

湖南省 2025 年交通运输科技成果 推广目录技术信息

二〇二五年九月

目 录

1、“白改黑”路面工程反射裂缝病害立体防治新技术（OPRC）	1
2、模块化智慧污水处理设备	18
3、基于 4D-BIM+IOT 的大直径深水基础数字化监控平台	29
4、紧邻已建船闸扩建的二线（多线）船闸结构布置关键技术研究	40
5、基于“云-边-端”协同架构的数智云收费系统	54

“白改黑”路面工程反射裂缝病害立体防治新技术（OPRC 技术）

一、成果名称：

“白改黑”路面工程反射裂缝病害立体防治新技术（OPRC 技术）

二、成果来源：

湖南省公路养护“四新技术”推广应用项目

三、适用范围：

本技术适用于水泥混凝土路面加铺沥青面层（“白改黑”）工程中反射裂缝的防治。

四、国内外相关技术现状：

在当前防治反射裂缝的研究中，在沥青加铺层与水泥混凝土基层接缝处设置抗裂功能层（如纤维织物抗裂贴、土工布及土工格栅等）已实现大规模工程应用，但其本质仍局限于在加铺层底部形成物理隔离带，未能解决水泥板接缝因温缩与荷载引发的结构性位移这一根本矛盾，导致层间粘结强度衰减、水分侵入脱粘及裂缝复发率超 70% 等瓶颈问题。

为了防治和延缓反射裂缝的发生和扩展，各国道路研究者采用了各种不同的方法和材料，主要分为以下几种：

1. 增加沥青加铺层厚度

当沥青面层厚度增加时，反射裂缝向沥青层的延伸距离增大，使裂缝在整个路面结构中的扩展到路表的时间加长。在同样的荷载下，

沥青混凝土的加铺层厚度增大，其抗弯拉强度、抗剪切强度均有所提高，并能延缓初期开裂。同时，厚度的增加也可以使得旧水泥混凝土路面的温度变化降低，减小温度梯度。但增加厚度会显著增加工程造价，对严重短缺的养护经费来说是个严峻的问题。因此，单纯依靠增加沥青面层厚度来防治反射裂缝并不是一个理想的方案，应该结合其他防反措施来防治反射裂缝。

2.设置应力吸收层

美国 Koch 公司开发了 Strata 的反射裂缝应力吸收体系，它是用一种特殊的级配集料与高弹性聚合物改性沥青组合而成，不但能消散、吸收旧水泥砼路面的集中应力，阻止裂缝自下而上发展，而且其改性的高含量沥青和密集配混合料可以防止水从表面下渗，保护基层，具有耐高温性和不透水性。美国的大量工程实践表明该应力吸收系统具有良好的防反效果，Bischoff 在威斯康星州对 Strata 系统的评估认为：使用 Strata 系统与对照段相比仅有 6% 的反射裂缝，效果十分明显，但这些裂缝都出现在了原接缝顶部。Strata 应力吸收系统造价很高且施工难度较大，均匀的铺层厚度和压实度是技术难点，细集料很多的混合料级配不易控制，最终会影响实际施工质量。应力吸收层对于防治反射裂缝有一定的效果，但对改性沥青材料的路用性能要求很高，使用的施工条件、要求和成本也较高。

3.设置夹层加筋材料

相比于抗压强度，沥青混合料的抗拉能力较差，所以采用加筋法

加强沥青混凝土的抗拉强度是抑制裂缝的重要手段，利用夹层加筋材料的抗拉伸性能来消减沥青层的拉应力，并改善其应力分布，从而达到减缓反射裂缝发生和扩展的作用。这些材料的加筋效果主要由其自身的拉伸强度、与结构层之间的粘结程度和桥联增韧等因素决定。

加筋材料主要包括玻纤格栅、土工布、沥青油毡、钢丝网等。通过跟踪调查发现，土工织物夹层不能显著减小接缝处的弯沉差，对于旧板接缝运动产生的剪切应力很难起到消散作用，加铺路面结构很快出现反射裂缝。沥青罩面前必须对旧水泥混凝土面板及板底基础进行有效的处治，特别是接缝的传荷能力对土工布的性能和使用效果有很大的影响。

4.预切缝和灌缝

加铺层铺设完毕后，在原水泥混凝土路面接缝处锯开新的接缝，在通车前及时充填缝料防止路表水流入或异物卡入。对接缝处的沥青混凝土预先切缝，做法与水泥混凝土缩缝的处理方式类似，可以在接缝处易产生变形的位置为沥青加铺层集中的应力提供预定的释放位置，从而控制随机方向扩展的裂缝，用于防止反射裂缝从底层的水泥混凝土接缝到加铺层的随机扩展。但这个措施弊端如同水泥混凝土路面接缝一样，接缝渗水问题实际上常见而无法控制，且接缝的存在又影响了行车的舒适性。

五、成果

（一）技术原理

板缝处治技术通过“清缝→植楔灌封→铺高强阻裂纤维→防水固

结封层”四阶递进工艺实现结构性强化。首阶段采用双级清缝法：先以专用开槽机扩缝并清除缝内泥沙及异物；再换装金刚石切割片对缝壁进行精密修整，确保清理深度，并采用高压吹风机吹扫，使界面达到“无尘、无油、干燥”状态，为后续材料粘结提供理想基面。次阶段实施金刚砂楔形体植入：灌入 10~20 目的精选金刚砂或辉绿岩，整平至与路面齐平后，淋注环氧改性固结胶，胶体充分渗透填充骨料间隙，经 1-2h 固化形成孔隙率 $30\% \pm 2\%$ 的蜂窝状支撑体，可有效分散车辆荷载导致的接缝处应力集中（有限元分析显示应力峰值降低 42%）。第三阶段铺设复合阻裂纤维带：采用高强聚酯纤维布为增强骨架，复合热塑性弹性体基材，通过专用压辊使其与缝壁紧密粘合，形成接缝“桥跨结构”，该结构在 -20°C 低温下仍保持 7.8% 延伸率，可阻断裂缝扩展路径并吸收 80% 以上的层间拉应力。终阶段施作防水固结封层：均匀洒布有机高分子封层材料，形成连续防水膜，同时作为弱结合界面，协调沥青层与水泥板的变形差异，完成从微观填充到宏观封闭的立体防护体系构建。

（二）技术特点

1. 多级材料复合结构

蜂窝楔体-阻裂纤维-防水封层立体阻裂结构系统：

蜂窝楔体：金刚砂与抗裂固结胶结合成多孔结构体，抗压强度增大。其蜂窝状孔隙可分散 80% 接缝应力，显著降低裂缝尖端应力集中系数，同时提供刚性支撑限制板块错动。

阻裂纤维带：表层耐高温织物提供足够抗拉强度以抑制裂缝扩展；中间高弹性聚合物层吸收交通荷载冲击能；底层粘附膜实现与基面满

粘密封。三者形成接缝“桥跨结构”，横向隔断应力传递路径，纵向分散动态荷载。

防水固结封层：断裂延伸率高的高分子材料形成弱结合界面，平衡层间模量差异，降低剪应力。

2.协同力学响应机制

应力三重阻断体系实现动态荷载适应性：

（1）楔体嵌锁消能：蜂窝结构消纳接缝位移，减少沥青层底部拉应变；

（2）高强阻裂纤维加筋阻裂：高强织物承担 60%以上拉应力，将裂缝宽度发展限制在 $<0.5\text{mm}$ ；

（3）防水固结封层延寿：弹性材料吸收温度应力，延缓微裂纹扩展速率。在轴载 13t 重载条件下，该系统维持层间剪应力 $\leq 0.15\text{MPa}$ （传统格栅 $>0.3\text{MPa}$ ）， -15°C 至 50°C 温度循环 10000 次后粘结强度保持率 $>90\%$ 。

（4）长效功能集成优势

防水-阻裂一体化设计突破传统技术局限：

①立体防水栓塞：金刚砂填充层阻断竖向渗水，阻裂纤维带密封接缝界面，防水固结封层覆膜形成表面屏障，三重防护使渗水系数维持在标准范围内；

②主动阻裂本质：通过预置应力分散结构改变裂缝发展路径，实现“分散应力，未裂先防”。相较于传统被动修补，5 年内反射裂缝发生率从 $>70\%$ 降至 $\leq 5\%$ ，设计寿命提升；

③全气候服务能力：高温型阻裂纤维带（ 38°C +环境软化点 $\geq 85^{\circ}\text{C}$ ）

与低温型封层（-15℃柔韧验证）覆盖极端工况，保障南北方差异化环境下的长效性能。

（5）技术本质创新

相较于市场防反工艺，OPRC 实现三大范式转变：

①从隔离到融合：防反结构与基层形成整体受力体系（vs 玻纤格栅物理隔离）；

②从单一到协同：楔体（刚性支撑）-阻裂纤维带（柔性过渡）-封水封层（弹性密封）功能互补；

③从短期到长效：12 年设计寿命内养护成本降低 57.6%，全生命周期效益提升显著。

（三）主要技术指标

本技术体系通过实验室测试与工程验证，在核心性能指标上实现全面突破：路面使用寿命显著延长；反射裂缝抑制性能显著优于行业标准，加速加载试验中裂缝出现时间延长至 48 个月以上（达传统方案的 4 倍），实际运营 5 年后每公里裂缝数量控制在 3 条以内（仅为行业平均值的 1/5）。

选用材料性能方面：金刚砂（黑质灰岩）（ $\text{SiO}_2 > 52\%$ ， $\text{Al}_2\text{O}_3 > 18\%$ ）。该矿体火山玻璃质结构赋予其天然辉绿纹理，物理性能出众：莫氏硬度高达 7.2 级，抗压强度超过 280MPa，是常规矿源的 1.3 倍。其次，成品粒径误差严格控制在 $\leq 0.12\text{mm}$ 。同时，产品 28 项核心性能参数均稳定超越国家标准基准值 15%-30%。

结构承载性能方面，层间粘结强度 $\geq 0.4\text{MPa}$ 、路表弯沉值较改造前降低 40%以上，拼接带差异沉降低于国标限值；独创的蜂窝状根植楔体抗压强度 $\geq 30\text{MPa}$ ，高强阻裂纤维双向拉力 $\geq 40\text{kN/m}$ ，接缝经万次循环无破坏；防水性能达到 $0.3\text{MPa}/30\text{min}$ 不透水的行业优秀水平。工程经济性优势突出，综合造价仅为传统碎石化工艺的 1/4，且工序工期对沥青路面施工影响可忽略不计。

（四）功能分析

相较于国内外同类技术，本体系展现显著竞争优势：与传统“白改黑”工艺相比，在降低造价、缩短工期的同时，从根本上解决反射裂缝问题，使改造后路面性能接近新建道路水平。同时，本技术的层间功能层体系在防止水分侵蚀方面更具优势，特别适用于多雨地区。相对于欧洲复合防裂系统：欧洲技术以高端材料应用著称，如高强土工复合材料、改性沥青应力吸收层等，其防裂性能优异但成本高昂。本技术通过材料本地化和工艺创新，在保持同等性能水平的同时，将综合成本降低 20%以上。相对于国内常规技术：国内常规技术多采用单一防裂措施（如单纯加厚沥青层或铺设玻纤格栅），缺乏系统性解决方案。本技术通过多技术集成创新，在反射裂缝抑制效果、结构耐久性和环保性能等方面实现全面超越。

（五）成果应用情况

1.成果应用实例

本技术体系已在多个重大道路改造工程中成功应用，展现出显著

的技术优势：

湖南安之路新材料有限公司近几年公路路面裂缝处治工程实例

序号	区域	项目名称及介绍	业主单位项目负责人
1	湖南	2017年岳阳县岳荣新公路大修工程 (G240 岳阳至荣家湾段)	岳阳公路建养中心副主任高建勋
2	广西	2017 年省交投集团柳南高速四改八项目伶俐段	交投集团四改八项目负责人朱志勤
3	广东	2019 年韶关曲江 G106 国道大修	曲江市公路建养中心主任李宏卫
4	广西	2018钦州市钦州大道大修工程	沿海公路发展中心主任王岸然
5	湖南	2019年岳阳市平江S318线大修项工程	岳阳公路局养护科袁服务
6	广西	2022年南宁武鸣区 G358 线大修工程	桂西公路发展中心工程部王孔欢
7	湖南	2022年湘潭市雨湖区宋仙路(X145) 提质改造工程	雨湖区农村公路建养中心主任曾铁军
8	湖南	2022年湘乡市G240国道应急大修	湘潭市公路建养中心副主任赵雨
9	湖南	2023年湘潭市雨湖区鹤毛线 (C142) 提资改造工程	雨湖区农村公路建养中心主任曾铁军
10	湖南	2023年娄星区沥青路面反射裂缝修复施工项目 (万宝镇黑泥塘至槐柳公路)	娄星区农村公路建养中心主任黄湘文
11	湖南	2024年S325湘潭县中修工程	湘潭市公路建养中心副主任赵雨
12	湖南	2024年湘乡市S328线中修工程	湘潭市公路建养中心副主任赵雨
13	湖南	2024年湘乡市S222大修项目	湘潭市公路建养中心副主任赵雨
14	湖南	2024年娄星区X023线大修工程	娄星区农村公路建养中心主任黄湘文

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

“白改黑”路面工程反射裂缝病害立体防治新技术

评价意见

2025年8月12日，湖南省公路学会在长沙组织召开了“白改黑”路面工程反射裂缝病害立体防治新技术评价会。评价委员会专家(名单附后)审阅了湖南安之路新材料有限公司提供的技术资料，并听取了研发和应用单位的汇报，经质询、讨论，形成如下评价意见。

一、项目组提供的资料齐全、内容完整、数据翔实，符合技术评价要求。

二、项目组通过理论分析、模型试验和工程实践等手段，对“白改黑”路面工程反射裂缝病害立体防治新技术进行了系统研究，取得了以下主要创新点：

(1)提出了以“蜂窝楔体-阻裂纤维-防水封层立体阻裂结构”的“白改黑”路面工程反射裂缝病害立体防治新技术(OPRC技术)。

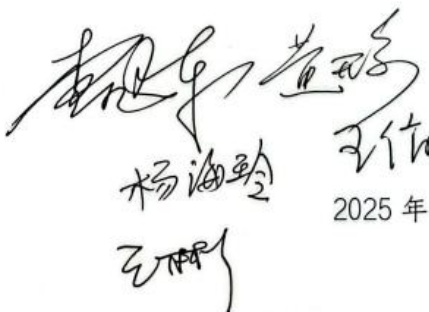
(2)研发了抗裂固结胶、高强阻裂纤维带和防水固结封层聚合物新材料。

(3)提出了“清缝→灌封植楔→铺高强阻裂纤维→喷洒防水固结封层”四阶段递进施工工艺，形成了“研发-生产-施工”成套技术。

三、该技术已成功应用于广西柳南高速公路四改八工程、湖南省G240国道岳阳县段和湘乡市段养护工程等高速公路、国省干线、农村公路和市政道路项目，经济、社会、环境效益显著，推广应用前景良好。

四、建议：持续跟踪新技术应用效果，积累数据，以促进推广应用。

专家签名：


杨海玲 王作 王明

2025年8月12日

(2) 岳阳县岳荣新公路大修工程(G240 岳阳至荣家湾段)OPRC 技术“白改黑”工程反射裂缝病害立体防治工艺 2021 年用户意见:

湖南安之路新材料有限公司

白加黑路面缝槽式防止反射裂缝处治工艺用户意见

项目名称	岳阳县岳荣新公路大修工程 (G240 岳阳至荣家湾段)	完工 时间	2017 年 10 月
项目简介	岳阳县岳荣新公路大修工程全长 22.8km, 路幅宽度 16 米-24 米, 双向四车道, 采用花带作为中央分隔带将车道安全分开。原路面结构为水泥砼, 经原路面病害处治、接裂缝处治等处治工艺后加铺 9 cm 沥青砼面层。		
业主意见	1、经过现场的效果对比, 缝槽式防止反射裂缝处治工艺与传统的接裂缝抗裂贴的处治工艺对比, 该新工艺对防止反射裂缝效果较好。(见附件现场效果图) 2、该工艺用多种材料层叠加形成一个材料构件, 材料构件的抗拉抗折能力好, 与下面层水泥板粘结牢固, 与沥青上面层也粘结牢固, 能有效延缓反射裂缝的出现。 3、该新工艺在施工过程中对混凝土下面板的接缝和随机裂缝都形成了较好的防水效果, 提高了复合路面的防水性能。 4、该新工艺在整个施工过程中对混凝土下面板不会造成破坏, 既能充分利用原有路面, 保证下面层的完整度和强度, 又不会增加路面标高, 这样很好的保证了工程地段两边居民的环境。  2021 年 3 月 26 日		
施工单位意见	1、该工艺常温施工, 施工过程简便安全, 半幅施工无需阻断交通, 适合于人群密集车流量大的城市集镇路段施工。 2、无需铣刨混凝土下面板, 因此噪音扬尘污染小, 不会对周边居民造成影响。 3、该公司施工工人细致到位, 有自检人员, 施工作业无死角。 4、经过数年时间的检测, 该路段现在使用良好, 并在 2018 年被评为湖南省最美干线公路第三名。  2021 年 3 月 26 日		

(3) 岳阳县岳荣新公路大修工程(G240 岳阳至荣家湾段)OPRC
技术“白改黑”工程反射裂缝病害立体防治工艺 2025 年用户意见

用户报告

项目名称	岳阳县岳荣新公路大修工程(G240 岳阳至荣家湾段)白加黑路面改建工程		
建设单位	岳阳市公路建设和养护中心	项目起止时间	2017年10月~2017年11月
施工单位	岳阳盛利工程有限公司		
工程概况	岳阳县岳荣新公路大修工程全长22.8km,路幅宽度16米-24米,双向四车道,采用花带作为中央分隔带将车道安全分开。原路面结构为水泥砼,经原路面病害处治、采用OPRC技术“白改黑”工程反射裂缝病害立体防治工艺后加铺 9cm沥青砼面层。		
实施情况	采用同路段平行对比的方式,在同一路段内选取病害条件相近的裂缝或接缝,分别应用OPRC工艺和传统抗裂贴工艺进行处治,并在相同的交通与环境条件下进行长期观测试验。通过定期(每3至6个月)追踪裂缝发展情况,记录反射裂缝的出现时间、宽度与长度的扩展速率,以及处治区域周边是否出现衍生裂缝。同时,结合探地雷达和落锤式弯沉仪等无损检测手段,评估两种工艺处治后路面结构层的完整性、层间粘结状态及弯沉值变化。最后,从材料成本、施工时间、设备需求及后期维护等方面综合评估两种工艺的经济性与施工效率,完成全寿命周期成本分析。		
试验路段对比结论	根据试验路段以及施工路段为期8年的跟踪观测,采用OPRC缝槽式处治工艺的路段未见明显反射裂缝复发,而传统抗裂贴处理区在12个月内复发率达25%以上。芯样试验表明,OPRC处理区层间粘结强度提高约30%,且施工效率提升约20%,综合维护成本降低约18%。		
建设单位意见及评价	综合“白改黑”路面工程反射裂缝病害立体防治新技术(OPRC技术)试验段以及施工段使用效果表明: (1) 该新工艺在施工过程中对混凝土下面板的接缝和随机裂缝都形成了较好的防水效果,提高了复合路面的防水性能。 (2) 该新工艺在整个施工过程中对混凝土下面板不会造成破坏,既能充分利用原有路面,保证下面层的完整度和强度,又不会增加路面标高,噪音扬尘污染小;这样很好的保证了工程地段两边居民的环境。 (3) 该工艺常温施工,施工过程简便安全,半幅施工无需阻断交通,适合于人群密集车流量大的城市集镇路段施工。 (4) 经过数年时间的检测,该路段现在使用良好,并在2018年被评选为湖南省最美干线公路第三名,此工艺具有显著的经济效益和广阔的应用前景。 岳阳市公路建设和养护中心(盖章) 时间: 2018年9月1日		

(4) 湘潭市雨湖区鹤毛线(C142)提质改造工程 OPRC 技术“白改黑”工程反射裂缝病害立体防治工艺用户意见:

湖南安之路新材料有限公司
OPRC技术“白加黑”工程反射裂缝病害立
体防治工艺用户意见

项目名称	湘潭市雨湖区鹤毛线(C142)提质改造工程	完工时间	2024年5月
项目简介	工程全长全长2.1km，全线为乡镇级公路。原路面结构为水泥砼路面，经原路面病害处治、板缝专业处治后加铺4cm沥青砼面层。		
用户意见	1、经过现场的效果对比，OPRC技术“白加黑”工程反射裂缝病害立体防治工艺与传统的接裂缝抗裂贴的处治工艺对比，该新工艺对防止反射裂缝效果较好。 2、该工艺用多种材料层叠加形成一个材料构件，材料构件的抗拉抗折能力好，与下面层水泥板粘结牢固，与沥青上面层也粘结牢固，能有效延缓反射裂缝的出现。 3、造价与传统的碎石化施工工艺进行比较，只有四分之一以内。 4、工期短，本工序所用时间对沥青路面而言，几乎可以忽略不计。 5、技术细节的严谨性让人印象深刻。缝槽式板缝处治时，从清缝的深度控制到颗粒的精准选料，再到固结胶的充分浸润，每一步都有明确标准，现场施工人员操作起来条理清晰，质量可控。 这项技术既兼顾了短期施工的便捷性，又保障了长期使用的可靠性，尤其适合乡村公路“白加黑”改造项目，真心值得推广。 2025年5月26日 		

(5) 娄底娄星区 X023 线白改黑大修工程(水泥路面裂缝处治)OPRC 技术“白改黑”工程反射裂缝病害立体防治工艺用户意见:

湖南安之路新材料有限公司

OPRC技术“白加黑”工程反射裂缝病害立体防治工艺用户意见

项目名称	娄底娄星区X023线白改黑大修工程（水泥路面裂缝处治）	完工时间	2024年1月
项目简介	娄星区X023线路面白改黑大修工程，为修复性养护工程，全长3km，建设主要内容：更换C30混凝土面板835m²，加铺厚5cm AC-13沥青混凝土路面21298m²，水泥路面裂缝处治(采用OPRC技术)8500m，标线1084m²。		
用户意见	1、该工艺用多种材料层叠加形成一个材料构件，材料构件的抗拉抗折能力好，与下面层水泥板粘结牢固，与沥青上面层也粘结牢固，能有效延缓反射裂缝的出现。 2、该新工艺在施工过程中对混凝土下面板的接缝和随机裂缝都形成了较好的防水效果，提高了复合路面的防水性能。 3、只是在原有路面增加较小的沥青面层厚度，而不是传统的加铺30cm左右水泥稳定土再铺沥青路面，路面标高变化较小，可以减少影响路两侧房屋门前的人员出行，也使得路面以上的构造物与完工后的沥青路面之间净空减少较小。 4、造价与传统的碎石化施工工艺进行比较，只有四分之一以内。 5、不破坏原有水泥砼面板的结构，将原有水泥砼面板结构作为沥青路面的基层。 综上所述，安之路OPRC四新技术在“白加黑”项目中，既能通过提升路面性能、减少社会干扰实现长远社会效益，又能通过控制造价、降低全周期成本创造显著经济效益，具备广泛推广应用的专业价值与实践意义。  2025年 8月 4日		

(6) 益阳安化县奎溪镇 K335+364-K336+309(水泥路面裂缝处治)OPRC 技术“白改黑”工程反射裂缝病害立体防治工艺用户意见:

湖南安之路新材料有限公司

OPRC技术“白加黑”工程反射裂缝病害立体防治工艺用户意见

项目名称	益阳安化县奎溪镇K335+364-K336+309	完工时间	2024年 3 月
项目简介	工程全长 1 km,路幅宽度 7 米,双向 二 车道,原路面结构为水泥砼,经原路面病害处治、接裂缝处治等处治工艺后加铺 5 cm沥青砼面层。		
用户意见	1、经过现场的效果对比,OPRC技术“白加黑”工程反射裂缝病害立体防治工艺与传统的接裂缝抗裂贴的处治工艺对比,该新工艺对防止反射裂缝效果较好。 2、该工艺用多种材料层叠加形成一个材料构件,材料构件的抗拉抗折能力好,与下面层水泥板粘结牢固,与沥青上面层也粘结牢固,能有效延缓反射裂缝的出现。 3、该新工艺在施工过程中对混凝土下面板的接缝和随机裂缝都形成了较好的防水效果,提高了复合路面的防水性能。 4、该新工艺在整个施工过程中对混凝土下面板不会造成破坏,既能充分利用原有路面,保证下面层的完整度和强度,又不会增加路面标高,这样很好的保证了工程地段两边居民的环境。 5、不破坏原有水泥砼面板的结构,将原有水泥砼面板结构作为沥青路面的基层。 6、只是在原有路面增加较小的沥青面层厚度,而不是传统的加铺30cm左右水泥稳定土再铺沥青路面,路面标高变化较小,可以减少影响路两侧房屋门前的人员出行,也使得路面以上的构造物与完工后的沥青路面之间净空减少较小。 7、造价与传统的碎石化施工工艺进行比较,只有四分之一以内。 8、工期短,本工序所用时间对沥青路面而言,几乎可以忽略不计。 9、技术整体承包施工,同橡胶沥青同步碎石封层相互组合,相互配合,形成一道立体防水栓塞,即达到防水的作用,又从根本上解决防止反射裂缝的目的,从而提高沥青路面5年以上使用寿命。		



(7) 湘潭市雨湖区宋仙路(X145)提质改造工程 OPRC 技术“白改黑”工程反射裂缝病害立体防治工艺用户意见:

湖南安之路新材料有限公司 OPRC技术“白加黑”工程反射裂缝病害立 体防治工艺用户意见

项目名称	湘潭市雨湖区宋仙路(X145)提质改造工程	完工时间	2023年6月
项目简介	本项目全长15.165km, 主线原路面主要结构为: 20cm厚C30水泥砼面层+原老路基层, 现状路线路面病害较多, 拟采取原水泥砼路面病害处治后加铺沥青面层方案对老路进行改造。此项是针对水泥混凝土路面缩缝、胀缝、裂缝等病害进行防止反射裂缝处治。		
用户意见	1、该新工艺在整个施工过程中对混凝土下面板不会造成破坏, 既能充分利用原有路面, 保证下面层的完整度和强度, 又不会增加路面标高, 这样很好的保证了工程地段两边居民的环境。 2、不破坏原有水泥砼面板的结构, 将原有水泥砼面板结构作为沥青路面的基层。 3、造价与传统的碎石化施工工艺进行比较, 只有四分之一以内。 4、技术整体承包施工, 缝槽式板缝处治及基层洒布“封水帮”相互组合, 相互配合, 形成一道立体防水栓塞, 即达到防水的作用, 又从根本上解决防止反射裂缝的目的, 从而提高沥青路面使用寿命。 5、在施工过程中, 对施工团队的技术水平要求较高, 现场施工人员严格按照每一道工艺标准操作, 专业性强, 进度快, 极大发挥技术效果。 6、通车至今有一年之久, 从使用效果来看, “防裂+防水”的双重作用十分突出。投入使用后, 路面接缝处的反射裂缝明显减少。对比之前采用传统工艺的路段, 同等交通荷载下, 采用“OPRC四新技术”的路面平整度更好, 行车颠簸感减轻, 而且后期几乎不用频繁修补, 大大降低了养护成本。 总体而言, 安之路“OPRC技术”是一项经济、高效、可靠的路面改造技术, 值得在公路“白加黑”工程中推广应用。		

2025 年 月 日



(8) 2023 年 G240 线湘潭段路况提升工程 OPRC 技术“白改黑”工程反射裂缝病害立体防治工艺用户意见：

2023 年 G240 线湘潭段路况提升工程 OPRC 技术“白改黑”工程反射裂缝病害立体防治工艺用户意见：

湖南安之路新材料有限公司

OPRC 技术“白改黑”工程反射裂缝病害立体防治工艺用户意见

项目名称	2023年G240线湘潭段路况提升工程	完工时间	2024年4月
项目简介	2023年G240线湘潭段路况提升工程。二级公路，幅宽9米，铣刨沥青面层到基层原水泥混凝土路面，板缝进行防止反射裂缝新技术处治。		
用户意见	1、该技术突破传统单一防裂或防水的处置模式，通过“缝槽式板缝精细处治+有机高分子封层整体加固”的协同工艺，形成“刚柔相济、防水与防裂一体化”的立体防护体系。 2、该工艺用多种材料层叠加形成一个材料构件，材料构件的抗拉抗折能力好，与下面层水泥板粘结牢固，与沥青上面层也粘结牢固，能有效延缓反射裂缝的出现。 3、该新工艺在施工过程中对混凝土下面板的板缝和随机裂缝都形成了较好的防水效果，提高了复合路面的防水性能。 4、独特性：经济性好，工期短，对周边影响小，防水防反射裂缝效果显著，能大幅提高路面使用寿命。 总体而言，安之路“白改黑”立体防治反射病害新技术（OPRC技术）在经济性和适用性方面优势突出，具有较高的推广价值，但在实际应用中需结合具体情况，做好施工管理和后期监测，以充分发挥其效能。		



六、推广前景

OPRC 技术进一步推广应用具备优越的条件和广阔的前景，其发展深度契合国家战略与市场需求。新型城镇化催生的超 10 万公里城镇道路改造、乡村振兴带来的约 120 万公里农村公路提质需求，共同构成了巨大的市场基础。

技术本身的持续优化确保了广泛适应性：已针对不同气候区（北方冻融、南方多雨、西北干旱）开发差异化方案并建立示范工程，并能通过强化设计（如高强碳纤维网格）有效应对重载交通挑战。成熟的产业链提供了坚实保障：纤维网格等核心材料已形成覆盖全国 80% 区域的供应网络，成本显著下降（30%），供货高效（7 天内）。凭借卓越的经济性、普适性和防治效果，OPRC 技术可在全国公路“白改黑”工程中大规模应用，更具备向机场道面、桥面铺装等其他路面改造领域拓展的巨大潜力。

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，邮箱：337043524@qq.com。

模块化智慧污水处理设备

一、成果名称

模块化智慧污水处理设备

二、成果来源

2023 年湖南省科学技术成果评价：模块化智慧污水处理关键技术研究与应用（编号：HN022023020065）

三、适用范围

主要用于高速公路服务区、酒店、村镇、旅游区等较分散的点源生活污水的处理。

四、国内外相关技术现状

目前，国内外高速公路服务区污水处理技术呈现多元化发展，以适应分散式、水量波动大的处理需求。国外技术则体现地域特色，日本净化槽技术法规体系完善但成本较高；德国推崇高效紧凑的 MBR 与低运行成本的 PKA 湿地相结合的模式，兼顾处理效果与生态景观；美国则更倾向于采用土壤吸收、砂滤等低投资的自然处理系统。但由于专利技术和地域性等原因，其建设投资成本一般明显高于国内常规的污水处理系统，且国外服务区污水水质、水量以及服务区场地条件也与我国存在明显差别，没有被广泛推广。

国内技术注重高效性与适应性，主流及创新工艺包括抗冲击能力强、污泥产量低的 A^2/O 耦合 MBR 膜技术，适用于高寒地区、无需外加碳源的 P-AD 自养反硝化技术，以及主体工艺和物联网远程监控

的集装箱模块化智能成套设备等。但现有的高速公路服务区污水处理设备普遍存在处理设施设计选型与实际进水水质水量变化不匹配、运行与维护不及时、出水水质难稳定达标等问题。处理主体设备大多为半自动控制，有些工况仍需大量人工操作，污水处理单元无法根据进出水反馈情况调整控制工况，过分依赖现场操作人员的经验和管理水平，也导致较多服务区污水处理设施运行效果不佳甚至瘫痪和处于晒太阳状态。本设备在原有污水处理设施基础上，优化了设计参数、工艺流程、基础设施、设备及其控制部分，实现提质增效的目标。湖南省科学技术信息研究所对本项目进行了技术成果评价，专家一致认为，该成果整体达到国内领先水平。

目前湖南省内外服务区上应用的同类型 A²O+MBR 的工艺设备对比情况详见下表：

表 1 国内服务区污水处理设备对比（以 200t/d 规模为例）

项目	规模 (t/d)	单位投资（万 元/吨水）	能耗（元 /吨水）	药耗（元 /吨水）	绝干污泥 产量（kg/ 吨水）	占地面 积（m ² ）
湖南省 外服务 区	200	0.6-1.4	1.0-1.4	0.8-1.4	0.16-0.18	50-80
湖南省 内服务 区	200	0.5-0.7	0.8-1.1	0.7-0.8	0.16-0.17	40-60
模块化 智慧污 水处理 设备	200	约 0.60	约 0.85	约 0.70	约 0.12	约 43.5

注：省内服务区污水处理设施一般限价建造，整体造价均偏低。

与国内同类型产品相比，模块化智慧污水一体化设备采用污泥消减技术、内部碳源补充系统（补充部分）、以及智能控制系统，实现能耗降低约 10%~20%，加药量减少约 5%~10%，污泥减少约 30%~40%，有效减少碳排放。结合智慧运维管理平台，形成平日、节假日 2 种运行模式，有效应对服务区污水的潮汐现象，提高系统抗冲击负荷能力，早期设备已稳定运行 2 年以上，能有效降低运维费用及设备故障率。

五、成果

（一）技术原理及特点

1.分段式进水和污泥回流。原水分别进入厌氧池和缺氧池，可根据进水水质变化灵活调节进水配比，提高脱氮除磷效率。设备内部优化分格，平时可运行单格，另一格可用于污泥定向消化并进行化学除磷，单次减量达 50%以上，大量减少剩余污泥排泥量。上清液作为碳源按配比回流至厌氧、缺氧区，提升内部碳源利用率和脱氮除磷效率。在节假日运行模式前（2~4d）利用单格运行系统排放的剩余污泥（或其混合液）提前储存至另一隔间，可快速启动生化处理系统，免传统意义上的长周期污泥培养过程，节约能源，满足节假日突增的污水量处理需求。

2.优化水力流态，提高空间利用率。一是通过回流管道位置设定及定向开孔，能够保证原水与回流液经管道进入各区域后，易形成混流状态，充分混合此区域内的水质，进一步提升原水与回流液的混合效果，强化污染物的去除。二是通过优化过水孔形状和位置及增设波

浪形导流板增加流程和混合时间，使微生物与污水充分混合，减少短流，增大微生物与污水的接触时间，减少微生物的沉淀，强化污染物去除效果。

3.智慧运营平台。设计平日、节假日 2 种运行模式，在平日采用间歇式运行，同时根据平日进水量、溶解氧浓度自动调节曝气量、加药量等，使系统处于节能、稳定运行状态；节假日时，调整为高负荷运行，通过强化预处理，调整曝气量、回流量等，使系统满足节假日突增的污水量处理需求，保证出水水质稳定达标；系统可根据历史数据或时间进行模式预判自动切换或由现场人员进行一键式切换来调整运营模式，可强化系统抗冲击负荷能力，节约人力成本。

（二）主要技术指标

该技术适用于 $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 700\text{mg/L}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N} \leq 140\text{mg/L}$ 、总氮 $\leq 160\text{mg/L}$ 、总磷 $\leq 12\text{mg/L}$ 、pH：6-9 的污水处理。2025 年，CMA 认证机构湖南华检技术服务有限公司出具的检测报告（编号 XHJJ253190-0993、XHJ-HJ253190-0613）显示，袍木园服务区（西区）、汉寿服务区污水处理设备处理后出水水质达到《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》DB43/T1546-2018 中规定的二级标准，即 $\text{COD}_{\text{Cr}} \leq 40\text{mg/L}$ 、 $\text{BOD}_5 \leq 10\text{mg/L}$ 、 $\text{NH}_3\text{-N} \leq 3\text{mg/L}$ （水温 $\leq 12^\circ\text{C}$ 时 $\text{NH}_3\text{-N} \leq 5\text{mg/L}$ ）、总氮 $\leq 15\text{mg/L}$ 、总磷 $\leq 0.5\text{mg/L}$ 、pH：6-9、动植物油 $\leq 1.0\text{mg/L}$ ，符合在非生态环境敏感区内新建城镇污水处理厂的水质要求。

（三）功能分析

1.核心工艺与效能优化：模块化智慧污水设备以 $\text{A}^2\text{O}+\text{MBR}$ 为主体工艺，优化水力流态，提高水力混合效率避免出现短流、死水区

等，提高空间利用率，减少占地面积。布水、回流及加药混合点通过优化原水管道及回流管道的出流孔，利用管道出水压力在设备的厌氧区、缺氧区形成混流状态；过水点通过优化过水孔形状和位置，采用多个小孔过水，增设波浪形导流板增加流程和混合时间，节能的同时能充分提升污水处理效率。

2.抗冲击能力与智慧运营：模块化设计结合智慧运营模式，应对水量大幅度波动情况（高峰期约为时期 3~4 倍的污水量），抗冲击负荷能力强，已在茶陵、南长城、袍木园等多个服务区应用，部分已稳定运行 2 年以上。利用设备内部的优化分隔结合智慧运维管理平台，形成平日、节假日 2 种运行模式，适应服务区污水的潮汐变化，保证出水水质稳定达标；系统可根据历史数据或时间进行模式预判自动切换或由现场人员进行一键式切换来调整运营模式，实现无人值守及远程操作；智慧运营系统可有效识别设备故障、派单到人，提高故障解决效率，系统可有效降低运维及监管费用。

3.低碳运行与资源循环：内部碳源补充系统、污泥消减技术与智能控制系统结合，适用于低碳氮比（ $C/N \leq 4$ ）的污水处理，实现污水设备的智慧运行。根据进水碳氮比调节分段进水的配比、曝气模式、停留时间、加药量等，实现能耗降低约 10%~20%，加药量减少约 5%~10%，污泥减少约 30%~40%。同时剩余污泥经定向厌氧发酵后进行化学除磷，上清液作为碳源按配比回流至厌氧、缺氧区，减少剩余污泥量，提升内部碳源利用率，实现低碳运行。

（四）成果应用情况

1.成果应用实例

该设备自 2021 年投入市场以来，已在湖南省多个高速公路服务

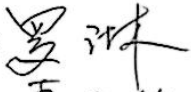
区、收费站、中心站以及农村污水处理站实现规模化应用，包括湖南高速广通实业发展有限公司茶陵服务区污水提质改造工程、南长城服务区污水处理项目等，应用案例总数 56 个，装备应用 71 余台套，每台设备的处理规模在 0.5~300m³/d 不等。应用企业一致认为由我公司提供的模块化智慧污水处理设备出水水质稳定达标、能耗低、运行状况良好，对消减污水排放改善服务区周边生态、提高服务区整体环境具有重要意义。该设备的主要应用企业情况表如下：

应用单位名称	应用的起止时间	运行年限	关键成效
中交第四公路工程局有限公司（长沙西服务区）	2021. 12. 25 —至今	3 年	设备装备并应用，处理后出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 的一级 A 标准
湖南高速广通实业发展有限公司（茶陵服务区）	2022. 12. 21 —至今	2 年	设备装备并应用，处理后出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 的一级 A 标准
湖南高速广通实业发展有限公司（南长城服务区）	2022. 12. 8 —至今	2 年	设备装备并应用，处理后出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 的一级 A 标准
中交第三公路工程局有限公司（靖黎四标污水处理工程）	2023. 8. 25 —至今	1 年	设备装备并应用，处理后出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 的一级 A 标准
中交第三公路工程局有限公司（芷铜高速污水处理）	2023. 9. 15 —至今	1 年	设备装备并应用，处理后出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 的一级 A 标准

湖南省高速公路集团有限公司（沅辰高速房建工程项目）	2023. 9. 23 —至今	1 年	设备装备并应用，处理后出水水质达到《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》DB43/T 1546-2018 的二级标准
湖南省高速公路集团有限公司（官新高速污水处理施工总承包项目）	2023. 11. 26 —至今	1 年	设备装备并应用，处理后出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 的一级 A 标准
湖南省高速公路集团有限公司（潭邵大修工程服务区污水处理提质改造工程项目）	2023. 11. 30 —至今	1 年	设备装备并应用，旧设备改造。处理后出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》GB18918-2002 的一级 A 标准
湖南省高速集团工程分公司（永新高速房建工程总承包项目污水处理工程项目）	2024. 10. 30 —至今	10 个月	设备装备并应用，处理后出水水质达到《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》DB43/T 1546-2018 的二级标准
湖南省高速公路集团有限公司（醴娄高速公路污水处理专业工程施工项目第一标段）	2024. 11. 7 —至今	10 个月	设备装备并应用，处理后出水水质达到《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》DB43/T 1546-2018 的二级标准
湖南省高速公路集团有限公司（益常扩容高速公路污水处理专业工程施工项目第一标段）	2024. 11. 28 —至今	9 个月	设备装备并应用，处理后出水水质达到《湖南省城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》DB43/T 1546-2018 的二级标准

2.使用单位及学会评价

(1) 湖南省科学技术信息研究所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：93.20 评价结论： 2023年10月23日，湖南省科学技术信息研究所在长沙主持召开了由湖南现代环境科技股份有限公司完成的“模块化智慧污水处理关键技术研究与应用”项目科技成果评价会。评价专家组审阅了资料，听取了项目完成单位汇报，经质询和讨论，形成如下评价意见： 1. 提供的评价资料齐全、规范，符合评价要求； 2. 针对模块化智慧污水处理关键技术进行研究，具有以下特点和创新： (1) 模块化智慧污水设备以 A^2O+MBR 为主体工艺，通过优化原水管道、回流管道的出流孔及利用管道出水压力在设备的厌氧区、缺氧区及加药混合点形成混流状态，通过优化过水孔形状和位置及增设波浪形导流板等增加水力流程，避免出现短流、死水区等，提高空间利用率，设备更加节能、污水处理效率更高。 (2) 智慧运营模式能应对水量大幅度波动情况（可处理高峰期为平时3-4倍的污水量）。利用设备内部的优化分隔，形成平日和节假日的2种不同处理量的运行模式，节能的同时保证出水稳定达标；系统可根据时间进行模式预判自动切换或现场一键切换调整运行模式，实现近无人值守及远程操作。 (3) 开发出的模块化智慧污水一体化设备，适用于低碳氮比（$C/N \leq 4$）的污水处理。设备本身可根据平日节假日两种不同的处理模式调节分段进水配比、曝气量等，在平日运行模式时利用分隔对剩余污泥进行消解，上清液化学除磷后，作为碳源按配比回流至厌氧、缺氧区，可减少30%~40%的剩余污泥量及5%~10%碳源投加量，提升内部碳源利用率，实现低碳运行。 3. 该成果已在湖南高速广通实业发展有限公司南长城服务区污水处理项目以及茶陵服务区污水提质改造工程等项目成功应用，相比同等处理规模，建设成本可降低5%以上，取得了良好的社会效益，具有较强的推广应用价值。 专家一致认为，该成果整体达到国内领先水平。 组 长:  副组长:  2023年10月23日

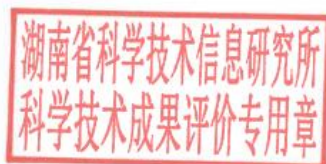
评 价 机 构 声 明

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。

法定代表人/法人代表签字：_____（盖章）



(2) 湖南高速广通实业发展有限公司

用户意见证明

由湖南现代环境科技股份有限公司提供的用于茶陵服务区的模块化智慧污水处理设备，自 2023 年 02 月投入运行以来，运行状况良好，能耗低，出水情况稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准要求，对削减污水排放，改善服务区周边生态，提高服务区整体环境具有重要意义。该公司售后服务态度良好，处理问题及时有效。

湖南广通实业发展有限公司
2023年6月8日



用户意见证明

由湖南现代环境科技股份有限公司提供的用于南长城服务区的模块化智慧污水处理设备，自 2023 年 03 月投入运行以来，运行状况良好，能耗低，出水情况稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级 A 标准要求，对削减污水排放，改善服务区周边生态，提高服务区整体环境具有重要意义。该公司售后服务态度良好，处理问题及时有效。

湖南广通实业发展有限公司
2023年6月25日



六、推广前景

从市场前景来看，中心技术精准契合湖南省绿色低碳交通基础设施建设需求。根据《湖南省“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》及中长期目标，至 2035 年全省将新增服务区 50 对，对应设备需求约 100 套；加之现有服务区因设备老化、运行低效带来的提质改造需求，为长沙设备制造、工程服务等产业提供了广阔市场空间。预计三年内带动销售收入超 5000 万元、利润超 1000 万元，将进一步激活本地供应链产能，带动就业与投资增长。

七、技术持有单位及联系方式

技术持有单位：

湖南现代环境科技股份有限公司

联系人：崔静，邮箱：25394694455@qq.com

基于 4D-BIM+IOT 的大直径深水基础数字化监控平台

一、成果名称：

基于 4D-BIM+IOT 的大直径深水基础数字化监控平台

二、成果来源：

2022 年度交通运输部建设科技项目：基于 4D-BIM+IOT 的大直径深水基础数字化监控平台应用研究（编号：202215）

三、适用范围：

桥梁深水基础、钢围堰

四、国内外相关技术现状：

在钢围堰受力验算、结构优化方面，时天利等以苏通大桥近塔墩主 6 号承台钢围堰工程实践为基础，在吊箱结构和工艺设计中充分考虑了各种最不利工况。秦大燕等进行了桥梁深水基础施工的双壁钢围堰结构计算与设计的研究，对壁体结构构件多重受力特性进行了分析，参照船体结构强度直接计算法，在单元划分对分析结果误差影响分析的基础上，提出了双壁钢围堰结构的三维有限元分析模型、单元划分、强度标准、稳定设计及构造要求等，为双壁钢围堰结构设计提供参考；许红胜等结合长沙三汊矶湘江大桥深水墩基础钢围堰的结构方案的选型，对钢板桩围堰、钢管桩围堰、单壁钢吊箱围堰和双壁钢吊箱围

堰等 4 种应用最为广泛的钢围堰的结构特点及适用条件进行了详细的比较和研究，根据各种围堰结构的适用特点，使选型时能快速确定技术和经济性优良的围堰结构；陈成针对陶乐黄河大桥施工中使用的双壁钢围堰结构，采用三维仿真分析的方法对该围堰进行了整体结构分析，根据分析结果对围堰的设计进行了优化，并用于指导施工。

经分析，上述成果对深水基础施工提供了良好的借鉴意义，但未能给出钢围堰的封底厚度确定方法和最佳的围堰施工工序，且未结合现场实际工序和监测数据调整材料参数、节点约束、荷载变化等，无法精准预测最不利工况时的结构状态，对监测数据的合理性无法做出准确判断。

在钢围堰加工和拼装精度控制方面，对于复杂的钢构件，为了保证现场安装能准确顺利进行，往往需要对实体构件进行预拼装作业，以便当构件出现偏差时可进行及时整改及减小累计误差。实体构件预拼装不仅耗费大量人力、物力、运输、场地等资源，而且对工程进度管理提出了更高要求。传统的预拼装作业不但需要大片场地、检测过程繁琐、测量时间长、检测费用高，传统检测（全站仪、卷尺等）方法效率低、精度低、人为因素影响大，作业过程中也存在一定的安全隐患。日本横河桥梁公司和长冈理工大学联合开发了一种新的检测系统，被称作计算机预拼装检测系统，采用照相技术对控制点的坐标进行提取。周绪红院士团队提出了多尺度点云数据的采集方案，采用陆地式三维激光扫描仪获得构部件细部（螺栓孔）点云数据，通过目标

检测算法和迭代最近邻算法实现多尺度点云数据配准、模型点云数据与扫描点云数据配准，完成阶段钢桁架的数字化预拼装。

经分析，采用激光点云扫描方案，可有效解决传统预拼装作业耗时长、效率低、场地要求高的难题，但其价格高、精度一般，不适用于杆件较多的结构，且无法准确表达复杂的空间关系、施工模拟、碰撞检查、工程量计算等，应用效果不明显。

在钢围堰风险评估研究方面，风险评估的相关理论在众多领域均已有着较为广泛的应用，在桥梁、隧道、边坡等施工安全风险领域已有相关研究。安朗等提出了一种基于结构熵权的非线性模糊评判方法，开展了钢管混凝土拱桥施工风险的研究；王景春等采用 **K-Means** 聚类风险评估方法，进行隧道施工全过程的动态风险评估；吴昊城等系统研究施工过程中边坡关键计算参数的确定方法及风险评估的定量方案，实现施工全过程边坡潜在风险的定量评估。

经分析，针对深水基础双壁钢围堰全过程安全风险管控专项研究较少，且多采用静态风险评估的方法，多数评估指标仍处于定性分析阶段，未考虑施工过程中的实际状态，对施工全过程风险缺乏准确、及时、全面的评估体系。

在钢围堰安全预警及应急预案体系研究方面，近年来，工程项目安全施工的重要性越发凸显，合理的应急预案的设计、实施以及预警系统，建立智能应急决策系统，构建可行的管理体制，是保障项目顺利实施的关键。李金运（2021 年）在《基于 BIM 和 IOT 技术的地铁

运营安全风险管理体系研究》提出了物联网监测系统及地铁运营安全风险可视化预警系统；李艾霖（2021 年）在《建筑工程项目安全应急能力评价及对策研究》中提出一套可用于建筑工程项目现场安全应急能力评价的指标体系，并构建评价模型；高向宇（2020 年）在《浅谈基于 BIM 平台水中钢围堰监测应用研究》中解决了实时数据传输至 BIM 平台进行分析处理，但缺乏完善的应急预案体系。

经分析，上述成果均未针对钢围堰建立安全预警和应急预案体系，而钢围堰的施工与其他结构物施工有较大不同，其施工过程中体系变化多、水位等荷载变化大、施工作业人员较多，一旦施工安全风险管控不及时，无法做到实时安全预警，容易引发大型安全 and 质量事故，存在较大安全隐患。

五、成果

（一）技术原理

以益常高速扩容工程第二合同段资水特大桥、樟树港湘江大桥为依托工程，利用 BIM 技术建立钢围堰、机械设备、桥梁结构、监测设备模型→对钢围堰施工方案和结构进行模拟及优化→利用物联监测设备实时监测钢围堰安全及施工状态→搭建基于 BIM 的 4D 数字化监控和安全预警平台→利用监测数据稳定性稳定性分析研究监测预警指标→安全风险等级评估体系研究。

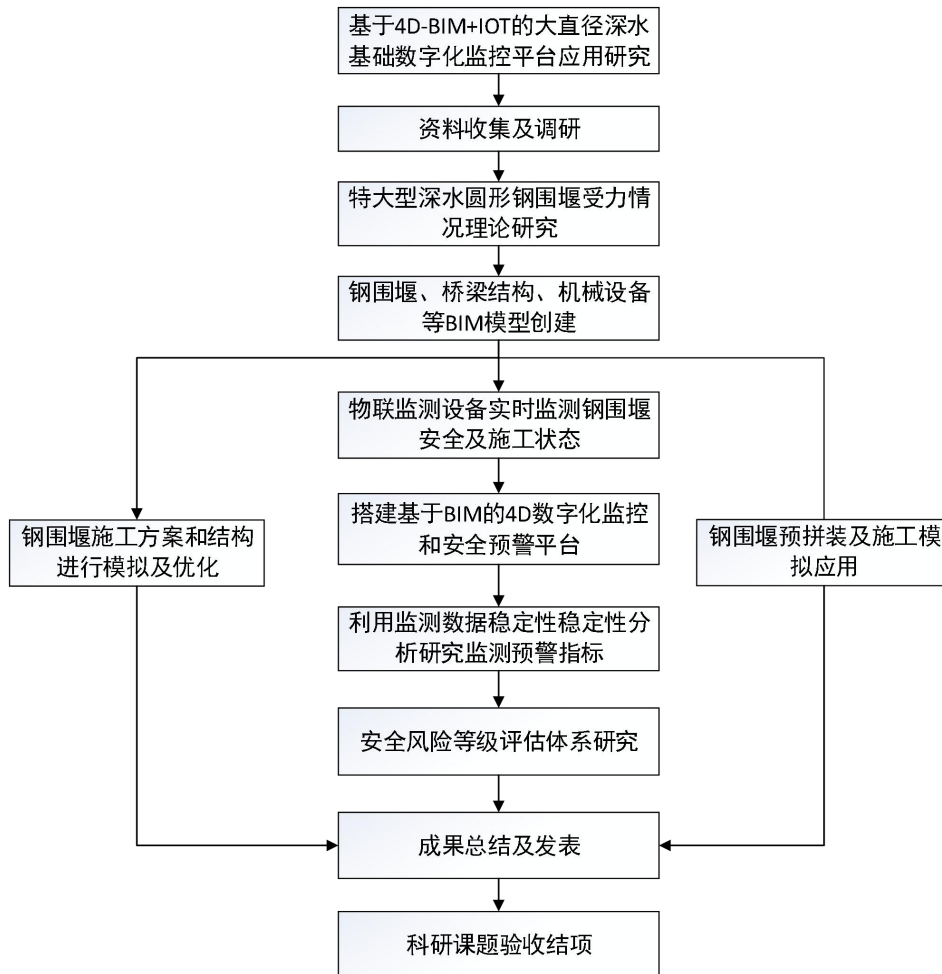


图 1 技术路线图

（二）技术特点

本系统独创动态风险量化评估模块，通过数字孪生引擎实现监测数据实时结算与风险等级智能判定，预警信息推送时效达到秒级响应。较国内外相关技术成果，主要有如下创新点：

1.提出了基于 BIM 技术的钢围堰动态伴随式设计方法，开展碰撞检查、数值分析、虚拟拼装、工艺模拟、精准工程量统计、加工下料单、三维可视化技术交底等应用，全过程参与钢围堰升级及优化。通过 BIM 精细化模型与现场加工构件的精准检测、匹配、分析，实现对钢围堰结构尺寸检测和虚拟预拼装。

2.创建了钢围堰施工期静态及动态风险评估方法，构建了静动态

风险评估指标体系，建立钢围堰静态、动态风险评估模型，并确立静态风险的综合评价安全值，通过对应的安全值区间划分，量化钢围堰静态风险评价和动态风险评价，并对应各区间提供相应的施工建议。

3.研发了基于 BIM+IOT 的深水基础进度管控和数字化监控平台，形成了 4D-BIM 的计划进度与实际进度可视化展示，辅助决策施工方案及施工进度计划的调整和实施；基于数字孪生技术的物理数据与虚拟模型的融合映射，构建了集“全天候监测、安全状态智能评估、主动安全预警、快速应急响应”于一体的智能安全管控体系。

4.构建了钢围堰智能化安全预警及应急预案体系，建立了钢围堰监测预警的双重校验和三级预警体系智能判别预警等级，通过短信、平台自动推送预警信息，提供全天候远程、24 小时不间断的安全保障；内置应急预案措施库，结合现场物联设备检测数据智能触发应急预案，联动管控广播、警铃、水泵等。

（三）主要技术指标

研发了基于 BIM+IOT 的深水基础进度管控和数字化监控平台，提出了大直径深水基础施工期静态及动态风险评估方法，构建了钢围堰智能化安全预警及应急预案体系，保障了依托工程益常扩容工程资水特大桥、樟树港湘江特大桥钢围堰施工安全“零事故”，人员结构安全保障率 100%，通过现场物联设备实时采集数据，切实降低了监测人员成本。累计获得发明 2 项、实用新型专利 4 项、软件著作权 4 项，发表高水平论文 6 篇。

（四）功能分析

1.通过采用基于 BIM 技术的伴随式钢围堰优化设计，提高了钢围

堰设计的精细化程度，避免了因构件碰撞等问题引起的返工，与同期其他项目相比，节约工期 7 天，节约材料成本 5 万元。

2.进度管控平台实现进度计划编制、进度可视化展现、计划进度与实际进度可视化对比分析、偏差预警，辅助决策施工方案及施工进度计划的调整和实施，通过可视化进度管控，与其他同期项目相比，进度管控效率提升 30%-50%，节约工期 12 天。

3.通过平台中动静态风险评估模块和智能监测模块，精准预测未来水位情况下的结构安全状态，指导现场施工。通过平台应用，汛期避免不必要的停工和人员撤离情况 2 次，有效的提高了基础施工效率，累计节约单个主墩基础施工工期 7 天。

4.监测成本低，通过物联网监测设备实时采集钢围堰结构监测数据，避免监测人员长期驻守施工现场高风险监控监测作业，累计减少人员驻场时间 4 人月，节约人工监测成本约 6 万元。

（五）成果应用情况

1.成果应用实例

已成功运用于益常扩容工程资水特大桥、樟树港湘江特大桥项目中，其应用效果佳。与传统人工监测相比，施工安全“零事故”，人员结构安全保障率 100%；监测频次提升 10 倍，应急响应速度提高 200 倍；人工成本降低 8 万元/项目，无纸化办公节约 2 万元/年；累计节约工期 12 天，进度管控效率提升 35%。

与同类型监测平台相比，本系统独创动态风险量化评估模块，通过数字孪生引擎实现监测数据实时结算与风险等级智能判定，预警信息推送时效达到秒级响应。

2.使用单位及学会评价

(1) 交通厅组织的专家组对成果进行的鉴定评价

六、验收意见

2025年4月2日，湖南省交通运输厅在长沙组织对“基于4D-BIM+IOT的大直径深水基础数字化监控平台应用研究”项目（项目编号：202215）进行验收。验收委员会专家（名单附后）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）项目组对钢围堰数字化管控进行了系统的理论研究、平台开发和现场试验，取得主要成果如下：

1. 提出了基于BIM技术的钢围堰动态伴随式设计方法，创建了钢围堰施工期静态及动态风险评估方法，研发了基于BIM+IOT的深水基础进度管控和数字化监控平台，构建了钢围堰智能化安全预警及应急预案体系，形成了集“全天候监测、安全智能评估、主动安全预警、快速应急响应”于一体的智能安全管控体系，为监测及管理人员提供可视化监测平台，提升钢围堰监测效力。

2. 本课题完成了论文6篇，获得软著4项，发明专利2项，实用新型专利4项。

（三）研究成果已在益常高速资水特大桥、樟树港湘江特大桥等工程中得到了应用，取得了良好的社会、经济和环保效益，应用前景广阔。

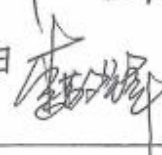
课题承担单位管理规范，经费使用符合有关规定，完成了合同规定的任务。

验收委员会一致同意项目通过验收。

验收专家组组长：

组员： 

2025年4月2日

(2) 湖南路桥建设集团有限责任公司——用户证明

用户证明

项目名称	基于 4D-BIM+IOT 的大直径深水基础数字化监控平台应用研究		
应用单位名称	益常高速扩容工程第二合同段	联系方式	18674810800
单位注册地址	长沙市韶山南路 239 号		
应用起止时间	2022.1-2023.10		
经济效益（万元）			
自然年	新增销售额	新增利润	
2022 年	80	20	
.....			
累 计	80	20	
所列经济及社会效益的有关说明及计算依据： 较传统监测方法施工进度管控效率提升 50%，施工安全性提升 60%，实现安全生产“零事故”，为现场节约工期 30 余天，节约工程成本 20 余万元。			
具体应用情况： 针对资水特大桥 6#、7#主墩深水基础双壁钢围堰施工难点，通过《基于 4D-BIM+IOT 的大直径深水基础数字化监控平台应用研究》课题，开发一整套具备“智能传感、安全监控、主动防护、提前预警、应急预案”为一体的可视化智能监控平台，完成依托工程益常高速资水特大桥双壁钢围堰数字化监控，较传统监测方法施工进度管控效率提升 50%，施工安全性提升 60%，实现安全生产“零事故”，为现场节约工期 30 余天，节约工程成本 20 余万元。			
			
注：专用项目如无经济效益，可不填经济效益相关栏目。			

(3) 中铁六局集团有限公司——用户证明

用户证明

项目名称	基于 4D-BIM+IOT 的大直径深水基础数字化监控平台应用研究		
应用单位名称	中铁六局集团有限公司 湘阴项目经理部	联系方式	18487187102
单位注册地址	北京市海淀区万寿路 2 号		
应用起止时间	2023.5-2024.10		
经济效益（万元）			
自然年	新增销售额	新增利润	
2023 年	125	32	
.....			
累 计	125	32	
所列经济及社会效益的有关说明及计算依据： 较传统监测方法施工进度管控效率提升 30%，施工安全性提升 70%，实现安全生产“零事故”，为现场节约工期 20 余天，节约工程成本 30 余万元。			
具体应用情况： 通过《基于 4D-BIM+IOT 的大直径深水基础数字化监控平台应用研究》课题研发的“智能传感、安全监控、主动防护、提前预警、应急预案”为一体的可视化智能监控平台，完成了樟树港湘江大桥钢围堰数字化监控，较传统监测方法施工进度管控效率提升 30%，施工安全性提升 70%，实现安全生产“零事故”，为现场节约工期 20 余天，节约工程成本 30 余万元。			
应用单位盖章 2024 年 9 月 24 日 湘阴项目经理部			
注：专用项目如无经济效益，可不填经济效益相关栏目。			

六、推广前景

结合政策需求和市场导向，钢围堰施工均需请第三方进行全过程施工监测，随着我国交通基础设施建设的日益发展，仍有跨水桥梁将不可避免在水流急、水位深、河床地势起伏明显的河流中落墩，仍有较大的市场需求和前景，且相比同类监测手段，该产品精度高、时效快、功能完善、界面友好，具有较强的行业竞争性。

此外，本产品具有很强的扩展性，后续还可推广至桥梁、隧道、大型临时结构、特种设备、深基坑等工点的安全管控服务，加大业务推广范围。

七、技术持有单位及联系方式

技术持有单位：

湖南省交通科学研究院有限公司

联系人：李婷，邮箱：275791508@qq.com。

紧邻已建船闸扩建的二线（多线）船闸结构布置关键技术研究

一、成果名称：

紧邻已建船闸扩建的二线（多线）船闸结构布置关键技术研究

二、成果来源：

2012 年度交通运输部建设科技项目：紧邻已建船闸扩建的二线船闸结构布置关键技术研究（编号：201243）

三、适用范围：

紧邻已建船闸扩建的二线（多线）船闸结构布置

四、国内外相关技术现状：

国外已建双线船闸较多，但是关于扩建二线（多线）船闸平面布置及结构布置方面的研究资料尚不多见。另外，美国在建设一线船闸时，一般将预留二线船闸布置在泄水闸和船闸之间，并将二线船闸的上闸首及挡水金属结构在二期完成，因此对于紧邻一线船闸进行二线船闸开挖施工的情况也较为少见。本研究提出了以下创新成果：

序号	内容	国内外同类技术	本技术创新
1	确定合适的一、二线船闸的轴线间距。	创新地提出了紧邻已建船闸扩建二线船闸的关键控制要素，并对重力式和衡重式闸墙结构进行了现场监测成果验证。	首次将常规规范计算方法和非线性有限元计算方法结合，提出了紧邻已建船闸扩建二线船闸的关键控制要素，并对重力式和衡重式闸墙结构进行了现场监测成果验证，首次根据动态施工过程对闸墙墙后有限土体卸载引起的墙体位移进行了监测，验证了船闸轴线间距采用已建闸墙墙后土体破裂角与土体的延伸线交汇点作为判断衡重式结构墙后有限土体受影响范围。

2	确定二线船闸的基坑支护的主要结构型式	创新地提出了双排桩+胸墙支护结构型式，实践了支护高度10m~15m范围支护结构。	实践了支护高度10m~15m范围支护结构。根据不同计算方法，对支护结构位移和内力变化规律进行详细分析，并通过位移监测成果对计算成果进行了验证分析，并对双排桩+胸墙结构位移进行监测比对，对该种结构的计算方法进一步进行了探讨。
3	确定二线船闸的施工方案	创新地将降雨条件考虑到边坡分析的数值模拟中，准确地分析了边坡失稳的影响因素。	通过施工期原型观测对基坑整个进程进行了监测，且基本详细记录了开挖高程，根据本文边坡分析成果，确定了影响边坡稳定的主要因素为降雨和渗流影响。本课题依托的工程为大源渡二线船闸，地理位置处于湘江中上游，夏季多雨，实际工程边坡往往为按照工程设计核算边坡稳定安全系数满足规范要求，一遇到降雨边坡便出现垮塌。基于这种情况，创新地将降雨条件考虑到边坡分析的数值模拟中，准确地分析了边坡失稳的影响因素，与原型观测成果对比，基本反映了工程实际情况。

五、成果

（一）技术原理

- 1.非线性有限元数值模拟分析和经典力学计算结合。
- 2.考虑降雨条件地边坡数值模拟分析。
- 3.结合现场基坑边坡和临近建筑物位移监测的方法，针对施工、完建和运行等各阶段，建立数值模拟分析一线船闸结构物在对应阶段的位移、应力和应变情况。

（二）技术特点

- 1.本项目综合常规规范计算方法和非线性有限元计算方法，首次提出紧邻已建船闸扩建二线（多线）船闸的关键控制要素，并对重力

式和衡重式闸墙结构进行了现场监测成果验证，首次根据动态施工过程中对闸墙墙后有限土体卸载引起的墙体位移进行了监测，验证了船闸轴线间距采用已建闸墙墙后土体破裂角与土体的延伸线交汇点作为判断衡重式结构墙后有限土体受影响范围，其考虑要素和分析方法可为今后其他船闸合理确定轴线距提供借鉴，具有一定的实践意义。

2.本项目实践了支护高度 10m~15m 范围支护结构。根据不同计算方法，对支护结构位移和内力变化规律进行详细分析，并通过位移监测成果对计算成果进行了验证分析，并对双排桩+胸墙结构位移进行监测比对，对该种结构的计算方法进一步进行了探讨，对未来支护结构的应用，以及进一步提高支护高度具有一定的借鉴意义。

3.本项目施工期原型观测对基坑整个进程进行了监测，且基本详细记录了开挖高程，根据本项目边坡分析成果，确定了影响边坡稳定的主要因素为降雨和渗流影响。本项目依托的工程为大源渡二线船闸，地理位置处于湘江中上游，夏季多雨，实际工程边坡往往为按照工程设计核算边坡稳定安全系数满足规范要求，一遇到降雨边坡便出现垮塌。基于这种情况，本项目在模型中首次考虑了降雨对边坡稳定影响的分析，与原型观测成果对比，基本反映了工程实际情况。采用数值与原型观测相结合，基本可以较真实的反映实际工程情况，运用于分析基坑边坡的变化规律，可靠性高，其理论成果和实践经验均可运用于今后类似的研究和项目建设中，具有重要的技术推广价值和经济效益。

（三）主要技术指标

1.一、二线船闸轴线距离的选取

根据计算结果分析，在 90m 轴距布置方案中，一线船闸上游主导航墙的位移量较大，上闸首相对应的基坑无法完全进行放坡开挖，需进行支护开挖，闸室基底存在拉应力；在 100m 轴距布置方案中，一线船闸上游导航墙位移量小，上闸首相对应的基坑能进行完全的放坡开挖，闸室基底无拉应力。故将两线船闸间轴线距离为 100m 的方案作为推荐方案。经比较，相较轴线距离大于 110m 的方案，可减少工程占地约 150 亩、征地拆迁约 18 户，土石方疏挖工程量及弃渣量 11 万 m^3 ；相较轴线距离小于 90m 的方案，能够降低施工难度和施工期风险，节省支护工程费用 3765 万元。

2.基坑边坡稳定性及支护结构位移特征分析

根据降雨和地下水对二线船闸上闸首~一线导航墙、二线船闸下游第 15、16 结构段闸墙~一线船闸闸室墙和二线船闸下闸首~一线船闸出水墙三个断面的影响分析，可知在降雨和地下水影响下，二线船闸下游第 15、16 结构段闸墙~一线船闸闸室墙和二线船闸下闸首~一线船闸出水墙断面的边坡安全系数低于规范值，二线船闸上闸首~一线导航墙虽高于规范值，但安全富余度低，因此需对这三个断面进行支护。

根据桩基的支护，得出在桩基支护作用下，上述三个断面虽有塑性区，但无连续的塑性带，即桩基支护效果明显，基坑边坡安全稳定。

对基坑支护结构进行分析,得出上述三个基坑断面的支护桩基最大位移分别为 28.24mm、11.4mm 和 38.22mm。

3.基坑开挖对一线船闸结构的影响分析

对确定的 100m 轴距布置方案中一线船闸上游主导航墙段、闸室段、下游出水墙段分别进行了结构计算分析,计算结果表明二线船闸基坑开挖对上述三个断面的影响较小,上述结构能满足安全稳定性要求。

4.二线船闸完建及运用情况对一线船闸结构物的影响

通过对二线船闸完建及运用情况下的一线船闸上闸首断面、闸室断面、下闸首断面进行分析可知,在完建及运用时二线船闸对一线船闸的影响较小,各断面对应的一线船闸结构物基底岩土体不存在拉应力区,基底压应力、剪切应力均能够满足该处岩土体的允许抗压强度、抗剪强度标准。

(四) 功能分析

1.综合常规规范计算方法和非线性有限元计算方法,首次提出紧邻已建船闸扩建二线船闸的关键控制要素,并对重力式和衡重式闸墙结构进行了现场监测成果验证,首次根据动态施工过程对闸墙墙后有限土体卸载引起的墙体位移进行了监测,验证了船闸轴线间距采用已建闸墙墙后土体破裂角与土体的延伸线交汇点作为判断衡重式结构墙后有限土体受影响范围,其考虑要素和分析方法可为今后其他船闸合理确定轴线距提供借鉴,具有一定的实践意义。

2.实践了支护高度 10m~15m 范围支护结构。根据不同计算方法，对支护结构位移和内力变化规律进行详细分析，并通过位移监测成果对计算成果进行了验证分析，并对双排桩+胸墙结构位移进行监测对比，对该种结构的计算方法进一步进行了探讨，对未来支护结构的应用，以及进一步提高支护高度具有一定的借鉴意义。

3.施工期原型观测对基坑整个进程进行了监测，且基本详细记录了开挖高程，根据本文边坡分析成果，对边坡稳定影响因素主要为降雨和渗流影响。本课题依托的工程为大源渡二线船闸，地理位置处于湘江中上游，夏季多雨，实际工程边坡往往为按照工程设计核算边坡稳定安全系数满足规范要求，一遇到降雨边坡便出现垮塌。基于这种情况，本项目在模型中首次考虑了降雨对边坡稳定影响的分析，与原型观测成果对比，基本反映了工程实际情况。采用数值与原型观测相结合，基本可以较真实的反映实际工程情况，运用于分析基坑边坡的变化规律，可靠性高，其理论成果和实践经验均可运用于今后类似的研究和项目建设中，具有重要的技术推广价值和经济效益。

（五）成果应用情况

1.成果应用实例

（1）湘江二级航道二期工程项目建设部应用证明

应用证明

项目名称	紧邻已建船闸扩建的二线船闸结构布置关键技术研究		
应用单位	湘江二级航道二期工程项目建设部	联系方式	17773369558
单位注册地址	湖南省长沙市天心区新姚南路 196 号		
应用起止时间	2016 年 1 月~2024 年 7 月		
经济效益			
自然年	新增销售额	新增利润	
2022年			
2023年			
2024年			
累计			
所列经济效益的有关说明及计算依据： 项目基于非线性有限元数值模拟分析和经典力学计算，研究了不同轴线距离下基坑开挖对一线船闸建筑物位移、应力和变形的影响，结合经济技术指标，确定了合理的一、二线船闸轴线距离，从而节约了建设用地，减少了土石开挖。进一步通过现场基坑边坡和临近建筑物位移监测的方法，合理确定了支护结构型式，创新的提出了胸墙式双排桩结构，相较传统结构型式，该新型结构不仅能够更好的满足工程要求，而且节省了大量工程费用。上述均能为类似二线或多线船闸的建设提供参考和指导，具有较大的经济社会效益。			
具体应用情况： 项目建设湘江衡阳蒸水河口~株洲枢纽 154 公里二级航道，在大源渡枢纽和株洲枢纽各新建 2000 吨级二线船闸 1 座，设计年单向通过能力均为 2450 万吨；建设跨船闸桥梁 2 座、鱼道 2 座、衡阳水上服务区及其他相应配套设施。批复概算 31.2 亿元。 项目建设采用本研究成果，确定了一、二线船闸轴线距离为 100m，节约了建设用地，减少土石方疏挖工程量及弃渣量 11 万 m³，节省支护工程费用 3765 万元。采用了新型胸墙式双排桩结构，相比常规结构型式，投资减少约 2000 万元。			
应用单位盖章 2025 年 8 月 1 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

(2) 湖南省交通规划勘察设计院有限公司应用证明

应用证明

项目名称	紧邻已建船闸扩建的二线船闸结构布置关键技术研究		
应用单位	湖南省交通规划勘察设计院有限公司	联系方式	0731-84367012
单位注册地址	湖南省长沙市望城区月亮岛路一段598号		
应用起止时间	2016 年 1 月~2024 年 7 月		
经济效益			
自然年	新增销售额	新增利润	
2022 年			
2023 年			
2024 年			
累计			
所列经济效益的有关说明及计算依据： 项目基于非线性有限元数值模拟分析和经典力学计算，确定了一、二线船闸轴线距离；考虑降雨和地下水的条件下，采用非线性有限元方法对基坑边坡含水率和孔隙水压力进行了系统分析，并总结出降雨条件下深基坑边坡滑移破坏特性；进一步通过现场基坑边坡和临近建筑物位移监测的方法，合理确定了支护结构型式，创新的提出了胸墙式双排桩结构。上述成果在保证建筑物安全和通航要求的前提下，节约了建设用地，减少了土石开挖和支护结构等工程量，能为类似二线或多线船闸的建设提供参考和指导，具有较大的经济社会效益。			
具体应用情况： 我司基于紧邻已建船闸扩建的二线船闸结构布置关键技术研究，创新提出了胸墙式双排桩结构，并将其应用于大源渡枢纽二线船闸下游导航墙段，既满足了施工条件及美观要求，又相较传统结构型式节省工程费约 2000 万元。采用非线性有限元方法，对大源渡枢纽二线船闸基坑边坡稳定和支护结构位移进行了系统分析，在边坡分析中将降雨条件考虑到数值模拟中来，准确的分析了边坡失稳的影响因素，从而合理确定了基坑的支护型式，保证了工程安全和施工进度。			
			

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.使用单位及学会评价

(1) 湖南省交通运输厅组织的专家组对成果进行的鉴定评价

六、验收意见

2023年4月23日,湖南省交通运输厅在长沙组织对“紧邻已建船闸扩建的二线船闸结构布置关键技术研究”项目(项目编号:201243)进行验收。验收委员会专家(名单附后)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、项目组依托大源渡二线船闸,对一、二线船闸合理间距、基坑支护结构型式等进行了系统的理论研究和现场监测,取得主要成果如下:

1. 根据二线船闸基坑开挖要求,选取一线船闸闸首段、闸室段、导航墙段等部位的控制断面,进行非线性有限元数值模拟分析和经典力学计算,通过对比不同轴线距离下,基坑开挖对一线船闸建筑物位移、应力的影响,结合经济技术指标,确定了合理的一、二线船闸轴线距离。

2. 采用非线性有限元方法,对基坑边坡稳定和支护结构位移进行了系统分析,在边坡分析中创新的将降雨条件考虑到数值模拟中来,准确的分析了边坡失稳的影响因素。

3. 结合现场基坑边坡和临近建筑物位移监测的方法,针对施工、完工和运行等各阶段,建立数值模型分析一线船闸结构物在对应阶段的位移、应力和应变情况,确定了双排桩+胸墙支护结构型式及排桩支护方案。

4. 结合饱和-非饱和理论,采用有限元建立二维数值模型,对强降雨情况下边坡渗流状态进行分析,得到边坡内部含水率和孔隙水压力变化规律以及安全系数和滑裂面的变化情况。

三、研究成果已在大源渡二线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。

验收委员会一致同意项目通过验收。

建议:对取得的成果进行总结提炼,提出该成果推广渠道的建议,并进一步升华提高。另,按照与会专家个人意见修改完善。

验收委员会主任:

成员:

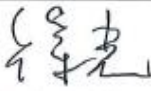
刘峻平 陈建强
陈建强 刘峻平

2023年4月23日

(2) 中国水运建设行业协会组织的专家组对成果进行的鉴定评价

科技成果评价意见表
(技术研发类)

成果名称	紧邻已建船闸扩建的二线船闸布置关键技术研究			
主要完成单位	湖南省交通规划勘察设计院有限公司			
评价指标	评 价 意 见			
研究开发内容	☒ 完整	☐ 较完整	☐ 一般	☐ 不充分
技术创新程度	☒ 很高	☐ 高	☐ 较高	☐ 一般
规模及难易复杂程度	☒ 高	☐ 较高	☐ 一般	☐ 较低
技术经济指标先进程度	☒ 很高	☐ 高	☐ 较高	☐ 一般
提高市场竞争力作用	☒ 重大	☐ 重要	☐ 一般	☐ 较小
经济效益或社会效益	☒ 很大	☐ 较大	☐ 一般	☐ 较小
推动科技进步的作用	☒ 重大	☐ 重要	☐ 一般	☐ 较小
综 合 评 价 意 见 (见下页)				
综合评价	☐ 国际领先 ☒ 国际先进 ☐ 国内领先 ☐ 国内先进 ☐ 一般成果			

评价委员会主任委员： 

评价机构： 中国水运建设行业协会 评价日期： 2023 年 9 月 13 日

评价委员会综合评价意见

2023年9月13日，中国水运建设行业协会以视频方式主持召开了由湖南省交通规划勘察设计院有限公司和长沙理工大学完成的“紧邻已建船闸扩建的二线船闸布置关键技术研究”科技成果评价会，评价委员会（名单附后）听取了项目组的汇报，审阅了研究报告、科技查新报告和应用证明等材料，经讨论，形成评价意见如下：

一、申报的评价材料完整齐全、内容翔实，符合科技成果评价要求。

二、该项目针对二线船闸建设用地紧张，开挖、弃渣工程量大等技术难题，通过现场调研、理论研究、数值模拟、现场监测等方法，开展了紧邻已建船闸扩建的二线船闸布置关键技术研究。

三、主要成果和创新点

1、建立了非线性有限元数值模型，对比分析了不同轴线距离下，二线船闸基坑开挖对一线船闸建筑物的变形、地基应力的影响和安全控制性因素，确定了合理的一、二线船闸轴线距离。

2、提出了单排桩、双排桩+胸墙永临结合围护结构方案，分析了基坑边坡稳定和支护结构位移，并考虑了降雨的影响，计算给出了边坡内部含水率和孔隙水压力变化规律、安全系数和滑裂面的变化情况，提出了边坡失稳的影响因素。

3、建立了现场基坑边坡和临近建筑物位移监测系统，有效指导二线船闸施工，保障了一线船闸的安全运行。

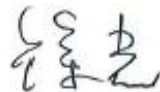
该成果已获得发明专利1项、实用新型专利3项。

四、效益及应用前景

该成果已成功应用于湘江大源渡二线船闸工程，经济和社会效益显著，具有推广应用前景。

该成果综合得分为86.93分，经评价委员会综合评价，成果达到了国际先进水平。

评价委员会主任：



2023年9月13日

主 持 评 价 单 位 意 见

主管领导签字：_____（盖章）

_____年____月____日

组 织 评 价 单 位 意 见

同意评价委员会综合评价意见。

主管领导签字：_____

2023 年 9 月 14 日



六、推广前景

项目基于非线性有限元数值模拟分析和经典力学计算，研究了不同轴线距离下基坑开挖对一线船闸建筑物位移、应力和变形的影响，结合经济技术指标，确定了合理的一、二线船闸轴线距离，从而节约了建设用地，减少了土石开挖及弃渣量。在边坡分析中将降雨条件考虑到数值模拟中来，准确地分析了边坡失稳的影响因素，保证了工程安全和施工进度。进一步通过现场基坑边坡和临近建筑物位移监测的方法，合理确定了支护结构型式，创新地提出了胸墙式双排桩结构，相较传统结构型式，该新型结构不仅能够更好的满足工程要求，而且节省了大量工程费用。该成果已应用于大源渡枢纽二线船闸工程中并取得成功，今后可为类似二线或多线船闸的建设提供参考和指导。

（一）课题研究了新建船闸与已建船闸之间的合理轴线距离，既避免了距离太小而影响已建船闸工程的正常运营，也减少了距离太大而导致的征地拆迁。拆迁涉及的利益相关者较多，可能导致一系列社会问题和环境问题，不拆迁或少拆迁则能避免这些问题的发生。合理的轴线距离，能够确保工程安全，节约建设用地，减少征地拆迁，具有较大的经济、社会效益。

（二）课题采用非线性有限元方法，对基坑边坡稳定和支护结构位移进行了系统分析，结合现场基坑边坡和临近建筑物位移监测的方法，总结出桩基支护结构下土体变形规律和支护结构变形特性，并创

新的提出了胸墙式双排桩结构，其成果能够复制推广，为类似二线或多线船闸的建设提供参考和指导。

（三）课题依托的工程为大源渡二线船闸，地理位置处于湘江中上游，夏季多雨，实际工程边坡往往为按照工程设计核算边坡稳定安全系数满足规范要求，一遇到降雨边坡便出现垮塌。基于这种情况，在边坡分析中创新的将降雨条件考虑到数值模拟中来，准确的分析了边坡失稳的影响因素，对其他降雨较多的地区边坡治理工程具有一定借鉴意义。

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：刘永胜，邮箱：1347921296@qq.com，传真：0731-84367001。

基于“云-边-端”协同架构的 数智云收费系统

一、成果名称：

基于“云-边-端”协同架构的数智云收费系统

二、成果来源：

全面贯彻落实中共中央、国务院《交通强国建设纲要》和交通运输部《数字交通发展规划纲要》精神，按照交通运输部《加快推进联网收费系统优化升级实施方案》。

三、适用范围：

高速公路收费站领域

四、国内外相关技术现状：

在高速收费技术发展方面，国外高速公路收费模式与我国差异较大，且国外收费公路里程相对较少，收费模式十分简单，其技术发展对我国参考意义有限，故本项目重点关注国内技术发展现状。

在国内高速收费发展及研究方面，取消高速公路省界收费站后，全国高速公路联网收费系统运行稳定、路网运行通畅，人民群众出行越来越安全便捷，为促进物流降本增效、服务构建新发展格局奠定了坚实基础，但对照人民群众不断增长的美好出行需求和建设人民满意交通的目标，对标全国高速公路“一张网运行、一体化服务”的新形势和要求，现有联网收费系统在计费精准性、业务规范化程度、系统标准化程度、

客户服务水平提升以及网络和数据安全保障能力方面仍有进一步优化的空间。2022 年 5 月，部中心在《高速公路联网收费系统优化升级方案（征求意见稿）》中提出新建、改扩建收费站，并对其提出标准化要求，基于此收费站和收费车道智能化软件研究和应用项目从设备设施（含软件）标准化、用户服务统一化、运营管理精细化三方面开展标准化建设工作。目前国内在收费站和收费车道智能化软件研究和应用项目建设主要有以下探索：

（一）2021 年 10 月，广州白云机场采用 ETC 主线/匝道自由流+车道分架式主备天线 ETC 车道的模式，在车辆进入收费站前安装自由流门架，通过增加 ETC 交易次数，提升 ETC 交易速率，缩短交易时间，确保车辆快速通过车道，减少车道拥堵情况的发生。

（二）2021 年 10 月 13 日贵州都安高速云雾收费站正式上线了首个虚拟收费站，11 个车道全部安装了“智能节点”集成设备，高速收费系统由“单一设备”转变为“集成设备”，虚拟收费系统采用平台化、在线化设计理念，重构现有收费系统模式，并将控制和业务分离，车辆通行高速收费站效率也得到了显著提升，交易成功率从 99.5%提升至 99.92%，流水上传及时率和车道连通合格率均达到 100%。

（三）2022 年 6 月 17 日浙江交通集团省内首个全车型匝道自由流与自助通行“云收费站”在杭甬高速上虞副站投入运行，“云收费站”建设过程中使用了匝道自由流技术，实现 ETC 车辆秒过收费

站，非 ETC 车辆快速自助缴费通行，全程无需人工介入，利用科技化手段解决了高速公路“最后一公里”的通行效率问题。

因此，鉴于高速收费行业发展要求、联网收费业务需求、公众出行服务效率提升追求等，在全国“一张网运行、一体化服务”的新阶段下收费模式及收费系统革新已迫在眉睫。

五、成果

（一）技术原理

- 1.从软件架构上，采用“站”级云收费软件架构实现业务标准化。
- 2.从机电硬件设备上，采用集约 IP 化智能体实现简约化的窄岛设计。
- 3.从机房建设上，采用边缘云实现“站”级集成云。

（二）技术特点

采用“云-边-端”协同架构，实现“车道智能终端+站级边缘计算节点+后台云服务”整体化设计，形成全功能智慧收费整体解决方案。

1.提高收费运营效率，降低收费运营成本

积极推动收费业务“上云”，采用“云、边、端”一体化架构建设收费系统，实现收费数据实时同步，最大限度降低争议交易；实现交易状态实时同步全部车道，减少邻道干扰和重复交易等顽疾；支撑匝道 ETC 自由流，降低 ETC 通行时间；

结合自助终端、移动收费终端、收费特情自动化处理等措施，进一步实现收费站业务管理扁平化，在提升收费运营效率的同时，可以

降低收费管理人员工作强度，最大可减员 1/3。

2.一站式工程交付，降低系统建设及运维成本

深入应用云计算、人工智能等新一代信息技术，充分融合站级收费、监控、收费门架后台等业务系统，实现收费站和收费车道系统一站式交付，提升工程实施效率、降低工程建设成本；

深化物联网技术应用，实现收费站和收费车道系统远程监控、运维和升级更新，提升系统稳定性、降低系统运维成本。

3.支持多样式收费站形态，助力交通运输创新发展

采用“业务与控制”分离的设计理念，实现收费车道远程控制，收费人员可以通过电脑、手机、pad 等多种形态终端开展收费、远程特情处理等业务；

在实现收费站和收费车道一站式交付能力的基础上，进一步简化收费车道物理布局，突破传统收费站建设的空间限制，支持收费车道“无岛化”、“无亭化”、“无棚化”等设计，以提升土地利用效率。

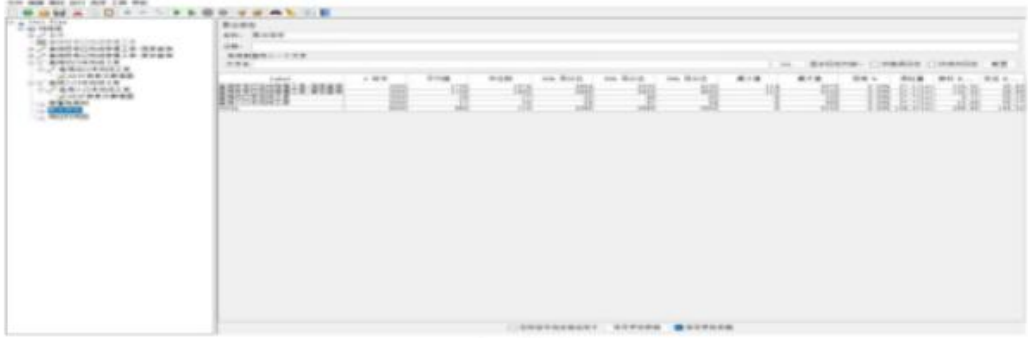
（三）主要技术指标

1.查询类业务：系统在 200 用户同时在线进行查询所有已完成特情工单-简单查询、查询所有已完成特请工单-复杂查询、查询出口未完成工单、查询入口未完成工单。

回归测试报告

编号: ZCJC-TR-2407S007-02

湖南省高速公路数智云收费系统项目

加压方式		20 秒加载完成所有用户					
压测策略		压测 200 用户，业务思考时间设置为 3 秒，观察系统是否出现卡顿和死锁等情况					
重点关注指标		响应时间（时间特性）、事务成功率、TPS、应用服务器资源使用情况（资源特性如 CPU、内存、I/O）、数据库资源使用情况（资源特性如 CPU、内存、I/O）、应用日志是否有死锁等错误、数据库日志是否有死锁等错误					
执行用户数与事务执行情况							
用户数	事务名	最小响应时间(秒)	平均响应时间(秒)	90%响应时间(秒)	最大响应时间(秒)	吞吐量	成功率
200	查询所有已完成特请工单-简单查询	0.114	1.735	2.864	6.075	27.1/sec	100%
	查询所有已完成特请工单-复杂查询	0.113	1.755	2.899	6.102	27.1/sec	100%
	查询出口未完成工单	0.009	0.02	0.032	0.102	27.7/sec	100%
	查询入口未完成工单	0.009	0.017	0.024	0.263	27.7/sec	100%
结果分析							
从场景数据分析，系统在 200 用户同时在线进行查询所有已完成特请工单-简单查询、查询所有已完成特请工单-复杂查询、查询出口未完成工单、查询入口未完成工单的情况下， 查询所有已完成特请工单-简单查询 的平均响应时间为 1.735s，成功率为 100%，平均吞吐量为 27.1/sec； 查询所有已完成特请工单-复杂查询 的平均响应时间为 1.755s，成功率为 100%，平均吞吐量为 27.1/sec； 查询出口未完成工单 的平均响应时间为 0.02s，成功率为 100%，平均吞吐量为 27.7/sec； 查询入口未完成工单 的平均响应时间为 0.017s，成功率为 100%，平均吞吐量为 27.7/sec；满足“简单查询平均响应时间≤5s，峰值响应时间≤5s”指标要求							
							
概况截图							

2.交互类业务：系统在 500 用户并发进行极限查询-历史特请查询的操作。

用例编号	ZCJC-YP-2407S007-XN-002						
场景描述	系统在 500 用户并发进行极限查询-历史特请查询的操作						
并发用户数	500						
压测时间	1 秒瞬时并发						
加压方式	50 秒加载完成所有用户						
压测策略	压测 500 用户，业务思考时间设置为 3 秒，观察系统是否出现卡顿和死锁等情况						
重点关注指标	响应时间（时间特性）、事务成功率、TPS、应用服务器资源使用情况（资源特性如 CPU、内存、I/O）、数据库资源使用情况（资源特性如 CPU、内存、I/O）、应用日志是否有死锁等错误、数据库日志是否有死锁等错误						
执行用户数与事务执行情况							
用户数	事务名	最小响应时间(秒)	平均响应时间(秒)	90%响应时间(秒)	最大响应时间(秒)	吞吐量	成功率
500	极限查询-历史特请查询	0.06	2.621	3.908	9.928	136.4/sec	100%
结果分析							
从场景数据分析，系统在 500 用户并发进行极限查询-历史特请查询的情况下， 极限查询-历史特请查询 的平均响应时间为 2.621s，成功率为 100%，平均吞吐量为 136.4/sec；满足“简单查询平均响应时间≤2s，复杂查询平均响应时间≤10s，极限数据查询时间≤120s”指标要求							

3.交互类业务：系统在 200 用户进行车道业务授权、车道业务授权确认回复操作。

用例编号	ZCJC-YP-2407S007-XN-003						
场景描述	模拟 200 用户进行车道业务授权、车道业务授权确认回复操作						
并发用户数	200						
压测时间	1 秒瞬时并发						
加压方式	20 秒加载完成所有用户						
压测策略	压测 200 用户，业务思考时间设置为 3 秒，观察系统是否出现卡顿和死锁等情况						
重点关注指标	响应时间（时间特性）、事务成功率、TPS、应用服务器资源使用情况（资源特性如 CPU、内存、I/O）、数据库资源使用情况（资源特性如 CPU、内存、I/O）、应用日志是否有死锁等错误、数据库日志是否有死锁等错误						
执行用户数与事务执行情况							
用户数	事务名	最小响应时间(秒)	平均响应时间(秒)	90%响应时间(秒)	最大响应时间(秒)	吞吐量	成功率
200	车道业务授权	0.006	0.022	0.015	2.044	100.1/sec	100%
	车道业务授权确认回复	0.008	0.014	0.02	0.168	99.7/sec	100%
结果分析							
从场景数据分析，系统在 200 用户进行车道业务授权、车道业务授权确认回复的情况下，车道业务授权的平均响应时间为 0.022s，成功率为 100%，平均吞吐量为 100.1/sec；车道业务授权确认回复的平均响应时间为 0.022s，成功率为 100%，平均吞吐量为 100.1/sec；满足“简单查询平均响应时间≤2s，复杂查询平均响应时间≤10s，极限数据查询时间≤120s”指标要求							

用例编号	ZCJC-YP-2407S007-XN-003						
场景描述	模拟 200 用户进行车道业务授权、车道业务授权确认回复操作						
并发用户数	200						
压测时间	1 秒瞬时并发						
加压方式	20 秒加载完成所有用户						
压测策略	压测 200 用户，业务思考时间设置为 3 秒，观察系统是否出现卡顿和死锁等情况						
重点关注指标	响应时间（时间特性）、事务成功率、TPS、应用服务器资源使用情况（资源特性如 CPU、内存、I/O）、数据库资源使用情况（资源特性如 CPU、内存、I/O）、应用日志是否有死锁等错误、数据库日志是否有死锁等错误						
执行用户数与事务执行情况							
用户数	事务名	最小响应时间(秒)	平均响应时间(秒)	90%响应时间(秒)	最大响应时间(秒)	吞吐量	成功率
200	车道业务授权	0.006	0.022	0.015	2.044	100.1/sec	100%
	车道业务授权确认回复	0.008	0.014	0.02	0.168	99.7/sec	100%
结果分析							
从场景数据分析，系统在 200 用户进行车道业务授权、车道业务授权确认回复的情况下，车道业务授权的平均响应时间为 0.022s，成功率为 100%，平均吞吐量为 100.1/sec；车道业务授权确认回复的平均响应时间为 0.022s，成功率为 100%，平均吞吐量为 100.1/sec；满足“简单查询平均响应时间≤2s，复杂查询平均响应时间≤10s，极限数据查询时间≤120s”指标要求							

4.交互类业务：系统在 200 用户进行车道车辆信息确认、车道称重信息确认操作。

用例编号	ZCJC-YP-2407S007-XN-004						
场景描述	模拟 200 用户进行车道车辆信息确认、车道称重信息确认操作						
并发用户数	200						
压测时间	1 秒瞬时并发						
加压方式	20 秒加载完成所有用户						
压测策略	压测 200 用户，业务思考时间设置为 3 秒，观察系统是否出现卡顿和死锁等情况						
重点关注指标	响应时间（时间特性）、事务成功率、TPS、应用服务器资源使用情况（资源特性如 CPU、内存、I/O）、数据库资源使用情况（资源特性如 CPU、内存、I/O）、应用日志是否有死锁等错误、数据库日志是否有死锁等错误						
执行用户数与事务执行情况							
用户数	事务名	最小响应时间(秒)	平均响应时间(秒)	90%响应时间(秒)	最大响应时间(秒)	吞吐量	成功率
200	车道车辆信息确认	0.006	0.01	0.013	0.358	100/sec	100%
	车道称重信息确认	0.006	0.011	0.014	0.332	99.9/sec	100%
结果分析							
从场景数据分析，系统在 200 用户进行车道车辆信息确认、车道称重信息确认的情况下，车道车辆信息确认的平均响应时间为 0.01s，成功率为 100%，平均吞吐量为 100/sec；车道称重信息确认的平均响应时间为 0.011s，成功率为 100%，平均吞吐量为 99.9/sec；满足“简单查询平均响应时间≤2s，复杂查询平均响应时间≤10s，极限数据查询时间≤120s”指标要求							

5.交互类业务：系统在 200 用户进行出口车道入口信息确认、入口云坐席主动发起指令、入口车道取卡状态操作。

用例编号	ZCJC-YP-2407S007-XN-005						
场景描述	模拟 200 用户进行出口车道入口信息确认、入口云坐席主动发起指令、入口车道取卡状态操作						
并发用户数	200						
压测时间	1 秒瞬时并发						
加压方式	1 秒加载完成所有用户						
压测策略	压测单用户，业务思考时间设置为 3 秒，观察系统是否出现卡顿和死锁等情况						
重点关注指标	响应时间（时间特性）、事务成功率、TPS、应用服务器资源使用情况（资源特性如 CPU、内存、I/O）、数据库资源使用情况（资源特性如 CPU、内存、I/O）、应用日志是否有死锁等错误、数据库日志是否有死锁等错误						
执行用户数与事务执行情况							
用户数	事务名	最小响应时间(秒)	平均响应时间(秒)	90%响应时间(秒)	最大响应时间(秒)	吞吐量	成功率
200	出口车道入口信息确认	0.006	0.011	0.014	0.331	100/sec	100%
	入口云坐席主动发起指令	0.006	0.01	0.013	0.112	100/sec	100%
	入口车道取卡状态	0.006	0.011	0.014	0.18	99.9/sec	100%
结果分析							
从场景数据分析，系统在 200 用户进行出口车道入口信息确认、入口云坐席主动发起指令、入口车道取卡状态的情况下，出口车道入口信息确认的平均响应时间为 0.011s，成功率为 100%，平均吞吐量为 100.1/sec；入口云坐席主动发起指令的平均响应时间为 0.01s，成功率为 100%，平均吞吐量为 100/sec；入口车道取卡状态的平均响应时间为 0.011s，成功率为 100%，平均吞吐量为 99.9/sec；满足“简单查询平均响应时间≤2s，复杂查询平均响应时间≤10s，极限数据查询时间≤120s”指标要求							

（四）功能分析

1.收费系统云化。数智云收费系统考虑本省的收费运营和管理业务需求，采用云计算、大数据等技术，建设一个收费综合运营管理平台，为收费站、收费所、收费处等多级运营单位提供一站式、规范化、高效便捷的业务平台。充分利用云平台高弹性可扩展的计算资源、高可靠的基础设施服务和安全防护技术，技术为业务赋能，有效提升高速公路收费运营管理的信息化水平。

2.少人化运营。数智云收费系统充分利用智慧收费机器人和云客

服技术，代替人工收费。数智云收费系统在混合车道布设有智能收费机器人，具备智能收（发）卡、可视对讲、特情处置、移动支付、电子发票、在线客服等功能，提供全业务、全流程的智能收费服务，有效降低了人工成本，减轻了管理人员工作强度。云站收费系统设计有站级云坐席系统，具备远程值守功能，可以通过可视对讲的方式，与车主进行远程在线交互，协助车主完成收费流程或收费特情处置。把收费员的工作地点，从车道收费亭中解放出来。根据实际运营管理情况，可以按区域建立云客服中心，集中办公，实现云上收费。通过站级云坐席系统，全程线上处理车道产生的收费业务特情，一人可支撑多条车道的特情处理，提高工作效率、降低人力成本。

3.一体化智能网关技术。车道收费设备采用高度集约化的智能设备，实现了车道收费设备的 IP 化和智能化，便于收费系统的软硬件联调、部署。传统收费设备功能单一、接口复杂、布线繁琐，严重制约系统的稳定性与运维效率。本项目采用高度集约化的智能设备，实现车道收费设备的 IP 化和智能化，显著改善了这一状况。其中，一体化智能网关作为核心设备，发挥了关键作用。一体化智能网关适用于高速公路收费车道，将车道外设统一接入，构建起软硬件一体化产品。它提供车道设备标准化协议，实现站级收费业务逻辑与车道设备控制逻辑解耦，有效减少业务与设备间的相互干扰。在实际运行中，它能兼容高速公路车道各类设备的主流型号接入，可按车道维度对车

道收费业务相关的硬件设备进行统一管理、配置、参数维护，极大地提高了管理效率。同时，设备的智能化使得收费系统具备了更强的自适应能力和扩展性，方便了软硬件的联合调试和快速部署，显著提升了收费站的运营效率，降低了运维成本。

4.运维智能化。云站收费系统采用“云-边-端”协同架构，实现了全面的运维智能化。系统能够从云平台实时监测车道终端设备和收费软件的运行状态，并进行预警，及时发现问题。收费软件采用容器化部署，能够快速发现软硬件故障，并实现部分软件服务的自动恢复。通过云平台，可以对车道终端设备和收费软件进行远程控制、配置修改，以及对全网的收费软件进行远程部署、在线升级。这种架构使得日常运维工作的大部分都能够在云平台完成，极大地提高了运维效率，降低了人力成本，并增强了系统的可靠性和可维护性。相比于传统的单机软件设计，该系统无需在收费站配备专门的系统运维人员，从而实现了更高效、更便捷的运维管理。

（五）成果应用情况

1.成果应用实例

本研究的创新性成果先后成功地应用于湖南省十余条高速公路设计、施工和咨询，部分应用情况如下表：

应用单位名称	应用技术
湖南省高速公路集团有限公司 长沙分公司	基于“云-边-端”协同架构的 数智云收费系统

2.使用单位及学会评价

(1) 中国公路学会对成果进行的鉴定评价

评 价 意 见
2025 年 4 月 8 日，中国公路学会以视频会议形式主持召开了“数智云收费站关键技术研究”项目成果评价会。评价委员会(专家名单附后)听取了项目组的成果汇报，审阅了相关技术资料，经质询讨论，形成如下评价意见。 一、项目组提供的资料齐全、内容完整、数据翔实，符合科技成果评价要求。 二、项目组通过技术攻关、软硬件开发和工程实施等手段，对数智云收费站关键技术进行了系统研究，取得了以下主要创新成果： 1. 基于“云-边-端”的协同架构，采用“车道智能终端+站级边缘计算节点+后台云服务”的整体设计，构建了面向超大流量的站级收费云平台，可实现支撑百余级收费车道的业务分布式处理与设备云化部署，整体通行效率提升 20%。 2. 研制了基于智慧云收费系统的一体化智能网关，对车道收费业务硬件设备统一管理，实现站级收费业务逻辑与车道设备控制逻辑解耦。 3. 创新集成先进的图像识别与自然语言处理技术，运用深度学习算法研发了 ETC 车道特情处理技术，实现了高可靠远程特情智能判断、自助处理。 三、项目获得授权发明专利 1 件，取得软件著作权 4 项，发表论文 1 篇，形成建设指南 1 部。研究成果在湖南省 41 个收费站、325 条车道得到成功应用，经济社会效益显著，推广应用前景广阔。 综上，项目成果总体达到国内领先水平，其中一体化智能网关技术达到国际先进水平。 评价委员会主任： <u>袁 喆</u> 副主任： <u>徐志远</u> 2025 年 4 月 8 日

(2) 湖南省高速公路集团有限公司长沙分公司

用户证明

项目名称	收费站和收费车道智能化软件研究和应用项目		
应用单位名称	湖南省高速公路集团有限公司 长沙分公司	联系方式	13873196455
单位注册地址			
应用起止时间	2023 年 1 月至 2024 年 12 月		
经济效益（万元）			
自然年	新增销售额	新增利润	
2023 年			
2024 年			
累 计			
所列经济及社会效益的有关说明及计算依据：			
具体应用情况： 《收费站和收费车道智能化软件研究和应用项目》课题组采用“云-边-端”协同架构，实现了“车道智能终端+站级边缘计算节点+后台云服务”的整体化设计，形成了一个全功能智慧收费解决方案。我单位将研究成果应用于星沙收费站，该系统在提升收费运营效率的同时，可以降低收费管理人员工作强度。整站的过车时间由原来的 19s 降至 15s 以下，收费站的人工成本也可以减少 20%，同时运维效率也大大提升，取得了显著的社会效益和经济效益。			
应用单位盖章 2024 年 1 月 1 日 湖南省高速公路集团有限公司长沙分公司			
注：专用项目如无经济效益，可不填经济效益相关栏目。			

六、推广前景

湖南高速数智云收费站具有广阔的推广应用前景。

随着智能交通和智慧城市建设的不断推进,该项目能够有效提升高速公路收费管理的效率,减少人工干预,降低运营成本。通过无障碍通行和自动识别技术,车辆通行速度将显著提高,缓解交通拥堵现象,提升用户体验;其次,项目基于云计算和大数据分析,能够实时监控和优化收费流程,为决策提供数据支持。这种智能化管理模式不仅适用于湖南省,还可以推广至全国范围内的高速公路收费站,形成标准化的收费管理体系;此外,随着新能源汽车和自动驾驶技术的发展,数智云收费站将能够更好地适应未来交通模式的变化,提供更灵活的收费方案和服务。

综上所述,湖南高速数智云收费站在提升交通效率、降低运营成本以及适应未来发展方面,具有重要的应用价值和广阔的市场前景。

七、技术持有单位及联系方式

技术持有单位:

湖南高速信息科技有限公司

联系人:刘菊华, 邮箱: 554216777@qq.com。