

减胶剂在低强度等级混凝土中的增效作用研究

谭经朋

湖州绿色新材股份有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i6.8127

[摘要] 低强度等级混凝土，因其成本效益显著，被广泛应用于非承重结构、临时性工程、道路基层以及大体积混凝土的内部填充等领域。然而，低强度等级混凝土也存在明显的局限性，如抗压强度较低，耐久性相对较差，抗渗性能不足，难以满足高层建筑或长期服役结构的需求。在此背景下，减胶剂的应用显得尤为重要。减胶剂不仅能够优化低强度等级混凝土的性能，拓展其应用范围，还能有效提升工程的整体质量和长期服役能力。本文主要论述了减胶剂在低强度等级混凝土中的作用机理和益处，并给出了相应实验研究，为建筑企业提供重要参考。

[关键词] 减胶剂；低强度等级混凝土；增效作用

Study on the efficiency of plasticizer in low strength concrete

Tan Jingpeng

Huzhou Green New Material Co., LTD.

[Abstract] Low-strength concrete, due to its significant cost-effectiveness, is widely used in non-load-bearing structures, temporary projects, road bases, and internal filling of large-volume concrete. However, low-strength concrete also has obvious limitations, such as lower compressive strength, relatively poor durability, insufficient water resistance, making it difficult to meet the requirements of high-rise buildings or long-term service structures. In this context, the application of plasticizers becomes particularly important. Plasticizers not only optimize the performance of low-strength concrete but also expand its application range, effectively enhancing the overall quality and long-term service capability of the project. This paper mainly discusses the mechanisms and benefits of plasticizers in low-strength concrete, and provides corresponding experimental studies, offering important references for construction companies.

[Key words] rubber reducing agent; low strength grade concrete; efficiency improvement

传统工艺中为改善混凝土和易性，常采取增加胶凝材料用量的技术路线，这既显著抬升了工程成本，又加剧了材料收缩开裂风险，形成质量隐患与资源浪费的双重困境。近年来，以分子结构设计与界面调控为核心机理的化学外加剂技术为解决此类问题提供了新思路，其中兼具减水与分散功能的减胶剂展现出独特优势。

一、混凝土减胶剂的作用原理

（一）混凝土减胶剂的概念

混凝土减胶剂属于新型功能性混凝土外加剂体系，其核心功能在于优化胶凝材料使用效率的同时维持混凝土关键性能指标稳定。该材料通过特定化学组分对水泥基体系产生物理化学作用，在保持既定水胶比与工作性能的前提下，可显著降低单位体积混凝土中胶凝材料总量。其液态制剂特征表现为清澈或浅色透明外观，严格规避了氯离子与强碱性物质的引入，符合现代混凝土工程对耐久性与环保性的双重要求。作为独立于传统减水剂体系的功能性助剂，该产品以微量掺入即可实现水

泥用量的有效控制，在保证结构体 28 天抗压强度基准值的基础上，同步提升拌合物的流动保持能力与硬化体的体积稳定性。相较于常规外加剂，其技术优势体现在应用成本与性能提升的平衡性，既具备合理的经济性又能与现有混凝土配合比设计体系良好兼容，在建筑工程实践中展现出显著的综合效益。

（二）减胶剂在低强度等级混凝土中的作用机理

在低强度等级混凝土中，减胶剂通过优化胶凝体系微观作用路径，实现材料性能与施工性能的协同提升。其核心机理在于针对低胶材体系特点，优先调控硅酸盐矿物与辅助胶凝材料的界面作用力，借助分子间电荷平衡效应削弱水泥颗粒间的范德华引力，有效抑制因胶凝材料总量不足导致的絮凝结构过度生成。通过重构聚羧酸减水剂在胶凝相中的吸附位点分布，减少其在铝酸盐矿物表面的无效锚定，促使更多减水分子定向作用于硅酸三钙活性表面，在保持工作性前提下显著改善新拌浆体均质性。对于低强度混凝土中常见的工业废渣掺合料，减胶剂所含的极性基团可激活粉煤灰等材料的表面能态，通过络合溶解作用促进玻璃体解聚。该过程在降低水化产物生成能垒的同时，构建了更致密的微观结构网络，有效补偿因水泥用量减少造成的早期强度发展滞后现象。此外，减胶剂通过调控不同矿物相的溶解-沉淀动力学平衡，优化了低水胶比条件下的离子迁移路径，使胶凝体系在有限水化空间内实现更充分的水化反应，最终在保证混凝土设计强度的基础上达成资源节约与环境友好的双重目标。

二、减胶剂在低强度等级混凝土中的作用

（一）优化混凝土工作性能

在低强度等级混凝土的生产与施工过程中，减胶剂的合理应用能够有效优化混凝土的工作性能。针对低标号混凝土胶结料总量偏低引发的拌合物黏聚性弱化问题，该外加剂通过调整材料表面特性，有效降低固体颗粒间摩擦系数，促使有限胶材与骨料颗粒形成致密包覆体系，从而提升拌合物的整体润滑效果。基于此改良机制，混凝土在物流输送阶段能够维持均匀的悬浮状态，规避因组分分离析引发的骨料沉降或浆体泌水等工程隐患。改良后的拌合物在入模成型阶段展现出更优的填充特性，可充分浸润模板复杂构造部位，大幅降低因流动性缺失形成的孔洞、麻面等质量缺陷，施工人员借助标准振捣工艺即可实现高效密实，有效控制人工干预频次。该技术尤其适用于基础结构层、填充体等流动性敏感场景，在维持低强度混凝土经

济优势的基础上，通过提升塑性状态下的泵送适应性缩短作业周期。与此同时，减胶剂对拌合物内部体系的协调改良还能缓解材料与施工机械间的非正常摩擦，为机械化施工提供更优工况。由此带来的优势在于，该技术既保证了低强度混凝土的性价比特征，又通过流变学改良实现了施工效率与工程质量的协同提升，同时降低了设备损耗风险。

（二）提升混凝土的结构强度

针对低强度等级混凝土体系，减胶剂的介入通过微观结构改良机制有效增强其整体力学特性。针对胶凝组分偏少引发的颗粒结合薄弱问题，该添加剂驱动水泥基体与骨料界面形成连续过渡区，消除基体内部离散分布的缺陷区域。在此过程中，硬化体内部形成三维互锁的刚性网络，同步实现孔隙系统的拓扑重构，将无序贯通的毛细孔系转化为封闭微孔体系，显著提升材料受压状态下的应力传递效率。该调控效应对于非结构混凝土具有特殊价值，鉴于这类材料多用于辅助工程场景，其基础承载力仍须满足规范限值要求。通过增强矿物颗粒的机械互锁效应与化学键合强度，促使固化相构建全域连续载荷传递体系，既优化了应力分布的均质化程度，又抑制了局部应变能富集引发的开裂倾向。改良后的多尺度孔隙架构可阻滞水分迁移与侵蚀离子扩散通道，显著提升材料在湿润工况下的服役寿命。该材料对水化产物形貌的协同调控，促使硬化体后期形成各向同性的体积稳定状态，有效消减收缩差异引发的残余应力，为工程构筑物提供更优的完整性保障。

（三）实现成本节约

在低强度等级混凝土生产与施工工艺中，减胶剂的介入通过材料体系协同调控达成多维成本优化目标。针对低标号混凝土胶凝组分需求阈值较低的特性，该技术可精准调控浆体流变特性，在维持工作性能基准的前提下实现水泥用量战略级缩减，直接降低主材购置成本支出。该策略突破传统工艺中为补偿流动性缺陷而超额掺入胶材的粗放模式，通过材料性能精准适配构建更具经济性的配合比体系。经改良的拌合物在流变学性能层面展现卓越优势，显著降低因材料异相分离引发的浇筑异常工况，有效规避返工修复导致的二次资源消耗。对于广泛应用于临时支护、地基处理等场景的低强度混凝土，这种材料效能与资源利用率的同步提升具有显著工程经济价值。通过强化拌合物泵送适应性与自密实特性，施工流程得以压缩作业时

长并减少大型设备调用频次，同步降低人力成本与能源消耗强度。该技术体系依托材料性能与经济指标的动态平衡机制，使低标号混凝土在满足基本力学指标的同时实现全周期成本集约化管控，特别适用于成本敏感型非主体结构及大体积填充工程，为项目全寿命周期成本管理提供创新解决方案。

（四）助力绿色环保

减胶剂技术在低强度混凝土领域的规模化应用，对绿色建筑体系建设具有战略意义，其核心环保效益植根于全产业链资源集约化配置与生态影响最小化机制。该技术基于材料科学原理优化骨料分布与微孔结构，在保证混凝土工作性能前提下实现水泥掺量系统性下降，直接削减建材工业链前端的水泥煅烧工序所对应的温室气体排放当量，为建筑业实现“双碳”目标提供关键性工艺突破。通过增强胶凝材料水化产物稳定性与界面过渡区致密性，显著提升混凝土构筑物的环境适应性与耐久性指标，从根本上规避传统工程模式中高频率维修改造带来的固废污染与拆除重建引发的资源损耗。该技术体系创新性地 将材料改性优势转化为产业链节能减排效能，通过降低单位建材产品能耗系数与原材料开采强度，系统性缓解骨料矿山开发对地质结构的扰动及天然砂石资源枯竭压力。在生态文明建设框架下，减胶剂技术通过重构低标号混凝土的环境友好特性，不仅推动传统建材向低碳化方向迭代升级，更通过技术外溢效应促进建筑工业与自然生态系统的协同发展，其生态价值已辐射至生物多样性保护等宏观维度。

三、减胶剂在低强度等级混凝土中的实验研究

（一）试验材料

本研究以低强度等级混凝土为研究对象，采用通用硅酸盐水泥（P·042.5 级）作为主要胶凝材料，辅以工业副产物粉煤灰（Ⅱ级 F 类）和矿渣微粉（S95 级）作为矿物掺合料。细骨料采用天然砂与机制砂按 1:1 复配的混合砂体系，粗骨料选用 5—25mm 连续级配碎石。为改善混凝土工作性能，同步引入聚羧酸系高性能减水剂和新型混凝土减胶剂开展对比研究，其中减胶剂掺量按胶凝材料总量的 0.6% 控制。

（二）试验方法

针对低强度等级混凝土的工程应用特点，设计对比试验方案：基准组采用常规配合比设计方法，试验组在保持水胶比不变的前提下，通过掺加减胶剂实现 8% 的水泥替代率。参照《普

通混凝土拌合物性能试验方法标准》测试新拌混凝土工作性能，依据《混凝土物理力学性能试验方法标准》测定 7d、28d、60d 抗压强度。采用材料单价核算法对比两组试样的单位体积经济成本，重点评估减胶剂在低强度混凝土体系中的技术经济价值。

（三）试验结果

试验数据显示，减胶剂的引入显著改善了低强度混凝土的流变特性，坍落度提升幅度达 15%~20%，扩展度增长约 30%，浆体包裹性增强且无离析泌水现象。在强度发展规律方面，掺加减胶剂的试验组 7d、28d 强度与基准组保持统计学等效（ $p>0.05$ ），60d 龄期时试验组抗压强度较基准组提高 2.5~3.8MPa，表现出明显的后期增强效应。经济性分析表明，采用减胶剂技术后，单方混凝土可减少水泥用量 50—70kg，结合矿物掺合料的协同作用，生产成本降低 2~4 元/ m^3 。这对于用量大、成本敏感的低强度等级混凝土工程具有显著推广价值，特别是在满足强度要求的前提下实现了资源节约与性能优化的双重目标。

总结

总体来看，减胶剂的应用为低强度等级混凝土的优化提供了新方向。通过合理使用该材料，不仅能够减少水泥等原料的消耗，还能降低施工成本，同时减轻对环境的负担。未来，随着建筑行业对可持续性发展的重视程度日益加深，减胶剂的研发需进一步结合地域材料特性与施工条件，探索更高效、稳定的配方体系。

[参考文献]

- [1]年就做过比较详细的对比试.增效剂（减胶剂）应用有哪些注意事项[J].江西建材，2021（9）：212-212.
- [2]陶良敬，胡忠楠.减胶剂对混凝土工作性能和早期强度的影响分析[J].安徽建筑，2023（3）：97-97.
- [3]施军.混凝土减胶剂对混凝土性能的影响试验分析[J].散装水泥，2022（5）：186-188.

作者简介：谭经朋，出生年月：1973 年 09 月 18 日，性别：男，民族：汉族，籍贯：湖北省咸宁市通山县，学历：本科，职称：工程师，研究方向：专用化工产品（如医药添加剂、生物发酵类等）、化学化工材料（如混凝土减水剂和保温砂浆、自流平砂浆等）的研发、生产、制造。