

高职高专十三五规划教材

# 建筑材料与检测

JIANZHU CAILIAO YU JIANCE

主 编 / 周本能 武新杰 李 姿



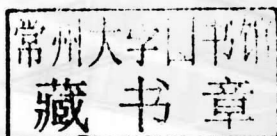
电子科技大学出版社

高职高专十三五规划教材

# 建筑材料与检测

JIANZHU CAILIAO YU JIANCE

主 编 / 周本能 武新杰 李 姿  
副主编 / 刘从燕 胡劲德 斐 欣  
主 审 / 谢芳蓬



电子科技大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

建筑材料与检测: 含实训 / 周本能, 武新杰, 李姿

主编. --成都: 电子科技大学出版社, 2016. 7

ISBN 978-7-5647-3569-2

I. ①建… II. ①周… ②武… ③李… III. ①建筑材

料—检测—高等职业教育—教材 IV. ①TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 082492 号

内 容 简 介

全书共有十个项目, 主要内容有: 建筑材料的基本性能与检测, 气硬性胶凝材料的性能与检测、砂石骨料的性能与检测, 水泥的性能与检测, 砂浆的性能与检测, 混凝土的性能与检测, 墙体材料的性能与检测, 建筑钢材的性能与检测, 防水材料的性能与检测, 其他常用建筑材料的性能与检测。

本书可作为高等职业院校、高等专科学校建筑类专业的教材, 也可作为建筑工程技术人员参考用书。

高职高专十三五规划教材

建筑材料与检测

周本能 武新杰 李 姿 主 编

---

出 版: 电子科技大学出版社 (成都市一环路东一段 159 号电子信息产业大厦 邮编: 610051)  
策划编辑: 郭蜀燕 谭炜麟  
责任编辑: 谭炜麟  
主 页: [www.uestcp.com.cn](http://www.uestcp.com.cn)  
电子邮箱: [uestcp@uestcp.com.cn](mailto:uestcp@uestcp.com.cn)  
发 行: 新华书店经销  
印 刷: 成都市火炬印务有限公司  
成品尺寸: 185mm×260mm 印张 15.125 字数 415 千字  
版 次: 2016 年 7 月第一版  
印 次: 2016 年 7 月第一次印刷  
书 号: ISBN 978-7-5647-3569-2  
定 价: 38.50 元

---

■ 版权所有 侵权必究 ■

- ◆ 本社发行部电话: 028-83202463; 本社邮购电话: 028-83201495。
- ◆ 本书如有缺页、破损、装订错误, 请寄回印刷厂调换。

# 前 言

高等职业教育必须强化学生职业能力培养。本教材按照高职高专建筑类专业培养目标的要求，以最新标准为依据，以能力培养为目标，以教学体系、教学内容的实用性为突破口，以典型工程常用建筑材料进场检测顺序为主线，以岗位能力分析为基础，从职业资格证所需要的职业素质和岗位技能来构建教材的内容体系，形成特色鲜明的项目化教材，并有利于教学领域的革新。

本教材主要包括如下十个项目：项目一，建筑材料的基本性能与检测；项目二，气硬性胶凝材料的性能与检测；项目三，砂石骨料的性能与检测；项目四，水泥的性能与检测；项目五，砂浆的性能与检测；项目六，混凝土的性能与检测；项目七，墙体材料的性能与检测；项目八，建筑钢材的性能与检测；项目九，防水材料的性能与检测；项目十，其他常用建筑材料的性能与检测。本书系统的介绍了土建工程中常用建筑材料的理论知识，同时，为了突出高等职业教育、教学在实际工程中的实用性，还特意加强了建筑材料检测、存储保管及选择应用方面的实践技能知识，并将试验、实训等技能训练内容与基础理论知识有机结合，体现了高度职业教育“教、学、做三合一”的特点。

本教材由江西现代职业技术学院周本能、重庆建筑工程职业学院武新杰和河南工业职业技术学院李姿担任主编，由江西现代职业技术学院刘从燕，六安职业技术学院胡劲德、斐欣担任副主编；由江西现代职业技术学院谢芳蓬教授担任主审。

其中项目四、六、七由周本能编写，项目八、九由武新杰编写，项目二、三、五由李姿编写，项目一由刘从燕编写，项目十由胡劲德、斐欣编写；本教材即可作为高职高专教育土建类相关专业教材，也可以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和国家行业标准的最新规范，部分高职高专院校老师和土建工程专业技术人员提出了宝贵意见供我们参考，在此，向他们表示衷心感谢！

本教材编写过程中，虽经推敲核证，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

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 项目一 建筑材料的基本性能与检测.....   | 1  |
| 【知识目标】 .....            | 1  |
| 【技能目标】 .....            | 1  |
| 任务1 建筑材料基本性能.....       | 1  |
| 一、材料的物理性能.....          | 1  |
| 二、材料的力学性能.....          | 11 |
| 三、材料的耐久性.....           | 13 |
| 任务2 建筑材料基本性质检测.....     | 14 |
| 一、绝对密度测定.....           | 14 |
| 二、砂的表观密度测定.....         | 15 |
| 三、卵石或碎石的表观测定.....       | 16 |
| 四、堆积密度测定.....           | 17 |
| 【自我测验】 .....            | 19 |
| 一、填空题 .....             | 19 |
| 二、名词解释.....             | 20 |
| 三、判断题 .....             | 20 |
| 四、单选题 .....             | 20 |
| 五、计算题 .....             | 21 |
| 项目二 气硬性胶凝材料的性能与检测.....  | 22 |
| 【知识目标】 .....            | 22 |
| 【技能目标】 .....            | 22 |
| 任务3 气硬性胶凝材料性能.....      | 22 |
| 一、石灰 .....              | 22 |
| 二、建筑石膏.....             | 27 |
| 三、水玻璃 .....             | 30 |
| 任务4 气硬性胶凝材料性能检测.....    | 31 |
| 一、消石灰、粉状生石灰的松散密度测定..... | 31 |
| 二、石灰粉（或消石灰）细度测定.....    | 32 |
| 三、消石灰安定性测定.....         | 33 |
| 四、生石灰产浆量，未消化残渣含量测定..... | 33 |
| 五、消石灰粉游离水含量测定.....      | 35 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 【自我测验】 .....             | 35 |
| 一、填空题 .....              | 35 |
| 二、名词解释 .....             | 35 |
| 三、判断题 .....              | 36 |
| 四、单选题 .....              | 36 |
| 五、问答题 .....              | 36 |
| 项目三 砂石骨料性能与检测 .....      | 37 |
| 【知识目标】 .....             | 37 |
| 【技能目标】 .....             | 37 |
| 任务5 砂石骨料性能 .....         | 37 |
| 一、细骨料 .....              | 37 |
| 二、粗骨料 .....              | 42 |
| 任务6 砂石骨料性能检测 .....       | 46 |
| 一、砂的筛分析试验 .....          | 46 |
| 二、砂的含水率测定 .....          | 49 |
| 三、石子筛分试验 .....           | 49 |
| 【自我测验】 .....             | 50 |
| 一、填空题 .....              | 50 |
| 二、名词解释 .....             | 50 |
| 三、判断题 .....              | 50 |
| 四、选择题 .....              | 51 |
| 五、问答题 .....              | 51 |
| 六、计算题 .....              | 51 |
| 项目四 水泥的性能与检测 .....       | 52 |
| 【知识目标】 .....             | 52 |
| 【技能目标】 .....             | 52 |
| 任务7 水泥性能 .....           | 52 |
| 一、硅酸盐水泥 .....            | 52 |
| 二、掺混合材料的硅酸盐水泥 .....      | 62 |
| 三、通用硅酸盐水泥的验收和保管 .....    | 66 |
| 四、其他品种水泥 .....           | 68 |
| 任务8 水泥性能检测 .....         | 71 |
| 一、水泥细度测定 .....           | 72 |
| 二、水泥比表面积测定 .....         | 73 |
| 三、水泥标准稠度用水量测定（标准法） ..... | 74 |
| 四、水泥凝结时间测定 .....         | 75 |
| 五、水泥安定性测定 .....          | 76 |
| 六、水泥胶砂强度测定 .....         | 77 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 【自我测验】 .....           | 79  |
| 一、填空 .....             | 79  |
| 二、名词解释 .....           | 80  |
| 三、判断题 .....            | 80  |
| 四、单选题 .....            | 80  |
| 五、问答题 .....            | 81  |
| 项目五 砂浆的性能与检测 .....     | 82  |
| 【知识目标】 .....           | 82  |
| 【技能目标】 .....           | 82  |
| 任务9 砂浆性能 .....         | 82  |
| 一、砌筑砂浆 .....           | 82  |
| 二、其他建筑砂浆 .....         | 90  |
| 任务10 砂浆的性能检测 .....     | 93  |
| 一、砌筑砂浆稠度测定 .....       | 93  |
| 二、砌筑砂浆保水性测定 .....      | 94  |
| 三、建筑砂浆分层度测定 .....      | 95  |
| 四、建筑砂浆抗压强度测定 .....     | 96  |
| 【自我测验】 .....           | 97  |
| 一、填空题 .....            | 97  |
| 二、名词解释 .....           | 97  |
| 三、判断题 .....            | 97  |
| 四、单选题 .....            | 98  |
| 五、问答题 .....            | 98  |
| 项目六 混凝土的性能与检测 .....    | 99  |
| 【知识目标】 .....           | 99  |
| 【技能目标】 .....           | 99  |
| 任务11 混凝土性能 .....       | 99  |
| 一、混凝土的概述 .....         | 99  |
| 二、普通混凝土的组成材料 .....     | 100 |
| 三、混凝土的技术性质 .....       | 107 |
| 四、普通混凝土配合比设计 .....     | 121 |
| 五、混凝土的质量控制与强度评定 .....  | 132 |
| 六、其他混凝土 .....          | 138 |
| 任务12 混凝土性能检测 .....     | 139 |
| 一、混凝土试验室拌和 .....       | 139 |
| 二、混凝土和易性的测定 .....      | 140 |
| 三、混凝土拌和物表观密度测定 .....   | 141 |
| 四、普通混凝土立方体抗压强度测定 ..... | 142 |



|                        |     |
|------------------------|-----|
| 五、混凝土劈裂抗拉强度测试.....     | 143 |
| 六、混凝土非破损测试.....        | 144 |
| 【自我测验】 .....           | 147 |
| 一、填空题 .....            | 147 |
| 二、名词解释.....            | 147 |
| 三、判断题 .....            | 147 |
| 四、单选题 .....            | 148 |
| 五、问答题 .....            | 148 |
| 六、计算题 .....            | 149 |
| 项目七 墙体材料的性能与检测.....    | 150 |
| 【知识目标】 .....           | 150 |
| 【技能目标】 .....           | 150 |
| 任务 13 墙体材料性能.....      | 150 |
| 一、砌墙砖 .....            | 150 |
| 二、砌块 .....             | 157 |
| 三、墙用板材.....            | 161 |
| 任务 14 墙体材料性能检测.....    | 164 |
| 一、烧结普通砖抗压强度测定.....     | 164 |
| 二、尺寸偏差与外观质量检验.....     | 165 |
| 【自我测验】 .....           | 166 |
| 一、填空题 .....            | 166 |
| 二、名词解释.....            | 166 |
| 三、判断题 .....            | 167 |
| 四、单选题 .....            | 167 |
| 五、问答题 .....            | 167 |
| 六、计算题 .....            | 167 |
| 项目八 建筑钢材的性能与检测.....    | 168 |
| 【知识目标】 .....           | 168 |
| 【技能目标】 .....           | 168 |
| 任务 15 建筑钢材性能.....      | 168 |
| 一、钢材概述.....            | 168 |
| 二、建筑钢材的技术性能.....       | 173 |
| 三、建筑钢材的技术标准与选用 .....   | 178 |
| 四、钢材进场质量控制.....        | 184 |
| 任务 16 建筑钢材性能检测.....    | 186 |
| 一、钢筋的拉伸性能测定.....       | 186 |
| 二、钢筋冷弯性能测定.....        | 188 |
| 三、钢筋冷拉、时效后的拉伸性能测定..... | 189 |



|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 【自我测验】 .....              | 190 |
| 一、填空题 .....               | 190 |
| 二、名词解释 .....              | 190 |
| 三、判断题 .....               | 191 |
| 四、单选题 .....               | 191 |
| 五、问答题 .....               | 191 |
| 六、计算题 .....               | 192 |
| 项目九 防水材料的性能与检测 .....      | 193 |
| 【知识目标】 .....              | 193 |
| 【技能目标】 .....              | 193 |
| 任务 17 防水材料性能 .....        | 193 |
| 一、防水材料概述 .....            | 193 |
| 二、沥青 .....                | 194 |
| 三、防水卷材 .....              | 198 |
| 四、防水涂料 .....              | 200 |
| 五、建筑密封材料 .....            | 201 |
| 六、刚性防水材料 .....            | 202 |
| 七、特殊部位用防水材料 .....         | 204 |
| 任务 18 防水材料的性能检测 .....     | 205 |
| 一、石油沥青性能测定 .....          | 205 |
| 二、防水卷材取样及性能测定 .....       | 209 |
| 【自我测验】 .....              | 213 |
| 一、填空题 .....               | 213 |
| 二、名词解释 .....              | 213 |
| 三、单选题 .....               | 213 |
| 四、简答题 .....               | 213 |
| 项目十 其他常用建筑材料的性能与检测 .....  | 214 |
| 【知识目标】 .....              | 214 |
| 【技能目标】 .....              | 214 |
| 任务 19 其他常用建筑材料性能 .....    | 214 |
| 一、木材 .....                | 214 |
| 二、建筑陶瓷 .....              | 218 |
| 三、建筑石材 .....              | 219 |
| 四、建筑玻璃 .....              | 222 |
| 五、建筑塑料 .....              | 224 |
| 六、建筑涂料 .....              | 226 |
| 任务 20 其他常用建筑材料的性能检测 ..... | 227 |
| 一、玻璃相关的性能检测 .....         | 227 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 二、天然饰面石材的检验方法..... | 229 |
| 【自我测验】 .....       | 231 |
| 一、填空题 .....        | 231 |
| 二、名词解释.....        | 231 |
| 三、简答题 .....        | 231 |
| 参考文献 .....         | 232 |

项目一 建筑材料的基本性能与检测

|                                                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 【知识目标】                                                                                                              |
| 1. 知道描述材料物理性质的相关参数的含义、影响因素及其工程意义。<br>2. 会根据物理参数值推断或评价材料的力学性质和耐久性能。<br>3. 熟知强度、比强度的含义和工程意义。<br>4. 知道耐久性的含义和评价耐久性的指标。 |
| 【技能目标】                                                                                                              |
| 1. 能够进行材料密度的测定。<br>2. 能够进行砂石的表观密度的测定。<br>3. 能够进行砂石的堆积密度的测定。<br>4. 能够区分与材料基本性质相关的术语。                                 |

任务 1 建筑材料基本性能

在建筑工程中，建筑材料要承受各种不同的作用，从而要求建筑材料具有相应的不同性质，如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破坏作用。为了保证建筑物经久耐用，要求建筑设计人员掌握材料的基本性质，并能合理地选用材料。

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（如温度差、湿度差、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。

一、材料的物理性能

（一）材料与质量有关的性能

材料与质量有关的性质主要指材料的各种密度和描述其孔隙与孔隙状况的指标，在这些指标的表达式中都有质量这一参数。

1. 材料的微观体积构成

（1）块状材料

如图 1.1（a）所示，从微观角度分析，块状材料的体积包括矿质实体体积、闭口孔隙（不与外界连通）体积和开口孔隙（与外界连通）体积三个部分，各部分的体积与质量关系如图

1.1 (b) 所示。

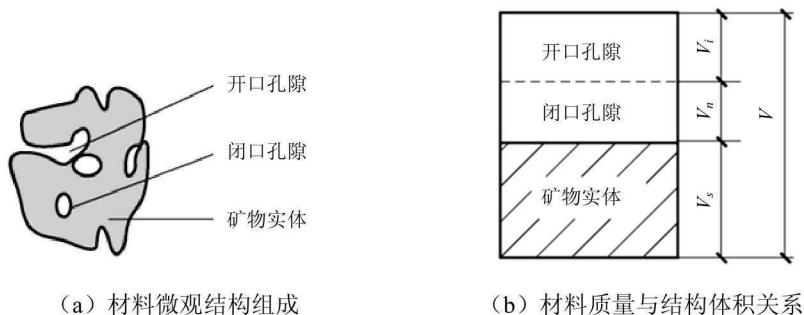


图 1.1 材料微观结构示意图

## (2) 散粒状或粉状材料

如图 1.2 所示,堆积起来的散粒状或粉状材料的微观体积包括颗粒的实体体积、颗粒的开口孔隙体积、颗粒的闭口孔隙体积和颗粒间间隙体积四个部分。由于颗粒的开口孔隙与颗粒间缝隙通常是贯通的,因此,散粒状或粉状材料的堆积体积可以理解为由颗粒的总表观体积与颗粒间总空隙构成。

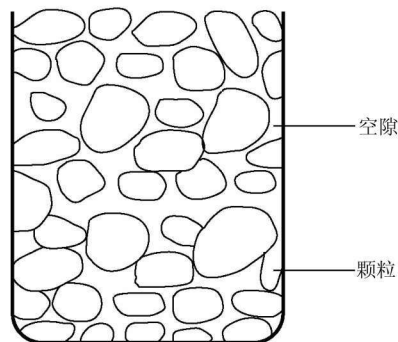


图 1.2 堆积体积

## (3) 材料在不同构造状态下的体积

材料在绝对密实状态下的体积  $V$  是指构成材料的固体物质本身的体积。

材料的表观体积  $V' = V + V_{\text{闭}}$

材料的自然体积  $V_0 = V + V_{\text{开}} + V_{\text{闭}}$

材料的堆积体积  $V'_0 = V_0 + V_{\text{空}}$

## 2. 反映材料质量与体积关系的参数

### (1) 密度

材料在绝对密实状态下单位体积的质量,称为材料的密度。按下式计算:

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

式中,  $\rho$ ——材料的密度 ( $\text{g}/\text{cm}^3$  或  $\text{kg}/\text{m}^3$ );

$m$ ——材料在干燥状态下的质量 ( $\text{g}$ 或 $\text{kg}$ );

$V$ ——为绝对体积或矿质实体体积 ( $\text{cm}^3$  或  $\text{m}^3$ )。

材料在绝对密实状态下的体积是指构成材料的固体物质本身的体积,或称实体积。测量材料绝对密实状态下体积的简单方法是材料磨成细粉,以消除材料内部的孔隙,用排水法

求得的粉末体积即为材料绝对密实状态下的体积。

## (2) 表观密度

对于某些较密实的外形不规则的散粒状材料（如混凝土用砂、石子等），因孔隙很少，可不必磨细，直接以排水法测得体积，称为绝对密实体积的近似值。用绝对密实体积的近似值计算的密度，称为表观密度。按下式计算：

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

式中， $\rho'$ ——材料的表观密度（ $\text{g/cm}^3$ ）；

$m$ ——材料的质量（ $\text{g}$ ）；

$V'$ ——材料在自然状态下不含开口孔隙的体积（ $\text{cm}^3$ ）。

根据材料的含水状态不同有干表观密度和湿表观密度。

## (3) 体积密度

材料在自然状态下，单位体积的质量。按下式计算：

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

式中， $\rho_0$ ——材料的体积密度（ $\text{g/cm}^3$  或  $\text{kg/m}^3$ ）；

$m$ ——材料在干燥状态下的质量（ $\text{g}$  或  $\text{kg}$ ）；

$V_0$ ——材料在自然状态下的体积（ $\text{cm}^3$  或  $\text{m}^3$ ）。

材料在自然状态下的体积是指包括实体和内部孔隙的外观几何形状的体积。对于规则的材料，直接量其体积；不规则的材料，为防止液体有空隙进入材料内部而影响测量值，应在表面封蜡，然后再用排液法测量体积。

## (4) 堆积密度

散粒材料或粉末状材料在堆积状态下（含颗粒间空隙体积），单位体积的质量，称为材料的堆积密度。按下式计算：

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0}$$

式中， $\rho'_0$ ——材料的堆积密度（ $\text{g/cm}^3$  或  $\text{kg/m}^3$ ）；

$m$ ——材料在干燥状态下的质量（ $\text{g}$  或  $\text{kg}$ ）；

$V'_0$ ——材料的堆积体积（矿质实体+闭口孔隙+开口孔隙+颗粒间间隙的体积）（ $\text{cm}^3$  或  $\text{m}^3$ ）。

测定材料的堆积密度时，材料的质量可以是任意含水状态，未注明材料含水率时，通常是指在干燥状态下的质量。堆积密度的大小与材料装填于容器中的条件或材料的堆积状态有关，在自然堆积状态下称松散堆积密度，当紧密堆积（如加以振实）时称为紧密堆积密度。工程上通常所说的堆积密度是指松散堆积密度（材料的密度、表观密度、体积密度、堆积密度测定）。

在建筑工程中，确定材料的用量，构件的自重，混凝土、砂浆的配合比以及材料的运输量与堆放空间等经常用到材料的密度、表观密度和堆积密度。常用建筑材料的密度、表观密度和堆积密度值见表1.1。

表 1.1 常用建筑材料的密度、表观密度、体积密度和堆积密度值

| 名 称   | 密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 表观密度 (g/cm <sup>3</sup> ) | 体积密度 (kg/m <sup>3</sup> ) | 堆积密度 (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| 水 泥   | 2.8~3.1                 |                           |                           | 1000~1700                 |
| 钢 材   | 7.85                    |                           | 7850                      |                           |
| 普通混凝土 |                         |                           | 1950~2500                 |                           |
| 砂     | 2.5~2.8                 | 2.5~2.8                   |                           | 1450~1650                 |
| 碎石或卵石 | 2.6~2.9                 | 2.6~2.9                   |                           | 1400~1650                 |
| 木 材   | 1.55                    |                           | 400~800                   |                           |
| 石灰岩   | 2.60                    |                           | 1800~2600                 |                           |
| 普通黏土砖 | 2.5~2.8                 |                           | 1600~1800                 |                           |
| 木 材   | 1.55                    |                           | 400~800                   |                           |

### 3. 表征材料结构密实性的参数

#### (1) 密实度 ( $D$ )

密实度是材料固体部分的体积 (矿质实体体积) 占材料总体积 (矿质实体体积+闭合孔体积+开口孔体积) 的百分率, 以  $D$  表示:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\%$$

密实度  $D$  反映材料的密实程度,  $D$  值越大, 则材料越密实。

#### (2) 孔隙率 ( $P$ )

孔隙率是指材料中孔隙体积 (闭合孔+开口孔) 占材料总体积 (矿质实体+闭口孔隙+开口孔隙) 的百分率, 以  $P$  表示:

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

密实度与孔隙率的关系为

$$P + D = 1$$

材料内部孔隙的构造, 分为开孔与封闭孔两种。按其尺寸大小又可分为粗孔和细孔。材料的许多性能, 如强度、吸湿性、吸水性、抗渗性、抗冻性、导热性、吸声性等都与孔隙率和孔隙构造有关。一般而言, 同一种材料孔隙率越小, 连通孔隙越少, 其强度越高, 吸水性越小, 抗渗性和抗冻性越好, 但其导热性越大。

### 4. 表征材料堆积紧密程度的参数

#### (1) 空隙率 $P'$

空隙率是指散粒或粉状材料颗粒之间的空隙体积占总体积的百分率, 以  $P'$  表示, 按下式计算:

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

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒间互相填充的紧密程度。空隙率可作为控制混凝土集料级配与计算含砂率的依据。

在配制混凝土、砂浆等材料时, 砂、石的空隙率是作为控制混凝土中骨料级配与计算混

凝土砂率时的重要依据。为了节约水泥等胶凝材料,改善材料的性能,宜选用空隙率  $P'$  小的砂石。

(2) 填充率指散粒材料堆积体积内被固体颗粒所填充的程度。用  $D'$  表示:

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

【例题】已知某种建筑材料试样的孔隙率为 24%, 此试样在自然状态下的体积为 40 立方厘米, 质量为 85.50 克, 吸水饱和后的质量为 89.77 克, 烘干后的质量为 82.30 克。试求该材料的密度、表观密度、开口孔隙率、闭口孔隙率、含水率。

解: 密度=干质量/密实状态下的体积= $82.30/40 \times (1-0.24)=2.7 \text{ g/cm}^3$

开口孔隙率=开口孔隙的体积/自然状态下的体积= $(89.77-82.3) \div 1/40=18.7\%$

闭口孔隙率=孔隙率-开口孔隙率= $0.24-0.187=5.3\%$

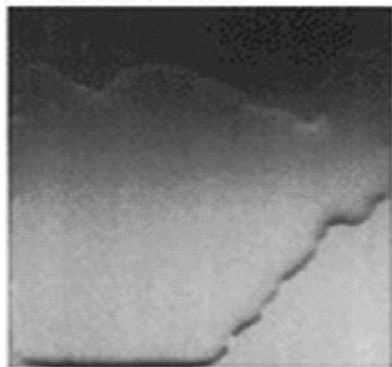
表观密度=干质量/表观体积= $82.3/40 \times (1-0.187)=2.53 \text{ g/cm}^3$

含水率=水的质量/干重= $(85.5-82.3)/82.3=3.9\%$

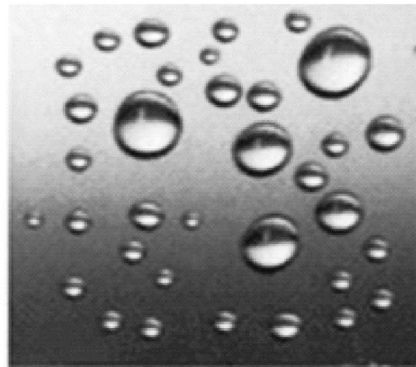
## (二) 材料与水有关的性能

### 1. 亲水性与憎水性

当水与建筑材料在空气中接触时,会出现两种不同的现象。如图 1.3 所示,表面能被水润湿,即水能在其表面铺展开的材料为亲水性材料;表面不能被水润湿,即水不能在其表面铺展开的材料称为憎水性材料。



(a) 亲水性材料



(b) 憎水性材料

图 1.3 水在不同材料表面作用的情形

材料与水接触时,根据其是否能被水所润湿,可将材料分为亲水性与憎水性两大类。材料被水润湿的程度可用润湿角表示,如图 1.4 所示。

润湿角是在材料、水和空气的交点处,沿水滴表面作切线,切线和水与材料接触面所形成的夹角。一般认为,润湿角  $\theta \leq 90^\circ$ ,如图 1.4 (a) 所示的材料为亲水性材料,润湿角  $\theta > 90^\circ$ ,如图 1.4 (b) 所示的材料为憎水性材料。憎水性材料具有较好的防水、防潮性,常用作防水材料,也可用手对亲水性材料进行表面处理,以降低吸水率,提高抗渗性。大多数建筑材料属于亲水性材料,如混凝土、砖、石、木材、钢材等;大部分有机材料属于憎水性材料,如沥青、塑料、石蜡和有机硅等。但需指出的是孔隙率较小,孔隙构造为封闭孔的亲水性材料同样也具有较好的防水、防潮性,如水泥砂浆、水泥混凝土等。



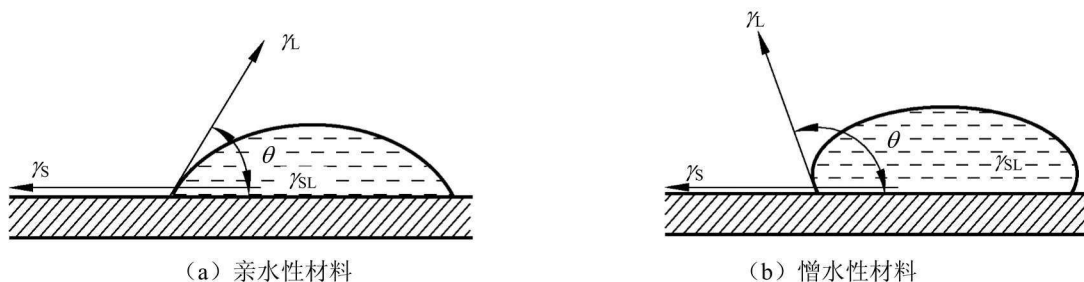


图 1.4 材料的湿润角示意图

## 2. 吸湿性与吸水性

### (1) 吸湿性

材料在空气中吸收水分的性质，称为吸湿性。用含水率  $W'$  表示，即材料所含水的质量与材料干质量的百分比，按下式计算：

$$W' = \frac{m_w - m}{m} \times 100\%$$

式中， $m_w$ ——材料含水时的质量（g 或 kg）；

$m$ ——材料干燥时的质量（g 或 kg）。

材料吸湿或干燥至与空气湿度相平衡时的含水率称为平衡含水率。建筑材料在正常使用状态下，均处于平衡含水状态。

材料的含水率随空气湿度的不同而改变。在不同湿度的空气中，材料既能在空气中吸收水分，又可向空气中扩散水分，最后与空气湿度达到平衡，此时的含水率称为平衡含水率。木材的吸湿性随着空气湿度变化特别明显。例如，木门窗制作后如长期处在空气湿度小的环境中，为了与周围湿度平衡，木材便向外散发水分，于是门窗体积收缩而致干裂。

### (2) 吸水性

材料在水中吸收水分的性质，称为吸水性，用质量吸水率  $W_m$  或体积吸水率  $W_v$  来表示。质量吸水率是指材料所吸水的质量占材料干质量的百分率，体积吸水率是指材料所吸水的体积占干燥材料自然体积的百分率，可分别用以下两式计算：

$$W_m = \frac{m_{sw} - m}{m} \times 100\% \quad W_v = \frac{m_{sw} - m}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\%$$

式中， $m_{sw}$ ——材料吸水饱和时质量（g 或 kg）；

$V_0$ ——干燥材料自然状态的体积（ $m^3$  或  $cm^3$ ）；

$\rho_w$ ——水的密度（ $kg/m^3$  或  $g/cm^3$ ）；

$m$ ——材料干燥状态下的质量（g 或 kg）。

质量吸水率和体积吸水率的关系为

$$W_v = W_m \times \frac{\rho_0}{\rho_w}$$

式中， $\rho_0$ ——材料干燥状态下的表观密度（ $kg/m^3$  或  $g/cm^3$ ）。

材料吸水率主要与材料的孔隙率以及孔隙构造有关。孔隙率越大，细小开口孔越多，吸水率也越大；闭口孔隙水分不能进入，而粗大的开口孔隙水分则不易留存，故吸水率较小。须指出，含水率是随环境而变化的，而吸水率却是一个定值，材料的吸水率可以说是该材料的

最大含水率，二者不能混淆。

### 3. 耐水性、抗渗性和抗冻性

#### (1) 耐水性

耐水性是材料长期处于水饱和状态下而不被破坏，强度也不显著降低的性质，用软化系数表示。软化系数是指材料在吸水饱和状态下的抗压强度与其在干燥状态下的强度的比值，用软化系数  $K_p$  表示。用下式计算：

$$K_p = \frac{f_{sw}}{f_d}$$

式中， $f_{sw}$ ——材料在吸水饱和状态下的抗压强度（MPa）；

$f_d$ ——材料在干燥状态下的抗压强度（MPa）。

$K_p$  值的大小，表明材料浸水饱和后强度下降的程度， $K_p$  在 0~1.0 之间。 $K_p$  越小，表明材料吸水后强度下降越大，即耐水性越差。不同材料的  $K_p$  值相差颇大，如黏土  $K_p=0$ ，而金属  $K_p=1$ 。工程中将  $K_p \geq 0.85$  的材料称塑盟水材料。经常位于水中或受潮严重的重要结构所用材料， $K_p$  不宜小手 0.85；受潮较轻或次要结构所用材料， $K_p$  不宜小于 0.70。

#### (2) 抗渗性

如图 1.5 所示，材料在压力水作用下透过水量的多少遵守达西定律。即在一定时间  $t$  内，透过材料试件的水量  $W$  与试件的渗水面积  $A$  及水头差  $h$  成正比，与试件厚度  $d$  成反比。抗渗性用抗渗系数  $K$  来表示，计算式如下：

$$K = \frac{Wd}{Ath}$$

式中， $K$ ——渗透系数（cm/s）；

$W$ ——渗水量（cm<sup>3</sup>）；

$d$ ——试件厚度（cm）；

$A$ ——渗水面积（cm<sup>2</sup>）；

$t$ ——渗水时间（h）；

$h$ ——水头（水压力）（cm）。

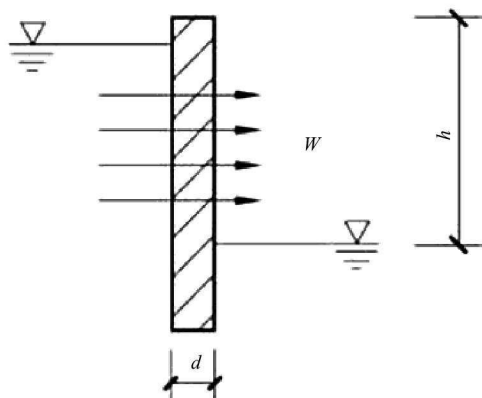


图 1.5 材料透水

渗透系数  $K$  越大，则材料的抗渗性越差。对于混凝土材料，其抗渗性通常用抗渗等级来表示。