



普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

建筑材料

(第二版)

王春阳 主编



高等教育出版社

普通高等教育“十五”国家级规划教材

(高职高专教育)

建筑材料

(第二版)

王春阳 主编

高等教育出版社

内容提要

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材,是在2002年8月第一版的基础上修订而成。全书共分为十四章,内容包括:绪论、建筑材料的基本性质、石材、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土及砂浆、墙体与屋面材料、金属材料、木材、防水材料、建筑塑料与胶粘剂、绝热材料与吸声材料、建筑装饰材料、新型建筑材料及其发展趋势、建筑材料试验等。各章均有学习目标、小结和复习思考题,以便于查阅和掌握内容的重点。

本书采用了最新的标准和规范,注重理论联系实际,特别加强了与工程实践的结合和技能的培养,体现了加强实际应用、服务专业教学的宗旨。第二版增加了“新型建筑材料”以及“综合设计试验:普通混凝土配合比设计试验”等内容,这既符合工程实际的需要,又有利于开阔读者思路和了解当前建筑材料的发展趋势,符合高职高专土建类人才培养目标的要求。

本书可作为高等职业学校、高等专科学校、成人高校、本科院校举办的二级学院及民办高校的相关专业教材,也可作为土建类及相关专业的培训教材,并可供施工单位技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/王春阳主编. —2版. —北京:高等教育出版社,2006.5

ISBN 7-04-019536-4

I. 建... II. 王... 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(2006)第 044767 号

策划编辑 张骁军 责任编辑 李 澈 封面设计 于 涛 责任绘图 朱 静
版式设计 马静如 责任校对 胡晓琪 责任印制 朱学忠

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京明月印务有限责任公司

开 本 787×1092 1/16
印 张 21.25
字 数 510 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landrace.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2002年8月第1版
2006年5月第2版
印 次 2006年5月第1次印刷
定 价 26.60元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 19536-00

出版说明

为加强高职高专教育的教材建设工作,2000年教育部高等教育司颁发了《关于加强高职高专教育教材建设的若干意见》(教高司[2000]19号),提出了“力争经过5年的努力,编写、出版500本左右高职高专教育规划教材”的目标,并将高职高专教育规划教材的建设工作分为两步实施:先用2至3年时间,在继承原有教材建设成果的基础上,充分汲取近年来高职高专院校在探索培养高等技术应用性专门人才和教材建设方面取得的成功经验,解决好高职高专教育教材的有无问题;然后,再用2至3年的时间,在实施《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,推出一批特色鲜明的高质量的高职高专教育教材。根据这一精神,有关院校和出版社从2000年秋季开始,积极组织编写和出版了一批“教育部高职高专规划教材”。这些高职高专规划教材是依据1999年教育部组织制定的《高职高专教育基础课程教学基本要求》(草案)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(草案)编写的,随着这些教材的陆续出版,基本上解决了高职高专教材的有无问题,完成了教育部高职高专规划教材建设工作的第一步。

2002年教育部确定了普通高等教育“十五”国家级教材规划选题,将高职高专教育规划教材纳入其中。“十五”国家级规划教材的建设将以“实施精品战略,抓好重点规划”为指导方针,重点抓好公共基础课、专业基础课和专业主干课教材的建设,特别要注意选择一部分原来基础较好的优秀教材进行修订使其逐步形成精品教材;同时还要扩大教材品种,实现教材系列配套,并处理好教材的统一性与多样化、基本教材与辅助教材、文字教材与软件教材的关系,在此基础上形成特色鲜明、一纲多本、优化配套的高职高专教育教材体系。

普通高等教育“十五”国家级规划教材(高职高专教育)适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2002年11月30日

第二版前言

本书为普通高等教育“十五”国家级规划教材,是在 2002 年 8 月第一版的基础上修订而成。本书是根据新的高职高专土建类专业教学基本要求修订的,符合土建类高职高专规划教材的编写要求,体现了土建类高职高专教材编写的指导思想、原则和特色。本书主要介绍了常用建筑材料的基本性能及应用。

本书秉承了第一版理论联系实际,特别是注重了与工程实践的结合和技能的培养,体现了加强实际应用、服务专业教学的宗旨。能满足现行的高职高专土建类专业教学基本要求。本次修订采用了现行的最新标准和规范;增添了部分新型建筑材料,介绍了发展中的新材料和新技术,有利于开阅读者思路,合理选用材料。在试验部分增添了综合设计试验,可以培养学生综合设计试验的能力及创新能力。各章均保留了学习目标、小结和复习思考题,以便于查阅和掌握内容的重点。第二版增加了大量装饰材料的内容,这既符合工程实际需要,又符合高职高专土建类专业人才培养目标的要求。

本书第 3、4、6、7 章由平顶山工学院刘富玲编写;第 9、11、12、13 章由平顶山工学院朱凯编写;第 1、2、5、8、10、14 章及建筑材料试验由平顶山工学院王春阳编写。全书由王春阳主编,刘富玲为副主编。

本书由重庆大学彭家惠教授主审。在本书编写过程中还得到了陈明风教授、吕鹏飞、周恒涛、刘瑞芳、毛红斌等同志的支持和帮助,在此一并表示感谢。

由于编者水平有限,书中不足之处,欢迎读者批评指正。

编者

2006 年 1 月

第一版前言

本书为教育部高职高专规划教材。本书是根据现行的高职高专土建类专业教学基本要求编写的,符合土建类高职高专规划教材的编写要求,体现了土建类高职高专教材编写的指导思想、原则和特色。本书主要介绍了常用建筑材料的基本性能及应用。

本书注重理论联系实际,特别是注重了与工程实践的结合和技能的培养,体现了加强实际应用、服务专业教学的宗旨;全书深入浅出,语言精炼;本书采用了新规范和新标准,并列出了常用建筑材料的品种、规格、性能、适用范围等;各章均有学习目标、小结和复习思考题,便于查阅和掌握内容的重点。本书增加了大量装饰材料的内容,这既符合工程实际需要,又符合高职高专土建类专业人才培养目标的要求。

本书第3,4,10,11章由常州工学院钱红萍编写;第5,7,8章由原济南交通高等专科学校张爱勤编写;第2章及第6.1~6.4.4章节由原福建建筑高等专科学校林韵帆编写;第6.4.5~6.10及2,6章节的学习目标和复习题由平顶山工学院(原河南城建高等专科学校)刘富玲编写;第1,9,12,13章及建筑材料试验由平顶山工学院(原河南城建高等专科学校)王春阳编写。全书由王春阳主编。

本书由西安建筑科技大学王福川教授初审,重庆大学彭家惠教授主审。在本书编写过程中还得到了刘明风教授、吕鹏飞、周恒涛、宋昕生、李晓曲、王卫军、刘瑞芳等同志的支持和帮助,在此一并表示感谢。

限于编者水平有限,书中不足之处,欢迎读者批评指正。

编者

2002年3月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail: dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

1 绪论	1	5.3 特性水泥	50
1.1 建筑材料的定义及分类	1	本章小结	54
1.2 建筑材料与建筑、结构、施工、 预算的关系	2	复习思考题	54
1.3 建筑材料的历史、现状及发展	2	6 混凝土和砂浆	56
1.4 建筑材料与人类生存环境、可持 续发展的关系	3	6.1 概述	56
1.5 建筑材料的技术标准	3	6.2 普通混凝土的组成材料	57
1.6 课程的任务及基本要求	4	6.3 新拌混凝土的性质	67
本章小结	4	6.4 混凝土的力学性质	71
2 建筑材料的基本性质	5	6.5 混凝土的耐久性	77
2.1 材料的物理性质	5	6.6 混凝土外加剂	80
2.2 材料与水有关的性质	7	6.7 普通混凝土的质量控制和验收规则	84
2.3 材料的力学性质	10	6.8 普通混凝土配合比设计	89
2.4 材料的热工性质	13	6.9 其他品种混凝土	97
2.5 材料的耐久性与环境协调性	14	6.10 建筑砂浆	112
本章小结	16	本章小结	120
复习思考题	16	复习思考题	120
3 石材	17	7 墙体与屋面材料	121
3.1 天然岩石的分类	17	7.1 墙体材料	121
3.2 天然石材的技术性质	18	7.2 屋面材料	133
3.3 建筑中常用岩石的特性与应用	20	本章小结	134
3.4 石材的加工类型与选用原则	23	复习思考题	134
3.5 人造石材	24	8 金属材料	135
本章小结	25	8.1 建筑钢材	135
复习思考题	25	8.2 铝材及铝合金	154
4 气硬性胶凝材料	26	本章小结	155
4.1 石灰	26	复习思考题	155
4.2 石膏	30	9 木材	156
4.3 水玻璃	32	9.1 木材的构造	156
本章小结	34	9.2 木材的物理力学性质	158
复习思考题	34	9.3 木材在建筑工程中的应用	162
5 水泥	35	9.4 木材的等级与综合利用	166
5.1 通用水泥	35	9.5 木材的防腐与防火	169
5.2 专用水泥	48	本章小结	173
		复习思考题	173
		10 防水材料	174

10.1 石油沥青.....	174	本章小结	268
10.2 煤沥青.....	178	复习思考题	268
10.3 改性沥青和合成高分子防水材料.....	179	14 新型建筑材料及其发展趋势	270
10.4 建筑防水制品.....	180	14.1 纳米材料及技术在建筑材料中的	
本章小结	196	应用.....	270
复习思考题	196	14.2 智能化材料.....	272
11 建筑塑料与胶粘剂	198	14.3 新型装饰材料、节能材料	275
11.1 塑料的组成与特性.....	198	14.4 适用于尖端建筑技术的新型材料.....	277
11.2 常用的建筑塑料及制品.....	200	本章小结	278
11.3 建筑胶粘剂.....	205	复习思考题	279
本章小结	207	建筑材料试验	280
复习思考题	207	试验一 建筑材料的基本性质试验	280
12 绝热材料和吸声材料	208	试验二 水泥试验	283
12.1 绝热材料.....	208	试验三 混凝土用骨料试验	292
12.2 吸声与隔声材料.....	212	试验四 普通混凝土试验	297
本章小结	214	试验五 建筑砂浆试验	303
复习思考题	214	试验六 砌墙砖及砌块性能试验	307
13 建筑装饰材料	215	试验七 钢筋试验	312
13.1 概述.....	215	试验八 加气混凝土力学性能试验	315
13.2 建筑涂料.....	217	试验九 混凝土非破损试验	316
13.3 墙面装饰板材.....	225	试验十 石油沥青试验	319
13.4 壁纸、墙布	235	试验十一 沥青混合料试验	322
13.5 建筑玻璃.....	241	试验十二 综合设计试验:普通混凝土	
13.6 建筑装饰用面砖.....	248	配合比设计试验	326
13.7 隔墙及吊顶龙骨.....	253	参考文献	328

1 绪 论

学习目标:

掌握建筑材料的定义、分类,了解建筑材料与建筑、结构、施工、预算的关系及其在国民经济建设中的地位和建筑材料的现状与发展,明确本课程的任务和基本要求。

1.1 建筑材料的定义及分类

一、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所用材料的总称。如:地基基础、承重构件、地面、墙体、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,又在很大程度上影响着结构形式和施工速度。

二、分类

建筑材料的种类繁多,常用的分类方法有:化学成分、用途和功能分类。

按材料的化学成分分类如表 1-1 所示。

表 1-1 建筑材料的分类

无机材料	金属材料	黑色金属:合金钢、碳钢、铁等 有色金属:铝、锌、铜等及其合金
	非金属材料	天然石材 烧土制品 玻璃及其制品 水泥、石灰、石膏、水玻璃、混凝土、砂浆、硅酸盐制品等
有机材料	植物材料	木材、竹材等 植物纤维及其制品
	合成高分子材料	塑料、涂料、胶粘剂等
	沥青材料	石油沥青及煤沥青 沥青制品
复合材料	无机非金属材料与有机材料复合	玻璃纤维增强塑料聚合物混凝土等 沥青混凝土等 水泥刨花板等
	金属材料与非金属材料复合	钢筋混凝土、钢丝网混凝土、塑铝混凝土等
	其他复合材料	水泥石棉制品、不锈钢包覆钢板、人造大理石、人造花岗石等

复合材料,是指两种或两种以上不同性质的材料经适当组合为一体的材料。

复合材料可以克服单一材料的弱点,发挥其综合特性。通过复合手段,材料的各种性能都可以按照需要进行设计。复合化已成为当今材料科学发展趋势。一材多用是我们追求的目标。

根据材料在建筑上的用途分为三大类:建筑结构材料、砌体材料和建筑功能材料。

建筑结构材料:构成建筑物受力构件的结构所用的材料。如:梁、板、柱、基础、框架等所用的材料。目前主要是指砖、砌块、水泥混凝土、钢材及钢筋混凝土。钢筋混凝土是主要结构材料,原因是其原材料丰富、成本低、节能、高强耐久。

砌体材料:用于承重墙、非承重墙的各种材料。如:砖、砌块、墙板等。

建筑功能材料:满足各种功能要求所使用的材料。如:防水材料、装饰材料、采光材料、绝热材料、吸声隔声材料等。

1.2 建筑材料与建筑、结构、施工、预算的关系

建筑材料和建筑、结构、施工、预算等学科分支一样,是建筑工程学科的极为重要的组成部分。建筑材料是建筑、结构、施工、预算的物质基础。一个优秀的建筑师总是把建筑艺术和以最佳方式选用材料融合在一起。结构工程师只有在很好地了解了建筑材料的性能后,才能根据力学计算,准确地确定建筑构件的尺寸和创造出先进的结构形式。建筑经济师为了降低造价,节省投资,在建筑工程中,首先要考虑的是节约和合理地使用建筑材料,目前在我国的建筑工程中建筑材料所占的投资比例高达70%以上。而施工和安装的全过程,则是按设计要求把建筑材料逐步变成建筑物的过程,它涉及材料的选用、运输、储存以及加工等方面。

总之,从事建筑工程的技术人员和专家都必须了解和懂得建筑材料,因为建筑、材料、结构、施工四者是密切相关的。从根本上说,材料是基础,材料决定了建筑形式和施工方法。新材料的出现,可以促使建筑形式的变化、结构设计方法的改进和施工技术的革新。理想建筑中,应该是使所用的材料都能最大限度地发挥其效能,并合理、经济地满足建筑功能上的各种要求。

1.3 建筑材料的历史、现状及发展

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数量和质量之间,总是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,就是在不断解决这个矛盾的过程中逐渐向前发展的。而其他有关科学的日益进步则为建筑材料的发展提供了有利的条件。

古今中外,在漫长的奴隶社会和封建社会中,建筑技术和建筑材料的进步都是相当缓慢的。直到19世纪,随着工商业迅速发展,城市规模日益扩大,交通运输日夜发达,需要建造更大规模、更高质量以及具有特殊要求的建筑物和附属设施,如大跨度工业厂房、高层公用建筑、海港、桥梁以及给水排水、采暖通风系统等。18、19世纪,建筑钢材、水泥、混凝土和钢筋混凝土相继问世而成为主要结构材料。到20世纪,又出现了预应力混凝土,21世纪,高强高性能混凝土将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。

建筑材料工业不仅是发展建筑业的基础,也是国民经济的主要基础工业之一。新中国成立后,特别是党的十一届三中全会以来,建筑材料工业发展迅速。近年来,各种新型建筑材料层出不穷,且日益向轻质、高强、多功能、绿色环保方面发展,建筑材料正处于新的变革之中。

1.4 建筑材料与人类生存环境、可持续发展的关系

建筑材料与人居环境密切相关。“人居环境”是指人类生存、从事生产、进行各种社会活动所在的环境。人居环境可分为硬环境和软环境两大系统。这两大系统又根据不同的层次和人们的活动范围分为生活环境、生存环境(工作环境)、社会公共环境和地球大环境(人类生存环境)。

人类最早有意识地对自然界进行的改造和干预就是从事土木建筑活动,例如建造房屋、修筑水渠和防护用的堑壕。现代社会用于人们的生活、生产、出行以及娱乐等各种设施,都是通过土木建筑工程来实现的,而构成这些设施的物质基础就是建筑材料。因此说建筑材料与人居环境密切相关。人类从自然界中取得原材料,进行加工制造得到建筑材料,同时消耗一部分自然资源 and 能源,并产生一定量的废气、废渣和粉尘等对自然界有害的物质。人类按照自己的设想进行设计,并使用建筑材料进行施工,得到所需要的建筑物或结构物(称为基础设施),服务于人类的生活、生产或社会公共活动。在进行施工的同时,还将产生粉尘和噪声等环境污染。这些人工建造的建筑物结构物,以及从材料制造到使用过程中产生的有害物质与被人类干预和改造过的自然环境一起,构成了总体的人居环境。

所以,一方面建筑材料创造了人类的物质文明,使人类的生存环境得到了极大的改善,另一方面,建筑材料的大量生产加快了资源、能源的消耗并污染环境。另外,材料的性能和质量,直接影响建筑物或结构物的安全性、耐久性、使用功能、舒适性、健康性和美观性。无论是生活、工作或是出门旅行,现代人的生活离不开建筑物,人们每天都在接触建筑材料。所以材料的性能和质量,对人类的生存环境影响很大。

因此,建筑材料与人居环境的质量,与土木建筑活动的可持续发展密切相关。所谓“可持续发展”就是既要满足当代人的需求,又不对后代人的需求构成危害。所以开发并使用性能优良、节省能耗的新型材料,是人类合理地解决生存与发展、实现“与自然协调,与环境共生”的一个重要方面。

1.5 建筑材料的技术标准

建筑材料的技术标准是生产和使用单位检验、确认产品质量是否合格的技术文件。其主要内容包括:产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收原则、运输和储存注意事项等。目前,我国技术标准分为四级:国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

(1) 国家标准 国家标准有强制性标准,代号为 GB;推荐性标准,代号为 GB/T。

(2) 行业标准 行业标准如建筑工程行业标准,代号为 JGJ;建筑材料行业标准,代号为 JC;

交通工程行业标准,代号为 JT;冶金工业行业标准,代号为 YB 等等。

(3) 地方标准 地方标准是由地方主管部门发布的地方性技术指导文件,代号为 DBJ。

(4) 企业标准 凡没有制定国家标准、行业标准的产品,均应制定企业标准。企业标准仅适用于本企业,代号为 QB。

对强制性国家标准,任何技术或产品不得低于其规定的要求;对推荐性国家标准,表示也可执行其他标准的要求;地方标准或企业标准所规定的技术要求应高于国家标准。

标准的表示方法通常为:标准名称、部门代号、编号和批准年份。例如,国家标准(强制性)《混凝土结构工程施工质量验收规范》(GB 50204—2002);国家标准(推荐性)《普通混凝土拌合物性能试验方法》(GB/T 50080—2002);建工行业标准《普通混凝土配合比设计规程》(JGJ 55—2000)。

随着我国对外开放和对外参与国际土木工程投标建设,还经常涉及与土木工程关系密切的国际或外国标准,其中主要有:国际标准,代号为 ISO;美国材料与试验协会标准,代号为 ASTM;德国工业标准,代号为 DIN;英国标准,代号为 BS;法国标准,代号为 NF;等等。

1.6 课程的任务及基本要求

本课程的任务是使学习者具有建筑材料的基础知识和在实践中合理选择与使用建筑材料的能力,并获得主要建筑材料试验的基本技能训练。

建筑材料种类繁多,本书着重介绍材料的性质与应用及常用建筑材料的基本性质试验方法,在材料性质方面:要求掌握材料的组成、技术性质、特性,了解材料组成、结构、外界因素等对材料性质的影响,了解各主要性质间的相互关系,初步学会主要建筑材料的试验方法。在材料应用方面:要求能根据工程性质和环境特点合理选用材料,熟悉常用建筑材料的技术规范,了解材料使用方法的要点,同时对材料的储运方法也应有所了解。

学好建筑材料课程的方法:

- (1) 在理解材料共性的基础上,掌握材料的个性。如水泥。
- (2) 理解材料性能形成的内在原因,了解材料性能的各种影响因素。
- (3) 掌握材料在工程中的应用。
- (4) 认真完成作业,上好实验课,注意理论与实践的结合。
- (5) 注意阅读专业报刊等。

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所用材料的总称。建筑材料是建筑、结构、施工、预算的物质基础。建筑材料工业发展迅速,近年来,各种新型建筑材料层出不穷,且日益向轻质、高强、多功能方面发展,建筑材料正处于新的变革之中。任务是使初学者具有建筑材料的基础知识和在实践中合理选择与使用建筑材料的能力,并获得主要建筑材料试验的基本技能训练。

2 建筑材料的基本性质

学习目标:

了解建筑材料基本性质的分类,掌握各种基本性质的概念、表示方法及有关的影响因素。表示材料基本性质的术语,在说明各种材料的性质时是经常要用到的,只有牢固掌握,熟练应用,才能为后面学习各种材料打下良好基础。

在建筑物或构筑物中,建筑材料要承受各种不同的作用,要求建筑材料具备相应不同的性质。如建筑物的梁、板、柱以及承重墙体主要承受荷载的作用;屋面要承受风霜雨雪的侵蚀且能绝热、防水等;墙体要起到抗冻、绝热、隔声等作用;基础除承受建筑物全部荷载外,还要承受冰冻及地下水的侵蚀。此外,长期暴露在大气环境中或与侵蚀性介质相接触的各种建筑物或构筑物,还会受到冲刷、磨损、化学侵蚀、生物作用、干湿循环、冻融循环等破坏作用。为了保证建筑物或构筑物的耐久性,要求在工程设计与施工中正确选择和合理使用材料,因此,必须熟悉和掌握各种建筑材料的基本性质。

2.1 材料的物理性质

2.1.1 材料的密度、表观密度与堆积密度

一、密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。可用下式计算:

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

式中 ρ ——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 。

材料在绝对密实状态下的体积是指不包括材料孔隙在内的体积。在建筑材料中,除金属、玻璃等少数材料外,都含有一些孔隙。为了测得含孔材料的密度,应将材料磨成细粉,除去孔隙,干燥后,用李氏瓶测定其体积。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即用此法测得。

在测定某些较密实的不规则的散粒材料(如砂、石等)的密度时,常直接用排水法测其绝对体积的近似值,所得的密度为近似密度(旧称视密度)。

二、表观密度

表观密度是指材料在自然状态下,单位体积的质量,按下式计算:

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

式中 ρ_0 ——表观密度, g/cm^3 或 kg/cm^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 。

材料在自然状态下的体积是指包含材料内部孔隙的表观体积。当材料的孔隙内含有水分时,其质量和体积均将有所变化。故测定表观密度时,应注明含水情况。在烘干状态下的表观密度,称为干表观密度。

三、堆积密度

堆积密度是指粉状、颗粒状或纤维状材料在堆积状态下,单位体积的质量。按下式计算:

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

式中 ρ'_0 ——堆积密度, kg/cm^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V'_0 ——材料的堆积体积, m^3 ;

材料在堆积状态下的体积不但包括材料的表观体积,而且还包括颗粒间的空隙体积。其值的大小不但取决于材料颗粒的表观密度,而且还与堆积的密实程度有关。材料的含水状态也影响材料的堆积密度值。

在建筑工程中,计算材料用量、构件自重、配料计算、确定堆放空间以及运输量时,经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度等数据。常用建筑材料的有关数据见表 2-1。

表 2-1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度

材 料	密度 $\rho/(\text{g/cm}^3)$	表观密度 $\rho_0/(\text{kg/cm}^3)$	堆积密度 $\rho'_0/(\text{kg/cm}^3)$
石灰岩	2.60	1 800 ~ 2 600	—
花岗岩	2.80	2 500 ~ 2 800	—
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
烧结粘土砖	2.50	1 600 ~ 1 800	—
烧结空心砖	2.50	1 000 ~ 1 400	—
水泥	3.10	—	1 200 ~ 1 300
普通混凝土	—	2 100 ~ 2 600	—
轻骨料混凝土	—	800 ~ 1 900	—
木材	1.55	400 ~ 800	—
钢材	7.85	7 850	—
泡沫塑料	—	20 ~ 50	—
玻璃	2.55	—	—

2.1.2 材料的密实度与孔隙率

一、密实度

密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度。以 D 表示,按下式计算:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (2-4)$$

二、孔隙率

孔隙率是指材料体积内,孔隙体积所占的比例。以 P 表示,用下式表示:

且
$$P = \left(\frac{V_0 - V}{V_0} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V_0} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) \times 100\% \quad (2-5)$$

$$D + P = 1$$

孔隙率的大小直接反映了材料的密实程度。建筑材料的许多工程性质,如强度、吸水性、抗渗性、抗冻性、导热性、吸声性等都与材料的密实程度有关。材料内部孔隙的构造,可分为开口贯通孔与封闭孔两种,孔隙按尺寸大小又可分为极微细孔隙、细小孔隙和较粗大孔隙。孔隙的大小及其分布对材料的性能影响较大。

2.1.3 材料的填充率与空隙率

一、填充率

填充率是指粉状或颗粒状材料在其堆积体积内,被其颗粒填充的程度。以 D' 表示,按下式计算:

$$D' = \frac{V}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (2-6)$$

二、空隙率

空隙率是指粉状或颗粒状材料在某堆积体积内,颗粒之间的空隙体积所占的比例。以 P' 表示,按下式计算:

即
$$P' = \left(\frac{V'_0 - V}{V'_0} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{V}{V'_0} \right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0} \right) \times 100\% \quad (2-7)$$

$$D' + P' = 1$$

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

2.2 材料与水有关的性质

一、亲水性与憎水性

材料与水接触时,根据其是否能被水润湿,可将材料分为亲水性和憎水性两大类。材料被水润湿的程度可用润湿角 θ 表示,如图 2-1 所示。在材料、水和空气三相的交点处,沿水滴表面的切线与水和固体接触面所成的夹角(润湿角 θ)越小,浸润性越好。一般认为,润湿角 $\theta \leq 90^\circ$ 时,

如图 2-1a 所示,水分子之间的内聚力小于水分子与材料分子之间的相互吸引力,该材料称为亲水性材料。当 $\theta > 90^\circ$ 时,如图 2-1b 所示,水分子之间的内聚力大于水分子与材料表面分子之间的吸引力,则材料表面不会被水浸润,该材料称为憎水性材料。

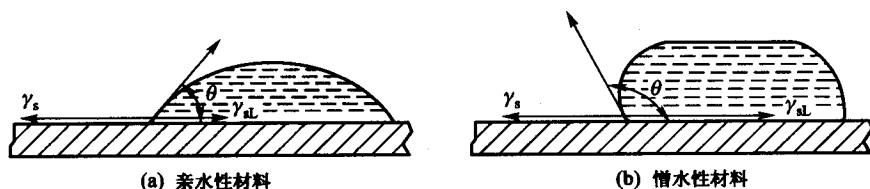


图 2-1 材料的润湿示意图

建筑工程中所用的建筑材料,绝大部分为亲水性材料,如砖、混凝土等。用于防水、防潮的材料如沥青等为憎水性材料。

二、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。吸水率有质量吸水率和体积吸水率之分。

质量吸水率是指材料吸水饱和时,吸入水的质量占材料干燥质量的百分率,可按式计算:

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

式中 W_m ——材料的质量吸水率, %;

m_1 ——材料吸水饱和后的质量, g;

m ——材料烘干至恒重的质量, g。

轻质多孔的材料或轻质疏松状的纤维材料因其质量吸水率往往超过 100%, 常以体积吸水率表示其吸水性。体积吸水率是指材料吸水饱和时, 所吸收水分的体积占干燥材料自然体积百分率, 可按式计算:

$$W_v = \frac{V_w}{V_0} = \frac{m_1 - m}{V_0} \cdot \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (2-9)$$

式中 W_v ——材料的体积吸水率, %;

V_w ——材料在吸水饱和时水的体积, cm^3 ;

V_0 ——干燥材料在自然状态下的体积, cm^3 ;

ρ_w ——水的密度, g/cm^3 。

质量吸水率与体积吸水率存在如下关系:

$$W_v = W_m \cdot \rho_0 \cdot \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (2-10)$$

材料的吸水性, 不仅取决于材料的亲水性质或憎水性质, 也与其孔隙率的大小及孔隙特征有关。密实材料及具有封闭孔的材料是不吸水的; 具有粗大贯通孔的材料因其水分不易存留, 吸水率常小于孔隙率; 而那些孔隙数量多且具有细小贯通孔的亲水性材料往往具有较大的吸水能力。

三、吸湿性

材料在潮湿的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。可按式