

项目合同编号：22-02X

陕西省交通运输厅 2022 年度交通科研项目

合 同 书

项目名称：基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究

承担单位：陕西高速公路工程试验检测有限公司

项目负责人：王小雄

通讯邮编、地址：710086 西安市未央区丰产路 57 号

传真、电话：029-84313338

起止年限：2022 年 11 月至 2024 年 10 月

陕西省交通运输厅制

填写说明：

1. 此文本要求采用计算机打印，字迹清晰，字间距采用标准距离；
2. 合同甲方为陕西省交通运输厅；
3. 按照合同书正文、附件（修改后的可研报告、专家评审意见、专家名单及意见处理表等）顺序双面打印胶装，封面、封底采用白色布纹纸张。

一、项目主要研究内容

1. 主要研究内容

(1) 高速公路多源交通数据统一接入标准及交通数据融合分析技术研究。

通过制定统一的数据接入标准，实现高速全域道路形态、护栏、标志标线等静态数据和沿线视频、卡口、毫米波雷达、气象监测、物联传感等动态数据的接入，深度集成机器视觉 AI 技术，对异常交通流、交通事件、道路异常状况等进行主动准确识别；融合重点车辆卫星定位数据、收费站运营数据等，实现对高速公路路网运行、预警事件、重点车辆、重点区域、环境气象等一体化综合监测和展示。

(2) 高速公路重点车辆及逾期危险因子的秒级响应及事故前兆鉴别技术研究。

针对隧道、桥梁、边坡、盲区、合流等危险路段，加强监测装置和边缘计算单元的研发和布设，自动收集道路交通信息和天气数据，基于云边协同技术对重点车辆和重点区域运行状态进行实时风险研判，对重点车辆（如危化品车辆）的车牌、车头、车身等信息进行秒级识别，对重点车辆运行状态、运行轨迹、超时滞留进行实时监测，当出现频繁加减速、频繁变道、车道偏离等异常状态时进行紧急提醒。

(3) 多发区域车道级行车诱导安全管控和预警技术研究。

利用各类先进的路侧感知单元，通过研究恶劣天气多发区域下安全控制策略实现交通诱导、管控和信息联动发布。结合云端海量数据在统计上的趋势表征对重点区域实时的交通流状态进行研判，提升事故前兆鉴别率并进行及时预警。

2. 技术关键

(1) 基于“雷达+视频”的全域交通运行数字孪生底座。

平台拟采用“雷达+视频”融合感知的方式，通过融合跟踪算法实现雷达间的深度融合，将重点车辆目标的轨迹无缝传递。同时，以高精度矢量地图与 BIM 技术平台为基础，构建数字孪生数据底座，实现对重点路段全域进行全程监测及车辆连续追踪，达到全天候、精细化的交通态势监测的效果。

(2) 基于数据治理的节点级、多级联动交通安全管控。

基于主动识别-短时预测-协同控制三大技术，通过主动监测结合短时预测技术推演事件的发展态势，按照交通运行状况和特殊需求，形成车道级交通管理的算法模型，实现节点级匝道控制和网络级分流诱导，提升交通管控手段的科学有效性。

(3) 恶劣天气多发区域信息管理与发布策略研究。

通过分析不同信息发布模式特点，确定山区多雾条件下高速公路信息分级发布模式，提出信息联动发布流程及算法，基于低能见度条件下行车安全智能诱导系统和多雾路段安全诱导标志制定联动策略信息生成规则，提出山区多雾条件下高速公路信息联动发布工作流程，为高速公路运营信息管理与发布提供参考。

3. 依托工程（依托工作）

依托陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司交通强国试点任务“西汉高速秦岭一二三号隧道群主动防控和应急智能管控系统建设工程”。该项目作为陕西省交通强国五个试点之一，项目建设单位为陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司，项目实施单位为陕西高速公路工程试验检测有限公司，主要内容为打造西汉高速秦岭一二三号隧道群主动防控和应急智能管控系统。

二、考核指标

1. 预期目标

- (1) 完成基于云边协同的全息数字高速公路数据标准化接口设计。
- (2) 实现重点车辆、重点区域的全域感知和秒级响应。
- (3) 构建高速公路恶劣天气车道级诱导管控机制。
- (4) 建设完成基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台。

2. 主要技术经济指标（具体的技术经济参数）

有利于推动数字化高速建设标准的建立，未来能够形成地方、行业乃至国家标准，同时能够对高公路安全保障、高公路服务能力以及资产运维能力都得到显著的提升。

基于云边协同的全息数字高速公路数据标准化接口设计，为打破目前各的子系统的孤岛，实现高速公路各类数据的整合提供了必要技术支撑；重点车辆、重点区域的全域感知和秒级响应能够大幅度提升路面各类异常事件的上报相应速度，为后续的事件处置调度提供了有力保障，同时也能对现有的各类视频等资源进行二次分析复用，降低了建设成本；高速公路恶劣天气车道级诱导管控机制的建立和基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台的建设，从根本上建立一套智慧高速应急事件的指挥调度体系，能够极大的降低高速公路应急事件带来的生命、财产损失。

3. 经济和社会效益

- (1) 经济效益：预计节约运营巡查成本 50%，减少事故损失 15%，规避次生事故带来的损失数百万/年。
- (2) 社会效益：开展基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究，进一步梳理完善车-路-环境特征及评价方法，开展高速公

路事故特征及交通安全性综合评价，集成公路交通安全保障技术具有不可估量的社会效益，提高公路安全绿色建设养护水平，有效规避生态风险，在陕西省乃至全国具有广阔的推广应用前景，为陕西省以及其他省市高速公路安全绿色防控建设提供示范，远期社会、经济效益巨大。

4. 成果提供形式

(1) 提交《基于云边协同的全息数字高速公路数据标准化接口》技术文件；

(2) 提交《高速公路恶劣天气车道级诱导管控机制》；

(3) 研发一款基于 AI 边缘计算技术的智能联动控制终端；

(4) 《基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究报告》；

(5) 提交基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台 1 套；

(6) 申请专利 2~4 个；

(7) 发表论文 1~2 篇，其中中文核心期刊 1 篇；

(8) 建设示范工程不少于 1 处。

5. 其他考核指标

(1) 培养专业人才 10 人以上。

(2) 媒体宣传报道 3 次。

(3) 技术交流 1 次。

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）
2022 年第 4 季度	完成前期调查工作。
2023 年第 1 季度	建立统一的数据接入标准，实现高速公路多源交通数据融合感知、分析、预测。
2023 年第 2 季度	完成监测装置和边缘计算单元的研发。
2023 年第 3 季度	完成论文撰写并投稿。
2023 年第 4 季度	完成 1-2 个专利申请。
2024 年第 1 季度	实现依托工程高速公路一体化综合监测； 实现恶劣天气多发区域车道级行车诱导安全管控和预警， 完成《高速公路恶劣天气车道级诱导管控机制》编制。
2024 年第 2 季度	完成构建基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台，并在依托工程上试运行，完成《基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究报告》编制。
2024 年第 3 季度	完成 1-2 个专利申请、完成课题结题报告、完成课题验收及成果评价。

四、项目经费

项目总经费：327.5 万元

交通运输厅补助：132.5 万元

承担单位自筹：195 万元

工程配套研究经费：0 万元

其他经费：0 万元

(注：本合同只约定省交通运输厅补助经费，其他经费由相关单位自行确定。)

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	292	116
1.设备费	198	73
(1) 购置设备费	90	38
(2) 设备改造与租赁费	108	35
2.业务费	72	32
(1) 材料费	16	8
(2) 测试化验实验加工费	26	10
(3) 燃料动力费	2	1
(4) 差旅费/会议费/国际合作与交流费	12	5
(5) 出版/文献/信息传播/知识产权事费	6	3
(6) 其他费用	10	5
3.劳务费	22	11
(1) 专家咨询费	6	3
(2) 聘用人员劳务费	10	5
(3) 其他劳务费	6	3
(二) 间接费用	35.5	16.5
1.管理费	18	8
2.绩效支出	17.5	8.5
合计	327.5	132.5

五、承担单位或研究人员分工

陕西高速公路工程试验检测有限公司全面负责项目组织、管理与实施，落实项目申报、经费筹措等管理工作，负责依托工程的落实、组织与协调工作。

陕西高速星展科技有限公司主要负责依托工程的实施，配合陕西高速公路工程试验检测有限公司进行项目管理，协助推进项目成果的试点应用工作。

安徽木星科技有限公司主要负责具体研究工作并配合陕西高速公路工程试验检测有限公司进行项目管理，开展具体专项研究，协助完成专利与软件著作权申报工作。

六、项目参加人员表

项目第一承担单位：陕西高速公路工程试验检测有限公司

参与单位（排序）：陕西高速星辰展科技有限公司

安徽木星科技有限公司

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	王小雄	1972-04	陕西高速公路工程试验检测有限公司	正高级工程师	公路工程	项目负责人	王小雄

主要研究人员

2	邵永军	1977-03	陕西高速公路工程试验检测有限公司	正高级工程师	公路与桥梁工程	项目技术负责人	邵永军
3	冯俊杰	1982-01	陕西高速公路工程试验检测有限公司	高级工程师	计算机应用技术	技术负责	冯俊杰
4	单勇	1976-07	陕西高速星辰展科技有限公司	高级工程师	信息技术应用与管理	系统架构	单勇

5	卞延鹏	1984-12	陕西高速公路工程 试验检测有限公司	高级工程师	信息工程	系统架构	卞延鹏
6	杨超	1981-11	陕西高速公路工程 试验检测有限公司	高级工程师	桥梁工程	系统架构	杨超
7	郭栋梁	1986-01	安徽木星科技有限公司	中级工程师	计算机科学与技术	平台设计与研发	郭栋梁
8	胡洁琼	1983-12	陕西高速公路工程 试验检测有限公司	中级工程师	交通工程	理论研究	胡洁琼
9	郑辉	1985-09	陕西高速公路工程 试验检测有限公司	高级工程师	道路与桥梁工程	平台设计与研发	郑辉
10	申桂锁	1985-11	陕西高速公路工程 试验检测有限公司	高级工程师	公路工程	平台设计与研发	申桂锁
11	刘波	1987-11	陕西高速星辰展科技有限公司	中级工程师	信息工程	监测设备研究	刘波
12	王亚琼	1975-10	长安大学	高级工程师	公路与桥梁工程	计算分析	王亚琼
13	石勇	1984-10	安徽木星科技有限公司	中级工程师	交通工程	软件开发	石勇

14	申建飞	1986-01	安徽木星科技有限公司	初级工程师	计算机科学与技术	软件开发	申建飞
15	胡全福	1987-10	安徽木星科技有限公司	初级工程师	交通工程	软件开发	胡全福

七、信息表

项目合同编号	22-02X	密级	/	A: 机密 B: 秘密 C: 内部					
项目名称	基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究								
项目实施所在地	西汉高速	起止年限	2022 年 11 月至 2024 年 10 月						
总经费	327.5 万元	厅拨	132.5 万元						
第一承担单位	单位名称	陕西高速公路工程试验检测有限公司							
	所在地	陕西省西安市未央区				代码	610112		
	通讯地址	西安市未央区丰产路 57 号				邮编	710086		
	单位性质	(3) 1.大专院校 2.科研院所 3.企业 4.其它				代码	755240029		
参与单位	序号	单位名称							
	1	陕西高速星展科技有限公司							
	2	安徽木星科技有限公司							
项目负责人	姓名	王小雄	性别 (1) 1.男 2.女			出生年份	1972		
	学历	(1) 1.研究生 2.大学 3.大专 4.中专 5.其它							
	职称	(1) 1.高级 2.中级 3.初级 4.其它							
	联系电话	15332212666 029-84313338		电子邮箱	17582456@qq.com				
项目联系人	姓名	李艳艳		性别	女				
	联系电话	15339106372 029-89117158		电子邮箱	354634924@qq.com				
项目组人数	15	高级	9	中级	4	初级	2	其它	0
主要研究内容(100字以内)	建立统一的数据接入标准, 实现高速公路多源交通数据融合感知、分析、预测; 基于云边协同硬件设备感知, 实现重点车辆、重点区域危险因子的秒级响应; 基于云边数据分析, 实现恶劣天气多发区域车道级行车诱导安全管控和预警。								
成果属性	ADG	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	ABF	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							

八、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. 乙方必须分年度向甲方提出上年年度计划执行情况报告。

2. 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。未经接到正式批准以前，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。

3. 乙方因任何主观或客观原因（如：与可行性研究内容有出入，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。

4. 乙方的厅补助经费应按国省有关科研经费使用范围开支。

5. 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。

6. 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。

7. 合同附件中关于项目研究的有关事项，是本合同的有效条款。

8. 合同正本一式拾份，甲方单位伍份，承担单位伍份。

9. 本合同经双方签章后生效，规定内容执行完毕后自然失效。

九、附件

1. 经过专家评审的项目可行性研究报告
2. 评审委员会专家意见、意见处理表及专家名单
3. 陕西交通科技项目科研诚信承诺书

西安理工大学

陕西交通科技项目科研诚信承诺书

十、合同签约各方

合同甲方：

陕西省交通运输厅

负责人：（签字）

 2022年11月15日

联系人：（签字）


（公章）

电话：029-88869067

合同乙方：（承担单位）

陕西高速公路工程试验检测有限公司

单位负责人：（签字）

 2022年10月27日

项目负责人：（签字）

 （公章）

电话：

财务负责人：（签字）



账户名：


陕西高速公路工程试验检测有限公司

开户银行：


兴业银行西安经济开发区支行
456850100100033592

帐号：

项目编号：22-02X

2022 年度陕西省交通运输厅科研项目
可行性研究报告

项目名称：基于云边协同的全息数字高速公路
安全预警平台研究

申请单位：陕西高速公路工程试验检测有限公司
陕西高速星展科技有限公司
安徽木星科技有限公司

联系人：李艳艳

电话：15339106372

陕西省交通运输厅制

2022年10月

填写说明

格式要求：目录页码齐全，双面打印，胶装不另加封皮。

可研报告可参考网评专家意见及建议，按照**研究大纲深度**编写。应用技术类应本着有限目标、有限规模、重点突出、适应市场、重在应用的原则，不求全求大、面面俱到。综合考虑研究期限、财力等实际情况，合理确定研究内容。软科学研究项目可研报告应由相关业务单位或部门牵头完成，内容要与业务工作紧密结合。

目 录

一、项目研究的背景和必要性	1
二、前期科研及工作基础	3
2.1 国内现状	3
2.2 国外现状	5
2.3 前期成果及现有工作条件	7
2.3.1 前期科研成果	7
2.3.2 现有工作基础及条件	7
2.4 参考文献	9
三、实施方案	11
3.1 拟解决的关键技术	11
3.2.1 主要研究内容	13
3.2 主要研究内容及实施方案	13
3.2.2 实施方案	13
3.3 技术路线	38
3.3.1 基于机器学习的边缘计算技术	7
3.3.2 基于大数据架构的数据采集应用服务	42
3.3.3 基于雷达+视频的交通目标检测技术	7
3.4 后续技术改造或基本建设计划的衔接	47
3.5 有关技术经济指标	7
四、项目承担单位及参加单位概况	49
4.1 单位概况	50

4.1.1 陕西高速公路工程试验检测有限公司	50
4.1.2 陕西高速星展科技有限公司	50
4.1.3 安徽木星科技有限公司	51
14.2 技术力量及人员构成	52
4.3 各自承担的主要工作	53
4.4 项目主要负责人情况	53
五、项目依托工程（工作）情况及其他必要支撑条件	54
5.1 依托工程（工作）概况	9
5.2 投资来源	55
5.3 工程进度与项目科研进度的配合（科研与实际工程如何紧密结合）	56
5.4 组织管理形式	57
六、项目经费估算及资金筹措情况	60
七、预期目标、成果提供形式及经济社会效益	60
7.1 项目预期目标	61
7.2 提交的研究成果及其形式	8
7.3 经济、社会、环境效益分析	61
7.3.1 经济效益	61
7.3.2 社会效益	62
八、其它需要说明的问题	62
九、申请单位意见	63

一、项目研究的背景和必要性

2019年7月25日交通运输部印发《数字交通发展规划纲要》，目标是全面推进交通运输基础设施和运载装备全要素、全周期的数字化，主要包括构建数字化采集体系、网络化传输体系以及智能化应用体系。2019年9月19日，中共中央、国务院印发《交通强国建设纲要》，纲要确定了九大重点任务，其中数字化公路建设备受关注。2020年初推出的国家7大新基建，5G、特高压、大数据中心等都是数字化高速公路建设的必备设施。2021年国务院印发的《国家综合立体交通网规划纲要》中提出，在2035年我国交通基础设施的数字化率要达到90%，在开展新兴基础设施建设的同时，也要求加快既有设施的智能化改造，工作重点在于对路网管控水平的提升，对交通信息智能发布的优化，以及相关智慧平台的建设等。

同时，国家“十四五”规划中明确提出要“加快数字化发展，建设数字中国”、“加快建设新型基础设施”以及“加快交通、能源、市政等传统基础设施数字化改造，加强泛在感知、终端联网、智能调度体系建设”。

高速公路作为国家发展的大动脉，公路基础设施的数字化、信息化、智慧化建设正式上升为国家战略。

高速公路数字化是深入运用大数据、人工智能、数字孪生、物联网等新技术，构建一个全感知、全联接、全场景、全智能的数字公路世界，具体来说：高速公路数字化就是要推动公路交通基础设施从他感知、被感知向可感知、自感知转变，更便捷更精准地获取前端数据，再通过数字化平台进行发布，让道路使用者知道“路上有什么”，让管理决策者知道“车在干什么”。其根本目的为：以全息感知、精准研判、伴随服务为核心，基于建管养全生命周期数据的高精

度感知、实时可靠交互和深度挖掘分析，实现运营安全的数字化、应急调度的智能化，打造“安全、安心”的高速公路出行体系，让驾乘者的旅途更加安全，出行更加安心。

2021年作为“十四五”开局之年，信息共享和数据开放水平大幅提升，大数据和人工智能盛行，行业融合发展凸显优势。在数字化建设的引领下，综合交通运输体系势在必行，为保障国家战略实施、促进行业治理体系和治理能力现代化方面发挥重要作用。通过本课题研究，具有以下重要意义：

(1) 契合国家“交通强国”的战略发展目标

基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究体现了“交通强国”关于“由依靠传统要素驱动向更加注重创新驱动转变，构建安全、便捷、高效、绿色、经济的现代化综合交通体系”的指导思想，实现高速公路运行管理“一流设施、一流技术、一流管理、一流服务”的内涵要求。因此，加快全息数字高速公路安全预警平台研究建设不仅契合国家“交通强国”的战略，也将大大提升高速公路通行效率，降低运输成本，促进国民经济的发展。

(2) 助力碳达峰碳中和的双碳目标早日实现

交通运输行业是主要“碳源”之一。有关数据显示，我国交通运输业碳排放占我国碳排放总量的10.4%。相比欧美等国家，我国交通运输业的碳排放具有占比低、增速快、减排潜力大的特点。特别是公路运输，约占全国交通运输碳排放总量的85%以上，是交通运输领域碳排放的绝对主体和减排重点。因此，通过大数据、人工智能、网联化等技术，实现全业务数联网化的感知，人车路交互行为的认知和城市交通体系的智能管控，能有效提高运输服务效率，精准降碳，真正实现安全低碳出行，助力早日实现碳达峰碳中和。

(3) 承担“先行先试、开拓创新”的交通强省担当

陕西作为国家“一带一路”战略的核心区，西部大开发的第一梯队和桥头堡，立足发展新阶段，贯彻发展新理念，一直坚持交通“先行官”战略定位，综合立体交通网络日益完善，贯通了经济社会发展的“经脉”，为陕西新时代追赶超越注入强劲动力。因此，面对新时代国家数据交通的发展战略，陕西一直敢于承担“先行先试、开拓创新”的交通强省担当，为高速公路全息数字化建设在全国各省开花结果形成示范效应。

二、前期科研及工作基础

2.1 国内现状

截止 2020 年底，我国高速公路总里程就达到了 16.1 万公里，已成长为交通大国。同样，受惠于经济的高速发展，人民生活水平不断提升，汽车保有量飞速的增长，直接驱动着交通四要素：人、车、路和环境之间产生了新的诉求和新内涵。

近两年，数字公路在我国得到了快速发展，呈现多点开花、百花齐放的态势。基础设施数字化体系的建设逐步得到行业的认可，智慧管控、车路协同、自动驾驶等新兴技术正在加速应用到公路基础设施网络。目前，国内具有代表性的高速公路数字化建设主要如下：

1) 延崇高速（北京段）

延崇高速（北京段）全长约 33km，数智化建设测试段约 18km，2019 年底已建成通车，是 2019 年世园会和 2022 年冬奥会的重要交通保障通道，也是交通运输部绿色公路、智慧公路、品质工程的示范路。为满足延崇高速主线路段、服务区、互通区以及隧道群区等多个应用场景的使用需求，采用了拥有低延时、高可靠性以及高安全性的 LTE-V 车用无线通信技术，使车路协同与自动驾驶技术的落地应用成

为可能，且已在延崇高速进行封闭环境下 L4 级车路协同与自动驾驶演示，为打造智慧高速提供了真实的参考数据。

2) 京台高速（泰安至枣庄段）

京台高速（泰安至枣庄段）是山东省第一条智慧高速，全程 189km，其中单向 20km 车路协同示范路段。该路段全线由双向 4 车道改扩为双向 8 车道；服务区、匝道分合流、桥梁等车路协同场景丰富；货车占比高达 40%，最外侧建设自动驾驶专用车道，支持货车编队行驶；对于团雾多发路段，通过气象方案与车路协同方案结合来提升团雾气象下的通行安全和效率。

3) 京沪高速（G2 段）

京沪高速（G2 段）是车联网先导应用环境构建及场景测试验证平台建设项目，该项目省域跨度大、应用场景多、覆盖范围长、终端体量大。

在技术路线方面，以“高清摄像机+毫米波雷达融合”为主实现路测环境感知；采用“C-V2X”通信技术实现“车一路、车一云”实时通信；遵循“路测信息实时触达（PCS）、云端信息及时下发（Uu）”的协同策略；实现高速公路及城市道路典型场景下的车路协同应用。在建设内容方面，构建基于 C-V2X 的“车端大规模改造、路测全方位部署、云端一体化服务”的“人、车、路、云”协同的规模化车联网先导应用环境，实现京沪高速（G2 段）车路协同跨省域应用。云端的车路协同业务有：用户出行服务、交通态势可视、交通主动管控、精准协调调度、算法训练、智能 OBU 发行、设备运行监测、路测软件管理、高精度地图管理等。路测的高速应用场景有：分合流安全预警及诱导场景、隧道安全预警及诱导场景、准全天候辅助通行场景、车道级差异化服务场景等。

总体来说，我国高速公路基础数字化取得了良好成绩，但从长期来看，我国智慧高速建设在新技术、新模式、新业态等方面依然存在着不少挑战，主要为以下几个方面：

1) 基础设施数据感知层面有待进一步完善。智慧高速的转型升级离不开数据，数据的获取是最基本的要素。虽然当前公路信息化经建设多年，已经拥有了丰富的数据，但依然还有很多数据是缺失的，比如大量的桥梁、隧道等数据，缺少足够的数据就无法对公路进行全面的感知。此外，传统的设施数字化水平不高，精度不准，一些基础设施只是简单的台账式记录，给后期的养护管理带来一定困难。

2) 高速公路各平台间数据连接没有完全打通。基础设施的营运管理过程中存在信息孤岛现象，各项目、各专业运用不同的信息系统和数据库，而且系统间技术手段不同，数据标准不统一，导致信息分散，缺少整体性。

3) 目前的高速公路建设还未真正形成综合管控网络。当前高速公路设备和系统的运维与管控依然是被动模式，加上近年来涌现出大量新设备，除了传统的机电设备、摄像头之外，像站点一体机、各种物联网设备、各级运行管理中心设备等等，急需一个综合的管控网络和运维平台进行统一、高效、自动化的管理和服务。

2.2 国外现状

在高速公路数字化建设的进程中，国外主要研究建设现状如下。

1) 美国方面

美国近十年在数字公路的建设中也取得了一定的进展。2016年发布的《公路性能监测系统实用手册》中详细规定了数据的采集上报，管理分析，应用服务等数据应用流程中各阶段的责任主体和相关要求。

2017年美国交通部发布了《道路元素模型清单 2.0》，以各州为主体，规定了 37 个强制采集的数据元素，目标是支持整个联邦进行统一数据处理和安全决策。

此外，美国还构建了一套完整的公路路况报送系统，它的数据集不仅包括日常的统计数据，还包括估算数据、元数据、典型路段数据等等，根据数据集中的数据类型，制定了相关的数据元素收集标准等。

2) 日本方面

2019 年 6 月，日本发布了《创造世界最先进的数字国家宣言》，并成立了 IT 综合战略本部，由内阁总理大臣担任本部长，与国土交通省共同推进落实日本社会各领域的数字化、智慧化的进程。

2020 年 6 月，日本国土交通省发布了《日本 2020 年国土交通白皮书》，重点介绍了智能卡全国互通、“出行即服务”（MaaS）、ETC2.0、先进型安全车辆（ASV）、小汽车出行诱导与自动驾驶等智慧交通技术应用的情况。

3) 欧洲方面

2013 年，德国把交通建设和城市发展部更名为德国联邦交通和数字化基础设施发展部，并制定了交通建设与城市发展和数字化的发展战略，即《数字化战略 2025》。该战略将稳步推进德国车路协同通信技术的应用，鼓励各方联合积极开展自动驾驶、数字化出行服务和数字化物流服务等方面的创新技术研发。

此外，在欧盟（ERTRAC）2019 智能网联汽车路线图中，对高速公路数字化基础设施建设分为 A-E 五个等级（如下图）。

Infrastructure Support levels for Automated Driving (ISAD)

Elaborated in cooperation with INFRAMIX, see also ITS World Congress 2018 paper by AAE & ASFINAG

	Level	Name	Description	Digital information provided to AVs					
				Digital map with static road signs	VMS, warnings, incidents, weather	Microscopic traffic situation	Guidance, speed, gap, lane advice		
Digital infrastructure	A	Cooperative driving	Based on the real-time information on vehicle movements, the infrastructure is able to guide AVs (groups of vehicles or single vehicles) in order to optimize the overall traffic flow	X	X	X	X		
	B	Cooperative perception	Infrastructure is capable of perceiving microscopic traffic situations and providing this data to AVs in real-time	X	X	X			
	C	Dynamic digital information	All dynamic and static infrastructure information is available in digital form and can be provided to AVs	X	X				
Conventional infrastructure	D	Static digital information / Map support	Digital map data is available with static road signs. Map data could be complemented by physical reference points (landmark signs). Traffic lights, short term road works and VMS need to be recognized by AVs	X					
	E	Conventional infrastructure / no AV support	Conventional infrastructure without digital information. AVs need to recognise road geometry and road signs						

对国外的数字化公路和基础设施建设总体可以归纳为如下几个方面：

- 1) 动态数据的感知和获取，是高速公路数字化建设的基础；
- 2) 数据采集、处理和流通的标准化和精细化，是数字化的重要标志；
- 3) 统一集中的高速公路数字化“建、管、养、运、服”全生命周期平台，是数字化实现的有效途径。

2.3 前期成果及现有工作条件

2.3.1 前期科研成果

项目承担单位同参与单位联合组建了专业联合研发团队，围绕着连续刚构桥监测平台、监测数据处理、风险评估、监测预警等，进行了相关研究，取得了一定的成果，为本课题的进一步研究打下了坚实的基础，主要包含：

表 2-1 已取得的重大成果

研发内容	成果		阶段
1.重要交通基础设施点面结合的周期	1.1	高速公路滑坡监测预警系统关键技术研究	完善推广
	1.2	陕西省大件运输管理及桥梁安全评估关键技术	完善推广

性与实时安全监测技术	1.3	公路结构群建管养一体化监测平台及成套技术	完善推广
	1.4	结构桥梁预应力检测成套技术	完善推广
	1.5	特大铁路隧道健康监测	完善推广
	1.6	高铁无砟轨道结构横向纠偏监测设备研制	完善推广
	1.7	结构物监测成套技术平台在 300 年古建筑平移监测	完善推广
	1.8	智能无人机桥梁检测系统的研发及应用	完善推广
	1.9	地裂带三维激光位移监测设备研制	完善推广
	1.10	大型高铁站房健康监测	完善推广
	1.11	公路结构群（桥梁、隧道、边坡）智能监测预警关键技术研究及系统开发	研究阶段
	2.基于卫星通讯的监测数据传输	2.1	应用于公路结构群的小型卫星通讯设备研发及集成
3.隧道运营安全监测与管理技术	3.1	基于安全视认的隧道照明标准测算方法及其系统	完善推广
	3.2	隧道照明光环境质量检测方法	完善推广
	3.2	视频与雷达融合的隧道运营安全自动化监测与预警成套装备	开发阶段

2.3.2 现有工作基础及条件

项目由陕西高速公路工程试验检测有限公司承担，陕西高速星展科技有限公司、安徽木星科技有限公司参与。

陕西高速公路工程试验检测有限公司对道路、桥梁、隧道监测技术和平台方面开展了前置性研究工作，对高速公路的监测预警和评估有深入的研究，在监测技术及设备研发、监测系统平台方面取得了丰硕成果，获得多项相关知识产权，相关产品和技術已在國內多个省份的高速公路（桥梁、隧道、边坡）、市政、高铁、水利、古建筑等行业进行了广泛应用。公司承担我省大部分大跨径桥梁的健康监测业务，建设了陕西交通控股集团桥梁健康监测系统平台。此外，公司还承担了省交通厅科研项目《公路结构群智能监测预警关键技术研究及系统

开发》。

陕西高速星展科技有限公司在监测系统整体方案设计、系统集成、监测平台的搭建、智能监测装备研发等方面有很强的技术积累。

安徽木星科技有限公司作为该项目参与单位，有着多年的交通行业项目经验，从事行业软硬件设计、研发、技术服务业务，有着深厚的技术积累，并有一定的前置性研究，团队参与过山西省隧道提质升级项目、科技部重点专项（编号 2018YFB1600100）中道路基础设施服役期间灾变衍化智能仿真平台研发、云南高原山区智慧化公路治安防控体系（“三网融合”）软件研发建设。

2.4 参考文献

[1] 王建伟, 高超, 董是, 徐晟, 袁长伟, 张驰, 黄泽滨, 卜杉杉, 常青, 王越. 道路基础设施数字化研究进展与展望 [J]. 中国公路学, 2020, 33(11): 101-124. DOI: 10.19721/j.cnki.1001-7372.2020.11.010.

[2] Wu X, Yao H, Xie D, et al. Developing of Management Information System of Road and Bridge Infrastructure Based on ArcG Engine [C]//Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE), 2012 2nd International Conference on. 2012.

[3] 毛华坚. 云环境中的移动文件存储和时空数据分析关键技术研究 [D]. 国防科学技术大学, 2013.

[4] 张绍阳, 葛丽娟, 安毅生, 曹金山. 交通运输数据标准研究现状与发展 [J]. 交通运输工程学报, 2014, 14(02): 112-126.

[5] 宋炜炜. 基于时空信息云平台的空间大数据管理和高性能计算研究 [D]. 昆明理工大学, 2015.

[6] Wei P, Li Y, Bing L, et al. An Analysis Platform of Road

Traffic Management System Log Data Based on Distributed Storage and Parallel Computing Techniques [C]// 2016 IEEE International Conferences on Big Data and Cloud Computing (BDCloud), Social Computing and Networking (SocialCom), Sustainable Computing and Communications (SustainCom) (BDCloud-Social Com-SustainCom). IEEE, 2016.

[7]李庆君. Hadoop 架构下海量空间数据存储与管理[D]. 武汉大学, 2017.

[8]Lu J, Zhen H L, Xu P , et al. UDBMS: Road to Unification for Multi-model Data Management[J]. 2016.

[9]刘夏彬. 基于互操作性理论的 BIM 技术应用研究[D]. 武汉理工大学, 2018.

[10]Shirowzhan S, Sepasgozar S, Edwards DJ, et al. BIM compatibility and its differentiation with interoperability challenges as an innovation factor[J]. Automation in Construction, 2020, 112:103086.

[11]李琳, 张旭, 屠大维. 二维和三维视觉传感集成系统联合标定方法[J]. 仪器仪表学报, 2012, 33(11):7.

[12]董恩然, 孙宗哲. 云边协同助力行业数字化转型[J]. 信息技术与政策, 2020(05):76-79.

[13]薛浩, 英林海, 王鹏, 欧阳晔. 云边协同的 5G PaaS 平台关键技术研究[J]. 电信科学, 2019, 35(S2):89-97.

[14]安泽萍, 姚翔林, 贺静. 基于用户需求的车路协同典型场景研究[J/OL]. 公路, 2021(11):239-244[2021-11-28].

[15]李旭, 秦嗣牧, 王建春. 车路协同环境下的双雷达车辆检测和跟

踪优化方法[J]. 重庆理工大学学报(自然科学), 2021, 35(10): 42-48.

[16] 张毅, 姚丹亚, 李力, 裴华鑫, 晏松, 葛经纬. 智能车路协同系统关键技术与应用[J]. 交通运输系统工程与信息, 2021, 21(05): 40-51.

[17] 毛丽娜, 周桂良, 刘群喆. 智能车路协同环境下实时动态可变车道控制信息系统方案设计[J]. 物流科技, 2021, 44(09): 64-68.

[18] 辛骁宇. 探索基于智能车路协同技术下的智慧高速建设[J]. 数字技术与应用, 2021, 39(08): 108-110.

三、实施方案

3.1 拟解决的关键问题

1、基于“雷达+视频”的全域交通运行数字孪生底座

平台拟采用“雷达+视频”融合感知的方式, 通过融合跟踪算法实现雷达间的深度融合, 将重点车辆目标的轨迹无缝传递。同时, 以高精度矢量地图与 BIM 技术平台为基础, 构建数字孪生数据底座, 实现对重点路段全域进行全程监测及车辆连续追踪, 达到全天候、精细化的交通态势监测的效果。

考虑到特大桥、长下坡、隧道、匝道、等重点路段易发生交通事故, 系统采用“雷达+视频”融合感知的模式, 实现对重点路段全场景、全天候、精细化的交通运行状态的实时数字化展现, 即每台雷达可以覆盖监测 250 米或 500 米范围的车辆运行轨迹, 通过在路段 250 米或 500 米间距连续布设检测器, 经过融合跟踪算法实现多台雷达间的深度融合, 将车辆目标的轨迹无缝传递, 能够对整条路段进行全程监测及车辆连续追踪。

2、基于数据治理的节点级、多级联动交通安全管控

基于主动识别-短时预测-协同控制三大技术，通过主动监测结合短时预测技术推演事件的发展态势，按照交通运行状况和特殊需求，形成车道级交通管理的算法模型；同时，关联信号控制信息、车辆卫星定位数据、路网运行数据，感知路网状态，基于交通分配模型进行路网分流诱导，合理控制匝道处的驶入驶出流量，形成全网协同联动，实现节点级匝道控制和网络级分流诱导，提升交通管控手段的科学有效性。最终，联动广播系统、预警指示牌、LED 轮廓标、交通信号控制系统等，形成多级联合运行的交通安全管控体系。

系统结合预警指示牌打造事件预警系统。当系统检测到重点路段内车辆异常停车、事故停车、道路拥堵等情况，给重点路段的预警系统事件信息，预警系统给后方来的车辆一个预警信息，减少事故的发生。

3、恶劣天气多发区域信息管理与发布策略研究

在高速公路运营管理过程中，信息管理与发布对于运营安全性管控十分重要，尤其对于多雾条件下山区高速公路，不仅交通状况呈现出实时变化的态势，气象状况也非常多变，因此需要对大量信息进行采集、处理，然后进行发布，为驾驶人员出行提供参考。本章通过分析不同信息发布模式特点，确定山区多雾条件下高速公路信息分级发布模式，提出信息联动发布流程及算法，基于低能见度条件下行车安全智能诱导系统和多雾路段安全诱导标志制定联动策略信息生成规则，提出山区多雾条件下高速公路信息联动发布工作流程，为高速公

路运营信息管理与发布提供参考。

3.2 主要研究内容及实施方案

3.2.1 主要研究内容

研究内容一：依托数字孪生底座，建立统一的数据接入标准，实现高速公路多源交通数据融合感知、分析、预测

数字孪生底座的搭建，需要通过制定统一的数据接入标准，实现高速全域道路形态、护栏、标志标线等静态数据和沿线视频、卡口、毫米波雷达、气象监测、物联传感等动态数据的接入，深度集成机器视觉 AI 技术，对异常交通流、交通事件、道路异常状况等进行主动准确识别；融合重点车辆 GPS 数据、收费站运营数据等，实现对高速公路路网运行、预警事件、重点车辆、重点区域、环境气象等一体化综合监测。同时，将这些数据加载到节点级、多级联动核心算法中，实现多种场景下的交通状态发展趋势精准、科学的预判。

研究内容二：基于云边协同硬件设备感知，实现重点车辆、重点区域危险因子的秒级响应

针对隧道、桥梁、边坡、盲区、合流等危险路段，加强监测装置和边缘计算单元的研发和布设，自动收集道路交通信息和天气数据，基于云边协同技术对重点车辆和重点区域运行状态进行实时风险研判，对重点车辆（如危化品车辆）的车牌、车头、车身等信息进行秒级识别，对重点车辆运行状态、运行轨迹、超时滞留进行实时监测，当出现频繁加减速、频繁变道、车道偏离等异常状态时进行紧急提醒。

同时，结合云端海量数据在统计上的趋势表征对重点区域实时的交通流状态进行研判，提升事故前兆鉴别率并进行及时预警。

研究内容三：基于云边数据分析，实现恶劣天气多发区域车道级行车诱导安全管控和预警

该部分内容是本课题平台层功能实现的关键，数据的统一标准接入和边缘端精准动态数据的采集，使得高速公路全域安全预警的实现变为了可能。恶劣天气多发区域作为高速安全预警的关键区域，课题首先将分析过去五年内全省恶劣天气多发区内事故的特性，采用关联数据因子碰撞的方法，找到影响安全预警的重要指标；其次研究建立恶劣天气多发区域下安全控制策略；最终实现交通诱导、管控和信息联动发布。结合云端海量数据在统计上的趋势表征对重点区域实时的交通流状态进行研判，提升事故前兆鉴别率并进行及时预警。

3.2.2 实施方案

(1) AI 边缘计算智能联动控制终端

利用 AI 计算终端，对重点路段视频、雷达、环境等数据进行接入计算，实现智能化分析，针对计算分析结果，根据内置策略及控制优先级设置，实现交通管控联动控制。



图 3-1 边缘计算盒子

边缘计算盒子硬件参数拟采用如下配置:

核心配置	处理器	MLU220	CPU	4ARM CortexA55
			AI 算力	32TOPS(INT8)
	存储	EMMC	32GB	
		SPI FLASH	16MB	
参数信息	平均无故障时间 (MTBF)	≥100000h	外部接口资源	USB3.0 接口 2 个
	缺省配置重量	1.2kg		485 接口 (4P 凤凰端子, 两路) 1 个
	工作温度	(-40,70) °C		千兆 RJ45 网口 4 个 千兆光口 1 个
	湿度	5%~90%不凝结		TF 卡槽 1 个 MINI SIM 卡槽 1 个
	输入而定电压	12V DC		RESET 复位键 1 个
	最大功率共计	25W		LED 信号指示灯 5 个

1) 边缘端数据采集

通过协议接入, 实现路面交通监测设备数据的自动采集, 包含雷达、视频、环境、天气、事件监测等, 并对数据质量进行实时监测。

2) 边缘端 AI 智能分析

针对视频流、图片、雷达交通流、环境数据, 搭建交通安全分析模型, 实现风险预警。

交通事故风险预测: 根据图像分析、交通流分析、天气环境分析, 生成事故风险等级评价结果, 对可能的诱发因素进行评估预警。

交通拥堵监测: 通过图像识别算法, 监测实时拥堵; 并对交通流突变原因 (事故、天气、环境、车速) 进行分析。

交通事件监测: 基于视频图像识别及雷达检测数据, 实现异常停

车、事故、拥堵、车速骤降、连续变道、驾驶行为异常等监测。

交通流特征检测：对交通流进行分析，针对机动车特征（速度、车型、重点车辆）进行分析和结构化解析。

3) 边缘端联动控制

集成预案级前端控制策略，控制策略可在终端管理页面进行配置，也可以由上位平台下发。利用各类先进的路侧感知单元，通过研究恶劣天气多发区域、重点路段、交通枢纽下安全控制策略，根据驱动条件，自动实现交通诱导、管控和信息联动发布。

4) 终端运维监测

监测接入设备的运行状态、数据状态以及计算终端本身的工作状态，对检测结果进行判断和分析，并能将结果数据上报到上位平台进行运维管控，并支持远程运维。

5) 上位平台联动

制定边缘端设备与上位系统通讯协议，实现边缘计算盒子与上级平台的交互，交互内容包括设备数据、交通分析数据、控制策略、预设方案等，支持上位平台对设备所有数据的读取和配置。

(2) 云边协同统一标准数据接入管理（数据中台）

1) 数据采集

提供多网、多源的数据接入能力，实现数据的采集、清洗、转换，包括边缘计算终端盒子数据、各类型设备数据、互联网数据、视频专网数据的接入：

1、支持各种主流关系型数据库、大数据库、Mpp 数据库之间库对库的数据抽取;

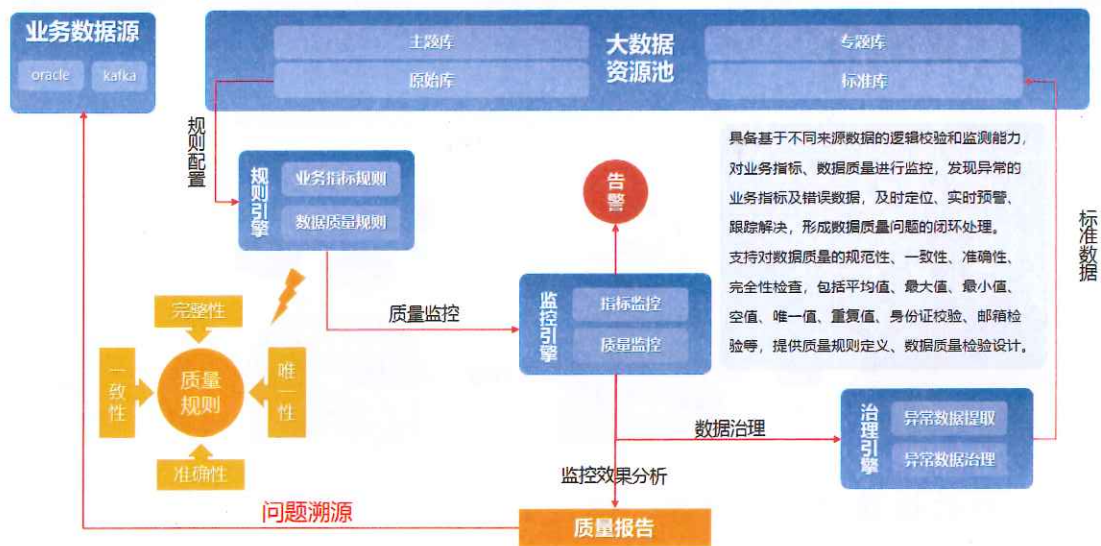
2、支持接口服务数据的采集;

3、支持实时数据的采集;

4、具备全量采集、增量采集能力;

5、具备采集任务的定时调度执行;

2) 数据治理



具备基于不同来源数据的逻辑校验和监测能力, 对业务指标、数据质量进行监控, 发现异常的业务指标及错误数据, 及时定位、实时预警、跟踪解决, 形成数据质量问题的闭环处理。

支持对数据质量的规范性、一致性、准确性、完全性检查, 包括平均值、最大值、最小值、空值、唯一值、重复值、身份证校验、邮箱检验等, 提供质量规则定义、数据质量检验设计。

3) 数据资产

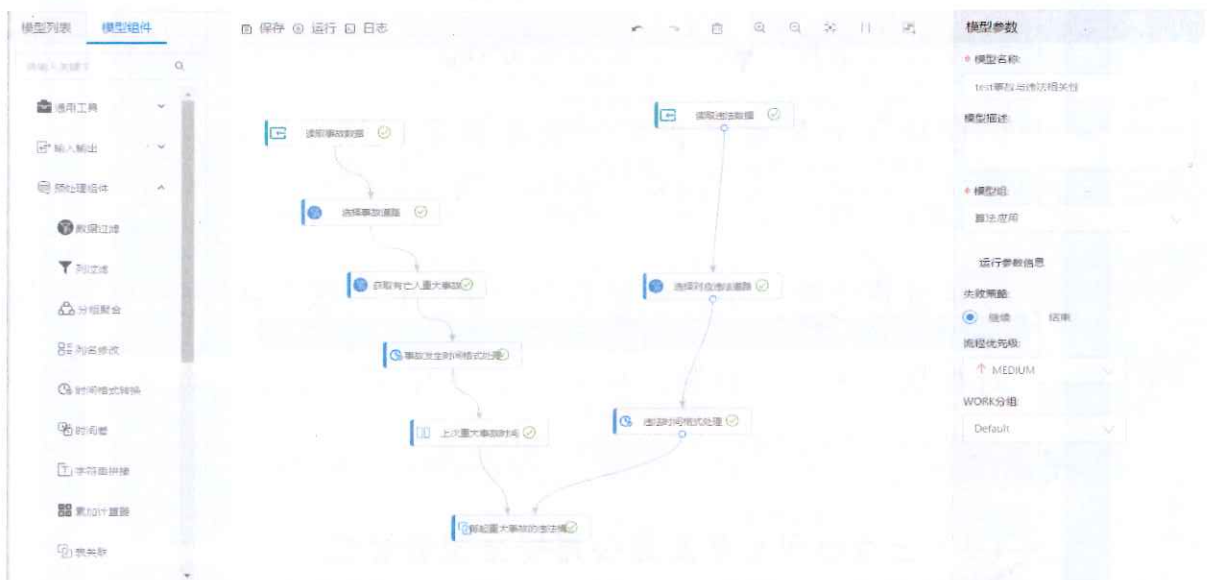


4) 数据标签



对数据通过科学分类、规范管理，资产化运营，以业务驱动构建数据仓库，实现高价值数据的共享复用。

5) 数据建模



可视化组件，拖拉拽操作，零代码、低门槛；

依托大数据集群计算能力，支撑海量数据的建模分析；

支持hive、mysql等多种数据源，打破数据孤岛；

支持建模任务的定时调度

支持节点单步调试，数据建模更方便；

运行结果实时查看，及时察觉数据异常；

节点日志实时获取，拒绝黑盒运行；

6) 数据服务

对数据进行统一打包封装为 API 服务，将数据资产转化为标准服务对外部平台共享



封装大数据资源池的数据为服务，授权给内外部应用访问使用。

面向应用开发者提供统一服务目录、跨部门的服务共享交换能力。

保护数据使用安全，控制数据权限，针对服务级设置调用限制。

对数据源表进行封装，自动生成 API 接口，提供给第三方平台调用。

(3) 云边协同全息高速公路安全预警管控

在数字中国的背景驱动下，AI、大数据、物联网等技术可有效地赋能于整个高速公路安全运营体系，加速数字交通的落地，为车辆、道路、路网监测以及事件管控提供有效手段和重要保障。数字中国的本质对其高速公路而言是提升交通基础设施的信息感知能力、数据分析能力、全面服务能力。在此背景下，全息数字高速公路安全预警平台的建设思路应以信息感知为基础、以数据治理为手段、以开发协同为抓手、以应用服务为根本，使路网运行更安全高效、交通管理更科

学智能、公共出行更便捷舒适、智慧道路更绿色经济。

平台采用五层二体系的架构，具体为：五层分为全息感知层、网络传输层、基础设施层、数据中台和业务应用层；二体系分别是数据标准与安全规范体系、数据资源开放管理体系。



图 3-2 总体体系架构

(1) 重点路段全程监控

1) 重点路段全场景监控

考虑到特大桥、长下坡、隧道、匝道、等重点路段易发生交通事故，系统采用“雷达+视频”融合感知的模式，实现对重点路段全场

景、全天候、精细化的交通运行状态的实时数字化展现，即每台雷达可以覆盖监测 250 米或 500 米范围的车辆运行轨迹，通过在路段 250 米或 500 米间距连续布设检测器，经过融合跟踪算法实现多台雷达间的深度融合，将车辆目标的轨迹无缝传递，能够对整条路段进行全程监测及车辆连续追踪。

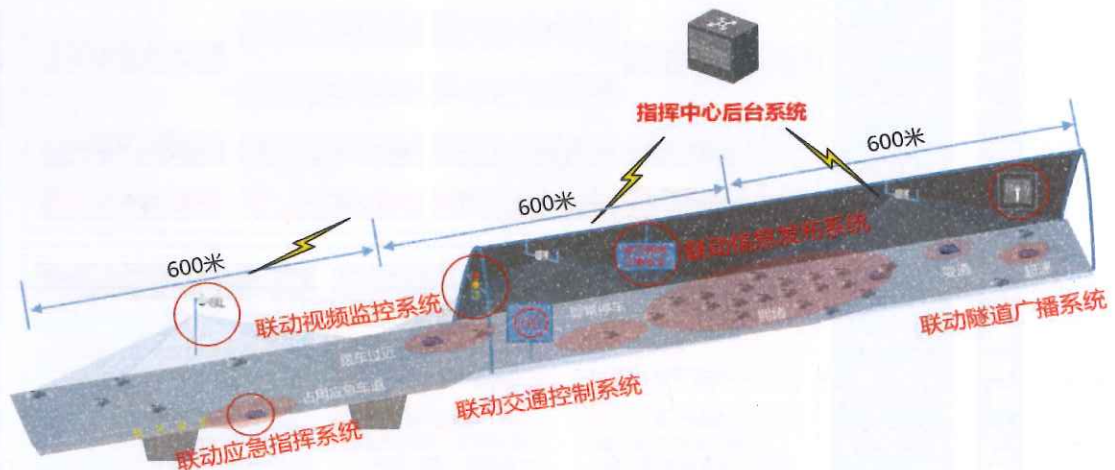


图 3-3 “雷达+视频”全场景监控

2) 车辆信息采集

实现对单个卡口、多个卡口进行实时监测、列表显示通行车辆的信息，包括通过时间、通过地点、号牌种类、号牌号码、行驶方向、行驶速度、车辆品牌、车身颜色、车辆属地、图片详情等。

能针对性的查看每台卡口设备的实时视频、详细参数信息、实时抓拍图片以及过车预警统计。



图 3-4 设备安装及数据流转架构图

卡口识别设备通过机器视觉技术和多元化车辆特征信息提取分析技术，可识别危化品车辆，并获取车辆多维度的信息，如车牌信息，车头信息，车身信息等。同时，对进入车道的车辆进行实时连续扫描、车型识别，可识别客 1-客 4，货 1-货 6 车辆，专项 1-专项 6，可输出：车头号牌、车辆轴数、车辆类型、车头照片、侧面照等信息。

3) 全域交通运行数字孪生

系统“雷达+视频”的融合感知的方式，通过融合跟踪算法实现雷达间的深度融合，将重点车辆目标的轨迹无缝传递，对重点路段全域进行全程监测及车辆连续追踪，达到全天候、精细化的交通态势监测。



图 3-5 实时、高精度全网交通态势监测

同时，对重点车辆进入重点路段内，通过在系统中输入车辆车牌号，即可实现车辆的实时跟踪、车辆运行行驶轨迹回放、行驶路线行驶速度智能分析、突发性事件信息推送预警。



图 3-6 雷视融合特殊车辆全程跟踪

(2) 重点路段监测预警

1) 交通运行状态监测

a 交通运行监测及评估

平台将基于互联网公司获取交通状态数据和基于固定点检测器获取交通状态、固定点检测器可信度和人工获取的交通状态作为非类别属性，融合的交通状态结果作为类别属性，实现多源数据的融合。通过对各种采集方式采集到的交通数据进行数据融合处理，完成数据清

洗、数据归一化、交通状态提取等数据处理功能，根据交通运行评价指标体系产生实时的交通指数数据。面向应用提供满足各类统计分析报表数据，为交通管理、交通规划、道路交通出行服务等提供数据支持。

平台实现对交通运行监测及评估的功能，包括：

1) 平台接入交通流数据对道路交通流运行状况进行汇总处理，能够根据交通流量、车速、饱和度等交通情况经过路况状态判别（自动或人工修正）后生成交通路况结果，在路网电子地图上实时显示结果，并根据不同的交通流阈值，对道路 I 级自由流、II 级畅通、III 级缓行、IV 级拥挤、V 级拥堵，运行状态通过五种不同颜色区分，颜色满足国际惯例要求。

2) 平台具备实时更新交通流状况功能；

3) 能够提供分车道流量数据，对不同车道不同时间段的流量数据进行分析，并结合现有的信号配时方案，为交叉口配时方案优化提供支撑。

b 流量研判与报警

对高速公路持续性的严重拥堵路段进行报警，报警内容为拥堵路段的路段指标信息，报警的信息可以手动选择是否推送给指挥平台。

可以分时段查询并统计路段拥堵报警的历史情况，通过报警发生的频次研判常发性拥堵路段，以排名的形式显现，对后续重点治理对象提供决策基础。

c 重点场景流量预测与发布

支持利用流量预测算法，对高速关键节点、关键路段、拥堵多发路段的流量进行预测。系统支持将预测结果发布于信息显示屏提前进行流量的预警，出行者可预先规划行车路径并节省出行时间，协助管理部门采取相应管控措施。

d 高速交通溯源分析

支持对单个点位、区域过车数据的溯源计算（区域可由用户手动选出），平台可计算得到单个点位或区域过车的来源分布、各类车辆的来源分布。平台支持过车时间范围选择，平台可计算某日期某时间范围内的过车溯源信息。

平台支持对溯源计算结果进行统计分析，支持点位重点车辆溯源占比统计及排序，支持分车辆类型进行车辆溯源占比统计及排序，展示排名前五的收费站或省界，辅助高速交警提前进行限行管控、诱导分流、信息发布等业务。

e 交通运行报告生成

系统分析获取的各项交通指标的信息通过交通运行报告的方式进行综合展示。交通运行报告按周、月、年不同的时间维度自动生成。报告内容包括拥堵情况总体概述，全辖区高速路段的拥堵指数、运行速度、拥堵时间和拥堵排名等信息，以图表形式进行展示，在自动化版本基础上，也可根据用户的需求进行定制开发。

2) 重点车辆安全管控

a 重点车热力图

加强重点车辆动态监测，实现卡口过车信息与“两客一危”实时关联分析，通过热力图展示“两客一危”车辆聚集情况。方便指挥中心人员随时掌握高速公路“两客一危”车辆的运行。

b 重点车辆流量可视化

基于全国两客一危车牌与卡口过车车牌匹配的方式，对在高速公路上行驶的两客一危车辆流量、车辆数进行统计，可以通过时间、空间、车辆类型、卡口类型多种查询维度组合查询，并对查询结果进行可视化展示。

c 重点车辆流量查询

可以根据用户需求选择任意日期范围任意时间段，任意卡口范围，任意卡口类型进行重点车流量查询，根据查询条件。支持自动生成危化品车、旅游客车、班线客车车辆数、车流量可视化图表。

d 重点车辆一车一档

从通行频次、通行时间、通行区域分析各类重点车辆的通行规律，对每个车辆活动属性进行标签化描述，建立动态出行特征档案。改变传统车辆信息获取相对离散，实现对车辆出行规律、可疑行为等车辆画像进行精准刻画，全面感知车辆行为规律，达到对车辆未来可能出现的位置、行为进行预测，最终达到源头管控的目的。

e 重点车辆溯源

平台支持对单个点位、区域过车数据的溯源计算（区域可由用户手动选出），平台可计算得到单个点位或区域过车的来源分布、各类重

点车的来源分布。平台支持过车时间范围选择，平台可计算某日期某时间范围内的过车溯源信息。

平台支持对溯源计算结果进行统计分析，支持点位重点车辆溯源占比统计及排序，支持分重点车类型进行车辆溯源占比统计及排序。

f 超速行驶违法行为分析

对前端卡口过往车辆通行信息中的长途客运车、危化品车等重点车辆的车速通行信息进行实时研判分析，超过 20%限制车速和超过 50%限制车速的重点车辆进行取证和预警，同时提供重点车辆的行车轨迹和过车信息、图片。

g 红眼车辆管控

对前端卡口过往车辆通行信息中的长途客运车、危化品等重点车辆的过车通行信息进行实时研判分析，凌晨 2 点-5 点出现过车信息的重点车辆进行取证和预警，同时提供重点车辆的行车轨迹和过车信息、图片。

h 危化品车辆预警

平台根据危化品车辆的危化品标志和车型判断车辆是否属于危化品车辆，当识别出危化品运输车辆后会发出预警信号提示管理员有危化品运输车辆进入重点路段，系统通过预警和报警的形式实现危化品运输车辆在重点路段上的自动跟踪。

i 重点车辆进、出服务区休息分析

自动对服务区进、出口电子卡口抓拍到的过车记录进行对比分析，计算出重点车辆进、出服务区休息情况，对于长时间、长距离未进入服务区休息的车辆自动标记为重点监管对象并生成预警信息。

j 疲劳驾驶违法行为分析

对前端卡口过往车辆通行信息中的长途客运车、危化品等重点车辆的过车通行信息进行实时研判分析，超过连续行程时间阈值的重点车辆进行实时预警，同时提供重点车辆的行车轨迹和过车信息、图片。

k 重点车辆运行动态预警

定制关联卡口功能，平台可定制一个或多个关联卡口，对通过重点车辆比对报警。重点车辆在路面行驶过程中，卡口抓拍车辆信息，平台根据车辆标示的级别自动生成对应预警信息。

3) 多级联动安全预警

系统结合预警指示牌打造事件预警系统。当系统检测到重点路段内车辆异常停车、事故停车、道路拥堵等情况，给重点路段的预警系统事件信息，预警系统给后方来的车辆一个预警信息，减少事故的发生。

4) 违法事件监测

a 交通事件监测预警

系统基于雷视融合检测技术对交通目标轨迹的精细化跟踪与分析，可以实现交通运行多事件超视距实时监测，包括异常停车、行人闯入、逆行、缓行/拥堵、违法变道、超速等交通事件，并可以输出事

件报警信息，能够联动如视频监控系统、信息发布系统、交通控制系统、广播系统、应急指挥系统等多系统进行实时预警干预。

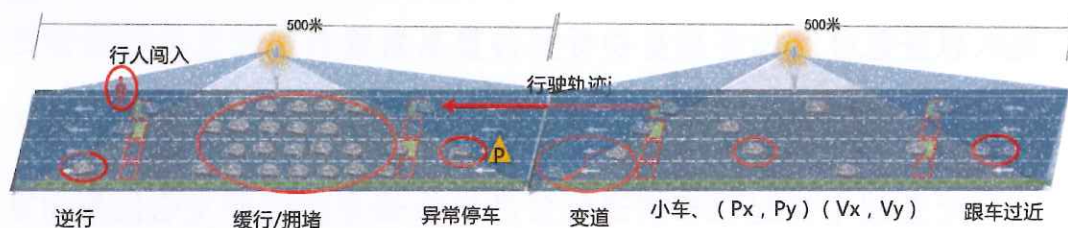


图 3-7 交通运行多事件超视距实时监测

b 实线变道抓拍

基于雷视融合的实线变道抓拍，采用雷视融合多目标长距离的跟踪检测，有效精准的捕获违法变道车辆，形成变道的前、中、后的三张证据链，有效遏制违法变道行为。



图 3-8 车辆实线变道抓拍

(3) 分析研判

1) 安全风险等级预判

平台接入高清卡口相机与车型识别相机采集的识别数据，经过数据汇聚、数据清洗、入出匹配和通行风险预判分析，生成重点路段绿色、黄色、红色三个等级的预警。

a 绿色等级：风险等级最低

正常通行：重点路段车辆通行顺畅

b 黄色等级：风险等级中等，重点路段内存在通行安全风险点，

可自动消除

◇行驶缓慢：重点路段车辆通行时间大于正常通行时间范围

◇饱和度过高：重点路段单车道通行长度超过限定值

◇危化品车辆：重点路段同时存在超限量的危化品运输车辆行驶

◇不按车道行驶：货车占用左侧车道行驶

d 红色等级：风险等级最高，重点路段内存在通行安全风险点，需要人工处理

◇通行滞留：重点路段车辆通行时间大大超过合理通行时间

2) 重点路段分析管理

a 重点路段监控

实现对大型桥梁、隧道、事故多发、团雾多发等重点管控路段路况信息进行实时监控预警。

b 隐患路段实时监控

实现对危险路段的积分管理，后台实时监控危险路段运行状态，自动分级排查危险路段的安全隐患。

3) 路网交通流研判

a 交通流量日常统计

按照年、季度、月、周、日、时、30分钟、15分钟等时间段实时统计分析收费站出入口、互通立交上下匝道、路段主线、进出辖区、不同行驶方向的日常交通流量，根据任意起止时间通过离线计算统计分析该时间段的交通流量，统计处理结果可形成图形、表格、分析报表等形式进行直观展示。

b 交通流量高峰时段统计

按照用户可自定义设置的辖区、交通节点的高峰时段，实时统计分析指定公路出入口、主线路段在指定各高峰时段起止时间内的交通流量，同时实时与同期历史数据和近期（一周内，每周、月、年同日）数据进行对比分析，统计处理结果可形成图形、表格、分析报表等形式进行直观展示。

c 交通流组成结构分析

实时统计分析各类点位在日常、高峰时段交通流统计数据中不同车辆类型（小型车、大型车）、车辆尾号、车辆属性、本省外省车辆等内容的交通流组成，根据车辆组成结构的不同维度对交通流进行实时统计分析，统计处理结果可形成图形、表格、分析报表等形式进行直观展示。

d 交通旅行时间分析

按照任意道路断面、辖区范围等条件，实时统计分析重要枢纽、出入口之间、主线路段道路旅行时间。统计处理结果可形成图形、表格、分析报表等形式进行直观展示。

e 重大节假日交通流阈值研判

针对不同节假日类别的同期历史数据进行实时对比分析研判，交通流量达到设定阈值进行及时预警，为各类节假日交通组织管理需求提供数据依据，提前进行预案执行。研判分析结果可以图形、表格的形式直观显示，用户可人工选择形成相应的统计分析报表。

f 关联节点交通流数据异常研判

根据道路断面任意相邻交通流采集点流量数据实时比对进行异常研判分析，例如行驶方向下游采集点流量数据异常下降，而上游采集点流量数据正常，研判分析两个采集点之间存在异常情况，针对可能出现的交通事件进行及时预警。

4) 路网交通事故研判

a 交通事故日常统计

按照年、季度、月、周、日、白天、晚上等时间段，不同辖区、道路、主线路段、出入口、单个节点等条件实时统计分析不同事故类型交通违法次数、不同事故类型数据的时空分布特征，统计处理结果可形成图形、表格、分析报表等形式进行直观展示。

b 交通事故变化趋势分析

按照年、季度、月、周、日、节假日、白天、晚上等时间段，针对各类点位、辖区以及事故类型、事故成因实时统计分析进行不同时段条件的同比、环比等交通事故趋势分析，根据任意起止时间段通过离线计算统计分析该时间段的交通事故变化趋势，统计处理结果可形成图形、表格、分析报表等形式进行直观展示。

c 交通事故热点分析

按照用户自定义的交通事故热点级别针对各类点位实时统计分析日热点点位、周热点点位、月热点点位、季度热点点位、年热点点位、事故类型热点，统计处理结果可形成图形、表格、分析报表等形式进行直观展示。

d 交通事故预警研判

按照用户自定义的交通事故预警级别针对各类点位实时统计分析交通路段事故高发时段，实时分析事故高发时段事故量进行路段排名，实时与历史事故数据分析比对预警阈值，对超过预警阈值的事故点位进行预警提醒。研判处理结果可形成图形、表格、分析报表等形式进行直观展示。

5) 车辆行驶轨迹分析

a 车辆历史行驶轨迹分析

能输入特定目标车辆（尤其是嫌疑车辆）号牌号码、车辆类型和时间段查询，列表展示该时间段所有出现该车辆通过的卡口点历史记录数据，列表显示该车辆通过卡口的通过时间、卡口名称、行驶方向，并在 GIS 地图上标注卡口点，还原车辆在辖区内的出入隧道、上下匝道、进出服务区、进出辖区等轨迹情况，支持可视化展示。

b 车辆轨迹实时地图展示

实现对单台或多台车辆过车信息的实时监控，查看其经过卡口的图片、时间等信息。可对指定车辆实时跟踪在 GIS 地图上展示实时行进的轨迹，起到实时轨迹跟踪的作用。

(4) 恶劣天气安全预警

平台能够对检测范围内的环境能见度进行自动检测，达到预设阈值时触发预警，根据管制等级由道路安全预警装置进行文字、声光、语音提醒，联动物联网 LED 轮廓标发布对应管制状态下的灯组策略。



图 3-9 团雾智能安全预警流程图

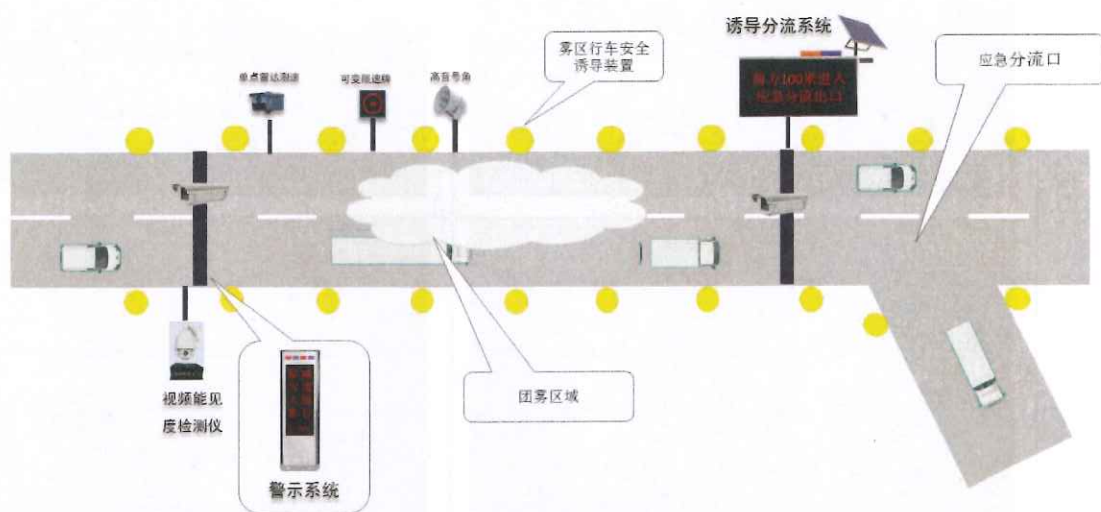


图 3-10 团雾智能安全预警场景图

1) 团雾能见度检测

视频能见度检测器通过标准协议实现对前端相机码流数据的获取，自动分析实时视频流检测环境能见度变化，达到预设阈值时触发预警，并截取当时的场景图片，叠加能见度数值（白天）或能见度等级（夜晚）等相应的信息传输至后端。

视频能见度检测器配备多种接口用于接收其他气象传感器的数据，可汇总传输至后端，也可叠加至视频、图片中。

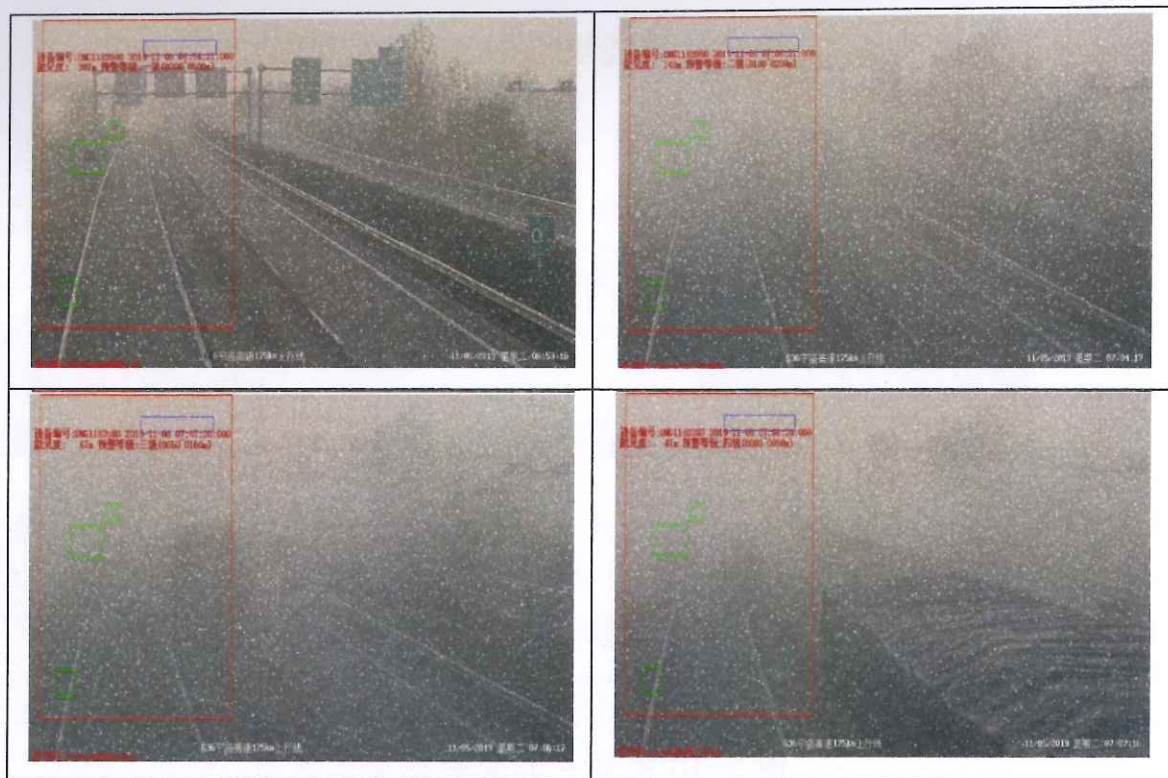


图 3-11 能见度检测标准

级别	能见度范围 (V)	定性用于
0	$10\text{km} > V \geq 1\text{km}$	轻雾
1	$1\text{km} > V \geq 0.5\text{km}$	雾
2	$0.5\text{km} > V \geq 0.2\text{km}$	大雾
3	$0.2\text{km} > V \geq 0.05\text{km}$	浓雾
4	$V < 0.05\text{km}$	强浓雾

视频能见度检测器采用先进的视觉分析技术，可通过对高速公路视频监控点位进行复用，将现有视频监控设备升级为团雾检测设备，进行大范围高效率的视觉团雾、浓雾检测和预警。

2) 雾区行车诱导

雾区行车诱导系统由“物联网 LED 轮廓标”、“数据处理系统”、“上位机控制平台”三个单元组成。物联网 LED 轮廓标间隔 20-24 米，设置于高速公路护栏上；上位机控制平台集成于软件平台内。系

统通讯方式为内部无线连接，通过总控制器光纤或 VPDN 无线方式与后端软件控制系统进行连接。主要能够实现以下功能：

1) 恶劣气象环境下车辆未通过时，道路两侧物联网 LED 轮廓标单元同步黄灯闪烁，强调低能见度环境下的道路轮廓显示和行车方向引导；

2) 系统检测到车辆通过时，对应物联网 LED 轮廓标由黄灯切换到红灯同步跟随行车车辆（默认保留 3 组红灯跟随行车轨迹），强调低能见度环境下道路行车安全预警，预防追尾；

3) 物联网 LED 轮廓标间通过无线链路进行数据通信，同时通过数据预处理器与视频能见度检测器进行通讯，达到低能见度气象下，系统物联网 LED 轮廓标主动根据不同能见度数值启动对应预置的策略模式；

4) 系统能够根据预警等级调整物联网 LED 轮廓标闪烁频率，能够快速对前方路面状况进行直观提醒。



图 3-12 雾区行车诱导系统安装效果图

3) 路网交通气象研判

a 交通气象数据统计

按照年、季度、月、周、日等时间段，不同辖区、道路、天气类型等条件实时统计分析交通气象情况的数据统计和时间分布特征，统计处理结果可形成图形、表格、分析报表等形式进行直观展示。

b 恶劣天气热点分析

按照用户自定义的交通事故热点级别针对各类点位实时统计分析日热点点位、周热点点位、月热点点位、季度热点点位、年热点点位、恶劣天气类型热点，统计处理结果可形成图形、表格、分析报表等形式进行直观展示。

c 恶劣天气预警研判

按照用户自定义的恶劣天气预警级别针对各类点位实时统计分析交通路段恶劣天气高发时段，实时分析恶劣天气高发时段事件量进行路段排名，实时与历史气象数据分析比对预警阈值，对超过预警阈值的恶劣天气点位进行预警提醒。研判处理结果可形成图形、表格、分析报表等形式进行直观展示。

3.3 技术路线

3.3.1 基于机器学习的边缘计算技术

借助高性能边缘计算设备，搜集实时交通数据，将交通信息采集、存储、过滤、处理后，在进行边端计算分析的同时，传回到云端的交通大数据平台，准确的提供“移动对象时空引擎”和“实时交通特征

计算”的信息，依据高速公路点-线-域多维度数据实时分析，再将云端宏观智能分析后的结果传到边缘侧，实现交通事件和交通特征从被动采集到主动感知，从局部优化到宏观规划，从而利用有效地制定联动控制住策略，交通诱导设置和对交通事件引起的流量异常的的疏导指挥等策略，整体提升交通安全水平和管制效率。

(1) 深度学习图像预处理技术

数据层面上，由于在恶劣天气、低照明情况下，视频的检测效果大幅下降，常用的方法是将传感器收集到的数据直接传输至终端进行处理，该方法存在数据失效、丢帧、特征稀疏等问题，图像精度极低，本项目研究采用边缘计算端深度学习图像预处理框架，先对视频数据进行特征增强后再进行融合算法处理，便于快速去除恶劣天气的特征，相比直接在终端处理的数据，有效减少数据在传输过程中的损失，提高数据精度。

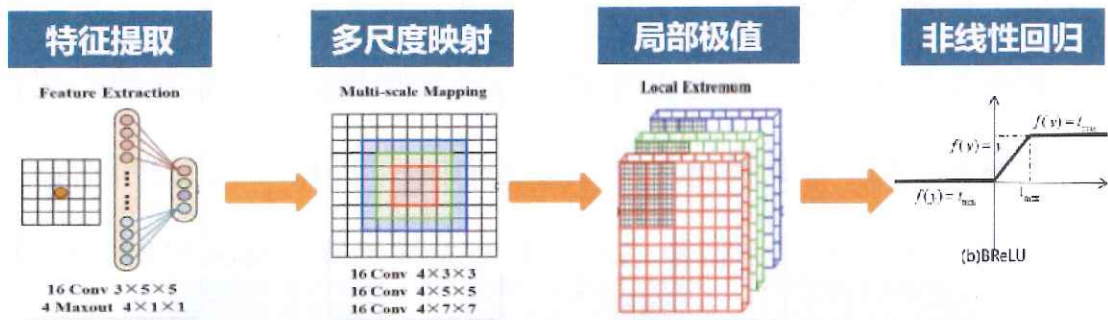


图 3-13 感知端深度学习图像预处理架构

(2) Prewitt 算子特征提取技术

采用基于图像处理的微多普勒特征提取，对时频图中的信号进行包络提取，传统的方法是基于能量函数的方法，定义处理过的函数信号的时频为 $y(f, t)$ ，计算每一个时间切片的累积的能力分布函数 $P(y, t)$ ，

则

$$P(f, t) = \frac{\sum_{f=f_{\min}}^f y(f, t)}{\sum_{f=f_{\min}}^{f_{\max}} y(f, t)} \quad (3-1)$$

对运动的人体来说，由于其运动具有物理可实现特性，所以其运动多普勒效应位于 $[f_{\min}, f_{\max}]$ 区间的中间部分，而外界噪声与信号的能量分布均匀。利用这种特性可以进行杂波抑制并计算人体时频谱的包络信息。

设定 3 个门限： $\lambda_{\max}, \lambda_{\min}, \lambda_c$,

当 $P(f, t) = \lambda_{\max}$ 时取每个时间点的最大多普勒包络，

当 $P(f, t) = \lambda_{\min}$ 时取每个时间点的最小多普勒包络，

当 $P(f, t) = \lambda_c$ 时取每个时间点的最中心多普勒包络

这种方式的包络提取性能更多的是依靠门限值的选取，当门限值选取正确时，可以获得较好的提取性能，而当门限选取存在偏差时，提取性能下降较大，项目研究将传统的时频谱包络提取转换为图像的边缘检测，将信号的外包络作为图像轮廓，与杂波进行区分。

图像边缘检测是图像信息提取的关键步骤。研究利用 Prewitt 算子作为检测算子 Prewitt 属于边缘检测第一类实现方式。它通过求解一阶微分获取梯度值。图像的边缘处的点会存在梯度的极值点。Prewitt 的原理：利用水平的模板与竖直的模板和图像做邻域卷积，两个卷积中最大的就会被作为输出。

$$\begin{aligned}
 G_x &= (Z_7 + Z_8 + Z) - (Z_1 + Z_2 + Z) \\
 G_y &= (Z_3 + Z_6 + Z) - (Z_1 + Z_5 + Z) \\
 g &= \sqrt{G_x^2 + G_y^2}
 \end{aligned}
 \tag{3-2}$$

式中， G_x 为水平边缘， G_y 为竖直边缘； g 为邻域中心的梯度。选取合适的阈值 T ，当 $g > T$ 时，该点认为为边缘点。门限的确定利用最大类间方差 (Otsu) 算法。算法原理为对于灰度图片，计算其灰度直方图。将背景与目标类间方差作为值标准。

第一步，对信号的时频谱做图像预处理，将其转换为灰度图；

第二步，计算灰度图的类间方差，将其设定为门限，用 Prewitt 算子对灰度图进行边缘提取；

第三步，对得到的图像边缘进行平滑处理得到人体微多普勒的上下包络；

第四步，利用上下包络对时频谱进行分割，得到处于上下包络中的时频部分，对其进行滤波，小于门限的像素点被剔除掉。

下图显示不同的物体时频图特征提取的效果，从中可以很明显看出行人和其他机动车辆的差异，这也为下面分类提供了理论依据。

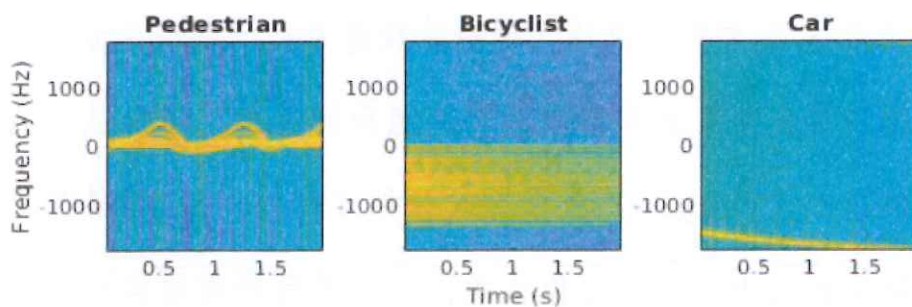
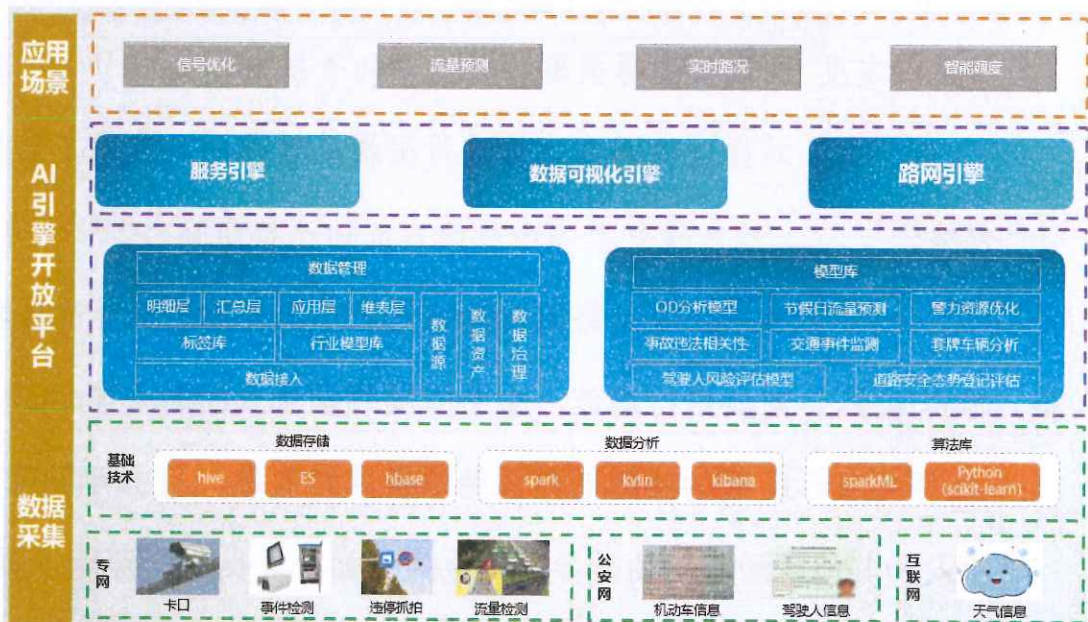


图 3-14 行人，自行车，汽车特征提取图

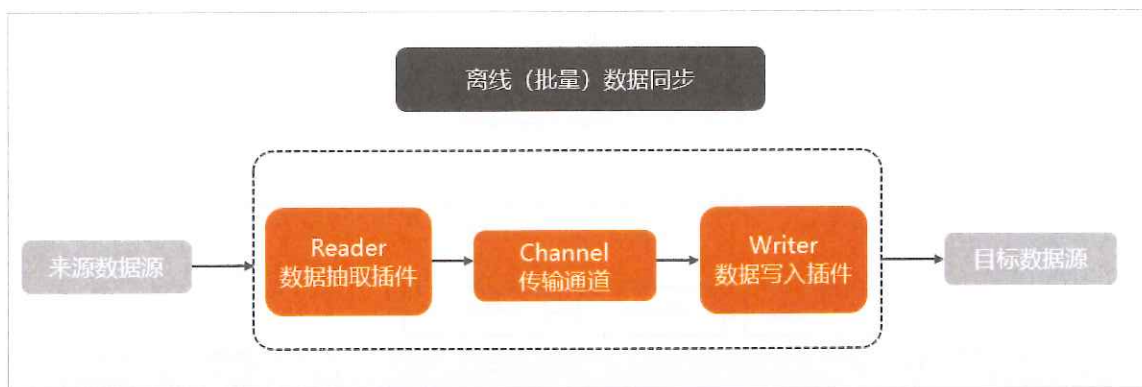
3.3.2 基于大数据架构的数据采集应用服务

建设企业级大数据开发平台，赋能交管行业数字化转型。将业务数据汇聚到大数据资源池中进行数据清洗、数据建模、算法开发、质量校验，最终将数据结果以服务化输出，为不同的业务提供支撑，促进交管行业的快速发展。

按照 1+N 的思路进行设计，“1”代表一份数据，N 代表服务引擎、数据可视化引擎、路网引擎等多种业务引擎，从而产生多个业务解决方案。

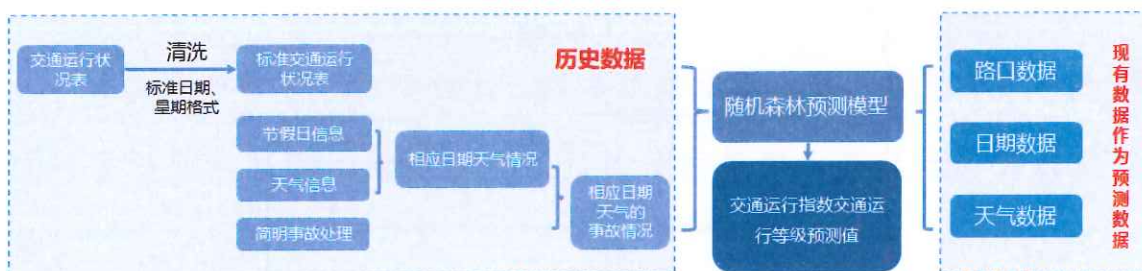


基于 sqoop 框架用于离线（批量）数据同步。离线（批量）的数据通道通过定义数据来源和去向的数据源和数据集，提供一套抽象化的数据抽取插件（Reader）、数据写入插件（Writer），并基于此框架设计一套简化版的中间数据传输格式，从而实现任意结构化、半结构化数据源之间数据传输。



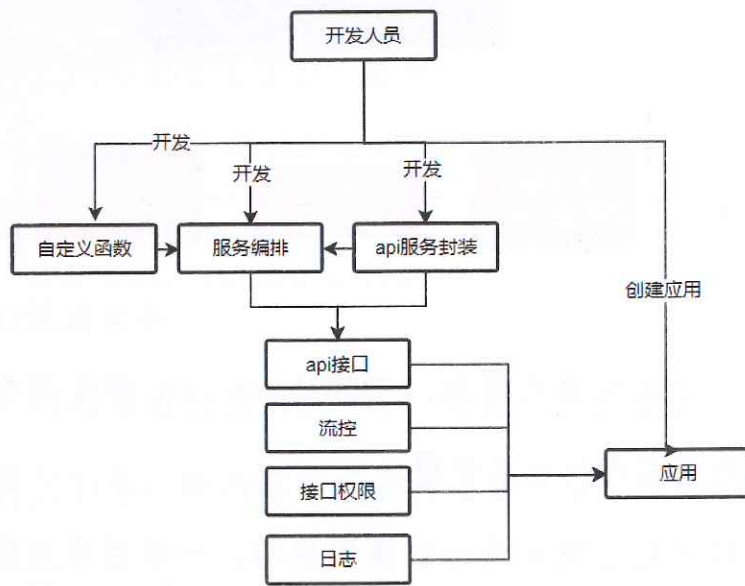
可视化方式创建表模型，支持 hive、es 等不同数据库的同步建表。并对表模型进行分层管理。

模型目录对应数仓设计的模型架构。一级目录为数据库分层。二级目录对每层数据库数据进行业务分类。二级目录支持增删改查，以便于使用者自行设计业务分类。模型库支持各种计算模型，以交通运行状态预算模型为例，流程如下：

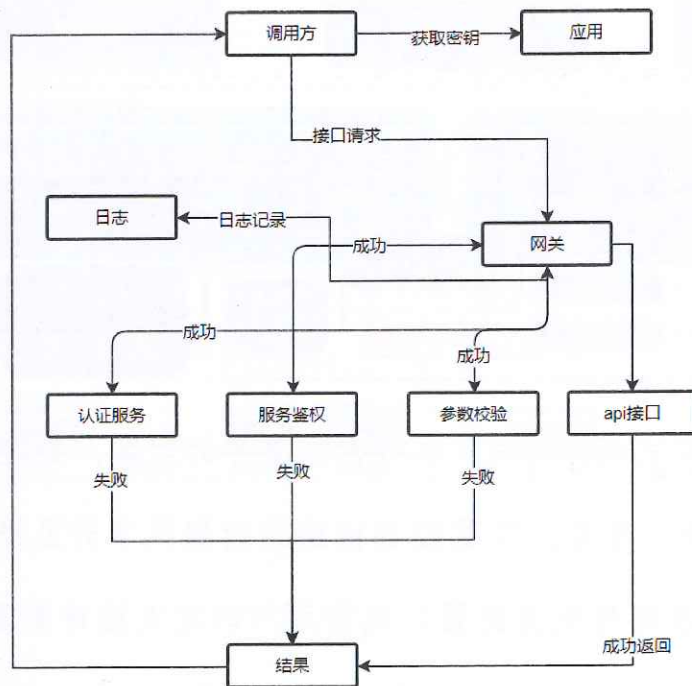


采用向导式操作方式，实现数据服务的封装，支持将 API 服务一键发布至 API 网关，实现安全稳定的数据共享开。支持用户自定义 SQL 以及单表的可视化配置，支持用户自定义接口变量。以及字段的模糊查询等。

接口开发逻辑图如下所示：



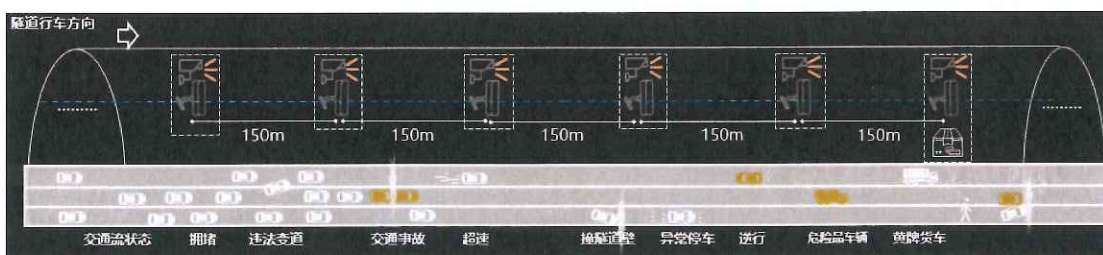
用户调用流程图如下所示：



3.3.3 基于毫米波雷达+视频的交通目标检测技术

集成了目前炙手可热的两大主流“面”检测模块，将雷达和视频结合在一起，形成了一套劣势互补、优势互融的新型感知系统。系统

既保持了雷达的大区域、全天候、精准检测等优点，兼具视频的高度可视化，同时在功能上做了融合，通过坐标匹配算法，将雷达检测的所有目标速度等信息实时叠加在视频图像中，可应用高速公路各种不同场景，发挥巨大价值。



融合雷达和视频两种检测技术优点，雷达精准感知交通异常事件，联动球机抓拍；实现雷达与摄像机的坐标匹配，控制摄像机实时对事件跟踪和监控；可自成违法检测系统，雷达负责违法检测、视频负责全过程录像和抓拍。

支持数多种事件精准检测：异常或违法停车检测和报警；违法逆向行驶检测和报警；排队长度超限检测和报警；高（低）速行驶检测。

支持多场景应用，可为路段信息服务、事件监测、全程监测等多场景提供数据支持。

支持全天候工作，不受雨雪雾光线等因素影响，稳定性高；实现自校准和故障诊断功能；远程设备维护、配置更新简单。

性能指标：

低延迟：采用雷达+视频前端融合的方式，摄像头的原始视频流直接输出车牌、车型、车身颜色等结构化信息，省去了网络传输和视频

编解码的过程，将延迟控制在 50ms 之内。

覆盖范围广：雷达+视频融合感知探测距离最高可达 200 m，可视视角可达 90° 以上，适用于人车混行、车流密集、易拥堵路段，能够同时识别检测行人、非机动车、机动车等目标，覆盖范围广，检测要素全，可显著减少部署成本。

数据精度高：基于雷达感知所采用 MIMO 体制，距离精度可达±0.32 m，方位角精度可达±0.1°（远距）、±0.3°（近距），速度分辨率为 0.1m/s，可精准检测与区分行人和车辆，并进行全息化还原，实现全局目标的实时矢量化。

单机多功能：雷达+视频融合内置先进的交通算法和丰富的原生事件输出，如拥堵事件、异常停车事件、逆行事件、大货车低速预警、行人碰撞预警等。可为交通应用提供数据支撑，协助车辆提前锁定化解远距离和盲区安全冲突，为人工驾驶提供辅助的同时，也可为单车自动驾驶技术提供更可靠的环境信息支撑。

本项目依托西汉高速秦岭一二三号隧道群已建的各种设施设备和软硬件系统的基础上，应用部署基于雷达+视频的交通目标检测技术的产品，实现秦岭隧道运行安全动态的全天候、全照度、远距离、全自动精准、实时的全面和无盲区监测感知和对异常交通事件的实时检测及智能预警，通过对秦岭隧道特殊的环境特征、交通流特征以及交通事故特征分析，打造一套秦岭隧道主动预防、智能感知、快速预警、极速响应、服务规范的安全防控体系。

3.4 后续技术改造或基本建设计划的衔接

目前已经有 20 多个省市 40 余个项目开展了公路智慧化建设相关工作，建设内容从最初六个方向的专项试点，逐渐转向整体综合性示范。尽管智慧公路建设在全国各地相继展开，但是各省对智慧公路的建设缺乏统一的认识。虽然浙江、江苏、山东等地相继推出了地方建设指南，四川、河北、北京、贵州等地的建设指南也在编制中，但是到目前为止，国家及行业均未发布统一的标准，智慧公路的建设内容及技术路径也未明确。

从目前智慧公路的建设情况可以看出，智慧交通建设内容在项目立项、设计、施工等各个阶段与传统机电建设步调不太一致，很难实现最大功效的信息化应用。对于智慧公路的未来发展，提出以下几点建议。

第一，强化顶层设计。研究制订智慧高速公路建设标准规范，为智慧高速的建设提供强有力的保障。结合技术成熟度分阶段建设，根据实际情况建立分级建设标准，使智慧公路具有可推广性。

第二，建立自上而下推动机制，打通数据壁垒。数据为战略性资源，也是实现数字孪生及科学决策的重要基础，与外行业进行必要的数据交换共享，可进一步扩大公路行业的数据源，同时实现外场设备的集约利用，减少工程建设成本。

第三，充分利用现有机电设施，挖掘新的应用价值。

随着技术迭代升级，基于 ETC 车载终端的全新升级，承载更多业务功能，如北斗定位、车载导航、语音视频交互等，呈现管理服务一

体化的综合功能智能 OBU，为公众出行提供全方位服务。

ETC 门架的应用。涉及交通量监测（替代交调站）、收费稽核、区间测速、营运车辆监测、危险驾驶行为管控等。

视频数据的应用。涉及交通事件检测、交通量检测、气象环境监测、与雷达结合进行车辆精准轨迹刻画与车辆特征识别、稽查布控等。

第四，边缘计算使用场景及必要性。边缘计算具有及时性、占用网络流量较少、减少对云的依赖可以降低发生单点故障的可能性、提高数据的安全性等特点，可应用于汇合流区、隧道、城市交叉口等场景。

第五，加强车路协同信息通讯安全。从实现原理上看，车路协同有天然的信息安全需求。车辆与车载设备通信、路侧网络与车载设备通信、路侧网与云平台之间通信，参与通信的任何一个设备或链路被攻击，都可能对车路协同系统造成风险。因此，应对车路协同的设备做身份标识管理，对设备之间的通信做加密处理，对车路协同系统制定安全策略。

第六，加强系统应用的配套政策制定。“基于信用体系的货车预约通行”对缓解收费站通行压力效果十分明显，在全国高速公路一张网上推广应用，必须建立保障制度，让合法经营者“无感”通行，让违法违规者无所遁形，寸步难行”

3.5 有关技术经济指标

项目开展交通安全、应急救援等方面的科技建设,通过科技攻关和推广应用,可有效解决工程运营中面临的关键技术问题,提升工程项目的科技含量和技术水平,有效保障工程质量和运营安全,产生显著的工程经济效益,预计节约运营巡查成本 20%,减少事故损失 15%,规避次生事故带来的损失数百万/年。

3.6 有关社会效益指标

项目研究成果能够有利于推动数字化高速建设标准的建立,未来能够形成地方、行业乃至国家标准,同时能够对高速公路安全保障、高速公路服务能力以及资产运维能力都得到显著的提升。

基于云边协同的全息数字高速公路数据标准化接口设计,为打破目前各的子系统的孤岛,实现高速公路各类数据的整合提供了必要技术支撑;重点车辆、重点区域的全域感知和秒级响应能够大幅度提升路面各类异常事件的上报相应速度,为后续的事件处置调度提供了有力保障,同时也能对现有的各类视频等资源进行二次分析复用,降低了建设成本;高速公路恶劣天气车道级诱导管控机制的建立和基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台的建设,从根本上建立一套智慧高速应急事件的指挥调度体系,能够极大的降低高速公路应急事件带来的生命、财产损失。

四、项目承担单位及参加单位概况

4.1 单位概况

4.1.1 陕西高速公路工程试验检测有限公司

陕西高速公路工程试验检测有限公司是陕西交控科技发展集团下辖的国家高新技术企业。公司的主要业务方向包括检验检测、监测、评估与认证服务（包括公路、铁路、市政方向，拥有交通运输部公路工程综合甲级、桥隧专项和机电专项检验检测机构资质、中国合格评定国家认可委员会颁发的实验室认可证书，以及市政工程和铁路行业的相关资质），公路养护安全运维新技术（包括结构与设施设备监测，环境监测及修复等），智慧交通（包括基础设施信息数字化方向、卫星技术在交通行业应用方向）建设。近3年，在研科研项目16项，其中1项科研成果进入交通运输部重点科技成果推广库；公司获得国家科技进步二等奖1项，陕西省科技进步二等奖1项；陕西交通运输科学技术二等奖和三等奖各1项；取得软件著作权17项、新型实用专利6项，7项发明专利正在实审公示阶段；主持编写陕西省地方标准4项，涵盖公路、桥梁、隧道的项目建设及运营养护管理，填补了国家和行业规范的空白。公司申请获批了陕西省级企业技术中心，西安市交通土建结构安全监测工程技术研究中心。

4.1.2 陕西高速星展科技有限公司

陕西高速星展科技有限公司，致力于推广卫星通信技术及服务在交通运输行业中应用，服务公路、铁路、市政、建筑、轨道交通等土木工程结构建设和养护运营全过程安全和性能监测，主要包括卫星在

交通行业应用推广，工程数据处理和云平台、监测/检测设备技术开发及服务提供、工程行业管理专业软件的开发等业务。公司致力于监测系统整体方案设计、系统集成、监测平台的搭建、监测服务的提供及新型智能装备的研发，已成功应用于重要交通基础设施监测、车辆跟踪等项目，取得了良好的社会效应和经济效益。公司获批参建卫星在交通行业应用交通运输部行业研发中心。现已自研结构安全监测传感器三十余种，已在省内外众多行业进行工程应用。

4.1.3 安徽木星科技有限公司

安徽木星科技有限公司成立于 2019 年 4 月，是一家面向公路交通、城市交通、智慧高速领域，以物联网、大数据、云计算技术为基础，致力于公路交通相关产品研发、销售和集成服务的高新技术企业。公司秉承“让交通更安全，让公路更智慧”的核心宗旨，树立“专注智慧交通行业，专业提供全面解决方案，专心做好用户服务”的经营理念，以产品研发为核心，立足于自主研发与技术创新，为用户提供基于云架构和大数据技术的公路交通、城市交通、智慧高速三大专业领域整体解决方案。公司核心团队具有近十二年扎根公路交通行业的业务经验和软件开发能力，先后参与过安徽、四川、新疆、广东、贵州、云南等多个省、市级大型软件研发以及系统集成项目建设。具体主要有山西省隧道提质升级项目、科技部重点专项（编号 2018YFB1600100）中道路基础设施服役期间灾变衍化智能仿真平台研发、云南高原山区智慧化公路治安防控体系（“三网融合”）软件研发建设、云南省“一部手机游云南”软件、贵州省交警总队执法场所执

法视频联网等项目。

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
王小雄	陕西高速公路工程试验检测有限公司	男	1974-04-12	正高级工程师	公路工程	项目负责人
邵永军	陕西高速公路工程试验检测有限公司	男	1977-03-22	正高级工程师	公路与桥梁工程	项目技术负责人
冯俊杰	陕西高速公路工程试验检测有限公司	男	1982-01-22	高级工程师	计算机应用技术	技术负责
单勇	陕西高速星展科技有限公司	男	1976-07-11	中级工程师	信息技术应用与管理	系统架构
卞延鹏	陕西高速公路工程试验检测有限公司	男	1984-12-23	高级工程师	信息工程	系统架构
杨超	陕西高速公路工程试验检测有限公司	男	1981-11-12	高级工程师	桥梁工程	系统架构
王亚琼	长安大学	男	1975-10-04	高级工程师	公路与桥梁工程	计算分析
胡洁琼	陕西高速公路工程试验检测有限公司	女	1983-12-05	中级工程师	交通工程	理论研究
郭栋梁	安徽木星科技有限公司	男	1986-01-22	中级工程师	计算机科学与技术	平台设计与研发
王铮	陕西高速公路工程试验检测有限公司	男	1982-12-03	高级工程师	通信工程	平台设计与研发
郑辉	陕西高速公路工程试验检测有限公司	男	1985-09-14	高级工程师	道路与桥梁工程	平台设计与研发
申栓锁	陕西高速公路工程试验检测有限公司	男	1985-11-24	高级工程师	工程监理	平台设计与研发
石勇	安徽木星科技有限公司	男	1984-10-26	中级工程师	交通工程	软件开发

申建飞	安徽木星 科技有限公司	男	1986-01-23	初级工 程师	计算机科学与 技术	软件开发
胡全福	安徽木星 科技有限公司	男	1987-10-07	初级工 程师	交通工程	软件开发

4.3 各自承担的主要工作

为了完成预期的推广目标，将按照交控集团科研工作安排部署，开展各阶段科研工作及推广工作。

1) 组织保障：由陕西高速公路工程试验检测有限公司、陕西高速星展科技有限公司、安徽木星科技有限公司成立联合项目组，负责对项目进行跟踪指导，定期组织开会，介绍项目的开展情况、当前阶段遇到的问题以及共同研究解决方案。

2) 技术保障：①项目总负责人为陕西高速公路工程试验检测有限公司王小雄高级工程师担任。③项目组由陕西高速公路工程试验检测有限公司邵永军高级工程师担任技术负责人。

4.4 项目主要负责人情况

项目负责人：王小雄 男，陕西西安人，汉族，硕士研究生，正高级工程师，中国公路学会养护与管理分会理事，陕西省企业家协会理事、陕西省公路学会试验检测鉴定专业分会副理事长，中国公路学会养护与管理分会理事，三秦学者团队带头人，陕西省质量认证认可协会副理事长，陕西省公路学会试验检测鉴定专业分会副理事长，陕西省科技厅及西安市科技局科研项目评审专家。现任陕西高速公路工程试验检测有限公司董事长。长期致力于科研工作的开展。先后重点

参与并完成了陕西省交通运输厅重点科研项目 7 项，2 项研究成果达到国际先进水平，先后获得陕西省交通运输科学技术二、三等奖、全国交通企业管理创新现代化创新成果一等奖、陕西省科学技术进步奖二等奖。先后在国内知名刊物发表论文 9 篇，申请专利 10 余项，已授权 6 项；

项目技术负责人：邵永军，现任陕西高速公路工程试验检测有限公司总工、技术负责人，陕西高速星展科技有限公司董事长兼总经理，精通桥梁检测、监测及评估业务，熟悉道路、隧道检测业务。在参与的检测项目中，先后主导锚下预应力检测、桥梁施工监控、桥梁健康监测等新开展业务多项。作为科研项目负责人和关键人员，参与陕西省国资委、交通厅省级科研项目 4 项、集团公司科研项目 4 项，其中 3 项为省级重点项目。在标准化方面，主持陕西省地方标准编制 1 项，主要参与 2 项。先后在行业知名期刊发表论文 30 余篇。2016 年，检测公司因创新工作突出，获得集团创新专项奖。

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

秦岭是中国地理上的南北分界线，也是长江流域和黄河流域的分水岭。秦岭在陕西段的宽度为 100-150km，山大沟深，地形条件复杂，成了南北交通的天堑。由秦岭 I、II、III 号特长隧道组成秦岭隧道，是京昆高速穿过秦岭主山脉的重要段落，其中，秦岭 I 号隧道 6144 米，秦岭 II 号隧道 6125 米，秦岭 III 号隧道 4930 米，单洞全长 34104m。该隧道群有单洞长、距离近、周边环境复杂、隧道间设有服

务区的特点，在安全管理方面有着很高的要求。目前存在风险源分析的针对性不足，应对措施比较贫乏，监测预警能力较弱，配套设施设备不够智能，整个隧道安全防控体系功能不完善等问题。为贯彻落实交通强国，交通部下发《交通运输部关于陕西省开展现代化国际一流航空枢纽建设等交通强国建设试点工作的意见》（交规划函【2020】614号），同意陕西省的试点建设方案。2020年10月30日，陕西省交通运输厅以陕交发【2020】89号文件，下发《交通强国建设陕西省试点工作方案》。西汉高速秦岭一二三号隧道群主动防控和应急智能管控系统建设试点工程为陕西省五个试点之一。

本项目依托交通强国示范工程“西汉高速秦岭一二三号隧道群主动防控和应急智能管控系统”，陕西交控运营管理集团公司为项目的建设单位，陕西高速检测公司作为项目具体实施单位，主要负责打造主动防控和应急智能管控系统。研制基于光纤光栅、光电图像等新技术的新一代隧道结构安全智能感知设备，建设融合物联网通讯技术、BIM+GIS技术的三维隧道结构安全监测及展示系统平台，打造基于结构安全和使用寿命评估的主动防控系统。研制运营安全要素智能感知路侧单元，建立综合智能感知系统，推动隧道运营安全管理与智慧感知技术深度交叉融合。以及数据分析研判等后续服务。项目总体预算3852.57万元。

5.2 投资来源

项目总经费327.5万元，陕西省交通运输厅补助经费132.5万元，已通过政府采购招标；项目承担单位陕西高速公路工程试验检测

有限公司自筹经费 195 万元。

陕西高速公路工程试验检测有限公司按照陕西省交通运输厅科研项目经费使用要求及公司科研经费管理办法，十足投入，实行建设专项经费专款专用，严格执行省厅项目支出预算管理办法，合理有效使用各项建设经费，做到科学预算、专款专用。保证自筹资金保障项目的正常研究、依托（示范）工程建设、项目验收，按期提交最终研究成果。

5.3 工程进度与项目科研进度的配合

陕西高速公路工程试验检测有限公司负责协调依托工程实施进度，项目组根据研究计划与实施方案，倒排各时间节点，提前做好方案，做到工程与科研协同。

1、2022 年 9 月至 2023 年 9 月完成以下目标

(1) 建立统一的数据接入标准，实现高速公路多源交通数据融合感知、分析、预测。

(2) 完成监测装置和边缘计算单元的研发。

(3) 完成 1~2 个专利申请。

(4) 完成论文撰写并投稿。

2、2023 年 9 月至 2024 年 12 月完成以下目标

(1) 实现依托工程高速公路一体化综合监测；

(2) 实现恶劣天气多发区域车道级行车诱导安全管控和预警，完成《高速公路恶劣天气车道级诱导管控机制》编制；

(3) 完成构建基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台，

并在依托工程上试运行，完成《基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究报告》编制；

- (4) 完成 1-2 个专利申请；
- (5) 完成课题结题报告；
- (6) 完成课题验收及成果评价

5.4 组织管理形式

陕西高速公路工程试验检测有限公司与陕西高速星展科技有限公司、安徽木星科技有限公司组建项目组。双方本着“优势互补、资源共享、合作双赢、共同发展”的原则，利用陕西高速公路工程试验检测有限公司品牌和技术中心平台优势，发挥陕西高速星展科技有限公司、安徽木星科技有限公司的科技创新和科技服务支撑作用，建立长期、稳定、可持续发展的合作伙伴关系，实现互利双赢、共同发展的目标。

陕西高速公路工程试验检测有限公司全面负责项目组织、管理与实施，落实项目申报、经费筹措等管理工作，负责落实 1~2 处依托工程。陕西高速公路工程试验检测有限公司主要负责依托工程的落实、组织与协调工作。

陕西高速星展科技有限公司主要负责依托工程的实施，配合陕西高速公路工程试验检测有限公司进行项目管理，推进项目成果的试点应用工作。

安徽木星科技有限公司主要负责具体研究工作并配合陕西高速公

路工程试验检测有限公司进行项目管理，开展具体专项研究，并组织发明专利与软件著作权相关申报工作。

项目组织实施机制，认真执行试点项目相关管理办法的基础上，加强项目的规范化、科学化管理，建立科学、合理的组织管理体系，建立、健全各项管理制度，以保证项目的顺利完成。

（1）项目组织管理方式

项目负责人负责管理项目总体进度、总体质量、财务进度等，保证在规定时间内和预算范围内高质量地完成项目任务，实现基于目标管理的全过程监控与评估，回避风险和不确定性。项目设立科研财务助理，为预算编制和调剂、经费支出、财务决算和验收等方面提供专业化服务。建立年度和中期进展监控和评估制度，健全各任务人员的日常交流制度。

（2）制度化措施

通过项目管理责任制建立起层层责任约束机制，使项目建设全过程的管理责任得到落实，有利于保证项目各项管理目标的实现。包括以下内容：进退场管理制度；工作例会制度；质量管理体系；进度管理制度；环保管理制度；安全管理制度；技术资料管理制度；总平面管理制度；成品保护制度；后期保修服务制度等。

（3）项目实施管理措施

在进行项目管理过程中，制定出总目标及阶段性目标，目标包括质量、进度、安全、文明实施等，在目标明确的前提下对项目软硬件进行管理、监控、协调和考评。对各目标进行逐步分析和层层分解，

细化为一个个子目标和阶段性目标，据此进行资源筹措、配置和协调，以各级子目标和各阶段性目标的如期实现来保证总体目标的最终实现。在此基础上划定工作范围、工作内容和工作量，确定项目各阶段的关键控制点，并制定相应的、可量化的、逐步实现各项总目标的控制计划。根据目标分解，建立健全相应的内部管理机构与制度，确立行为规范，使各部室、各级各类人员努力有方向，工作有标准，办事有依据。各项目标将具体落实到各部室，落实到各负责小组。

(4) 进度管理措施

建立完善的进度计划分级管理体系，按照合理的工序和工作流段划分，制定综合进度计划，安排好小组成员、作业面、软硬件设施等相关因素。应用先进、成熟的计划管理软件，对实际进度与计划进度作即时比较分析，及时纠正偏差，控制整体进度计划的实施。

(5) 协同攻关机制

项目团队通过不断整合内部优势，建立研发平台，集中力量进行联合攻关。在解决关键问题、突破关键技术时凸显个体优势，实现创新；在软件完善集成、系统并行优化时凸显联合优势，实现突破。该协调攻关机制为项目创新提供保障，实现稳定的科技创新。

(6) 质量控制等制度

定期召开项目协商会议，对项目实施中出现的问题，及时提出问题的解决方案，并督促相关任务负责人纠正、改进。对系统开发过程中产生的技术文件建立技术档案，保证系统研发过程的可追溯性；系统研发将严格遵循步骤要求，对系统进行测试，保障系统的可应用

性。

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	132.5	合计	327.5	132.5	195
工程配套研究经费	0	（一）直接费用	292	116	176
单位自筹	195	1.设备费	198	73	125
其他经费	0	（1）购置设备费	90	38	52
		（2）设备改造与租赁费	108	35	73
		2.业务费	72	32	40
		（1）材料费	16	8	8
		（2）测试化验实验加工费	26	10	16
		（3）燃料动力费	2	1	1
		（4）差旅费/会议费/国际合作与交流费	12	5	7
		（5）出版/文献/信息传播/知识产权事务	6	3	3
		（6）其他费用	10	5	5
		3.劳务费	22	11	11
		（1）专家咨询费	6	3	3
		（2）聘用人员劳务费	10	5	5
		（3）其他劳务费	6	3	3
		（二）间接费用	35.5	16.5	19
		1.管理费	18	8	10
		2.绩效支出	17.5	8.5	9

七、预期目标、成果提供形式及经济社会效益

7.1 项目预期目标

- 1、完成基于云边协同的全息数字高速公路数据标准化接口设计。
- 2、实现重点车辆、重点区域的全域感知和秒级响应。
- 3、构建高速公路恶劣天气车道级诱导管控机制。
- 4、建设完成基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台。
- 5、申请专利 2~4 个；
- 6、发表 1~2 篇论文，其中中文核心 1 篇；
- 7、培养专业人才 10 人以上。

7.2 提交的研究成果及其形式

- 1、提交《基于云边协同的全息数字高速公路数据标准化接口》技术文件；
- 2、提交《高速公路恶劣天气车道级诱导管控机制》；
- 3、研发一款基于 AI 边缘计算技术的智能联动控制终端；
- 4、编制《基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究报告》
- 5、提交基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台 1 套；
- 6、申请专利 2~4 个；
- 7、发表论文 1~2 篇，其中中文核心 1 篇。

7.3 经济、社会、环境效益分析

7.3.1 经济效益

项目开展交通安全、应急救援等方面的科技建设，通过科技攻关和推广应用，可有效解决工程运营中面临的关键技术问题，提升工程

项目的科技含量和技术水平，有效保障工程质量和运营安全，产生显著的工程经济效益，预计节约运营巡查成本 50%，减少事故损失 15%，规避次生事故带来的损失数百万/年。

7.3.2 社会效益

开展基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究，进一步梳理完善车-路-环境特征及评价方法，开展高速公路事故特征及交通安全性综合评价，集成公路交通安全保障技术具有不可估量的社会效益，提高公路安全绿色建设养护水平，有效规避生态风险，在陕西省乃至全国具有广阔的推广应用前景，为陕西省以及其他省市高速公路安全绿色防控建设提供示范，远期社会、经济效益巨大。

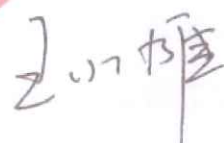
八、其它需要说明的问题

无。

九、申请单位意见



陕西高速公路工程试验检测有限公司

单位负责人: 

年 月 日



陕西高速星展科技有限公司

单位负责人: 

年 月 日



安徽木星科技有限公司

单位负责人: 

年 月 日

“基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究”

可行性研究报告评审意见

2022年10月17日，陕西省交通运输厅在西安主持召开了“基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究”（项目编号：22-02X）项目可行性研究报告评审会。与会专家（名单附后）听取了项目组的汇报，审阅了可行性研究报告，经质询讨论，形成如下评审意见。

一、项目针对高速公路在交通安全方面的基础感知手段不完善、数据融合应用程度低、端-边-云应用体系不成熟等问题，开展基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究，对提升高速公路安全监测预警能力，推动交通强国示范工作，具有重要的现实意义，立项必要。

二、研究内容全面，目标明确，技术路线可行。

三、项目组成员组成合理，前期研究基础扎实，依托工程落实，经费预算合理，具备开展研究工作的条件。

建议：

1. 根据专家意见修改完善可行性研究报告。
2. 进一步突出凝练研究项目的创新点。

主任委员：



2022年10月17日

专家审查意见表

项目名称	基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究				
专家姓名	许宏科	职务/职称	教授	专业	交通信息工程及控制
专家单位	长安大学			联系电话	13909255283

评审意见

选题具有理论和实际意义，立项必要。

意见和建议：

- 1、明确该平台与陕西省推广的路段监控软件关系。功能重复部分是否可以借鉴。
- 2、分析题目的关键字，这些关键字应该贯穿整个可行性报告（将来也是贯穿项目研究报告）。建议修改完善可行性报告中“问题的提出、国内外现状、研究内容、关键问题、技术路线、成果与指标”等内容，保持一致。
- 3、建议有省收费管理中心、路段分公司管理人员参与研究，或在过程中加强联系，做对需求。
- 4、范围能否缩小，例如“……全息数字高速公路检测/监测安全预警平台研究”，自行开发，自己使用积累经验、全省/全国推广。高速公路常规的运行不作为研究内容。（不考虑）
- 5、研究中需要的数据能否合法获取？例如门架数据、天气数据、卡口数据、事故/事件数据等。
- 6、经济技术指标笼统，需进一步需化和明确。
- 7、关于可能性报告
 - (1) 修改可行性报告，保持整个报告的一致性。
(存在的问题，解决的问题，呈现成果和技术指标证明已经解决了提出的问题，定性/定量都要有)
 - (2) 现有的工作基础要与研究内容密切相关，建议梳理和补充。
 - (3) 细化经费测算，增加软件开发费。
 - (3) 目标和成果要协调一致。增加研究报告，其他作为专题报告或附件。
(研究报告与题目相关，例如《基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究报告》，其他可作为附件、附录等；平台有硬件和软件，硬件需要专门的清单和技术指标，软件系统需要按软件工程要求提交个阶段文档)。


评审专家（签字）：

许宏科


2022年10月17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	基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究				
专家姓名	贺华	职务/职称	教授/副主任	专 业	测控技术 电子信息
专家单位	西安电子科技大学			联系电话	15529283398
评 审 意 见					
<p>基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台前期需求调研扎实，设计依据准确。平台架构科学合理，实现技术先进。重点规划的统一数据接入标准、路侧感知计算单元、车道级行车诱导安全管控和预警等功能，基本达到了消除数据孤岛、聚合资源、全域感知、秒级响应、构建服务，为高速公路管理者、出行者提供安全、高效的辅助决策和服务，进一步提升了路网运行的感知、监测与预警能力。建议立项。</p> <p>建议可研报告在如下几点进行完善：</p> <p>1、报告中 3.3.1 针对危险路段研发的边缘侧硬件感知设备是项目的一个重要创新点，实现重点车辆、重点区域危险因子的秒级响应的关键点是什么？基于机器学习的边缘计算的技术路线是怎样的，报告中的论述比较少，建议做更进一步的论述，深入挖掘其中内涵，凸显其支撑创新点的作用。</p> <p>2、文中 3.3.3 基于雷达+视频的交通目标检测技术，举例是城市道路，项目的依托工程是隧道，建议基于依托工程展开论述更切题。</p> <p>3、文中 3.5 有关技术经济指标描述不太确切，要进一步细化、明确。</p>					
评审专家（签字）：  2022 年 10 月 18 日					

专家审查意见表

项目名称	基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究				
专家姓名	孟春雷	职务/职称	教授	专业	
专家单位	交通运输部公路科学研究院			联系电话	13951922763
评审意见					
课题研究内容明确，技术路线可行，总体上达到可研要求。					
1. 建议对课题整体逻辑关系、功能布局、框架架构进一步梳理提炼，提高各部分之间的逻辑关系，进一步加强课题的整体性。					
2. 进一步对 3.1 拟解决的关键技术和 3.2 主要研究内容两部分之间以及 3.2 内部各部分之间的关系进行梳理，使之相互之间的关系进一步清晰，可进一步明确具体的技术点对本课题提供的支撑作用。					
3. 进一步明确雷视融合在本课题中拟解决的具体技术问题和功能，明确文件中提出的 ETC 门架应用内容。					
4. 云边协同的平台这部分可以进一步研究强化，陕西这方面做的基础不错，应该可以更加突出亮点。					
5. 进一步明确技术指标、成果，对项目团队的研究基础围绕本项目给与加强。					
评审专家（签字）： 					
2022 年 10 月 17 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	基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究				
专家姓名	王立平	职务/职称	主任工程师/高工	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	18991956056

评审意见

项目依托交通强国示范工程“秦岭隧道群安全防控体系建设”，利用AI边缘计算、雷达+视频等先进技术，开展全息数字高速公路安全预警平台研究，对提升高速公路网运行监测和预警能力具有重要意义。工可研报告内容完整，技术路线可以，研究人员构成合理，同意立项。建议：

1. 作为主要研究内容、关键技术的“AI边缘计算智能联动控制终端”应纳入研究成果，优化设备参数指标。
2. 加强多源数据采集融合方式的研究，不仅有高速公路沿线设施数据标准接口研究，还有道路运输车辆、违法事故等其他行业信息的采集、融合方式，以保证数据的全面，安全预警的及时、准确。
3. 理清研究项目与依托工程的边界，明确研究试点基于“雷达+视频”的全域交通运行数字孪生具体路段场景，预警平台与隧道监测管理系统的关系。
4. 增加云端数据中台的描述，通过研究提出云端部署应用的级别。
5. 进一步梳理报告内容，逻辑关系（3.2.1-3.2），完善提交的研究成果。
6. P13页重点车辆GPS数据，改为卫星定位数据。

评审专家（签字）：

王立平

2022年10月17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

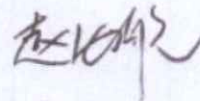
项目名称	基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究				
专家姓名	赵池航	职务/职称	教授	专 业	交通运输工程
专家单位	东南大学			联系电话	13951922763

评 审 意 见

该项目开展基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究，具有重要的研究意义与工程应用价值。项目可行性研究报告研究内容具体，研究目标明确，技术路线可行，具有较好的预期经济效益，项目承担单位具有较好的前期研究基础及必要的支撑条件。建议完善及修改的内容如下：

- (1) 14 页“3.1 拟解决的关键技术”修改为“3.1 拟解决的关键问题”；
- (2) 项目技术路线中雷视融合需要明确采用的雷达类型(激光或毫米波)，以及相应的性能及指标；
- (3) 建议进一步凝练本项目的创新点，以突出本项目预期研究成果。

评审专家（签字）：



2022 年 10 月 17 日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

专家意见处理表

项目名称：基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究（项目编号：22-02X）

序号	姓名	具体意见	处理意见 (逐条回应, 详细说明修改情况)
1	贺华	<p>1、报告中 3.3.1 针对危险路段研发的边缘侧硬件感知设备是项目的一个重要创新点, 实现重点车辆、重点区域危险因子的秒级响应的关键点是什么? 基于机器学习边缘计算的技术路线是怎样的, 报告中的论述比较少, 建议做进一步的论述, 深入挖掘其中内涵, 凸显其支撑创新点的作用。</p> <p>2、文中 3.3.3 基于雷达+视频的交通目标检测技术, 举例是城市道路, 项目的依托工程是隧道, 建议基于依托工程展开论述更切题。</p> <p>3、文中 3.5 有关技术经济指标描述不太确切, 要进一步细化、明确。</p>	<p>响应专家意见。实现重点车辆、重点区域危险因子的秒级响应的关键点进行了详细描述, 详见 13 页研究内容二。</p> <p>方案增加了基于机器学习的边缘计算的技术路线, 详见 39-41 页 3.3.1 基于机器学习的边缘计算技术。</p> <p>响应专家意见。方案将举例重新调整完善了, 详见 45 页 3.3.3 基于毫米波雷达+视频的交通目标检测技术</p> <p>响应专家意见。原经济指标调整为社会效益指标, 有个经济指标重新做了描述, 详见 48-49 页 3.5 有关技术经济指标和 3.6 有关社会效益指标。</p>
2	孟春雷	<p>1. 建议对课题整体逻辑关系、功能布局、框架架构进一步梳理提炼, 提高各部分之间的逻辑关系, 进一步加强课题的整体性。</p>	<p>响应专家意见。针对研究内容三提到的研究方向, 方案增加了 3.3.3.4 恶劣天气安全预警章节的内容, 详见 35-38 页。</p>

		<p>2. 进一步对 3.1 拟解决的关键技术和 3.2 主要研究内容两部分之间以及 3.2 内部各部分之间的关系进行梳理, 使之相互之间的关系进一步清晰, 可进一步明确具体的技术点对本课题提供的支撑作用。</p>	<p>响应专家意见。数字孪生底座是本课题拟解决的底层数据展现技术基础, 包括了对路网的静态 3D 建模以及对传统数据、高精度雷达+视频和边缘计算等动态数据的可视化展现。在此基础上, 通过节点级、多级联动和恶劣天气管控策略关键技术的研究, 形成关键算法模型, 加载安全预警的相关内容。详见 13-14 页。</p>
	<p>王立平</p>	<p>1. 作为主要研究内容、关键技术的“AI 边缘计算智能联动控制终端”应纳入研究成果, 优化设备参数指标。</p> <p>2. 加强多源数据采集融合方式的研究, 不仅有高速公路沿线设施数据标准接口研究, 还有道路运输车辆、</p>	<p>响应专家意见。ETC 门架的应用内容后期平台研究部署的时候, 会对接高速公路管理部门, 根据数据的开放性对接部分数据。</p> <p>响应专家意见。方案对 AI 边缘计算终端部分和云端平台的数据中台部分均进行了内容强化。</p> <p>响应专家意见。方案增加了研发一款基于 AI 边缘计算技术的智能联动控制终端作为研究成果, 详见 61 页 7.2 提交的研究成果及其形式。</p> <p>响应专家意见。方案增加了研发一款基于 AI 边缘计算技术的智能联动控制终端作为研究成果, 详见 61 页 7.2 提交的研究成果及其形式。设备参数指标详见 15 页 3.2.2.1 AI 边缘计算智能联动控制终端。</p> <p>响应专家意见。本项目在平台研究时将预留其他行业的数据接口, 在其他行业允许的情况下, 将接入相关</p>

		<p>违法事故等其他行业信息的采集、融合方式，以保证数据的全面，安全预警的及时、准确。</p>	<p>数据进行研究分析。</p>
	<p>3. 理清研究项目与依托工程的边界，明确研究试点基于“雷达+视频”的全域交通运行数字孪生具体路段场景，预警平台与隧道监测管理系统的关系。</p>	<p>响应专家意见。本项目将依托项目内容进行研究，具体路段后期将根据路况、车流、天气、设备等因素综合考虑选取。详见 55 页 5.1 依托工程（工作）概况。</p> <p>预警平台的部分数据将从隧道监测管理系统获取，如部分路段的实时视频等。</p>	<p>响应专家意见。本项目将依托项目内容进行研究，具体路段后期将根据路况、车流、天气、设备等因素综合考虑选取。详见 55 页 5.1 依托工程（工作）概况。</p> <p>预警平台的部分数据将从隧道监测管理系统获取，如部分路段的实时视频等。</p>
	<p>4. 增加云端数据中台的描述，通过研究提出云端部署应用的级别。</p>	<p>响应专家意见，详见 3.2.2.2 章节，云边协同统一标准数据接入管理系统作为数据中心模式来研究建设，在最终提交研究报告里会对云端部署应用级别进行研究分析。</p>	<p>响应专家意见，详见 3.2.2.2 章节，云边协同统一标准数据接入管理系统作为数据中心模式来研究建设，在最终提交研究报告里会对云端部署应用级别进行研究分析。</p>
	<p>5. 进一步梳理报告内容，逻辑关系(3.2.1-3.2)，完善提交的研究成果。</p>	<p>响应专家意见。方案增加了研发一款基于 AI 边缘计算技术的智能联动控制终端作为研究成果，详见 61 页 7.2 提交的研究成果及其形式。</p>	<p>响应专家意见。方案增加了研发一款基于 AI 边缘计算技术的智能联动控制终端作为研究成果，详见 61 页 7.2 提交的研究成果及其形式。</p>
	<p>6. P13 页重点车辆 GPS 数据，改为卫星定位数据。</p>	<p>响应专家意见。方案已修改。</p>	<p>响应专家意见。方案已修改。</p>
<p>4</p>	<p>许宏科</p>	<p>1. 明确该平台与陕西省推广的路段监控软件关系。功能重复部分是否可以借鉴。</p> <p>2. 分析题目的关键字，这些关键字应该贯穿整个可行性报告（将来也是贯穿项目研究报告）。建议修改完善</p>	<p>响应专家意见，本研究课题依托“1+3+N”信息化建设体系，合理借鉴已研究和推广成果，在其基础上进行研究应用。</p> <p>响应专家意见。对拟解决的关键技术、研究内容和研究成果指标等又进行了梳理，突出了关键技术和研究内容</p>

		<p>可行性报告中“问题的提出、国内外现状、研究内容、关键问题、技术路线、成果与指标”等内容，保持一致。</p> <p>3. 建议由省收费管理中心、路段分公司管理人员参与研究，或在过程中加强联系，做对需求。</p> <p>4. 研究中需要的数据能否合法获取？例如门架数据、天气数据、卡口数据、事故/事件数据等。</p> <p>5. 经济技术指标笼统，需进一步需化和明确。</p> <p>6. 关于可能性报告</p> <p>(1) 修改可行性报告，保持整个报告的一致性。(存在的问题，解决的问题，呈现成果和技术指标证明已经解决了提出的问题，定性/定量都要有)</p> <p>(2) 现有的工作基础要与研究内容密切相关，建议梳理和补充。</p> <p>(3) 细化经费测算，增加软件开发费。</p> <p>(4) 目标和成果要协调一致。增加研究报告，其他作为专题报告或附件。(研究报告与题目相关，例如《基</p>	<p>的关联性，最后补充完善了预期成果和考核指标的的内容。</p> <p>响应专家意见。项目具体研究阶段将同省收费管理中心、路段分公司管理人员进行需求、数据等方面的内容对接。</p> <p>响应专家意见。本项目在平台研究时将预留其他行业的数据接口，在其他行业允许的情况下，将接入相关数据进行研究分析。</p> <p>响应专家意见。原经济指标调整为社会效益指标，有个经济指标重新做了描述，详见 48-49 页 3.5 有关技术经济指标和 3.6 有关社会效益指标。</p> <p>响应专家意见。针对研究内容三提到的研究方向，方案增加了 3.3.3.4 恶劣天气安全预警章节的内容，详见 35-38 页。</p> <p>鉴于经费估算表的固定模板，软件开发费包含在设备费中，另外项目的配套研究费用中会单独列项软件开发费</p> <p>提交的研究成果及形式，增加了《基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究报告》。详见 61 页。</p>
--	--	--	--

5	赵池航	<p>于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究报告》，其他可作为附件、附录等；平台有硬件和软件，硬件需要专门的清单和技术指标，软件系统需要按软件工程要求提交个阶段文档)。</p> <p>1. 14 页“3.1 拟解决的关键技术”修改为“3.1 拟解决的关键问题”。</p> <p>2. 项目技术路线中雷视融合需要明确采用的雷达类型(激光或毫米波)，以及相应的性能及指标。</p> <p>3. 建议进一步凝练本项目的创新点，以突出本项目预期研究成果。</p>	<p>响应专家意见。方案已做完善修改。</p>
			<p>响应专家意见。项目采用的雷达类型为毫米波雷达，相关性指标详见 46-46 页 3.3.3 基于毫米波雷达+视频的交目标检测技术。</p> <p>响应专家意见。方案对创新点创新进行了梳理，详见 11-13 页 3.1 拟解决的关键问题</p>



项目负责人(签字): 王心雄

基于云边协同的全息数字高速公路安全预警平台研究 (项目编号: 22-02X)

可行性研究报告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	委员	许宏科	长安大学	交通信息工程及控制	交通信息工程及控制	教授	线上
2	委员	王立平	陕西省交通运行监测中心	计算机科学	交通信息化	高工/主任工程师	线上
3	委员	贺华	西安电子科技大学	仪器科学与技术	电子信息	副教授/专业负责人	线上
4	委员	赵池航	东南大学	交通运输工程	交通运输工程	教授/博导/交通运输实验中心主任	线上
5	委员	孟春雷	交通运输部公路科学研究院	信息与通信系统	智能交通	研究员	线上

陕西交通科技项目科研诚信

承诺书

本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。

承诺人（项目负责人签字）：



王小平

年 月 日