

项目合同编号：25-33X

陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

合 同 书

项目名称：运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究

承担单位：长安大学

项目负责人：史培龙

通讯邮编、地址：西安市未央区尚苑路长安大学北校区 710016

传真、电话：13474360444

起止年限：2026 年 3 月 至 2028 年 3 月

陕西省交通运输厅制

项目合同编号：25~33X

陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

合 同 书

项目名称：运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究

承担单位：长安大学

项目负责人：史培龙

通讯邮编、地址：西安市未央区尚苑路长安大学北校区 710016

传真、电话：13474360444

起止年限：2026 年 3 月 至 2028 年 3 月

陕西省交通运输厅制

一、项目主要研究内容

1. 主要研究内容

针对运输车辆在典型危险路段潜在的安全隐患，提出运输车辆危险路段数字化安全保障技术研究，主要开展的研究内容如下：

（1）研究基于机器视觉的同步定位与地图构建，道路特征属性的表征方法，建立典型危险路段的数字化道路模型；（2）研究运输车辆运动失稳机理，分析道路主道、避险车道及主道与避险车道间道路特征属性与车辆运动失稳的关联关系，确定典型危险路段行驶稳定性的边界条件；（3）研究大数据车辆运行工况的表征方法，分析车辆运行统计分布、空间差异与速度分布特性关系，建立速度预测模型；（4）运输车辆车-路-云一体化综合保障技术开发。研究运输车辆数字化模型、数字化道路模型云端可视化孪生方法，以运输车辆单北斗模式的主动安全智能防控终端及平台为载体，通过防控终端实时获取车辆定位和行驶状态信息，实现平台三维动态演变可视化，达到运输车辆典型危险路段数字化监管的目的。

2. 技术关键

为了实现项目提出的运输车辆危险路段数字化安全保障技术，须解决数字化道路模型构建、临界边界条件确定和可视化孪生方法实现等关键技术，团队开展以下的技术攻关：

（1）建立包含主道、避险车道及主道与避险车道间道路特征属性的典型危险路段的数字化道路模型，克服传统二维道路模型属性缺失不完整的问题；

（2）利用道路主道、避险车道及主道与避险车道间道路特征属性与车辆运动失稳的映射关系，确定典型危险路段行驶稳定性的边界条件；

（3）依托单北斗模式终端及云端资源，利用建立的运输车辆数字化模型与典型危险路段数字化道路模型，形成可视化数字孪生实现方法。

3. 依托工程（依托工作）

（1）道路运输车辆智能视频监控系统换装工作

为贯彻落实《交通强国建设纲要》《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》等国家级文件要求，推进自主化先进技术装备应用及北斗系统在交通运

输重点领域的全面覆盖，依据《道路运输车辆动态监督管理办法》（2022 年第 10 号令），行业监管范围逐步拓展至重型货运车辆。2024 年 4 月，财政部、交通运输部联合印发通知，明确公路水路交通基础设施数字化转型升级方向。

2024 年 12 月陕西省交通运输厅运输处召开“我省道路运输车辆智能视频监控报警系统换装工作”，拟在 2018 年交通运输部印发《交通运输部办公厅关于推广应用智能视频监控报警技术的通知》【2018】115 号文的基础上，升级“两客一危”领域推广的主动安全智能防控终端，并扩大范围至 12 吨以上的重点营运车辆，同步落实《交通强国建设纲要》《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》文件精神。按照陕西省交通运输厅《全省重点营运车辆卫星定位终端换装技术标准等工作专题会议纪要》（第 86 次）精神，2025 年 11 月陕西省道路运输事业发展中心发布《陕西省道路运输车辆智能视频监控系统北斗终端技术规范》，拟于 2026 年 4 月正式启动换装工作。

项目依托交通运输部推广的智能视频监控报警技术、推进自主化先进技术装备应用和公路水路交通基础设施数字化转型升级为契机，开展运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究，旨在通过技术攻关降低运输安全风险，保障运输效率与供应链畅通，助力交通运输行业高质量发展。

（2）京昆高速西汉段左线 K1148-K1164 西安方向道路场景

项目拟选取京昆高速西汉段左线 K1148-K1164 西安方向作为典型危险路段开展研究。该路段桥隧占比高、急弯陡坡密集，线形条件复杂，2013 年被公安部交通管理局列为全国十大危险路段之一。统计数据显示，该路段自 2007 年开通运营至 2013 年 10 月，因道路交通事故累计造成 139 人死亡；2017 年 8 月 10 日，该路段秦岭一号隧道口发生大客车坠崖重大事故，造成 36 人死亡、13 人受伤，属于典型的事故高发、风险突出路段。

（3）行业内高水平科研平台

课题组以长安大学“汽车运输安全保障技术交通行业重点实验室”为支撑平台。依靠汽车运输安全保障技术交通行业重点实验室的试验条件和手段，开展了大量基础性和探索性的科学研究，解决了人、车、环境系统中与运输安全密切相关的许多关键技术难题，为政府决策提供了有力的技术支持。行业重点实验室深厚的技术积淀为课题的顺利实施提供有利的技术支撑条件。

二、考核指标

1.预期目标

(1) 运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究报告 1 份, 包括基于机器视觉的同步定位与建图技术、基于道路属性特征的运输车辆运动失稳机理研究、大数据车辆运行工况的表征及速度预测模型建模方法、运输车辆车-路-云一体化综合保障系统软硬件模块搭建。

(2) 运输车辆车-路-云一体化综合保障模块 1 个, 包含感知层、网络层、平台层和应用层的分层架构及运输车辆车-路-云一体化综合保障技术软件系统, 搭建车载、云平台多位一体的车-路-云一体化综合保障技术硬件。典型危险路段数字化道路模型长度不少于 15km, 避险车道不少于 4 条; 典型危险路段及避险车道行驶稳定性的边界条件、速度实时动态模型适配车型不少于 2 类, 涵盖客运车辆和载货汽车的主导车型。

2.主要技术经济指标 (具体的技术经济参数)

成果转化 1 项。依托本项目研发的车一路一云一体化综合保障技术及核心功能模块, 开展工程化集成与应用落地, 面向省内重点道路运输企业和车载监控运维服务单位进行成果转化与示范应用, 形成标准化、可复用的技术方案, 具备在全省路网范围内规模化推广的条件。

3.经济和社会效益

随着国家区域及产业调整, 山区经济发展和西部资源开发在国家经济发展中起着越来越重要的作用, 山区公路已成为连接地域和城乡的重要交通枢纽。山区长下坡路段是运输车辆运行的典型危险路段, 此类路段具有桥隧比例高、坡陡且长、道路曲折蜿蜒、气候条件复杂的特点, 山区公路长大下坡制动失效引起的重、特大交通事故, 具有伤亡人数多、经济损失大特征, 在社会上造成恶劣的影响。虽然避险车道、降温池等交通基础设施能够有效降低交通事故数量, 但是使用方法不当也会引发运输车辆交通事故。为此提出通过建立典型危险路段的数字化道路模型, 结合北斗定位系统定位技术, 实现车辆的实时跟踪定位、引导驾驶人安全驾驶, 可以降低长大下坡路段制动失效引发的交通事故数量, 降低重特大交通事故的比例, 有效的提高山区行车的安全性, 降低国家

及人民财产损失，为我国交通运输安全保障行业提供了有效的缓解措施和解决方案；实现人防和技防的有效结合，全面提升道路运输安全科技保障水平；推动交通基础设施数字化建设，加速典型场景应用，为运输车辆实现大数据的预警监测技术提供良好的示范作用。该项目的研究成果可用于运输安全管理部门和运输企业，借助车联网技术实现运营线路分析，对潜在长大下坡路段的安全风险进行评估，提高企业的安全管理水平，降低企业的运营风险，从而提高经济效益。

4.成果提供形式

（1）运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究报告 1 份；（2）运输车辆车-路-云一体化综合保障模块 1 个，含硬件和软件系统；（3）人才培养，培养博士研究生 3 名，硕士研究生 4 名，工程技术人员 5 名；（4）在国内外高水平期刊发表学术论文 3 篇，申请发明专利 2 项，软件著作权 1 项。

5.其他考核指标

技术交流不少于 2 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）
2026 年 第 1 季度 第 2 季度	第 1 季度完成制订项目实施方案，完成典型危险路段数据的采集；第 2 季度，建立典型危险路段和避险车道数字化道路模型。阶段性成果为典型危险路段和避险车道数字化道路模型。
2026 年 第 3 季度 第 4 季度	第 3 季度，建立车辆动力学模型，开展运输车辆运动失稳机理研究，获得道路特征参数与车辆运动失稳之间的映射关系，确定动力学边界条件；第 4 季度，进行大数据分析，挖掘车辆运行统计分布、空间差异与速度分布特性关系，研究大数据车辆运行工况的表征方法，建立速度实时动态模型。阶段性成果为典型危险路段的边界条件和速度实时动态预测模型，形成发明专利 2 项，软件著作权 1 项。
2027 年 第 1 季度 第 2 季度	第 1 季度，研究物理空间和孪生空间的映射方法，建立高保真多物理场多尺度可视化模型，构建典型危险路段数字孪生场景；第 2 季度，研究运输车辆真实场景和数字孪生场景同步定位的方法，构建运输车辆动态信息监控和预警技术方案，搭建硬件架构。阶段性成果为形成可视化的孪生方法和搭建软硬件模块技术方案，形成科技论文 3 篇。
2027 年 第 3 季度 第 4 季度	第 3 季度，开发运输车辆车-路-云一体化综合保障技术模块硬件和软件；第 4 季度，撰写研究报告，准备结题验收材料。阶段性成果为综合保障技术模块硬件和软件和研究报告。

四、项目经费

项目总经费：69.38 万元
交通运输厅补助：19.88 万元
自筹资金：49.50 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	19.88	19.88
1. 设备费	2.00	2.00
(1) 购置设备费	0.00	0.00
(2) 试制设备费	0.00	0.00
(3) 设备改造与租赁费	2.00	2.00
2. 业务费	11.99	11.99
(4) 材料支出	3.00	3.00
(5) 测试化验实验加工支出	0.80	0.80
(6) 燃料及动力支出	1.19	1.19
(7) 差旅支出	3.00	3.00
(8) 会议支出	0.00	0.00
(9) 国际合作与交流支出	0.00	0.00
(10) 出版/文献/信息传播/知识产权事务/ 印刷支出	4.00	4.00
(11) 其他支出	0.00	0.00
3. 劳务费	3.80	3.80
(12) 劳务性支出	3.00	3.00
(13) 咨询专家支出	0.80	0.80
(二) 间接费用	2.09	2.09
4. 管理费	2.09	2.09
5. 绩效支出	0.00	0.00
合 计	19.88	19.88

注：预算编制按照《陕西省人民政府办公厅关于改革完善省级财政科研经费管理的实施意见》（陕政办发〔2022〕3号）文件执行。项目验收将组织财务专项验收或审计。可参考《陕西省交通运输厅科研项目经费决算报告参考格式说明》

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）	2
		（1）授权发明专利	2
		（2）实用新型	0
		（3）外观设计	0
		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
		（2）其中 EI 索引收录数	0
		（3）其他	1
		4.著作（部）	0
		5.制订标准数（项）	1
		（1）国际标准	0
		（2）国家标准	0
		（3）行业标准	0
		（4）地方标准	0
		（5）企业标准	0
		（6）科技报告	1
	其他成果	1.填补技术空白数	0
		（1）国际	0
		（2）国家	0
		（3）省级	0
		2.获奖项数	0
		（1）国家奖项	0
		（2）部、省奖项	0
		（3）地市级奖项	0
		3.其他科技成果产出	0
		（1）新工艺（或新方法模式）	0
		（2）新产品（含农业新品种）	0
		（3）新材料	0
		（4）新装备（装置）	0
		（5）平台/基地/示范点	0
		（6）中试线	0
		（7）生产线	0

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

长安大学分工：

开展研究内容：（1）研究基于机器视觉的同步定位与地图构建，道路特征属性的表征方法，建立典型危险路段的数字化道路模型；（2）研究运输车辆运动失稳机理，分析道路主道、避险车道及主道与避险车道间道路特征属性与车辆运动失稳的关联关系，确定典型危险路段行驶稳定性的边界条件；（3）研究大数据车辆运行工况的表征方法，分析车辆运行统计分布、空间差异与速度分布特性关系，建立速度预测模型；（4）运输车辆车-路-云一体化综合保障技术开发。研究运输车辆数字化模型、数字化道路模型云端可视化孪生方法，以运输车辆单北斗模式的主动安全智能防控终端及平台为载体，通过防控终端实时获取车辆定位和行驶状态信息，实现平台三维动态演变可视化，达到运输车辆典型危险路段数字化监管的目的。

形成成果：（1）运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究报告 1 份；（2）运输车辆车-路-云一体化综合保障模块 1 个，含硬件和软件系统；（3）人才培养，培养博士研究生 3 名，硕士研究生 4 名，工程技术人员 5 名；（4）在国内外高水平期刊发表学术论文 3 篇，申请发明专利 2 项，软件著作权 1 项，参加国内学术交流活动 2 次。

陕西省道路运输事业发展中心：

（1）与长安大学团队共同制订技术方案，确定陕西省境内典型危险路段；（2）协调项目模型云平台的布设；（3）推广项目的落地应用。

七、项目参加人员表

项目承担单位：长安大学 参与单位（排序）：陕西省道路运输事业发展中心						
项目负责人						
序号	姓名	出生年月	工作单位	职称/职务	专业	在项目中的担任 具体工作
1	史培龙	1984.01	长安大学	教授	车辆工程	项目统筹、组织、实施
主要研究人员（注：一般项目不超过15人）						
2	张锁	1982.07	陕西省道路运输事业发展中心	副高级	载运工具运用工程	项目组织规划实施，资源协调
3	赵轩	1983.12	长安大学	正高级	车辆工程	项目技术指导
4	曹鑫	1979.12	长安大学	博研	载运工具运用工程	道路数字化建模
5	董越	1981.08	陕西省道路运输事业发展中心	/	法律	项目示范应用协调
6	李高峰	1982.08	陕西省道路运输事业发展中心	中级	信息化	场景数字化技术和应用
7	张硕	1985.07	长安大学	副高级	车辆工程	车辆动力学建模
8	张凯	1990.12	长安大学	副高级	车辆工程	保障方案设计
9	黄玉青	1989.06	陕西省道路运输事业发展中心	副高级	信息化	系统硬件系统和软件系统构建
10	刘瑞	1988.10	长安大学	副高级	车辆工程	数据采集
11	周猛	1995.10	长安大学	博研	车辆工程	同步定位和地图构建
12	邝士奇	1995.10	长安大学	博研	车辆工程	数字化模型构建
13	高慧忠	1999.10	长安大学	硕研	车辆工程	数字孪生
14	刘茂森	1999.10	长安大学	硕研	车辆工程	大数据分析
15	魏洋文	2001.02	长安大学	硕研	车辆工程	数字化模型构建
16	薛紫薇	2002.01	长安大学	硕研	车辆工程	多传感器融合

八、信息表

项目合同编号		25-33X		密级		/		A: 机密 B: 秘密 C: 内部				
项目名称		运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究										
项目实施所在地		陕西		起止年限		2026 年 01 月至 2027 年 12 月						
总 经 费		69.38 万元		厅 拨		19.88 万元						
第一承担单位	单位名称	长安大学										
	所在地	陕西省西安市						代码	029			
	通讯地址	西安市未央区尚苑路长安大学北校区						邮编	710016			
	单位性质	(1) 1.大专院校 2.科研院所 3.企业 4.其他						代码	61007			
参与单位	序号	单 位 名 称										
	1	陕西省道路运输事业发展中心										
	2											
	3											
项目负责人		姓 名	史培龙		性别 (1) 1.男 2.女			出生年份	1984			
		学 历	(1) 1.研究生 2.大学 3.大专 4.中专 5.其他									
		职 称	(1) 1.高级 2.中级 3.初级 4.其他									
		联系电话	13474360444		电子邮箱		peilongshi@chd.edu.cn					
项目联系人		姓名	史培龙		性别			男				
		联系电话	13474360444		电子邮箱		peilongshi@chd.edu.cn					
项目组人数		16	高级	7	中级	1	初级	0	其他	8		
主要研究内容 (100 字以内)		针对运输车辆在典型危险路段潜在的安全隐患,通过典型危险路段场景数字化建模方法、运动失稳机理、大数据车辆运行工况的表征方法研究,开发基于单北斗模式的车-路-云一体化的典型危险路段数字化综合保障软硬件模块。										
成果属性		A	A: 新技术 B: 新工艺 C: 新材料 D: 新产品 E: 软科学 F: 装备 G: 其他									
成果形式		A	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）  2026年3月31日

联系人：（签字）  （公章）

电 话： 029-88869067

合同乙方： 长安大学

单位负责人：（签字）  2026年3月31日

项目负责人：（签字）  （公章）

电 话： 13474360444

财务负责人：（签字） 

账 户 名： 长安大学

开户银行： 中国银行西安翠华路支行

账 号： 102007335073



2026年03月31日

陕西交通科技项目科研诚信 承诺书

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

项目承担单位：(盖章)
项目负责人：张多成
6101130406199
2026 年 3 月 27 日

项目编号：25-33X

2025年度陕西省交通运输厅科研项目 研究大纲

项目名称： 运输车辆典型危险路段数字化
安全保障技术研究

申请单位： 长安大学
陕西省道路运输事业发展中心

联系人： 史培龙
电 话： 13474360444

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.项目研究背景.....	1
2.项目研究目的及意义.....	2
二、 前期科研及工作基础.....	3
1.国内外研究现状.....	3
2.研究基础.....	13
3.现有工作条件.....	19
三、 实施方案.....	23
1.拟解决的关键问题.....	23
2.主要研究内容及实施方案.....	24
3.技术路线.....	29
4.技术成果应用.....	33
5.技术经济指标.....	34
四、 项目承担单位及参加单位概况.....	34
1. 项目承担单位概况及参加单位概况.....	34
2. 技术力量及人员构成.....	36
3. 各自承担的主要工作.....	37
4. 项目主要负责人情况.....	38
五、 项目依托工程（工作）情况及其他必要支撑条件	40
1.依托工程（工作）概况.....	40
2.投资来源.....	42
六、 项目经费估算及资金筹措情况.....	45
七、 项目绩效指标.....	47
八、 预期目标、成果提供形式及经济社会效益	49
1.项目预期目标（项目的考核目标）	49
2.提交的研究成果及其形式.....	49
3.经济、社会、环境效益分析.....	49
九、 其它需要说明的问题.....	50
十、 申请单位意见.....	51

运输车辆典型危险路段数字化

安全保障技术研究

一、项目研究的背景和必要性

1.项目研究背景

运输车辆在物流配送和旅客运输中扮演着重要角色，特别是在地理条件复杂的西部地区。通过“户”到“户”的直达运输，运输车辆不仅能有效补充铁路运输的不足，还能减轻铁路运输的压力，促进区域经济的发展。截止 2021 年底，陕西省内中大型载客汽车保有量 5.58 万辆，陕西省内载货汽车保有量 77.21 万辆，挂车保有量 10.54 万辆，这些运输车辆在促进经济发展、推动商业活动和提高居民出行便利性方面发挥了重要作用。然而，由于我国地理环境的限制，尤其是在山区，复杂的道路条件和多变的气候给运输车辆的安全性带来了严峻挑战。为了确保运输效率和供应链的流畅性，保障运输车辆的安全性显得尤为重要。

2017 年 8 月 10 日，陕西省安康市境内京昆高速公路秦岭 1 号隧道南口处发生一起大客车碰撞隧道洞口端墙的特别重大道路交通事故，导致车辆前部严重损毁变形、座椅脱落挤压，造成 36 人死亡、13 人受伤，直接经济损失 3533 余万元。事故发生路段，纵坡 2.54%，横坡 2%。事发时，桥梁路面与隧道之间没有设置过渡衔接设施。事故发生后，党中央、国务院高度重视，成立国务院事故调查组。经调查，驾驶人疲劳驾驶和超速行驶是造成事故的直接因素，事故现场路面视认效果不良因素等是造成事故的间接原因。该事故发生路段早在

2015 年 2 月 10 日就被公安部列为 2014 年度“全国十大高危路段”，同时被列为“全国十大高危路段”在陕西境内的还有“青银高速陕西榆林境内 1050 公里至 1070 公里路段”。山区道路线形变化复杂，危险路段众多，给运输车辆的行驶安全性带来了极大的挑战。

为了提高运输车辆的行驶安全性，2018 年湖南衡阳“6·29”等重特大交通事故发生后，交通运输部发布《交通运输部办公厅关于推广应用智能视频监控报警技术的通知》【2018】115 号文件，随文件下发《道路运输车辆智能视频监控报警技术规范（暂行）》。2018 年 8 月，交通运输部办公厅下发《关于做好重点营运车辆全面推广和试点应用智能视频监控报警技术相关工作的通知》，鼓励各地安装智能视频监控报警、防碰撞和整车整船安全运行监管技术装备。2018 年 8 月陕西省道路运输管理局发布通知，在“两客一危”领域推广道路运输车辆主动安全智能防控终端，实现人防技防的双重保障。

主动安全智能防控终端推广以来，对于提高运输车辆行驶安全性发挥了积极的作用，但是在典型的危险路段不能充分发挥车路协同、人-车-路-云一体化联动防控的技术优势，难以实现对风险的精准预判和主动干预。

2.项目研究目的及意义

2024 年 4 月，财政部联合交通运输部印发《财政部 交通运输部关于支持引导公路水路交通基础设施数字化转型升级的通知》，为公路交通基础设施数字化转型发展明确了方向、提供了政策依据。

为进一步提升运输车辆行驶安全水平，有效防范化解典型危险路

段安全风险，项目组提出开展“运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究”。通过研究典型危险路段场景数字化建模技术攻关，构建精准的数字化道路模型；深入探究运输车辆运动失稳机理，厘清道路主道、避险车道及主道与避险车道衔接段的道路特征属性与车辆运动失稳的内在映射关系，明确典型危险路段车辆行驶稳定性的临界条件；基于大数据技术研究运输车辆运行工况表征方法，建立速度预测模型；开发基于单北斗模式的车-路-云一体化典型危险路段数字化综合保障模块。通过上述研究与系统开发，可有效降低典型危险路段运输安全潜在风险，保障运输效率与供应链畅通，为推动公路运输行业安全高质量发展、助力经济平稳健康运行提供技术支撑。

二、前期科研及工作基础

1.国内外研究现状

近年来，随着交通事故的频繁发生，交通安全问题引起了社会的广泛关注。学者们在这一领域的研究逐渐深入，主要集中在“人”、“车”、“路”三个维度，形成了“人-车-路”系统的研究框架。通过综合考虑“人-车-路”系统三者之间相互关系，形成系统性的解决方案，以提升整体交通安全水平。随着智能网联汽车技术、数字化技术的快速发展，为运输车辆数字化安全保障技术提供了新的方案，加速了公路交通基础设施数字化转型升级步伐，但是缺乏深入的研究。

典型道路场景数字化建模方法方面，传统数字化道路模型主要采用二维方法，通过数学公式描述道路的几何特征和坡度变化，基于道路坡度与路程之间的关系用于分析关系，尽管该模型能够简化复杂的

三维现实世界场景，并有效地描述出道路的基本几何特征，但是对于长大下坡道路及避险车道的属性特征的描述不够精确。传统二维方法中，Ronald W. Eck^[1] 基于西维吉利亚长下坡路段的交通事故数据，提出采用至坡顶的距离和累积平曲线曲度图来辨识易发生事故的路段，并分析了累积曲度曲线与平曲线间的连续性和安全性的关系；Venkataraman Shankar 等人^[2] 基于道路几何设计参数、天气和季节等因素进行了交通事故频率的多变量分析，建立了负二项分布模型；Stewart Robertson 等人^[3]研究了曲率半径、货车视距、转弯半径和纵坡等几何设计指标对货车运营安全的影响，在此基础上基于交通事故数据建立了货车事故预测模型；Chen 等人^[4]分析了山区公路长大下坡路段的交通特征和设计指标对货车运营安全的影响，特别是坡长等对路段安全水平的影响，并构建了坡长、纵坡、曲率与事故次数间的关系模型；郑斌^[5]等人对山区高速公路连续下坡路段交通组成、交通事故数据和道路几何线形指标进行了分析，确定了山区高速公路连续下坡路段的典型车型，分析了道路几何线形指标包括纵坡坡度、纵坡坡长、平纵组合线形、弯坡路段曲率对连续下坡路段交通安全性和驾驶员心生理的影响；范存威^[6]分析了交通事故的发生机理以及事故发生的地点和时间等规律，研究了坡度、半径、坡长等纵断面指标对交通安全的影响；周维东等人^[7]通过对典型山区高速公路长下坡路段的交通事故数据和线形指标进行调研分析，提取了事故率与地点坡度、平均纵坡坡度、累计坡长和平曲线半径等数据，以建立长下坡路段几何指标与事故率之间的定量关系模型。避险车道是降低山区路段失控重

型载货汽车发生恶性交通事故的重要基础设施,避险车道的设定位置、与主道夹角、集料的长度、集料厚度和坡度等属性参数是驾驶人控制车辆的重要依据,韩跃杰等人^[8]通过测量典型货车在连续长大下坡路段保持恒定车速条件下的制动器温度,运用回归分析法研究连续长大下坡路段车辆制动毂温度与下坡坡度、距坡顶的距离、车辆质量和下坡速度之间的关系并建立预测模型;郭鑫^[9]等人选取了避险车道引道长度等 9 个影响指标,并采用数理统计方法确定了各个指标的权重,提出了避险车道的安全性评价标准;刘胜斌^[10]等人提出主动安全措施与被动安全措施相结合,通过多种指标检验,保证平纵线形指标的协调性和均衡性,使设计的平纵指标满足运行速度、驾驶人生理心理视觉特征、车辆性能等方面的需求,通过运行速度分析合理设计线形指标。

传统的道路模型是基于数据统计和几何设计参数构建的二维模型,只能体现几何特征和坡度变化关系。传统的道路模型在信息维度、道路属性方面不能满足数据融合、可视化和数字的需要,模型精度也难以满足在线控制的要求。虽然存在一些不足,但是为数字化建模方法奠定了良好的基础。

随着智能网联技术的快速发展,机器视觉等技术的发展为数字化模型构建和交通安全研究提供了新方法和工具。通过激光雷达、视觉传感器、GPS 和惯性测量单元等多种传感器的数据融合,能够建立精确的道路模型,目前也是智能网联汽车的研究热点。一般道路场景,韩婷^[11]提出了一种利用 OpenStreetMap(OSM)数据辅助的,基于活动

轮廓模型的,从车载激光点云数据中提取道路几何特征的方法,最终得到完整的具有属性数据的三维矢量道路中心线与边界信息,将 OSM 的语义信息、属性信息赋三维的道路边界,形成既有准确的几何信息又有属性信息的完整的三维道路数据;王艳军^[12]等人提出了一种结合车载激光雷达点云数据和开源街道地图的三维道路边界提取方法用于高精度道路边界的三维精细提取与矢量化,为智能交通与无人驾驶导航提供支撑;Gan A^[13]等人针对重型货车对上坡路段交通流、通行效率和安全性的影响,综合考虑纵坡坡度、竖曲线、平曲线、车辆比功率等因素,研究了 GPS 数据拟合纵断面线形的方法。典型道路场景,目前集中于城市路况场景、交通部和工信部智能网联汽车测试场景,很少用于解决传统车辆行驶安全性问题。

山区长下坡路段是运输车辆运行的典型危险路段,此类路段具有桥隧比例高、坡陡且长、道路曲折蜿蜒、气候条件复杂的特点,为了降低运输车辆失控而引发交通事故,建设有避险车道、降温池等交通基础设施,传统的道路模型仅能体现几何特征等信息,无法表征特定道路赋予详细的属性,包括避险车道的位置、长度、坡度以及与主干道的夹角等,为此提出通过建立典型危险路段的数字化道路模型,结合北斗定位系统定位技术,实现车辆的实时跟踪定位、引导驾驶人安全驾驶,也可用于应急事故救援决策等,以此保障运输车辆的行驶安全性。

运输车辆运动失稳机理研究方面,受地理环境、地质条件、地理空间的限制,山区典型危险路段道路线性设计参数取值偏大;不同避

险减速车道与主道间的夹角,避险车道的位置、长度、坡度、集料厚度等属性参数均不同,不同类型的运输车辆因载重量、几何尺寸和质心位置差异,动力学特性差异性较大,因此通过运输车辆运动失稳机理的研究确定不同类型运输车辆的动力学边界条件,提高车路耦合性,提高运输车辆的行驶安全性。

对此国内外学者展开了大量研究,横向稳定性方面,Happawana^[14]通过建立重型载货汽车方向稳定性的非线性自主侧倾模型,分析了各种几何参数对重型载货汽车方向稳定性的影响,还详细讨论了由于线性和非线性参数变化而引起的卡车方向稳定性;Yu 等人^[15]建立重型载货汽车实时动态模型,以实时动态模型的侧翻时间指标作为在线侧翻检测判定标准;Rajapakse^[16]通过建立包括非线性轮胎阻尼、道路倾斜角度和悬架角度的重型载货汽车车轴单元六自由度非线性悬架侧倾模型,分析重型载货汽车的侧向稳定性;朱天军^[17]等人建立重型载货汽车六轴模型,并在车辆模型中加入非线性轮胎模型,利用 LQR 最优控制技术,研究了牵引车横摆角速度、侧向加速度及车辆铰接角与重型载货汽车稳定性的特性关系;Yang^[18]等人考虑实际载荷条件的变化,基于牵引车-半挂车非线性车辆模型,分析了侧向动力学和稳定性;张义花^[19]建立包括侧向运动和横摆运动,以及各个车辆单元之间铰接角的双挂汽车列车系统动力学模型,利用遗传算法优化 LQR 控制器,以侧向稳定性评价指标 RWA 和质心侧偏角作为控制目标,获取最优主动力矩和最优主动转向角度;聂枝根^[20]等人采用分层控制方式,建立了线性变参数实时简化模型,通过不同的控制方式对重型

载货汽车折叠现象和侧倾稳定性进行了研究；Liu^[21]等人基于纳什动态博弈理论，通过重型载货汽车主动转向-主动防侧倾(AS-AAR)交互性研究了车辆侧向稳定性；邓召文^[22]等人建立三轴重型载货汽车三自由度模型，基于模糊控制和 PID 理论，以三自由度线性模型与 TruckSim 非线性模型的牵引车横摆角速度偏差及偏差变化率为输入，以挂车横摆角速度偏差设计了控制器，研究了重型载货汽车高速操纵稳定性。

为了提高典型危险路段运输车辆车路耦合性能，项目组提出通过运输车辆运动失稳机理的研究，确定不同类型运输车辆在避险减速车道与主道动力学边界条件；确定不同类型运输车辆在长下坡制动过程中避险车道位置及运行速度边界条件，从而达到提高车路耦合性，提高运输车辆的行驶安全性的目的。

大数据车辆运行工况的表征方法研究方面，车路协同速度预测技术发挥着至关重要的作用。通过实时预测车辆在不同路况下的行驶速度，这项技术不仅显著提升了典型危险路段下的行车安全性，有效降低了风险。基于道路的坡度、曲率等关键参数对车辆行驶状态的实时监测和预测，使运输车辆的安全性得到充分保障。此外，车路协同速度预测技术在提高交通效率方面也展现出了巨大的潜力。车路协同速度预测技术对于实现智能交通系统的安全、高效运行具有不可或缺的重要性，对此国内外学者对此展开大量研究。Castro^[23]等开发了一个基于地理信息系统（GIS）的车辆速度预测和公路设计一致性分析系统，工程用户可以结合运行速度预测模型和加减速率等特征，以获得

更能代表驾驶员和当地情况的分析；Memon^[24]等研究了巴基斯坦两条不同道路上驾驶员的速度趋势，利用收集到的速度观测数据，开发了水平弯道和切线的速度预测模型；杨宏志^[25]等采用断面观测法，基于试验路段的纵断面设计参数，建立了长下坡路段小客车的运行速度预测模型；邓云潮^[26]在连续下坡路段采集了小客车运行速度数据，并分析了速度与纵坡坡度、坡长的关系，建立了相应的速度预测模型，并进行了验证分析；岳晓晗^[27]则在分析了驾驶人、车辆、公路和交通环境等因素的基础上，研究了纵坡坡度、坡段长度、平曲线半径与交通安全的关系，并建立了连续长下坡路段货车和小客车的运行速度预测模型。在近年来的研究中，王志新等^[28]重点研究了重型载货汽车在长大下坡路段的行驶速度预测问题，解决了制动器在长时间使用过程中容易失效的问题，通过建立制动器温升模型，并结合车辆动力学方程，预测了车辆在排气制动条件下的瞬时速度，实际道路试验验证了模型的准确性，预测速度与实测速度的最大相对误差为 2.57%；刘震^[29]则研究了基于人-车-路综合影响的运行速度预测模型，分析了汽车的动力性能和驾驶员的操作行为，并探讨了长下坡路段大货车的运行速度预测模型；王丹丹^[30]选取了平曲线半径、公路纵坡和平曲线偏角等线形要素，建立了基于道路线形指标的高速公路平纵组合路段运行速度预测模型，并通过多元线性回归和模糊逻辑方法，对小客车和大货车的运行速度进行了预测和标定。这些研究为长大下坡路段的安全设计和车辆速度预测提供了理论依据和实践指导。

目前，大数据的广泛应用为运输车辆运行状态的预测提供了重要

技术手段，通过历史大数据收集和实时的车辆速度数据研究运行特征，提取关键运行参数，分析车辆运行统计分布、空间差异与速度分布特性关系，建立速度实时动态模型，并提出车辆行驶策略建议方法，有助于提高道路安全性和驾驶体验。

运输车辆车-路-云一体化综合保障技术方案方面，现阶段，智能网联技术的发展为运输车辆安全运行提供了重要的手段。得益于互联网产业的发展，国内外商用车企业先后建立了车联网系统如沃尔沃 Sensus 系统、曼恩车联网、斯堪尼亚 FMS 车队管理系统、梅赛德斯奔驰 T.C.O.系统，这些系统可以向客户报告车辆实时的油位、车辆故障码、行驶位置、尾气排放、车辆载重情况等信息；还可以持续跟踪车辆、分析和规划运营线路，为企业或政府实现高效管理。国内汽车企业为了加强管理和大数据分析，也建立了车联网系统，如中国重汽智能通车队管理系统、陕汽天行健车联网系统、红岩杰时达 GEN-Star 车联网系统、福田戴姆勒“iFOTON”超级车队管理系统、柳汽“乘龙 V+”车联网服务系统、北奔重卡物联网、华菱星马车联网、联合卡车联合通车辆管理系统等，实现了车辆定位、车辆运行参数监控和安全管理的同时，达到了“人-车-路-货”管理的目的。这些车联网系统的组建，为汽车智能网联技术的发展奠定了基础。

为了加强运输车辆的运行安全性，2001 年底公安部、交通部、国家安全生产监督管理局联合下发了《关于加强公路客运交通安全管理的通告》，要求：长途客运车辆应当逐步安装、使用符合国家有关标准的行车记录仪。2003 年发布 GB/T 19056-2003《汽车行驶记录仪》。

2004年5月1日《道路交通安全法》中《实施条例》第14条规定：用于公路营运的载客汽车、重型载货汽车、半挂牵引车应当安装、使用符合国家标准汽车行驶记录仪，对车辆行驶速度、时间、里程以及有关车辆行驶的其他状态信息进行记录、存储并可输出。2011年交通运输部、公安部、安全生产监督总局、工业和信息化部联合下发《关于加强道路运输车辆动态监管工作的通知》，要求“两客一危”车辆安装使用具有行驶记录功能的卫星定位装置，并建立了道路运输车辆卫星定位系统平台，初步实现重点营运车辆全国联网联控，同时发布了JT/T 794《道路运输车辆卫星定位系统车载终端技术要求》、JT/T 796《道路运输车辆卫星定位系统平台技术要求》、JT/T 808《道路运输车辆卫星定位系统终端通讯协议及数据格式》。2016年发布了JT/T 1076《道路运输车辆卫星定位系统车载视频终端技术要求》、JT/T 1077《道路运输车辆卫星定位系统视频平台技术要求》、JT/T 1078《道路运输车辆卫星定位系统视频通讯协议》。2018年8月，交通运输部办公厅下发《关于做好重点营运车辆全面推广和试点应用智能视频监控报警技术相关工作的通知》，各省市在“两客一危”车辆开始推广道路运输车辆主动安全智能防控终端，目前基本实现全覆盖。现有的企业监控平台和政府监管平台基本实现了“两客一危”车辆运行状态、驾驶人状态实时联网联控，但是尚未实现典型危险路段数字化智能引导、车辆行驶状态实时预测、数字化孪生等技术，为此提出基于现有的系统平台，应用典型危险路段数字化技术手段实现车-路-云一体化安全保障技术方案。

综上所述,针对运输车辆在典型危险路段潜在的安全隐患,项目组拟通过典型道路场景数字化建模方法、运输车辆运动失稳机理、大数据车辆运行工况的表征方法研究,开发车-路-云一体化的安全保障系统,提高运输车辆的行驶安全性。

参考文献

- [1]Eck R W. Technique for identifying problem downgrades[J]. Journal of Transportation Engineering, 1983, 109(4): 604-610.
- [2]Shankar V, Mannering F, Barfield W. Effect of roadway geometrics and environmental factors on rural freeway accident frequencies[J]. Accident Analysis & Prevention, 1995, 27(3): 371-389.
- [3]Robertson S, Aultman-Hall L. Incorporating truck crash modeling into a methodology for evaluating the relative need for truck route improvements[J]. 2001.
- [4]Chen Y, Sun X, Hu S. Long down-grade highway segment's safety investigation and causation inference in China[C]//International Conference on Transportation Engineering 2007.
- [5]郑斌, 邬洪波, 廖军洪. 山区高速公路连续下坡路段安全性分析及保障措施研究[J]. 公路, 2011(10): 243-247.
- [6]范存威. 山区公路长下坡路段运营安全分析与评价[D]. 重庆: 重庆交通大学交通运输学院, 2012.
- [7]周维东, 邬洪波, 廖军洪. 基于事故预测的山区高速公路长下坡安全评价[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2016, 35(05): 110-114.
- [8]韩跃杰, 许金良, 刘永福, 等. 连续长下坡路段的安全坡长[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2010, 30(05): 35-39.
- [9]郭鑫, 徐阳, 刘明文, 等. 长大下坡路段避险车道安全评价研究[J]. 中国安全科学学报, 2014, 24(4): 152-158.
- [10]韩婷. OpenStreetMap 辅助的车载激光点云道路几何特征提取[D]. 武汉: 武汉大学, 2018.
- [11]王艳军, 林云浩, 王书涵, 等. OSM 辅助车载 LiDAR 点云三维道路边界精细提取[J]. 测绘通报, 2022, (07): 18-25.
- [12]刘胜斌, 李勃. 连续长下坡路段安全处置措施研究[J]. 公路, 2022, 67(01): 259-262.
- [13]Gan A, Jo S. Operational performance models for freeway truck-lane restrictions[R]. Lehman Center for Transportation Research, Florida International University, 2003.
- [14]Happawana R G S .A nonlinear autonomous roll model for heavy trucks' directional stability[J]. International Journal of Vehicle Autonomous Systems, 2003, 1(3a4).
- [15]Yu H, Güvenc L, Özgüner Ü. Heavy duty vehicle rollover detection and active roll control[J]. Vehicle system dynamics, 2008, 46(6): 451-470.
- [16]Rajapakse N I .Analytical modeling, analysis and robust control of uncertain nonlinear dynamical systems by using sliding mode control (SMC) and

- quantitative feedback theory (QFT).[D]. Southern Methodist University. 2006.
- [17]朱天军, 李飞, 宗长富, 等. 重型半挂车多目标稳定性控制策略[J]. 农业机械学报, 2011.
- [18]Yang X , Xiong J .Nonlinear yaw dynamics analysis and control for the tractor-semitrailer vehicle[J]. International Journal of Heavy Vehicle Systems, 2013, 20(3): 253-288.
- [19]张义花. 双挂汽车列车侧向失稳机理分析及在环控制策略研究[D]. 吉林大学, 2017.
- [20]聂枝根, 王万琼, 宗长富, et al. 基于线性变参数实时简化模型的重型半挂车稳定性控制策略[J]. 中国公路学报, 2018, 31(1):9.
- [21]Yulong L , Xuwu J , Kaiming Y , et al. Interactive and Worst-Case Optimized Robust Control for Potential Application to Guaranteeing Roll Stability for Intelligent Heavy Vehicle[J]. International Journal of Automotive Technology, 2021, 22(5).
- [22]邓召文, 孔昕昕, 高伟. 重型半挂汽车列车主动转向控制策略研究[J]. 现代制造工程, 2021(10): 17-24.
- [23]Castro M, Sánchez J A, Vaquero C M, et al. Automated GIS-based system for speed estimation and highway safety evaluation[J]. Journal of Computing in Civil Engineering, 2008, 22(5): 325-331.
- [24]Memon R A, Khaskheli G B, Qureshi A S. Operating speed models for two-lane rural roads in Pakistan[J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 2008, 35(5): 443-453.
- [25]杨宏志, 胡庆谊, 许金良. 高速公路长大下坡路段安全设计与评价方法[J]. 交通运输工程学报, 2010, 10(3): 10-16.
- [26]邓云潮. 公路长大下坡路段小客车运行速度预测模型[J]. 长安大学学报: 自然科学版, 2009, 29(4): 43-47.
- [27]岳晓晗. 长下坡路段交通安全分析与评价[D]. 西安: 长安大学, 2009.
- [28]王志新, 余强, 赵轩, 等. 长大下坡路段载货汽车行驶速度预测研究[J]. 公路交通科技, 2017, 34(07): 130-134+152.
- [29]刘震. 基于人-车-路综合影响的运行车速预测模型研究[D]. 华南理工大学, 2011.
- [30]王丹丹. 高速公路平纵组合路段运行速度预测研究[D]. 哈尔滨工业大学, 2014.

2.研究基础

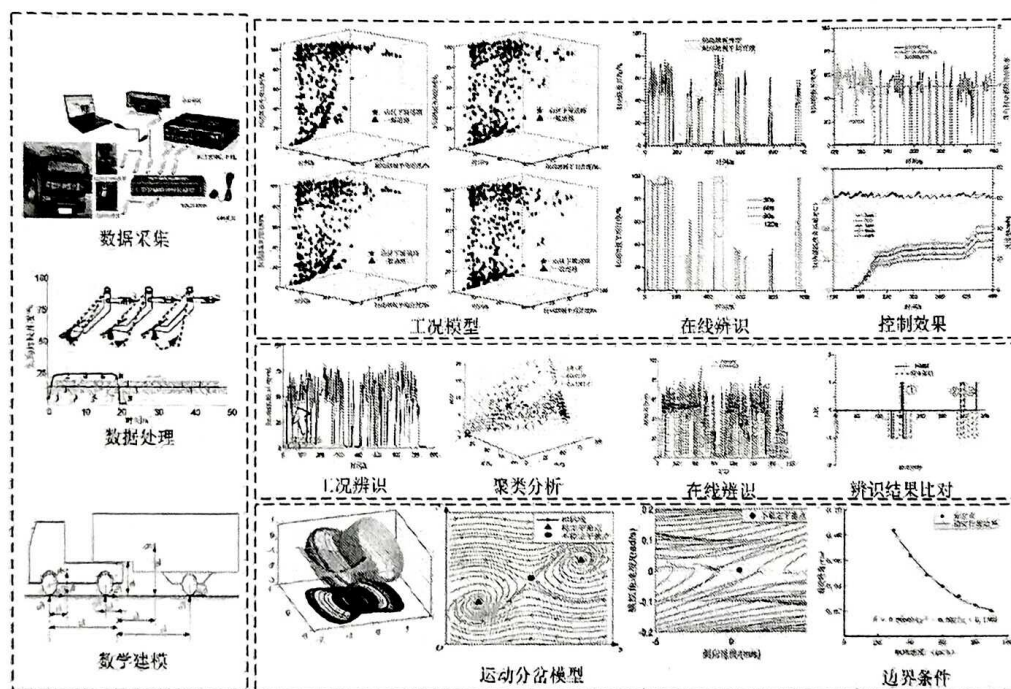
(1) 基于同步定位和地图构建方法研究

项目依托榆林市科技计划“基于 5G 平行驾驶的智能消防系统研发与应用”(CXY-2020-021), 以榆林市自然资源原煤、焦油、煤化工甲醇及下游产品、石油炼化、天然气净化等产业链条生产厂区场景为研究对象, 考虑到室内外环境因生产需要随机变化的特性, 项目采用同步定位和构建高精度地图的方法为智能消防车辆提供路径。为本

项目同步定位和地图构建应用研究奠定了基础。

(2) 重型载货汽车运动失稳机理研究

依托国家自然科学基金面上项目“面向智能化控制的重型载货汽车长大下坡制动安全关键技术研究”(52172361)和陕西省重点研发计划项目“基于在途网络技术的载货汽车长大下坡制动辅助控制系统研究”(2020GY-110),以重型载货汽车为研究对象,揭示了过重型载货汽车长大下坡制动制动器-轴-回路-整车制动热衰退演变机理,揭示了整车混沌运动特性,为本项目重型载货汽车运动失稳机理研究奠定了研究基础。

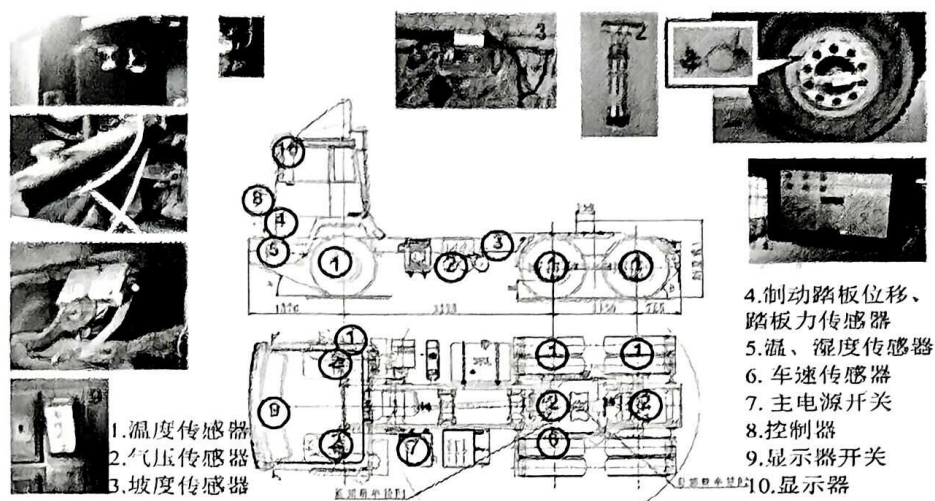


成果图

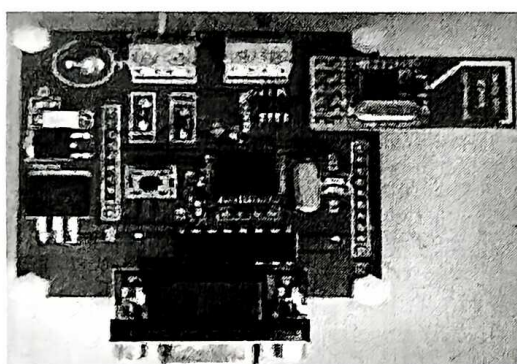
(3) 重型商用汽车安全保障综合技术研究

课题组以某重型商用车为研究对象,在商用车制动器升温特性、发动机制动、排气制动、皆可博发动机制动、电涡流缓速器、液力缓速器等各种持续制动特性及匹配技术、商用汽车长下坡制动控制技

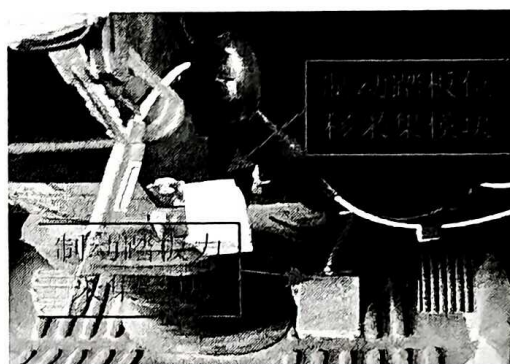
术、车辆危险状态辨识、车辆制动系统状态参数采集技术等取得了一定的研究成果。开发了商用汽车制动状态监控系统和长下坡行驶能力计算软件。部分研究成果如下所示。



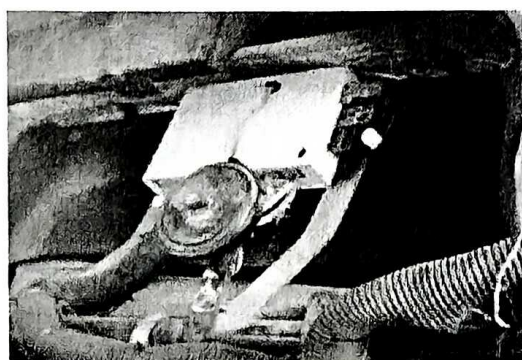
重型商用汽车制动系统状态监控系统



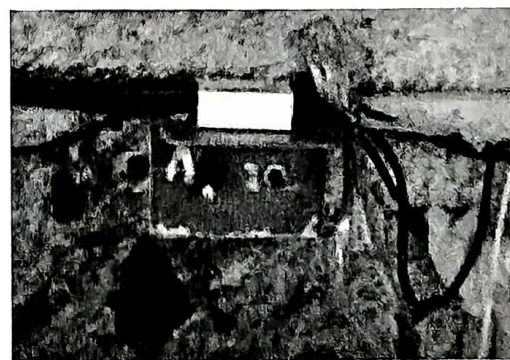
制动器温度无线传输模块



制动意图数据采集模块



车载坡度采集模块



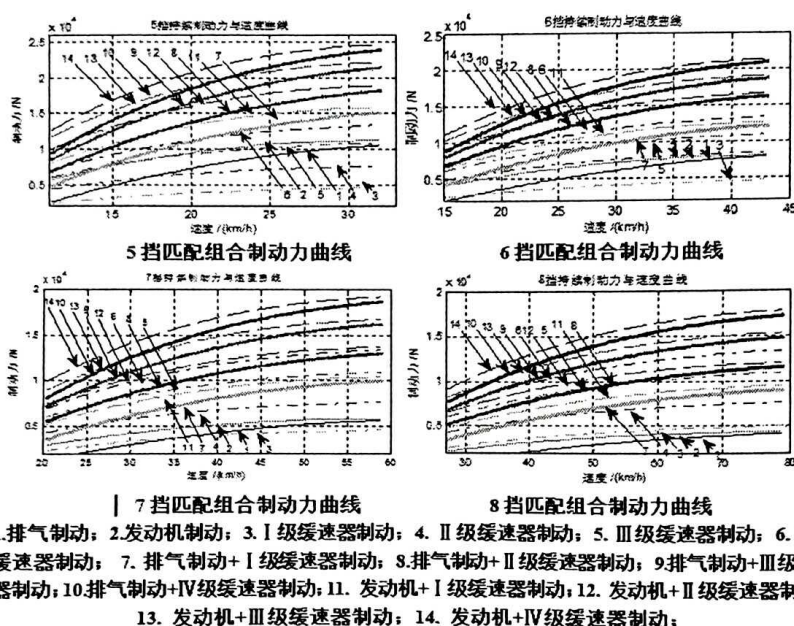
商用车长下坡制动控制器



长下坡行驶能力计算软件



实车验证商用车

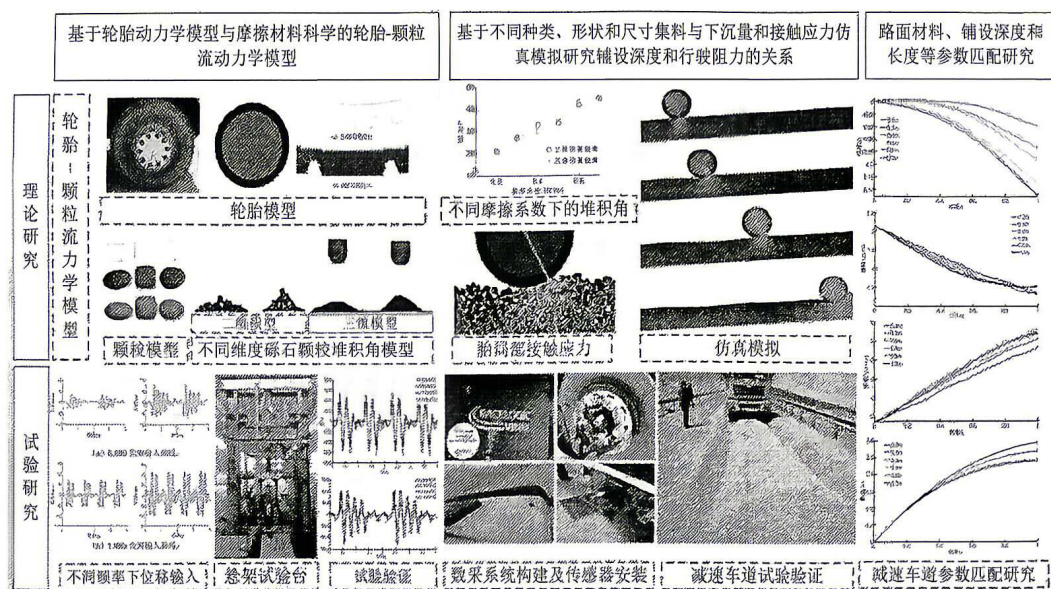


重型商用车持续制动匹配特性

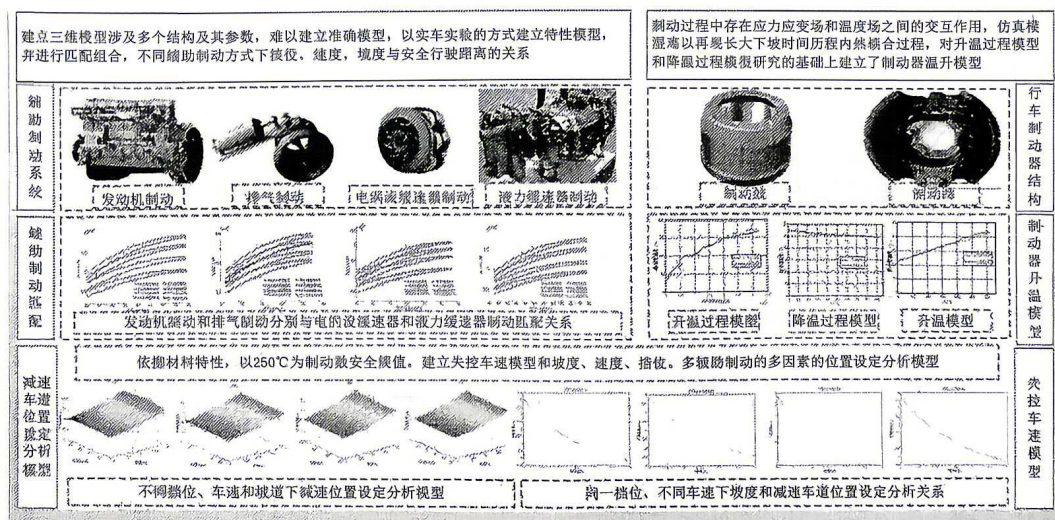
(4) 长大下坡路段辅助减速车道关键技术研究

针对载货汽车在山区长大下坡路段行驶制动器升温车速失控问题，项目组提出在行驶车道的外侧车道改建或增设一条有效增加车辆行驶阻力的辅助减速车道，以实现失控车辆有效减速停车的目的。课题针对辅助减速车道关键技术进行研究，基于车辆系统动力学，以实际道路线形、试验数据为依据研究长大下坡路段载货汽车制动器升温、车速失控预测模型；基于轮胎动力学模型与摩擦材料科学，建立轮胎-颗粒流动力学模型，研究辅助减速车道参数匹配方案；建立“车辆-

道路”动力学模型，研究路面参数对车辆稳定性的影响；基于驾驶员视觉认知特性，研究辅助减速车道道路标志标牌及前置距离模型；针对典型长下坡路段，提出辅助减速车道设计方案。

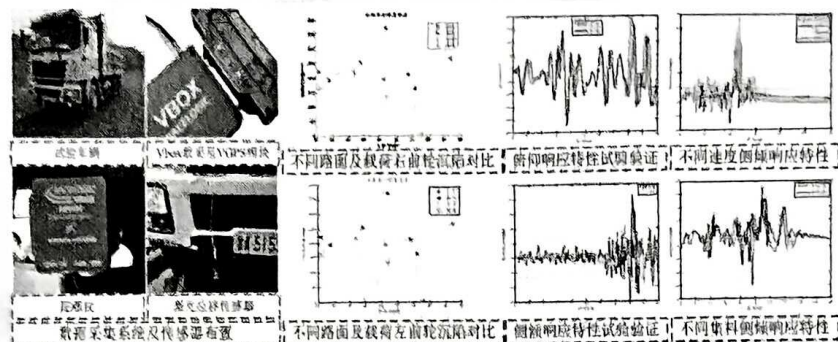
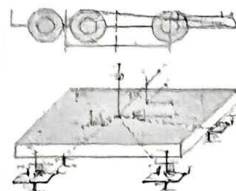


基于轮胎-颗粒流动力学模型辅助减速车道的参数匹配方法



基于制动器温升模型、速度失控模型的减速车道设定位置模型

运用Newton-Euler方法, 建立14自由度整车非线性耦合动力学模型, 即整车的纵向运动、侧向运动和横摆运动, 悬挂质量的垂向运动、侧倾运动和俯仰运动, 非悬挂质量的垂向的四个自由度, 四个轮胎与地面作用过程中的沉陷变形四个自由度, 研究车辆进入辅助减速车道车辆的俯仰、侧倾、横摆特性。



研究表明, 集料路面轮胎沉陷变形加剧整车侧倾, 侧倾角响应曲线波动增幅23.81%, 同时, 随着车速的增加, 侧倾、俯仰响应呈现增大趋势。

基于辅助减速车道的车辆行驶稳定性研究

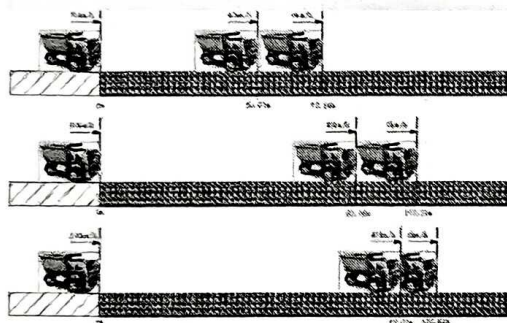
建议制动路床集料形状: 表面光滑圆度较高的集料, 砾石路床材料;

建议制动路床集料粒径: 粒径1-5cm;

建议制动路床铺设厚度: 最大铺设厚度不小于80cm;

建议制动路床铺设宽度: 不宜小于2.53m

建议制动路床铺设宽度: 允许速度大于100km/h的道路条件, 建议路床设计长度不应小于110m;



不同驶入速度和减速效果集料路床最小铺设长度

驶入速度 (km/h)	行驶至40km/h时 长度 (m)	行驶至0km/h时 长度 (m)
70	50.03	72.14
90	83.06	103.31

辅助减速车道的设计方案

(5) 榆林重型能源运输车辆组织模式与运行安全保障技术研究

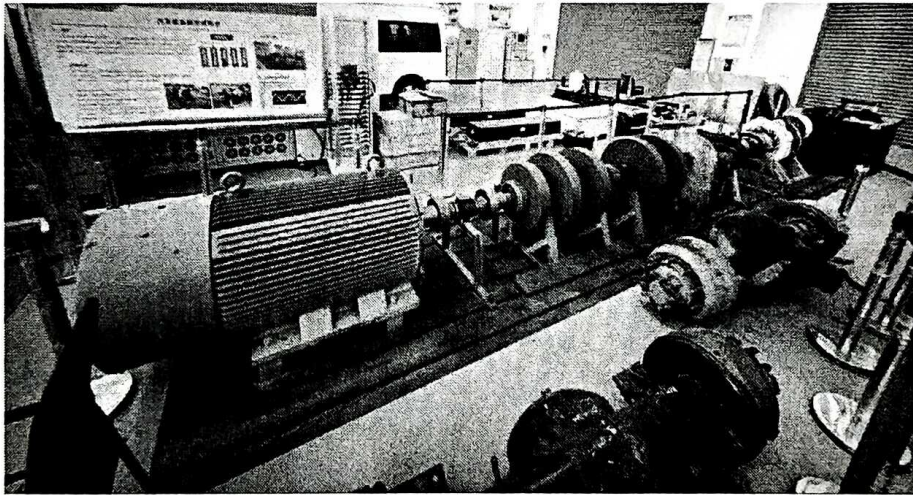
针对重型能源运输车辆运输安全保障问题, 项目对榆林市境内能源运输车辆的载重量、车型和持续制动配置进行调研, 分析交通事故成因; 基于车辆系统动力学理论、行车制动系统的升温原理和制动特性, 建立车-路耦合模型, 对行驶车速的控制理论进行研究; 基于动力学理论及实车实验建立持续制动特性模型, 对不同持续制动的匹配特性进行研究; 基于下坡行驶时车辆载重量、坡度、车速、变速器挡

位、持续制动匹配特性研究及相关动力学模型，研究下坡路段的安全行驶模式；提出能源运输车辆行车制动系统安全状态监控技术方案。

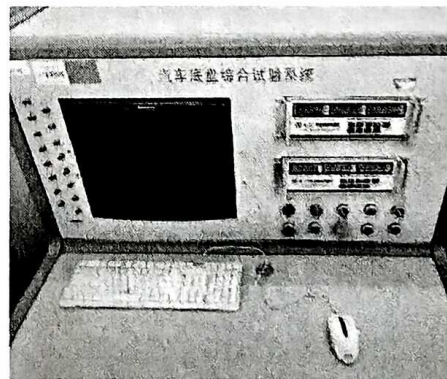
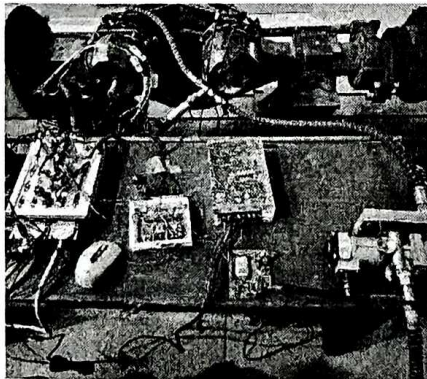
3.现有工作条件

该项目依托“汽车运输安全保障技术交通行业重点实验室”和“交通新能源开发、应用与汽车节能陕西省重点实验室”，自主研究和开发了多个大型实验研究平台和多种实验仪器设备：

(1) 汽车综合试验与测试系统。自主开发研制了汽车驱动制动控制系统、汽车综合试验台等。汽车综合试验台为载货汽车制动器温度预测模型、制动力观测器验证、多工况制动优化控制验证奠定了试验条件。



汽车综合试验台



汽车试验台控制系统



AD5435 的半实物仿真平台和仿真软件

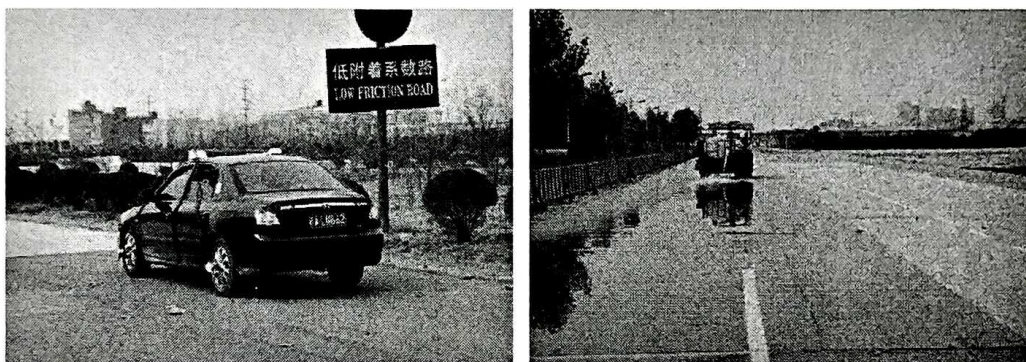
(2) 长安大学车联网与智能汽车试验场。长安大学汽车综合性能试验场位于长安大学渭水校区北侧，占地 423 亩，总投资 2.1 亿元，是全国高校唯一的汽车综合试验场。试验场包括五种可靠性强化典型试验道路、1.3 万平方米的操纵稳定性试验广场、三种低附着系数路面、两种爬坡坡道及涉水路等专用于汽车试验的道路设施。该试验场及三种低附着系数路面可以模拟附着系数为 0.1、0.4、0.7 的冰雪路面、泥泞路面和沥青路面，为耦合制动系统的道路试验提供了条件。

试验场集成了 4G-LTE、LTE-V、wifi、802.11p、EUHT 五种无线网络，构建了较为完备的车联网通信体系，同时研发并配置了无人车、智能网联汽车，无人车室内测试机电一体化系统，半实物仿真测试平台，交通信号控制系统、视频监控系统、Uwb 定位系统，龙门架、模拟隧道、地感线圈、ETC 系统、光纤网络、高性能服务器等各种测试装备，完成了部分实验道路的智能化管理，能够实现车辆与道路的 V-R，车辆与车辆的 V-V，车辆与控制中心的 V-I，道路与监控中心 R-I 之间的实时信息交互。可满足行人避撞、自行车避撞、紧急停车避撞、红绿灯自动识别、自动穿行隧道车-路信息交互、车-车交互、侧向超车、穿行 S 形路障、各种城市、高速、乡村公路应用场景下的车联网

与智能汽车测试需求。

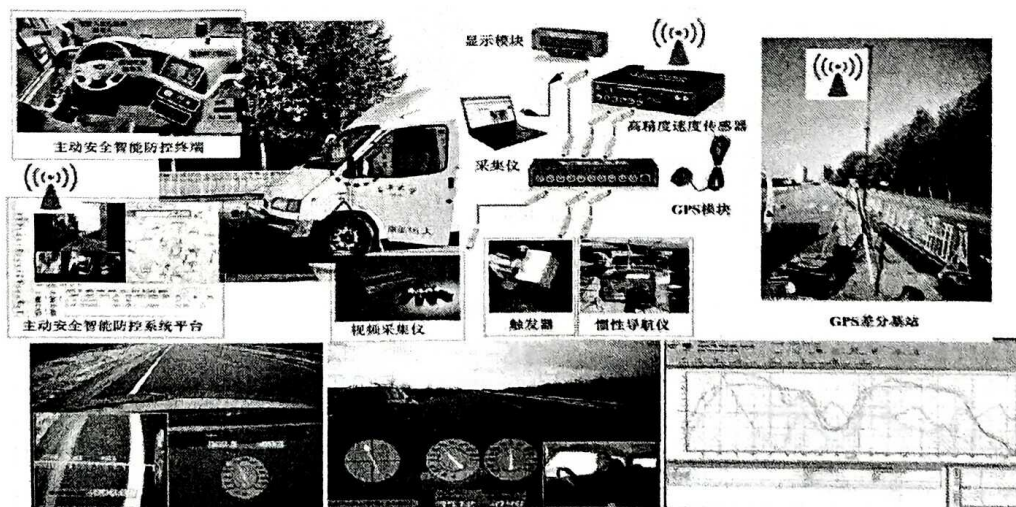


长安大学车联网与智能汽车试验场

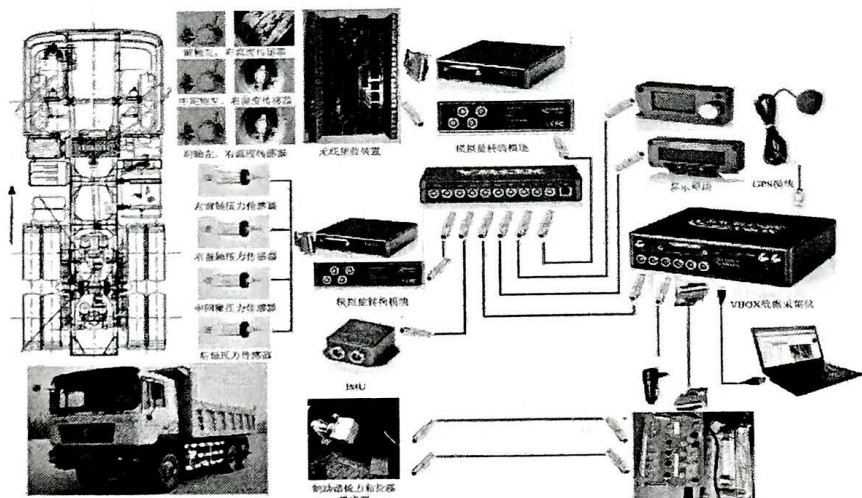


低附着系数路面

(3) 汽车道路试验测试系统。该系统包括：多通道数据采集仪、行驶记录仪、VGPS 车速传感器、轮速传感器、方向盘转角力传感器、陀螺仪、位移和踏板力传感器等。为道路试验数据采集提供实验条件。



基于车联网的道路测试系统



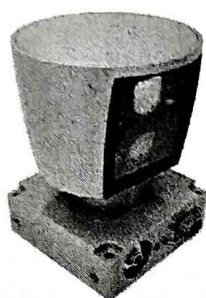
商用车道路测试系统

(4) 道路交通智能检测与装备。长安大学研究开发生产的“多功能道路检测车”是交通运输部西部交通建设科技项目“高等级路面激光检测技术及成套检测装备研究”和科技部项目“多功能激光路面检测系统”的科研成果。该检测车实现激光路面检测技术、数字图像路面检测技术及现代车辆技术的创新集成，将激光路面数据采集系统、路面数字图像采集系统、路面坐标信息采集系统、道路沿线设施信息采集系统、数据传输存储系统、数据处理系统等集一体，实现了路面平整度、构造深度、车辙、路面损坏、道路沿线设施等指标的同时检测。



多功能道路检测车

(5) 64 线激光雷达。该传感器有 64 个激光器，固定安装在上下激光块上，每个激光块有 32 个激光器，两个激光块作为一个整体旋转。采用这种设计，每个激光器每秒可发射数万次，每秒可提供成倍增加的数据点和数据密集度更高的点云。并且可提供 360°水平视场角(HFOV)和 26.8°垂直视场角。此外，还采用了最先进的数字信号处理和波形分析技术。



搭载 64 线激光雷达的试验车

综上，上述已有研究系统、实验平台、试验场地和仪器设备为本课题的研究和开发奠定了相关的研究平台和工作经验。

三、实施方案

1.拟解决的关键问题

(1) 建立包含主道、避险车道及主道与避险车道间道路特征属性的典型危险路段的数字化道路模型。

传统二维道路模型反映路程和坡度的纯数学模型关系，避险车道的位置、与主干道间的夹角、避险车道长度和坡度、集料的属性等道路属性缺失不完整，考虑到典型危险路段道路属性，项目组提出基于同步定位与地图构建的方法建立道路建模。考虑到典型危险路段特征的复杂性，提出摄像头、激光雷达、惯性测量单元等多传感器融合的

方法获取道路特征，通过神经网络等模型提取道路特征参数，建立典型危险路段的数字化道路模型。

(2) 获取典型危险路段营运车辆行驶稳定性的临界边界条件。

考虑到运输车辆在典型危险路段的安全保障能力，研究不同运动工况下，车辆纵向、横向及横纵向耦合动力学的运动失稳特性，探究不同运输车辆运动特性与车辆运动失稳的关联关系。利用车辆系统动力学模型以及所建立的道路特征参数与车辆运动失稳之间的关联关系，确定典型危险路段及避险车道行驶稳定性的边界条件。

(3) 研究运输车辆数字化模型、数字化道路模型云端可视化孪生方法。

通过机器视觉同步定位及地图构建技术构建数字化道路模型，结合车辆运行数据和历史大数据，建立车辆速度的实时动态预测模型，预测不同道路条件下车辆的速度变化趋势。云端可视化孪生方法将营运车辆数字化模型与数字化道路模型结合，实时展示车辆行驶状态和道路条件，便于监控和管理。

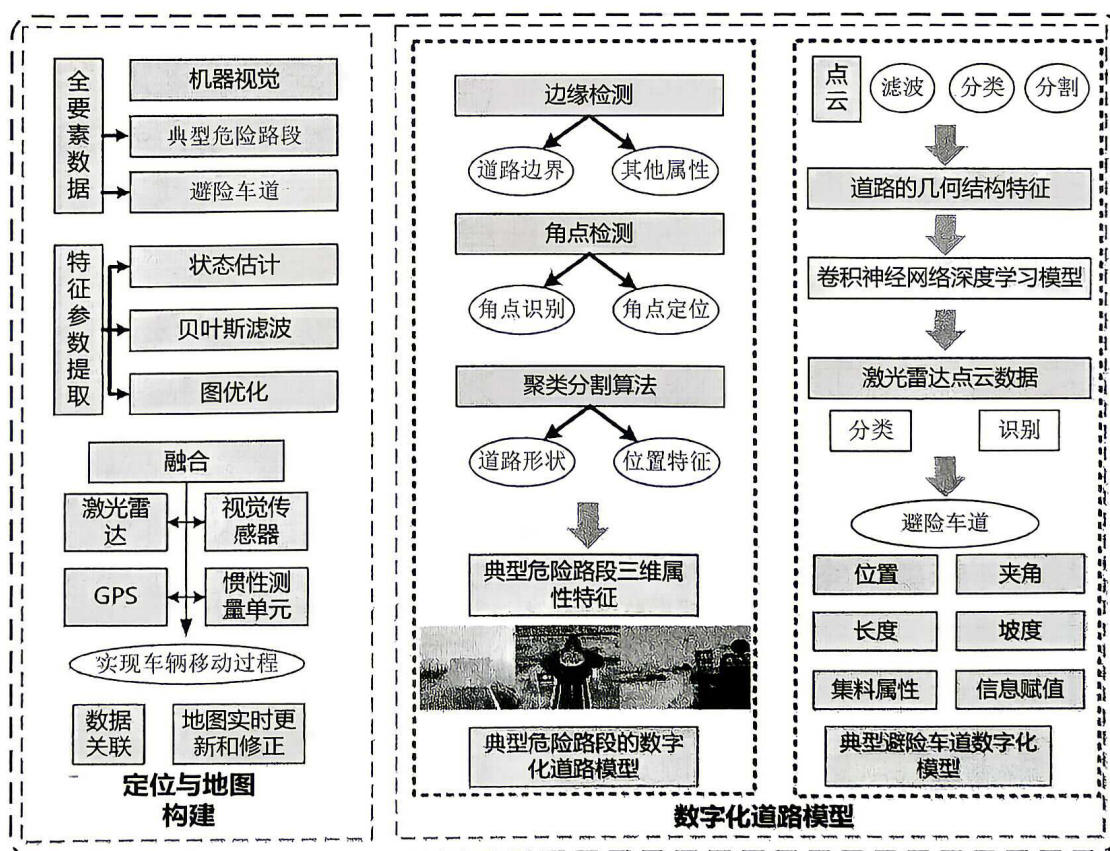
2.主要研究内容及实施方案

(1) 研究基于机器视觉的同步定位与地图构建，道路特征属性的表征方法，建立典型危险路段的数字化道路模型。

通过机器视觉采集典型危险路段和避险车道全要素数据，运用状态估计、贝叶斯滤波和图优化等理论提取特征参数，融合激光雷达、视觉传感器及 GPS 和惯性测量单元数据，实现车辆移动过程数据关联并实时更新和修正地图。

利用边缘检测捕捉道路边界和其他属性特征,利用角点检测识别和定位图像角点,依据尺度不变特征变换提取局部特征,运用聚类分割算法提取道路形状和位置特征,获取典型危险路段三维属性特征,建立典型危险路段的数字化道路模型。

应用点云的滤波、分类和分割处理技术,提取道路的几何结构特征,建立卷积神经网络深度学习模型,利用特征数据训练实现对激光雷达点云数据的分类和识别,通过避险车道位置、夹角、长度、坡度以及路面集料属性关联和信息赋值,建立典型危险路段避险车道数字化模型。



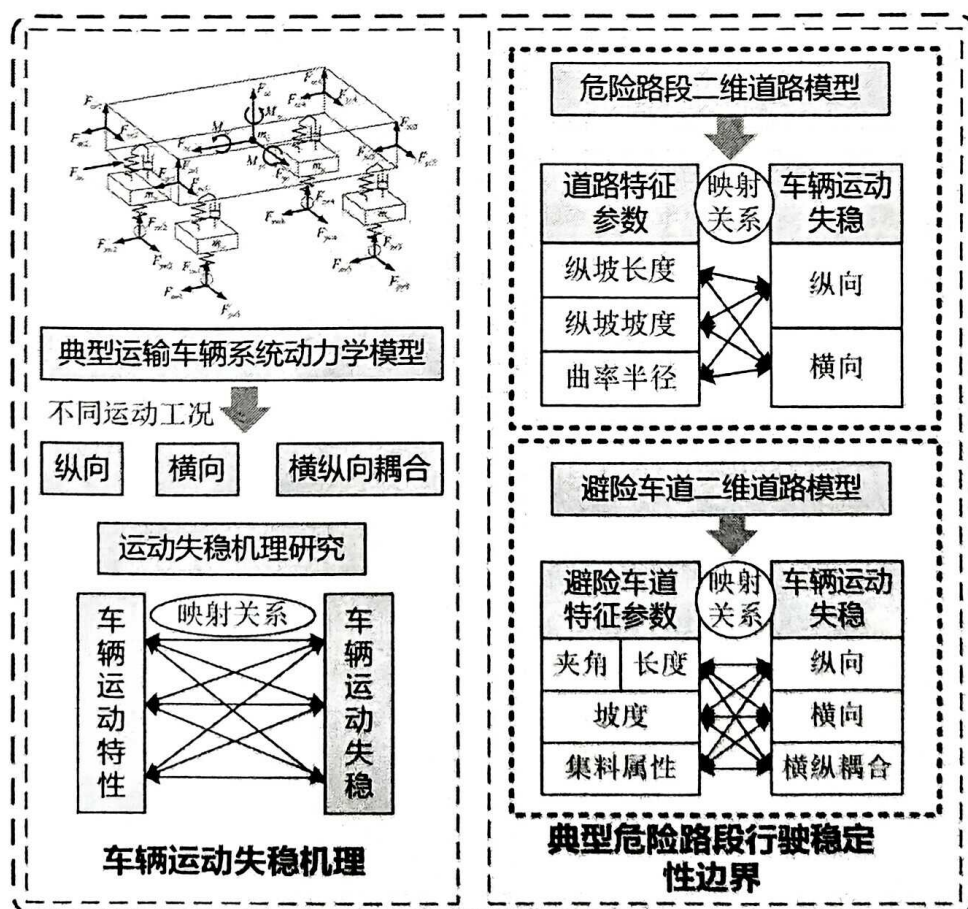
研究内容一技术方案

(2) 研究运输车辆运动失稳机理,分析道路主道、避险车道及主道与避险车道间道路特征属性与车辆运动失稳的关联关系,确定典

型危险路段行驶稳定性的边界条件。

建立典型运输车辆系统动力学模型，研究不同运动工况下，车辆纵向、横向及横纵向耦合动力学的运动失稳机理，分析不同运输车辆运动特性与车辆运动失稳的关联关系。

建立典型危险路段二维道路模型，研究不同类型车辆，分析纵坡长度、纵坡坡度、曲率半径等道路特征参数与车辆纵向、横向运动失稳的关联关系；建立典型危险路段避险车道二维模型，研究不同类型车辆，分析避险车道夹角、长度、坡度以及路面集料属性与车辆横纵向耦合运动失稳的关联关系。利用车辆系统动力学模型以及所建立的道路特征参数与车辆运动失稳之间的关联关系，确定典型危险路段及避险车道行驶稳定性的边界条件。

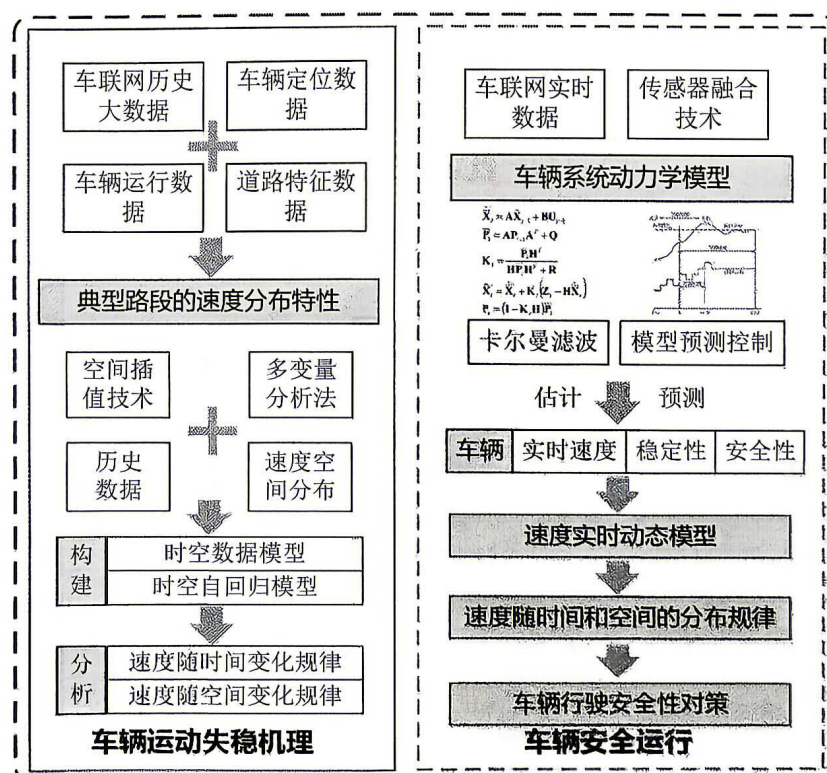


研究内容二技术方案

(3) 研究大数据车辆运行工况的表征方法，分析车辆运行统计分布、空间差异与速度分布特性关系，建立速度预测模型。

利用车联网历史大数据，整合车辆定位数据、运行和道路特征数据，分析典型路段的速度分布特性，应用空间插值技术识别速度数据在空间上的分布模式和聚集趋势，通过多变量分析法探究速度与道路特征参数等空间变量关系，基于历史数据预测不同地理位置的速度分布并分析影响因素，构建时空数据模型和时空自回归模型，分析速度随时间和空间的变化规律。

利用车联网实时数据和传感器融合技术，基于车辆系统动力学模型，运用卡尔曼滤波、模型预测控制等算法实现对车辆的实时速度、稳定性和安全性估计和预测，建立速度实时动态预测模型；依据速度随时间和空间的分布规律，提出车辆行驶安全性对策。

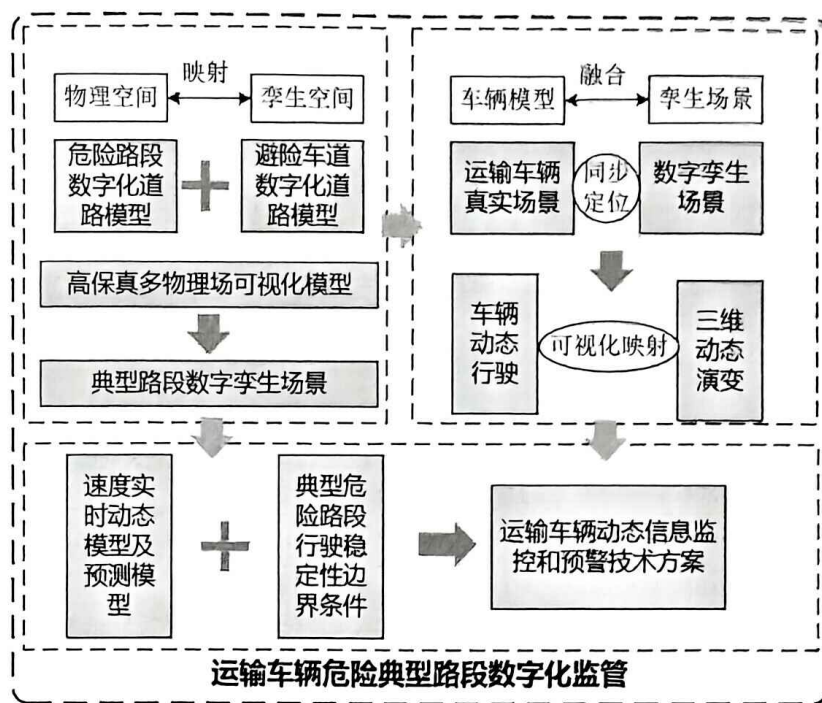


(4) 运输车辆车-路-云一体化综合保障技术开发。研究运输车辆数字化模型、数字化道路模型云端可视化孪生方法,以运输车辆单北斗模式的主动安全智能防控终端及平台为载体,通过防控终端实时获取车辆定位和行驶状态信息,实现平台三维动态演变可视化,达到运输车辆典型危险路段数字化监管的目的。

研究物理空间和孪生空间的映射方法,利用典型危险路段的数字化道路模型、避险车道模型建立多尺度可视化模型,构建典型危险路段数字孪生场景。研究运输车辆模型与典型危险路段数字孪生场景融合方法,研究运输车辆真实场景和数字孪生场景同步定位的方法,实现车辆动态行驶与三维动态演变可视化的映射。

构建运输车辆动态信息监控和预警技术方案,利用速度实时动态预测模型、典型危险路段行驶稳定性的边界条件,实现对车辆动态行驶状态的准确预测。

开发包含感知层、网络层、平台层和应用层的分层架构运输车辆车-路-云一体化综合保障技术软件系统,感知层负责采集车辆,网络层负责数据传输,平台层进行数据处理和决策,应用层则提供各类API服务;实现车辆位置监控与轨迹回放、车辆状态监测、道路状况监测与预警、事故预警与处理。搭建车载、云平台多位一体的车-路-云一体化综合保障技术硬件模块,形成基于单北斗模式主动安全智能防控终端和逻辑协同、物理分散的云计算平台架构,实现数据在线处理和分析。



研究内容四技术方案

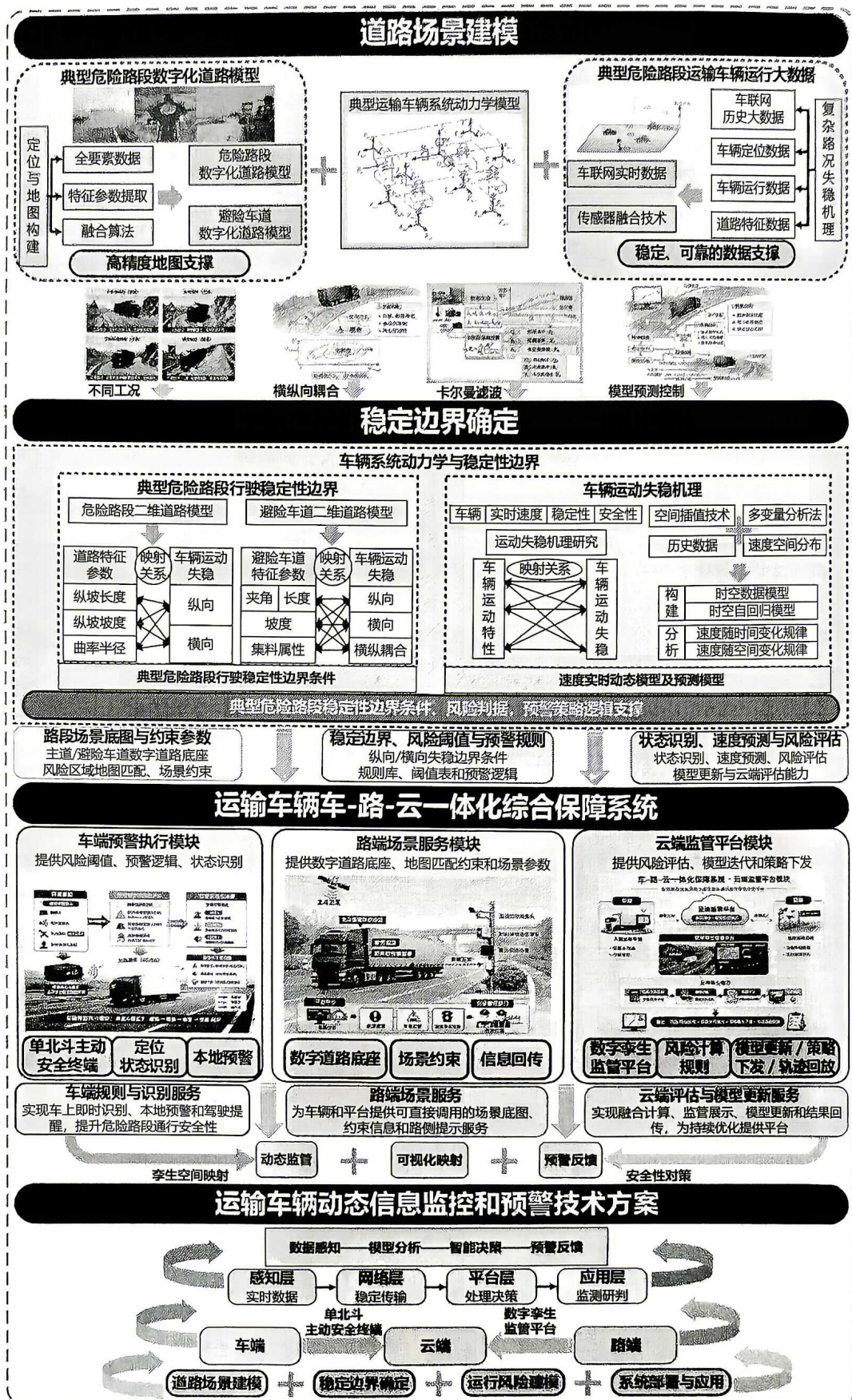
3.技术路线

(1) 研究技术方案

运输车辆典型危险路段数字化安全保障模块是一个融合了高精度环境感知、车辆动力学机理分析、大数据驱动预测与云端数字孪生技术的综合性解决方案。模块通过多层次技术的协同作用，实现对典型危险路段运输车辆安全风险的事前预警、事中干预与事后追溯。其核心架构与协同作用机理如下所述。

首先，构建高保真的数字化道路模型，含避险车道等关键区域的属性信息。通过集成激光雷达、视觉传感器及高精度 GPS/IMU 组合导航系统，采用紧耦合的激光-视觉-惯性 SLAM 技术，实现高精度定位与道路几何特征的精准获取。基于深度学习算法提取并量化纵坡长度、坡度、曲率半径以及避险车道的位置、夹角、长度、坡度及路面集料属性等关键道路特征参数，形成标准化的道路属性表征。为后续

的稳定性分析提供了真实可靠的数字环境,也为车路协同应用提供了高精度地图支撑。



在精准的数字化道路模型基础上，通过多体动力学仿真的方法，深入研究重型车辆在复杂路况下的失稳机理。通过构建考虑载重、质心、悬架等参数的车辆动力学模型，系统分析不同道路特征参数对车辆操纵稳定性的影响，从而确定车辆失稳的临界边界条件。依据速度随时间和空间的分布规律，获得质心侧偏角与横摆角速度等关键状态参数的安全阈值，为实时风险研判提供理论依据。

利用部署在车辆上的“智能视频监控系统北斗终端”采集海量运行数据（GPS 轨迹、速度、时间等），通过数据清洗、降噪与地图匹配等预处理后，运用统计学习和时空自回归模型分析速度的统计分布特性、空间差异及其与道路线形的关系，构建了能够预测未来速度的动态模型，结合失稳临界边界，实现对车辆运行风险的超前预测，为行驶策略提供数据支撑。

前述各环节的成果最终在车-路-云一体化数字孪生平台中进行集成与可视化应用。该平台采用分层架构：感知层通过终端采集车辆实时数据；网络层通过统一的通信协议保障数据低延时、稳定传输；平台层实现数据的融合处理、模型计算与决策，并完成运输车辆数字化模型与高精度道路模型的云端轻量化融合与渲染，形成实时同步的数字孪生体；应用层则集成车辆实时监控、运行状态监测、道路状况感知等功能，并基于失稳边界和速度预测模型，开发失稳风险研判与预警等核心应用。平台最终通过人机交互界面，为监管人员提供三维动态可视化的监控视图，形成面向典型危险路段的数字化监管闭环。

整个流程以数字化道路模型和车辆动力学模型为静态基础，以实

时数据流和动态预测模型为驱动，在数字孪生平台上实现感知-分析-决策-反馈的动态闭环，共同构成一个系统各层级间实现深度耦合与数据闭环的主动安全保障系统。

(2) 工作流程

为确保项目系统性推进并实现各项研究目标，本项目工作流程遵循数据感知—模型分析—智能决策—预警反馈的技术闭环，划分为四个逻辑紧密衔接、任务循序渐进的实施阶段。

第一阶段：基础数据获取与数字化建模。本阶段主要任务是构建数字化道路模型，首先通过现场勘察选定典型危险路段，并对项目组已有的 64 线激光雷达、视觉传感器及高精度 GNSS/IMU 系统进行标定与同步调试。随后，采用车载移动测量方式同步采集目标路段的高精度点云、连续图像及组合导航位姿等多源异构数据。在此基础上，基于紧耦合 SLAM 算法进行点云配准与地图构建，并利用深度学习模型自动提取与量化纵坡坡度与长度、曲率半径、避险车道几何参数及集料属性等关键道路特征。最终，整合几何与属性信息，构建典型危险路段及避险车道的数字化道路模型。

第二阶段：机理模型构建与边界条件确定。本阶段主要任务是研究车辆失稳机理与建立运行速度预测模型。一方面，基于多体动力学软件构建典型重型运输车辆的系统动力学模型，并导入第一阶段提取的道路特征参数，通过模型耦合进行大量仿真，系统分析不同道路线形组合对车辆稳定性的影响。结合仿真数据，依据速度随时间和空间的分布规律，确定车辆失稳的临界边界条件。另一方面，利用单北斗

防控终端采集的历史与实时数据,通过多变量分析法与时空自回归模型深入分析速度的时空分布规律,构建速度实时动态预测模型。

第三阶段:一体化模块核心组件开发。本阶段任务是车-路-云一体化安全保障技术模块开发。首先,设计包含感知层、网络层、平台层与应用层的分层系统架构,并制定统一的数据接口与通信协议,以确保数据在车、路、云之间的稳定、低延时传输。接着,研究运输车辆与高精度道路数字化模型的轻量化与云端融合技术,并开发三维动态可视化引擎,实现环境与车辆状态的可视化映射。最后,将第二阶段所获得的失稳边界条件与速度预测模型进行算法封装,集成至平台层,开发出风险实时研判与预警的核心功能模块。

第四阶段:模块集成、示范应用与项目总结。本阶段任务是成果转化与验证。首先,将前序阶段开发的各软硬件模块(包括终端、云计算平台、核心算法与可视化引擎)进行系统集成,并在实验室环境下进行全面的功能、性能与稳定性测试与优化。将集成系统部署于选定的依托工程进行示范应用。系统整理全部技术资料与研究数据,撰写研究总结报告与技术报告,形成软件著作权、专利及学术论文等一系列知识产权成果,并完成项目经费审计,最终准备结题验收。

4.技术成果应用

项目依托陕西省道路运输车辆公共服务平台(道路运输车辆智能视频监控系统政府监管平台)、企业监控平台和终端开展应用研究,形成的成果可布设政府监管平台和企业监控平台,通过防控终端实时获取车辆定位和行驶状态信息,进入危险路段的运势车辆实现平台三

维动态演变可视化，达到运输车辆典型危险路段数字化监管的目的。

5.技术经济指标

成果转化 1 项。依托本项目研发的车—路—云一体化综合保障技术及核心功能模块，开展工程化集成与应用落地，面向省内重点道路运输企业和车载监控运维服务单位进行成果转化与示范应用，形成标准化、可复用的技术方案，具备在全省路网范围内规模化推广的条件。

四、项目承担单位及参加单位概况

1. 项目承担单位概况及参加单位概况

长安大学直属国家教育部，是国家首批“211 工程”重点建设大学、国家“985 优势学科创新平台”建设高校、国家“双一流”建设高校，被誉为公路交通人才培养的“黄埔军校”、科技创新的“金名片”。长期以来，长安大学在汽车交通领域为国家重大决策制定、重点工程建设、行业转型升级和人才培养等方面提供了有力支撑和重要引领。学校拥有一支以中国科学院院士、中国工程院院士、长江学者、千人计划、万人计划等国家级人选和教育部、交通运输部、陕西省等各类高层次人才为核心的教学科研队伍，现有 2 个国家工程实验室，1 个国际联合实验室和 91 个省部级重点研究基地。国内高校唯一的“车联网与智能汽车试验场”，被交通运输部认定为全国三大“自动驾驶封闭场地测试基地”之一。“十一五”以来，承担了包括国家“973”计划、“863”计划、国家重点研发计划、国家科技支撑计划、国家自然科学基金重点和面上项目、国家社会科学基金项目、西部交通建设科技项目在内的科研项目 9800 余项，十年科研经费总额突破 72 亿元，

年度科研经费突破 9.6 亿元。获得国家专利 8000 余项，发表学术论文 16000 余篇，SCI、EI、CPCIS 收录论文 10000 余篇。2006 年以来荣获省部级以上科技奖励 230 余项，其中荣获包括国家科技进步一等奖在内的国家科技奖励 23 项，成为我国交通运输领域高层次人才培养、高水平科学研究、高质量社会服务的重要基地。

汽车学院是长安大学“211 工程”、985 优势学科重点建设学院。现拥有交通运输工程 1 个国家级重点学科；车辆工程等 3 个国家级一流专业；智能车辆工程 1 个国家新工科专业；交通运输工程、机械工程 2 个博士后流动站；载运工具和车辆工程 2 个二级学科博士学位授权点。现有西部交通安全与智能控制省部共建协同创新中心、车联网教育部-中国移动联合实验室、汽车运输安全保障技术交通行业重点实验室、陕西省车辆智能化与电动化关键技术国际联合中心等省部级科研平台 10 余个，建有长安大学汽车先进检测技术创新中心（国家认证认可监督管理委员会授权 CMA）和长安大学交通事故痕迹物证司法鉴定中心两个对外服务机构，拥有国务院特殊津贴专家、青年长江学者、交通部中青年科技领军人才等国家级、省部级人才和突出贡献专家 25 人次，教授 24 人、副教授 29 人、高级工程师 11 人。学院按照聚焦特色、突出优势、凝炼方向、汇聚队伍、构筑平台、加强创新的科研团队建设思路，通过合理配置各类资源，调整学科布局、优化学科结构，在新能源和智能网联汽车测试评价、人车系统安全、汽车可靠性与故障诊断等领域构建科学研究群体优势，主持获 2007 年国家科技进步二等奖“汽车综合性能检测关键技术研究、系列产品开发及

其产业化”，2014 年国家科技进步二等奖“汽车制动与 ABS 多工况整车智能检测技术及装备开发”，2020 年国家科技进步二等奖“道路与桥梁多源协同智能检测技术与装备开发”，以及省部级科学技术进步奖特等奖、一等奖 20 余项。

陕西省道路运输事业发展中心原名陕西省道路运输管理局，于 1990 年 12 月成立。根据省委编办《关于调整省交通运输厅所属承担行政职能事业单位机构编制的通知》（陕编办发〔2019〕11 号）精神，陕西省道路运输事业发展中心主要履行以下职能：贯彻落实国家和我省有关道路运输管理的法律法规；参与拟定道路客货运、城市客运、维修检测和培训等行业政策法规、发展规划、标准规范；承担机动车维修检测和道路运输车辆服务工作；培训道路运输从业人员和驾驶员；承担道路运输行业信息化、信用体系建设与应用管理、运行预监测、科研、技术攻关等工作；承担城市公共汽车、出租汽车、城市轨道交通运营、汽车租赁等行业管理的事务性工作；协助开展道路运输行业生态环保、信访维稳、信息咨询、投诉处理工作；完成省交通运输厅交办的其他工作。

2. 技术力量及人员构成

项目组成员 16 名，高级及以上职称人员 7 名，博士研究生 3 名，硕士研究生 4 名，另外陕西省道路运输事业发展中心可为项目提供技术落地、成果推广提供有力的支撑。

序号	姓 名	单 位	性别	年 龄	技术职称	专 业
1	史培龙	长安大学	男	1984-01-27	正高级	车辆工程

2	张锁	陕西省道路运输事业发展中心	男	1982-07-13	副高级	载运工具
3	赵轩	长安大学	男	1983-12-31	正高级	车辆工程
4	曹鑫	长安大学	男	1978-12-09	博研	运输工程
5	董越	陕西省道路运输事业发展中心	男	1981-08-28	/	法律
6	李高锋	陕西省道路运输事业发展中心	男	1982-08-23	中级	信息化
7	张硕	长安大学	男	1985-09-17	副高级	车辆工程
8	张凯	长安大学	男	1990-12-01	副高级	车辆工程
9	黄玉青	陕西省道路运输事业发展中心	男	1989-06-13	副高级	信息化
10	刘瑞	长安大学	男	1988-10-06	副高级	车辆工程
11	周猛	长安大学	男	1995-10-30	博研	车辆工程
12	邝士奇	长安大学	男	1995-10-30	博研	车辆工程
13	高慧忠	长安大学	男	1999-10-12	硕研	车辆工程
14	刘茂森	长安大学	男	1999-10-03	硕研	车辆工程
15	魏洋文	长安大学	男	2001-02-27	硕研	车辆工程
16	薛紫薇	长安大学	男	2002-01-19	硕研	车辆工程

3. 各自承担的主要工作

项目组成员分工如下：

序号	姓 名	单 位	技术职称	专业	在项目中担任 具体工作
1	史培龙	长安大学	正高级	车辆工程	项目统筹、组织、实施
2	张锁	陕西省道路运输事业发展中心	副高级	载运工具	项目组织规划实施，资源协调
3	赵轩	长安大学	正高级	车辆工程	项目技术指导
4	曹鑫	长安大学	博研	载运工具运用工程	道路数字化建模

5	董越	陕西省道路运输事业发展中心	无	法律	项目示范应用协调
6	李高峰	陕西省道路运输事业发展中心	中级	信息化	场景数字化技术和应用
7	张硕	长安大学	副高级	车辆工程	车辆动力学建模
8	张凯	长安大学	副高级	车辆工程	保障方案设计
9	黄玉青	陕西省道路运输事业发展中心	副高级	信息化	保障系统硬件系统和软件系统构建
10	刘瑞	长安大学	副高级	车辆工程	数据采集
11	周猛	长安大学	博研	车辆工程	同步定位和地图构建
12	邝士奇	长安大学	博研	车辆工程	数字化模型构建
13	高慧忠	长安大学	硕研	车辆工程	数字孪生
14	刘茂森	长安大学	硕研	车辆工程	大数据分析
15	魏洋文	长安大学	硕研	车辆工程	数字化模型构建
16	薛紫薇	长安大学	硕研	车辆工程	多传感器融合

4. 项目主要负责人情况

史培龙，男，教授，博士研究生导师，长安大学汽车先进检测技术创新中心执行主任。主要研究方向汽车安全技术、汽车测试技术及智能车控制技术。中国汽车工程学会底盘集成分会委员、陕西省机动车报废拆解回收企业资质评审专家、陕西省市场监督管理局检验检测机构资质认定评审专家、陕西省司法厅司法鉴定机构资质认定评审专家。近年来，主持国家自然科学基金面上项目 1 项，交通运输标准规范研究 1 项，陕西省重点研发计划项目重点项目、一般项目及产业链群项目 3 项，科研创新发展基金项目 1 项，横向项目 20 余项，参与国家级、省部级项目研究项目多项。在《中国公路学报》、《Fibers and

Polymers》等期刊发表论文 30 余篇。授权发明专利 6 项（第 1 完成人），参与国家标准、地方标准等起草或修订 10 余项。

张锁，男，高级工程师，陕西省道路运输事业发展中心副主任，长期从事道路运输车辆的安全管理工作。

赵轩，男，教授，博士研究生导师、长安大学汽车学院院长、车辆工程学科 A 岗责任教授。先后入选 2022 年度教育部青年长江学者、2022 年度交通运输行业中青年科技创新领军人才、2020 年度陕西省“特支计划”青年拔尖人才、2020 年度第十三届陕西青年科技奖、2019 年度教育部霍英东青年教师基金、2020 年度陕西青年科技奖、2017 年度陕西省“青年科技新星”人才、2022 年度斯坦福全球前 2% 顶尖科学家、2022 年度中国汽车工程学会高级会员、2022 年度“长安学者”特聘教授、2019 年度“青年长安学者”等人才称号。同时，作为节能与新能源汽车科技创新团队的主要负责人和骨干，获得 2018 年度全国首批高校黄大年式教师团队、2022 年度陕西高校青年创新团队（负责人）、2019 年度陕西团省委“陕西好青年”团队（负责人）、2021 年度陕西省科技创新团队、2022 年度长安大学“三全育人”科研育人先进团队（负责人）等团队荣誉称号。同时，还担任电动汽车陕西省高校工程研究中心主任以及中国汽车工程学会、中国公路学会、全国汽车标准化技术委员会等 20 余个学术组织任职。赵轩教授长期围绕电动汽车动力学控制、能量管理与智能检测，智能驾驶汽车技术开展研究工作。近年来，主持国家重点研发计划项目（专题 3 项）、国家自然科学基金项目（面上 2 项和青年 1 项）、教育部霍英东青年

教师基金项目、中国博士后科学基金项目（特别资助和面上基金）、陕西省科技重大专项、陕西省重点产业创新链（群）项目、陕西省创新人才推进计划项目、陕西省高层次人才科研资助项目、陕西省博士后基金项目、陕西省自然科学基金项目、甘肃省科技支撑计划项目等国家级、省部级纵向科研项目 20 余项。发表学术论文 150 余篇，其中 SCI 检索 70 余篇，ESI 前 1%高被引论文 3 篇，ESI 前 0.1%热点论文 1 篇，Web of Science 引用 1300 余次，出版专著 4 部；申请和授权专利 70 余项，其中发明专利 40 余项；制定国家标准 1 项、地方和团体标准 4 项。主持获陕西高等学校科学技术一等奖 2 项，参与获得 2022 年度陕西省科技进步一等奖、2022 年度中国公路学会科学技术一等奖、2020 年度陕西省科技进步一等奖、2020 年度中国生产力促进中心协会科学技术一等奖、2017 年度中国物流和采购联合会科技进步一等奖、2023 年度国家级教学成果一等奖、2022 年度陕西省教学成果特等奖。

五、项目依托工程（工作）情况及其他必要支撑条件

1.依托工程（工作）概况

（1）道路运输车辆智能视频监控系统换装工作

为贯彻落实《交通强国建设纲要》《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》等国家级文件要求，推进自主化先进技术装备应用及北斗系统在交通运输重点领域的全面覆盖，依据《道路运输车辆动态监督管理办法》（2022 年第 10 号令），行业监管范围逐步拓展至重型货运车辆。2024 年 4 月，财政部、交通运输部联合印发通知，明确

公路水路交通基础设施数字化转型升级方向。

2024 年 12 月陕西省交通运输厅运输处召开“我省道路运输车辆智能视频监控系统换装工作”，拟在 2018 年交通运输部印发《交通运输部办公厅关于推广应用智能视频监控报警技术的通知》【2018】115 号文的基础上，升级“两客一危”领域推广的主动安全智能防控终端，并扩大范围至 12 吨以上的重点营运车辆，同步落实《交通强国建设纲要》《“十四五”现代综合交通运输体系发展规划》文件精神。按照陕西省交通运输厅《全省重点营运车辆卫星定位终端换装技术标准等工作专题会议纪要》（第 86 次）精神，2025 年 11 月陕西省道路运输事业发展中心发布《陕西省道路运输车辆智能视频监控系统北斗终端技术规范》，拟于 2026 年 4 月正式启动换装工作。

项目依托交通运输部推广的智能视频监控报警技术、推进自主化先进技术装备应用和公路水路交通基础设施数字化转型升级为契机，开展运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究，旨在通过技术攻关降低运输安全风险，保障运输效率与供应链畅通，助力交通运输行业高质量发展。

（2）京昆高速西汉段左线 K1148-K1164 西安方向道路场景

项目拟选取京昆高速西汉段左线 K1148-K1164 西安方向作为典型危险路段开展研究。该路段桥隧占比高、急弯陡坡密集，线形条件复杂，2013 年被公安部交通管理局列为全国十大危险路段之一。统计数据显示，该路段自 2007 年开通运营至 2013 年 10 月，因道路交通事故累计造成 139 人死亡；2017 年 8 月 10 日，该路段秦岭一号隧

道口发生大客车坠崖重大事故，造成 36 人死亡、13 人受伤，属于典型的事故高发、风险突出路段。

(3) 行业内高水平科研平台

课题组以长安大学“汽车运输安全保障技术交通行业重点实验室”为支撑平台。依靠汽车运输安全保障技术交通行业重点实验室的试验条件和手段，开展了大量基础性和探索性的科学研究，解决了人、车、环境系统中与运输安全密切相关的许多关键技术难题，为政府决策提供了有力的技术支持。行业重点实验室深厚的技术积淀为课题的顺利实施提供有利的技术支撑条件。

2.投资来源

项目资金来源由两部分组成，一部分为陕西省交通运输厅财政经费，预算总金额为 19.88 万元；另一部分为陕西省道路运输事业发展中心配套自筹经费，拟配套经费 49.50 万元。

3.工程进度与项目科研进度的配合

项目周期：2026 年 03 月—2028 年 03 月

(1) 2026 年 03 月-2026 年 08 月

制订项目实施方案，完成典型危险路段数据采集，确定道路属性的赋值方法，建立典型危险路段和避险车道数字化道路模型。

(2) 2026 年 09 月-2027 年 02 月

建立运输车辆模型，研究不同运动工况下，车辆纵向、横向及横纵向耦合动力学的运动失稳机理，利用车辆系统动力学模型以及所建立的道路特征参数与车辆运动失稳之间的映射关系，确定典型危险路

段及避险车道行驶稳定性的边界条件。进行大数据分析，挖掘车辆运行统计分布、空间差异与速度分布特性关系，研究大数据车辆运行工况的表征方法，建立速度实时动态预测模型。

(3) 2027 年 03 月-2027 年 08 月

研究物理空间和孪生空间的映射方法，建立高保真多物理场多尺度可视化模型，构建典型危险路段数字孪生场景；研究运输车辆真实场景和数字孪生场景同步定位的方法；构建运输车辆动态信息监控和预警技术方案。

(4) 2027 年 09 月-2028 年 03 月

开发运输车辆车-路-云一体化综合保障模块的硬件和软件系统，撰写研究报告，准备结题验收材料。

4.组织管理形式

项目实施过程中，要加强规范化、科学化管理，建立科学、合理的组织管理体系，实施研究周例会、财务制度和安全保障制度，以保证项目的顺利完成。

(1) 周例会制度

为了确保项目顺利开展，课题组每周固定时间、固定地点召开一次工作例会。周会内容主要围绕前一周的工作总结汇报和后一周的工作计划，追踪任务完成进度和制定计划任务并适时调整，解决研究环节出现的问题。针对重大或者疑难问题，及时沟通，协商解决提出切实可行的方案。

(2) 财务制度

为了保证科研经费的规范使用，课题组严格按照国家科研经费财务制度执行经费的预算和决算。由课题负责人在财务部门的管理和监督下，按照财务管理的有关制度和预算计划支配使用科研课题经费，不得超出预算或课题合同规定的开支范围。

（3）安全保障制度

项目实施的过程中，进行相关道路实车试验时，组织课题人员做好后勤保障、安全处置及交通疏导工作。必要时与交通管理部门、消防部门和医疗应急处置部门协调，做好安全保障措施，确保课题组人员及其他工作人员的安全工作。

六、项目经费估算及资金筹措情况

对经费估算及资金筹措情况说明，提供所需经费测算说明。

经费投入（万元）		经费支出（万元）			
科 目	估算数	科 目	总经费	厅补经费	其他经费
省交通运输厅补助	19.88	合 计	19.88	19.88	0
工程配套研究经费	0.00	1.设备费	2.00	2.00	0
单位自筹	49.50	（1）购置设备费	0.00	0.00	0
其他经费	0.00	（2）设备改造与租赁费	2.00	2.00	0
		2.业务费	11.99	11.99	0
		（1）材料费	3.00	3.00	0
		（2）测试化验实验加工费	0.80	0.80	0
		（3）燃料动力费	1.19	1.19	0
		（4）差旅费/会议费/国际合作与交流费	3.00	3.00	0
		（5）出版/文献/信息传播/知识产权事费	4.00	4.00	0
		（6）其他费用	0.00	0.00	0
		3.劳务费	3.80	3.80	0
		（1）专家咨询费	0.80	0.80	0
		（2）聘用人员劳务费	0.00	0.00	0
		（3）其他劳务费	3.00	3.00	0
		（二）间接费用	2.09	2.09	0
		4.管理费	2.09	2.09	0
		5.绩效支出	0.00	0.00	0

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

一、项目直接费用 17.79 万元

1.设备费 合计 2.00 万元

(1) 购置设备费 共计 0 万元

(2) 设备改造和租赁费 共计 2.00 万元

场景采集和测试调试车辆、场景采集设备租赁费用，0.20 万元/天，10 天，共计 2.00 万元。

2.业务费 合计 11.99 万元

(1) 材料费 共计 3.00 万元

主要用于搭建车载、云平台多位一体的车-路-云一体化综合保障技术硬件系统，车载终端 2 台，0.45 万元/台，共计 0.90 万元；车载通讯部件，0.32 万元/个，需要购置 2 个，共计 0.64 万元；信号模拟传感器 0.51 万元/个，采购一个，共计 0.51 万元；采购保障系统存储单元、显示设备共计 0.95 万元。

(2) 测试化验实验加工费 共计 0.79 万元

试验过程中，加工部分结构连接件，需要费用 0.40 万元；部分传感器固定等需要加工定制配件，计费用 0.20 万元；测试车辆改装、更换零部件产生费用 0.19 万元，合计 0.79 万元。

(3) 燃料动力费 共计 1.20 万元

测试过程中需要买燃油，测试里程 2400 公里，按照 5.00 元/km，共计燃油动力费 1.20 万元。

(4) 差旅费/会议费/国际合作与交流费 共计 3.00 万元

差旅费：参加学术会议 2 次，每次 2 人 2 天，交通费 1500 元/人/次，住宿费 300 元/人次/天，共 0.72 万元；会议费：参加国内学术会议 2 次，每次 2 人，每人每次 0.20 万元，共 0.80 万元；国内企业、高校调研、技术交流 4 次，每次 2 人 2 天，共计差旅费 1.48 万元。

(5) 出版/文献/信息传播/知识产权事费 共计 4.00 万元

发表论文 3 篇，每篇 0.80 万元，共 2.40 万元；发明专利 2 项，每项 0.35 万元，共 0.70 万元；打印材料 0.50 万元；图书和会议材料等采购 0.40 万元。

(6) 其他费用

3.劳务费 合计 3.80 万元

(1) 专家咨询费 共计 0.80 万元

组织技术路线论证、技术难点讨论会和实施方案专题研讨会 2 次，每次邀请 5 名专家，每人每次专家费 0.08 万元，共计 0.80 万元。

(2) 聘用人员劳务费 0.00 共计万元

(3) 其他劳务费 共计 3.00 万元

培养博士研究生 3 名，共计 1.20 万元；培养硕士研究生 4 人，共计 1.80 万元。

二、间接费用 合计 2.09 万元

4.管理费 共计 2.09 万元

管理费 10.5%。

5.绩效支出 共计 0.00 万元

三、自筹经费来源：49.50 万元

项目合作单位陕西省道路运输事业发展中心拟自筹配套 49.50 万元经费，用于陕西省道路运输车辆公共服务平台（本项目依托的平台）升级和维护。

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）	2
		（1）授权发明专利	2
		（2）实用新型	0
		（3）外观设计	0
		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
		（2）其中 EI 索引收录数	0
		（3）其它	1
		4、著作（部）	0
		5、制订标准数（项）	1
		（1）国际标准	0
		（2）国家标准	0
		（3）行业标准	0
		（4）地方标准	0
		（5）企业标准	0
		（6）科技报告	1
	其他成果	1、填补技术空白数	0
		（1）国际	0
		（2）国家	0
		（3）省级	0
		2、获奖项数	0
		（1）国家奖项	0
		（2）部、省奖项	0
		（3）地市级奖项	0
		3、其他科技成果产出	0
		（1）新工艺（或新方法模式）	0
		（2）新产品（含农业新品种）	0
		（3）新材料	0
		（4）新装备（装置）	0
		（5）平台/基地/示范点	0
		（6）中试线	0
		（7）生产线	0

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

1.项目预期目标（项目的考核目标）

（1）运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究报告 1 份，包括基于机器视觉的同步定位与建图技术、基于道路属性特征的运输车辆运动失稳机理研究、大数据车辆运行工况的表征及速度预测模型建模方法、运输车辆车-路-云一体化综合保障系统软硬件模块搭建。

（2）运输车辆车-路-云一体化综合保障模块 1 个，包含感知层、网络层、平台层和应用层的分层架构及运输车辆车-路-云一体化综合保障技术软件系统，搭建车载、云平台多位一体的车-路-云一体化综合保障技术硬件。典型危险路段数字化道路模型长度不少于 15km，避险车道不少于 4 条；典型危险路段及避险车道行驶稳定性的边界条件、速度实时动态预测模型适配车型不少于 2 类，涵盖客运车辆和载货汽车的主导车型。

2.提交的研究成果及其形式

（1）运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究报告 1 份；
（2）运输车辆车-路-云一体化综合保障模块 1 个，含硬件和软件系统；
（3）人才培养，培养博士研究生 3 名，硕士研究生 4 名，工程技术人员 5 名；
（4）在国内外高水平期刊发表学术论文 3 篇，申请发明专利 2 项，软件著作权 1 项，参加国内学术交流活动 2 次。

3.经济、社会、环境效益分析

随着国家区域及产业调整，山区经济发展和西部资源开发在国家经济发展中起着越来越重要的作用，山区公路已成为连接地域和城乡

的重要交通枢纽。山区长大下坡路段是运输车辆运行的典型危险路段，此类路段具有桥隧比例高、坡陡且长、道路曲折蜿蜒、气候条件复杂的特点，山区公路长大下坡制动失效引起的重、特大交通事故，具有伤亡人数多、经济损失大特征，在社会上造成恶劣的影响。虽然避险车道、降温池等交通基础设施能够有效降低交通事故数量，但是使用方法不当也会引发运输车辆交通事故。为此提出通过建立典型危险路段的数字化道路模型，结合北斗定位系统定位技术，实现车辆的实时跟踪定位、引导驾驶人安全驾驶，可以降低长大下坡路段制动失效引发的交通事故数量，降低重特大交通事故的比例，有效的提高山区行车的安全性，降低国家及人民财产损失，为我国交通运输安全保障行业提供了有效的缓解措施和解决方案；实现人防和技防的有效结合，全面提升道路运输安全科技保障水平；推动了交通基础设施数字化建设，加速了典型场景应用，为运输车辆实现大数据的预警监测技术提供良好的示范作用。该项目的研究成果可用于运输安全管理部门和运输企业，借助车联网技术实现运营线路分析，对潜在长大下坡路段的安全风险进行评估，提高企业的安全管理水平，降低企业的运营风险，从而提高经济效益。

九、其它需要说明的问题

无。

十、申请单位意见



单位负责人：(签字)

科研项目专用章

年 月 日 2026年3月31日



单位负责人：(签字)

2026年3月31日

运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究

大纲评审意见

2026年3月20日，陕西省公路局受陕西省交通运输厅委托在西安主持召开了“运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究”（项目编号：25-33X）项目大纲评审会。与会专家（名单附后）听取了项目组的汇报，审阅了项目研究大纲，经质询讨论，形成如下评审意见。

一、项目研究内容比较全面，研究目标基本明确，技术路线可行。

二、项目研究人员组成合理，前期研究基础较为扎实，试验设备齐全，具备开展研究工作的条件。

三、预期成果基本覆盖研究目标，与研究内容的逻辑框架基本契合。

与会专家一致同意该项目研究大纲通过评审。

建议：

- 1.细化技术经济指标，完善资源保障措施。
- 2.进一步明确车辆端安全保障场景。

主任委员

2026年3月20日

专家审查意见表

项目名称	运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究				
专家姓名	站勃	职务/职称	正高工	专业	交通工程
专家单位	中交第一公路勘察设计研究院有限公司			联系电话	13991927998

评审意见

一、课题立项需求翔实，前期工作支撑条件较好，研究内容基本齐全、关键技术路线基本合理可行。

二、对典型危险路段的定义，缺少依据和支撑，且避险车道的使用状态未知，车辆没有得到安全保障，而是驶向避险车道，物理层面避险，是否合理、可行。

三、P26 ‘提出摄像头、激光雷达、惯性测量单元等多传感器融合的’，上述硬件设备布设怎么实现？机器视觉采集的内容的来源？

四、进一步落实好课题依托路段。

五、课题未涉及到车辆方面的内容，是否可行；未涉及道路的交通和气象条件等内容，是否可行。

评审专家（签字）：



2026年3月20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	运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究				
专家姓名	刘伟	职务/职称	副总工	专业	电子信息
专家单位	西安电子科技大学			联系电话	18629309789

评审意见

- ① 聚焦核心问题
- ② 恶劣天气和山区通信条件下,感知建模与车路云预警的鲁棒性要加强论证
- ③ 车辆快速感知边界模型,速度模型的泛化能力和工程应用边界需要进一步明确
- ④ 标准制定、人才培养等内容存在前所缺
- ⑤ 收敛技术路线,细化量纲指标,加强资源保障。

评审专家(签字):

年 月 日

专家审查意见表

项目名称	25-33X 运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究				
专家姓名	季锦章	职务/职称	专业总工/研高	专 业	智能交通
专家单位	华设设计集团股份有限公司			联系电话	13601465599

评 审 意 见

- 1、 工作大纲的表述过于深奥，不好理解，从成果形式看，是想对车辆位置进行实时跟踪，在危险路段提醒司机安全驾驶，同时对车辆制动器状态进行监控，在长下坡路段，辅助车辆制动，建议还是用比较通俗易懂的语言描述具体研究内容，试验测试的相关参数，软硬件成果的具体形式与相关指标。
- 2、 车-路-云一体化综合保障技术软件系统中明确感知层感知哪些数据，网络层采用什么样的传输网络，传输哪些数据，平台层有哪些具体功能，应用层给谁提供什么样类型的 API 服务？
- 3、 技术经济指标中写了“成果转化 1 项”，要明确是什么样的成果？怎么转化？转化给谁？
- 4、 增加车端应用场景的描述。

评审专家（签字）：

2026 年 3 月 20 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	运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究				
专家姓名	顾明臣	职务/职称	正高	专 业	交通信息化工程
专家单位	交通运输部规划研究院			联系电话	13910897715

评 审 意 见

1. 大纲总体方案合理、可行，同意按照此大纲推进相关研究工作。
2. 研究中的“典型危险路段行驶稳定性的边界条件”与“速度实时动态模型及预测模型”之间的技术关联关系不够清晰，建议进一步梳理清晰诠释。
3. 本成果在应用层面，如何与现有监管系统平台的一体化集成或系统模块对接，路线不清晰，进一步补充。

评审专家（签字）： 

2016 年 3 月 20 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	运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究				
专家姓名	于金良	职务/职称		专 业	指挥
专家单位	陕西交控集团			联系电话	13892800150

评 审 意 见

- 一、明确依托工程，落实配套资金。
- 二、研究成果如何应用？建议进一步明确。

评审专家（签字）：于金良

2020年3月20日

运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究 (项目编号: 25-33X)

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	靖勃	中交第一公路勘察设计研究院有限公司	交通工程	交通工程	正高工	
2	委员	孙楠	西安公路研究院	电子信息	电子信息	正高工	
3	委员	于金良	陕西交控集团	桥梁与隧道工程	桥梁与隧道工程	正高工	
4	委员	季锦章	华设集团	无线电与信息系统	智能交通	研高	
5	委员	顾明臣	交通运输部规划研究院	交通信息化工程	交通信息化工程	正高工	

专家意见处理表

项目名称：运输车辆典型危险路段数字化安全保障技术研究（项目编号：25-33X）

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	靖勃	1.课题立项需求翔实，前期工作支撑条件较好，研究内容基本齐全、关键技术路线基本合理可行。 2.对典型危险路段的定义，缺少依据和支撑，且避险车道的使用状态未知，车辆没有得到安全保障，而是驶向避险车道，物理层面避险，是否合理、可行。 3.P26“提出摄像头、激光雷达、惯性测量单元等多传感器融合的”，上述硬件设备布设怎么实现？机器视觉采集的内容的来源？ 4.进一步落实好课题依托路段。 5.课题未涉及到车辆方面的内容，是否可行；未涉及道路的交通和气象条件等内容，是否可行。	2.项目拟选取京昆高速西汉段左线K1148-K1164西安方向作为典型危险路段开展研究。该路段桥隧占比高、急弯陡坡密集，线形条件复杂，2013年被公安部交通管理局列为全国十大危险路段之一。统计数据 displays，该路段自2007年开通运营至2013年10月，因道路交通事故累计造成139人死亡；2017年8月10日，该路段秦岭一号隧道口发生大客车坠崖重大事故，造成36人死亡、13人受伤，属于典型的故事高发、风险突出路段。项目依据车辆类型、车辆行驶速度、车辆质心位置、避险车道和主道夹角的位置关系，对制动失效或疑似失控车辆开展智慧化的引导，尽可能的降低二次事故造成的损失和影响，具体实施和应用需要交管部门和智慧引导协同发挥作用。以上内容在大纲中加以说明。 3.项目大纲提到的“摄像头、激光雷达、惯性测量单元等多传感器融合”用于道路数字化建模信息采集，提高数字化道路模型的精度，建好的数字化道路模型布设在云端“道路运输车辆公共服务平台”。 4.3月20日大纲评审结束后，经与陕西省道路运输事业发展中心协商，中心拟自筹配套49.5万元经费，用于陕西省道路运输车辆公共服务平台（本项目依托的平台）升级和维护。 5.课题研究内容中，“运输车辆运动失稳机理研究”通过建立车辆动力学模型，依据车辆类型、车辆行驶速度、车辆质心位置等状态参数，利用道路线形条件、避险车道和主道夹角、道路附着条件，获得车型行驶稳定边界条件，为道路运输车辆公共服务平台智慧化引导提供决策支持。以上内容在项目研究大纲中已做修改。

2	孙楠	1.聚焦核心突破点； 2.恶劣天气和山区通讯条件下，感知建模与车路云预警的鲁棒性需要加强论证； 3.车辆失稳边界模型、速度模型的泛化能力和工程应用边界需要进一步明确； 4.标准制定、人才培养等内容存在前后不一致； 5.收敛技术路线，细化量化指标，补充资源保障。	1.项目依托陕西省道路运输车辆公共服务平台（道路运输车辆智能视频监控系統政府监管平台、企业监控平台）及车载终端，重点围绕道路运输车辆在典型危险路段的数字化安全保障技术展开研究。通过典型危险路段数字化道路模型构建、运输车辆运动失稳机理、典型危险路段行驶稳定性边界条件确定及车速实时动态模型建立等基础研究，为实现运输车辆车-路-云一体化综合安全保障技术提供理论与技术支撑。 2.受恶劣天气与山区弱通信环境叠加影响，山区路段多源感知建模精度及车路云协同预警系统运行鲁棒性均受到一定制约。受项目经费与现场通信基础设施条件限制，相关优化强化工作将作为后续研究重点，在下一步研究与技术迭代中统筹推进、持续完善。 3.项目采用参数化动力学建模方法，以客车、重型货车等典型营运车辆为对象，结合典型危险路段线形条件构建动力学模型，求解并确定车辆失稳边界，获得的边界条件为车辆安全运行云平台预警提供重要理论依据。鉴于不同车型及装载状态下车辆行驶速度特性存在显著差异，项目依托客车与重型货车海量实测运行数据，分车型建立实时速度预测模型。通过对比分析实测车速与预测车速，识别车辆异常行驶状态并对潜在危险驾驶行为提前预警，可有效提升路段整体行车安全水平，对保障营运车辆行驶安全具有重要工程应用价值。 4.课题组对标准制定、人才培养等内容进行核对并修改。 5.根据专家意见，对技术路线进行调整，细化了场景的指标，确定了典型危险路段的场景，并落实了配套自筹经费。 以上内容在项目研究大纲中已做修改。
3	于金良	1.明确依托工程，落实配套资金； 2.研究成果如何应用？建议进一步明确。	1.项目依托陕西省交通运输厅实施的的道路运输车辆智能视频监控系統换装工作，选取京昆高速西汉段左线 K1148-K1164 西安方向为典型危险路段；3月20日大纲评审结束后，经与陕西省道路事业发展中心协商，中心拟自筹配套49.5万元经费，用于陕西省道路运输车辆公共服务平台（本项目依托的平台）升级和维护。 2.通过本项目研究与实施，将典型危险路段的数字化道路模型部署至平

			台云端。针对驶入危险路段的“两客一危一重”车辆，在云端实时监测运行状态，结合历史通行数据预测车辆行驶速度；基于车速边界阈值开展动态安全诱导，引导车辆安全行驶；对制动失效、疑似失控车辆开展智慧化引导，实现避险车道“软着陆”，以提高“两客一危一重”车辆在典型危险路段的行驶安全性。 以上内容在项目研究大纲中已做修改。
4	顾明臣	1.大纲总体方案合理、可行，同意按照此大纲推进相关研究工作； 2.研究中的“典型危险路段行驶稳定性的边界条件”与“速度实时动态模型及预测模型”之间的技术关联关系不够清晰，建议进一步梳理清晰诠释； 3.本成果在应用层面，如何与现有监管系统平台的一体化集成或系统模块对接，路线不清晰，进一步补充。	2.项目提出拟对进入典型危险路段的“两客一危一重”车辆在云端实时监测行驶状态，依据历史数据预测车辆的行驶速度，利用获得的行驶车速边界条件，引导车辆安全行驶；对制动失效或疑似失控车辆开展智慧化的引导，实现避险车道“软着陆”，以提高“两客一危一重”车辆在典型危险路段的行驶安全性。 3.项目依托陕西省交通运输厅正在推进的道路运输车辆智能视频监控换装工作，通过车载终端实时采集“两客一危一重”车辆的定位与行驶状态数据；基于部署于陕西省道路运输车辆公共服务平台的云端数字化道路模型，构建车辆在危险路段的在线孪生场景，实现风险智能识别与行车安全智慧引导。本项目研究形成的软件成果将嵌入现有陕西省道路运输车辆公共服务平台，并配套部署必要硬件设施，保障车辆在线孪生与智能风控功能稳定运行。 以上内容在项目研究大纲中已做修改。
5	季锦章	1.工作大纲的表述过于深奥，不好理解，从成果形式看，是想对车辆位置进行实时跟踪，在危险路段提醒司机安全驾驶，同时对车辆制动状态进行监控，在长下坡路段，辅助车辆制动，建议还是用比较通俗易懂的语言描述具体内容，试验测试的相关参数，软硬件成果的具体形式与相关指标；	1.按照专家提出的意见对相应内容进行修改，增加了试验测试的相关参数和软硬件成果的具体形式与相关指标； 2.车-路-云一体化综合保障技术软件系统中，感知层为车载终端，感知数据包括车辆的行驶状态数据、卫星定位数据等；网络层为基于网联技术的LTE UE-Category 4网络，传输的数据包括车辆的行驶状态数据、卫星定位数据等；平台层具有“两客一危一重”车辆在线孪生功能，并且依据车辆行驶状态面向驾驶人实施车辆风控预警和智慧化引导，面向交通运输管理部门提供风险监测、应急决策等。 3.依托本项目研发的车一路一云一体化综合保障技术及核心功能模块，

		2.车-路-云一体化综合保障技术软件系统中明确感知层哪些数据，网络层采用什么样的传输网络，传输哪些数据，平台层有哪些具体功能，应用层给谁提供什么样类型的 API 服务？ 3.技术经济指标中写了“成果转化 1 项”，要明确是什么样的成果？怎么转化？转化给谁？ 4.增加车端应用场景的描述。	开展工程化集成与应用落地，面向省内重点道路运输企业和车载监控运维服务单位进行成果转化与示范应用，形成标准化、可复用的技术方案，具备在全省路网范围内规模化推广的条件。 4.选择京昆高速西汉段左线 K1148-K1164 西安方向为典型危险路段开展项目研究。 以上内容在项目研究大纲中已做修改。
--	--	--	--

大纲评审委员会专家（签字）



项目负责人（签字）

