

工业企业通风装置 的研究与调整

A.B. 普崔辽夫 著

建筑工程出版社

工业企业通风装置的研究与调整

鄒 树 明
孟 昭 提 合 撰

建筑工程出版社出版

• 1959 •

內容摘要 本書敘述了對廠房內通風及空氣介質進行技術衛生研究的方法,以及確定通風裝置和生產設備局部排氣罩效率及合理性的方法。書中也介紹了許多提高工業企業各種衛生工程設備效率的實際方法。對在生產條件下研究通風情況所需的測量儀表也作了說明。

本書可供企業內管理通風裝置的工程技術人員及科學研究機關和設計機關的工作人員用。

原本說明

書 名 ИССЛЕДОВАНИЕ И НАЛАДКА ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ
УСТАНОВОК НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

著 者 Пузыреб, А.В.

出版者 Издательство вцспс профиздат

出版地點 及 年 份 Москва-1955

工業企業通風裝置的研究與調整

鄧樹明 合譯
孟昭提

*

1959年4月第1版

1959年4月第1次印刷

4,060冊

787×1092· $\frac{1}{32}$ ·100千字·印張4 $\frac{1}{2}$ ·插頁2·定價(10)0.58元

建築工程出版社印刷廠印刷 · 新華書店發行 · 書號: 1171

建築工程出版社出版(北京市西郊百萬莊)

(北京市書刊出版業營業許可證出字第052號)

目 录

第一章 空气的物理性能	(5)
空气温度	(5)
空气压力	(5)
空气湿度	(6)
绝对湿度	(6)
湿容量	(6)
相对湿度	(6)
空气含湿量	(10)
空气含热量	(11)
空气露点	(12)
空气单位体积重量	(12)
湿空气的 $i-d$ 图表	(12)
第二章 加热、冷却及改变空气最初参数的其他 方法	(14)
含湿量不变的情况下加热及冷却空气	(14)
空气的冷却带干燥	(15)
用水处理空气	(16)
各种状态空气的混合	(18)
热和水份同时作用下的过程	(19)
空气与蒸汽在大气压力下及空气与水在水份完全蒸发时 的混合	(21)
第三章 空气压力、速度、温度及湿度的测定	(24)
通风系统中空气的压力及流速	(24)
测定空气压力及流速的仪表	(29)

ЦАГИ微压計	(29)
測压管	(30)
风速計	(33)
車間內空气流动 (循环) 性質的确定	(36)
測量空气溫度及湿度的仪表溫度計	(37)
湿度計	(37)
含尘及有害气体空气介質的研究	(40)
第四章 通风裝置的試驗与調整	(41)
通风裝置的技术試驗	(43)
通风机在管網中工作的研究	(53)
空气除尘过滤器的試驗	(77)
热风机的試驗	(85)
第五章 生产設備所排出的有害物質量的計算	(90)
生产設備的排湿量及散热量的計算	(90)
計算紡織工业染整厂生产設備散热量及排湿量的經驗公 式	(94)
生产設備所排出的气体及尘埃量的計算	(97)
第六章 通风裝置的效率及提高其效率的方法	(97)
通风及生产設備 (排出有害气体的) 的某几种排气罩效 率的計算	(98)
通风及生产設備 (排出各种尘埃的) 的局部排气罩效率 的計算	(105)
散热及排湿車間內通风裝置效率的計算	(106)
通风裝置效率的計算例題及其提高方法	(111)

第一章 空气的物理性能

空气在热和水份的影响下改变自己的状态，因此，它不仅对人的健康和劳动能力，而且，常常对工艺过程的影响是不同的。所以，对空气的所有基本物理参数具有一概念和在研究生产厂房内空气介质及通风装置运行情况时善于确定这些参数是很重要的。

空气温度

空气温度一般是以百度($^{\circ}\text{C}$)酒精温度计或水银温度计来测定，而实际上是以干湿球温度计来测定，因此，温度就有干球和湿球温度(t_d 和 t_w)之分。

干球温度是表示未饱和空气受热的程度，而湿球温度是表示饱和水蒸汽的空气受热的程度。对饱和空气来讲 $t_d = t_w$ 。

空气压力

大气的压力一般称为计示大气压力(P_g)，它是干空气和水蒸汽压力的总和。空气压力与水蒸汽压力一般以公厘水银柱或公厘水柱来表示。

标准计示大气压力或物理大气压 在 0°C 时，等于760公厘水银柱或者在 4°C 时等于10333公厘水柱。但是，为了在工程上运算方便起见，把工程大气压用来做为大气压。每一工程大气压等于735.6公厘水银柱或10,000公厘水柱。这样，一

公厘水銀柱压力相当于13.6公厘水柱压力，而一公厘水柱压力相当于一平方公尺上所受一公斤的压力或者一公厘水銀柱=13.6公厘水柱=13.6公斤/平方公尺。

当空气完全饱和时，空气所含的水蒸汽的分压力(P_n)与空气温度有关，并按下面公式来求

$$\lg P_n = 0.662 + \frac{7.5 + t_c}{238 + t_c}, \quad (1)$$

或从表 1 中查出。

空 气 湿 度

大气是干空气和水蒸汽的混合物。在同一温度和压力不变的情况下，空气内就含有不同数量的水蒸汽。含有某一数量的水蒸汽时，空气就变成饱和空气，即变成再也不能吸收水份的空气。

絕 对 湿 度

一立方公尺湿空气中所含的水蒸汽量（以克来表示）称为绝对湿度(γ_n)。有时，绝对湿度以水蒸汽分压力（公厘水銀柱）来表示。

湿 容 量

一立方公尺饱和空气中所含的水蒸汽量（以克来表示）称为湿容量(γ_n)。它也可用饱和空气水蒸汽的分压力（公厘水銀柱）来表示。

相 对 湿 度

绝对湿度与湿容量的比值称为空气的相对湿度(φ)。

水 蒸 汽 压 力

表 1

空气温度 t°	空气完全饱和时，空气中水汽的分压力 $P_{\text{H}_2\text{O}}$ 公厘水柱	空气温度 t°	空气完全饱和时，空气中水汽的分压力 $P_{\text{H}_2\text{O}}$ 公厘水柱	空气温度 t°	空气完全饱和时，空气中水汽的分压力 $P_{\text{H}_2\text{O}}$ 公厘水柱	空气温度 t°	空气完全饱和时，空气中水汽的分压力 $P_{\text{H}_2\text{O}}$ 公厘水柱	空气温度 t°	空气完全饱和时，空气中水汽的分压力 $P_{\text{H}_2\text{O}}$ 公厘水柱
-30	0.38	-6	2.93	18	15.48	43	64.80	67	205.0
-29	0.42	-5	3.16	19	16.48	44	68.26	68	214.2
-28	0.46	-4	3.40	20	17.54	45	71.88	69	223.7
-27	0.50	-3	3.67	21	18.65	46	75.65	70	233.7
-26	0.55	-2	3.95	22	19.83	47	79.60	75	289.1
-25	0.60	-1	4.26	23	21.07	48	83.71	80	355.1
-24	0.66	0	4.58	24	22.38	49	88.02	85	433.6
-23	0.72	1	4.93	25	23.76	50	92.51	90	525.8
-22	0.79	2	5.29	26	25.21	51	97.20	95	633.9
-21	0.86	3	5.69	27	26.74	52	102.1	100	760.0
-20	0.94	4	6.10	28	28.35	53	107.2		
-19	1.02	5	6.54	29	30.04	54	122.5		
-18	1.11	6	7.01	30	31.82	55	118.0		
-17	1.21	7	7.51	31	33.69	56	123.8		
-16	1.32	8	8.05	32	35.66	57	129.8		
-15	1.43	9	8.61	33	37.73	58	136.1		
-14	1.55	10	9.21	34	39.90	59	142.6		
-13	1.68	11	9.84	35	42.17	60	149.4		
-12	1.83	12	10.52	36	44.56	61	156.4		
-11	1.98	13	11.23	37	47.07	62	163.8		
-10	2.14	14	11.99	38	49.69	63	171.4		
-9	2.32	15	12.79	39	52.44	64	179.3		
-8	2.51	16	13.63	40	55.32	65	187.5		
-7	2.71	17	14.53	41	58.34	66	196.1		
				42	61.50				

如果我們知道計示大气压力 (P_0) 下空气的干球温度 (t_c) 及湿球温度 (t_n)，那就可根据公式 (1) 求出在該温度下和空气完全饱和时水蒸汽的分压力 (P_{nc}) 和 (P_{nn})，然后即可求出空气的相对湿度。

$$\varphi = \frac{P_{nn} - A \cdot P_0 \cdot (t_c - t_n)}{P_{nc}} \quad (2)$$

公式 (2) 中的湿度計系数值 A 与湿球温度計湿球附近的空气流动性 (v) 及湿球形状有关，可在图 1 上的图表内查出。

該图表上有三条曲线：球形儲藏器温度計的值 A 在曲线 1 上查出，圆柱形儲藏器温度計的值 A 在曲线 2、3 上查出。

利用表格或計算图表 (图 2) 来求空气的相对湿度，表中相对湿度一般以百分数表示。为了使公式 (2) 求出的相对湿度以百分数来表示，应将所求出的值 φ 乘上 100。

φ 值計算图表，在不同的数值 $A \cdot P_0 = B$ 公厘水銀柱 / 1°C 下，都可繪制成。

为了在求空气相对湿度时确定应该利用那一个計算图表，而編制了表 2。从这个表中可看出，如用圆柱形儲藏器的敞开式温度計来测量，則当空气流速在 0.3—0.44 公尺/秒的范围内时，需利用 $B=0.6$ 的計算图表，如用球形儲藏器的温度計测量，需利用 $B=0.7$ 的計算图表。

此表只适用于 $P_0=745$ 公厘水銀柱。

如果 $P_0=755$ 公厘水銀柱，并以球形儲藏器的温度計来测量，則 $B=0.6$ 的計算图表只可在流速为 0.8 公尺/秒左右的空气中测量时用。因为，在曲线 1 (图 1) 上 $v=0.8$ 公尺/秒

与值 $A = -\frac{0.6}{755} = 0.000795$ 或 $A \cdot 10^5 = 79.5$ 相符。 $B = 0.6$

的计算图表符合于地球物理天文总台所绘制的表格。

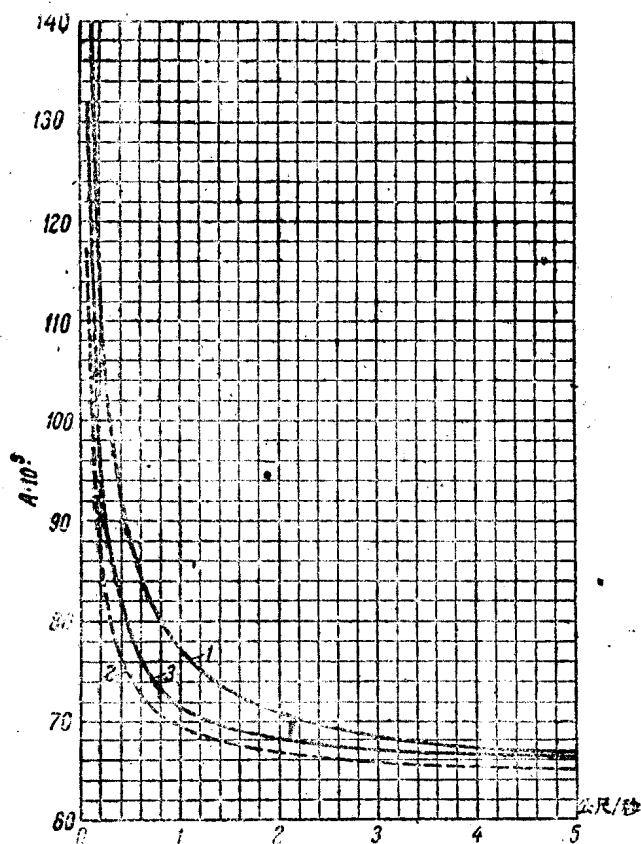


图 1 根据不同研究者的经验所确定的湿度计系数值 Δ
1—供球形储藏器温度计用，2~3—供圆柱形储藏器温度计用

視空气流速及溫度計上儲藏器形狀的

不同 φ 值的計算圖表的选择

表 2

溫度計上儲藏器的 形狀及空气流速 $v = \text{公尺/秒}$		B				備 注
		0.5	0.6	0.7	0.8	
球形	$v = \text{公尺/秒}$	≥ 4.0	0.8	0.38	0.24	$F_0 = 745$
圓柱形		≥ 3.0	0.3—0.44	0.18—0.22	0.12—0.16	公厘水銀柱

从表 2 中也可看出, $B=0.5$ 的計算圖表应在空气流速 ≥ 3 公尺/秒, 以及用吸入式湿度計測量时应用。

依万諾夫劳动保护所所进行的研究証明, 在紡織厂(紡紗, 織布及其他車間)內用圓柱形儲藏器的水銀溫度計測量湿度时, 需利用地球物理天文总台的表格或 $B = 0.6 \frac{\text{公厘水銀柱}}{1^\circ\text{C}}$ 的計算圖表(图 2)。

当需获得較准确的相对湿度数据时, 例如在进行某項研究工作, 实验者在进行計算时可以选择任何一种数值 B 的圖表, 或者利用公式(2)来編制新的圖表。为了繪制不同数值 $B=0.5; 0.6; 0.7$ 及 0.8 的計算圖表可利用表 3。

在座标紙上繪制計算圖表較方便。根据表 3 上的資料, 可划直綫 φ , 使其等于 20%、30%、40% 及其它等。中間值(隔 2%)綫的划法与 $B=0.6$ 計算圖表(图 2)上的划法一样, 将每一大的間隔分成五等分。

空 气 含 湿 量

一公斤干空气内含有的水蒸汽量(以克表示)称为空气含湿量(d), 可按下面公式来求:

$$d = 623 \frac{\varphi \cdot P_{uc}}{P_a - \varphi \cdot P_{uc}}, \quad (3)$$

或按*i-d*图表(图3)查出。

*B*值不同时, 空气相对湿度计算图表的绘制

表 3

$\varphi \%$	线的号 成点 φ	<i>B</i> =0.5		<i>B</i> =0.6		<i>B</i> =0.7		$\sigma=0.8$	
		t_c	t_m	t_c	t_m	t_c	t_m	t_c	t_m
20	1	18.4	8.4	16.8	8.0	16.0	8.2	14.9	8.0
	2	33.8	18.2	33.2	18.9	33.6	19.9	34.0	20.9
30	1	16.2	8.3	15.8	8.6	14.3	8.0	13.7	8.0
	2	33.0	20.2	33.2	21.2	34.0	22.3	34.0	22.9
40	1	14.8	8.4	14.8	8.9	13.6	8.4	12.6	8.0
	2	32.6	22.2	33.4	23.4	34.0	24.3	34.0	24.7
50	1	13.0	8.0	12.4	8.0	12.0	8.0	12.6	8.8
	2	34.0	25.4	33.8	25.6	32.6	25.0	33.2	25.8
60	1	12.2	8.4	11.4	8.0	11.2	8.1	11.9	9.0
	2	33.2	26.6	33.4	27.2	34.0	27.9	32.0	26.4
70	1	11.4	8.6	11.4	8.9	10.2	8.0	11.1	9.0
	2	32.0	27.4	32.0	27.6	31.6	27.4	28.0	24.3
80	1	9.8	8.0	11.0	9.4	9.4	8.0	9.6	8.3
	2	29.0	26.2	29.4	25.7	30.0	27.4	31.6	29.0
90	1	8.8	8.0	10.0	9.2	9.0	8.3	8.6	8.0
	2	29.2	27.8	28.4	27.1	28.4	27.2	30.8	29.5
100	1	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
	2	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0	28.0

空气含热量

一公斤干空气内含有的热量称为空气含热量(*i*), 可按*i-d*图表查出或用下面公式计算

$$i = 0.24t_c + \frac{d}{1000} (595 + 0.47t_c). \quad (4)$$

空气露点

在含湿量不变的情况下，空气被冷却而变成饱和时的温度，即空气的相对湿度（ φ ）变到等于1（ $\varphi=1.0$ ）或100%时的温度叫作湿空气的露点（ t_p ），可由 $t-d$ 图表中查出或用下面公式求出

$$t_p = \frac{238 \left(\lg \frac{P_s \cdot d}{623 + d} - 0.662 \right)}{8.162 - \lg \frac{P_s \cdot d}{623 + d}} \quad (5)$$

对饱和空气来讲 $t_c = t_a = t_p$ 。

空气单位体积重量

一立方公尺湿空气的重量称为湿空气的单位体积重量（ γ ）。单位体积重量可按下列公式来求

$$\gamma = \frac{0.465}{273 + t_c} (P_s - 0.377 \cdot \varphi \cdot P_{nc}) \quad (6)$$

或按计算图表（图4）来求。

可看出，为了要求出空气的所有参数、必需知道干球温度（ t_c ）及湿球温度（ t_a ）、空气流速（ v ）和计示大气压力（ P_s ）。知道这些参数后，我们所不知道的空氣物理参数可按上面公式算出或由表格和图表中查出。这些表格和图表也是按那些公式编制的，这就可大大地减少计算过程。

湿空气的 $i-d$ 图表

路·可·拉姆金教授所提出的湿空气 $i-d$ 图表（图3）是空气在该计示大气压力下主要参数（ t_c ； φ ； d ； i ）间的关系图表。 $i-d$ 图表中的数值 d 和 i 是以一公斤干空气或

一公斤($1 + 0.001d$)湿空气为單位。

$i-d$ 图表內含湿量等值綫($d = \text{常数}$)是垂直的; 含热量等值綫($i = \text{常数}$)向下傾斜, 与垂直綫成 45° 角; 等溫綫($t = \text{常数}$)是由水平綫稍向上行; 相对湿度等值綫($\varphi = \text{常数}$)是曲綫。此外, 在某些 $i-d$ 图表上还繪有不同角度的斜綫——單位散热量綫或角度比。角度比的概念后面有所叙述。

現举一求空气所有参数的例題。

例: 在室內測出 $t_c = 26^\circ$, $t_w = 20^\circ\text{C}$, $v = 0.4$ 公尺/秒。

試求空气的所有参数。

計示大气压力等于 $P_0 = 745$ 公厘水銀柱。

解: 在湿球溫度下及空气完全飽和时, 空气內水蒸汽的分压力按公式(1)求得

$$\lg P_{w,w} = 0.662 + \frac{7.5 \cdot 20.4}{238 + 20.4} = 1.254$$

$$P_{w,w} = 17.95 \text{ 公厘水銀柱}$$

在干球溫度下及空气完全飽和时, 空气內水蒸汽的分压力按公式(1)求得

$$\lg P_{w,c} = 0.662 + \frac{7.5 \cdot 26}{238 + 26} = 1.40; \quad P_{w,c} = 25.2 \text{ 公厘水}$$

銀柱。

空气相对湿度按公式(2)求得

$$\varphi = \frac{17.95 - 0.6(26 - 20.4)}{25.2} \approx 0.58, \text{ 或 } 58\%.$$

空气含湿量按公式(3)求得

$$d = 623 + \frac{0.58 \cdot 25.2}{745 - 0.58 \cdot 25.2} \approx 12.5 \text{ 克/公斤干空}$$

气。

空气含热量按公式 (4) 求得

$$i = 0.24 \cdot 26 + \frac{12.5}{1000} (595 + 0.47 \cdot 26) = 13.84 \text{ 大}$$

卡/公斤干空气。

露点按公式 (5) 求得

$$t_p = \frac{238 \left(\lg \frac{745 \cdot 12.5}{623 + 12.5} - 0.662 \right)}{8.152 - \lg \frac{745 \cdot 12.5}{623 + 12.5}} \approx 17^\circ.$$

空气单位体积重量按公式 (6) 求得

$$\gamma = \frac{0.465}{273 + 26} (745 - 0.377 \cdot 0.58 \cdot 25.2) = 1.15 \text{ 公斤}$$

/立方公尺。

这些数值也可从相应的表格和计算图表中查出。这些数值在 $i-d$ 图表及其他图表内用线及箭头表示出 (图 2、3 和 4)。

第二章 加热、冷却及改变空气

最初参数的其他方法

含湿量不变的情况下加热及冷却空气

如果将具有点 1 (图 5) 参数的空气, 只在其通过热风机时加热, 则加热过程在 $i-d$ 图表内是以从点 1 起向上的直线表示。此线与 $d = \text{常数}$ 线平行。在这种情况下, 空气的

温度上升、含热量增加，但相对湿度下降。

为了使空气由状态 1 改变至状态 2 所耗热量为：

$$Q = i_1 - i_2 = 0.24(t_2 - t_1) \text{ 大卡/公斤空气。} \quad (7)$$

如果将上面参数的空气冷却，例如使其通过冷却表面，则其过程在 $i-d$ 图表内是以从点 1 起向下行的直线表示，此直线与 $d = \text{常数}$ 线平行。

在这种情况下，空气温度下降、含热量减少，但相对湿度上升。

为了将空气由状态 1 改变至状态 3，需从空气中去掉的热量为：

$$Q = i_1 - i_3 = 0.24(t_1 - t_3) \text{ 大卡/公斤空气。} \quad (8)$$

空气的冷却带干燥

具有点 1 参数的空气可冷却到其相对湿度（图 5） $\varphi = 100\%$ 的地步。

在这种情况下，过 $d_1 = \text{常数}$ ，与曲线 $\varphi = 100\%$ 相交点 4 的等温线即是空气的露点。如果将空气继续冷却，则呈现雾，并有水珠从空气中脱落，这就是凝结现象。在这种情况下（图 5），整个冷却过程是从点 1 至点 4，然后沿曲线 $\varphi = 100\%$ 至点 5。这种使空气由一种状态（4）改变至另一种状态（5）的过程中，空气内有水珠脱出。每一公斤空气内脱出的水珠为 $d_4 - d_5$ 克。这样，空气内就变得比较干燥，因为， $d_5 < d_4$ 。如果将点 5 状态的空气在含湿量（ $d_5 = \text{常数}$ ）不变的情况下加热至原来的温度 t_1 （点 6），则空气的相对湿度和含热量要比以前少。

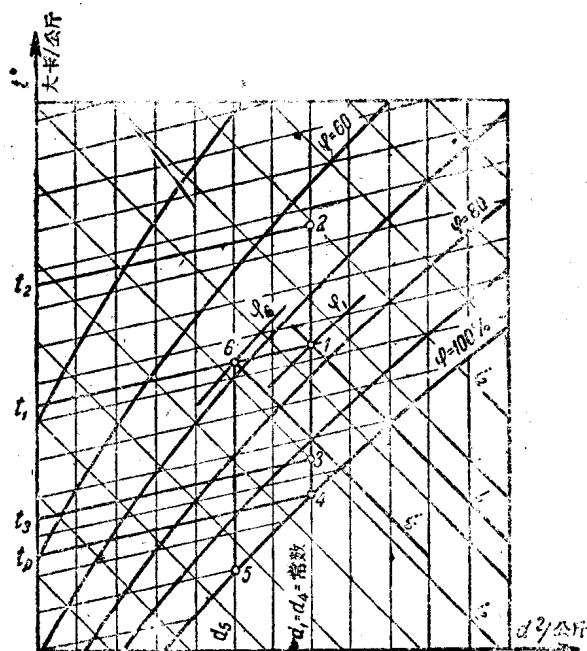


图 5 空气的加热和冷却

用水处理空气

如果将空气送过喷水沟或经过喷水室时，则空气将根据其最初状态、热交换过程中水的平均温度 (t_w)、水量及喷水程度被加湿、干燥、加热和冷却。

但是，在 $i-d$ 图表内表示空气最终状态参数的各点都在曲线三角形 AOB 之内，它的一边（图 6）即是曲线 $\varphi = 100\%$ ，其他二边则是曲线的切线。它们是由表示用水处理的空气最初状态的点引出来的。