



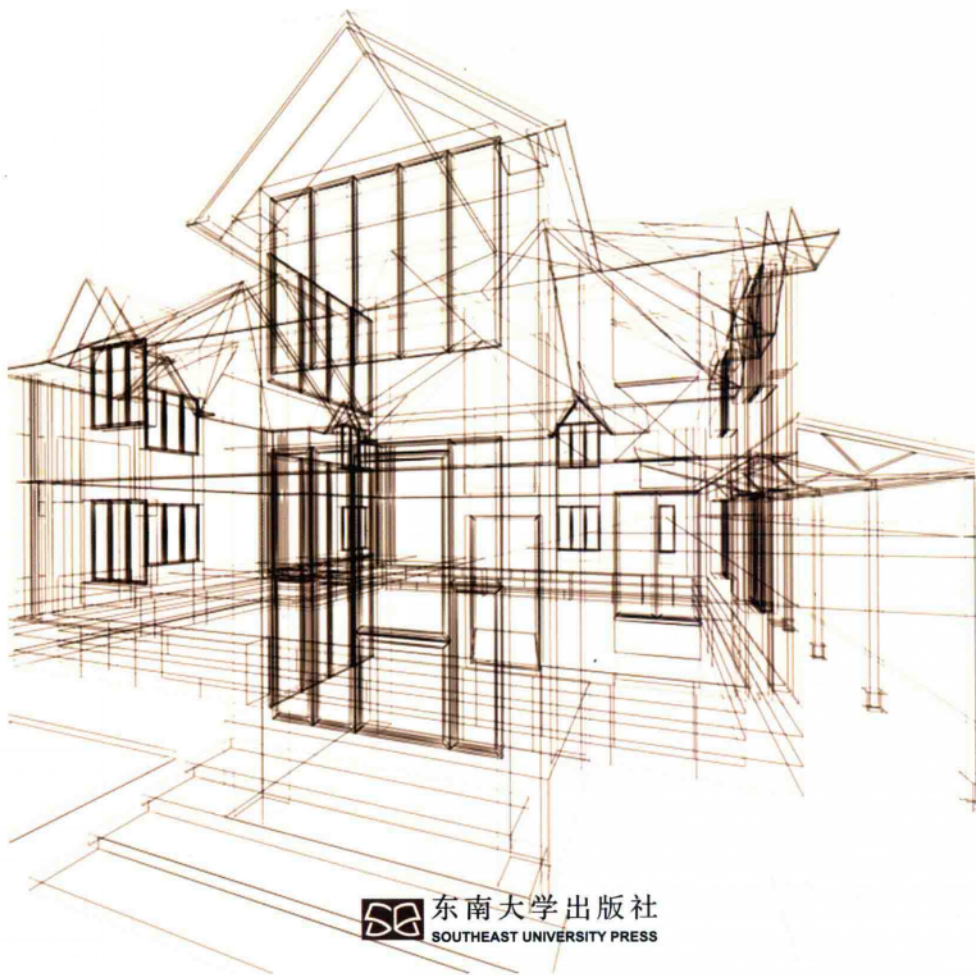
高职高专土建类“十三五”规划教材

建筑材料

JIANZHUCAILIAO

(第2版)

张黎 刘放◎主编



东南大学出版社
SOUTHEAST UNIVERSITY PRESS

高职高专土建类“十三五”规划教材

建筑材料

(第2版)

主 审 陈 鹏

主 编 张 黎 刘 放

副主编 陈晓玲 叶朝阳

东南大学出版社
·南京·

内容提要

本书共分为 14 个项目,主要介绍了建筑材料的基本性质、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、砂浆、建筑钢材、木材、墙体与屋面材料、有机材料、石材、绝热材料和吸声材料、玻璃、陶瓷及建筑材料实验等内容。本书以常用的建筑材料的技术性能、检测方法及选用原则等为主线,以项目为驱动,注重学生职业能力和素质的培养。

本书可供高等专科学校及应用型本科的土木工程、建筑工程、市政工程、水利工程、工程监理、工程造价等专业的学生使用,也可供相关专业技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料 / 张黎,刘放主编. — 2 版. — 南京:东南大学出版社,2018.7

ISBN 978-7-5641-7900-7

I. ①建… II. ①张… ②刘… 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(2018)第 171713 号

建筑材料(第 2 版)

出版发行:东南大学出版社

社 址:南京市四牌楼 2 号 邮编:210096

出 版 人:江建中

责任编辑:史建农 戴坚敏

网 址: <http://www.seupress.com>

电子邮箱: press@seupress.com

经 销:全国各地新华书店

印 刷:常州市武进第三印刷有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:19

字 数:486 千字

版 次:2018 年 7 月第 2 版

印 次:2018 年 7 月第 1 次印刷

书 号:ISBN 978-7-5641-7900-7

印 数:1—3000 册

定 价:58.00 元(含试验报告)

本社图书若有印装质量问题,请直接与营销部联系。电话:025-83791830

前 言

本书适用于高等职业院校建筑工程、工程造价、市政工程、水利水电工程等专业的高技能应用型人才职业能力的培养,符合专业人才培养目标,是土木工程及相关专业必修的专业基础课。

本书依据国家及相关行业最新标准和规范进行编写,以水泥、混凝土、钢材等常用建筑材料的技术性能等为项目载体,以建筑材料的质量检测、质量评定及合理选材等职业能力为导向,以满足相关专业的知识需求为任务驱动,根据系统化的工作过程来组织编排内容。

本书每个学习项目不仅包括技术性能、质量检测及选用等内容,还设置了能力培养目标和复习思考题,供学生学习和课后练习使用。为加强学生的实操能力,本书还附有常用建筑材料试验指导书和试验报告,增加了知识的实用性。

本书由广东水利电力职业技术学院张黎和武汉船舶职业技术学院刘放担任主编,广东水利电力职业技术学院陈晓玲和武昌职业学院叶朝阳担任副主编,由广东水利电力职业技术学院陈鹏主审。全书由广东水利电力职业技术学院张黎统稿。

由于编者水平和经验有限,书中难免存在疏漏,敬请读者批评指正。

编者

2018年7月

目 录

0 绪论	1
0.1 建筑材料的定义与分类	1
0.2 建筑材料在建筑工程中的地位和作用	2
0.3 建筑材料的技术标准	3
0.4 本课程的内容和任务	3
1 建筑材料的基本性质	4
1.1 材料的基本物理性质	4
1.2 材料的力学性质	13
1.3 材料的耐久性	17
2 气硬性胶凝材料	20
2.1 石灰	20
2.2 石膏	24
2.3 水玻璃	28
2.4 镁质胶凝材料	30
3 水泥	32
3.1 硅酸盐水泥	33
3.2 掺混合材料的硅酸盐水泥	42
3.3 通用水泥的验收及保管	47
3.4 其他品种水泥	49
4 混凝土	56
4.1 混凝土概述	56
4.2 普通混凝土的组成材料	57
4.3 普通混凝土的技术性质	74
4.4 普通混凝土的配合比设计	88
4.5 混凝土质量控制与强度评定	98
4.6 其他品种混凝土	102
5 砂浆	107
5.1 砌筑砂浆	107
5.2 其他品种砂浆	115
6 建筑钢材	121
6.1 钢材的加工工艺及分类	121
6.2 建筑钢材的主要技术性质	124

6.3	建筑钢材标准与选用	132
6.4	钢材的防火与防腐蚀	151
7	木材	154
7.1	木材的分类与构造	154
7.2	木材的技术性质	156
7.3	木材在建筑工程中的应用	161
7.4	木材的防腐与防火	166
8	墙体与屋面材料	168
8.1	砌墙砖	168
8.2	墙用砌块	175
8.3	墙用板材	177
8.4	屋面材料	179
9	有机材料	181
9.1	防水卷材	181
9.2	建筑涂料	190
9.3	建筑塑料	195
9.4	建筑胶黏剂	198
9.5	其他高分子建筑材料	200
10	石材	202
10.1	天然石材	202
10.2	人造石材	204
10.3	石材的技术性质、加工及应用	205
11	绝热材料和吸声材料	209
11.1	绝热材料	209
11.2	吸声材料	213
11.3	隔声材料	215
12	玻璃	216
12.1	玻璃概述	216
12.2	玻璃的品种及应用	217
13	陶瓷	221
13.1	陶瓷概述	221
13.2	建筑陶瓷制品	222
14	建筑材料试验指导书	225
14.1	水泥试验	225
14.2	混凝土用骨料试验	234
14.3	普通混凝土性能试验	244
14.4	建筑砂浆性能试验	249
14.5	烧结普通砖试验	254
14.6	钢筋试验	255
14.7	沥青试验	258
	参考文献	261

能力目标



- (1) 了解建筑材料的分类。
- (2) 掌握建筑材料标准的表达方法和分类。

0.1 建筑材料的定义与分类

0.1.1 建筑材料的定义

广义的建筑材料是指建筑工程中所有材料的总称,是建筑工程的物质基础,它不仅包括构成建筑物和构筑物自身的材料,而且包括建筑施工过程中的辅助性材料,如脚手架、模板等。本书讲述的是狭义的建筑材料,是建造基础、梁、板、柱、墙体、屋面、地面及装饰所用的材料。

0.1.2 建筑材料的分类

建筑材料的种类繁多,可按多种方法进行分类,其中按化学成分和使用功能分类最为常用。

1) 按化学成分分类

按建筑材料的化学成分,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、合金钢、不锈钢、铁等
		有色金属	铜、铝及合金等
	非金属材料	天然石材	砂、石及各类石材制品等
		烧土制品	黏土砖瓦、陶瓷、玻璃等
		胶凝材料及制品	石灰、石膏、水玻璃、水泥及其制品、硅酸盐制品等
		无机纤维材料	玻璃纤维、矿棉纤维等

续表 0.1

分 类		实 例
有机材料	植物类材料	木材、竹材、植物纤维及制品等
	沥青类材料	石油沥青、煤沥青、沥青制品等
	合成高分子材料	塑料、涂料、胶黏剂、合成橡胶等
复合材料	有机材料与无机非金属材料复合	聚合物混凝土、沥青混凝土、玻璃纤维增强塑料等
	金属材料与无机非金属材料复合	钢筋混凝土(包括预应力钢筋混凝土)、钢纤维增强混凝土等
	金属材料与有机材料复合	PVC 钢板、塑钢门窗等

2) 按使用功能分类

建筑材料按使用功能可分为结构材料、墙体材料、功能材料三大类。

(1) 结构材料。结构材料是指建筑物受力构件所使用的材料,如梁、板、柱所用的材料。常用的主要结构材料有砖、石、钢材、钢筋混凝土等。结构材料要求具有良好的强度和耐久性。

(2) 墙体材料。墙体材料是指建筑物内、外及分隔墙体所使用的材料,如砌墙砖、砌块、板材等。墙体材料不仅要求具有一定的强度和耐久性,还要求具有防风挡雨、保温隔热、隔声吸声等性能。

(3) 功能材料。功能材料是指在建筑中具有特殊性能的材料,如防水、隔声、绝热等功能,它决定了建筑物是否能够按设计要求实现其使用功能。

0.2 建筑材料在建筑工程中的地位和作用

建筑材料是建筑工程的物质基础。在建筑工程中,材料的用量极为庞大,材料的费用占工程总投资的 50%~60%,甚至更高。因此,科学合理地选用材料,不仅可以降低工程造价,也可以明显提高工程的经济效益。

建筑材料的质量直接影响到建筑工程的安全性和耐久性。在工程中,从材料的选择、储运到检测、施工、使用,工程技术人员都要熟练地掌握各种材料的性能及注意事项,才能正确选择、合理使用建筑材料。

建筑材料的发展具有明显的时代性。建筑艺术的发挥,建筑功能的实现,都需要新技术、新材料的发明和应用,每个时期都有这一时代材料所独有的特点,新型建筑材料的出现推动了建筑形式的变化、施工技术的进步、建筑物多功能性的实现。

目前,建筑材料正向着轻质、高性能、多功能的方向阔步前行,低碳、绿色、环保的理念也渐入人心。新型复合材料、节能环保材料、利用工农业废料生产的再生材料等在科学的生产工艺、检测手段的促进下,正向着技术创新和可持续发展的方向发展。

0.3 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产品质量是否合格的技术性文件。

产品标准化是现代工业发展的产物,是组织现代化大生产的重要手段,也是科学管理的重要组成部分。世界各国对材料的标准化都很重视,均制定了各自的标准。例如,我国的国家标准“GB”和“GB/T”、美国的材料实验协会标准“ASTM”、英国标准“BS”、德国工业标准“DIN”等,还有在世界范围使用的国际标准“ISO”等。

为了确保建筑材料的质量、进行现代化生产和管理,必须对建材产品的技术要求制定统一的执行标准,其主要内容包括产品的规格、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。

我国建筑材料的技术标准分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。各级标准均有相应的代号,见表 0.2。

表 0.2 我国各级标准代号

序号	标准种类		代号	表示方法(例)
1	国家标准	国家强制性标准	GB	由标准名称、部门代号、标准编号、颁布年份等组成。例如:国家强制性标准《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007);国家推荐性标准《建筑石膏》(GB/T 9776—2008)
		国家推荐性标准	GB/T	
2	行业标准	建筑材料行业标准	JC	
		建筑工程行业标准	JGJ	
		冶金行业标准	YB	
		交通标准	JT	
		水电标准	SD	
3	地方标准	地方强制性标准	DB	
		地方推荐性标准	DB/T	
4	企业标准	仅适用于本企业	QB	

0.4 本课程的内容和任务

建筑材料是一门实践型的专业技术基础课,普遍应用于建筑工程、水利工程以及相关行业。本课程的主要内容包括:常用建筑材料的原材料、生产方法(加工工艺)、品种(规格)、技术性质、质量标准、检验方法、应用、储运等。其中,建筑材料的技术性质、质量标准、检验方法和应用是本课程的重要内容,学生应予以重视。

本课程的主要任务是使学生掌握常用建筑材料的技术性质,能够正确使用仪器检测材料的性能,并能对试验结果进行合理分析。通过理论的学习和试验的操作,可以加强学生对材料性能的理解,提高学生动手和分析、解决实际问题的能力,强化学生正确选择材料的判断能力,培养学生认真的学习态度和严谨的工作作风。

建筑材料的基本性质

能力目标



(1) 掌握材料的实际密度、表观密度、堆积密度、孔隙率、空隙率的概念以及计算公式、检测与评定方法。

(2) 掌握材料的亲水性、憎水性、吸水性、吸湿性、抗渗性、抗冻性、耐水性的概念以及表示方法和改善方法。

(3) 掌握材料的导热性、热容量、热阻及温度变形性等。

(4) 掌握材料的抗拉、抗压、抗剪、抗弯强度的概念以及强度的确定方法。

(5) 掌握材料的弹性、塑性、脆性、韧性、强度和耐磨性。

(6) 掌握材料的耐久性及其影响因素。

建筑材料在使用过程中,由于所处位置的不同,需要承受复杂的环境作用,因而需要其具有相应的技术性质和使用功能。例如,结构材料应具备良好的力学性能;墙体材料应具有一定的强度,以及保温隔热、隔声吸声等性能;屋面材料应具备良好的防水、绝热等性能;装饰材料应具备一定的美观效果和实用功能。此外,建筑物还经常受到风吹、日晒、雨淋、冰冻等环境作用,因此还要求建筑材料应具备良好的耐久性。

建筑材料的基本性质包括物理性质、化学性质、热工性质、力学性质、耐久性等,本项目只讨论材料基本性质中的共性问题,材料的特性将在相关章节中讲解。

1.1 材料的基本物理性质

1.1.1 材料与质量有关的性质

自然界的材料都是由固体物质和内部孔隙(材料内部的空间)组成的。由于其内部所含孔隙的数量和孔隙特征的不同,因而性能也有明显差别。孔隙按尺寸大小可分为微孔、细孔和大孔3种;孔隙按孔隙特征又可分为闭口孔(自身封闭且常温常压下水无法进入的孔隙)和开口孔(与外界连通且常温常压下水能够进入的孔隙)两类,如图1.1所示。若用 V 、 V_p 、 V_k 和 V_b 分别表示材料内部固体物质的体积、孔隙体积、开口孔体积和闭口孔体积,则 $V_p = V_k + V_b$ 。此外,堆积状态下的散粒状材料,颗粒之间还存在着空隙。

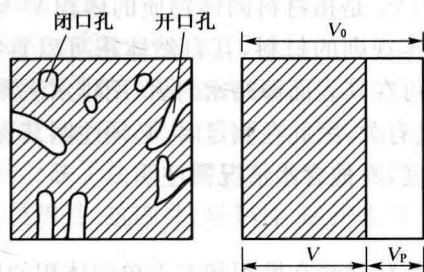


图 1.1 有孔材料体积组成示意图

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。按下式计算：

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

式中： ρ ——材料的实际密度， g/cm^3 或 kg/m^3 ；

m ——材料在干燥状态下的质量(即烘干质量)， g 或 kg ；

V ——材料在绝对密实状态下的体积(即固体物质的体积)， cm^3 或 m^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固体物质的实际体积。在建筑材料中，除钢材、玻璃、沥青等少数材料可以认为是不含内部孔隙之外，绝大多数材料内部都存在着孔隙。在测定有孔固体材料的密度时，须将材料磨成细粉(粒径小于 0.2 mm)，以便除去内部孔隙，经干燥后用密度瓶(李氏瓶)通过排液法测得固体物质的体积。材料磨得越细，测得的固体物质的体积越接近真实情况，密度值也就越精确。

在工程中，一些常用的较为致密的散粒状材料，如拌制混凝土的砂、石等，一般直接采用排水法测定其体积 V' (即固体物质体积 V 与封闭孔隙体积 V_b 之和)，此时测定的密度为材料的近似密度(又称为视密度)。按下式计算：

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

式中： ρ' ——材料的近似密度， g/cm^3 或 kg/m^3 ；

m ——材料在干燥状态下的质量， g 或 kg ；

V' ——材料的近似体积， cm^3 或 m^3 。

材料的密度与 4°C 纯水密度之比称为相对密度，是一个无量纲的物理量。

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。按下式计算：

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad (1-3)$$

式中： ρ_0 ——材料的表观密度， g/cm^3 或 kg/m^3 ；

m ——材料在干燥状态下的质量， g 或 kg ；

V_0 ——材料在自然状态下的体积，即自然体积， cm^3 或 m^3 。

材料在自然状态下的体积 V_0 是指材料固体物质的体积 V 与材料内部孔隙的体积 V_p 之和,即 $V_0 = V + V_p$ 。对于形体规则的材料,其自然体积可以直接测量计算得出(如砖、砌块等);对于形体不规则的材料,可在其表面薄蜡密封后,用排水法测定。

材料的表观密度与含水量有关,因此在测定时,必须注明其含水情况。通常所指的表观密度,是指干燥状态下的表观密度,其他含水情况需注明。

3) 堆积密度

堆积密度是指粉末状、散粒状材料在堆积状态下单位体积的质量。按下式计算:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} \quad (1-4)$$

式中: ρ'_0 ——材料的堆积密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——散粒材料的质量, g 或 kg ;

V'_0 ——散粒材料在堆积状态下的体积, 又称堆积体积, cm^3 或 m^3 。

材料的堆积体积 V'_0 是指包括材料内部孔隙在内的颗粒的自然体积 V_0 与颗粒之间的空隙体积 $V_{\text{空}}$ 之和,即 $V'_0 = V_0 + V_{\text{空}}$, 通常用材料所充满的容量筒的容积来表示。堆积密度受材料堆积的疏密程度的影响,在自然堆积状态下测得的是松散堆积密度;按标准方法在振实状态测得的是紧密堆积密度。此外,材料的含水程度也会影响堆积密度,通常指的堆积密度是在气干状态下测得的,称为气干堆积密度,简称堆积密度,其他含水情况需注明。

4) 密实度与孔隙率

(1) 密实度

密实度是指块状材料自然体积内被固体物质填充的程度,用 D 表示。按下式计算:

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

(2) 孔隙率

孔隙率是指块状材料内部孔隙体积占自然体积的百分率,用 P 表示。按下式计算:

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

密实度与孔隙率的关系:

$$P + D = 1$$

孔隙率又分为开口孔隙率和闭口孔隙率。开口孔隙率是指材料内部开口孔隙的体积占材料自然体积的百分率,即材料吸水饱和时,水饱和孔隙的体积所占的百分率,按下式计算:

$$P_k = \frac{V_k}{V_0} \times 100\% = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (1-7)$$

$$\text{或} \quad P_k = \frac{V_k}{V_0} \times 100\% = \frac{V_0 - V'}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V'}{V_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho'}\right) \times 100\% \quad (1-8)$$

闭口孔隙率 P_b 与开口孔隙率 P_k 的关系: $P = P_b + P_k$

式中: P_k ——材料的开口孔隙率, %;

P_b ——材料的闭口孔隙率, %;

m_1 ——材料在干燥状态下的质量, g 或 kg;

m_2 ——材料在吸水饱和状态下的质量, g 或 kg;

ρ_w ——水的密度, g/cm³ 或 kg/m³, 常温下 $\rho_w = 1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3$ 。

材料的密实度与孔隙率均反映了块状材料自身的致密程度。孔隙率和孔隙特征会影响材料诸多性质, 如强度、吸水性、抗渗性、抗冻性、导热性、吸声性等。

5) 填充率与空隙率

(1) 填充率

填充率是指散粒材料的堆积体积中, 被颗粒填充的程度(即颗粒体积所占的百分率), 用 D' 表示。按下式计算:

$$D' = \frac{V_0}{V'_0} \times 100\% = \frac{\rho'_0}{\rho_0} \times 100\% \quad (1-9)$$

(2) 空隙率

空隙率是指散粒材料的堆积体积中, 颗粒之间的空隙体积所占的百分率, 用 P' 表示。按下式计算:

$$P' = \frac{V'_0 - V_0}{V'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{V_0}{V'_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1-10)$$

填充率与空隙率的关系为: $P' + D' = 1$

填充率与空隙率均反映了散粒材料堆积时颗粒之间相互填充的疏密程度。空隙率是配制混凝土时控制骨料级配及计算砂率的依据。

1.1.2 材料与水有关的性质

1) 亲水性与憎水性

材料与水接触时, 材料表面能够被水润湿的性质称为亲水性, 这种材料称为亲水性材料, 如图 1.2(a) 所示; 材料表面不能被水润湿的性质称为憎水性, 这种材料称为憎水性材料, 如图 1.2(b) 所示。

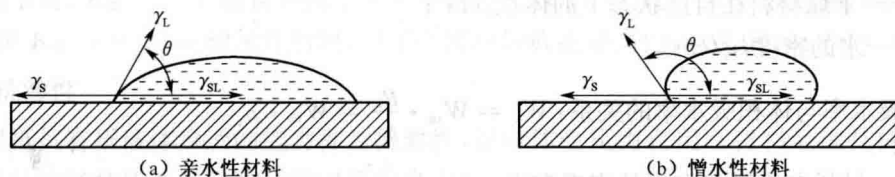


图 1.2 材料的润湿示意图

当材料在空气中与水接触时, 在材料、空气、水三相物质交点处, 沿水滴表面作切线与水与材料接触面所成的夹角称为润湿角, 用 θ 表示。则若材料分子与水分子之间的相互作用力大于水分子之间的作用力, 材料表面就会被水湿润则显现出亲水性, 此时 $\theta \leq 90^\circ$, 如石材、木材、混凝土、砖、砂浆等材料; 反之, 若材料分子与水分子之间的相互作用力小于水分子之间的作用

力,则认为材料表面不易被水湿润,显现出的是憎水性,此时 $\theta > 90^\circ$ 时,如沥青、石蜡、塑料、玻璃等。憎水性材料具有良好的防水性,常用作防水、防潮材料,也可用作亲水性材料表面的憎水处理。显然,润湿角 θ 越小,材料的亲水性就越好, $\theta = 0^\circ$ 时说明材料表面完全被水湿润。

例如砂、石这类亲水性材料,其含水状态可分为干燥、气干、饱和面干和表面湿润 4 种基本状态,如图 1.3 所示。

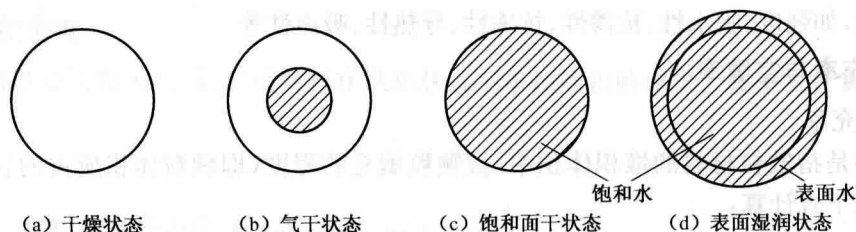


图 1.3 材料的含水状态

2) 吸水性

材料在水中吸收水分的性质称为吸水性,通常用吸水率 W 表示。吸水率有两种:质量吸水率和体积吸水率。

(1) 质量吸水率 材料在水中吸水饱和时,所吸收水的质量占材料干质量的百分率,用 W_m 表示。按下式计算:

$$W_m = \frac{m_{\text{饱}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-11)$$

式中: W_m ——材料的质量吸水率,%;

$m_{\text{饱}}$ ——材料在吸水饱和状态下的质量即湿质量,g;

$m_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的质量,g。

(2) 体积吸水率 材料在吸水饱和时,所吸收水的体积占干燥材料自然体积的百分率,即材料自然体积内被水充实的程度,用 W_v 表示。按下式计算:

$$W_v = \frac{m_{\text{饱}} - m_{\text{干}}}{V_0} \cdot \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (1-12)$$

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 ;

ρ_w ——水的密度, g/cm^3 。

$$\text{质量吸水率与体积吸水率的关系: } W_v = W_m \cdot \frac{\rho_0}{\rho_w} = W_m \cdot \rho_0 \quad (1-13)$$

式中: ρ_0 ——材料在干燥状态下的表观密度, g/cm^3 。

材料的吸水率通常用质量吸水率表示。但是对于某些轻质材料,如加气混凝土、软木等,由于有很多微小的开口孔隙,水饱和状态下材料所吸收的水分的质量要大于其干质量,因此其质量吸水率往往超过 100%,在这种情况下,一般用体积吸水率来表示。

材料的吸水率不仅取决于材料是亲水性的还是憎水性的,而且还与材料的孔隙率和孔隙特征有关。材料是通过开口孔隙吸水的,通常来讲,孔隙率越大,开口孔隙越多,材料的吸水率

就越大,吸水性越好;但是如果开口孔隙比较粗大,虽然水分容易渗入,但是只能湿润孔壁表面而不易在孔内存留,即使孔隙率较大,材料的吸水率也会比较小;密实材料以及只有封闭孔隙的材料是不吸水的。

材料吸水后会影响到其诸多性质,如导热性、强度、硬度等,该内容将在相关项目中讲解。

3) 吸湿性

材料在潮湿空气中吸收水分的性质称为吸湿性,通常用含水率 W_h 表示。按下式计算:

$$W_h = \frac{m_{\text{含}} - m_{\text{干}}}{m_{\text{干}}} \times 100\% \quad (1-14)$$

式中: W_h ——材料的含水率, %;

$m_{\text{含}}$ ——材料含水时的质量,即湿质量, g;

$m_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的质量, g。

材料的含水率不仅与材料自身的特性有关,还受周围环境的温度、湿度的影响。当环境湿度改变时,材料既能吸收空气中的水分,又能向环境中释放水分,当材料中的水分与周围空气的湿度达到平衡时,这个含水率就称为平衡含水率。材料吸水达到饱和状态时的含水率即为质量吸水率。材料吸湿后对其性能有显著影响,如材料吸湿后,导热性能明显增强,绝热性能下降,强度和耐久性也会下降;木结构吸湿后,会因体积膨胀而影响其使用。

4) 耐水性

材料长期在饱和水作用下不破坏,强度也不显著降低的性质,称为耐水性。材料耐水性用软化系数表示,按下式计算:

$$K_{\text{软}} = \frac{f_{\text{饱}}}{f_{\text{干}}} \quad (1-15)$$

式中: $K_{\text{软}}$ ——材料的软化系数;

$f_{\text{饱}}$ ——材料在水饱和状态下的抗压强度, MPa;

$f_{\text{干}}$ ——材料在干燥状态下的抗压强度, MPa。

软化系数是用来反映材料吸水饱和后强度降低的程度的。通常来讲,材料吸水后,水分削弱了材料分子之间的作用力,导致材料强度下降,因此软化系数在 0~1 之间。软化系数越小,材料吸水饱和后的强度降低得就越多,耐水性越差。

一般来讲, $K_{\text{软}} \geq 0.8$ 的材料属于耐水性材料。对于经常位于水中或受潮严重的重要结构,应选用 $K_{\text{软}} \geq 0.85$ 的耐水性材料;对于受潮较轻或次要结构,应选用 $K_{\text{软}} \geq 0.75$ 的材料。

5) 抗渗性

材料抵抗有压液体渗透的能力称为抗渗性,即液体受压力作用在材料毛细孔内迁移的过程。材料的抗渗性用渗透系数和抗渗等级来表示。

(1) 渗透系数

渗透系数是指单位面积、单位厚度的材料,在单位压力水头作用下,单位时间内的渗水量(达西定律)。按下式计算:

$$K = \frac{Qd}{AtH} \quad (1-16)$$

式中: K ——渗透系数, $\text{cm}^3/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 或 cm/s ;

Q ——渗水量, cm^3 ;

d ——材料的厚度, cm ;

A ——渗水面积, cm^2 ;

t ——渗水时间, s ;

H ——静水压力水头, cm 。

渗透系数反映了材料抵抗有压水渗透的能力。渗透系数越大, 材料的透水能力越好, 抗渗性越差。

(2) 抗渗等级

材料的抗渗等级是指用标准方法进行透水试验时, 规定的试件在透水前所能承受的最大水压力, 用符号 P 和材料所能承受的最大水压力数值(以 0.1 MPa 为 1 个单位)表示, 如 P_2 、 P_4 、 P_6 、 P_8 、 P_{10} 、 P_{12} 等, 分别表示材料在标准试验条件下可以抵抗 0.2 MPa 、 0.4 MPa 、 0.6 MPa 、 0.8 MPa 、 1.0 MPa 、 1.2 MPa 的水压力作用而不渗水。抗渗等级通常用来表示混凝土和砂浆这类材料的抗渗性。

材料的抗渗性不仅与材料本身的亲水性和憎水性有关, 还与其孔隙率和孔隙特征有关。材料的孔隙率越小, 闭口孔隙越多, 抗渗性越好。封闭孔隙不透水, 即使孔隙率较大, 其抗渗性也会很好。对于经常受压力水作用的地下工程和水工构筑物等, 要选择抗渗性能良好的材料; 对于防水材料, 则要求其具有更好的抗渗性。

6) 抗冻性

材料在吸水饱和状态下, 能够经受多次冻融循环作用而不破坏, 强度也不显著降低的性质, 称为抗冻性。材料的抗冻性用抗冻等级表示。

抗冻等级是指吸水饱和状态下的试件, 经标准试验方法测得其质量损失和强度降低不超过规定值时的最大冻融循环次数, 用符号 F 和最大冻融循环次数表示, 如 F_{25} 、 F_{50} 、 F_{100} 、 F_{150} 、 F_{200} 、 F_{250} 、 F_{300} 等, 分别表示材料在标准试验条件下所能经受的最大冻融循环次数为 25 次、50 次、100 次、150 次、200 次、250 次、300 次。

材料发生冻融破坏的主要原因是材料内部孔隙里的水, 因低温结冰时, 体积膨胀(约 9%)对孔隙壁产生很大的压力, 使材料内部产生较大的拉应力, 当拉应力超过材料的抗拉强度(抗拉极限)时, 孔壁发生开裂。随着冻融循环次数的增加, 裂缝逐渐开展、连接形成通缝, 直至材料完全破坏。

影响材料抗冻性的因素有很多, 如孔隙率、孔隙特征、强度、耐水性、吸水饱和程度等。孔隙率越小、闭口孔越多, 抗冻性越好; 材料的强度越高、耐水性越好, 抗冻性越好; 保水程度越高, 冻融破坏越严重。寒冷地区的建筑物或构筑物, 必须考虑材料的抗冻性。

抗冻性经常作为衡量材料耐久性的一个指标。抗冻性良好的材料, 抵抗温度变化、干湿交替、风化作用的能力也较强。因此, 温暖地区的建筑物, 虽然没有冰冻作用, 但是为抵抗大气作用, 确保建筑物美观、耐久, 通常对材料也有一定的抗冻性要求。

1.1.3 材料的热工性质

为确保建筑物室内温度适宜, 同时又要降低建筑物的使用能耗, 因此要求材料具有良好的

热工性质。

1) 导热性

当材料两侧存在温差时,热量从温度高的一侧传递到温度低的一侧,这种传导热量的性质称为导热性,用导热系数 λ 表示。按下式计算:

$$\lambda = \frac{Qd}{At(T_2 - T_1)} \quad (1-17)$$

式中: λ ——导热系数, $\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$;

Q ——传导的热量, J ;

d ——材料的厚度, m ;

A ——传热面积, m^2 ;

t ——导热时间, s ;

$T_2 - T_1$ ——材料两侧的温差, K 。

导热系数的物理意义:单位厚度的材料,当两侧温差为 1K 时,单位时间内通过单位面积的热量即为导热系数。

材料的保温隔热性能统称为绝热。材料的导热系数越小,绝热性能就越好。通常把 $\lambda < 0.23\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ 的材料称为绝热材料。

材料的导热性与材料的组成结构、孔隙率、孔隙特征、含水率和温度等有关。金属材料的导热系数大于非金属材料。孔隙率越大,封闭的孔隙越多,材料的导热系数越小;粗大、开口的连通孔隙,易形成对流,反而增大其导热性。由于水和冰的导热系数都比空气大很多,故当材料受潮后,导热性能会明显提高。通常所说的导热系数是指干燥状态下的导热系数。因此,绝热材料只有在干燥环境中才能充分发挥其绝热作用。

2) 热容量和比热容

材料在受热时吸收的热量,冷却时放出的热量,称为材料的热容量。用比热容 C 表示。比热容是指单位质量的材料,温度升高或降低 1K 时所吸收或放出的热量。按下式计算:

$$C = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)} \quad (1-18)$$

式中: C ——材料的比热容也叫比热, $\text{J}/(\text{g} \cdot \text{K})$;

Q ——材料吸收或放出的热量, J ;

m ——材料的质量, g ;

$T_2 - T_1$ ——材料两侧的温差, K 。

对于墙体、屋面等围护结构材料,应选用导热系数小、热容量大(或者比热容大)的材料。这是因为热容量越大(或者说比热容越大),材料在温度变化时吸收或放出的热量就越多,能在热流变动或采暖设备供热不均时缓和室内温度波动,减少热损失,有利于环境温度的稳定,并且可以节约能源。常用材料的导热系数和比热容见表1.1。

3) 温度变形性

材料温度升高或降低时体积变化的性质(即热胀冷缩),称为材料的温度变形性。用线膨胀系数 α 表示。按下式计算: