

高等职业教育“十二五”精品规划教材

# 建筑材料

JIANZHU CAILIAO

李丽霞 张瑞红/主编

# 高等职业教育“十二五”精品规划教材

## 建筑材料

李丽霞 张瑞红 主编  
王桂芬 闫洪涛 梁会忠 副主编  
田炳忠 主审  
武丽华 宋延超 参编

出版人 崔  
地址 天津  
电话 022-59593000  
网址 www.tjup.com.cn  
邮编 300072  
本 182mm×260mm  
开 16  
印 200千  
次 2013年9月第1版  
次 2013年9月第1版  
价 34.00元



天津大学出版社  
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

## 内容提要

全书共分 11 章,具体内容包括绪论、材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、墙体材料、防水材料、建筑装饰材料、绝热材料与吸声材料等。每章开始附有学习目标,每章后附有思考题和应用案例及发展动态。

本书根据高职高专教育特点及有关国家标准或行业标准编写而成,注意了深度和广度之间的平衡,在重点讲述建筑材料的基本性质的基础上,广泛介绍了国内目前房屋建筑中常用的各种建筑材料及其发展中的有关新材料、新技术,以利于开拓新思路 and 合理选用建筑材料。本书注重理论与实际相结合,加大了实践运用力度,突出学生应用能力的培养。

本书主要用作高职高专土建类专业,如工程造价专业、建筑工程技术专业、工程监理专业、土木工程检测技术专业等相关专业的教学用书,也可作为从事建筑工程设计、施工、监理、管理等工作的工程技术人员参考用书或职业培训教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/李丽霞,张瑞红主编. —天津:天津大学出版社,2013. 8  
高等职业教育“十二五”精品规划教材  
ISBN 978-7-5618-4783-1

I. ①建… II. ①李… ②张… III. ①建筑材料 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 205750 号

出版发行 天津大学出版社  
出版人 杨欢  
地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)  
电 话 发行部:022-27403647  
网 址 publish.tju.edu.cn  
印 刷 河间市新诚印刷有限公司  
经 销 全国各地新华书店  
开 本 185mm × 260mm  
印 张 16  
字 数 399 千  
版 次 2013 年 9 月第 1 版  
印 次 2013 年 9 月第 1 次  
定 价 34.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

## 前言

建筑材料是建筑业发展的物质基础,正确选择、合理使用建筑材料以及新材料的开发利用对建筑业的发展意义非凡。建筑材料课是高职高专土建类专业、材料类专业及检测类专业的职业技能基础课,可以为学生以后专业知识的学习打下良好基础,该课程教学效果的优劣对专业教学改革、课程建设有较大影响。

“建筑材料”课程所包含的内容庞杂,以叙述性内容为主,涉及知识面广,教材涵盖了十多个大类,上百个材料品种,但其系统性差,各章节之间缺乏必要的联系。如此多的内容都汇集到“建筑材料”课程中,使其成为一门介于材料学科与建筑工程学科之间的综合课程。这就给学生学习这门课程造成了不少的困难,影响了学生的学习积极性,导致学生对该课程学习效率不高,理论与实践缺乏衔接。

建筑材料教材版本较多,主要讲述常用的各种建筑材料的成分、生产过程、技术性能、质量检验、使用等基本知识,其中,以技术性质、质量检验及合理使用为重点。目前教材跟不上国家标准、行业标准的新变化,有些内容沿用旧标准,图片较少,不够直观,不利于学生理解,新型建筑材料介绍也较少。

本教材编写的特点是新颖、实用。本教材全部按现行有关国家或行业最新标准编写而成,结合工作实际,确立了适合岗位任职要求的知识和技能的课程教学内容,以便学生理解和把握。同时,本教材注意了深度和广度之间的适当平衡,在重点讲述建筑材料的基本性质的基础上,广泛介绍了国内目前建筑工程中常用的各种建筑材料及其发展中的有关新材料、新技术,以利于开拓新思路和合理选用建筑材料。

在内容编写上,本教材根据高职高专教育特点及教学目标的要求,依据学生就业岗位对操作人员知识和技能的要求,以及将来可能从事的技术改造和新产品开发工作的需要,从“互动学习”的教学观出发,根据高职高专学生的心理和专业发展水平,对所教的教学内容进行科学的设计和有效的重组。本书注重理论与实际相结合,加大了实践运用力度,突出学生应用能力的培养。

本书由河北建材职业技术学院李丽霞、张瑞红担任主编,秦皇岛河北广厦建设有限公司王桂芬、河北建材职业技术学院闫洪涛、梁会忠担任副主编。具体编写分工是:第3章、第4章由李丽霞编写;第7章由张瑞红编写;第6章由王桂芬编写;绪论、第1章、第9章由闫洪涛编写;第5章、第8章由梁会忠编写;第2章由河北建材职业技术学院武丽华编写;第10章由秦皇岛市煜斌混凝土有限

广大读者提出宝贵意见。

编者

2013 年 5 月

## 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 0 绪 论 .....             | 1   |
| 0.1 建筑材料的分类 .....       | 1   |
| 0.2 建筑材料在建筑工程中的作用 ..... | 2   |
| 0.3 建筑材料的发展 .....       | 2   |
| 0.4 建筑材料的技术标准 .....     | 3   |
| 0.5 本课程的学习目的及学习方法 ..... | 4   |
| 1 材料的基本性质 .....         | 6   |
| 1.1 材料的基本物理性质 .....     | 6   |
| 1.2 材料的力学性质 .....       | 15  |
| 1.3 材料的耐久性 .....        | 17  |
| 思考题 .....               | 18  |
| 2 气硬性胶凝材料 .....         | 20  |
| 2.1 石灰 .....            | 20  |
| 2.2 石膏 .....            | 24  |
| 2.3 水玻璃 .....           | 26  |
| 应用案例与发展动态 .....         | 28  |
| 思考题 .....               | 29  |
| 3 水泥 .....              | 30  |
| 3.1 硅酸盐水泥 .....         | 31  |
| 3.2 其他通用硅酸盐水泥 .....     | 43  |
| 3.3 其他品种水泥 .....        | 48  |
| 3.4 水泥性能实验 .....        | 51  |
| 应用案例与发展动态 .....         | 59  |
| 思考题 .....               | 60  |
| 4 混凝土 .....             | 62  |
| 4.1 混凝土概述 .....         | 62  |
| 4.2 普通混凝土的组成材料 .....    | 64  |
| 4.3 混凝土拌和物的性能 .....     | 74  |
| 4.4 硬化后混凝土的性能 .....     | 77  |
| 4.5 混凝土外加剂 .....        | 86  |
| 4.6 普通混凝土的配合比设计 .....   | 92  |
| 4.7 混凝土质量控制与强度评定 .....  | 104 |
| 4.8 其他混凝土 .....         | 106 |
| 4.9 原材料及混凝土性能试验 .....   | 111 |

|                     |     |
|---------------------|-----|
| 应用案例与发展动态           | 123 |
| 思考题                 | 123 |
| 5 建筑砂浆              | 125 |
| 5.1 预拌砂浆            | 125 |
| 5.2 砌筑砂浆            | 126 |
| 5.3 抹面砂浆            | 132 |
| 5.4 建筑砂浆实验项目        | 135 |
| 思考题                 | 138 |
| 6 建筑钢材              | 140 |
| 6.1 钢材的基本知识         | 140 |
| 6.2 建筑钢材性能          | 142 |
| 6.3 建筑工程中常用钢材的品种及应用 | 147 |
| 6.4 钢材的锈蚀与防护        | 155 |
| 6.5 建筑钢材的防火         | 157 |
| 6.6 建筑钢材实验          | 159 |
| 应用案例与发展动态           | 165 |
| 思考题                 | 166 |
| 7 墙体材料              | 167 |
| 7.1 砌墙砖             | 167 |
| 7.2 墙用砌块            | 175 |
| 7.3 墙用板材            | 179 |
| 应用案例与发展动态           | 183 |
| 思考题                 | 184 |
| 8 防水材料              | 185 |
| 8.1 沥青              | 185 |
| 8.2 防水卷材            | 191 |
| 8.3 防水涂料            | 199 |
| 8.4 建筑防水密封材料        | 202 |
| 8.5 沥青防水材料实验项目      | 205 |
| 8.6 防水卷材性能实验        | 210 |
| 应用案例与发展动态           | 214 |
| 思考题                 | 215 |
| 9 建筑装饰材料            | 216 |
| 9.1 建筑装饰材料概述        | 216 |
| 9.2 建筑装饰石材          | 217 |
| 9.3 建筑装饰陶瓷          | 221 |
| 9.4 建筑装饰玻璃          | 224 |
| 9.5 金属装饰材料          | 229 |
| 9.6 建筑装饰塑料          | 231 |

---

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 9.7 建筑涂料 .....     | 234 |
| 9.8 胶黏剂 .....      | 236 |
| 9.9 木装饰制品 .....    | 238 |
| 应用案例与发展动态 .....    | 240 |
| 思考题 .....          | 241 |
| 10 绝热材料与吸声材料 ..... | 242 |
| 10.1 绝热材料 .....    | 242 |
| 10.2 吸声材料 .....    | 245 |
| 思考题 .....          | 247 |
| 参考文献 .....         | 248 |

# 0 绪 论

## 学习目标

- 熟悉建筑材料的技术标准。
- 了解建筑材料的分类、建筑材料在工程中的地位、作用。

建筑材料是建筑工程中所使用的各种材料及制品的总称,是构成建筑工程的物质基础,也是影响建筑工程质量和使用性能的关键因素。为了使建筑物性能可靠、耐久、安全、美观、经济实用,必须合理选择、正确使用建筑材料。因此,一切从事建筑工程的技术人员都应该掌握建筑材料的有关知识。

## 0.1 建筑材料的分类

建筑材料种类繁多,性能各异,用途也各不相同,为了便于区分和应用,工程中一般按以下两种方法分类。

### 0.1.1 按材料的化学成分分类

根据化学成分不同,建筑材料可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,具体内容如表 0-1 所示。

表 0-1 建筑材料根据化学成分分类

|      |              |                |                        |
|------|--------------|----------------|------------------------|
| 无机材料 | 金属材料         | 有色金属           | 铝、铜、锌及其合金等             |
|      |              | 黑色金属           | 钢、铁、不锈钢等               |
|      | 非金属材料        | 天然石材           | 大理石、花岗岩、石子、砂子等         |
|      |              | 混凝土及硅酸盐制品      | 混凝土、砂浆、硅酸盐制品等          |
|      |              | 胶凝材料           | 水泥、石灰、石膏、水玻璃等          |
|      |              | 烧土制品           | 砖、瓦、玻璃、陶瓷等             |
| 有机材料 | 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 |                        |
|      | 高分子材料        | 塑料、涂料、胶黏剂等     |                        |
| 复合材料 | 无机非金属与有机材料复合 |                | 沥青混凝土、聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料等 |
|      | 无机非金属与金属材料复合 |                | 钢筋混凝土等                 |
|      | 金属材料与有机材料复合  |                | 轻质金属夹心板、塑钢等            |

### 0.1.2 按材料的使用功能分类

按材料的使用功能不同,建筑材料可分为结构材料、围护材料、功能材料等。

#### (1) 结构材料

结构材料指主要承受荷载的材料,如建筑物的基础、梁、板、柱等所用的材料,结构材料要求必须具有足够的强度、耐久性等,常用的材料有钢材、混凝土等。

#### (2) 围护材料

围护材料指用于建筑物围护结构的材料,如墙体、门窗等,围护材料要求不仅具有一定的强度和耐久性,还要求具有良好隔热保温、隔声或防水等性能。常用的材料有各种墙板、砌块等。

#### (3) 功能材料

功能材料指具有某些特殊功能的材料,如起防水作用的材料(防水材料)、起装饰作用的材料(装饰材料)、起保温隔热作用的材料(绝热材料)等。

## 0.2 建筑材料在建筑工程中的作用

### 0.2.1 保证建筑工程质量

建筑材料是保证建筑工程质量的重要因素,材料的质量、性能直接影响建筑物的使用、耐久和美观。在材料的选择、检验、储运、保管、使用等各环节中,任何一个环节的失误都有可能造成建筑工程的质量缺陷,甚至是重大安全事故。国内外建筑工程的重大质量事故,都与材料的质量不良和使用不当有关。

### 0.2.2 影响工程造价

在一般建筑工程的总造价中,建筑材料费用占总工程造价的60%以上,建筑材料质量的好坏、功能的多少、档次的高低、性能的优劣都直接影响工程的造价。用质量好、档次高、功能多、性能好的建筑材料建造的建筑物材料费用占工程造价的80%。

### 0.2.3 促进建筑工程技术进步和建筑业的发展

建筑材料是决定建筑结构形式和施工方法的主要因素。一个国家、地区建筑业的发展水平,都与该地区建筑材料的发展情况密切相关。因此,建筑材料的改进和发展,将直接促进建筑工程技术进步和建筑业的发展。例如,钢筋、水泥的广泛应用取代了过去的砖、石、木材,钢筋混凝土结构成为现代建筑的主要结构形式;新型装饰材料的大量应用,如陶瓷、玻璃、金属材料等,把现代建筑物装扮得富丽堂皇,绚丽多彩。

## 0.3 建筑材料的发展

建筑材料随着社会生产力和科学技术水平的发展而发展。原始时代人们利用天然材料,如木材、岩石、黏土等建造房屋。石器、铁器时代人们开始加工和生产材料,如万里长城

使用的材料有条石、大砖、石灰砂浆;金字塔使用的材料是石材、石灰、石膏。18 世纪开始使用钢材、水泥。19 世纪出现了钢筋混凝土。20 世纪出现了高分子材料、预应力混凝土,21 世纪出现了轻质高强、节能、高性能的建筑材料。随着社会的进步、环境保护和节能降耗的需要,对建筑材料提出了更高、更多的要求,在未来的一段时间内,建筑材料将主要向以下几个方向发展。

#### (1) 轻质高强

轻质材料的使用,可以大大减轻建筑物的自重,满足建筑物向空间发展的要求。高强材料(指材料的强度不小于 60 MPa)在承重结构中的应用,可以减小材料截面面积,提高建筑物的稳定性及灵活性。

#### (2) 复合化

随着现代科学技术的发展,人们对材料的要求越来越高,单一材料往往难以满足要求。因此,复合材料应运而生。所谓复合材料是有机与无机、无机与无机材料,在一定条件下,按适当的比例复合,经过一定的工艺条件有效地将材料的优良性能结合起来,从而得到性能优良的复合材料。

#### (3) 节约能源

生产建筑材料的能耗和建筑物使用能耗,占国家能耗的 20% ~ 35%,生产低能耗的建筑材料是构建节约型社会的需要。

#### (4) 多功能化

随着人民生活水平的提高和建筑技术的发展,对材料功能的要求将越来越高,要求材料从单一功能向多功能方向发展。既要求材料不仅要满足一般的使用要求,还要求兼具吸声、隔热、保温、防菌、灭菌、抗静电、防水、防霉、防火、自洁、智能等功能。例如内墙建筑涂料,不但要求有装饰使用功能,还要求有净化室内有害气体、杀菌、灭菌、防火、吸声等功能。

#### (5) 绿色化

随着人们生活水平和文化素质的提高以及自我保护意识的增强,要求材料不但具有良好的使用功能,还要求材料无毒、对人体健康无害、对环境不会产生不良影响。

#### (6) 再生化

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

## 0.4 建筑材料的技术标准

要对建筑材料进行现代化的科学管理,必须对建筑材料产品的各项技术性能制定统一的执行标准。建筑材料的标准,是企业生产产品的质量是否合格的依据,也是供需双方对产品质量进行验收的依据。通过按标准合理选用材料,使设计、施工等也相应标准化,可加快施工速度,降低工程造价。

目前,我国现行的标准主要有国家标准、行业标准、地方标准、企业标准四大类。各级标准分别由相应的标准化管理部门批准并颁布。国家标准和行业标准是全国通用标准,是国家指令性文件。各级生产、设计、施工部门必须严格遵照执行。

### 0.4.1 国家标准

国家标准由国务院标准化行政主管部门编制,国家技术监督局审批并发布,国家标准是最高标准,具有指导性和权威性,在全国范围内适用。国家标准分为强制性标准(代号 GB)和推荐性标准(代号 GB/T)。对强制性国家标准,任何技术(或产品)不得低于规定的要求;对推荐性国家标准表示也可执行其他的标准。例如:《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007),其中,“GB”为国家标准的代号,“175”为标准的编号。“2007”为标准的颁布年代;《建筑用卵石、碎石》(GB/T 14685—2001)。其中,“GB/T”为国家推荐性标准,“14685”为标准的编号,“2001”为标准的颁布年代。

### 0.4.2 行业标准

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,由中央部委标准机构指定有关研究机构、企业或院校等起草或联合起草,报主管部门审批,国家质量监督检验检疫总局备案后发布,当国家有相应标准颁布后,该项标准废止。行业标准在全国性的行业范围内适用。行业标准有建材行业标准(代号 JC)、建工行业标准(代号 JG)、冶金行业标准(代号 YB)、建工行业工程建设标准(代号为 JGJ)等。例如:《建筑生石灰粉》(JC/T 480—1992),“JC/T”为建材行业推荐性标准,“480”为标准的编号,“1992”为标准的颁布年代;《混凝土用水标准》(JGJ 163—2006),“JGJ”为建工行业工程建设标准的代号,“163”为标准的编号,“2006”为标准的颁布年代。

### 0.4.3 地方标准

在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,在某地区范围内适用。地方标准分为地方强制性标准(代号为 DB)和地方推荐性标准(代号为 DB/T)。

### 0.4.4 企业标准

在没有国家标准和行业标准时,企业为了控制产品质量而制定的标准。企业标准代号为 QB,其后分别注明企业代号、标准顺序号、颁布年代。

建筑工程中可能采用的其他标准还有:国际标准(ISO)、美国国家标准(ANSI)、英国标准(BS)、日本工业标准(JIS)、法国标准(NF)等。

## 0.5 本课程的学习目的及学习方法

### 0.5.1 本课程的学习目的

本课程是建筑工程类的专业基础课,本课程的目的是使学生获得建筑材料的基本理论和基本知识,为以后学习建筑构造、结构、施工、预算、建筑经济等后续课程的学习提供建筑材料方面的基本知识,也为今后从事工程实践打下良好的基础。

### 0.5.2 本课程的学习方法

在学习本课程时,要重点了解材料的组成、性能、应用。建筑材料的内容多而杂,各种建筑材料相对独立,各章节联系较少,学习本课程时应以材料的性能和特性为主线,采用对比的方法,通过比较各种材料的组成来掌握材料的性质和使用,并从中找出它们的共性和特性。本课程的实践性很强,在学习中应注意理论联系实际。为了及时理解课堂讲授的知识,应利用一切机会观察周围已经建成的或正在施工的工程,在实践中理解和验证所学内容。

同时,还应注意材料的组成、性能、应用。建筑材料的内容多而杂,各种建筑材料相对独立,各章节联系较少,学习本课程时应以材料的性能和特性为主线,采用对比的方法,通过比较各种材料的组成来掌握材料的性质和使用,并从中找出它们的共性和特性。本课程的实践性很强,在学习中应注意理论联系实际。为了及时理解课堂讲授的知识,应利用一切机会观察周围已经建成的或正在施工的工程,在实践中理解和验证所学内容。

同时,还应注意材料的组成、性能、应用。建筑材料的内容多而杂,各种建筑材料相对独立,各章节联系较少,学习本课程时应以材料的性能和特性为主线,采用对比的方法,通过比较各种材料的组成来掌握材料的性质和使用,并从中找出它们的共性和特性。本课程的实践性很强,在学习中应注意理论联系实际。为了及时理解课堂讲授的知识,应利用一切机会观察周围已经建成的或正在施工的工程,在实践中理解和验证所学内容。

在学习本课程时,要重点了解材料的组成、性能、应用。建筑材料的内容多而杂,各种建筑材料相对独立,各章节联系较少,学习本课程时应以材料的性能和特性为主线,采用对比的方法,通过比较各种材料的组成来掌握材料的性质和使用,并从中找出它们的共性和特性。本课程的实践性很强,在学习中应注意理论联系实际。为了及时理解课堂讲授的知识,应利用一切机会观察周围已经建成的或正在施工的工程,在实践中理解和验证所学内容。

同时,还应注意材料的组成、性能、应用。建筑材料的内容多而杂,各种建筑材料相对独立,各章节联系较少,学习本课程时应以材料的性能和特性为主线,采用对比的方法,通过比较各种材料的组成来掌握材料的性质和使用,并从中找出它们的共性和特性。本课程的实践性很强,在学习中应注意理论联系实际。为了及时理解课堂讲授的知识,应利用一切机会观察周围已经建成的或正在施工的工程,在实践中理解和验证所学内容。

同时,还应注意材料的组成、性能、应用。建筑材料的内容多而杂,各种建筑材料相对独立,各章节联系较少,学习本课程时应以材料的性能和特性为主线,采用对比的方法,通过比较各种材料的组成来掌握材料的性质和使用,并从中找出它们的共性和特性。本课程的实践性很强,在学习中应注意理论联系实际。为了及时理解课堂讲授的知识,应利用一切机会观察周围已经建成的或正在施工的工程,在实践中理解和验证所学内容。

同时,还应注意材料的组成、性能、应用。建筑材料的内容多而杂,各种建筑材料相对独立,各章节联系较少,学习本课程时应以材料的性能和特性为主线,采用对比的方法,通过比较各种材料的组成来掌握材料的性质和使用,并从中找出它们的共性和特性。本课程的实践性很强,在学习中应注意理论联系实际。为了及时理解课堂讲授的知识,应利用一切机会观察周围已经建成的或正在施工的工程,在实践中理解和验证所学内容。

### 本课程的基本材料 1.1

本课程的基本材料包括水泥、砂、石子、砖、瓦、木材、玻璃、油漆、涂料、防水材料、保温材料、装饰材料等。

#### 1.1.1 水泥 1.1.1

水泥是建筑工程中最重要的材料之一,其性能直接影响工程的质量和寿命。

水泥的性能指标包括抗压强度、抗拉强度、弹性模量、收缩率、泌水率、安定性等。

水泥的强度等级分为普通水泥、早强水泥、高强水泥等。

水泥的强度等级

水泥的强度等级分为普通水泥、早强水泥、高强水泥等。

(1-1)

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

式中:  $m$  为质量,  $V$  为体积,  $\rho$  为密度。

式中:  $m$  为质量,  $V$  为体积,  $\rho$  为密度。

# 1 材料的基本性质

## 学习目标

- 掌握材料的基本物理性质、力学性质、耐久性等性质的含义以及影响这些性质的因素。
- 了解在不同使用环境下,各类建筑材料的基本性质。

在建筑物中,建筑材料要经受各种作用,要求建筑材料具有相应的性质。例如:用于建筑结构的材料要承受各种外力的作用,选用的材料应具有所需要的力学性能;根据建筑物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;对于长期暴露在大气中的材料,要求能经受风吹、日晒、雨淋、冰冻而引起的温度变化、湿度变化及反复冻融等的破坏变化。为了保证建筑物的耐久性,要求在工程设计与施工中正确地选择和合理地使用建筑材料,因此,必须熟悉和掌握各种材料的基本性质。

建筑材料的性质是多方面的,某种建筑材料应具备何种性质,要根据它在建筑物中的作用和所处的环境来决定。一般来说,建筑材料的性质可分为四个方面,它包括物理性质、力学性质、化学性质及耐久性。

本章主要介绍建筑材料性质中与工程使用密切相关的、比较重要的、带有普遍性的物理性能、力学性能以及耐久性。材料的物理性能包括与质量有关的性质、与水有关的性质、与热有关的性质;力学性能包括强度、变形性能、硬度以及耐磨性。学习这些性质以便于初步判断材料的性能和应用场合,从而正确地选择与合理地使用建筑材料。

## 1.1 材料的基本物理性质

建筑材料的物理性质是指建筑材料物理状态特点的性质。

### 1.1.1 与质量有关的性质

自然界的材料,由于其单位体积中所含孔(空)隙程度不同,因而其基本的物理性质参数也有差别,现分别叙述。

#### 1.1.1.1 密度、表观密度、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,计算公式为:

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

式中: $\rho$ ——密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$  或  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$m$ ——材料的质量,  $\text{g}$  或  $\text{kg}$ ;

$V$ ——材料在绝对密实状态下的体积(不包括孔隙在内的体积),称为绝对体积或实体积,  $\text{cm}^3$  或  $\text{m}^3$ 。

材料的密度大小取决于组成物质的原子量大小和分子结构,原子量越大,分子结构越紧密,材料的密度则越大。

建筑材料中除钢材、玻璃等少数材料接近绝对密实外,绝大多数材料内部都包含有一些孔隙。在自然状态下,固体材料的体积  $V_0$  包括固体物质体积  $V$ (即绝对密实状态下材料的体积)和孔隙体积  $V_k$ ,如图 1-1 所示。孔隙按在常温、常压下水能否进入又分为开口孔隙和闭口孔隙。

在测定有孔隙的材料密度时,应把材料磨成细粉(粒径小于  $0.2\text{ mm}$ )以排除其内部孔隙,经干燥后用李氏密度瓶测定其绝对体积。对于某些结构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绝对体积的近似值(颗粒内部的封闭孔隙体积没有排除),这时所求得的密度为视密度。混凝土所用砂、石等散粒材料常按此法测定其密度。

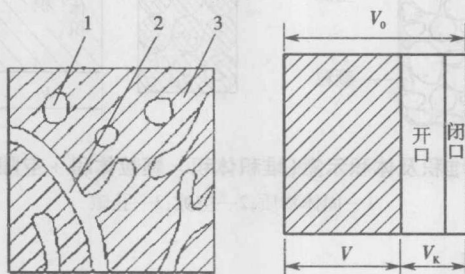


图 1-1 固体材料组成示意

1—闭口孔隙;2—开口孔隙;3—固体物质

## (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,计算公式为:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

式中: $\rho_0$ ——材料的表观密度,  $\text{g/cm}^3$  或  $\text{kg/m}^3$ ;

$m$ ——材料的质量,  $\text{g}$  或  $\text{kg}$ ;

$V_0$ ——材料在自然状态下的体积,或称为表观体积,  $\text{cm}^3$  或  $\text{m}^3$ 。

表观体积是指材料的实体积与孔隙体积之和。测定表观体积时,需视材料的吸水率大小,采取直接法或封蜡排液法测定。

表观密度的大小除取决于密度外,还与材料孔隙率和孔隙的含水程度有关。材料孔隙越多,表观密度越小;当孔隙中含有水分时,其质量和体积均有所变化。因此在测定表观密度时,须注明材料的含水状态,没有特别标明时常指气干状态下的表观密度,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(干表观密度)为准。

## (3) 堆积密度

堆积密度是指粉状材料或粒状材料在自然堆积状态下,单位体积的质量,计算公式为:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-3)$$

式中:  $\rho'_0$ ——材料的体积密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$  或  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$m$ ——在自然状态下材料的质量,  $\text{g}$  或  $\text{kg}$ ;

$V'_0$ ——材料在自然状态下的堆积体积,  $\text{cm}^3$  或  $\text{m}^3$ 。

材料的堆积体积包括颗粒密实体积、孔隙体积和颗粒之间的空隙体积,如图 1-2 所示。砂、石等材料的堆积体积,可通过在规定条件下用所填充容量筒的容积来求得。材料的堆积密度取决于材料的表观密度以及测定时材料填装方式和疏密程度,松散堆积方式测得的堆积体积要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材料的堆放空间。

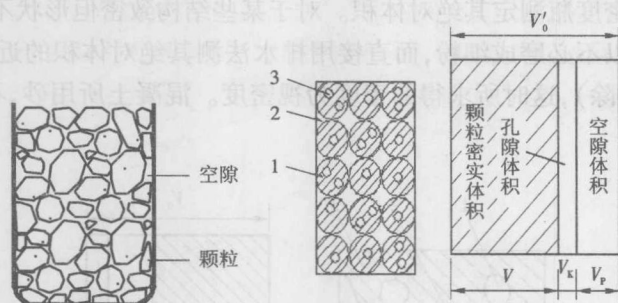


图 1-2 散粒材料堆积及体积示意(堆积体积 = 颗粒体积 + 空隙体积 + 孔隙体积)

1—固体物质;2—空隙;3—孔隙

### 1.1.1.2 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,也就是固体物质的体积占总体积的比例。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, %。

材料的  $\rho_0$  与  $\rho$  越接近,即  $\rho_0/\rho$  愈接近于 1,材料就越密实,绝对密实材料的密实度为 100%,绝大多数材料的密实度为小于 100%。

#### (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率。以  $P$  表示,计算公式为:

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

式中:  $P$ ——材料的孔隙率, %。

孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度,其大小取决于材料的组成、结构以及制造工艺。材料的许多工程性质如强度、吸水性、抗冻性、抗渗性、导热性、吸声性等都与材料的孔隙有关。这些性质不仅取决于孔隙率的大小,还与孔隙的大小、形状、分布、连通与否等构造特征密切相关。

孔隙的构造特征主要是指孔隙的形状和大小。材料内部闭口孔隙的增多会提高材料的保温、隔热性能。材料内部开口孔隙增多会使材料的吸水性、透水性、吸湿性、吸声性提高,

抗冻性和抗渗性变差。根据孔隙的大小,分为粗孔和微孔。一般均匀分布的密闭小孔,要比开口或相连通的孔隙好。不均匀分布的孔隙,对材料性质影响较大。

密实度与孔隙率的关系为  $P + D = 1$ , 密实度和孔隙率从不同角度反映材料的致密程度,一般工程上常用孔隙率。

### 1.1.1.3 填充率与空隙率

#### (1) 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,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:  $D'$  ——材料的填充率, %。

#### (2) 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,计算公式为:

$$P' = \frac{V'_0 - V}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1-7)$$

式中:  $P'$  ——材料的空隙率, %;

空隙率的大小反映了粉状或颗粒材料的颗粒之间相互填充的紧密程度,空隙率在配制混凝土时可作为控制混凝土粗、细骨料以及计算混凝土含砂率的依据。

在建筑工程中,计算材料用量经常用到材料的密度、表观密度、堆积密度、孔隙率等数据,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 $\rho$ /(g/cm <sup>3</sup> ) | 表观密度 $\rho_0$ /(kg/m <sup>3</sup> ) | 堆积密度 $\rho'_0$ /(kg/m <sup>3</sup> ) | 孔隙率 $P$ /% |
|---------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------|
| 碎石(石灰岩) | 2.60                            | —                                   | 1 400 ~ 1 700                        | —          |
| 砂       | 2.60                            | —                                   | 1 450 ~ 1 650                        | —          |
| 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                         | —                                    | —          |
| 钢材      | 7.85                            | 7 850                               | —                                    | 0          |
| 木材      | 1.55                            | 400 ~ 800                           | —                                    | 55 ~ 75    |
| 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                       | —                                    | —          |
| 石灰岩     | 2.60                            | 1 800 ~ 2 600                       | —                                    | —          |
| 花岗岩     | 2.60 ~ 2.90                     | 2 500 ~ 2 800                       | —                                    | 0.5 ~ 3.0  |
| 泡沫塑料    | —                               | 20 ~ 50                             | —                                    | —          |
| 玻璃      | 2.55                            | —                                   | —                                    | —          |

例 某一块材料的全干质量为 100 g, 自然状态下的体积为 40 cm<sup>3</sup>, 绝对密实状态下的体积为 33 cm<sup>3</sup>, 计算该材料的密度、表观密度、密实度和孔隙率。

解: (1) 该材料的密度

$$(8-1) \quad \rho = \frac{m}{V} = \frac{100}{33} = 3.03 \text{ g/cm}^3$$