

道路标志标线反光性能优化设计研究

范子威

无锡市惠山区公路事业发展中心 江苏无锡 214100

摘要: 随着交通事业的进步, 道路交通安全设施中道路标志标线是保障行车安全的重要组成环节, 其本身的反光性能直接影响夜间行车的安全和恶劣天气条件下的运行安全。本文对道路标志标线的反光性能优化设计研究进行了阐述, 分析道路标志标线反光性能的材料因素、设计因素、施工因素和环境影响因素, 从材料选择与创新、设计优化、精准施工、加强保养和管理以及创新技术应用等方面提出了相关的优化措施, 并针对实际工程情况阐释了道路标志标线反光优化设计的效果, 以期为提高道路交通安全服务起到很好的技术支撑。

关键词: 道路标志标线; 反光性能; 优化设计; 交通安全

引言

道路交通标志标线作为道路交通安全系统中的重要内容之一, 通过传递各类交通信息, 指导、引导道路交通流, 规范交通行为, 对保障道路交通安全、提升交通运行效率具有重要作用。夜晚或低能见度条件下, 如降雨、大雾、下雪等情况下, 驾驶员主要依靠道路标志标线反光来获取相关交通信息, 因此, 道路交通标志标线的反光性能直接影响着道路标志标线的视认性及其驾驶人员的反应时间, 进而与行车安全息息相关。

一、研究背景与国内外现状

(一) 研究背景与意义

近年来, 随着我国机动车保有量的持续增长和公路里程的不断增加, 道路交通流量日益增大, 夜间及恶劣天气条件下的交通事故频发, 其中部分事故与道路标志标线反光性能不足密切相关。提升道路标志标线的反光性能, 已成为降低交通事故风险、提高道路交通安全水平的迫切需求。通过对道路标志标线反光性能进行优化设计, 可以显著增强其在不良环境下的可视性, 为驾驶员提供清晰、准确的交通信息, 有效减少因视认不清导致的交通事故, 保障人民群众的生命财产安全, 具有重要的现实意义和社会价值。

(二) 国内外研究现状

国外较早地开展道路标志标线的反光性能研究, 并开展了大量的研究工作。美国、欧洲等发达国家及地区

对道路标志标线的反光性能要求高、标准严, 不断促进道路标线材料及技术发展, 例如美国研制出了高等级反光膜, 反光性能好、寿命长; 欧洲雨夜反光标线技术较为先进, 采用改性标线材料及结构, 以提升标线潮湿环境下的反光性能。国外研究人员通过对反光性能与交通事故频率关系的大量现场调查和试验研究, 为反光性能优化设计提供了有利的技术支持。

我国对于道路标志标线的反光性能研究也不断地深入。随着国家交通建设的飞速发展, 反光材料、设计方法和施工手段方面的研究会不断受到政府部门和科研院所的重视, 近年来, 我国在新型反光材料的研究开发上取得了较好成果, 例如拥有自主知识产权的高亮度反光膜、雨夜反光玻璃珠的开发等。并在此基础上, 借鉴国际先进的交通管理经验, 结合国内实际交通条件和道路状况, 道路标志标线设计规范、道路标志标线施工规范越来越完善, 同时也相应地提高了标志标线反光性能质量的要求, 但总体来看, 我国的道路标志标线反光性能研究开发在质量及水平上和发达国家仍存在差距, 需要继续加强改进。

二、道路标志标线反光性能的影响因素

(一) 材料因素

(1) 反光膜的类型与性能

反光膜是道路标志应用量最大的一种反光材料, 反光效果的好坏直接关系到道路标志的夜间可视性。目前市场上使用较多的反光膜为玻璃微珠型反光膜与微棱镜型反光膜。玻璃微珠型反光膜是依靠玻璃微珠的反射及折射将光返回到光源, 这一类反光膜成本相对比较低廉, 在市场上使用量比较大。但是, 其反光效果相对弱于微棱镜型反光膜。微棱镜型反光膜是利用微棱镜的全反射原理将光高效地返回到光源位置, 其性能远高于玻璃微

作者简介: 范子威 (1995.10-), 男, 汉族, 江苏连云港人, 硕士研究生, 助理工程师, 研究方向: 道路与桥隧工程。

珠型反光膜，具有逆反光亮度高、可视距离远等优点。两种不同反光膜在逆反射系数、耐候性、耐磨性等方面存在一定的差异，选择不同的反光膜对反光标志的夜间可视性至关重要。

（2）标线涂料与玻璃珠的特性

道路标线的主要材料是标线涂料，它直接关系到道路交通标线的反光性能和使用寿命。常见标线涂料类型有热熔型、溶剂型、水性等，热熔型标线涂料干燥速度快、耐磨性好、附着力强，是当前应用最为广泛的标线涂料。白度、遮盖力等标线涂料相关性能参数都会影响到标线的反光效果，其白度越高、遮盖力越佳，标线在光照条件下的醒目程度越高。

玻璃珠作为提高标线反光效果的重要材料，分为内掺玻璃珠和面撒玻璃珠，内掺玻璃珠是在制作涂料时参加，可以使标线投入使用初期就具备较好的反光效果；面撒玻璃珠是在施工标线时撒布到标线表面，可以增强标线反光亮度。玻璃珠的成圆率、折射率、粒径分布等指标对标线的反光效果有显著影响。成圆率较高的玻璃珠可以更好地将光线反射出去，折射率越大的玻璃珠对光线的折射和反射能力就越强，合理的粒径分布可以使玻璃珠形成标线上均匀的反光层，提高标线整体反光效果。

（二）设计因素

（1）标志的形状、尺寸与颜色设计

道路交通标志图形、颜色、大小等的设计应满足相关标准规范要求，使其无论在白天还是黑夜，具有良好的可视性和可识别性。标志的形状有一定的含义，圆形标志多用于禁令标志，三角形标志多用于警告标志，矩形标志多用于指示标志等，这些标志形状能在驾驶员视线中第一时间起到视觉冲击，引起驾驶人员的注意。标志的大小设计要根据不同级别的道路、行驶速度和视距等合理设置，保证驾驶员有充足的距离看清标志上的内容。颜色也是标志设计中的关键部分，不同的颜色有不同的视觉效应和心理联想，如红色多用于禁令标志，让人感到禁止、危险，有着强烈的警示效果；黄色多用于警告标志，醒目的同时让人引起重视；蓝色多用在指示标志上，给人以干净、明确的指示。科学合理的设计标志颜色，可以提高标志夜晚、低能见度行驶下的可视效果、反光能力，使得驾驶员能更加便捷地认读标志^[1]。

（2）标线的宽度、间距与设置位置

标线的设置宽度、间距与位置应结合道路功能、交通流量、车辆行驶特点等因素综合考虑。标线宽度不宜过窄影响驾驶人的视认性，也不宜过宽造成不必要的路面占用。如：高速公路的车道分界线宽度一般设计为15cm左右，城市道路中车道分界线宽度可适当缩小。标

线间距应结合车辆行驶速度与驾驶人的反应时间综合考虑，确保车辆行驶中驾驶员能够给足对标线信息的反应时间。标线合理的位置设置可以为驾驶车辆的行驶轨迹进行有效指引，如弯道、路口等特殊路段应根据线形和交通组织需求，准确设置标线使驾驶员能够明确把握行驶方向与车道变化。

（三）施工因素

（1）施工工艺对标线反光性能的影响

标线施工工序包括涂料加热、涂布、撒布玻璃珠等步骤，各工序的操作质量都将影响到标线的反光效果。以热熔型标线施工为例，涂料加热温度需严格控制在规定的范围内，温度过高会使涂料老化变色、寿命下降；温度过低会使涂料流动性差、难以均匀涂布。涂布时还需保证涂布标线的厚度均匀，薄厚不均会导致玻璃珠嵌入的深度、玻璃珠数量不均，进而使玻璃珠容易脱落，反光效果下降；涂布过厚容易使标线表面起伏不平，影响玻璃珠的均匀分布。撒布玻璃珠时，撒布时间过早会使玻璃珠陷入涂料内部，容易脱落，反光效果下降；撒布时间过晚会影响玻璃珠与涂料的粘结力，导致玻璃珠脱落。适宜的撒布量可以使玻璃珠在标线表面形成一层均匀、致密的反光膜，从而增大标线的逆反射系数^[2]。

（2）施工质量控制的关键环节

为了保证道路交通标志和标线施工质量，提升标志标线的反光效果，应对道路交通标志标线工程的施工进行严格的质量把控，主要包括施工材料质量检验、施工设备调试和施工过程监测等。施工材料质量检验，例如在道路交通标志标线工程施工前，应对施工作业用的反光膜、标线涂料、玻璃珠等材料进行严格的质量检查，应保证各施工材料的各项性能符合工程设计要求。施工设备调试，例如对用于标线施工的主要设备——热熔划线机、玻璃珠撒布机等设备进行调试，并校准相关参数，应保证设备调试合格和各项参数设置准确。施工过程监测，例如应实时监测道路交通标线施工过程中的标线厚度、标线宽度、标线的逆反射系数等指标，发现质量问题应及时进行修正。以标线的逆反射性能参数的现场检测为例，在施工现场选择一个测量点，用逆反射系数测试仪对施工标线的逆反射系数进行测试，如果标线的逆反射系数不满足施工要求，应检查玻璃珠撒布量、标线涂料的涂布质量等指标，并进行有针对性地处理等。加强道路交通标线施工人员的专业技能与质量管理，提高施工人员的道路交通标线施工质量管控与操作水平。

三、道路标志标线反光性能优化策略

（一）材料选择与创新

（1）高性能反光膜的应用

高性能反光膜随着材料科学的进步不断研制开发,因此,在道路标志设计中,应当选用具备高逆反射系数、高耐候性及耐磨性等特性的高性能反光膜。目前,在逆反射产品中,微棱镜型反光膜较传统的玻璃微珠型反光膜提高了逆反射率,其独特的微棱镜结构可将光高效反射到光源,远远超过传统反光膜的大角度观察,从而提高了远距离下大角度逆反射性能,反光亮度不会明显下降。另外,一些新型反光膜还具备自洁、抗污等功能,可以有效降低灰尘、污渍等对反光效果的影响,从而延长标志物的使用寿命。针对不同的道路等级、交通流量、使用环境,选择不同的等级、类型高性能反光膜,在实际的选用中能够更好地满足在不同场景下对道路标志反光性能的需求^[1]。

(2) 新型标线材料与玻璃珠的研发

研究新型标线材料,在一定程度上解决传统标线材料存在的一些问题,如反光性、耐久性差等问题。例如,新型的热熔标线涂料研发,通过优化涂料的配方,提升了涂料的白度、遮盖力以及耐磨性,并增强了与玻璃珠的黏结性,使得涂料在路面标线使用过程中,能够有效提升标线的反光性能。此外,新型雨夜反光标线材料的研发取得了相应的发展,新型的雨夜反光标线材料在标线使用的过程中通过结构的特殊设计及涂覆的特殊处理,能够在水分附着的情况下,快速将标线表面的水分排除,降低了由于水分而导致的标线表面水膜对光线反射性的影响,提升了标线在雨夜条件下的反光性能。

玻璃珠方面,高折射率、高成圆率的玻璃珠是标线的反光性能能否提升的关键。当前,采用特殊的生产工艺制成的玻璃珠折射率高达1.9以上、成圆率高于90%,更有效将光线反射至驾驶员眼中,大幅提升标线逆反射系数。对玻璃珠表面进行改性处理,包括镀银、镀铝等,提升其反光力和抗老化的耐候性能。同时开发拥有自修复性能的玻璃珠,玻璃珠表面的磨损、破坏自动修复,保持良好的反光性能,为道路标线长期稳定反光提供保障。

(二) 优化设计

(1) 基于视觉原理的标志设计优化

采用视觉理论优化设计道路标志的形状、尺寸、颜色、图形等方式提升标志夜间和低能见度的视认性。对形状的设计可以采用较为简单、具有唯一性和较高辨识性的形状设计,例如将原有的圆形禁止标志改为带斜线的圆形,以此增大标志的视觉冲击力,使驾驶员更快地辨识出标志所代表的含义;对尺寸的设计可以根据道路等级和车速合理地设置标志尺寸,保证驾驶员能在安全视距内识认出标志内容。例如在高速公路中,由于车速快,标志尺寸的设计应适当加大。

在标志的设计优化中,色彩设计是一个重要的组成

部分。选用高亮度反差的颜色如黑字白底、黄字黑底等,使得标志能在夜间的背景上显得十分醒目的同时也利用色彩心理学原理来恰当选用颜色传递交通信息,如选用红色传递禁止、危险的警示标志等,黄色来传递警告的警示标志等,蓝色传递指示的指引标志等,使驾驶者能够根据颜色来第一时间解读标志。在图案的设计中采用简单、明朗且易于阅读的图案,避免复杂和繁多的图形和文字,以保证驾驶员在一眼就能捕捉到标志所需传达的主要信息,或者通过对反光材料不同反光特性的应用,对标志的图案进行不同层次的设计,以增强标志的立体化和视觉的冲击感进一步提高其对夜间的可视性。

(2) 标线设置的合理性优化

对施划位置进行合理设置并优化标线宽度、间距,这样标线对车辆的引导能力以及反光效能都较高。对标线宽度进行合理优化,视道路类型及交通流量而定,对于交通流量大、车辆较多的路段,扩大标线宽度,使标线对车辆的引导能力和视觉感知均得以提升;对于交通流量小、车辆较少的路段可适当缩窄标线宽度,减低成本。如在城市主干路,车道分界线宽度可设置为15—20cm,而支路的车道分界线宽度可设置为10—15cm。

设置标线间距要考虑车辆行驶速度以及司机的反应时间,保证驾驶员在行驶中能够看到连续的标线信息,获得足够的应变时间进行驾驶操作。通常情况下,高速公路车速较高,标线间距可相应增加;城市道路车速较低,标线间距可相应减小。另外,对于弯道、路口、陡坡等特殊地段,根据道路线形和交通组织的要求,对标线设置位置进行精准的设计。比如设置在弯道处,标线位置标示在靠弯道内侧,指引车辆正常转弯;设置在路口,合理设置导向箭头标线,明确行驶方向,改善路口通行效率。

结语

道路标志标线反光性能的研究是一个任重而道远、不断结合新材料科学、交通工程、信息等技术新成果、不断创新完善的过程。我们相信经过不断地研究和实践,我国道路标志标线的反光性能将进一步得到提高,从而为我国道路设施中的交通安全和通畅做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 谌莉,王志宏.道路交通安全设施工程的施工与检测[J].现代交通与路桥建设,2025,4(9).
- [2] 吕玮.关于交通安全设施设计与交通安全的探析[J].建筑·建材·装饰,2018(18):187,80.
- [3] 刘惠良.基于雨夜反光性能提升的道路标线施工技术优化研究[J].建筑工程技术与设计,2022,10(31):16-18.