

项目编号：2025-14

密级：公开

河南省交通运输厅科技项目 任 务 书

项目名称：面向水运工程的玄武岩纤维增强 UHPC 协同

增韧与应用关键技术研究

承担单位：河南交院工程技术集团有限公司

河南交通职业技术学院

河南启航建设有限公司

河南交投检测认证有限公司

华北水利水电大学

项目负责人：邵景干

起止年限：2026 年 6 月至 2028 年 5 月

河南省交通运输厅制

一、项目主要研究内容

1. 项目的主要目的

本项目针对水运工程混凝土结构在船舶碰撞、水流冲刷、泥沙冲蚀、冻融干湿循环等多重工况耦合作用下，易出现损伤、耐久性不足，难以适配长期服役需求的核心痛点，以“提升强度、提升韧性、提升耐久”为核心导向，聚焦玄武岩纤维（BF）与超高性能混凝土（UHPC）协同增强增韧关键技术开展系统性研究。核心目的是研发适配船舶碰撞与高侵蚀性水环境的高性能结构防护材料体系，通过玄武岩纤维与纳米材料协同改性，对 UHPC 实施多尺度复合优化设计，精准调控材料微观结构与宏观力学性能；重点探究材料在复杂水力荷载、碰撞荷载作用下的损伤演化规律与抗冲蚀内在机理，阐明纤维与基体的损伤阻滞协同效应。最终形成适配港航工程船闸、码头、护岸等核心结构的建设与抗撞防护一体化技术方案，完成示范应用落地，为提升水运基础设施长期安全运行水平、破解行业耐久性技术瓶颈提供关键技术支撑。

2. 主要研究内容

本项目拟通过玄武岩纤维协同纳米材料对超高性能混凝土（UHPC）进行多尺度优化设计，系统测试其力学性能与微观结构，重点评估材料在多温候及复杂水环境下的性能提升效果和抗冲磨损能力，构建基于纤维桥接的跨尺度耐久性增强机制与理论体系，最终形成适用于内河港航水运工程的高性能结构防护技术方案并推广应用，以期从材料层面突破现有技术瓶颈，为提升水运工程结构长期安全性能提供关键支撑。具体研究内容按“基础机理→专项性

能→结构应用→长效保障”的逻辑展开，主要研究内容如下：

（1）玄武岩纤维提升 UHPC 性能机理研究

作为整个项目技术研发的核心基础，本部分紧扣水运结构对 UHPC 材料的核心性能诉求，率先开展玄武岩纤维（BF）改性 UHPC 的基础机理研究。通过研发 BF 增韧增强混凝土配合比优化设计技术，系统调控纤维参数、优化分散工艺，探究多组分复配体系下混凝土的多尺度增韧增强效应及内在作用路径，建立分散优化条件下 BF-UHPC 的损伤本构模型，为后续专项性能提升、结构设计及工程应用提供坚实的理论与技术铺垫。

（2）BF-UHPC 高性能机制及专项服役性能研究

基于上述基础机理研究成果，聚焦水运工程关键部位面临的船舶撞击、水流冲刷等典型服役工况，重点开展 BF-UHPC 抗冲击、抗冲蚀、抗磨耗等专项性能研究。围绕纳米改性 BF-UHPC 基体界面的局部粘结-滑移行为，揭示 BF-UHPC 的增强增韧内在机制，明确 BF-UHPC 专项性能的提升路径，针对性解决水运工程中船舶撞击、水流-砂石耦合冲刷等核心技术痛点。

（3）大体积水运结构 BF-UHPC 阶梯强度设计及施工技术研究

依托 BF-UHPC 的性能优势，推动材料性能向工程结构落地，针对船闸、码头等大体积水运结构面临的船体碰撞与水流冲蚀复合受力场景，开展结构应用创新研究。结合结构差异化受力特性与性能需求，研究强度梯度过渡的普通混凝土与 BF-UHPC 组合体系综合力学性能，创新设计“基层-过渡层-增强层”强度梯度体系。借助多尺度微观分析技术揭示界面过渡区粘结性能演化规律，重点研发“低

强基材-中强过渡层-高强增强层”同步浇筑-梯度过渡一体化施工工艺，实现不同强度等级混凝土间可靠耐久的界面衔接，为大体积混凝土结构的工程化应用提供技术示范。

（4）BF-UHPC 耐久性提升机制及全寿命周期评价研究

作为项目技术落地应用的长效保障，聚焦公路水运工程复杂服役环境，以纤维改性混凝土性能技术为核心，系统探究水运结构在碰撞、水流冲蚀、冻融循环、氯离子侵蚀等多因素作用下 BF-UHPC 的耐久性损伤演变规律。通过构建科学完善的 BF-UHPC 全寿命周期评价体系，为水运工程结构的长效安全运维提供科学依据与技术支撑，推动技术方案的规模化推广应用。

3. 项目研究创新点

（1）创新 BF-UHPC 多组分多尺度协同增强增韧理论，填补纤维分散-力学性能关联理论空白

突破传统单一组分改性或单纯宏观性能优化的局限，紧扣水运结构对 UHPC “高强高韧”的核心需求，创新构建玄武岩纤维（BF）-UHPC 多组分复配体系多尺度协同增强理论。通过耦合优化纤维参数、分散工艺与基体微观结构，系统揭示从纳米级水化产物到宏观材料的跨尺度增强增韧内在作用机制；精准量化纤维分散性与材料力学性能的关联关系，为后续专项技术研发提供差异化、针对性的理论支撑。

（2）构建 BF-UHPC 多维度本构关系模型，形成水运工程专用抗冲蚀技术路径

针对现有抗冲蚀材料难以适配水运工程“水流-砂石耦合冲刷”极端工况的行业痛点，创新构建冲蚀过程中材料表面-内部损伤演化的可视化追踪与量化分析。突破传统“经验性掺量优化”的技术模式，阐明纤维“桥接-阻裂-耗能”协同抗冲蚀机制，形成区别于常规耐磨材料、适配水运复杂工况的专用抗冲蚀技术路径，提升材料抗冲磨损伤能力。

（3）首创梯度递进式强度体系，研发水运结构专用一体化浇筑工艺

摒弃大体积水运结构“单一强度等级”或“简单双层复合”的传统设计思路，创新提出“梯度递进式强度体系”设计理念，适配船闸、码头等大体积混凝土结构的复合受力特点。研发“基层-过渡层-增强层”强度梯度协同匹配技术，结合多尺度微观分析手段揭示界面粘结性能演化规律；首创“低强-中强-高强”同步浇筑-梯度过渡一体化施工工艺，有效解决不同强度混凝土界面易开裂、粘结失效的行业难题，实现结构受力与材料性能的精准匹配，兼顾轻量化施工与绿色建造要求，为大体积水运结构提质增效提供技术创新。

4. 项目研究的重点和难点问题

（1）多组分多尺度协同增强理论的构建与机制解析

针对传统 UHPC 单组分改性、宏观性能优化的技术局限，以及纤维分散性与力学性能关联不明确理论空白，核心难点在于构建 BF-UHPC 多组分多尺度协同增强理论，精准解析从纳米级水化产物到宏观材料的跨尺度增强增韧内在机制。需突破纤维分散状态的精准调控与量化表征、多组分间协同作用的耦合分析等关键问题，最

终为水运结构对 UHPC “高强高韧”的核心需求提供科学、可靠的理论支撑。

（2）损伤演化量化与抗冲蚀技术适配

面对水运工程“水流-砂石耦合冲刷”极端工况下，抗冲蚀材料适配性不足、冲磨损伤难以可视化表征的工程难题，核心重点是实现损伤演化的精准追踪与量化。同时需突破模型与水运复杂服役工况的适配性验证难题，确保模型能有效指导抗冲蚀技术优化，提升材料对极端工况的适配能力。

（3）梯度强度体系设计与一体化浇筑工艺的落地

针对传统大体积水运结构强度体系适配性差、界面粘结失效的行业痛点，核心难点在于梯度递进式强度体系的参数优化与协同匹配，以及一体化浇筑工艺的落地应用。需解决不同强度等级混凝土同步浇筑的兼容性、梯度过渡层的性能调控、界面粘结耐久性提升等关键问题，实现结构受力与材料性能的精准匹配，保障工艺的可行性与工程适用性。

5. 本项目的依托工程应用情况

本项目紧密依托贾鲁河复航工程，紧扣该工程混凝土结构耐久性提升的重大实际需求，聚焦工程中船舶撞击与多重侵蚀性环境耦合导致的结构易损伤、寿命短、运维成本高的核心痛点，针对性落地所研发的 BF-UHPC 相关技术成果。项目以超高性能混凝土（UHPC）为基础，通过多组分多尺度协同优化提升基体力学性能与密实度，显著强化材料抗冲磨、抗侵蚀综合耐久性能；同时依托玄武岩纤维（BF）增韧改性技术，有效提升材料韧性，从根源上抑制混凝土开

裂，破解工程结构损伤难题。通过技术集成、现场试验与工程验证，固化形成一套适配高流速、强磨损、多重侵蚀环境的 BF-UHPC 抗冲刷增韧防护技术体系，大幅降低水运工程结构全寿命周期维养成本，为贾鲁河复航工程及同类内河航运严苛工况下的水运基础设施，提供长效、可靠的结构防护解决方案，同时为项目技术的规模化推广奠定坚实的工程实践基础。

二、项目的考核指标

1. 主要技术指标（如形成的新技术、新产品、新装置、专利、论文专著等数量、指标及其水平等，应分条列述）；

（1）提交研究报告 1 份；

（2）公开发表学术论文 8 篇，其中科技核心、中文核心、EI 或 SCI 论文不少于 4 篇；

（3）申请发明专利不少于 4 件；

（4）登记软件著作权不少于 2 件；

（5）编写施工工法或技术指南 1 项。

2. 主要经济指标（如技术及产品应用所形成的市场规模、社会效益及经济效益等，应分条列述）；

（1）预期经济效益

依托玄武岩纤维与纳米材料协同增强增韧核心技术，可显著提升水运工程混凝土结构的抗裂、抗冻融及耐腐蚀性能，延长结构服役寿命，大幅减少大修、翻新频次，降低全生命周期维护成本。玄武岩纤维具备密度低、分散性优、无锈蚀风险的特质，相较于传统钢材增强方案，可简化施工流程、减少施工能耗与设备磨损，间接节约施工成本。同时，推动 BF-UHPC 材料在重大内河港航、水运枢纽工程中的规模化经济性应用，带动相关材料加工、施工服务产业升级，进一步拓展水运工程高性能材料应用市场，形成可持续的经济效益增长点。

（2）预期社会效益

项目 BF-UHPC 技术成果可从根源上抑制水运工程混凝土结构开裂，有效降低结构失效及溃坝、垮塌、航道阻断等安全事故风险，切实保障港口作业、航道船舶通行及沿岸社区人身财产安全。针对北方冰冻区、沿海高盐雾区等严酷服役环境，可确保水运基础设施稳定运行，保障能源、原材料等关键物资水上运输通道畅通，助力区域互联互通与内河航运经济带高质量发展。技术研发与应用贴合国家交通强国战略规划，可显著提升我国水运工程高性能结构防护的科技水平，增强行业国际竞争力与国际声誉；同时，通过项目实施培养一批兼具材料研发、结构设计与工程应用能力的专业人才，夯实水运工程科技发展人才基础。

（3）预期环境效益

通过 BF-UHPC 材料性能优化，实现水运工程结构长寿命、低维护的目标，减少水泥、钢材等建筑材料的重复生产与运输，降低生产及施工环节的碳排放与固体废弃物排放，减少工程施工对水域生态环境的扰动。相较于传统材料方案，可大幅降低建材消耗与能源损耗，为水运行业“双碳”目标实现提供关键材料革新支撑，助力构建资源节约型、环境友好型水运基础设施体系，推动内河航运产业绿色低碳转型。

3. 提交的成果及形式；

（1）提交研究报告 1 份；

（2）公开发表学术论文 8 篇，其中科技核心、中文核心、EI 或 SCI 论文不少于 4 篇，验收时提交期刊原文或录用通知；

(3) 申请发明专利不少于 4 件，验收时提交专利证书或受理通知书（实质性审查阶段）；

(4) 登记软件著作权不少于 2 件，验收时提交软件著作权登记证书；

(5) 编写施工工法或技术指南 1 项，验收时提交工法或技术指南文件。

4. 成果转化方案

本项目研发的玄武岩纤维增强 UHPC 协同增强增韧技术，可直接应用于护岸、船闸、港口码头等水运工程关键结构的新建、加固与修复场景。在水运工程核心领域，该技术可深度应用于护岸工程中的高流速冲刷区护坡面板与水位变动区、船闸工程中的闸室墙与闸底板、港口码头工程中的码头胸墙与系船柱基础等具体场景。依托 BF-UHPC 的高强、高韧和高耐久性等特性，系统解决传统混凝土在水流冲刷、泥沙磨蚀及干湿冻融等多重作用下易开裂、易冲蚀、服役寿命短的技术瓶颈。目前，我省处在打破水运瓶颈、激活内河航运潜力的关键时期，在内河航道护岸建设与改造、船闸扩能维修、港口码头结构建设升级等领域，对抗冲耐磨与长效防护的工程材料需求持续增长，且随着水运基础设施更新维护标准的提升，其产业化应用空间将进一步扩大。本技术可为上述工程提供兼具长效可靠性与全周期经济性的材料与施工一体化解决方案，具有明确的推广前景与工程价值。

5. 其他考核指标（填写人员培养、宣传报导指标等）。

无。

三、项目的进度计划及季度目标

年度	项目的年度计划及季度目标
2026 年	本项目计划 2026 年 6 月到 2028 年 5 月期间完成，项目实施的计划进度如下： 6 月-8 月 依托水运工程开展现场调研，梳理应用场景需求、现有技术瓶颈，初步提出 BF-UHPC 强度和韧性提升技术实施方案，完成项目总体工作大纲。 9 月-10 月 开展 BF-UHPC 原材料筛选与制备工作，同步推进纤维、外加剂分散性调控试验，完成抗压、抗拉、韧性等基础性能测试。 11 月-12 月 完成纤维、外加剂适配性试验，完成 BF-UHPC 基础性能测试。启动抗冲击和抗冲磨试验前期准备工作，确定抗冲击和抗冲磨试验方案并完成试验设备与试件准备。

2027 年	1月-2月 开展循环荷载下 BF-UHPC 力学性能测试，分析材料破坏特征并建立循环荷载破坏模型，完成 BF-UHPC 抗冲击和抗冲磨试验。 3月-5月 开展适配性界面处理技术与纤维增强过渡层试验，验证界面处理与过渡层工艺可行性。并同步完成中期评审。 6月-8月 模拟冻融循环、氯离子侵蚀、干湿交替等服役环境，开展 BF-UHPC 耐久性测试，获取抗冻性、抗蚀性等耐久性核心指标数据，完成 BF-UHPC 耐久性综合评价。 9月-10月 开展玄武岩纤维-外加剂体系增强机理研究，通过 XRD、SEM 等微观表征手段分析作用机制，基于研究结果优化材料配比。 11月-12月 完成微观表征试验，明确增强增韧机理核心路径，确定配套施工工艺及技术管控要求。
-----------	--

2028 年	1 月-3 月 制定相应的施工工艺和技术要求，构建 BF-UHPC 施工质量控制体系，进一步优化施工工艺。
	4 月-5 月 系统梳理项目研究成果，撰写研究报告，整理结项材料，完成项目结项验收。

四、本项目科技成果及其形成的知识产权的归属与保护

本项目科技成果及其形成的知识产权，其归属、管理和使用按照交通运输部《交通运输行业知识产权管理办法》（交科技发[2010]78号）的有关规定执行。

（其他约定）

五、项目承担单位、主要研究人员

项目承担单位							
1、河南交院工程技术集团有限公司 2、河南交通职业技术学院 3、河南启航建设有限公司 4、河南交投检测认证有限公司 5、华北水利水电大学							
	姓名	性别	出生年月	工作单位	职称/职务	专业	签名
负责人	邵景干	男	1970.08	河南交通职业技术学院	教授级 高级工程师	交通工程	邵景干
	王 晓	女	1987.10	华北水利水电大学	副教授	材料科学与工程	王晓
主要研究人员	周本涛	男	1977.09	河南启航建设有限公司	正高级工程师/董事长	港口与航道工程	周本涛
	孙永锋	男	1973.03	河南启航建设有限公司	高级经济师/总经理	港口与航道工程	孙永锋
	谢雄耀	男	1972.12	同济大学	教授	地下建筑与工程	谢雄耀
	吴宗燃	男	1993.09	河南启航建设有限公司	工程师	交通工程	吴宗燃

靳海霞	女	1974. 11	河南交投检测 认证有限公司	高级工程师 /副总	道路与 桥梁工程	靳海霞
张志强	男	1989. 12	河南交投检测 认证有限公司	高级工程师	结构工程	张志强
魏 华	女	1987. 09	河南交投检测 认证有限公司	高级工程师	道路与 桥梁工程	魏华
杨广雨	男	1993. 08	河南启航建设 有限公司	工程师	交通工程	杨雨
田 园	女	1985. 04	河南交投检测 认证有限公司	高级工程师	道路与 桥梁工程	田园
郝向东	男	1988. 08	河南交院工程 技术集团有限 公司	高级工程师	交通工程	郝向东
李一帆	男	1995. 03	河南交院工程 技术集团有限 公司	博士	土木工程	李一帆
韩文杰	男	1982. 07	河南交通职业 技术学院	讲师	公路工程	韩文杰

注：主要研究人员原则不超过 14 人。

六、项目经费

河南省交通运输厅科技计划项目预算表

金额单位：万元

科目	合计	厅补经费	自筹经费
一、经费来源	380	150	230
1. 厅补经费	150	150	/
2. 自筹经费	230	/	230
其中：其他财政拨款	0	/	0
单位自筹	0	/	0
其他（注明来源）	0	/	0
二、经费支出	380	150	230
（一）直接费用	360	150	210
1. 设备费	40	10	30
2. 业务费	300	140	160
3. 劳务费	20	0	20
（二）间接费用	20	0	20
1. 管理费	7	0	7
2. 绩效支出	13	0	13

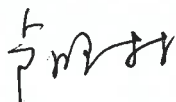
注：①本预算表不留空白，如无该部分费用，填入“0”；

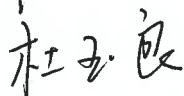
②预算编制按照《关于进一步深化省级财政科研经费管理改革优化科研生态环境的若干意见》（豫财科〔2021〕57号）要求。

本项目总经费 380 万元，其中厅补经费 150 万元，自筹经费 230 万元。项目开题评审后，甲方拨付厅补经费 45 万元。后续资金拨付时间与拨付比例，以河南省交通运输厅最新下发的科研项目管理办法相关规定为准执行。

七、签订各方意见

甲方：河南省交通运输厅

负责人：(签字) 

联系人：(签字) 

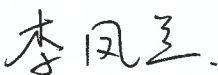
电 话： 0371-87166537



乙方 1：河南交院工程技术集团有限公司

单位负责人：(签字) 

财务负责人：(签字) 

联系人：(签字) 

电 话： 0371- 60868188



开户银行： 建设银行郑州未来路支行

帐号： 4100 1522 9090 5250 0241

乙方 2：河南交通职业技术学院

单位负责人：(签字) 

财务负责人：(签字) 

联系人：(签字) 

电 话： 0371-60868068



乙方3：河南启航建设有限公司

单位负责人：(签字)



2026 年 8 月 3 日



财务负责人：(签字)

张宇

联系人：(签字)

张宇

电 话：18739937724

乙方4：河南交投检测认证有限公司

单位负责人：(签字)



2026 年 8 月 3 日



财务负责人：(签字)

张晶晶

联系人：(签字)

魏华

电 话：13513716237

乙方5：华北水利水电大学

单位负责人：(签字)

刘俊同

2026 年 8 月 5 日



财务负责人：(签字)

王志刚

联系人：(签字)

马军涛

电 话：0371-65790626

保证方：

负责人：（签字）

年 月 日

联系人：（签字）

（公章）

电 话：

八、共同条款：

签约各方共同遵守河南省交通运输厅科技项目管理办法。

1. 项目执行过程中，乙方如需调整任务，应根据相关管理办法中有关规定，向甲方提出变更内容及说明的申请报告，经甲方审定批准后实施。未接到正式批准书以前，双方须按任务书履行，否则后果由自行调整的一方负责。

2. 乙方因某种原因（如：与任务书约定研究内容有出入、挪用经费、技术措施或实施条件不落实等）致使项目无法执行而要求中止任务，甲方可根据调查结果中止研究任务，停止拨款并收回已拨经费，对情节严重的项目负责人加罚 3 年不得承担研究项目的处分，或依法移交有关部门处理。

3. 甲方根据科技经费的财务管理制度规定，监督经费的使用情况。

4. 项目执行过程中，甲方提出变更任务书有关内容时，要与乙方协商达成书面协议。

5. 任务书签订各方均负有相应的责任。若有争议或纠纷时，按河南省交通运输厅科技项目有关管理办法有关条款处理。

6. 任务书正式文本甲方和乙方各存一份，保证方存一份。

信 息 表

项目编号		2025-14										
项目名称		面向水运工程的玄武岩纤维增强 UHPC 协同增韧与应用关键技术研究										
密 级		(4) 1. 绝密 2. 机密 3. 秘密 4. 公开						参加单位总数		5 个		
第一承担单位	单位名称	河南交院工程技术集团有限公司										
	所在地	郑 州 市 (区)						代码	4101			
	通讯地址	河南省郑州市通惠路 259 号						邮编	451460			
	单位性质	(3) 1. 大专院校 2. 科研院所 3. 企业 4. 其它						代码				
	任务书保证方		河南交通职业技术学院				代码					
承担单位	序号	单 位 名 称										
	1	河南交通职业技术学院										
	2	河南启航建设有限公司										
	3	河南交投检测认证有限公司										
	4	华北水利水电大学										
项目负责人		姓 名	邵景干		性别 (1) 1. 男 2. 女		出生年份		1970 年			
		学 历	(1) 1. 研究生 2. 大学 3. 大专 4. 中专 5. 其它									
		职 称	(1) 1. 高级 2. 中级 3. 初级 4. 其它									
		联系电话	13733176669 0371-60868177		电子邮箱		sjgjygs@163.com					
项目联系人		姓名	李凤兰		性别		女					
		联系电话	0371-60868155		电子邮箱		746225377@qq.com					
项目组人数		14	高级	11	中级	3	初级	0	其它	0		
起始时间		2026 年 6 月				终止时间		2028 年 5 月				
项目活动类型		(2) 1. 基础研究 2. 应用研究 3. 研究与开发 4. 产业化开发 5. 其它										
项目技术来源		(3) 1. 国内技术 2. 国外技术 3. 本单位自主开发										
主要研究内容 (100 字以内)		采用玄武岩纤维和纳米材料对 UHPC 进行多尺度优化设计, 重点评估 UHPC 在复杂水环境下的性能提升效果和抗冲磨损伤能力, 构建混凝土跨尺度耐久性增强体系与理论机制, 形成港航水运工程高性能结构防护技术方案并推广应用。										
预期成果形式		(1, 4, 6, 7) 1. 新技术 2. 新工艺 3. 新产品 (含计算机软件) 4. 新材料 5. 新装备 6. 论文论著 7. 研究 (咨询) 报告 8. 标准与规范 9. 其它										
预期取得专利		(2) 1. 国外发明专利				2. 国内发明专利			3. 其它			
经费投入		总经费		380 万元		拨 款		150 万元				

信息表填表说明

1. 带（ ）的条目，根据条目后所列选项，请在“（ ）”内填写相应的数字即可。

2. 第一承担单位：指项目任务书乙方排名第一的单位。项目承担单位所在地：所在地只填到所在省辖市。

3. 第一承担单位性质，按所列数字选填。

4. 参加单位总数：包括第一承担单位、承担单位在内的单位总数。

5. 承担单位名称：按公章的详细名称填写。地址应详细到县（区）、街（路）、门牌号。

6. 项目负责人：按项目任务书第一负责人填写。

7. 项目组人数：包括项目负责人在内的参加该项目研究工作的所有人员。

承诺书

我与课题组成员将恪守科学道德准则，遵守科研活动规范，践行科研诚信要求，按照科研项目任务书开展研究工作，不抄袭、剽窃他人科研成果或者伪造、篡改研究数据、研究结论，承诺项目经费全部用于与本项目研究工作相关的支出，不截留、挪用、侵占和虚假套取，不用于与研究无关的支出。如产生争议，将积极配合调查处理工作。

项目负责人: 

2026 年 7 月 25 日

我单位将严格遵守科研项目及经费管理等各项规定，切实保证工作时间，按计划及进度认真开展研究工作。如产生争议，愿意积极配合调查处理工作。

项目承担单位:

2026 年 7 月 25 日

