



百校土木工程专业“十二五”规划教材

土木工程材料

(第2版)

主 编 严捍东 副主编 王起才 陈德鹏 史 巍



同济大学出版社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

百校土木工程专业“十二五”规划教材

土木工程材料

(第2版)

主 编 严捍东
副主编 王起才 陈德鹏 史 巍



同 濟 大 學 出 版 社
TONGJI UNIVERSITY PRESS

内 容 提 要

本书在满足全国高等院校土木工程专业教学指导委员会、工程管理专业教学指导委员会和建筑学专业教学指导委员会制订的课程教学大纲要求的基础上,以现行相关的国家和行业标准、规范为主要依据,较系统地介绍了土木工程用主要材料的品种、定义、分类、规格尺寸、性能和选用的规定。全书共分 13 章,包括绪论、土木工程材料基本性质、无机气硬性胶凝材料、水泥、混凝土、砂浆、建筑钢材、围护结构材料、防水材料、沥青混合料、建筑用工程塑料制品、建筑装饰材料、土木工程材料试验指导。

本书可作为土木工程、工程管理、建筑学等专业本科教学的教材,也可作为从事建设工程勘测、设计、施工、科研和管理工作的专业人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程材料/严捍东主编.--2 版.--上海:同济大学出版社,2014.8

百校土木工程专业“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5608-5576-9

I. ①土… II. ①严… 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 176545 号

百校土木工程专业“十二五”规划教材

土木工程材料(第 2 版)

主 编 严捍东 副主编 王起才 陈德鹏 史 巍

责任编辑 马继兰 责任校对 徐春莲 封面设计 陈益平

出版发行 同济大学出版社

(www.tongjipress.com.cn 地址:上海市四平路 1239 号 邮编:200092 电话:021-65985622)

经 销 全国各地新华书店

印 刷 同济大学印刷厂

开 本 787 mm×1092 mm 1/16

印 张 24.5

印 数 1—3100

字 数 611 000

版 次 2014 年 8 月第 2 版 2014 年 8 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5608-5576-9

定 价 49.00 元

本书若有印装质量问题, 请向本社发行部调换 版权所有 侵权必究

编 委 会

主 任 陈以一 (同济大学) 顾祥林 (同济大学)

副主任 应惠清 (同济大学)

委 员 (排名不分先后,以字母为序)

杜守军 (河北农业大学)

范 进 (南京理工大学)

郭战胜 (上海大学)

何亚伯 (武汉大学)

何延宏 (哈尔滨学院)

焦 红 (山东建筑大学)

李锦辉 (哈尔滨工业大学)

李书全 (天津财经大学)

李章政 (四川大学)

梁兴文 (西安建筑科技大学)

刘俊岩 (济南大学)

覃 辉 (五邑大学)

王福建 (浙江大学)

汪劲丰 (浙江大学)

王松岩 (山东建筑大学)

谢雄耀 (同济大学)

许成祥 (长江大学)

徐汉涛 (南通大学)

许 强 (成都理工大学)

严捍东 (华侨大学)

杨 骁 (上海大学)

尹振宇 (上海交通大学)

张璐璐 (上海交通大学)

张宇鑫 (上海师范大学)

赵顺波 (华北水利水电学院)

郑荣跃 (宁波大学)

周新刚 (烟台大学)

朱彦鹏 (兰州理工大学)

策 划 张平官 (同济大学)

前 言

土木工程材料是材料科学在土木工程中应用的产物,在材料科学与土木工程科学之间起着桥梁和纽带的作用。土木工程是具有很强实践性的学科,土木工程材料主要关注的是材料在宏观尺度上的性能与行为,在必要时则进一步探究材料细观甚至微观尺度的组成与结构的特征,揭示材料组成及结构特征与其宏观性能、行为的关系,在此基础上,为土木工程材料的工程应用和性能优化提供依据。因此,土木工程材料是一门实用性与学术性两方面特色都很突出的学科。

“土木工程材料”是土木工程、工程管理、建筑学专业学生必修的技术基础课,通过该课程内容的学习,力图使土木建筑类学生掌握有关材料的基本理论和基础知识,为后续专业课程(设计、施工、管理和科研)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。

本书在满足全国高等院校土木工程专业教学指导委员会、工程管理专业教学指导委员会和建筑学专业教学指导委员会制订的课程教学大纲要求的基础上,以现行相关的国家和行业标准、规范为主要依据较系统地介绍了土木工程用主要材料的品种、定义、分类、规格尺寸、性能和选用的规定,这些内容有利于教师编写教案和学生自主学习。国家和行业标准、规范内容往往代表了我国土木工程材料的最成熟产品、最先进应用技术。

本书由华侨大学严捍东担任主编,兰州交通大学王起才、安徽工业大学陈德鹏、东北电力学院史巍担任副主编,中国民航大学杨新磊、江西科技师范学院严兵、苏州科技学院韩静云、厦门理工学院王甲春、成都理工大学吴飞、河南科技大学张益华参加编写。各章节编写者如下:第1章(严捍东);第2章(杨新磊);第3章(严兵、严捍东);第4章(陈德鹏);第5章(韩静云、严捍东,王甲春 5.7,史巍 5.8);第6章(王甲春、严捍东);第7章(王起才);第8章(严捍东);第9章(吴飞、严捍东);第10章(吴飞);第11章(史巍、严捍东);第12章(张益华 12.1,严捍东、张益华 12.2,严捍东、史巍 12.3,张益华 12.4,严捍东、张益华 12.5,张益华、严捍东 12.6,史巍、严捍东 12.7);第13章(杨新磊 13.1,韩静云 13.2,陈德鹏 13.3,韩静云 13.4,王甲春 13.5,王起才 13.6,吴飞 13.7、13.8)。严捍东对全书进行了统稿。

本版编著者向因各种原因不能参加本书编写工作的 2004 年版主编中国民航大学赵方冉老师、编著者河北农业大学孟志良老师、长沙交通大学姚佳良老师、太原理工大学贾福根老师、河北建筑工程学院薛斌老师、兰州理工大学周茗如老师对本教材的贡献表示衷心的感谢!

编著者希望使用本教材的各高校师生将书中所存在的问题及时反映给我们,使得本教材的质量不断提高,更加适合众多高校的教学要求。

作 者

2014 年 7 月

第一版前言

“土木工程材料”是土木工程专业学生必修的专业基础课程,课程的任务是使学生具有土木工程材料的基本知识,掌握和了解常用的土木工程材料的性能与使用,为学习后续的专业课程(如有关土木工程的结构设计、施工技术、质量管理等方面的课程)打好基础。

本书根据全国高等学校土木工程专业指导委员会对土木工程专业学生的基本要求和审定的教学大纲而编写,教材的体系和内容汲取了多所高校在该课程教学上取得的良好经验,并适当反映了近年来国内外在土木工程材料方面的新技术、新产品,并结合有关的新的国家标准、规范而编写。

本书的作者来自全国 13 所高校,作者的编写分工如下:赵方冉编写第 1 章,第 2 章的 § 2.1、§ 2.2 节,第 13 章的 § 13.4、§ 13.5 节,第 14 章的 § 14.1、§ 14.5.2 节;贾福根编写第 2 章的 § 2.3—§ 2.7 节,第 14 章的 § 14.4 节;严兵编写第 3 章,第 4 章,第 14 章的 § 14.2 节;周茗如编写第 5 章,第 14 章的 § 14.3 节;韩静云编写第 6 章的 § 6.1—§ 6.4 节、题 6-1—6-18,第 14 章的 § 14.5.1 节;薛斌编写第 6 章的 § 6.5—§ 6.7 节、题 6-19—6-29,第 14 章的 § 14.6 节;严捍东编写第 7 章;王起才编写第 8 章,第 14 章的 § 14.7 节;吴飞编写第 9 章的 § 9.1 节,第 14 章的 § 14.8 节;姚佳良编写第 9 章的 § 9.2 节,第 14 章的 § 14.9 节;孟志良编写第 10 章;张益华编写第 11 章,第 14 章的 § 14.10 节;史巍编写第 12 章,第 13 章的 § 13.1—§ 13.3 节。赵方冉对全书进行了统稿。

由多所高校的教师联合编写《土木工程材料》教材对我们来说是初次尝试,我们希望采用该教材的各高校的师生将所发现的书中存在的问题及时反映给我们,使我们能对它的体系和内容不断加以完善,从而更加适合众多高校的教学要求。

作者

2004 年 6 月

查 料

具 1 号 1105

目 录

前言

第一版前言

1 绪论	1
1.1 土木工程材料的定义、分类和作用	1
1.1.1 土木工程材料的定义	1
1.1.2 土木工程材料的分类	1
1.1.3 土木工程材料的作用	2
1.2 土木工程材料的历史、应用现状和发展趋势	3
1.2.1 土木工程材料的历史	3
1.2.2 土木工程材料的应用现状	4
1.2.3 土木工程材料的发展趋势	4
1.3 土木工程材料的技术标准与质量控制	5
1.3.1 土木工程材料的技术标准	5
1.3.2 土木工程材料的质量控制	5
1.4 土木工程材料课程的性质与教学目的	6
1.4.1 土木工程材料课程的性质	6
1.4.2 土木工程材料课程的教学目的	6
1.5 土木工程材料课程的学习方法与要求	6
2 土木工程材料的基本性质	8
2.1 材料的基本物理性质	8
2.1.1 材料的体积	8
2.1.2 材料的密度、表观密度与堆积密度	9
2.1.3 材料的孔隙率与空隙率	10
2.1.4 材料与水有关的性质	11
2.1.5 材料与热有关的性质	13
2.1.6 材料的吸声性能	16
2.2 材料的力学性质	16
2.2.1 材料的强度、强度等级与比强度	16
2.2.2 材料的弹性与塑性	18
2.2.3 材料的脆性与韧性	20
2.2.4 材料的硬度与耐磨性	20
2.3 材料的耐久性	21
2.4 材料的组成、结构与构造	22
2.4.1 材料的组成	22

2.4.2	材料的结构与构造	23
	练习题	25
3	无机气硬性胶凝材料	26
3.1	建筑石灰	26
3.1.1	石灰的生产	26
3.1.2	石灰的消化和硬化	27
3.1.3	石灰的技术性质、分类和性能要求	28
3.1.4	石灰的应用与贮存	30
3.2	建筑石膏	31
3.2.1	石膏的分类	31
3.2.2	石膏的生产	32
3.2.3	建筑石膏的凝结与硬化	33
3.2.4	建筑石膏的技术特性	33
3.2.5	石膏胶凝材料的技术要求	34
3.2.6	建筑石膏的应用	35
3.3	水玻璃	39
3.3.1	水玻璃的生产	39
3.3.2	水玻璃的硬化	39
3.3.3	水玻璃的技术性质和应用	40
3.4	镁质胶凝材料	41
3.4.1	镁质胶凝材料的原料	41
3.4.2	镁质胶凝材料的硬化	42
3.4.3	镁质胶凝材料的技术性质和应用	42
	练习题	43
4	水泥	44
4.1	通用硅酸盐水泥	44
4.1.1	通用硅酸盐水泥的种类及其生产	44
4.1.2	通用硅酸盐水泥的组成材料	45
4.1.3	通用硅酸盐水泥的技术要求	47
4.1.4	通用硅酸盐水泥的水化与凝结硬化	49
4.1.5	通用硅酸盐水泥的腐蚀与预防	53
4.1.6	通用硅酸盐水泥的包装、标志、运输与贮存	56
4.1.7	通用硅酸盐水泥的性能特点及选用	56
4.2	其他品种硅酸盐水泥	59
4.2.1	快硬硅酸盐水泥	60
4.2.2	白色硅酸盐水泥	60
4.2.3	彩色硅酸盐水泥	61
4.2.4	道路硅酸盐水泥	61
4.2.5	明矾石膨胀水泥	62

4.2.6	抗硫酸盐硅酸盐水泥	62
4.2.7	中热水泥、低热水泥和低热矿渣水泥	62
4.3	铝酸盐系水泥	63
4.4	其他系列水泥简介	64
4.4.1	硫铝酸盐水泥	64
4.4.2	铁铝酸盐水泥	65
4.5	新型胶凝材料及其在土木工程中的应用	66
4.5.1	碱激发胶凝材料	66
4.5.2	地聚合物	68
4.5.3	磷酸盐水泥	70
练习题		70
5	普通水泥混凝土	72
5.1	概述	72
5.1.1	水泥混凝土的发展概况	72
5.1.2	混凝土的分类	73
5.1.3	普通混凝土的特点	73
5.2	普通混凝土的组成材料	74
5.2.1	水泥	74
5.2.2	细集料(砂)	74
5.2.3	粗集料(碎石、卵石)	79
5.2.4	水	82
5.2.5	混凝土外加剂	83
5.2.6	矿物掺和料	88
5.3	新拌混凝土的技术性质	94
5.3.1	和易性的概念	94
5.3.2	和易性的测定方法及评定	95
5.3.3	新拌混凝土和易性的选择	97
5.3.4	影响和易性的主要因素	97
5.4	硬化混凝土的技术性质	100
5.4.1	硬化混凝土的强度	100
5.4.2	混凝土的变形性能	108
5.4.3	混凝土的耐久性	111
5.5	混凝土的质量控制和评定	116
5.5.1	混凝土质量(强度)的波动规律	116
5.5.2	混凝土的配制强度	118
5.5.3	混凝土强度的评定方法	118
5.6	普通混凝土的配合比设计	120
5.6.1	混凝土配合比设计中的三个基本参数	120
5.6.2	混凝土配合比设计的基本资料	121
5.6.3	混凝土配合比设计的步骤	121

5.6.4	混凝土配合比设计实例	126
5.7	轻集料混凝土	132
5.7.1	轻集料	132
5.7.2	轻集料混凝土配合比设计	133
5.7.3	轻集料混凝土的特性及其应用	136
5.8	现代混凝土技术进展	137
5.8.1	高性能水泥混凝土	137
5.8.2	智能混凝土	138
5.8.3	泵送混凝土	139
5.8.4	膨胀混凝土	140
5.8.5	其他品种混凝土	140
	练习题	142
6	砂浆	146
6.1	砌筑砂浆	146
6.1.1	砌筑砂浆的组成材料	146
6.1.2	砌筑砂浆的技术性质	147
6.1.3	砌筑砂浆配合比设计	149
6.1.4	建筑用砌筑干混砂浆	151
6.1.5	湿拌砌筑砂浆	152
6.2	抹灰砂浆	152
6.3	现代砂浆技术进展	155
	练习题	157
7	建筑钢材	158
7.1	钢的分类	158
7.2	钢材的技术性质	159
7.3	钢材的化学成分及其晶体组织对钢材性能的影响	161
7.4	钢材的冷加工、热处理及焊接	163
7.5	钢材的技术标准及选用	165
7.6	钢材的锈蚀与防腐蚀	171
7.7	新型高强钢筋及其在土木工程中的应用	172
	练习题	176
8	围护结构材料	178
8.1	墙体材料	178
8.1.1	烧结普通砖	181
8.1.2	烧结多孔砖和多孔砌块	184
8.1.3	烧结空心砖和空心砌块	186
8.1.4	烧结保温砖和保温砌块	188
8.1.5	蒸压灰砂砖和多孔砖	189

8.1.6	蒸压粉煤灰砖和多孔砖	191
8.1.7	蒸压加气混凝土砌块	192
8.1.8	混凝土砖	195
8.1.9	混凝土小型空心砌块	196
8.1.10	自保温混凝土复合砌块	198
8.1.11	装饰混凝土砌块	199
8.1.12	蒸压加气混凝土板	200
8.1.13	玻璃纤维增强水泥外墙板	202
8.1.14	金属面绝热夹芯板	202
8.1.15	钢丝网架模塑聚苯乙烯板	202
8.1.16	隔墙板	203
8.1.17	隔断用板材	204
8.2	屋面材料	205
8.2.1	烧结瓦	205
8.2.3	琉璃瓦	206
8.2.3	混凝土瓦	206
8.2.4	纤维水泥波瓦及其脊瓦	207
8.2.5	玻璃纤维增强水泥波瓦及其脊瓦	207
8.2.6	钢丝网石棉水泥小波瓦	208
8.2.7	玻纤胎沥青瓦	209
8.2.8	彩喷片状模塑料(SMC)瓦	209
8.2.9	合成树脂装饰瓦	209
8.2.10	玻璃纤维增强聚酯波纹板	210
8.2.11	玻璃纤维建筑膜材	210
8.2.12	金属板	210
8.3	门窗材料	212
8.3.1	木门窗	214
8.3.2	钢门窗	214
8.3.3	铝合金门窗	215
8.3.4	塑料门窗	215
8.4	隔热保温材料及其在围护结构制品中的应用	216
8.4.1	聚苯乙烯泡沫塑料	216
8.4.2	聚氨酯泡沫塑料	217
8.4.3	酚醛泡沫塑料	218
8.4.4	矿物棉	218
8.4.5	泡沫玻璃	220
8.4.6	膨胀珍珠岩	221
8.4.7	膨胀玻化微珠	221
8.4.8	膨胀蛭石	221
	练习题	221

9	防水材料	223
9.1	沥青及沥青基防水材料	223
9.1.1	沥青概述	224
9.1.2	石油沥青的组分与结构	225
9.1.3	石油沥青的技术性质	227
9.1.4	建筑石油沥青技术标准和选用	229
9.1.5	防水材料基本性能要求	230
9.1.6	沥青基防水材料	231
9.2	新型柔性防水材料及其在土木工程中的应用	238
9.2.1	合成高分子防水卷材	238
9.2.2	合成高分子防水涂料	242
9.3	刚性防水材料	244
9.3.1	防水混凝土	245
9.3.2	防水砂浆	247
9.4	建筑密封材料	249
9.4.1	不定形密封材料	249
9.4.2	定形密封材料	251
	练习题	254
10	沥青混合料	255
10.1	沥青混合料的组成材料	256
10.1.1	沥青	256
10.1.2	粗集料	259
10.1.3	细集料	261
10.1.4	填料(矿粉)	263
10.1.5	纤维稳定剂	264
10.2	沥青混合料技术性质	265
10.2.1	沥青混合料结构	265
10.2.2	沥青混合料的强度形成与破坏原理	266
10.2.3	沥青混合料技术性质及技术标准	269
10.3	沥青混合料的配合比设计	276
10.3.1	沥青混合料配合比设计流程	276
10.3.2	配合比设计第一阶段——目标配合比设计方法与步骤	277
10.4	道路建筑材料技术进展	288
10.4.1	沥青玛蹄脂碎石混合料(SMA)	289
10.4.2	开级配沥青碎石混合料(OGFC)	289
10.4.3	纤维混凝土	290
10.4.4	工业废渣道路材料	290
	练习题	291

11	建筑用工程塑料制品	292
11.1	建筑塑料的基础知识	292
11.1.1	合成高分子化合物	292
11.1.2	添加剂	293
11.1.3	增强填充材料	293
11.1.4	建筑工程塑料的工程性质	294
11.2	塑料门窗	294
11.3	塑料管材	297
11.4	胶粘剂	302
	练习题	305
12	建筑装饰材料	306
12.1	材料的装饰性	306
12.2	石材装饰材料	308
12.2.1	天然装饰石材	308
12.2.2	人造石材	313
12.3	木质装饰材料	314
12.3.1	人造板材	314
12.3.2	木质地板	318
12.3.3	木线条	321
12.4	水泥类装饰材料	322
12.4.1	装饰混凝土	322
12.4.2	装饰砂浆	324
12.5	烧结类装饰材料	325
12.5.1	装饰陶瓷	325
12.5.2	装饰玻璃	328
12.6	金属类装饰材料	333
12.6.1	装饰用铝及铝合金制品	333
12.6.2	装饰用钢材	338
12.6.3	铜及铜合金装饰材料	340
12.6.4	其他装饰金属材料与制品	341
12.7	有机类装饰材料	342
12.7.1	有机装饰涂料	342
12.7.2	装饰塑料制品	344
13	土木工程材料试验指导	349
13.1	土木工程材料基本性质试验	349
13.1.1	密度	349
13.1.2	形状规则材料表观密度实验	349

13.2	砂试验	350
13.2.1	砂的筛分试验	350
13.2.2	砂的表观密度试验	351
13.2.3	砂的堆积密度试验	352
13.3	水泥试验	352
13.3.1	水泥试验的一般规定	353
13.3.2	水泥细度实验	353
13.3.3	水泥标准稠度用水量试验	355
13.3.4	水泥凝结时间试验	357
13.3.5	安定性试验	358
13.3.6	水泥胶砂强度试验	360
13.3.7	水泥胶砂流动度试验	362
13.4	混凝土试验	363
13.4.1	混凝土拌和物实验室拌和方法	363
13.4.2	混凝土拌和物和易性试验	363
13.4.3	混凝土拌和物表观密度试验	364
13.4.4	混凝土抗压强度试验	365
13.5	砂浆试验	366
13.5.1	砂浆制备方法	366
13.5.2	砂浆稠度试验	367
13.5.3	砂浆分层度试验	367
13.5.4	砂浆保水性试验	368
13.5.5	砂浆立方体抗压强度试验	368
13.6	钢筋试验	370
13.6.1	钢筋的取样与检验规则	370
13.6.2	钢筋拉伸试验	370
13.6.3	钢筋弯曲试验	372
13.7	沥青试验	372
13.7.1	针入度试验	372
13.7.2	延度试验	373
13.7.3	软化点试验	374
13.8	沥青混合料试验	374
13.8.1	沥青混合料马歇尔试验	374
13.8.2	沥青混合料车辙试验	376
	参考文献	378

1 绪 论

材料是构成各种土木工程构筑物的物质基础,是决定工程质量、使用性能、使用寿命和建设成本的关键因素。在土木工程建设中,构筑物实体是由材料堆砌或联结而成的,构筑物的许多性能也都是通过控制其各种组成材料的性能来实现的,因此,合理选择与正确使用材料是土木工程建设中的首要工作之一。土木工程材料品种繁多、性能各异、价格悬殊、用量巨大,对土木工程的安全性、适用性、耐久性、美观性和经济性有着重大意义,是从事土木工程设计、施工、管理和科研的专业人员必修的基础学科,只有系统掌握土木工程材料的性能及适用范围,才能合适地应用土木工程材料。

1.1 土木工程材料的定义、分类和作用

1.1.1 土木工程材料的定义

土木工程材料是用于土木工程中的各种原材料及其制品的总称。20 世纪 50 年代以来,本课程在我国一直被称为“建筑材料”,一般泛指工业与民用建筑工程所用的原材料及其制品,进入 21 世纪,随着我国道桥、水利、港口等基础设施建设规模和水平的进步,“建筑材料”这一术语已经不能涵盖工程建设的对象,因此更名为“土木工程材料”。

由于土木工程建设中所涉及的材料品种繁多,几乎涵盖了自然界和各种工业部门生产的所有材料,为方便应用,通常按不同的原则对土木工程材料进行分类。

1.1.2 土木工程材料的分类

(1) 按化学成分分类 根据材料的化学成分,可分为无机材料、有机材料和复合材料,如图 1-1 所示。

复合材料是由两种或两种以上不同性质的材料,通过物理或化学的方法,在宏观上组成具有新性能的材料。各种材料在性能上互相取长补短,产生协同效应,使复合材料的综合性能优于原组成材料而满足各种不同的需求。复合材料使用的历史可以追溯到古代,从古至今沿用的稻草或麦秸增强生黏土和已使用上百年的钢筋混凝土均由几种材料复合而成。现代复合材料的研究深度和应用广度及其生产发展的速度和规模,已成为衡量一个国家科学技术先进水平的重要标志之一。

(2) 按使用功能分类 根据材料的使用功能,可分为承重结构材料、非承重结构材料及功能材料。

① 承重结构材料 主要指梁、板、柱、基础、承重墙体和其他主要起承受荷载作用的材料。材料的力学性能和变形性能是土木工程对结构材料所要求的主要技术性能,这些性能的优劣决定了工程结构的安全性与使用可靠性。

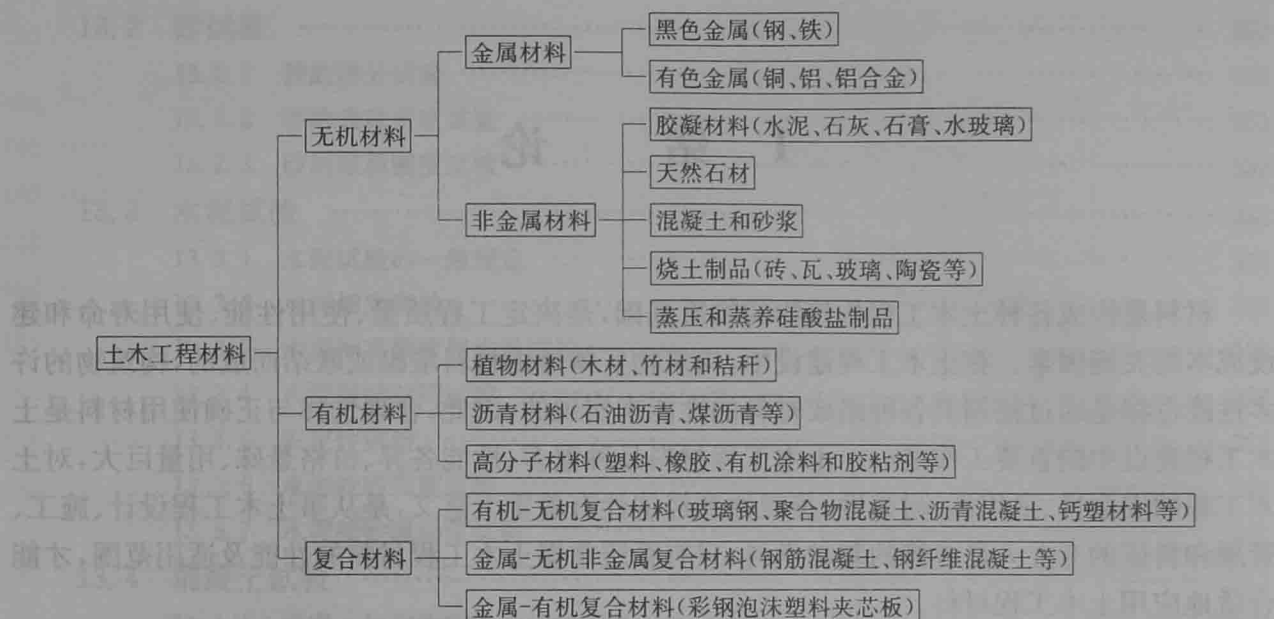


图 1-1 按化学成分对土木工程材料分类

② 非承重结构材料 主要包括框架结构的填充墙、内隔墙和其他围护材料。

③ 功能材料 主要有防水材料、防火材料、装饰材料、保温隔热材料、吸声(隔声)材料、采光材料、防腐材料等。这些功能材料的选择与使用是否科学合理,往往决定了工程使用的可靠性、适用性以及美观性等。

(3) 按使用部位分类 按照使用部位区分,常用的土木工程材料主要有:建筑结构材料、桥梁结构材料、水工结构材料、路面结构材料、建筑墙体材料、表面装饰与防护材料、屋面或地下防水材料等。土木工程的不同部位,各自的技术指标要求可能不同,对所使用材料的主要性能要求就会有所差别。

1.1.3 土木工程材料的作用

材料在土木工程中具有举足轻重的作用。主要体现在以下几个方面:

(1) 材料的质量直接影响着土木工程的质量 质量是土木工程建设追求的第一目标。对已建成构筑物质量状态的评价,在很大程度上依存于对材料质量的控制;以往工程实践表明,材料质量的控制与材料的选择、生产、使用、检验评定、贮运、保管等环节都有关,任何环节的失误都可能造成工程的质量缺陷,甚至是重大质量事故,国内外土木工程的重大质量事故都与材料的质量不良或使用不当有关。

(2) 材料的价格直接影响土木工程的建造成本 在一般土木工程的总造价中,与材料直接有关的费用占 50% 以上。

(3) 材料的性能在很大程度上决定了构筑物的功能和使用寿命 构筑物的安全性取决于结构材料的力学性能,适用性取决于围护结构材料和功能材料的防水性能、隔热、保温、隔声性能,美观性取决于材料的装饰性等;构筑物的使用寿命取决于材料的耐久性。同时,材料的耐久性还影响到构筑物运行期间的维护投入。

(4) 材料科学的进步将推动土木工程技术的突破 在人类漫长的历史进程中,材料与社会的进步相辅相成,材料是促进时代进步的重要因素,也推动了建筑设计、结构设计和施工技术的突破。

1.2 土木工程材料的历史、应用现状和发展趋势

1.2.1 土木工程材料的历史

土木工程材料是随着人类社会生产力和科学技术水平的提高而逐渐发展起来的。大自然中存在的草、木、土、石等天然材料为人类建造遮风避雨的居所提供了最基本的建筑材料。距今 10 000~6 000 年前,人类进入了新石器时代,人类学会了打造石刀、石斧等简单的工具并开始定居下来,这一时期的房屋多为半地穴式,所使用的材料多为木、竹、苇、草、泥等,墙体多为木骨抹泥,有的还用火烤得极为坚实,屋顶多为茅草或草泥。

木材是永恒的建筑材料,人类用树枝来建造房屋始于公元前 9000 多年,建造原木房屋最早的历史是中东在公元前 900 年时的农舍,木框架则始于公元前 6500 年,建于公元 682 年的日本法林寺是世界现存最早的木建筑。中国古代由于木材资源相对丰富,中国木结构建造技术曾在世界建筑史上独树一帜,如建于公元 1056 年的中国山西应县木塔的塔身全是木制构件叠架而成,木结构在中国古代寺庙、皇家宫殿和居民建筑中大量应用。

随着人类生产工具的进步,取材能力增强,人们开始使用天然石材建造房屋、纪念性构筑物,例如:公元前 2500 年前后建造的埃及金字塔、神庙,公元前 400—前 500 年建造的古希腊雅典卫城,公元 80—200 年间兴建的罗马古城等;在中国古代,石材不仅用来建造传统建筑物,还用于修筑桥梁,如建于隋炀帝大业年间(公元 605—618 年)的世界上最古老的石拱桥——坐落于河北省赵县的赵州桥,建于北宋初期(公元 1053—1059 年)的我国现存最早的跨海梁式大石桥——坐落于福建泉州的洛阳桥,开创了世界桥梁筏形基础的开端。

土是人类最早使用的天然胶凝材料,从中东到埃及地区最早大约在公元前 800 年就开始使用日晒土坯砖(黏土加水成泥,成型后用太阳晒干)修建构筑物,古埃及人采用尼罗河的泥浆砌筑未经煅烧的土坯砖,为增加强度和减少收缩,在泥浆中还掺入砂子和草。中国古代最早的胶凝材料是公元前 5000—前 3000 年的一种由天然姜石(黄土中的钙质结核)磨细的粉,被称为“白灰面”,用于涂抹地穴的地面和四壁,公元前 16 世纪的商代,地穴建筑迅速向木结构建筑发展,开始采用黄泥草浆砌筑土坯墙和抹面(公元前 403—前 221 年),同时,还出现一种非常经济的筑墙方法,即“版筑技术”,就是用木板或木棍作边框,然后在框内浇筑黄土(可掺入糯米汁、卵石骨料、竹筋增强材料),用木杵夯实之后,将木板拆除即成墙体,这可认为是现代钢筋混凝土的雏形。

烧土制品是人类最早加工制作的人工建筑材料,使人类建造房屋的能力和水平跃上了新台阶。在日晒土坯砖出现后大约经过了 3 000 年(即公元前 500 年左右),就出现了烧制的黏土砖、瓦,最早被苏美尔人用于建造宫殿。我国从西周时期(公元前 1066—前 711 年)开始出现的烧结黏土砖、瓦,到秦汉时期已经成为最主要的房建材料,因此有“秦砖汉瓦”之说。大约公元前 2000 年的埃及古墓中,就已经有了透明的玻璃作为祭祀品,中世纪欧洲最早开始将彩色玻璃应用于教堂建筑的内墙壁画,1640 年,俄国首先生产出透明的门窗采光玻璃。公元前 2000—公元前 3000 年前,古埃及人开始采用煅烧石膏作建筑胶凝材料,在金字塔建造中用来砌筑石块,古希腊人则是使用石灰石经煅烧得到的石灰。公元前 146 年,罗马帝国吞并希腊,同时继承了希腊人生产和使用石灰的传统并加以改进,在石灰中不仅掺砂子,还掺磨细的火山