

普通高等院校“十二五”应用型规划教材

PUTONG GAODENG YUANXIAO "SHIERWU" YINGYONGXING GUIHUA JIAOCAI

建筑材料 项目化教程

本书赠送
学习指导

PROJECT TUTORIAL
OF BUILDING MATERIAL

>>>主编 李江华 郭玉珍 李柱凯



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等院校“十二五”应用型规划教材

建筑材料项目化教程

Project Tutorial of Building Material

主 编	李江华	郭玉珍	李柱凯
副主编	胡 驰	李兴奎	张 黎
	郑 华	闫振林	易 斌
参编人员	安 宁	彭 佳	吴金花 颜子博

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

全书共分十二个单元,主要内容有:建筑材料的基本性质,气硬性胶凝材料,水泥,混凝土与建筑砂浆,墙体材料,金属材料,防水材料,有机高分子材料,建筑石材,木材及制品,建筑玻璃,建筑陶瓷。

本书可作为高等职业学院、高等专科学校及应用型本科的建筑工程、工程造价、工程监理、工程检测等专业的教材,也可供相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料项目化教程/李江华 郭玉珍 李柱凯 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2013.9
ISBN 978-7-5609-9259-4

I. 建… II. ①李… ②郭… ③李… III. 建筑材料-高等学校-教材 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 170163 号

建筑材料项目化教程

李江华 郭玉珍 李柱凯 主编

责任编辑:金 紫

封面设计:李 嫒

责任校对:封力煊

责任监印:张贵君

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321915

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:华中理工大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:19.5

字 数:520千字

版 次:2013年9月第1版第1次印刷

定 价:49.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前 言

本教材根据建筑类高等职业教育及应用型本科院校人才培养目标进行定位,重点编写了建筑材料的技术性质及材料的验收、储存、检测、选用等与施工实际紧密联系的内容。编写过程主要依据了国家及相关行业的技术标准,一律采用了最新标准和规范。

本教材在内容安排上注意加强广泛应用的材料,反映新型材料,减少了过深的理论性知识,以实用性为主。在体例设计上,各单元除主干内容外,加设学习目标、本单元实验技能训练及本单元复习思考题,供教师课堂教学和学生课后学习采用。

本教材同时还配有学习指导,在内容安排上注意加强理论与实践相结合,在整体设计上每单元安排了练习题,另外针对部分常用材料安排了试验指导及报告填写的内容。供教师试验教学和学生试验课及课后作业采用。

本教材主要由四川建筑职业技术学院李江华、江西工业贸易职业技术学院郭玉珍、四川建筑职业技术学院李柱凯任主编;四川建筑职业技术学院胡驰、四川建筑职业技术学院李兴奎、广东水利电力职业技术学院张黎、周口职业技术学院郑华、河南财政税务高等专科学校闫振林、柳州铁道职业技术学院易斌任副主编;四川建筑职业技术学院安宁、吴金花、颜子博、彭佳参与编写。全书由李江华统稿。

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给予批评指正。

2013年8月

目 录

绪论	(1)
【复习思考题】	(4)
单元一 建筑材料的基本性质	(5)
项目一 材料的物理性质	(5)
项目二 材料的力学性质	(11)
项目三 材料的耐久性	(13)
【复习思考题】	(14)
单元二 气硬性胶凝材料	(15)
项目一 石灰	(15)
项目二 石膏	(18)
项目三 水玻璃	(20)
【复习思考题】	(22)
单元三 水泥	(23)
项目一 通用硅酸盐水泥概述	(23)
项目二 硅酸盐水泥	(28)
项目三 掺混合材料的硅酸盐水泥	(34)
项目四 其他品种水泥	(39)
项目五 本单元试验技能训练	(43)
【复习思考题】	(52)
单元四 混凝土	(53)
项目一 混凝土的概述	(53)
项目二 普通混凝土的组成材料	(54)
项目三 普通混凝土的技术性质	(64)
项目四 普通混凝土的配合比设计	(72)
项目五 混凝土质量控制与强度评定	(78)
项目六 其他品种混凝土	(82)
项目七 本单元试验技能训练	(84)
【复习思考题】	(93)
单元五 建筑砂浆	(95)
项目一 砌筑砂浆的技术性质	(95)
项目二 砌筑砂浆配合比设计	(98)
项目三 其他品种砂浆	(102)

项目四 本单元试验技能训练	(105)
【复习思考题】	(109)
单元六 墙体材料	(110)
项目一 砌墙砖	(110)
项目二 砌块	(116)
项目三 墙用板材	(121)
项目四 本单元试验技能训练	(123)
【复习思考题】	(127)
单元七 建筑钢材	(128)
项目一 建筑钢材的基本知识	(128)
项目二 建筑钢材的主要性能	(129)
项目三 建筑钢材标准及常用建筑钢材	(137)
项目四 本单元试验技能训练	(154)
【复习思考题】	(157)
单元八 有机材料	(158)
项目一 有机材料概述	(158)
项目二 防水卷材	(158)
项目三 建筑涂料	(166)
项目四 建筑塑料	(171)
项目五 建筑胶黏剂	(175)
项目六 其他建筑高分子材料	(177)
【复习思考题】	(180)
单元九 石材	(181)
项目一 天然石材	(181)
项目二 人造石材	(182)
项目三 石材产品的加工工艺流程	(183)
项目四 石材的性能及应用方面知识	(185)
【复习思考题】	(188)
单元十 木材	(189)
项目一 木材的构造	(189)
项目二 木材的主要性质	(190)
项目三 木材的腐蚀与防腐、阻燃与防火	(192)
项目四 木材的分等和人造木材	(193)
【复习思考题】	(195)
单元十一 玻璃	(196)
项目一 玻璃的概述	(196)
项目二 玻璃品种	(198)

【复习思考题】	(200)
单元十二 陶瓷	(201)
项目一 陶瓷的概念	(201)
项目二 陶瓷的分类	(201)
项目三 陶瓷的生产	(204)
【复习思考题】	(208)
主要参考文献	(209)

绪 论

一、建筑材料的定义

建筑材料是用于建筑工程中所有材料的总称。按材料所使用的不同工程部位,一般可分为建筑材料和建筑装饰材料。通常所指的建筑材料是用于建筑工程且构成建筑物组成部分的材料,是建筑工程的物质基础。建筑装饰材料主要指用于装饰工程的材料。本书主要讨论应用于建筑工程的建筑材料。

二、建筑材料的分类

建筑材料的种类繁多,且性能和组分各异,用途不同,可按多种方法进行分类。通常有以下几种分类方法。

(一) 按化学成分分类

按化学成分的不同,建筑材料可分为无机材料、有机材料以及复合材料三大类,见表0-1。

表 0-1 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	铁、钢及合金等
		有色金属	铜、铝及合金等
	非金属材料	天然石材	砂、石及石材制品等
		烧土制品	烧结砖瓦、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、硅酸盐制品等
		玻璃	普通平板玻璃、装饰玻璃、特种玻璃等
		无机纤维材料	玻璃纤维、矿棉纤维、岩棉纤维等
有机材料	植物材料	木材、竹、植物纤维及制品等	
	沥青类材料	石油沥青、煤沥青及制品等	
	有机合成高分子材料	塑料、涂料等	
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	

(二) 按用途分类

建筑材料按用途可分为结构材料、墙体材料、屋面材料、地面材料,以及其他用途的材

料。

1. 结构材料

结构材料是构成建筑物受力构件和结构所用的材料,如梁、板、柱、基础、框架及其他受力构件和结构等所用的材料。这类材料的主要技术性质要求是强度和耐久性。常用的主要结构材料有砖、石、水泥、钢材、钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土。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增加。

2. 墙体材料

墙体材料是建筑物内、外及分隔墙体所用的材料。由于墙体在建筑物中占有很大比例,因此正确选择墙体材料,对降低建筑物成本、节能和提高建筑物安全性有着重要的实际意义。目前,我国大量采用的墙体材料有砌墙砖、混凝土砌块、加气混凝土砌块以及品种繁多的各类板材,特别是轻质多功能的复合墙板。复合轻质多功能墙板具有强度高、刚度大、保温隔热性能好、装饰性能好、施工方便、效率高等优点,是墙体材料的发展方向。

3. 屋面材料

屋面材料是用于建筑物屋面的材料的总称,已由过去较单一的烧结瓦向多种材质的大型水泥类瓦材和高分子复合类瓦材发展,同时屋面承重结构也由过去的预应力钢筋混凝土大型屋面板向承重、保温、防水三合一的轻型钢板结构转变。屋面防水材料由传统的沥青及其制品,向高聚物改性沥青防水卷材、合成高分子防水卷材等新型防水卷材发展。

4. 地面材料

地面材料是指用于铺砌地面的各类材料。这类材料种类繁多,不同地面材料铺砌出来的效果相差也很大。

三、建筑材料在建筑工程中的地位和作用

首先,建筑材料是建筑工程的物质基础。一方面,不论是高楼大厦,还是普通临时建筑,都是由各种散体建筑材料经缜密设计和复杂施工而建成;另一方面,建筑材料在建筑工程中体现出巨量性,形成了建筑材料在生产、运输、使用等方面与其他材料的不同,因此,作为一名建筑工程技术人员,无论是从事设计、施工或管理工作,均必须掌握建筑材料的基本性能。其次,建筑材料的发展赋予了建筑物以时代的特征和风格。中国古代的木结构宫廷建筑,西方古典石廊建筑,当代钢筋混凝土结构、钢结构超高层建筑,都呈现出鲜明的时代感。第三,新型建筑材料的诞生推动了建筑结构设计和施工工艺的变化,而新的建筑结构设计方法和施工工艺又对建筑材料品种和质量提出了更高和多样化的要求。第四,建筑材料的正确、节约、合理的运用直接影响到建筑工程的造价和投资。

建筑工程中,建筑材料的费用占土建工程总投资的60%左右,建筑材料的价格直接影响到建设投资。因此,对建筑材料特性的深入认识和了解,最大限度地发挥其效能,达到经济效益最大化,具有非常重要的意义。

四、建筑材料的发展方向

社会的进步对建筑材料的发展提出了更高的要求,可持续发展理念已逐渐深入到建筑材中,具有节能、环保、绿色和健康等特点的建筑材料应运而生。建筑材料正向着追求功能多样性、全寿命周期经济性以及可循环再生利用性等方向发展。

1. 绿色健康建筑材料

绿色健康建筑材料指的是在对环境有益或对环境负荷很小,并且在使用过程中能满足舒适、健康功能的建筑材料。绿色健康建筑材料首先要保证其在使用过程中是无害的,并在此基础上实现其净化及改善环境的功能。根据作用的不同,绿色健康建筑材料可分为抗菌材料,净化空气材料,防噪音、防辐射材料和产生负离子材料。

2. 节能建筑材料

建筑物的节能是世界各国建筑学、建筑技术、材料学和相应空调技术研究的重点和方向。目前我国已经制定出台了相应的建筑节能设计标准,并对建筑物的能耗作出了相应的规定。建筑物的能耗是由室内环境所要求的温度与室外环境温度的差异造成的,因此有效降低建筑物的能耗主要有两种途径:一是改善室内采暖、空调设备的能耗效率;二是增强建筑物围护结构的保温隔热性能,从而使建筑节能材料广泛应用于建筑物的围护结构当中。围护结构包括墙体、门窗及屋面。墙体节能保温材料种类比较多,分为单一材料和复合材料,包括加气混凝土砌块、保温砂浆、聚氨酯泡沫塑料(PUF)、聚苯乙烯泡沫板(PSF)、聚乙烯泡沫塑料(PEF)、硬质聚氨酯防水保温材料、玻璃纤维增强水泥制品(GRC)、外挂保温复合墙、外保温聚苯板复合墙体、膨胀珍珠岩、防水保温双功能板等。门窗节能材料以玻璃和塑铝材料为主,如中空玻璃、塑铝窗、玻璃钢、真空玻璃等。屋面保温形式有两种,一种是保温层位于防水层之下。保温材料可采用发泡式聚苯乙烯板,发泡式聚苯乙烯导热系数和吸水率均较小,且价格便宜,但密度小、强度低,不能经受自然界各种因素的长期作用,宜位于屋顶防水层的下面。另一种是保温层位于防水层之上,又叫倒置式保温屋顶。保温材料可采用挤塑式聚苯乙烯板,而挤塑式聚苯乙烯板具有良好的低吸水性(几乎不吸水)、低导热系数、高抗压性和抗老化性,其优良的保温性具有明显有效的节约能源作用,是符合环保节能的新型保温材料。

3. 具有全寿命周期经济性的建筑材料

建筑材料全寿命周期经济性是指建筑材料从生产加工、运输、施工、使用到回收全寿命过程的总体经济效益,用最低的经济成本达到预期的功能。自重轻材料、高性能材料以及地产材料是目前的发展趋势。

4. 具有可循环再生利用性的建筑材料

追求建筑材料的可循环再生利用性是根据可持续发展要求、新型建筑材料的生产、使用及回收全过程都要考虑其对环境和资源的影响,实现材料的可循环再生利用。建筑材料的可循环再生利用包括建筑废料及工业废料的利用,它将成为建筑材料发展的重要方向。

五、建筑材料的产品标准

产品标准化是现代工业发展的产物,是组织现代化大生产的重要手段,也是科学管理的重要组成部分。世界各国对材料的标准化都很重视,均制定了各自的标准。

与建筑材料生产、应用有关的标准包括产品标准和工程建设标准两类。产品标准是为了保证建筑材料产品的适用性,对该产品必须达到的某些或全部要求所制定的标准,这些标准一般包括产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收规则、标志、运输和储存等方面的内容。工程建设标准是对工程建设中的勘察、规划、设计、施工、安装、验收等需要协调统一的事项所制定的标准,其中结构设计规范、施工验收规范中包含与建筑材料的选用相关的内容。

我国建筑材料的技术标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。各级标

准都有各自的代号,见表 0-2。

表 0-2 我国各级标准代号

标准种类		代 号		表示方法(例)
1	国家标准	GB	国家强制性标准	由标准名称、部门代号、标准编号、颁布年份等组成。 例如： 国家强制性标准《通用硅酸盐水泥》GB175—2007； 国家推荐性标准《建设用卵石、碎石》GB/T14685—2011。
		GB/T	国家推荐性标准	
2	行业标准	JC	建材行业标准	
		JGJ	建设部行业标准	
		YB	冶金行业标准	
		JT	交通标准	
		SD	水电标准	
3	地方标准	DB	地方强制性标准	
		DB/T	地方推荐性标准	
4	企业标准	QB	企业标准指导本企业的生产	

建筑材料的技术标准是产品质量的技术依据。对于生产企业,必须按标准生产合格的产品,同时,它可促进企业改善管理,提高生产率,实现生产过程合理化。对于使用部门,则应当按标准选用材料,可使设计和施工标准化,从而可加速施工进度,减低建筑造价。技术标准又是供需双方对产品质量进行验收的依据。

建筑材料的标准内容大致包括材料的质量要求和检验两大方面。由于有些标准的分工细,且相互渗透、联系,有时一种材料的检验要涉及多个标准和规范。

我国加入 WTO 后,采用和参考国际通用标准是加快我国建筑材料工业与国际接轨的重要措施,对促进建筑材料工业的科技进步,提高产品质量和标准化水平,扩大建筑材料的对外贸易有重要作用。

常用的国际标准主要有以下几类:

美国材料与试验协会标准(ASTM),属于国际团体和公司标准;

联邦德国工业标准(DIN)、欧洲标准(EN),属于区域性国家标准;

国际标准化组织标准(ISO),属于国际性标准化组织的标准。

六、本课程的内容和任务

建筑材料是一门实用性很强的专业基础课。主要内容包括常用建筑材料的原材料、生产、组成、性质、技术标准(质量要求和检验)、特点与应用、运输与储存等方面。材料的基本性质、水泥、混凝土、建筑钢材为重点章节,学生在学习过程中应引起足够重视。

本课程的主要任务是使学生通过学习,获得建筑材料的基本知识,掌握建筑材料的技术性质和应用技术及试验检测技能,同时对建筑材料的储运和保管也有相应了解,以便在今后的工作中能正确选择和合理使用建筑材料,亦为学习建筑、结构、施工等后续专业课程打下基础。

【复习思考题】

1. 建筑材料按化学成分和用途分为哪几类?
2. 为什么行业标准和地方标准中的技术标准一般要高于国家标准中的相关要求?

单元一 建筑材料的基本性质

学习目标

1. 熟练掌握材料的物理性质、力学性质的相关概念、表示方法及影响因素。
2. 理解材料的孔隙情况、含水状态等对材料性质的影响。

建筑物是由各种建筑材料建筑而成的,这些材料在建筑物的各个部位要承受各种各样的作用,因此要求建筑材料必须具备相应性质。如结构材料必须具备良好的力学性质;墙体材料应具备良好的保温隔热性能、隔声吸声性能;屋面材料应具备良好的抗渗防水性能;地面材料应具备良好的耐磨损性能;等等。一种建筑材料要具备哪些性质,这要根据材料在建筑物中的功用和所处环境来决定。一般而言,建筑材料的基本性质包括物理性质、化学性质、力学性质和耐久性。

项目一 材料的物理性质

一、材料与质量有关的性质

1. 密度、表观密度

材料在绝对密实状态下,单位体积的质量称为密度。用公式表示如下:

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

式中 ρ ——材料的密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, g 或 kg ;

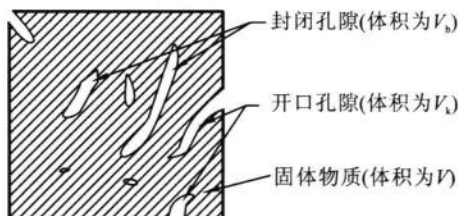
V ——干燥材料在绝对密实状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

材料在绝对密实状态下的体积是指不包括孔隙在内的固体物质部分的体积,也称实体积。在自然界中,绝大多数固体材料内部都存在孔隙,因此固体材料的总体积(V_0)应由固体物质部分体积(V)和孔隙体积(V_p)两部分组成,而材料内部的孔隙又根据是否与外界相连接通被分为开口孔隙(浸渍时能被液体填充,其体积用 V_k 表示)和封闭孔隙(与外界不相连通,其体积用 V_b 表示)。固体材料的体积构成见图 1-1。

测定固体材料的密度时,须将材料磨成细粉(粒径小于 0.2 mm),经干燥后采用排开液体法测得固体物质部分体积。材料磨得越细,测得的密度值越精确。建筑工程所使用的材料绝大部分是固体材料,但需要测定密度的并不多。大多数材料,如拌制混凝土的砂、石等,一般直接采用排开液体的方法测定其体积——固体物质体积与封闭孔隙体积之和,称为表观体积 V' , $V' = V + V_b$,此时测定的密度为材料的近似密度(又称为颗粒的表观密度)。

$$\rho' = \frac{m}{V'} \quad (1-2)$$

式中 ρ' ——材料的表观密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;



材料在自然状态下总体积: $V_0 = V + V_p$, V_p ——孔隙体积
孔隙体积: $V_p = V_f + V_k$

图 1-1 固体材料的体积构成

m ——材料的质量, g 或 kg;

V' ——材料的表观体积, cm^3 或 m^3 。

2. 体积密度

块状固体材料在自然状态下, 单位体积的质量称为体积密度。用公式表示如下:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-3)$$

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 ——材料在自然状态下的体积, cm^3 或 m^3 。

块状固体材料在自然状态下的体积是指材料的固体物质部分体积与材料内部所含全部孔隙体积之和, 即 $V_0 = V + V_p$ 。对于外形规则的材料, 其体积密度的测定只需测定其外形尺寸; 对于外形不规则的材料, 要采用排开液体法测定, 但在测定前, 材料表面应用薄蜡密封, 以防液体进入材料内部孔隙而影响测定值。

一定质量的材料, 孔隙越多, 则体积密度值越小; 材料体积密度大小还与材料含水多少有关, 含水越多, 其值越大。通常所指的体积密度, 是指干燥状态下的体积密度。

3. 堆积密度

散粒状(粉状、粒状、纤维状)材料在自然堆积状态下, 单位体积的质量称为堆积密度。用公式表示如下:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-4)$$

式中 ρ'_0 ——材料的堆积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——散粒材料的质量, g 或 kg;

V'_0 ——散粒材料在自然堆积状态下的体积, 又称堆积体积, cm^3 或 m^3 。

散粒状材料在自然堆积状态下的体积(V'_0), 是指含有孔隙在内的颗粒材料的总体积(V_0)与颗粒之间空隙体积(V'_k)之和。测定堆积密度时, 采用一定容积的容器, 将散粒状材料按规定方法装入容器中, 测定材料质量, 容器的容积即为材料的堆积体积。

$$V'_0 = V_0 + V'_k \quad (1-5)$$

式中 V'_0 ——堆积体积, m^3 ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积, m^3 ;

V'_k ——颗粒之间空隙体积, m^3 。

在建筑工程中, 计算材料的用量、构件的自重、配料计算、确定材料堆放空间, 以及材料

运输车辆时,需要用到材料的密度。

4. 材料的密实度与孔隙率

1) 密实度

密实度是指块体材料内部固体物质填充的程度。用公式表示如下:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1-6)$$

2) 孔隙率

孔隙率是指块体材料内部孔隙体积占自然状态下总体积的百分率。用公式表示如下:

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-7)$$

孔隙率一般通过试验确定的材料密度和体积密度求得。

材料的孔隙率与密实度的关系为 $P + D = 1$ 。

材料的孔隙率与密实度是相互关联的性质,材料孔隙率的大小可直接反映材料的密实程度,孔隙率越大,则密实度越小。

孔隙按构造可分为开口孔隙和封闭孔隙两种;按尺寸的大小又可分为微孔、细孔和大孔三种。材料孔隙率大小、孔隙特征对材料的许多性质会产生一定影响,如材料的孔隙率较大,且连通孔较少,则材料的吸水性较小,强度较高,抗冻性和抗渗性较好,导热性较差,保温隔热性较好。

5. 材料的填充率与空隙率

1) 填充率

填充率是指装在某一容器的散粒材料,其颗粒填充该容器的程度。用公式表示如下:

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

2) 空隙率

空隙率是指散粒材料(如砂、石等)颗粒之间的空隙体积占材料堆积体积的百分率。用公式表示如下:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1-9)$$

式中 ρ_0 ——颗粒状材料的体积密度, kg/m^3 ;

ρ'_0 ——颗粒状材料的堆积密度, kg/m^3 。

散粒材料的空隙率与填充率的关系为 $P' + D' = 1$ 。

空隙率与填充率也是相互关联的两个性质,空隙率的大小可直接反映散粒材料的颗粒之间相互填充的程度。散粒状材料,空隙率越大,则填充率越小。在配制混凝土时,砂、石的空隙率是作为控制集料级配与计算混凝土砂率的重要依据。

二、材料与水有关的性质

1. 亲水性与憎水性

材料与水接触时,根据材料是否能被水润湿,可将其分为亲水性和憎水性两类。亲水性是指材料表面能被水润湿的性质,憎水性是指材料表面不能被水润湿的性质。

当材料与水在空气中接触时,将出现图 1-2 所示的两种情况。在材料、水、空气三相交点处,沿水滴的表面作切线,切线与水与材料接触面所成的夹角称为润湿角(用 θ 表示)。 θ

越小,表明材料越易被水润湿。一般认为,当 $\theta \leq 90^\circ$ 时,如图 1-2(a)所示,材料表面吸附水分,能被水润湿,材料表现出亲水性;当 $\theta > 90^\circ$ 时,如图 1-2(b)所示,则材料表面不易吸附水分,不能被水润湿,材料表现出憎水性。

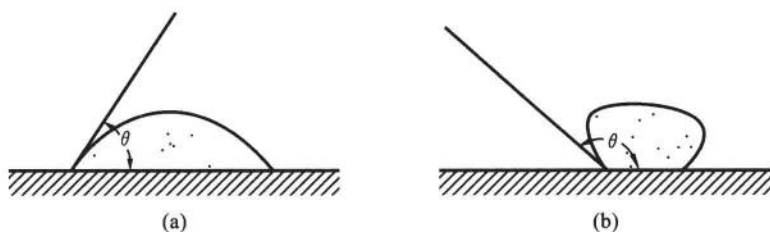


图 1-2 材料被水润湿示意图

(a)亲水性材料 (b)憎水性材料

亲水性材料易被水润湿,且水能通过毛细管作用而被吸入材料内部。憎水性材料则能阻止水分渗入毛细管中,从而降低材料的吸水性。建筑材料大多数为亲水性材料,如水泥、混凝土、砂、石、砖、木材等,只有少数材料为憎水性材料,如沥青、石蜡、某些塑料等。建筑工程中憎水性材料常被用作防水材料,或作为亲水性材料的覆面层,以提高其防水、防潮性能。

2. 吸水性

材料在水中吸收水分的性质称为吸水性。吸水性的用吸水率表示,吸水率有两种表示方法:质量吸水率和体积吸水率。

(1) 质量吸水率 材料在吸水饱和时,所吸收水分的质量占材料干质量的百分率。用公式表示如下:

$$W_m = \frac{m_{\text{饱}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-10)$$

式中 W_m ——材料的质量吸水率,%;
 $m_{\text{饱}}$ ——材料在饱和水状态下的质量,g;
 $m_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的质量,g。

(2) 体积吸水率 材料在吸水饱和时,所吸收水分的体积占干燥材料总体积的百分率。用公式表示如下:

$$W_v = \frac{m_{\text{饱}} - m_{\text{干}}}{V_0} \times \frac{1}{\rho_{\text{水}}} \times 100\% \quad (1-11)$$

式中 W_v ——材料的体积吸水率,%;
 V_0 ——干燥材料的总体积, cm^3 ;
 $\rho_{\text{水}}$ ——水的密度, g/cm^3 。

常用的建筑材料,其吸水率一般采用质量吸水率表示。对于某些轻质材料,如加气混凝土、木材等,由于其质量吸水率往往超过 100%,一般采用体积吸水率表示。

材料吸水率的大小,不仅与材料的亲水性或憎水性有关,而且与材料的孔隙率和孔隙特征有关。材料所吸收的水分是通过开口孔隙吸入的。一般而言,孔隙率越大,开口孔隙越多,则材料的吸水率越大;但如果开口孔隙粗大,则不易存留水分,即使孔隙率较大,材料的吸水率也较小;另外,封闭孔隙水分不能进入,吸水率也较小。

3. 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性。吸湿性的用含水率表示,用公式

表示如下:

$$W_{\text{含}} = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-12)$$

式中 $W_{\text{含}}$ ——材料的含水率, %;

$m_{\text{湿}}$ ——材料在吸湿状态下的质量, g;

$m_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的质量, g。

材料的含水率随空气的温度、湿度变化而改变。材料既能在空气中吸收水分,又能向外界释放水分,当材料中的水分与空气的湿度达到平衡,此时的含水率就称为平衡含水率。一般情况下,材料的含水率多指平衡含水率。当材料内部孔隙吸水达到饱和时,此时材料的含水率等于吸水率。材料吸水后,会导致自重增加、保温隔热性能降低、强度和耐久性产生不同程度的下降。材料含水率的变化会引起体积的变化,影响使用。

4. 耐水性

材料长期在饱和水作用下不破坏,强度也不显著降低的性质称为耐水性。材料耐水性用软化系数表示,用公式表示如下:

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

式中 $K_{\text{软}}$ ——材料的软化系数;

$f_{\text{饱}}$ ——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。

软化系数的大小反映材料在浸水饱和后强度降低的程度。材料被水浸湿后,强度一般会下降,因此软化系数在 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,其耐水性越差。工程中将 $K_{\text{软}} > 0.85$ 的材料称为耐水性材料。对于经常位于水中或潮湿环境中的重要结构的材料,必须选用 $K_{\text{软}} > 0.85$ 耐水性材料;对于用于受潮较轻或次要结构的材料,其软化系数不宜小于 0.75。

5. 抗渗性

材料抵抗压力水渗透的性质称为抗渗性。材料的抗渗性通常采用渗透系数表示。渗透系数是指一定厚度的材料,在单位压力水头作用下,单位时间内透过单位面积的水量,用公式表示如下:

$$K = \frac{Wd}{Ath} \quad (1-14)$$

式中 K ——材料的渗透系数, cm/h;

W ——透过材料试件的水量, cm^3 ;

d ——材料试件的厚度, cm;

A ——透水面积, cm^2 ;

t ——透水时间, h;

h ——静水压力水头差, cm。

渗透系数反映了材料抵抗压力水渗透的能力,渗透系数越大,则材料的抗渗性越差。

对于混凝土和砂浆,其抗渗性常采用抗渗等级表示。抗渗等级是以规定的试件,采用标准的试验方法测定试件所能承受的最大水压力来确定,以“ P_n ”表示,其中 n 为该材料所能承受的最大水压力(MPa)的 10 倍值。如 P_4 ,表示能承受 0.4 MPa 的最大水压力。

材料抗渗性的大小,与其孔隙率和孔隙特征有关。材料中存在连通的孔隙,且孔隙率较

大,水分容易渗入,故这种材料的抗渗性较差。孔隙率小的材料具有较好的抗渗性。封闭孔隙水分不能渗入,因此对于孔隙率虽然较大,但以封闭孔隙为主的材料,其抗渗性也较好。对于地下建筑、压力管道、水工构筑物等工程部位,因经常受到压力水的作用,要选择具有良好的抗渗性的材料;作为防水材料,则要求其具有更高的抗渗性。

6. 抗冻性

材料在饱和水状态下,能经受多次冻融循环作用而不被破坏,且强度也不显著降低的性质,称为抗冻性。材料的抗冻性用抗冻等级表示。抗冻等级是以规定的试件,采用标准试验方法,测得其强度降低不超过规定值,并无明显损害和剥落时所能经受的最大冻融循环次数来确定,以“Fn”表示,其中n为最大冻融循环次数。

材料经受冻融循环作用而受到破坏,主要是因为材料内部孔隙中的水结冰所致。水结冰时体积要增大,若材料内部孔隙充满了水,则结冰产生的膨胀会对孔隙壁产生很大的应力,当此应力超过材料的抗拉强度时,孔壁将产生局部开裂;随着冻融循环次数的增加,材料逐渐被破坏。

材料抗冻性的好坏取决于材料的孔隙率、孔隙的特征、吸水饱和程度和自身的抗拉强度。材料的变形能力大,强度高,软化系数大,则抗冻性较高。一般认为,软化系数小于0.80的材料,其抗冻性较差。在寒冷地区及寒冷环境中的建筑物或构筑物,必须要考虑所选择材料的抗冻性。

三、材料与热有关的性质

为保证建筑物具有良好的室内小气候,降低建筑物的使用能耗,要求建筑材料具有良好的热工性质。通常考虑的热工性质有导热性、热容量。

1. 导热性

当材料两侧存在温差时,热量将从温度高的一侧通过材料传递到温度低的一侧,材料这种传导热量的能力称为导热性。材料导热性的大小用导热系数 λ 表示。用公式表示如下:

$$\lambda = \frac{Qd}{At(T_2 - T_1)} \quad (1-15)$$

式中 λ ——材料的导热系数, $W/(m \cdot K)$;

Q ——传递的热量, J ;

d ——材料的厚度, m ;

A ——材料的传热面积, m^2 ;

t ——传热时间, s ;

$T_2 - T_1$ ——材料两侧的温差, K 。

导热系数 λ 是指厚度为1m的材料,当两侧温差为1K时,在1s时间内通过1m²面积的热量。导热系数越小,材料的保温隔热性越强。一般将 λ 小于0.25 $W/(m \cdot K)$ 的材料称为绝热材料。

材料的导热系数与下列因素有关。

(1) 材料的组成结构 一般金属材料的导热系数 λ 大于非金属材料的,无机材料的导热系数 λ 大于有机材料的,晶体结构材料的导热系数 λ 大于玻璃体结构材料的。

(2) 孔隙率大小、孔隙特征 孔隙率较大的材料,内部空气较多,由于密闭空气的导热系数($\lambda=0.023 W/(m \cdot K)$)很小,其导热性较差。但如果孔隙粗大,空气会形成对流,材料