



2013

执业资格考试丛书

一级注册建筑师考试辅导教材

# 第三分册 建筑物理与 建筑设备

(第九版)

《注册建筑师考试辅导教材》编委会 编  
曹纬浚 主编

本教材由北京市注册建筑师考试辅导班的教师编写，2001年初版正式面世。教材紧跟规范、规程的更新，紧密结合考试实际，每年修订再版。2013年版教材根据新的法规、规范又进行了仔细修订，书中有大量历年真实试题，是备考注册建筑师考生必备的辅导教材。

中国建筑工业出版社

执业资格考试丛书

# 一级注册建筑师考试辅导教材

## 第三分册 建筑物理与建筑设备

(第九版)

《注册建筑师考试辅导教材》编委会 编

曹伟浚 主编

中国建筑工业出版社

**图书在版编目 (CIP) 数据**

一级注册建筑师考试辅导教材 第三分册 建筑物理与建筑设备/《注册建筑师考试辅导教材》编委会编, 曹纬浚主编. —9 版.

北京: 中国建筑工业出版社, 2012. 11

(执业资格考试丛书)

ISBN 978-7-112-14799-1

I. ①一… II. ①注…②曹… III. ①建筑物理学-建筑师-资格考试-自学参考资料 ②房屋建筑设备-建筑师-资格考试-自学参考资料 IV. ①TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 247763 号

责任编辑: 张 建

责任校对: 关 健

**执业资格考试丛书  
一级注册建筑师考试辅导教材  
第三分册 建筑物理与建筑设备  
(第九版)**

《注册建筑师考试辅导教材》编委会 编  
曹纬浚 主编

\*

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

北京红光制版公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 16 $\frac{3}{4}$  字数: 403 千字

2012 年 11 月第九版 2012 年 11 月第十二次印刷

定价: 36.00 元

ISBN 978-7-112-14799-1  
(22853)

**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)

# 前 言

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)

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源，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的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工夫。

## 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调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。

大学专业教育是成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距很大。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作调整和补充。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”，把继续教育当做“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，努力创造出一个经受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缺欠。

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，建筑所蕴含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新结构、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作水平，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。

# 《注册建筑师考试辅导教材》

## 编 委 会

主 任 委 员 赵知敬

副主任委员 于春普 曹纬浚

主 编 曹纬浚

编 委 (以姓氏笔画为序)

于春普 王其明 冯 玲 刘宝生

任朝钧 吕 鉴 李魁元 李德富

杨金铎 张思浩 汪琪美 林焕枢

周惠珍 朋改非 赵知敬 姜中光

侯云芬 耿长孚 贾昭凯 钱民刚

翁如璧 曹纬浚 曾 俊 樊振和



## 编写说明

原建设部和人事部自 1995 年起开始实施注册建筑师执业资格考试制度。

为了帮助建筑师们准备考试，本书的编写教师自 1995 年起就先后参加了北京市一、二级注册建筑师考试辅导班的教学工作。他们都是本专业具有较深造诣的高级工程师和教授，分别来自北京市建筑设计研究院、北京建筑工程学院、北京工业大学、北京交通大学、中国人民大学、清华大学建筑设计院和原北京市城市规划管理局。作者以考试大纲和现行规范、标准为依据，在辅导班讲课教案的基础上，经多年教学实践的检验修改，于 2001 年全国考生编写、出版了本套考试辅导教材。教材的目的是为了指导复习，因此力求简明扼要、联系实际，着重对规范的理解与应用，并注意突出重点概念。

本教程严格按考试大纲编写，每年根据教学实践不断改进、修订。全国注册建筑师管理委员会规定：每年考试所使用的规范、规程，以本考试年度上一年 12 月 31 日前正式实施的规范、规程为准。每年我们均根据规范、规程的修订、更新和每年考题的实际情况修订我们的教材。2012 年年底开始执行的新修订的规范、规程不少，与我们考试关系较大的有：《住宅设计规范》、《中小学校设计规范》、《无障碍设计规范》、《城市用地分类与规划建设用地标准》、《建筑结构荷载规范》、《砌体结构设计规范》、《建筑地基基础设计规范》、《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》、《住宅建筑电气设计规范》、《节能建筑评价标准》、《屋面工程技术规范》等（详见本书附录 2）。2013 年我们的《教材》和《试题集》均按照这些新修订的规范、标准仔细进行了修订，保证满足考试要求。

为了方便读者学习，2013 年我们将教材从 5 个分册改为 6 个分册。将原第一章《设计前期与场地设计知识》分为了《设计前期工作》和《场地设计知识》两章，将原第二章《建筑设计原理与标准、规范》分为了《建筑设计原理》和《建筑设计标准、规范》两章，将原《荷载及结构设计》分为了《建筑结构上的作用及设计方法》等五章。修改后，第一分册包括第一至第七章，内容为“设计前期 场地与建筑设计（知识）”；第二分册包括第八至第十六章，内容为“建筑结构”；第三分册包括第十七至第二十二章，内容为“建筑物理与建筑设备”；第四分册包括第二十三和第二十四章，内容为“建筑材料与构造”；第五分册包括第二十五至第二十七章，内容为：“建筑经济 施工与设计业务管理”；原第一分册下册改为第六分册，包括第二十八至第三十章，内容为“建筑方案 技术与场地设计（作图）”。

参加本教材编写的老师如下：第一、第二及第三十章耿长孚、陶维华；第三、第七及第二十八章第四节张思浩；第四章王其明、何力；第五章姜中光；第六章任朝钧、荣玥芳；第八章钱民刚；第九、第十五、第十六章及第二十九章结构部分曾俊；第十、第十一、第十二、第十三及第十四章林焕枢；第十七章汪琪美；第十八及第十



九章李德富；第二十章吕鉴；第二十一章及第二十九章设备部分贾昭凯；第二十二章及第二十九章电气部分冯玲；第二十三章朋改非、侯云芬；第二十四章杨金铎；第二十五章周惠珍；第二十六章刘宝生；第二十七章李魁元；第二十八章第一至三节翁如璧；第二十九章建筑部分翁如璧、樊振和。

多年来先后协助以上作者和主编编写、修订本《教材》的老师有：张英、郝昱、赵欣然、霍新民、何玉章、颜志敏、曹一兰、周庄、张文革、张岩、周迎旭、曹京、杨洪波、李智民、耿京、陈璐、李铁柱、仲晓雯、冯存强、阮广青、刘若禹、任东勇、钱程、阮文依、王金羽、康义荣。

考生在复习本《教材》时，应结合阅读相应的标准、规范。本《教材》每章后均附有习题，方便考生练习以巩固知识。我们编写的《一级注册建筑师考试辅导试题集》，收录了大量知识单选真实考题，深受考生欢迎。今年我们对《试题集》进行了较大的改动。将《试题集》知识题部分分为了五个分册，以对应《教材》的五个分册。并对一些试题注明了考试年份。今年我们还将2011年和2010年两年各科目的试题集中放在《试题集》各分册的后面，考生可自己作两次仿真测试。

我们的《教材》第六分册集中了建筑方案、技术和场地设计（作图）的课程，收录了大量历年作图的真实试题，并提供了参考答案，对作图考试备考必定大有好处。

请考生注意，从2011年起，一级知识单选题考试《建筑设计》、《建筑结构》、《建筑物理与建筑设备》和《建筑材料与构造》四科考试的试题每科均减少了20题（见本书附录4、5）。附录5对知识单选题考试备考和应试提出了建议，请各位考生注意阅读。

根据《行政许可法》，本书编委会不再冠以注册建筑师管理委员会的名义，但书的内容未变。经过每年的修订补充，书的质量每年都会更上一层楼。

祝各位考生考试取得好成绩！

**《注册建筑师考试辅导教材》编委会**

2012年10月

# 一级注册建筑师考试辅导教材

## 总 目 录

### 第一分册 设计前期 场地与建筑设计 (知识)

- 第一章 设计前期工作
- 第二章 场地设计知识
- 第三章 建筑设计原理
- 第四章 中国古代建筑史
- 第五章 外国建筑史
- 第六章 城市规划基础知识
- 第七章 建筑设计标准、规范

### 第二分册 建 筑 结 构

- 第八章 建筑力学
- 第九章 建筑结构与结构选型
- 第十章 建筑结构上的作用及设计方法
- 第十一章 钢筋混凝土结构设计
- 第十二章 钢结构设计
- 第十三章 砌体结构设计
- 第十四章 木结构设计
- 第十五章 建筑抗震设计基本知识
- 第十六章 地基与基础

### 第三分册 建筑物理与建筑设备

- 第十七章 建筑热工与节能
- 第十八章 建筑光学
- 第十九章 建筑声学
- 第二十章 建筑给水排水
- 第二十一章 暖通空调

## 第二十二章 建筑电气

### 第四分册 建筑材料与构造

## 第二十三章 建筑材料

## 第二十四章 建筑构造

### 第五分册 建筑经济 施工与设计业务管理

## 第二十五章 建筑经济

## 第二十六章 建筑施工

## 第二十七章 设计业务管理

### 第六分册 建筑方案 技术与场地设计（作图）

## 第二十八章 建筑方案设计（作图）

## 第二十九章 建筑技术设计（作图）

## 第三十章 场地设计（作图）

## 第三分册 建筑物理与建筑设备

### 目 录

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 前言 .....                 | 赵春山 |
| 编写说明 .....               |     |
| 第十七章 建筑热工与节能 .....       | 1   |
| 第一节 传热的基本知识 .....        | 1   |
| 第二节 热环境 .....            | 6   |
| 第三节 建筑围护结构的传热原理及计算 ..... | 10  |
| 第四节 围护结构的保温设计 .....      | 16  |
| 第五节 外围护结构的蒸汽渗透和冷凝 .....  | 22  |
| 第六节 建筑日照 .....           | 24  |
| 第七节 建筑防热设计 .....         | 27  |
| 第八节 建筑节能 .....           | 32  |
| 习题 .....                 | 48  |
| 参考答案 .....               | 57  |
| 第十八章 建筑光学 .....          | 58  |
| 第一节 建筑光学的基本知识 .....      | 58  |
| 第二节 天然采光设计标准和采光计算 .....  | 65  |
| 第三节 建筑照明 .....           | 73  |
| 习题 .....                 | 81  |
| 参考答案 .....               | 85  |
| 第十九章 建筑声学 .....          | 86  |
| 第一节 建筑声学基本知识 .....       | 86  |
| 第二节 室内声学原理 .....         | 90  |
| 第三节 吸声材料与吸声结构 .....      | 93  |
| 第四节 室内音质设计 .....         | 99  |
| 第五节 噪声控制 .....           | 105 |
| 习题 .....                 | 114 |
| 参考答案 .....               | 117 |
| 第二十章 建筑给水排水 .....        | 119 |
| 第一节 建筑给水 .....           | 119 |
| 第二节 建筑内部热水系统 .....       | 124 |
| 第三节 水污染的防治及抗震措施 .....    | 129 |
| 第四节 消防给水 .....           | 132 |
| 第五节 建筑排水 .....           | 137 |
| 第六节 建筑节水基本知识 .....       | 144 |
| 习题 .....                 | 149 |
| 参考答案 .....               | 151 |

|                                                |     |
|------------------------------------------------|-----|
| <b>第二十一章 暖通空调</b> .....                        | 152 |
| 第一节 供暖系统.....                                  | 152 |
| 第二节 通风系统.....                                  | 160 |
| 第三节 空调系统.....                                  | 161 |
| 第四节 建筑设计与供暖空调运行节能.....                         | 172 |
| 第五节 设备机房及主要设备的空间要求.....                        | 173 |
| 第六节 高层建筑防烟、排烟.....                             | 175 |
| 第七节 燃气种类及安全措施.....                             | 177 |
| 第八节 暖通空调专业常用单位.....                            | 180 |
| 习题.....                                        | 181 |
| 参考答案.....                                      | 188 |
| <b>第二十二章 建筑电气</b> .....                        | 189 |
| 第一节 供配电系统.....                                 | 189 |
| 第二节 变配电所和自备电源.....                             | 192 |
| 第三节 民用建筑的配电系统.....                             | 196 |
| 第四节 电气照明.....                                  | 204 |
| 第五节 电气安全和建筑物防雷.....                            | 209 |
| 第六节 火灾自动报警系统.....                              | 215 |
| 第七节 电话、有线广播和扩声、同声传译.....                       | 219 |
| 第八节 共用天线电视系统和闭路应用电视系统.....                     | 222 |
| 第九节 呼应（叫）信号及公共显示装置.....                        | 224 |
| 第十节 建筑物综合布线系统.....                             | 225 |
| 第十一节 电气设计基础.....                               | 228 |
| 习题.....                                        | 232 |
| 参考答案.....                                      | 234 |
| <b>附录 1 全国一级注册建筑师资格考试大纲</b> .....              | 235 |
| <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> .....    | 238 |
| <b>附录 3 2012 年度全国一、二级注册建筑师资格考试考生注意事项</b> ..... | 245 |
| <b>附录 4 解读《考生注意事项》</b> .....                   | 247 |
| <b>附录 5 对知识单选题考试备考和应试的建议</b> .....             | 252 |

# 第十七章 建筑热工与节能

## 第一节 传热的基本知识

热量的传递称为传热。在自然界中，只要存在温差就会出现传热现象。

### 一、传热的基本概念

#### (一) 温度

温度是表征物体冷热程度的物理量，温度使用的单位为 K 或  $^{\circ}\text{C}$ 。

#### (二) 温度场

某一瞬间，物体内部所有各点的温度分布称为温度场。温度场是空间某点坐标  $x, y, z$  与时间  $\tau$  的函数，公式表达为：

$$t = f(x, y, z, \tau) \quad (17-1)$$

温度场可分为以下类型：

1) 稳定温度场：温度场内各点温度不随时间变化。

2) 不稳定温度场：温度场内各点温度随时间发生变化。

在建筑热工设计中，主要涉及的是一维稳定温度场  $t = f(x)$  和一维不稳定温度场  $t = f(x, \tau)$  中的传热问题。在一维稳定温度场中，温度仅沿一个方向（如围护结构的厚度方向）发生变化；而在一维不稳定温度场中，温度不仅沿一个方向发生变化，而且各点的温度还随着时间发生改变。

#### (三) 等温面

温度场中同一时刻由温度相同的各点相连所形成的面。使用等温面可以形象地表示温度场内的温度分布（图 17-1）。

不同温度的等温面绝对不会相交。

#### (四) 温度梯度

温度差  $\Delta t$  与沿法线方向两个等温面之间距离  $\Delta n$  的比值的极限叫做温度梯度。表示为：

$$\lim_{\Delta n \rightarrow 0} \frac{\Delta t}{\Delta n} = \frac{\partial t}{\partial n} \quad (17-2)$$

#### (五) 热流密度（热流强度）

热流密度是在单位时间内，通过等温面上单位面积的热量，单位为  $\text{W}/\text{m}^2$ 。若单位时间通过等温面上微元面积  $dF$  的热量为  $dQ$ ，则热流密度定义式为：

$$q = \frac{dQ}{dF} \quad (17-3)$$

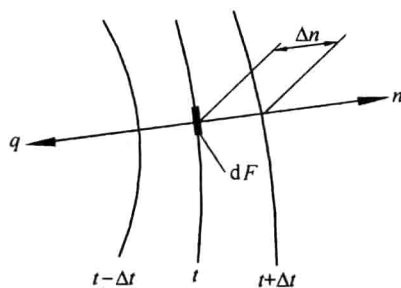


图 17-1 等温面示意图

## 二、传热的基本方式

根据传热机理的不同，传热的基本方式分为导热、对流和辐射。

### (一) 导热 (热传导)

导热指物体中有温差时由于直接接触的物质质点作热运动而引起的热能传递过程。

#### 1. 傅立叶定律

傅立叶定律指出，均质材料物体内部各点的热流密度与温度梯度成正比，即：

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \quad (17-4)$$

式中  $\lambda$ ——材料的导热系数。

由于热量传递的方向（由高温向低温）和温度梯度的方向（由低温向高温）相反，因此，上式中用负号表示。

注意，傅立叶定律在不同的温度场中可以有其形式不同的表达式。

#### 2. 材料的导热系数

导热系数是表征材料导热能力大小的物理量，单位为  $W/(m \cdot K)$ 。它的物理意义是，当材料层厚度为  $1m$ ，材料层两表面的温差为  $1K$  时，在单位时间内通过  $1m^2$  截面积的导热热量。

材料的导热系数可查阅有关的建筑材料热工指标表获得，应该熟悉经常使用的建筑材料的导热系数。各种材料导热系数  $\lambda$  的大致范围是：

气体： $0.006 \sim 0.6$ ；

液体： $0.07 \sim 0.7$ ；

建筑材料和绝热材料： $0.025 \sim 3$ ；

金属： $2.2 \sim 420$ 。

### (二) 对流

对流指由流体（液体、气体）中温度不同的各部分相互混合的宏观运动而引起的热传递现象。

由于引起流体流动的动力不同，对流的类型可分为：

1) 自由对流：由温度差形成的对流。

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由对流。

### (三) 辐射

辐射指物体表面对外发射热射线在空间传递能量的现象。凡是温度高于绝对零度 ( $0K$ ) 的物体都能发射辐射能。

1. 物体对外来辐射的反射、吸收和透射 (图 17-2)

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

$$r_h = \frac{I_r}{I_0} \quad (17-5)$$

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

$$\rho_h = \frac{I_a}{I_0} \quad (17-6)$$

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



$$\tau_h = \frac{I_r}{I_0} \quad (17-7)$$

显然:

$$r_h + \rho_h + \tau_h = 1 \quad (17-8)$$

## 2. 白体、黑体和完全透热体

1) 白体 (绝对白体): 能将外来辐射全部反射的物体,  $r_h=1$ 。

2) 黑体 (绝对黑体): 能将外来辐射全部吸收的物体,  $\rho_h=1$ 。

3) 完全透热体: 能将外来辐射全部透过的物体,  $\tau_h=1$ 。

## 3. 物体表面的辐射本领

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

2) 单色辐射力  $E_\lambda$  (单色辐射本领): 在单位时间内, 从单位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) 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, 这个物体称为灰体。

一般建筑材料均可看作为灰体。

4) 非灰体 (选择性辐射体): 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能量。

5) 黑度  $\epsilon$  (辐射率): 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。

$$\epsilon = \frac{E_\lambda}{E_{\lambda,b}} \quad (17-9)$$

## 4. 辐射本领的计算 (斯蒂芬—波尔兹曼定律)

1) 黑体的辐射能力  $E_b$

$$E_b = \sigma_b \cdot T_b^4 = C_b \cdot \left(\frac{T_b}{100}\right)^4 \quad (17-10)$$

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,  $5.68 W/(m^2 \cdot K^4)$ 。

2) 灰体的辐射能力  $E$

$$E = \epsilon \cdot \sigma_b \cdot T^4 = C \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (17-11)$$

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。

## 5. 影响材料吸收率、反射率、透射率的因素

材料吸收率、反射率、透射率与外来辐射的波长、材料的颜色、材性、材料的光滑和平整程度有关。

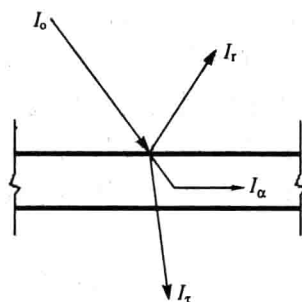


图 17-2 物体对外来辐射的反射、吸收和透射

注意，材料表面对外来辐射的反射、吸收和透射能力与外来辐射的波长有密切的关系。根据克希荷夫定律，在给定表面温度下，表面的辐射率（黑度）与该表面对来自同温度的投射辐射的吸收系数在数值上相等。

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。例如，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。

常温下，一般材料对辐射的吸收系数可取其黑度值，而对来自太阳的辐射，材料的吸收系数并不等于物体表面的黑度。

玻璃作为建筑常用的材料属于选择性辐射体，其透射率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具有温室效应的原因。

### 6. 辐射换热

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。

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

$$q_{1-2} = \alpha_r (\theta_1 - \theta_2) \quad (17-12)$$

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， $W/(m^2 \cdot K)$ 。

辐射换热系数  $\alpha_r$  取决于表面的温度、表面发射和吸收辐射的能力、表面的几何尺寸与相对位置。

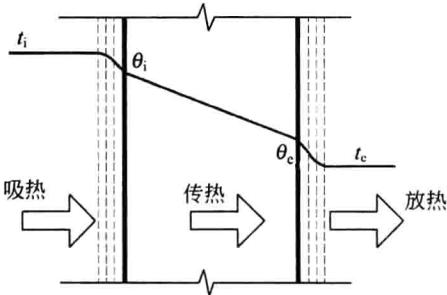


图 17-3 围护结构的传热过程

### 三、围护结构的传热过程

#### (一) 围护结构的传热过程

通过围护结构的传热要经过三个过程（图 17-3）：

1) 表面吸热：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：热量由结构的高温表面传向低温表面。

3) 表面放热：外表面向室外空间放热

（冬季）或内表面向室内空间放热（夏季）。

#### (二) 表面换热

热量在围护结构的内表面和室内空间或在外表面和室外空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。

##### 1. 对流换热

对流换热是指流体与固体壁面在有温差时产生的热传递现象。它是对流和导热综合作用的结果。如墙体表面与空气间的热交换。