

高职高专土建类专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN TUJIANLEI ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI



建筑材料与检测

高军林 李念国 杨胜敏 主 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

高职高专土建类专业规划教材

GAOZHI GAOZHUAN TUJIANLEI ZHUANYE GUIHUA JIAOCAI

建筑材料与检测

高军林 李念国 杨胜敏 主 编
孙荣荣 参 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

本书是按照该门课程的教学大纲及有关国家标准或行业标准编写的高职高专土建类专业系列教材。全书共分12章,内容包括:绪论,建筑材料的基本性质,气硬性胶凝材料,水泥,混凝土,建筑砂浆,烧土制品,金属材料,合成高分子材料,防水材料,新型建筑绝热材料、节能材料概述,结构工程质量检测,建筑材料检测等。

本书采用了最新标准和规范,介绍了新型材料的开发和利用、新技术的推广和应用,体现了先进性。内容突出高等职业技术教育的特色,加大实践运用力度。其基础内容具有系统性、全面性,具体内容具有针对性、实用性,满足专业特点要求。内容新颖、层次清晰、结构合理。本书适用于土建类专业的学生教材,也可作为岗位培训教材或供土建工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料与检测/高军林,李念国,杨胜敏主编. —北京:
中国电力出版社, 2008
高职高专土建类专业规划教材
ISBN 978-7-5083-7407-9

I. 建… II. ①高…②李…③杨… III. 建筑材料—检测—
高等学校:技术学校—教材 IV. TU502

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第083648号

中国电力出版社出版发行
北京三里河路6号 100044 <http://www.cepp.com.cn>
责任编辑:王晓蕾 关 童
责任印制:陈焊彬 责任校对:李 楠
航远印刷有限公司印刷·各地新华书店经售
2008年8月第1版·第1次印刷
787mm×1092mm 1/16·14.75印张·369千字
定价:29.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本社购书热线电话(010-88386685)

编委会名单

主 任 胡兴福

委 员 (按姓氏笔画排序)

王延该	卢 扬	刘 宇	安淑兰
杨晓平	李 伟	李 志	何 俊
陈松才	周无极	周连起	周道君
郑惠虹	孟小鸣	赵育红	胡玉玲
钟汉华	晏孝才	徐秀维	高军林
郭超英	崔丽萍	谢延友	樊文广

前 言

“建筑材料”课是土建类专业的一门重要的技术基础课。本书主要介绍了建筑材料的组成、性质与应用、技术标准、检验方法及保管知识。通过本书的学习,使学生能正确认识、合理选用建筑材料,并能掌握建筑材料的检验方法和运输、保管知识。

本书在编写过程中,根据高等学校土建学科教学指导委员会高等职业教育专业委员会制定的有关精神,主要突出工程实践能力培养。全书采用最新的标准与规范,重点强化检测知识,并增加了工程结构质量检测一章;对建筑材料性能检测试验进行了调整,删去了材料性质、黏土砖、沥青试验,增加了防水卷材试验;在各章内容上增加了材料选用、验收及保管。本教材突出新型材料,对每一种传统材料出现的其他新型品种,适当安排篇幅进行介绍;在每章适当增加最新发展趋势或成果,增设新型材料在建筑节能中的应用,加大高分子材料的篇幅。同时为了降低篇幅,删去了建筑石材、木材两章;装饰材料不再单列一章,有关内容并入烧土制品一章;对于烧结黏土砖、石油沥青理论部分也减少内容;在习题的形式上尽量多样化。

本书的绪论、第1章、第2章、第3章由北京农业职业技术学院杨胜敏编写;第4章、第6章、第8章由河南工业职业技术学院高军林编写;第5章、第7章、第9章、第10章由山东水利职业学院李念国编写;第11章、第12章分别由南阳市建设工程质量监督检测站孙荣荣和贾红照编写。本书由高军林、李念国、杨胜敏主编,由华北水利水电学院邢振贤教授主审。

由于编者水平和经验有限,教材中难免存在疏漏和错误,衷心希望使用本教材的读者批评指正。

编 者

目 录

前言	
绪论	1
第1章 建筑材料的基本性质	4
1.1 材料的物理性质	4
1.2 材料的力学性质	11
1.3 材料的耐久性	15
复习题	16
第2章 气硬性胶凝材料	18
2.1 石灰	18
2.2 建筑石膏	21
2.3 水玻璃	24
2.4 工程案例与发展动态	25
复习题	25
第3章 水泥	27
3.1 硅酸盐水泥	27
3.2 掺混合材料的硅酸盐水泥	34
3.3 其他品种水泥	38
3.4 水泥的选用、验收、储存及保管	42
复习题	44
第4章 混凝土	46
4.1 概述	46
4.2 普通混凝土组成材料	48
4.3 普通混凝土的主要技术性质	56
4.4 混凝土外加剂	64
4.5 普通混凝土的配合比设计	67
4.6 混凝土的质量控制与强度评定	73
4.7 其他品种混凝土	77
4.8 应用案例与发展动态	82
复习题	83
第5章 建筑砂浆	87
5.1 砌筑砂浆	87
5.2 抹面砂浆和其他砂浆	92
5.3 应用案例与发展动态	94
复习题	95

第6章 烧土制品	96
6.1 块体材料	96
6.2 建筑陶瓷	102
6.3 建筑玻璃	104
6.4 应用案例与发展动态	108
复习题	109
第7章 金属材料	110
7.1 钢材的基本知识	110
7.2 建筑用钢	119
7.3 铝合金	125
7.4 应用案例与发展动态	126
复习题	127
第8章 合成高分子材料	128
8.1 高分子材料基本知识	128
8.2 建筑塑料	129
8.3 建筑涂料	135
8.4 建筑胶结材料	138
8.5 应用案例与发展动态	140
复习题	141
第9章 防水材料	142
9.1 沥青	142
9.2 防水卷材	147
9.3 防水涂料、防水油膏	152
9.4 防水材料的选用及验收	158
9.5 发展动态	160
复习题	160
第10章 新型建筑绝热材料、节能材料概述	162
10.1 绝热材料	162
10.2 吸声、隔声材料	167
10.3 新型建筑节能材料及其应用	172
10.4 新型建筑材料的发展趋向	173
10.5 应用案例与发展动态	174
复习题	175
第11章 结构工程质量检测	176
11.1 回弹法检测混凝土强度	177
11.2 超声回弹综合法检测混凝土强度	182
11.3 拔出法检测技术	185
11.4 钻芯法检测混凝土强度	188
11.5 超声法检测混凝土缺陷	190

11.6 砌体结构检测技术	193
复习题	197
第 12 章 建筑材料检测	199
12.1 概述	199
12.2 水泥技术性质的检测	203
12.3 混凝土用骨料性能检测	210
12.4 普通混凝土性能的检测	215
12.5 建筑砂浆性质检测	218
12.6 钢筋性能检测	220
12.7 防水卷材性能检测	222
复习题	223
参考文献	227

绪 论

学习要求:

- (1) 了解建筑材料的定义和分类;
- (2) 了解建筑材料在建筑工程中的地位与特点;
- (3) 了解建筑材料发展趋势;
- (4) 明确课程目的、任务和基本要求。

1. 建筑材料的定义和分类

人类赖以生存的总环境中,所有构筑物和建筑物所用材料及制品统称为建筑材料,它是一切建筑工程的物质基础。本课程所讨论的建筑材料,是指用于建筑物地基、基础、地面、墙体、梁、板、柱、屋顶和建筑装饰的所有材料。

建筑材料种类繁多,为了研究、使用 and 叙述的方便,常从不同的角度对建筑材料进行分类,最常用的是按材料的化学成分和使用功能分类。

(1) 按建筑材料的化学成分分类,可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类(见表1)。

表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 生铁、非合金钢、合金钢、不锈钢
		有色金属 铝及铝合金、铜及铜合金
	非金属材料	天然石材 毛石、料石、石板材、碎石、卵石、砂
		烧土制品 烧结砖、瓦、陶器、炆器、瓷器
		玻璃及熔融制品 玻璃、玻璃棉、岩棉、铸石
		胶凝材料 气硬性胶凝材料：石灰、石膏、菱苦土、水玻璃 水硬性胶凝材料：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 塑胶、橡胶、胶粘剂、有机涂料	
	沥青材料 天然沥青、石油沥青、沥青制品	
复合材料	无机非金属材料—有机材料复合 沥青混凝土、聚合物混凝土、玻纤增强塑料、水泥刨花板	
	无机非金属材料—金属材料复合 钢筋混凝土、钢纤维混凝土	
	金属材料—有机材料复合 PVC 钢板、轻质金属夹芯板	

(2) 按使用功能分类,可分为建筑结构材料、墙体材料、建筑功能材料、建筑器材四大类(见表2)。

表 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、框架屋架、板等承重系统的材料	砖、石材、钢材、钢筋混凝土、木材
墙体材料	构成建筑物内、外承重墙体及内分隔墙体的材料	石材、砖、空心砖、加气混凝土、各种砌块、混凝土墙板、石膏板及复合墙板
建筑功能材料	改善建筑功能的非承重材料	建筑装饰材料：各种灰浆、水磨石、涂料、玻璃、陶器等 吸声、隔声材料：毛毡、棉毛织品、泡沫塑料、开口石膏板 保温隔热材料：矿棉、玻璃棉、加气混凝土 防水材料：沥青及其制品、树脂基防水材料 防腐材料：煤焦油、涂料 防火材料：耐火混凝土、耐火石膏板等
建筑器材	为了满足使用要求，而与建筑物配套的各种设备	电工器材及灯具 水暖及空调器材 环保器材 建筑五金

按照建筑物的不同部位采用的材料分类，有主体结构材料、屋面材料、地面材料、外墙材料、内墙材料及吊顶材料。

2. 建筑材料的发展趋势

(1) 高性能化。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、优异装饰性和优异防水性的材料，如目前已经应用的高性能混凝土、高性能防水材料及正在开发的高性能水泥等，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意义。

(2) 复合化。复合材料可以克服单一材料的弱点，而发挥其综合的复合性能。复合化已成为材料科学发展的趋势。目前正在开发的组合建筑制品主要有型材、线材和层压材料两大类。利用层压技术把传统材料组合起来形成的建筑制品，具有建筑学、力学、热学、声学 and 防火等方面的新功能，它为建筑业的发展开辟了新天地。

(3) 多功能化。发展高效能的无机保温、绝热材料、吸声材料，改善建筑物围护结构的质量，提高建筑物的使用功能。例如，配筋的加气混凝土板材，可作为墙体材料，广泛用于工业与民用建筑的屋面板和隔声板，同时具有良好的保温效果。随着材料科学的发展，将涌现出越来越多的同时具有多种功能的高效能建筑材料。

(4) 工业化。积极创造条件，努力发展适合机械化施工的材料和制品，并力求使制品尺寸标准化、大型化，便于实现设计标准化、结构装配化、预制工厂化和施工机械化。如果我們也能同建筑材料工业发达的国家一样，对楼梯、雨篷等构件都能做到预制工厂化，那么势必会大力推动我国建筑业的发展。历史已经证明，一种新材料及其制品的出现，会促使结构设计理论及施工方法的革新，使一些本来无法实现的构想变为现实。随着材料科学的不断发展，越来越多的工业废料将应用到建筑材料的生产中，从而有效地保护环境，并降低建材成本。

3. 建筑材料在建设工程中的地位及其特点

建筑材料是一切建筑工程的物质基础。建筑材料工业推动着建筑业的发展,是国民经济的支柱之一,与人们的生活息息相关,不可分割。为了解决人们居住问题,必须修建房屋;为了解决粮食和能源问题,必须兴建水利工程和水利设施;为了解决人员流动,必须兴建铁路、公路、港口、机场等设施。各种建筑物与构筑物都是在合理设计基础上由各种建筑材料建造而成的。

建筑材料不仅用量大,而且费用高,建筑材料的品种、规格及质量都直接关系到建筑物的实用性、艺术性及耐久性,也直接关系到建筑物的工程造价。在房屋建筑工程总造价中,建筑材料的费用约占总造价的50%~60%。所以,在建设工程中能恰当的选择、合理地使用建筑材料对降低工程造价、提高投资效益有着重要的实际意义。因此建材工业又被认为是建设工程的基础性产业。可以说没有建筑材料就没有建筑工程,也就没有人类文明的发展和进步。

建筑材料与建筑、结构、施工之间存在着相互促进、相互依存的密切关系。大量新型建材的不断涌现,常常推动着建筑技术的革新与发展。例如烧结砖的出现,产生了砖木结构;水泥和钢筋的出现,产生了钢筋混凝土结构;轻质高强材料的出现,又推动了现代建筑和高层建筑的发展;各种功能材料在建筑业中的应用,不断地为人类创造着各种舒适的生活、生产环境,并且有利于节省能源。

现代生产力不断提高,人民生活水平不断改善,这将要求建筑材料的品种与性能更加完备,不仅要求经久耐用,而且要求建筑材料具有轻质、高强、保温、吸声、防水、防震、防火、节能等功能。总之,应用在工程的建筑材料必须具有工程要求的使用功能,具有与使用环境条件相适应的耐久性。

4. 本课程的学习目的和方法

本课程是土建类专业实用性很强的一门技术基础课程。本课程主要讲述建筑材料的组成、性能、试验方法、储运保管和应用等方面的知识,为学生学习专业课程提供必要的技术基础知识,也为今后实际工作中能够正确选择、鉴别、管理和合理使用建筑材料,奠定基本的理论知识和初步的训练。

在学习中要重点掌握材料的组成、技术性质和特征,外界因素对材料性质的影响和应用的原则,各种材料都应遵循这一主线来学习。试验是本课程的重要教学环节,学生要注意把所学理论知识落实在材料的检测、验收、合理选用等实践操作技能上,并对试验结果进行正确的分析和判断,从而有助于培养严谨的学习态度和工作作风。在学习中还应密切联系施工中材料的应用情况,了解有关材料的新品种、新标准,更好掌握和使用材料。

第1章 建筑材料的基本性质

学习要求:

- (1) 掌握材料的密度、表观密度、堆积密度、孔隙率和密实度; 材料的吸水率、含水率、耐水性; 材料的热导率; 材料的强度与强度等级; 弹性和塑性、脆性和韧性的概念。
- (2) 理解影响材料有关性质的因素。
- (3) 了解材料的耐燃性和耐火性; 材料的热容量和比热; 材料的硬度和耐磨性。
- (4) 熟练掌握计算密度、表观密度及孔隙率之间的关系; 确定吸水率、含水率与基本性质之间的关系。

1.1 材料的物理性质

1.1.1 与质量有关的物理性质

1. 材料的体积构成

固体材料的体积构成: 固体材料的总体积包括固体物质体积与孔隙体积两部分。孔隙按常温、常压下水能否进入分为开口孔隙和闭口孔隙, 如图 1-1 所示。在建筑材料中, 除了钢材、玻璃等极少数材料被认为不含孔隙外, 绝大多数材料内部都存在孔隙。

散粒材料的堆积体积构成: 散粒材料的堆积体积包括颗粒中固体物质体积、孔隙体积和颗粒间空隙体积三部分。散粒材料的体积构成如图 1-2 所示。

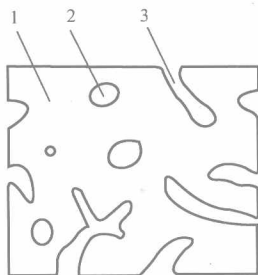


图 1-1 含孔材料的体积构成示意

1—颗粒中的固体物质; 2—开口孔隙;
3—闭口孔隙

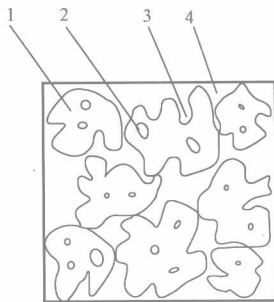


图 1-2 散粒材料的体积构成示意

1—颗粒中的固体物质; 2—颗粒的开口孔隙;
3—颗粒的闭口孔隙; 4—颗粒间的空隙

2. 材料的密度、表观密度和堆积密度

(1) 密度是指材料在绝对密实状态下, 单位体积的质量。用式 (1-1) 表达:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1-1)$$

式中 ρ ——密度, 单位为 g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, 单位为 g 或 kg;

V ——材料在绝对密实状态下的体积, 单位为 cm^3 或 m^3 。

对于绝对密实而外形规则的材料如钢材、玻璃等, V 可采用测量计算的方法求得。对可研磨的有孔材料, 如砌块、石膏等材料的密实体积的测定方法: 通常把材料磨成细粉 (粒径小于 0.2mm), 去除其内部孔隙, 干燥后用密度瓶通过排液体积法测定。材料磨得越细, 细粉体积越接近其密实体积, 所测得密度值越精确。对于颗粒外形不规则的坚硬颗粒, 如砂或石子, V 可用排水法测得, 此时所得体积为表观体积 V_0 , 故对此类材料一般用表观密度 ρ_0 概念。

(2) 表观密度。表观密度是指在材料自然状态下, 单位体积的质量。表观密度的计算式为

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 ρ_0 ——材料的表观密度, 单位为 g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, 单位为 g 或 kg;

V_0 ——材料的表观体积, 单位为 cm^3 或 m^3 。

材料在自然状态下的体积是指材料的固体体积与全部孔隙体积之和。对于形状规则的体积可直接量测; 对于形状不规则的体积可将其表面封蜡以后用排水法测得。

对于颗粒外形不规则的坚硬颗粒, 因其颗粒内部孔隙极少, 如砂或石子, 用排水法测得的颗粒体积与其密实体积基本相同, 因此, 砂、石表观密度可近似地当作其密度, 故称视密度, 又称颗粒表观密度。

当材料孔隙内含有水分时, 质量和体积均有所变化, 因此测定材料表观密度时, 应同时测定含水量, 并予以注明。通常所说的表观密度是指干表观密度。

(3) 堆积密度。散粒材料 (砂、石子、水泥等) 在规定装填条件下单位体积的质量称为堆积密度。用下式表示:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-3)$$

式中 ρ'_0 ——散粒材料堆积密度, 单位为 kg/m^3 ;

m ——散粒材料质量, 单位为 kg;

V'_0 ——散粒的体积, 单位为 m^3 。

堆积密度的大小与材料装填于容器中的条件或材料堆积状态有关。按一定的方法将散粒材料装入一定的容器中, 则堆积体积为容器的容积, 如图 1-3 所示。在自然堆积状态下称松堆密度, 当紧密堆积 (如加以振实) 时称为紧堆密度。

堆积密度用容积升来测定。容积升的大小视颗粒的大小而定, 例如砂子用 1L 的容积升测定, 石子用 10L、20L、30L 的容积升测定。

堆积密度是指材料在气干状态下的堆积密度, 其他含水情况应注明。

堆积密度要比同样材料的密度和表观密度小得多, 例如, 石灰石的密度为 $2600\text{kg}/\text{m}^3$, 表观密度为 $2400\text{kg}/\text{m}^3$, 而石灰石、碎石的堆积密度仅为 $1500\text{kg}/\text{m}^3$ 。

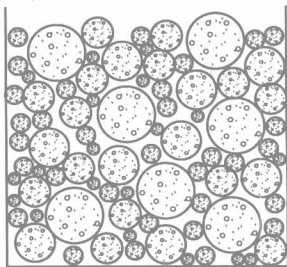


图 1-3 堆积体积测试图

在建筑工程中,进行配料计算,确定材料的运输量及堆放空间,确定材料用量及构件自重等经常用到材料的密度、表观密度和堆积密度值,常用建筑材料的密度、表观密度和堆积密度见表 1-1。

表 1-1 常用建筑材料的密度及表观密度和堆积密度

材料名称	密度 $\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$	体积密度 $\rho_0/(\text{kg}/\text{m}^3)$	堆积密度 $\rho'_0/(\text{kg}/\text{m}^3)$
钢材	7.8~7.9	7580	
花岗石	2.7~3.0	2500~2900	
石灰石	2.4~2.6	1600~2400	
砂	2.5~2.6		1400~1700
水泥	2.8~3.1		1600~1800
普通玻璃	2.5~2.6	2500~2600	
普通混凝土	2.6~2.8	2300~2500	
碎石或卵石	2.6~2.9	2500~2850	1400~1700
木材	1.55	400~800	
发泡塑料	1.0~2.6	20~50	

3. 材料的密实度与孔隙率、填充率与空隙率

(1) 密实度与孔隙率。密实度是指材料体积内被固体物质充实的程度,也就是固体体积占总体积的比例,用 D 来表示,按式 (1-4) 计算:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% \quad \text{或} \quad D = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1-4)$$

孔隙率是指材料体积内孔隙体积占总体积的百分率,用 P 来表示,按式 (1-5) 计算:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-5)$$

密实度与孔隙率的关系,可用式 (1-6) 来表示:

$$D + P = 1 \quad (1-6)$$

材料孔隙率的大小直接反映材料的密实程度,孔隙率大,则密实度小。孔隙率相同的材料,其孔隙特征(即孔隙构造与孔径)可以不同,不同的孔隙特征对材料的影响各不相同。

工程中对需要保温隔热的建筑物或部位,要求其所用材料的孔隙率较大。相反,对要求高强或不透水的建筑物或部位,则其所用的材料孔隙率应很小。

(2) 填充率与空隙率。填充率是指颗粒材料在堆积体积中被其颗粒所填充的程度,以 D' 表示,可按式 (1-7) 计算:

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (1-7)$$

式中 V_0 ——材料所有颗粒体积之总和,单位为 m^3 ;

ρ_0 ——材料颗粒的体积密度。

空隙率是指在颗粒状材料的堆积体积内,颗粒间空隙体积所占的比例,以 P' 表示,即

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 P' ——散粒材料空隙率, 单位为%。

当计算混凝土中粗骨料的空隙时, 由于混凝土拌和物中的水泥浆能进入石子的开口孔内(即开口孔也作为空隙), 因此 ρ_0 应按石子颗粒的表观密度计算。

空隙率的大小反映了散粒材料的颗粒互相填充的致密程度。空隙率可作为控制混凝土骨料级配与计算砂率的依据。

1.1.2 材料与水有关的性质

1. 材料亲水性与憎水性

材料与水接触时, 有些材料能被水湿润, 而有些材料则不能被水湿润, 对这两种现象来说, 前者为亲水性, 后者为憎水性。为进一步说明材料的亲水性与憎水性, 引入湿润角(接触角)的概念。

在水、材料与空气的液、固、气三相交点处, 作液滴表面的切线, 切线经过水与材料表面的夹角称为材料的湿润角, 以 θ 表示。若湿润角 $\theta \leq 90^\circ$, 如图 1-4 (a) 所示, 说明材料与水之间的作用力要大于水分之间的作用力, 故材料可被水润湿, 称这种材料是亲水的。反之, 若湿润角 $\theta > 90^\circ$, 如图 1-4 (b) 所示, 说明材料与水之间的作用力要小于水分之间的作用力, 故材料可不被水润湿, 称这种材料是憎水的。

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, 而且水分不渗入材料的毛细管中(图 1-5)。

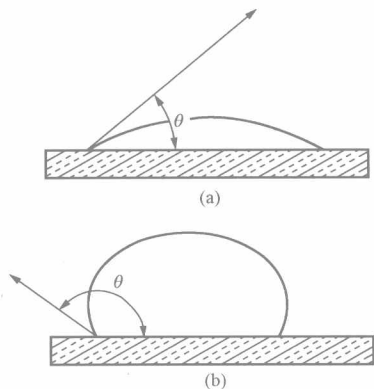


图 1-4 材料湿润角

(a) 亲水性材料; (b) 憎水性材料

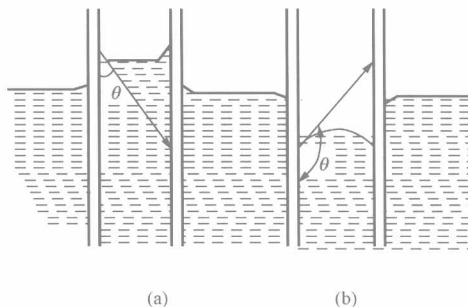


图 1-5 材料毛细管吸水性示意

(a) 亲水性毛细管; (b) 憎水性毛细管

建筑材料大多为亲水性材料, 如水泥、混凝土、砂、石、砖、木材等, 只有少数材料如沥青、石蜡及某些塑料等为憎水性材料。憎水性材料常用作防潮、防水及防腐材料, 也可对亲水性材料进行表面处理, 以降低其吸水性。

2. 吸水性与吸湿性

(1) 吸水性是材料在水中吸收水分的性质。吸水性大小用吸水率表示, 吸水率有质量吸水率和体积吸水率两种表示方法。

质量吸水率是指材料在吸水饱和状态下, 所吸水的质量占材料干质量的百分率, 用 W_m 表示, 按式 (1-9) 计算:

$$W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-9)$$

式中 W_m ——材料的质量吸水率, 单位为%;

m_2 ——材料吸水饱和状态下质量, 单位为 g;

m_1 ——材料在干燥状态下质量, 单位为 g。

对于多孔且吸水极强材料, 吸水率可用体积吸水率。体积吸水率是指材料吸水饱和状态下, 所吸水的体积占材料自然体积的百分率, 按式 (1-10) 计算:

$$W_v = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (1-10)$$

式中 W_v ——材料的体积吸水率, 单位为%;

m_2 ——材料吸水饱和状态下质量, 单位为 g;

m_1 ——材料在干燥状态下质量, 单位为 g;

V_0 ——干燥材料在自然状态下的体积, 单位为 cm^3 ;

ρ_w ——水的密度, 单位为 kg/cm^3 , 在常温下 $\rho_w = 1.0 \text{g}/\text{cm}^3$ 。

轻质材料, 如海绵、塑料泡沫等, 可吸收水分的质量远大于干燥材料的质量, 这种情况下, 吸水率一般要用体积吸水率表示。

质量吸水率和体积吸水率两者存在以下关系:

$$W_v = W_m \rho_0 \quad (1-11)$$

材料的吸水率与其孔隙率有关, 更与其特征有关。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微细孔隙愈多, 其吸水率就愈大。不同材料的吸水率变化很大, 花岗石吸水率为 $0.02\% \sim 0.7\%$, 普通混凝土吸水率为 $2\% \sim 4\%$, 烧结普通砖吸水率为 $8\% \sim 15\%$ 。

(2) 材料的吸湿性。材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。干燥的材料处在较潮湿的空气中, 便会吸收空气中的水分; 当较潮湿的材料处在较干燥的空气中, 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。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, 用 $W_{\text{含}}$ 表示。

$$W_{\text{含}} = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-12)$$

式中 $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率, 单位为%;

m_2 ——材料吸湿后的质量, 单位为 g;

m_1 ——材料在绝对干燥状态下质量, 单位为 g。

材料中所含水分与空气的湿度相平衡时的含水率, 成为平衡含水率。具有微小开口孔隙的材料, 吸湿性特别强。

含水率是随着环境而变化的, 而吸水率却是一个定值, 材料的吸水率可以说是该材料的最大含水率。

材料吸水后会对工程产生不良影响, 如受潮后的材料表观密度、导热性能增大, 强度、抗冻性降低。

3. 材料的耐水性

材料在水作用下, 保持其原有性质的能力称为耐水性。用软化系数表示:

$$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f_{\text{干}}} \quad (1-13)$$

式中 $K_{\text{软}}$ ——材料的软化系数;

$f_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度, 单位为 MPa;

$f_{\text{饱}}$ ——材料在吸水饱和状态的抗压强度, 单位为 MPa。

一般说来, 材料浸水后, 会降低材料组成微粒间的结合力, 引起强度的下降。材料的软化系数 $K_{\text{软}}$ 在 0 (黏土) ~ 1 (钢材) 之间变化。 $K_{\text{软}}$ 的大小, 表明材料吸水饱和后其强度下降的程度。 $K_{\text{软}}$ 越小, 材料吸水后强度下降越大, 即耐水性越差。一般称 $K_{\text{软}} \geq 0.85$ 的材料为耐水性材料。 $K_{\text{软}}$ 是选用建筑材料的重要依据, 经常位于水中或受潮严重的重要结构物, 应选用 $K_{\text{软}} \geq 0.85$ 的材料; 受潮较轻的或次要结构物, $K_{\text{软}}$ 不宜小于 0.75。

4. 抗渗性

抗渗性是材料在压力水作用下抵抗水渗透的性能。抗渗性用渗透系数表示:

$$K = \frac{Qd}{AtH} \quad (1-14)$$

式中 K ——渗透系数, 单位为 cm/s;

Q ——渗水量, 单位为 cm^3 ;

d ——试件厚度, 单位为 cm;

A ——渗水面积, 单位为 cm^2 ;

t ——渗水时间, 单位为 s;

H ——水头差, 单位为 cm。

渗透系数越小, 说明材料的抗渗性越强。材料抗渗性的高低与孔隙率及孔隙形态特征有关。开口大孔易渗水, 抗渗性最差。

许多材料中常含有孔隙、孔洞或其他缺陷, 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、孔洞或其他缺陷渗透到低压侧。这种压力水的渗透, 不仅会影响工程的使用, 而且渗透的水还会带入能腐蚀材料的介质, 或将材料内的某些成分带出, 造成材料的破坏。经常受压力水作用的地下工程及水利工程等, 应选用具有一定抗渗性的材料。

材料的抗渗性, 也可用抗渗等级 P 表示。即在标准试验条件下, 材料的最大渗水压力单位为 MPa。如抗渗标号为 $P8$, 表示该种材料的最大渗水压力为 0.8MPa。

抗渗性是决定材料耐久性的重要因素, 也是检验防水材料质量等级的指标之一。

5. 抗冻性

抗冻性是指材料在吸水饱和状态下, 抵抗多次冻融循环, 不破坏、强度也不显著降低的性质。

抗冻等级是以试件在吸水饱和状态下, 经冻融循环作用, 质量损失不大于 5%, 强度下降均不大于 25%, 超过规定数值的最大冻融循环次数来表示。材料的抗冻等级用 “ F_i ” 表示, “ i ” 表示冻融循环次数 (在 -15°C 的温度冻结后, 再在 20°C 的水中融化, 为一次冻融循环), 如 $F25$ 、 $F50$ 、 $F100$ 、 $F150$ 等, 抗冻等级越高, 材料的抗冻能力越强。

建筑物或构筑物在自然环境中, 温暖季节被水浸湿, 寒冷季节又受冰冻, 如此多次反复交替作用, 会在材料孔隙内壁因水的结冰体积膨胀 (约 9%) 产生高达 100MPa 的应力, 而