

土木工程材料

主编 阎昌德 闫莹娜 柏明利 冯思归

内蒙古人民出版社

土木工程材料

主编：阎昌德 闫莹娜 柏明利 冯思归

内蒙古人民出版社

土木工程材料

主 编 阎昌德 闫莹娜 柏明利 冯思归

责任编辑 王继雄

出版发行 内蒙古人民出版社

地 址 呼和浩特市新城区新华大街祥泰大厦

印 刷 三河市长城印刷有限公司

开 本 787×1092 1/16

印 张 18

字 数 300 千

版 次 2006 年 5 月第 1 版

印 次 2006 年 5 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-204-08422-5/G·2127

定 价 31.80 元

(如有印装质量问题,可随时退换 电话: 0471-4971659 4971562)

前 言

随着材料科学的迅速发展和土木工程新结构、新技术、新工艺的不断涌现以及工程环境的多样化、复杂化,对工程材料性能、品种、质量提出了更新、更高的要求,另外,工程材料作为物质基础,占工程投资比例已超过 50%,其应用技术日益专业化和高科技化,因此,工程材料在土木工程中的功能性、技术性和经济地位已有很大的提高。

随着大型土木工程、铁道工程等的建设和新的设计施工技术的应用,土木工程材料的生产与使用出现了许多新的变化,新材料和材料新品种以及原有材料新的标准规范不断出现,特别是近年来,国家先后多次颁布新的工程材料标准和相应的设计和施工规范,致使原有的规范、标准也有较大的更新。为了及时更新教学内容,并尝试对土木工程材料课程教学内容体系进行改革,注重理论联系实际,加强教学内容的针对性和实用性,突出土木工程材料的专业基础地位和应用技术性质,结合职业教育的特点经过调研准备,并广泛征求院内外专家意见,制定了新的教材编写大纲,组织了具有一定教学经验的优秀教师编写本教材。本书可作为铁道工程、土木工程及相关专业高职、中专工程材料课程的学生用书,也可供从事土木工程类工程技术人员参考用书。

本书由阎昌德、柏明利、冯思归、闫莹娜编写,具体的编写分工如下:冯思归编写第一、二、九章;柏明利编写第三、四、五、十一章;阎昌德编写第六、七、八、十二章;闫莹娜编写第十章。

编者力求本书突出重点,理论联系实际,反映土木工程材料领域的新材料、新技术。在编写过程中,得到编者所在学院和出版社及同仁们的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。书中不当之处,希望读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 绪论	1
第二章 土木工程材料的基本性质	5
第一节 材料的物理状态参数	5
第二节 材料的基本物理性质	9
第三节 材料的力学性质	15
第四节 材料的化学性质和耐久性	19
第三章 天然石材及其它砌筑材料	21
第一节 岩石的形成与分类	21
第二节 天然岩石的技术性质	24
第三节 天然石材产品及其应用	27
第四节 天然石材的保养与防护	30
第五节 砌墙砖	31
第六节 砌块	40
第四章 气硬性胶凝材料	43
第一节 石灰	43
第二节 建筑石膏	48
第三节 水玻璃	51
第四节 菱苦土	52
第五章 水泥	54
第一节 硅酸盐系水泥	54
第二节 铝酸盐系水泥	68
第三节 硫铝酸盐系水泥	70
第六章 混凝土	72
第一节 混凝土的发展概况	72
第二节 普通混凝土的组成材料	73
第三节 普通混凝土混合料的性质	81
第四节 普通混凝土的性质	84
第五节 普通混凝土的配合比设计	98
第六节 混凝土外加剂	108
第七节 特种混凝土	113
第八节 建筑砂浆	124
第七章 沥青与沥青混合料	133

第一节 石油沥青·····	133
第二节 沥青混合料·····	143
第八章 金属材料·····	170
第一节 土木工程钢材·····	170
第二节 铝材及铝合金·····	187
第三节 其它金属材料·····	190
第四节 铁路专用钢材·····	191
第九章 木 材·····	202
第一节 木材的分类构造·····	202
第二节 木材的技术性质·····	204
第三节 木材的防护与应用·····	207
第十章 建筑塑料·····	210
第一节 塑料的组成、特性和分类·····	210
第二节 常用建筑塑料·····	213
第三节 建筑塑料的应用·····	215
第四节 常用胶粘剂·····	216
第十一章 建筑装饰材料·····	218
第一节 装饰材料的功能与分类·····	218
第二节 无机装饰材料·····	221
第三节 有机装饰材料·····	230
第四节 金属装饰材料·····	234
第十二章 工程材料试验·····	237
试验一 材料基本性质试验·····	237
试验二 水泥技术性质试验·····	243
试验三 混凝土用砂、石试验·····	251
试验四 普通混凝土立方体抗压强度试验·····	255
试验五 砂浆试验·····	257
试验六 烧结普通砖试验·····	259
试验七 钢筋试验·····	261
试验八 木材试验·····	264
试验九 沥青材料试验·····	265
试验十 沥青混合料试验·····	274
试验十一 石料单轴抗压强度试验·····	281

第一章 绪论

一、工程材料的定义与分类

任何工程建筑物都是用材料按一定的要求构筑而成的,土木建筑工程中所使用的各种材料和制品,统称为土木建筑工程材料。几乎世界上的各种材料都可用作土木建筑工程材料,为便于区分和应用,工程中常从不同角度对其分类。

1. 按基本成份分类

有机材料:以有机物构成的材料,它包括天然有机材料(如石油沥青、木材等);人工合成有机材料(如粘结剂、塑料等)。

无机材料:以无机物构成的材料,它包括金属材料(如钢材等),非金属材料(如石材、水泥等)。

复合材料:有机一无机复合材料(如玻璃钢),金属一非金属复合材料(如钢筋混凝土)以及其他复合材料。复合材料得以发展及大量应用,其原因在于它能够克服单一材料的弱点,发挥复合后材料的综合优点,满足了当代土木工程对材料的要求。

2. 按功能分类

结构材料—承受荷载作用的材料(如构筑物的基础、板、柱、梁所用的材料)。

功能材料—具有其它功能的材料。如起围护作用的材料,起防水作用的材料,起装饰作用的材料,起保温隔热作用的材料等。

3. 按用途分类

工程结构材料,桥梁结构材料,水工结构材料,路面结构材料,墙体材料,装饰材料,防水材料,保温隔热材料等。

二、材料在土木建筑工程中的作用

1. 材料对保证土木建筑工程质量的作用

材料是构成土木工程的物质基础,当然也是其质量基础。在土木工程中,从材料的选择、生产、使用和检验评定,到材料的贮运、保管,任何环节的失误都可能造成工程的质量缺陷,甚至是重大质量事故,国内外土木建筑工程的重大质量事故无不与材料的质量不良有关。因此,合格的土木工程技术人员必须准确熟练地掌握有关工程材料的知识。土木工程材料是一门重要的专业技术基础课,为学好后续的专业课,土木工程类专业学生必须学好本课程的内容。

2. 材料对土木工程造价的影响

在一般土木工程的总造价中,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,显著降低工程成本。因此,从工程技

术经济的角度来看，学好本课程也十分必要。

3. 材料对土木建筑工程技术进步的促进作用

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工程技术的进步，例如钢材和水泥的大量应用和性能改进，取代了过去的砖、石、土、木，使得钢筋混凝土结构已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，更把许多建(构)筑物装扮得绚丽多彩。

三、材料在土木建筑工程中的应用现状及发展要求

1. 当代土木工程中材料的应用现状

现代土木建筑工程中，尽管传统的土、石等材料仍在基础工程中广泛应用，砖瓦，木材等传统材料在工程的某些方面应用也很普遍。但是，这些传统的材料在土木工程中的主导地位已逐渐为新型材料所取代。在当代土木工程中，水泥混凝土、钢材、钢筋混凝土已是不可替代的结构材料；新型合金、有机材料及其它人工合成材料；各种复合材料等在木工程中也占有很重要的位置，

2. 土木建筑工程的发展对材料的要求

从土木建筑工程本身的发展来说，应该发展高性能工程材料，所谓高性能应当包括轻质高强、多功能、良好的工艺性能和良好的耐久性。就材料类别来说，应该发展改性无机材料，特别是高性能的复合材料最有发展前景。

就全社会的发展来说，将来的土木工程材料应该向再生化，利废化、节能化方向发展。为给人类提供有益健康的生活环境，还应大力发展绿色建材，同时大宗材料还应是低成本的。这是因为土木工程对材料的消耗量极大，历史发展到今天，使得可利用的自然资源和能源已非常有限，由于已往生产土木工程材料对自然资源的攫取，已使自然环境遭到了巨大的破坏，节约资源和能源对土木工程行业来说也是一项重要的历史责任。

四、工程技术标准及其在土木工程中的应用

1. 土木建筑工程材料的技术标准分类

标准就是对某项技术实行统一执行的要求。土木建筑工程材料标准是检验其质量的标准，所以必须掌握了材料标准，才能正确地选择，验收和使用材料。

按照适用范围，目前我国现行常用的标准有三大类：

第一类是国家标准，如 GB 9776—88 建筑石膏，其中“GB”为国家标准的代号，“9776”为标准编号，“88”为标准颁布年代号，“建筑石膏”为该标准的技术（产品）名称；上述标准为强制性国家标准，任何技术(产品)不得低于此标准，此外，还有推荐性标准，以“GB/T”为标准代号，它表示也可以执行其它标准，为非强制性。第二类是行业标准，如 JC/T 479—92 建筑生石灰，其中“JC”为建材行业的标准代号，其它行业标准代号见表 1—1，“T”

表示为推荐标准,“479”为此技术标准的二类类目顺序号,“— 92”为标准颁发年代号。

行业名称	建工行业	冶金行业	石化行业	交通行业	建材行业	铁路行业
标准代号	JG	YB	SH	JT	JC	TB

有些现行的国家标准和行业标准是针对工程建设的,常在标准代号后加上“J”,如“JGJ/T 55—96 普通混凝土配合比设计规程”表示为建工行业的工程建设推荐标准,其二级类目号为“55”,此标准为 1996 年颁布。第三类是企业标准或地方标准,代号为“QB/”或“DB/”,其后分别注明企业代号、标准顺序号、制定年代号。国家鼓励地方和企业制定技术要求高于国家标准的地方标准或企业标准。

工程中可能采用的其它技术标准还有,国际标准(代号 ISO)、美国国家标准(ANS)、美国材料与试验学会标准(ASTM)、英国标准(BS)、德国工业标准(DIN)、日本工业标准 (JIS),法国标准(NF)等。

2. 材料技术标准在土木建筑工程中的应用

每种材料必须适应相应的使用环境,满足相应的使用条件,因此,材料的技术性质就应该达到相应的要求,这个要求就是材料的技术标准。土木建筑工程材料在使用前,必须根据工程要求通过验证试验,检验其部分或全部技术性质指标,这些指标能否达到技术标准规定的要求,就决定了材料是否合格和能否使用。

要了解材料的某一技术性质,就必须要求使用统一的方法,并在统一的条件下检测其技术参数,这种统一的要求,就是材料的试验标准(或称试验规程)。在检验材料的技术指标时,必须按试验标准要求的条件和方法进行试验,其结果方为有效。

为充分发挥材料的功能,还制定了有关土木建筑工程的施工规范(标准),其中规定了材料的贮运、使用要求。只有按照其标准进行操作和使用,才能确保工程质量。

五、本课程的主要内容及学习任务

1. 本教材的主要内容

本教材除介绍了土木建筑材料的一些基本性质以外,还重点介绍了当前土木建筑工程中常用的材料,如水泥、石灰,沥青等胶凝材料,砖、石等砌体材料,钢材等结构材料及铁路钢轨用钢,水泥混凝土、沥青混凝土、砂浆等现场配制材料。此外,还介绍了木材,塑料及其它有机高分子材料等功能材料,介绍了常用装饰材料的一般性知识。针对上述常用材料的主要技术性质,教材中介绍了检测其技术性能的试验及评定方法。同时还适当介绍了工程对材料的监理要求,以满足现场的监理需要。

2. 本课程的理论课学习任务

本课程在理论学习方面,以掌握常用土木材料的性能为主要宗旨,并掌握材料的标准及应用。为达到此目的必须了解材料的生产、材料的组成、结构、构造及其与性能的关系,还应了解材料的用途和使用方法及其与材料的结构、组成、性能之间的关系。为了打好学习后续课程及以后从事土木工程实践的基础,本课程要求学生掌握常用土木工程材料的主要品

种、规格，选择及应用、贮运和管理等方面的知识。

3. 本课程的实验课学习任务

材料在订货前或使用前，必须经验证试验合格后方可使用，现场配制的材料，必须经标准试验合格，并确定了材料配比及配制操作标准后，方可按此配比及操作标准进行配制和使用。材料在工程使用过程中，也应按规定抽样试验，检验工程实际中使用的材料质量是否稳定，性能是否合格。在工程验收中，工程实体的验收试验也是鉴定工程质量的重要手段之一。

由此可见，材料试验检验工作，是一项经常化的、责任性很强的工作。材料试验检验在土木工程施工的各个环节都十分重要。

本课程中实验课的主要任务，就是验证已学有关材料的基本理论、学习试验鉴定、检验和评定材料质量的方法。通过实验课，一方面加深学生对理论知识的理解，培养学生严谨的科学态度和实事求是的工作作风；另一方面，培养学生的实践技能，掌握材料基本性能的试验检验和质量评定方法，为从事土木工程实践工作打下较坚实的基础。

复习思考题

1. 简述土建材料的定义与分类。
2. 简述土建材料的发展趋势。
3. 学习土建材料课程应注意哪些问题？

第二章 土木工程材料的基本性质

土木工程材料在工程中的作用,从根本上来讲就是其性质的表现。选择、应用、分析和评价材料,也都以其性质为依据。使用材料,就必须掌握其性质。

本课程所指的材料基本性质,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工程的部位不同、使用环境不同、人们对材料的使用功能要求不同,所起的作用就不同,要求的性质也就有所不同。所以对不同种类的材料,应考虑的基本性质也不尽相同。本章的课程就是学习在不同的使用环境下,各类土木工程材料的基本性质,并掌握各性质的涵义,了解影响这些性质的因素,它们彼此间的关系,材料的适用范围,以便联系工程中的应用,去加深理解和研究这些性质。

第一节 材料的物理状态参数

一、材料的体积

体积是物体占有的空间尺寸,由于材料的物理状态不同,可表现出不同的体积。

1. 材料的绝对密实体积: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。由于材料在自然状态下并非绝对密实,所以绝对密实体积一般难以直接测定,只有玻璃等材料可近似地直接测定。

2. 材料的表观体积:整体材料(包括内部孔隙)的外观体积。一般以 V_0 表示材料的表观体积。外形规则材料的表观体积,可直接以尺度量后计算求得;外形不规则材料的表观体积,必须用排水法或排油法测定。

3. 材料的堆积体积:散粒状材料堆积状态下的总体外观体积。根据其堆积状态不同,同一材料表现的体积大小可能不同,松散堆积下的体积较大,密实堆积状态下的体积较小。一般以 V' 表示材料的堆积体积。材料的堆积体积,常以材料填充容器的容积大小来测量。体积的度量单位通常以立方厘米(cm^3)或立方米(m^3)表示。

二、材料的密度

材料的密度是指,材料所具有的质量(M)与其绝对密实体积(V)之比。这里的质量是指材料所含物质的多少,工程实际中常以重量多少来衡量质量的大小,但从概念上讲,重量是材料所受地球重力的大小,质量与重量的概念有本质的区别。

材料的密度通常以 ρ 表示,其计算公式为:

$$\rho = \frac{M}{V}$$

式中 ρ ——材料的密度,其度量单位是 g/cm^3 ;

M ——材料的质量,其度量单位是 g ;

V ——材料的绝对密实体积，其度量单位是 cm^3 。

常用的土木建筑材料中多含有内部孔隙，除钢材、玻璃及沥青等外，绝大多数材料不能直接测定其密度(必要时须将材料磨成细粉后测定)。因为材料的密度只由其微观结构和组成所决定，与其所处的环境或状态无关，要想知道某材料的密度只需查表即可。土木工程常用材料的密度见表 2—1。

表 2—1 几种常用材料的密度、表观密度及孔隙率表

材料名称	密度 (g/cm^3)	表观密度 (kg/m^3)	堆积密度 (kg/m^3)
钢材	7.85	7800~7850	——
石灰石(碎石)	2.48~2.76	2300~2700	1400~1700
砂	2.5~2.6	——	——
水泥	2.8~3.1	——	1600~1800
粉煤灰(气干)	1.95~2.40	——	550—800
烧结普通砖	2.6~2.7	1600~1900	——
普通水泥混凝土	——	2000~2800 常取 2500	——
红松木	1.55~1.60	400~600	——
普通玻璃	2.45~2.55	2450~2550	——
铝合金	2.7~2.9	2700~2900	——

三、材料的表观密度

表观密度是指，材料所具有的质量(M)与其表观体积(V_0)之比。表观密度通常以“ ρ_0 ”表示，其度量单位是 kg/m^3 ，计算公式为：

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

式中 ρ_0 ——材料的表观密度(kg/m^3)，

M ——材料的质量(kg)，

V_0 ——材料的表观体积(m^3)。

材料在自然状态下的体积包含了材料内部孔隙的体积。当材料含有水分时，它的质量和体积都会发生变化。一般测定表观密度时，以干燥状态为准，如果在含水状态下测定表观密度，须注明含水情况。实验室中测定的通常为烘干至恒重状态下的表观密度。材料在烘干状态下测得的表观密度，称为干表观密度；材料在潮湿状态下测得的表观密度，称为湿表观密度。质地密实坚硬的散粒状材料，如砂、石一般测定其表观密度，在实际应用中(如混凝土配合比计算过程)近似代替其密度。土木工程常用材料的表观密度见表 2—1。

四、材料的堆积密度

材料的堆积密度是指，材料所具有的质量(M)与其堆积体积(V')之比。堆积密度通常以 ρ' 表示，其度量单位是 kg/m^3 ，计算公式为：

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

式中 ρ' ——材料的堆积密度(kg/m^3)；

M——材料的质量(kg)；

V'——材料的堆积体积(m^3)。

散粒状堆积材料的堆积体积 V 中，既包括了材料颗粒内部的孔隙，也包括了颗粒间的空隙，除了颗粒内孔隙的多少及其含水多少外，颗粒间空隙的大小也影响堆积体积的大小。因此，材料的堆积密度与散粒状材料自然堆积时的颗粒间空隙、颗粒内部结构、含水状态、颗粒间被压实的程度有关。土木工程常用材料的堆积密度见表 2—1。

五、材料的孔隙率及孔特征

已经知道，多数土木工程材料内部含有孔隙，这些孔隙的存在会影响材料的性能。

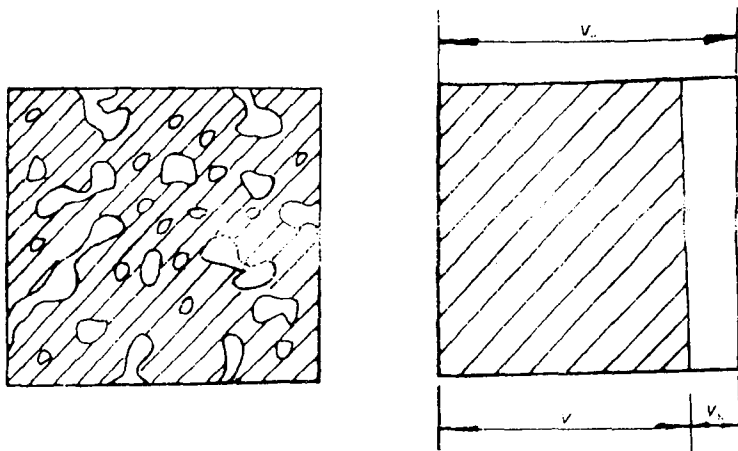


图 2—1 含孔材料体积组成图

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，它以 P 表示。孔隙率 P 的计算公式为：

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

孔隙率反映了材料内部孔隙的多少，它会直接影响材料的多种性质。

材料内部除了孔隙的多少以外，孔隙的特征状态也是影响其性质的重要因素之一。材料的孔特征表现为，孔隙是在材料内部被封闭的，还是在材料的表面与外界连通。前者为闭口

孔,后者为开口孔。有的孔隙在材料内部是被分割为独立的,还有的孔隙在材料内部相互连通。此外,孔隙尺寸的大小,孔隙在材料内部的分布均匀程度等都是孔隙在材料内部的特征表现。这些孔特征对材料的性质有重要影响,在以后的各节内容中会经常涉及到这些孔特征,与材料孔隙率相对应的另一个概念,是材料的密实度。密实度表示材料内被固体所填充的程度,它在量上反映了材料内部固体的含量,对于材料性质的影响正好与孔隙率的影响相反。

六、材料的空隙率

材料空隙率是指,散粒状材料堆积体积(V')中,颗粒间空隙体积所占的百分率,它以 P' 表示。空隙率 P' 的计算公式为:

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

空隙率考虑的是材料颗粒间的空隙,这对填充和粘结散粒材料时,研究散粒状材料的空隙结构和计算胶结材料的需要量十分重要。

七、材料的压实度

材料的压实度是指,散粒状材料被压实的程度。已经知道同一材料的堆积密度是可变的, ρ' 的大小与材料被压实的程度有很大关系,当散粒状材料经充分压实后,其堆积密度为最大,此时的干堆积密度值被定义为 ρ'_m ,也叫最大干密度,对于未被充分压实的同一材料来说,其 ρ' 值显然小于 ρ'_m 。

散粒状材料的压实度是指,经压实后的干堆积密度(ρ')值与该材料经充分压实后的干堆积密度(ρ'_m)值的比率百分数。压实度通常以 K_y 表示:

$$K_y = \frac{\rho'}{\rho'_m} \times 100\%$$

式中 K_y ——材料的压实度(%);

ρ' ——施工现场的材料,经压实后的实测干堆积密度(kg/m^3)

ρ'_m ——在试验室内,将相同材料试样经充分压实后的最大干堆积密度(kg/m^3)。

散粒状材料经充分压实,其堆积密度达到 P' 后,相应的空隙率值已达到最小值,此时的堆积体积最为稳定,即使以后再受到压力也不会产生明显的变形,这对结构物的稳定性打下了良好的基础,因此,散粒状材料压实后的压实度(K_y)值愈大,其构成的结构物就愈稳定。

第二节 材料的基本物理性质

一、材料的亲水性与憎水性

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。

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(是极性分子或非极性分子),亲水性材料与水分子之间的分子亲合力,大于水本身分子间的内聚力;反之,憎水性材料与水分之间的亲合力,小于水分于本身分子间的内聚力。

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,如图 2—2。其中润湿角 θ 愈小,表明材料愈易被水润湿。当材料的润湿角 $\theta \leq 90^\circ$ 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 2—3。

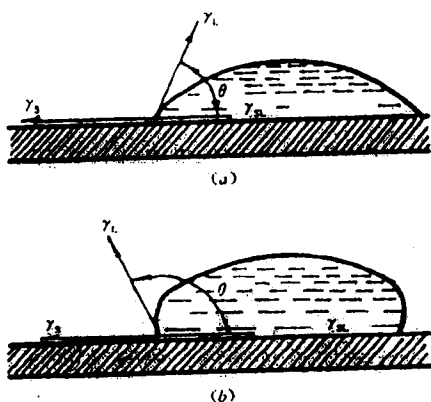


图 2-2 材料润湿示意图

(a) 亲水性材料; (b) 憎水性材料

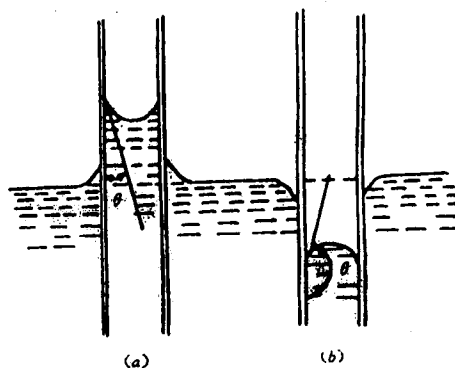


图 2—3 材料毛细管吸水性示意图

(a) 亲水性毛细管; (b) 憎水性毛细管

二、材料的吸水性

亲水性材料在水中吸收水分的能力,称为材料的吸水性,并以吸水率表示该能力。材料吸水率的表达方式有两种:

1. 质量吸水率 :

质量吸水率是指,材料在吸水饱和时,所吸水量占材料干质量的百分比,并 W_m 表示。质量吸水率 W_m 的计算公式为:

$$W_m = \frac{M_b - M}{M} \times 100\%$$

式中 M_b ——材料吸水饱和状态下的质量(g 或 kg),

M ——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:

$$W_v = \frac{M_b - M}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\%$$

式中 M_b ——材料吸水饱和状态下的质量(g 或 kg);

M ——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(cm^3),

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

材料的质量吸水率与体积吸水率之间的关系为:

$$W_m = W_v \times \rho_0$$

其中 ρ_0 ——材料在干燥状态下的表观密度(g/cm^3)。

材料的吸水率与其孔隙率有关,更与其孔隙特征有关。因为水分是通过材料的开口孔吸入,并经过连通孔渗入内部的,材料内与外界连通的孔隙愈多,其吸水率就愈大。

三、材料的吸湿性

材料的吸湿性是指,材料吸收潮湿空气中水分的性质。当较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,前者是材料的吸湿过程,后者是材料的干燥过程(此性质叫材料的还湿性)。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,材料在任一条件下含水的多少称为材料的含水率,并以 W_h 表示,其计算公式为:

$$W_h = \frac{M_s - M_g}{M_g} \times 100\%$$

式中 W_h ——材料的含水率(%),

M_s ——材料在吸湿状态下的质量(g 或 kg),

M_g ——材料在干燥状态下的质量(g 或 kg)。

显然,材料的含水率受所处环境中空气湿度的影响,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,此时材料的含水率则保持不变,其含水率叫作材料的平衡含水率。在某一湿度下,材料的平衡含水率只与其本身的性质有关,一般亲水性强的材料,含有开口孔隙多的材料,其平衡含水率高,它在空气中的质量变化也大,材料吸水或吸湿后,除了本身的质量增加外,还会降低其绝热性、强度及耐久性,造成体积的增减和变形,多为对工程不利的影响。

四、材料的耐水性

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。衡量材料耐水性的指标是材料的软化系数,并以 K_R 表示:

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

式中 K_R ——材料的软化系数,

f_b ——材料饱水状态下的抗压强度(MPa);

f_g ——材料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。其实,许多材料吸水(或吸湿)后,即使未达到饱和状态,其强度及其它性质也会有明显的变化。这是因为材料吸水后,水份会分散在材料内微粒的表面,削弱了微粒间的结合力,其强度则不同程度的降低。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。

材料耐水性这一性质限制了材料的使用环境,软化系数小的材料耐水性差,其使用环境尤其受到限制。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结构。用于受潮较轻或次要结构时,材料的 K_R 值也不得小于 0.75。

耐水性与材料的亲水性、可溶性、孔隙率、孔隙特征等均有关,工程中常从这几个方面改善材料的耐水性。

五、材料的抗渗性

材料的抗渗性是指,材料抵抗压力水渗透的性质,土木工程中许多材料常含有孔隙、孔洞或其它缺陷,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、孔洞或其它缺陷渗透到低压侧。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入能腐蚀材料的介质,或将材料内的某些成份带出,造成材料的破坏。因此,长期处于有压水中时,材料的抗渗性也是决定工程使用寿命的重要因素之一。

表示材料抗渗性的指标有两个:

1. 渗透系数