

湖南省 2026 年交通运输科技成果 推广目录技术信息

二〇二六年十月

目 录

1.一种防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉新材料.....	1
2.桥梁/隧道混凝土路面超粘抗滑极薄罩面技术.....	22
3.型钢-UHPC 组合梁.....	33
4.强透水地层环境下临水深基坑开挖的防参与降水施工关键技术研究.....	46

一种防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉新材料

一、成果名称

一种防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉新材料

二、成果来源

湖南省高速公路建设/养护工程关于路面交安的“四新技术”推广应用。

三、适用范围

本产品适用于道路交安与除雪防损方面需求较高的高速公路、国省干线、城市主次干道、桥梁、弯道、匝道、隧道出入口等位置，起到夜间/雨雾环境轮廓诱导、车道分隔、警示提醒等作用。

四、国内外相关技术现状

（一）防损坏柔性嵌入式道钉（突起路标）制备方面

目前国内外突起路标主要分为表面粘贴式、普通嵌入式、金属/陶瓷嵌入式等类型。国外主流嵌入式突起路标多采用金属或陶瓷基材，抗压性能较好，但缺少针对除雪铲刀冲击的弧面缓冲结构，冰雪地区除雪作业仍易损坏。国内传统表面粘贴式道钉造价低，但抗剪切差，重载、除雪工况下每年都有大批量脱落。

从发展趋势看，道钉材料正由铸铁、陶瓷向高性能复合材料、尼龙复合材料方向发展；结构设计由简单凸起向柔性嵌入式、弧

面导流、一体化成型方向发展;功能由单一反光向防除雪、抗碾压、耐高低温、智能化升级方向发展。本项目产品采用高强度尼龙柔性嵌入式架构，搭配弧面导流结构与微棱镜反光片，专门解决除雪铲损痛点，在冰雪高寒高速场景技术适配性优于国内外常规产品。

（二）应用于道路交安与除雪防损方面

突起路标广泛应用于高速公路、国省干线、城市主次干道、弯道、匝道、隧道出入口等位置。传统道钉在冬季除雪作业中损坏严重，养护单位需频繁巡检、补装，封路施工带来通行损失。随着公路养护标准提高和除雪机械化程度提升，市场对防除雪、抗碾压、长寿命道钉需求日益增长。

本项目产品已在湖南高速潭邵大修、邵怀大修、醴娄高速、张官高速等工程应用。经实路除雪测试，道钉完好率 98%以上，验证了其在冰雪、重载工况下的适应性和可靠性。未来可进一步向普通国省道、城市道路、机场道路等场景推广。

（三）国内外同类技术对比方面

对比项	国外嵌入式产品	国内传统道钉	本项目产品
材料	金属/陶瓷为主	铸铁、塑料、表面粘贴	超强尼龙 PA66 复合材料
防除雪	一般，缺少弧面缓冲	差，易被铲雪损坏	弧面导流+柔性材料，完好率 100%

对比项	国外嵌入式产品	国内传统道钉	本项目产品
抗压抗剪	抗压好，抗剪一般	抗剪差，易脱落	抗压 171.6kN，抗弯 15.3kN
耐温	适配温和工况	一般	-40℃~+80℃宽温域
全寿命成本	采购单价高	初始低，运维高	初始较高，全寿命综合成本优
管理适配	对国内山区冰雪适配不足	需高频巡检补装	成套工艺，便于标准化推广

五、成果

（一）技术原理

采用柔性复合基体搭配高强度装甲防护层的嵌入式复合结构保护反光功能单元，结合突起弧面缓冲结构设计，将耐磨抗冲击装甲功能层内嵌于高韧性柔性高分子基材内部，依托柔性基材吸收车辆碾压带来的冲击、剪切应力，缓冲路面热胀冷缩、车辆重载颠簸产生的形变拉扯；装甲防护层承担表面耐磨、抗刮擦荷载，两种材料紧密结合，弧面缓冲分散外力，避免应力集中造成道钉开裂破损，从而在重载碾压、铲除雪等环境下有效保护反光单元，可持续保障公路夜间、雨雾等条件下行车诱导/警示功能。

（二）技术特点

1.开发了柔性嵌入式交通装甲道钉新材料，采用柔性复合基体搭配高强度装甲防护层的嵌入式复合结构，解决普通道钉脆性

大、易碎裂、易脱落问题。

2.设计防除雪弧面结构，主体外形为缓和弧面，安装后与路面平滑衔接，铲雪车铲斗沿弧面平缓刮过，有效减小冲击力，实现防除雪功能。

3.实现“以塑代钢”轻量化升级，采用超高强度尼龙复合材料替代铸铁件，重量仅约 350 克，成本与铸铁支架比较降低约 42%，材料可回收，符合低碳环保理念。

4.采用微棱镜反光技术和超声波塑焊技术，反光板与主体件紧密融合，一体化结构牢固不易分离，夜间反光效果好。

5.形成刻槽—灌胶—嵌入夯实成套施工工艺，配套产品技术规格书、作业指导书、检验规范、包装标准等，具备规模化推广条件。

（三）主要技术指标

本产品主体由防损坏嵌入式防护架和微棱镜反光板组成，通过结构改良实现对传统道钉问题的针对性解决。其超高强尼龙支架结合超声波塑焊一体化工艺，产品重量轻，抗拉强度高，耐盐雾、耐老化，彻底解决金属材料锈化问题，耐用性显著提升；微棱镜反光性能达到国标 A1 类标准。2023-2025 年期间，在潭邵、邵怀、醴娄、张官等高速路段已有应用。经两年的应用效果显示完好率 98%以上，充分证明其在提升道路安全性方面的卓越成效。

1.核心反光性能提升

采用精密排列的微棱镜结构，通过 90 度垂直反射原理实现高效“回归反射”效应，将入射光线按原路反射回光源方向，科学的反光斜度不仅增强反光片的自清洁能力，也提升视距范围至 20-300m，从技术原理上实现高效反光。相较于传统玻璃微珠反光材料，微棱镜反光技术具有更高的反光效率和更广的角度适应性，综合性能大幅领先。

2.选材耐用性能持久

高强度复合材料封装材料采用超强尼龙 PA66 N2GF708-W，黑色，使用力劲 400T 注塑机注塑成型，产品重量仅有约 350 克。具备抗紫外线、抗盐雾腐蚀能力，抗拉强度超过 2 吨，为反光性能持久稳定提供材料基础。可在 -40℃至 80℃的极端气候条件下长期使用，不褪色、不龟裂，适应不同地域的气候环境。使用寿命 20 年以上。

3.外观设计优势显著

反光角度实现首年反光效果衰减率低于 5%，反光片持续自清洁功能，能大幅延长了道钉的使用寿命和维护周期，减少后期维护工作量。受力面弧面设计基于流体力学原理，露出路面高度 0.9cm，车辆轮胎碾压时可引导平滑过渡，将垂直冲击力转化为水平摩擦力，避免应力集中导致道钉断裂或松动，并能起到行驶压边的提醒作用。经实验室模拟测试，弧面道钉抗压强度较传统平面道钉提升 40%，抗剪切力提升 60%。

本项目产品经第三方资质机构检测，满足 GB/T 24725-2024《突起路标》A1 类技术要求。主要技术性能指标如下：

序号	指标	技术要求	实测/结果
1	抗压荷载	≥160kN	171.6kN
2	纵向弯曲强度	≥9kN	15.3kN
3	逆反射器抗冲击性能	冲击后规定区域无破损	合格
4	整体抗冲击性能	冲击后规定区域无破损	合格
5	耐温度交变性能	无破裂、无剥离	合格
6	耐循环盐雾性能	无变色、侵蚀、渗入	合格
7	耐候老化性能	无明显褪色、粉化、龟裂	合格
8	耐高温试验	热变形温度≥210℃，熔融温度 ≥230℃	符合
9	反光性能	微棱镜逆反射，可视距离可达 300m	首年衰减率<5%
10	设计使用寿命	5 年以上	主材使用寿命 20 年

（四）功能分析

相较于国内外同类产品，本产品技术展现显著竞争优势：本产品围绕传统突起路标在重载碾压、冬季除雪、路面形变等工况

下易碎裂、易脱落、更换频繁的行业痛点，针对性解决其耐久性不佳、冬季除雪极易损坏、反光性能参差不齐等问题，并能大量减少后期养护成本，提升道路设施使用效益。同时，本产品技术的应用功能优势突出：

1.反光单元采用精密排列的微棱镜结构，通过 90 度垂直反射原理实现高效“回归反射”效应，将入射光线按原路反射回光源方向，科学的反光斜度不仅增强反光片的自清洁能力，也提升视距范围至 20-300m，从技术原理上实现高效反光。

2.山区、桥梁等公路寒冷天气易结冰下雪路段应用，防止除雪除冰时道钉被破坏。

3.隧道口、雨雾天气常见等公路能见度低路段应用，增强道钉逆反射效果。

4.互通、服务区、弯道、上下坡等交通车辆常需变速路段应用，增强道路诱导/警示效果。

5.应急车道等车轮碾压频次较高的路面应用，减少道钉由压力产生的破坏。

本产品通过多技术集成创新，在反光效果、结构耐久性和环保性能等方面实现全面超越。已获国家实用新型专利 2 项、外观专利 1 项，成果已在 G60 沪昆高速邵怀段大修、张官高速等多项道路工程中应用，取得良好的社会效益与社会效益，整体达到国内领先水平。

（五）成果应用情况

1.成果应用实例

本产品技术已在潭邵大修、邵怀大修、醴娄高速、张官高速等多个重大高速公路建设工程中成功应用，累计数量 40481 个，经两年的应用效果显示完好率 98%以上，应用效果表现良好，充分证明其在提升道路安全性方面的卓越成效。

2.使用单位及学会评价

（1）湖南省公路学会组织的专家组对成果进行的鉴定评价

评价指标综合评分与评价结论

百分制综合评分 86.2 分

评价结论:

2026 年 9 月 30 日, 湖南省公路学会在长沙主持召开了“一种防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉”成果评价会议。评价委员会专家(名单附后)听取了项目组的汇报, 审阅了有关资料, 经质询和讨论, 形成以下评价意见。

一、提供的评价资料齐全, 符合评价要求。

二、项目组通过理论分析、结构设计、工艺集成与工程应用等手段, 对“一种防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉”开展研究, 取得主要创新性成果如下:

1、研发了柔性基体与装甲防护层一体化复合技术。采用路面柔性基体与耐磨抗冲击的高强度尼龙装甲防护层复合, 将装甲功能层内嵌于柔性基材中, 通过柔性基体缓冲吸能与装甲层耐磨防护的协同作用, 分散车辆碾压产生的冲击及剪切应力, 降低道钉开裂、破损及层间剥离风险。

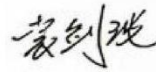
2、设计了弧面导流与路面嵌入安装相结合的抗铲雪结构。将弧面导流结构与柔性嵌入式道钉架构相结合, 缓解除雪铲刀冲击及车辆碾压剪切作用, 提高道钉与路面的连接稳定性和抗铲损能力, 并通过柔性结构适应路面形变。

3、采用高精密塑焊技术将微棱镜逆反射结构集成于柔性嵌入式装甲道钉, 提高了装甲道钉的耐温性能和耐磨抗冲击性能。

三、研究成果获国家实用新型专利 2 项、外观专利 1 项, 成果已在 G60 沪昆高速邵怀段大修、张官高速等工程中应用, 取得良好的社会效益, 应用前景广阔。

综上所述, 评价委员会一致评定该成果整体达到国内领先水平。

主任委员签名:



2026 年 9 月 30 日

评 价 机 构 声 明

我单位依据《中华人民共和国科学技术进步法》、《中华人民共和国促进科技成果转化法》、《科学技术评价办法》、《科技评估管理暂行办法》，严格按照《科技成果评价办法》的有关规定和要求，秉承客观、公正、独立的原则，聘请同行专家对该项科技成果进行了评价。评价结论以客观事实为依据，评价过程不存在任何违反上述有关法律法规规定的情形。

我单位承诺对依据委托方提供的技术资料所做出的科技成果评价结论的客观性、真实性和准确性负责，将严格按照上述有关规定和要求，认真履行作为评价机构的义务并承担相应的责任。

科技成果评价结论不具有行政效能，仅属咨询性意见。依据评价结论做出的决策行为，其后果由行为决策者承担。

**湖南省公路学会
科学技术成果评价专用章**

法定代表人/法人代表签字：_____（盖章）

评价机构公章

____年____月____日

(2) 2023 年潭邵高速大修工程防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉 2026 年的用户意见:

应用成果名称	湖南高速 2023 年潭邵高速大修工程			
应用单位名称	湖南省高速公路集团有限公司			
应用单位信息	地址	长沙市开福区三一大道 500 号	邮编	410000
	联系人	冯若丹	电话	18711058936
	传真	无	E-Mail	294080833@qq.com
应用工程名称	湖南高速 2023 年潭邵高速大修工程			
应用工程省份	湖南省			
应用工程类型	道路			
应用规模	16000 个防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉；总铺设长度 200000 米左右。			
施工单位	湖南高速养护工程有限公司			
投入运行时间	2023 年 07 月	正常生产运行时间（月）	39	
经济、社会、环境效益分析（400 字以内）	本养护项目采购 16000 个防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉。该产品初始采购安装综合单价 75 元，较传统突起路标 19 元更高，一次性投入偏大，但全寿命周期效益显著。按高速单公里布设 80 个测算，传统道钉 1? 2 年即需批量更换，5 年内多次采购及封路施工，材料、机具、交通管制运维成本高；装甲道钉一次安装，5 年内基本无需补装更换，每公里 10 年最少可节约养护费用 4.15 万元，5 年全寿命周期单公里综合投资优于传统方案，投资回收期短，尤其适配山区冰雪重载高速路段，具备规模化推广经济可行性。社会效益方面，产品可减少养护占道施工频次，降低封路带来的通行损失，同时减少道钉损毁缺失诱发的交通			

	事故，提升道路行车安全水平。环境效益上，道钉更换频次下降，减少废旧构件产生，降低施工机械作业能耗与尾气排放，减少交通导改施工对沿线生态干扰，实现降本与绿色养护兼顾。
--	--

用户对本项成果的综合评价意见（包括存在的问题及有待改进的地方）：

本养护项目共安装防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉 16000 个。从现场使用情况来看，该嵌入式道钉抗铲雪、抗碾压性能优于普通传统突起路标，经历冬季除雪作业与重载交通通行后，构件损坏数量明显减少，可降低短期频繁补换道钉的养护工作量，反光诱导功能能够满足道路通行使用要求。该产品存在初始采购安装成本偏高的问题，对比传统道钉一次性投入更大，对项目前期资金有一定要求。产品全寿命周期节约效益需依托长期持续观测验证，实际使用效果也会受路面施工质量、除雪作业方式、交通荷载条件等因素影响。现场安装工序较传统道钉更为复杂，对施工开槽、嵌入安装工艺有一定要求，施工过程需做好质量管控。综合评估，该产品在冰雪、重载等损耗突出的路段适配性较好，在条件适宜的场景下具备推广应用参考价值。



(3)2024 年 G60 邵阳至怀化高速公路大修工程防损坏柔性
嵌入式交通装甲道钉 2026 年的用户意见:

应用成果名称	湖南高速 G60 邵阳至怀化高速公路大修工程			
应用单位名称	湖南省高速公路集团有限公司			
应用单位信息	地址	长沙市开福区三一大道 500 号	邮编	410000
	联系人	冯若丹	电话	18711058936
	传真	无	E-Mail	294080833@qq.com
应用工程名称	湖南高速 G60 邵阳至怀化高速公路大修工程			
应用工程省份	湖南省			
应用工程类型	道路			
应用规模	9264 个防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉；总铺设长度 200000 米左右。			
施工单位	湖南省高速公路集团有限公司大修工程项目部			
投入运行时间	2024 年 11 月	正常生产运行时间（月）	23	
经济、社会、环境效益分析（400 字以内）	本养护项目采购 9264 个防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉。该产品初始采购安装综合单价 75 元，较传统突起路标 19 元更高，一次性投入偏大，但全寿命周期效益显著。按高速单公里布设 80 个测算，传统道钉 1？2 年即需批量更换，5 年内多次采购及封路施工，材料、机具、交通管制运维成本高；装甲道钉一次安装，5 年内基本无需补装更换，每公里 10 年最少可节约养护费用 4.15 万元，5 年全寿命周期单公里综合投资优于传统方案，投资回收期短，尤其适配山区冰雪重载高速路段，具备规模化推广经济可行性。社会效益方面，产品可减少养护占道施工频次，降低封路带来的通行损失，同时减少道钉损毁缺失诱发的交通事故，提升道路行车安全水平。环境效益上，道			

	钉更换频次下降，减少废旧构件产生，降低施工机械作业能耗与尾气排放，减少交通导改施工对沿线生态干扰，实现降本与绿色养护兼顾。
用户对本项成果的综合评价意见（包括存在的问题及有待改进的地方）： 本养护项目共安装防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉 9264 个。从现场使用情况来看，该嵌入式道钉抗铲雪、抗碾压性能优于普通传统突起路标，经历冬季除雪作业与重载交通通行后，构件损坏数量明显减少，可降低短期频繁补换道钉的养护工作量，反光诱导功能能够满足道路通行使用要求。该产品存在初始采购安装成本偏高的问题，对比传统道钉一次性投入更大，对项目前期资金有一定要求。产品全寿命周期节约效益需依托长期持续观测验证，实际使用效果也会受路面施工质量、除雪作业方式、交通荷载条件等因素影响。现场安装工序较传统道钉更为复杂，对施工开槽、嵌入安装工艺有一定要求，施工过程需做好质量管控。综合评估，该产品在冰雪、重载等损耗突出的路段适配性较好，在条件适宜的场景下具备推广应用参考价值。  2021年7月16日	

(4) 2025 年醴娄高速路基路面养护工程防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉 2026 年的用户意见:

应用成果名称	湖南高速醴娄高速路基路面养护工程			
应用单位名称	湖南省高速公路集团有限公司			
应用单位信息	地址	长沙市开福区三一大道 500 号	邮编	410000
	联系人	冯若丹	电话	18711058936
	传真	无	E-Mail	294080833@qq.com
应用工程名称	湖南高速醴娄高速路基路面养护工程			
应用工程省份	湖南省			
应用工程类型	道路			
应用规模	14787 个防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉；总铺设长度 184838 米左右。			
施工单位	湖南高速养护工程有限公司			
投入运行时间	2025 年 11 月	正常生产运行时间（月）	11	
经济、社会、环境效益分析（400 字以内）	本养护项目采购 14787 个防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉。该产品初始采购安装综合单价 75 元，较传统突起路标 19 元更高，一次性投入偏大，但全寿命周期效益显著。按高速单公里布设 80 个测算，传统道钉 1？2 年即需批量更换，5 年内多次采购及封路施工，材料、机具、交通管制运维成本高；装甲道钉一次安装，5 年内基本无需补装更换，每公里 10 年最少可节约养护费用 4.15 万元，5 年全寿命周期单公里综合投资优于传统方案，投资回收期短，尤其适配山区冰雪重载高速路段，具备规模化推广经济可行性。社会效益方面，产品可减少养护占道施工频次，降低封路带来的通行损失，同时减少道钉损毁缺失诱发的交通事故，提升道路行车安全水平。环境效益上，			

道钉更换频次下降，减少废旧构件产生，降低施工机械作业能耗与尾气排放，减少交通导改施工对沿线生态干扰，实现降本与绿色养护兼顾。

用户对本项成果的综合评价意见（包括存在的问题及有待改进的地方）：

本养护项目共安装防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉 14787 个。从现场使用情况来看，该嵌入式道钉抗铲雪、抗碾压性能优于普通传统突起路标，经历冬季除雪作业与重载交通通行后，构件损坏数量明显减少，可降低短期频繁补换道钉的养护工作量，反光诱导功能能够满足道路通行使用要求。该产品存在初始采购安装成本偏高的问题，对比传统道钉一次性投入更大，对项目前期资金有一定要求。产品全寿命周期节约效益需依托长期持续观测验证，实际使用效果也会受路面施工质量、除雪作业方式、交通荷载条件等因素影响。现场安装工序较传统道钉更为复杂，对施工开槽、嵌入安装工艺有一定要求，施工过程需做好质量管控。综合评估，该产品在冰雪、重载等损耗突出的路段适配性较好，在条件适宜的场景下具备推广应用参考价值。



(5) 2026 年张官高速路基路面工程防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉的用户意见:

应用成果名称	湖南高速张官高速路基路面工程			
应用单位名称	湖南省高速公路集团有限公司			
应用单位信息	地址	长沙市开福区三一大道 500 号	邮编	410000
	联系人	冯若丹	电话	18711058936
	传真	无	E-Mail	294080833@qq.com
应用工程名称	湖南高速张官高速路基路面工程			
应用工程省份	湖南省			
应用工程类型	道路			
应用规模	430 个防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉；总铺设长度 5375 米左右。			
施工单位	湖南路桥建设集团有限责任公司 G59 张官段湖南高速组团方三标项目部			
投入运行时间	2026 年 03 月	正常生产运行时间（月）	7	
经济、社会、环境效益分析（400 字以内）	本养护项目采购 430 个防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉。该产品初始采购安装综合单价 75 元，较传统突起路标 19 元更高，一次性投入偏大，但全寿命周期效益显著。按高速单公里布设 80 个测算，传统道钉 1-2 年即需批量更换，5 年内多次采购及封路施工，材料、机具、交通管制运维成本高；装甲道钉一次安装，5 年内基本无需补装更换，每公里 10 年最少可节约养护费用 4.15 万元，5 年全寿命周期单公里综合投资优于传统方案，投资回收期短，尤其适配山区冰雪重载高速路段，具备规模化推广经济可行性。社会效益方面，产品可减少养护占道施工频次，降低封路带来的通行损失，同时减少道钉损毁缺失诱发的交通事故。			

	故，提升道路行车安全水平。环境效益上，道钉更换频次下降，减少废旧构件产生，降低施工机械作业能耗与尾气排放，减少交通导改施工对沿线生态干扰，实现降本与绿色养护兼顾。
用户对本项成果的综合评价意见（包括存在的问题及有待改进的地方）： 本养护项目共安装防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉 430 个。从现场使用情况来看，该嵌入式道钉抗铲雪、抗碾压性能优于普通传统突起路标，经历冬季除雪作业与重载交通通行后，构件损坏数量明显减少，可降低短期频繁补换道钉的养护工作量，反光诱导功能能够满足道路通行使用要求。该产品存在初始采购安装成本偏高的问题，对比传统道钉一次性投入更大，对项目前期资金有一定要求。产品全寿命周期节约效益需依托长期持续观测验证，实际使用效果也会受路面施工质量、除雪作业方式、交通荷载条件等因素影响。现场安装工序较传统道钉更为复杂，对施工开槽、嵌入安装工艺有一定要求，施工过程需做好质量管控。综合评估，该产品在冰雪、重载等损耗突出的路段适配性较好，在条件适宜的场景下具备推广应用参考价值。 	

六、推广前景

随着科技发展和交通安全要求提升，交通基础设施的提质升级和绿色养护的推进，道路交安设施正由“能用”向“耐用、安全、绿色、低碳”方向发展。未来，突起路标产品必将向柔性嵌入式、轻量化、防除雪、长寿命、可回收、智能化方向发展。本项目产品防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉的市场前景广阔。

我国高速公路、国省干线里程规模大，养护需求持续增长。冬季除雪、重载交通、路面形变导致传统道钉损耗快、更换频繁，养护单位对防除雪、抗碾压、长寿命道钉需求迫切。本项目产品采用高强度尼龙柔性嵌入式架构，搭配弧面导流结构与微棱镜反光片，专门解决除雪铲损痛点，在冰雪高寒高速场景技术适配性优于国内外常规产品。本项目研发的防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉，具有以下意义：

（一）提升道路交通安全水平

产品采用微棱镜逆反射结构，夜间可视距离可达 300m，首年反光衰减率低于 5%，可有效引导车辆行驶，减少交通事故。

（二）降低养护成本

传统道钉 1 年即需批量更换至少 1-3 次，并需多次采购并封路施工；防除雪装甲道钉一次安装，设计规划 5 年内基本无需补装更换，极大节约道路养护成本。

（三）促进绿色低碳养护

产品重量轻、材料可回收，减少废旧构件产生，降低施工机械作业能耗和尾气排放。

（四）推动科技成果转化

项目拥有自主知识产权，获得行业大赛奖项和体系认证，已在多条高速规模化应用，具备良好的产业化前景。

（五）服务湖南交通强省建设

项目符合国家新材料产业、交通基础设施提质升级和绿色养护发展方向，对提升湖南高速公路交安设施耐久性具有重要意义。

本项目产品已形成完整的产品研发输出资料，包括产品技术规格书、总成图、物料明细表、生产过程流程图、注塑件作业指导书、超声波焊接作业指导书、注塑检验作业指导书、超声波焊接检验作业指导书、原材料产品验收规范、产品检验规范、产品包装标准、产品说明书、生产过程流转卡、首末件巡检记录表、成品检验记录表等。湖南高速材料贸易有限公司可通过湖南高速集团内部项目场景、“湘高材贸”公众号及集团宣传推广平台开展技术宣介，具备技术示范、产品供应、现场应用服务一体化推广条件。

本项目产品已在湖南高速潭邵大修、邵怀大修、醴娄高速、张官高速等工程应用，经实路除雪测试，道钉完好率 98%以上，验证了其在冰雪、重载工况下的适应性和可靠性。未来可进一步向普通国省道、城市道路、机场道路等场景推广。

为进一步提升产品附加值，本项目产品预留了智能化升级接口，将探索反光性能监测、交通感知、车路协同等功能融合，提供智能化升级空间。助力构建更安全、高效的现代化交通网络。

故此，防损坏柔性嵌入式交通装甲道钉推广应用前景广阔。

七、技术持有单位及联系方式

技术持有单位：湖南高速材料贸易有限公司

联 系 人：文坤，电话：18817140603

邮 箱：wenkun3691@163.com

桥梁/隧道混凝土路面超粘抗滑极薄罩面技术

一、成果名称

桥梁/隧道混凝土路面超粘抗滑极薄罩面技术

二、成果来源

2026 年湖南省科学技术成果评价：桥梁/隧道混凝土路面超粘抗滑极薄罩面技术（编号：HN252026002011）

三、适用范围

本技术适用于水泥桥面、隧道、高速公路、长下坡弯道、红绿路口城市道路、公交港湾、沥青面、钢桥面、表面实现防滑、防水、耐磨、彩色警示一体化铺装。

四、国内外相关技术现状

随着我国公路、城市道路路网建设逐步进入“建养并重、以养为主”的新阶段，存量路面长期经受重载交通、昼夜温差、雨水侵蚀、紫外线老化等多重耦合作用，大量道路进入服役中后期，表层功能衰减问题突出，普遍出现抗滑性能衰减、表层微裂缝、渗水松散、轻微麻面等早期病害。此类病害初期未涉及道路主体结构损伤，但若得不到及时精准处置，会持续发展为裂缝扩展、基层唧泥、路面坑槽、结构性破损等严重病害，大幅缩短道路服役寿命，显著提升后期大修改造成本，同时影响道路通行安全性与舒适性。因此，推行精细化、轻量化、低碳化的预防性养护技

术，实现路面表层病害早处置、功能早恢复，已成为现阶段道路交通养护领域的核心发展需求。

传统道路预防性养护技术存在明显的性能短板与应用局限性，难以适配新时期高标准养护要求。目前工程中常用的超薄沥青罩面、微表处、稀浆封层、碎石封层等传统薄层养护工艺，均存在诸多痛点：常规沥青超薄罩面厚度普遍达 15~25mm，材料用量大、自重增量高，对桥梁、高架、隧道等荷载敏感路段适配性差，且施工需高温拌合，能耗高、碳排放量大、交通封闭周期长；微表处与稀浆封层依托乳化沥青粘结，粘结强度低、耐磨性能不足，长期服役易出现骨料脱落、表层飞散、抗滑衰减过快等问题，耐久性较差；碎石封层存在平整度差、噪音高、封水效果弱、层间粘结不稳定等缺陷，难以兼顾路面功能性、舒适性与长效耐久性。同时，传统薄层养护技术普遍存在层间渗透锚固能力不足的问题，仅依靠表面粘结贴合旧路面，在车辆反复制动、剪切荷载作用下，极易出现起皮、脱层、空鼓等病害，养护修复质量参差不齐，全寿命周期养护成本偏高。

在国家“双碳”战略、绿色交通建设与公路精细化养护政策导向下，传统粗放式、高能耗、被动型养护模式已无法满足行业发展要求。交通运输行业明确提出要推进预防性养护、低碳养护、精准养护，减少道路铣刨重建工程量，降低养护工程资源消耗与碳排放，最大限度缩减交通占道时长、降低社会通行影响。现有

养护技术普遍存在“厚铺保命、厚层低效、薄层短命”的行业难题，缺少一种可实现毫米级极薄成型、超高层间粘结、耐久抗老化、快速开放交通的轻量化养护技术，尤其针对城市主干道、高速收费站、隧道、桥面、长下坡制动区，红绿灯路口等特殊路段，需突破传统材料与工艺瓶颈，研发适配性更强、性能更优、绿色低碳的新型微罩面养护技术。

五、成果核心技术特点

桥梁/隧道混凝土路面超粘抗滑极薄罩面技术总结六大特点：

（一）超薄微创、不抬升标高

成型厚度仅 5mm 左右，无需铣刨旧路面，最大程度保留原有道路结构强度，同时提高其结构的耐久性，达到原路面（桥面）结构的延寿目标。同时不影响井盖、边石、排水坡度，适配城市市政道路、省道县道精细化养护需求，对于高速公路而言，有影响护栏安全高度，保障了行车安全舒适度。

（二）快速固化、交通影响极小

常温冷拌施工、无需加热拌和，材料固化速度可控，常规环境下 4-5 小时即可开放交通，较传统热拌罩面、微表处大幅缩短封路时长，适配高速公路、地方公路、城市主干道等交通流量大的路段快速抢修养护，减少交通组织难度，最大限度提升交通通行顺畅度，产生巨大的社会效益和间接经济效益。

（三）超强粘结、适用范围广

树脂材料渗透粘结能力强，可与沥青路面、水泥路面形成高强度整体结合，层间粘结强度远高于常规养护材料，有效解决薄层罩面坑槽、脱空、起皮、推移病害。同时对钢材、石料、木料均有优异的粘结效果，应用场景也大量拓展。

（四）抗裂耐久、路用性能优异

柔性树脂体系适配路面温缩、荷载形变，可封闭路面发丝裂缝、块状微裂纹、网状龟裂；成型路面抗滑系数、耐磨性能、防水性能显著提升，高低温稳定性好，不易出现车辙、开裂、松散，有效延长道路路面（桥面）使用寿命 5~8 年。

（五）绿色环保、施工无污染

采用低 VOC、无毒环保改性树脂材料，常温施工无扬尘、无废气、无高温排放，废弃料少，符合绿色交通低碳养护发展要求。

（六）外观平整统一、提质美观

可统一修复路面发白、色差、斑驳破损问题，路面成型后色泽均匀、纹理规整，显著提升道路路容路貌与行车舒适度。同时该产品颜色和图案丰富，可调配不同颜色和不同图案，可作为城市、道路、结构物、广场的景观。

（七）成果应用情况

在省内外有大量应用案例。

序号	项目名称及介绍	工程量 (平方)	施工年份
1	陕西汉中 G244 线江西营大桥、孔雀台桥	999.8	2021 年
2	广西河池天峨县 G212 线罗天乐大桥	9802.5	2022 年
3	广西河池都安县 G210 线下坳大桥	1863.2	2022 年
4	广西河池金城江市 G357 线良伞小桥、G210 线外围屯桥	1313.03	2022 年
5	广西河池巴马县 G243 线巴王中桥、车斗大桥	1711.02	2022 年
6	湖南湘乡 G320 线洙津渡大桥	3852	2022 年
7	湖南湘乡 G320 线虞塘桥、铁路桥	963.2	2021 年
8	湖南湘乡 G240 线七星桥	465.3	2023 年
9	湖南湘乡 S222 线虞塘河二桥、邓氏铺大桥	2288	2024 年
10	湖南湘潭 S325 线雁坪桥	134	2025 年
11	湖南浏阳 S207 线唐家园桥、石桥湾桥	580.75	2025 年
12	湖南浏阳 S324 线金塘湾桥、G354 线大光河桥、樟盘桥	1282.8	2024 年
13	湖南 G4 潭耒高速株洲段 7 座桥	988.5	2024 年
14	湖南株洲茶陵 G322 线店贝中桥、白家里中桥	2254	2025 年
15	广东茂名包茂大道（大昌口互通立交至迎宾大道段） 车洞河大桥	6404	2025 年
16	湖南湘潭 S325 线杨嘉桥	315	2026 年
17	湖南溆浦县 G241 线观音阁大桥	1375	2026 年
18	湖南湘乡县 S327 线向东桥	183	2026 年

(八) 学会评价及使用单位的意见

评价指标综合评分与评价结论

百分制综合评分：88.5 分

评价结论：

2026年9月15日，湖南省公路学会在长沙主持召开了“多功能超粘抗滑极薄罩面关键技术研究”成果评价会议。评价委员会（专家名单附后）听取了项目组的汇报，审阅了有关资料，经质询和讨论，形成以下评价意见。

一、提供的评价资料齐全、规范，符合评价要求。

二、项目组通过理论分析、实证研究和工程应用等手段，对本项目开展研究，取得主要创新性成果如下：

1.采用了多功能复合树脂体系设计方法，研发了以环氧树脂、聚亚安酯、丙烯酸酯等为主材的高分子双组分热固性树脂材料，该材料具有优异的粘结、耐久性能；

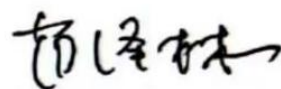
2.对固化剂进行改性优化，使其具有良好的施工性能；

3.研发了一种5mm厚具备超强粘结、抗滑、防水、防裂性能的极薄罩面技术，并提出了施工工艺及质量控制方法。

四、项目成果适应范围广，已在湖南、广东、广西、陕西等省多条高速、普通公路及市政道路中得到成功应用，经济、社会、环境效益显著，推广应用前景广阔。

综上所述，评价委员会一致评定该成果整体达到国内领先水平。

主任委员签名：



2026年9月15日

湖南安之路新材料有限公司

安路多功能抗滑极薄罩技术用户意见

项目名称	娄星区碧江新桥等六座桥梁桥面安路超粘多功能极薄罩面工程	完工时间	2025.7
项目简介	娄星区双江乡X075线同福桥、碧江新桥、洪山一桥、洪山二桥、新庄一桥、新庄二桥六座桥共计2522.7m ² ，统一进行安路超薄磨耗层罩面处治。		
用户意见	1. 薄层铺装厚度小，对桥梁净空、标高影响极小，无需大规模铣刨原有路面，施工扰动小，能够最大限度保留原有结构层，适合桥面病害处治、旧路预防性养护。 2. 该薄层体系具备良好抗滑性能，构造深度满足行车安全要求，雨天排水效果好，可有效提升路面行车安全性；层间粘结性能优异，能够有效避免薄层起皮、脱层病害，耐久性较好。 3. 施工工期短，开放交通快，对道路通行影响小，可最大限度降低交通管制带来的社会影响，兼顾工程质量与民生出行需求。 4. 综合造价相比传统铣刨重铺方案更具优势，后期养护维修便捷，全生命周期经济性较好。 5. 总体评价：通车运行1年多，面层整体完好，没有出现裂缝、骨料脱落、推移拥包病害；桥面渗水问题得到有效控制，雨天桥面防滑效果改善显著；施工单位现场组织到位，交通疏导配合良好，通行干扰小，综合效果满意，非常适合干线公路、农村道路桥隧养护项目推广。 后续建议：每年定期抽检构造深度、摩擦系数抗滑指标；加强桥面排水设施维护，避免积水长时间浸泡铺装层；如出现局部点状损坏，提供专项修补方案。  2026年9月17日		

湖南安之路新材料有限公司

安路多功能抗滑极薄罩技术用户意见

项目名称	浏阳S207线石桥湾桥、唐家园桥桥面薄层罩面工程	完工时间	2025.10
项目简介	浏阳市公路局对S207线石桥湾桥、唐家园桥桥面进行整体修复，石桥湾桥桥面长度23.8m，桥面净宽11.5m，面积273.7m ² ，唐家园桥面长度27m，桥面净宽11.5m，面积310.5m ² ，采用安路超薄磨耗层工艺施工。		
用户意见	1、施工周期短，开放交通快，显著降低了养护作业对交通通行的干扰，提升了道路养护效率； 2、防水性能良好，有效封闭原路面微裂缝，延缓水分下渗，对基层起到一定保护作用，延长道路使用寿命； 3、养护响应速度快，适用于预防性养护和应急修复，有助于实现“早发现、早处理”的精细化养护理念； 总体评价：通车不到1年，目前面层整体完好，没有出现裂缝、骨料脱落、推移拥包病害；雨天桥面防滑效果改善显著，行车舒适度提升；综合效果满意，适合在同类路桥预防性养护项目推广。  2025年9月14日		

湖南安之路新材料有限公司

安路多功能抗滑极薄罩面技术用户意见

项目名称	洙津渡大桥桥面修复	完工时间	2023年7月
项目简介	湘乡市G320线中修工程中对洙津渡大桥进行整体修复，桥面长度321m，桥面净宽12m，面积3852m ² 采用MRS超薄磨耗层工艺。		
用户意见	本项目自施工完成至今已运行3年，此桥交通流量大、重载车多，经实际通行检验，超薄磨耗层整体效果符合预期。 1、路面平整度提升，舒适度优于原路面； 2、抗滑性能良好，雨天通行时未出现明显打滑现象，安全性有保障； 3、降低了行车噪音，并显著延长了桥面的使用寿命； 4、施工后路面色泽均匀，美观度较高，与周边道路环境协调； 5、目前未发现裂缝、推移、掉沙等病害，耐久性初步表现良好。 施工过程中，施工方配合度高，认真负责，工期控制合理，未对交通造成长时间影响。 总体评价：满意，推荐在同类路桥养护项目中使用。 建议后续持续跟踪路面状况，提供长期养护指导。		



六、推广前景

本项目研发的超粘抗滑极薄罩面技术相较传统薄层养护工艺，具备显著的全生命周期经济优势，可有效降低道路养护综合成本，经济效益突出。

（一）大幅降低材料与施工成本。该技术采用 5mm 厚极薄成型结构，相比传统 15~20mm 沥青超薄罩面可节约 70%以上原材料用量，无需大面积铣刨原有路面，大幅减少石料、沥青等建材消耗与机械铣刨费用。同时采用常温冷施工工艺，无需加热拌合，节约燃油、电力能耗，简化施工工序，缩短工期，显著降低人工、设备租赁与现场管理成本。

（二）降低养护成本。本技术通过超粘锚固界面与高耐候树脂体系，路用耐久寿命可达 5~8 年，大幅降低道路重复病害修补、封闭交通养护频次，有效减少长期运维资金投入，极大降低路网全生命周期养护成本。

（三）减少间接经济损失。传统养护工期长、占道时间久，易造成交通拥堵、运输效率下降、社会通行经济损耗。本技术施工速度快、养生时间短、可快速开放交通，最大限度降低交通阻滞带来的间接经济损失，提升道路通行运营效益。同时技术适配桥面、隧道等荷载敏感路段，不增加结构自重，避免因加厚路面带来的桥梁加固、井圈抬升等额外改造费用。推动养护行业标准化、精细化升级。项目形成的成套技术工法与专属评价体系，可

填补国内极薄树脂微罩面技术标准空白，引领道路养护从“被动修补、粗放养护”向“主动预防、精准长效、低扰养护”转型升级，提升我国道路交通养护整体技术水平与运维服务质量。

七、技术持有单位及联系方式

技术持有单位：湖南安之路新材料有限公司；

联系人：刘伯华，电话：13807480781；

邮箱：337043524@qq.com。

型钢-UHPC 组合梁

一、成果名称

型钢-UHPC 组合梁

二、成果来源

2022 年度湖南省交通运输科技项目：面向载客车辆的型钢-UHPC 超轻型组合梁研究与应用示范（编号：202245）

2024 年度湖南省科技创新重点研发项目：装配式钢-高性能混凝土新型组合桥梁技术及应用（编号：2024JK2051）

2023 年度望城区科技计划重点研发项目：型钢-UHPC 高性能轻型组合桥梁的研发及产业化（编号：KJ231004）

三、适用范围

适用于公路和城市道路桥梁工程，重点面向中小跨径桥梁新建、既有桥梁上部结构更新及跨线桥快速施工等场景。

四、国内外相关技术现状

超高性能混凝土（UHPC）具有高强度、高韧性和高耐久性等特点，与钢材组合应用，可在满足结构受力要求的基础上进一步减小构件截面和自重，改善运输与吊装条件。围绕材料协同受力、界面连接和装配化施工开展研究，是钢-UHPC 组合桥梁技术发展的重要方向。

（一）钢-UHPC 组合桥梁结构体系

钢-UHPC 组合桥梁的典型技术路线，是在钢-混凝土组合结构基础上采用 UHPC 桥面板，利用其材料性能优化截面，实现减轻自重、降低梁高和改善耐久性。进一步优化钢材与 UHPC 在截面中的配置，是提高材料利用效率的重要途径。

热轧型钢晶体组织均匀、抗疲劳性能优、强度高韧性好，具有工厂化生产、截面规格统一和加工便捷等特点，但其截面高度、翼缘和腹板尺寸受到产品规格限制，应用于桥梁时需通过组合截面设计满足受力要求，目前多用于桥面系或临时工程。国内湖南大学团队将 UHPC 梁与 H 型钢组合，提出了全预制型钢-UHPC 组合梁，通过栓钉连接实现协同受力，可解决型钢规格对梁高存在限制的问题。湖南长沙市万家丽北延线快速化改造工程的 30m 跨径简支梁桥、广东清远市京港澳高速公路粤境清远佛冈至广州太和段改扩建项目的两座 60m 跨径的跨线桥采用了相关方案，为型钢与 UHPC 组合结构的工程应用提供了实践基础。

（二）高性能抗剪连接件

钢-混凝土组合结构常用抗剪连接件包括栓钉、开孔钢板（PBL）和型钢连接件等。近年德国、波兰等国开展了插入式连续剪力件研究，形成 SA 型、CL 型、PZ 型和 MCL 型等构造。其中，PZ 型和 MCL 型得到广泛认可，已纳入德国国家技术规程，并将收录到下一版 Eurocode-4 中。相比于栓钉剪力件，PZ 型和

MCL 型插入式连续剪力件具有更高的抗剪承载力和刚度，且在高强混凝土中仍表现出良好的延性。

随着 UHPC 在组合结构中的应用，插入式连续剪力件的研究逐步拓展至钢-UHPC 连接。已有研究表明，布置于 UHPC 平板内的插入式连续剪力件的抗剪承载力和延性分别是布置于高强混凝土中插入式连续剪力件的 2 倍及 3 倍以上，其失效模式往往是钢与 UHPC 组合破坏形态。

（三）快速拼接技术

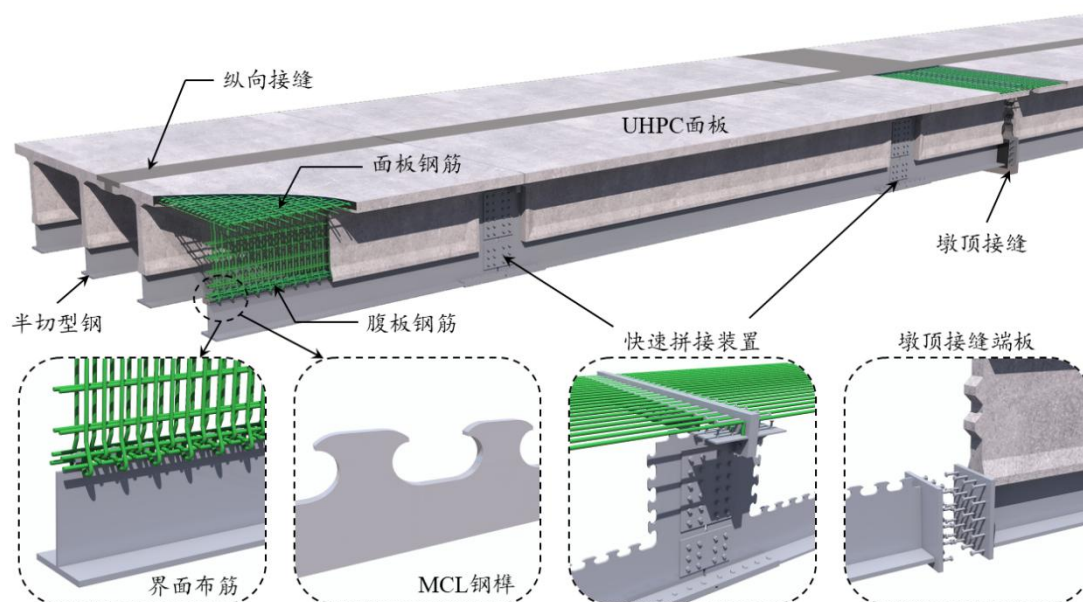
节段预制拼装通过将梁体沿纵桥向划分为若干节段，在工厂预制后运至桥位进行组拼，改善构件运输和现场施工条件。现有技术中，采用预应力连接节段的方案已用于多座桥梁，如上海浏河大桥、苏通大桥、集美大桥、嘉绍大桥，以及乐清湾大桥和鱼山大桥等。针对预制 T 梁的轻量化运输，裘松立以宁波象山湾疏港 3 标段工程为研究背景，开展了采用 UHPC 组件、钢樨、结构胶及体外预应力等实现节段连接的研究。对于型钢-UHPC 组合梁，快速拼接的关键是在满足接头传力、刚度和耐久性要求的同时，协调分段运输、现场拼装与整体架设工序。

五、成果

（一）技术原理

型钢-UHPC 组合梁由 T 形 UHPC 梁和对称切割型钢组合而成，通过钢樨连接件传递界面剪力，实现两种材料协同受力。

UHPC 承担截面受压及部分受拉作用，型钢主要布置于受拉区域，以提高材料利用效率，降低用钢量；UHPC 腹板与型钢共同形成组合腹板，解决型钢规格对组合截面高度的限制。通过对 H 型钢进行对称切割形成连续钢樨，可减少连接件焊接工序及相应焊接细节的疲劳影响。型钢作为 UHPC 梁的体外增强构件，可提高组合截面抗裂性能与延性。



构件抗弯、抗剪试验表明，型钢-UHPC 组合梁呈现出典型的“弹性-带裂缝工作-破坏”三阶段特征，具有优良的承载能力和延性，在已开展的缩尺模型试验条件下，破坏承载力达到设计作用效应的 2 倍以上。“钢樨-UHPC 卯”连续剪力件采用无焊插入式构造，试验中表现出良好的抗剪性能和延性，为钢与 UHPC 协同受力提供了试验依据。抗裂试验中，UHPC 下缘名义拉应力超

过 26 MPa 时，裂缝宽度仍控制在 0.05 mm 以内（远低于 0.15mm 的规范限值），表明该构造具有较好的裂缝控制能力。

该技术围绕组合结构设计、施工与验收，形成了相关标准和设计通用图成果，为技术应用提供了配套支撑。其中，组合樁技术已纳入国家标准《钢-混凝土组合桥梁技术标准》（送审稿）；相关地方标准包括《预制钢板组合梁设计与施工技术规范》（DB43/T 3636-2026）及《型钢-超高性能混凝土组合梁设计与验收规范》（送审稿）；相关团体标准包括《先组合钢板梁桥设计与施工规范》（T/TMAC 077-2023）及《型钢-超高性能混凝土组合桥梁技术规范》（送审稿），并编制了企业标准《型钢-UHPC 组合梁通用图》。

（二）技术特点

1.结构轻量化与材料高效利用。通过型钢与 UHPC 的协同受力设计，发挥两种材料的性能优势，在满足承载力、耐久性和抗疲劳等规范要求的前提下，梁体自重较传统 PC 预制梁降低约 1/2，改善运输和吊装条件，从结构层面有效解决传统预制 PC 梁自重、难远运难题。梁体无需设置预应力体系，连续剪力键采用免焊构造，配合简洁的钢筋配置，可减少预应力施工和焊接工序。

2.构件分段化与现场快速装配。采用工厂预制、分段运输和现场拼装的施工方式，减少大型整梁运输需求及现场作业量，为

跨线施工和场地受限条件下的架设创造有利条件；同时，降低施工风险，全面提升工程质量与安全水平。

3.生产标准化与区域集中供应。通过构件标准化设计、工厂集中预制和配套质量控制，衔接运输配送、现场拼装与架设，支持区域化生产供应，有利于提高构件生产质量的一致性和工程建设组织效率。

（三）主要技术指标

型钢-UHPC 组合梁实现了材料利用率最大化，结构自重相比传统装配式 T 梁减轻近 50%，用钢量和造价较传统组合梁分别降低 40%和 30%以上，碳排放较传统组合梁降低 30%以上。

采用连续钢樨替代焊钉连接构造，减少连接件焊接细节，连接件延性提升 100%。

采用分段预制、常规物流运输、现场高效拼装工艺，可支持约 200km 范围的运输配送，物流成本降低约 75%，梁段现场拼接可达到小时级效率。

（四）功能分析

1.集约化集中预制与绿色低碳建造：依托轻量化和模块化分段设计，型钢-UHPC 组合梁可采用区域集中预制与配送方式，减少对项目沿线分散设置临时梁场的依赖，降低临建设施投入和临时占地需求。结合构件标准化生产及钢材、UHPC 的合理配置，有利于提高资源利用效率，减少材料消耗与施工环境影响。

2.繁忙干线改扩建与跨线节点“极速装配”保通施工：梁体不设预应力体系，开口截面有利于内模周转，可减少预制与现场施工工序。通过提前完成构件预制和拼装准备，并统筹运输、吊装与交通组织，可压缩跨线吊装作业窗口，减轻对既有道路通行的影响。

3.山区微地形与城市受限空间的常规物流储运与轻型架设：通过减轻梁体自重、合理划分运输节段，可改善山区道路和城市受限场地的运输、存放及吊装条件，增加运输车辆和起重设备的选择空间。

4.高荷载环境下的长寿命、免维护与高性价比兼容：通过UHPC 裂缝控制与型钢受拉性能的协同发挥，以及连接构造的合理设计，可改善结构耐久性，减少相关焊接细节带来的疲劳影响，为降低后期维修需求创造条件。

（五）成果应用情况

1.成果应用实例

成果已在湖南零道高速、桂新高速、G4 京港澳高速羊龙段、G4 京港澳高速株耒段、河南南洛高速等工程项目中应用，涉及不同跨径组合、桥宽和设计荷载条件，具体项目信息如下，形成了典型示范效应。

应用项目	应用情况
零道高速 K14+000 上跨桥	跨径组合（15+30+15）m，桥宽 5.5m，上部结构采用型钢-UHPC 组合梁，设计荷载为公路-II级。
桂新高速栗山头上跨桥	跨径组合（16+32+16）m，桥宽 7m，上部结构采用型钢-UHPC 组合梁，设计荷载为公路-II级。
G4 京港澳高速羊龙段 K1337+385、K1310+550 上跨桥	跨径组合（2×30）m、（32+30+15）m，桥宽 8.5m，上部结构采用型钢-UHPC 组合梁，设计荷载为公路-II级。
河南南洛高速大安枢纽互通 K695+856.865 湾寨村天桥、伊川互通 K709+463.819 上天院村天桥	跨径组合（4×30）m、（2×30）m，桥宽 8.5m，上部结构采用型钢-UHPC 组合梁，设计荷载为公路-II级。
G4 京港澳高速株耒段 5 座上跨桥	跨径组合均为（2×35）m，桥宽 9.0、6.0m，上部结构采用型钢-UHPC 组合梁，设计荷载为公路-I 级。

2.应用证明

(1) 湖南零道高速应用证

应用证明

项目名称	湖南省零陵至道县高速公路		
应用单位名称	湖南省耒宜零道高速公路建设开发有限公司零道分公司	联系方式	张亮 19918223895
单位注册地址	湖南省长沙市芙蓉区火星街道远大一路 649 号 001 栋 401 房、402 房		
应用起止时间	2024 年 6 月~2025 年 12 月		
经济效益（万元）			
自然年	新增销售额	新增利润/新增税收	
2024~2025		77.36	
累 计		77.36	
所列经济效益的有关说明： “面向载客车辆的型钢-UHPC 超轻型组合梁研究与应用示范”课题组在型钢-UHPC 组合梁结构创新、力学分析和设计方法等方面取得了系列创新成果。 项目研究成果成功应用于湖南省零陵至道县高速公路 K14+000 车行天桥，跨径布置为(15+30+15)m，桥面净宽为 1×4.5m。上部结构采用型钢-UHPC 组合梁，自重减少 50%，降低了主梁自重，提高了结构耐久性，节约建设成本，综合考虑钢结构、混凝土结构等部件，其经济效益计算如下： 1) 节约主梁钢材 79.98t，按单价 1.6 万元/t 计算，79.98×1.6 万元/t=127.97 万元； 2) UHPC 桥面板方案共 72.3m³，按单价 0.7 万元/m³，单项投资增加 72.3×0.7=50.61 万元； 3) 新型结构方案按减少 2 次桥面板开裂处治封闭大修计，单次大修直接费按 7.5 万元计，单次时长 3 天，车流量 0.05 万辆/天，节约社会成本为 3 天/次×0.05 万辆/天×15 元/辆×2 次=4.5 万元； 综上，研究成果节约建设成本 127.97-50.61=77.36 万元，节约运营成本 7.5×2+4.5=19.5 万元；全寿命周期内经济效益合计 77.36+19.5=96.86 万元。			
具体应用情况： 湖南省零陵至道县高速公路 K14+000 车行天桥，跨径布置为(15+30+15)m，桥面净宽为 1×4.5m。“面向载客车辆的型钢-UHPC 超轻型组合梁研究与应用示范”课题创新成果成功应用于湖南省零陵至道县高速公路 K14+000 车行天桥建设，有效降低了主梁重量，提高了结构耐久性，经济社会效益显著，形成了典型示范工程。			

注：社会公益类项目和专用项目如无经济效益，可不填经济效益相关栏目。

(2) 湖南桂新高速应用证明

应用证明

项目名称	湖南省桂东至新田(宁远)高速公路桂阳至新田段		
应用单位名称	湖南省桂新高速公路建设开发有限公司	联系方式	褚伟 13607492726
单位注册地址	湖南省长沙市芙蓉区火星街道远大一路 649 号 001 栋 403 房、404 房		
应用起止时间	2024 年 9 月~2025 年 12 月		
经济效益(万元)			
自然年	新增销售额	新增利润/新增税收	
2024~2025		138.72	
累 计		138.72	
所列经济效益的有关说明:			
“面向载客车辆的型钢-UHPC 超轻型组合梁研究与应用示范”课题组在型钢-UHPC 组合梁结构创新、力学分析和设计方法等方面取得了系列创新成果。 项目研究成果成功应用于湖南省桂东至新田(宁远)高速公路桂阳至新田段 17+580 栗山头上跨桥渡槽,跨径布置为(16+32+16)m,桥面净宽为 1×6m。上部结构采用型钢-UHPC 组合梁,自重减少 50%,降低了主梁自重,提高了结构耐久性,节约建设成本,综合考虑钢结构、混凝土结构、桥墩及基础等部件,其经济效益计算如下: 1) 节约主梁钢材 114.91t,按单价 1.6 万元/t 计算,114.91t×1.6 万元/t=183.86 万元; 2) UHPC 桥面板方案共 100.0m³,按单价 0.7 万元/m³,单项投资增加 100.0×0.7=70.0 万元; 3) 新型结构方案按减少 2 次桥面板开裂处治封闭大修计,单次大修直接费按 10.18 万元计,单次时长 3 天,车流量 0.05 万辆/天,节约社会成本为 3 天/次×0.05 万辆/天×15 元/辆×2 次=4.5 万元; 综上,研究成果节约建设成本 183.86-70.0=113.86 万元,节约运营成本 10.18×2+4.5=24.86 万元;全寿命周期内经济效益合计 113.86+24.86=138.72 万元。			
具体应用情况:			
湖南省桂东至新田(宁远)高速公路桂阳至新田段 17+580 栗山头上跨桥渡槽,跨径布置为(16+32+16)m,桥面净宽为 1×6m。“面向载客车辆的型钢-UHPC 超轻型组合梁研究与应用示范”课题创新成果成功应用于湖南省桂东至新田(宁远)高速公路桂阳至新田段 17+580 栗山头上跨桥渡槽建设,有效降低了主梁重量,提高了结构耐久性,经济社会效益显著,形成了典型示范效应。  应用单位盖章 2025 年 12 月 9 日			

注:社会公益类项目和专用项目如无经济效益,可不填经济效益相关栏目。

(3) G4 京港澳高速羊龙段应用证明

应用证明

项目名称	G4 京港澳高速羊楼司(湘鄂界)至岳阳龙湾段扩容工程		
应用单位名称	湖南省临岳长高速公路建设开发有限公司	联系方式	陈俊 18974895166
单位注册地址	湖南省岳阳市岳阳楼区长岭头路以西办公楼 3 楼 3002 房		
应用起止时间	2024 年 11 月~2025 年 12 月		
经济效益（万元）			
自然年	新增销售额	新增利润/新增税收	
2024~2025		258.43	
累 计		258.43	
所列经济效益的有关说明： “面向载客车辆的型钢-UHPC 超轻型组合梁研究与应用示范”课题组在型钢-UHPC 组合梁结构创新、力学分析和设计方法等方面取得了系列创新成果。 项目研究成果成功应用于 G4 京港澳高速羊楼司(湘鄂界)至岳阳龙湾段扩容工程 K1337+385 上跨桥、K1310+550 上跨桥，跨径布置为（30+30）、（32+30+15）m，桥面净宽为 7.5m。上部结构采用型钢-UHPC 组合梁，自重减少 50%，降低了主梁自重，提高了结构耐久性，节约建设成本，综合考虑钢结构、混凝土结构、桥墩及基础等部件，其经济效益计算如下： 1) 节约主梁钢材 288.79t，按单价 1.6 万元/t 计算，288.79t×1.6 万元/t=462.07 万元； 2) UHPC 桥面板方案共 337.2m³，按单价 0.7 万元/m³，单项投资增加 337.2×0.7=236.04 万元； 3) 新型结构方案按减少 2 次桥面板开裂处治封闭大修计，单次大修直接费按 13.5 万元计，单次时长 3 天，车流量 0.06 万辆/天，节约社会成本为 3 天/次×0.06 万辆/天×15 元/辆×2 次=5.4 万元； 综上，研究成果节约建设成本 462.07-236.04=226.03 万元，节约运营成本 13.5×2+5.4=32.4 万元；全寿命周期内经济效益合计 226.03+32.4=258.43 万元。 具体应用情况： G4 京港澳高速羊楼司(湘鄂界)至岳阳龙湾段扩容工程 K1337+385 上跨桥、K1310+550 上跨桥，跨径布置为（30+30）、（32+30+15）m，桥面净宽为 7.5m。“面向载客车辆的型钢-UHPC 超轻型组合梁研究与应用示范”课题创新成果成功应用于 G4 京港澳高速羊楼司(湘鄂界)至岳阳龙湾段扩容工程 K1337+385 上跨桥、K1310+550 上跨桥建设，有效降低了主梁重量，提高了结构耐久性，经济社会效益显著，形成典型示范效应。  应用单位盖章 2025 年 12 月 10 日			

注：社会公益类项目和专用项目如无经济效益，可不填经济效益相关栏目。

3.验收意见

六、验收意见

2026年3月27日,湖南省交通运输厅在永州组织召开了《面向载客车辆的型钢-UHPC超轻型组合梁研究与应用示范》(项目编号:202245)科技创新项目验收会。专家组成员(名单附后)、厅公路处、厅科信处和永州交通运输局等代表参加会议。

与会人员听取了项目组的工作汇报,审查了相关验收资料,经质询和充分讨论,形成如下验收意见:

一、验收资料齐全规范,内容全面,数据翔实,完成了合同规定的研究任务,符合项目验收要求。

二、项目组针对型钢-UHPC超轻型组合梁的受力性能、计算理论、设计方法及工程应用等关键问题,进行了深入的理论和试验研究,取得以下主要创新成果。

1.研发了新型的型钢-UHPC组合梁及其构造,揭示了其受弯、受剪工作机理,建立了相应的计算理论和设计方法,推动了钢-混凝土组合梁向高强、高韧和轻型化方向发展;

2.揭示了UHPC薄腹板中钢销剪力键的抗剪工作机理,建立了相应的计算理论和设计方法,为钢混组合结构提供了新型连接方式。

三、研究成果已在零道高速、桂新高速工程中得到成功应用,取得了良好的社会效益、经济效益,应用前景广阔。

四、项目承担单位项目管理规范,经费使用符合有关财务规定。

验收专家组一致同意该项目通过验收。

建议:进一步开展规范编制工作,加快成果推广应用。

验收专家组组长:

组员:

戴明才 2026年3月27日

六、推广前景

型钢-UHPC 组合梁技术具备轻量化、高性能、工业化程度高等优势，综合推广应用价值十分显著，具有广阔的工程应用前景。

推广可优先面向中小跨径公路和城市道路桥梁，重点关注主线新建、跨线施工、山区运输及场地受限等对构件重量和装配效率要求较高的场景。已有工程应用为后续推广积累了设计、制造和施工经验。

在既有桥梁更新改造中，可利用轻量化特点开展“以轻换重”的上部结构方案比选，并结合下部结构承载能力、桥下净空及施工组织条件确定适用性。对于人行天桥、城市景观桥等，可结合使用功能和景观要求研究应用。

在偏远地区和灾后恢复重建中，分段运输与快速装配有助于适应紧迫工期和受限运输条件；在临时保通工程中，可结合接头形式、拆装需求及构件周转条件，研究可重复利用的实施方案。

七、技术持有单位及联系方式

技术持有单位：湖南省交通规划勘察设计院有限公司；

联系人：贺耀北；

电话：18975149949；

邮箱：heyaobei@qq.com。

强透水地层环境下临水深基坑开挖的防渗与降水施工关键技术

一、成果名称

强透水地层环境下临水深基坑开挖的防渗与降水施工关键技术

二、成果来源

2021 年度交通运输部建设科技项目：强透水地层环境下临水深基坑开挖的防渗与降水施工关键技术研究（编号：202125）

三、适用范围

强透水地层环境下临水深基坑开挖的防渗与降水施工

四、国内外相关技术现状

基坑防渗和降水措施主要有两种：止水帷幕和降水管井，不同学者对评价帷幕与管井的防渗降水效果的方式也有所不同。张家发等人利用流场分布以及基坑渗透坡降来评价帷幕的防渗效果；张斌等人采用渗流量以及土体是否发生渗透破坏的方式来评价帷幕的防渗效果；徐帮树等人则通过降水深度来评价管井的降水效果。综合不同学者的观点，大部分学者均采用渗流量和坑外降水深度这两个指标来评价基坑防渗降水措施的效果。学者们对帷幕和管井的参数对基坑防渗降水效果的影响有着比较多的研究，对于止水帷幕，主要考虑帷幕材料的渗透系数以及帷幕埋入

深度的影响；对于降水管井，主要考虑管井间距、管井半径、管井深度、管井数量等参数影响，部分学者也对不同管井类型进行了讨论。随着有限元分析技术的发展，如今已有许多学者采用有限元的方法对基坑防渗降水问题进行分析，相比于诸多有限元分析软件，ABAQUS 软件具有较强的渗流计算分析能力，其可靠性也得到了大量学者的认可。

目前已有诸多学者针对基坑工程的防渗降水措施进行了研究，其中不同学者考虑的因素也有所不同。陆马兰等人总结了几种基坑工程中的防渗降水措施，并改变帷幕与管井布置参数，对帷幕防渗效率进行研究。胡瑶针对基坑防渗结构影响下的管井渗流，根据防渗结构本身的完整度、渗透系数、水文地质参数、与井的相对位置以及井的类型等因素，提出不同情况下井周水头简化计算方法。骆祖江等人对基坑水文地质参数进行反演，利用反演得到的参数对基坑进行渗流有限元分析，在此基础上分别针对一定防渗帷幕贯入度，优化降水井方案，对帷幕管井联合作用下的基坑防渗降水效果进行深入分析。李光明等人探究帷幕深度对基坑内外水位以及降水速率的影响，同时探究管井抽水速率、管井深度以及管井抽水时间对基坑内外水位的影响。同时，当前研究对评价帷幕与管井的防渗降水效果的方式有所不同。周华雷等人以地下水位、基坑渗流量、渗透坡降等参数作为防渗效果判断依据，研究得出当帷幕达到基岩时，继续增加帷幕深度，得到的

防渗收益显著减小。张钦喜等人利用坑外降水深度和基坑渗流量来评价帷幕的防渗效果，探究帷幕深度和基坑形状对帷幕防渗效果的影响。徐帮树等人则通过降水深度来评价管井的降水效果，分析了不同降水方案的降水影响范围以及降水井的降水效果。由上述研究成果发现，虽然有大量学者均对基坑中帷幕与管井的防渗降水效果有所研究，但当前对于基坑中帷幕和管井的防渗降水效果的评价方式并没有形成统一的规定，而且大部分学者对于帷幕和管井措施的防渗降水效果评价仍停留在定性阶段，对于如何预测帷幕和管井措施的防渗降水效果评价参数还有待研究。本研究提出了以下创新研究：

（一）针对强透水地层临水深基坑，建立涵盖初始状态、施工开挖全过程及完建状态的高精度渗流模拟分析模型，准确获取基坑孔隙压力分布与流速分布规律，为工程防渗降水方案设计提供量化依据，解决复杂地质条件下模拟精度不足的问题。

（二）以渗透孔压演变规律和渗流量为核心，建立适用于强透水地层的帷幕与管井防渗降水效果评价体系，量化分析不同参数对防渗降水效果的影响，优化帷幕施工布置与层次设计，同时构建排水井-沟和水泵系统耦合联调优化方案，填补多措施联合作用机制研究及定量预测模型的空白。

五、成果

（一）技术原理

1.建立近尾洲临水基坑开挖降水全过程渗流模拟分析模型，计算其初始状态、施工开挖过程和完建状态等情况下的基坑孔隙压力分布与流速分布，并对特征断面下的基坑孔隙压力分布与流速分布进行分析，为工程提供设计依据。

2.在近尾洲临水基坑开挖降水全过程渗流模拟分析模型的基础上，以渗透孔压的演变规律为主线，以渗流量的为控制变量标准，分析帷幕与管井防渗降水措施的防渗降水效果，并探究其影响因素，以优化帷幕的施工布置设计和层次设计，并帮助工程构建排水井-沟和水泵系统的耦合联调系统与优化。

（二）技术特点

1.基于 ABAQUS 有限元计算软件，构建基坑开挖降水全过程渗流模拟模型，模拟初始状态、分层开挖、降水施工及完建等阶段的渗流场变化。通过与现场监测数据对比，验证模型的可靠性与准确性，确保模拟结果能够真实反映工程实际。

2.考虑渗流量、渗透孔压作为关键指标，结合坑外水位变化、渗透坡降等参数，建立适用于强透水地层的防渗降水效果评价体系。分析帷幕材料渗透系数、埋深、完整性及管井间距、深度、类型等参数对渗流场的影响规律，明确各因素对防渗降水效果的贡献度。

3.基于防渗降水效果评价结果，通过参数敏感性分析，确定帷幕与管井的最优组合方案。优化帷幕施工布置，提高防渗效率；

同时根据渗流模拟结果，构建排水井-沟和水泵系统耦合联调模型，优化排水系统参数，实现高效降水与水资源合理利用。

（三）主要技术指标

1.对于基坑帷幕防渗措施，采用落地式帷幕时，基坑防渗效果最佳，单宽渗流量与帷幕降水深度相比悬挂式帷幕会产生较大的突变。悬挂式帷幕的防渗效果相比落地式帷幕有着明显的下降，且随着贯入度的减小帷幕防渗效果逐渐减弱，其中单宽渗流量随帷幕贯入度的变化存在明显的拐点，该拐点处于帷幕贯入度0.8-0.9之间，帷幕降水深度随帷幕贯入度的变化近似线性关系，边坡水位随贯入度降低时线性增加，当增加至某一程度后保持不变。

2.对于基坑管井降水措施，从管井流量角度分析，管井流量随管井深度和管井间距线性递增，与管井半径基本无关，而单宽管井流量与管井间距基本无关；从边坡水位角度分析，边坡水位随管井深度和管井间距增加会逐渐下降，与管井半径基本无关，当边坡水位接近边坡高程后，管井降水作用开始减弱。

3.对于基坑帷幕管井措施共同作用，采用落地式帷幕时，由于帷幕具有良好的防渗效果，管井的降水效果被削弱；当采用悬挂式帷幕时，对比未采用管井降水措施，基坑总渗流量大幅增加，边坡水位大幅下降，此时管井的降水效果良好。此外帷幕能使管井流量与边坡水位产生一定的下降，可以认为帷幕可以一定程度

的提升管井的降水能力。

4.利用多元线性回归方法分别对帷幕措施、管井措施和帷幕管井共同作用时的防渗降水效果评价参数进行回归分析,回归确定系数 R^2 均在 0.75 以上,可以认为回归效果良好,但边坡水位参数由于原始数据存在误差,使得回归公式计算得到的结果误差较大。若以干地施工作为帷幕设计准则,即边坡水位小于 0,当只采用帷幕措施时,该工程帷幕深度无论取多少都无法使边坡水位小于 0,使用落地式帷幕时防渗效果最好;当采用管井措施时,帷幕深度的增加对管井深度的减少作用有限,认为在设计时采用与基坑同深的帷幕即可。

(四) 功能分析

本项目旨在解决近尾洲船闸基坑全过程的数值模拟以及永临结合内河滩地地域基坑开挖的防渗和降水施工技术,通过建立三维数值模型,分析基坑的孔隙压力分布,并对防渗透与降水技术进行实践检验。项目预期将在安全性、经济性、环境保护及社会效益等方面取得显著成效。

1.经济效益

本项目将显著降低施工成本和缩短施工周期,从而提升整体经济效益。在施工过程中,基于近尾洲船闸基坑的全过程数值模拟,能够精准预测孔隙压力及流速变化,优化施工方案,减少不必要的材料浪费和工序延误。此外,科学的防渗透与降水技术将有

效控制基坑内水位，降低突发性施工事故的风险，避免因事故带来的经济损失。基于项目研究成果提高了施工效率，项目缩短了工期，从而减少施工期间的运营和管理成本，最终实现投资回报率的显著提升。

整体来看，研究成果取得了显著的经济效益。在近尾洲二线船闸工程中节约投资 380 万元，节省直线工期约 3 个月；在浯溪二线船闸项目中预期节省工期 1 个月，创造利润 410 万元；在湘江永州至衡阳三级航道建设三期工程潇湘船闸工程中防渗作业工期提前 30 天，创造直接经济效益 320 万元。

2.安全效益

本项目将显著增强施工安全性，通过建立基坑全过程的数值模拟系统，实时监测孔隙水压力和流速变化，从而形成有效的风险预警机制。这种监测手段使得施工团队能够及时识别潜在的安全隐患，提前采取措施应对可能的水害和滑坡风险，确保基坑的结构稳定。此外，合理的防参与降水技术将有效降低基坑内水位，减少水对土体的影响，从而降低施工事故的发生率。通过创建安全的施工环境，不仅保障了工人的生命安全与健康，也提升了整个施工项目的安全管理水平。

3.环境效益

本项目将增强环境保护，采取有效措施减少对周边生态环境的影响。通过应用先进的防渗技术，能够有效控制基坑施工过程中

中水土流失的问题，减少施工对周围水体的污染和对土壤的侵蚀。此外，科学的降水方案将降低基坑内的水位，防止地下水位的异常波动，维护地下水资源的可持续性。通过以上措施，项目不仅确保了施工的高效进行，还为区域环境的可持续发展做出了积极贡献，提升了社会公众对工程建设的认可度与信任感。

4.社会效益

本项目将带来显著的社会效益，促进地方经济发展并提升社区福祉。通过建设近尾洲船闸及相关基础设施，项目将直接创造大量就业机会，从而提高当地居民的收入水平和生活质量。同时，项目的成功实施将增强地区的交通运输能力，优化水资源管理，有助于提升区域的经济活力和竞争力。此外，项目在施工过程中积累的技术经验和管理模式，将为未来类似项目提供宝贵的参考和借鉴，推动行业技术进步和标准化发展。更重要的是，通过确保施工安全与环境保护，项目将增强社会公众对基础设施建设的信任与支持，营造良好的社会氛围，促进和谐社区的建设。

综上所述，本项目将在经济、安全、环境和社会等多个方面产生显著效益。通过科学的规划与实施，项目不仅有效降低了施工成本和风险，提高了效率，还在保护生态环境、促进地方经济发展和提升社会信任度等方面展现出积极作用。随着技术的不断优化与推广，该项目将为后续基础设施建设提供宝贵的经验和示范，推动行业的可持续发展。未来，项目组将继续致力于技术创

新与管理提升，以实现更高水平的安全与环境保护，确保社会效益的最大化。

（五）成果应用情况

1.成果应用实例

明

(1) 湖南省航务工程有限公司近尾洲二线船闸工程应用证

应用成果名称	近尾洲二线船闸			
应用单位名称	湖南省航务工程有限公司			
应用单位信息	地址	长沙市雨花区芙蓉中路三段569号	邮编	410007
	联系人	付业伟	电话	13755106686
	传真	0731-85583014	E-Mail	hnhwgcyxgs@163.com
应用工程名称	湘江永州至衡阳三级航道建设二期工程近尾洲二线船闸工程			
应用工程省份	湖南省			
应用工程类型	水上工程			
应用规模	1000 吨级船闸			
施工单位	湖南省航务工程有限公司			
投入运行时间	2022 年 11 月	正常生产运行时间 (月)	45	
经济、社会、环境效益分析 (400 字以内)	湘江永州至衡阳三级航道建设二期工程近尾洲二线船闸为湘江高等级航道建设规划重要组成部分，项目位于衡阳市常宁市境内。在该项目中运用《强透水地层环境下临水深基坑开挖的防渗透与降水施工关键技术研究》的成果节约投资约 380 万元，节省直线工期约 3 个月，			
用户对本项成果的综合评价意见（包括存在的问题及有待改进的地方）： 近尾洲二线船闸工程运用了《强透水地层环境下临水深基坑开挖的防渗透与降水施工关键技术研究》，目前对于帷幕和管				

井的防渗降水效果的评价方式仍处于探索阶段。利用 ABAQUS 有限元计算软件, 分别对帷幕和管井作用下的基坑渗流特征进行研究, 采用单宽渗流量、帷幕降水深度、边坡水位作为帷幕防渗效果的评价标准对帷幕深度和帷幕距基坑的距离以及管井深度、管井间距和管井半径进行敏感性分析, 并对帷幕管井共同作用下帷幕和管井的防渗降水效果进行分析, 为船闸基坑工程中帷幕和管井的布置方案提供设计依据。节约投资约 380 万元, 节省直线工期约 3 个月, 为临江船闸工程安全提供强有力的保证。



(2) 湖南省航务工程有限公司浯溪二线船闸工程应用证明

应用成果名称	浯溪二线船闸			
应用单位名称	湖南省航务工程有限公司			
应用单位信息	地址	长沙市雨花区芙蓉中路三段569号	邮编	410007
	联系人	付业伟	电话	13755106686
	传真	0731-85583014	E-Mail	hnhwgcyxgs@163.com
应用工程名称	湘江永州至衡阳三级航道建设三期工程浯溪二线船闸工程			
应用工程省份	湖南省			
应用工程类型	水上工程, 交通工程			
应用规模	1000 吨级船闸			
施工单位	湖南省航务工程有限公司			
投入运行时间	2026 年 05 月	正常生产运行时间 (月)	3	
经济、社会、环境效益分析 (400 字以内)	湘江永州至衡阳三级航道建设三期工程浯溪二线船闸为湘江高等级航道建设规划重要组成部分, 项目位于永州市祁阳市境内。在该项目中运用《强透水地层环境下临水深基坑开挖的防渗透降水施工关键技术研究》的成果, 为溪二线船闸工程临水基坑作业提供了设计依据, 临时防渗作业工期比原计划提前 1 个月, 不但缩短了工期, 且顺利保障了丰水期时项目的顺利进展, 为项目创造利润 410 多万元。			
用户对本项成果的综合评价意见 (包括存在的问题及有待改进的地方):				

在涪溪二线船闸工程运用了《强透水地层环境下临水深基坑开挖的防渗与降水施工关键技术研究》，目前对于帷幕和管井的防渗降水效果的评价方式仍处于探索阶段。利用 ABAQUS 有限元计算软件，分别对帷幕和管井作用下的基坑渗流特征进行研究，采用单宽渗流量、帷幕降水深度、边坡水位作为帷幕防渗效果的评价标准，对帷幕深度和帷幕距基坑的距离以及管井深度、管井间距和管井半径进行敏感性分析，并对帷幕管井共同作用下帷幕和管井的防渗降水效果进行分析，为船闸基坑工程中帷幕和管井的布置方案提供设计依据。



(3) 中交第二航务工程局有限公司湘江永州至衡阳三级航道建设三期工程潇湘船闸应用证明

应用成果名称	潇湘船闸			
应用单位名称	中交第二航务工程局有限公司			
应用单位信息	地址	湖北省武汉市东西湖区金银湖路 11 号	邮编	430040
	联系人	张俊明	电话	13517021200
	传真	027-83920777	E-Mail	107816780@qq.com
应用工程名称	湘江永州至衡阳三级航道建设三期工程潇湘船闸			
应用工程省份	湖南省			
应用工程类型	交通工程, 水上工程			
应用规模	1000 吨级船闸			
施工单位	中交第二航务工程局有限公司			
投入运行时间	2026 年 03 月	正常生产运行时间 (月)	5	
经济、社会、环境效益分析 (400 字以内)	在潇湘船闸工程运用《强透水地层环境下临水深基坑开挖的防渗与降水施工关键技术研究》的技术成果, 实现了显著的经济效益:工期缩短效益:通过优化帷幕防渗方案, 临时防渗作业工期较原计划提前 1 个月, 直接节省人工、机械租赁及管理成本约 90 万元(按日均成本 3 万元计算)。丰水期施工保障:提前完成防渗工程, 避免了丰水期停工风险, 减少工期延误导致的间接损失约 120 万元(基于历史项目延误成本测算)。技术替代效益:采用 ABAQUS 有限元软件进行帷幕参数敏感性分析, 优化帷幕布置方案, 减少材料冗余, 节约防渗材料费用 110 万元。累计新增利润 320 万元。			

用户对本项成果的综合评价意见（包括存在的问题及有待改进的地方）：

在潇湘船闸工程运用了《强透水地层环境下临水深基坑开挖的防渗与降水施工关键技术研究》，目前对于帷幕和管井的防渗降水效果的评价方式仍处于探索阶段。利用 ABAQUS 有限元计算软件，分别对帷幕和管井作用下的基坑渗流特征进行研究，采用单宽渗流量、帷幕降水深度、边坡水位作为帷幕防渗效果的评价标准，对帷幕深度和帷幕距基坑的距离以及管井深度、管井间距和管井半径进行敏感性分析，并对帷幕管井共同作用下帷幕和管井的防渗降水效果进行分析，为船闸基坑工程中帷幕和管井的布置方案提供设计依据。


2026 年 9 月 10 日

2.验收评价

(1) 湖南省交通运输厅组织的专家组验收意见

六、验收意见

2025年11月3日，湖南省交通运输厅在长沙组织对“强透水地层环境下临水深基坑开挖的防参与降水施工关键技术研究”项目（项目编号：202125）进行验收。参加会议的有厅港航处、厅科信处、省水运事务中心及验收专家（名单附后），会议听取了课题组的汇报，审查了有关资料，经质询和讨论，形成以下验收意见。

一、提供的验收资料齐全、规范，内容翔实，符合验收要求。

二、项目组依托近尾洲二线船闸基坑工程，对强透水地层环境下临水深基坑开挖的防参与降水施工关键技术问题进行了系统的现场试验和数值分析，取得主要成果如下：

1. 建立了强透水地层环境临水深基坑的三维全过程渗流模拟分析模型，对基坑孔压分布与渗流流速进行了分析研究。

2. 建立了帷幕管井联合作用下的二维渗透模型，综合分析了帷幕和管井的防参与降水效果，提出了帷幕和管井最优设计参数的快速计算方法。

3. 发表了3篇科研论文，取得了2项软件著作权。

三、研究成果已在近尾洲、潇湘等船闸工程中得到了应用，取得了良好的社会、经济和环保效益，应用前景广阔。

课题承担单位管理规范，经费使用符合有关规定，完成了合同规定的任务。

验收专家组一致同意项目通过验收。

建议：进一步结合实际工程，调查统计施工风险数据，以利推广应用。

验收专家组组长：

刘新平

组员：

刘子翀 刘子翀 刘子翀 刘子翀

2025年11月3日

(2) 主持验收单位意见及组织验收单位意见

七、主持验收单位意见

项目名称：强透水地层环境下临水深基坑开挖的防渗透与降水施工关键技术研究

同意验收意见

单位盖章：

负责人：

2025年12月3日



八、组织验收单位意见

项目名称：强透水地层环境下临水深基坑开挖的防渗透与降水施工关键技术研究

同意验收意见

单位盖章：

负责人：

2025年12月3日



六、推广前景

项目依托近尾洲二线船闸工程，此工程位于湘江Ⅰ级阶地，基于本项目相关研究成果，在湘江永州至衡阳三级航道建设二期工程近尾洲二线船闸工程中节约投资 380 万元，节省直线工期约 3 个月；在湘江永州至衡阳三级航道建设三期工程浯溪二线船闸项目中节省工期 1 个月，创造利润 410 万元；在湘江永州至衡阳三级航道建设三期工程潇湘船闸工程中防渗作业工期提前 30 天，创造直接经济效益 320 万元。

项目完成《强透水地层环境临水深基坑开挖的防渗透与降水施工关键技术研究》研究报告一份，发表《临水强透水地层船闸基坑帷幕防渗透与管井降水措施研究》等期刊论文 3 篇，完成《基坑底部水位降深计算软件 V1.0》等计算机软件著作权登记权 2 项。强透水地层临水基坑存在严重的高地下水问题，在施工中采取何种降水措施来控制地下水位如今还没有得到彻底解决，本研究针对强透水地层临水基坑的防渗降水措施进行研究，对帷幕和管井的组合设计进行研究，该研究成果具有一定适用性，对地下工程中降水措施的选取有着重大意义。

七、技术持有单位及联系方式

技术持有单位：湖南省水运建设投资集团有限公司；

联系人：陈志航，电话：13667373171；

邮箱：1113926018@qq.com；

传 真：（86-731）89933500。