

286993



高等学校試用教科書

建筑物理

“建筑物理”教材选編小組 选編



中国工业出版社

高等学校試用教科書



維力

建筑物理

“建筑物理”教材选編小組 选編

中国工业出版社

本书系根据建筑学专业建筑物理教学大纲编写而成，全书包括建筑热工、建筑光学及建筑声学三部分。

书中叙述了建筑热工、建筑光学及建筑声学的基本理论，设计原则及设计计算方法。在附录中编入了学生做作业或设计时所必需的参考资料，并提出了教学中必须掌握的基本实验项目。

本书建筑热工部分由西安冶金学院王景云主持编写；建筑光学部分由天津大学沈天行主持编写；建筑声学部分由清华大学车世光主持编写。建筑热工第六章由杭州工学院蒋鑑明和同济大学梅飞鸣作了补充。建筑光学第一章由重庆建筑工程学院陈启高作了补充，第三章天然采光设计部分由天津大学沈天行作了修改和补充。建筑声学由同济大学郑长聚作了部分修改和补充。

本书除作为建筑学专业的试用教科书之外，尚可供建筑设计人员参考。

建 筑 物 理

“建筑物理”教材选编小组 选编

*

中国工业出版社出版（北京阜成门内大街10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本787×1092¹/₁₆·印张 19¹/₂·插页·字数 452,000

1961年7月北京第一版·1961年7月北京第一次印刷

印数 0001-2033·定价(10-6)2.35元

统一书号：15165·618(建工-48)

前 言

建筑物理是一門新兴的学科，在教育計劃中，作为一門独立的学科进行系統的讲授，为时尚不太长。但是，几年来在党的領導与关怀下，已有了长足的进步。特别是大跃进以来，在生产和科学研究工作飞跃发展的基础上，随着以貫徹执行党的“教育为无产阶级政治服务，教育与生产劳动相結合”的教育方針为中心的教育革命的不断深入，在教学实践中积累了不少的經驗，显著地提高了師資水平与教学质量。

在建筑物理教材方面，各有关高等学校已先后編写了自用教材，內容丰富，并有一定的科学水平。为了更好地提高本学科的教学质量，在現有基础上，选編出适合建筑学专业需要的通用教材是十分必要的，也是完全可能的。为此，于1961年4月5日至15日在北京召开了选編工作會議。参加本教材选編工作的有：天津大学、同济大学、西安冶金学院、杭州工学院、北京工业大学、哈尔滨建筑工程学院、重庆建筑工程学院、清华大学、建筑科学研究院以及中国建筑学会建筑物理委员会等单位的代表。

會議經認真討論，确定本教材由建筑热工、建筑光学及建筑声学三部分組成。其中建筑热工与建筑光学二篇取材于西安冶金学院的教本，光学部分，天津大学和重庆建筑工程学院提供了部分参考資料。声学一篇取材于清华大学和同济大学的教本。在选編工作中，分热工、光学及声学三組，分別由王景云、沈天行、車世光主持，其他各院校教师也都做出了宝贵的貢獻。

本教材的內容，以授課时数65~80学时为准，并考虑了教师备课，尤其是新开本課的教师备课的需要。全书內容包括基本課目、例題及附录。鑑于各校实验設備的不一致，因此，本书最后只提出了教学实验的項目、內容及应达到的要求，对实验設備及操作方法未做統一規定。各校可根据本教材关于实验部分的要求，結合自己的条件，具体安排，但应力求实现本教材中所提出的基本实验項目。

考虑到某些学校的特点，为了更好地滿足培养干部的多方面要求，在具体教学过程中，允許教师对各部分的有关內容作必要的刪減或补充。

本教材除作为高等学校建筑学专业的試用教科书之外，也可作为土建类其他有关专业的参考书，并可供从事建筑设计的工作人员参考。

編 者

1961年5月

目 录

緒論(6)

第一篇 建筑热工

第一章 基本知識(9)

第一节 热傳导(9)

第二节 对流換热(11)

第三节 輻射換热(12)

第二章 冬季建筑热工(15)

第一节 在稳定条件下通过圍护結構的傳热量(15)

第二节 外圍結構总傳热系数和总傳热阻的計算(16)

第三节 外圍結構内部溫度的計算(25)

第四节 圍护結構中导热嵌入体的内表面溫度(26)

第三章 按冬季条件房屋的热工設計(29)

第一节 外圍結構必需的傳热阻(29)

第二节 空气渗透对外圍結構防寒性能的影响及必需的空气渗透阻(31)

第三节 室内供热不均匀时对外圍护結構及房間热稳定性的要求(32)

第四章 外圍結構的湿度状况及蒸汽渗透(40)

第一节 外圍結構的湿度状况(40)

第二节 表面凝結及其計算(42)

第三节 内部凝結及其計算和檢驗(43)

第五章 夏季建筑热工(51)

第一节 太阳輻射和室外綜合溫度(51)

第二节 实体外圍护結構中的傳热(54)

第三节 通风外圍护結構的傳热計算(60)

第四节 夏季外圍护結構的傳热量計算(64)

第六章 夏季防止室内过热的建筑措施(67)

第一节 圍护結構的隔热(68)

第二节 綠化与遮阴措施(71)

第三节 自然通风(74)

第二篇 建筑光学

第一章 基本知識(79)

第一节 光量及单位(79)

第二节 材料的光学性质(83)

第三节 物件的視度因素(85)

第二章 日照(89)

第一节 建筑日照的基本知識(89)

第二节 建筑物的日照計算(93)

第三节 建筑物的日照設計(104)

第三章 天然采光(106)

第一节 光气候(106)

第二节 天然采光的計算(108)

第三节 天然采光的設計(121)

第四章 人工照明(131)

第一节 电气光源(131)

第二节 照明器具(135)

第三节 照明系統(139)

第四节 照明质量(140)

第五节 照明器的布置(142)

第六节 点光源照度的計算(144)

第七节 大片光源照度的計算(155)

第八节 建筑艺术照明(159)

第三篇 建筑声学

第一章 基本知識(164)

第一节 振动与波(164)

第二节 声音的物理度量与人耳的听觉特性(175)

第二章 室内声学原理(180)

第一节 房間的共振(180)

第二节 室内声場分布及計算(182)

第三节 混响時間(185)

第四节 清晰度(192)

第三章 吸声材料和吸声結構(197)

第一节 吸声原理、吸声系数(197)

第二节 一般吸声材料及結構(197)

第三节 其他物体的吸声(207)

第四节 吸声材料和结构的建筑处理	(208)	第五章 噪声及其控制	(256)
第四章 室内音质设计	(210)	第一节 噪声及其性质	(257)
第一节 厅堂音质要求及设计步骤	(210)	第二节 剧院中噪声源及允许噪声级	(260)
第二节 厅堂容积的确定	(213)	第三节 噪声的传递及控制原则	(262)
第三节 厅堂体型的声学设计	(214)	第四节 房屋隔绝噪声的原理及方法	(267)
第四节 混响时间的确定	(234)	第五节 通风系统中噪声的控制	(286)
第五节 电声系统	(237)	实验项目纲要	(289)
第六节 其他各类房间的音质设计	(250)	附录	(292)
		主要参考书	(313)

緒 論

建筑物理是近几十年才形成的学科。它基于物理的基本规律和原理，研究建筑物内外影响人们的生活和生产条件以及影响建筑物本身使用质量的有关物理现象。并在此基础上研究应采取的相应的建筑或设备措施，以提高建筑质量，满足使用要求。

建筑物理的发生与发展，主要取决于劳动人民的实践。在我国历史上，劳动人民对建筑物理的应用与发展，有过很多独特的贡献。但是，在解放前，由于剥削阶级的反动统治，人民的智慧没有得到应有的发挥，从而使建筑物理科学的发展受到了很大的阻碍。自中华人民共和国成立以来，由于党和政府的重视与关怀，上述情况迅速地得到了根本的改变。

随着我国社会主义建设事业的不断发展，特别是大跃进以来，我国建筑物理不论在科学水平上或在建筑实践中，都取得了巨大的成就。人民大会堂的建筑成就是多方面的，就建筑物理的应用来说，集中的反映了我国建筑物理的科学水平和技术水平，其中特别是音质设计，不论在国内或国外，都得到了很高的评价。关于我国炎热地区夏季建筑热工的研究，不论在理论上以及在指导实践的作用上，都有其独特的成就。在光学方面，为迎接第26届世界乒乓球锦标赛而兴建的北京工人体育场乒乓馆，也是大面积照明使用方面的优秀例子。

本教材的内容，共包括建筑热工、建筑光学和建筑声学三篇。当然，随着建筑事业的不断发展，以及近代物理及其它工业技术，特别是尖端科学的不断发展，必将更加扩大建筑物理的研究范围和应用范围。本教材各篇所研究的内容主要是根据建筑学专业的需要决定的。

第一篇建筑热工学的基本内容可概括为冬季热工与夏季热工两部分。

任何建筑物都经常不断的受到各种各样的室内与室外因素的热工作用。内部因素主要是生产过程，生活活动情况，以及各种设备或措施（锅炉，放热器，空气调节等）。外部因素主要是空气的温湿度，太阳辐射，大气运动状况等。这些内外因素都或多或少的影响着室内微小气候及卫生状况，也影响着围护结构的使用质量。如何使围护结构有效的防护室内外各种因素的热工作用，以创造良好的室内微小气候及卫生条件，提高结构的使用质量是建筑热力学的中心课题。

冬季热工是以寒冷地区采暖房屋的外围结构为对象的。它主要是研究合理的保温结构，以减少房间的热损失，使室内不致太冷。水蒸汽在结构表面及其内部的凝结，不仅使卫生状况恶化，降低保温性能，甚至可能使结构遭到破坏。因此本篇讲述了如何验算蒸汽凝结以及如何避免产生凝水的方法。

在我国广大地区，都存在着夏季室内过热，以致严重影响人们的生活与生产。夏季热工的主要任务在于合理地解决这个问题。夏季热工的计算是以不稳定传热为基础的。根据计算结果，可以确定最有效的隔热结构。但是为了克服室内过热的問題，除应选择合理的外围结构之外，还必须根据情况采取其它措施。因此，本篇最后讲述了夏季降温的综合措施。

上述热工計算及各項措施，都是以当地气候条件及房間使用性质为依据的。只有正确处理热工計算参数，并切实了解各类房間对热工的要求，才能做出符合实际的計算与設計，达到預期的效果。本篇对这些問題都尽可能作了較詳細的論述。

第二篇建筑光学的主要内容为日照、天然采光和人工照明三部分。

从生理卫生上来看，阳光对人有着极为重要的意义，但是，这并不意味着任何情况下的日照对人們都是有利的。建筑日照是根据太阳与地球之間的相对运动規律，研究如何正确地确定建筑物的方位、間距、建筑形式及其它建筑部件的处理問題。这就要按不同房屋的使用要求有时需要保証室内有必要的日照面积和日照時間，以充分利用其有利因素；有时則需要尽可能避免阳光的直接照射，以防止或減少其不利因素的影响。

从日常生活、生产、学习或文化娱乐活动等各方面来看，室内应有必要的照明条件。这就要求充分利用天然光綫和人工光源，恰当地照明房間或工作地点。天然采光主要是根据我国各地光气候的特点，研究天然采光的合理方式、采光口的大小、位置和形式；探討科学的計算方法以及合理的設計原則，以保証室内有滿足工作視力条件要求的采光质量。

天然采光是最經濟的照明方法。但是，只靠天然采光早已不能滿足人們的需要了。随着生产与科学技术的发展，創造了很多种人工光源，并逐步形成了人工照明学。

人工照明是研究室内照明系統的布置、一般光源的特性以及照明器具的性能。在此基础上，結合不同建筑物对照明的要求，探討光照的計算方法以及照明质量和艺术处理的要求。

第三篇建筑声学所研究的中心内容是室内音质的設計和噪声控制。

人們不論在日常生活和工作中，都会經常受到各种声音的影响；其中有的是我們需要的，有的是不需要的，甚至是有害的。

怎样才能使人們对所需要的声音听得更好，以及怎样才能最大限度地減少或消除不需要的声音的影响，是一項采取多方面綜合措施才能解决的問題。

只有充分了解声音的基本屬性及其在房間內的运动規律，才能做出良好的音质設計或有效地控制噪声的影响。为此，本篇首先讲述了声学的基本知識和室内声学原理，其中室内声学原理主要是分析了声音在室内的傳播規律，并給出了必要的基本計算方法。

由于吸声材料和吸声結構在音质設計与噪声控制中，均有其重要作用，因而本篇作了較詳細的叙述，其中主要是吸声原理、吸声量的計算方法以及吸声結構的构造原則。讲述这些内容的目的在于正确地选择与布置吸声材料和吸声結構，以达到預期的声学效果。

室内音质設計是根据各种不同类型的房間对声学的要求，結合建筑、結構、施工及設備等各方面的因素，进行綜合处理的原則和具体措施，以創造良好的听聞条件。

控制噪声的主要方法首先是在声源处采取减噪措施，此外往往还需要隔絕噪声的措施。降低噪声对人的干扰，不仅有利于生活和休息，而且也能提高工作效率。

室内音质設計与噪声控制虽有本质的区别，但在整个声学处理工作中，往往有不可分割的相互联系。例如，为了保証观众厅的优良音质条件，就必须力求減少噪声的干扰。

建筑物理所研究的内容，均与人的主观感觉与生理反映密切相关。因此，研究建筑物理必須与人的主观感觉結合起来，才能得到正确的結果。

建筑物理研究的問題，就其实际情况來說，往往是比較复杂的。为了便于从复杂的現象中掌握問題的本质，以及为了工程实践中的应用，常常有必要进行科学的概括或簡化。因

此，各章节的内容里，有的作了某些合理的假设，这对研究与实用都是需要的。

在党的正确领导下，我国建筑物理科学的发展及其在建筑实践中的应用，都取得了巨大的成就。但仍然是我国建筑科学中的一个薄弱环节，还远不能满足社会主义建设以及人民生活的需要。特别是尖端科学突飞猛进，在苏联载人宇宙飞船已经打开了人类宇宙航行大门的今天，我们必须鼓足干劲，继续努力，在党中央和毛主席的英明领导下，攀登建筑物理科学的高峰，圆满地回答党和人民的期望。

第一篇 建筑热工

第一章 基本知識

在任一介质中，当两处存在着温度差时，在这两部分之間即产生热的传递现象，而且热能是由温度較高的部分轉移至温度較低的部分。

譬如，房屋內部的空气与室外的空气之間存在温度差时，就会产生通过房屋外圍结构（外墙、窗及屋頂等）的传热现象。冬天，在采暖房屋中，由于室內气温高于室外气温，热量則从室內經由外圍结构向外傳出，造成热損失。在夏天，热的传递方向正相反，因为室外气温高，加之有太阳辐射作用，热量則从室外經由外圍结构傳至室內，使室温提高。

热的传递方式，根据其物理过程的不同，总的可以区分为三种：热传导（导热）、对流和辐射。

第一节 热 傳 导

热传导是指由于直接接触的物质质点（分子、原子、自由电子）作热运动而引起的热能传递过程。不仅在固体內能发生热传导，在液体及气体內也会发生此种热交换现象。在固体介质和液体中，能量轉移主要是靠彈性波的作用；在气体中主要依靠原子或分子的运动；在固体金属中，則主要依靠自由电子的运动。

純粹的热传导仅发生在理想的密实固体中，但絕大多数的建筑材料或多或少总是有孔的，并非密实的固体，在固体的孔隙內将会同时产生其他方式的传热，不过，后者所占比重是极其微小的，在热工計算中，可以认为在固体建筑材料中的热传递仅按热传导規律进行。

正如上述，热传导过程是依靠温度差而产生的，所以在研究热传导的过程时，必須知道物体的温度分布状况。在一般情况下，物体上某点的温度 t 是该点几何座标 x ， y ， z 和時間 Z 的函数。即：

$$t=f(x,y,z,Z) \quad (I-1-1)$$

某一瞬間空間一切点的温度分布称为温度場，方程式 (I-1-1) 就是表示温度場的数学关系式。如果場內任何点的温度不随時間而变动，就称为“稳定的”温度場，此时：

$$t=\phi(x,y,z), \quad \frac{\partial t}{\partial Z}=0 \quad (I-1-1a)$$

具有稳定温度場的热传导称为稳定热传导；反之，場內任何点的温度随時間而变动时，則称为“不稳定的”温度場，此时的热传导則称为不稳定热传导。

热量在某空間的傳播可能是三向的、二向的或是单向的，所以温度場有“三度”、“二度”和“一度”之分。

方程式 (I-1-1) 和 (I-1-1 a) 均表示三度溫度場的关系式, 二度溫度場的普遍关系式为:

$$t=F(x,y,Z), \quad \frac{\partial t}{\partial z}=0 \quad (\text{I-1-1b})$$

一度溫度場的普遍关系式为:

$$t=\varphi(x,Z), \quad \frac{\partial t}{\partial y}=\frac{\partial t}{\partial z}=0 \quad (\text{I-1-1c})$$

在建筑热工中, 主要是研究一度溫度場的問題。在理論上, 只有热流垂直并且均匀地通过无限大的平壁全部面积时, 才是一度場。但是, 在实际应用中, 墙及屋頂的主要部分 (长寬尺寸远比厚度要大得多的平壁) 当作一度場来计算, 不仅与实际情况十分接近, 而且可大大简化计算工作。

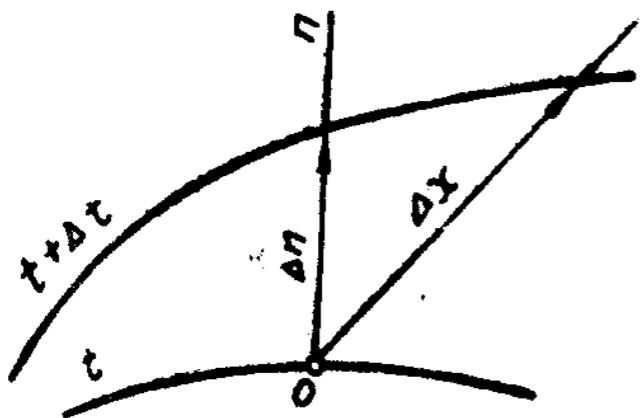


图 I-1-1 溫度場等溫綫

將溫度場內具有同样溫度的各个点連接起来, 即得一个等溫面, 等溫面与其他任一面相交即成一等溫綫。只有在等溫面或等溫綫間才存在溫度差。两个相距无限小的等溫面之間, 在法綫 n 方向的溫度差 Δt 与距离 Δn 的比值的极限叫做溫度梯度 (图 I-1-1):

$$\lim \left(\frac{\Delta t}{\Delta n} \right)_{\Delta n \rightarrow 0} = \frac{\partial t}{\partial n} \quad (\text{I-1-2})$$

溫度梯度是一个沿等溫面法綫方向的向量, 其正向朝着溫度增加的一面, 反向的 (負的) 溫度梯度称为溫度降度。

在純热傳导的过程中, 傳导的热量系与溫度降度、時間及垂直于导热方向的截面面积成正比。按傅立叶定律, 单位時間內通过单位面积的热量为:

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \quad (\text{I-1-3})$$

式中 q ——单位時間內通过单位面积的热量 (千卡/米²·时);

λ ——导热系数 (千卡/米·时·°C);

$-\frac{\partial t}{\partial n}$ ——溫度降度 (°C/米)。

上式为热傳导的基本方程式, 式中的 λ 表明了介质傳遞热量的特性。各种物质的导热系数系用实验方法求得, 具体数值可参看附录 1。

由公式(I-1-3)可知
$$\lambda = \frac{q}{-\frac{\partial t}{\partial n}}$$

所以导热系数在数值上即等于单位溫度降度时 (单位厚度上的溫度降落为1°C) 在单位時間內通过单位面积的热量。

对于不同的物质, 导热系数是不同的。在一般情况下就是对某一定的物质來說, 导热系数也不一定是一个恒定的数值。通常建筑材料的导热系数是在0.02到2.5千卡/米·时·°C的範圍內变化, 当溫度升高时 λ 的数值是有所增加的, 这是由于这类材料或多或少具有空隙性, 在空隙中会产生輻射, 当溫度增加时, 总的热量傳遞就有所增加。但在溫度差不大的情况下是可以当作常数处理的。容重大或孔隙性小的材料, 导热系数 λ 的数值較大, 此

外，湿度对导热系数也有很大的影响，湿度增加时， λ 也会增加，潮湿材料的 λ 往往比干燥材料以及纯水的 λ 还要大，例如干砖的 $\lambda \approx 0.3$ ；水的 $\lambda = 0.5$ 而湿砖的 λ 可高达 0.9 左右，所以在选用导热系数的数值时，应当予以注意。

材料的导热系数愈小，其保温性能愈高。凡是导热系数小于 0.2 的材料，通常用于保温，所以习惯上称为保温材料。

第二节 对流换热

通过围护结构的对流换热是指流体与固体壁面接触时，其相互间的传热过程。这种过程既包括由流体位移所产生的对流作用，同时也包括流体分子之间的导热作用。这种导热和对流的总作用，称为对流换热。

因为由对流作用引起的热量转移，与流体的移动性质密切相关，所以对流传热乃是一种极复杂的过程。在对流换热过程中，流体运动的情况和流体运动的速度具有决定性的意义。大家知道，流体的流动有两种情况，即“层流”和“紊流”。层流时，流体各部分运动都平行于流道的壁面；紊流时，除边界层外，流体各部分的运动都处在不规则的紊乱状态。层流时热量的转移主要靠导热；紊流时情况就完全不同了，导热的作用只在层流边界层内存在，至于紊流部分的热量转移，则依靠流体各部分的剧烈位移。此时，热转移的强度主要取决于层流边界层的热阻力，因为这部分的热阻力比紊流部分的大得多，在紊流部分，热量的传递几乎不会受到一点阻力。图 I-1-2 所示壁面附近流体中的温度分布，就说明了这个情况，从图上可看出，最大的温度降落（对应于最大的热阻力）发生在紧靠壁面的层流边界层内，紊流部分的流体温度，差不多趋于一致。

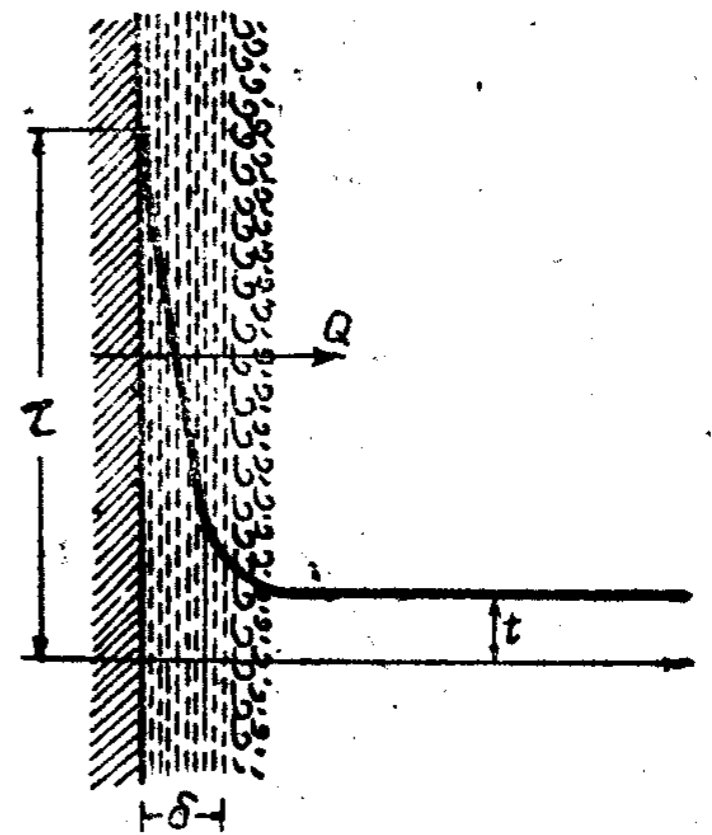


图 I-1-2 空气沿壁面对流换热的情况

层流边界层的厚度是很小的，流体的速度愈大，其厚度愈小。

在实际计算中，为确定流体与固体表面之间由对流作用所传递的热量，可利用牛顿-黎赫曼公式：

$$Q = \alpha_r F (t - \tau) \quad (I-1-4)$$

式中 Q —— 在单位时间内，在 F 平方米面积上的对流换热量（千卡/时）；

t —— 流体介质温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

τ —— 表面温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

F —— 表面面积（ 米^2 ）；

α_r —— 对流换热系数（千卡/米²·小时· $^{\circ}\text{C}$ ）。

对流换热系数 α_r 表示：在单位时间内，流体与壁面温度相差 1°C 时，通过单位面积所传递的热量。应用公式（I-1-4）解决对流换热问题时，必须首先确定 α_r 值。由于 α_r 值取决于很多因素，即流体的速度、流体与固体壁面之间的温度差、流体的物理性质、固体壁面的状况及位置等，所以用理论解析法来确定此值是很困难的，主要根据相似原理用实验

的方法确定。

根据许多试验研究的结果，对于通过房屋外围结构的传热条件，建议可按下述办法来确定 α_k 值。

在房屋围护结构的外表面与内表面上，对流换热的情況是不同的。内表面上主要是由于表面温度与室内空气温度间存在着温度差而引起的自然对流；在围护结构的外表面，不仅有温度差的作用，而且还因为受到风的作用而产生强迫对流。因此，在确定 α_k 值时，内外表面应该分别对待。

围护结构内表面的 α_k 值可按下式决定：

$$\alpha_k = b \sqrt{\Delta t} \quad (I-1-5)$$

式中 b ——与热流状态有关的系数，可取以下各值：

对于垂直平壁 $b = 1.7$ ；

热面朝下的水平壁 $b = 1.13$ ；

热面朝上的水平壁 $b = 2.15$ ；

Δt ——空气温度与壁面温度之差（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

围护结构外表面的 α_k 值可按下式决定：

$$\alpha_k = 6.31w^{0.656} + 3.25e^{-1.91w} \quad (I-1-6)$$

式中 w ——风速（米/秒）；

e ——自然对数的底（ $e = 2.718\cdots$ ）。

公式（I-1-6）的前一项表示风的作用；后一项表示自然对流的作用。由上式可以看出，风速愈大，则自然对流的作用愈小。

第三节 辐射换热

物体受热时，将引起内部电子的激动，使一部分热能转化成辐射能向四周放射出去。辐射能的载体是电磁波。在建筑工程中一般遇到的温度情况下，辐射能主要是由波长为 $0.8 \sim 40\mu$ （ $1\mu = 10^{-4}$ 厘米）的热射线所构成，这部分正是物体所能吸收，并重新又能转化为热能的射线。热射线与光的本性相同，其不同点仅在于波长（可见光的波长为 $0.4 \sim 0.8\mu$ ），所以可见光的传播、反射和折射的规律均适用于热射线。

放射热能是一切物体（温度高于绝对零度者）所固有的特性，任何物体都在不断地放射热能。一般讲，所放射出的辐射热落到其它某一物体上时，其中一部分被后者吸收，一部分被反射出去，另一部分则透过该物体（图 I-1-3）。假如某种物体的表面，能将落在物体上的辐射能全部吸收，则此种物体称为“绝对黑体”或简称“黑体”；如能全部反射投来的辐射能，则称之为“绝对白体”；如落在物体上的辐射能全都穿过，则称之为“绝对透热体”。在自然界中，一般物体均介于以上三者之间。

物体表面热辐射的强度，与该表面的温度和物体的辐射能力有关。根据实验，任何物体它所辐射的能量与其所能吸收的能量成正比，因此，绝对黑体具有最大的辐射能力。普通建筑材料的辐射能力，均小于绝对黑体，这种物体统称为灰体。

按斯蒂芬-波尔兹曼定律，在单位时间内，物体单位表面积所辐射的热量为：

$$Q = C \left(\frac{T}{100} \right)^4 \quad (I-1-7)$$

式中 Q —— 辐射的热量 (千卡/米²·时);

C —— 表面辐射系数 [千卡/米²·时·(°K/100)⁴];

T —— 表面的绝对温度。

由此可见, 物体辐射的能量与其绝对温度的四次方成正比。严格地说, 上式只适用于绝对黑体, 但经过一系列的研究和试验, 证明这一公式也可应用到灰体, 因为灰体的辐射谱与绝对黑体的相仿, 只是强度较小一些。

绝对黑体的辐射系数 $C_0 = 4.9$ 。建筑材料的辐射系数与材料的成分、表面状况和温度有关, 其值都小于 C (参看附录 2)。

在两个任意布置的表面之间 (图 I-1-4), 由辐射所传递的热量按下式决定:

$$Q_{1-2} = C' F_1 \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] \bar{\psi}_{1-2} \quad (I-1-8)$$

$$Q_{2-1} = C' F_2 \left[\left(\frac{T_2}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_1}{100} \right)^4 \right] \bar{\psi}_{2-1} \quad (I-1-9)$$

式中 Q_{1-2} —— 由表面 1 经由辐射传至表面 2 的热量 (千卡/时);

Q_{2-1} —— 由表面 2 经由辐射传至表面 1 的热量 (千卡/时);

C' —— 相当辐射系数 [千卡/米²·时·(°K/100)⁴];

T_1 和 T_2 —— 表面的绝对温度;

$\bar{\psi}_{1-2}$ 和 $\bar{\psi}_{2-1}$ —— 平均角辐射系数。

相当辐射系数 C' 应根据下述不同情况分别加以确定:

(1) 若相互辐射换热的系两个彼此相距甚近而相当大的平行表面 (图 I-1-5), 则:

$$C' = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0}} \quad (I-1-10)$$

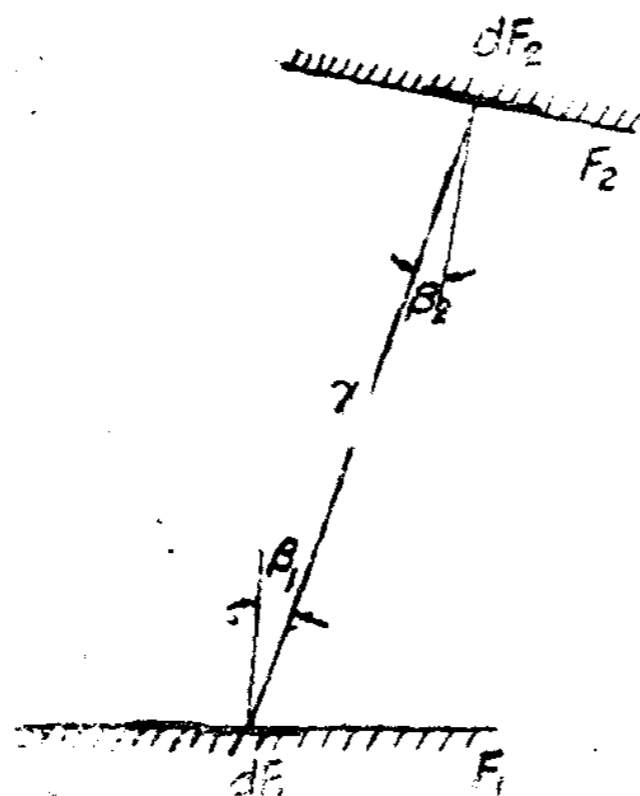


图 I-1-4 任意相对的二表面相互辐射

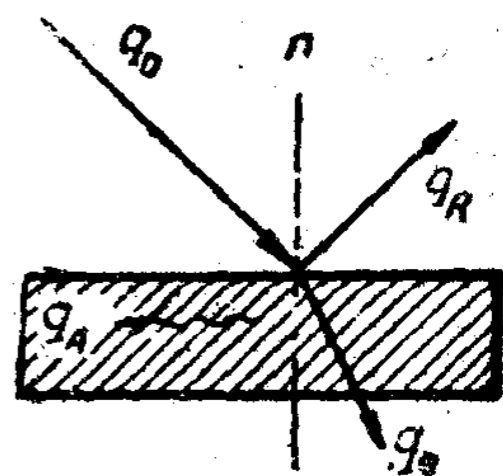


图 I-1-3 落在物体上的辐射能的分布

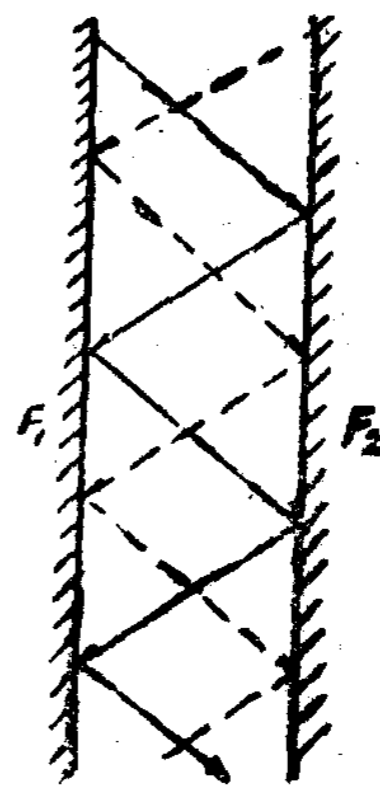


图 I-1-5 两平行表面之间的辐射换热

(2) 若相互辐射换热的表面, 其中有一个被另一个完全包围 (图 I-1-6), 则:

$$C' = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{F_1}{F_2} \left(\frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_0} \right)} \quad (\text{I-1-11})$$

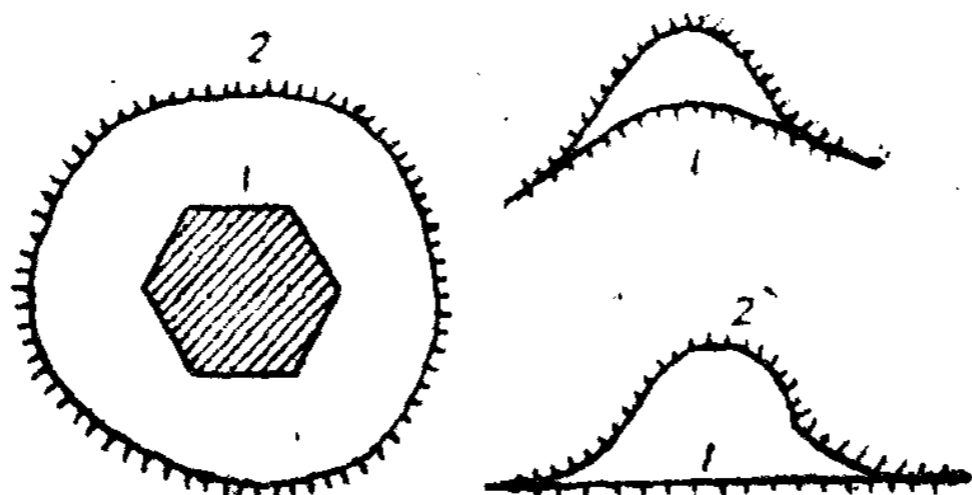


图 I-1-6 形成封闭空间的两表面

其中 F_1 为内部物体 1 的表面积, F_2 为外部物体 2 的表面积。在此假设物体 1 的表面无凹角。

若 F_2 比 F_1 大很多时, 则可取 $C' = C_1$ 。

(3) 若相互辐射换热的系两个任意放置的表面, 则可近似地按下式确定:

$$C' = \frac{C_1 C_2}{C_0} \quad (\text{I-1-12})$$

以上各式中, C_1 为表面 1 的辐射系数, C_2 为表面 2 的辐射系数, C_0 为绝对黑体的辐射系数。

角辐射系数 $\bar{\psi}_{1-2}$ 表示由表面 1 所辐射出的全部热量中投至表面 2 上所占的部分。 $\bar{\psi}_{2-1}$ 的意义则反之。角辐射系数与表面温度无关, 仅取决于表面的相互位置及几何尺寸。

在建筑热工计算中, 对于两个彼此相距甚近而面积又相当大的平行表面, 其彼此间的角辐射系数, 均可近似地取作 1; 而由两个表面形成封闭空间的情况, 角辐射系数 $\bar{\psi}_{1-2}$ 等于 1, $\bar{\psi}_{2-1}$ 则小于 1。

在实践中, 通常把公式 (I-1-8) 和 (I-1-9) 简化为如下的形式, 即任一表面 F 与另一表面在相互辐射换热时所得失的热量为:

$$Q = \alpha_r (t_1 - t_2) F \quad (\text{I-1-13})$$

式中 α_r —— 辐射换热系数 (千卡/米²·时·°C);

t_1 及 t_2 —— 相互辐射换热的两物体的温度 (°C)。

将 (I-1-13) 式与 (I-1-8) 或 (I-1-9) 相比较, 可得:

$$\alpha_r = C' \frac{\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4}{t_1 - t_2} \bar{\psi} = C' \theta \bar{\psi} \quad (\text{I-1-14})$$

式中 θ —— 代用值。

$\theta = \frac{\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4}{t_1 - t_2}$, 当 t_1 和 t_2 相差不多 (少于 20°C) 时, θ 值可根据平均温度

$\frac{t_1+t_2}{2}$ 按表I-1-1取用。

表 I-1-1 θ 值 计算表

$\frac{t_1+t_2}{2}$ (°C)	+45	+40	+35	+30	+25	+20	+15	+10	+5	0	-5	-10	-15	-20	-25
θ	1.28	1.22	1.17	1.11	1.06	1.01	0.96	0.91	0.87	0.81	0.77	0.73	0.69	0.65	0.61

第二章 冬季建筑热工

第一节 在稳定条件下通过围护结构的传热量

所谓稳定传热，就是说围护结构中的温度和热流的大小不随时间而变，始终保持一固定的数值。这个条件，只有当围护结构两侧所受到的热作用为一常数，不随时间变动时，才能得到保证。实际上，不论室外或室内的热作用，都是随着季节和昼夜时间的不同而变化，所以，真正的稳定传热在自然条件下是不存在的。但是按不稳定传热计算是很复杂的，所以，在满足一定精确度要求的基础上，为了简化热工计算，目前在冬季建筑热工计算中，均视作稳定传热。因为按冬季条件进行热工计算时，系取阴寒天气作为不利的情况，这时室外空气温度在一昼夜间上下波动不大，如图 I-2-1 a 所示。图 I-2-1 b 是晴天

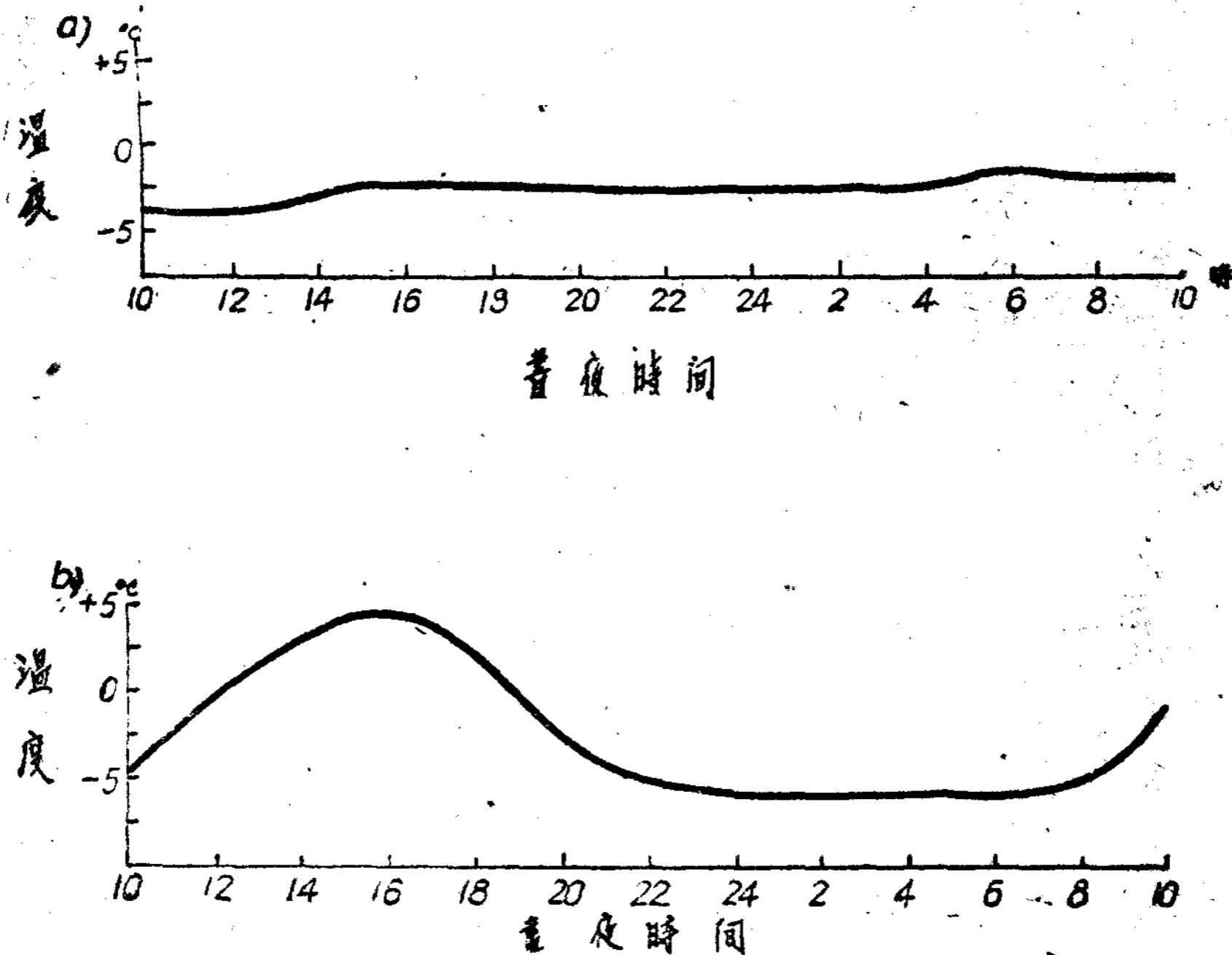


图 I-2-1 冬季室外气温的波动情况

的室外空气温度。从图中可以看出，晴天一昼夜间的波动比阴天要剧烈得多，若再计入太阳辐射作用，则总的热作用波动更剧。在今后冬季建筑热工实际计算中，系根据围护结构的厚度，采用某个周期内的平均室外空气温度作为固定的室外计算温度。至于室内气温，对采暖房屋来说，借助调节采暖设备，可以使室内温度达到一定程度的稳定性。所以在热工计算中，室内空气温度是根据房间的用途不同而采用不同的室内温度。最后应指出：按不稳定传热计算围护结构，比按稳定传热更接近实际，同时也经济，因为前者充分考虑了围护结构对波动热作用的抵抗能力。随着计算技术的发展，按不稳定传热计算是值得进一步研究的。

当围护结构两侧的空气温度不同时，热流就要从高温一侧通过围护结构传至低温一侧，在冬季即由室内传至室外，这过程称为传热。房屋外围结构多半属于壁体，近代建筑实践中屋顶部分广泛应用的薄壳结构，当其曲率半径较大时，仍可近似地视作平壁。平壁的稳定传热公式为：

$$Q = K_0(t_n - t_w)FZ \quad (I-2-1)$$

或采用下列的形式表示：

$$Q = \frac{1}{R_0}(t_n - t_w)FZ \quad (I-2-1a)$$

式中 Q ——通过外围结构的传热量（千卡）；

t_n ——室内空气温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

t_w ——室外空气温度（ $^{\circ}\text{C}$ ）；

Z ——传热的時間（时）；

K_0 ——外围结构的总传热系数（千卡/米²·小时· $^{\circ}\text{C}$ ）；

R_0 ——外围结构的总传热阻（米²·小时· $^{\circ}\text{C}$ /千卡）。

总传热系数 K_0 的物理概念是：当室内外空气温度相差 1°C 时，在1小时内，通过一平方米围护结构表面积的热量（千卡）。因此，它表示外围护结构允许热量通过的能力。 K_0 值愈大，在同样的传热面积与室内外温差下，通过的热量愈多。

总传热阻 R_0 的物理概念是：当室内外空气温度相差 1°C 时，使一千卡热量通过一平方米外围结构表面积所需要的時間。它表示热流从室内通过外围结构传至室外所受到的阻力。从公式（I-2-1）和（I-2-1a）中可以看出，传热系数和传热阻互成倒数，即 $R_0 = \frac{1}{K_0}$ 。

第二节 外围结构总传热系数和总传热阻的计算

热流从围护结构的一侧传至另一侧的过程，一般要经过三个阶段（图 I-2-2）：

1）热量从室内空气传至围护结构的内表面（感热阶段）；

2）热量从围护结构内表面传至外表面（透热阶段）；

3）热量从围护结构外表面传至室外空气（放热阶段）。

热量从室内空气及其它表面传至外围结构的内表面，系借助对流和辐射等传热方式，其传热量为：