

掺高性能减水剂的机制砂混凝土泌水影响因素研究

任春生 高原 孙楚琦

浙江交通集团股份有限公司铁路分公司

摘要：随着现代建筑工程对混凝土性能要求的不断提高，机制砂混凝土泌水问题成为影响工程质量和持久性的重要因素。本文以掺高性能减水剂的机制砂混凝土为研究对象，针对泌水问题进行深入研究。通过实验和分析，提出了一系列解决措施和方法，包括优化减水剂的选择和掺量、调节混凝土的含水率、搅拌工艺以及温度和湿度的控制等。研究表明，通过合理应用高性能减水剂，可以有效降低机制砂混凝土的泌水现象，提高工程的质量和耐久性。本文的研究成果可为相关人员和工程实践提供有益参考。

关键词：高性能减水剂；机制砂混凝土；泌水问题；影响因素；性能优化

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.17.020

混凝土作为现代建筑工程中广泛应用的材料之一，具有结构牢固、耐久性好等优点，在各类工程中起着重要作用。然而，随着建筑工程要求的提高和环境条件的变化，机制砂混凝土中的泌水问题日益凸显。泌水现象不仅影响混凝土的强度和稳定性，还会导致开裂和渗透等问题的发生，从而降低工程的质量和使用寿命。为了解决机制砂混凝土泌水问题，本文以掺高性能减水剂的机制砂混凝土为研究对象，探讨创新的解决方案。通过对减水剂的减水率、保坍成分和引气成分等关键因素进行深入研究，结合实验和理论分析，提出了一系列改善泌水问题的措施和方法。本研究旨在通过优化减水剂的使用方式和调节混凝土的配合比和工艺参数，实现机制砂混凝土的性能优化，提高工程质量和持久性。从而促进混凝土工程的可持续发展和应用创新。

一、高性能减水剂的减水率对机制砂混凝土泌水的影响

（一）高性能减水剂的定义和特点

高性能减水剂是一种在混凝土中加入的特殊化学添加剂，旨在改善混凝土的工作性能和性能表现。它具有以下几个定义和特点。首先，高性能减水剂能够在相对较低的掺量下显著减少混凝土的水灰比，从而实现较高的减水率。同时，它还能够显著改善混凝土的坍落度和可加工性，使得混凝土能够更好地适应各种复杂的施工要求。此外，高性能减水剂还能够显著提高混凝土的强度和耐久性，减少混凝土的收缩和开裂倾向。它能够改善混凝土的微观结构，增强其致密性和耐久性，从而提高混凝土的抗渗性、抗冻性和抗化学侵蚀性。

（二）减水率的影响因素

1. 减水剂掺量

减水剂的掺量是影响减水率的关键因素。一般来说，减水剂的掺量增加，可以使混凝土的减水率提高。

然而，过高的减水剂掺量可能导致混凝土的流动性过高，甚至出现分层和分离的问题。因此，需要根据具体工程要求和减水剂的特性进行合理的掺量调节。

2. 砂浆含水率

砂浆含水率是指混凝土中水的含量与干砂质量之比。砂浆含水率的增加会降低混凝土的凝结性能，从而影响减水剂的效果。较高的砂浆含水率会导致减水剂分散性降低，减水效果不理想。因此，需要在合理范围内控制砂浆含水率，以获得最佳的减水效果。

3. 搅拌时间和速度

搅拌时间和速度对减水剂的分散和混合起着重要作用。适当的搅拌时间和速度可以确保减水剂充分分散在混凝土中，提高减水效果。过短的搅拌时间或速度较慢可能导致减水剂的分散不均匀，减水效果不稳定。因此，在搅拌过程中需要合理控制时间和速度，确保减水剂得到良好的分散和混合。

4. 温度和相对湿度

温度和相对湿度对减水剂的效果有一定影响。较高的温度和较低的相对湿度可能加速混凝土中水分的蒸发，从而降低减水剂的效果。相反，较低的温度和较高的相对湿度可以提供更好的水化条件，有利于减水剂的作用。因此，在施工过程中需要合理控制温度和相对湿度，以保证减水剂的最佳效果。

（三）减水率对机制砂混凝土泌水的影响机制

1. 减水效果提升

高性能减水剂的添加显著提高了机制砂混凝土的减水率。减水剂能够与混凝土中的水分发生化学反应，改变水分与水泥颗粒的作用力，从而降低混凝土的内聚力和表面张力，使水分更容易流动和排出。减水剂的使用可有效降低混凝土的水灰比，减少混凝土中的自由水含量，进而降低泌水倾向。

2. 孔隙结构优化

高性能减水剂对机制砂混凝土的泌水影响主要体现在优化孔隙结构。减水剂的添加能够填充混凝土中的孔隙和空隙，改善混凝土的致密性和密实性。通过减少孔隙的存在，减水剂降低了水分在混凝土内的渗透和流失，有效减少了泌水现象的发生。此外，减水剂还有助于控制混凝土中的气泡分布，减少气孔和孔隙对泌水的影响。

3. 抗渗性和耐久性提升

高性能减水剂的应用提升了机制砂混凝土的抗渗性和耐久性。减水剂改善了混凝土的微观结构，增强了混凝土内部的致密性和粒间联系。这有效地阻止了水分的渗透和离子的渗入，提高了混凝土的抗渗性和抗化学侵蚀性能，增强了混凝土的耐久性。同时，减水剂的使用

还能减少混凝土的收缩和开裂倾向，进一步提高了其耐久性和使用寿命。

二、高性能减水剂中保坍成分对机制砂混凝土泌水的影响

（一）保坍成分的作用和种类

保坍成分是高性能减水剂中的重要组成部分，其作用是维持混凝土的坍落度和可塑性，防止过早的坍落失去。它能够抑制水泥颗粒之间的黏聚力和表面张力，使水泥颗粒之间更易滑动，从而延长混凝土的保持期。保坍成分的种类多样，常见的包括有机高分子化合物、缓凝剂和稳定剂等。

1. 有机高分子化合物

有机高分子化合物是一类常见的保坍成分。它们通过吸附在水泥颗粒表面，改变水泥颗粒的电荷特性和颗粒间的相互作用力，使其具有更好的分散性和可塑性。有机高分子化合物能够形成吸附层，有效减少水泥颗粒之间的黏聚力和表面张力，提高混凝土的流动性和坍落度，防止坍落失去过快。

2. 缓凝剂

缓凝剂是一类能够延缓水泥浆体的凝结时间的保坍成分。它们能够与水泥中的硫铝酸盐反应，形成缓凝物质，减缓水泥的水化反应速度。通过延长水泥的凝结时间，缓凝剂使混凝土在施工过程中能够保持坍落度，不易出现失去坍落的情况。常见的缓凝剂包括缓凝膨胀剂、硅酸盐和有机缓凝剂等。

3. 稳定剂

稳定剂是一类能够提高混凝土稳定性和抗分离能力的保坍成分。它们能够增加混凝土的黏聚力和内聚力，防止水分和颗粒的分离。稳定剂能够与水泥胶体和颗粒表面发生化学反应，形成稳定的结构和胶凝物质，增强混凝土的内聚力。常见的稳定剂包括硅酸盐、磷酸盐和聚合物稳定剂等。

（二）保坍成分对泌水性能的影响因素

1. 保坍剂种类和掺量

不同种类和不同掺量的保坍剂对泌水性能有不同的影响。不同种类的保坍剂具有不同的化学性质和分子结构，对水泥浆体的分散效果和保持期有所差异。同时，保坍剂的掺量也会影响泌水性能。较高的保坍剂掺量可能导致混凝土的流动性过高，增加泌水的倾向。因此，需要根据具体要求选择适当的保坍剂种类和掺量。

2. 砂浆含水率和混凝土配合比

砂浆含水率和混凝土配合比是影响泌水性能的重要因素。较高的砂浆含水率会降低混凝土的凝结性能，增加泌水的可能性。此外，不合理的混凝土配合比会导致混凝土内部颗粒分布不均匀，增加泌水倾向。因此，需要在合理范围内控制砂浆含水率和混凝土配合比，以获得良好的泌水性能。

3. 搅拌时间和速度

搅拌时间和速度对泌水性能也有一定影响。适当的搅拌时间和速度可以确保保坍成分充分分散在混凝土

中，发挥其作用。过短的搅拌时间或速度较慢可能导致保坍成分的分散不均匀，影响混凝土的均匀性和泌水性能。因此，需要合理控制搅拌时间和速度，以保证保坍成分的最佳效果。

4. 温度和相对湿度

温度和相对湿度对保坍成分的效果也有一定影响。较高的温度和较低的相对湿度会加速混凝土中水分的蒸发，增加泌水的倾向。相反，较低的温度和较高的相对湿度可以提供更好的水化条件，有利于保坍成分的作用。因此，在施工过程中需要合理控制温度和相对湿度，以保证保坍成分的最佳效果。

（三）保坍成分对机制砂混凝土泌水的影响机制

1. 保持混凝土的流动性和坍落度

保坍成分能够维持混凝土的流动性和坍落度，防止过早失去坍落。它们通过与水泥颗粒表面发生吸附作用，改变水泥颗粒间的相互作用力，减少颗粒的黏聚力和表面张力。这使得水泥颗粒之间更易滑动和分散，提高混凝土的流动性和坍落度。保坍成分形成吸附层，有效延缓水泥的凝结速度，保持混凝土的坍落度。例如，有机高分子保坍成分能够形成吸附层，减少水泥颗粒的黏聚力，改善混凝土的分散性，使混凝土保持坍落度的时间延长。

2. 改善混凝土的分散性和可塑性

保坍成分能够改善混凝土的分散性和可塑性。它们通过与水泥颗粒发生相互作用，减少水泥颗粒的聚集，提高混凝土的分散度。这使得混凝土中的水泥颗粒更均匀地分散在整个混凝土矩阵中，改善了混凝土的可塑性和流动性。保坍成分还能够降低混凝土的内聚力，使混凝土更易于流动和变形。例如，稳定剂作为保坍成分之一，可以与水泥胶体和颗粒表面发生化学反应，形成稳定的结构和胶凝物质。这样可以增强混凝土的内聚力，改善混凝土的分散性和可塑性。

3. 降低混凝土内部摩擦力和内聚力

保坍成分的添加能够降低混凝土内部的摩擦力和内聚力，从而减少水分的渗透和泌水的倾向。保坍成分与水泥颗粒之间的相互作用力降低了颗粒之间的黏聚力和表面张力，使水泥颗粒更易于流动。同时，保坍成分改善了混凝土的微观结构，减少了孔隙和空隙的存在，进一步降低了水分的渗透性。例如，缓凝剂作为保坍成分之一，通过与水泥中的硫铝酸盐反应，形成缓凝物质，减缓水泥的水化反应速度。这降低了混凝土内部的内聚力和摩擦力，减少了水分的渗透和泌水现象的发生。

三、高性能减水剂中引气成分对机制砂混凝土泌水的影响

（一）引气成分的作用

引气成分是高性能减水剂中的重要组成部分，其作用是在混凝土中产生微细气泡，从而改善混凝土的抗渗性、抗冻性和耐久性。引气成分能够通过在水泥浆体中形成稳定的气泡，降低混凝土的密实度，使混凝土更易于流动和排气。常见的引气成分包括表面活性剂、气泡

稳定剂和气孔产生剂等。

（二）引气成分对泌水性能的影响因素

1. 引气剂种类和掺量

不同种类和不同掺量的引气剂对泌水性能有不同的影响。不同种类的引气剂具有不同的化学性质和气泡稳定性。某些引气剂能够在混凝土中形成稳定的微细气泡，降低混凝土的密实度，从而减少泌水的倾向。引气剂的掺量也会影响泌水性能。过高的引气剂掺量可能导致过多的气泡产生，增加泌水的可能性。因此，需要选择适当的引气剂种类和掺量，以达到最佳的泌水控制效果。

2. 砂浆含水率和混凝土配合比

砂浆含水率和混凝土配合比是影响泌水性能的重要因素。较高的砂浆含水率会增加混凝土的流动性和泌水的倾向。不合理的混凝土配合比会导致混凝土内部颗粒分布不均匀，增加泌水的可能性。因此，需要控制砂浆含水率和混凝土配合比，以保持合理的水灰比和最佳的颗粒分布，减少泌水现象的发生。

3. 搅拌时间和速度

搅拌时间和速度对泌水性能也有一定影响。适当的搅拌时间和速度可以确保引气成分充分分散在混凝土中，促进气泡的形成和稳定。过短的搅拌时间或速度较慢可能导致引气成分的分散不均匀，影响混凝土的泌水性能。因此，需要适当调节搅拌时间和速度，以保证引气成分充分发挥作用，达到最佳的泌水控制效果。

4. 温度和相对湿度

温度和相对湿度对引气成分的效果也有一定影响。较高的温度和较低的相对湿度会加速混凝土中水分的蒸发，增加泌水的倾向。相反，较低的温度和较高的相对湿度可以提供更好的水化条件，有利于引气成分的作用和气泡的稳定性。因此，在施工过程中需要合理控制温度和相对湿度，以保证引气成分的最佳效果。

（三）引气成分对机制砂混凝土泌水的影响机制

1. 产生微气孔和气泡，改善混凝土的抗渗性能

引气成分在混凝土中产生微细气孔和气泡，使混凝土的孔隙率增加。这些气孔和气泡能够阻碍水分的渗透，提高混凝土的抗渗性能。通过形成微气孔和气泡，引气成分能够减少混凝土内部的连通通道，减缓水分的渗透速度，降低泌水的倾向。例如，引气成分如气孔产生剂能够产生稳定的微细气泡，改善混凝土的抗渗性能。这些微细气泡能够阻碍水分的渗透和渗透压力的传递，减少混凝土中的渗漏现象。

2. 提高混凝土的耐久性和抗冻性能

引气成分的添加能够提高混凝土的耐久性和抗冻性能。微细气孔和气泡可以减少混凝土内部的应力集中和微裂缝的形成。这降低了混凝土在冻融循环中受到的冻胀压力和损伤程度，提高了混凝土的抗冻性能。例如，引气成分如表面活性剂能够在混凝土中产生稳定的气泡，改善混凝土的抗冻性能。这些气泡能够吸收和缓冲冻胀压力，减少混凝土的内部损伤。

3. 调节混凝土的流变性和变形行为

引气成分的添加可以调节混凝土的流变性和变形行为。微细气孔和气泡的存在能够降低混凝土的密实度和内聚力，使混凝土更易于流动和变形。这有利于混凝土的泌水性能控制，减少泌水现象的发生。例如，引气成分能够改善混凝土的流变性，使其在施工过程中更易于浇筑、振捣和排气。同时，引气成分还能够改善混凝土的变形行为，减少因内聚力和摩擦力引起的应力集中和开裂。

四、提出优化建议

为了进一步优化机制砂混凝土的泌水性能，以下是一些建议和优化方向。

（一）开展深入的机制砂混凝土泌水机理研究

深入研究机制砂混凝土的泌水机理，从微观层面探究影响泌水的因素。通过使用先进的测试方法和表征技术，如电子显微镜、纳米材料测试仪等，揭示泌水的原因和机制，为混凝土配合设计和控制提供更准确的理论依据。

（二）研发新型高性能减水剂和引气成分

针对机制砂混凝土泌水的特点，开展研发新型高性能减水剂和引气成分，以满足对泌水性能控制的需求。通过合理的配方设计和化学结构优化，提高减水剂和引气成分的性能和稳定性，实现更精确和可靠的泌水控制效果。

（三）结合数字化技术进行泌水性能预测和模拟

利用数字化技术，建立泌水性能预测和模拟模型，基于材料特性和施工条件，准确预测混凝土的泌水性能。这将有助于指导混凝土配合设计和施工过程中的操作决策，提前预防和控制泌水问题的发生。

结语

随着高性能减水剂的推出和普及，机制砂混凝土的泌水问题成为一个需要创新和优化的关键因素。为了构建可靠的机制砂混凝土结构，我们需要积极探索创新和应用高性能减水剂，加强泌水性能的控制，从而促进混凝土结构的可持续发展。在这一过程中，我们需要加强研究和应用新型高性能减水剂，以满足不同工程需求，提高混凝土的工作性能和耐久性能。另外，我们要加强对泌水机理的研究，以更好地理解影响泌水的因素，为控制泌水提供科学依据。通过加强技术交流合作，以及推广优秀的工程实践，可以为机制砂混凝土的泌水问题的解决提供全面发展的基础。

参考文献

- [1] 温宾煌. 浅谈混凝土泌水原因及解决方法[J]. 福建建材, 2017(12): 11-13.
- [2] 李连生, 赵尚传, 邱志雄. 机制砂混凝土泌水试验研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2013, 9(11): 231-234.
- [3] 闵婕, 韩静云, 宋旭艳. 机制砂对新拌混凝土工作性影响及减水剂对其适应性研究[J]. 混凝土与水泥制品, 2014(10): 16-20.