

项目合同编号：25-04X

## 陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

# 合同书

项目名称：路域交通基础设施全要素风险感知与突发事件智能预警决策

关键技术研究

承担单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

项目负责人：赵力国

通讯邮编、地址：710065 陕西省西安市高新区科技四路 205 号

传真、电话：02961321671

起止年限：2025 年 12 月至 2027 年 12 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

本项目的研究范围聚焦于公路基础设施构造物（道路、桥梁、高边坡）、极端天气（雨雾、冰雪）以及路面交通安全事件三方面叠加风险，旨在构建一套“端-边-云”协同、多源信息深度融合的智慧感知预警决策技术体系。核心研究从基础理论与方法突破出发，贯穿高性能轻量化传感装备研发、短临预警模型构建、突发事件智能识别，最终集成于一体化智慧管控平台，实现从数据采集到风险处置的闭环管理。具体研究内容如下：

#### （1）路域交通风险智能识别及隐患诊断方法研究

针对道路、桥梁、高边坡等特殊路段，研究风险源对路段区域的影响和作用范围，建立整体感知与局部感知数据的关联模型。建立重点监测目标及关键监测位置的选取方法，减少设备的冗余部署。

#### （2）交通基础设施结构安全高集成轻量化传感装备研发

设计集成多传感器单元，开发传感器端的误差补偿算法；开发基于麦克风阵列组合的基础设施隐蔽缺陷声纹信号传感器；开展传感器电源、采集、分析、智能组网、机械结构等硬件系统集成化设计。

#### （3）路域交通不良环境要素短临预报预警关键技术研究

分析低能见度、道路结冰等不良气象特征和形成机制，建立短期预测模型，紧密对接国家有关规定要求，制定恶劣天气高影响路段交通风险预警等级及阈值指标，并强化设备本地化自主预警功能。

#### （4）道路突发事件智能识别关键技术与装备研究

研制小体积、低功耗边坡滚石监测雷达传感器，实现滑坡和落石的轻量化监测；探究基于利用原有设备的智能化增强技术实现路径，研究高频图像感知技术，多目标高精度监测和交通危险事件识别技术，预警等级与响应机制须紧密遵循国家相关标准与规定。

#### （5）基于多源数据融合的道路交通安全风险智慧管控平台开发

开发集成化综合场景管理平台，创建态势感知分析及超限预警模块；设计数据库建设标准，构建标准化数据基座，提升数据利用和共享效率；设计面向

复杂业务的模块化智联微服务架构，支持灵活集成与按需调度；建立智能监控与人工巡检的协同机制，优化资源投入。

## 2. 依托工程（依托工作）

(1)无锡市 G635 十八湾段科技兴安样板路建设项目：路线全长 12.323km，道路等级为一级公路，设计速度为 80km/h，本项目以交通管理需求为导向，综合运用图像识别、云计算、物联网等先进技术手段，利用传感器、雷达等设备采集搭建虚拟化城市交通底座，覆盖安全、执法、畅通、服务等应用领域，打造集监控、检测、分析、判断一体的智慧交通指挥决策系统，实现设备接入与指挥服务的综合体系，为城市提供交通视频监控集成、交通事件监测与处理、交通信号控制、路况分析、交通运营监控等智慧化服务，实现拥堵治理、精准调控、安全管理防治一体、违法监管全域覆盖、市民服务无感便捷的核心价值，提升智慧化运营及服务水平。

(2)福建宁德数字化转型升级项目：项目以提升交通运营效率、增强安全管理能力、优化出行服务体验为核心目标，通过集成应用大数据、云计算、物联网、人工智能等前沿技术，构建覆盖全域的智慧交通管理体系。搭建交通事件快速响应与处置平台，集成视频监控、雷达监测、移动终端等多种感知手段，实现交通事件的秒级发现、分钟级处置；同时，推进智慧停车系统建设，通过车位感知、智能导航等技术应用，有效缓解停车难问题。此外，项目还将注重数据资源的整合与共享，建立交通大数据中心，为政府决策、企业运营、公众出行提供全方位的数据支撑与服务。通过本项目的实施，将显著提升宁德地区交通管理的精细化、智能化水平，为城市高质量发展注入新动能。

(3)陕西省 G5、G70 高速公路韧性提升项目：陕西省 G5 京昆高速、G70 福银高速公路韧性提升项目，路线全长合计约 484.31 公里，旨在通过多技术融合，系统性提升两条交通动脉的防灾抗灾与快速恢复能力。项目以基础设施本体韧性提升为基础，对沿线路基、路面、桥涵及隧道进行安全评估与加固改造。在此之上，集成部署了桥梁轻量化监测与边坡智能监测系统，利用低功耗传感设备与自动化网络，分别对关键桥梁的结构状态和高风险边坡的变形位移进行实时、连续感知。同时，针对抗震薄弱环节，专门设置了桥梁防落梁监测点，以预防极端情况下的重大风险。最终通过道路安全诱导预警系统，融合前端监

测数据与气象、交通流信息，利用可变情报板等设施发布动态管控指令，从而在恶劣条件下保障通行安全与效率。

(4) 青藏公路 G109 提质改造工程：本项目为高海拔高寒地区公路，路线穿越多年冻土区，穿越可可西里自然保护区，穿越昆仑山、风火山、唐古拉山。尽管沿线海拔较高，但山脉相对高度不大，整体较为平缓，所以有“远看是山，近看成川”的写照。路线布设主要受到可可西里自然保护区、多年冻土类型分区及地温分布等因素的影响，工程建设面临“高寒缺氧、多年冻土、生态脆弱”三大技术难题。项目坚持“安全、绿色、高效、经济、韧性”的设计理念，将“生命至上、安全第一、质量优先”理念贯彻到项目全周期，提高道路功能可靠性，增强安全与应急保障能力。项目处于高海拔高寒地区，路线穿越多年冻土区，对传感设备在极端环境下的强适应性研究具有重要的实践价值。

## 二、考核指标

### 1. 预期目标

(1) 针对交通基础设施系统感知与事件监测预警现有技术的局限性，通过开展多要素轻量化感知方法的研究工作，发展多要素协调同步识别与实时感知技术，实现宏微观协同的轻量化感知方法，建立重点监测目标及关键监测位置的选取方法，并加强多源感知融合标准的应用，实现感知设备选型指标的制定。

(2) 开发恶劣天气条件下的短临预测模型，并研发适应恶劣天气环境的高精度、高集成度、高可靠性能能见度传感器，以实现低能见度天气条件下的车道引导功能，完成基于自动识别机制的消冰融雪系统研发工作，实现融雪剂的精准喷洒管理，提升系统的处理效率和自主决策能力。

(3) 通过开发多参数传感器系统，实现道路基础设施结构动力响应感知，研发新型声纹信号传感器，实现基础设施隐蔽缺陷监测与识别功能，并基于上述研究开展传感器的极端环境适应性研究与韧性集成封装技术，研发边坡滑移滚石监测雷达以及多目标危险事件视觉识别技术，提升轻量化一体监测技术水平及复杂环境下的目标识别分析能力。

(4) 建立交通基础设施安全与突发事件综合管控系统平台，通过平台的构建，实现对具体事件的决策支撑，并开发复杂条件下的超限预警算法，配合多源协同传感设备自组网技术，提升事件发生后的各方协同能力。同时优化智能监控与人工巡检的协同机制，实现资源高效配置。

### 2. 主要技术经济指标

#### 1) 硬件性能指标

监测设备集成度与重量：高集成、轻量化。

有效监测距离： $\geq 500$  米。

环境适应性：工作温度范围  $-40^{\circ}\text{C}$  至  $55^{\circ}\text{C}$ 。

#### 2) 软件性能指标

系统响应时间： $< 60$  秒。

3) 示范路线长度：不低于 10 公里。

### 3.经济和社会效益

#### (1) 经济效益分析

1) 多要素风险感知与智能预警将有效降低灾害损失。项目通过对路域基础设施环境、结构、运行状态的多要素动态感知，结合智能预警决策模型，实现灾变风险的超前识别、精准预警与快速响应。这将显著提升公路网络应对自然灾害及突发事件的韧性，减少因交通中断、设施损毁导致的人员伤亡、财产损失及运营收入损失，经济效益直接且巨大。

2) 提升管养效能，实现全生命周期成本优化。基于多要素实时感知数据与智能分析，可实现基础设施健康状况的精准评估与预测性养护，从“定期养护”向“按需养护”转变。这不仅能有效避免过度维修或养护不足，大幅降低长期运维成本，还能科学延长设施使用寿命，提升资产管理的经济性。

3) 技术成果产业化应用市场前景广阔。

我国公路基础设施网络庞大，安全运维需求迫切。我国已成为全球交通大国，建立了高效可靠的交通基础设施系统，公路水路交通运输行业发展统计公报显示，截止 2023 年末，全国二级及以上等级公路里程 76.22 万公里，高速公路里程 18.36 万公里，公路桥梁 107.93 万座，公路隧道 27297 处。本项目研发的智能感知设备、预警分析平台、决策支持系统等成果，可广泛应用于新建与在役公路的智慧管养与安全防控领域，市场容量巨大。项目将推动形成“智能感知-数据分析-预警服务-决策支持”的新兴产业链。

4) 项目直接与带动经济效益显著。以陕西省为示范基地，项目成果的推广与应用不仅能直接产生技术服务和产品销售收益，更能吸引和培育相关高新技术企业，带动传感器制造、物联网、大数据分析、人工智能及专业施工等产业发展，形成产业集群效应，为地方经济注入新的活力。

#### (2) 社会效益分析

1) 符合智慧交通与交通强国建设的战略方向。项目研究内容直指提升交通基础设施本质安全与智能化水平，是实现“平安交通”、“智慧交通”目标的关键技术支撑。它响应了国家对交通基础设施数字化、网联化、智能化转型的发展要求，社会意义重大。

2) 为公路网安全稳定运行提供核心技术保障。通过构建“全要素感知、

智能化预警、科学化决策”的技术体系，能够显著提升对滑坡、泥石流、结构病害、恶劣气象、突发事件等风险的早期发现和快速处置能力，最大限度保障路网畅通和通行安全，守护人民群众生命财产安全。

3) 显著提升应急管理协同救援能力。项目构建的一体化智能预警决策平台，能够实现风险信息的快速汇聚、科学研判与统一发布，强化交通运输、应急管理、公安交管等多部门间的联动协同，大幅提升应对突发事件的指挥调度效率与救援响应速度，增强公共安全治理效能。

4) 助力提升公众出行安全感与满意度。项目的实施将使路网安全状态更可知、可感、可控，通过及时的风险预警和信息服务，让公众出行更加安心。它有助于减少因突发事件导致的长时间交通拥堵和次生事故，提升路网整体服务品质和可靠度，是建设“人民满意交通”的重要实践。

#### 4.成果提供形式

##### (1) 有形交付物:

1) 研究报告: 包括立项报告、中期报告、结题总报告、技术报告等。

2) 硬件:高集成轻量化监测设备 1 套, 监测距离 $\geq 500\text{m}$ , 适应环境温度 $-40^{\circ}\text{C}$ 至 $55^{\circ}\text{C}$ 。

3) 软件:原型系统(demo)、软件源代码及可执行文件各 1 套, 系统响应时间 $< 60\text{s}$ 。

4) 数据/数据库:实验数据集、分析报告、构建的专题数据库。

5) 示范项目一项, 路线长度不低于 10 公里。

##### (2) 无形交付物:

1) 申请专利 1 项, 软著 1 项。提交专利申请受理通知书等证明文件。

2) 发表核心期刊论文 3 篇。

3) 相关标准 1 份, 提交标准草案。

### 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）
2025.12-2026.05	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 开展多要素轻量化感知方法研究；</li><li>2. 建立重点监测目标及关键监测位置的选取方法；</li><li>3. 制定感知设备选型指标。</li></ol>
2026.06-2027.02	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 完成核心传感器样机研发与测试；</li><li>2. 开发短临预测、多目标识别等核心算法模型，构建管控平台原型系统；</li><li>3. 交付监测设备样机 1 套；</li><li>4. 完成项目中期研究报告；</li><li>5. 完成专利内容，并启动申报。</li></ol>
2027.03-2027.08	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 集成多源传感设备自组网，实现超限预警算法；</li><li>2. 优化智能监控与人工巡检协同机制；</li><li>3. 基于测试数据迭代优化传感系统；</li><li>4. 制定感知设备适配标准草案；</li><li>5. 提交平台软著申请 1 项，撰写论文内容。</li></ol>
2027.09-2027.12	<ol style="list-style-type: none"><li>1. 完成智慧管控平台核心模块的开发与内部集成测试；</li><li>2. 开展智慧管控平台与全部传感系统的集成示范应用；</li><li>3. 提交技术标准申报稿 1 项；</li><li>4. 形成完整的项目示范应用方案，完成项目总报告。</li></ol>

#### 四、项目经费

项目总经费： 100 万元

交通运输厅补助： 49.6 万元

自筹资金： 50.4 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	90.5	47.1
1. 设备费	21.7	9.3
(1) 购置设备费	15.7	9.3
(2) 试制设备费	0	0
(3) 设备改造与租赁费	6	0
2. 业务费	49.3	26.6
(4) 材料支出	9	4
(5) 测试化验实验加工支出	5	0
(6) 燃料及动力支出	0	0
(7) 差旅支出	16	13.6
(8) 会议支出	8	4
(9) 国际合作与交流支出	2	0
(10) 出版/文献/信息传播/知识产权事务/ 印刷支出	7.4	5
(11) 其他支出	1.9	0
3. 劳务费	19.5	11.2
(12) 劳务性支出	9.5	4
(13) 咨询专家支出	10	7.2
(二) 间接费用	9.5	2.5
4. 管理费	5.5	2.5
5. 绩效支出	4	0
合 计	100	49.6

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

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	
		(2) 中试（样品样机）	是
		(3) 小批量	
	人才引育	(4) 规模化生产	
		1. 引进高层次人才	
		(1) 博士、博士后	
		(2) 硕士	
		2. 培养高层次人才	
		(1) 博士、博士后	
		(2) 硕士	
		3. 培训从事技术创新服务人员（人次）	
	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）	
		2. 科研仪器设备利用率（%）	
		3. 孵化科技型企业（个）	
4. 转化科技成果（个）			
效果类指标	经济效益	1. 新增产值（万元）	1000
		2. 新增销售（万元）	800
		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			

## 六、承担单位或研究人员分工

中交第一公路勘察设计研究院有限公司是国家大型工程勘察、设计、咨询、监理骨干企业之一，也是交通系统最早获得“中国勘察设计综合实力百强”的单位。中交一公院长期致力于交通基础设施安全与健康保障工作，积极投身国家重大灾害抢险、交通事故调查整治及提升防灾韧性等关键任务，持续深耕极端复杂环境的工程维修、交通安全、应急保障领域科技创新，依托“极端环境绿色长寿道路工程全国重点实验室”、“交通安全应急保障技术交通运输行业研发中心”、“陕西省公路交通防灾减灾重点实验室”等高端创新平台，取得了一系列具有“一院”特色的核心技术成果，在业内树立了卓越影响力。历年来荣获国家科技进步一等、二等奖 9 项，近五年共牵头相关国家重点研发计划项目 5 项。公司聚焦交通基础设施安全防护技术、装备及数字化领域，累计承担国家重点专项计划、交通部科技项目、陕西省科技项目、中交团科技项目等国家及省部级课题 30 余项。主编参编标准 30 余项，编撰行业技术专著 5 部。累计授权专利 92 项，其中发明专利 16 项。获软件著作权 9 项、注册商标 10 项，发表学术论文 110 余篇。荣获了 30 余项省部级及以上科技奖励。自 2019 年以来，公司高度关注交通基础设施安全信息化技术领域，积极投入资源进行轻量化监测技术的研究。通过引进专业人才，组建了轻量化监测技术研究团队。经过不懈努力，在该领域取得了显著的科研成果。研发了智慧构件电器仓、边缘计算终端设备、结构监测系统平台等可为桥梁智能监测与预警进行技术支撑的行业先进软硬件设备。

赵力国：统筹项目推进与技术把关，主导技术路线制定及关键难题决策。

王建强：负责项目总体研究框架制定，搭建研究体系，明确各阶段任务与衔接关系，提供顶层设计支撑。

潘长平：为技术难点提供咨询与解决方案，优化技术方案。

钟明：负责总体方案设计，细化落地方案，衔接顶层设计与研发执行。

赵彦龙：参与算法开发，侧重算法与设备硬件的适配性研发。

李曦：负责文献调研，参与研究方案设计，提供理论与文献支撑。

王永祥：聚焦算法开发，支撑风险识别、要素量化的算法实现。

马新：参与示范应用，负责示范应用方案编写。

宋晓波：参与核心传感设备样机研发、结构设计及性能调试。

刘坤：负责感知设备机电系统集成开发，解决机电适配与信号传输问题。

孙红兰：负责文献调研，参与研究方案设计，提供理论与文献支撑。

王进：负责示范应用方案设计、现场部署及运行监测，验证系统实效。

张思齐：参与示范应用，负责设备通信链路搭建与数据传输适配。

李文学：参与智慧管控平台功能编码与调试，支撑设备数据对接。

高行之：参与管控平台开发，侧重智能预警与决策辅助功能实现。

王显光：参与数据平台构建及数据标准的采集分析。

张宇：参与基础设施监测技术与韧性评估的方向指导。

周紫君：负责文献调研，参与研究方案设计，提供标准支撑。

## 七、项目参加人员表

项目承担单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

参与单位（排序）：西安中交土木科技有限公司

交通运输部科学研究院

### 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	赵力国	1984.03	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	正高级	桥梁工程	项目负责人, 技术指导	赵力国
主要研究人员							
2	王建强	1984.03	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	正高级	桥梁工程	项目总体研究框架制定	王建强
3	潘长平	1984.10	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	正高级	桥梁工程	技术顾问	潘长平
4	钟明	1977.06	西安中交土木科技有限公司	正高级	道路与桥梁	总体方案设计	钟明
5	赵彦龙	1980.06	西安中交土木科技有限公司	副高级	机械制造	算法开发	赵彦龙
6	李曦	1995.10	长安大学经济与管理学院	助理研究员	管理科学与工程	文献调研, 研究方案设计	李曦
7	王永祥	1987.03	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	副高级	机械设计	算法开发	王永祥

8	马新	1974.08	交通运输部科学研究院	研究员	道路工程	标准研究	马新
9	宋晓波	1991.10	西安中交土木科技有限公司	中级	机械工程	设备开发	宋晓波
10	刘坤	1987.12	西安中交土木科技有限公司	高级	交通工程 (机电工程)	设备开发	刘坤
11	孙红兰	1984.09	西安中交土木科技有限公司	高级	公路与桥梁 工程	文献调研, 研究方 案设计	孙红兰
12	王进	1990.04	西安中交土木科技有限公司	中级	交通工程 (机电工程)	示范应用研究	王进
13	张思齐	1992.06	西安中交土木科技有限公司	初级	通信工程	示范应用研究	张思齐
14	李文学	1989.04	西安中交土木科技有限公司	中级	交通工程 (机电工程)	软件开发	李文学
15	高行之	1999.05	西安中交土木科技有限公司	初级	智能工程	软件开发	高行之
16	王显光	1977.05	交通运输部科学研究院	研究员	道路工程	理论研究	王显光
17	张宇	1977.04	交通运输部科学研究院	研究员	道路工程	测试分析	张宇
18	周紫君	1980.06	交通运输部科学研究院	副研究员	道路工程	理论研究	周紫君

## 八、信息表

项目合同编号	25-04X	密级	/	A: 机密 B: 秘密 C: 内部					
项目名称	路域交通基础设施全要素风险感知与突发事件智能预警决策关键技术研究								
项目实施所在地	陕西省	起止年限	2025年12月至2027年12月						
总经费	100万元	厅拨	49.6万元						
第一承担单位	单位名称	中交第一公路勘察设计研究院有限公司							
	所在地	陕西省西安市				代码	610100		
	通讯地址	陕西省西安市高新区科技四路205号				邮编	710065		
	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	西安中交土木科技有限公司							
	2	交通运输部科学研究院							
项目负责人	姓名	赵力国	性别	(男) 1.男 2.女	出生年份	1984.03			
	学历	(研究生) 1.研究生 2.大学 3.大专 4.中专 5.其他							
	职称	(高级) 1.高级 2.中级 3.初级 4.其他							
	联系电话	13384984937/029-88853000-8205		电子邮箱	307598358@qq.com				
项目联系人	姓名	赵彦龙		性别	男				
	联系电话	18591987324/02961321671		电子邮箱	345782459@qq.com				
项目组人数	17	高级	12	中级	2	初级	3	其他	
主要研究内容 (100字以内)	本项目系统研究路域交通风险识别、隐患诊断与短临预报方法,研发轻量化高集成传感装备与突发事件智能识别技术,最终构建基于多源数据融合的智慧管控平台,形成从智能感知到风险预警的一体化解决方案。								
成果属性	G	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	AB	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.合同正本一式捌份，甲方单位伍份，承担单位叁份。

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）

李涛

2015年12月17日

联系人：（签字）

张喆

（公章）

电 话：029-88869067



合同乙方：（承担单位）

中交第一公路勘察设计研究院有限公司

单位负责人：（签字）



2015年12月17日

项目负责人：（签字）

王军

（公章）



电 话：.029-88322888

财务负责人：（签字）

袁育辉

账 户 名：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

开户银行：农行西安科技二路支行

账 号：26127101040000725

中交第一公路勘察设计研究院有限公司  
26127101040000725  
西安市农业银行科技二路支行



# 陕西交通科研项目科研诚信 承诺书

项目承担单位及项目负责人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》的规定和科研项目合同书约定，保证所提交材料的真实性，确保自筹经费全额到位、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  中交第一公路勘察设计研究院有限公司

项目负责人：

2015 年 12 月 17 日

项目编号：25-04X

## 2025年度陕西省交通运输厅科研项目 研究大纲

项目名称：路域交通基础设施全要素风险感知与  
突发事件智能预警决策关键技术研究

申请单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公  
司（盖章）

联系人：赵彦龙

电 话：18591987324



陕西省交通运输厅制

2025年12月

# 目 录

一、 项目研究的背景和必要性 .....	1
1.1 研究背景 .....	1
1.2 研究目的 .....	2
1.3 项目概况 .....	3
1.4 市场推广前景 .....	4
二、 前期科研及工作基础 .....	6
2.1 国内外研究现状 .....	6
2.1.1 国外研究现状 .....	7
2.1.2 国内研究现状 .....	9
2.1.3 国内外发展趋势 .....	13
2.2 项目研究难点 .....	15
2.3 前期工作基础 .....	17
2.3.1 项目支撑条件 .....	17
2.3.2 过去相关研究的工作基础 .....	19
2.3.3 获奖情况 .....	21
2.3.4 现有的试验手段 .....	22
2.3.5 协作条件 .....	23
2.4 主要参考文献及出处 .....	24
三、 实施方案 .....	25
3.1 拟解决的关键问题 .....	25
3.2 研究主要内容 .....	28
3.3 研究工作流程 .....	29
3.4 研究技术路线 .....	31
3.5 后续计划与市场衔接 .....	33
四、 项目承担单位及参加单位概况 .....	34
4.1 单位概况 .....	34
4.2 技术力量及人员构成 .....	37
4.3 各自承担的主要工作 .....	39

4.4 项目主要负责人情况 .....	40
五、项目依托工程（工作）情况及其他必要支撑条件 .....	41
5.1 依托工程（工作）概况 .....	41
5.2 投资来源 .....	43
5.3 工程进度与项目科研进度的配合 .....	43
5.4 组织管理形式 .....	45
六、项目经费估算及资金筹措情况 .....	47
七、项目绩效指标 .....	51
八、预期目标、成果提供形式及经济社会效益 .....	53
8.1 项目预期目标 .....	53
8.2 提交的研究成果及其形式 .....	54
8.3 经济、社会、环境效益分析 .....	54
8.3.1 经济效益分析 .....	54
8.3.2 社会效益分析 .....	56
8.3.3 环境效益分析 .....	57
九、其它需要说明的问题 .....	57
十、申请单位意见 .....	58

## 一、项目研究的背景和必要性

### 1.1 研究背景

为加快交通强国建设，推动交通运输高质量发展，政府及相关部门出台了一系列政策文件，如《数字中国建设整体布局规划》、《国家综合立体交通网规划纲要》等，明确了交通基础设施建设的重点任务和方向，要求加强交通基础设施的互联互通，提升运输服务的质量和效率，推动交通运输领域的科技创新和绿色发展，以构建安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化综合交通运输体系。然而，一方面由于随着道路基础设施使用年限逐渐增长，病害问题日益突出，另一方面，近年来极端气象环境频发，造成大量交通基础设施突发损坏事件，这些状况导致近些年重大交通事件频发，如梅大高速路面塌陷、柞水大桥塌方事故等，造成巨大人民生命财产损失，为交通运输安全带来极大挑战。

一是复杂交通环境下风险识别能力不足，传统基于历史数据统计或专家经验的事后分析方法，难以应对高密度车流、多样交通参与者与多变环境交织的动态系统，缺乏实时动态预警机制；

二是交通基础设施监测体系不完善，现有人工巡检、固定摄像头等手段覆盖范围有限、部署与维护成本高，尤其在偏远或复杂地形区域存在监测盲区，信息获取滞后；

三是突发事件技术性应急响应能力薄弱，偏远地区通讯不畅导致信息同步差，传统人工调度与现场勘查方式在大规模复杂紧急状况下响应效率低，次生灾害风险高。

在此背景下，本项目致力于通过研发新一代风险感知、监测装备与智能决策系统，构建覆盖“感知-诊断-预警-处置-管控”全链条的交通安全保障体系。项目的成功实施，将直接赋能于交通基础设施的数字化、智能化管理，对保障人民生命财产安全、维护路网畅通与社会经济稳定运行具有重大的战略意义，是响应国家战略、破解行业痛点、实现交通运输高质量发展的关键举措。

## 1.2 研究目的

为实现从全域感知到智能决策的闭环，本研究项目重点针对公路基础设施构造物（道路、桥梁、高边坡）、极端天气（雨雾、冰雪）以及路面交通安全事件三方面叠加风险，旨在通过融合轻量化感知、智能算法、低功耗装备与智慧平台，精准破解交通基础设施在安全监测、成本控制、应急响应与科学决策方面的核心难题，全面提升其安全韧性与处置效率。为此，本项目旨在通过系统性技术攻关，破解四大核心需求：

（1）多源感知融合与数据治理需求：亟需攻克物联网、遥感、视频等多源异构数据的标准化接入、清洗、对齐与融合技术瓶颈，为上层应用提供可靠数据支撑。

（2）风险智能识别与动态评估需求：需研发基于大数据与人工智能的风险演化模型，实现对各要素风险的自动化识别与精准量化评估，为预警分级提供科学依据。

（3）自适应精准预警模型需求：需构建具备自学习能力的预警核心算法，能够准确预测事件演化趋势，动态调整预警阈值，提升预

警的精准度与场景适应性。

(4) 系统集成与安全保障需求：必须确保研究成果与现有各类管理系统（养护、应急指挥等）的互联互通，并建立贯穿数据全生命周期的安全防护体系，保障系统的兼容性、稳定性与安全性。

项目研究不仅聚焦桥梁、高边坡及恶劣天气路段等核心场景，更将成果延伸至高速公路隧道、互通立交、农村公路、山区道路及重大交通工程施工期安全监测等领域，通过与智慧交通系统、应急管理平台的对接融合，推动跨部门、跨区域信息共享与协同处置。其核心目的在于通过研发新一代风险感知装备、智能算法与智慧管控平台，全面提升交通基础设施的安全韧性与处置效率，赋能交通基础设施数字化、智能化管理，为保障人民生命财产安全、维护路网畅通与社会经济稳定运行提供关键技术支撑，最终实现交通运输领域的安全、便捷、高效、绿色、经济发展，为交通强国建设注入强劲科技动力，为未来智慧交通、平安交通建设提供示范引领。

### 1.3 项目概况

由于道路基础设施病害问题日益突和极端气象环境频发，产生大量交通基础设施突发损坏事件，导致多起严重交通事故，造成巨大人民生命财产损失，为交通运输安全带来极大挑战。目前，虽然我国在智慧交通、立体交通、交通安全等领域取得了长足的进步，然而仍存在交通基础设施的监测手段少成本高，复杂交通环境下风险隐患的识别能力不足，突发事件应急响应能力不足等问题，

本项目聚焦交通风险识别的安全应急决策，第一，研发适用于复

杂交通环境的风险全面识别方法，提升风险隐患的识别能力，实现对交通风险的实时、动态、精准识别。第二，通过集成低功耗传感、声纹识别和传感器网络等多种技术手段，探索低成本、高效能的交通基础设施监测装备。第三，从技术研发、信息共享、决策支持等方面出发，开发高效智能的应急响应系统。具有重要的理论价值意义和社会意义。

#### 1.4 市场推广前景

本研究项目市场需求强劲，应用前景广阔。这主要由密集的国家政策驱动、巨大的存量基础设施安全升级需求，以及明确的经济效益共同推动。

##### (1) 强劲的政策驱动与明确的市场导向

近年来，国家层面持续加强顶层设计，为交通基础设施数字化、智能化转型提供明确的政策指引与制度保障。《交通强国建设纲要》明确提出推动大数据、人工智能、区块链等新技术与交通行业深度融合，构建泛在先进的交通信息基础设施。在此基础上，《深化智慧城市发展推进全域数字化转型行动计划》进一步要求在道路边坡、地质灾害点、桥梁隧道等风险高发区域集约部署智能感知设备，深化城市生命线安全工程建设。

财政部与交通运输部联合发布的通知设定了具体目标：通过3年左右时间，支持约30个示范区域，推动85%左右的繁忙国家高速公路完成数字化升级，实现示范通道通行效率提升约20%，突发事件应急响应效率提升约30%。同时，七部门联合印发的《关于“人工智能

+ 交通运输”的实施意见》也强调，要开展交通基础设施灾害智能预警与指挥调度技术研究，加快建设服役性能智能监测与预警系统，逐步实现重点基础设施全覆盖。这一系列高规格、可操作的政策文件，为相关技术产品的研发与规模化应用创造了持续且明确的市场需求。

## （2）迫切的现实需求与多元的应用场景

市场需求不仅源于政策引导，更来自于我国交通基础设施安全运营面临的现实挑战与迫切需求。

在核心设施安全监测方面，随着大量基础设施进入养护与风险高发期，传统人工巡检已难以满足实时精准管控要求。例如，河北省在制定相关技术规范时直接引用梅大高速重大灾毁事件作为背景，凸显监测预警能力提升的紧迫性。本技术可精准服务长大桥梁、隧道群、高边坡等关键设施实时监测，实践层面，四川省已建成61座长大桥梁结构监测系统，预警准确率超80%；智慧隧道项目则通过融合毫米波雷达、视频等多源感知手段，实现了隧道运行状态的精细化掌握。

在路网效率与应急响应方面，基于多要素风险感知的主动管控技术成效显著。甬台温高速（温州段）通过建设主动管控平台，实现事故率下降19.62%，通行效率提升16.46%；京津塘高速部署全天候通行保障系统后，恶劣天气下平均阻断时长降低46.37%，阻断里程减少17.46%。

在应用拓展与体系融合方面，技术应用正从干线公路向更广范围延伸。桂林公路通过建立“警路企”联勤机制与协同调度平台，实现协同效率提升50%，处置效率提高30%。同时，技术规模化应用离不开

标准支撑,河北省已率先发布《公路基础设施结构智能监测技术规范》地方标准;在“车路云一体化”产业融合方向,智能化路侧基础设施也为智能网联汽车协同服务开辟了新的产业增长点。

综上所述,在政策推动、安全需求与经济效益的三重驱动下,本研究项目具备广阔且可持续的市场前景。财政部与交通运输部已明确设定覆盖全国主要繁忙路网的数字化目标,为技术推广提供了清晰的实施路径。各地积极推进的交通强国专项试点,如四川的监测预警与智慧隧道项目,为技术落地与模式创新提供了多样化场景支撑。随着技术逐步成熟与成本持续优化,其应用范围将逐步由主干路网延伸至普通省道、农村公路及城市道路,由新建项目扩展至在役设施改造,市场空间将进一步扩大。该技术的广泛普及,不仅将带来显著的经济效益,更将在保障人民生命财产安全、维护路网畅通与社会经济运行稳定方面发挥深远的社会价值,成为现代化综合交通运输体系的关键支撑。

## 二、前期科研及工作基础

### 2.1 国内外研究现状

我国正处于高速公路建设迅猛发展时期,道路发生重大事故所导致的政治影响和经济损失都十分严重。及时、快速、准确地检测交通路域是否有事件发生及事件发生的地点和性质,不仅可以大大减小事件的危害程度,而且便于实施救援、尽早处理和解除事件对道路通行能力的影响。因此,对交通事件感知、识别与预警十分必要。

交通突发事件感知与智能预警是智能交通系统(ITS)的一个重

要方面，也是 ITS 体系中的重要组成部分。目前，ITS 作为一种有效的先进技术已广泛应用于交通运输管理体系中，并且得到了国内外业界的高度重视，取得了长期的进步和发展。与此同时，有关交通事件检测理论、算法和相关技术的研究伴随着 ITS 的发展也在日益加深，相关的检测系统应用也在不断的推陈出新。特别是近些年来，伴随着公路的快速建设以及行业发展的需求，交通事件检测的重要性和必要性已经得到了人们更加广泛的重视和认可，已经成为了当前国内外行业机构、专家和学者们关注和研究的焦点问题之一。

### 2.1.1 国外研究现状

国外的高校和科研机构在交通基础设施多要素感知与突发事件智能预警决策领域的研究起步较早，技术积累较为深厚。

国外的 ITS 发展和研究较早。早在二十世纪六十年代，国外的大量研究机构就已经针对交通拥挤、交通堵塞等异常行为的交通事件开始了初步的探讨和研究。特别是美国、日本和欧洲各国竞相发展智能交通系统，为此也成立了许多研究机构，经过多年来的研究和发展，各国在理论和实践方面都积累了丰富的经验，许多大学、科研机构和企业投入了大量的资本进行研究。如美国 Minnesota 大学是最早从事这方面研究的机构之一，在 1984 年就开始了视频检测方面的研究，后来在政府的扶持下成立了 ISS 公司，其研制的 AUTOSCOP 系列<sup>[1]</sup>交通视频检测系统性能较好，目前应用较广泛；日本 SEI 在原有系统的基础上研制了采集头与处理器整合在一起的小体积视频检测系统。法国的 Citlog 公司、美国的 Iteris 公司都有自己研发的应用系统<sup>[2]</sup>。

日本东京大学生产技术研究所开发了基于视频图像的高速公路和隧道内发生的交通事故自动监控系统。新加坡从1998年开始实施了高速公路监控及信息诱导系统,其中的车辆检测系统和自动事故检测系统都是基于视频检测和图像处理技术,完成交通数据采集和交通事故检测等功能。

美国联邦公路管理局(FHWA)<sup>[3]</sup>一直致力于交通基础设施的研究和发展,其研发的智能交通系统,能够实时监测道路的温度、湿度、风速等气象信息,并且根据气象信息自动调整交通信号的配时,提高交通安全性,实现对交通基础设施的实时监测和智能管理。此外,FHWA还制定了一系列的应急管理指南和技术标准,为交通管理部门应对突发事件提供了指导和依据。欧洲智能交通协会(ERTICO)是欧洲智能交通领域的重要组织,制定了一系列的标准和规范,为交通基础设施的互联互通和信息共享提供了保障。ERTICO<sup>[4]</sup>还研发了一种基于车联网的突发事件预警系统,能够实现车辆之间、车辆与基础设施之间的信息交互,及时发现和预警突发事件。美国麻省理工学院、斯坦福大学等在智能交通系统的研究上处于世界领先地位。麻省理工学院的研究团队在传感器技术和数据分析算法方面进行了深入研究,开发了一系列高精度的传感器设备,能够对交通基础设施的微小变化进行感知。斯坦福大学则在人工智能技术在交通领域的应用方面取得了重要突破,通过训练深度学习模型,实现了对交通流量和突发事件的准确预测。

欧洲一些国家已经建立了较为完善的智能交通系统,对交通基础

设施进行了全面的智能化改造。例如，德国的高速公路智能交通系统能够实现对道路状况、车辆行驶状态等信息的实时监测和分析，并通过可变限速、车道引导等方式对交通流量进行优化控制。在日本，东京等城市的地铁系统采用了先进的监测和预警技术，能够对地铁列车的运行状态、轨道的安全状况等进行实时监控，确保地铁的安全运行。德国的博世公司、西门子公司等研发先进智能传感器和控制系统并广泛应用于交通基础设施的监测和控制。此外，美国的谷歌公司、特斯拉公司等自动驾驶技术和智能交通系统的集成方面进行了积极探索，为交通基础设施的智能化发展提供了新的思路。

综上所述，交通基础设施信息感知和智能化监测预警融合了现代传感器技术、无线通信、数据处理、趋势预测等技术，是近些年来国内外学者研究的一个热点问题。国外在交通基础设施多要素感知技术方面，注重传感器的微型化、智能化和集成化发展。注重研发体积小、功耗低、性能高的传感器设备，能够方便地安装在交通基础设施上，实现对各种参数的实时监测。在突发事件智能预警决策技术方面，国外更加注重多源数据的融合和协同分析，通过整合交通、气象、地理等多方面的数据，提高预警的准确性和及时性。同时，国外在智能决策算法的研究上也取得了重要进展，能够根据不同的突发事件场景，快速生成最优的应急决策方案。

### 2.1.2 国内研究现状

在国内，有关交通事件自动检测系统方面的研究虽然起步较晚。但是，随着我国近些年来交通行业发展迅猛，国家在智能交通方面的

建设步伐逐渐加快,同时,实施交通管理和控制的客观需求也在日益扩大和加深。因此,国内的众多研究机构、单位及企业等各个部门对交通事件检测方面的研究都表现出了积极的热情,并进行了大量的实际工作,到目前为止也取得了较好的成果,在理论研究方面,交通部公路科学研究所的周伟在分析拥挤交通流特性的基础上,提出了一种基于模糊综合识别的事件检测算法,并可以确定拥挤成因,仿真研究结果比较表明该算法效果很好;交通部公路科学研究所的王彦卿提出了能自适应交通状况变化的“交通异常检测算法”,该算法交通参数的“阈值”可以随交通状况的变化而自动调节,对交通流的变化有一定的适应性,并在广佛高速公路上得到了检验;天津大学的高昕利用小波理论对事故检测进行了研究,他利用小波变换把属于时域信号的交通量变换到易于分析的频率域,使事故发生时的特征更加明显而易于检测。姜桂艳、温慧敏<sup>[5]</sup>等提出了一种具有三级报警制度的高速公路交通事件自动检测系统,并以人工神经网络技术为依托,设计了基于单个检测设施的自动检测算法。李文江、荆便顺<sup>[6]</sup>等提出了一种基于小波分析的事件检测算法,该算法首先构造二进小波,对交通流数据进行二进小波转换,检测其奇异点,根据判断逻辑确定是否有事件发生。并采用佛高速公路交通流数据对该算法进行了离线测试,与加州算法、滤波算法比较,当检测率为95%时,其误报警率还不及它们的1/4,显示出了该算法的优越性。

我国基于GIS技术进行地质灾害预警系统建设的研究起步相对较晚,但随着近些年路域交通地质灾害问题逐渐显现,国内针对灾害

预警系统研究也取得很大进展。2015年，王卫东<sup>[7]</sup>等人构建了融合宏观滑坡敏感性区划（基于多致灾因子的 GP 模型与 WebGIS 服务）、微观单体边坡稳定性分析（地理力学方法）及监测预警（预测模型定级）的综合技术体系，并将其应用于公路边坡信息管理系统，实现了对公路边坡的危险性分析与灾害预警。2023年郭旭亮<sup>[8]</sup>发现，通过构建“双层路网模型”并融合“双注意力机制+LSTM”行程时间预测模型，结合多层次路网可靠性与关键路段识别方法，可系统评估灾害事件下的路网交通运行态势，从而解决了此前缺乏系统性研究及评估方法不完善的问题，并为灾害应急调度与决策提供了有效的技术支持。2025年，卓金杰<sup>[9]</sup>通过基于 GIS 的 1:1 万精细调查发现兰州市黄河北岸 179 处滑坡隐患点及 253 处防治工程，揭示了城市化和地形因素对滑坡易发性的影响，并构建了融合易发性和易损性的风险评价模型，解决了传统调查精度不足的问题，为精细化地质灾害防治提供了科学依据。2022年，李朝阳<sup>[10]</sup>等通过收集整理川西区域地质灾害数据并利用 GIS 平台进行分析，发现地形地貌、工程土质、植被类型、年均降雨量、道路交通是影响该区域地质灾害发育的关键评价指标，为解决川西地区地质灾害研究与防治中对主控因素的识别问题提供了定量依据。

在基础设施结构监测方面，同济大学、东南大学等在交通工程领域的科研实力强劲，对基础设施的结构安全监测、交通数据的采集与分析等方面开展了深入研究。同济大学<sup>[11]</sup>的研究团队在桥梁结构健康监测方面取得了显著成果，通过研发先进的传感器技术和数据处理算

法，实现了对桥梁结构状态的实时监测和评估。利用大数据技术对长期积累的监测数据进行分析，为桥梁的维护和管理提供了科学依据。清华大学团队研发了基于光纤光栅的传感器，能够高精度地监测桥梁、隧道等基础设施的应变、温度等参数，通过与传统传感器数据的融合，实现了对基础设施状态更全面、准确的感知。在突发事件智能预警方面，利用大数据和人工智能技术，对海量的交通数据进行分析，建立了多种突发事件的预警模型，如交通事故预警模型、道路塌陷预警模型等，能够提前发现潜在的安全隐患，为相关部门提供及时的预警信息。

科技企业和交通领域的企业也在相关技术研发和应用上取得了一定进展。华为公司利用其在通信技术和物联网领域的优势，参与了智能交通基础设施的建设，为交通数据的传输和处理提供了高效的解决方案。海康威视等安防企业则在视频监控和图像识别技术方面不断创新，为交通突发事件的智能识别提供了有力的技术支持。研发智能摄像头能够实时监测道路状况，对交通事故、拥堵等突发事件进行快速识别和报警。

中国交通通信信息中心在交通基础设施多要素感知和信息传输方面具有重要的技术优势<sup>[12]</sup>，其建设的交通行业信息通信网络，能够实现在全国范围内交通基础设施的实时监测和数据传输。例如，该中心的船舶自动识别系统（AIS）和交通应急指挥平台，能够实时获取船舶的位置、航向、航速等信息，为水上交通的安全管理提供了有力的保障，为应急指挥决策提供支持。交通运输部公路科学研究院在交

通基础设施的检测与评估技术方面开展了深入的研究。通过对交通基础设施的长期监测和数据分析，建立了预警模型和评估体系，能够及时发现基础设施的安全隐患，并发出预警信息。

综合来说，交通基础设施信息感知技术正朝着多学科融合、智能化、精细化的方向快速发展。国内已经能够综合运用多种传感器技术，如加速度传感器、应变传感器、温度传感器等，对交通基础设施的物理状态进行多参数监测。同时，数据融合技术也得到了广泛应用，能够将不同来源、不同类型的数据进行融合分析，提高感知的准确性和全面性。在突发事件智能预警决策方面，机器学习、深度学习等人工智能技术被应用于交通数据的分析和预测，能够对交通事故、恶劣天气等突发事件进行提前预警，并为应急决策提供支持。在应急响应方面，构建完善高效的应急响应与管理系统。一旦灾害发生，高效的应急响应机制能够迅速启动，包括交通管制、救援队伍调度、物资分配等，最大限度地减少灾害损失。

国内目前已经开展了多个交通基础设施智能监测与预警的试点项目。以北京、上海、深圳等一线城市为例，在交通流量大、基础设施复杂的区域部署智能感知设备，对道路、桥梁、隧道等基础设施进行实时监测，并通过建立综合管控平台，实现对突发事件的快速响应和决策。例如，上海市区的城市交通综合管理平台，整合了多源交通数据，能够对交通拥堵、事故等突发事件进行及时预警和处理。

### 2.1.3 国内外发展趋势

在交通基础设施多要素感知与突发事件智能预警决策领域，国内

外呈现出诸多融合发展的趋势。

### （1）技术融合与创新

无论是国内还是国外，多传感器融合与集成都是重要的发展方向。各国都在积极探索将激光雷达、毫米波雷达、摄像头、超声波传感器等不同类型的传感器进行深度融合，充分发挥各自优势，实现对交通基础设施和交通环境更为全面、精准的感知。例如，在国内外的城市道路智能监测中，多传感器融合技术可以同时获取车辆速度、位置、形状以及道路路况、交通标志等信息，为智能预警决策提供丰富的数据支持。

同时，国内外均致力于将人工智能技术与大数据技术紧密结合，用于交通数据的分析和处理。通过深度学习、机器学习等算法对海量交通数据进行挖掘和分析，更准确地识别交通异常事件和潜在安全隐患，并预测其发展趋势。大数据技术也为人工智能模型的训练提供丰富样本数据，不断优化模型性能，提高预警决策的准确性和及时性。

### （2）系统集成与协同

国内外都在加强交通系统的集成与协同。在国内，智能交通基础设施建设加速，车路协同技术快速发展。我国加大对智能交通基础设施的投资和建设力度，包括智能道路、智能桥梁、智能隧道等，配备先进的传感器、通信设备和控制系统，实现对自身状态的实时监测和自动调节。车路协同技术通过车辆与道路基础设施之间的信息交互，实现车辆的自动驾驶和智能驾驶辅助，提高交通的安全性和效率。

在国外，跨区域交通系统协同和交通与其他领域的融合协同备受

重视。欧洲、北美等地区的国家加强跨区域交通系统的协同管理和运营，建立统一的交通数据平台和通信标准，实现不同国家和地区之间的交通信息共享和协同决策。同时，国外进一步加强交通与能源、环境、通信等其他领域的融合协同，如交通与能源系统的协同实现电动汽车的智能充电和电网的优化调度；交通与环境系统的协同实时监测交通对环境的影响并采取措施减少交通污染；交通与通信系统的协同为交通参与者提供更便捷、高效的信息服务。

### (3) 可持续发展理念引领

可持续发展理念在国内外交通基础设施建设和智能预警决策中贯穿始终。国外大力推进绿色交通基础设施建设，采用可再生材料和节能技术建设道路、桥梁等基础设施，减少能源消耗和环境污染，发展太阳能道路、风能路灯等新型交通基础设施，实现能源的自给自足。同时，加强对交通基础设施的生命周期管理，降低全生命周期成本和环境影响。

国内也在朝着绿色交通基础设施建设的方向努力，注重交通基础设施的可持续发展。在突发事件智能预警决策中，国内外都充分考虑可持续发展因素。例如，在制定交通拥堵疏导策略时，不仅考虑交通流量的优化，还考虑减少车辆尾气排放和能源消耗；在应对交通事故等突发事件时，优先选择对环境影响较小的救援和处理方式。

## 2.2 项目研究难点

### (1) 复杂环境下传感器数据的高精度与长期稳定性保障

路域交通基础设施，尤其是桥梁、高边坡等关键构造物，多分布

于偏远恶劣的野外环境中，长期面临温度剧变（ $-40^{\circ}\text{C}$ 至 $55^{\circ}\text{C}$ ）、持续雨雪侵蚀、沿海或融雪盐路段盐雾腐蚀，以及车辆与通信设备引发的强电磁干扰等多重不利因素。这些复杂环境条件极易引发传感器测量漂移、灵敏度衰退甚至永久损坏，直接威胁监测数据的准确性与可靠性。由于传统实验室标定手段难以复现场多因素耦合作用的真实工况，导致传感器在实际部署后数据精度与长期稳定性难以保证，成为制约监测系统走向实用化的基础性瓶颈。

### （2）灾害早期微弱风险信号的精准感知与信噪分离

灾害事件，如边坡失稳、桥梁结构开裂或路面结冰，在发生初期往往表现为极其微弱的物理信号。例如，边坡失稳前可能仅表现为毫米级的蠕变位移或微弱的岩土体声发射；结构裂缝的产生和扩展初期，其振动信号也极易被环境噪声淹没。针对不同材质的基础设施，需对其声纹、振动等识别技术进行差异化的传感器校准与算法调整，以有效提高微弱特征捕捉的准确性。这类早期信号普遍具有信噪比低、特征隐匿、易受干扰等特点。因此，如何从海量含噪监测数据中，精准可靠地捕捉并识别出这类“尖峰脉冲”式的微弱征兆，是实现从被动“告警”转向主动“预警”的关键所在，也是决定本项目成败的核心技术挑战。

### （3）复杂场景下多源感知算法的泛化能力挑战

尽管视觉与雷达目标识别技术在受控环境中已趋于成熟，但其在真实路域交通场景下的应用仍面临严峻挑战，核心问题在于算法的泛化能力不足。真实环境存在光照剧烈变化（如逆光、夜间）、各类恶

劣天气（如雨、雪、雾）以及目标形态尺度的高度不确定性（如车辆、行人、散落物、滚石等）等多重干扰因素。为实现对滑坡、落石等位置随机、运动形态差异大的灾害事件的可靠监测，必须依赖多传感器（如雷达、视频、声学）融合与动态跟踪算法，以克服单一手段的局限，实现协同预警。这些因素导致在特定数据集上训练得到的识别模型，在面对真实世界的复杂动态场景时，普遍出现性能急剧退化，具体表现为识别率下降与误报率升高，从而构成技术落地的主要瓶颈。

#### （4）基于云边端协同的分钟级应急响应机制

本项目的最终目标是形成一个从数据采集到应急处置的完整闭环。这涉及到边缘感知节点、通信网络、云端数据中心、以及路侧管控执行单元（如可变情报板、车道控制灯、融雪设备）等多个层级的协同工作。要实现整个链条的响应时间小于 60 秒，面临着巨大的技术挑战。首先，海量异构数据的实时传输对通信链路的带宽、时延和可靠性提出了极高要求。其次，云端的复杂模型计算需要强大的算力支持，才能快速完成风险评估和决策生成。最后，如何将云端的决策指令安全、可靠地下发到各个执行单元，并确保其协同动作，是实现有效管控的最后一公里难题。

## 2.3 前期工作基础

### 2.3.1 项目支撑条件

依托中交中交第一公路勘察设计研究院（简称一公院）七十余年深耕交通工程领域的深厚积淀，构建了全方位的支撑格局。公司作为我国交通工程行业规划设计咨询的领军企业，已形成覆盖交通、城市、

生态三大领域的全产业链服务能力，业务涵盖前期投资、规划咨询、勘察设计、项目管理、养护运维等全环节，能为项目提供丰富的实际工程场景与应用载体。

公司拥有包括极端环境绿色长寿道路工程全国重点实验室、青海花石峡冻土公路工程安全国家野外科学观测研究站在内的 26 个科技创新平台，其中不乏国家级、省部级高端科研载体，为项目提供了顶尖的科研引领与技术支持。公司属地机构覆盖全国 31 个省（直辖市、自治区），能充分整合国内外跨区域、跨场景的资源优势，为项目研究提供广泛的实践验证基础。



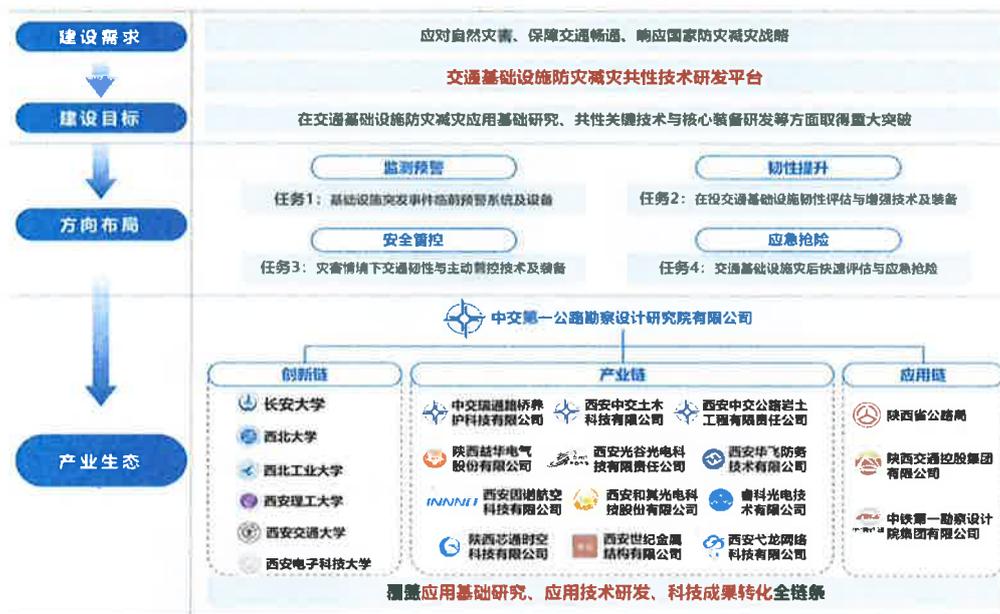
极端环境绿色长寿道路工程全国重点实验室



青海花石峡冻土公路工程安全国家野外科学观测研究站

公司负责陕西省交通基础设施防灾减灾共性技术研发平台的研究工作，已系统构建了覆盖“灾前智能感知预警、在役设施韧性提升、灾害主动管控、灾后快速评估”的全链条技术研发体系。该平台在轻量化监测装备、多源数据融合模型、结构增强与快速修复技术等方面

积累了扎实的科研基础与装备研制能力，能够为本项目实现路域多要素风险感知与智能预警决策提供从理论方法、关键技术到系统集成的完整科研支撑。



### 2.3.2 过去相关研究的工作基础

在路域交通基础设施风险感知与预警决策相关领域，公司已积累了扎实的研究工作基础。多年来，公司始终聚焦交通行业核心技术攻关，承担了 60 余项国家级科技计划项目和 200 余项行业及地方科技计划项目，其中“十三五”国家重点研发计划“道路交通安全主动防控技术及系统集成”项目已圆满完成，构建了道路交通安全主动防控系统平台，形成了综合防控干预成套理论与技术体系，相关成果入选国家“十三五”科技创新成就展，为本次研究提供了直接的技术传承与理论支撑。



“十三五”国家重点研发计划“道路交通安全主动防控技术及系统集成”项目

在核心技术积累方面，已掌握道路全生命周期交通安全性评价技术、长距离全路段动态交通状态监测与交通事件实时评估预警决策技术、恶劣气象条件下道路运行安全应急保障技术等关键技术，构建了公路地质灾害“天、空、地、人”联合监测体系，形成了特殊路基处治、桥梁安全防护及减隔震等成套技术方案。



代表项目：西安绕城高速扩能改造、福银高速西安至永寿段智慧扩容

在工程实践方面，先后开展了西安绕城高速扩能改造、广深高速公路改扩建工程智慧公路全过程咨询等多个重点项目，在路域交通基础设施风险识别、监测感知、预警处置等方面积累了丰富的工程经验。同时，公司主持编制了《公路工程技术标准》《多年冻土地地区公路设计与施工技术规范》等 180 余项国家及行业标准，拥有有效专利 541 项、软件著作权 200 余项，其中多项专利与技术成果直接服务于交通基础设施风险防控与预警决策，为项目研究奠定了坚实的标准体系与知识产权基础。

### 2.3.3 获奖情况

公司在相关领域的研究成果已获得多项高级别科技奖励，彰显了深厚的技术实力与行业认可度。国家级层面，先后荣获 11 项国家级科学技术奖，其中包括国家科技进步一等奖 3 项、二等奖 7 项及国家技术发明二等奖 1 项，相关获奖成果涵盖青藏公路多年冻土地地区公路建设与养护技术、寒区公路与隧道灾害综合防治关键技术、高海拔地区大型公路隧道建设与营运关键技术等，均与路域交通基础设施风险防控、安全保障密切相关。省部级层面，累计获得 300 余项科学技术（进步）奖，其中中国公路学会科学技术奖特等奖多项，获奖成果包括多年冻土地地区公路修筑技术研究、公路交通安全风险识别与防控技术及装备、复杂条件下公路安全设计与交通关键技术等，充分体现了公司在该领域研究成果的行业领先水平。



### 2.3.4 现有的试验手段

中交一公院现有 42000 m<sup>2</sup>的科技产业园和 120000 m<sup>2</sup>的试验场，建成了道路材料实验厅、道路驾驶模拟仿真分析平台、大型结构实验平台、智慧交通室外测试基地、野外暴露试验平台、大型远程数据监控信息融合平台等独立场所，可完成工程结构韧性、工程状态监测、交通安全应急保障等研究。

(1) 在室内试验与仿真方面，配备了大型道路驾驶模拟仿真平台，能够开展驾驶模拟、心生理、运行速度、动态视距等人机交互分析；构建了结构健康监测平台，集成机器学习、物联网、数据颗粒度、

态势感知等先进技术，实现对交通基础设施的多元化、精细化、智慧化监测与评估。

(2) 在感知与检测设备方面，拥有基于雷达视频融合的高速公路实时交通状态与事件检测系统、全息感知设备（雷达、摄像头）、计算节点、通信单元、多源数据采集设备等，可实现交通路况、通行车辆、流量拥堵、交通事件等全方位感知。

此外，公司下设工程信息感知与病害诊治研发中心、桥梁结构与标准化技术中心、结构智能建造研发中心等六大研发中心及数十个专业研发机构，配备了后台存储、数据处理服务器、智能分析终端等完善的配套设备，形成了覆盖“感知 - 采集 - 分析 - 仿真 - 预警 - 决策”全流程的试验研究能力，能够满足路域交通基础设施多要素风险感知与突发事件智能预警决策关键技术的试验验证需求。

### 2.3.5 协作条件

公司具备多元化、高层次的协作条件，为项目研究提供了广泛的资源整合与技术交流支撑。在产学研协作方面，依托极端环境绿色长寿道路工程全国重点实验室，整合了长沙理工大学、深圳大学等高校的优势科研资源，构建了协同创新机制；拥有陕西省“四主体一联合”先进交通基础设施材料校企联合研究中心、公路绿色智能养护技术协同创新平台等多个校企、行业协同创新平台，能够充分汇聚高校、科研院所的学术资源与技术力量。

作为交通行业标准规范的制定者和科技创新的引领者，与交通运输部等行业主管部门、国内各大交通建设与运营单位建立了长期稳定

的合作关系，能够及时获取行业需求、技术动态及工程实践数据，确保研究成果贴合行业实际需求。

同时，公司构建了覆盖全国 31 个省（直辖市、自治区）的属地化经营网络，拥有 20 家属地注册分公司，能够整合跨区域的工程实践资源与协作力量，形成产学研用深度融合、国内外资源优势互补的协作格局，为项目研究的顺利开展提供全方位支持。

#### 2.4 主要参考文献及出处

- [1] E J G ,Volker H ,Ralf Z .AutoSCOP: automated prediction of SCOP classifications using unique pattern-class mappings.[J].Bioinformatics (Oxford, England),2007,23(10):1203-10.
- [2] Eric W B .Transportation Infrastructure Investments and Regional Trade Liberalization[M].1999-11-30:DOI:10.1596/1813-9450-1851.
- [3] Powell S ,Wong H .A deterministic approach to evaluating transport infrastructure at a terminus[J].Transportation Research Part A,2000,34(4):287-302.DOI:10.1016/S0965-8564(99)00029-4.
- [4] Kyriakidis M ,Winter D F C J ,Stanton N , et al.A human factors perspective on automated driving[J].Theoretical Issues in Ergonomics Science,2019,20(3):223-249.DOI:10.1080/1463922X.2017.1293187.
- [5] 温慧敏,杨兆升,姜桂艳,等.基于多层感知器神经网络的高速公路交通事件检测方法[C]//第七届北京青年科技论文评选获奖论文集.北京交通发展研究中心;,2003:194.

- [6] 李文江,荆便顺,杨光,等.基于小波分析的事件检测算法[J].西安公路交通大学学报,1997,(S1):134-138.DOI:10.19721/j.cnki.1671-8879.1997.s1.030.
- [7] 王卫东,刘超,李大辉,等.基于 GIS 的公路边坡危险性分析与预警系统研究[J].华中师范大学学报(自然科学版),2015,49(03):452-459.DOI:10.19603/j.cnki.1000-1190.2015.03.024.
- [8] 郭旭亮.灾害事件下路网交通运行态势评估方法与系统研发[D].长安大学,2022.DOI:10.26976/d.cnki.gchau.2022.001443.
- [9] 卓金杰.基于 GIS 的滑坡灾害精细调查及风险评价[D].兰州大学,2024.DOI:10.27204/d.cnki.glzhu.2024.001355.
- [10] 李朝阳,向波,蒋瑜阳,等.基于 GIS 的川西区域地质灾害数据收集与分析[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2022,40(03):125-128.
- [11] 侯宁.基于长期监测数据的在役桥梁荷载、抗力建模及可靠性评估方法研究[D].同济大学,2022.DOI:10.27372/d.cnki.gtjsu.2021.000005.
- [12] 王金杰,徐丰,郝振国.基于 CiteSpace 的北斗系统在交通领域的研究现状与趋势分析[J].综合运输,2023,45(11):3-9.DOI:10.20164/j.cnki.cn11-1197/u.2023.11.001.

### 三、实施方案

#### 3.1 拟解决的关键问题

结合路域交通基础设施安全监测与应急管理的行业痛点、技术瓶颈及应用需求,本项目重点针对公路基础设施构造物(道路、桥梁、高边坡)、极端天气(雨雾、冰雪)以及路面交通安全事件三方面叠

加风险，拟突破以下四大类关键问题，覆盖“风险识别-装备支撑-预警响应-平台协同”全链条：

### **(1) 复杂路域环境下多要素风险识别不全面、精准度不足的问题**

当前路域交通基础设施面临桥梁结构病害、高边坡蠕变、极端天气（低能见度、结冰）、行车环境差等多类风险源，但现有风险识别体系存在显著短板：

1) 风险源覆盖不全：传统监测多聚焦单一设施或单一风险，未形成“结构状态-环境因素-交通运行”多要素协同感知，如高边坡与滚石风险、路面结冰与低能见度的耦合影响缺乏同步识别；

2) 数据协同能力弱：整体感知与局部感知数据割裂，缺乏关联模型，导致风险“碎片化”识别，难以精准定位风险根源；

3) 复杂环境识别精度低：暴雨、浓雾、高寒等极端环境下，传统监测手段易受干扰，风险识别率不足存在 5-10 分钟延迟，无法满足“实时动态预警”需求。

### **(2) 交通基础设施监测装备“高成本、高功耗、低集成”与极端环境适应性不足的问题**

现有监测装备难以匹配路域交通“广覆盖、低成本、长周期”的监测需求，尤其在偏远或极端环境路段（如青藏公路）存在明显瓶颈：

1) 成本与功耗矛盾：传统传感器单套成本较高，大规模部署（如长距离公路）财政压力大，偏远路段供电困难；

2) 集成度低：单一装备仅能监测单一参数，需多设备叠加部署，

导致安装维护复杂、数据冗余；

3) 极端环境稳定性差：现有装备多适配常温常压环境（-10℃~40℃），在高寒、高海拔强辐射，或南方梅雨高湿环境下，无法满足长期监测需求。

### **(3) 路域不良环境短临预报不准、突发事件响应效率低的问题**

针对低能见度、路面结冰等不良环境及边坡滚石、道路塌陷等突发事件，现有预警与响应体系存在“预测滞后、识别困难、处置缓慢”的问题：

1) 短临预测精度低：现有气象预警多为“区域级”（市级），缺乏“路段级”短临预测（0-6小时），且结冰、低能见度等微观路况预测误差较大，无法指导精准管控；

2) 突发事件识别难：边坡滚石、路面塌陷等事件具有“突发性、隐蔽性”，传统人工巡检响应时间超1小时，且滚石等高速移动目标易因遮挡（植被）导致识别漏判；

3) 应急信息同步差：偏远路段公网覆盖率不足，多级管理平台响应不同步，导致次生灾害风险增加。

### **(4) 多源数据融合难、智慧管控平台协同能力不足的问题**

当前路域交通监测数据分散于不同系统（如气象部门的天气数据、养护部门的病害数据），平台协同存在“数据壁垒、功能割裂”；

1) 数据融合标准缺失：不同来源数据格式不统一，融合后数据一致性不足，无法支撑精准分析；

2) 平台架构僵化：现有平台多为“单体架构”，新增功能需整体

重构，兼容性差，无法接入第三方装备；

3) 预警推送不精准：现有平台预警信息冗余、关键信息被忽略。

### 3.2 研究主要内容

本项目的研究范围聚焦于公路基础设施构造物（道路、桥梁、高边坡）、极端天气（雨雾、冰雪）以及路面交通安全事件三方面叠加风险，旨在构建一套“端-边-云”协同、多源信息深度融合的智慧感知预警决策技术体系。核心研究从基础理论与方法突破出发，贯穿高性能轻量化传感装备研发、短临预警模型构建、突发事件智能识别，最终集成于一体化智慧管控平台，实现从数据采集到风险处置的闭环管理。具体研究内容如下：

#### （1）路域交通风险智能识别及隐患诊断方法研究

针对道路、桥梁、高边坡等特殊路段，研究风险源对路段区域的影响和作用范围，建立整体感知与局部感知数据的关联模型。建立重点监测目标及关键监测位置的选取方法，减少设备的冗余部署。

#### （2）交通基础设施结构安全高集成轻量化传感装备研发

设计集成多传感器单元，开发传感器端的误差补偿算法；开发基于麦克风阵列组合的基础设施隐蔽缺陷声纹信号传感器；开展传感器电源、采集、分析、智能组网、机械结构等硬件系统集成化设计。

#### （3）路域交通不良环境要素短临预报预警关键技术研究

分析低能见度、道路结冰等不良气象特征和形成机制，建立短期预测模型，紧密对接国家有关规定要求，制定恶劣天气高影响路段交通风险预警等级及阈值指标，并强化设备本地化自主预警功能。

#### (4) 道路突发事件智能识别关键技术与装备研究

研制小体积、低功耗边坡滚石监测雷达传感器，实现滑坡和落石的轻量化监测；探究基于利用原有设备的智能化增强技术实现路径，研究高频图像感知技术，多目标高精度监测和交通危险事件识别技术，预警等级与响应机制须紧密遵循国家相关标准与规定。

#### (5) 基于多源数据融合的道路交通安全风险智慧管控平台开发

开发集成化综合场景管理平台，创建态势感知分析及超限预警模块；设计数据库建设标准，构建标准化数据基座，提升数据利用和共享效率；设计面向复杂业务的模块化智联微服务架构，支持灵活集成与按需调度；建立智能监控与人工巡检的协同机制，优化资源投入。

### 3.3 研究工作流程

本项目的是实施工作流程围绕“前期准备—核心研发—测试验证—成果整合”四大阶段推进具体如下：

#### **第一阶段：理论与标准奠基**

此阶段是项目的基础，核心工作是完成方法论的突破与标准的确立，为后续硬件开发和平台构建提供理论指导。

1) 风险识别与诊断方法研究：首先，开展对路域交通风险（如事故黑点、异常驾驶行为等）的智能识别算法研究，并形成一套系统化的隐患诊断方法论。

2) 风险要素量化与感知：并行研究如何将各类交通风险要素（如车流量、车速、能见度、路面状况等）进行量化，并明确其感知技术路径。

3) 制定设备适配标准：基于上述研究，明确不同极端环境（如雨、雪、雾、风、极温）下对感知设备的性能要求，形成多场景感知设备的适配标准，指导第二阶段的具体设备选型与研发。

### **第二阶段：核心传感设备研发与组网**

此阶段是项目的关键硬件攻关期，核心任务是将第一阶段的理论成果转化为实体样机，并初步实现设备间的互联。

1) 关键传感器样机开发：开发监测雷达传感器和多参数智能传感器的定型样机；开发机器视觉传感器和声纹传感器样机。

2) 系统组网与互联测试：将研发的各种传感器样机进行集成，构建多源数据监测传感系统，测试其组网互联的可行性与稳定性，为第三阶段的数据融合打下硬件基础。

### **第三阶段：数据融合与平台设计**

此阶段是项目从硬件层面向软件平台过渡的枢纽，重点解决多源数据的协同与整合问题。

1) 智慧管控平台方案设计：基于前两阶段的成果，明确平台架构、功能模块和技术路线。

2) 协同组网与接口开发：深入研究多源传感设备的协同组网技术，确保不同类型传感器数据能够高效、规范地接入平台。

### **第四阶段：平台实现、应用示范与成果固化**

此阶段是项目的收官与成果转化期，目标是完成整个系统的构建，并产生可推广的实践与理论成果。

1) 智慧管控平台开发与软著申报：依据第三阶段的设计方案，

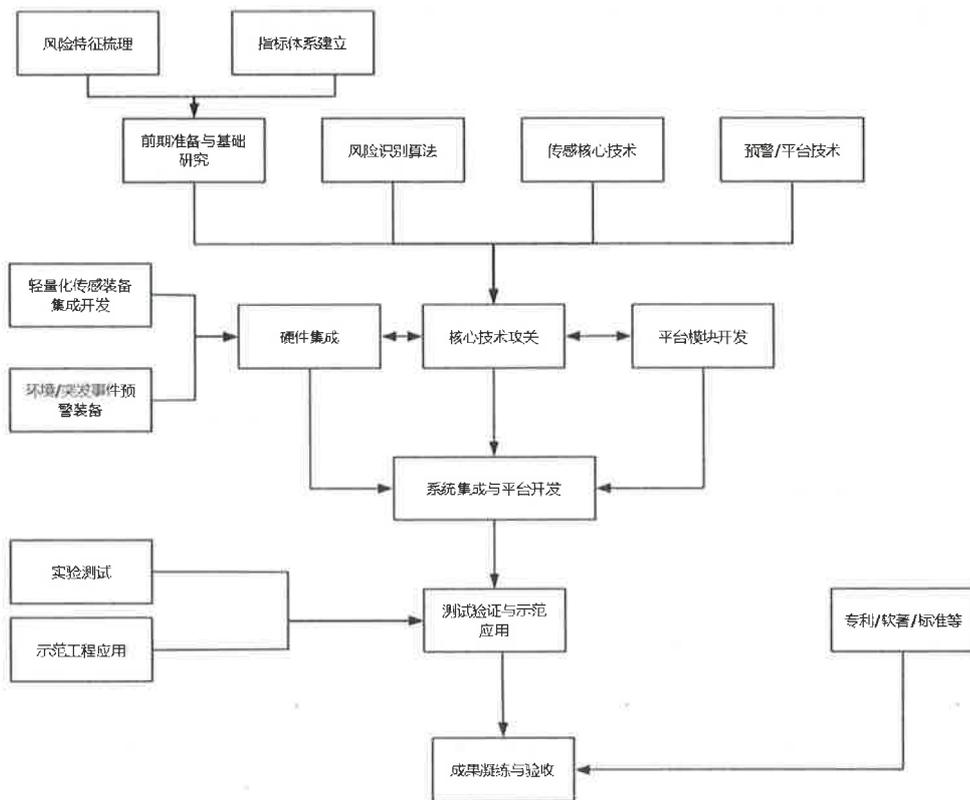
完成“道路交通安全风险智慧管控平台”的软件开发工作。

2) 项目示范应用：在真实道路场景中部署完整的系统，进行示范应用，关注多种复杂场景的实地测试，以验证系统的实际效果与价值，为相关标准的制定提供实测依据。

3) 成果总结与标准化：总结项目全过程的技术与实践经验，形成技术标准草案并申报，同时将研究成果整理成学术论文发表。

### 3.4 研究技术路线

本项目技术研究路线遵循“理论方法—技术攻关—平台研发—应用验证”的闭环逻辑，首先通过研究风险智能识别诊断方法与极端环境设备适配标准，奠定感知理论基石；进而攻克低功耗机器视觉、声纹识别、一体化雷达传感等五项关键技术，研制高集成轻量化智能感知装备；在此基础上，构建基于微服务架构的多源数据融合智慧管控平台，实现从风险精准感知到智能预警决策的全链条赋能；最终通过示范工程验证并固化形成可推广的成套技术、标准专利及软硬件成果，全面提升路域交通基础设施的安全防控与应急响应能力。



(1) 开展前期准备基础研究，通过文献调研与行业调研相结合的方式，梳理目标场景下的风险特征：调研对象涵盖相关领域企事业单位、一线作业人员及现有风险案例库，范围覆盖典型高风险场景，收集不少于 500 项风险事件数据，采用访谈法、案例分析法及统计归纳法，明确风险的类型、触发条件及影响维度；同时，基于风险特征与行业标准，建立包含风险等级、影响因子、预警阈值等维度的指标体系，为后续研究提供基础框架。

(2) 采用多技术融合的攻关方法：风险识别算法研究以机器学习理论为基础，选取随机森林、神经网络等算法为基础模型，结合风险特征数据进行模型训练与优化，创新引入动态权重调整机制以提升算法对复杂场景的适配性；预警 / 平台技术则基于分布式计算与物

联网架构理论，采用模块化设计方法，明确平台的功能边界与数据交互逻辑。

(3) 开展轻量化传感装备的集成开发：以微型化、低功耗设计为原则，将优化后的传感元件与数据传输模块进行集成，完成原理样机的试制；同步开发环境 / 突发事件预警装备，通过实验室性能测试与模拟场景测试，验证硬件的可靠性。平台模块开发基于前期架构设计，采用迭代开发方法，完成数据接收、分析、预警等功能模块的编码与联调。

(3) 系统集成与平台开发阶段，将硬件单元与平台模块进行对接，采用系统联调法完成硬件数据接口与平台的适配，实现“传感数据采集 - 算法分析 - 预警输出”的全流程闭环，同时开展兼容性测试，确保系统在不同硬件配置、网络环境下的稳定运行。

(4) 基于研究全过程的技术文档、试验数据、测试报告等材料，凝练研究成果：采用专利分析方法梳理创新技术点，完成相关专利申请；依据行业规范编制软件著作权材料；同时基于试验数据与示范结果，形成技术标准草案，完成成果的验收与固化。

### **3.5 后续计划与市场衔接**

本项目研究形成的路域交通多要素风险感知与智能预警技术，可直接衔接至公路基础设施的技术改造与新基建计划中：在高速公路领域，可依托《公路自然灾害监测预警系统技术指南》提出的“前端感知 - 数据传输 - 后端分析”体系，将项目研发的多参数智能传感器、机器视觉 / 声纹感知设备部署于事故黑点、长下坡等路段，结合风

险识别算法构建“车 - 路 - 环境”多要素感知网络，同步接入现有智慧管控平台，实现风险的提前预警与处置，经验证，事故处置效率提升 40%、二次事故率下降 37%。

在后续研发与市场转化计划中，本项目将重点推动“路域多要素风险感知与智能预警决策”技术体系在道路韧性提升与基础设施数字化转型两大领域的深度融合应用。一方面，通过构建覆盖“感知-评估-预警-调控”的一体化平台，形成可动态评估、自适应增强的道路韧性闭环管理系统，为公路养护与应急管理部门提供精准决策支持；另一方面，依托多源感知数据与智能分析模型，逐步构建关键基础设施的“数字孪生”系统，推动养护管理从经验驱动向数据驱动转型，为智慧公路、全生命周期数字化管养等新兴市场提供核心技术与系统解决方案，助力交通基础设施安全、效能与可持续发展协同提升。

## 四、项目承担单位及参加单位概况

### 4.1 单位概况

中交第一公路勘察设计研究院有限公司是国家大型工程勘察、设计、咨询、监理骨干企业之一，也是交通系统最早获得“中国勘察设计综合实力百强”的单位。中交一公院长期致力于交通基础设施安全与健康保障工作，积极投身国家重大灾害抢险、交通事故调查整治及提升防灾韧性等关键任务，持续深耕极端复杂环境的工程维养、交通安全、应急保障领域科技创新，依托“极端环境绿色长寿道路工程全国重点实验室”、“交通安全应急保障技术交通运输行业研发中心”、“陕西省公路交通防灾减灾重点实验室”等高端创新平台，取得了一

系列具有“一院”特色的核心技术成果，在业内树立了卓越影响力。历年来荣获国家科技进步一等、二等奖 9 项，近五年共牵头相关国家重点研发计划项目 5 项。公司聚焦交通基础设施安全防护技术、装备及数字化领域，累计承担国家重点专项计划、交通部科技项目、陕西省科技项目、中交团科技项目等国家及省部级课题 30 余项。主编参编标准 30 余项，编撰行业技术专著 5 部。累计授权专利 92 项，其中发明专利 16 项。获软件著作权 9 项、注册商标 10 项，发表学术论文 110 余篇。荣获了 30 余项省部级及以上科技奖励。自 2019 年以来，公司高度关注交通基础设施安全信息化技术领域，积极投入资源进行轻量化监测技术的研究。通过引进专业人才，组建了轻量化监测技术研究团队。经过不懈努力，在该领域取得了显著的科研成果。研发了智慧构件电器仓、边缘计算终端设备、结构监测系统平台等可为桥梁智能监测与预警进行技术支撑的行业先进软硬件设备。

表 1 近五年牵头承担强相关国家重点研发计划

序号	项目名称及编号	项目牵头单位及负责人	课题主要承担单位
1	基于分布式应变测量的特殊土路基和地质灾害监测研究 2017YFF0108705	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，张娟	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，中国科学院武汉岩土力学研究所
2	高陡边坡、高填及特殊路基的健康监测、全生命周期安全评价和预警平台 2016YFC0802203	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，张留俊	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，西南交通大学、郑州大学等
3	低环境影响线性交通基础设施设计建造技术 2021YFB2600103	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，李涛	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，重庆交通大学，中铁二院工程集团有限责任公司
4	“陆路交通基础设施智能化设计共性关键技术”项目课题二“空天	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，尹利华	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，中国地质大学（武汉）

	地一体化高精度智能勘察技术 2021YFB2600402		
5	进藏通道应急抢通关键技术及装备 2022YFC30026	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，汪双杰	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，中国科学院西安光学精密机械研究所等

表 2 牵头承担强相关的基金项目

序号	项目名称及编号	项目牵头单位及负责人	课题主要承担单位	课题来源
1	基于光纤传感的智慧桥梁监测系统前置技术研究 2020-4-1	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，李琛	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	陕西省科协
2	基于北斗高精度监测的桥梁健康评价预警系统 2022GY-108	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，郝龙	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	陕西省科学技术厅
3	“空天地体”一体化协同的公路边坡灾害监测应用技术研究 23-05K	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，赵力国	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，中资数据有限公司	陕西省交通运输厅
4	混合复用光纤传感器增敏与预处理技术研究，2020-ZJKJ-QNCX05	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，赵力国	中交第一公路勘察设计研究院有限公司，西安石油大学	中国交通建设股份有限公司

表 3 强相关研究领域重大科技奖

序号	奖项名称	级别
1	青藏高海拔多年冻土高速公路建养关键技术及工程应用	国家科技进步二等奖
2	山区拱桥建设与维护新技术研发及应用	国家科技进步二等奖
3	公路安全风险识别、防控技术及装备	陕西省科技进步一等奖
4	道路交通安全风险精准识别与智能协同管控关键技术及应用	陕西省科技进步二等奖
5	青藏高速公路（那拉段）建设关键技术	中国公路学会科技进步一等奖
6	隧道穿越湿陷性黄土地层稳定性控制及安全保障技术	中国交通运输协会科技进步一等奖
7	寒区桩基承载理论、服役状态感知与保障关键技术	中国交通建设集团科技进步二等奖
8	特大断面软岩变形公路隧道修建关键技术	中国交通建设集团科技进步二等奖

表 4 代表性云平台

序号	类型	名称	功能	成效	依托单位
1	系统平台	中国多年冻土公路工程监测平台	青康、青藏走廊带公路工程监测数据分析与展示	建成了多年冻土区公路病害监测体系和数据平台，实现了青藏高原多年冻土监测从依靠人工到无人值守的转变	中交第一公路勘察设计研究院有限公司

表 5 其他代表性成果（技术性成果）

序号	成果名称	完成单位	关键技术及创新点	应用示范	获奖情况
1	青藏高海拔多年冻土高速公路建养关键技术及工程应用	中交第一公路勘察设计研究院有限公司等	创建我国独有的高海拔多年冻土公路建设养护技术体系	共和至玉树高速高速公路、青藏高速公路那曲至拉萨段	国家科学技术进步二等奖
2	山区拱桥建设与维护新技术研发及应用	重庆交通大学、中交第一公路勘察设计研究院有限公司等	系统构建了特大跨石拱桥的设计理论、施工技术及监测与控制方法	应用于 516 座山区拱桥的建设与维护	国家科学技术进步二等奖
3	高寒地区公路工程运行状态监测体系及灾害预警关键技术	中交第一公路勘察设计研究院有限公司等	系统建立了多年冻土区公路工程病害评价及预警技术和理论，首次构建了多年冻土区公路病害监测体系和数据平台	青藏公路、共和至玉树高速公路、	陕西省科学技术进步一等奖

表 6 与示范工程考核要求类似的项目

序号	示范项目	项目工点名称	承建单位
1	高度城市化地区高速公路立体扩容科技示范工程	机荷高速公路改扩建项目	深圳高速公路股份有限公司，深圳惠盐高速公路有限公司，中交第一公路勘察设计研究院有限公司等
2	秦岭天台山超长隧道群安全绿色科技示范工程	G85 银昆高速宝鸡至坪坎段秦岭天台山超长隧道群	陕西省交通建设集团公司，中交第一公路勘察设计研究院有限公司，西南交通大学等

#### 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

赵力国	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	男	1984.03	正高级	桥梁工程	项目负责人，技术总指导
王建强	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	男	1984.10	正高级	桥梁工程	项目总体研究框架制定
潘长平	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	男	1977.06	正高级	桥梁工程	技术顾问
钟明	西安中交土木科技有限公司	男	1980.06	正高级	道路与桥梁	总体方案设计
赵彦龙	西安中交土木科技有限公司	男	1987.03	副高级	机械制造	算法开发
李曦	长安大学经济与管理学院	女	1995.10	助理研究员	管理科学与工程	文献调研，研究方案设计
王永祥	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	男	1983.10	副高级	机械设计	算法开发
马新	交通运输部科学研究院	男	1974.08	研究员	道路工程	标准研究
宋晓波	西安中交土木科技有限公司	男	1991.10	中级	机械工程	设备开发
刘坤	西安中交土木科技有限公司	男	1987.12	高级	交通工程 (机电工程)	设备开发
孙红兰	西安中交土木科技有限公司	女	1984.09	高级	公路与桥梁工程	文献调研，研究方案设计
王进	西安中交土木科技有限公司	男	1990.04	中级	交通工程 (机电工程)	示范应用研究
张思齐	西安中交土木科技有限公司	女	1992-06-17	初级	通信工程	示范应用研究

李文学	西安中交土木科技有限公司	男	1989.04	中级	交通工程 (机电工程)	软件开发
高行之	西安中交土木科技有限公司	男	1999.05	初级	智能工程	软件开发
王显光	交通运输部科学研究院	男	1977.05	研究员	道路工程	理论研究
张宇	交通运输部科学研究院	女	1977.04	研究员	道路工程	测试分析
周紫君	交通运输部科学研究院	女	1980.06	副研究员	道路工程	理论研究

### 4.3 各自承担的主要工作

赵力国：统筹项目推进与技术把关，主导技术路线制定及关键难题决策。

王建强：负责项目总体研究框架制定，搭建研究体系，明确各阶段任务与衔接关系，提供顶层设计支撑。

潘长平：为技术难点提供咨询与解决方案，优化技术方案。

钟明：负责总体方案设计，细化落地方案，衔接顶层设计与研发执行。

赵彦龙：参与算法开发，侧重算法与设备硬件的适配性研发。

李曦：负责文献调研，参与研究方案设计，提供理论与文献支撑。

王永祥：聚焦算法开发，支撑风险识别、要素量化的算法实现。

马新：参与示范应用，负责示范应用方案编写。

宋晓波：参与核心传感设备样机研发、结构设计及性能调试。

刘坤：负责感知设备机电系统集成开发，解决机电适配与信号传输问题。

孙红兰：负责文献调研，参与研究方案设计，提供理论与文献支撑。

王进：负责示范应用方案设计、现场部署及运行监测，验证系统实效。

张思齐：参与示范应用，负责设备通信链路搭建与数据传输适配。

李文学：参与智慧管控平台功能编码与调试，支撑设备数据对接。

高行之：参与管控平台开发，侧重智能预警与决策辅助功能实现。

王显光：参与数据平台构建及数据标准的采集分析。

张宇：参与基础设施监测技术与韧性评估的方向指导。

周紫君：负责文献调研，参与研究方案设计，提供标准支撑。

#### 4.4 项目主要负责人情况

赵力国，正高级工程师，极端环境结构监测预警技术研究领域权威专家，现任中交第一公路勘察设计研究院有限公司科学技术与数字化部主任。

长期深耕公路工程领域，聚焦极端环境下结构安全监测、预警技术研发及工程实践应用，致力于推动行业技术创新与高质量发展，积累了深厚的理论功底、丰富的科研经验及扎实的工程管理能力。

科研与工程实践方面，主持及参与省部级及以上科研项目 20 余项，牵头完成重点工程项目 100 余项，在公路工程关键技术攻关、核心难题破解、科技成果转化等方面成效显著，为行业技术进步与工程

质量提升提供了有力支撑。

学术与标准建设领域，参编国家及行业标准规范 13 部，为行业标准化发展奠定重要基础；发表学术论文近 30 篇，其中 11 篇被 SCI/EI 检索，含中科院一区 TOP 期刊论文 1 篇，研究成果具有较高的理论价值与实践指导意义；累计申请专利 26 项，其中发明专利 16 项，自主创新能力突出。

荣誉表彰方面，先后荣获省部级科技奖励 12 项，获评“中国公路学会青年科技奖”“国资委表现突出的个人”等重要荣誉称号，专业素养与行业贡献获得业内广泛认可。

创新平台建设方面，全力支撑公司全国重点实验室、国家野外观测基地等多个高水平创新载体的筹建与运营，为行业技术研发、成果转化及人才培养搭建了重要支撑平台，助力行业创新生态体系完善。

## 五、项目依托工程（工作）情况及其他必要支撑条件

### 5.1 依托工程（工作）概况

（1）**无锡市 G635 十八湾段科技兴安样板路建设项目**：全长 12.323km，道路等级为一级公路，设计速度为 80km/h，本项目以交通管理需求为导向，综合运用图像识别、云计算、物联网等先进技术手段，利用传感器、雷达等设备采集搭建虚拟化城市交通底座，覆盖安全、执法、畅通、服务等应用领域，打造集监控、检测、分析、判断一体的智慧交通指挥决策系统，实现设备接入与指挥服务的综合体系，为城市提供交通视频监控集成、交通事件监测与处理、交通信号控制、路况分析、交通运营监控等智慧化服务，实现拥堵治理、精准

调控、安全管理防治一体、违法监管全域覆盖、市民服务无感便捷的核心价值，提升智慧化运营及服务水平。

**(2) 福建宁德数字化转型升级项目：**项目以提升交通运营效率、增强安全管理能力、优化出行服务体验为核心目标，通过集成应用大数据、云计算、物联网、人工智能等前沿技术，构建覆盖全域的智慧交通管理体系。搭建交通事件快速响应与处置平台，集成视频监控、雷达监测、移动终端等多种感知手段，实现交通事件的秒级发现、分钟级处置；同时，推进智慧停车系统建设，通过车位感知、智能导航等技术应用，有效缓解停车难问题。此外，项目还将注重数据资源的整合与共享，建立交通大数据中心，为政府决策、企业运营、公众出行提供全方位的数据支撑与服务。通过本项目的实施，将显著提升宁德地区交通管理的精细化、智能化水平，为城市高质量发展注入新动能。

**(3) 陕西省 G5、G70 高速公路韧性提升项目：**陕西省 G5 京昆高速、G70 福银高速公路韧性提升项目，路线全长合计约 484.31 公里，旨在通过多技术融合，系统性提升两条交通动脉的防灾抗灾与快速恢复能力。项目以基础设施本体韧性提升为基础，对沿线路基、路面、桥涵及隧道进行安全评估与加固改造。在此之上，集成部署了桥梁轻量化监测与边坡智能监测系统，利用低功耗传感设备与自动化网络，分别对关键桥梁的结构状态和高风险边坡的变形位移进行实时、连续感知。同时，针对抗震薄弱环节，专门设置了桥梁防落梁监测点，以预防极端情况下的重大风险。最终通过道路安全诱导预警系统，融

合前端监测数据与气象、交通流信息，利用可变情报板等设施发布动态管控指令，从而在恶劣条件下保障通行安全与效率。

**(4) 青藏公路 G109 提质改造工程：**本项目为高海拔高寒地区公路，路线穿越多年冻土区，穿越可可西里自然保护区，穿越昆仑山、风火山、唐古拉山。尽管沿线海拔较高，但山脉相对高度不大，整体较为平缓，所以有“远看是山，近看成川”的写照。路线布设主要受到可可西里自然保护区、多年冻土类型分区及地温分布等因素的影响，工程建设面临“高寒缺氧、多年冻土、生态脆弱”三大技术难题。项目坚持“安全、绿色、高效、经济、韧性”的设计理念，将“生命至上、安全第一、质量优先”理念贯彻到项目全周期，提高道路功能可靠性，增强安全与应急保障能力。项目处于高海拔高寒地区，路线穿越多年冻土区，对传感设备在极端环境下的强适应性研究具有重要的实践价值。

## 5.2 投资来源

本项目资金来源多元化且保障充分，总投资 100 万元，由省级财政拨款与企业自筹资金共同构成。其中，省级财政拨款 49.6 万元，为项目研发工作提供政策与资金层面的引导支持；企业自筹资金 50.4 万元，由项目承担单位自主筹措，保障项目研究过程中设备研发、试验验证、示范应用等各环节的资金需求，两类资金协同发力，为项目顺利推进奠定坚实的资金基础。

## 5.3 工程进度与项目科研进度的配合

本项目的研究中始终坚持“科研引领工程，工程反哺科研”的核心

原则，确保理论与工程实践深度融合、互为支撑，形成从技术攻关到场景应用，再到效能验证与迭代优化的闭环。工程进度与科研进度的配合主要体现在以下几个层面：

1) 以工程需求界定科研方向：科研课题的设立直接源于具体的工程目标与实际挑战。在无锡市 G635 十八湾段科技兴安样板路建设项目中，工程的核心目标是构建一体化的智慧交通指挥决策系统。相应的科研工作则聚焦于解决“多源异构交通数据融合与建模”、“基于人工智能的交通事件精准识别与快速响应”等关键工程技术难题，确保科研活动从一开始就具有明确的针对性和应用价值。

2) 以工程现场作为科研验证平台：工程项目为科研成果提供了真实的测试环境与宝贵的数据来源。陕西省 G5、G70 高速公路韧性提升项目中，高速公路穿越山区及黄土地区的涉河桥梁、路基与隧道洞口边坡，通过部署桥梁轻量化、边坡智能化和防落梁专项监测网络，构建了真实工况下的验证平台，并研发适用于陕西地域特点的差异化监测识别诊断技术，为验证多源、异构传感器的长期可靠性、数据融合算法以及结构风险动态评估模型提供了真实的数据源和工况。

福建宁德数字化转型升级项目部署于全线的交通信息监测系统所采集的实时数据，采集各类工程现场（城市道路、交通枢纽、停车场等）的实际交通运行资料，为科研团队进行交通状态辨识、运行风险动态评估与管控策略生成算法的研究与优化提供了不可或缺的支持。工程现场的持续运行，成为检验科研成果实效性与鲁棒性的关键环节。

青藏公路 G109 提质改造工程高海拔、多年冻土与极大温差（ $-40^{\circ}\text{C} \sim 55^{\circ}\text{C}$ ）极端环境，为传感器材料选型与长期稳定性研究提供了不可多得真实、严苛的现场科研验证平台。依托工程现场布设的监测网络，开展传感器长期稳定性实测研究，为高寒地区交通基础设施监测设备的可靠应用与相关标准制定提供扎实的工程实证支撑。

3) 建立全周期反馈与迭代优化闭环：科研与工程的协同贯穿于项目的设计、施工、运维全生命周期。在系统初步投入使用后，其实际运行效能数据（如事件检测准确率、动态限速策略稳定性）被系统性地收集并反馈至科研端。科研工作据此对模型与算法进行持续校准与升级，并通过技术手段反哺工程系统，形成一个“工程应用-数据反馈-科研优化-效能提升”的螺旋式上升循环，确保系统智能化水平与工程效益的持续提升。

#### 5.4 组织管理形式

本项目采用“专项小组统筹 + 分层责任落实 + 平台资源保障”的一体化组织管理形式，构建全流程闭环管理体系以保障研发质量与效率。项目设立质量管理小组，由项目负责人担任组长，统筹推进整体质量管理工作，小组下设技术监督、数据质控、成果验收三个专项工作组，明确各小组职责边界与协同机制——技术监督组聚焦研发全流程技术规范性把控，数据质控组负责感知数据、试验数据的精度校验与质量审核，成果验收组牵头阶段性成果与最终成果的验收评估。

同时，建立定期质量例会制度，常态化梳理研发过程中的质量隐患与技术瓶颈，快速协调解决各类问题，确保研究方向不偏离、质量

标准不降低。资源支撑层面，深度依托“极端环境绿色长寿道路工程全国重点实验室”等三大核心平台，建立优先资源调配机制，高效整合高性能计算集群、极端环境模拟设备等关键资源，为技术攻关、设备研发、试验验证等核心环节提供坚实保障。通过上述组织管理设计，有效凝聚团队力量、优化资源配置，助力实现“设备高精度、算法高可靠、平台高效能”的质量目标，为项目顺利推进及成果落地提供全方位组织支撑。

## 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	49.6	合计	100.0	49.6	50.4
工程配套研究经费	0	<b>（一）直接费用</b>	90.5	47.1	43.4
单位自筹	50.4	1.设备费	21.7	9.3	12.4
其他经费	0	（1）购置设备费	15.7	9.3	6.4
		（2）设备改造与租赁费	6.0	0.0	6.0
		2.业务费	49.3	26.6	22.7
		（1）材料费	9.0	4.0	5.4
		（2）测试化验实验加工费	5.0	0.0	5.0
		（3）燃料动力费	0.0	0.0	0.0
		（4）差旅费/会议费/国际合作与交流费	26.0	17.6	8.0
		（5）出版/文献/信息传播/知识产权事费	7.4	5.0	2.4
		（6）其他费用	1.9	0.0	1.9
		3.劳务费	19.5	11.2	8.3
		（1）专家咨询费	10.0	7.2	2.8
		（2）聘用人员劳务费	9.5	4.0	5.5
		（3）其他劳务费	0.0	0.0	0.0
		<b>（二）间接费用</b>	9.5	2.5	7.0
		4.管理费	5.5	2.5	3.0
		5.绩效支出	4.0	0.0	4.0

## 经费测算详细说明:

本项目经费预算严格按照《国务院办公厅关于改革完善中央财政科研经费管理的若干意见》（国办发〔2021〕32号）、《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）等相关科研经费管理办法编制，分为“直接费用”和“间接费用”两大部分。

### （一）直接费用（合计：90.5万元）：

直接费用是指在项目实施过程中发生的与之直接相关的费用。

（1）**设备费**（21.7万元）：是指在项目实施过程中购置或试制专用仪器设备，对现有仪器设备进行升级改造，以及租赁外单位仪器设备而发生的费用。

购置设备费约15.7万元，设备改造与租赁费约6.0万元。

测算依据：为完成项目关键技术研究，需购置/试制专用仪器设备。根据市场询价及供应商报价单测算，此费用为保障实验数据准确性与研究进度的必要支出。

（2）**业务费**（49.3万元）：业务费是项目执行的主体支撑费用，主要包括：

1）**材料费**（约9.0万元）：是指在项目实施过程中消耗的各种原材料、辅助材料等低值易耗品的采购及运输、装卸、整理等费用。根据项目所需材料及数量，结合市场价格测算。

2）**测试化验实验加工支出**（约5.0万元）：是指在项目实施过程中支付给外单位（包括项目承担单位内部独立经济核算单位）的检

验、测试、化验、实验及加工等费用。根据实验方案及样品数量，结合市场价格测算。

3) 差旅/会议/国际合作与交流支出(约 26.0 万元): 差旅费是指在项目研究过程中开展科学实验(试验)、业务调研、学术交流等所发生的差旅费、市内交通费用等;会议费是指在项目研究过程中为组织开展学术会议、研讨会、评审会以及协调项目等活动而发生的会议费用。参照现行差旅标准及会议市场情况预估。

4) 出版/文献/信息传播/知识产权事务/印刷支出(约 7.4 万元): 是指在项目研究过程中,需要支付的出版费、资料费、印刷费、专用软件购买(使用)费、数据购买和调查费、文献检索费、专利申请及其他知识产权事务等费用。根据出版合同、官方收费标准及印刷品询价单等市场公允价格,结合研究计划的实际需求数量进行具体测算。

5) 其他支出(约 1.9 万元): 指在项目研究中发生的除上述费用之外的其他业务费支出。以市场价格或公允标准为基础进行测算。

### **(3) 劳务费(19.5 万元)**

专家咨询费约 10.0 万元,聘用人员劳务费 9.5 万元。

测算依据:用于支付给参与项目的研究生、博士后和项目聘用的研究人员及辅助人员等的劳务性支出,以及支付给临时聘请的咨询专家的支出等。根据项目研究任务量、所需人员层次及当地同类人员劳务费标准,按预计投入的人月数进行测算。此费用不支付给项目承担单位有工资性收入的正式在编研究人员,符合经费管理政策。

### **(二) 间接费用(合计: 9.5 万元)**

间接费用是指项目承担单位在组织实施项目过程中发生的无法在直接费用中列支的相关费用，主要用于补偿单位为项目研究提供的现有仪器设备及房屋、水、电、气、暖消耗等间接成本，以及激励科研人员的绩效支出。测算依据主要根据项目直接费用扣除设备费后的余额，按照国家或项目主管单位明确规定的核定比例进行计提。

#### **(1) 管理费 (5.5 万元)**

测算依据：按照项目直接费用扣除设备购置费后的差额，根据国家规定的核定比例提取。用于补偿单位为项目提供的现有公共设施、管理服务产生的间接成本。计算基数： $(90.5-21.7)=68.8$  万元，按约 8% 的比例计提。

#### **(2) 绩效支出 (4.0 万元)**

测算依据：根据项目预算绩效目标和预计完成的工作量设定，用于激励项目组科研人员的创新绩效。此部分费用将在项目通过关键节点考核或验收后，由单位根据科研人员的实际贡献进行分配，以充分调动科研人员积极性。

本单位承诺，将严格执行相关财务管理制度，确保经费专款专用，独立核算，并接受上级主管部门和审计部门的监督检查。

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

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	
		(2) 中试（样品样机）	是
		(3) 小批量	
	人才引育	(4) 规模化生产	
		1、引进高层次人才	
		(1) 博士、博士后	
		(2) 硕士	
		2、培养高层次人才	
		(1) 博士、博士后	
		(2) 硕士	
		3、培训从事技术创新服务人员（人次）	
	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）	
		2、科研仪器设备利用率（%）	
		3、孵化科技企业（个）	
4、转化科技成果（个）			
效果类指标	经济效益	1、新增产值（万元）	1000
		2、新增销售（万元）	800
		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

本项目预期达到的具体目标如下：

(1) 针对交通基础设施系统感知与事件监测预警现有技术的局限性，通过开展多要素轻量化感知方法的研究工作，发展多要素协调同步识别与实时感知技术，实现宏微观协同的轻量化感知方法，建立重点监测目标及关键监测位置的选取方法，并加强多源感知融合标准的应用，实现感知设备选型指标的制定。

(2) 开发恶劣天气条件下的短临预测模型，并研发适应恶劣天气环境的高精度、高集成度、高可靠性能能见度传感器，以实现低能见度天气条件下的车道引导功能，完成基于自动识别机制的消冰融雪系统研发工作，实现融雪剂的精准喷洒管理，提升系统的处理效率和自主决策能力。

(3) 通过开发多参数传感器系统，实现道路基础设施结构动力响应感知，研发新型声纹信号传感器，实现基础设施隐蔽缺陷监测与识别功能，并基于上述研究开展传感器的极端环境适应性研究与韧性集成封装技术，研发边坡滑移滚石监测雷达以及多目标危险事件视觉识别技术，提升轻量化一体监测技术水平及复杂环境下的目标识别分析能力。

(4) 建立交通基础设施安全与突发事件综合管控系统平台，通过平台的构建，实现对具体事件的决策支撑，并开发复杂条件下的超限预警算法，配合多源协同传感设备自组网技术，提升事件发生后的

各方协同能力。同时优化智能监控与人工巡检的协同机制，实现资源高效配置。

## 8.2 提交的研究成果及其形式

(1) 有形交付物:

1) 研究报告: 包括立项报告、中期报告、结题总报告、技术报告等。

2) 硬件: 高集成轻量化监测设备 1 套, 监测距离  $\geq 500\text{m}$ , 适应环境温度  $-40^{\circ}\text{C}$  至  $55^{\circ}\text{C}$ 。

3) 软件: 原型系统(demo)、软件源代码及可执行文件各 1 套, 系统响应时间  $< 60\text{s}$ 。

4) 数据/数据库: 实验数据集、分析报告、构建的专题数据库。

5) 示范项目一项, 路线长度不低于 10 公里。

(2) 无形交付物:

1) 申请专利 1 项, 软著 1 项。提交专利申请受理通知书等证明文件。

2) 发表核心期刊论文 3 篇。

3) 相关标准 1 份, 提交标准草案。

## 8.3 经济、社会、环境效益分析

### 8.3.1 经济效益分析

(1) 多要素风险感知与智能预警将有效降低灾害损失。项目通过对路域基础设施环境、结构、运行状态的多要素动态感知, 结合智能预警决策模型, 实现灾变风险的超前识别、精准预警与快速响应。

这将显著提升公路网络应对自然灾害及突发事件的韧性，减少因交通中断、设施损毁导致的人员伤亡、财产损失及运营收入损失，经济效益直接且巨大。

(2) 关键核心技术本身即形成高附加值产出。项目聚焦“感知-预警-决策”链条，攻关多源信息融合、智能分析模型、协同决策等关键共性技术。通过项目应用研发新材料、新装备、新硬件、新系统等，技术成果转化逐步形成新产业，开创新业务方向，做出新增量，形成新的经济效益来源。

(3) 提升管养效能，实现全生命周期成本优化。基于多要素实时感知数据与智能分析，可实现基础设施健康状况的精准评估与预测性养护，从“定期养护”向“按需养护”转变。这不仅能有效避免过度维修或养护不足，大幅降低长期运维成本，还能科学延长设施使用寿命，提升资产管理的经济性。

(4) 技术成果产业化应用市场前景广阔。

我国公路基础设施网络庞大，安全运维需求迫切。我国已成为全球交通大国，建立了高效可靠的交通基础设施系统，公路水路交通运输行业发展统计公报显示，截止 2023 年末，全国二级及以上等级公路里程 76.22 万公里，高速公路里程 18.36 万公里，公路桥梁 107.93 万座，公路隧道 27297 处。本项目研发的智能感知设备、预警分析平台、决策支持系统等成果，可广泛应用于新建与在役公路的智慧管养与安全防控领域，市场容量巨大。项目将推动形成“智能感知-数据分析-预警服务-决策支持”的新兴产业链。

(5) 项目直接与带动经济效益显著。以陕西省为示范基地，项目成果的推广与应用不仅能直接产生技术服务和产品销售收益，更能吸引和培育相关高新技术企业，带动传感器制造、物联网、大数据分析、人工智能及专业施工等产业发展，形成产业集群效应，为地方经济注入新的活力。

### 8.3.2 社会效益分析

(1) 符合智慧交通与交通强国建设的战略方向。项目研究内容直指提升交通基础设施本质安全与智能化水平，是实现“平安交通”、“智慧交通”目标的关键技术支撑。它响应了国家对交通基础设施数字化、网联化、智能化转型的发展要求，社会意义重大。

(2) 为公路网安全稳定运行提供核心技术保障。通过构建“多要素感知、智能化预警、科学化决策”的技术体系，能够显著提升对滑坡、泥石流、结构病害、恶劣气象、突发事件等风险的早期发现和快速处置能力，最大限度保障路网畅通和通行安全，守护人民群众生命财产安全。

(3) 显著提升应急管理与协同救援能力。项目构建的一体化智能预警决策平台，能够实现风险信息快速汇聚、科学研判与统一发布，强化交通运输、应急管理、公安交管等多部门间的联动协同，大幅提升应对突发事件的指挥调度效率与救援响应速度，增强公共安全治理效能。

(4) 助力提升公众出行安全感与满意度。项目的实施将使路网安全状态更可知、可感、可控，通过及时的风险预警和信息服务，让

公众出行更加安心。它有助于减少因突发事件导致的长时间交通拥堵和次生事故，提升路网整体服务品质和可靠度，是建设“人民满意交通”的重要实践。

### 8.3.3 环境效益分析

本项目的环境效益，源于其推动交通基础设施管理模式从被动响应向主动预警与精准调控的根本性转变。该技术体系率先实现了从粗放式、周期性的规模养护，向基于结构状态与风险预测的靶向性养护转型，从而在源头上显著减少了因过度维护而产生的建材消耗、能源投入及工程废弃物，延长了设施全生命周期的服务年限。同时，系统通过超前识别边坡失稳、结构损伤等潜在风险，为采取预防性措施提供了关键窗口，有效避免了因突发性基础设施损毁可能引发的次生生态环境灾害。

本项目能够显著提升路网在恶劣条件下的运行效率，有助于减少拥堵带来的额外排放。因此，本研究的实施不仅在操作层面实现了节能减排，更在战略层面构建了与生态环境相协调的主动适应型防灾体系，为交通基础设施的绿色、低碳与可持续发展提供了关键技术支撑。

## 九、其它需要说明的问题

无

## 十、申请单位意见

本单位支持“路域交通基础设施全要素风险感知与突发事件智能预警决策关键技术研究”项目的立项申报，并将为该项目的实施提供必要的工程实践载体与经费保障。

项目关键技术的研究、验证与集成示范，已确定依托以下四项实体工程开展：无锡市 G635 十八湾段科技兴安样板路建设项目、福建宁德数字化转型升级项目、陕西省 G5 与 G70 高速公路韧性提升项目，以及青藏公路 G109 提质改造工程。上述工程覆盖了东、中、西部不同地域特征与典型风险场景，能够为课题提供全方位、全谱系的研发验证平台。

项目申报预算为人民币 100 万元，所需资金已全部落实：49.6 万元来源于省级财政科技计划专项拨款，其余 50.4 万元由申报单位自筹资金予以配套，确保项目可按进度顺利执行。

该项目研究目标明确，预期成果对提升我国交通基础设施的主动安全防控能力与智能化管理水平具有重要意义，推荐予以立项支持。

单位负责人：



2025 年 12 月 5 日

**路域交通基础设施全要素风险感知与突发事件  
智能预警决策关键技术研究**

**大纲评审意见**

2025年12月5日，陕西省交通运输厅在西安主持召开了“路域交通基础设施全要素风险感知与突发事件智能预警决策关键技术研究”（项目编号：25-04X）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、项目针对当前路域交通基础设施监测存在传感器环境适应性差、多源数据融合困难、极端条件下预警可靠性不足等问题，开展系统性研究，对推动我国路域交通基础设施监测预警技术体系向智能化、标准化、韧性化发展，具有现实意义。

二、研究内容全面，研究目标和预期成果基本明确，技术路线可行。

三、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，经费预算符合要求，具备开展研究工作的条件。

与会专家一致同意该项目研究大纲通过评审。

建议：

1. 围绕研究目标，聚焦重点要素和对象，进一步界定研究范围；
2. 预期成果中进一步明确设备及软件的指标、功能和适用条件。

主任委员：



2025年12月5日

路域交通基础设施全要素风险感知与突发事件智能预警决策关键技术研究(项目编号: 25-04X)

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	杨云峰	省交通职业学院	交通运输规划与管理	交通运输规划与管理	三级教授 / 正高级工程师	
2	委员	王立平	厅信息中心	计算机科学	交通信息化	高工	王立平
3	委员	王松根	山东公路局	公路工程	公路工程	研究员	
4	委员	钱越	交通运输部公路科学研究院智能中心	交通工程	智能交通	正高工	钱越
5	委员	石雄伟	西安公路研究院有限公司	桥梁工程	桥梁	正高工	

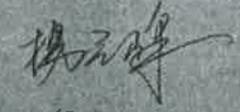
### 专家审查意见表

项目名称	跨区域基础设施全要素风险感知与突发事件智能预警决策关键技术研究				
专家姓名	杨石峰	职务/职称	教授	专业	交通规划
专家单位	陕西交通职业技术学院		联系电话	17795956688	

#### 评审意见

课题针对复杂跨区域环境全要素风险识别不全面、精度不足、监测设备适用性差、环境风险预报及突发事件响应效率低、多源数据融合难、管理平台协同不够等问题，依托现有研究基础开展深入研究，开展高集成轻量化装备开发、预警及监测平台开发，对交通基础设施智能化监测、风险预警具有重要现实意义，研究内容合理，技术路线可行，预期成果有效，同意按拟定大纲开展研究工作。

建议：1. 聚焦灾害风险较高路段、时段的重点交通设施、关键风险要素研发、布设监测设备；2. 风险预警等级划分、响应要求等应紧密对接国家有关规定要求；3. 结合陕西交通基础设施灾害风险的典型特征完成示范工程。

评审专家(签字): 

2025年12月5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	路域交通基础设施全要素风险感知与突发事件智能预警决策关键技术研究				
专家姓名	王松根	职务/职称	研究员	专业	公路工程
专家单位	山东省交通厅公路局			联系电话	13488700091
评审意见					
<p>本项目为解决现阶段交通风险感知薄弱、突发事件应急能力不足、重大交通事故频发等问题，开展“路域交通基础设施全要素风险感知与突发事件智能预警决策关键技术研究”。技术内容全面，技术路线可行。</p> <p>同意该项目研究大纲通过评审。</p> <p>建议：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 进一步明确题目与研究内容的关联性。</li> <li>2. 重点聚焦“公路基础设施—环境要素—交通出行”多要素协同感知同步感知和实时动态预警技术研究。</li> <li>3. 加强智能程序与人工巡查的配合，避免过度依赖。</li> <li>4. 进一步明确考核目标，目前该项目研究内容支撑不了题目要求。</li> </ol>					
评审专家（签字）： 					
2025年12月5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	路域交通基础设施全要素风险感知与突发事件智能预警决策关键技术研究				
专家姓名	钱越	职务/职称	副研/正高	专业	智能交通
专家单位	部公防院智能交通研究中心		联系电话	13681372282	
评审意见					
<p style="text-align: center;">总体意见:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 项目承担单位基础条件好, 有野外测试基地, 实验室, 协作单位, 以及省公路项目, 研究条件良好, 科研成果丰富。</li> <li>2. 项目内容, 问题抓得准, 聚焦碎片化之风险问题集成分析, 关注联动影响, 协同监测预警站。</li> <li>3. 研究思路清晰, 依托工程场景。</li> </ol> <p style="text-align: center;">建议:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 聚焦集成内容, 进一步清晰集成技术</li> <li>2. 关注研究的数据基础</li> <li>3. 结合陕西特点做个示范展示模型。</li> </ol> <p style="text-align: right; margin-top: 20px;">评审专家(签字): 钱越</p> <p style="text-align: right; margin-top: 5px;">2025 年 12 月 5 日</p> <p style="text-align: right; margin-top: 5px;">(本意见入档, 应填写工整, 纸而不散, 可另加纸)</p>					

### 专家审查意见表

项目名称	路域交通基础设施全要素风险感知与突发事件智能预警决策关键技术研究				
专家姓名	王译	职务/职称	高二	专业	交通信息化
专家单位	陕西省交通运行监测中心		联系电话	18991958056	
评审意见					
<p>本项目致力于新一代智能风险感知监测设备的研发，融合多源数据，集成开发综合管控平台，目标明确、针对性强，研究思路清晰，技术路线可行，成果全面，对提升公路灾害预警具有重要意义。</p> <p>建议：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 加强多源感知融合数据标准的应用。</li> <li>2. 充分利用AI新技术，提升识别率，及时发现，快速预警。</li> <li>3. 加强不同设施（路标隧）在不同恶劣环境的测试，提升产品的高可用性。</li> </ol>					
评审专家（签字）：王译					
2025年12月5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	路域交通基础设施全要素风险感知与突发事件智能预警决策关键技术研究				
专家姓名	石位伟	职务/职称	正高工	专业	桥梁工程
专家单位	西安公路研究院			联系电话	185020271
评审意见					
<p>项目前期在针对书内容进行大量工作，有充分的前期研究基础，技术路线可行，项目组成员构成合理。</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 基础设施材质不同，声纹信号识别技术是否有差异性调整；</li> <li>2. 滑坡体岩石位置随机性较大且运动状态差异较大，如何实现识别。</li> <li>3. 技术指标指标。</li> </ol>					
评审专家（签字）： <span style="font-size: 1.2em;">石位伟</span>					
2021年12月5日					
（本意见入档，应填写工整，纸面不散，可另加纸）					

## 专家意见处理表

项目名称：路域交通基础设施全要素风险感知与突发事件智能预警决策关键技术研究（项目编号：25-04X）

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	杨云峰	<ol style="list-style-type: none"> <li>聚焦灾害风险较高路段、时段的重点交通设施、关键风险要素研发, 布设监测设备</li> <li>风险预警等级划分、响应要求等赢紧密对接国家有关规范要求</li> <li>结合陕西交通基础设施灾害风险的典型特征完成示范工程</li> </ol>	<p>对主要研究内容、预期目标进行修改:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>针对陕西省山区及黄土地区涉河桥梁、路基、隧道洞口边坡等特殊路段, 研究各类风险源对路段区域的影响因子和作用范围, 将优先在灾害高风险路段和时段布设监测设备。</li> <li>风险预警等级划分与响应要求将严格遵循国家相关标准与规定, 确保合规性。</li> <li>依托工程为陕西 G5、G70 高速公路韧性提升项目, 紧密结合陕西地区灾害风险的典型特征</li> </ol>
2	王松根	<ol style="list-style-type: none"> <li>进一步梳理题目与研究内容的关联度</li> <li>重点聚焦“公路坡隧状况-环境因素-交通运行”多要素协同感知同步识别和突发灾害预警的技术研发</li> <li>协调智能预警与人工巡检的取舍, 避免过度浪费</li> </ol>	<p>对主要研究内容、研究难点进行修改:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>重新梳理主要研究内容, 突出多要素协同感知与预警的核心技术主线。</li> <li>研究将重点攻关公路、边坡、隧道状况与环境、交通运行的多要素协同感知同步识别及突发灾害预警技术。</li> <li>通过智能预警与人工巡检的优化协同机制, 实现资源高效配置, 避免过度浪费。</li> </ol>
3	钱越	<ol style="list-style-type: none"> <li>聚焦集成内容, 进一步清晰集成技术</li> <li>关注课题研究的数据基础</li> <li>结合陕西特点做个示范展示模型</li> </ol>	<p>对主要研究内容、依托工程进行修改:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>明确集成技术的具体内容, 包括硬件协同、数据融合与平台架构, 提升系统整体性。</li> <li>依托多项工程, 工程现场作为科研验证平台, 确保数据质量、一致性与共享性, 为研究提供可靠基础。</li> </ol>

			3、基于陕西省 G70 项目的地理与气候特点，验证技术的实用性与有效性。
4	王立平	<p>1、加强多源感知融合数据标准的应用</p> <p>2、充分利用 AI 等技术，提升识别率，快速发现，快速预警</p> <p>3、加强不同设施（路、桥、隧）在不同恶劣环境的测试，提升产品的高可用性。</p>	<p>对主要研究内容、工作流程进行修改：</p> <p>1、在研究与应用中强化多源感知融合数据标准的执行，确保数据操作性与系统兼容性。</p> <p>2、集成 AI 算法优化识别模型，提升风险识别率与预警速度，实现快速发现与快速预警。</p> <p>3、设备测试将覆盖路、桥、隧等多种设施在不同恶劣环境下的性能，确保高可用性与适应性</p> <p>对主要研究内容、研究难点进行修改：</p> <p>1、针对不同材质基础设施，声纹识别技术将进行差异化校准与算法调整，提高监测准确性。</p> <p>2、通过多传感器融合与动态跟踪算法，实现滑坡与落石事件的协同监测与预警，克服位置随机性与形态差异。</p> <p>3、明确并量化技术经济指标。</p>
5	石雄伟	<p>1、基础设施材质不同、声纹信号识别技术是否有差异性调整</p> <p>2、滑坡和落石的位置随机性较大，在运动形态差距较大，如何实现协同</p> <p>3、技术指标</p>	

项目负责人（签字）：

