



普通高等教育“十二五”应用型规划教材

现代建筑材料科学

XIANDAIJIANZHUCAILIAOKEXUE

主编 邱小林 周亦人



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

现代建筑材料科学

主 编 邱小林 周亦人
副主编 杨国喜 吴 浪 雷 斌

东南大学出版社
• 南京 •

内容简介

本书根据土木工程专业的培养要求编写而成。本书的指导思想不仅有利于学生学习知识,更注重培养学生的创新精神,提高分析、解决问题的能力,增强综合素质。

本书分为13章,包括绪论、建筑材料的基本性质、建筑钢材、无机气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、砌筑材料、建筑防水材料、合成高分子材料、建筑装饰材料、建筑功能材料、现代建筑材料试验。各章均有学习指导、工程案例、现代建筑材料知识拓展、课后思考题。

本教材适合建筑类高等职业教育及应用型本科院校使用,与教材《建筑材料实验指导》配套使用效果会更好。此外,本书还可提供土木工程设计、施工、科研、管理和监理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代建筑材料科学 / 邱小林,周亦人主编. —南京:
东南大学出版社,2014.9
ISBN 978-7-5641-5183-6

I. ①现… II. ①邱… ②周… 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(2014)第 205586 号

现代建筑材料科学

出版发行: 东南大学出版社
社 址: 南京市四牌楼2号 邮编: 210096
出 版 人: 江建中
责任编辑: 史建农 戴坚敏
网 址: <http://www.seupress.com>
电子邮箱: press@seupress.com
经 销: 全国各地新华书店
印 刷: 南京京新印刷厂
开 本: 787mm×1092mm 1/16
印 张: 17.5
字 数: 450千字
版 次: 2014年9月第1版
印 次: 2014年9月第1次印刷
书 号: ISBN 978-7-5641-5183-6
印 数: 1—3000册
定 价: 38.00元

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830

前 言

为适应建筑行业突飞猛进的发展需求,本书按照土木建筑类专业应用型本科人才的培养目标,适当考虑交通土建、工程管理等专业的教学要求,按照国家、行业的最新标准、规范进行编写。为达到应用型本科人才的培养目标,作者在教材建设、教学方法等方面进行了深入的探索与实践。教材的编写力求做到精简理论分析,突出工程应用。

建筑材料是一门重要的专业基础课,本书主要介绍建筑材料的基本性质、建筑钢材、无机硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、砌筑材料、建筑防水材料、合成高分子材料、建筑装饰材料、建筑功能材料、现代建筑材料试验等内容。由于建筑材料行业发展很快,新型材料不断涌现,相应的技术标准不断更新,这些则需在教学中不断充实。本书的相关试验部分详见配套教材《建筑材料实验指导》。

编写本教材的指导思想不仅是在内容上尽可能反映本学科国内外的新成就和我国的新标准、新规范,更重要的是紧密结合人才培养模式的改革,不仅要培养学生掌握有关的专业知识和基本技能,而且要培养其分析、解决问题的能力,培养创新精神,提高综合素质,实现“知识、能力、素质”的有机统一,科技与人文教育结合。本书具有如下特点:

(1) 每节均有工程案例分析,以引导学生理论联系实际,培养分析解决实际问题的能力。

(2) 每章后面设置有现代建筑材料知识拓展,并提出一些挑战性的问题,让学生思考讨论,以激发培养创新意识。

(3) 本书将实验作为重要的组成部分。其中提出了几项综合设计实验,其目的不仅是培养学生掌握基本的实验技能,更重要的是培养学生的综合素质和能力。

(4) 每章均有学习指导栏,指出了教学大纲所要求的教学目标,并提出学习建议;每章设置有课后思考题。

(5) 本书的内容适应拓宽后的土木工程专业的需要并尽可能反映本学科国内外的新成就和有关的新标准、新规范。

本书由邱小林、周亦人担任主编,杨国喜、吴浪、雷斌担任副主编。参编人员编写分工如下:邱小林编写第1章和第2章;杨国喜编写第3、4、5章;吴浪编写第6、7、8章;雷斌编写第9、11、12章;周亦人编写第10、13章。

本书在编写过程中得到了南昌大学建筑工程学院院长、博士生导师宋固全教授的指导和帮助,得到了东南大学出版社的大力支持和帮助,在此一并表示衷心感谢。

由于土木工程材料的品种繁多,新材料发展快,且各行业技术标准不完全一致,又限于编者水平,书中不当之处在所难免,敬请广大师生、读者提出宝贵意见。

编 者

2014年8月

目 录

1 绪论	1
1.1 现代建筑材料的定义与分类	1
1.2 现代建筑材料在工程中的地位和作用	2
1.3 建筑材料的现状和发展方向	3
1.4 建筑材料的标准化	4
1.5 本课程学习目的及要求	5
课后思考题	5
2 建筑材料的基本性质	6
2.1 材料的物理性质	6
2.2 材料的力学性质	15
2.3 材料的耐久性	19
2.4 材料的组成、结构、构造及其对材料性质的影响	21
【现代建筑材料知识拓展】 月球上的建筑材料	23
课后思考题	24
3 建筑钢材	26
3.1 钢材的冶炼与分类	26
3.2 建筑钢材的技术性质	28
3.3 钢材的组织和化学成分	33
3.4 钢材的冷加工强化、时效处理及热加工	35
3.5 建筑钢材的标准	37
3.6 常用建筑钢材	43
3.7 钢材的防锈与防火	56
【现代建筑材料知识拓展】 钢结构建筑的防火、防袭击	57
课后思考题	58
4 无机气硬性胶凝材料	60
4.1 石灰	60
4.2 石膏	65

4.3 其他气硬性胶凝材料	69
【现代建筑材料知识拓展】 菱苦土地面	71
课后思考题	72
5 水泥	73
5.1 通用硅酸盐水泥概述	73
5.2 硅酸盐水泥	80
5.3 掺混合材料的硅酸盐水泥	85
5.4 专用水泥和特性水泥	90
【现代建筑材料知识拓展】 新型无机胶凝材料——土聚水泥	96
课后思考题	97
6 混凝土	99
6.1 混凝土概述	99
6.2 普通混凝土的组成材料	101
6.3 普通混凝土的技术性质	118
6.4 混凝土质量控制与强度评定	128
6.5 普通混凝土的配合比设计	133
6.6 其他品种混凝土	146
【现代建筑材料知识拓展】 钢筋混凝土海水腐蚀与防治	149
课后思考题	149
7 建筑砂浆	152
7.1 砌筑砂浆	152
7.2 砂浆的分类与用途	159
【现代建筑材料知识拓展】 保温砂浆的现状	165
课后思考题	165
8 砌筑材料	166
8.1 砌墙砖	166
8.2 砌块	177
8.3 墙用板材	182
8.4 墙体保温和复合墙体	184
8.5 砌筑石材	186
【现代建筑材料知识拓展】 墙体材料革新与建筑节能	189
课后思考题	189
9 建筑防水材料	192
9.1 沥青	192
9.2 防水材料	197

【现代建筑材料知识拓展】 沥青路面的再生技术·····	207
课后思考题·····	208
10 合成高分子材料·····	210
10.1 建筑塑料·····	210
10.2 建筑涂料·····	216
10.3 胶粘剂·····	220
【现代建筑材料知识拓展】 既非玻璃亦非钢的玻璃钢·····	222
课后思考题·····	222
11 建筑装饰材料·····	223
11.1 木质装饰材料·····	223
11.2 建筑玻璃·····	231
11.3 建筑陶瓷·····	247
【现代建筑材料知识拓展】 室内装修污染·····	255
课后思考题·····	256
12 建筑功能材料·····	259
12.1 绝热材料·····	259
12.2 吸声与隔声材料·····	263
【现代建筑材料知识拓展】 吸声混凝土·····	267
课后思考题·····	268
13 现代建筑材料试验·····	269
13.1 普通混凝土配合比设计试验·····	269
13.2 泵送混凝土配合比设计试验·····	270
13.3 热拌沥青混合料目标配合比设计试验·····	271
参考文献·····	272

学习指导



本章共五节,本章的学习目标是:

- (1) 熟悉建筑材料的定义与分类,以及建筑材料技术标准的种类。
- (2) 了解建筑材料在工程中的地位与作用及建筑材料的发展趋势。
- (3) 明确课程目的和基本要求。

本章的难点是掌握建筑材料的发展以及分类的标准。建议结合历史发展来记忆建筑材料的分类与发展,对于本课程,一定要严格要求学习以达到学以致用目的。

1.1 现代建筑材料的定义与分类

1.1.1 建筑材料的定义

建筑材料是用于建筑工程中所有材料的总称。按材料所使用的不同工程部位,一般可分为建筑材料和建筑装饰装修材料。建筑材料是指用于建筑工程且构成建筑物组成部分的材料,是建筑工程的物质基础。而建筑装饰装修材料主要指用于装饰工程的材料。本书主要讨论应用于建筑工程的建筑材料。

1.1.2 建筑材料的分类

建筑材料的种类繁多,且性能和组分各异,用途不同,可按多种方法进行分类。通常有以下几种分类方法:

1) 按化学成分分类

按建筑材料的化学成分,可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类。见表 1-1。

表 1-1 建筑材料按化学成分分类

分 类			实 例
无机材料	金属材料	黑色金属	铁、钢及其合金等
		有色金属	铜、铝及其合金等

续表 1-1

分 类			实 例
无机材料	非金属材料	天然石材	砂、石及石材制品等
		烧土制品	烧结砖瓦、陶瓷制品等
		胶凝材料及制品	石灰、石膏及制品、水泥及混凝土制品、硅酸盐制品等
		玻璃	普通平板玻璃、装饰玻璃、特种玻璃等
		无机纤维材料	玻璃纤维、矿棉纤维、岩棉纤维等
有机材料	植物材料		木材、竹、植物纤维及制品等
	沥青类材料		石油沥青、煤沥青及制品等
	有机合成高分子材料		塑料、涂料等
复合材料	有机与无机非金属材料复合		聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料等
	金属与无机非金属材料复合		钢筋混凝土、钢纤维混凝土等
	金属与有机材料复合		PVC 钢板、有机涂层铝合金板等

2) 按使用功能分类

根据建筑材料在建筑工程中的部位和使用功能,可分为结构材料、围护材料和功能材料三大类。

(1) 结构材料 主要是指构成建筑物受力构件和结构所用的材料,如基础、梁、板、柱等所用的材料。这类材料的主要技术性能要求是强度和耐久性。目前所用的结构材料主要有砖、砌块、混凝土、钢筋混凝土、预应力钢筋混凝土及钢材等。

(2) 围护材料 围护材料是用于建筑物围护结构的材料,如墙体、门窗、屋面等部位使用的材料。围护材料不仅应具有一定的强度和耐久性,同时还要求具有保温隔热或防水、隔声等性能。常用的围护材料有砖、砌块、混凝土和各种墙板、屋面板等。

(3) 功能材料 功能材料主要是指满足各种功能要求所使用的材料,如防水材料、保温材料、吸声材料、隔声材料、采光材料、室内外装饰材料等。

1.2 现代建筑材料在工程中的地位和作用

(1) 建筑材料是建筑工程的物质基础。一方面,不论是高楼大厦,还是普通临时建筑,都是由各种散体建筑材料经缜密设计和复杂施工而建成;另一方面,建筑材料在建筑工程中体现出的巨量性,形成了建筑材料在生产、运输、使用等方面与其他材料的不同。因此,作为一名建筑工程技术人员,无论是从事设计、施工还是管理工作,均必须掌握建筑材料的基本性能。

(2) 建筑材料的发展赋予了建筑物以时代的特征和风格,中国古代的木结构宫廷建筑,西方古典石廊建筑,当代钢筋混凝土结构、钢结构超高层建筑,呈现出了鲜明的时代感。

(3) 新型建筑材料的诞生推动了建筑结构设计方法和施工工艺的变化,而新的建筑结构设计方法和施工工艺又对建筑材料品种和质量提出了更高和多样化的要求。

(4) 建筑材料的合理选用直接影响到建筑工程的造价和投资。建筑工程中,建筑材料的费用占土建工程总投资的60%左右,建筑材料的价格直接影响到建设投资。因此,对建筑材料特性的深入认识和了解,最大限度地发挥其效能,以达到经济效益最大化,具有非常重要的意义。

1.3 建筑材料的现状和发展方向

材料科学的发展标志着人类文明的进步。人类的历史也是按照生产工具所用材料的种类划分的,由史前的石器时代,经过青铜器时代、铁器时代,发展到今天的人工合成材料的时代,均标志着材料科学的进步。同样,建筑材料的发展也标志着建设事业的进步。高层建筑、大跨度结构、预应力结构、海洋工程等,无一不与建筑材料的发展紧密相连。

1.3.1 建筑材料的现状

从目前我国建筑材料的现状发展来看,普通水泥、普通钢材、普通混凝土、普通防水材料仍是最主要的组成部分。这是因为这些材料有比较成熟的生产工艺和应用技术;使用性能尚能满足目前的消费需求。虽然近年来建筑材料工业有了长足的进步与发展,但与发达国家相比,还存在着品种少、质量档次低、生产和使用消耗大及浪费严重等问题。

1.3.2 建筑材料的发展方向

社会发展对建筑材料的发展提出了更高的要求,可持续发展理念已逐渐深入到建筑材料中,具有节能、环保、绿色和健康等特点的建筑材料应运而生。建筑材料正向着追求功能多样性、全寿命周期经济性以及可循环再生利用性等方向发展。

1) 绿色健康建筑材料

绿色健康建材指的是具有对环境起到有益作用或对环境负荷很小的情况下,在使用过程中能满足舒适、健康功能的建筑材料。绿色健康材料首先要保证其在使用过程中是无害的,并在此基础上实现其净化及改善环境的功能。根据其作用,绿色健康材料可分为抗菌材料,净化空气材料,防噪音、防辐射材料和产生负离子材料。

2) 节能建筑材料

建筑物节能是各国建筑学、建筑技术、材料学和相应空调技术研究的重点和方向。目前我国已经制定出台了相应的建筑节能设计标准,并对建筑物的能耗作出了相应的规定。建筑物的能耗是由室内环境所要求的温度与室外环境温度的差异造成的,因此有效降低建筑物的能耗主要有两种途径:一是改善室内采暖、空调设备的能耗效率;二是增强建筑物围护结构

的保温隔热性能。从而使建筑节能材料广泛应用于建筑物的围护结构当中。

3) 具有全寿命周期经济性的建筑材料

建筑材料全寿命周期经济性是指建筑材料从生产加工、运输、施工、使用到回收全寿命过程的总体经济效益,以最低的经济成本达到预期的功能。自重轻材料、高性能材料以及地产材料是目前的发展趋势。

4) 具有可循环再生利用性的建筑材料

根据可持续发展要求,新型建筑材料的生产、使用及回收全过程都要考虑其对环境 and 资源的影响,实现材料的可循环再生利用。包括建筑废料及工业废料的利用,将成为建筑材料发展的重要方向。

1.4 建筑材料的标准化

产品标准化是现代工业发展的要求,是组织现代化大生产的重要手段,也是科学管理的重要组成部分。世界各国对材料的标准化都很重视,均制定了各自的标准。

与建筑材料生产、应用有关的标准包括产品标准和工程建设标准两类。产品标准是为了保证建筑材料产品的适用性,对该产品必须达到的某些或全部要求所制定的标准,这些标准一般包括产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收规则、标志、运输和储存等方面的内容。工程建设标准是对工程建设中的勘察、规划、设计、施工、安装、验收等需要协调统一的事项所制定的标准,其中结构设计规范、施工验收规范中包含与建筑材料的选用相关的内容。

我国建筑材料的技术标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。各级标准都有各自的代号,见表 1-2。

表 1-2 我国建筑材料各级技术标准代号

标准种类		代 号		表示方法(例)
1	国家标准	GB	国家强制性标准	由标准名称、部门代号、标准编号、颁布年份等组成。例如:国家强制性标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007);国家推荐性标准《建筑用卵石、碎石》、《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)
		GB/T	国家推荐性标准	
2	行业标准	JC	建材行业标准	
		JGJ	建设部行业标准	
		YB	冶金行业标准	
		JT	交通标准	
		SD	水电标准	
3	地方标准	DB	地方强制性标准	
		DB/T	地方推荐性标准	
4	企业标准	QB	企业标准指导本企业的生产	

建筑材料的技术标准,是产品质量的技术依据。对于生产企业,必须按标准生产合格的产品,同时,可促进企业改善管理,提高生产率,实现生产过程的合理化。对于使用部门,则应当按标准选用材料,可使设计和施工标准化,进而可加速施工进度,降低建筑造价。技术标准又是供需双方对产品质量进行验收的依据。

建筑材料的标准内容大致包括材料的质量要求和检验两大方面。由于有些标准的分工细,且相互渗透、联系,有时一种材料的检验要涉及多个标准和规范。

我国加入 WTO 后,采用和参考国际通用标准是加快我国建筑材料工业与国际接轨的重要措施,对促进建筑材料工业的科技进步、提高产品质量和标准化水平、扩大建筑材料的对外贸易具有重要作用。

常用的国际标准主要有:①美国材料与试验协会标准(ASTM),属于国际团体和公司标准;②联邦德国工业标准(DIN)、欧洲标准(EN),属于区域性国家标准;③日本工业标准(JIS),属于区域性国家标准;④英国标准(BS),属于区域性国家标准;⑤法国标准(NF),属于区域性国家标准;⑥国际标准化组织标准(ISO),属于国际性标准化组织的标准。

1.5 本课程学习目的及要求

建筑材料是土木工程类专业的专业基础课。它是以数学、力学、物理、化学等课程为基础,而又为学习建筑、结构、施工等后续专业课程提供建材基本知识,同时它还今后从事工程实践和科学研究打下必要的专业基础。

在学习中应结合现行的技术标准,以建筑材料的性能及合理使用为中心,掌握事物的本质及内在联系。例如在学习某一材料的性质时,不能只满足甲乙丙丁的知道该材料具有哪些性质、有哪些表象,重要的是应该知道形成这些性质的外部条件、内在原因及这些性能之间的相互联系。对于同一类属的不同品种材料,不但要学习它们的共性,更重要的是要学习了解它们各自的特性和具备这些特性的原因。例如,学习各种水泥时,不但要知道它们都能在水中硬化等共性,更要注意它们各自质的区别及其反映在性能上的差异。一切材料的性能都不是固定不变的,在使用过程中,甚至在运输和储存过程中,它们的性能都会在一定程度上产生或多或少的变化,为了保证工程的耐久性和控制材料性能的劣化问题,我们必须研究引起变化的外界条件和材料本身的内在原因,从而掌握变化的规律,这对延长建筑物的使用年限具有十分重要的意义。

实验课是本课程的重要教学环节,其任务是验证基本理论,学习试验方法,培养科学研究能力和严谨缜密的科学态度。做实验时要认真严肃,一丝不苟,即使对一些操作简单的实验,也不应例外。要了解实验条件对实验结果的严重影响,并对实验结果作出正确的分析与判断。

课后思考题

1. 建筑材料主要有哪些分类?
2. 建筑材料的发展方向如何?
3. 本课程学习的要点有哪些?

学习指导



本章共四节,本章的学习目的是:

- (1) 了解建筑材料的基本组成、结构和构造及其与材料基本性质的关系。
- (2) 熟练掌握建筑材料的基本力学性质。
- (3) 掌握建筑材料的基本物理性质。
- (4) 掌握建筑材料耐久性的基本概念。

本章的难点是材料的组成及其对材料性质的影响。建议通过学习了解材料科学的基本概念,理解材料的组成结构与性能的关系,及其在工程实践中的意义。

建筑物是由各种建筑材料建筑而成,这些材料在建筑物的各个部位要提供各种各样的作用,因此要求建筑材料必须具备相应的性质。如结构材料必须具备良好的力学性质;墙体材料应具备良好的保温隔热性能、隔声吸声性能;屋面材料应具备良好的抗渗防水性能;地面材料应具备良好的耐磨损性能等。一种建筑材料要具备哪些性质,要根据材料在建筑物中的功用和所处环境来决定。可见,建筑材料在使用过程中所体现的作用很复杂,而且它们之间又相互影响。对建筑材料的要求应当是严格的和多方面的,充分发挥建筑材料的正常服役性能,满足建筑结构的正常使用寿命。

一般而言,建筑材料的基本性质包括物理性质、化学性质、力学性质和耐久性,现分别讨论如下。

2.1 材料的物理性质

2.1.1 材料的密度、表观密度、体积密度、堆积密度

1) 密度

材料在绝对密实状态下,单位体积的质量称为密度。用公式表示如下:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2-1)$$

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 ——干燥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固体物质部分的体积,也称实体积。在自然界中,绝大多数固体材料内部都存在孔隙,因此固体材料的总体积(V_0)应由固体物质部分体积(V)和孔隙体积(V_p)两部分组成,材料内部的孔隙又根据是否与外界相连通分为开口孔隙(浸渍时能被液体填充,其体积用 V_k 表示)和封闭孔隙(与外界不相连通,其体积用 V_b 表示)。固体材料的体积构成见图 2-1。

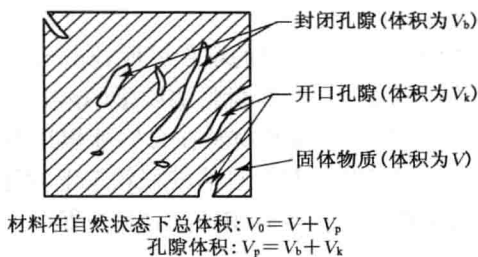


图 2-1 固体材料的体积构成

测定固体材料的密度时,须将材料磨成细粉(粒径小于 0.2 mm),经干燥后采用排开液体法测得固体物质部分体积。材料磨得越细,测得的密度值越精确。工程所使用的材料绝大部分是固体材料,但需要测定其密度的并不多。大多数材料,如拌制混凝土的砂、石等,一般直接采用排开液体的方法测定其体积——固体物质体积与封闭孔隙体积之和,此时测定的密度为材料的近似密度(又称为颗粒的视密度或表观密度)。

材料的表观密度,是材料在近似密度状态下单位体积的质量,可用 ρ_a 表示:

$$\rho_a = \frac{m}{V_a} \quad (2-2)$$

式中: ρ_a ——材料的表观密度(g/cm^3);

m ——材料在干燥状态下的质量(g);

V_a ——干燥材料在近似密实状态下的体积 ($V_a = V + V_b$) (cm^3)。

2) 体积密度

材料在自然状态下,单位体积的质量称为体积密度,俗称容重。用公式表示如下:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (2-3)$$

式中: ρ_0 ——材料的体积密度(kg/m^3);

m ——材料的质量(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材料的固体物质部分体积与材料内部所含全部孔隙体积之和,即 $V_0 = V + V_p$ 。对于外形规则的材料,其体积密度的测定只需测定其外形尺寸;对于外形不规则的材料,要采用排开液体法测定。在测定前,材料表面应用薄蜡密封,以防液体进入材料内部孔隙而影响测定值。

一定质量的材料,孔隙越多,则体积密度值越小;材料体积密度大小还与材料含水多少有关,含水越多,其值越大。通常所指的体积密度,是指干燥状态下的体积密度。

3) 堆积密度

散粒状(粉状、粒状、纤维状)材料在自然堆积状态下,单位体积的质量称为堆积密度。用

公式表示如下：

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

(2-4)

式中： ρ'_0 ——材料的堆积密度(kg/m³)；
 m ——散粒材料的质量(kg)；
 V'_0 ——散粒材料在自然堆积状态下的体积，又称堆积体积(m³)。

散粒状材料在自然堆积状态下的体积(V'_0)，是指含有孔隙在内的颗粒材料的总体积(V_0)与颗粒之间空隙体积(V'_k)之和。即：

$$V'_0 = V_0 + V'_k$$

(2-5)

式中： V'_0 ——堆积体积(m³)；
 V_0 ——材料在自然状态下的体积(m³)；
 V'_k ——颗粒之间空隙体积(m³)。

测定堆积密度时，采用一定容积的容器，将散粒状材料按规定方法装入容器中，测定材料质量，容器的容积即为材料的堆积体积。见图 2-2。

由于大多数材料或多或少含有一些孔隙，故一般材料的 $\rho > \rho_a > \rho_0 > \rho'_0$ 。

在建筑工程中，计算材料的用量、构件的自重、配料计算、确定材料堆放空间，以及材料运输时，需要用到材料的密度、表观密度、体积密度、堆积密度。常用建筑材料的密度、表观密度和堆积密度见表 2-1。

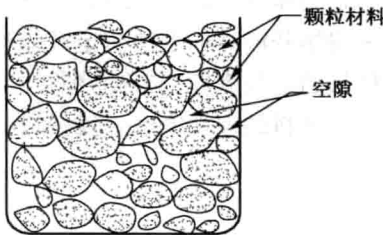


图 2-2 堆积体积示意图

表 2-1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度

材料名称	密度(kg/m ³)	表观密度(kg/m ³)	堆积密度(kg/m ³)
钢材	7 800~7 900	7 850	—
花岗岩	2 700~3 000	2 500~2 800	—
石灰石	2 400~2 600	1 600~2 400	—
砂	2 500~2 600	—	1 400~1 700
水泥	2 800~3 100	—	1 100~1 300
普通玻璃	2 500~2 600	2 500~2 600	—
普通混凝土	—	2 000~2 800	—
碎石或卵石	2 600~2 900	2 500~2 850	1 400~1 700
松木	1 550~1 600	400~800	—
发泡塑料		20~50	—

2.1.2 材料的孔隙率与密实度

1) 孔隙率

孔隙率是指材料内部孔隙体积占自然状态下总体积的百分率。用公式表示如下:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (2-6)$$

孔隙率一般是通过试验确定的材料密度和体积密度求得。

孔隙按构造可分为开口孔隙和封闭孔隙两种;按尺寸的大小又可分为微孔、细孔和大孔三种。材料孔隙率大小、孔隙特征对材料的许多性质会产生一定影响,如材料的孔隙率较小,且连通孔较少,则材料的吸水性较小,强度较高,抗冻性和抗渗性较好,导热性较差,保温隔热性较好。

2) 密实度

密实度是指材料内部固体物质的体积占总体积的百分率。反映材料体积内固体物质充实的程度。用公式表示如下:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (2-7)$$

材料的孔隙率与密实度的关系为:

$$P + D = 1 \quad (2-8)$$

材料的孔隙率与密实度是相互关联的性质,材料孔隙率的大小可直接反映材料的密实程度,孔隙率越大,则密实度越小。

2.1.3 材料的空隙率与填充率

1) 空隙率

空隙率是指散粒材料(如砂、石等)颗粒之间的空隙体积占材料堆积体积的百分率。用公式表示如下:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (2-9)$$

2) 填充率

填充率是指装在某一容器的散粒材料,其颗粒填充该容器的程度。用公式表示如下:

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (2-10)$$

散粒材料的空隙率与填充率的关系为:

$$P' + D' = 1 \quad (2-11)$$