



21世纪职业教育立体化精品教材
工学结合教学改革与创新成果

建筑材料

邓荣榜 徐国强 主 编
孙亚宁 王建英 伍桂花 副主编



华南理工大学出版社
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·

图书在版编目(CIP)数据

建筑材料/邓荣榜,徐国强主编. —广州:华南理工大学出版社,2014.12(2017.7重印)

21世纪高职高专土建类立体化精品教材·土建施工系列

ISBN 978-7-5623-4396-7

I. ①建… II. ①邓… ②徐… III. ①建筑材料—高等职业教育—教材
IV. ①TU5

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第207213号

建筑材料

邓荣榜 徐国强 主编

出版人:卢家明

出版发行:华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学17号楼,邮编510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: scutc13@scut.edu.cn

营销部电话:020-87113487 87111048(传真)

项目策划:王磊

责任编辑:杨爱民 王磊

印刷者:三河市延风印装有限公司

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:19.75 字数:474千

版次:2014年12月第1版 2017年7月第2次印刷

定价:45.00元

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换

本教材根据高职高专人才培养目标以及专业教学改革的需要,依据最新建筑工程技术标准、材料标准进行编写。全书主要内容包括建筑材料的基本性能、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、建筑石材、墙体材料、防水材料、合成高分子材料、木材及其制品等。

本教材在编排上,注重理论与实践相结合,采用情境式教学模式,突出实践环节,充分体现“工学结合一体化”。将各个学习情境分为若干个学习单元,每个单元由知识目标、技能目标、基础知识三部分组成。正文中设置了情境导入、案例导航、小提示、课堂案例、知识链接、学习案例、知识拓展等特色模块,意在提高学生的学习兴趣,促进学生的全面发展。每个学习情境最后都设置了本章小结和学习检测。

本书可作为高职高专及应用型本科院校土建类专业相关教材,也可作为成教和自学辅导用书,还可供建筑工程施工现场相关技术和管理人员工作时参考。

建筑工程离不开材料。材料是构成建筑物的物质基础,也是建筑工程的质量基础。了解和掌握一定的建筑材料知识,是进行建筑设计、施工和验收的基本要求。

现代科学技术的发展促使生产力水平不断提高,人民生活条件不断改善,这就要求建筑材料的品种与性能更加完备,不仅要求其经久耐用,而且要求其具有轻质、高强、美观、保温、吸声、防水、防震、防火、节能等功能。建筑材料不仅用量大,而且有很强的经济性,它直接影响工程的总造价。所以在建筑工程施工时,恰当地选择和合理地使用建筑材料不仅能提高建筑物质量,延长建筑物寿命,而且对降低工程造价有着重要的意义。

为积极推进课程改革和教材建设,满足职业教育改革与发展的需要,结合全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会制定的教育标准和培养方案及主干课程教学大纲,本着“必需、够用”的原则,以“讲清概念、强化应用”为主旨,依据各种新材料、新工艺、新标准,组织编写了本教材。本教材的编写力求突出以下特色。

(1)依据现行的建筑材料国家标准和行业标准,结合高职高专教育要求,以社会需求为基本依据,以就业为导向,以学生为主体,在内容上注重与岗位实际要求紧密结合,符合国家对技能型人才培养工作的要求,体现教学组织的科学性和灵活性;在编写过程中,注重理论性、基础性、现代性,强化学习概念和综合思维,有助于学生知识与能力的协调发展。

(2)编写内容以突出建筑材料的性质与应用为主题,摒弃了一些过时的、应用面不广的建筑与装饰材料,采用图、表、文字三者相结合的编写形式,注重反映新型建筑材料的特点及优势,体现建筑材料工业发展的新趋势,渗透现代材料与工程的基本理论,从而扩大学生的知识面,引导学生了解新型材料的发展方向。

本书共分为 11 个学习情境,内容包括建筑材料的基本性能、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、建筑钢材、建筑石材、墙体材料、防水材料、合成高分子材料、木

材及其制品。内容系统全面、层次清晰、图文并茂,实用性强。

本教材由邓荣榜、徐国强担任主编,由孙亚宁、王建英、伍桂花担任副主编。其中云南城市建设职业学院的邓荣榜编写了学习情境三至五,河北联合大学的徐国强编写了学习情境六至八,云南经济管理学院的孙亚宁编写了学习情境一至二,云南经济管理学院的王建英编写了学习情境十至十一,云南城市建设职业学院的伍桂花编写了学习情境九。参与教材编写的还有云南城市建设职业学院的陈玉敏、高晨渊和云南工商学院的郭庆。

本教材编写过程中得到了有关院校老师的大力支持与帮助;很多常年在施工现场的建筑施工技术人员和工程师,也为我们提供了宝贵的实践经验。因此本教材更加适合学生学习,在此谨向他们表示衷心的感谢。

本教材在编写过程中虽经推敲核证,但限于编者的专业水平和实践经验,仍难免有疏漏或不妥之处,恳请广大读者批评指正。



CONTENTS

目 录

学习情境一 建筑材料的基本性能

情境导入	1
案例导航	1
学习单元1 建筑材料的基本物理性质	1
一、材料与质量有关的性质	2
二、材料与水有关的性质	6
三、材料的热工性质	8
四、材料的声学性能	11
学习单元2 确定材料的力学性质	12
一、材料的强度特征	12
二、材料的弹性和塑性	16
三、材料的韧性和脆性	17
四、材料的硬度和耐磨性	17
学习单元3 测定材料的耐久性	18
一、材料耐久性的影响因素	19
二、材料耐久性的测定	19
学习案例	20
知识拓展	20
本章小结	21
学习检测	21

学习情境二 气硬性胶凝材料

情境导入	23
------------	----

案例导航	23
学习单元1 选用建筑石膏的技术要求	24
一、石膏的原料与生产	24
二、建筑石膏的水化、凝结与硬化	25
三、建筑石膏的技术要求	26
四、建筑石膏的性质	27
五、建筑石膏的应用	28
学习单元2 选用石灰的技术要求	29
一、石灰的熟化与硬化	29
二、石灰的技术要求	30
三、石灰的性质	32
四、石灰的应用	33
学习单元3 选用水玻璃的技术要求	34
一、水玻璃的组成	34
二、水玻璃的硬化	34
三、水玻璃的性质	35
四、水玻璃的应用	36
学习案例	37
知识拓展	37
本章小结	38
学习检测	38

学习情境三 水泥

情境导入	41
案例导航	41
学习单元1 认识硅酸盐水泥	42
一、硅酸盐类水泥的分类	42
二、硅酸盐水泥生产的简要过程 ...	42
三、硅酸盐水泥熟料的矿物组成、 含量、特性	43
四、硅酸盐水泥的水化及凝结硬化	44
五、硅酸盐水泥的技术要求	47
六、硅酸盐水泥石的腐蚀与防治 ...	49
七、硅酸盐水泥的性质与应用	51
学习单元2 掺混合材料的硅酸盐水泥	52
一、混合材料	52
二、普通硅酸盐水泥	54
三、矿渣、火山灰质、粉煤灰硅酸 盐水泥	55
四、复合硅酸盐水泥	57
学习单元3 验收与保管通用水泥 ...	57
一、通用水泥的验收	58
二、通用水泥的保管	59
学习单元4 掌握专用水泥的技术要 求与应用	61
一、道路硅酸盐水泥	61
二、快硬硅酸盐水泥	62
三、铝酸盐水泥	62
学习案例	64
知识拓展	64
本章小结	65
学习检测	66

学习情境四 混凝土

情境导入	69
案例导航	69
学习单元1 了解混凝土	70
一、混凝土的概念及分类	70
二、混凝土的组成	71
三、混凝土的特点	71
四、混凝土应用的基本要求	72
学习单元2 组成混凝土的基本材料	72
一、水泥	73
二、细骨料	74
三、粗骨料	79
四、混凝土用水	82
五、混凝土外加剂	83
六、混凝土掺合料	84
学习单元3 测定混凝土的技术性质	84
一、混凝土拌合物的和易性	84
二、硬化混凝土的强度	90
三、混凝土的变形性能	96
四、混凝土的耐久性	99
学习单元4 设计普通混凝土配合比	101
一、配合比设计的基本要求	101
二、混凝土配合比设计基本参数的 确定	102
三、混凝土配合比设计的步骤	103
学习单元5 混凝土的质量控制	109
一、混凝土原材料质量控制	110
二、混凝土生产与施工过程中的质 量控制	113
三、混凝土养护后的质量控制	117
四、混凝土质量评定方法	117

学习单元6 划分混凝土外加剂的种类
 121

一、混凝土外加剂的功能 121

二、减水剂 122

三、引气剂 123

四、早强剂 124

五、缓凝剂 125

六、膨胀剂 126

七、泵送剂 126

学习单元7 加入掺合料混凝土的技术
要求 126

一、粉煤灰 127

二、硅灰 129

三、矿渣微粉 130

四、煤矸石 130

学习单元8 应用于特殊场合的混凝土
 130

一、高强混凝土 130

二、轻混凝土 131

三、防水混凝土 136

四、流态混凝土和泵送混凝土 137

五、耐酸混凝土 138

六、纤维混凝土 139

七、聚合物混凝土 140

八、防辐射混凝土 141

九、补偿收缩混凝土 141

十、大体积混凝土 141

十一、抗冻混凝土 142

学习案例 144

知识拓展 147

本章小结 148

学习检测 149

学习情境五 建筑砂浆

情境导入 151

案例导航 151

学习单元1 认识建筑砂浆 151

一、建筑砂浆的分类 152

二、建筑砂浆的用途 152

三、建筑砂浆的组成 152

学习单元2 测定砂浆的技术性质

..... 153

一、新拌砂浆的和易性 154

二、硬化砂浆的强度和强度等级
 154

三、砂浆的黏结力 155

四、砂浆的变形 155

五、砂浆的耐久性 155

学习单元3 设计砌筑砂浆的配合比

..... 156

一、砌筑砂浆配合比设计基本要求
 156

二、砌筑砂浆配合比设计 156

学习单元4 配制抹面砂浆 159

一、普通抹面砂浆 160

二、装饰抹面砂浆 160

学习案例 164

知识拓展 164

本章小结 165

学习检测 166

学习情境六 建筑钢材

情境导入 169

案例导航 169

学习单元1 认识钢材 169

一、钢材的概念及特点 170

二、钢材的技术性质 170

学习单元2 选用钢材的标准 177

一、钢结构用钢 177

二、钢筋混凝土结构用钢 183

学习案例 190

知识拓展	191
本章小结	192
学习检测	192

学习情境七 建筑石材

情境导入	195
案例导航	195
学习单元1 常用建筑石材的种类	196
一、天然石材的种类	196
二、天然石材的技术性质	198
学习单元2 常用建筑石材的选用原则及应用	200
一、建筑石材的选用原则	200
二、建筑石材的常用规格	201
学习案例	203
知识拓展	204
本章小结	205
学习检测	205

学习情境八 墙体材料

情境导入	207
案例导航	207
学习单元1 试验并检测砌墙砖	208
一、烧结砖	208
二、蒸压(养)砖	217
学习单元2 墙用砌块的强度等级	221
一、蒸压加气混凝土砌块	222
二、混凝土小型空心砌块	224
三、轻集料混凝土小型空心砌块	225
学习单元3 墙用板材的技术性能及其应用范围	226

一、水泥类墙用板材	227
二、石膏类墙用板材	233
三、植物纤维类墙用板材	235
四、复合墙板	235
学习案例	236
知识拓展	237
本章小结	237
学习检测	237

学习情境九 防水材料

情境导入	239
案例导航	239
学习单元1 划分沥青材料的种类与选用要求	239
一、石油沥青	240
二、煤沥青	245
三、改性沥青	245
学习单元2 应用防水卷材的技术要点	247
一、沥青防水卷材	248
二、高聚物改性沥青防水卷材	248
三、合成高分子防水卷材	253
学习单元3 防水涂料的类别及其应用	257
一、防水涂料的组成及分类	257
二、沥青防水涂料	258
三、高聚物改性沥青防水涂料	259
四、合成高分子防水涂料	260
学习案例	261
知识拓展	261
本章小结	263
学习检测	264

学习情境十 合成高分子材料

情境导入	267
------------	-----

案例导航 267

学习单元1 了解高分子化合物材料 268

 一、高分子化合物的反应类型 268

 二、高分子化合物的分类及性质 269

学习单元2 组成建筑塑料的材料及其性能要求 270

 一、建筑塑料的基本组成 271

 二、建筑塑料的性质 271

 三、建筑塑料的分类及品种 272

 四、建筑上常用塑料的性能与用途 273

学习单元3 正确选用建筑涂料 274

 一、建筑涂料的功能 275

 二、建筑涂料的基本组成 275

 三、常用建筑涂料 276

 四、特种建筑涂料 279

学习单元4 建筑胶黏剂 281

 一、胶黏剂的分类 281

 二、胶黏剂的基本组成材料 282

 三、常用胶黏剂 282

学习案例 283

知识拓展 284

本章小结 285

学习检测 285

学习情境 十一	木材及其制品
情境导入 287	案例导航 287
学习单元1 认识木材 288	一、木材的构造 288
二、木材的物理性质 290	三、木材的力学性能 291
学习单元2 预防木材腐朽 294	一、木材腐朽的概念 294
二、木腐菌生存繁殖的条件 295	三、木材腐朽的分类 295
四、木材的自然防腐等级 295	五、木材的防腐 296
学习单元3 综合利用木材 296	一、刨花板 297
二、胶合板 297	三、细木工板 298
四、纤维板 298	学习案例 299
知识拓展 300	本章小结 301
学习检测 301	
参考文献	

学习情境一

建筑材料的基本性能



情境导入

某建筑工程中,施工企业为了使石子达到一定的质量技术标准,需要测定该批石子的视密度、表观密度、吸水率、堆积密度及开口孔隙率。通过试验员的测定,质量为 3.4 kg,容积为 10L 的量筒装满绝干石子后的总质量为 18.4 kg,若向量筒内注水,当石子吸水饱和后,为注满量筒共注入水 4.27 kg,将上述吸水饱和后的石子表面擦干后称得总质量为 18.6 kg(含量筒重)。



案例导航

在建筑工程中,建筑材料要承受各种不同的作用,相应地要求建筑材料具有不同的性质,例如,本案例中提到的视密度、表观密度、吸水率、堆积密度及开口孔隙率等。为了保证建筑物经久耐用,要求建筑设计人员掌握材料的基本性质,并能合理地选用材料。

如何对材料的基本性质指标进行计算?如何正确选择和合理使用建筑材料?需要掌握如下要点:

- (1)材料的基本物理性质;
- (2)材料的力学性质;
- (3)材料的耐久性。

1

学习单元 1 建筑材料的基本物理性质



知识目标

(1)了解材料的密度、表观密度、堆积密度、密实度、孔隙率、填充率及空隙率的概念,熟悉各密度指标的表达式。

(2) 熟悉耐水性、抗渗性、导热性、热容量与比热容、吸声性的表达式。



技能目标

(1) 能够掌握建筑材料的基本物理性质,能进行材料的密度、孔隙率、填充率、空隙率、压实度等与质量有关的物理性质参数计算。

(2) 能够进行吸水率、含水率、耐水性、抗渗性等与水有关的物理性质参数计算。

(3) 能够进行导热性、热容量、比热容、材料的变形值等与热有关的物理性质参数计算。

(4) 能够进行吸声系数和隔声量等与声学有关的物理性质参数计算。



基础知识



一、材料与质量有关的性质

材料与质量有关的性质主要是指材料的各种密度和描述其孔隙与空隙状况的指标,在这些指标的表达式中都有质量这一参数。

(一) 材料的密度、表观密度和堆积密度

1. 密度

密度是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量。密度 ρ 的计算公式为

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

式中 ρ ——材料的密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

m ——材料的质量, g 或 kg ;

V ——材料在绝对密实状态下的体积,即材料体积内固体物质的实体积, cm^3 或 m^3 。

材料的质量是指材料所含物质的多少。材料在绝对密实状态下的体积,是指不包括内部孔隙的材料体积。由于材料在自然状态下并非绝对密实,所以绝对密实体积一般难以直接测定,只有钢材、玻璃等材料可近似地直接测定。



小提示

在测定有孔隙的材料密度时,可以把材料磨成细粉或采用排液置换法测量其体积。材料磨得越细,测得的体积越接近绝对体积,所得密度值就越准确。

2. 表观密度

表观密度是材料在自然状态下单位体积的质量,测定材料的表观密度时,材料的质量可以是在任意含水状态下的,但需说明含水情况。表观密度 ρ_0 的计算公式为

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

式中 ρ_0 ——材料的表观密度, kg/m^3 或 g/cm^3 ;

m ——在自然状态下材料的质量, kg 或 g ;

V_0 ——在自然状态下材料的体积, m^3 或 cm^3 。

在自然状态下,材料内部的孔隙可分为两类:有的孔之间相互连通,且与外界相

通,称为开口孔;有的孔互相独立,不与外界相通,称为闭口孔。大多数材料在使用时,其体积指包括内部所有孔在内的体积,即自然状态下的体积 V_0 ,如砖、石材、混凝土等。有的材料(如砂、石)在拌制混凝土时,因其内部的开口孔被水占据,材料体积只包括材料实体积及其闭口孔体积(以 V' 表示)。为了区别这两种情况,常将包括所有孔隙在内的密度称为表观密度;把只包括闭口孔在内的密度称为视密度,用 ρ' 表示,即 $\rho' = \frac{m}{V'}$ 。视密度在计算砂、石在混凝土中的实际体积时有实用意义。

小提示

在自然状态下,材料内部常含有水分,其质量随含水程度而改变,因此视密度应注明其含水程度。材料的视密度除取决于材料的密度及构造状态外,还与其含水程度有关。

3. 堆积密度

堆积密度是指粉块状材料在堆积状态下单位体积的质量。堆积密度 ρ'_0 的计算公式为

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

式中 ρ'_0 ——材料的堆积密度, kg/m^3 ;

m ——材料的质量, kg ;

V'_0 ——材料的堆积体积, m^3 。

材料的堆积体积是指散粒状材料在堆积状态下的总体外观体积。散粒状堆积材料的堆积体积既包括材料颗粒内部的孔隙,又包括颗粒间的空隙。除了颗粒内孔隙的多少及其含水多少外,颗粒间空隙的大小也影响堆积体积的大小。因此,材料的堆积密度与散粒状材料在自然堆积时颗粒间空隙、颗粒内部结构、含水状态、颗粒间被压实的程度有关。材料的堆积体积常用材料填充容器的容积大小来测量。

小提示

根据其堆积状态的不同,同一材料表现的体积大小可能不同,松散堆积状态下的体积较大,密实堆积状态下的体积较小。

(二) 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。密实度 D 的计算公式为

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

式中 D ——材料的密实度, %;

V ——材料中固体物质的体积, cm^3 或 m^3 ;

V_0 ——在自然状态下的材料体积(包括内部孔隙体积,单位为 cm^3 或 m^3);

ρ_0 ——材料的表观密度, g/cm^3 或 kg/m^3 ;

ρ ——材料的密度, g/cm^3 或 kg/m^3 。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11

2. 孔隙率

孔隙率是指材料中孔隙体积所占整个体积的百分率。孔隙率 P 的计算公式为

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

式中 P ——材料的孔隙率, %。

孔隙率反映了材料内部孔隙的多少, 它会直接影响材料的多种性质。孔隙率越大, 则材料的表观密度、强度越小, 耐磨性、抗冻性、抗渗性、耐腐蚀性、耐水性及耐久性越差, 而保温性、吸声性、吸水性及吸湿性越强。上述性质不仅与材料的孔隙率大小有关, 还与孔隙特征(如开口孔隙、闭口孔隙、球形孔隙等)有关。此外, 孔隙尺寸的大小、孔隙在材料内分布的均匀程度等, 都是孔隙在材料内部的特征表现。

小提示

材料的密实度是与孔隙率相对应的两个概念, 它们从两个不同侧面反映材料的密实程度。

在建筑工程中, 计算材料的用量和构件自重、进行配料计算、确定材料堆放空间及组织运输时, 经常要用到材料的密度、表观密度和堆积密度。常用建筑材料的密度、表观密度、堆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

材料名称	密度/(g · cm ⁻³)	表观密度/(kg · m ⁻³)	堆积密度/(kg · m ⁻³)	孔隙率/%
石灰岩	2.60 ~ 2.8	2000 ~ 2600	—	—
花岗岩	2.60 ~ 2.90	2500 ~ 2800	—	0.5 ~ 3.0
碎石(石灰岩)	2.60 ~ 2.8	—	1400 ~ 1700	—
砂	2.60	—	1450 ~ 1650	—
水泥	3.10	—	1200 ~ 1300	—
烧结普通砖	2.70	2000 ~ 2800	—	20 ~ 40
普通混凝土	—	2100 ~ 2600	—	5 ~ 20
轻质混凝土	2.60	1000 ~ 1400	—	60 ~ 65
木材	1.55	400 ~ 800	—	55 ~ 75
钢材	7.85	7850	—	0
泡沫塑料	—	20 ~ 50	—	—

(三) 材料的填充率与空隙率

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其填充的疏松致密的程度。

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。填充率 D' 的计算公式为:

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

式中 D' ——散粒状材料在堆积状态下的填充率, %。

2. 空隙率

空隙率是指散粒状材料在堆积体积内颗粒之间的空隙体积所占的百分率。空隙率 P' 的计算公式为

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

式中 P' ——散粒状材料在堆积状态下的空隙率, %。

空隙率考虑的是材料颗粒间的空隙,这对填充和黏结散粒材料时,研究散粒状材料的空隙结构和计算胶结材料的需要量十分重要。

(四) 压实度

材料的压实度是指散粒状材料被压实的程度,即散粒状材料经压实后的干堆积密度 ρ' 值与该材料经充分压实后的干堆积密度 ρ'_m 值的比率百分数,压实度 K_y 的计算公式为

$$K_y = \frac{\rho'}{\rho'_m} \times 100\% \quad (1-8)$$

式中 K_y ——散粒状材料的压实度, %;

ρ' ——散粒状材料经压实后的实测干堆积密度, kg/m^3 ;

ρ'_m ——散粒状材料经充分压实后的最大干堆积密度, kg/m^3 。

课堂案例

经测定,质量为 3.4 kg,容积为 10 L 的量筒装满绝干石子后的总质量为 18.4 kg,若向量筒内注水,当石子吸水饱和后,为注满量筒共注入水 4.27 kg,将上述吸水饱和后的石子擦干表面后称得总质量为 18.6 kg(含量筒重),求该石子的视密度、表观密度、堆积密度及开口孔隙率。

解:由已知得容积 = 10(L)

$$V_{\text{开}} = 18.6 - 18.4 = 0.2(\text{L})$$

$$V_{\text{开}} + V_{\text{空}} = 4.27(\text{L}) \quad V_{\text{空}} = 4.07\text{L} \quad V_0 = 10 - 4.07 = 5.93(\text{L})$$

$$V' = V_0 - V_{\text{开}} = 5.93 - 0.2 = 5.73(\text{L})$$

视密度:

$$\rho' = \frac{m}{V'} = \frac{18.4 - 3.4}{5.73} = 2.62(\text{g}/\text{cm}^3)$$

表观密度:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} = \frac{18.4 - 3.4}{5.93} = 2.53(\text{g}/\text{cm}^3)$$

开口孔隙率:

$$P_K = \frac{m_2 - m_1}{V_0} = \frac{18.6 - 18.4}{5.93} \times 100\% = 3.37\%$$

堆积密度:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0} = \frac{18.4 - 3.4}{10} = 1.5(\text{g}/\text{cm}^3)$$

chapter
01

chapter
02

chapter
03

chapter
04

chapter
05

chapter
06

chapter
07

chapter
08

chapter
09

chapter
10

chapter
11

二、材料与水有关的性质

水对于正常使用阶段的绝大多数建筑材料,会产生不同程度的有害作用。在建筑物使用过程中,材料又不可避免地会受到雨、雪、地下水、冻融等外界的影响,因此要特别注意建筑材料与水有关的性质,包括材料的亲水性与憎水性、吸湿性与吸水性,以及材料的耐水性、抗渗性、抗冻性等。

(一) 材料的亲水性与憎水性

当水与建筑材料在空气中接触时,会出现两种不同的现象。图 1-1a 中水在材料表面易于扩展,这种与水的亲和性称为亲水性。表面与水亲和力较强的材料称为亲水性材料。水在亲水性材料表面上的润湿边角(固、气、液三态交点处,沿水滴表面的切线与水与固体接触面所成的夹角) $\theta \leq 90^\circ$ 。与此相反,材料与水接触时,不与水亲和的性质称为憎水性。水在憎水性材料表面上呈图 1-1b 所示的状态, $\theta > 90^\circ$ 。

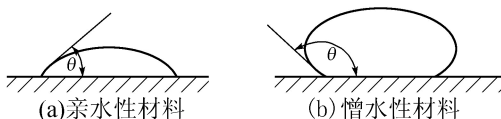


图 1-1 材料润湿边角

亲水性材料(大多数的无机硅酸盐材料和石膏、石灰等)有较多的毛细孔隙,对水有强烈的吸附作用。沥青一类的憎水性材料则对水有排斥作用,因此常用作防水材料。

(二) 材料的吸湿性与吸水性

1. 吸湿性

材料的吸湿性是指材料在潮湿空气中吸收水分的能力。吸湿性常以含水率表示,即吸入水分与干燥材料的质量比。一般来说,开口孔隙率较大的亲水性材料具有较强的吸湿性。材料的含水率还受环境条件的影响,随温度和湿度的变化而改变。最终材料的含水率将与环境湿度达到平衡状态,此时的含水率称为平衡含水率。含水率 W 的计算公式为

$$W = \frac{m_k - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-9)$$

式中 W ——材料的含水率,%;

m_k ——材料吸湿后的质量,g;

m_1 ——材料在绝对干燥状态下的质量,g。

2. 吸水性

材料的吸水性是指材料在水中吸收水分达到饱和的能力,吸水性有质量吸水率和体积吸水率两种表达方式,分别用 W_w 和 W_v 表示

$$W_w = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (1-10)$$

$$W_v = \frac{V_w}{V_0} = \frac{m_2 - m_1}{V_0} \times \frac{1}{\rho_w} \times 100\% \quad (1-11)$$

式中 W_w ——质量吸水率, %;
 W_v ——体积吸水率, %;
 m_2 ——材料在吸水饱和状态下的质量, g;
 m_1 ——材料在绝对干燥状态下的质量, g;
 V_w ——材料所吸收水分的体积, cm^3 ;
 ρ_w ——水的密度, 常温下可取 1 g/cm^3 。

对于质量吸水率大于 100% 的材料(如木材等), 通常采用体积吸水率; 而对于其他大多数材料, 经常采用质量吸水率。两种吸水率之间存在着以下关系

$$W_v = W_w \cdot \rho_0 \quad (1-12)$$

这里的 ρ_0 应是材料的干燥体积密度, 单位采用 g/cm^3 。影响材料的吸水性的主要因素有材料本身的化学组成、结构和构造状况, 尤其是孔隙状况。

小提示

一般来说, 材料的亲水性越强, 孔隙率越大, 连通的毛细孔隙越多, 其吸水率越大。不同的材料吸水率变化范围很大, 花岗岩为 0.5% ~ 0.7%, 外墙面砖为 6% ~ 10%, 内墙釉面砖为 12% ~ 20%, 普通混凝土为 2% ~ 4%。材料的吸水率越大, 其吸水后强度下降越大, 导热性增大, 抗冻性随之下降。

(三) 材料的耐水性

材料长期在水的作用下不被损坏, 其强度也不显著降低的性质称为耐水性。材料含水后, 将会以不同方式来减弱其内部结合力, 使强度产生不同程度的降低。材料的耐水性用软化系数表示为

$$K = \frac{f_1}{f} \quad (1-13)$$

式中 K ——材料的软化系数;
 f_1 ——材料吸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。

小提示

软化系数波动在 0 ~ 1 之间, 软化系数越小, 说明材料吸水饱和后强度降低得越多, 耐水性越差。受水浸泡或处于潮湿环境中的重要建筑物所选用的材料, 其软化系数不得低于 0.85。因此, 软化系数大于 0.85 的材料, 常被认为是耐水的。干燥环境中使用的材料, 可不考虑耐水性。

(四) 材料的抗渗性

抗渗性是指材料抵抗压力水或其他液体渗透的性质。地下建筑物、水工建筑物或屋面材料都需要具有足够的抗渗性, 以防出现渗水、漏水现象。

抗渗性可用渗透系数表示。根据水力学的渗透定律, 在一定的时间 t 内, 透过材料试件的水量 Q 与渗水面积 A 及材料两侧的水头差 H 成正比, 与试件厚度 d 成反比,

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11

而其比例数 k 即定义为渗透系数。

即由 $Q = k \times \frac{HA}{d}$ 可得

$$k = \frac{Qd}{HA} \quad (1-14)$$

式中 Q ——透过材料试件的水量, cm^3 ;

H ——水头差, cm ;

A ——渗水面积, cm^2 ;

d ——试件厚度, cm ;

t ——渗水时间, h ;

k ——渗透系数, cm/h 。

材料的抗渗性也可用抗渗等级 P 表示,即在标准试验条件下,材料的最大渗水压力 (MPa)。如抗渗等级为 P_6 ,表示该种材料的最大渗水压力为 0.6 MPa 。



小提示

材料的抗渗性主要与材料的孔隙状况有关。材料的孔隙率越大,连通孔隙越多,其抗渗性越差。绝对密实的材料和仅有闭口孔或极细微孔的材料,实际上是不渗水的。

(五) 材料的抗冻性

材料在使用环境中,经受多次冻融循环而不被破坏,强度也无显著降低的性质,称为抗冻性。

材料经多次冻融循环后,表面将出现裂纹、剥落等现象,造成质量损失、强度降低。这是由材料内部孔隙中的水分结冰时体积增大(约 9%)而对孔壁产生很大的压力(每 mm^2 可达 100 N),冰融化时压力又骤然消失所致。无论是冻结还是融化过程,都会使材料冻融交界层间产生明显的压力差,并作用于孔壁而使之受损。

材料的抗冻能力大小与材料的构造特征、强度、含水程度等因素有关。一般地,密实的以及仅具有闭口孔的材料有较好的抗冻性;具有一定强度的材料对冰冻有一定的抵抗能力;材料含水量愈大,冰冻破坏作用愈大。此外,经受冻融循环的次数愈多,材料遭损害程度愈严重。

材料的抗冻性试验是使材料吸水至饱和后,在 $-15 \text{ }^\circ\text{C}$ 条件下冻结规定时间,然后在室温的水中融化,经过规定次数的冻融循环后,测定其质量及强度损失情况来衡量材料的抗冻性。有的材料,如烧结普通砖,以反复冻融 15 次后其质量及强度损失不超过规定值来评定抗冻性合格;有的材料,如混凝土用抗冻等级来表示。



小提示

对于冬季室外温度低于 $-10 \text{ }^\circ\text{C}$ 的地区,工程中使用的材料必须进行抗冻性检验。



三、材料的热工性质

在建筑物中,建筑材料除需要满足强度及其他性能的要求外,还需要具有良好的热工性质,使室内维持一定的温度,为生产、工作及生活创造适宜的条件,并节约建筑

物的使用能耗。建筑材料的热工性质有导热性、热容量、比热容、耐燃性和耐火性等。

(一) 材料的导热性

导热性是指材料传导热量的能力。当材料两侧存在温差时,热量会由温度较高的一面传向温度较低的一面。材料导热能力的大小可用导热系数 λ 表示。导热系数的计算公式为

$$\lambda = \frac{Qd}{At(T_2 - T_1)} \quad (1-15)$$

式中 λ ——材料的导热系数, $[W/(m \cdot K)]$;

Q ——传导的热量, J;

d ——材料厚度, m;

A ——材料的传热面积, m^2 ;

t ——传热的时间, s;

$T_2 - T_1$ ——材料两侧的温度差, K。

材料的导热系数大,则导热性强;反之,绝热性能好。建筑材料的导热系数差别很大,工程上通常把 $\lambda \leq 0.23 W/(m \cdot K)$ 的材料作为保温隔热材料。

几种常用材料的导热系数见表 1-2。

表 1-2 几种常用建筑材料的导热系数

材料	导热系数 / $[W \cdot (m \cdot K)^{-1}]$	材料	导热系数 / $[W \cdot (m \cdot K)^{-1}]$
钢材	44.74	石膏板	0.25
花岗岩	3.5	水	0.58
普通混凝土	1.51	冰	2.33
普通黏土砖	0.80	密闭空气	0.023
松木	横纹 0.17 顺纹 0.34		

小提示

材料导热系数的大小与材料的组成、含水率、孔隙率、孔隙尺寸及孔的特征等有关,与材料的表观密度有很好的相关性。当材料的表观密度小、孔隙率大、闭口孔多、孔分布均匀、孔尺寸小、含水率小时,导热性差,绝热性好。通常所说的材料导热系数是指干燥状态下的导热系数,材料一旦吸水或受潮,导热系数会显著增大,绝热性变差。

(二) 材料的热容量与比热容

1. 材料的热容量

热容量是指材料受热时吸收热量或冷却时放出热量的能力。热容量 Q 的计算公式为

$$Q = cm(T_2 - T_1) \quad (1-16)$$

式中 Q ——材料的热容量, J;

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11

c ——材料的比热容, $J/(g \cdot K)$;

m ——材料的质量, g ;

$T_2 - T_1$ ——材料受热或冷却前后的温度差, K 。

2. 材料的比热容

比热容 c 是真正反映不同材料热容性差别的参数, 它可由式(1-17)导出

$$c = \frac{Q}{m(T_2 - T_1)} \quad (1-17)$$

比热容表示质量为 $1g$ 的材料, 在温度每改变 $1K$ 时所吸收或放出热量的大小。材料的比热容值大小与其组成和结构有关。通常所说材料的比热容值是指其干燥状态下的比热容值。

比热容 c 与质量 m 的乘积称为热容。选择高热容材料作为墙体、屋面、内装饰, 在热流变化较大时, 对稳定建筑物内部温度变化有重要意义。

(三) 材料的耐燃性与耐火性

1. 材料的耐燃性

耐燃性是指材料在火焰或高温作用下而不破坏, 强度也不显著降低的性能。根据材料耐燃性的不同, 可分为不燃材料(A级), 如砖、天然石材、混凝土、砂浆、金属材料等; 难燃材料(B_1 级), 如石膏板、水泥石棉等; 可燃材料(B_2 级), 如胶合板、纤维板、木材、苇箔等; 易燃材料(B_3 级), 如织物、纸张等。

2. 材料的耐火性

耐火性是指材料在火焰或高温作用下, 保持自身不被破坏、性能不明显下降的能力, 用其耐受时间(h)来表示, 称为耐火极限。要注意耐燃性和耐火性概念的区别, 耐燃的材料不一定耐火, 耐火的一般都耐燃。例如钢材是非燃烧材料, 但其耐火极限仅有 $0.25h$, 因此钢材虽为重要的建筑结构材料, 但其耐火性却较差, 使用时须进行特殊的耐火处理。

常用材料的极限耐火温度见表 1-3。

表 1-3 常用材料的极限耐火温度

材料	温度/ $^{\circ}C$	注解	材料	温度/ $^{\circ}C$	注解
普通黏土砖砌体	500	最高使用温度	预应力混凝土	400	火灾时最高允许温度
普通钢筋混凝土	200	最高使用温度	钢材	350	火灾时最高允许温度
普通混凝土	200	最高使用温度	木材	260	火灾危险温度
页岩陶粒混凝土	400	最高使用温度	花岗石(含石英)	575	相变发生急剧膨胀温度
普通钢筋混凝土	500	火灾时最高允许温度	石灰岩、大理石	750	开始分解温度

(四) 材料的温度变形性

材料的温度变形性是指温度升高或降低时材料的体积变化程度。多数材料在温度升高时体积膨胀, 温度降低时体积收缩。这种变化在单向尺寸上表现为线膨胀或线收缩。对应的技术指标为线膨胀系数 α 。材料的单向线膨胀量或线收缩量计算公式为

$$\Delta L = \alpha L(t_1 - t_2) \quad (1-18)$$

式中 ΔL ——线膨胀或线收缩量,mm;
 $(t_1 - t_2)$ ——材料升降温前后的温度差,K;
 α ——材料在常温下的平均线膨胀系数,1/K;
 L ——材料原来的长度,mm。

小提示

材料线膨胀系数大小与建筑温度变形的产生有着直接的关系,在工程中需选择合适的材料来满足工程对温度变形的需求。

四、材料的声学性能

材料的声学性能是通过材料与声波相互作用而呈现的,主要有吸声性和隔声性。

(一) 吸声性

材料吸引声音的能力称为材料的吸声性。评定材料吸声性能好坏的主要指标是吸声系数,其计算公式为:

$$\alpha = \frac{E}{E_0} \quad (1-19)$$

式中 α ——材料的吸声系数;
 E_0 ——传递给材料的全部入射声能;
 E ——被材料吸收(包括透过)的声能。

当声波传播到材料表面时,一部分声波被反射,另一部分穿透材料,而其余部分则在材料内部的孔隙中引起空气分子与孔壁的摩擦和黏滞阻力,这样相当一部分声能转化为热能而被吸收。

材料的吸声特性除与材料的表观密度、孔隙特征、厚度及表面的条件(有无空气层及空气层的厚度)有关外,还与声波的入射角及频率有关。一般而言,材料内部具有开放、连通的细小孔隙越多,吸声性能越好;增加多孔材料的厚度,可提高对低频声音的吸收效果。同一材料,对于高、中、低不同频率的吸声系数不同。为了全面反映材料的吸声性能,规定取 125Hz、250Hz、500Hz、1 000Hz、2 000Hz、4 000Hz 六个频率的平均吸声系数来表示材料吸声的频率特性。材料的吸声系数在 0~1 之间,平均吸声系数 >0.2 的材料称为吸声材料。

吸声材料能抑制噪声和减弱声波的反射作用。为了改善声波在室内传播的质量,保持良好的音响效果和减少噪声的危害,在进行音乐厅、电影院、大会堂、播音室等内部装饰时,应使用适当的吸声材料。在噪声大的厂房内,有时也采用吸声材料。

(二) 隔声性

声波在传播过程中被减弱或隔断的性能称为材料的隔声性。声波的传播主要通过空气和固体来实现,因而隔声分为隔空气声和隔固体声。

1. 隔空气声

声波在空气中传播遇到密实的围护结构(如墙体)时,声波将激发墙体产生振动,并使声音透过墙体传至另一空间中。空气对墙体的激发服从“质量定律”,即墙体的单位

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11

面积质量越大,隔声效果越好。因此,砖及混凝土等材料的结构,隔声效果都很好。

小提示

透射声功率与入射声功率的比值称为声透射系数 τ ,该值越大则材料的隔声性能越差。材料或构件的隔声能力用隔声量 R [$R=10\lg(1/\tau)$]来表示。与声透射系数 τ 相反,隔声量 R 越大,材料或构件的隔声性能越好。对于均质材料,隔声量符合“质量定律”,即材料单位面积的质量越大或材料的体积密度越大,隔声效果越好,轻质材料的质量较小,隔声性较密实材料差。

2. 隔固体声

固体声是由于振源撞击固体材料时,引起固体材料受迫振动而发声,并向四周辐射声能。固体声在传播过程中,声能的衰减极少。对固体声隔绝的最有效措施是断绝其声波继续传递的途径,即在产生和传递固体声波的结构层中加入具有一定弹性的衬垫材料,如木板、地毯、壁布、橡胶片等,以阻止或减弱固体声波的继续传播。

2

学习单元 2 确定材料的力学性质

知识目标

- (1) 了解材料的强度特征与等级。
- (2) 掌握抗拉、抗压、抗剪强度的计算。
- (3) 掌握材料弹性模量的计算。
- (4) 掌握材料磨损率的计算。

技能目标

- (1) 能够进行抗拉、抗压、抗剪强度的计算。
- (2) 能够进行材料弹性模量的计算。
- (3) 能够进行材料磨损率的计算。

基础知识

材料的力学性质是指材料在外力作用下,抵抗破坏和变形方面的性质。其对建筑物的正常、安全及有效使用是至关重要的。

一、材料的强度特征

(一) 强度

材料的强度是指材料在外力作用下抵抗破坏的能力。建筑材料受外力作用时,内部就产生应力。外力增加,应力相应增大,直至材料内部质点结合力不足以抵抗外力时,材料即发生破坏,此时的应力值就是材料的强度,也称极限强度。

根据外力作用方式的不同,材料强度有抗拉、抗压、抗剪、抗弯(抗折)强度等,如图 1-2 所示。

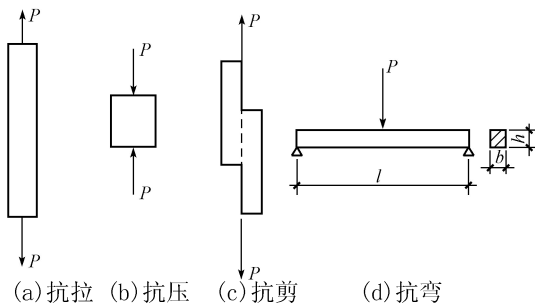


图 1-2 材料承受各种外力示意图

小提示

材料的强度常通过破坏性试验测定。将试件放在材料试验机上,施加荷载,直至破坏,根据破坏时的荷载,即可计算出材料的强度。

1. 抗拉(压、剪)强度

材料承受荷载(拉力、压力、剪力)作用直到破坏时,单位面积上所承受的拉力(压力、剪力)称为抗拉(压、剪)强度。材料的抗拉、抗压、抗剪强度按下式计算

$$f = \frac{F}{A} \tag{1-20}$$

式中 f ——抗拉、抗压、抗剪强度,MPa;
 F ——材料受拉、压、剪时的破坏荷载,N;
 A ——材料受力面积,mm²。

2. 抗弯(折)强度

材料的抗弯(折)强度与材料受力情况有关,对于矩形截面试件,若两端支撑,中间承受荷载作用,则其抗弯(折)强度按下式计算

$$f_m = \frac{3FL}{2bh^2} \tag{1-21}$$

式中 f_m ——材料的抗弯(折)强度,MPa;
 F ——受弯时的破坏荷载,N;
 L ——两支点间距,mm;
 $b、h$ ——材料截面宽度、高度,mm。

另外,强度还有断裂强度、剥离强度等。

断裂强度是指承受荷载时材料抵抗断裂的能力。

剥离强度是指在规定的试验条件下,对标准试件施加荷载,使其承受线应力,且加载的方向与试件表面保持规定角度,胶黏剂单位宽度上所能承受的平均荷载,常用 N/m 来表示。

小提示

材料的强度与其组成及结构有关。相同种类的材料,其组成、结构特征、孔隙率、试件形状、尺寸、表面状态、含水率、温度及试验时的加荷速度等,对材料的强度都有影响。

- chapter 01
- chapter 02
- chapter 03
- chapter 04
- chapter 05
- chapter 06
- chapter 07
- chapter 08
- chapter 09
- chapter 10
- chapter 11

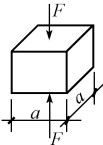
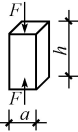
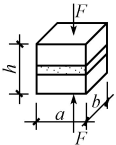
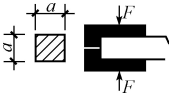
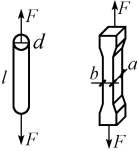
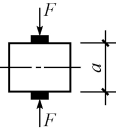
(二) 强度等级

对于以强度为主要指标的材料,通常按材料强度值的高低划分成若干等级,称为强度等级。例如硅酸盐水泥按 7d、28d 抗压、抗折强度值划分为 42.5、52.5、62.5 等强度等级。测定强度的标准试件见表 1-4。

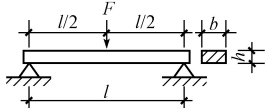
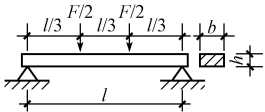
小提示

强度等级是人为划分的,是不连续的。根据强度划分强度等级时,规定的各项指标都合格,才能定为某强度等级,否则就要降低级别。而强度具有客观性和随机性,其试验值往往是连续分布的。强度等级与强度间的关系,可简单表述为“强度等级来源于强度,但不等同于强度”。

表 1-4 测定强度的标准试件

受力方式	试件	简图	计算公式	材料	试件尺寸/mm
(a) 轴向抗压强度极限					
轴向受压	立方体		$f_{\text{压}} = \frac{F}{A}$	混凝土 砂浆 石材	150 × 150 × 150 70.7 × 70.7 × 70.7 50 × 50 × 50
	棱柱体			混凝土 木材	$a = 100, 150, 200$ $h = 2a \sim 3a$ $a = 20, h = 30$
	复合试件			砖	$s = 115 \times 120$
	半个棱柱体			水泥	$s = 40 \times 62.5$
(b) 轴向抗拉强度极限					
轴向受拉	钢筋 拉伸试件		$f_{\text{拉}} = \frac{F}{A}$	钢筋 木材	$l = 5d$ 或 $l = 10d$ $A = \frac{\pi d^2}{4}$ $a = 15, b = 4$ ($A = a \cdot b$)
	立方体			混凝土	100 × 100 × 100 150 × 150 × 150

续表

受力方式	试件	简图	计算公式	材料	试件尺寸/mm
受弯	(c) 抗弯强度极限				
	棱柱体砖		$f_{\text{弯}} = \frac{3Fl}{2bh^2}$	水泥	$b = h = 40$ $l = 100$
	棱柱体		$f_{\text{弯}} = \frac{Fl}{bh^2}$	混凝土 木材	$20 \times 20 \times 300$ $l = 240$

(三) 比强度

比强度是指按单位体积质量计算的材料强度,即材料的强度与其表观密度之比 f/ρ_0 , 其是反映材料轻质高强的力学参数,是衡量材料轻质高强性能的一项重要指标。比强度越大,材料的轻质高强性能越好。在高层建筑及大跨度结构工程中,常采用比强度较高的材料。轻质高强的材料也是未来建筑材料发展的主要方向。几种常用材料的比强度见表 1-5,表中数值表明,松木比强度较高,较为轻质高强,而红砖比强度值最小。

表 1-5 几种常用材料的比强度

材料名称	表观密度/($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	强度值/MPa	比强度
低碳钢	7800	235	0.0301
松木	500	34	0.0680
普通混凝土	2400	30	0.0125
红砖	1700	10	0.0059
烧结普通砖	1700	10	0.0060
铝合金	2800	450	0.1600
玻璃钢	2000	450	0.2250

小提示

大部分建筑材料根据其极限强度的大小,划分为若干不同的强度等级。砖、石、水泥、混凝土等材料,主要根据其抗压强度划分强度等级。建筑钢材的钢号主要按其抗拉强度划分。将建筑材料划分为若干强度等级,对掌握材料性能、合理选用材料、正确进行设计和控制工程质量,是十分必要的。

材料的强度主要取决于材料成分、结构及构造。不同种类的材料,其强度不同;即使同类材料,由于组成、结构或构造的不同,其强度也有很大差异。疏松及孔隙率较大的材料,其质点间的联系较弱,有效受力面积减小,孔隙附近产生应力集中,故强度低。某些具有层状或纤维状构造的材料在不同方向受力时强度性能也不同,即所谓各向异性。

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

chapter 09

chapter 10

chapter 11

二、材料的弹性和塑性

弹性和塑性是材料的变形性能,它们主要描述的是材料变形的可恢复特性。

(一)弹性

材料在外力作用下产生变形,当外力取消后能够完全恢复原来形状、尺寸的性质称为弹性。这种能够完全恢复的变形称为弹性变形。材料弹性变形曲线如图 1-3 所示。

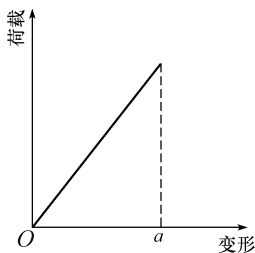


图 1-3 弹性变形曲线

弹性变形大小与其所受外力大小成正比,其比例系数对某理想的弹性材料来说为一常数,这个常数被称为该材料的弹性模量,以符号“ E ”来表示,其公式为

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (1-22)$$

式中 σ ——材料所受的应力,MPa;

ε ——在应力 σ 作用下的应变。

几种常用建筑材料的弹性模量值见表 1-6。

表 1-6 常用建筑材料的弹性模量值 E ($\times 10^4$ MPa)

材料	低碳钢	普通混凝土	烧结普通砖	木材	花岗岩	石灰岩	玄武岩
弹性模量	21	1.45 ~ 360	0.6 ~ 1.2	0.6 ~ 1.2	200 ~ 600	600 ~ 1000	100 ~ 800

小提示

弹性模量是反映材料抵抗变形能力的指标。 E 值愈大,表明材料的刚度愈大,外力作用下的变形愈小。

(二)塑性

在外力作用下材料产生变形,在外力取消后,有一部分变形不能恢复,这种性质称为材料的塑性。这种不能恢复的变形,称为塑性变形。

钢材在弹性极限内接近于完全弹性材料,其他建筑材料多为非完全弹性材料。这种非完全弹性材料在受力时,弹性变形和塑性变形同时产生,如图 1-4 所示,外力取消后,弹性变形 ab 可以消失,而塑性变形 Ob 不能消失。

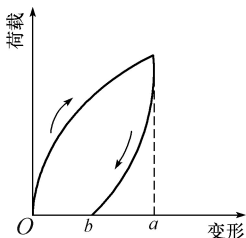


图 1-4 塑性变形曲线

实际上,只有单纯的弹性或塑性的材料都是不存在的,各种材料在不同的应力下都会表现出不同的变形性能。

三、材料的韧性和脆性

(一) 韧性

在冲击、振动荷载作用下,材料可吸收较大的能量产生一定的变形而不被破坏的性质称为韧性或冲击韧性。建筑钢材(软钢)、木材、塑料等是较典型的韧性材料。路面、桥梁、起重机梁及有抗震要求的结构都要考虑材料的韧性。

(二) 脆性

材料在外力作用下,直至断裂前只发生弹性变形,不出现明显的塑性变形而突然破坏的性质称为脆性。在常温、静荷载下只有脆性的材料称为脆性材料,如石材、烧结普通砖、混凝土、铸铁、玻璃及陶瓷等。脆性材料的特点是塑性变形很小,抗压强度高,抗拉强度低,抗冲击及动荷载能力差,故常用于承受静压力作用的建筑部位,如基础、墙体、柱子、墩座等。

混凝土、玻璃、砖、石材、陶瓷等属于脆性材料,它们的抵抗冲击作用能力差,但是抵抗强度较高。图 1-5 为脆性材料的变形曲线图。

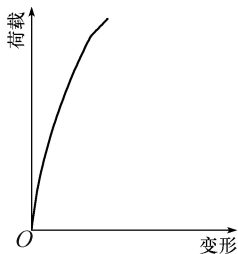


图 1-5 脆性材料的变形曲线

四、材料的硬度和耐磨性

(一) 硬度

硬度指材料表面的坚硬程度,是抵抗其他物体刻画、压入其表面的能力。建筑与装饰材料在其使用过程中,为保持建筑物的使用性能或外观,常要求材料具有一定的硬度,以防止其他物体对材料的磕碰、刻画造成材料表面破损或外观缺陷。硬度的测定方法有刻画法、回弹法、压入法等,不同材料其硬度的测定方法不同。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11

回弹法用于测定混凝土表面硬度,并间接推算混凝土的强度,也用于测定砖、砂浆等材料的表面硬度;刻画法用于测定天然矿物的硬度;压入法是用硬物压入材料表面,通过压痕的面积和深度测定材料的硬度。钢材、木材的硬度,常用钢球压入法测定。

压入法测硬度的指标有布氏硬度和洛氏硬度,它等于压入荷载值除以压痕的面积或密度。而陶瓷、玻璃等脆性材料的硬度往往采用刻画法来测定,称为莫氏硬度,根据刻画矿物(滑石、石膏、磷灰石、正长石、硫铁矿、黄玉、金刚石等)的不同分为十级。

小提示

通常,硬度大的材料耐磨性较强,不易加工。在工程中,常利用材料硬度与强度间的关系,间接测定材料强度。

(二) 耐磨性

耐磨性是指材料表面抵抗磨损的能力,耐磨性用磨损率 N 表示,它等于试件在标准试验条件下磨损前后的质量差与试件受磨表面积之商。磨损率 N 可用下式计算

$$N = \frac{m_1 - m_2}{A} \quad (1-23)$$

式中 N ——材料的磨损率, g/cm^2 ;

m_1 、 m_2 ——材料磨损前、后的质量, g ;

A ——试件受磨面积, cm^2 。

试件的磨损率表示一定尺寸的试件,在一定压力作用下,在磨损试验机上磨一定次数后,试件每单位面积上的质量损失。

小提示

材料的耐磨性与硬度、强度及内部构造有关,材料的硬度越大,则材料的耐磨性越高,材料的磨损率有时也用磨损前后的体积损失来表示;材料的耐磨性有时也用耐磨次数来表示。地面、路面、楼梯踏步及其他受较强磨损作用的部位等,需选用具有较高硬度和耐磨性的材料。

3

学习单元 3 测定材料的耐久性

知识目标

- (1) 熟悉材料耐久性的影响因素。
- (2) 掌握材料耐久性的提高措施。
- (3) 掌握材料耐久性的测定。

技能目标

- (1) 能够从材料耐久性的综合性能理解影响材料耐久性的因素。
- (2) 能够根据材料的特点和使用情况对提高材料的耐久性采取相应的措施。
- (3) 能够进行耐久性的实验室测试。

基础知识

建筑材料的耐久性是指材料使用过程中,在内、外部因素的作用下,经久不破坏、不变质,保持原有性能的性质。

一、材料耐久性的影响因素

材料在环境中使用,除受荷载作用外,还会受周围环境各种自然因素的影响,如物理、化学、机械及生物等方面的作用。

物理作用包括干湿变化、温度变化、冻融循环等作用,材料经受这些作用后,将发生膨胀、收缩或产生内应力,长期的反复作用,使材料逐渐破坏。

化学作用包括空气和环境水中酸、碱、盐等溶液或其他有害物质对材料的侵蚀作用以及日光、紫外线对材料的作用。

机械作用包括荷载的持续作用,交变荷载对材料引起的疲劳、冲击、磨损、磨耗等。

生物作用是指昆虫、菌类等对材料的蛀蚀及腐蚀作用。

材料的耐久性是一项综合性能,不同材料的耐久性往往有不同的具体内容:混凝土的耐久性,主要通过抗渗性、抗冻性、抗腐蚀性和抗碳化性来体现;钢材的耐久性,主要取决于其抗锈蚀性;沥青的耐久性则主要取决于其大气稳定性和温度敏感性。

二、材料耐久性的测定

耐久性是材料的一项长期性质,需长期的对其在使用条件下进行观察和测定。近年来已采用快速检验法,即在试验室模拟实际使用条件,进行有关的快速试验,根据试验结果对耐久性做出判定。

如常用软化系数来反映材料的耐水性;用实验室的冻融循环(数小时一次)试验得出的抗冻等级来说明材料的抗冻性;采用较短时间的化学介质浸渍来反映实际环境中的水泥石长期腐蚀现象等,并据此对耐久性做出测定和评价。

知识链接

建筑材料在建筑工程中的地位和作用

建筑材料是一切建筑工程的物质基础。要发展建筑业,就必须发展建筑材料工业。可见,建筑材料工业是国民经济重要的基础工业之一。

(1) 建筑材料是建筑工程的物质基础。建筑材料不仅用量大,而且有很强的经济性,直接影响工程的总造价。所以,在建筑过程中恰当地选择和合理地使用建筑材料,不仅能提高建筑物质量及其寿命,而且对降低工程造价也有着重要意义。

(2) 建筑材料的发展赋予了建筑物鲜明的时代特征和风格。中国古代以木架构为代表的宫廷建筑、西方古典建筑的石材廊柱、当代以钢筋混凝土和型钢为主体材料的超高层建筑,都体现了鲜明的时代感。

(3) 建筑设计理论的不进步和施工技术的革新,不但受到建筑材料发展的制约,同时亦受到其发展的推动。大跨度预应力结构、薄壳结构、悬索结构、空间网架结构、节能建筑、绿色建筑的出现,无疑都与新材料的产生密切相关。

chapter
01chapter
02chapter
03chapter
04chapter
05chapter
06chapter
07chapter
08chapter
09chapter
10chapter
11

(4) 建筑材料的质量直接影响建筑物的坚固性、适用性及耐久性。因此,建筑材料只有具有足够的强度以及与使用环境条件相适应的耐久性,才能使建筑物具有足够的使用寿命,并最大限度地减少维修费用。

建筑材料的发展是随着人类社会生产力的不断发展和人民生活水平的不断提高而向前发展的。现代科学技术的发展,使生产力水平不断提高,人民生活条件不断改善,这将要求建筑材料的品种更加丰富、性能更加完备,不仅要求其经久耐用,而且要求建筑材料具有轻质、高强、美观、保温、吸声、防水、防震、防火、节能等功能。

学习案例

某建筑工程使用的砌筑用砖干燥时表观密度为 1900 kg/m^3 , 密度为 2.51 g/cm^3 , 质量吸水率为 8% 。

想一想

1. 该砖的孔隙率是多少?
2. 该砖的体积吸水率为多少?

案例分析

解: 已知条件: $\rho_0 = 1900 \text{ kg/m}^3$; $\rho = 2.5 \text{ g/cm}^3$; $W_w = 10$ 。求: P 、 W_v 。

$$\rho = \frac{V_0 - V}{V_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{1.9}{2.5}\right) \times 100\% = 24\%$$

V_0 为自然状态下体积, V 为实际体积。

$$W_v = W_w \times \rho_0 = 8\% \times 1.9 = 15.2\%$$

知识拓展

建筑材料的发展趋势

建筑材料是随着社会生产力发展和科学技术水平的提高而逐步发展起来的。近年来,建筑材料有以下发展趋势。

(1) 研制高性能材料。例如,研制轻质、高强、高耐久性、优异装饰性和多功能的材料,以及充分利用和发挥各种材料的特性,采用复合技术制造出具有特殊功能的复合材料。

(2) 充分利用地方材料。大力开发利用工业废渣作为建筑材料的资源,以保护自然资源和维持生态环境的平衡。

(3) 节约能源。优先开发、生产低能耗的建筑材料以及降低建筑使用能耗的节能型建筑材料。

(4) 提高经济效益。大力发展和使用不仅能给建筑物带来优良的技术效果,还同时具有良好经济效益的建筑材料。

本章小结

本学习情境主要介绍了建筑材料的基本性质。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、共有的性质。建筑材料的基本性质归纳起来,主要有物理性质、力学性质和耐久性。

1. 材料的物理性质主要包括材料与质量有关的性质、与水有关的性质、与热有关的性质和材料的声学性能。

2. 材料的力学性质是指材料在外力作用下,抵抗破坏和变形方面的性质,主要包括材料的强度、强度等级及比强度,材料的弹性和塑性,材料的韧性和脆性,材料的硬度和耐磨性。

3. 材料的耐久性是一项综合属性,在实际工程中应根据材料的种类和建筑物所处环境条件提出不同的耐久性要求。

学习检测



填空题

1. 建筑材料与质量有关的性质主要是指材料的_____和_____。
2. 建筑材料和水有关的性质,包括材料的_____与_____、_____与_____以及材料的_____、_____、_____等。
3. 建筑材料的热工性质有_____、_____、_____、_____和_____等。
4. 材料的声学性能是通过_____与_____相互作用而呈现的,主要有_____和_____。
5. 根据外力作用方式的不同,材料强度有_____、_____、_____、_____强度等。
6. 建筑材料的耐久性是指材料使用过程中,在内、外部因素的作用下,_____,_____,保持_____的性质。



选择题

1. 下列()性质与材料的孔隙构造特征有关。

A. 吸水性	B. 抗渗性	C. 塑性	D. 导热性
--------	--------	-------	--------
2. 下列材料属于亲水材料的有()。

A. 花岗岩	B. 石膏	C. 石灰	D. 混凝土
--------	-------	-------	--------
3. 软化系数表示材料的()。

A. 吸湿性	B. 耐水性	C. 抗渗性	D. 抗冻性
--------	--------	--------	--------
4. 材料的吸声特征与材料的()有关。

A. 表观密度	B. 孔隙特征	C. 厚度	D. 表面的条件
---------	---------	-------	----------
5. 导致热导率增加的因素有()。

A. 密实度增大	B. 材料孔隙率增大
C. 材料含水率减小	D. 材料含水率增加
6. 选择()材料作为墙体、屋面、内装饰,可使建筑物具有良好的保温隔热性能。

chapter 01

chapter 02

chapter 03

chapter 04

chapter 05

chapter 06

chapter 07

chapter 08

chapter 09

chapter 10

chapter 11

- A. 导热系数和比热容均大
- B. 导热系数和比热容均小
- C. 导热系数大而比热容小
- D. 导热系数小而比热容大



简答题

1. 材料的密度、表观密度及堆积密度三者之间有何区别？
2. 何谓材料的亲水性与憎水性？材料的吸湿性与吸水性有何关系？
3. 材料与热有关的性质包括哪些内容？
4. 材料的吸声性与材料的哪些方面相关？
5. 弹性与塑性的区别是什么？
6. 韧性与脆性的关系是什么？硬度与耐磨性的区别是什么？