

IANZHUYU
ZHUANGSHICAILIAO

建筑与装饰材料

夏文杰 余晖 曹智 主编



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

TU5
X214

建筑与装饰材料

主 编 夏文杰 余 晖 曹 智
副主编 李瑞英 王 勤 田 镇 訾世东
参 编 田春艳 王永利

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

内 容 提 要

本书主要内容包括建筑与装饰材料的基本性质,石材,建筑玻璃,建筑陶瓷,气硬性胶凝材料,水泥,混凝土,砂浆,墙体、屋面材料,金属材料,木材,合成高分子建筑材料,防水材料,绝热、吸声材料等。

本书可作为高等院校工程管理类专业教材使用,也可供建筑设计、建筑装饰工程施工管理人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑与装饰材料/夏文杰,余晖,曹智主编. —北京:北京理工大学出版社,
2009.6

ISBN 978-7-5640-2420-8

I. 建… II. ①夏…②余…③曹… III. ①建筑材料-高等学校-教材②建
筑装饰-装饰材料-高等学校-教材 IV. TU5 TU56

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 109559 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 / 北京通州京华印刷制版厂

开 本 / 787 毫米×960 毫米 1/16

印 张 / 15

字 数 / 315 千字

版 次 / 2009 年 6 月第 1 版 2009 年 6 月第 1 次印刷

责任校对 / 陈玉梅

定 价 / 29.00 元

责任印制 / 母长新

对本书内容有任何疑问及建议,请与本书编委会联系。邮箱:bitdayi@sina.com

图书出现印装质量问题,请与本社市场部联系,电话:(010)68944990

出版说明

建筑业作为我国国民经济发展的支柱产业之一，长期以来为国民经济的发展做出了突出的贡献。特别是进入 21 世纪以后，建筑业发生了巨大的变化，我国的建筑施工技术水平跻身于世界先进行列，在解决重大项目的科研攻关中得到了长足的发展，我国的建筑施工企业已成为发展经济、建设国家的一支重要的有生力量。

随着社会的发展，城市化进程的加快，建筑领域科技的进步，市场竞争将日趋激烈；此外，随着全球一体化进程的加快，我国建筑施工企业面对的不再是单一的国内市场，跨国、跨地区、跨产业的竞争模式逐渐成为一种新的竞争手段。因此，建筑行业对人才质量的要求也越来越高。

教材作为体现教学内容和教学方法的知识载体，是进行教学活动的基本工具，是深化教育教学改革、保障和提高教学质量的重要支柱和基础。教育部自 1998 年颁布新的《普通高等院校本科专业目录》以来，多次提出深化高等教育改革、提高人才培养质量的指导性意见和具体措施，各高校（院系）根据我国经济社会发展的新形势，紧密结合建设行业发展的实际，结合本校、本院系的实际，在实践中积极探索，在改革中不断创新，总结出了许多新经验。实践证明，加强施工理论与应用的研究对于提高施工技术的高科技含量，高质量、高效率地完成大型工程建设，促进高效的施工技术成果在建筑工程中的推广应用，实现施工技术现代化，并最终实现我国建筑业的现代化具有重要作用。

为适应高等学校专业调整后教学改革的需要，北京理工大学出版社邀请国内部分高等院校老师和具有丰富实践经验的工程师、技术人员组成编写组，组织编写并出版了本系列教材。该系列教材以“教育要面向现代化，面向世界，面向未来”为宗旨，考虑土建类专业教材“教”与“学”的要求，从土建工程施工管理工作对人才的要求出发，通过对职业岗位的调查分析和论证，紧紧围绕培养目标，较好地处理了基础课与专业课的关系、理论教学与实践教学的关系、统一要求与体现特色的关系，以及传授知识、培养能力与加强素质教育的关系等。

本系列教材特点如下：

一、作者队伍由教师、工程师组成，专业优势突出

本系列教材作者队伍均来自教学一线和工程实践一线，其一是具有丰富教学经验的教师，因此教材内容更加贴近教学实际需要，方便“老师的教”和“学生的学”，增强了教材的实用性；其二是建筑设计与建筑施工管理的工程师或建筑业专家，在编写内容上更加贴近工程实践需要，从而保证了学生所学到的知识就是工程建设岗位所需要的知识，真正做到“学以致用”。

二、教材理论够用，重在实践

本系列教材严格依据高等院校人才培养目标进行定位，以适应社会需求为目标，以培养技术能力为主线，在内容选择上充分考虑土建工程专业的深度和广度，以“必需、够用”为度，以“讲清概念、强化应用”为重点，深入浅出，注重实用。本系列教材除设置主干课程以外，还设置了以实践为主旨，配合主干课程学习的实践、实训指导，注重学生实践能力的培养。

三、教材体例设计独特，方便教学

本系列教材内容在体例设计上新颖独特，每章前面设置有【学习重点】和【培养目标】，对本章内容和教学要求作出了引导；每章后面设置有【本章小结】，对本章的重点内容进行了概括性总结。此外，每章后面还设置了【思考与练习】，供学生课后练习使用，构建了一个“引导—学习—总结—练习”的教学全过程。

四、教材内容新颖，表现形式灵活

本系列教材在编写过程中，突出一个“新”字，教材以现行国家标准、行业标准为依据，编入了各种新材料、新工艺、新技术；对理论性强的课程，采用图片、表格等形式加以表现，使枯燥无味的理论学习变得轻松易懂，在方便教学的同时激发学生的学习兴趣。

五、教材具有现代性，内容精简

本系列教材编写过程中，编委会特别要求教材不仅要具有原理性、基础性，还要具有现代性，纳入最新知识及发展趋势。对教学课程的设置力求少而精，并通过整合的方法有效地进行精减。这样做不只是为了精减学时，更主要的是可淡化细节，强化理论、注重实践，有助于传授知识与能力培养的协调和发展。

六、教材内容全面，适用面广

本系列教材的编写充分考虑了我国不同地域各高校的办学条件，旨在加强学生能力的培养，尤其是在实践能力的培养方面进行了慎重考虑和认真选择，同时也充分考虑了土建类专业特点；教材可供各高等学校、应用型本科院校、成人高等院校土木工程、建筑工程及其他相关专业学生使用，也可作为建筑工程施工及技术管理人员的参考用书。

教学改革是一个不断深化的过程，教材建设是高等院校教育改革的一项基础性工程，同时也是一个不断推陈出新的过程。要真正做到出精品教材，出特色教材，一方面需要编者的努力，另一方面也需要读者提出宝贵的意见和建议。我们深切希望本系列教材的出版能够推动我国高等院校土建类专业教学事业的发展，并对我国高等院校土建类专业教材的改革起到积极、有效的推动作用，为培养新世纪工程建设的高级人才做出贡献。

在本系列教材编写过程中，得到了不少高等院校教师的大力支持，受到了诸多工程建设一线工程师的指点和帮助，在此特向他们致以衷心的感谢！同时，对参与编写本系列教材和为本系列教材出版作出努力的全体人员表示感谢！

北京理工大学出版社

前 言

改革开放以来,随着我国国民经济的迅猛发展,人民物质与精神生活水平不断提高,建筑装饰不仅在饭店、宾馆、写字楼、商厦、高档住宅建设中得到了蓬勃发展,而且已深入到千家万户普通住宅的建设之中,建筑与装饰工程设计、施工产值占建筑总产值的比重越来越大,装饰装修作为一个新兴的独立行业正在迅猛发展。

建筑与装饰材料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。这就要求建筑与装饰材料的品种与性能更加完备,不仅要求其经久耐用,而且要求其具有轻质、高强、美观、保温、吸声、防水、防震、防火、节能等功能。只有了解和掌握建筑装饰材料的性能、特点,按照建筑物及使用环境条件合理选用材料,才能更好地发挥每一种材料的长处,做到物尽其用,从而更好地表达设计意图。建筑与装饰材料不仅用量大,而且有很强的经济性,它直接影响工程的总造价。恰当地选择和合理地使用建筑与装饰材料不仅能提高建筑物质量、延长其寿命,而且对降低工程造价有着重要的意义。

为积极推进高校课程改革和教材建设,满足高等教育改革与发展的需要,我们根据高等教育工程管理类专业的教学要求,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:

(1) 依据现行的建筑与装饰材料国家标准和行业标准,结合高等教育要求,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,体现教学组织的科学性和灵活性的原则;在编写过程中,注重理论性、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。

(2) 编写内容以突出建筑与装饰材料的性质与应用为主题,摒弃了一些过时的、应用面不广的建筑与装饰材料,采用图、表、文字三者相结合的编写形式,注重反映新型建筑与装饰材料的特点及优势,体现建筑与装饰材料工业发展的新趋势,渗透现代材料与工程的基本理论,能够扩大学生的知识面,引导学生了解新型材料的发展方向。

(3) 以“学习重点—培养目标—课程学习—本章小结—思考与练习”的形式,构建了一个“引导—学习—总结—练习”的教学全过程,给学生的学习和老师的教学作出了引导,并帮助学生从更深的层次思考、复习和巩固所学的知识。

(4) 在章节安排上,除第一章对建筑与装饰材料的基本性质进行介绍外,其他章均按照材料类别编写,结构清晰明了。内容包括石材、建筑玻璃、建筑陶瓷、气硬性胶凝材料、水

泥、混凝土、砂浆、墙体及屋面材料、金属材料、木材、合成高分子建筑材料、防水材料、绝热及吸声材料等。为提高学生对新材料的掌握能力，本教材比较注重基础理论和基本知识的介绍，有助于学生根据所学知识来分析和研究新材料的性能并对其加以合理运用。

本教材由夏文杰、余晖、曹智主编，李瑞英、王勤、田镇、訾世东副主编，田春艳、王永利参与编写，既可作为高等院校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，对他们表示衷心的感谢！

本教材的编写虽经反复推敲核证，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 建筑与装饰材料的基本性质	(5)
第一节 建筑材料的基本性质	(5)
第二节 装饰材料的要求及选用原则	(19)
第二章 石材	(22)
第一节 岩石基本知识	(22)
第二节 建筑装饰常用石材	(25)
第三节 人造石材	(29)
第三章 建筑玻璃	(32)
第一节 玻璃基本知识	(32)
第二节 平板玻璃	(35)
第三节 其他建筑装饰玻璃	(36)
第四章 建筑陶瓷	(40)
第一节 陶瓷基本知识	(40)
第二节 建筑装饰陶瓷制品及其应用	(42)
第五章 气硬性胶凝材料	(45)
第一节 石膏	(45)
第二节 石灰	(49)
第六章 水泥	(55)
第一节 通用硅酸盐水泥	(55)
第二节 专用水泥与特性水泥	(65)
第三节 白水泥与彩色水泥	(68)
第七章 混凝土	(72)
第一节 混凝土的分类和特点	(72)
第二节 普通混凝土的基本组成	(73)
第三节 混凝土的技术性能	(93)



第四节 普通混凝土配合比设计	(107)
第五节 其他品种的混凝土	(113)
第六节 装饰混凝土的种类和应用	(121)
第八章 砂浆	(125)
第一节 常用砂浆	(125)
第二节 其他砂浆	(130)
第九章 墙体、屋面材料	(136)
第一节 墙体材料	(136)
第二节 屋面材料	(143)
第十章 金属材料	(147)
第一节 建筑用钢材	(147)
第二节 建筑结构用钢材	(156)
第三节 建筑装饰用钢材及其制品	(162)
第四节 建筑用铝及铝合金制品	(169)
第五节 建筑用铜及铜合金制品	(170)
第十一章 木材	(180)
第一节 木材的分类、构造及性能	(180)
第二节 木装饰制品及其应用	(185)
第三节 木材的防腐	(187)
第十二章 合成高分子建筑材料	(190)
第一节 建筑塑料及其制品	(190)
第二节 建筑涂料	(198)
第三节 建筑胶黏剂	(207)
第十三章 防水材料	(211)
第一节 沥青材料	(211)
第二节 防水卷材	(218)
第十四章 绝热、吸声材料	(225)
第一节 绝热材料	(225)
第二节 吸声材料	(228)
参考文献	(232)

绪 论

一、建筑与装饰材料的作用及地位

(一) 建筑与装饰材料的作用

建筑材料是指组成建筑物或构筑物各部分实体的材料。任何建筑物都是用材料按一定的要求构筑而成的。建筑工程离不开材料，材料是构成建筑物的物质基础，也是建筑工程的质量基础。

建筑装饰材料是集工艺、造型设计、美学于一体的材料，是依据一定的方法对建筑物进行美的设计和美的包装的原材料。建筑装饰性的体现在很大程度上仍受到建筑装饰材料的制约，尤其受到材料的光泽、质地、质感、图案、花纹等装饰特性的影响。

建筑与装饰材料的性能质量直接影响着建筑物的安全性和耐久性。所以，建筑材料必须具有足够的强度以及与使用环境条件相适应的耐久性，才能使建筑物具有足够长的使用寿命，并尽量减少维修费用。

(二) 建筑与装饰材料在工程造价中的地位

建筑与装饰材料的费用在工程总造价中占有相当大的比例，一般工程的材料费用占总造价的50%~60%。所以在建筑过程中能恰当选择和合理使用建筑与装饰材料对降低工程造价和提高建筑物质量及寿命有着重要的意义。

二、建筑与装饰材料的分类和发展

(一) 建筑与装饰材料的分类

建筑与装饰材料的种类繁多，随着材料科学和材料工业不断的发展，各种类型的新型建筑与装饰材料不断涌现。为了便于应用和研究，可从不同角度进行分类，常见的有按使用功能（表0-1）和按成分分类（表0-2）两种分类方法。

表 0-1 建筑与装饰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
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、棉毛制品、泡沫塑料

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	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

表 0-2 建筑与装饰材料按成分分类

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	

(二) 建筑与装饰材料的发展

建筑与装饰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。随着社会生产力的发展, 人类对建筑物的规模、质量等方面的要求愈来愈高, 这种要求与建筑与装饰材料的数量、品种、质量等都有着相互依赖和相互矛盾的关系。建筑与装饰材料的生产与使用就是在不断地解决这个矛盾的过程中向前发展的。

早在 18~19 世纪, 我国的建筑与装饰材料就得到了迅速发展, 相继出现的钢材、水泥、混凝土以及钢筋混凝土成为主要的结构材料, 使建筑业的发展进入了一个新阶段, 朝着功能化、复合化、系列化、规范化的方面发展。工业的发展使一些具有特殊功能的材料, 如绝热



材料,吸声材料,耐热、耐腐蚀、抗渗透以及防辐射材料应运而生。

三、建筑与装饰材料的技术标准

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。

建筑与装饰材料的技术标准(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所需共同遵循的技术法规。

根据技术标准的发布单位与适用范围,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地区内或某企业内适用的标准。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的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内的技术标准,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	SY
建 材	JC	冶 金	YB
建设工程	JG	水 利	SL
交 通	JT	电 力	DL



编号表示标准的顺序号和颁布年代号,用阿拉伯数字表示;名称用汉字表示,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建筑材料工业接轨的重要措施,对促进建材工业科技的进步、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) 联邦德国工业标准(DIN)、欧洲标准(EN)等,属区域性国际标准。
- (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。

四、本课程的内容和学习方法

1. 本课程的内容

建筑与装饰材料是建筑工程类专业的一门重要专业基础课,它全面系统地介绍了建筑与装饰材料的性质与应用的基本知识,主要讨论了常用建筑与装饰材料如砖、石灰、石膏、水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、木材、防水材料、塑料、装饰材料、绝热材料及吸声材料等的原料与生产,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。从本课程的目的及任务出发,应掌握建筑与装饰材料的性质、应用及其技术要求的内容。

2. 本课程的学习方法

建筑与装饰材料的种类繁多,各类材料的知识既有联系又有很强的独立性。本课程还涉及化学、物理、应用等方面的基本知识,因此要掌握好理论学习和实践认识两者间的关系。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材料试验,从而高质量地完成本课程的学习。

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,才能应对材料科学的不断发展,并在实践中加以灵活正确的应用。

第一章 建筑与装饰材料的基本性质

学习重点

材料的物理性质，包括与质量有关的材料性质、与热有关的材料性质、与水有关的材料性质、材料的声学性能及光学性能。材料的力学性质，包括强度、强度等级和比强度，弹性和塑性，脆性和韧性，硬度和耐磨性。材料的耐久性，包括影响耐久性的因素、耐久性的测定。

培养目标

掌握材料与质量有关的性质、与热有关的性质及与水有关的性质及其表示方法；了解材料的力学性质及耐久性的基本概念。

建筑与装饰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。建筑与装饰材料所处的部位、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。建筑与装饰材料的性质归纳起来有物理性质、力学性质和耐久性、装饰性。

在建筑中，建筑与装饰材料要承受各种不同的作用，从而要求建筑与装饰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。根据建筑物各种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，对于长期暴露在空气中的材料，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的破坏作用。为了保证建筑物经久耐用，建筑设计人员必须掌握材料的基本性质，并能合理地选用材料。

第一节 建筑材料的基本性质

一、材料的基本物理性质

（一）与质量有关的材料性质

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。



1. 密度

根据材料所处状态的不同,材料的密度可分为密度、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/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,即材料体积内固体物质的实体积 (cm^3 或 m^3)。

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。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。材料的质量是指材料所含物质的多少,实际工程中常以重量的多少来衡量质量的大小。但质量与重量在概念上是有本质区别的。

(2) 表观密度(亦称体积密度)。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/m^3 或 g/cm^3);

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 (m^3 或 cm^3)。

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包括内部所有孔在内的体积,即自然状态下的外形体积(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,因此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时的密度称为表观密度;把只包括闭口孔在内时的密度称为视密度,用 ρ' 表示,即 $\rho' = m/V'$ 。视密度在计算砂、石在混凝土中的实际体积时有实用意义。

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。干燥材料的表观密度称为干表观密度。可见,材料的视密度除决定于材料的密度及构造状态外,还与含水的程度有关。

(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/m^3);

m ——材料的质量 (kg);

V'_0 ——材料的堆积体积 (m^3)。

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了材料颗粒内部的孔隙,也包括了颗粒间的空隙。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会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。

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。材料的堆积体积,常用材料填充容器的容积大小来测量。

2. 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 ——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:

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

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、球型孔隙等) 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。

与材料孔隙率相对应的另一个概念是材料的密实度。它反映了材料内部固体的含量,对材料性质的影响正好与孔隙率对材料性质的影响相反。

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,经常要用材料的密度、表观密度和堆积密度进行计算。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

3. 填充率与空隙率

对于松散颗粒状态的材料,如砂、石子等,可用填充率和空隙率表示互相填充的疏松致密程度。

(1) 填充率。填充率是指散粒状材料在堆积体积内被颗粒所填充的程度。填充率 D' 的计算公式为:

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 D' ——散粒状材料在堆积状态下的填充率(%)。

(2) 空隙率。空隙率是指散粒状材料在堆积体积内颗粒之间的空隙体积所占的百分率。空隙率 P' 的计算公式为:

$$\begin{aligned} P' &= \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) \times 100\% \\ &= \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% = (1 - D') \times 100\% \end{aligned} \quad (1-7)$$

式中 P' ——散粒状材料在堆积状态下的空隙率(%)。

空隙率考虑的是材料颗粒间的空隙,这对填充和黏结散粒材料、研究散粒状材料的空隙结构和计算胶结材料的需要量十分重要。