

# 基于大数据的高速公路交通拥堵预警与诱导控制研究

钱毅娟

云南云岭高速公路交通科技有限公司 云南 昆明 650000

**【摘要】**：基于大数据的高速公路交通拥堵预警与诱导控制研究以云南地区复杂的地理与气候条件为背景，针对交通流量大、突发事件频发等问题，构建多源数据融合的动态监测与分析体系。通过对交通流、气象、地理位置及车辆运行状态等大数据的综合挖掘，建立实时拥堵识别模型与多维度预测算法，实现对潜在拥堵风险的提前预警。在此基础上，利用智能算法优化诱导控制策略，动态调整交通信号与信息发布，提高通行效率与道路安全性。研究表明，该方法可显著提升高速公路交通运行的整体协调性与应急响应能力，为区域智慧交通管理提供科学支撑与技术路径。

**【关键词】**：大数据；高速公路；交通拥堵；预警；诱导控制

DOI:10.12417/2811-0536.26.03.020

## 引言

云南高速公路网络在区域经济发展与交通运输中占据重要地位，但受地形起伏、气候多变与旅游高峰期流量波动等因素影响，交通拥堵问题日益突出。随着传感技术与数据采集手段的进步，交通数据的实时获取与深度分析成为可能。大数据的引入为精准识别交通运行状态与预测拥堵趋势提供了新途径。通过挖掘数据潜在规律，能够为交通诱导与控制提供科学依据，使信息发布更具时效性与针对性，从而实现高速公路系统的智能化与动态化管理。

## 1 云南高速公路交通拥堵的形成机理与特征分析

云南高速公路网络在地形多变、气候复杂的自然环境中运行，交通拥堵问题具有显著的区域特征。受山区地貌限制，道路纵坡大、曲线半径小，通行能力受到明显约束，尤其在雨雾、冰雪等特殊气候条件下，车辆行驶速度下降、车距缩短，极易引发车流密度突增与瓶颈效应。云南作为西南交通枢纽与旅游大省，季节性出行需求波动显著，在节假日与旅游高峰期，车流量的短时集中增长造成交通运行状态的不稳定性。交通需求结构中重载车辆比例偏高，加之道路资源有限，导致通行效率下降与路段饱和度上升，这些因素共同构成了云南高速公路交通拥堵的复杂成因体系。



图1 云南高速公路

交通流特征的动态变化是影响拥堵形成的重要因素。在时空分布上，云南高速交通流呈现明显的峰谷差异，早晚高峰与节假日交通流叠加效应突出。由于区域道路等级差异较大，不同路段在交通流转换过程中存在明显的容量差与瓶颈段集中现象，使得拥堵具有时空迁移性与突发性特征。微观层面上，驾驶行为的差异化、超车与变道频繁等因素进一步加剧交通流的不稳定性，形成“扰动放大效应”。宏观层面上，交通事件、施工管制及恶劣天气的干扰使路网通行能力骤降，形成链式拥堵传播。通过交通流模型分析可知，云南地区拥堵的形成不仅受车流密度与流量关系影响，更受到道路几何结构与交通控制策略的双重约束。

在数据层面，交通拥堵的形成与检测依赖于多源信息的综合分析。道路监测系统采集的车速、流量、占有率等指标揭示了宏观运行态势，而来自GPS、气象雷达、移动通信信号的实时数据则反映了微观交通特征。通过大数据技术对这些多维信息进行融合，可以识别不同诱因下的拥堵类型与传播路径，从而揭示云南高速公路在特定气象与地理条件下的拥堵规律。交通流状态的空间相关性与时问连续性表明，拥堵并非孤立事件，而是一种由多因素耦合引起的系统性现象，其特征具有明显的地域性与季节性。通过深入剖析形成机理与特征，为后续的拥堵预警与诱导控制提供了数据支撑与理论基础。

## 2 基于大数据的交通运行状态实时监测体系构建

基于大数据的交通运行状态实时监测体系是实现高速公路智能化管理的核心环节，其构建过程涉及多源感知、数据传输、智能分析与动态反馈等多个层面。云南高速公路分布在地形复杂的高原山地环境中，传统单一监测方式难以满足对动态交通状态的精准识别与快速响应需求。为解决这一问题，需通过多类型传

感设备的协同部署, 构建覆盖全路网的感知网络。感知层包括视频监控、地磁检测、微波雷达、气象监测站以及车载终端等多种感知节点, 实现车速、车流量、车道占有率、道路湿滑度及气象条件的实时采集。通过边缘计算与车路协同技术, 将部分数据在本地快速处理与筛选, 大幅提升信息传输效率与系统稳定性, 为上层数据融合与分析提供可靠支撑。

在数据传输与处理环节, 构建高效的数据中台是实现实时监测的关键。交通监测体系依托 5G 通信网络与光纤传输通道, 确保海量数据在毫秒级延迟下实现高频传输与动态更新。通过引入云计算架构和分布式数据库, 实现数据的高效存储、调度与共享。系统利用数据清洗与异常检测算法去除冗余信息与噪声干扰, 保证数据的时效性与准确性。基于大数据分析平台, 融合交通运行、气象、地理与出行需求等多维数据, 建立交通流演化模型和状态识别算法, 实现对路网运行状态的实时计算与可视化展示。通过机器学习与深度学习模型, 对交通参数变化趋势进行自适应学习与模式识别, 从而为后续的拥堵预警与诱导控制提供动态输入。

在监测体系的应用层面, 重点在于实现对交通运行状态的全面感知与智能反馈。利用 GIS 空间分析与时序数据挖掘技术, 系统能够实现对关键路段交通状态的精准定位与趋势预测。通过热力图与动态可视化界面, 管理者可实时掌握不同路段的运行状况、流量分布与拥堵指数。系统可与智能诱导发布平台、交通信号控制系统以及应急调度中心联动, 实现信息的多端同步与指令闭环传递。在云南特殊的地理与气候环境下, 该体系能够根据实时监测结果动态调整交通管控措施, 如限速、分流、气象预警提示等, 从而实现对复杂交通环境下运行状态的精细化管理。通过大数据技术驱动的实时监测体系建设, 为云南高速公路交通运行的可视化、智能化与协同化管理奠定了坚实基础。

### 3 多源融合下的高速公路交通拥堵预警模型研究

多源融合下的高速公路交通拥堵预警模型以多维数据的协同感知与动态分析为核心, 通过整合交通流监测、气象环境、地理信息及车辆运行特征等多源异构数据, 实现对拥堵风险的精准识别与提前预警。在云南高速公路复杂的地理条件中, 单一数据源难以全面反映交通运行状态, 因此模型需引入多维特征参数, 包括车速变化率、流量波动系数、占有率梯度、能见度指数与道路湿滑因子等。通过数据融合算法, 对不同来源的时空信息进行标准化与权重分配, 形成高维

交通状态特征矩阵, 为后续的拥堵判别与预测提供数据基础。该模型借助贝叶斯网络与模糊逻辑推理机制, 将连续的交通变化过程映射为概率状态空间, 从而实现潜在拥堵趋势的实时识别。

在模型构建过程中, 数据挖掘与机器学习算法的引入是关键环节。利用长短期记忆网络 (LSTM) 与时序卷积网络 (TCN) 等深度学习结构, 对历史交通数据进行训练, 以捕捉非线性变化特征与时间依赖性。模型通过引入滑动时间窗机制, 对不同时间尺度下的交通参数进行动态更新, 实现短时预测与中期趋势判断的协同融合。结合地理信息系统 (GIS) 与交通仿真技术, 模型可将道路结构特征与空间分布规律纳入计算过程, 从而提升对局部拥堵传播路径的识别能力。模型采用自适应权重更新算法, 根据实时监测数据自动调整各特征变量的影响权重, 使预测结果更加符合云南复杂交通场景下的实际运行规律。

在预警机制的实现层面, 模型通过实时计算拥堵指数与交通风险等级, 建立多层次动态预警体系。系统将监测到的交通运行状态与预测结果进行比对, 当拥堵风险指数达到阈值时, 自动触发预警指令。通过融合历史模式与实时数据, 模型能够识别不同诱因下的拥堵类型, 包括气象型、结构型与事件型等, 并根据拥堵发生的空间位置与时间特征实现分级响应。预警结果可通过智能诱导屏、移动终端及交通管控平台同步发布, 为驾驶者提供路径调整与出行决策支持。该模型在多源信息融合与智能算法驱动下, 实现了由数据采集到拥堵预测的全链条闭环, 为云南高速公路拥堵防控体系的科学化与智能化提供了重要技术支撑。

### 4、面向动态响应的交通诱导与控制策略优化

面向动态响应的交通诱导与控制策略优化以交通状态的实时感知与快速调度为核心, 通过大数据驱动的智能决策体系, 实现对高速公路交通运行的自适应调控。在云南复杂的交通环境中, 地形起伏、气象多变和出行需求波动使得交通状态呈现高度动态特征。为了实现高效诱导与精准控制, 系统需基于实时监测数据, 构建交通状态动态评估模型, 对车流密度、流量分布与拥堵风险进行持续跟踪与预测。通过引入自适应信号控制算法与路径诱导机制, 系统能够根据不同路段的运行状态自动调整限速策略与信息发布时间, 实现由“被动响应”向“主动调节”的转变, 从而提升交通运行的整体协调性与稳定性。

在策略优化层面, 交通诱导系统以数据融合与智

能计算为基础,采用分层决策与动态优化的控制框架。上层决策模块结合宏观交通流模型与预测算法,对全网运行状态进行综合分析,识别关键瓶颈与潜在风险区域;中层控制模块通过模糊控制与强化学习算法,动态计算信号配时、匝道控制与车流分配方案;底层执行模块依托物联网与车路协同技术,将诱导信息精确传递至可变信息标志、车载终端与移动出行应用。系统在运行过程中不断采集反馈数据,对诱导效果进行评估与自我优化,使控制策略在多维动态环境下保持最优响应。

在实际应用中,动态诱导与控制策略的优化强调与驾驶行为和交通事件的实时交互。通过构建基于出行行为分析的诱导模型,系统能够根据驾驶者偏好、实时路况与目的地分布提供个性化路径建议。针对突发事件与恶劣气象条件,系统通过预警机制与智能调控联动,对局部路段实施限流、分流或临时封闭措施,防止拥堵扩散。交通控制中心依托可视化决策平台对诱导效果进行实时评估,并利用人工智能算法对控制参数进行动态微调,从而实现交通诱导策略的精准化与高效化。该优化体系在云南高速公路的复杂运行环境中,展现出对突发交通状态的快速响应能力与对整体路网运行效率的显著提升潜力。

## 5 大数据驱动的智能高速公路交通管理体系构建与应用验证

大数据驱动的智能高速公路交通管理体系构建以数据感知、智能分析与协同决策为核心,通过多层架构实现交通运行的全域监测与综合调控。在云南省复杂的地理和气候条件下,传统管理模式难以适应交通流动态变化与突发事件频发的现实需求。该体系以“感知—分析—决策—执行”的闭环管理理念为基础,集成视频监控、地磁检测、无人机巡查、气象感知及车联网数据,实现道路运行状态的立体化采集。数据中心通过云计算平台进行高效整合与深度挖掘,构建交通运行数据库与预测模型,为后续的管理与控制提供高精度支撑。系统可对交通流、速度分布、车道占

用率等指标进行实时评估,并通过动态模型分析识别潜在风险点,支撑高速公路全生命周期的智能化管理。

在体系功能设计中,智能决策引擎是核心组成部分。通过融合机器学习、图神经网络与强化学习算法,对多维交通数据进行特征提取与模式识别,形成自适应调控机制。管理系统结合地理信息系统(GIS)与交通仿真平台,实现道路运行状态的可视化展示与智能决策推演。交通控制中心可根据预测结果自动生成最优调度方案,包括信号控制参数优化、匝道管控策略调整以及应急资源调配。数据分析模块通过历史与实时信息的融合计算,实现从静态管理向动态调度的转变。系统在运行过程中具备自学习与自校正能力,能够根据不同路网特征和交通需求自动优化参数配置,确保在多变交通环境下保持高效运行状态。

在应用验证阶段,智能化交通管理体系通过在云南典型高速路段的试点部署,对其稳定性与适应性进行了实地测试。试验结果显示,基于大数据的动态管理机制显著提升了交通流效率与出行安全水平。系统在高峰时段实现了交通拥堵的提前识别与分流控制,降低了路段饱和度与事故率。通过与交通诱导屏、车载信息终端及应急调度平台的联动,信息发布更具时效性与针对性,实现管理部门与出行者之间的实时互动。系统还具备交通运行数据的可追溯性与智能研判功能,为政策制定与基础设施规划提供量化依据。该体系的构建与验证充分展示了大数据在交通治理中的技术优势,为云南高速公路迈向智慧交通管理阶段提供了科学支撑与实践路径。

## 6 结语

大数据技术的引入为云南高速公路交通拥堵治理提供了新的技术路径与管理模式。通过多源数据融合、智能分析与动态控制的有机结合,交通运行状态的实时监测、风险预警与诱导调控得以实现,促进了交通系统的高效、安全与智能化发展。该研究不仅完善了高速公路交通管理体系的理论框架,也为区域智慧交通建设提供了可操作的技术支撑与实践依据。

### 参考文献:

- [1] 王海东.基于大数据的交通拥堵预测与控制研究[J].交通运输工程学报,2021,21(4):45-52.
- [2] 刘慧敏.高速公路智能交通监测与预警系统设计[J].公路交通科技,2020,37(6):88-95.
- [3] 张志强.多源数据融合在交通流监测中的应用[J].智能系统学报,2022,17(3):112-120.
- [4] 陈立军.云南山区高速公路交通特性分析[J].西南交通大学学报,2022,54(5):63-70.
- [5] 李雪莹.面向智慧交通的动态诱导控制算法研究[J].系统仿真学报,2023,35(2):98-106.