

新编职业教育课程改革规划系列教材

主编 虞焕新 叶翼翔 主审 李定怀

JIANZHU GONGCHENG JICHU

建筑工程类

建筑 工程基础 (下)



中国地质大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程基础(下)/虞焕新,叶翼翔主编. —武汉:中国地质大学出版社,2005.6
ISBN 7-5625-2016-X

I. 建…

II. ①虞…②叶…

III. 基础-建筑工程-教材

IV. TU521

建筑工程基础(下)

虞焕新,叶翼翔 主编

责任编辑:刘桂涛

责任校对:胡义珍

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路388号)

邮编:430074

电话:(027)87482760

传真:87481537

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经销:全国新华书店

<http://www.cugp.cn>

开本:787毫米×1092毫米 1/16

字数:450千字 印张:17.5

版次:2005年6月第1版

印次:2005年6月第1次印刷

印刷:湖北省石首市第二印刷厂

印数:1—5000册

ISBN 7-5625-2016-X/TU·38

定价:(上下册)43.50元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

关于新编职业教育课程改革规划系列教材(建筑工程类)

编写说明

为了贯彻落实《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》和教育部、建设部《关于实施职业院校建设行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》等文件精神,根据《面向 21 世纪教育振兴行动计划》和教育部、建设部制定的《工业与民用建筑专业》教学指导方案的要求,中国地质大学出版社在全国范围内组织 18 所相关的高职、中职学校的骨干教师编写新编职业教育课程改革规划系列教材。

多年以来,我国职业教育工民建专业课程一直沿用的是工程制图(识图)、建筑材料、建筑构造、建筑结构、建筑力学、建筑工程测量、建筑施工技术、建筑工程概预算等模式设置课程。在已有的教学实践中,该模式与建筑工程项目实际不相吻合。例如:学生在尚未接触到地基与基础、主体结构、防水工程的构造、结构及施工的前提下,先学识图、材料等课程,很难读懂建筑施工图、结构施工图,很难理解并掌握建筑材料的性质及正确使用相关知识,教师不得不在建筑构造、建筑结构、地基与基础、建筑施工技术、建筑工程概预算等课程中重新讲述识图与材料等方面的知识,特别是识图。有鉴于此,本系列教材本着按工程项目实际施工顺序向学生讲授分部分项工程,从构造一直到施工、质量验收的各种相关知识的宗旨,按照建筑工程基础、测量放线、地基与基础工程施工、主体结构施工、防水工程施工、钢筋翻样及加工、建筑工程质量验收、建筑工程计量与计价、建筑工程施工组织、建筑工程项目管理的顺序及课程设置的模式编写。淡化原有的教材体系中识图、材料、构造、结构等单独设置为主干课程的理念,而以分部与分项工程的施工及施工顺序为主线,将涉及到的构造、材料、结构施工图的识读、安全技术等相关知识按既方便学生理解和掌握,又尽可能地与施工过程相吻合的衔接顺序融入主线中。

由于本系列教材对原有的职业教材体系作出了全面的、深层次的变动,因此对地基与基础施工、主体结构施工、防水工程施工、建筑工程概预算等主干课程的任课教师提出了更高的要求,不仅要教本课程的知识,还要教学生构造、材料、识图、质量验收等相关知识。

由于本系列教材几乎是一个全新的尝试,因此,第一版不可避免地存在这样或那样的不足和问题,恭请各位专家、老师和读者提出宝贵的意见,我们将在未来的修订中加以改进。

编委会

2005 年 5 月

前 言

本系列教材本着按工程项目实际施工顺序向学生讲授分部分项工程,从构造一直到施工、质检验收的各种相关知识的宗旨,按照建筑工程基础、测量放线、地基与基础工程施工、主体结构施工、防水工程施工、钢筋翻样及加工、建筑工程质量验收、建筑工程计量与计价、建筑工程施工组织、建筑工程项目管理的顺序及课程设置的模式编写。淡化原有的教材体系中识图、材料、构造、结构等单独设置为主干课程的理念,而以分部与分项工程的施工及施工顺序为主线,将涉及到的构造、材料、结构施工图的识读、安全技术等相关知识按既方便学生理解和掌握、又尽可能地与施工过程相吻合的衔接顺序融入主线中。

全书共 19 章,分别介绍了建筑材料基础、建筑力学基础、建筑结构基础三大部分内容。本教材有以下特点:

1. 对传统的教学模式进行了大胆的改革,在教材体系和内容设置上以学生“够用”、“实用”为原则。

2. 建筑材料内容以建筑工程中常用的建筑材料为主。

3. 根据职业院校学生的实际情况,大大简化了三大力学的内容。

4. 建筑结构内容强调掌握基本概念,掌握结构构造知识及识图能力,淡化计算能力。

5. 采用了国家和行业的新规范、标准和规程,体现了新材料、新技术的应用。

本教材由虞焕新、叶翼翔主编,全书由虞焕新统稿。

参加本教材编写的有浙江广厦建设职业技术学院虞焕新(第 1 章、第 4 章、第 11 章、第 13 章);程娟(第 2 章、第 3 章);江西建设职业技术学院叶翼翔(第 7 章、第 8 章、第 10 章);河南建设工程学校吴承霞、孔惠(第 16 章、第 17 章、第 18 章、第 19 章);四川省泸县建筑职业中专学校李定怀(第 12 章);山东聊城建设学校杨书继(第 14 章、第 15 章);湖北工业建筑学校王磊(第 5 章、第 6 章、第 9 章,其中第 6、9 章的习题由浙江广厦建设职业技术学院费丽渊编写),全书由四川泸县建筑职业中专学校李定怀高级工程师主审。

在编写过程中参阅了较多的文献资料,谨向这些文献的作者致以诚挚的谢意。由于水平有限,教材中难免有不足之处,敬请读者批评指正。

编 者

2005 年 6 月

目 录

第一部分 建筑材料基础

第一章 建筑材料绪论	(3)
第一节 建筑材料及其分类	(3)
第二节 建筑材料发展概况	(4)
第三节 建筑材料技术标准简介	(5)
第四节 建筑材料课程的性质、任务和学习方法	(5)
习题	(5)
第二章 建筑材料的基本性质	(6)
第一节 材料的物理性质	(6)
第二节 材料的力学性质	(10)
第三节 材料的耐久性	(11)
习题	(12)
第三章 无机胶凝材料	(13)
第一节 石灰	(13)
第二节 石膏	(15)
第三节 水泥	(18)
第四节 硅酸盐水泥的主要技术性质	(21)
第五节 水泥的应用、验收与储运	(24)
第六节 混合材料及掺混合材料的硅酸盐水泥及其他品种水泥	(25)
习题	(27)
第四章 混凝土	(29)
第一节 概述	(29)
第二节 普通混凝土及组成材料	(30)
第三节 混凝土的主要技术性质	(34)
第四节 混凝土的配合比设计	(38)
第五节 有关混凝土的试验	(42)
习题	(45)
第五章 建筑砂浆	(46)
第一节 砌筑砂浆的组成及技术性能	(46)
第二节 砌筑砂浆的配合比设计	(48)
第三节 其他砂浆介绍	(50)
第四节 建筑砂浆性能实验	(52)
习题	(55)

第六章 建筑钢材	(56)
第一节 钢材的生产和分类	(56)
第二节 建筑用钢的一般性能	(57)
第三节 钢材的化学元素及常用建筑钢材	(62)
第四节 钢材试验	(66)
习题	(68)
第七章 墙体材料	(69)
第一节 概述	(69)
第二节 墙体材料的一般性能	(70)
第三节 烧结普通砖	(70)
第四节 烧结多孔砖和烧结空心砖	(72)
第五节 砌块	(74)
第六节 轻质墙板	(76)
第七节 烧结普通砖抗压强度试验	(78)
习题	(80)
第八章 防水材料	(81)
第一节 沥青	(81)
第二节 防水卷材	(87)
第三节 防水涂料	(90)
第四节 密封材料	(92)
第五节 其他防水材料	(93)
习题	(93)
第九章 其他建筑材料	(94)
第一节 建筑塑料	(94)
第二节 建筑涂料	(95)
第三节 胶粘剂	(97)
第四节 建筑陶瓷材料及琉璃制品	(99)
第五节 绝热材料	(100)
习题	(105)
第十章 见证取样基本知识	(106)
第一节 质量统计基本知识	(106)
第二节 抽样检验方案	(108)
第三节 见证取样和送检	(111)
第四节 常用建筑材料的现场取样	(116)
习题	(118)

第二部分 建筑力学基础

第十一章 力学基础知识	(121)
第一节 静力学基本概念	(121)
第二节 建筑力学的研究对象和内容简介	(126)
第三节 构件的基本变形和结构计算简图	(127)

习题	(129)
第十二章 平面汇交力系	(130)
第一节 平面汇交力系的几何合成	(130)
第二节 平面汇交力系平衡的几何条件	(132)
第三节 平面汇交力系合成解析法	(133)
第四节 平面汇交力系平衡的解析条件	(136)
习题	(138)
第十三章 平面杆件体系的几何组成分析	(140)
第一节 概述	(140)
第二节 几何不变体系的组成规则	(142)
第三节 几何组成分析的实例	(143)
习题	(146)
第十四章 杆件的内力分析	(147)
第一节 概述	(147)
第二节 轴向拉压杆的内力——轴力	(148)
第三节 弯曲杆件的内力	(151)
习题	(158)
第十五章 压杆稳定	(162)
第一节 压杆平衡状态的稳定性	(162)
第二节 细长压杆的临界力——欧拉公式	(163)
第三节 压杆的稳定计算	(165)
第四节 提高压杆稳定性的措施	(165)
习题	(166)

第三部分 建筑结构基础

第十六章 建筑结构设计基本原理	(169)
第一节 建筑结构的概念和分类	(169)
第二节 建筑结构荷载	(170)
第三节 建筑结构的性能要求	(176)
第四节 建筑结构的极限状态	(177)
习题	(180)
第十七章 钢筋混凝土结构	(181)
第一节 概述	(181)
第二节 钢筋混凝土构件的构造要求	(182)
第三节 受弯构件正截面承载力的计算	(205)
第四节 受弯构件斜截面的承载力计算	(214)
第五节 受压构件	(219)
习题	(223)
第十八章 砌体结构	(225)
第一节 砌体材料及砌体的力学性能	(225)
第二节 无筋砌体受压构件承载力	(233)

第三节	墙体承重体系和房屋的静力计算方案	(238)
第四节	墙、柱的高厚比验算	(241)
第五节	砌体房屋的构造要求	(243)
习题		(251)
第十九章	钢结构	(252)
第一节	钢结构材料及力学性能	(252)
第二节	焊接连接	(256)
第三节	螺栓连接	(260)
习题		(262)
附录	型钢规格表	(263)
附录 1	热轧等边角钢截面特性	(263)
附录 2	热轧不等边角钢截面特性	(265)
附录 3	热轧普通槽钢截面特性	(267)
附录 4	热轧普通工字钢截面特性	(269)
参考文献		(271)

第一部分 建筑材料基础

建筑材料绪论

建筑业是国民经济的支柱之一,建筑材料是建筑业必不可少的物质基础,它是构成房屋建筑的主体结构,直至每一个零部构件的原材料和重要组成部分。

在建筑工程总造价中,材料费用占很大的比重,一般占工程总造价的 60% 左右。建筑材料的性能、质量、品种和规格,直接影响到建筑工程的结构形式和施工方法,建筑材料直接关系到建筑质量、建筑功能和建筑形式,对国民经济的发展、城乡建设及人民居住条件的改善,有着十分重要的影响。

建筑技术的现代化,在很大程度上是与传统建筑材料的改造和新建筑材料的研制分不开的,新结构形式的出现也往往是新建筑材料产生的结果。因此,建筑材料的科学研究及其生产工艺的迅速发展,对于现代化的经济建设,具有十分重要的意义。

第一节 建筑材料及其分类

从广义上讲,建筑材料指建筑工程(工业与民用建筑、水利、道路桥梁、港口等)中所有材料的总称。建筑材料不仅包括构成建筑本身的材料(钢材、木材、水泥、砂石等),而且还包括在建筑施工过程中应用和消耗的材料(脚手架、组合钢模板、安全防护网等)以及各种配套器材(水、电、暖设备等)。

本书讨论的是狭义的建筑材料,即构成建筑物本身的材料。建筑材料的分类方法很多,主要有以下两种:

一、按化学成分分类(见表 1-1-1)。

表 1-1-1 按照化学成分分类

无机材料	金属材料	黑色金属(如铁)、有色金属(如铝、锌、铜)
	非金属材料	天然石材(包括混凝土用砂、石)、烧结制品(如烧结普通砖、陶瓷)、玻璃及其制品、水泥、石灰、石膏、水玻璃、混凝土、砂浆、硅酸盐制品
有机材料	植物质材料	木材、竹材、植物纤维及其制品
	合成高分子材料	塑料、涂料、胶粘剂
	沥青材料	石油沥青及煤沥青、沥青制品
复合材料	无机非金属材料与有机材料复合	玻璃纤维增强塑料、聚合物混凝土、沥青混凝土、水泥刨花板等制品

二、按材料的使用功能分类

一般可分为结构材料、围护材料、功能材料三大类。

(1)结构材料主要指构成建筑物受力构件和结构所用的材料,材料的性能要求是具有强度和耐久性。常用的有混凝土、钢材等。

(2)围护材料是用于建筑物围护结构的材料,不仅要求是具有一定强度和耐久性,还要求具有良好的绝热性,符合节能要求。

(3)功能材料主要是指防水、装饰、绝热等担负某些建筑功能的非承重用的材料。

第二节 建筑材料发展概况

建筑材料是随着人类社会生产力的发展而发展的,建筑材料的应用与发展,反映着一个民族、一个时代的文化特征及科学水平,是人类物质文明的重要标志之一。古代人类最“穴居巢处”,后来有了简单的工具,就“凿石成洞,伐木为棚”,再后来,到了能够烧制砖瓦和石灰,建筑材料由天然的筑土、垒土进入了人工生产,为较大规模地营造房屋和其他建筑物奠定了基本条件。从世界各地保留至今的古代著名建筑中,不难看到人类开展建筑活动的悠久而艰辛的历程和精湛的施工技术,如希腊的雅典卫城、古罗马的斗兽场、中国的万里长城等等。

建筑材料的发展史,是人类文明史的一部分。随着社会生产力和科学技术的发展,建筑材料也在逐步发展中。人类从不懂使用材料到简单地使用土、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炼钢;建筑结构也从简单的砖木结构发展到钢和钢筋混凝土结构。材料的发展反过来又使社会生产力和科学技术得到了发展。20世纪中期以后,建筑材料发展速度更加迅速。传统材料朝着轻质、高强、多功能方向发展,新材料不断出现,高分子合成材料及复合材料更是异军突起,越来越多地被应用于各种建筑工程上。从一万年人类使用天然石材、木材等建造简单的房屋,到后来生产和使用陶器、砖瓦,石灰、三合土、玻璃、青铜等建筑材料,经历了数千年,其发展速度极为缓慢。从公元前两千年到18世纪,建筑材料的发展虽然有了较大的进步,但仍然非常缓慢。19世纪发生的工业革命,大大推动了工业的发展,也极大地推动了建筑材料的发展,相继出现了钢材、水泥、混凝土、钢筋混凝土,成为现代建筑的主要结构材料。

进入20世纪后,材料科学与工程学的形成和发展,不仅使建筑材料性能和质量不断改善,而且品种不断增多,一些具有特殊功能的新型建筑材料,如绝热材料、吸声隔声材料、各种装饰材料、耐热防水材料、防水防渗材料以及耐磨、耐腐蚀、防暴和防辐射材料等不断问世。到20世纪后半叶,建筑材料日益向着轻质、高强、多功能方向发展。近年来,随着人们环保意识的不断加强,无毒、无公害的“绿色建材”在日益推广。

今后一段时间内,建筑材料将向以下几个方向发展。

(1)高性能材料。将研制轻质、高强、高耐久性、高耐火性、高抗震性、高保温性、高吸声性、优异装饰性及优异防水性的材料。这对提高建筑物的安全性、适用性、艺术性、经济性及使用寿命等有着非常重要的作用。

(2)复合化、多功能化材料。利用复合技术生产多功能材料、特殊性能材料及高性能材料。这对提高建筑物的使用功能、经济性、加快施工速度等有着十分重要的作用。

(3)充分利用地方资源和工业废渣。充分利用工业废渣生产建筑材料,以保护自然资源,保护环境,维护生态环境的平衡。

(4)节能材料。将研制和生产低能耗(包括材料生产能耗和建筑使用能耗)的新型节能建筑材料。这对降低建筑材料和建筑物的成本以及建筑物的使用能耗,节约能源起到十分有益的作用。

第三节 建筑材料技术标准简介

建筑材料现代化生产的科学管理,必须对材料产品的各项技术制定统一的标准。

目前我国常用的标准有如下三大类:

- (1)国家标准。国家标准有强制性标准(GB)、推荐性标准(GB/T)。
- (2)行业标准。如建筑工程行业标准、冶金工业行业标准等。
- (3)地方标准和企业标准。

实行标准化对经济、技术、科学及管理等社会实践有着重要意义,这样就能对重复性事物和概念达到统一认识。以建筑材料性能的试验方法为例,如果不实行标准化,不同部门或单位采用不同的试验方法,则测得的试验结果就无可比性,其获得的数据将毫无意义。所以,没有标准化,则工程的设计、产品的生产及质量的检验就失去了共同的依据和准则。由此可见,标准化为生产技术和科学发展建立了最佳秩序,并带来了社会效益。

第四节 建筑材料课程的性质、任务和学习方法

建筑材料是一门专业基础课。它除了为后续的建筑结构、建筑施工等专业课提供必要的基础知识外,也为在工程实际中解决建筑材料问题提供一定的基本理论知识和基本试验技能。

课程的任务是使学生了解建筑材料的保管知识,掌握建筑材料及其制品的技术性能和使用方法,理解建筑材料的检验方法,具有合理选用建筑材料的初步能力和对常用建筑材料进行检验的能力。学习时应着重掌握建筑材料的技术性能、质量检验及合理使用。对材料的原料、生产及储运也要有所了解。

建筑材料是一门实践性较强的课程,在学习中除要掌握与材料有关的一些基本理论外,更应掌握如何在工程实际中正确使用各种材料,以达到既安全可靠、经久耐用,又经济合理的目的。另外,在今后的实践中,在接触材料问题时,要善于运用已学过的知识来分析、解决问题,进一步巩固和深化对建筑材料的认识。

习题

1. 建筑材料的分类方法如何?按化学成分和使用功能分类又分为哪几类?
2. 建筑材料的发展方向如何?
3. 我国建筑材料的标准分为哪几级?
4. 建筑材料课程的任务是什么?

建筑材料的基本性质

建筑材料在建筑中处于不同部位,承受各种不同的作用。为了使建筑物和构筑物安全、适用、耐久、经济,在工程设计和施工中,必须充分地了解和掌握各种材料的性质和特点,以便正确、合理地选择和使用建筑材料。建筑材料要具备哪些性质,这要根据材料在建筑物中的功用和所处的环境来决定。建筑材料的性质是多方面的,包括物理性质、力学性质、化学性质和耐久性能。本章仅介绍有共性的、重要的物理性质及力学性质。

第一节 材料的物理性质

一、与质量有关的性质

1. 密度

密度指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。按下式计算:

$$\rho = m/V \quad (2-1-1)$$

式中: m ——材料在干燥状态下的质量, kg, g;

V ——干燥材料在绝对密实状态下的体积,材料在绝对密实状态下的体积,是指材料不包括孔隙体积在内的固体物质所占的体积, m^3, cm^3 ;

ρ ——材料的密度, $kg/m^3, g/cm^3$ 。

2. 表观密度及密实度与孔隙率

(1) 表观密度

表观密度指材料在自然状态下单位体积的质量。

$$\rho_0 = m/V_0 \quad (2-1-2)$$

式中: m ——材料的质量, kg, g;

V_0 ——材料在自然状态下的体积,指材料包括孔隙体积在内的材料体积;

ρ_0 ——材料的表观密度, $kg/m^3, g/cm^3$ 。

材料的表观密度的大小与其含水状态有关。当材料孔隙内含有水分时,其质量会发生变化,因而表观密度亦不相同,故测定材料表观密度时,应注明其含水情况;未特别标明者,常指气干状态下的表观密度。

材料在自然状态下的体积,是指材料包括实体积和孔隙体积在内的材料体积。对于形状规则的材料,直接量测体积;对于形状不规则的材料,可用蜡封法封闭孔隙,然后再用排液法测量体积;对于混凝土用的砂石集料,直接用排液法测量体积,此时的体积是实体积与开口孔隙之和,即不包括与外界连通的开口孔隙体积。由于砂石比较密实,孔隙较少,闭口孔隙更少,所以用排液法测得的密度称为湿密度。

$$\rho' = m / V' \quad (2-1-3)$$

式中: ρ' ——湿密度, kg/m^3 , g/cm^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, kg , g ;

V' ——用排水法求得的材料体积, 指包括闭口孔隙体积在内的体积和固体物质所占的体积, m^3 , cm^3

(2) 孔隙率

孔隙率指材料中孔隙体积占材料总体积的百分数。

$$P = (V_0 - V) / V_0 \times 100\% \quad (2-1-4)$$

或者

$$P = (1 - \rho_0 / \rho) \times 100\%$$

式中: ρ_0 ——材料的干表观密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

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

材料孔隙率的大小, 表明材料的密实程度。材料的孔隙率大, 表示材料的密实程度小。材料的孔隙率大小及孔隙构造特征影响材料的力学、耐久性能及导热等性质。材料的孔隙构造特征, 主要指孔隙的形式和大小。根据孔隙形式分开口孔隙和闭口孔隙两类。根据孔隙大小, 分为粗孔和微孔两类。一般均匀分布的小孔, 要比开口或相连通的孔隙好。不均匀分布的孔隙, 对材料性质影响较大。

3. 散粒材料的堆积密度、空隙率

(1) 堆积密度

堆积密度指散粒材料(砂、石子、水泥等)在堆积状态下单位体积的质量。

$$(2) \text{公式: } \rho_0' = (V_0' - V_0) / V_0' \times 100\% \quad (2-1-5)$$

或者

$$P = (1 - \rho_0' / \rho_0) \times 100\%$$

式中: ρ_0' ——堆积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

V_0 ——材料的堆积体积, cm^3 或 m^3 。

堆积状态下的体积, 包括颗粒之间的空隙体积在内; 材料的堆积密度的大小与其含水状态有关。当材料孔隙内含有水分时, 其质量会发生变化, 因而堆积密度亦不相同, 测定材料表观密度时, 应注明其含水情况; 未特别标明者, 常指气干状态下的堆积密度。在建筑工程中, 材料的密度、表观密度和堆积密度常用来计算材料的用量、构件的自重、配料计算及确定材料的堆放空间。

二、与水有关的性质

1. 亲水性与憎水性

材料与水接触时, 首先遇到的问题就是材料是否能被水所润湿。润湿是水被材料表面吸附的过程, 它和材料本身的性质有关。固体材料在空气中与水接触时, 根据其能否被水润湿, 可分为亲水性材料和憎水性材料两种, 如图 2-1-1。在材料、水、空气三相交点处, 沿水滴表面所作切线与材料表面的夹角, 称为润湿边角。如水分子间的作用力(即表面张力)小于水分子与材料分子间的相互作用力时, $\theta < 90^\circ$, 材料表面会被水润湿, 这种材料称为亲水性材料, 如木材、混凝土、砂石等。 θ 愈小, 浸湿性愈好。 $\theta = 0^\circ$ 时, 材料完全被水浸润。如水分子间作用力大于水分子与材料分子间相互作用力时, $\theta > 90^\circ$, 材料表面不会被水润湿, 这种材料称为憎水性材料, 如沥青、石蜡等。

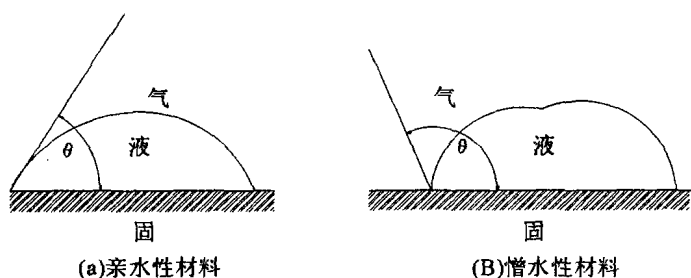


图 2-1-1 材料的湿润示意图

2. 吸水性

材料浸入水中吸收水分的性质称为吸水性。

具有开口孔隙构造的亲水性材料,材料在水中吸水达到饱和(材料开口孔隙全部被水充满)时的含水率称为材料的吸水率,吸水率是表示材料吸水性大小的指标。吸水率有质量吸水率和体积吸水率之分。

质量吸水率指材料吸水饱和时,所吸水分的体积占干燥材料自然体积的百分率,用下式表示:

$$W_{\text{质}} = (m_2 - m_1) / m_1 \times 100\% \quad (2-1-6)$$

式中: $W_{\text{质}}$ ——材料的质量吸水率, %;

m_2 ——材料吸水饱和后的质量, kg;

m_1 ——材料干燥时的质量, kg。

体积吸水率指材料吸水饱和后,所吸水分的体积占干燥材料自然体积的百分率,用下式表示:

$$W_{\text{体}} = (m_2 - m_1) / V_0 \times \rho \times 100\% \quad (2-1-7)$$

质量吸水率和体积吸水率的关系为:

$$W_{\text{体}} = W_{\text{质}} \times \rho_0 \quad (2-1-8)$$

材料的吸水性,除与材料本身的亲水性或憎水性有关外,还与材料的孔隙率及孔隙特征有关。一般孔隙率越大,吸水性越强。孔隙率相同时,具有开口且连通的微小孔隙构造的材料,吸水性一般要强于封闭的或粗大孔隙构造的材料。吸水率增大对材料的基本性质有不良影响,如强度下降、体积膨胀、保温性能降低、抗冻性变差等。

3. 吸湿性

材料在潮湿的空气中吸收空气中水分的性质称为吸湿性。

吸湿性指标为含水率,指材料中所含水的质量与材料干燥质量的百分比。

$$W_{\text{含}} = (m_2 - m_1) / m_1 \times 100\% \quad (2-1-9)$$

式中: $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率, %;

m_2 ——材料含水时的质量, kg;

m_1 ——材料干燥时的质量, kg。

材料的吸湿性在工程中有较大的影响。如石灰、石膏、水泥等由于吸湿性强容易造成材料失效。保温材料吸入水分后,其保温性能会大幅度下降。

材料的吸湿性的大小,取决于材料本身的组织结构和化学成分。含水率的大小与周围空气的相对湿度和温度有关。相对湿度越高、温度越低时,其含水率越大。

干的材料在空气中,能吸收空气中的水分;湿的材料在空气中,又会失去水分。最终材料中的水分与周围空气的湿度达到平衡,材料处于气干状态,此时,材料的含水率称为平衡含水率。材料的平衡含水率随周围环境的温度与湿度变化而变化,温度越低,湿度越大,平衡含水率一般也越大。

4. 耐水性

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称为耐水性。

材料的耐水性以软化系数 $K_{\text{软}}$ 表示,按下式计算:

$$K_{\text{软}} = f_{\text{饱}} / f_{\text{干}} \quad (2-1-10)$$

式中: $K_{\text{软}}$ ——软化系数;

$f_{\text{饱}}$ ——材料在水饱和状态下的抗压强度,MPa;

$f_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度,MPa。

软化系数的范围在 0~1 之间。经常与水接触或处于潮湿环境的重要建筑物,选用材料软化系数为 0.85~0.9;用于受潮较轻或次要的建筑物,选用材料软化系数为 0.70~0.85。软化系数越大,材料的耐水性越好。软化系数大于 0.85 的材料,通常可认为是耐水材料。

一般材料含有水分时,由于内部微粒间结合力减弱而强度有所降低,即使致密的材料也会因此影响强度。若材料中含有某些易被水软化的物质(如粘土、石膏等),强度降低就更为严重。

5. 抗渗性

抗渗性是指材料在压力水作用下抵抗渗透的性质。

材料的抗渗性与其孔隙特征和孔隙率有关,封闭孔隙且孔隙率小的材料抗渗性好,连通孔隙且孔隙率大的材料抗渗性差。一些防水、防渗材料,其防水性常用渗透系数表示。渗透系数 K 反映水在材料中的流动的速度。 K 越大,说明水在材料中流动的速度越快,其抗渗性越差。

材料的抗渗性也可用抗渗标号 S 表示。抗渗标号是以规定的试件,在标准试验方法下所能承受的最大水压(按 MPa 计)来确定。如抗渗标号为 S_6 ,说明该材料所能承受的最大水压为 0.6MPa。

材料抗渗性的高低,与孔隙率及孔隙形态特征有关。绝对密实的材料,具有闭口孔隙或极细孔隙的材料,实际上是不透水的。

水工建筑物及地下建筑经常受到压力水的作用,要求有较高的不透水性。

6. 抗冻性

抗冻性指材料在吸水饱和状态下,能经受多次冻融循环作用而不被破坏,其强度也不严重降低的性质。材料的抗冻性用抗冻等级来表示。

当充满材料孔隙的水结冰时,由于体积增大约 9%,冰对孔隙壁产生巨大压力,使孔壁开裂。当冰融化后,水又进入裂缝,再冻结时,裂缝进一步扩展,冻融次数越多,材料的破坏越严重。

抗冻等级是以试件在吸水饱和状态下,经冻融循环作用,质量损失和强度下降均不超过规定数值的最大冻融循环次数来表示,如 D_{50} 、 D_{100} 等。

材料冻结破坏是由于其内部孔隙中的水结冰产生体积膨胀而造成的。影响材料抗冻性的因素有内因和外因。内因是指材料的组成、结构、构造、孔隙率的大小和孔隙特征、强度、耐水性等。外因是指材料孔隙中充水的程度、冻结温度、冻结速度、冻融频率等。