

21世纪高等职业院校土木工程专业系列教材
中国土木工程学会教育工作委员会推荐教材
北京市高等学校教育教学改革立项项目教材

建筑材料

李崇智 周文娟 王林 编著

清华大学出版社

21世纪高等职业院校土木工程专业系列教材
中国土木工程学会教育工作委员会推荐教材
北京市高等学校教育教学改革立项项目教材

建筑材料

李崇智 周文娟 王林 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书是由土木工程学会教育工作委员会推荐的 21 世纪高等职业院校土木工程专业系列教材之一,根据高等职业院校土木工程专业的培养目标和教学大纲编写而成。本书主要介绍了土木工程材料的基本性质、生产制备和使用方法及质量检测管理,结合工程实践编写了综合实训及面试典型问题对策等,采用最新标准和规范。每章设有要点提示、小结与思考题。知识体系简明扼要,易于理解掌握,实用性强。

本书可用作土木工程专业的高职教学、试验人员培训、高等教育自学考试及专升本的参考用书,也可作为水泥混凝土企业及土木工程有关技术人员的学习参考书。

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

建筑材料/李崇智,周文娟,王林编著. —北京:清华大学出版社,2009.9

(21 世纪高等职业院校土木工程专业系列教材)

ISBN 978-7-302-20653-8

I. 建… II. ①李…②周…③王… III. 建筑材料—高等学校:技术学校—教材 IV. TU5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 124576 号

责任编辑:徐晓飞 李 嫚

责任校对:赵丽敏

责任印制:孟凡玉

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

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

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:203×253 印 张:11 字 数:313 千字

版 次:2009 年 9 月第 1 版 印 次:2009 年 9 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:25.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770177 转 3103 产品编号:032981-01

编 委 会

名誉主编：袁 驷 江见鲸

主 编：崔京浩

副 主 编：陈培荣

编 委(按姓名拼音排序)：

傅裕寿 金荣耀 李 锐 李崇智 刘琮昕
刘全义 刘世奎 苏 乾 王嵩明 吴宝瀛
徐晓飞 杨国富 易可佳 张正威 周 坚
周玉明

编辑办公室主任：徐晓飞

丛书总序

这套“21 世纪高等职业院校土木工程专业系列教材”，由于具有突出的针对性、实用性、实践性和应对性，受到中国土木工程学会教育工作委员会的好评，被列为“中国土木工程学会教育工作委员会推荐教材”；同时由于在内容安排、教学理念、培养模式等方面的特色，入选“北京市高等学校教育教学改革立项项目教材”。

我国现阶段面临着严峻的就业形势，其中人才结构问题非常明显：一方面表现为职业技能人才严重不足；另一方面普通本科大学毕业生又出现过剩的局面。因此，高等职业院校得到迅猛发展，土木建筑类高等职业院校尤其突出。

土木建筑业属于劳动密集型行业，我国农村 2 亿富余劳动力有一半（约 1 亿）在建筑业打工，这部分劳动者技术素质偏低，迫切需要为生产第一线充实技术指导人员（施工技术员）。这部分技术人员就是高职院校土木建筑工程专业的培养目标。

为此，我们专门组织了一批具有高级职称又在高职院校（北京科技经营管理学院建工专业）任教 5 年以上，具有丰富教学经验的教师编写了这套教材。整套教材贯彻了如下的原则和要求：

（1）突出针对性——高职土木的培养目标是生产第一线的技术人才，通常称之为“施工技术员”。因此，在编写时有针对性地删减了繁琐的理论推导和冗长的分析计算，增加生产第一线的专业知识和技能；做到既要充分体现高职土木的培养目的，又要兼顾本门课程理论上和专业上的系统性和完整性。

（2）突出实用性——大幅度地增加“施工技术员”需要的专业知识和职业技能，特别是“照图施工”的知识和技能，克服过去那种到工地上看不懂图的弊端。为此，所有专业课均增加了有关识图的内容。

（3）突出实践性——大力改进实践环节，加强职业技能的培训。第一，所有专业课在最后均增加了一章“课程实训”，授课配合必要的参观和现场讲解。第二，强化“毕业综合实训”，围绕学生毕业后到生产第一线需要的知识和技能进行综合性的实训。为此本套教材专门编写了一本《毕业综合实训指导》，供教师在最后的实训环节参考。

（4）突出应对性——现代求职一个重要的环节是面试，面试的效果对求职成败有重要的影响。因此，本套教材每种书都专门讨论应对面试的内容、能力和职业素质，归纳为“本门课程求职面试可能遇到的典型问题应对”一章。

在编写这套教材时，虽然经过反复讨论和修改并经过两轮的教学实践，但是仍不可避免地存在不足乃至错误，请广大读者和同行指出、不吝赐教。

主编：肖启浩 于清华园

前 言

目前,我国普通高等教育、高等职业教育院校的教学改革提倡减少理论教学课时,增加实践教学课时,目的在于培养应用型、技能型人才,以更大程度满足我国社会主义建设发展的社会需求。随着科学技术的快速发展,各种新材料、新工艺、新标准和新规范不断出现。在这种形势下,建筑材料课程必须紧跟材料发展的步伐,不断更新。

本书重点阐明建筑材料基本性质,如胶凝材料、混凝土、建筑钢材、墙体与屋面材料、防水材料、建筑塑料、木材及装饰材料等,内容上尽可能反映建筑材料学科新成就、新技术和新标准,编写了建材试验、综合实训、面试典型问题对策等内容,并对2007年、2008年全国建筑材料高等教育自学考试试题及参考答案进行评析,目的在于使学生掌握主要土木工程材料的性质、制备和使用方法以及质量检测与控制方法,同时最大限度地满足试验人员培训、土木工程各种上岗证考试以及全国建筑材料高等教育自学考试等要求。

该书具有如下特点:知识体系简明扼要,易于理解,便于学习,每章设有内容提要、小结及复习思考题等,重要知识点有参考例题,可供土木工程相关专业的高职学生、高等学校自学考试学生和专升本考生参考使用,还可供本科院校相关专业土木工程材料课程(少学时)选用,也可供水泥与混凝土企业以及土木工程的技术人员培训使用。

本书的编写工作安排具体如下:其中李崇智编写第1、2、3、8、9、10、13、14章;周文娟编写5、6、7、11、12章;王林编写第4章。北京建筑工程学院宋少民、陈家珑同志提供了大量素材,并在百忙中审阅了本教材,提出了宝贵意见;祁艳军、周理安同志完成了部分文字录入编排工作,在此一并表示诚挚的感谢。

鉴于编写人员水平有限,书中不当及错漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2009年7月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 建筑材料定义及其分类	1
1.2 建筑材料的技术标准与规范	1
1.3 建筑材料的发展趋势	2
1.4 学习方法	2
1.5 本章小结	3
第 2 章 建筑材料基本性质	4
2.1 材料的基本物理性质	4
2.1.1 密度、表观密度和堆积密度	4
2.1.2 密实度与孔隙率	5
2.1.3 填充率与空隙率	6
2.1.4 材料与水有关的性质	6
2.1.5 材料的热工性质	9
2.2 材料的力学性质	9
2.2.1 强度与比强度	9
2.2.2 弹性与塑性	11
2.2.3 韧性与脆性	11
2.2.4 硬度与耐磨性	11
2.3 材料的耐久性	12
2.4 本章小结	12
第 3 章 无机胶凝材料	14
3.1 气硬性胶凝材料	14
3.1.1 石灰	14
3.1.2 石膏	16
3.1.3 水玻璃	17
3.2 水硬性胶凝材料——水泥	18
3.2.1 水泥的分类	18
3.2.2 硅酸盐水泥的基本知识	19
3.2.3 通用硅酸盐水泥的技术要求	20
3.2.4 含掺和料硅酸盐水泥的性质	22
3.2.5 通用水泥的选用	23
3.2.6 特性水泥	23
3.3 本章小结	24

第4章 混凝土与砂浆	26
4.1 混凝土分类及其特点	26
4.1.1 混凝土分类	26
4.1.2 混凝土特点	27
4.2 混凝土的组成材料	27
4.2.1 水泥	27
4.2.2 细骨料	28
4.2.3 粗骨料	30
4.2.4 混凝土拌合及养护用水	32
4.2.5 化学外加剂	32
4.2.6 矿物掺和料	34
4.3 混凝土的技术性能	36
4.3.1 混凝土拌合物的和易性	36
4.3.2 混凝土的力学性能	38
4.3.3 混凝土的变形性能	42
4.3.4 混凝土的耐久性	44
4.4 混凝土的质量控制与强度评定	46
4.4.1 混凝土的质量控制	46
4.4.2 混凝土强度的评定	48
4.5 混凝土配合比设计	49
4.5.1 普通混凝土配合比的设计原则	50
4.5.2 混凝土配合比设计步骤	50
4.5.3 试验室配合比的确定	54
4.5.4 混凝土配合比设计实例	55
4.6 特种混凝土	57
4.6.1 轻混凝土	57
4.6.2 纤维混凝土	58
4.6.3 聚合物混凝土	58
4.6.4 高强混凝土	58
4.7 建筑砂浆	58
4.7.1 砌筑砂浆	58
4.7.2 普通抹面砂浆	61
4.7.3 防水砂浆	62
4.7.4 装饰砂浆	63
4.7.5 特种砂浆	64
4.8 本章小结	64
第5章 建筑钢材	67
5.1 钢材的分类	67
5.1.1 脱氧程度	67

5.1.2	化学成分	67
5.1.3	其他分类	68
5.2	钢材的主要技术性能	68
5.2.1	力学性能	68
5.2.2	钢材的工艺性能	71
5.3	钢材的技术标准与应用	73
5.3.1	常用建筑钢种	73
5.3.2	钢结构用钢	76
5.3.3	钢筋混凝土用钢	77
5.4	钢材的质量控制	78
5.4.1	钢材化学成分对钢性能的影响	78
5.4.2	钢材的锈蚀与防护	79
5.5	本章小结	79
第 6 章	墙体与屋面材料	81
6.1	天然石材	81
6.1.1	常用的天然石材	81
6.1.2	天然石材的技术性质	81
6.2	砌墙砖	82
6.2.1	烧结砖	82
6.2.2	非烧结砖	84
6.3	砌块	85
6.3.1	混凝土砌块	85
6.3.2	轻骨料混凝土小型空心砌块	85
6.3.3	蒸压加气混凝土砌块	86
6.3.4	粉煤灰小型砌块	86
6.4	墙板	86
6.4.1	GRC 轻质多孔隔墙条板	86
6.4.2	纸面石膏板	86
6.4.3	轻型复合墙板	87
6.5	屋面材料	87
6.5.1	烧结类瓦材	88
6.5.2	新型屋面瓦材与板材	88
6.6	本章小结	88
第 7 章	防水材料	90
7.1	概述	90
7.2	沥青防水材料	91
7.2.1	沥青	91
7.2.2	沥青防水材料	92
7.3	新型防水材料	93

7.3.1	高聚物改性沥青防水卷材	93
7.3.2	合成高分子防水卷材	94
7.3.3	聚合物改性沥青防水涂料	95
7.3.4	合成高分子防水涂料	95
7.4	防水材料的选用	96
7.5	本章小结	97
第8章	建筑塑料	98
8.1	塑料的组成与特性	98
8.1.1	塑料的组成	98
8.1.2	塑料的特性	99
8.2	常用建筑塑料及制品	99
8.2.1	热塑性塑料	99
8.2.2	热固性塑料	100
8.2.3	玻璃纤维增强塑料	100
8.3	本章小结	100
第9章	木材	102
9.1	木材的分类与构造	102
9.1.1	木材的分类	102
9.1.2	木材的构造	102
9.2	木材的性能及应用	103
9.2.1	木材的物理力学性质	103
9.2.2	木材及其制品的应用	104
9.3	木材的防护与防火	104
9.3.1	木材的腐朽与防腐	104
9.3.2	木材的防虫	105
9.3.3	木材的防火	105
9.4	本章小结	106
第10章	装饰材料	107
10.1	绝热材料	107
10.2	吸声材料	108
10.3	装饰材料	109
10.4	本章小结	111
第11章	常用建筑材料性能检测试验	113
11.1	检测试验室管理	113
11.1.1	检测室管理	113
11.1.2	试验室安全管理	114
11.2	水泥试验	114

11.2.1	标准稠度用水量试验	114
11.2.2	凝结时间试验	115
11.2.3	安定性试验	116
11.2.4	胶砂强度试验	117
11.3	骨料试验	119
11.3.1	骨料的取样与缩分	119
11.3.2	砂的筛分试验	120
11.3.3	砂的表观密度试验	120
11.3.4	砂的堆积密度与空隙率试验	121
11.3.5	砂的含泥量试验(人工砂为石粉含量试验)	122
11.3.6	砂的泥块含量试验	122
11.3.7	石的筛分试验	123
11.3.8	石的表观密度试验	123
11.3.9	石的压碎指标值试验	124
11.4	混凝土试验	124
11.4.1	混凝土拌合物的和易性试验	125
11.4.2	普通混凝土立方体抗压强度试验	125
11.5	建筑砂浆试验	127
11.5.1	砂浆稠度试验	127
11.5.2	砂浆分层度试验	127
11.5.3	抗压强度试验	128
11.6	钢材试验	129
11.6.1	热轧带肋钢筋原材的取样方法及样品的规格	129
11.6.2	拉伸试验	130
11.6.3	弯曲试验	131
11.7	烧结普通砖试验	131
11.8	石油沥青试验	132
11.8.1	针入度试验	132
11.8.2	沥青延度试验	134
11.8.3	软化点试验	134
11.9	SBS 防水卷材试验	136
11.9.1	试样制备	136
11.9.2	最大拉力时延伸率试验	136
11.9.3	不透水性试验	137
11.9.4	低温柔度试验	137
11.9.5	耐热度试验	138
11.10	本章小结	138
第 12 章	课程实训	139
12.1	目的与要求	139
12.2	混凝土配合比设计综合实训	139

12.2.1 实训题目	139
12.2.2 实训内容	140
12.2.3 混凝土配合比设计实训步骤	140
12.2.4 混凝土配合比设计实训系列报告	142
第 13 章 本课程求职面试可能遇到的典型问题应对	147
13.1 试验管理等实际问题	147
13.2 工程应用问题	149
13.3 一般常识问题应对	149
第 14 章 典型考试实例分析	151
14.1 第一部分(单项选择题)的应对	151
14.2 第二部分(非选择题)的应对	152
参考文献	161

第1章 绪 论

本章介绍建筑材料的分类、常用标准、绿色建筑材料等概念及本课程学习方法。

1.1 建筑材料定义及其分类

建筑材料是指所有用于土木工程中的材料,它是一切土木工程的物质基础,也称土木工程材料。简言之,“建筑材料”加“结构”就是“建筑物”,建筑材料包括水泥、混凝土、钢材、沥青、塑料、玻璃、陶瓷、石材、铝材、木材、涂料等。建筑材料的种类繁多,性能各异,除了用于建设普通民用住宅、商场大厦、办公大楼、宾馆饭店、车站码头、电站、隧道桥梁、运输管道以外,还用于工业、农业、国防建设,如工业厂房、污水处理工程、采矿采油工程、海洋矿井工程、农林水利灌溉工程、国防军事工程、通信工程等,其分类方法很多。

(1) 按制造方法分类,建筑材料可分为天然材料和人工材料。天然材料如天然石材、木材、土、砂等;人工材料如钢材、铝合金、砖瓦、玻璃、塑料、石油沥青等。

(2) 按化学组成分类,建筑材料可分为无机材料、有机材料和复合材料。无机材料又分为金属材料和非金属材料,金属材料主要有建筑钢材、铝合金、不锈钢、铜、铸铁等,非金属材料包括天然石材、砖、瓦、水泥、混凝土、建筑陶瓷、建筑玻璃等,又称矿物质材料;有机材料包括天然的有机材料与合成的有机材料,天然有机材料如木材、竹材、沥青、漆、植物纤维等,合成有机材料如塑料、涂料、合成树脂、粘结剂、密封材料等;复合材料指两种或两种以上材料复合而成的材料,如钢筋混凝土、钢纤维混凝土、聚合物混凝土、沥青混凝土等。

(3) 按使用功能分类,建筑材料可分为结构材料、装饰材料、绝热材料、防水材料、吸声材料、防火材料等。

(4) 按使用部位分类,可分为基础材料、结构材料、屋面材料、地面材料、墙体材料等。

1.2 建筑材料的技术标准与规范

建筑材料的技术标准是产品质量的技术依据,也是供需双方对产品质量进行验收的依据。标准内容大致包括材料的质量要求和检验两大方面,具体包括产品规格、分类、技术要求、检验方法、验收规则、标志、运输和储存等方面的内容。

我国建筑材料的技术标准由标准名称、标准级别代号、标准编号及颁布年代等组成,分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准四级。

(1) 国家标准,如《通用硅酸盐水泥》(GB 175—2007),其中“通用硅酸盐水泥”为该标准的技术(产品)名称;“GB”为国家标准的代号;“175”为标准编号;“2007”为标准颁布年代号,上述标准为强制性国家标准,任何技

术(产品)不得低于此标准。此外,还有推荐性国家标准,以“GB/T”为标准代号。

(2) 行业标准,如《建筑生石灰》(JC/T 479—1992),其中“JC”为建材行业的标准代号;“T”表示推荐标准;“479”为此类技术标准的顺序号;“1992”为标准颁发年代号。

(3) 地方标准和企业标准,代号为“DB”、“DB/T”和“QB”,其后分别注明地方标准或企业标准代号、标准顺序号、制定年代号等。

另外还有国际标准,如:①团体标准和公司标准,指国际上有影响的团体和公司的标准,如美国材料与实验协会标准,代号为 ASTM;②区域性标准,如德国工业标准,代号为 DIN;③国际标准化组织标准,代号为 ISO。

1.3 建筑材料的发展趋势

建筑材料是随着社会生产力的发展而发展的。远古时期人类居住在洞穴中,石器时代人类挖土凿石,伐木搭棚。中国早期生产的建筑材料,如公元前 7 世纪万里长城大量使用砖石材料,战国时期(公元前 475 年—公元前 221 年)人类学会用粘土烧制砖瓦,用岩石烧制石灰、石膏,广泛使用筒瓦、板瓦、大块空心砖和墙壁装修用砖等。公元前 2 世纪在欧洲已采用天然火山灰、石灰、碎石拌制天然混凝土。18~19 世纪欧洲工业革命带来了水泥、钢材、玻璃的相继发明,自 1824 年英国人 Joseph Aspdin 发明了水泥以来,建筑材料的生产和应用发展空前迅速,1850 年法国人制造了第一只钢筋混凝土小船,1872 年在纽约出现了第一座钢筋混凝土房屋,随后建造了高层建筑和桥梁。到了 20~21 世纪,化学建材蓬勃发展,以高分子材料、复合材料为代表,土木工程材料在性能、质量、品种上得到了快速发展。

建筑材料的大量生产,消耗了自然界中大量的原材料,材料的生产制造要消耗大量的能量,并产生废气、废渣,对环境构成污染。如生产水泥要使用石灰石和粘土类原材料,占混凝土体积大约 80% 的砂石骨料要开山采矿、挖掘河床,严重破坏了自然景观和自然生态;木材取自森林资源,森林面积的减少,加剧了土地的沙漠化。烧制粘土砖要取土,毁掉大片农田,对于人均耕地面积很少的我国不容乐观。每烧制 1t 水泥熟料耗标准煤 178kg,同时放出 1t 二氧化碳气体。建筑材料在运输和使用过程中,也要消耗能量,并对环境造成污染和破坏。在建筑施工过程中,由于混凝土的振捣及施工机械的运转产生噪声、粉尘、妨碍交通等现象,对周围环境造成了各种不良影响。研制和开发高性能建筑材料和绿色建筑材料是建筑材料工业的发展趋势,轻质、高强、高耐久性、优异装饰性和多功能的材料会越来越多。

高性能建筑材料是指比现有材料的性能更为优异的建筑材料,如高性能混凝土就是通过混凝土中掺加化学外加剂和矿物超细粉使普通混凝土高性能化而获得的高工作性、高强度和高耐久性;绿色建筑材料又称生态建筑材料或健康建筑材料,它是指生产建筑材料的原料尽可能少用天然资源,大量使用工业废料,采用低能耗制造工艺和不污染环境的生产技术,产品配制和生产过程中不使用有害和有毒物质,产品设计是以改善生活环境、提高生活质量为宗旨,产品可循环利用,且使用过程无有毒、有害物质释放,既满足可持续发展的需要,又实现发展与环保的统一,不损害后代人利益。总之,高性能建筑材料的发展趋势有三个方面:发展高性能建筑材料,如高性能混凝土;发展复合多功能建筑材料,如聚合物混凝土;大量应用废弃资源、再生循环能源,生产对人身无害的绿色建材。

1.4 学习方法

建筑材料是建筑工程、建筑施工与建筑工程管理等专业必修的一门专业基础课。本课程的任务是使学生获得有关建筑材料的性质与应用的基本知识和基本理论,并获得主要建筑材料试验的基本技能。

建筑材料是一门实用性很强的专业课,一般要从原材料、生产、组成、性质、技术标准(质量要求和检验)、工程应用特点、运输与储存等方面进行了解。其内容看似容易,实则不易,应避免“一听就能懂,一用就不会”的现象。为适应现代土木工程的发展,高职学生以及正准备高等教育自学考试的学生在学习建筑材料课程时,要听好课,多练习,在理解材料性能特点的基础上,自觉拓宽知识面,及时了解建筑材料的最新标准与发展情况,为今后从事专业技术和管理工作时能够合理选择和使用建筑材料打下基础。试验课是本课程的重要教学环节,其任务是验证基本理论,学习试验方法,培养科学研究能力和严谨缜密的科学态度。做试验时,要严肃认真,一丝不苟,即使对一些操作简单的试验也不应例外。要了解试验条件对试验结果的影响,要能对试验结果做出正确的分析和判断。

教材各章小结对知识点按了解、理解和掌握三个层次提出考核要求。了解是最低层次的要求,凡是属于了解的内容,要求对它们的概念、理论及计算方法有基本的认识;理解是较高层次的要求,凡是属于理解的内容,要求理解有关内容的基本概念、基本理论、基本方法,并能在理解的基础上对相关问题进行分析和判断,得出正确结论;掌握是高层次的要求,凡是需要掌握的知识点,都是今后实际工作中需要应用的重要内容,要求熟练掌握。这些内容,不仅要深入理解,还要能够综合应用所学,解决实际建筑工程中涉及的问题。

1.5 本章小结

要求理论联系实际,掌握建筑材料课程的学习方法,重点理解建筑材料的分类、有关标准与发展特点。

思考题

1. 简述建筑材料的分类。
2. 我国建筑材料的技术标准分为哪四级?
3. 何谓绿色建筑材料?

第 2 章 建筑材料基本性质

本章介绍材料的基本物理性质、材料与水和热有关的性质、材料的力学性质与变形性能、材料的耐久性等。

建筑材料承受不同的作用,就需具备不同的性质,如结构材料承受外力,要求具备必要的力学性质,围护材料须满足房屋建筑的保温、隔热、防水及必要的环境要求,道路桥梁材料经受风吹、雨淋、日晒、冰冻而引起的温度变化、湿度变化及反复冻融等的破坏作用,要求材料具备一定的耐久性以满足长期暴露的大气环境或与侵蚀性介质相接触的环境。建筑材料的基本性质包括物理性质、力学性质以及耐久性,为了在工程设计与施工中正确选择和合理使用材料,必需熟悉和掌握各种材料的基本性质。

2.1 材料的基本物理性质

2.1.1 密度、表观密度和堆积密度

1. 密度

材料的密度 ρ 是指材料在绝对密实状态下单位体积的质量,计算式如下:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

式中 m ——绝对干燥状态下的质量,g;
 V ——绝对密实状态下的体积,cm³。

土木工程中常用材料密度见表 2.1。绝对密实体积指不包含孔隙体积在内的固体实物体积,密度仅由材料的组成和材料的结构决定,它是材料的特征指标,与材料所处的环境、材料干湿和孔隙无关,能用于区分不同的材料。

表 2.1 常用建筑材料的密度

材料名称	密度/(g/cm ³)	表观密度/(kg/m ³)	堆积密度/(kg/m ³)
钢材	7.85		
铝合金	2.7		
碎石(石灰石)	2.6~2.8	2300~2700	1400~1700
碎石(花岗石)	2.6~2.9	2500~2800	
砂	2.5~2.8		1450~1650
粉煤灰	1.95~2.40		550~800

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)
水泥	2.8~3.1		1600~1800
普通混凝土		2400~2500	
空心砖	2.6~2.7		1000~1400
玻璃	2.45~2.55	2450~2500	
红松木	1.55~1.60	400~600	
石油沥青	0.96~1.04		
泡沫塑料		20~50	

2. 表观密度

材料的表观密度 ρ_0 是指材料在自然状态下单位体积的质量,计算式如下:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0}$$

式中 m ——绝对干燥状态下的质量,kg;
 V_0 ——自然状态下的体积(含开口、闭口孔),m³。

表观密度也称为体积密度,计算时不包括或者忽略开口孔隙体积,表观密度有干表观密度和湿表观密度之分,必须注明含水情况,未注明者常指气干状态。

土木工程中用的粉状材料,如水泥、粉煤灰、磨细生石灰粉等,其颗粒很小,与一般石料测定密度时所研碎制作的试样粒径相近似,因而它们的表观密度,特别是干表观密度值与密度值可视为相等。砂石类散粒材料自然状态下的表观密度测定是将其饱水后在水中称量后,按排水法计算其体积,体积包括固体实体积和闭口孔隙体积,而不包括其开口孔隙和颗粒间隙,测得结果为湿表观密度。块状材料体积采用几何外形计算体积,或用蜡封置换法求体积,包括材料全部体积即实体积与所含全部孔隙体积之和,测得结果为体积密度。

3. 堆积密度

材料的堆积密度 ρ'_0 是指粉状或颗粒材料在自然堆积状态下单位体积的质量,计算式如下:

$$\rho'_0 = \frac{m}{V'_0}$$

式中 m ——绝对干燥状态下的质量,kg;
 V'_0 ——堆积状态下的体积(颗粒体积+空隙体积),m³。

按自然堆积体积计算的密度为松堆密度,以振实体积计算的则为紧堆密度。对于同一种材料,由于材料内部存在孔隙和空隙,故一般密度大于表观密度,表观密度大于堆积密度。注意:密实状态下的体积是指构成材料的固体物质本身的体积;自然状态下的体积是指固体物质的体积与全部孔隙体积之和;堆积体积是指自然状态下的体积与颗粒之间的空隙之和。

2.1.2 密实度与孔隙率

密实度指材料中密实状态体积与材料在自然状态的体积之比的百分率,用符号 D 表示,反映固体材料密实的程度,计算式如下: