



高等职业教育建筑类教材

Building materials

主 编 / 彭 红 周 强

副主编 / 周汝贝 阳江英 伍朝阳



建筑材料



重庆大学出版社

内容提要

全书共 10 章,主要介绍了建筑材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水硬性胶凝材料、普通混凝土、建筑砂浆、墙体材料、建筑钢材、建筑功能材料等常用土木工程材料的基本组成、技术性能、工程应用及材料性能检测等内容。全书结构完整、内容翔实,采用了我国现行的相关标准和规范,并介绍了土木工程材料领域的最新研究成果。

本书可用于高职高专建筑工程技术、工程造价、工程管理等专业及成人教育教学用书,也可作为工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/彭红,周强主编. -- 重庆:重庆大学出版社,2018.1
高等职业教育建筑类教材
ISBN 978-7-5689-0927-3

I. ①建… II. ①彭… ②周… III. ①建筑材料—高等职业教育—教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 300827 号

高等职业教育建筑类教材

建筑材料

主 编 彭 红 周 强

副主编 周汝贝 阳江英 伍朝阳

策划编辑:刘颖果

责任编辑:陈 力 姜 凤 版式设计:刘颖果

责任校对:关德强 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆长虹印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:15 字数:356 千

2018 年 1 月第 1 版 2018 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5689-0927-3 定价:34.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

本书是根据高等院校课程改革和人才培养目标的要求,按照国家“十三五”规划精神,依据我国现行的国家标准、规范及建工、建材、交通等行业标准、规范和规程,针对建筑工程技术、工程造价等建筑类相关专业编写而成。编写时力求精简理论分析、突出工程应用,着重拓宽学生在建筑材料与检测方面的知识,加强学生对材料的使用性能、特点及相关性能的检测方法的理解和掌握。

全书共 10 章,主要内容包括建筑材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水硬性胶凝材料、普通混凝土、建筑砂浆、墙体材料、建筑钢材、建筑功能材料等建筑工程中常用的建筑材料,介绍了各种材料的品种、规格、生产工艺、技术性能、技术标准、检验方法,以及材料应用、储运等注意事项。教材以够用、适用为原则,侧重于实践动手能力的培养。全书通俗易懂、实用性强,可作为高职高专建筑工程技术、工程造价、工程管理等专业的教学用书以及成人教育用书,也可供工程技术人员学习参考。

本书由重庆建筑工程职业学院彭红、周强担任主编;重庆建筑工程职业学院周汝贝、阳江英、伍朝阳担任副主编;重庆建筑工程职业学院钟凤、王丽英、骆文进及重庆市建筑科学研究院刘立军参编;由重庆建筑工程职业学院杨旗进行了审核。其中,第 5 章,第 9.2、9.3、9.4 节,第 10.1、10.2、10.3 节由彭红、刘立军、王丽英编写;第 2 章、第 3 章、第 4 章由周强、钟凤编写;第 7 章、第 8 章和第 10.5 节由周汝贝、骆文进编写;第 1 章、第 6 章和第 10.4 节由阳江英编写;第 9.1 节由伍朝阳编写。彭红负责全书的统稿工作。

本书在编写过程中参阅了大量文献资料,谨向这些文献的作者致以诚挚的谢意。

由于时间仓促,编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者及同行专家给予指正。

编 者
2017 年 6 月

目 录

1 绪 论	1
1.1 建筑材料的定义和分类	1
1.2 建筑材料在建筑工程中的地位	2
1.3 建筑材料的发展概况	3
1.4 建筑材料的标准化	4
1.5 材料检测的有关规定	5
1.6 课程的内容、任务和学习方法	5
本章小结	5
课后习题	6
2 建筑材料的基本性质	7
2.1 材料的物理性质	7
2.2 材料的力学性质	14
2.3 材料的耐久性	18
本章小结	18
课后习题	19
3 气硬性胶凝材料	21
3.1 石灰	21
3.2 建筑石膏	24
3.3 水玻璃	27
本章小结	28
课后习题	29

4	水硬性胶凝材料	30
4.1	硅酸盐水泥	30
4.2	掺混合材料的硅酸盐水泥	40
4.3	专用水泥	44
4.4	特种水泥	46
4.5	水泥的选用、验收与储运	48
	本章小结	51
	课后习题	52
5	普通混凝土	55
5.1	概述	55
5.2	普通混凝土的组成材料	57
5.3	混凝土拌合物的和易性	67
5.4	混凝土的强度	71
5.5	混凝土的变形性能	77
5.6	混凝土的耐久性	79
5.7	混凝土外加剂	82
5.8	矿物掺合料	88
5.9	混凝土的质量控制和合格评定	91
5.10	普通混凝土的配合比设计	96
5.11	其他品种混凝土	105
	本章小结	108
	课后习题	109
6	建筑砂浆	111
6.1	砌筑砂浆	111
6.2	其他建筑砂浆	119
	本章小结	121
	课后习题	122
7	墙体材料	124
7.1	砌墙砖	124
7.2	建筑砌块	135
7.3	墙用板材	136
	本章小结	139
	课后习题	139

8 建筑钢材	142
8.1 钢材的基本知识	142
8.2 建筑钢材的主要技术性能	145
8.3 钢材的冷加工和热处理	148
8.4 常用建筑钢材	150
8.5 钢材的腐蚀和防止	163
8.6 钢材的防火	165
本章小结	166
课后习题	166
9 建筑功能材料	169
9.1 防水材料	169
9.2 保温绝热材料	179
9.3 吸声和隔音材料	182
9.4 建筑装饰材料	183
本章小结	198
课后习题	199
10 建筑工程材料试验	200
10.1 水泥相关性能试验	200
10.2 普通混凝土用砂石试验	210
10.3 普通混凝土相关性能试验	218
10.4 建筑砂浆相关性能试验	224
10.5 钢筋相关性能试验	228
参考文献	232

1 绪 论

1.1 建筑材料的定义和分类

1.1.1 建筑材料的定义

从广义上讲,建筑材料是建筑工程中所有材料的总称。建筑材料不仅包括构成建筑物的材料,还包括在建筑施工过程中应用和消耗的材料。其中,构成建筑物的材料主要有地面、墙面、屋面使用的混凝土、水泥、砂浆、砖、钢筋、玻璃等;在建筑施工过程中应用和消耗的材料主要有安全防护网、模板、脚手架、板桩等。

从狭义上讲,建筑材料是指构成建筑物的材料。

1.1.2 建筑材料的分类

1) 按化学成分分类

按化学成分的不同,可将建筑材料分为无机材料、有机材料和复合材料 3 类,见表 1.1。

表 1.1 建筑材料按化学成分分类

分 类			实 例
无机材料	金属材料	黑色金属	普通钢材、非合金钢、低合金钢、合金钢
		有色金属	铝、铝合金、铜及其合金
	非金属材料	天然石材	砂岩、板岩、大理石、花岗石、石灰石
		烧土制品	烧结砖、瓦、陶器
		玻璃及熔融制品	玻璃、玻璃棉、岩棉
		胶凝材料	气硬性:石灰、石膏、水玻璃
			水硬性:各类水泥
		混凝土类	砂浆、混凝土、硅酸盐制品
有机材料	植物质材料		木材、竹板、植物纤维及其制品
	合成高分子材料		塑料、橡胶、胶凝剂、有机涂料
	沥青材料		石油沥青、沥青制品

续表

分 类		实 例
复合材料	金属-非金属复合	钢筋混凝土、钢纤维混凝土
	非金属-有机复合	沥青混凝土、聚合物混凝土

2) 按使用功能分类

按使用功能的不同,可将建筑材料分为建筑结构材料、墙体材料、建筑功能材料和建筑器材 4 类,见表 1.2。

表 1.2 建筑材料按使用功能分类

分 类	定 义	实 例
建筑结构材料	构成基础、柱、梁、板等承重结构的材料	砖、石材、钢材、钢筋混凝土
墙体材料	构成建筑物内、外承重墙体及内分割墙体的材料	石材、砖、加气混凝土、砌块
建筑功能材料	不作为承受荷载,且具有某种特殊功能的材料	保温隔热材料:加气混凝土
		吸声材料:毛毡、泡沫塑料
		采光材料:各种玻璃
		防水材料:沥青及其制品
		防腐材料:煤焦油、涂料
		装饰材料:石材、陶瓷、玻璃
建筑器材	为满足使用要求,而与建筑物配套使用的各种设备	电工器材及灯具、水暖及空调器材、环保器材、建筑五金

1.2 建筑材料在建筑工程中的地位

建筑材料和建筑设计、建筑结构、建筑经济及建筑施工等一样,是建筑工程学科的一部分,而且是极为重要的一部分,因为建筑材料是建筑工程的物质基础。一个优秀的建筑师总是把建筑艺术以最佳方式与选用的建筑材料融合在一起,结构工程师只有更好地了解建筑材料的性能后,才能根据力学计算,准确地确定建筑构件的尺寸和创造出先进的结构形式。建筑经济学家为了降低造价、节省投资,在基本建设中,首先要考虑的是节约和合理地使用建筑材料。在建筑工程中,建筑材料费用一般占建筑总造价的 60% 左右。而建筑施工和安装的全过程,实质上是按设计要求把建筑材料逐步变成建筑物的过程。因此,建筑材料的质量直接影响建筑物的质量。它涉及材料的选用、运输、储存以及加工等诸多方面。总之,从事建筑工程的技术人员必须了解和掌握建筑材料的有关技术知识,而且应使所用的材料都能最大限度地发挥其效能,并合理、经济地满足建筑工程上的各种要求。

建筑、材料、结构、施工四者是密切相关的。从根本上讲,材料是基础,材料决定了建筑和施工方法。新材料的出现,可以促使建筑形式的变化、结构设计和施工技术的革新。

1.3 建筑材料的发展概况

随着科学技术的发展、社会的进步,人类越来越追求舒适、美好的生活环境,各种基础设施的建设规模日趋扩大,建筑材料越来越显示出其重要地位。近半个世纪以来,建筑业蓬勃发展,各种新型建材如雨后春笋、层出不穷,如新型墙体材料、保温隔热材料、防水密封材料、装饰装修材料等。

新型墙体材料以节能、节地、利废和改善建筑功能为目的,大力发展各种轻质板材和混凝土砌块,开发承重复合墙体材料。防水材料重点发展改性沥青防水卷材、聚氨酯防水涂料和硅酮、聚氨酯密封材料;保温材料重点发展建筑用矿物棉、玻璃棉制品;装饰装修材料重点发展丙烯酸类乳胶内外墙涂料、复合仿木地板等产品;门窗重点发展塑料门窗,并注意解决好款式新颖、功能各异的设计和高档五金件的开发配套问题;上下水管道重点发展 UPVC 塑料管材件,并解决好管材与管件的配套问题。无机非金属新材料重点发展建筑、石油化工、电子、汽车等支柱产业所需的各类玻璃钢和制品,以及农渔业等行业所需的玻璃钢渔船、风力发电叶片等产品,不断提高集约化程度和产业化水平。

如果说 19 世纪钢材和混凝土作为结构材料的出现使建筑物的规模产生了飞跃性的发展,那么 20 世纪出现的高分子有机材料、新型金属材料和各种复合材料,使建筑物的功能和外观发生了根本性的变革。以塑料和合成树脂为代表的高分子有机材料是 20 世纪具有代表性的新型材料,它的出现不仅使工业化生产的建筑材料由单一的无机材料发展为无机和有机两大类,而且由此出现了大量无机和有机材料复合而成的材料,使得建筑材料的品种和功能更加多样化。

20 世纪建筑材料的另一个明显的进步是各种复合材料的出现和使用,包括有机材料与无机材料的复合、金属材料与非金属材料的复合,以及同类材料之间的复合。如钢纤维、玻璃纤维、有机纤维等各种纤维增强混凝土;采用聚合物混凝土、树脂混凝土等复合材料制造的各种地面材料、台面材料,模仿天然石材的质地和花纹,同时具有比石材韧性好、颜色美观等优点;采用小木块、碎木屑、刨花等木制材料为基础,使用胶凝材料、胶黏剂或夹层材料加工而成的各种人造板材,模仿天然木材的纹理和走向,可达到以假乱真的程度。除此之外,石膏板、矿棉吸声板等各种无机板材,可代替天然木材作内墙隔板、吊顶材料,使建筑物的保温性、隔音性等功能更加完善。各种空心砖、加气混凝土砌块等墙体材料代替实心黏土砖,可节约土地资源。随着高效减水剂的开发成功,高性能混凝土应运而生,使混凝土材料又迈上一个新台阶。各种涂料、防水卷材、嵌缝密封材料的开发利用,改善了建筑物的防水性和密闭性。各种壁纸用于建筑物的内墙装修,极大地改善了建筑物的美观性、舒适性。各种陶瓷制品用于地面、墙面、卫生洁具,耐酸、碱、盐等化学物质的侵蚀,容易清洁,使人们的生活更加方便、舒适,生活质量得到了极大提高。

中华人民共和国成立初期,我国建筑材料的生产衰弱,社会基础设施处于很低的水平,经过半个世纪的努力,尤其是 20 世纪 80 年代以后,基础设施建设进入大发展时期,水泥、钢材等主要建筑材料的产量已上升为世界第一,为建筑业的飞速发展、满足现代化建设的需求提供了雄厚的材料保障。

1.4 建筑材料的标准化

目前,我国大多数建筑材料都制订了技术标准。建筑材料的技术标准是材料生产、使用和流通单位检验、确定产品质量是否合格的技术文件。其主要内容包括产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收规则、包装及标志、运输与储存等。

我国标准可分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准 4 个级别,分别由相应的标准化管理部门批准并颁布。国家标准和行业标准为全国通用标准,是国家指令性技术文件,各级生产、设计、施工等部门必须严格遵照执行。地方标准或企业标准所规定的技术要求应高于国家标准。标准按约束力分为强制性标准和推荐性标准。对强制性标准,任何技术或产品不得低于其规定的要求;对推荐性标准,表示也可以执行其他标准要求。

各级标准都有相应的代号表示(表 1.3),其表示方法由标准名称、标准代号、发布顺序号和批准年号组成,如图 1.1 所示。

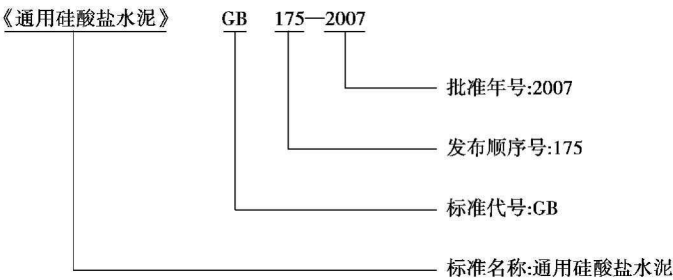


图 1.1 标准表示方法

表 1.3 各级标准的相应代号

标准级别	标准代号	表示内容	实 例
国家标准	GB GB/T GBJ	国家强制性标准 国家推荐性标准 建筑工程国家标准	《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2015)
行业标准	JC JGJ JT SL	建筑材料行业标准 建筑工程行业标准 交通工程行业标准 水利行业标准	《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011) 《建筑生石灰》(JC/T 479—2013)
地方标准	DB DB/T	地方强制性标准 地方推荐性标准	《居住建筑节能 65% 设计标准》(DBJ 50-071—2007) 《绿色建筑评价标准》(DBJ 50/T-066—2014)
企业标准	Q	企业标准	《钢筋桁架承板施工技术规程》(Q/RB-01—2011)

各个国家均有自己的国家标准,例如,“ANSI”代表美国国家标准、“JIS”代表日本国家标准、“BS”代表英国标准、“DIN”代表德国标准、“NF”代表法国标准等。另外,在国际标准化领

域中有国际标准化组织 ISO、国际电工委员会 IEC、欧洲标准化委员会(法文缩写:CEN)等。

1.5 材料检测的有关规定

在建筑施工过程中,影响建筑工程质量的因素主要包括材料、机械、人、施工方法和环境条件 5 个方面。为保证工程质量,必须对施工的各工序质量从上述 5 个方面进行有效控制。因此,要实现上述目标,就必须做好检测工作,其中材料性能的检测是关键环节之一。所以,建筑工程所用材料、制品的检测应满足相应的技术规范要求。

1.6 课程的内容、任务和学习方法

1.6.1 课程的内容、任务

本课程主要讲述常用建筑材料的品种、规格、技术性质、质量标准、试验检测方法、储运保管和工程应用等基本内容。重点要求掌握材料的技术性质与合理应用,并具备对常用建筑材料的主要技术指标进行检测的能力。

本课程是一门实践性比较强的专业基础课,要求通过课程的学习,在实际工作中能够正确选择、管理建筑材料,并能正确使用建筑材料;同时也为学习相关的后续专业课程奠定基础。

1.6.2 课程的学习方法

为了学好本课程,建议采用以下学习方法:

①抓住重点。重点掌握常见建筑材料的基本技术性质、检测方法与标准、应用等。

②对比学习法。不同的材料具有不同的性质,而同一类材料不同品种,既存在共性,又存在各自的特性。因此,可以运用对比的方法掌握各类材料的特性。例如,六大通用水泥既存在共性,又存在个性。

③理论与实际相结合。通过试验、参观实习,密切联系工程中材料的应用情况;也可以利用网络了解材料的发展动态,达到熟悉材料性能和应用的目的。

本章小结

建筑材料通常按化学成分、使用的主要功能等进行分类。其中,按化学成分分类时,材料性质较为明确,分类较为科学;按主要使用功能分类时,材料使用性能较为明确,分类较为实用。

现代土木工程中新的建筑形式、复杂的结构布置、众多的功能要求、便利的施工和维护,推动了建筑材料向高强、轻质、耐久和功能多元化等方向发展,引导了建筑材料向复合化、高性能化和智能化等高技术领域发展。社会的可持续发展要求建筑材料向生态友好型方向发展。

课后习题

一、填空题

1. 建筑材料按化学成分分为 _____、_____ 和 _____ 3 类。
2. 建筑材料按使用功能分为 _____、_____、_____ 和 _____ 4 类。
3. 我国技术标准分为 _____、行业标准、_____ 和 _____。
4. 《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011) 是 _____ 标准。

二、多项选择题

1. 以下关于《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007) 描述正确的是()。
A. 行业标准
B. 国家强制性标准
C. 标准名称是通用硅酸盐水泥
D. 标准代号 175
E. 批准年份 2007
2. 以下() 属于无机材料。
A. 中空玻璃
B. 塑料
C. 水泥
D. 砖
E. 沥青
3. 以下说法正确的有()。
A. Q 企业标准
B. GBJ 行业标准
C. JC 行业标准
D. GB/T 国家标准
E. JGJ 行业强制性标准

2 建筑材料的基本性质

建筑材料在不同的建筑物内或建筑物不同的部位承受着不同的作用,即物理方面(有风雪、冰冻、水和化学的腐蚀、声、热等)的作用和外力方面(有拉、压、弯、剪等)的作用。所有这些作用都能引起材料的破坏,这就要求用于不同建筑部位的材料应具有下列相应的性质:

①物理性质:包括材料的密度、孔隙状态、与水有关的性质和热工性能等。

②化学性质:包括材料的抗腐蚀性、化学稳定性等,因材料的化学性质相差太大,故该部分内容在各章中分别叙述。

③力学性质:材料在常温、静载作用下的宏观力学性能,是确定各种工程设计参数的主要依据。这些力学性能均需采用标准试样在材料试验机上按照规定的试验方法和程序测定,它包括材料的强度、变形、脆性和韧性、硬度与耐磨性等。

④耐久性:材料抵抗自身和自然环境双重因素长期破坏作用的能力,即保证其经久耐用的能力。耐久性越好,材料的使用寿命越长。

在具体的建筑工程中,要正确地选择和合理使用在性能上满足要求的材料,就必须了解材料在建筑物中所受的作用、所处的环境及材料本身的性质等。本章主要讲述工程上常用材料的物理性质、力学性质和耐久性三大性质。

2.1 材料的物理性质

2.1.1 材料与质量有关的性质

广义的密度概念是指物质单位体积的质量。在研究建筑材料的密度时,由于对体积测定方法的不同和实际应用的需要,根据不同的体积内涵,可引出不同的密度概念。

1) 密度

密度是指材料在绝对密实状态下(不包括孔隙在内)单位体积的质量,即

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.1)$$

式中 ρ ——材料的实际密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

绝对密实状态下的体积是指构成材料的固体物质本身的体积或不包括孔隙在内的体积。

实际密度的测量包括:

①对接近于绝对密实的材料,如金属、玻璃等,直接以排水法获得其密实态体积近似值。

②对有孔隙的材料,如把砖、混凝土、石材磨成细粉,采用排水法求得的体积即为密实态体积。

2) 表观密度

表观密度是指材料在自然状态下(包含内部闭口孔隙)单位体积的质量,即

$$\rho' = \frac{m}{V'} \quad (2.2)$$

式中 ρ' ——材料的表观密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg ;

V' ——材料包含内部闭口孔隙下的体积, cm^3 或 m^3 。

对密实材料,直接以排液法求得的体积 V' 作为材料在自然状态下(包含内部闭口孔隙)的体积。

3) 体积密度

体积密度是指材料在自然状态下(包含内部闭口孔隙和开口孔隙)单位体积的质量,即

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (2.3)$$

式中 ρ_0 ——材料的体积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg ;

V_0 ——材料内包含所有孔隙的体积, cm^3 或 m^3 。

体积密度的测定:自然状态下的体积是指构成材料的固体物质的体积与全部孔隙体积之和。材料内部孔隙含有水分时,其质量和体积均发生变化,应注明含水情况。外形规则的材料,其几何体积为自然状态下的体积,如标准黏土砖的尺寸为 $240 \text{ mm} \times 115 \text{ mm} \times 53 \text{ mm}$,则砖的体积为 $1\,462\,800 \text{ mm}^3$;而外形不规则的材料,则采用排液法测定,测前其表面需用薄蜡层密封。

4) 堆积密度

堆积密度是指散粒状材料在规定装填条件下(包括散粒材料中颗粒在自然状态下的体积和颗粒之间空隙的体积)单位体积的质量,即

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (2.4)$$

式中 ρ'_0 ——材料的堆积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg ;

V'_0 ——材料的堆积体积, cm^3 或 m^3 。

测定材料的堆积密度时,材料的质量可以是任意含水状态,未说明材料含水率时,通常是指干燥状态下的质量。

【例 2.1】 1 L 容量筒重 0.35 kg,容量筒装干砂刮平后重 1.8 kg,求此干砂堆积密度。

【解】
$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} = \frac{1.8 - 0.35}{0.001} \text{ kg}/\text{m}^3 = 1\,450 \text{ kg}/\text{m}^3$$

答:此干砂堆积密度为 $1\,450 \text{ kg}/\text{m}^3$ 。

上述各有关密度指标,在建筑工程的计算构件自重、配合比设计、测算堆放场地等时各有

其应用。常用建筑材料的密度、体积密度、堆积密度和孔隙率见表 2.1。

表 2.1 常用建筑材料的密度、体积密度、堆积密度和孔隙率

材料名称	$\rho/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	$\rho_0/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	$\rho'_0/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	P
石灰岩	2.60	1 800 ~ 2 600	—	0.2% ~ 4%
花岗岩	2.60 ~ 2.80	2 500 ~ 2 800	—	< 1%
普通混凝土	2.60	2 200 ~ 2 500	—	5% ~ 20%
碎石	2.60 ~ 2.70	—	1 400 ~ 1 700	—
砂	2.60 ~ 2.70	—	1 350 ~ 1 650	—
黏土空心砖	2.50	1 000 ~ 1 400	—	20% ~ 40%
水泥	3.10	—	1 000 ~ 1 100	—
木材	1.55	400 ~ 800	—	55% ~ 75%
钢材	7.85	7 850	—	0
铝合金	2.70	2 750	—	0
泡沫塑料	1.04 ~ 1.07	20 ~ 50	—	—

2.1.2 材料与体积有关的物理性质

1) 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质充实的程度。材料由固体物质和孔隙两部分组成,固体物质的比例越高,材料就越密实,表观密度也就越大。密实度的计算公式为

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% \quad \text{或} \quad D = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (2.5)$$

2) 孔隙率

孔隙率是指材料中孔隙体积与材料在自然状态下的体积之比的百分率。孔隙率的计算公式为

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

或

$$P = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (2.6)$$

材料的孔隙率和密实度有如下关系:对有孔隙的材料,两者之和为 $P + D = 1$;对完全密实的材料, $P = 0, D = 1$ 。在工程中,材料的许多性质如强度、吸水性、抗渗性、抗冻性、导热性、吸音性等,都与孔隙率有关。

3) 空隙率

空隙率是指在堆积体积中,散粒材料颗粒之间的空隙体积所占的比例。空隙率的计算公式为

$$P' = \frac{V'_0 - V}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (2.7)$$

空隙率的大小反映了散粒状材料的颗粒之间互相填充的程度。空隙率可以作为控制混凝土骨料级配及计算砂率的依据。

2.1.3 材料与水有关的性质

1) 亲水性与憎水性

材料在空气中与水接触时,根据其是否能被水润湿,将材料分为亲水性和憎水性两大类(图 2.1)。当材料分子与水分子间的相互作用力大于水分子间的作用力时,材料表面就会被水润湿。此时,在材料、水和空气的三相交点处,沿水滴表面所引切线与材料表面所成的夹角即润湿角 $\theta \leq 90^\circ$,这种材料属于亲水性材料。

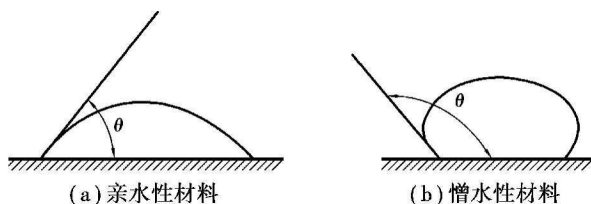


图 2.1 材料润湿性

如果材料分子与水分子间的相互作用力小于水本身分子间的作用力,则表示材料不能被水润湿,此时 $90^\circ < \theta < 180^\circ$,这种材料称为憎水性材料。

2) 吸湿性与吸水性

(1) 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。材料吸湿性的大小用含水率 $\omega_{\text{含}}$ 表示,它等于材料所吸入水分的质量占材料干燥时质量的百分率。一般来说,细小开口连通孔的亲水性材料具有较强的吸湿性。材料含水率的计算公式为

$$\omega_{\text{含}} = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (2.8)$$

式中 $\omega_{\text{含}}$ ——材料的含水率,%;

$m_{\text{湿}}$ ——材料在潮湿空气中的质量,kg;

$m_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的质量,kg。

影响材料吸湿性的因素,除材料本身(化学组成、结构、构造、孔隙)外,还与环境的温湿度有关。材料堆放在工地现场,不断向空气中挥发水分,同时从空气中吸收水分,其稳定的含水率是达到挥发与吸收动态平衡时的一种状态。在混凝土的施工配合比设计中,要考虑砂和石料含水率的影响。

(2) 吸水性

材料在水中吸收水分的性质称为吸水性。材料吸水性的用吸水率表示。吸水率有质量吸水率和体积吸水率两种。

①质量吸水率:即材料吸入水的质量占材料干燥质量的百分率,用 ω_{M} 表示为

$$\omega_M = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% \quad (2.9)$$

式中 ω_M ——质量吸水率, %;

m_1 ——材料在水中吸收水分后的质量, kg;

m_0 ——材料在干燥状态下的质量, kg。

②体积吸水率:即材料吸水达到饱和时,吸入水的体积占材料自然状态下体积的百分率,用 ω_V 表示为

$$\omega_V = \frac{m_1 - m_0}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (2.10)$$

式中 ω_V ——体积吸水率, %;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, cm^3 ;

ρ_w ——水的密度, g/cm^3 。

海绵、珍珠岩等的吸水性可用体积吸水率表示。材料吸水率的大小不仅取决于材料的亲水性,而且还与孔隙率大小及特征有关。一般来说,密实的及具有封闭孔的材料是不吸水的;具有粗大开口孔隙的材料,水分不易存留,故材料的体积吸水率常小于孔隙率;而那些孔隙率较大,且具有细小开口连通孔的亲水性材料往往有较大的吸水能力。

【例 2.2】 工地上抽取卵石试样,烘干后称量 482 g 试样,将其放入装有水的量筒中吸水至饱和,水面由原来的 452 cm^3 上升至 630 cm^3 。取出石子,擦干石子表面水分,称量其质量为 487 g。试求该卵石的表观密度以及质量吸水率。

【解】 该卵石的表观密度为

$$\rho' = \frac{m}{V'} = \frac{482}{630 - 452} \text{ g}/\text{cm}^3 = 2.71 \text{ g}/\text{cm}^3$$

该卵石的质量吸水率为

$$\omega_m = \frac{m_1 - m_0}{m_0} \times 100\% = \frac{487 - 482}{482} \times 100\% = 1.04\%$$

答:该卵石的表观密度为 2.71 g/cm^3 ,质量吸水率为 1.04%。

3) 耐水性

耐水性是指材料长期处于水的作用下不破坏且强度也不显著降低的性质,它表示材料抵抗水破坏的能力。材料含水后强度往往有不同程度的降低。材料的耐水性用软化系数 K 表示,其计算公式为

$$K_{\text{软}} = \frac{f_1}{f_0} \quad (2.11)$$

式中 $K_{\text{软}}$ ——材料的软化系数,取值介于 0 ~ 1;

f_1 ——材料在吸水饱和状态下的抗压强度, MPa;

f_0 ——材料在干燥状态下的抗压强度, MPa。

①软化系数越小,说明材料吸水饱和后的强度降低越多,其耐水性越差。

②对经常处于水中或受潮严重的重要结构物(如地下构筑物、基础、水工结构)的材料, $K \geq 0.85$ 。