

施惠生 孙振平 邓恺 郭晓潞 编著

混凝土外加剂 技术大全

- HUNNINGTU
- WAIJIAJI
- JISHU DAQUAN



化学工业出版社

013058856

TU528.042
12

施惠生 孙振平 邓恺 郭晓璐 编著

混凝土外加剂 技术大全

- HUNNINGTU
- WAIJIAJI
- JISHU DAQUAN



化学工业出版社

· 北京 ·



北航

C1665287

TU528.042

12

本书系统介绍了混凝土外加剂的理论基础和基本原理,在重点介绍混凝土减水剂的同时,对其他混凝土外加剂,包括引气剂、早强剂、速凝剂、缓凝剂、膨胀剂、防水剂、防冻剂、泵送剂、脱模剂、养护剂、水下浇注混凝土抗分散剂等以及混凝土外加剂与水泥、掺合料的适应性及其改善措施也进行了介绍。本书紧密结合我国的一些重点工程,介绍了混凝土外加剂在高强混凝土、自密实混凝土、补偿收缩抗裂混凝土、大体积混凝土以及其他特种混凝土中的应用技术方面的最新发展。书末还给出了各类混凝土外加剂的性能指标、检测方法及混凝土外加剂的应用技术规程。

本书旨在为从事混凝土外加剂和混凝土生产、研制和应用部门的工程技术人员和管理人员提供混凝土外加剂的基本知识和应用技术。本书也可作为从事土木工程设计、研究、施工等各类技术人员的专业技术参考资料,还可供高等学校材料科学与工程专业及土木工程专业作为教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土外加剂技术大全/施惠生等编著. —北京:化学工业出版社, 2013. 7
ISBN 978-7-122-17373-7

I. ①混… II. ①施… III. ①混凝土-助剂-基本知识 IV. ①TU528. 042

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 100578 号

责任编辑:吕佳丽

责任校对:边涛

装帧设计:韩飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)

印刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张39 字数968千字 2013年9月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:138.00 元

版权所有 违者必究

20 世纪 50 年代以来,混凝土高效减水剂的开发及应用,推动了高性能混凝土的工程应用的大发展。在提倡低碳经济、节能降耗和绿色环保的当今社会,混凝土化学外加剂和矿物外加剂已成为现代混凝土必不可少的组成材料。与此同时,我国混凝土外加剂工业和技术也随之发生着日新月异的变化,外加剂性能大幅度提高,产品的种类不断增多,性价比更为合理,应用技术水平显著提高。

近年来,建筑业的迅猛发展,促进了混凝土外加剂技术的不断进步,有关混凝土外加剂的标准和规范也在不断更新和增删,混凝土外加剂的应用和施工技术也在不断创新。因此,本书在广泛听取了各类工程技术人员意见和建议的基础上,吸取了国内外混凝土外加剂技术的新成就和我国混凝土外加剂的新标准、新规范,认真地进行总结,并介绍了一些新的应用领域和工程实例的介绍,力求使其能更好地满足读者的需求。

本书主要介绍现代混凝土外加剂原理及应用技术。全书分为上、下 2 篇,上篇为混凝土外加剂原理;下篇为混凝土外加剂应用;书中还附录了混凝土外加剂标准与规范。上篇为第 1~17 章,主要介绍混凝土外加剂的理论基础和基本原理,并分别介绍了各种混凝土外加剂及其与水泥、掺合料间的适应性;下篇为第 18~31 章,紧密结合我国一些重点工程实际,介绍了混凝土外加剂的应用技术;附录收录了我国现行的主要相关标准、规范,以方便读者查阅并在工作中更好地了解和使用混凝土外加剂。本书在重点介绍混凝土减水剂的同时,对其他混凝土外加剂,包括引气剂、早强剂、速凝剂、缓凝剂、膨胀剂、防水剂、防冻剂、泵送剂、脱模剂、养护剂、水下浇注混凝土抗分散剂等以及混凝土外加剂与水泥、掺合料的适应性及其改善措施也进行了介绍。本书紧密结合我国的一些重点工程,介绍了混凝土外加剂在**高强混凝土、自密实混凝土、补偿收缩抗裂混凝土、大体积混凝土**以

及其他特种混凝土中的应用技术方面的最新发展。

本书旨在为从事混凝土外加剂和混凝土生产、研制和应用部门的工程技术人员和管理人员提供混凝土外加剂的基本知识和应用技术。本书也可作为从事土木工程设计、研究、施工等各类技术人员的专业技术参考资料，还可供高等学校材料科学与工程专业及土木工程专业作为教学参考书。

本书由同济大学环境材料研究所所长、博士生导师施惠生教授和郭晓璐副教授负责统稿。孙振平教授编写上篇；邓恺博士编写下篇；施惠生、孙振平、邓恺、郭晓璐编写附录。参加本书工作的还有吴凯、张贺、夏明、徐名凤、于龙、阚黎黎、姚玉梅、刘红岩、王骅、沙丹丹、施京华、张振武等。

本书在编著过程中，吸收和选用了国内外有关混凝土外加剂及混凝土材料科学的论著、报告，得到了许多混凝土材料科学专家、学者的指导和混凝土及外加剂生产、研制、应用部门的支持，再次深表谢意。

由于编者水平有限，书中不当之处敬请读者批评、指正。

编者

2013年7月于同济大学嘉定新园



上篇 混凝土外加剂原理

第1章 绪论	2
1.1 外加剂发展历史和现状	2
1.2 外加剂的定义及分类	4
1.3 外加剂的作用及应用范围	6
第2章 混凝土外加剂理论基础	12
2.1 水泥的化学成分与矿物组成	12
2.2 水泥水化进程及其影响因素	14
2.2.1 水泥水化过程	14
2.2.2 影响水泥水化过程的因素	16
2.3 水泥的凝结和硬化	17
2.4 水泥水化热	18
2.5 硬化水泥浆体的结构	19
2.6 混凝土拌合物的流动性和流变特性	19
2.6.1 流动性定义、测试方法及其影响因素	20
2.6.2 流变性	22
2.7 硬化混凝土基本性能及影响因素	23
2.7.1 混凝土的强度	23
2.7.2 混凝土的变形	26
2.8 混凝土的耐久性	33
2.8.1 混凝土的抗渗性	33
2.8.2 混凝土的抗冻性	33
2.8.3 混凝土的抗碳化性	34
2.8.4 混凝土的抗侵蚀性	34
2.9 普通混凝土配合比设计方法	38

2.9.1	试配配合比的计算	38
2.9.2	基准配合比的确定	42
2.9.3	试验室配合比的确定	42
2.9.4	施工配合比的确定	43
2.10	表面活性剂	43
2.11	水泥浆体的基本性状	48
2.12	几类表面活性剂基团对水泥水化进程的影响	49

第3章 混凝土减水剂 51

3.1	概述	51
3.2	主要品种	52
3.3	作用机理	53
3.4	减水剂的生产方法及基本性质	56
3.4.1	木质素磺酸盐减水剂	56
3.4.2	萘磺酸甲醛缩合物高效减水剂	57
3.4.3	多环芳烃磺酸盐甲醛缩合物高效减水剂	58
3.4.4	三聚氰胺磺酸盐甲醛缩合物高效减水剂	58
3.4.5	改性木质素磺酸钙（或钠）高效减水剂	58
3.4.6	氨基磺酸盐高效减水剂	59
3.4.7	聚羧酸系高性能减水剂	59
3.5	掺加减水剂对混凝土性能的影响	61
3.5.1	掺加减水剂对新拌混凝土的影响	61
3.5.2	掺加减水剂对混凝土凝结硬化阶段性能的影响	64
3.5.3	掺加减水剂对混凝土硬化后性能的影响	65
3.6	减水剂的掺加方法	71
3.7	减水剂的性能指标及检验方法	74
3.7.1	减水剂的性能指标	74
3.7.2	减水剂性能指标的检验方法	75
3.8	减水剂应用要点	79
3.8.1	确定合适的掺量	79
3.8.2	测定减水剂与水泥的适应性	79

第4章 混凝土引气剂及引气减水剂 81

4.1	概述	81
4.2	种类	81

4.3	作用机理	82
4.4	引气剂对混凝土性能的影响	83
4.4.1	对混凝土和易性的影响	83
4.4.2	对混凝土凝结硬化的影响	84
4.4.3	对硬化混凝土性能的影响	84
4.5	影响引气量的因素	87
4.6	混凝土引气剂的应用要点	88

第5章 混凝土早强剂及早强减水剂 90

5.1	概述	90
5.2	早强剂种类	90
5.2.1	氯化物类早强剂	91
5.2.2	硫酸盐早强剂	95
5.2.3	硝酸盐和亚硝酸盐早强剂	96
5.2.4	有机化合物早强剂	96
5.3	常用的复合型早强剂和早强减水剂	96
5.4	混凝土早强剂的应用要点	98
5.4.1	氯盐早强剂	98
5.4.2	硫酸盐早强剂	99

第6章 混凝土速凝剂 101

6.1	概述	101
6.2	主要品种及其组成	102
6.3	作用机理	104
6.4	速凝剂对混凝土性能的影响	106
6.5	速凝剂的工程应用要点	108

第7章 混凝土缓凝剂 110

7.1	概述	110
7.2	缓凝剂的种类	110
7.3	缓凝剂的作用机理	111
7.4	缓凝剂对混凝土性能的影响	114
7.5	混凝土缓凝剂应用要点	117

第8章 混凝土膨胀剂 119

8.1 概述	119
8.2 膨胀剂的种类	121
8.3 作用机理	122
8.3.1 氧化钙类膨胀剂	122
8.3.2 硫铝酸钙类膨胀剂	123
8.3.3 硫铝酸钙-氧化钙类复合膨胀剂	124
8.3.4 氧化镁类膨胀剂	125
8.3.5 氧化铁类膨胀剂	125
8.4 膨胀剂对混凝土性能的影响	125
8.5 膨胀剂的工程应用要点	127

第9章 混凝土防水剂 130

9.1 概述	130
9.2 主要品种	132
9.3 防水剂的作用机理	132
9.3.1 引气型防水剂	132
9.3.2 减水型防水剂	133
9.3.3 三乙醇胺密实型防水剂	133
9.3.4 氯化铁类防水剂	134
9.3.5 微膨胀型防水剂	134
9.3.6 多功能复合型防水剂	135
9.4 防水剂对混凝土性能的影响	137
9.5 防水剂的工程应用要点	141
9.5.1 引气型防水剂的使用要点	141
9.5.2 减水型防水剂的使用要点	142
9.5.3 氯化铁类防水剂的使用要点	142
9.5.4 微膨胀型防水剂的应用	143

第10章 混凝土防冻剂 145

10.1 概述	145
10.2 防冻剂的主要种类	147
10.3 防冻剂的作用机理及其对混凝土性能的影响	148
10.4 防冻剂性能指标及检测方法	151

10.5	防冻剂应用要点	154
第11章	混凝土泵送剂及控制混凝土坍落度损失外加剂	157
11.1	概述	157
11.2	混凝土泵送剂的性能	158
11.3	泵送剂的种类	159
11.4	混凝土泵送剂的复配	160
11.5	控制坍落度损失型泵送剂的配制思路及其作用机理	161
11.5.1	掺高效减水剂混凝土坍落度损失过快的原因及解决措施	162
11.5.2	HP 控制坍落度损失型高性能泵送剂的性能	163
第12章	混凝土减缩剂	171
12.1	概述	171
12.2	减缩剂的作用原理	171
12.3	减缩剂的特点	172
12.4	减缩剂的种类	173
12.5	减缩剂对混凝土性能的影响	173
12.6	减缩剂的发展前景	177
第13章	混凝土阻锈剂	178
13.1	概述	178
13.2	阻锈剂的性能要求	179
13.3	阻锈剂的种类	179
13.4	阻锈剂的作用机理	180
第14章	水下浇注混凝土抗分散剂	182
14.1	概述	182
14.2	抗分散剂的种类	183
14.3	抗分散剂的作用机理	185
14.4	抗分散剂对混凝土性能的影响	185
14.5	水下浇注混凝土抗分散剂的应用要点	191
第15章	砂浆外加剂	193
15.1	概述	193

15.2	砂浆外加剂主要品种	195
15.3	砂浆外加剂的主要组成和作用机理	195
15.4	外加剂对砂浆性能的影响	198

第16章 其他混凝土外加剂 **203**

16.1	脱模剂	203
16.2	养护剂	204
16.3	加气剂	205
16.4	泡沫剂	205
16.5	碱-集料反应抑制剂	205

第17章 混凝土外加剂与水泥/掺合料的适应性及其改善措施 ... **207**

17.1	概述	207
17.2	外加剂与水泥适应性的定义	207
17.3	影响外加剂与水泥适应性的因素	207
17.3.1	外加剂方面的因素	208
17.3.2	水泥方面的因素	208
17.3.3	外加剂的掺量与掺加方法	209
17.4	混凝土外加剂与水泥适应性的改善措施	209
17.5	改善水泥与外加剂适应性的工程实例	211
17.5.1	因更换水泥所引起的适应性问题	211
17.5.2	因使用膨胀剂所产生的不适应性问题	213



下篇 混凝土外加剂应用

第18章 混凝土外加剂在高强混凝土中的应用 **216**

18.1	高强混凝土的概念	216
18.2	高强混凝土对原材料要求	217
18.2.1	水泥	217
18.2.2	集料	218
18.2.3	矿物掺合料	221
18.2.4	化学外加剂	224

18.2.5 拌合水	225
18.3 高强混凝土配制技术	226
18.3.1 决定混凝土强度的主要因素	226
18.3.2 高强混凝土配合比设计应参考的原则	226
18.3.3 高强混凝土配合比设计的步骤	229
18.4 外加剂在高强混凝土中的应用实例	231
18.4.1 外加剂在广州保利国际广场工程中的应用	231
18.4.2 外加剂在北京静安中心大厦工程中的应用	232
18.4.3 外加剂在其他一些高强混凝土建筑中的应用	234

第19章 混凝土外加剂在自密实混凝土中的应用 235

19.1 自密实混凝土的概念	235
19.1.1 自密实混凝土的定义	235
19.1.2 自密实混凝土的性能	235
19.1.3 自密实混凝土的发展和应用现状	241
19.2 自密实混凝土对原材料要求	242
19.2.1 水泥	242
19.2.2 集料	242
19.2.3 矿物掺合料	243
19.2.4 惰性掺合料	243
19.2.5 化学外加剂	243
19.3 自密实混凝土配制技术	244
19.3.1 自密实混凝土配制原理	244
19.3.2 自密实混凝土配制思路	244
19.3.3 自密实混凝土设计步骤	247
19.4 外加剂在自密实混凝土中的应用实例	248
19.4.1 在三峡大坝三期工程中的应用	248
19.4.2 在银泰中心工程中的应用	254

第20章 混凝土外加剂在补偿收缩混凝土中的应用 257

20.1 补偿收缩混凝土的概况	257
20.1.1 补偿收缩混凝土的定义	257
20.1.2 补偿收缩混凝土的特点	257
20.2 补偿收缩混凝土对原材料要求	258
20.2.1 水泥	258

20.2.2	掺合料	259
20.2.3	粗集料	259
20.2.4	细集料	259
20.2.5	纤维	260
20.2.6	水	260
20.2.7	化学外加剂	260
20.2.8	膨胀剂	260
20.3	补偿收缩混凝土配制技术	262
20.3.1	配合比设计原则	262
20.3.2	限制膨胀率指标设计	262
20.3.3	膨胀剂内掺量设计	263
20.3.4	膨胀剂用量计算	264
20.3.5	配合比的调整与确定	264
20.4	外加剂在补偿收缩混凝土中的应用实例	265
20.4.1	在巫山长江大桥钢管混凝土拱桥中的应用	265
20.4.2	在苏州市商业街 F 城工程中的应用	268

第21章 混凝土外加剂在大体积混凝土中的应用 272

21.1	大体积混凝土的概念	272
21.2	大体积混凝土对原材料要求	273
21.2.1	水泥	273
21.2.2	集料	274
21.2.3	矿物掺合料	275
21.2.4	外加剂	276
21.3	大体积混凝土配制和施工技术	278
21.4	外加剂在大体积混凝土中的应用实例	282
21.4.1	在上海环球金融中心大厦中的应用	282
21.4.2	在苏通大桥主墩承台中的应用	286
21.4.3	在南水北调保定漕河段工程中的应用	292

第22章 混凝土外加剂在道路混凝土中的应用 298

22.1	道路水泥混凝土的概念	298
22.1.1	道路水泥混凝土定义	298
22.1.2	道路水泥混凝土的特点	299
22.2	道路水泥混凝土对原材料要求	300

22.2.1	水泥	300
22.2.2	粗集料	301
22.2.3	细集料	303
22.2.4	掺合料	304
22.2.5	外加剂	305
22.2.6	接缝材料	306
22.3	道路水泥混凝土的配制技术	307
22.3.1	道路混凝土配合比应满足的技术要求	308
22.3.2	道路混凝土配合比设计步骤	310
22.3.3	道路混凝土配合比设计方法	311
22.4	外加剂在道路水泥混凝土中的应用实例	312
22.4.1	引气剂在道路混凝土中的应用	312
22.4.2	减水剂在道路混凝土中的应用	314

第23章 混凝土外加剂在轻集料混凝土中的应用 316

23.1	轻集料混凝土的概念	316
23.1.1	轻集料混凝土的定义	316
23.1.2	轻集料混凝土的分类	317
23.2	轻集料混凝土对原材料要求	318
23.2.1	胶凝材料	318
23.2.2	轻集料	318
23.2.3	外加剂	320
23.2.4	拌合水	320
23.3	轻集料混凝土的配置	320
23.3.1	轻集料混凝土配合比基本参数的选择	320
23.3.2	轻集料混凝土配合比设计基本原则	322
23.3.3	轻集料混凝土配合比设计的方法	323
23.4	外加剂在轻集料混凝土中的应用	326

第24章 混凝土外加剂在纤维增强混凝土中的应用 328

24.1	纤维增强混凝土的概念	328
24.1.1	纤维增强混凝土的定义	328
24.1.2	纤维的分类	329
24.1.3	纤维增强混凝土的分类	329
24.1.4	纤维在混凝土中的作用	330

24.1.5	纤维混凝土的发展历程	330
24.2	钢纤维增强混凝土	331
24.2.1	钢纤维混凝土的特点	331
24.2.2	钢纤维混凝土对原材料要求	331
24.2.3	钢纤维混凝土配合比设计	333
24.2.4	外加剂在钢纤维混凝土中的应用实例	335
24.3	合成纤维增强混凝土	336
24.3.1	合成纤维概述	336
24.3.2	聚丙烯纤维增强混凝土	337
24.3.3	聚丙烯腈纤维增强混凝土	338
24.3.4	外加剂在合成纤维混凝土中的应用实例	338

第25章 混凝土外加剂在大掺量矿物掺合料绿色高性能混凝土中的应用

		340
25.1	矿物掺合料与绿色高性能混凝土	340
25.1.1	矿物掺合料的定义与发展	340
25.1.2	矿物掺合料的作用机理	341
25.1.3	绿色高性能混凝土	341
25.2	大掺量粉煤灰绿色高性能混凝土	342
25.2.1	粉煤灰的种类及技术要求	343
25.2.2	混凝土掺用粉煤灰的规定及方法	344
25.2.3	大掺量粉煤灰混凝土的应用实例	345
25.3	大掺量磨细矿渣微粉绿色高性能混凝土	346
25.3.1	磨细矿渣微粉概述	346
25.3.2	磨细矿渣微粉的用法	347
25.3.3	大掺量磨细矿渣微粉的应用实例	347
25.4	大掺量复合矿物掺合料绿色高性能混凝土	348
25.4.1	复合矿物掺合料的综合效应	348
25.4.2	复合矿物掺合料的用法	349
25.4.3	大掺量复合矿物掺合料的应用实例	349

第26章 混凝土外加剂在铁路客运专线高性能混凝土中的应用

		351
26.1	铁路客运专线与高性能混凝土	351
26.1.1	铁路客运专线	351

26.1.2	高性能混凝土	352
26.2	铁路客运专线高性能混凝土设计要求	352
26.3	铁路客运专线高性能混凝土用原材料	355
26.4	铁路客运专线高性能混凝土配合比	358
26.5	外加剂在铁路客运专线高性能混凝土中应用实例	359

第27章 混凝土外加剂在防水混凝土中的应用 360

27.1	防水混凝土概述	360
27.2	减水剂防水混凝土	361
27.2.1	减水剂防水机理	361
27.2.2	减水剂对混凝土混合料性能的影响	361
27.2.3	减水剂防水混凝土配制要点	362
27.2.4	应用实例	362
27.3	引气剂防水混凝土	363
27.3.1	引气剂防水机理	363
27.3.2	引气剂防水混凝土配制要点	363
27.4	膨胀剂防水混凝土	364
27.4.1	防水混凝土应用膨胀剂时应该注意的问题	365
27.4.2	应用实例	365
27.5	有机硅防水混凝土	366
27.5.1	有机硅防水剂的防水原理	366
27.5.2	有机硅防水混凝土的配置	366

第28章 混凝土外加剂在喷射混凝土中的应用 368

28.1	喷射混凝土的概念	368
28.2	喷射混凝土的特点	369
28.3	喷射混凝土的分类	369
28.4	喷射混凝土的原材料	370
28.4.1	水泥	370
28.4.2	细集料	371
28.4.3	粗集料	371
28.4.4	速凝剂	372
28.4.5	其他外加剂	373
28.4.6	纤维	373
28.5	喷射混凝土配合比设计要点	374

28.5.1	喷射混凝土配合比主要设计原则	374
28.5.2	喷射混凝土配合比主要设计参数	374
28.5.3	配合比设计步骤	374
28.6	速凝剂在喷射混凝土中的应用	376
28.6.1	喷射混凝土用速凝剂的开发应用	376
28.6.2	速凝剂在喷射混凝土中的工程应用实例	377

第29章 混凝土外加剂在其他特种混凝土中的应用 379

29.1	自应力混凝土	379
29.1.1	自应力混凝土概述	379
29.1.2	自应力混凝土的设计	380
29.1.3	自应力混凝土压力管	380
29.1.4	自应力混凝土灌注桩	381
29.2	倒灌顶升泵送混凝土	383
29.2.1	应用工程技术要求	383
29.2.2	倒灌顶升泵送混凝土原材料及配合比	384
29.2.3	倒灌顶升泵送混凝土拌合物在施工现场的应用情况	386
29.2.4	聚羧酸系减水剂在倒灌顶升泵送混凝土中的作用	388
29.3	碾压混凝土	388
29.3.1	碾压混凝土的特点	388
29.3.2	碾压混凝土材料	389
29.3.3	碾压混凝土配合比设计要点	389
29.3.4	外加剂在碾压混凝土中的应用	390

第30章 混凝土外加剂在透水混凝土中的应用 392

30.1	透水混凝土的概念	392
30.1.1	透水混凝土定义	392
30.1.2	透水混凝土的特点	392
30.1.3	透水混凝土的结构模型	393
30.1.4	透水混凝土的发展历程	393
30.2	道路水泥混凝土的原材料	394
30.2.1	水泥	394
30.2.2	粗集料	394
30.2.3	外加剂	395
30.2.4	增强材料	395