

项目合同编号：25-36X

陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

合 同 书

项目名称：重点营运车辆危险驾驶行为辨识与分级预警策略研究

承担单位：长安大学（盖章）

项目负责人：张玉婷

通讯邮编、地址：710064、西安市雁塔区南二环中段

传真、电话：029-82334050、029-82334050

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：25-36X

陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

合 同 书

项目名称：重点营运车辆危险驾驶行为辨识与分级预警策略研究

承担单位：长安大学（盖章）

项目负责人：张玉婷

通讯邮编、地址：710064、西安市雁塔区南二环中段

传真、电话：029-82334050、029-82334050

起止年限：2026 年 3 月至 2028 年 3 月

陕西省交通运输厅制



一、项目主要研究内容

1. 主要研究内容

(1) 重点营运车辆低频轨迹重构

提取陕西省铜川境内 G210 满防线区域的“两客一危”基础车辆轨迹数据；针对原始轨迹中存在的停留点冗余、缺失记录及定位漂移等现象，通过行程分段与数据清洗提高基础轨迹数据质量；考虑路网约束，实现重点营运车辆轨迹增密。

(2) 基于行为谱的异常车辆行为辨识

基于时间戳、经纬度、瞬时速度、方向角等车辆运行基础信息，构造车辆运行的衍生特征向量，如加速度、曲率变化率和航向角波动等指标，形成可表征中观驾驶行为的关键特征序列；考虑子序列长度和滑动时间窗口，实现重点营运车辆运行状态的连续时序表达；通过时序异常检测算法识别谱中的突变点，实现对长时高速运行、频繁速度波动等典型异常驾驶行为的识别，与人工标注数据进行结果验证。

(3) 运行风险评估与分级预警策略

根据异常车辆行为识别结果，综合考虑异常行为强度、持续时长，叠加道路、气象等环境风险系数，确定各指标权重及风险等级划分阈值，分析风险在时空维度的分布模式与演化规律；提出基于风险等级划分的分级预警策略，生成不同风险场景下的差异化管控方案，并验证分级管控方案的应用效果，为实现重点营运车辆主动安全监管提供技术支撑。

2. 技术关键

(1) 在路网约束下融合地图匹配方法，实现低频重点营运车辆轨迹数据序列重构。

(2) 确定车辆运行局部行为分析的子序列长度和异常状态连续识别的滑动时间窗口长度，精准识别车辆运行异常行为。

(3) 构建融合异常运行状态与外部环境因素的风险等级划分，实现重点营运车辆在途运行关键风险片段识别，为差异化管控提供依据。

3. 依托工作

本课题依托陕西省铜川境内 G210 满防线区域“两客一危”监管平台重点营运车辆运行数据开展。G210 运输任务繁重，包括一级公路和二级公路，公路大货车和大客车等重点营运车辆通行交通量大，对于重点营运车辆异常行为辨识与管控策略研究具有很好的研究与应用价值。

二、考核指标

1.预期目标

- (1) 挖掘重点营运车辆时空特征与运行规律。
- (2) 提出重点营运车辆异常行为辨识模型。
- (3) 评估重点营运车辆运行风险，进行风险等级划分，形成分级管控策略。

2.主要技术经济指标（具体的技术经济参数）

- (1) 异常行为识别准确性：基于低频轨迹重构数据的车辆异常行为识别准确率达到 90%。
- (2) 分级管控策略效果：比较实施分级管控策略前后，风险片段比例降低 20%。

3.经济和社会效益

本项目研究成果为“两客一危”主动安全智能防控监管平台动态监测预警触发规则科学设定提供理论依据，为“两客一危”车辆的管理监督部门以及车辆运输企业提供科学合理的决策依据和数据支持；对提升重点营运车辆的运输安全具有重大经济和社会效益。

4.成果提供形式

- (1) 《重点营运车辆危险行为辨识与分级预警策略研究》研究报告一套。内容涵盖：重点营运车辆行为谱构建与结果分析；基于低频轨迹数据的异常驾驶行为识别模型；车辆在途风险评估；基于风险等级的差异化预警策略。

- (2) 针对重点营运车辆异常行为的分级管控策略一套。

(3) 发表学术论文 2 篇（中文核心期刊，EI，SCI 检索以上的刊物或会议上发表）。

5. 其他考核指标

无。

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	1. 3 月-5 月：明确研究目标，制定课题研究大纲，完善研究内容与技术路线。 2. 6 月-9 月：提取重点营运车辆轨迹数据，收集气象数据和道路信息，实现车辆轨迹增密。 3. 10 月-12 月：分析重点营运车辆的时空分布特征与运行规律 阶段考核目标：挖掘重点营运车辆时空特征与运行规律
2027 年	1. 1 月-4 月：提取行为特征参数，构建行为谱，提出车辆异常行为辨识方法。 2. 5 月-9 月：融合多因素构建风险分级评估模型。 3. 10 月-12 月：研究动态分级预警方法，构建预警策略体系并仿真验证； 阶段考核目标：发表 2 篇论文；针对重点营运车辆异常行为的分级管控策略一套。

2028 年	1. 1 月-3 月修改完善课题研究报告；完成课题查新，进行课题验收，结题。 阶段考核目标：形成《重点营运车辆危险行为辨识与分级预警策略研究》研究报告一套。
--------	--

四、项目经费

项目总经费：39.74 万元
交通运输厅补助：19.87 万元
自筹资金：19.87 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	35.74	17.98
1. 设备费	0	0
(1) 购置设备费	0	0
(2) 试制设备费	0	0
(3) 设备改造与租赁费	0	0
2. 业务费	24.74	10.98
(4) 材料支出	5	0.98
(5) 测试化验实验加工支出	0	0
(6) 燃料及动力支出	0	0
(7) 差旅支出	10	5
(8) 会议支出	4	2
(9) 国际合作与交流支出	3	1
(10) 出版/文献/信息传播/知识产权事务/ 印刷支出	1	1
(11) 其他支出	1.74	1
3. 劳务费	11	7
(12) 劳务性支出	10	6
(13) 咨询专家支出	1	1
(二) 间接费用	4	1.89
4. 管理费	4	1.89
5. 绩效支出	0	0
合 计	39.74	19.87

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）	0
		（1）授权发明专利	0
		（2）实用新型	0
		（3）外观设计	0
		2.软件著作权授权数（项）	0
		3.发表论文（篇）	2
		（1）其中 SCI 索引收录数	0
		（2）其中 EI 索引收录数	1
		（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	1
		(1) 博士、博士后	0
		(2) 硕士	1
		3. 培训从事技术创新服务人员（人次）	0
		4. 是否设立科研助理岗位	否
	产业化情况	1. 开放共享仪器设备数（台/套/只等）	0
		2. 科研仪器设备利用率（%）	0
		3. 孵化科技型企业（个）	0
		4. 转化科技成果（个）	0
效果类指标	经济效益	1. 新增产值（万元）	0
		2. 新增销售（万元）	0
		3. 新增出口创汇（万美元）	0
		4. 新增利润（万元）	0
	社会效益	1. 新增税收（万元）	0
		2. 新增就业人数	0
		3. 就业培训（人次）	0
		4. 带动农民增收（万元）	0
		5. 培训和指导科技服务（人次）	0
		6. 新增产业带动情况	0
		7. 技术集成示范（项）	0
		8. 建立示范基地（亩数）	0
		9. 节约资源能源	0
		10. 环保效益	0
其他需要说明的情况		无。	

六、承担单位或研究人员分工

长安大学全面负责研究工作的组织与实施，具体包括：系统收集与分析国内外相关文献资料，开展理论建模与计算分析，撰写研究报告，并组织现场调研与技术咨询工作。

铜川市交通运输局主要提供行政与资源支持，包括：协助提供工程项目相关基础资料与数据，统筹协调相关交通管理部门及现场资源，全力配合并保障研究及技术咨询工作的顺利开展。

七、项目参加人员表

项目承担单位：长安大学

参与单位（排序）：铜川市交通运输局

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	张玉婷	1991/4/25	长安大学	副教授	交通工程	项目总负责人	张玉婷

主要研究人员

2	梁国华	1978/12/21	长安大学	教授	交通工程	预警策略制定	梁国华
3	邓亚娟	1971/4/21	长安大学	教授	道路运输	轨迹重构	邓亚娟
4	陈亦新	1987/5/13	长安大学	副教授	交通工程	策略制定	陈亦新
5	姚振兴	1989/2/17	长安大学	副教授	交通工程	数据调研	姚振兴
6	于谦	1988/9/30	长安大学	讲师	交通工程	风险量化	于谦
7	符时泽	1988/11/23	铜川市交通运输局	中级	道路运输	数据调研与分析	符时泽
8	原涛	1993/10/10	铜川市交通运输局	技术员	交通工程	数据调研与分析	原涛

9	雷军锋	1967/3/9	铜川市交通运输局	技术员	道路运输	数据调研与分析	雷军锋
10	邓寅权	1971/10/20	铜川市交通运输局	技术员	道路运输	数据调研与分析	邓寅权
11	张天赐	2001/2/6	长安大学	技术员	交通工程	轨迹重构	张天赐
12	牛亮	2002/1/24	长安大学	技术员	交通工程	异常行为识别	牛亮
13	赵佳宁	2001/1/1	长安大学	技术员	交通工程	行为谱表征	赵佳宁

八、信息表

项目合同编号	25-36X	密级	C	A: 机密 B: 秘密 C: 内部					
项目名称	重点营运车辆危险驾驶行为辨识与分级预警策略研究								
项目实施所在地	陕西西安	起止年限	2026 年 3 月至 2028 年 3 月						
总 经 费	39.74 万元	厅 拨	19.87 万元						
第一承担单位	单位名称	长安大学							
	所在地	陕西省						代码	610103
	通讯地址	陕西省西安市雁塔区南二环中段						邮编	710064
	单位性质	(1) 1.大专院校 2.科研院所 3.企业 4.其他						代码	10710
参与单位	序号	单 位 名 称							
	1	铜川市交通运输局							
	2								
	3								
项目负责人	姓 名	张玉婷	性 别 (2) 1.男 2.女		出生年份		1991		
	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	13379503379 029-82334050		电子邮箱		ytzhang@chd.edu.cn			
项目联系人	姓名	张玉婷		性 别		女			
	联系电话	13379503379 029-82334050		电子邮箱		ytzhang@chd.edu.cn			
项目组人数	13	高级	5	中级	2	初级	6	其他	0
主要研究内容 (100 字以内)	基于“两客一危”监管平台车辆轨迹数据,重构车辆运行轨迹序列,基于行为谱辨识车辆异常驾驶行为,结合多因素开展运行车辆在途风险评估,并制定分级预警策略,验证策略效果,为监管平台预警提供决策支持。								
成果属性	E	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)

李涛

2026年3月27日

联系人：(签字)

张崑

(公章)

电 话：029-88869067



合同乙方：(承担单位)

单位负责人：(签字)

陈

2026年3月27日

项目负责人：(签字)

张七好

科研项目专用章 (公章)

电 话：

财务负责人：(签字)

师其厚

账 户 名：

开户银行：

长安大学
102007335073
中国银行西安翠华路支行

账 号：

2026年 03月 27日

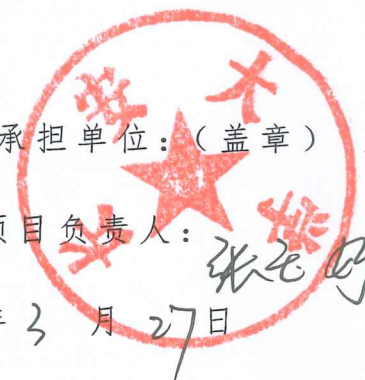
陕西交通科技项目科研诚信 承诺书

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：

2020年3月27日



项目编号: 25-36X

2025年度陕西省交通运输厅科研项目 目研究大纲

项目名称: 重点营运车辆危险驾驶行为辨识与
分级预警策略研究

申请单位: (盖章)

联系人: 张玉婷

电 话: 13379503379

陕西省交通运输厅制

2026 年 3 月

目录

一、 项目研究的背景和必要性	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究目的与意义	2
1.3 成果推广应用	3
二、 前期科研及工作基础	5
2.1 国内外研究现状	5
2.2 项目前期科研及现有工作条件	10
2.3 参考文献	15
三、 实施方案	21
3.1 拟解决的关键问题	21
3.2 主要研究内容及实施方案	22
3.2.1 研究内容	22
3.2.2 实施方案	23
3.3 项目创新点	25
3.4 技术路线图	26
3.5 后续技术改造与基本建设计划的衔接	28
3.6 相关技术经济指标	28
四、 项目承担单位及参加单位概况	29
4.1 单位概况	29
4.2 技术力量及人员构成	30
4.3 各自承担的主要工作	31

4.4 项目主要负责人情况	32
五、项目依托工程（工作）情况及其他必要支撑条件	33
5.1 依托工程概况	33
5.2 投资来源	34
5.3 工程进度与项目科研进度的配合	34
5.4 组织管理形式	36
六、项目经费估算及资金筹措情况	37
七、项目绩效指标	38
八、预期目标、成果提供形式及经济社会效益	40
8.1 预期目标	40
8.2 提交的研究成果及其形式	40
8.3 经济、社会效益分析	40
九、其它需要说明的问题	41
十、申请单位意见	42

一、项目研究的背景和必要性

1.1 研究背景

重点营运车辆运输过程具有运行强度高、运营场景复杂、风险暴露频繁等特点，是道路交通安全监管的关键对象。此类车辆一旦发生事故，往往社会影响大、损失严重，长期以来也是道路运输安全管理中的难点和痛点。随着大数据、互联网+、人工智能等新技术与交通运输行业深度融合，对重点营运车辆实施智能化监管与风险预警，已成为提升行业安全治理能力和监管效能的重要路径。

国家、地方政策层面对重点营运车辆实施智能化监管与风险预警提出明确需求。《综合运输服务“十四五”发展规划》强调，要提升交通运输数字监管服务水平，强化重点营运车辆安全监管，增强动态监控数据的分析应用，实现运输全过程、全网络监测预警。陕西省在《“十四五”综合交通运输发展规划》中进一步要求，提升交通运输安全智慧化水平，并明确要严格执行“两客一危”车辆的动态监控。2022年，《交通运输部关于进一步加强交通运输安全生产体系建设的意见》也指出，应加强安全生产风险管控，强化动态监测预警，重点强化旅客运输、危险货物运输等领域风险评估与管控。因此，利用交通大数据与人工智能技术，精准识别并动态预警营运车辆在途风险，推进智能化管理，系统防范重大安全风险，已成为推动陕西省高质量发展的紧迫任务。

为加强陕西省“两客一危”道路运输安全管理，提升公众出行满意度，陕西省交通运输管理部门已建成“两客一危”智能监管平台。

根据省道路运输事业发展中心的违规报警通报,该平台在一定程度上减少了不规范驾驶行为,但仍存在明显局限:一是平台卫星信号在一些特殊路段,如隧道、山区弯道、涵洞等,信号受到遮挡,数据连接不稳定,而且受数据存储、传输等的限制,车辆轨迹数据大都呈现稀疏且采样频率低的特征,直接基于低频轨迹数据进行在途风险评估,影响驾驶行为动态识别的精度,现有模型与方法对于更依赖于高频数据,对于低频数据的处理精度不足。二是平台预警规则基于超速、疲劳驾驶等静态阈值,未充分考虑驾驶行为倾向差异、道路条件变化及天气等因素,导致预警机制相对简单,难以有效识别潜在异常驾驶行为;因此,如何科学处理低频卫星定位数据、设置动态预警策略,已成为提升营运车辆动态监管质量、保障运输安全、提高管理效率的关键课题。

基于此,本项目将依托陕西省重点营运车辆卫星定位数据,以铜川市 G210 运输通道为例,提取重点营运车辆时空轨迹数据,按照“低频轨迹重构-行为谱表征-异常轨迹识别-动态风险量化-预警策略生成”的思路,构建车辆轨迹数据重构方法,挖掘重点营运车辆行为轨迹时空特征,利用机器学习和深度学习方法识别车辆在连续运行过程中的持续性异常模式,建立重点营运车辆危险驾驶行为辨识模型,考虑公路复杂线形变化以及天气状况等因素,实现对重点营运车辆风险程度的评估,构建分级预警策略集。

1.2 研究目的与意义

本研究面向重点营运车辆运行安全精细化监管的实际需求,立足

于当前车辆动态监控数据采集频率与质量的现实条件，利用现有车辆轨迹数据反演和挖掘驾驶人驾驶行为特征，通过构建衍生行为特征向量，从低频轨迹数据中提取能够表征驾驶人行为状态的关键信息，实现对复合型、连续性异常车辆行为的有效辨识，弥补现有监管平台仅能识别超速、疲劳驾驶等单一违法行为的局限。

在技术水平层面，通过轨迹重构、行为特征提取与多因素综合分析，形成一套适用于低频轨迹数据的车辆异常行为识别方法，提高了低频轨迹数据在监管平台行为分析中的可用性与稳定性。在工程应用层面，研究成果可为现有车辆动态监管平台从“单一违法行为报警”向“综合行为风险评估”的升级提供技术支持，有助于降低误报与漏报情况，提高监管措施的针对性与有效性。在经济社会层面，通过提升对营运车辆异常行为状态的识别能力，有助于提前发现和管控潜在安全隐患，降低事故发生率与损失规模，促进道路运输安全管理向数据驱动和精细化方向发展。

1.3 成果推广应用

本项目研究成果主要面向重点营运车辆安全监管与企业安全管理应用场景，适用于在现有车辆动态监控与数据采集条件下，对车辆运行风险进行识别、评估与分级分析。项目方法不依赖高频实时数据，可在当前监管平台数据基础上直接应用，能够有效提升两客一危平台基础数据的使用价值。

在交通运输主管部门层面，项目成果可用于辅助识别重点营运车辆运行过程中的高风险车辆、高风险路段和高风险时段，为动态监管

平台预警规则优化调整提供技术依据，提升监管工作的针对性与精细化水平。在运输企业层面，研究成果可服务于中观驾驶行为分析，帮助企业更全面地掌握不同运行场景下的风险特征，为安全考核、教育培训与运营管理提供数据支持。

此外，项目研究方法适用于重点运输通道、事故多发路段及复杂道路环境等典型应用场景，可作为既有重点营运车辆监管平台或企业安全管理系统的功能补充进行集成部署，具有较好的工程适应性和一定的推广应用价值。

二、前期科研及工作基础

2.1 国内外研究现状

针对本论文的研究目的与内容, 将从国内外学者在轨迹数据重构、车辆异常状态识别、车辆运行风险量化和车辆分级预警策略四个方面的研究现状和发展趋势进行介绍。

(1) 轨迹数据重构

车辆轨迹数据记录了车辆在道路网络中的时空演化过程, 包括位置、速度和加速度等关键信息, 是分析营运车辆运行状态与危险驾驶行为的重要基础^[1]。受采集环境和成本条件限制, 实际获取的轨迹数据往往存在采样频率低、缺失严重等问题, 促使学者对已有轨迹数据进行重构以提升其可用性。

现有轨迹重构方法主要包括插值法和滤波法, 其中插值法通过数学插值补全缺失或误差较大的轨迹片段^[2-3], 滤波法则通过平滑处理降低轨迹中的高频噪声^[4-5]。随着研究深入, 部分学者开始引入交通流模型约束轨迹演化过程, 以弥补纯数据驱动方法忽略交通运行规律的不足, 从而提升轨迹重构精度^[6]。在此基础上, 针对不同交通环境和数据来源, 已有研究提出了混合交通环境轨迹重构方法^[7], 以及融合固定与移动传感器数据的多尺度轨迹重构方法^[8]。

在采样频率较低、时间分辨率受限的条件下, 部分研究进一步探索了更具针对性的重构思路, 如基于车辆航向分割的低频轨迹匹配方法^[9]、自动化轨迹重构技术^[10]以及利用 LSTM 等深度学习模型实现低频轨迹补全与重构的方法^[11]。然而, 现有车辆轨迹重构研究仍多建立

在高采样频率或高精度轨迹数据基础之上,通过插值、滤波或模型约束提升轨迹连续性与平滑性,而面向采样稀疏条件的系统研究相对不足。

在采样间隔较大的情况下,车辆运行过程中的速度变化与短时异常行为难以被直接观测,直接套用高频轨迹重构方法难以保证重构结果的真实性与有效性,且低频轨迹与路网及其他辅助信息之间的融合约束机制仍有待完善。此外,高精度轨迹数据通常依赖激光雷达等高性能传感器与高成本计算平台,其大规模应用受限于经济性与部署条件,因此如何在保证风险识别效果的同时,开发低成本、易推广的轨迹数据解决方案,仍是当前行业实践中亟待平衡的关键问题。

(2) 异常状态识别

在物流运输与交通管理领域,及时识别重点营运车辆的异常驾驶行为对于保障道路交通安全和提升运输效率具有重要意义。车辆异常行为通常表现为超速、疲劳驾驶、急加减速、非法停车及路线偏离等。早期研究多基于车辆轨迹的动力学特征开展异常行为识别,通过速度、加速度、方向变化及跟驰车距等指标构建规则或阈值模型,实现对车辆异常状态的判别^[12-13]。

随着轨迹数据规模的不断扩大,研究开始引入分时分组、路径分析等数据挖掘方法,对轨迹数据进行更深层次分析^[14];进一步地,分形分析、多步预测模型及神经网络分类器等方法被引入异常行为识别领域,通过学习轨迹数据中的非线性特征,实现对异常状态及未来行为的预测^[15-16]。在此基础上,无监督学习方法逐渐受到关注,相关研

究通过聚类算法挖掘轨迹数据中的潜在行为模式,实现异常驾驶行为的自动识别与风险分级,如结合 Hausdorff 距离与谱聚类的方法用于轨迹相似性度量与异常识别^[17],因子分析、模糊 C 均值 (FCM) 及 K-means 聚类等方法被应用于危险货物运输和重载车辆驾驶行为的风险评估^[18]。

此外,部分研究结合多模态数据或特定交通场景,对重载货车、客车及隧道环境下的危险驾驶行为进行了分析^[19-22],也有研究基于凝聚层次聚类方法,对卫星定位数据中的全局与局部特征进行分析,实现对超速、急加速等典型异常行为的有效检测^[23-24]。总体来看,现有异常驾驶行为识别方法已从基于规则和单一特征的判别模型,发展为融合聚类分析、深度学习及多源信息的复杂方法体系。

然而,上述方法多依赖瞬时特征或局部统计差异对异常行为进行识别,侧重对单一行为事件或短时波动的判别,难以系统刻画驾驶行为在时间维度上的整体结构特征及其演化过程。在复杂运行场景下,不同异常状态往往呈现连续演化或叠加出现的特征,基于局部特征的识别结果在不同场景下稳定性和一致性仍然有限。这一问题在以监管轨迹数据为代表的应用场景中尤为突出,亟需进一步研究能够兼顾行为整体结构与时序特征的异常状态识别方法。

(3) 风险量化

道路交通事故的发生与驾驶行为密切相关,驾驶操作直接影响事故发生概率及其严重程度。传统交通安全风险评估多基于历史事故数据开展事后分析,常以事故率和事故频率作为主要指标^[25]。随着车

车辆运行数据和驾驶行为数据的逐步积累,研究开始关注基于危险驾驶行为的事前风险评估,通过超速、夜间驾驶和疲劳驾驶等行为特征,对车辆运行风险进行提前刻画^[26]。在此基础上,部分研究进一步引入驾驶人感知-决策-行为机理,构建面向动态运行过程的风险量化模型, Ma^[27]提出的基于驾驶风险感知-响应机制的实时综合风险量化方法,以及邱磊等^[28]从行驶安全条件与行驶状态出发构建的高速公路行驶风险评估模型。

随着研究的深入,学者逐渐认识到不同驾驶人在相同交通环境下表现出的运行风险存在明显差异,相关研究从驾驶人风格、风险态度、风险认知能力等方面,分析不同驾驶人对相同交通环境的风险响应差异^[29-31],并指出驾驶技能、驾驶压力及认知干预等因素对驾驶行为及风险水平具有显著影响^[32-33]。在此基础上,部分研究开始结合多源运行数据,从车辆状态、运输任务特征及事故致因机理等角度,对特定车辆类型的运行风险进行量化分析,如基于数据挖掘和贝叶斯网络的方法被用于危险货物运输和网约车运行风险评估^[34-35],维修与运营大数据也为车辆运行风险的动态量化提供了新的数据支撑^[36]。

总体来看,现有车辆运行风险量化研究已在多指标评估、行为驱动建模以及个体差异刻画等方面取得一定进展,但多数方法仍以静态指标或离线分析为主,对风险在实际运行过程中的持续累积与动态变化关注不足,难以为分级预警和实时管理提供稳定、可解释的量化依据。

(4) 分级预警策略

现有车辆分级预警策略研究主要围绕不同技术手段对车辆运行风险进行分级判别,其核心目标在于通过细化风险等级和优化预警策略,提高复杂交通环境下风险评估的及时性与准确性。传统分级预警方法多依赖预设的固定阈值进行风险划分,通过对速度、加速度等关键运行参数设定上下限,当参数超过阈值时触发相应等级的预警^[37]。针对该类方法依赖经验阈值、跨场景适应性不足的问题, Jiao 等^[38]提出了统一的概率化交通冲突检测框架,为风险分级与预警提供了更具一致性的量化依据。总体而言,基于规则的分级预警方法结构简单、响应迅速,适用于基础风险的快速识别,但其预警逻辑较为固定,难以动态适应复杂交通场景及多维运行状态变化,在实际应用中易出现误报或漏报问题^[39]。

随着数据驱动技术的发展,机器学习与深度学习方法逐渐被引入车辆风险分级与预警研究中,通过对历史运行数据的学习,实现风险等级的自适应判别与更新。例如,随机森林、XGBoost 等机器学习算法可基于车辆速度和驾驶行为特征,对运行风险进行分级判别^[40];卷积神经网络(CNN)和长短期记忆网络(LSTM)等深度学习模型则进一步挖掘复杂时序特征,提高风险分级的精细化程度^[41-42]。Yen 等^[43]结合车载 OBD 数据与深度学习模型,实现了对车辆状态和驾驶行为的实时分析,在一定程度上提升了分级预警的实时性与准确性。

在此基础上,部分研究开始关注多源信息融合与智能优化策略在分级预警中的应用。通过融合摄像头、卫星定位数据、雷达等多源传感器数据,相关研究能够综合刻画车辆运行状态与外部环境变化,实

现更具情境感知能力的风险分级与动态预警^[44]。此外，汪敏^[45]基于跟驰行为谱提出了风险状态预测方法，王泽学^[46]利用多 Agent 强化学习对危险车辆预警机制进行优化，提升了预警策略的自适应性；Lazaro 等^[47]则从驾驶经验和压力水平差异出发，提出在高风险场景下动态调控预警强度的策略。

总体来看，现有分级预警研究已由固定阈值驱动的规则方法逐步发展为数据驱动和智能化的预警策略体系，但在复杂运行条件下，预警策略对车辆运行状态变化及外部环境差异的响应仍不充分，难以保持稳定一致的分级判别效果。

2.2 项目前期科研及现有工作条件

(1) 研究条件良好

项目团队依托长安大学交通运输规划与管理国家重点学科和道路基础设施数字化教育部工程研究中心、陕西省交通基础设施建设与管理数字化工程研究中心等平台基地，可高精度获取车速、车头时距、车头间距等交叉口交通运行数据及驾驶行为数据。项目团队具备一流实验平台，配备大数据分析平台、交通仿真平台及高性能计算机等设备，拥有先进的机动车行驶行为采集设备、车辆运行视频数据采集设备、大疆无人机数据采集设备能够为模型验证提供数据来源，拥有多个交通运输仿真软件 VISSIM、TransModeler，GPS/GIS 数据采集和处理系统，同时拥有多自由度驾驶模拟器、人-车-路-环境三维动态模拟系统、大型 3 维道路运营安全性虚拟现实试验系统、驾驶行为综合测试车、车载移动测量系统，为项目的顺利实施提供了良好的实验平

台保障。

(2) 项目申请人及团队研究基础

项目申请人一直从事道路交通系统安全研究,在驾驶行为规律研究、交通事故特征挖掘、事故智能预警系统研发等方面进行了深入探索,已经积累了丰富的研究经验和成果,在驾驶行为特征提取、交通安全技术分析、数学建模与仿真、事故数据挖掘、避撞预警系统构建及优化等方面拥有必备的理论方法与技术,为本项目开展奠定了良好的学术基础。

项目申请人在该项目领域的成果主要集中在:①学术论文:已发表学术论文 20 余篇,其中 14 篇 SCI/SSCI(WoS-JCR 一区论文 6 篇),包括 Accident Analysis and Prevention (Top 期刊, WoS-JCR 一区)、Transportation Research Part C/ F、交通运输系统工程与信息、安全与环境学报等国内外顶级及权威期刊;②科研项目:主持并完成国家自然科学基金青年项目 1 项,陕西省自然科学基金 1 项,主要参与国家重点研发计划课题 2 项、国家自然科学基金面上项目 2 项、陕西省自然科学基金 2 项等纵/横向项目 10 余项等;③科技奖励:获中国仿真学会科学技术奖二等奖 1 项,中国物流与采购联合会科学技术奖二等奖 2 项,中国智能交通协会科学技术奖三等奖 1 项;④发明专利:已授权发明专利 2 项。

近年来,项目团队与本项目相关的代表性研究成果集中在以下方面:

1) 基于微观轨迹数据的道路交通安全研究

发明专利 1 项，出版交通安全优化与设施设计类专著 2 部，多次参与相关国际会议交流，并作为交通安全评估专家对多个地级城市交通管理部门进行指导、交流和宣贯。

2) 基于道路交通仿真的交通事故预警技术研究

申请人及其研究团队成员在道路交通仿真技术、驾驶模拟技术、事故预警技术方面积累了丰富的研究基础。包括主持《基于驾驶仿真实验的非故意闯红灯行为规律及其事故智能预警方法研究》（国家自然科学基金委项目，2020 年）、手动-自动车辆混合异质交通流下的智慧高速公路加速车道长度研究（陕西省自然科学基金，2020 年）、《高速公路突起路标布设方法与效果研究》（陕西省自然科学基金，2016 年）等。

依托项目，利用高仿真的驾驶模拟平台为道路事故预防技术研发和测试提供平台，设计了交叉口避撞闯红灯车辆语音预警系统，结合使用驾驶模拟器和眼动设备，分析不同的预警信息发布形式、预警发布时机、预警内容和预警阶段对信控交叉口驾驶行为和眼动行为的影响；深入挖掘驾驶人抵近交叉口全过程的行为特征，分段给予驾驶人不同强度的信息诱导，提出了多阶段车载避撞预警系统，利用 CMEM 排放模型测算多阶段车载预警系统下的车辆碳排放，并从安全性和生态性两个方面综合评估多阶段车载避撞预警系统功效性；依据自动驾驶车辆在感知、跟驰和换道行为以及与周围车辆的协作方面更迅速安全等特点，在 Sumo 仿真软件车辆模型中改进了 Krauss 跟驰模型和 LC2013 换道模型，通过仿真对比分析了自动驾驶车辆与传统车辆在

安全性、效率及稳定性的差异；基于仿真软件 UC-win/Road 建立驾驶模拟实验场景，研究不同曲线半径、运行车速条件对驾驶人曲率感知精度的影响。采用 Adams/car 软件建立道路、车辆、突起路标仿真模型，并采用 Solid Works 软件将驾驶人座椅与车辆模型连接，通过仿真分析振动加速度数据，对突起路标振动警示效果进行评价。

在《Transportation Research Part C》、《Accident Analysis & Prevention》《Transportation Research Part F》、《International Journal of Occupational Safety and Ergonomics》、《中国公路学报》和《交通运输工程学报》等交通领域知名学术刊物上发表相关 SCI/SSCI/EI 等论文 6 篇，改进的道路交通仿真模型及驾驶模拟预警技术应用并推进相关领域课题研究。

(3) 团队成员分工合理

研究团队成员拥有交通运输规划与管理、地理信息系统、数学、计算机的交叉学科背景，定期、定时地进行交通安全、驾驶行为、信息融合、数据挖掘与数学建模等方面的技术交融和思维碰撞，且具有齐备的交通调研团队和友好的合作单位，能够根据本项目的进展情况和研究需要提供良好的实施条件。

(4) 项目准备工作情况

项目组经过前期调研及相关资料查阅，目前对依托工程已拥有了较为清晰的研究思路与技术路线，对项目研究背景、研究目标、研究方法 & 关键技术问题有着全面、系统把握，为保证项目研究顺利、高效开展奠定了扎实的研究基础。

为项目顺利完成，做了三方面准备工作：

1) 初步调研：收集了近五年的营运客车的交通事故信息和危险货物运输事故数据，对收集到的“两客一危”事故进行了初步分析，为下一阶段营运客车和危险货物运输车辆事故风险研究提供参考。

2) 资料和数据收集：广泛收集了国家、我省及交通运输部关于重点营运车辆智能监管的一系列文件，梳理各省市提升重点营运车辆监管的举措；已获取了近2个月铜川市“两客一危”监管平台车辆轨迹原始数据以及对应月份的天气数据，并完成重点路段筛选与初步匹配分析。其中“两客一危”监管平台车辆轨迹数据包含时间戳、经纬度、瞬时速度、行驶方向、车辆状态等字段，采样间隔为30秒。基于上述字段，可提取构建驾驶行为谱所需的基础特征向量，包括持续超速时长、速度波动程度、速度变化率、异常停驶起步频次、路径偏移特征等中观尺度异常驾驶行为表征指标等。上述特征能够有效表征车辆运行过程中的稳定性、波动性与异常偏离程度，为后续驾驶行为谱的构建提供充分的数据支撑；同时补充道路属性、限速信息、运行时段和天气条件等辅助数据。

3) 相关理论与方法研究：综述了近些年关于重点营运车辆研究现状以及基于车辆轨迹数据的异常行为识别方法和风险量化方法，总结了各类方法的优缺点，为本项目进行重点营运车辆在途风险精准识别提供理论支撑。

2.3 参考文献

-
- [1] 孙剑, 秦国阳. 道路交通系统数字孪生: 概念、成熟度分级与研究展望[J]. 中国公路学报, 2024, 37(07): 218-236.
- [2] Qin W, Zhang M, Li W, et al. Spatiotemporal K-nearest neighbors algorithm and bayesian approach for estimating urban link travel time distribution from sparse GPS trajectories[J]. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 2023, 15(6): 152-176.
- [3] 刘超, 罗如意, 刘春青, 等. 基于路侧多机视频目标关联与轨迹拼接的车辆连续轨迹构建方法[J]. 交通信息与安全, 2023, 41(3): 80-91.
- [4] 胡钊政, 陈琪莉, 孟杰, 等. 融合高精度地图的多激光雷达路侧智能感知方法[J]. 交通信息与安全, 2024, 42(3): 42-52.
- [5] 戴喆, 吴宇轩, 董是, 等. 雷达与视觉传感器融合的高速公路全域车辆轨迹与交通参数检测方法[J]. 交通运输工程学报, 2025, 25(1): 197-210.
- [6] 张惠玲, 刘晓晓, 许裕东. 基于车辆轨迹重构的信号交叉口延误提取研究[J]. 交通运输系统工程与信息, 2020, 20(02): 237-243.
- [7] Wang Y, Wei L, Chen P. Trajectory reconstruction for freeway traffic mixed with human-driven vehicles and connected and automated vehicles[J]. Transportation research part C: emerging technologies, 2020, 111: 135-155.
- [8] Chen X, Yin J, Qin G, et al. Integrated macro-micro modelling for individual vehicle trajectory reconstruction using fixed and mobile sensor data[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2022, 145: 103929.
- [9] Yu Q, Hu F, Chen C, et al. Low-Frequency Trajectory Map Matching Method Based on Vehicle Heading Segmentation[J]. ISPRS International Journal of Geo-Information, 2022, 11(7): 355.
- [10] Wang Y, Gloudemans D, Ji J, et al. Automatic vehicle trajectory data reconstruction at scale[J]. Transportation research part C: emerging technologies, 2024, 160: 104520.
- [11] Zhang C, Wang W. Vehicle trajectory reconstruction from global position system data with long short-term memory neural network[C]//2020 International Conference on Urban Engineering and Management Science (ICUEMS). IEEE, 2020: 300-304.

-
- [12] Chen Q, Gu R, Huang H, et al. Using vehicular trajectory data to explore risky factors and unobserved heterogeneity during lane-changing[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2021, 151: 105871.
- [13] 陈景旭, 程文昱, 万剑, 等. 基于 NGSIM 微观轨迹数据的车辆跟驰行为安全评价[J]. *重庆交通大学学报 (自然科学版)*, 2022, 41(01): 1.
- [14] 康晨傲. 基于通行大数据的高速公路车辆异常行为挖掘的研究与应用[D]. 东华大学, 2020.
- [15] Ma Y, Xie Z, Chen S, et al. Real-time detection of abnormal driving behavior based on long short-term memory network and regression residuals[J]. *Transportation research part C: emerging technologies*, 2023, 146: 103983.
- [16] Xie Z, Ma Y, Zhang Z, et al. Real-time driving risk prediction using a self-attention-based bidirectional long short-term memory network based on multi-source data[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2024, 204: 107647.
- [17] 丁华, 杨文杰, 姜超. 考虑轨迹分析的车辆异常行为辨识[J]. *重庆理工大学学报 (自然科学)*, 2022, 36(7): 62-69.
- [18] Chen S, Cheng K, Yang J, et al. Driving behavior risk measurement and cluster analysis driven by vehicle trajectory data[J]. *Applied Sciences*, 2023, 13(9): 5675.
- [19] 吴建清, 张子毅, 王钰博, 等. 考虑多模态数据的重载货车危险驾驶行为识别方法[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2024, 24(2): 63.
- [20] 陆键, 王可, 蒋愚明. 基于车辆行驶轨迹的道路不良驾驶行为实时辨识方法[J]. *交通运输工程学报*, 2020, 20(6): 227-235.
- [21] Yarlagaadda J, Jain P, Pawar D S. Assessing safety critical driving patterns of heavy passenger vehicle drivers using instrumented vehicle data - An unsupervised approach[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2021, 163: 106464.
- [22] Wan L, Yan Y, Liu C, et al. Characteristics and identification of risky driving behavior in expressway tunnel based on behavior spectrum[J]. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 2023.
- [23] 惠飞, 彭娜, 景首才, 等. 基于凝聚层次的驾驶行为聚类与异常检测方法[J]. *计算机工程*, 2018, 44(12): 196-201.

-
- [24] Ma Y, Li W, Tang K, et al. Driving style recognition and comparisons among driving tasks based on driver behavior in the online car-hailing industry[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2021, 154: 106096
- [25] 孟祥海, 由冰玉, 邱志雄, 等. 基于事故修正系数的山区高速公路事故预测模型[J]. *中国安全科学学报*, 2023, 33(1): 10.
- [26] Zhang C, Ma Y, Khattak A J, et al. Driving style identification and its association with risky driving behaviors among truck drivers based on GPS, load condition, and in-vehicle monitoring data[J]. *Journal of Transportation Safety & Security*, 2024, 16(5): 507-541.
- [27] Zhu L, Zhang Z, Yu J, et al. A real-time synthesized driving risk quantification model based on driver risk perception-response mechanism[J]. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2025, 174: 105073.
- [28] 邱磊, 叱干都, 邓志刚, 等. 基于影响系数的高速公路行车风险评估模型[J]. *公路交通科技*, 2020, 37(3): 123-129.
- [29] Yi D, Su J, Liu C, et al. A machine learning based personalized system for driving state recognition[J]. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2019, 105: 241-261.
- [30] Zheng H, Du Z, Wang S. Dynamic driving risk in highway tunnel groups based on pupillary oscillations[J]. *Accident Analysis & Prevention*, 2024, 195: 107414.
- [31] 乔洁, 徐鑫, 刘传攀, 等. 驾驶人危险感知能力影响因素及干预方式综述[J]. *中国安全科学学报*, 2022, 32(2): 34.
- [32] Yang L, Cheng J, Wang Z, et al. Assessing the relationship between driving skill, driving stress, and driving behavior[J]. *Journal of Safety Research*, 2024, 91: 96-107.
- [33] Wu F, Zhang Z, Han Z. How do cognitive interventions impact driver aggressiveness in China?—a driving simulator study[J]. *Journal of Advanced Transportation*, 2023, 2023(1): 7300548.
- [34] 王海星, 王翔宇, 王招贤, 等. 基于数据挖掘的危险货物运输风险驾驶行为聚类分析[J]. *交通运输系统工程与信息*, 2020, 20(01): 183-189.

-
- [35] 彭志鹏, 潘恒彦, 王永岗. 基于贝叶斯网络的网约车交通事故致因机理分析[J]. 东北大学学报 (自然科学版), 2023, 44(1): 145.
- [36] 刘富佳, 杨小娟, 许书权, 等. 基于维修大数据的营运客车安全部件可靠性分析[J]. 公路交通科技, 2023: 229-236.
- [37] Xiong X, Zhang S, Chen Y. Review of Intelligent Vehicle Driving Risk Assessment in Multi-Vehicle Interaction Scenarios[J]. World Electric Vehicle Journal, 2023, 14(12): 348.
- [38] Jiao Y, Calvert S C, van Cranenburgh S, et al. A unified probabilistic approach to traffic conflict detection[J]. Analytic Methods in Accident Research, 2025, 45: 100369.
- [39] Zheng L, Zhang Y, Ding T, et al. Classification of driver distraction risk levels: Based on driver' s gaze and secondary driving tasks[J]. Mathematics, 2022, 10(24): 4806.
- [40] Xiang H, Zhu J, Liang G, et al. Prediction of dangerous driving behavior based on vehicle motion state and passenger feeling using Cloud Model and Elman Neural Network[J]. Frontiers in neurorobotics, 2021, 15: 641007.
- [41] Zheng Y, Han L, Yu J, et al. Driving risk assessment under the connected vehicle environment: a CNN-LSTM modeling approach[J]. Digital Transportation and Safety, 2023, 2(3):211-219.
- [42] Barreno F, Santos M, Romana M. Vehicle Warning System Based on Road Curvature Effect Using CNN and LSTM Neural Networks[C]//International Conference on Soft Computing Models in Industrial and Environmental Applications. Cham: Springer Nature Switzerland, 2023: 256-266.
- [43] Yen M H, Tian S L, Lin Y T, et al. Combining a universal OBD-II module with deep learning to develop an eco-driving analysis system[J]. Applied Sciences, 2021, 11(10): 4481.
- [44] Tian C, Leng B, Hou X, et al. Multi-sensor fusion based estimation of tire-road peak adhesion coefficient considering model uncertainty[J]. Remote Sensing, 2022, 14(21): 5583.

-
- [45] 汪敏, 涂辉招, 李浩. 基于跟驰行为谱的跟驰风险状态预测[J]. 同济大学学报 (自然科学版), 2021, 49(6): 843-852.
- [46] 王泽学, 万启东, 秦杨梅, 等. 基于多 Agent 强化学习的危险车辆预警算法[J]. Electronic Science & Technology, 2020, 33(9).
- [47] Lazaro M J, Yun M H, Kim S. Stress-level and attentional functions of experienced and novice young adult drivers in intersection-related hazard situations[J]. International Journal of Industrial Ergonomics, 2022, 90: 103315.

三、实施方案

3.1 拟解决的关键问题

(1) 如何基于低频卫星定位数据重构营运车辆轨迹数据

针对营运车辆低频卫星定位数据中的噪声、数据缺失与轨迹不连续问题，如何融合路网数据、卫星定位数据及外部环境数据，构建面向重点营运车辆运行场景的轨迹预处理与重构方法，实现轨迹分段、数据清洗、地图匹配和轨迹增密，提升轨迹在空间位置、时间连续性和运行状态表达上的可靠性？

(2) 如何刻画并辨识重点营运车辆中观尺度异常驾驶行为

针对现有危险驾驶识别方法多基于瞬时指标、固定阈值或单一事件判别，难以刻画低频监管轨迹数据中驾驶行为在时间维度上的结构变化与整体运行模式的问题，如何基于时间、速度、空间位置及少量有效事件信息，构建面向中观尺度异常驾驶行为的行为谱表征方法，揭示车辆持续超速、异常速度波动、异常停驶起步、异常路径运行等行为特征与风险之间的关联，并实现典型异常运行片段的识别与区分？

(3) 如何实现营运车辆在途运行风险的动态量化评估

针对现有车辆运行风险评估多基于静态指标或离线统计结果，难以反映风险随驾驶行为演化而动态变化的问题，如何基于驾驶行为和外部环境因素的综合分析，构建动态风险评估模型，实现车辆在途运行风险的实时量化与等级划分，并根据评估结果设计动态分级预警机制？

3.2 主要研究内容及实施方案

3.2.1 研究内容

(1) 重点营运车辆低频轨迹重构

提取陕西省铜川境内 G210 满防线区域的“两客一危”基础车辆轨迹数据；针对原始轨迹中存在的停留点冗余、缺失记录及定位漂移等现象，通过行程分段与数据清洗提高基础轨迹数据质量；考虑路网约束，实现重点营运车辆轨迹增密；采用间接验证与直接验证相结合的方式，对轨迹重构结果的准确性与合理性进行评估。

(2) 基于行为谱的异常车辆行为辨识

基于时间戳、经纬度、瞬时速度、方向角等车辆运行基础信息，构造车辆运行的衍生特征向量，如加速度、曲率变化率和航向角波动等指标，形成可表征中观驾驶行为的关键特征序列；考虑子序列长度和滑动时间窗口，实现重点营运车辆运行状态的连续时序表达；通过时序异常检测算法识别谱中的突变点，实现对长时高速运行、频繁速度波动等典型异常驾驶行为的识别，明确异常行为判别标准，与人工标注数据进行结果验证。

(3) 运行风险评估与分级预警策略

根据异常车辆行为识别结果，综合考虑异常行为强度、持续时长，叠加外部环境因素，如道路、气象等环境风险系数，确定各指标权重及风险等级划分阈值，分析风险在时空维度的分布模式与演化规律；提出基于风险等级划分的分级预警策略，针对不同风险等级，生成相应的预警信息（如语音提示、图像警示）和干预建议（如建议降速、

强制限速请求、推送至企业安全管理人员进行人工干预）。

3.2.2 实施方案

（1）车辆低频轨迹重构

本研究以道路网络为核心空间约束，采用基于隐马尔可夫模型（HMM）的地图匹配方法，将营运车辆轨迹点映射至实际道路网络，明确车辆在路网中的行驶路径。在此基础上，依托道路几何形态与拓扑结构，对相邻匹配点之间进行空间增密，沿路网插入中间轨迹点以恢复连续行驶过程。随后结合相邻原始轨迹点的时空关系，采用时间-空间插值方法对重构点赋予时间与速度信息，并融合对应时段的气象数据，构建能够表征车辆运行状态及外部环境特征的连续轨迹序列。

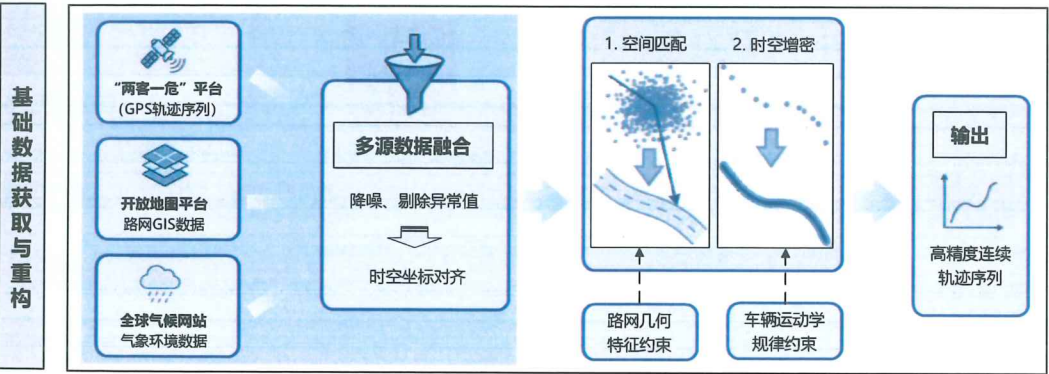


图 1 轨迹重构技术路线图

（2）基于驾驶行为谱的异常运行状态识别

从重构轨迹中提取速度、加速度、航向角波动等关键特征序列，采用滑动时间窗口和基础子序列划分方式，基于 DTW 距离矩阵与谱半径提取构建驾驶行为谱，实现对车辆运行状态稳定性、波动性及

异常偏离过程的连续表达；在此基础上，通过无监督机器学习算法识别长时高速运行、频繁速度波动、激烈加减速等典型异常运行状态。采集对铜川市 G210 运输通道典型路段上的车辆视频数据，通过人工标注方式，进行异常行为标注，构建验证数据集；在模型验证阶段，将无监督算法的识别结果与人工标注的标准验证数据集进行对比校验，计算无监督识别结果与人工标注结果的一致性。

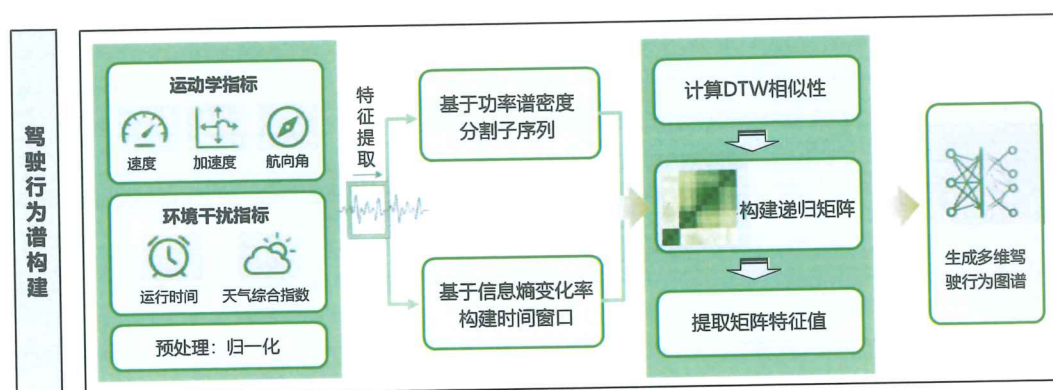


图2 基于行为谱的异常行为识别

（3）运行风险量化与分级评估

基于已构建的驾驶行为谱与天气等外部环境因素，通过与稳定态运行模式进行对比，识别出车辆行为的波动和偏离程度。根据波动和偏离程度输出点级异常，结合持续性约束与段合并规则，将点级异常转化为段级风险片段。再根据风险片段的持续时间、异常强度以及外部因素量化风险强度，并根据风险能量实现低、中、高等级风险划分，形成重点营运车辆在途运行风险的动态评估结果。行为谱内部的对比逻辑通过计算当前驾驶行为与常态模式之间的差异，检测到异常状态的波动强度和偏离程度。输出异常的持续时间、发生频率等指标，量化风险强度。再根据量化得到的风险值，结合风险区间，车辆的运行

状态被划分为不同的风险等级。有效捕捉潜在风险，输出精准风险量化结果。

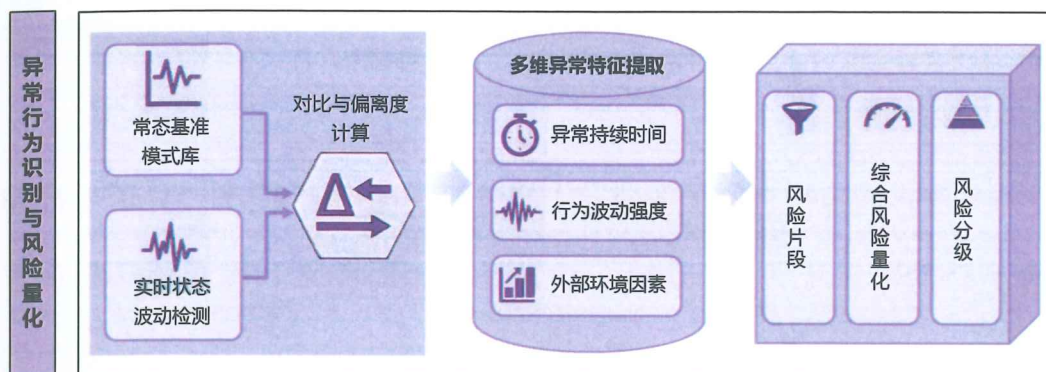


图3 风险量化与分级技术路线图

（4）动态分级预警研究

面向重点营运车辆主动安全监管需求，形成基于风险等级和风险致因特征的动态分级预警与差异化管控机制。将风险评估结果与外部环境因素，如道路环境、天气状态及典型风险场景相结合，设计分级预警响应规则；针对不同风险等级和不同风险类型，生成差异化预警提示和管控建议；验证评估预警策略在风险削减、重点风险片段控制和整体风险水平改善方面的作用效果。

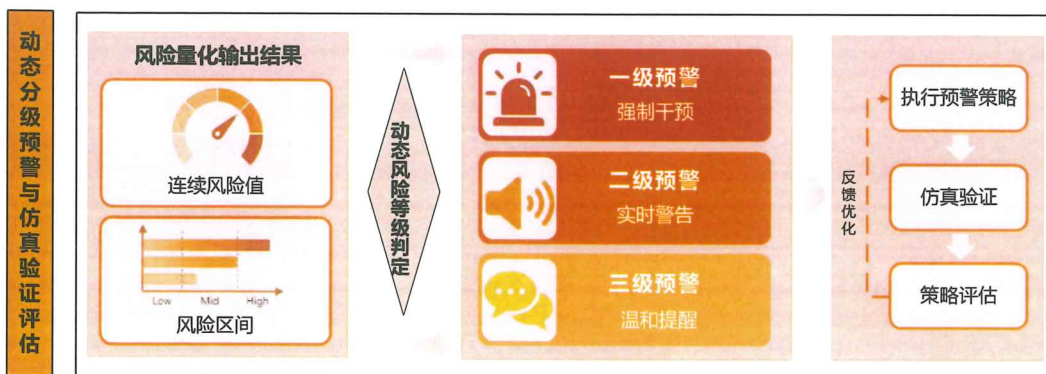


图4 分级预警技术路线图

3.3 项目创新点

(1) 低频卫星定位轨迹重构与数据质量增强技术：面向低频卫星定位数据，构建了融合地图匹配、轨迹增密与环境信息补充的轨迹重构方法，解决了重点营运车辆低频轨迹不连续、偏离路网和可分析性不足的问题。

(2) 基于行为谱的异常运行状态识别方法：提出一种基于行为谱的异常运行状态识别方法，突破传统瞬时指标和固定阈值判别方式，实现对重点营运车辆异常运行状态的有效识别，为风险分析提供可解释的行为依据。

(3) 动态风险量化与分级评估方法：构建融合异常运行状态与外部环境因素的动态风险量化与分级评估方法，实现重点营运车辆在途运行风险评估，为动态分级预警和差异化管控提供数据支撑。

3.4 技术路线图

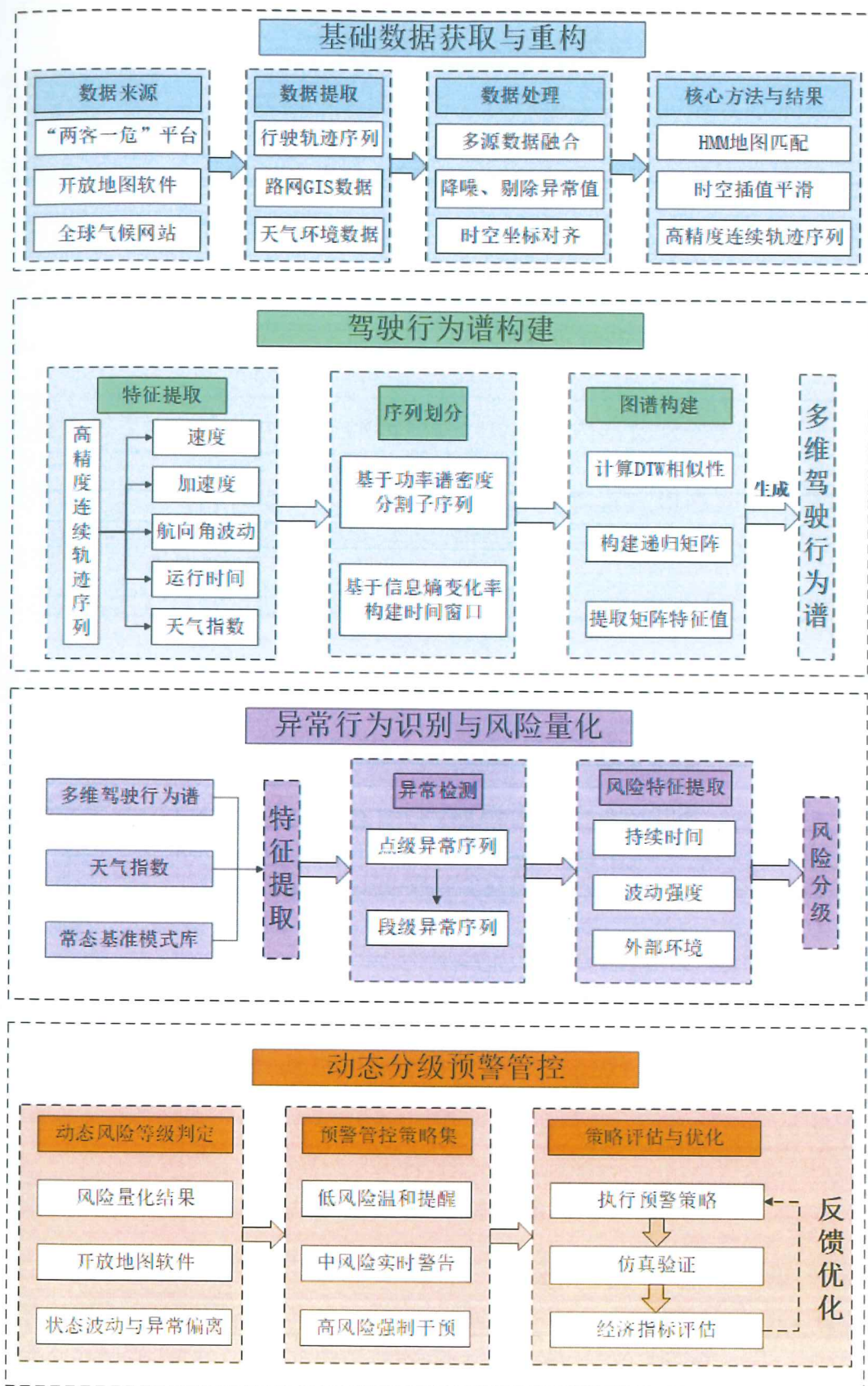


图5 技术路线图

3.5 后续技术改造与基本建设计划的衔接

本项目研究成果主要以方法模型和分析指标体系的形式输出，具备与现有重点营运车辆动态监管平台进行衔接应用的条件。在不改变现有车辆终端设备和数据采集频率的前提下，项目形成的轨迹重构、异常驾驶行为识别与风险分级评估方法，可作为后台分析模块嵌入既有监管平台，为监管决策提供补充支撑，具有较好的工程适配性。

在后续技术改造方面，项目成果可用于辅助现有动态监管系统对预警规则和阈值设置进行优化升级。通过引入基于中观尺度的异常驾驶行为识别结果和风险分级指标，可对传统以单一阈值为主的预警机制进行完善，使监管侧能够从“是否触发报警”向“运行风险水平评估”转变，为分对象、分路段、分时段的差异化监管提供依据。相关技术不依赖高频实时数据，改造成本较低，具备实际推广可行性。

在基本建设与推广应用层面，项目成果可优先在典型重点运输通道或高风险路段开展应用验证，并根据运行效果逐步推广至其他区域和监管对象。同时，研究形成的指标体系与分析方法可为后续重点营运车辆安全管理系统建设提供技术参考，反映出成果具有一定成熟度和现实需求基础，具备进一步应用和推广的潜力。

3.6 相关技术经济指标

(1) 异常行为识别准确性：基于低频轨迹重构数据的车辆异常行为识别准确率达到 90%。

(2) 分级管控策略效果：比较实施分级管控策略前后，风险片段比例降低 20%

四、项目承担单位及参加单位概况

4.1 单位概况

1、长安大学

长安大学直属教育部，是国家首批“211 工程”重点建设高校、“985 优势学科创新平台”建设高校和国家“双一流”建设高校。学校在交通运输、国土资源与城乡建设等领域优势突出，其中交通运输工程为国家“双一流”建设学科，在交通运行分析、交通安全与智能监管等方向具有坚实的研究基础。

围绕交通运输工程与交通安全研究，学校建有多个国家级和省部级科研平台，包括道路结构与材料交通运输行业重点实验室、特殊地区公路工程教育部重点实验室等，形成了覆盖道路工程、交通运行与安全分析的综合科研平台体系，为车辆运行特性研究和交通安全分析提供了稳定的科研支撑条件。

在实验与技术条件方面，学校配备了较为完善的交通运行监测与车辆状态采集设备，主要包括 Trimble 高精度 GNSS 定位系统、Autoscope 视频交通检测系统、ADR 交通流自动采集系统等，可支持车辆轨迹数据采集、交通流状态识别及运行行为分析。同时，学校建有高速全功能汽车综合性能测试场地，具备开展车辆动态运行测试与实验验证的条件。

在交通分析与建模方面，学校引入并长期使用多种主流交通分析与仿真软件平台，包括 TransCAD、VISUM、EMME/3、VISSIM 等，能够支撑交通运行分析、行为建模及风险评估相关研究工作，为本项

目的模型构建与结果验证提供必要的软件环境。

近年来,学科团队承担了包括国家科技部项目、国家西部交通建设科技项目、国家“863 计划”项目、国家自然科学基金项目等在内的国家级、省部级重点科研项目 100 余项。累计获得省部级科研成果奖与教学成果奖 40 余项,发表学术论文 800 余篇,出版专著与教材 40 余部,多项研究成果已在实际中得到应用与推广,形成了良好的学术影响力与社会效益。

2、铜川市交通运输局

铜川市交通运输局是铜川市人民政府主管全市交通运输工作的行政部门,其核心职责与功能是:贯彻执行国家、省、市交通运输领域的法律法规与政策规定,拟订本地交通运输相关政策、规章、办法并监督实施;负责全市公路、水路建设市场的监管及工程质量监督,统筹道路、水路运输市场与城市客运的管理工作;承担交通运输行业安全生产、应急管理及公路超限运输治理任务,推进交通运输行政审批体系建设并办理相关审批事项;负责维护全市公路、水路的路产路权及路政管理工作,同时指导全市农村公路的建设与管理,以此保障本地交通运输体系的有序运行,为区域发展提供交通支撑。

4.2 技术力量及人员构成

本项目团队由长安大学交通运输工程学院的多名教授、副教授、博士及硕士研究生,与铜川市交通运输局的技术骨干共同组成,形成产学研紧密结合的协作架构。团队具体分为三个专项小组:基础数据调查与分析小组,联合铜川市交通运输局,负责多源数据的实地调研、

采集与初步处理；技术方法体系研究小组，专注风险量化模型、分级预警策略及行为图谱表征等核心技术研发；工程技术咨询与项目统筹小组协同高级职称专家，负责整体规划、技术协调与成果的工程化转化。项目组人员构成见下表：

表 1 项目组成员

姓名	单位	性别	年龄	技术职称	专业	在项目中担任具体工作
张玉婷	长安大学运输工程学院	女	1991/4/25	副教授	交通工程（安全）	项目总负责人
梁国华	长安大学运输工程学院	男	1978/12/21	教授	交通工程（安全）	分级预警策略制定
邓亚娟	长安大学运输工程学院	女	1971/4/21	教授	道路运输	轨迹重构
陈亦新	长安大学运输工程学院	男	1987/5/13	副教授	交通工程（安全）	调研分析、策略制定
姚振兴	长安大学运输工程学院	男	1989/2/17	副教授	交通工程（安全）	数据调研、数据应用分析
于谦	长安大学运输工程学院	女	1988/9/30	讲师	交通工程（安全）	数据应用分析
符时泽	铜川市交通运输局	男	1988/11/23	中级	道路运输	数据调研与分析
原涛	铜川市交通运输局	男	1993/10/10	技术员	交通工程（安全）	数据调研与分析
雷军锋	铜川市交通运输局	男	1967/3/9	技术员	道路运输	数据调研与分析
邓寅权	铜川市交通运输局	男	1971/10/20	技术员	道路运输	数据调研与分析
张天赐	长安大学运输工程学院	男	2001/2/6	技术员	交通工程（安全）	轨迹重构、风险量化
牛亮	长安大学运输工程学院	男	2002/1/17	技术员	交通工程（安全）	轨迹重构、危险行为识别
彭绍轩	长安大学运输工程学院	男	2000/9/10	技术员	交通工程（安全）	风险量化、预警策略确定
赵佳宁	长安大学运输工程学院	女	2001/1/1	技术员	交通工程（安全）	行为谱表征、风险量化

4.3 各自承担的主要工作

长安大学全面负责研究工作的组织与实施，具体包括：系统收集

与分析国内外相关文献资料，开展理论建模与计算分析，撰写研究报告，并组织现场调研与技术咨询工作。

铜川市交通运输局主要提供行政与资源支持，包括：协助提供工程项目相关基础资料与数据，统筹协调相关交通管理部门及现场资源，全力配合并保障研究及技术咨询工作的顺利开展。

4.4 项目主要负责人情况

张玉婷副教授，博士，硕士生导师。2018 年获得北京交通大学交通运输学院工学博士学位。一直从事交通运输系统安全分析研究，在交通事故特征挖掘、驾驶行为规律研究、智能预警系统研发等方面进行了深入探索。目前，担任世界交通大会分委员会委员。主持国家自然科学基金项目 1 项，主持陕西省自然基金青年项目 1 项，主要参与国家重点研发计划课题 2 项、国家自然科学基金面上 2 项，完成上海、河北、陕西、山西等省交通运输领域项目多项；研究成果获中国物流与采购联合会科学技术奖二等奖 2 项，中国仿真学会科学技术奖二等奖 1 项，中国智能交通协会科学技术奖三等奖 1 项。在该研究领域发表学术论文 20 余篇，其中 12 篇 SCI/SSCI 检索，包括 Accident Analysis and Prevention (Top 期刊)、Transportation Research Part C/ F、交通运输系统工程与信息、安全与环境学报等国内外权威期刊；参与编写地方标准 1 项。

五、项目依托工程（工作）情况及其他必要支撑条件

5.1 依托工程概况

本项目依托陕西省铜川境内 G210 满防线（满都拉-防城港）开展研究。G210 满防线是“国家公路网规划”中的纵向线之一，起点位于内蒙古包头市满都拉，终点位于广西南宁防城港，路线呈南北走向，依次经过内蒙古、陕西、四川、重庆、贵州和广西 6 个省、自治区、直辖市。陕西境内 G210 起点位于榆林市神木县石拉点不素，终点位于汉中市巴县铁匠垭（陕川界），由北向南依次经过榆林、延安、铜川、渭南、咸阳、西安、安康和汉中共 8 个地市。

铜川市境内 G210 起点位于铜川延安界宜君东湖（K1058+655），终点位于铜川渭南界耀州青岗岭（K1154+070），全长 95.415 公里，从北向南所经主要村镇有偏桥镇、宜君县、哭泉乡、金锁关镇、印台区、王益区、黄堡镇、耀州区、新区等，其中铜川公路管理局管养里程 91.965 公里，城市管理部门管养里程 3.45 公里。涉及长大下坡 2 处、急弯陡坡 16 处、临水临崖 23 处。

铜川市境内 G210 运输任务繁重，包括一级公路 25.37 公里、二级公路 70.045 公里，平均日均交通量 22117 辆，其中：铜川延安界宜君东湖（K1058+655）至宜君印台界四道桥（K1103+920）段 45.265 公里，均为二级公路，设计速度 40km/h，双向两车道，路基宽度 12/10 米、路面宽度 11/9 米，日均交通量 6170 辆（其中大货车及以上 1630 辆、大客车 26 辆），隧道 374 延米/1 座，桥梁 744 延米/12 座；宜君印台界四道桥（K1103+920）至王益川口（K1128+700）段 24.78 公

里，一级公路 3.3 公里、二级公路 21.48 公里，设计速度 40km/h，双向两/四车道，路基宽度 10/12/18/24 米、路面宽度 9.5/10/11/18/24 米，日均交通量 14040 辆（其中大货车及以上 3660 辆、大客车 135 辆），桥梁 1160 延米/15 座；王益川口（K1128+700）至铜川渭南界耀州青岗岭（K1154+070）段 25.37 公里，一级公路 25.37 公里，设计速度 60km/h，双向四车道，路基宽度 23/24.5 米、路面宽度 22/21.5 米，日均交通量 43180 辆（其中大货车及以上 10530 辆、大客车 730 辆），桥梁 8173 延米/23 座。该公路大货车（15820 辆/日）和大客车（891 辆/日）等重点营运车辆通行交通量大，对于重点营运车辆在途风险动态辨识与管控策略研究具有很好的分析与应用价值。

5.2 投资来源

项目总经费 39.74 万元，其中交通运输厅补助 19.87 万元，自筹资金：19.87 万元。

5.3 工程进度与项目科研进度的配合

本课题分年度进度计划如下：

1、科研进度

（1）2026 年 3 月-2026 年 5 月

明确研究目标与研究对象，制定课题研究大纲，选择依托工程，完善研究内容与技术路线，完成相关文献梳理与前期准备工作。

（2）2026 年 6 月-2026 年 10 月

从“两客一危”监管平台中提取依托工程区域的重点营运车辆轨迹数据，收集对应时间段的气象数据和道路线形信息，开展数据清洗

与预处理分析，实现车辆轨迹增密。

(3) 2026 年 11 月-2026 年 12 月

基于重构轨迹序列，分析重点营运车辆的时空分布特征与运行规律；

(4) 2027 年 1 月-2027 年 4 月

提取表征重点营运车辆运行行为的关键特征参数，构建行为谱，开展危险驾驶行为辨识方法研究，形成阶段性研究成果，发表 1 篇相关学术论文。

(5) 2027 年 5 月-2027 年 8 月

综合考虑道路环境、气象条件和时间因素，构建车辆在途运行风险的分级评估模型，形成阶段性研究成果，并发表学术论文 1 篇。

(6) 2027 年 9 月-2027 年 12 月

分析不同道路条件和运行场景下的预警响应特征，构建动态预警策略体系，形成差异化管控策略，对策略的有效性进行验证。

(7) 2028 年 1 月-2027 年 3 月

系统总结研究成果，提炼研究结论，完成研究报告与相关成果整理，提交项目验收材料。

2、科研进度与工程进度的匹配

结合依托改建工程开展初步调研，收集近五年“两客一危”事故数据特征统计与铜川市交通运输局相关部门座谈，调研依托工程 G210，摸清可获取的重点营运车辆在途数据，为风险研究与精准识别奠定基础；同步推进资料与数据收集，归集国家、陕西省及交通运

输部的重点营运车辆智能监管文件并梳理各地监管举措，同时获取铜川市“两客一危”监管平台2个月的车辆轨迹、对应天气数据，完成依托工程重点路段数据的初步匹配分析；并开展理论与方法研究，综述近年重点营运车辆领域研究现状，及基于车辆轨迹数据的异常行为识别、风险量化方法，总结各类方法的优缺点，为项目重点营运车辆在途风险精准识别提供理论支撑。最终，给G210重点营运车辆危险驾驶行为辨识与分级预警提供参考性建议，并对省内其他公路的重点营运车辆危险驾驶行为辨识与分级预警提供指导性理论依据。

5.4 组织管理形式

项目组织实施中的主要管理形式和措施有：

(1) 各项研究内容与研究进度均严格依据项目既定目标与计划组织实施，确保方向一致、步骤清晰、责任到人。

(2) 项目由承担单位及项目负责人全面负责整体管理与协调。参与各方的任务分工、经费使用、考核指标及责任义务等将通过协议或合同形式进一步明确，确保权责清晰、协作顺畅。

(3) 每周定期召开项目工作例会，检查前期工作进展与完成质量，研讨解决实施过程中遇到的技术与管理问题，安排下一阶段重点工作与具体要求。对未能按时保质完成任务的相关人员将及时调整，保障项目持续高效推进。

(4) 对项目关键阶段性目标与成果实施重点考核与动态督促，确保各阶段任务落实到位，最终保障项目总体目标圆满完成。

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	19.87	合 计	39.74	19.87	19.87
工程配套研究经费	0	1.设备费	0	0	0
单位自筹	19.87	（1）购置设备费	0	0	0
其他经费		（2）设备改造与租赁费	0	0	0
		2.业务费	27.74	10.98	16.76
		（1）材料费	5	0.98	4.02
		（2）测试化验实验加工费	0	0	0
		（3）燃料动力费	0	0	0
		（4）差旅费/会议费/国际合作与交流费	17	8	9
		（5）出版/文献/信息传播/知识产权事费	4	1	3
		（6）其他费用	1.74	1	0.74
		3.劳务费	8	7	1
		（1）专家咨询费	1	1	0
		（2）聘用人员劳务费	1	0	1
		（3）其他劳务费	6	6	0
		（二）间接费用	4	1.89	2.11
		4.管理费	4	1.89	2.11
		5.绩效支出	0	0	0

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）	0
		（1）授权发明专利	0
		（2）实用新型	0
		（3）外观设计	0
		2、软件著作权授权数（项）	0
		3、发表论文（篇）	2
		（1）其中 SCI 索引收录数	0
		（2）其中 EI 索引收录数	1
		（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	否
		（1）小试	否
		（2）中试（样品样机）	否
		（3）小批量	否
		（4）规模化生产	否
	人才引育	1、引进高层次人才	0
		（1）博士、博士后	0
		（2）硕士	0
		2、培养高层次人才	0
		（1）博士、博士后	0
		（2）硕士	1
		3、培训从事技术创新服务人员（人次）	0
		4、是否设立科研助理岗位	否
	产业化情况	1、开放共享仪器设备数（台/套/只等）	0
		2、科研仪器设备利用率（%）	0
		3、孵化科技型企业（个）	0
		4、转化科技成果（个）	0
效果类指标	经济效益	1、新增产值（万元）	0
		2、新增销售（万元）	0
		3、新增出口创汇（万美元）	0
		4、新增利润（万元）	0
	社会效益	1、新增税收（万元）	0
		2、新增就业人数	0
		3、就业培训（人次）	0
		4、带动农民增收（万元）	0
		5、培训和指导科技服务（人次）	0
		6、新增产业带动情况	0
		7、技术集成示范（项）	0
		8、建立示范基地（亩数）	0
		9、节约资源能源	0
		10、环保效益	0
其他需要说明的情况			

八、预期目标、成果提供形式及经济效益

8.1 预期目标

- (1) 挖掘重点营运车辆时空特征与运行规律。
- (2) 提出重点营运车辆异常行为辨识模型。
- (3) 评估重点营运车辆运行风险，进行风险等级划分，形成分级管控策略。

8.2 提交的研究成果及其形式

- (1) 《重点营运车辆危险行为辨识与分级预警策略研究》研究报告一套。内容涵盖：重点营运车辆行为谱构建与结果分析；基于低频轨迹数据的异常驾驶行为识别模型；车辆在途风险评估；基于风险等级的差异化预警策略。
- (2) 针对重点营运车辆异常行为的分级管控策略一套。
- (3) 发表学术论文 2 篇（中文核心期刊，EI，SCI 检索以上的刊物或会议上发表）。

8.3 经济、社会效益分析

本项目研究成果为“两客一危”主动安全智能防控监管平台动态监测预警触发规则科学设定提供理论依据，为“两客一危”车辆的管理监督部门以及车辆运输企业提供科学合理的决策依据和数据支持；对降低两客一危事故率，提升重点营运车辆的运输安全具有重大经济和社会效益。

九、其它需要说明的问题

无



十、申请单位意见

该课题研究内容翔实，实施方案具体可行，研究内容具有实际应用价值，故同意开展研究。



单位负责人：(签字)

[Handwritten signature]

科研项目专用章

年 月 日

重点营运车辆危险驾驶行为辨识与分级预警策略研究

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“重点营运车辆危险驾驶行为辨识与分级预警策略研究”（项目编号：25-36X）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，研究目标明确，技术路线基本可行。

二、项目研究人员组成合理，前期研究基础扎实，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.进一步明确数据来源，增加可反映驾驶行为的数据。
- 2.补充验证数据集的内容，使得结果可验证。
- 3.进一步优化技术经济指标。

主任委员

2026年3月20日

专家审查意见表

项目名称	重点营运车辆危险驾驶行为辨识与分级预警策略研究				
专家姓名	靖 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，研究内容较为齐全、关键技术路线基本合理可行。

二、课题研究内容聚焦在驾驶人员的行为状态上？还是车辆？车辆已经有了较完备的监测，包括轨迹等，再聚焦研究的目的和意义。

三、预警应是实时的，或者可强制降速或其他有效行为予以制止危险行为的，可能更具有意义。

四、进一步优化技术经济指标。

五、课题成果的验证方式采用哪种？成果提交形式再聚焦。

评审专家（签字）：



2026年8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	重点营运车辆危险驾驶行为辨识与分级预警策略研究			
专家姓名	孙楠	职务/职称	高级工程师	专业 ^{电话意见} 法律(非法学)
专家单位	西安公路研究院		联系电话	18629389959

评审意见

整体研究完整，目标明确。建议：

① 明确数据来源可覆盖行为数据，可提供行为谱的基础数据。

② 所用方法主要是无监督的，建议在研究中增加标准验证数据集的内容，使的结果可验证。

评审专家(签字)：孙楠

2020年3月20日

(本意见入档，应填写工整，纸面不散，可另加纸)

专家审查意见表

项目名称	重点营运车辆危险驾驶行为辨识与分级预警策略研究				
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、建议建立具体的驾驶行为异常状态的图谱，明确哪些为异常状态，如变道、超车、占用车道、不遵守交通灯等，并明确判定标准。
- 二、判定异常行为时考虑外部环境，如天气、交通拥堵等，提升判定的准确性。

评审专家（签字）：于金良

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	25-36X 重点营运车辆危险驾驶行为辨识与分级预警策略研究				
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、 对数据源的数据质量应有要求,有什么频率与精度的定位数据才能做到后续的行为辨识? 对行为准确的辨识才有后续的分级预警。
- 2、 (1) 轨迹数据质量: 轨迹平均绝对误差 ≤ 10 米, (2) 风险识别能力: 异常点识别准确率 $\geq 80\%$, 异常片段识别准确率 $\geq 80\%$, (3) 预警策略效果: 总风险能量下降 $\geq 20\%$, 这三项指标如何测量?
- 3、 成果应能在某个运输企业应用, 才能验证指标, 体现成果价值。
- 4、 建议增加能反映驾驶行为的数据, 否则仅基于定位数据, 难以形成驾驶行为的分析结论。

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

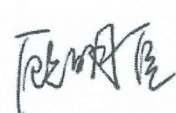
项目名称	重点营运车辆危险驾驶行为辨识与 分级预警策略研究				
专家姓名	顾明臣	职务/职称	正高	专 业	交通信息化工程
专家单位	交通运输部规划研究院			联系电话	13910897715

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. 动态分级预警管控的风险量化评估的依据还得进一步明确。

3. 轨迹数据质量：轨迹平均绝对误差 ≤ 10 米。（2）风险识别能力：异常点识别准确率 $\geq 80\%$ ，异常片段识别准确率 $\geq 80\%$ 。上述精度指标的参照值是什么，是相对现有条件还是测试数据。轨迹平均绝对误差是不是还可以降低。

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）

重点营运车辆危险驾驶行为辨识与分级预警策略研究 (项目编号: 25-36X)

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	靖勃
2	委员	孙楠	西安公路研究院	电子信息	电子信息	正高工	孙楠
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	于金良
4	委员	季锦章	华设集团	无线电与信息系统	智能交通	研高	线上评审
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	线上评审

专家意见处理表

项目名称：重点营运车辆危险驾驶行为辨识与分级预警策略研究

(项目编号： 25-36X)

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，研究内容较为齐全、关键技术路线基本合理可行。	回复 1：感谢专家对课题前期工作与基础的肯定。我们将根据各位评审专家意见，进一步完善技术路线，确保项目高质量完成。
		2、课题研究内容聚焦在驾驶人员的行为状态上?还是车辆?车辆已经有了较完备的监测,包括轨迹等,再聚焦研究的目的和意义。	回复 2：感谢专家提问。原大纲在研究聚焦点上表述不够清晰，容易造成“研究车辆”与“研究驾驶行为”的混淆。为更清晰地界定研究边界，结合专家意见，我们对大纲中的 1.2 项目的研究目的和意义部分进行修订，将核心聚焦点从“车辆”本身，明确为“基于车辆轨迹数据的驾驶人驾驶行为状态”。车辆作为被动的物理载体，其轨迹、速度等运行数据，实际上是驾驶人驾驶行为（操作）的外在体现。因此，本研究并非重复监测车辆本身，而是利用现有的车辆轨迹数据，构建衍生行为特征向量，反演和挖掘轨迹数据背后的驾驶行为特征，从而为更精

		准的异常行为辨识提供依据。而且现有监测仅关注超速、疲劳驾驶等单一违法行为，对于复合型、连续性的异常行为无法有效辨识。 具体修改如下： 1.2 研究目的和意义：本研究面向重点营运车辆运行安全精细化监管的实际需求，立足于当前车辆动态监控数据采集频率与质量的现实条件，利用现有车辆轨迹数据反演和挖掘驾驶人驾驶行为特征，通过构建衍生行为特征向量，从低频轨迹数据中提取能够表征驾驶人行为状态的关键信息，实现对复合型、连续性异常车辆行为的有效辨识，弥补现有监管平台仅能识别超速、疲劳驾驶等单一违法行为的局限。 在技术水平层面，通过轨迹重构、行为特征提取与多因素综合分析，形成一套适用于低频轨迹数据的车辆异常行为识别方法，提高了低频轨迹数据在监管平台行为分析中的可用性与稳定性。在工程应用层面，研究成果可为现有车辆动态监管平台从“单一违法行为报警”向“综合行为风险评估”的升级提供技术支持，有助于降低误报与漏报情况，提高监管措施的针对性
--	--	---

		与有效性。在经济社会层面，通过提升对营运车辆异常行为状态的识别能力，有助于提前发现和管控潜在安全隐患，降低事故发生率与损失规模，促进道路运输安全管理向数据驱动和精细化方向发展。
3、预警应是在实时的，或者可强制降速或其他有效行为予以制止危险行为的，可能更具有意义。		回复 3: 我们赞同专家意见, 预警应当向“主动干预”方向发展。为此, 我们对分级预警部分进行了深化和拓展, 不仅明确了预警的分级方式, 更增加了对不同风险等级下“可执行的干预建议”的描述, 使研究成果更具落地价值。 具体修改如下: 在 3.2 研究内容分级预警策略部分, 补充针对不同风险等级, 生成相应的预警信息 (如语音提示、图像警示) 和干预建议 (如建议降速、强制限速请求、推送至企业安全管理人员进行人工干预)。
4、进一步优化技术经济指标。		回复 4: 按照专家建议, 已对技术经济指标进行进一步优化升级。 具体修改如下: (1) 异常行为识别准确性: 基于低频轨迹重构数据的车辆异常行为识别准确率达到 90%。(2) 分级管控策略效果: 比较实施分级管控策略前后, 风险片段比例降低 20%。确保指标更贴合实际应用需求。

		5、课题成果的验证方式采用哪种?成果提交形式再聚焦。	回复 5: 根据专家意见, 我们对成果提交形式进行聚焦和优化。具体修改如下: (1) 《重点营运车辆危险行为辨识与分级预警策略研究》研究报告一套。内容涵盖: 重点营运车辆行为谱构建与结果分析; 基于低频轨迹数据的异常驾驶行为识别模型; 车辆在途风险评估; 基于风险等级的差异化预警策略。 (2) 针对重点营运车辆异常行为的分级管控策略一套。 (3) 发表学术论文 2 篇 (中文核心期刊, EI, SCI 检索以上的刊物或会议上发表)。
2	孙楠	1、明确数据源可覆盖行为数据, 可提供行为谱的基础数据。	回复 1: 感谢专家的建议。为明确数据源对行为谱构建的支撑能力, 我们在“项目前期科研及现有工作条件”部分补充了数据源的具体内容及其与行为特征提取的对应关系, 清晰说明现有数据能够提取出构建行为谱所需的各类基础特征。 具体修改位置及内容: 2.2 节 “项目前期科研及现有工作条件”第 (4) 部分 “项目准备工作情况”新增一段: 在数据源支撑方面, 项目已获取的铜川市“两客一危”监管平台车辆轨迹数据, 包含时间戳、经纬度、瞬时速度、行驶方向、车辆状态等字段, 采样间隔为 30 秒。基于上述字段, 可提取构建驾驶

		行为谱所需的基础特征向量，包括：连续超速时长、速度波动程度、速度变化率、异常停驶起步频次、路径偏移特征等中观尺度异常驾驶行为表征指标等。上述特征能够表征车辆运行过程中的稳定性、波动性与异常偏离程度，为后续驾驶行为谱的构建提供充分的数据支撑。
	2、所用方法主要是无监督的，建议在研究中增加标准验证数据集的内容，使得结果可验证。	回复 2：非常认同专家对于结果验证的重视，按照专家建议，在后续的研究中我们增加验证数据集内容，通过人工标注方式，对铜川市 G210 运输通道典型路段上的车辆轨迹数据进行异常行为标注，构建标准化验证数据集；在模型验证阶段，将无监督算法的识别结果与人工标注的标准验证数据集进行对比校验，通过量化分析提升模型识别结果的可信度和可验证性。 具体修改内容： 3.2.1（1）重点营运车辆低频轨迹重构部分，补充“采用间接验证与直接验证相结合的方式，对轨迹重构结果的准确性与合理性进行评估。”（2）基于行为谱的异常车辆行为识别部分补充“通过时序异常检测算法识别谱中的突变点，实现对长时高速行驶、频繁速度波动等典型异常驾驶行为的识别，与人工标注

			数据进行结果验证。”
			3.2.2 实施方案第二部分，补充：采集对铜川市 G210 运输通道典型路段上的车辆视频数据，通过人工标注方式，进行异常行为标注，构建验证数据集；在模型验证阶段，将无监督算法的识别结果与人工标注的标准验证数据集进行对比校验，计算无监督识别结果与人工标注结果的一致性。
3	于金良	1、建议建立具体的驾驶行为异常状态的图谱，明确那些为异常行为，如变道，超车，占用车道，不遵守交通灯等，并明确判定标准。	回复 1：感谢专家的建议，后续研究我们将结合依托工程 G210 铜川段的实际运行特征、数据可获取性及行业监管重点，通过时序异常检测算法识别谱中的突变点，实现对长时高速行驶、频繁速度波动、急加减速等典型异常驾驶行为的识别，且根据行为谱明确异常行为判别标准。 具体修改的内容如下： 3.2.1 （2）基于行为谱的异常车辆行为辨识部分，补充“通过时序异常检测算法识别谱中的突变点，实现对长时高速行驶、频繁速度波动等典型异常驾驶行为的识别，明确异常行为判别标准。”

		2、判定异常行为时考虑外部环境，如天气、交通拥堵等，提升判定的准确性。	回复 2：感谢专家的建议，我们在项目研究过程中会综合考虑外部环境因素，针对不同外部环境设置动态可调的异常行为判定阈值。具体修改如下：在研究内容和实施方案中都补充外部环境因素的影响。
4	季锦章	1、对数据源的数据质量应有要求,有什么频率与精度的定位数据才能做到后续的行为辨识?对行为准确的辨识才有后续的分级预警。	回复 1：感谢专家的提问。针对数据源质量要求中定位数据的频率与精度问题，结合项目的行业需求，项目是服务于“两客一危”监管平台，目前该平台主要提供 30s 采样间隔的粗粒度数据进行异常行为提取，用以支持路段级风险管控与策略制定和公路局中观层面的行为识别与风险研判。我们可以在模型构建时选择适合于低频数据的方法，尽可能提升行为辨识准确性；而且现有数据的频率已能够有效提取如速度异常、加减速突变等中观层面的车辆行为，可为其后期行为辨识和分级预警提供支持。因此，在当前的行业服务需求下，该数据精度与反馈频率能够满足其基于异常行为进行分级预警的业务目标，具备可行性。

2、(1) 轨迹数据质量:轨迹平均绝对误差≤ 10米, (2) 风险识别能力:异常点识别准确率$\geq 80\%$, 异常片段识别准确率$\geq 80\%$, (3) 预警策略效果:总风险能量下降$\geq 20\%$,这三项指标如何测量?	回复 2: 根据第一位专家的意见,我们已经对技术经济指标进行优化。修改后的技术指标如下: (1) 异常行为识别准确性:基于低频轨迹重构数据的车辆异常行为识别准确率达到 90%。(2) 分级管控策略效果:比较实施分级管控策略前后,风险片段比例降低 20%。其中异常行为识别准确性,通过和人工标注的验证集进行对比,比较异常行为识别正确比例;预警策略效果主要对比管控策略实施前后研究区域总的风险片段比例,用管控前后风险片段减少比例来衡量。
3、成果应能在某个运输企业应用,才能验证指标,体现成果价值。	回复 3: 高度认同专家关于成果落地企业应用的建议。后续研究中,我们将选取运输企业开展试点应用,将研究形成的分级预警策略应用于企业实际安全管理中,体现研究成果的实际应用价值。
4、建议增加能反映驾驶行为的数据,否则仅基于定位数据,难以形成驾驶行为的分析结论。	回复 4: 根据第二位专家的意见,我们已在“项目前期科研及现有工作条件”部分补充了数据源的具体内容及其与行为特征提取的对应关系,清晰说明现有数据能够提取出构建行为谱所需的各类基础特征。项目实施过程中,我们将紧密围绕公路局在业务管理中对策略精准性与覆盖深度的实际需求,来动态评估

			数据样本的充分性。若后续分析表明，为支撑更精细化的风险分级或更复杂的场景研判，需要进一步扩大数据规模或丰富数据维度，将在后续研究推进过程中，根据实际需求适时启动数据增强工作。 具体修改位置及内容：第 2.2 节 “项目前期科研及现有工作条件” 第（4）部分 “项目准备工作情况” 新增一段：在数据来源支撑方面，项目已获取的铜川市 “两客一危” 监管平台车辆轨迹数据，包含时间戳、经纬度、瞬时速度、行驶方向、车辆状态等字段，采样间隔为 30 秒。基于上述字段，可提取构建驾驶行为谱所需的基础特征向量，包括：持续超速时长、速度波动程度、速度变化率、异常停驶起步频次、路径偏移特征等中观尺度异常驾驶行为表征指标等。上述特征能够表征车辆运行过程中的稳定性、波动性与异常偏离程度，为后续驾驶行为谱的构建提供充分的数据支撑。
5	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。	回复 1：感谢专家的肯定，后续将严格按照大纲推进研究工作。

		回复 2：根据专家意见，后续风险评估部分会把评估依据具体落到三点：（1）用异常片段数、高风险片段数、峰值异常分数和总风险能量这些指标来量化风险；（2）保证管控前后在同一对象、同一模型和同一阈值下对比，确保结果可比；（3）从风险总量是否下降、高风险是否减少、风险等级是否下移三个方面综合判断策略效果。
2、动态分级预警管控的风险量化评估的依据 还得进一步明确。		
3、轨迹数据质量:轨迹平均绝对误差 ≤ 10 米。 (2)风险识别能力:异常点识别准确率 $\geq 80\%$, 异常片段识别准确率 $\geq 80\%$ 。上述精度指标的 参照值是什么，是相对现有条件还是测试数 据。轨迹平均绝对误差是不是还可以降低。		回复 3：根据第一位专家意见，已对技术经济指标进行优化。修 改后的技术经济指标如下：（1）异常行为识别准确性：基于低 频轨迹重构数据的车辆异常行为识别准确率达到 90%。（2）分 级管控策略效果：比较实施分级管控策略前后，风险片段比例 降低 20%。这些指标的参照值，对应独立测试数据或人工标注 基准。根据专家意见，后续随着数据质量和方法优化，降低轨 迹平均绝对误差。

大纲评审委员会专家（签字）



项目负责人（签字）：

