

混凝土外加剂 及其应用

◆ 佟令玫 李晓光 主编

中国建筑工业出版社

混凝土外加剂及其应用

佟令玫 李晓光 主编

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

混凝土外加剂及其应用/佟令玫, 李晓光主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2014. 7

ISBN 978-7-112-16797-5

I. ①混… II. ①佟… ②李… III. ①水泥外加剂 IV. ①TU528.042

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 088688 号

本书根据《混凝土外加剂应用技术规范》(GB 50119—2013)、《混凝土外加剂》(GB 8076—2008)等相关规范和标准编写而成的。共分为十三章, 包括: 基础规定、普通减水剂、高效减水剂、高性能减水剂、引气剂及引气减水剂、早强剂及早强减水剂、速凝剂、缓凝剂及缓凝减水剂、膨胀剂、防水剂与絮凝剂、防冻剂、泵送剂以及其他混凝土外加剂等。本书内容丰富、通俗易懂、实用性强、方便查阅。可供从事建筑工程、混凝土材料及制品等方面的工程技术人员参考, 也可供大专院校、中等专业学校相关专业的师生阅读参考。

* * *

责任编辑: 岳建光 张 磊

责任设计: 董建平

责任校对: 刘 钰 姜小莲

混凝土外加剂及其应用

佟令玫 李晓光 主编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

北京红光制版公司制版

北京市密东印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12½ 字数: 310 千字

2014 年 10 月第一版 2014 年 10 月第一次印刷

定价: 30.00 元

ISBN 978-7-112-16797-5

(25585)

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)



本书编委会

主 编 佟令玫 李晓光

参 编 (按姓氏笔画排序)

王燕琦 石云峰 刘 嫣 任明法

许 宁 张 彤 张 鹏 胡文荟

姚 鹏 索 强 唐 颖

前 言

混凝土外加剂是指为改善和调节混凝土的性能而掺加的物质。当前常用的混凝土外加剂种类较多,为保障施工质量,提高施工效率,掌握混凝土外加剂的应用特性对保障施工过程的顺利实施及提高工程质量极为关键。随着混凝土外加剂应用的逐步深入,混凝土施工技术也日趋完善。为了深入理解混凝土外加剂的作用机理及性能特点,我们编写了此书。

本书根据《混凝土外加剂应用技术规范》(GB 50119—2013)、《混凝土外加剂》(GB 8076—2008)等相关规范和标准编写而成。共分为13章,包括:基础规定、普通减水剂、高效减水剂、高性能减水剂、引气剂及引气减水剂、早强剂及早强减水剂、速凝剂、缓凝剂及缓凝减水剂、膨胀剂、防水剂与絮凝剂、防冻剂、泵送剂以及其他混凝土外加剂等。本书内容丰富、通俗易懂、实用性强、方便查阅。可供从事建筑工程、混凝土材料及制品等方面的工程技术人员参考,也可供大专院校、中等专业学校相关专业的师生阅读参考。

由于编写时间仓促,编写经验、理论水平有限,难免有疏漏、不足之处,敬请读者批评指正。

目 录

1 基础规定	1
1.1 混凝土的基本性能	1
1.2 混凝土外加剂	2
1.2.1 混凝土外加剂的定义及分类	2
1.2.2 混凝土外加剂的作用及应用范围	3
2 普通减水剂	11
2.1 概述	11
2.1.1 普通减水剂的作用机理及分类	11
2.1.2 减水剂的基本性能	16
2.1.3 普通减水剂的特点及适用范围	19
2.2 普通减水剂对混凝土性能的影响	19
2.2.1 普通减水剂对新拌混凝土性能的影响	19
2.2.2 普通减水剂对硬化混凝土性能的影响	29
2.3 普通减水剂的应用	40
3 高效减水剂	42
3.1 概述	42
3.1.1 高效减水剂的特性	42
3.1.2 高效减水剂的适用范围	44
3.1.3 高效减水剂的主要品种及性能	44
3.1.4 高效减水剂的作用机理	55
3.2 高效减水剂对混凝土性能的影响	57
3.2.1 高效减水剂对新拌混凝土性能的影响	57
3.2.2 高效减水剂对硬化混凝土性能的影响	64
3.3 高效减水剂的应用	67
4 高性能减水剂	70
4.1 概述	70

4.1.1	高性能减水剂的特点	70
4.1.2	高性能减水剂的适用范围	70
4.1.3	高性能减水剂的主要品种及性能	70
4.2	高性能减水剂的应用	74
5	引气剂及引气减水剂	76
5.1	引气剂及其应用	76
5.1.1	引气剂的特点	76
5.1.2	引气剂的适用范围	76
5.1.3	引气剂的主要品种	77
5.1.4	引气剂的作用机理	78
5.1.5	引气剂对混凝土性能的影响	79
5.1.6	引气剂的应用	83
5.2	引气减水剂及其应用	84
5.2.1	引气减水剂的特点	84
5.2.2	引气减水剂的适用范围	84
5.2.3	引气减水剂的主要品种及性能	84
5.2.4	引气减水剂的应用	86
6	早强剂及早强减水剂	87
6.1	早强剂及其应用	87
6.1.1	早强剂的特点及适用范围	87
6.1.2	早强剂的种类	87
6.1.3	早强剂对混凝土性能的影响	93
6.1.4	早强剂的应用	98
6.2	早强减水剂及其应用	99
7	速凝剂	101
7.1	概述	101
7.1.1	速凝剂的特点及适用范围	101
7.1.2	速凝剂的主要品种及其组成	101
7.1.3	速凝剂的作用机理	102
7.1.4	速凝剂的技术要求	104
7.2	速凝剂对混凝土性能的影响	105

7.3	速凝剂的应用	107
8	缓凝剂及缓凝减水剂	109
8.1	缓凝剂	109
8.1.1	缓凝剂的特点	109
8.1.2	缓凝剂的适用范围	109
8.1.3	缓凝剂的种类	109
8.1.4	缓凝剂的作用机理	110
8.1.5	缓凝剂对混凝土性能的影响	112
8.2	缓凝减水剂	116
8.2.1	缓凝减水剂的特点及适用范围	116
8.2.2	缓凝减水剂的主要品种及性能	117
8.3	缓凝剂及缓凝减水剂的应用	121
9	膨胀剂	125
9.1	概述	125
9.1.1	膨胀剂的特点及适用范围	125
9.1.2	膨胀剂的主要品种及性能	125
9.1.3	膨胀剂的作用机理	130
9.1.4	影响膨胀剂膨胀作用的因素	133
9.1.5	膨胀剂的选用	135
9.2	膨胀剂对混凝土性能的影响	135
9.3	膨胀剂的应用	137
10	防水剂与絮凝剂	139
10.1	防水剂及其应用	139
10.1.1	防水剂的特点及适用范围	139
10.1.2	防水剂的主要品种	139
10.1.3	防水剂的作用机理	140
10.1.4	防水剂的技术要求	145
10.1.5	防水剂对混凝土性能的影响	148
10.1.6	防水剂的应用	152
10.2	絮凝剂及其应用	153
10.2.1	絮凝剂的特点及适用范围	153

10.2.2	絮凝剂的主要品种及性能	153
10.2.3	絮凝剂的技术要求	154
10.2.4	絮凝剂的应用	154
11	防冻剂	156
11.1	概述	156
11.1.1	防冻剂的特点及适用范围	156
11.1.2	防冻剂的品种	156
11.1.3	防冻剂的作用机理	158
11.1.4	防冻剂的技术要求及试验方法	159
11.2	防冻剂对混凝土性能的影响	162
11.2.1	防冻剂对新拌负温混凝土性能的影响	162
11.2.2	防冻剂对硬化负温混凝土性能的影响	163
11.3	防冻剂的应用	163
12	泵送剂	166
12.1	概述	166
12.1.1	泵送剂的特点及适用范围	166
12.1.2	泵送剂的种类	167
12.1.3	泵送剂的复配	167
12.1.4	泵送剂的技术要求	169
12.2	泵送剂对混凝土性能的影响	170
12.2.1	泵送剂对新拌混凝土性能的影响	170
12.2.2	泵送剂对硬化混凝土性能的影响	171
12.3	泵送剂的应用	171
13	其他混凝土外加剂	175
13.1	阻锈剂	175
13.1.1	阻锈剂的定义及适用范围	175
13.1.2	阻锈剂的种类	175
13.1.3	阻锈剂的作用机理	176
13.1.4	阻锈剂的技术要求	177
13.1.5	阻锈剂在混凝土中的应用	178
13.2	养护剂	180

13.3 脱模剂 181

13.4 减缩剂 183

13.4.1 减缩剂的作用原理 183

13.4.2 减缩剂的特点 184

13.4.3 减缩剂的种类 185

13.4.4 减缩剂对混凝土性能的影响 185

参考文献..... 189

1 基础规定

1.1 混凝土的基本性能

传统的水泥混凝土主要由胶凝材料——水泥、粗骨料、细骨料和水组成。混凝土外加剂和矿物掺合料，作为其第五组分和第六组分，已成为现代水泥混凝土重要的组成部分。水泥混凝土的主要性能如下。

1. 混凝土拌合物的和易性

常用的测定混凝土拌合物和易性的方法是进行混凝土的坍落度试验。

影响和易性的主要因素有以下几种：

(1) 水泥浆的数量 在水胶比一定的前提下，单位体积拌合物内水泥浆量越多，拌合物流动性越大。但水泥浆量过多，拌合物过黏，强度与耐久性都会变差；水泥浆量过少，不能完全包裹骨料表面，拌合物会产生崩坍。

(2) 水泥浆的稠度 水胶比小，水泥浆就稠，拌合物流动性小。水胶比过小，则拌合物失去流动性，甚至黏聚性很差，影响硬化混凝土密实性及强度。水胶比太大，拌合物黏聚性和保水性变差，产生泌水、离析现象，直接导致硬化混凝土强度降低，耐久性变差。

(3) 骨料 改善砂石的级配和砂在所有骨料中所占比例即砂率，可以调整拌合物和易性。骨料本身的形状，如卵石、碎石、粗砂、细料等对拌合物和易性同样有明显影响。

(4) 混凝土外加剂 按功能划分的全部四大类混凝土外加剂中，有三类均与调整拌合物和易性有关：改变混凝土凝结时间的外加剂；改善混凝土流变性能的外加剂；改变混凝土其他性能的外加剂（其中的一部分品种）。虽然理论上只凭外加剂也可能改善混凝土拌合物和易性，但从经济性、硬化后混凝土耐久性等综合考虑，在主要依靠外加剂调整拌合物和易性的同时，也应当同样考虑配合比的调整和运输、施工工艺的调整。单纯只要求用外加剂来调整、改善拌合物和易性有时并不可取。

2. 混凝土的强度

混凝土的立方体抗压强度标准值系指按照标准方法制作养护的边长为 150mm 的立方体试件，在 28d 龄期用标准试验方法测得的具有 95% 保证率的抗压强度，国家标准规定有 15 等级的强度标准值。强度是混凝土硬化后最基本的性能之一。

混凝土强度主要取决于水泥石强度及水泥浆与骨料表面的粘结强度。水泥强度等级越高，水泥石强度越大；使用同一种水泥，则水胶比越小，水泥石强度越高，由于混凝土硬化后内部孔隙少，等于增加了混凝土抵抗荷载的有效断面，减小了孔周围的应力集中；水泥石强度越大与骨料粘结强度也越高；如果水胶比小而和易性仍能得到改善，则混凝土强

度还因此得到提高，这主要取决于外加剂的性能以及外加剂与水泥的相容性。

3. 混凝土的耐久性

混凝土的耐用程度，或混凝土的使用年限统称为混凝土耐久性。混凝土不但要能安全地承受荷载，还应根据使用上的具体特定要求及周围自然环境有相当的耐久性。在设计、施工、材料影响混凝土耐久性的三大板块上，材料无疑有着十分重要的作用。

1.2 混凝土外加剂

1.2.1 混凝土外加剂的定义及分类

根据我国现行国家标准《混凝土外加剂定义、分类、命名与术语》（GB/T 8075—2005），混凝土外加剂是一种在混凝土搅拌之前或拌制过程中加入的、用以改善新拌混凝土和（或）硬化混凝土性能的材料。

混凝土外加剂按其主要使用功能分为 4 类，如表 1-1 所示。

按主要功能对混凝土外加剂进行分类 表 1-1

按混凝土外加剂功能分类	品 种
改善混凝土拌合物流变性能	各种减水剂 泵送剂等
调节混凝土凝结时间、硬化性能	缓凝剂 促凝剂 速凝剂等
改善混凝土耐久性	引气剂 防水剂 阻锈剂 矿物外加剂等
改善混凝土其他性能	膨胀剂 防冻剂 着色剂等

混凝土外加剂的具体名称和定义，如表 1-2 所示。

混凝土外加剂的具体名称和定义 表 1-2

序号	中文名称	英文名称	定 义
1	普通减水剂	water reducing admixture	在混凝土坍落度基本相同的条件下，能减少拌合用水量的外加剂
2	早强剂	hardening accelerating admixture	加速混凝土早期强度发展的外加剂
3	缓凝剂	set retarder	延长混凝土凝结时间的外加剂
4	促凝剂	set accelerating admixture	能缩短拌合物凝结时间的外加剂
5	引气剂	air entraining admixture	在混凝土搅拌过程中能引入大量均匀分布、稳定而封闭的微小气泡且能保留在硬化混凝土中的外加剂

续表

序号	中文名称	英文名称	定 义
6	高效减水剂	superplasticizer	在混凝土坍落度基本相同的条件下，能大幅度减少拌合用水量的外加剂
7	缓凝高效减水剂	set retarding superplasticizer	兼有缓凝功能和高效减水功能的外加剂
8	早强减水剂	hardening accelerating and water reducing admixture	兼有早强和减水功能的外加剂
9	缓凝减水剂	set retarding and water reducing admixture	兼有缓凝和减水功能的外加剂
10	引气减水剂	air entraining and water reducing admixture	兼有引气和减水功能的外加剂
11	防水剂	water-repellent admixture	能提高水泥砂浆、混凝土抗渗性能的外加剂
12	阻锈剂	anti-corrosion admixture	能抑制或减轻混凝土中钢筋和其他金属预埋件锈蚀的外加剂
13	加气剂	gas forming admixture	混凝土制备过程中因发生化学反应，放出气体，使硬化混凝土中有大量均匀分布气孔的外加剂
14	膨胀剂	expanding admixture	在混凝土硬化过程中因化学作用能使混凝土产生一定体积膨胀的外加剂
15	防冻剂	anti-freezing admixture	能使混凝土在负温下硬化，并在规定养护条件下达到预期性能的外加剂
16	着色剂	coloring admixture	能制备具有彩色混凝土的外加剂
17	速凝剂	flash setting admixture	能使混凝土迅速凝结硬化的外加剂
18	泵送剂	pumping aid	能改善混凝土拌合物泵送性能的外加剂
19	保水剂	water retaining admixture	能减少混凝土或砂浆失水的外加剂
20	絮凝剂	flocculating agent	在水中施工时，能增加混凝土黏稠性，抗水泥和骨料分离的外加剂
21	增稠剂	viscosity enhancing agent	能提高混凝土拌合物黏度的外加剂
22	减缩剂	shrinkage reducing agent	减少混凝土收缩的外加剂
23	保塑剂	plastic retaining agent	在一定时间内，减少混凝土坍落度损失的外加剂

1.2.2 混凝土外加剂的作用及应用范围

各种外加剂都有其各自的特殊作用。合理使用各种混凝土外加剂，可以满足实际工程对混凝土在塑性阶段、凝结硬化阶段和凝结硬化后期及服务期内各种性能的不同要求。归纳起来，人们使用混凝土外加剂的主要目的有以下几个方面。

1. 改善混凝土、砂浆和水泥浆塑性阶段的性能

(1) 在不增加用水量的情况下，提高新拌混凝土和易性或在和易性相同时减少用

水量。

- (2) 降低泌水率。
- (3) 增加黏聚性，减小离析。
- (4) 增加含气量。
- (5) 降低坍落度经时损失。
- (6) 提高可泵性。
- (7) 改善在水下浇筑时的抗分散性等。

2. 改善混凝土、砂浆和水泥浆在凝结硬化阶段的性能

- (1) 缩短或延长凝结时间。
- (2) 延缓水化或减少水化热，降低水化热温升速度和温峰高度。
- (3) 提高混凝土的早期强度。
- (4) 在负温下尽快建立强度，以增强防冻性等。

3. 改善混凝土、砂浆和水泥浆在凝结硬化后期及服务期内的性能

- (1) 提高强度（包括抗压、抗拉、抗弯和抗剪强度等）。
- (2) 提高新老混凝土之间的粘结力。
- (3) 增强混凝土与钢筋之间的粘结能力。
- (4) 提高抗冻融循环能力。
- (5) 增强密实性，提高防水能力。
- (6) 产生一定的体积膨胀。
- (7) 提高耐久性。
- (8) 阻止内部配筋和预埋金属的锈蚀。
- (9) 阻止碱-骨料反应。
- (10) 改善混凝土抗冲击和抗磨损能力。
- (11) 其他，包括配制彩色混凝土、多孔混凝土等。

外加剂的作用与作用效果，因外加剂的种类不同而不同，如表 1-3 所示。

外加剂的作用与作用效果 表 1-3

序号	外加剂种类	作用与使用效果
1	普通减水剂 高效减水剂	(1) 在保持单位立方混凝土用水量和水泥用量不变的情况下，可提高混凝土的流动性 (2) 在保持混凝土坍落度和水泥用量不变的情况下，可减少用水量，从而提高混凝土的强度，改善混凝土的耐久性 (3) 在保持混凝土坍落度和设计强度不变的情况下，可节约水泥用量，从而降低成本 (4) 在保持混凝土坍落度不变的情况下，通过配合比设计，可以达到同时节约水泥用量和提高混凝土强度的目的 (5) 改善混凝土的黏聚性、保水性和易浇筑性等 (6) 通过降低水泥用量从而降低大体积混凝土的水化热温升，减少温度裂缝 (7) 减少混凝土塑性裂缝、沉降裂缝和干缩裂缝等 (8) 提高混凝土的抹面性等

续表

序号	外加剂种类	作用与使用效果
2	加气剂	(1) 使混凝土在凝结前其内部产生大量气泡 (2) 生产加气混凝土 (3) 改善混凝土的保温性 (4) 降低混凝土的表观密度等
3	引气剂	(1) 使混凝土在搅拌过程中，内部产生大量微小稳定的气泡 (2) 改善混凝土的黏聚性、保水性和抗离析性 (3) 改善混凝土的可泵性 (4) 减少塑性裂缝和沉降裂缝 (5) 大幅度提高混凝土的抗冻融循环能力 (6) 增强混凝土的抗化学物质侵蚀性等
4	早强剂	(1) 在混凝土配合比不变的情况下，可以提高混凝土早期强度的发展速度，从而提高早期强度 (2) 使拆模时间提前 (3) 减轻混凝土对模板的侧压力 (4) 缩短混凝土养护周期 (5) 加快混凝土制品场地周转，提高生产效率 (6) 减少低温对混凝土强度发展的影响 (7) 对于修补、加固工程，可加快施工速度等
5	早强减水剂	同时具有早强剂和减水剂的作用
6	速凝剂	(1) 使混凝土在短时间内迅速凝结硬化 (2) 使混凝土满足喷射施工工艺要求 (3) 对于快速堵漏和其他抢修工程，具有特殊意义
7	缓凝剂	(1) 延长混凝土的凝结时间 (2) 延长混凝土的可施工时间 (3) 降低混凝土的坍落度损失速率 (4) 降低混凝土内部水化热温升速率 (5) 提高大体积混凝土的连续浇筑性，避免产生冷缝 (6) 延缓混凝土的抹面时间等
8	缓凝减水剂 缓凝高效减水剂	同时具有缓凝剂和减水剂（高效减水剂）的作用
9	膨胀剂	(1) 使混凝土在硬化早期产生一定的体积膨胀 (2) 补偿收缩，减少温度裂纹和干缩裂缝 (3) 提高混凝土的抗渗性 (4) 减少超长混凝土结构的施工缝 (5) 可生产自应力混凝土等
10	防水剂	(1) 增强混凝土的密实度 (2) 提高混凝土的抗渗等级 (3) 改善混凝土的耐久性等

续表

序号	外加剂种类	作用与使用效果
11	防冻剂	(1) 降低混凝土中自由水的冰点 (2) 提高混凝土的早期强度 (3) 使混凝土能够在负温下尽早建立强度, 以提高其防冻能力 (4) 使混凝土能够在冬季进行浇筑施工 (5) 改善混凝土的抗冻融循环性等
12	泵送剂	除具有减水剂的作用外, 还可以起到: (1) 改善混凝土的泵送性 (2) 减小混凝土坍落度损失等
13	阻锈剂	(1) 阻止混凝土内部配筋和预埋金属的锈蚀 (2) 改善混凝土的耐久性等
14	养护剂	(1) 阻止混凝土内部水分蒸发 (2) 提高混凝土的养护质量 (3) 减少混凝土干缩开裂 (4) 减少养护劳力 (5) 满足干燥炎热气候下的施工要求 (6) 改善混凝土的耐久性等
15	脱模剂	(1) 使混凝土易于脱模 (2) 改善混凝土表面质量等
16	粘结剂	(1) 增强新、老混凝土之间的粘结强度 (2) 避免出现冷缝 (3) 提高混凝土修补加固工程的质量等
17	着色剂	(1) 生产具有各种不同颜色的混凝土制品 (2) 配制彩色砂浆 (3) 配制彩色水泥浆等
18	碱-骨料反应抑制剂	(1) 预防混凝土内部碱-骨料反应 (2) 改善混凝土的耐久性等
19	水下浇筑混凝土 抗分散剂	(1) 提高新拌混凝土的黏聚性 (2) 提高混凝土水下浇筑时的抗分离性 (3) 避免对混凝土浇筑区附近水域的污染等

任何混凝土中都可以使用外加剂, 外加剂也被公认为现代技术混凝土所不可缺少的第五组分。但是混凝土外加剂的品种繁多, 功能各异。所以, 实际应用外加剂时, 应根据工程需要、现场材料和施工条件, 并参考外加剂产品说明书及有关资料进行全面考虑, 如果有条件, 最好通过实验验证使用效果和计算经济效益后再确定具体使用方案。

工程中常用的混凝土外加剂的应用范围, 如表 1-4 所示。

外加剂的应用范围

表 1-4

序号	混凝土品种	应用目的	适合的外加剂
1	普通强度混凝土 (C20~C30)	(1) 节约水泥用量 (2) 使用低强度等级水泥 (3) 增大混凝土坍落度 (4) 降低混凝土的收缩和徐变等	普通减水剂
2	中等强度混凝土 (C35~C55)	(1) 节约水泥用量 (2) 以低强度等级水泥代替高强度等级水泥 (3) 改善混凝土的流动性 (4) 降低混凝土的收缩和徐变等	普通减水剂 早强减水剂 缓凝减水剂 缓凝高效减水剂 高效减水剂 由普通减水剂与高效减水剂复合而成的减水剂
3	高强混凝土 (C60~C80)	(1) 节约水泥用量 (2) 降低混凝土的水灰比 (3) 解决掺加硅灰与降低混凝土需水量之间的矛盾 (4) 改善混凝土的流动性 (5) 降低混凝土的收缩和徐变等	高效减水剂 高性能减水剂 缓凝高效减水剂等
4	超高强混凝土 (>C80)	(1) 大幅度降低混凝土的水灰比 (2) 改善混凝土流动性 (3) 降低混凝土的收缩和徐变等 (4) 降低混凝土内部温升, 减少温度开裂	高效减水剂 高性能减水剂 缓凝高效减水剂等
5	早强混凝土	(1) 提高混凝土早期强度, 使混凝土在标养条件下 3d 强度达 28d 的 70%, 7d 强度达设计等级 (2) 加快施工进度, 包括加快模板和台座的周转, 提高产品生产率 (3) 取消或缩短蒸养时间 (4) 使混凝土在低温情况下, 尽早建立强度并加快早期强度发展	早强剂 高效减水剂 早强减水剂等
6	大体积混凝土	(1) 降低混凝土初期水化热释放速率, 从而降低混凝土内部温峰, 减小温度开裂程度 (2) 延缓混凝土凝结时间 (3) 节约水泥 (4) 降低干缩, 减少干缩开裂等	缓凝剂 (普通强度混凝土) 缓凝减水剂 (普通强度混凝土) 缓凝高效减水剂 (中等强度混凝土, 高强混凝土) 膨胀剂 膨胀剂与减水剂复合掺加等
7	防水混凝土	(1) 减少混凝土内部毛细孔 (2) 细化内部孔径, 堵塞连通的渗水孔道 (3) 减少混凝土的泌水率 (4) 减少混凝土的干缩开裂等	防水剂 膨胀剂 普通减水剂 引气减水剂 高效减水剂等