

高职高专“十二五”规划教材

*JIANZHU CAILIAO  
YU JIANCE*

# 建筑材料与检测

主编 ■ 杨连水 贾汇松 辛酉阳



西安电子科技大学出版社

专、本通用应用型“十二五”规划教材

编委会成员

# 建筑材料与检测

主任:杨连水 贾汇松 辛酉阳

成员:周湘玲 杨连水 贾汇松 辛酉阳

主编 杨连水 贾汇松 辛酉阳

西安电子科技大学出版社

## 内 容 简 介

本书是根据高校土建类专业教学指导委员会关于建筑工程技术、工程造价等专业对本课程教学内容、教学方法、教学手段等方面的要求,结合近年来我们在课程建设方面取得的经验编写而成的。本教材增设了建筑材料见证取样检测,加强对建材质量性能检测试验能力的培养,提高学生技术应用能力和综合运用所学知识解决实际问题的能力。为方便教学及扩大学生知识面,各个项目后均附有项目小结和思考与练习。

### 图书在版编目(CIP)数据

建筑材料与检测/杨连水,贾汇松,辛酉阳主编。

—西安:西安电子科技大学出版社,2015.5

ISBN 978-7-5606-3367-1

I. ①建… II. ①杨…②贾…③辛… III. ①建筑材料—检测

IV. ①TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 060580 号

策 划 罗建锋

责任编辑 雷鸿俊

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467

邮 编 710071

网 址 [www.xduph.com](http://www.xduph.com)

电子邮箱 [xdupfxb001@163.com](mailto:xdupfxb001@163.com)

经 销 新华书店

印刷单位 北京市全海印刷厂

版 次 2015 年 4 月第 1 版 2015 年 4 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张:15.75

字 数 300 千字

印 数 1~3000 册

定 价 39.80 元

ISBN 978-7-5606-3367-1

… 如有印装问题可调换 …

西安电子科技大学出版社

主 任:杨连水 贾汇松 辛酉阳

成 员:周湘玲 杨 艳 施 凯

刘红霞 杨朝莉 王 鉴

刘广朝 商拥辉

# 前言

本书是根据高职高专教育土建类专业教学指导委员会关于建筑工程技术、工程造价等专业对本课程教学内容、教学方法、教学手段等方面的要求,结合近年来我们在课程建设方面取得的经验编写而成的。

高职教育强调学生的专业实践能力,学生在校期间必须完成上岗前的实践训练。本教材与其他教材相比增设了建筑材料见证取样检测,加强了对建材质量性能检测试验能力的培养,可提高学生技术应用能力和综合运用所学知识解决实际问题的能力。为方便教学及拓展学生知识面,项目后均附有项目小结,部分项目后附有思考与练习。

全书内容共分 10 个项目,分别为绪论、建筑材料的基本性质、气硬性胶凝材料及其检测、水泥及其检测、混凝土及其检测、建筑砂浆及其检测、墙体材料及其检测、建筑钢材及其检测、建筑防水材料及其检测、建筑功能材料及其检测。

本书内容可按照 64 学时安排,推荐学时分配如下:项目一为 1 学时;项目二为 5 学时,项目三为 3 学时,项目四为 6 学时,项目五为 12 学时,项目六为 4 学时,项目七为 5 学时,项目八为 5 学时,项目九为 4 学时,项目十为 3 学时,以上内容共 48 学时;另外,各项目中的检测部分累计学时为 16 学时,教师可根据不同的使用专业灵活安排学时。

本教材由杨连水(安阳职业技术学院)、贾汇松(临沂职业技术学院)、辛酉阳(黄淮学院)担任主编,周湘玲(成都职业技术学院)、杨艳(黄淮学院)、施凯(四川航天职业技术学院)、刘红霞(山东职业技术学院)、杨朝莉(达州职业技术学院)担任副主编,另外参加编写的还有王鉴(泸州职业技术学院)、刘广朝(威海三兆润建材有限公司)、商拥辉(黄淮学院)

其中具体分工为:杨连水编写项目一、贾汇松编写项目二、项目六;辛酉阳编写项目七、项目八;周湘玲编写项目三、项目四;杨艳、商拥辉编写项目五、项目九,王鉴编写本书实验部分;杨朝莉、施凯编写项目十;全书由杨连水、申淑荣统稿并审稿!

由于编写时间仓促,编者水平有限,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者及同行专家给予指正并提出宝贵意见。

编者

2014 年 12 月

项目四 水泥及其检测 30  
任务一 硅酸盐水泥 30

# 目 录

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 项目一 绪论 .....                  | 1  |
| 任务一 建筑材料的定义和分类 .....          | 1  |
| 任务二 建筑材料与建筑、结构、施工、预算的关系 ..... | 2  |
| 任务三 建筑材料的发展趋势 .....           | 3  |
| 任务四 建筑材料的技术标准 .....           | 4  |
| 任务五 课程的内容、任务和学习方法 .....       | 4  |
| 项目小结 .....                    | 5  |
| 项目二 建筑材料的基本性质 .....           | 6  |
| 任务一 建筑材料的基本物理性质 .....         | 6  |
| 任务二 建筑材料的基本力学性质 .....         | 13 |
| 任务三 建筑材料的耐久性 .....            | 17 |
| 任务四 建筑材料基本性质检测 .....          | 18 |
| 项目小结 .....                    | 19 |
| 思考与练习 .....                   | 19 |
| 项目三 气硬性胶凝材料及其检测 .....         | 20 |
| 任务一 石灰 .....                  | 20 |
| 任务二 石膏 .....                  | 24 |
| 任务三 水玻璃 .....                 | 26 |
| 任务四 镁质胶凝材料 .....              | 27 |
| 任务五 建筑生石灰基本性质检测 .....         | 28 |
| 项目小结 .....                    | 29 |
| 思考与练习 .....                   | 29 |
| 项目四 水泥及其检测 .....              | 30 |
| 任务一 硅酸盐水泥 .....               | 30 |

|                           |            |
|---------------------------|------------|
| 任务二 通用硅酸盐水泥的其他品种 .....    | 36         |
| 任务三 其他品种水泥及水泥的运输和保管 ..... | 41         |
| 任务四 水泥的检测 .....           | 45         |
| 项目小结 .....                | 47         |
| 思考与练习 .....               | 47         |
| <b>项目五 混凝土及其检测</b> .....  | <b>49</b>  |
| 任务一 普通混凝土的组成材料 .....      | 50         |
| 任务二 混凝土的主要技术性质 .....      | 60         |
| 任务三 混凝土外加剂及掺和料 .....      | 73         |
| 任务四 普通混凝土的质量控制和验收规则 ..... | 82         |
| 任务五 普通混凝土配合比设计 .....      | 87         |
| 任务六 其他品种混凝土 .....         | 97         |
| 任务七 混凝土的检测 .....          | 108        |
| 项目小结 .....                | 129        |
| 思考与练习 .....               | 129        |
| <b>项目六 建筑砂浆及其检测</b> ..... | <b>132</b> |
| 任务一 建筑砂浆的组成材料 .....       | 132        |
| 任务二 建筑砂浆的技术性质 .....       | 134        |
| 任务三 砌筑砂浆的配合比设计 .....      | 135        |
| 任务四 抹面砂浆及特种砂浆 .....       | 138        |
| 任务五 砂浆的检测 .....           | 140        |
| 项目小结 .....                | 145        |
| 思考与练习 .....               | 145        |
| <b>项目七 墙体材料及其检测</b> ..... | <b>146</b> |
| 任务一 墙体材料的认识 .....         | 146        |
| 任务二 墙体材料的应用 .....         | 159        |
| 任务三 墙体材料取样与验收 .....       | 161        |
| 任务四 墙体材料的检测 .....         | 162        |
| 项目小结 .....                | 169        |
| 思考与练习 .....               | 169        |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 项目八 建筑钢材及其检测      | 170 |
| 任务一 钢材的冶炼与分类      | 170 |
| 任务二 钢材的技术性质       | 172 |
| 任务三 钢材的化学成分及晶体组织  | 177 |
| 任务四 建筑钢材的技术标准与选用  | 178 |
| 任务五 建筑钢材的锈蚀与防止    | 189 |
| 任务六 建筑钢材的检测       | 190 |
| 项目小结              | 197 |
| 思考与练习             | 197 |
| 项目九 建筑防水材料及其检测    | 198 |
| 任务一 沥青材料          | 198 |
| 任务二 其他防水材料        | 207 |
| 任务三 防水卷材          | 208 |
| 任务四 防水涂料、防水油膏及防水粉 | 212 |
| 任务五 防水材料的检测       | 217 |
| 项目小结              | 226 |
| 思考与练习             | 226 |
| 项目十 环保节能材料及其检测    | 227 |
| 任务一 环保节能材料的认识     | 227 |
| 任务二 环保节能材料的应用     | 232 |
| 任务三 环保节能材料的取样与验收  | 240 |
| 参考文献              | 243 |

|      |         |         |
|------|---------|---------|
| 无机材料 | 无机非金属材料 | 无机非金属材料 |
|      | 金属材料    | 金属材料    |
|      | 有机材料    | 有机材料    |
|      | 复合材料    | 复合材料    |
| 金属材料 | 金属材料    | 金属材料    |
|      | 金属材料    | 金属材料    |
|      | 金属材料    | 金属材料    |
|      | 金属材料    | 金属材料    |
| 有机材料 | 有机材料    | 有机材料    |
|      | 有机材料    | 有机材料    |
|      | 有机材料    | 有机材料    |
|      | 有机材料    | 有机材料    |
| 复合材料 | 复合材料    | 复合材料    |
|      | 复合材料    | 复合材料    |
|      | 复合材料    | 复合材料    |
|      | 复合材料    | 复合材料    |

# 项目一 绪 论



## 学习目标

掌握建筑材料的定义、分类，了解建筑材料与建筑、结构、施工、预算的关系，以及建筑材料在国民经济建设中的地位和建筑材料的现状与发展，明确本课程的任务和基本要求。

## 任务一 建筑材料的定义和分类

### 一、建筑材料的定义

建筑材料是建筑工程中所有材料的总称。建筑材料不仅包括构成建筑物的材料，而且还包括在建筑施工中应用和消耗的材料。构成建筑的材料如地面、墙体和屋面使用的混凝土、砂浆、水泥、钢筋、砖和砌块。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。

### 二、建筑材料的分类

建筑材料的分类方法很多，通常有以下两种。

#### 1. 按化学成分分类

按照化学成分不同，将建筑材料分为无机材料、有机材料和复合材料三大类，具体分类见表 1-1。

表 1-1 建筑材料的分类

|      |       |                                              |
|------|-------|----------------------------------------------|
| 无机材料 | 金属材料  | 黑色金属:合金、铁等<br>有色金属:铝、锌、铜等及其合金                |
|      |       | 天然石材                                         |
|      | 非金属材料 | 烧土制品<br>玻璃及其制品<br>水泥、石灰、石膏、水玻璃、混凝土、砂浆、硅酸盐制品等 |

续表

|      |                              |                                                                                               |
|------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 有机材料 | 植物材料                         | 木材、竹材等;<br>植物纤维及其制品                                                                           |
|      | 合成高分子材料                      | 塑料、涂料、胶黏剂等                                                                                    |
|      | 沥青材料                         | 石油沥青及煤沥青;<br>沥青制品                                                                             |
| 复合材料 | 无机非金属材料与有机材料复合<br>金属材料与非金属复合 | 玻璃纤维增强塑料聚合物混凝土等;<br>沥青混凝土等;<br>水泥刨花板等;<br>钢筋混凝土、钢丝网混凝土、铝塑混凝土等;<br>水泥石棉制品、不锈钢包覆钢板、人造花岗石、人造大理石等 |
|      | 其他复合材料                       | PVC 钢板、轻质金属夹芯板                                                                                |

2. 按使用功能分类

按建筑材料的使用功能,可将其分为结构材料、围护材料和功能材料三大类。

(1) 结构材料。结构材料主要指构成建筑物受力构件和结构所用的材料,如梁、板、柱、基础、框架等构件或结构所使用的材料。其主要技术性能要求是具有强度和耐久性。常用的结构材料有混凝土、钢材、石材等。

(2) 围护材料。围护材料是用于建筑物围护结构的材料,如墙体、门窗、屋面等部位使用的材料。常用的围护材料有砖、砌块、板材等。围护材料不仅要求具有一定的强度和耐久性,更重要的是应具有良好的绝热性,符合节能要求。

(3) 功能材料。功能材料主要是指担负某些建筑功能的非承重用材料,如防水材料、装饰材料、绝热材料、吸声隔声材料、密封材料等。

任务二 建筑材料与建筑、结构、施工、预算的关系

建筑材料和建筑、结构、施工、预算等学科分支一样,是建筑工程科学中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。结构工程师只有在很好地了解了建筑材料的性能后,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、储存以及加工等方面。

总之,从事建筑工程的技术人员和专家都必须了解和懂得建筑材料,因为建筑、材料、结构、施工四者是密切相关的。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。

### 任务三 建筑材料的发展趋势

材料科学的发展标志着人类文明的进步。人类的历史往往也是按照制造生产工具所用材料的种类划分的,由史前的石器时代,经过青铜器时代、铁器时代,发展到今天的人工合成材料时代。

从目前的建筑材料的现状来看,普通水泥、普通钢材、普通混凝土和普通防水材料是最主要的建筑材料。这是因为这些材料有比较成熟的生产工艺和应用技术,使用性能尚能够满足目前的消费要求。

与发达国家相比,我国的建筑材料存在的问题主要有品种少、质量档次低、生产和使用能耗大、浪费严重等。因此,如何发展和应用新型的建筑材料已经成为我国现代化建设亟待解决的问题。随着现代化建筑向高层、大跨度、节能、美观、舒适的方向发展和人民生活水平、国民经济实力的提高,特别是新型建筑材料具有自重轻、抗震性能好、能耗低、大量利用工业废渣等优点,研究开发和应用建筑新材料已成为必然趋势。遵循可持续发展战略,建筑材料的发展方向如下:

(1) 生产所用的原材料要求充分利用工业废料、能耗低、可循环使用、不破坏生态平衡、有效保护天然资源。

(2) 生产和使用过程不产生环境污染,即废水、废气、废渣、噪声等零排放。

(3) 做到产品可再生循环和回收利用。

(4) 产品性能要求质轻、高强、多功能,不仅对人畜无害,而且能净化空气、抗菌、防静电、防电磁波等。

(5) 加强材料的耐久性设计和研究。

(6) 主要产品和配套产品同步发展,并解决好利益平衡关系。

## 任务四 建筑材料的技术标准

建筑材料的技术标准是生产和使用单位检验、确认产品质量是否合格的技术文件。其主要内容包括：产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收原则、运输和储存注意事项等。目前，我国技术标准分为四级：国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。各级标准的相应代号见表 1-2。

表 1-2 各级标准的相应代号

| 标准级别     | 标准代号及名称                                                              |
|----------|----------------------------------------------------------------------|
| 国家标准(部分) | GB 为国家标准;GBJ 为建筑工程国家标准;GB/T 为国家推荐标准                                  |
| 行业标准(部分) | JGJ 为建设部建筑工程标准;YB 为冶金部行业标准;JT 为交通部行业标准;<br>LY 为林业部行业标准;JC 为建设部建筑材料标准 |
| 地方标准     | DB 为地方标准                                                             |
| 企业标准     | QB 为企业标准                                                             |

对强制性国家标准,任何技术或产品不得低于其规格的要求;对推荐性国家标准,也可执行其他标准的要求;地方标准或企业标准所规定的技术要求应高于国家标准。

标准的表示方法通常为:标准名称、部门代号、编号和批准年份。例如,国家标准(强制性)《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—C2002);国家标准(推荐性)《普通混凝土搅拌合物性能试验方法》(GB/T 50080—2002);建工行业标准《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 552000)。

随着我国对外开放和对外参与国际土木工程投标建设,还经常涉及与土木工程关系密切的国际或国外标准,其中主要有:国际标准,代号为 ISO;美国材料实验协会标准,代号为 ASTM;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;等等。

## 任务五 课程的内容、任务和学习方法

### 一、课程的内容、任务

本课程主要讲述常用建筑材料的品种、规格、技术性能、质量标准、检测方法、选用及保管等基本内容,重点要求掌握材料的技术性能与合理选用,并具备对常用建筑材料的主要技术指标进行检测的能力。

本课程是一门实践性较强的专业技术课,通过课程的学习,可使学生在今后的工作中能合理选择、正确使用建筑材料,也可为进一步学习房屋建筑学、建筑构造、建筑施工技术、建筑工程预算等课程提供有关建筑材料的基本知识。

## 二、课程的学习方法

- (1) 在理解建筑材料共性的基础上,掌握建筑材料的个性。
- (2) 理解建筑材料性能形成的内在原因;理解建筑材料性能的各种影响因素。
- (3) 掌握建筑材料在工程中的应用。
- (4) 认真完成作业,上好实验课,注意理论与实践的结合。
- (5) 注意阅读专业报刊。



### 项目小结

建筑材料是指用于建筑物各个部位的各种构件和结构体所用材料的总称。建筑材料是建筑、结构、施工、预算的物质基础。建筑材料工业发展迅速,近年来各种新型建筑材料层出不穷,且日益向着轻质、高强、多功能方向发展,建筑材料正处于新的变革之中。本项目主要是使初学者具有建筑材料的基础知识和在实践中合理选择与使用建筑材料的能力,并获得主要建筑材料试验的基础技能训练。

密度是指材料在堆积状态下单位体积的质量,其计算公式如下:

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

式中:  $\rho$  为堆积密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );  $m$  为材料的质量 ( $\text{kg}$ );  $V$  为材料的堆积体积 ( $\text{m}^3$ )。

堆积密度是材料在堆积状态下单位体积的质量,其计算公式如下:

$$\rho_0 = \frac{m_0}{V_0}$$

式中:  $\rho_0$  为堆积密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ );  $m_0$  为材料的质量 ( $\text{kg}$ );  $V_0$  为材料的堆积体积 ( $\text{m}^3$ )。

(8-2)

图 8-2 堆积材料堆积密度示意图

堆积密度是指材料在堆积状态下单位体积的质量,其计算公式如下:

## 项目二 建筑材料的基本性质



### 学习目标

本项目是本课程的重点内容之一,重点介绍了建筑材料的基本物理性质、力学性质、与水有关的性质、热工性质、光学性质及耐久性,并从材料的组成和结构出发,阐述了影响材料基本性质的内在因素。

建筑材料在正常使用状态下,总是要承受一定的外力和自重,同时还会受到周围各种介质(如水、蒸汽、腐蚀性气体和液体等)的作用以及各种物理作用(如温度、湿度、摩擦等)。为保证建筑物的正常使用功能和耐久性,要求在工程设计和施工中正确合理地使用材料,因此,必须熟悉和掌握材料的基本性能,即材料共同具有的性能。常用材料各自的具体性能将在后面相关内容中讨论。

## 任务一 建筑材料的基本物理性质

### 一、材料的密度、表观密度与堆积密度

#### 1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量,其计算公式如下:

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

式中:  $\rho$  为密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ );  $m$  为材料在干燥状态下的质量( $\text{g}$ );  $V$  为材料在绝对密实状态下的体积( $\text{cm}^3$ )。

绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的体积。除了钢材、玻璃等少数材料外,绝大多数材料内部都存在一些孔隙。在测定有孔隙的材料密度时,应把材料磨成细粉,干燥后,用密度瓶(李氏瓶)测定其实际体积。材料磨得越细,测得的密度数值越精确,此时的体积即可视为材料在绝对密实状态下的体积。

#### 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,其计算公式如下:

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

式中:  $\rho_0$  为表观密度( $\text{g}/\text{cm}^3$  或  $\text{kg}/\text{m}^3$ );  $m$  为材料的质量( $\text{g}$  或  $\text{kg}$ );  $V_0$  为材料在自然状态

下的体积,或称表观体积( $\text{cm}^3$  或  $\text{m}^3$ )。表观体积包括固体物质所占体积、开口孔隙体积和封闭孔隙体积,如图 2-1 所示。

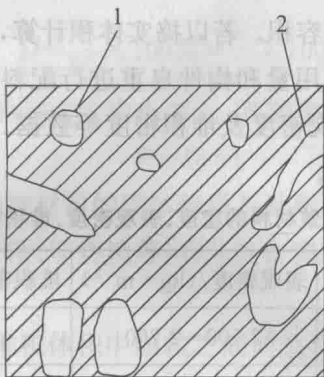


图 2-1 含孔材料表观体积组成示意图

1—闭口孔;2—开口孔

材料在自然状态下的体积是指材料的实际体积与材料内所含全部孔隙体积之和。对于外形规则的材料,其测定很简便,只要测得材料的质量和体积,即可算得表观密度。不规则材料的体积要采用排水法求得,但材料表面应预先涂上蜡,以防水分渗入材料内部而影响测定值。一般情况下,表观密度是指材料在气干状态(长期在空气中干燥)下的表观密度;在烘干至恒重状态下测定的表观密度称为干表观密度。一般测定表观密度时,以干表观密度为准,而在含水状态下测定的表观密度,须注明含水情况。

3. 堆积密度

堆积密度是指粉状、颗粒状材料在堆积状态下单位体积的质量,其计算公式如下:

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

式中:  $\rho_0'$  为堆积密度( $\text{kg}/\text{m}^3$ );  $m$  为材料的质量( $\text{kg}$ );  $V_0$  为材料的堆积体积( $\text{m}^3$ )。

堆积体积包括固体物质所占体积、开口孔隙体积和封闭孔隙体积和颗粒之间的空隙体积,如图 2-2 所示。

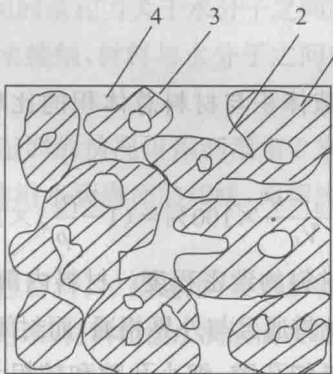


图 2-2 散粒材料堆积体积组成示意图

1—颗粒中的固体物质;2—颗粒的开口孔隙;3—颗粒的闭口孔隙;4—颗粒之间的空隙

散粒材料在自然状态下的体积,是指既含颗粒内部的孔隙,又含颗粒之间空隙在内的总体积。测定散粒材料的堆积密度时,材料的质量是指在一定容积的容器内的材料质量,其堆积体积是指所用容器的容积。若以捣实体积计算,则称紧密堆积密度。

在建筑工程中,凡计算材料用量和构件自重进行配料计算,确定堆放空间及组织运输时,必须掌握材料的密度、表观密度及堆积密度等数据。表观密度与材料的其他性质也存在密切关系,如表 2-1 所示。

表 2-1 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/(g·cm <sup>-3</sup> ) | 表观密度/(kg·m <sup>-3</sup> ) | 堆积密度/(kg·m <sup>-3</sup> ) | 孔隙率       |
|--------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------|
| 花岗岩    | 2.6~2.9                  | 2 500~2 700                | —                          | 0.5%~0.3% |
| 普通黏土砖  | 2.5                      | 1 600~1 800                | —                          | 20%~40%   |
| 黏土空心砖  | 2.5                      | 1 000~1 400                | —                          | —         |
| 普通混凝土  | —                        | 2 100~2 600                | —                          | 5%~20%    |
| 轻骨料混凝土 | —                        | 800~1 900                  | —                          | —         |
| 水泥     | 3.10                     | —                          | 1 200~1 300                | —         |
| 石灰岩    | 2.6                      | 1 800~2 600                | —                          | —         |
| 砂      | 2.6                      | —                          | 1 450~1 650                | —         |
| 黏土     | 2.6                      | —                          | 1 600~1 800                | —         |
| 木材     | 1.55                     | 400~800                    | —                          | 55%~75%   |
| 建筑钢材   | 7.85                     | 7 850                      | —                          | 0         |

二、材料的孔隙率、密实度、空隙率与填充率

1. 孔隙率

孔隙率是指材料体积内孔隙体积与材料总体积的比率,以  $P$  表示,可用如下公式计算:

$$P=\frac{V_0-V}{V_0}\times100\%=(1-\frac{\rho_0}{\rho})\times100 \tag{2-4}$$

孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。材料内部孔隙可分为连通型与封闭型两种构造。连通型孔隙不仅彼此贯通且与外界相通,而封闭型孔隙彼此不通且与外界隔绝。孔隙按尺寸大小又可分为极细孔隙、细小孔隙和较粗大孔隙,孔隙大小对材料的性能影响较大。几种常用材料的孔隙率见表 2-1。

## 2. 密实度

密实度是材料体积内固体物质所充实的程度,用  $D$  表示,可用如下公式计算:

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

含有孔隙率的固体材料的密实度均小于 1。孔隙率与密实度的关系为:

$$P + D = 1$$

上式表明,材料的总体积是由该材料的固体物质与其所包含的孔隙所组成的。材料的很多性能(如强度、吸水性、耐久性、导热性等)均与其密实度、孔隙率有关。

## 3. 空隙率

空隙率是指散粒材料在堆积体积中颗粒之间的空隙百分比,以  $P'$  表示,可用如下公式计算:

$$\begin{aligned} P' &= \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = 1 - \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% \\ &= 1 - \frac{\rho_0'}{\rho_0} \times 100\% \end{aligned} \quad (2-6)$$

## 4. 填充率

填充率是指散粒材料在堆放体积内被其颗粒填充的程度,以  $D'$  表示,可用如下公式计算:

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho_0'}{\rho_0} \times 100\% \quad (2-7)$$

# 三、材料与水有关的性质

## 1. 亲水性与憎水性

(1) 亲水性。材料能被水润湿的性质,称为亲水性。材料产生亲水性的原因是其与水接触时,材料与水分子之间的亲和力大于水分子之间的内聚力所致。

(2) 憎水性。当材料与水接触,材料与水分子之间的亲和力小于水分子之间的内聚力时,材料则表现为憎水性。

(3) 润湿角。材料被水湿润的情况可用润湿角  $\theta$  来表示。当材料与水接触时,在材料、水、空气三相的交界点,作沿水滴表面的切线,此切线与材料和水接触面的夹角  $\theta$  称为润湿角,如图 2-3 所示。

(4) 亲水性材料与憎水性材料。 $\theta$  角越小,表明材料越易被水润湿。

当  $\theta < 90^\circ$  时,材料表面吸附水,材料能被水润湿而表现出亲水性,这种材料称为亲水性材料,如砖、混凝土等。

当  $\theta > 90^\circ$  时,材料表面不吸附水,表现出憎水性,这种材料称为憎水性材料,如沥青、石油等。