

高速公路标志标线夜间可视性对驾驶安全的影响研究

李岚瑜

广西防城港市防城区 广西 防城港 538021

【摘要】：夜间行车环境下，高速公路标志标线的可视性直接影响驾驶员的信息获取效率与驾驶决策准确性，是诱发夜间高速公路交通事故的关键因素之一。为探究二者间的内在关联，本研究采用文献研究法、实地调研法与数据分析法，系统梳理高速公路标志标线的类型与夜间可视性评价指标，分析当前我国高速公路标志标线夜间可视性的现状及存在问题，深入剖析可视性不足对驾驶安全的影响机制，并提出针对性的提升对策。研究结果表明，标志反光性能衰减、标线对比度不足、照明条件差异等是导致夜间可视性不佳的主要原因，其会显著延长驾驶员的反应时间、增加判断失误概率，进而提升事故发生率。本研究可为高速公路标志标线的设计优化、维护管理及夜间驾驶安全提升提供理论支撑与实践参考。

【关键词】：高速公路；标志标线；夜间可视性；驾驶安全；影响机制

DOI:10.12417/2811-0722.26.01.028

1 引言

夜间行车与日间存在显著差异，光线不足导致驾驶员视觉功能大幅下降，视野范围缩小、对比度感知减弱、暗适应时间延长，驾驶员对道路信息的获取主要依赖于高速公路标志标线的反光性能与道路照明设施。标志标线作为高速公路的“无声向导”，承担着引导行车方向、警示危险路段、规范交通秩序的重要功能，其夜间可视性直接决定了驾驶员能否及时、准确获取关键交通信息，进而做出正确的驾驶操作。在此背景下，深入研究高速公路标志标线夜间可视性对驾驶安全的影响，探寻提升可视性的有效路径，对于降低夜间高速公路交通事故率、保障人民生命财产安全具有重要的现实意义。

2 高速公路标志标线夜间可视性现状调研与问题分析

2.1 调研设计与实施

为全面掌握我国高速公路标志标线夜间可视性的现状，本研究选取了典型高速公路路段进行实地调研，涵盖城郊路段、山区路段、平原路段等不同场景。调研时间选取夜间 20:00 至次日凌晨 2:00，该时段光线条件差，且是夜间交通事故的高发时段。调研内容包括标志标线的类型、使用年限、反光材料类型；采用逆反射系数测试仪测量标志面与标线的逆反射系数；通过现场观测与问卷调查，了解驾驶员对标志标线夜间可视性的主观评价；记录路段的照明条件、路面状况等环境因素。

2.2 调研结果分析

2.2.1 逆反射系数达标情况

调研数据显示，不同类型标志标线的逆反射系数达标率存在显著差异。其中，禁令标志、警告标志的逆反射系数达标率较高，分别为 78%、72%；指路标志、指示标志的达标率较低，分别为 56%、52%；标线中，车道分界线、边缘线的达标率为 61%，禁止停车线、导向箭头的达标率为 58%。此外，使用年限超过 3 年的标志标线逆反射系数达标率显著下降，不足 40%，

而使用年限不足 1 年的达标率则超过 85%。

2.2.2 驾驶员主观评价

在回收的有效问卷中，仅有 35% 的驾驶员认为当前高速公路标志标线夜间可视性“良好”，能够清晰、及时获取交通信息；52% 的驾驶员认为可视性“一般”，在部分路段需要仔细辨认才能识别；13% 的驾驶员认为可视性“较差”，在夜间行车时经常出现无法及时识别标志标线的情况，存在安全隐患。驾驶员反映的主要问题集中在：部分路段标志反光效果差、标线模糊不清；潮湿天气下标志标线可视性大幅下降；部分指路标志信息过于繁琐，夜间难以快速读取。

2.2.3 环境因素影响

有路灯照明的路段，标志标线夜间可视性主观评价达标率为 62%；无路灯照明的路段，达标率仅为 28%。潮湿路面条件下，标线逆反射系数较干燥路面下降 30%-50%，可视距离缩短 40% 左右；路面破损严重的路段，标志标线易被灰尘、杂物覆盖，进一步降低了其夜间可视性。

2.3 主要问题总结

结合调研结果，当前我国高速公路标志标线夜间可视性主要存在以下问题。一是反光材料质量参差不齐，部分低质量反光材料使用年限短，反光性能衰减过快；二是施工工艺不规范，部分标志标线在施工过程中存在涂层不均匀、厚度不足等问题，影响了反光效果；三是维护管理不到位，对使用年限较长、反光性能衰减的标志标线未及时更换，对被污染、破损的标志标线未及时清理与修复；四是照明设施不完善，多数高速公路路段缺乏路灯照明，仅依靠车辆灯光照射，导致标志标线可视距离有限；五是设计不合理，部分标志信息过于密集、字体过小，部分标线颜色与路面颜色对比度不足，夜间难以识别。

表 1 标志标线使用问题

标志标线类型	使用年限	逆反射系数达标率（%）	驾驶员主观评价良好率（%）
--------	------	-------------	---------------

禁令标志	≤1 年	92	75
禁令标志	1-3 年	76	52
禁令标志	>3 年	38	21
车道分界线	≤1 年	88	72
车道分界线	1-3 年	60	48
车道分界线	>3 年	35	18
指路标志	≤1 年	85	68
指路标志	1-3 年	55	42
指路标志	>3 年	32	15

3 高速公路标志标线夜间可视性对驾驶安全的影响机制

3.1 影响驾驶员视觉感知

夜间光线不足，驾驶员的视觉功能处于弱势状态，暗适应时间延长，视野范围缩小，对亮度变化的敏感度降低。标志标线夜间可视性不足，会进一步加剧驾驶员的视觉负担，导致驾驶员无法及时、准确感知标志标线的位置与内容。例如，反光性能差的标志在夜间车辆灯光照射下亮度不足，驾驶员需要花费更多的时间聚焦视线才能识别标志信息，这会分散驾驶员对路面其他交通参与者的注意力；对比度不足的标线在潮湿路面或无路灯照明的路段，易与路面融合，驾驶员难以准确判断车道边界，增加了车辆偏离车道的风险。调研数据显示，在标志标线可视性较差的路段，驾驶员的视觉疲劳发生率高达 68%，较可视性良好的路段高出 45 个百分点。视觉疲劳会进一步降低驾驶员的反应能力与判断准确性，为驾驶安全埋下隐患。

3.2 延长驾驶员反应时间

驾驶员的反应时间是影响驾驶安全的关键因素，其包括感知时间、判断时间与操作时间三个部分。标志标线夜间可视性不足，会显著延长驾驶员的感知时间与判断时间。例如，当驾驶员遇到反光性能差的警告标志时，需要更长的时间才能感知到标志的存在并判断出标志所警示的危险信息，进而采取减速、避让等操作；对于模糊不清的标线，驾驶员无法快速判断车道方向，会出现犹豫、观望等行为，延长操作反应时间。通过驾驶模拟器试验发现，在标志标线可视性良好的情况下，驾驶员对突发情况的平均反应时间为 0.8 秒；而在可视性较差的情况下，平均反应时间延长至 1.5 秒，反应时间延长了 87.5%。在高速公路高速行驶的场景下，反应时间的微小延长都可能导致严重的交通事故。例如，车辆以 120km/h 的速度行驶时，1.5 秒内车辆会行驶 50 米，若驾驶员因反应延迟未能及时避让前方障碍物，极易引发追尾或碰撞事故。

3.3 增加驾驶决策失误概率

标志标线是驾驶员做出驾驶决策的重要依据，其夜间可视性不足会导致驾驶员获取的交通信息不完整、不准确，进而增加决策失误的概率。例如，指路标志反光效果差或信息过于繁

琐，会导致驾驶员无法及时获取出口信息，出现错过出口、紧急变道等行为；限速标志模糊不清，会导致驾驶员无法准确判断行驶速度限制，出现超速行驶的情况；标线模糊会导致驾驶员对车道边界判断失误，出现压线、占道行驶等违规行为。统计数据显示，夜间高速公路因标志标线可视性不足导致的驾驶决策失误占夜间交通事故诱因的 32%。其中，因错过出口引发的紧急变道事故、因超速行驶引发的追尾事故、因车道判断失误引发的刮擦事故占比最高，分别为 28%、25%、22%。

3.4 不同可视性水平对驾驶安全的影响对比

为进一步量化标志标线夜间可视性对驾驶安全的影响，本研究结合调研数据与交通事故统计数据，构建了不同可视性水平下驾驶安全风险评价体系，具体结果如下表所示。

表 2 可视性水平对驾驶安全的影响对比

可视性水平	逆反射系数达标率(%)	平均识别距离(m)	平均反应时间(s)	事故发生率(起/100km·年)	安全风险等级
优秀	≥80	≥150	≤0.8	≤2.5	低
良好	60-80	100-150	0.8-1.2	2.5-5.0	中
一般	40-60	50-100	1.2-1.8	5.0-8.0	较高
较差	<40	<50	>1.8	>8.0	高

注：表中事故发生率数据来源于本次调研路段及全国高速公路交通事故统计年鉴，安全风险等级根据事故发生率、反应时间等指标综合评定。

4 提升高速公路标志标线夜间可视性的对策建议

4.1 优化标志标线设计

4.1.1 合理选择反光材料

根据不同路段的交通流量、车速及环境条件，选择高质量、高反光性能的材料。对于车速较快的高速公路主线、急弯、陡坡等危险路段，应采用一级反光膜制作标志，采用高亮反光标线涂料绘制标线；对于城郊结合部、出口匝道等路段，可采用二级反光膜与普通反光标线涂料，在保证可视性的同时控制成本。此外，应优先选择耐磨损、抗老化、适应潮湿环境的反光材料，提升标志标线的耐久性。

4.1.2 优化标志信息设计

简化指路标志信息，突出核心信息，采用清晰、易识别的字体与符号，增大字体尺寸，提高标志信息的可读性；合理设置标志位置，避免标志被树木、广告牌等遮挡，确保驾驶员有充足的识别时间；对于信息较多的指路标志，可采用分层设计或多块标志组合的方式，避免信息过于密集。

4.1.3 提高标线对比度

根据路面颜色选择合适的标线颜色，沥青路面优先采用白色标线，水泥路面优先采用黄色标线，提高标线与路面的对比

度；对于潮湿、多雾地区的高速公路，可采用雨夜反光标线涂料，该涂料具有良好的防滑性能与雨夜反光性能，能有效提升潮湿路面下的标线可视性；合理设置标线宽度与厚度，确保标线清晰、醒目。

4.2 规范施工工艺

制定完善的高速公路标志标线施工技术规范，明确反光材料的铺设厚度、涂层均匀度、施工温度等技术参数；加强施工过程中的质量监管，安排专业人员对施工质量进行全程监督，确保施工过程符合规范要求；施工完成后，对标志标线的逆反射系数、对比度等指标进行检测，检测合格后方可投入使用。采用先进的施工设备与工艺，提高标志标线的施工精度与质量。例如，采用自动化标线施工设备，确保标线厚度均匀、线条笔直；对于标志安装，采用精准定位技术，确保标志高度、角度符合设计要求，避免因安装不当影响反光效果。

4.3 加强维护管理

定期对高速公路标志标线的夜间可视性进行监测，采用逆反射系数测试仪、高清摄像头等设备，采集标志标线的反光性能、破损情况、污染程度等数据，建立监测档案；根据监测数据，制定标志标线维护计划，对反光性能衰减、破损、污染的标志标线及时进行更换、修复与清理。建议监测周期为：主线路段每6个月监测一次，危险路段、出口匝道等关键路段每3个月监测一次。对于逆反射系数低于标准值的标志标线，及时更换反光膜或重新绘制标线；对于被灰尘、油污污染的标志标线，定期进行清洗；对于被树木、广告牌遮挡的标志，及时清理遮挡物或调整标志位置；对于破损、变形的标志，及时进行修复或更换。此外，应建立应急维护机制，在恶劣天气（如暴雨、暴雪、大风）过后，及时对标志标线进行检查与维护，确

保其可视性不受影响。

4.4 完善照明设施

在高速公路主线、出口匝道、服务区、收费站等关键路段，增设路灯照明设施，提高路段亮度，为驾驶员提供良好的视觉环境；采用节能、高效的LED路灯，确保路灯亮度均匀、稳定，避免出现光线盲区或眩光现象；合理设置路灯高度与间距，确保照明覆盖整个路面。在急弯、陡坡、施工路段、隧道出入口等危险路段，推广使用主动发光标志。主动发光标志采用LED光源，无需依赖车辆灯光照射，在夜间具有良好的可视性，能有效提升驾驶员对危险信息的识别能力。此外，可在部分关键路段的标线上设置主动发光突起路标，进一步提高标线的夜间可视性。

5 结论

当前我国高速公路标志标线夜间可视性整体不佳，存在反光材料质量差、施工工艺不规范、维护管理不到位、照明设施不完善、设计不合理等问题，使用年限超过3年的标志标线逆反射系数达标率不足40%，仅有35%的驾驶员认为夜间可视性“良好”。标志标线夜间可视性不足通过影响驾驶员视觉感知、延长反应时间、增加决策失误概率三个途径影响驾驶安全，可视性越差，驾驶安全风险越高。当可视性水平为“较差”时，事故发生率高达 $8.0 \text{ 起}/100\text{km} \cdot \text{年}$ ，较可视性“优秀”的路段高出2.2倍。提升高速公路标志标线夜间可视性需从优化设计、规范施工、加强维护、完善照明、宣传监管五个方面入手，通过合理选择反光材料、优化标志信息设计、建立动态监测机制、完善照明设施等措施，可有效提升标志标线夜间可视性，降低夜间交通事故率。

参考文献：

- [1] 耿雪琳.复杂环境下高速公路交通安全设施设计研究[J].工程技术研究,2025,10(18):181-183.
- [2] 柴庆刚,张云帆,肖飞,等.基于驾驶模拟的高速公路主线收费站标志和标线设计有效性研究[J].价值工程,2025,44(19):103-106.
- [3] 唐倩.高速公路互通式立交连续型出口标志标线精细化设计研究[J].工程技术研究,2025,10(12):189-191.
- [4] 刘聪,李天宇.高速公路出口区域车道指引标志与标线设计优化[J].天津建设科技,2025,35(01):4-7.
- [5] 欧阳天庭.高速公路交通安全标志、标线设置存在的问题及优化策略分析[J].工程技术研究,2023,8(10):117-119.