

供热工程

GONGRE GONGCHENG

天津大学土木建筑工程系供热通风教研室

天津人民出版社

供 热 工 程

天津大学土木建筑工程系供热通风教研室

天津人民出版社

供热工程

天津大学土木建筑工程系供热通风教研室

*

天津人民出版社出版

(天津市赤峰道124号)

天津人民出版社印刷厂印刷 天津市新华书店发行

*

开本787×1092毫米 1/16 印张11 1/2 字数266,000

一九七七年十二月第一版

一九七七年十二月第一次印刷

统一书号：15072·26

每册：1.21元

内 容 提 要

本书主要介绍在中小型工业、民用建筑中供热工程的作用原理、设计方法及有关运行管理等问题。书中还总结了近几年来一些工厂单位在辐射采暖、蒸汽喷射热水采暖等方面的技术革新成果，并在理论和设计方法上进行了扼要的阐述；为便于进行现场测试，还编写了供热系统的测试原理、仪表使用和分析、整理方法。

本书可供工厂、设计单位从事供热工程的工人和技术人员以及大专院校供热通风专业学员参考。

前 言

无产阶级文化大革命推动着我国社会主义建设事业的蓬勃发展。从事供热工程的工人和工程技术人员以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，认真学习无产阶级专政理论，贯彻执行党的社会主义建设总路线，抓革命，促生产，在节煤节电运动中发扬敢想敢干的革命精神，在供热系统、散热方式和供热设备等方面积极开展技术革新，取得了可喜的成果。

为适应我国供热工程发展的需要，我们编写了《供热工程》一书，除了介绍一般供热工程的基本知识和设计方法外，同时编入了蒸汽喷射热水采暖和辐射采暖的原理、设计方法；对供热系统的检测仪表和检测方法，也作了概括的介绍。

本书是我们通过参加三大革命实践，与工农相结合，开展教育革命，在工人和工程技术人员的协助下编写出来的。编写过程中得到天津拖拉机厂、天津机械厂、天津人民电车公司、天津广播器材厂等单位的大力支持，在此表示感谢。

限于我们的思想和业务水平，书中可能存在错误和不妥之处，希望读者批评指正。

作 者

1975. 7

目 录

第一章 采暖房屋耗热量的计算	1
第一节 房屋耗热量的计算	1
第二节 用建筑物热指标决定耗热量	15
第二章 热水采暖系统	16
第一节 概述	16
第二节 散热设备	19
第三节 热水采暖系统的水力计算	26
第四节 热水采暖系统的管路布置	34
第五节 热水采暖系统空气的排除	36
第六节 热水采暖系统的压力分布	37
第七节 蒸汽喷射泵	45
第八节 水泵	58
第九节 热水管网的腐蚀与防腐蚀	67
第三章 蒸汽采暖	71
第一节 蒸汽采暖的工作原理与系统简图	71
第二节 蒸汽采暖的特点与运用范围	72
第三节 蒸汽采暖系统设计中的问题	74
第四节 蒸汽采暖系统的管路布置	76
第五节 蒸汽采暖的管道计算	78
第六节 疏水器	83
第四章 辐射采暖	89
第一节 辐射采暖的特点	89
第二节 辐射板的主要型式与性能	91
第三节 辐射采暖的设计	97
第五章 厂区供热	102
第一节 概 述	102
第二节 供热系统的热负荷	103
第三节 供热方案	103
第四节 供热管道的敷设	107
第五节 供热管道管径的确定	110
第六节 供热管道的保温、补偿及支座	116
第七节 热力入口	127
第六章 供热系统的测定	128

第一节	空气温度的测定	128
第二节	表面温度的测定	130
第三节	蒸汽参数的测定	133
第四节	水流量的测定	134
第五节	蒸汽采暖系统散热量的测定	136
第六节	辐射板放热的测定	140
第七节	车间耗热量的测定	142
第八节	蒸汽喷射泵的测定	144
第九节	离心泵性能的测定	146
附录	I—1 常用材料的物理性能表	150
	I—2 在拐角房间直接铺设在土壤上的非保温地板的平均传热系数	151
	I—3 在具有一面外墙的房间直接铺设在土壤上的非保温地板的平均传热系数	152
	I—4 民用建筑的室内计算温度	152
	I—5 工业车间的室内计算温度	153
	II—1 室内不保温管道在不同室温时的散热量	153
	II—2 饱和水和饱和蒸汽表	155
	II—3 光面管(排管)散热器每米长的散热量	156
	II—4 暖风机性能表	157
	II—5 暖风机选择表	158
	I—6 热水采暖系统管径线算图	160
	I—7 由速度查动压头线算图	161
	II—8 饱和蒸汽在喷嘴内绝热膨胀参数表	162
	II—9 BA型水泵工作性能表	163
	III—1 低压蒸汽管径线算图	164
	III—2 高压蒸汽管径计算表	165
	V—1 高压蒸汽管径线算图	168
	V—2 凝水管径线算图	169
	V—3 泡沫混凝土保温厚度选用表(R401—1)	170
	V—4 不同热媒时管道的热膨胀量	171
	V—5 套筒补偿器的水平摩擦反力	172
	V—6 II型补偿器的选择	172
	V—7 II型补偿器弹力线算图	174
	V—8 I型补偿器线算图	174
	V—9 Z型补偿器线算图	175
	V—10 管道支座的间距	176
	V—11 不同管径保温材料和管道本身的重量	177

第一章 采暖房屋耗热量的计算

在冬季比较寒冷的地区，人们为了进行生产和生活，要求室内具有一定的温度。这时由于室内气温高于室外气温，就会有热量不断地由室内传向室外耗失掉，同时经由门窗缝隙及开启的外门会有冷空气进入到室内，室内若无采暖设备供给房间一定热量，则室温就会降低。装设采暖系统，使采暖设备放出的热量能补偿房间的耗热量，维持一定室内温度。这也就是采暖的目的。

由此可看出，房屋耗热量的大小直接影响着采暖方案的选择、采暖管道的大小、采暖设备的多少，以及采暖系统的使用效果。它是采暖设计中最基本的依据。

采暖房屋耗热量的计算方法，是建立在稳定传热的基础上的，即假设传热的一切因素都不随时间变化。这种情况在自然界是不存在的，同样在采暖中也不存在，因为室外的气象条件(温度、风速……)是千变万化的。因为耗热量的计算允许和实际情况有一定的误差，这样，就能够用稳定传热代替不稳定传热进行计算，既满足采暖的要求，又可大大地简化计算。

第一节 房屋耗热量的计算

一、房屋耗热的途径

房屋的耗热量，有以下几个方面：

通过房屋围护结构的耗热量，即经过房屋的墙、门、天棚、窗、地面传向室外的热量，以 Q_1 大卡/时表示。

冷风渗透耗热量，即加热经门、窗缝隙进入室内的冷空气所消耗的热量，以 Q_2 大卡/时表示。

大门冷风侵入耗热量，冬天外门开启时会有大量冷空气进入室内，加热这一部分冷空气所消耗的热量称大门冷风侵入耗热量，以 Q_3 大卡/时表示。

上面三方面耗热量之和就是房屋的总耗热量，即

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad \text{〔大卡/时〕}$$

二、房屋围护结构的耗热量 Q_1

由传热学中知道，通过围护结构的传热量可按下式计算：

$$Q_1' = \sum KF(t_n - t_w) \quad \text{〔大卡/时〕} \quad (1-1)$$

式中： K ——房屋外围结构(门、窗、墙、天棚、地板)的传热系数，〔大卡/米²时⁰C〕；

F ——房屋外围结构的传热面积，〔米²〕；

t_n ——室内空气温度，〔⁰C〕；

t_w ——室外空气计算温度，〔°C〕；

有时常常出现采暖房间的围护结构的外侧不是和室外直接接触，中间有一个不采暖的空间。此时该围护结构的耗热量应为 $Q = KF(t_n - t_n')$ ，式中 t_n' 为传热达到平衡时非采暖房间的室温。但是由于非采暖房间的室内温度难以算出，在这种情况下与非采暖房间接触的结构，其传热量采用 $(t_n - t_w) \cdot n$ 进行计算， n 称为围护结构温差修正系数，各种结构的温度差修正系数见表 1—1。

围护结构温度差修正系数 n 值

表 1—1

序号	围护结构构造特征	n
1	与大气直接接触的外围结构、地面	1.0
2	闷顶： 无望板的瓦屋面、铁皮屋面、石棉瓦屋面	0.9
	有望板的瓦屋面、铁皮屋面、石棉瓦屋面	0.8
	有望板及防水卷材的屋面	0.75
3	与非采暖房间的隔墙： 非采暖房间有门窗与室外相通时	0.7
	非采暖房间无门窗与室外相通时	0.4
4	非采暖地下室或半地下室的楼板（在室外地坪以上不超过 1.0 米时）： 外墙上有时	0.6
	外墙上无窗时	0.4
5	非采暖半地下室的楼板（采暖房间与半地下室外墙为连续结构）： 外墙上有时（热阻 $> 1.0 \text{米}^2 \text{时}^\circ\text{C}/\text{大卡}$ ）	0.4
	外墙上无窗时（热阻 $\leq 1.0 \text{米}^2 \text{时}^\circ\text{C}/\text{大卡}$ ）	0.75
6	冷藏室上面的楼板	0.75

对于与采暖房间相邻而温差大于 5°C 的围护结构其传热量应予以计算。其温度差采用围护结构两面空气的温度差。

下面就公式 1—1 中的每一项，逐一地进行分析。

(一) 传热系数 K

1. 外墙及天棚的传热系数：外墙及天棚属于平壁多层结构，其传热系数 K 值，可用下式计算：

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_w}} \quad \text{〔大卡/米}^2 \text{时}^\circ\text{C}〕$$

式中： α_n ——外围结构内表面的吸热系数，〔大卡/米²时[°]C〕；

α_w ——外围结构外表面的放热系数，〔大卡/米²时[°]C〕；

δ ——外围结构各层材料的厚度，〔米〕；

λ ——外围结构各层材料的导热系数，〔大卡/米时 $^{\circ}\text{C}$ 〕。可由建筑材料的物理性能表中查得，（见附录 I—1）

α_n 和 α_w 可见表 1—2

围护结构内表面的吸热系数 α_n 和外表面放热系数 α_w 值 表 1—2

序号	结构表面特征	α_n	α_w
		大卡/米 ² 时 $^{\circ}\text{C}$	大卡/米 ² 时 $^{\circ}\text{C}$
1	外墙	7.5	20
2	地面	7.5	5（有地下室时）
3	顶棚或楼板表面光滑时	7.5	
	有助状突出物时肋高（ h ）与肋间净距（ a ）之比值：		10（楼板及有屋顶间的顶棚）
	$\frac{h}{a} < 0.2$ 时	7.5	
	$\frac{h}{a} = 0.2 \sim 0.3$ 时	7.0	
	$\frac{h}{a} > 0.3$ 时	6.5	
	有井形突出物		20（无屋顶间的顶棚）
	$\frac{h}{a} > 0.3$ 时	6.0	

例：求厚为 1 砖，内表面抹灰 2 公分的外墙的传热系数 K 值。

砖砌体的导热系数 $\lambda_1 = 0.7$ 〔大卡/米时 $^{\circ}\text{C}$ 〕；

厚度 $\delta_1 = 0.24$ 〔米〕；

白灰抹面的导热系数 $\lambda_2 = 0.6$ 〔大卡/米时 $^{\circ}\text{C}$ 〕；

厚度 $\delta_2 = 0.02$ 〔米〕。

该外墙传热系数为：

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_w}}$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{7.5} + \frac{0.24}{0.7} + \frac{0.02}{0.6} + \frac{1}{20}}$$

$$= 1.79 \quad \text{〔大卡/米}^2\text{时}^{\circ}\text{C}〕$$

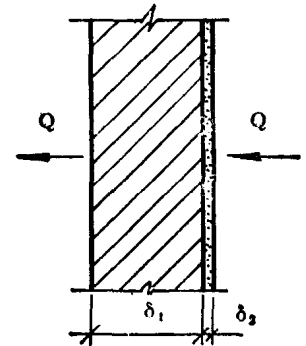


图 1—1 外墙断面图

如果围护结构中有空气层时，传热系数可用下式计算：

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \sum \frac{1}{\Delta} + \frac{1}{\alpha_w}}$$

式中： $\frac{1}{\Delta}$ 为空气层的热阻，〔米²时 $^{\circ}\text{C}$ /大卡〕；其它符号同前。空气层的热阻可查表 1—3。

空气层热阻 $\frac{1}{\Delta}$ 值 [米²时°C/大卡]

表 1—3

空气层的厚度毫米 空气层的形式	10	20	30	50	100	150~300
竖向的空气层	0.17	0.19	0.20	0.20	0.20	0.19
水平的空气层						
热流自下而上时	0.15	0.17	0.18	0.18	0.18	0.19
热流自上而下时	0.18	0.21	0.23	0.25	0.26	0.26

空气层是热的不良导体，因此它可起隔热的作用，减少耗热量。但是，空气层的厚度不宜太大，否则将由于空气的自然对流，反而加大传热。一般空气层厚度不应大于300毫米。空心砖就是利用这个道理，达到保温的一个实际例子。

对于非均质材料的顶棚及外墙，其传热较为复杂。以图 1—2 所示的外墙为例，不管是在垂直或平行于热流的方向，其材料都是不同的。因此除了有热量传出室外以外，同时不同材料接触面之间也有传热。在计算此种结构的传热系数 K 时，都采用近似计算，即沿热流的方向将结构分成几段不同均质材料组成的结构层，如图 I、II 两段。然后忽略不同材料之间的传热，计算出每段的传热系数 K_1 及 K_2 ，然后按其在此结构中所占面积的比例加以平均。即

$$K = \frac{K_1 F_1 + K_2 F_2}{F_1 + F_2} \quad \text{[大卡/米}^2\text{时}^\circ\text{C]}$$

式中 K_1 、 F_1 为均质材料段 I 的传热系数及传热面积。

K_2 、 F_2 为均质材料段 II 的传热系数及传热面积。

例：计算图 1—2 结构的传热系数。

图 1—2 所示外墙的材料及导热系数为：

抹灰层 $\delta_{灰} = 0.02$ 米， $\lambda_{灰} = 0.6$ [大卡/米时°C]；

空气层 $\delta_{气} = 0.12$ 米，热阻 $\frac{1}{\Delta} = 0.19$ [米²时°C/大卡]；

砖墙的 $\lambda_{砖} = 0.7$ [大卡/米时°C]；

I 段的厚为 $\delta_{I 砖} = 0.24$ [米]

II 段的厚为 $\delta_{II 砖} = 0.12$ [米]

通过均质段 I 的传热系数为

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_{灰}}{\lambda_{灰}} + \frac{\delta_{I 砖}}{\lambda_{砖}} + \frac{1}{\alpha_w}}$$

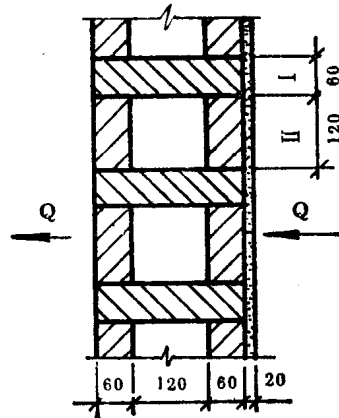


图 1—2

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{7.5} + \frac{0.02}{0.6} + \frac{0.24}{0.7} + \frac{1}{20}}$$

$$= 1.79$$

通过均质段 II 的传热系数为

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta_{灰}}{\lambda_{灰}} + \frac{\delta_{2 砖}}{\lambda_{砖}} + \frac{1}{\Delta} + \frac{1}{\alpha_w}}$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{7.5} + \frac{0.02}{0.6} + \frac{0.12}{0.7} + 0.19 + \frac{1}{20}} = 1.733$$

II 段和 I 段的面积比例从图上看为 $0.12:0.06 = 2$ ，即传热系数为 K_1 的均质段其面积为 1 时，传热系数为 K_2 的均质段面积则为 2。

因此该外墙的平均传热系数为

$$K = \frac{K_1 + 2K_2}{1 + 2}$$

$$= \frac{1.79 + 2 \times 1.733}{3}$$

$$= 1.75 \text{ [大卡/米}^2\text{时}^\circ\text{C]}$$

用此法计算出来的 K 值较结构的实际 K 值略微偏小一些。

2. 地面的传热系数：房屋地面的传热情况与墙、天棚不一样。冬季时，室内部分热量通过地面传向室外。靠近外墙的地面，由于热流经过的路程较短，热阻小，传热量就大；而距外墙较远的地面传热量就小。通过实验知道，在距外墙 8 米以内的地面，其传热量与距外墙的距离有较显著的关系。8 米以外，地面的传热量几乎是与距离无关。基于此情况，工程中一般采用近似计算，将靠近外墙 8 米以内的地带，分成每 2 米宽的一个地带，如图 1—3。各带的热阻（或传热系数）为：

对于不保温地面（地面各层材料的导热系数都大于 1.0 大卡/米时 $^\circ\text{C}$ ）

第一地带（距外墙 0—2 米）

$$R_{d1} = 2.5 \text{ [米}^2\text{时}^\circ\text{C/大卡]}$$

$$K_{d1} = 0.4 \text{ [大卡/米}^2\text{时}^\circ\text{C]}$$

第二地带（距外墙 2—4 米）

$$R_{d2} = 5 \text{ [米}^2\text{时}^\circ\text{C/大卡]}$$

$$K_{d2} = 0.2 \text{ [大卡/米}^2\text{时}^\circ\text{C]}$$

第三地带（距外墙 4—6 米）

$$R_{d3} = 10 \text{ [米}^2\text{时}^\circ\text{C/大卡]}$$

$$K_{d3} = 0.1 \text{ [大卡/米}^2\text{时}^\circ\text{C]}$$

第四地带（距外墙 > 6 米），

$$R_{d4} = 16.5 \text{ [米}^2\text{时}^\circ\text{C/大卡]} \quad K_{d4} = 0.06 \text{ [大卡/米}^2\text{时}^\circ\text{C]}$$

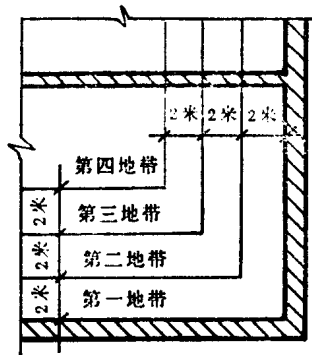


图 1—3 房屋地面传热面的划分

对于保温地面（指组成材料的导热系数 <1 的地面）则应加上保温层的热阻。即：

$$R_{d'n} = R_{dn} + \Sigma \frac{\delta}{\lambda} \quad [\text{米}^2\text{时}^\circ\text{C}/\text{大卡}]$$

式中： $R_{d'n}$ ——为保温地面的热阻〔米²时^oC/大卡〕；

R_{dn} ——为不保温地面的热阻〔米²时^oC/大卡〕；

δ ——地面保温层的厚度〔米〕；

λ ——保温层的导热系数〔大卡/米时^oC〕。

计算地板传热时，也可以直接查附录1—2，1—3。此表给出的值，是按不同地带计算出的平均传热系数。这样，可简化地板的传热计算。

3. 常用外围结构的传热系数 K 值可直接由手册中查出。在表1—4中给出一部分常用外围结构的 K 值。

从公式（1—1）可以看出，围护结构的传热系数 K 值愈小，亦即厚度愈大或保温情况愈好，房屋的耗热量就愈少，采暖设备及运行费用都可以减小。对同一建筑来说，窗子愈小耗热量也愈小，这是因为 $K_{窗} > K_{墙}$ 。这些对采暖都是有利的因素。结构取得厚一些，从采暖来看是有利的，但却会增加土建的造价。采用强度较低的保温材料，又会出现是否能满足结构所必须的刚度和强度问题。至于窗子的大小又和建筑的采光要求以及夏季通风的要求有关。同时新材料的采用以及结构向轻型的发展等等，都使得我们在设计时必须和建筑、结构的人员很好的配合。在满足建筑结构的刚度及强度下，既要保证不因结构太薄而出现墙内或墙面结露的现象，又要考虑采暖、土建节约的问题。结合当地的习惯做法合理地确定外墙、天棚……的材料及厚度。对于单层工业厂房，则因天棚的耗热量所占比例较大（一般为外围结构总耗热的 $\frac{1}{3}$ — $\frac{2}{3}$ ），对天棚的材料及保温必须予以重视。

常用围护结构传热系数 K 值

表1—4

序号	结 构	传 热 系 数 K 大卡/米 ² 时 ^o C
1	实体木质外门 一 层	4.0
2	带玻璃窗阳台外门 一 层	5.0
3	单层内门	2.5
4	木框外窗及天窗 一 层	5.0
	二 层	2.5
5	金属框外窗及天窗 一 层	5.5
	二 层	2.8
6	一个框二层玻璃的窗	3.0
7	一砖墙内表面2公分抹灰	1.79
8	1 ¹ / ₂ 砖墙内表面2公分抹灰	1.34
9	一砖清水墙	1.90
10	1 ¹ / ₂ 砖清水墙	1.40

(二) 围护结构的传热面积 F

传热面积以建筑图所标尺寸进行计算，与理论的传热面积误差很小，足以满足要求。

例如，如图 1—4 表示的一个车间，对外墙来说，其传热面积的宽度应为如图中 b 所示，但建筑给出的常常是柱距 a ，这时该外墙的宽度可采用 $2a$ ，而不必计算出 b ，这个误差是很小的。

(三) 室内空气的计算温度 t_n

室内空气计算温度是采暖所必须保证的室内温度。室内温度的高低应满足工艺生产及人正常工作的需要。工艺生产要求的温度由工艺设计人员提出。人正常工作所需要的温度则和许多因素有关，如劳动的性质，房间的用途、室内潮湿的情况等等，可参照附录 I—4、I—5 确定。在规范及有关手册中也有规定。这些温度都是指距地面 2 米以内，人活动区的空气温度。对于 2 米以上的地区，其温度则有所变化。在围护结构耗热量计算中，如何考虑它的影响，在后面将予以解决。

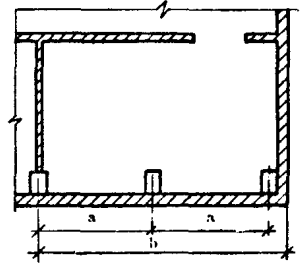


图 1—4

(四) 室外空气计算温度 t_w

冬季，室外空气的温度是经常变化的，这样就出现了房屋耗热量（亦即采暖设备容量）计算时室外温度采用多少的问题。室外计算温度取得太低，会使设备投资加大，且设备不能充分发挥其作用。如果取得太高，则室内温度经常达不到要求。因此室外计算温度的确定既要考虑到经济的问题又要使室温具有一定的保证率。

确定采暖室外计算温度的方法很多，过去采用较多的方法有两种。一种是采用冬季通风室外计算温度和历年中绝对最低温度的平均值。由于绝对最低温度的偶然性很大，因此用这种方法不大合理。另一种是采用 25 年中四个最冷的冬季中，各取最冷的连续 5 天，将其平均温度作为室外计算温度。采用 5 天作为统计周期是苏联的作法，因莫斯科最冷连续 5 天的室外温度波动幅度是 $\pm 18^\circ\text{C}$ ，对于 $2\frac{1}{4}$ 标准砖墙，其温度波幅的衰减为 18 倍，这样围护结构内表面的温度波动为 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。但是我国的室外温度的波幅远远小于 $\pm 18^\circ\text{C}$ ，同时室内表面温度的波动以 $\pm 1^\circ\text{C}$ 为界限理由是不充足的，超过 $\pm 1^\circ\text{C}$ 也不为不可。因此，按此种方法确定的室外计算温度通过实践都认为偏低。

最近编制的《工业企业采暖通风和空气调节设计规范》中采用了不保证率的方法。采用近 20 年来，平均每年不保证五天的日平均温度作为采暖室外计算温度，这一计算温度与现在各地从实践中摸索出来的经验数值较为吻合。

用公式 (1—1) 计算出来的围护结构耗热是否是全部呢？这不是，它只是围护结构耗热量的一部分，称之为围护结构的基本耗热量。因为还有一些影响围护结构传热的因素，没有考虑。考虑到这些影响就需对围护结构的基本耗热量加以修正，此修正的热量称之为附加耗热量。这两部分耗热量之和才是房屋围护结构的总耗热量 Q_1 ，下面就看看附加耗热量有那几方面。

(五) 围护结构的附加耗热量

1. 考虑太阳照射对外围结构耗热量的影响——朝向修正。当太阳照射建筑物时，受阳面结构的外表面温度较高，结构较干燥，因而减少了室内传向室外的热量。同时太阳辐射热还经窗传到室内。因此在受到太阳照射的外围结构的耗热量应减少一些。减少的数量是和当地太阳的辐射强度以及日照率，窗户的大小结构和朝向等因素有关。其需要减少的耗热量用垂直外围结构基本耗热量的百分数来表示。

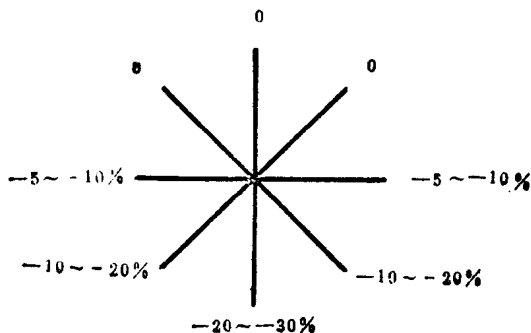


图 1—5 朝向修正百分数

一般采用的百分数见图 1—5。在选用时，应考虑当地的冬季平均日照率的大小，建筑使用和被遮挡情况。对于冬季平均日照率小于35%的地区，对东南、西南及南向的修正率宜采用 0~10%，其它朝向的修正率宜采用 0%。

2. 考虑室外风速对围护结构耗热量的影响——风力修正。室外风速愈大，围护结构的耗热量也愈大。这是因为风速与围护结构外表面的放热系数 α_w 有关，风速愈大则 α_w 愈大、散热愈多。在计算基本耗热量时 α_w 采用的是固定数值，20 [大卡/米²时²C]。其对应的室外风速是2米/秒。我国各地冬季平均风速变化范围不大，因而对传热的影响不很显著，故一般情况下可忽略不计。只有当建筑物位于不避风的高地、河边、海岸、旷野等不利的条件下，才考虑风力的影响并进行风力附加。风力附加值为垂直外围护结构物基本耗热量的 5~10%。

3. 考虑房间高度对围护结构耗热量的影响——高度修正。在用(1—1)式计算耗热量时，室内的温度一般是采用的工作地区的温度，即2米以下空气的温度。由于热空气的上升，而车间的高度又较大时，使得车间上部空气的温度比工作地区的空气温度要高，这样就使得车间围护结构的实际耗热量比计算的耗热量大，因此需对耗热量进行高度修正。其修正方法可分两种情况进行。

对于车间发热量小的车间，可按经验数值来计算。即当车间高度大于4米时，每高1米其多耗失的热量为房间围护结构总耗热量（经过朝向以及风力修正后的耗热量）的2%，但最大不超过15%。见表1—5

不同房间高度的高度附加百分数

表 1—5

房间高度(米)	5	6	7	8	9	10	11	≥12
附加百分数	2	4	6	8	10	12	14	15

对于车间发热量较大的车间，由于热设备的热量以自然对流的方式放出，故车间上部的温度与工作地区的温度相差就较大。因此一般就采用不同的室内温度进行计算围护结构的耗热量。

计算地板耗热量时用工作地区的温度。

计算天棚及天窗的耗热量时，用屋顶下的空气温度。由于屋顶下空气温度受到车间性质、热设备的布置等因素的影响，影响因素较多，不易准确确定。因此，最好是对类似的车间进行实测，作为确定顶棚下温度的依据。

计算车间外墙、门、窗的耗热量时，则采用车间上、下温度的平均值。

三、加热经门、窗缝隙进入室内的冷空气的耗热量——冷风渗透耗热量 Q_3

如果采暖房间的门、窗缝隙不密封，在室外风力的作用下，冷空气就会经过门、窗缝隙进到室内。要把这部分空气从室外空气温度加热到室内空气温度，就需要一定的热量。消耗的这一部分热量称之为冷风渗透耗热量，以 Q_3 表示。

通常设计单位采用的冷风渗透耗热量的计算方法有两种，一种是根据建筑物的高度及玻璃窗的性质进行概略的计算，考虑到房子愈高，则室内外温差所形成的压差愈大，故渗透量随高度的增加而增加。见表 1—6

冷风渗透耗热量占建筑外围结构总耗热量的百分数 表 1—6

玻璃窗的性质	建筑物的高度(米)		
	≤1.5	4.5~10	>10
单层	25	35	40
单、双均有	20	30	35
双层	15	25	30

另一种方法是按门、窗的性质、朝向，冬季室外平均风速，以及缝隙的长度来计算。计算公式如下：

$$Q_3 = 0.24Ll\gamma(t_n - t_w)n \quad \text{〔大卡/时〕}$$

式中： L ——经过每米长门或窗子的缝隙每小时进入室内的空气量，〔米³/时米〕，可按表 1—7 采用。

建筑物每米门、窗缝隙每小时渗入室内的冷空气量 L 〔米³/时米〕 表 1—7

冬季室外平均风速米/秒	1	2	3	4	5	6
单层木窗	1.0	2.5	3.5	5.0	9.5	8.0
单层钢窗	0.8	1.8	2.5	4.0	5.0	6.0
双层木窗	0.7	1.8	2.8	3.5	4.6	5.6
双层钢窗	0.6	1.3	2.0	2.8	3.5	4.2
门	2.0	5.0	7.0	10.0	13.5	16.0

注：由于热压作用影响渗入空气量，应另行考虑。

l ——缝隙长度（所有可开启的门、窗缝隙都应计算。）〔米〕；

γ ——空气的容重，〔公斤/米³〕；

t_n ——室内空气计算温度, [°C];

t_w ——室外空气计算温度, [°C];

n ——各方向冷风渗入量的修正值。由于 L 是指主导风向的冷风渗透量。对于其他方向风速的频率、温度都有差别, 因此必须加以修正。

$n =$ 当地近10年内最冷5年采暖期的各朝向风速的频率 \times 室内外温度差 \times 空气的容积比热, 除以主导风向频率 \times 室内外温度差 \times 空气的容积比热。平均值见表1—8

各地区的冷风渗入量的修正值 n

表 1—8

地 点	北	东 北	东	东 南	南	西 南	西	西 北
齐齐哈尔	0.9	0.4	0.10	0.15	0.35	0.40	0.70	1.00
哈尔滨	0.25	0.15	0.15	0.45	0.60	1.00	0.80	0.55
沈阳	1.00	0.90	0.45	0.60	0.75	0.65	0.50	0.80
呼和浩特	0.90	0.45	0.35	0.10	0.20	0.30	0.70	1.00
兰州	0.75	1.00	0.95	0.50	0.25	0.25	0.35	0.45
银川	1.00	0.80	0.45	0.35	0.30	0.25	0.30	0.65
西安	0.85	1.00	0.70	0.35	0.65	0.75	0.50	0.30
北京	1.00	0.45	0.20	0.10	0.20	0.15	0.25	0.85

注: 表中未列入地区, 因目前尚未统计, 可按表中条件相似的地区选用。

从按高度进行渗透概算的表(1—6)中可以看出, 渗透耗热量在整个采暖房间的耗热量中占很大的比例。因此, 在可能的条件下, 应尽量减少或避免这一部分耗热量。只要管理人员重视, 入冬时使门、窗关严, 玻璃配齐, 可减少渗透耗热量。对有条件糊窗缝的建筑可以糊窗缝(如我国东北地区做的那样), 或采用其他减少冷风渗透的措施, 可以大量减少冷风渗透, 节约采暖投资和运行费用。

两种计算方法究竟采用那一种, 可根据各地区单位的习惯做法来确定。但是, 必须指出, 不管用那一种方法都有一个灵活运用的问题。例如对于质量差的建筑(窗缝大)渗透就可以多考虑一些; 对于四周有较高大的建筑物遮挡的车间, 则渗透可以少考虑一些, 使其更近于实际情况。

四、大门的冷风侵入耗热量 Q_0

冬季外门打开时, 会有大量冷空气进入室内, 加热这部分冷空气所消耗的热量称为大门冷风侵入耗热量, 以 Q_0 大卡/时表示。

对于开启时间不长的工业车间外门, 其大门冷风侵入耗热量可按外门的基本耗热量的两倍考虑。

对工艺上需要较长时间开启的外门, 首先应设法减少侵入室内的冷空气量。因为大门较长时间开启时, 进入室内的冷空气量很大, 消耗的热量很大, 这样不但会大大增加采暖系统的投资及运行费用, 而且散热设备增加很多, 但效果不大, 大门开启时室内照样很冷。因此这种将冷空气放入室内, 再予以解决的办法是消极的。积极的办法则是使冷