



住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材

土木工程材料

Civil Engineering

余丽武 朱平华 张志军 主编
蒋林华 主审

中国建筑工业出版社

住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材

土木工程材料

余丽武 朱平华 张志军 主 编
蒋林华 主 审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

土木工程材料/余丽武主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016.12

高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材
ISBN 978-7-112-20231-7

I. ①土… II. ①余… 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 (2017) 第 004288 号

本书为“高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材系列”课程用书。全书以文字为主, 图文并茂, 是按照最新的国家标准和行业规范, 结合实践经验编写而成, 主要内容为无机胶凝材料、混凝土和砂浆、钢材、沥青及沥青混合料等土木工程材料的基本组成、生产工艺、技术性质、检验及应用, 以及常用土木工程材料试验。

本书可作为高等院校土建类专业的教材使用, 也可作为施工单位专业技术人员参考用书。为更好支持本课程的教学, 本书作者制作了多媒体教学课件, 有需要的读者可以发送邮件至 jiangongkejian@163.com 索取。

* * *

责任编辑: 仕 帅 吉万旺 王 跃

责任设计: 韩蒙恩

责任校对: 王宇枢 党 蕾

住房城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材
高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材

土木工程材料

余丽武 朱平华 张志军 主 编

蒋林华 主 审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 23 字数: 573 千字

2017 年 3 月第一版 2017 年 3 月第一次印刷

定价: 44.00 元 (赠课件)

ISBN 978-7-112-20231-7
(29610)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材 编委会成员名单

(按姓氏笔画排序)

顾 问：吕恒林 刘伟庆 吴 刚 金丰年 高玉峰

主 任 委 员：李文虎 沈元勤

副主任委员：华 渊 宗 兰 荀 勇 姜 慧 高延伟

委 员：于清泉 王 跃 王振波 包 华 吉万旺

朱平华 张 华 张三柱 陈 蓓 宣卫红

耿 欧 郭献芳 董 云 裴星洙

出版说明

近年来,我国高等教育教学改革不断深入,高校招生人数逐年增加,对教材的实用性和质量要求越来越高,对教材的品种和数量的需求不断扩大。随着我国建设行业的大发展、大繁荣,高等学校土木工程专业教育也得到迅猛发展。江苏省作为我国土木建筑大省、教育大省,无论是开设土木工程专业的高校数量还是人才培养质量,均走在了全国前列。江苏省各高校土木工程专业教育蓬勃发展,涌现出了许多具有鲜明特色的应用型人才培养模式,为培养适应社会需求的合格土木工程专业人才发挥了引领作用。

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会(以下简称江苏分会)是经中国土木工程学会教育工作委员会批准成立的,其宗旨是为了加强江苏省具有土木工程专业的高等院校之间的交流与合作,提高土木工程专业人才培养质量,促进江苏省建设事业的蓬勃发展。中国建筑工业出版社是住房和城乡建设部直属出版单位,是专门从事住房城乡建设领域的科技专著、教材、标准规范、职业资格考试用书等的专业科技出版社。作为本套教材出版的组织单位,在教材编审委员会人员组成、教材主参编确定、编写大纲审定、编写要求拟定、计划出版时间以及教材特色体现和出版后的营销宣传等方面都做了精心组织和协调,体现出了其强有力的组织协调能力。

经过反复研讨,《高等学校土木工程专业应用型人才规划教材》定位为以普通应用型本科人才培养为主的院校通用课程教材。本套教材主要体现适用性,充分考虑各学校土木工程专业课程开设特点,选择20种专业基础课、专业课组织编写相应教材。本套教材主要特点为:抓住应用型人才培养的主线;编写中采用先引入工程背景再引入知识,在教材中插入工程案例等灵活多样的方式;尽量多用图、表说明,减少篇幅;编写风格统一;体现绿色、节能、环保的理念;注重学生实践能力的培养。同时,本套教材编写过程中既考虑了江苏的地域特色,又兼顾全国,教材出版后力求能满足全国各应用型高校的教学需求。为满足多媒体教学需要,我们要求所有教材在出版时均配有多媒体教学课件。

本套《高等学校土木工程专业应用型人才规划教材》是中国建筑工业出版社成套出版区域特色教材的首次尝试,对行业人才培养具有非常重要的意义。今年正值我国“十三五”规划的开局之年,本套教材有幸整体入选《住房和城乡建设部土建类学科专业“十三五”规划教材》。我们也期待能够利用本套教材策划出版的成功经验,在其他专业、其他地区组织出版体现区域特色的教材。

希望各学校积极选用本套教材,也欢迎广大读者在使用本套教材过程中提出宝贵意见和建议,以便我们在重印再版时得以改进和完善。

中国土木工程学会教育工作委员会江苏分会

中国建筑工业出版社

2016年12月

前 言

近年来,随着我国建设行业的大发展、大繁荣以及土木工程专业教育教学改革的不断推进,全国高等学校土木工程专业教育形势也取得迅猛发展。目前全国土木工程专业本科生主干课程教材已不能反映当代土木工程在建筑材料、结构理论和建造技术等方面的新发展以及新的专业教育教学改革要求,部分教材迫切需要更新完善。

本教材作为“高等学校土木工程专业应用型人才培养规划教材”系列,是由中国土木工程学会教育委员会江苏分会和中国建筑工业出版社共同策划完成。本教材依照高等学校土木工程学科专业指导委员会制定的大纲,并参考2011年颁布的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》中知识点要求的掌握、熟悉、了解的程度来编写教材。结合社会 and 行业发展需求,教材体现了土木领域最新科技发展趋势,反映了最新土木发展成果和学校特色。

在教材编写内容上反映了本学科国内外的新成就和我国相关的新标准、新规范、新技术、新方法以及新材料,并紧密结合应用型人才培养模式的需求特点,突出实用性,力求达到教材内容系统性、完整性、先进性和实用性的统一。

在教材中有以下几点特色:

(1) 教材的内容由浅入深、循序渐进、通俗易懂,尽可能地增加当今土木工程行业中的新型土木工程材料的种类及其性能方面的介绍,体现绿色、节能、环保的理念。

(2) 为适应土木工程行业材料日新月异的发展,编写的内容中对于部分传统的材料进行了更新,并补充了反映当今国内外的新兴材料的内容介绍,让学生能适当了解土木工程材料的最新动态,掌握最新知识。

(3) 为了适应当代大学生的特点,本教材的编写采用条文式写法,并尽量多用图、表进行说明。

(4) 每章开始设有“本章要点及学习目标”,每章最后增设了“本章小结”及“思考与练习题”,以便学生能更好地掌握本章的核心内容。

(5) 为了教材的立体化建设的需要,制作了教材相配套的电子课件。

本教材承蒙河海大学蒋林华教授悉心审定,并提出宝贵的修改意见。全书由南京工程学院余丽武教授进行统稿,由余丽武、朱平华、张志军担任主编,其中前言、第4章和第5章由南京工程学院余丽武编写,第1章及第6章由常州大学朱平华编写,第2章及第9章由中国矿业大学徐海学院郑玉莹编写,第3章及第7章由南京理工大学泰州科技学院孟玮编写,第8章由徐州工程学院张志军编写,第10章及第11章由徐州工程学院杨捷编写,附录由淮阴工学院曹茂柏编写。

本书由多所高校的教师共同编写完成,在编写过程中得到了河海大学和徐州工程学院的大力协助,在此一并表示感谢。由于编写时间仓促以及编者水平有限,加之土木工程材料的种类繁多,新材料发展迅速,故本书中难免有疏漏或不妥之处,敬请广大师生、读者批评指正。

编 者

2016年11月

目 录

第1章 绪论 1

本章要点及学习目标 1

1.1 土木工程材料的定义 1

1.2 土木工程材料的分类 1

1.3 土木工程材料与土木工程的关系 2

1.3.1 土木工程材料质量决定着土木工程建设的质量 2

1.3.2 土木工程材料造价左右着土木工程建设的经济性 2

1.3.3 土木工程材料的发展促进着工程技术的进步 3

1.4 土木工程材料的发展 3

1.4.1 天然材料阶段 3

1.4.2 人工材料阶段 3

1.4.3 复合材料阶段 4

1.4.4 当前与今后的发展 4

1.5 土木工程材料的技术标准 5

1.5.1 国家标准 5

1.5.2 行业标准 5

1.5.3 地方标准 5

1.5.4 企业标准 5

1.5.5 国际标准 5

1.6 本课程的性质、内容和要求 6

1.6.1 课程的性质 6

1.6.2 课程的内容 6

1.6.3 课程的要求 6

本章小结 7

思考与练习题 7

第2章 土木工程材料的基本性质 8

本章要点及学习目标 8

2.1 材料的组成、结构与构造 8

2.1.1 材料的组成 8

2.1.2 材料的结构和构造 9

2.2 土木工程材料的物理性质 10

2.2.1 材料的密度、表观密度和堆积密度 10

2.2.2 材料与水有关的性质 13

2.2.3 材料的热性质 15

2.3 土木工程材料的力学性质 16

2.3.1 材料的强度 16

2.3.2 弹性与塑性 17

2.3.3 脆性与韧性 17

2.3.4 硬性和耐磨性 18

2.4 土木工程材料的耐久性 18

2.4.1 抗渗性 18

2.4.2 抗冻性 19

2.4.3 抗侵蚀性 19

2.4.4 耐老化性 20

本章小结 20

思考与练习题 20

第3章 金属材料 22

本章要点及学习目标 22

3.1 钢材的冶炼与分类 23

3.1.1 钢材的冶炼 23

3.1.2 钢的分类 24

3.2 钢材的技术性质 25

3.2.1 建筑钢材的主要力学性能 25

3.2.2 建筑钢材的工艺性能 30

3.3 钢材的组织、化学成分及其对钢材性能的影响 32

3.3.1 钢的组织对钢材性能的影响 32

3.3.2 钢的化学成分对钢材性能的影响 32

3.4 钢材的加工 34

3.4.1 冷加工时效及其应用 34

3.4.2 钢材的热处理 36

3.5 常用钢材的技术性质和应用.....	36	5.1.4 硅酸盐水泥的特性与应用	76
3.5.1 土木工程常用钢材品种	36	5.1.5 水泥石的腐蚀与防止措施	76
3.5.2 钢筋混凝土结构用钢	43	5.1.6 水泥的运输和储存	78
3.5.3 钢结构用钢	46	5.2 掺混合材料的硅酸盐水泥	79
3.6 钢材的腐蚀与防护	48	5.2.1 水泥混合材料	79
3.6.1 钢材的防锈	48	5.2.2 几种掺混合材料的通用硅酸盐水泥	81
3.6.2 钢材的防火	50	5.2.3 通用硅酸盐水泥的主要性能及适用范围	83
3.7 其他金属材料	50	5.3 其他品种的水泥	84
3.7.1 铝及铝合金	50	5.3.1 白色硅酸盐水泥和彩色硅酸盐水泥	84
3.7.2 铜及铜合金	51	5.3.2 快硬水泥	84
3.7.3 铸铁	52	5.3.3 道路硅酸盐水泥	86
本章小结	52	本章小结	87
思考与练习题	53	思考与练习题	87
第4章 气硬性胶凝材料	54	第6章 混凝土	89
本章要点及学习目标	54	本章要点及学习目标	89
4.1 石灰	54	6.1 普通混凝土的组成材料	90
4.1.1 生产原理	54	6.1.1 水泥	90
4.1.2 石灰的种类	55	6.1.2 细骨料	91
4.1.3 石灰的熟化和硬化	55	6.1.3 粗骨料	93
4.1.4 石灰的性质与技术要求	56	6.1.4 混凝土用水	97
4.1.5 石灰的应用	57	6.2 混凝土拌合物的性能	98
4.2 石膏	58	6.2.1 和易性的概念与含义	98
4.2.1 石膏的生产	58	6.2.2 和易性的测定方法	98
4.2.2 石膏的水化、凝结和硬化	59	6.2.3 影响和易性的主要因素	99
4.2.3 建筑石膏的特点	59	6.3 硬化后混凝土的性能	100
4.2.4 建筑石膏的技术指标及应用	60	6.3.1 硬化后混凝土的力学性质	100
4.2.5 其他石膏	61	6.3.2 硬化后混凝土的耐久性	112
4.3 其他气硬性胶凝材料	62	6.4 混凝土的外加剂和掺合料	117
4.3.1 水玻璃	62	6.4.1 外加剂	117
4.3.2 菱苦土	63	6.4.2 掺合料	121
4.3.3 苛性白云石	64	6.5 混凝土的质量控制和配合比设计	123
本章小结	64	6.5.1 混凝土的质量控制	123
思考与练习题	65	6.5.2 混凝土的配合比设计	127
第5章 水硬性胶凝材料	66	6.6 其他品种的混凝土	137
本章要点及学习目标	66	6.6.1 轻混凝土	137
5.1 硅酸盐水泥	66	6.6.2 纤维混凝土	140
5.1.1 硅酸盐水泥的生产和组成	66		
5.1.2 硅酸盐水泥的水化硬化	68		
5.1.3 硅酸盐水泥的技术性质	72		

6.6.3 聚合物混凝土	140
6.6.4 膨胀混凝土	141
6.6.5 高性能混凝土	142
6.6.6 防水混凝土	142
6.6.7 泵送混凝土	143
6.6.8 自密实混凝土	143
本章小结	144
思考与练习题	145
第7章 建筑砂浆	149
本章要点及学习目标	149
7.1 砂浆的分类	149
7.2 建筑砂浆的组成	149
7.3 建筑砂浆的性质	150
7.4 砌筑砂浆的配合比设计	153
7.5 其他品种的砂浆	156
7.5.1 抹面砂浆	156
7.5.2 防水砂浆	158
7.5.3 装饰砂浆	158
7.5.4 预拌砂浆	159
7.5.5 聚合物水泥砂浆	160
7.5.6 其他类型砂浆	160
本章小结	161
思考与练习题	162
第8章 墙体材料	163
本章要点及学习目标	163
8.1 砖	163
8.1.1 烧结普通砖	163
8.1.2 烧结多孔砖和烧结空心砖	167
8.1.3 蒸养(压)砖	172
8.2 砌块	172
8.2.1 蒸压加气混凝土砌块	172
8.2.2 普通混凝土小型空心砌块	176
8.2.3 轻骨料混凝土小型空心砌块	177
8.2.4 泡沫混凝土砌块	179
8.3 其他墙体材料	180
8.3.1 纸面石膏板	181
8.3.2 复合墙板	181
8.3.3 玻璃纤维增强水泥轻质多孔隔 墙条板	181

8.3.4 钢丝网架水泥聚苯夹芯板	181
本章小结	182
思考与练习题	182

第9章 合成高分子材料 183

本章要点及学习目标	183
9.1 高分子材料的基本知识	183
9.1.1 高分子材料的分类	183
9.1.2 高分子化合物的合成及命名	184
9.1.3 高分子化合物的基本性质	185
9.2 土木工程中的合成高分子 材料	186
9.2.1 塑料	186
9.2.2 涂料	189
9.2.3 合成橡胶	192
9.2.4 纤维	194
9.2.5 其他作用	195
本章小结	196
思考与练习题	196

第10章 沥青和沥青混合料 198

本章要点及学习目标	198
10.1 石油沥青的生产	199
10.1.1 石油沥青生产	199
10.1.2 原油性质与沥青性质的关系	199
10.2 石油沥青的组成和结构	200
10.2.1 石油沥青的组分	200
10.2.2 石油沥青的结构	201
10.3 石油沥青的技术性质和技术 标准	202
10.3.1 石油沥青的技术性质	202
10.3.2 石油沥青的技术标准与选用	206
10.4 其他品种的沥青	208
10.4.1 煤沥青	208
10.4.2 改性沥青	209
10.4.3 乳化沥青	211
10.5 沥青混合料的分类和组成 材料	214
10.5.1 沥青混合料的分类	214
10.5.2 沥青混合料的组成材料	214
10.6 沥青混合料的结构和技术	

性质	217	12.1.2 绝热材料的性质	254
10.6.1 沥青混合料的结构	217	12.1.3 常用绝热材料简介	255
10.6.2 沥青混合料的技术性质	218	12.2 吸声隔声材料	257
10.7 沥青混合料的配合比设计	224	12.2.1 吸声材料	257
10.7.1 矿质混合料的组成设计	224	12.2.2 隔声材料	259
10.7.2 确定沥青混合料的最佳沥青 用量	224	12.2.3 吸声与隔声材料的区别	261
10.7.3 配合比设计检验	230	12.3 防水材料	262
10.7.4 配合比设计报告	231	12.3.1 防水卷材	262
10.7.5 沥青混合料配合比设计例题 ..	231	12.3.2 防水涂料	263
10.8 其他品种的沥青混合料	234	12.3.3 刚性防水材料	264
10.8.1 常温沥青混合料	234	12.3.4 密封材料	264
10.8.2 沥青稀浆封层混合料	235	12.4 建筑装饰材料	265
本章小结	236	12.4.1 装饰材料的特征与选择	266
思考与练习题	237	12.4.2 常用建筑装饰材料	267
第 11 章 木材	238	12.5 新型土木工程材料	272
本章要点及学习目标	238	12.5.1 纳米材料	272
11.1 木材的分类和构造	238	12.5.2 建筑智能材料	273
11.1.1 木材的分类	238	12.5.3 新型工程材料的发展趋势	274
11.1.2 木材的构造	238	本章小结	276
11.2 木材的性质及应用	240	思考与练习题	276
11.2.1 物理性质	240	附录 常用土木工程材料试验	277
11.2.2 力学性质	242	附录 I 土木工程材料的基本性质 试验	277
11.2.3 木材的应用	243	附录 II 水泥试验	285
11.3 木材的防护	248	附录 III 建筑用砂石骨料试验	297
11.3.1 木材的腐朽与防腐防虫	248	附录 IV 普通混凝土试验	303
11.3.2 木材的燃烧与防火	250	附录 V 建筑砂浆试验	310
11.4 木材的绿色化	251	附录 VI 墙体材料试验	313
本章小结	251	附录 VII 建筑钢材试验	318
思考与练习题	252	附录 VIII 石油沥青试验	326
第 12 章 功能材料及新型土木工程 材料	253	附录 IX 公路工程集料筛分试验	338
本章要点及学习目标	253	附录 X 沥青混合料试验	345
12.1 绝热材料	253	参考文献	356
12.1.1 绝热材料的绝热机理	253		

第 1 章 绪 论

本章要点及学习目标

本章要点:

本章通过给出土木工程材料的定义,简单介绍了土木工程材料的分类、土木工程材料与土木工程的关系、土木工程材料的发展、土木工程材料的技术标准,以及本课程的性质、内容 and 要求。

学习目标:

了解土木工程材料与土木工程的关系以及土木工程材料的发展;掌握土木工程材料的分类和土木工程材料的技术标准;了解本课程的性质、内容 and 要求。

1.1 土木工程材料的定义

土木工程材料指土木工程中使用的各种材料及其制品,是一切土木工程的物质基础,也是构成建筑物的最基本元素。可以从广义与狭义两个方面来定义土木工程材料。广义上,土木工程材料是指用于土木工程中的所有材料,既包括构成建筑物、构筑物本身的材料,如水泥、石灰、混凝土、钢材、墙体与屋面材料、防水材料、装饰材料等;又包括施工过程中所需要的辅助材料,如脚手架、模板等;还包括各种建筑器材,如给水排水、暖通、消防、电气、网络通信设备等。狭义上,土木工程材料仅指在基础、楼地面、围护结构、主体结构(框架、剪力墙、筒体等)、屋面、道路、桥梁、水坝等结构物中直接构成土木工程实体的材料,本课程只涉及狭义土木工程材料。

1.2 土木工程材料的分类

土木工程材料的分类方法较多,简述如下:按照材料来源划分,可分为天然材料和人工材料;按照使用功能划分,可分为结构材料(如混凝土、预应力混凝土、沥青混凝土、水泥混凝土、砌筑砂浆、路面基层及基底层材料等)、墙体材料(如砌墙砖、加气混凝土砌块等)和功能材料(如装饰材料、防水材料、保温隔热材料等)三大类;按照工程性质划分,可分为建筑工程材料、道路桥梁工程材料和岩土工程材料等。通常,按照材料组成物质的种类及化学成分,将土木工程材料划分为无机材料、有机材料和复合材料三大类,各大类又进行细分,见表 1-1。

土木工程材料分类

表 1-1

材料分类			材料实例
土木工程材料	无机材料	金属材料	黑色金属:钢、铁、不锈钢等
			有色金属:铝、钢等及其合金
		非金属材料	石材料:砂、石及各种石料制品
			烧土制品:砖、瓦、陶瓷、玻璃等
			胶凝材料:石膏、石灰、水泥、水玻璃等
			混凝土及硅酸盐制品:混凝土、砂浆及硅酸盐制品
			无机纤维材料:玻璃纤维、矿物棉等
	有机材料	沥青材料	石油沥青、煤沥青、沥青制品
		高分子材料	塑料、涂料、胶粘剂、合成橡胶等
		植物材料	木材、竹材等
	复合材料	无机非金属与有机材料复合	聚合物混凝土、沥青混合料、玻璃钢等
		金属材料与无机非金属材料复合	钢筋混凝土、钢纤维混凝土、钢管混凝土等
		金属材料与有机材料复合	PVC 钢板、有机涂层铝合金板、轻质金属夹心板等

1.3 土木工程材料与土木工程的关系

土木工程材料是土木工程的物质基础,土木工程材料的性能、质量和价格,直接关系到土木工程产品的适用性、安全性、耐久性、经济性和美观性。

土木工程材料的发展离不开土木工程技术的进步,而土木工程技术的进步又依赖于土木工程材料的发展。新型土木工程材料的诞生推动了土木工程设计理论和施工技术的更新,而新的设计理论和施工技术又对土木工程材料提出了更高的要求,从而促进新材料的诞生和发展。

土木工程包含建筑工程、道路工程、桥梁工程、隧道工程、港口工程、水利工程及市政工程等多种类别,每一类别的工程从实施到行动都离不开土木工程材料的使用。因此,土木工程材料的生产及其科学技术的发展,对构建和谐社会和建设节约型、环境友好型国家具有非常重要的意义。

1.3.1 土木工程材料质量决定着土木工程建设的质量

从材料角度讲,土木工程的建造过程即是通过工程师的智慧,将土木工程材料进行有机“集合”的过程。在土木工程建设中,材料的生产、检验评定、选择使用、贮藏保管等任何环节的失误都可能造成工程的质量缺陷,甚至导致重大质量事故。优秀的设计师总是把精美的空间环境艺术与科学合理地选用工程材料融合在一起;结构工程师也只有很好地了解工程材料的技术性能之后,才能根据工程力学原理准确计算并确定工程构件的形状与尺寸,从而创造先进的工程结构形式。因此,土木工程技术人员必须熟练地掌握土木工程材料的有关知识、理论与技能。

1.3.2 土木工程材料造价左右着土木建设的经济性

在影响土木工程造价的诸多因素中,土木工程材料居于主导地位,一般情况下材料费

用占到了工程总造价的 50%~60%。作为发展中国家,我国在当前及今后相当长一段时间内,社会需求持续旺盛,土木建设量大面广,任务繁重。因此,为了降低工程造价,节省投资,应在材料生产、选用、运输、贮存以及管理过程中,统筹考虑土木工程材料的技术性和经济性,以最大限度地发挥其综合效能。

1.3.3 土木工程材料的发展促进着土木工程技术的进步

土木工程材料的发展与土木工程技术的进步密切相关,它们之间相互依存、相互促进。如钢材、水泥的大量应用和性能改进,取代了传统的土、木、石材,使高耸、大跨度、大体量的土木工程成为可能。高性能、多功能、复合型土木工程材料的不断涌现,使现代化的装配式工程施工技术成为主导。同时,节能舒适、生态环保、安全高效的土木工程可持续发展要求,对土木工程材料的研发与应用提出了许多崭新命题。

目前,具有自感知、自调节、自修复能力的土木工程材料研发以及各种机敏或智能材料在土木工程中的应用研究正蓬勃发展。碳纤维机敏混凝土、水泥基压电机敏复合材料对结构内部的应力状态进行自觉检测并消除有害应力,仿生自愈合混凝土对结构中出现的损伤进行自觉修复等研究已经得到证实。光纤材料、压电材料、形状记忆合金和电磁流变体等机敏或智能材料,已尝试作为传感器或驱动器应用于土木工程领域。

基于有限的地球物质资源和人类的持续发展需求,未来的土木工程必将在更加苛刻的环境条件下实现多功能化、智能化和生态化,土木工程材料也将在原材料提供、生产技术与工艺、产品形式与性能等诸方面,面临可持续发展和科学技术不断进步的严峻挑战。可以预见,土木工程材料与土木工程的关系将更加密切,土木工程材料的发展空间会更加广阔,对土木工程技术的支持与促进作用将会更加显著。

1.4 土木工程材料的发展

土木工程材料是随着社会生产力和科学技术水平的发展而发展的,是见证人类文明的里程碑。可以说,材料的发展史正是人类文明史的写照。不同历史时期的材料,都烙上该时期文明的印记。根据建筑物所用的结构材料类别,可将土木工程材料的发展历程分为三个阶段。

1.4.1 天然材料阶段

这个阶段的土木工程材料取之于自然界,仅进行简单的物理加工,如天然石材、木材、黏土、茅草等。早在原始社会时期,人们为抵御雨雪和防止野兽侵袭,居于天然山洞或树巢中,即所谓“穴居巢处”。进入石器、铁器时代,人们开始利用简单的工具砍伐树木和茅草,搭建简单的房屋,开凿石材建造房屋及纪念性构筑物。到了青铜器时代,出现了木结构建筑及“版筑建筑”(指墙体用木板或木棍作为边框,然后在框内浇筑黏土,用木杵夯实之后将木板拆除的建筑物),由此建造出了舒适性较好的建筑物。

1.4.2 人工材料阶段

这个阶段的土木工程材料,以黏土烧制的砖、瓦和用石灰岩烧制的石灰等人工材料为

典型代表。在封建社会,虽然我国古代建筑有“秦砖汉瓦”、描金漆绘装饰艺术、造型优美的石塔和石拱桥的辉煌,但实际上这一时期,生产力发展停滞不前,使用的结构材料不过砖、石和木材而已。

1.4.3 复合材料阶段

18世纪以来,随着工业化生产的兴起,由于大跨度厂房、高层建筑和桥梁等土木工程建设需要,旧有材料在性能上已满足不了新的建设要求,土木工程材料在其他有关科学技术的配合下,进入了一个新的发展阶段,相继出现了钢材、水泥、混凝土、钢筋混凝土和预应力混凝土及其他材料。近几十年来,随着科学技术的进步和土木工程发展的需要,一大批新型土木工程材料应运而生,出现了塑料、涂料、新型建筑陶瓷与玻璃、新型复合材料(如纤维增强材料、夹层材料等),但当代主要结构材料仍为钢筋混凝土。

1.4.4 当前与今后的发展

当前与今后,土木工程材料将向轻质、高强、节能、高性能、绿色等几个方向发展。

1. 轻质高强

钢筋混凝土结构材料的主要缺陷之一在于自重大(每立方米约重2500kg),制约了其在高层、大跨度结构中的应用。通过减轻材料自重以减轻结构物自重,可显著提高经济效益。目前,世界各国均在大力发展高强混凝土、高性能混凝土、加筋混凝土、轻骨料混凝土、空心砖、石膏板等材料,以适应土木工程发展的需要。

2. 低能耗

土木工程材料的生产能耗和建筑使用能耗,在国民经济总能耗中一般占20%~35%,研制和生产低能耗的新型节能土木工程材料,是构建节约型社会的需要。

3. 固体废弃物资源化

将工业废渣、生活废渣、建筑垃圾(主要是废弃混凝土与废砖)等固体废弃物资源化高效利用,再生为土木工程材料,以保护环境、节省自然资源,使人类社会可持续发展。

4. 智能化

所谓材料智能化,是指材料本身具有自我诊断、预告破坏、自我修复的功能,以及可重复利用性。土木工程材料向智能化方向发展,是人类社会向智能化社会迈进的必然要求。

5. 多功能化

采用复合技术生产多功能材料、特殊性能材料及高性能材料,这对大幅提升土木工程结构的使用功能、降低结构全寿命周期费用及加快施工速度等有着十分重要的作用。

6. 绿色化

所谓材料的绿色化,指的是材料生产过程采用清洁生产技术,不用或少用天然资源和能源,大量使用工业、农业或建筑固体废弃物,材料本身无毒害、无污染、无放射性,达到使用周期后可回收利用,有利于环境保护和人体健康。绿色材料的设计是以改善生产环境,提高生活质量为宗旨,材料具有多功能,不仅无损而且有益于人的健康;材料可循环或回收再利用,或者形成无污染环境的废弃物,材料配制和生产过程中,不使用对人体和环境有害的污染物质。

1.5 土木工程材料的技术标准

土木工程材料的生产、销售、采购、验收和质量检验,均应以产品质量标准为依据。我国材料的产品标准分为国家标准、行业标准、地方标准以及企业标准四类。这些标准均以标准代号、标准号、颁布年份的次序表达,如“GB 175—2010”表示国家标准第 175 号,是在 2010 年颁布的。标准更新时,颁布年随之被更新,一般应参考使用最新版本的标准和规范。

1.5.1 国家标准

国家标准是指在全国范围内统一的标准,分为强制性标准(代号 GB)和推荐性标准(代号 GB/T)。国家标准通常由国家标准主管部门委托有关单位起草,由有关部委提出报批,经国家技术监督局会同有关部委审批,并由国家技术监督局发布。

1.5.2 行业标准

行业标准是指全国性的某行业范围的技术标准,由中央部委标准机构制定,有关研究院所、大专院校、工厂、企业等单位提出或联合提出,报请中央部委主管部门审批后发布,因此又被称为部颁标准,最后报国家技术监督局备案。例如建工行业标准(代号 JG)、建材行业标准(代号 JC)、交通行业标准(代号 JT)等。

1.5.3 地方标准

地方标准是指只能在某地区内使用的标准。凡国家、部委未能颁布的产品与工程的技术标准,可由相应的工厂、公司、院所等单位根据生产厂家能保证的产品质量水平所制定的技术标准,经报请本地区有关主管部门审批后,在该地区中执行。

地方性标准编号由五部分组成:“DB(地方标准代号)”+“省、自治区、直辖市行政区代码前两位”+“/”+“序列号”+“年号”。如:北京市地方性标准——《干拌砂浆应用技术规程(试行)》DBJ/T 01-73—2003;浙江省地方性标准——《大体积混凝土工程施工技术规程》DB33/T 1024—2005。

1.5.4 企业标准

企业标准是指只能在某类企业内使用的标准。凡国家、部委未能颁布的产品与工程的技术标准,可由相应的工厂、公司、院所等单位根据生产厂家能保证的产品质量水平所制定的技术标准,经报请本行业有关主管部门审批后,在行业中执行。凡没有制定国家标准、行业标准的产品,均应制定企业标准。

企业内部的标准常用“QB”表示。企业标准也可以“Q”作为企业标准的开头。如:Q/×××J 2.1—2007,其中×××为企业代号,可以是企业简称的汉语拼音大写字母;J 为技术标准代号,G 为管理标准,Z 为工作标准。

1.5.5 国际标准

我国加入 WTO 以来,为了使我国建筑材料工业的发展赶上世界步伐,促进建材工业

的科技进步,提高产品质量和标准化水平,扩大建筑材料的对外贸易,采用和参考了国际通用标准和先进标准。常用的国际标准有以下几类:美国材料与实验协会标准(ASTM),属于国际团体和公司标准;联邦德国工业标准(DIN),欧洲标准(EN),属于区域性国家标准;国际标准组织标准(ISO),属于国际性标准化组织的标准。

目前,土木工程材料标准内容主要包括材料质量要求和检验两大方面。有的标准将两者合在一起,有的则分开订立。在现场配置的一些材料,如混凝土,其原材料钢筋、水泥、石子、砂应符合相应的材料标准要求,而其制成品的检验及使用方法,常包含于施工验收规范及有关的规程中。土木工程材料检验常涉及多个标准、规范,在之后的章节中会提及。

1.6 本课程的性质、内容和要求

1.6.1 课程的性质

土木工程材料是土木工程类专业学生的一门必修专业基础课程。通过该课程内容的学习,力图使学生掌握相关材料的基本理论和基础知识,为后续专业课程的学习以及将来在从事土木工程建设工作中正确选择与使用材料奠定一定的理论基础。根据该课程的特点与要求,在学习中应重视对土木工程材料的掌握与应用;了解当前土木工程中常见材料的组成、结构及其形成机理;熟悉这些材料的主要性能与正确使用方法,以及这些材料技术性能指标的实验检测和质量评定方法;通过对常用材料基本特点和正确使用实例的分析,引导学生学会利用相关理论和知识来分析与评定材料的方法,掌握解决工程实际中相关材料问题的一般规律。为学生毕业后从事工程技术工作,就材料的选择与应用、材料验收、质量鉴定、材料试验、储存运输、防腐处理及实验研究等方面,打下必要的基础。

1.6.2 课程的内容

本教材重点介绍了土木工程材料的一些基本性质,在此基础上本书重点介绍了当前土木工程中常用的材料,如砖、砌块、石材、石灰、石膏、水玻璃、各种水泥、混凝土、建筑砂浆、钢材、沥青、塑料、绝热材料、吸声材料及装饰材料等。

1.6.3 课程的要求

本课程是土木工程类专业的专业基础课,其目的是通过该课程的学习,使学生获得有关土木工程材料的技术性质及应用的基础知识和必要的基础理论,并获得主要土木工程材料性能检测和实验方法的基本技能训练,以便在今后的工作实践中能正确选择与合理使用土木工程材料,也为进一步学习其他有关的专业课打下基础。

本课程内容庞杂,各章之间的联系较少,且以描述为主,名词、概念和专业术语众多,公式的推导或定律的论证与分析较少。本课程与工程实际联系十分紧密,有许多定性的描述或经验规律的总结。为了学好土木工程材料这门课,学习时应从材料科学的观点和方法及实践的观点出发,从以下几个方面来进行:

1. 凝气静心,反复阅读

这门课的特点与力学、数学等完全不同,初次学习难免产生枯燥无味之感,但必须克服这一心理状态,静下心来反复阅读,适当背记,背记后再回想和理解。

2. 及时总结,发现规律

这门课虽然各章节之间自成体系,但材料的组成、结构、性质和应用之间有内在的联系,通过分析对比,掌握它们的共性。每一章学习结束后,及时总结,使读书“由厚到薄”。

3. 观察工程,认真实验

土木工程材料是一门实践性很强的课程,学习时应注意理论联系实际。为了及时理解课堂讲授的知识,应利用一切机会观察周围已经建成的或正在施工的土木工程,在实践中理解和验证所学内容。实验课是本课程的重要教学环节,通过实验可验证所学的基本理论。学会检验常用的建筑材料的实验方法,掌握一定的实验技能,并能对实验结果进行正确的分析和判断,这对培养学习与工作能力以及严谨的科学态度十分有利。

本章小结

1. 土木工程材料指土木工程中使用的各种材料及其制品,是一切土木工程的物质基础,也是构成建筑物的最基本元素。可按材料组成物质的种类及化学成分,将土木工程材料划分为无机材料、有机材料和复合材料三大类。

2. 土木工程材料是土木工程的物质基础,其质量决定着土木工程建设的品质,其造价左右着土木工程建设的经济性,其发展促进着土木工程技术的进步。

3. 土木工程材料的发展经历天然材料、人工材料和复合材料三个阶段,今后将向轻质、高强、节能、高性能、绿色等几个方向发展。

4. 我国材料的产品标准分为国家标准、行业标准、地方标准以及企业标准四类。这些标准均以标准代号、标准号、颁布年份的次序表达。

思考与练习题

1-1 何谓土木工程材料?主要分为哪几大类?

1-2 简述土木工程材料与土木工程之间的关系。

1-3 简述土木工程材料未来的发展方向。