



普通高等教育“十二五”精品课程规划教材

建筑材料

JIANZHU CAILIAO

● 主编 王 欣 陈梅梅

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 提 要

本书介绍了气硬性胶凝材料,水泥,混凝土,建筑砂浆,建筑钢材,墙体材料,防水材料,建筑装饰材料,绝热、节能和吸声材料等各类建筑材料。重点论述了水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、防水材料的基本性质、技术性能、质量标准及合理应用等内容。

本书主要适合作为高等院校建筑、监理、造价、给水排水、钢结构等专业的教学用书,还可作为土建类其他专业的教学用书,以及一般工程技术人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/王欣,陈梅梅主编. — 北京:北京理工大学出版社,2012.5

ISBN 978-7-5640-5931-6

I. ①建… II. ①王… ②陈… III. ①建筑材料-高等学校-教材
IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 094599 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / [http://www. bitpress. com. cn](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京紫瑞利印刷有限公司

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 14.5

字 数 / 341 千字

责任编辑 / 张慧峰

版 次 / 2012 年 5 月第 1 版 2012 年 5 月第 1 次印刷

责任校对 / 杨 露

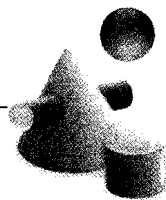
定 价 / 42.00 元

责任印制 / 边心超

对本书内容有任何疑问及建议,请与本书编委会联系。邮箱:bitdayi@sina.com

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言



建筑材料是建筑工程专业一门重要的专业基础课，主要介绍常用建筑材料的基本组成、性质、应用及质量标准、检验方法、储运和保管等知识。本书采用国家现行的标准和规范，按照高等院校技术教育的要求和土木工程、建筑工程类专业的培养目标及建筑材料教学大纲编写而成。

本书在编写过程中力求突出以下特色。

第一，结合最新国家标准和行业标准。近年来，建筑工程领域的科学技术发展较快，建筑工程材料也有了较大发展，本书适应当前形势，特别是针对水泥、混凝土、钢材、砂浆的编写，参照了《通用硅酸盐水泥》（GB 175—2007）、《建设用砂》（GB/T 14684—2011）、《普通混凝土配合比设计规程》（JGJ 55—2011）、《砌筑砂浆配合比设计规程》（JGJ/T 98—2010）等最新标准，反映行业最新现状。

第二，本书突出了材料的应用、选择和技术指标检测，为学生实现“零距离”上岗奠定了基础。全书理论教学与试验实训紧密结合，把相关材料的试验内容编写在各章的理论知识之后，以便学生在掌握一定理论知识的基础上及时进行有关材料技术性能检测的操作技能训练，从而达到理论知识与实践教学相结合、提高教学质量的目的。

第三，本书以引导式教学模式，构建了一个“课前引导—理论学习—技能掌握—课后总结—课后练习”的教学全过程，给老师教学做出了引导，并使学生从更深的层次进行思考，复习和巩固所学知识。

本书以社会需求为基本依据，以就业为导向，以学生为主体，在内容上注重与岗位实际要求紧密结合，符合我国高等教育对技能型人才培养工作的要求，体现了教学组织的科学性和灵活性原则。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中不足之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

编 者

目 录

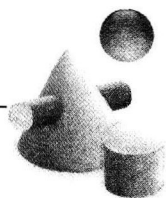


第 1 章 绪论	(1)
1.1 建筑材料的定义及分类	(2)
1.2 建筑材料在建筑工程中的作用	(3)
1.3 建筑材料的发展历史和趋势	(3)
1.4 建筑材料的技术标准	(4)
1.5 本课程的学习任务及方法	(5)
第 2 章 建筑材料的基本性质	(7)
2.1 建筑材料的物理性质	(8)
2.2 建筑材料的力学性质	(14)
2.3 建筑材料的耐久性	(16)
2.4 建筑材料基本性质试验	(16)
第 3 章 气硬性胶凝材料	(21)
3.1 石灰	(22)
3.2 石膏	(26)
3.3 水玻璃	(28)
第 4 章 水泥	(32)
4.1 硅酸盐水泥	(33)
4.2 掺混合材料的硅酸盐水泥	(42)
4.3 其他品种水泥	(47)
4.4 水泥试验	(51)
第 5 章 混凝土	(62)
5.1 混凝土概述	(63)
5.2 普通混凝土的组成材料	(64)
5.3 混凝土的技术性能	(74)
5.4 普通混凝土的质量控制与评定	(86)
5.5 普通混凝土配合比设计	(90)
5.6 特种混凝土	(99)
5.7 混凝土试验	(102)

第 6 章 建筑砂浆	(115)
6.1 砌筑砂浆	(116)
6.2 其他建筑砂浆	(122)
6.3 建筑砂浆试验	(124)
第 7 章 建筑钢材	(131)
7.1 钢的冶炼与分类	(132)
7.2 建筑钢材的主要技术性能	(133)
7.3 建筑钢材的技术标准及应用	(136)
7.4 钢材的质量控制	(145)
7.5 建筑钢材试验(热轧钢筋试验)	(146)
第 8 章 墙体材料	(151)
8.1 砌墙砖	(152)
8.2 砌块	(158)
8.3 墙板	(161)
8.4 墙体材料试验	(165)
第 9 章 防水材料	(169)
9.1 防水材料概述	(170)
9.2 沥青	(171)
9.3 防水卷材	(175)
9.4 防水涂料	(181)
9.5 建筑密封材料	(184)
9.6 防水材料的应用	(185)
9.7 防水材料试验	(188)
第 10 章 建筑装饰材料	(196)
10.1 建筑装饰材料的基本要求及选用	(197)
10.2 建筑装饰面砖	(198)
10.3 金属材料类装饰板材	(200)
10.4 有机材料类装饰板材	(203)
10.5 无机材料类装饰板材	(205)
10.6 建筑玻璃	(205)
10.7 天然石材	(209)
第 11 章 绝热、节能和吸声材料	(213)
11.1 绝热材料	(213)
11.2 节能材料	(220)
11.3 吸声、隔声材料	(221)
参考文献	(226)

第1章

绪 论



学习目标

本章重点介绍建筑材料的定义、分类及其发展历程和趋势,通过学习要达到如下知识及能力目标。

知识目标:掌握建筑材料的定义与分类,了解建筑材料在建筑工程中的作用及建筑材料的发展历程和趋势,明确本课程的任务和学习方法。

能力目标:能区分各种建筑材料。

内容概要

- 建筑材料的定义及分类
- 建筑材料在建筑工程中的作用
- 建筑材料的发展历程和趋势
- 建筑材料的技术标准
- 本课程的任务及学习方法

章前导学

上海世博会世博中心

2010年上海世博会世博中心(图1-1)是“绿色建筑”的典范。世博中心采用了大量新型环保、节能材料取代大理石、花岗岩等传统大型建筑使用的材料。例如,外墙以玻璃结合铝板、陶板、石材等形成不同的组合幕墙,采用低辐射中空玻璃等新一代产品,形成了呼吸式玻璃幕墙系统,实现了艺术与技术的有机结合与完美统一。世博中心的“绿色建筑”还体现在对能源和水的消耗、室内空气质量、可再生材料的使用等方面,整个建筑使用太阳能、LED照明、冰蓄冷系统、雨水收集等新技术,并按国际绿色建筑的标准建成“绿色”建筑。设计方案按照

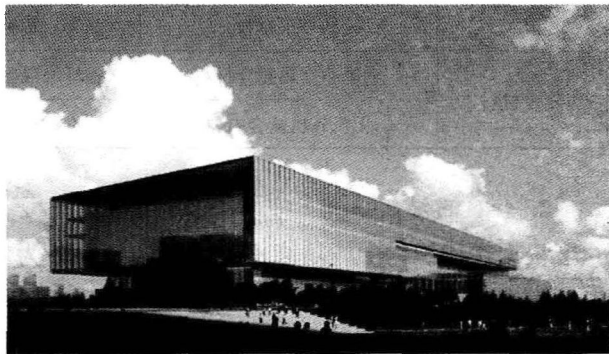


图 1-1 上海世博会世博中心

减量化（Reduce）、再使用（Reuse）、再循环（Recycle）的 3R 原则，统筹安排资源和能源的节约、回收和再利用，减少对资源和能源的消耗，减少污染物的排放量，尽量减少建筑对环境的影响，这些都是建筑的功能要求和建材产品的未来发展方向。

1.1 建筑材料的定义及分类

1.1.1 建筑材料的定义

建筑材料是指用于建筑物各个部位的各种构件和结构体的所有材料的总称，是建筑物与构筑物的重要物质基础，如基础、墙体、承重构件、地面、屋面等所用的材料。建筑材料的品种、性能和质量在很大程度上决定着建筑物的坚固、适用和美观，并影响着结构形式和施工速度。

1.1.2 建筑材料的分类

建筑材料的种类繁多，常按材料的化学成分、使用功能、用途进行分类。

1. 按化学成分分类

根据化学成分的不同，建筑材料可分为有机材料、无机材料和复合材料三大类，见表 1-1。

表 1-1 建筑材料根据化学成分不同的分类

无机材料	金属材料	黑色金属：铁、非合金钢、合金钢
		有色金属：铝、锌、铜及其合金
	非金属材料	石材：天然石材、人造石材
		烧结制品：烧结砖、陶瓷面砖
		熔融制品：玻璃、岩棉、矿棉
		胶凝材料：石灰、石膏、水玻璃、水泥、混凝土、砂浆
		硅酸盐制品：砌块、蒸养砖、碳化板
有机材料	植物材料	木材、竹材及制品
	高分子材料	沥青、塑料、涂料、合成橡胶、胶黏剂
复合材料	金属非金属复合材料	钢纤维混凝土、铝塑板、涂塑钢板
	无机有机复合材料	沥青混凝土、塑料颗粒保温砂浆、聚合物混凝土

2. 按使用功能分类

根据在建筑物中的功能不同，建筑材料分为承重和非承重材料，保温和隔热材料，吸声和隔声材料，防水材料，装饰材料等。

3. 按用途分类

根据用途的不同，建筑材料可分为如下几类。

- (1) 结构材料：砖、石材、砌块、钢材、混凝土。
- (2) 防水材料：沥青、塑料、橡胶、金属、聚乙烯胶泥。
- (3) 饰面材料：墙面砖、石材、彩钢板、彩色混凝土。
- (4) 吸声材料：多孔石膏板、塑料吸声板、膨胀珍珠岩。
- (5) 绝热材料：塑料、橡胶、泡沫混凝土。
- (6) 卫生工程材料：金属管道、塑料、陶瓷。

1.2 建筑材料在建筑工程中的作用

1.2.1 建筑材料是建筑工程的物质基础

无论是高达 420.5 m 的上海金贸大厦，还是普通的住宅楼等民用建筑，都是由各种散体建筑材料经过合理的设计和复杂的施工最终构建而成的。建筑材料的物质性体现在其使用的巨量性，一幢单体建筑一般重达几百至数千吨，甚至可达数万、几十万吨，这形成了建筑材料的生产、运输、使用等方面与其他门类材料的不同。

1.2.2 建筑材料的发展赋予建筑物以时代的特性和风格

西方古典建筑的石材廊柱、中国古代以木架构为代表的宫廷建筑、当代以钢筋混凝土和型钢为主体材料的超高层建筑，都呈现了鲜明的时代性和不同的风格。

1.2.3 建筑材料推动建筑设计理论的进步和施工技术的革新

建筑设计理论不断进步和施工技术的革新不但受到建筑材料发展的制约，同时亦受到其发展的推动。大跨度预应力结构、薄壳结构、悬索结构、空间网架结构、节能环保型建筑的出现都是与新材料的产生密切相关的。

1.2.4 建筑材料正确、节约、合理的运用直接影响着建筑工程造价和项目投资

在我国，一般建筑工程的材料费用要占到总投资的 50%~60%，特殊工程中这一比例会更高，对于中国这样一个发展中国家，对建筑材料特性的深入了解和认识，最大限度地发挥其效能，进而达到最大的经济效益，无疑具有非常重要的意义。

1.3 建筑材料的发展历史和趋势

建筑材料是随着社会生产力和科学技术水平的提高而逐步发展起来的。随着社会的进步，人们对土建工程的要求越来越高，这种要求的满足与建筑材料的数量和质量之间存在着相互依赖和相互矛盾的关系，建筑材料的生产和使用是在不断解决矛盾的过程中逐步向前发展的。

原始时代人们利用天然材料建筑房屋，如木材、岩石、竹、黏土等。石器、铁器时代，出现了用石材、石灰、石膏建成的古埃及金字塔和用条石、大砖、石灰砂浆建成的中国万

里长城,如图 1-2、图 1-3 所示。18—19 世纪,建筑钢材、水泥、混凝土和钢筋混凝土相继问世并成为主要结构材料。进入 20 世纪,预应力混凝土出现了。

21 世纪,高性能混凝土作为主要结构材料得到广泛应用,同时一些具有特殊功能的材料也应运而生,如保温隔热、吸声隔声、耐热、耐磨、耐腐蚀、防辐射材料等。随着人们对城市面貌、工作空间、生活环境的要求越来越高,各种装饰材料也层出不穷,环保型建筑材料越来越受到人们的重视。

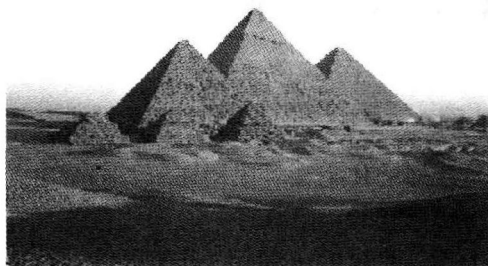


图 1-2 胡夫金字塔

高 146.59 m, 底部 232 m 见方, 用 230 多万块、
每块重 2.5 t 的岩石砌成

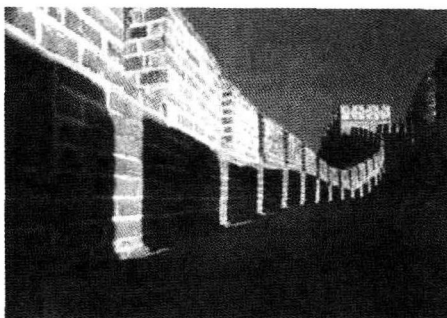


图 1-3 长城

由条石、大砖、石灰砂浆砌成

建筑材料的发展趋势如下:

- (1) 轻质、高强、高耐久性的材料。
- (2) 新型墙体材料、保温隔热材料。
- (3) 装饰装修材料向多功能化发展。
- (4) 环保、绿色、生态型材料。
- (5) 智能材料。

知识拓展▶▶▶

生态材料的特点

- (1) 环境协调性: 制造、使用、废弃、再生的整个生命周期中具有与生态环境的协调性; 净化环境的功能; 修复环境的功能。
- (2) 先进性: 优异的使用性能。
- (3) 舒适性: 给人以健康和舒适。

1.4 建筑材料的技术标准

建筑材料的技术标准是生产、流通和使用单位检验、确定产品质量是否合格的技术文件。为了保证材料的质量并对材料进行现代化生产和科学管理, 必须对材料产品的技术要求制定统一的执行标准。其内容主要包括产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收规则、包装及标志、运输和储存注意事项等方面。

世界各国对材料的标准化都很重视,均制定了各自的标准。如我国的国家标准“GB”和“GB/T”、美国材料试验协会标准“ASTM”、英国标准“BS”、德国工业标准“DIN”、日本工业标准“JIS”等。此外,还有在世界范围统一使用的国际标准“ISO”。

目前,我国常用的标准主要有国家级、行业(或部)级、地方级和企业级四类,它们分别由相应的标准化管理部门批准并颁布。各级标准相应的代号如下:

(1) 国家标准(代号 GB、GB/T)。

①GB——国家强制性标准,全国必须执行,产品的技术指标都不得低于标准中规定的要求。

②GB/T——国家推荐性标准。

(2) 行业(或部)标准。如建筑工程行业标准(代号 JG)、建材行业标准(代号 JC)、冶金行业标准(代号 YB)、交通行业标准(代号 JT)等。

(3) 地方标准(代号 DB)。

(4) 企业标准(代号 QB)。

► 知识拓展 ◀

标准的一般表示方法是由标准名称、部门代号、标准编号和颁布年份等组成的。例如,2007年制定的国家强制性175号通用硅酸盐水泥的标准为:《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007);2010年制定的国家推荐性228号金属材料拉伸试验标准为:《金属材料 拉伸试验 第1部分:室温试验方法》(GB/T 228.1—2010);建设部2011年制定的55号行业标准为:《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2011)。

1.5 本课程的学习任务及方法

本课程的学习任务是通过学习获得建筑材料的基础知识,掌握建筑材料的性能和应用及其试验检测技能,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,亦为进一步学习其他有关课程打下基础。

本课程的学习方法如下:

(1) 建筑材料的种类繁多,各类材料的知识既有联系又有很强的独立性。本课程涉及化学、物理、应用等方面的基本知识,因此要掌握好各门学科间的关系。

(2) 在理论学习方面,要重点掌握材料的生产、组成构造和外界环境对材料性质、应用的影响,各种材料都应遵循这一主线来学习。

(3) 建筑材料是一门应用技术学科,特别要注意实践和认知环节的学习。要注意把所学的理论知识落实在材料的检测、验收、选用等实践操作技能上。在理论学习的同时,要在教师的指导下,随时到工地或试验室穿插进行材料的认知实习,并完成课程所要求的建筑材料试验,以高质量地完成该门课程的学习。

(4) 及时了解国内外新材料、新技术、新工艺的现状和发展动向。

建筑材料学习的主线如图1-4所示。

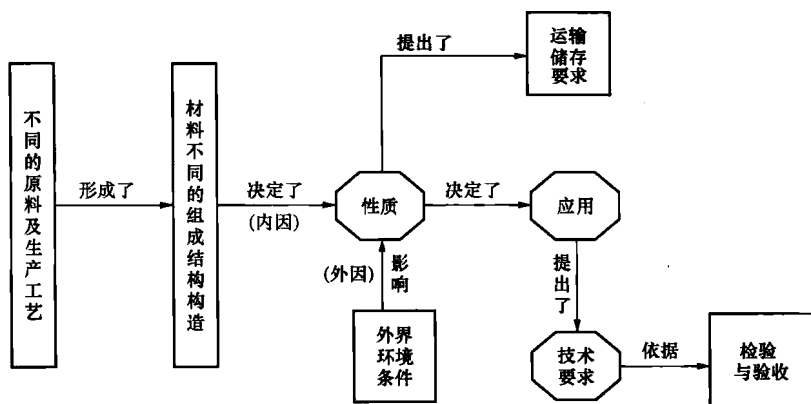


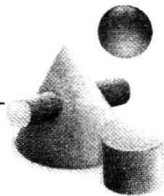
图 1-4 建筑材料学习的主线

本章小结

建筑材料是指用于建筑物各个部位的各种构件和结构体的所有材料的总称，是建筑物与构筑物的重要物质基础。建筑材料正向轻质、高强、多功能、绿色环保等方向发展。建筑材料的技术标准有国家级、行业（或部）级、地方级和企业级四类，是生产、流通和使用单位检验、确定产品质量是否合格的重要技术文件。

第2章

建筑材料的基本性质



学习目标

本章重点介绍建筑材料的性质、检验方法、技术标准，通过学习要达到如下知识及能力目标。

知识目标：掌握材料的物理和力学性质及耐久性的相关概念、技术性质及影响因素；理解材料性质间的相互影响。

能力目标：能熟练检测材料的各种性质并结合工程所处环境条件合理选择材料品种。



内容概要

- 建筑材料的物理性质
- 建筑材料的力学性质
- 建筑材料的耐久性



章前导学

房屋保温性能分析

某新建住宅楼保温性能较差，未能达到节能设计目标，经调查发现该工程施工过程中保温材料保管不善，施工前已经受潮，受潮后含水率增大使材料导热系数增大，从而使其保温隔热性能下降，因此在施工过程中保温材料应做好防潮措施。

建筑上常用的保温材料主要有泡沫塑料、聚氨酯保温板、泡沫玻璃、矿棉、酚醛树脂板、泡沫混凝土、轻骨料保温混凝土、聚苯颗粒保温砂浆、无机保温砂浆、膨胀珍珠岩保温砂浆等。这类保温材料都具有导热系数越小、隔热保温性能越好的特点。研究发现：细小而封闭的孔隙率越大，密闭空气越多，导热系数越小；开口粗大、连通的孔隙，导热系数越大；金属材料的导热系数大于非金属材料的导热系数；无机材料的导热系数大于有机材料的导热系数；晶体的导热系数大于无定形体的导热系数；材料的含水率增加，导热系数也增加；大多数材料的导热系数随温度升高而增加。

建筑物不仅受到复杂的荷载作用，而且还受到各种复杂自然因素的影响，所以建筑材料既要具备抵抗复杂外力作用的综合力学性能，又要具有抵抗日光、温度变化、雨淋、冻融等自然因素作用的稳定性。为保证建筑材料的综合力学性能和稳定性，建筑材料应具备的技术性质有物理性质、力学性质和耐久性等。

2.1 建筑材料的物理性质

2.1.1 密度、表观密度和堆积密度

1. 材料的密度 ρ

材料的密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。

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

式中 ρ ——材料的密度 (g/cm^3);

m ——材料在干燥状态下的质量 (g);

V ——材料在绝对密实状态下的体积 (cm^3)。

材料在绝对密实状态下的体积是指不包含材料内部孔隙的实体体积。除了钢材、玻璃、沥青等少数材料外,多数材料在自然状态下均含有一些孔隙。在测定有孔隙材料的密度时,先把材料磨成细粉,烘干至恒重,然后用李氏瓶测得其实体体积,用式(2-1)计算得到密度值。材料磨得越细,测得的体积越真实,得到的密度值也越精确。

2. 材料的表观密度 ρ_0

材料的表观密度是指材料在自然状态下单位体积的质量。

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

式中 ρ_0 ——材料的表观密度 (kg/m^3);

m ——材料在自然状态下的质量 (kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积 (m^3)。

材料在自然状态下的体积,是指包括实体和内部孔隙的外观几何形状的体积。对于形状规则的材料,可直接测量其体积;对于形状不规则的材料,为防止液体由空隙进入材料内部而影响测量值,应在表面封蜡,然后再用排液法测量体积;对于混凝土用砂石骨料,直接用排液法测量体积,此时的体积是实体积与闭口孔隙体积之和,近似代替自然状态下的体积。

材料的含水状态变化时,其质量和体积均发生变化。通常表观密度是指材料在干燥状态下的表观密度,其他含水情况应注明。

3. 材料的堆积密度 ρ'_0

材料的堆积密度是指粒状或粉状材料在堆积状态下单位体积的质量。

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (2-3)$$

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 (m^3)。

测定散粒材料的堆积密度时,材料的质量是指填充在一定容器内的材料质量,其堆积体积是指所用容器的容积。因此,材料的堆积体积包含了颗粒之间的空隙体积。

散粒材料的堆积体积会因材料堆放的疏松状态不同而异,必须在规定的装填方法下取

值。因此,堆积密度又有松散堆积密度和紧密堆积密度之分。

2.1.2 孔隙率与密实度

1. 材料的孔隙率 p

大多数建筑材料的内部都含有孔隙,这些孔隙会对材料的性能产生不同程度的影响。材料中含有孔隙的多少常用孔隙率表征,孔隙率是指材料内部孔隙体积占自然状态下的材料总体积的百分率。

$$p = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (2-4)$$

2. 材料的密实度 D

材料的密实度是指材料内部固体物质的实体积占自然状态下的材料总体积的百分率。

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% = 1 - p \quad (2-5)$$

孔隙率和密实度反映了材料的致密程度,孔隙率的大小及孔隙特征(包括孔隙大小、是否连通、分布情况等)对材料的性质影响很大。一般而言,同一种材料孔隙率越小,连通孔隙越少,其强度越高,吸水性越小,抗渗性和抗冻性越好,但其导热性越大。

2.1.3 空隙率与填充率

1. 材料的空隙率 p'

散粒材料颗粒间的空隙多少常用空隙率表示。材料的空隙率指散粒材料颗粒间的空隙体积($V_s = V'_0 - V_0$)占堆积体积的百分率。

$$p' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (2-6)$$

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含砂率的依据。

2. 材料的填充率 D'

与空隙率相对应的是填充率,即颗粒的自然状态体积占堆积体积的百分率。

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% = 1 - p' \quad (2-7)$$

综上所述,含孔材料的体积组成如图 2-1 所示,散粒状材料的体积组成如图 2-2 所示。

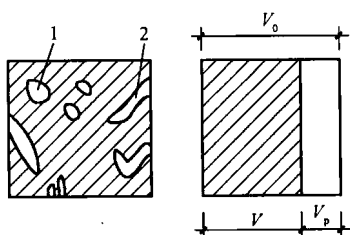


图 2-1 含孔材料体积组成示意图

1—闭孔; 2—开孔

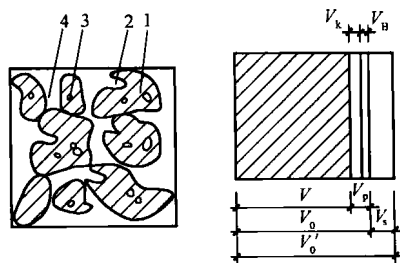


图 2-2 散粒状材料松散体积组成示意图

1—颗粒中的固体物质; 2—颗粒中的开口孔隙;

3—颗粒的闭口孔隙; 4—颗粒间的空隙

注：开口孔的孔体积记为 V_k ，闭口孔的孔体积记为 V_B ，则孔隙体积之和 $V_p = V_k + V_B$ ，颗粒间空隙体积记为 V_s 。

2.1.4 与水有关的性质

1. 材料的亲水性与憎水性

当固体材料与水接触时，由于水分与材料表面之间的相互作用不同会产生如图 2-3 (a) 和 (b) 所示的两种情况。图中在材料、水、空气的三相交叉点处沿水滴表面作切线，此切线与材料和水接触面的夹角 θ 称为润湿边角。一般认为当 $\theta \leq 90^\circ$ 时，材料能被水润湿而表现出亲水性，这种材料称为亲水性材料；当 $\theta > 90^\circ$ 时，材料不能被水润湿而表现出憎水性，这种材料称为憎水性材料。由此可见，润湿边角越小，材料亲水性越强，越易被水润湿，当 $\theta = 0^\circ$ 时，表示该材料完全被水润湿。大多数建筑材料，如砖、木、混凝土等均属于亲水性材料；沥青、橡胶、塑料等则属于憎水性材料。

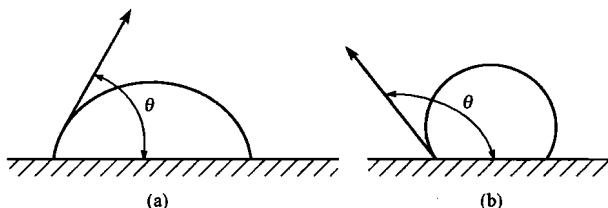


图 2-3 材料润湿示意图

(a) 亲水性材料；(b) 憎水性材料

2. 材料的含水状态

亲水性材料的含水状态可分为以下四种基本状态，如图 2-4 所示。

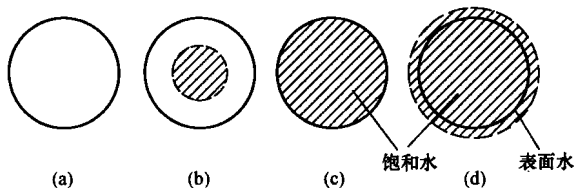


图 2-4 材料的含水状态

(a) 干燥状态；(b) 气干状态；(c) 饱和面干状态；(d) 湿润状态

- (1) 干燥状态——材料的孔隙中不含水或含水极微；
 - (2) 气干状态——材料的孔隙中所含水与大气湿度相平衡；
 - (3) 饱和面干状态——材料表面干燥，而孔隙中充满水达到饱和；
 - (4) 湿润状态——材料不仅孔隙中含水饱和而且表面上被水润湿附有一层水膜。
- 除上述四种基本含水状态外，材料还可以处于两种基本状态之间的过渡状态中。

3. 材料的吸水性与吸湿性

(1) 材料的含水率。含水率是指材料中所含水的质量占其干燥状态下材料质量的百分率。

$$W = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \quad (2-8)$$

式中 W ——材料含水率 (%)；

m_1 ——材料在含水状态下的质量 (g)；

m ——材料在干燥状态下的质量 (g)。

(2) 材料的吸水性。材料的吸水性是指材料与水接触吸收水分的性质。材料的吸水性用吸水率表示, 它有以下两个含义。

①质量吸水率——材料吸水饱和时, 吸收的水分质量占材料干燥质量的百分率。

$$W_m = \frac{m_s - m_g}{m_g} \times 100\% \quad (2-9)$$

式中 W_m ——材料的质量吸水率 (%)；

m_s ——材料吸水饱和后的质量 (g)；

m_g ——材料烘干至恒重的质量 (g)。

②体积吸水率——材料吸水饱和时, 所吸水分体积占材料干燥状态时体积的百分率。

$$W_v = \frac{V_w}{V_0} = \frac{m_s - m_g}{V_0} \cdot \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (2-10)$$

式中 W_v ——材料的体积吸水率 (%)；

V_w ——材料吸收的水的体积 (cm³)；

m_s ——材料吸水饱和后的质量 (g)；

m_g ——材料烘干至恒重的质量 (g)。

V_0 ——干燥材料在自然状态下的体积 (cm³)；

ρ_w ——水的密度 (g/cm³)。

质量吸水率与体积吸水率存在如下关系：

$$W_v = \frac{\rho_0}{\rho_w} \cdot W_m \quad (2-11)$$

式中 ρ_0 ——材料干燥状态下的表观密度 (g/cm³)。

材料的吸水性除取决于所组成的物质外还与它含有孔隙的多少、孔的结构类型紧密相关。一般来说, 孔隙率大, 吸水性强。封闭的孔隙水分不容易渗入; 粗大开口的孔隙, 虽然水分很容易进入开口的大孔, 但无法存留, 只能润湿孔壁, 难以吸足水分, 所以吸水率不大。空隙率大, 具有微细、连通、开口孔隙的材料, 吸水性才是最强的。

各种材料吸水性相差很大, 如花岗岩等致密岩石的吸水率为 0.5%~0.7%, 普通混凝土为 2%~8%, 黏土砖为 8%~20%, 木材或其他轻质材料的吸水率常大于 100%。

(3) 材料的吸湿性。材料在潮湿环境中吸收水分的性质称为吸湿性。反之, 材料在干燥空气中会释放出所含水分的性质为还湿性。材料的吸湿性用含水率表示, 即材料含有水的质量占干燥时材料质量的百分率。材料与空气湿度达到平衡时的含水率称为平衡含水率。

含湿状态会导致材料性能的多种变化, 在实际工作中, 在已知含水率之后, 常要求对材料干、湿两种状态下质量进行相互换算, 这种换算应该从含水率的定义出发, 才能准确熟练地完成。

4. 材料的耐水性

材料长期在水的作用下能维持原有强度的能力称为耐水性。耐水性一般用软化系数表示, 计算公式如下:

$$K_R = \frac{f_b}{f_g} \quad (2-12)$$

式中 K_R ——材料的软化系数;

f_b ——材料在吸水饱和状态下的抗压强度 (MPa);

f_k ——材料在干燥状态下的抗压强度 (MPa)。

一般材料吸水后强度均会有所降低。材料的软化系数 K_R 在 0~1 之间, K_R 越接近 1, 说明该材料耐水性越好。工程中将 $K_R \geq 0.85$ 的材料称为耐水材料。长期处于水中或潮湿环境中的重要结构所用材料必须保证 $K_R \geq 0.85$, 用于受潮较轻或次要结构的 K_R 也不宜小于 0.75。

5. 材料的抗渗性

材料的抗渗性是指其抵抗压力水渗透的性质。抗渗性用渗透系数表示, 渗透系数按照达西定律以下式表示:

$$K = \frac{Qd}{AtH} \quad (2-13)$$

式中 K ——材料的渗透系数 (cm/s);

Q ——渗水量 (cm³);

d ——试件的厚度 (cm);

A ——渗水的面积 (cm²);

t ——渗水的时间 (s);

H ——静水压力水头 (cm)。

渗透系数 K 反映水在材料中流动的速度。 K 值越大, 说明水在材料中流动的速度越快, 其抗渗性能越差。

材料的抗渗性能也可用抗渗等级来表示, 抗渗等级用材料抵抗最大水压力来表示, 如 P6、P8、P10、P12 等, 分别表示材料可抵抗 0.6 MPa、0.8 MPa、1.0 MPa 和 1.2 MPa 的水压力而不渗水。

材料的抗渗性不仅与材料本身的亲水性和憎水性有关, 而且还与孔隙率及孔隙特征有关。材料的孔隙率越小且封闭孔隙越多, 其抗渗性能越强。地下建筑、水工建筑和防水工程所用的材料均要求有足够的抗渗性, 应根据所处环境的最大水力梯度提出不同的抗渗指标。

6. 材料的抗冻性

材料的抗冻性是指材料在饱和水状态下, 经受多次冻融循环作用而不破坏, 其强度也不显著降低的性质。

材料的抗冻性用抗冻等级来表示。抗冻等级是以规定的吸水饱和试件, 在标准试验条件下, 经一定次数的冻融循环后, 强度降低及质量损失不超过规定数值, 也无明显损坏和剥落, 则此冻融循环次数即为抗冻等级, 用 F50、F100、F150 等表示, 分别表示抵抗 50 个、100 个、150 个冻融循环, 而未超过规定的损失程度。冻融循环次数越多, 抗冻等级越高, 抗冻性能越好。

对于冻、融的温度和时间, 循环次数, 冻后损失的项目和程度, 不同的材料均有各自的具体规定。

材料遭受冻结破坏, 主要是由于浸入其孔隙的水结冰后体积膨胀, 对孔壁产生的应力所致。另外, 冻融时的温差应力亦产生破坏作用。抗冻性良好的材料, 其耐水性、抗温度或干湿交替变化能力、抗风化能力等亦强, 因此抗冻性也是评价材料耐久性能的一个重要指标。

2.1.5 材料的热工性质

1. 材料的导热性

材料的导热性是指材料两侧有温差时热量由高温侧向低温侧传递的能力, 常用导热系