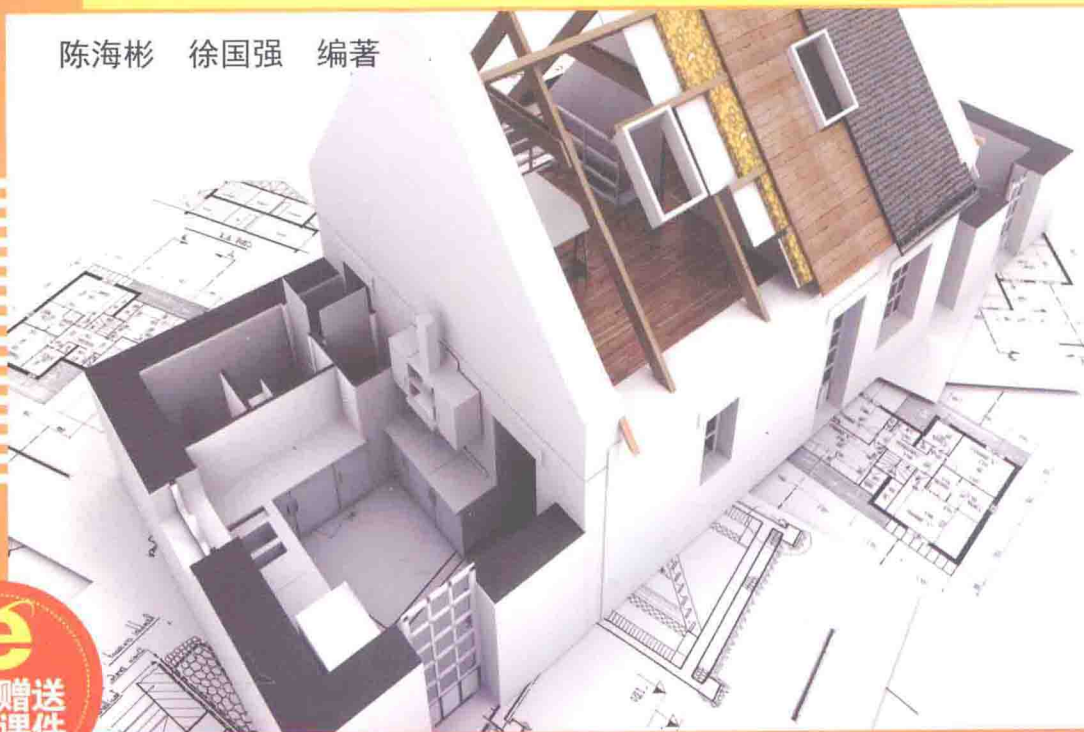


土木工程材料

陈海彬 徐国强 编著



免费赠送
电子课件

TUJIANLEI
CHUANGXINGUIHUA

- ◆ 采用最新技术标准，有代表性地介绍了土木工程材料的新技术和发展方向；
- ◆ 注重材料性质与材料组成、结构的关系，并将土木工程材料与工程应用紧密联系在一起，有利于加深学生对土木工程材料基本理论知识的理解与掌握。



清华大学出版社

高等院校土建类创新规划教材 基础课系列

土木工程材料

陈海彬 徐国强 编 著

清华大学出版社

内 容 简 介

本书介绍了近年来建筑材料科学技术领域的新进展,及其对结构设计和施工工艺进步的促进作用,其内容与中国现行教学体系比较接近,包括许多背景知识,可让学生开阔眼界。

全书共分为 15 章,介绍了常用土木工程材料的基本理论、基本知识和新型土木工程材料的基本组成、生产与配制原理、性质与应用。为配合教学,各章后均附有思考题。

本书采用了最新的技术标准,有代表性地介绍了土木工程材料的新技术和发展方向,应用性强,适用面宽,可以作为大学本科土木工程、水利工程、环境工程、工程管理和建筑学等专业的专业基础课程“土木工程材料”或继续教育的教科书,也可作为建筑工程类设计、科研及施工技术人员参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/陈海彬,徐国强编著. —北京:清华大学出版社,2014

高等院校土建类创新规划教材 基础课系列

ISBN 978-7-302-35627-1

I. ①土… II. ①陈… ②徐… III. ①土木工程—建筑材料—高等学校—教材 IV. ①TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 046676 号

责任编辑:李春明

装帧设计:杨玉兰

责任校对:周剑云

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 刷 者:清华大学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.25 字 数:565 千字

版 次:2014 年 6 月第 1 版 印 次:2014 年 6 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:45.00 元

产品编号:057049-01

前 言

“土木工程材料”课程是土木建筑类各专业(如土木工程、建筑学和工程管理等专业)必修的一门专业技术基础课,在各专业课程设置中具有承上启下的作用,在实现各专业的人才培养目标方面具有重要的基础作用。

土木工程材料是指建筑工程中所使用的各类材料及其制成品的总称,它是一切土木工程开展的物质基础。通过认真学习本书,读者将能掌握主要土木工程材料的性质、用途、制备和使用方法以及检测和质量控制方法,并了解工程材料性质与材料结构的关系,以及性能改善的途径,能针对不同工程合理选用材料,了解材料与设计参数及施工措施选择的相互关系。

本书主要介绍土木工程中常用的土木工程材料的基本组成、材料性能、质量要求、检测方法,具体内容如下。

第1章为概述部分,从物理、力学、热工等方面进行阐述,介绍了土木工程材料的基本性质。

第2~14章为本书的核心部分。

第2~9章分别介绍了土木工程最常用的基本材料,如石材、气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、建筑砂浆、金属材料、墙体材料、沥青及沥青混合料等。第10~14章分别介绍了各种高新材料,如防水材料、木材、高分子建筑材料、装饰材料、绝热材料和吸声材料,揭示了土木工程广阔的发展前景。

在各章节中以丰富而深入的案例展现了土木工程材料在现实生活中的应用,以及在面对一些具体问题时所使用的处理方法。

第15章是土木工程材料的各种试验,针对前面所介绍的工程材料,进行深入的分析和研究,设计了详细的试验方法和试验流程,供读者参考学习。

本书按材料的科学体系编排章节,注重材料性质与材料组成、结构的关系,并将土木工程材料与工程应用紧密联系在一起,有利于加深读者对土木工程材料基本理论与基本知识的理解与掌握。全书内容均采用最新标准或规范。

本书由河北联合大学的陈海彬、徐国强共同编著,其中第1~9章由陈海彬编写,第10~15章由徐国强编写,陈海彬负责全书统稿工作。参与本书整理及校对工作的还有吴涛、阚连合、张航、李伟、封超、刘博等,在此一并表示感谢。

本书采用了最新的技术标准,理论联系实际,突出应用性,并有代表性地介绍了土木工程材料的新技术和发展方向,适用面宽,可作为土木工程类各专业的教学用书,也可供土木工程设计、施工、科研、工程管理、监理人员学习参考。

由于土木工程材料发展很快,新材料、新工艺层出不穷,各行业的技术标准不统一,加之编者水平所限,书中难免有不当甚至错误之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第1章 土木工程材料的基本性质	1	2.2.1 物理性质	24
1.1 材料的物理性质	2	2.2.2 力学性质	26
1.1.1 材料的密度、表观密度和堆积密度	2	2.2.3 工艺性质	27
1.1.2 材料的密实度与孔隙率	3	2.3 石材在土木工程中的应用	27
1.1.3 材料的填充率与空隙率	4	2.4 建筑石材的选用	31
1.2 材料的力学性质	5	本章小结	33
1.2.1 材料受力状态	5	思考题	33
1.2.2 材料的强度	5	第3章 气硬性胶凝材料	35
1.3 材料与水有关的性质	7	3.1 石膏	36
1.3.1 亲水性与憎水性	7	3.1.1 石膏的种类	36
1.3.2 吸湿性	8	3.1.2 建筑石膏的原材料和生产	37
1.3.3 吸水性	8	3.1.3 建筑石膏的水化与凝结硬化	38
1.3.4 耐水性	9	3.1.4 建筑石膏的特性及其制品的质量标准	39
1.3.5 抗渗性	10	3.1.5 建筑石膏的应用	40
1.3.6 抗冻性	10	3.2 石灰	41
1.4 材料的热工性质	11	3.2.1 石灰的种类	41
1.4.1 热容量和比热容	11	3.2.2 建筑石灰的原材料和生产	42
1.4.2 导热性	11	3.2.3 建筑石灰的熟化与凝结硬化	42
1.4.3 耐火性	12	3.2.4 建筑石灰及其制品的技术要求	43
1.4.4 耐燃性	13	3.2.5 建筑石灰的应用	45
1.4.5 温度变形	13	3.2.6 建筑石灰的储运	47
1.5 材料的耐久性	13	3.3 水玻璃	47
1.6 材料的组成、结构与内部孔隙	14	3.3.1 水玻璃的种类与生产	47
1.6.1 材料的组成	14	3.3.2 水玻璃的模数	47
1.6.2 材料的结构	15	3.3.3 水玻璃的硬化与特性	48
1.6.3 材料的内部孔隙	17	3.3.4 水玻璃的应用	48
本章小结	19	本章小结	49
思考题	19	思考题	49
第2章 天然石材	21	第4章 水泥	51
2.1 岩石的形成与分类	22	4.1 硅酸盐水泥	52
2.1.1 岩石的定义	22	4.1.1 硅酸盐水泥的定义及分类	52
2.1.2 岩石的形成	23	4.1.2 硅酸盐水泥熟料的组成	53
2.1.3 岩石的分类	23		
2.2 石材的技术性质	24		

4.1.3 硅酸盐水泥的原料及生产工艺	53	5.2.4 外加剂	91
4.1.4 硅酸盐水泥的水化与硬化及影响因素	54	5.2.5 掺和料	100
4.1.5 硅酸盐水泥的技术性质	58	5.3 混凝土拌和物的和易性	104
4.1.6 水泥石的腐蚀与防止	61	5.3.1 和易性的概念	104
4.1.7 硅酸盐水泥和普通水泥的特性与应用	64	5.3.2 和易性的测定	105
4.2 掺混合材料的硅酸盐系水泥	64	5.3.3 流动性(坍落度)的选择	106
4.2.1 混合材料的分类	64	5.3.4 影响和易性的主要因素	107
4.2.2 掺混合材料硅酸盐水泥的水化与硬化	65	5.3.5 混凝土拌和物的凝结时间	110
4.2.3 矿渣硅酸盐水泥、火山灰质硅酸盐水泥和粉煤灰硅酸盐水泥	66	5.4 混凝土的强度	110
4.2.4 复合硅酸盐水泥	68	5.4.1 混凝土的结构和受压破坏过程	110
4.3 铝酸盐水泥	70	5.4.2 混凝土强度和强度等级	112
4.3.1 铝酸盐水泥的原料与组成	70	5.4.3 影响混凝土强度的因素	115
4.3.2 铝酸盐水泥的水化与硬化	70	5.5 混凝土的变形性能	118
4.3.3 铝酸盐水泥的性能及应用	71	5.5.1 化学收缩	118
4.3.4 其他铝酸盐水泥	72	5.5.2 干湿变形	119
4.4 特种水泥	73	5.5.3 温度变形	119
4.4.1 白色与彩色硅酸盐水泥	73	5.5.4 在荷载作用下的变形	120
4.4.2 快硬硅酸盐水泥	74	5.6 混凝土的耐久性	121
4.4.3 膨胀水泥与自应力水泥	74	5.6.1 混凝土的抗渗性	122
4.4.4 道路硅酸盐水泥	75	5.6.2 混凝土的抗冻性	122
4.4.5 低水化热硅酸盐水泥	75	5.6.3 混凝土的碳化	123
4.4.6 抗硫酸盐水泥	76	5.6.4 混凝土的抗侵蚀性	123
4.4.7 油井水泥	76	5.6.5 混凝土的碱—骨料反应	124
4.4.8 砌筑水泥	77	5.7 混凝土质量控制	124
本章小结	77	5.7.1 混凝土质量控制过程	125
思考题	77	5.7.2 混凝土质量强度的波动规律——正态分布	125
第5章 混凝土	79	5.7.3 混凝土质量强度的评定	125
5.1 混凝土概述	80	5.8 普通混凝土配合比设计	128
5.1.1 混凝土的定义	80	5.8.1 配合比及表示方法	128
5.1.2 混凝土的分类	80	5.8.2 配合比设计的要求和基本参数	128
5.1.3 普通混凝土的优缺点	81	5.8.3 普通混凝土配合比设计方法和步骤	129
5.2 普通混凝土的组成材料	82	5.8.4 混凝土配合比的计算	129
5.2.1 水泥	82	5.9 其他品种混凝土	133
5.2.2 骨料	83	5.9.1 高强混凝土	133
5.2.3 水	90	5.9.2 高性能混凝土	134
		5.9.3 泵送混凝土	134
		5.9.4 聚合物混凝土	135
		5.9.5 耐热混凝土	135
		5.9.6 耐酸混凝土	135

本章小结	136	6.9.4 防辐射砂浆	154
思考题	136	本章小结	154
第6章 建筑砂浆	137	思考题	154
6.1 建筑砂浆简介	138	第7章 金属材料	155
6.1.1 建筑砂浆的定义	138	7.1 钢的冶炼与分类	156
6.1.2 建筑砂浆的分类	138	7.1.1 钢材的基本知识	156
6.1.3 建筑砂浆的用途	139	7.1.2 钢的冶炼	156
6.2 建筑砂浆的组成材料	139	7.1.3 钢的分类	158
6.2.1 胶凝材料	139	7.2 钢材的力学性能与工艺性能	159
6.2.2 细骨料(砂)	139	7.2.1 力学性能	159
6.2.3 掺加料	140	7.2.2 工艺性能	163
6.2.4 水	140	7.3 钢的组织 and 化学成分对钢材性能的影响	167
6.2.5 外加剂	140	7.3.1 钢的组织及其对钢材性能的影响	167
6.3 砂浆的技术性质	141	7.3.2 钢的化学成分及其对钢材性能的影响	168
6.3.1 新拌砂浆的和易性	141	7.4 钢的各种处理方式	169
6.3.2 砂浆强度和强度等级	142	7.4.1 钢材的冷加工强化与时效处理	169
6.3.3 砂浆的黏结性	143	7.4.2 钢材的热处理与焊接	170
6.3.4 砂浆的变形性	143	7.5 建筑钢材的锈蚀与防护	171
6.3.5 砂浆的凝结时间	143	7.5.1 钢材锈蚀机理	171
6.3.6 砂浆的抗冻性	144	7.5.2 钢筋混凝土中的钢筋锈蚀	171
6.4 砌筑砂浆	144	7.5.3 防止钢材锈蚀的措施	172
6.4.1 砌筑砂浆的技术要求	144	7.5.4 钢的防火	173
6.4.2 砌筑砂浆的配合比设计	145	7.6 建筑钢材的品种与选用	174
6.4.3 砌筑砂浆配合比设计计算实例	147	7.6.1 碳素结构钢(非合金结构钢)	174
6.5 砌筑抹面砂浆	148	7.6.2 低合金高强度结构钢	178
6.5.1 抹面砂浆的组成材料	148	7.6.3 优质碳素结构钢	179
6.5.2 抹面砂浆的技术要求	148	7.7 常用建筑钢材	180
6.5.3 抹面砂浆的选用	148	7.7.1 钢筋	180
6.5.4 抹面砂浆的配合比设计	148	7.7.2 型钢	184
6.5.5 普通抹面砂浆	149	7.8 铝合金及制品	185
6.6 干粉砂浆	150	7.8.1 铝合金	185
6.6.1 干粉砂浆的概念	150	7.8.2 常用的装饰用铝合金制品	186
6.6.2 干粉砂浆的组成材料	150	本章小结	187
6.7 装饰砂浆	151	思考题	187
6.7.1 装饰砂浆的组成材料	151	第8章 墙体材料	189
6.7.2 装饰砂浆主要的饰面方式	151	8.1 烧结砖	190
6.8 防水砂浆	153	8.1.1 烧结普通砖	190
6.9 其他品种砂浆	153		
6.9.1 绝热砂浆	153		
6.9.2 吸声砂浆	153		
6.9.3 耐酸砂浆	153		

8.1.2 烧结多孔砖和烧结空心砖	194	10.3.1 沥青类防水涂料	231
8.2 非烧结砖	196	10.3.2 其他品种防水涂料	233
8.2.1 蒸压灰砂砖	196	10.4 防水密封材料	235
8.2.2 蒸压(养)粉煤灰砖	197	10.4.1 防水密封材料的分类	235
8.2.3 煤渣砖	198	10.4.2 非定形防水密封材料	236
8.3 砌块	199	10.4.3 定形防水密封材料	237
8.3.1 普通混凝土小型空心砌块	199	本章小结	238
8.3.2 轻骨料混凝土小型空心砌块	200	思考题	238
8.3.3 蒸压加气混凝土砌块	202	第11章 木材	239
本章小结	204	11.1 木材的特点	240
思考题	204	11.2 木材的分类与构造	240
第9章 沥青及沥青混合料	205	11.2.1 木材的分类	240
9.1 沥青材料	206	11.2.2 木材的构造	241
9.1.1 石油沥青	206	11.3 木材的主要性能	243
9.1.2 天然沥青	212	11.3.1 化学组成	243
9.1.3 页岩沥青	212	11.3.2 物理性质	244
9.1.4 煤沥青	212	11.3.3 力学性质	245
9.1.5 沥青的掺配、改性及主要沥青制品	213	11.4 土木工程中常用木材及应用	248
9.2 沥青混合料的组成与性质	214	11.4.1 常用木材	248
9.2.1 沥青混合料的组成材料	214	11.4.2 木材的综合利用	248
9.2.2 沥青混合料的结构	214	11.5 木材的防护	249
9.2.3 沥青混合料的技术性质	215	11.5.1 木材的干燥	250
9.3 沥青防水材料	216	11.5.2 木材的腐朽与防腐	250
9.3.1 沥青防水卷材	216	11.5.3 木材的燃烧与防火	252
9.3.2 沥青溶液和沥青乳液	217	本章小结	253
9.3.3 沥青胶和沥青嵌缝油膏	218	思考题	253
本章小结	219	第12章 高分子建筑材料	255
思考题	219	12.1 高分子化合物基本知识	256
第10章 防水材料	221	12.1.1 高分子化合物的结构	257
10.1 防水材料简介	222	12.1.2 高分子化合物的性能	258
10.1.1 防水材料的定义	222	12.2 高分子建筑材料的特性及制品	263
10.1.2 防水材料的性能	222	12.2.1 高分子建筑材料的特性	263
10.1.3 防水材料的分类	222	12.2.2 建筑塑料及制品	264
10.2 防水卷材	223	12.3 黏结剂	271
10.2.1 防水卷材的分类	223	12.3.1 黏结剂的基本组成	271
10.2.2 防水卷材的性能	223	12.3.2 黏结剂的特点	271
10.2.3 沥青基防水卷材	224	12.3.3 黏结机理	272
10.2.4 合成高分子防水卷材	228	12.3.4 常用建筑黏结剂	273
10.3 防水涂料	231	12.4 建筑涂料	276
		12.4.1 涂料的组成	276
		12.4.2 常用建筑涂料	277

本章小结	279	15.1.1 试验目的和原理	316
思考题	279	15.1.2 密度试验	316
第 13 章 装饰材料	281	15.1.3 表观密度试验	317
13.1 装饰材料的基本要求	282	15.1.4 吸水率试验	318
13.1.1 颜色、光泽、透明性	282	15.2 水泥试验	319
13.1.2 质感	283	15.2.1 水泥试验的一般规定	319
13.1.3 形状和尺寸	283	15.2.2 水泥细度测定	319
13.1.4 立体造型	283	15.2.3 水泥标准稠度用水量测定	320
13.1.5 环保	283	15.2.4 水泥凝结时间测定	321
13.1.6 其他	284	15.2.5 水泥安定性测定	322
13.2 常用装饰材料	284	15.2.6 水泥胶砂强度检验	324
13.2.1 装饰石材	284	15.3 粗、细集料试验	326
13.2.2 玻璃	287	15.3.1 试验目的和原理	326
13.2.3 陶瓷	289	15.3.2 样品的缩分	326
13.2.4 塑料	290	15.3.3 砂的筛分析试验	326
13.2.5 金属材料	292	15.3.4 石子的筛分析试验	327
13.2.6 木材与竹材	293	15.3.5 表观密度试验	328
13.2.7 涂料	294	15.3.6 堆积密度试验	329
本章小结	296	15.4 普通混凝土试验	332
思考题	296	15.4.1 普通混凝土试验的目的及原理	332
第 14 章 绝热材料和吸声材料	297	15.4.2 普通混凝土拌和物试样制备	332
14.1 绝热材料	298	15.4.3 混凝土拌和物稠度试验	333
14.1.1 绝热材料的作用及影响因素	298	15.4.4 混凝土拌和物表观密度试验	335
14.1.2 绝热材料的选用及基本要求	299	15.4.5 混凝土拌和物抗压强度试验	336
14.1.3 建筑常用绝热材料	300	15.5 砂浆试验	337
14.1.4 常用绝热材料的技术性能	304	15.5.1 砂浆拌和物试样制备	337
14.2 吸声材料	306	15.5.2 砂浆稠度试验	338
14.2.1 吸声材料的作用原理	306	15.5.3 砂浆分层度试验	339
14.2.2 吸声材料的类型及其结构形式	307	15.5.4 砂浆立方体抗压强度试验	339
14.2.3 吸声材料的选用及安装注意事项	309	15.6 烧结普通砖试验	340
14.2.4 常用吸声材料及吸声系数	310	15.6.1 烧结普通砖的取样方法	341
14.2.5 隔声材料	312	15.6.2 烧结普通砖的抗压强度试验	341
本章小结	312	15.6.3 烧结普通砖的抗折强度试验	342
思考题	313	15.7 钢筋试验	343
第 15 章 土木工程材料试验	315	15.7.1 试验的目的和原理	343
15.1 材料的基本物理性质试验	316	15.7.2 钢筋拉伸试验	343
		15.7.3 钢筋冷弯试验	345

15.8 沥青材料试验	346	15.9.3 沥青混合料马歇尔稳定度 试验	356
15.8.1 沥青针入度试验	346	本章小结	359
15.8.2 沥青延度试验	348	参考文献	360
15.8.3 沥青软化点试验	350		
15.9 沥青混合料试验	352		
15.9.1 沥青混合料试件制作方法 (击实法)	352		
15.9.2 沥青混合料物理指标测定	355		



第 1 章

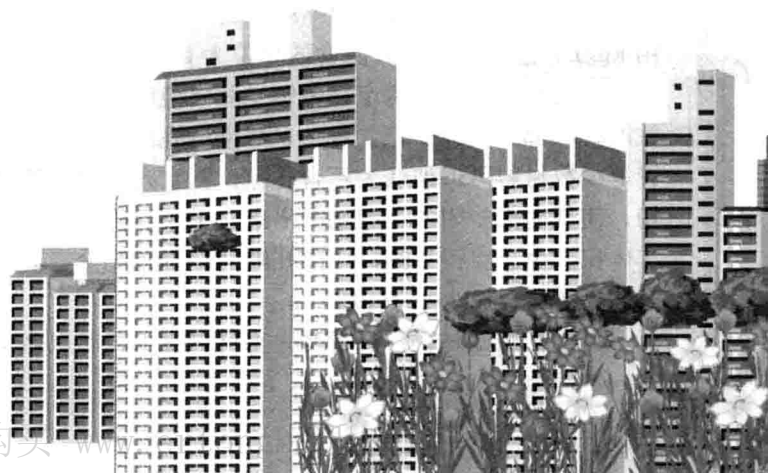
土木工程材料的基本性质

学习目标

- 了解材料科学的相关概念。
- 了解材料的基本组成、结构和构造。
- 掌握材料的各项性质及各项性质相互间的关系。

本章导读

本章主要介绍土木工程材料的基本概念，材料的基本物理性质、力学性质、热工性质等，以及各项性质在工程实践中的意义。



项目案例导入

万里长城以磅礴的气势飞越崇山峻岭，它是我国古代劳动人民的杰作，也是建筑史上的一座丰碑。万里长城选用材料因地制宜，堪称典范。

居庸关、八达岭一段，采用砖石结构。墙身用条石砌筑，中间填充碎石黄土，顶部再用三四层砖铺砌，以石灰作砖缝材料，坚固耐用。平原黄土地区缺乏石料，则用泥土垒筑长城，将泥土夯打结实，并以锥刺夯打土检查是否合格。在西北玉门关一带，既无石料又无黄土，便以当地芦苇或柳条与砂石间隔铺筑，共铺 20 层。

万里长城因地制宜地使用建筑材料，展现了我国劳动人民的勤劳、智慧和创造力。

土木工程材料是土木工程的物质基础，材料的性质与质量在很大程度上决定了工程的性能与质量。在工程实践中，选择、使用、分析和评价材料，通常是以其性质为基本依据的。土木工程材料的性质，可分为基本性质和特殊性质两大部分。材料的基本性质是指土木工程中通常必须考虑的最基本的、共有的性质；材料的特殊性质则是指材料本身的不同于别的材料的性质，是材料的具体使用特点的体现。

1.1 材料的物理性质

1.1.1 材料的密度、表观密度和堆积密度

1. 密度

材料在绝对密实状态下单位体积的质量，称为密度（俗称比重）。其计算公式如下：

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

式中， ρ ——材料的密度， kg/cm^3 ；

m ——材料在干燥状态下的质量， kg ；

v ——材料在绝对密实状态下的体积， cm^3 。

式(1.1)中绝对密实状态下的体积，是指材料中实体物质的体积，不包括材料中的孔隙体积。

密度的单位在 SI 制(国际单位制)中为 kg/m^3 ，我国建设工程中一般使用 g/cm^3 ，偶尔用 kg/L ，忽略不写时，隐含的单位为 g/cm^3 ，如水的密度为 1。

多孔材料的密度测定，关键是测出绝对密实体积。在常用的土木工程材料中，绝大多数的材料都或多或少地含有一定数量的孔隙，如砖、混凝土、石材等；只有钢、玻璃、沥青等少数材料可近似认为不含孔隙。测定含孔材料绝对密实体积的方法是将该材料磨成细粉，使其内部封闭的孔隙暴露出来，干燥后用排液法(李氏瓶)测得的粉末体积即为绝对密实体积。由于磨得越细，内部孔隙消除得越完全，测得的体积也就越精确，因此，一般要求细粉的粒径至少小于 0.2 mm。

另外，测试材料密度时要先将材料烘干，所以密度大小与材料的含水率无关。对于砂

石,因其孔隙率很小, $v \approx v_0$ (v_0 指材料在自然状态下的体积),常不经磨细,直接用排液法测定其密度。对于本身不绝对密实,而用排液法测得的密度,称为视密度或视比重。

2. 表观密度

材料在自然状态下单位体积的质量,称为表观密度(原称容重)。其计算公式如下:

$$\rho_0 = \frac{m}{v_0} \quad (1.2)$$

式中, ρ_0 ——材料的表观密度, kg/m^3 ;

m ——材料在干燥状态下的质量, kg ;

v_0 ——材料在自然状态下的体积, m^3 。

式(1.2)中自然状态下的体积是指材料的实体体积与材料内部孔隙体积之和。

测定材料在自然状态下的体积的方法较简单,若材料外观形状规则,可直接度量外形尺寸,按几何公式计算其自然状态下的体积;若材料外观形状不规则,可用排液法测得,为了防止液体由孔隙渗入材料内部而影响测定值,应在材料表面涂蜡。

材料的表观体积是指包括内部封闭孔隙在内的体积。其封闭孔隙的多少,孔隙中是否含有水及含水的多少,均可能影响其体积。

因此,材料的表观密度与其内部构成状态及含水状态有关。所以测定表观密度时须同时测定其含水率,注明含水状态。材料的含水状态有风干(气干)、烘干、饱和面干和湿润四种,一般为气干状态。烘干状态下的表观密度称为干表观密度。

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(原称松散容重)。其计算公式如下:

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

式中, ρ'_0 ——散粒材料的堆积密度, kg/m^3 ;

m ——散粒材料在干燥状态下的质量, kg ;

v'_0 ——散粒材料的自然堆积体积, m^3 。

材料的堆积密度定义中亦未注明材料的含水状态。根据散粒材料的紧密状态,堆积体积分为松散堆积体积和紧密堆积体积(人工捣实后)。由紧密堆积体积测得的堆积密度称为紧密堆积密度。

1.1.2 材料的密实度与孔隙率

1. 密实度

材料体积内固体物质填充的程度,称为密实度,用 D 表示。其计算公式如下:

$$D = \frac{v}{v_0} \times 100\% = \frac{\rho_0}{\rho} \times 100\% \quad (1.4)$$

式中, ρ ——密度, kg/m^3 ;

ρ_0 ——材料的表观密度, kg/m^3 。

对于绝对密实材料, 因 $\rho_0 = \rho$, 故密实度 $D=1$ 或 100% 。对于大多数土木工程材料, 因 $\rho_0 < \rho$, 故密实度 $D < 1$ 或 $D < 100\%$ 。

2. 孔隙率

材料中孔隙体积占材料总体积的百分率, 称为材料的孔隙率, 用 P'_0 表示。其计算公式如下:

$$P'_0 = \frac{v_0 - v}{v_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right) \times 100\% \quad (1.5)$$

式中, ρ_0 ——材料的表观密度, kg/m^3 。

v_0 ——材料在自然状态下的体积, m^3 。

材料孔隙率的大小反映了材料的密实程度, 孔隙率大, 则密实度小。工程中对于保温隔热材料和吸声材料, 要求其孔隙率大; 而对于高强度的材料, 则要求其孔隙率小。

工程上, 一般通过测定材料的密度和表观密度来计算材料的孔隙率。

一些常用土木工程材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率如表 1.1 所示。

表 1.1 常用土木工程材料的密度、表观密度、堆积密度和孔隙率

材料名称	密 度	表观密度	堆积密度	孔 隙 率
石灰岩	2.6~2.8	1800~2600	—	—
花岗石	2.7~3.0	2000~2850	—	0.5~3.0
水泥	2.8~3.1	—	900~1300(松散堆积) 1400~1700(紧密堆积)	—
混凝土用砂	2.5~2.6	—	1450~1650	—
混凝土用石	2.6~2.9	—	1400~1700	—
普通黏土砖	2.5~2.7	1500~1800	—	20~40
黏土	2.5~2.7	—	1600~1800	5~20
木材	1.55~1.60	400~800	—	55~75
钢材	7.85	7850	—	0

1.1.3 材料的填充率与空隙率

1. 填充率

填充率是指粉状或颗粒状材料在其堆积体积中, 被固体颗粒填充的程度, 用 D' 表示。其计算公式如下:

$$D' = \frac{v_0}{v'_0} \times 100\% \quad (1.6)$$

式中, v_0 ——材料所有颗粒体积之总和, m^3 ;

v'_0 ——材料的堆积体积, m^3 。

2. 空隙率

散粒材料在堆积状态下，颗粒间的空隙体积占堆积体积的百分率，称为材料的空隙率，用 P'_0 表示。其计算公式如下：

$$P'_0 = \frac{v'_0 - v_0}{v'_0} \times 100\% = \left(1 - \frac{v_0}{v'_0}\right) \times 100\% = \left(1 - \frac{\rho'_0}{\rho_0}\right) \times 100\% \quad (1.7)$$

空隙率的大小反映了散粒材料堆积时的致密程度，与颗粒的堆积状态密切相关。空隙率可作为控制混凝土集料级配与计算砂率的依据。

填充率和空隙率从两个不同侧面反映粉状或颗粒状材料的颗粒相互填充的疏密程度，二者之和等于1。

1.2 材料的力学性质

1.2.1 材料受力状态

材料在受外力作用时，由于作用力的方向和作用线(点)的不同，表现为不同的受力状态，典型的受力情况如图 1.1 所示。

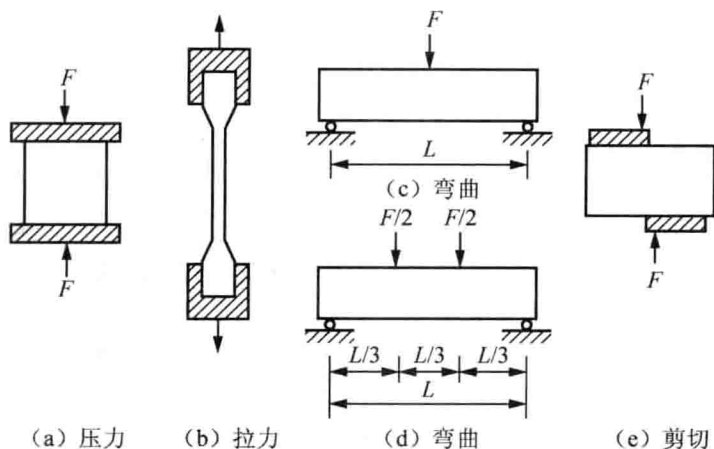


图 1.1 材料的受力情况

1.2.2 材料的强度

1. 强度

材料的强度是指材料抵抗外力破坏的最大应力值，不同的结构构件所能承受的外力状态不同。材料的强度可分为抗压强度、抗拉强度、抗弯(折)强度和抗剪强度。

抗压强度、抗拉强度、抗剪强度的计算公式如下：

$$f = \frac{F}{A} \quad (1.8)$$

式中, f ——材料的抗压、抗拉、抗剪强度, MPa;

F ——材料承受的最大荷载, N;

A ——材料的受力面面积, mm^2 。

抗弯(折)强度在受力状态时的计算公式如下:

$$f = \frac{3FL}{2bh^2} \quad (1.9)$$

式中, f ——材料的抗弯(折)强度, MPa;

F ——材料承受的最大荷载, N;

L ——两支点之间的距离, mm;

b ——材料受力截面的宽度, mm;

h ——材料受力截面的高度, mm。

影响材料强度的因素有材料的组成、材料的孔隙率和材料的含水率。另外, 试验时, 所用试件尺寸的大小以及加荷速度的快慢也会对材料强度产生一定影响。

为了掌握材料性能、便于分类管理、合理选用材料、正确进行设计、控制工程质量, 常将材料按其强度的大小, 划分成不同的等级, 称为强度等级, 它是衡量材料力学性质的主要技术指标。脆性材料如混凝土、砂浆、砖和石等, 主要用于承受压力, 其强度等级用抗压强度来划分; 韧性材料如建筑钢材, 主要用于承受拉力, 其强度等级就用抗拉时的屈服强度来划分。

分析与思考

影像材料强度测试结果的试验条件有哪些?

重要提示: 材料的质量指标和试验结果是有条件的、相对的, 是与取样、测试和数据处理密切相关的。在进行建筑材料试验的整个过程中, 材料的取样、操作方法和数据处理, 都应严格按照国家(或部颁)现行的有关标准和规范执行, 以保证试样的代表性、试验条件的稳定一致以及测试技术和计算结果的正确性。

2. 比强度

材料的强度与材料的表观密度之比称为比强度。比强度是衡量材料轻质高强特性的技术指标。优质的结构材料应具有较高的比强度, 这样才能以尽量较小的截面满足强度要求, 同时可以大幅度减少结构构件本身的质量。

3. 弹性与塑性

1) 弹性

弹性是指材料在外力作用下产生变形, 当外力去除后, 能完全恢复原来形状的性质。这种变形称为弹性变形。

2) 塑性

塑性是指材料在外力作用下产生变形, 当外力去除后, 仍保持变形后的形状和尺寸,

且不产生裂缝的性质。这种不可恢复的变形称为塑性变形。

完全的弹性材料或塑性材料是没有的,大多数材料在受力变形时,既有弹性变形,也有塑性变形,只是在不同的受力阶段,变形的主要表现形式不同,当材料受力不大时,表现为弹性性质,当材料受力超过一定限度时,则表现为塑性性质。

4. 脆性与韧性

1) 脆性

材料在外力作用下,无明显塑性变形而发生突然破坏的性质,称为脆性。普通混凝土、砖、陶瓷、玻璃等大部分无机非金属材料均为脆性材料。一般脆性材料的抗压强度比其抗拉、抗弯强度高很多倍,其抵抗冲击和振动的能力较差,不宜用于承受振动和冲击的场合。

2) 韧性

材料在冲击或振动荷载作用下,能吸收较多的能量,并产生一定的变形而不破坏的性质,称为韧性。低碳钢、低合金钢、铝合金、塑料、橡胶、木材和玻璃钢等均为韧性材料。

5. 硬度与耐磨性

1) 硬度

硬度是指材料表面抵抗其他硬物压入或刻划的能力。非金属材料的硬度用摩氏硬度表示,它是用系列标准硬度的矿物块对材料表面进行划擦,根据划痕确定硬度等级。

金属材料的硬度等级常用压入法测定,主要有:布氏硬度法(HB),是以淬火的钢珠压入材料表面产生的球形凹痕单位面积上所受压力来表示;洛氏硬度法(HR),是用金刚石圆锥或淬火的钢球制成的压头压入材料表面,以压痕的深度来表示。硬度大的材料其强度也高,工程上常用材料的硬度来推算其强度,如用回弹法测定混凝土强度时,即是用回弹仪测得混凝土的表面硬度,再间接推算出混凝土的强度的。

2) 耐磨性

耐磨性是指材料抵抗磨损的能力,用磨损率来表示。材料的耐磨性与硬度、强度及内部构造有关。

【实例 1-1】人们在测试混凝土等材料的强度时可观察到,同一试件,若加荷速度过快,所测值偏高。

原因分析:材料的强度除与其组成结构有关外,还与其测试条件有关,包括加荷速度、温度、试件大小和形状等。当加荷速度过快时,荷载的增长速度大于材料裂缝的扩展速度,测出的数值就会偏高。因此,在材料的强度测试中,一般都规定其加荷速度范围。

1.3 材料与水有关的性质

1.3.1 亲水性与憎水性

当水与材料表面相接触时,不同的材料被水所润湿的情况各不相同,会产生如图 1.2