

全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材

建 筑 材 料

高琼英 主编

武汉工业大学出版社



TV501
10

全国高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材

建筑材料

武汉工业大学出版社

· 武 汉 ·

【内容简介】

本书为高等专科“房屋建筑工程专业”教材。全书共分14章,主要介绍建筑材料的基本性质、建筑石材、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土及砂浆、墙体材料、建筑钢材、木材、建筑塑料、防水材料、绝热材料和吸声材料、建筑装饰材料等常用建筑材料的基本组成、性能、技术标准和应用以及建筑材料试验等。为了方便教学和复习,每章后面均列有复习思考题,对于品种繁多的材料,如水泥、墙体材料和防水材料等章的后面还列有品种、性能、使用范围对比表,以便总结和掌握。

本书采用了最新标准和规范,注意了深度和广度之间的适当关系,在重点讲述建筑材料的基本性质、水泥及混凝土的基础上,广泛介绍了国内目前已有的各种建筑材料的知识及其发展和有关新材料、新技术,以利于开阔新思路 and 便于合理选用建筑材料。

编写中注意了理论联系实际、精炼、实用以及专科教学特点。除“房屋建筑工程专业”学生使用外,也可供成人高校相关专业教学及从事建筑施工的技术人员使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/高琼英主编. —武汉:武汉工业大学出版社,1997.11

高等专科学校房屋建筑工程专业新编系列教材

ISBN 7-5629-1211-4

I. 建…

II. 高…

III. 建筑材料-高等专科学校-教材

N. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 05769 号

武汉工业大学出版社出版发行

各地新华书店经销

武汉工业大学出版社中南三〇九印刷厂印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:17.125 字数:441.6千字

1997年11月第1版 1997年11月第1次印刷

印数:1~20 000册 定价 17.00元

出版说明

武汉工业大学出版社 1988 年组织出版的“高等专科工业与民用建筑专业系列教材”至今已近十年了。这套教材对于我国工民建专业的专科教育,包括成人教育、函授教育和自学考试等都起到了不可磨灭的历史作用。同时,我们也看到由于当时条件的局限,这套教材不可避免地存在着种种缺陷。随着社会主义市场经济体制的建立,迅速发展的建筑业和建筑工程技术以及其对人才的需求形势已远非十年前的情况可以比拟,加上高等专科教育教学改革的不断深入,迫切需要更加明确地针对专科教育的培养目标,适合专科教学规律,符合专科教学基本要求的教材。在这种形势下,武汉工业大学出版社得到建设部院校处的支持,与“全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业指导小组”密切合作,特聘清华大学土木系四位著名教授为顾问,以建设部和中建总公司所属的重点建筑高等专科学校的教师为主,联合九所院校共同编写了这套“全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业系列教材”。

按照教材组织过程中召开的“专科教学及教材研讨会”的精神,本套教材力求体现如下特点:

1. 统一性。成套教材不是单本教材的简单叠加,各门课程之间必须按照教学要求有机地联系,在内容的取舍、分配和衔接,编写体例,规范的运用以及加强实用性等方面力求全书统一。

2. 创新性。编写人员吸收了近年来专科教育教学改革的阶段性成果,制订出全套教材的编写原则:基础理论的教学以应用为目的,以必须、够用为度;专业课教学加强针对性和实用性,增加计算机应用的内容,力求编出新意。

3. 普适性。本套教材以培养高等工程技术应用型人才为目标,不仅适宜于全日制高等专科学校,也适用于大学函授教育、成人教育和自学考试,对当前从事工程建设的建筑工程技术与管理人员也有较好的参考价值。

4. 持久性。一套水平高、实用性强、有新意的教材决不可能一蹴而就,它必然是高等专科学校教师长期教学实践的结果。本套教材第一版出来后,编委会将立即组织使用教师收集反馈意见,准备修订,然后再使用,再修订,保证教材不断提高质量,与专科教育的改革和发展同步。

参加本套教材编写的主要是重庆建筑高等专科学校、长春建筑高等专科学校、福建建筑高等专科学校、湖南城建高等专科学校、河南城建高等专科学校、武汉工业大学、武汉冶金科技大学和武汉水利电力大学等学校长期从事专科教学的教师,并聘请清华大学滕智明教授、李少甫教授、甘绍熺教授、罗福午教授和“全国建筑高等专科学校房屋建筑工程专业指导小组”组长、长春建筑高等专科学校陈希天教授以及福建建筑高等专科学校卢循教授为顾问。尽管全体编审人员殚精竭虑,不敢稍有懈怠,但由于时间仓促,错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正,以利我们修订重印。

前 言

本教材是根据普通高等学校专科“房屋建筑工程专业”教学指导小组制定的“建筑材料课程教学基本要求”编写的。“基本要求”指出:建筑材料课程是“房屋建筑工程专业”的一门专业课。课程任务是使学生具有建筑材料的基础知识和试验技能,使学生在实践中具有正确选用与合理使用建筑材料的基本能力,并为有关专业课打下基础。

根据上述要求,本书主要讲解建筑材料的组成、性能与应用、技术标准、检验方法等知识。全书在编写过程中考虑到高等专科教学特点,力求使教材理论联系实际、精炼、实用、突出重点。在内容安排上注意了深度和广度之间的适当关系,在重点突出水泥、水泥混凝土及材料基本性质的基础上,广泛地介绍目前国内已有的各种建筑材料的知识及其发展和有关的新材料、新技术,以利于开阔思路,便于合理选择建筑材料。编写中尽量引用了最新的技术标准和规范。

本课程的建议教学学时数为 65 学时,学时分配建议如下表所示。

各章学时分配表(供参考)

章 次	内 容	总学时	讲 课	实 验
1	绪 论	1	1	0
2	建筑材料基本性质	6	4	2
3	石 材	2	2	0
4	气硬性胶凝材料	3	3	0
5	水 泥	7	5	2
6	混凝土及砂浆	20	14	6
7	墙体材料及屋面材料	5	5	0
8	建筑钢材	3	2	1
9	木 材	2	2	0
10	建筑塑料	3	3	0
11	防水材料	5	3	2
12	绝热材料和吸声材料	2	2	0
13	建筑装饰材料	3	3	0
	机 动	3		
	合 计	65	49	13

参加本书编写的有:武汉冶金科技大学李宏(4、7.1、8、9、10);河南城建高等专科学校张国强(6)、王春阳(2、14);武汉工业大学高琼英(1、3、5、7.2、7.3、7.4、11、12、13)。全书由高琼英主编,孙复强主审。编者对主审的认真、负责表示衷心感谢。

由于时间仓促,水平有限,书中的缺点和不妥之处在所难免,恳请读者在使用过程中给予指正,并提出宝贵意见。谢谢。

编者

1997.11

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	我国建筑材料及建材工业的发展	(2)
1.4	本课程的内容和任务	(3)
	复习思考题	(3)
2	建筑材料的基本性质	(4)
2.1	材料的基本物理性质	(4)
2.2	材料的基本力学性质	(10)
2.3	材料的耐久性	(13)
	复习思考题	(13)
3	石材	(14)
3.1	建筑中常用的天然岩石	(14)
3.2	天然石材的技术性质、加工类型及选用原则	(17)
3.3	人造石材及制品	(23)
	复习思考题	(25)
4	气硬性胶凝材料	(26)
4.1	石膏	(26)
4.2	石灰	(28)
4.3	镁质胶凝材料	(32)
4.4	水玻璃	(33)
	复习思考题	(34)
5	水泥	(35)
5.1	硅酸盐水泥	(35)
5.2	掺混合材料的硅酸盐水泥	(43)
5.3	特性水泥及专用水泥	(48)
	复习思考题	(55)
6	混凝土及砂浆	(56)
6.1	概述	(56)
6.2	普通混凝土的组成材料	(57)
6.3	混凝土拌合物的和易性	(66)
6.4	混凝土的强度	(69)
6.5	混凝土的变形性能	(75)

6.6	混凝土的耐久性	(77)
6.7	混凝土的外加剂	(81)
6.8	普通混凝土的配合比设计	(86)
6.9	混凝土的质量控制	(93)
6.10	轻混凝土	(97)
6.11	其它混凝土	(102)
6.12	建筑砂浆	(105)
	复习思考题	(111)
7	墙体与屋面材料	(113)
7.1	砌墙砖	(113)
7.2	墙用砌块	(121)
7.3	墙用板材	(126)
7.4	屋面材料	(132)
	复习思考题	(135)
8	建筑钢材	(136)
8.1	钢的冶炼、加工与分类	(136)
8.2	建筑钢材的主要技术性能	(137)
8.3	建筑钢材的标准与选用	(143)
8.4	钢材的锈蚀及防止	(153)
	复习思考题	(154)
9	木材	(155)
9.1	木材的分类及构造	(155)
9.2	木材的主要性质	(156)
9.3	木材的腐蚀与防护	(159)
9.4	木材在建筑工程中的应用	(159)
	复习思考题	(162)
10	建筑塑料与涂料	(163)
10.1	塑料的组成及分类	(163)
10.2	塑料的性质及应用	(164)
10.3	建筑涂料	(167)
10.4	胶粘剂	(172)
	复习思考题	(174)
11	防水材料	(175)
11.1	沥青	(175)
11.2	防水卷材	(181)
11.3	防水涂料	(191)
11.4	建筑密封材料	(196)
	复习思考题	(199)
12	绝热材料和吸声材料	(200)

12.1	绝热材料	(200)
12.2	吸声材料	(204)
	复习思考题	(205)
13	建筑装饰材料	(207)
13.1	建筑装饰材料的基本要求与功能	(207)
13.2	建筑装饰用砖	(209)
13.3	建筑装饰用板材	(214)
13.4	卷材类装饰材料及装饰涂料	(218)
13.5	建筑玻璃	(226)
	复习思考题	(228)
14	建筑材料试验	(229)
14.1	建筑材料的基本性质试验	(229)
14.2	水泥试验	(232)
14.3	混凝土用骨料试验	(240)
14.4	普通混凝土试验	(244)
14.5	建筑砂浆试验	(251)
14.6	砌墙砖试验	(254)
14.7	钢筋试验	(257)
14.8	石油沥青试验	(260)
	参考文献	(264)

1 绪 论

1.1 建筑材料的定义和分类

建筑材料是指在建筑工程中所使用的各种材料及其制品的总称。它是一切建筑工程的物质基础。

由于建筑材料种类繁多,为了研究、使用和论述方便,常从不同角度对它进行分类。最通常的是按材料的化学成分及其使用功能分类。

1.1.1 按化学成分分类

根据材料的化学成分,可分为有机材料、无机材料以及复合材料三大类。如表 1.1 所示。

建筑材料按化学成分分类 表 1.1

分 类			实 例
无机材料	金属材料	黑色金属	钢、铁及其合金、合金钢、不锈钢等
		有色金属	铝、铜、铝合金等
	非金属材料	天然石材	砂、石及石材制品
		烧土制品	粘土砖、瓦、陶瓷制品等
		胶凝材料及制品	石灰、石膏及制品、水泥及混凝土制品等
		玻璃	普通平板玻璃、特种玻璃等
有机材料	植物材料		木材、竹材、植物纤维及制品等
	沥青材料		煤沥青、石油沥青及其制品等
	合成高分子材料		塑料、涂料、胶粘剂、合成橡胶等
复合材料	有机与无机非金属材料复合		聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料等
	金属与无机非金属材料复合		钢筋混凝土、钢纤维混凝土等
	金属与有机材料复合		PVC 钢板、有机涂层铝合金板等

1.1.2 按使用功能分类

根据建筑材料在建筑物中的部位或使用性能,大体上可分为三大类,即建筑结构材料、墙体材料和建筑功能材料。

1.1.2.1 建筑结构材料

主要是指构成建筑物受力构件和结构所用的材料。如梁、板、柱、基础、框架和其它受力构

件、结构等所用的材料都属于这一类。对这类材料主要技术性能的要求是强度和耐久性。目前所用的主要结构材料有砖、石、水泥混凝土和钢板及两者的复合物——钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土。在相当长的时期内,钢筋混凝土及预应力钢筋混凝土仍是我国建筑工程中的主要结构材料之一。随着工业的发展,轻钢结构和铝合金结构所占的比例将会逐渐加大。

1.1.2.2 墙体材料

墙体材料是指构件建筑物内、外及分隔墙体所用的材料,有承重和非承重两类。由于墙体在建筑物中占有很大比例,故认真选用墙体材料对降低建筑物的成本、节能和使用安全耐久等都是很重要的。目前我国大量采用的墙体材料为实心 and 空心粘土砖、混凝土及加气混凝土砌块等。此外,还有混凝土墙板、石膏板、金属板材和复合墙体等,特别是轻质多功能的复合墙板发展较快。

1.1.2.3 建筑功能材料

主要是指担负某些建筑功能的非承重用材料。如防水材料、绝热材料、吸声和隔声材料、采光材料、装饰材料等。这类材料的品种、形式繁多,功能各异,随着国民经济的发展以及人民生活水平的提高,这类材料将会越来越多地应用于建筑物上。

一般说,建筑物的可靠度与安全度主要决定于由建筑结构材料组成的构件和结构体系,而建筑物的使用功能与建筑品质主要决定于建筑功能材料。此外,对某一种具体材料来说,它可能兼有多种功能。

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学科分支一样,是建筑工程学科的一部分,而且是极为重要的部分。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和以最佳方式选用的建筑材料融合在一起。结构工程师只有在很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型式。例如,预应力钢筋混凝土结构和薄壳结构等都是在结构上把受力特性和材料特性统一的产物。建筑经济学家为了降低造价,节省投资,在基本建设中,特别是在已经兴起的商品房屋的事业中要做的事很多,但首先要考虑的是节约和合理地使用建筑材料。因为目前在我国的建筑工程总造价中,建筑材料所占的比例高达 50%~60%。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。它涉及材料的选用、运输、储存以及加工等诸方面。总之,从事建筑工程的技术人员都必须了解和掌握建筑材料有关技术知识。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。从根本上说,材料是基础,材料决定了建筑形式和施工方法。新材料的出现,可以促使建筑形式的变化、结构设计方法的改进和施工技术的革新。

1.3 我国建筑材料及建材工业的发展

材料科学和材料(含建筑材料)本身都是随着社会生产力和科技水平的提高而逐渐发展的。自古以来,我国劳动者在建筑材料的生产和使用方面曾经取得了许多重大成就。如始建于

公元前 7 世纪的万里长城,所使用的砖石材料就达 1 亿 m^3 ;福建泉州的洛阳桥是 900 年前用石材建造的,其中一块石材有 200 余吨;山西五台山木结构的佛光寺大殿已有千余年历史仍完好无损,等等。这些都有力证明中国人民在建材生产、施工和使用方面的智慧和技巧。

建国以来,特别是改革开放以后,我国建筑材料生产得到了更迅速的发展。钢材已跻身于世界生产大国之列;水泥工业已由解放前年产量不足百万吨的单一品种,发展为品种、标号齐全,年产量突破 4 亿吨的水平;陶瓷材料也由过去的单一白色瓷器发展到有上千种花色品种的陶瓷产品,而且生产的高档配套建筑、卫生陶瓷已可满足高标准建筑的需要;我国的玻璃工业也发展很快,普通玻璃已由建国初期年产仅 108 万标箱发展到 1 亿余标箱,且能生产功能各异的新品种;随着生活水平的提高和住房条件的改善,装饰材料更是丰富多彩,产业蓬勃兴旺。

到 1995 年止,我国的水泥、平板玻璃、建筑卫生陶瓷和石墨、滑石等部分非金属矿产品的产量已跃居世界第一。我国的水泥产量已占世界总产量的 31%,平板玻璃占 24%,建筑陶瓷占 25%,卫生陶瓷占 16.7%,是名副其实的建材生产大国。但是,必须看到,我国建材行业的总体科技水平、管理水平还是比较落后的,主要表现在:能源消耗大;劳动生产率低;产业结构落后、污染环境严重;集约化程度低,科技含量低;市场应变能力差等。因此,我国建材工业还处于“大而不强”的状态。针对此情况,我国建材主管部门提出了建材工业“由大变强,靠新出强”的跨世纪发展战略。其总目标是:从现在起力争用 30~40 年时间,逐步把建材工业建设成具有国际竞争能力,适应国民经济高度发展的现代化原材料及制品工业,和建筑业一起,成为国民经济的支柱产业。这个总目标的内容包括:(1)建设起有我国特色的现代化的新技术结构,着力发展新技术、新工艺、新产品;(2)建设起高效益的新产业结构,实现由一般产品向高质量产品,低档产品向中、高档产品,单一产品向配套产品的转变,使产品结构适应需求变化;(3)建设起新的现代化管理体制和制度;(4)塑造一支适应现代化建设要求的新队伍。因此,到 21 世纪,我国的建材工业必将会发展更快,其产品的品种、质量和产量可极大地满足我国建设事业蓬勃发展的需要。

1.4 本课程的内容和任务

本课程是房屋建筑工程或其它有关土建专业的一门基础技术课,并兼有专业课的性质。课程的任务是使学生通过学习,获得建筑材料的基础知识,掌握建筑材料的技术性能和应用方法及其试验检测技能,同时对建筑材料的储运和保护也有所了解,以便在今后的工作实践中能正确选择与合理使用建筑材料。亦为进一步学习其它有关的专业课打下基础。

本书各章分别主要讲述各类建筑材料的品种、基本组成、配制、性能和用途。为了教学方便,将按下述顺序对各种常用的建筑材料进行讲授:材料的基本性质,石材,气硬性胶凝材料,水泥,混凝土及砂浆,墙体材料,建筑钢材,建筑塑料及涂料,防水材料,绝热材料和吸声材料,建筑装饰材料等。

实验课是本课程的重要教学环节,是为了加深了解材料的性能和掌握试验方法,培养科学研究能力以及严谨的科学态度,因之,结合课堂讲授的内容,加强对材料试验的实践是十分必要的,本课程安排了有关试验内容。

2 建筑材料的基本性质

在建筑物中,建筑材料要承受各种不同的作用,因而要求建筑材料具有相应的不同性质。如用于建筑结构的材料要受到各种外力的作用,因此,选用的材料应具有所需要的力学性能。又如根据建筑物各种不同部位的使用要求,有些材料应具有防水、绝热、吸声等性能。对于某些工业建筑,要求材料具有耐热、耐腐蚀等性能。此外,对于长期暴露在大气中的材料,要求能经受风吹、日晒、雨淋、冰冻而引起的温度变化、湿度变化及反复冻融等的破坏作用。为了保证建筑物的耐久性,要求在工程设计与施工中正确地选择和合理地使用材料,因此,必须熟悉和掌握各种材料的基本性质。

2.1 材料的基本物理性质

2.1.1 材料的实际密度、表观密度与堆积密度

密度是指物质单位体积的质量。单位为 g/cm^3 或 kg/m^3 。由于材料所处的体积状况不同,故有实际密度(旧称真密度)、表观密度和堆积密度之分。

2.1.1.1 实际密度(简称密度)

实际密度是指材料在绝对密实状态下,单位体积所具有的质量,按下式计算:

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

式中 ρ ——实际密度(g/cm^3);

m ——材料的质量(g);

V ——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孔隙在内的体积。除了钢材、玻璃等少数接近于绝对密实的材料外,绝大多数材料都有一些孔隙。在测定有孔隙的材料密度时,应把材料磨成细粉以排除其内部孔隙,用密度瓶(李氏瓶)测定其实际体积,该体积即可视为材料绝对密实状态下的体积。

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(颗粒内部的封闭孔隙体积无法排除),这时所求得的实际密度为近似密度(旧称视密度)。

材料的密度与 4°C 纯水密度之比称相对密度,是一个无量纲的物理量。

2.1.1.2 表观密度

旧称容重,是指材料在自然状态下,单位体积所具有的质量,按下式计算:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (2.2)$$

式中 ρ_0 ——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,或称表观体积(cm^3 或 m^3)。

表观体积是指包含材料内部孔隙在内的体积。当材料孔隙内含有水分时,其质量和体积就均有所变化。故测定表观密度时,须注明其含水情况。在烘干状态下的表观密度,称为干表观密度。

2.1.1.3 堆积密度

堆积密度(旧称松散容重)是指粉状、粒状或纤维状材料在堆积状态下,单位体积(包含了颗粒内部的孔隙及颗粒之间的空隙)所具有的质量,按下式计算:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (2.3)$$

式中 ρ'_0 ——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)。

测定散粒状等材料的堆积密度时,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而言。因此,材料的堆积体积包含了材料颗粒之间的空隙。

在建筑工程中,计算材料用量、构件自重、配料计算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数据。常用建筑材料的有关数据见表 2.1。

常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

表 2.1

材 料	密度 $\rho(\text{g}/\text{cm}^3)$	表观密度 $\rho_0(\text{kg}/\text{m}^3)$	堆积密度 $\rho'_0(\text{kg}/\text{m}^3)$	孔隙率(%)
石 灰 岩	2.60	1800~2600	—	—
花 岗 岩	2.80	2500~2700	—	0.5~3.0
碎 石(石灰岩)	2.60	—	1400~1700	—
砂	2.60	—	1450~1650	—
粘 土	2.60	—	1600~1800	—
普通粘土砖	2.50	1600~1800	—	20~40
粘土空心砖	2.50	1000~1400	—	—
水 泥	3.10	—	1200~1300	—
普通混凝土	—	2100~2600	—	5~20
轻骨料混凝土	—	800~1900	—	—
木 材	1.55	400~800	—	55~75
钢 材	7.85	7850	—	0
泡沫塑料	—	20~50	—	—
玻 璃	2.55	—	—	—

2.1.2 材料的密实度与孔隙率

2.1.2.1 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度,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:

$$D = \frac{V}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (2.4)$$

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。

2.1.2.2 孔隙率

孔隙率是指材料体积内,孔隙体积与总体积之比,以 P 表示。可用下式计算:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (2.5)$$

孔隙率与密实度的关系为:

$$P + D = 1 \quad (2.6)$$

上式表明,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。

孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。材料内部的孔隙又可分为连通的孔和封闭的孔,连通孔隙不仅彼此贯通且与外界相通,而封闭孔隙彼此不连通且与外界隔绝。孔隙按其尺寸大小又可分为粗孔和细孔。孔隙率的大小及孔隙本身的特征与材料的许多重要性质,如强度、吸水性、抗渗性、抗冻性和导热性等都有密切关系。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。几种常用建筑材料的孔隙率见表 2.1。

2.1.3 材料的填充率与空隙率

2.1.3.1 填充率

填充率是指散粒材料在某容器的堆积体积中,被其颗粒填充的程度,以 D' 表示。可用下式计算:

$$D' = \frac{V_0'}{V_0} = \frac{\rho_0'}{\rho_0} \times 100\% \quad (2.7)$$

2.1.3.2 空隙率

空隙率是指散粒材料在某容器的堆积体积中,颗粒之间的空隙体积所占的比例,以 P' 表示。可用下式计算:

$$P' = \frac{V_0' - V_0}{V_0'} = 1 - \frac{V_0}{V_0'} = \left(1 - \frac{\rho_0'}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (2.8)$$

$$\text{即 } D' + P' = 1 \text{ 或 } P' = 1 - D' \quad (2.9)$$

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒之间相互填充的致密程度。空隙率 P' 可作为控制混凝土骨料级配与计算含砂率的依据。

2.1.4 材料与水有关的性质

2.1.4.1 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,可将材料分为亲水性和憎水性(或称疏水性)两大类。

材料被水润湿的程度可用润湿角 θ 表示。如图 2.1 所示。润湿角是在材料、水和空气三者的交点处,沿水滴表面切线(γ_L)与水和固体接触面(γ_{SL})之间的夹角。 θ 角愈小,则该材料能被水所润湿的程度愈高。一般认为,润湿角 $\theta \leq 90^\circ$ (图中(a)所示)的材料为亲水性材料。反之, $\theta > 90^\circ$, 表明该材料不能被水润湿,称为憎水性材料。

大多数建筑材料,如石料、砖、混凝土、木材等都属于亲水性材料,表面均能被水润湿,且能通过毛细管作用将水吸入材料的毛细管内部。

沥青、石蜡等属于憎水性材料，表面不能被水润湿。这类材料一般能阻止水分渗入毛细管中，因而能降低材料的吸水性。憎水性材料不仅可用作防水材料，而且还可用于亲水性材料的表面处理，以降低其吸水性。

2.1.4.2 吸水性

材料在浸水状态下吸入水分的能力为吸水性。吸水性的 大小，以吸水率表示。吸水率有质量吸水率和体积吸水率之分。

质量吸水率：材料所吸收水分的质量占材料干燥质量的百分数，可按 下式计算：

$$W_{\text{质}} = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (2.10)$$

式中 $W_{\text{质}}$ ——材料的质量吸水率(%)；

$m_{\text{湿}}$ ——材料吸水饱和后的质量(g)；

$m_{\text{干}}$ ——材料烘干到恒重的质量(g)。

体积吸水率：是指材料体积内被水充实的程度。即材料吸收水分的体积占干燥材料自然体积的百分数，可按 下式计算：

$$W_{\text{体}} = \frac{V_{\text{水}}}{V_1} = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{V_1} \cdot \frac{1}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \times 100\% \quad (2.11)$$

式中 $W_{\text{体}}$ ——材料的体积吸水率(%)；

$V_{\text{水}}$ ——材料在吸水饱和时，水的体积(cm^3)；

V_1 ——干燥材料在自然状态下的体积(cm^3)；

$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ ——水的密度(g/cm^3)。

质量吸水率与体积吸水率存在如下关系：

$$W_{\text{体}} = W_{\text{质}} \rho_0 \frac{1}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (2.12)$$

材料的吸水性，不仅取决于材料本身是亲水的还是憎水的，也与其孔隙率的大小及孔隙特征有关。一般孔隙率愈大，则吸水性也愈强。封闭的孔隙，水分不易进入；粗大开口的孔隙，水分又不易存留，故材料的体积吸水率，常小于孔隙率。这类材料常用质量吸水率表示它的吸水性。

对于某些轻质材料，如加气混凝土、软木等，由于具有很多开口而微小的孔隙，所以它的质量吸水率往往超过 100%，即湿质量为干质量的几倍，在这种情况下，最好用体积吸水率表示其吸水性。

水在材料中对材料性质将产生不良的影响，它使材料的表观密度和导热性增大，强度降低，体积膨胀。因此，吸水率大对材料性能是不利的。

2.1.4.3 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。吸湿性的大小用含水率表示。

材料所含水质量占材料干燥质量的百分数，称为材料的含水率，可按 下式计算：

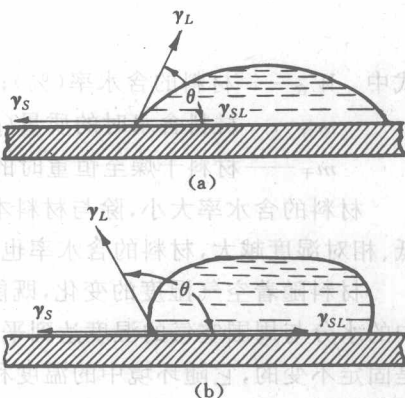


图 2.1 材料的润湿示意图

(a) 亲水性材料；(b) 憎水性材料

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (2.13)$$

式中 $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率(%)；

$m_{\text{含}}$ ——材料含水时的质量(g)；

$m_{\text{干}}$ ——材料干燥至恒重时的质量(g)。

材料的含水率大小,除与材料本身的特性有关外,还与周围环境的温度、湿度有关。气温越低、相对湿度越大,材料的含水率也就越大。

材料随着空气湿度的变化,既能在空气中吸收水分,又可向外界扩散水分,最终将使材料中的水分与周围空气的湿度达到平衡,这时材料的含水率,称为平衡含水率。平衡含水率并不是固定不变的,它随环境中的温度和湿度的变化而改变。当材料吸水达到饱和状态时的含水率即为吸水率。

2.1.4.4 耐水性

材料长期在饱和水作用下不破坏,其强度也不显著降低的性质称为耐水性。材料的耐水性用软化系数表示。可按下式计算:

$$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f_{\text{干}}} \quad (2.14)$$

式中 $K_{\text{软}}$ ——材料的软化系数；

$f_{\text{饱}}$ ——材料在饱和水状态下的抗压强度(MPa)；

$f_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度(MPa)。

软化系数的大小表明材料浸水后强度降低的程度,一般波动在 0~1 之间。软化系数越小,说明材料吸水饱和后的强度降低越多,所以其耐水性越差。对于经常位于水中或受潮严重的重要结构物的材料,其软化系数不宜小于 0.85;受潮较轻的或次要结构物的材料,其软化系数不宜小于 0.70。软化系数大于 0.80 的材料,通常可以认为是耐水的材料。

2.1.4.5 抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性(或不透水性)。可用渗透系数 K 表示。

达西定律表明,在一定时间内,透过材料试件的水量与试件的断面积及水头差(液压)成正比,与试件的厚度成反比,即:

$$W = K \frac{H}{d} A t \quad \text{或} \quad K = \frac{Wd}{AtH} \quad (2.15)$$

式中 K ——渗透系数($\text{mL}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$);

W ——透过材料试件的水量(mL);

t ——透水时间(s);

A ——透水面积(cm^2);

H ——静水压力水头(cm);

d ——试件厚度(cm)。

渗水系数反映了材料抵抗压力水渗透的性质,渗透系数越大,材料的抗渗性越差。

对于混凝土和砂浆材料,抗渗性常用抗渗等级(S)表示(详见第 6 章)。

$$S = 10H - 1 \quad (2.16)$$

式中 S ——抗渗等级;

H ——试件开始渗水时的水压力(MPa)。

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。孔隙率很小而且是封闭孔隙的材料具有较高的抗渗性。对于地下建筑及水工构筑物,因常受到压力水的作用,故要求材料具有一定的抗渗性;对于防水材料,则要求具有更高的抗渗性。材料抵抗其它液体渗透的性质,也属于抗渗性。

2.1.4.6 抗冻性

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,同时也不严重降低强度的性质称为抗冻性。通常采用 -15°C 的温度(水在微小的毛细管中低于 -15°C 才能冻结)冻结后,再在 20°C 的水中融化,这样的过程为一次循环。

材料经多次冻融交替作用后,表面将出现剥落、裂纹,产生质量损失,强度也将会降低。因为冰冻对材料的破坏作用是由于材料孔隙内的水结冰时体积膨胀而引起的。所以材料抗冻性的高低,决定于材料的吸水饱和程度和材料对结冰时体积膨胀所产生的压力的抵抗能力。

抗冻性良好的材料,对于抵抗温度变化、干湿交替等破坏作用的性能也较强。所以,抗冻性常作为考查材料耐久性的一个指标。处于温暖地区的建筑物,虽无冰冻作用,为抵抗大气的作用,确保建筑物的耐久性,有时对材料也提出一定的抗冻性要求。

2.1.5 材料的热工性质

在建筑中,建筑材料除了须满足必要的强度及其它性能的要求外,为了节约建筑物的使用能耗以及为生产和生活创造适宜的条件,常要求建筑材料具有一定的热工性质,以维持室内温度。常考虑的热工性质有材料的导热性、热容量和比热容等。

2.1.5.1 导热性

材料传导热量的能力称为导热性。材料导热能力的大小可用热导率(λ)表示。热导率在数值上等于厚度为 1m 的材料,当其相对表面的温度差为 1K 时,其单位面积(1m^2)单位时间(1s)所通过的热量。可用下式表示:

$$\lambda = \frac{Q\delta}{At(T_2 - T_1)} \quad (2.17)$$

式中 λ ——热导率($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$);

Q ——传导的热量(J);

A ——热传导面积(m^2);

δ ——材料厚度(m);

t ——热传导时间(s);

$(T_2 - T_1)$ ——材料两侧温差(K)。

材料的热导率越小,绝热性能越好。各种建筑材料的热导率差别很大,大致在 $0.035 \sim 3.5\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 之间。如泡沫塑料 $\lambda=0.035\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,而大理石 $\lambda=3.5\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 。热导率与材料内部孔隙构造有密切关系。由于密闭空气的热导率很小($\lambda=0.023\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$),所以,材料的孔隙率较大者其热导率较小,但如孔隙粗大或贯通,由于对流作用的影响,材料的热导率反而增高。材料受潮或受冻后,其热导率会大大提高。这是由于水和冰的热导率比空气的热导率高很多(分别为 $0.58\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 和 $2.20\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)。因此,绝热材料应经常处于干燥状态,以利于发挥材料的绝热效能。