



普通高等教育“十二五”规划教材

水运工程 建筑材料

施 斌 主编

罗碧丹 [中交第四航务工程局有限公司] 主审



人民交通出版社
China Communications Press

普通高等教育“十二五”规划教材

Shuiyun Gongcheng Jianzhu Cailiao

水运工程建筑材料

施 斌 主编

罗碧丹 [中交第四航务工程局有限公司] 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书主要介绍各类水运工程中常用材料的基本组成、技术性质、质量检测及应用等知识。具体内容有建筑材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、合成高分子材料、沥青和水运工程建筑材料试验与检测等。为方便学生巩固所学知识,突出重点难点,每章后附有相应的复习思考题。

本书尽量采用国标和水运工程新标准、新规范,对新材料及新技术的发展也进行了一定的介绍,对常用材料的讲解,以其性质指标和实际应用为重点。

本书可作为港口航道与海岸、港口海岸及治河工程、水利水电工程等专业的本科及高职教材,也可供从事水运工程、水利工程的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

水运工程建筑材料/施斌主编. —北京:人民交通出版社,2014.3

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-114-11163-1

I. ①水… II. ①施… III. ①航道工程—建筑材料—
普等职业教育—教材 VI. ①U61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 020264 号

普通高等教育“十二五”规划教材

书 名:水运工程建筑材料

著 作 者:施 斌

责任编辑:周 凯 李 娜

出版发行:人民交通出版社

地 址:(100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址:<http://www.ccpres.com.cn>

销售电话:(010)59757973

总 经 销:人民交通出版社发行部

经 销:各地新华书店

印 刷:北京鑫正大印刷有限公司

开 本:787×1092 1/16

印 张:13

字 数:312 千

版 次:2014 年 3 月 第 1 版

印 次:2014 年 3 月 第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-114-11163-1

定 价:35.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

编委会名单

主任：施 斌

成员：余景良 叶 灵 郭继康 骆 毅 彭卫东

赵广伦 黄夏幸 张卫东 徐利民 沈维芬

黄鹄翔 黄维章 赵园春 郭定林 张海波

吴永明 刘艳红

前 言

“水运工程建筑材料”是港口航道与海岸专业的一门专业基础课程。本课程实用性强,建筑材料的知识渗透在工程研究、设计、施工等工作领域。学好本课程既可为专业主干课程的学习打下良好基础,又可为今后工作做技术准备。本课程是港口航道与海岸专业的一门必修课程。

20 世纪 80 年代以来,建筑材料的发展速度很快,出现了大量新型材料,建筑材料的国家标准、行业标准、地方标准已多次更新,对水运工程结构与形式的创新和发展也产生了重大影响。自 20 世纪 80 年代末开始,水运工程行业实施《港口工程技术规范》(1987 版),20 世纪 90 年代后期对各种规范进行了修订更新,目前基本实施的是 2000 年以后的新规范。

水运工程的各类建筑物处于水环境或海洋环境中,受大气、水流、潮汐、波浪等因素影响,特别是海水中有毒成分对建筑材料的性能和结构使用寿命影响很大。因此,其质量标准、技术要求、检测方法与其他建筑行业有着很大不同。

多年来,与水运工程规范对应的建筑材料教材出版很少,只能选用水利水电类或土建类专业的教材替代,不利于港口航道与海岸专业建筑材料课程的教学。随着水运工程建设事业的快速发展,对毕业生的专业知识和专业技能提出了更高的要求。为适应社会需求,我们组织了有一定工程经验和教学经验的教师编写了本教材。

本书根据当前水运工程建筑材料的发展水平与工程实际情况,按照培养应用型人才要求,对材料的相关理论和知识、标准与规范进行了阐述。书中详细介绍了水运工程中常用的胶凝材料、混凝土、砂浆、钢材、合成高分子材料、沥青等有关知识,以及国内外建筑材料方面的新发展和各类材料的应用情况等。

本书力求采用最新建筑材料标准、规范及试验方法,在内容组织上注重基础理论与工程应用的有机结合,以符合对事物循序渐进的认识规律,便于读者更好地理解 and 掌握有关的学习内容。每章后所附复习思考题,有利于帮助读者抓住各章的重点和难点,加深对建筑材料基本理论和知识、应用技能的理解与掌握。

本书由广州航海学院施斌等教师编写,中交第四航务工程局技术专家罗碧丹高级工程师主审。全书的编写分工如下:绪论和第4、5、7章由施斌编写,第1、2章由刘艳红编写,第3、9章由吴永明编写,第6、8章由张海波编写。全书由施斌统稿。

限于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

2013 年 10 月

目 录

绪论	1
0.1 建筑材料的定义及其在国民经济建设中的作用	1
0.2 建筑材料的分类	1
0.3 建筑材料的发展	2
0.4 建筑材料标准及工程规范	2
0.5 学习“水运工程建筑材料”的目的和方法	3
第1章 建筑材料的基本性质	4
1.1 材料的物理性质	4
1.2 材料的力学性质	10
1.3 材料的耐久性与环境协调性	12
复习思考题	14
第2章 气硬性胶凝材料	15
2.1 石灰	15
2.2 石膏	18
2.3 其他气硬性胶凝材料	20
复习思考题	22
第3章 水泥	23
3.1 通用硅酸盐水泥概述	23
3.2 硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥	25
3.3 掺大量混合材料的硅酸盐水泥	33
3.4 其他品种水泥	37
复习思考题	42
第4章 混凝土	44
4.1 概述	44
4.2 混凝土的组成材料	46
4.3 混凝土的主要技术性质	55
4.4 混凝土的外加剂	65
4.5 混凝土的配合比设计	70
4.6 混凝土的质量控制	82
4.7 其他品种水泥混凝土	86
复习思考题	92
第5章 建筑砂浆	94
5.1 建筑砂浆的组成材料	94
5.2 砂浆的主要技术性质	95

5.3 砌筑砂浆及其配合比设计	97
5.4 其他建筑砂浆	100
复习思考题	101
第6章 建筑钢材	102
6.1 概述	102
6.2 建筑钢材主要技术性能	104
6.3 钢材在水运工程中的应用	109
复习思考题	122
第7章 合成高分子材料	123
7.1 概述	123
7.2 合成树脂	124
7.3 合成高分子材料在混凝土防护和补强方面的应用	126
7.4 土工合成材料	140
复习思考题	143
第8章 沥青	145
8.1 沥青的定义和分类	145
8.2 石油沥青	145
8.3 改性沥青	151
8.4 沥青防水卷材	152
复习思考题	153
第9章 水运工程建筑材料试验与检测	154
9.1 建筑材料试验基本技能	154
9.2 数值的修约和统计	155
9.3 水泥质量试验检测	157
9.4 混凝土用集料质量检测试验	165
9.5 混凝土性能检测试验	175
9.6 砂浆的质量检测试验	184
9.7 混凝土用钢筋性能检测试验	187
9.8 现场混凝土质量检测	190
参考文献	196

绪 论

0.1 建筑材料的定义及其在国民经济建设中的作用

建筑材料是构成土木建筑结构物的所有材料的总称,它包括用于建筑物的地基、基础、结构和建筑装饰的所有材料,是工程建设的重要物质基础。建筑材料的品种、规格、质量在很大程度上影响着建筑业的进步,甚至影响到国民经济的发展。

建筑材料与建筑、结构、施工之间存在着相互依存、相互促进的密切关系。建筑工程中的许多技术问题的突破,往往依赖建筑材料问题的解决,新的建筑材料的出现,又能促进结构设计及施工技术的创新和发展。

据统计,目前在我国的水运工程建筑物中,建筑材料的费用约占总造价的 60% 以上。随着建筑施工的工业化程度的提高,这一比例还有上升的趋势。

因此,合理地选择和使用建筑材料,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,对改善建筑物的使用功能、降低工程造价、提高建筑物的使用寿命,都有着重要意义。

0.2 建筑材料的分类

建筑材料品种繁多,分类方法也很多。常用的分类方法如下:

按材料的化学成分分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,如图 0.2.1 所示。

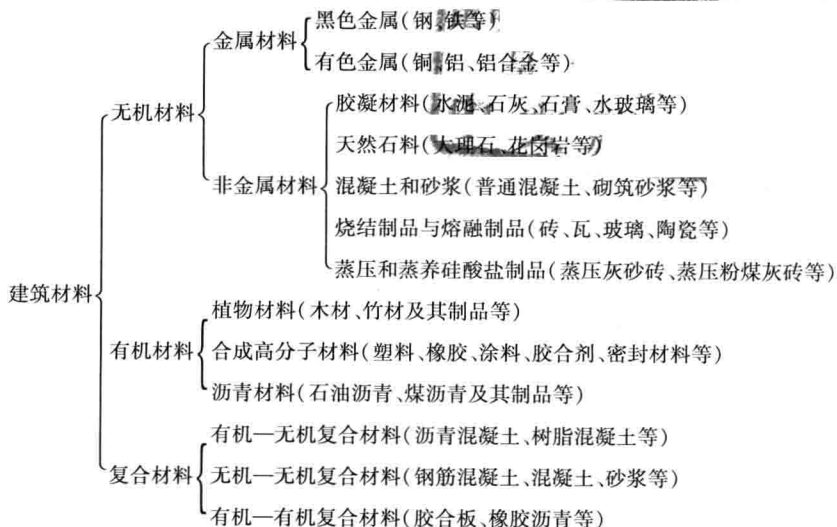


图 0.2.1 建筑材料按化学成分分类

此外,建筑材料按功能可分为承重材料、围护材料、建筑功能性材料。按所处的不同建筑部位可分为结构材料、屋面材料、楼地面材料、墙体材料、吊顶材料等。

0.3 建筑材料的发展

建筑材料是随着人类社会的发展而发展的。

人类使用建筑材料,最初是从土、石、草、木、兽皮等天然材料开始的。随着生产力的发展,出现了砖瓦、玻璃、青铜等人造建筑材料。举世瞩目的埃及金字塔、中国的长城等,都是由这些材料建成的。19世纪,资本主义国家的工业革命兴起以后,建筑材料得到迅速发展。特别是钢材、水泥、钢筋混凝土等材料的出现和发展,使得高层建筑、大跨度建筑成为可能。如这一时期建成的埃菲尔铁塔,高度达到300m。20世纪30年代,又出现了预应力混凝土结构,使土木工程的设计理论和施工技术得到了进一步完善。

随着社会的发展,人类对建筑工程的功能要求越来越高,为适应建筑工业化、现代化,提高质量、降低能耗、实现多功能的要求,建筑材料正向轻质、高强、高性能、耐久、节能等方向发展。同时,随着人们环境保护与可持续发展意识的增强,保护环境、节约能源与土地、合理开发和综合利用原料资源、尽量利用工业废料、发展绿色建材,也是建筑材料发展的一种趋势。

0.4 建筑材料标准及工程规范

标准是对重复性事物和概念所作出的统一规定,是对某项技术或产品实行统一执行的要求。土木工程材料的品种繁多,材料的生产、使用、储存都需遵照有关的技术标准执行。对于常用的材料,有关部门制定并发布了相应的技术标准和规范,对其质量、规格、检验方法和验收标准均作了详尽而明确的规定。目前,我国的技术标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。

第一级是国家标准,是由国家标准化主管机构批准发布的全国性指导技术文件,其代号为GB。如“《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)”,其中GB为国家标准的代号,50010为标准编号,2010为标准颁布年代号,混凝土结构设计规范为该标准的技术名称。国家标准是强制性标准,任何技术(产品)不得低于此标准规定的技术指标。

第二级是行业标准,是由我国各主管部、委(局)批准发布,在该部门范围内统一使用的标准。如“《蒸压灰砂多孔砖》(JC/T 637—2009)”。其中JC为颁布此标准的行业标准代号,T为推荐标准,它表示也可以执行其他标准,为非强制性标准。其他如JGJ为住房和城乡建设部行业标准,JC为国家工业与信息化部行业标准,JTS为交通运输部行业标准等。

第三级是地方标准,代号是DB,只适用于制定标准的地区。

第四级是企业标准,代号是QB,只用于生产企业内部。

随着我国的改革开放,常涉及一些材料的国际标准或国外标准。如国际标准,代号为ISO;美国材料试验学会标准,代号为ASTM;英国标准,代号为BS;德国工业标准,代号为DIN;日本工业标准,代号为JIS;法国标准,代号为NF等。熟悉有关标准和规范,对于正确合理地使用材料是很有必要的。

0.5 学习“水运工程建筑材料”的目的和方法

“水运工程建筑材料”是港口航道与海岸专业重要的专业基础课。港口水工建筑物的设计、施工、维护都与建筑材料的品种、性能密切相关。因此,水运工程建筑材料课程的学习是学好本专业的必要条件。同时,在实际工程中,经常遇到有关建筑材料的选择、质量检验、配合比调整等方面的问题,这都需要我们具备一定的理论知识和试验技能。当前常用的建筑材料有水泥、混凝土、钢筋以及沥青、合成高分子材料等其他材料,学习过程主要围绕这些材料的性质、特点、使用要求、技术检验标准及试验方法等展开。

水运工程建筑材料课程中名词、概念、专业术语多,内容繁杂,各章节的内在联系少,需要理解记忆的内容多,容易感到枯燥,学习时可参考以下方法:

(1)运用对比、归纳的方法。由于材料品种多,学习时可以将同类材料的性质进行对比,归纳它们的共性和特性。

(2)注重试验环节。通过课堂学习和综合试验,学习鉴定和检验常用材料的方法,掌握试验技能,培养动手能力及分析、解决问题的能力。

(3)关注建筑材料的发展动态,及时掌握信息,注意建筑材料标准和规范的变更。

第1章 建筑材料的基本性质

建筑材料在使用条件下要承受一定荷载,并受到周围不同环境介质(空气、水及其所溶物质、温度和湿度变化等)的作用。因此,建筑材料应具有相应的力学性质、物理性质、化学性质以及经久耐用的性质。

合理选用建筑材料,应熟悉工程条件及对拟用材料提出的各项技术要求,还应掌握材料的各种技术性质以及影响这些性质的因素,使所选材料在建筑物中发挥应有的作用。

本章主要讲述建筑材料所具有的共性,即材料的基本性质。各种材料的特性将在后续章节中讲述。

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:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1.1)$$

式中: ρ ——材料的密度, g/cm^3 ;

m ——材料的质量(干燥至恒重), g ;

V ——干燥材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 。

绝对密实状态下的体积是指不包括材料内部孔隙在内的固体物质的体积。测定材料密度时,可采取不同方法。对钢材、玻璃、铸铁等接近于绝对密实的材料,可用排水(液)法;而绝大多数材料内部都含有一定孔隙,测定其密度时应把材料磨成细粉(粒径小于 0.2mm)以排除其内部孔隙,然后用排水(液)法测定其实际体积,再计算其绝对密度;水泥、石膏粉等材料本身是粉末态,就可以直接采用排水(液)法测定。

在测量某些较致密的不规则的散粒材料(如卵石、砂等)的实际密度时,常直接用排水法测其绝对体积的近似值(因颗粒内部的封闭孔隙体积没有排除),这时所测得的实际密度为近似密度,即视密度(ρ')。

另外,工程上还经常用到比重的概念,比重又称相对密度,是用材料的质量与同体积水(4°C)的质量的比值表示,无单位,其值与材料密度相同(g/cm^3)。

(2) 表观密度

表观密度(亦称体积密度)是指材料在自然状态下单位体积的质量,俗称重度。按下式计算:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1.1.2)$$

式中: ρ_0 ——材料的体积密度, kg/m^3 或 g/cm^3 ;

m ——材料的质量, kg 或 g ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, 或称表观体积, m^3 或 cm^3 。

自然状态下的体积即表观体积, 包含材料内部孔隙(开口孔隙和封闭孔隙)在内。对外形规则的材料, 其几何体积即为表观体积; 对外形不规则的材料, 可用排水(液)法测定, 但在测定前, 待测材料表面应用薄蜡层密封, 以免测液进入材料内部孔隙而影响测定值。

材料孔隙内含有水分时, 其质量和体积会发生变化, 相同材料在不同含水状态下其表观密度也不相同, 因此, 表观密度应注明材料含水状态, 若无特别说明, 常指气干状态(材料含水率与大气湿度相平衡, 但未达到饱和状态)下的表观密度。

(3) 堆积密度

堆积密度是指散粒(粉状、粒状或纤维状)材料在自然堆积状态下单位体积的质量。按下式计算:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1.1.3)$$

式中: ρ'_0 ——材料的堆积密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V'_0 ——材料的堆积体积, m^3 。

材料的堆积体积, 包括材料绝对体积、内部所有孔隙体积和颗粒间的空隙体积。测定散粒状材料的堆积密度时, 材料的质量是指填充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。材料的堆积密度反映散粒状材料堆积的紧密程度及材料可能的堆放空间。

在土木工程中, 计算材料用量、构件自重、配料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参数。常用建筑材料有关参数见表 1.1.1。

常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

表 1.1.1

材 料	密度 (g/cm^3)	表观密度 (kg/m^3)	堆积密度 (kg/m^3)	孔隙率 (%)
石灰岩	2.6	1800 ~ 2600	—	—
花岗岩	2.6 ~ 2.9	2500 ~ 2800	—	0.5 ~ 3.0
碎石(石灰岩)	2.6	—	1400 ~ 1700	—
砂	2.6	—	1450 ~ 1650	—
黏土	2.6	—	1600 ~ 1800	—
普通黏土砖	2.5 ~ 2.8	1600 ~ 1800	—	20 ~ 40
黏土空心砖	2.5	1000 ~ 1400	—	—
水泥	3.1	—	1200 ~ 1300	—
普通混凝土	—	2100 ~ 2600	—	5 ~ 20
轻集料混凝土	—	800 ~ 1900	—	—
钢材	7.85	7850	—	0
木材	1.55	400 ~ 800	—	55 ~ 75
泡沫塑料	—	20 ~ 50	—	—
玻璃	2.55	—	—	—

1.1.2 材料的孔隙率和空隙率

(1) 孔隙率与密实度

孔隙率是指孔隙体积占材料总体积的百分比,用符号 P 表示。孔隙率按下式计算:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1.1.4)$$

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,也就是固体物质的体积占总体积的比例。密实度反映了材料的致密程度,以 D 表示:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1.1.5)$$

含有孔隙的固体材料的密实度均小于 1。材料的很多性能(如强度、吸水性、耐久性、导热性等)均与其密实度有关。

孔隙率与密实度的关系为:

$$P + D = 1 \quad (1.1.6)$$

式(1.1.6)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。

材料的许多性质都与孔隙有关。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。材料的孔隙特征一般可由孔隙率、孔隙连通性和孔隙直径 3 个指标来描述。

孔隙率是指孔隙在材料体积中所占的比例。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、绝热效果好。

孔隙按其连通性可分为连通孔、封闭孔和半连通孔(或半封闭孔)。连通孔是指孔隙之间、孔隙和外界之间都连通的孔隙(如木材、矿渣);封闭孔是指孔隙之间、孔隙和外界之间都不连通的孔隙(如发泡聚苯乙烯、陶粒);介于两者之间的称为半连通孔或半封闭孔。一般情况下,连通孔对材料的吸水性、吸声性影响较大,而封闭孔对材料的保温隔热性能影响较大。孔隙按其直径的大小可分为粗大孔、毛细孔、微孔。粗大孔是指直径大于毫米级的孔隙,这类孔隙对材料的密度、强度等性能影响较大,如矿渣。毛细孔是指直径在微米至毫米级的孔隙,对水具有强烈的毛细作用,主要影响材料的吸水性、抗冻性等性能,这类孔在多数材料内都存在,如混凝土、石膏等。微孔的直径在微米级以下,其直径微小,对材料的性能反而影响不大,如瓷质及炆质陶瓷。几种常用建筑材料的孔隙率见表 1.1.1。

(2) 材料的空隙率与填充率

空隙率是指散粒状材料在某容器的堆积体积中,颗粒之间的空隙体积占堆积体积的百分率,用符号 P' 表示,按下式计算:

$$P' = \frac{V'_0 - V}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1.1.7)$$

填充率是与空隙率相对应的概念,指散粒状材料在某堆积体积中被其颗粒填充的程度,用符号 D' 表示,按下式计算:

$$D' = \frac{V}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (1.1.8)$$

即

$$P' + D' = 1 \quad (1.1.9)$$

空隙率的大小反映了散粒材料颗粒之间相互填充的致密程度。对于混凝土的粗、细集料,空隙率越小,说明其颗粒大小搭配得越合理,用其配制的混凝土越密实,水泥也越节约。配制混凝土时,砂、石空隙率可作为控制混凝土集料级配与计算含砂率的依据。

1.1.3 材料与水有关的性质

(1) 亲水性与憎水性

水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

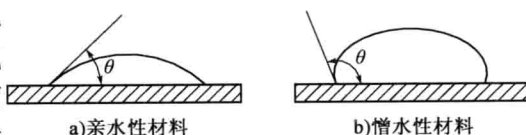


图 1.1.1 材料的润湿示意图

所成的夹角 θ 称为润湿角,如图 1.1.1 所示。 θ 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 1.1.1a)。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 1.1.1b)。建筑材料中水泥制品、玻璃、陶瓷、金属材料、石材等为亲水性材料;沥青、油漆、塑料等为憎水性材料。

(2) 材料的吸湿性与吸水性

①含水率。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:

$$W = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (1.1.10)$$

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。

②吸水性。材料的吸水性是指材料与水接触吸收水分的性质。材料吸水饱和时的含水率称为材料的吸水率。

材料吸水率的大小主要取决于材料的孔隙率及孔隙特征。具有细微而连通的孔隙,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% ~ 0.7%,普通混凝土为 2% ~ 3%,黏土砖为 8% ~ 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。

③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。

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,材料中孔隙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被破坏,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。材料的耐水性用软化系数 K_R 表示,按下式计算:

$$K_R = \frac{f_1}{f_0} \quad (1.1.11)$$

式中: f_1 ——材料在饱和吸水状态下的抗压强度, MPa;

f_0 ——材料在干燥状态下的抗压强度, MPa。

一般材料随着含水率的增加,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%。普通黏土砖和木材受水影响更为显著。

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 K_s 按下式计算:

$$K_s = \frac{Qd}{AtH} \quad (1.1.12)$$

式中: K_s ——渗透系数, cm/h;

Q ——透水量, cm^3 ;

d ——试件厚度, cm;

A ——透水面积, cm^2 ;

t ——时间, h;

H ——水头高度(水压), 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,极微细孔的材料很难渗水;具有较大孔隙率,且孔连通性好、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

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,都会使材料冻融交界层间产生明显的压力差,并作用于孔壁使之损坏。

材料的抗冻性用抗冻等级来表示。抗冻等级表示吸水饱和后的材料经过规定的冻融循环

次数,其质量损失、相对动弹性模量损失均不低于规定值。混凝土的抗冻等级以符号 F 表示,后面带的数字表示可经受冻融循环次数。例如,抗冻等级 F200 表示在标准试验条件下,材料相对动弹性模量下降不大于 25%,质量损失不大于 5%,所能经受的冻融循环的次数最多为 200 次。

材料的抗冻性与其强度、孔隙率大小及特征、含水率等因素有关。材料强度越高,抗冻性越好;孔隙对抗冻性的影响与其对抗渗性的影响相似。当材料孔隙吸水后还有一定的空间,含水未达到饱和时,可缓解冰冻的破坏作用。

1.1.4 材料的热工性质

(1) 热容和比热容

材料的热容指材料在温度变化时吸收和放出热量的能力,可用下式表示:

$$Q = m \cdot C \cdot (t_2 - t_1) \tag{1.1.13}$$

式中:Q——材料的热容量,kJ;

m——材料的质量,kg;

t₂-t₁——材料受热或冷却前后的温度差,K;

C——材料的比热容,kJ/(kg·K)。

材料的比热容的物理意义是指 1kg 重的材料,在温度每改变 1K 时所吸收或放出的热量。用公式表示为:

$$C = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)} \tag{1.1.14}$$

式中:C、Q、m、(t₂-t₁)——意义同前。

(2) 导热性

当材料两侧存在温度差时,热量将由温度高的一侧,通过材料传递到温度低的一侧,材料的这种传导热量的能力称为导热性。

材料的导热性可用导热系数来表示。导热系数的物理意义是:厚度为 1m 的材料,当两侧温差为 1K 时,在 1s 时间内通过 1m² 面积的热量。用公式表示为:

$$\lambda = \frac{Q\delta}{(T_2 - T_1)At} \tag{1.1.15}$$

式中:λ——材料的导热系数,W/(m·K);

Q——传导的热量,J;

δ——材料厚度,m;

A——热传导面积,m²;

t——热传导时间,s;

T₂-T₁——材料两侧温度差,K。

材料的导热系数愈小,表示其绝热性能愈好。各种材料的导热系数差别很大,常用的建筑材料热工性质指标见表 1.1.2。

常用建筑材料的热工性质指标 表 1.1.2

材 料 名 称	导热系数[W/(m·K)]	比热容[J/(g·K)]
钢材	58	0.48
普通混凝土	1.6	0.86