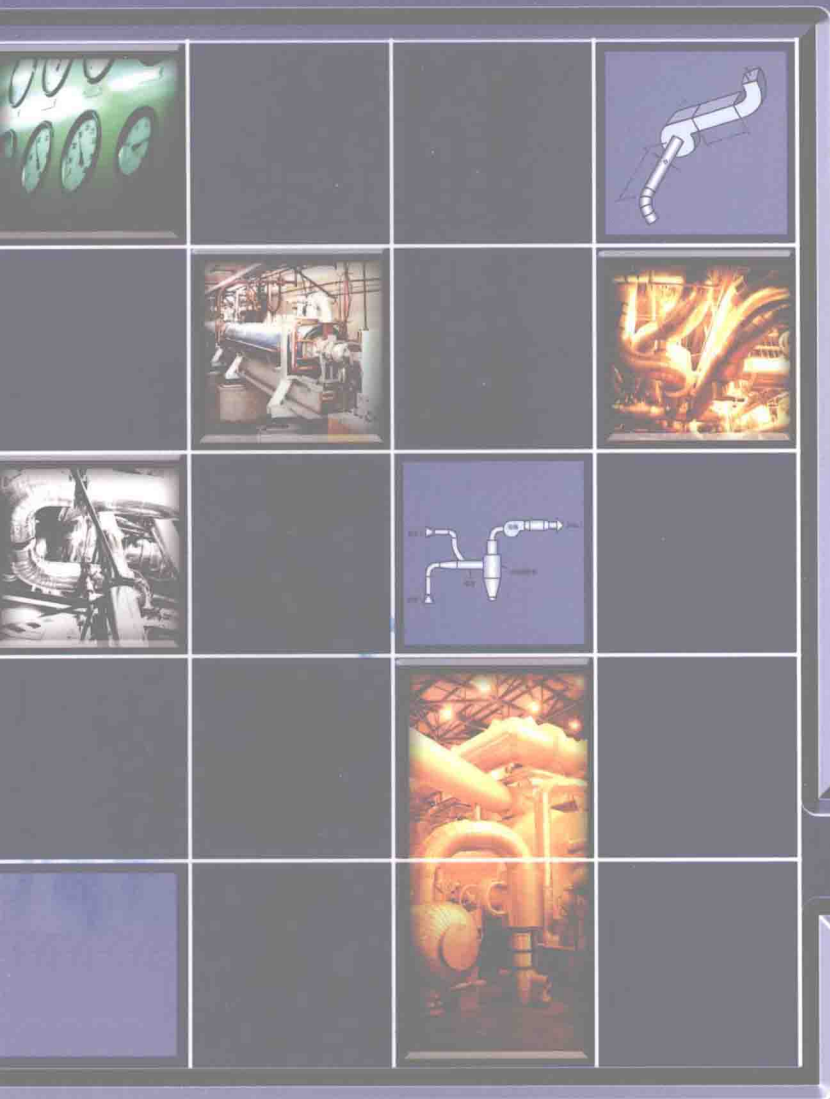
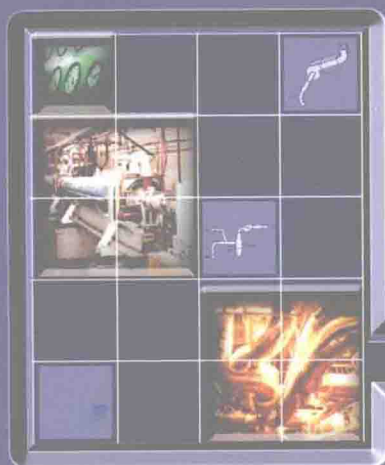


工業通風設計概要

鍾基強 編著



全華科技圖書股份有限公司 印行



本書特色:

1. 針對不同背景的讀者，由淺入深介紹工業通風的基本概念。
2. 實際設計案例內容，讓讀者能具備工業通風之設計概念。
3. 收集網羅國內外較新技術方便供讀者參考。
4. 適合大學、技專院校的工業安全科系、環境工程衛生系有「工業通風」課程學校及業界人士使用。

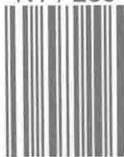
工業通風設計概要

ISBN 957-21-4203-8



9 789572 142035

NT / 280



00280

工業通風設計概要

鍾基強 編著

國家圖書館出版品預行編目資料

工業通風設計概要 / 鍾基強編著. -- 初版. --

臺北市：全華，民 92

面；公分

ISBN 957-21-4203-8(平裝)

1.空調工程 2.運風機

446.72

92015858

工業通風設計概要

作 者 鍾基強

執行編輯 王若瑋

封面設計 張瑞玲

發行人 陳本源

出版者 全華科技圖書股份有限公司

地 址 104 台北市龍江路 76 巷 20 號 2 樓

電 話 (02) 2507-1300 (總機)

傳 真 (02) 2506-2993

郵政帳號 0100836-1 號

印 刷 者 宏懋打字印刷股份有限公司

圖書編號 05388

初版二刷 2006 年 9 月

定 價 新台幣 280 元

I S B N 978-957-21-4203-5 (平裝)

I S B N 957-21-4203-8 (平裝)

全華科技圖書

www.chwa.com.tw

book@ms1.chwa.com.tw

全華科技網 OpenTech

www.opentech.com.tw

有著作權 · 侵害必究

序

工業通風設計技術在國內過去一直屬於現場應用技術因此較不受學術界重視，相對國內也沒有較完整教材可由淺入深教育非專業技術人員、學生、設計者瞭解工業通風的實際內容及如何有系統設計有效的通風系統保護現場作業員工之安全與衛生。

本書參考美國 Industrial Ventilation 一書同時融入許多筆者個人研究成果及國內先進所累積之設計。本書共分十一章，從最基本的第一、二、三章介紹基本工業通風概念、空氣狀態與追蹤量測技術等，第四章介紹整體換氣系統，第五章詳細說明局部通風系統之設計基礎，第六章則針對氣罩的設計與選擇加以說明，第七章探討風管的選擇與搭配，第八章分析如何設計與選擇適當的風機，第九章則討論風管內壓力計算，第十章及十一章則分別介紹工業空調系統與通風系統如何檢測與維修。

相信經由本書完整的說明，對有興趣學習工業通風的學生或設計者應有一定程度的幫助。鑑於工業通風並不歸屬一固定科系類別，學習領域可涵蓋機械空調、工業衛生、環境安全衛生、職業衛生等背景讀者因此筆者在教材設計上有經過慎重過濾希望能適合大多數學習者之需求，講授者可依據學習者之程度擷取本書相關章節做為授課內容不必完全按照書中章節順序。畢竟筆者才疏學淺，書中錯誤難免，尙期各界前輩不吝給予批評指導。

作者 謹識
於雲林科技大學

編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

不同背景的讀者，由淺入深介紹工業通風的基本概念，內容有許多實際設計案例，藉由此眾多案例讓初學者能很快瞭解工業通風設計要點以及有許多國內外較新的技術及設計方法供讀者參考。適合大學、技專院校的工業安全科系、環境工程科系有「工業通風」課程學校及業界人士使用。

若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

目 錄

第 1 章 何謂工業通風..... 1-1

1-1 整體換氣..... 1-4

1-2 局部排氣..... 1-7

1-2-1 氣 罩..... 1-9

1-3 通風效率與捕集效率理論探討..... 1-11

1-4 工業通風的問題特徵..... 1-12

第 2 章 空氣狀態..... 2-1

2-1 空氣性質..... 2-2

2-2 假設空氣為理想氣體..... 2-3

2-2-1 密度修正..... 2-4

2-3 空氣壓力..... 2-5

2-3-1 靜壓、全壓、動壓..... 2-6

2-3-2 體積流率..... 2-8

2-4 空氣中的氣膠..... 2-10

2-4-1 蒸氣源..... 2-15

第 3 章 追蹤氣體量測技術..... 3-1

- 3-1 追蹤氣體選定3-2
- 3-2 追蹤氣體的釋放.....3-3
- 3-3 追蹤氣體的量測方法3-4

第 4 章 整體換氣系統..... 4-1

- 4-1 通風方式選擇評估原則4-3
- 4-2 空氣的置換4-8
- 4-3 通風除熱.....4-13

第 5 章 局部排氣通風系統..... 5-1

- 5-1 系統類型.....5-2
- 5-2 設備與元件5-3
- 5-3 靜壓(Static Pressure).....5-5
 - 5-3-1 肘管損失5-8
 - 5-3-2 T 型歧管損失5-9
 - 5-3-3 其他損失5-10

第 6 章 氣罩的選擇與設計..... 6-1

- 6-1 氣 罩6-2
- 6-2 束縮面(Vena Contracta).....6-5

6-3	設計方法.....	6-9
6-4	體積流率及速度方程式.....	6-13
6-5	實際操作狀況	6-16

第 7 章 風管的種類與空氣流體行為 7-1

7-1	風管內之空氣流速	7-2
7-2	風管內空氣之流體行為	7-4
7-2-1	Bernoulli 方程式.....	7-4
7-2-2	管內流動之穩態能量方程式	7-5
7-2-3	全壓、靜壓與動壓.....	7-6
7-2-4	風管系統的全壓損失	7-7
7-2-5	摩擦因子	7-9
7-2-6	矩形風管的水力直徑	7-14
7-2-7	配件的局部損失係數	7-15
7-2-8	等效長度	7-17
7-3	風管系統之守恆定律	7-18
7-4	工業風管的組件及種類	7-19
7-4-1	摩擦損失	7-20

第 8 章 風機的選擇與操作..... 8-1

8-1	風機種類.....	8-2
8-2	風機測試.....	8-5
8-2-1	風機定律	8-6
8-2-2	風機壓力	8-7

8-3	SOP 和風機曲線	8-11
8-4	系統曲線.....	8-12
8-4-1	風機系統效能不足.....	8-17
8-4-2	系統影響	8-18
8-5	風機選擇.....	8-19

第9章 局部排氣系統之設計與壓力損失計算

.....	9-1
9-1 系統設計步驟	9-2
9-2 風管系統的設計	9-5
9-3 風管材料及型式	9-7
9-4 壓力損失之計算	9-9
9-5 設計範例	9-22
9-5-1 壓損分佈圖	9-27
9-6 排氣煙囪	9-28
9-6-1 排氣煙囪的稀釋與逸散	9-29

第10章 換氣與工業空調系統

10-1	工業空調系統	10-3
10-2	自然通風系統	10-5
10-3	機械通風系統	10-6
10-4	空氣調節.....	10-8
10-5	回風系統.....	10-10

第 11 章 系統測定檢驗與維修管理 11-1

11-1 一般測量法 11-3

11-2 維修與管理 11-8

11-2-1 操作與維修 11-10

11-3 簡要設計原則 11-11

附錄 A 一般常用溶劑、氣體及蒸氣性質表 A-1

附錄 B 各種氣罩壓力、損力係數及風量表 B-1

附錄 C 各種氣罩型式及控制風速表 C-1

附錄 D 各種作業環境圓形風管所需搬運風速表 D-1

何謂工業通風

- 1-1 整體換氣
- 1-2 局部排氣
- 1-3 通風效率與捕集效率理論探討
- 1-4 工業通風的問題特徵

一般所謂的工業通風其意義指，利用空氣的流動來控制作業環境，也就是利用氣流來排除作業環境中所產生的空氣污染物或控制工作現場的空氣品質，使置身其中的作業人員可能暴露於危害環境的機會降至最低。作業環境中運用通風的技術可直接達到如下幾個目的：

一、排除作業環境之有害氣體

產品生產過程中所生成的有毒氣體、廢氣或粉塵如果積存於作業環境的空氣中，極有可能對從業人員的健康造成危害，或者造成生產機具的腐蝕損壞，當這些有害的污染物濃度過高時更會直接引發人員中毒、昏迷等職業傷害，不過藉由通風的應用可將上述污染物從作業環境中排除，降低污染物對人員的危害。

二、作業環境中舒適性的控制

在許多高溫、高溼熱的作業環境中，常令許多從業人感到不舒服、燥熱，進而影響工作效率及分散注意力造成身體傷害，另外一些較特殊的設備亦需要有較好的溫度控制才能發揮其效果，利用通風或再加上空調的處理可改善此現象。

三、防止火災和爆炸的發生

對許多會產生可燃或易燃氣體的製程而言，當作業環境中這類易燃物質的濃度過高達到某一限制值時，極可能引發爆炸及火災，造成生命財產的損失，利用通風的技術將污染物排出，稀釋以降低作業環境中易燃物的濃度，可達事先防範之目的。

四、提供較高品質的作業環境

近來的高科技產業如半導體業、航太、光電、精密機械業對其產品的精度要求愈來愈嚴格，相對於作業環境中之各項污染物的防止要求也愈高，因此有了潔淨室的需求，而不論是何種等級的潔淨室均需仰賴通風的方式來達成，當然，潔淨室通風精度的要求遠較一般工業通風高，其複雜程度與技術層面也非一般通風可及。

一般所使用的工業通風設備可分為整體換氣(General Replacement Ventilation)與局部排氣(Local Exhaust Ventilation)兩種。整體換氣係將一特定空間內所有空氣排出，同時導入外氣以補充排出的空氣，藉此達到通風的目的(圖 1-1)。而局部排氣係於污染物發生源即將污染物吸收捕集加以排除的通風方式(圖 1-2)。

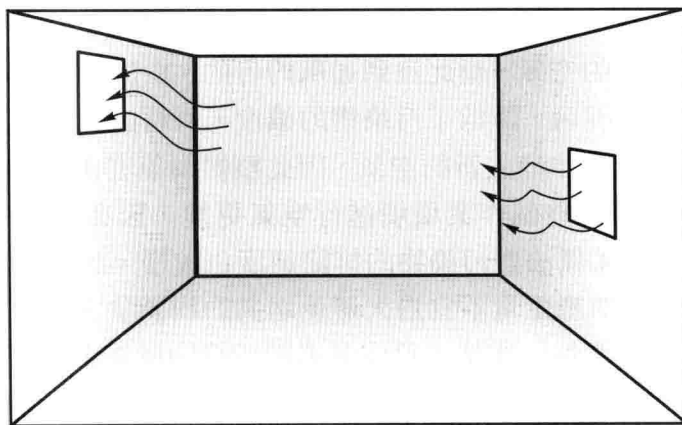


圖 1-1 整體換氣裝置(進風口及排風口亦可加裝風扇而形成機械換氣)

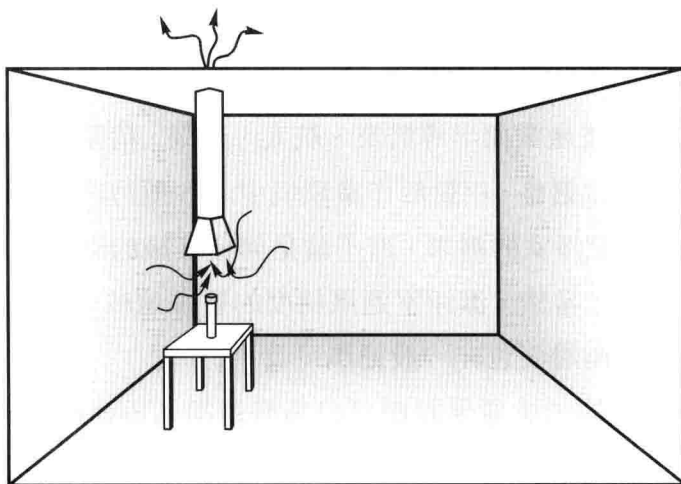


圖 1-2 局部排氣裝置(在污染物發生源即將污染物吸收捕集加以排除，有多種氣罩捕集方式)

1-1 整體換氣

如先前所述，整體換氣係將一特定空間內所有空氣排出，同時導入外氣以補充排出的空氣，藉此達到通風的目的。由於自外界導入的空氣與室內的污染物混合，降低了污染物的濃度，再藉由排氣的方式將稀釋後的污染空氣排出並補入新的空氣，因此整體換氣亦被稱為稀釋通風。由於整體換氣是對整個作業環境進行空氣更換，因此需要較大的換氣量，相對的，此換氣法對污染物的排除速度也較慢，故在使用上有些許限制，如污染物的產生量不宜過大避免過高的換氣量而不切實際、污染物的毒性小或無毒性、作業人員儘量遠離污染物產生區等限制。

一般來說，整體換氣依供給空氣流動的方式尚可區分為自然換氣與機械換氣兩種(圖 1-3)。

自然換氣：主要是利用溫差或風力的方式交換室內外空氣，利用自然通風的方式成本低，幾乎不需要運轉費用，但換氣量受溫度及室外風速等因數影響而較難控制，故使用受限制效率低。

機械換氣：主要是利用排風機強制空氣流動達到換氣的目的，利用排風機可單獨對室內實施供氣或單獨排氣，也可同時供氣與排氣，不同的組合各有不同的效果，雖然附加風機設備耗費能源，但換氣效率較高。

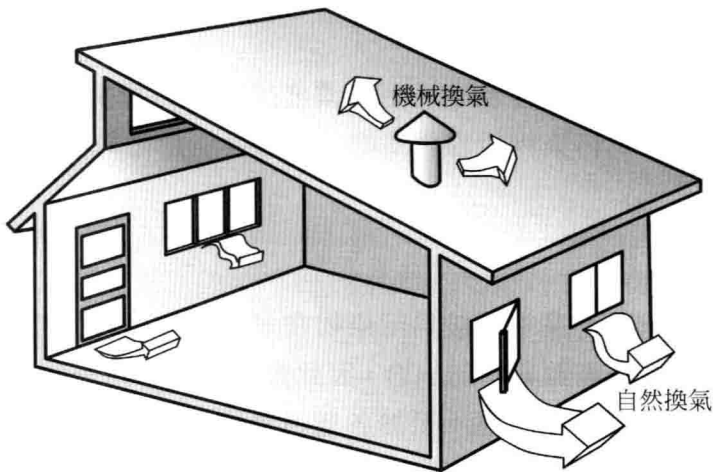


圖 1-3 機械換氣與自然換氣的差異

整體換氣中，污染物與室內空氣混合，假設室內污染物濃度成均勻分佈，依據均勻混合模式(Well-Mixing Model)室內污染物的濃度變化為

$$V \frac{dC}{dt} = QC_0 - QC + G \quad (1-1)$$

式中

V 為室內體積

C 為污染物濃度

t 為時間

$\frac{dC}{dt}$ 為污染物濃度變化率

Q 為換氣量

C_0 為環境中既有的污染物濃度

G 為室內污染物發生量

在一定換氣量 Q 下，污染物的濃度以平均濃度表示，(方程式 1-1) 化簡為

$$C = C_0 + \frac{G}{Q} \quad (1-2)$$

如欲將室內污染物控制在一定的濃度以下，(方程式 1-2) 中之污染物平均濃度 C 則成為污染物的容許濃度。整體換氣所需的換氣量則為

$$Q = \frac{G}{C - C_0} \quad (1-3)$$

此關係式成立的基本假設為污染物在室內為均勻分佈，但實際作業時污染物與室內空氣並非均勻混合，因此實際應用時所需的通風量應高於(方程式 1-3) 所得之計算值。至於各種污染物(有害物)的容許濃度，可參考「勞工作業環境空氣中有害物容許濃度標準」【1】。

除了換氣量外，室內空氣流動的型態也是決定整體換氣裝置是否發揮功能的因素，影響作業環境中空氣流動的因素很多，如作業環境的幾何形狀、溫度、壓力、內置的設備、人員移動、空氣的進/排氣口配置等都會影響室內的空氣流動。

基本上空氣氣流之型態就特性而言有四種基本型態：即短路型氣流(圖 1-4)、完全混合式氣流(圖 1-5)、置換型氣流(圖 1-6)及活塞式氣流(圖 1-7)【2】。當新鮮空氣從進氣口進入後未能在整個通風空間內與污染物充分混合即由排氣口排出，這種現象即為短路型氣流。一般而言，進/排氣口的配置應盡量避免形成短路型的空氣流動型態，在此種空氣流動型態中，空氣流線僅通過進氣口與排氣口間之部分區域，存在其他區域的污染物無法獲得換氣稀釋與排除的效果。短路型氣流是非常沒有效率的通風方式且會造成污染物累積在室內空間中。