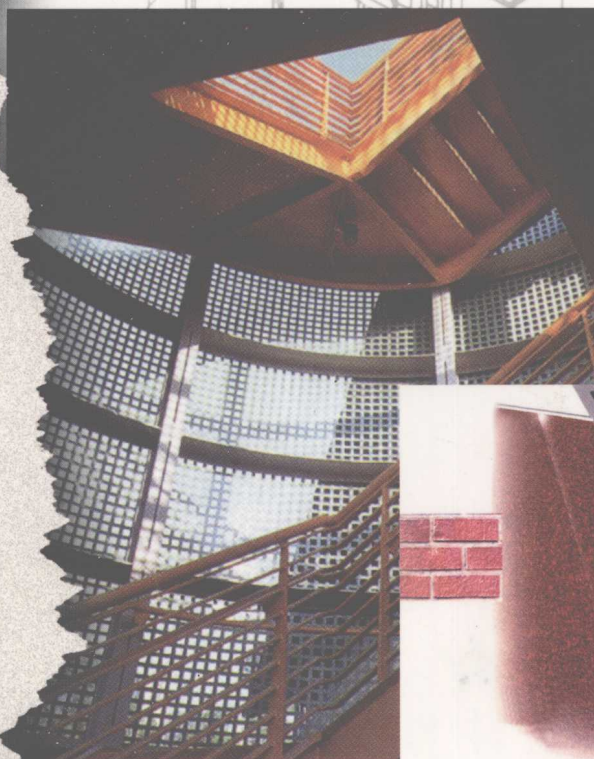


工业与民用建筑专业系列教材

建筑材料

主编 陈俊玉
刘建平



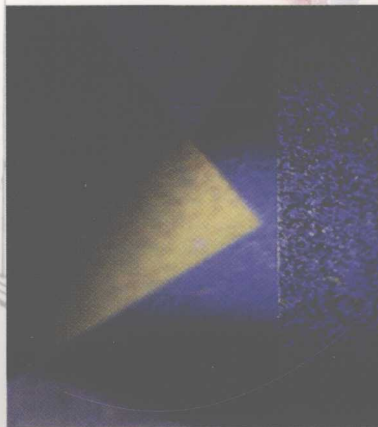
200厚混凝土块

横档

外墙板

150混凝土板

8号钢拉线



弯曲金属垫板

中国矿业大学出版社

TU5
C478:1

工业与民用建筑专业系列教材

建筑材料

主编 陈俊玉 刘建平



中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是工业与民用建筑专业系列教材之一。

本书主要介绍了建筑工程中常用的建筑材料和目前已推广应用的新型建筑材料的基本组成、简单生产工艺、性质、应用以及质量标准和检验方法等。内容包括建筑材料的基本性质,天然石材,石膏、石灰、水玻璃,水泥,普通混凝土,其他品种混凝土,建筑砂浆,墙体材料,金属材料,建筑防水材料,建筑塑料,建筑装饰材料,绝热材料和吸声材料,木材共十四章和建筑材料试验。为方便教学,各章后均附有习题。

本书是专科学校、高等职业技术学校和中等专业学校工业与民用建筑专业、村镇建设专业、建筑施工专业的教材,也可作为土建类其他专业的教学用书,同时可供建筑企事业单位工程技术人员参考。

工业与民用建筑专业系列教材

建筑材料

主编 陈俊玉 刘建平

责任编辑 张乃新

中国矿业大学出版社 出版发行

新华书店经销 北京市兆成印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 14.5 字数 353 千字

1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月第 1 次印刷

印数 1~8 000

ISBN 7-81040-950-6/TU·17

定价:18.80 元

工业与民用建筑专业系列教材

编 审 委 员 会

主 任:牛维麟

副主任(按姓氏笔画排列):

王以功	王作兴	刘社育	刘建平
陈连城	张乃新	袁 文	

委 员(按姓氏笔画排列):

王 平	王寅仓	王 强	马文来
邓瑞新	田新奎	吕大英	齐文海
孙世奎	仲兆金	刘伍诚	刘禄生
李万江	李士禄	李永怀	杨文选
杨平均	何绍人	初明祥	邹绍明
邹金钟	宋 群	张文轩	张亚英
张德琦	陈年和	陈俊玉	杜蜀宾
罗达新	赵 杰	侯印浩	徐 卓
高 瞻	曹长春	常跃军	梁珠擎
韩应军	游普元	蔡先治	蔡建国
魏焕成			

前 言

本书是按照职业技术教育的要求和工业与民用建筑专业的培养目标以及《建筑材料》教学大纲编写而成的.本教材适用教学时数为60~70学时.

本书主要阐述常用建筑材料和新型建筑材料的基本组成、性质、应用以及质量标准、检验方法、储运和保管知识等.为方便教学,各章后均附有习题.

本书具有以下特点:

(1) 按照职业技术教育培养生产一线技术类应用型人才的目标,根据生产实践所需的基本知识、基本理论和基本技能,精选教学内容,并更新和适当扩大了知识面.

(2) 各章尽量与工程实际相结合,加强工程应用,以培养工程意识和创新精神.

(3) 各章均采用国家现行的新标准和新规范,如《普通混凝土配合比设计》(GB/T 55—96)、《建筑砂浆配合比设计》(GB/T 98—96)及《水泥的命名、定义和术语》(GB/T 4131—1997)等;并按标准统一了有关专业术语,如表观密度(原视密度、视比重)、体积密度(原表观密度、容重)等.

本书由陈俊玉、刘建平任主编,何绍人、初明祥、王强、林丽娟任副主编.编写人员如下:刘建平(绪论、第五章,试验二、三、四)、王强(第一、二、三、十三、十四章)、林丽娟(第四、七章,试验一)、何绍人(第六、九章,试验七)、初明祥(第八、十一、十二章,试验六)、陈俊玉(第十章)、于得水(试验五、八).

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中难免有不当之处,恳请广大读者批评指正.

编 者

1998年9月

目 录

绪论	(1)
第一章 建筑材料的基本性质	(4)
第一节 材料的组成与结构	(4)
第二节 材料的物理性质	(6)
第三节 材料的力学性质	(12)
第四节 材料的耐久性	(15)
习 题	(16)
第二章 天然石材	(17)
第一节 岩石	(17)
第二节 常用建筑石材	(18)
习 题	(25)
第三章 石膏、石灰、水玻璃	(26)
第一节 石膏	(26)
第二节 石灰	(29)
第三节 水玻璃	(32)
习 题	(34)
第四章 水泥	(35)
第一节 硅酸盐水泥	(35)
第二节 其他品种的通用水泥	(42)
第三节 水泥的应用、验收与保管	(45)
第四节 其他品种水泥	(48)
习 题	(53)
第五章 普通混凝土	(55)
第一节 普通混凝土的组成材料	(56)
第二节 混凝土的主要技术性质	(65)
第三节 混凝土外加剂	(73)
第四节 普通混凝土配合比设计	(78)
第五节 掺合料普通混凝土	(87)
第六节 混凝土强度的检验评定	(90)
习 题	(92)
第六章 其他品种混凝土	(93)
第一节 轻混凝土	(93)
第二节 聚合物混凝土	(97)
第三节 特种混凝土	(97)
第四节 高强混凝土	(98)

习 题	(99)
第七章 建筑砂浆	(100)
第一节 砌筑砂浆	(100)
第二节 抹面砂浆	(105)
第三节 其他品种的砂浆	(106)
习 题	(107)
第八章 墙体材料	(108)
第一节 砌墙砖	(108)
第二节 混凝土砌块	(113)
第三节 轻型墙板	(118)
第四节 混凝土大型墙板	(121)
习 题	(122)
第九章 金属材料	(123)
第一节 钢的冶炼与分类	(123)
第二节 钢材的主要性能以及化学成分的影响	(124)
第三节 常用建筑钢材	(129)
第四节 铝、铝合金	(136)
习 题	(138)
第十章 建筑防水材料	(139)
第一节 防水材料的基本材料	(139)
第二节 防水卷材	(142)
第三节 防水涂料	(145)
第四节 防水密封材料	(148)
第五节 其他防水材料	(150)
习 题	(151)
第十一章 建筑塑料	(152)
第一节 建筑塑料的基本知识	(152)
第二节 建筑塑料及其应用	(155)
习 题	(157)
第十二章 建筑装饰材料	(158)
第一节 建筑涂料	(158)
第二节 墙面装饰板	(164)
第三节 建筑饰面砖	(166)
第四节 其他装饰材料	(168)
习 题	(170)
第十三章 绝热材料和吸声材料	(171)
第一节 绝热材料	(171)
第二节 吸声材料	(173)
习 题	(176)
第十四章 木材	(177)
第一节 木材的构造	(177)
第二节 木材的性质	(178)

第三节 常用建筑木材	(180)
习 题	(182)
建筑材料试验	(183)
试验一 水泥试验	(183)
试验二 混凝土集料试验	(193)
试验三 混凝土拌合物试验	(204)
试验四 混凝土抗压强度试验	(207)
试验五 砌筑砂浆试验	(209)
试验六 烧结普通砖试验	(212)
试验七 钢筋试验	(213)
试验八 石油沥青试验	(216)
主要参考文献	(221)

绪 论

一、建筑材料在土建工程中的地位和作用

建筑材料是指建筑工程中所应用的各种材料,是各项基本建设的重要物质基础之一。在任何一项建筑工程中,建筑材料的费用都占很大比重。建筑材料的品种、质量、性能及规格,直接影响着各项建筑工程的坚固、耐久、适用和经济性,并在一定程度上影响着建筑工程的结构形式和施工方法。建筑工程中许多技术问题的突破,往往是新的建筑材料产生的结果;新的建筑材料又促进结构设计及施工技术的革新。因此,建筑材料生产和科学技术的迅速发展,对于我国的经济建设具有十分重要的意义。

二、我国建筑材料的应用及技术标准(规范)

(一) 建筑材料的应用

我国是应用建筑材料较早的国家之一。早在石、铁器时代,我国劳动人民就懂得将土、石、竹和木稍经加工后建筑棚屋。以后又学会利用粘土来烧制砖、瓦,利用岩石烧制石灰、石膏等。与此同时,木材的加工技术与金属的冶炼和应用,也都有了一定的发展。“秦砖汉瓦”就是那个时代的特征。约在公元前 200 年开始修建的万里长城,主要就是由砖石砌筑的。到了唐、宋、元、明时代,砖进一步规格化,强度提高。同时随着宫廷建筑的需要,琉璃瓦、锚金等建筑装饰材料迅速发展,将一些宫廷建筑装饰得富丽堂皇,北京紫禁城建筑群,即为高标准木结构建筑的典型代表。进入近代以来,随着城市规模日益扩大,交通运输日益发达,公共建筑、海港、桥梁以及给排水、采暖通风等系统的配套,进一步推动了建筑材料的发展。水泥、混凝土开始在我国应用;炼钢业也开始兴起,钢结构、钢筋混凝土结构也应运而生。但由于长期的封建和半封建半殖民地统治,解放前我国建筑材料的生产和使用一直处于非常落后的状态。

新中国成立以来,随着社会生产力的发展,我国的建材工业也得到了飞速发展,已经形成了品种齐全、质量稳定、产量充足的良好局面。玻璃、水泥、陶瓷等产品已跻身于世界生产大国之列。解放前我国只有 2~3 种水泥,经过几十年的发展,目前已有水泥 60 余种,产量连续多年居世界首位。各种混凝土外加剂的出现,使早强、高强、泵送以及有特殊性能的混凝土推广应用于各类工程。现代建筑对装饰装修材料提出了更高的要求。近年来,我国建筑涂料、塑料地板、墙纸、化纤地毯等合成高分子装饰材料,大理石、花岗岩等天然石材,面砖、釉面砖、马赛克、水磨石等人造石材,铝合金饰面板、木质饰面板、草质装饰板、纸面石膏板、彩色不锈钢板等各类装饰板材,都获得了广泛应用。我国从 70 年代开始开发新型防水材料,除继续生产传统的防水沥青、防水卷材和防水涂料外,又开发和引进了许多新品种防水材料,如三元乙丙合成高分子卷材、氯化聚乙烯卷材、橡胶改性沥青卷材、氯丁胶乳及聚氨酯新型防水涂料等。玻璃制造与加工技术的飞速发展建筑师提供了丰富多彩和多种功能的建筑玻璃,如银灰色、蓝色、茶色的热反射玻璃、吸热玻璃,具有隔热、隔音性能的中空玻璃,安全性能良好的钢化玻璃和夹层玻璃,具有装饰功能的各种雕刻、磨花玻璃和玻璃砖等。建筑玻璃已从窗用采光材料发展到具有控光、保温隔热、隔音及内外装饰的多功能建筑材料。墙体材

料的用量占整个房屋建筑总重量的 40%~60%。长期以来,我国的墙体材料一直以粘土砖为主,既破坏了大量的良田,又耗用了大量能源。小型空心砌块、条板和大型复合墙板等新型墙体材料的大量使用,加速了墙体改革的进程。另外,塑料管道、塑料门窗等也正得到普及和推广。随着我国钢及其他金属材料产量的增加,钢、铝及其合金的应用范围也日益扩大。随着人们生活水平的提高和科学技术的进步,建筑材料会向着更高的水平发展。

(二) 建筑材料技术标准简介

对于各种建筑材料,其形状、尺寸、质量、使用方法以及试验方法,都必须有一个统一的标准。这既能使生产单位提高生产率和企业效益,又能使产品与产品之间进行比较;也能使设计和施工标准化,材料使用合理化。

根据技术标准的发布单位与适用范围不同,建筑材料技术标准可分为国家标准、行业标准和企业及地方标准三级。各种技术标准都有自己的代号、编号和名称。标准代号反映该标准的等级或发布单位,用汉语拼音字母表示,见表 0—1。

表 0—1 我国现行建材标准代号表

所 属 行 业	标 准 代 号	所 属 行 业	标 准 代 号
国家标准	GB	石油工业部	SY
国家建材工业局	JC	冶金工业部	YB
建设部	JG	水利电力部	SD
交通部	JT		

编号表示标准的顺序号和颁布年份号,用阿拉伯数字表示;名称以汉字表达,它反映该标准的主要内容。例如:

GB	5101	—	93	烧结普通砖
代号	顺序号		批准年份	名称
编号				

表示国家标准 5101 号,1993 年批准执行的烧结普通砖标准。国际上还有国际标准。

三、建筑材料的发展趋势

建筑材料按功能应有以下几个发展趋势:

(一) 结构材料

(1) 高强混凝土。大跨度工程和高层建筑等迫切需要采用高强混凝土,除采用传统的方法提高混凝土强度外,使用高效能减水剂已成为提高混凝土强度等级的主要措施。

(2) 钢材和铝材。在高层建筑中,钢结构和铝合金结构有广阔的前景。特别是铝合金,不仅强度高、具有高耐腐蚀性、易加工,而且比钢材轻 2/3 左右,用它制作屋架、梁柱、门窗等可减轻结构物自重。

(3) 玻璃纤维增强塑料。纤维增强树脂是较新的轻质高强材料,它有着断裂能量高、导热性和导电性低,耐腐蚀和装饰性好等多种优良功能。随着材料科学的发展,增强用的纤维除了玻璃纤维外,碳纤维、硼纤维也有广泛应用,有机纤维芳纶—14、植物纤维、陶瓷纤维也正在发展。

(二) 墙体材料

由传统的粘土砖过渡到轻质高强、保温隔热隔音的轻型墙板,是墙体改革的主要方向。

加气混凝土可制成加气混凝土墙板、楼板等,已列入较正规的工业化生产,各种轻质的大型墙板,如:石灰碳化空心板、石膏板、钙塑板、石棉水泥板、矿物纤维水泥板及各种夹心板等已推广应用,这些复合墙板兼有质轻、隔热的良好性能。玻璃空心砖、波形玻璃板、中空玻璃板等作为墙体材料,既新颖美观,又具有透光的特性,适用性强。

(三) 防水材料

高效能防水嵌缝密封材料是今后防水材料的发展趋向。耐热油毡、多孔油毡、铝箔橡胶沥青油毡,耐光、耐热、耐氧化作用的三元乙丙防水薄膜等新型防水卷材以及用以配套的嵌缝密封材料,如氯丁橡胶、胶带、聚氯乙烯胶泥、氰凝、丙凝等材料都有较好的发展前景。

四、建筑材料分类

按化学成分不同,建筑材料可分为三大类,详见表 0—2。

表 0—2 建筑材料按化学成分分类表

建 筑 材 料	无机材料	金属材料	黑色金属:钢、铁		
			有色金属:铝及铝合金、铜及铜合金等		
		非金属材料	天然石材:毛石、石板材、碎石、卵石、砂等		
			烧结与熔融制品:烧结砖、陶瓷、玻璃、岩棉等		
			胶凝材料	水硬性胶凝材料:各种水泥	
				气硬性胶凝材料:石灰、石膏、水玻璃、菱苦土等	
			混凝土及砂浆		
			硅酸盐制品		
	有机材料	植物材料:木材、竹材及其制品			
		合成高分子材料:塑料、橡胶、涂料、胶粘剂、密封材料等			
		沥青材料:石油沥青、煤沥青及其制品			
	复合材料	无机材料基复合材料	钢筋混凝土、纤维混凝土等		
			沥青混凝土、树脂混凝土、玻璃纤维增强塑料		
有机材料基复合材料		胶合板、竹胶板、纤维板			

建筑材料还可按用途进行分类,如分为保温材料、防水材料、结构材料、装饰材料等。

五、建筑材料课程研究的主要内容及学习方法

建筑材料研究的主要内容是材料的组成、制造工艺、物理力学性质、质量标准、检验方法、保管及应用等。

在学习建筑材料课程的过程中,应以材料的技术性质、质量检验及其在建筑工程中的应用为重点,并且要注意材料的成分、构造、生产过程对其性能的影响,掌握各项性能间的有机联系。对于现场配制的材料,如水泥混凝土等,应掌握其配合设计的原理及方法。应注意理论联系实际,认真上好材料试验课。材料试验是鉴定材料质量和熟悉材料性质的主要手段,是本课程的重要教学环节。通过试验操作,一方面可以丰富感性认识,加深理解;另一方面对于培养科学试验的技能以及分析问题、解决问题的能力具有重要作用。要充分利用参观、实习的机会到工厂、工地了解材料的品种、规格、使用和贮存等情况。要及时了解有关建筑材料的新产品、新标准及发展动向。

第一章 建筑材料的基本性质

建筑材料品种繁多、性质各异,不同建筑部位所使用的建筑材料应具有与其相适应的性质。

建筑材料所具有的各种性质,主要取决于材料的组成和结构,同时还受到周围各种介质(如水、蒸汽、腐蚀性气体和液体等)的影响。为了合理地保管、科学地使用建筑材料,必须掌握建筑材料的基本性质。

第一节 材料的组成与结构

材料的组成和结构决定着材料的各种性质。要了解材料的性质,首先必须了解材料的组成、结构以及它们与材料性质间的关系。

一、材料的组成

(一) 化学组成

化学组成即材料的化学成分,无机非金属材料的化学组成常以各氧化物的含量来表示;金属材料则常以各化学元素的含量来表示,金属的化学成分的改变将明显地改变其性质;有机材料是由 C、H、O、N、S 等元素组成,其化学组成常用各化合物的含量来表示。化学组成是决定材料化学性质、物理性质、力学性质的主要因素之一。

(二) 矿物成分

许多无机非金属材料都是由矿物组成的。矿物是地壳中的化学元素经过各种物理化学作用所形成的单质或化合物。它们都具有一定的内部构造和比较固定的化学成分,因而具有一定的物理性质、化学性质、力学性质和形态。矿物是组成岩石的基本单位。

材料的化学成分不同,则材料的矿物组成也不同。而相同的化学组成,可以有不同的矿物组成。材料的矿物组成不同时,其化学性质、物理性质和力学性质截然不同。

用来烧石灰的石灰岩,色彩鲜艳、花纹美丽的大理岩,美观大方、坚固耐用的花岗岩等等,它们的矿物组成不同,因而其性质和用途也不同。

二、材料的结构

材料的结构是指组成材料的原子、分子在空间的排列方式或宏观颗粒的形状、大小以及它们之间的组合关系。材料的结构决定着材料的许多性质。一般可分为三个层次:即微观结构、亚微观结构和宏观结构。

(一) 微观结构

微观结构是指组成材料的原子、离子、分子在空间的排列方式。需借助电子显微镜及 X 射线衍射分析手段来研究。材料的微观结构可分为晶体和非晶体两种结构。

1. 晶体

晶体是指质点(原子、离子或分子)在空间中作周期性排列的固体,并具有特定的几何

外形和固定的熔点.晶体具各向异性的性质.晶体内能最小,因而表现出良好的化学稳定性.

2. 非晶体

非晶体又称玻璃体,是熔融物在急速冷却时,质点来不及按特定规律排列所形成的内部质点无序排列的固体.非晶体没有固定的熔点和特定的几何外形,且各向同性.非晶体的强度和导热性能低于晶体.非晶体材料的内部质点未按特定规律排列,即质点未能处于能量最低位置,因而其化学稳定性较差,易和其他物质反应或自行缓慢向晶体转变.

(二) 亚微观结构

亚微观结构是指用光学显微镜观察的微米级的组织结构,它包括晶体粒子的大小、形态、界面、孔隙的大小、形态及分布等.

材料的亚微观结构对材料的强度、耐久性等有很大的影响.一般而言,材料内部的晶粒越细小,分布越均匀,则材料的受力状态越均匀、强度越高、脆性越小、耐久性越高;晶粒或不同材料组成之间的界面粘结越好,则材料的强度和耐久性等越好.

(三) 宏观结构(构造)

宏观结构是指直接用肉眼或借助放大镜即可分辨的材料组分及其大小和排列方式.该结构主要研究材料中的孔隙、裂纹、不同材料的组成与复合方式、各组成材料的分布等.

由一种组分(组成材料的物质)所组成的材料为单一材料,如钢材、木材、泡沫塑料等;由两种或两种以上组分以适当方式结合而成的新材料,称为复合材料,如钢筋混凝土、胶合板等.复合材料取各组分之长,避免了单一材料的某些缺陷,使复合材料的性能增强,用途增多.

材料宏观结构的分类及其主要特性见表 1—1.

表 1—1 材料的宏观结构及其相应的主要特性

材料的宏观结构		常用材料	主要特性
单一材料	致密结构	钢材、玻璃、沥青、部分塑料	高强、不透水、耐腐蚀
	多孔结构	泡沫塑料、泡沫玻璃	轻质、保温
	纤维结构	木材、竹材、石棉、岩棉、玻璃纤维、钢纤维	高抗拉、且大多数具有轻质、保温、吸声性质
	聚集结构	陶瓷、砖、某些天然岩石	强度较高
复合材料	粒状聚集结构	各种混凝土、砂浆、钢筋混凝土	综合性能好、价格较低廉
	纤维聚集结构	岩棉板、岩棉管、石棉水泥制品、纤维板、纤维增强塑料	轻质、保温、吸声或高抗拉(折)
	多孔结构	加气混凝土、泡沫混凝土	轻质、保温
	叠合结构	纸面石膏板、胶合板、各种夹心板	综合性能好

材料的宏观结构是影响材料性质的重要因素.宏观结构不同的材料其性质与用途也不同,如普通玻璃与泡沫玻璃,它们的性质和用途差别较大;而宏观结构相同的材料可以有相似的性质与用途,如泡沫玻璃与泡沫塑料都可作为绝热材料等.

第二节 材料的物理性质

一、与质量有关的性质

(一) 不同结构状态下的密度

1. 密度

材料在绝对密实状态下,单位体积的质量称为密度,即

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

式中 ρ ——材料的密度, kg/m^3 ;

m ——材料的绝干质量, kg ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积, m^3 。

除少数材料外(钢、铝合金、玻璃等),大多数建筑材料均含有一定数量的孔隙。为了测得含孔材料绝对密实体积,须将材料磨细成粉末状,用排开液体的方法测定。

2. 表观密度

固体材料在自然状态下均含有一定量的孔隙,有些孔隙在常压下水可以进入,有些则不能。我们将常压下水可以进入的孔隙称为开口孔隙(或称连通孔隙);将常压下水不能进入的孔隙称为闭口孔隙(或称封闭孔隙)(见图 1—1)。

材料在自然状态下,包含闭口孔隙在内的单位体积的质量称为材料的表观密度,用下式计算:

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

式中 ρ' ——材料的表观密度, kg/m^3 ;

V' ——材料在自然状态下包含闭口孔隙时的体积, m^3 ;

V_b ——材料内部封闭孔隙的体积, m^3 。

3. 体积密度

材料在自然状态下,单位体积的质量称为材料的体积密度。

其计算式为

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

式中 ρ_0 ——材料的体积密度, kg/m^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, kg ;

V_0 ——材料在自然状态下的体积(包括材料内部闭口孔隙和开口孔隙的体积), m^3 。

材料在自然状态下的体积 V_0 ,对于规则形状的材料直接测定外观尺寸即可;对于不规则形状的材料则须在材料表面涂蜡后(封闭开口孔隙),用排水法测定。

4. 堆积密度

粉末状或颗粒状材料在自然堆积状态下,单位体积的质量称为堆积密度。其计算式为

$$\rho_0' = \frac{m}{V_0} \quad (1-4)$$

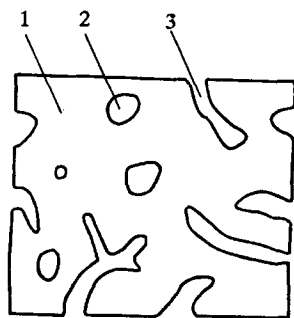


图 1—1 材料内部
孔隙示意图

1—固体物质;2—闭口孔隙;
3—开口孔隙

式中 ρ'_0 ——材料的堆积密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V'_0 ——材料在堆积状态下的体积(包括颗粒间空隙的体积), m^3 。

材料的堆积密度与材料的体积密度、含水率、堆积的紧密程度等有关。

对于配制混凝土用的碎石、卵石及砂等松散颗粒状材料,在堆积状态下堆积体积是在特定条件下,用容量筒测得的,见图 1—2。

在建筑工程中,计算材料的用量、构件及建筑物的自重、材料的配合比以及材料的运输量与储存量时经常要用到材料的密度、表观密度、体积密度和堆积密度。常用材料在不同结构状态下的密度值见表 1—2。

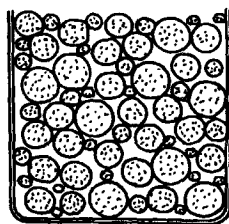


图 1—2 堆积体积示意图
(堆积体积 = 颗粒体积 + 空隙体积)

表 1—2 常用建筑材料的密度、表观密度、体积密度和堆积密度数值

材料名称	密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	表观密度/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	体积密度/ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$	堆积密度/ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$
钢材	7.85	—	7 850	—
花岗岩	2.6~2.9	2.6~2.85	2 500~2 850	—
石灰岩	2.6~2.8	2.4~2.7	2 000~2 600	—
普通玻璃	2.5~2.6	—	2 500~2 600	—
烧结普通砖	2.5~2.7	—	1 500~1 800	—
烧结空心粘土砖	2.5~2.7	—	800~1 100	—
建筑陶瓷	2.5~2.7	—	1 800~2 500	—
普通混凝土	2.6~2.8	—	2 300~2 500	—
普通砂	2.6~2.8	2.55~2.75	—	1 450~1 700
碎石或卵石	2.6~2.9	2.55~2.85	—	1 400~1 700
木材	1.55	—	400~800	—
泡沫塑料	1.0~2.6	—	10~50	—

(二) 密实度与孔隙率

1. 密实度

在自然状态下,材料体积内固体物质的充实程度称为材料的密实度,以材料绝对密实体积占材料总体积的百分率 D 表示。计算式为

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

密实度 D 反映材料的密实程度。凡含孔隙的固体材料,其密实度均小于 1。 D 愈接近于 1,材料就愈密实。

2. 孔隙率

孔隙率是指材料内部孔隙体积占材料总体积的百分率,即

$$P = \frac{V_P}{V_0} \times 100\% = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1-6)$$

式中 P ——材料的孔隙率, %;

V_p ——材料内部孔隙的体积, m^3 .

材料孔隙率的大小, 说明了材料内部构造的致密程度, 材料的强度、吸水性、抗渗性、抗冻性、导热性、吸声性等都与材料的孔隙有关。孔隙有开口孔隙和闭口孔隙之分, 孔隙率也可分为开口孔隙率和闭口孔隙率。

(三) 空隙率

空隙率是指散粒状材料在堆积状态下, 颗粒间空隙的体积占堆积体积的百分率, 即

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

式中 P' ——散粒状材料的空隙率, %。

空隙率用来评定散粒状材料在堆积状态下, 颗粒间的疏密程度, P' 越大, 颗粒间的空隙就越大。在配制混凝土、砂浆等材料时, 宜选用空隙率小的砂、石。

二、与水有关的性质

(一) 材料的亲水性与憎水性

材料在空气中与水接触时, 有两种不同现象, 一种表现为水可以在材料表面上铺展开, 亦即材料表面可以被水所润湿, 这是由于材料分子与水分子间的相互作用力大于水分子之间的作用力所致。此种性质称为材料的亲水性, 具备这种性质的材料称为亲水性材料。另一种现象是水不能在材料表面上铺展开, 水不与材料亲合, 即材料表面不能被水所润湿, 这就是材料的憎水性, 此种材料称为憎水性材料。

材料的亲水或憎水程度可用润湿角来表示。在材料、水、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 θ 称为润湿角。 $\theta \leq 90^\circ$ 时, 如图 1—3a 所示, 材料表现为亲水性。 $\theta > 90^\circ$ 时, 如图 1—3b 所示, 材料表现为憎水性。 θ 越小, 亲水性越强, 憎水性越弱。含毛细孔的亲水性材料可自动将水吸入孔隙内(如图 1—3c 所示), 而含毛细孔的憎水性材料则不能(如图 1—3d 所示)。

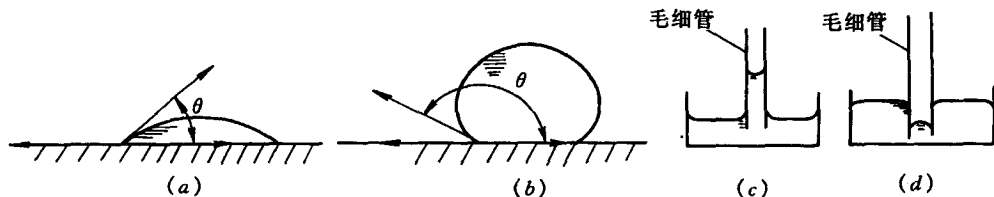


图 1—3 材料润湿边角与毛细现象

大多数材料属于亲水性材料, 如混凝土、钢材、砂、石等。大部分有机材料属于憎水性材料, 如沥青、石蜡、塑料、油漆等。憎水性材料具有较好的防水性、防潮性, 常用作防水材料, 也可用于对亲水性材料进行表面处理, 以降低吸水率, 提高抗渗性。必须指出的是孔隙率较小的亲水性材料同样也具有较好的防水性、防潮性, 仍可作为防水材料或防潮材料使用, 如水泥砂浆、水泥混凝土等。

(二) 吸水性与吸湿性

1. 吸水性

材料在水中吸收水分的性质称为吸水性。吸水性大小常用吸水率表示。

吸水率有质量吸水率和体积吸水率之分。质量吸水率是指材料在吸水饱和状态下,所吸水的质量占材料干燥质量的百分率;所吸水的体积占材料自然状态体积的百分率,即为体积吸水率。两者计算式如下:

$$W_m = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\%; \quad (1-8)$$

$$W_v = \frac{V_w}{V_0} \times 100\% = \frac{m_1 - m}{\rho_w} \cdot \frac{1}{V_0} \times 100\% . \quad (1-9)$$

式中 W_m ——材料的质量吸水率, %;
 m_1 ——材料吸水饱和时的质量, kg;
 m ——材料在干燥状态下的质量, kg;
 W_v ——材料的体积吸水率, %;
 V_w ——材料吸水饱和时所吸水的体积, m^3 ;
 ρ_w ——水的密度, kg/m^3 。

质量吸水率与体积吸水率有如下关系:

$$W_v = \frac{\rho_0}{\rho_w} \cdot W_m. \quad (1-10)$$

材料吸水率的大小不但与材料的孔隙率和孔隙特征有关,还与材料的亲水性和憎水性有关。孔隙率大,特别是开口孔隙率较大的亲水性材料具有较大的吸水能力。多孔材料的吸水率一般用体积吸水率来表示。

常压下封闭孔隙不吸水,而主要是开口孔隙吸水。材料的吸水率可反映材料的内部结构及性质。

2. 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。吸湿性的大小用含水率表示。

含水率是指材料所含水分的质量与干燥材料的质量比,以百分数表示,可按下式计算:

$$w_{\text{含}} = \frac{m_{\text{含}} - m}{m} \times 100\% . \quad (1-11)$$

式中 $w_{\text{含}}$ ——材料的含水率, %;
 $m_{\text{含}}$ ——材料含水时的质量, kg;
 m ——材料干燥时的质量, kg。

材料吸水或吸湿后,不但质量增加,而且还会造成强度下降,体积密度和导热性增加,体积略有增加,保温性、吸声性下降,抗冻、抗腐蚀能力变差。

(三) 耐水性

材料长期在水的作用下,保持其原有性质的能力称为材料的耐水性。材料的耐水性用软化系数来表示,用下式计算:

$$K_p = \frac{f_w}{f_d} . \quad (1-12)$$

式中 K_p ——材料的软化系数;
 f_w ——材料在吸水饱和状态下的抗压强度, MPa;
 f_d ——材料在绝干状态下的抗压强度, MPa。