

项目合同编号：25-59X

陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

合 同 书

项目名称：公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究

承担单位：陕西交通控股集团有限公司、陕西交通控股集团建设管理公司大修专项工程管理处、陕西省交通运输工程质量监测鉴定站、北京恒达交安科技发展有限公司

项目负责人：尹亮

通讯邮编、地址：710000、陕西省西安市雁塔区太白南路 9 号

传真、电话：029-85886063

起止年限：2026 年 3 月 至 2028 年 3 月

陕西省交通运输厅制

项目合同编号：25-59X

陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

合 同 书

项目名称：公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究

承担单位：陕西交通控股集团有限公司、陕西交通控股集团建设管理公司大修专项工程管理处、陕西省交通运输工程质量监测鉴定站、北京恒达交安科技发展有限公司

项目负责人：尹亮

通讯邮编、地址：710000、陕西省西安市雁塔区太白南路9号

传真、电话：029-85886063

起止年限：2026年3月至2028年3月

陕西省交通运输厅制

一、项目主要研究内容

1. 主要研究内容

1.1 公路养护作业场景多源数据融合与风险分析、管控措施研究

课题组拟从养护作业规模、类型、人员对象，作业区事故类型、形态，作业安全设施主动防护预警现状、类型、使用效果等方面进行调研。针对施工作业类型、位置、事故类别、以及事故严重程度等因素，采取数理统计及多源数据融合与风险分析，找出公路养护作业的核心安全风险问题。

针对各场景的施工安全问题、工作流程，分析现行的公路涉路施工作业相关标准规范，并根据调研资料归纳、对比、分析，现有施工作业区的安全保障措施、预警措施的方案、类型、布置及优缺点，按照养护施工作业规范，结合现有施工装备设施水平条件，借鉴国外施工管养中的先进理念，采用智能智慧的技术，形成适用于不同养护作业类型、不同规模大小、不同使用对象的主动安全预防与管控措施技术方案。

1.2 公路养护作业区主动安全防护及管控关键装备研发与集成

针对公路养护作业区存在的安全风险感知预测设备不完善、预警响应滞后、主动预警及防护薄弱、车路信息交互不畅等问题，集成、研发双模通信-多源数据采集-智能警示-主动防护-信息推送五位一体的智能硬件系统，为安全风险动态预测、主动预警防护提供硬件支撑。主要包括北斗/4G/5G+蓝牙/LoRa异构多模态通信设备、安全风险源感知及预测终端、作业区域内报警及防护设备、作业区

域外信息发布装备。

1.2.1 多模态通信设备研发

采用北斗 + 4G/5G 融合通信机制，突破传统单一通信方式的应用局限，解决偏远路段、隧道、山区等无公网覆盖区域的通信中断问题，北斗定位/短报文通信模块实现无公网场景下终端定位与应急数据传输，4G/5G 移动通信技术承载高清视频、大流量传感数据的高速传输。

养护作业区内安全风险源感知及预测终端、作业区域内报警及防护设备之间采用蓝牙/LoRa 自组网通信模式。蓝牙技术适配穿戴式警示设备等近距离终端的低功耗互联、LoRa 远距离无线通信技术满足作业区大范围分布的采集终端、防护设备组网传输。

1.2.2 多源数据采集终端系统集成

围绕风险辨识与预测的数据需求，部署多元化采集终端，实现交通流、气象环境、施工工况、视频图像等多维度数据采集。交通流采集终端实时获取车流量、车速、车道占用率、交通冲突等参数。气象环境采集终端监测路面温湿度、降雨量、能见度等环境诱因数据。视频采集终端实现车辆闯入、人员违规作业等风险事件的可视化监测。

1.2.3 作业区内多模态智能警示及主动防护设备系统集成

系统集成穿戴式、固定式、移动式相结合的多模态警示设备，落实风险报警警示的落地执行。包括面向施工人员实现近距离风险预警穿戴式警示设备；面向作业区域外过往车辆道路管控与风险提

示信息发布、预警装备（声光报警器、轻量化可变情报板等）、智能锥桶等设备，将传统被动防护转变为主动防护，解决人工防护效率低、响应迟缓、危险场景人员暴露风险高的问题。各类防护设备依托通信网络实现联动控制，根据风险预判结果，执行防护部署、区域封控、应急巡查等操作，构建智能化主动防护保障。。

1.2.4 系统平台开发车路协同信息推送导航联动接口

系统具备面向高德、百度等商业地图平台的信息推送协同接口模块，解决养护作业区道路管控信息与社会车辆信息不同步、车路协同不畅的问题。通过标准化数据接口与地图服务商实现数据对接，将作业区位置、车道封闭情况、风险等级、交通管制措施等信息实时推送至导航平台，引导社会车辆提前规划绕行路线、减速避让。同时，接收平台反馈的车辆行驶轨迹、流量预测数据，反向优化作业区风险预判与防护策略，形成“路端感知 - 平台推送 - 车辆响应 - 路端优化”的车路协同闭环，提升施工路段通行效率与安全保障水平。

1.3 公路养护作业安全云-边-端协同智慧管控平台研究

研发一套针对涉路养护作业全区域和涉路养护作业全过程，以终端设备感知为基础、业务逻辑和数据模型为架构、业务应用为目的的四层架构的涉路施工作业安全主动预警和管控系统平台，系统平台包括大数据看板、GIS 地图、北斗定位、养护作业业务综合管控、施工作业区周界管控、养护作业人员管控、事件预警、事件处置、视频监控等多个应用功能。同时系统平台明确四级架构功能边

界，制定统一数据通信协议、接口标准、物模型体系，实现设备即插即用、跨厂商兼容。

系统平台由下面两个子系统构成：

1.3.1 养护作业项目信息管理系统

研发用于养护作业工程实施时项目审核、项目分布、车道占用信息、项目实施内容信息、施工时间地点信息、人员机具设备信息、涉路施工作业区域安全设施配置设置等管理、监测、校核和报警系统，该系统通过养护作业区域外场北斗等终端对人员及设施动态定位和系统监测校核，可实现养护作业区域作业安全管理规范化、养护作业安全设施配置布置标准化、养护作业安全管理指挥“e地图化”。同时可视化调度模块实现 GIS “一张图”全要素展示、应急闭环处置、人员机具管控、台账数字化。可对接交警、导航、管养、应急系统，实现多部门联动。

1.3.2 养护作业区域主动安全防护监测预警系统

研发用于涉路施工作业区域的雨雪天气、车辆拥堵、车辆超速慢行、车辆违停、车辆闯入涉路施工作业区、作业人员侵入正常行车道、涉路施工作业区内施工风险等监测、预警系统，该系统通过涉路施工作业区域外场毫米波雷达等感知设备对车辆动态跟踪，可实现对连续断面车辆监测、异常车辆提醒、车辆闯入预警、事故点上游车辆预警等事件进行现场层级实时预警和平台层级业务管控。

2. 技术关键

2.1 异构多模态通信融合技术

要解决的问题：养护作业区场景复杂，隧道、山区、偏远路段无公网覆盖；单一通信方式无法同时满足远距离、低功耗、高带宽的冲突需求。

技术路径：

2.1.1 北斗+4G/5G 双模通信：有公网时用 4G/5G 传高清视频和大流量数据；无公网时自动切换至北斗短报文，保证应急定位与告警信息不中断。

2.1.2 蓝牙+LoRa 自组网：作业区内，穿戴式设备（手环、胸牌）用蓝牙低功耗互联；大范围分布的锥桶、传感器用 LoRa 远距离组网，现场无需基站、无需配置，开机自动组网。

2.2 云-边-端四级协同架构技术研究

要解决的问题：全部上云则断网瘫痪，全部本地则无法远程监管。需要明确各级分工。

技术路径（四级架构）：

2.2.1 终端层：感知设备、警示设备、防护设备，负责数据采集与指令执行。

2.2.2 边缘层：作业区现场边缘计算单元，负责实时融合、实时判断、实时触发（断网可用）。

2.2.3 平台层：云端管控平台，负责 GIS 一张图、业务审批、事件回溯、统计分析。

2.2.4 应用层：对接交警、导航、管养、应急等外部系统。

2.2.5 制定统一通信协议与物模型，实现不同厂商设备即插即用、跨厂商兼容。

2.3 多模态智能警示与主动防护联动技术

要解决的问题：传统预警只针对社会车辆（喇叭、情报板），工人听不见、反应慢；防护设备各自为战，无法联动。

技术路径：

2.3.1 三类警示协同：

- 穿戴式（手环、胸牌）：振动+蜂鸣，面向施工人员
- 固定式（声光报警器、轻量化情报板）：面向社会车辆
- 移动式（智能锥桶）：布设在作业区边界，触发时声光报警

2.3.2 联动控制：边缘单元根据风险等级，同时触发三类设备，形成“车-人-设备”三级同步响应。

2.3.4 将传统被动防护（锥桶、标志牌）升级为主动防护：风险预判后，自动执行防护部署、区域封控、应急巡查等操作。

2.4 创新性：

2.4.1 “北斗+4G/5G+蓝牙+LoRa”多模异构通信架构

- 现状：现有方案大多依赖单一通信方式（如纯4G），隧道、山区无法使用；或纯LoRa，无法传视频。
- 本方案：首次在养护作业区集成多种通信模式，按场景自动切换—远距离大流量用4G/5G，无公网用北斗短报文，区内设备

用蓝牙/LoRa 自组网。

2.4.2 云-边-端四级协同架构，边缘自主闭环

- 现状：多数方案强调“云平台集中管控”，网络中断则系统瘫痪。

- 本方案：四级架构明确分工，边缘层在作业区现场独立完成融合、判断、触发，断网 72 小时可正常运行；云平台只做监管与事后分析。

2.4.3 “穿戴式+固定式+移动式”多模态警示联动机制

- 现状：现有预警只针对社会车辆，工人靠喊或听喇叭，噪音环境下无效。

- 本方案：同时触发三类警示——工人手环振动、现场声光报警、智能锥桶闪灯，形成“车-人-设备”三级同步响应。

3. 依托工程

G70 福银高速公路商漫段集中韧性提升工程涉及路基、路面、桥梁、隧道维修整治及交安及沿线设施提升改造，投资预算 24370 万元。

主要包括以下内容：

(1)路基排水沟盖板更换、增设检修踏步、路堑边坡治理等维修整治；(2)路面病害集中维修整治；(3)桥梁混凝土裂缝、支座开裂和脱空、伸缩缝破损、挡块挤死、结构破损等病害维修整治；(4)隧道衬砌裂缝、排水设施破损、检修道破损、洞门端墙损坏等病害维修整治

治;(5)沿线交通安全设施提升改造(更换标志和防眩板、施划标线)。

G70 福银高速公路蓝商段 (K1567+830-K1632+285) 养护里程约 64.455 公里, 工程涉及路基、路面、桥梁、隧道维修整治以及交安及沿线设施提升改造, 投资预算 34262 万元。主要包括以下内容:

(1)路基排水沟盖板更换, 边坡落石防护; (2)路面病害集中维修整治;(3)桥梁部分:桥梁定检病害维修工程、伸缩缝更换工程、梁体结构性受力裂缝加固工程桥台开裂处治工程、背墙拆除重做工程、挡块开裂处治工程; (4)隧道部分:隧道洞口病害治理工程、隧道洞门病害治理工程、隧道衬砌病害治理工程隧道检修道病害治理工程、隧道排水系统病害治理工程、隧道内装饰病害工程; (5)沿线交通安全设施提升改造(防眩绿植更换防眩板、标线)。

本课题依托该项目, 在依托工程项目的实施过程中要解决 8 个月长时间单车道作业的安全主动预防及管控问题, 同时为课题的研究成果提供测试、验证需求。

二、考核指标

1. 预期目标

本课题将对养护作业区安全问题开展针对性研究，开发多场景养护作业安全的智慧安全管控系统、多场景养护作业安全的智慧监测预警产品，以达到对施工人员、施工车辆、通行车辆进行风险事件预警，采用主动措施消除或减少风险源，从而降低事故的发生，降低事故严重程度，减少事故造成的直接经济损失，保护人民生命财产安全，同时有助于对路段进行提质升级，构建新型智慧的一体化安全管控体系，提升安全综合管理水平。

2. 主要技术经济指标（具体的技术经济参数）

2.1 作业区全要素感知覆盖率： $\geq 95\%$

2.2 预警响应时间： ≤ 1 秒

2.3 LoRa 自组网覆盖范围：2Km

2.4 声光报警声压级：130dB

2.5 设备防护等级：IP65

2.6 设备续航时间：72 小时

2.7 通行率提高 30%

3. 经济和社会效益

1) 直接经济效益

（1）事故损失节约效益：养护作业区事故造成的直接经济损失包括：车辆损坏、设施损毁、清障救援、医疗赔偿、保险赔付等。

本课题通过主动预防与智慧化管控，可有效降低作业区事故发生

率，从而节约事故损失。

(2) 拥堵延误节约效益：作业区事故常导致交通中断或拥堵，造成社会车辆时间延误和额外燃油消耗，通行率提高 30%。

(3) 封路时间缩短效益：作业区事故常导致路段封闭，影响通行费收入。本课题可减少事故次数和缩短事故处理时间，降低通行费损失。

2) 间接经济效益

(1) 养护作业效率提升：通过智慧化管控减少因安全顾虑导致的作业中断、频繁巡查，提升养护作业效率。同时，减少事故后的清障、修复等非计划性作业，降低养护成本。

(2) 设备使用寿命延长：减少事故对安全设施（防撞车、锥桶、标志牌等）的撞击损坏，延长设备使用寿命，降低设备更换频率。

3) 社会效益分析

(1) 人员伤亡率显著下降：本课题通过“车-人-设备”三级同步预警机制，在车辆闯入前提前预警，为作业人员争取宝贵的避让时间（3-5 秒），从根本上减少人员伤亡，人员伤亡率下降 60%。

社会价值：保护一线养护工人的生命安全——他们是道路畅通的守护者，其生命安全是社会文明程度的体现。减少因事故导致的家庭悲剧，维护社会和谐稳定。

(2) 事故率显著下降：通过主动感知、分级预警、车路协同等手段，将作业区事故从“不可避免”变为“可防可控”，事故率下降 50%。

社会价值：减少因事故导致的交通中断，保障公众出行顺畅。降

低社会车辆驾乘人员在作业区路段的安全风险。提升高速公路运营服务的整体安全水平。

(3) 社会通行体验改善：通过导航平台实时推送作业区信息，引导车辆提前绕行，减少社会车辆“驶近才发现施工”的被动局面。

社会价值：减少公众在作业区路段的急刹车、强行变道等危险驾驶行为。降低因作业区事故导致的长时间拥堵，节约公众出行时间。提升高速公路用户的满意度和获得感。

4.成果提供形式

1) 研发一套公路养护作业区及其上下游过渡段的安全主动预防和管控成套软件平台与预警装备。

2) 编制多场景养护作业安全主动预防与管控措施技术指导手册。

3) 形成主动预防与管控措施相关设备技术要求、数据传输标准。

4) 申请实用新型专利或软著不少于 5 项。

5) 在国内专业刊物发表科技论文不少于 5 篇

4. 其他考核指标

/

三、项目年度计划内容及考核目标

年度	计划内容及考核目标（每栏限 125 字）
2026	1. 2026 年 3 月-2026 年 6 月： （1）开展公路养护安全风险调研、数据收集、数据分析。 （2）开展公路养护现有安全防范及管控措施调研与分析。 （3）开展公路养护现有安全防范及管控设备调研。 （4）文献与标准调研，国内外作业区安全技术文献检索。 2. 2026 年 7 月-2026 年 9 月 （1）事故特征统计分析，对事故数据进行数理统计，分析事故类型、形态。 （2）公路养护作业安全风险分析与管控措施研究。 （3）形成适用于不同涉路施工作业类型、不同规模大小、同使用对象的主动安全预防与管控措施总体技术方案。 （4）技术方案设计、确定总体技术路线、系统架构、设备型方向及明确技术指标。 3. 2026 年 10 月-2026 年 12 月 （1）开展公路养护作业安全主动预防与管控系统平台开发平台基础框架搭建，完成云平台基础架构、数据库设计、GIS 图集成）。 （2）开展养护作业区安全主动防护硬件集成、开发（多模通信设备研发）。

2027	1. 2027 年 1 月-2027 年 3 月： (1) 开展养护作业区安全主动防护硬件集成、开发（多模通信设备研发）。 (2) 开展公路养护作业安全主动预防与管控系统平台开发平台功能开发，完成项目信息管理、主动安全监测预警两大系统开发、导航联动接口开发）。 2. 2027 年 4 月-2027 年 6 月： (1) 开展公路养护作业安全主动预防与管控系统平台功能试。 (2) 实验室完成所有设备与平台的联调测试。 (3) 试点场景准备，确定示范应用路段，完成现场勘察和设方案设计。 3. 2027 年 7 月-2027 年 9 月： (1) 设备现场安装，在试点路段安装部署感知设备、通信备、警示设备。 (2) 开展课题研究成果现场部署、示范应用、数据收集和果评价。 4. 2027 年 10 月-2027 年 12 月： (1) 系统优化调整，根据反馈进行首次优化。 (2) 扩大示范范围在 3 个以上不同类型作业区开展示范。 (3) 学术成果撰写 撰写学术论文、申请专利。
------	---

2028	1. 2028 年 1 月-2028 年 3 月: (1) 编制《公路养护作业安全主动预防与管控系统成套技 研究报告》。 (2) 项目结题验收资料准备、验收评审、提交项目成果。
------	---

四、项目经费

项目总经费：150 万元

交通运输厅补助：19.5 万元

自筹资金：130.5 万元

经费支出预算表

科 目	总经费 (单位：万元)	厅补经费 (单位：万元)
(一) 直接费用	120	19.5
1. 设备费	0	0
(1) 购置设备费	0	0
(2) 试制设备费	0	0
(3) 设备改造与租赁费	0	0
2. 业务费	110	19.5
(4) 材料支出	77	15
(5) 测试化验实验加工支出	12	2
(6) 燃料及动力支出	0	0
(7) 差旅支出	13	2
(8) 会议支出	2	0
(9) 国际合作与交流支出	0	0
(10) 出版/文献/信息传播/知识产权事务/ 印刷支出	4	0.5
(11) 其他支出	2	0
3. 劳务费	10	0
(12) 劳务性支出	8	0
(13) 咨询专家支出	2	0
(二) 间接费用	30	0
4. 管理费	25	0
5. 绩效支出	5	0
合 计	150	19.5

五、项目绩效目标

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	知识产权	1.专利授权数（项）	5
		（1）授权发明专利	0
		（2）实用新型	5
		（3）外观设计	0
		2.软件著作权授权数（项）	1
		3.发表论文（篇）	5
		（1）其中 SCI 索引收录数	0
		（2）其中 EI 索引收录数	0
		（3）其他	5
		4.著作（部）	0
		5.制订标准数（项）	0
		（1）国际标准	0
		（2）国家标准	0
		（3）行业标准	0
		（4）地方标准	0
		（5）企业标准	0
		（6）科技报告	0
	其他成果	1.填补技术空白数	0
		（1）国际	0
		（2）国家	0
		（3）省级	0
		2.获奖项数	0
		（1）国家奖项	0
		（2）部、省奖项	0
		（3）地市级奖项	
		3.其他科技成果产出	1
		（1）新工艺（或新方法模式）	0
		（2）新产品（含农业新品种）	0
		（3）新材料	0
		（4）新装备（装置）	1
		（5）平台/基地/示范点	0
		（6）中试线	0
		（7）生产线	0

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	其他成果	4. 研究开发情况	
		(1) 小试	否
		(2) 中试（样品样机）	否
		(3) 小批量	否
		(4) 规模化生产	否
	人才引育	1. 引进高层次人才	
		(1) 博士、博士后	0
		(2) 硕士	0
		2. 培养高层次人才	
		(1) 博士、博士后	0
		(2) 硕士	0
		3. 培训从事技术创新服务人员（人次）	0
		4. 是否设立科研助理岗位	否
	产业化情况	1. 开放共享仪器设备数（台/套/只等）	0
		2. 科研仪器设备利用率（%）	0
		3. 孵化科技型企业（个）	0
		4. 转化科技成果（个）	0
效果类指标	经济效益	1. 新增产值（万元）	0
		2. 新增销售（万元）	0
		3. 新增出口创汇（万美元）	0
		4. 新增利润（万元）	0
	社会效益	1. 新增税收（万元）	0
		2. 新增就业人数	0
		3. 就业培训（人次）	0
		4. 带动农民增收（万元）	0
		5. 培训和指导科技服务（人次）	0
		6. 新增产业带动情况	0
		7. 技术集成示范（项）	0
		8. 建立示范基地（亩数）	0
		9. 节约资源能源	0
		10. 环保效益	0
其他需要说明的情况	无		

六、承担单位或研究人员分工

陕西交通控股集团有限公司

- 1) 负责项目计划、进度、组织、验收等工作的实施;
- 2) 协调并考核组织成员完成相关科研工作;
- 3) 负责对项目实施进度、工作质量进行监督、检查,确保项目的顺利进展;
- 4) 相关报告的编写工作与成果鉴定工作。

陕西交通控股集团建设管理公司大修专项工程管理处

- 1) 负责科研成果在依托工程中开展实验验证工作;
- 2) 负责涉路施工作业资料收集及配合实地调研。

陕西省交通运输工程质量监测鉴定站

- 1) 负责涉路施工作业场景风险分析与管控措施研究;
- 2) 对科研过程进行监督

北京恒达交安科技发展有限公司

- 1) 负责项目研究大纲编写;
- 2) 负责开展项目各项具体研究,提出研究方案,开展关键技术研究,研究涉路施工作业场景风险分析与管控措施,
- 3) 研发涉路施工作业主动安全防护装备,研发涉路施工作业安全智慧化管控系统
- 4) 研发涉路施工作业安全智慧化管控系统。

七、项目参加人员表

项目承担单位：陕西交通控股集团有限公司							
参与单位（排序）：陕西交通控股集团建设管理处、陕西省交通运输工程质量监测鉴定站、 北京恒达交安科技发展有限公司							
项目负责人							
序号	姓名	出生年月	工作单位	职称/职务	专业	在项目中担任具体工作	签名
1	尹亮	1980.11	陕西交通控股集团有限公司	正高级	公路工程	负责项目组织、实施、质量、进度等管理	尹亮
主要研究人员							
2	高楠	1979.10	陕西交通控股集团建设管理处 大修专项工程管理处	副高级	公路工程	负责项目总体进度、方案的管理工作	高楠
3	周原旭	1991.02	陕西交通控股集团建设管理处 大修专项工程管理处	工程师	公路工程	负责依托工程的协调、现场组织等工作	周原旭
4	边陇超	1983.03	陕西交通控股集团建设管理处 大修专项工程管理处	副高级	公路工程	负责依托工程的协调、现场组织等工作	边陇超
5	张娟	1984.09	陕西交通控股集团建设管理处 大修专项工程管理处	工程师	土木工程	负责项目依托工程系统平台的测试工作	张娟
6	雷巧玉	1999.10	陕西交通控股集团建设管理处 大修专项工程管理处	专业工程师	交通运输工程	负责项目依托工程现场进度、质量等工作	雷巧玉

7	焦波	1991.03	陕西交通控股集团建设管理公司 大修专项工程管理处	工程师	土木工程	负责项目依托工程现场设备安装、测试等	焦波
8	刘浪涛	1989.03	陕西交通控股集团有限公司	副高级	公路工程	负责项目测试现场的管理工作	刘浪涛
9	姚常青	1978.8	北京恒达交安科技发展有限公司	副高级	交通工程	负责项目系统平台研究开发工作。	姚常青
10	周育驰	1988.02	陕西交通控股集团有限公司	副高级	公路工程	负责项目测试现场的管理工作	周育驰
11	张绍理	1975.3	北京恒达交安科技发展有限公司	教授级 高工	交通土建工程	负责项目系统方案的研究制定。	张绍理
12	李少伟	1988.12	北京恒达交安科技发展有限公司	工程师	道路工程（路 线）	负责研究项目硬件设备的研究 及测试。	李少伟
13	吕少伟	1983.01	陕西省交通运输工程质量监测 定站	工程师	道路桥梁与渡 河工程	负责项目依托工程系统设备管 理工作	吕少伟
14	蒋培文	1984.04	陕西省交通运输工程质量监测 定站	副高级	桥梁与隧道工 程	负责项目依托工程系统平台测 试管理工作	蒋培文
15	张训朋	1994.5	北京恒达交安科技发展有限公司	工程师	土木工程	主要负责项目养护作业区安全 及措施研究、文件编制	张训朋
16	王贺贺	1993.9	北京恒达交安科技发展有限公司	工程师	信息化	主要项目系统软件产品系统设 计工作。	王贺贺
17	汪洋子	1992.6	北京恒达交安科技发展有限公司	工程师	信息化	主要项目系统软件技术开发工 作。	汪洋子

八、信息表

项目合同编号		25-59X		密级	/		A: 机密 B: 秘密 C: 内部			
项目名称		公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究								
项目实施所在地		陕西		起止年限		2026 年 3 月至 3028 年 3 月				
总 经 费		150 万		厅 拨		19.5 万				
第一承担单位	单位名称	陕西交通控股集团有限公司								
	所在地	陕西省（区、市）						代码		
	通讯地址	陕西省西安市雁塔区太白南路 9 号						邮编	710000	
	单位性质	(3) 1.大专院校 2.科研院所 3.企业 4.其他						代码		
参与单位	序号	单 位 名 称								
	1	陕西交通控股集团建设管理公司大修专项工程管理处								
	2	陕西省交通运输工程质量监测鉴定站								
	3	北京恒达交安科技发展有限公司								
项目负责人	姓 名	尹亮		性 别 (1) 1.男 2.女		出生年份		1980.11		
	学 历	(1) 1.研究生 2.大学 3.大专 4.中专 5.其他								
	职 称	(1) 1.高级 2.中级 3.初级 4.其他								
	联系电话	13659198628 029-87832962			电子邮箱					
项目联系人	姓名	尹亮			性 别		男			
	联系电话	13659198628 029-87832962			电子邮箱					
项目组人数	18	高级	8	中级	9	初级	0	其他	1	
主要研究内容 (100 字以内)	主要开展公路养护作业多源数据融合、风险分析与管控措施研究、养护作业区安全主动预防及管控关键装备研发与集成及公路养护作业安全云-边-端协同智慧管控平台研究，形成公路养护作业区安全主动预防及管控系统。									
成果属性	F	A: 新技术 B: 新工艺 C: 新材料 D: 新产品 E: 软科学 F: 装备 G: 其他								
成果形式	A、B	A: 专著、论文 B: 样机、样品 C: 试验工程、产品 D: 示范工程 E: 产品 F: 其他								

九、共同条款

合同各方应共同遵守《陕西省交通运输厅科研项目管理办法》。

1.合同执行过程中，乙方如需修改合同某项条款，应向甲方提出变更内容及理由的申请报告，经甲方审核同意后实施。未接到正式批准以前，双方仍须按原合同条款履行，否则后果由自行修改条款的一方负责。

2.乙方因任何主观或客观原因（如：与大纲评审内容有出入，挪用经费、技术措施或某种条件不落实等）致使计划无法执行而要求解除合同的，需取得甲方书面同意且应视不同情况，部分或全部退还所拨经费；出现上述情况的，甲方有权单方解除本合同且视不同情况要求乙方部分或全部退还所拨经费。

3.乙方的厅补助经费及自筹经费应按国省有关科研经费使用范围开支。

4.项目执行过程中，甲方提出变更合同有关内容时，要与乙方协商达成书面协议。

5.项目完成后，乙方必须按要求向甲方提交一套真实、完整、详细的技术资料及样机，并提出项目验收申请报告，由甲方审查后组织验收。

6.合同正本一式9份，甲方单位伍份，承担单位4份。

7.本合同经双方签章后生效，规定内容执行完毕后自然失效。

十、合同签约各方

合同甲方：



陕西省交通运输厅

负责人：（签字） 2020年3月27日

联系人：（签字） 张 崑 （公 章）

电 话：029-88869067

合同乙方：（承担单位） 陕西交通控股集团有限公司



单位负责人：（签字） 2020年3月27日

项目负责人：（签字） 尹 亮 （公 章）

电 话：13659198628

财务负责人：（签字） 曹增弟

账 户 名：陕西交通控股集团有限公司

开户银行：招商银行股份有限公司西安分行营业部

账 号：129912492810828

陕西交通科技项目科研诚信 承诺书

本单位承诺在科研项目实施过程中，遵守科学道德和科研诚信要求，严格执行《陕西省交通运输厅科研项目管理办法》的规定和科技项目合同书约定，保证所提交材料的真实性，确保专款专用。如违背以上承诺，愿意承担相关责任，并同意主管部门将相关失信信息记入公共信用信息系统。



项目承担单位：(盖章)

项目负责人：

王亮

年 月 日

附件:

1. 研究大纲

项目编号: 25-59X

2025年度陕西省交通运输厅科研项目 研究大纲

项目名称: 公路养护作业安全主动预防与管控成套
技术研究

申请单位: 陕西交通控股集团有限公司、陕西交通
控股集团有限公司建设管理公司大修专项工程管理
处, 陕西省交通运输工程质量监测鉴定站,
北京恒达交安科技发展有限公司

联系人: 尹亮

电 话: 029-87832962

陕西省交通运输厅制

2026 年 3 月

目 录

一、 项目研究的背景和必要性	1
1.1 公路养护规模持续扩大，安全风险居高不下	1
1.2 国家战略与政策导向驱动智慧化转型	1
1.3 传统管理模式问题凸显，主动预防需求迫切	2
1.4 项目概述	3
1.5 研究的意义	3
二、 前期科研及工作基础	4
2.1 国内外研究现状	4
2.1.1 国内研究现状	4
2.1.2 国外研究现状	6
2.2 参考文献	10
2.3 工作基础	13
2.3.1 已有相关研究成果	13
2.3.2 数据资源	14
2.3.3 养护管理经验积累及养护作业痛点的深刻理解	14
2.3.4 已形成的养护管理制度与标准	14
三、 实施方案	14
3.1 拟解决的关键问题	16
3.2 主要研究内容	17
3.2.1 公路养护作业多源数据融合、风险分析与管控措施研究	18

3.2.2 养护作业区安全主动预防及管控关键装备研发与集成	18
3.2.3 养护作业安全云-边-端协同智慧管控平台研究	20
3.2.4 工程验证与成果优化	21
3.3 总体技术架构	22
3.3.1 顶层设计	22
3.3.2 核心闭环流程	22
3.3.3 设备研发层级——“精准感知、可靠执行”的硬件研发与集成	23
3.3.4 系统开发——“云边协同、智能驱动”的软件中枢	23
3.3.5 预警预防——“前瞻预判、分级闭环”的防控机制	23
3.4 创新性	24
3.4.1 “北斗+4G/5G+蓝牙+LoRa”多模异构通信架构	24
3.4.2 云-边-端四级协同架构，边缘自主闭环	24
3.4.3 “穿戴式+固定式+移动式”多模态警示联动机制	25
3.5 技术路线	25
3.6 后续技术改造或基本建设计划的衔接	26
四、项目承担单位及参加单位概况	27
4.1 单位概况	27
4.2 技术力量及人员构成	30
4.3 各自承担的主要工作	31
4.4 项目主要负责人情况	32
五、项目依托工程情况及其他必要支撑条件	32

5.1 依托工程概况	33
5.2 投资来源	33
5.3 工程进度	34
5.4 组织管理形式	36
六、 项目经费估算及资金筹措情况	37
七、 项目绩效指标	38
八、 预期目标、成果提供形式及经济社会效益	40
8.1 项目预期目标	40
8.2 提交的研究成果及其形式	40
8.3 经济、社会、环境效益分析	40
8.3.1 经济效益	40
8.3.2 社会效益分析	41
8.3.3 环境效益分析	42
九、 其它需要说明的问题	42
十、 申请单位意见	43

一、项目研究的背景和必要性

1.1 公路养护规模持续扩大，安全风险居高不下

随着我国公路网，特别是高速公路网的快速扩张和服役年限的增长，公路养护已进入大规模、常态化的新阶段。截至 2022 年底，全国公路养护里程已达 535.03 万公里，占公路总里程的 99.9%，标志着“全养路时代”的到来。然而，养护作业通常在不中断交通的条件下进行，高速车流与复杂作业环境交织，形成了高风险场景。据统计，我国每年在高速公路施工区路段发生的交通事故死亡人数超过 1000 人，且施工期间的事故发生率和人员伤亡率远高于非施工期。2025 年数据显示，全国公路养护安全事故率虽较 2024 年有所下降，但移动作业区事故率仍高达 1.85%，显著高于行业平均水平。作业现场安全防护措施不到位、人员安全意识薄弱、风险识别与管控能力不足等问题依然突出。

1.2 国家战略与政策导向驱动智慧化转型

面对严峻的安全形势和高质量发展的要求，国家层面已将智慧交通与平安交通建设提升至战略高度。自“十三五”以来，交通运输部持续推进“四个交通”建设，其中“智慧交通”与“平安交通”是关键环节。进入“十四五”，《数字交通“十四五”发展规划》明确提出，要完善公路感知网络，推进公路基础设施全要素、全周期数字化，发展车路协同和自动驾驶，并重点推动公路建设施工及养护的智能化。国务院安委会办公室印发的《“十四五”全国道路交通安全规划》进一步强调，

要坚持科技驱动，以支撑实战为牵引，推动新兴科技与交通安全工作深度融合，运用前沿技术助力交通安全管理理念、手段和模式创新，提升交通安全治理的现代化、信息化、智慧化水平。这些顶层设计为利用物联网、大数据、人工智能等新一代信息技术赋能公路养护安全管理指明了方向，也提出了迫切要求。

1.3 传统管理模式问题凸显，主动预防需求迫切

当前，公路养护作业安全管理主要依赖《公路养护安全作业规程》（JTG H30-2015）等标准规范，以及以“人防”（人员巡查、现场指挥）和“物防”（锥桶、标志牌等物理隔离）为主的传统模式。然而，随着交通流量激增、作业场景复杂化以及公众对“近零感”养护的期望提升，传统模式暴露出感知被动、预警滞后、管理粗放、回溯困难等固有缺陷。2025 年全国抽查显示，高达 35.2% 的施工区未能完整设置标准的警告区、上游过渡区、缓冲区等六级防护体系，养护作业人员反光服合规穿戴率仅为 73.5%，施工作业区域车辆拥堵、追尾、车辆闯入作业区、车辆与施工人员（巡查人员）车辆碰撞，车辆穿越作业区碰撞护栏等成为引发事故的主要形态。因此，行业亟需从“经验型管理”和“被动防护”向“数据驱动”和“主动防控”转型。通过集成应用智能识别、大数据分析、数字孪生、智能防护装备等先进技术，实现对作业区人员、车辆、设备的全天候、全方位、智能化监测与预警，从而从根本上提升养护作业的本质安全水平。

1.4 项目概述

课题旨在系统研究高速公路涉路作业区的安全主动预防与智慧化管控技术。研究将基于物联网、云计算、大数据、人工智能等信息化手段，构建集“监测、预警、管控、应急”于一体的技术体系。通过深入分析养护作业区事故成因与风险演化规律，研发适用于不同作业场景的智能感知设备、数据融合算法与协同管控平台，实现对作业区人、车、路、环境全要素风险的实时感知、智能研判与主动干预。项目成果将形成一套可复制、可推广的养护作业安全主动预防与管控成套技术方案，旨在显著降低养护作业区事故发生率与伤亡率，提升公路养护管理的精细化、智能化水平，有力支撑交通强国战略和“平安交通”建设目标的实现。

1.5 研究的意义

本课题的研究具有重要的理论价值与实践意义。理论上，它将推动公路养护安全管理从基于经验的定性管理向基于数据的定量化、智能化决策转变，丰富和发展交通安全主动防控理论。实践上，研究成果将直接应用于养护作业现场，通过数字化、可视化、智能化的管理手段，一方面为驾乘人员提供精准的施工预警和行车诱导，提升通行安全与效率；另一方面为养护作业人员构筑坚实的“智慧安全盾”，有效规避车辆闯入、机械伤害等风险。最终，通过提升全链条风险防控能力，为保障人民群众生命财产安全、促进公路交通高质量发展提供强有力的技术支撑。

二、前期科研及工作基础

2.1 国内外研究现状

2.1.1 国内研究现状

随着高速公路通车里程的持续增多及交通量日益快速增长,我国高速公路的建设阶段已经接近尾声,未来高速公路工作的重心将由建设高峰转向管理、改扩建和养护。对于高速公路涉路施工路段如何避免生产安全事故的发生,保证施工人员的人身安全和用路人的驾驶安全显得尤为重要。部分学者进行了提高公路施工作业安全的理论研究,得出了影响施工安全的因素,并提出合理的解决方法,比如改变养护区作业布局、完善交通标志设置、速度限制等。现今大数据技术发展成熟带来的“云时代”变革使各领域的生产模式了产生巨大变化,交通领域在发展中大数据技术的依赖也随之提升。纵观高速公路管理系统开发现有研究,可以发现研究越来越细致多样,目前正朝着更加实用智能的方向发展,应用智能化、信息化技术已然成为主流趋势。

随着交通强国战略推进,国内高速公路养护作业区安全研究近年来显著加速。贵州高速集团新思维公司自 2023 年起研发的“安全全要素管理平台”,通过融合通信技术接入作业人员记录仪、AI 布控球、智能穿戴设备等前端,实现了 6200 公里高速公路、48 个养护驻点的远程实时合规监督,违章作业与隐患排查效率提升 65%,管理成本降低 80%。这是国内较早实现规模化应用的作业区智慧管控案例。

侯芸等^[1]论述了创新养护方式,发展智能养护的重要性。分析信息化、数据化和智能化技术在道路技术检测、养护系统、道路病害识别、养护施工以及养护管理等方面的应用和发展前景。

李旭辉^[2]为在公路施工现场部署智能化设备,实现了对作业现场的实时监管,改善了交通安全问题。同时通过 4G 无线移动通信技术,实现了管理单位随时随地的对施工过程管理远程监控,大大减少管理成本。

林杰等^[3]针对湖北省高速公路现状,分析了传统高速公路巡检养护管理中长期存在的问题,结合“降本增效”的目标,设计开发了一套方便高效的智能化高速公路巡检养护管理系统,并进行了试点应用,提升了高速公路巡检养护管理的信息化、智能化、便捷化、时效化和可视化水平。

还有学者将物联网技术融入公路工程,也就是把射频自动识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术、红外光感探头、全球定位系统(Global Navigation Satellite System, GNSS)、激光测距仪等通过信息传感设备与互联网连接起来,进行信息交换,即物物关联,以实现智能化识别和管理。

早在二十一世纪初我国已有相关专利产品使用智能化预警系统来保障公路施工作业区安全。公告号 CN201867932U 专利产品^[4]公开了一种用于施工路段的车辆红外感应预警系统,该装置利用了红外漫反射原理,可以利用检测单元检测到车辆闯入时主动报警。公告号 CN204375107U 专利产品^[5]公开了一种交通事故现场车辆闯入报警设

备,该产品具备前端的震动传感器和热释红外传感器的双重检测能力,能够在接收到前端闯入检测信号后报警。

戴少波^[6]应用光纤通讯技术,对高速公路车辆的全程跟踪进行了探索式分析和设计,在设计过程中,全面涉及到了对车辆感知、车辆运行信息的采集,以及所采集信息的处理与传输等问题,实现了对车辆运行管理的智能化和智慧化。

石磊^[7]通过感知技术,实现了车辆对环境的理解,在一定层面实现了智慧车辆,智慧车辆与交通环境的自动耦合,初步具备了智慧交通的基本特征。

汤渭恩^[8]介绍了 G60 沪昆高速(上海段)上的对施工作业智慧管理。在清扫作业车辆和涉路施工作业车辆上安装 GPS 定位和车载视频传感器,作业人员则配备可穿戴设备(定位安全帽)和手持终端,实现位置、运行轨迹和视频图像的实时上传,管理人员在后台对作业情况和施工现场进行远程管理,并结合高德地图,及时向驾驶员推送施工区域的位置及情况。

徐阳^[9]为高速公路施工人员设计了一款基于 LoRa 无线物联网的技术预警肩灯,可与安全预警系统中的预警检测装置进行实时数据通信。当安全预警系统中的检测装置检测到来往车辆处于危险驾驶状态时,系统会通过 LoRa 无线技术将预警信息发送给肩灯。肩灯分析判断后做出与闪烁、振动等预警动作。通过对接收到的预警信息进行状态警示,实现施工人员的主动安全预警,保护其生命财产安全。

2.1.2 国外研究现状

国际发达国家及地区较早地开展了智慧交通建设方面的相关研究工作,也同时推动智慧交通系统软件和硬件的建设,以信息化视角探寻公路管理新模式,并取得了积极的成效。美国、日本和欧洲等主要发达国家较早启动了智慧道路的建设,主要集中在政策导向、测试验证、技术研发等方面,在道路自动化、自动驾驶系统等方面研究和试验项目可以为我智慧高速公路建设提供经验借鉴[10]。

从上世纪 70 年代后期起,美国和加拿大等发达国家的许多州和省相继建立和实施了网级路面管理系统,到 80 年代中期,约有 35 个州和省已经建成路面管理系统。1991 年,美国国会通过了综合地面运输效率法案(ISTEA),旨在利用高新技术和合理的交通分配提高整个公路路网的效率,根据计算机仿真的结果,有可能提高整个路网的通行能力 20%-30%。美国亚利桑那州率先将马尔可夫模型运用到公路养护管理系统中[11],该系统具备一定的数据分析能力(如公路性能动态分析、基于公路性能的公路分类等),这为公路养护工作提供了更大的便利。在美国的影响下,日本、新加坡等亚洲发达国家也逐渐开发出针对公路、隧道、桥梁等交通要素的信息化管理系统[12]。在这其中,PAVENET 路面养护系统具有较大的影响力,从这一系统开始,路面养护系统开始引入人工智能领域的遗传算法来解决实际公路养护难题。比如 Asim Karim 等 [13]提出将基于人工智能的推理技术 CBR 应用于高速公路施工区域交通管理领域,全面考虑施工区的交通影响因素。Douglas 等[14]同样把人工智能领域中的 CBR 技术运用到高速公路涉路施工作业中,实现交通状况的及时发布,有效防止车辆拥堵,降低车辆闯入作业区的

交通事故率。Thapa Diwas 等[15]建立工作区入侵警报系统 (Work zone Intrusion Alert Systems, WZIAS), 该系统可以在高速公路施工时监测是否有车辆闯入工作区, 一旦发生可以及时提醒施工人员避让。

日本在 20 世纪也开始了智慧交通系统研究, 能有效地在大范围内全方位控制并进行管理, 提高交通运输的安全性。此外, 日本还特别重视智慧交通技术的商品化发展, 以现有交通管理系统为基础的配以数字地图和红外 Beacon 双向短程通信的公路交通情报通信系统(VICS), 已经开始在许多地区服务。

德国采用多项先进的技术对高速公路进行管理, 主要涵盖了智能交通诱导系统、应急通信系统、隧道安全监控系统、GPS 全球定位系统、GIS 地理信息系统、交通网络控制系统、交通信息发布查询系统等[16]。其中, GPS 在线位移监控和预警系统可有效监测预警自然灾害如滑坡、泥石流等自然灾害, 有效避免因自然灾害引发的交通事故。

法国国家交通信息中心能搜集、汇总全国的道路交通状况, 包括交通事故、流量和善后救援实况, 经过分析后将预警信息通过电视、广播等新闻媒体或交警部门进行发布, 从而将预警信息传递给驾驶员, 引导驾驶员主动规避风险路段, 不能规避的也可起到提高驾驶员警惕性的作用[17]。

Demeke 等人 (2024) 在《Transportation Research Record》发表的系统综述中, 按照 PRISMA 协议对 GPS、雷达、激光、红外、RFID、蓝牙、超声波等传感器技术在作业区入侵与接近危险预防中的应用进行了全面评估, 重点分析了各技术的精度、探测范围、功耗、成本和用户

友好性等指标。研究表明，多传感器融合是提升作业区安全感知能力的关键方向，但传感器选择需综合考虑应用场景的具体需求。

美国国家公路合作研究计划（NCHRP）于 2025 年发布研究报告《Innovative Approaches to Enhancing Safety and Efficiency in Work Zones》（NCHRP Report No.1142），系统梳理了智能作业区技术的应用场景、新兴技术优缺点及最佳实践，为各州交通部门提供了技术实施指南。该报告强调，智能作业区技术应聚焦“使用案例”驱动，而非技术堆砌。

澳大利亚莫纳什大学 Ye 等人(2024)在《Automation in Construction》发表的综述中，采用“信息物理系统（CPS）四层架构”和“改进的保护层分析（ALOPA）框架”，对 57 篇作业区撞击事故预警系统评估文献进行了系统分析。研究发现，当前评估方法多关注技术性能指标，对人因因素（如工人反应时间、预警有效性）的关注仍显不足。

综合来看，国外研究呈现以下趋势：（1）从单一传感器向多源融合感知发展；（2）从被动防护向主动预警转变；（3）从人工操作向数字孪生驱动的自动化演进；（4）评估方法从技术性能向人因工效拓展。

通过对上述国内外研究资料整理发现，现阶段对于高速公路施工作业相关问题的研究变得越来越迫切，已经成为道路交通行业的热点之一，受到专家和各学科代表的广泛关注。但是研究重点主要集中在施工作业施工技术，如现有道路路面及路面设施健康状况的检测、设施损坏后的修缮处理等。涉及涉路施工作业安全问题研究较少，且主要是作业区内的安全、导改区正面防闯入预警、基于红外技术的预警、施工作业

过程的管理（施工的物料机具、人员设备状态的管理平台）等方面的研究。综合来看，涉路作业安全研究存在以下不足：

（1）涉路施工作业面长、占道时间久，现有研究未以施工作业区整体为对象，系统研究并解决其前端、侧面、拥堵、侵入等安全问题，仅主要针对施工作业区前端车辆闯入进行预警。

（2）目前施工作业区布置规范性较差，无法对其类型、数量、位置等自检发现问题。

（3）目前施工作业区前端主要采用以被动防护装备为主，通过主动预警装置降低其事故率较少。

2.2 参考文献

- [1] 侯芸,董元帅,仝鑫隆.智能养护前瞻[J].中国公路,2019(17):20-23.
- [2] 李旭辉.公路养护施工安全智能化管理系统应用研究[J].山西建筑,2019,45(18):195-197.
- [3] 林杰,金明.智能化高速公路巡检养护管理系统关键技术与设计[J].
- [4] 模拟电子技术基础[M]. 陈大钦主编.高等教育出版社.2000
- [5] 中短波广播发射机[M]. 刘洪才编著.中国广播电视出版社.1999
- [6] 戴少波.基于光纤通信的高速公路全程跟踪系统的研究与设计[D].华中科技大学,2005.
- [7] 石磊.自主式车辆环境感知技术研究[D].南京理工大学,2010.
- [8] 汤渭恩.智慧高速养护管理系统信息化建设研究——以 G60 沪昆高速（上海段）为例[J].上海公路,2021(04):85-89+144.

[9] 徐阳.基于物联网技术的无线警示肩灯设计——以公路养护人员为对象[J].无线互联科技,2022,19(15):75-77+81.

[10] 张成全.智慧高速公路设计案例分析[J].交通节能与环保,2020,16(02):80-84.

[11] France-Mensah J, Chirag Ki, William J, et al. Integrating social equity in highway maintenance and rehabilitation programming: A quantitative approach[J]. Sustainable Cities and Society,2019,48(6):849-856.

[12] Pedro M, Maria L A, Eduardo F. Comprehensive performance indicators for road pavement condition assessment[J]. Structure and Infrastructure Engineering,2018,14(11):607-615.

[13] Asim Karim, Hojjat Adeli. CBR Model for Freeway Zone Traffic Management[J]. Journal of Transportation Engineering, 2003, 129(2):134-135

[14] Douglas RA. Low-Volume Road Engineering: Design Construction and Maintenance [J]. Crc press. 2016

[15] Thapa Diwas and Mishra Sabyasachee. Using worker's naturalistic response to determine and analyze work zone crashes in the presence of work zone intrusion alert systems[J]. Accident Analysis and Prevention,2021,156:106125.

[16] 杨志伟, 林晓辉. 高速公路机电系统集成与维护[M]. 北京, 人民交通出版社, 2014

- [17] 张祝祥.欧洲道路交通管理[J].劳动安全与健康,2001(01):52-53.
- [18] Alonso Raposo M. An analysis of possible socio-economic effects of a Cooperative. Connected and Automated Mobility (CCAM) in Europe[R]. 2018.
- [19] 日本智能信息通信社会推进战略总部.官民 ITS 构想·蓝图 2019[R].2019.
- [20] U.S. Department of Transportation. ITS 2015-2019 Strategic Plan[R].2014.
- [21] 申霖,鲁一富.智慧高速公路的内涵及其架构探究[J].中国高新科技,2021(05):115-116.
- [22] Demeke, A. Y., Heravi, M. Y., Dola, I. S., et al. (2024). Advancing highway work zone safety: A comprehensive review of sensor technologies for intrusion and proximity hazards. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board. DOI: 10.1177/03611981241265845
- [23] Mollenhauer, M., et al. (2025). Innovative approaches to enhancing safety and efficiency in work zones: A guide (NCHRP Report No. 1142). Washington, DC: Transportation Research Board.
- [24] Xu, J., Anvo, N. R., Taha-Abdalgadir, H., et al. (2024). Highway digital twin-enabled Autonomous Maintenance Plant: A perspective. Data-Centric Engineering, 5, e28. Cambridge University Press.
- [25] Ye, Q., Fang, Y., & Zheng, N. (2024). Performance evaluation of

struck-by-accident alert systems for road work zone safety. Automation in Construction, 168(Part A), 105837.

[26] Lou, S. (2023). 高速公路养护施工区安全治理方法研究综述 [A review of safety management methods for highway maintenance work zones]. Journal of Information System and Communication Technology (in Chinese).

[27] 人民网. (2025). 贵州高速机电维护安全监管实现数智化.

2.3 工作基础

2.3.1 已有相关研究成果

目前课题组单位已成功研发公路灾害监测预警阻挡系统,该系统集成了灾害监测、预警发布、物理阻挡三位一体的功能,具备以下核心能力:

- 监测能力: 部署了地质灾害(滑坡、崩塌、泥石流)、路面状态(积水、结冰)、交通异常等多类传感器,实现对公路灾害的实时监测。
- 预警能力: 具备声光报警、路侧情报板推送、导航平台联动等多渠道预警发布能力。
- 阻挡能力: 研发了可远程/自动控制的智能阻挡装置(道闸、警示护栏等),可在极端风险情况下实施物理阻断。

与本课题的关联:

- 监测预警的技术积累可直接迁移至养护作业区场景
- 智能阻挡设备的控制逻辑可适配作业区防闯入需求
- 系统的可靠性、环境适应性已在实际路段验证

2.3.2 数据资源

- 历史事故数据：拥有近 5 年管辖路段作业区事故/险情的完整记录（含事故形态、时间、位置、天气等），为风险分析提供第一手数据。
- 交通流数据：路段门架数据、收费数据、雷达检测数据，可支撑作业区上游交通流特征分析。
- 气象数据：沿线气象站数据，可支撑环境风险因子分析。

2.3.3 养护管理经验积累及养护作业痛点的深刻理解

课题承担单位长期负责管辖路段的养护作业安全管理，积累了丰富的实践经验：

- 作业区布设规范：熟悉各类养护作业（日常保洁、小修、中修、大修）的现场布设标准和实际难点。
- 安全设施使用经验：长期使用锥桶、水马、防撞车、标志牌等安全设施，清楚各类设施的优缺点和一线使用反馈。
- 事故应急处置：多次参与作业区事故的现场处置和善后工作，深刻理解“预警响应慢、人员反应慢”的痛点。
- 基于多年养护管理实践，已形成对作业区安全痛点的系统认知。

2.3.4 已形成的养护管理制度与标准

- 已建立养护作业安全管理制度
- 已编制作业区安全设施布设图集

这些制度基础为本课题成果的快速落地和标准化推广提供了保障。

三、实施方案

本课题研究以风险预判为核心、智能装备为载体、系统平台为中枢、预警预防为目标，构建“设备研发或集成（硬件层）、系统开发（软件层）、预警预防（机制层）”三维一体架构，贯穿“感知 - 分析 - 决策 - 预警 - 干预 - 评估 - 优化”全流程，形成闭环管控生态。

层级	核心定位	核心作用	关键产出
设备研发	数据采集与现场执行终端	实现全要素感知、本地快速响应、指令落地	北斗定位终端、融合感知设备、协同预警装备
系统开发	数据处理与智能决策中枢	实现数据融合、风险研判、全局调度、闭环管理	云 - 边 - 端协同管控平台、数据中台、分析引擎
预警预防	安全防控核心机制与目标	实现风险前瞻预判、分级预警、主动干预	动态预警模型、自适应防护策略、预防流程规范

(1) “三位一体、协同赋能”

硬件 - 软件 - 机制深度协同：设备采集数据直接驱动系统算法，系统决策直接触发预警预防动作，机制效果反向优化硬件参数与软件模型，形成自我迭代的良性循环；

(2) 全场景适配性：设备支持多场景快速部署，系统支持策略灵活配置，预警预防机制适配不同养护类型与交通状况；

(3) 可复制可推广：统一硬件接口与数据标准，系统模块化设计，机制流程标准化，便于在全国公路养护场景规模化推广。

3.1 拟解决的关键问题

3.1.1 异构多模态通信融合技术。

要解决的问题：养护作业区场景复杂，隧道、山区、偏远路段无公网覆盖；单一通信方式无法同时满足远距离、低功耗、高带宽的冲突需求。

技术路径：

北斗+4G/5G 双模通信：有公网时用 4G/5G 传高清视频和大流量数据；无公网时自动切换至北斗短报文，保证应急定位与告警信息不中断。

蓝牙+LoRa 自组网：作业区内，穿戴式设备（手环、胸牌）用蓝牙低功耗互联；大范围分布的锥桶、传感器用 LoRa 远距离组网，现场无需基站、无需配置，开机自动组网。。

3.1.2 云-边-端四级协同架构技术研究。

要解决的问题：全部上云则断网瘫痪，全部本地则无法远程监管，需要明确各级分工。

技术路径（四级架构）：

终端层：感知设备、警示设备、防护设备，负责数据采集与指令

执行。

边缘层：作业区现场边缘计算单元，负责实时融合、实时判断、实时触发（断网可用）。

平台层：云端管控平台，负责 GIS 一张图、业务审批、事件回溯、统计分析。

应用层：对接交警、导航、管养、应急等外部系统。

制定统一通信协议与物模型，实现不同厂商设备即插即用、跨厂商兼容。

3.1.3 多模态智能警示与主动防护联动技术。

要解决的问题：传统预警只针对社会车辆（喇叭、情报板），工人听不见、反应慢；防护设备各自为战，无法联动。

技术路径：

三类警示协同：

穿戴式（手环、胸牌）：振动+蜂鸣，面向施工人员

固定式（声光报警器、轻量化情报板）：面向社会车辆

移动式（智能锥桶）：布设在作业区边界，触发时声光报警

联动控制：边缘单元根据风险等级，同时触发三类设备，形成“车-人-设备”三级同步响应。

将传统被动防护（锥桶、标志牌）升级为主动防护：风险预判后，自动执行防护部署、区域封控、应急巡查等操作。

3.2 主要研究内容

3.2.1 公路养护作业多源数据融合、风险分析与管控措施研究

课题组拟从养护作业规模、类型、人员对象，作业区事故类型、形态，作业安全设施主动防护预警现状、类型、使用效果等方面进行调研。针对施工作业类型、位置、事故类别、以及事故严重程度等因素，采取数理统计及多源数据融合与风险分析，找出公路养护作业的核心安全风险问题。

针对各场景的施工安全问题、工作流程，分析现行的公路涉路施工作业相关标准规范，并根据调研资料归纳、对比、分析，现有施工作业区的安全保障措施、预警措施的方案、类型、布置及优缺点，按照养护施工作业规范，结合现有施工装备设施水平条件，借鉴国外施工管养中的先进理念，采用智能智慧的技术，形成适用于不同养护作业类型、不同规模大小、不同使用对象的主动安全预防与管控措施技术方案。

3.2.2 养护作业区安全主动预防及管控关键装备研发与集成

针对公路养护作业区存在的安全风险感知预测设备不完善、预警响应滞后、主动预警及防护薄弱、车路信息交互不畅等问题，集成、研发双模通信-多源数据采集-智能警示-主动防护-信息推送五位一体的智能硬件系统，为安全风险动态预测、主动预警防护提供硬件支撑。主要包括北斗/4G/5G+蓝牙/LoRa异构多模态通信设备、安全风险源感知及预测终端、作业区域内报警及防护设备、作业区域外信息发布装备。

1. 异构多模态通信设备研发

采用北斗+4G/5G融合通信机制，突破传统单一通信方式的应用

局限，解决偏远路段、隧道、山区等无公网覆盖区域的通信中断问题，北斗定位/短报文通信模块实现无公网场景下终端定位与应急数据传输，4G/5G 移动通信技术承载高清视频、大流量传感数据的高速传输。

养护作业区内安全风险源感知及预测终端、作业区域内报警及防护设备之间采用蓝牙/LoRa 自组网通信模式。蓝牙技术适配穿戴式警示设备等近距离终端的低功耗互联、LoRa 远距离无线通信技术满足作业区大范围分布的采集终端、防护设备组网传输。

2. 多源数据采集终端系统集成

围绕风险辨识与预测的数据需求，部署多元化采集终端，实现交通流、气象环境、施工工况、视频图像等多维度数据采集。交通流采集终端实时获取车流量、车速、车道占用率、交通冲突等参数。气象环境采集终端监测路面温湿度、降雨量、能见度等环境诱因数据。视频采集终端实现车辆闯入、人员违规作业等风险事件的可视化监测。

3. 作业区内多模态智能警示及主动防护设备系统集成

系统集成穿戴式、固定式、移动式相结合的多模态警示设备，落实风险报警警示的落地执行。包括面向施工人员实现近距离风险预警穿戴式警示设备；面向作业区域外过往车辆道路管控与风险提示信息发布、预警装备（声光报警器、轻量化可变情报板等）、智能锥桶等设备，将传统被动防护转变为主动防护，解决人工防护效率低、响应迟缓、危险场景人员暴露风险高的问题。各类防护设备依托通信网络实现联动控制，根据风险预判结果，执行防护部署、区域封控、应急巡查等操作，

构建智能化主动防护保障。

4. 系统平台开发车路协同信息推送导航联动接口

系统具备面向高德、百度等商业地图平台的信息推送协同接口模块，解决养护作业区道路管控信息与社会车辆信息不同步、车路协同不畅的问题。通过标准化数据接口与地图服务商实现数据对接，将作业区位置、车道封闭情况、风险等级、交通管制措施等信息实时推送至导航平台，引导社会车辆提前规划绕行路线、减速避让。同时，接收平台反馈的车辆行驶轨迹、流量预测数据，反向优化作业区风险预判与防护策略，形成“路端感知 - 平台推送 - 车辆响应 - 路端优化”的车路协同闭环，提升施工路段通行效率与安全保障水平。

3.2.3 养护作业安全云-边-端协同智慧管控平台研究

研发一套针对涉路养护作业全区域和涉路养护作业全过程，以终端设备感知为基础、业务逻辑和数据模型为架构、业务应用为目的的四层架构的涉路施工作业安全主动预警和管控系统平台，系统平台包括大数据看板、GIS地图、北斗定位、养护作业业务综合管控、施工作业区周界管控、养护作业人员管控、事件预警、事件处置、视频监控等多个应用功能。同时系统平台明确四级架构功能边界，制定统一数据通信协议、接口标准、物模型体系，实现设备即插即用、跨厂商兼容。

系统平台由下面两个子系统构成：

1. 养护作业项目信息管理系统

研发用于养护作业工程实施时项目审核、项目分布、车道占用信息、

项目实施内容信息、施工时间地点信息、人员机具设备信息、涉路施工作业区域安全设施配置设置等管理、监测、校核和报警系统，该系统通过养护作业区域外场北斗等终端对人员及设施动态定位和系统监测校核，可实现养护作业区域作业安全管理规范化、养护作业安全设施配置布置标准化、养护作业安全管理指挥“e地图化”。同时可视化调度模块实现GIS“一张图”全要素展示、应急闭环处置、人员机具管控、台账数字化。可对接交警、导航、管养、应急系统，实现多部门联动。

2. 养护作业区域主动安全防护监测预警系统

研发用于涉路施工作业区域的雨雪天气、车辆拥堵、车辆超速慢行、车辆违停、车辆闯入涉路施工作业区、作业人员侵入正常行车道、涉路施工作业区内施工风险等监测、预警系统，该系统通过涉路施工作业区域外场毫米波雷达等感知设备对车辆动态跟踪，可实现对连续断面车辆监测、异常车辆提醒、车辆闯入预警、事故点上游车辆预警等事件进行现场层级实时预警和平台层级业务管控。

3.2.4 工程验证与成果优化

选取高速公路与国省干线典型路段，开展先导性现场试点-多场景全功能验证-规模化推广应用全流程工程验证，构建多维度量化评估体系，通过与传统养护作业安全管控模式的横向、纵向对标分析，验证研究成果的有效性，并基于工程实践反馈完成技术、装备、平台与标准体系的迭代优化，形成可复制、可推广的公路养护作业区智能安全管控一体化解决方案。

按照“先单点后全域、先试点后推广、先功能后性能”的实施路径，分三个阶段完成全流程工程验证，确保技术与装备的稳定性、适配性与可落地性。

3.3 总体技术架构

3.3.1 顶层设计

系统采用一体化云-边-端三级架构。

端层（感知执行层）：北斗定位终端、雷达感知设备、智能穿戴/声光预警装置、机具管控终端，负责全要素数据采集、现场预警执行、指令响应，实现厘米级定位、秒级事件识别。

边层（边缘计算层）：边缘计算网关/终端，负责数据预处理、本地风险研判、就近协同管控，断网场景下保障本地闭环，降低云端压力与传输时延。

云层（全局决策层）：智慧管控平台（数据中台+智能引擎+可视化调度+对外接口），负责全局数据汇聚、深度风险研判、智能决策调度、多部门协同、综合服务，形成系统“中枢大脑”。

3.3.2 核心闭环流程

正向数据流：端层采集→边层预处理 / 本地研判→云层汇聚 / 深度分析→风险态势 / 决策输出。

反向控制流：云层决策→边层指令拆解→端层执行干预→执行结果回传→闭环优化。

实现“感知 - 分析 - 决策 - 执行 - 反馈”全流程智能闭环。

3.3.3 设备研发层级 ——“精准感知、可靠执行”的硬件研发与集成

以“全场景覆盖、高可靠性、低功耗适配”为原则，研发多类型协同感知与执行设备，形成“人员 - 机具 - 环境 - 交通”全要素感知网络。

研发关键要求：

统一硬件接口标准，支持即插即用；满足工业级防护（-20℃~60℃、IP65 防水防尘）；低功耗设计（续航≥72 小时）；适配无公网场景（北斗短报文通信）。

3.3.4 系统开发 ——“云边协同、智能驱动”的软件中枢

以“数据互通、决策智能”为核心，开发“云-边-端”三级协同系统，打破信息孤岛，实现全链数据驱动决策。

开发逻辑：构建统一数据协议→集成核心算法模型→打造可视化管控闭环。

核心系统模块：

边缘层：轻量化数据处理系统（数据预处理、本地风险识别）；

云端层：智慧管控平台（含多源数据中台、智能分析引擎、可视化调度模块、对外协同接口）；

算法内核：多源数据融合算法、动态风险预测模型、自适应防护策略优化算法。

3.3.5 预警预防 ——“前瞻预判、分级闭环”的防控机制

以“风险前置、精准干预”为目标，建立“预警-干预-评估-优化”

全流程预防机制，实现从“事后整改”到“事前预防”的转变。

机制设计逻辑：

基于风险等级划分预警阈值→制定分级干预策略→建立效果评估体系→反向优化模型与设备参数。

核心机制体系：

分级预警机制：按风险等级（低/中/高/极高）触发“提示预警（平台）→局部预警（穿戴+声光）→全局预警（多终端联动）→强制干预（机具闭锁）”四级响应；

主动预防流程：风险预判（5-30 分钟前瞻）→预警推送（精准靶向）→现场干预（多主体协同）→效果反馈（数据回传）；

3.4 创新性

3.4.1 “北斗+4G/5G+蓝牙+LoRa”多模异构通信架构

现有方案大多依赖单一通信方式（如纯 4G），隧道、山区无法使用；或纯 LoRa，无法远距离传输。本课题首次在养护作业区集成多种通信模式，按场景自动切换—远距离大流量用 4G/5G，无公网用北斗短报文，区内设备用蓝牙/LoRa 自组网。

3.4.2 云-边-端四级协同架构，边缘自主闭环

目前多数方案强调“云平台集中管控”，网络中断则系统瘫痪。本课题技术方案中四级架构明确分工，边缘层在作业区现场独立完成融

合、判断、触发，断网 72 小时可正常运行；云平台只做监管与事后分析。

3.4.3 “穿戴式+固定式+移动式”多模态警示联动机制

现有预警只针对社会车辆，工人靠喊或听喇叭，噪音环境下无效。本课题采用同时触发三类警示-工人手环振动、现场声光报警、智能锥桶闪灯，形成“车-人-设备”三级同步响应。实现风险秒级识别、靶向预警、闭环干预，完成从“被动防护”到“主动防控”的跨越

3.5 技术路线

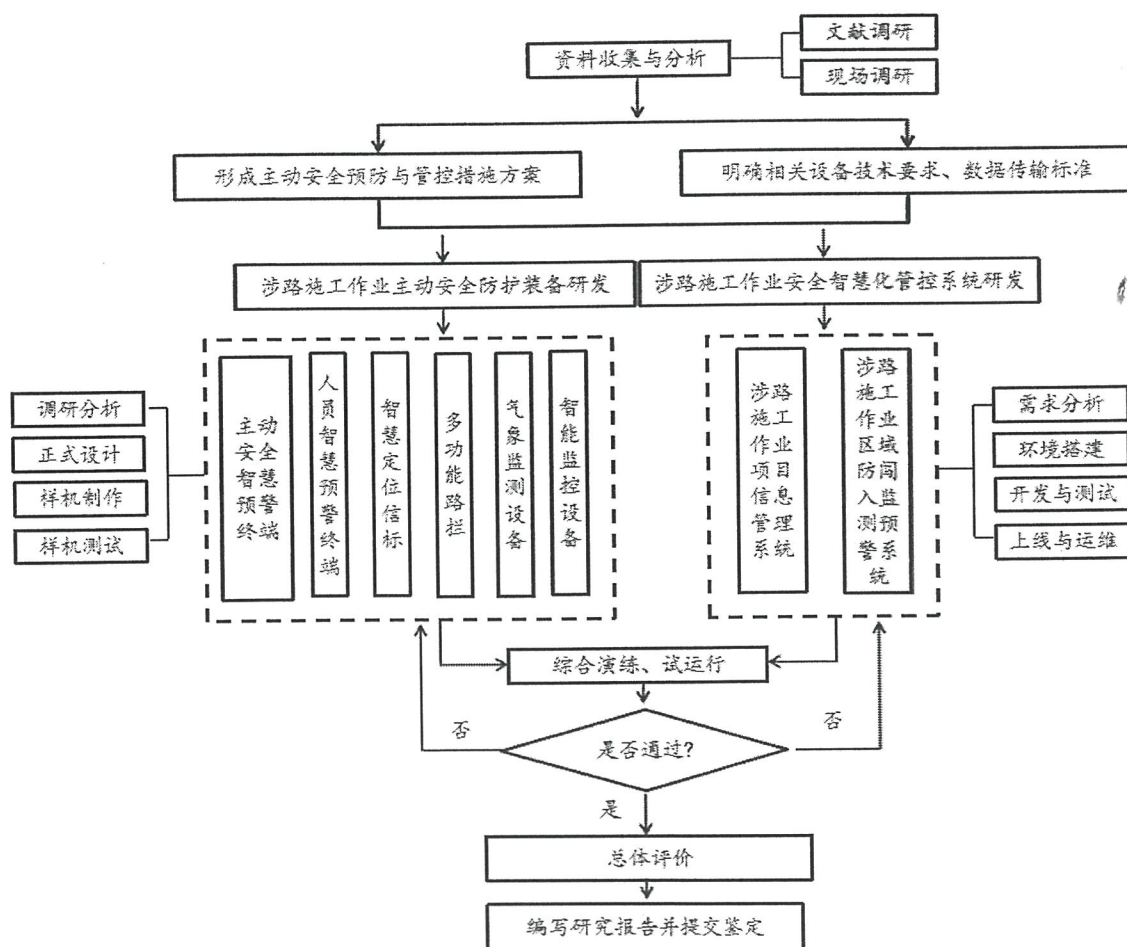


图 1 技术路线图

对公路涉路施工作业调研,分析各场景的施工安全问题、工作流程、主动预防与应急管控措施。通过专家研讨、现场试验形成适用于不同涉路施工作业类型、不同规模大小、不同使用对象的主动安全预防与管控措施方案,并明确相关主动安全预防设备技术要求、数据传输标准。

通过调研分析、设计、制作、测试等研发、集成主动安全智慧预警终端、人员智慧预警终端、智慧定位信标、多功能路拦、气象监测设备、智能监控设备;通过需求分析、环境搭建、开发与测试、上线与运维研发涉路施工作业项目信息管理系统、涉路施工作业区域防闯入监测预警系统;对研发设备及系统平台进行综合应用运行,以达到智能感知涉路施工安全风险全域检测与主被动一体化防护,进而降低涉路施工作业区的事故率与伤亡率,保障人员的生命财产安全。

3.6 后续技术改造或基本建设计划的衔接

国家高速公路(G70)西安至永寿段路线全长79.31公里,六村堡至咸阳北枢纽立交段20.185公里采用双向十车道标准(路基宽54米),其余路段按双向八车道标准建设,工程建设工期3年,采用边施工边通车方式,预计2028年8月左幅建成通车,2028年12月全线建成通车。研究成果可在该工程中实施应用,验证成果的适用性,以及成果的完善改进方向。

- 1) 多场景养护作业区风险事件自动感知、预警秒级响应。
- 2) 多场景养护作业区管控系统,有效实现交通事件报警、预警一体化快速处理。

四、项目承担单位及参加单位概况

4.1 单位概况

本项目承担单位为陕西交通控股集团有限公司，参加单位有陕西交通控股集团有限公司建设管理公司大修专项工程管理处、陕西省交通运输工程质量监测鉴定站、北京恒达交安科技发展有限公司。

(1) 陕西交通控股集团有限公司

陕西交通控股集团有限公司（简称陕西交控集团）成立于 2021 年 1 月 30 日，是省政府出资设立的大型国有独资企业。公司注册资本 500 亿元，经营范围涵盖交通基础设施勘察设计、投资、建设、运营，公路运输、供应链，交通科技、咨询、监理、检测，交通类金融，交通关联产业综合开发等。

陕西交控集团入围“中国企业 500 强”，位列“中国服务业企业 500 强”第 138 位，现有员工 2.72 万人，高级职称 2038 人，正高级职称 185 人。总资产突破 5800 亿元，养管公路里程 6574 公里，其中高速公路 5775 公里，占全省的 90%左右。主体信用评级为 AAA 级，银行授信额度 7300 亿元。总部内设 12 个部门，下辖公路运营、交通建设、产业发展、交通投资、交通服务、市政路桥、交通科技、商贸物流、资源开发、环保能源 10 个二级板块，100 个三级单位，综合实力步入全国第一方阵。

陕西交控集团拥有施工总承包特级资质 3 项，公路、市政、建筑等施工总承包及专业承包一级资质 86 项，工程勘察综合甲级及设计、监理甲级资质 48 项。建成“固废高效再生利用技术院士工作站”“卫星技

术交通运输行业研发中心”等省部级科研平台 13 个，主编、参编国家级和省部级标准 157 项，拥有专利 570 项。获得国家科学技术奖 11 项，其中秦岭终南山隧道关键技术荣获国家科技进步一等奖。获得国家优质工程奖 34 项、詹天佑奖 4 项、鲁班奖 5 项、李春奖 4 项、长安杯 10 项和省部级科学技术奖 187 项。先后荣获全国文明单位 7 个、省级文明单位 37 个、全国“五一劳动奖状”2 个、全国“工人先锋号”5 个等国家和省部级荣誉共 280 余项。

陕西交控集团将实施“以路为本、创新驱动、产融结合、综合开发”的发展战略，加快构建“553”现代产业体系，到“十四五”末实现“7613”战略目标，运营建设公路里程突破 7000 公里，总资产突破 6000 亿元，营业收入力争达到 1000 亿元，利润总额超过 30 亿元，力争完成投资 1100 亿元，科技板块实现整体上市，培育三个战略新兴产业，实现业态更优、实力更强、效益更好、发展更可持续，努力打造全国一流的交通投资建设运营综合服务商。

（2）陕西交通控股集团建设管理公司大修专项工程管理处

陕西交通控股集团建设管理公司大修专项工程管理处作为陕西交通控股集团有限公司建设管理分公司派出的三级生产机构，成立于 2024 年 3 月，负责承接集团公司管辖路段的大修工程及部分专项工程的管理工作。2025 年 6 月，建设管理公司对机构设置进行了调整，编制调整为 25 人，处长 1 人（M3），副处长 3 人（M4），一般管理人员和专业技术人员 21 人，管理处内设综合管理部、财务管理部、工程管理部、质量安全部、环境保障部等 5 个部门；管理处主要负责集团公司

所辖路段大修工程、专项工程、安全韧性提升工程，及绕城高速公路扩能尾留与八处隐患工程治理。截止目前，已完成的项目有：包茂高速太乙宫至营盘段专项维修整治工程、包茂高速榆林至靖边段专项维修整治工程、西安绕城高速杏园至河池寨段专项维修整治工程、京昆高速汉宁段交安设施及路面提升工程、沪陕高速商州至竹林关段专项维修整治工程。目前，正建项目有京昆高速西安至陕川界段安全韧性提升工程（筒车湾至棋盘关段）、福银高速西安至陕鄂界段安全韧性提升工程和商州至陕豫界高速舒杨村丹江大桥等 6 座涉河桥梁隐患治理工程等。

（3）陕西省交通运输工程质量监测鉴定站

陕西省交通运输工程质量监测鉴定站为省交通运输厅下属事业单位，主要职责是贯彻国家和陕西省有关交通工程质量及安全监管的政策法规、技术标准；承担交通重点建设项目工程质量、安全监督相关技术性工作；承担全省交通建设从业单位和人员的备案登记、信用评价工作；承担交通建设工程质量问题投诉、举报和调查登记等工作；开展交通运输行业工程质量监督业务培训工作；完成省交通运输厅交办的其他工作。

（4）北京恒达交安科技发展有限公司

北京恒达交安科技发展有限公司是国内首家满足国际标准的专业护栏碰撞试验检测评价机构，一直从事与交通安全有关的科研、设计、咨询业务。多次参与国家重大工程项目课题研究。

1、参与交通运输部“安保工程”的课题研究，研究成果纳入了《公路交通安全设施设计规范》。

- 2、作为交通运输部的技术支撑单位参与三部委“联合攻关行动”。
- 3、作为交通运输部技术支撑单位参与交通运输部“生命防护工程”。
- 4、主持国家重大工程项目安全设施研究开发工作：杭州湾大桥护栏研究、深圳湾大桥护栏研究、港珠澳大桥护栏研究、深中通道护栏研究等，并取得多项奖项荣誉和良好的社会效益。

公司依托学科齐全的人才队伍，截止目前完成了 100 多个研究项目，其中十几项为省部级科技项目，获得了 12 个奖项，24 项专利，主编行业标准规范 2 本，参编行业标准规范 12 本。

4.2 技术力量及人员构成

姓 名	单 位	性别	年龄	技术职称	专业	在项目中担任具体工作
尹亮	陕西交通控股集团有限公司	男	46	正高级	公路工程	负责项目组织、实施、质量、进度等管理
高楠	陕西交通控股集团建设管理公司大修专项工程管理处	男	46	副高级	公路工程	负责项目总体进度、方案的管理工作
周原旭	陕西交通控股集团建设管理公司大修专项工程管理处	男	35	工程师	公路工程	负责依托工程的协调、现场组织等工作
边陇超	陕西交通控股集团建设管理公司大修专项工程管理处	男	42	副高级	公路工程	负责依托工程的协调、现场组织等工作
张娟	陕西交通控股集团建设管理公司大修专项工程管理处	女	42	工程师	土木工程	负责项目依托工程系统平台的测试工作
雷巧玉	陕西交通控股集团建设管理公司大修专项工程管理处	女	26	专业工程师	交通运输工程	负责项目依托工程现场进度、质量等工作
焦波	陕西交通控股集团建设管理公司大修专项工程管理处	男	35	工程师	土木工程	负责项目依托工程现场设备安装、测试等

刘浪涛	陕西交通控股集团有限公司	男	36	副高级	公路工程	负责项目测试现场的管理工作
姚常青	北京恒达交安科技发展有限公司	男	48	副高级	交通工程	负责项目系统平台研究开发工作。
周育驰	陕西交通控股集团有限公司	男	36	副高级	公路工程	负责项目测试现场的管理工作
张绍理	北京恒达交安科技发展有限公司	男	51	教授级高工	交通土建工程	负责项目系统方案的研究制定。
李少伟	北京恒达交安科技发展有限公司	男	38	中级	道路工程(路线)	负责研究项目硬件设备的研究及测试。
吕少伟	陕西省交通运输工程质量监测鉴定站	男	42	中级	道路桥梁与渡河工程	负责项目依托工程系统设备管理工作
蒋培文	陕西省交通运输工程质量监测鉴定站	男	41	副高级	桥梁与隧道工程	负责项目依托工程系统平台测试管理工作
张训朋	北京恒达交安科技发展有限公司	男	34	中级	土木工程	主要负责项目养护作业区安全及措施研究、文件编制
王贺贺	北京恒达交安科技发展有限公司	男	31	中级	信息化	主要项目系统软件产品系统设计工作。
汪洋子	北京恒达交安科技发展有限公司	男	32	中级	信息化	主要项目系统软件技术开发工作。

4.3 各自承担的主要工作

陕西交通控股集团有限公司

- 1) 负责项目研究大纲编写;
- 2) 负责项目计划、进度、组织、验收等工作的实施;
- 3) 协调并考核组织成员完成相关科研工作;
- 4) 负责对项目实施进度、工作质量进行监督、检查, 确保项目的顺利进展。
- 5) 负责课题研究成果鉴定工作
- 6) 负责对项课题进度、质量进行监督、检查、管控。

陕西交通控股集团建设管理公司大修专项工程管理处

- 1) 负责科研成果在依托工程中开展实验验证工作;
- 2) 负责养护作业资料收集及配合实地调研;

陕西省交通运输工程质量监测鉴定站

- 1) 参与养护作业场景风险分析与管控措施研究;
- 2) 对科研过程进行监督;
- 3) 协调提供近 5 年管辖路段作业区事故/险情记录等相关数据。

北京恒达交安科技发展有限公司

- 1) 负责养护作业场景风险分析与管控措施研究;
- 2) 负责开展关键技术问题研究;
- 3) 研发或集成涉路施工作业主动安全防护装备;
- 4) 研发涉路施工作业安全智慧化管控系统;
- 5) 相关报告的编写工作。

4.4 项目主要负责人情况

尹亮 陕西交通控股集团有限公司正高级工程师。先后参与进行了《寒冷地区隧道地下水消防及可调亮 LED 照明关键技术研究》、《公路混凝土梁桥预应力混凝土桥面铺装技术研究》等多个科研课题的研究工作, 其中:《公路混凝土梁桥预应力混凝土桥面铺装技术研究》获得陕西省科技进步奖。出版《公路工程安全生产监督管理与作业技术全解》、《水泥混凝土桥面沥青铺装病害防治与养护技术》, 取得了发明及实用新型专利十余项, 科技成果在省内为工程项目中得到了应用和转化。

五、项目依托工程情况及其他必要支撑条件

5.1 依托工程概况

G70 福银高速公路商漫段集中韧性提升工程涉及路基、路面、桥梁、隧道维修整治及交安及沿线设施提升改造，投资预算 24370 万元。

集中养护主要包括以下内容：

(1)路基排水沟盖板更换、增设检修踏步、路堑边坡治理等维修整治；(2)路面病害集中维修整治；(3)桥梁混凝土裂缝、支座开裂和脱空、伸缩缝破损、挡块挤死、结构破损等病害维修整治；(4)隧道衬砌裂缝、排水设施破损、检修道破损、洞门端墙损坏等病害维修整治；(5)沿线交通安全设施提升改造(更换标志和防眩板、施划标线)。

G70 福银高速公路蓝商段（K1567+830-K1632+285）养护里程约 64.455 公里，集中养护工程涉及路基、路面、桥梁、隧道维修整治以及交安及沿线设施提升改造，投资预算 34262 万元。集中养护主要包括以下内容：

(1) 路基排水沟盖板更换，边坡落石防护；(2)路面病害集中维修整治；(3)桥梁部分：桥梁定检病害维修工程、伸缩缝更换工程、梁体结构性受力裂缝加固工程桥台开裂处治工程、背墙拆除重做工程、挡块开裂处治工程；(4)隧道部分：隧道洞口病害治理工程、隧道洞门病害治理工程、隧道衬砌病害治理工程隧道检修道病害治理工程、隧道排水系统病害治理工程、隧道内装饰病害工程；(5)沿线交通安全设施提升改造(防眩绿植更换防眩板、标线)。

5.2 投资来源

项目总经费为 150.0 万元，其中申请省厅补助 19.5 万元，申请陕西交通控股集团有限公司补助 130.5 万元。

5.3 工程进度

1) 2026 年 3 月~2026 年 6 月:

(5) 开展公路养护安全风险调研、数据收集、数据分析。

(6) 开展公路养护现有安全防范及管控措施调研与分析。

(7) 开展公路养护现有安全防范及管控设备调研。

(8) 文献与标准调研，国内外作业区安全技术文献检索、标准。规范对比分析。

2) 2026 年 7 月~2026 年 9 月:

(1) 事故特征统计分析，对事故数据进行数理统计，分析事故类型、形态。

(2) 公路养护作业安全风险分析与管控措施研究。

(3) 形成适用于不同涉路施工作业类型、不同规模大小、不同使用对象的主动安全预防与管控措施总体技术方案。

(4) 技术方案设计、确定总体技术路线、系统架构、设备选型方向及明确技术指标。

3) 2026 年 10 月~2026 年 12 月:

(1) 开展公路养护作业安全主动预防与管控系统平台开发（平台基础框架搭建，完成云平台基础架构、数据库设计、GIS 地图集成）。

(2) 开展养护作业区安全主动防护硬件集成、开发（多模态通信设备研发）。

4) 2027 年 1 月~2027 年 3 月:

(1) 开展养护作业区安全主动防护硬件集成、开发(多模态通信设备研发)。

(2) 开展公路养护作业安全主动预防与管控系统平台开发(平台功能开发,完成项目信息管理、主动安全监测预警两大子系统开发、导航联动接口开发)。

5) 2027 年 4 月~2027 年 6 月:

(1) 开展公路养护作业安全主动预防与管控系统平台功能测试。

(2) 实验室完成所有设备与平台的联调测试。

(3) 试点场景准备,确定示范应用路段,完成现场勘察和布设方案设计。

6) 2027 年 7 月~2027 年 9 月:

(1) 设备现场安装,在试点路段安装部署感知设备、通信设备、警示设备。

(2) 开展课题研究成果现场部署、示范应用、数据收集和效果评价。

7) 2027 年 10 月~2027 年 12 月:

(1) 系统优化调整 根据反馈进行首次优化。

(2) 扩大示范范围 在 3 个以上不同类型的作业区开展示范。

(3) 学术成果撰写 撰写学术论文、申请专利。

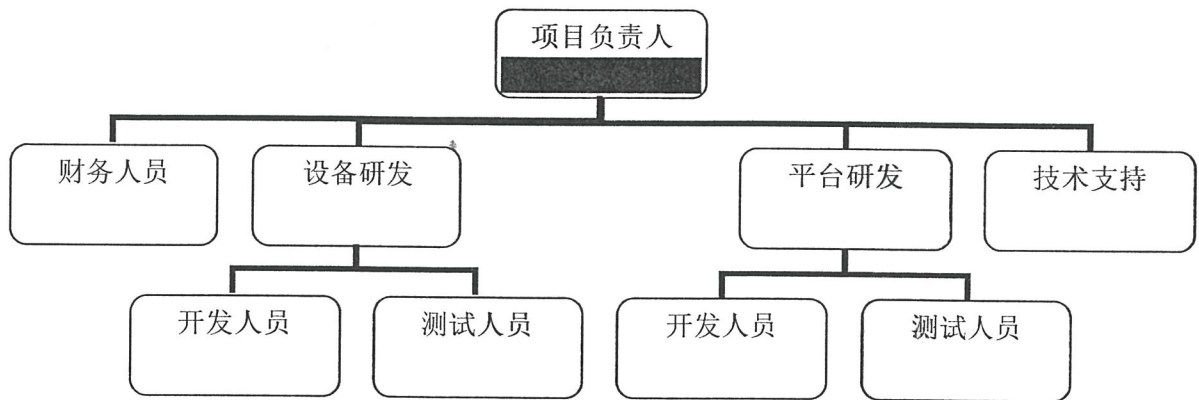
8) 2028 年 1 月~2028 年 3 月:

(1) 编制《公路养护作业安全主动预防与管控系统成套技术研究

报告》。

(2) 项目结题验收资料准备、验收评审、提交项目成果。

5.4 组织管理形式



六、项目经费估算及资金筹措情况

对经费估算及资金筹措情况说明，提供所需经费测算说明。

经费投入（万元）		经费支出（万元）			
科 目	估算数	科 目	总经费	厅补经费	其他经费
省交通运输厅补助	19.5	合 计	150	19.5	0
工程配套研究经费	0	（一）直接费用	120	19.5	0
单位自筹	130.5	1.设备费	0	0	0
其他经费	0	（1）购置设备费	0	0	0
		（2）试制设备费	0	0	0
		（3）设备改造与租赁费	0	0	0
		2.业务费	110	19.5	0
		（1）材料费	77	15	0
		（2）测试化验实验加工费	12	2	0
		（3）燃料动力费	0	0	0
		（4）差旅费/会议费/国际合作与交流费	15	2	0
		（5）出版/文献/信息传播/知识产权事费	4	0.5	0
		（6）其他费用	2	0	0
		3.劳务费	10	0	0
		（1）专家咨询费	2	0	0
		（2）聘用人员劳务费	0	0	0
		（3）其他劳务费	8	0	0
		（二）间接费用	30	0	0
		4.管理费	25	0	0
		5.绩效支出	5	0	0

注：预算编制按照《陕西省人民政府办公厅关于改革完善省级财政科研经费管理的实施意见》（陕政办发[2022]3号）文件执行，详见附件《科研经费预算编制说明》。项目验收将组织财务专项验收或审计。

七、项目绩效指标

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	知识产权	1、专利授权数（项）	5
		（1）授权发明专利	0
		（2）实用新型	5
		（3）外观设计	0
		2、软件著作权授权数（项）	1
		3、发表论文（篇）	5
		（1）其中 SCI 索引收录数	0
		（2）其中 EI 索引收录数	0
		（3）其它	5
		4、著作（部）	0
		5、制订标准数（项）	0
		（1）国际标准	0
		（2）国家标准	0
		（3）行业标准	0
		（4）地方标准	0
		（5）企业标准	0
		（6）科技报告	0
	其他成果	1、填补技术空白数	0
		（1）国际	0
		（2）国家	0
		（3）省级	0
		2、获奖项数	0
		（1）国家奖项	0
		（2）部、省奖项	0
		（3）地市级奖项	0
		3、其他科技成果产出	1
		（1）新工艺（或新方法模式）	0
		（2）新产品（含农业新品种）	0
		（3）新材料	0
		（4）新装备（装置）	1
		（5）平台/基地/示范点	0
		（6）中试线	0
		（7）生产线	0

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	其他成果	4、研究开发情况	
		（1）小试	否
		（2）中试（样品样机）	否
		（3）小批量	否
		（4）规模化生产	否
	人才引育	1、引进高层次人才	0
		（1）博士、博士后	0
		（2）硕士	0
		2、培养高层次人才	0
		（1）博士、博士后	0
		（2）硕士	0
		3、培训从事技术创新服务人员（人次）	0
		4、是否设立科研助理岗位	否
	产业化情况	1、开放共享仪器设备数（台/套/只等）	0
		2、科研仪器设备利用率（%）	0
		3、孵化科技型企业（个）	0
		4、转化科技成果（个）	0
效果类指标	经济效益	1、新增产值（万元）	
		2、新增销售（万元）	
		3、新增出口创汇（万美元）	
		4、新增利润（万元）	
	社会效益	1、新增税收（万元）	
		2、新增就业人数	
		3、就业培训（人次）	
		4、带动农民增收（万元）	
		5、培训和指导科技服务（人次）	
		6、新增产业带动情况	
		7、技术集成示范（项）	
		8、建立示范基地（亩数）	
		9、节约资源能源	
		10、环保效益	
其他需要说明的情况			

八、预期目标、成果提供形式及经济社会效益

8.1 项目预期目标

本课题将对养护作业区安全问题开展针对性研究,开发多场景养护作业安全的智慧安全管控系统、多场景养护作业安全的智慧监测预警产品,以达到对施工人员、施工车辆、通行车辆进行风险事件预警,采用主动措施消除或减少风险源,从而降低事故的发生,降低事故严重程度,减少事故造成的直接经济损失,保护人民生命财产安全,同时有助于对路段进行提质升级,构建新型智慧的一体化安全管控体系,提升安全综合管理水平。预期达到国内领先水平。

8.2 提交的研究成果及其形式

- (1) 形成《公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究报告》。
- (2) 研发一套公路养护作业区及其上下游过渡段的安全主动预防和管控系统(含硬件设备)。
- (3) 申请实用新型专利或软著不少于5项。
- (4) 在国内专业刊物发表科技论文不少于5篇。

8.3 经济、社会、环境效益分析

8.3.1 经济效益

1) 直接经济效益

(1) 事故损失节约效益: 养护作业区事故造成的直接经济损失包括: 车辆损坏、设施损毁、清障救援、医疗赔偿、保险赔付等。本课题通过主动预防与智慧化管控,可有效降低作业区事故发生率,从而节约

事故损失。

(2) 拥堵延误节约效益: 作业区事故常导致交通中断或拥堵, 造成社会车辆时间延误和额外燃油消耗, 通行率提高 30%。

(3) 封路时间缩短效益: 作业区事故常导致路段封闭, 影响通行费收入。本课题可减少事故次数和缩短事故处理时间, 降低通行费损失。

2) 间接经济效益

(1) 养护作业效率提升: 通过智慧化管控减少因安全顾虑导致的作业中断、频繁巡查, 提升养护作业效率。同时, 减少事故后的清障、修复等非计划性作业, 降低养护成本。

(2) 设备使用寿命延长: 减少事故对安全设施(防撞车、锥桶、标志牌等)的撞击损坏, 延长设备使用寿命, 降低设备更换频率。

8.3.2 社会效益分析

1) 人员伤亡率显著下降: 本课题通过“车-人-设备”三级同步预警机制, 在车辆闯入前提前预警, 为作业人员争取宝贵的避让时间(3-5 秒), 从根本上减少人员伤亡, 人员伤亡率下降 60%。

社会价值: 保护一线养护工人的生命安全——他们是道路畅通的守护者, 其生命安全是社会文明程度的体现。减少因事故导致的家庭悲剧, 维护社会和谐稳定。

2) 事故率显著下降: 通过主动感知、分级预警、车路协同等手段, 将作业区事故从“不可避免”变为“可防可控”, 事故率下降 50%。

社会价值: 减少因事故导致的交通中断, 保障公众出行顺畅。降低

社会车辆驾乘人员在作业区路段的安全风险。提升高速公路运营服务的整体安全水平。

3) 社会通行体验改善: 通过导航平台实时推送作业区信息, 引导车辆提前绕行, 减少社会车辆“驶近才发现施工”的被动局面。

社会价值: 减少公众在作业区路段的急刹车、强行变道等危险驾驶行为。降低因作业区事故导致的长时间拥堵, 节约公众出行时间。提升高速公路用户的满意度和获得感。

8.3.3 环境效益分析

1) 减少事故导致的环境污染: 作业区事故特别是涉及大型货车的碰撞, 常导致: 油品泄漏: 柴油、汽油、机油泄漏污染路面和周边土壤、水体。危化品泄漏: 运输危化品车辆事故可造成严重环境污染。车辆碎片: 事故产生的金属、塑料、玻璃碎片污染环境。

2) 减少拥堵导致的碳排放: 作业区事故导致的拥堵会使车辆长时间低速行驶或怠速, 燃油燃烧不充分, 碳排放显著增加。研究表明, 拥堵状态下单车碳排放是正常行驶的 2-3 倍。

九、其它需要说明的问题

无

十、申请单位意见

课题依托 G5 京昆高速西安至陕川界段、G70 福银高速西安至陕鄂界段安全韧性提升工程,从现场试验、室内试验和数值模拟等方法出发,研究涉路施工作业场景风险分析与管控措施,研发涉路施工作业主动安全防护装备,研发涉路施工作业安全智慧化管控系统,课题研究成果的应用将有效提高陕西交通控股集团有限公司多场景涉路施工作业安全管控水平,同时将对陕西交通控股集团有限公司及参加单位科研知识储备、人才培养、养护技术的提升等方面及科研团队建设具有显著的效果。

鉴于上述原因,我单位同意开展该项目研究,并在研究过程中提供人员、经费等保障条件,保证该项目如期完成。

(公章)

单位负责人:

(签字)

年 月 日

2. 专家评审意见

公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究 大纲评审意见

2026年3月23日，陕西省公路局受陕西省交通运输厅委托在西安主持召开了“公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究”（项目编号：25-59X）项目大纲评审会。与会专家（名单附后）听取了项目组的汇报，审阅了项目研究大纲，经质询讨论，形成如下评审意见。

一、项目研究内容全面，研究目标明确，技术路线可行。

二、项目研究人员组成合理，前期研究基础扎实，试验设备齐全，依托工程落实，经费预算符合规定，具备开展研究工作的条件。

三、预期成果完全覆盖研究目标，与研究内容的逻辑框架高度契合。

与会专家一致同意该项目研究大纲通过评审。

建议：

1.进一步聚焦研究范围、研究内容及研究成果，加强落地性实施；

2.进一步梳理前期科研及工作基础、创新性与技术经济指标

主任委员：王建子

2026年3月23日

3. 专家名单

公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究 (项目编号: 25-59X)

大纲评审专家委员会名单

序号	评审会职务	姓名	工作单位	所学专业	从事专业	职称/职务	签名
1	主任委员	王建军	长安大学	交通运输工程	交通运输工程	教授	王建军
2	委员	苗建宝	西安公路研究院有限公司	土木工程	土木工程	正高工	苗建宝
3	委员	曹海波	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	公路工程	公路工程	正高工	曹海波
4	委员	赵池航	东南大学	交通运输工程	智慧交通系统	教授	
5	委员	伍朝辉	交通运输部公路科学研究院	计算机应用专业	交通数字化	正高工	

4、意见处理表

专家意见处理表

项目名称：公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究

(项目编号： 25-59X)

序号	姓名	建议内容	处理意见 (逐条回应，详细说明修改情况)
1	王建军	加强风险评估内容分析	已按专家意见补充完善了事故特征、致因因素、防护措施效果、作业类型与规模差异等风险评估维度、风险评估的目的和结果应用内容。
2	王建军	主要研究内容进一步梳理	研究内容已按专家意见修改，重点研究可落地执行的公路养护作业安全主动预防与管控成套技术方案、平台等。
3	王建军	预期目标及研究成果进一步根据实际进行分析明确	预期目标及研究成果已根据研究内容的变化作相应的修改和明确。
4	曹海波	建议聚焦高速公路开展研究，后续逐步延伸至普通国省干线	采纳专家建议，本课题将聚焦高速公路养护作业开展研究。
5	曹海波	针对关键技术问题梳理创新性	研究内容已按专家意见对关键技术、创新点进行重新梳理、提炼以明确。

6	曹海波	与依托工程的施工进度协调，保障研究成果验证	研究内容已按专家意见对课题的进度进行了协调、修改，以满足依托工程的施工进度。
7	苗建宝	研究经费有限，建议有重点的研究方向，比如形成不同养护类型的经济合理的安全作业的技术方案，突出本课题的特色	研究内容已按专家意见修改，重点研究可落地执行的技术方案。
8	苗建宝	宏观内容基本确定，有些内容是达不到的，如建立标准体系，通过这个课题两年很难达到，北斗短报文是否要应用到这个项目，建议调整类似的表述	研究内容已按专家意见修改，重点研究可落地执行的技术方案，标准体系不作为本课题的研究内容（磋商文件中无此内容）。
9	苗建宝	建议针对日常养护、预防养护、修复养护、专项养护、应急养护的特点，提出切实可行的智能化方案。	根据专家建议对课题研究内容完善了多场景养护作业的研究目标、研究内容、技术方案。
10	苗建宝	有些关键技术表述不具体：大纲提及多源数据融合算法、风险预测模型、自适应防护策略无核心原理、技术指标、验证方法。建议补充算法选型、精度指标、响应时延、预警准确率等量化要求，明确技术边界。	研究内容已按专家意见对关键技术、创新点进行重新梳理、提炼。
11	苗建宝	融合感知终端、车路协同设备仅列名称，无功能、性能、通信协议，建议明确功能定位、使用场景等。	已补充完善，明确融合感知终端功能定位为养护作业区及上游车速、车流量等交通流、气象环境、施工工况等多源数据采集。
12	苗建宝	大纲中研发面向高德、百度等商业地图平台的信息推送协同设备	已按照专家建议修改，本课题主要完成系统平

		与接口模块，解决养护作业区道路管控信息与社会车辆信息不同步、车路协同不畅的问题。这个是否能实现？	台车路协同信息推送导航联动接口开发。
13	苗建宝	本项目总经费150万，省厅补助19.5万元集团配套130.5万元，建议配套经费是否能全部落实，据实填报有利于项目顺利结题。	配套经费已落实
14	苗建宝	试制设备费是指本项经费用于项目研究开发过程中试制专用仪器设备，建议核查是否设备费全部用于专用仪器设备研制。	已按专家的建议对课题经费的预算进行了核查和修改。
15	苗建宝	目前人员配备偏工程，本项目牵扯软硬件开发应该增加装备研发、平台开发等相关人员。	已按专家的建议对人员配备进行了补充。
16	苗建宝	需要明确该系统应用于公路养护作业的造价情况，便于项目落地。	已按专家的建议对系统应用于公路养护作业的单点造价进行了限价控制。
17	苗建宝	依托工程前后不一致明确依托工程是养护工程还是安全韧性提升工程。	已按专家的建议进行了修改，明确依托工程是安全韧性提升工程。
18	苗建宝	建议在效益指标方面量化事故率下降、通行效率提升、节约成本等指标。	已按专家的建议对事故率下降、通行效率提升、综合成本成本等指标进行了量化。
19	赵池航	在“国内外研究现状分析”中增加近3年的国内外研究的论述及相关参考文献；	已按专家的建议进行了补充完善，加近3年的国内外研究的论述及相关参考文献。
20	赵池航	在“前期科研及工作基础”中增加本研究团队支持该项目开展研	已按专家的建议进行了补充完善，增加本研究

		究的研究基础及已取得研究成果	团队支持该项目开展研究的研究基础及已取得研究成果。
21	伍朝辉	内容太庞杂了，想放进来的东西太多，建议聚焦，切口小一些；	研究内容已按专家意见修改，重点研究可落地执行的技术方案，设备研发采用系统集成，标算法研究、准体系不作为本课题的研究内容。
22	伍朝辉	没有前期工作基础介绍，应区分已有基础和本项目研究增量，明确哪些是研究或应用的重点；	已按专家的建议进行了补充完善，增加本研究团队支持该项目开展研究的研究基础及已取得研究成果，并明确了研究重点。
23	伍朝辉	创新点的提法过大，首次、填补空白等提法慎重	研究内容已按专家意见对关键技术、创新点进行重新梳理、提炼。

大纲评审委员会专家（签字）：

王建国

项目负责人（签字）：

张亮

专家审查意见表

项目名称	公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究				
专家姓名	王建子	职务/职称	教授	专业	交通工程
专家单位	长安大学			联系电话	13709252206

评审意见

1. 加强风险评估内容分析;
2. 主要研究内容进一步梳理;
3. 预期目标及研究成果进一步根据实际进行分析明确.

评审专家(签字): 王建子

2026年3月23日

(本意见入档, 应填写工整, 纸面不敷, 可另加纸)

专家审查意见表

项目名称	公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究				
专家姓名	曹海波	职务/职称	教授/正高工	专 业	道路工程
专家单位	长安公路勘察设计研究院有限公司			联系电话	18112640597

评 审 意 见

一、总体评价

项目针对公路涉路作业的安全主动预防与智慧管控技术开展研究，研究目标明确，研究内容全面，技术路线可行。人员组成合理，前期研究基础扎实，依托工程落实，经费预算合规，同意通过研究大纲评审。

二、建议

1. 建议聚焦高速公路开展研究，后续逐步延伸至普通国省干线。
2. 针对关键技术问题梳理创新性。
3. 与依托工程的施工进度协调，保障研究成果验证。

评审专家（签字）：曹海波

2026年3月13日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

专家审查意见表

项目名称	公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究				
专家姓名	苗建宝	职务/职称	正高工	专业	土木工程
专家单位	西安公路研究院有限公司			联系电话	15249205285

评审意见

项目选题贴合陕西省公路养护安全痛点与智慧交通政策导向，研究大纲内容全面、技术路线清晰、依托工程明确，具备较高实用研究价值与可行性，同意研究大纲通过评审。意见如下：

一、总体情况：

1、研究涵盖了公路养护作业安全设备研发（硬件层）、系统开发（软件层）、预警预防（机制层）三维一体架构，既有理论研究，又包含了设备开发、平台开发建设等，研究范围非常全面，创新方面也是涵盖了理论、技术、架构及标准创新，研究经费有限建议有重点的研究方向，比如形成不同养护类型的经济合理的安全作业的技术方案，突出本课题的特色。

2、宏观内容基本确定，但是有些内容是达不到的，比如建立标准体系，通过这个课题两年时间很难达到，北斗短报文是否要应用到这个项目，建议调整类似的表述。

二、技术方面：

1、建议针对日常养护、预防养护、修复养护、专项养护、应急养护的特点，提出切实可行的智能化方案。

2、有些关键技术表述不具体：大纲提及多源数据融合算法、风险预测模型、自适应防护策略无核心原理、技术指标、验证方法。建议补充算法选型、精度指标、响应时延、预警准确率等量化要求，明确技术边界。

3、融合感知终端、车路协同设备仅列名称，无功能、性能、通信协议，建议明确功能定位、使用场景等。

4、大纲中研发面向高德、百度等商业地图平台的信息推送协同设备与接口模块，解决养护作业区道路管控信息与社会车辆信息不同步、车路协同不畅的问题。这个是否能实现？

三、财务预算方面：

1、本项目总经费150万，省厅补助 19.5 万元集团配套 130.5 万元，建议配套经费是否能全部落实，据实填报有利于项目顺利结题。

2、试制设备费是指本项经费用于项目研究开发过程中试制专用仪器设备，建议核查是否设备费全部用于专用仪器设备研制。

四、人员配置：目前人员配备偏工程，本项目牵扯软硬件开发应该增加装备研发、平台开发等相关人员。

五、经济效益方面：需要明确该系统应用于公路养护作业的造价情况，便于项目落地。同时建议在效益指标方面量化事故率下降、通行效率提升、节约成本等指标。

六、依托工程前后不一致明确依托工程是养护工程还是安全韧性提升工程。

评审专家（签字）：

年 月 日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

专家审查意见表

项目名称	公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究				
专家姓名	赵池航	职务/职称	教授、博导	专 业	交通运输工程
专家单位	东南大学			联系电话	13951922763

评 审 意 见

该项目开展公路养护作业安全主动预防与管控成套技术的研究工作，主要包括养护作业区多源数据融合与风险评估方法、养护作业区安全主动预防及管控关键装备研发与集成、养护作业安全云-边-端协同智慧管控平台与标准规范等。该项目研究大纲的研究内容具体，研究目标及拟解决的问题明确，技术架构与技术路线可行；达到了项目研究大纲的评审要求。

修改建议如下：

（1）在“国内外研究现状分析”中增加近 3 年的国内外研究的论述及相关参考文献；

（2）在“前期科研及工作基础”中增加本研究团队支持该项目开展研究的研究基础及已取得研究成果。

评审专家（签字）： 

2026 年 3 月 23 日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

专家审查意见表

项目名称	公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究				
专家姓名	伍朝辉	职务/职称	副研究员	专 业	交通数字化
专家单位	交通运输部科学研究院			联系电话	15210832821

。 评 审 意 见

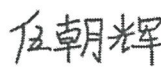
同意通过研究大纲评审。

建议：

（1）内容太庞杂了，想放进来的东西太多，建议聚聚焦，切口小一些；

（2）第 2 部分只有国内外现状分析，没有前期工作基础介绍，应区分已有基础和本项目研究增量，明确哪些是研究或应用的重点；

（3）创新点的提法过大，首次、填补空白等提法慎重。

评审专家（签字）： 

2026 年 3 月 22 日

 中国民生银行 CHINA MINSHENG BANK					
凭证号: 9600000005191					
付款人	全称	北京恒达安科技发展有限公司	收款人	全称	王建军
	账号	153352525		账号	6216663600000049388
	开户行	中国民生银行股份有限公司北京昌平支行		开户行	中国建设银行总行
金额	人民币: 800.00		大写金额	人民币: 捌佰元整	
客户附言	技能鉴定费-专家费-项目名称: 公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究, 项目编号: 25-59X		记账时间	2026-03-20 17:10:36	
交易流水号	35420202603202349875906544641482				



 中国民生银行 CHINA MINSHENG BANK					
凭证号: 9800000005193					
付款人	全称	北京恒达安科技发展有限公司	收款人	全称	曹海波
	账号	153352525		账号	6214994220342268
	开户行	中国民生银行股份有限公司北京昌平支行		开户行	中国建设银行总行
金额	人民币: 800.00		大写金额	人民币: 捌佰元整	
客户附言	技能鉴定费-专家费-项目名称: 公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究, 项目编号: 25-59X		记账时间	2026-03-20 17:12:48	
交易流水号	354202026032023516510035446C8EE7				



 中国民生银行 CHINA MINSHENG BANK					
凭证号: 9800000005192					
付款人	全称	北京恒达安科技发展有限公司	收款人	全称	苗建宝
	账号	153352525		账号	6222620810009951472
	开户行	中国民生银行股份有限公司北京昌平支行		开户行	交通银行股份有限公司
金额	人民币: 800.00		大写金额	人民币: 捌佰元整	
客户附言	技能鉴定费-专家费-项目名称: 公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究, 项目编号: 25-59X		记账时间	2026-03-20 17:11:41	
交易流水号	3542020260320235066360654442F16E				



 中国民生银行 CHINA MINSHENG BANK							
凭证号: 9800000005194							
付款人	全称	北京恒达交安科技发展有限公司		收款人	全称	赵池航	
	账号	153352525			账号	6227001375210003776	
	开户行	中国民生银行股份有限公司北京昌平支行			开户行	中国建设银行总行	
金额	人民币: 800.00		大写金额	人民币: 捌佰元整			
客户附言	技能鉴定费-专家费-项目名称: 公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究, 项目编号: 25-59X			记账时间	2026-03-20 17:13:46		
交易流水号	3542020260320236165722754467332A						



 中国民生银行 CHINA MINSHENG BANK							
凭证号: 9800000005195							
付款人	全称	北京恒达交安科技发展有限公司		收款人	全称	伍朝辉	
	账号	153352525			账号	6222020200044044424	
	开户行	中国民生银行股份有限公司北京昌平支行			开户行	中国工商银行	
金额	人民币: 800.00		大写金额	人民币: 捌佰元整			
客户附言	技能鉴定费-专家费-项目名称: 公路养护作业安全主动预防与管控成套技术研究, 项目编号: 25-59X			记账时间	2026-03-20 17:14:43		
交易流水号	354202026032023524242795447C558E						

