



全国职业院校“十二五”土建类专业系列规划教材

总主编◎张齐欣

建筑 材料

主 编/张齐欣 赵慧颖

副主编/石 伟 朱 珺

JIANZHU CAILIAO



合肥工业大学出版社
HEBEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



全国职业院校“十二五”土建类专业系列规划教材

总主编◎张齐欣

建筑 材料

JIANZHU CAILIAO

主 编/张齐欣 赵慧颖

副主编/石 伟 朱 珺



合肥工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/张齐欣,赵慧颖主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2014. 8
ISBN 978-7-5650-1912-8

I. ①建… II. ①张…②赵… III. ①建筑材料 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 179104 号

建 筑 材 料

张齐欣 赵慧颖 主编

责任编辑 张择瑞

出 版	合肥工业大学出版社	版 次	2014 年 8 月第 1 版
地 址	合肥市屯溪路 193 号	印 次	2014 年 8 月第 1 次印刷
邮 编	230009	开 本	787 毫米×1092 毫米 1/16
电 话	综合图书编辑部:0551-62903204	印 张	10.25
	市 场 营 销 部:0551-62903198	字 数	231 千字
网 址	www.hfutpress.com.cn	印 刷	安徽江淮印务有限责任公司
E-mail	hfutpress@163.com	发 行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-1912-8

定价: 22.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

总 序

当前,职业教育正处在逐步规范、有序、快速发展时期,国家已经颁布高职院校专业标准,中职院校的专业标准也行将出台,各省紧随其后,专业教学标准和教学指导方案呼之欲出,课程标准也在逐步制订、修改和完善中。教材作为职业教育改革的重要工具,其教学地位也越来越引起职业院校的高度重视。

建筑业作为我国国民经济的支柱产业,建筑类职业人才培养问题显得尤为突出。作为一种劳动密集型产业,建筑业本身就存在人员流动大、技能和整体素质偏弱的结构性缺陷。随着计划经济向市场经济的转变,建筑类企业也热衷将更多的精力用于从事生产和经营,人才培养问题往往被边缘化,当发展到一定规模,缺乏技能操作型、高层次和复合型人才常常成为制约企业发展的瓶颈。美国管理大师德鲁克就认为:“所谓企业管理最终就是人力管理,人力管理就是企业管理的代名词。”可以说,从业人员素质的高低,直接影响到建筑产品质量的最终形成;支撑企业发展和壮大的核心,最终还是人才的力量。因此,在人才强企已成共识的背景下,职业能力的培养显得越来越重要。

近年来,全国建筑类职业院校积极探索教育教学改革,不断创新教育教学模式,采取“走出去、请进来”的办法,开展“工学结合、校企合作”,建立“双师素质”教师队伍,改革传统教学方法,广泛采用项目化教学、案例教学、多媒体教学、现场教学、仿真教学等手段,促进学生综合职业能力的提高,努力实现学生“零距离”上岗。

依据《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》、教育部和住建部《关于实施职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》等文件的有关要求,结合国家相关专业教学指导方案,我们组织国内长期从事土建类职业教育的专家、一线专业教师和建设行业从业人员编写了本套教材。系列教材采用“以就业为导向、以能力为本位、以提高综合素质为目的”的教育理念,按照“需求为主、够用为度、实用为先”的原则进行编写。

系列教材的主要特点是:(1)改革了传统的以知识传授为主的编写方式,结合工程实际,采用“教材内容模块化、教学方式项目化”,即以工程项目、工作任务、工作过程、职业岗位、职业范围、职业拓展为主线进行编写,突出“做中学、学中做、做中教”的职业特色,充分体现“以教师为引导、学生为主体”的原则,以实现三大目标:知识目标、能力目

标、素质目标。(2)教材的编写还注重结合现行专业标准、专业规范要求,内容上注重体现“新技术、新方法、新设备、新工艺、新材料”。(3)教材结构体系上注重实现“专业与产业、企业、岗位对接;课程内容与职业标准对接;教学过程与生产过程对接;学历证书与职业资格证书对接;职业教育与终身学习对接”的新教学理念,最终落脚点是促进学生的职业生涯发展,适应新经济环境下的职业教育发展大趋势。(4)本系列教材设计新颖、内容生动,由浅入深、循序渐进,采用图表结合的方式,直观明了、形象具体和贴近实际,易于教学和自学。

该套系列教材在理论体系、组织结构和表现形式方面均作了一些新的尝试,以满足不同学制、不同专业、各类建筑类培训和不同办学条件的教学需要。同时,该系列教材的出版,希望能为全国土建类职业院校的发展和教学质量的提高以及人才培养产生积极的作用,为我国经济建设和人才培养做出应有的贡献,也希望有关专家、学者以及广大读者多提宝贵意见和建议,使之不断完善和提高。

张齐欣

2014年7月

前 言

“建筑材料”是职业院校建筑工程专业的一门核心专业课程,随着职业教育教学改革的不深入,该课程教学从课程体系、教学内容、教学手段和教学模式等方面都有了新的变化,从2011年国家陆续创建一批国家级示范院校以来,其核心是引领职业教育教学改革方向,课程教学已从传统学科型课程模式,向以“工作岗位和工作过程”为导向的课程模式转变,根据工作过程和职业标准,按实用性、针对性、理论实践一体化原则来重新架构知识体系,突出理论与实践相结合,充分体现“做中学,做中教”的职业教育思想。

本书基于国家颁布的有关新规范、新标准进行编写,既侧重技能传授,又强化实践内容,本着教学中“教、学、做、考核”合一的教学理念,以建筑工程施工中常见的材料作为知识模块,以项目任务为载体,本着“实用”、“够用”的原则,明确学习目标,从建筑材料的基本性质出发,主要阐述了气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、墙体材料、建筑钢材、防水材料、建筑装饰材料及其他新型建筑材料的含义、基本性质、应用及检测方法,突出各类材料的性质与应用之间的联系,以实现“知识目标、能力目标和素质目标”,从而实现提高实践能力的目的。本教材可作为高职、中职院校土建类专业基础课教材,也可作为各类成人高校、社会培训机构岗位培训教材和工程人员自学用书。

本书由安徽建工技师学院、安徽建设学校张齐欣、赵慧颖担任主编,副主编为安徽建工技师学院、安徽建设学校石伟、朱珺,参编人员有:安徽建工技师学院、安徽建设学校陈陆龙、王玉平、欧晓佩,合肥建设学校周柏椿,淮南市职业教育中心蔡万好等老师。安徽建工技师学院、安徽建设学校张齐欣对全书进行了统稿和审核。本书在编写过程中参考了相关文献、资料,在此向相关作者表示感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不足之处,敬请广大读者批评指正。

编 者

2014年7月

目 录

总 序	(1)
前 言	(1)
模块一 绪 论	(1)
项目一 了解我国建筑材料及建材工业的发展	(1)
项目二 了解建筑材料在建筑工程中的地位	(2)
项目三 掌握建筑材料的分类	(2)
项目四 本课程的内容和任务	(3)
模块训练	(3)
模块二 建筑材料基本性质	(4)
项目一 掌握材料的物理性质	(4)
项目二 掌握材料的基本力学性质	(13)
项目三 熟悉材料的耐久性	(16)
模块训练	(17)
模块三 无机胶凝材料	(18)
项目一 掌握石灰的性能及应用	(19)
项目二 熟悉石膏的性能	(22)
项目三 了解水泥的生产、水化及硬化	(26)
项目四 掌握硅酸盐水泥的主要技术性质	(29)
项目五 熟悉其他品种硅酸盐水泥	(33)
项目六 掌握水泥的应用、验收与储运	(36)
项目七 了解其他品种水泥	(39)
项目八 掌握水泥相关试验	(40)
模块训练	(46)

模块四 混凝土	(48)
项目一 了解混凝土	(48)
项目二 掌握混凝土组成	(50)
项目三 掌握混凝土的主要技术性质	(57)
项目四 熟悉混凝土外加剂	(63)
项目五 掌握混凝土的配合比设计的方法	(65)
项目六 了解混凝土养护、质量检验和强度评定	(69)
项目七 了解其他品种混凝土	(72)
项目八 掌握混凝土的试验方法	(73)
模块训练	(79)
模块五 建筑砂浆	(81)
项目一 掌握砌筑砂浆的组成及技术性能	(81)
项目二 了解砌筑砂浆的配合比设计	(83)
项目三 熟悉其他品种砂浆	(86)
项目四 掌握建筑砂浆性能实验	(87)
模块训练	(91)
模块六 墙体材料	(93)
项目一 了解墙体材料	(93)
项目二 熟悉墙体材料的一般性能	(94)
项目三 掌握烧结普通砖的性能	(95)
项目四 掌握烧结多孔砖和烧结空心砖的有关性能	(97)
项目五 熟悉砌块的应用	(99)
项目六 了解轻质墙板的用途	(101)
项目七 掌握烧结普通砖抗压强度试验	(103)
模块训练	(105)
模块七 建筑钢材	(106)
项目一 了解钢材的生产和分类	(106)
项目二 掌握钢材的技术性质	(108)

项目三 了解钢材的化学成分对其性能的影响	(112)
项目四 了解建筑钢材技术标准和选用	(113)
项目五 熟悉钢筋混凝土结构用钢	(114)
项目六 掌握钢筋的现场验收	(117)
项目七 掌握钢筋性能试验	(117)
模块训练	(120)
模块八 防水材料	(121)
项目一 了解建筑沥青	(121)
项目二 熟悉防水卷材	(128)
项目三 熟悉防水涂料	(130)
项目四 了解密封材料	(130)
模块训练	(131)
模块九 其他建筑材料	(133)
项目一 了解绝热材料	(133)
项目二 了解吸声材料	(138)
项目三 熟悉建筑装饰材料	(140)
模块训练	(153)
参考文献	(154)

模块一 绪 论

模块概述

建材工业是国民经济的重要基础产业,在我国工业化、城镇化进程中发挥着重要作用。建筑材料是建筑业的重要物质基础。各种土木工程都是由材料构成的,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。材料的性能在很大程度上决定了建筑工程的使用功能,也是决定不同种类建筑工程性质的主要因素。正确选择和合理使用建筑材料,对整个建筑工程的安全、实用、美观、耐久及造价有着非常重要的意义。

知识目标

- ◆ 熟悉建筑材料的应用。
- ◆ 掌握建筑材料的定义,分类。
- ◆ 了解建筑材料的发展历史、现状及趋势。

技能目标

- ◆ 能够熟练掌握建筑材料的分类。

素质目标

- ◆ 开阔学生视野,培养学生对本门课程的兴趣。

课时建议

理论课时 2 课时

项目一 了解我国建筑材料及建材工业的发展

建筑材料的发展史,是人类文明史的一部分。随着社会生产力和科学技术的发展,建筑材料也在逐步发展中。人类从不懂使用材料到简单地使用土、石、树木等天然材料,进而掌握人造材料的制造方法,从烧制石灰、砖、瓦,发展到烧制水泥和大规模炼钢,建筑结构也从简单的砖木结构发展到钢和钢筋混凝土结构。材料的发展反过来又使社会生产力和科学技术得到了发展。20 世纪中期以后,建筑材料发展速度更加迅速。传统材料朝着轻质、高强、多功能方向发展,新材料不断出现,高分子合成材料及复合材料更是异军突起,越来越多地被应用于各种建筑工程上。就人类的可持续发展来说,将来的建筑工程材料应该向

再生化、利废化、节能化方向发展。为给人类提供有益健康的生活环境,还应大力发展绿色建材,同时大宗材料还应是低成本的。这是因为建筑工程对材料的消耗量极大,历史发展到今天,使得可利用的自然资源和能源已非常有限,由于以往生产建筑工程材料对自然资源的攫取,已使自然环境遭到了巨大的破坏,节约资源和能源对建筑业来说也是一项重要的历史责任。

项目二 了解建筑材料在建筑工程中的地位

建筑材料和建筑、结构、施工、预算等学科分支一样,是建筑工程学科的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。结构工程师只有在详细地了解建筑材料的性能后,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,在建筑工程中首先要考虑的是节约和合理地使用建筑材料。目前在我国的建筑工程中,建筑材料所占的投资比例高达70%以上,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,它涉及材料的选用、运输、储存及加工等方面。

随着社会的进步,人们对土木建筑工程的要求越来越高,这种要求的满足与建筑材料数量和质量之间,总是存在着相互依赖和相互矛盾的关系,建筑材料的生产和使用就是在不断解决这个矛盾的过程中逐渐向前发展的。而其他有关科学的日益进步则为建筑材料的发展提供了有利的条件。

建筑、材料、结构、施工四者是密切相关的。建筑材料的品种、性能和质量在很大程度上决定着建筑物的坚固、适用和美观,又在很大程度上影响着结构形式和施工速度。从根本上说,材料是基础,材料决定了建筑形式和施工方法。新材料的出现,可以促使建筑形式的变化、结构设计方法的改进和施工技术的革新。理想建筑中,应该是使所用的材料都能最大限度地发挥其效能并合理、经济地满足建筑功能上的各种要求。

项目三 掌握建筑材料的分类

建筑材料是指各类土木建筑工程(工业与民用建筑、水利、道路桥梁、港口等)中所用的材料及制品。建筑材料按化学成分可分为无机材料、有机材料、复合材料三类:

1. 无机材料

无机材料是指以无机物构成的材料,主要包括金属材料和非金属材料。其中金属材料包括黑色金属材料(钢、铁等及其合金)和有色金属材料(铜、铝等及其合金);非金属包括天然石材(砂、石及石材制品等)、胶凝材料(石灰、石膏、水玻璃、水泥等)、混凝土制品及硅酸盐制品(混凝土、砂浆及硅酸盐制品等)及烧土制品(砖、瓦、玻璃、陶瓷等)。

2. 有机材料

有机材料是指以有机物构成的材料,主要包括植物材料(木材、竹材等)、沥青材料(石油沥青、煤沥青、沥青制品等)及高分子材料(塑料、涂料、胶黏剂、合成橡胶等)。

3. 复合材料

复合材料是指无机-有机复合材料(纤维混凝土、玻璃钢、聚合物混凝土等),金属-非金属复合材料(钢纤维混凝土等)。复合材料能够使单一材料之间得以互补、发挥复合后材料的综合优势,成为当代建筑材料发展应用的主流。

项目四 本课程的内容和任务

材料科学是一门由基础科学相互渗透而形成的新学科。它主要研究材料的内部结构与材料性能的关系,并探索用外部因素来改变材料的性能。由于在研究中采用现代技术,使材料科学近年来取得较大进展。不久的将来,人类按指定性能设计和制造新材料的时期将会到来。

建筑材料是一门专业基础课。它除了为后续的建筑结构、建筑施工等专业课提供必要的基础知识外,也为在工程实际中解决建筑材料问题提供一定的基本理论知识和基本试验技能。

建筑材料主要学习建筑工程中常用建筑材料的原料、成分、生产过程、技术性能、质量检验、合理使用及运输储存。作为建筑工程技术人员,在工作中主要是使用材料,所以应着重掌握材料的技术性能、质量检验及合理使用。对材料的原料、生产及储运也要有所了解。

建筑材料是一门实践性较强的课程,在学习中除要掌握与材料有关的一些基本理论外,更应掌握如何在工程实际中正确使用各种材料,使工程达到既安全可靠、经久耐用,又经济合理的目的。

建筑材料试验是建筑材料学科的一个重要组成部分。通过试验除能验证学过的理论知识、丰富感性知识外,还能学习基本的试验技能,提高动手能力和分析问题、解决问题的能力。所以必须十分重视试验课,要切实做到人人动手、按章操作、仔细记录、准确计算、认真分析,并及时完成试验报告。另外,在今后的学习及工作实践中,在接触材料问题时,要善于运用已学过的知识来分析、解决问题,进一步巩固和深化对建筑材料的认识。

模块训练

1. 建筑材料如何分类? 每类各包括哪些建筑材料?
2. 建筑材料课程研究的主要内容是什么?

模块二 建筑材料基本性质

模块概述

建筑材料在建筑中处于不同部位,承受各种不同的作用。因此建筑材料的品种繁多,各品种的建筑材料性能各异。为了保证建筑物的耐久性,要求必须充分地了解和掌握各种材料的性质和特点,才可以在工程设计与施工中正确、合理地选择和使用建筑材料。建筑材料的性质是多方面的,但所有的建筑材料都具有共同的基本性质,即物理性质、力学性质、耐久性能等。本模块仅介绍建筑材料的共同性质。

知识目标

- ◆ 熟悉主要技术性质的物理意义、影响因素及对其他性质的影响。
- ◆ 掌握材料各种基本性质的概念、指标的计算。
- ◆ 了解材料的各性质在工程实践中的意义。

技能目标

- ◆ 能够根据已知建筑材料的基本性质,掌握孔隙率、密度等性质的测定,并判断对材料性能的影响。
- ◆ 理解绿色建材的含义和重要性。为更好地掌握各类建筑材料的性质和选用材料打下基础。

素质目标

- ◆ 培养学生的理解能力、思考能力、抽象思维能力。

课时建议

理论课时 4 课时
实践课时 4 课时

项目一 掌握材料的物理性质

一、材料的基本物理性质参数

自然界中的材料,由于其单位体积中所含孔隙形状及数量不同,因而其基本物理性质参数——单位体积的质量也有所差别。图 2-1 所示是材料体积的组成状态。

如图 2-1 所示,材料内部常含有两大孔隙:自身封闭孔隙及与外界连通的(开口)孔

隙。如果是堆积在容器中的散粒材料,颗粒间还存在着空隙。材料总体积由材料固体物质所占的体积 V_0 、孔隙体积 $V_p(V_b+V_k)$ 及空隙体积 V_s 所组成。材料在不同状态时,其单位体积的值是不同的,因而其单位体积的质量也不同。现分述如下:

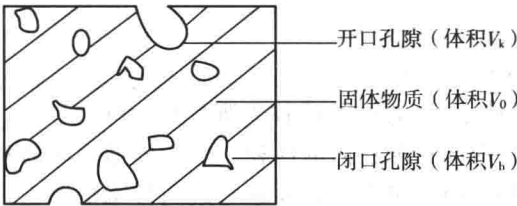


图 2-1 材料孔隙分类

1. 实际密度(简称密度)

实际密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。其计算公式为:

$$\rho = m/V \tag{2-1}$$

式中: ρ ——密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

绝对密实状态下的体积,是指不包括材料内部孔隙在内的固体物质体积。在常用建筑材料中,除了钢材、玻璃等极少数材料可认为不含孔隙外,绝大多数材料,如混凝土、砖等材料内部都存在孔隙。

为了测定多孔材料的绝对密实体积,通常把材料磨成细粉,以便去除其内部孔隙,干燥后用李氏瓶(也叫密度瓶,图 2-2)通过排开液体法测得其密实体积。材料磨得越细,细粉体积越接近其密实体积,所测得的密度值就越精确。



图 2-2 密度瓶

材料的密度与 4°C 纯水密度之比称为相对密度,是一个无纲的物理量。密度是材料的基本物理性质,与材料的其他性质存在着密切关系。

2. 表观密度

表观密度是指材料在自然状态(即包含材料内部封闭孔隙)下单位体积的质量。其计算公式为:

$$\rho' = m/V' \tag{2-2}$$

式中: ρ' ——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' ——材料在自然状态下不含开口孔隙的体积, cm^3 或 m^3 。

在测量某些较致密的不规则散粒材料(如卵石、砂等)的实际密度时,常直接用排水法或水中称重法测其绝对体积的近似值(因颗粒间内部的封闭孔隙体积没有排除)这时所求得的实际密度为近似密度(即表观密度,又称视密度)。

3. 体积密度

体积密度也称容重,是指材料在自然状态下单位体积的质量,其计算公式为:

$$\rho_0 = m/V_0 \tag{2-3}$$

式中: ρ_0 ——体积密度, g/cm³ 或 kg/m³;

m ——材料的质量, g 或 kg;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, 或称表观体积, cm³ 或 m³。

表观体积指包含材料内部孔隙在内的体积。对于外形规则的材料,其几何体积即为表观体积;对于外形不规则的材料,可将其表面蜡封后用排水法测定。

当材料含有水分时,其质量和体积都有所变化,故测定体积密度时,须注明含水情况。通常所说的体积密度是以烘干状态下的测定值为准。

4. 堆积密度

堆积密度是指散粒(粉状、粒状或纤维状)材料在自然堆积状态下单位体积(包含颗粒内部的孔隙及颗粒之间的空隙)的质量,其计算式为:

$$\rho'_0 = m/V'_0 \tag{2-4}$$

式中: ρ'_0 ——堆积密度, kg/m³;

m ——材料的质量, kg;

V'_0 ——材料的堆积体积, m³。

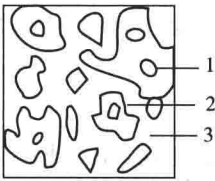


图 2-3 散粒材料的堆积体积示意图

1—颗粒固体中的封闭孔隙;

2—颗粒固体的体积;

3—颗粒间的空隙

材料的质量是指填充在一定的容器内的材料质量。材料的堆积体积包括颗粒体积和颗粒间空隙的体积。砂、石等散粒状材料的堆积体积,可通过在规定条件下用所填充容量筒的容积测得,材料在自然堆积状态下的堆积密度称为松散堆积密度,在振实、压实状态下的堆积密度称为密实堆积密度。除此之外,材料的含水程度也影响堆积密度,而通常指的堆积密度是在干燥状态下的。

在建筑工程中,计算材料的用量、构件自重、配料计算以及堆放空间时,常要用到材料的密度、体积密度和堆积密度等参数。这些参数基本概念的区别见表 2-1 所示。

表 2-1 密度、表观密度、体积密度、堆积密度的比较

项 目	实际密度	表观密度	体积密度	堆积密度
材料状态	绝对密实状态	近似绝对密实	自然状态	堆积状态
材料体积	V	v'	V_0	V'_0
计算公式	$\rho = m/V$	$\rho' = m/v'$	$\rho_0 = m/V_0$	$\rho'_0 = m/V'_0$
应 用	判断材料性质		材料用量计算	

几种常用建筑材料的密度、表观密度、体积密度和堆积密度如表 2-2 所示。

表 2-2 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

材 料	实际密度 (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	—	0.2~4
花岗岩	2.60~2.80	2500~2800	—	<1
普通混凝土	2.60	2200~2500	—	5~20
碎石	2.60~2.70	—	1400~1700	—
砂	2.60~2.70	—	1350~1650	—
普通混凝土	2.50	1000~1400	—	20~40
水泥	3.10	—	1000~1100(疏松)	—
木材	1.55	400~800	—	55~75
钢材	7.85	7850	—	0
铝合金	2.70	2750	—	0
泡沫塑料	1.04~1.07	20~50	—	—

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,也就是固体物质的体积占总体积的比例。以 D 表示。

密实度反映了材料的致密程度,其计算式为:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\frac{m}{\rho}}{\frac{m}{\rho_0}} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (2-5)$$

对于绝对密实材料,因 $\rho_0 = \rho$,故 $D = 100\%$,但大多数固体建筑材料因含有孔隙,故密实度均小于 1。材料的很多性能如强度、吸水性、耐久性、导热性等均与密实度有关。

2. 孔隙率

孔隙率是指材料体积内,孔隙体积占总体积的比例,以 P 表示,其计算式为:

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

密实度和孔隙率是从两个不同的侧面反映了材料的同一性质。对同一个材料,其密实度与孔隙率之和等于 1,即材料的总体积等于该材料固体物质体积与其所包含的孔隙体积之和。

孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。孔隙率越大,材料的密实程度越小。

建筑材料中的很多性质(如强度、吸湿性、抗冻性、吸声性等)均与孔隙率的大小密切相关,同时还与孔隙的构造特征有关。孔隙特征指孔隙的形状、孔隙的大小和分布状态。按

孔隙的形状将其分为开口孔隙和封闭孔隙,开口孔隙不仅彼此贯通且与外界相通,而封闭孔隙彼此不连通且与外界隔绝,如上图 2-1 所示;按孔隙的孔径大小将其分为粗孔和微孔。一般来说,孔隙越大,其危害越大。孔隙率较小,且连通孔较少的材料,其吸水性小、强度高,抗渗性和抗冻性较好。在工程中,经常通过控制材料的孔隙率和孔隙特征来改善材料的某些性能。

三、材料的填充率与空隙率

1. 填充率

填充率是指散粒材料在某容器的堆积体积中,被颗粒填充的程度,以 D' 表示,其计算式为:

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \tag{2-7}$$

2. 空隙率

空隙率是指散粒在某容器的堆积体积中,颗粒之间的空隙体积占总体积的比例,以 P 表示,其计算式为:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% = 1 - D' \tag{2-8}$$

填充率和空隙率从两个不同侧面反映了散粒材料颗粒间相互填充的疏密程度。空隙率可作为控制混凝土骨料级配与计算含水量砂率的依据。

材料的孔隙率与空隙率的区别如表 2-3 所示。

表 2-3 材料孔隙率与空隙率的区别

比较项目	孔隙率(%)	空隙率(%)
适用范围	个体材料	堆积材料
作用	可判断材料性质	可进行材料用量计算
计算公式	$P = \frac{(V_0 - V)}{V_0} = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\%$	$P' = \frac{(V'_0 - V_0)}{V'_0} = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\%$

四、材料与水有关的性质

1. 亲水性与憎水性

材料在空气中与水接触时,根据其是否能被水润湿,可将材料分为亲水性和憎水性两大类。

当材料在空气中与水接触时,在材料、水、空气三者交点处,沿水表面的切线与水和固体接触面所成的夹角 θ 称为润湿角,如图 2-4 所示。当润湿角 $\theta \leq 90^\circ$ 时[图 2-4(a)],材料分子间的相互作用力大于水分子间的作用力,材料表面就会被润湿,这种材料为亲水性材料;反之,当润湿角 $\theta > 90^\circ$ 时[图 2-4(b)],材料分子间的作用力小于水分子间的作用力,则该材料不能被水润湿,这种材料称为憎水性材料。 θ 愈小,则该材料能被水润湿的程度