



新世纪网络课程建设工程

# 土木工程材料

■ 苏达根 主 编



高等教育出版社

TU5  
47

86/40

新世纪网络课程建设工程

# 土木工程材料

苏达根 主编

高等教育出版社

## 内容提要

本书共 10 部分,包括:土木工程材料基本性质、建筑金属材料、无机胶凝材料、混凝土与砂浆、砌体材料、沥青和沥青混合料、合成高分子材料、木材,建筑功能材料及土木工程材料试验。本书各章均有学习指导、创新漫谈、练习题及解答;各节均有工程实例分析。

本书不仅有利于学生学习土木工程材料知识,而且注重培养学生的创新精神,提高分析解决问题的能力,增强综合素质。

本书可作为高等学校土木工程专业及相关专业的本科教材,还可供土木工程设计、施工、科研、管理和监理人员参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/苏达根主编. —北京:高等教育出版社,2003.8 (2005重印)

ISBN 7-04-013106-4

I.土... II.苏... III.土木工程—建筑材料—高等学校—教材 IV.TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 047751 号

出版发行 高等教育出版社  
社 址 北京市西城区德外大街 4 号  
邮政编码 100011  
总 机 010-58581000  
经 销 蓝色畅想图书发行有限公司  
排 版 高等教育出版社排版中心  
印 刷 北京乾洋印刷有限公司

购书热线 010-58581118  
免费咨询 800-810-0598  
网 址 <http://www.hep.edu.cn>  
<http://www.hep.com.cn>  
网上订购 <http://www.landaco.com>  
<http://www.landaco.com.cn>  
畅想教育 <http://www.widedu.com>

开 本 787×960 1/16  
印 张 20.5  
字 数 380 000

版 次 2003 年 8 月第 1 版  
印 次 2005 年 12 月第 3 次印刷  
定 价 23.70 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 13106-00

# 目 录

绪论	1
0.1 土木工程材料的范畴和分类	1
0.2 土木工程与材料的关系	2
0.3 土木工程材料的学习方法与要求	3
第1章 土木工程材料基本性质	5
1.1 材料的物理性质	5
1.2 材料的力学性质	14
1.3 材料的耐久性与环境协调性	17
1.4 材料的组成、结构、构造及其对性能的影响	19
[创新漫谈 1-1] 高强度和高韧性的结合——钢筋混凝土的诞生	23
[创新漫谈 1-2] 因地制宜用材的万里长城	23
练习题(1)	24
第2章 建筑金属材料	25
2.1 钢材的分类	25
2.2 建筑钢材的主要技术性能	27
2.3 钢材的组成结构及其对性能的影响	33
2.4 钢材的强化与加工	35
2.5 土木工程常用金属材料的性质及应用	38
2.6 钢材的腐蚀与防护	49
[创新漫谈 2-1] 钢结构建筑的防火及防袭击	51
[创新漫谈 2-2] 建桥用的金属材料漫谈	52
练习题(2)	52
第3章 无机胶凝材料	54
3.1 石灰	55
3.2 石膏	59
3.3 其他气硬性胶凝材料	63
3.4 硅酸盐水泥	66
3.5 其他通用水泥	74
3.6 特性水泥和专用水泥	78
[创新漫谈 3-1] 新型无机胶凝材料——土聚水泥	84
练习题(3)	84

<b>第4章 混凝土与砂浆</b> .....	86
4.1 普通混凝土的组成材料 .....	87
4.2 混凝土拌合物的性能 .....	104
4.3 硬化后混凝土的性能 .....	110
4.4 普通混凝土的配合比设计及质量控制 .....	125
4.5 其他种类混凝土及其新进展 .....	136
4.6 砂浆 .....	141
[创新漫谈 4-1] 钢筋混凝土海水腐蚀防治 .....	151
[创新漫谈 4-2] 月球上的建筑材料 .....	152
[创新漫谈 4-3] 自愈合混凝土 .....	152
练习题(4) .....	152
<b>第5章 砌体材料</b> .....	154
5.1 砖 .....	154
5.2 砌块及墙体材料的发展 .....	160
5.3 砌筑石材 .....	165
[创新漫谈 5-1] 提高灰砂砖与砂浆粘结强度问题 .....	168
练习题(5) .....	168
<b>第6章 沥青和沥青混合料</b> .....	170
6.1 沥青材料 .....	170
6.2 沥青混合料 .....	183
[创新漫谈 6-1] 沥青路面的水损害 .....	201
练习题(6) .....	202
<b>第7章 合成高分子材料</b> .....	204
7.1 合成高分子材料的分子特征及性能特点 .....	204
7.2 土木工程中的高分子材料 .....	207
[创新漫谈 7-1] 高分子复合材料在土木工程中的应用漫谈 .....	215
[创新漫谈 7-2] 既非玻璃亦非钢的玻璃钢 .....	215
练习题(7) .....	216
<b>第8章 木材</b> .....	217
8.1 木材的分类与构造 .....	217
8.2 木材的性能及应用 .....	219
8.3 木材的防护与防火 .....	223
[创新漫谈 8-1] 木材的改性及环保 .....	224
[创新漫谈 8-2] 木结构住宅 .....	224
练习题(8) .....	225
<b>第9章 建筑功能材料</b> .....	226
9.1 建筑防水堵水材料 .....	226
9.2 绝热材料 .....	234

9.3 吸声隔声材料·····	236
9.4 建筑装饰材料·····	239
9.5 建筑功能材料的新发展·····	246
[创新漫谈 9-1] 绿色建材与健康家居·····	248
[创新漫谈 9-2] 吸音混凝土·····	249
练习题(9)·····	249
<b>土木工程材料试验</b> ·····	<b>251</b>
综合设计试验 1 普通混凝土配合比设计试验·····	251
综合设计试验 2 泵送混凝土配合比设计试验·····	253
综合设计试验 3 热拌沥青混合料目标配合比设计试验·····	255
试验 1 土木工程材料基本物理性质试验·····	256
试验 2 建筑钢材试验·····	259
试验 3 水泥技术性能试验·····	263
试验 4 建筑用砂石试验·····	272
试验 5 普通混凝土试验·····	280
试验 6 砂浆试验·····	286
试验 7 加气混凝土力学性能试验·····	289
试验 8 石油沥青试验·····	291
试验 9 公路工程集料筛分试验·····	297
试验 10 沥青混合料试验·····	301
<b>练习题参考答案</b> ·····	<b>311</b>
<b>参考文献</b> ·····	<b>318</b>

# 绪 论

## 0.1 土木工程材料的范畴和分类

### 0.1.1 土木工程材料的范畴

土木工程材料可分为广义土木工程材料和狭义土木工程材料。广义土木工程材料是指用于建筑工程中的所有材料,它包括三个部分:一是构成建筑物、构筑物的材料,如石灰、水泥、混凝土、钢材、防水材料、墙体与屋面材料、装饰材料等;二是施工过程中所需要的辅助材料,如脚手架、模板等;三是各种建筑器材,如消防设备、给水排水设备、网络通信设备等。狭义土木工程材料是指直接构成土木工程实体的材料。本书所介绍的土木工程材料是指狭义土木工程材料。

### 0.1.2 土木工程材料的分类

#### 1. 按化学组成分类

土木工程材料种类繁多,分类方法多样。最基本的分类方法是根据组成物质的化学成分,将土木工程材料分为无机材料、有机材料和复合材料三大类。各大类又可细分为许多小类,具体分类如表 0-1 所示。

表 0-1 土木工程材料按化学组成分类

无机材料	金属材料	黑色金属:铁、碳素钢、合金钢等 有色金属:铝、铜等及其合金等
	非金属材料	天然石材:石板、碎石、砂等 烧结制品:陶瓷、砖、瓦等 玻璃及熔融制品:玻璃、玻璃棉、矿棉等 胶凝材料:石灰、石膏、水泥等
有机材料	植物质材料	木材、竹材、植物纤维及其制品
	高分子材料	有机涂料、橡胶、胶粘剂、塑料
	沥青材料	石油沥青、煤沥青、沥青制品

复合材料	金属-非金属材料	钢纤维混凝土、钢筋混凝土等
	无机非金属-有机材料	玻璃纤维增强塑料、聚合物混凝土、沥青混凝土等

## 2. 按使用功能分类

通常分为承重结构材料、非承重结构材料和功能材料三大类。

(1) 承重结构材料。主要指梁、板、基础、墙体和其他受力构件所用的建筑材料。最常用的有钢材、混凝土、砖、砌块等。

(2) 非承重结构材料。主要包括框架结构的填充墙、内隔墙和其他围护材料等。

(3) 功能材料。主要有防水材料、防火材料、装饰材料、绝热材料、吸声隔声材料等。

## 0.2 土木工程与材料的关系

### 0.2.1 材料是保证土木工程质量的基礎

材料是构成土木工程建(构)筑物的物质基础,当然也是其质量基础。在土木工程中,从材料的生产、选择、使用和检验评定,到材料的贮存、保管,任何环节的失误都可能造成工程的质量缺陷,甚至导致重大质量事故。因此,合格的土木工程技术人員必須准确熟练地掌握有关材料的知识。

为了确保土木工程的质量,必须实行土木工程材料的标准化。世界范围统一使用的是 ISO 国际标准。我国的常用标准有三大类:一是国家标准,包括强制性标准(代号 GB)和推荐性标准(代号 GB/T);二是行业标准,如建工行业标准(代号 JG)、建材行业标准(代号 JC)、交通行业标准(代号 JT)等;三是地方标准(代号 DB)和企业标准(代号 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;推荐性国家标准表示也可执行其他标准的要求;地方标准或企业标准所制定的技术要求应高于国家标准。

### 0.2.2 材料对土木工程造價的影响

在一般土木建筑工程的总造价中,与材料有关的费用占 50% 以上,而在实际工程中,材料的选择、使用及管理,对工程成本影响很大。学习并准确熟练地



掌握土木建筑工程材料知识,可以优化选择和正确使用材料,充分利用材料的各种功能,在保证优质的同时,显著降低工程成本。因此,从工程技术经济的角度来看,学好本课程也十分重要。

### 0.2.3 材料对土木建筑工程技术进步起促进作用

在土木建筑工程建设过程中,工程的设计方法、施工方法都与材料密切相关。从根本上说,材料是基础,是决定土木建筑工程结构设计形式和施工方法的主要因素。因此,材料性能的改进,材料应用技术的进步都会直接促进土木建筑工程技术的进步。例如,钢材及水泥的大量应用和性能改进,取代了过去的砖、石、泥土和木材,使得钢筋混凝土结构占领了土木工程结构材料的主导地位。现代玻璃、陶瓷、塑料、涂料等新型材料的大量应用,又把许多建筑物装扮得绚丽多彩。

## 0.3 土木工程材料的学习方法与要求

### 0.3.1 按主线点面结合有重点地学习

“土木工程材料”是一门实用性较强的课程,学习时需以材料组成、结构、性能与应用为主线。重点是掌握性能与应用,而对材料的生产只作一般性的了解。土木工程材料种类繁多,需要学习和研究的内容范围很广。因此,对其学习不应面面俱到,平均分配力量,而应有重点地、点面结合地进行学习。

本书每章均有学习指导,指出了教学大纲所要求的学习目标、学习难点,并提出了学习建议。学生可以此为重点,点面结合地学习。本书在内容安排上根据轻重已作了详略的处理。如墙体材料突出了新型墙体材料,而对普通粘土烧结砖则予以淡化等。

本课程的学习重点是掌握土木工程材料的性能及其应用。但不可以仅满足于知道该材料具有哪些性质,有哪些表象,重要的是理解形成这些性质的内部原因、外部原因和这些性能之间的相互关系,从而更好地加以应用。并注意对各材料的性能比较,而对于具体的数据做到能够查找即可。

### 0.3.2 知识、能力和素质的有机统一

学习本课程不仅仅是为了掌握有关的专业知识和基本技能,更重要的是培养学生分析、解决问题的能力,培养创新精神,提高综合素质。

本书每节均有工程实例,这是为了引导学生理论联系实际,培养分析解决实

际问题的能力。建议在阅读案例的基本情况后,先联系有关的知识独立思考,再阅读其原因分析。且应当多观察身边的工程实际问题,理论联系实际地学习。其中有些是往届学生的课程小论文,相信对同学们的学习也会有所启迪。

在学习完每一章后,对习题与讨论亦应认真思考,并可对照所附参考答案。这些习题大多源自工程实际,在此过程中不仅可使学生加深对基本原理、基本知识的理解,而且有利于培养学生分析、解决工程实际问题的能力。

本书每章设有创新漫谈专栏,提出具有挑战性的问题,漫谈土木工程材料的发展与应用,让学生思考讨论,激发培养创新意识。

试验部分设有综合设计试验,其目的不仅是使学生掌握基本的试验技能,更重要的是培养学生的综合素质,为日后从事有关的科技工作打下基础。

学习本课程还需充分注意土木工程材料的环保问题,强化环保意识,提高工程综合素质。

# 第1章 土木工程材料基本性质

## 学习指导

本章共4节。本章的学习目标是：

- (1) 了解土木工程材料的基本组成、结构和构造及其与材料基本性质的关系；
- (2) 熟练掌握土木工程材料的基本力学性质；
- (3) 掌握土木工程材料的基本物理性质；
- (4) 掌握土木工程材料耐久性的基本概念。

本章的难点是材料的组成及其对材料性质的影响。建议通过学习了解材料科学的基本概念，理解材料的组成结构与性能的关系，及其在工程实践中的意义。

## 1.1 材料的物理性质

### 1.1.1 密度、表观密度、体积密度和堆积密度

#### 1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。按下式计算：

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

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

$m$  ——材料的质量(干燥至恒重),  $\text{g}$ ;

$V$  ——材料在绝对密实状态下的体积,  $\text{cm}^3$ 。

除了钢材、玻璃等少数材料外,绝大多数材料内部都有一些孔隙。在测定有孔隙材料(如砖、石等)的密度时,应把材料磨成细粉,干燥后,用李氏瓶测定其绝对密实体积。材料磨得越细,测得的密实体积数值就越精确。

另外,工程上还经常用到相对密度,是指材料的密度与  $4\text{ }^\circ\text{C}$  纯水密度之比。

## 2. 表观密度

表观密度是指单位体积(含材料实体及闭口孔隙体积)材料的干质量,也称视密度。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,  $\text{kg}/\text{m}^3$  或  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

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

$V_0$ ——材料在包含闭口孔隙条件下的体积(即只含内部闭口孔,不含开口孔),如图 1-1 所示,  $\text{m}^3$  或  $\text{cm}^3$ 。

通常,材料在包含闭口孔隙条件下的体积是采用排液置换法或水中称重法测量。

## 3. 体积密度

体积密度是指材料在自然状态下单位体积(包括材料实体及其开口孔隙、闭口孔隙)的质量,俗称容重。体积密度可按下式计算:

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

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

$m$ ——材料的质量,按有关标准规定,该质量是指自然状态下的气干质量,即将试件置于通风良好的室内存放 7 d 后测得的质量,  $\text{kg}$  或  $\text{g}$ ;

$V'$ ——材料在自然状态下的体积,包括材料实体及内部孔隙(开口孔隙和闭口孔隙),如图 1-1 所示,  $\text{m}^3$  或  $\text{cm}^3$ 。

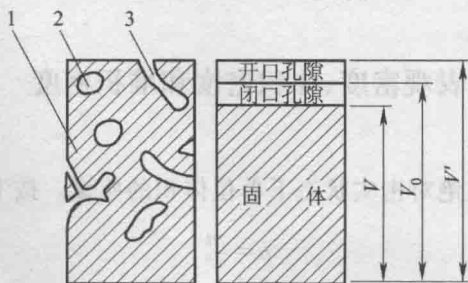


图 1-1 材料体积示意图

1—固体;2—闭口孔隙;3—开口孔隙

对于规则形状材料的体积,可用量具测得。例如加气混凝土砌块的体积是逐块量取长、宽、高三个方向的轴线尺寸,计算其体积。对于不规则形状材料的体积,可用排液法或封蜡排液法测得。

毛体积密度是指单位体积(含材料的实体成分及其闭口孔隙、开口孔隙等物

质材料表面轮廓线所包围的毛体积)材料的干质量。因其质量是指试件烘干后的质量,故也称干体积密度。

#### 4. 堆积密度

堆积密度是指散粒状材料单位堆积体积(含物质颗粒固体及其闭口、开口孔隙体积及颗粒间空隙体积)物质颗粒的质量,有干堆积密度及湿堆积密度之分。堆积密度可按下式计算:

$$\rho_1 = \frac{m}{V_1} \quad (1-4)$$

式中  $\rho_1$ ——材料的堆积密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$m$ ——材料的质量,  $\text{kg}$ ;

$V_1$ ——材料的堆积体积,  $\text{m}^3$ 。

材料的堆积体积包括材料绝对体积、内部所有孔体积和颗粒间的空隙体积。材料的堆积密度反映散粒结构材料堆积的紧密程度及材料可能的堆放空间。

需要说明的是,国家标准 GB/T 14684—2001《建筑用砂》及 GB/T 14685—2001《建筑用卵石、碎石》中,表观密度以  $\rho_0$  表示,堆积密度以  $\rho_1$  表示。但在交通行业标准 JTJ 058—2000《公路工程集料试验规程》中,集料表观密度以  $\rho_a$  表示,集料毛体积密度以  $\rho_b$  表示。尽管表示符号有差异,但其定义与本教材是一致的。

常用建筑材料的密度、表观密度和堆积密度如表 1-1 所示。

表 1-1 常用建筑材料的密度、表观密度与堆积密度

材料	密度/( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	表观密度/( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	堆积密度/( $\text{kg}/\text{m}^3$ )
石灰岩	2.60	1 800~2 600	—
花岗岩	2.60~2.80	2 500~2 700	—
碎石(石灰岩)	2.60	—	1 400~1 700
砂	2.60	—	1 450~1 650
粘土	2.60	—	1 600~1 800
普通粘土砖	2.50~2.80	1 600~1 800	—
粘土空心砖	2.50	1 000~1 400	—
水泥	3.10	—	1 200~1 300
普通混凝土	—	2 100~2 600	—
钢材	7.85	7 850	—
木材	1.55	400~800	—
泡沫塑料	—	20~50	—

### 1.1.2 材料的孔隙率和空隙率

#### 1. 孔隙率与密实度

材料的孔隙率是指材料中的孔隙体积占材料自然状态下总体积的百分率,它以  $P$  表示。孔隙率按下式计算:

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

密实度是与孔隙率相对应的概念,指材料体积内被固体物质充实的程度,用符号  $D$  表示,按下式计算:

$$D = \frac{V}{V'} \times 100\% = \frac{\rho'}{\rho} \times 100\% \quad (1-6)$$

孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。材料的许多性质如强度、热工性质、声学性质、吸水性、吸湿性、抗渗性、抗冻性等都与孔隙有关。这些性质不仅与材料的孔隙率大小有关,而且与材料的孔隙特征有关。孔隙特征是指孔的种类(开口孔与闭口孔)、孔径的大小及孔的分布是否均匀等。

对应于开口孔和闭口孔的孔隙率分别称为开口孔隙率( $P_k$ )和闭口孔隙率( $P_b$ ),即

$$P_k = \frac{V_k}{V'} \times 100\% \quad (1-7)$$

$$P_b = P - P_k \quad (1-8)$$

式中  $V_k$ ——指开口孔的体积。

#### 2. 材料的空隙率与填充率

材料空隙率是指散粒状材料在堆积体积状态下颗粒固体物质间空隙体积(开口孔隙与间隙之和)占堆积体积的百分率,它以符号  $P'$  表示。空隙率可按下式计算:

$$P' = \frac{V_1 - V_0}{V_1} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_1}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1-9)$$

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒互相填充的致密程度。当计算混凝土中粗集料的空隙率时,由于混凝土拌合物中的水泥浆能进入石子的开口孔内,开口孔体积也算空隙体积的一部分,因此这时应按石颗粒的体积密度  $\rho_0$  来计算。

填充率是指散粒状材料在自然堆积状态下,其中的颗粒体积占自然堆积状态下的体积的百分率,用符号  $D'$  表示,按下式计算:

$$D' = \frac{V'}{V_1} \times 100\% = \frac{\rho_1}{\rho} \times 100\% \quad (1-10)$$

### 1.1.3 材料与水有关的性质

#### 1. 亲水性与憎水性

水分与不同固体材料表面之间相互作用的情况是不同的。当水与材料接触时,在材料、水和空气三相交点处,沿水表面的切线与水与固体接触面所成的夹角  $\theta$  称为润湿角(图 1-2)。 $\theta$  越小,浸润性越好。当润湿角  $\theta \leq 90^\circ$  时,水分子之间的内聚力小于水分子与材料分子间的相互吸引力,这种性质称为材料的亲水性。具有这种性质的材料称为亲水性材料(图 1-2a)。当润湿角  $\theta > 90^\circ$  时,水分子之间的内聚力大于水分子与材料分子间的吸引力,则材料表面不会被水浸润,这种性质称为材料的憎水性。具有这种性质的材料称为憎水性材料(图 1-2b)。建筑材料中水泥制品、玻璃、陶瓷、金属材料、石材等无机材料和部分木材等为亲水性材料;沥青、油漆、塑料、防水油膏等为憎水性材料。

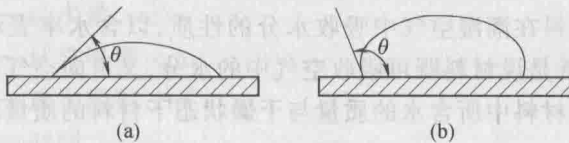


图 1-2 材料的润湿角  
(a)亲水性材料;(b)憎水性材料

#### 2. 材料的吸水性与吸湿性

##### (1) 吸水性

材料的吸水性是指材料在水中吸收水分的性质。材料吸水饱和时的含水率称为材料的吸水率,吸水率有质量吸水率和体积吸水率两种表示方法。

1) 质量吸水率是指材料吸水饱和时,所吸收水分的质量占干燥材料质量的百分数,用下式表示:

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

式中  $W_m$  ——质量吸水率, %;

$m_g$  ——材料在干燥状态下的质量, g;

$m_b$  ——材料在吸水饱和状态下的质量, g。

2) 体积吸水率是指材料吸水饱和时,所吸水分的体积占干燥材料体积的百分数,用下式表示:

$$W_v = \frac{m_b - m_g}{V_g} \cdot \frac{1}{\rho_w} \times 100\%$$

式中  $W_v$  ——体积吸水率, %;

$V'_g$  ——干燥材料体积,  $\text{cm}^3$ ;

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

材料吸水率的大小主要取决于材料的孔隙率及孔隙特征。具有细微而连通孔隙且孔隙率大的材料吸水率较大;具有粗大孔隙的材料,虽然水分容易渗入,但仅能润湿孔壁表面而不易在孔内存留,因而其吸水率不高;密实材料以及仅有封闭孔隙的材料是不吸水的。

各种材料的吸水率相差很大,如花岗岩等致密岩石的吸水率仅为  $0.5\% \sim 0.7\%$ ,普通混凝土为  $2\% \sim 3\%$ ,粘土砖为  $8\% \sim 20\%$ ,而木材或其他轻质材料吸水率可大于  $100\%$ 。

材料含水后,自重增加,强度降低,保温性能下降,抗冻性能变差,有时还会发生明显的体积膨胀。

## (2) 吸湿性

吸湿性指材料在潮湿空气中吸收水分的性质,以含水率表示。吸湿作用一般是可逆的,也就是说材料既可吸收空气中的水分,又可向空气中释放水分。

含水率是指材料中所含水的质量与干燥状态下材料的质量之比。按下式计算:

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (1-11)$$

式中  $W$  ——材料的含水率, %;

$m_0$  ——材料在干燥状态下的质量, g;

$m_1$  ——材料含水状态下的质量, g。

材料的含水率受环境影响,随空气的温度和湿度的变化而变化。当材料中的湿度与空气湿度达到平衡时的含水率称为平衡含水率。

影响材料吸湿性的因素较多。除了上面提到的环境温度和湿度的影响外,材料的亲水性、孔隙率与孔隙特征等对吸湿性都有影响。亲水性材料比憎水性材料有更强的吸湿性,材料中孔对吸湿性的影响与其对吸水性的影响相似。

## 3. 耐水性

材料的耐水性是指材料长期在水的作用下不破坏,而且强度也不显著降低的性质。水对材料的破坏是多方面的,如对材料的力学性质、光学性质、装饰性等都会产生破坏作用。材料耐水性用软化系数  $K_R$  表示,按下式计算:

$$K_R = \frac{f_b}{f_g} \quad (1-12)$$

式中  $f_b$  ——材料在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。



一般材料随着含水量的增加,会减弱其内部结合力,从而导致强度下降。如花岗岩长期浸泡在水中,强度将下降3%。普通粘土砖和木材受其影响更为显著。

软化系数的范围波动在0~1之间。通常将软化系数大于0.85的材料看作是耐水材料。软化系数的大小,有时成为选择材料的重要依据。受水浸泡或长期处于潮湿环境的重要建筑物或构筑物所用材料的软化系数不应低于0.85。

#### 4. 抗渗性

抗渗性指材料抵抗压力水渗透的性质。材料的抗渗性常用渗透系数或抗渗等级来表示。渗透系数按下式计算:

$$K_s = \frac{Qd}{AtH} \quad (1-13)$$

式中  $K_s$  —— 渗透系数, cm/h;

$Q$  —— 透水量,  $\text{cm}^3$ ;

$d$  —— 试件厚度, cm;

$A$  —— 透水面积,  $\text{cm}^2$ ;

$t$  —— 时间, h;

$H$  —— 水头高度, cm。

渗透系数  $K_s$  的物理意义是:一定时间内,在一定的水压作用下,单位厚度的材料,单位截面积上的透水量。渗透系数越小的材料表示其抗渗性越好。

抗渗等级常用于混凝土和砂浆等材料,是指在规定试验条件下,材料所能承受的最大水压力。

材料抗渗性的好坏,与材料的孔隙率和孔隙特征有密切关系。材料越密实、闭口孔越多,孔径越小,越难渗水;具有较大孔隙率,且孔连通、孔径较大的材料抗渗性较差。

对于地下建筑、屋面、外墙及水工构筑物等,因常受到水的作用,所以要求材料具有一定的抗渗性。对于专门用于防水的材料,则要求具有较高的抗渗性。

#### 5. 抗冻性

材料在吸水后,如果在负温下受冻,水在材料毛细孔内结冰,体积膨胀约9%,冰的冻胀压力将造成材料的内应力,使材料遭到局部破坏,随着冻结和融化的循环进行,冰冻对材料的破坏作用逐步加剧,这种破坏称为冻融破坏。

抗冻性是指材料在吸水饱和状态下,能经受多次冻结和融化作用(冻融循环)而不破坏、强度又不显著降低的性质。

材料在冻融循环过程中,表面将出现裂纹、剥落等现象,造成质量损失、强度降低。这是由于材料内部孔隙中的水分结冰时体积增大对孔壁产生很大的压力,冰融化时压力又骤然消失所致。无论是冻结还是融化过程都会在材料冻融