

# 水下不分散混凝土研究综述

喻浩宇

西京学院土木工程学院, 陕西 西安

收稿日期: 2026年3月22日; 录用日期: 2026年4月12日; 发布日期: 2026年4月24日

## 摘要

我国水利水电、海洋工程、地下工程等领域的建设规模不断扩大, 水下浇筑施工场景日益增多, 对混凝土的水下施工性能提出了更高要求。水下不分散混凝土作为一种特殊功能混凝土, 通过掺入抗分散剂(絮凝剂)实现水下不分离、自密实、低泌水的特性, 有效解决了普通混凝土水下浇筑易离析、强度不足、施工质量难以控制等难题。本文在搜集国内外相关文献资料的基础上, 介绍了目前水下不分散混凝土的研究现状及进展, 论述了水下不分散混凝土的核心研究内容、研究进展以及主要研究方向等方面, 对水下不分散混凝土目前的研究现状、在研究和应用中存在的问题进行进一步具体分析, 为其后续研究与工程应用提供参考。

## 关键词

水下不分散混凝土, 抗分散剂, 水下施工, 耐久性, 力学性能

# Review on Underwater Non-Dispersive Concrete

Haoyu Yu

School of Civil Engineering, Xijing University, Xi'an Shaanxi

Received: March 22, 2026; accepted: April 12, 2026; published: April 24, 2026

## Abstract

The construction scale of water conservancy and hydropower, marine engineering, underground engineering and other fields in China is constantly expanding, and the number of underwater pouring construction scenarios is increasing, which puts higher requirements on the underwater construction performance of concrete. Underwater non-dispersive concrete, as a special functional concrete, achieves the characteristics of non-separation, self-compaction, and low bleeding underwater by adding anti dispersing agents (floculants), effectively solving the problems of easy

segregation, insufficient strength, and difficult construction quality control of ordinary concrete poured underwater. Based on the collection of relevant literature at home and abroad, this article introduces the current research status and progress of underwater non-dispersive concrete, discusses the core research content, research progress, and main research directions of underwater non-dispersive concrete, and further analyzes the current research status, problems in research and application of underwater non dispersive concrete, providing reference for its subsequent research and engineering applications.

## Keywords

**Underwater Non-Dispersive Concrete, Anti-Washout Admixtures, Underwater Construction, Durability, Mechanical Properties**

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

水下不分散混凝土是指在水中浇筑和硬化的混凝土[1]。这种混凝土具有良好的工作性和力学性能，并且骨料与胶凝材料不分离。水下不分散混凝土与普通混凝土不同，因为它具有水下不分离性、自密实性、低泌水性和缓凝等特性。这些特性使它适应水下施工环境的特殊要求，例如水流冲刷、水压作用和施工视野受限。因此，它避免了普通混凝土水下浇筑时出现的骨料下沉和水泥浆流失等问题，从而确保水下结构的施工质量和服役寿命。

水下不分散混凝土的核心技术在于在普通混凝土中掺入水溶性高分子化合物——抗分散剂(又称絮凝剂)，其能在混凝土内部形成网状结构[2]，吸附水泥颗粒和骨料，阻止其在水中分散流失，同时保证混凝土的流动性和可泵性。最早的水下不分散混凝土抗分散剂 UWB (under water beton)由德国于 1974 年发明，并成功应用于实际工程。我国关于水下不分散混凝土的相关研究起步较晚，于 1983 年开始与德国合作，逐步开展抗分散剂的研发与应用研究，1987 年研制出 UWB 系列絮凝剂，1990 年又开发出 SCR 系列絮凝剂，填补了国内相关领域的空白。

目前，我国水利水电、海洋工程、沉井施工、海底隧道等领域对水下不分散混凝土的需求日益迫切[3]，常用的抗分散剂以 UWB-II 型絮凝剂为主，但其在极端水下环境(如高流速、高水压、低温)下的性能仍有待提升。随着工程建设向深水、复杂环境拓展，水下不分散混凝土的高性能化、多功能化成为研究热点，本文结合国内外相关研究成果，对水下不分散混凝土的研究内容、研究进展、存在问题及前景进行系统综述。

## 2. 水下不分散混凝土的核心研究内容

### 2.1. 抗分散剂的研究进展

抗分散剂是配制水下不分散混凝土的关键组分，主要技术要求包括：抗分散性、流动性、早期强度、耐久性、环境友好性、适应性[4]。抗分散剂主要由主剂(絮凝剂)和辅助剂两部分组成，其中絮凝剂是实现混凝土抗分散性能的核心，辅助剂则用于改善混凝土的流动性、强度和施工性能，降低成本。根据现有研究，应用于水下不分散混凝土的絮凝剂主要分为五类：一是人工合成或天然水溶性有机聚合物，包括纤维素醚、淀粉胶、聚氧化乙烯、聚丙烯酰胺、羧乙烯基聚合物等；二是水溶性有机絮凝剂，如带羧基的

苯乙烯共聚物、合成高分子电解质等，通过吸附在水泥颗粒表面增强颗粒间吸引力；三是有机材料乳液，如石蜡乳液、丙烯酸乳液等，可增大粒子间吸引能并提供超细粒子；四是大比表面积无机材料，如膨润土、硅灰、纤维状材料等，提升浆体保水能力；五是细颗粒无机填充材料，如熟石灰、硅藻土、粉煤灰等，填充砂浆浆体空隙。

目前工程上应用最广泛的絮凝剂主要是水溶性纤维素系列和丙烯酸系列聚合物[5]，其中聚丙烯酰胺因价格低廉、来源广泛，应用更为普遍，但存在混凝土粘性大、搅拌难度高、坍落度损失快、水陆强度比低等问题，仍需通过结构改性、分子量调控等方式优化性能。当前我国水下不分散混凝土中主要使用UWB-II型絮凝剂，同时国内外学者通过化学合成、复合改性等方式，研发出多种新型絮凝剂。

## 2.2. 超早强水下不分散混凝土的研究进展

为适应冬季施工、工期较短、紧急抢修等特殊条件需要凝结时间更短的超早强水下不分散混凝土。提高水下不分散混凝土早强性能的方法目前主要分为替换水泥原料为硫铝酸盐水泥等快硬水泥、添加早强剂、使用早强型絮凝剂等。解放军后勤工程学院为解决水下不分散混凝土早期强度低的问题，将多聚糖类高分子聚合物、矿物调凝剂、分散剂、增强剂按比例配置出HF-1早强型絮凝剂。唐军务等[6]结合实际工程进行了HF-1早强型絮凝剂和普通水泥配制早强水下不分散混凝土的应用试验，并发现掺加HF-1早强型絮凝剂后可显著提高早期强度。陈国新[7]等通过添加一定量的硫铝酸盐水泥提出了一种新型超早强水泥基水下不分散修补材料的制备方法。王杨凯等[8]等发现大量参加煤矸石同样可以提高水下不分散混凝土的早强性能。

## 2.3. 不同掺和料对水下不分散混凝土的影响

为探索水下不分散混凝土的实际工程应用和性能优化，国内许多学者测试了添加不同功能的矿物掺和料对水下不分散混凝土的性能影响。牛季收[9]等研究了粉煤灰掺量对水下不分散混凝土性能的影响，发现粉煤灰的掺入能显著改善水下不分散混凝土的流动性，并降低混凝土拌合物的坍扩度经时损失，但随着掺量增大会降低混凝土的抗分散性能。随后张鸣[10]等在此基础上研究了粉煤灰与矿渣粉复掺对水下不分散混凝土的性能影响发现二者复掺时能起到“叠加效应”，使早期强度和后期强度均提高。张艺清[11]发现硅灰与粉煤灰复掺可以在提升强度的同时增加拌合物的流动性。

## 3. 水下不分散混凝土的前景分析

我国水资源丰富，水利水电工程、海洋工程、地下工程、沉井施工、海底隧道等领域的建设需求持续旺盛，水下浇筑施工场景日益增多，为水下不分散混凝土提供了广阔的应用空间。据统计，我国每年水下浇筑混凝土用量超过千万立方米，传统混凝土水下施工存在离析、强度不足、施工质量难以控制等问题[12]，而水下不分散混凝土凭借其水下不分离、自密实、低泌水等优势，能够有效解决上述难题，显著提升水下工程施工质量，缩短施工周期，降低施工成本，具备极强的工程应用优势[13]。

当前，我国水下工程建设正逐步向深水、复杂环境拓展，对水下不分散混凝土的高性能化、多功能化提出了更高要求，如在高流速、高水压、低温、高盐等极端环境下，需要水下不分散混凝土具备更强的抗分散性、耐久性和力学性能。未来，通过抗分散剂的改性研发、配合比的优化设计、新型改性材料的应用，水下不分散混凝土将向高性能、绿色环保、多功能方向发展，其应用领域将进一步拓展至深海工程、极地工程等特殊场景。

水下不分散混凝土的智能化和绿色化将成为重要的发展趋势。在绿色化方面，工业固废替代水泥、再生骨料应用等技术将进一步降低混凝土碳排放并实现资源循环利用，符合“双碳”发展战略。在智能

化方面,利用大数据分析、光纤光栅监测等技术,可以实时监测和预警水下不分散混凝土结构的服役状态,从而提高工程运维效率。此外,随着施工工艺的智能化升级和新型抗分散剂的低成本开发,水下不分散混凝土的规模化应用将得到进一步推进。这将为我国水利水电、海洋工程等领域的高质量发展提供重要材料支撑。

同时,水下不分散混凝土的研究也面临许多挑战。这些包括极端环境下长期服役性能下降、采用新型改性材料的成本增加、规模化生产质量稳定性不足等。随着研究的不断深入,水下不分散混凝土的技术体系将逐步完善,其在各种水下工程中的应用将更加广泛,市场前景广阔。

#### 4. 结论

(1) 水下不分散混凝土通过科学掺入抗分散剂实现了水下不分离、自密实、低泌水的核心特性。它能够有效解决普通混凝土水下浇筑的困难,如易离析、强度不足、施工质量难以控制。它适配于水利水电、海洋工程等各种水下施工场景,具有显著的工程应用优势和推广价值。

(2) 水下高性能不分散混凝土的研究涉及复杂水下环境适配、制备技术优化、力学和耐久性能提升、界面作用和本构模型构建。抗分散剂掺量、配合比、养护条件是影响其工作性、力学性能和耐久性的关键因素,因此需要通过协同优化实现各种性能的平衡。

(3) 当前水下不分散混凝土的研究已取得显著进展,形成了复合改性抗分散剂研发、性能协同优化、新型改性技术应用及工程规模化推广的完整体系,国外研究侧重极端环境适配,国内研究聚焦工程实际需求,但在极端环境长期服役性能、新型材料成本控制等方面仍存在不足。

(4) 水下不分散混凝土的主要研究主题涉及四个方向:制备技术、耐久性、力学性能和界面作用、工程应用适配。这些方向构成了“基础研究-技术研发-工程应用”的完整研究体系,为材料性能优化和工程推广提供全面支持。

(5) 水下不分散混凝土的应用前景广阔,未来将向高性能、绿色化和智能化方向发展,应用领域将进一步扩展到深海和极地等特殊场景。通过技术创新破解现有障碍,将为我国水下工程建设高质量发展提供重要支撑。

#### 参考文献

- [1] 孙国文,张莹,闫娜,等.水下不分散混凝土的抗分散性能设计及其表征研究进展[J].材料导报,2022,36(1):91-101.
- [2] Assaad, J.J., Daou, Y. and Khayat, K.H. (2009) Simulation of Water Pressure on Washout of Underwater Concrete Repair. *ACI Materials Journal*, **106**, 529-536.
- [3] 叶坤.高性能海工水下不分散混凝土研究[D]:[硕士学位论文].扬州:扬州大学,2016.
- [4] 周官封,酒亚宾,谭佳琪.水下不分散混凝土抗分散剂研究与应用[C]//中国水利学会.2024中国水利学术大会论文集(第六分册).郑州:中国水利水电第十一工程局有限公司,2024:416-420.
- [5] Ali Sikandar, M., Wazir, N.R., Khan, A., Nasir, H., Ahmad, W. and Alam, M. (2020) Effect of Various Anti-Washout Admixtures on the Properties of Non-Dispersible Underwater Concrete. *Construction and Building Materials*, **245**, Article ID: 118469. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.118469>
- [6] 唐军务,张琦彬,刘玉振.掺HF-I早强型絮凝剂的水下不分散混凝土应用研究[J].中国港湾建设,2015,35(12):46-49.
- [7] 安徽瑞和新材料有限公司,南京瑞迪高新技术有限公司.一种超早强水泥基水下不分散修补材料及其制备方法[P].中国专利,201910625066.2.2019-08-30.
- [8] 王杨凯,柴丽娟,刘占超,等.早强型水下不分散水泥基复合材料的性能优化设计[J].功能材料,2023,54(12):12206-12213,12224.
- [9] 牛季收,朱凯.粉煤灰对水下不分散混凝土性能的影响[J].硅酸盐通报,2008(4):875-880,887.

- [10] 张鸣, 王付鸣, 叶坤, 等. 粉煤灰和矿渣粉对水下不分散混凝土性能的影响研究[J]. 硅酸盐通报, 2016, 35(8): 2611-2616.
- [11] 张艺清, 董芸. 粉煤灰和硅粉对水下自密实混凝土性能的影响[J]. 混凝土, 2021(10): 133-137.
- [12] Grzeszczyk, S., Jurowski, K., Bosowska, K. and Grzymek, M. (2019) The Role of Nanoparticles in Decreased Washout of Underwater Concrete. *Construction and Building Materials*, **203**, 670-678.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.01.118>
- [13] Cui, W., Huang, J., Song, H. and Xiao, M. (2017) Development of Two New Anti-Washout Grouting Materials Using Multi-Way ANOVA in Conjunction with Grey Relational Analysis. *Construction and Building Materials*, **156**, 184-198.  
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.08.126>