

高速路面养护区安全设施与交通布设优化研究

代贵选

云南云岭高速公路工程咨询有限公司, 云南 昆明 650217

DOI:10.61369/ETQM.2026010007

摘要：为解决高速公路养护区安全设施不完善、交通布设不合理，造成的高速公路交通事故问题，本文以2025年曲靖管理处江召高速公路路面养护工程为例，在实际工程数据及现场情况的基础上，分析养护区安全设施及交通布设现状，并提出针对性优化方案。通过对比优化前后交通流参数，及安全风险参数验证优化方案的有效性，优化后的安全设施及交通布设，可减少养护区车辆平均车速波动幅度32%，降低交通事故隐患率45%，旨在为类似高速公路养护区安全提供实践指导。

关键词：高速公路；养护区；安全设施；交通布设

Research on Safety Facilities and Traffic Layout Optimization in Expressway Maintenance area

Dai Guixuan

Yunnan Yunling Expressway Engineering Consulting Co., LTD. Kunming, Yunnan 650217

Abstract： To address traffic accident issues caused by inadequate safety facilities and irrational traffic layouts in highway maintenance zones, this study analyzes the current status of safety infrastructure and traffic arrangements in the Jiangzhao Expressway maintenance project under Qujing Management Office's 2025 maintenance program. Based on actual engineering data and field conditions, the paper proposes targeted optimization strategies. By comparing traffic flow parameters before and after optimization and validating the effectiveness of safety risk parameters, the improved safety facilities and traffic configurations demonstrate a 32% reduction in average vehicle speed fluctuations and a 45% decrease in accident risk rates. This research aims to provide practical guidance for enhancing safety management in similar highway maintenance zones.

Keywords： expressway; maintenance area; safety facilities; traffic layout

引言

高速公路养护作业时，养护区临时交通环境改变，车辆行驶路线改变，易引发交通堵塞和事故^[1-3]。江召高速公路是G78汕头至昆明高速公路的关键路段，2025年路面养护工程，包含下行线K1667+000~K1648+610等路段施工，养护区涵盖长下坡、急弯、隧道群等复杂路段，车流量大、雾大、大车淋水现象严重，对安全设施和交通布设要求很高，本文以该工程实践为根基，对高速路面养护区安全设施，及交通布设展开优化研究，具有重要现实意义。

一、工程概况

2025年江召高速公路路面养护工程，共有3个立项段落，总养护长度26.99km。立项1下行线K1667+000~K1648+610段连续长下坡、急弯、隧道群，共有8个隧道（总长5974.7m）；立项2下行线K1648+610~K1646+000等3段急弯；立项3上行线K1698+000~K1700+000段急弯。半封闭或者单车道封闭施工，交通流临时调整，安全设施有热熔标线、突起路标、彩色防滑图

层等，参照公路养护安全作业规程（JTGH30—2015）执行。

二、江召高速公路养护区现状分析

江召高速公路安全设施隐患中，路面标线磨损、污染严重、夜间反光率低，多雾天气能见度小于50m，低于规范要求。K1655+000~K1656+000段行车道抗滑系数仅67.69，易导致车辆打滑。突起路标设置不合理，非隧道段间距大，隧道内双面路标

偏移。彩色防滑图层不全，隧道进出口重要区域未铺设，部分区域防滑性能不足。

在交通布设方面，警告区长度不足，K1643+000~K1641+000段只有1200m，低于规范要求的1600m标准，导致车辆减速距离不足，很容易发生追尾事故；过渡区设置不规范，上游过渡区不按车道宽度来设置长度，下游过渡区没设置渐变段，影响车辆并道和正常行驶；工作区管理不善，K1698+000~K1700+000段工程车和社会车混行，每天干扰3次以上，严重影响通行效率。

三、养护区安全设施优化方案

(一) 标线系统优化

因为普通热熔标线反光性能和抗滑性能都比较好，所以在长下坡、急弯等高危路段很难保障行车安全。采用振动型热熔反光标线，标线厚度由2mm提升至5mm，玻璃珠撒布量由0.25kg/m²提升至0.35kg/m²，反光效果大幅提升，让驾驶员看得更清楚。对于K1667+000~K1662+000等特殊路段，会在标线表面撒抗滑骨料，将BPN值提升到60以上，大幅增大轮胎与路面摩擦力，大幅降低雨天打滑风险，同时，这种抗滑设计还可以通过震动反馈，提醒驾驶员偏离车道，双重保护。

在隧道入口前150m到出口后100m同向车道分界线用实线振动标线，像K1660+000附近的隧道，实线延续到250m，有力阻止车辆违法变道，解决雨天标志线段不容易看清的状况。每隔12m就设置3~5cm宽的排水缝，雨水可以及时流走，让积水利求助标志线不会被水完全遮住，排水设计和凸起的振动纹理一起，即使下暴雨也能让标线清楚可见，确保驾驶员对车道边界的正确识别^[4-5]。

(二) 突起路标优化

长下坡路段纵坡大于3%，原8m间距单面突起路标引导效果不佳，现改为5m间距，以K1653+000到K1654+000段为例，更密集的路标可以更好地引导车辆维持正确的行驶轨迹。隧道内双面突起路标，严格控制路标与车道边缘线2mm以内的贴合误差，用高强度粘合剂固定，确保路标长期车辆碾压后仍然牢固。同时，定期开展巡检工作，用三维激光扫描设备检测路标偏移情况，及时加固或更换，确保导向功能正常。

突起路标功能加强，隧道进出口太阳能供电LED警示灯，多雾天气自启，视距>100m。以K1667+000隧道入口为例，LED警示灯+彩色防滑图层，视觉+光线双警示。内置环境传感器，能自动根据能见度、湿度等数据调整灯光亮度和闪烁频率，既在低能见度下提前预警，又减少在正常天气下驾驶员被干扰的程度，全面提升特殊路段通行安全性^[6-7]。

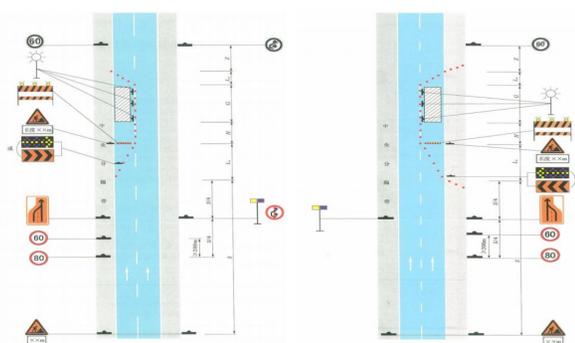
(三) 彩色防滑图层优化

隧道进出口3s行程范围（约66.7m）内原局部铺设的彩色防滑图层不能完全确保安全，改为全部铺设红色防滑图层。以K1650+000隧道口为例，采用3~4mm粒径、莫氏硬度大于6的骨料，5mm厚PMMA底涂层，聚氨酯顶封层，确保BPN值≥55的高抗滑性能，同时提高耐磨性、耐候性。施工时用自动化喷涂

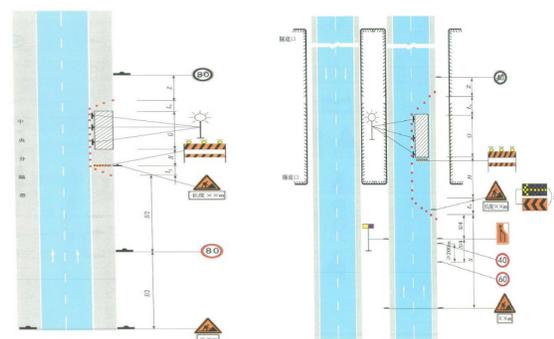
设备，确保涂层厚度均匀，避免人工施工时出现局部厚度不足，提高防护性能。

在边缘处理方面，解决车辆防滑图层时的颠簸问题的措施是在与普通路面交接处设置5m渐变段，以K1650+000隧道出口为例，渐变段内骨料粒径由4mm渐变至2mm，并且在过渡段内嵌入弹性缓冲材料，车辆震动可被吸收，车辆行驶更为平稳。施工完成后，利用车载颠簸仪检测过渡段平整度，确保满足标准，提高驾车舒适性，有效避免了颠簸导致的失控风险。

四、养护区交通布设优化方案



图A四车道高速公路封闭内侧车道养护作业图 B四车道高速公路封闭外侧车道养护作业



图C四车道高速公路封闭路肩养护作业图 D双洞单向通行隧道养护作业

(一) 警告区优化

根据江召高速设计速度80km/h、交通量1500pcu/(h·ln)的实际情况，警告区长度由原来的1200m增加到1600m，布置多级限速标志：起点处设置前方施工1600m警告标志，800m处设置限速60km/h标志，400m处设置限速40km/h标志，100m处设置车道封闭指示标志，K1643+000~K1641+000段通过多级限速使车辆平稳减速。

本优化方案按照公路养护安全作业规程（JTGH30-2015）的要求，根据该路段急弯的特征，在警告区增设急弯施工警示标志，与限速标志间隔200m交替设置；利用道路情报板，实时发布施工路段拥堵状况及预计通行时长，为驾驶员提前制定道路行驶规划以更好的提醒，避免因路况告警段汽车临时减速造成的追尾现象，延长道路通行引导的精准度和安全性^[8]。

(二) 过渡区优化

上游过渡区：封闭3.0m宽车道时过渡区设80m，3.25m宽车道时过渡区设90m，3.5m宽车道时过渡区设100m，3.75m宽车道

时过渡区设120m。封闭 K1661+000-K1662+000 3.75m 宽超车车道时，过渡区设120m，用锥形交通路标5m 间距渐变引导车辆并道，锥形交通路标外侧加装反光条。考虑到江召高速车流量大等特点，过渡区设120m 渐变车道，通过安排一名专职安全员，在该过渡区起点值守，手持指挥旗引导车辆并道，对重载货车进行手势提前减速提示，避免因车辆制动距离长导致并道冲突，确保过渡区通行秩序^[9]。

下游过渡区：设置30m 渐变段，渐变段内车道宽度逐渐恢复到原宽度，K1658+000-K1659+000 段下游过渡区用虚线引导，车辆渐变段后，逐渐恢复正常行驶轨迹，避免车辆急打方向发生事故；此路段路面抗滑性能衰减，下游过渡区路面提前涂刷防滑涂料，提高路面摩擦系数；此外，在渐变段终点设置恢复原速提示标志，配合道路标线引导车辆逐渐加速，防止车辆与后面的车流之间形成较大的速度差。同时，安排养护人员定期检查渐变段内标线是否完好，及时修补磨损的标线，确保引导效果持续有效。

(三) 工作区优化

分区管理：工作区上游200m 处设置“工程车辆出入口”，分为工程车辆和社会车辆通行区，工程车辆从工作区下游过渡区驶出，不与社会车辆交叉。K1698+000-K1700+000 用隔离墩分隔两个通行区，隔离墩2m 一墩，高1.2m，隔离墩确保效果，为适应路段多雾天气，隔离墩顶部安装 LED 警示灯，闪烁频率1次/秒，提高夜间和雾天的可见度。在工程车辆的出入口，设置车辆识别系统，记录工程车辆进出的时间和次数，防止工程车辆多次进出影响社会车流。除了在通行区每隔50 米设置应急避险区，当出现紧急故障车辆时，可以临时停车，减少交通堵塞情况，确保整个工作区通行顺畅。

动态调整：按实时交通量来调节工作区长度，当交通量超过1800pcu/(h · ln) 时，工作区最大长度控制在2km 以内；在节假日 K1667+000 到 K1648+610 段，通过减少工作区长度来减少交通拥堵；当交通量小于1000pcu/(h · ln) 时，可以适当将工作区延长至4km 来提高施工效率。动态调整方案需依靠交通流量监测系统，在上下游各500m 处设置雷达测速仪和车流量统计设备，实时传送数据到指挥中心。交通流量激增时，指挥中心通过广播、导航 APP 实时发布路况信息，疏导车流，应急交通疏导人员也会去现场帮忙维持交通秩序。根据该路段隧道群的特点，隧道入口前工作区长度参照常规路段的80% 设置，避免隧道内交通拥堵进一

步加剧，确保施工和通行安全平衡。

五、优化方案效果验证

(一) 数据采集

选取江召高速 K1667+000-K1662+000 (优化段) 和 K1648+610-K1646+000 (原设计段) 进行对比测试，采集优化前后车辆平均车速、车辆速度变化幅度、交通事故隐患率等指标，测试时间选取工作日早高峰 (8:00-10:00)，持续7天。

设施类型	优化前	优化后
标线	普通热熔标线，厚度2mm，夜间反光率低	振动型热熔反光标线，厚度5mm，玻璃珠撒布量0.35kg/m ²
突起路标	非隧道路段间距8m，隧道内贴合误差5mm	长下坡路段间距5m，隧道内贴合误差≤2mm，集成LED 警示灯
彩色防滑图层	隧道口局部铺设，骨料粒径超标	隧道进出口3s 行程范围全覆盖，骨料粒径3-4mm，BPN ≥ 55

(二) 结果分析

车速指标：优化段车辆平均车速为45km/h，车辆速度波动为8km/h，比原设计段 (车辆平均速度42km/h，车辆速度波动11.8km/h) 快，车辆速度波动下降32%，优化后的交通布设使车辆行驶更加稳定。

安全指标：优化段交通事故隐患率0.8次/天，相较于原设计段1.45次/天减少了45%，未发生追尾、刮擦等事故，说明优化后的安全设施。能够有效降低发生事故的概率。

六、总结

本研究以2025年江召高速公路路面养护工程为研究对象，就养护区安全设施及交通布设问题提出标线系统、突起路标、彩色防滑图层优化及警告区、过渡区、工作区布设优化调整方案。经对比测试发现，养护区车辆平均车速的波动幅度减小，事故隐患发生率降低，结合长下坡、隧道群、多雾等路段实际情况进行安全设施及交通布设的调整，能明显提升养护区通行安全及稳定，对相同类型工程安全具有借鉴意义。

参考文献

- [1] 漆锐珺. 预防性养护在高速公路路面养护中的应用分析 [J]. 运输经理世界, 2025, (24): 124-126.
- [2] 龚伟, 朱炎. 高速路面养护与交安设施协调优化 [J]. 中国公路, 2024, (17): 54-56.
- [3] 廖梦曦. 高速公路改扩建作业区安全保障技术及评价研究 [D]. 东南大学, 2019.
- [4] 胡文琴. 基于交通状态估计的高速公路固定交通检测器布设方法研究 [D]. 浙江大学, 2024.
- [5] 胡鑫超, 戴甜, 奚坤. 内外分幅的整体复合式高速公路交通指路标志布设方法 [J]. 交通信息与安全, 2024, 42(03): 62-73.
- [6] 谢义昌. 山区高速公路作业区设施设计与设置方法研究 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2018.
- [7] 刘鹏, 王宇. 高速公路养护作业控制区特性研究 [J]. 建筑工程技术与设计, 2017(17): 1462-1462.
- [8] 詹诗洋, 冉晋, 李美玲, 等. 高速公路养护路段交通安全风险研究与启示 [J]. 山东交通科技, 2024(6): 118-123.
- [9] 李耘, 刘馨琦, 金龙. 中美高速公路养护作业区交通安全管理措施对比 [J]. 公路工程, 2021, 46(4): 73-83.