

2009



执业资格考试丛书
一级注册建筑师考试辅导教材

第四分册 建筑材料与构造

(第五版)

《注册建筑师考试辅导教材》编委会 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。本（2009年）版教材根据《建筑抗震设计规范》（2008年版）和《中华人民共和国城乡规划法》等多条重要法规、规范的变更又进行了仔细修订。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

第四分册 建筑材料与构造

(第五版)

《注册建筑师考试辅导教材》编委会 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 第四分册 建筑材料与构造/
《注册建筑师考试辅导教材》编委会编. —5 版. —北京: 中国建
筑工业出版社, 2008

(执业资格考试丛书)

ISBN 978-7-112-10492-5

I. 一… II. 注… III. ①建筑材料-建筑师-资格考核-自学参考资料
②建筑构造-建筑师-资格考核-自学参考资料 IV. TU5 TU22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 177240 号

责任编辑: 张 建

责任校对: 刘 钰 陈晶晶

执业资格考试丛书
一级注册建筑师考试辅导教材
第四分册 建筑材料与构造
(第五版)

《注册建筑师考试辅导教材》编委会 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

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 19 $\frac{3}{4}$ 字数: 480 千字

2008 年 12 月第五版 2008 年 12 月第八次印刷

印数: 40001—46500 册 定价: 39.00 元

ISBN 978-7-112-10492-5

(17416)

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，但又不能完全划等号。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，建筑师才能够更好的发挥创造水平，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。

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年为全国考生编写、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。

本教材严格按考试大纲编写,在每年教学实践中不断加以改进,出版8年来深受全国考生们的欢迎。本教材于2001年正式出版,2003年按新的考试大纲及新的标准、规范对教材进行了全面修订;2004年至2008年每年均根据规范、标准的修订、更新,对部分内容进行增补和替换,今年再次进行了修订。参加本教材编写的专家如下:第一及第八章,耿长孚;第二章,张思浩;第三章,王其明;第四章,姜中光;第五章,任朝钧;第六及第七章建筑部分,翁如璧;第九章,钱民刚;第十、十二、十三章及第七章结构部分,曾俊;第十一章,林焕枢;第十四章,汪琪美;第十五、十六章,李德富;第十七章,吕鉴、张英;第十八章及第七章设备部分,贾昭凯;第十九章及第七章电气部分,冯玲;第二十章,朋改非;第二十一章,杨金铎;第二十二章,周惠珍;第二十三章,刘宝生;第二十四章,李魁元。

为方便考生复习,本教材分5个分册出版。第一分册包括第一至第八章,内容为“设计前期 场地与建筑设计”部分;第二分册包括第九至第十三章,为“建筑结构”部分;第三分册包括第十四至第十九章,为“建筑物理与建筑设备”部分;第四分册包括第二十及第二十一章,为“建筑材料与构造”部分;第五分册包括第二十二至第二十四章,为“建筑经济 施工与设计业务管理”部分。

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参考习题,可作为考生检验复习效果和准备考试的参考。此外,我们于2001年组织编写了《一级注册建筑师考试模拟试题集》,这几年每年都进行修订,收录了单选题约三千道,每题均提供了解题提示和答案;《模拟试题集》中还包括了作图题部分,并提供了参考答案,对考生备考必定大有好处。

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

2008年11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

- 第一章 设计前期与场地设计知识
- 第二章 建筑设计原理与标准、规范
- 第三章 中国古代建筑史
- 第四章 外国建筑史
- 第五章 城市规划基础知识
- 第六章 建筑方案设计(作图)
- 第七章 建筑技术设计(作图)
- 第八章 场地设计(作图)

第二分册 建 筑 结 构

- 第九章 建筑力学
- 第十章 建筑结构与结构选型
- 第十一章 荷载及结构设计
- 第十二章 建筑抗震设计基本知识
- 第十三章 地基与基础

第三分册 建筑物理与建筑设备

- 第十四章 建筑热工与节能
- 第十五章 建筑光学
- 第十六章 建筑声学
- 第十七章 建筑给水排水
- 第十八章 暖通空调
- 第十九章 建筑电气

第四分册 建筑材料与构造

第二十章 建筑材料

第二十一章 建筑构造

第五分册 建筑经济 施工与设计业务管理

册次	章次	章名	页码
1	22	建筑经济	1
1	23	建筑施工	1
1	24	设计业务管理	1
2	25	.....	.....
3	26	.....	.....
4	27	.....	.....
5	28	.....	.....
6	29	.....	.....
7	30	.....	.....
8	31	.....	.....
9	32	.....	.....
10	33	.....	.....
11	34	.....	.....
12	35	.....	.....
13	36	.....	.....
14	37	.....	.....
15	38	.....	.....
16	39	.....	.....
17	40	.....	.....
18	41	.....	.....
19	42	.....	.....
20	43	.....	.....
21	44	.....	.....
22	45	.....	.....
23	46	.....	.....
24	47	.....	.....
25	48	.....	.....
26	49	.....	.....
27	50	.....	.....
28	51	.....	.....
29	52	.....	.....
30	53	.....	.....
31	54	.....	.....
32	55	.....	.....
33	56	.....	.....
34	57	.....	.....
35	58	.....	.....
36	59	.....	.....
37	60	.....	.....
38	61	.....	.....
39	62	.....	.....
40	63	.....	.....
41	64	.....	.....
42	65	.....	.....
43	66	.....	.....
44	67	.....	.....
45	68	.....	.....
46	69	.....	.....
47	70	.....	.....
48	71	.....	.....
49	72	.....	.....
50	73	.....	.....
51	74	.....	.....
52	75	.....	.....
53	76	.....	.....
54	77	.....	.....
55	78	.....	.....
56	79	.....	.....
57	80	.....	.....
58	81	.....	.....
59	82	.....	.....
60	83	.....	.....
61	84	.....	.....
62	85	.....	.....
63	86	.....	.....
64	87	.....	.....
65	88	.....	.....
66	89	.....	.....
67	90	.....	.....
68	91	.....	.....
69	92	.....	.....
70	93	.....	.....
71	94	.....	.....
72	95	.....	.....
73	96	.....	.....
74	97	.....	.....
75	98	.....	.....
76	99	.....	.....
77	100	.....	.....
78	101	.....	.....
79	102	.....	.....
80	103	.....	.....
81	104	.....	.....
82	105	.....	.....
83	106	.....	.....
84	107	.....	.....
85	108	.....	.....
86	109	.....	.....
87	110	.....	.....
88	111	.....	.....
89	112	.....	.....
90	113	.....	.....
91	114	.....	.....
92	115	.....	.....
93	116	.....	.....
94	117	.....	.....
95	118	.....	.....
96	119	.....	.....
97	120	.....	.....
98	121	.....	.....
99	122	.....	.....
100	123	.....	.....

第四分册 建筑材料与构造

目 录

前言	赵春山
编写说明	
第二十章 建筑材料	1
第一节 建筑材料的基本性质	1
第二节 气硬性无机胶凝材料	8
第三节 水泥	12
第四节 混凝土	22
第五节 建筑砂浆	42
第六节 墙体材料与屋面材料	45
第七节 建筑钢材	50
第八节 木材	59
第九节 建筑塑料	62
第十节 防水材料	66
第十一节 绝热材料与吸声材料	74
第十二节 装饰材料	79
参考习题	85
答案	88
第二十一章 建筑构造	89
第一节 建筑物的分类、等级和建筑模数	89
第二节 建筑物的地基、基础和地下室构造	108
第三节 墙体的构造	126
第四节 楼板、楼地面、底层地面和顶棚构造	158
第五节 楼梯、电梯、台阶和坡道构造	175
第六节 屋顶的构造	181
第七节 门窗选型与构造	205
第八节 建筑工业化的有关问题	211
第九节 建筑装饰装修构造	220
第十节 高层建筑及老年人建筑和无障碍设计的构造措施	242
参考习题	273
答案	289
附录 1 全国一级注册建筑师资格考试大纲	290
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	293
附录 3 2008 年度全国一、二级注册建筑师资格考试考生注意事项	298
附录 4 解读《考生注意事项》	300

第二十章 建筑材料

建筑材料是指在建筑工程中所应用的各种材料的总称，它所包含的门类、品种极多，就其应用的广泛性及重要性来说，通常将水泥、钢材及木材称为一般建筑工程的三大材料。建筑材料费用通常占建筑总造价的 50% 左右。

建筑材料可从不同的角度进行分类：

一、按材料的化学组成，可分为有机材料和无机材料两大类以及这两类的复合材料。见表 20-1。

建筑材料的分类

表 20-1

分 类		实 例	
无 机 材 料	非金属材料	天然石材	毛石、料石、石板、碎石、卵石、砂
		烧土制品	粘土砖、粘土瓦、陶器、炆器、瓷器
		玻璃及熔融制品	玻璃、玻璃棉、矿棉、铸石
		胶凝材料	石膏、石灰、菱苦土、水玻璃、各种水泥
		砂浆及混凝土	砌筑砂浆、抹面砂浆 普通混凝土、轻骨料混凝土
	硅酸盐制品	灰砂砖、硅酸盐砌块	
	金属材料	黑色金属 有色金属	铁、非合金钢、合金钢 铝、铜及其合金
有 机 材 料	植物质材料	木材、竹材	
	沥青材料	石油沥青、煤沥青	
	合成高分子材料	塑料、合成橡胶、胶粘剂、有机涂料	
复 合 材 料	金属—非金属	钢纤混凝土、钢筋混凝土	
	无机非金属—有机	玻纤增强塑料、聚合物混凝土、沥青混凝土	
	金属—有机	PVC 涂层钢板、轻质金属夹芯板	

二、按材料的使用功能，可分为建筑结构材料、墙体材料、建筑功能材料及建筑器材等几大类

建筑材料品种繁多，性能各异，价格相差悬殊，建筑材料的质量与选用，直接影响建筑物的坚固性、适用性、耐久性及经济要求。建筑师应对各种建筑材料的性能具有充分了解，以便能正确选择和使用建筑材料。

第一节 建筑材料的基本性质

本节将简要介绍以下基本性质及其指标，并对其中最重要的指标的测定与计算作扼要叙述。

一、建筑材料的物理性质

(一) 材料的密度、表观密度与堆积密度

1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下，单位体积的质量，可用下式表示：

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (20-1)$$

式中 ρ ——密度， g/cm^3 ；

m ——材料在干燥状态下的质量， g ；

V ——干燥材料在绝对密实状态下的体积， cm^3 。

绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积，在测定有孔材料的绝对密实体积时，须将材料磨成细粉，干燥后用李氏瓶（排液置换法）测定。

2. 表观密度（原称容重，也称体积密度）

表观密度是指材料在自然状态下，单位体积的质量，可用下式表示：

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (20-2)$$

式中 ρ_0 ——表观密度， g/cm^3 ， kg/m^3 ；

m ——材料的质量， g ， kg ；

V_0 ——材料在自然状态下的体积（指包含内部孔隙的体积）（ cm^3 ， m^3 ）。

材料的表观密度的大小与其含水情况有关，应予以注明，通常材料的表观密度是指气干状态下的表观密度。

3. 堆积密度

仅适用于散粒材料（粉状或粒状材料）的一个指标，为在堆积状态下单位体积的质量。可用下式表示：

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (20-3)$$

式中 ρ'_0 ——堆积密度， kg/m^3 ；

m ——材料的质量， kg ；

V'_0 ——材料在堆积状态下的体积， m^3 。

常用建筑材料的密度、表观密度及堆积密度见表 20-2。

常用建筑材料的密度、表观密度及堆积密度

表 20-2

材 料	密度 ρ (g/cm^3)	表观密度 ρ_0 (kg/m^3)	堆积密度 ρ'_0 (kg/m^3)
石灰岩	2.60	1800 ~ 2600	—
花岗岩	2.80	2500 ~ 2800	—
碎石 (石灰岩)	2.60	—	1400 ~ 1700
砂	2.60	—	1450 ~ 1650
粘土	2.60	—	1600 ~ 1800
普通粘土砖	2.50	1600 ~ 1800	—
粘土空心砖	2.50	1000 ~ 1400	—
水泥	3.10	—	1200 ~ 1300
普通混凝土	—	2100 ~ 2600	—
轻骨料混凝土	—	800 ~ 1900	—
木 材	1.55	400 ~ 800	—
钢 材	7.85	7850	—
泡沫塑料	—	20 ~ 50	—

(二) 孔隙率与空隙率

1. 孔隙率

孔隙率是指材料中孔隙体积占总体积的比例，可按下式计算：

$$\text{孔隙率 } P = \frac{V_{\text{孔}}}{V_0} = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - \frac{\rho_0}{\rho} \quad (20-4)$$

材料中固体体积占总体积的比例，称为密实度，密实度 $D = 1 - P$ ，即材料的密实度 + 孔隙率 = 1。

材料的孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。孔隙率的大小及孔隙本身的特征（孔隙构造与大小）对材料的性质影响较大。

通常，对于同一种材质的材料，如其孔隙率在一定范围内变化，则这种材料的强度与孔隙率有显著的相关性，即孔隙率越大，则强度越低。

2. 空隙率

空隙率是指散粒材料在某堆积体积中，颗粒之间的空隙体积占总体积的比例。可按下式计算：

$$\text{空隙率 } P' = \frac{V_{\text{空}}}{V'_0} = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} = 1 - \frac{V_0}{V'_0} = 1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0} \quad (20-5)$$

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒互相填充的致密程度。在混凝土中，空隙率可作为控制砂石级配及计算混凝土砂率的依据。

(三) 材料的亲水性与憎水性

材料表面与水或空气中的水汽接触时，产生不同程度的润湿。材料表面吸附水或水汽而被润湿的性质与材料本身的性质有关。材料能被水润湿的性质称为亲水性，材料不能被水润湿的性质称为憎水性，一般可以按润湿边角的大小将材料分为亲水性材料与憎水性材料两类。润湿边角指在材料、水和空气的交点处，沿水滴表面的切线与水和固体接触面所成的夹角 (θ)，见图 20-1。

亲水性材料水分子之间的内聚力小于水分子与材料分子间的相互吸引力，表面易被水润湿，且水能通过毛细管作用而被吸入材料内部。建筑材料大多为亲水性材料，如砖、混凝土、木材等；少数材料如沥青、石蜡等为憎水性材料。憎水性材料有较好的防水效果。

(四) 材料的吸水性与吸湿性

1. 吸水性

材料在水中能吸收水分的性质称为吸水性，吸水性的用吸水率表示。吸水率是指材料浸水后在规定时间内吸入水的质量占材料干燥质量或材料体积的百分率。工程用建筑材料一般均采用质量吸水率。

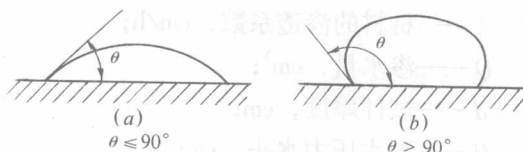


图 20-1 材料润湿示意图

(a) 亲水性材料；(b) 憎水性材料

$$\text{质量吸水率 } W_m = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (20-6)$$

式中 m_1 ——材料吸水饱和状态下的质量，g；

m ——材料干燥状态下的质量，g。

材料的吸水性与材料的亲水性、憎水性有关，还与材料的孔隙率的大小、孔隙特征有关。对于细微连通孔隙、孔隙率愈大，则吸水率愈大。封闭孔隙，水分不能进入，粗大开口孔隙，水分不能存留，吸水率均较小。因此，具有很多微小开口孔隙的亲水性材料，其吸水性特别强。

2. 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。常用含水率表示，可用下式计算：

$$\text{含水率 } W = \frac{m_{\text{湿}} - m}{m} \times 100\% \quad (20-7)$$

式中 $m_{\text{湿}}$ ——材料吸收空气中水分后的质量，g；

m ——材料烘干至恒重时质量，g。

材料的含水率随空气湿度和环境温度变化而变化，也就是水分可以被吸收，又可向外界扩散，最后与空气湿度达到平衡。与空气湿度达到平衡时的含水率称为材料的平衡含水率。

材料的吸水性与吸湿性均会导致材料其他性质的改变，如材料自重增大，绝热性、强度及耐水性等产生不同程度的下降等。

(五) 材料的耐水性

材料长期在饱和水作用下不破坏，其强度也不显著降低的性质称为耐水性。材料的耐水性用软化系数 (K) 表示：

$$K = \frac{\text{材料在吸水饱和状态的抗压强度}}{\text{材料在干燥状态下的抗压强度}} \quad (20-8)$$

软化系数的大小表示材料浸水饱和后强度降低的程度，其范围波动在 0 至 1 之间，软化系数愈小，说明材料吸水饱和后的强度降低越多，耐水性则愈差。对于经常处于水中或受潮严重的重要结构物的材料，其软化系数不宜小于 0.85；受潮较轻或次要结构物的材料，其软化系数不宜小于 0.75。

(六) 材料的抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性（或不透水性）。材料的抗渗性常用渗透系数表示。

$$k = \frac{Qd}{AtH} \quad (20-9)$$

式中 k ——材料的渗透系数，cm/h；

Q ——渗水量， cm^3 ；

d ——试件厚度，cm；

H ——静水压力水头，cm；

t ——渗水时间，h；

A ——渗水面积， cm^2 。

渗透系数愈大，表明材料渗透的水量愈多，抗渗性则愈差。

抗渗性也可用抗渗等级表示，抗渗等级是以规定的试件、在标准试验方法下所能承受的最大水压力来确定，以符号 P_n 表示，其中 n 为该材料所能承受的最大水压力的 0.1MPa 数，如普通混凝土的抗渗等级为 P6，即表示混凝土能承受 0.6MPa 的压力水而不渗透。

材料抗渗性的好坏，与材料的孔隙率及孔隙特征有关。孔隙率较大且是开口连通的孔隙的材料，其抗渗性较差。

抗渗性是决定材料耐久性的主要指标，对于地下建筑及水工构筑物，因常受到压力水的作用，所以要求材料具有一定的抗渗性。对于防水材料，则要求具有更高的抗渗性。材料抵抗其他液体渗透的性质，也属抗渗性。

(七) 材料的抗冻性

材料在吸水饱和状态下，能经受多次冻融循环（冻结与融化）作用而不破坏，强度也无显著降低的性质，称为材料的抗冻性。

材料受冻融破坏是由于材料孔隙中的水结冰造成的。水在结冰时体积约增大 9%，当材料孔隙中充满水时，由于水结冰对孔壁产生很大的压力，而使孔壁开裂。

材料的抗冻性可用抗冻等级“Fn”表示，n 为最大冻融次数，如 F25、F50 等。一般规定材料在经受若干次冻融循环后，质量损失不超过 5%，强度损失不超过 25% 时，认为抗冻性合格。对于水工及冬季气温在 -15℃ 的地区施工应考虑材料的抗冻性。

材料的抗冻性的高低，取决于材料孔隙中被水充满的程度和材料对因水分结冰体积膨胀所产生压力的抵抗能力。

抗冻性良好的材料，对于抵抗大气温度变化、干湿交替等风化作用的能力通常也较强，所以抗冻性常作为考查材料耐久性的一项指标。处于温暖地区的建筑物，虽无冰冻作用，为抵抗大气的作用，确保建筑物的耐久性，有时对材料也提出一定的抗冻性要求。

(八) 材料的导热性

在建筑中，除了满足必要的强度及其他性能的要求外，建筑材料还必须具有一定的热工性质，以达到降低建筑物的使用能耗、创造适宜的生活与生产环境。导热性是建筑材料的一项重要热工性质。

导热性是指当材料两侧存在温度差时，热量从温度高的一侧向温度低的一侧传导的性质。材料的导热性通常用导热系数“λ”表示。匀质材料导热系数的计算公式为：

$$Q = \lambda \frac{(t_1 - t_2) \cdot A \cdot Z}{a} \quad \text{从而} \quad \lambda = \frac{Q \cdot a}{(t_1 - t_2) \cdot A \cdot Z} \quad (20-10)$$

式中 λ——材料的导热系数，W/(m·K)；

Q——总传热量，J；

a——材料厚度，m；

(t₁ - t₂)——材料两侧绝对温度之差，K；

A——传热面积，m²；

Z——传热时间，s。

导热系数的物理意义是：单位厚度的材料，当两侧温度差为 1K 时，在单位时间内通过单位面积传导的热量。它是评定材料保温绝热性能好坏的主要指标。λ 越小，则材料的保温绝热性能越好。影响建筑材料导热系数的主要因素有：

1 材料的组成与结构。通常金属材料、无机材料、晶体材料的导热系数分别大于非金属材料、有机材料、非晶体材料。

2 孔隙率。孔隙率大，含空气多，则材料表观密度小，其导热系数也就小。这是由于空气的导热系数小的缘故。

3 孔隙特征。在同等孔隙率的情况下，细小孔隙、闭口孔隙组成的材料比粗大孔隙、开口孔隙的材料导热系数小，因为前者避免了对流传热。

4 含水情况。当材料含水或含冰时，材料的导热系数会急剧增大。

二、建筑材料的力学性质

(一) 材料的强度与等级、标号

材料在外力（荷载）作用下，抵抗破坏的能力称为材料的强度。当材料承受外力作用时，内部就产生应力。外力逐渐增加，应力也相应地加大，直到质点间作用力不再能够承受时，材料即破坏，此时极限应力值就是材料的强度。

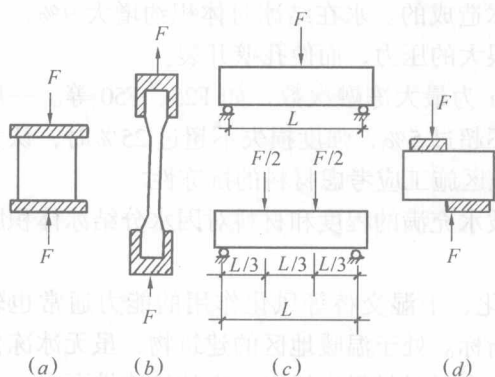


图 20-2 材料受力示意图

(a) 压力；(b) 拉力；(c) 弯曲；(d) 剪切

为三点弯曲，抗弯强度计算式为：

$$f_{lm} = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (20-12)$$

也有时在跨度的三分点上作用两个相等集中荷载，称为四点弯曲，则其抗弯强度计算式为：

$$f_{lm} = \frac{FL}{bh^2} \quad (20-13)$$

式中 f_{lm} ——抗弯强度，MPa；

F ——弯曲破坏时最大荷载，N；

L ——两支点间的跨距，mm；

b, h ——试件横截面的宽及高，mm。

为衡量材料轻质高强方面的属性，还需规定一个相关的性能指标，称为比强度。比强度定义为材料的强度 f 与其表观密度 ρ_0 之比，即 f/ρ_0 ，它描述了单位质量材料的强度，其值愈大，表示该材料具有愈好的轻质高强属性。

各种建筑材料的强度特点差异很大，见表 20-3。为了使用方便，建筑材料常按其强度高低划分为若干个标号或等级，例如硅酸盐水泥按抗压和抗折强度分为 6 个强度等级，普通混凝土按其抗压强度分为 12 个强度等级。

(二) 弹性与塑性

在外力作用下，材料产生变形，外力取消后变形消失，材料能完全恢复原来形状的性

根据外力作用方式的不同，材料强度有抗压强度、抗拉强度、抗弯强度及抗剪强度等，见图 20-2。

材料的抗压强度 (f_a)、抗拉强度 (f_t) 及抗剪强度 (f_v) 的计算公式如下：

$$f = \frac{F}{A} \quad (20-11)$$

式中 F ——材料破坏时最大荷载，N；

A ——材料受力截面面积， mm^2 。

材料的抗弯强度与受力情况、截面形状及支承条件等有关，通常将矩形截面条形试件放在两支点上，中间作用一集中荷载，称

质，称为弹性。这种外力去除后即可恢复的变形称为弹性变形属可逆变形，其数值大小与外力成正比，其比例系数 E 称为材料的弹性模量。在弹性变形范围内， E 为常数，即

几种常用材料的强度 (MPa)

表 20-3

材 料	抗 压	抗 拉	抗 弯
花 岗 岩	100 ~ 250	5 ~ 8	10 ~ 14
普通粘土砖	5 ~ 20	—	1.6 ~ 4.0
普通混凝土	5 ~ 60	1 ~ 9	—
松木 (顺纹)	30 ~ 50	80 ~ 120	60 ~ 100
建筑钢材	240 ~ 1500	240 ~ 1500	—

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (20-14)$$

式中 σ ——材料的应力，MPa；

ϵ ——材料的应变。

弹性模量 E 是衡量材料抵抗变形能力的一个指标， E 愈大，材料愈不易变形。

材料在外力作用下产生变形，当外力取消后，有一部分变形不能恢复，这种性质称为材料的塑性，这种不能恢复的变形称为塑性变形，属不可逆变形。

实际上纯弹性材料是没有的，大部分固体材料在受力不大时，表现出弹性变形，当外力达一定值时，则呈现塑性变形。有的材料受力后，弹性变形和塑性变形同时发生，当卸荷后，弹性变形会恢复，而塑性变形不能消失（如混凝土），这类材料称为“弹—塑”性材料。

(三) 材料的脆性与韧性

当外力达到一定限度后，材料突然破坏，而破坏时并无明显的塑性变形，材料的这种性质称为脆性。具有这种性质的材料称为脆性材料，如混凝土、玻璃、砖石等。脆性材料的抗压强度远远大于其抗拉强度，所以脆性材料不能承受振动和冲击荷载，只适于用作承压构件。通常脆性材料的拉压比很小，即抗拉强度明显低于抗压强度。在冲击、振动荷载作用下，材料能够吸收较大能量，同时还能产生一定的变形而不致破坏的性质称为韧性（冲击韧性）。一般以测定其冲击破坏时试件所吸收的功作为指标。建筑钢材（软钢）、木材等属于韧性材料。

在结构设计中，对于承受动荷载（冲击、振动等）的结构物，所用材料应具有较高的韧性。

(四) 硬度

材料的硬度是指材料抵抗较硬物质压入其表面的能力，通过硬度可大致推知材料的强度。各种材料硬度的测试方法和表示方法不同。如石料可用刻痕法或磨耗来测定；金属、木材及混凝土等可用压痕法测定；矿物可用刻划法测定（矿物硬度分为 10 个等级，最硬的 10 级为金刚石，最软的 1 级为滑石及白垩石）。

常用的布氏硬度 HB 可用来表示塑料、橡胶及金属等材料的硬度。

三、材料的化学性质

指材料与它所处外界环境的物质进行化学反应的能力或在所处环境的条件下保持其组成及结构稳定的能力，如胶凝材料与水作用，钢筋的锈蚀，沥青的老化，混凝土及天然石