

JIANZHU GONGCHENG CAILIAO

高职高专建筑工程系列教材

建筑工程材料



● 主 编 杨光华
副主编 吴时龙

重庆大学出版社

建筑工程材料

主 编 杨光华
副主编 吴时龙

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书为三年制高职高专土建类专业教材。全书共分12章,主要包括建筑材料的基本性质,天然石材,气硬性胶凝材料,水泥,混凝土,建筑砂浆,墙体材料,建筑钢材,防水材料及沥青混合料,木材,建筑塑料,建筑装饰材料等。主要介绍了常用建筑材料的基本组成,技术性能,技术要求,生产制造过程,合理运用,以及建筑材料试验和质量检测控制等内容。

本书的编写采用了最新标准规范,尽可能地反映新材料,新工艺,新技术,新设备的应用。尽可能地做到理论联系实际,够用,实用为度。本书可作为高职高专土建类专业的教材使用,也可供成人高校相关专业和建筑施工管理的技术人员使用、参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程材料/杨光华主编. —重庆:重庆大学出版社,2004.9

高职高专建筑工程系列教材

ISBN 7-5624-3204-X

I. 建... II. 杨... 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(2004)第071996号

建筑工程材料

主 编 杨光华

副主编 吴时龙

责任编辑:谭 敬 版式设计:谭 敬

责任校对:任卓惠 责任印制:秦 梅

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (市场营销部)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:16 字数:399千

2004年9月第1版 2004年9月第1次印刷

印数:1—5 000

ISBN 7-5624-3204-X/TU·146 定价:21.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有 翻印必究

前言

本书是根据全国培养高职高专土建类专业(工程技术)毕业生业务要求规格,专业教学计划“建筑材料”课程教学大纲要求和适合各类专科层次的学员使用要求编写的。

本书在编写过程中注重基本理论,力求联系生产实际,着重叙述建筑工程中常用的各种主要材料的基本性质,技术性能,质量标准,检测方法以及合理使用保管等内容。并以材料的技术性能,质量检测和合理应用为重点,使学生通过学习,能正确地选择和使用建筑材料。

本书重点编写了水泥、混凝土、砂浆、钢材、防水材料,同时介绍了国内目前使用的新型建筑材料,对木材、石材、塑料、装饰材料也做了介绍。

全书按国家现行规范,标准,规程和法定计量单位编写,尽量按有关标准统一全书的符号和基本术语。力求内容精练,概念清楚,文字通顺,简明实用,便于自学。本书除满足土建类各大专层次的有关教学要求外,还可以供从事建筑工程施工管理的技术人员参考。

本书(按章排序):绪论、第4章、试验4由杨光华(昆明大学)编写;第1章、试验1由魏屏(昆明大学)编写;第2章、第6章、试验5由常丽(中铁咸阳管理干部学院)编写;第3章、第12章由李丽蓉(昆明大学)编写;第5章,试验3、实验4由吴时龙(山西工程职业学院)编写;第7章、第9章、试验6、试验9由祝代雄(贵州工业大学)编写;第8章、试验7由瞧志玲,张小平(大同职业技术学院)编写;第10章、木材、试验8由袁影辉(河北工业职业技术学院)编写,第11章由吕增兴(昆明大学)编写。全书由杨光华统稿,徐春荣、彭亿(昆明大学)插图。由于时间仓促及编写人员编著能力和学识水平所限,书中难免有不足和失误,恳望读者指正。

《建筑材料编写组》

2004年6月

目 录

绪 论	1
第1章 建筑材料的基本性质	4
1.1 材料的基本性质	4
1.2 材料的基本力学性质	11
1.3 材料的耐久性	13
1.4 材料的组成、结构及构造	14
复习思考题	16
第2章 天然石材	17
2.1 建筑用石材	17
2.2 建筑石材的选用	20
复习思考题	24
第3章 气硬性胶凝材料	25
3.1 石灰	25
3.2 石膏	28
3.3 水玻璃	30
3.4 镁质胶凝材料	31
复习思考题	32
第4章 水泥	33
4.1 硅酸盐水泥	33
4.2 混合材料及掺混合材料的水泥	41
4.3 其他品种的水泥	48
复习思考题	53
第5章 混凝土	54
5.1 概述	54
5.2 普通混凝土的组成材料	55
5.3 普通混凝土的主要技术性质	63
5.4 混凝土外加剂	75
5.5 普通混凝土配合比的设计	79
5.6 高强混凝土	87
5.7 其他品种混凝土	87

5.8 混凝土强度检验评定	92
复习思考题	96
第6章 建筑砂浆	98
6.1 砌筑砂浆	98
6.2 抹灰砂浆	104
复习思考题	106
第7章 墙体材料	107
7.1 砌墙砖	107
7.2 砌块	112
7.3 墙板	116
复习思考题	120
第8章 建筑钢材	121
8.1 建筑钢材的基本知识	121
8.2 钢材的主要性能	123
8.3 常用建筑钢材	130
复习思考题	140
第9章 防水材料及沥青混合料	142
9.1 沥青	142
9.2 防水卷材	147
9.3 防水涂料	152
9.4 密封材料	155
9.5 沥青混合料	157
复习思考题	160
第10章 木材	161
10.1 木材的分类及构造	161
10.2 木材的物理和力学性质	164
10.3 木材的腐朽、防腐、阻燃与防火	171
10.4 木材的综合利用	173
复习思考题	176
第11章 建筑塑料与胶粘剂	177
11.1 建筑塑料与分类	177
11.2 常用建筑塑料制品	180
11.3 胶粘剂	182
复习思考题	185
第12章 建筑装饰材料	186
12.1 装饰材料的基本要求	186
12.2 玻璃	187
12.3 建筑陶瓷	190

12.4 建筑涂料	191
12.5 装饰板材及卷材	200
12.6 保温材料及吸声材料	204
复习思考题	206
建筑材料试验	208
实验1 建筑材料基本性质试验	208
实验2 水泥试验	211
实验3 普通混凝土试验	221
实验4 建筑砂浆试验	225
实验5 烧结普通砖试验	229
实验6 钢筋试验	231
实验7 木材试验	235
实验8 石油沥青试验	239
参考文献	244

绪 论

(1) 建筑材料在国民经济建设中的作用

建筑业是我国国民经济的支柱产业,建筑材料是建筑生产经营活动的物质基础,与建筑设计,建筑结构,建筑施工和建筑经济一样,是建筑工程中很重要的组成部分。

随着社会生产力和科学技术的不断进步,建筑材料也在逐步的发展。建筑工程中很多技术问题的突破和创新,常决定了建筑材料的突破和创新,新的建筑材料的出现,又将促进结构设计及施工技术的革新。一种新材料的出现,会使结构设计理论大大地向前推进,使一些无法实现的构想变为现实,乃至使整个社会的生产力发生飞跃,建筑材料的发展史,是人类文明史的一部分。人类从不懂使用建筑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的炼钢。建筑结构也从简单的砖木结构发展到钢结构和钢筋混凝土结构,使现代建筑能够向高层,超高层发展。建筑材料科学技术的发展,不仅对建筑业有重要作用,而且会促进整个社会生产力和科学技术的发展。

在现代市场经济条件下,建筑业面临着新机遇,新挑战,同时也承受着市场竞争的压力。建筑业的生产经营活动总是围绕着降低造价,优质高效而进行。在这一过程中,建筑材料的费用直接影响工程造价的高低。建筑材料在建筑业生产过程中不仅用量大,品种,规格多,而且涉及到加工,运输,储存等各个领域,直接影响工程造价。在土建工程中,一般建筑工程用于材料的费用占工程总造价的一半以上。因而,合理使用材料,对降低工程造价,提高工程的经济效益有相当重要的作用。

(2) 建筑材料的发展

建筑材料的发展史,是人类文明史的重要组成部分。我国是文明古国,古代劳动人民在建筑材料的生产和使用方面,有着悠久的历史,取得过重大的成就。始建于公元前7世纪的万里长城,其中砖石材料达1亿立方米;山西五台山木结构佛光寺大殿,从建造至今已历经了1100多年风霜雨雪和地震,仍然保存完好。距今2000多年的都江堰水利工程,现在对成都平原的灌溉,排涝仍起着重要的作用。然而,建筑工程的规模和建筑材料的发展水平,受生产水平的限制。我国经历了较长的封建社会,尽管过去有悠久的历史,但现代材料的发展缓慢,近百年来建筑材料多属手工业生产,建筑材料的生产和研究一直处于较落后的状况。

新中国成立以后,随着国家工业体系的建立和发展,以水泥,玻璃,陶瓷为代表的建材工业得到了快速的发展,增加品种,扩大产量。特别是改革开放以后,建材工业得到了飞速的发展。

据统计,我国解放前水泥年产量不足 100 万吨;2003 年统计达到了 8.23 亿吨,70 余个品种,产量居世界第一位。现今,我国的平板玻璃,建筑卫生陶瓷、石墨、滑石等部分非金属建材 70 个产品产量位居世界第一位。轻质板材、装饰材料、防水材料、建筑涂料、绝热、吸音材料、金属及合金材料等新型的建材,其品种规格,数量及质量都有较大的发展和提高,同时,材料标准不断的提高,尽可能的与国际接轨,采用国际标准。技术标准规范不断完善和健全,检测手段不断地实现现代化。建材工业有了长足的进步,但进步的同时,应该看到建材工业存在的不足,集中表现在:产量大,质量标准低,精品少,能源消耗大,环境污染严重;劳动力密集,生产力低下;科技含量低;缺乏国际竞争力。与国际水平相比较,我国是建材大国不是强国。为此,建材工业应该走“可持续发展”之路,依靠科技进步,大力发展新技术、新工艺、新产品,使建材产品做到节能、绿色、环保、满足人性化的要求,以适应现代建筑业工业化,现代化,提高工程质量和降低工程造价的需要。

建筑材料的发展趋势是:

- 1) 研制和生产高强度材料,以减小承重结构构件的截面,降低结构的自重。
- 2) 发展轻质材料,减轻建筑物的自重,降低运输费用和工人的劳动强度。
- 3) 发展高效无机保温,吸声材料,改善建筑物围护结构的质量。
- 4) 发展适于机械化施工的材料和制品,进一步提高施工机械化程度和加快施工速度。
- 5) 充分利用工农业废料生产建筑材料,综合利用,节约能源,改善环境。

(3) 建筑材料及分类

建筑材料是指用于建造建筑物和构筑物的各种材料及制品的总称。

建筑材料的品种繁多,体系复杂,从单一材料到复合材料的生产,建筑材料的发展经历了漫长的社会生产实践和科学研究历程。最常见的建筑材料分类,是按材料的化学成分,分为无机材料、有机材料以及复合材料 3 大类。

见表 0.1

分 类			实 例
无机材料	金属材料	黑色金属	钢,铁及其合金
		有色金属	铜,铝及其合金等
	非金属材料	天然石材	砂,石及石材制品
		烧结黏土制品	黏土砖,瓦,陶瓷制品等
		胶凝材料及制品	水泥,石灰,石膏,水玻璃,砂浆,混凝土及制品,硅酸盐制品等
		玻璃	平板玻璃,特制玻璃等
		无机纤维材料	玻璃纤维,石棉,矿物棉等
有机材料	植物材料		木材,竹材,苇材,植物纤维及制品
	沥青材料		石油沥青,煤沥青及制品
	合成高分子材料		塑料,涂料,粘合剂,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
	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		铝塑水管,PVC 钢板等

(4) 建筑材料的产品标准

建筑材料的产品标准是生产和使用单位检验,确证产品质量是否合格的技术文件。为了保证材料的质量,生产和管理,必须对材料产品的技术要求制定统一的执行标准。其主要内容包括:产品规格、分类、技术要求、检验方法、检验规则、标志、运输和存储等方面。

目前,我国常用的建筑材料产品标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准4类。

1) 国家标准

国家标准有强制性标准(代号 GB)和推荐性标准(代号 GB/T)。强制性标准是全国必须执行的技术指导文件,产品的技术指标都不得低于标准中的规定要求。推荐性标准在执行时也可采用其他相关的规定。

2) 行业(或部门)标准

各行业(或主管部门)为了规范本行业的产品质量而制定的技术标准,也是全国性的指导文件。但它是主管生产部门发布的,如建材行业标准(代号 JC)、建工行业标准(代号 JG)等。

3) 地方标准

地方标准为地方主管部门发布的地方性技术文件(代号 DB)适宜在该地区使用。

4) 企业标准

由企业制定发布的指导本企业生产的技术文件(代号 QB)仅适用于本企业。凡没有制定国家标准、部级标准的产品,均应制定企业标准。而企业标准所订的技术要求应高于类似(或相关)产品的国家标准。

标准的一般表示方法由标准名称、标准编号和颁布年份等组成。

(5) 建筑材料课程的任务

建筑材料是一门专业基础课。它除了为后续的建筑结构、建筑施工技术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。

通过建筑材料的学习,掌握建筑工程中常用的建筑材料的品种、原料、成分、生产过程、技术性能、质量检验、合理使用及运输储存。作为工程技术人员,在工程实践中,主要是使用建筑材料,应重点掌握材料的技术性能、质量检测,能够正确选择、合理使用建筑材料。

建筑材料试验是建筑材料学科的一个重要组成部分。通过试验除能验证学生的理论知识、丰富感性知识外,还能学习基本的试验技能,提高动手能力和分析问题、解决问题的能力。所以必须十分重视试验课,要切实做到人人动手,按标准操作,仔细记录,准确计算,认真分析,并及时地完成实验报告。另外,在今后的教学及实践中,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,进一步地巩固和深化对建筑材料的认识。

第 1 章

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引起的破坏作用。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性质。

1.1 材料的基本性质

1.1.1 与质量有关的性质

(1) 材料的密度、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,按下式计算:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

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不包括孔隙在内的体积。除了钢材、玻璃等到少数材料外,绝大多数材料都有一些孔隙。在测定孔隙材料的密度时,应把材料磨成细粉,干燥后用李氏瓶测定其实体积。材料磨得越细,测得的密度数值就越精确。砖、石材等块状材料的密度就用此法测得。

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,常用直接排水法测量其绝对体积的近似值(其体积中包括颗粒内部的封闭孔隙体积没有排除),这时所求得的

密度称为近似密度或视密度。

2) 表观密度

又称容重,是指材料在自然状态下,单位体积的质量,按下式计算:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1.2)$$

式中, ρ_0 ——表观密度, (g/cm^3);

m ——材料的质量(g);

V_0 ——材料在自然状态下的体积,或称表观体积(cm^3 或 m^3)。

材料的表观体积是指包含内部孔隙的体积。当材料孔隙内含有水分时,其重量和体积均将有所变化,在测定表观密度时须注明其含水情况。一般是指材料在气干状态(长期在空气中干燥)下的表观密度。在烘干状态下的表观密度称为干表观密度。

3) 堆积密度

堆积密度是指粉状、粒状或纤维状的材料在自然堆积状态下,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:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1.3)$$

式中, ρ'_0 ——堆积密度, (kg/m^3);

m ——材料的质量(kg);

V'_0 ——材料堆积体积(m^3)。

测定散状材料的堆积密度时,材料的质量是指填充在一定容器内的材料的质量,其堆积体积是指所用容器的容积。在建筑工程中,计算材料的用量、构件的自重,配料计算以及确定堆放空间时经常要用到材料的表观密度和堆积密度等数据。常用建筑材料的有关数据见下表 1.1。

表 1.1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

材 料	密度 $\rho/(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	表观密度 $\rho_0/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	堆积密度 $\rho'_0/(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	孔隙率/%
石灰岩	2.60	1 800 ~ 2 600	—	—
花岗岩	2.80	2 500 ~ 2 700	—	0.5 ~ 3.0
碎石(石灰岩)	2.60	—	1 400 ~ 1 700	—
砂	2.60	—	1 450 ~ 1 650	—
粘土	2.60	—	1 600 ~ 1 800	—
普通粘土砖	2.50	1 600 ~ 1 800	—	20 ~ 40
粘土空心砖	2.50	1 000 ~ 1 400	—	—
水泥	3.10	—	1 200 ~ 1 300	—
普通混凝土	—	2 100 ~ 2 600	—	5 ~ 20
轻骨料混凝土	—	800 ~ 1 900	—	—
木材	1.55	400 ~ 800	—	55 ~ 75
钢材	7.85	7 850	—	0
泡沫塑料	—	20 ~ 50	—	—
玻璃	2.55	—	—	—

(2) 材料的密实度与孔隙率

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指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:

$$D = \frac{V}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1.4)$$

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、耐热性、耐久性等,均与密实度有关。

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:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = 1 - \frac{V}{V_0} = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1.5)$$

孔隙率与密实度的关系为:

$$P + D = 1 \quad (1.6)$$

从上式中可以表明,材料的总体积是由该材料的固体物质与它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,连通的孔隙不仅彼此贯通且与外界相通,因而又称为开口孔隙。封闭的孔隙彼此不相通且与外界隔绝。孔隙按其尺寸大小又分为粗孔和细孔。孔隙率大小及孔隙本身的特征与材料的许多重要性质有关,如强度、吸水性、抗渗性、抗冻性和导热性等都有密切的关系。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。

(3) 材料的填充率与空隙率

1) 填充率

填充率是指散状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

$$D' = \frac{V}{V'_0} = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (1.7)$$

2) 空隙率

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

$$P' = \frac{V'_0 - V}{V'_0} = 1 - \frac{V}{V'_0} = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1.8)$$

$$\text{即} \quad P' + D' = 1 \quad \text{或} \quad P' = 1 - D' \quad (1.9)$$

空隙率的大小反映了散状材料的颗粒之间相互填充的致密程度。在混凝土骨料级配与计算含砂率时,就采用空隙率来进行控制。

1.1.2 材料与水有关的性质

(1) 亲水性与憎水性

建筑物常与水或是大气中的水汽接触。然而水分与不同固体材料表面之间相互作用的情

况是不同的。我们根据材料是否能被水润湿,可将材料分为亲水性与憎水性(疏水性)两大类。

材料被水润湿的程度可以用润湿角表示。如图 1.1 所示。润湿角是材料、水、空气三相交点处,沿水滴表面切线与水与固体接触面之间的夹角。该角越小,则材料能被水所润湿的程度越高。一般认为,润湿角[图中 1.1(a)所示]的材料为亲水性材料。反之,图中 1.1(b)所示,表明该材料不能被水润湿,称为憎水性材料。

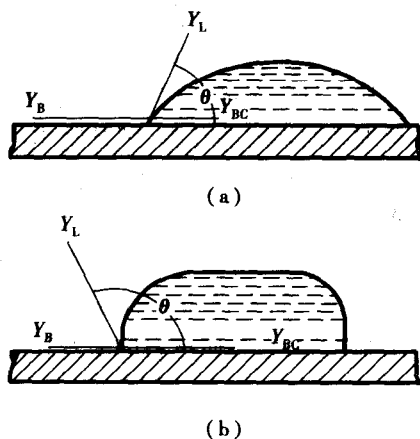


图 1.1 材料的润湿示意图

(a)亲水性材料 (b)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做防水材料,而且可以作为亲水材料的表面处理,以降低其吸水性,从而保护材料避免受到破坏。

(2) 吸水性

材料在水中能够吸收水分的性质称为吸水性。吸水性的大小用吸水率表示,由下式计算:吸水率分为质量吸水率和体积吸水率。质量吸水率是指材料所吸收的水分的质量占材料干燥状态下的质量的百分数,可按下式计算:

$$W_{\text{质}} = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1.10)$$

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);

$m_{\text{干}}$ ——材料烘干到恒重时的质量(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:

$$W_{\text{体}} = \frac{V_{\text{水}}}{V_1} = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{V_1} \times \frac{1}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \times 100\% \quad (1.11)$$

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:

$$W_{\text{体}} = W_{\text{质}} \times \rho_0 \times \frac{1}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \times 100\% \quad (1.12)$$

多数情况下是按质量吸水率表示材料的吸水性,但对于某些轻质材料,如加气混凝土、软木等,由于具有很多开口而细小的孔隙,所以它的质量吸水率往往超过 100%,即湿质量为干燥质量的几倍,在这种情况下,常用体积吸水率来表示材料的吸水性。

材料的吸水性不仅取决于材料本身是亲水性材料还是憎水性材料,也与其孔隙率的大小及孔隙的特征有关。如材料具有细微而连通的孔隙,则其吸水率较大,若是封闭孔隙,水分不容易渗入,粗大的孔隙率水分虽然容易渗入,但仅能润湿孔壁表面而不易在材料孔内存留。所以,封闭或粗大孔隙材料,其吸水率是较低的。

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%,而木材和其他轻质材料的吸水率则常常大于 100%。水在材料中对材料性质将产生不利影响,它会使材料的表观密度和导热性增大,强度降低,体积膨胀。

(3) 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收空气中水分的性质称为吸湿性。吸湿性大小用含水率表示,它是指材料所含水质量占材料干燥质量的百分数,可按下式计算:

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1.13)$$

式中, $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率(%);

$m_{\text{含}}$ ——材料含水时的质量(g);

$m_{\text{干}}$ ——材料烘干到恒重时的质量(g)。

材料的含水率随着空气湿度的大小而变化,也就是水分可以被吸收,又可以向外界扩散,最后与空气湿度达到平衡,这时的含水率称为平衡含水率。木材的吸湿性特别明显,它能大量吸收水汽而增加质量,降低强度和改变尺寸。木门窗在潮湿环境往往不易开头就是由于吸湿所引起的。保温材料如果吸收水分之后,将很大程度上降低其隔热性能,所以对于这类材料要特别注意采取有效的防护措施。

(4) 耐水性

材料在长期饱和水作用下而且不破坏,其强度也不显著降低的性质称为耐水性。一般材料随着含水量的增加,会减弱其内部的结合力,强度都有不同程度的降低,即使是致密的材料也不能完全避免这种影响,花岗岩长期浸泡在水里,强度将下降 3%,普通黏土砖和木材所受影响更为显著。材料的耐水性用软化系数表示。可用下式表示:

$$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1.14)$$

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)。

软化系数的范围波动在 0 ~ 1 之间。软化系数的大小表明材料浸水后强度降低的程度。软化系数越小,其材料吸水饱和后强度降低越多,所以耐水性越差。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 的材料可以认为是耐水性材料。

(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)。可以用渗透系数 K 表示。

$$W = K \frac{H}{d} At \quad \text{或} \quad K = \frac{Wd}{AtH} \quad (1.15)$$

式中, K ——渗透系数($\text{mL}/(\text{cm}^3 \cdot \text{s})$);

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 ——试件的厚度(cm)。

渗水系数越大,材料的抗渗性越差。

材料抗渗性的好坏,与材料的孔隙率和孔隙特征密切相关,孔隙率很低而且是封闭孔隙的材料就具有较高的抗渗性能。对于地下工程及水工构筑物,因常受到压力水的作用,所以要求材料具有一定的抗渗性能,对于防水材料,则要求更高的抗渗性。材料抵抗其他液体渗透的性质也属于抗渗性,如贮油罐则要求材料具有很好的不渗油性。

(6) 抗冻性

材料在吸水饱和状态下,能够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° 的温度(水在微小的毛细管中低于 -15° 才能冻结),再在 20° 的水中融化,这样一个过程为一次循环。

材料经过多次冻融交替作用后,表面将出现剥落、裂纹,产生质量损失,强度也会随之降低。这是由于材料孔隙内结冰所引起的。水在结冰时体积膨胀约 9%。当材料孔隙内充满水时,由于水结冰对孔壁产生很大压力(约 100 MPa),致使孔壁开裂。冰在融化时,是从表面先开始融化,然后向内进行。无论是结冰还是融化的过程,都会在材料的内外层产生明显的应力差和温度差。冻融循环次数越多,对材料的破坏作用越严重。材料受冻破坏的程度与水分在孔隙中充满的程度有关,如果孔隙内吸水后还留有一定空间,就可以缓和冰冻的破坏作用,对材料的抗冻有利。

1.1.3 与热有关的性质

(1) 导热性

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

$$\lambda = \frac{Q\delta}{At(T_2 - T_1)} \quad (1.16)$$

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 ——材料的厚度(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。在建筑热工中常用 $1/\lambda$ 称为材料的热阻,用 R 表示,热导率和热阻都是评定建筑材料保温隔热性能的重要指标。人们常习惯把防止室内热量的散失称为保温,把防止外部热量的进入称为隔热,将保温隔热统称为绝热。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,而大理石。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,所以材料的孔隙率较大且为封闭细小的孔隙构造时,其相应热导率较小,保温性能较好。相反如孔隙粗大或贯通,由于对流作用的影响,材料的导热率将增大。当材料受潮或受冻时,其导热性会大大提高,这是因为水和冰的热导率比空气中的热导率高得多,(空气的热导率为 $\lambda = 0.023 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$,水的热导率为 $\lambda = 0.58 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 及冰的热导率为 $\lambda = 2.20 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)。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性能。

(2) 比热容与热容量

材料加热时吸收热量,冷却时放出热量的性质,称为热容量。热容量的大小用比热容(简称比热)表示。比热容表示 1 g 材料温度升高 1 K 时所吸收的热量,或降低 1 K 时放出的热量。材料吸收或放出的热量可以用下式计算:

$$Q = cm(T_2 - T_1)$$

$$c = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)} \quad (1.17)$$

式中, Q ——材料吸收或放出的热量(J);

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

m ——材料的质量(g);

$(T_2 - T_1)$ ——材料受热或冷却后的温差(K)。

比热是反映材料的吸热或放热能力大小的物理量。不同材料的比热不同,即使是同一种材料,由于所处的物态不同,比热也不相同。例如水的比热 $4.186 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ 而结冰后的比热则是 $2.093 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$ 。

材料的比热,对保持建筑物内部温度稳定有很大的意义,比热大的材料,能在热流变动或采暖设备供热不均匀时,缓和室内的温度波动。常用建筑材料的比热见下表:

表 1.2 几种典型材料的热性质指标

材料名称	钢材	混凝土	松木	烧结普通砖	花岗石	密闭空气	水
比热/ $[\text{J} \cdot (\text{g} \cdot \text{K})^{-1}]$	0.48	0.84	2.72	0.88	0.92	1.00	4.18
热导率 $[\text{W} \cdot (\text{m} \cdot \text{K})^{-1}]$	58	1.51	1.17 ~ 0.35	0.80	3.49	0.023	0.58