

高等职业技术学院 教材  
高等专科学校

# 建筑材料

武桂枝 主编



黄河水利出版社

中国书画函授大学肇庆分校  
肇庆分校建校二十周年纪念册



中国书画函授大学肇庆分校建校二十周年纪念册



中国书画函授大学肇庆分校建校二十周年纪念册

高等职业技术学院  
高等专科学校 教材

# 建 筑 材 料

武桂枝 主编

黄河水利出版社

## 内 容 提 要

本书主要讲述水利工程建筑中常用建筑材料的组成成分、技术性能、质量检验、合理使用、运输和保管等,其中以材料的性能、影响性能的主要因素、改善性能的途径及质量检验为重点。

本书是为适应国家中、高等职业技术教育的发展而编写的,可作为中、高等职业技术学院水利水电工程、农田水利工程、水利工程施工、工业与民用建筑、给水排水工程等专业的教材,也可供建筑材料质量检测等技术人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/武桂枝主编. —郑州:黄河水利出版社,  
2006. 1

ISBN 7-80734-046-0

I. 建… II. 武… III. 水利工程-建筑材料-高等  
学校-教材 IV. TV4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 007956 号

---

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940

传真:0371-66022620

E-mail:yrp@public.zz.ha.cn

承印单位:黄委会设计院印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:15

字数:344 千字

印数:1—2 000

版次:2006 年 1 月第 1 版

印次:2006 年 1 月第 1 次印刷

---

书号:ISBN 7-80734-046-0/TV·450

定价:25.00 元

## 前 言

本书是根据教育部颁发的中、高等职业学校水利水电工程技术指导性教学计划,结合目前学生的具体情况,组织郑州水利学校部分任课教师编写的。本书适用于中、高等职业技术学院水利水电工程建筑、农田水利工程、水利工程施工、工业与民用建筑、给水排水工程等专业的教学。

本书旨在向学生介绍建筑材料的基本性质、质量标准、检验方法及合理应用。本着理论与工程实践相结合的原则,在采用现行最新建筑材料标准与规范的基础上,重点阐明了水泥、混凝土、砌筑块材、建筑钢材、沥青及沥青防水材料,同时对常用的工程材料如砂浆、天然石材、木材、合成高分子材料、装饰材料等都作了必要的介绍。

本书由郑州水利学校武桂枝统稿,参加编写的人员为:武桂枝(绪论、第一章、第二章、第三章),钟含(第四章、第五章、第六章),李倩(第七章、第八章),高传彬(第九章、第十章、第十一章),范伟丽(第十二章第一节、第二节、第三节、第四节),王美莲(第十二章第五节、第六节)。

在编写过程中,我们充分考虑目前学生的特点,使理论与实际相结合,力求使内容深入浅出,通俗易懂。但是,限于我们的水平,缺点和错误在所难免,诚恳地希望读者给予批评指正。

本书由郑州水利学校高级讲师李倩审定,审定专家对本书进行了认真的审阅,并给予热情的指导和帮助。书中有些资料引自有关院校、单位编写的教材专著,编者在此一并致谢。

编 者

2005年12月

# 目 录

## 前 言

|     |     |
|-----|-----|
| 绪 论 | (1) |
|-----|-----|

|               |     |
|---------------|-----|
| 第一章 建筑材料的基本性质 | (5) |
|---------------|-----|

|             |     |
|-------------|-----|
| 第一节 材料的物理性质 | (5) |
|-------------|-----|

|             |      |
|-------------|------|
| 第二节 材料的力学性质 | (12) |
|-------------|------|

|            |      |
|------------|------|
| 第三节 材料的耐久性 | (16) |
|------------|------|

|                 |      |
|-----------------|------|
| 第四节 材料的组成、结构和构造 | (16) |
|-----------------|------|

|             |      |
|-------------|------|
| 第二章 气硬性胶凝材料 | (19) |
|-------------|------|

|         |      |
|---------|------|
| 第一节 石 灰 | (19) |
|---------|------|

|          |      |
|----------|------|
| 第二节 建筑石膏 | (22) |
|----------|------|

|         |      |
|---------|------|
| 第三章 水 泥 | (25) |
|---------|------|

|           |      |
|-----------|------|
| 第一节 硅酸盐水泥 | (25) |
|-----------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 第二节 掺加混合材料的硅酸盐水泥 | (33) |
|------------------|------|

|            |      |
|------------|------|
| 第三节 其他品种水泥 | (36) |
|------------|------|

|             |      |
|-------------|------|
| 第四节 水泥验收与贮存 | (39) |
|-------------|------|

|         |      |
|---------|------|
| 第四章 混凝土 | (41) |
|---------|------|

|         |      |
|---------|------|
| 第一节 概 述 | (41) |
|---------|------|

|                |      |
|----------------|------|
| 第二节 普通混凝土的组成材料 | (43) |
|----------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 第三节 普通混凝土的主要技术性质 | (53) |
|------------------|------|

|            |      |
|------------|------|
| 第四节 混凝土外加剂 | (72) |
|------------|------|

|                  |      |
|------------------|------|
| 第五节 混凝土质量控制与强度评定 | (82) |
|------------------|------|

|              |      |
|--------------|------|
| 第六节 混凝土配合比设计 | (87) |
|--------------|------|

|             |      |
|-------------|------|
| 第七节 其他水泥混凝土 | (96) |
|-------------|------|

|         |       |
|---------|-------|
| 第五章 砂 浆 | (103) |
|---------|-------|

|          |       |
|----------|-------|
| 第一节 砌筑砂浆 | (103) |
|----------|-------|

|                |       |
|----------------|-------|
| 第二节 砌筑砂浆配合比的选择 | (105) |
|----------------|-------|

|          |       |
|----------|-------|
| 第三节 其他砂浆 | (108) |
|----------|-------|

|          |       |
|----------|-------|
| 第六章 砌筑块材 | (111) |
|----------|-------|

|         |       |
|---------|-------|
| 第一节 砌墙砖 | (111) |
|---------|-------|

|          |       |
|----------|-------|
| 第二节 墙用砌块 | (120) |
|----------|-------|

|          |       |
|----------|-------|
| 第三节 砌筑石材 | (126) |
|----------|-------|

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| <b>第七章 沥青及沥青防水材料</b> ..... | (130) |
| 第一节 石油沥青和煤沥青.....          | (130) |
| 第二节 沥青防水材料.....            | (139) |
| <b>第八章 金属材料</b> .....      | (149) |
| 第一节 钢的冶炼加工与分类.....         | (149) |
| 第二节 建筑钢材的主要技术性能.....       | (151) |
| 第三节 建筑钢材的技术标准及选用.....      | (158) |
| 第四节 建筑钢材的锈蚀与防止.....        | (170) |
| 第五节 铝及铝合金.....             | (171) |
| <b>第九章 木 材</b> .....       | (180) |
| 第一节 木材的组织构造.....           | (180) |
| 第二节 木材的物理力学性质.....         | (181) |
| 第三节 木材的应用.....             | (184) |
| <b>第十章 合成高分子材料</b> .....   | (188) |
| 第一节 合成高分子化合物的基本知识.....     | (188) |
| 第二节 常用合成树脂及塑料.....         | (189) |
| 第三节 聚合物砂浆、混凝土.....         | (191) |
| 第四节 化学灌浆材料.....            | (194) |
| <b>第十一章 建筑装饰材料</b> .....   | (196) |
| 第一节 建筑涂料.....              | (196) |
| 第二节 其他装饰材料.....            | (198) |
| <b>第十二章 建筑材料试验</b> .....   | (203) |
| 第一节 水泥试验.....              | (203) |
| 第二节 普通混凝土用骨料试验.....        | (211) |
| 第三节 普通混凝土试验.....           | (218) |
| 第四节 砂浆试验.....              | (222) |
| 第五节 沥青技术指标检验.....          | (223) |
| 第六节 砖、混凝土加气块试验.....        | (227) |
| 第七节 钢筋试验.....              | (229) |
| <b>参考文献</b> .....          | (232) |

# 绪 论

## 一、建筑材料的定义及其分类

建筑材料是指各项建筑工程中所应用的材料及制品。它是一切工程建设的物质基础,其性能、种类、规格、使用方法是影响工程坚固、耐久、适用等工程质量的关键因素。建筑材料质量的提高和新型建筑材料的开发与应用,直接影响着国民经济的发展及人类社会文明的进步。

建筑材料的种类繁多,通常按其基本成分分为无机材料、有机材料和复合材料三大类(见表 0-1)。

表 0-1 建筑材料分类

|      |                |      |                          |
|------|----------------|------|--------------------------|
| 无机材料 | 金属材料           | 黑色金属 | 钢、铁及其合金                  |
|      |                | 有色金属 | 铝、铜及其合金                  |
|      | 非金属材料          | 天然石材 | 砂、石料及石材制品等               |
|      |                | 烧土制品 | 砖、瓦、陶瓷等                  |
|      |                | 胶凝材料 | 石灰、石膏、水玻璃、水泥等            |
| 有机材料 | 植物材料           |      | 木材、竹材、植物纤维及其制品           |
|      | 沥青材料           |      | 石油沥青、煤沥青及沥青制品            |
|      | 合成高分子材料        |      | 建筑塑料、合成橡胶、建筑涂料、胶粘剂       |
| 复合材料 | 非金属与非金属材料复合    |      | 水泥混凝土、砂浆等                |
|      | 无机非金属与有机材料复合   |      | 玻璃纤维增强塑料、聚合物水泥混凝土、沥青混凝土等 |
|      | 金属材料与无机非金属材料复合 |      | 钢纤维增强混凝土                 |
|      | 金属材料与有机材料复合    |      | 轻质金属夹芯板、塑钢复合型材、铝箔面油毡     |

复合材料是指两种或两种以上不同性质的材料,经加工而组合成一体的材料。复合材料有利于发挥各个组成材料的性能优势,克服单一材料的弱点,是现代材料科学发展的趋势。

## 二、建筑材料的发展

建筑材料的发展是人类社会发展的一个重要方面。古代人类就会利用天然材料搭建一些非常简陋的房屋,到封建社会,“秦砖汉瓦”和石灰、石膏的烧制,使建筑材料由天然材料进入人工生产建筑材料阶段,进入 18、19 世纪,工业革命兴起,促进了工商业和交通运

输业的蓬勃发展,原有的建筑材料已不能满足社会的需要,在其他科学技术的推动下,建筑材料进入了一个新的发展时期,钢铁、水泥和混凝土这些具有优良性能的无机材料相继问世,为现代建筑奠定了基础。进入 20 世纪,社会生产力的提高、科学研究的发展以及高新技术的应用,尤其是材料科学与工程技术的形成与发展,使无机材料的性能和质量不断改善,品种不断增加,以有机材料为主的化学建材更是异军突起,高性能和多功能的新型建筑材料也有了长足的发展,建筑材料“轻质、高强、多功效”的性能更加突出。

改革开放以来,我国的建筑材料有了很大发展,从而也促进了建筑技术的进步。例如,以水泥混凝土为基础发展起来的泵送混凝土成功地应用在上海南浦大桥和广州白天鹅宾馆这类高层建筑的施工中;喷射混凝土、防水混凝土在地下工程建设中得到推广应用;碾压混凝土已成为坝工建设的热门材料,大有取代传统塑性混凝土柱状浇筑的趋势。高强混凝土、高性能混凝土的研究和逐步推广应用,将成为 21 世纪混凝土科学研究与应用热点。

随着社会的发展,人类对建筑工程的功能要求越来越高,从而对使用的建筑材料的性能的要求也越来越高。轻质、高强、耐久、高效、方便施工、具有优良的综合性能,是未来建筑材料发展的基本方向,今后随着人们环境保护与可持续发展意识的增强,保护环境、节约能源、合理开发和综合利用自然资源、尽量利用工业废料,也是建筑业发展的一种趋势。

### 三、建筑材料在国民经济建设中的作用

建筑业是国民经济的支柱产业之一,而建筑材料是其重要的物质基础。因此,建筑材料的产量及质量直接影响着建筑业的进步和国民经济的发展。在各项工程建设中,各种建筑材料的用量相当大,如潘家口水库混凝土达 3 003 万  $\text{m}^3$ ,葛洲坝水电站混凝土在 990 万  $\text{m}^3$  以上。据统计,在工程总价中,材料费所占比重可达 50%~70%。建筑材料的品种、规格、性能及质量,对建筑结构的形式、使用年限、施工方法和工程造价都有着直接影响。建筑工程中许多技术问题的突破,往往依赖于建筑材料问题的解决,而新的建筑材料的出现,又往往促进了结构设计及施工技术的革新和发展。因此,加强建筑材料的研究,提高建筑材料生产和应用的技术水平,对于我们合理利用各种有限的自然资源,改善建筑物的使用功能,提高建筑工程施工的工业化和机械化水平,加快工程建设速度,降低工程造价,从而促进我国社会经济的发展,具有十分重要的意义。

### 四、建筑材料检验与技术标准

#### (一)材料的检验

在工程施工中,对所用建筑材料进行合格性检查,是保证工程质量的最基本环节。根据有关规定,无出厂合格证明或没有按规定复试的原材料,不得用于工程施工;在施工现场配制的材料,均应在实验室确定配合比,并在现场抽样检验;各项建筑材料的检验结果是工程施工及工程质量验收必备的技术依据。因此,在工程的整个施工过程中,始终贯穿着材料的检验工作,它是一项经常化的、责任性很强的工作,也是控制工程施工质量的重要手段之一。建筑材料的验收及检验,均应以产品标准及有关的规范、规程、技术要求为依据。

## (二)材料的标准

建筑材料的产品标准分为国家标准、行业标准及地方标准和企业标准三大类。各级标准分别由相应的标准化管理部门批准并颁布。

### 1. 国家标准

国家标准简称“国标”,分强制性标准(代号 GB)和推荐性标准(代号 GB/T)两类。

### 2. 行业标准

行业标准简称“部标”,是各行业部门标准的代号,如:JG——建工行业标准;SL——水利行业标准;DL——电力行业标准;SD——水电行业标准;JC——建材行业标准;YB——冶金行业标准;JT——交通行业标准;TB——铁路行业标准;SH——石化行业标准。

有的现行的国家标准和行业标准是针对工程建设的,常在标准代号后面加上“J”,如:GBJ——建筑工程国家标准;JGJ——建工行业工程建设标准。

### 3. 地方标准和企业标准

地方标准代号为 DB,企业标准代号为 QB。

对强制性国家标准,任何技术(或产品)不得低于其规定的要求,对推荐性国家标准,表示还可以执行其他标准的要求。设有国家标准和部门标准的可由相应的地方或企业制定有关标准,报请地区或本行业主管部门审批后,作为地方标准或企业标准在该地区或企业中执行。

标准的表示方法由标准名称、部门代号、编号和批准年份等组成,如《硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥》(GB175—1999),标准的部门代号为 GB,编号为 175,批准年份为 1999 年。

此外,世界各国均有自己的国家标准,如:BS——英国标准;JIS——日本国家标准;DIN——德国标准。在世界范围内统一执行的标准为国际标准,其代号为 ISO。

标准是根据一个时期的技术水平测定的。随着科学技术的发展,标准也在不断变化,应根据技术发展的速度与要求不断进行修订。

## 五、本课程的任务

《建筑材料》是各工程类专业的一门重要的专业基础课,其目的是使学习者初步掌握一些主要建筑材料的基本性能和特点,在工作中能够根据工程实际条件合理选择和有效使用各种建筑材料;同时,通过本课程的学习,应掌握常用建筑材料的验收、保管、贮存和应用方面的基本知识与方法,并具有进行建筑材料试验及其质量评定的基本技能;对于建筑材料的性能,为知其然并知其所以然,还应了解材料的原料、生产、组成、工作机理等方面的一般知识。

## 六、本课程的特点与学习方法

在本课程的学习过程中应注意以下几点:

(1)建筑材料种类繁多,内容庞杂,在学习中要避免死记硬背,要注意理解、抓住重点,着重学好各种材料的性质与应用,以及材料的技术要求。材料的组成与结构是决定材料性质的内在因素,外界条件是影响材料性质的外在因素。不同种类的材料具有不同的性

质,同类材料的不同品种则既有共性又有其各自的特性,因此在学习中要注意了解内因与外因的关系,把握共性与特性的关系,抓住典型材料的一般性质运用对比方法去理解其他材料的个性,做到举一反三。

(2)重视试验,并通过实际操作和观察,加深对教材理论部分内容的理解,以达到本课程的学习目的。

### 复习思考题

1. 建筑材料如何分类? 每类各包括哪些主要材料?
2. 建筑材料标准种类有哪些? 分别用什么代号表示?
3. 建筑材料发展的方向是什么?
4. 《建筑材料》课程研究的主要内容是什么?
5. 《建筑材料》课程学习的主要要求是什么?

# 第一章 建筑材料的基本性质

在建筑物中,建筑材料要承受各种外力及其所处环境中的物理、化学、生物等因素的作用。为了保证建筑物在使用过程中的安全性,就要求所使用的建筑材料具有抵抗这些作用的能力。

合理选用建筑材料,除应熟悉工程本身特点及对拟用材料提出的各项技术要求外,还应掌握材料的各种技术性质以及影响因素,以便所选材料在建筑物中发挥其应有的作用。

建筑材料的性质及影响这些性质的因素是多方面的。本章仅就建筑材料共有的基本性质进行讲解。有关材料的性能将在后续章节中讲述。

## 第一节 材料的物理性质

### 一、材料的体积构成与含水状态

#### (一)材料的体积构成

块状材料在自然状态下的体积是由固体物质体积及其内部孔隙体积组成的。材料内部的孔隙按孔隙特征又分为开口孔隙和闭口孔隙。闭口孔隙不进水,开口孔隙与材料周围介质相通,材料浸水时易被水饱和。如图 1-1 所示。

散粒材料是指具有一定粒径的呈堆积状的材料,如工程中常用的砂、石子等。其体积构成包括固体物质体积、颗粒内部孔隙体积及固体颗粒之间的空隙体积。如图 1-2 所示。

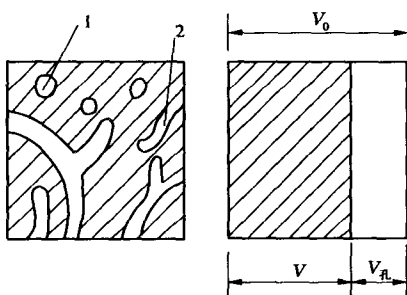


图 1-1 块状材料体积构成示意图

1—闭口孔隙;2—开口孔隙

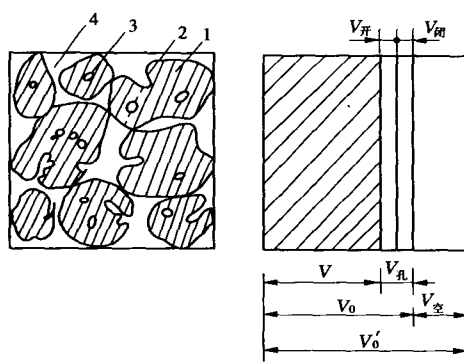


图 1-2 散粒材料体积构成示意图

1—颗粒中固体物质;2—颗粒的开口孔隙;

3—颗粒的闭口孔隙;4—颗粒间的空隙

## (二)材料的含水状况

材料在大气中或水中会吸附一定的水分,根据材料吸附水分的情况,将材料的含水状况分为干燥状态、气干状态和饱和面干状态及湿润状态 4 种。如图 1-3 所示。

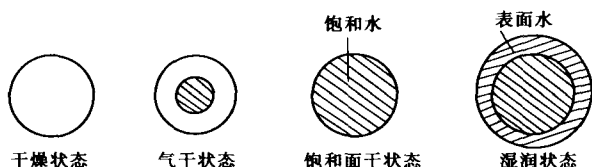


图 1-3 材料的含水状态

## 二、材料与构造状态有关的性质

### (一)密度、表观密度与孔隙率

#### 1. 密度

材料的密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量,用下式计算:

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

式中  $\rho$ ——材料的密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$m$ ——材料在干燥状态下的质量,  $\text{g}$ ;

$V$ ——材料在绝对密实状态下的体积,  $\text{cm}^3$ 。

材料在绝对密实状态下的体积是指材料内固体物质的实体积,不包括内部孔隙体积。绝对密实的建筑材料很少,除极少数的材料如金属、玻璃、单体矿物外,其他大部分建筑材料都含有孔隙。为了测得材料在绝对密实状态下的体积,应把被测材料磨得很细,用排液法求得。磨得愈细,所测得的体积愈接近绝对体积。

#### 2. 表观密度

材料的表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质量,可按下式计算:

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

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

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

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

材料内部的孔隙中,与外界相连通的称为开口孔隙;与外界隔绝的称为闭口孔隙(见图 1-1)。材料在自然状态下的体积,可按材料的外形计算或蜡封材料表面用排液法求得。

当材料孔隙内含有水分时,其质量和体积均会发生变化,会影响到材料的表观密度值,所以对所测材料的表观密度应注明其含水状态。通常表观密度是指材料在干燥状态下的表观密度。

#### 3. 孔隙率

孔隙率是指块状材料中孔隙体积占材料在自然状态下总体积的百分比,用下式表示:

$$P = \frac{V_{\text{孔}}}{V_0} \times 100\% \quad (1-3)$$

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-4)$$

式中  $P$ ——材料的孔隙率, (%) ;

$V_{\text{孔}}$ ——材料中孔隙的体积;  $\text{cm}^3$  ;

$V_0$ 、 $\rho$ 、 $\rho_0$  含义同前。

常用材料的密度、表观密度、堆积密度及孔隙率见表 1-1。

表 1-1 常用材料的密度、表观密度、堆积密度及孔隙率

| 材料      | 密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) | 表观密度( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) | 堆积密度( $\text{kg}/\text{m}^3$ ) | 孔隙率(%)  |
|---------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|
| 石灰岩     | 2.40~2.60                    | 1 800~2 600                    | —                              | 0.5~5.0 |
| 花岗岩     | 2.60~2.90                    | 2 500~2 800                    | —                              | 0.5~1.0 |
| 碎石(石灰岩) | 2.40~2.60                    | —                              | 1 400~1 500                    | —       |
| 河 砂     | 2.40~2.60                    | —                              | 1 400~1 700                    | —       |
| 黏 土     | 2.50~2.60                    | —                              | 1 600~1 800                    | —       |
| 普通黏土砖   | 2.50~2.70                    | 1 600~1 800                    | —                              | 20~40   |
| 黏土空心砖   | 2.50~2.70                    | 1 000~1 400                    | —                              | —       |
| 水 泥     | 2.80~3.10                    | —                              | 1 200~1 300                    | —       |
| 普通混凝土   | —                            | 2 100~2 600                    | —                              | 5~20    |
| 沥青混凝土   | —                            | 2 300~2 400                    | —                              | 2~6     |
| 木 材     | 1.55                         | 400~800                        | —                              | 55~75   |
| 钢 材     | 7.85                         | 7 850                          | —                              | 0       |
| 泡沫塑料    | —                            | 20~50                          | —                              | —       |

## (二)散粒状材料的密度、堆积密度与空隙率

### 1. 散粒状材料的密度(视密度)

散粒状材料(颗粒、小块、纤维状)的密度是指单位体积的固体颗粒所具有的质量,用下式表示:

$$\rho' = \frac{m}{V'} \quad (1-5)$$

式中  $\rho'$ ——散粒状材料的密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$  ;

$m$ ——散粒状材料在干燥状态下的质量,  $\text{g}$  ;

$V'$ ——散粒状材料固体颗粒的体积,  $\text{cm}^3$  。

散粒状材料固体颗粒的体积包括固体物质的体积及固体颗粒中的闭口孔隙体积(采用直接排液法求得)。

由于散粒状材料固体颗粒内部的闭口孔隙体积远小于颗粒之间的空隙体积,工程中

在测算散粒材料的密度时,近似认为固体颗粒内部闭口孔隙体积为零,故所测散粒状材料的密度称为视密度。

## 2. 堆积密度

堆积密度是指散粒状材料在自然堆积状态下单位体积的质量。可用下式计算:

$$\rho_0' = \frac{m}{V_0'} \quad (1-6)$$

式中  $\rho_0'$ ——散粒状材料的堆积密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$V_0'$ ——散粒状材料在自然堆积状态下的体积,  $\text{m}^3$ 。

散粒状材料在自然堆积状态下的体积不但包括颗粒内部的孔隙体积,而且包括材料颗粒间的空隙体积。堆积体积采用容量筒测定。同表观密度一样,通常堆积密度也是对于干燥材料而言的。堆积密度与材料的装填条件及含水状态有关。

## 3. 空隙率

空隙率是指散粒状材料在自然堆积状态下,颗粒之间的空隙体积占堆积体积的百分数,按下式计算:

$$P' = \frac{V_0' - V'}{V_0'} \times 100\% = \left(1 - \frac{V'}{V_0'}\right) \times 100\% \quad (1-7)$$

若将  $\rho' = \frac{m}{V'}$  及  $\rho_0' = \frac{m}{V_0'}$  代入式(1-7)可得:

$$P' = \left(1 - \frac{\rho_0'}{\rho'}\right) \times 100\% \quad (1-8)$$

式中  $P'$ ——散粒状材料的空隙率, %。

密度、表观密度、堆积密度是材料的主要物理性质,常用来计算材料的孔隙率(空隙率)以及材料用量、自重、运输量及堆积空间等。

**【例 1-1】** 一块石灰岩,体积为  $10\text{m}^3$ ,密度为  $2.5\text{g}/\text{cm}^3$ ,孔隙率为  $1.0\%$ ,现将石灰岩轧成碎石,并测得碎石的堆积密度为  $1500\text{kg}/\text{m}^3$ ,求碎石的松散堆积体积为多少?

解: 由  $\rho = \frac{m}{V}$  得碎石的质量:

$$m = \rho V = 2.5 \times 1000 \times 10 \times (1 - 1.0\%) = 24750(\text{kg})$$

由  $\rho_0' = \frac{m}{V_0'}$  得碎石松散体积:

$$V_0' = \frac{m}{\rho_0'} = \frac{24750}{1500} = 16.5(\text{m}^3)$$

故碎石的松散堆积体积为  $16.5\text{m}^3$ 。

## 三、材料与水有关的性质

### (一) 亲水性与憎水性

建筑物常与水或与大气中的水汽接触。不同的固体材料表面和水的相互作用是不同的。有的材料遇水后,能够很快将水吸入内部或使水滴在材料表面摊开,即材料被水润湿,这种与水的亲和性称为材料的亲水性。另外,一些材料遇水后水滴在材料表面呈水珠

状态存在,不进入材料内部,即材料不易被水润湿,材料的这种不易被润湿的性质称为憎水性。

在材料、空气、水的交点处,沿水滴表面的切线和固体接触面所成的角( $\theta$ )称为润湿角, $\theta$  越小,材料愈易被水润湿,当  $\theta$  为零时,表示材料完全被水润湿。一般认为,当  $\theta \leq 90^\circ$  时,水分子之间的内聚力小于水分子与材料分子之间的吸引力,因此能被水所润湿,并能通过毛细管作用将水分吸入毛细管内部,此种材料称为亲水性材料(见图 1-4(a)),如砖、石、混凝土等;当  $\theta > 90^\circ$  时,水分子之间的内聚力大于水分子与材料分子之间的吸引力,材料表面不易被水润湿,此种材料称为憎水性材料(见图 1-4(b)),如沥青、油漆、塑料等。憎水性材料常用做防潮、防水材料,还可用做亲水性材料的表面处理以降低亲水性材料的吸水性。

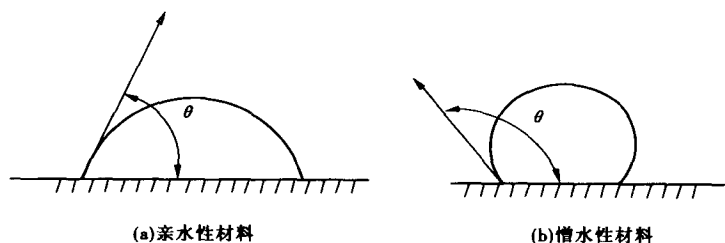


图 1-4 材料的润湿示意图

## (二) 吸水性与吸湿性

### 1. 吸水性

吸水性是指材料在水中吸收水分的性质。吸水性的大小用吸水率表示。吸水率有质量吸水率和体积吸水率之分。

质量吸水率,是指材料吸水达到饱和时,材料所吸水的质量占材料干燥质量的百分数,可用下式计算:

$$W_{\text{质}} = \frac{m_{\text{吸}} - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-9)$$

式中  $W_{\text{质}}$ ——材料质量吸水率, (%);

$m_1$ 、 $m_{\text{吸}}$ ——材料在干燥状态和饱和面干状态下的质量, g。

体积吸水率是指材料体积内被水充实的程度,即材料吸收水分的体积占干燥材料自然体积的比例。

对于多孔材料常用体积吸水率表示,计算公式如下:

$$W_{\text{体}} = \frac{m_{\text{吸}} - m_1}{V_0 \rho_{\text{水}}} \times 100\% \quad (1-10)$$

式中  $W_{\text{体}}$ ——材料的体积吸水率, (%);

$V_0$ ——干燥材料在自然状态下的体积,  $\text{cm}^3$ ;

$\rho_{\text{水}}$ ——水的密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ 。

材料吸水率的大小与材料的亲水属性、孔隙率和孔隙特征有关。一般来说,孔隙率极大和具有开口细小孔隙的材料,吸水率较大;由于封闭的孔隙水分不易渗入,粗大的孔隙

水分又不易存留,所以密实材料及具有闭孔隙的材料是不易吸水的,具有粗大孔隙的材料吸水率常会较小。

材料吸水后,其性质会有较大的变化,如材料的表观密度和导热性增大、强度降低、体积膨胀且易受冰冻破坏。因此,一般来讲吸水率大对材料性质是不利的。

各种材料的吸水率相差很大,如花岗岩的吸水率为 0.1%~0.7%,混凝土的吸水率为 2%~3%,黏土砖的吸水率为 8%~20%,而木材的质量吸水率可超过 100%。

## 2. 吸湿性

吸湿性是指材料在空气中吸收水分的能力,其大小用含水率表示,可按式计算:

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{水}} - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-11)$$

式中  $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率, (%) ;

$m_1$ 、 $m_{\text{水}}$ ——材料在干燥状态下和含水状态下的质量, g。

材料含水率的大小,主要与材料本身的成分、组织、构造等因素有关,另外还与周围环境的温度、湿度有关。一般来说,表面多孔的亲水材料具有较强的吸湿性。在自然环境中,材料会随着空气湿度的变化,既能在空气中吸收水分,又可向外界散失水分,最后与空气湿度达到平衡,其含水率不再改变,此时材料的含水率称为平衡含水率。平衡含水率随温度、湿度的变化而改变。

## (三)耐水性

耐水性是指材料长期处于饱和水的作用下不破坏、强度也不显著降低的性质。一般情况下,材料含有水分时,会削弱材料内部质点间的结合力,因而使强度降低。材料的耐水性用软化系数来表示,即:

$$K_{\text{软}} = \frac{f_w}{f} \quad (1-12)$$

式中  $K_{\text{软}}$ ——材料的软化系数;

$f_w$ 、 $f$ ——材料在水饱和状态下及干燥状态下的抗压强度, MPa。

由式(1-12)可知,材料的软化系数在 0~1 之间,软化系数愈小,说明材料受水浸泡后强度降低愈多,耐水性愈差,通常把软化系数大于 0.85 的材料称为耐水材料。对于经常位于水中或处于潮湿环境中的建筑物应考虑使用耐水材料。

## (四)抗渗性

抗渗性是指材料抵抗水、油等液体渗透的能力。材料的抗渗性常用渗透系数和抗渗等级表示。

### 1. 渗透系数

根据达西定律,在一定时间  $t$  内,透过材料的水量  $Q$  与试件的过水断面面积  $A$  及作用于试件的水头差  $H$  成正比,与试件的厚度  $d$  成反比。比例系数  $K$  称为渗透系数,表达式为:

$$Q = K \frac{H}{d} A t \quad (1-13)$$

或

$$K = \frac{Qd}{AtH} \quad (1-14)$$