

高等职业教育建筑工程技术专业
“十二五”规划教材

建筑材料与检测

JIANZHU CAILIAO YU JIANCHE

◎ 闫宏生 赵中永
/主编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等职业教育建筑工程技术专业“十二五”规划教材

建筑材料与检测

闫宏生 赵中永 主 编
赵春生 主 审

中国铁道出版社

2012年·北京

内 容 简 介

本教材系高等职业教育建筑工程技术专业“十二五”规划教材。全书共分为8个项目,主要介绍材料的基本性质,胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、防水材料、墙体材料等常用建筑材料的技术要求、质量标准、技术性能检测方法和应用范围等方面的内容。在编写过程中,本教材力求体现职业技术教育的特色,同时注重专业技能的培养,采用现行的最新标准、规范及法定计量单位。

本教材可作为高职高专土建类建筑工程技术、铁道工程技术、桥梁与隧道技术等专业的教学用书,也可作为职业技能培训教材,或供从事土建类工程施工的技术人员和管理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料与检测/闫宏生,赵中永主编. —北京:

中国铁道出版社, 2012.6

高等职业教育建筑工程技术专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-113-14430-2

I. ①建… II. ①闫… ②赵… III. ①建筑材料—检测—高等教育—教材 IV. ①TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 049077 号

书 名: 建筑材料与检测

作 者: 闫宏生 赵中永 主编

策 划: 刘红梅

责任编辑: 刘红梅 电话: 010-51873133 电子信箱: mm2005td@126.com 读者热线: 400-668-0820

封面设计: 冯龙彬

责任校对: 焦桂荣

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址: <http://www.edusources.net>

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

版 次: 2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1 092mm 1/16 印张: 12 字数: 298 千

印 数: 1~3 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-14430-2

定 价: 24.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社读者服务部联系调换。

电 话: 市电 (010) 51873170, 路电 (021) 73170 (发行部)

打击盗版举报电话: 市电 (010) 63549504, 路电 (021) 73187



前言

本教材为高等职业教育建筑工程技术专业“十二五”规划教材。内容涵盖建筑材料的基本性质、胶凝材料、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、防水材料、墙体材料等常用建筑材料的组成、技术要求、质量标准、技术性能检测方法、材料储存及应用等方面的知识。通过学习,使学生能准确进行建筑材料质量检测、正确阅读建筑材料技术标准、合理选择与使用建筑材料。

本教材与传统教材相比,具有以下几方面特点。

1. 由原来传统知识体系的章节结构形式改为基于工作过程的项目、典型工作任务结构形式。教材中的项目来源于岗位工作任务分析确定的工作项目所设计的教学项目,教材中的模块(典型工作任务)来源于完成工作项目的工作过程。

2. 教材的内容不再依据相关学科的理论知识体系而来源于相应岗位的工作内容。本教材在编写过程中,以培养学生对建设工程中建筑材料质量检测为目标,力求体现职业技术教育的特色。教材内容依据完成岗位工作任务对知识和技能的要求选取,每个项目按照“材料的技术性能、技术标准→材料质量检测方法→材料选用”逻辑关系组织教材内容,注重学生技能训练、培养学生完成工作的能力。

3. 力图引进最新的研究成果,注重建筑材料技术标准、规范及法定计量单位的引入与更新,密切关注建筑材料领域的不断发展,强调对新材料、新技术和新知识的学习。

本教材由包头铁道职业技术学院闫宏生主编,天津铁道职业技术学院赵中永副主编,中国水电建设集团铁路建设有限公司赵春生高级工程师主审。参加编写工作的人员有:包头铁道职业技术学院闫宏生(绪论、项目3、项目4中典型工作任务1、2、4)、边新宽(项目1)、慕彩萍(项目2、项目4中典型工作任务3、5、6),天津铁道职业技术学院赵中永(项目5)、李霞(项目6),郑州铁路职业技术学院随灿(项目7、项目8)。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏或不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者
2012年3月



目录

绪 论	1
项目 1 材料的基本性质	6
典型工作任务 1 材料的物理性质	6
典型工作任务 2 材料的力学性质	15
典型工作任务 3 材料的耐久性	17
项目 2 气硬性胶凝材料	19
典型工作任务 1 石灰	19
典型工作任务 2 石膏	23
典型工作任务 3 水玻璃	26
项目 3 水泥性能检测	29
典型工作任务 1 通用硅酸盐水泥性能检测	30
典型工作任务 2 其他品种水泥检测	54
项目 4 混凝土性能检测	62
典型工作任务 1 混凝土的组成材料性能检测	63
典型工作任务 2 混凝土技术性能检测	75
典型工作任务 3 外加剂	89
典型工作任务 4 混凝土的配合比设计	94
典型工作任务 5 混凝土的质量控制	104
典型工作任务 6 其他混凝土	108
项目 5 建筑砂浆性能检测	118
典型工作任务 1 砌筑砂浆性能检测	118
典型工作任务 2 砌筑砂浆的配合比设计	126
典型工作任务 3 其他砂浆	129
项目 6 建筑钢材性能检测	136
典型工作任务 1 建筑钢材的性能检测	136
典型工作任务 2 常用建筑钢材的标准和选用	145
项目 7 防水材料性能检测	155
典型工作任务 1 石油沥青性能检测	155
典型工作任务 2 防水卷材技术性能检测	160
典型工作任务 3 防水涂料	164

项目 8 其他材料性能检测	168
典型工作任务 1 墙体材料性能检测	168
典型工作任务 2 装饰材料	175
典型工作任务 3 绝热材料	180
参考文献	185

绪 论



项目描述

通过本项目的学习,掌握建筑材料的定义、分类,了解建筑材料在建筑工程中的地位、作用和建筑材料的发展现状,明确本课程的任务和基本要求。



拟实现的教学目标

- 1. 能力目标
 - 能准确阅读建筑材料技术标准。
- 2. 知识目标
 - 了解建筑材料的分类与发展现状;
 - 掌握建筑材料检测技术与技术标准。
- 3. 素质目标
 - 具有良好的职业道德,勤奋学习,勇于进取;
 - 具有科学严谨的工作作风;
 - 具有较强的身体素质和良好的心理素质。

1. 建筑材料的分类

建筑材料是建筑工程中所用各种材料及其制品的总称,如黏土砖、岩石、石灰、水泥、砂浆、混凝土、钢材、防水卷材、建筑玻璃、涂料、工程塑料等。

建筑材料的种类繁多,分类方法多样,通常按照材料的化学成分、使用功能和来源的不同进行分类。

(1)按化学成分及组织结构不同划分

建筑材料可分为无机材料、有机材料和复合材料,如表 0.1 所示。

表 0.1 建筑材料按化学成分分类表

无机材料	金属材料	黑色金属:钢、铁 有色金属:铝及铝合金、铜及铜合金、金、银等
	非金属材料	石材:天然石材(大理石、花岗岩、石灰岩、页岩等)、人造石材 烧土制品:砖、瓦、陶器、瓷器等 无机胶凝材料及其制品:石灰、石膏、水玻璃、水泥 混凝土、砂浆及硅酸盐制品:高性能混凝土、砌筑砂浆、加气混凝土砌块等 玻璃及其制品:钢化玻璃、中空玻璃等

续上表

有机材料	植物材料	木材、竹材、植物纤维及其制品
	合成高分子材料	塑料、涂料、合成纤维、胶粘剂、合成橡胶等
	沥青材料	石油沥青制品、改性沥青及其制品
复合材料	金属材料与非金属材料	钢筋混凝土、钢丝网水泥、钢纤维混凝土等
	有机材料与无机非金属材料	聚合物混凝土、沥青混凝土、玻璃钢等
	其他复合材料	水泥石棉制品、人造大理石、人造花岗岩等

无机材料由小分子化合物构成,分子量较小,又可以分为金属材料和非金属材料。

有机材料由高分子化合物构成,主要化学成分为碳与氢,分子量较大。

复合材料是指由两种或两种以上不同性质的材料经过适当组合成为一体的材料。复合材料可以克服单一材料的不足之处,发挥其综合特性。通过适当的复合手段,可以根据工程所处环境、工程使用要求重新设计和生产材料,可以说,材料的复合化已经成为当今材料科学发展的趋势之一。

(2) 按在建筑物中的使用功能不同划分

建筑材料可分为结构材料、围护材料和功能材料。

结构材料是指构成建筑物受力构件和结构所用的材料,如梁、板、柱、基础等构件或结构使用的材料。结构材料应具有足够的强度和耐久性。常用的结构材料有钢材、砖、石材、混凝土、木材等。

围护材料是指用于建筑物围护结构的材料,如墙体、屋面等部位使用的材料。围护材料不仅要求具有一定的强度和耐久性,还要求具有良好的保温、隔热、隔音性能。常用的围护材料有砖、砌块、大型墙板、瓦等。

功能材料是指能够满足各种功能要求所使用的材料,如防水材料、装饰材料、保温隔热材料、吸声隔音材料等。

(3) 按来源不同划分

建筑材料可分为天然材料和人造材料。

2. 建筑材料在建筑工程中的地位和作用

建筑材料是建筑物与构筑物的物质基础,无论是高达 420.5 m 的上海金贸大厦,还是一幢六层混合结构建筑物,都是由各种建筑材料组合而成的,可以说,如果没有建筑材料作为物质基础,就不可能有形态各异、功能不同的建筑产品。

建筑材料的种类繁多,性能各异,然而建筑材料的品种、性能和质量,在很大程度上决定着建筑物是否坚固、耐久、经济和美观。在建筑工程实践中,从材料的选择、储运、检测到使用,任何环节的失误,必然会降低建筑工程质量,影响工程的使用效果和耐久性能,甚至会造成严重的工程事故。

我国的建筑工程中建筑材料所占的投资比例可达 50%~70%,因此在保证材料质量的前提下,降低材料费用,对降低工程造价,提高企业经济效益,将起到很大的积极作用。大量实践证明:正确选材、合理利用、科学管理、减少浪费是降低材料费用的有效途径。

3. 建筑材料的发展趋势

建筑材料随着人类社会生产力和科学技术水平的提高而逐步发展。在很早以前,人们就利用石块、木材、土等天然材料从事建筑活动。如始建于公元前 2700 年古埃及的金字塔、公元

前 7 世纪春秋时代的长城、公元 125 年古罗马建造的万神庙、公元 595~605 年修建的赵州桥,全部采用石块、砖、土为结构材料。随着社会的不断进步,人们对建筑工程的要求也越来越高,这种要求的满足与建筑材料的数量和质量之间,总是存在着相互依赖、相互矛盾的关系。建筑材料的生产和使用,就是在不断解决矛盾的过程中逐渐向前发展的。与此同时,其他相关科学技术的日益进步也为建筑材料的发展提供了有利条件。1824 年英国 J. Aspdin 发明了波特兰水泥(即硅酸盐水泥),混凝土随之问世,并首先大规模应用于泰晤士河隧道工程。19 世纪中叶人们掌握了工业化炼钢技术,将具有强度高、延性好、质量均匀的建筑钢材作为结构材料。钢结构的运用,使建筑物的跨度、高度由过去的几米、几十米增加到几百米。

20 世纪以来,随着科学技术的不断发展,各种高性能的新型材料不断涌现。20 世纪初人工合成高分子材料的问世,20 世纪 30 年代预应力混凝土的产生,21 世纪高性能混凝土(HPC)的广泛使用,为大跨度结构,特别是大跨度桥梁、水工、海港、道路、高层建筑等工程提供了较为理想的结构材料。与此同时,一些具有特殊功能,如保温绝热、吸声、耐磨、耐热、耐腐蚀、防辐射等的材料应运而生。随着人们对工作空间、生活环境和城市面貌的要求越来越高,各种环保型建筑材料也越来越受到人们的重视。

建筑材料产业不仅是推动建筑业发展的物质基础,也是国民经济的主要基础产业之一。为了适应我国经济建设和社会发展的需要,建筑材料正向高性能建筑材料和绿色材料的方向发展。

高性能建筑材料是指性能及质量更加优异,轻质、高强、多功能和更加耐久、更富有装饰效果的材料,是便于机械化施工和更有利于提高施工生产效率的材料。

绿色材料又称为生态材料、环保材料。它是采用清洁生产技术,不用或少用天然资源和能源,大量使用工农业或城市固态废弃物生产的无毒害、无污染、无放射性,在达到使用周期后可以回收利用、有利于环境保护和人们健康的建筑材料。

目前绿色材料主要种类如下:

- ①以相对较低的资源、能源消耗和环境污染为代价生产的高性能建筑材料,如采用现代先进工艺和生产技术生产的生态水泥。
- ②采用低能耗制造工艺生产的具有轻质、高强、保温、隔音等多功能的新型墙体材料。
- ③具有改善居室生态环境,有益于人体健康和具有功能化的材料,如具有抗菌、灭菌、调湿、消磁、防射线、抗静电、阻燃、隔热等功能的玻璃、陶瓷、涂料等。
- ④以工业废弃物为主要原料生产的各种材料制品。
- ⑤产品可以循环和回收再利用,无污染环境的废弃物。

绿色材料代表 21 世纪建筑材料的发展方向,是符合世界发展趋势和人类要求的建筑材料。在未来的建筑行业中绿色材料必然会占主导地位,成为今后建筑材料发展的必然趋势。

4. 建筑材料检测及其技术标准

建筑材料检测是根据现有技术标准、规范的要求,采用科学合理的技术手段和方法,对被检测建筑材料的技术参数进行检验和测定的过程。检测目的是判定所检测材料的各项性能是否符合质量等级的要求以及是否可以用于建筑工程中,是确保建筑工程质量的重要环节。

建筑材料检测主要包括见证取样、试件制作、送样、检测、填写检测报告等环节。

见证取样、试件制作、送样是在建设单位或工程监理单位人员的见证下,由施工单位的

现场试验人员对工程中涉及结构安全的试块、试件和材料进行现场取样,并送至经过省级以上建设行政主管部门对其资质认可和质量技术监督部门对其计量认证的质量检测单位进行检测。

检测、填写检测报告是由具有相应资质等级的质量检测机构进行检测。参与检测的人员必须持有相关的资质证书,不得修改检测原始数据。检测报告应包括委托单位、委托日期、报告日期、样品编号、工程名称、样品产地及名称、规格及代表数量、检测依据、检测项目、检测结果、结论等。

建筑材料技术标准是材料生产、质量检验、验收及材料应用等方面的技术准则和必须遵守的技术法规,包括产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收规则、标志、运输、储存及使用说明等内容,是供需双方对产品质量验收的依据。根据技术标准的发布单位与适用范围不同,我国建筑材料技术标准分为国家标准、行业(或部)标准、地方标准和企业标准四级。国家标准和行业(或部)标准是全国通用标准,是国家指令性技术文件,各级材料的生产、设计、施工等部门必须严格遵守执行,不得低于此标准。地方标准是地方主管部门发布的地方性技术文件。企业标准仅适用于本企业,凡是没有制定国家标准和行业标准的产品,均应制定企业标准。技术标准的表示方法由标准名称、部门代号、标准编号、批准年份四部分组成,如表 0.2 所示。

表 0.2 各级技术标准的代号和表示方法

技术标准种类		代号		表示方法
国家标准		GB	GB:国家强制性标准 GB/T:国家推荐性标准	由标准名称、部门代号、标准编号、批准年份四部分组成,如:《水泥胶砂强度检验方法(ISO 法)》(GB/T 17671—1999)、《建筑砂浆基本性能试验方法》(JGJ 70—1990)、《建筑生石灰》(JC/T 479—1992)、《铁路混凝土与砌体工程施工规范》(TB 10210—2001)
行业标准	建材局	JC	JC:建材行业强制性标准 JC/T:建材行业推荐性标准	
	(原)建设部	JGJ	JGJ:(原)建设部行业强制性标准 JGJ/T:原建设部行业推荐性标准	
	铁道部	TB	TB:铁道部行业强制性标准	
	(原)冶金部	YB	YB:(原)冶金部行业强制性标准	
地方标准		DB	DB:地方强制性标准 DB/T:地方推荐性标准	
企业标准		QB	QB:企业标准	

了解并熟悉建筑材料的技术标准,对掌握材料性能、合理选用材料是十分必要的。由于建筑材料的技术标准是根据一定时期的技术水平制订的,随着科学技术的发展与使用要求的提高,需要对建筑材料技术标准不断进行修订,因此要随时注意新修订标准的出现。

5. 本课程的任务及基本要求

本课程是建筑工程专业及其他相关专业的专业基础课。通过本课程的学习,学生应该获得有关建筑材料的基本知识与基本技能。本课程重点讲述建筑工程中常用建筑材料的技术性能和检测方法。在材料性质方面,要求掌握材料的组成、技术性质、特点,了解材料的化学成分、结构、外部环境等因素对材料性质的影响;在材料检测方面,要求熟悉常用建筑材料的技术标准及其质量检测方法,能够对所用材料品质做出准确判别,为今后学习专业课程提供有关建筑材料的基础知识,也为学生今后从事专业技术工作,在材料选用、材料验收、质量鉴定、储存

运输等方面,打下必要的基础,并获得材料检测的基本技能。

在学习过程中,应以掌握材料的技术性能、应用范围和质量检测方法为重点,同时兼顾了解材料的成分、组织结构、外部环境等因素对材料性能的影响,注意各项性能之间的有机联系。本课程是一门实践性很强的课程,通过建筑材料检测,加深和巩固理论知识,熟悉建筑材料的质量检测方法,掌握检测操作技能,对检测结果做出正确分析和结论。建筑材料的品种多样,在学习中还必须注意分析和比较同类材料不同品种的共性与特性,以便于在实际工作中能够根据工程要求和工程环境特点,合理选用建筑材料。



复习思考题

1. 建筑材料如何分类?
2. 何谓复合材料?
3. 何谓绿色材料?
4. 建筑材料的技术标准分为哪几类? 如何表示?

项目 1 材料的基本性质



项目描述

建筑材料的基本性质项目是其他项目的基础。本项目主要介绍材料的物理性质、力学性质和材料的耐久性。通过该项目的学习,要求掌握建筑材料的各项基本性质。



拟实现的教学目标

1. 能力目标

- 能正确使用试验仪器对材料各项基本技术性能指标进行检测;
- 能科学合理地选用建筑材料。

2. 知识目标

- 理解建筑材料性质的概念,掌握各计算式;
- 掌握材料组织结构对其性能的影响。

3. 素质目标

- 具有良好的职业道德,勤奋学习,勇于进取;
- 具有科学严谨的工作作风;
- 具有较强的身体素质和良好的心理素质。

建筑材料在各种建筑工程中起着不同的作用,有的主要承受荷载,有的起围护作用,有的则起保温隔热或表面装饰、防水防潮、防腐、防火等作用。材料在外力、阳光、大气、水分及各种介质作用下,会发生受力变形、热胀冷缩、干湿变形、冻融交替、化学侵蚀等现象,这些因素都会使材料产生不同程度的破坏。为了使建筑物和构筑物能够安全、适用、耐久而又经济,必须在工程设计和施工中充分了解和掌握各种材料的性质和特点,以便正确、合理地选择和使用材料,使其性能满足使用要求。

典型工作任务 1 材料的物理性质

材料的物理性质包括与材料质量有关的性质、材料与水有关的性质、材料与热有关的性质三个方面。

1.1.1 与材料质量有关的性质

1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积内物质的质量。材料的密度可按式计算

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

式中 ρ ——材料的密度, kg/m^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, kg ;

V ——干燥材料在绝对密实状态下的体积, m^3 。

材料在绝对密实状态下的体积,是指材料不包括孔隙体积在内的固体物质所占的体积。众多建筑材料中,除了钢材、玻璃等材料可近似地直接量取其密实体积外,其他绝大多数材料都含有一定的孔隙。在自然状态下,含孔块体的体积是由固体物质的体积(即绝对密实状态下的材料体积)和孔隙体积两部分组成的,如图 1.1 所示。在测定有孔隙的材料密度时,应把材料磨成细粉以排除其内部孔隙,经干燥至恒重后,再用李氏密度瓶法测定其密实体积。对于某些较为致密但形状不规则的散粒材料,在测定其密度时,可以不必磨成细粉,而直接用排水法测其密实体积的近似值(颗粒内部的封闭孔隙体积没有排除)。混凝土所用砂、石等散粒材料常按此法测定其密度。



图 1.1 颗粒孔隙的类型

2. 表观密度

表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质量。材料的表观密度可按下式计算

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1.2)$$

式中 m ——材料的质量, kg ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, m^3 ;

ρ_0 ——材料的表观密度, kg/m^3 。

材料在自然状态下的体积,是指包括孔隙体积在内的材料体积。孔隙有开口孔隙与闭口孔隙,如图 1.1 所示。外形规则材料的表观体积,可直接用尺度量后计算求得;外形不规则材料的表观体积,可将材料表面涂蜡后用排水法测定。当材料的孔隙中含有水分时,其质量(包括水的质量)和体积均会发生变化,影响材料的表观密度,故所测的表观密度必须注明其含水状态。通常材料的表观密度是指材料在气干状态(长期在空气中的干燥状态)下的表观密度。另外,在不同的含水状态下,还可测得材料的干表观密度、湿表观密度及饱和表观密度。在进行材料对比试验时,则以绝对干燥状态下测得的表观密度值为准。

3. 堆积密度

堆积密度是指散粒或粉状材料,在自然堆积状态下单位体积的质量。材料堆积密度可按下式计算

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1.3)$$

式中 ρ'_0 ——材料的堆积密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V'_0 ——材料的自然堆积体积, m^3 。

材料的自然堆积体积为颗粒的体积和颗粒之间空隙体积之和, 如图 1.2 所示。

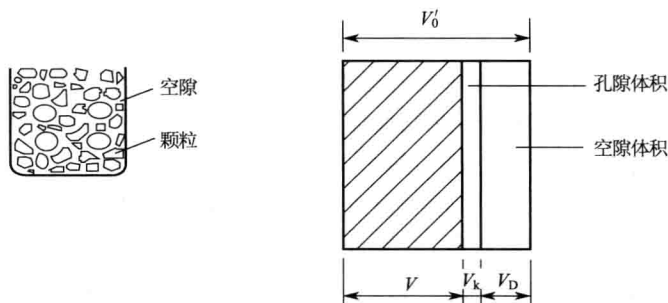


图 1.2 散粒材料堆积体积示意图

材料的堆积密度主要取决于材料内部组织结构以及测定时材料装填方式。松堆积方式测得的堆积密度值要明显小于紧堆积时的测定值。工程中通常采用松散堆积密度, 确定颗粒状材料的堆积空间。

在建筑工程中, 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。

4. 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, 即材料的密实体积与表观体积之比。密实度 D 可按式计算

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% \quad (1.4)$$

式中 D ——材料的密实度;

V ——材料在绝对密实状态下的体积, m^3 ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, m^3 。

密实度也可根据材料的密度与表观密度计算。

$$\text{因为} \quad \rho = \frac{m}{V}; \rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

$$\text{所以} \quad D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\frac{m}{\rho}}{\frac{m}{\rho_0}} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1.5)$$

式中 ρ ——材料的密度, kg/m^3 ;

ρ_0 ——材料的表观密度, kg/m^3 。

例如, 烧结多孔砖 $\rho_0 = 1\,640 \text{ kg}/\text{m}^3$; $\rho = 2\,500 \text{ kg}/\text{m}^3$, 其密实度为

$$D = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% = \frac{1\,640}{2\,500} \times 100\% = 66\%$$

材料的 ρ_0 与 ρ 越接近, 即 ρ_0/ρ 越接近于 1, 材料越密实。

(2) 孔隙率

孔隙率是指材料中孔隙体积占材料总体积的百分数。孔隙率可按式计算

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% = 1 - D \quad (1.6)$$

例如,按上例计算烧结多孔砖的孔隙率: $P = 1 - D = 1 - 0.66 = 0.34$, 即 34%。

密实度和孔隙率的大小,从不同角度反映了材料内部的致密程度。密实度和孔隙率的关系为: $P + D = 1$ 。常用材料的一些基本物性参数如表 1.1 所示。材料密实度和孔隙率的大小取决于材料的组成、结构以及制造工艺。材料的许多性质如强度、吸水性、抗渗性、抗冻性、导热性、吸声性等不仅与材料的孔隙率大小有关,还与孔隙形状、分布等构造特征密切相关。

随着材料孔隙率的增大,则材料体积密度减小;材料受力的有效面积减少,强度降低;由于密度的减小,材料的导热系数和热容量随之减小;透气性、透水性、吸水性变大。一般来说,多孔材料对气体及水的扩散、透过较为容易。

孔隙的构造特征,主要是指孔隙的形状、大小和分布。材料内部孔隙有开口与闭口之分,开口孔隙不仅彼此连通且与外界相通,闭口孔隙不仅彼此互不连通,且与外界隔绝。孔隙本身有粗细之分,粗大孔隙虽易吸水,但不易保持。细微孔隙吸入的水分不易流动,而闭口孔隙水分及其他介质不易侵入。因此,孔隙率又分为开口孔隙率和闭口孔隙率。

① 开口孔隙率:是指常温下能被水所饱和的孔隙体积与材料表观体积之比的百分数,可按下式计算

$$P_k = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \times \frac{1}{\rho_{H_2O}} \times 100\% \quad (1.7)$$

式中 P_k ——材料的开口孔隙率, %;

m_1 ——干燥状态下材料的质量, g;

m_2 ——吸水饱和状态下材料的质量, g;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, m^3 ;

ρ_{H_2O} ——水的密度, g/cm^3 。

② 闭口孔隙率:是指总孔隙率与开口孔隙率之差,即 $P_B = P - P_k$ 。

开口孔隙能提高材料的吸水性、透水性,降低抗冻性;内部闭口孔隙的增多可以提高材料的保温隔热性能、抗渗性、抗冻性及耐久性。

5. 空隙率与填充率

(1) 空隙率

空隙率是指散粒或粉状材料颗粒之间的空隙体积占其自然堆积体积的百分率。材料空隙率可按式计算

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1.8)$$

式中 P' ——材料的空隙率;

V'_0 ——材料的自然堆积体积, m^3 ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, m^3 ;

ρ'_0 ——材料的堆积密度, kg/m^3 ;

ρ_0 ——材料的表观密度, kg/m^3 。

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒互相填充的紧密程度。空隙率可作为控制混凝土骨料级配与计算含砂率的依据。常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率见表 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	1 800~2 600	—	—
花岗岩	2.60~2.90	2 500~2 800	—	0.5~3.0
碎石(石灰石)	2.60	—	1 400~1 700	—
砂	2.60	—	1 450~1 650	—
黏 土	2.60	—	1 600~1 800	—
普通黏土砖	2.50~2.80	1 600~1 800	—	20~40
黏土空心砖	2.50	1 000~1 400	—	—
水 泥	3.10	—	1 200~1 300	—
普通混凝土	—	2 000~2 800	—	5~20
轻骨料混凝土	—	800~1 900	—	—
木 材	1.55	400~800	—	55~75
钢 材	7.85	7 850	—	0
泡沫塑料	—	20~50	—	—
玻 璃	2.55	—	—	—

(2) 填充率

填充率是指散粒或粉状材料颗粒体积占其自然堆积体积的百分率。材料填充率可按式计算

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (1.9)$$

式中 D' ——材料的填充率, %;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, m³;

V'_0 ——材料的自然堆积体积, cm³ 或 m³;

ρ'_0 ——材料的堆积密度, kg/m³;

ρ_0 ——材料的表观密度, kg/m³。

材料空隙率与填充率的关系为 $P' + D' = 1$ 。

1.1.2 材料与水有关的性质

1. 材料的亲水性与憎水性

与水接触时,有些材料能被水润湿,而有些材料则不能被水润湿,对这两种现象来说,前者为亲水性,后者为憎水性。材料具有亲水性或憎水性的根本原因在于材料分子之间作用力大小。材料与水分子之间的分子亲和力大于水分子本身之间的内聚力时,材料能够被水润湿,使材料具有亲水性;反之,材料与水分子之间的亲和力小于水分子本身之间的内聚力时,材料不能够被水润湿,使材料具有憎水性。

材料的亲水性或憎水性,通常以润湿角的大小划分。润湿角为过材料、水和空气的交汇点处,沿水滴表面的切线 γ_L 与水 and 固体接触面 γ_{SL} 所成的夹角。润湿角 θ 愈小,表明材料愈被水润湿。当润湿角 $\theta \leq 90^\circ$ 时,为亲水性材料;当润湿角 $\theta > 90^\circ$ 时,为憎水性材料。水在亲水性材料表面可以铺展开,且能通过毛细管作用自动将水吸入材料内部;水在憎水性材料表面不仅不

能铺展开,而且水分不能渗入材料的毛细管中,如图 1.3 所示。

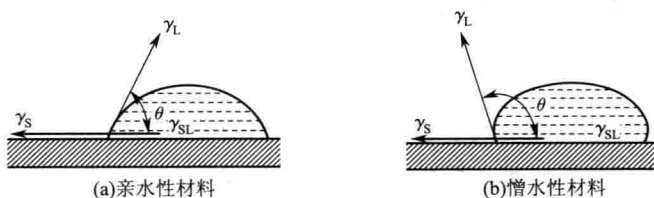


图 1.3 材料润湿示意图

大多数建筑材料,如石料、砖、混凝土、木材等都属于亲水性材料,表面都能被水润湿。沥青、石蜡等属于憎水性材料,表面不能被水润湿。该类材料一般能阻止水分渗入毛细管中,因而能降低材料的吸水性。憎水性材料不仅可用作防水材料,而且还可用于亲水性材料的表面处理,以降低其吸水性。

2. 吸水性

材料在水中吸收水分的性质称为吸水性。吸水性的常以吸水率表示。

(1) 质量吸水率

质量吸水率是指材料吸水饱和时,所吸收水的质量占材料干燥质量的百分率。可按下式计算

$$W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1.10)$$

式中 W_m ——材料的质量吸水率, %;

m_1 ——材料在干燥状态下的质量, g;

m_2 ——材料吸水饱和时质量, g。

(2) 体积吸水率

体积吸水率是指材料吸水饱和时,所吸收水分体积占材料干燥体积的百分率。可按下式计算

$$W_v = \frac{V_w}{V_0} \times 100\% = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \times \frac{1}{\rho_{H_2O}} \times 100\% \quad (1.11)$$

式中 W_v ——材料的体积吸水率;

V_w ——材料吸水饱和时所吸收水分体积, cm^3 ;

V_0 ——干燥材料在自然状态下的体积, cm^3 ;

ρ_{H_2O} ——水的密度, 常温下取 1 g/cm^3 。

材料的体积吸水率与质量吸水率之间的关系为

$$W_v = W_m \times \rho_0 \quad (1.12)$$

式中 ρ_0 ——材料在干燥状态下的表观密度, g/cm^3 。

材料吸水率的大小不仅取决于材料本身是亲水的还是憎水的,而且与材料孔隙率的大小、孔隙特征密切相关。一般孔隙率愈大,吸水率也愈大;孔隙率相同的情况下,具有细小连通型孔隙的材料比具有较多粗大开口型孔隙的材料吸水性强。

吸水率增大对材料的性质有一定影响,如表观密度增加,体积膨胀,导热性增大,强度及抗冻性下降等。

在材料的孔隙中,不是所有孔隙都能够被水所填充。如封闭的孔隙水分不易渗入;而粗大的孔隙,水分又不易存留,故材料的体积吸水率常小于孔隙率。这类材料常用质量吸水率表示