	0.97	3944	1.48	4872	1.99	5650	2.50	6332	10.00	12665
0.47	2746	0.98	3965	1.49	4889	2.00	5664	2.60	6458	11.00	13283
0.48	2775	0.99	3985	1.50	4905	2.01	5678	2.70	6581	12.00	13874
0.49	2804	1.00	4005	1.51	4921	2.02	5692	2.80	6702	13.00	14440
0.50	2832	1.01	4025	1.52	4938	2.03	5706	2.90	6820	13.61	14775
0.51	2860	1.02	4045	1.53	4954	2.04	5720	3.00	6937	14.00	14985

表六 速度壓力表

$$V = 4.043 \sqrt{VP} \quad \text{DENSITY OF AIR} = 1.2 \text{ Kg / m}^3$$

VP = VELOCITY PRESSURE IN mm OF WATER V = VELOCITY IN m/sec.

VP	V	VP	V	VP	V	VP	V	VP	V	VP	V
0.1	1.28	5.1	9.13	11.0	13.41	61.0	31.58	111.0	42.59	161.0	51.30
0.2	1.81	5.2	9.22	12.0	14.00	62.0	31.83	112.0	42.79	162.0	51.46
0.3	2.21	5.3	9.31	13.0	14.58	63.0	32.09	113.0	42.98	163.0	51.62
0.4	2.56	5.4	9.39	14.0	15.13	64.0	32.34	114.0	43.17	164.0	51.77
0.5	2.86	5.5	9.48	15.0	15.66	65.0	32.59	115.0	43.35	165.0	51.93
0.6	3.13	5.6	9.57	16.0	16.17	66.0	32.84	116.0	43.54	166.0	52.09
0.7	3.38	5.7	9.65	17.0	16.67	67.0	33.09	117.0	43.73	167.0	52.24
0.8	3.62	5.8	9.74	18.0	17.15	68.0	33.34	118.0	43.92	168.0	52.40
0.9	3.84	5.9	9.82	19.0	17.62	69.0	33.58	119.0	44.10	169.0	52.56
1.0	4.04	6.0	9.90	20.0	18.08	70.0	33.82	120.0	44.29	170.0	52.71
1.1	4.24	6.1	9.99	21.0	18.53	71.0	34.07	121.0	44.47	171.0	52.87
1.2	4.43	6.2	10.07	22.0	18.96	72.0	34.30	122.0	44.65	172.0	53.02
1.3	4.61	6.3	10.15	23.0	19.39	73.0	34.54	123.0	44.84	173.0	53.18
1.4	4.78	6.4	10.23	24.0	19.81	74.0	34.78	124.0	45.02	174.0	53.33
1.5	4.95	6.5	10.31	25.0	20.21	75.0	35.01	125.0	45.20	175.0	53.48
1.6	5.11	6.6	10.39	26.0	20.61	76.0	35.24	126.0	45.38	176.0	53.63
1.7	5.27	6.7	10.46	27.0	21.01	77.0	35.48	127.0	45.56	177.0	53.79
1.8	5.42	6.8	10.54	28.0	21.39	78.0	35.71	128.0	45.74	178.0	53.94
1.9	5.57	6.9	10.62	29.0	21.77	79.0	35.93	129.0	45.92	179.0	54.09
2.0	5.72	7.0	10.70	30.0	22.14	80.0	36.16	130.0	46.10	180.0	54.24
2.1	5.86	7.1	10.77	31.0	22.51	81.0	36.39	131.0	46.27	181.0	54.39
2.2	6.00	7.2	10.85	32.0	22.87	82.0	36.61	132.0	46.45	182.0	54.54
2.3	6.13	7.3	10.92	33.0	23.22	83.0	36.83	133.0	46.62	183.0	54.69
2.4	6.26	7.4	11.00	34.0	23.57	84.0	37.05	134.0	46.80	184.0	54.84
2.5	6.39	7.5	11.07	35.0	23.92	85.0	37.27	135.0	46.97	185.0	54.99
2.6	6.52	7.6	11.15	36.0	24.26	86.0	37.49	136.0	47.15	186.0	55.14
2.7	6.64	7.7	11.22	37.0	24.59	87.0	37.71	137.0	47.32	187.0	55.28
2.8	6.76	7.8	11.29	38.0	24.92	88.0	37.93	138.0	47.49	188.0	55.43
2.9	6.88	7.9	11.36	39.0	25.25	89.0	38.14	139.0	47.66	189.0	55.58
3.0	7.00	8.0	11.43	40.0	25.57	90.0	38.35	140.0	47.84	190.0	55.73
3.1	7.12	8.1	11.51	41.0	25.89	91.0	38.57	141.0	48.01	200.0	57.17
3.2	7.23	8.2	11.58	42.0	26.20	92.0	38.78	142.0	48.18	210.0	58.59
3.3	7.34	8.3	11.65	43.0	26.51	93.0	38.99	143.0	48.35	220.0	59.96
3.4	7.45	8.4	11.72	44.0	26.82	94.0	39.20	144.0	48.51	230.0	61.31
3.5	7.56	8.5	11.79	45.0	27.12	95.0	39.40	145.0	48.68	240.0	62.63
3.6	7.67	8.6	11.86	46.0	27.42	96.0	39.61	146.0	48.85	250.0	63.92
3.7	7.78	8.7	11.92	47.0	27.72	97.0	39.82	147.0	49.02	260.0	65.19
3.8	7.88	8.8	11.99	48.0	28.01	98.0	40.02	148.0	49.18	270.0	66.43
3.9	7.98	8.9	12.06	49.0	28.30	99.0	40.23	149.0	49.35	280.0	67.65
4.0	8.09	9.0	12.13	50.0	28.59	100.0	40.43	150.0	49.51	290.0	68.85
4.1	8.19	9.1	12.20	51.0	28.87	101.0	40.63	151.0	49.68	300.0	70.02
4.2	8.29	9.2	12.26	52.0	29.15	102.0	40.83	152.0	49.84	310.0	71.18
4.3	8.38	9.3	12.33	53.0	29.43	103.0	41.03	153.0	50.01	320.0	72.32
4.4	8.48	9.4	12.40	54.0	29.71	104.0	41.23	154.0	50.17	330.0	73.44
4.5	8.58	9.5	12.46	55.0	29.98	105.0	41.43	155.0	50.33	340.0	74.55
4.6	8.67	9.6	12.53	56.0	30.25	106.0	41.62	156.0	50.49	350.0	75.63
4.7	8.76	9.7	12.59	57.0	30.52	107.0	41.82	157.0	50.66	360.0	76.71
4.8	8.86	9.8	12.66	58.0	30.79	108.0	42.01	158.0	50.82	370.0	77.77
4.9	8.95	9.9	12.72	59.0	31.05	109.0	42.21	159.0	50.98	380.0	78.81
5.0	9.04	10.0	12.78	60.0	31.32	110.0	42.40	160.0	51.14	390.0	79.84

$$h_f = \frac{L \lambda V^2}{2gD} \quad (12)$$

L ：管長

V ：風速

D ：管徑

g ：重力加速度

λ ：摩擦係數

式(12)經整理也可得類似式(10)或(11)之方式，因此直管壓力損失可利用圖十、十一查得。

②長方形風管

應換算成同一風量之單位圓管之壓力損失，其換算依下式：

$$De = 1.3 \left[(ab)^5 / (a+b)^2 \right]^{\frac{1}{8}} \quad (13)$$

De ：相當管徑

a ：長方形風管之長邊長

b ：長方形風管之短邊長

另外也可由表七查得

2. 肘管之壓力損失

①圓形肘管之壓力損失，如表八

②長方形管之肘管壓力損失，如表九

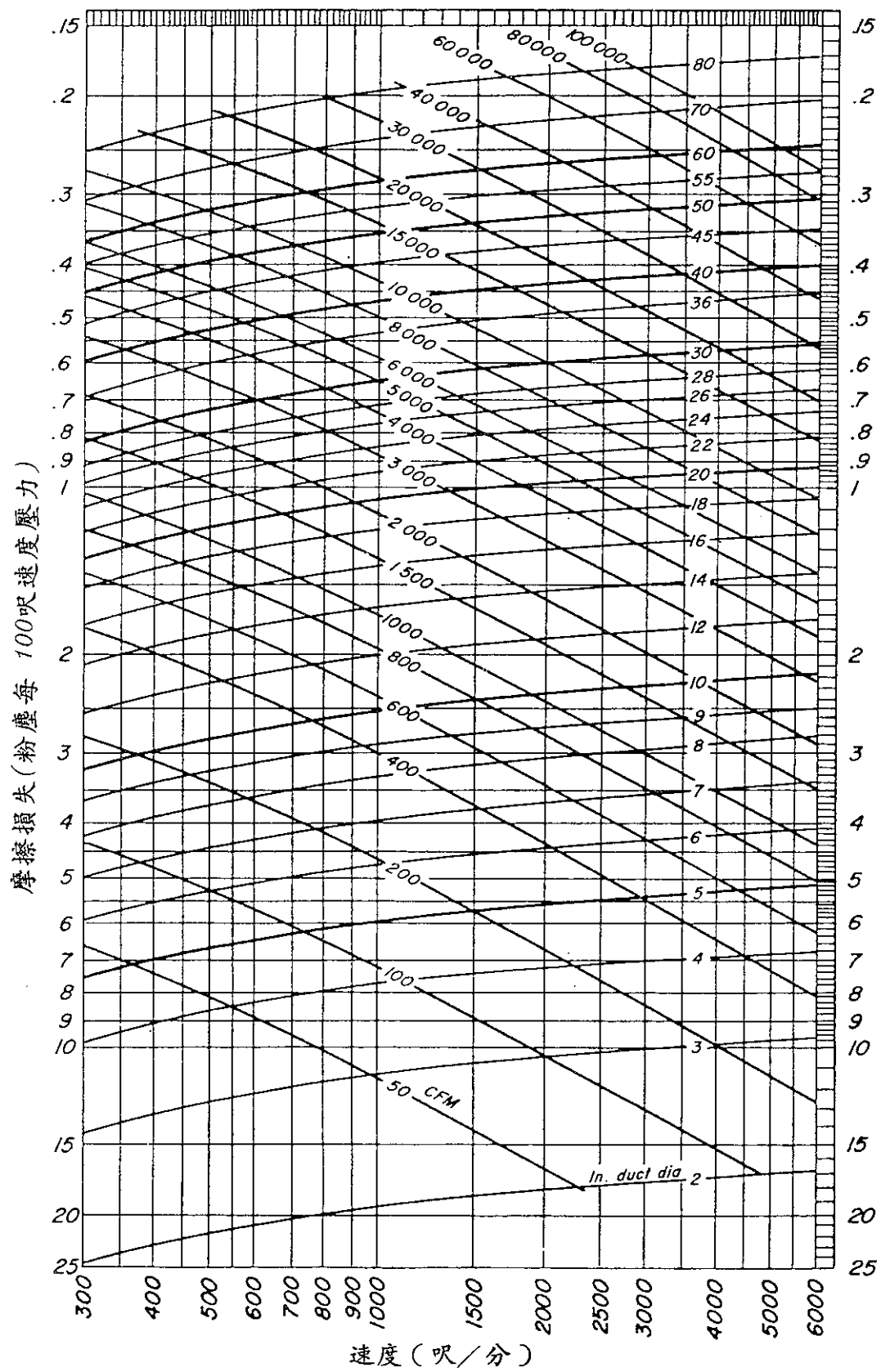
3. 合流管之壓力損失：如表十

4. 漸縮管之壓力損失：如表十一

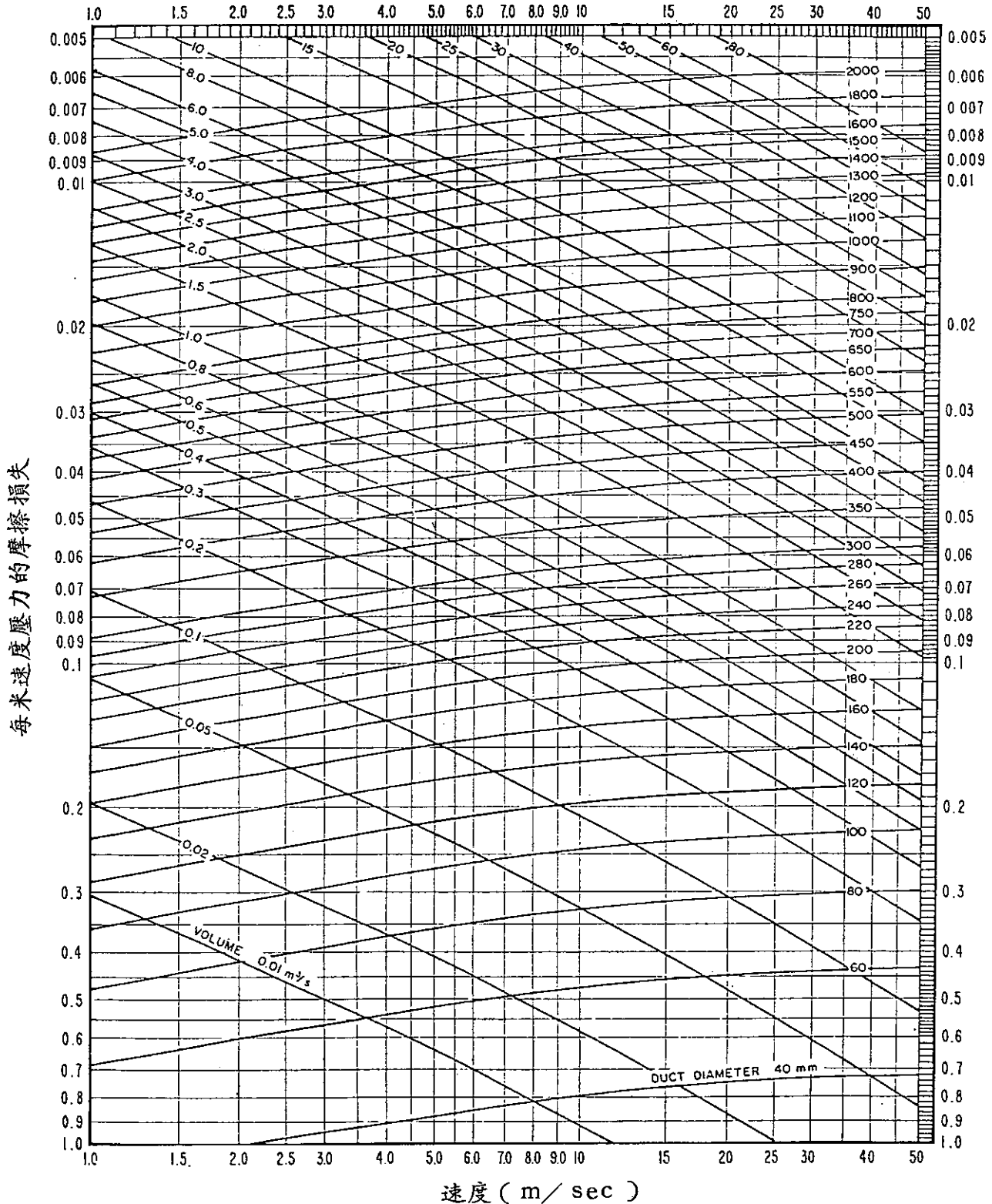
5. 漸擴管之壓力復得：如表十二

(二)風管之設計原則

風管之設計、安裝，直接影響壓力損失和風管之送風功能。目前各工廠之風管往往依現場之情況，因陋就簡，隨意裝設，茲舉出各種風管之安裝原則，如圖十二、十三、十四、十五。



圖十 粉塵每 100呎速度壓力之摩擦損失圖



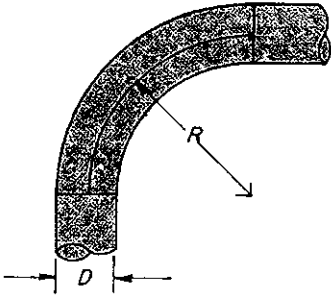
每米速度壓力的摩擦損失

圖十一 每米速度壓力之摩擦損失圖

表七 圓形長方形風管對換表

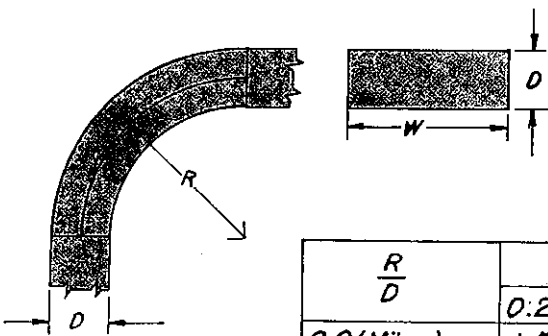
RECT DUCT SIDE	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165
100	63	67	72	76	80	84	88	91	94	98	101	104	107	109													
105	64	69	74	78	82	86	90	93	97	100	103	106	109	112	115												
110	65	70	75	80	84	88	92	95	99	102	105	109	112	115	117	120											
115	67	72	77	81	86	90	94	97	101	104	108	111	114	117	120	123	126										
120	68	73	78	83	87	91	95	99	103	107	110	113	117	120	123	126	128	131									
125	69	74	79	84	89	93	97	101	105	109	112	116	119	122	125	128	131	134	137								
130	70	76	81	86	90	95	99	103	107	111	114	118	121	124	128	131	134	137	139	142							
135	71	77	82	87	92	96	101	105	109	113	116	120	123	127	130	133	136	139	142	145	148						
140	72	78	84	89	93	98	102	107	111	115	118	122	125	129	132	135	139	142	145	147	150	153					
145	73	79	85	90	95	100	104	108	112	116	120	124	128	131	134	138	141	144	147	150	153	156	159				
150	75	80	86	91	96	101	106	110	114	118	122	126	130	133	137	140	143	146	150	153	156	158	164	167	169		
155	76	82	87	93	98	103	107	112	116	120	124	128	132	135	139	142	146	149	152	155	158	161	164	167	172	175	180
160	77	83	88	94	99	104	109	113	118	122	126	130	134	137	141	144	148	151	154	157	161	164	166	169	172	175	180
165	78	84	90	95	100	105	110	115	119	124	128	132	136	139	143	147	150	153	157	160	163	166	169	172	175	178	180
170	79	85	91	96	102	107	112	116	121	125	129	134	137	141	145	149	152	156	159	162	165	168	171	174	177	180	183
175	79	86	92	98	103	108	113	118	123	127	131	135	139	143	147	151	154	158	161	164	168	171	174	177	180	183	186
180	80	87	93	99	104	110	115	119	124	129	133	137	141	145	149	153	156	160	163	167	170	173	176	179	182	185	188
185	81	88	94	100	106	111	116	121	126	130	135	139	143	147	151	155	158	162	165	169	172	176	179	182	185	188	191
190	82	89	95	101	107	112	117	122	127	132	136	141	145	149	153	157	160	164	168	171	174	178	181	184	187	190	193
195	83	90	96	102	108	113	119	124	129	133	138	142	146	151	155	158	162	166	170	173	177	180	183	187	190	193	196
200	84	91	97	103	109	115	120	125	130	135	139	144	148	152	156	160	164	168	172	175	179	182	186	189	192	195	198
205	85	92	98	104	110	116	121	127	131	136	141	145	150	154	158	162	166	170	174	177	181	184	188	191	194	198	201
210	86	93	99	106	111	117	123	128	133	138	142	147	151	156	160	164	168	172	176	179	183	186	190	193	197	200	203
215	87	94	100	107	113	118	124	129	134	139	144	149	153	157	162	166	170	174	178	181	185	189	192	196	199	202	205
220	87	95	101	108	114	120	125	130	136	141	145	150	155	159	163	168	172	176	180	183	187	191	194	198	201	204	208
225	88	95	102	109	115	121	126	132	137	142	147	152	156	161	165	169	173	177	181	185	189	193	196	200	203	207	210
230	89	96	103	110	116	122	128	133	138	143	148	153	158	162	167	171	175	179	183	187	191	195	198	202	205	209	212
235	90	97	104	111	117	123	129	134	140	145	150	155	159	164	168	173	177	181	185	189	193	197	200	204	208	211	214
240	91	98	105	112	118	124	130	135	141	146	151	156	161	165	170	174	179	183	187	191	195	199	202	206	210	213	217
245	91	99	106	113	119	125	131	137	142	147	153	158	162	167	172	176	180	185	189	193	197	201	204	208	212	215	219
250	92	100	107	114	120	126	132	138	143	149	154	159	164	169	173	178	182	186	190	195	198	202	206	210	214	217	221
255	93	100	108	115	121	127	133	139	145	150	155	160	165	170	175	179	184	188	192	196	200	204	208	212	216	219	223

表八 圓形肘管之壓力損失



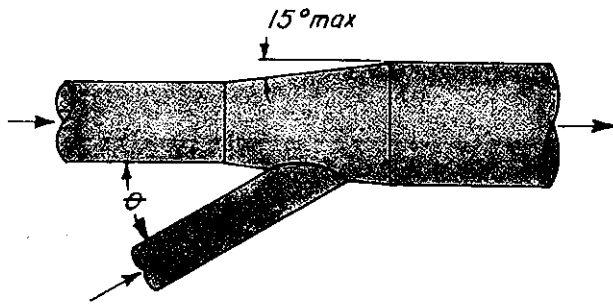
<i>R, No. of Diameters</i>	<i>Loss Fraction of VP</i>
2.75 <i>D</i>	0.26
2.50 <i>D</i>	0.22
2.25 <i>D</i>	0.26
2.00 <i>D</i>	0.27
1.75 <i>D</i>	0.32
1.50 <i>D</i>	0.39
1.25 <i>D</i>	0.55

表九 長方形肘管之壓力損失



$\frac{R}{D}$	<i>Loss, Fraction of VP</i>					
	<i>Aspect Ratio, W/D</i>					
	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0
0.0 (Mitre)	1.50	1.32	1.15	1.04	0.92	0.86
0.5	1.36	1.21	1.05	0.95	0.84	0.79
1.0	0.45	0.28	0.21	0.21	0.20	0.19
1.5	0.28	0.18	0.13	0.13	0.12	0.12
2.0	0.24	0.15	0.11	0.11	0.10	0.10
3.0	0.24	0.15	0.11	0.11	0.10	0.10

表十 合流管之壓力損失

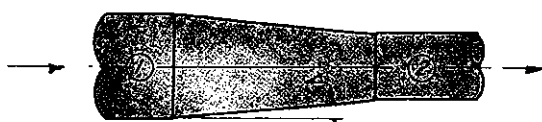


Angle θ Degrees	Loss Fraction of VP in Branch
10	0.06
15	0.09
20	0.12
25	0.15
30	0.18
35	0.21
40	0.25
45	0.28
50	0.32
60	0.44
90	1.00

注意：支管進口損失假定發生在支管處且以同樣方法計算

對支管進口的擴大部分不包括一個擴大部分復得的計算

表十一 漸縮管之壓力損失



Tapered contraction
 $SP_2 = SP_1 - (VP_2 - VP_1) - L(VP_2 - VP_1)$

Taper angle degrees	L(loss)
5	0.05
10	0.06
15	0.08
20	0.10
25	0.11
30	0.13
45	0.20
60	0.30
over 60	Abrupt contraction

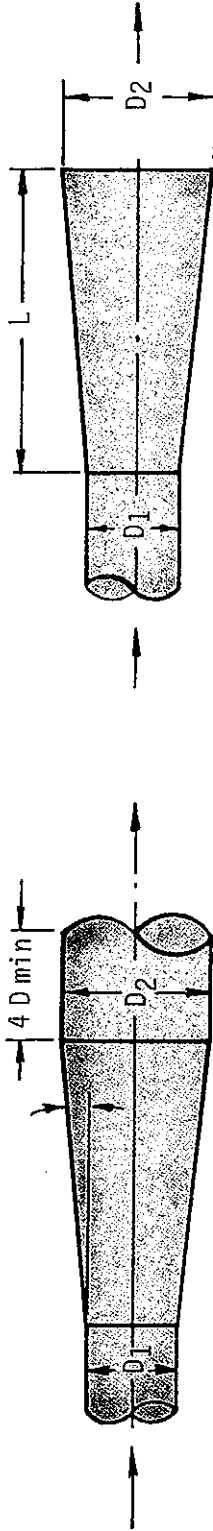


Abrupt contraction
 $SP_2 = SP_1 - (VP_2 - VP_1) - K(VP_2)$

Ratio A_2/A_1	K
0.1	0.48
0.2	0.46
0.3	0.42
0.4	0.37
0.5	0.32
0.6	0.26
0.7	0.20

A = duct area, sq ft

表十二 漸擴管之壓力復得



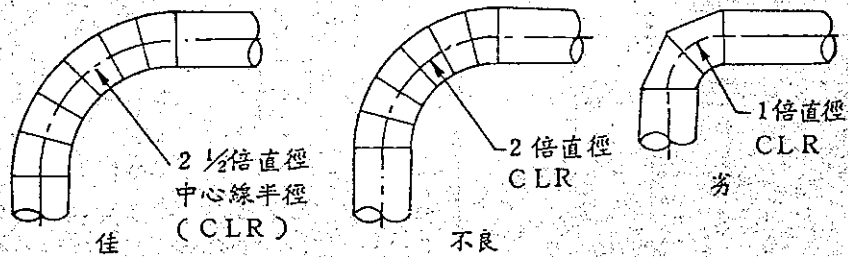
Within duct

Regain (R), fraction of VP difference		Diameter ratios D2/D1				
Taper angle degrees		1.25:1	1.5:1	1.75:1	2:1	2.5:1
3½		0.92	0.88	0.84	0.81	0.75
5		0.88	0.84	0.80	0.76	0.68
10		0.85	0.76	0.70	0.63	0.53
15		0.83	0.70	0.62	0.55	0.43
20		0.81	0.67	0.57	0.48	0.43
25		0.80	0.65	0.53	0.44	0.28
30		0.79	0.63	0.51	0.41	0.25
Abrupt 90		0.77	0.62	0.50	0.40	0.25
Where: $SP_2 = SP_1 + R (VP_1 - VP_2)$						

At end of duct

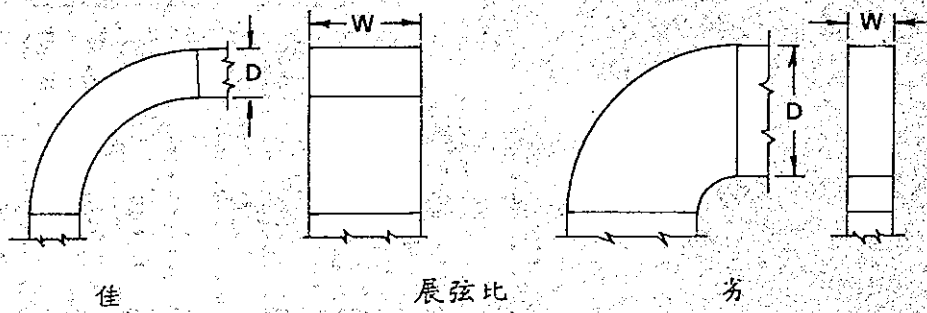
Regain (R), fraction of inlet VP		Diameter ratios D2/D1						
Taper length to inlet diam L/D		1.2:1	1.3:1	1.4:1	1.5:1	1.6:1	1.7:1	1.7:1
1.0:1		0.37	0.39	0.38	0.35	0.31	0.27	
1.5:1		0.39	0.46	0.47	0.46	0.44	0.41	
2.0:1		0.42	0.49	0.52	0.52	0.51	0.49	
3.0:1		0.44	0.52	0.57	0.59	0.60	0.59	
4.0:1		0.45	0.55	0.60	0.63	0.63	0.64	
5.0:1		0.47	0.56	0.62	0.65	0.66	0.68	
7.5:1		0.48	0.58	0.64	0.68	0.70	0.72	
Where: $SP_1 = SP_2 - R(VP_1)^*$								

The regain (R) will only be 70% of value shown above when expansion follows a disturbance or elbow (including a fan) by less than 5 duct diameters.

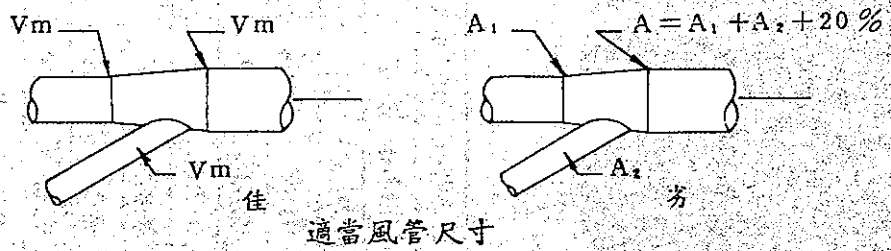


肘管之半徑

肘管應為 2 或 2 1/2 倍直徑中心線半徑，除非空間允許



使用長方型風管時，要保持展弦比 (AR) (W/D) 高



適當風管尺寸

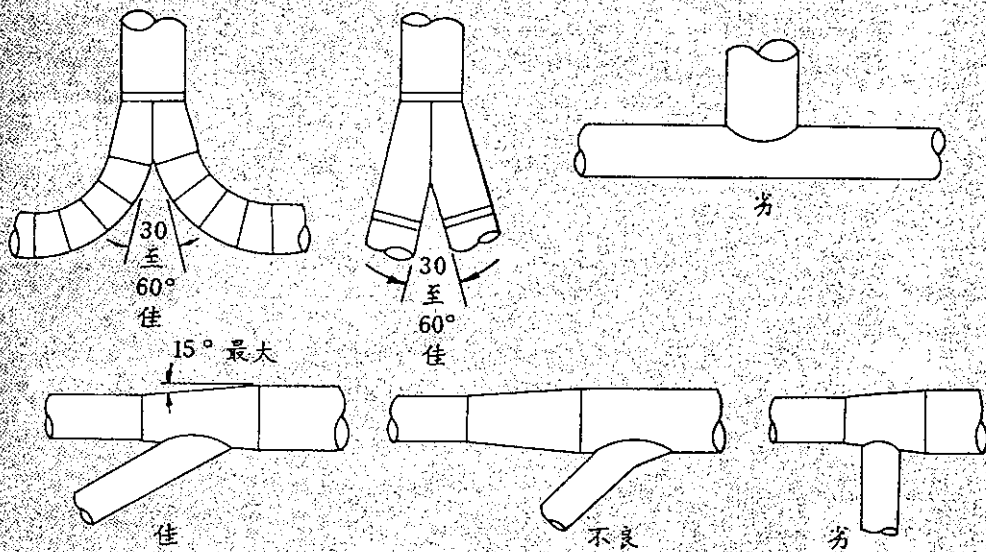
V_m = 最小運送風速

A = 橫斷面積

風管尺寸要能維持所選用之運送

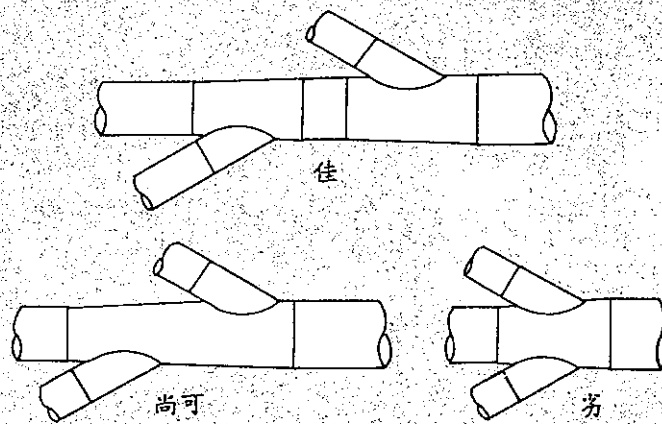
風速或較高

圖十二 風管設計原則(-)



支風管進口

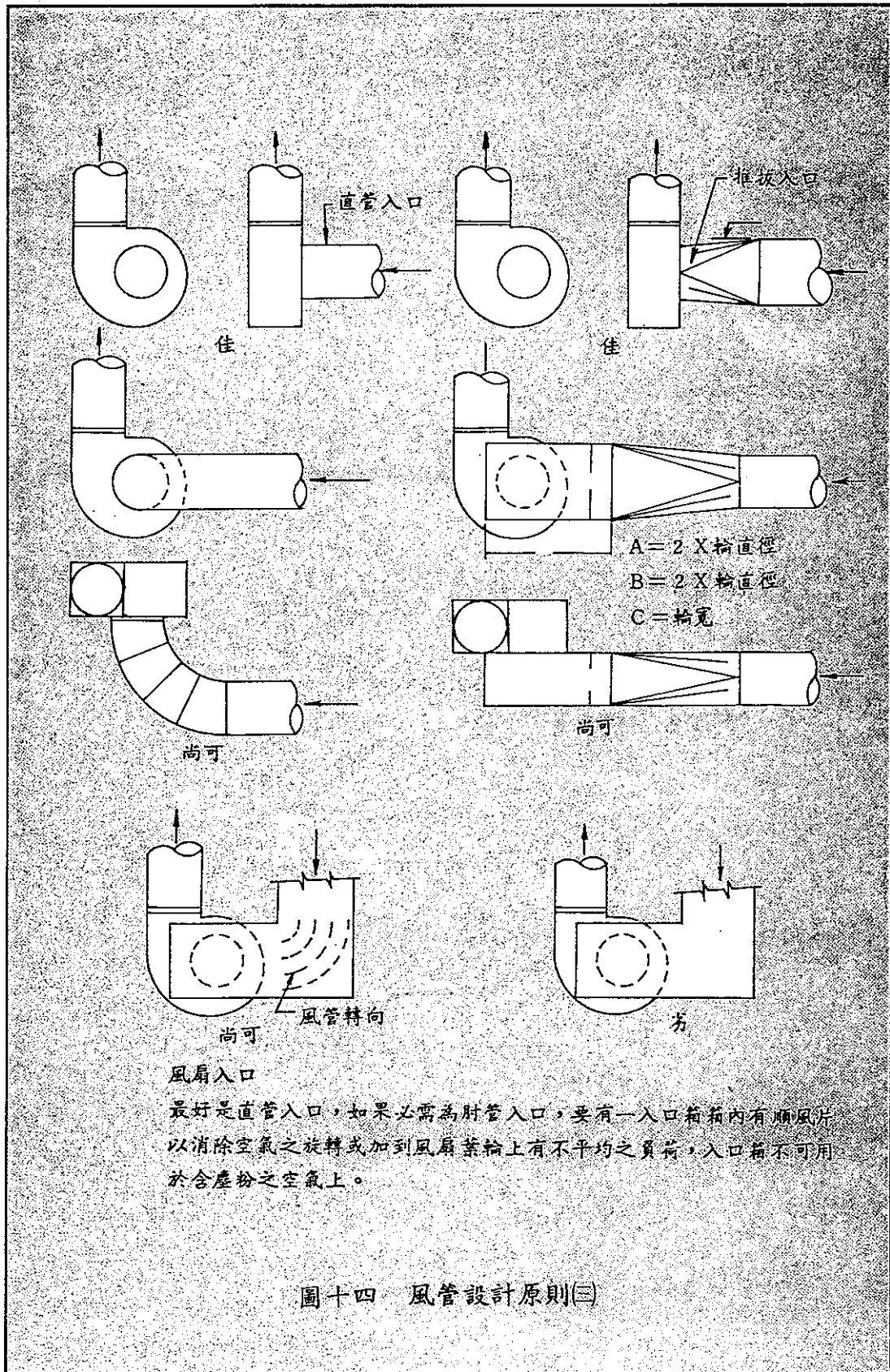
支風管應以 30° 或較小 (最好) 至 45° 角進入漸擴之主風管中



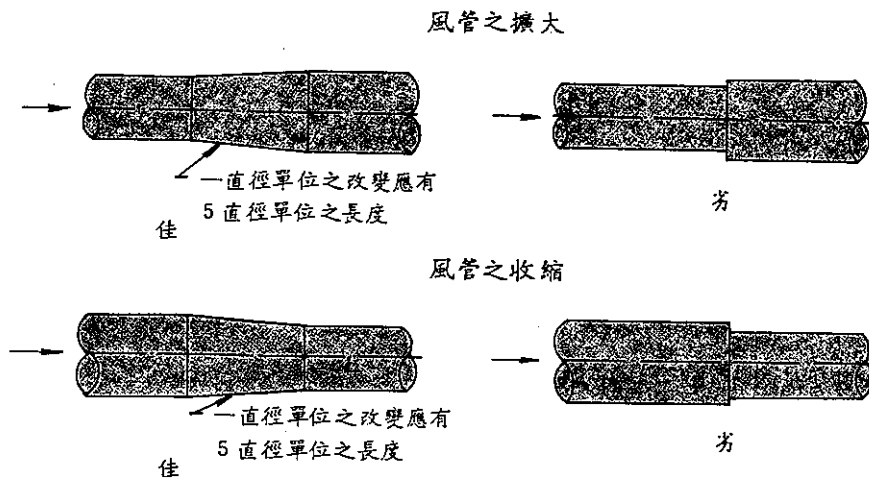
支風管進口

兩支風管不可對向於一點進入主風管

圖十三 風管設計原則(二)



圖十四 風管設計原則(三)



圖十五 風管設計原則(四)

四、排氣系統設計

在選定氣罩型式之後，即可著手設計通風系統，先在平面圖上安排風管空氣清淨裝置及風車之位置，計算風管和風車之大小，空氣清淨裝置及風車型式之選定，不在本手冊探討之範圍，本章討論整個系統之設計程序與方法。

(一) 設計優先次序

論斷通風系統各組件之重要性雖然各有不同之看法，但決定之後即可顯示那種組件最能影響通風系統之效能。

氣罩是整個系統中最重要之一環；選擇不適之氣罩或風量計算錯誤，則即使風管和風車設計正確，也無法使整個系統發揮預期之功能。

風車之重要性居次，其實應包括導引空氣進出風車之風管，如果風車容量不足，則經過此系統之風量不足。風車前後之風管如果設計不當，產生紊流或不均勻之流型，也會減少風車之抽風能力，幸好風車本身都具有某些操作彈性，例如藉增加轉速以增加其抽風能力。

風管之重要性第三，風管尺寸、肘管之數目與型式都會影響壓力降。

風管設計最困難之工作是如何決定適當之風管尺寸，使進入氣罩之氣流量能合乎氣罩氣流量之設計標準。

(二)設計步驟

1.風管

通風系統之壓力降依速度之平方而變化，而風管中之風速，和風管直徑有關，風管直徑參考下列原則決定之。

- (1)小風管之購置費較低廉，但由於其速度較快，因此壓力降較大，須選用較大尺寸之風車，耗用電力也較大，業者應比較不同之方案，選取最經濟有效之配置。
- (2)設計覆氣罩系統時 (multiple-hood systems)，所選定風管之尺寸應使壓力降正確，而且經過每一單一氣罩之風量應符合設計規範。
- (3)輸送粉塵等固體顆粒之風管風速應符合表四之規定。輸送氣體或蒸氣之風管，雖無最低速度之規定，但一般設計為 2000 ~ 3000 fpm。
- (4)由於圓形管較長方形管能使風速均勻分佈，儘可能設計使用圓形風管。

2.風車大小

風車大小依送風量 (cfm) 和風車靜壓 (吋水柱) 而定，風車靜壓依下式計算

$$Fsp = | sp_{duct} | + | sp_{stack} | - Vp_{inlet} \quad (14)$$

式中 Fsp : 風車靜壓，吋水柱

$| sp |$: 風管靜壓之絕對值，吋水柱

Vp : 速度壓力，吋水柱

3.設計

- (1)標出污染源之位置
- (2)列出每一氣罩之風量，進口壓力損失係數及最小風管速度
- (3)列出空氣清淨裝置之壓力降，此可由空氣清淨裝置之製造商提供資料
- (4)列出風管壓力損失計算之係數
- (5)計算不同尺寸風管，及其截面積
- (6)計算風管之速度壓力
- (7)計算風管之摩擦損失
- (8)計算風管之肘管壓力損失

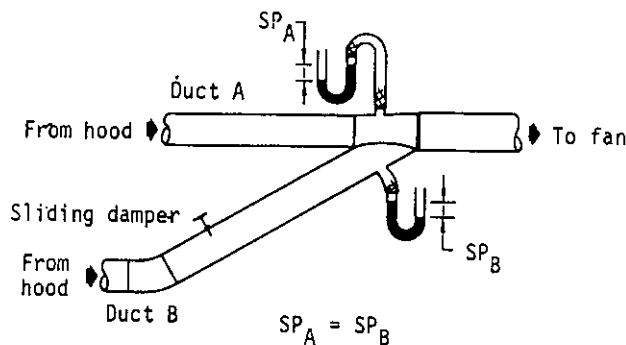
(9) 計算支管進入主風管之壓力損失

(10) 如為單一氣罩系統時，則總合以上之壓力損失，以選定風車大小，如為複合氣罩，則要平衡會合點之風壓，以決定其風量，再總合串聯系統之壓力損失，以選定風車大小。

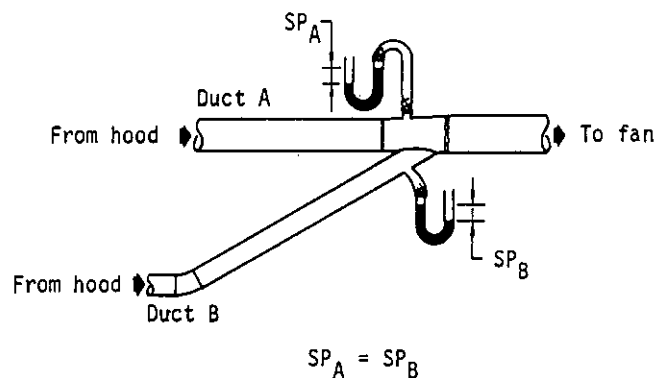
(三) 設計例

單一氣罩系統：在決定氣罩型式、風量、風管尺寸後，即可將各部份之壓力損失總合即得，由於其計算較為單純，其步驟為覆合氣罩系統之一部分，因此，本手冊乃針對覆合氣罩來說明。

覆合氣罩之設計比單一氣罩複雜，主要原因乃必須把總風量適當地分配至個別之氣罩，設計前應瞭解個別氣罩所擬收集之物質，以免不同氣罩收集之物質混合後起反應產生腐蝕，甚至於爆炸。通常複合氣罩之設計程序和單一氣罩系統一樣，即選定風管尺寸以維所須之搬送速度，計算經過氣罩、風管及其他配件之壓力損失，直至和其他風管交會之點。每一風管在交會點之壓力損失（或靜壓）應該相等（如圖十六）。



圖十六(a) 檔板平衡法



圖十六(b) 靜壓平衡法（沒有檔板）

通常大管流過之風量較小短為多，如管徑相同，則流經短管之風量較長管為多，以上兩種現象之原因乃阻力較小之故。設計風管目的之一乃使產生適當之阻力，如每一管綫之阻力設計適當，則此系統之操作將較順暢，如某些管綫阻力設計欠當，則經過該管綫之風量不是太高，便是太低，會流點靜壓平衡之方法有二種：

1. 如圖十六在支風管裝設可調整式檔板，以產生正確之阻力，此方法稱為檔板平衡法 (Balancing by Dampers)。
2. 改變某些支風管之管徑，以調整阻力，再計算其壓力損失，重覆計算直到會流點靜壓平衡為止，此法稱為靜壓平衡法 (Balancing by Static Pressure)。

表十三為此二方法之優劣點比較，通常利用檔板平衡之方法較富彈性，而且不太需要具有高超之技術及經驗。但檔板本身會收集一部份塵粒，而且檔板調整不當反而造成壓力不能平衡。靜壓平衡法如果設計適當，則操作簡便，但如果生產程序改變，使風管改變或移動，則此整個系統不易調整。

表十三 檔板平衡及靜壓平衡之比較

檔板平衡		靜壓平衡	
優點	缺點	優點	缺點
1. 操作有彈性，容許他日系統之改變 2. 安裝後如發現選取之排氣系統不適當仍可修正 3. 設計之計算較簡單 4. 風量最小時也可以達到平衡 5. 安裝時容許小規模之偏離原來設計之管綫配置	1. 檔板調整不當使此系統操作不良 2. 部份關閉之檔板會腐蝕，破壞平衡 3. 設計時，如果選擇“最大阻力之支風管”錯誤，不易查覺 4. 安裝後要平衡一複雜之氣罩系統，不太容易	1. 不懂的人無法改變風量 2. 腐蝕問題比檔板平衡法小 3. 錯誤選取“最大阻力支風管”很容易在設計時即發現	1. 沒有經驗，技術人員無法作風量調整 2. 如起初估計之風量不正確，則風管需要再計算 3. 設計段較複雜費時較多 4. 有時總風量比所需者為多 5. 風管之安裝必須依照最初之配置

1. 檔板平衡法

此法在設計時須準備所有風管之配置圖，然後就配置圖檢討並選取由氣罩到風車間會產生最大阻力之主風管，選定後，即自該綫路之氣罩開始至風車為止，逐步計算其壓力降，至於其他支風管之會流點，則把其風量加入此新風量作為其後管綫大小及壓力降之計算，但不須計算新進入支風管之壓力降。

本法之關鍵步驟乃正確選取最大阻力之主風管，如選擇錯誤，則真正最大阻力之風管之風量將不足。通常發生最大阻力者為(1)和風車最遠距離之氣罩和其接連之風管，(2)含有空氣清淨裝置之風管，(3)風速大之風管，或(4)氣罩之進口損失大者，如狹縫或複孔型氣罩，茲舉實例說明之：

【例】

圖十七為肥料篩選和裝袋之作業場所，肥料由工作月台上倒於振動篩上以篩除粒徑較大之肥料，濾過之小粒肥料經漏斗裝袋，請設計此作業之通風系統。

解：將管綫配置繪如圖十八。氣罩之通風量進口壓力損失，及風管最小風速乃由附錄一查得。

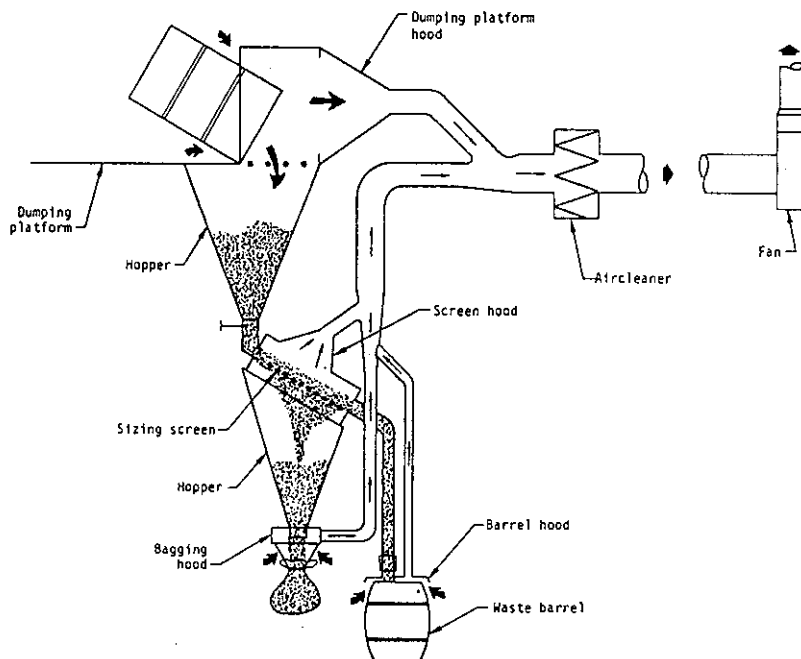
由配置圖選定最大阻力風管乃由裝袋機至煙囪之路綫（A至F），從廢料桶到煙囪之路綫長度雖相當，但進入氣罩之風量較小，壓力調整也較容易。

表十四為壓力之計算，設計之第一步乃計算管徑及通過氣罩之風量。選定G-B及Hc 風管之直徑為3吋，搬運風速為3500fpm，則風量為

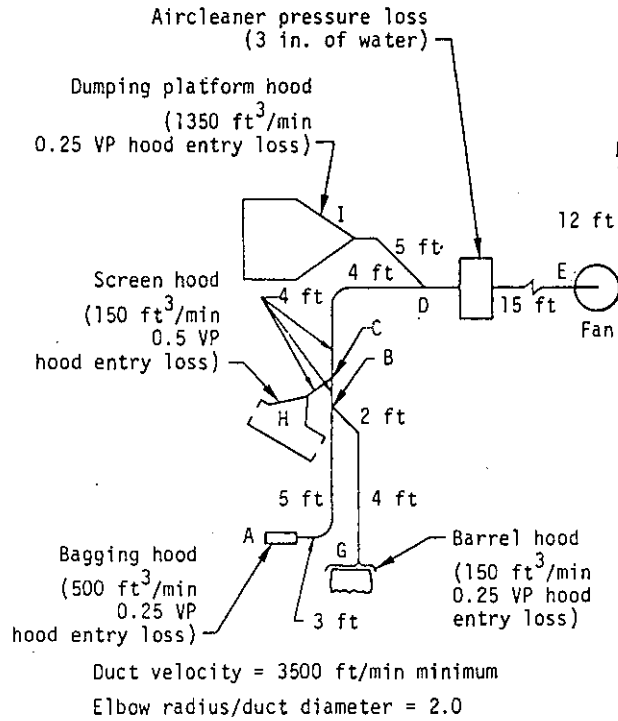
$$3500fpm \times \frac{\pi}{4} \left(\frac{3}{12} \right)^2 = 175cfm$$

此風量雖較150cfm稍高，但用稍大之管徑可防止風管阻塞，風管I-D用管徑8"，則面積為0.349ft²，

$$\text{風速} = \frac{1350cfm}{0.349ft^2} = 3868fpm > 3500fpm$$



圖十七 肥料篩洗裝袋作業通風系統



Duct velocity = 3500 ft/min minimum
 Elbow radius/duct diameter = 2.0

圖十八 通風系統配置圖

表十四 速度壓力法計算圖

Velocity Pressure Method
 Calculation Sheet

Plant name: Fertilizer Elevation: 50 ft Date: _____
 Location: _____ Temperature: 70°F Rate in drawing: _____
 Department: Product bagging Factor: _____ Designer: _____

1	Branch or main duct number	G-6	H-C	I-D	A-B	B-C	C-D	D-E	E-F
2	Air volume	175	175	1350	500	675	850	2200	2200
3	Slot area								
4	Slot velocity								
5	Slot VP								
6	Slot entry loss factor								
7	Acceleration factor								
8	Plenum loss factor								
9	Plenum SP								
10	Branch duct dia	3	3	8.5	5	5.5	6.5	10	10
11	Branch duct area	0.0491	0.0491	0.3491	0.1364	0.1650	0.2305	0.5454	0.5454
12	Branch duct velocity	3564	3564	3867	3667	4091	3687	4034	4034
13	Branch duct VP				0.84	1.05	0.84	1.00	1.00
14	Straight duct length				8	4	8	15	12
15	Straight duct friction				5.4	4.7	3.8	2.3	2.3
16	Straight duct loss factor				0.43	0.19	0.30	0.35	0.28
17	Hood entry loss factor				0.25				
18	Acceleration factor				1.00				
19	Elbow loss factor				0.27		0.27		
20	Entry loss factor								
21	Special fittings								
22	Duct loss factor				1.95	0.19	0.57	0.35	0.28
23	Duct SP loss				1.64	0.20	0.48	0.35	0.28
24	Other losses (Air cleaner)							3.00	
25	Branch or Main SP loss				1.64	0.20	0.48	3.35	0.28
26	Governing SP at junction								
27	Corrected air volume								
Fan SP = SP _{out} + SP _{in} - VP _{in} = 1.64 + 0.20 + 0.48 + 3.35 + 0.28 - 1.00 Fan SP = 4.95 in. of water									
28	Hood static pressure*								

*The value useful for testing

將以上三支管之風量加到主風管 A 至 F 上，而後再計算此主風管之管徑和壓力降，其計算按表十四之列號說明如下：

(1) 標明管綫各部

(2) $A - B$ 段風量為 $500cfm$ ， $B - C$ 段乃加入 $G B$ 之風量，

$$\text{即 } 500 + 175 = 675cfm$$

(3)~(9) 由於沒有狹縫氣罩，因此本七列空白

(10) 風管尺寸之決定取決於使其風速能達 $3500fpm$

$$A - B \text{ 管之面積} = \frac{500cfm}{3500fpm} = 0.143ft^2$$

選用 $5''$ 風管其管面積為 $0.1364ft^2$

$$B - C \text{ 管之面積} = \frac{675cfm}{3500fpm} = 0.19ft^2, \text{ 選用 } 5.5'' \text{ 之風管}$$

(11) 風管面積利用 $A = \frac{\pi}{4} D^2$ 計算之。

(12) 真正之風管風速乃用風量除以面積而得

$$\text{如 } V_{A-B} = \frac{500cfm}{0.1364ft^2} = 3667 fpm$$

$$V_{B-C} = \frac{675cfm}{0.1650ft^2} = 4091 fpm$$

(13) 風管之速度壓力由表五查得 $A - B$ 段為 $0.84''$ ， $B - C$ 段為 $1.05''$

(14) 風管長度乃由圖十八之配置圖量得。

(15) 直風管之磨擦損失可由圖十查得

$$A - B \text{ 段為 } \frac{5.4 Vp}{100 ft}, \text{ } B - C \text{ 段為 } \frac{4.7 Vp}{100 ft}$$

(16) 直風管之損失係數計算為：

$$A - B \text{ 段 } \frac{8 ft}{100 ft} \times 5.4 Vp = 0.43 Vp$$

$$B - C \text{ 段 } \frac{4 ft}{100 ft} \times 4.7 Vp = 0.19 Vp$$

(17) 氣罩之進入損失係數由圖十八得， $A - B$ 氣罩為 $0.25 Vp$

(18) 對裝有氣罩之風管言，須加上加速係數 (Acceleration factor)

$= 1.0 Vp$ ，無氣罩之風管此係數為 0。

(19) $A-B$ 段有一肘管，其曲率半徑為風管直徑之 2 倍，由表八得肘管損失為 $0.27 Vp$

$$\text{肘管損失係數 } A-B = 1 \text{ 肘管} \times 0.27 \frac{Vp}{\text{肘管}} = 0.27 Vp$$

(20) 進入損失係數為 0，因非支風管進入主風管 ($A-B$ ， $B-C$ 段都為主風管)。

(21) 本列為 0，因無特殊管件。

(22) 風管損失係數為第十六列至廿一列之總合， $A-B$ 段為 $1.95 Vp$
 $B-C$ 段為 $0.19 Vp$

(23) 風管之靜壓損失用吋水柱表示，其計算乃風管壓力損失係數乘以速度壓力。

$$A-B \text{ 段: } 1.95 Vp \times \frac{0.84'' \text{ 水柱}}{Vp} = 1.64'' \text{ 水柱}$$

$$B-C \text{ 段: } 0.19 Vp \times \frac{1.05'' \text{ 水柱}}{Vp} = 0.20'' \text{ 水柱}$$

(24) 風管靜壓力損失和第廿三列者一樣。

如以上之說明，在 A 至下段主風管之設計完成後，即可計算風車之靜壓，由公式(14)

$$Fsp = 1.64 + 0.20 + 0.48 + 3.35 + 0.28 - 1.0 = 4.95'' \text{ 水柱}$$

因此可選定風車之規範為風量 2200 *cfm*，靜壓 4.95'' 水柱

2. 靜壓平衡法

本法首先也須決定最大阻力之路綫，此路綫上之風管及氣罩大小則依所須之風速而定。由此主風管氣罩計算至和支管之會流點，再由該支管之氣罩算起，同樣算至會流點，然後藉風量或風管直徑之調整使會流點之壓力平衡。

(1) 調整風量之平衡法

主支風管在會流點之壓力，如果相差僅為其本身之 5%，則可算已達平衡，如果相差在 20% 以內，則管徑不變，但增加靜壓較低風管之風量。由於靜壓或壓力損失和速度之平方成正比，因此新流量之計算依(15)式達成之。

$$Q_{\text{調整}} = Q_{\text{設計}} \times \sqrt{\frac{\text{大壓力損失之管靜壓}}{\text{小壓力損失之管靜壓}}} \quad (15)$$

$Q_{\text{調整}}$ ：較低阻力風管之調整風量 *cfm*

$Q_{\text{設計}}$ ：較低阻力風管原設計之風量 *cfm*

Sp ：計算之靜壓，吋水柱

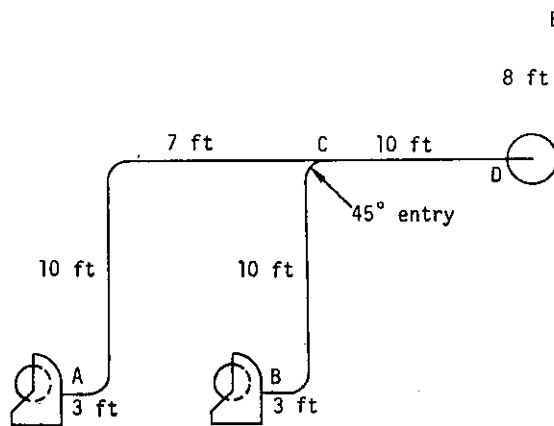
(2) 改變管徑之平衡法

如靜壓差超過 20% 則最好之方法為降低較小阻力之管徑，狹縫開口或肘管之曲率半徑以增加其阻力。當然也可增加大靜壓風管之管徑以降低其壓力差。

以上之步驟逐步計算直至風平為止。

【例】

使用靜壓平衡法以設計研磨機之通風系統（圖十九）



Two 12-in.-diameter grinding wheels
 $Q = 300 \text{ ft}^3/\text{min}$
 0.65 VP hood entry loss
 Minimum duct velocity = 4500 ft/min
 Elbow radius/duct diameter = 2.0

圖十九 使用靜壓平衡法於設計磨輪通風系統

解：如圖十九之已知條件，設計第一步乃計算 AC、BC 風管尺寸及壓力降。

如表十五依列說明如下：

- (1) 標明管號
- (2) 由圖十九得風量為 300 cfm
- (3)~(9) 沒有狹縫氣罩
- (10) 選定風管尺寸以維適當管風速，用 3.5" 管徑則風速為 4491 fpm
稍低於 4500 fpm，但用 3" 時則風速高達 6000 fpm

(1) 風管截面積

$$(2) \text{風速} = \frac{\text{風量}}{\text{面積}} = \frac{300 \text{ cfm}}{0.0668 \text{ ft}^2} = 4491 \text{ fpm}$$

表十五 速度壓力法計算壓力降

Velocity Pressure Method
Calculation Sheet

Plant name MELLS Elevation 75 ft Date _____
 Location _____ Temperature 80°F Refer to drawing _____
 Department Fabrication Factor _____ Designer _____

		Initial Corrected					
		A-C	B-C	B-C	C-D	D-E	
1	Branch or Man duct number						
2	Air volume	300	300	324	674	674	
For Slot or Hood type	3	Slot area	sq ft				
	4	Slot velocity	fpm				
	5	Slot VP	in H ₂ O				
	6	Slot entry loss factor					
	7	Acceleration factor	100 VP				
	8	Plenum loss factor	Item 6+7				
	9	Plenum SP	Item 5x8	in H ₂ O			
	10	Branch duct dia	inches	3.5	3.5	5	5
	11	Branch duct area	sq ft	0.0668	0.0668	0.1364	0.1364
12	Branch duct velocity	fpm	4491	4491	4850	4575	
13	Branch duct VP	in H ₂ O	1.26	1.26	1.47	1.31	
14	Straight duct length	ft	20	13	10	6	
15	Straight duct friction	Item 14x15/100	6.2	8.2	8.1	5.2	
16	Straight duct loss factor	Item 14x15/100	1.64	1.07	1.05	0.52	
17	Hood entry loss factor		0.65	0.65	0.65		
18	Acceleration factor	100 VP	1.00	1.00	1.00		
19	Elbow loss factor	No. x factor	0.54	0.27	0.27		
20	Entry loss factor			0.28	0.28		
21	Special fittings						
22	Duct loss factor	Total of 16 to 21	3.83	3.27	3.25	0.52	
23	Duct SP loss	Item 13 x 22	4.83	4.12	4.78	0.68	
24	Other losses						
25	Branch or Man SP loss	Item 9 x 23 x 24	4.83	4.12	4.78	0.68	
26	Governing SP or junction	in H ₂ O	4.83		0.68	0.55	
27	Corrected air volume*	cfm		324			
$Q_{corr} = Q_{duct} \sqrt{\frac{SP_{gdy}}{SP_{duct}}}$ $= 300 \sqrt{\frac{4.83}{4.12}} = 324 \text{ ft}^3/\text{min}$							
$\text{Fan SP} = SP_{out} + SP_{in} - VP_{in}$ $= 4.83 + 0.68 + 0.55 - 1.31$							
$\text{Fan SP} = 4.75 \text{ in. of water}$							
$\text{Hood static pressure**} \text{ Item } [9+13+(17+8)]$							

** This value useful for testing.

Figure 6-12 Calculation sheet for the pedestal grinder system.

(13) 由表五查得風速 4491 *fpm* 之壓力為 1.26" 水柱

(14) 由圖十九得直管長度

(15) 由圖十得 3.5" 風管風速 4500 *fpm* 時為 8.2 *Vp* / 100 *ft*

(16) 直管損失係數

$$A-C \text{ 段 } \frac{20 \text{ ft}}{100 \text{ ft}} \times 8.2 \text{ } Vp = 1.64 \text{ } Vp$$

$$B-C \text{ 段 } \frac{13 \text{ ft}}{100 \text{ ft}} \times 8.2 \text{ } Vp = 1.07 \text{ } Vp$$

(17) 由圖十九得進入損失為 0.65 *Vp*

(18) 由於每一風管均有一氣罩故加速係數為 1.0 *Vp*

(19) 由表八得肘管損失係數

$$A-C \text{ 段} : 2 \text{ 肘管} \times 0.27 \frac{Vp}{\text{肘管}} = 0.54 \text{ } Vp$$

$$B-C \text{ 段} : 1 \text{ 肘管} \times 0.27 \frac{Vp}{\text{肘管}} = 0.27 \text{ } Vp$$

(20) 由表十得 450 進入之損失係數為 0.28 *Vp*

(21) 沒有特殊管件

(22) *A-C* 段之風管損失係數為 3.83 *Vp* , *B-C* 段為 3.27 *Vp*

(23) 風管靜壓損失

$$A-C \text{ 段} : 3.83 \text{ } Vp \times \frac{1.26" \text{ 水柱}}{Vp} = 4.83" \text{ 水柱}$$

$$B-C \text{ 段} : 3.27 \text{ } Vp \times \frac{1.26" \text{ 水柱}}{Vp} = 4.12" \text{ 水柱}$$

(24) 沒有其他損失

(25) 和第(23)列一樣

(26) 在會流點 *C* 之壓力, *AC* 段較高。

$$(27) \text{ 校核會流點之壓力差} : \frac{4.83 - 4.12}{4.83} \times 100 = 14.7\%$$

$$20\% > 14.7\% > 5\%$$

因此可增加 BC 段之流量

$$Q_{\text{調整}} = 300 \text{ cfm} \times \sqrt{\frac{4.83}{4.12}} = 324 \text{ cfm} \leftarrow \text{第(27)列之 } BC \text{ 值}$$

在第三行，以 324 cfm 重新計算壓力損失，其計算如上。

$C-D$ 段， $D-E$ 段乃利用 624 cfm 之流量計算，

$$\begin{aligned} \text{風車靜壓 } F_{sp} &= 4.83 + 0.68 + 0.55 - 1.31 \\ &= 4.75 \text{ " 水柱} \end{aligned}$$

風量為 624 cfm

五、結 語

工廠內部，排氣通風系統良好，不但可以維護舒適衛生之工作環境，提昇員工之工作情緒與生產力，防止廠房著火、爆炸意外，同時更能經濟有效收集廠區污染源所產生之空氣污染物，經處理合乎管制標準始予排放，避免遭受環保單位之取締處罰，局部排氣系統，實是悠關勞工安全衛生與環境污染防治之重要工作，願廠方能多加重視。

六、參考資料

1. Henry J. McDermott " Handbook of Ventilation for contaminant control " Ann Arbor Science。
2. U. S. ACGIH "Industrial Ventilation " 17 th Eddition。
3. U. S. ACGIH "Industrial Ventilation " 14 th Eddition。
4. U. S. HEW " Air pollution Engineering Manual "。
5. 莊進源、鄭福田、林洪志 " 冶金爐排氣系統之設計 " 能源季刊第二卷第三期。
6. 徐永錢等電弧爐廢熱回收計劃研究報告 經濟能源委員會。
7. 王洪鎧譯 " 工業通風設計基礎 " 徐氏基金會。
8. A. C. Stern " Air Pollution " Vol. 4.

局部排氣系統設計

出版日期：中華民國七十六年四月初版
 中華民國八十五年四月一版 3 刷

編 著：工業污染防治技術服務團

發行人：尹啓銘

總編輯：楊萬發

編輯企劃：翁志聖、余騰耀、林坤讓

執行編輯：蘇雪華、徐家玫

發行所：經濟部工業局

 台北市信義路三段41-3號

 (02)754-1255

出版所：工業污染防治技術服務團

 台北市敦化南路二段97號6F

 (02)325-5486

打字排版：星光電腦科技有限公司

印刷承製：集思創意設計印刷股份有限公司