

工業通風降溫吸塵技術

劉 錕 編 著

大東書局出版

工業通風降溫吸塵技術

劉 鋈 編 著

大東書局出版

工廠中的通風降塵和吸塵設備，是解決工業衛生問題、改善勞動條件和貫徹安全生產政策的關鍵性措施。本書講述了有關這一方面的技術知識。全書共七章二十四節，首先從分析生產性異常氣象（高溫）、工業塵污、有害氣體和毒蒸氣的危害，說明保健通風工程的重要性、範圍和標準。中間討論自然通風、機械通風、空氣調節、冷風設備和局部吸風裝置等設備的設計基本原理、計算方法、機械性能、裝置型式和塵污處理。最後介紹工場空氣檢驗和通風效果測定方法。本書是各工廠企業從事有關業務的工程技術人員、勞保幹部、行政領導的實用參考用書，各工會幹部學校、大學工程學院有關各系以及工業衛生研究者的教學參考書。

劉 銀 編 著 趙 鐵 廠 校 閱

*

1954年6月發排 • 1954年8月上海第一版

1954年8月上海第一次印刷 (0001—2000冊)

書號: 5160 • 30''×42'' • 1/25 • 100千字 • 5 13/25 印張 • 定價 8,000 元

*

大東書局（上海福州路310號）出版發行

上海市書刊出版業營業許可證出〇四三號 • 上海市書刊發行業營業許可證發〇六一號

大東印刷廠（上海安慶路268弄17號）印刷

王 序

工廠中的通風降溫和吸塵技術，在改善工人勞動條件和促進工業衛生的過程中，佔着非常重要的一環。它可以使工廠車間發生合理的氣流，增大換氣量和次數，創造有利於生產和工人健康的溫濕度，消滅高溫，調節生產氣候；同時，也能夠隔絕和清除若干製造過程中對健康有害和對企業有易燃危險性的塵埃、煙霧、氣體和蒸氣等發散物，使它不致混和到工場空氣中來，造成危害或危險性的空氣混合物；減少工業慢性中毒；避免燃燒和爆炸等工業災害。所以這種工程技術的控制，是保障職工健康和企業安全的必要措施之一。

在許多製造部門，特別需要控制生產過程中的氣候條件，例如，紡織工業、煙草工業和生物製品製造工業等，它們都需要控制車間的溫濕度，以利工作的進行和產品質量的提高。這就更為需要高度發展的機械通風，即全面空氣調節，使生產需要和勞動條件相互結合起來。高溫作業的夏季降溫，不但可以保障工人的身體健康，同時也能夠避免停工減產的影響，對於生產是有利的。吸塵裝置可以收回原料的損耗，減少成本的浪費，若干工業製造如食品和藥物的生產車間，特別需要清潔的空氣，以免成品受到塵污污染，所以洗氣除塵也是生產上必需的。許多工業生產過程的技術措施，都需要包括保健性的通風、降溫和除塵設施在內，並且二者如何使其結合，這都是屬於安全或通風的工程師所應該研究的課題。

不過這個學問是一項專門性的技術工作，需要綜合工業衛生、工業製造和工程設計三方面的科學知識。過去我國工業不發達，國人對於這項技術很少講究，現在國家的社會主義工業化已熱烈開展，全國各地正在如火如荼地興建着各式各樣的工廠，原有的不良狀態的工廠，亦在力謀適當的改進，所以對於這種保健性和生產性的通風降溫和吸塵技術，已為工業衛生者所日益重視。可是我國出版界關於這方面的參考書籍，尙未能充分的供應，結合我國工業的實際情況，有系統的加以研究敘述，更不多見。

劉錕同志對衛生工程，素有研究，平日工作經驗，亦極豐富。此次參考外文書籍二十餘種，於公餘寫成此書，我細讀一遍，深覺其取材宏富，內容精審，結合我國情況，適應當前需要，確是一本具有實用價值的技術書籍，與一般單純的翻譯外文者情形不同。此書出版，不僅對於工業生產衛生的工作者和研究者，有所臂助；對於我國社會主義工業化的迅速開展，也有一定程度的貢獻。

王 世 偉

一九五四，五，一。

自序

在逐步實現國家的社會主義工業化，新建、擴建和改建各種工廠的同時，必須注意通風、降溫和除塵問題，以改善工廠環境衛生，從而提高工人健康水平。工廠不僅是工業生產的場所，而且是工人勞動和生活的地方。工業勞動是集體的，需要集中許多工人於一處，作系統整嚴和分工精細的操作。在這種情形下，往往由於人員的、機械設備的和原料製造的種種原因，容易發生各種氣體、蒸汽、塵埃、煙霧和熱能等的排洩，造成工廠環境中的空氣不潔、塵埃飛揚、溫度不調、濕度不適等各種畸形的大氣條件。工人整日勞動並生活於其中，遭受健康上的損害，輕則身體因以衰弱，勞動效率和工作年齡都將減退；重則發生各種職業性病，招致生命的傷亡。這是勞動保護上的關鍵性問題，也是工業建設過程中不可忽畧的要項。做好工廠裏的通風、降溫和吸塵工作，就是解決上述工業衛生問題的具體有效辦法。所以不論是新建、擴建和原有的工廠，都必須推動此項安全保健工程。

偉大的列寧教導我們說：“在社會主義制度下，勞動條件將是更合乎衛生的，千百萬工人將要免除煙塵毒氣的薰染；污穢討厭的車間，將要變為清潔光亮人們喜愛的實驗室”。

現在蘇聯不論企業部門和政府方面，莫不竭力研究工業衛生通風工作。凡大中型工廠中，都聘有通風設備專家，或設有通風研究部，專門從事廠中空氣成份的分析和設備效能的改進。政府在這方面的投資

亦巨，一九五二年內，單在一個烏拉爾重型機器製造廠內，即裝配三一七六個通風設備，一小時流動空氣量達二八〇萬立方公尺；莫斯科斯大林汽車製造廠內衛生通風設備發動機的能力，達 9600 瓩，幾乎等於一個中等城市的發電站能力。

我國工業界對此項工作的推動，正在發軔時期。隨着社會主義工業化的進展，對推動保健性的工廠通風、降溫和吸塵工作，日見重視。單以上海一地而言，一九五三年公私營紡織各廠在通風降溫基本建設工程投資方面，已達一千億元以上，一九五四年其他各業，亦在推進之中。因此有關企業當局、勞保幹部、廠醫、工業衛生研究者以及工業設備的工程技術人員，莫不紛紛研究此項問題，以求資金用得適當，設備能夠發揮效力。但因這是新興的業務，大都感到生疏，有關的專書極少，參考資料闕如；所以對於工作的推進，多少受到阻礙。作者不揣譾陋，因搜取國外文獻，參以一己知識，編著是書，以期對工業的衛生通風、降溫和吸塵的技術方面，作一個設計原理和實踐方法上的有系統的敘述，俾便有關工作同志，得供參考，從業人員，知所問津，或者對於我國工業建設，不無一助！惟作者學識有限，謬誤難免，仍有賴於讀者和先進專家的指正。

作 者 一九五四年三月於上海

目 錄

王 序

自 序

第 一 章 導 論..... 1

(1·1)工業通風的重要性和範圍.....1

(1·2)有效溫度和舒適範圍.....3

(1·3)空氣污染物與工業災害.....5

(1·4)通風的標準.....9

第 二 章 自然通風方法..... 17

(2·1)自然通風的基礎..... 17

(2·2)自然通風系統的各種設置..... 20

(2·3)非組織的自然通風與有組織的自然通風..... 24

第 三 章 機械通風方法..... 28

(3·1)風管系統中的空氣流..... 28

(3·2)輸風管的設計..... 32

(3·3)風扇的性能和使用..... 42

(3·4)機械通風的裝置..... 49

第 四 章 空氣調節與冷風設備.....	56
(4·1)空氣調節的意義與要求.....	56
(4·2)工場空氣污染物的控制.....	59
(4·3)工場降溫與冷風設備.....	62
第 五 章 冷風設備的設計方法.....	69
(5·1)工廠車間熱量來源的分析.....	69
(5·2)車間發熱量的計算.....	72
(5·3)風量和水量的計算.....	80
第 六 章 局部吸風裝置.....	85
(6·1)設計的基本知識.....	85
(6·2)吸氣罩設計.....	89
(6·3)局部吸風的裝置方式.....	98
(6·4)排氣管和風扇.....	99
(6·5)塵污的處理.....	102
第 七 章 空氣檢驗和設備測定.....	106
(7·1)空氣檢驗的方法.....	106
(7·2)通風設備的測定.....	111
附錄:	
(一)工業有害物質在空氣中的最大容許濃度	
(二)溫濕圖	
(三)溫濕換算表	

第一章 導 論

(1.1) 工業通風的重要性和範圍

人類生活於空氣之中，猶如魚類生活於水中，不可須臾隔離；故空氣的組織成份，對人類關係極為重要。在通常狀態下，空氣的化學成份，並不重要；但其物理性質包括溫度、濕度、氣流速度以及外來氣體、蒸汽、塵埃和煙霧等污濁成份，則為決定人們適與不適，健康與安全的客觀因素。工業衛生通風工程，即在使生產工作場所的空氣諸因素，不僅能夠符合生產過程中的需要，而且在人體生理方面，同時也能適應勞動者安全衛生的要求，保障工作效率的提高。為達此目的，必須確保各車間、各工作場所中空氣的清潔、新鮮，並排除其中所含生產性的塵末和毒氣，至少使其保持在安全濃度以內。

生理學家認為工廠優良的勞動環境，不但要使工人們佔有廣大的呼吸空間，呼吸清潔的空氣；而且要重視其他重大的影響因素。據英國軍需工人委員會健康報告，工場中的大氣賦有以下的四種特性：（1）與其過熱，毋寧較冷；（2）與其過濕，毋寧較燥；（3）室內各部分及各時間的溫度有差異和變動，較優於統一的和單調的；（4）空氣有移動較優於靜止。這說明工場中的氣溫、氣濕和氣流對於人體感適的重要性。

氣流對人體健康的關係，往往不為一般人所瞭解。其實不論工作場中空氣含有污濁物質與否，假使過於單調並毫無激動時，即易引起疲

勞，特別是在空氣潮濕狀態下爲然。任何一個工作場所，儘管房屋高大和寬敞，如無足夠的空氣流動，亦將難以令人滿意。通風的要旨，即在使室內發生合理的氣流，以達更換空氣的目的。

人體需要保持一定常溫 (37°C)，對周圍大氣溫度的變化，冷則需穿衣服，以保持體內常溫不使下降，或使用人工方法調整外界溫度；熱又必須能夠將體內過多的熱量，向外界散發出來。在通常狀態下，人體散熱的進行，一部分爲對四周較冷物體之直接放射；一部分則爲對流作用，即藉與衣服和身體相接觸的空氣，將體溫過熱，傳佈消失。所以空氣被稱爲有一種冷却力，此項冷却力可由卡他寒暑表測探出來。夏季室內吾人經常體會得到不夠愜意的大氣狀態，主要都是由於空氣冷却力不足的結果。空氣冷却力隨溫度升降而增減，增加的主要辦法，在於發動空氣的流動，即藉風扇增加通風頻率。

在高溫作業工場中，空氣流動尤其重要。隨着周圍大氣溫度的逐漸上升，人體放熱的輻射和對流兩作用，則逐漸減退。當外界溫度高至與體溫相等時，輻射與對流放熱作用，即行停頓；此時體熱的發散，只有發汗的蒸發作用而已。但若空氣很潮濕，此種蒸發力亦很微弱；空氣濕度達到飽和狀態而又缺乏流動時，皮膚蒸發作用及因此而產生的體溫冷却效果，也要停止。替代冷却力而有可能恢復人體舒適感的唯一辦法，就是發動空氣流動，即加強通風作用。這種情形，甚至在比較適中的溫度下，如缺乏空氣流動，因附着於衣服中的空氣變成飽和或近似飽和狀態，也要引起不適的結果。

對於因呼吸作用而促使的室內空氣組織發生的變化，主要表現在二氧化碳和水蒸氣的增加。在工業製造場中，一方面法律往往規定每個工人至少應佔的呼吸空間，一方面就應注意工廠的通風換氣，這樣對於這種空氣組織的變化，就不足重視了。

工業通風，就廣義言，不僅是要輸導新鮮空氣、排除污濁空氣，而且包括溫濕度調節和氣流管制在內。

高溫的生理障礙，不僅如前所述，極端高溫作業可能引起工人中暑、貧血、虛弱、腰痛、痙攣等種種病徵，對健康有莫大損害。低溫妨害工作的活動，過度低溫使人易於發生凍傷、壞疽，甚至有凍死之虞，但在生產上並不常見。過低相對濕度即空氣中所含水份百分數太小，容易引起鼻喉及肺部黏液膜發生乾燥，從而降低這些器官對疾病感染的抵抗力；過高相對濕度，妨害皮膚的正常蒸發。這些異常的大氣條件，都不是衛生的和舒適的工作環境。但這並不能藉鼓動室內空氣移動而得到矯正，必須應用降溫和增減濕度的方法，使其得到調整。這樣對工廠中空氣的溫濕度調節，也是包括在工業通風的含義中的。

此外，如空氣流動速度不能管制，理想的工作環境仍不能達到。氣流速度過低，不能達成通風效果，過高對生理又有刺激和損害。特別要緊的是避免強烈的氣流，這種空氣移動所形成的風陣，最易惹起工人身體的不適，是造成神經痛和呼吸系統疾患的原因。所以設計工業通風，應該注意避免這種風陣。

(1.2) 有效溫度和舒適範圍

(一) 有效溫度 決定人體舒適感和工作效率的大氣條件，是三種因素的綜合：即氣溫、氣濕、氣流。溫度的影響，盡人皆知，如在工廠中有熔爐的輻射熱時，夏季使人感覺難耐，因而降低生產效率。濕度在高溫時，對勞作效率影響最顯著，例如，同是乾球溫度 32°C ，當濕度很低時，還能覺得相當涼爽；但當濕度很高時，則使人感到悶熱難堪。氣流速度對體熱發散有密切關係，前已述及。當氣流速度加快時，汗即易蒸發，體熱消散快，使人感覺涼爽，勞作精神良好，生產效率可以提高。反

之，在高溫高濕之下而又缺乏空氣流動時，則往往氣悶難堪，且易招致疲勞，對工作效果影響甚大。所以大氣環境對人體生理的反應，不是單獨一種因素的作用，必須綜合大氣的溫度、濕度和氣流速度三者同時的總效果才能決定。在空氣調節上，把由溫度、濕度和風速三者同時的總效果對人體發生的感溫指數，叫做有效溫度。

(二)舒適範圍 有效溫度是藉經驗決定的感溫指數。因為季節、體質、服飾和工作活動等的不同，各人對大氣在感覺上所發生的同樣舒適程度，很難嚴格限於某一溫度；只能根據人體對於溫度的自動調節機能，確定一個大多數人共同感適的相當範圍。凡有百分之五十以上成年人都感舒適的有效溫度範圍，稱為舒適帶。根據這方面專門研究的資料，在每分鐘 4.5—7.5 公尺風速的平靜空氣狀態中，夏季一般人平均舒適範圍在有效溫度 18.8° — 23.8°C 之間，冬季舒適範圍在 17.2° — 21.7°C 之間，而其相對濕度則為 30%—70%。

舒適的有效溫度隨季節而變化，冬季總較夏季為低；隨年齡與性別亦有差別，婦女較男子約高 5° 度，年齡過 40 者不論男女皆較不及 40 者約高 5° 度。就產業工人言，舒適有效溫度隨工作率和所穿衣服質量而變化。一般言之，工作活動程度愈大，舒適有效溫度愈低。

在工業上因為技術上的理由，往往需要一定的溫度或濕度作為製造條件，或者兩因素同時需要。這樣，對於工作者可能就要感覺不適和鬱悶，結果造成生產上的減損。現在從有效溫度來看，某些製造過程需要較高的溫度和相對濕度而氣流可以不計，則用增加通風的辦法，可以促進工人的舒適感。單只需要高溫或高濕的地方，用通風增濕或通風減溫的辦法，都可以促進舒適感的維持。

(1.3) 空氣污染物與工業災害

近代的工業製造方法，日新月異，使用物料非常複雜。有許多原料、成品、中間產品和廢物，往往具有高度易燃性、爆炸性和毒害性。工業上有危險性的重要的易燃物質，如第1表所示，危險性能依它們在空氣中的引火點和爆炸限額（在空氣中所佔體積的百分數）來決定。有毒害性物質的中毒危險，取決於它們在空氣中的最大容許濃度，詳見第2表及附錄（一）。這些物質以下述諸種形態，在某些生產過程中，必然發散出來，與工場空氣混合，形成易燃、爆炸和有毒性的混合物：

1. 塵埃 一種固體粒體，飛揚於空中，組織與原出物質相同。

2. 氣體 一種有空氣狀態的流動體，無一定形狀和體積，能無限擴展；在增壓或減溫的影響下，能變成液態或固態。

3. 蒸汽 一種氣態物質，平常為液體或固體狀態，利用增加壓力或降低溫度的方法，也可使它變成這些狀態。

4. 烟 一種懸垂於空中的固體粒體，通常為在金屬融化或有機物未完全燃燒的產品蒸發之後，自氣體狀態凝縮而成，組織與原出物質不同。

5. 霧 一種懸垂於空中的液體點滴，當氣體凝成液體或將液體碎成散滅狀態，即有發生。

工廠裏有許多燃燒和爆炸事件的發生，都是導源於工場空氣中含有這類危險性的氣體、蒸汽、塵埃和烟霧等污染物質。這些物質與空氣進行適當混合，當其達到一定比額時，遇有火源，即行爆炸或燃燒，造成很嚴重的災害。控制這種工廠生產上的危險因素，為安全工程研究的對象，工業通風工程亦其主要環節之一。這種通風方法分為兩種：一種為全面通風，作用在於稀釋空氣污染物，使其保持在安全濃度以內；二

第1表 單一易燃性氣體和蒸汽在通常氣溫氣壓中的爆炸限額

氣體或蒸汽品名	爆炸限額 (在空氣中佔體積的百分數)		引火點(F)
	下 限	上 限	
乙醚	4.0	57	-17
丙酮	2.5	12.8	0
乙炔(電石氣)	2.5	80	—
α -丙烯醇(蒜醇)	2.5	—	70
氫	15.5	26.6	—
戊醇	1.2	—	100
氯戊烷	1.6	—	—
戊烯	1.6	7.7	—
苯	1.3	6.8	12
氯代甲苯	1.1	—	140
丁烷	1.8	8.4	—
乙酸丁酯	1.4	15.0	84
丁醇	1.7	—	—
α -丁烯	2.0	9.7	—
二硫化碳	1.2	50.0	-22
一氧化碳	12.5	74.2	—
巴西油酸	2.1	15.5	55
環己烷	1.3	8.4	1
環丙烷	2.4	1.05	—
癸烯	0.67	2.6	115
二氯乙烯	9.7	12.8	57
二乙硫醚	2.5	—	—
1,4-二氧陸圈	2.5	22.2	54
乙烷	3.1	12.5	—
醚	1.8	36.5	-49
乙酸乙酯	2.2	11.5	28
乙醇(酒精)	3.3	19.0	54
溴乙烷	6.7	11.3	—
乙基賽莖素	2.6	15.7	104
氯乙烷	4.0	14.8	-58
乙烯(成油氣)	2.7	28.6	—
二氯乙烯	6.2	15.9	56
甲酸乙酯	2.7	16.5	-4
亞硝酸乙酯	3.0	50	-31
環氧乙烯	3.0	80	—
鈦醚	2.1	—	140
汽油	1.4-1.5	7.4-7.6	-50
庚烷	1.0	6.0	25
己烷	1.2	6.9	-15

表第1表 單一易燃性氣體和蒸汽在通常氣溫氣壓中的爆炸限額

氣體或蒸汽品名	爆炸限額 (在空氣中佔體積的百分數)		引火點(F)
	下 限	上 限	
氟化氫	5.6	40.0	—
氫	4.0	74.2	—
硫化氫	4.3	45.5	—
照光氣	5.3	32.0	—
異丁醇	1.7	—	82
異戊醇	1.3	—	—
乙酸異丙酯	1.8	7.8	43
異丙醇	2.0	—	53
甲 烷	5.0	15.0	—
乙酸甲酯	3.1	15.5	14
甲醇(木精)	6.7	36.5	52
溴甲烷	13.5	14.5	—
乙 醚	1.2	8.0	—
氯甲烷	8.2	18.7	—
甲基(代)環己烷	1.1	—	25
甲乙醚	2.0	10.1	-35
丁 酮	1.8	9.5	30
甲酸甲酯	5.0	22.7	-2
2-戊酮	1.5	8.2	—
天然煤氣	4.4	13.5	—
輕油精	1.1	6.0	20-110
苯(魚油腦)	0.9	—	176
壬 烷	0.83	29	88
辛 烷	0.95	3.2	56
三聚乙醚	1.3	—	—
戊 烷	1.4	7.8	—
丙 烷	2.1	10.1	—
丙基碳酸鹽	1.8	8.0	58
丙 醇	2.1	13.5	59
丙 酮	2.0	11.1	—
1,2-二氯丙烷	3.4	14.5	60
環氧-(1:2)-丙烷	2.0	22.0	—
吡 啶	1.8	12.4	74
甲 苯	1.3	7.0	40
松節油	0.8	—	59
二乙 醇 胺	1.7	27.0	—
氯代乙 烷	0.4	21.7	—
水煤氣	6.0	70	—
二甲苯	1.0	6.0	63

種爲局部排氣通風，藉排氣系統將空氣污染物從發散的起始點，利用氣流捕集並排除出去，使不致散發於工場空氣中。

若在生產過程中散發出來的塵埃、氣體、蒸汽和烟霧等污染物質，爲第2表及附錄（一）中所列有毒物質，則當此種物質以一定濃度存在於工場空氣中時，因工人藉呼吸而將毒物帶入體內，即要引發工人各種不同程度的中毒。此種中毒，均有其職業的根源，故又稱職業性中毒。

職業性中毒與一般中毒顯有不同。一般中毒毒物進入人體最通常的途徑，爲藉口腔吞服，其次爲由呼吸帶入，皮膚吸收最不常見。工業上的職業性中毒則相反，毒物進入人體最重要的途徑爲由呼吸帶入，皮膚吸收次之，經由口腔吞服者不甚重要。這原因，我們試一研究工業毒物的性狀，即不難理解。譬如有刺激性毒性的硝氣類，或有窒息性毒性的一氧化碳，本身都是氣體；有麻醉性毒性的四氯化碳與有破壞血液作用的毒性的苯，爲最易揮發毒烟的溶劑；金屬汞雖也能被破裂的皮膚所吸收，但主要是由於它在普通室溫中都能揮發；砷毒在氣體狀態最危險，含砷的金屬與酸接觸時即有產生。這些氣體毒物或有揮發性的毒物，最易放出有毒烟霧，沾污在工場空氣中，使空氣成爲毒物的帶有者。這樣自然就最易藉呼吸爲媒介，使工人吸入中毒。

某些中毒事件的發生，很難確說皮膚吸入毒物佔多少成分，因爲事實上當毒物散佈在皮膚上時，所在空氣，亦已往往遭受某種程度上的沾染。苯及苯環的硝基和氫基化合物如阿尼林、三硝基甲苯和二硝基苯等，以前似乎都認爲是最易爲皮膚吸收的工業毒物；防護措施，都重在保護皮膚的清涼，而不注意對這些毒物揮發烟霧的排除。近年以來，經驗令人信服地相信：這些毒物對皮膚的作用，仍以烟霧較粉末更爲危險。吞食可溶性金屬化合物如鹼性碳酸鉛、砒霜、二氧化錳、鉻酸鹽類和氟化物類，爲引發工業職業性中毒的一種方式；但由這種方式引起的