

通風工程

郭 遵 然 編 著
吳 沈 釗 校 訂

科學技術出版社

程 工 風 通

著 然 遵 郭
訂 校 鉅 沈 吳

科 学 技 術 出 版 社

內 容 提 要

本書全面介紹了工業與民用建築方面有關通風的原理、設計和要
求，內容敘述簡明、完整而有系統，取材也很新穎，同時儘量採用了蘇
聯有關通風方面的先進經驗。凡自然通風和機械通風的方法與布置，
空氣的特性與處理，以及通風管道和通風機的備造，空氣調節設備的
使用等，均經詳細介紹。每一項有關通風工程的計算都附有例題，使理
論與實用互相結合。

本書可供工業與民用建築方面技術人員、暖氣通風方面設計人員
作參考用，亦可供高等和中等技術學校暖氣通風專業作教材用。

通 風 工 程

編 著 者 郭 遵 然

校 訂 者 吳 沈 鉉

*

科 學 技 術 出 版 社 出 版

(上海延國西路 336 弄 1 號)

上海市書刊出版業營業許可証出〇七九號

中科藝文聯合印刷廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號：15119·280

開本 850×1163 耗 1/32·印張 9 $\frac{1}{4}$ ·插頁 4·字數 222,000

一九五六年八月第一版

一九五六年八月第一次印刷·印數 1--8,000

定價：(10)一元六角

著 者 序 言

由于中國共產黨和毛主席的英明領導，全國人民的一致努力，建設我們偉大祖國的第一个五年計劃將被提前完成和超額完成。

勝利完成这个偉大的計劃，不僅使我國社会主义工業化奠定了巩固的基礎，國民經濟的面貌發生了根本的变化，人民的物質和文化生活水平得到了顯著的提高，而且將使全國提早到达社会主义更具可能，使世界和平民主陣營的力量更为壯大。

随着祖國社会主义工業化的突飛猛進，新建和擴建的現代化工業企業就愈來愈多。这些社会主义性質的現代化企業，不但在生產条件上要求先進的和优良的裝備，而且在劳动保护上，也要求完善的和合理的設施。因为劳动生產率的增加和產品質量的提高，与生產衛生和劳动保护的改善具有密切的关系。

而在現代工業中，劳动保护和衛生措施中最重要的是工業通風問題。因此，在到处建設这些巨大工業的同时，就对工業通風問題提出了新的要求。

有些工業企業，譬如精密仪器制造厂和紡織工厂等，裝置通風設備的目的，不僅是为了改善工人的劳动条件，而且也是为了生產本身不可缺少的需要。

在苏联，通風工程得到了巨大的發展。苏联共產黨和政府撥出了巨額資金在各种建筑物中裝置通風設備，來改善劳动人民的劳动条件和生活条件；成立了許多專門的機構和劳动保护研究院，來从事通風工程的研究。無論在科学理論上或技術应用上，任何一个資本主义國家都不能够达到苏联这样高的水平。

至于我國，通風工程特別是工業通風的研究和設計，还是解放以后才开始的事。以目前來說，我們对通風工程方面所掌握的理論和知識，远远地落在社会主义經濟建設的实际需要的后面。为了适应祖國目前形势發展的需要，这就要求我們加倍努力地向苏联學習，以求在最短时期內，能够完全負担起現代化工業企業的全套通風設計。同时，还要求我們为祖國培养出大批新型的能够掌握現代化通風技術的技術人員來。

在目前，并不是每一个學習通風的同志都能够閱讀苏联的通風書籍，而國內有关通風工程的中文書籍又非常缺乏。因此，为了帮助一些尚未熟悉俄文或初學通風的同志，掌握一般性的但是比較完整和有系統的通風概念，著者特地抽出了工作業余時間，根据苏联的通風文献（見書后附錄所載）編寫成這本書，希望在祖國社会主义的建設高潮中，也能作为一分微小的力量貢獻給祖國。

由于著者自己學識膚淺，俄文程度也極有限，加之時間倉卒，缺点恐怕难免，希望从事通風工作的工程師和讀者們多多指教，以便再版时能够及时修正。

最后，必須着重地指出，本書能够現在和讀者們見面，應該首先归功于我的老师——吳沈鈺教授。若是沒有吳沈鈺教授的熱忱帮助和細心修校，這本書是不可能就和讀者們見面的。

其次，也應該感謝賀亦琴同志，由于她放棄了許多休息時間，甚至周末和整个星期日的時間，來幫助我整理和抄寫。

郭遵然， 一九五六年二月。

校 者 序 言

在祖國社会主义工業化的建設高潮中，有关暖气通風專業方面，不論就实际工作或学校教学而言，都感到非常缺乏本國的書籍。

去年四月間，本人編著的“暖气工程学”出版后，就想再寫一本“通風工程学”，以应需要。当我拟定了章節、着手編寫初稿的时候，接到郭邈然同志來函，告知他正在編寫一本“通風工程”，并將內容提要寄來，希望我为他校訂全稿。我發覺自己原拟的內容和次序，恰和他的相仿，遂即鼓励他早日完成，同时我就不再進行此項工作。

今年二月，著者完成全稿。他在編寫过程中，曾將稿件分批陸續寄來，因此我有充分時間詳細校閱。不論在內容上、章節上、文字上、專名上，都与著者商討后，由我作了必要的訂正。

郭邈然同志以前在上海同济大学學習暖气通風專業課程时，成績就極突出。畢業后在張家口土建学校担任这方面的專業教課，也很称職。他既完成了國家的教学任务，又挤出時間寫成这一本書，对于我國正在萌芽时期的暖气通風專業，是頗有貢獻的。

回顧我國旧有的工厂，在資本主义經營方式下，到处是烟霧瀾漫，塵屑飛揚，談不到劳动人民的衛生，談不到工業產品的質量。今天在党和人民政府的关怀下，在通風工作者的努力下，一般工厂的衛生条件已大大改善，工人健康也大大進步。此后預料通風事業更將必定成为社会主义工業化中不可缺少的一个環節。

通風的意义实际上还有广义和狭义的分別。所謂狭義的通風就是單純的通風，僅指空气的輸送、流动和分布。所謂广义的通風

則是空氣的調節，除了流通空氣外，又包括了對於空氣溫度、濕度和潔淨程度的控制。許多工業和民用建築都需要這樣的通風，而現代化的某些生產過程，例如原子工業中鈾和鈾的精造，工具廠中精密儀器的檢驗等，更要求特別準確地保持一定的溫度和濕度，那麼又非自動化的空氣調節不可。因此，通風這門科學的應用範圍，勢必逐漸擴大。

這一本“通風工程”的內容，主要是針對着以上所述而為目前祖國的需要而編寫的。當然，由於篇幅有限，包括未盡完善，恐所難免。我深知道，著者的意思是希望及早能夠供給有志初學者的應用，至於更完整的著作，尚待將來的努力。

吳沈鈺于上海，一九五六年四月。

目 錄

第一章 緒論 1

- 1-1 通風對人體健康和工業
生產上的重要性.....1
- 1-2 氣象因素以及有效溫度
和舒適條件.....2

- 1-3 測量氣象因素的儀器.....6
- 1-4 空氣中的有害氣體和它
們的容許濃度 12
- 1-5 通風的分類 15

第二章 空氣及其性質18

- 2-1 空氣的組成 18
- 2-2 空氣狀態的變化 19
- 2-3 濕空氣的特性 22

- 2-4 濕空氣的比容和重度 ... 24
- 2-5 濕空氣的比熱和含熱量
..... 25

第三章 溫濕圖27

- 3-1 溫濕圖的繪制和應用 ... 27
- 3-2 空氣狀態變化在溫濕圖
上的表示方法 30
- 3-3 角度比例 33

- 3-4 空氣混合在溫濕圖上的
表示方法 35
- 3-5 由於濕球溫度計利用溫
濕圖來確定空氣的狀
態 37

第四章 通風量的確定40

- 4-1 空氣交換的基本微分方
程式 40
- 4-2 按過剩熱確定工業建築
物的通風量 44
- 4-3 按排濕量確定工業建築
物的通風量 48

- 4-4 按有害氣體確定工業建
築物的通風量 49
- 4-5 按人體產生的有害物確
定民用建築物的通風
量 51

第五章 自然通風55

5-1 自然通風的应用範圍 … 55	5-5 多跨度工業建築物自然 通風的計算 …… 67
5-2 風壓力和熱壓力 …… 56	5-6 高建築物自然通風的計 算 …… 71
5-3 自然通風的計算原理 … 59	5-7 天窗和風帽 …… 74
5-4 單跨度工業建築物自然 通風的計算 …… 62	
第六章 機械通風概說 …… 80	
6-1 機械通風的作用 …… 80	6-4 聯合式通風系統 …… 84
6-2 進氣式通風系統 …… 81	6-5 通風室 …… 86
6-3 排氣式通風系統 …… 83	
第七章 空氣的加熱 …… 89	
7-1 空氣加熱的方法 …… 89	7-4 空氣加熱器的選擇和計 算 …… 96
7-2 空氣加熱器的種類 …… 91	
7-3 加熱空氣所需的热量 … 94	
第八章 空氣的加濕 …… 102	
8-1 空氣加濕的方法 …… 102	8-3 空氣和水接觸時的狀態 變化 …… 111
8-2 噴霧室和噴霧器 …… 106	8-4 空氣的絕熱加濕過程 … 113
第九章 空氣的降溫和減濕 …… 118	
9-1 空氣降溫的方法 …… 118	9-3 機械制冷 …… 124
9-2 空氣冷卻過程的計算 … 121	9-4 空氣減濕的方法 …… 129
第十章 空氣的除塵 …… 134	
10-1 除塵的目的和方法 …… 134	10-4 工業除塵中最常用的除 塵器 …… 144
10-2 除塵室 …… 138	
10-3 過濾器的種類和計算 … 139	
第十一章 通風機 …… 150	
11-1 離心式通風機 …… 150	11-3 通風機的計算和選擇 … 155
11-2 軸流式通風機 …… 153	11-4 電動機的計算和選擇 … 161
第十二章 空氣的流動和分布 …… 165	

12-1 气流从進風口流入室內 时的擴散規律.....165	12-3 通風房間內的空气流动173
12-2 排風口处空气的流动...171	12-4 房間內的通風口和空气 分布器.....177
第十三章 通風管道計算 180	
13-1 通風管.....180	13-4 局部阻力系数的确定...190
13-2 風管中的压力損失.....181	13-5 通風管道計算的方法...198
13-3 圓形風管和矩形風管中 摩擦阻力的确定方法185	13-6 通風管道計算的实例...200
第十四章 局部通風和特种設備 210	
14-1 空气淋浴的应用.....210	14-6 各种局部吸气的計算...240
14-2 空气淋浴的計算.....220	14-7 暖風扇.....246
14-3 空气幕的应用.....224	14-8 車間內的就地加濕.....248
14-4 空气幕的計算.....226	14-9 改善劳动条件的其他技 術措施.....251
14-5 局部吸气的种类和应用232	14-10 大量含塵空气的輸送...253
第十五章 通風系統的調節 256	
15-1 自动調節裝置的構造...256	15-2 自动調節裝置的部件...260
第十六章 通風系統的鑒定 268	
16-1 通風系統的驗收.....268	16-2 通風系統的試驗.....268
参考文献 273	
附錄 I 在大气压力为 760 公厘水銀柱时,空气的溫度、重度、飽和含濕量 和其他数值275	
附錄 II 湿空气的溫濕圖278	
附錄 III 选择翼片型空气加热器的綫解圖278	
附錄 IV 决定通風管摩擦阻力数值的綫解圖278	
附錄 V 决定通風管道当量直徑的綫解圖279	
附錄 VI 局部阻力系数表(一)280	
局部阻力系数表(二)281	
局部阻力系数表(三)282	
附錄 VII 决定三通管局部阻力系数的綫解圖282	

第一章 緒 論

1-1 通風对人体健康和工業生產上的重要性

人类生活在空气之中，片刻也不能离开空气：不僅如此，空气化学成分的改变，物理性質的变化，都要影响到人体的健康。如果空气中含二氧化碳和灰塵过多，如果空气的温度太高或湿度太大，都会使人感到一定程度的不舒适。要是長期在这种空气中生活，人体健康就会遭受到損害。

由工業生產过程中所造成的有害气体和蒸汽所污染的空气，非但發出不良的气味，而且有使人中毒的危險。例如因燃燒不完全而產生的一氧化碳，当它的濃度超过了一定限度时，就会使人体的血液失去从肺部帶出氧气的能力，最后甚至于死亡。又如人造橡膠工厂內，常常產生許多难聞而有毒的硫化氫气体，如果不將它們排除或進行处理，就会污染到整个工厂，甚至整个区域的空气，使工人和居民的生命遭受危險。

在許多重工業企業的鑄工車間、热处理車間和鍛冶压延車間的內部，常常產生巨大的热量和强烈的热輻射作用，并且在產生高温的同时，又使空气中的湿度随之增加。这种高温和高湿的空气，將阻碍工人体力劳动时汗液的分泌，結果使工人引起不适、疲乏、甚至暈倒。这样不但要影响到工人的健康，而且也影响到產品的質量。因此，空气的保持清潔固然重要，同时空气的温度和湿度也必需高低适度。

同样在許多輕工業企業，如紡織、烟草、面粉、食品、釀造和精密仪器制造等工厂的某些車間，为了正常的進行技術操作，以及保

証產品的一定質量，也必須使車間保持适当的溫度和濕度。

排除各類工業企業車間中的污穢空氣，以及使各種工業和民用建築內的空氣維持一定的溫度及濕度，這就必須依靠通風設備來完成。

由此可見，通風不但對保障人體健康和保證工作效率具有非常重要的意義，而且對某些工廠的生產過程和產品質量也起着十分巨大的作用。

1-2 氣象因素以及有效溫度和舒適條件

大家知道，如果我們長期停留在人多而且不通風的房間內，就會感到很不舒服。這種感覺不僅是由于人們的呼吸過程改變了空氣的成分（使空氣中增加了二氧化碳、熱量和水分）而有些不正常，並且是由于人們的感覺本身也在隨着空氣的流動速度、濕度和溫度而變化。

人體機構或許可以想像為一個特殊的“機器”，食物是這個機器的燃料，氧化食物的結果就在人體中形成了熱。當從事體力勞動的時候，人體所消耗的熱比較多，由人體排出到周圍空氣中去的热量也就隨之增加。

在正常的气象条件下，健康的人能够使身体內所產生的热量和向外界發散出去的热量間保持平衡。但这种热平衡如果在空气温度过高或过低的环境中，就不能保持。当热平衡不能保持时，人體的体温就會發生變化，感覺也就會不同了。

當室內溫度增高時，人體利用傳熱方法來發散热量會比較減少。但為了達到熱平衡，就使汗腺的分泌作用加強，多用汗量的蒸發來發散人體內的热量。

在正常氣象条件下，人體的輻射失热量占比例最大，其次是蒸發失热量，對流失热量則最少。其中輻射热量取決於房屋范界結構和屋內各種家具的表面溫度，以及空氣的濕度，而蒸發热量和對流

热量都取決於周圍空氣的溫度、濕度和流動速度。

由此可見，人體的熱平衡，以及熱和冷的感覺，是根據下列四種因素而決定的，就是：

- (一)室內空氣的溫度；
- (二)室內空氣的相對濕度；
- (三)人體周圍空氣的流動速度；
- (四)房屋范界結構和屋內各種家具的表面溫度。

以上這四種因素，它們的名稱就叫做“氣象因素”。

為了確定上述氣象因素，特別是前三種因素（室內空氣溫度、相對濕度和流動速度）對人體的綜合作用，蘇聯的衛生學家曾在特設的房間內做過許多實驗，並根據實驗的結果，得出了有效溫度的數值，而且編制成功一種綫解圖。

有效溫度的數值不是由環境的物理狀態來決定，而是由當時各種氣象因素對人體所起的綜合作用來決定。因此，在通風和空氣調節中，把室內空氣溫度、濕度和流動速度對人體的綜合作用所產生的感溫指數稱做“有效溫度”，也叫“實感溫度”。

現在，讓我們來研究一下如圖 1 所示的綫解圖。這個圖是根據對於穿着普通衣服的人進行觀察而制定的。

空氣中的相對濕度可以由圖中所繪干球溫度計和濕球溫度計的刻度來決定。空氣流動的速度由圖中所繪的曲綫束來表示，和這些曲綫束相交織的就是表示有效溫度的曲綫，有效溫度的度數寫在綫束的上下。

這種綫解圖的用法，舉例說明如下：

【例】 試以有效溫度來表示 $t_c = +20^\circ\text{C}$ 和相對濕度 $\phi = 48\%$ 的大氣在靜止時對人們所引起的感覺。

【解】 大氣當相對濕度 $\phi = 48\%$ 時，已知濕球溫度計的讀數應為 $t_{s,a} = +13.5^\circ\text{C}$ 。連接 $t_c = +20^\circ\text{C}$ 和 $t_{s,a} = +13.5^\circ\text{C}$ 兩點成一直綫，並使它和 $\omega = 0$ 公尺/秒的曲綫相交，於是得到了有效溫度

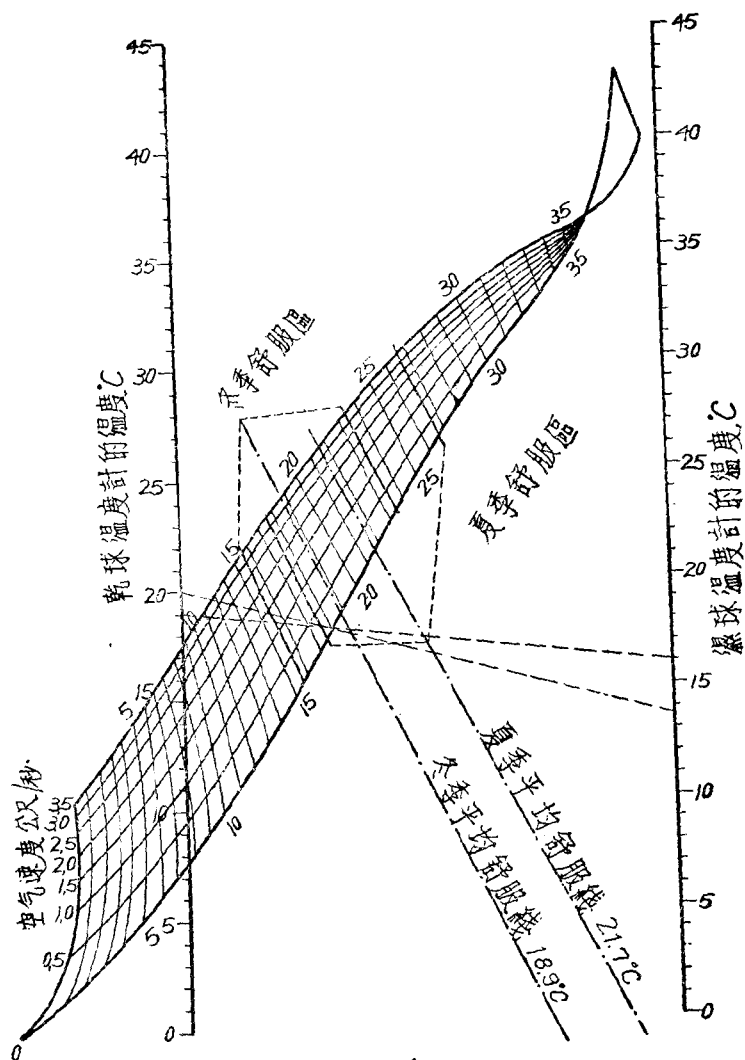


圖 1

$$t_{a, \text{avg}} = +18^{\circ}\text{C}.$$

如果干湿球温度不变,而空气流动速度变为 $\omega = 0.5$ 公尺/秒,那么用上述同样的方法可以求出 $t_{a, \text{avg}} = +17^{\circ}\text{C}$.

同样的,当 $\omega = 2.5$ 公尺/秒时, $t_{a, \text{avg}} = +14^{\circ}\text{C}$.

用相反的步驟，也可以根据已知的 $t_{s,\phi}$ 和 ω 求干球溫度計和濕球溫度計的讀數。但經過 $t_{s,\phi}$ 和 ω 的交點可以畫出許多連接干濕球溫度讀數的直線，這些直線表示許多不同的 t_c 和 $t_{s,a}$ 兩值的綜合，都可以使人們獲得同樣的感覺。

代表空氣速度的曲線束，互相交於 $t_c = t_{s,a} = +36.5^\circ\text{C}$ 的點上。當溫度高於 $+36.5^\circ\text{C}$ 時，人體中所產生的熱量，不但不能發散出去，而且還要從周圍更熱的空氣中受到熱量；同時，因為空氣的傳熱系數隨流速的增加而增大，所以空氣流動的速度愈快，也就造成愈熱的感覺。

綫解圖上虛綫之間的區域稱做“溫適帶”或“舒適區”，在這個區域內，大多數的人都會感到舒適。特別是在圖上的平均舒適綫上，90% 以上的人，經試驗証明，都是感到舒適的。

溫適帶的範圍，在冬季和夏季時是不相同的，從圖上可以看出，不論空氣流動速度和相對濕度多少，冬季的溫適帶在有效溫度 $15.7^\circ\text{C} \sim 23.5^\circ\text{C}$ 的範圍內，夏季的溫適帶在有效溫度 $17.6^\circ\text{C} \sim 26.7^\circ\text{C}$ 的範圍內，而冬季的平均舒適綫是有效溫度 18.9°C ，夏季的平均舒適綫是有效溫度 21.7°C 。

必須指出，有效溫度和溫適帶的理論並不是毫無缺點的，例如在干球溫度 $t_s = +20^\circ\text{C}$ 、濕球溫度 $t_{s,a} = +13.5^\circ\text{C}$ 以及相對濕度 $\phi = 48\%$ 時和 $t = +19^\circ\text{C}$ 、 $t_{s,a} = +16^\circ\text{C}$ 以及 $\phi = 74\%$ 時，對於靜止不動的人，在理論上他們的冷熱感覺應該是一樣的，因為在這兩種情況下，有效溫度都是 $t_{s,\phi} = 18^\circ\text{C}$ 。然而事實上，在第一种情況下，人將很感到舒適，而在第二種情況下，却感到舒適較差，原因是 $\phi = 74\%$ 時空氣較潮濕。

由此可以說明，使人感到舒適的有效溫度，不能是相當於 $t_{s,\phi}$ 的任意 t 值和 ϕ 值，而根據實際經驗得到的是 $\phi = 30\% \sim 70\%$ 時的 t 值，尤其好的是 $\phi = 40\% \sim 60\%$ 時的 t 值。

氣象因素不僅對人體的衛生舒適有很大的影響，而且對工廠

的生產过程也有非常大的影响。

例如在紡織工業的各个車間中，温度和湿度的太高或太低，都会增加紗的断头率，影响產品的質量：在印刷工業的印刷車間內，如果相对湿度从 25% 增加到 80%，就能使紙張的尺寸变化 0.8%，而一般多色的印刷品，当紙張尺寸变化 0.08% 时就已經变成廢品：在食品工業的巧克力糖車間內，要求温度保持在 18.3°C ，否則巧克力糖就会变成灰色；在制片工業中保存或晒印影片时，为了不使易燃的賽璐珞有着火的危險，要求空气在 $\phi = 70\%$ 时，保持 $t = 21^{\circ}\text{C}$ ；在精密仪器制造工業中，空气温度和相对湿度的过高或过低，可以直接影响到產品的精密度；在制鋁工業軋压鋁的过程中，如果空气的湿度增加，就会產生大量廢品。

1-3 測量气象因素的仪器

由于气象因素对人体健康和工業生產有着重要的意义（已如上述），因此在現場地点測量当时的气象因素，应是必需的事。

要在車間或房間內測定空气的狀態，决定它的气象因素，通常使用下列几种專門的仪器：

（一）干湿球溫度計

干湿球溫度計是用來測定空气的相对湿度。它是用兩支同样的“干”溫度計和“湿”溫度計所構成。湿溫度計的水銀球上包以細紗布，紗布的一端浸入貯水器中，由于紗布有吸取水分的作用，因此湿球溫度計的表面能經常处于湿润的狀態，如圖 2 (a) 所示。

仪器周圍的空气湿度愈低，从湿球表面蒸發出去的水分就愈多，由于水分蒸發需要热量，湿球溫度計下降得就愈大；反之，如果仪器周圍的空气湿度愈高，从湿球表面蒸發的水分就愈少，湿球溫度計下降得也就愈少。当空气中所含的水汽已达饱和狀態时，湿球表面的水分就不会再蒸發，那么干球溫度計和湿球溫度計的讀数就会完全一样。

根据干湿球溫度計上的差数和干球或湿球溫度計的讀数, 就可以知道当时空气的相对湿度. 一般制造厂的干湿球溫度計產品, 都附有这种利用干湿球溫度差和干球或湿球溫度求相对湿度的圖表. 表 1 就是这种圖表之一.

表 1

干球溫度 計的溫度 °C	干湿球溫度計上的溫度差 °C										
	0°	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°
0	100	81	63	45	28	11					
2	100	84	68	51	35	20					
4	100	85	70	56	42	28	14				
6	100	86	73	60	47	35	23	10			
8	100	87	75	63	51	40	28	18	7		
10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4	
12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11	
14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9
16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15
18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20
20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24
22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28
24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31
26	100	92	85	78	71	64	58	50	45	40	34
28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37
30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39

【例】設干球溫度計上的讀数为 22°C , 湿球溫度計上的讀数为 16°C , 求相对湿度. 已知兩者相差为 6°C , 在表 1 上就干球溫度計为 22°C 的橫行和溫度差为 6°C 的直行相交, 就得出相对湿度