

建筑施工问答丛书

# 混凝土外加剂

张云理



中国建筑工业出版社

建筑施工问答丛书

# 混凝土外加剂

张云理

中国建筑工业出版社

## 目 录

1. 什么是混凝土外加剂? ..... 1
2. 混凝土外加剂分哪几类? ..... 2
3. 应用外加剂可解决哪些问题? ..... 5
4. 外加剂贵吗? 如何评价外加剂的技术经济效益? ..... 8
5. 我国混凝土外加剂产品有哪些? .....10
6. 各类外加剂主要适用于什么场合? .....10
7. 混凝土减水剂分哪几类? .....10
8. 常用的减水剂有哪些? .....33
9. 减水剂对混凝土的性能有什么影响? .....35
10. 减水剂为什么能提高混凝土拌合物的和易性? .....40
11. 减水剂为什么能提高混凝土的强度? .....42
12. 用减水剂为什么能节省水泥? .....43
13. 掺减水剂的混凝土为什么“发粘”? .....45
14. 减水剂掺量对混凝土性能有哪些影响? .....46
15. 影响减水剂掺量的因素有哪些? .....51
16. 木质素磺酸钙减水剂多掺后有什么危害? .....53
17. 如何防止木质素磺酸钙减水剂溶液沉淀? .....54
18. 减水剂以溶液掺加时要注意些什么? .....56
19. 减水剂能以干粉直接掺加吗? .....56
20. 减水剂有哪几种掺加方法? .....57

21. 怎样确定减水剂的掺加方法? .....58
22. 为什么掺减水剂的混凝土搅拌时要严格控制  
加水量? .....59
23. 不同水泥中减水剂的使用效果相同吗? .....60
24. 怎样提高减水剂对水泥的适应性? .....62
25. 掺减水剂的混凝土配合比如何设计? .....63
26. 为什么掺减水剂的混凝土应随拌随用? .....75
27. 减水剂与其他外加剂复合使用有什么  
好处? .....77
28. 混凝土中双掺粉煤灰和减水剂有什么  
好处? .....77
29. 常用的引气剂和引气减水剂有哪些? .....79
30. 引气剂对混凝土的性能有什么影响? .....80
31. 引气剂为什么能提高混凝土的抗渗性? .....82
32. 引气剂为什么能提高混凝土的抗冻性? .....83
33. 掺引气剂的混凝土, 怎样才能不降低  
强度? .....84
34. 工地上如何自制引气剂? .....85
35. 影响引气剂使用效果的因素有哪些? .....88
36. 引气剂使用过程中需注意些什么? .....90
37. 引气剂、加气剂和泡沫剂三者有什么不同? .....91
38. 加气剂有什么用途? 常用的加气剂有  
哪些? .....92
39. 泡沫剂有什么用途? 常用的泡沫剂有  
哪些? .....92
40. 常用的早强剂及早强减水剂有哪些? .....93
41. 早强剂和早强减水剂都有促硬作用吗? .....97

42. 哪些场合禁止使用氯盐和含氯盐的外加剂? .....	98
43. 早强剂及早强减水剂使用过程中需注意些什么? .....	99
44. 受潮结块的早强剂及早强减水剂如何处理? ...	102
45. 怎样防治掺早强剂混凝土表面的“白霜”? .....	102
46. 常用的防冻剂有哪些? .....	103
47. 防冻剂使用过程中要注意些什么? .....	105
48. 常用的缓凝剂及缓凝减水剂有哪些? .....	110
49. 缓凝剂及缓凝减水剂使用过程中要注意些什么? .....	111
50. 工地上如何自制糖蜜缓凝减水剂? .....	112
51. 国产的速凝剂有哪些? .....	113
52. 速凝剂在使用过程中要注意些什么? .....	115
53. 膨胀剂有什么用处? .....	116
54. 常用的膨胀剂有哪些? .....	117
55. 膨胀剂使用过程中要注意什么? .....	119
56. 常用的防水剂有哪些? .....	120
57. 工地上如何自制氯化铁防水剂? .....	123
58. 工地上如何自制硅酸钠防水堵漏外加剂? .....	124
59. 常用的阻锈剂有哪些? .....	125
60. 什么是碱—骨料反应? 有碱—骨料反应抑制剂吗? .....	126
61. 常用的着色剂有哪些? .....	127
62. 怎样评定外加剂的质量? .....	127
63. 什么样的外加剂应予退货? .....	138
64. 外加剂贮存时要注意些什么? .....	139

65. 外加剂使用过程中有哪些安全技术要求? .....	140
66. 外加剂使用过程中能相互替代吗? .....	141
67. 外加剂应用过程中要注意哪些环节? .....	141
68. 节省水泥时宜用哪些外加剂? .....	147
69. 外加剂能克服水泥标号偏低的问题吗? .....	147
70. 砂石质量差时可用外加剂弥补吗? .....	149
71. 高强混凝土中如何使用外加剂? .....	149
72. 早强混凝土中如何使用外加剂? .....	152
73. 什么是流态混凝土? 配制时要注意些 什么? .....	155
74. 泵送混凝土中如何使用外加剂? .....	158
75. 大体积混凝土中如何使用外加剂? .....	163
76. 防水混凝土中如何使用外加剂? .....	167
77. 蒸养混凝土中如何使用外加剂? .....	171
78. 自然养护的预制混凝土构件中如何使 用外加剂? .....	174
79. 商品混凝土中怎样使用外加剂? .....	176
80. 大模板施工中如何应用外加剂? .....	179
81. 滑模施工中如何使用外加剂? .....	180
82. 就地灌注桩中如何使用外加剂? .....	181
83. 设备基础二次灌浆时如何使用外加剂? .....	182
84. 如何使用外加剂提高新老混凝土之间 的结合? .....	183
85. 喷射混凝土中如何使用外加剂? .....	184
86. 道路混凝土施工中应用外加剂可取得哪 些效益? .....	187
87. 夏季施工中如何使用外加剂? .....	188

88. 冬期施工为什么普遍使用外加剂? .....	190
89. 什么是冷混凝土? .....	191
90. 冻结井筒施工中如何使用外加剂? .....	194
91. 用外加剂提高混凝土耐久性的实例有 哪些? .....	195
92. 耐碱混凝土中如何使用外加剂? .....	197
93. 钢丝网水泥制品中如何使用外加剂? .....	197
94. 砌筑砂浆中如何使用外加剂? .....	199
95. 隔离剂、养护剂的主要作用是什么? 为什么不 属于外加剂? .....	202
96. 施工现场对外加剂要进行哪些试验? .....	203
97. 什么是水泥浆流动度试验? 在施工现场有什么 用处? .....	206
98. 国内哪些单位可承担外加剂的质量检验 任务? .....	210
99. 国内有哪些全国性的外加剂学术团体和 协会? .....	211
100. 国内有关外加剂的书、规范和手册有 哪些? .....	211

## 1. 什么是混凝土外加剂?

所谓混凝土外加剂，是指在拌制混凝土（包括砂浆和净浆）过程中加入的，用以改善混凝土性能的一类物质。掺量一般不大于水泥重量的5%（特殊情况除外）。

对我国广大建筑施工技术人员来说，外加剂并不陌生，建国初期应用的亚硫酸盐纸浆废液塑化剂、松香树脂类引气剂、冬期施工中应用的氯化钙、氯化钠等早强剂，都属于外加剂。目前，我国外加剂的年生产能力已达20万吨，有减水剂、高效减水剂、早强剂、引气剂、速凝剂、抗冻剂、膨胀剂等，牌号二百多个，有些产品的性能已达到国外同类产品的先进水平，在葛洲坝、乌江渡水电站、宝钢工地、高层建筑、预制构件、滑模施工、大模板施工等多种场合中应用，并取得了明显的效益。

国外，应用外加剂的历史也不长，只有六、七十年。最初，为提高混凝土的早期强度及满足冬期施工，发展了以氯盐为原料的早强抗冻剂。二十世纪三十年代，美国、日本等国为了提高混凝土的耐久性，相继在公路、隧道等工程中使用松香皂引气剂。1935年美国E.W.斯克里普彻首先研制成木质素磺酸盐为主要成分的塑化剂。外加剂的迅速发展和应用还是60年代以后的事。如世界上主要的两种高效减水剂：以 $\beta$ -萘磺酸甲醛缩合物为主要成分的“迈蒂”高效减水剂是1962年日本服部健一等研制的；以磺化三聚氰胺甲醛树脂为主要成分的“美尔门特”高效减水剂是1964年联邦德国研制的。

实践表明，应用外加剂是节省水泥用量和能源消耗，提



高施工速度和施工质量，改善工艺和劳动条件及提高混凝土性能的有效措施，是混凝土发展史上继钢筋混凝土和预应力混凝土后的又一次飞跃。混凝土科学技术近期发展的主要方向——高强、轻质、快硬、节能、耐久、高流动性均与外加剂的应用紧密相关。工业发达的一些国家有一半以上的混凝土中掺加了外加剂，它已成为除水泥、骨料（砂、石）和水以外混凝土的第四种必不可少的组成材料。战后日本混凝土工艺上的两大革新——商品混凝土和泵送混凝土就是建立在外加剂（主要是减水剂）基础上的。

我国推广应用外加剂的条件已成熟，国家计委施工局和国家物资局要求到1990年全国掺减水剂的混凝土年产量占混凝土总产量的40%，重点工程达70%。

## 2. 混凝土外加剂分哪几类？

混凝土外加剂的种类很多，按其主要的功能或数种功能可分为如下四大类，共二十多种。

四大类为：

1. 改善混凝土拌合物流变性能的外加剂。如各种减水剂、引气剂、泵送剂、灌浆剂、保水剂等。
2. 调节混凝土凝结时间和硬化性能的外加剂。如缓凝剂、早强剂、速凝剂等。
3. 改善混凝土耐久性的外加剂。如引气剂、阻锈剂、防水剂等。
4. 改善混凝土其他性能的外加剂。如加气剂、膨胀剂、防冻剂、着色剂、碱-骨料反应抑制剂等。

二十多种外加剂的名称及其主要功能如下：

### 1. 普通减水剂（又称塑化剂）

在混凝土坍落度基本相同的条件下，能减少拌合用水量，并提高混凝土强度的外加剂，如木质素磺酸钙。

### 2. 高效减水剂（又称超塑化剂）

在混凝土坍落度基本相同的条件下，能大幅度减少拌合物用水量，并显著提高混凝土强度的外加剂，如NF、FDN等高效减水剂。

### 3. 引气剂

在混凝土搅拌过程中能引入大量均匀分布、稳定而封闭的微气泡，并在硬化后仍能保留微气泡的外加剂，如松香热聚物、松香皂。

### 4. 加气剂（发气剂）

混凝土制备过程中因发生化学反应，放出氢、氧、氮等气体，使混凝土中形成大量气孔的外加剂，如铝粉。

### 5. 泡沫剂（发泡剂）

拌合过程因物理作用引入大量空气，用以生产泡沫混凝土的外加剂，如松香胶泡沫剂、废动物毛泡沫剂。

### 6. 缓凝剂

能延缓混凝土的凝结时间，对混凝土后期物理力学性能无不利影响的外加剂，如酒石酸及其盐、柠檬酸及其盐。

### 7. 早强剂

能加速混凝土早期强度的发展，而对后期强度影响不大的外加剂，如氯化钙、硫酸钠、三乙醇胺。

### 8. 速凝剂

能使混凝土迅速凝结、硬化的外加剂，如红星-1型、711型、782型速凝剂。

### 9. 缓凝减水剂

兼有缓凝剂和减水剂功能的外加剂，如糖蜜减水剂。

#### 10. 缓凝高效减水剂

兼有缓凝剂和高效减水剂功能的外加剂，如糖类缓凝物质与高效减水剂复合后的产品。

#### 11. 早强减水剂

兼有早强剂和减水剂功能的外加剂，如硫酸钠与减水剂复合的一些产品。

#### 12. 引气减水剂

兼有引气剂和减水剂功能的外加剂，如松香热聚物与减水剂复合的产品。

#### 13. 防水剂

通过物理或化学作用减少混凝土中毛细管孔隙，或使毛细管壁呈憎水性，从而能降低静水压力下硬化混凝土渗水性的外加剂，如硬脂酸钙，氯化铁防水剂。

#### 14. 灌浆剂

能改善灌浆料的浇注特性，对流动性、膨胀性、体积稳定性、泌水离析等性能有影响的外加剂，如高效减水剂与膨胀剂复合的产品。

#### 15. 着色剂

能制备稳定色彩的混凝土的外加剂，如氧化铁红、氧化铁黄、氧化铁黑、钴蓝等。

#### 16. 保水剂

使混凝土或砂浆的泌水量减少，防止离析、增加可塑性及和易性，从而减少水分损失的外加剂，如甲基纤维素、硅藻土等。

#### 17. 粘结剂

能提高新旧混凝土之间粘结能力的外加剂。如有机聚合

物乳液。

#### 18. 阻锈剂

能减少混凝土中钢筋或其他预埋金属锈蚀作用的外加剂，如苯甲酸盐、亚硝酸钠、磷酸盐、氟硅酸盐、氯铝酸盐等。

#### 19. 膨胀剂

能使混凝土产生一定的体积膨胀以补偿收缩，或在限制条件下导入适当自应力的外加剂，如明矾石膨胀剂。

#### 20. 防冻剂

能使混凝土在负温下硬化，并在规定时间内达到足够强度的外加剂。如亚硝酸钠、氯盐等与硫酸盐及减水剂复合的一些产品。

#### 21. 消泡剂

能防止混凝土拌合物中气泡的产生或使原有气泡减少的外加剂，如磷酸三丁酯、有机硅消泡剂等。

#### 22. 喷射混凝土外加剂

能改善混凝土或砂浆与基底的粘性及喷射后稳定的外加剂，如高效减水剂与速凝剂等复合的产品。

#### 23. 碱-骨料反应抑制剂

能减少由于碱-骨料反应引起膨胀的外加剂，如可溶性锂盐等。

### 3. 应用外加剂可解决哪些问题？

外加剂是混凝土施工中的好帮手，几乎成为“无所不能”。归纳起来可解决如下一系列问题：

1. 提高混凝土或砂浆拌合物的流动性

如减水剂可使混凝土拌合物的坍落度提高5~10cm，高效减水剂的作用更为显著，可使混凝土的坍落度由2~3cm增加到20cm左右。这样，浇筑方便，工效提高，振动成型工艺的能耗和设备损耗减少，噪音降低，浇筑质量改善，还可满足泵送混凝土、流态混凝土、商品混凝土、大模板施工等新工艺的要求（图1）。

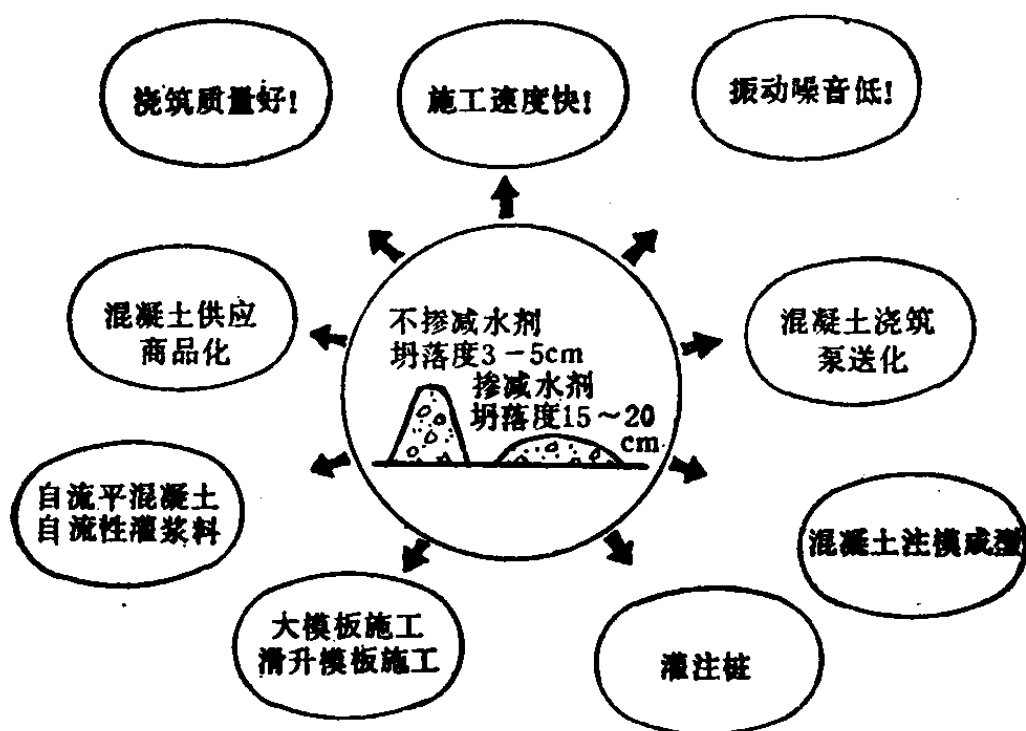


图1 外加剂的塑化功能及其应用

## 2. 提高混凝土及砂浆的强度

如应用减水剂、早强剂，混凝土的早期强度可提高50~100%，28d强度提高10~30%。早期强度的提高意味着可以缩短养护时间，缩短工期，加速模板及场地周转，增加产量，取消或缩短蒸汽养护时间，节省能源。混凝土设计强度的提高可以缩小工程结构断面，减少材料用量，提高工程质量。利用外加剂的增强功能还可以克服水泥标号偏低，砂、石质量差等问题（图2）。

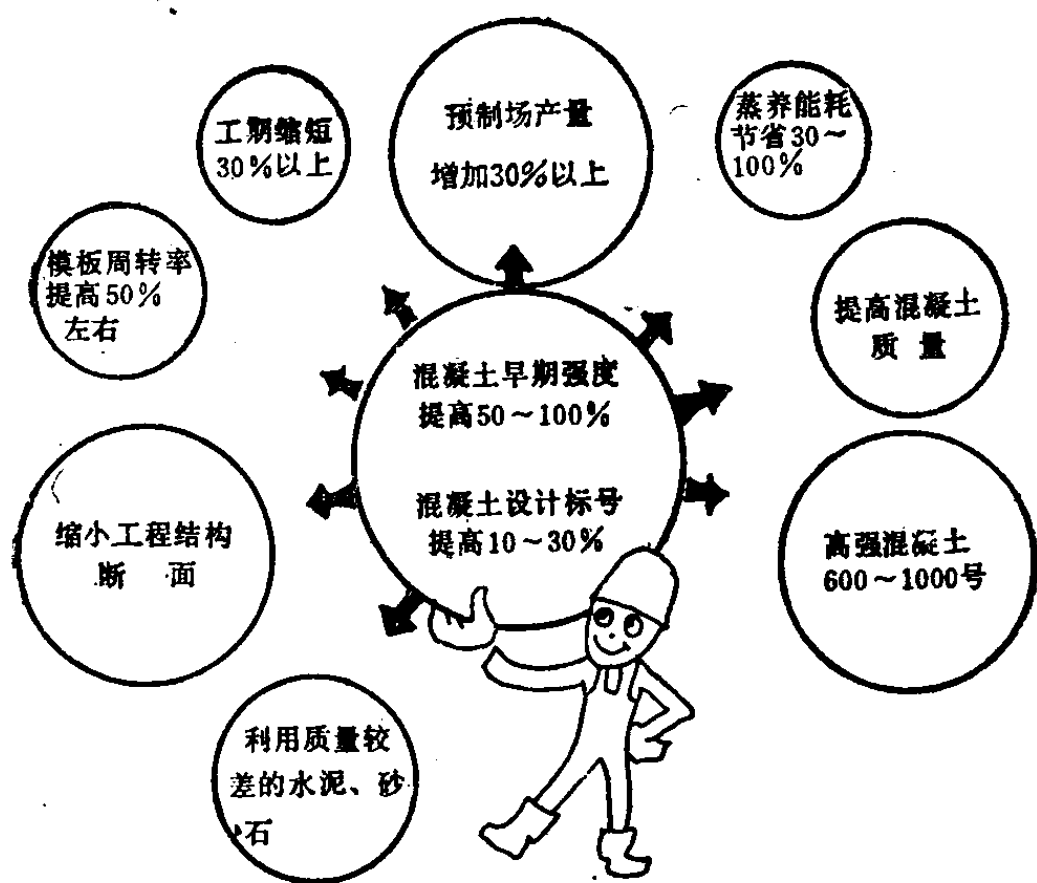


图 2 外加剂的增强功能及其应用

### 3. 节省水泥

保持和易性和强度与不掺外加剂的混凝土相近的情况下，水泥用量可节省 5 ~ 20%。若我国生产的混凝土中有一半应用外加剂，则节省下来的水泥就相当于新建 5 座年产 100 万吨的大型水泥厂。新建一座年产 100 万吨的水泥厂约需 5 年左右的时间，投资 2 亿元以上，节省 500 万吨水泥，可节省投资 10 亿元，还可节煤 125 万吨，节电 5 亿度。

### 4. 代替特种水泥

在普通水泥中加入不同性能的外加剂，可分别制得高强混凝土、超高强混凝土、早强混凝土、超早强混凝土、缓凝高强混凝土、流态混凝土、大体积混凝土等。这比使用特种

水泥更为经济、简便和灵活。

#### 5. 调节混凝土或砂浆的凝结硬化速度

如应用缓凝剂或缓凝减水剂可使凝结时间显著延长，从而满足夏季施工、大体积混凝土、商品混凝土等的施工要求；应用促凝剂，可使凝结时间显著缩短，从而满足抢修工程、喷射混凝土等的要求；应用早强剂及早强减水剂，可使早期强度显著提高，从而加快工程进度。

#### 6. 调节混凝土或砂浆的空气含量

这既可提高混凝土的抗渗性和耐久性，又可配制多孔混凝土。

#### 7. 降低水泥的初期水化热或延缓水化放热

这可提高大体积混凝土的施工质量。

8. 减少拌合物的泌水性，避免拌合物离析，提高面层混凝土的质量，提高混凝土上下层之间的粘结，提高混凝土的抗渗性和耐久性。

9. 提高混凝土或砂浆耐各种侵蚀性盐类的腐蚀。

10. 改善混凝土或砂浆的毛细孔结构。

11. 提高骨料与砂浆界面的粘结力。

12. 提高钢筋与混凝土的握裹力。

13. 改变砂浆及混凝土的颜色。

### 4. 外加剂贵吗？如何评价外加剂的技术经济效益？

目前，普通减水剂每吨600元左右，高效减水剂每吨1200~2000元，早强剂每吨300元左右。这样的价格不算贵，只要正确使用，企业的效益是显著的。

如1t木质素磺酸钙减水剂售价570元，可节省水泥30t，计2700元，得益二千多元。葛洲坝混凝土工程中应用木质素磺酸钙4692t，浇筑混凝土938.4万 $m^3$ ，节约水泥18.768万t，节省工程投资918.32万元，同时改善了混凝土施工的和易性，抑制了水泥的凝结速度，提高了施工质量。宝钢一期工程应用木钙1400t，不仅提高了混凝土的可泵性，同时节省水泥4.8万t、资金140万元。

又如1tAF高效减水剂售价1250元，在蒸养混凝土中应用可节煤50t左右（计4000元），得益二千多元。江苏省武进水泥制品厂自1981年~1984年在钢丝网水泥造船中应用AF高效减水剂，节煤2339t，节约费用12.27万元，同时改善了施工条件，提高了船体质量。

又如引气剂看来昂贵（PC-Z型引气剂每吨5400元），但因掺量很少，每立方米混凝土中增加的费用不到0.2元，而混凝土的和易性得到改善，抗渗性和耐久性显著提高了。

评价外加剂的技术经济效益时，应综合考虑如下收益：

（1）外加剂减少原材料（水泥、骨料）和能源（燃料、热能和电能）消耗上的收益；

（2）外加剂保证混凝土组分互换上的收益。如在混凝土的性能不受影响的情况下，用普通水泥代替高标号水泥，用矿渣水泥代替硅酸盐水泥，用当地骨料代替昂贵的外来骨料；

（3）外加剂改善混凝土拌合物的和易性，提高施工速度，降低施工劳动强度，保证混凝土浇筑质量及减少施工设备损耗上的收益；

（4）外加剂强化工艺流程，提高预制场地、工艺设备和机组的周转率及生产率，减少工艺设备和模板的投资及损耗，改善劳动条件上的收益；



(5) 改善混凝土的性能和结构耐久性, 提高强度、减少废品率、减少容重、改善混凝土的热工特性等方面的收益。

## 5. 我国混凝土外加剂产品有哪些?

表 1 主要根据厂方近两年提供的资料整理, 少数取之情报资料。其售价未曾核实, 仅供参考。

## 6. 各类外加剂主要适用于什么场合?

见表 2。

## 7. 混凝土减水剂分哪几类?

减水剂的分类方法较多, 有按塑化作用效果分类的, 有按混凝土中引入的空气数量分类的, 有按对水泥的凝结时间影响分类的, 也有按化学成分分类的。

按塑化作用效果可分为普通减水剂和高效减水剂。

普通减水剂又称塑化剂, 要求混凝土单位用水量减少 5% 以上, 龄期 3~7d 的混凝土抗压强度提高 10% 以上, 28 d 提高 5% 以上。常用的普通减水剂如木质素磺酸钙。

高效减水剂又称超塑化剂, 能大幅度地减少用水量和提高混凝土强度。要求减水率大于 10%, 龄期 1d 的混凝土强度提高 30% 以上, 龄期 3d 提高 25% 以上, 龄期 7d 提高 20% 以上, 龄期 28d 提高 15% 以上。目前应用较多的高效减水剂有三类: 聚烷基芳基磺酸盐类 (如 NF、FDN、UNF-2、SN-2、AF 等), 三聚氰胺甲醛树脂磺酸盐类 (如 SM) 及改性木质