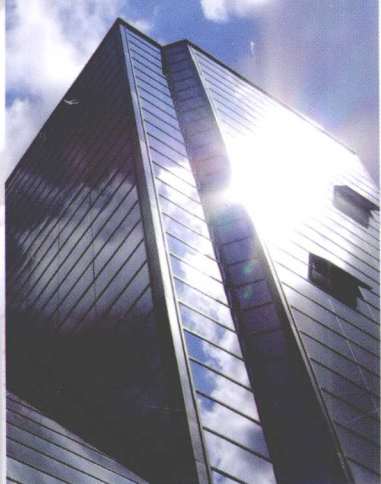
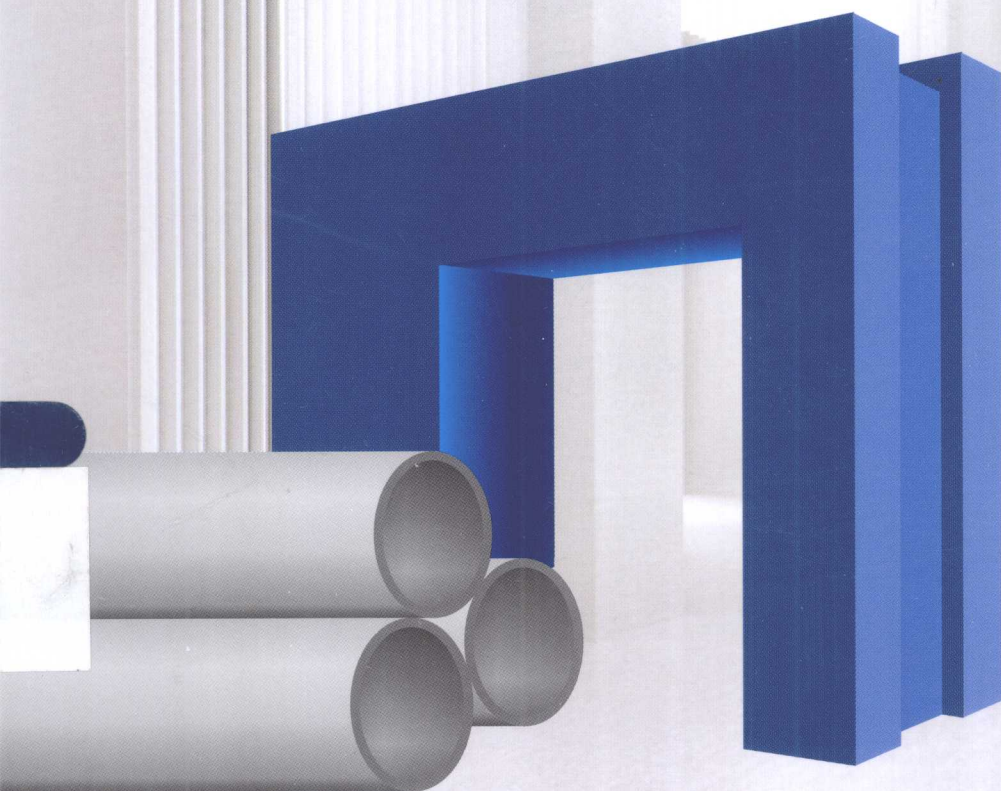




中国科学院教材建设专家委员会立项项目
土木工程科学研究暨研究生教学丛书

现代混凝土科学技术

水中和 魏小胜 王栋民 主编



科学出版社

014037526

TU528
46

中国科学院教材建设专家委员会立项项目
土木工程科学研究暨研究生教学丛书

现代混凝土科学技术

水中和 魏小胜 王栋民 主编



科学出版社

北京



北航

C1725586

TU528
46

内 容 简 介

本书的内容体系根据高等院校研究生培养需要,在加强理论基础的同时,注重技术体系的构建,以便形成较为完整的理论到实践的知识链。

本书分为基础篇、科学篇和技术篇三大部分,分别从不同的层面对混凝土进行了审视和解析。本书编者来自多所高校,且大多数具有在国外和海外从事研究工作的背景,他们在介绍混凝土科学技术领域较为成熟的知识体系的同时,也总结和分析了近年来本领域的最新进展,在一定程度上反映了国内外在该领域的研究概况。

全书共十四章,主要内容包括现代混凝土概述、混凝土的主要原材料;混凝土的微结构、混凝土的力学性能、耐久性能和性能设计;混凝土配合比设计、早龄期混凝土技术、混凝土结构无损检测技术以及特种混凝土技术。

本书可作为普通高等院校土木工程类及材料类专业的研究生教材,也可供相关专业的研究生和科研、工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代混凝土科学技术 / 水中和,魏小胜,王栋民主编. —北京:科学出版社,2014

(中国科学院教材建设专家委员会立项项目·土木工程科学研究暨研究生教学丛书)

ISBN 978-7-03-039724-9

I. ①现… II. ①水…②魏…③王… III. ①混凝土-研究生-教材
IV. TU528

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 022344 号

责任编辑:童安齐 袁莉莉 / 责任校对:王万红

责任印制:吕春珉 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 3 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2014 年 3 月第一次印刷 印张:27

字数:639 000

定价:80.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137026(BA08)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

序 言

自硅酸盐水泥发明至今的近 200 年,水泥混凝土对于人类社会的发展做出了巨大的贡献。作为最大宗、最普通的工程材料,混凝土将继续为社会文明贡献力量。

我国水泥混凝土科学技术的开拓者和奠基人之一吴中伟先生,最早对我国水泥混凝土的研究进行系统的总结、评述和规划,并将混凝土研究提升到科学技术层面进行部署。如今,混凝土对于人类社会的资源、能源和环境问题的影响如此巨大,混凝土学作为一门科学已经得到广泛的认同。

我们所处的环境条件越来越复杂,混凝土所面临的挑战也越来越严峻。从另一个角度看,混凝土科学技术的内涵更加丰富,外延在不断拓展,因此需要有更多的科技工作者、更好的方法和手段去破解新的科学技术问题。

我们高兴地看到,《现代混凝土科学技术》的面世,为广大青年学生和科技人员了解和发展现代混凝土提供了一本不可多得的教材。该书内容新颖,结构完整,层次分明,传承和发展了老一辈科技工作者的思想和方法,也展示了新一代科技工作者的精神风貌。

希望以此教材的出版为契机,动员更多的有志向、有才能的年轻人投身混凝土科学研究和技术创新,为我国经济社会的可持续发展贡献力量。

中国工程院院士 孙伟

2013 年 11 月 7 日

前 言

我们生活的世界处处都有混凝土的身影,而混凝土的生产和应用对我们生活环境的影响也越来越强烈。深入认识混凝土,合理改造混凝土,发展节约资源、保护环境、美化生活的新一代混凝土,是广大科技工作者肩负的重大使命。

应科学出版社之约,我们组织编写了《现代混凝土科学技术》一书。现代混凝土科学技术,命题博大,内涵精深,面对这样一项重任,我们深感自身知识和能力的薄弱。既然受命,则尽心尽力,争取交一份满意的答卷。当然,由于时间关系,也由于水平所限,书中难免存在各种问题,还望广大读者批评指正。

为适应不同高校教学活动的特点,主编邀请了全国九所高校的教师参与了本书的编写工作。由于本书读者以研究生和大学生为主体,故在内容组织上注重层次性和学术性,做到理论与实践的结合。本书分为三部分:第一部分为基础篇,主要讨论现代混凝土的概况,包括主要原材料,混凝土的发展历程,现代混凝土的基本特征、主要品种,简要介绍新拌混凝土和硬化混凝土的性质,最后展望混凝土的发展前景;第二部分为科学篇,主要论述硬化混凝土的多层次结构和性能,包括混凝土的微结构、力学性能、体积稳定性、耐久性和混凝土的性能设计;第三部分为技术篇,侧重于混凝土的生产和应用技术,包括混凝土配合比设计、早龄期混凝土技术、混凝土无损检测技术、轻集料混凝土及抛填集料混凝土技术。

本书由武汉理工大学水中和教授、华中科技大学魏小胜教授、中国矿业大学王栋民教授三人合作主编。主编和参编人员的编写分工如下:武汉理工大学水中和教授和王桂明副教授编写第一章、第七章,华中科技大学魏小胜教授编写第二章、第三章、第八章,中国矿业大学王栋民教授、张力冉博士和黄天勇博士编写第四章、第十一章,清华大学王强讲师编写第五章,东南大学陈惠苏教授编写第六章,西安建筑科技大学伍勇华副教授、李国新副教授、宋学锋副教授、王艳博士和何娟博士编写第九章,武汉理工大学陈伟教授编写第十章,武汉工程大学肖莲珍教授和华南理工大学韦江雄教授编写第十二章,浙江大学孟涛副教授编写第十三章,武汉理工大学王发洲教授和沈卫国研究员编写第十四章。

在本书编写过程中,得到不少同行提供的宝贵资料和指导,众多研究生也为本书提供了大量的帮助,在此一并表示衷心的感谢。

水中和 魏小胜 王栋民

2013年9月

目 录

序言
前言

第一部分 基 础 篇

第一章 现代混凝土概述	1
1.1 混凝土的发展简史	1
1.2 现代混凝土的组成	3
1.2.1 胶凝材料	3
1.2.2 集料	3
1.2.3 化学外加剂	4
1.2.4 矿物掺和料	5
1.2.5 水	5
1.3 混凝土的种类	6
1.3.1 分类方法	6
1.3.2 典型的混凝土品种	6
1.4 硬化混凝土的性能	8
1.4.1 力学性能	8
1.4.2 体积稳定性	9
1.4.3 耐久性	9
1.5 混凝土的多尺度结构	11
1.6 混凝土的用途	12
1.7 混凝土的研究方法	13
复习题	14
主要参考文献	15
第二章 硅酸盐水泥	16
2.1 通用硅酸盐水泥	16
2.1.1 硅酸盐水泥	16
2.1.2 普通硅酸盐水泥	17
2.1.3 矿渣硅酸盐水泥	17
2.1.4 火山灰质硅酸盐水泥	17
2.1.5 粉煤灰硅酸盐水泥	17
2.1.6 复合硅酸盐水泥	18
2.2 硅酸盐水泥的原料和生产	18

2.3	硅酸盐水泥的化学成分和矿物组成	18
2.4	基于水化热的硅酸盐水泥的水化过程	19
2.5	基于电阻率方法的硅酸盐水泥水化结构形成过程	22
2.6	Powers 公式及基于水化度的相组成	25
2.7	硅酸盐水泥水化速率及水泥水化动力学模型	28
2.8	影响硅酸盐水泥凝结硬化和强度的主要因素	30
2.8.1	水泥熟料的矿物组成和矿物外加剂	30
2.8.2	细度	30
2.8.3	石膏的掺量	30
2.8.4	水灰比	30
2.8.5	养护时间	32
2.8.6	养护温度和湿度	32
2.9	硬化水泥浆体的组成和结构	33
2.9.1	水化产物的组成、结构和性能	33
2.9.2	孔和孔结构特性	36
2.9.3	水的存在形态	37
	复习题	38
	主要参考文献	39
第三章	集料	41
3.1	集料的作用	41
3.2	集料的分类和命名	41
3.3	天然矿物集料的矿物特性	42
3.3.1	主要造岩矿物的组成和特性	42
3.3.2	岩石的分类	43
3.3.3	化学成分和矿物组成的分析实例	44
3.4	细集料的主要技术性能	45
3.4.1	砂的分类及表面特性	45
3.4.2	砂的含水状态	50
3.4.3	砂的技术要求	51
3.5	粗集料的主要技术性能	59
3.5.1	粗集料的分类	59
3.5.2	粗集料的技术要求	59
3.6	机制砂与机制砂混凝土的研究进展	64
3.6.1	机制砂的基本特性	64
3.6.2	机制砂的生产现状	65
3.6.3	人工砂应用水平	65
3.6.4	石粉对混凝土性能的影响	66
3.6.5	国内外集料标准对石粉含量的限值	67

3.6.6 存在的问题	67
复习题	68
主要参考文献	69
第四章 混凝土外加剂	70
4.1 概况	70
4.1.1 混凝土外加剂的发展历史	70
4.1.2 混凝土外加剂的定义	71
4.1.3 混凝土外加剂的分类	71
4.2 表面活性剂	72
4.2.1 表面活性剂的种类与结构特点	72
4.2.2 表面活性剂的作用机理	73
4.3 化学外加剂	77
4.3.1 减水剂	78
4.3.2 引气剂	92
4.3.3 凝结调节剂——缓凝剂和速凝剂	94
4.3.4 硬化调节剂——早强剂	97
4.3.5 膨胀剂	98
4.3.6 保水剂和增稠剂	100
4.3.7 其他外加剂	102
复习题	106
主要参考文献	107
第五章 矿物掺和料	108
5.1 粉煤灰	108
5.1.1 粉煤灰的物理特性	109
5.1.2 粉煤灰的化学成分和矿物组成	111
5.1.3 粉煤灰的火山灰反应	112
5.1.4 粉煤灰在混凝土中的作用	114
5.2 粒化高炉矿渣	117
5.2.1 矿渣的物理特性	117
5.2.2 矿渣的化学组成	118
5.2.3 矿渣的矿物组成	118
5.2.4 矿渣的反应机理	119
5.2.5 影响矿渣活性的因素	120
5.2.6 水泥-矿渣复合体系的水化性能	121
5.2.7 矿渣对混凝土性能的影响	123
5.3 硅灰	125
5.3.1 硅灰的物理特性	125
5.3.2 硅灰的化学成分和矿物组成	126

5.3.3 硅灰在混凝土中的作用机理	127
5.3.4 硅灰对混凝土性能的影响	128
5.4 其他矿物掺和料	130
5.4.1 石灰石粉	130
5.4.2 钢渣	133
5.4.3 磷渣	137
5.4.4 偏高岭土	138
复习题	140
主要参考文献	140

第二部分 科学篇

第六章 混凝土微结构及其表征	142
6.1 概述	142
6.2 多尺度的微结构	144
6.2.1 水泥基复合材料的多尺度划分	145
6.2.2 界面过渡区微结构	148
6.3 微观结构测试及表征方法	152
6.3.1 X射线衍射分析	152
6.3.2 孔结构分析技术	153
6.3.3 压汞孔结构分析	155
6.3.4 扫描电镜分析技术	157
6.3.5 低温量热技术	159
6.3.6 气体吸附法	161
6.3.7 核磁共振技术(^1H NMR 技术)	162
6.3.8 X射线 CT 技术	163
6.3.9 纳米压痕	164
6.3.10 光学显微镜分析技术	167
6.4 微结构模拟研究进展	168
复习题	172
主要参考文献	173
第七章 混凝土的力学性能	176
7.1 混凝土的强度性质	176
7.1.1 混凝土强度的种类	176
7.1.2 强度与孔隙	177
7.1.3 强度的影响因素	178
7.1.4 决定混凝土强度的微观结构因素	182
7.1.5 混凝土强度的尺寸效应	183
7.2 混凝土在不同受力状态下的特性	185

7.2.1 应力-应变关系	185
7.2.2 混凝土的弹性模量	187
7.2.3 抗拉强度与抗压强度的关系	188
7.3 混凝土的疲劳特性	190
7.3.1 混凝土疲劳的有关概念	190
7.3.2 混凝土疲劳破坏的过程及特征	190
7.3.3 混凝土疲劳性能试验和理论	191
7.3.4 改善混凝土疲劳性能的措施	194
7.4 混凝土的断裂特性	194
7.4.1 混凝土断裂的基本概念	194
7.4.2 混凝土断裂试验方法	195
7.4.3 断裂模型理论	196
复习题	197
主要参考文献	197
第八章 混凝土体积稳定性	199
8.1 变形的类型	199
8.2 化学收缩	199
8.2.1 化学收缩的概念和测试方法	199
8.2.2 化学收缩与水化过程的关系	202
8.2.3 化学收缩与电阻率的关系	203
8.3 自收缩	205
8.3.1 自收缩的概念	205
8.3.2 自收缩的测试方法	206
8.3.3 起点测定时间对自收缩结果的影响	208
8.3.4 自收缩机理	208
8.3.5 自收缩和化学收缩的内在关系	209
8.3.6 自收缩的影响因素	209
8.3.7 粉煤灰对水泥浆体的电阻率与自收缩的影响	213
8.4 干燥收缩	214
8.4.1 干燥收缩的概念和测试方法	214
8.4.2 干燥收缩的开裂	215
8.5 温度变形	217
8.6 弹性变形和弹性行为	218
8.6.1 应力和应变关系的非线性	218
8.6.2 混凝土弹性模量的分析	220
8.7 徐变	222
8.7.1 荷载作用下材料的黏弹性及模型	222
8.7.2 徐变度和任意应力条件下应变响应的叠加法	226

8.7.3 混凝土徐变的特性	226
8.7.4 影响混凝土徐变的因素	228
8.7.5 徐变的试验方法和结果分析举例	229
8.7.6 用于预测混凝土徐变的 ACI 公式	231
复习题	232
主要参考文献	235
第九章 混凝土耐久性	236
9.1 概述	236
9.1.1 混凝土耐久性的概念	236
9.1.2 混凝土腐蚀类型	237
9.1.3 混凝土耐久性环境条件分级	238
9.1.4 影响现代混凝土耐久性问题突出的原因	242
9.1.5 混凝土耐久性劣化的整体模型	243
9.2 渗透性及其对混凝土耐久性的影响	245
9.2.1 混凝土渗透性及其影响因素	245
9.2.2 毛细孔渗透压力与混凝土渗透性	249
9.2.3 离子在混凝土中的渗透性	250
9.2.4 混凝土渗透性评价方法	251
9.2.5 渗透性与混凝土耐久性之间的关系	255
9.2.6 混凝土的开裂对耐久性的影响	257
9.3 抗冻性	258
9.3.1 混凝土中水的冻结	258
9.3.2 混凝土抗冻性经典理论	258
9.3.3 影响混凝土抗冻性的主要因素	261
9.3.4 混凝土冻融损伤模型	263
9.3.5 混凝土抗冻性试验方法	264
9.3.6 混凝土盐冻	266
9.3.7 提高混凝土抗冻性的技术措施	267
9.4 耐化学侵蚀性	268
9.4.1 水泥浆体组分的浸出	268
9.4.2 酸的侵蚀	268
9.4.3 硫酸盐侵蚀	269
9.4.4 酸雨侵蚀	273
9.5 碱-集料反应	275
9.5.1 碱-集料反应的分类与特点	275
9.5.2 碱-集料反应的膨胀机理	276
9.5.3 碱-集料反应的影响因素	277
9.5.4 碱-集料反应的预防措施	280

9.6 混凝土的碳化	281
9.6.1 碳化机理与特点	281
9.6.2 碳化效应	283
9.6.3 碳化影响因素	284
9.6.4 碳化程度检验与估计	287
9.6.5 减少与预防碳化的措施	288
9.7 混凝土中钢筋的锈蚀	288
9.7.1 混凝土中钢筋锈蚀的电化学原理	288
9.7.2 混凝土“中性化”对混凝土中钢筋锈蚀的影响	290
9.7.3 氯盐对混凝土中钢筋锈蚀的影响	290
9.7.4 混凝土钢筋锈蚀的其他影响因素	291
9.7.5 混凝土中钢筋锈蚀的防护措施	293
9.7.6 混凝土中钢筋锈蚀的检测方法	294
9.8 混凝土耐久性设计及防护	294
9.8.1 混凝土耐久性设计	295
9.8.2 混凝土耐久性防护	296
9.8.3 混凝土耐久性评价	297
9.8.4 混凝土耐久性研究的发展与展望	298
复习题	299
主要参考文献	299
第十章 混凝土的性能设计	302
10.1 常规混凝土与高性能混凝土设计方法	302
10.1.1 常规混凝土设计方法及其特点	302
10.1.2 高性能混凝土配合比设计原则	304
10.1.3 高性能混凝土的设计方法	305
10.1.4 现有高性能混凝土设计方法的不足	307
10.2 基于性能的高性能混凝土设计方法	307
10.2.1 基于性能的混凝土设计方法简介	308
10.2.2 基于性能设计方法与传统指令式设计的区别	309
10.2.3 基于性能设计方法的优点	311
10.2.4 混凝土性能设计的内容	312
10.3 基于性能的混凝土质量控制体系	315
10.3.1 质量控制体系的构成与策略	315
10.3.2 混凝土抗碳化能力检测方法	316
10.3.3 混凝土抗氯离子渗透性检测方法	318
10.4 混凝土性能设计体系与应用现状	319
复习题	320
主要参考文献	321

第三部分 技 术 篇

第十一章 混凝土配合比设计	323
11.1 混凝土拌和物配制的目标和影响因素	323
11.1.1 强度	323
11.1.2 工作性	324
11.1.3 耐久性	324
11.1.4 经济性	324
11.2 混凝土拌和物参数的选择	324
11.2.1 水胶比	325
11.2.2 浆集比	325
11.2.3 砂石比	325
11.2.4 外加剂用量	325
11.3 混凝土拌和物配合比设计的方法	326
11.3.1 传统塑性混凝土配合比设计	326
11.3.2 Mehta 和 Aitcin 推荐的高强、高性能混凝土配合比确定方法	331
11.3.3 法国路桥实验中心建议的方法	333
11.3.4 基于最大密实度理论的方法	335
11.3.5 吴中伟高性能混凝土简易配合比设计方法	335
11.4 高性能混凝土全计算配合比设计	336
11.4.1 普遍适用的混凝土体积模型	337
11.4.2 混凝土配合比设计中的两个基本关系式	337
11.4.3 混凝土全计算配合比设计步骤	339
11.4.4 高性能混凝土(HPC)全计算配合比设计	340
11.4.5 高性能混凝土(HPC)全计算配合比设计的实例	342
11.4.6 总结	344
复习题	345
主要参考文献	346
第十二章 早龄期混凝土技术	347
12.1 混凝土工作性的评价技术	347
12.1.1 工作性的定义和意义	347
12.1.2 工作性的测定	349
12.1.3 流动性的分类及选择	351
12.1.4 影响工作性的主要因素	352
12.1.5 改善新拌混凝土工作性的措施	355
12.2 混凝土的凝结特性及其评价	356
12.2.1 凝结的定义和重要性	356
12.2.2 贯入阻力法测量凝结时间	356

12.2.3 用电阻率表征凝结时间	358
12.2.4 混凝土的非正常凝结	361
12.3 混凝土的温度控制技术	363
12.3.1 意义	363
12.3.2 寒冷气候中混凝土浇筑技术	363
12.3.3 大体积混凝土温度控制技术	364
12.4 混凝土拌和物的其他性能和新拌混凝土的快速分析技术	365
复习题	366
主要参考文献	366
第十三章 混凝土无损检测技术	367
13.1 混凝土无损检测技术的定义与分类	367
13.1.1 混凝土无损检测技术的定义	367
13.1.2 混凝土无损检测的发展趋势	367
13.1.3 混凝土无损检测的种类	367
13.2 混凝土结构的应力波检测法	369
13.2.1 混凝土结构的超声波检测法	369
13.2.2 混凝土结构的冲击回波检测法	371
13.2.3 混凝土结构的声发射检测法	371
13.3 混凝土结构的电学检测方法	373
13.3.1 电阻率法检测钢筋锈蚀	373
13.3.2 电位法检测钢筋锈蚀	374
13.3.3 线性极化法检测钢筋锈蚀	375
13.3.4 电阻率法在混凝土水化监测过程中的应用	376
13.4 混凝土结构检测的电磁波法	377
13.4.1 电磁波在混凝土结构检测中的应用	377
13.4.2 探地雷达在混凝土结构检测中的应用	378
13.5 混凝土的红外成像法检测技术	379
13.6 混凝土结构的断层扫描法	382
13.6.1 X射线断层扫描法原理	382
13.6.2 反向散射微波断层扫描法的应用	382
13.7 混凝土无损检测案例	383
13.7.1 超声法检测混凝土裂缝	383
13.7.2 雷达法检测楼板钢筋直径和分布	384
13.7.3 电位法检测混凝土内部钢筋锈蚀	385
复习题	386
主要参考文献	386
第十四章 轻集料混凝土及抛填集料混凝土技术	387
14.1 轻集料混凝土的概念	387

14.2 轻集料混凝土的特性	388
14.2.1 轻质高强	388
14.2.2 保温隔热性能	388
14.2.3 耐火性能	388
14.2.4 抗震性能	388
14.2.5 耐久性能	388
14.3 轻集料混凝土的发展与研究	389
14.3.1 轻集料混凝土的发展	389
14.3.2 轻集料混凝土的研究	389
14.4 轻集料混凝土的应用实例	395
14.4.1 工程简介	395
14.4.2 原材料和配合比	395
14.4.3 轻集料混凝土施工情况	396
14.5 轻集料混凝土的应用拓展	397
14.5.1 内养护混凝土	397
14.5.2 次轻混凝土	404
14.6 抛填集料混凝土	407
14.6.1 引言	407
14.6.2 集料嵌锁型混凝土施工工艺剖析	409
14.6.3 抛填集料混凝土方法与研究进展	410
14.6.4 抛填集料混凝土的绿色高性能化机理	411
14.6.5 抛填集料混凝土的应用及优点	412
14.6.6 结语	413
复习题	414
主要参考文献	414

第一部分 基础篇

第一章 现代混凝土概述

内容提要

本章是全书主要内容的概要,包括回顾混凝土的发展历程,总结现代混凝土的基本特征、主要种类和主要组成材料;简要介绍新拌混凝土和硬化混凝土的性质,描述混凝土的多尺度结构;最后,展望混凝土的发展和应用前景。同时,针对在校大学生和研究生,对于混凝土的研究方法做了简要介绍。

1.1 混凝土的发展简史

传统的混凝土是由水泥、石子、砂子和水按照一定比例混合均匀,并凝结硬化后形成的人造石材。显然,在这四种原材料中,水泥与水的混合物是构成混凝土的“黏结剂”,或者说是混凝土的基体组分。在这个意义上,可以将混凝土称为水泥基复合材料。

传统混凝土的发展史应该是胶凝材料发展和应用的历史。能够将砂石类材料胶结成一个整体并逐渐凝结硬化,从而赋予该聚集体一定力学性能的材料称为胶凝材料。在古代,建设者们就试图寻找一种能够将石子或砖块黏结在一起的材料。古埃及和古希腊曾先后在建筑中使用石膏砂浆、石灰砂浆,石灰砂浆技术随后也传入古罗马。我国的万里长城也是最早使用石灰砂浆的范例。

此后,古希腊和古罗马人发现,在石灰中加入一些火山灰类材料后不仅能提高硬化体的强度,还可以增强硬化体耐水的能力。古罗马采用石灰-火山灰胶凝材料修建了许多著名建筑,如“庞贝”城、罗马圣殿等,部分建筑保留至今成为人类历史文明的瑰宝。由于天然火山灰的数量有限,当时人们尝试用废瓷器、碎砖头等烧结黏土制品磨细之后代替火山灰,与石灰混合使用。事实证明,这种混合物同样具有良好的胶凝性质,这一发现为人工制备火山灰材料提供了可能。进一步,人们利用含一定量黏土的石灰石(所谓“天然水泥岩”)经煅烧并磨细后制得“天然水泥”。在此基础上,通过人工配料,使一定量的石灰石和黏土混合煅烧并磨细制得水硬性石灰的生产技术得到发展。这就是硅酸盐水泥生产的雏形。

1824年,英国利兹的一个施工人员阿斯普丁(Aspdin)首先取得了“波特兰”水泥发明专利。阿斯普丁发明的这种水泥的生产包括人工配料、高温煅烧、磨细等几个主要过程,与现代水泥生产十分相似。因为这种胶凝材料硬化后的外观颜色与当时建筑上常用的英国波特兰岛出产的石灰石相近,故称为“波特兰水泥”(Portland cement)。但是,当时水泥