



2013

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

第四分册 建筑材料与构造

(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

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, 曹纬浚主
编. —9 版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2012. 10

(执业资格考试丛书)

ISBN 978-7-112-14798-4

I. ①—… II. ①注… ②曹… III. ①建筑材料-建筑师
-资格考试-自学参考资料②建筑构造-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 247560 号

责任编辑: 张 建

责任校对: 赵 颖

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
北京市燕鑫印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 23½ 字数: 570 千字

2012 年 11 月第九版 2012 年 11 月第十二次印刷

定价: 50.00 元

ISBN 978-7-112-14798-4
(22854)

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。域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，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。

《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年年底前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）

第四分册 建筑材料与构造

目 录

前言	赵春山
编写说明	
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
第二节 气硬性无机胶凝材料	10
第三节 水泥	14
第四节 混凝土	24
第五节 建筑砂浆	44
第六节 墙体材料与屋面材料	48
第七节 建筑钢材	53
第八节 木材	65
第九节 建筑塑料	68
第十节 防水材料	71
第十一节 绝热材料与吸声材料	79
第十二节 装饰材料	84
习题	91
参考答案	93
第二十四章 建筑构造	94
第一节 建筑物的分类和建筑等级	94
第二节 建筑物的地基、基础和地下室构造	120
第三节 墙体的构造	147
第四节 楼板、楼地面、底层地面和顶棚构造	195
第五节 楼梯、电梯、台阶和坡道构造	216
第六节 屋顶的构造	225
第七节 门窗选型与构造	252
第八节 建筑工业化的有关问题	264
第九节 建筑装饰装修构造	275
第十节 高层建筑及老年人建筑和无障碍设计的构造措施	305
习题	329
参考答案	345
附录 1 全国一级注册建筑师资格考试大纲	346
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	349
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	356
附录 4 解读《考生注意事项》	358
附录 5 对知识单选题考试备考和应试的建议	363

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,建筑材料的使用与选择均占有重要的地位。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

材料的成分组成是决定其性能与结构的基础。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、SiO₂ 和 Al₂O₃ 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 CaSO₄、CaO 和 CaCO₃,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,构成熟料的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。

(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:

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、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	
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	

- 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 \AA （读“埃”， $1\text{\AA}=10^{-10}\text{m}$ ）。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的晶体。晶体原子排列示例如图 23-1 (a) 所示。

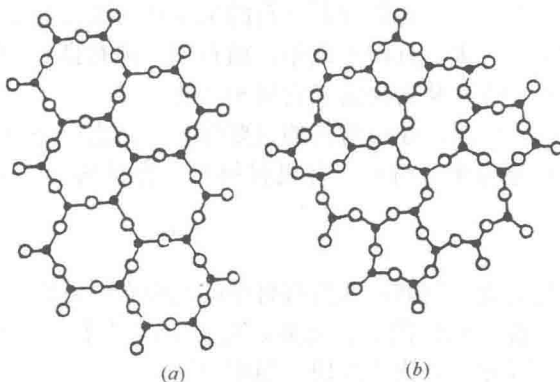


图 23-1 晶体、玻璃体的原子排列示意图
(a) 晶体；(b) 玻璃体

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且多具有良好的导电性与导热性,这也是其与非晶体的主要差异。

晶体材料种类很多,金属材料、石英矿物、花岗石等石材都是晶体结构材料。

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,如有机化合物。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,但化学活性较高。

胶体由众多细小固体粒子(粒径为 $1\sim 100\mu\text{m}$)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。

接下来我们将剖析材料微观结构中原子间的结合力。这种结合力有多种形式,但都具备电的性质,如离子键(正负离子间的静电引力)、共价键(共用电子来结合)、金属键(由自由电子与金属阳离子间的库仑力结合)、分子键(又称次价键、范德华键,由非对称分布产生的分子极化产生结合力)。在建筑材料中多为几种键的复合。

(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。

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	—	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	—

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,可按下列式计算:

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

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。可按下列式计算:

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

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和固体接触面所