

高职高专土建类“十三五”规划教材

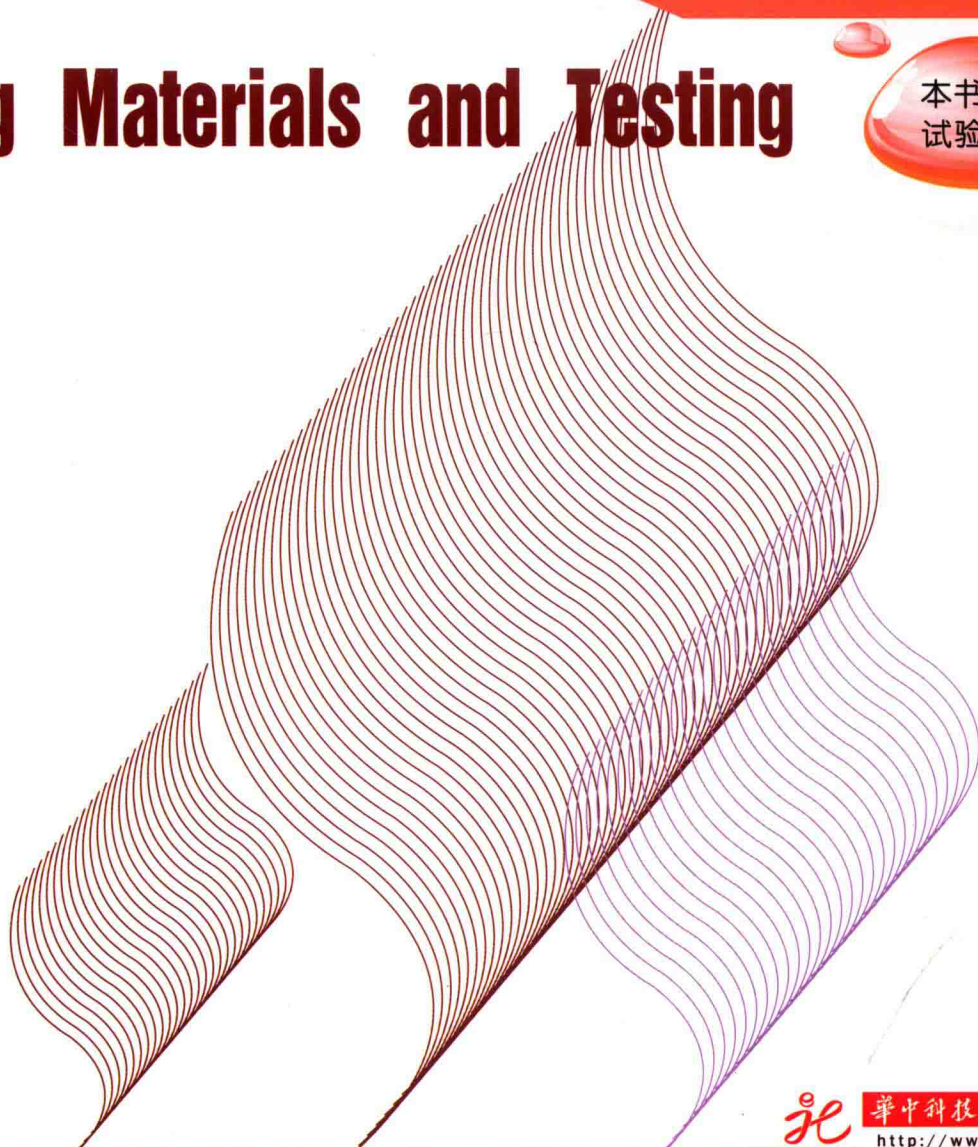
Higher Vocational Textbooks on Civil Engineering and Architecture for the 13th Five-Year Plan

建筑材料与检测

主编 陈玉萍

Building Materials and Testing

本书赠送
试验报告



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

高职高专土建类“十三五”规划教材

建筑材料与检测

Building Materials and Testing

主 审 代学灵

主 编 陈玉萍

副主编 赵书远 焦有权 张 磊

本书编写委员会

陈玉萍 赵书远 焦有权 张 磊

袁金艳 李 娜 朱忠业 金 涛

高彦丛 王艳红

华中科技大学出版社

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料与检测/陈玉萍主编. —武汉:华中科技大学出版社,2015.8

高职高专土建类“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5680-1055-9

I. ①建… II. ①陈… III. ①建筑材料-检测-高等职业教育-教材 IV. ①TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 169886 号

建筑材料与检测

陈玉萍 主编

责任编辑:宁振鹏

封面设计:张璐

责任校对:刘之南

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)81321913

印刷:武汉鑫昶文化有限公司

开本:850mm×1065mm 1/16

印张:18.5

字数:427千字

版次:2015年8月第1版第1次印刷

定价:39.80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

内 容 提 要

本书是高职高专土建类“十三五”规划教材,是根据目前高职高专院校建筑工程专业的教学基本要求,依据我国最新修订的相关规范、标准编写的。

本书系统讲述了建筑工程中常用材料的基本性质、技术性能、质量标准及合理应用等内容,为突出实用性,在主要介绍石灰、水泥、混凝土、砂浆、钢材的同时,对装饰材料、防水材料、其他功能材料亦作了相应介绍。

本书除可作为高等职业技术学院建筑工程专业的教材外,还可作为土建类其他专业的教学用书,以及土建类一般工程技术人员的参考用书。

前 言

建筑材料是建筑工程专业一门重要的专业基础课,主要阐述常用建筑材料和新型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,按照高等职业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。本书结合高职高专特点,强调实用性和适用性,在编写过程中参考了各种版本的《土木工程材料》《建筑材料》等教材,在内容取舍上,注意突出常用材料和基本理论,删去或缩减了已过时的或不常用的一部分传统材料,更新和补充了部分常用的新型材料,并对部分章节的编排进行了调整;在材料性能的论述中,力求概念准确、条理清晰、层次分明;在论证方法上,注意贯彻理论联系实际的原则,运用深入浅出的表述方法。本书适用教学时数为60~70学时,为方便教学及扩大知识面,大部分章后都附有思考题,部分章后还附有习题,以利于学生复习和自学。

为加强实用技能培养,本书专门增加《建筑材料与检测试验报告》,从取样、试验仪器设备、试样准备、方法步骤到数据处理,进行了全面、系统的介绍。

本书由焦作大学陈玉萍任主编,河北石油职业技术学院赵书远、北京农业职业学院焦有权、焦作大学张磊任副主编,代学灵担任主审。编写人员如下:第2、7章——陈玉萍;第5章——赵书远;第10、11章——焦有权;第13章——张磊;第12章——袁金艳(沧州职业技术学院);第3章——李娜(义乌工商职业技术学院);第4章——朱忠业(郑州工业应用职业技术学院);第1章——金涛(北京丰台城市园林建设学校);第8章——李娜、金涛;第6章——高彦丛(北京首钢工学院);第9章——王艳红(北京交通职业技术学院)。

近年来由于我国基础建设的迅猛发展,建筑材料随之也涌现出很多新品种,本书未能涵盖所有的建筑材料,同时由于编者水平有限,加之时间仓促,书中缺点和错误在所难免,欢迎广大读者批评指正。

编 者

2015年6月

目 录

第 1 章 绪 论	(1)
1.1 建筑材料的发展和趋势	(1)
1.2 建筑材料在工程中的作用	(3)
1.3 建筑材料的一般分类和技术标准	(3)
1.4 本课程的主要内容及学习任务	(5)
第 2 章 材料的基本性能	(7)
2.1 材料的基本物理性能	(7)
2.2 材料的力学性能	(15)
2.3 材料的耐久性	(18)
第 3 章 气硬性胶凝材料	(21)
3.1 石膏	(21)
3.2 石灰	(24)
3.3 水玻璃	(28)
第 4 章 水 泥	(31)
4.1 硅酸盐水泥	(31)
4.2 掺混合材料的硅酸盐水泥	(43)
4.3 特性水泥与专用水泥	(52)
第 5 章 混 凝 土	(63)
5.1 概述	(63)
5.2 混凝土的基本组成材料	(65)
5.3 混凝土拌和物的和易性	(76)
5.4 混凝土的强度	(81)
5.5 混凝土的耐久性	(86)
5.6 混凝土的外加剂和掺和料	(89)
5.7 普通混凝土的配合比设计	(97)
5.8 其他品种混凝土	(105)
第 6 章 建 筑 砂 浆	(116)
6.1 砂浆的分类	(116)
6.2 砂浆的组成材料	(116)
6.3 砂浆的主要技术性能	(118)
6.4 砌筑砂浆与抹面砂浆	(121)
6.5 其他建筑砂浆	(126)

第7章 墙体与屋面材料	(131)
7.1 墙体填充材料	(131)
7.2 屋面材料	(143)
第8章 建筑钢材	(148)
8.1 钢材的分类	(148)
8.2 建筑钢材的主要技术性能	(151)
8.3 建筑中常用的钢材	(156)
8.4 钢材的锈蚀及预防	(166)
第9章 木材	(170)
9.1 木材的分类、构造及主要性质	(170)
9.2 木材的防腐、防蛀与防火	(175)
9.3 木材的综合应用	(176)
第10章 防水材料	(180)
10.1 沥青防水材料	(180)
10.2 防水卷材	(186)
10.3 防水涂料	(188)
10.4 建筑密封材料	(190)
第11章 建筑装饰材料	(194)
11.1 建筑装饰材料的基本要求与选用	(194)
11.2 常用装饰材料	(198)
11.3 绿色建筑装饰材料	(211)
第12章 其他类型材料	(215)
12.1 建筑塑料	(215)
12.2 绝热材料	(220)
12.3 吸声与隔音材料	(223)
第13章 建筑材料试验	(226)
13.1 建筑材料的基本性质	(226)
13.2 水泥性能检测	(228)
13.3 混凝土用砂质量检测	(239)
13.4 混凝土用碎石或卵石质量检测	(243)
13.5 普通混凝土性能检测	(246)
13.6 砂浆性能检测	(254)
13.7 砌墙砖性能检测	(257)
13.8 钢筋力学与工艺性能检测	(263)
13.9 弹性体改性沥青防水卷材性能检测	(268)
参考文献	(273)

第 1 章 绪 论

【学习要求】

知 识 点	学习要求
建筑材料的现状及发展	了解
建筑材料的定义、分类	掌握

建筑材料是指组成建筑物或构筑物各部分的实体材料、辅助材料及建筑器材等材料的总称。材料科学和材料品种都是随着社会生产力和科技水平的提高而逐渐发展的。伴随着人类历史的发展、社会的进步,特别是科学技术的不断创新,建筑材料的内涵也在不断丰富。

1.1 建筑材料的发展和趋势

从人类文明发展早期的木材、石材等天然材料,到近代以水泥、混凝土、钢材为代表的主体建筑材料,进而发展到现代由金属材料、高分子材料、无机硅酸盐材料互相结合而产生的众多复合材料,形成了建筑材料丰富多彩的大家族。纵观建筑历史的长河,建筑材料的发展日新月异,这无疑对建筑科学的发展起到了巨大的推动作用。

1.1.1 我国建材产品的发展趋势

我国劳动者在建筑材料的生产和使用方面都取得过许多重大成就。自新中国成立后,特别是改革开放后,我国建筑材料生产得到了更迅速的发展。我国建筑材料工业发展迅速,形成了研究开发、装备制造、生产加工、销售服务等较完整的工业体系。产品的质量、档次也有了不同程度的提高,环境保护、合理利用资源越来越受到重视,同时对建材工业也提出了更高的要求。

1. 水泥

随着水泥新标准的实施,我国的水泥需求总量将在提高产量和质量的前提下,保持相对稳定,而产品结构将发生重大变化。

2. 混凝土

混凝土出现在 19 世纪中叶,在近代建筑材料中占有极重要的地位,钢筋混凝土的应用改善了其性能,扩大了其适用范围。目前世界混凝土的年消耗量超过 100 亿吨,而且今后混凝土仍将是建筑结构材料的首选。我国混凝土将主要向高强、高性能方向发展,高强、高性能混凝土的发展也将带动混凝土外加剂、超细矿物粉料等一系列掺配料的强劲发展。

3. 砌体材料

为适应建筑结构体系的发展和建筑节能与建筑功能改善的要求,新型砌体的研究及生产将得到迅速发展。预计近几年砌体材料的总需求量为 7500 亿块标准砖,其中新型砌体材料为 3000 亿块标准砖,新型砌体材料占砌体材料的比重将达到 40%,可节约土地 13 334 万平方米,综合利用煤矸石 9000 万吨,粉煤灰 4500 万吨。根据各地建筑结构的特点,我国将因地制宜地发展主导产品,将重点发展非黏土类空心制品、混凝土砌块。发展单班年产 5 万立方米以上的混凝土砌块生产线和年产 10 万~20 万立方米加气混凝土砌块生产线;发展年产 6 亿块以上规模的烧结空心砖生产线;推广废渣、全煤矸石烧结新工艺。

4. 玻璃

市场的需求推动了超薄、超厚及大规格着色玻璃、热反射玻璃、低辐射玻璃、在线镀膜和制镜制品的生产。提高深加工玻璃的比重,特别是钢化玻璃和中空玻璃等产品,以满足国内外市场的需求,推动玻璃深加工产品向配套化、系统化方向发展,是建筑玻璃发展的方向和重点。

5. 装饰装修材料

随着住宅的商品化,住宅装饰装修在我国已逐步普及,满足房屋装饰和改善住房功能要求的装饰装修材料将有更快增长。外墙涂料、高档外墙装饰板、安全环保内墙涂料、高档配套五金件及优质塑钢、铝塑门窗的需求也将快速增长。建筑陶瓷的应用将推进渗花、彩色大颗粒、干法施釉、多次烧成等新工艺和装饰技术发展,不断增加花色品种,提高产品质量和档次。卫生陶瓷主要是推进节水技术,采用新型水箱配件,利用纳米技术形成超平滑的抗污、憎水的陶瓷釉面,以满足市场对节水型卫生陶瓷的需求。

1.1.2 世界建筑材料的发展趋势

建筑材料的研究已从被动的以研究应用为主向开发新功能、多功能材料的方向转变。单一材料的性能往往是有限的,不足以满足现代建筑对材料提出的多方面的功能要求。如近年来广泛采用的中空玻璃,由玻璃、金属、橡胶、惰性气体等多种材料复合,发挥各种材料的性能优势,改善了传统的单层玻璃的除采光、分隔外,其他功能均不尽如人意的缺点,使其综合性能明显改善。石油化工工业的发展和高分子材料本身优良的工程特性促进了高分子建筑材料的发展和应用。塑料上下水管、塑钢、铝塑门窗、树脂砂浆、胶黏剂、蜂窝保温板、高分子有机涂料、新型高分子防水材料广泛应用于建筑物,为建筑物提供了许多新的功能和更高的耐久性。建筑材料应用的巨量性,促使人们去探索和开发建筑材料原料的新来源,以保证经济与社会的可持续发展。粉煤灰、矿渣、煤矸石、页岩、磷石膏、热带木材和各种非金属矿都是很有应用前景的建筑材料原料,由此开发的新型胶凝材料、烧结砖、砌块、复合板材会为建材工业带来了新的发展契机。

1.1.3 我国建筑材料与发达国家的差距

近年来,我国的水泥、平板玻璃、建筑卫生陶瓷等建筑材料和石墨、滑石等非金属矿产量一直居世界第一,是名副其实的建材生产大国。但必须看到,与发达国家相比,我国的差距

还很大,主要表现在:能源消耗大,劳动生产率低,污染环境严重,科技含量低,产品创新和市场应变能力差等。总体来说,我国的建筑材料在数量和质量上都面临着更高的要求,尤其需要注意:第一是坚持可持续发展的方针,建立节约型生产体系;第二是大力发展无污染、绿色建材产品,同时要建立有效的环境保护与监控管理体系;第三是采用高科技成果,推进建材工业的现代化,提高劳动生产率、降低能源和资源消耗,大力发展功能型建筑材料,提供更多更好的建材产品,以满足建设事业蓬勃发展的需要。

1.2 建筑材料在工程中的作用

建筑材料是建筑工程的物质基础。所有建筑都是经过缜密的设计,由各种散体建筑材料经过复杂的施工最终构建而成的。建筑材料的物质性还体现在其使用的巨量性上,一幢单体建筑一般重达数百至数千吨甚至可达数万、数十万吨,这决定了建筑材料在生产、运输、使用等方面与其他门类材料的显著不同。建筑材料的发展赋予建筑以时代的特性和风格,西方古典建筑的石材廊柱、中国古代以木架构成为代表的宫廷建筑、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感。建筑设计理论的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,亦受到建筑材料发展的推动。大跨度预应力结构、薄壳结构、悬索结构、空间网架结构、节能型特色环保建筑的出现无疑都是与新材料的产生密切相关的。建筑材料科学、合理的运用直接影响到建筑工程的造价和投资。在我国,一般建筑工程的材料费用要占到总投资的50%~60%,特殊工程的这一比例还要提高。对于我国这样一个发展中国家,对建筑材料特性深入了解和认识,使其最大限度地发挥效能,进而达到最大的经济效益,无疑是非常重要的。从事建筑工程的技术人员都必须了解和掌握建筑材料有关的技术知识,而且应使所用的材料都能最大限度地发挥其效能,合理、经济地满足建筑工程上的各种要求。

建筑、材料、结构、施工四者是密切相关的,其中材料是基础,材料决定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及结构设计和施工技术的革新。

1.3 建筑材料的一般分类和技术标准

建筑材料种类繁多,随着材料科学和材料工业的发展,新型建筑材料不断涌现。为了研究、应用和阐述的方便,可从不同角度对其进行分类。

1.3.1 按使用功能分类

根据建筑材料在建筑物中的部位或使用性能,大体上可分为三大类,即建筑结构材料、墙体材料和建筑功能材料。

1. 建筑结构材料

建筑结构材料主要是指构成建筑物受力构件和结构的材料,如梁、板、柱、基础、框架及其他受力构件和结构所用的材料。对这类材料主要技术性能的要求是强度和耐久性。目前

所用的主要结构材料有砖、石、水泥、混凝土和钢材及两者复合的钢筋混凝土和预应力钢筋混凝土。在相当长的时期内,钢筋混凝土及预应力钢筋混凝土仍是我国建筑工程中的主要结构材料之一。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大。

2. 墙体材料

墙体材料是指建筑物内、外及分隔墙体所用的材料,有承重材料和非承重材料两类。由于墙体在建筑物内占有很大比例,认真选用墙体材料,对降低建筑物的成本、增强其节能性和使用安全耐久性等都是很重要的。目前,我国大量采用的墙体材料为砌墙砖、混凝土及加气混凝土砌块等。此外,还有混凝土墙板、石膏板、金属板材和复合墙板等,特别是轻质多功能的复合墙板发展较快。

3. 建筑功能材料

建筑功能材料主要是指担负某些建筑功能的非承重材料,如防水材料、绝热材料、吸声和隔音材料、采光材料、装饰材料等。这类材料的品种、形式繁多,功能各异,随着国民经济的发展及人民生活水平的提高,这类材料将会越来越多地应用于建筑物上。

一般来说,建筑物的可靠度与安全度,主要取决于由建筑结构材料组成的构件和结构体系。而建筑物的使用功能与建筑品位,主要取决于建筑功能材料。此外,对某一种具体材料来说,它可能兼有多种功能。

1.3.2 按化学成分分类

根据材料的化学成分,可分为无机材料、有机材料及复合材料三大类。建筑材料按化学成分分类见表 1-1。

表 1-1 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	钢、铁及其合金,合金钢,不锈钢等
		有色金属	铜、铝及其合金等
	非金属材料	天然石材	砂、石及石材制品
		烧土制品	黏土砖、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、特种玻璃等
		无机纤维材料	玻璃材料、矿物棉等
有机材料	植物材料		木材、竹材、植物纤维及其制品等
	沥青材料		煤沥青、石油沥青及其制品等
	合成高分子材料		塑料、涂料、合成橡胶、胶黏剂等
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

1.3.3 建筑材料技术的标准化

标准是指对重复事物和概念所作的统一规定,它以科学、技术和实践综合成果为基础,经有关方面协商一致,由主管部门批准发布,作为共同遵守的准则和依据。

为了保证建筑材料的质量、进行现代化科学管理,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、储存注意事项等方面。

与建筑材料的生产和选用有关的标准主要包括产品标准和工程建设标准两类。产品标准是为保证建筑材料产品的适用性,对产品必须达到的某些或全部要求所制定的标准;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、施工及验收规范中有与建筑材料的选用的相关内容。

我国的标准体系由国家标准、行业标准、地方标准和企业标准构成。国家标准由各行业主管部门和国家质量监督检验检疫总局联合发布,作为国家级的标准,各有关行业都必须执行,其代号由标准名称、标准发布机构的组织代号、标准号和标准颁布时间4部分组成。如“《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)”为国家标准,标准名称为通用硅酸盐水泥,标准发布机构的组织代号为GB,标准号为175,颁布时间为2007年。行业标准由我国各行业主管部门批准,在特定行业内施行,如建筑材料(JC)、建筑工程(JGJ)、石油天然气工业(SY)、黑色冶金工业(YB)等,其标准代号组成与国家标准相同。

世界各国对标准化都很重视,均制定了各自的标准。如我国的国家标准“GB”和“GB/T”、美国材料与试验协会标准“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,主要建筑材料标准内容大致包括材料质量要求和检验两大方面,有的将二者合在一起,有的则分开订立标准。在现场配制的一些材料(如钢筋混凝土等),其原材料(钢筋、水泥、石子、砂等)应符合相应的材料标准要求,而其制成品(如钢筋混凝土构件等)的检验及使用方法,常包含于施工验收规范及有关的规程中。由于有些标准的分工细,且相互渗透、关联,有时一种材料的检验要涉及多个标准、规范等。

1.4 本课程的主要内容及学习任务

建筑材料是一门应用技术学科,是建筑工程类专业的重要专业基础课,它全面系统地介绍建筑工程设计和施工所涉及的建筑材料性质与基本知识,既为今后学习其他专业课,如钢筋混凝土结构、钢结构、建筑施工技术、建筑工程计量与计价等课程打下了基础,同时也对学生进行了建筑材料试验的基本技能训练。学生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。

在理论学习方面,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及材料应用的原则,各种材料都应遵循这一主线来学习。理论是基础,只有牢固掌握基础

理论知识,才能应对建筑材料科学的不断发展,在实践中加以灵活正确的应用。

本书各章分别主要讲述各类建筑材料的品种、基本组成、配制、性能和用途。为了教学方便,将按下述顺序对各种常用的建筑材料进行讲授:材料的基本性能,气硬性胶凝材料,水泥,混凝土,建筑砂浆,墙体材料与屋面材料,建筑钢材,木材,防水材料,建筑装饰材料及其他类型材料。

试验课是本课程的重要教学环节,目的在于使学生加深了解材料的性能和掌握试验方法,培养学生的科学研究能力及严谨的科学态度。因此,结合课堂讲授的内容,加强对材料试验的实践是十分必要的,本课程安排了相关建筑材料试验内容。

【本章小结】

建筑材料是建筑工程的物质基础。建筑材料工业发展迅速,各种新型建筑材料层出不穷,且日益向轻质、高强、多功能方向发展,建筑技术正处于新的变革时期。本课程的任务是使学生掌握建筑材料的基础知识及在实践中合理选择和使用建筑材料的能力,并掌握建筑材料试验的技能。

第 2 章 材料的基本性能

【学习要求】

知 识 点	学习要求
材料的基本物理性能(密度、体积密度、堆积密度、孔隙率和空隙率)的定义及计算	掌握
材料与水有关的性能、材料的热工性能	熟悉
建筑材料基本力学性能	掌握
土木工程材料耐久性的基本概念	了解

所有建筑物都要承受一定的荷载和经受周围介质的作用,因此要求所选用的建筑材料具备所需要的力学性质。根据建筑物各种不同部位的使用要求,还应具有防水、保温、隔热、吸声等性能。对某些工业建筑,还要求具有耐热或耐腐蚀性能。此外,建筑物长期暴露在大气中,建筑材料因经常受到风吹、日晒、雨淋、冰冻带来的温度变化、湿度变化及冻融循环等作用。建筑材料所受的作用是复杂的,而且它们之间又是相互影响的,为了保证建筑物经久耐用,就需要掌握建筑材料的性质并能合理选用。

2.1 材料的基本物理性能

2.1.1 材料的密度、表观密度、体积密度与堆积密度

1. 密度(实际密度)和表观密度

密度是指材料在绝对密实状态下,单位体积所具有的质量,用下式表示:

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

式中: ρ ——实际密度(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)。

所谓绝对密实状态下的体积,是指不包括材料内部孔隙的固体物质的实体积。

除了钢材、玻璃等少数材料外,绝大多数材料内部都有一些孔隙。在检测有孔隙材料(如砖、石等)的密度时,应把材料磨成细粉,干燥后,用李氏瓶检测其绝对密实体积。材料磨

得越细,测得的密实体积数值就越精确。因此,一般要求细粉的粒径应小于 0.20 mm。

对很密实的材料,可不必磨成细粉,而直接检测材料在自然状态下的体积(不用李氏瓶,用一般广口瓶即可),求得绝对密实体积的近似值(颗粒内部的封闭孔隙体积无法排除),这样所得的密度称作表观密度。

另外,工程上还经常用到相对密度,用材料的质量与同体积水(4℃)的质量的比值表示,无量纲,其值与材料密度相同。

2. 体积密度

体积密度是指材料在自然状态下,单位体积所具有的质量,用下式表示:

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

式中: ρ_0 ——体积密度(g/cm³或 kg/m³);

m ——材料的质量(g或 kg);

V_0 ——材料在自然状态下的体积(cm³或 m³)。

材料在自然状态下的体积是指包含材料内部孔隙在内的体积。当材料含有水分时,就影响材料的体积密度。故在检测体积密度时,须注明其含水情况。干体积密度是指材料在气干状态(长期在空气中干燥)下的体积密度,一般在烘干状态下测得。

3. 堆积密度

堆积密度(旧称松散容重)是指散粒材料(水泥、砂、卵石、碎石等)在堆积状态下,单位体积(包含了颗粒内部的孔隙和颗粒之间的空隙)所具有的质量,用下式表示:

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

式中: ρ'_0 ——堆积密度(kg/m³);

m ——材料的质量(kg);

V'_0 ——材料的堆积体积(m³)。

显然,材料的堆积密度小于体积密度,体积密度又小于其密度。例如:石灰岩的密度为 2.6 g/cm³,体积密度为 2.4 g/cm³,而石灰岩碎块的堆积密度仅为 1.4 g/cm³。

在建筑工程中,凡计算材料用量和构件自重,进行配料计算,确定堆放空间及组织运输时,必须掌握材料的密度、体积密度及堆积密度等数据。体积密度与材料的其他性质(如强度、吸水性、导热性等)也存在着密切的关系。

2.1.2 材料的孔隙率、密实度、空隙率与填充率

1. 孔隙率

孔隙率是材料中孔隙的体积与材料总体积的比率,以 P 表示。可用下式计算:

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

式中: P ——孔隙率(%);

V_K ——材料中孔隙的体积(cm³), $V_K = V_0 - V$ 。

孔隙率的大小直接反映了材料的致密程度。材料内部孔隙可分为连通型与封闭型两种构造。连通孔隙不仅彼此贯通且与外界相通,而封闭孔隙彼此不通且与外界相隔绝。孔隙按尺寸大小又分为极微细孔隙、细小孔隙和较粗大孔隙。孔隙的大小对材料的性能影响较大。

几种常用建筑材料的密度、体积密度、堆积密度和孔隙率见表 2-1。

表 2-1 常用建筑材料的密度、体积密度、堆积密度和孔隙率

材 料	密度 $\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$	体积密度 $\rho_0/(\text{kg}/\text{m}^3)$	堆积密度 $\rho'_0/(\text{kg}/\text{m}^3)$	孔隙率/(%)
花岗石	2.6~2.9	2500~2700	—	0.5~3.0
普通黏土砖	2.5	1600~1800	—	20~40
黏土空心砖	2.5	1000~1400	—	—
普通混凝土	—	2100~2600	—	5~20
轻骨料混凝土	—	800~1900	—	—
水泥	3.10	—	1200~1300	—
石灰岩	2.6	1800~2600	—	—
砂	2.6	—	1450~1650	—
黏土	2.6	—	1600~1800	—
木材	1.55	400~800	—	55~75
建筑钢材	7.85	7850	—	0

2. 密实度

密实度是材料中固体物质所充实的程度。其计算式如下:

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

含有孔隙的固体材料的密实度均小于 1,孔隙率与密实度的关系为:

$$P + D = 1 \quad (2-6)$$

上式表明,材料的总体积是由该材料的固体物质体积与其所包含的孔隙体积所组成。

材料的很多性能如强度、吸水性、耐久性、导热性等均与其密实度、孔隙率有关。

3. 空隙率

空隙率是指散粒材料在堆积体积中,颗粒之间的空隙百分比,以 P' 表示,可用下式计算:

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

4. 填充率

填充率是指散粒材料在堆积体积中,被其颗粒填充的程度,以 D' 表示,可用下式计算:

$$D' = \frac{V_0}{V_0'} = \frac{\rho_0'}{\rho_0} \times 100\% \quad (2-8)$$

2.1.3 材料与水有关的性能

1. 亲水性与憎水性

建筑物常与水或是大气中的水汽接触,然而水分与不同固体材料表面之间相互作用的情况是不同的。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。

建筑材料中的木材、混凝土、砂、石等均为亲水性材料,表面能被水润湿,且能通过毛细管作用将水吸入材料毛细管内部。沥青、石蜡为憎水性材料,该类材料一般能阻止水分渗入毛细管中,因而憎水材料可以用作防水材料,而且还可用于亲水材料的表面处理,以降低其吸水性。

2. 吸水性与吸湿性

1) 吸水性

材料能吸收水分的性质称为吸水性,吸水性的由吸水率表示。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。

质量吸水率是指材料所吸收水分的质量占材料干燥质量的百分数,可按式计算:

$$W_{\text{质}} = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (2-9)$$

式中: $W_{\text{质}}$ ——材料的质量吸水率(%);

$m_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的质量(g);

$m_{\text{湿}}$ ——材料在吸水饱和后的质量(g)。

(2) 体积吸水率。

体积吸水率是指材料体积内被水充实的程度,即材料吸收水分的体积占干燥材料自然体积的百分数。可按式计算:

$$W_{\text{体}} = \frac{V_{\text{水}}}{V_1} = \frac{m_{\text{湿}} - m_{\text{干}}}{V_1} \cdot \frac{1}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \times 100\% \quad (2-10)$$

式中: $W_{\text{体}}$ ——材料体积吸水率(%);

V_1 ——材料在自然状态下的体积(cm^3);

$V_{\text{水}}$ ——材料在吸水饱和时水的体积(cm^3);

$\rho_{\text{H}_2\text{O}}$ ——水的密度(g/cm^3)。

质量吸水率与体积吸水率存在以下关系:

$$W_{\text{体}} = W_{\text{质}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (2-11)$$

材料的吸水性,取决于材料本身的亲水性,也与孔隙率大小及孔隙特征有关。一般孔隙率越大,吸水率也越强。如果材料具有细微而连通的孔隙(某些轻质材料如加气混凝土、软木等),则其质量吸水率较大,往往超过100%,这时最好用体积吸水率表示其吸水性。若是