



# 2011

## 执业资格考试丛书

2011年全国一级注册建筑师考试培训辅导用书

# 4 建筑物理与建筑设备

(第六版)

住房和城乡建设部执业资格注册中心网 编

中国建筑工业出版社

执业资格考试丛书  
2011 年全国一级注册建筑师考试培训辅导用书

• 4 •

# 建筑物理与建筑设备

(第六版)

住房和城乡建设部执业资格注册中心网 编

中国建筑工业出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

建筑物理与建筑设备/住房和城乡建设部执业资格注册中心  
网编. —6版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2010. 11

2011年全国一级注册建筑师考试培训辅导用书·4·

ISBN 978-7-112-12629-3

I. ①建… II. ①住… III. ①建筑物理学—建筑师—资格考核—自学参考资料②房屋建筑设备—建筑师—资格考核—自学参考资料 IV. ①TU11②TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 231942 号

责任编辑: 郭洪兰

责任校对: 姜小莲

执业资格考试丛书

2011年全国一级注册建筑师考试培训辅导用书

• 4 •

## 建筑物理与建筑设备

(第六版)

住房和城乡建设部执业资格注册中心网 编

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京天成排版公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092毫米 1/16 印张: 20¼ 字数: 492千字

2010年12月第六版 2010年12月第十次印刷

定价: 43.00元

ISBN 978-7-112-12629-3

(19869)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

2011 年  
全国一级注册建筑师考试培训辅导用书

• 4 •

《建筑物理与建筑设备》  
编写委员会

主任委员：吴硕贤 赵立华

副主任委员：赵越喆 李 豫 高 飞 孟庆林

委 员：

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 丁士昭 | 王朝霞 | 王雪松 | 王达淦 | 王春燕 |
| 龙莉莉 | 马继伟 | 刘桑园 | 刘 磊 | 孙继德 |
| 孙 雁 | 孙一宁 | 庄惟敏 | 乐 云 | 任乃鑫 |
| 吴硕贤 | 吴 芳 | 何清华 | 杜晓宇 | 李必瑜 |
| 李 豫 | 孟庆林 | 金伟良 | 杨昌鸣 | 杨真静 |
| 屈凯锋 | 陈金华 | 赵军立 | 赵立华 | 赵越喆 |
| 赵 宇 | 张季超 | 张 星 | 张丹丽 | 张 洁 |
| 武六元 | 钟军立 | 高 飞 | 翁 季 | 裴 刚 |
| 程 睿 | 董 江 | 蔡 节 | 魏宏扬 | 邹胜斌 |

参加编写及工作人员：

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 吴硕贤 | 赵立华 | 赵越喆 | 李 豫 | 高 飞 |
| 孟庆林 | 李 丽 | 王晓霞 | 杨灵彦 | 范 蕊 |
| 王 莹 | 李旭东 | 张 玉 | 陈卓伦 |     |

# 前言

我国正在实行注册建筑师执业资格制度，从接受系统建筑教育到成为执业建筑师之前，首先要得到社会的认可，这种社会的认可在当前表现为取得注册建筑师执业注册证书，而建筑师在未来怎样行使执业权力，怎样在社会上进行再塑造和被再评价从而建立良好的社会资信，则是另一个角度对建筑师的要求。因此在如何培养一名合格的注册建筑师问题上有许多需要思考的地方。

## 一、正确理解注册建筑师的准入标准

我们实行注册建筑师制度始终坚持教育标准、职业实践标准、考试标准并举。三者之间相辅相成，缺一不可。所谓教育标准就是大学专业建筑教育。建筑教育是培养专业建筑师必备的前提。一个建筑师首先必须经过大学的建筑学专业教育，这是基础。职业实践标准是指经过学校专门教育后又经过一段有特定要求的职业实践训练积累。只有这两个前提条件具备后才可报名参加考试。考试实际就是对大学建筑教育的结果和职业实践经验积累结果的综合测试。注册建筑师的产生都要经过建筑教育、实践、综合考试三个过程，而不能用其中任何一个去代替另外两个过程，专业教育是建筑师的基础，实践则是在步入社会以后通过经验积累提高自身能力的必经之路。从本质上说，注册建筑师考试只是一个评价手段，真正要成为一名合格的注册建筑师还必须在教育培养和实践训练上下功夫。

## 二、关注建筑专业教育对职业建筑师的影响

应当看到，我国的建筑教育与现在的人才培养、市场需求尚有脱节的地方，比如在人才知识结构与能力方面的实践性和技术性还有欠缺。目前在建筑教育领域实行了专业教育评估制度，一个很重要的目的是想以评估作为指挥棒，指挥或者引导现在的教育向市场靠拢，围绕着市场需求培养人才。专业教育评估在国际上已成为了一种通行的做法，是一种通过社会或市场评价教育并引导教育围绕市场需求培养合格人才的良好机制。

当然，大学教育本身与社会的具体应用需要之间有所区别，大学教育更侧重于专业理论基础的培养，所以我们就从衡量注册建筑师第二个标准——实践标准上来解决这个问题。注册建筑师考试前要强化专业教育和三年以上的职业实践。现在专门为报考注册建筑师提供一个职业实践手册，包括设计实践、施工配合、项目管理、学术交流四个方面共十项具体实践内容，并要求申请考试人员在一名注册建筑师指导下完成。

理论和实践是相辅相成的关系，大学的建筑教育是基础理论与专业理论教育，但必须要给学生一定的时间使其把理论知识应用到实践中去，把所学和实践结合起来，提高自身的业务能力和专业水平。

大学专业教育是作为专门人才的必备条件，在国外也是如此。发达国家对一个建筑师的要求是：没有经过专门的建筑学教育是不能称之为建筑师的，而且不能进入该领域从事与其相关的职业。企业招聘人才也首先要看他们是否具备扎实的基本知识和专业本领，所以大学的本科建筑教育是必备条件。

### 三、注意发挥在职教育对注册建筑师培养的补充作用

在职教育在我国有两个含义：一种是后补充学历教育，即本不具备专业学历，但工作后经过在职教育通过社会自学考试，取得从事现职业岗位要求的相应学历；还有一种是继续教育，即原来学的本专业和其他专业学历，随着科技发展和自身业务领域的拓宽，原有的知识结构已不适应了，于是通过在职教育去补充相关知识。由于我国建筑教育在过去一时期底子薄，培养数量与社会需求差别很大。改革开放以后为了满足快速发展的建筑市场需求，一批没有经过规范的建筑教育的人员进入了建筑师队伍。而要解决好这一历史问题，提高建筑师队伍整体职业素质，在职教育有着重要的补充作用。

继续教育是在职教育的一种行之有效的教育形式，它特指具有专业学历背景的在职人员从业后，因社会的发展使之原有知识需要更新，要通过参加新知识、新技术的学习以调整原有知识结构、拓宽知识范围。它在性质上与在职培训相同，但又不能完全画等号。继续教育是有计划性、目标性、提高性的，从整体人才队伍和个人知识总体结构上做调整和补充。当前，社会在职教育在制度上和措施上还不够完善，质量很难保证。有一些人把在职读学历作为“镀金”，把继续教育当作“过关”。虽然最后证明拿到了，但实际的本领和水平并没有相应提高。为此需要我们做两方面的工作，一是要让我们的建筑师充分认识到在职教育是我们执业发展的第一需求；二是我们的教育培训机构要完善制度、改进措施、提高质量，使参加培训的人员有所收获。

### 四、为建筑师创造一个良好的职业环境

要向社会提供高水平、高质量的设计产品，关键还是要靠注册建筑师的自身素质，但也不可忽视社会环境的影响。大众审美的提高可以让建筑师感受到社会的关注，增强自省意识，努力创造出一个个经得住大众评价的作品。但目前实际上建筑师的很多设计思想受开发商与业主方面很大的影响，有时建筑水平并不完全取决于建筑师，而是取决于开发商与业主的喜好。有的业主审美水平不高，很多想法往往只是自己的意愿，这就很难做出跟社会文化、科技、时代融合的建筑产品。要改善这种状态，首先要努力创造尊重知识、尊重人才的社会环境。建筑师要维护自己的职业权力，大众要尊重建筑师的创作成果，业主不要把个人喜好强加于建筑师。同时建筑师自身也要提高自己的素质和修养，增强社会责任感，建立良好的社会信誉。要让创造出的作品得到大众的尊重，首先自己要尊重自己的劳动成果。

### 五、认清差距，提高自身能力，迎接挑战

目前中国的建筑师与国际水平还存在着一定差距，而面对信息化时代，如何缩小差距以适应时代变革和技术进步，成为建筑教育需要探讨解决的问题，并及时调整、制定新的对策。

我们现在的建筑教育不同程度地存在重艺术、轻技术的倾向。在注册建筑师资格考试中明显感觉到建筑师们在相关的技术知识包括结构、设备、材料方面的把握上有所欠缺，这与教育有一定的关系。学校往往比较注重表现能力方面的培养，而技术方面的教育则相对不足。尽管这些年有的学校进行了一些课程调整，加强了技术方面的教育，但从整体来看，现在的建筑师在知识结构上还是存在欠缺。

建筑是时代发展的历史见证，它凝固了一个时期科技、文化发展的印记，建筑师如果不能与时代发展相适应，努力学习和掌握当代社会发展的科学技术与人文知识，提高建筑

的科技、文化内涵，就很难创造出高水平的作品。

当前，我们的建筑教育可以利用互联网加强与国外信息的交流，了解和掌握国外在建筑方面的新思路、新理念、新技术。这里想强调的是，我们的建筑教育还是应该注重与社会发展相适应。当今，社会进步速度很快，建筑所蕴涵的深厚文化底蕴也在不断地丰富、发展，现代建筑创作不能单一强调传统文化，要充分运用现代科技发展成果，使建筑在经济、安全、健康、适用和美观得到全面体现。在人才培养上也要与时俱进。加强建筑师科技能力的培养，让他们学会适应和运用新技术、新材料去进行建筑创作。

一个好的建筑要实现它的内在和外表的统一，必须要做到：建筑的表现、材料的选择、结构的布置以及设备的安装融为一体。但这些在很多建筑中还做不到，这说明我们一些建筑师在对结构、新设备、新材料的掌握和运用上能力不够，还需要加大学习的力度。只有充分掌握新的结构技术、设备技术和新材料的性能，建筑师才能够更好地发挥创造水平，把技术与艺术很好地融合起来。

中国加入 WTO 以后面临国外建筑师的大量进入，这对中国建筑设计市场将会有很大的冲击，我们不能期望通过政府设立各种约束限制国外建筑师的进入而自保，关键是要使国内建筑师自身具备与国外建筑师竞争的能力，充分迎接挑战、参与竞争，通过实践提高我们的设计水平，为社会提供更好的建筑作品。

**赵春山**

住房和城乡建设部执业资格注册中心主任  
兼全国勘察设计注册工程师管理委员会副主任  
中国建筑学会常务理事

## 出版说明

随着执业建筑师制度在我国的稳步推进,配合注册建筑师考试工作,全国各地已陆续出版了一些有关考试用书,这些都对考试复习起到了积极作用。由于编制力量或编制范围和实际需要不均衡等因素,以及新规范、标准的陆续颁布等原因,使得某些考试用书在不同程度上尚存在一些局限性。为了提高全国注册建筑师考前培训辅导教材的编写出版质量,更好地指导建筑师做好考前复习,由住房和城乡建设部执业资格注册中心网统一组织,在各地有关注册建筑师管理机构的支持下,在全国范围内选聘在注册建筑师考试辅导培训一线工作多年,来自全国著名院校及设计院的知名专家、教授等,按最新考试大纲的要求,以最新的设计规范、标准为基础,并吸取已出版的同类教材的优点,通过分析历届考题特点,调查了解应试建筑师的心得体会,总结历届考试的经验,有针对性地编写出全新的考前辅导教材及模拟题解。

2010年版《全国一、二级注册建筑师考试培训辅导用书》尽管出版较晚,但由于该书内容丰富、实用,短短几个月即已售罄。为不负广大读者厚爱,2011年版在原书基础上,广泛征求读者意见,组织各编写单位对全书做了修改、完善,对新修订的规范、标准做了全面反映,还增加了新版注册建筑师考试复习题及2010年注册建筑师考试模拟题(凡题前加圆点(●)的题,均为增加题,与往年类型雷同的未加)。

本书的特点是重点突出,联系实际,叙述清晰,简明扼要,既具针对性又具全国普遍性,更具权威性。

书后附有考试大纲及参考书目和有关考试工作方面的最新文件。

本套考试用书共分13册,分别为:

### 2011年全国一级注册建筑师考试培训辅导用书(7册)

| 书 名                            | 主要编写单位                                      |
|--------------------------------|---------------------------------------------|
| • 1 • 《设计前期与场地设计》              | 北京工业大学建筑与城市规划学院<br>河北工业大学建筑系<br>清华大学建筑设计研究院 |
| • 2 • 《建筑设计》                   | 西安建筑科技大学建筑学院                                |
| • 3 • 《建筑结构》                   | 浙江大学建筑工程学院                                  |
| • 4 • 《建筑物理与建筑设备》              | 华南理工大学建筑学院                                  |
| • 5 • 《建筑材料与构造》                | 重庆大学建筑城规学院                                  |
| • 6 • 《建筑经济 施工与设计业务管理》         | 同济大学工程管理研究所                                 |
| • 7 • 《建筑方案设计 建筑技术设计 场地设计》(作图) | 广州大学、广州大学建筑设计研究院                            |

### 2011年全国二级注册建筑师考试培训辅导用书(4册)

|                     |                          |
|---------------------|--------------------------|
| • 1 • 《场地与建筑设计》(作图) | 天津大学建筑设计研究院<br>河北工业大学建筑系 |
| • 2 • 《建筑构造与详图》(作图) | 重庆大学建筑城规学院               |

• 3 • 《建筑结构与设备》

浙江大学建筑工程学院

华南理工大学建筑学院

• 4 • 《法律 法规 经济与施工》

同济大学工程管理研究所

**2011 年全国一、二级注册建筑师考试模拟题解·1·(知识)**

**2011 年全国一、二级注册建筑师考试模拟题解·2·(作图)**

参与编写工作的单位除以上相关单位外还有东南大学建筑设计研究院、东南大学土木工程学院、沈阳建筑大学建筑与规划学院。

在本套丛书出版之际，谨向参与编写的各位作者表示衷心的感谢。

住房和城乡建设部执业资格注册中心赵春山主任和郭保宁处长，就如何正确认识有关执业注册、注册考试以及历次考试出现的问题和注意事项等，特为本套书撰写了前言和专文，相信这必将对参加注册建筑师考试的朋友们大有裨益。在此，对他们的热情支持与诚意指导表示衷心感谢。

由于注册考试工作的不断改进、更新，因此在本书编写过程中，也遇到不少新课题，虽经反复推敲、核证，恐仍难免有不妥或疏漏之处，恳请广大读者不吝赐教，提出宝贵意见，以便再版时予以修正，以更好地服务于广大读者和注册建筑师考试工作。

(住房和城乡建设部执业资格注册中心网：<http://www.pqrc.org.cn>)

**全国一、二级建筑师考试培训辅导用书编写委员会**

## 修 订 说 明

由华南理工大学建筑学院建筑技术科学研究所负责编写的《2011年全国一级注册建筑师考试培训辅导教材——建筑物理与建筑设备》第一版、第二版、第三版、第四版已于2005年12月、2006年12月、2007年12月、2008年12月、2009年12月由中国建筑工业出版社出版。本书发行后，广大读者踊跃购书，使之在2005年、2006年、2007年、2008年、2009年、2010年注册建筑师考试中起到很好的辅导作用，深受广大读者，尤其是注册建筑师考生的欢迎。应广大读者要求，中国建筑工业出版社决定修订此书，并利用修订之机，由原书各章作者对书稿作了修改。

2011年版除了改正前版书稿中的错误外，还对涉及新颁布或新修订的规范内容，均进行了相应修正，并补充了一些参考习题，同时对解答各参考习题均给出提示，更加方便读者自学。

希望广大读者继续对本书提出宝贵的意见、建议和要求，使本书臻于完善。

本书编写组

# 目 录

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第一章 建筑热工学</b> .....      | 1   |
| 第一节 建筑热工学基本原理.....          | 1   |
| 第二节 建筑围护结构的传热原理和计算 .....    | 11  |
| 第三节 建筑节能和绿色建筑 .....         | 18  |
| 第四节 建筑保温节能设计 .....          | 29  |
| 第五节 建筑防潮设计 .....            | 36  |
| 第六节 建筑防热设计 .....            | 40  |
| 第七节 建筑日照 .....              | 50  |
| 参考书目 .....                  | 53  |
| 参考习题及答案 .....               | 53  |
| <b>第二章 建筑光学</b> .....       | 63  |
| 第一节 建筑采光和照明的基本原理 .....      | 63  |
| 第二节 天然采光设计标准与计算 .....       | 71  |
| 第三节 人工照明及其对光 and 色的控制 ..... | 78  |
| 参考书目 .....                  | 88  |
| 参考习题及答案 .....               | 89  |
| <b>第三章 建筑声学</b> .....       | 96  |
| 第一节 建筑声学基本知识 .....          | 96  |
| 第二节 室内声学原理 .....            | 102 |
| 第三节 材料的声学特性 .....           | 105 |
| 第四节 建筑环境的噪声控制 .....         | 112 |
| 第五节 室内音质设计 .....            | 118 |
| 第六节 室内声场计算机仿真 .....         | 129 |
| 第七节 声学设计中的缩尺模型实验 .....      | 129 |
| 参考书目 .....                  | 130 |
| 参考习题及答案 .....               | 130 |
| <b>第四章 建筑给水排水</b> .....     | 139 |
| 第一节 室内给水系统 .....            | 139 |
| 第二节 建筑内部热水系统 .....          | 147 |
| 第三节 消防给水与自动灭火系统 .....       | 154 |
| 第四节 污水系统及透气系统 .....         | 159 |
| 第五节 雨水集合及处理 .....           | 164 |
| 第六节 水泵房设计 .....             | 166 |

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| 第七节 建筑中水系统 .....                               | 166 |
| 参考书目 .....                                     | 167 |
| 参考习题及答案 .....                                  | 167 |
| <b>第五章 暖通空调</b> .....                          | 178 |
| 第一节 采暖 .....                                   | 178 |
| 第二节 空调系统及控制 .....                              | 189 |
| 第三节 通风 .....                                   | 202 |
| 第四节 高层民用建筑的防火排烟设计 .....                        | 203 |
| 第五节 燃气供应 .....                                 | 205 |
| 参考书目 .....                                     | 210 |
| 参考习题及答案 .....                                  | 210 |
| <b>第六章 建筑电气</b> .....                          | 223 |
| 第一节 供配电系统 .....                                | 223 |
| 第二节 变配电所和自备电源 .....                            | 230 |
| 第三节 民用建筑的配电系统 .....                            | 235 |
| 第四节 电气照明 .....                                 | 242 |
| 第五节 电气安全和建筑物防雷 .....                           | 251 |
| 第六节 火灾自动报警系统 .....                             | 258 |
| 第七节 电话、有线广播和扩声、同声传译 .....                      | 265 |
| 第八节 有线电视系统和闭路应用电视系统 .....                      | 270 |
| 第九节 呼应信号及信息显示 .....                            | 272 |
| 第十节 建筑物综合布线系统 .....                            | 273 |
| 第十一节 安全防范系统 .....                              | 276 |
| 第十二节 楼宇自动化系统(BAS) .....                        | 280 |
| 第十三节 计算机网络 .....                               | 282 |
| 第十四节 交流电的基本概念 .....                            | 284 |
| 参考书目 .....                                     | 285 |
| 参考习题及答案 .....                                  | 286 |
| <b>附录 1 全国一级注册建筑师资格考试大纲</b> .....              | 293 |
| <b>附录 2 全国一级注册建筑师资格考试规范、标准及主要参考书目</b> .....    | 296 |
| <b>附录 3 关于调整注册建筑师考试书目内容的通知</b> .....           | 302 |
| <b>附录 4 2010 年度全国一、二级注册建筑师资格考试考生注意事项</b> ..... | 303 |
| <b>附录 5 解读《考生注意事项》(郭保宁)</b> .....              | 305 |

# 第一章 建筑热工学

建筑热工学的主要任务是以热物理学、传热学和传质学作为理论基础，应用已揭示的传热、传质规律，通过规划和建筑设计上的手段有效地防护和利用室内、外气候因素，合理地解决建筑设计中围护结构的保温、隔热和防潮等方面的问题，以创造良好的室内气候条件，节约能源并提高围护结构的耐久性。

## 第一节 建筑热工学基本原理

### 一、传热方式

热量的传递称为传热。根据传热机理的不同，传热的基本方式有三种：导热、对流和辐射。

#### (一) 导热(热传导)

导热是指温度不同的物体各部分或温度不同的两物体直接接触而发生的传热现象。

##### 1. 傅立叶定律

导热基本定律，即傅立叶定律的数学表达式为：

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

式中  $q$ ——热流密度(热流强度)，单位时间内，通过等温面上单位面积的热量， $W/m^2$ ；

$\frac{\partial t}{\partial n}$ ——温度梯度，温度差  $\Delta t$  与沿法线方向的两个等温面之间的距离  $\Delta n$  之比的极限， $K/m$ ，图 1-1 为等温面示意图；

$\lambda$ ——材料的导热系数， $W/(m \cdot K)$ 。

均质材料物体各点的热流密度与温度梯度成正比，但指向温度降低的方向。式(1-1)中的负号就是表示热量传递的方向和温度梯度的方向相反。

##### 2. 导热系数

表征物质的导热能力大小的量是导热系数，单位是  $W/(m \cdot K)$ 。其数值是物体中单位温度降度(即在 1m 厚的材料的两侧温度相差  $1^\circ C$  时)，单位时间通过单位面积所传导的热量。

各种材料导热系数  $\lambda$  的大致范围是：

气体： $0.006 \sim 0.6 W/(m \cdot K)$ ；

液体： $0.07 \sim 0.7 W/(m \cdot K)$ ；

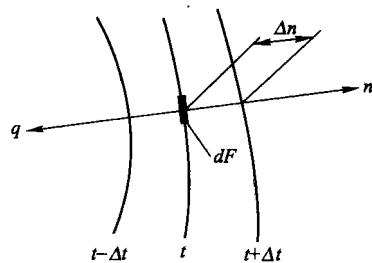


图 1-1 等温面示意图

金属： $2.2 \sim 420 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ ；

建筑材料和绝热材料： $0.025 \sim 3 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。

空气在常温、常压下导热系数很小，所以围护结构的密闭空气层中静止的空气具有很好的保温能力。

材料的导热系数不但因物质的种类而异，而且还和材料的温度、湿度、压力和密度等因素有关。影响导热系数的主要因素是材料的密度和湿度。

(1) 密度。一般情况下，密度小的材料导热系数就小，反之就大。但对于一些密度较小的保温材料，特别是某些纤维状材料和发泡材料，当密度低到某个值以后，导热系数反而会增大。在最佳密度下，该材料的导热系数最小。

(2) 湿度。建筑材料含水之后，水或冰填充了材料孔隙中空气的位置，导热系数将显著增大，在建筑保温、隔热、防潮设计时，都必须充分考虑到这种影响。

(3) 温度。大多数材料的导热系数随温度的升高而增大，工程计算中，导热系数常取使用温度范围内的算术平均值，并把它作为常数看待。

(4) 热流方向。对各向异性材料(如木材、玻璃纤维)，平行于热流方向时，导热系数较大，垂直于热流方向时，导热系数较小。

## (二) 对流

对流传热只发生在流体(气体和液体)之中，它是因温度不同的各部分流体之间发生相对运动，互相掺和而传递热能的。

由于引起流体流动的动力不同，对流的类型可分为：自然对流和受迫对流。

(1) 自然对流：由于温度不同引起的对流换热，叫做自然对流换热。

(2) 受迫对流：由外力作用形成的对流。受迫对流在传递热量的强度方面要大于自然对流。

在建筑热工中所涉及的主要是空气沿围护结构表面流动时，与壁面之间所产生的热交换过程。这种过程，既包括由空气流动所引起的对流传热过程，也包括空气分子之间和相接触的分子与壁面分子之间的导热过程。这种对流与导热的综合过程称为表面的“对流传热”。它的基本计算式为牛顿冷却公式：

$$q_c = \alpha_c (t - \theta) \quad (1-2)$$

式中  $q_c$ ——对流传热强度， $\text{W}/\text{m}^2$ ；

$\alpha_c$ ——对流换热系数， $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ；

$t$ ——流体主体部分温度， $\text{K}$ ；

$\theta$ ——固体壁面温度， $\text{K}$ 。

空气同屋顶和墙壁的表面之间的温度相差越大，对流换热量越多；表面越光滑，对流越顺畅，换热量越多。

## (三) 辐射

由于自身温度或热运动的原因而激发产生的电磁波传播称为热辐射。

### 1. 热辐射的本质和特点

(1) 辐射换热与导热、对流换热不同，它不依靠物质的接触而进行热量传递。

(2) 辐射换热过程伴随着能量形式的两次转化，即物体的部分内能转化为电磁波能发射出去，当此电磁波能射至另一物体表面而被吸收时，电磁波能又转化为内能。

(3) 一切物体只要温度高于绝对零度(0K), 都会不断地发射热射线, 当物体间有温差时, 高温物体辐射给低温物体的能量多于低温物体辐射给高温物体的能量。

## 2. 物体的辐射特性

物体可按其辐射特性分为黑体、灰体和选择性辐射体(非灰体)三大类。

(1) 黑体: 能发射全波段的热辐射, 在相同的温度条件下, 辐射能力最大。

(2) 灰体: 如果一个物体在每一波长下的单色辐射力与同温度、同波长下黑体的单色辐射力的比值为一常数, 则该物体称为灰体。一般建筑材料均可看作为灰体。

灰体的辐射本领  $E_\lambda$  与同温度下黑体的辐射本领  $E_{\lambda,b}$  的比值称为黑度(发射率) $\epsilon$ 。

$$\epsilon = \frac{E_\lambda}{E_{\lambda,b}} \quad (1-3)$$

(3) 选择性辐射体(非灰体): 此类物体的单色辐射力与黑体、灰体截然不同, 有的只能发射某些波长的辐射线。

(4) 全辐射力  $E$ (辐射本领, 全辐射本领): 在单位时间内, 从单位表面上以波长  $0 \sim \infty$  的全波段向半球空间辐射的总能量, 单位:  $W/m^2$ 。

黑体的辐射能力  $E_b$ (斯蒂芬-玻尔兹曼定律), 可表示为:

$$E_b = \sigma_b \cdot T_b^4 = C_b \cdot \left(\frac{T_b}{100}\right)^4 \quad (1-4)$$

式中  $T_b$ ——黑体的绝对温度, K;

$\sigma_b$ ——黑体辐射常数,  $5.68 \times 10^{-8} W/(m^2 \cdot K^4)$ ;

$C_b$ ——黑体辐射系数,  $5.68 W/(m^2 \cdot K^4)$ 。

灰体的辐射能力  $E$  为:

$$E = \epsilon \cdot \sigma_b \cdot T^4 = C \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (1-5)$$

式中  $T$ ——灰体的绝对温度, K;

$C$ ——灰体辐射系数,  $W/(m^2 \cdot K^4)$ ;

$\epsilon$ ——灰体的黑度。

物体表面向外辐射热量的多少, 是由物体的表面温度和辐射能力来决定的。表面温度越高, 辐射的热量越多; 辐射能力越强, 辐射的热量也越多。辐射系数  $C$  表示物体表面的辐射能力, 一般粗糙的表面辐射能力大, 光滑的表面辐射能力小。

(5) 单色辐射力  $E_\lambda$ (单色辐射本领): 在单位时间内, 从单位表面积向半球空间辐射出的某一波长的能量, 单位:  $W/(m^2 \cdot \mu m)$ 。

## 3. 物体对外来辐射的反射、吸收和透射

当辐射热落到不透明的物体的表面时, 例如太阳辐射到墙面或屋面, 物体表面就会把一部分辐射热反射出去, 吸收其余部分; 如遇到透明体, 例如窗玻璃, 则还有一部分辐射热透过去, 见图 1-2。

(1) 反射系数  $r$ : 被反射的辐射能  $I_r$  与入射辐射能  $I_0$  的比值。

$$r = \frac{I_r}{I_0} \quad (1-6)$$

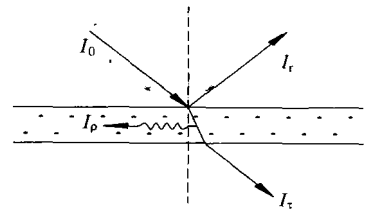


图 1-2 物体对辐射热的吸收、反射和透射示意

(2) 吸收系数  $\rho$ : 被吸收的辐射能  $I_p$  与入射辐射能  $I_0$  的比值。

$$\rho = \frac{I_p}{I_0} \quad (1-7)$$

(3) 透射系数  $\tau$ : 被透射的辐射能  $I_r$  与入射辐射能  $I_0$  的比值。

$$\tau = \frac{I_r}{I_0} \quad (1-8)$$

显然:

$$r + \rho + \tau = 1 \quad (1-9)$$

如果物体能全部吸收外来射线, 即  $\rho=1$ , 则这种物体被定义为黑体(绝对黑体); 如物体全部反射外来射线, 即  $r=1$ , 不论是镜面反射或漫反射, 均称为白体(绝对白体); 如物体能将外来辐射全部透过, 即  $\tau=1$ , 则称为透明体。

#### 4. 影响材料吸收系数、反射系数、透射系数的因素

材料的吸收系数、反射系数、透射系数是物体表面的辐射特性, 与物体的性质、温度及表面状况有关, 还和投射能量的波长分布有关。

对于任一特定的波长, 材料表面对外来辐射的吸收系数与其自身的发射率或黑度在数值上是相等的, 即  $\rho=\epsilon$ , 所以材料的辐射能力愈大, 它对外来辐射的吸收能力也愈大。常温下, 一般材料对辐射的吸收系数可取其黑度值, 对来自太阳的辐射, 材料的吸收系数并不等于物体表面的黑度。

物体对不同波长的外来辐射的反射能力不同。对短波辐射, 颜色起主导作用, 但对长波辐射, 材性(导体还是非导体)起主导作用。在阳光下, 黑色物体与白色物体的反射能力相差很大, 白色反射能力强; 而在室内, 黑、白物体表面的反射能力相差极小。对于建筑物来说, 外围护结构的外表面涂成白色或浅色, 而且做得光滑, 可以减少对太阳辐射热的吸收, 对防热是有好处的。

玻璃作为建筑常用的材料属于选择性辐射体, 其透射系数与外来辐射的波长有密切的关系, 易于透过短波而不易透过长波是玻璃建筑产生温室效应的原因。

#### 5. 辐射换热量

物体之间, 以辐射形式进行热量交换, 称为辐射换热。如散发的热量多于接受的热量, 物体表面温度就下降, 反之, 得多于失, 物体表面温度就上升。两表面间的辐射换热量主要与表面的温度、表面发射和吸收辐射的能力、表面的几何尺寸与相对位置有关。

若不计两表面之间的多次反射, 仅考虑第一次吸收时, 任意两表面的辐射换热量的通式为:

$$q_{1,2} = \alpha_r (\theta_1 - \theta_2) \quad (1-10)$$

式中  $q_{1,2}$ ——辐射换热热流密度,  $W/m^2$ ;

$\theta_1$ ——表面 1 的温度,  $K$ ;

$\theta_2$ ——表面 2 的温度,  $K$ ;

$\alpha_r$ ——辐射换热系数,  $W/(m^2 \cdot K)$ 。

上述三种基本传热方式, 在建筑的传热过程中, 都会以两种或三种方式同时出现。不过, 在一定条件下, 以某种传热方式为主。

### 二、外围护结构的传热过程和特点

#### (一) 外围护结构的传热过程

室内空气通过围护结构与室外空气进行热量传递的过程, 称为围护结构的传热过程,

整个传热过程分成三个阶段（图 1-3）：

（1）表面吸热阶段，内表面从室内吸热（冬季）或外表面从室外空间吸热（夏季）。

（2）结构本身传热阶段，热量由结构的高温表面传向低温表面。

（3）表面放热阶段，外表面向室外放热（冬季）或内表面向室内空间放热（夏季）。

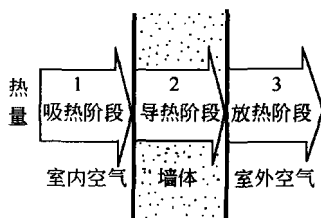


图 1-3 围护结构传热过程

## （二）表面换热

热量在围护结构的内表面和室内空气之间或在外表面和室外空气之间进行传递的现象称为表面换热。表面换热由对流换热和辐射换热两部分组成。

$$q = q_c + q_r = \alpha(\theta - t) \quad (1-11)$$

$$\alpha = \alpha_c + \alpha_r \quad (1-12)$$

式中  $q$ ——表面换热量， $W/m^2$ ；

$\theta$ ——室内或室外壁面温度， $K$ ；

$t$ ——室内或室外气温， $K$ ；

$\alpha$ ——表面换热系数， $W/(m^2 \cdot K)$ ；

$\alpha_c$ ——对流换热系数， $W/(m^2 \cdot K)$ ；

$\alpha_r$ ——辐射换热系数， $W/(m^2 \cdot K)$ 。

## 三、湿空气的物理性质

地球上的空气（大气），是由干空气和水蒸气组合而成的混合物，称之为湿空气。

湿空气中水蒸气含量很少，却对湿空气的状态变化有着很大的影响。湿空气状态的变化过程，会直接影响建筑物围护结构的潮湿状况，更会明显地影响人们对建筑环境的潮湿感觉。

### （一）水蒸气分压力与饱和水蒸气分压力

在一定温度下，湿空气中水蒸气部分所产生的压力称为水蒸气分压力，用  $P$  表示。湿空气的总压力  $P_w$  是干空气压力  $P_d$  和水蒸气分压力  $P$  之和。

在温度和压力一定的条件下，一定容积的干空气所能容纳的水蒸气量是有限度的。湿空气中水蒸气含量未达到这一限度时称为未饱和湿空气，达到限度时称为饱和湿空气，对应的水蒸气分压力称为饱和水蒸气分压力，用  $P_s$  表示。标准大气压下， $P_s$  值只与温度有关，随温度的升高而增大。

### （二）空气湿度

空气湿度是用来表示空气干、湿程度的热物理量，空气湿度有不同的表示方法。

（1）绝对湿度：单位容积湿空气中所含水蒸气的质量称为绝对湿度，用  $f$  表示，单位： $g/m^3$ ，饱和状态下的绝对湿度则用  $f_{max}$  表示，单位： $g/m^3$ 。

（2）含湿量：单位质量的干空气所含水蒸气的质量称为含湿量，用  $d$  表示。

（3）相对湿度：一定大气压力下，温度一定时，湿空气的绝对湿度  $f$  与同温度下饱和湿空气的绝对湿度  $f_{max}$  之比称为相对湿度，用  $\varphi$  表示：

$$\varphi = \frac{f}{f_{max}} \times 100\% \quad (1-13)$$