

浅析高效减水剂和水泥适应性的影响因素

按：目前，混凝土搅拌站普遍使用高效减水剂，随着水泥市场竞争的加剧，客户对水泥的质量要求也越来越高，反映水泥与外加剂适应性不良的客户抱怨有增多趋势。本文介绍了高效减水剂和水泥之间适应性的影响因素以及改善高效减水剂与水泥适应性的部分措施等基础知识，供广大从事质量管理和售后服务的人员参考与借鉴。

混凝土外加剂在混凝土中的广泛应用，已使其成为混凝土中必不可少的第五组份。混凝土外加剂的特点是品种多、掺量少，在改善新拌和硬化混凝土性能中起着重要作用。高性能混凝土是当前国内混凝土研究领域的热点，高性能混凝土是一种具有良好施工性能、强度高、体积稳定性好及高耐久性的混凝土。

混凝土达到高性能最重要的技术途径是使用优质的高效减水剂和矿物外加剂（有时称外掺料），前者能降低混凝土的水胶比，改善新拌混凝土工作性和控制混凝土坍落度损失，赋予混凝土高密实和优良施工性能；后者矿物外加剂能填充胶凝材料的孔隙、参与胶凝材料水化、改善混凝土中浆体与集料的界面结构，提高混凝土的密实性、强度和耐久性。

一、适应性的概念

外加剂性能是指在混凝土检验用材料、试验条件作了严格规定的条件下，对混凝土中使用外加剂而引起的必然变化而表示的。经过按国家标准检验合格的外加剂，在有的水泥

系统中，高效减水剂在低水灰比的混凝土中不同程度地存在坍落度损失快的问题；而在另一些水泥系统中，水泥和水接触后在初始 60-90 分钟内，大坍落度仍能保持，没有离析和泌水现象。前者，外加剂和水泥是不适应的，后者是适应的。

关于外加剂和水泥之间适应与否，目前还不能定量地表示，大多以外加剂和水泥系统中，掺入某种功能外加剂，能否达到预计的效果来表示是否适应。

研究资料表明：掺入高效减水剂的水泥浆体，有一个临界掺量，超过这一掺量继续掺加时，水泥浆体的流动性和混凝土的初始坍落度不再增加，这一点称为饱和点，此时外加剂掺量称为饱和掺量。

在有些情况下，在饱和点以上增加减水剂掺量，可以在长时间内保持大坍落度，此时外加剂和水泥是适应的；而在另外一些情况下，在饱和点以上增加减水剂掺量，会导致混凝土离析和泌水，此时外加剂和水泥是不适应的。

二、适应性的检测方法

水泥和高效减水剂适应性可以用初始流动度、是否有明确的饱和点以及流动性损失等三方面来衡量。

研究资料表明：水泥稠度试验、混凝土坍落度损失试验、净浆流动度试验、砂浆跳桌流动度等试验方法，所得到的饱和点掺量、流动度损失速度与程度的规律是一致的。净浆流动度试验结果的稳定性和再现性比砂浆跳桌流动度要好，目前，普遍采用净浆流动度反映混凝土中水泥与高效减水剂的适应性。

对于同一种高效减水剂，饱和点因水泥不同而异；对同一水泥，饱和点也会因高效减水剂不同而异。对于大多数高效减水剂-水泥体系，其饱和点掺量大约为 0.8-1.2%，饱和点掺量不仅受高效减水剂的质量、水泥细度、石膏类型与含量等因素影响，而且还受搅拌机类型和运行参数的影响。在配置高性能混凝土时，高效减水剂的掺量通常要接近和等于其饱和点掺量，特别是配置坍落度大于 20cm 以上的高流动性混凝土时，继续增大掺量，不仅不会改善工作性能或增大减水率，还容易出现明显的泌水和离析现象。

三、影响高效减水剂和水泥适应性的因素

影响水泥高效减水剂和水泥适应性的因素是多方面的、错综复杂的，其主要因素有水泥的物化性能、高效减水剂的性能以及混凝土拌合物的性能，下面主要介绍水泥物化性能对适应性的影响。

1、水泥的矿物组成

水泥中四大主要矿物成份 C_3S 、 C_2S 、 C_3A 、 C_4AF 对高效减水剂的吸附作用是不一样的，其吸附顺序为 $C_3A > C_4AF > C_3S > C_2S$ ，即铝酸盐矿物对高效减水剂的吸附能力大于硅酸盐矿物。实践表明，在高效减水剂掺量相同的情况下， C_3A 和 C_4AF 含量较高的水泥浆体中，减水剂的分散效果就较差。

2、石膏形态和掺量

石膏用于调节硅酸盐水泥的凝结时间及硬化速度，因为水泥中 C_3A 矿物的水化速度非常快，而溶解的 Ca^{2+} 和 SO_4^{2-} 在水化初期起到抑制 C_3A 矿物水化的作用，以满足水泥浆体和混凝

土所需要的工作性能。不同形态石膏的溶解度差异较大，对水泥的水化、凝结硬化影响也较大。

不同形态石膏的溶解度（25℃，以无水 CaCO₄ 计）

石膏形态	溶解度 (g/l)
石膏（二水石膏）	2.08
α-半水石膏	6.20
β-半水石膏	8.15
可溶性无水石膏	6.30
天然无水石膏	2.70

水泥混凝土孔隙液中的SO₄²⁻在来源于硅酸盐水泥中不同形式的硫酸盐，直接影响到水泥的水化和混凝土的工作性，而石膏是作为一种提供硫酸根离子的物质加入到水泥熟料中，但在粉磨过程中，由于磨机内物料的温度较高，二水石膏会部分脱水变成溶解度大的半水石膏；如果温度太高就会形成大量的半水石膏，导致水泥的假凝；如果温度太低，半水石膏数量不足，可能导致水泥急凝。

3、混合材的种类

水泥中大多掺有不同种类和数量的混合材，目前所用的混合材种类有：矿渣、粉煤灰、石灰石、火山灰、烧煤矸石等。由于混合材品种、性质和掺量等不同，因此对高效减水剂作用效果的影响也不一样。

高效减水剂对矿渣水泥和粉煤灰水泥的适应性较好；而对火山灰、烧煤矸石等混合材的水泥适应性较差，要达到预期效果，需要适当增加高效减水剂的掺量。

4、水泥的细度

水泥细度明显影响到高效减水剂的分散效果，如果用表

面吸附理论来说明减水剂的分散作用，则水泥比面积越高，对高效减水剂的吸附量就越多。如果水泥细度过细，为了达到同样的效果，需要适当增加高效减水剂的掺量。

5、水泥的陈放时间

水泥陈放时间越短，水泥越新鲜，高效减水剂对其塑化作用越差。使用刚出磨的水泥和出磨水泥温度还较高的水泥，会出现减水率低、坍落度损失快的现象。

6、水泥的碱含量

随着水泥碱含量的增大，高效减水剂对水泥的塑化效果变差。碱含量的增大，还会导致混凝土的凝结时间缩短和坍落度经时损失变大。

四、改善高效减水剂和水泥适应性的措施

高效减水剂与水泥之间不适应造成了混凝土质量的波动。因此，外加剂和水泥生产商必须采取必要的措施减少或避免不适应的现象发生，主要有以下措施：

1、适当降低熟料中的 C3A 含量。

2、重视控制水泥中硫酸钙的含量和溶解速度。主要控制水泥石膏配比和水泥 SO₃ 含量检测。要通过调整石膏用量来调节混凝土的工作性能时，一要尽可能用天然二水石膏，二要控制水泥粉磨的温度，防止二水石膏脱水，三要控制可溶性铝酸盐的含量在 0.4%~0.6%。

3、适当控制水泥细度，降低循环负荷率，提高选粉效率，减少过粉磨现象。

4、选择适宜的水泥品种，要选择流变性好、反应性能

低的水泥，也就是说，一经搅拌仅结合少量水的水泥或形成钙矾石少的水泥。

5、改变减水剂的掺加方法，采用后掺法或分批添加法等措施掺加减水剂，改善混凝土的工作性。

6、选择合适的减水剂，减水剂在碱性条件缓慢反应，从而使混凝土坍落度经时损失减少。

7、要适当降低水泥的碱含量，尽量控制在 0.60%以内。

总之，高效减水剂和水泥之间的适应性是一个错综复杂的问题，为提高混凝土的工作性能，除从以上几个方面改善水泥的适应性能外，还必须针对不同的外加剂品种用试验的方法寻找最佳掺加比例。