

建筑工程材料与检测

(第3版)

主编 曹世晖 汪文萍



中南大学出版社

高职高专教育建筑工程技术专业“十三五”规划教材
(基于专业技能培养)

建筑工程材料与检测

(第3版)

主 编 曹世晖 汪文萍
副主编 彭子茂 严 林
谭诗思 欧阳平



中南大学出版社
www.csupress.com.cn

内容简介

本书为高职高专建筑工程类专业“十三五”规划教材。全书分九个模块,内容包括:建筑材料的基本性质、气硬性无机胶凝材料、水泥、普通混凝土、建筑砂浆、墙体材料、建筑钢材、建筑功能材料、建筑装饰材料等。各模块均明确了教学目标和技能抽查要求,还附有单选题、多选题、填空题、判断题、简答题、案例分析题等多种题型的技能考核题。通过对本书的学习,读者可以根据工程实际正确选择、合理使用建筑工程材料,并能掌握建筑工程材料的检测方法,具备对进场材料进行取样、送检、质量验收等能力。

本书可作为高职高专建筑工程技术、建筑工程管理、建筑装饰工程、工程造价等专业教材,也可作为相关专业工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程材料与检测/曹世晖,汪文萍,赵学问主编. —3版
—长沙:中南大学出版社,2016.5
ISBN 978-7-5487-1882-6

I. 建... II. ①曹...②汪...③赵... III. 建筑材料—检测
IV. TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 183807 号

建筑工程材料与检测 (第3版)

曹世晖 汪文萍 赵学问 主编

□责任编辑 周兴武

□责任印制 易建国

□出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路 邮编:410083

发行科电话:0731-88876770 传真:0731-88710482

□印 装 长沙利君漾印刷厂

□开 本 787×1092 1/16 □印张 19 □字数 471 千字

□版 次 2016 年 8 月第 3 版 □2016 年 5 月第 1 次印刷

□书 号 ISBN 978-7-5487-1882-6

□定 价 42.00 元



高职高专建筑工程类专业“十三五”规划教材编审委员会

主 任

王运政 玉小冰 刘孟良 刘 霁 李建华
陈安生 陈翼翔 郑 伟 胡六星 谢建波

副主任

(以姓氏笔画为序)

王超洋 刘庆潭 刘锡军 杨晓珍 李玲萍 李悬亮
李精润 陈 晖 欧长贵 周一峰 项 林 胡云珍

委 员

(以姓氏笔画为序)

万小华	卢 滔	叶 姝	吕东风	朱再英	伍扬波
刘小聪	刘天林	刘心萍	刘可定	刘旭灵	刘剑勇
刘晓辉	许 博	阮晓玲	孙光远	孙 明	孙湘晖
杨 平	李为华	李 龙	李 冬	李亚贵	李进军
李丽君	李 奇	李 侃	李海霞	李清奇	李鸿雁
李 鲤	肖飞剑	肖恒升	肖 洋	何立志	何 珊
宋士法	宋国芳	张小军	陈贤清	陈淳慧	陈 翔
陈婷梅	易红霞	罗少卿	金红丽	周 伟	周良德
周 晖	赵亚敏	胡蓉蓉	徐龙辉	徐运明	徐猛勇
高建平	唐茂华	黄光明	黄郎宁	曹世晖	常爱萍
梁鸿颀	彭 飞	彭子茂	彭东黎	蒋买勇	蒋 荣
喻艳梅	曾维湘	曾福林	熊宇璟	魏丽梅	魏秀瑛

出版说明 INSTRUCTIONS

在新时期我国建筑业转型升级的大背景下，按照“对接产业、工学结合、提升质量，促进职业教育链深度融入产业链，有效服务区域经济发展”的职业教育发展思路，为全面推进高等职业院校建筑工程类专业教育教学改革，促进高端技术技能型人才的培养，我们通过充分调研和论证，在总结吸收国内优秀高职高专教材建设经验的基础上，组织编写和出版了本套基于专业技能培养的高职高专建筑工程类专业“十二五”规划教材。

近几年，我们率先在国内进行了省级高等职业院校学生专业技能抽查工作，试图采用技能抽查的方式规范专业教学，通过技能抽查标准构建学校教育与企业实际需求相衔接的平台，引导高职教育各相关专业的教学改革。随着此项工作的不断推进，作为课程内容载体的教材也必然要顺应教学改革的需要。本套教材以综合素质为基础，以能力为本位，强调基本技术与核心技能的培养，尽量做到理论与实践的零距离；充分体现了《关于职业院校学生专业技能抽查考试标准开发项目申报工作的通知》（湘教通〔2010〕238号）精神，工学结合，讲究科学性、创新性、应用性，力争将技能抽查“标准”和“题库”的相关内容有机地融入教材中来。本套教材以建筑业企业的职业岗位要求为依据，参照建筑施工企业用人标准，明确职业岗位对核心能力和一般专业能力的要求，重点培养学生的技术运用能力和岗位工作能力。

本套教材的突出特点表现在：一、把建筑工程类专业技能抽查的相关内容融入教材之中；二、把建筑业企业基层专业技术管理人员（八大员）岗位资格考试相关内容融入教材之中；三、将国家职业技能鉴定标准的目标要求融入教材之中。总之，我们期望通过这些行之有效的办法，达到教、学、做合一，使同学们在取得毕业证书的同时也能比较顺利地考取相应的职业资格证书和技能鉴定证书。

高职高专建筑工程类专业“十三五”规划教材

编 审 委 员 会

修订版前言 PREFACE

本书为高职高专教育建筑工程类专业“十三五”规划教材之一。“建筑工程材料与检测”是高职高专建筑工程类专业的一门重要的专业基础课。

本书以省级建筑工程技术专业技能抽查标准、建筑企业专业技术人员岗位资格考试大纲、各种建筑工程材料的性能标准、各种建筑工程材料的检测标准等为引领,将“技能抽查标准”、“技能抽查题库”、建筑企业岗位资格考试要求掌握的相关内容有机地融入教材,突出实用性和可操作性。

本书注重理论与实践相结合,文字表达力求浅显易懂,加大了实践环节的教学力度,重视职业岗位能力的培养。本书在编写过程中注重行业的技术发展动态和趋势,引用了国家(部)、行业颁布的最新规范和标准,力求反映最新的、最先进的技术和知识。本书分为九个模块,每个模块的知识框架都由材料的性能、材料的应用、材料的取样与验收、材料性能的检测等分项构成,符合学生的认知规律,增加了学习的整体性和完整性。每个模块都附有能力目标、知识目标、推荐学习的标准和规范、工程案例和模块小结,指导学生自主学习,还附有多种题型的技能考核题,引导学生带着工作任务学习,并用所学知识解决工程中的实际问题,培养学生分析问题、解决问题的能力。

本教材经过多年的使用和反复修订,内容上更具科学性、创新性和实用性;进一步细化了能力目标和知识目标;增加了推荐学习的标准和规范,让读者通过自主学习拓宽知识面;增加了一些材料使用和检测设备的图片,使读者更进一步加深对建筑工程材料的感性认识;重新修订的技能考核题更注重对必备技能、综合能力的考核。

本书由湖南城建职业技术学院曹世晖、湖南水利水电职业技术学院汪文萍、广东工程职业技术学院赵学问主编,全书由曹世晖统稿。绪论、模块一、模块二由湖南交通职业技术学院彭子茂编写,模块三、模块四由曹世晖编写,模块五、模块七由赵学问编写,模块六、模块九由湖南软件职业技术学院谭诗思编写,模块八由汪文萍编写。广州番禺职业技术学院欧阳平参与了教材提纲的制定和部分内容的编写。

由于编者的水平有限,本书存在的不足和疏漏之处在所难免,敬请各位读者批评指正。

本教材承蒙有关兄弟院校的老师提出许多宝贵意见,在编写过程中参考了大量文献资料,在此表示衷心的感谢。

编 者

2016年5月

目 录 CONTENTS

绪 论	(1)
0.1 建筑材料的定义和分类	(1)
0.2 建筑材料在建筑工程中的地位	(2)
0.3 建筑材料的发展状况和发展方向	(3)
0.4 建筑材料的技术标准	(3)
0.5 本课程的内容、任务和学习方法	(4)
模块小结	(5)
技能考核题	(5)
模块一 建筑材料的基本性质	(6)
1.1 材料的物理性质	(6)
1.2 材料的力学性质	(17)
1.3 材料的耐久性	(20)
1.4 建筑材料基本物理性质的检测	(22)
模块小结	(26)
技能考核题	(26)
模块二 气硬性无机胶凝材料	(28)
2.1 建筑石灰	(28)
2.2 建筑石膏	(32)
2.3 水玻璃	(35)
2.4 气硬胶凝材料性能的检测	(36)
模块小结	(38)
技能考核题	(38)
模块三 水 泥	(40)
3.1 硅酸盐水泥	(40)
3.2 掺混合材料的硅酸盐水泥	(48)
3.3 其他品种水泥	(55)
3.4 水泥的选用、验收、储存及保管	(59)
3.5 水泥性能的检测	(62)
模块小结	(75)

技能考核题	(76)
模块四 普通混凝土	(79)
4.1 概 述	(79)
4.2 普通混凝土的组成材料	(81)
4.3 混凝土拌合物的技术性质	(89)
4.4 硬化混凝土的技术性质	(94)
4.5 混凝土外加剂	(102)
4.6 普通混凝土的配合比设计	(108)
4.7 混凝土质量控制	(115)
4.8 其他品种混凝土	(118)
4.9 混凝土性能的检测	(129)
模块小结	(150)
技能考核题	(150)
模块五 建筑砂浆	(155)
5.1 砌筑砂浆	(155)
5.2 抹面砂浆	(161)
5.3 特种砂浆	(164)
5.4 砂浆性能的检测	(165)
模块小结	(170)
技能考核题	(171)
模块六 墙体材料	(173)
6.1 砌墙砖	(173)
6.2 建筑砌块	(184)
6.3 建筑墙板	(189)
6.4 墙体材料的验收与储运	(191)
6.5 砌墙砖性能的检测	(192)
模块小结	(195)
技能考核题	(196)
模块七 建筑钢材	(197)
7.1 概 述	(197)
7.2 建筑钢材的主要技术性能	(199)
7.3 建筑钢材的标准与选用	(206)
7.4 钢材的选用原则及锈蚀与防止	(218)
7.5 钢材的验收与储运	(219)
7.6 钢筋性能的检测	(220)

模块小结	(225)
技能考核题	(225)
模块八 建筑功能材料	(229)
8.1 建筑防水材料	(229)
8.2 建筑密封材料	(244)
8.3 绝热材料	(247)
8.4 吸声材料	(250)
8.5 隔声材料	(252)
8.6 建筑防水材料性能的检测	(253)
模块小结	(261)
技能考核题	(262)
模块九 建筑装饰材料	(263)
9.1 建筑装饰石材	(263)
9.2 建筑装饰陶瓷	(269)
9.3 建筑装饰木材	(271)
9.4 金属装饰材料	(280)
9.5 建筑塑料装饰制品	(282)
9.6 建筑装饰涂料	(285)
9.7 建筑玻璃	(287)
模块小结	(291)
技能考核题	(291)
参考文献	(292)

绪 论

【能力目标】

1. 能区分建筑材料各种技术标准。
2. 能辨别建筑材料的种类。

【知识目标】

1. 掌握建筑材料的定义与分类。
2. 熟悉建筑材料与建筑、结构、施工、预算的关系。
3. 了解建筑材料的现状和发展方向及其在国民经济中的地位。

0.1 建筑材料的定义与分类

0.1.1 定义

广义的建筑材料是指建造建筑物和构筑物的所有材料的总称,包括使用的各种原材料、半成品、成品等。如石灰石、黏土、铁矿石等。

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。如石灰、水泥、钢筋、玻璃等。

0.1.2 分类

由于建筑材料种类繁多,为了方便区分和应用,实际工程应用中常从不同角度对其进行分类。最常用的分类方法是按材料的化学成分及使用功能和用途来分。

1. 按照化学成分分类

(1) 无机材料。无机材料是指由无机物单独或者混合其他物质制成的材料,包括金属材料和非金属材料。

1) 金属材料:金属材料是指金属元素或者以金属元素为主构成的具有金属特征的材料,包括黑色金属材料(钢、铁、不锈钢等)和有色金属材料(铝、铜及其合金等)。

2) 非金属材料:非金属材料是指由非金属元素或者化合物构成的材料,包括天然石材、烧土制品、胶凝材料及制品、混凝土及硅酸盐制品等。天然石材包括砂、石及石材制品等;烧土制品包括黏土砖、瓦、陶瓷、玻璃等;混凝土及硅酸盐制品包括混凝土、砂浆、硅酸盐制品等。

(2) 有机材料。有机材料包括沥青材料、植物材料、合成高分子材料。

1) 沥青材料包括煤沥青、石油沥青及沥青制品等。

2) 植物材料包括木材、竹材、植物纤维等。

3) 合成高分子材料包括塑料、涂料、合成橡胶、胶粘剂等。

(3) 复合材料。复合材料包括有机与无机非金属复合材料、金属与无机非金属复合材料、金属与有机复合材料。

1) 有机与无机非金属复合材料包括聚合物混凝土、沥青混合料、玻璃纤维增强塑料等。

2) 金属与无机非金属复合材料包括钢筋混凝土、钢纤维混凝土等。

3) 金属与有机复合材料包括有机涂层铝合金板、PVC 钢板等。

2. 按照使用功能分类

(1) 建筑结构材料。建筑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，如板、梁、柱子、基础、框架和其他受力构件和结构等所用的材料。如石头、砖、水泥混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土等。

(2) 墙体材料。墙体材料主要指建筑物内、外及分隔墙体所用的材料，有承重和非承重两类。如烧结砖、粉煤灰砌块、混凝土及加气混凝土砌块、混凝土墙板、石板、金属板材等。

(3) 建筑功能材料。建筑功能材料主要指负担某些建筑功能的非承重用材料。如防水材料、绝热材料、吸声材料、采光材料、装饰材料等。

3. 按照用途分类

按照用途来分，建筑材料可以分为建筑结构材料、桥梁结构材料、水工结构材料、路面结构材料、墙体材料、装饰材料等。

0.2 建筑材料在建筑工程中的地位

在工程建设中，建筑材料的好坏，直接影响着整个建筑物质量等级、结构安全、外部造型和建成后的使用功能等。由于各种材料组成、结构和构造不同，价格也相差悬殊，在工业建筑、水利工程、港口工程、交通运输工程以及大量民用住宅工程中用量很大，所以，合理使用建筑材料，对建筑物的安全、实用、美观、耐久及造价有着重大意义。

(1) 正确合理使用建筑材料直接影响工程的造价和投资。目前，建筑材料市场发展较快，市场活跃，由于材料开采和加工方式不同，价格波动很大。一般建筑物，其材料费用占总投资的 50% ~ 60%。材料费用高，相应建筑工程造价就高。所以对于建筑工程而言，用质量好、功能多、档次高、性能优的材料，材料费用将占工程造价的比例更高。

(2) 合理选择与使用材料，决定着建筑物的使用功能。不同的工程项目与使用环境，对材料的自身性能要求也不同。这需要结合建筑物的设计要求与自身的特点，合理选择与使用材料，才能使结构的受力特性、环境条件、功能要求得到满足，才能最大限度地发挥材料的效能，也才能确保建筑物建成后的质量。

(3) 新型材料的发展带来了技术创新与变革。传统的建筑材料虽然在基础工程中广泛应用，但是已越来越不能满足快速发展的项目建设对高标准工程的要求。轻质、高强材料的发展，使高层建筑不断更新。随着绿色建筑材料的开发、利用，就有山水城市、绿色建筑、生态房屋的问世。

建筑技术要发展，建筑材料必须先行。建筑工程中新技术、新工艺、新方法的问世，往往依赖于建筑材料的更新。建筑施工新技术的推广，新材料的出现，也促进了建筑物形式的变化、设计方法的改进、施工技术的革新。大跨度预应力结构、悬索结构、空间网架结构、节

能型特色环保建筑的出现无疑都与新材料的产生密切相关。

0.3 建筑材料的发展状况和发展方向

建筑材料是随着人类社会生产力和科学技术水平的提高而逐步发展起来的。人类最早穴居巢处,随着社会生产力的发展,人类社会进入石器、铁器时代,开始挖土凿石为洞,伐木搭竹为棚,能利用天然材料建造非常简陋的房屋等建筑。到人类能够用黏土烧制砖、瓦,用岩石烧制石灰、石膏之后,建筑材料才由天然材料进入人工生产阶段,为较大规模建造建筑物创造了基本条件。18世纪至19世纪,资本主义兴起,促进了工商业及交通运输业的蓬勃发展,原有的建筑材料已不能适应形势的发展,在其他科学技术进步的推动下,建筑材料进入了一个新的发展阶段,钢材、水泥、混凝土及其他材料的相继问世,为现代建筑材料奠定了基础。进入20世纪后,社会生产力突飞猛进,以及材料科学与工程学的形成和发展,建筑材料不仅性能和质量不断改善,而且品种不断增加,以有机材料为主的化工建材异军突起;一些具有特殊功能的新型建筑材料,如绝热材料、吸声隔声材料、各种装饰材料、耐热防火材料、防水抗渗材料以及耐磨、耐腐蚀、防爆和防辐射材料等应运而生。

随着人类的进步和社会的发展,更有效地利用地球有限的资源,全面改善人类工作与生活环境及迅速扩大生存空间已势在必行,未来的建筑物必将向多功能化、智能化方向发展,以满足人类对建筑物愈来愈高的安全、舒适、美观、耐久的要求。建筑材料在原材料、生产工艺、性能及产品形式诸方面都将面临可持续发展和人类文明进步的挑战。

今后,国家将不断努力发展绿色建材,以此来改变建材工业长期以来高投入、高污染、低效益的粗放型生产方式,尤其是我国对建材的需求量很大,而对绿色建材的研究较晚,很多绿色建材还未在工程实际中得到很好的推广应用。因而,加快资源节约型、污染最低型、科技先导型的绿色建材的发展是我国21世纪建材工业的战略目标。

0.4 建筑材料的技术标准

目前我国绝大多数建筑材料都制定了产品的技术标准,这些标准一般包括原材料、产品规格、分类、技术要求、检验方法、评定规则、运输和储存等方面的内容。

建筑材料的技术标准是产品质量的技术依据。目前,我国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类。

1. 国家标准

国家标准在全国范围内适用,它由国务院标准化行政主管部门编制,由国家技术监督局审批并发布,是最高标准,具有指导性、权威性。如《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007),其中“GB”表示国家标准的代号,“175”为标准编号,“2007”为标准颁布的年代号,《通用硅酸盐水泥》为该标准的技术(产品)名称,上述标准为强制性国家标准,任何技术(产品)不得低于此标准。

2. 行业标准

行业标准在全国性的行业范围内适用。当没有国家标准,而又需要在全国某行业范围内统一技术要求时制定,由中央部委标准机构指定有关研究机构、院校或企业等起草或联合起

草，报主管部门审批，国家技术监督局备案后发布，当国家有相应标准颁布，该行业标准废止。

3. 地方标准

地方标准在某地区范围内适用。凡没有国家标准和行业标准时，可由相应地区根据生产厂家或企业的技术力量，以能保证产品质量的水平，制定有关标准。

4. 企业标准

企业标准只限于企业内部适用。在没有国家标准和行业标准时，企业为了控制生产质量而制定的技术标准，必须以保证材料质量，满足使用要求为目的。

各级标准都有各自的部门代号，如表 0-1 所示。各类标准均具有时间性，由于技术水平不断提高，标准也不断更新。随着我国加入 WTO，常常还涉及一些与工程材料密切相关的国际或者外国标准，其中主要有：国际标准，代号为 ISO；美国材料试验学会标准，代号为 ASTM；日本工业标准，代号为 JIS；德国工业标准，代号为 DIN；英国标准，代号为 BS；法国标准，代号为 NF 等。我国的各类标准正在实现与国际标准的接轨。

表 0-1 各级标准代号

标准种类		代号	
1	国家标准	GB	国家强制性标准
		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	交通行业标准
		SD	水电行业标准
	专业标准	ZB	国家级专业标准
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

0.5 本课程的内容、任务和学习方法

“建筑工程材料及检测”是建筑工程技术专业的一门专业基础课，它与物理学、化学、理论力学、材料力学以及工程地质等学科有着密切的联系。它的主要内容包括：建筑材料的基本概念；建筑材料的基本性质；常用材料如建筑胶凝材料(气硬性胶凝材料、水硬性胶凝材料等)、建筑结构材料(混凝土和砂浆、砖、建筑钢材等)、建筑功能材料(防水材料、绝热材料、装饰材料等) 的品种、规格、技术性能、质量标准、检测方法、选用及保管等。

本课程的任务是论述常用建筑材料和新型材料的组成、结构、技术性质及它们之间的关

系,论述材料的检验方法,利用试验评定其技术性质。通过本课程的学习,可以使學生掌握材料的性能及应用的基本理论知识,了解材料有关技术标准,掌握常用材料检测的方法;能正确选择材料,合理使用材料,准确地鉴定材料。

根据认知规律可将学习建筑材料课程的思路归结为“抓住一个中心和两条线索”。“一个中心”为材料的基本性质及检测标准、方法“两条线索”为影响材料性质的两个方面的因素,一个是内在因素,如材料的组成结构,一个是外在因素,如环境、温度、湿度等外界条件。教学方法上要“三注重”,即注重归纳对比、注重量度关系、注重理论实践结合。

模块小结

建筑工程材料最常用的分类方法是按材料的化学成分及使用功能和用途来分。合理使用建筑材料,对建筑物的安全、实用、美观、耐久及造价有着重大意义。建筑材料是随着人类社会生产力和科学技术水平的提高而逐步发展的。建筑工程材料的标准一般包括原材料、产品规格、分类、技术要求、检验方法、评定规则、运输和储存等方面的内容。学习建筑工程材料与检测课程的思路可归结为“抓住一个中心和两条线索”。

技能考核题

一、填空题

1. 建筑材料按化学成分可分为_____、_____和_____。
2. 我国的技术标准分为_____、_____、_____、_____等四类。
3. 按照使用功能分类,建筑材料可以分为_____、_____、_____。

二、名词解释

1. 无机材料
2. 复合材料
3. 强制性国家标准

模块一 建筑材料的基本性质

【能力目标】

- 1. 能从多个方面鉴别建筑材料性能。
- 2. 具有对建筑材料的密度、表观密度、吸水率等性能进行检测的能力。
- 3. 具有分析影响建筑材料性能的因素的能力。

【知识目标】

- 1. 掌握物理性质、力学性质、耐久性等基本性质的概念、表示方法及衡量指标。
- 2. 熟悉材料的基本性质的影响因素。
- 3. 了解材料的基本性质的分类。

建筑物是由各种建筑材料建筑而成的，材料在建筑物的各个部位起着不同的作用。换句话说，材料是构成建筑物的物质基础，直接关系建筑物的安全性、功能性、耐久性和经济性。我们通常所说的材料的基本性质包括以下几个方面。

物理性质：表示材料的物理状态特征及与各种物理过程有关的性质。

力学性质：表示材料在力学作用下，抵抗破坏和变形能力的性质。

耐久性：指材料在使用过程中能长久保持其原有性质的能力。

1.1 材料的物理性质

1.1.1 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质量，按下式计算

$$\rho = \frac{m}{V} \tag{1-1}$$

式中： ρ ——材料的密度， g/cm^3 ；
 m ——材料的绝对干燥质量， g ；
 V ——材料在绝对密实状态下的体积， cm^3 。

所谓绝对密实状态下的体积，是指不包括任何孔隙的体积，也称实体积。在自然界中，除了钢材、玻璃等少数材料外，绝大多数固体物质都含有一些孔隙，如砖、石材等块状材料。而这些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）和闭口孔隙（与外界不相连通）。如图 1-1 所示。

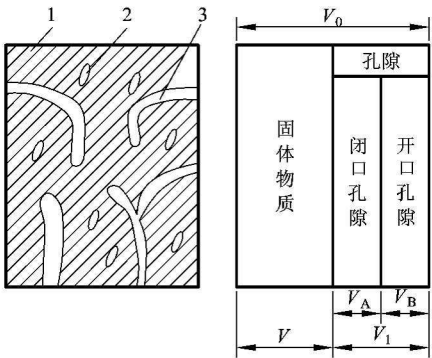


图 1-1 材料组成示意图

1—固定物质；2—闭口孔隙；3—开口孔隙

对于开口孔隙的材料,测定其密度时,须先把材料磨成细粉(粒径小于0.2 mm),经干燥至恒重后,用李氏瓶测定其体积,然后按式(1-1)计算得到密度值。材料磨得越细,测得的密度数值就越准确。对于闭口孔隙的材料,测定其密度时,直接以块状材料为试样,以排液置换法测量其体积,近似作为其绝对密实状态的体积,并按照上述公式进行计算,所求得的密度成为近似密度(ρ_a)。

2. 表观密度

表观密度指材料在自然状态下单位体积的质量。在实际工程应用中,通常按散状材料与块状材料来区分表观密度。

(1) 散状材料

散状材料的表观密度是单位体积(包括内封闭孔隙)的质量。对于散状材料,如砂、石子、水泥等,可直接以排液法求得的体积 V' 作为自然状态下的体积(因未经磨细,而直接排液测体积,故 V' 也可理解为绝对密实状态体积的近似值,按该体积计算出的表观密度也称为视密度),用下式表示

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

式中: ρ' ——材料的表观密度(或称视密度), g/cm^3 ;

m ——材料的绝对干燥质量, g ;

V' ——直接用排液法测得的材料体积,包括固体物质和闭口孔隙体积, cm^3 。

(2) 块状材料

块状材料的表观密度指材料在自然状态下单位体积(包括闭口孔隙和开口孔隙)的质量,按下式计算:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-3)$$

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 ——材料在自然状态下的体积,包括材料的固体物质体积和所含孔隙(开口及闭口)体积, cm^3 或 m^3 。

表观密度的大小与密度、孔隙率及孔隙的含水程度有关。材料孔隙越多,表观密度则越小;当材料内部孔隙含有水分时,其质量和体积均有所变化,表观密度一般变大。所以,材料的表观密度有气干状态下测得的值和绝对干燥状态下测得的值(干表观密度)。在进行材料试验时以干表观密度为准。

3. 堆积密度

堆积密度是指散粒状或粉状材料,在自然堆积状态下单位体积的质量,用下式表示:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-4)$$

式中: ρ'_0 ——材料的堆积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg ;

V'_0 ——材料的自然堆积体积,包括颗粒体积和颗粒之间空隙的体积(如图1-2), cm^3 或 m^3 。

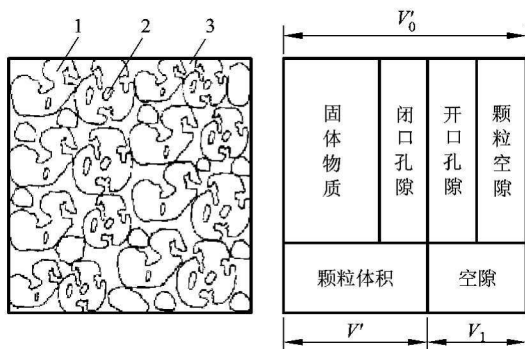


图 1-2 散粒材料堆积及体积示意图

1—固体物质；2—闭口孔隙；3—空隙

材料的堆积密度与材料的表观密度、颗粒形状、级配及测定时材料装填方式和疏密程度有关。疏松堆积方式测得的堆积密度值通常小于紧堆积时的测定值。所以计算材料的用量、构件的自重、配料计算以及确定材料的堆放空间时，常用松散堆积密度来确定。常用的土木工程材料的有关数据见表 1-1。

表 1-1 常用材料的密度、表观密度及堆积密度数据表

材 料	密度 $\rho / (\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	表观密度 $\rho_0 / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	堆积密度 $\rho'_0 / (\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$
石灰岩	2.60	1800 ~ 2600	—
花岗岩	2.60 ~ 2.90	2500 ~ 2900	—
碎石(石灰岩)	2.60	—	1400 ~ 1700
砂	2.60	—	1450 ~ 1650
普通黏土砖	2.50 ~ 2.80	1600 ~ 1800	—
空心黏土砖	2.50	1000 ~ 1400	—
水泥	3.10	—	1200 ~ 1300
普通混凝土	—	2100 ~ 2600	—
轻集料混凝土	—	800 ~ 1900	—
木材	1.55	400 ~ 800	—
钢材	7.85	7850	—
泡沫塑料	—	20 ~ 50	—
玻璃	2.55	—	—

4. 密实度和孔隙率

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，可用下式计算：