

采暖设计简化计算

季书山 刘用俊 编写



大连出版社

632
72

采暖设计简化计算

大连市化工设计院

刘 用 俊

编 写

港务局设计科研所

季 书 山

大 连 出 版 社

1990.12

内容提要

本书主要阐述采暖设计简化计算的原理和方法。包括：围护结构耗热量的简化计算；散热器的简化计算。采暖系统水力计算的简化计算；并有详细的计算例题和简化计算图表。

本书是设计、施工、管理人员的工具书，也是大专院校暖通专业师生的参考书。

采暖设计简化计算

季书山 刘用俊 编写

大连出版社出版（大连市昆明街36号）

大连理工大学印刷厂印刷

字数：35万开本：787×1092 1/16 印张：14

印数：1—2,000

1990年12月第一版 1990年12月第一次印刷

ISBN7—80555—348—3/T·3 定价：8.10元

编写说明

为提高设计人员和有关工程技术人员的工作效率和设计质量，本书将国内有关采暖设计计算最新研究成果和作者本人近年来的研究成果汇集起来，体现了内容新、方法快的特点。许多内容是目前教科书和设计手册上所没有的，填补了采暖设计简化计算的某些空白，给手算设计者带来很大的方便。

为了使用方便，书中的绝大多数图表除用国际单位表示外，还保留了过去常使用的工程单位，以适应当前某些设计的需要。

本书立支管简化计算的图解法由高级工程师刘用俊编写，其余部分由高级工程师季书山编写，在编写过程中西北建筑工程学院讲师季时付出了辛勤的劳动，承担了许多数据的计算工作。全书由大连市规划局高级工程师白可庄审阅，并提出了许多宝贵意见，在此，一并致以真挚的谢意。

由于水平有限，难免有谬误和不足之处，恳切希望读者提出宝贵的意见。

作者 1990年6月

目 录

第一章 耗热量的简化计算

第一节 建筑物围护结构的耗热量	(1)
第二节 冷风渗透耗热量	(5)
第三节 围护结构耗热量的简化计算	(8)
一、综合指标表格法	(8)
二、综合系数图解法	(11)
三、面积比热指标法	(17)

第二章 散热器简化计算

第一节 散热器面积计算基本公式	(152)
第二节 散热器的简化计算	(155)
一、热量比表格法	(155)
二、典型热负荷比立管单位散热量表格法	(164)
三、散热器计算的图解法	(166)

第三章 室内热水采暖系统水力计算的简化法

第一节 热水采暖系统管路水力计算的基本原理	(190)
第二节 水力计算的简化算法	(195)
一、热水采暖系统干管水力计算的简化	(196)
二、立支管水力计算的简化	(197)
第三节 采暖设计简化计算例题	(200)
参考文献	(264)

第一章 耗热量简化计算

本章主要是研究围护结构耗热量简化计算原理和方法。对一般民用建筑物围护结构所耗热量,是采暖设计的主要依据。它的数值直接影响着供暖管径的大小、散热设备的多少以及锅炉设备的容量,关系着供暖系统的使用效果和经济效果。因此,研究确切简便的计算方法是十分必要的,它不仅会提高计算速度,而且会保证设计的质量,简化计算将取代那些不准确的估算,有助于设计质量的提高。

很多科研设计人员,对耗热量简化计算进行了研究,提出了不少的计算方法。本章将介绍三种方法:综合指标表格法、综合系数图解法和面积比热指标表格法。

为了理解简化计算的原理和方法,本章将首先介绍一下耗热量计算的基本知识。

第一节 建筑物围护结构的耗热量

建筑物围护结构耗热量包括基本耗热量和附加耗热量两部分。基本耗热量是通过建筑物围护结构(墙、窗、门、天棚、地板)所散失热量的总和。附加耗热量是由围护结构的朝向、风力、外门开敞以及房间高度等的不同,对基本耗热量的修正。

一、基本耗热量

建筑物围护结构的传热是一个不稳定的传热过程。由于不稳定传热的计算复杂,在工程上通常以稳定传热的简单计算来代替不稳定复杂计算,尽管计算结果存在一定的误差,但它却是一种便于使用的计算方法。在稳定传热条件下,建筑物各部分围护结构的基本耗热量按下式计算:

$$q = KF(t_n - t_w) \cdot \alpha \quad W; \quad (1-1)$$

式中 q ——各围护结构的基本耗热量 W ;
 K ——各部分围结构的传热系数 $W/m^2 \cdot ^\circ C$;
 F ——各部分围护结构的传热面积 m^2 ;
 t_n ——采暖室内计算温度 $^\circ C$;
 t_w ——采暖室外计算温度 $^\circ C$;
 α ——围护结构的温度修正系数。

整个房间的基本耗热量等于它的各部分围护结构基本耗热量的总和:

$$Q = \sum KF(t_n - t_w) \alpha \quad W; \quad (1-2)$$

二、附加耗热量

基本耗热量还不是建筑物围护结构的真实的耗热量,许多影响耗热的因素尚未考虑进去,因此,对围护结构的基本耗热量必须进行修正。

附加耗热量按附加方法分为两类:

1. 按基本耗电量的百分率进行计算

按基本耗热量附加百分率的有四项:

①朝向修正 β_c

朝向修正是考虑建筑物受太阳照射影响而对外围护结构传热损失的修正。

当太阳照射建筑物时,室内得到太阳的辐射热,同时受阳面的围护结构比较干燥和外表面温度升高,故通过受阳面围护结构向外传递的热量减少,修正率应是负数,朝向不同,修正率的数值是不同的。如为连续采暖时,应按“工业企业采暖通风和空气调节设计规范”中的规定选用下列数值:

北、东北、西北为 0%;

东、西为 -5%;

东南、西南为 -10~-15%;

南为 -15~25%。

在选用数值时,应考虑当地的冬季日照率的大小、建筑物使用被遮挡情况。

对日照率小于 35% 的地区,东南、西南和南向的修正率,宜采用 0~-10%,其它朝向可不修正。

对于间歇采暖不同省市,均规定了自己地区的朝向修正率。

朝向修正是对垂直围护结构或斜面的垂直投影部分基本耗电量的修正。

②风力附加 β_w

风力附加是考虑室外风速变化而对外围护结构耗电量的修正。室外风速变化,将引起围护结构外面换热系数 α_w 的变化,在计算围护结构基本耗热量时,外表面放热系数是按 $23.3 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ 或 $20 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ 计算的,而且室外风速限定在 3 m/s 以内,若风速超过 3 m/s 时,外表而换热系数 α_w 要增大,随之围护结构的传热系数也要比标准的增大,耗热量自然要有所增加。因此,对按标准传热系数计算的围护结构基本耗热量要进行一定的风力附加。但我国各地冬季室外平均风速均不大,因而对传热系数的影响并不显著,故一般情况下可忽略不予考虑。只对不避风的高地、河边、海岸、旷野上的建筑物或厂区特别高出的建筑物,才考虑其风力的影响而对垂直围护结构基本耗电量的附加,一般取 5~10%。

③外门开启附加 β_k

为加热外门开启而侵入的冷空气所需要的热量。对短时间开启的外门,可按外门基本耗电量的下列百分数附加:

A: 民用建筑和工厂的辅助建筑物,当楼层为 n 层时:

无门斗的双层外门	100n%;
有门斗的双层外门	80 · n%;
无门斗的单层外门	65 · n%;
有门斗的单层外门	50 · n%。

B: 单层厂房的外门 $200 \cdot n\%$ 。

C: 对于开启频繁的外门, 上列数值再乘以 1.5。

④ 靠伸缩缝墙面的热耗, 可按外墙基本耗热量的 30% 计算。

2. 不按基本耗热量百分率附加或修正的耗热量。

① 高度附加 q_h

高度附加是考虑房间高度对围护结构传热量的影响而进行的附加。

房间的顶部和下部的空气温度是不一样的, 计算基本耗热量时, 用的是地面 2 米以下的空气平均温度。因而实际房间上部的传热量要比计算的耗热要多。

《规范》规定, 对高于 4 米层高的房间(楼梯间除外)应采用高度附加。高度每增加一米, 增加基本耗热量和其他附加耗热量总和的 2%, 但总的附加不超过 15%。

楼梯间不采用高度附加, 是因为楼梯间的空气和各层楼相通, 在设计散热器分配时, 尽量把散热器多布置在下层的办法来减少上下空气的温度差。

对发热强度大于 23.3w/m^3 ($20\text{Kcal/m}^3 \cdot \text{n}$) 的工业建筑, 不采用高度附加, 而在计算围护结构耗热量时, 采用下列室内温度:

(A) 计算地面耗热量时, 用工作地带温度;

(B) 计算外墙、外门及外窗耗热量时, 用车间内的平均温度;

(C) 计算屋顶及天窗耗热量时, 用屋顶下的温度。

② 楼层修正 β_l

过去设计的一般建筑物常发生上热下冷的现象, 即产生垂直热力失调。造成垂直热力失调的原因很多, 归纳起来有以下几点:

A) 冷风渗透的影响

多层和高层建筑物, 由于受到风压和热压的综合影响, 往往在中和面以下的迎风面进气, 中和界面以上的背风面排气, 而中和界面以上的迎风面是进气还是排气, 主要取决于风压与热压的差值, 因为热压促使向外排气, 而风压促使向内进气, 显而易见, 即使进气, 冷风量也很少。显然, 多层和高层建筑物的最下面几层冷风渗透耗热量大, 而上面几层冷风渗透量所造成的耗热量很少。所以, 在计算冷风渗透耗热量时, 若对上下各层均采用相同的数值计算, 是不合理的。国内一些设计院曾提出对最低三层进行附加计算, 一层附加 20%, 二层附加 15%, 三层附加 10%。吉林省建筑设计院按表 1-2 附加。尽管这些经验数据, 尚不统一, 且未取得公认, 但至少可以说明对下层附加冷风渗透耗热量, 而对上层不附加, 这些认识是一致的。那么, 对上下层取相同的数值进行附加计算是不准确的。

B) 立支管散热的影响

多层和高层建筑物采用垂直单管热水采暖系统(上供下回式), 顶层水温较高, 而低层水温较低, 这样, 立支管在各层散出的热量大不相同, 误差很大。低温水($95^\circ\sim 70^\circ$)采暖上下层相差 10% 左右, 高温水相差 25% 左右。如果设计时没有考虑这项得热或考虑的数值不妥, 都会产生较大的计算误差, 从而造成垂直热力失调。

C) 散热器面积计算进位带来的误差

在计算散热器面积时, 由于散热器本身型号的限制, 如铸铁大 60 型, 每片散热面积为 1.17m^2 , 当计算出小数时, 必然取整数, 这就出现了由于进位而带来的误差, 进而影响了设计的准确性, 有可能加剧上下楼层的垂直热力失调。

D) 供水温度降低的影响

目前,低温水采暖均按供水温度 95℃,回水温度 70℃设计。但实际运行时,由于种种原因,远达不到设计的供回水温度。一般供水温度只能达到 70~80℃,这样便引起了上下楼层间的热力失调。经实际计算可知,顶层和底层减少的幅度相差 10%左右,这是引起楼层垂直热力失调的一个重要因素。

E) 水力失调的影响

当采暖系统出现水力失调时,特别是对于各异程采暖系统,不但会带来水平方向的热力失调,而且也会带来某些立管严重的垂直热力失调。凡比设计流量减少的立管,顶层和底层会出现不一致的热力失调。以三层楼为例,当立管水量减少 50%时,顶层减少得热为 7.3%,而底层减少得热为 46%,楼层越多,相差百分数就越大,对底层就越不利;相反,若增加流量 50%,底层增加散热量 16%,而顶层只增加 3%,显然对底层有利。由此可见,目前采用的大流量采暖对减少垂直热力失调是有利的。

引起垂直热力失调的诸多因素,有的在采暖设计中是可以避免和控制的,有的是避免不了和控制不住的,楼上总是比楼下处于有利地位,为使上下楼层空气温度趋向一致,在计算房间耗热量时,对不同的楼层进行修正也是必要的。修正值采用多大合适,认识尚不统一,各设计单位都有自己的内部规定。表 1-1 是黑龙江省建筑设计院采用的数据,可供参考。

楼层修正,同高度附加一样也是附加在基本耗热量和其它耗热量的总和上。

考虑上述各种修正之后,围护结构的耗热量计算式为:

$$Q = [(q_{\text{窗}} + q_{\text{门}} + q_{\text{墙}})(1 + \beta_{\text{窗}} + \beta_{\text{门}})](1 + \beta_{\text{风}} + \beta_{\text{楼}}) \quad (1-3)$$

对多层民用及公共建筑物不同楼层采暖热损失修正系数。

表 1-1

层 数	层 次 附 加 率	1	2	3	4	5	6	7	8
3		+10 (+5)	0	-5 (-5)					
4		+15 (+10)	+5 (+5)	0 (0)	-10 (-5)				
5		+15 (+10)	+10 (+5)	+5 (0)	0 (0)	-10 (-5)			
7		+20 (+15)	+15 (+10)	+10 (+5)	0 (+5)	0 (0)	-10 (-5)		
8		+20 (+15)	+15 (+10)	+10 (+10)	+10 (+5)	0 (0)	-10 (-5)	-10 (-5)	

注:括号内数字为下供上回(倒流式)系统的附加率,其它系统型式均采用表内上行数值。

表 1-2 为吉林省建筑设计院内部使用的楼层附加率,主要针对高层建筑物冷渗附加。

表 1-2

总层数 层次	8—9	10—11	12—13	14—15	16—17
8					5
7				5	10
6			5	10	15
5		5	10	15	20
4	5	10	15	20	25
3	10	15	20	25	30
2	15	20	25	30	35
1	20	25	30	35	40

第二节 冷风渗透耗热量

在风力和热压所造成的室内外压力差的作用下,室外的冷空气就会经过没有密封的门、窗缝隙渗入室内,加热这部分冷空气所消耗的热量称为冷风渗透耗热量。渗入冷空气耗热量与房间高度、门窗构造和朝向、热压、室外风速和风向等因素有关。计算的方法有缝隙法、百分数法和换气次数法。

一、缝隙法

加热由门、窗缝隙渗入室内的冷空气量所耗热量按下式计算:

$$Q_L = 0.278 L l \rho c (t_n - t_w) m \quad W; \quad (1-4)$$

式中 Q_L ——为加热门窗缝隙渗入的冷空气耗热量, W ;
 l ——经每米门、窗缝隙渗入室内的冷空气量, m^3/h ; 见表 1-3。
 L ——门窗缝隙的总长度, m ;
 ρ ——冷空气的密并, kg/m^3 ;
 t_n, t_w ——采暖室内、外计算温度, $^{\circ}C$;
 c ——冷空气的比热, $C=1kJ/kg, ^{\circ}C, 0.278W=1kJ/h$ 。
 m ——各朝向冷风渗入量修正系数, 见表 1-4。

民用建筑每米门、窗缝隙渗入的冷空气量 m^3/mh 。

表 1-3

风速 m/s	1	2	3	4	5	6
单层木窗	1	2.5	3.5	5.0	6.5	8.0
单层钢窗	0.8	1.8	2.8	4.0	5.0	6.0
双层木窗	0.7	1.8	2.5	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	13.0	16.0

表 1-4 各地区冷空气渗透量朝向修正系数 m 值

地区名称	朝 向							
	北	东北	东	东南	南	西南	西	西北
北 京	1.00	0.51	0.15	0.09	0.17	0.17	0.41	1.00
天 津	1.00	0.41	0.21	0.11	0.14	0.18	0.41	1.00
塘 沽	0.90	0.55	0.55	0.21	0.30	0.30	0.71	1.00
承 德	0.68	0.12	0.04	0.04	0.06	0.41	1.00	1.00
张 家 口	1.00	0.41	0.02	0.03	0.02	0.09	0.34	1.00
唐 山	0.59	0.45	0.64	0.45	0.19	0.68	1.00	1.00
保 定	1.00	0.71	0.07	0.38	0.92	0.92	0.41	0.71
石 家 庄	1.00	0.71	0.48	0.68	0.48	0.56	0.86	0.86
大 同	1.00	0.54	0.03	0.05	0.07	0.29	0.41	1.00
太 原	0.91	0.41	0.12	0.23	0.33	0.24	0.71	1.00
海 拉 尔	0.26	0.16	0.41	1.00	1.00, 0.70	0.60	0.60	
赤 峰	0.51	0.21	0.11	0.07	0.57	1.00	1.00	0.63
呼和浩特	0.71	0.24	0.08	0.16	0.23	0.16	0.71	1.00
抚 顺	0.71	1.00	0.71	0.03	0.12	0.28	0.28	0.30
沈 阳	1.00	0.71	0.26	0.29	0.41	0.35	0.29	0.71
锦 州	1.00	1.00	0.41	0.07	0.20	0.20	0.20	0.71
鞍 山	1.00	1.00	0.12	0.27	0.53	0.53	0.16	0.54
大 连	1.00	0.71	0.12	0.07	0.15	0.15	0.12	0.49
吉 林	0.27	0.19	0.14	0.20	0.71	1.00	0.77	0.32
长 春	0.33	0.33	0.13	0.25	0.71	1.00	0.89	0.37
四 平	0.37	0.37	0.26	0.63	1.00	1.00	0.66	0.35
延 吉	0.41	0.02	0.01	0.01	0.03	0.65	1.00	1.00
齐齐哈尔	0.95	0.68	0.10	0.27	0.44	0.44	0.71	1.00

地区名称	朝 向							
	北	东北	东	东南	南	西南	西	西北
安 达	0.80	0.57	0.17	0.41	1.00	1.00	0.71	0.95
哈 尔 滨	0.27	0.13	0.18	0.71	1.00	0.87	0.70	0.56
杜 尔 江	0.12	0.08	0.06	0.15	0.29	0.71	1.00	0.71
烟 台	1.00	0.61	0.25	0.15	0.37	0.64	0.64	1.00
济 南	0.41	1.00	1.00	0.41	0.57	0.57	0.23	0.11
青 岛	1.00	0.71	0.06	0.09	0.19	0.19	0.41	0.98
郑 州	0.85	0.91	0.65	0.15	0.21	0.41	1.00	1.00
洛 阳	0.41	0.44	0.44	0.18	0.10	0.41	1.00	1.00
拉 萨	0.14	0.46	1.00	1.00	0.41	0.39	0.39	0.22
西 安	0.71	1.00	0.71	0.25	0.44	0.51	0.36	0.22
韶 泉	0.63	0.39	0.47	0.47	0.60	1.00	1.00	0.88
兰 州	0.97	1.00	1.00	0.73	0.52	0.18	0.16	0.51
西 宁	0.04	0.04	0.72	1.00	0.72	0.12	0.05	0.05
银 川	1.00	1.00	0.41	0.32	0.26	0.18	0.66	0.93
乌鲁木齐	0.35	0.32	0.54	0.76	1.00	0.71	0.23	0.35

二、换气次数法

由门、窗缝隙渗入室内冷空气耗热量也可按下式进行估算：

$$\begin{aligned}
 Q_L &= 0.278nV_n \cdot \rho c(t_n - t_w) \quad (\text{W}); \\
 &= 0.24nV_n \cdot r_w(t_n - t_w) (\text{Kcal/h}); \quad (1-5)
 \end{aligned}$$

式中 Q_L ——冷渗耗热量 $\text{W}(\text{Kcal/h})$;
 V_n ——房间名称 (m^3) ;
 ρ ——空气密度 (kg/m^3) ;
 n ——换气次数 (次/h) ;可换表 1-5 选用,其它符号意义同前。

冷风渗入量折算为房间的换气次数 n

表 1-5

房间共有外窗、 外门的暴露面数	1 面	2 面	≥ 3 面
房间换气次数 次/h	$\frac{1}{4} \sim \frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} \sim 1$	$1 \sim 1 \frac{1}{2}$

注:本表适用于冬季室外平均风速 $W_s \leq 3\text{m/s}$ 的地区。

三、百分数法

冷渗耗热量也有采用占建筑的总耗热量的百分数的方法来确定的。工业建筑常用此法。由于工业建筑厂房较高,室内外温差造成的热压较大,冷风渗透耗热量较多。一般采用这种粗略办法进行计算。其百分数见表 1-6。

冷风渗透耗热量占建筑物外围结构总耗热量的百分数(%)。

表 1-6

玻璃窗性质	建筑物的高度 (m)		
	<4.5	4.5~10	>10
单 层	25	35	40
单双层均有	20	30	35
双 层	15	25	30

上述三种计算方法,其计算结果相差很大,究竟采用何种方法计算更为妥当,“工业企业采暖通风和空气调节设计规范”认为缝隙法比较合理,推荐采用,但缝隙法计算麻烦,且有些数据尚不完整。不少的设计单位,对民用和公共建筑物均采用换气次数法计算其冷渗耗热量,因此法简便易行,又偏于安全,所以它得到了较普遍的应用。只有工业厂房才采用百分数法进行估算。

第三节 围护结构耗热量的简化计算

围护结构的耗热量计算,按基本耗热量,冷渗耗热量和其他附加耗热量对每个房间各个部分进行计算是十分繁琐的,工作效率很低,远不适应设计工作的需要。设计工作本身要求速度快,效率高,数据准确可靠的简单计算方法,这就给我们提出了围护结构耗热量简化计算问题。不少的科研设计人员,对耗热量简化计算问题进行了大量的研究,提出了一些方法,并在实践中得到了应用。这里将介绍三种适用性强简便的计算方法,供设计者采用。

所有的简化算法,都是事先作出各种围护结构的单位耗热量表或曲线图,使用时,将查出之数值乘以相应的数值(温差、面积等),即可算出房间的总耗热量。下面对简化算法分别予以介绍:

一、综合指标表格法

1. 简化计算公式

(1) 外墙

$$\begin{aligned} Q_1 &= K_1 F_1 (t_n - t_w)(1 + \beta) \\ &= K_1 h a (t_n - t_w)(1 + \beta) \\ &= q_1 a \Delta t \end{aligned} \quad (1-6)$$

式中 Q_1 ——外墙的总耗热量, W;
 K_1 ——外墙的传热系数, W/m²·°C;
 F_1 ——包括窗面积在内的外墙的总面积, m²;
 h ——外墙的高度, m;
 a ——外墙的长度(开间), m;
 Δt ——室内外采暖设计温差, °C
 β ——风力和方向附加之和的百分数;
 q_1 ——外墙的综合传热指标, W/m²·°C。

见表 1-7、1-8、1-9。

(2) 外窗

$$\begin{aligned} Q_2 &= K_2 F_2 (t_n - t_w) (1 + \beta) - K_1 F_2 (t_n - t_w) (1 + \beta) \\ &= (K_2 - K_1) F_2 (t_n - t_w) (1 + \beta) \\ &= (K_2 - K_1) L_2 h_2 (t_n - t_w) (1 + \beta) \\ &= q_2 \cdot \Delta t \cdot h_2 \end{aligned} \quad (1-7)$$

式中 Q_2 ——窗的名誉传热量, W;
 K_2 ——窗的传热系数, W/m²·°C;
 F_2 ——外窗的面积, m²;
 h_2 ——外窗的高度, m;
 L_2 ——外窗的宽度, m;
 q_2 ——外窗名誉综合传热指标, W/m²·°C; $q_2 = (K_2 - K_1) L_2 (1 + \beta)$

见表 1-10、1-11、1-12。

其它符号意义同前。

(3) 天棚

$$\begin{aligned} Q_3 &= K_3 F_3 (t_n - t_w) \cdot \alpha, W; \\ &= q_3 \cdot \Delta t \cdot \alpha \end{aligned} \quad (1-8)$$

式中 K_3 ——天棚的传热系数, W/m²·°C;
 F_3 ——天棚的传热面积, m²;
 α ——温差修正系数, 与室外大气相通 $\alpha=1$;
 q_3 ——天棚的综合传热指标, W/°C, 见表 1-13。

(4) 地板(一面外墙)

$$\begin{aligned} Q_4 &= K_4 F_4 (t_n - t_w) \\ &= (K_1 F_1 - K_2 F_2 + K_3 K_4 + K_5 F_5) (t_n - t_w) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= (K_1 ab_1 + K_2 ab_2 + \dots)(t_n - t_w) \\
&= \Sigma k_n ab_n \Delta t \\
&= q_4 M
\end{aligned}$$

式中 K_1 ——地板的综合传热系数, $W/m^2 \cdot C$;
 F_4 ——地板的传热面积, m^2 ;
 K_1, K_2, K_3, K_n ——地面各地带的传热系数, $w/m^2 \cdot C$;
 a ——外墙的长度(开间), m ;
 b_n ——各地带的宽度, m ;
 q_4 ——地板的综合传热指标, w/C ;

见表 1-14。

(5) 外门

$$\begin{aligned}
Q_5 &= K_5 F_5 (t_n - t_w)(1 + \beta) \\
&= K_5 h_5 L_5 (t_n - t_w)(1 + \beta) \\
&= q_5 \Delta t (1 + \beta)
\end{aligned} \tag{1-10}$$

式中 K_5 ——外门的传热系数, $w/m^2 \cdot C$;
 F_5 ——外门的面积, m^2 ;
 h_5 ——外门的高度, m ;
 L_5 ——外门的宽度, m ;
 β ——外门开启和方向附加之和的百分数;
 q_5 ——外门的综合传热指标, $w/m^2 \cdot C$ 。见表 1-15。

房间的总耗热量为上述各项耗热量与冷风渗透耗热量之和。即:

$$\begin{aligned}
Q &= Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 \\
Q &\text{——房间总耗热量, } W; \\
Q_6 &\text{——冷风渗透耗热量, } W;
\end{aligned} \tag{1-11}$$

对中间楼层只有 Q_1, Q_2, Q_6 三项耗热, 只有楼层为一层的建筑物。才包括上述各项耗热, 其他情形只包括其中某几项耗热。

2. [例题 1]

大连市某住宅, 一砖半红砖外墙, 内抹灰单层木窗, 窗尺寸为 1.8×1.5 米, 开间为 3.6 米, 进深 1.8 米, 层高 2.8 米, 水泥地面、空心板顶棚, 试计算南向一面外墙的顶层、标准层和底层房间的耗热量。

[解] 标准层的房间耗热量

1. 外墙的耗热量

查表 1-7, 取 $\beta = (-15 + 5)\% = -10\%$, $q_1 = 3.92 \text{ W/m}^2\text{C}$ 。

$$Q_1 = q_1 \Delta t_a = 3.92 \times (18 + 11) \times 3.6 = 409.2 \quad \text{W (353 kcal/h)}$$

②外窗的耗热量

查表 1-8, 取 $\beta = -10\%$, $q_2 = 6.94 \text{ W/m}^2\text{C}$

$$Q_2 = q_2 \Delta t_{h_2} = 6.94 \times 29 \times 1.5 = 301.9 \text{ W} = (256 \text{ kcal/h})$$

③冷渗的耗热量:按换气次数法计算有:

$$\begin{aligned} Q_3 &= 0.28 r V n (t_n - t_w) \\ &= 0.28 \times 1.3 \times 3.6 \times 4.8 \times 2.6 \times 29 \times 0.5 \\ &= 237.1 \text{ W (204 kcal/h)} \end{aligned}$$

④标准层房间的耗热

$$Q_k = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 409.2 + 301.9 + 237.1 = 948.2 \text{ W (815 kcal/h)}$$

⑤天棚的耗热

按空心板沥青珍珠岩保温常规作法, 取其传热系数 $K = 0.75 \text{ W/m}^2\text{C}$ 。天棚面积 $F = 3.6 \times 1.8 = 17.28 \text{ m}^2$

查表 1-9 得出 $q_4 = 13 \text{ W/C} = (11.2 \text{ kcal/h}^{\circ}\text{C})$

$$Q_4 = q_4 \Delta t_a = 13 \times 29 \times 1 = 377 \text{ W (325 kcal/h)}$$

⑥计算顶层房间耗热量

$$Q_k = Q_k + Q_4 = 948.2 + 377 = 1325.2 \text{ W (1139.5 kcal/h)}$$

⑦计算地板的耗热量

根据外墙长 3.6m, 内墙长 4.8m 查表 1-10, 得

$$q_5 = 5.34 \text{ W/C} (4.6 \text{ kcal/h}^{\circ}\text{C}) \text{ W}$$

$$Q_5 = q_5 \Delta t = 5.34 \times 29 = 154.9 \text{ W (133.2 kcal/h)}$$

⑧计算底层房间耗热量

$$Q_k = Q_k + Q_5 = 948.2 + 154.9 = 1103.1 \text{ W (948.5 kcal/h)}$$

通过例题可以看出, 这种方法虽然使计算得到一定程度的简化, 提高了设计速度, 但简化的深度不够, 仍较麻烦, 必须改进。下面介绍一种更简便的图解法。

二、综合系数图解法

综合系数图解法的实质, 就是将房间垂直面、水平面、冷渗等单位耗热量, 绘制成曲线, 使用时, 在曲线图上查出所需要的数据, 然后进行简单的计算, 就可得出房间的总耗热量。

1. 简化计算公式

(1)垂直面(墙、窗)及冷渗耗热简化计算公式

垂直面的耗热主要是墙、窗的耗热, 对有阳台门的, 可视门为窗, 这样, 垂直面的简化公式即可推出:

$$\begin{aligned} Q_z &= Q_{\text{墙}} + Q_{\text{窗}} + Q_3 \\ &= K_1 F_1 (t_n - t_w) (1 + \beta) + (k_2 - k_1) F_2 (t_n - t_w) (1 + \beta) + 0.28 r n V (t_n - t_w) \end{aligned}$$

折合每平方米外墙面积温度差为 1°C 每小时的耗热量为:

$$K_z = K_1(1 + \beta) + (K_2 - K_1) \frac{F_2}{F_1}(1 + \beta) + 0.28 \times 1.3n \frac{V}{F_1}$$

$$= [K_1 + (K_2 - K_1)m](1 + \beta) + 0.36nb \quad (1-13)$$

式中 Q_1 —垂直面的总耗热量, W ;

K_1, K_2 —分别为墙、窗的传热系数, $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$;

F_1 —墙、窗面积的总和, m^2 ;

F_2 —外窗的面积, m^2 ;

r —冬季室外采暖计算温度下的空气容重, 可取 $r = 1.3\text{kg}/\text{m}^3$;

V —房间的建筑体积, 用它代替房间净体积, 虽有小的误差, 但使计算简单, 不影响计算的准确性。

n —房间的换气次数, 次/h;

b —房间的进深, m ;

m —窗墙比, 即窗的面积占墙窗面积之和的百分数;

K_z —垂直面综合传热系数, $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$;

$$\text{令 } K_{z_1} = [K_1 + (K_2 - K_1)m](1 + \beta) \quad (1-14)$$

$$K_{z_2} = 0.36nb \quad (1-15)$$

$$\text{则 } K_z = K_{z_1} + K_{z_2} \quad (1-16)$$

按公式(1-14)、(1-15)可绘制出综合传热系数曲线图, 见图 1-1。

其它符号的意义同前。

(2) 水平面耗热简化计算公式

天棚:

$$Q_3 = K_3 F_3 (t_n - t_w) \alpha$$

$$= q_3 \Delta t a \quad \text{w} \quad (1-17)$$

地面:

$$Q_4 = (K_1 ab_1 + K_2 ab_2 + K_3 ab_3 + K_4 ab_4) (t_n - t_w)$$

$$= q_4 \Delta t \quad (1-18)$$

q_3 —天棚的综合传热指标, $\text{W}/^{\circ}\text{C}$;

见曲线图 1-2

q_4 —地板的综合传热指标, $\text{W}/^{\circ}\text{C}$;

见曲线图 1-3

其它符号意义同前。

(3) 外门耗热简化计算公式

$$Q_5 = K_5 H_5 L_5 (t_n - t_w) (1 + \beta)$$

$$= q_5 \Delta t (1 + \beta) \quad (1-19)$$

q_5 —外门的综合传热指标, $\text{W}/^{\circ}\text{C}$;

见曲线图 1-4

2. [例题 2] (续[例 1])

[解] ①查曲线图 1-1, 据 $m = \frac{1.8 \times 1.5}{3.6 \times 2.8} = 0.267, \beta = -10\%$