



普通高等教育高职高专“十二五”规划教材 土建类

建筑材料

(第三版)

主编 郭玉起

主审 李少华



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 简 介

《建筑材料》为《普通高等教育高职高专“十二五”规划教材 土建类》教材之一,共分12章,主要介绍建筑材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、木材、防水材料、墙体材料、建筑装饰材料、绝热材料和吸声材料。

本教材可供高职高专建筑工程技术、工程监理、水利工程、水利工程施工技术、基础工程技术、工程造价、城镇规划、资产评估与管理等专业学生使用,也可供从事相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料 / 郭玉起主编. -- 3版. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2015.5
普通高等教育高职高专“十二五”规划教材. 土建类
ISBN 978-7-5170-3324-0

I. ①建… II. ①郭… III. ①建筑材料—高等职业教育—教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第144414号

书 名	普通高等教育高职高专“十二五”规划教材 土建类 建筑材料 (第三版)
作 者	主 编 郭玉起 副主编 刘咏梅 李学明 危加阳 主 审 李少华
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京瑞斯通印务发展有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 17.5印张 414千字
版 次	2007年3月第1版 2011年9月第2版 2015年5月第3版 2015年5月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	34.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

第 一 版 前 言

根据教育部《2003~2007 年教育振兴行动计划》和高职高专学校的培养目标及教学特点,本着实用性、适用性、针对性强,突出技术应用能力培养的原则,我们编写了本书。

建筑材料课是土木、水利水电工程等专业的一门重要的技术基础课。本书主要介绍了土木、水利水电工程中常用建筑材料的原料与生产工艺、组成与构造、性质与应用、技术标准、检验方法及保管知识等内容。重点介绍了水泥、混凝土、钢材和防水材料等内容。为了加强学生的实践动手能力,教材中附有主要建筑材料的试验。

本教材全部采用国家(部)、行业、企业颁布的最新规范和标准,力求使教材内容充实、精练,突出重点,并能理论联系实际,文字通俗易懂,便于教学。

本书由郭玉起任主编并统稿。

本书的第 1、2、4、9 章和试验 1、2、7、8 由郭玉起编写,第 5、12 章和试验 3、4 由刘咏梅编写,第 3、7、10 章和试验 6、9 由李学明编写,第 6、8、11 章和试验 5 由危加阳编写。

在本书的编写过程中得到了河北工程技术高等专科学校、湖南水利职业技术学院、四川水利职业技术学院、广东水利职业技术学院等单位及有关人员的大力支持和帮助,在此一并表示感谢!在编写过程中参阅了较多的文献资料,谨向这些文献的作者致以诚挚的谢意。

由于水平有限,教材难免有不足之处,敬请各校师生及读者批评指正。

编 者

2006 年 11 月

第二版前言

本书是在2007年3月出版的《高职高专“十一五”规划教材·建筑材料》基础上重新修订而成。

近几年国家(部委)、行业和企业对材料的技术标准、规范进行了较大修订,为了使教学内容与工程实际相适应,使学生更好地应用和执行新标准、新规范,第二版在原教材的内容上,特别是材料的技术标准上作了较大的修订。

为适应高职高专的教学特点和要求,本书在突出水泥、混凝土、钢材和防水材料等内容的基础上,力求使教材内容更精练、更充实,重在材料的选择和应用,对个别章节的复习题和习题也进行了修订。

本书可供高职高专建筑工程技术、工程监理、水利工程、水利工程施工技术、基础工程技术、工程造价、城镇规划、资产评估与管理等专业学生使用,也可供从事相关专业的工程技术人员参考。

本书由郭玉起任主编并统稿,由河北工程技术高等专科学校教授、正高级工程师李少华任主审。

本书的第1、2、4、9章和试验1、2、7、8由郭玉起编写,第5、12章和试验3、4由刘咏梅编写,第3、7、10章和试验6、9由李学明编写,第6、8、11章和试验5由危加阳编写。

由于水平所限,教材难免有不足之处,敬请各校师生及读者批评指正。

编者

2011年5月

第三版前言

本教材是在 2011 年 9 月出版的《建筑材料》(第二版)的基础上重新修订的。本教材本次修改采纳了近几年国家新颁布的材料技术标准、结构设计规程及施工质量验收规范,例如《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)、《砂浆配合比设计规程》(JGJ 98—2010)、《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)、《混凝土结构工程施工质量验收规范》[GB 50204—2002 (2011)]、《混凝土质量控制标准》(GB 50164—2011)、《建设用砂》(GB/T 14684—2011)、《建设用卵石、碎石》(GB/T 14685—2011)、《用于室内和混凝土中的粒化高炉矿渣》(GB/T 18046—2008)、《建筑石膏》(GB/T 9776—2008)、《建筑材料及制品燃烧性能分级》(GB/T 8624—2012)、《水工混凝土配合比设计规程》(DL/T 5330—2005)、《烧结多孔砖和多孔砌块》(GB 13544—2011)、《烧结空心砖和空心砌块》(GB/T 13545—2014)等。另外,为了方便教学,将材料试验内容附于各章之后。

本教材由郭玉起任主编并统稿,由河北工程技术高等专科学校教授、正高级工程师李少华任主审。

本教材的第 1 章、第 2 章、第 4 章、第 9 章和第 5 章的 5.2、5.4、5.6 由郭玉起编写,第 5 章的 5.1、5.3、5.5、5.7、5.8 和第 12 章由刘咏梅编写,第 3 章、第 7 章、第 10 章由李学明编写,第 6 章、第 8 章、第 11 章由危加阳编写。

限于时间仓促及编者学术水平和教学经验有限,书中错误和疏漏之处在所难免,敬请各校师生及其读者批评指正。

编者

2014 年 12 月

目 录

第三版前言

第二版前言

第一版前言

第 1 章 绪论	1
1.1 建筑材料的定义与分类	1
1.2 建筑材料在工程中的地位	2
1.3 建筑材料的发展概况	2
1.4 建筑材料的技术标准	2
1.5 建筑材料课程的性质、目的、任务及学习方法	3
第 2 章 建筑材料的基本性质	5
2.1 材料的组成、结构和构造对其性质的影响	5
2.2 材料的物理性质	7
2.3 材料的力学性质	14
2.4 材料的耐久性	16
2.5 建筑材料的基本性质试验	17
思考题	20
习题	20
第 3 章 气硬性胶凝材料	21
3.1 石灰	21
3.2 建筑石膏	24
3.3 水玻璃	26
思考题	28
第 4 章 水泥	29
4.1 硅酸盐水泥	29
4.2 掺混合材料的硅酸盐水泥	39
4.3 其他品种水泥	45
4.4 水泥的应用与储运	51
4.5 水泥试验	52
思考题	61
习题	61

第5章 混凝土	63
5.1 概述	63
5.2 普通混凝土的组成材料	64
5.3 普通混凝土的主要技术性质	81
5.4 普通混凝土的配合比设计	96
5.5 混凝土的质量控制	112
5.6 其他功能混凝土	116
5.7 砂石料试验	121
5.8 混凝土试验	132
思考题	137
习题	138
第6章 建筑砂浆	140
6.1 砂浆的组成材料	140
6.2 砂浆的主要技术性质	142
6.3 砌筑砂浆的配合比设计	144
6.4 其他建筑砂浆	148
6.5 砂浆试验	151
思考题	155
习题	155
第7章 建筑钢材	156
7.1 钢材的分类	156
7.2 钢材的主要技术性能	158
7.3 建筑钢材的标准与选用	163
7.4 钢材的防火与防锈	174
7.5 建筑钢材试验	175
思考题	180
第8章 木材	181
8.1 木材的分类与构造	181
8.2 木材的技术性质	183
8.3 木材在工程中的应用	187
8.4 木材的防腐与防火	190
思考题	191
习题	191
第9章 防水材料	192
9.1 沥青	192
9.2 新型防水卷材	199
9.3 防水涂料	203

第 1 章 绪 论

1.1 建筑材料的定义与分类

建筑材料的定义有广义与狭义两种。广义的建筑材料是指建造建筑物和构筑物的所有材料，包括使用的各种原材料、半成品、成品等的总称，如黏土、铁矿石、石灰石、生石膏等。狭义的建筑材料是指直接构成建筑物和构筑物实体的材料，如混凝土、水泥、石灰、钢筋、黏土砖等。

建筑材料的品种繁多，组分各异，分类方法也不尽相同，常用的分类是按材料的化学成分和使用功能进行分类。

1. 按材料的化学成分分类

按建筑材料的化学成分不同，可分为无机材料、有机材料和复合材料 3 大类，如表 1.1 所示。

表 1.1 建筑材料按化学成分分类表

无机材料	金属材料	黑色金属：钢、铁 有色金属：铝、铜等及其合金
	非金属材料	天然石材：砂、石、各种岩石制成的块材和板材等 烧土制品：黏土砖、瓦、陶瓷、玻璃等 胶凝材料：石灰、石膏、水玻璃、水泥等 混凝土及硅酸盐制品：混凝土、砂浆、硅酸盐制品等
有机材料	植物质材料	木材、竹材、秸秆
	沥青材料	石油沥青、煤沥青、沥青制品
	高分子材料	塑料、橡胶、涂料、胶黏剂、合成高分子防水材料
复合材料	无机非金属材料与金属材料复合	钢筋混凝土、预应力钢筋混凝土、钢纤维混凝土等
	金属材料与有机材料复合	彩色夹芯复合钢板、塑钢门窗材料、铝塑管材等
	无机非金属材料与有机材料复合	沥青混凝土、聚合物混凝土等
	有机与有机复合	橡胶改性沥青、树脂改性沥青等

2. 按材料的使用功能分类

按材料的使用功能不同，可分为结构材料、墙体材料和功能材料三大类。

结构材料：用作承重构件的材料，如梁、板、柱所用材料。

墙体材料：用于承重和非承重墙体的材料，如普通烧结砖、多孔砖、空心砖、砌



块等。

功能材料：土木工程中所用材料具有某些特殊功能，如防水、装饰、隔热等功能。

1.2 建筑材料在工程中的地位

建筑材料是土木工程（建筑工程、水利水电工程等，下同）的重要物质基础。

建筑材料决定工程造价。在土木工程中材料的用量很大，用于材料的费用往往占工程总造价比例较大，一般房屋建筑工程材料的费用占 50%~60%，水利工程材料的费用占 30%~40%。因此，合理地使用材料，对降低工程造价，提高工程的经济效益有着相当重要的作用。

建筑材料的质量直接影响着工程的质量。在土木工程中，尤其是在水利工程中的材料，经常受到水流冲刷，冻融与干湿循环作用，极易遭受破坏。因此，对工程中使用的材料要加强质量管理，严格执行材料的检验制度，以保证工程的安全、可靠。

建筑材料的发展在一定程度上决定和影响建筑物的规模、结构形式和施工方法。在古代没有水泥和钢材，就不可能修建三峡大坝以及跨越黄河、长江的大桥，也不可能修建现代化的高速公路。新材料的不断出现和发展，必然带来工程设计与施工技术的不断革新。建筑材料直接影响建筑工程的使用、坚固、美观、经济、耐久与节能。因此，建筑材料的生产和应用技术的发展，对社会主义建设事业无疑具有重要作用。

1.3 建筑材料的发展概况

建筑材料的发展史，是随着科学技术的发展而发展的。我国建筑材料的生产及应用，有着悠久的历史，早在公元前 200 年修建了举世闻名的万里长城，唐代佛光寺木结构大殿至今完好无损，更使人惊异的是 1065 年建造的山西应县木塔高 67m，至今还屹立在祖国的大地上。我国经历了较长的封建社会，尽管秦砖汉瓦早具盛名，但现代化材料的发展十分缓慢。新中国成立以来，特别是改革开放以来，建筑材料工业迅猛发展，尤其是水泥的生产更为突出，产量连续 10 年居世界第一位。水泥品种已有硅酸盐、铝酸盐系列等 100 多个品种。随着高强度等级水泥的出现和高效减水剂的应用，水泥混凝土强度大幅度提高，强度为 100MPa 的混凝土已应用到实际工程中。

随着生产的发展，科学技术的进步，建筑材料的发展更加迅速，传统材料朝着轻质、高强、美观、多功能、高效能等方向发展，新型材料不断涌现，高分子合成材料及复合材料如雨后春笋，越来越多地被用于各种土木工程中，在制品形式上不断朝着大型化、预制化、构件化、规范化方向发展。

1.4 建筑材料的技术标准

建筑材料具有一定的技术性质，这些性质由国家标准或有关的技术规范规定一些技术指标。在工程设计与施工过程中，都必须按照这些技术指标来评价建筑材料的质量。



建筑材料的技术标准, 一般包括产品规格、分类、技术性能、试验方法、验收规则、包装、储藏、运输等。

建筑材料的技术标准是企业生产的产品质量是否合格的技术依据, 也是供需双方对产品质量进行验收的依据。土木工程中按标准合理地选用材料, 能使结构设计、施工工艺也相应标准化, 可加快施工进度, 使材料在工程实践中具有最佳的经济效益。

目前我国常用的标准有以下四级。

1. 国家标准

国家标准是由国务院标准化行政部门制定的标准, 可分为强制性标准 [代号为 GB, 如《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)] 和推荐性标准 [代号为 GB/T, 如《碳素结构钢》(GB/T 700—2006)]。

2. 行业标准

对没有国家标准而又需要在全国某行业范围内统一的技术标准, 可以制定行业标准。行业标准是由国务院有关行政部门制定, 报国务院标准化行政主管部门备案。如建筑工程行业标准 (代号为 JGJ)、水利行业标准 (代号为 SL)、建筑材料行业标准 (代号为 JC)、冶金工业行业标准 (代号为 YB)、交通行业标准 (代号为 JT)、林业行业标准 (代号为 LY) 等。

3. 地方标准

对没有国家和行业标准, 又需要在省、自治区、直辖市范围内统一要求的, 可以制定地方标准 (代号为 DB)。

4. 企业标准

对没有国家和行业标准, 又没有地方标准的, 企业应当制定其产品标准 (代号为 QB)。

标准的表示方法为: 标准名称、部门代号、编号和批准年份。举例如下:

国家标准 (强制性) 《钢筋混凝土用热轧光圆钢筋》(GB 1499.1—2008)。

国家标准 (推荐性) 《低碳钢热轧圆盘条》(GB/T 701—2007)。

建工行业标准《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)。

对强制性国家标准, 任何技术 (或产品) 不得低于其中规定的要求; 对推荐性国家标准, 表示也可执行其他标准的要求, 但是推荐性标准一旦被强制标准采纳, 就认为是强制性标准; 地方标准或企业标准所制定的技术要求应高于国家标准。

1.5 建筑材料课程的性质、目的、任务及学习方法

建筑材料是高职高专土木工程类专业的技术基础课。

高职高专土木工程类专业培养应用型工程技术人才, 在工作中主要是使用材料, 故本书着重介绍材料的技术性能、质量检验及合理选用, 同时为后续课程 (如混凝土结构、钢结构、建筑工程施工或水利工程施工等) 专业课, 提供必备的基础知识。

建筑材料试验是建筑材料课的重要组成部分, 是重要的实践环节。通过试验、实训,



使学生提高工程意识和学习基本的试验技能,提高动手操作能力和分析、解决实际问题的能力,同时培养学生的科研能力及严谨的科学态度。

本课程的任务是使学生获得有关建筑材料性质与应用的基本知识和必要的基本理论,并获得主要建筑材料试验的基本技能训练。

建筑材料种类繁多,而且各种材料需要研究的内容很广泛,涉及原料、工艺、组成、结构与构造、性质、应用、检验、运输、验收、储存等各个方面。在学习过程中,首先,要着重学习好主要内容——材料的技术性质和合理应用。其他内容都围绕这个中心来学习。其次,建筑材料是实践性和应用性很强的课程,学习中应理论联系实际。第三,用对比的方法学习。对同一类不同品种的材料,不但要学习它们的共性,更重要的是掌握它们各自的特性。例如,六种通用水泥有许多共性,也有许多特性,工程中恰恰是根据各自的特性将其应用到适宜的环境中。



第2章 建筑材料的基本性质

建筑材料在土木工程中,承受着各种不同的作用,因而要求材料具有相应的不同性质。例如,结构材料应具有良好的力学性能;防水材料应具有抗渗防水性能;墙体材料应具有隔热保温、吸声隔音性能。另外,建筑材料还经常受到风吹、雨淋、日晒、冰冻等各种外界因素的影响,故建筑材料还应具有良好的耐久性。

建筑材料的基本性质包括物理性质、化学性质、力学性质、耐久性质、装饰性质等,本章讨论材料基本的共性,材料的特性在有关章节中讨论。

2.1 材料的组成、结构和构造对其性质的影响

2.1.1 材料的组成

材料的组成包括化学组成和矿物组成,它是决定材料各种性质的重要因素。

1. 化学组成

化学组成是指构成材料的化学成分。不同化学成分组成的材料其性质不同,如碳素钢随含碳量的增加其强度、硬度、冲击韧性将发生变化;碳素钢容易生锈,在钢中加入铬、镍等化学成分就可生产出不锈钢。

2. 矿物组成

许多无机非金属材料是由各种矿物组成的,矿物是具有一定化学成分和结构特征的单体和化合物。相同的化学成分,不同的矿物成分,材料的性质不同。

2.1.2 材料的结构和构造

材料的结构可分为宏观结构、细观结构和微观结构,它是决定材料各种性质的最重要因素。

1. 宏观结构(构造)

用肉眼或放大镜能够分辨的毫米级以上的粗大组织称为宏观结构。材料的宏观结构可分为下列几种类型:

(1) 致密结构。致密结构是指材料的内部基本上无孔隙的结构。这类材料的特点是强度和硬度较高,吸水性小,抗渗和抗冻性较好,如钢材、有色金属、玻璃、塑料、致密的天然石材等。

(2) 多孔结构。多孔结构是指材料内部具有粗大孔隙的结构。这类材料的特点是强度较低,吸水性大,抗渗和抗冻性较差,绝热性较好,如加气混凝土、泡沫塑料等。

(3) 微孔结构。微孔结构是指材料内部具有微细孔隙的结构。这种微细孔隙是加入大量的拌和水而形成的,其特点与多孔结构材料的特点相同,如烧结普通砖、石膏制品等。



(4) 纤维结构。纤维结构是指材料内部组织具有方向性的结构。这类材料的特点是平行纤维方向与垂直纤维方向的各种性质具有明显差异,如木材、竹材、玻璃纤维增强塑料、石棉制品等。

(5) 片状或层状结构。片状或层状结构是指材料具有叠合的结构。这类材料是用胶黏剂或其他方法将不同的片材或具有各向异性的片材黏合而成的层状结构,其特点是平面各向同性,同时提高了材料的强度、硬度等,综合性能好,如胶合板、纸面石膏板、各种夹心板等。

(6) 散粒结构。散粒结构是指材料呈松散颗粒状的结构。这类材料的特点是颗粒之间存在大量空隙,其空隙率的大小主要取决于颗粒级配、颗粒形状及大小等,如砂子、石子、膨胀珍珠岩等。

2. 细观结构

用光学显微镜所观察到的微米级组织结构称为细观结构,又称为亚微观结构或显微观结构。该结构主要研究材料内部的晶粒、颗粒等的大小和形态、境界或界面,孔隙与微裂纹的大小、形状及分布等。例如,可分析金属材料晶粒的粗细及其金相组织;可分辨混凝土的粗细骨料、水泥石及孔隙组织;可观察木材的木纤维、导管、髓线、树脂道等组织。

材料的细观结构对其力学性质、耐久性等影响很大。材料的晶粒细化能提高强度,如在钢材中加入钛、钒、铌等合金元素,能细化晶粒,显著提高强度。

3. 微观结构

用电子显微镜、X射线衍射仪等手段来研究材料原子、分子级的微观组织称为微观结构。该结构可分为晶体与非晶体。

(1) 晶体。材料的质点(原子、分子或离子)按一定规律在空间重复排列的固体称为晶体。晶体的特点是具有固定几何外形,且各向异性。晶体材料的各种物理力学性质与质点的排列方式及质点间的结合力(化学键)有关。晶体按化学键可分为以下几种:

1) 原子晶体,由中性原子构成的晶体。原子间以共价键来联系,结合力大。原子晶体的强度、硬度、熔点都高,密度较大,如金刚石、石英、碳化硅等。

2) 离子晶体,由正、负离子构成的晶体。离子间靠静电引力(库仑引力)来联系,一般比较稳定。离子晶体的强度、硬度、熔点都较高,但波动较大;部分可溶,密度中等,如氯化钙、石膏、石灰岩等。

3) 分子晶体,由分子构成的晶体。分子间以分子力(范德华力)来联系,结合力较弱。分子晶体的强度、硬度、熔点均较低,大部分可溶,密度较小。如蜡及部分有机化合物。

4) 金属晶体,由金属阳离子构成金属晶体。金属离子间靠金属键(库仑引力)联系。金属晶体的强度、硬度变化大,密度也大,由于金属离子具有自由运动的电子,故金属材料具有良好的导热性和导电性,如铁、钢、铝、铜及其合金。

(2) 非晶体。将熔融物迅速冷却,质点来不及按一定规律排列而凝固成的固体,称为非晶体,也称玻璃体或无定形体。非晶体的特点是没有固定的几何外形,且各向同性,由于急速冷却,大量的化学能未释放出来,所以非晶体材料具有化学不稳定性,容易与其他物质发生化学反应,如粒化高炉矿渣、火山灰、粉煤灰等。将熔融物慢慢冷却,可凝固成



晶体。

2.2 材料的物理性质

2.2.1 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, 单位体积的干质量。按式 (2.1) 计算, 即

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

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 。

材料在绝对密实状态下的体积, 是指不包含材料内部孔隙的实体积。除了钢材、玻璃、沥青等少数材料外, 绝大多数材料在自然状态下含有一些孔隙。在测定有孔隙材料的密度时, 先把材料磨成细粉, 烘干至恒质量, 然后用李氏瓶测得其实体积, 用式 (2.1) 计算得到密度值。材料磨得越细, 测得的体积越真实, 得到的密度值也越精确。

2. 表观密度

表观密度是指材料在自然状态下, 单位体积的干质量。按式 (2.2) 计算, 即

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (2.2)$$

式中 ρ_0 ——材料的表观密度, kg/m^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, kg ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, m^3 。

材料在自然状态下的体积, 是指包括实体积和孔隙体积在内的体积。对于形状规则的块状材料, 可直接量测体积; 对于形状不规则的块状材料, 需先加工成规则形状, 再量测体积。对于混凝土用的砂石骨料, 直接用排液法量测体积, 此时的体积是实体积与闭口孔隙体积之和, 即不包括与外界连通的开口孔隙体积。由于砂石比较密实, 孔隙很少, 开口孔隙体积更少, 所以用排液法测的密度也称为表观密度, 过去称为视密度; 对于多孔的散粒状材料, 可用蜡封法封闭孔隙, 然后再用排液法量测体积。

材料的含水状态变化时, 其质量和体积均发生变化。通常表观密度是指材料在干燥状态下的表观密度, 其他含水情况应注明。

3. 堆积密度

堆积密度是指粒状或粉状材料在堆积状态下, 单位体积的干质量。按式 (2.3) 计算, 即

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (2.3)$$

式中 ρ'_0 ——材料的堆积密度, kg/m^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, kg ;



V'_0 ——材料在堆积状态下的体积, m^3 。

堆积密度的体积 V'_0 用容积升来测定。容积升的大小视颗粒的大小而定, 如砂子用 1L 的容积升, 石子用 10L、20L、30L 的容积升。

堆积密度是指材料在气干状态下的堆积密度, 其他含水情况应注明。

常用建筑材料的密度、表观密度和堆积密度见表 2.1。

4. 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, 也就是固体体积占自然体积的百分率。用 D 来表示, 按式 (2.4) 计算, 即

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (2.4)$$

(2) 孔隙率。孔隙率是指材料体积内孔隙体积占自然体积的百分率。用 P 来表示, 按式 (2.5) 计算, 即

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (2.5)$$

密实度与孔隙率的关系, 可用下式来表示, 即

$$D + P = 1$$

密实度与孔隙率均反映了材料的致密程度。孔隙率的大小及孔隙特征 (包括孔隙大小、是否连通、分布情况等) 对材料的性质影响很大。一般而言, 同一种材料, 孔隙率越小, 连通孔隙越少, 其强度越高, 吸水性越小, 抗渗性和抗冻性越好, 但是导热性越大。几种常用材料的孔隙率见表 2.1。

表 2.1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

材料名称	密 度/ (g/cm^3)	表观密度/ (kg/m^3)	堆积密度/ (kg/m^3)	孔隙率/ %
钢 材	7.85	7850	—	—
花岗岩	2.6~2.9	2500~2850	—	0~0.3
石灰岩	2.6~2.8	2000~2600	—	0.5~3.0
碎石或卵石	2.6~2.9	—	1400~1700	—
普通砂	2.6~2.8	—	1450~1700	—
烧结黏土砖	2.5~2.7	1500~1800	—	20~40
水 泥	3.0~3.2	—	1300~1700	—
普通混凝土	—	2100~2600	—	5~20
沥青混凝土	—	2300~2400	—	2~4
木 材	1.55	400~800	—	55~75

5. 材料的填充率与空隙率

(1) 填充率。填充率是指散粒材料在堆积体积中被其颗粒填充的程度, 也就是散粒状材料的自然体积占堆积体积的百分率。用 D' 来表示, 按式 (2.6) 计算, 即

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (2.6)$$

(2) 空隙率。空隙率是指散粒材料在堆积体积中, 颗粒之间的空隙体积占堆积体积的