

局部排氣改善指引

報告人:張錦輝



一、通風之應用

- 通風應用於作業環境控制，通常基於以下目的：
 - (一)、供給呼吸所必要之新鮮空氣
 - (二)、稀釋作業環境空氣中有害物濃度
 - (三)、排除污染有害及危險物
 - (四)、控制作業場所溫度濕度



二、通風換氣方式

- 自然換氣無通風機械設備
- 分爲整體換氣裝置及局部排氣裝置二種。
- 機械換氣爲機械通風設備



三、整體換氣裝置(general ventilation 或silution ventilation)

- 導入新鮮空氣，並自室內移除部分空氣到室外。
- 其工程控制之性能較局部排氣裝置差，但在製程或操作上受限制無法設置局部排氣裝置時，必需使用整體換氣裝置。



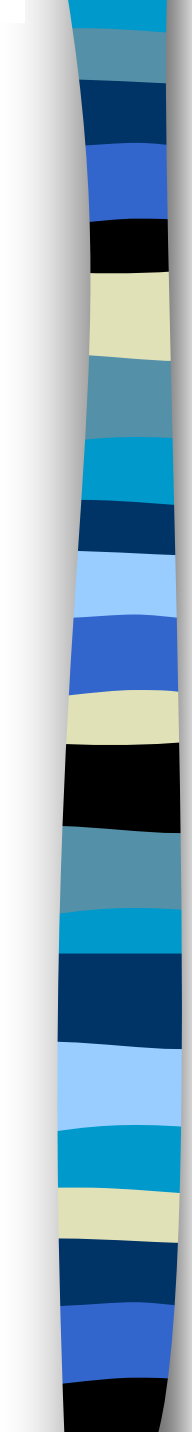
整體換氣裝置之使用有四個限制因素

- (1) 污染有害物產生量不能太大
- (2) 作業人員應遠離污染源
- (3) 污染有害物應為低毒性
- (4) 污染有害物之放出應為適度地均一



(一)、整體換氣之方式

- 1、完全排氣
- 2、完全供氣
- 3、供排氣併用



(二)、整體換氣之空氣流動順序

- 設置整體換氣裝置，新鮮空氣應先流經作業人員呼吸域，再經污染源，然後排出於室外。

(三)、必要換氣量

- 整體換氣必要換氣量 Q ，與污染有害物消費量(g/h)成正比，與控制濃度 c (ppm)成正比，以公式計算：

$$Q = \frac{24.45 \times 10^3 \times \varpi}{60 \times C \times M} \times K$$

- 式中 M :有害物分子量
 K :安全係數3至10

四、局部排氣裝置

- 局部排氣裝置係於污染有害物發生源附近予以捕集，並加以處理後排出於室外。
- 局部排氣置性能優於整體換氣裝置，原因為有害物未污染作業場所空氣前已被補集排出室外，所排出及補充空氣量小於整體換氣。
- 局部排氣裝置構成要素包括氣罩、導管、空氣清淨裝置及排氣機。

(一)、氣罩設計與原理

- 氣罩之目的為將污染有害物發生源予以包圍或儘量接近發生源，俾能有效捕集污染有害物。
- 氣罩之種類有包圍型氣罩，外裝型氣罩，接受型氣罩、吹吸型氣罩等四種。
- 其選用以配合作業實際情形，採用性能佳，不影響作業人員工作者。



(1)、包圍型氣罩或崗亭型氣罩

- 氣罩將污染有害物包圍在氣罩內，氣罩應有足夠的吸引能力，避免污染有害物向氣罩外逸出。
- 例如實驗室氣櫃就是一種崗亭型氣罩。



(2)、外裝型氣罩

- 氣罩設置於污染有害物發生源之上方、側方、下方吸引污染有害物、下方吸引污染有害物，氣罩應有足夠之吸引能力，將污染有害物導入氣罩內。



(3)、接受型氣罩

- 氣罩之設置於污染有害物飛散方向，一方面藉著污染有害物飛散力，一方面由氣罩吸引污染有害物將污染有害物予以捕集
- 例如家庭廚房排油煙機氣罩屬之。

(4)、吹吸型氣罩

- 氣罩設置分爲吹出氣罩吹出氣流將污染有害物吸入氣罩，而吸入氣罩將吹出氣流及污染有害物吸入氣罩內。

1. 氣罩排氣量

- 氣罩應有足夠排氣量 ($Q, \text{m}^3/\text{min}$)，以吸引污染有害物進入氣罩內，排氣量之計算依氣罩型式選用適當之計算公式。



(1)包圍型或崗亭型氣罩

- $Q=60AV$

式中 A:氣罩開口面面積， m^2

V:氣罩開口面平均風速， m/s

(2)外裝型氣罩側方吸引|圓形或長方形

- 氣罩開口加設凸緣

$$Q = 60V_c(10x^2 + A)$$

式中 V_c :控制風速，m/s

X :距離氣罩最遠距離之污染有害物捕集點

(3)上方吸引|外裝型氣罩

$$Q = 60 \times 1.4PHV$$

■ 式中P:槽周長，m

H:槽與氣罩距離，m

V:槽周邊與氣罩周邊形成四個面之平均
風速m/s

L:氣罩長邊

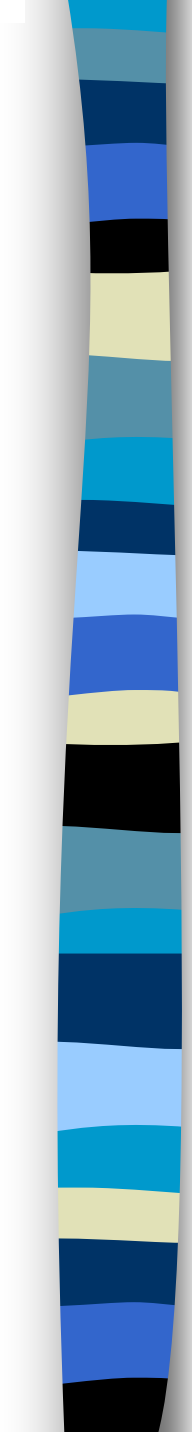
2. 氣罩壓力損失係數

- 氣流被氣罩吸入氣罩內，於入口附近形成壓縮(vena contracta)，同時靜壓轉換為速度壓，再轉回靜壓，前者約有2%損失，後者損失更大，決定於氣罩之形狀，其壓力損失為轉換為熱能。

- 由於壓力之轉換導致速度 $V(\text{m/s})$ 之減低以流入係數 C_e 表示，其定義為靜壓產生實際速度與理論100%轉換之比，得以公式表示：

$$v = 4.04 \sqrt{P_v} = 4.04 C_e \sqrt{P_{sh}}$$

$$C_e = \sqrt{\frac{P_v}{P_{sh}}}$$



式中 P_v :速度壓或動壓；mmH₂O

P_{sh} :氣罩靜壓；mmH₂O

C_e :流入係數，無單位

$P_{Sh}:P_v + h_e$

式中 h_e :氣罩進入損失

則

$$C_e = \sqrt{\frac{P_v}{P_v + h_e}}$$

$$h_e = \frac{1 - C_e^2}{C_e^2} \times P_v$$

$$= F_h P_v$$

式中 F_h :氣罩壓力損失係數

以氣罩形狀於工業通風書籍可查表得 C_e 與 F_h

(二)、導管設計與原理

- 導管為搬運空氣之管路，其設置以不妨礙作業，不占空間，沿牆壁、天花板架設，同時宜儘量避免劇烈轉彎及縮短長度。導管內之截面積平均風速稱為搬運速度，污染物為氣體、蒸氣、極輕粉塵、煙煙等以10m/s為設計基礎，乾燥粉塵15m/s，一般工業粉塵20m/s，重粉塵25m/s濕重粉塵25m/s以上。
- 如以形狀區分，有圓形導管及方形導管二種。工業上多數採用圓形導管，空氣調節之風管配合建築物結構多數採用方形導管。

1. 等效圓管

- 方形管於設計計算上，假想為具有相同壓加損失之圓管，稱為等效圓管，其管徑稱為等效管徑(d_e ; cm)以公式計算之。

$$d_e = 1.308 \sqrt{\frac{(l_1 \cdot l_2)^5}{(l_1 + l_2)^2}}$$

- 式中 l_1, l_2 為方形管之長邊與短邊；cm

2.直線導管之壓力損失(摩擦損失)

- 直線導管之壓力損失為空氣流動產生摩擦損失，稱為靜損失，導管內壁愈粗糙摩擦損失愈大，以單位直線導管長度壓力表示。

$$P_{Ru} = \frac{f}{0.01 d} \cdot \frac{\rho V^2}{2 g}$$

- 式中 f：導管內壁摩擦係數
 ρ ：空氣比重量
d：導管直徑
g：重力常數，9.8m/s²
V：搬運速度，m/s

- 工業通風書籍將摩擦損失公式作成摩擦圖(friction chart)以標準鍍鋅鐵板之摩擦係數為1，以d，V，Q三個參數任何二個在圖中找出 P_u ，如果導管材質比鍍鋅鐵板粗糙時將查得之 P_{Ru} 乘以1.5（混凝土管），2.0(可撓性導管)，特別光滑之表面如PVC管則乘以0.9。直管之壓力損失為 P_{Ru} 與導管長度之乘積表示：

$$P_R = P_{Ru} \times l$$

3. 肘管、合流管、擴大管、收縮管、排氣口之 壓力損失

- 由於空氣流動方向改變，混合等產生擾動所產生之壓力損失稱為動損失，通常以動壓倍數表示：

$$P_R = \xi p_v$$

P_R ：壓力損失，mmH₂O

ξ ：壓力損失係數

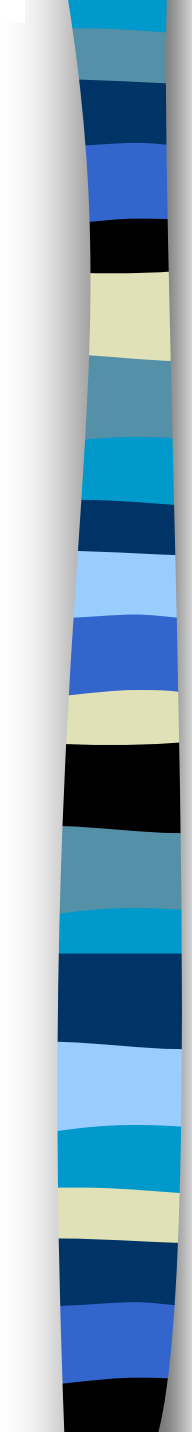
P_v ：動壓mmH₂O

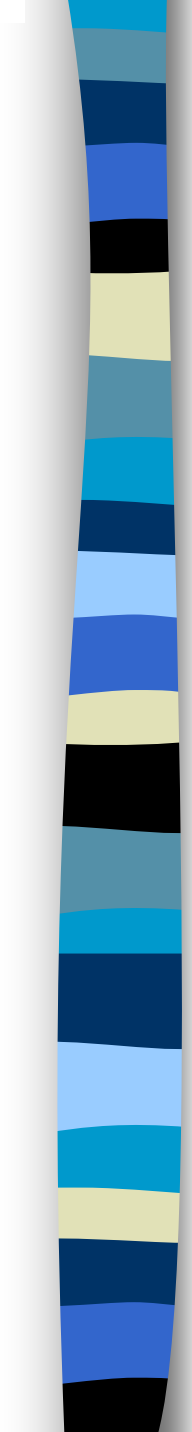
(三)空氣清淨裝置選擇

- 被氣罩吸入之空氣已被有害物污染，應加以處理後，排放於大氣，以免造成大氣污染，故局部排氣裝置應有空氣清淨裝置處理被污染空氣。
- 如以污染有害物之狀態分類，粉塵、煙煙、霧滴等粒狀污染物採用除塵裝置，氣狀污染物則採用廢氣處理裝置。

1.除塵裝置

- 依捕集粉塵之原理分類，有重力沉降、慣性力衝突、離心力分離、過濾、靜電吸引等，
- 選用時應考慮粉塵性質、除塵效率及壓力損失等，而除塵效率受粉塵粒徑分布影響，選用前宜先充分瞭解粉塵之粒徑分布。
- 另除塵裝置之壓力損失亦與除塵效率有關，除塵效率高者，通常壓力損失較大，如何選用有賴具有實務經驗之工程技術人員審慎選擇。

- 
- 處理含有高濃度粉塵之污染空氣，宜設置二段除塵裝置，第一段為初步除塵裝置，採用重力沉降室、慣性除塵裝置或離心分離機等先將大粒徑粉塵捕集，降低空氣中粉塵濃度後，再經第二段除塵裝置，如袋濾除塵裝置或靜電除塵裝置等高性能除塵裝置，處理小粒徑粉塵，採用此種串聯方式之二段除塵裝置，可綜合促進除塵效率。

- 
- 含粉塵空氣如為高溫氣體時，如選用袋濾式除塵裝置，濾袋易為高溫空氣燒毀，宜選用具有耐熱性者，如靜電除塵裝置。
 - 另除塵裝置於運轉時，其壓力損失增加情形應隨時檢點，必要時應加以清理，以維持有效運轉。

2.廢氣處理裝置

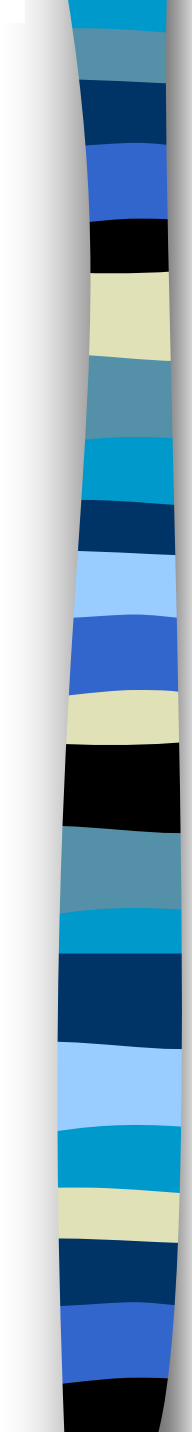
- 吸收塔係以吸收液吸收廢氣中污染有害物，例如以水吸收廢氣中氨；
- 吸附塔係以吸附劑，例如活性碳、矽膠，吸附廢氣中污染有害物，如甲苯、農藥原體等；
- 燃燒塔係將廢氣導入燃燒室內，將可燃性污染有害物予以燃燒成二氧化碳、水等安定無害之成分。

(四)、排氣機選擇

- 1.排氣機全壓， P_{tf} (mmH₂O)

$$\begin{aligned} - P_{tf} &= P_{to} - P_{ti} \\ &= \Sigma P_{Ri} \end{aligned}$$

- 排氣機全壓為排氣機出口全壓減進口全壓，為氣罩進入損失、導管各管段壓力損失、空氣清淨裝置壓力損失、排氣口壓力損失之總和，即自氣罩入口經吸氣導管、空氣清淨裝置、排氣機、排氣機導管至排氣口，所有壓力損失之總和。

- 
- 有二個以上氣罩之局部排氣裝置，主導管與歧導管於合流管處會合，於合流點二之導管至合流之壓力損失應為相同，於通風設計時，應予以平衡，故前段所稱壓力損失之總合，不包括歧導管部份。

2.排氣機之排氣量， $Q(\text{m}^3/\text{min})$

- 局部排氣裝置如僅有一個氣罩時，氣罩排氣量即為排氣機之排氣量；如有二個以上氣罩時，所有氣罩排氣量之和即為排氣機排氣量。
- 通風設計時，假設空氣為不可壓縮流體，即排氣量可不必考慮壓力變化，合流管合流後之排氣量為工支導管排氣量之和。

3.排氣機之動力

- 軸馬力 $BHP = \frac{P_{tf} \times Q}{6120 \times \eta} \times \frac{1}{0.746} HP$
- 額定輸出 $HP = \frac{P_{tf} \times Q}{6120 \times \eta} \times \frac{1}{0.746} \times 1.2(1.45)$
- 式中 BHP：軸馬力
 - HP：額定輸出，馬力
 - P_{tf} ：排氣機全壓，mmH₂O
 - Q：排氣機之排氣量，m³/min
 - η ：排氣機之全壓效率
 - 1.2：直結式馬達與排氣機
 - 1.4：馬達以皮帶傳動排氣機



(二)性能評估

- 局部排氣裝置之工程控制性能評估，得採下列方法

1.勞工暴露評估

- 局部排氣裝置運轉時與停止運轉時，分別於勞工呼吸帶採樣測定，比較二者差異，以評估其工程控制性能。



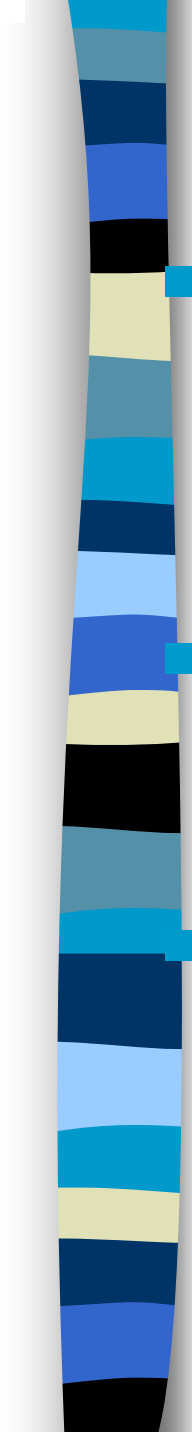
2. 氣罩外測濃度測定

- 氣罩外測濃度稱為抑制濃度，比較運轉時與停止運轉時濃度，以評估其工程控制性能。



3.控制風速

- 控制風速為氣罩有效捕集進入氣罩，所需要的最小風速，又稱捕集風速。



包圍型氣罩之控制風速為氣罩開口面劃分為十六個等面積，每一個等面積中心點風速中最小者，為該氣罩之控制風速。外裝型氣罩為距離罩最遠距離之污染有害物作業位置之風速。

局部排氣裝置開始使用時測定各氣罩之控制風速，使用一段時間後再予以測定各氣罩之控制風速，與前者比較，以瞭解其性能狀況。

控制風速與勞工暴露並無直接相關，目前法規控制風速規定均已刪除。

(三)自動檢查

- 依勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法規定，局部排氣裝置及吹吸型換氣裝置於開始使用、拆卸、改裝或修理時，實施重點檢查，並於每年定期實施自動檢查，
- 重點檢查或自動檢查紀錄均應依規定保存三年以上。

1.重點檢查

其目的為檢查局部排氣裝置或吹吸型換氣裝置之性能，並建立基線資料，供日後實施每年定期自動檢查比較評估使用。法規規定重點檢查項目如下：

- 導管及排(送)氣機之塵埃聚積狀況。

- 導管接觸部份狀況。

- 吸氣及排氣能力。

- 其他保持性能之必要事項。