

建筑材料

主 编 董晓英 王栋栋
主 审 胡寿康

JIANZHU

CAILIAO



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

建 筑 材 料

主 编 董晓英 王栋栋
副主编 于瑾佳 孙岳新 吴姗姗
主 审 胡寿康

内 容 提 要

本书根据国家颁布的最新规范,结合多年的教学经验编写而成。本书共分为9个项目,主要包括材料的基本性质、水泥、混凝土、砂浆、建筑钢材、石材、沥青和沥青混合料、防水材料、其他常用建筑材料及天然土料。为方便学生主动学习,每个项目前均设置了知识目标和技能目标;每个项目后设有复习思考题,便于学生巩固所学知识。

本书可作为高等院校土木工程类相关专业的教材,也可作为现场工程技术人员的参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料 / 董晓英, 王栋栋主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2016. 9

ISBN 978-7-5682-3009-4

I. ①建… II. ①董… ②王… 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(2016)第206112号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(总编室)

(010)82562903(教材售后服务热线)

(010)68948351(其他图书服务热线)

网 址 / <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 / 18.5

字 数 / 449千字

版 次 / 2016年9月第1版 2016年9月第1次印刷

定 价 / 57.00元

责任编辑 / 孟雯雯

文案编辑 / 瞿义勇

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前 言

本教材是根据高等院校课程改革的和人才培养目标的要求，按照国家“十三五”规划精神，针对建筑工程技术、工程造价等建筑类相关专业编写的。本教材着重拓宽学生在建筑材料与检测方面的知识，加强学生对材料的检测方法、使用性能与特点的理解和掌握。

本教材安排了9个项目，主要内容包括材料的基本性质、水泥、混凝土、砂浆、建筑钢材、石材、沥青和沥青混合料、防水材料、其他常用建筑材料及天然土料。本教材重点阐述了建筑材料的基本性质，水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材等建筑工程中常用的建筑材料，还介绍了土石材料、沥青、防水材料、气硬性胶凝材料、墙体材料、木材、保温与吸声材料、合成高分子材料等常用建筑材料的种类、名称、规格、质量标准、检测试验方法、保管及应用以及新材料发展动态等内容。为了便于学生学习和复习，每个项目前列出项目目标，说明本项目应掌握和了解的要点以及应达到的能力水平；每个项目后设有复习思考题，便于知识的巩固。

本教材编写过程中力求内容适用、新颖，尽可能地做到理论联系实际，以够用、实用为度，注重学生能力的培养。全书采用了现行最新规范、标准，在介绍各种材料的同时，突出了规范的作用，增强了学生的法规观念。

本教材由董晓英、王栋栋担任主编，于瑾佳、孙岳新、吴姗姗担任副主编，胡寿康担任主审。具体编写分工为：项目2、项目9由董晓英编写，项目3由王栋栋编写，项目1、项目5、项目7、项目8由于瑾佳编写，项目4、项目6由孙岳新编写，吴姗姗参与了本教材相关章节的编写工作。董晓英负责全书统稿工作。

本教材是校企合作教材，在编写过程中，得到了唐山永安建

筑检测有限公司的大力支持与帮助,任伯雨、马梦姣、董洪山、陈丽静参加了各项目内容的编写,在此表示感谢。另外,在编写过程中参阅了大量文献,在此一并向这些文献的作者致以诚挚的谢意!

由于时间仓促，编者水平有限，书中难免有错误或不妥之处，恳请读者及同行专家给予指正并提出宝贵意见（dongxiaoying8542@163.com）。

编者

目 录 CONTENTS

项目1 材料的基本性质 1

任务1.1 材料的物理性质 1

1.1.1 材料与质量有关的性质 1

1.1.2 材料与水有关的性质 4

1.1.3 材料与热有关的性质 7

1.1.4 材料的基本性质检测 8

任务1.2 材料的力学性质 11

1.2.1 材料的强度和比强度 11

1.2.2 材料的变形 13

1.2.3 材料的硬度、磨损及磨耗 14

任务1.3 材料的耐久性 14

复习思考题 15

项目2 水泥 17

任务2.1 通用硅酸盐水泥的基本知识 ... 17

2.1.1 胶凝材料概述 17

2.1.2 水泥的分类 18

2.1.3 硅酸盐水泥的生产过程及熟料特性 ... 18

2.1.4 硅酸盐水泥的水泥凝结硬化与组成结构 21

2.1.5 影响硅酸盐水泥凝结硬化的主要因素 25

2.1.6 硅酸盐水泥的主要技术性质 26

任务2.2 掺加混合材料的通用硅酸盐水泥 29

2.2.1 混合材料的类型及特性 29

2.2.2 普通硅酸盐水泥 31

2.2.3 矿渣硅酸盐水泥 31

2.2.4 火山灰质硅酸盐水泥 33

2.2.5 粉煤灰硅酸盐水泥 34

2.2.6 复合硅酸盐水泥 34

2.2.7 掺加活性混合材料水泥的水化特点 35

2.2.8 掺加混合材料水泥的质量评定 38

任务2.3 通用硅酸盐水泥的主要技术性质 38

2.3.1 通用硅酸盐水泥组批原则与取样方法 38

2.3.2 通用硅酸盐水泥的强度要求和各项技术指标要求 39

2.3.3 通用硅酸盐水泥的检测试验要求 ... 39

2.3.4 通用硅酸盐水泥细度检测方案 (80 μm 筛筛析法) 41

2.3.5 通用硅酸盐水泥标准稠度用水量检测方案 42

2.3.6 硅酸盐水泥凝结时间和安定性检测方案 44

2.3.7 通用硅酸盐水泥胶砂强度检测方案 ... 48

2.3.8 水泥物理力学性能试验记录表 51

任务2.4 通用硅酸盐水泥的防腐措施 ... 52

2.4.1 水泥石腐蚀的类型 52

2.4.2 水泥石腐蚀的主要原因 53

2.4.3 防止水泥石腐蚀的措施 53

2.4.4 硅酸盐水泥的应用特点 54

2.4.5 通用硅酸盐水泥的用途、品种选择及在工程施工中的检测环节 54

2.4.6 通用硅酸盐水泥的储运要求	56
任务2.5 特种水泥	56
2.5.1 特种水泥的概念	56
2.5.2 抗硫酸盐硅酸盐水泥	56
2.5.3 白色硅酸盐水泥（白色水泥）	56
2.5.4 膨胀水泥和自应力水泥	57
2.5.5 铝酸盐水泥	57
任务2.6 专用水泥	58
2.6.1 砌筑水泥	58
2.6.2 道路硅酸盐水泥	59
2.6.3 油井水泥	60
2.6.4 大坝水泥	60
复习思考题	64

项目3 混凝土 67

任务3.1 混凝土的基本知识	67
3.1.1 混凝土的概念	67
3.1.2 混凝土的分类	68
3.1.3 混凝土的特点	68
3.1.4 组成材料在混凝土中的作用	69
3.1.5 混凝土检测前准备	69
任务3.2 水泥和水的要求	70
3.2.1 水泥的要求	70
3.2.2 混凝土拌合用水的要求	71
任务3.3 细集料	72
3.3.1 基本知识	72
3.3.2 技术要求	73
3.3.3 砂检测	76
任务3.4 粗集料	80
3.4.1 基本知识	80
3.4.2 粗集料检测	84
任务3.5 混凝土稠度的测定	89
3.5.1 混凝土拌合物的和易性	89
3.5.2 混凝土拌合物的检测	93
任务3.6 混凝土强度	96
3.6.1 基本知识	96
3.6.2 混凝土力学试验	100

任务3.7 混凝土的耐久性	103
3.7.1 基本知识	103
3.7.2 混凝土长期性能和耐久性试验	105
任务3.8 混凝土的质量控制	108
3.8.1 混凝土质量波动与统计	108
3.8.2 混凝土的配制强度	110
3.8.3 混凝土强度评定	111
任务3.9 普通混凝土配合比设计	112
3.9.1 普通混凝土配合比设计的基本要求	112
3.9.2 普通混凝土配合比设计基本参数的确定	113
3.9.3 普通混凝土配合比设计的步骤	114
3.9.4 混凝土配合比设计实例	119
任务3.10 混凝土的外加剂	122
3.10.1 减水剂	122
3.10.2 早强剂	124
3.10.3 缓凝剂	124
3.10.4 引气剂	124
3.10.5 防冻剂	125
3.10.6 速凝剂	125
3.10.7 外加剂的选择和使用	125
3.10.8 外加剂的掺加方法	125
任务3.11 其他混凝土	126
3.11.1 轻混凝土	126
3.11.2 高强度混凝土	129
3.11.3 泵送混凝土	130
3.11.4 抗渗混凝土	131
3.11.5 耐热混凝土	132
3.11.6 耐酸混凝土	133
3.11.7 纤维混凝土	133
3.11.8 聚合物混凝土	134
复习思考题	138

项目4 砂浆 142

任务4.1 砌筑砂浆的组成材料与技术性质	142
-----------------------------------	------------

4.1.1 砌筑砂浆的组成材料	142
4.1.2 砌筑砂浆的技术性质	143
任务4.2 砌筑砂浆的配合比选择	145
任务4.3 常用砂浆	148
4.3.1 抹面砂浆	148
4.3.2 防水砂浆	148
任务4.4 稠度试验	149
4.4.1 稠度试验目的及适用性	149
4.4.2 稠度试验仪器	149
4.4.3 稠度试验步骤	149
4.4.4 稠度试验结果确定	150
任务4.5 密度试验	150
4.5.1 密度试验目的及适用性	150
4.5.2 密度试验仪器	150
4.5.3 砂浆拌合物密度试验步骤	151
4.5.4 砂浆拌合物的表观密度计算	151
任务4.6 分层度试验	151
4.6.1 分层度试验目的及适用性	151
4.6.2 分层度试验仪器	151
4.6.3 分层度试验步骤	152
4.6.4 分层度试验结果确定	152
复习思考题	152
项目5 建筑钢材	153
任务5.1 建筑钢材的基本知识	153
5.1.1 钢材的冶炼	153
5.1.2 钢材的分类	154
5.1.3 钢材的化学成分	155
任务5.2 建筑钢材力学性能的检测	157
5.2.1 基本知识	157
5.2.2 试验准备	161
5.2.3 试验步骤	161
5.2.4 成果评定	163
任务5.3 钢材工艺性能的测定	163
5.3.1 基本知识	163
5.3.2 冷弯试验	164
任务5.4 建筑工程常用的钢种	165

5.4.1 钢结构用钢	165
5.4.2 钢筋混凝土结构用钢	173
任务5.5 建筑钢材的防护	176
5.5.1 钢材的锈蚀	176
5.5.2 防止钢材锈蚀的措施	176
5.5.3 钢材的防火措施	177
任务5.6 钢筋接头力学性能的测定	178
5.6.1 钢筋的绑扎搭接技术	178
5.6.2 钢筋焊接接头的试验方法	179
5.6.3 钢筋机械连接接头的试验方法	183
复习思考题	187

项目6 石材 190

任务6.1 石材	190
6.1.1 石材的分类	190
6.1.2 石材的技术性质	191
6.1.3 石材的加工类型、选用原则与防护	193
6.1.4 常用岩石与石材	195
任务6.2 天然饰面石材试验方法	198
6.2.1 设备及量具	198
6.2.2 试样	198
6.2.3 试验步骤	198
6.2.4 结果计算	199
6.2.5 试验报告	199
复习思考题	199

项目7 沥青和沥青混合料 200

任务7.1 沥青	200
7.1.1 石油沥青	200
7.1.2 煤沥青	205
7.1.3 改性沥青	207
任务7.2 沥青混合料	209
7.2.1 沥青混合料概述	209
7.2.2 热拌沥青混合料	210
复习思考题	219

项目8 防水材料 221

任务8.1 防水卷材	221
8.1.1 改性沥青卷材	221
8.1.2 铝箔塑胶聚酯卷材	225
8.1.3 三元乙丙橡胶 (EPDM) 防水卷材 ...	225
8.1.4 聚氯乙烯 (PVC) 防水卷材	226
8.1.5 氯化聚乙烯橡胶 (CPE) 防水 卷材	228
任务8.2 防水涂料	229
8.2.1 溶剂型氯丁橡胶沥青防水涂料 ...	229
8.2.2 丙烯酸系防水涂料	229
任务8.3 密封材料	230
8.3.1 丙烯酸酯密封膏	230
8.3.2 聚氨酯密封材料	231
8.3.3 聚硫密封材料	232
8.3.4 硅酮密封材料	232
复习思考题	233

项目9 其他常用建筑材料及天然 土料 234

任务9.1 常用的气硬性胶凝材料	234
9.1.1 石灰	234
9.1.2 石膏	237
9.1.3 水玻璃	240
任务9.2 常用的墙体材料	241
9.2.1 砌墙砖	241
9.2.2 砌墙砌块	249

9.2.3 砌墙墙板	252
------------------	-----

任务9.3 木材 255

9.3.1 木材的特点	255
9.3.2 木材的构造	256
9.3.3 木材的主要性质	257
9.3.4 木材的腐蚀与防腐、阻燃与防火 ...	258
9.3.5 木材的等级和人造木材的种类 ...	259

任务9.4 高分子材料 262

9.4.1 高分子材料的基本知识	262
9.4.2 高分子材料的组成	262
9.4.3 高分子材料 (塑料) 常用的品种 ...	263
9.4.4 胶粘剂	265
9.4.5 土工布	266

任务9.5 保温材料和吸声材料 268

9.5.1 保温材料	268
9.5.2 吸声材料	269

任务9.6 天然土料 271

9.6.1 土的组成、结构与构造	271
9.6.2 土的性质	275
9.6.3 含水率检测试验	279
9.6.4 密度试验 (环刀法)	280
9.6.5 界限含水率试验 (联合测定法) ...	280
9.6.6 击实试验 (轻型)	282

复习思考题 283

参考答案 286

参考文献 288

项目 1 材料的基本性质

知识目标

1. 了解材料密度、体积密度和孔隙率的含义及表示方法；
2. 了解堆积密度和空隙率的含义及表示方法；
3. 了解抗渗性、抗冻性、耐水性的含义及表示方法；
4. 掌握亲水性材料与憎水性材料的区别；
5. 掌握材料导热性指标；
6. 掌握材料强度与强度等级的区别；
7. 理解比强度的含义；
8. 掌握材料耐久性的概念及性质。

技能目标

1. 通过计算能确定体积密度、密度及孔隙率之间的关系；
2. 通过计算能确定吸水率、含水率之间的关系；
3. 能够区别弹性变形与塑性变形；
4. 能进行材料的基本性质检测。

建筑材料是构成土木工程的物质基础，各种建筑物都是由不同的材料经设计、施工、建造而成。这些材料所处的环境、部位、使用功能的要求和作用不同时，对材料的性质要求也就不同。因此，材料必须具备相应的基本性质，如用于结构的材料要具有相应的力学性质，以承受各种力的作用。根据建筑工程的功能需要，还要求材料具有相应的防水、绝热、隔声、防火、装饰等性质，如地面材料应具有耐磨的性质；墙体材料应具有绝热、隔声的性质；屋面材料应具有防水的性质。而建筑工程材料在长期的使用过程中，经受日晒、雨淋、风吹、冰冻和各种有害介质的侵蚀，因此，还要求材料具有良好的耐久性。

可见，材料的应用与其所具有的性质是密切相关的。建筑工程材料的基本性质，主要包括物理性质、力学性质和耐久性。

任务 1.1 材料的物理性质

1.1.1 材料与质量有关的性质

1.1.1.1 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。材料的密度可按式计算：

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

式中 m ——材料在干燥状态下的质量(g 或 kg);
 V ——干燥材料在绝对密实状态下的体积(cm^3 或 m^3);
 ρ ——材料的密度(g/cm^3 或 kg/m^3)。

材料在绝对密实状态下的体积,是指材料不包括孔隙体积在内的固体物质所占的体积。土木工程材料中,除钢材、玻璃等材料可近似地直接量取其密实体积外,其他绝大多数材料都含有一定的孔隙,故可将材料磨成细粉,经干燥至恒重后,用李氏瓶法测定其密实体积。

1.1.1.2 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。材料的表观密度可按下式计算:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-2)$$

式中 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);
 ρ_0 ——材料的表观密度(g/cm^3 或 kg/m^3)。

材料在自然状态下的体积是指包括孔隙体积在内的材料体积。外形规则材料的表观体积,可直接用尺度量后计算求得;外形不规则材料的表观体积,可将材料表面涂蜡后用排水法测定。

当材料的孔隙中含有水分时,其质量(包括水的质量)和体积均会发生变化,从而影响材料的表观密度,因此,所测得的表观密度必须注明其含水状态。通常,材料的表观密度是指材料在气干状态(长期在空气中的干燥状态)下的表观密度。另外,在不同的含水状态下,还可测得材料的干表观密度、湿表观密度及饱和表观密度。

1.1.1.3 堆积密度

散粒材料在自然堆积状态下单位体积的质量,称为堆积密度。自然堆积状态下的体积,包括颗粒之间的空隙体积在内,通常用容器的标定容积表示。材料的堆积密度可按下式计算:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-3)$$

式中 m ——材料的质量(g 或 kg);
 V'_0 ——材料在自然堆积状态下的体积(cm^3 或 m^3);
 ρ'_0 ——材料的堆积密度(g/cm^3 或 kg/m^3)。

1.1.1.4 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,即材料的密实体积与总体积之比,用 D 表示。材料的密实度可按下式计算:

$$D = \frac{V}{V_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1-4)$$

式中 D ——材料的密实度(%);
 V ——材料在绝对密实状态下的体积(cm^3 或 m^3);
 ρ ——材料的密度(g/cm^3 或 kg/m^3);
 ρ_0 ——材料的表观密度(g/cm^3 或 kg/m^3)。

2. 孔隙率

孔隙率是指材料中孔隙体积占材料总体积的百分数，用 P 表示。材料的孔隙率可按下式计算：

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

式中 ρ_0 ——材料的干表观密度 (g/cm^3 或 kg/m^3)。

材料孔隙率的大小，表明材料的密实程度。孔隙率及孔隙特征 (如孔隙的大小、是否封闭或连通、分散情况等) 影响材料的力学、耐久及导热等性质。

材料的密度、表观密度、孔隙率是材料最基本的物理参数，它们反映了材料的密实程度。密度与表观密度除用以计算孔隙率外，还可用以计算材料的体积与质量。

1.1.1.5 填充率与空隙率

对于松散颗粒状态材料，如砂、石子等，可用填充率和空隙率表示互相填充的疏松致密程度。

1. 填充率

填充率是指散粒状材料在堆积体积内被颗粒所填充的程度，用 D' 表示。材料的填充率可按下式计算：

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

2. 空隙率

空隙率是指散粒状材料颗粒之间的空隙体积占材料堆积状态下总体积的百分数，用 P' 表示。材料的空隙率可按下式计算：

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

在建筑工程中，材料的密度、表观密度和堆积密度常用来计算材料的用量、构件的自重、配料计算及确定材料的堆放空间。

几种常用材料的密度、表观密度和堆积密度见表 1-1。

表 1-1 几种常用材料的密度、表观密度和堆积密度

材料名称	密度/ $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	表观密度/ $(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$	堆积密度/ $(\text{kg} \cdot \text{m}^{-3})$
钢材	7.85	7 800~7 850	—
花岗岩	2.70~3.00	2 500~2 900	—
石灰石(碎石)	2.48~2.76	2 300~2 700	1 400~1 700
砂	2.50~2.60	—	1 500~1 700
水泥	2.80~3.10	—	1 600~1 800
粉煤灰(气干)	1.95~2.40	1 600~1 900	550~800
烧结普通砖	2.60~2.70	2 000~2 800	—
烧结多孔砖	2.60~2.70	900~1 450	—
黏土	2.50~2.70	—	1 600~1 800
普通水泥混凝土	—	1 950~2 500	—
红松木	1.55~1.60	400~600	—

续表

材料名称	密度/(g·cm ⁻³)	表观密度/(kg·m ⁻³)	堆积密度/(kg·m ⁻³)
普通玻璃	2.45~2.55	2 450~2 550	—
铝合金	2.70~2.90	2 700~2 900	—
泡沫塑料	—	20~50	—

1.1.2 材料与水有关的性质

1.1.2.1 亲水性与憎水性

固体材料在空气中与水接触时，根据其表面能否被水润湿，可分为亲水性材料与憎水性材料。

材料的亲水性与憎水性可用润湿角 θ 来说明，如图 1-1 所示。

在材料、水、空气三者相交点处，沿水滴表面作切线，此切线与材料表面的夹角，称为润湿角 θ 。 θ 越小，表明材料越容易被水湿润； $\theta=0$ 时，材料完全被水浸润； θ 越大，表明材料越难被水湿润。

一般认为，当润湿角 $\theta \leq 90^\circ$ 时，表明水分子间的内聚力小于水分子与材料分子间的吸引力，则材料表面会被水润湿，这种材料称为亲水性材料[图 1-1(a)]，如木材、混凝土、砂石等；当润湿角 $\theta > 90^\circ$ 时，表明水分子之间的内聚力大于水分子与材料分子之间的吸引力，则材料表面不会被水润湿，这种材料称为憎水性材料[图 1-1(b)]，如沥青、石蜡等。



图 1-1 材料的浸润示意图

(a)亲水性材料；(b)憎水性材料

1.1.2.2 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，吸水性的常用吸水率表示。吸水率可分为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吸水饱和时，所吸收的水分质量占材料干燥状态时质量的百分率。材料的质量吸水率可按下式计算：

$$W_m = \frac{m_1 - m}{m} \times 100\% \tag{1-8}$$

式中 W_m ——材料的质量吸水率(%)；
 m ——材料在干燥状态下的质量(g 或 kg)；
 m_1 ——材料吸水饱和时的质量(g 或 kg)。

(2)体积吸水率。体积吸水率是指材料吸水饱和时，所吸收的水分体积占材料干燥状态时体积的百分率。材料的体积吸水率可按下式计算：

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

式中 W_v ——材料的体积吸水率(%)；

V_0 ——干燥材料在自然状态下的体积(cm^3 或 m^3)；

ρ_w ——水的密度，常温下取 $\rho_w = 1 \text{ g/cm}^3$ 。

材料的质量吸水率与体积吸水率之间的关系如下：

$$W_v = W_m \times \rho_0 \quad (1-10)$$

式中 ρ_0 ——材料在干燥状态下的表观密度(g/cm^3 或 kg/m^3)。

材料的吸水性除与材料本身的亲水性或憎水性有关外，还与材料的孔隙特征有关。一般孔隙率越大，吸水性越强。孔隙率相同时，具有开口且连通的微小孔隙构造的材料，吸水性一般要强于封闭的或粗大连通孔隙构造的材料。

不同材料的吸水率相差甚大，如花岗岩等致密岩石的质量吸水率为 $0.1\% \sim 0.7\%$ ，普通混凝土的质量吸水率为 $2\% \sim 3\%$ ，而木材或其他轻质材料的质量吸水率常大于 100% ，即湿质量是干质量的几倍，此时，最好用体积吸水率表示其吸水性。材料吸水后，表观密度增大，导热性增大，强度降低，体积膨胀，一般会对材料造成不利影响。

2. 吸湿性

材料吸收空气中水分的性质称为吸湿性，材料的吸湿性可用含水率表示。含水率是指材料中所含水的质量与材料干燥状态下的质量的百分比。材料的含水率可按式计算：

$$W_h = \frac{m_s - m}{m} \times 100\% \quad (1-11)$$

式中 W_h ——材料的含水率(%)；

m ——材料干燥时的质量(g 或 kg)；

m_s ——材料吸湿后的质量(g 或 kg)。

干材料在空气中能吸收空气中的水分，湿材料在空气中又会失去水分，最终材料中的水分与周围空气的湿度达到平衡。此时，材料的含水率称为平衡含水率。

材料的吸湿性主要与材料的组成、孔隙率有关，特别是孔隙特征，还与周围环境的温度和湿度有关。一般环境中温度越高，湿度越低，含水率越小。材料吸湿后，除本身质量增加外，还会降低其绝热性、强度及耐久性，对工程产生不利影响。

1.1.2.3 耐水性

材料在水的作用下长期不发生破坏，强度也不显著降低的性质称为耐水性。

一般材料含有水分时，由于内部微粒之间结合力的减弱而强度有所降低，即使致密的材料也会因此影响强度。若材料中含有某些易被水软化的物质(黏土、石膏等)，强度降低就更为明显。因此，对长期处于水中或潮湿环境中的建筑材料，必须考虑其耐水性。

材料的耐水性用软化系数 K_s 表示，按下式计算：

$$K_s = \frac{f_w}{f} \quad (1-12)$$

式中 K_s ——软化系数；

f_w ——材料在水饱和状态下的抗压强度(MPa)；

f ——材料在干燥状态下的抗压强度(MPa)。

材料的软化系数的范围为 $0 \sim 1$ 。软化系数的大小，有时成为选择材料的重要依据。工

程中,通常把 K_s 大于 0.85 的材料称为耐水材料,对于经常与水接触或处于潮湿环境中的重要建筑物,必须选用耐水材料建造;用于受潮较轻或次要的建筑物时,材料的软化系数也不得小于 0.75。

1.1.2.4 抗渗性

抗渗性是指材料在压力水作用下抵抗渗透的性质。材料的抗渗性通常用渗透系数 K 和抗渗等级 P 表示。

1. 渗透系数 K

根据达西定律,在一定时间内,透过材料试件的水量 Q 与试件的断面面积 A 及水位差 H 成正比,与试件厚度 d 成反比,即

$$Q = K \frac{H}{d} A t \quad (1-13)$$

或

$$K = \frac{Q d}{A t H}$$

式中 K ——渗透系数(m/s);

Q ——渗透水量(m^3);

A ——透水面积(m^2);

d ——试件厚度(m);

H ——水位差(m);

t ——透水时间(s)。

渗透系数 K 越大,表明材料的抗渗透性能越差。

2. 抗渗等级 P

抗渗等级是指材料在规定的试验条件下,承受规定的水压力而不渗透,如 P_8 、 P_{10} ,分别表示承受 0.8 MPa、1 MPa 的水压力不渗透。

材料的抗渗性与材料的亲水性、孔隙率、孔隙特征、裂缝等有关。孔隙封闭且孔隙率小的材料,抗渗性较高。

地下建筑物及储水建筑物常受到压力水的作用,所以,要求所用的材料具有一定的抗渗性。

1.1.2.5 抗冻性

抗冻性是指材料在吸水饱和状态下,经多次冻融循环而不破坏,同时,也不严重降低强度的性质。当充满材料孔隙的水结冰时,由于体积增大约 9%,冰对孔壁产生巨大压力,使孔壁开裂。当冰融化后,水又进入裂缝,再冻结时,裂缝进一步扩展。冻融次数越多,材料的破坏程度越严重。

材料的抗冻性用抗冻等级 F 表示,如 F_{50} 表示经过 50 次冻融循环后,质量损失不超过 5%,强度损失不超过 25%。通常采用材料吸水饱和后,在 $-15\text{ }^\circ\text{C}$ 冻结,再于 $20\text{ }^\circ\text{C}$ 的水中融化,这样的一个过程称为一次冻融循环。

材料的抗冻性与材料本身的成分、构造、强度、耐水性、吸水饱和程度、孔隙率及孔隙特征等因素有关,也与冻结的温度、冻结速度及冻融频繁程度等因素有关。

用于建筑物冬季水位变化区的材料,要求有较好的抗冻性。另外,由于抗冻性较好的材料,对抵抗温度、干湿变化等风化作用的性能也较好,所以,即使处于温暖地区的建筑物,为了抗风化,材料也必须具有一定的抗冻性要求。

1.1.3 材料与热有关的性质

1. 导热性

材料传导热量的性质称为导热性。即当材料两侧表面存在温差时，热量会由温度较高的一面传向温度较低的一面，材料的导热性可用导热系数表示。

以单层平板为例，材料导热示意图如图 1-2 所示，若 $t_1 > t_2$ ，经过时间 z ，由温度为 t_1 的一侧传至温度为 t_2 的一侧的热量为：

$$Q=\lambda \frac{Az(t_1-t_2)}{d}$$

(1-14)

则导热系数的计算公式为：

$$\lambda=\frac{Qd}{Az(t_1-t_2)}$$

(1-15)

式中 λ ——导热系数[W/(m·K)]；

Q ——传导的热量(J)；

d ——材料的厚度(m)；

A ——传热面积(m²)；

z ——传热时间(s)；

t_1-t_2 ——材料两侧的温度差(K)。

材料的导热系数越小，保温性越好。建筑材料的导热系数一般为 0.02~3.00 W/(m·K)。通常 $\lambda \leq 0.23$ W/(m·K) 的材料可作保温隔热材料。

材料的导热性与材料的孔隙率、孔隙特征有关。孔隙率越大，导热系数越小。具有互不连通封闭微孔构造材料的导热系数，要比粗大连通孔隙构造材料的导热系数小。当材料的含水率增大时，导热系数也随之增大。

材料的导热系数对建筑物的保温、隔热有重要的意义。在大体积混凝土温度及温度控制计算中，混凝土的导热系数是一个重要的指标。

几种常用材料的导热系数见表 1-2。

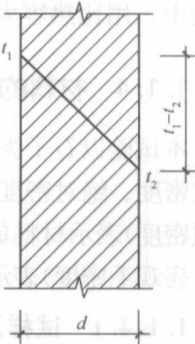


图 1-2 材料导热示意图

表 1-2 几种常用材料的导热系数

材料名称	导热系数/[W·(m·K) ⁻¹]	材料名称	导热系数/[W·(m·K) ⁻¹]
钢	44.74	松木(顺纹)	0.34
花岗石	3.50	松木(横纹)	0.17
普通混凝土	1.51	石膏板	0.25
烧结普通砖	0.80	水	0.58
密闭空气	0.023		

2. 热容量

热容量是指材料在受热时吸收热量、冷却时放出热量的能力。质量为 1 kg 材料的热容量，称为该材料的比热容。

热容量 Q 的计算公式为:

$$Q = Cm(t_1 - t_2) \quad (1-16)$$

式中 Q ——材料吸收或放出的热量(J);

C ——材料的比热容 [$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$];

m ——材料的质量(kg);

$t_1 - t_2$ ——材料受热或冷却前后的温差(K)。

其中, 比热容 C 值是真正反映不同材料热容性差别的参数, 可由上式导出:

$$C = \frac{Q}{m(t_1 - t_2)} \quad (1-17)$$

混凝土的比热容约为 1×10^3 ; 钢的比热容为 0.48×10^3 ; 松木的比热容为 2.72×10^3 ; 烧结普通砖为 0.88×10^3 ; 水的比热容为 4.19×10^3 。

在冬、夏季施工中, 对材料加热或冷却进行计算时, 均要考虑材料的热容量。在房屋建筑中, 用比热容大的材料, 对保持室内温度的稳定有很大意义。

1.1.4 材料的基本性质检测

本试验以石子为例, 测量密度、表观密度、容积密度、堆积密度和吸水率。密度(又称为真实密度、绝对密度)是材料在绝对密实状态下单位体积的质量; 表观密度(又称为视密度、近似密度)表示材料单位细观外形体积(包括内部封闭孔隙)的质量; 容积密度(又称为体积密度、表观毛密度)表示材料单位宏观外形体积(包括内部封闭孔隙和开口孔隙)的质量。

1.1.4.1 试样及其制备

取最大粒径小于或等于 20 mm 的碎石, 将试样筛去 5 mm 以下的颗粒, 缩分至 3 kg, 洗净后分成三份备用。

密度试样: 将一份洁净试样破碎成小于 5 mm 的颗粒, 用四分法缩分到 150 g, 用瓷研钵研磨成可通过 63 μm 标准筛的粉末。

表观密度、容积密度试样: 两份洁净试样。

堆积密度试样: 取 40 kg 试样放入浅盘, 在 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱中烘干至恒重, 取出冷却至室温。

1.1.4.2 密度试验

1. 试验设备

天平(最小分度值 0.01 g 或 0.001 g)、李氏比重瓶(图 1-3)、干燥器、温度计、浅盘、毛巾等。

2. 试验步骤

将试样装入称量瓶中, 放入 $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ 的烘箱内, 干燥 4 h 以上, 取出, 放入干燥器内冷却至室温。比重瓶、蒸馏水、试样应预先放在试验室内, 以保持温度一致。

(1) 方法 1(称量精度 0.002 g)。

1) 称取试样两份, 每份 10 g(m_0), 分别小心地装入洁净的比重瓶中。

2) 向比重瓶内注入蒸馏水, 其体积不超过比重瓶容积的一半, 将比重瓶放入水浴中煮

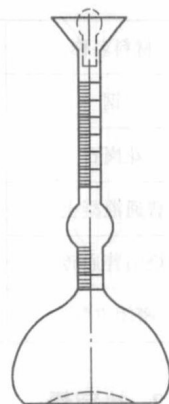


图 1-3 李氏比重瓶