



教育部高职高专规划教材

第二版

蔡丽朋 主编

建筑材料 (附试验报告)



化学工业出版社

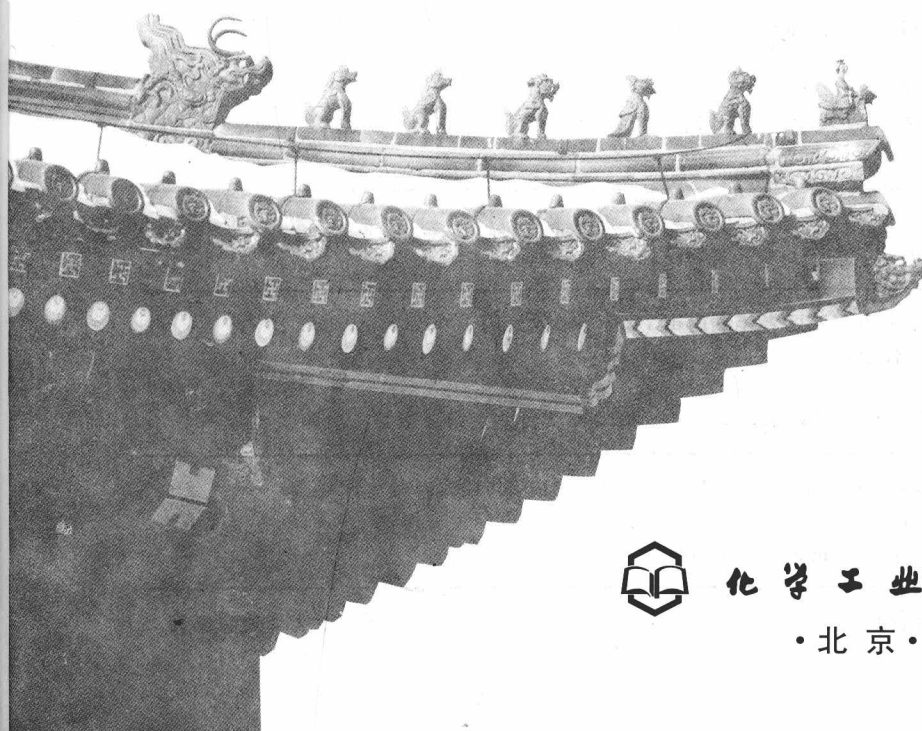


教育部高职高专规划教材

第二版

蔡丽朋 主编

建筑材料 (附试验报告)



化学工业出版社

·北京·

本书是《建筑材料》的第二版,主要讲述了建筑工程中常用的石灰、石膏、水泥、混凝土、砂浆、墙体材料、防水材料、建筑钢材等材料的基本组成、性能、技术标准及应用,还介绍了建筑塑料、绝热材料、吸声材料、建筑装饰材料等的基本知识,最后讲述了常用建筑材料的试验方法和材料质量评定方法,并编写了建筑材料试验报告。本书根据高等职业教育的培养目标和教学要求,以“必需、够用”为原则,注重加强对学生基本理论知识、技能和能力的培养。全书引用最新颁发的规范、标准编写,每章均附有本章小结及复习思考题,便于教学使用。

本书为高职高专建筑工程技术及相关专业的教材,也可作为广大自学者用书和建筑工程技术人员培训用书,还可供有关工程技术人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/蔡丽朋主编. —2版. —北京:化学工业出版社, 2010.6

教育部高职高专规划教材

ISBN 978-7-122-08419-4

I. 建… II. 蔡… III. 建筑材料-高等学校: 技术学院-教材 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 077037 号

责任编辑:王文峡

文字编辑:颜克俭

责任校对:战河红

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市前程装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张16¼ 字数398千字 2010年7月北京第2版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 28.00 元(含试验报告)

版权所有 违者必究

高职高专土建类专业教材 编审委员会

主任委员 吴大炜

副主任委员 张保善 苏 炜 于宗保

委 员 (按姓名汉语拼音排序)

蔡丽朋	陈会凡	程绪楷	代学玲	何世玲	胡义红
黄家骏	蒋红焰	李崇景	李九宏	吕宣照	苏 炜
孙海粟	孙加保	汪 绯	汪 菁	王付全	吴大炜
于宗保	张保善	张兴昌	赵 磊	周建郑	

第二版前言

《建筑材料》第一版自2005年1月出版以来，已重印多次。近年来，由于新材料、新技术的不断发展，新规范、新标准的不断修订，需要对原有教材的内容进行补充和更新。基于以上原因，我们在《建筑材料》第一版的基础上重新修订了该教材。

《建筑材料》第二版在原有内容的基础上，更正了第一版教材中的不足之处，删去或缩减了已过时的、不常用的传统材料，更新和补充了部分新型材料；采用了我国最新修订的新规范、新标准和新规程，力求反映当前最先进的建筑材料知识和技术；增加了绿色环保建筑材料的介绍，突出了建筑材料与节约能源、环境保护、可持续发展的关系。同时，教材修订时结合读者在第一版使用中的体会，编写时力争深入浅出，尽量结合工程实践对专业理论进行阐述。另外还加强了实践环节的教学力度，编写了与教材配套的建筑材料试验报告，以适应新时期高职高专教育对教材实用性的需求。

本书可作为高等院校建筑工程技术、给水排水工程、工程监理、工程造价等专业及相关专业的教材，也可作为广大自学者用书和建筑工程技术人员培训用书，还可供有关工程技术人员阅读参考。

本书由蔡丽朋担任主编，黄家骏、赵红玲担任副主编。参加第二版编写工作的人员分工为：蔡丽朋（绪论、第二、四、九章），黄家骏（第八、十二章），赵红玲（第三、五、六章），负英伟（第七、十、十一章），闻韵（第一章、建筑材料试验报告）。

由于建筑材料品种繁多，新材料、新品种不断涌现，加之编者的水平有限及时间仓促，修订编写过程中难免有不足之处，敬请广大读者和专家批评指正。

编者

2010年3月

第一版前言

中国基本建设的快速发展,促进了建筑材料行业的不断进步,建筑工程中常用材料的规范和标准也在不断地更新,新材料、新品种层出不穷。建设部于1999年提出了建筑业从业人员必须持证上岗的要求,这一切都对建筑业从业人员的基本素质提出了更高的要求。

目前,高等职业技术教育的发展及其自身特点使得传统的教材已不能完全适应教学和改革的需要,迫切需要适合高等职业技术教育的教学特点,侧重于理论知识在实践中应用的教材来帮助学生的学习。基于此,我们编写了本书。

本书是根据高等职业教育的培养目标和教学要求编写的,加大了实践环节的教学力度,注重理论与实践相结合,以应用为主,够用为度。本教材在编写过程中引用了最新规范和标准,力求反映当前最先进的技术及知识。另外,还编写了与本书配套的建筑材料试验报告,以便学生使用。

本书可作为高职高专、普通专科院校建筑工程及相关专业的教材,也可作为广大自学者用书和建筑工程技术人员培训用书,还可供有关工程技术人员阅读参考。

本书由蔡丽朋担任主编。参加编写工作的人员为:蔡丽朋(绪论、第一章、第四章、第五章、第六章、第九章),黄家骏(第八章、第十二章),李崇景(第二章、第三章),赵磊(第七章、第十章),陈会凡(第十一章)。由黄家骏和李崇景编写“建筑材料试验报告”部分,其中李崇景编写建筑材料试验课的要求和建筑材料试验数据处理方法,黄家骏编写试验一~试验八测试报告。

由于建筑材料的发展很快,新材料、新品种不断涌现,且各行业的技术标准不统一。再加上编者的水平有限,时间仓促,书中难免有疏漏甚至是不当之处,恳请广大读者批评指正。

编者
2004年9月

目 录

绪论	1		
一、建筑材料的分类	1	四、建筑材料的相关技术标准	3
二、建筑材料在建筑工程中的作用	2	五、本课程的主要内容及学习任务	4
三、建筑材料的发展概况	2		
第一章 建筑材料的基本性质	5		
第一节 材料的基本物理性质	5	二、材料的弹性与塑性	14
一、材料的密度、表观密度与堆积密度	5	三、材料的脆性与韧性	14
二、材料的密实度与孔隙率、填充率与 空隙率	6	四、材料的硬度与耐磨性	14
三、材料与水有关的性质	7	第三节 材料的耐久性与环境协调性	15
四、材料的热工性能	10	一、耐久性	15
第二节 材料的力学性质	12	二、环境协调性	15
一、材料的强度	12	本章小结	15
第二章 气硬性胶凝材料	17	复习思考题	16
第一节 石灰	17		
一、石灰的生产	17	五、建筑石膏的应用	22
二、石灰的熟化与硬化	18	第三节 水玻璃	23
三、石灰的技术标准	18	一、水玻璃的性质	23
四、石灰的技术性质	19	二、水玻璃的应用	23
五、石灰的应用	19	第四节 菱苦土	23
六、石灰的储运	20	一、菱苦土的生产	23
第二节 建筑石膏	20	二、菱苦土的水化硬化	24
一、建筑石膏的生产	20	三、菱苦土的技术性质	24
二、建筑石膏的凝结硬化	21	四、菱苦土的应用	24
三、建筑石膏的技术标准和储运	21	本章小结	24
四、建筑石膏的技术性质	22	复习思考题	25
第三章 水泥	26		
第一节 通用硅酸盐水泥	26	二、铝酸盐水泥（高铝水泥）	38
一、硅酸盐水泥	26	三、白色和彩色硅酸盐水泥	39
二、其他通用硅酸盐水泥	34	四、道路硅酸盐水泥	39
三、通用水泥的选用	37	五、抗硫酸盐硅酸盐水泥	40
四、水泥的储存和运输	37	六、膨胀水泥和自应力水泥	40
第二节 其他种类水泥	37	本章小结	41
一、快硬硅酸盐水泥	38	复习思考题	41
第四章 混凝土	43		
第一节 概述	43	二、混凝土的特点	44
一、混凝土的分类	43	第二节 普通混凝土的组成材料	44

一、水泥	44	五、普通混凝土配合比设计实例	70
二、细骨料——砂	44	第六节 普通混凝土的质量控制	72
三、粗骨料——石子	47	一、混凝土的生产控制	72
四、水	50	二、混凝土的合格性控制	73
第三节 普通混凝土的主要技术性质	50	第七节 其他种类混凝土	76
一、混凝土拌合物的和易性	50	一、轻骨料混凝土	76
二、混凝土的强度	54	二、高强混凝土	78
三、混凝土的变形	57	三、高性能混凝土	79
四、混凝土的耐久性	59	四、防水混凝土	80
第四节 混凝土外加剂	61	五、耐热混凝土	81
一、混凝土外加剂的类型	61	六、防辐射混凝土	81
二、常用的混凝土外加剂	62	七、纤维混凝土	82
三、使用外加剂的注意事项	65	八、多孔混凝土	82
第五节 普通混凝土配合比设计	65	九、泵送混凝土	82
一、混凝土配合比设计的基本要求	66	十、喷射混凝土	83
二、混凝土配合比设计的三个参数	66	十一、大体积混凝土	83
三、混凝土配合比设计的资料准备	66	本章小结	83
四、混凝土配合比设计方法及步骤	66	复习思考题	84
第五章 建筑砂浆			
第一节 砂浆的组成材料和技术性质	86	二、防水砂浆	94
一、砂浆的组成材料	86	三、绝热砂浆	95
二、砂浆的技术性质	87	四、吸声砂浆	95
第二节 砌筑砂浆和抹面砂浆	89	五、防辐射砂浆	95
一、砌筑砂浆	89	六、干混砂浆	95
二、抹面砂浆	92	本章小结	95
第三节 其他种类砂浆	93	复习思考题	96
一、装饰砂浆	93		
第六章 墙体材料			
第一节 砌墙砖	97	三、粉煤灰砌块	105
一、烧结普通砖	97	第三节 墙用板材	105
二、烧结多孔砖和空心砖	100	一、石膏类墙用板材	106
三、非烧结砖	102	二、水泥类墙用板材	107
第二节 墙用砌块	103	三、复合墙板	107
一、蒸压加气混凝土砌块	103	本章小结	109
二、混凝土砌块	104	复习思考题	109
第七章 木材			
第一节 木材的分类、构造、主要性质	110	第三节 木质装饰制品	116
一、木材的分类	110	一、木地板	116
二、木材的构造	111	二、木质人造板材	118
三、木材的性质	111	三、木装饰线材	119
第二节 木材的防腐与防火	115	四、旋切微薄木	119
一、木材的防腐	115	本章小结	120
二、木材的防火	115	复习思考题	120

第八章 防水材料	121		
第一节 沥青	121	三、合成高分子防水卷材	129
一、石油沥青	121	第三节 防水涂料和密封材料	133
二、改性沥青	124	一、防水涂料	133
第二节 防水卷材	125	二、密封材料	136
一、沥青防水卷材	125	本章小结	137
二、高聚物改性沥青防水卷材	126	复习思考题	137
第九章 建筑钢材	138		
第一节 钢材的冶炼和分类	138	一、建筑工程中的主要钢种	143
一、钢的冶炼	138	二、钢筋混凝土用钢材	148
二、钢的分类	138	三、钢结构用钢材	150
第二节 建筑钢材的主要技术性能	139	第四节 钢材的锈蚀、防锈与防火	151
一、力学性能	139	一、钢材的锈蚀	151
二、工艺性能	141	二、钢材的防锈	152
三、钢材的化学成分对钢材性能的影响	142	三、钢材的防火	152
四、钢材的冷加工处理和时效	143	本章小结	153
第三节 建筑工程中常用钢材	143	复习思考题	153
第十章 建筑装饰材料	155		
第一节 概述	155	五、纤维装饰织物	168
一、建筑装饰材料的装饰性质	155	六、金属装饰材料	170
二、建筑装饰材料的功能	156	第三节 建筑装饰材料的污染及绿色装饰材料	172
三、建筑装饰材料的选用原则	157	材料	172
第二节 常用建筑装饰材料	158	一、建筑装饰材料产生的主要污染物	173
一、建筑装饰石材	158	二、绿色建筑装饰材料的基本特征	174
二、建筑装饰陶瓷	159	三、世界各国绿色建材的发展概况	174
三、建筑装饰玻璃	161	本章小结	176
四、建筑装饰涂料	165	复习思考题	176
第十一章 其他类型材料	177		
第一节 建筑塑料	177	三、建筑工程中常用绝热材料	180
一、建筑塑料的主要特性	177	第三节 吸声、隔声材料	181
二、建筑塑料的组成	178	一、吸声材料	181
三、常用建筑塑料的种类	179	二、隔声材料	182
第二节 绝热材料	179	本章小结	183
一、绝热材料的基本要求	180	复习思考题	183
二、绝热材料的类型	180		
第十二章 建筑材料性能检测试验	184		
试验一 建筑材料基本性质试验	184	试验五 砌墙砖及砌块性能测试	203
试验二 水泥性能测试	187	试验六 建筑砂浆性能测试	208
试验三 混凝土用骨料性能测试	194	试验七 钢筋力学与工艺性能测试	211
试验四 普通混凝土基本性能测试	198	试验八 石油沥青及沥青卷材性能测试	215
参考文献	223		

绪 论

建筑材料是指在建筑工程中所使用的各种材料及制品的总称。建筑材料有广义和狭义之分。广义建筑材料是指用于建筑工程中的所有材料，包括三个部分：一是构成建筑物实体的材料，如构成建筑物所使用的水泥、石灰、混凝土、砂浆、钢材、砖、防水材料和各类装饰材料等；二是在施工过程中所需的辅助材料，如脚手架、模板、安全防护网等；三是各种建筑器材，如给水排水设备、网络通信设备、消防设备等。狭义建筑材料是指构成建筑物实体的材料。本书所介绍的建筑材料是指狭义的建筑材料。

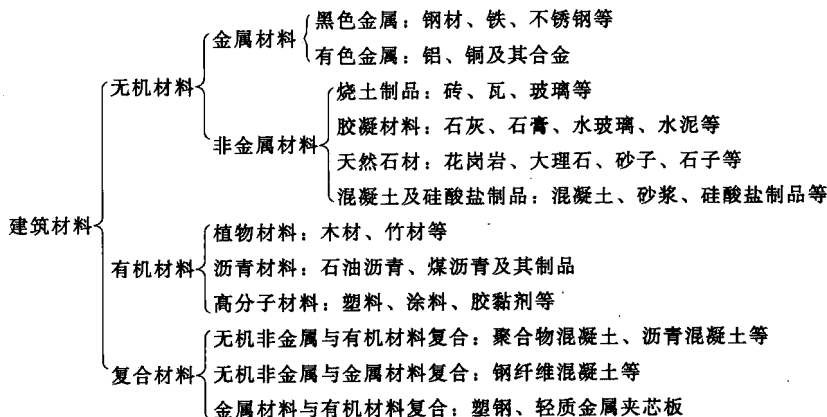
建筑材料是建筑工程的物质基础，建筑材料对建筑工程的质量、造价、建筑技术进步以及建筑业的发展等都有着重要的影响。因此，一切从事建筑工程的技术人员都必须了解建筑材料的基本知识，能够在工程中正确选择和合理使用建筑材料。

一、建筑材料的分类

建筑材料种类繁多，性能各异，用途也各不相同，为了便于区分和应用，工程中常从不同的角度对建筑材料进行分类。

(一) 按材料的化学成分分类

根据化学成分不同，建筑材料可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类，各大类中还可以进行详细的分类，如下所示。



(二) 按材料的使用功能分类

按材料的使用功能不同，建筑材料可分为结构材料和功能材料两大类。

结构材料是指用作承重构件的材料，如建筑物的梁、板、柱、基础、框架及承重墙体等所用的材料。目前，所用的结构材料主要有混凝土、钢筋混凝土、钢材、砖、石材等，其中钢筋混凝土和钢材是主要的结构材料。

功能材料是指为满足建筑物各种功能要求所使用的材料，如满足建筑防水要求使用的防水材料，满足建筑美观要求使用的各类装饰材料，满足建筑节能要求使用的保温隔热材料，满足建筑隔声要求、改善音响效果而使用的隔声吸声材料等。

二、建筑材料在建筑工程中的作用

(一) 保证建筑工程质量

建筑材料是保证建筑工程质量的重要因素，在材料的选择、生产、储运、保管、使用和检验评定等各个环节中，任何一个环节的失误都有可能造成建筑工程的质量缺陷，甚至是重大安全事故。事实表明，国内外建筑工程的重大质量事故，都与材料的质量不良和使用不当有关。因此，一个合格的建筑工程技术人员只有准确、熟练掌握建筑材料的有关知识，才能正确选择和合理使用建筑材料，从而确保建筑物的安全、适用等各项性能要求。作为学习建筑工程类专业的大学生，要想学好后续的专业课程，为以后的工作打下良好的专业基础，必须要掌握好建筑材料的有关知识。

(二) 影响建筑工程造价

在一般建筑工程的总造价中，建筑材料费用占总工程造价的 50% 以上，有的甚至高达 70%。因此，材料的选择、使用、管理是否合理，直接影响到建筑工程的造价。只有学习并掌握建筑材料知识，才可以优化选择和正确使用材料，充分利用材料的各种功能，提高材料的利用率，在满足使用要求的前提下节约材料，从而显著降低工程造价。

(三) 促进建筑技术进步和建筑业的发展

建筑材料是影响建筑结构形式和施工方法的重要因素。新材料的不断涌现，可以促使建筑形式的变化、结构形式的改进和施工技术的革新。一个国家、地区建筑业的发展水平，都与该地区建筑材料发展情况密切相关。因此，建筑材料的改进和发展，将直接促进建筑技术进步和建筑业的发展。例如，钢筋和水泥的出现，产生了钢筋混凝土结构；轻质高强材料的出现，推动了现代大跨度结构和高层建筑的发展；各种装饰材料、绝热材料等功能材料在建筑中的广泛应用，把现代建筑物装扮得富丽堂皇、绚丽多彩，不断地为人类创造着舒适的生活、生产环境，并且有利于建筑使用过程中的能源节约。

同时，随着社会发展和人民生活水平的提高，人们对建筑物在功能方面提出各种新的要求，这反过来又将促进建筑材料的发展。例如建筑节能需要保温隔热材料；高层建筑和大跨度结构需要轻质高强材料；严寒地区的建筑需要高抗冻性材料；为了建筑物的美观，需要各类装饰材料等。

三、建筑材料的发展概况

建筑材料是随着人类社会生产力的发展和科学技术水平的提高逐步发展起来的。远古时期，人们利用天然材料建造简陋的房屋；后来，人类能够利用黏土烧制砖、瓦，由天然材料进入到人工生产阶段，为较大规模建造房屋创造了基本条件；18 世纪以后，钢筋、水泥、混凝土、钢筋混凝土等材料相继问世，为现代建筑工程奠定了坚实的基础；进入 20 世纪后，社会生产力的高速发展和材料科学的形成，使建筑材料在性能上不断得到改善和提高，而且品种大大增加。以有机为主的化学建材异军突起，一些具有特殊功能的新型材料不断涌现，如绝热材料、防火材料、吸声材料、防水抗渗材料以及耐腐蚀、防辐射材料等；为适应现代建筑装饰装修的需要，玻璃、塑料、陶瓷等各种新型装饰材料更是层出不穷。新的 21 世纪里，建筑材料日益向着轻质、高强、多功能、节能、绿色环保方向发展，大量的新材料被广泛应用。如 2008 年北京奥运会的主场馆“鸟巢”、游泳馆“水立方”，上海的环球金融中心（总高 492m），2010 年上海世博会的场馆建筑等，都大量使用了节能、绿色环保的新型建筑材料。随着人类环保意识的不断加强，人类将用更新的材料来营造自己的“绿色家园”。

建筑材料的快速发展和大量使用促进了人类物质文明的发展,使人类的生活环境得到了极大的改善。但是我们必须清醒地看到,建筑材料的大量生产加快了资源、能源的消耗,并严重污染了环境。到目前为止,全球可利用的自然资源和能源已非常有限。为保证源源不断地为工程建设提供质量可靠的材料,避免材料的生产和发展造成对环境的损害,建筑材料的发展必须遵循可持续发展的战略方针,大力发展节能、环保的绿色建材。

展望未来建筑材料的发展,将具有以下发展趋势。

① 高性能、多功能、智能化。开发研制轻质高强、高防火性、高保温性、高耐久性、高吸声性等高性能的材料,以及大力推广多功能、智能化的建筑材料,对提高建筑物的安全性、艺术性、舒适性、经济性和使用寿命都有着非常重要的作用。

② 节约资源和能源。生产建筑材料所用的原材料尽可能少用天然资源,充分利用再生资源 and 工农业废料,以保护自然资源和维持生态环境的平衡。建筑材料的生产和使用应有利于节约能源,要采用低能耗的生产工艺,大力开发和推广应用节能材料,以减少建筑物在使用与维护过程中的能源消耗。

③ 绿色环保。建筑材料生产应采用清洁、无污染的生产技术,生产出的建材产品应无毒、无污染、对人体健康无害。材料产品在使用过程中不仅不能危害人体健康,而且应尽可能有益于人体健康。建筑材料尤其是建筑装饰材料在使用过程中不能释放甲醛、苯、挥发性有机物、氨气、放射性及粉尘等对人体健康有害的物质,而且还要具有抗菌、除臭、防辐射、调温等有益于人体健康的功能。大力发展绿色环保建材是世界各国人民的共同愿望,也是建筑材料发展的必然趋势。

④ 再生化。建筑材料可再生循环和回收利用,建筑物拆除后不会造成二次污染。

四、建筑材料的相关技术标准

要对建筑材料进行现代化的科学管理,必须对材料产品的各项技术性能制定统一的执行标准。建筑材料的标准,是企业生产的产品质量是否合格的依据,也是供需双方对产品质量进行验收的依据。通过按标准合理选用材料,使设计、施工等也相应标准化,从而可加快施工进度,降低工程造价。

目前,我国现行的建筑材料标准有国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。各级标准分别由相应的标准化管理部门批准并颁布。国家标准和行业标准是全国通用标准,是国家指令性文件,各级生产、设计、施工部门必须严格遵照执行。

(一) 国家标准

国家标准有强制性标准(代号 GB)和推荐性标准(代号 GB/T)。对强制性国家标准,任何技术(或产品)不得低于规定的要求;对推荐性国家标准,表示也可执行其他标准的要求。例如:《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007),其中,“GB”为国家标准的代号,“175”为标准的编号,“2007”为标准的颁布年代号;《碳素结构钢》(GB/T 700—2006),其中,“GB”为国家标准的代号,“T”为推荐性标准,“700”为标准的编号,“2006”为标准的颁布年代号。

(二) 行业标准

行业标准有建材行业标准(代号 JC)、建工行业标准(代号 JG)、冶金行业标准(代号 YB)、交通行业标准(代号 JT)、建工行业工程建设标准(代号为 JGJ)等。例如:《铝箔面石油沥青防水卷材》(JC/T 504—2007),“JC”为建材行业标准的代号,“T”为推荐性标准,“504”为标准的编号,“2007”为标准的颁布年代号(颁布年代为 2007 年);《混凝土用

水标准》(JGJ 63—2006),“JGJ”为建工行业工程建设标准的代号,“63”为标准的编号,“2006”为标准的颁布年代号(颁布年代为2006年)。

(三) 地方标准和企业标准

地方标准(代号 DBJ)是由地方主管部门发布的地方性技术指导文件。企业标准(代号 QB)仅适用于本企业,凡没有制定国家标准和行业标准的产品,均应制定企业标准。地方标准或企业标准所制定的技术要求应高于国家标准。地方标准和企业标准的表示方法同国家标准,由标准名称、标准代号、标准编号和标准颁布年代号组成。

另外,我们还可能涉及一些与建筑材料密切相关的国际和国外标准,常用的有:国际标准(代号 ISO)、美国材料与试验协会标准(代号 ASTM)、德国工业标准(代号 DIN)、英国标准(代号 BS)、日本工业标准(代号 JIS)、法国标准(代号 NF)等。

五、本课程的主要内容及学习任务

(一) 本课程的主要内容

本课程除介绍了建筑材料的一些基本性质以外,主要讲述了建筑工程中常用的石灰、石膏、水泥、混凝土、砂浆、墙体材料、防水材料、建筑钢材等材料的基本组成、性能特点、技术标准及应用,还介绍了建筑塑料、绝热材料、吸声材料、建筑装饰材料等的基本知识,最后讲述了常用建筑材料的试验方法和材料质量评定方法。

(二) 本课程的学习任务

建筑材料是建筑工程类专业的专业基础课,学好本课程,为以后学习建筑构造、结构、施工、预算、建筑经济等后续课程提供建筑材料方面的基本知识,也为今后从事工程实践和科学研究打下良好的基础。

本课程学习分为理论课学习和试验课学习。本课程的学习任务如下。

① 通过对理论课的学习,重点掌握各种材料的技术性能,并掌握常用建筑材料的主要品种、规格、储运、标准及应用等方面知识,了解材料的生产、组成与材料性能的关系,做到在建筑工程中能合理选用建筑材料和正确使用建筑材料。

② 通过对试验课的学习,一方面掌握常规建筑材料的试验方法和质量评定方法,会对常规建筑材料进行质量合格性判定;另一方面加深对理论知识的理解,培养严谨的科学态度,提高分析问题和解决问题的实际能力。

第一章 建筑材料的基本性质

【提要】

本章主要讲述建筑材料的基本物理性质、力学性质和耐久性，并从材料的组成和结构出发阐述了影响材料性质的内在因素。本章的学习要求是以下几点。

1. 掌握材料的密度、表观密度、堆积密度、孔隙率和空隙率的定义及计算。
2. 掌握材料与水有关的性质、热工性质、力学性能和耐久性。
3. 了解材料孔隙率和孔隙特征对材料性能的影响。

构成建筑物的建筑材料在使用过程中要受到各种因素的作用，例如用于各种受力结构的材料要受到各种外力的作用；用于建筑物不同部位的材料还可能受到风吹、日晒、雨淋、温度变化、冻融循环、磨损、化学腐蚀等作用。为了保证建筑物经久耐用，就要求所选用的建筑材料能够抵抗各种因素的作用。而要能够合理地选用材料，就必须掌握各种材料的性质。

本章所讲述的材料基本性质，是指材料处于不同的使用条件和使用环境时，必须考虑的最基本的、共有的性质。对于不同种类的材料，由于在建筑物中所起的作用不同，应考虑的基本性质也不尽相同。

第一节 材料的基本物理性质

一、材料的密度、表观密度与堆积密度

(一) 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量，用式(1-1)表示。

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

式中 ρ ——密度， g/cm^3 ；

m ——材料在干燥状态的质量， g ；

V ——材料在绝对密实状态下的体积， cm^3 。

材料在绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积。除了钢材、玻璃等少数材料外，绝大多数材料内部都存在一些孔隙。在测定有孔隙的材料密度时，应把材料磨成细粉，干燥后，用密度瓶（李氏瓶）测定其体积，用李氏瓶测得的体积可视为材料绝对密实状态下的体积。材料磨得越细，测得的密度值越精确。

(二) 表观密度

表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质量，用式(1-2)表示。

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

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, cm^3 或 m^3 。

材料在自然状态下的体积又称表观体积, 是指包含材料内部孔隙在内的体积。几何形状规则的材料, 可直接按外形尺寸计算出表观体积; 几何形状不规则的材料, 可用排液法测量其表观体积, 然后按式(1-2) 计算出表观密度。

当材料含有水分时, 其质量和体积将发生变化, 影响材料的表观密度。故在测定表观密度时, 应注明其含水情况。一般情况下, 材料的表观密度是指在气干状态(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。

(三) 堆积密度

堆积密度是指粉状(水泥、石灰等)或散粒材料(砂子、石子等)在堆积状态下单位体积的质量, 用式(1-3) 表示。

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

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 。

材料的堆积体积包含了颗粒内部的孔隙和颗粒之间的空隙。测定材料的堆积密度时, 按规定的方法将散粒材料装入一定容积的容器中, 材料质量是指填充在容器内的材料质量, 材料的堆积体积则为容器的容积。

在建筑工程中, 计算材料的用量和构件的自重, 进行配料计算以及确定材料的堆放空间时, 经常要用到密度、表观密度和堆积密度等数据。表 1-1 列举了常用建筑材料的密度、表观密度和堆积密度。

表 1-1 常用建筑材料的密度、表观密度和堆积密度

材料名称	密度 /(g/cm^3)	表观密度 /(kg/m^3)	堆积密度 /(kg/m^3)	材料名称	密度 /(g/cm^3)	表观密度 /(kg/m^3)	堆积密度 /(kg/m^3)
建筑钢材	7.85	7850	—	粉煤灰	1.95~2.40	—	550~800
普通混凝土	—	2100~2600	—	木材	1.55~1.60	400~800	—
烧结普通砖	2.50~2.70	1600~1900	—	水泥	2.8~3.1	—	1200~1300
花岗岩	2.70~3.0	2500~2900	—	普通玻璃	2.45~2.55	2450~2550	—
碎石(石灰岩)	2.48~2.76	2300~2700	1400~1700	铝合金	2.7~2.9	2700~2900	—
砂	2.50~2.60	—	1450~1650				

二、材料的密实度与孔隙率、填充率与空隙率

(一) 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, 以 D 表示, 可按式(1-4) 计算。

$$D = \frac{V}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1-4)$$

2. 孔隙率

孔隙率是指在材料体积内, 孔隙体积所占的比例, 以 P 表示, 可按式(1-5) 计算。

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-5)$$

材料的密实度和孔隙率之和等于 1, 即 $D+P=1$ 。

孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。孔隙率越小, 说明材料越密实。

材料内部孔隙可分为连通孔隙和封闭孔隙两种构造。连通孔隙不仅彼此连通而且与外界相通, 封闭孔隙不仅彼此封闭而且与外界相隔绝。孔隙按其孔径尺寸大小可分为细小孔隙和粗大孔隙。材料的许多性能(如强度、吸水性、吸湿性、耐水性、抗渗性、抗冻性、导热性等)都与孔隙率的大小和孔隙特征有关。

(二) 填充率与空隙率

1. 填充率

填充率是指散粒材料在堆积体积中被其颗粒所填充的程度, 以 D' 表示, 可按式(1-6)计算。

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (1-6)$$

2. 空隙率

空隙率是指散粒材料在堆积体积中, 颗粒之间的空隙所占的比例, 以 P' 表示, 可按式(1-7)计算。

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} = 1 - \frac{V_0}{V'_0} = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1-7)$$

材料的填充率和空隙率之和等于 1, 即 $D'+P'=1$ 。

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒之间互相填充的致密程度。空隙率可作为控制混凝土骨料级配及计算砂率的依据。

三、材料与水有关的性质

(一) 亲水性与憎水性

材料与水接触时能被水润湿的性质称为亲水性。具备这种性质的材料称为亲水性材料。大多数建筑材料, 如砖、混凝土、木材、砂、石等都属于亲水性材料。

材料与水接触时不能被水润湿的性质称为憎水性。具备这种性质的材料称为憎水性材料, 如沥青、石蜡、塑料等。憎水性材料一般能阻止水分渗入毛细管中, 因而可用作防水材料, 也可用于亲水性材料的表面处理, 以降低其吸水性。

(二) 吸水性

材料在水中吸收水分的性质称为吸水性。吸水性的 大小用吸水率表示, 吸水率有两种表示方法: 质量吸水率和体积吸水率。

1. 质量吸水率

质量吸水率是指材料在吸水饱和时, 所吸收水分的质量占材料干燥质量的百分率。质量吸水率的计算公式如下。

$$W_m = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 W_m ——材料的质量吸水率, %;

m_1 ——材料在吸水饱和状态下的质量, g 或 kg;

m ——材料在干燥状态下的质量, g 或 kg。

2. 体积吸水率

体积吸水率是指材料在吸水饱和时, 所吸收水分的体积占材料自然状态体积的百分率。

体积吸水率的计算公式如下。

$$W_V = \frac{V_{\text{水}}}{V_0} = \frac{m_1 - m}{m} \times \frac{\rho_0}{\rho_w} \times 100\% \quad (1-9)$$

式中 W_V ——材料的体积吸水率，%；

$V_{\text{水}}$ ——材料吸收水分的体积， cm^3 ；

V_0 ——材料在自然状态下的体积， cm^3 ；

ρ_0 ——材料在干燥状态下的表观密度， g/cm^3 ；

ρ_w ——水的密度， g/cm^3 ，常温下取 $\rho_w = 1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。

材料的质量吸水率和体积吸水率之间关系如下。

$$W_V = W_m \rho_0 \quad (1-10)$$

材料吸水性的 大小，主要取决于材料孔隙率和孔隙特征。一般孔隙率越大，吸水性也越强。封闭孔隙水分不易渗入，粗大孔隙水分只能润湿表面而不易在孔内存留，故在相同孔隙率的情况下，材料内部的封闭孔隙、粗大孔隙越多，吸水率越小；材料内部细小孔隙、连通孔隙越多，吸水率越大。

在建筑材料中，多数情况下采用质量吸水率来表示材料的吸水性。各种材料由于孔隙率和孔隙特征不同，质量吸水率相差很大。如花岗岩等致密岩石的质量吸水率仅为 0.5%~0.7%；普通混凝土为 2%~3%；普通黏土砖为 8%~20%；而木材或其他轻质材料的质量吸水率甚至高达 100%。

(三) 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。吸湿性的大小用含水率表示。含水率是指材料含水的质量占材料干燥质量的百分率，可按式(1-11) 计算。

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m}{m} \times 100\% \quad (1-11)$$

式中 $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率，%；

$m_{\text{含}}$ ——材料含水时的质量，g 或 kg；

m ——材料在干燥状态下的质量，g 或 kg。

当较干燥的材料处于较潮湿的空气中时，会吸收空气中的水分；而当较潮湿的材料处于较干燥的空气中时，便会向空气中释放水分。在一定的温度和湿度条件下，材料与周围空气湿度达到平衡时的含水率称为平衡含水率。

材料含水率的大小，除与材料的孔隙率、孔隙特征有关外，还与周围环境的温度和湿度有关。一般材料孔隙率越大，材料内部细小孔隙、连通孔隙越多，材料的含水率越大；周围环境温度越低，相对湿度越大，材料的含水率也越大。

材料吸水或吸湿后，质量增加，保温隔热性下降，强度、耐久性降低，体积发生变化，多对工程产生不利影响。在常用的建筑材料中，木材的吸湿性特别强，它能在潮湿空气中大量吸收水分而增加质量，降低强度和改变尺寸，因此木门窗在潮湿环境中往往不易开关。保温材料如果吸收水分后，会大大降低保温效果，故对保温材料应采取有效的防潮措施。

(四) 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。一般材料遇水后，强度都有不同程度的降低，如花岗岩长期浸泡在水中，强度将下降 3% 左右，普通黏土砖和木材强度下降更为显著。材料耐水性的大小用软化系数表示，软化系数计算公式