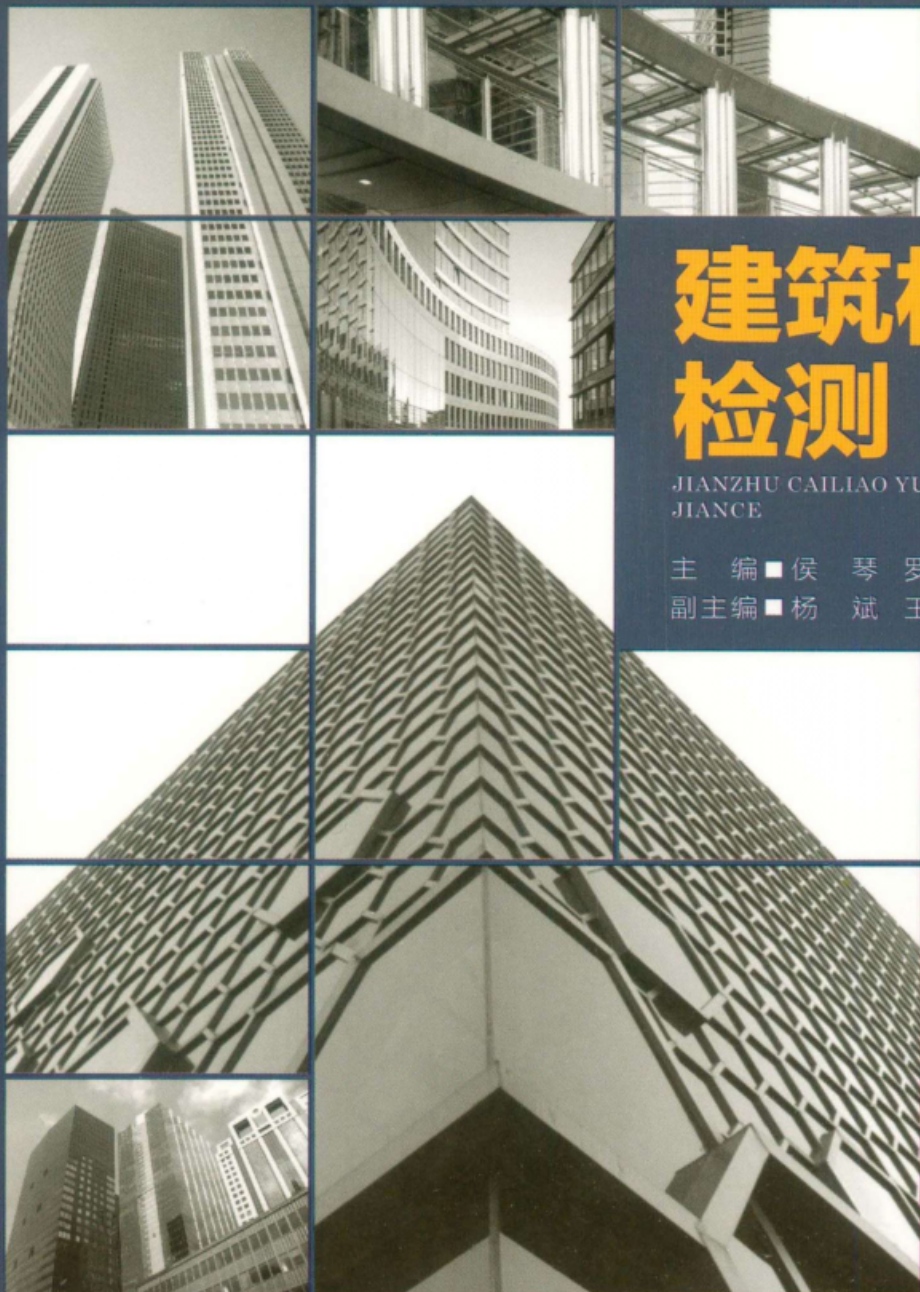




高等职业教育 土建类专业项目式教材

GAODENG ZHIYE JIAOYU TUJIANLEI ZHUANYE XIANGMUSHI JIAOCAI

BUILDING



# 建筑材料与检测

JIANZHU CAILIAO YU  
JIANCE

主 编 ■ 侯 琴 罗 中

副主编 ■ 杨 斌 王国霞 李翠华



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

高等职业教育建筑工程技术专业项目式教材

# 建筑材料与检测

主 编 侯 琴 罗 中

副主编 杨 斌 王国霞 李翠华

参 编 邵元纯 张少坤 锻 炼 徐艳丽 王 燕 刘宏敏

重庆大学出版社

## 内容提要

本书根据高职高专应用技能型人才培养要求,采用项目式编写模式,满足建筑工程技术专业人才培养目标及教学改革要求。

本书采用最新的建筑材料规范编写,系统介绍了常用建筑材料的性能、应用和检测。全书共 12 个项目:建筑与装饰材料的基本性质;气硬性胶凝材料;水硬性胶凝材料;混凝土;建筑砂浆;建筑钢材;木材;墙体材料;建筑防水材料;建筑玻璃、陶瓷及石材;建筑塑料制品,绝热及吸声、隔声材料;建筑涂料。各个项目后附有相应的习题。

本书可作为高职高专院校建筑工程技术、工程监理、工程造价、工程管理等专业的教学用书,还可作为建筑行业施工技术管理岗位培训教材,或者作为建筑行业专业技术人员的参考工具书。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料与检测/侯琴,罗中主编. —重庆:重庆大学出版社,2016.6

高等职业教育土建类专业项目式教材

ISBN 978-7-5624-9807-0

I. ①建… II. ①侯…②罗… III. ①建筑材料—检测  
—高等教育—教材 IV. ①TU502

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 114195 号

高等职业教育土建类专业项目式教材

建筑材料与检测

主 编 侯 琴 罗 中

副主编 杨 斌 王国霞 李翠华

策划编辑:范春青 林青山

责任编辑:文 鹏 版式设计:范春青

责任校对:邹 忌 责任印制:赵 晟

\*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023)88617190 88617185(中小学)

传真:(023)88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fsk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆紫石东南印务有限公司印刷

\*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:19.25 字数:456 千

2016 年 6 月第 1 版 2016 年 6 月第 1 次印刷

印数:1—2 000

ISBN 978-7-5624-9807-0 定价:38.00 元

---

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

# 编审委员会

---

|     |           |     |                   |     |
|-----|-----------|-----|-------------------|-----|
| 主 任 | 刘晓敏       | 教 授 | 黄冈职业技术学院建筑学院      | 院长  |
| 副主任 | 钟汉华       | 教 授 | 湖北水利水电职业技术学院建筑工程系 | 系主任 |
|     | 曾学礼       | 副教授 | 咸宁职业技术学院建筑学院      | 院长  |
|     | 苏小梅       | 副教授 | 武汉城市职业学院建筑工程学院    | 副院长 |
|     | 黄朝广       | 副教授 | 湖北工业职业技术学院建筑工程系   | 系主任 |
| 编 委 | (按姓氏笔画排序) |     |                   |     |
|     | 王中发       |     | 湖北水利水电职业技术学院      |     |
|     | 王晓青       |     | 武汉城市职业学院          |     |
|     | 向亚卿       |     | 湖北水利水电职业技术学院      |     |
|     | 杨晓平       |     | 湖北城市建设职业技术学院      |     |
|     | 陈松才       |     | 湖北城市建设职业技术学院      |     |
|     | 吴 锐       |     | 湖北城市建设职业技术学院      |     |
|     | 张细权       |     | 湖北城市建设职业技术学院      |     |
|     | 余燕君       |     | 湖北水利水电职业技术学院      |     |
|     | 邵元纯       |     | 湖北水利水电职业技术学院      |     |
|     | 张少坤       |     | 湖北水利水电职业技术学院      |     |
|     | 李文川       |     | 咸宁职业技术学院          |     |
|     | 欧阳钦       |     | 湖北水利水电职业技术学院      |     |
|     | 金爱梅       |     | 长江工程职业技术学院        |     |
|     | 钟汉华       |     | 湖北水利水电职业技术学院      |     |
|     | 胡芳珍       |     | 武汉城市职业学院          |     |
|     | 侯 琴       |     | 湖北水利水电职业技术学院      |     |
|     | 曾学礼       |     | 咸宁职业技术学院          |     |
|     | 董 伟       |     | 湖北水利水电职业技术学院      |     |

# 前言

---

本书以高职高专建筑工程技术专业人才培养方案为指导,以培养工程实际需要的材料员和施工员为导向,是为适应新形势下职业技术教育发展的需求,按照高职高专建筑工程技术专业及相关专业的教学要求编写的。

本书共分为 12 个项目。各项目均采用新标准和新规范,全书突出职业教育特点,突出针对性和实用性,充分考虑了广大高职院校学生的认知规律,不过分追求深入的理论讲解,力争做到内容简明扼要,深入浅出,通俗易懂。

本书由湖北水利水电职业技术学院侯琴、罗中担任主编,湖北水利水电职业技术学院杨斌、王国霞、李翠华担任副主编。邵元纯、张少坤、锻炼、徐艳丽、王燕、刘宏敏等参与教材编写。具体编写分工为:侯琴编写绪论和项目 1、项目 4;杨斌编写项目 2;罗中编写项目 3;张少坤编写项目 5、项目 6;邵元纯编写项目 7;李翠华编写项目 8;锻炼编写项目 9;徐艳丽编写项目 10;王燕编写项目 11;刘宏敏编写项目 12;王国霞编写每个项目的试验部分。

本书在编写过程中,参考了大量的国内外有关建筑材料文献资料,但由于我国建筑与装饰业发展很快,新的建筑与装饰材料不断涌现,本书尽量做到与时俱进。因编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者  
2016 年 4 月

# 目 录

---

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 0 绪 论 .....              | 1  |
| 项目 1 建筑与装饰材料的基本性质 .....  | 6  |
| 子项 1.1 材料的物理性质 .....     | 7  |
| 子项 1.2 材料的力学性质 .....     | 15 |
| 子项 1.3 材料的耐久性 .....      | 18 |
| 小结 .....                 | 19 |
| 习题 .....                 | 19 |
| 项目 2 气硬性胶凝材料 .....       | 21 |
| 子项 2.1 石灰 .....          | 21 |
| 子项 2.2 石膏 .....          | 25 |
| 子项 2.3 水玻璃 .....         | 28 |
| 小结 .....                 | 29 |
| 习题 .....                 | 30 |
| 项目 3 水硬性胶凝材料 .....       | 31 |
| 子项 3.1 水泥概述 .....        | 31 |
| 子项 3.2 硅酸盐水泥 .....       | 32 |
| 子项 3.3 掺混合材料的硅酸盐水泥 ..... | 43 |
| 子项 3.4 水泥的验收、运输与储存 ..... | 49 |
| 子项 3.5 其他品种水泥 .....      | 51 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 小结 .....                  | 56  |
| 试验 水泥技术性质检测试验 .....       | 56  |
| 习题 .....                  | 70  |
| <b>项目4 混凝土</b> .....      | 72  |
| 子项 4.1 概述 .....           | 72  |
| 子项 4.2 混凝土组成材料 .....      | 74  |
| 子项 4.3 普通混凝土的主要技术性质 ..... | 86  |
| 子项 4.4 混凝土外加剂 .....       | 98  |
| 子项 4.5 混凝土配合比设计 .....     | 103 |
| 子项 4.6 混凝土的质量控制 .....     | 113 |
| 子项 4.7 其他品种混凝土 .....      | 116 |
| 小结 .....                  | 123 |
| 试验 1 混凝土用骨料检测 .....       | 123 |
| 试验 2 普通混凝土性能检测 .....      | 141 |
| 习题 .....                  | 148 |
| <b>项目5 建筑砂浆</b> .....     | 150 |
| 子项 5.1 建筑砂浆的组成材料 .....    | 150 |
| 子项 5.2 砂浆的主要技术性质 .....    | 151 |
| 子项 5.3 建筑砂浆配合比设计 .....    | 154 |
| 子项 5.4 其他砂浆 .....         | 158 |
| 小结 .....                  | 161 |
| 试验 建筑砂浆性能检测 .....         | 161 |
| 习题 .....                  | 168 |
| <b>项目6 建筑钢材</b> .....     | 169 |
| 子项 6.1 钢的冶炼和分类 .....      | 169 |
| 子项 6.2 建筑钢材的技术性能 .....    | 171 |
| 子项 6.3 建筑常用钢及钢材 .....     | 178 |
| 子项 6.4 铝及铝合金制品 .....      | 190 |
| 子项 6.5 钢材锈蚀及防止 .....      | 192 |
| 小结 .....                  | 193 |
| 试验 建筑钢材性能检测 .....         | 194 |
| 习题 .....                  | 201 |
| <b>项目7 木材</b> .....       | 203 |
| 子项 7.1 木材的分类和构造 .....     | 203 |
| 子项 7.2 木材的技术性质 .....      | 205 |
| 子项 7.3 木材主要产品和应用 .....    | 208 |
| 子项 7.4 木材的防腐与防火 .....     | 211 |

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 小结 .....                             | 213 |
| 习题 .....                             | 213 |
| <b>项目 8 墙体材料</b> .....               | 215 |
| 子项 8.1 砌墙砖 .....                     | 215 |
| 子项 8.2 墙用砌块 .....                    | 223 |
| 小结 .....                             | 226 |
| 试验 砌墙砖及蒸压加气混凝土砌块试验 .....             | 227 |
| 习题 .....                             | 236 |
| <b>项目 9 建筑防水材料</b> .....             | 238 |
| 子项 9.1 沥青类防水材料 .....                 | 238 |
| 子项 9.2 合成高分子防水材料 .....               | 247 |
| 子项 9.3 防水涂料 .....                    | 249 |
| 小结 .....                             | 250 |
| 试验 防水材料性能检测 .....                    | 251 |
| 习题 .....                             | 263 |
| <b>项目 10 建筑玻璃、陶瓷及石材</b> .....        | 265 |
| 子项 10.1 建筑玻璃 .....                   | 265 |
| 子项 10.2 建筑陶瓷 .....                   | 272 |
| 子项 10.3 建筑石材 .....                   | 275 |
| 小结 .....                             | 277 |
| 习题 .....                             | 277 |
| <b>项目 11 建筑塑料制品,绝热及吸声、隔声材料</b> ..... | 279 |
| 子项 11.1 建筑塑料制品 .....                 | 279 |
| 子项 11.2 绝热材料 .....                   | 282 |
| 子项 11.3 吸声、隔声材料 .....                | 285 |
| 小结 .....                             | 289 |
| 习题 .....                             | 289 |
| <b>项目 12 建筑涂料</b> .....              | 291 |
| 子项 12.1 概述 .....                     | 291 |
| 子项 12.2 内墙涂料 .....                   | 293 |
| 子项 12.3 外墙涂料 .....                   | 295 |
| 子项 12.4 地面涂料 .....                   | 296 |
| 小结 .....                             | 297 |
| 习题 .....                             | 297 |
| <b>参考文献</b> .....                    | 298 |

# 0

## 绪 论

---

### 0.1 建筑材料的定义

任何建(构)筑物都是由材料按一定的要求构筑而成的。土木工程中使用的各种材料统称为建筑材料,是一切工程建设的重要物质基础。它包括地基基础、梁、板、柱、墙体、屋面、地面等所用到的各种材料。建筑装饰材料,又称建筑饰面材料,是指铺设或涂装在建筑物表面起装饰和美化环境作用的材料。建筑装饰材料是集材料、工艺、造型设计、美学于一身的材料,是建筑装饰工程的重要物质基础,用以保护主体结构在各种环境因素下的稳定性和耐久性,满足建筑物的使用功能,提高建筑物的美观程度。建筑装饰材料主要有草、木、石、砂、砖、瓦、水泥、石膏、石棉、石灰、玻璃、马赛克、陶瓷、油漆涂料、纸、金属、塑料、织物以及各种复合制品。

### 0.2 建筑材料的分类

建筑材料品种繁多,为了便于研究、区分和应用,工程中常从不同角度对其分类。目前,常用的分类方法有两种:一种是根据组成物质的种类及化学成分分类;另一种是根据建筑材料的功能和用途分类。

#### (1) 按化学组成分类

根据材料的化学成分不同,建筑材料可分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,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    | 钢、铁及合金、合金钢、不锈钢等          |
|      |              | 有色金属    | 铜及铜合金、铝及铝合金等             |
|      | 非金属材料        | 天然石材    | 砂、石及石材制品等                |
|      |              | 烧结与熔融制品 | 烧结砖、陶瓷、玻璃、岩棉等            |
|      |              | 胶凝材料及制品 | 石灰、石膏及石膏制品、水玻璃、水泥基混凝土制品  |
|      |              | 无机纤维材料  | 玻璃纤维、矿物棉等                |
| 有机材料 | 植物材料         |         | 木材、竹材、植物纤维及制品等           |
|      | 合成高分子材料      |         | 塑料、涂料、胶粘剂、合成橡胶等          |
|      | 沥青材料         |         | 煤沥青、石油沥青制品等              |
| 复合材料 | 有机-无机非金属材料复合 |         | 聚合物混凝土、玻璃纤维增强塑料、沥青混凝土等   |
|      | 金属-非金属材料复合   |         | 钢筋混凝土、钢纤维混凝土等            |
|      | 金属-有机材料复合    |         | PVC 钢板、有机涂层铝合金板、轻质金属夹心板等 |

(2)按使用功能分类

按使用功能不同,建筑材料通常可分为承重材料、非承重材料和功能材料三大类。

①承重材料:主要是指梁、板、基础、墙体和其他受力构件所用的建筑材料,通常有钢材、混凝土、砖等。

②非承重材料:主要是指框架结构的填充墙、内隔墙和其他维护材料等。

③功能材料:主要是指防水材料、保温材料、吸声材料、隔声材料、装饰材料、防火材料、阻燃材料等。

此外,建筑与装饰材料按所处的建筑部位不同,可分为结构材料、屋面材料、楼地面材料、墙体材料、吊顶材料等。

0.3 建筑与装饰材料的发展

建筑与装饰材料是随着人类社会的发展而发展的。人类使用建筑材料,最初是从土、石、草、木、兽皮等天然材料开始的。随着生产力的发展,出现了砖瓦、玻璃、塑料等人造建筑材料。19 世纪资本主义国家的工业革命兴起以后,建筑材料得到迅速发展。特别是钢材、水泥、钢筋混凝土等材料的出现和发展,使得高层建筑、高跨建筑成为可能。如这一时期建成的埃菲尔铁塔,高度达到 300 m。20 世纪以来,我国建筑业得到进一步发展,许多新型材料、复合型材料得到了广泛的应用。

随着社会的发展,人类对建筑工程的功能要求越来越高,为适应建筑工业化、现代化,提高质量、降低能耗、实现多功能的要求,建筑材料正向轻质、高强、耐久、节能环保等方向发展。尤其是建筑装饰行业的快速发展以及人们对物质和精神需求的不断增长,我国现代装饰材料发展迅猛,层出不穷。新型装饰材料将从品种上、规格上、档次上进入新的阶段,产品

朝着功能化、复合化、系列化、规范化的方向发展。同时,随着人们对环境保护与可持续发展意识的增强,保护环境、节约能源与土地,合理开发和综合利用原料资源,尽量利用工业废料等成为建筑装饰材料发展的一种趋势。因此,建筑装饰材料总的发展趋势应该是:品种越来越多,门类更加齐全,档次力求配套,并践行“健康、环保、安全、实用、美观”的发展理念。

## 0.4 建筑与装饰材料在国民建设经济中的地位及作用

建筑与装饰材料主要应用于建筑与装饰业,建筑与装饰业是同经济发展和社会进步紧密联系的行业。我国建筑及装饰业几十年的发展历程充分证明,建筑装饰业是在社会分工专业化发展中崛起的一个焕发活力和生机的古老行业,它不仅为国家、社会创造了大量的物质财富,同时带动了众多行业的发展,拉动了社会需求,推动了社会消费,还解决了很多就业问题,在国民经济和社会发展中占有举足轻重的地位。由于我国国民经济持续稳定的发展以及人民生活水平不断提高,尤其是建筑业及房地产业的迅猛发展,使建筑与装饰材料需求日益扩大。所以,无论从现状还是从发展的趋势来看,建筑与装饰材料的研制推广和应用对建筑业的发展都产生了深远的影响,对人民生活质量和生存环境也产生了巨大的影响。

## 0.5 建筑材料的检验与标准

目前我国绝大多数建筑材料都有相应的技术标准,建筑材料的技术标准是产品质量的技术依据。为了保证材料的质量、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。它以科学技术和实践经验的综合成果为基础,经有关方面协商一致,由主管机构批准,以特定形式发布,作为共同遵守的准则和依据。建筑工程标准,是指对各类工程的勘察、规划、设计、施工、安装、验收等需要协调统一的事项所指定的规范。只有掌握了材料标准,才能正确地选择、使用和检测材料。

### 1) 国内标准

按照适用范围,目前我国常用的标准有以下四类:

#### (1) 国家标准

国家标准由国务院标准化行政主管部门编制,由国家技术监督局审批并发布。国家标准是最高标准,具有指导性、权威性,在全国范围内适用,产品的技术指标不得低于标准中规定的要求。如《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007),《建筑石膏》(GB 9776—2008)等。

国家标准有强制性标准(代号 GB)和推荐性标准(代号 GB/T)。

#### (2) 行业标准

行业标准在全国性的行业范围内适用,当没有国家标准而又需要在全国某行业范围内统一技术要求时制定,由中央部委标准机构指定有关研究机构、院校或企业等起草或联合起草,报主管部门审批,国家技术监督局备案后发布。当国家有相应标准颁布,该项行业标准废止。如建筑工程行业标准(代号 JGJ),建筑材料行业标准(代号 JC),冶金工业行业标准(代号 YB),交通行业标准(代号 JT),石油化学工业部或中国石油化学总公司标准(代号 SH)等。

### (3) 地方标准(代号 DB)

地方标准又称为区域标准,在某地区范围内适用。凡没有国家标准和行业标准时,又需要在省、自治区、直辖市范围内统一工业产品的安全、卫生要求,可由相应地区根据生产厂家或企业的技术力量,以能保证产品质量的水平,制定有关标准。如“湖北地方标准《蒸压加气混凝土砌块工程技术规程》(DB42/T 268—2012)”。在公布国家标准或者行业标准之后,该地方标准即应废止。

### (4) 企业标准(代号 QB)

企业标准是对企业范围内需要协调、统一的技术要求、管理要求和工作要求所制定的标准。企业标准由企业制定,由企业法人代表或法人代表授权的主管领导批准、发布,只限于企业内部适用。

标准的一般表示方法为标准名称、部门代号、标准编号和批准年份。例如,“《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007)”表示 2007 年制定的国家强制性 175 号通用硅酸盐水泥的标准。

对强制性国家标准,任何技术(或产品)不得低于其中规定的要求;对推荐性国家标准,表示也执行其他标准的要求,但是推荐性标准一旦被强制标准采纳,就认为是强制性标准;地方标准或企业标准所制订的技术要求应高于国家标准。

### 2) 国际标准

采用国际标准和国外先进标准,是我国一项重要的技术经济政策,可以促进技术进步、提高产品质量、扩大对外贸易及提高我国标准化水平。

国际标准大致可分为以下几类:

①世界范围统一使用的“ISO”国际标准。

②国际上有影响的团体标准和公司标准,如美国材料与实验协会标准“ASTM”等。

③区域性标准。区域性标准是指工业先进国家的标准,如德国工业标准“DIN”、英国的“BS”标准、日本的“JIS”标准等。

## 0.6 学习建筑与装饰材料的目的、方法

“建筑与装饰材料”是土建类各专业重要的专业基础课,也是高职学生就业材料员、施工员等岗位必备的知识技能课程。建筑物的设计、施工、围护都与建筑装饰材料的品种、性能密切相关。在实际工程中,经常遇到有关建筑材料的选择、质量检验、配合比调整等方面的问题,这都需要从业者具备一定的理论知识和试验技能。因此,“建筑与装饰材料”课程的教学目标是使学生掌握有关建筑材料的基本理论、基本知识和基本的检测技能,为学习土方与基础工程施工、混凝土结构工程施工、砌体结构工程施工、屋面与防水工程施工、装饰装修工程施工、钢结构工程施工等专业核心课程提供建筑材料的基础知识,并为今后从事建筑类工作奠定基础。

高职高专学生学习本课程时,可应用以下几种方法:

第一,认真听讲,仔细听老师讲解各种建筑与装饰材料的概念、性质及功能等基本知识。由于材料品种多,学习时可以将同类材料进行对比,归纳它们的共性和特性,从基本知识理论方面熟悉并掌握常见建筑与装饰材料的基本性质、选用原则和使用方法。

第二,理论联系实际,注重实验实训学习。建筑材料检测实训是鉴定建筑材料质量和熟

悉掌握建筑材料性能的主要手段,必须重视实训课,做到课前预习、课后及时填写实训报告。通过课内试验和综合实训,学习鉴定和检测常用建筑材料的方法,掌握试验技能,培养动手能力及分析、解决问题的能力。

第三,及时完成作业,做好课前预习。

第四,利用课余时间到工厂、建材市场、建筑工地参观实习,了解建筑材料的品种、规格、使用和储存情况。

另外,注意建筑材料标准和规范的变更,并结合其他专业课程来进一步巩固本课程知识。

# 项目 1

## 建筑与装饰材料的基本性质



### 本章导读

**知识目标:**了解建筑与装饰材料的组成、结构与基本性质相互间的关系;掌握材料各种基本性质的概念、指标的计算;熟悉建筑材料的常规物理性质、力学性质、耐久性质及声学性质等;熟悉建筑材料主要技术性质的物理意义、影响因素及对其他性质的影响。

**技能目标:**能够合理选用建筑材料、正确使用建筑材料,理解工程条件及对拟用材料提出的各项技术要求打下知识基础。

**职业能力目标:**学习本章知识后,能够在材料员、施工员等岗位上认识常用建筑与装饰材料的物理、力学性能及耐久性指标,可以填写一些相关材料的性能表格。

在建筑物中,建筑材料要承受各种不同的作用,因而要求建筑材料具有相应的不同性质。比如,用于建筑结构的材料要受到各种外力的作用,因此,选用的材料应具有所需要的力学性质;又如,根据建筑物各种不同部位的使用要求,有些建筑材料应具有防水、绝热、吸声等性能;对于某些工业建筑,要求材料具有耐热、耐腐蚀等性能。此外,对于长期暴露在大气中的材料,要求能经受风吹、日晒、雨淋、冰冻等引起的温度变化、干湿交替及反复冻融等破坏作用。为了保证建筑物的耐久性,要求在工程设计与施工中正确选择并合理使用材料,因此,必须熟悉和掌握各种材料的基本性质。

本项目所指的材料的基本性质,是指材料处于不同的使用条件和使用环境时,通常必须考虑的最基本的、共同的性质。



## 子项 1.1 材料的物理性质

材料的物理性质包括:与质量有关的物理性质,即密度(实际密度、表观密度、体积密度、堆积密度),密实度与孔隙率,填充率与空隙率;材料与水有关的物理性质,即亲水性与憎水性,吸水性与吸湿性,耐水性、抗渗性、抗冻性;材料与热有关的性质,即导热性、热容、耐热性与耐火性。

### 1.1.1 与质量有关的性质

#### 1) 不同结构状态下的密度

自然界的材料,由于其单位体积中所含孔(空)隙程度不同,因而其基本的物理性质参数也有差别,现分述如下:

##### (1) 实际密度(简称密度)

实际密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量,用式(1.1)计算:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1.1)$$

式中  $\rho$ ——密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;

$m$ ——材料在干燥状态下的质量,  $\text{g}$ ;

$V$ ——材料在绝对密实状态下的体积,  $\text{cm}^3$ 。

材料在绝对密实状态下的体积,即材料的真实体积,是不包括材料内部孔隙的固体物质的体积。实际上,只有少数材料(钢材、沥青等)可近似看作绝对密实材料,可直接测定其密度。其他绝大多数材料内部都含有一定的孔隙。

对于多孔材料,测定密度时可将材料磨制成规定细度的粉末,用排液法测得其体积,再计算出其密度。对较密实材料,如砂、石等,因内部孔隙少,可用排开液体的体积作为绝对密实状态体积的近似值。用该方法求出的密度称为表观密度(也称为视密度)。

##### (2) 体积密度

体积密度旧称容重,是指材料在自然状态下单位体积的质量,用式(1.2)表示:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1.2)$$

式中  $\rho_0$ ——材料的体积密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$m$ ——材料的质量,  $\text{g}$  或  $\text{kg}$ ;

$V_0$ ——材料在自然状态下的体积,  $\text{cm}^3$  或  $\text{m}^3$ 。

材料在自然状态下的体积,是指构成材料的固体物质的体积与全部孔隙体积之和,如图 1.1 所示。对规则形状的材料,可直接测其外形体积;对不规则形状的材料,可在其表面涂蜡,再用排液法求其体积。

材料的体积密度随含水状态的变化而变化。因此,在测定体积密度时,应同时测定含水量并予以注明。未注明时指气干状态的体积密度。

##### (3) 堆积密度

堆积密度,是指散粒状(粉末状、粒状或纤维状)材料在自然堆积状态下,单位体积的质

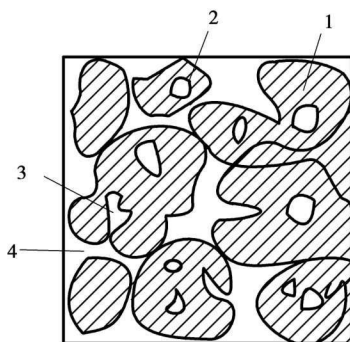


图 1.1 材料孔(空)隙及体积示意图

1—固体物质;2—闭口空隙;3—开口空隙;4—颗粒间隙

量,用式(1.3)表示:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1.3)$$

式中  $\rho'_0$ ——散粒材料的堆积密度,  $\text{kg}/\text{m}^3$ ;

$m$ ——材料的质量,  $\text{kg}$ ;

$V'_0$ ——散粒材料的松散体积,  $\text{m}^3$ 。

散粒材料的松散体积包括固体颗粒体积、颗粒内部孔隙体积和颗粒之间的空隙体积,如图 1.2 所示。测定散粒状材料的堆积密度时,材料的质量是指填充在一定容积的容器内的材料质量,其堆积体积指容器的容积,一般用容量筒测定。

堆积密度与材料的装填条件及含水状态有关,未注明时指气干状态的堆积密度。

## 2) 材料的密实度与孔隙率

### (1) 密实度

密实度是指材料体积内被固体物质所充实的程度,也就是固体物质的体积占总体积的比例,如图 1.3 所示。密实度反映材料的密实程度,以  $D$  表示:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1.4)$$

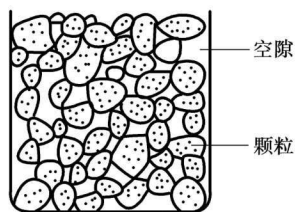


图 1.2 散粒材料堆积体积示意图

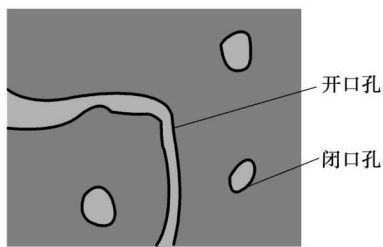


图 1.3 材料的密实度

### (2) 孔隙率

孔隙率是指块状材料中孔隙体积与材料在自然状态下总体积的百分比,用式(1.5)、式(1.6)表示:

$$P = \frac{V_{\text{孔}}}{V_0} \times 100\% \quad (1.5)$$

$$P = \frac{V_0 - V}{V_0} = \left(1 - \frac{V}{V_0}\right) = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% \quad (1.6)$$

式中  $P$ ——材料的孔隙率, %;

$V_{\text{孔}}$ ——材料中孔隙的体积,  $\text{cm}^3$  或  $\text{m}^3$ ;

$\rho_0$ ——材料的体积密度(绝对干燥状态)。

### 3) 材料的填充率和空隙率

#### (1) 空隙率

散粒材料在松散状态下, 颗粒之间的空隙体积与松散体积的百分比称为空隙率, 用式(1.7)表示:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1.7)$$

式中  $P'$ ——散粒材的空隙率, %。

$\rho'_0, \rho_0$  均为绝对干燥状态下所求。

#### (2) 填充率

填充率是指散粒材料在某容器的堆积体积中, 被其颗粒填充的程度, 以  $D'$  表示, 可用式(1.8)计算:

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho} \times 100\% \quad (1.8)$$

在建筑工程中, 计算材料用量、构件自重、配料计算, 以及确定堆放空间等, 经常要用到材料与质量有关的参数。常用材料的密度、体积密度及孔隙率见表 1.1。

表 1.1 常用建筑材料的密度、表观密度、堆积密度及孔隙率

| 材料    | 密度/( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ ) | 表观密度/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) | 堆积密度/( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ) | 孔隙率/%     |
|-------|----------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|-----------|
| 普通黏土砖 | 2.5 ~ 2.8                              | 1 600 ~ 1 800                            | —                                        | 20 ~ 40   |
| 花岗岩   | 2.6 ~ 2.9                              | 2 500 ~ 2 800                            | —                                        | 0.5 ~ 1.0 |
| 水泥    | 2.8 ~ 3.1                              | —                                        | 1 600 ~ 1 800                            | —         |
| 砂     | 2.60 ~ 2.70                            | 1 400 ~ 1 600                            | 1 500 ~ 1 700                            | 40 ~ 45   |
| 普通混凝土 | —                                      | 2 300 ~ 2 500                            | —                                        | 5 ~ 20    |
| 沥青混凝土 | —                                      | 2 300 ~ 2 400                            | —                                        | 2 ~ 4     |
| 松木    | 1.55 ~ 1.60                            | 380 ~ 700                                | —                                        | 55 ~ 75   |
| 建筑钢材  | 7.85                                   | 7 800 ~ 7 850                            | —                                        | 0         |

【例 1.1】 已知某种普通黏土砖  $\rho_0 = 1\,700 \text{ kg/m}^3$ ,  $\rho = 2.5 \text{ g/cm}^3$ 。求其密实度和孔隙率。

【解】 依已知条件可求其密实度为:

$$\begin{aligned} D &= (\rho_0 \div \rho) \times 100\% \\ &= (1\,700 \div 2\,500) \times 100\% \\ &= 68\% \end{aligned}$$

其孔隙率为:

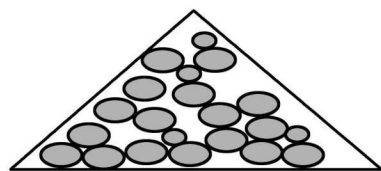


图 1.4 材料填充率