



注册建筑师考试丛书

Palazzo della Civiltà Italiana
Giovanni Guerrini

2019

一级注册建筑师考试教材

建筑材料与构造

(第十四版)

《注册建筑师考试教材》编委会 编
曹纬浚 主编

No. 4

本套书由名师、专家执笔，是目前同类书中，出版较早、流传最广、品种最全、内容严谨、考点覆盖全面的权威注册建筑师考试用书。本套书着重对工程经验的总结、规范的解读和原理、概念的辨析。

中国建筑工业出版社

注册建筑师考试丛书
一级注册建筑师考试教材

主任委员 赵春山

副主任委员 于春

主
编

• 4 •

建筑材料与构造

(第十四版)

《注册建筑师考试教材》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教材. 4, 建筑材料与构造/《注册建筑师考试教材》编委会编; 曹纬浚主编. —14 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018. 11

(注册建筑师考试丛书)

ISBN 978-7-112-22889-8

I. ①—… II. ①注… ②曹… III. ①建筑材料-资格考试-自学参考资料 ②建筑结构-资格考试-自学参考资料
IV. ①TU

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 246145 号

责任编辑: 张 建

责任校对: 党 蕾

注册建筑师考试丛书
一级注册建筑师考试教材

• 4 •

建筑材料与构造

(第十四版)

《注册建筑师考试教材》编委会 编

曹纬浚 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

大厂回族自治县正兴印务有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 27¼ 字数: 662 千字

2018 年 11 月第十四版 2018 年 11 月第二十四次印刷

定价: 88.00 元

ISBN 978-7-112-22889-8

(32938)

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)

《注册建筑师考试教材》

《注册建筑师考试教材》
编委会

编委会

主任委员 赵春山

主任委员 赵春山

副主任委员 于春普 曹伟浚

主 编 曹伟浚

编委 (以姓氏笔画为序)

于春普 王又佳 王昕禾 冯 东

冯 玲 刘 博 许 萍 李 英

李魁元 何 力 汪琪美 张思浩

陈 岚 陈 璐 陈向东 赵春山

荣玥芳 侯云芬 贾昭凯 钱民刚

郭保宁 黄莉 曹纬浚 樊振和

穆静波 魏 鹏

图书在版编目 (CIP) 数据

一级注册建筑师考试教材·4: 建筑材料与构造 / 住房和城乡建设部执业资格注册中心编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2018.11

ISBN 978-7-112-22369-8

(住房和城乡建设部执业资格注册中心编)

ISBN 978-7-112-22369-8

《住房和城乡建设部执业资格注册中心编》

序

会 委 员 会

1. ①—④ 2. ①—④ 3. ①—④ 4. ①—④

5. ①—④ 6. ①—④ 7. ①—④ 8. ①—④

9. ①—④

赵春山

中国版本图书馆 CIP 数据

(住房和城乡建设部执业资格注册中心原主任

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)

责任编辑: 张 建

责任校对: 张 建

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段时期底子薄，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，因社会的发展使得原有知识需要更新，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，这就很难做出与社会文化、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，及时调整并制定新的对策，成为建筑教育需要探讨解决的问题。

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、适用和美观方面得到全面体现。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、材料的选用、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。

前言

一、本套书编写的依据、目的及组织构架

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。

本套书以考试大纲为依据,结合考试参考书目和现行规范、标准进行编写,并结合历年真实考题的知识点做出修改补充。由于多年不断对内容的精益求精,本套书是目前市面上同类书中,出版最早、流传最广、内容严谨、口碑销量俱佳的一套注册建筑师考试用书。

本套书的编写目的是指导复习,因此在保证内容综合全面、考点覆盖面广的基础上,力求重点突出、详略得当;并着重对工程经验的总结、规范的解读和原理、概念的辨析。

为了帮助考生准备注册考试,本书的编写教师自 1995 年起就先后参加了全国一、二级注册建筑师考试辅导班的教学工作。他们都是在本专业领域具有较深造诣的教授、一级注册建筑师、一级注册结构工程师和具有丰富考试培训经验的名师、专家。

本套《注册建筑师考试丛书》自 2001 年出版至今,除 2002、2015、2016 三年停考之外,每年均对教材内容作出修订完善。现全套书包含:《一级注册建筑师考试教材》(共 6 个分册)、《一级注册建筑师考试历年真题与解析》(知识题科目,共 5 个分册);《二级注册建筑师考试教材》(共 3 个分册)、《二级注册建筑师考试历年真题与解析》(知识题科目,共 2 个分册)。

二、本书(本版)修订说明

(1) 根据最新颁布的《建筑设计防火规范》GB 50016—2014(2018 年版)、《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222—2017、《建筑装饰装修工程质量验收标准》GB 50210—2018 和《老年人照料设施建筑设计标准》JGJ 450—2018,以及《装配式建筑评价标准》GB/T 51129—2017 等标准、规范,对第二十四章“建筑构造”的相应内容作了更新修订。

(2) 对第二十四章“建筑构造”的知识架构作了系统性的完善和调整:新增第十一节“变形缝构造”;将原第九节中的“门窗工程”重新编写后并入第七节“门窗选型与构造”;将第九节中的“隔断工程”修订后并入第三节“墙体的构造”;将原第四节中的“顶棚构造”修订后并入第九节中的“顶棚工程”。

(3) 根据我国当前新型建筑工业化的发展要求及已颁布的装配式建筑的有关标准,全部改写了第八节“建筑工业化的有关问题”。

(4) 结合考试大纲和近年考题,对第二十四章各节均增补了考试中重点考查的知识点。

三、本套书配套使用说明

考生在学习《一级教材》时,除应阅读相应的标准、规范外,还应多做试题,以便巩

固知识,加深理解和记忆。《一级历年真题与解析》是《一级教材》的配套试题集,收录了2003年以来知识题的多年真实试题并附详细的解答提示和参考答案。其5个分册,分别对应《一级教材》的前5个分册。《一级历年真题与解析》的每个分册均包含两个部分,即按照《一级教材》章节设置的分散试题和近几年的整套试题。考生可以在考前做几次自测练习。

《一级教材》的第六分册收录了一级注册建筑师资格考试的“建筑方案设计”“建筑技术设计”和“场地设计”3个作图考试科目的多年真实试题,并提供了参考答卷,部分试题还附有评分标准;对作图科目考试的复习大有好处。

四、《一级教材》作者及协助编写人员

《1 设计前期 场地与建筑设计(知识)》——第一、二、三、七章王昕禾;第四章何力;第五章王又佳;第六章荣玥芳。

《2 建筑结构》——第八章钱民刚;第九、十章黄莉、王昕禾;第十一、十五、十六章黄莉;第十二、十三、十四章冯东。

《3 建筑物理与建筑设备》——第十七章汪琪美;第十八章刘博;第十九章李英;第二十章许萍;第二十一章贾昭凯;第二十二章冯玲。

《4 建筑材料与构造》——第二十三章侯云芬;第二十四章陈岚。

《5 建筑经济 施工与设计业务管理》——第二十五章陈向东;第二十六章穆静波;第二十七章李魁元。

《6 建筑方案 技术与场地设计(作图)》——第二十八、三十章张思浩;第二十九章建筑及结构部分樊振和;设备部分贾昭凯;电气部分冯玲。

除上述编写者之外,多年来曾参与或协助本套书编写、修订的人员有:陈璐、曹京、王其明、姜中光、翁如璧、耿长孚、任朝钧、曾俊、林焕枢、张文革、李德富、吕鉴、朋改非、杨金铎、周惠珍、刘宝生、张英、陶维华、郝昱、赵欣然、霍新民、何玉章、颜志敏、曹一兰、周庄、陈庆年、周迎旭、阮广青、张炳珍、杨守俊、王志刚、何承奎、孙国樑、张翠兰、毛远钰、曹欣、楼香林、李广秋、李平、邓华、翟平、曹铎。

在此预祝各位考生取得好成绩,考试顺利过关!

《注册建筑师考试教材》编委会

2018年9月

目 录

序	赵春山
前言	
第二十三章 建筑材料	1
第一节 材料科学与建筑材料基本性质	1
一、建筑材料的组成、结构及其对材料性能的影响	1
二、建筑材料的基本性质	4
第二节 气硬性无机胶凝材料	10
一、石灰	11
二、建筑石膏	12
三、水玻璃（俗称泡花碱）	14
四、菱苦土	14
第三节 水泥	14
一、硅酸盐水泥	15
二、掺混合材料的硅酸盐水泥	18
三、铝酸盐水泥（原高铝水泥）	22
四、其他品种水泥	23
第四节 混凝土	25
一、普通混凝土原材料的技术要求	25
二、普通混凝土的主要技术性质	32
三、普通混凝土配合比设计	40
四、其他种类混凝土	42
第五节 建筑砂浆	45
第六节 墙体材料与屋面材料	49
一、烧结类墙体材料	49
二、非烧结类墙体材料	51
三、屋面材料	54
第七节 建筑钢材	55
一、钢的分类	55
二、建筑钢材的主要力学性能	55
三、影响建筑钢材力学性能的主要因素	56
四、建筑钢材的标准与选用	59
五、建筑钢材的防锈与防火	67
第八节 木材	67
第九节 建筑塑料	71
第十节 防水材料	75
一、沥青基防水材料	75
二、合成高分子防水材料	81
第十一节 绝热材料与吸声材料	83

第十二节 装饰材料	88
一、基本要求与选用	88
二、常用装饰材料	89
习题	97
参考答案	99
第二十四章 建筑构造	100
第一节 建筑物的分类和建筑等级	100
一、建筑物的分类	100
二、建筑物的等级	105
第二节 建筑物的地基、基础和地下室构造	120
一、地基	120
二、基础埋深的确定原则	121
三、基础的种类	122
四、地下室的有关问题	125
第三节 墙体的构造	144
一、墙体的分类	144
二、墙体的保温与节能构造	149
三、砌体结构的抗震构造	179
四、墙体的隔声构造	186
五、墙体的细部构造	195
六、隔断墙的构造	202
七、混凝土小型空心砌块的构造	208
第四节 楼板、楼地面、路面、阳台和雨篷构造	213
一、现浇钢筋混凝土楼板和现浇钢筋混凝土梁的尺寸	213
二、预制钢筋混凝土楼板的构造	214
三、楼板上的地面与底层地面	215
四、阳台和雨篷的构造	236
第五节 楼梯、电梯、台阶和坡道构造	237
一、楼梯的有关问题	237
二、楼梯的细部尺寸	243
三、楼梯的防火要求	247
四、板式楼梯与梁式楼梯	248
五、楼梯的细部构造	248
六、台阶与坡道	249
七、电梯、自动扶梯和自动人行道	250
第六节 屋顶的构造	254
一、屋顶的基本类型	254
二、平屋顶的构造	257
三、瓦屋面(坡屋面)的构造	273
四、玻璃采光顶	281
五、太阳能光伏系统	285
第七节 门窗选型与构造	287
一、门窗概述	287
二、门窗的设计	290
三、门窗的安装构造	300

四、建筑遮阳.....	303
五、特殊门窗.....	305
第八节 建筑工业化的有关问题.....	308
一、建筑工业化.....	308
二、建筑模数协调标准.....	310
三、装配式建筑构造.....	311
第九节 建筑装饰装修构造.....	316
一、建筑内部装修设计防火.....	316
二、装饰装修工程做法要求汇集.....	323
三、住宅室内装饰装修及防水要求.....	347
第十节 高层建筑和幕墙构造.....	353
一、高层建筑简介.....	353
二、幕墙专题介绍.....	354
第十一节 变形缝构造.....	373
一、变形缝概述.....	373
二、变形缝的设置要求.....	373
三、变形缝构造.....	377
第十二节 老年人照料设施建筑和无障碍设计的构造措施.....	384
一、老年人照料设施建筑的构造要点.....	384
二、建筑物的无障碍设计.....	389
习题.....	394
参考答案.....	408
附录 1 全国一级注册建筑师资格考试大纲.....	409
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.....	412
附录 3 对知识单选题考试备考和应试的建议.....	422

材料的组成是决定其性能与用途的基础。这里所说的组成主要是指化学组成与矿物组成两个方面。

1. 化学组成
 建筑材料的化学组成成分大体上分为有机与无机两大类。前者如沥青中的 C—H 化合物及衍生物，建筑涂料中的树脂等；而后者则如钢材中的 Fe、C、Si、Mn、S、P 等元素，普通水泥则主要由 CaO 、 SiO_2 和 Al_2O_3 等形成的硅酸钙及铝酸钙组成。

化学成分对建筑材料的性能影响极大。众所周知，在一定范围内，钢材的强度随 C 含量的增加而提高，但塑性却随之下降。又如石膏、石灰和石灰石的主要化学成分分别为 CaSO_4 、 CaO 和 CaCO_3 ，因而石膏、石灰易溶于水，且耐水性差，而石灰石则有良好的耐水性。石油沥青由 C—H 化合物及其衍生物组成，从而决定了它易于老化。

由于化学成分对建筑材料本质的影响，所以，建筑材料的主要分类方法之一是以化学成分作为划分标准。按此标准，建筑材料分为无机材料、有机材料及复合材料三大类，详见表 23-1。

2. 矿物组成
 某些建筑材料，其性质主要取决于矿物组成。例如，天然石材中的花岗石，其矿物组成主要是石英和长石，因此，它的强度高，抗风化性能好。又如，对于硅酸盐水泥来说，熟料矿物成分中硅酸三钙含量较高，因此，硬化速度快，强度也较高。

第二十三章 建筑材料

建筑材料是形成土木工程各种建筑物和构筑物的物质基础。材料的性能与质量直接影响着建筑结构的效能与使用寿命。依据结构的设计与使用要求合理地选用材料,将会产生良好的经济效益与社会效益。因此,无论对于结构设计还是施工,建筑材料的选择与使用均占有重要的地位。要做到这一切,重要的一点是对建筑材料有全面与深入的了解。

本章将简要介绍主要建筑材料的组成及内部结构、基本性质及表征指标,并对建筑结构中常用的建材类型分述其性能与应用。

第一节 材料科学与建筑材料基本性质

一、建筑材料的组成、结构及其对材料性能的影响

建筑材料品种繁多,性质各异,在使用上差别很大,对建筑材料要做到深入了解、自如运用及不断开拓,就必须对材料的组成、结构及性能间的关系作本质的、理性的了解,这是材料科学的基本任务。

(一) 建筑材料的组成

材料的组成是决定其性能与用途的基础。这里所说的组成主要指化学组成与矿物组成两个方面。

1. 化学组成

建筑材料的化学组成成分大体上分为有机与无机两大类。前者如沥青中的 C—H 化合物及其衍生物,建筑涂料中的树脂等;而后者则如钢材中的 Fe、C、Si、Mn、S、P 等元素,普通水泥则主要由 CaO 、 SiO_2 和 Al_2O_3 等形成的硅酸钙及铝酸钙组成。

化学成分对建筑材料的性能影响极大。众所周知,在一定范围内,钢材的强度随 C 含量的增加而提高,但塑性却随之下降。又如石膏、石灰和石灰石的主要化学成分分别为 CaSO_4 、 CaO 和 CaCO_3 ,因而石膏、石灰易溶于水,且耐水性差,而石灰石则有良好的耐水性。石油沥青由 C—H 化合物及其衍生物组成,从而决定了它易于老化。

由于化学成分对建筑材料起本质的影响,所以,建筑材料的主要分类方法之一是以化学成分作为划分标准。按此标准,建筑材料分为无机材料、有机材料及复合材料三大类,详见表 23-1。

2. 矿物组成

某些建筑材料,其性质主要取决于矿物组成。例如,天然石材中的花岗石,其矿物组成主要是石英和长石,因此,它的强度高,抗风化性能好。又如,对于硅酸盐水泥来说,熟料矿物成分中硅酸三钙含量较高,因此,硬化速度快,强度也较高。

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	黏土砖、黏土瓦、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，以及各种水泥
		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、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
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、人造石
	金属—有机		PVC 涂层钢板、轻质金属夹芯板、铝塑板

(二) 材料的微观结构及其对性质的影响

建筑材料的结构按尺度可划分为三个层次：

- (1) 微观结构：原子—分子尺度。
- (2) 亚微观（细观）结构：光学显微镜尺度。
- (3) 宏观结构：目测或放大镜尺度。

建筑材料的许多性质，如强度、硬度、导电性、导热性等，除受其组成影响外，还取决于材料内部的微观结构。观察微观结构的主要工具是电子显微镜等，其分辨程度可达 Å（读“埃”， $1\text{Å}=10^{-10}\text{m}$ ）。建筑材料主要为固态物质，即使是液体材料也必须固化后才能使用。固态物质可划分为晶体与非晶体两种结构。

1. 晶体结构

晶体结构的基本特征在于其内部质点（原子、分子等）按一定的规则排列，形成晶格构造。具体来说，内部质点具有长程有序（即沿特定的长度方向规则排布）以及平移有序（即晶格构形可以周期式平移）。而按排列规则的不同，又可分为立方晶系、斜方晶系、六方晶系等不同类型。晶体原子排列示例如图 23-1 (a) 所示。

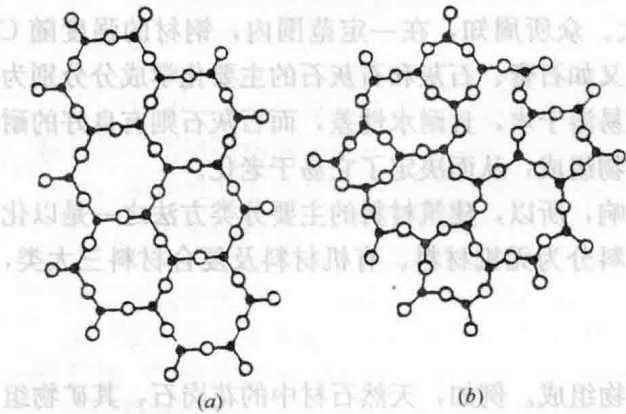


图 23-1 晶体、玻璃体的原子排列示意图

(a) 晶体；(b) 玻璃体

晶格构造使晶体具有一定的几何外形及各向异性，但因实际使用的晶

体材料通常由众多细小晶粒杂乱排布而成（晶格随机取向），故在宏观上多呈现各向同性。晶体材料受外力可以发生弹性变形，但达到一定值时，材料会沿内部的滑移面产生塑性变形。另外，晶体具有一定的熔点，这也是其与非晶体的主要差异。

晶体材料按其结合力的不同分为——原子晶体（中性原子以共价键结合而成的晶体，如石英）；离子晶体（正负离子以离子键结合而成的晶体，如 NaCl）；分子晶体（以范德华力即分子间力结合而成的晶体，如水、干冰）；金属晶体（以金属阳离子为晶格，由金属阳离子与自由电子间的金属键结合而成的晶体，如钢铁）。

2. 非晶体结构

非晶体物质的主体有玻璃体和胶体两类。玻璃体中原子呈完全无序排列，故又称为无定形体，它由熔融物质经急冷形成。建筑用玻璃是玻璃体的重要代表；此外，火山灰、矿棉、岩棉、粒化高炉矿渣也属玻璃体。玻璃体原子排列的无序性如图 23-1 (b) 所示。

玻璃体的特点之一是各向同性，如导热性无方向差异。但一般来说，其导热性较晶体材料为低，故有良好的保温隔热性能。玻璃体无固定的熔点，化学活性较高。

胶体由众多细小固体粒子（粒径为 1~100nm）分散在连续介质中而成。建材中的固体沥青、固化后的水玻璃、水泥石中的水化硅酸钙等都属胶体。

胶体多具有良好的吸附力和较强的粘结力，这是由于胶体的质点微小，总表面积很大，因而表面能很大的缘故。

如果胶体中的微粒可作布朗运动，即成为溶胶。溶胶可流动，而溶胶脱水或微粒因凝聚而不再作布朗运动时，则成为凝胶。凝胶完全脱水后则成为干凝胶体，具有固体的性质，可产生一定的强度。硅酸盐水泥主要水化物的最后形式即为干凝胶体。

（三）材料的亚微观结构及其对性质的影响

材料在亚微观尺度上的结构同样值得重视。例如，金属材料的晶粒粗细及金相组织直接影响其强度、硬度、韧性；又如，木材的纤维状细胞组织对强度、导热性起支配作用。

（四）材料的宏观结构及其对性质的影响

宏观结构一般用肉眼或放大镜可以观察。在建筑材料中多注重观察密实性、多孔性、构造形式（如层状、粒状、纤维状等）。

材料的密实性好是指其结构致密，如钢材、天然石材等。其特点是强度高、硬度大、吸水性小、耐磨、抗渗、抗冻，但隔热性能差。

材料的孔隙特征包括内部孔隙的分布状况和连通状况。多孔材料的例子有加气混凝土、烧结普通砖、石膏制品等。多孔材料绝热性能好，但吸水性大，抗冻性较差，一般说来其强度较低。

建筑材料宏观构造形式与其性能有密切的关系。多层胶合板比单层板的强度、抗翘曲性均好得多。松散的粒状材料，如陶粒、膨胀珍珠岩等则适于作绝热材料；而密实的粒状材料，如砂子、石子则适于作混凝土的集料，承载性能好。

有许多建筑材料其宏观结构具有纹理形式，如大理石、木材、花岗石板材及人造板材等，它们的表面有自然形成或人工形成的各种条纹，因而作为装饰材料在建筑中被广泛使用。因此，建筑材料按照其构造形式和密实度划分宏观结构，其中按照构造形式可将材料分为堆聚结构（如混凝土）、层状结构（如胶合板）、纤维结构（如玻璃纤维、聚丙烯纤维）和散粒结构（如砂石骨料）；按照密实度分为致密结构（如玻璃、石材）、多孔结构

(如加气混凝土、泡沫玻璃)和微孔结构(如黏土砖、石膏制品)。

由本节的简要综述可以看出,建筑材料的性质,就根本来说,取决于其内部(或自身)的组成与结构。一旦材料组成已经确定,无论在什么尺度上的结构,都会在不同方面影响其性能;或者说,材料的内部结构是材料性质的内因,是理解与运用材料的基础。在随后各节有关性能指标的学习,以及各种重要材料的分论中,都要以这个基本观点与方法来作为理解与掌握的基础。

二、建筑材料的基本性质

各种建筑物均由建筑材料构建而成。不同的建筑物有不同的功能要求,即使是同一建筑物,其不同部位所起的作用也会有所不同。实现各种功能要求的基本手段之一是合理运用建筑材料。还需指出,不同的建筑物所处的工作环境不尽相同,而且建筑物还要历经寒暑季节的变化。因此,对建筑材料基本性质的要求是多方面的,如物理性质、力学性质、耐久性、防火性、装饰性等。

本部分将简要介绍这些基本性质及其指标,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

1. 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:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (23-1)$$

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:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (23-2)$$

式中 ρ_0 ——表观密度 (g/cm^3 或 kg/m^3);

m ——材料的质量 (g 或 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 或 m^3)。

材料的表观密度的大小与其含水情况有关,含水情况应予以注明,但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:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (23-3)$$

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 23-2。

常用建筑材料的密度、表观密度及堆积密度 表 23-2

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 石	2.60	1800~2600	—
花 岗 石	2.80	2500~2800	—
碎石 (石灰石)	2.60	—	1400~1700
砂	2.60	—	1450~1650
黏 土	2.60	—	1600~1800
普通黏土砖	2.50	1600~1800	—
黏土空心砖	2.50	1000~1400	—
水 泥	3.10	—	1200~1300
普通混凝土	—	2000~2800	—
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	—

2. 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：

$$\text{孔隙率 } P = \frac{V_{\text{孔}}}{V_0} = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = 1 - \frac{\rho_0}{\rho} \tag{23-4}$$

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：

$$\text{空隙率 } P' = \frac{V_{\text{空}}}{V'_0} = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} = 1 - \frac{V_0}{V'_0} = 1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0} \tag{23-5}$$

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。

3. 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与固体接触面所