

建筑材料

(第2版)

Jianzhu Cailiao

主编 谭 平 张 立 张瑞红
主审 贺 涛

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

建筑材料

(第2版)

主 编	谭 平	张 立	张瑞红	
副主编	王 锦	石乃敏	卫爱民	王永利
参 编	黄婧奕	张建伟	李荣华	
主 审	贺 涛			



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书按照高等人才培养目标以及专业教学改革的需要,依据最新建筑工程施工标准规范进行编写。全书主要包括绪论、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、墙体材料、建筑钢材、合成高分子材料、防水材料、木材及其制品、绝热材料和吸声材料、建筑材料试验。

本书可作为高等院校土建类相关专业的教材,也可作为成教和自考辅导用书,还可供建筑工程施工现场相关技术和管理人员工作时参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/谭平,张立,张瑞红主编.—2版.—北京:北京理工大学出版社,2013.4

ISBN 978-7-5640-7354-1

I. ①建… II. ①谭… ②张… ③张… III. ①建筑材料—高等学校—教材 IV. ①TS653.6

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第019020号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

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/20

字 数/474千字

版 次/2013年4月第2版 2013年4月第1次印刷

定 价/49.00元

责任编辑/张慧峰

责任校对/杨 露

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

第2版前言

本教材自出版发行以来,经有关院校教学使用,反映较好。由于工程材料种类繁多,而且随着科学技术的不断发展,各种类型的新型材料也在不断涌现,新材料、新技术在建筑工程中的应用越来越广泛,加之近年来,为规范材料的应用,国家制订、修订了一大批材料标准,教材第1版中的相关内容已不能满足当前建筑工程设计与施工的需要,故我们根据各院校使用者的建议,结合近年来高等教育教学改革的动态,依据最新材料标准规范和工程应用实际,对本教材进行了修订。

本教材的修订坚持以理论知识够用为度,以培养面向生产第一线的应用型人才为目的,强调提升学生的实践能力和动手能力,在修订过程中主要进行了如下工作:

1. 根据最新材料标准和规范对相关内容进行了调整和变更,以保持教材内容的准确性和先进性。

2. 淘汰了已过时或应用面不广的材料内容,增加了一些新型建筑材料知识,如新型水泥、混凝土、墙用板材等,以体现建筑材料发展的新趋势。

3. 更加注重材料的标准、选用、检验、验收、储存等现场施工常见问题的解决,对于理论性较强的问题则加大了调整和删改力度,不作过多、过深的阐述,以够用为度。

4. 突出建筑材料生产、储存、使用和处理过程中的绿色环保性。

5. 补充了部分材料知识,如增补了建筑装饰材料一章,介绍常用装饰材料的性能与应用;增补了建筑材料试验,使学生了解建筑材料相关的性能试验知识,熟悉并掌握相关试验方法。

6. 根据教学大纲调整部分内容的结构体系,突出材料的性能介绍与选用,增强实用性。

7. 各章后的“思考与练习”部分增加了填空题、选择题与计算题,以利于学生课后复习参考,强化应用所学理论知识解决工程实际问题的能力。

本教材在修订过程中，参阅了国内同行多部著作，部分高等院校老师提出了很多宝贵意见供我们参考，在此表示衷心的感谢。对于参与本教材第1版编写但未参加本次修订的老师、专家和学者，本版教材所有编写人员向你们表示敬意，感谢你们对高等教育教学改革所做出的不懈努力，希望你们对本教材保持持续关注并多提宝贵意见。

限于编者的学识及专业水平和实践经验，修订后的教材仍难免有疏漏或不妥之处，恳请广大读者指正。

编 者

第1版前言

近年来,我国的教育事业实现了跨越式发展,教育改革也取得了突破性成果。当前教育应以促进就业为目标,践行多样、灵活、开放的人才培养模式,把教育教学与生产实践、社会服务、技术推广结合起来,培养以就业为导向、具备“职业化”特征的高级应用型人才。

现代科学技术的发展,生产力水平的不断提高,人们生活条件的不断改善,都要求建筑材料的品种与功能更加丰富完善,不仅要求建筑材料经久耐用,而且要求其具有轻质、高强、美观、保温、吸声、防水、防震、防火、节能等多种性能。

建筑材料的种类繁多,随着材料科学和材料工业的发展,各种类型的新型建筑材料不断涌现。在建设工程中,建筑材料不仅用量大,而且有很强的经济性,它直接影响工程的总造价。所以在建筑过程中恰当地选择和合理地使用建筑材料不仅能提高建筑物质量及寿命,而且对降低工程造价有着重要的意义。

建筑材料是建筑工程技术专业一门重要的专业基础课,它全面系统地介绍工程施工和设计所涉及的建筑材料性质与应用的基本知识,能为今后学习其他专业课,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课程打下基础,同时也可以使学生获得建筑材料实验的基本技能训练。

为积极推进课程改革和教材建设,满足高校教育改革与发展的需要,我们根据高等教育建筑工程技术专业教学要求,结合各种新材料、新工艺、新标准,组织编写了本教材。本教材的编写力求突出以下特色:

本教材依据现行的国家标准和行业标准,结合高校教育要求编写而成。全书以社会需求为基本依据,以就业为导向,以学生为主体,在内容上注重与岗位实际要求紧密结合,符合国家对技能型人才培养工作的要求,体现了教学组织的科学性和灵活性原则;在编写过程中,注重原理性、基础性、现代性,强化学习概念和综合思维,有助于学生知识与能力的协调发展。

本教材在编写内容上以突出建筑材料的性质与应用为特色,摒弃了一些过时的、应用面不广的建筑材料,采用图、表、文三者相结合的编写形式,注重反映新型建筑材料的特

点及优势,体现建筑材料工业发展的新趋势,渗透现代材料与工程的基本理论,扩大学生知识面,引导学生了解新型材料的发展方向。

本教材以【学习重点】—【培养目标】—【课程学习】—【本章小结】—【思考与练习】的体例形式,构建了一个“引导—学习—总结—练习”的教学全过程,给学生学习和老师教学作出了引导,并使学生从更深的层次进行思考,复习和巩固所学知识。

本教材在章节安排上除第一章对建筑材料的基本性质进行了介绍外,其他章节均按材料类别编写,结构清晰明了,内容包括建筑材料的基本性质、天然石材、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、墙体材料、金属材料、合成高分子材料、防水材料、木材及其制品、绝热材料和吸声材料,并附有“房屋建筑工程和市政基础设施工程实行见证取样和送检的规定”和“‘采用不符合工程建设强制性标准的新技术、新工艺、新材料核准’行政许可实施细则”,以指导学生了解、掌握相关法规及标准规定。

本教材由谭平、吕娜、张瑞红主编,郑德明、徐丽丽、左可、王娟副主编,还有郑垚、陈恩清、李雪、李荣华、戴灿、贺涛参与了编写。

本教材既可作为高等教育土建类相关专业教材,也可作为土建工程技术人员和施工人员学习、培训的参考用书。本教材在编写过程中,参阅了国内同行多部著作,部分高等院校老师提出了很多宝贵意见供我们参考,在此,向他们表示衷心的感谢!

本教材编写过程中,虽经推敲核证,但限于编者的专业水平和实践经验,仍难免有疏漏或不妥之处,恳请广大读者指正。

编 者

目 录

绪论 / 1

第一章 建筑材料的基本性质 / 6

- 第一节 材料的物理性质 / 6
- 第二节 材料的力学性质 / 14
- 第三节 材料的耐久性 / 18

第二章 建筑石材 / 21

- 第一节 岩石基本知识 / 21
- 第二节 常用建筑石材 / 24

第三章 气硬性胶凝材料 / 32

- 第一节 石膏 / 32
- 第二节 石灰 / 37
- 第三节 水玻璃 / 42
- 第四节 菱苦土 / 44

第四章 水泥 / 48

- 第一节 硅酸盐水泥 / 48
- 第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥 / 59
- 第三节 通用水泥验收与保管 / 63
- 第四节 专用水泥 / 65
- 第五节 特性水泥 / 67

第五章 混凝土 / 74

- 第一节 混凝土概述 / 74
- 第二节 混凝土的基本组成材料 / 76
- 第三节 混凝土的技术性质 / 88
- 第四节 普通混凝土配合比设计 / 103
- 第五节 混凝土的质量控制 / 113
- 第六节 混凝土外加剂 / 117
- 第七节 混凝土掺合料 / 123
- 第八节 特殊品种混凝土 / 126
- 第九节 新型混凝土 / 137

第六章 建筑砂浆 / 142

- 第一节 建筑砂浆概述 / 142
- 第二节 建筑砂浆的组成 / 143

- 第三节 砂浆的技术性质 / 143
- 第四节 砌筑砂浆的配合比设计 / 145
- 第五节 抹面砂浆 / 148
- 第六节 特殊功能砂浆 / 151

第七章 墙体材料 / 154

- 第一节 砌墙砖 / 154
- 第二节 墙用砌块 / 168
- 第三节 墙用板材 / 174

第八章 建筑钢材 / 186

- 第一节 钢材概述 / 186
- 第二节 钢材的技术性质 / 188
- 第三节 钢材的标准与选用 / 193
- 第四节 钢材的腐蚀防护与防火处理 / 208

第九章 合成高分子材料 / 212

- 第一节 高分子化合物的基本知识 / 212
- 第二节 建筑塑料 / 214
- 第三节 建筑涂料 / 218
- 第四节 建筑胶黏剂 / 223

第十章 防水材料 / 228

- 第一节 沥青材料 / 228
- 第二节 防水卷材 / 235
- 第三节 防水涂料 / 245
- 第四节 建筑密封材料 / 249

第十一章 木材及其制品 / 254

- 第一节 木材基本知识 / 254
- 第二节 木材的防腐 / 260
- 第三节 木材的综合利用 / 261

第十二章 绝热材料和吸声材料 / 265

- 第一节 绝热材料 / 265
- 第二节 吸声材料 / 268

第十三章 建筑材料试验 / 272

- 第一节 建筑材料的基本性质试验 / 272
- 第二节 水泥试验 / 274
- 第三节 砂、石试验 / 283
- 第四节 普通混凝土试验 / 291
- 第五节 建筑砂浆试验 / 297
- 第六节 烧结普通砖试验 / 300
- 第七节 钢筋试验 / 304
- 第八节 沥青试验 / 306

参考文献 / 312

绪 论

一、建筑材料的定义和分类

由于涉及面广泛，建筑材料在概念上并没有明确而又统一的界定，一般是指在建筑工程中组成建筑物及构筑物各部分实体的各种材料。

建筑材料的种类繁多，随着材料科学和材料工业的不断发展，各种类型的新型建筑材料不断涌现。为了便于应用和研究，可对其从不同角度进行分类，常见的有按组成成分(表 0-1)和按使用功能(表 0-2)两种分类方法。

表 0-1 建筑材料按组成成分分类

分 类			实 例
无机材料	金属材料	黑色金属	普通钢材、低合金钢、合金钢、非合金钢
		有色金属	铝、铝合金、铜、铜合金
	非金属材料	天然石材	毛石、料石、石板材、碎石、卵石、砂
		烧土制品	烧结砖、瓦、陶器、炆器、瓷器
		玻璃及熔融制品	玻璃、玻璃棉、岩棉、铸石
		胶凝材料	气硬性：石灰、石膏、菱苦土、水玻璃 水硬性：各类水泥
		混凝土类	砂浆、混凝土、硅酸盐制品
有机材料	植物质材料		木材、竹板、植物纤维及其制品
	合成高分子材料		塑料、橡胶、胶黏剂、有机涂料
	沥青材料		石油沥青、沥青制品
复合材料	金属—非金属复合		钢筋混凝土、预应力混凝土、钢纤维混凝土
	非金属—有机复合		沥青混凝土、聚合物混凝土、玻纤增强塑料、水泥刨花板

表 0-2 建筑材料按使用功能分类

分 类	定 义	实 例
建筑结构材料	构成基础、柱、梁、框架、屋架、板等承重系统的材料	砖、石材、钢材、钢筋混凝土、木材
墙体材料	构成建筑物内、外承重墙体及内分隔墙体的材料	石材、砖、空心砖、加气混凝土、各种砌块、混凝土墙板、石膏板及复合墙板

续表

分 类	定 义	实 例
建筑功能材料	不作为承受荷载，且具有某种特殊功能的材料	保温隔热材料(绝热材料)：膨胀珍珠岩及其制品、膨胀蛭石及其制品、加气混凝土 吸声材料：毛毡、棉毛织品、泡沫塑料 采光材料：各种玻璃 防水材料：沥青及其制品、树脂基防水材料 防腐材料：煤焦油、涂料 装饰材料：石材、陶瓷、玻璃、涂料、木材
建筑器材	为了满足使用要求，而与建筑物配套的各种设备	电工器材及灯具 水暖及空调器材 环保器材 建筑五金

二、建筑材料在建筑工程中的地位和作用

建筑材料是一切建筑工程的物质基础。要发展建筑业，就必须发展建筑材料工业。可见，建筑材料工业是国民经济重要的基础工业之一。

(1)建筑材料是建筑工程的物质基础。建筑材料不仅用量大，而且有很强的经济性，直接影响工程的总造价。所以，在建筑过程中恰当地选择和合理地使用建筑材料，不仅能提高建筑物质量及其寿命，而且对降低工程造价也有着重要意义。

(2)建筑材料的发展赋予了建筑物鲜明的时代特征和风格。中国古代以木架构为代表的宫廷建筑、西方古典建筑的石材廊柱、当代以钢筋混凝土和型钢为主体材料的超高层建筑，都体现了鲜明的时代感。

(3)建筑设计理论的不断进步和施工技术的革新，不但受到建筑材料发展的制约，同时亦受到其发展的推动。大跨度预应力结构、薄壳结构、悬索结构、空间网架结构、节能建筑、绿色建筑的出现，无疑都与新材料的产生密切相关。

(4)建筑材料的质量直接影响建筑物的坚固性、适用性及耐久性。因此，建筑材料只有具有足够的强度以及与环境条件相适应的耐久性，才能使建筑物具有足够的使用寿命，并最大限度地减少维修费用。

建筑材料的发展是随着人类社会生产力的不断发展和人民生活水平的不断提高而向前发展的。现代科学技术的发展，使生产力水平不断提高，人民生活水平不断改善，这将要求建筑材料的品种更加丰富、性能更加完备，不仅要求其经久耐用，而且要求建筑材料具有轻质、高强、美观、保温、吸声、防水、防震、防火、节能等功能。

三、建筑材料的发展方向

建筑物的使用功能是随着社会的进步、人民生活水平的不断提高而不断完善的，从其最基本的安全需求(主要由结构设计和结构材料的性能来保证)、适用需求(主要由建筑设计 and 功能材料的性能来保证)，发展到当今的轻质、高强、抗震、高耐久性、无毒环保、节能

等诸多新的功能要求，使建筑材料的研究从被动地以研究应用为主，向开发新功能、多功能材料的方向转变。

1. 高分子建筑材料的应用和发展

塑料上下水管、塑钢、铝塑门窗、树脂砂浆、胶黏剂、蜂窝保温板、高分子有机涂料、新型高分子防水材料将广泛应用于建筑物，使建筑物具备许多新的功能和更高的耐久性。

石油化工工业的发展和高分子材料本身优良的工程特性，也将促进高分子建筑材料的发展和应用。

2. 使用复合材料生产高性能的建材制品

单一材料的性能往往是有限的，不足以满足现代建筑对材料提出的多方面的功能要求。近年来广泛采用的中空玻璃，由玻璃、金属、橡胶、惰性气体等多种材料复合而成，可以发挥各种材料的性能优势，使其综合性能明显改善。据预测，低辐射玻璃、中空玻璃、钢木组合门窗、铝塑门窗和用复合材料制作的建筑用梁、桁架及高性能混凝土的应用范围将不断扩大。

3. 充分利用工业废渣及廉价原料生产建筑材料

建筑材料应用的广泛性，促使人们不断去探索和开发建筑材料原料的新来源，以保证经济与社会的可持续发展。粉煤灰、矿渣、煤矸石、页岩、磷石膏、热带木材和各种非金属矿都是应用前景很好的建筑材料原料。以这些为原料开发的新型胶凝材料、烧结砖、砌块、复合板材，将会为建材工业带来新的发展契机。

四、建筑材料的技术标准

标准是以科学、技术和实践的总体成果为基础，经有关各方协商产生，由主管单位批准发布施行，作为某行业共同遵守的准则和依据。

建筑材料技术标准(规范)是针对原材料、产品以及工程质量、规格、检验方法、评定方法、应用技术等作出的技术规定。因此它是在产品生产、工程建设、科学研究以及商品流通等领域中应共同遵循的技术法规。

根据发布单位与适用范围，技术标准可分为企业及地方标准、行业标准和国家标准三级。

1. 企业及地方标准

企业及地方标准是指只在某企业内或某地区内适用的标准。凡国家、部委未能颁布的产品与工程的技术标准，可由相应的工厂、公司、院所等单位根据生产厂家能保证的产品质量水平所制定的技术标准，经报请本地区或本行业有关主管部门审批后，在该地区或行业中执行。

2. 行业标准

行业标准是指全国性的某行业范围的技术标准。其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。行业标准又称为部颁标准。

3. 国家标准

国家标准是由国家质量监督检验检疫总局发布或由各行业主管部门和国家质量监督检

检验检疫总局联合发布的国家级的标准，各有关行业都必须执行。国家标准代号由标准名称、标准发布机构的组织代号、标准号和标准颁布时间四部分组成。如《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)为国家标准，标准名称为通用硅酸盐水泥，标准发布机构的组织代号为 GB(国家标准)，标准号为 175，颁布时间为 2007 年。

各级技术标准在必要时可分为试行标准与正式标准两类。按其权威程度又可分为强制性标准和推荐性标准。建筑材料技术标准按其特性可分为基础标准、方法标准、原材料标准、能源标准、环保标准、包装标准、产品标准等。

每个技术标准都有自己的代号、编号和名称。标准代号反映该标准的等级或发布单位，用汉语拼音字母表示，见表 0-3。

表 0-3 技术标准所属行业及其代号

所 属 行 业	标 准 代 号	所 属 行 业	标 准 代 号
国家标准	GB	石油天然气	SY
建 材	JC	黑色冶金	YB
建筑行业	JG	水利电力	SD
交 通	JT		

编号表示标准的顺序号和颁布年代号，用阿拉伯数字表示；名称以汉字表达，它反映该标准的主要内容。

我国加入 WTO 后，采用和参考国际通用标准和先进标准是加快我国建筑材料工业与世界步伐接轨的重要措施，对促进建材工业的科技进步、提高产品质量和标准化水平、扩大建筑材料的对外贸易有着重要作用。常用的国际标准有以下几类：

- (1)美国材料与试验协会标准(ASTM)等，属于国际团体和公司标准。
- (2)德国工业标准(DIN)、欧洲标准(EN)等，属区域性国家标准。
- (3)国际标准化组织标准(ISO)等，属于国际性标准化组织的标准。

五、本课程的学习目的、学习任务及学习方法

1. 本课程的学习目的

建筑材料是建筑工程类专业的一门重要专业基础课，它全面系统地介绍建筑工程施工和设计所涉及的建筑材料性质与应用的基本知识，能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，同时也可以使学生获得建筑材料试验的基本技能训练。

2. 本课程的学习任务

本课程涉及各种常用建筑材料(如砖、石灰、石膏、水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、木材、防水材料、合成高分子材料、装饰材料、绝热材料及吸声材料等)，主要讨论这些材料的原料与生产，组成、结构与性质的关系，性质与应用，技术要求与检验，运输、验收与储存等方面的内容。本课程的学习任务主要是掌握建筑材料的性质、应用及其技术要求的内容。

3. 本课程的学习方法

建筑材料种类繁多，各类材料的知识既有联系又有很强的独立性。课程涉及化学、物

理等方面的基本知识，因此要掌握好理论学习和实践认知两者间的关系。

在理论学习方面，要重点掌握材料的组成、技术性质和特征、外界因素对材料性质的影响和材料应用的原则，各种材料都应遵循这一主线来学习。理论是基础，只有牢固掌握基础理论知识，才能应对建筑材料科学的不断发展，并在实践中加以灵活正确的应用。

建筑材料是一门应用技术学科，特别要注意实践和认知环节的学习。学生要注意把所学的理论知识落实在材料的检测、验收、选用等实践操作技能上。在理论学习的同时，要在教师的指导下，随时到工地或实验室穿插进行材料的认知实习，并完成课程所要求的建筑材料试验，从而高质量地完成本课程的学习。

第一章 建筑材料的基本性质

知识目标

1. 了解材料的密度、表观密度、堆积密度、密实度、孔隙率、填充率及空隙率的概念，熟悉各密度指标的表达式。
2. 了解材料吸水率、含水率、耐水性的概念，熟悉各指标的表达式；熟悉材料导热性及导热系数的表达式；了解材料的声学性能。
3. 了解材料的强度及强度等级，弹性和塑性，脆性和韧性的概念，熟悉材料的耐久性及其测定。
4. 了解影响材料基本性质的相关因素；熟练掌握各项性质指标的计算方法。

能力目标

1. 能够区分与材料基本性质相关的术语。
2. 能对材料的基本性质指标进行计算。

在建筑工程中，建筑材料要承受各种不同的作用，从而要求建筑材料具有相应的不同性质，如用于建筑结构的材料要受到各种外力的作用，因此所选用的材料应具有所需的力学性能。根据建筑物不同部位的使用要求，有些材料应具有防水、绝热、吸声等性能；对某些工业建筑，要求材料具有耐热、耐腐蚀等性能。此外，对于长期暴露在大气中的材料，要求能经受因风吹日晒、雨淋、冰冻而引起的温度变化、湿度变化及反复冻融等的破坏作用。为了保证建筑物经久耐用，要求建筑设计人员掌握材料的基本性质，并能合理地选用材料。

建筑材料的基本性质是指材料处于不同的使用条件和使用环境时，通常必须考虑的最基本、共有的性质。建筑材料所处的部位、周围环境、使用功能的要求和作用不同，对材料性质的要求也就不同。建筑材料的性质归纳起来，有物理性质、力学性质和耐久性。

第一节 材料的物理性质

一、材料与质量有关的性质

材料与质量有关的性质主要是指材料的各种密度和描述其孔隙与空隙状况的指标，在这些指标的表达式中都有质量这一参数。

(一) 材料的密度、表观密度和堆积密度

1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。密度(ρ)的计算公式为：

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

式中 ρ ——材料的密度(g/cm³ 或 kg/m³);

m ——材料的质量(g 或 kg);

V ——材料在绝对密实状态下的体积, 即材料体积内固体物质的实体积(cm³ 或 m³)。

材料的质量是指材料所含物质的多少。材料在绝对密实状态下的体积, 是指不包括内部孔隙的材料体积。由于材料在自然状态下并非绝对密实, 所以绝对密实体积一般难以直接测定, 只有钢材、玻璃等材料可近似地直接测定。

【提示】在测定有孔隙的材料密度时, 可以把材料磨成细粉或采用排液置换法测量其体积。材料磨得越细, 测得的体积越接近绝对体积, 所得密度值就越准确。

2. 表观密度

表观密度是材料在自然状态下单位体积的质量。表观密度 ρ_0 的计算公式为:

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

式中 ρ_0 ——材料的表观密度(kg/m³ 或 g/cm³);

m ——在自然状态下材料的质量(kg 或 g);

V_0 ——在自然状态下材料的体积(m³ 或 cm³)。

在自然状态下, 材料内部的孔隙可分为两类: 有的孔之间相互连通, 且与外界相通, 称为开口孔; 有的孔互相独立, 不与外界相通, 称为闭口孔。大多数材料在使用时, 其体积指包括内部所有孔在内的体积, 即自然状态下的体积(V_0), 如砖、石材、混凝土等。有的材料(如砂、石)在拌制混凝土时, 因其内部的开口孔被水占据, 材料体积只包括材料实体积及其闭口孔体积(以 V' 表示)。为了区别这两种情况, 常将包括所有孔隙在内的密度称为表观密度; 把只包括闭口孔在内的密度称为视密度, 用 ρ' 表示, 即 $\rho' = \frac{m}{V'}$ 。视密度在计算砂、石在混凝土中的实际体积时有实用意义。

【提示】在自然状态下, 材料内部常含有水分, 其质量随含水程度而改变, 因此视密度应注明其含水程度。材料的视密度除取决于材料的密度及构造状态外, 还与其含水程度有关。

3. 堆积密度

堆积密度是指粉块状材料在堆积状态下单位体积的质量。堆积密度 ρ'_0 的计算公式为:

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

式中 ρ'_0 ——材料的堆积密度(kg/m³);

m ——材料的质量(kg);

V'_0 ——材料的堆积体积(m³)。

材料的堆积体积是指散粒状材料在堆积状态下的总体外观体积。散粒状堆积材料的堆积体积既包括材料颗粒内部的孔隙, 也包括颗粒间的空隙。除了颗粒内孔隙的多少及其含水多少外, 颗粒间空隙的大小也影响堆积体积的大小。因此, 材料的堆积密度与散粒状材料在自然堆积时颗粒间空隙、颗粒内部结构、含水状态、颗粒间被压实的程度有关。材料的堆积体积常用材料填充容器的容积大小来测量。

【提示】根据其堆积状态的不同, 同一材料表现的体积大小可能不同, 松散堆积状态下的体积较大,

密实堆积状态下的体积较小。

(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所充实的程度。密实度 D 的计算公式为:

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

式中 D ——材料的密实度(%);

V ——材料中固体物质的体积(cm^3 或 m^3);

V_0 ——在自然状态下的材料体积(包括内部孔隙体积, cm^3 或 m^3);

ρ_0 ——材料的表观密度(g/cm^3 或 kg/m^3);

ρ ——材料的密度(g/cm^3 或 kg/m^3)。

2. 孔隙率

孔隙率是指材料中孔隙体积所占整个体积的百分率。孔隙率 P 的计算公式为:

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

式中 P ——材料的孔隙率(%).

孔隙率反映了材料内部孔隙的多少, 它会直接影响材料的多种性质。孔隙率越大, 则材料的表观密度、强度越小, 耐磨性、抗冻性、抗渗性、耐腐蚀性、耐水性及耐久性越差, 而保温性、吸声性、吸水性及吸湿性越强。上述性质不仅与材料的孔隙率大小有关, 还与孔隙特征(如开口孔隙、闭口孔隙、球形孔隙等)有关。此外, 孔隙尺寸的大小、孔隙在材料内部分布的均匀程度等, 都是孔隙在材料内部的特征表现。

【提示】材料的密实度是与孔隙率相对应的两个概念, 它们从两个不同侧面反映材料的密实程度。

在建筑工程中, 计算材料的用量和构件自重, 进行配料计算, 确定材料堆放空间及组织运输时, 经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度。常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度及孔隙率见表 1-1。

表 1-1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度及孔隙率

材料名称	密度/($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	表观密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	堆积密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	孔隙率/%
石灰岩	2.60	1 800~2 600	—	0.6~1.5
花岗岩	2.60~2.90	2 500~2 800	—	0.5~1.0
碎石(石灰岩)	2.60	—	1 400~1 700	—
砂	2.60	—	1 450~1 650	—
水 泥	2.80~3.20	—	1 200~1 300	—
烧结普通砖	2.50~2.70	1 600~1 800	—	20~40
普通混凝土	2.60	2 100~2 600	—	5~20
轻质混凝土	2.60	1 000~1 400	—	60~65
木 材	1.55	400~800	—	55~75
钢 材	7.85	7 850	—	—
泡沫塑料	—	20~50	—	95~99