

全国高职高专水利水电类专业规划教材

建筑材料

武桂芝 张守平 刘进宝 主编
孙家国 主审



黄河水利出版社

全国高职高专水利水电类专业规划教材

建筑材料

主 编 武桂芝 张守平 刘进宝
副主编 孟祥礼 张 信
主 审 孙家国

黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本书是全国高职高专水利水电类专业规划教材,是根据全国水利水电高职教研会制定的建筑材料课程教学大纲编写完成的。本书共十一章,包括:建筑材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、砂浆、砌体材料、建筑钢材、沥青及沥青混合料、合成高分子材料(包括土工织物)、木材、建筑功能材料。本书各章均有学习指导和工程实例分析。本书配套教材《建筑材料实训指导》(孟祥礼、高传彬主编,黄河水利出版社出版)与本书同时出版。

本书可作为高职高专院校水利水电工程、水利工程施工、工业与民用建筑、给水排水工程、农田水利工程等专业的教材,也可供土木建筑类其他专业、中等专科学校相应专业的师生及相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/武桂芝,张守平,刘进宝主编. —郑州:黄河水利出版社,2009.8
全国高职高专水利水电类专业规划教材
ISBN 978-7-80734-711-8

I. 建… II. ①武…②张…③刘… III. 建筑材料-高等学校:技术学校-教材 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 148357 号

组稿编辑:王路平 电话:0371-66022212 E-mail:hhsllwlp@163.com
马 翀 66026749 machong2006@126.com

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhsicbs@126.com

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:13.5

字数:310 千字

版次:2009 年 8 月第 1 版

印数:1—4 100

印次:2009 年 8 月第 1 次印刷

定价:24.00 元

前 言

本书是根据《教育部、财政部关于实施国家示范性高等职业院校建设计划,加快高等职业教育改革与发展的意见》(教高[2006]14号)、《教育部关于全面提高高等职业教育教学质量的若干意见》(教高[2006]16号)等文件精神,由全国水利水电高职教研会拟定的教材编写规划,在中国水利教育协会指导下,由全国水利水电高职教研会组织编写的第二轮水利水电类专业规划教材。第二轮教材以学生能力培养为主线,具有鲜明的时代特点,体现出实用性、实践性、创新性的教材特色,是一套理论联系实际、教学面向生产的高职高专教育精品规划教材。

编写本书的指导思想是结合高等职业技术教育人才培养模式的改革,不仅培养学生掌握有关的专业知识,更注重学生基本技能的培养,所以把与本书配套使用的《建筑材料实训指导》一书重点推出;为引导学生理论联系实际,培养分析问题、解决问题的能力,主要章节均有工程实例分析;为使学生在学习时目标明确,每章开头均有学习指导,指出了教学大纲所要求的教学目标;每章在配套教材《建筑材料实训指导》里设置了类型多样的习题,以方便学生对所学知识的进一步理解和巩固。本书尽量采用新标准、新规范,并简要介绍了新材料、新技术的发展趋势。各专业可根据自身的教学目标及教学学时,对教材内容进行取舍。

本书编写人员及编写分工如下:华北水利水电学院水利职业学院武桂芝(绪论、第一章),重庆水利电力职业技术学院张守平(第二章、第三章),浙江同济科技职业学院刘进宝、陈谨(第四章),沈阳农业大学高等职业技术学院孟祥礼(第五章、第十章),安徽水利水电职业技术学院朱英明(第六章),杨凌职业技术学院杜旭斌(第七章),长江工程职业技术学院张信(第八章、第十一章),四川水利职业技术学院刘微微(第九章)。本书由武桂芝、张守平、刘进宝担任主编,武桂芝负责全书统稿,由孟祥礼、张信担任副主编,由黑龙江农垦农业职业技术学院孙家国担任主审。

由于建筑工程材料品种繁多,新材料发展快,且各行业技术标准不完全一致,又限于编者水平有限,故书中不妥之处在所难免,望广大师生、读者提出宝贵意见。

编 者

2009年5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	(15)
第四节 材料的组成、结构和构造	(16)
第二章 气硬性胶凝材料	(18)
第一节 石 灰	(18)
第二节 石 膏	(22)
第三节 水玻璃	(24)
第三章 水 泥	(27)
第一节 硅酸盐水泥	(27)
第二节 掺混合材料的硅酸盐水泥	(34)
第三节 特性水泥和专用水泥	(37)
第四节 水泥的验收及保管	(39)
第四章 混凝土	(40)
第一节 普通混凝土的组成材料	(42)
第二节 混凝土的主要技术性能	(65)
第三节 混凝土配合比设计	(84)
第四节 混凝土的质量控制及强度评定	(93)
第五节 其他种类混凝土及其新发展	(99)
第五章 砂 浆	(110)
第一节 砌筑砂浆	(110)
第二节 砌筑砂浆的配合比设计	(113)
第三节 其他砂浆	(116)
第六章 砌体材料	(119)
第一节 砌筑石材	(119)
第二节 砌墙砖	(122)
第三节 砌 块	(130)
第七章 建筑钢材	(134)
第一节 概 述	(134)
第二节 建筑钢材的主要技术性能	(136)

第三节	建筑钢材的技术标准及应用	(142)
第四节	常用建筑钢材及钢材的选用	(146)
第五节	钢材的锈蚀及防止	(155)
第八章	沥青及沥青混合料	(157)
第一节	沥青材料	(157)
第二节	沥青混合料	(165)
第九章	合成高分子材料	(170)
第一节	建筑塑料	(170)
第二节	建筑涂料	(173)
第三节	胶粘剂	(178)
第四节	合成橡胶	(180)
第五节	合成纤维	(180)
第十章	木材	(185)
第一节	概 述	(185)
第二节	木材的组织构造	(185)
第三节	木材的物理力学性质	(186)
第四节	木材的应用	(190)
第十一章	建筑功能材料	(194)
第一节	防水堵水材料	(194)
第二节	绝热材料	(199)
第三节	吸声隔声材料	(201)
第四节	建筑装饰材料	(203)
第五节	建筑功能材料的新发展	(207)
参考文献		(209)

绪 论

一、建筑材料的定义及分类

建筑材料是指各类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。

建筑材料种类繁多,通常按其基本组成成分可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,如表 0-1 所示。

表 0-1 建筑材料的分类

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	非金属材料与非金属材料复合		水泥混凝土、砂浆等
	无机非金属材料与有机材料复合		沥青混凝土、聚合物水泥混凝土、玻璃纤维增强塑料等
	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		塑钢复合型材、轻质金属夹心板、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、建筑材料在工程中的地位与作用

建筑材料与建筑设计、工程施工、结构维护之间存在着相互促进、相互依存的密切关系。建筑材料是各项基本建设的重要物质基础。在各项工程的建设中,建筑材料的用量相当大,如潘家口水库混凝土用量达 3 003 万 m³,葛洲坝水电站混凝土用量在 990 万 m³ 以上。据统计,在工程总价中,材料费所占的比重可达 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的影响。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,往往会促进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。

三、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筑材料更是异军突起,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的发展,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的施工中得到推广应用;碾压混凝土已成为坝工建设的热门材料,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的热点。

随着社会的发展,人类对建筑工程的功能要求越来越高,从而对所使用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、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。

四、建筑材料检验与技术标准

(一) 建筑材料的检验

在工程施工中,应对所用建筑材料进行合格性检查,这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）建筑材料的标准

建筑材料的标准分为国家标准、行业标准、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 是建工行业标准,SL 是水利行业标准,DL 是电力行业标准,SD 是水电行业标准,JC 是建材行业标准,YB 是冶金行业标准,JT 是交通行业标准,TB 是铁路行业标准,SH 是石化行业标准。

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 是建筑工程国家标准,JGJ 是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 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。没有国家标准和行业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》(GB 175—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 为英国标准,JIS 为日本国家标准,DIN 为德国标准。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,内容繁杂,在学习中要避免死记硬背,要注意理解、抓住重点,注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。

第一章 建筑材料的基本性质

学习指导

本章是建筑材料课程的重点之一。通过学习,应掌握材料的物理状态参数,材料的力学性质,材料与水有关的性质的物理意义、指标、影响因素及其对其他性质的影响。理解材料的组成、结构、构造对材料性质的影响,材料耐久性的含义。了解材料热工性能的几个指标。

重点:材料的力学性质,材料与水有关的性质,材料的物理状态参数。

难点:材料的组成、结构、构造对材料性质的影响。

第一节 材料的物理性质

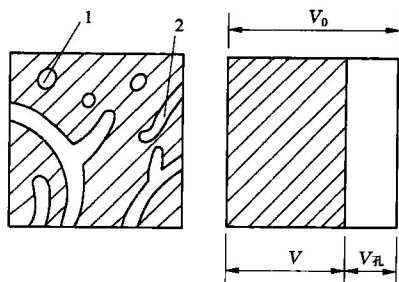
一、基本物理性质

(一) 材料的体积构成及含水状态

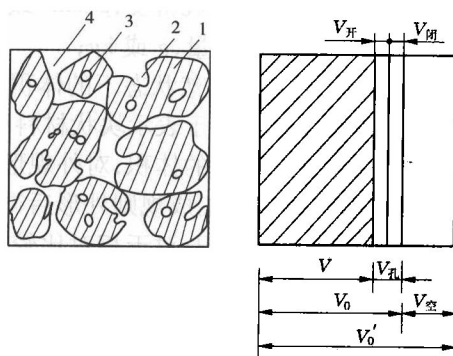
1. 材料的体积构成

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的介质相通,材料在浸水时易被水饱和,如图 1-1 所示。

散粒材料是指具有一定粒径材料的堆积体,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。



1—闭口孔隙;2—开口孔隙
图 1-1 块状材料体积构成示意



1—颗粒中固体物质;2—颗粒中的开口孔隙;
3—颗粒的闭口孔隙;4—颗粒之间的空隙
图 1-2 散粒材料体积构成示意

2. 材料的含水状态

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,将材料的含水状态分为干燥状态、气干状态、饱和面干状态及湿润状态四种,如图 1-3 所示。材料的含水状态会对材料的多种性质产生影响。

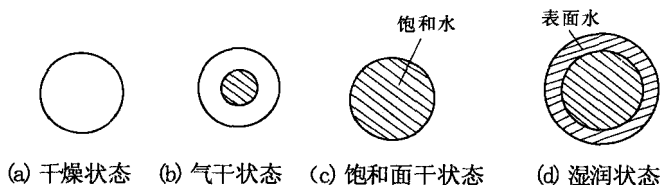


图 1-3 材料的含水状态

(二) 密度、表观密度与堆积密度

1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量,用下式表示

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

式中 ρ ——材料的密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, g 或 kg ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

材料在绝对密实状态下的体积,可将材料磨制成规定细度的粉末,用排液法求得。材料磨得越细,所测得的体积越接近绝对体积。钢材、玻璃等少数密实材料可根据外形尺寸求得体积。

2. 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,用下式表示

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

式中 ρ_0 ——材料的表观密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

材料的表观密度用于表示块状材料和散粒材料的密实程度。

材料在自然状态下的体积,对外观形状规则的材料,按材料的外形计算;对外观形状不规则的材料,可以加工成规则外形后得到外形体积;对于松散材料,可使材料吸水饱和后,再用排水法求其体积;对于相对比较密实的散粒体材料(如砂石)可直接用排水法求其体积。

材料含有水分时,材料的质量及体积均会发生改变,故在测定材料的表观密度时,须注明其含水状态。

3. 堆积密度

堆积密度是指材料在规定的装填条件下,单位堆积体积的质量,用下式表示

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-3)$$

式中 ρ'_0 ——材料的堆积密度, kg/m^3 ;

V'_0 ——材料的堆积体积, m^3 。

材料的堆积体积包括固体颗粒体积、颗粒内部孔隙体积和颗粒之间的空隙体积,用容量筒测定。堆积密度与材料的装填条件及含水状态有关。

在建筑工程中,计算材料的用量、构件的自重、配料计算、确定材料的堆放空间以及运输量时,经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度等参数。常用材料的密度、表观密度及堆积密度如表 1-1 所示。

表 1-1 常用材料的密度、表观密度及堆积密度

材料	密度(g/cm^3)	表观密度(kg/m^3)	堆积密度(kg/m^3)
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
黏土	2.60	—	1 600 ~ 1 800
黏土空心砖	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	—

(三) 材料的孔隙率与空隙率

1. 孔隙率

孔隙率指块状材料中孔隙体积与材料在自然状态下总体积的百分比,用下式表示

$$P = \frac{V_{\text{孔}}}{V_0} \times 100\% \quad (1-4)$$

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-5)$$

式中 P ——材料的孔隙率(%);

$V_{\text{孔}}$ ——材料中孔隙的体积, cm^3 ;

ρ_0 ——材料的干表观密度, g/cm^3 。

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、抗冻性等都与孔隙率有关。这些性质不仅与材料的孔隙率大小有关,而且还与材料的孔隙特征有关。孔隙特征是指孔隙的种类(开口孔隙与闭口孔隙)、孔隙的大小及孔的分布是否均匀等。

2. 空隙率

材料的空隙率是指散粒材料在堆积状态下,颗粒之间的空隙体积与松散体积的百分比,用下式表示

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1-6)$$

空隙率反映了散粒材料颗粒之间互相填充的疏密程度,在混凝土配合比设计时,可作

为控制混凝土骨料级配以及计算含砂率的依据。

【例 1-1】 一块石灰岩, 体积为 10 m^3 , 密度为 2.7 g/cm^3 , 孔隙率为 0.8% , 现将石灰岩轧成碎石, 并测得碎石的堆积密度为 1600 kg/m^3 , 求碎石的堆积体积。

解 由 $\rho = \frac{m}{V}$ 得碎石的质量为

$$m = \rho V = 2.7 \times 1000 \times 10 \times (1 - 0.8\%) = 26800 (\text{kg})$$

由 $\rho'_0 = \frac{m}{V'_0}$ 得碎石的堆积体积为

$$V'_0 = \frac{m}{\rho'_0} = \frac{26800}{1600} = 16.8 (\text{m}^3)$$

故碎石的堆积体积为 16.8 m^3 。

二、材料与水有关的性质

(一) 亲水性与憎水性

材料在使用过程中常常遇到水, 不同的材料遇水后和水的作用情况是不同的。根据材料能否被润湿, 将材料分为亲水性材料和憎水性材料。

在材料、空气、水三相交界处, 沿水滴表面作切线, 切线与材料和水接触面的夹角 θ 称为润湿角。 θ 越小, 浸润性越强, 当 θ 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, 此种材料称为亲水性材料。当 $\theta > 90^\circ$ 时, 水分子之间的内聚力大于水分子与材料之间的吸引力, 材料表面不易被水湿润, 此种材料称为憎水性材料, 如图 1-4 所示。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。

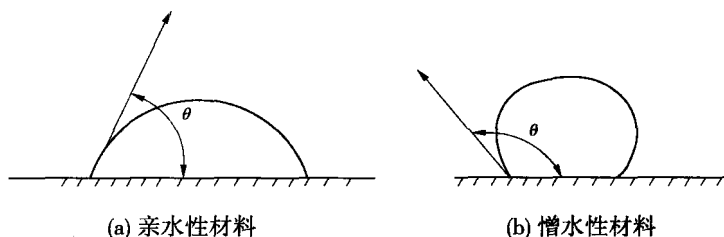


图 1-4 材料润湿示意

(二) 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。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两种。

质量吸水率是指材料吸水饱和时, 其吸收水分的质量与材料干燥状态下质量的百分比, 用下式计算

$$W_m = \frac{m_{\text{饱}} - m}{m} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中 W_m ——质量吸水率(%)；

$m_{\text{饱}}$ ——材料在饱和状态下的质量,g；

m ——材料干燥至恒重的质量,g。

体积吸水率是指材料吸水饱和时,所吸收水分的体积与干燥材料自然体积的百分比,用下式计算

$$W_v = \frac{V_w}{V_0} \times 100\% = \frac{m_{\text{饱}} - m}{V_0 \rho_w} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 W_v ——体积吸水率(%)；

V_w ——材料吸水饱和时水的体积,cm³；

V_0 ——干燥材料在自然状态下的体积,cm³；

ρ_w ——水的密度,g/cm³。

材料吸水率的大小主要取决于材料的孔隙率及孔隙特征。材料具有较多开口、细微且连通的孔隙,吸水率较大;粗大开口的孔隙,水分虽易进入,但仅能润湿孔隙表面而不易在孔内存留,封闭的孔隙,水分则不易进入,故具有粗大开口或封闭孔隙的材料,其吸水率较低。

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%。

材料吸水后,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

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表示。含水率是指材料中所含水的质量与材料干燥状态下质量的百分比,用下式计算

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m}{m} \times 100\% \quad (1-9)$$

式中 $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率(%)；

$m_{\text{含}}$ ——材料含水时的质量,g；

m ——材料干燥至恒重的质量,g。

材料的吸水率除与材料的组成、构造有关外,还与所处环境的温度和湿度有关。一般环境温度越低,相对湿度越大,材料的含水率越大。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。材料吸水饱和时的含水率即为吸水率。

(三) 耐水性

材料的耐水性是指材料长期在水的作用下不破坏,强度也不显著降低的性质。材料的耐水性用软化系数表示

$$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f} \quad (1-10)$$

式中 $K_{\text{软}}$ ——材料的软化系数；

$f_{\text{饱}}$ ——材料在吸水饱和状态下的抗压强度,MPa；

f ——材料在干燥状态下的抗压强度,MPa。

一般材料遇水后,会因含水而使其内部的结合力减弱,同时材料内部的一些可溶性物质发生溶解导致其孔隙率增加,因此材料的强度都有不同程度的降低。如花岗岩长期浸泡在水中,强度将下降3%。普通黏土砖和木材等浸水后强度降低更多。

软化系数的波动范围为0~1。通常将软化系数大于0.85的材料看做是耐水材料。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。

(四) 抗渗性

材料的抗渗性是指材料抵抗压力水渗透的能力。材料的抗渗性通常用渗透系数或抗渗等级表示。渗透系数的表达式为

$$K = \frac{Qd}{AtH} \quad (1-11)$$

式中 K ——材料渗透系数,cm/s;

Q ——透水量,cm³;

d ——试件厚度,cm;

A ——透水面积,cm²;

t ——透水时间,s;

H ——静水压力水头,cm。

渗透系数 K 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面积上的透水量。 K 值越小,表明材料的抗渗能力越强。

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,用符号“P”表示。如混凝土的抗渗等级为 P6、P8、P12,表示其分别能承受 0.6 MPa、0.8 MPa、1.2 MPa 的水压力而不渗水。

材料抗渗性的好坏,与材料的孔隙率和孔隙特征有密切的关系。材料越密实,闭口孔隙越多,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。

对于地下建筑物、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。

(五) 抗冻性

材料的抗冻性是指材料在水饱和状态下,经受多次冻融循环而不破坏,其强度也不显著降低的性质。

材料在吸水后,如果在负温下受冻,水在毛细孔内结冰,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,材料表面将出现裂纹、剥落等现象,造成质量损失、强度降低。这是材料内部孔隙中的水分结冰使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的。无论是冻结还是融化都会在材料冻融交界层间产生明显的压力差,并作用于孔壁使之破坏。

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在规定的条件下所能经受的最大冻融循环次数。用符号“F”来表示。如混凝土的抗冻等级为 F50、F100,分别表示在标准试验条件下,经过 50 次、100 次的冻融循环后,其质量损失、强度降低不

超过规定值。抗冻等级越高,材料的抗冻性能越好。

材料的抗冻性主要与其孔隙率、孔隙特征、含水率及强度有关。抗冻性良好的材料,抵抗温度变化、干湿交替等破坏作用也较强。对于室外温度低于 -15°C 的地区,其主要材料必须进行抗冻性试验。

三、材料与热有关的性质

(一) 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。材料的导热性用导热系数 λ 表示,表达式如下

$$\lambda = \frac{Q\delta}{At(T_2 - T_1)} \quad (1-12)$$

式中 λ ——材料的导热系数, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;

Q ——传导的热量, J ;

A ——热传导面积, m^2 ;

δ ——材料厚度, m ;

t ——导热时间, s ;

T_1 、 T_2 ——材料两侧的温度, K 。

导热系数 λ 的物理意义是:单位厚度的材料,当两侧的温度差为 1K 时,在单位时间内,通过单位面积的热量。 λ 值越大,表明材料的导热性越强。

材料的导热能力与材料的孔隙率、孔隙特征及材料的含水状态有关。密闭空气的导热系数很小($0.025\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$),故材料的闭口孔隙率大时导热系数小。开口连通孔隙具有空气对流作用,材料的导热系数较大。材料受潮时,由于水的导热系数较大($0.58\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$),导热系数增大。

材料的导热系数越小,隔热保温效果越好。有隔热保温要求的建筑物宜选用导热系数小的材料做围护结构。工程中通常将 $\lambda < 0.23\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 的材料称为绝热材料。

几种常用材料的导热系数见表1-2。

(二) 热容量和比热容

材料的热容量是指材料受热时吸收热量或冷却时放出热量的能力。热容量的大小用比热容(简称比热)表示。比热容是指 1g 的材料在温度改变 1K 时所吸收或放出的热量。材料吸收或放出的热量和比热容分别用下式表示

$$Q = cm(T_2 - T_1) \quad (1-13)$$

$$\text{或} \quad c = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)} \quad (1-14)$$

式中 Q ——材料吸收或放出的热量, J ;

c ——材料的比热容, $\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$;

m ——材料的质量, g ;

$T_2 - T_1$ ——材料受热或冷却前后的温差, K 。

材料的热容量值对保持材料温度的稳定性有很大的作用。热容量值高的材料,对室