

6019

高等學校交流講義

風 通

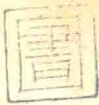
上 冊

Г. А. МАКСИМОВ 著
清華大學吳增菲譯

(內部交流 * 僅供參考)

中央人民政府高等教育部教材編審處

工 院



#0016

風 上 通

書號(8016)

冊 上

新華書店華東總分店總經售

商務印書館上海廠印刷

一九五四年八月上海第一次印刷
印數 1-2,000

字數 168,000
定價 羊 10,000

5/7141;1

Tiki

6019

441.64
2644

通 風 目 錄

緒 論	1
第一章 通風的衛生原理	3
第二章 作為改善室內空氣環境的方法的通風	28
第三章 全部交換通風時換氣的決定	32
第四章 通風的房間中的空氣流動	43
第五章 全部交換通風各部分的構造形式	53
第六章 空氣在風道中的移動	69
第七章 空氣的清除和除臭	105
第八章 流入空氣的加熱	115
第九章 流入空氣的加濕	131
第十章 空氣與水接觸時空氣性質的改變	145
第十一章 流入空氣的乾冷却及減濕	167
第十二章 處理進入空氣的計算和設備的工程結構	173

緒論

研究“通風”這門科學，不但要懂得他的技術上的要點，還得透澈地瞭解它的社會意義，我們例舉一些事實來說明：

沙皇帝俄時代，主要的通風工程是社會性質的建築物裡的通風設備，這還是因為有勢力的資產階級對於舒適有進一步的要求而設置的。至於生產性質的廠房，其中通風設備就很少，而且主要地也只是為了技術上的需要，却不是為了改善工人勞動的衛生條件。

在資本主義國家，工人勞動的條件曾是、而現在仍然是不能令人滿意的，這可由下例說明：“複印企業”的生產過程中，空氣的溫度和濕度需要保持不變。在資本主義國家，就常常讓工人通過一種特殊的“鼓狀水閘門”而進入密封的車間來達到上述需要；結果人們在整個工作日程中，處在被石油精的飽和蒸汽與外界隔絕的混濁不堪的空氣環境裡，這自然會使工人的患病率及死亡率提高。

在不花通風經費而維持相當的產品質量的情況下，資本家就獲得了最大的剩餘價值；另外一方面由於失業後備軍的存在，用他們來替換喪失工作能力的工人，對資本家說來，並不是什麼困難問題。

同時迎合富有消費者的興趣，可以製造複雜的、人工氣候的空氣調節設備（Системы Кондиционирования Воздуха），却在酒館間、飯店及金融巨頭的府第裡按裝起來。在美國，同樣的設備應用在百貨公司、電影院以及戲院中，主要的只是為了“以廣招徠”，它對於“白色”顧客和“有色”顧客是採用不同的通風標準的，而統治種族却佔有優先權。

從這些引証的例子中很容易看出，在資本主義的國家裡，通風工程的發展是具有階級性的。

蘇聯工人的勞動條件，和在資本主義的工廠中的勞動條件絲毫沒有共同之處。

蘇聯國家制定了新的社會立法，預先創造了這種使工人的勞動健康及效率提高的條件。

還在內戰時期，勞動人民委員會就頒佈了一系列必要的法令，開始制定勞動維護及保安技術的立法，必要法令的一部分就提出了通風工業企業的要求。

蘇維埃聯邦關於通風的規定，一開始就是在科學的基礎上發展的；目前特別是反映在全部社會主義建設階段所充實起來的一切本國科學研究及工程的經驗上。

黨及政府對於勞動人民的維護，表現不斷的關懷；還在1918年，蘇聯政府就建立了技術上的檢查，1919年，衛生上的檢查，這樣就實行了在工業企業方面通風設備的建設及有效應用的檢查。根據現在的立法，在蘇聯沒有一種企業，可以不經過檢查機關的許可而經營的。

在偉大的十月革命之後，工業企業的通風設備的設置遇到相當的困難，一系列只有在贏得社會主義的國家所特有的新問題發生了。為了解決這些問題，蘇聯曾在莫斯科、列寧格勒、以及別的城市建立了許多勞動維護及衛生的專門科學研究所，這些研究所在形成通風為一科學這方面貢獻很大，同時形成了科學及工程的核心，這促進了專門教研室及專業在全國主要高等學校裡組織起來。

在莫斯科以中.Э.德謝爾英斯克(Дзержинск)為名的國民經濟俱樂部(一)組織的工業通風委員會，以及全蘇熱供應、暖房及通風科學工程技術學會(二)為代表的蘇維埃技術團體，對於發展通風理論，有很大的貢獻。

科學及工程工作者有計劃地工作及配合的結果，解決了一連串通風設備的設計及構造的基本問題，研究出設計通風的科學方法⁽¹⁾。

(1)暖房通風技術發展的歷史概述，及俄羅斯學者在這發展中的貢獻，見本書第一卷53。

(二)原文 КЛУБ РАБОТНИКОВ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА.

(三)原文 Всесоюзного научного инженерно-технического общества по теплоснабжению, отоплению и вентиляции.

第一章

通風的衛生原理

§1. 空氣質量對於人體質量的影響：

空氣是人類在其中過一切生活的一種介質；自然，人的舒適 (Самоудобіе) 及健康就隨它而定。

已經知道的組成空氣的主要成分 (按容積的百分比) 是：

氮—— 76.8 %

氧—— 20.7 %

碳酸氣—— 0.03 %

水蒸汽—— 0.47 % (可能略有變化)

臭氣、氫—— 約 1 % (可能略有變化)

氫、氫、氫、氫—— 其餘

此外，空氣中還含有基本上是無機體，但微生物也可能在其中存在的塵土。

上述空氣正常成分 (氣體) 的比例的變化，應該是十分顯著的時候，才對健康有害。由於生產工作及環境條件所引起的外來、非自然的蒸汽及氣體使空氣染污而具有完全不同的性質即使它們的含量很不顯著，它們對人的影響也就可以體驗到。除了氣體成分的變化外，空氣中含有腐臭的物質也能影響人的舒適。在大城市或大工業企業中，大氣空氣被外來混合物的污染可以達到十分可觀的程度。

例如，在大的資本主義的都市裡，尤其像紐約，由於汽車運輸工作在街道上空所造成的 CO 含量就達到可能引起中毒的程度。空氣中含有的塵土的性質及數量，也很影響人的健康；例如引起眼和肺的疾病。在房間中，特別是工業過程正在進行的廠房裡，聚集的氣體和塵土，常比外界空氣中所有的大了好幾倍；因此，停留在這樣的空氣中，對於健康無益而且有危險。空氣裡存在的氣味，往往是由少得化學分析都不能決定的、不同的雜質所引起；在這種情形，可以說氣味只對於舒適，而不是對於健康有影響。

顯然，分散或集中在空氣中的對於呼吸有害的雜質，可以作為空氣污濁的標準，因此，在人們長期居留的地方，保持對健康無不良作用，舒適無惡化影響的空氣環境的情況和成分，就是通風的任務。

§ 2 氣象因素 (метеорологические факторы)；實感溫度 (эквивалентно-эффективная температура)；舒適條件 (комфортные условия)；室溫、及室內空氣溫度 (температура помещения и температура воздуха помещения)；照射 (облучение)。

大家知道，許多人長時間地停留在緊密不通風的房屋中，會覺得很不舒服，這種現象，只用空氣的氣體成分不很顯著的變化來說明是不够的，還應該從人的呼吸作用這方面來解釋。

還在 1884 年，俄國科學家 И. 弗拉維茨基 (Флавицкий) 曾對這現象加以說明，他說人的舒適是隨空氣的溫度、濕度、及流動速度的變化而定。弗拉維茨基的觀點奠定了近代對於空氣環境對人的作用機構見解的基礎。

我們可以把人的器官假想為一種特殊的機器，食物是它的燃料；食物消耗 (燃燒) 的結果產生了使人體的溫度保持大致一定水平的熱量。在進行體力勞動，人消耗的能量增加時，當然，人產生和放出到周圍物質的熱量也增加。

假設，由於某種原因，人體對周圍物質的傳熱被阻滯了，在這時候，產生的熱量可能超過放出到周圍物質的熱量，結果發生人體中熱量的過剩，而溫度開始上升。

同時大家又知道，增加或減少人體正常的溫度甚至只不過 1° 常常就引起舒適的劇變，然而，像本書第一卷 § 2 中指出的，人體溫度不變，還不就是周圍物質的冷卻作用是否能為人造成正常舒適的尺度。

當空氣溫度升高或降低時，就得破壞正常情形，也就是人的舒適來同時維持熱的平衡，人可以按不同方式對周圍介質散熱，這是以傳

導、對流、輻射、汗的蒸發，及肺表面潮氣的蒸發等方法來散出人體的熱。但是應該注意，分泌出的汗量不是一定的而是隨周圍空氣溫度的上升而增加的；當空氣溫度上升時，傳導及對流的散熱減少，為了維持熱的平衡，人的器官運用本身所特有的“保護作用”，像汗腺加強自己的活動，增加蒸發消耗掉的蒸發汗和熱量來補足對流散熱的減少。汗的蒸發強度隨周圍空氣的溫度，相對濕度，(относительная влажность)和流動速度而定。

由於空氣的穿透性(прозрачность)，人體輻射的熱量與周圍空氣的溫度無關，而隨接受該熱量的房間周圍牆壁表面的溫度而定；還在一定程度上隨空氣的濕度而定，因為濕空氣的穿透性較乾空氣的小。這樣，人體的熱平衡，也就是冷或熱的感覺，隨下列總稱為“氣象因素”的四個因素而定

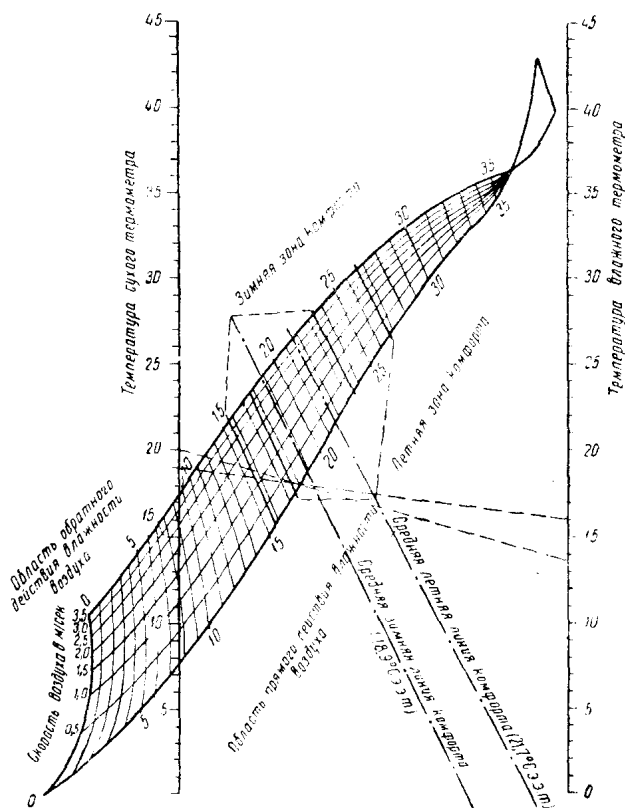
1. 室內空氣的溫度(傳導，對流)；
2. 室內空氣的相對濕度(蒸發，及一定程度的輻射)；
3. 人體周圍的空氣流動速度(蒸發，對流)；
4. 室壁表面及室內物件的溫度(輻射)。

顯而易見的，這四個因素的許多種組合，符合於相同的熱及冷的感覺。所以為了選擇對人最合適的條件，必須製訂這些因素的不同的組合的完整表格。

為了在這方面追求出路，這世紀的前二十五年末期，衛生學家曾企圖介紹“實感溫度” $t_{\text{ощ}}$ 來同時考慮到上述前三個因素。①實感溫度是相對溫度為100%，幾於靜止的空氣的溫度；根據觀察証明，它造成的冷或熱的感覺，與其他的空氣溫度，相對濕度，及流動速度的組合所造成的相同。

以下是根據對處在靜止環境，穿著衣服的正常人進行的觀察而畫得的列綫圖。(圖1)。

①沒有介紹“有效溫度”(эффективная температура)的概念，因為它被實感溫度的概念所解決。



表示不同的空氣流速的曲線，這些線和在其上部及下部標明數值的實感溫度曲線相交。

列綫圖的運用並不複雜，可以通過例題很容易地掌握。

列題：假設必須以實感溫度來表示乾球溫度 $t_c = +20^\circ$ 和相對濕度 $\varphi = 48\%$ 的靜止空氣所引起的感覺。

相對濕度 48% 相當於濕球溫度 $t_{BA} = +13.5^\circ$ ，以直線連接 $t_c = 20^\circ$ 和 $t_{BA} = 13.5^\circ$ 兩點，交空氣流速線 $W = 0$ 公尺/秒，於 $t_{\text{эф}} = +18^\circ$ 。若在同一溫度，而空氣流速為 $W = 0.5$ 公尺/秒，則此空氣所引起的感覺可由 $t_{\text{эф}} = +17^\circ$ 來表示；這是因為乾濕球溫度的連接線和 $W = 0.5$ 公尺/秒，線相交在 $t_{\text{эф}} = +17^\circ$ 的線上。如果，需要解相反的問題，就是已知 $t_{\text{эф}}$ 和空氣流速，要決定乾球和濕球溫度，那末找到已知 W 和 $t_{\text{эф}}$ 線的交點，一系列直線可以通過這一點，形成已知熱感覺的許多複雜的 t_c 和 t_{BA} 的組合。

可以看出，在列綫圖上 t_c 座標軸和曲綫羣相交，而流速綫本身又都相交於一點，約在 $t_c = t_{BA} = +36.5^\circ$ 的地方。在 t_c 軸左部，和右部不同，空氣愈濕，人感到愈冷。根據 В. 列維茨基 (Левинский) 教授的意見，這現象可由空氣中含濕吸收輻射熱的增加來說明。當靜止的濕空氣溫度下降不低於 $+75^\circ$ 時，其中水分吸收輻射熱的能力雖然增加了人體輻射的熱損失，但是卻由於蒸發熱損失的減少而抵消，所以熱的感覺隨空氣的濕度而加深；當溫度下降低於 $+75^\circ$ 時，由於汗的分泌太少，這種抵消就不發生了，因此，增加空氣濕度，引起冷的感覺的加深。

至於溫度在 $+36.5^\circ$ 以上時，人體開始不散熱，而是從周圍較熱的空氣中獲得熱。這時，由於傳熱係數隨空氣的流速而增加，因此速度愈大，造成的熱的感覺也愈深。

在列綫圖上由虛綫劃出界限，超出這界限，百分之百被觀察的人就不再體驗到舒適的感覺。此外，還註有平均舒適綫的值，即 $t_{\text{эф}}$ 的數值，在這溫度，百分之九十以上被觀察的人體驗舒適的感覺。

(Комфорта)

“舒適區”(Зона Комфорта)的界限和最合適的 $t_{\text{эф}}$ 在冬季及夏季表現不同，這可以說明器官對於一年某一季節外界環境的溫度條件的一般適應。此外，應該知道，舒適區的界限也隨人體對於地理條件的一般適應而定；這就是說對於南方及北方的居民，這種界限

是不同的。

所有的實感溫度和“舒適區”的理論，以後曾受到很高的評價。實際上人所體驗到的熱或冷的同樣感覺，往往遠不一定伴隨着有舒適的感覺。

例如對於靜止不動的人，在 $t = +20^\circ$ 相對濕度 $\varphi = 50\%$ 的熱感覺和 $t = +19^\circ$ 及 $\varphi = 100\%$ 的是相同的，（因為在這兩種情形， t_{app} 都等於 $+19^\circ$ ）。然而，在第一種情形，人就感到舒適，而在第二種情形下卻不然。

由此可見，不可隨便採用任何相當於所需 t_{app} 的 t 及 φ 值，而只應該用相當於 $\varphi = 30 \sim 70\%$ 或更好 $\varphi = 40 \sim 60\%$ 的 t 值。

除了上述的情況外，維持正常舒適條件也隨人所做工作的強烈程度而定。

所以本國的許多衛生學家，像 М.Е. 馬爾夏克 (Маршак), А.А 列大維特 (Летавет), Н.И 龍東 (Лондон) 等，認為對於每一個個別情況，（例如，不論作什麼用，只要人在其中進行一定工作的房屋），使影響人體散熱的一切因素標準化是最合理的。

像已經指出的，實感溫度的理論就是打算完全不顧輻射傳熱來考慮人周圍空氣的溫度，相對濕度，以及流速的共同影響。

可以被稱為相當“室溫” t_a 的某一假定數值，被用為考慮傳導、對流、及輻射的共同熱交換的標準；但是不要把它和“室內空氣溫度 t_n ”相混。

在 t_n 值之下可能意味着某一溫度在沒有輻射傳熱時引起和在已知室內空氣溫度 t_n 而有輻射傳熱時相同的熱損失。

雖然上述名稱很好地反映了事物的本質，不過考慮到打破生活中習慣術語的不方便，以後為了簡短起見將稱 t_n 值為“室溫”；而 t_n 值為“相當溫度” (Эквивалентная температура)，因為他代表了對流及輻射熱的共同影響。

假若由外界熱源“照射”的熱，甚至在強度比較不大時，就對人

表現顯著的影響的話，那麼這種影響在照射強度大的時候，就變得十分利害而引起失調的生理反應。Н.Ф. 加拉寧 (Галанин)，用裸露的手腕做照射的實驗，所得結果如表 1. 所示：

表 1.

照射強度 卡/平方公分	0.4-0.8	0.9-1.5	1.6-2.3	2.4-3	3-4	4-5	大於5
人能承受 照射經過 的時間。	不定長	3-5分鐘	40-60秒	20-30秒	12-24秒	7-10秒	2-5秒

在由於燃燒爐之類的照射，使強度可以達到很大數值的生產車間中，必須採用特殊設備來讓人防禦這種照射。

§3. 氣象因素對於生產過程的影響：測量氣象因素的儀器

氣象因素除了對人發生的影響外，對於工業企業，在生產過程中也起很重要的作用，讓我們舉些例子來說明：

還在上一世紀，就發現了紡織工業製成品的質量，大多隨各個車間的空氣溫度及含濕量而定的事實。提高複印工業 (ПСПИ ГРАФИЧЕСКАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ) 的印刷車間中的相對濕度由 25 到 0.8%，將引起紙張的尺寸改變 0.8%。在彩色套版印刷時，СМ-НОГОКРАСОЧНАЯ ПЕЧАТЬ)，紙張甚至只不過伸長 0.08%，就已造成了廢品。在食品工業中，需要 +18.3° 的溫度來製造及保存巧克力，不然巧克力就成為粗劣的了。為了避免由於放靜電而燃着賽璐珞電影膠卷的洗印，需要在 $\varphi=70\%$ 時保持 $t=21^\circ$ 。在空氣溫度過高時輥壓鋁的過程就有很多毛病。

為每一個生產過程建立最合適條件是十分複雜的問題，此外，原料的質量對於建立最合適條件也是很有影響的。

檢查及測量室內空氣的許多性質，是靠特製的儀器來進行的。

空氣的濕度是用乾濕球溫度計 (圖 2a) 來測定的；這個溫度計是由“乾球”和“濕球”兩個相同的、刻度值不大於 0.5° 的溫度計組

成的。為了要使濕球溫度計的水銀球表面長時期的保持在潮濕的情況下，可以把它用一端浸在貯水器的麻紗布包纏起來。儀器周圍的空氣濕度愈小，水從被包纏的球表面的蒸發就愈利害，因此濕球溫度計的溫度就愈下降，這樣，根據乾濕球溫度計讀數的不同，我們可以決定空氣的濕度⁰。為了計算方便，還有合適的圖表可用。

在工程方面測量濕度時，常用所謂“吹風式乾濕球溫度計”

(аспирационный психрометр

圖 2.5)。它的特點是二溫度計——乾球及濕球——都包在固定於儀器上部的套筒內，用開動發條而轉動的小風扇，使室內空氣以近於2公尺/秒的速度在套筒內流動。

這種溫度計的構造，大致可避免像圖 2.a. 描述的温度計中所發生的、那種使乾濕球溫度計的度數有誤差的現象*。

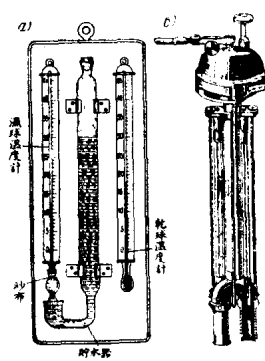


圖 2

特殊的儀器“風速計”(анемометр)被用來測定空氣流動速度；世界上第一個自動記錄風速計（接下頁）

歷史概述中指出，俄羅斯院士 Г.В. 李赫曼 (Рихман) 是乾濕球溫度計的理論創造者。

* Н.В. 林格卡列夫 (Реглярев) 的“暖房通風設備的檢查及測定儀器”，國家建築出版社，1941。

(Саморетистрирующий анемометр) 的雛型是 М. В. 拉莫諾索夫 (Ломоносов) 院士做出來的。現代用“翼狀工程風速計”(Крыльчатые 圖 3а) 來測量 0.5 至 10 公尺/秒鐘空氣流速，而用杯狀風速計 (анемометра Чашечные 圖 3.б) 來測量 1 至 40 公尺/秒的速度。

兩種類型的風速計的作用，都是根據置放儀器處的氣流引起翼的旋轉，而空氣流速愈大，旋轉速度也愈大的原理而來。兩種儀器都可靠計數機構來記錄在某段時間，譬如一分鐘內，的轉數。每一儀器所有的刻度盤 (Тарировочный пазырт)，可以決定一秒鐘內的轉數，來計算不斷通過風速計的空氣流速。

科學的思想一直在創造，能十分簡易地量出影響人們舒適因素的，複雜作用的儀器。要客觀的估計這些因素對人的作用，來代替主觀地估計它們的影響是十分重要的；從許多為了這目的而供給的儀器中，讓我們來描寫最簡單和常用的兩種，就是“下降式溫度計”(Кататермометр) 和“套球式溫度計”(Глобтермометр)

“下降式溫度計”(球形標準的，圖 4) 用來量，作為說明人體冷卻因素的周圍氣溫度及流速的共同影響。

這種溫度計是酒精溫度計，具有由 33 至 40° 或 45 至 55° 的刻度，和上部是擴大的毛細管。儀器後面刻有所謂“下降式溫度計因素”，中 (Фактор кататермометра)，表示溫度計在刻度範圍內冷卻時失散的，每一平方公分的酒精玻璃球面 被帶走的熱量。在運用之

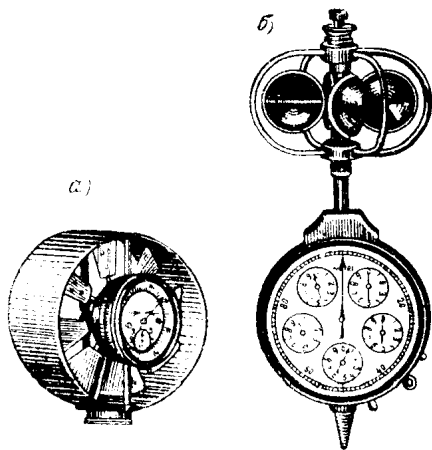


圖 3

前，把溫度計浸在熱水中，使酒精水平面升至，譬如說：毛細管上部擴大部分的一半處；然後抹乾儀器，移至測量的地點，用停表(сeкy Hpoмep) 記下酒精水平面由40°線降(55°至40°?) 的時間 Z (以秒計) 數值

$$Q_{\text{KAT}} = \frac{\Phi}{Z} \text{ 卡/公分}^2 \text{ 秒} \quad (1)$$

就代表每一平方公分下降式溫度計的酒精玻璃球表面在其刻度溫度下降而冷卻時每秒鐘的熱損失。一般稱 Q_{KAT} 之值為乾“下降的冷卻”能力(“охлаждающая” способность “ката”)。下列足夠獲得令人滿意的舒適的 Q_{KAT} 值，是根據實驗得來的：

在靜止狀態 $Q_{\text{KAT}} = 5.0$

在輕易體力工作時 $Q_{\text{KAT}} = 6.0$

在腦力工作時 $Q_{\text{KAT}} = 5.5$

在粗重體力工作時 $Q_{\text{KAT}} = 18.0$

若在取得下降式溫度計讀數的同時，用普通的溫度計量得空氣的溫度 t_n ，就可以決定空氣流動的速度 W 公尺/秒；這可用下列經驗公式：

在 $W < 1$ 公尺/秒 時

$$W = \left(\frac{\frac{Q_{\text{KAT}}}{36.5 - t_n} - 0.2}{0.4} \right)^2 \text{ 公尺/秒} \quad (2)$$

在 $W > 1$ 公尺/秒 時

$$W = \left(\frac{\frac{Q_{\text{KAT}}}{36.5 - t_n} - 0.13}{0.47} \right)^2 \text{ 公尺/秒} \quad (3)$$



圖4

下降式溫度計作為量低流速(小於0.5公尺/秒)的儀器，是十分合適的。

目前，為了量對流及輻射的共同影響，套球式溫度計則被廣泛地採用着。它由普通溫度計製成，不過其水銀球裝在外部呈黑色，紅銅作成的球($d=150$ 公厘)中心。套球式溫度計可以量這樣的溫度；其上

昇或下降是隨向儀器輻射的牆壁或圍繞物的表面，比空氣冷或熱而定的。

顯然，套球式溫度計的度數，可以作為表示室內空氣溫度、空氣的流速、和輻射換熱對於人體傳熱的複雜影響的某一假定“室溫”。這種溫度計並沒有考慮汗的蒸發對於人體傳熱的影響。

近代為了複雜地測量一切影響人體換熱和因而仿倣人體傳熱過程的因素而供給的儀器，或由於太複雜，或由於太笨大，並不包括一切因素的總和，而且應用也有限。

§ 4. 空氣的氣體成分的變化；濃度 (Концентрация) 的概念；有害蒸汽及氣體對人的作用。

在 § 1 中曾指出空氣氣體成分的變化，對於人的舒適和健康的影響。任何有害蒸汽及氣體在空氣中的含量，由所謂“濃度”來決定。表示濃度的範圍大小可能並不一樣。大多採用一氣體在 1 公升， 0° 空氣中的克毛 (十分之一克 МИЛЛИГРАММ) 含量 (毫/公升)，或同樣的採用 1 立方公尺空氣中的克含量 (克/公尺³) 為濃度的標準。然而在某些情形下濃度表現為該氣體 (譬如說 CO_2) 容積與空氣容積的比。因為根據阿伏加得羅定律 (Закон Авогадро)，在同樣的體積內，一切氣體含有重量 (分子 МОЛЕКУЛЯРНЫМ) 不同，但數目相同的分子數。所以等於 M 公斤的任何氣體的重量，在 $t=0^{\circ}$ 及 $P=760$ 公厘水銀柱時，佔有 224 立方公尺的同樣體積。包含在 100 立方公尺的混合氣體中， M 立方公尺某一氣體的公斤重量等於

$$M m / 2.24 \text{ 公斤}$$

其中 m —— 體積濃度按 % 計。

把重量由公斤換為克的單位，又和，立方公尺比較，

$$\text{可得：} \quad y = \frac{M m \times 1000}{22.4 \times 100} = \frac{M m}{2.24} \text{ 克/公尺}^3 \text{ 或 毫/公升} \quad (4)$$

$$\text{或反過來得} \quad m = \frac{y \times 2.24}{M} \quad (\text{體積}\%) \quad (5)$$

因為用空氣體積量來計算時，常常需要估計空氣在溫度變化時的體積變化，所以用濃度來運算比較十分容易；濃度不用以克/公升或克/公尺³來表示的符號 γ ，而是以一公斤的空氣為標準的濃度，就是 d 克/公斤來表示，為了適當地換算，可用下式

$$d = \frac{\gamma}{\gamma_B}$$

其中 γ_B ——空氣單位體積的重量，按公斤/公尺³計。

根據對於器官及作用的特點，有害蒸汽和氣體可以分為下列四基本類型：

1. 窒息性的（一氧化碳、氫氰酸之類）；
2. 刺激性的（氯、氯化氫、及氟化氫、二氧化硫、硫化氫之類）；
3. 麻醉性的（石油精、苯、硫化碳、苯脂、硝基苯之類）；
4. 中毒性的（磷、汞、砷化合物、金屬有機化合物之類）。

研究各種蒸汽及氣體對於人的作用機構，是屬於巨大、複雜的科學領域之內的。在本書範圍內去鑽研它是不可能的。然而每一個專家，在解決關於產生這種或那種蒸汽及氣體的房屋通風方法的問題之前，必須完全熟悉它們對於人的作用。

以下是工業企業空氣中最常有一些物質對於器官的影響的簡略描述：

一氧化碳（煤氣）——由血液中排擠出氧，使血液無能力由肺到組織傳遞所需的氧量。中毒的初期，表現在頭“重”、頭暈、虛弱的感覺，然後轉變為麻木，有時甚至伴隨着愉快地疲勞感覺；更進一步，瞌睡來臨，而後完全失去意識，以至死亡。一氧化碳特別危險的是，即沒有顏色，又沒有氣味，同時又不引起刺激作用，這樣，就沒有了警告中毒危險的間接“信號”。

氯——具強烈的刺激氣體，既影響表皮，也影響很深的呼吸道。它起作用的機構還沒有正確的肯定，人對於氯的反應也很不相同，在對人起慢性作用時，組織早衰，臉色發深，氣管支炎病、肺癆傾向的