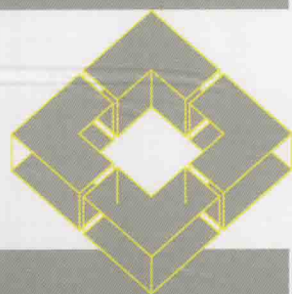


田培 刘加平 王玲 冉千平 等编著



混凝土 外加剂手册

The Second Edition

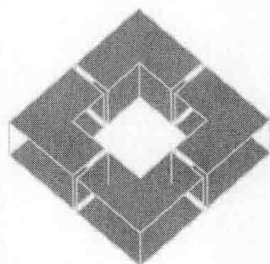
第二版



化学工业出版社

田培 刘加平 王玲 冉千平 等编著

混凝土 外加剂手册



The Second Edition

第二版



化学工业出版社

· 北京 ·

《混凝土外加剂手册》全面介绍了混凝土外加剂的品种、性能，外加剂对新拌和硬化混凝土性能的影响，在各种混凝土工程中的应用及其效果，并通过工程应用实例，分析了某些工程质量事故的原因；较为深入地探讨了外加剂作用机理、与水泥的适应性问题；对外加剂的生产工艺及工艺参数也作了全面的介绍。

本书在第一版的基础上充实了各章的内容，尤其是聚羧酸系高性能减水剂；采用外加剂最新统计资料对相关内容进行了更新；增加了混凝土水分蒸发抑制剂和工程质量事故分析的实例；增补了国内外外加剂标准规范主要标准的摘编，更便于读者使用和查阅。

本书可供从事土木工程设计，混凝土外加剂研究、生产和应用，以及混凝土材料设计、施工、管理和教学人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土外加剂手册/田培等编著. —2 版. —北京: 化学工业出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-122-24337-9

I. ①混… II. ①田… III. ①混凝土-水泥外加剂技术手册 IV. ①TU528.042-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 129919 号

责任编辑: 窦 臻

文字编辑: 冯国庆

责任校对: 吴 静

装帧设计: 王晓宇

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: 三河市胜利装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 30 字数 795 千字 2015 年 10 月北京第 2 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。

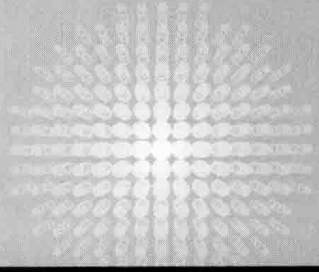
定 价: 119.00 元

版权所有 违者必究

编写人员名单

(按姓名汉语拼音排列)

白 杰	丁 蓓	丁 寅	费治华	高春勇
林 晖	陆加越	刘加平	刘建忠	毛永琳
冉千平	沙建芳	尚 燕	史 林	施 晨
孙 树	田 培	田 倩	王 玲	张 禹
赵 霞	赵青林	钟海涛	周华新	周 静
周伟玲				



前言

自《混凝土外加剂手册》于 2009 年出版以来,我国混凝土外加剂又有了长足的发展。根据中国混凝土外加剂协会统计,从 2007~2013 年短暂的几年间,我国外加剂总产量从 424.8 万吨增至 1225.3 万吨,其中高性能减水剂产量从 41.4 万吨增至 497.8 万吨,萘系高效减水剂产量也从 197.4 万吨增至 357.6 万吨,高性能减水剂增长了十几倍,其增长速度是惊人的。混凝土外加剂产量增加和品种的增多,特别是高性能减水剂品种的增多,为混凝土技术进步和多品种混凝土提供了技术和物质的保障,保证了我国各项基础建设的顺利进行,外加剂的作用是不可取代的。

近年全球气候变暖,节能及减少温室气体的排放,已成为人们的共识和努力的目标。2013 年开始我国有很大一部分地区出现较多、较为严重的雾霾天气,现在对企业生产提出了更严格的环保要求。这些目标和要求,对水泥、混凝土及外加剂生产和应用也带来重大的影响,生产企业都在追求低成本和最大经济效益时,在水泥生产中掺入各种各样的混合材,混凝土生产也加入了多种矿物外加剂(也叫掺合料),大量工业副产品以及废物的加入,使水泥混凝土增加了化学反应的复性,对水泥与外加剂的适应性提出更多严峻的挑战,这也赋予外加剂科技工作者及外加剂生产企业更为繁重的历史使命。

《混凝土外加剂手册》第一版自 2009 年出版以来,受到有关人员的欢迎和好评。在出版社的约请下,我们组织有关专家及科技人员,及时总结近几年科技成果和应用的经验,编著本手册第二版。在新版中,许多章节中充实了新的内容,增加了新的章节,增加了工程应用和混凝土工程事故质量分析的实例,它反映了我国外加剂行业的最新的进展;此外,在新版本中还搜集了国内外最新有关标准,摘编了其标准的主要内容,方便读者使用,使其更具有实用性。希望此书的出版有助于混凝土外加剂及混凝土科学技术的开发应用,为当前的建筑、建材工业做出积极的贡献。

本版虽力求完善,但由于撰写人员知识面的限制,可能在许多方面还存在不足,敬请广大读者指教。

田 培

2015 年 3 月

第一版前言

混凝土外加剂的应用已有 80 多年的历史，随着外加剂新品种不断出现和性能提高，目前使用已相当广泛，是优质混凝土必不可少的组分，被人们称为混凝土的第五组分。工业发达国家混凝土中有 50%~80% 掺有各种外加剂，我国掺外加剂的混凝土也达到 40% 左右。混凝土外加剂品种多样，功能各异。在混凝土中，使用外加剂的主要目的有：

① 改善新拌和硬化混凝土的性能，特别是混凝土的耐久性；

② 促进混凝土新技术的发展，如商品混凝土、泵送混凝土、自流平混凝土、水下混凝土及喷射混凝土等；

③ 化学外加剂还促进工业副产品在胶凝材料系统中更多的应用，有助于节约资源和保护环境，在不断探求降低成本和高耐久性前提下，可以预料，外加剂在未来的混凝土生产中将起到越来越重要的作用。

我国研究、生产和应用外加剂的单位较多，许多单位都有本单位的研究、生产和应用成果及经验，但各单位在深度和广度上是不一致的。根据化学工业出版社的要求，遂组织了从事外加剂研究较早并卓有成效的单位与人员参加了手册的编写，目的是将我国的外加剂生产技术作较全面的总结和介绍，以实现成果的交流与共享，推动我国外加剂行业更好的发展。编著单位中国建筑材料科学研究总院，是国内开展外加剂研究最早的单位之一，成果较多，制定了多项混凝土外加剂国家与行业标准，近期又主持第二次全面修订 GB 8076 国家标准，该标准新增了国内新近开发的高性能减水剂的检测方法与性能指标；江苏省建筑科学研究院是目前国内集外加剂研究、生产和应用于一体的企业之一，科技力量雄厚，是国内知名企业，高效减水剂被国家评为名牌产品，产品广泛用于国内各类重点及大型工程。

本手册内容除搜集整理国内外资料外，还包含编写单位的科研、生产与应用方面的成果与经验总结；既介绍了传统外加剂产品，也介绍新近研发的产品。本书共分 8 章。第 1 章引用中国建筑材料联合会混凝土外加剂分会“2008 年我国外加剂生产现况”调查资料，详细介绍我国外加剂现况，以及今后水泥、混凝土和外加剂发展方向。第 2 章简略介绍外加剂的定义、分类、命名和术语。第 3 章全面介绍外加剂品种、性能、生产技术等。其中电离剂是有别于化学外加剂和矿物外加剂，此种外加剂我国虽不生产，但试验结果显示了一些奇特性能，书中也作了简介。近期由于国内对混凝土耐久性的重视，严格限制混凝土中的氯离子及碱含量，过去一些外加剂常用的传统组分受到了限制，本书对一种无氯低碱、既可用作早强组分又可作防冻组分的硫氰酸钠的几种制造方法及性能作了详细介绍。这样，外加剂企业在获取外加剂组成方面又多了一种新的选择。第 4 章介绍外加剂的选用原则。第 5 章对外加剂与水泥的适应性作了较详细的阐述，由于外加剂与水泥的适应性是个十分复杂的问题，从理论认识其影响因素，对解决工程实践中遇到的问题有很好的指导作用。第 6 章介绍了各种外加剂在一些重大工程的应用实例，从这些实例可以看出，做好工程服务关键问题是什么，这对从事工程服务的人员有很高

参考价值。第7章是混凝土工程质量事故原因分析，这是编写单位在工作中遇到并处理过的一些问题，这些工程质量事故有的是掺外加剂的混凝土，有的是未掺外加剂的混凝土，其原因分析方法对从事这方面工作的人员也有一定的参考价值。第8章介绍一些工业发达国家的标准，这对于从事外加剂研究和外贸的人员有一定实用意义。由于篇幅有限，第3章着重介绍外加剂品种、生产和性能，其他章节比较简略。

本书的出版，对于从事与混凝土外加剂相关工作的人员认识、正确掌握、选择和使用外加剂会起到有益的指导作用。

由于撰写人员知识面的限制，书中疏漏和不当之处，敬请读者予以指正，编者不胜感谢。

田 培
2009年6月

目 录

第 1 章 我国混凝土外加剂现状及发展趋势

1.1 我国外加剂的现状	1
1.1.1 高性能减水剂	2
1.1.2 高效减水剂	2
1.1.3 膨胀剂	2
1.1.4 速凝剂	3
1.1.5 木质素磺酸盐外加剂	3
1.1.6 缓凝剂	3
1.1.7 引气剂	4
1.1.8 复合型外加剂	4
1.2 水泥与混凝土的发展趋势	5
1.2.1 胶凝材料发展趋势	5
1.2.2 混凝土技术的发展趋势	5
1.3 混凝土外加剂发展趋势	6
1.3.1 木质素磺酸盐	7
1.3.2 萘系减水剂	7
1.3.3 其他合成聚合物和共聚物	7
1.3.4 聚羧酸系高性能减水剂	8

第 2 章 混凝土外加剂的定义、分类、命名和术语

2.1 分类	15
2.2 命名	15
2.3 术语	16
2.3.1 基本术语	16
2.3.2 性能术语	17

第 3 章 混凝土外加剂品种、性能和生产技术

3.1 高性能减水剂	19
3.1.1 定义及分类	19
3.1.2 生产所用主要原材料及其检测方法	20
3.1.3 聚羧酸系高性能减水剂的制备方法及其优缺点	23
3.1.4 聚羧酸系高性能减水剂的生产工艺	26
3.1.5 常规聚羧酸系高性能减水剂性能特点	28

3.1.6	其他功能型聚羧酸系高性能减水剂	33
3.1.7	聚羧酸系高性能减水剂用途及主要应用范围	37
3.1.8	应用技术要点	38
3.2	高效减水剂	41
3.2.1	萘系高效减水剂	41
3.2.2	蒽系减水剂	52
3.2.3	氨基磺酸盐系减水剂	54
3.2.4	脂肪族羟基磺酸盐系减水剂	60
3.2.5	三聚氰胺高效减水剂	65
3.2.6	古马隆系高效减水剂	68
3.2.7	聚苯乙烯磺酸盐减水剂	69
3.3	普通减水剂	69
3.3.1	木质素磺酸盐类减水剂	69
3.3.2	多元醇系列减水剂	82
3.3.3	腐殖酸减水剂	84
3.4	缓凝剂/缓凝型普通减水剂/缓凝型高效减水剂/缓凝型高性能减水剂	86
3.4.1	定义	86
3.4.2	缓凝剂、缓凝型普通减水剂、缓凝型高效减水剂和缓凝型高性能减水剂的技术要求	86
3.4.3	缓凝剂的品种及其主要性能	86
3.4.4	缓凝减水剂的主要品种和性能特点	101
3.4.5	缓凝类外加剂的主要用途	102
3.4.6	缓凝类外加剂的主要应用范围	103
3.4.7	缓凝剂的作用机理	103
3.4.8	缓凝剂对混凝土性能的影响	104
3.4.9	缓凝类外加剂的应用技术要点	107
3.5	早强剂/早强减水剂	108
3.5.1	概述	108
3.5.2	早强剂按照化学成分分类	109
3.5.3	早强剂及早强减水剂对混凝土性能的影响	119
3.5.4	早强剂及早强减水剂应用技术要点	120
3.5.5	早强剂外加剂使用注意事项	120
3.5.6	早强剂及早强减水剂在混凝土工程中的应用	122
3.6	引气剂/引气减水剂	122
3.6.1	概述	122
3.6.2	引气剂的种类与化学结构	123
3.6.3	混凝土引气剂的气泡性能	126
3.6.4	引气剂对混凝土性能的影响	131
3.7	防水剂	137
3.7.1	概述	137
3.7.2	无机防水剂	138
3.7.3	有机防水剂	140
3.8	膨胀剂	144
3.8.1	膨胀剂研究概况	144
3.8.2	膨胀剂的种类及膨胀机理	146
3.8.3	膨胀剂的应用范围	150

3.8.4	影响膨胀剂膨胀作用的因素	151
3.8.5	膨胀剂的选用	153
3.8.6	膨胀剂使用的注意事项	154
3.8.7	膨胀剂对混凝土性能的影响	155
3.8.8	膨胀剂应用中存在的问题	156
3.9	速凝剂	157
3.9.1	定义	158
3.9.2	分类	158
3.9.3	速凝剂的作用机理	160
3.9.4	各种速凝剂的生产	161
3.9.5	性能	162
3.9.6	用途	162
3.9.7	应用技术要点	162
3.9.8	速凝剂对混凝土性能的影响	163
3.10	泵送剂	164
3.10.1	概述	164
3.10.2	泵送剂的组成和选用	165
3.10.3	泵送混凝土的特点和施工	166
3.10.4	对混凝土性能的影响	167
3.10.5	生产质量控制	171
3.11	防冻剂	172
3.11.1	混凝土冬期施工	172
3.11.2	冬期施工用防冻剂概述	176
3.11.3	防冻剂对混凝土性能的影响	181
3.11.4	防冻剂工程应用技术要点	183
3.12	絮凝剂	184
3.12.1	絮凝剂及其种类	184
3.12.2	絮凝剂的分子结构及生产工艺	185
3.12.3	絮凝剂的主要性能特点	185
3.12.4	絮凝剂对水泥混凝土性能的影响	186
3.13	减缩剂	187
3.13.1	概述	187
3.13.2	减缩剂的减缩作用机理	187
3.13.3	减缩剂的品种与化学组成	188
3.13.4	减缩剂的特点及发展趋势	189
3.13.5	单组分型减缩剂的合成工艺	189
3.13.6	混凝土减缩剂的应用研究	192
3.13.7	影响减缩效果的因素	196
3.14	保塑剂	196
3.14.1	概述	196
3.14.2	保塑剂概念	197
3.14.3	混凝土保塑方法及其优缺点	197
3.14.4	保塑剂的类型	198
3.14.5	保塑剂作用机理分析	199
3.14.6	保塑剂的性能评价	200
3.15	增稠剂	203

3. 15. 1	概述	203
3. 15. 2	增稠剂的作用机理	204
3. 15. 3	增稠剂对新拌水泥混凝土性能的影响	206
3. 15. 4	增稠剂对硬化混凝土性能的影响	207
3. 15. 5	应用技术要点	207
3. 16	阻锈剂	208
3. 16. 1	阻锈剂的定义	208
3. 16. 2	阻锈剂的种类	209
3. 16. 3	常用阻锈剂及其作用机理	209
3. 16. 4	阻锈剂的性能指标	210
3. 16. 5	外加剂推荐掺量及影响	211
3. 16. 6	掺阻锈剂对混凝土性能的影响	211
3. 16. 7	用途及主要应用范围	211
3. 16. 8	阻锈剂的应用效果及限制	212
3. 16. 9	阻锈剂应用技术要点	212
3. 17	加气剂	213
3. 17. 1	概述	213
3. 17. 2	加气剂品种及机理	213
3. 17. 3	应用技术要点	216
3. 17. 4	加气混凝土	216
3. 18	碱-集料反应抑制剂	217
3. 18. 1	概述	217
3. 18. 2	碱-集料反应抑制剂	218
3. 19	灌浆剂	222
3. 19. 1	概述	222
3. 19. 2	灌浆剂的品种	222
3. 19. 3	灌浆工程对灌浆材料(灌浆剂)的要求	227
3. 20	锚固剂	227
3. 20. 1	概述	227
3. 20. 2	锚固剂的分类及特性	228
3. 20. 3	有机锚固剂与无机锚固剂的优缺点	234
3. 21	砌筑砂浆增塑剂	235
3. 21. 1	概述	235
3. 21. 2	砂浆塑化剂	235
3. 21. 3	微孔塑化剂	235
3. 21. 4	高效塑化粉	236
3. 22	水泥电离剂	238
3. 22. 1	概述	238
3. 22. 2	试验所用原材料	238
3. 22. 3	电离剂对新拌混凝土性能的影响	239
3. 22. 4	对硬化混凝土性能的影响	240
3. 22. 5	电离剂其他有关使用效果的试验	241
3. 22. 6	结论	243
3. 23	硫氰酸钠——可供选择的非氯早强剂	244
3. 23. 1	概述	244
3. 23. 2	硫氰酸钠在建筑外加剂中的应用	244

3.23.3	硫氰酸钠混凝土的优点	244
3.23.4	硫酸氰酸钠的化学特性	245
3.23.5	硫氰酸钠不同的生产方法	245
3.23.6	硫氰酸钠的型号、包装及贮运	245
3.23.7	硫氰酸钠的主要应用领域	246
3.23.8	硫氰酸钠定价	246
3.23.9	硫氰酸钠的存放及使用方法	246
3.24	混凝土表面处理剂	247
3.24.1	混凝土界面处理剂的分类	247
3.24.2	界面剂改性新旧混凝土黏结强度机理	248
3.24.3	影响新老混凝土黏结强度的因素	249
3.24.4	工程应用	249
3.25	混凝土养护剂	250
3.25.1	概述	250
3.25.2	养护剂的种类及作用机理	250
3.25.3	养护剂性能指标及使用方法	251
3.25.4	具有核壳结构的乳液型混凝土养护剂的研制	252
3.26	混凝土脱模剂	253
3.26.1	概述	253
3.26.2	混凝土脱模剂的主要类型及优缺点	253
3.26.3	脱模剂的脱模机理	254
3.26.4	脱模剂应具备的性能	254
3.26.5	脱模剂用的标准及检测方法	255
3.26.6	选用脱模剂应考虑因素	256
3.26.7	脱模剂的制备	257
3.26.8	脱模剂在工程中的应用	260
3.27	混凝土水分蒸发抑制剂	260
3.27.1	概述	260
3.27.2	研发机理	260
3.27.3	混凝土水分蒸发抑制剂的种类	260
3.27.4	混凝土水分蒸发抑制剂的性能要求	261
3.27.5	混凝土水分蒸发抑制剂使用方法	261
3.27.6	Ereducer®-101 塑性混凝土高效水分蒸发抑制剂性能及工程应用	262
3.28	着色剂	263
3.28.1	概述	263
3.28.2	混凝土着色剂的分类	263
3.28.3	混凝土着色剂的生产	264
3.28.4	使用	264
3.28.5	应用范围	265
3.28.6	质量控制	265
3.29	矿物外加剂	266
3.29.1	概述	266
3.29.2	磨细矿渣	266
3.29.3	粉煤灰	271
3.29.4	硅灰	275
3.29.5	复合矿物外加剂	278

3.30 温轮胶和迪安胶	279
3.30.1 温轮胶	279
3.30.2 迪安胶	283

第4章 外加剂品种的选用

4.1 外加剂的主要功能	285
4.2 混凝土外加剂按其使用目的选用	285
4.3 选用外加剂的注意事项	287

第5章 水泥与外加剂的适应性

5.1 水泥的基本知识与性能	289
5.1.1 水泥的种类	289
5.1.2 组成和水化	291
5.1.3 水泥的技术性质	292
5.2 混凝土的基本知识与性能	293
5.2.1 混凝土分类和特点	293
5.2.2 混凝土的组成、结构和性能	294
5.2.3 混凝土外加剂的作用机理	296
5.3 水泥与外加剂的适应性	298
5.3.1 概念	298
5.3.2 测试方法	299
5.3.3 水泥与外加剂适应性的影响因素	304

第6章 外加剂工程应用实例

6.1 萘系高效减水剂的工程应用	315
6.1.1 萘系高效减水剂在桥梁锚碇大体积混凝土工程中的应用	315
6.1.2 萘系高效减水剂在水电工程的应用	329
6.2 聚羧酸高性能减水剂的工程应用	330
6.2.1 聚羧酸高性能减水剂在隧道工程的应用	330
6.2.2 聚羧酸高性能减水剂在清水混凝土工程的应用	335
6.2.3 聚羧酸高性能减水剂在液化天然气混凝土工程的应用	343
6.2.4 聚羧酸高性能减水剂在核电工程混凝土中的应用	344
6.2.5 聚羧酸高性能减水剂在商品混凝土中的应用	347
6.2.6 聚羧酸高性能减水剂在高铁混凝土工程的应用	351
6.3 膨胀剂的工程应用	355
6.3.1 膨胀剂在民用工程的应用	355
6.3.2 膨胀剂在水电工程的应用	358
6.4 引气剂的工程应用	364
6.4.1 引气剂在景洪水电站的应用	364
6.4.2 引气剂在龙滩水电工程的应用	365
6.4.3 引气剂在阿海水电工程的应用	366
6.4.4 引气剂在银盘水电工程的应用	367
6.5 减缩剂的工程应用	367
6.5.1 工程概况	367

6.5.2	面板混凝土配合比防裂设计技术要点	369
6.5.3	减缩剂的性能特点	370
6.5.4	减缩剂制备面板混凝土	371
6.5.5	应用情况	372
6.6	灌浆材料的工程应用	373
6.6.1	后张预应力孔道灌浆材料	373
6.6.2	设备基础灌浆材料	374
6.6.3	高铁专用支座灌浆材料	376
6.7	阻锈剂的工程应用	379
6.7.1	阻锈剂在崇启大桥中的应用	379
6.7.2	阻锈剂在台山核电站中的应用	380
6.8	水分蒸发抑制剂的工程应用	381
6.8.1	工程概况	381
6.8.2	关键技术要点	381
6.8.3	工程应用情况	381
6.9	矿物外加剂的工程应用	382
6.9.1	矿物外加剂在预应力混凝土连续箱梁中的应用	382
6.9.2	耐酸粉料在强酸环境桩基混凝土工程中的应用	386
6.10	温轮胶在灌浆料中的应用	389
6.10.1	掺温轮胶后灌浆料的流变性能	390
6.10.2	掺温轮胶后灌浆料固砂强度实验	394

第7章 混凝土工程事故质量分析

7.1	内蒙古某大厦底层楼板局部混凝土凝结异常原因分析	396
7.1.1	工程概况	396
7.1.2	混凝土凝结异常原因分析	396
7.1.3	结论	401
7.2	河南省某办公楼混凝土凝结异常原因分析	401
7.2.1	工程概况	401
7.2.2	混凝土凝结异常原因分析	401
7.2.3	结论	403
7.3	某地区综合楼六层混凝土开裂原因的分析研究会	405
7.3.1	概述	405
7.3.2	现场考察	405
7.3.3	混凝土芯样检验	405
7.3.4	结论	410
7.4	内蒙古某电厂2 [#] 冷却水塔淋水构架短期内破坏原因分析	410
7.4.1	概述	410
7.4.2	现场考察	410
7.4.3	碱-集料反应情况分析	411
7.4.4	混凝土构件损坏原因分析	413
7.4.5	结论	414
7.5	河南某机场道肩混凝土破坏原因分析	415
7.5.1	概述	415
7.5.2	现场考察	415

7.5.3	混凝土破坏原因的分析研究	416
7.5.4	结论	418
7.6	某市立交桥会桥混凝土破坏原因分析	418
7.6.1	引言	418
7.6.2	破坏情况及统计分析	418
7.6.3	芯样分析结果	419
7.6.4	对该立交桥的补充试验	422
7.6.5	结论	425
7.7	某职工宿舍楼混凝土表面麻点现象原因分析	425
7.7.1	现场考察报告	425
7.7.2	模板的红外光谱分析	427
7.7.3	混凝土表面质量事故原因分析	430
7.7.4	混凝土外观颜色异常的改进措施	430
7.7.5	结论	430

第8章 国内外混凝土外加剂标准摘编

8.1	国外混凝土外加剂标准	431
8.1.1	JIS A6204: 2006 日本混凝土外加剂标准	431
8.1.2	EN934-2: 2001 欧洲混凝土、砂浆和水泥净浆外加剂标准	432
8.1.3	ASTM C494/C494M-05 美国混凝土化学外加剂标准规范	438
8.1.4	AS 1478.1—2005 澳大利亚标准混凝土、砂浆、净浆的化学外加剂	441
8.1.5	ASTM C 260-01 美国混凝土引气剂标准规程	443
8.1.6	ASTM C1017/C1017M-03 美国流态混凝土用化学外加剂标准	444
8.1.7	ASTM C1141-01 美国喷射混凝土外加剂标准规范	444
8.2	国内混凝土外加剂有关标准	445
8.2.1	GB 876—2008 混凝土外加剂	445
8.2.2	GB 23439—2009 混凝土膨胀剂	447
8.2.3	JC 474—2008 砂浆、混凝土防水剂	447
8.2.4	JC 475—2004 混凝土防冻剂	449
8.2.5	JC 477—2005 喷射混凝土用速凝剂	450
8.2.6	GB 18588—2001 混凝土外加剂中释放氨的限量	450
8.2.7	JG/T 164—2004 砌筑砂浆增塑剂	450
8.2.8	JT/T 769—2009 公路工程 聚羧酸系高性能减水剂	451
8.2.9	JG/T 223—20 聚羧酸系高性能减水剂	452
8.2.10	JG/T 377—2012 混凝土防冻泵送剂	453
8.2.11	JC 2031—2010 水泥砂浆防冻剂	454
8.2.12	JC/T 20033—2010 混凝土外加剂用聚醚及其衍生物	455
8.2.13	JC/T 2093—2011 后张法预应力混凝土 孔道灌浆外加剂	456
8.2.14	GB/T 18445—2012 水泥基渗透结晶型防水涂料	456
8.2.15	TB/T 3192—2008 铁路后张预应力混凝土梁管道压浆技术条件	458
8.2.16	JC 986—2005 水泥基灌浆材料	458
8.2.17	GB/T 18736—2002 高强高性能混凝土用矿物外加剂	459

参考文献

第 1 章

我国混凝土外加剂现状及发展趋势

20 世纪 30 年代，国外就开始使用木质素磺酸盐减水剂，60 年代初日本和联邦德国先后研制成萘系（SNF）和三聚氰胺系（SMF）高效减水剂后，混凝土外加剂进入了迅速发展和广泛应用时代，80 年代又研制成功聚羧酸系高性能减水剂。我国外加剂的起步较国外稍晚，20 世纪 50 年代就开始研究和应用木质素磺酸盐和引气剂，70 年代开始研制和应用萘系（SNF）和三聚氰胺系（SMF）等高效减水剂，90 年代末开始研制聚羧酸系高性能减水剂，并在生产和应用中取得许多重大进展。

目前高效和高性能减水剂已被公认为是混凝土的最重要的化学外加剂，这是由于应用高效和高性能减水剂的新拌及硬化混凝土诸多性能可得到改善。当使用高效或高性能减水剂时，在不改变混凝土拌和物任何组成的情况下，能大幅度提高混凝土工作性能；在规定坍落度和水泥用量时，能起到高减水作用，既可提高混凝土的早期与后期强度，也可改善耐久性和水密性；在规定坍落度和强度时，可减少水泥用量，减少混凝土的干缩和热应力，因为集料/水泥的比例较高。化学外加剂的应用促进了混凝土新技术的发展，如泵送混凝土、自流平混凝土、水下混凝土施工和喷射混凝土等；化学外加剂还促进了工业副产品（如磨细矿渣和粉煤灰等）在胶凝材料系统中更多、更广泛的应用。20 世纪 90 年代初出现的高性能混凝土，其主要技术途径就是采用优质的化学外加剂和矿物外加剂（也称矿物外掺料）。前者降低混凝土的水胶比，增大坍落度和控制坍落度损失，赋予混凝土高密实度和优异施工性能；后者填充胶凝材料的孔隙，参与胶凝材料的水化，改变水泥浆体和集料的界面结构，提高混凝土的致密性、强度和耐久性。工业副产品在胶凝材料系统中的应用，还有助于节约资源和环境保护。在不断探索更多降低成本、环境相容材料和技术的趋势下，可以预料外加剂在未来混凝土生产中将起到越来越重要的作用。

1.1 我国外加剂的现状

自 20 世纪 70 年代起，我国混凝土外加剂的科研、生产和应用已取得迅速的进展。中国建材工业联合混凝土外加剂分会从 2013 年 10 月起，组织有关方面的力量，对我国外加剂的生产情况进行了全面的调查分析，一直持续到 2014 年 3 月，历时近半年，调查统计结果见表 1-1。

表 1-1 2013 年中国各品种混凝土外加剂的产量 单位：万吨

减水剂								引气剂	膨胀剂	速凝剂		缓凝剂
高性能减水剂	高效减水剂						普通减水剂			粉剂	液体	
聚羧酸系	萘系	萘系	洗油系	氨基磺酸盐	脂肪族	蜜胺系	木质素磺酸盐					
497.8	357.6	2.3	0.00	15.1	68.2	0.80	12.5	3.79	150	107.6	3.45	6.02

注：1. 高性能减水剂按照 20% 液体计算，其余外加剂均折成固体计算。
2. 不包括各类复合外加剂。

从表 1-1 可以看出, 2013 年中国各种减水剂产量约为 954.3 万吨, 其中高效减水剂 (萘系、三聚氰胺系、氨基磺酸盐、脂肪族和萘系) 占全部合成减水剂总量的 46.5%, 聚羧酸系高性能减水剂占 52.2%, 普通减水剂占 1.3%。

2013 年其他外加剂的产量分别为: 引气剂 3.79 万吨、膨胀剂 150 万吨、速凝剂 111.11 万吨、缓凝剂 (葡萄糖酸钠、糖钙、糖蜜等) 6.02 万吨。

1.1.1 高性能减水剂

以聚羧酸盐类为主要成分的高性能减水剂, 由于它具有一定的引气性、较高效的减水率和良好的坍落度保持性能, 生产过程无污染, 是环保型的外加剂。国外 20 世纪 90 年代开始使用, 日本现在的使用量占高效减水剂的 60%~70%, 欧美约占 50%。我国是从 20 世纪末开始研究和应用的, 目前国内有很多企业可以生产该类产品, 且生产能力都比较大, 都处于以销定产的状态。现聚羧酸盐系减水剂 2013 年产量已达 497.8 万吨, 若以高性能减水剂和高效减水剂两者总产量来说, 高性能减水剂占 52.9%, 可以说高性能减水剂在我国的发展速度是非常快的。

1.1.2 高效减水剂

高效减水剂是在混凝土工作性能大致相同时, 具有较高减水率的一种外加剂, 也是当前广泛使用的一种外加剂。高效减水剂的品种, 以原料品种来分, 主要分为以下几类:

- ① 以萘为原料的萘磺酸钠甲醛缩合物;
- ② 以三聚氰胺为原料的磺化三聚氰胺甲醛树脂;
- ③ 以萘油为原料的聚亚甲基萘磺酸钠;
- ④ 以甲基萘为原料的聚亚甲基萘磺酸钠;
- ⑤ 以苯酚和对氨基苯磺酸钠为原料的氨基磺酸盐系高效减水剂;
- ⑥ 以丙酮为原料的磺化酮醛缩合物高效减水剂。

高效减水剂 2013 年总产量达 444 万吨, 其中各种外加剂所占的比例为: 萘系 80.54%; 脂肪族 15.36%; 氨基磺酸盐 3.40%; 萘系 0.52%; 蜜胺系 0.18%。萘系减水剂仍然占各种高效减水剂的主导地位, 是使用量大、面广的外加剂; 蜜胺系减水剂在我国与萘系减水剂几乎同时出现, 其使用量仅占 0.18%。这两种外加剂, 在它们各自最佳掺量时, 具有相似的性能, 其在使用量上的巨大差异, 取决于性价比。高效减水剂的品种虽然较多, 但有些品种, 如以古马隆为原料的氧茛树脂磺酸钠和以栲胶为原料的高效减水剂, 长期以来生产企业和产量都较少。

1.1.3 膨胀剂

膨胀剂的主要特性是掺入混凝土后起抗裂、防渗作用, 它的膨胀性能可补偿混凝土硬化过程中的收缩, 在限制条件下成为自应力混凝土。我国生产的膨胀剂主要品种有:

- ① U 型膨胀剂 (由生、熟明矾石、硬石膏等组成);
- ② 复合膨胀剂 (CEA);
- ③ 铝酸钙膨胀剂 (AEA-高强熟料、天然明矾石、石膏);
- ④ EA-L 膨胀剂 (由生明矾石、石膏等组成);
- ⑤ FN-M 膨胀剂 (硫铝酸盐混凝土膨胀剂);
- ⑥ CSA 微膨胀剂 (硫铝酸盐等);
- ⑦ 脂膜石灰膨胀剂 (石灰、硬脂酸等)。