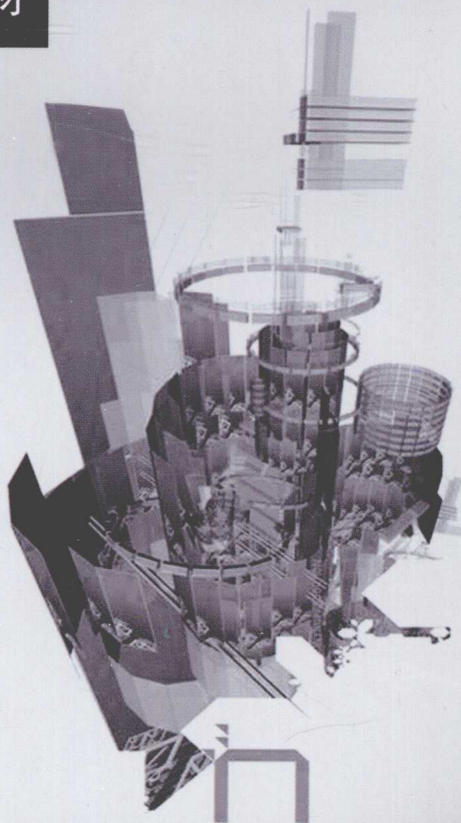


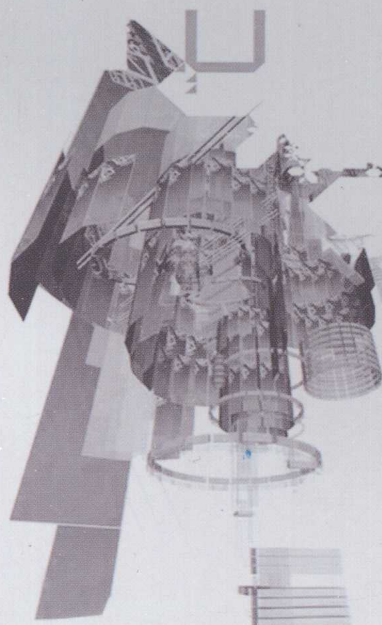
应用型本科土木类系列规划教材



TU MU GONG CHENG CAI LIAO

# 土木工程材料

主编 王海波



 江西科学技术出版社



应用型本科土木类系列规划教材

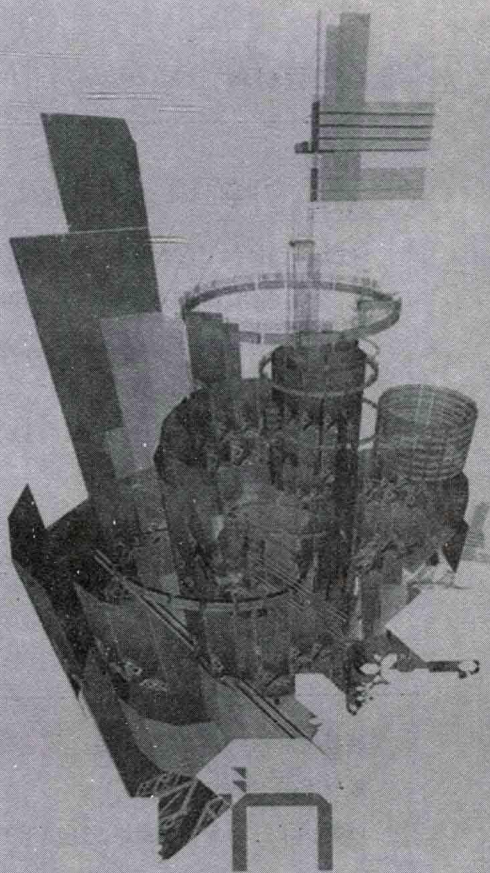
# 土木工程材料

TU MU GONG CHENG CAI LIAO

主 编 王海波

副主编 熊炯文

参 编 万常烜 党晓芳



江西科学技术出版社



## 图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/王海波主编. —南昌:江西科学技术出版社,2010.8

应用型本科土木类规划教材

ISBN 978-7-5390-3943-5

I. ①土… II. ①王… III. ①土木工程—建筑材料—高等学校—教材

IV. ①TU5

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第141661号

国际互联网(Internet)地址:

<http://www.jxkjcs.com>

选题序号:ZK2010126

图书代码:X10037-101

土木工程材料

王海波 主编

---

|    |                                        |
|----|----------------------------------------|
| 出版 | 江西科学技术出版社                              |
| 发行 |                                        |
| 社址 | 南昌市蓼洲街2号附1号                            |
|    | 邮编:330009 电话:(0791)6623491 6639342(传真) |
| 印刷 | 南昌市红星印刷有限公司                            |
| 经销 | 各地新华书店                                 |
| 开本 | 787mm×1092mm 1/16                      |
| 字数 | 416千字                                  |
| 印张 | 18                                     |
| 版次 | 2010年8月第1版 2010年8月第1次印刷                |
| 书号 | ISBN 978-7-5390-3943-5                 |
| 定价 | 30.00元                                 |

---

赣版权登字-03-2010-233

版权所有,侵权必究

(赣科版图书凡属印装错误,可向承印厂调换)

# 前 言

土木工程材料是土木工程类专业学生的专业基础课程,课程的任务是使学生具有土木工程材料的基本知识,掌握和了解常用的土木工程材料的性能与使用,为学习后续的专业课程打好基础。

本书以高等学校土木工程专业指导委员会编写的《土木工程材料教学大纲》为依据,教材的体系和内容汲取了多所高校在该课程教学上取得的良好经验,并结合有关的新的国家标准、规范而编写。本书讲述了常用土木工程材料的基本成分、生产工艺、技术性质及应用等基本理论及应用技术。通过认真学习,读者将能掌握主要土木工程材料的性质、用途、制备和使用方法以及检测和质量控制方法,并了解工程材料性质与材料结构的关系,以及性能改善的途径。

本书由华东交通大学理工学院王海波主编。各章编写人员如下:王海波编写第3章、第4章、第10章、第11章及负责全书统稿,南昌市建筑工程集团有限公司的万常烜编写第6章、第7章、第8章和第12章,华东交通大学理工学院的党晓芳编写绪论、第1章、第2章、第5章和第9章。

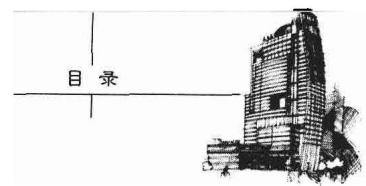
本书采用了最新技术标准,理论联系实际,突出应用性,并有代表性地介绍了土木工程材料新技术和发展方向,适用面宽,可作为土木工程类各专业的教学用书,也可供土木工程设计、施工、科研、工程管理、监理人员学习参考。

由于土木工程材料发展很快,新材料、新工艺层出不穷,各行业的技术标准不统一,加之我们的水平所限,编写时间仓促,书中难免有不当、甚至错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

2010年6月





# 目 录

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>绪 论</b> .....             | 1   |
| <b>第一章 土木工程材料的基本性质</b> ..... | 4   |
| 第一节 材料的基本性质 .....            | 4   |
| 第二节 材料与水相关的性质 .....          | 7   |
| 第三节 材料的力学性质 .....            | 11  |
| 第四节 材料的耐久性 .....             | 14  |
| 第五节 材料的组成、结构与性能的关系 .....     | 15  |
| <b>第二章 气硬性胶凝材料</b> .....     | 19  |
| 第一节 石灰 .....                 | 19  |
| 第二节 石膏 .....                 | 23  |
| 第三节 水玻璃 .....                | 27  |
| <b>第三章 水 泥</b> .....         | 31  |
| 第一节 硅酸盐水泥 .....              | 32  |
| 第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥 .....        | 43  |
| 第三节 硅酸盐系特种水泥 .....           | 51  |
| 第四节 铝酸盐水泥 .....              | 56  |
| <b>第四章 混凝土</b> .....         | 60  |
| 第一节 概述 .....                 | 60  |
| 第二节 普通混凝土的组成材料 .....         | 61  |
| 第三节 混凝土拌合物的和易性 .....         | 71  |
| 第四节 混凝土的强度 .....             | 77  |
| 第五节 混凝土的变形性能 .....           | 84  |
| 第六节 混凝土的耐久性 .....            | 89  |
| 第七节 混凝土的外加材料 .....           | 93  |
| 第八节 混凝土的质量控制 .....           | 106 |
| 第九节 混凝土配合比设计 .....           | 110 |

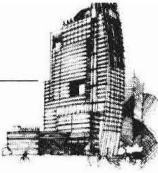


|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| <b>第五章 砂 浆</b> .....        | 119 |
| 第一节 砌筑砂浆 .....              | 119 |
| 第二节 抹面砂浆 .....              | 125 |
| 第三节 商品砂浆 .....              | 129 |
| <b>第六章 沥 青</b> .....        | 136 |
| 第一节 石油沥青 .....              | 136 |
| 第二节 乳化沥青 .....              | 148 |
| 第三节 煤沥青 .....               | 151 |
| <b>第七章 沥青混合料</b> .....      | 155 |
| 第一节 概述 .....                | 155 |
| 第二节 沥青混合料的组成结构与强度理论 .....   | 156 |
| 第三节 沥青混合料组成材料的技术要求 .....    | 162 |
| 第四节 沥青混合料的技术性质 .....        | 166 |
| 第五节 沥青混合料的配合比设计 .....       | 168 |
| <b>第八章 建筑钢材</b> .....       | 174 |
| 第一节 钢材的冶炼与分类 .....          | 174 |
| 第二节 建筑钢材的力学性质 .....         | 176 |
| 第三节 钢材的冷加工强化与时效 .....       | 181 |
| 第四节 钢材的热处理与焊接 .....         | 182 |
| 第五节 建筑钢材的技术标准及选用 .....      | 184 |
| <b>第九章 砌体材料</b> .....       | 196 |
| 第一节 天然石材 .....              | 196 |
| 第二节 墙砌砖 .....               | 202 |
| 第三节 砌块 .....                | 208 |
| <b>第十章 高分子建筑材料</b> .....    | 213 |
| 第一节 高分子材料基本知识 .....         | 213 |
| 第二节 建筑塑料 .....              | 215 |
| 第三节 建筑涂料 .....              | 220 |
| 第四节 建筑粘接剂 .....             | 223 |
| <b>第十一章 绝热材料和吸声材料</b> ..... | 227 |
| 第一节 绝热材料 .....              | 227 |
| 第二节 吸声材料 .....              | 231 |





|                          |     |
|--------------------------|-----|
| <b>第十二章 建筑装饰材料</b> ..... | 237 |
| 第一节 建筑玻璃 .....           | 237 |
| 第二节 常用建筑饰面陶瓷制品 .....     | 241 |
| 第三节 木材及其制品 .....         | 244 |
| <b>实 验</b> .....         | 249 |
| 实验一 水泥试验 .....           | 249 |
| 实验二 混凝土用砂试验 .....        | 257 |
| 试验三 普通混凝土技术性质试验 .....    | 262 |
| 实验四 建筑砂浆试验 .....         | 267 |
| 实验五 烧结普通砖抗压强度试验 .....    | 269 |
| 实验六 钢筋试验 .....           | 271 |
| 实验七 石油沥青试验 .....         | 274 |
| <b>参考文献</b> .....        | 280 |



# 绪论

## 一、土木工程与材料

土木工程材料是指用于土木建筑结构物的所有材料的总称,是建筑物与构筑物的重要物质基础。

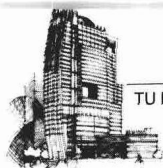
一般来说,土木工程对材料的基本要求是:

- (1) 必须具备足够的强度,能够安全的承受设计载荷;
- (2) 材料自身的质量以轻为宜,以减轻下部结构和地基的负荷;
- (3) 具有与使用环境相适应的耐久性,以减少维修费用;
- (4) 用于装饰的材料,应能美化建筑,产生一定的艺术效果;
- (5) 用于特殊部位的材料,应具有相应的特殊功能。

## 二、土木工程材料的分类

土木工程材料品种繁多,体系复杂,从单一材料到复合材料的生产,土木工程材料经历了漫长的社会生产实践和科学研究历程,最常见的建筑材料分类,是按材料的化学成分分为无机材料、有机材料以及复合材料 3 大类,见下表。

| 分类   |       |         | 实例                             |
|------|-------|---------|--------------------------------|
| 无机材料 | 金属材料  | 黑色金属    | 钢、铁及合金                         |
|      |       | 有色金属    | 铜、铝及其合金                        |
|      | 非金属材料 | 天然石材    | 砂、石及石材制品                       |
|      |       | 烧结粘土制品  | 粘土砖、瓦、陶瓷制品等                    |
|      |       | 胶凝材料及制品 | 水泥、石灰、石膏、水玻璃、砂浆、混凝土及其制品、硅酸盐制品等 |
|      |       | 玻璃      | 平板玻璃、特制玻璃等                     |



续表

|      | 分类           | 实例               |
|------|--------------|------------------|
| 有机材料 | 植物材料         | 木材、竹材、苇材、植物纤维及制品 |
|      | 沥青材料         | 石油沥青、煤沥青及制品      |
|      | 合成高分子材料      | 塑料、涂料、粘合剂、合成橡胶   |
| 复合材料 | 有机与无机非金属材料复合 | 聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料  |
|      | 金属与无机非金属材料复合 | 钢筋混凝土、钢筋纤维混凝土等   |
|      | 金属与有机材料复合    | 铝塑水管、PVC 钢板等     |

### 三、土木工程材料在国民经济中的地位和作用

材料是我国国民经济的支柱,是建筑生产活动的基础,与建筑设计、建筑结构、建筑施工一样,是建筑工程中很重要的组成部分。

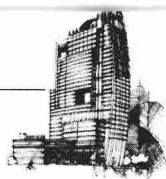
随着社会生产力和科学技术的不断进步,土木工程材料也在逐步发展。建筑工程中很多技术问题的突破和创新,常决定了材料的突破和创新,而新的材料的出现,又将促进结构设计及施工技术的革新。一种新材料的出现,会使结构设计理论大大地向前推进,使一些无法实现的构想变为现实,乃至使整个社会生产力发生飞跃,建筑材料的发展史,是人类文明史的一部分。人类从不懂得使用建筑材料到简单的使用土、石、树木等天然材料,进而掌握人造材料的制造方法。从烧制石灰、砖、瓦,发展到烧制水泥和大规模的炼钢,建筑结构也从简单的砖木结构发展到钢结构和钢筋混凝土结构,使现代结构能够向高层、超高层发展。建筑材料科学技术的发展,不仅对建筑业有重要作用,而且会促进整个社会生产力和科学技术的发展。

### 四、土木工程材料的发展

土木工程材料的发展,是人类文明的重要组成部分。我国是文明古国,古代劳动人民在建筑材料的生产和使用方面,有着悠久的历史,取得过重大成就。始建于公元前七世纪的万里长城,其中砖石材料达 1 亿立方米;山西五台山木结构佛光寺大殿,从建造至今以经历了 1100 多年风霜雨雪和地震,仍然保存完好。距今 2000 多年的都江堰水利工程,现在对成都平原的灌溉,排涝仍起着重要作用。然而建筑工程的规模和材料的发展水平,受生产力水平的制约。我国经历了比较长的封建社会,尽管过去有悠久的历史,但现代材料发展缓慢,近百年来建筑材料多属于手工业生产,建筑材料的生产研究一直处于较落后的状态。

新中国成立以后,随着国家工业体系的建立和发展,以水泥、玻璃、陶瓷为代表的建筑业得到了快速发展,增加品种,扩大产量。特别是改革开放以后,建筑业得到飞速发展。据统计,我国解放前水泥产量不足 100 万吨;2003 年统计达到了 8.23 亿吨,70 多个品种,产





量居全世界第一位。现今,我国的平板玻璃、建筑卫生陶瓷、石墨、滑石等部分非金属建材 70 个产品产量位居世界第一。建筑业有了长足的进步,但进步的同时,应该看到建筑业存在的不足,集中表现在:产量大,质量标准低,精品少,能源消耗大,环境污染严重;劳动力密集,生产力低下;科技含量低;缺乏国际竞争力。与国际水品相比较,我国是建材大国不是强国。为此,建材工业应该走“可持续发展”之路,依靠科技进步,大力发展新技术、新工艺、新产品,使建材产品做到节能、绿色、环保、满足人性化的要求,以适应现代建筑业工业化,现代化,提高工程质量和降低工程造价。

材料发展的新趋势是:

- (1) 研制和生产高强度材料,以减少承重结构构件的截面,降低结构的自重;
- (2) 发展轻质材料,减轻建筑物的自重,降低运输费用和工人的劳动强度;
- (3) 发展高效无机保温、吸声材料,改善建筑物围护结构的质量;
- (4) 发展适于机械化施工的材料和制品,进一步提高施工机械化程度和加快施工速度;
- (5) 充分利用工农业废料生产建筑材料,综合利用,节约能源,改善环境。

## 五、土木工程材料课程的任务和学习方法

### (一)任务

土木工程材料是一门专业基础课。它除了为后续的建筑结构,建筑施工技术等专业课提供必要的基础知识外,也为在工程实际中解决材料问题提供一定的基本理论知识和基本实验技能。

通过土木工程材料的学习,掌握建筑工程中常用的材料品种、原料、成分、生产过程、技术性能、质量检验、合理使用及运输储存的方法。作为工程技术人员,在工程实践中,主要是使用建筑材料,应重点掌握材料的技术性能、质量检测、能够正确选择,合理使用材料。

### (二)学习方法

土木工程材料学习的重点掌握各种材料的性质及合理选用材料,同时要注意了解材料为什么具有这样的性质及各种性质之间的相互关系。对于同一类属不同品种的材料,不但要学习它的共性,更重要的是要了解它们的特性和产生这些特性的原因。一切材料的性质都不是固定不变的,在运输、储存及使用的工程中,它们的性质都在或多或少、或快或慢、或隐或显的不断发生改变。为了控制材料在使用前的变质问题和保证工程的耐久性,必须了解引起变化的外界条件和材料的内在原因,从而掌握变化的规律,懂得采取什么样的应对措施。

试验是本门课程的重要教学环节。通过试验,一方面是学会对各种常用材料的试验方法,能对土木工程材料进行合格性判断和验收,同时可培养科学研究能力和严谨缜密的科学态度。做试验时,要求严格按照试验方法,一丝不苟;要了解实验条件对实验结果的影响,并能对实验数据、试验结果进行正确的分析和判断。



# 第一章

## 土木工程材料的基本性质

学习目标:

1. 掌握材料与水有关的性质以及影响相应性质的主要因素;
2. 理解材料的基本物理性质以及相关力学性质;
3. 了解材料的构造对材料性能的影响。

土木工程材料的基本性质,是指材料处于不同的使用条件和使用环境时,通常必须考虑的最基本的、共有的性质。因为土木工程材料处于建筑物中的部位不同、使用环境不同,人们对材料的使用功能要求就不同,对材料性质的要求也就有所不同。比如,用于建筑物外墙的材料,要求具有防水、耐腐蚀的特点;对于某些工业建筑,要求具有耐热、耐腐蚀的性能,而对于长期暴露在大气中的材料则要求其能经受风吹、日晒、雨淋、冰冻而引起的温度变化、湿度变化及反复冻融引起的破坏。

### 第一节 材料的基本性质

#### 一、体积

体积指材料占有的空间尺寸。因为材料具有不同的物理性质,因而表现出不同的体积。

##### (一) 材料的绝对密实体积

材料在绝对密实状态下的体积。即材料内部没有孔隙时的体积,或不包括内部孔隙的材料体积。一般以  $V$  表示材料的绝对密实体积。除了钢材、玻璃等少数的材料之外,绝大多数材料都有一些孔隙。在测定孔隙材料密实体积时,应把材料磨成细粉,干燥后用李氏瓶测定其体积。材料磨得越细,测得的数值就越精确。砖、石块等块状材料的体积就是用此方法测得。

在测量某些致密的不规则的散粒材料(如卵石、砂等)的体积时,直接以颗粒状材料为试样,用排水法测定其体积,材料中部分与外部不连通的封闭的孔隙无法排除,用此体积所求得的密度称为视密度或者近似密度。



## (二)材料的表观体积

材料在自然状态下的体积,即整体材料的外观体积(包括内部孔隙)。一般以  $V_0$  表示材料的表观体积。对于外形规则的材料,可直接按外形尺寸计算出体积,外形不规则的材料可加工成规则外形后求得体积。

## (三)材料的堆积体积

粉状或者粒状材料,在堆积状态下的总体外观体积。根据堆积状态的不同,同一种材料表现体积的大小可能不同,松散堆积状态下的体积较大,密实堆积状态下的体积较小。材料的堆积密度一般以  $V'$  来表示。

# 二、密度、表现密度、堆积密度

## (一)材料的密度

材料的密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量,是材料的固有属性,按下式计算:

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

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  $\text{kg}$ ;

$V$  ——材料的绝对密实体积,  $\text{cm}^3$  或  $\text{m}^3$ 。

测试时,材料必须是绝对干燥状态。对于不同性质和种类的材料应采取不同的方法去测定其绝对密实体积。

## (二)材料的表观密度

表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质量。按下式计算:

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

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  $\text{kg}$ ;

$V_0$  ——材料的表观体积,  $\text{cm}^3$  或  $\text{m}^3$ 。

材料的表观体积是指包括内部孔隙在内的体积。因为大多数材料的表观体积中包含有内部孔隙,其孔隙的多少,孔隙中是否含有水及含水的多少,均可能影响其总质量(有时还影响其表观体积)。因此,材料的表观密度除了与其微观结构和组成有关外,还与其内部构成状态及含水状态有关。当材料空隙内含有水分时,其质量和体积均有所变化,故测定表观密度时需注明其含水情况。



表观密度一般是指材料在气干状态下(长期在空气中干燥)的测定值。  
干表观密度指材料在烘干状态下的测定值。

### (三)材料的堆积密度

堆积密度是指粉状或粒状材料,在堆积状态下单位体积的质量。按下式计算:

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

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

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

$V'$ ——材料的堆积体积,  $\text{cm}^3$  或  $\text{m}^3$ 。

粉状或粒状材料的质量是指填充在一定容器内的材料质量,其堆积体积是指所用容器的容积而言。因此,材料的堆积体积包含了颗粒之间的空隙。

在土木建筑工程中,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。

## 三、密实度和孔隙率

### (一)材料的密实度

密实度是指材料体积内被固体物质充实的程度。密实度的计算式如下:

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

对于绝对密实材料,因  $\rho_0 = \rho$ , 故密实度  $D = 1$  或  $100\%$ 。对于大多数土木工程材料,因  $\rho_0 < \rho$ , 故密实度  $D < 1$  或  $D < 100\%$ 。材料的很多性能,比如强度、吸水性、耐热性、耐久性等,均与密实度有关。

### (二)孔隙率

材料的孔隙率是指材料内部孔隙的体积占材料总体积的百分率。孔隙率  $P$  按下式计算:

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

即:  $D + P = 1$  或者密实度 + 孔隙率 = 1。

从上式中可以表明,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。孔隙率的大小直接反应了材料的致密程度。材料内部的孔又可分为连通的孔和封闭的孔,连通的孔隙不仅彼此贯通且与外界相通,因而又称之为开口孔隙。封闭的孔隙彼此不相通且与外界隔绝,因而又称之为闭口孔隙。孔隙率的大小以及孔隙本身的特征与材料的许多重要性质有关,如强度、吸水性、抗渗性、抗冻性和导热性等。一般而言,孔隙率较小,且连通孔较少的材料,其吸水性较小,强度较高,抗渗性和抗冻性较好。几种常用材料的孔隙率见表 1-1。





表 1-1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和空隙率

| 材料      | 密度 $\rho/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ | 表观密度 $\rho_0/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ | 堆积密度 $\rho'/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$ | 孔隙率%      |
|---------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------|
| 石灰岩     | 2.60                                      | 1800 ~ 2600                                   | —                                            | —         |
| 花岗岩     | 2.80                                      | 2500 ~ 2700                                   | —                                            | 0.5 ~ 3.0 |
| 碎石(石灰岩) | 2.60                                      | —                                             | 1400 ~ 1700                                  | —         |
| 砂       | 2.60                                      | —                                             | 1450 ~ 1650                                  | —         |
| 粘土      | 2.60                                      | —                                             | 1600 ~ 1800                                  | —         |
| 普通粘土砖   | 2.50                                      | 1600 ~ 1800                                   | —                                            | 20 ~ 40   |
| 粘土空心砖   | 2.50                                      | 1000 ~ 1400                                   | —                                            | —         |
| 水泥      | 3.10                                      | —                                             | 1200 ~ 1300                                  | —         |
| 普通混凝土   | —                                         | 2100 ~ 2600                                   | —                                            | 5 ~ 20    |
| 轻骨料混凝土  | —                                         | 800 ~ 1900                                    | —                                            | —         |
| 木材      | 1.55                                      | 400 ~ 800                                     | —                                            | 55 ~ 75   |
| 钢材      | 7.85                                      | 7850                                          | —                                            | 0         |
| 泡沫塑料    | —                                         | 20 ~ 50                                       | —                                            | —         |
| 玻璃      | 2.55                                      | —                                             | —                                            | —         |

## 第二节 材料与水相关的性质

材料在使用的过程中,经常与水接触,如雨水、雪水、地下水、生活用水、大气中的水汽等等。不同的固体材料表面与水作用的情况不同,对材料性质的影响也不同,因此要研究材料与水有关的性质。

### 一、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。大多数的土木工程材料,比如砖、混凝土、木材钢材等都为亲水性材料,憎水性材料则主要有沥青和石蜡。

材料具有亲水性或憎水性的根本原因在于材料的分子结构。亲水性材料与水分子之间的分子亲合力,大于水分子本身之间的内聚力;反之,憎水性材料与水分子之间的亲合力,小于水分子本身之间的内聚力。

工程实际中,材料是亲水性或憎水性,通常以润湿角的大小划分。润湿角为在材料、水和空气的交点处,沿水滴表面的切线与水与固体接触面所成的夹角。其中润湿角  $\theta$  越小,表明材料越易被水润湿。当材料的润湿角  $\theta < 90^\circ$  时,为亲水性材料;当材料的润湿角  $\theta > 90^\circ$  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,见图 1-1。

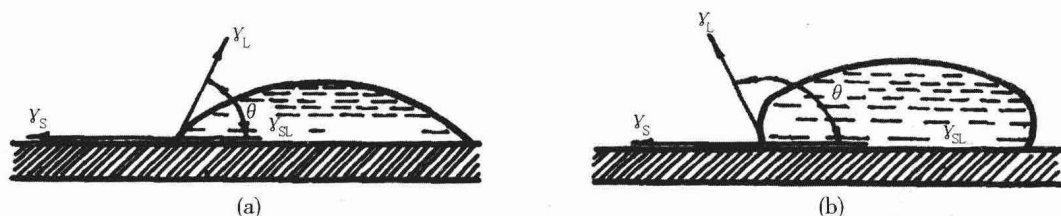


图 1-1 材料润湿示意图  
(a) 亲水性材料; (b) 憎水性材料

## 二、吸水性与吸湿性

### (一) 材料的吸水性

材料能吸收水分的能力,称为材料的吸水性。吸水的大小以吸水率来表示。

#### 1. 质量吸水率

质量吸水率是指材料在吸水饱和时,所吸水量占材料在干燥状态下的质量百分比,并以  $W_m$  表示。质量吸水率  $W_m$  的计算公式为:

$$W_m = \frac{m_b - m_g}{m_g} \times 100\%$$

式中:  $m_b$  ——材料吸水饱和状态下的质量(g 或 kg);

$m_g$  ——材料在干燥状态下的质量(g 或 kg)。

#### 2. 体积吸水率

体积吸水率是指材料在吸水饱和时,所吸水的体积占材料自然体积的百分率,并以  $W_v$  表示。体积吸水率  $W_v$  的计算公式为:

$$W_v = \frac{m_b - m_g}{V_0} \times \rho_w \times 100\%$$

式中:  $m_b$  ——材料吸水饱和状态下的质量(g 或 kg);

$m_g$  ——材料在干燥状态下的质量(g 或 kg);

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

$\rho_w$  ——水的密度( $\text{g}/\text{cm}^3$  或  $\text{kg}/\text{m}^3$ ), 常温下取  $\rho_w = 1.0 \text{g}/\text{cm}^3$ 。

多数情况下是按质量吸水率来表示材料的吸水性,但是对于某些轻质材料,如加气混凝土,软木等,由于具有很多开口而细小的孔隙,所以它的质量吸水率往往超过 100%,即湿质量为干燥质量的几倍,在这种情况下常用体积吸水率来表示材料的吸水率。

材料的吸水性不仅取决于材料本身是亲水性材料还是憎水性材料,也与其孔隙率的大小和孔隙特征有关。如材料具有细微而连通的孔隙,则其吸水率较大,若是封闭孔隙,水分不容易渗入,而粗大的孔隙水分虽然容易渗入,但又仅能湿润孔壁表面而不易在材料孔内存留。所以封闭或粗大孔隙材料,其吸水率是较低的。



## (二) 材料的吸湿性

材料的吸湿性是指材料在潮湿空气中吸收水分的性质。吸湿性的大小用含水率来表示,其计算公式为:

$$W_{\text{含}} = \frac{m_s - m_g}{m_g} \times 100\%$$

式中: $m_s$ ——材料吸湿状态下的质量(g 或 kg);

$m_g$ ——材料在干燥状态下的质量(g 或 kg)。

干燥的材料处在较潮湿的空气中时,便会吸收空气中的水分;而当较潮湿的材料处在较干燥的空气中时,便会向空气中放出水分子。前者是材料的吸湿过程,后者是材料的干燥过程。由此可见,在空气中,某一材料的含水多少是随空气的湿度变化的。当空气中湿度在较长时间内稳定时,材料的吸湿和干燥过程处于平衡状态,此时材料的含水率保持不变,其含水率叫作材料的平衡含水率。

## 三、耐水性

材料的耐水性是指材料长期在饱和水的作用下不破坏,强度也不显著降低的性质。衡量材料耐水性的指标是材料的软化系数  $K_R$ 。

$$K_R = \frac{f_b}{f_g}$$

式中: $K_R$ ——材料的软化系数;

$f_b$ ——材料吸水饱和状态下的抗压强度(MPa);

$f_g$ ——材料在干燥状态下的抗压强度(MPa)。

软化系数反映了材料饱水后强度降低的程度,是材料吸水后性质变化的重要特征之一。一般材料吸水后,水分会分散在材料内微粒的表面,削弱其内部结合力,强度则会有不同程度的降低。即使是致密的材料也不能完全避免这种影响,花岗岩长期浸泡在水中,强度将下降3%,普通粘土砖和木材所受影响更为显著。当材料内含有可溶性物质时(如石膏、石灰等),吸入的水还可能溶解部分物质,造成强度的严重降低。

材料耐水性限制了材料的使用环境,软化系数小的材料耐水性差,吸水饱和之后强度降低较多,其使用环境尤其受到限制。软化系数的波动范围在0~1之间。工程中通常将  $K_R > 0.85$  的材料称为耐水性材料,可以用于水中或潮湿环境中的重要工程。用于一般受潮较轻或次要的工程部位时,材料软化系数也不得小于0.75。

## 四、抗渗性

抗渗性是材料在压力水作用下抵抗水渗透的性能。土木建筑工程中许多材料常含有孔隙、孔洞或其他缺陷,当材料两侧的水压差较高时,水可能从高压侧通过内部的孔隙、孔洞或



其他缺陷渗透到低压侧。这种压力水的渗透,不仅会影响工程的使用,而且渗入的水还会带人能腐蚀材料的介质,或将材料内的某些成分带出,造成材料的破坏。

### (一)渗透系数

材料的渗透系数可通过下式计算:

$$K = \frac{Qd}{AtH}$$

式中:  $K$  ——渗透系数( $\text{cm/h}$ );

$Q$  ——渗水量( $\text{cm}^3$ );

$A$  ——渗水面积( $\text{cm}$ );

$H$  ——材料两侧的水压差( $\text{cm}$ );

$d$  ——试件厚度( $\text{cm}$ );

$t$  ——渗水时间( $\text{h}$ )。

材料的渗透系数越小,说明材料的抗渗性越强。

对于防潮、防水材料,如沥青、油毡、沥青混凝土、瓦等材料,常用渗透系数表示其抗渗性。

### (二)抗渗等级

材料的抗渗等级是指用标准方法进行透水试验时,材料标准试件在透水前所能承受的最大水压力,并以字母  $P$  及可承受的水压力(以  $0.1\text{MPa}$  为单位)来表示抗渗等级。如  $P_4$ 、 $P_6$ 、 $P_8$ 、 $P_{10}$ …等,表示试件能承受逐步增高至  $0.4\text{MPa}$ 、 $0.6\text{MPa}$ 、 $0.8\text{MPa}$ 、 $1.0\text{MPa}$ …的水压而不渗透。

对于砂浆、混凝土等材料,常用抗渗等级表示其抗渗性。

## 五、抗冻性

材料在吸水饱和状态下,能经受反复冻融循环作用而不破坏,强度也不显著降低的性质称为抗冻性。用“抗冻等级”来表示。

冰冻破坏作用是由材料空隙内的水分结冰而引起的。水在结冰时体积膨胀约  $9\%$ 。当材料空隙内充满水时,由于孔结冰对孔隙产生很大的压力(约  $100\text{MPa}$ ),致使孔壁开裂。“抗冻等级”用试件在冻融后的质量损失、外形变化或强度降低不超过一定限度时所能经受的冻融循环次数来表示(通常采用在  $-15^\circ\text{C}$  的温度下冻结后,再在  $20^\circ\text{C}$  的水中融化,这样的过程称为一次冻融循环)。冻融循环次数越多,对材料的破坏也越严重。材料经过多次冻融交替作用之后,表面将出现剥落、裂纹、产生质量损失强度也会随之降低。

材料的抗冻等级可分为  $F_{15}$ 、 $F_{25}$ 、 $F_{50}$ 、 $F_{100}$ 、 $F_{200}$  等,分别表示此材料可承受 15 次、25 次、50 次、100 次、200 次的冻融循环。材料的抗冻性与材料的强度、孔结构、耐水性和吸水饱和程度有关。