

建筑物的保温

中国建筑工程出版社

建筑物的保温

[英]R.M.E.狄曼特 著

吕绍泉 译

中国建筑工业出版社

本书内容阐述建筑物热损失的确定，传热原理及计算方法，建筑防潮，窗的保温和保温材料特性等。可供建筑设计人员，建筑热工和采暖通风设计人员，有关科学研究人员以及建筑院校师生阅读参考。

R. M. E. Diamant
INSULATION OF BUILDINGS
THERMAL AND ACOUSTIC
Iliffe Books Ltd London 1965

* * *
建筑物的保温
吕绍泉 译

*
中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷

*
开本：787×1092毫米 1/32 印张：8 1/2 字数：186千字

1975年8月第一版 1975年8月第一次印刷

印数：1—17,380册 定价：0.63元

统一书号：15040·3224

译 者 说 明

本书节译自英国 R.M.E 狄曼特著《建筑物的绝缘（保温和隔声）》。书中介绍了建筑物热损失的确定，传热原理的计算，建筑防潮，窗子的保温和保温材料等。原作者试图把严格的传热计算（这种计算在化工、航空等工业部门已广泛应用）运用于建筑保温。译者遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导，把它译成中文，供我国有关人员参考。原书中有关隔声部分未译，此外对我国无参考价值的内容作了删除，译名定为《建筑物的保温》。

本书译稿曾由国家建委建筑科学研究院建筑物理研究所的同志们悉心校阅，并提供了不少宝贵意见，谨此致谢。

由于译者水平有限，错误之处，请读者指正。

目 录

第 1 章 建筑物的热损失	1
1-1 “度天值”的概念	3
1-2 每小时换气次数的测定方法	8
1-3 由于通风引起的显热损失	11
1-4 厨房的通风	15
1-5 其他通风渠道	17
1-6 空气循环热交换器	21
第 2 章 保温机理	26
2-1 墙体的总传热系数 U 值	28
2-2 边界层传热	28
2-2-1 自然对流	30
2-2-2 强迫对流	31
2-2-3 辐射	33
2-3 吸收、反射和放热	35
2-3-1 在太阳辐射下板的表面温度的计算	38
2-3-2 斯蒂芬-波尔兹曼方程的简化	40
2-4 综合温度	41
2-4-1 综合温度和墙体在特殊情况下热损失的计算	43
2-5 通过墙体空气间层的辐射传热计算	44
2-6 空气间层的对流传热	45
第 3 章 总传热系数的计算	52
3-1 原理	52

3-2	具有空气间层的砖墙总传热系数的计算	54
3-3	热桥	57
3-3-1	挑出的阳台板	59
3-3-2	地板的联接处	60
3-3-3	墙角	62
3-3-4	窗	63
3-3-5	墙体联系件	63
3-3-6	灰尘的集结	64
3-4	建筑物热损失计算的直线回归分析	66
3-5	墙体保温的经济性	68
3-6	地板的热传导	72
第4章	墙体的间歇受热和冷却	78
4-1	热扩散系数	78
4-1-1	计算	80
4-2	室外温度波动的传播	81
4-3	在24小时周期内通过各种型式墙面的传热	84
4-4	导热系数的测定方法	86
4-5	热敏电阻	90
4-6	在温度变化的条件下墙体保温的测定	98
4-7	保温材料在墙体中的安放位置	99
4-7-1	保温材料设置在墙体的外侧	100
4-7-2	保温材料设置在其他建筑材料夹层之中	100
4-7-3	保温材料设置在墙体内侧	101
第5章	水蒸气的扩散和冷凝	104
5-1	引言	104
5-2	墙体保温层内部的冷凝	109
5-3	屋面结构	117
5-4	含湿量对多孔保温材料保温效果的影响	119
5-5	德国对内外表面贴有木棉板混凝土墙体的试验	124

第 6 章 建筑构件的水分渗透	123
6-1 引起水分上升的毛细作用	123
6-2 现代的防潮方法	130
6-3 雨水与墙体的接触	132
6-4 水平方向毛细运动的理论分析	134
6-5 在毛细材料中水分的分布	136
6-6 毛细管中水蒸气的冷凝	136
6-7 多孔材料的干燥率	141
6-8 降雨特性	143
6-9 试验技术	143
6-9-1 英国建筑研究所试验墙体	143
6-9-2 通过建筑材料的水蒸气扩散	145
6-9-3 测定墙体的含水量	146
第 7 章 通过窗子的热损失	151
7-1 通过窗子玻璃的传热	154
7-2 通过窗子传入的太阳和天空辐射热	158
7-2-1 玻璃的辐射传热	159
7-2-2 通过玻璃窗与太阳辐射热量的测定	161
7-2-3 软百叶帘的使用	163
7-3 双层玻璃窗的几种形式	164
7-3-1 密封双层玻璃	165
7-4 三层密封窗扇	171
7-4-1 密封窗子的间层中填充空气和其他气体的比较	171
第 8 章 双层窗	174
8-1 窗框的热阻	178
8-2 玻璃和空气间层的热工性能	179
8-3 三层玻璃窗	181
8-4 双层窗的经济性	183

第9章 建筑保温材料	189
9-1 保温材料必须具备的特性	189
9-2 加气混凝土	192
9-3 石膏	198
9-3-1 保温墙板	198
9-3-2 石膏顶棚板	198
9-3-3 压制石膏木丝板	200
9-4 膨胀高炉矿渣	200
9-4-1 泡沫矿渣砌块	202
9-5 喷射石棉	202
9-6 蛭石	204
9-6-1 松散填充蛭石	205
9-6-2 蛭石混凝土	205
9-7 椰子纤维	208
9-8 鳗草席	208
第10章 多孔和反射保温材料	211
10-1 多孔材料	211
10-2 多孔保温材料中实体部分与孔隙中空气之间的关系	214
10-3 波形纸板保温材料	215
10-4 软木板	216
10-5 矿棉	217
10-6 玻璃纤维	222
10-7 铝箔反射保温材料	226
10-7-1 太阳辐射的隔离	229
第11章 泡沫塑料	233
11-1 建筑上采用的泡沫塑料	234
11-2 乙烯基泡沫	236

11-3	泡沫聚乙烯	238
11-4	膨胀聚丙烯及其同类材料	240
11-5	膨胀聚氨基甲酸乙酯	240
11-6	膨胀聚苯乙烯	241
11-6-1	生产过程	243
11-6-2	保温屋面	246
11-7	脲醛泡沫	248
11-8	酚醛泡沫	253
11-8-1	制造过程	254
11-8-2	酚醛泡沫的特性	254
11-9	膨胀硬橡胶	257
11-10	卷曲状醋酸盐毡	259
英制和公制单位换算表		263

第 1 章 建筑物的热损失

为了能够得到各种建筑物，如办公室、工业厂房、医院、学校和住宅的最经济采暖方法，我们应当考虑下述两个方面的因素^{[1]、[2]}：

(1) 采暖热量的产生应尽可能地经济，即选择采暖设备时应使单位有效热量的价格尽可能地低。此价格受下列因素的影响：

- 1) 每单位采暖热量的燃料价格。
- 2) 燃料的利用效率。
- 3) 设备的投资、管理和折旧费。
- 4) 设备清洗、维修所需的劳力和材料费用。

5) 采暖设备在使用过程中产生的灰尘所需的额外清洗费用。

在确定建筑物中采用那种最好的采暖设备时，真能全面地考虑上述所有因素是有困难的。一般情况是，把 1) 看作为主要因素，而对所包含的其他因素则并不重视。

(2) 必须使建筑物所得到的热量与损失的热量取得平衡。根据这个能量平衡原理就能够确定减少热损失的最佳方法。

在一般建筑中有下列热量的来源（见图1-1）：

- a. 采暖设备所提供的有效热量。

b. 电灯、炉灶、热水器的发热和家庭用的洗衣机、吸尘器、冰箱等设备的马达发出的热量。

c. 人体的放热量。当许多人集合在一个有限的空间内，如电影院、商店等，这种因素就应当引起重视（一个成年人散发的热量平均在 $300 \sim 500 \text{ Btu/小时}$ ① 之间）。

d. 通过玻璃窗所得到的太阳辐射热。这在冬季来说特别重要。北向窗子的房间比南向窗子的房间所需的采暖热量要大得多。

e. 通过墙体所得到的太阳辐射热。它比通过窗子所得到的太阳辐射热小得多，主要在强烈的阳光照射下，才能感觉到。墙体外表面吸收了太阳辐射热，然后通过导热和对流将热量传入室内。

建筑物的热损失（图1-1）主要有以下几点：

f. 由于通风所产生的热损失。室内被加热的空气通过

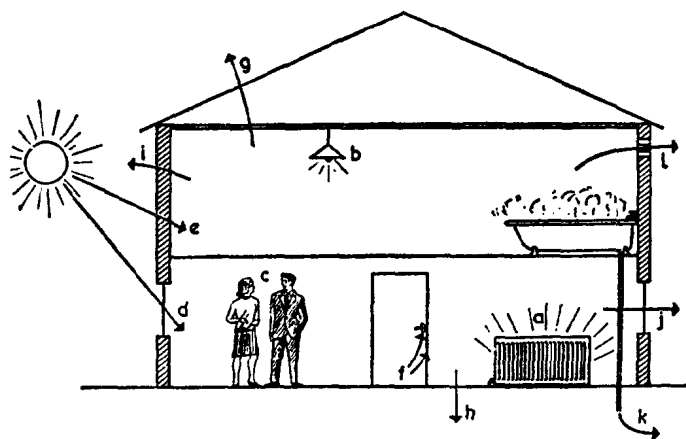


图 1-1 建筑物中的热平衡

① Btu—英制热量单位， $1 \text{ Btu} = 0.252 \text{ 千卡}$ 。

门窗下部的缝隙、门的开启、通风设备及锁孔等传至室外。假如采暖设备装有与室内空气连通的烟囱时，那么大量的室内热量就会通过烟囱传至室外，被排出的热空气就为冷空气所代替。

g. 屋面的热传导。

h. 地面的热传导。

i. 墙体的热传导。

j. 通过窗子的热传导和辐射传热。

k. 排除热水所带走的热量（显热）。

l. 室内水分的蒸发，这部分水蒸气排出室外时所带走的热量（潜热）。

如果要使建筑物损失的热量和得到的热量平衡，则可用下述公式表达：

得到的总热量 = 损失的总热量

$$a + b + c + d + e = f + g + h + i + j + k + l$$

我们可以研究上述各种不同情况下的热损失，并提出使热损失减少到最低限度的方法。这些方法可以使采暖设备提供室内的热量有所减低，从而使室内采暖所消耗的燃料相应地减少。

1-1 度天值 (Degree day) 的概念

确定一个国家中各地区或不同国家的房屋保温程度的主要根据就是每年度天值^{[3], [4], [5]}。每年度天值是每天的平均室外温度和适宜的室内温度（基准温度）差的年总和，如果室外温度超过基准温度，则度天值计为零（即负度天值不计）。遗憾的是由于各国采用的单位不同，因此很难进行比较。在美国计算度天值时的基准温度取为 65°F。而在英国

确定集中供暖建筑物实际需要的热量时，则采用几种不同的计算方法。

英国煤气协会标准 (Gas Council standard)，假定建筑物为 24 小时全天供暖，基准温度为 60°F 。英国劳动部 (MOW^①) 规定，当连续采暖时，每日 (不包括星期六和星期日) 晨六点到晚六点供暖的基准温度为 65°F ，夜晚和星期六及星期日的基准温度为 55°F 。当间歇采暖时，每天白天供暖，夜间和星期六及星期日不供暖，则基准温度为 65°F 。

下表示出在苏格兰 (Scotland) 西部某一地区采用上述不同计算方法所得的度天值。

计 算 方 法	每 年 度 天 值
美国基准温度 65°F	5720
英国煤气协会	4523
英国劳动部，连续采暖	2748
英国劳动部，间歇采暖	1416

对学校 and 办公室建筑物来讲，英国劳动部连续采暖的度天值计算方法与实际需要的采暖负荷是十分接近的。计算采暖度天值“ E ”的经验公式有下述的两种方法。称为HVRA^②方法 1 和 HVRA 方法 2，这两个公式给出了实际需要的采暖负荷。

① MOW·系·Ministry of Works的缩写字。——译注

② HVRA是Heating and Ventilating Research Association的缩写字，中译名：采暖通风研究协会。——译注

HVRA 方法 1

$$E = \frac{24d(65 - t_a)}{35}$$

式中 d —— 供暖天数;

t_a —— 采暖期室外平均温度;

n —— 按基准温度 60°F (煤气协会) 计算的每年度天值。

HVRA 方法 2

$$E = \frac{24n}{35}$$

上述计算公式是以特定的采暖公共建筑为依据, 从经验中求得的。在采用公制单位的国家中, 基准温度一般采用 17°C , 但在实际上也有出入。遗憾的是即使采用相同的单位制度也不可能直接把一种度天单位换算成另一种度天单位。例如英制单位度天值, 从基准温度为 60°F 换算成 65°F 时, 首先必须知道每年低于 60°F 和 65°F 的天数, 以及温度在 60°F 和 65°F 之间的近似时间周期。显然这些数值在不同地区都有巨大的差异。当在同一个气候分区中, 如在英国计算度天值时, 可近似地估计其所需要的采暖时间约为 8 个月。这样如果要求从基准温度 60°F 换算成基准温度为 65°F 时度天值就应增加 $5 \times 30 \times 8 = 1200$ 度天, 如果从基准温度 65°F 转化为基准温度 60°F 的话则应减去 1200 度天。假如要求精确的换算, 就应当在坐标纸上列出每天的温度曲线, 然后用求积仪测出曲线下面所围成的面积(图1-2和1-3)。

应用与上述差不多相同的方法, 当需要把基准温度为 17°C 的公制度天值换算成基准温度为 65°F 的英制度天值时, 首先应当将公制度天值乘以 $\frac{9}{5}$, 然后加上或减去以华氏($^\circ\text{F}$) 计算的基准温度的差值, 再乘以该地区低于 65°F 和公制基准温度 17°C 时的平均天数。

【例题】^[4]

A. 挪威卑尔根 (Bergen) 市公制基准温度 17°C 时度天

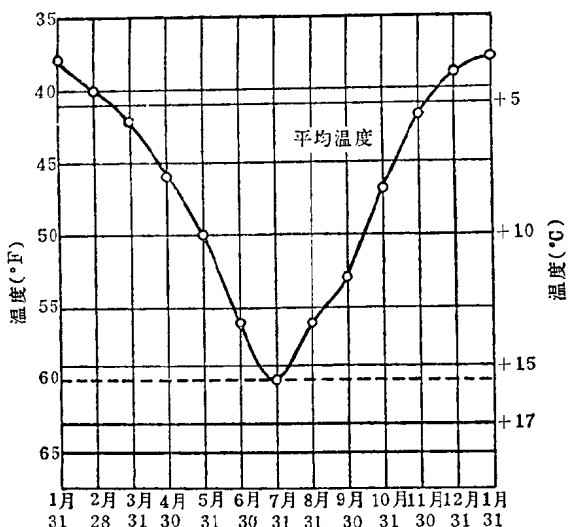


图 1-2 英国① Aberdeen 地区采用不同基准温度时的度天值。度天值等于图中曲线与基准温度线所围成的面积

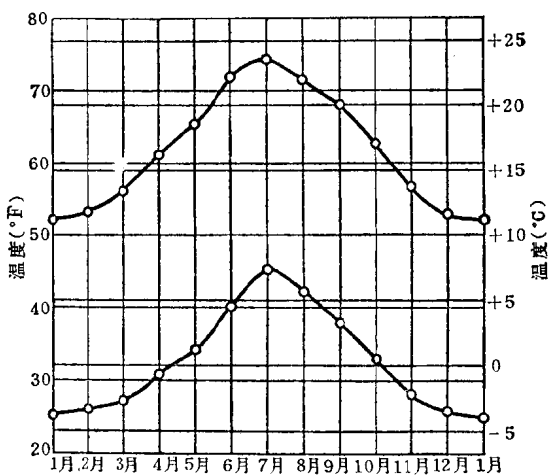


图 1-3 英国Aberdeen地区月最大和最小温度

① Aberdeen市, 中译名阿伯丁位于英国北部地区, 约北纬57°。——译注

值为 3011, 换算成英国以 65°F 为基准温度的度天值将等于多少。我们可首先将公制度天值换算成华氏度天值。

$$\frac{3011 \times 9}{5} = 5420$$

根据挪威的统计资料得知低于平均温度 62.6°F (17°C) 的天数可达 365 天, 也就是说全年都低于这个数字。因此以基准温度 17°C 时度天值 3011 换算成英制基准温度 65°F 的度天值是

$$5420 + 2.4 \times 365 = 6296$$

B. 瑞士苏黎士 (Zurich) 市公制单位的度天值每年为 3230 (以 17°C 为基准温度)。当换算成英制基准温度为 65°F 的度天值, 则

$$3230 \times \frac{9}{5} = 5814$$

苏黎士地区每年低于 17°C 的天数为 200 天, 而低于 65°F (18.3°C) 者为 208 天, 因此准确的英制基准温度 65°F 的度天值等于

$$5814 + 2.4 \times 204 = 6303$$

各地区的度天值 (基准温度 65°F) ⁽⁶⁾

阿伯丁 (英) 6741 (北纬 57°)	纽约 (美) 5348 (北纬 41°)
芝加哥 (美) 6337 (北纬 41°)	巴黎 (法) 5205 (北纬 49°)
哥本哈根 (丹) 6904 (北纬 56°)	匹斯堡 (美) 5194 (北纬 41°)
格拉斯哥 (英) 6248 (北纬 56°)	罗马 (意) 2370 (北纬 42°)
汉堡 (德) 6421 (北纬 52°)	旧金山 (美) 3249 (北纬 36°)
伦敦 (英) 5304 (北纬 51°)	斯德哥尔摩 (瑞典) 8147 (北纬 59°)
曼彻斯特 (英) 5488 (北纬 54°)	维也纳 (奥) 5667 (北纬 48°)
莫斯科 (苏) 9657 (北纬 55°)	苏黎士 (瑞士) 6303 (北纬 47°)

注: 表中国别和纬度 (近似) 系译者加注。

1-2 每小时换气次数的测定方法

通常可将示踪气体放入室内，然后用热线分析仪在一定间隔时间内测定空气中含有示踪气体的数量。

测定仪器的线路详见图1-4。有两条热线安置在铜箱中，一个铜箱中充满参考气体，另一个充满所要分析的气体（确定换气次数时最普遍采用的分析气体是氢气）。室内空气以常量通过过滤器除尘后被压入铜箱内。从电流表中即可直接读出数字，电流的大小与示踪气体的浓度成正比。因为分析气体导热系数的变化会引起热线电阻的变化，使电流表产生线性偏转。

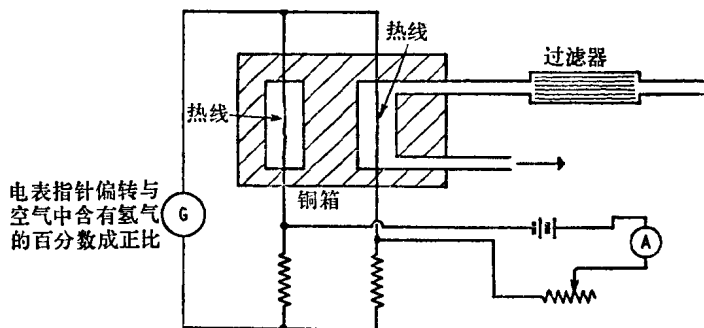


图 1-4 测定每小时换气次数的仪器的电路图

如果 n 是每小时的换气次数， c 是氢气的浓度、以百分数表示， t 是时间、以分表示。则

$$n \cdot c \cdot dt = -dc$$

$$n = \frac{1}{t} \log_e \frac{c_0}{c_t}$$

式中 c_0 ——氢气的最初浓度，%；

c_t ——在七分钟之后的氢气浓度，%。