

中華重工業學校教學用書

暖气与通風

郑志橋 編

人民鐵道出版社

中等专业学校教学用书

暖气与通风

郑志搆 编

人民铁道出版社

一九六〇年·北京

本教材系根据铁道部文化教育局拟定的教学大纲为铁路中等专业学校暖气和通风专业学生而编写的，全书分二篇，共分十九章。第一篇叙述暖气，其中包括：建筑物热损失的计算，结构物的耐热性，暖气系统的分类，局部采暖和集中采暖，采暖种类及方式；第二篇叙述通风，其中包括：空气的物理性，通风系统和设备，空气量的计算和处理，通风导管的安装等。

本书经铁道部文化教育局审定为铁路中等专业学校暖气及通风专业教科书，此外，还可供具有初中以上文化水平对暖气、通风有一定知识的职工自修用。

中等专业学校教学用书

暖气与通风

郑志搃 编

人民铁道出版社出版

(北京市霞公府17号)

北京市书刊出版业营业许可证出字第010号

新华书店发行

人民铁道出版社印刷厂印

85号1740 开本787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张11 $\frac{1}{2}$ 插页2 字数272千

1960年12月第1版

1960年12月第1版第1次印刷

印数0,001—4,250册 定价(9)1.25元

目 录

緒言	1
----	---

第一篇 暖气

第一章 建筑物热損失計算	5
§1 热和热的轉移方式	5
§2 圍护結構物热損失計算公式	6
§3 卫生和热工上对圍护結構物表面温度的要求	16
§4 空气露点温度的意义和計算方法	17
§5 圍护物表面温度 t_s 和圍护物傳热系数 K 值的关 系	18
§6 室內外采暖計算温度的决定, 温度差的校正系 数值	18
§7 圍护結構物冷却面积的量度方法	20
§8 地板直接敷設在土壤上或龙骨上热損失的計算 方法	22
§9 建筑物热損失的附加率	24
§10 运入室內材料的吸热量	28
§11 热損失的簡易計算法	29
第二章 間隔結構的耐热性	34
§1 固定状态及不固定状态	34
§2 同一質料牆壁的温度剧烈波动层	36
§3 牆壁表面的吸热	39
§4 非同一質料牆壁中的剧烈波动层	41
§5 室內空气温度的波动	43

§6 計算例題	45
---------	----

第三章 暖气系統的分类, 在热工上和卫生上对暖

气系統的要求	54
--------	----

§1 暖气系統的分类	54
------------	----

§2 建筑物在卫生上和热工上对暖气系統的要求	55
------------------------	----

第四章 局部采暖

§1 炉子采暖	57
---------	----

§2 火牆采暖	77
---------	----

§3 火炉及火牆在室內的布置及烟囱位置	78
---------------------	----

§4 火牆、火炉的砌筑	79
-------------	----

§5 火炕采暖	80
---------	----

§6 瓦斯炉和电炉采暖	81
-------------	----

第五章 集中采暖的设备

§1 集中采暖的放热器	82
-------------	----

§2 集中采暖的导管	99
------------	----

§3 集中采暖的鍋炉及鍋炉房	100
----------------	-----

第六章 重力循环热水采暖

§1 作用原理和压头計算	108
--------------	-----

§2 单管系統中間点温度計算	115
----------------	-----

§3 热水采暖系統图式及管路配件	117
------------------	-----

§4 各系統图式优缺点比較	127
---------------	-----

§5 膨脹水箱及排气装置	128
--------------	-----

§6 管徑計算原理	135
-----------	-----

§7 計算管徑的步驟和計算例題	143
-----------------	-----

§8 单戶的热水暖气式	154
-------------	-----

第七章 水泵式热水采暖

§1 系統图式和工作原理	159
--------------	-----

§2 水泵暖气式內膨脹水箱与系統連接点的位置	164
------------------------	-----

§3 鍋炉房內管路和配件的連接.....	167
§4 水泵种类和選擇方法.....	169
§5 管徑計算.....	172
§6 热水采暖的优缺点和使用範圍.....	174
第八章 蒸汽采暖	175
§1 低压蒸汽采暖.....	175
§2 低压蒸汽采暖的优缺点和使用範圍.....	194
§3 高压蒸汽采暖.....	195
第九章 混合采暖	207
§1 系統图式.....	207
§2 热交换器的构造和計算.....	208
第十章 热风采暖和輻射采暖	210
§1 热风采暖.....	210
§2 輻射采暖.....	213
第十一章 集中采暖系統的安裝和使用	216
§1 放热器安裝.....	216
§2 导管安裝.....	217
§3 鍋炉安裝.....	221
§4 水压試驗.....	221
§5 暖气系統的保养.....	221
第十二章 集中采暖和局部采暖的特点比較	222

第二篇 通风

第十三章 空气的物理性质和溫湿图	224
§1 空气的物理性質.....	224
§2 湿空气的含热量.....	231
§3 湿空气的 $I-d$ 图.....	231
§4 含湿量固定时空气的加热.....	232
§5 含湿量固定时空气的冷却, 露点.....	233
§6 空气与水之間的热交换和湿交换.....	233
§7 $I-d$ 图的角比例.....	236
§8 含热量固定时空气的加湿, $I-d$ 图中的湿球温.....	

度計溫度.....	237
§9 空氣含濕量和含熱量的變化.....	238
§10 不同參數的空氣混合.....	239
第十四章 通風系統的清潔衛生意義	242
§1 對人舒適的氣象條件.....	242
§2 污濁空氣的起源及對人健康上和生產上的影響.....	245
第十五章 通風系統的設備	247
§1 通風方法的分類.....	247
§2 通風系統的主要部件.....	251
第十六章 全面通風時需要空氣量計算	254
§1 產生有害物量的計算.....	254
§2 需要空氣量的計算公式.....	257
§3 計算例題.....	258
第十七章 換氣	259
§1 熱壓原理和換氣孔口面積的計算.....	259
§2 風壓換氣原理及孔口面積計算.....	263
§3 多跨車間換氣孔口面積的計算.....	267
§4 高層建築物換氣孔口面積計算.....	270
§5 有管路通風時的產生壓頭計算.....	273
§6 天窗與風帽.....	276
§7 機械通風的應用和選擇通風機.....	284
第十八章 空氣處理	293
§1 空氣加熱.....	293
§2 空氣加濕.....	300
§3 空氣的冷卻和乾燥.....	303
§4 空氣聯合處理過程.....	305
§5 空氣除塵.....	307
第十九章 管網計算及通風導管安裝	314
§1 通風導管的計算.....	314
§2 通風管道的安裝.....	329
附 錄.....	331

緒 言

暖气通风技术的意义，是为了改善室内空气条件，調剂室内空气的温度及湿度，减少有害气体和含尘量，以适合卫生和生产上的要求。其具体作用有三：

1. 改善房間的卫生保健状况。給提高劳动生产率、发展生产，創造了最有利的条件，保证劳动人民身体健康的需要。

2. 维护建筑物結構。沒有很好的暖气通风装置的房屋，由于建筑結構物的潮湿、冰冻及变形，就很易损坏。

3. 保证产品质量。在工业企业的生产过程中空气条件对产品质量起着极其重要的作用，例如在紡織工业中，产品质量与空气的温度及湿度都有极大关系。在印刷工业中，印刷車間要求湿度和温度保持一定，若相对湿度从25%增加到80%，則紙張尺寸会变更0.8%；許多华美的印刷品当紙張变更0.08%时，就已經变成廢品了。在面包工业中，酵母儲藏室和面团发酵室都要有一定的温度和湿度。在食品工业中，制作及儲存巧克力糖要求室內温度为 18°C ，否則巧克力糖就要变成灰色。晒印影片时，为避免由于静电放电引起賽璐珞之閃光，要求室內相对湿度为70%时保持室温为 21°C ，在金属工业中，鋁在压延过程中若空气的湿度增加，則会出大量廢品。珍贵的书籍和名画的保存，要求空气有适当的温湿度。由此可見，空气条件不但对生产过程有影响，而且对产品保持上亦有很大影响。

暖气通风系統应符合房屋之使用及其結構、外觀及裝飾等各方面的要求，主要有下列四方面：

1. 暖气通风系統在消防方面无危险性；
2. 暖气通风系統不应破坏室内建筑艺术的装饰；散热器、管道等的設置应与房屋建筑結構及其装饰相协调；
3. 暖气通风系統之安装，不可妨碍房屋的使用。
4. 暖气通风系統之修繕，不应引起房屋結構的损伤。

研究暖气通风学时，不仅要明了其技术实质，且須清楚地認識到它的社会意义。要闡明这一点，我們应研究一下在資本主义社会和社会主义社会中，暖气通风技术为谁服务的問題。

在資本主义社会里，暖气通风技术主要为资产階級服务，满足富豪們生活上的需要，在酒館飯店和金融財閥的公館中，安設着錯綜复杂的暖气通风系統，造成人为的气象条件，以便符合百万富翁的奢望。在美国的大商店、电影院和剧院內的通风装置，主要是作为扩大宣傳的广告，吸引观众，其目的是为了賺更多的錢。

在工业建筑中，除了用以保証产品质量的关系以外，很少有通风設備，例如，在印刷工业的生产过程中，要求保持空气的温度和湿度不变，資本家为了达到不花任何通风設備費用又能保証产品质量的目的，采用紧密封閉厂房的方法，工人进出車間要經過特設小門，室內外空气不容易交換，結果工人們在整个工作日内都与室外新鮮空气隔絕，而处在充滿汽油、蒸汽的污濁空气的环境中，这就严重的損害工人的身体健康而致死亡率的增加。因为汽油蒸汽是有毒的，經常呼吸这种蒸汽会使心脏及神經系統損害，慢性中毒，可引起人們各部神經机能的錯乱（包括神經衰弱等）。

有些工厂在生产过程中产生大量的有毒气体，有毒气体的濃度增加时会使人立即死亡，但資本家为了减少开支，增加利潤，是不会考虑工人身体健康的，例如意大利某人造絲

工厂，在生产过程中产生大量二氧化硫（二氧化硫是有毒的气体，会损害人体的呼吸系统和神经系统，浓度大时会立即死亡），但该工厂没有通风设备，也没有测定二氧化硫浓度仪器，故在厂房内养些小雀，当发现小雀死亡时，工头才将车间门窗打开，让工人离开车间换换空气。资本家就这样用减少支出、增加利润的方法，以小雀死亡的方法去调剂工人的劳动环境。由此可见，在资本主义社会里，工人患职业病是很普遍的。

在社会主义社会里，暖气通风技术是为劳动人民服务，不但满足产品质量需要，而更重要的是保证劳动人民身体健康，提高劳动生产率。党和人民政府一向是重视劳动保护的，国务院在1956年5月发布关于“工厂安全卫生规程”的决议中，首先就指出“改善劳动条件，保护劳动者在生产中的安全与健康，是我们国家一项重要政策，也是社会主义企业管理的基本原则之一”，因此，消灭职业病，是社会主义国家的努力方向。在这方面，苏联已经有了很大的成就，很多有害健康的工业，由于在设计建厂的时候就考虑到如何保障工人健康的问题，采取了种种的防护措施，因而使许多在资本主义国家所常见的职业病完全不发生或很少发生，这都是明显的例证。

在解放前，我国是一个半封建、半殖民地的旧中国，在工业上，暖气通风设备极其简陋，因为帝国主义和官僚资产阶级经营的工矿企业绝对不会对劳动人民身体健康关怀的，在空气条件不影响产品质量的工厂，大多数没有通风设备。例如某机车车辆制造工厂锻工车间，过去连排烟设备都没有，由此可见，旧社会遗留下的设备是微不足道的。

解放以后，党和政府认识到职业病是和设备条件有关，职业病不但能摧残劳动人民的健康，同时还妨碍生产的发

展，它不但造成不应有的死亡和殘廢，同时还消耗人民的鉅大財富，因此，防止职业病的发生和发展，对于我們进行社会主义建設，实现生产上更大的跃进，具有极 其 重 要 的 意义。

几年来，政府陸續公布了許多有关工矿卫生、保障工人健康的法律，其中如工厂安全卫生条件、搬运毒害物品的規定，以及高温車間降温規定等等，对防止职业病的发生都起到了很大的作用。

第一篇 暖气

第一章 建筑物热損失計算

§1. 热和热的轉移方式

1-1. 热。热是能的一种形式，是无形的，它是由于物质本身分子运动速度变更而变更。地球上任何物体都含有热，所謂一个物体的热或冷，就是它分子运动量的多或少；水的融解，水的沸騰，都是分子运动量增加的表现。

热能的来源可分为两大类，第一类是自然热能，如太阳热、地球热等，第二类是人为的热能，主要是燃烧燃料而取得的。暖气所用热的来源，主要是属于第二类。

热量的单位叫卡，一个卡是加热一克水使水温度升高摄氏一度所需的热量。在暖气工程上实用热量单位叫仟卡，就是1000个卡，等于加热一公斤的水升高摄氏温度一度所需的热量，同样的，一公斤水温度下降一度时亦放出相同的热量。

1-2. 热的轉移方式。在两个不同温度的物体間，或是在同一个物体的不同温度的两点間，热量一定从高温方面流向低温方面，这叫做热轉移。

热轉移的方式有三种：

1. 傳导——以物体本身分子为媒介，热流由一端傳到另一端称为傳导。实质是物体內高温部分分子的平均动能大，将其动能的一部分傳給邻近較低温度的分子。由此可知，物体內部分子沒有明显的运动时，热也在物体中傳导。

2. 对流——这种热轉移方式在流体中表現較显著，温

度不同的分子，由于速率不同，而产生循环流动的作用，这样互相摩擦着，高温分子将热能传给低温分子，直到温度平均时，循环作用才停止，此循环作用称作对流。

3. 辐射——两物体温度不同时，高温物体的热能以电磁波的形式向低温物体放出，低温物体表面便获得热量，这种作用称为辐射（实际是热能变为辐射能，辐射能再变为热能）。

由此可见，热在传导和辐射方式中转移，物体本身除了分子运动外没有实际的移动，但热在对流方式中转移，物体分子中有明显的运动，因此只发生于流体或气体中。流体的对流能力和传导能力完全不同。例如水的传导热量能力很低，但它的对流传热能力却很大；空气也是这样，最不容易传导热量，但却易于对流方式传热。

§2. 围护结构物热损失计算公式

热经由围护物的转移，包括传导、辐射、对流三方式。

今取由均匀材料所砌成之墙一块（其材料的导热系数为 λ 仟卡/小时·米·度，厚度为 e ）来研究通过该墙的传热量，此墙一面接触温度为 t_a 之室内空气，其他一面则接触温度为 t_n 之室外空气，当每年寒冷的时候， $t_a > t_n$ ，故热流方向即如箭头所指（图1—1）。墙之内表面及外表面的温度各以 τ_a 及 τ_n 表示。

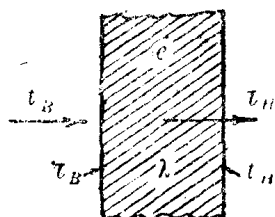


图 1—1

要使热由室内空气中穿过墙而进入到室外的空气中去，必须使：

(1) 墙之内表面自室内空气中吸收热量；

(2) 墙内表面上所吸收的热量穿过墙身而传至墙的外表面；

(3) 所有穿过牆身而聚集在牆外表面上的热量都放到室外空气中去。

因此穿过牆的热传导有三个过程：

(1) 牆內表面吸热过程；(2) 牆身导热过程；(3) 牆外表面的放热过程。现分别来研究。

2-1. 牆內表面吸热过程：

当热流从室内流向室外，则 $t_c > t_s > t_n > t_n$ ，若 $t_c > t_s$ ，表示牆的內表面与室内空气間存在热压，即温度差，是牆的內表面自室内空气中吸收热量的必要条件。

牆的吸热是由于对流及辐射所产生的。

由于与牆接触的室内空气层变冷时，得到了較室内其余空气为大的单位体积重量，变冷的空气沿着牆壁表面下降，而室内較热的空气就流向牆壁而代替下降的气流，这就形成室内空气产生自然对流现象。

以对流方式傳向牆壁的热量，可以用对流系数說明之。

一平方米的表面在一小时内，当牆表面与沿着該表面的空气間之温度差为 1°C 时，以对流方式所放出或吸收之热量在数值上相等于对流系数。

对流系数以 α_k 表示之，其单位为仟卡/米²·时·度。对流系数数量上的大小主要取决于对流空气之速度，其速度在自然对流时，取决于存在热压的大小，因此实际上可认为：当自然对流时温度差愈大， α_k 亦愈大。

在一般情况下，当吸热时对流系数之大小可按照諾塞立脫 (нуссельт) 公式計算之。

1. 垂直表面：

(1) 当 $\Delta t < 5^\circ\text{C}$ 时， $\alpha_k = 3 + 0.08 \Delta t$ 。 (1-1)

式中 Δt ——牆表面与空气間的温度差，在該情況下，

$$\Delta t = t_g - t_e;$$

$$(2) \text{ 当 } \Delta t > 5^\circ\text{C} \text{ 时, } \alpha_k = 2.2 \sqrt{\Delta t}. \quad (1-2)$$

2. 水平表面:

$$(1) \text{ 当热流方向自下向上时, } \alpha_k = 2.8 \sqrt{\Delta t}. \quad (1-3)$$

$$(2) \text{ 当热流方向自上向下时, } \alpha_k = 0.$$

由于对流而被墙所吸收的全部热量, 可用下式计算之:

$$Q_k = \alpha_k F (t_g - t_e) \text{ 仟卡/小时}. \quad (1-4)$$

式中 Q_k —— 由对流而吸收的热量 (仟卡/小时);

α_k —— 对流系数 (仟卡/小时·米²·度);

F —— 墙的面积 (米²).

墙壁除对流吸热外, 还有以辐射方式吸热。计算吸收辐射热量大小, 可假定为具有温度 t_e 之外墙内表面与具有温度为 t_g 而朝向该表面之物体 (器具、内墙表面等) 辐射交换的热量。

因为 $t_g > t_e$, 所以具有温度为 t_g 的物体就以辐射放热的方式放热, 而具有温度为 t_e 的外墙内表面就吸收辐射热。

外墙内表面所取得辐射热量大小, 可按照诺塞立脱——斯蒂芬——白利滋蒙公式计算之。

$$Q_m = C_{np} F \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \text{ 仟卡/小时}. \quad (1-5)$$

式中 F —— 墙壁内表面面积 (米²);

T_1 —— 向墙壁辐射之表面的绝对温度, 相等于室内空气的绝对温度。 $T_1 = 273 + t_g$;

T_2 —— 墙壁内表面之绝对温度 $T_2 = 273 + t_e$;

C_{np} —— 辐射的引导常数 [仟卡/米² (绝对温度的度

数)‘小时]。

二个相等而平行表面的辐射，引导常数等于：

$$C_{np} = \frac{1}{\frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_s}} \quad (1-6)$$

式中： C_1 和 C_2 为表面的辐射常数，而 c_s 为绝对黑体辐射之常数。

辐射常数之大小取决于辐射体的化学性质及辐射表面之特性。具有粗糙表面之物体，其辐射常数大于具有光滑表面之相同物体。

例如：粗糙表面砖之辐射系数为4.3，而光滑表面之砖为3.5，未被跑过之木材为3.5~4.0，跑过的木材为3.0，氧化了的无光泽的铁为4.32，白铁为1.6，绝对黑体辐射常数最大值为4.95。所有其他宇宙中所能遇到的物体都是所谓灰体，其所具有之辐射常数均低于4.95。辐射常数同时也可说明物体吸收辐射能的能力。

对于实际建筑上的一般情况，当墙壁的粉刷及家具都采用通常的作法时，则辐射引导常数 C_{np} 之大小可采用4.2。

如果公式以 $\Delta t = t_s - t_g$ 及 F 除之，则得一平方米面积在一小时内、当温差为 1°C 时，由辐射而吸收的热量，此值称为辐射系数，以 α_n 表示之

$$\alpha_n = \frac{C_{np} F \left[\left(\frac{\pi}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right]}{F (t_s - t_g)} \text{ 仟卡/小时} \cdot \text{米}^2 \text{ 度。} \quad (1-7)$$

具有内表面积 F 平方米的墙壁由于辐射而吸收之热量

$$Q_n = \alpha_n F (t_s - t_g) \text{ 仟卡/小时。} \quad (1-8)$$

由于对流及辐射被墙所吸收之全部热量

$$Q_{\theta} = \alpha_{\kappa} F (t_{\theta} - \tau_{\theta}) + \alpha_n F (t_{\theta} - \tau_{\theta}),$$

$$\text{或、} Q_{\theta} = (\alpha_{\kappa} + \alpha_n) (t_{\theta} - \tau_{\theta}) F \text{ 仟卡 / 小时。} \quad (1-9)$$

当 $F = 1 \text{ 米}^2$ 及 $t_{\theta} - \tau_{\theta} = 1^{\circ}\text{C}$ 时,

$$Q_{\theta} = \alpha_{\kappa} + \alpha_n = \alpha_{\theta} \text{ 仟卡 / 小时} \cdot \text{米}^2 \cdot \text{度。} \quad (1-10)$$

式中: α_{θ} ——吸热系数。

由此可得結論, 1 平方米面积之牆壁, 在 1 小时內, 当室内空气与牆壁內表面間之温度差为 1°C 时, 牆壁所吸收之热量称为吸热系数。

牆壁內表面由室内空气中所吸收之热量最后可用下式表示之:

$$Q_{\theta} = \alpha_{\theta} F (t_{\theta} - \tau_{\theta}) \text{ 仟卡 / 小时} \quad (1-11)$$

例题: 在下列情形下, 試求牆壁內表面之吸热系数。室内空气温度 $t_{\theta} = 18^{\circ}\text{C}$, 牆壁內表面温度 $\tau_{\theta} = 12^{\circ}\text{C}$ 。

解: 1. 計算对流系数之大小

$$\text{因 } \Delta t = 18 - 12 = 6^{\circ}\text{C}, \text{ 故 } \alpha_{\kappa} = 2.2 \sqrt[4]{\Delta t} = 2.2 \times$$

$$\sqrt[4]{6} = 3.44 \text{ 仟卡 / 小时} \cdot \text{米}^2 \cdot \text{度。}$$

2. 計算輻射系数之大小

$$\alpha_n = \frac{4.2 \left[\left(\frac{291}{100} \right)^4 - \left(\frac{285}{100} \right)^4 \right]}{18 - 12} = \frac{4.2 \times 5.72}{6} = 4.0 \text{ 仟卡 / 小时米}^2 \cdot \text{度。}$$

3. 計算吸热系数大小

$$\begin{aligned} \alpha_{\theta} &= \alpha_{\kappa} + \alpha_n \\ &= 3.44 + 4.0 = 7.44 \approx 7.5 \text{ 仟卡 / 小时米}^2 \cdot \text{度。} \end{aligned}$$

2-2. 牆身导热过程: