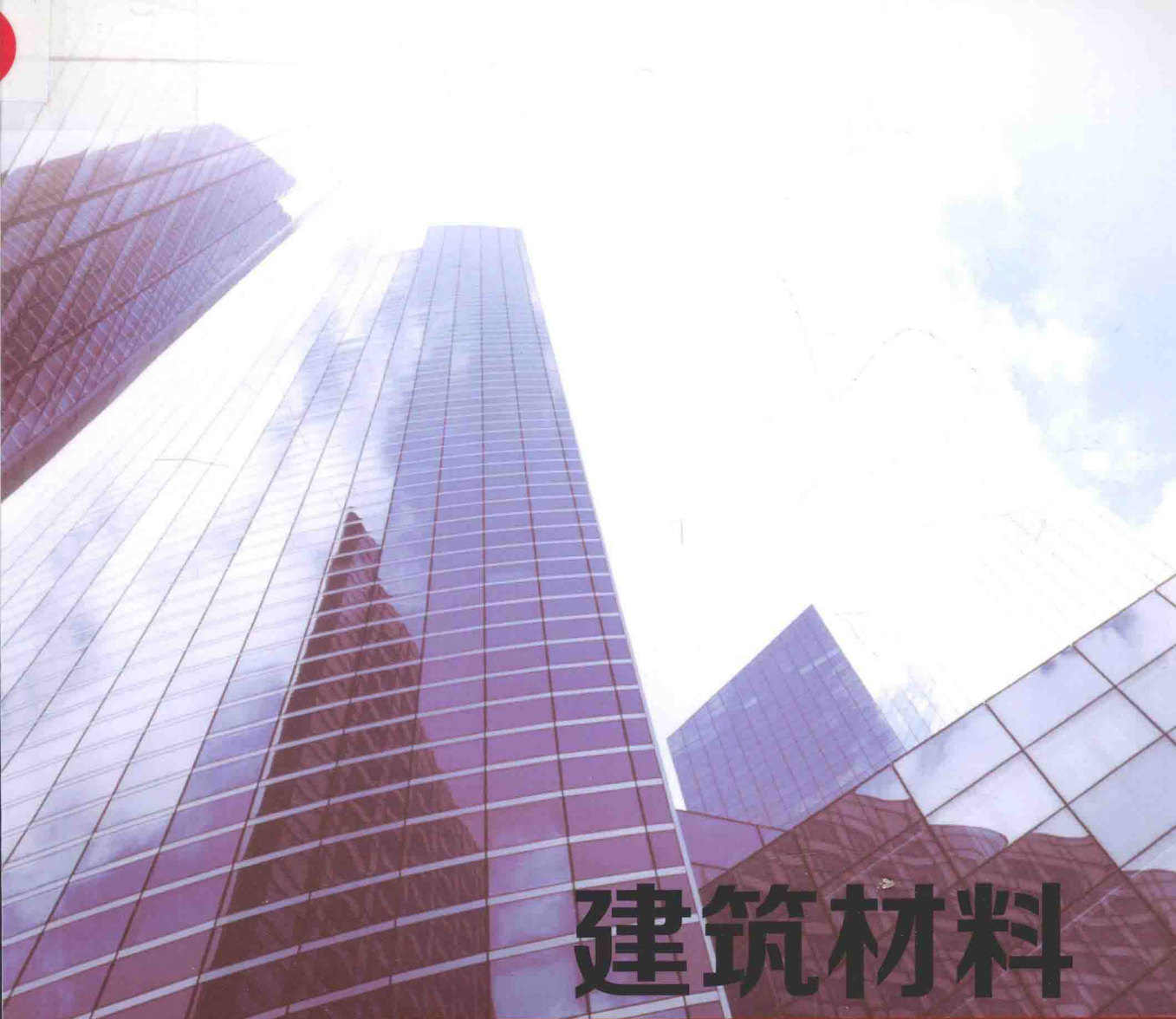




建筑材料

Jianzhu Cailiao

主 编 王海波 冷超群 赵 霞

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

建筑材料

主 编 王海波 冷超群 赵 霞
副主编 曾宪群 赵世军 张 晶
参 编 赵 红 陈华志

内 容 提 要

本书结合建筑工程材料最新标准规范进行编写。全书除绪论外,共分十四章,主要包括:建筑材料的基本性质,建筑石材,气硬性胶凝材料,水泥,混凝土,建筑砂浆,墙体和屋面材料,建筑钢材,建筑木材,防水材料,建筑塑料、涂料和胶粘剂合成高分子材料,绝热材料和吸声材料,建筑装饰材料,建筑材料检测与试验等。

本书可作为高等院校土建类相关专业的教材,也可作为函授和自考辅导用书,同时可供相关培训机构及土建工程技术人员学习参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/王海波,冷超群,赵霞主编. —北京:北京理工大学出版社,2016.7

ISBN 978-7-5682-1872-6

I. ①建… II. ①王… ②冷… ③赵… III. ①建筑材料—高等学校—教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第022236号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787毫米×1092毫米 1/16

印 张 / 15.5

字 数 / 427千字

版 次 / 2016年7月第1版 2016年7月第1次印刷

定 价 / 45.00元

责任编辑 / 李玉昌

文案编辑 / 李玉昌

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

前言

PREFACE

建筑是时代的橱窗，构成建筑的基本物质要素——建筑材料，也就按着时代的脉搏而呈现出自己的价值。建筑材料是建筑工程中使用的所有材料的总称。熟悉建筑材料的基本知识、掌握各种新材料的特性，是进行工程结构设计与研究和工程管理必要的基本条件；否则，会直接影响结构物的外观和使用功能，严重的则会危害结构的安全性，造成建筑工程事故。

本书根据高等院校人才培养目标以及专业教学改革的要求，结合高等院校土建类相关专业的需要进行编写。全书以材料的性能和应用为主线，注意理论与实际的结合，突出实用性，在内容安排上注意深度和广度之间的适当关系，使学生具有建筑材料的基础知识和试验技能，能在实践中正确选用与合理使用建筑材料，并为有关专业课程的开展打下良好的基础。通过本课程的学习，使学生掌握工程中常用建筑材料的品种、规格、性质及使用，了解材料在储用、保管和验收中的有关问题。本课程重点是突出工程中常用的材料，要求学生系统复习，注意结合实际，利用一切机会观察建成或在建工程所用的各种材料，以补充丰富书本知识。

本书主要阐述了建筑材料的基本性质，建筑石材，气硬性胶凝材料，水泥，混凝土，建筑砂浆，墙体和屋面材料，建筑钢材，建筑木材，防水材料，建筑塑料、涂料和胶粘剂合成高分子材料，绝热材料和吸声材料，建筑装饰材料，建筑材料检测与试验等内容。为方便教学，本书在各章前设置了“知识目标”和“技能目标”，“知识目标”以章节提要的形式概括了本章节的重点内容，“技能目标”则对学生学习本章内容后应具备的职业技能进行了提示，从而对学生学习和老师教学进行引导；在各章后面设置了“本章小结”和“思考与练习”，“本章小结”以学习重点为框架，对各章知识做了归纳，“思考与练习”以填空题、选择题和问答题的形式，从更深的层次给学生提供思考和复习的切入点。

本书由王海波、冷超群、赵霞担任主编，曾宪群、赵世军、张晶担任副主编，赵红、陈华志参与了本书部分章节的编写。本书在编写过程中得到了华东交通大学理工学院、南昌理工学院的大力支持，在此表示由衷地感谢！

由于编写时间仓促，编者的经验和水平有限，书中难免有不妥和疏漏之处，恳请读者和专家指正。

编 者

目录 CONTENTS

绪论	1	五、建筑石材的选用原则	21
一、建筑材料的定义与分类	1	思考与练习	22
二、建筑材料在建筑工程中的地位和作用	2	第三章 气硬性胶凝材料	23
三、改进和发展建筑材料的意义	3	第一节 建筑石灰	23
四、建筑材料的相关技术标准	3	一、石灰的生产	23
五、本课程的学习目的、学习任务及学习方法	4	二、石灰的熟化与硬化	24
第一章 建筑材料的基本性质	5	三、石灰的分类	25
第一节 建筑材料的物理性质	5	四、石灰的技术要求	25
一、材料与质量有关的性质	5	五、石灰的技术性质	26
二、材料与水有关的性质	7	六、石灰的应用	27
三、材料与热有关的性质	10	七、石灰的应用与储运	28
第二节 建筑材料的力学性质	10	第二节 建筑石膏	28
一、材料的强度、强度等级和比强度	11	一、建筑石膏的生产	28
二、材料的弹性与塑性	12	二、建筑石膏的凝结硬化	28
三、材料的韧性与脆性	13	三、建筑石膏的技术性质	29
四、材料的硬度与耐磨性	13	四、建筑石膏的应用和储运	30
第三节 建筑材料的耐久性	13	第三节 水玻璃	30
思考与练习	15	一、水玻璃的生产	30
第二章 建筑石材	16	二、水玻璃的硬化	31
第一节 岩石	16	三、水玻璃的技术性质	31
一、岩石的分类	16	四、水玻璃的应用	31
二、岩石的性质	16	第四节 菱苦土	32
第二节 常用建筑石材	18	一、菱苦土的组成	32
一、天然石材种类	18	二、菱苦土的硬化与性质	32
二、岩石制品	19	三、菱苦土的应用	33
三、饰面用岩石制品	20	思考与练习	33
四、道路路面用岩石制品	21	第四章 水泥	35
		第一节 硅酸盐水泥	35
		一、硅酸盐水泥的生产及矿物质组成	35

二、硅酸盐水泥的技术性质	38
三、硅酸盐水泥石的腐蚀和防止措施	40
四、硅酸盐水泥的特性和应用	42
第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥	44
一、混合材料的作用与种类	44
二、掺混合材料的硅酸盐水泥的技术要求、特性及应用	44
三、通用硅酸盐水泥的工程选用	47
第三节 通用硅酸盐水泥的验收、储存与运输	48
一、通用硅酸盐水泥的验收	48
二、通用硅酸盐水泥的储存与运输	49
第四节 特性水泥与专用水泥	49
一、特性水泥	49
二、专用水泥	51
思考与练习	52

第五章 混凝土 54

第一节 混凝土概述	54
一、混凝土的分类	54
二、混凝土的特点	55
三、混凝土应用的基本要求	56
第二节 普通混凝土的组成材料	56
一、水泥	56
二、细集料	57
三、粗集料	61
四、混凝土拌合用水及养护用水	64
五、混凝土掺合料	65
第三节 混凝土主要技术性质	66
一、混凝土拌合物的和易性	66
二、硬化后混凝土的强度	70
三、混凝土的变形	75
四、混凝土的耐久性	77
第四节 混凝土外加剂	80
一、混凝土外加剂的分类	80
二、常用的混凝土外加剂	80
三、外加剂的选择与使用	85
第五节 普通混凝土的配合比设计	86
一、普通混凝土配合比设计的基本要求	86

二、普通混凝土配合比设计的基本参数	86
三、普通混凝土配合比设计的资料准备	87
四、普通混凝土的配合比设计步骤	87
五、普通混凝土配合比设计实例	93
第六节 混凝土的质量控制与强度评定	95
一、混凝土强度的质量控制	95
二、混凝土强度评定	97
第七节 其他种类混凝土	98
一、高强混凝土	98
二、轻混凝土	99
三、大体积混凝土	104
四、泵送混凝土	104
五、抗渗混凝土	105
六、高性能混凝土	106
七、纤维混凝土	107
思考与练习	108

第六章 建筑砂浆 110

第一节 建筑砂浆的组成材料	110
一、胶凝材料	110
二、细集料	111
三、水	111
四、外加剂	111
第二节 建筑砂浆的技术性质	111
一、新拌砂浆的和易性	111
二、硬化后砂浆的强度和强度等级	112
三、砂浆的粘结力	113
四、砂浆的变形	113
五、砂浆的耐久性	113
第三节 砌筑砂浆的配合比设计	113
一、砌筑砂浆配合比设计的基本要求	113
二、砌筑砂浆配合比设计的计算	114
第四节 抹灰砂浆	116
一、抹灰砂浆对组成材料的要求	117
二、抹灰砂浆的种类及选用	117
第五节 其他种类砂浆	117
一、装饰砂浆	117

二、防水砂浆·····	118
三、绝热砂浆·····	118
四、吸声砂浆·····	119
五、保温砂浆·····	119
六、耐酸砂浆·····	119
七、膨胀砂浆·····	119
八、防辐射砂浆·····	119
思考与练习·····	120

第七章 墙体和屋面材料····· 121

第一节 砌墙砖·····	121
一、烧结普通砖·····	121
二、烧结多孔砖和烧结空心砖·····	124
三、非烧结砖·····	127
第二节 墙用砌块·····	128
一、蒸压加气混凝土砌块·····	128
二、粉煤灰砌块·····	130
三、混凝土砌块·····	130
第三节 墙用板材与屋面材料·····	131
一、墙用板材·····	131
二、屋面材料·····	134
思考与练习·····	136

第八章 建筑钢材····· 138

第一节 钢的冶炼与分类·····	138
一、钢的冶炼·····	138
二、钢的分类·····	138
第二节 建筑钢材的主要技术性能·····	140
一、钢材的力学性能·····	140
二、钢材的工艺性能·····	143
三、化学成分对钢材性能的影响·····	144
四、钢材的强化·····	145
第三节 钢材的标准与选用·····	147
一、钢结构用钢的种类和性能·····	147
二、钢结构用钢的选择·····	151
三、钢筋混凝土结构用钢·····	151
四、钢材的选用原则·····	155
第四节 钢材的腐蚀防护与防火·····	156
一、钢材的腐蚀防护·····	156
二、钢材的防火·····	157

思考与练习·····	158
------------	-----

第九章 建筑木材····· 159

第一节 木材的基本知识·····	159
第二节 木材的主要性质·····	160
一、物理力学性质·····	160
二、力学性质·····	161
第三节 木材的防护·····	162
一、木材的腐蚀·····	162
二、木材的防腐·····	162
三、木材的防火·····	162
第四节 木材在建筑工程中的应用·····	162
一、胶合板·····	162
二、纤维板·····	163
三、刨花板、木丝板、木屑板·····	163
四、细木工板·····	163
思考与练习·····	164

第十章 防水材料····· 165

第一节 沥青材料·····	165
一、石油沥青·····	166
二、煤沥青·····	170
三、改性沥青·····	171
第二节 防水卷材·····	172
一、沥青防水卷材·····	172
二、高聚物改性沥青防水卷材·····	172
三、合成高分子防水卷材·····	176
第三节 防水涂料与密封材料·····	177
一、防水涂料·····	177
二、密封材料·····	180
第四节 建筑防水等级与防水材料 的选用·····	182
一、按屋面防水等级和设防要求进行 选择·····	182
二、按气候作用强度进行选择·····	182
三、按建筑结构特点和施工条件进行 选择·····	183
四、按防水层的暴露程度进行选择·····	183
思考与练习·····	183

第十一章 建筑塑料、涂料和胶粘剂 合成高分子材料····· 185

第一节 建筑塑料与建筑涂料·····	185
一、建筑塑料·····	185
二、建筑涂料·····	187
第二节 建筑胶粘剂·····	188
一、建筑胶粘剂的组成·····	188
二、建筑胶粘剂的分类·····	188
三、常用的建筑胶粘剂·····	188
四、胶粘剂的选用原则·····	189
思考与练习·····	189

第十二章 绝热材料和吸声材料····· 190

第一节 绝热材料·····	190
一、绝热材料的类型·····	190
二、材料的导热性·····	191
三、影响材料导热性的主要因素·····	191
四、建筑上常用的绝热保温材料·····	191
第二节 吸声材料·····	193
一、材料的吸声性能·····	193
二、影响材料吸声性能的因素·····	194
三、建筑上常用的吸声材料·····	194
四、隔声材料·····	195
思考与练习·····	196

第十三章 建筑装饰材料····· 197

第一节 建筑装饰材料概述·····	197
一、建筑装饰材料的概念·····	197
二、建筑装饰材料的功能·····	197
三、建筑装饰材料的分类·····	198
四、建筑装饰材料的选用原则·····	199
第二节 常用建筑装饰材料·····	199
一、建筑装饰石材·····	199
二、建筑装饰陶瓷·····	202
三、建筑装饰玻璃·····	203
四、建筑装饰涂料·····	204
五、建筑装饰材料的发展方向·····	207
思考与练习·····	208

第十四章 建筑材料检测与试验····· 209

第一节 建筑材料的基本性质试验···	209
一、密度试验·····	209
二、砂的表观密度试验(标准法)·····	210
三、砂的表观密度试验(简易法)·····	210
四、砂的堆积密度和紧密密度试验···	211
五、砂的吸水率试验·····	212
第二节 水泥试验·····	213
一、水泥试验的一般规定·····	213
二、水泥细度的测定·····	213
三、水泥标准稠度用水量的测定·····	214
四、水泥净浆凝结时间的测定·····	216
五、水泥安定性的测定·····	217
六、水泥胶砂强度试验·····	219
第三节 混凝土用集料检测·····	221
一、砂的取样与缩分·····	221
二、石子颗粒级配(筛分析)试验·····	222
第四节 普通混凝土基本性能试验···	223
一、一般规定·····	223
二、普通混凝土拌合物和易性的测定···	224
三、普通混凝土抗压强度试验·····	226
四、混凝土非破损试验·····	227
第五节 建筑砂浆性能检测·····	228
一、试样制备·····	228
二、砂浆的稠度检验·····	229
三、分层度试验·····	230
四、建筑砂浆抗压强度检验·····	231
第六节 钢筋试验·····	232
一、一般规定·····	232
二、钢材的抗拉强度及伸长率检验···	232
三、钢筋冷弯试验·····	234
第七节 沥青试验·····	235
一、沥青针入度试验·····	235
二、沥青延度(延伸度)的测定·····	237
三、沥青软化点的测定·····	238
思考与练习·····	239

参考文献····· 240

绪 论

建筑物是由各种材料建成的，用于建筑工程中的材料的性能对建筑物的各种性能具有重要影响。因此，建筑材料不仅是建筑物的物质基础，也是决定建筑工程质量和使用性能的关键因素。为使建筑物具有安全、可靠、耐久、美观、经济适用的综合性能，必须合理选择且正确使用建筑材料。

建筑材料课程是高等职业教育土建类专业的一门重要的技术基础课程，主要介绍常用建筑材料的组成、结构、性质、应用、技术标准、检验方法以及储运、保管等方面的基础知识。通过学习建筑材料课程，学生应掌握常用建筑材料的性质与应用的基础知识和基本理论，了解建筑材料的标准，并获得主要建筑材料检验方法的基本技能训练。

本课程教学以提高人才素质为核心，以培养学生职业能力为目的，注重理论联系实际，注重科学思维方法、分析问题能力和解决问题能力的培养。为学生学习建筑设计、建筑施工、建筑结构和建筑预、决算等专业课程提供材料方面的基础知识，也为以后从事技术工作时能够正确选择、准确鉴别、合理使用、有效管理和科学开发建筑材料等打下基础。

一、建筑材料的定义与分类

(一)建筑材料的定义

建筑材料是指建造建筑物或构筑物所使用的各种材料及制品的总称。建筑材料是一切建筑工程的物质基础。本课程讨论的建筑材料是构成建筑物本身的材料，包括地基基础、地面、墙、柱、梁、板、楼梯、屋盖、门窗和建筑装饰所需的材料，即狭义的建筑材料。广义的建筑材料指的是，除用于建筑物本身的各种材料外，还包括给水排水、供热、供电、供燃气、电信以及楼宇控制等配套工程所需的设备与器材。另外，施工过程中的暂设工程，如围墙、脚手架、板桩和模板等涉及的器具与材料，也应囊括其中。

(二)建筑材料的分类

建筑材料的种类繁多，性能用途各异，为了便于区分和应用，工程中通常从不同的角度对建筑材料进行分类。

1. 按照化学成分分类

建筑材料按照化学成分不同可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类，见表 0-1。

表 0-1 建筑材料按照化学成分不同分类

类 型	种 类	举 例
无机材料	金属材料	有色金属(铝、铜、锌、铅等及其合金)
		黑色金属(铁、锰、铬等及其合金)
	非金属材料	天然材料(砂、石及石材制品等)
		烧土制品(砖、瓦、陶瓷和玻璃等)
		胶凝材料(石灰、石膏、水泥和水玻璃等)
		混凝土、砂浆和硅酸盐制品等

续表

类 型	种 类	举 例
有机材料	植物材料	木材、竹材等
	沥青材料	石油沥青、煤沥青和沥青制品等
	合成高分子材料	塑料、涂料和胶粘剂等
复合材料	无机非金属材料与有机材料复合	聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料、沥青混凝土等
	金属材料与无机非金属材料复合	钢筋混凝土
	金属材料与有机材料复合	轻质金属夹芯板

2. 按照使用功能分类

建筑材料按照使用功能的不同可以分为结构材料、围护材料和功能材料三类。

(1)结构材料。结构材料是指在建筑物中主要起承受荷载作用的材料，是建筑物中最重要的材料，常用于工程的主体部位，如结构物的梁、板、柱、基础等。结构材料的性能决定了工程结构的安全性和使用的可靠性，所以这类材料要求必须具有足够的强度和耐久性。常用的结构材料有混凝土和钢材等。

(2)围护材料。围护材料是指用于建筑物围护结构的材料，如墙体、门窗和屋面等部位使用的材料。围护材料不仅要求具有一定的强度和耐久性，同时为了适应现代建筑的功能需要，还要求必须具有良好的保温隔热、防水、隔声、蓄热等性能。常用的围护材料有砖、砌块、各种墙板和屋面板等。

(3)功能材料。功能材料是指担负建筑物使用过程中所需的建筑功能的非承重用材料，如防水材料、装饰材料、保温隔热材料、吸声隔声材料和密封材料等。这些功能材料的选择与使用决定了工程的适用性及美观性，是建筑材料发展的亮点。随着现代建筑功能要求的提高，新型材料不断出现，品种也更加丰富。

二、建筑材料在建筑工程中的地位和作用

任何一种建筑物或构筑物都是按照设计要求，使用恰当的建筑材料，按照一定的施工工艺方法建造而成的。因此，建筑材料是建筑业发展的物质基础。正确地选择、合理地使用建筑材料，不仅直接决定了建筑物的质量和使用性能，也直接影响着工程的成本。及时提供数量充足、质量良好、品种齐全的各种材料，才能保证工程建设的顺利进行。

1. 建筑材料质量影响建筑工程质量

建筑材料的质量直接影响着工程的质量，具体表现为材料的品种、组成、构造、规格及使用方法都会对工程的结构安全性、耐久性、适用性产生影响。将劣质材料使用到工程中，必然危害工程质量，影响工程的使用效果和耐久性能，甚至会造成严重事故。因此，必须从材料的生产、选择、使用、检验评定以及材料的储存、保管等各个环节确保材料的质量，从而确保建筑物的质量。对于新材料和代用材料的应用，要采取积极而又慎重的态度，使用前必须经过严格检验和技术鉴定。

2. 建筑材料影响建筑工程造价

合理的材料费支出是控制工程成本的关键。在一般建筑工程的总造价中，材料费用占工程造价的 50%~60%。因此，材料的选择、使用与管理是否合理，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，才能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，在满足使用功能的前提下节约材料，降低材料费用，降低工程造价、提高经济效益。

三、改进和发展建筑材料的意义

在建筑工程的建设过程中，工程的结构设计方案、施工方法都与材料密切相关。建筑材料的性能是决定建筑结构形式和施工方法的主要因素。建筑材料的改进和发展，将直接促进建筑工程技术进步和建筑业的发展。我国国民经济的发展对建筑功能、工程结构的要求越来越高，从而对材料也提出了更高的要求。例如，钢筋、混凝土材料的产生和广泛应用，取代了过去的砖、石、木，使钢筋混凝土结构成为现代建筑的主要结构形式；对于高层、高等级的建筑，也需要大量具有多种功能的轻质复合墙体材料和各种高档次的装饰材料；想要减轻建筑物的自重、提高建筑物的抗震能力、改善工作与居住环境条件、推动节能建筑的发展，就需要轻质材料和保温材料。总之，建筑材料是建筑工程的基础和核心。新材料的发展促进结构和施工技术的不断进步，使工程建筑的功能、适用性、艺术性、坚固性和耐久性都得到相应改善。

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。工程材料、建筑材料的生产、销售、采购、验收和质量检验，均应以产品质量标准为依据。目前，我国现行的标准有国家标准、行业标准、地方标准、企业标准四大类。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。

(1)国家标准。国家标准是由国家标准局颁布的全国性的技术文件，有强制性标准(代号 GB)和推荐性标准(代号 GB/T)。例如：

GB——全国强制性标准；

GB/T——全国推荐性标准；

GBJ——全国建筑工程技术方面的标准。

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。

(2)地方标准。地方标准是地方主管部门发布的地方性的技术文件。对没有国家标准和行业标准，又需在省、自治区、直辖市范围内实行统一的技术要求，可以制定地方性标准(代号为 DB)或地方性推荐标准(代号 DB/T)。

(3)行业标准。行业标准是由主管生产的部委或总局颁布的全国性的技术文件，由中央部委标准机构指定有关研究院所、大专院校、工厂、企业等单位提出或联合提出，报请中央部委主管部门审批后发布，最后报国家技术监督局备案。例如，建材行业标准(代号 JC)、建设部行业标准(代号 JGJ)、冶金行业标准(代号 YB)、交通行业标准(代号 JT)、水电行业标准(代号 SD)等。

(4)企业标准。企业生产的产品没有国家标准和行业标准的，应当制定企业内部的标准，以作为组织生产的依据企业标准。企业标准仅适用于本企业，其代号为 QB。

五、本课程的学习目的、学习任务及学习方法

建筑材料是建筑工程类专业的一门重要专业基础课程。学习该课程是为今后继续学习其他专业课(如钢筋混凝土结构、钢结构、建筑施工技术、建筑工程计量与计价等)打下基础,同时,也使学生获得建筑材料试验的基本技能训练。

本课程的主要学习内容包括材料的基本性质和各种常用材料的生产成分、技术性质、规格标准、质量检验、应用范围、储运、保管等知识,以及为工程建筑、结构、施工等专业课程提供材料方面的基本知识,以便学生在今后的工作中能更好地选择、检验和应用材料。

在学习中,学生必须注意掌握一定的学习方法,以达到学习目的。首先,要理论联系实际,积极主动地参观材料市场和施工现场,获得感性认识,这是提高学习兴趣和学习效果的必要途径;其次,重视试验课程教学环节,试验教学是加强职业道德、培养材料性能检测技能的重要环节。

在实际工程中,材料问题的处理或某些工程技术问题的解决,主要依靠于对材料知识的灵活运用。为能正确运用材料知识,在学习过程中要重点掌握某些典型材料的技术性能、特点,熟悉其组成、结构、构造。在此基础上利用已掌握的理论知识解决与材料有关的实际问题,引导学生如何分析问题,培养学生独立分析问题的能力。

第一章 建筑材料的基本性质

识目标

掌握建筑材料与质量有关的性质、与水有关的性质及与热有关的性质的概念及表示方法,并能较熟练地运用;了解建筑材料的物理性质、力学性质、耐久性的基本概念、破坏作用、测定方法等;了解影响材料基本性质的相关因素,掌握建筑材料各种基本性质指标的计算方法。

能目标

通过本章学习,能对材料的基本性质指标进行计算,并充分了解和掌握各种材料的性质和特点,正确选择和合理使用材料。

第一节 建筑材料的物理性质

一、材料与质量有关的性质

1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积所具有的质量。按下列公式计算:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 ρ ——材料的密度(g/cm^3);

m ——材料在干燥状态下的质量(g);

V ——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。除钢材、玻璃等少数接近于绝对密实的材料外,绝大多数材料都有一些孔隙,如砖、石材等块状材料。在测定有孔隙的材料密度时,应当把材料磨成细粉以排除其内部孔隙,经干燥至恒重后,用密度瓶(李氏瓶)测定其实际体积,该体积即可以视为材料在绝对密实状态下的体积。材料磨得越细,测得的密度值就越精确。

2. 表观密度

表观密度是指材料在自然状态下单位体积所具有的质量。按下列公式计算:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

式中 ρ_0 ——材料的表观密度(g/cm^3 或 kg/m^3);

m ——材料在干燥状态下的质量(g 或 kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积，又称表观体积(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。对于外形规则的材料，其测定很简便，只要测得材料的质量和体积，即可算得表观密度；对于外形不规则材料的体积，可以采用排液法测量其静观体积，再按照公式求得，但以防水分渗入材料内部而影响测定值，在材料表面应预先涂上蜡。

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，应当注明其含水情况。一般情况下，材料的表观密度是指材料在气干状态(长期在空气中的干燥状态)下的表观密度。

3. 堆积密度

堆积密度是指散粒材料或粉状材料在堆积状态下单位体积的质量。按下列公式计算：

$$\rho'_0 = \frac{m}{v'_0}$$

式中 ρ'_0 ——堆积密度(kg/m^3)；

m ——材料的堆积质量(kg)；

v'_0 ——材料的堆积体积(m^3)。

散粒材料在堆积状态下的体积，既含颗粒内部的孔隙，也包含了颗粒内部的孔隙和颗粒之间的空隙。测定散粒材料的堆积密度时，材料的质量是指在一定容积的容器内的材料质量。其堆积体积是指所用容器的容积。若以捣实体积计算时，则称紧密堆积密度。

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 /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	表观密度 /($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	堆积密度 /($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	材料名称	密度 /($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	表观密度 /($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)	堆积密度 /($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$)
建筑钢材	7.85	7 850	—	粉煤灰	1.95~2.40	—	550~800
普通混凝土	—	2 100~2 600	—	木材	1.55~1.6	400~800	—
烧结普通砖	2.50~2.70	1 600~1 900	—	水泥	2.8~3.1	—	1 200~1 300
花岗石	2.70~3.0	2 500~2 900	—	普通玻璃	2.45~2.55	2 450~2 550	—
碎石(石灰岩)	2.48~2.76	2 300~2 700	1 400~1 700	铝合金	2.7~2.9	2 700~2 900	—
砂	2.50~2.6	—	1 450~1 750				

4. 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，也就是固体物质的体积占总体积的比例，说明材料体积内被固体物质所充填的程度，即反映了材料的致密程度。按下列公式计算：

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% = 1 - P$$

式中 D ——材料的密实度；

V ——材料的绝对密实体积(cm^3 或 m^3)；

V_0 ——材料的表观体积(cm^3 或 m^3)；

P ——材料的孔隙率(%)。

(2)孔隙率。孔隙率是指散粒状或粉状材料颗粒之间的空隙体积占其自然堆积体积的百

分率。按下列公式计算：

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

式中 P ——材料的孔隙率(%)；

V_0 ——材料的自然堆积体积(cm^3 或 m^3)；

V ——材料的表观体积(cm^3 或 m^3)；

ρ ——材料的表观密度(g/cm^3 或 kg/m^3)；

ρ_0 ——材料的自然堆积密度(g/cm^3 或 kg/m^3)。

材料的密实度和孔隙率之和等于 1，即 $D + P = 1$ 。

材料孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。其大小取决于材料的结构构成及制造工艺。材料的许多工程性能如强度、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。孔隙率越小，说明材料越密实。工程中对需要保温隔热的建筑物或部位，要求其所用材料的孔隙率应较大；相反，对要求高强或不透水的建筑物或部位，则其所用的材料孔隙率应当很小。

5. 填充率与空隙率

(1)填充率。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。按下列公式计算：

$$D' = \frac{V_0}{V_0'} \times 100\% = \frac{\rho_0'}{\rho_0} \times 100\%$$
$$D' + P' = 1$$

式中 D' ——散粒状材料在堆积状态下的填充率(%)。

(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百分率。按下列公式计算：

$$P' = \frac{V_0' - V_0}{V_0'} \times 100\% = (1 - \frac{V_0}{V_0'}) \times 100\% = (1 - \frac{\rho_0}{\rho_0'}) \times 100\% = 1 - D'$$

式中 P' ——散粒状材料在堆积状态下的空隙率(%)。

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。空隙率越大，颗粒之间的空隙越大。在混凝土和砂浆所用砂石的一些计算中，空隙率可作为控制混凝土集料级配及计算砂率的依据。为了改善材料的性能，节约水泥，宜选用孔隙率较小的砂、石。

二、材料与水有关的性质

1. 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，如砖、混凝土、木材、砂、石等。

材料与水接触时不能被水润湿的性质称为憎水性。当材料与水接触，材料与水分子之间的亲和力小于水分子之间的内聚力时，材料则表现为憎水性，如沥青、石油等。

2. 吸水性与吸湿性

材料在水中能吸收水分的性质称为吸水性。吸水性的的大小用吸水率表示，吸水率有两种表示方法，即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。其计算公式为:

$$W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\%$$

式中 W_m ——材料的质量吸水率(%)；

m_1 ——材料干燥状态的质量(g 或 kg)；

m_2 ——材料吸水饱和后的质量(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干燥材料总体积的百分率。其计算公式为:

$$W_v = \frac{V_w}{V_0} \times 100\% = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\%$$

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总体积(cm^3)；

V_w ——材料吸水饱和时水的体积(cm^3)；

ρ_w ——水的密度(g/cm^3)。常温下水的密度为 $1.0 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。

质量吸水率与体积吸水率存在如下关系:

$$W_v = W_m \times \rho_0$$

式中 ρ_0 ——材料在干燥状态下的表观密度(g/cm^3)。

材料的吸水率反映了材料在标准测试方法下吸收水分的能力，是一个固定值。常用的建筑材料，其吸水率一般用质量吸水率表示。对于某些轻质材料，如加气混凝土、木材等，由于其质量吸水率往往超过 100%，一般采用体积吸水率表示。

(3) 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，按下列公式计算:

$$W_h = \frac{m_h - m_1}{m_1} \times 100\%$$

式中 W_h ——材料的含水率(%)；

m_h ——材料吸湿后的质量(g)；

m_1 ——材料在干燥状态下的质量(g)。

材料的含水率随空气的温度、湿度变化而改变。材料既能在空气中吸收水分，又能向外界释放水分，当材料中的水分与空气的湿度达到平衡的含水率时就称为平衡含水率。材料吸水后，会导致自重增加、保温隔热性能降低、强度和耐久性产生不同程度的下降。材料含水率的变化会引起体积的变化，影响使用。

材料的含水率受所处环境中空气湿度的影响。当空气中湿度在较长时间内稳定时，材料的吸湿和干燥过程处于平衡状态，此时材料的含水率保持不变，其含水率叫作材料的平衡含水率。

【例 1-1】 某立方体岩石试件，外形尺寸为 $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ ，测得其在绝对干燥状态、吸湿后及吸水饱和状态下的质量分别为 325 g 、 325.3 g 、 326.1 g ，并测得该岩石的密度为 $2.68 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。试计算该岩石的体积吸水率、含水率、绝干表观密度、孔隙率。

【解】 根据题意可得 $V_0 = 5 \times 5 \times 5 = 125 \text{ cm}^3$ ， $m_h = 325.3 \text{ g}$ ， $m_1 = 325 \text{ g}$ ， $m_2 = 326.1 \text{ g}$ ， $\rho_w = 1 \text{ g}/\text{cm}^3$ 。

$$\text{故：体积吸水率 } W_v = \frac{m_2 - m_1}{V_0 \rho_w} \times 100\% = \frac{326.1 - 325}{125} \times 100\% = 0.88\%$$