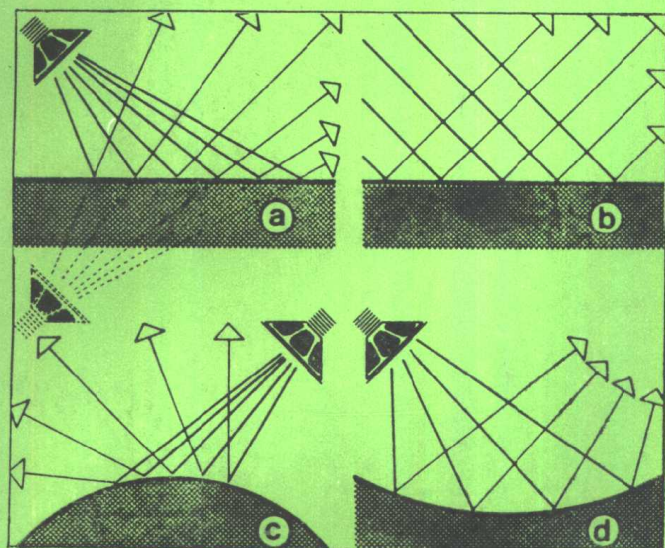
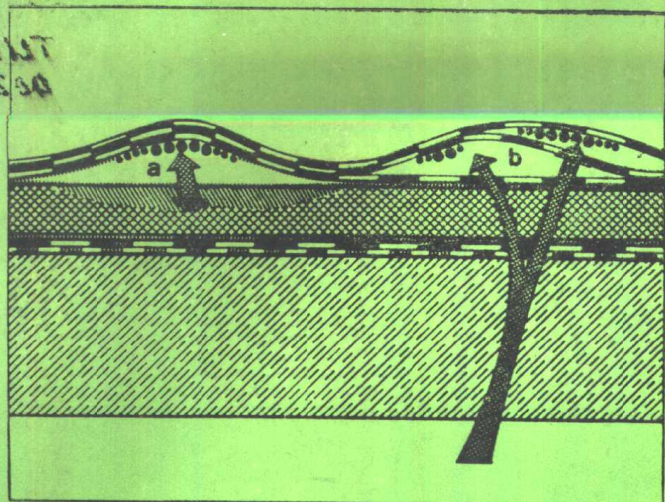


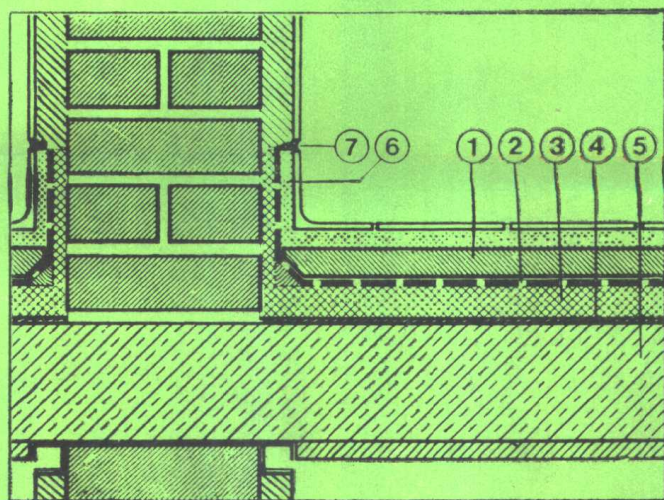
81117
5590

(联邦德国) E. 希尔德 等著
岳文其 叶恒健 林若慈 译



建筑环境物理学

——在建筑设计中的应用



中国建筑工业出版社

建筑环境物理学

——在建筑设计中的应用

[联邦德国] E. 希尔德等著
岳文其 叶恒健 林若慈 译

中国建筑工业出版社

本书是一本比较适合于建筑师阅读的、内容比较全面的、有实用价值的建筑物理环境设计参考书。原著为德文版。本书转译自1981年由英国M·芬堡(M·Finbow)翻译改编的英文版。书本阐述了建筑环境物理学的基本原理,用建筑师最喜闻乐见的图表形式,为他们提供了大量的设计建议、数据和构造方案。

全书包括热、自然光和声音三大部分共13章,即热绝缘、水蒸汽扩散、结构的热变位、天然采光、日照、阳光控制、隔声、户外噪声、室内声学、空气声隔声、撞击声隔声、侧向传声、家用设备噪声。附录中列有大量的设计数据和构造方案。

本书可供从事建筑设计工作的建筑师、工程师以及建筑院校的师生参考。

Erich Schild et al
Environmental Physics in Construction
Its Application in Architectural Design
Granada Publishing Limited (1981)

建筑环境物理学
——在建筑设计中的应用
岳文其 叶恒健 林若慈 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
北京市平谷县大华山印刷厂印刷

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 17 字数: 414千字
1987年12月第一版 1987年12月第一次印刷

印数: 1—8200册 定价: 3.25元
ISBN 7-112-06055-6/TU·26

统一书号: 15040·5366

译 者 的 话

奉献给读者的这本建筑环境物理学，译自1981年英国格兰那达出版社出版的英文版。它的原著是联邦德国1977年出版的德文版，由亚琛技术大学的E·希尔德教授和几位工程师在对大量建筑事故深入分析研究的基础上编写而成。在主持英文版的出版过程中，英国的编者M·芬堡先生又结合英国和美国的建筑实践，对原著作了改编和补充。因此可以说，这本书反映了联邦德国、英国和美国在建筑物理环境设计方面的丰富实践经验和最新研究成果。

译者通过本书的翻译，深感它的确是一本比较适合于建筑师阅读的、内容比较全面的、有实用价值的建筑物理环境设计参考书。正如本书英文版编者在前言中所说的，迄今所报导的大量建筑事故中，许多构造事故实际就是“环境”事故，是由于建筑师和工程师们缺乏环境物理学的基本观点，没有掌握新材料和新构造的物理效应所造成的。因此，出版这本书的目的，就是给建筑师以环境物理学的基本原理，用建筑师最喜闻乐见的图表形式，为他们提供大量的设计建议、数据和构造方案。

我国的建筑师和工程师们在设计中忽视建筑物理环境功能的情况，比起国外有过之而无不及。原因一是由于建筑师在设计创作中较普遍地存在着重艺术轻技术的倾向，二是缺乏深入浅出的、图文并茂的、实用的建筑物理环境设计图书，供建筑师参考。译者正是鉴于上述原因，才自不量力，将本书译出，希望建筑师们能对它感兴趣。如果本书的翻译出版，能对提高建筑师的环境物理学素养，从而在设计中大大提高和改善建筑环境设计功能，则译者幸甚。

本书的前言和1~3章由岳文其翻译，4~6章由林若慈翻译，7~13章由叶恒健翻译。全书由岳文其作了统校。在翻译过程中，曾得到许多同志的指导和帮助，在此表示衷心的感谢。限于译者的外文水平和专业水平，书中讹误在所难免，谨请行家和读者批评指正。

译 者

1987年3月

英文版前言

本书的背景

大量有关建筑事故情况的报导，以及其后需要进行大面积的修补工作，突出地说明了有必要使更多的人了解和掌握环境物理学的基本原理。

在《住宅建筑中的构造事故》一书发行后，同一研究单位又出版了本书，书中重述了环境物理学的基本内容，这些基本观点是人们为防止出现影响使用的构造事故（实际上是“环境”事故）所必须考虑的。另一方面，考虑用户为实现舒适和不受干扰地使用环境的能力，同样是十分重要的。

本书所用的许多实例，虽然是关于住宅建筑的，建议也大多是针对混凝土框架建筑构造，但关于构造形式的讨论，对于许多其它类型的建筑物也同样适用。

在建筑物中使用新材料或新的构造技术时，如果没有充分了解它的物理效应，常常会出现问题。作者们从亚琛技术大学给我们提供了他们从大量的现场研究和调查中所获得的有益经验。他们还致力于解决建筑师们和工程师们从大学毕业参加工作以来所提出的一些特别困难的问题。

本书的范围

本书的取材，包括每个问题所涉及的范围，是根据实践中所遇到的问题的性质及其数量来确定的。主要包括热、自然光、声音三个部分，分为以下各章：

1. 热

- 热绝缘
- 水蒸汽扩散
- 结构的热变位

2. 自然光

- 天然采光
- 日照
- 阳光控制

3. 声音

- 隔声
- 户外噪声
- 室内声学
- 空气声隔声
- 撞击声隔声
- 侧向传声

——家用设备噪声

本书的编排

作者们的主导思想是：尽可能少讲理论，多讲必须使读者懂得的与环境设计有关的一些主要观点。如果在设计之初不理解和应用这些原理，则设计必定失败而必须重做。

每一章都分为设计准则、基本原理、设计和构造建议等几个部分，最后举一算例。在算例中系统地阐明了建议的计算方法和设计程序。并为希望作进一步深入研究的读者提供了参考文献。

计算方法

本书通过举例来阐明计算方法，以使设计者能获得定量的结果。例如：确定要求的传热系数值；预计内部凝结量；确定满足不同工作性质所需的采光量；确定建筑结构中的变位；避免夏季过热的方法；确定各种构造形式的隔声性能；确定令人满意的室内音质条件等。

在一些有特殊意义的方面，建筑师和工程师的兴趣是一致的，例如：

——内部凝结的预测

——夏季过热的防止

——建筑结构中变位的调节

指出如下一点是重要的，即大多数计算都是近似的，所给出的计算结果都是偏于安全的。通常，这些计算结果将根据给定的室内外气象条件而变化。因此，当本书给出的设计值需要用其它值代替时，应根据具体工程的地理位置及其具体条件来确定。

英国地处温带，不存在必须采取诸如日射控制这样一些措施的不利气候条件。因此，在许多情况下，那些影响到住户环境舒适条件的设计观点，不是被建筑师和建房者所忽视，就是认为比起用最少的费用获得最大的居住空间来说，这是次要的。

设计手法

不言而喻，本书所列举的设计手法多半是联邦德国所特有的。然而，基本理论是普遍适用的。在某些情况下，对于其它国家，由于气候条件或传统做法的不同，处理上会有所差异，可是所提出的各种建议都是十分有助于使设计达到最大可能的完善程度。

各章内容的主要特点如下：

热绝缘 除了提出建筑规范中规定的最低标准外，还基于为达到热舒适和节能的目的，提出了不同气候区的热阻推荐值

水蒸汽扩散 按格拉泽 (Glaser) 图解分析法分析判断内部冷凝，该法是利用结构内部的实际水蒸汽压力绝不能超过饱和水蒸汽压力的原理提出的。利用这个方法，可以估算出冷凝率及随后的蒸发干燥率。虽然有人认为这个方法实质上仍然是稳态法，不过对比英国标准 BS5250 中提出的方法还是改进了一步。当然，英国建筑研究院对该法还在研究之中，伦敦市科协在评估新型结构的性能时就是使用该法 (见 GLC Development and Materials Bulletin No.125 Dec 1979)。在美国，ASHRAE 基于格拉泽的水蒸汽扩散计算模型提出了露点温度法。

结构中的变位 这一章提出的设计方法有别于英国的惯例做法，这主要是由于联邦德国普遍处在温度变化更剧烈的气候条件之下，同时还因所用的建筑产品的特性有所不同之故。但是，有些方面可以有效地用于英国，例如朝向对温度变位的影响，建筑物施工季节

的影响，保温层上的抹面涂层的影响，以及屋顶滑动支座的设计等。

天然采光和日照 有关采光和日照方面的一些技术措施和建议，特别是有关“采光系数”和“太阳轨迹图”与国际惯例都是相近的。

阳光控制 为预计夏季室内温度和确定所需的阳光控制措施，是基于格茨（Gertis）法进行的。这是一种简化的方法，它考虑了玻璃的透热量、构件的热容量以及窗户大小等因素。目前国际标准化组织（ISO）正在对这个方法进行讨论。

声音 在这一部分的所有章节中，其原理与国际惯例是相通的。例如，防止户外噪声和创造满意的室内音质的方法，都是普遍公认的。此外，联邦德国对各种构造形式隔绝空气声和撞击声的特性，在表述方法上，与英国新的BS5821标准中所采用的隔声等级的表述方法有着直接的相关关系。这种方法类似于美国的“传声等级”法。在隔绝撞击声的情况下，这种方法能够考虑到当楼板采用不同的面板和面层时，对基板隔声性能的影响，并把这种影响转换成一单值参数。联邦德国标准中采用的最低隔声量，与1976年英国建筑法规中所规定的相近。

M·芬堡（M. Finbow）

目 录

译者的话

英文版前言

第1章 热绝缘.....1

设计准则.....1

1. 建筑构件的保温设计.....1

基本原理——传热系数和绝热特性.....1

1. 构件的热绝缘性能.....1

2. 通过建筑外围护结构的热损失.....3

3. 围护结构内表面温度的重要性.....5

设计和构造建议.....6

检验单1.....6

检验单2.....6

要求和评估.....7

1. 各个建筑构件的保温(最低限保温标准)——联邦德国保温规范.....7

2. 建筑外围护结构整体的保温(改进的保温标准).....8

3. 保证内表面的最佳温度(充分的保温规程).....10

4. 联邦德国保温标准的说明.....10

算例.....12

第2章 水蒸汽扩散.....16

设计准则.....16

1. 结构内部有害凝结的防止.....16

2. 表面凝结的防止.....16

基本原理.....17

1. 概念和参数.....17

2. 构件内部的水蒸汽压力和温度.....21

3. 内部凝结.....23

4. 夏季凝结水的蒸发.....27

5. 凝结水对热性能的影响.....31

6. 建筑构件内表面上的冷凝.....32

设计和构造建议.....34

1. 防止表面凝结.....34

2. 防止内部冷凝.....35

检验单.....41

要求和评估.....41

1. “原型评估程序”.....41

2. 利用月平均参数的计算.....43

3. 计算表面凝结量.....43

4. 有关联邦德国保温标准的说明.....45

算例.....47

第3章 结构中的热变位.....58

设计准则.....58

1. 防止有害的变形.....58

基本原理.....59

1. 概念和参数.....59

2. 变形的计算.....61

设计和构造建议.....64

1. 防止过大的长度变化.....64

2. 防止楼板过大的挠曲变形.....67

检验单.....68

要求和评估.....68

1. 气候边界条件.....68

2. 允许的差额变位 $\Delta\epsilon$ 和水平偏移角 $\tan\gamma$69

算例.....70

第4章 天然采光.....78

设计准则.....78

1. 结合室内的良好照明, 考虑窗的位置和尺寸.....78

基本原理.....78

1. 概念和参数.....78

2. 带透明玻璃窗房间的采光系数的计算.....82

设计和构造建议.....85

1. 窗的设计.....85

2. 遮挡物.....86

3. 房间尺寸.....	86	2. 声音是能量的传递者	124
4. 采光系数.....	86	3. 声音是一种生理的一心理的要素	128
5. 照明均匀度.....	87	第 8 章 户外噪声.....	132
6. 排除眩光.....	87	设计准则	132
7. 阴影强度和入射光的方向.....	87	基本原理	132
检验单.....	87	1. 概念和参数	132
要求和评估.....	88	2. 噪声源	133
1. 采光系数值.....	88	3. 噪声的传播	133
2. 均匀度.....	89	设计建议	135
算例.....	90	1. 屏蔽的空间	135
第 5 章 日照.....	95	2. 屏蔽的方法	136
设计准则.....	95	检验单	136
1. 日照和阳光控制.....	95	第 9 章 室内声学.....	138
基本原理.....	96	设计问题	138
1. 太阳轨迹图.....	96	基本原理	138
2. 阴影角规.....	97	1. 概念和参数	138
设计和构造建议.....	98	2. 改善室内音质的技术	142
1. 建筑朝向.....	98	设计和构造建议	147
2. 房间的平面布置.....	99	1. 第一类房屋	147
要求和评估.....	99	2. 第二类房屋	151
算例	100	检验单	152
第 6 章 阳光控制.....	105	要求和评估	152
基本原理	105	算例	154
1. 概念和参数	105	第 10 章 空气声隔声.....	157
2. 玻璃的能量透射率	107	设计准则	157
3. 室内围护结构的吸热	109	基本原理	158
设计和构造建议	110	1. 概念和参数	158
1. 建筑朝向和平面布置	110	2. 单层建筑构件的空气声隔声	161
2. 窗面积	110	3. 双层建筑构件的空气声隔声	165
3. 房间的围护结构	110	4. 多层建筑构件的空气声隔声	168
4. 窗的能量透射率	110	5. 缝隙和孔洞的影响	168
5. 阳光控制措施	111	设计和构造建议	171
6. 自然通风	116	1. 相邻房间	171
7. 空气调节	116	2. 单层墙	171
检验单	116	3. 双层墙	173
要求和评估	117	4. 缝隙和孔洞	175
1. 室内得热量	117	5. 楼板和屋面	176
2. 对必须的阳光控制措施的评价	118	6. 窗	177
算例	120	7. 门	179
第 7 章 隔声	122	检验单	180
物理学——生理学	122	要求和评估	181
1. 声音象波动	122		

算例	182	2. 机器的结构声衰减	214
第11章 撞击声隔声	185	3. 通风管道、通风井和管子的隔声	214
设计准则	185	设计和构造建议	215
基本原理	185	1. 平面布置	215
1. 概念和参数	185	2. 机器	215
2. 单层建筑构件的撞击声隔声	190	3. 通风井和烟道	216
3. 多层建筑构件的撞击声隔声	191	4. 通风机械设备	217
设计和构造建议	195	5. 卫生管道装置	218
1. 找平层	195	6. 电梯装置	219
2. 楼板	196	7. 其它装置产生的噪声	219
3. 吊顶	197	检验单	219
4. 木搁栅楼板	197	要求和评估	220
检验单	198	实例	220
要求和评估	198	附录	221
算例	199	表A.1 材料物性参数	221
第12章 侧向传声	204	表A.2 空气层的特性	229
基本原理	204	表A.3 根据房间用途所推荐的室内气 候条件 Q_i 和 RH_i	229
1. 概念和参数	204	表A.4 随温度而变的饱和水蒸汽压力 P_s	234
2. 建筑构件的侧向隔声	206	表A.5 隔声要求	236
设计和构造建议	207	表A.6 补充的隔声要求	237
1. 墙体	207	表A.7 允许噪声级	238
2. 吊顶	207	表A.8 在工作场所的允许噪声级	238
3. 浮筑找平层	208	图A.1~图A.3 材料和构造的吸声系数	240
4. 铺地毯的楼板	209	图A.4 屏障引起的声级降低	243
5. 阳台和楼梯	210	图A.5 不同构造节点的隔声量 R_i	243
检验单	210	图A.6~图A.11 墙体的空气声隔声量	244
要求和评估	210	图A.12 门和窗的空气声隔声量	247
实例	211	图A.13~图A.17 楼板的规范化撞击 声压级	248
第13章 家用设备噪声	212	图A.18~图A.21 楼板面层的撞击声 隔声改善效果	253
设计准则	212	参考文献	257
基本原理	213		
1. 噪声源	213		

第 1 章 热 绝 缘

设 计 准 则

1. 建筑构件的保温设计

所有的建筑外围护结构构件的设计，除了要考虑材料的选择、结构的承载能力和建筑特点以外，还包括应具备足够的保温能力。

在这一方面应满足的要求，一般由指令性的建筑法规来确定。例如在联邦德国，对保温应满足的要求，近年来由如下二个主要标准控制，即

(1) 最低限保温标准；

(2) 改进的保温标准。

此外，建房者、建筑师或工程师可以决定采用较高的热阻值。这些值虽不是必须遵守的，但它是建立在舒适标准的基础上的，由此构成了第三个标准，即

(3) 充分的保温规程。

对于第一个要求（最低限保温），建筑外围护结构仅需满足联邦德国建筑保温规范（DIN4108）和北莱因-威斯特伐利亚州政府的补充规定所规定的最低限热阻值即可，各个外围护构件都得分别单独进行计算。第二个要求（改进的保温）规定：通过整个建筑物外廓的热损耗，不得大于联邦德国保温规范规定的最大值。

这些都必须通过计算整个外围护结构的平均传热系数以及外墙面（包括门窗）的平均传热系数来校核。校核工作可以通过两种不同的方法来完成。第一种方法由于它允许绝热性较低的材料和构件与绝热性较高的材料和构件相结合，因而给设计者在建筑形式的设计上留有较大的自由度。但用这种方法设计的任何单一构件的热阻，都不得低于最低热阻值。这种计算方法只用于联邦德国，其它国家没有采用。

在第三个规程（充分的保温）中建议，墙和屋顶的内表面温度，必须确保不低于房间空气温度 3°C ，它们所必需的热阻值取决于舒适标准。墙和屋顶的计算应分别进行。

基本原理——传热系数和绝热特性

1. 构件的热绝缘性能

温度 θ 是物理学中的一个基本物理量。相互接触的两个物体，如果没有热能从一个物体传向另一个物体，则它们具有同样的温度。某种材料或气体的温度，可以看做是它们

的原子或分子动能的度量。

在物理学中,用开尔文(K)来表示温度。但在建筑科学中,则用它来表示温差,例如在传热系数 U 值中就是如此。开尔文和摄氏度同样大小,但它的刻度从绝对零度即 -273.16°C 开始,从而 0°C 即等于 273.16K 。摄氏度用来表示一个特定的温度。

在热绝缘计算中,温度是必需的基本量之一,特别是用来确定气候的边界条件,即建筑物的室外空气温度 θ_o 和室内空气温度 θ_i 。

另一个重要的物理量是热量 Q ,热量的单位是焦耳(J)(国际单位制)或千卡(kcal)。 $1\text{J}=1\text{Ws}=2.78\times 10^{-4}\text{Wh}$ 。 $1\text{kcal}=1.16\text{Wh}$ 。当围护结构的两个表面温度不同时,就会产生通过围护结构的传热现象。

当温差恒定为 $\Delta\theta$ 时,通过单层构件的热量 Q 由式(1-1)给出:

$$Q = \lambda \frac{t \times A \times \Delta\theta}{d} \quad [\text{J或W}\cdot\text{s}] \quad (1-1)$$

式中, A 为单层构件的表面积 $[\text{m}^2]$; d 为构件的厚度 $[\text{m}]$; $\Delta\theta$ 为构件两个表面的温差 $[\text{K}]$; t 为传热时间以秒 $[\text{s}]$ 计; λ 为导热系数 $[\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}]$,它表示某种建筑材料的导热特性(见附录表A.1)。

由式(1-1)可知,在其它条件相同的情况下,建筑材料的厚度 d 越大,其传热量 Q 越小;同样,建筑材料的导热系数 λ 越小,其传热量也越小。如果式(1-1)中的所有其它参量(时间、表面积、厚度)都保持不变,则 Q 与 d/λ 成反比。

材料层使通过它的热量尽可能小的能力称为它的绝热性能,由比值 d/λ 确定。 d/λ 值越大,绝热能力越好。构件的热阻 $R[\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}]$ 就是利用比值 d/λ 来确定的(图1-1)。 R 表示单层和多层构件的绝热性能。

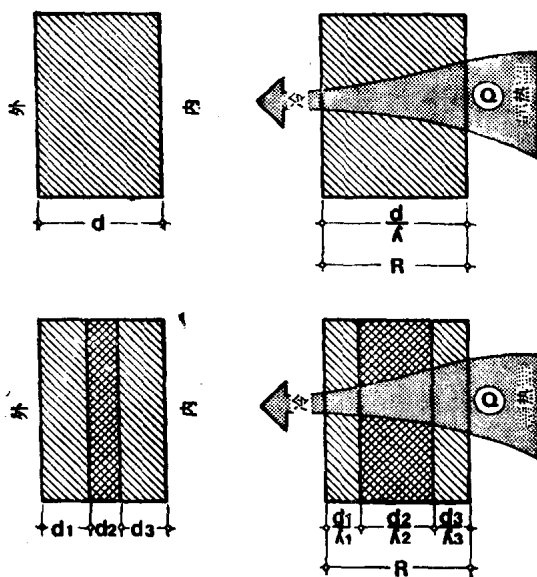


图 1-1 热阻 R

从结构热阻的观点看,它的热阻不仅取决于结构层厚度 d ,而且取决于比值 $d/\lambda = R$ (单层)或 $\sum (d_n/\lambda_n) = R$ (多层)

对于单层结构

$$R = d_1 / \lambda_1 \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad (1-2)$$

对于多层结构, 若各层的热阻分别为 d_1 / λ_1 , d_2 / λ_2 , d_3 / λ_3 , $\dots d_n / \lambda_n$, 则

$$R = \Sigma (d_n / \lambda_n) \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad (1-3)$$

如果式(1-1)中的关键项温差 $\Delta\theta$ 仅仅与外围护结构自身的性质有关, 则用热阻 R 来表征外围护结构的绝热特性, 就是完全恰当的, 但事实并非如此。

由于热对流或风的作用, 围护结构内侧的空气(温度为 θ_i)和外侧的空气(温度为 θ_e)都处于经常流动的状态, 在靠近围护结构表面处, 气流速度立即减慢, 而流动慢的空气比流动快的空气的热阻要大, 因而慢速流动的空气层的作用就像一个附加的热绝缘层。

为了表征这一附加热绝缘层, 我们引进了比表面热阻 $R_{s,i}$ [$\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}$] 的概念(“比”这一术语是表示对单位表面积而言, 因为在热工计算中大家对此都是明白的, 在以后的正文中就省略不写了)。必须指出, 对于水平构件, 它的内表面热阻 $R_{s,i}$ 是随热流方向的不同而异。对于与大地接触的构件, 其外表面热阻 $R_{s,e}$ 即为零。有关 $R_{s,i}$ 值参见附录表 A.2。

一个安装就位的建筑构件的热阻, 是外表面热阻 $R_{s,e}$, 构件热阻 $R = \Sigma (d_n / \lambda_n)$, 以及内表面热阻 $R_{s,i}$ 三者之和(图1-2), 称为总热阻 R_t , 即

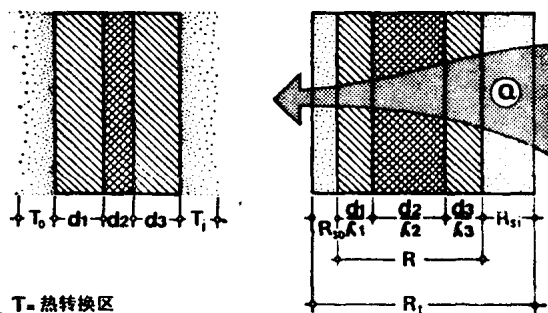


图 1-2 总热阻 R_t , 它表征围护结构的绝热能力

$$R_t = R_{s,e} + R + R_{s,i} = 1/U \quad [\text{m}^2 \cdot \text{K} / \text{W}] \quad (1-4)$$

总热阻 R_t 表示围护结构在冬季阻止来自室内的热损失的能力, 而总热阻 $1/U$ (R_t) 的倒数 U 则是表示热损失多少的一个度量, 称为总传热系数, 单位为 $\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$ 。

用建筑语言来说, 这一参数也称为 U 值。它表示室内外温差为 1°C [K] 时, 通过 1 m^2 围护结构表面所传递的热量 [W]。 U 值在计算燃料消耗和决定平均传热系数 $\bar{U}$ 时有重要意义。平均传热系数表征建筑物的平均热损失, 或表征通过面积不同的、具有不同绝热性能的各部分建筑构件的平均热损失。

2. 通过建筑外围护结构的热损失

总面积为 A_t 的建筑外围护结构, 是分别由表面积为 $A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$ 的围护结构组成, 它们的 U 值分别为 U_1 、 U_2 、 $U_3 \dots U_n$ 。

理论上, 外围护结构的平均传热系数 $\bar{U}$ 值由下式给出:

$$\bar{U} = \frac{(U_1 \times A_1) + (U_2 \times A_2) + \dots + (U_n \times A_n)}{A_t} \quad (1-5)$$

实际上, 式(1-5)只适用于在外围护结构各个表面都处于同一室内、外温差 $\theta_i - \theta_o$ 的条件下, 简单地估算整个建筑物所产生的热损失。联邦德国在实践中, 考虑到屋面对太阳辐射的吸收以及地面温度因太阳辐射而升高, 对屋面的传热系数 (U_R) 和底层地板的传热系数 (U_o) 作了调整。

根据这一情况, 式(1-5)可改变为下式(参见图1-3):^[323, 382]

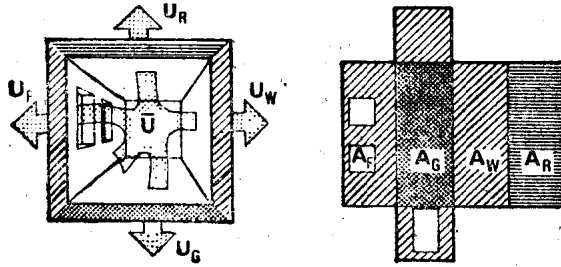


图 1-3 平均传热系数 $\bar{U}$

建筑物的 $\bar{U}$ 值取决于各个建筑构件的热损失以及它们在建筑物总表面积中所占的比例。要有效地降低 $\bar{U}$ 值, 必须在建筑物的所有外围护结构中采取保温措施

$$\bar{U} = \frac{(U_W \times A_W) + (U_F \times A_F) + (0.8 U_R \times A_R)}{A_t} + \frac{(0.5 U_o \times A_o) + (U_{FL} \times A_{FL}) + (0.5 U_{AB} \times A_{AB})}{A_t} \quad (1-6)$$

式中各个构件面积的取值规定如下:

A_W ——与室外空气接触的外墙表面积, 它由建筑物的外部尺度所决定, 取由地平面(如果底层地面高于地平面则取底层地面的上表面)至顶层的顶棚上表面(或有效绝热层的上表面)之间的面积;

A_F ——窗口(普通窗、落地窗)面积, 取窗洞尺寸;

A_R ——绝热屋面或屋盖面积;

A_o ——不与室外空气接触的建筑物的基底面积, 它由建筑物的外廓尺寸所决定。底层直接与土地接触者, A_o 即是地坪面积; 如果建筑物有不采暖的地下室, 则 A_o 即为地下室顶棚面积; 如果是采暖地下室, 则 A_o 为地下室地面面积和墙体与土地接触的面积之和;

A_{FL} ——建筑物底层与室外空气接触的地面(架空楼板)面积;

A_{AB} ——与温度较低的房间(如楼梯间、储藏室等)相邻接的围护结构的面积;

A_t ——上述各项表面积之总和。

建筑物各部分围护结构的传热系数 U 值, 可按式(1-4)计算。联邦德国通常使用的材料的导热系数 λ 值, 见附录表 A.1。对于与地面接触的建筑构件, 只计及内表面热阻 R_{si} , 见附录表 A.2。联邦德国保温规范规定的窗户容许传热系数 U_F 值, 列于表 1-1。

各种类型的窗户的传热系数 U_F

表 1-1

窗 户 类 型	玻 璃 面 的 间 距 d_g (mm)	U_F (W/m ² ·K)		
		窗 框 材 料		
		1	2	3
1. 密封窗	6	3.3	3.5	—
2. 密封窗	12	3.0	3.3	3.5
3. 三层玻璃窗	2×12	1.9	2.1	2.3
4. 双玻璃窗	20~40	2.6	2.8	3.0
5. 双玻璃窗	40~70	2.3	2.6	2.8
6. 双扇玻璃窗	≥70	2.6	—	—

窗框材料：1—木材、合成材料、木质复合材料；2—保温型钢；3—未保温型钢或混凝土。

适用范围：1. 窗面积≥1.6m²时，窗框面积≤25%窗面积；2. 窗面积≥5.0m²时，窗框面积≤15%窗面积；3. 若窗框面积大于上述比例，或要用小于表列的 U_F 值，则必须提出检验证明。

建筑师进行验算时，应该取他们国家自己的数据（ λ 、 R_s 、 U 值），因为各国数据略有不同。

在计算平均传热系数 $\bar{U}$ 时，联邦德国保温规范提供了确定建筑物基底面积 $A_o \geq 500\text{m}^2$ 的传热系数 U_o 的简化方法，但这里不能详细介绍。对于并联式住宅和半独立住宅户间隔墙的面积和传热系数取值上的不同之处，见后面“要求和评估”一节。

正如式（1-5）不能反映不同部位的围护结构的热损失的变化一样，改进了的公式（1-6）也不能保证精确地确定通过外围护结构的总热损失。因为它没有考虑到总热损失与建筑物体型之间的关系。重要的决定性的因素是建筑物的散热外表面积 A_e 和由它包围的建筑物的体积 V 这二者之间的比值。如果比值 A/V 大，则热损失也高。

从式（1-6）可以明显看出，由于 U_R 、 U_G 和 U_{AB} 都乘以缩减系数（分别为0.8或0.5），因此在计算平均传热系数 $\bar{U}$ 时，这三部分构件的热绝缘能力的重要性就相对减小，而通过建筑物立面构件即墙和窗的热损失，就显得更加重要^[322, 323, 332]。

包括墙和窗的外墙平均传热系数 $\bar{U}_{W+F}$ ，可按下式计算：

$$\bar{U}_{W+F} = \frac{(U_W \times A_W) + (U_F \times A_F)}{A_W + A_F} \quad (1-7)$$

计算时，不是按建筑物的整个外表面计算，而是按楼层逐层计算，对于隔墙的处理，见“要求和评估”一节。

为了实现按卫生和生理观点容许的室内环境条件以及避免不必要的热损失，必须使通过建筑物外围护结构的热损失尽可能地小，这就是热绝缘的主要目的。

3. 围护结构内表面温度的重要性

由于人体发散的热量大约有90%是通过辐射，因此围护结构的内表面温度对于人体的热平衡显得十分重要。

对于冷表面，即当人体温度和周围表面温度相差很大时，人就很快感到冷而不舒服。

从生理上说，最佳状态是室内空气温度与四周环境的表面温度相同。在冬天，这种状

态只有通过加热建筑外围护结构自身才能达到。除此之外,采暖房间围护结构的内表面温度 $\theta_{s,i}$ 总是低于室内空气温度 θ_i ,这是因为内表面感热阻作为一个附加的绝热层介于内表面和室内空气之间,导致了一个温度梯度。

即使不能达到 $\theta_{s,i} = \theta_i$,从生理学的要求来说,也应使二者之间的温差尽可能地小。

如果室外气温 θ_o 、室内气温 θ_i 、内表面热阻 $R_{s,i}$ 、外表面热阻 $R_{s,o}$ 都为已知,则内表面温度可按式计算:

$$\theta_{s,i} = \theta_i - \frac{R_{s,i}(\theta_i - \theta_o)}{R_{s,o} + R + R_{s,i}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (1-8)$$

温差 $\theta_i - \theta_{s,i}$ 为

$$\theta_i - \theta_{s,i} = \frac{R_{s,i}(\theta_i - \theta_o)}{R_{s,o} + R + R_{s,i}} \quad [\text{K}] \quad (1-9)$$

如果室内气温 θ_i 和室外气温不变,则温差 $\theta_i - \theta_{s,i}$ 主要决定于建筑构件本身的热阻 R 。式(1-8)与式(1-9)可由图2-5导出。

下面有关设计与施工建议是按照联邦德国的气候和经济条件而提出的。这些建议将在后面的“要求和评估”一节详加讨论。涉及联邦德国热工规范(1977)的一些要点列于检验单1。

设计和构造建议

检验单1

(1) 所有的不透明建筑构件,其最小热阻必须等于 $1.5\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ (即 $U \approx 0.6\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)。即使在因装暖气片而减薄的墙体和混凝土过梁等“冷桥”部位,也应遵守这一最低要求。

(2) 把绝热层(能防止水分渗透的)放在围护结构的外侧,比放在内侧优越,这种构造层次有利于水蒸汽扩散,有利于防止结构的热变位,有利于在夏季防止房间温度过高。

(3) 窗户至少应是密封的双层玻璃窗,其传热系数 $U \leq 3.5\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 。要注意窗户接缝的严密。窗框应选用木窗框、组合木窗框或塑料窗框。

(4) 窗户面积应尽可能地小,以有足够的天然光这一要求作为确定窗户面积的主要标准。

(5) 复杂的建筑平面形式或建筑高度的多变,将使建筑围护结构的热损失增加。

(6) 从热绝缘的观点看,对于凡有沥青油毡等防水层的构造,从理论上说,绝缘层只有布置在防水层的干的一侧才有效。

由于能源价格预计还要上涨和随之而来的其它能源的开发利用,大大提高围护结构的热阻值被普遍认为在经济上是最合算的。这些热阻值大致如下:

检验单2

(1) 外墙、屋面、地下室顶棚、与地层相接触的建筑构件,它们的每一处都必须具备 $R = 2.7\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 或 $U = 0.35\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 。

(2) 窗户:采用充以惰性气体的三层或双层窗, $R \approx 0.30 \sim 0.60\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 或 $U = 2.2 \sim 1.2\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 。使用安装紧固而密闭的滚轴百页窗(roller shutters),可以进一

步改善窗的保温性能,窗面积不超过墙面积的20%。

(3)其它的见检验单1。

要求和评估

1.各个建筑构件的保温(最低限保温标准)——联邦德国保温规范

这里的保温要求是根据1969年颁布的DIN4108^[321]以及北莱因—威斯特伐利亚州政府通告的DIN4108补充规定^[322]而提出的。外围护结构构件的最小热阻取决于它所处的保温部位,保温部位可查DIN4108,在任何情况下,它的热阻都不能低于最小热阻。应该注意,对于单位面积重量小于300kg/m²的建筑构件,应满足增大的必需热阻 R_{req} 。此外,对构造上免不了的“冷桥”部位(柱、梁、过梁、拉杆等)也规定了最低要求。上述“规范”上的要求,均归列于表1-2。

建筑构件的低限热阻(北莱因—威斯特伐利亚州)

表 1-2

建 筑 构 件	在第 I、II 保温区的 R_{req} [m ² ·K/W]	在第 III 保温区的 R_{req} [m ² ·K/W]	备 注
1	2	3	4
1.外墙20kg/m ²	1.59	2.24	在任何部位
50kg/m ²	1.20	1.72	
100kg/m ²	0.82	1.12	
150kg/m ²	0.56	0.77	
200kg/m ²	0.52	0.65	
≥300kg/m ²	0.47	0.56	
2.住宅分户墙和不同单位的工作间之间的墙	0.26	0.26	在任何部位,非集中供热
	0.07	0.07	在任何部位,集中供热
3.楼梯间墙	0.26	0.26	在任何部位
4.住宅分户楼板和不同单位的工作间之间的楼板	0.34	0.34	在任何部位,非集中供热
	0.17	0.17	在任何部位,集中供热
5.居住房间的地板 (与土地直接相连的)	0.86	0.86	在任何部位,只计算防潮层以上的各层
6.无阁楼空间的顶棚			平均值
20kg/m ²	1.59	2.24	
50kg/m ²	1.20	1.72	
100kg/m ²	0.86	1.12	
≥150kg/m ²	0.86	0.86	
	0.43	0.43	在最不利部位(冷桥)
7.居住房间的楼板 (下面有地下室)	0.86	0.86	平均值
	0.43	0.43	在最不利部位(冷桥)