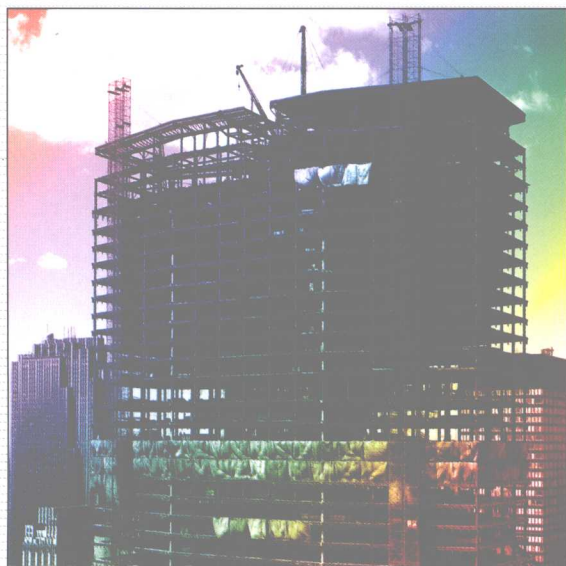


高等职业教育“十一五”规划教材

建筑材料

王光炎 温传河 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

高等职业教育“十一五”规划教材

建筑材料

王光炎 温传河 主编

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书为高等职业教育“十一五”规划教材,主要讲述建筑工程和土木工程常用材料的基本成分、生产工艺、技术性能、选配应用、材料试验等基本理论及实用技术,主要内容包括:绪论、建筑材料的基本性质、建筑钢材、无机胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、砌筑材料、木材、防水材料、建筑塑料、装饰材料、绝热材料、吸声材料以及建筑材料试验等。对于新型建筑材料和装饰材料也做了适当的介绍。各章均有学习目标和习题,以便于查阅和掌握内容的重点。

本书采用了最新的标准和规范,注重理论联系实际,特别加强了与工程实践的结合和技能的培养,体现了加强实际应用、服务专业教学的宗旨。

本书可用作高等职业院校土建施工类专业教材,也可作为土木、建筑类其他相关专业教学用书,以及自学考试、成人教育、职业教育等用书。本书还可供从事土建工作的科研、设计、施工人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/王光炎,温传河主编. —北京:国防工业出版社,2008.8

高等职业教育“十一五”规划教材

ISBN 978-7-118-05886-4

I. 建... II. ①王... ②温... III. 建筑材料—高等学校:技术学校—教材 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 113639 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100044)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 14¼ 字数 326 千字

2008 年 8 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 25.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474

发行业务:(010)68472764

《建筑材料》编委会

主 编 王光炎 温传河

副主编 于全福 狄 哲

编 委 唐湘梅 魏传志 李孝军 朱溢楠

张 坤 宋凤玲 高德昊

前言

本书是高等职业教育理工科土建施工类专业的教学用书,是作者在多年教学和实践的基础上编写的。

在编写过程中,从高等职业教育的实际出发,在内容上加强了针对性和实用性,注重与实践教学相辅相成,适用面广,并引用了最新研究成果和规范,思路开阔,理论与实践相结合。语言力求精炼,增加知识容量,以应用为主,够用为度,其主要指导思想是培养高等技术专门应用型人才。

本书的绪论及第1、8章由王光炎编写,第2、9、12章由唐湘梅编写,第3、7章由魏传志编写,第4章由温传河编写,第10章由于全福编写,第5、6章由李孝军编写,第11章由朱溢楠编写,第13章由狄哲编写。全书由王光炎、温传河任主编,于全福、狄哲任副主编。

在书稿整理过程中,张坤、宋凤玲、高德昊给予了大力帮助,在此表示衷心感谢。

本书可作为高等职业院校、成人教育大专层次的教学用书和工程技术人员的参考用书。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中错误和疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

目 录

绪论	1
0.1 建筑材料的分类	1
0.2 建筑材料的发展	2
0.3 建筑材料在国民经济中的地位和作用	2
0.4 建筑材料课程的作用、任务和学习方法	3
第1章 建筑材料的基本性质	5
1.1 材料的组成与结构	5
1.2 材料的状态参数和结构特征	7
1.3 材料的物理性质	10
1.4 材料的力学性质	15
1.5 材料的耐久性	17
思考题与习题	18
第2章 建筑钢材	19
2.1 钢材的冶炼和分类	19
2.2 钢材的技术性质	20
2.3 钢材的化学成分	26
2.4 建筑钢材的技术标准与选用	27
2.5 建筑钢材的锈蚀与防止	44
思考题与习题	45
第3章 无机胶凝材料	47
3.1 石灰	47
3.2 建筑石膏	50
3.3 水玻璃	53
3.4 菱苦土(氯氧镁水泥)	55
思考题与习题	56
第4章 水泥	57
4.1 硅酸盐水泥	57
4.2 掺混合材料的硅酸盐水泥	65
4.3 铝酸盐水泥	68
4.4 其它品种水泥	70
思考题与习题	71
第5章 混凝土	72

5.1 普通混凝土的组成材料	72
5.2 普通混凝土的主要技术性质	78
5.3 混凝土的质量控制与评定	91
5.4 普通混凝土配合比设计	93
5.5 混凝土外加剂	98
5.6 特种混凝土	101
思考题与习题	105
第6章 建筑砂浆	106
6.1 砌筑砂浆	106
6.2 抹面砂浆	110
6.3 装饰砂浆	110
思考题与习题	111
第7章 砌筑材料	112
7.1 砌墙砖	112
7.2 天然石材	120
7.3 砌块	122
思考题与习题	125
第8章 木材	127
8.1 木材的构造	127
8.2 木材的物理力学性质	129
8.3 木材的强度	130
8.4 木材的防腐与防火	132
思考题与习题	133
第9章 防水材料	134
9.1 沥青	134
9.2 沥青基防水制品	141
9.3 沥青混合料	144
9.4 改性沥青和合成高分子防水材料及其制品	147
思考题与习题	150
第10章 建筑塑料	151
10.1 建筑塑料	151
10.2 建筑涂料	156
思考题与习题	157
第11章 装饰材料	158
11.1 装饰材料的分类及选用原则	158
11.2 陶瓷装饰材料	159
11.3 玻璃	162
11.4 其它常用装饰材料	164
思考题与习题	167

第 12 章 绝热材料和吸声材料	168
12.1 绝热材料	168
12.2 吸声材料	171
思考题与习题	172
第 13 章 建筑材料试验	174
13.1 水泥试验	174
13.2 混凝土用骨料试验	187
13.3 钢筋试验	195
13.4 混凝土立方体抗压强度试验	200
13.5 砌块试验	201
13.6 砂浆抗压强度试验	204
13.7 配合比试验	205
参考文献	220

绪 论

学习目标

掌握建筑材料的定义、分类; 了解建筑材料与建筑、结构、施工、预算的关系及其在国民经济建设中的地位和建筑材料的现状与发展, 明确本课程的任务和基本要求。

0.1 建筑材料的分类

用于土工建工程的材料总称为建筑材料或土木工程材料, 如: 地基基础、承重构件、地面、墙体、屋面等所用的材料。建筑材料的品种、性能以及质量, 在很多程度上决定着建筑物的坚固、适用和美观, 同时又影响着建筑的结构形式和施工速度。

建筑材料的种类繁多, 可以按照不同的分类方法进行分类, 常用的分类方法有按化学成分分类和按用途分类。

0.1.1 按化学成分分类

(1) 无机材料:

① 金属材料:

黑色金属材料——钢、铁

有色金属材料——铝、铜、合金

② 非金属材料:

天然石材——大理石、花岗石

陶瓷和玻璃——砖、瓦、卫生陶瓷、玻璃

无机胶凝材料——石灰、石膏、水玻璃

砂浆、混凝土——水泥、砂浆、混凝土

(2) 有机材料: 木材、沥青、塑料、涂料、油漆

(3) 复合材料: 金属与非金属复合——钢筋混凝土、钢纤维混凝土

有机与无机复合——玻璃钢、沥青混凝土、聚合物混凝土

0.1.2 按用途分类

结构材料: 砖、石材、砌块、钢材、混凝土

防水材料: 沥青、塑料、橡胶、金属、聚乙烯胶泥

饰面材料: 墙面砖、石材、彩钢板、彩色混凝土

吸声材料: 多孔石膏板、塑料吸声板、膨胀珍珠岩

绝热材料: 塑料、橡胶、泡沫混凝土

0.2 建筑材料的发展

建筑材料是随着社会的进步和生产力的发展而不断发展的。

在原始时代建筑材料都是天然材料,如木材、岩石、竹、黏土。在漫长的石器、铁器时代,建筑技术和建筑材料发展缓慢,开始出现石灰、石膏、石灰砂浆和砖、瓦这样的人造材料,如金字塔(公元前 2000 年—3000 年):石材、石灰、石膏;万里长城(公元前 200 年):条石、大砖、石灰砂浆;布达拉宫:石材、石灰砂浆;罗马圆形剧场(公元 70 年—80 年):石材、石灰砂浆。18 世纪中叶到 19 世纪,建筑钢材、水泥、混凝土和钢筋混凝土相继问世,并成为建筑的主要结构材料。到 20 世纪,又出现了预应力混凝土和高分子材料,使得大跨度建筑和高层建筑得到空前发展。21 世纪,轻质、高强、节能、高性能绿色建材将作为主要结构材料和体现节能降耗、可持续发展的建筑材料得到广泛应用,如:高强高性能混凝土、保温隔热、吸声、隔声、耐热、耐磨、耐腐蚀、防辐射材料等。随着人们对城市面貌、工作空间、生活环境的要求越来越高,各种装饰材料也层出不穷,环保型建筑材料越来越受到人们的重视。

近年来,建筑材料工业发展迅速,各种新型建筑材料层出不穷。建筑材料正处于新的变革之中。

0.3 建筑材料在国民经济中的地位和作用

0.3.1 建筑材料是发展建筑业的物质基础

建筑材料是建筑工程学科极为重要的组成部分。建筑材料是建筑、结构、施工、预算的物质基础。一个优秀的建筑师总是把建筑艺术和以最佳方式选用材料融合在一起。结构工程师只有在很好地了解了建筑材料的性能后,才能根据力学计算,准确地确定建筑构件的尺寸和创造出先进的结构形式。建筑经济师为了降低造价、节省投资,在建筑工程中首先考虑节约和合理使用建筑材料,目前在我国的建筑工程中建筑材料费用一般占建筑工程总造价的 50%~70%。而施工和安装的全过程,则是按设计要求把建筑材料逐步变成建筑物的过程,它涉及到材料的选用、运输、储存以及加工等方面。

“十五”期间我国全社会固定资产投资总规模为 22 万亿元~24 万亿元,其中 60%~70% 用于建筑设施建设或工程安装,从而转化为建筑业的产值,而建筑业产值中的 30%~40% 又转化为对建材业的需求,尤其是对水泥产品的需求。2002 年,我国共生产水泥约 70000 万吨,比 2001 年大幅增长了 12.7%,占世界产量的 1/3 左右,超过亚洲产量的 50%。我国水泥行业,为我国经济持续、快速发展做出了重要贡献。建筑材料工业在国民经济建设中意义重大。

0.3.2 必须恰当选择和合理使用原材料

从事建筑工程的技术人员和专家都必须了解和懂得建筑材料,因为建筑、材料、结构、

施工四者是密切相关的。材料质量的优劣,配制是否合理,选用是否恰当,直接影响建筑形式、施工方法和工程质量。

0.3.3 发展绿色建材

绿色材料指在原材料采取、产品制造、使用或者再循环以及废料处理等环节中对地球负荷为最小和有利于人类健康的材料,亦称之为“环境调和材料”。绿色建材与传统建材相比具有以下五方面的基本特征:

(1) 其生产所用原料尽可能少用天然资源,大量使用尾矿、废渣、垃圾、废液等废弃物。

(2) 采用低能耗制造工艺和无污染环境的生产技术。

(3) 在产品配制或生产过程中,不得使用甲醛、卤化物溶剂或芳香族碳氢化合物;产品中不得含有汞及其化合物;不得用铅、铬及其化合物的颜料和添加剂。

(4) 产品的设计是以改善生产环境,提高生活质量为宗旨,即产品不仅不损害人体健康,而应有益于人体健康,产品具有多功能化,如:抗菌、灭菌、防霉、除臭、隔热、阻燃、防火等。

(5) 产品可循环或回收利用,无环境污染的废弃物。

可见,绿色建材能够满足可持续发展的需要,做到了发展与环境的统一,当今与长远的结合。既满足现代人的需要,安居乐业,健康长寿,又不损害后代人满足更大需要能力,使子孙后代生活过得更好。

0.4 建筑材料课程的作用、任务和学习方法

0.4.1 本课程的作用

本课程的作用主要是为专业课提供有关建筑材料方面的基础知识,并为今后从事专业技术工作时能合理选择和使用建筑材料打下良好的基础。其目标是使学生了解材料的性能及其影响因素,理解材料的组成、结构与技术性质之间的关系及其有关的基本理论,熟悉有关材料的产品规格与应用方面的基本知识,学会常用材料的质量鉴定及材料试验方面的基本技能。

0.4.2 本课程的任务

本课程的任务是使学习者具有建筑材料的基础知识和在实践中合理选择与使用建筑材料的能力,并获得主要建筑材料试验的基本技能训练。

(1) 了解材料在建筑物上所起的作用和要求。

(2) 了解常用材料的生产、成分和构造。

(3) 掌握常用材料的技术性质,以及影响材料性质的主要因素及其相互关系。

(4) 掌握常用材料的标准,熟悉其分类、分等和规格。

(5) 熟悉常用材料的测试仪器,掌握测试方法和技术。

(6) 掌握常用材料的选用原则和方法。

(7) 掌握工地配置材料的配置原理及方法,了解这些材料的施工注意事项。

0.4.3 学习本课程的方法

学好建筑材料课程的方法如下。

1. 重点掌握材料的基本理论、基本知识、基本技能
如常用材料——水泥、混凝土、石灰、石膏、玻璃、钢材、木材、沥青、高分子材料;重点掌握水泥、混凝土、钢材。

对于每种材料,应掌握原料——生产工艺——组成成分——构造——性质——应用——检验——储存以及它们之间的相互关系。重点是每种材料的性质和应用,质量检定的基本原理(引起材性变化的内因和外因)。

2. 学习材料的技术标准

建筑材料的技术标准是生产和使用单位检验、确认产品质量是否合格的技术文件。主要包括:产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收原则、运输和储存注意事项等。目前,我国技术标准分为四级:国家标准、行业标准、地方标准、企业标准。

国家标准有强制性标准,代号为 GB;建筑工程国家标准,代号为 GBJ;推荐性标准,代号为 GB/T。

行业标准如建设部行业标准,代号为 JGJ;国家建材局行业标准,代号为 JC;冶金部行业标准,代号为 YB;交通部行业标准,代号为 JTJ;水电行业标准,代号为 SD;国家级专业标准,代号为 ZB。

地方标准是由地方主管部门发布的地方性技术指导文件,代号为 DBJ。

企业标准仅适用于本企业,代号为 QB。凡是没有制定国家标准、行业标准的产品,均应制定企业标准。

对于强制性国家标准,任何技术或产品不得低于其规定的要求;对推荐性国家标准,表示也可执行其他标准的要求;地方标准或企业标准所规定的技术要求应高于国家标准。

标准的表示方法通常为标准名称——部门代号——编号——批准年份。例如,国家标准《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》GB175—1999。

随着我国对外开放和对外参与国际土木工程投标建设,还经常涉及与土木工程关系密切的国际或外国标准,如 ASA—American Standard Association(美国标准)、ASTM—American Society for Testing Materials(美国材料与试验协会标准)、BS—British Standard(英国标准)、DIN—Deutsch Industrie Normen(德国标准)、ISO—International Standard Organization(国际标准协会标准)。

3. 重视学好试验

学习常用建筑材料的检验方法,通过试验能够对材料的合格性进行判断和验收,对试验数据、试验结果进行分析判别,培养从事科学研究的能力。

第1章 建筑材料的基本性质

学习目标

了解建筑材料基本性质的分类;掌握各种基本性质的概念、表示方法及有关的影响因素。表示材料基本性质的术语,在说明各种材料的性质时是经常要用到的,只有牢固掌握、熟练应用,才能为后面学习各种材料打下良好基础。

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,通常必须考虑到最基本的、共有的性质。因为土木建筑材料所处建(构)筑物的部位不同、使用环境不同、人们对材料的使用功能要求不同,所起的作用就不同,要求的性质也就有所不同。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、吸声隔声性能。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,材料的特性将在有关章节中讨论。

1.1 材料的组成与结构

1.1.1 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。

无机非金属建筑材料的化学组成以各种氧化物含量来表示。金属材料以化学元素含量来表示。

化学组成决定着材料的化学性质,并影响其物理性质和力学性质。

2. 矿物组成

材料中的元素和化合物以特定的矿物形式存在并决定着材料的许多重要性质。

矿物组成是无机非金属材料中化合物存在的基本形式。矿物是具有一定化学成分和结构特征的单体和化合物。化学成分相同,矿物成分不同,材料的性质也不同。例如硅酸盐水泥熟料中,硅酸三钙凝结硬化快、强度高;硅酸二钙凝结硬化慢、早期强度低。

3. 相组成

相是指在材料中,凡是成分相同、结构相同并与其他部分以界面分开的均匀组成部

分。相包括固溶体(间隙、置换)和金属化合物(正常价、电子化合物、间隙化合物等)。例如珠光体是一种组成相,其有不同的大小、形状,它是由铁素体和渗碳体组成。

1.1.2 材料的结构与构造

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

1. 宏观结构(构造)

材料的宏观结构是指用肉眼和放大镜能够分辨的粗大组织。其尺寸约为毫米级大小,以及更大尺寸的构造情况。材料的宏观构造可以分为以下几种类型:

(1) 致密结构,基本上是无孔隙存在的材料。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。例如钢铁、有色金属、致密天然石材、玻璃、玻璃钢、塑料等。

(2) 多孔结构,是指材料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、泡沫混凝土、泡沫塑料及人造轻质材料等。

(3) 微孔结构,是指材料具有微细的孔隙的结构,这种微细孔隙是加入大量的拌和水而形成的。这类材料的特点与多孔结构材料的特点相同,如石膏制品、黏土砖瓦等。

(4) 纤维结构,材料的内部组织具有方向性,如木材纤维、玻璃纤维、矿物棉纤维所具有的结构。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。

(5) 层状结构,采用黏结或其他方法将材料叠合成层状的结构。这类材料的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、叠合人造板、蜂窝夹芯板,以及某些具有层状填充料的塑料制品等。

(6) 散粒结构,是指松散颗粒状结构。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,如混凝土骨料、用作绝热材料的粉状和粒状的填充料。

2. 微观结构

微观结构是指材料在原子、分子层次的结构。要用电子显微镜、X射线衍射仪等手段来进行研究。材料的微观结构,可以分为晶体与非晶体。

材料的质点(原子或分子、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以及质点间的结合力(化学键)有关。在晶体材料中,仅有一种结合键的情况较少,大多数是有两种或两种以上的结合键组成的复杂晶体材料,如石棉、石英、滑石等。

非晶体也称玻璃体或无定形体,它是将熔融物迅速冷却,质点来不及按一定规律排列,而凝固成的固体。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,容易与其他物质起化学反应。如粒化高炉矿渣、火山灰、粉煤灰等。如果将熔融物慢慢冷却,可凝固成晶体,如缓冷矿渣。

3. 亚微观结构

亚微观结构也称作细观结构,是介于微观结构和宏观结构之间的结构形式。需要借助光学显微镜才能观察到的微米级组织,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、水泥石以及孔隙组织;可观察木材的木纤维、导管、髓线、树脂道等组织。

材料的亚微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。

从宏观、亚微观和微观三个不同层次的结构上来研究土木工程材料的性质,才能深入其本质,对改进与提高材料性能以及创制新型材料都有着重要的意义。

1.2 材料的状态参数和结构特征

1.2.1 材料的体积

体积是材料占有的空间尺寸。由于材料具有不同的物理状态,因而表现出不同的体积。

1. 材料的绝对密实体积

干燥材料在绝对密实状态下的体积。即材料内部没有孔隙时的体积,或不包括内部孔隙的材料体积。一般以 V 表示材料的绝对密实体积。除钢材和玻璃等少数材料外,绝大多数建筑材料都含有一定的孔隙。

2. 材料的表观体积

材料在自然状态下的体积,即整体材料的外观体积(含内部孔隙和水分)。一般以 V_0 表示材料的表观体积。

3. 材料的堆积体积

粉状或松散颗粒状材料,在堆积状态下的总体外观体积。堆积体积除了材料本身的体积外,还包含内部孔隙和颗粒间空隙的体积在内。根据其堆积状态不同,同一材料表现的体积大小可能不同,松散堆积下的体积较大,密实堆积状态下的体积较小。材料的堆积体积一般以 V_0' 来表示。测定散粒材料的体积可通过已标定容积的容积计计量而得。测定砂子、石子的堆积密度即用此法。

1.2.2 材料的密度

材料的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(g/cm^3 或 kg/m^3);

m ——材料的质量(g 或 kg);

V ——材料的绝对密实体积(cm^3 或 m^3)。

测试时,材料必须是绝对干燥状态。在密实度测定中,含有孔隙的材料必须破碎并磨

成细粉,烘干后用李氏比重瓶测定其密度。材料磨得越细,测得的密度值越精确。砖石等材料常采用这种方法测密度。

1.2.3 材料的表观密度

表观密度(俗称容重)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 ——材料的表观密度(g/cm^3 或 kg/m^3);

m ——材料的质量(g 或 kg);

V_0 ——材料的表观体积(cm^3 或 m^3)。

材料的表观体积是指包括内部孔隙在内的体积。因为大多数材料的表观体积中包含有内部孔隙,其孔隙的多少,孔隙中是否含有水及含水的多少,均可能影响其总质量(有时还影响其表观体积)。因此,材料的表观密度除了与其微观结构和组成有关外,还与其内部构成状态及含水状态有关。当材料含水时,其质量和体积均会有所变化。因此测定材料表观密度时,须同时测定其含水率,并予以注明。通常材料的表观密度是指气干状态下的表观密度。材料在烘干状态下的表观密度称干表观密度。进行材料对比试验时,以干表观密度为准。

对于外形规则的材料,其表观密度测定很简单,只要测得材料的质量和体积(用尺量测),即可算得。不规则材料的体积要采用排水法测得,但材料表面应预先涂上蜡,以防水分渗入材料内部而使测值不准。工程中常用的砂、石的表观密度可近似地作其密度,称为视密度。

由于大多数材料或多或少均含有一些孔隙,故一般材料的表观密度总是小于其密度,即 $\rho_0 < \rho$ 。

1.2.4 材料的堆积密度

堆积密度是指粉状或颗粒状材料,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)。

粉状或颗粒状材料的质量是指填充在一定容器内的材料质量,其堆积体积是指所用容器的容积而言。因此,材料的堆积体积包含了颗粒之间的空隙。其值大小不仅取决于材料颗粒的表观密度,而且还与堆积的密实程度有关,故有松散堆积密度和紧密堆积密度之分。此外,材料的含水情况也影响材料的堆积密度。

在土木建筑工程中,计算材料用量、构件的自重,配料计算以及确定堆放空间时经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度等数据。

常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率,如表 1-1 所示。

表 1-1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

材 料	密 度 /(g/cm ³)	表 观 密 度 /(kg/m ³)	堆 积 密 度 /(kg/m ³)	孔 隙 率 /%
石灰岩	2.60	1800~2600	—	—
花岗岩	2.60~2.90	2500~2800	—	0.5~3.0
碎石(石灰岩),	2.60	—	1400~1700	—
砂	2.60	—	1450~1650	—
黏土	2.60	—	1600~1800	—
烧结黏土砖	2.50~2.80	1600~1800	—	20~40
烧结空心砖	2.50	1000~1400	—	—
水泥	3.10	—	1200~1300	—
普通混凝土	—	2100~2600	—	5~20
轻骨料混凝土	—	800~1900	—	—
木材	1.55	400~800	—	55~75
钢材	7.85	7850	—	0
泡沫材料	—	20~50	—	—
玻璃	2.55	—	—	—

1.2.5 材料的密实度

密实度是指材料体积内被固体物质充实的程度,即材料的密实体积与表观体积之比。密实度的计算公式如下:

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

式中 ρ ——密度(g/cm³ 或 kg/m³);

ρ_0 ——材料的表观密度(g/cm³ 或 kg/m³)。

对于绝对密实材料,因 $\rho_0 = \rho$,故密实度 $D = 1$ 或 100%。对于大多数土木工程材料,因 $\rho_0 < \rho$,故密实度 $D < 1$ 或 $D < 100\%$ 。

1.2.6 孔隙率

材料的孔隙率是指材料内部孔隙的体积占材料总体积的百分率。孔隙率 P ,按下式计算:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{\rho_0}{\rho} \quad (1-5)$$

式中 V ——材料的绝对密实体积(cm³ 或 m³);

V_0 ——材料的表观体积(cm³ 或 m³);

ρ_0 ——材料的表观密度(g/cm³ 或 kg/m³);