

## 室內通風設計

### ◆ 丁俊智

- 台灣大學機械工程研究所博士
- 中興工程顧問公司冷凍空調技師
- 台北科技大學能源與冷凍空調系兼任助理教授
- 華梵大學機電系兼任助理教授



## 報告大綱

- ◆ 通風目的
- ◆ 熱舒適
- ◆ 室內空氣品質
- ◆ 通風量計算
- ◆ 通風方法
- ◆ 送排氣口位置設計
- ◆ 火災煙霧控制
- ◆ 電腦模擬分析

## 通風目的

- ◆ 引進溫度較低的外氣，以帶走室內所產生的熱量
- ◆ 利用局部空氣循環，以增加空氣的對流，提高人體散熱能力
- ◆ 提供足夠的新鮮空氣來稀釋室內產生的所有污染物，以控制濃度
- ◆ 提供呼吸所需的氧氣

## 熱舒適

- ◆ 人體接受食物形式的燃料，將燃料中的一部份能量轉變為功，其餘的能量則以熱排出
- ◆ 新陳代謝為身體用來將食物中的能量轉變為熱與功的過程
- ◆ 在穩態均衡時，由新陳代謝所產生的熱能等於身體以對流、輻射、蒸發、呼吸排出
- ◆ 工研院研究建議：台灣夏天乾球溫度 $26^{\circ}\text{C}$ ，相對溼度60%

## 室內空氣污染物(一)

- ◆ 浮游粉塵
  - 常見粒狀污染物包括油煙、香菸、泥土、植物纖維、細菌、花粉等
  - 懸浮在空氣中所形成的混合物稱為氣膠(aerosol)
  - 使人產生肺部疾病及過敏等
- ◆ 一氧化碳
  - 燃料的不完全燃燒會產生大量的一氧化碳
  - 一氧化碳會跟血紅素結合，使血紅素喪失攜帶氧氣的正常功能
  - 一氧化碳濃度接近15ppm時，就會對人體產生不良的影響

## 室內空氣污染物(二)

- ◆ 二氧化碳
  - 二氧化碳濃度過高會使血液變酸而使人易疲倦，致工作效率降低
  - 二氧化碳在室內是一個比較容易測量的空氣指標，因此在如民宅、商業大樓及公共場所等沒有特殊化學藥品的場所，通常以二氧化碳濃度為室內空氣品質的指標
- ◆ 二氧化硫
  - 含硫化物的燃料燃燒不完全所得的產物
  - 可經由外氣取入口或燃燒系統洩漏進入室內

## 室內空氣污染物(三)

- ◆揮發性有機化合物(VOCs)
  - 主要來自殺蟲劑、建築材料和清潔劑等
  - 會對眼睛造成過敏、可能導致氣喘、產生免疫系統問題及有致癌危險性
  - 甲醛為最常見的VOC之一
  - 甲醛被用來製造地毯、合板、絕緣材料、紙類產品、化妝品、洗髮精等
  - 室內甲醛主要來自建材產品
  - 甲醛八小時連續暴露平均濃度不可超過0.1ppm

## 室外空氣污染指標

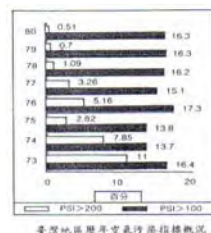
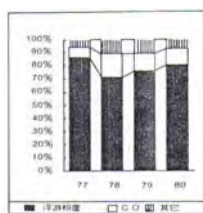
- ◆目前環保署所使用的室外空氣污染指標為PSI (Pollution Standard Index)
- ◆PSI是根據空氣中浮游粉塵、CO、SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>、O<sub>3</sub>這五種污染物的測試值，換算出各污染物的PSI副指標，再以當日各副指標之最大值做為該測站當日的空氣污染PSI指標值

PSI 值與健康影響

PSI 指標值	對健康影響分類標準
0-50	良好 (good)
50-100	普通 (moderate)
101-199	不良 (unhealthful)
200-299	極不良 (very-unhealthful)
299以上	有害 (hazardous)

## 室外空氣污染物

- ◆室外污染物比例以浮游粉塵為最主要，其次是CO，兩者佔了90%以上，因此以PSI指標來評估戶外空氣污染狀況時，只需考慮浮游粉塵



## 浮游粉塵

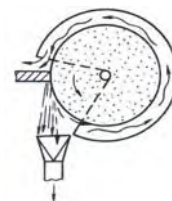
- ◆會沉澱的浮游粉塵對人體健康並無太大影響，僅會造成生活上的不便，反而是粒徑在10 μm 以下的懸浮微粒，才是威脅健康的元兇
- ◆粉塵的粒徑在10 μm 以上者，會被鼻毛及鼻腔所隔離
- ◆粒徑小於10 μm 的懸浮微粒稱為PM10
- ◆當濃度超過150 μg/m<sup>3</sup>時，大多數人都會認為是污穢的空氣

## 有害物傳播方式(一)

- ◆擴散原理
  - 當有害物質濃度在空間上分佈不均勻時，就會由於濃度差的作用而使有害物由高濃度區域向低濃度區域移動
  - 一般有害氣體和蒸汽的污染物以此方式為主，顆粒非常小的粉塵也會以此方式傳播
- ◆空氣流動傳輸作用
  - 由於通風或冷熱空氣對流所形成空氣的對流
  - 粉塵等密度相對較大的物質，如果處在靜止空氣中，就會在重力作用下沉降而自空氣中去除，不會對人體產生危害

## 有害物傳播方式(二)

- ◆外部機械力作用
  - 機械加工和許多其他工業生產過程，以及人本身的移動都會對加工和生產對象以及周圍物體產生壓擠、剪切及拉伸等作用，這些作用力加上重力和浮力統稱為外部機械作用力，如使用砂輪磨光金屬



## 維持室內空氣品質方法

- ◆ 移除或改善污染源
  - 採用無污染之建材與傢俱、規劃吸煙區
  - 移除或包圍油漆、溶劑、清潔劑、殺蟲劑和揮發性物質
  - 避免以上物品置於外氣進入口
  - 廚房及瓦斯熱水器必須安置在通風良好的地點
- ◆ 空氣清淨
- ◆ 室內通風

## 溫度控制所需之通風量

$$H = m \times C \times \Delta T = 1.2 \times Q \times \Delta T$$

H: 顯熱量 (kW)

m: 空氣質量 (kg)

Q: 風量 (m<sup>3</sup>/sec)

ΔT: 室內空氣設計溫度-送風溫度

## 空氣品質所需之通風量

- ◆ ASHRAE Standard 62
- ◆ 通風換氣率程序(Ventilation Rate Procedure)
  - 通風用的外氣品質應合格
  - 通風量依規定之通風量
- ◆ 室內空氣品質程序(Indoor Air Quality Procedure)

$$Q = \left( \frac{G}{C - C_0} \right) K$$

Q: 通風量

G= 污染物產生率

C= 可接受之污染物濃度

C<sub>0</sub>= 送風之污染物濃度

K= 不完全混合之安全因數

## 簡易通風量計算方法

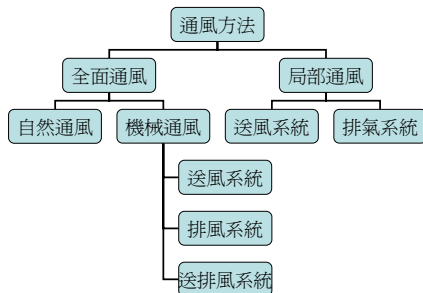
$$Q = (ACH)V$$

Q: 通風量 (m<sup>3</sup>/hr)

ACH: 每小時空氣交換次數 (times/hr)

V: 室內空間大小 (m<sup>3</sup>)

## 通風方法



## 自然通風

- ◆ 空氣因為自然產生的壓力差而經由開起的窗戶、門或建築物外殼其它地方進入室內

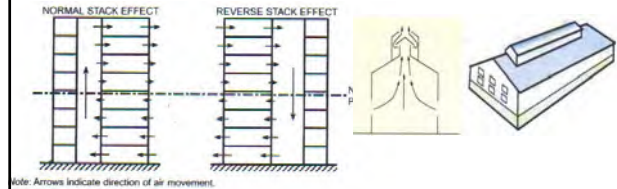


## 自然通風特點

- ◆ 不需要設置動力裝置，因此是一種經濟的通風方式
- ◆ 進入的室外空氣無法預先進行處理；同樣由室內排出的空氣，若含有有害粉塵或氣體時，也無法進行處理
- ◆ 換氣量受室外氣象條件影響，通風效果不穩定

## 空氣溫度不同造成之自然通風(一)

- ◆ 空氣溫度不同，不同的空氣密度會產生壓力差
- ◆ 當建築物外面溫度較低，內部溫度較高時



## 空氣溫度不同造成之自然通風(二)

- ◆ 屋頂式自然通風器



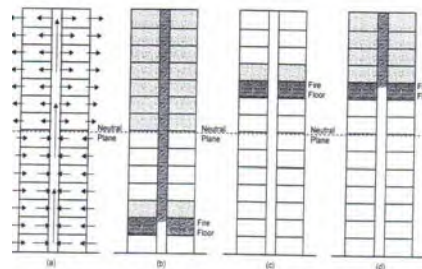
特殊設計可使雨水自由排出，並可防止外氣逆吹進入



- ◆ 渦輪式自然通風器



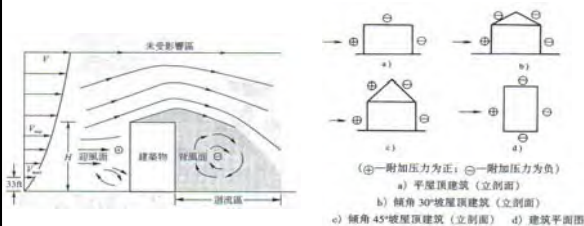
## 火災時之煙流動



Air and smoke movement in a high-rise building due to stack effect: (a) airflow due to stack effect, (b) fire below the neutral plane, (c) fire above the neutral plane, and (d) fire above the neutral plane with smoke entering a shaft due to buoyancy.

## 風力造成之自然通風

- ◆ 一般情況下，風向與該平面的夾角大於30度時，會形成正壓區
- ◆ 通風入口應設置在外部高壓區，通風出口應設置在外部低壓區
- ◆ 窗戶設置在相反的外部壓力區，可以增加通風量



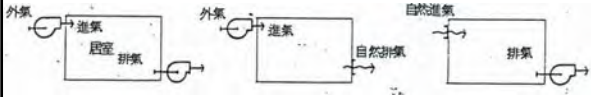
## 機械通風

- ◆ 空氣利用風機進出建築物

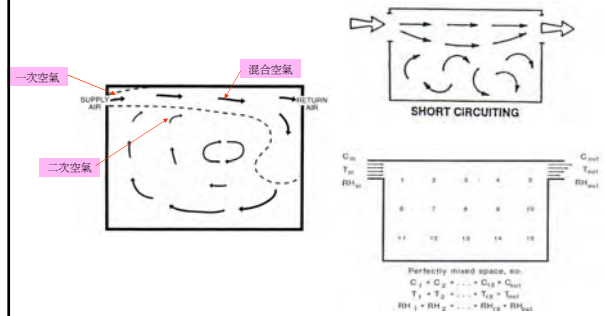


### 機械通風換氣方式

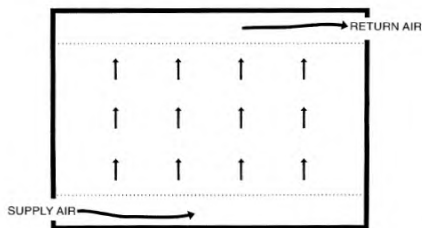
- ◆ 對於潔淨度要求比較高的空間，應保持正壓，以免受到室外空氣影響。對於產生有害物質的房間，則需保持負壓，以免污染室外空氣



### 機械通風系統-混合系統

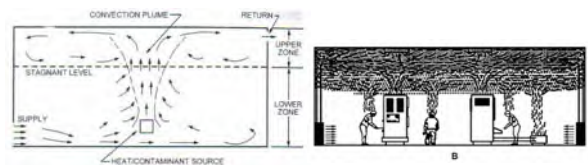


### 機械通風系統-單一方向流系統



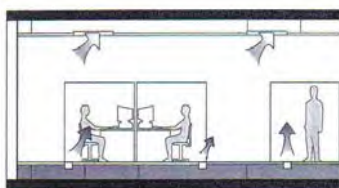
### 機械通風系統-位移通風系統

- ◆ 用於污染的空氣溫度大於室內周圍空氣
- ◆ 送風溫度略低於室內空氣溫度

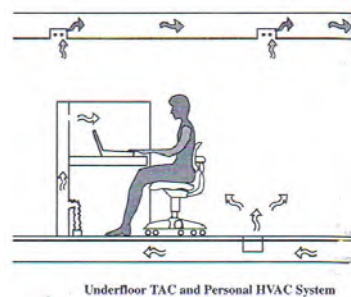


### 機械通風系統-地板下空氣分配系統

- ◆ 空氣傳送至接近人員的區域
- ◆ 送風溫度低於天花板送風形式之送風溫度

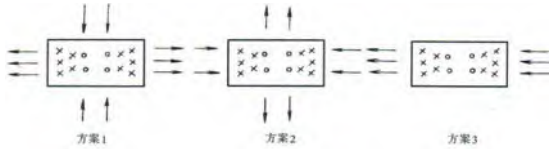


### 機械通風系統-工作/周圍分配系統



### 送排氣口設計要點(一)

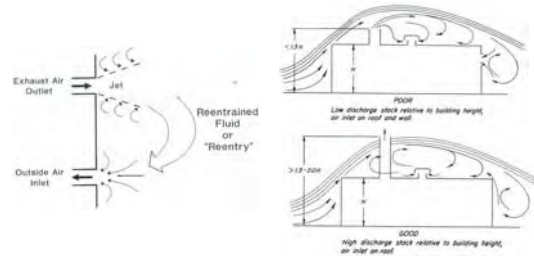
- ◆ 排氣口應盡量接近污染源
- ◆ 送風口和排風口的位置務使空氣通過污染區，人員須在送風和污染區中間



在圖 2-2 中，“x”表示有害物源，“o”表示人員的工作位置。箭頭表示送、排風方向。方案 1 是將清淨空氣先送到人員的工作位置，再經有害物源排之窗外；這個方案中，人員工作地點空氣新鮮，顯然最合理的。方案 2 的氣流證明是不合理的，因為送風空氣先經過有害物源，再達到人員工作位置，人員吸入的空氣比較污濁。同樣，方案 3 也是不合理的。

### 送排氣口設計要點(二)

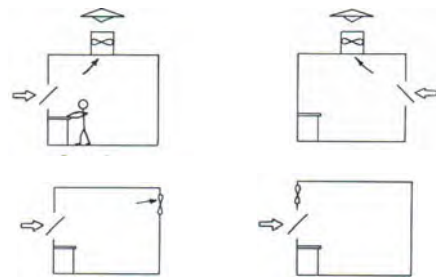
- ◆ 排氣口附近不宜有進氣口或窗戶
- ◆ 排氣煙囪應有足夠高度



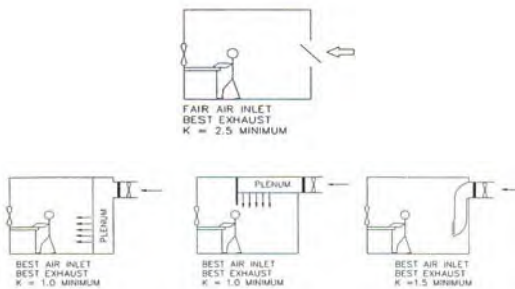
### 送排氣口設計要點(三)

- ◆ 在同一面牆上設置進出風口易造成死角，應避免。
- ◆ 進出風口應避免在同一高度，進風口應改由下方進入。
- ◆ 避免空氣由熱源區吹向冷靜區，一般居室應由客廳吹向廚房及走廊。
- ◆ 採用同樣大小一出一進風口時，不如採用一出二進風口。

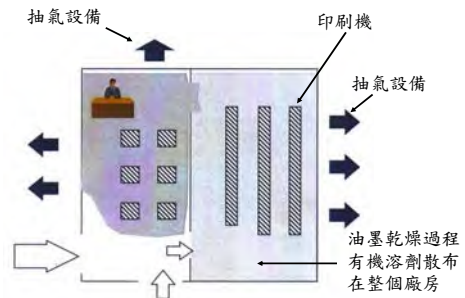
### 不佳之送排風配置



### 較佳之送排風配置



### 不佳之送排風配置案例



## 局部送風

- ◆ 高溫空間已採取隔熱及自然通風相關措施後，如果在人員操作地點空氣溫度仍達不到標準或輻射強度超過 $350\text{W}/\text{m}^2$ ，可設置局部送風，以提高工作地點的風速，或降低空氣溫度。尤其操作人員少，面積大的空間，用全面通風不經濟且無必要時
- ◆ 局部送風方式可分為單體式及系統式兩種

## 單體式局部送風

- ◆ 風扇
- 使用在輻射強度小或溫度不高的空間
- 散發粉塵的空間不宜採，以免吹起粉塵，污染空間空氣

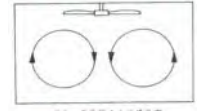


圖5 局部送風風扇送風分布

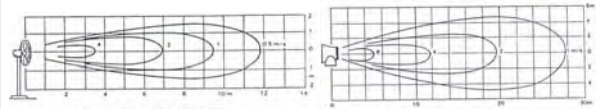
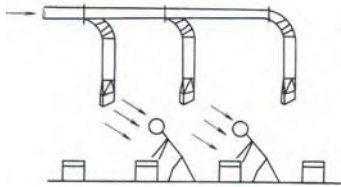


圖6 不同高度的速度與空間分布(1)

圖7 不同高度的速度與空間分布(2)

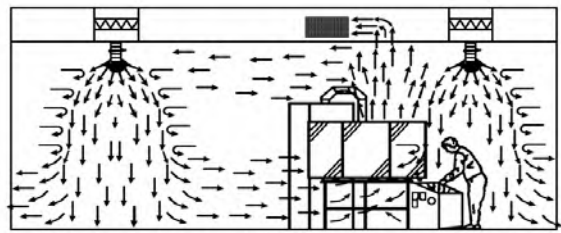
## 系統式局部送風

- ◆ 使用在輻射強度大或溫度高，又不容許有水霧的空間，或作業地帶散發的有害物質較多
- ◆ 送出的氣流應從人體的前側上方傾斜的吹到頭、頸和胸部，使人體對輻射最敏感的主要部位被送風氣流包圍



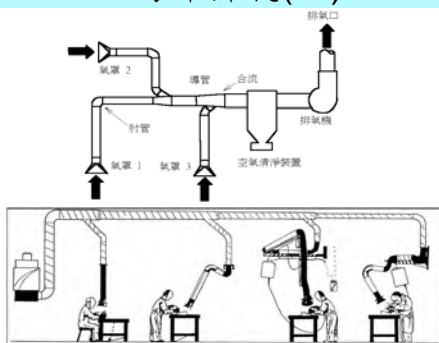
## 局部通風與全面通風

- ◆ 當只採取局部通風措施，還不能將有害物有效控制，仍有一部份擴散到空間中造成室內空氣污染，此時應同時輔以全面通風



A. AIR SHOWERS

## 局部排氣(一)



## 局部排氣(二)

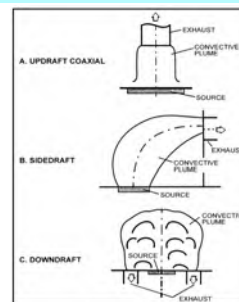
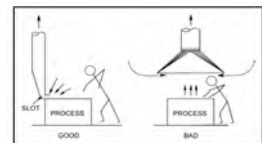
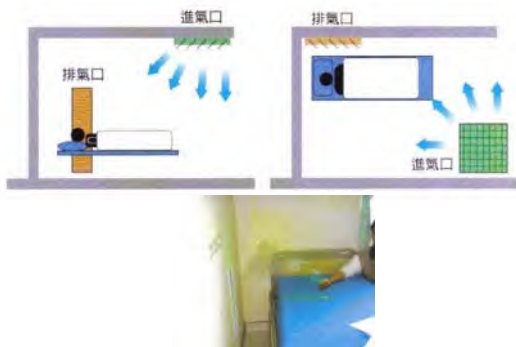


Fig. 2 Non-enclosing Hoods

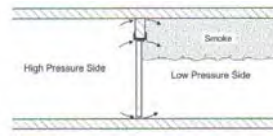


### 負壓隔離病房



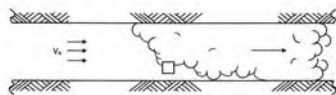
### 火災煙霧控制(一)

- ◆ 區劃
- ◆ 加壓
- ◆ 排煙



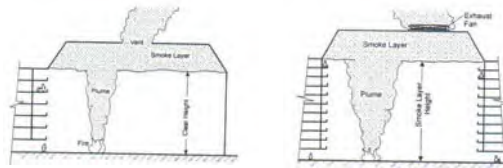
### 火災煙霧控制(二)

- ◆ 氣流



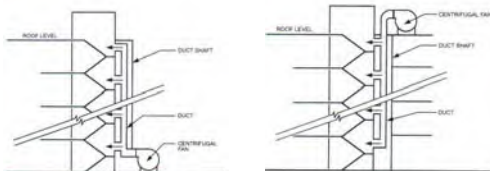
### 火災煙霧控制(三)

- ◆ 利用浮力



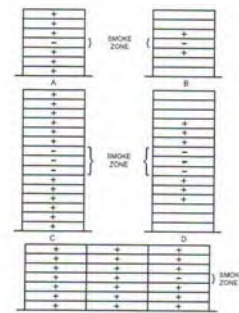
### 火災煙霧控制(四)

- ◆ 樓梯間加壓



### 火災煙霧控制(五)

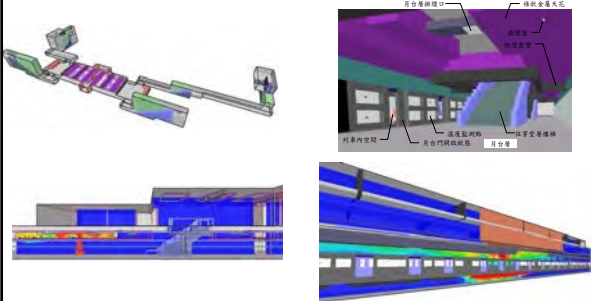
- ◆ 三明治加壓法





## 計算流體力學軟體

### ◆ Computational Fluid Dynamic (CFD)



報告完畢  
敬請指教