



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

5 建筑材料与构造

(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

• 5 •

建筑材料与构造

(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

建筑材料与构造/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·5·
ISBN 978-7-112-12618-7

I. ①建… II. ①住… 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. ①TU5②TU22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 224670 号

责任编辑:郭洪兰

责任校对:王 颖

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

• 5 •

建筑材料与构造

(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

北京凌奇印刷有限责任公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 21½ 字数: 524 千字

2010 年 12 月第六版 2010 年 12 月第十次印刷

定价: 44.00 元

ISBN 978-7-112-12618-7
(19870)

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

• 5 •

《建筑材料与构造》
编写委员会

主任委员：李必瑜 翁 季

副主任委员：王雪松 吴 芳 杜晓宇 王朝霞 张 洁

主 审：魏宏扬

委 员：

丁士昭	王朝霞	王雪松	王达论	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
屈凯峰	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：

李必瑜	翁 季	王雪松	吴 芳	杜晓宇
王朝霞	张 洁	魏宏扬	董 江	张 扬
徐 可	刘婷婷	刘小凤	吴丽佳	周 亮
郭 颖	彭 瑜			

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

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
河北工业大学建筑系
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
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

随着注册建筑师考试的难度、深度、广度加大，如何帮助建筑师们能较全面地掌握《建筑材料与构造》内容，重庆大学建筑城规学院受建设部执业资格注册中心网委托，组织了我校教学经验丰富的教师、一级注册建筑师，在严格按照 2003 年考试大纲及最新的规范、标准，认真分析历年考题的基础上，编写出这本应试教材。本书又对 2005 年、2006 年、2007 年、2008 年、2009 年、2010 年考题作了认真的研究，新增和替换了 2010 年版的部分内容和试题，更能对广大建筑师考试有所帮助。

本书由重庆大学建筑城规学院李必瑜、翁季为主任委员，王雪松、吴芳、杜晓宇、王朝霞、张洁为副主任委员，由魏宏扬主审。参加本书编写人员：第一章 建筑材料 吴芳；第二章 建筑构造；第一节 王雪松 张洁；第二节 翁季；第三节 王雪松 董江；第四节 张扬 李必瑜；第五节 张洁；第六节 杜晓宇；第七节 李必瑜 徐可；第八节 王朝霞；第九节 王雪松 张洁；参加本书描图等工作的人员有：刘婷婷 刘小凤 吴丽佳 周亮 郭颖 彭瑜。

本书编写组

目 录

第一章 建筑材料	1
绪论	1
第一节 建筑材料的基本性质	2
第二节 气硬性无机胶凝材料	10
第三节 水泥	15
第四节 混凝土	27
第五节 建筑砂浆	52
第六节 墙体材料和屋面材料	58
第七节 建筑钢材	66
第八节 建筑塑料及胶粘剂	77
第九节 防水材料	80
第十节 木材	89
第十一节 绝热材料和吸声隔声材料	93
第十二节 装饰材料	100
参考习题及答案	106
第二章 建筑构造	125
第一节 建筑物的分类、等级和建筑模数	125
第二节 地基、基础和地下室构造	141
第三节 墙体构造	157
第四节 楼地层与阳台、雨篷构造	189
第五节 楼梯、电梯、台阶和坡道构造	205
第六节 屋顶构造	215
第七节 门窗构造	239
第八节 建筑装饰装修构造	254
第九节 老年人建筑、无障碍设计的构造措施与民用建筑防火构造措施	277
参考习题及答案	295
参考文献	313
附录 1 全国一级注册建筑师资格考试大纲	315
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	318
附录 3 关于调整注册建筑师考试书目内容的通知	324
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	325
附录 5 解读《考生注意事项》(郭保宁)	327

第一章 建筑材料

绪 论

建筑材料指建筑结构物中使用的各种材料及制品。建筑材料是建筑工程的物质基础。

一、建筑材料在建筑工程中的地位

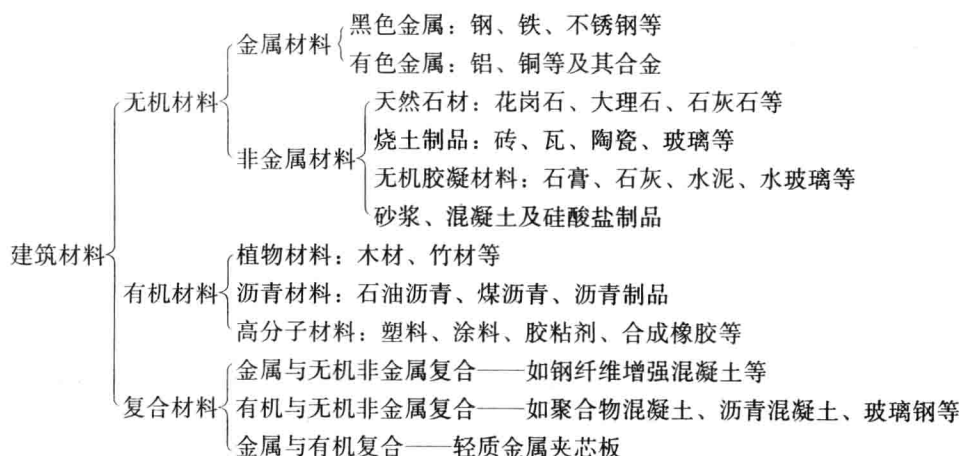
建筑材料是一切建筑工程的物质基础。对建筑材料的基本要求是：

- (1) 必须具备足够的强度，能安全地承受设计荷载；
- (2) 材料自身的质量以轻为宜，以减小建筑下部结构和地基的负荷；
- (3) 具有与使用环境相适应的耐久性，以减小维修费用；
- (4) 具有一定的装饰性，美化建筑；
- (5) 具有相应的功能性，如隔热、防水，隔声等。

建筑材料费用一般占建筑总造价的 50% 左右，有的高达 70%。

二、建筑材料的分类

- (1) 建筑材料按化学成分可分为有机材料、无机材料和复合材料三大类：



- (2) 按在建筑物中的功能分为承重和非承重材料、保温和隔热材料、吸声和隔声材料、防水材料、装饰材料等。

- (3) 按用途分为结构材料、墙体材料、屋面材料、地面材料、饰面材料，以及其他用途的材料等。

三、建筑材料的发展趋势

建筑材料是随着社会生产力和科学技术水平的提高而逐步发展起来的。建筑材料的发展趋势是：

(1) 研制高性能材料。例如研制轻质、高强、高耐久性、优异装饰性和多功能的材料,以及充分利用和发挥各种材料的特性,采用复合技术制造出具有特殊功能的复合材料。

(2) 充分利用地方材料。大力开发利用工业废渣作为建筑材料的资源,以保护自然资源和维护生态环境的平衡。

(3) 节约能源。优先开发、生产低能耗的建筑材料以及降低建筑使用能耗的节能型建筑材料。

(4) 提高经济效益。大力发展和使用不仅能给建筑物带来优良的技术效果,还同时具有良好经济效益的建筑材料。

四、建筑材料的标准化

我国标准分为四级:国家标准(GB) 部标准(JC、JG)

地方标准(DB) 企业标准(QB)

国际标准——ISO;美国材料试验学会标准——ASTM;日本工业标准——JIS;德国工业标准——DIN;英国标准——BS;法国标准——NF等。

例如《建筑水磨石制品》JC 507—93,部门代号为JC,表示建材行业标准,编号为507,批准年份为1993年。

第一节 建筑材料的基本性质

本节主要介绍建筑材料各种基本性质的概念、表示方法及有关的影响因素。通过学习,掌握表示材料性质的术语,能较熟练地运用。

一、材料的组成与结构

(一) 材料的组成

材料的组成不仅影响材料的化学性质,也是决定材料物理、力学性质的重要因素。

1. 化学组成

化学组成是指构成材料的化学元素及化合物的种类和数量。如水泥的化学组成:CaO 62%~67%、SiO₂ 20%~24%、Al₂O₃ 4%~7%、MgO<5%、Fe₂O₃ 2.5%~6.0%。根据化学组成可大致地判断出材料的一些性质,如耐久性、化学稳定性等。

2. 矿物组成

将无机非金属材料中具有特定的晶体结构、特定的物理力学性能的组成结构称为矿物。矿物组成是指构成材料的矿物的种类和数量。例如水泥熟料的矿物组成为:3CaO·SiO₂ 37%~60%、2CaO·SiO₂ 15%~37%、3CaO·Al₂O₃ 7%~15%、4CaO·Al₂O₃·Fe₂O₃ 10%~18%。若其中硅酸三钙(3CaO·SiO₂)含量高,则水泥硬化速度较快,强度较高。

3. 相组成

材料中具有相同物理、化学性质的均匀部分称为相。自然界中的物质可分为气相、液相和固相。建筑材料大多数是多相固体。凡由两相或两相以上物质组成的材料称为复合材料。例如,混凝土可认为是骨料颗粒(骨料相)分散在水泥浆基体(基相)中所组成的两相复合材料。

(二) 材料的结构

1. 宏观结构

建筑材料的宏观结构是指用肉眼或放大镜能够分辨的粗大组织。其尺寸在 10^{-3} m 级以上。

按其孔隙特征可分为：

- (1) 致密结构：如钢铁、有色金属、致密天然石材、玻璃、玻璃钢、塑料等。
- (2) 多孔结构：如加气混凝土、泡沫混凝土、泡沫塑料等。
- (3) 微孔结构：如石膏制品、烧粘土制品等。

按存在状态或构造特征分为：

- (1) 堆聚结构：如水泥混凝土、砂浆、沥青混合料等。
- (2) 纤维结构：如木材、玻璃钢、岩棉等。
- (3) 层状结构：如胶合板、纸面石膏板等。
- (4) 散粒结构：如混凝土骨料、膨胀珍珠岩等。

2. 细观结构

细观结构(原称亚微观结构)是指用光学显微镜所能观察到的材料结构。其尺寸范围在 $10^{-3} \sim 10^{-6}$ m。如对天然岩石可分为矿物、晶体颗粒、非晶体组织；对钢铁可分为铁素体、渗碳体、珠光体。

3. 微观结构

微观结构是指原子分子层次的结构。可用电子显微镜或 X 射线来分析研究该层次上的结构特征。微观结构的尺寸范围在 $10^{-6} \sim 10^{-10}$ m。

在微观结构层次上，材料可分为晶体、玻璃体、胶体。

二、材料的基本物理性质

(一) 材料的密度、表观密度与堆积密度(表 1-1)

常用建筑材料的密度、表观密度及堆积密度			表 1-1
材 料	密度 ρ (kg/m ³)	表观密度 ρ_0 (kg/m ³)	堆积密度 ρ'_0 (kg/m ³)
石 灰 岩	2600	1800~2600	—
花 岗 石	2800	2500~2900	—
碎石(石灰岩)	2600	—	1400~1700
砂	2600	—	1450~1650
粘 土	2600	—	1600~1800
普通粘土砖	2500	1600~1800	—
粘土空心砖	2500	1000~1400	—
水 泥	3100	—	1200~1300
普通混凝土	—	2100~2600	—
轻骨料混凝土	—	800~1900	—
木 材	1550	400~800	—
钢 材	7850	7850	—
泡沫塑料	—	20~50	—

1. 密度(俗称比重)

密度是指材料在绝对密实状态下，单位体积的质量。按下式计算：

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

式中 ρ ——密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积, m^3 。

在测定有孔隙材料的密度时, 应把材料磨成细粉, 干燥后, 用李氏瓶(图 1-1)测定其密实体积。

在测量某些致密材料(如卵石等)的密度时, 直接以块状材料为试样, 以排液置换法测量其体积, 材料中部分与外部不连通的封闭孔隙无法排除, 这时所求得的密度称为近似密度(ρ_a)。

2. 表观密度(俗称容重)

表观密度是指材料在自然状态下, 单位体积的质量, 按下式计算:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 ρ_0 ——表观密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, 或称表观体积 m^3 。

测定表观密度时, 须注明其含水情况。一般是指材料在气干状态(长期在空气中干燥)下的表观密度。在烘干状态下的表观密度, 称为干表观密度。

3. 堆积密度(俗称松散容重)

堆积密度是指粉状或粒状材料, 在堆积状态下, 单位体积的质量, 按下式计算:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-3)$$

式中 ρ'_0 ——堆积密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V'_0 ——材料的堆积体积, m^3 。

(二) 材料的密实度与孔隙率

1. 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质充实的程度, 按下式计算:

$$\text{密实度} \quad D = \frac{V}{V_0} \times 100\% \quad (1-4)$$

或

$$D = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1-5)$$

2. 孔隙率

孔隙率是指材料体积内, 孔隙体积所占的比例。用下式表示:

$$\text{孔隙率} \quad P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-6)$$

即 $D + P = 1$ 或 密实度 + 孔隙率 = 1

材料内部孔隙的构造, 可分为连通的与封闭的两种。孔隙按尺寸大小又分为极微细孔隙、细小孔隙和较粗孔隙。孔隙的大小及其分布对材料的性能影响较大。

(三) 材料的填充率与空隙率

1. 填充率

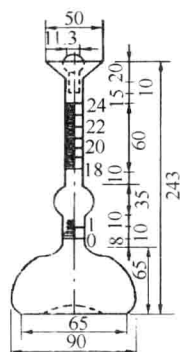


图 1-1 李氏瓶

填充率是指散粒材料在某堆积体积中，被其颗粒填充的程度，按下式计算：

$$\text{填充率} \quad D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% \quad (1-7)$$

$$\text{或} \quad D' = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (1-8)$$

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所占的比例，用下式表示：

$$\text{空隙率} \quad P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} = 1 - \frac{V_0}{V'_0} = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1-9)$$

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。空隙率可作为控制混凝土骨料级配与计算含砂率的依据。

(四) 材料的亲水性和憎水性

材料与水接触，首先遇到的问题就是材料是否能被水润湿。润湿是水被材料表面吸附的过程。

当水与材料在空气中接触时，将出现图 1-2 (a) 或 (b) 的情况。在材料、水和空气的交界处，沿水滴表面的切线与水与固体接触面所成的夹角(润湿边角)愈小，浸润性愈好。



图 1-2 材料润湿边角
(a) 亲水材料；(b) 憎水材料

(1) 如果润湿边角 θ 为零，则表示该材料完全被水所浸润；

(2) 当润湿边角 $\theta \leq 90^\circ$ 时，如图 1-2(a) 所示，水分子之间的粘聚力小于水分子与材料分子间的相互吸引力，此种材料称为亲水性材料；

(3) 当 $\theta > 90^\circ$ 时，如图 1-2(b) 所示，水分子之间的内聚力大于水分子与材料分子间的吸引力，则材料表面不会被浸润，此种材料称为憎水性材料。

这一概念也可应用到其他液体对固体材料的浸润情况，相应地称为亲液性材料或憎液性材料。

(五) 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。

(1) 质量吸水率

$$W_m = \frac{m_b - m_g}{m_g} \times 100\% \quad (1-10)$$

式中 W_m ——材料的质量吸水率，%；

m_b ——材料在吸水饱和状态下的质量，kg；

m_g ——材料在干燥状态下的质量，kg。

(2) 体积吸水率

$$W_v = \frac{m_b - m_g}{\rho_w \cdot V_0} \times 100\% \quad (1-11)$$

式中 W_v ——材料的体积吸水率，%；

V_0 ——干燥材料在自然状态下的体积， m^3 ；

ρ_w ——水的密度(kg/m^3), 在常温下取 $\rho_w=1000\text{kg}/\text{m}^3$ 。

质量吸水率与体积吸水率存在下列关系。

$$W_v = W_m \times \rho_0 / 1000 \quad (1-12)$$

式中 ρ_0 ——材料在干燥状态下的表观密度, kg/m^3 。

材料的吸水性材料的孔隙率和孔隙特征有关。对于细微连通孔隙, 孔隙率愈大, 则吸水率愈大, 闭口孔隙水分不能进去, 而开口大孔虽然水分易进入, 但不能存留, 只能润湿孔壁, 所以吸水率仍然较小。各种材料的吸水率很不相同, 差异很大, 如花岗石的吸水率只有 0.5%~0.7%, 混凝土的吸水率为 2%~3%, 粘土砖的吸水率达 8%~20%, 而木材的吸水率可超过 100%。

2. 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。潮湿材料在干燥的空气中也会放出水分, 此称还湿性。材料的吸湿性用含水率表示。

$$W_h = \frac{m_s - m_g}{m_g} \times 100\% \quad (1-13)$$

式中 W_h ——材料的含水率, %;

m_s ——材料在吸湿状态下的质量, kg;

m_g ——材料在干燥状态下的质量, kg。

材料中所含水分与空气的湿度相平衡时的含水率, 称为平衡含水率。具有微小开口孔隙的材料, 吸湿性特别强。如木材及某些绝热材料, 在潮湿空气中能吸收很多水分。这是由于这类材料的内表面积大, 吸附水的能力强所致。

材料的吸水性和吸湿性均会对材料的性能产生不利影响。材料吸水后会导致其自身质量增大, 绝热性降低, 强度和耐久性将产生不同程度的下降。材料吸湿和还湿还会引起其体积变形, 影响使用。不过利用材料的吸湿可起降湿作用, 常用于保持环境的干燥。

(六) 材料的耐水性

材料长期在水作用下不被破坏, 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表示, 如下式:

$$K_R = \frac{f_b}{f_g} \quad (1-14)$$

式中 K_R ——材料的软化系数;

f_b ——材料在饱水状态下的抗压强度, MPa;

f_g ——材料在干燥状态下的抗压强度, MPa。

K_R 值愈小, 表示材料吸水饱和后强度下降愈大, 即耐水性愈差。材料的软化系数 K_R 在 0~1 之间。不同材料的 K_R 值相差较大, 如粘土 $K_R=0$, 而金属 $K_R=1$, 工程中将 $K_R>0.85$ 的材料, 称为耐水的材料。

在设计长期处于水中或潮湿环境中的重要结构时, 必须选用 $K_R>0.85$ 的建筑材料。对于受潮较轻或次要结构物的材料, 其 K_R 值不宜小于 0.75。

(七) 材料的抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性, 或称不透水性。材料的抗渗性通常用渗透系数表示:

$$K_s = \frac{Qd}{AtH} \quad (1-15)$$