

热熔雨夜反光标线逆反射性能的跟踪检测分析

何家兴

湖南路桥建设集团有限责任公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i5.6843

[摘要] 热熔雨夜反光标线作为一种重要的交通安全设施,能有效引导、规范交通,保证车辆运行安全。与常规标线相比,热熔雨夜反光标线表面附着一层反光玻璃珠,具有优良的逆反射性能,增强雨夜识别效果,有效确保交通运输安全。为有效提升热熔雨夜反光标线逆反射性能,充分发挥其应有效用,本文针对其逆反射性能展开跟踪检测探究,阐述了路面标线逆反射原理,分析了标线逆反射性能影响因素,并通过实际工程案例对常规热熔标线与雨夜反光热熔标线逆反射性能实施动态监测对比分析。结果表明:公路工程路面标线施工及维护时,道路边线选用雨夜反光热熔标线能有效提升干燥、潮湿及降雨环境下的逆反射亮度系数,增强标线识别度,保证雨夜行车安全。

[关键词] 公路工程项目;热熔雨夜反光标线;玻璃珠;折射率;逆反射亮度系数

Tracking and analysis of retroreflective line in hot melt rainy night

He Jiaying

Hunan Road and Bridge Construction Group Co., LTD

[Abstract] As an important traffic safety facility, the reflective line on hot melt rainy night can effectively guide and regulate the traffic and ensure the safety of vehicle operation. Compared with the conventional line marking, a layer of reflective glass beads is attached to the surface of the reflective line in hot molten rainy night, which has excellent reverse reflection performance, enhances the recognition effect of rainy night, and effectively ensures the safety of traffic and transportation. To effectively improve the hot melt rain night reflective line inverse reflection performance, give full play to its utility, this paper for the inverse reflection performance tracking detection, expounds the pavement marking inverse reflection principle, analyzes the marking inverse reflection performance influencing factors, and through the actual engineering case of conventional hot melt line and rainy night reflective hot melt line inverse reflection performance dynamic monitoring comparative analysis. The results show that during the construction and maintenance of road engineering pavement marking, the reflective hot melt line in rainy night can effectively improve the reverse reflection brightness coefficient in dry, wet and rainy environment, enhance the recognition of line marking, and ensure the safety of driving in rainy night.

[Key words] highway engineering project; hot melt rainy night reflective line; glass beads; refractive index; reverse reflection brightness coefficient;

引言

近年来,随着交通运输行业的快速发展,公路交通量显著增大,对交通运输安全要求更为严苛。交通标线作为最基本的交安设施,在交通运输中发挥着至关重要的效用,规范行车秩序,提升车辆通行效率。但由于传统交通标线反光性能较差,在夜间特别是阴雨天气的夜间,无法有效发挥其逆反射性能,使驾驶人员难以准确识别标线位置,从而失去引导效用,导致车辆偏离自身车道,引发交通安全事故。据不完全统计,全球每年约有125.0万人在交通事故中丧生,其中约一半左右出现在夜间,并且主要是在雨夜发生。所以,如何保证交通标线在

雨夜条件下充分发挥逆反射性能,是当前道路交通标线施工及维护面临的重要难题。为此,本文提出了雨夜反光热熔标线,并对其逆反射性能实施跟踪检测,具有十分重要的意义。

1 路面标线逆反射的原理

交通标线逆反射性能取决于标线表层玻璃珠反光效果,标线主要由涂料和玻璃珠两部分组成,涂料喷涂完成后,在其表面均匀洒布一层反光玻璃珠,当玻璃珠粘附于涂料表面后,便会在其底部形成反光面,使光线在玻璃珠内部发生折射,最终光线沿入射面射出,详细反光示意,见下图1。

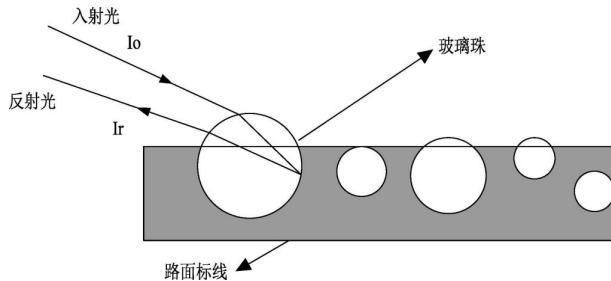


图1 标线反光原理

2 路面标线逆反射性能的主要影响因素

交通标线反光性能影响因素较多，具体包括玻璃珠性能、涂料性能及施工因素等。其中玻璃珠性能主要涉及圆润度、反射率、透明度及与涂料之间的粘结效果等；涂料性能主要包括色度、密实度及成型质量等；施工因素包括玻璃珠洒布工艺、粘附质量、均匀度等。

传统热熔标线与雨夜反光热熔标线最大差别为洒布玻璃珠种类不同，其中传统标线玻璃珠反光系数约为 1.5，而雨夜反光热熔标线反光系数可达 1.7~2.5，通常状况下，玻璃珠反光系数越大，其反光能力越强，可视性越好。

传统热熔标线反光性能取决于标线表面玻璃珠，其反光系数约为 1.5，撒布于标线涂料表面，干燥条件下具有较好的反光效果，而当运营条件下出现变动时，比如降雨及潮湿环境下，会在标线表面形成致密水膜，严重降低其反光效果。雨夜反光热熔标线采用特制微晶陶瓷玻璃珠，其内核反光系数为 1.5，通过凝固剂将反光系数为 1.9~2.4 的细小玻璃珠融于其中，充分增强其反射性能，不论在干燥、阴雨、夜间等环境条件下均能有效发挥其反光性能，具有优良的可视度。所以，该类标

表1 热熔涂料原材料组成

反光标线类	各组份掺量比 (%)							面撒珠
	石油树脂	内混玻璃珠	R1 钛白粉	钙粉 200 目	石英砂	增塑剂	EVA 数值	
热熔雨夜	17.40	国标 2 号 30	10.0	20.0	20.0	1.0	1.50	80%微晶陶瓷微珠 折射率 1.90
传统热熔	17.40	国标 2 号 30	10.0	20.0	20.0	1.0	1.50	国标 1 号玻璃珠 折射率 1.60

3.2 标线的施工情况

为有效消除施工因素对交通标线反光性能的干扰，保证研究结果准确性，有效性，该试验段传统热熔标线与雨夜反光热熔标线委托同一施工单位的相同作业人员进行施工。相关研究表明，车辆行驶过程中，灯光射入交通标线表面，半露式玻璃珠能充分发挥反光效用，整体裸露式玻璃珠透光性较强，并且在车辆荷载作用下容易剥落，反光效果较差；而完全嵌入标线涂层内部的玻璃珠直接失去反光效用。交通标线夜间反光功能主要取决于半露式玻璃珠反光效果，所以交通标线表面玻璃珠洒布均匀性至关重要。因此，交通标线施工时，必须严格把控玻璃珠洒布均匀度及嵌入深度。

雨夜反光热熔标线表面洒布的陶瓷玻璃珠粒径较大，通常为 1.0mm，容易形成间断级配，因此实际施工时应与 1#玻璃珠掺配使用。单位面积内陶瓷玻璃珠（反光系数 2.4）用量为 320.0g，1#玻璃珠（反光系数 1.9）为 80.0g，实际施工时分 2 遍进行，第一遍撒布陶瓷玻璃珠，第二遍撒布 1#珠。传统热熔标线玻璃珠类型为 1#珠（反光系数 1.6），单位面积撒布量控制在 400.0g。

3.3 标线的跟踪检测

标线跟踪检测方法：干燥环境条件下交通标线反光性能根据现行《公路交通标线施工标准及试验检测规程》相关规定实施检测。当前，国内针对雨夜环境下公路标线反光性能检测方

线有效弥补了传统标线存在的雨夜逆反射性能不足的缺陷，能够在各种环境下全面发挥交通引导功能，保证交通运输安全，具有较高的推广价值。水膜作用下传统标线与热熔反光标线逆反射性能比较，见下图 2。

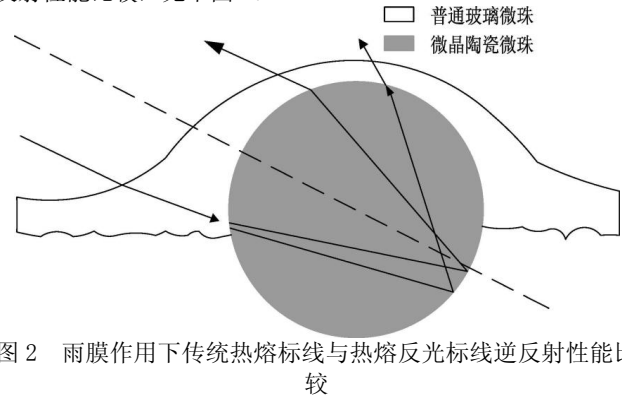


图2 雨膜作用下传统热熔标线与热熔反光标线逆反射性能比较

3 路面标线逆反射的验证性跟踪检测

为有效检验雨夜反光热熔标线全天候条件下的反光效果，某施工单位选择某公路项目 K36+000-K38+000 段分别进行传统热熔标线与雨夜热熔反光标线施工，并委托专业机构对标线反光性能实施动态监测。试验路段日车流量达 2.5 万辆，货车比例为 20.0%，接近全国公路车流量水平。

3.1 热熔雨夜反光标线与传统热熔反光标线原材料配比对比

传统热熔标线与雨夜反光热熔标线材料组成，见下表 1；按照最新《道路交通标线热熔涂料试验规程》实施试验检测，各项性能指标完全满足标准要求。

式未作具体要求，实际检测时按照施工区域内（公路 K36+000-K38+000 段）以往降雨情况，并参考当地雨夜交通标线常用检测方式开展试验检测，平面测试条件按照国家标准执行，即视距取 30.0m，入射角度取 88.76°，检测角度取 1.05°。通过便携式交通标线反光检测仪 Delta LTL-Mark II 与持续性加湿装置，沿车辆运行方向任意选择检测点，并合理布设仪器实施试验检测，以 50.0m 间距为一检测断面，各断面检测 10 处，最终测试结果为 10 点平均值；潮湿环境条件下检测流程为：1) 调试检测装置至室外检测模式，并对设备实施校核；2) 提取适量饮用水加入加湿装置内，开启加湿装置进行喷水，确保公路标线完全处于湿润状态；3) 当检测路段标线完全浸湿后实施计时，待时间达到 45.0s 时测取标线反光系数，检测结果见下图 3；

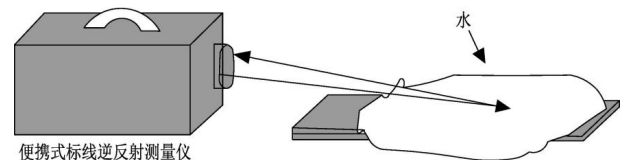


图3 潮湿状态跟踪检测测试示意图

跟踪检测连续降雨测试方法如下：1) 调试检测装置至室外检测模式，并对设备实施校核；2) 接通水泵和降雨箱，安装喷淋设备模拟降雨环境，喷头距标线表面 0.6m；3) 将喷水

箱布设于检测路段，喷淋口朝标线位置，开启水泵装置，喷水流量控制在(0.8±0.2)L/min；4)将反光系数检测设备安装于喷水箱出水口部位，检测方向和车辆行驶方向保持相同，每10~15s记录一次数据；5)持续检测，直至数据不再发生变化，即检测6次条件下数值保持稳定；6)统计末尾4次检测数据，求出平均值，以此作为最终结果。

3.4 标线跟踪检测结果

根据实际情况，于2023年2月15日、4月15日及6月29日分别对该试验段交通标线开展第一、二、三次动态检测，得到不同干湿环境条件下第一、二虚线及右边线反光系数，具体数据见下表2、表3、表4所示：

表2 第一次跟踪检测数据 (单位: mcd·m⁻²·lx⁻¹)

序号	反光标线类	不同干湿环境第一虚线			不同干湿环境第二虚线			不同干湿环境右边线		
		干燥	潮湿	降雨	干燥	潮湿	降雨	干燥	潮湿	降雨
01	热熔雨夜	655.0	304.0	202.0	647.0	310.0	215.0	666.0	307.0	208.0
02	传统热熔	301.0	21.0	17.0	297.0	21.0	16.0	316.0	23.0	18.0

表3 第二次跟踪检测数据 (单位: mcd·m⁻²·lx⁻¹)

序号	反光标线类	不同干湿环境第一虚线			不同干湿环境第二虚线			不同干湿环境右边线		
		干燥	潮湿	降雨	干燥	潮湿	降雨	干燥	潮湿	降雨
01	热熔雨夜	324.0	124.0	48.0	311.0	121.0	55.0	566.0	274.0	153.0
02	传统热熔	211.0	14.0	11.0	204.0	15.0	10.0	314.0	15.0	11.0

表4 第三次跟踪检测数据 (单位: mcd·m⁻²·lx⁻¹)

序号	反光标线类	不同干湿环境第一虚线			不同干湿环境第二虚线			不同干湿环境右边线		
		干燥	潮湿	降雨	干燥	潮湿	降雨	干燥	潮湿	降雨
01	热熔雨夜	263.0	91.0	35.0	242.0	86.0	31.0	497.0	246.0	106.0
02	传统热熔	126.0	13.0	11.0	134.0	10.0	9.0	234.0	11.0	8.0

通过表2~表4跟踪检测结果可知：无论何种环境条件下，热熔雨夜反光标线第一、二虚线及右边线反光系数均高于传统热熔标线，并且相较于第一、二虚线，右边线部位热熔雨夜反光标线在三种环境条件下的反光系数较大，可视效果最好。

结语

综上所述，本文通过实际工程案例对传统热熔标线与雨夜反光热熔标线逆反射性能实施动态监测对比分析，得出如下结论：

- (1) 随着交通标线使用时间的延长，第一、二虚线表面雨夜热熔标线与传统热熔标线反光系数均呈现大幅度下降，主要是由于车轮磨损及标线老化所致；
- (2) 相较于传统热熔标线，雨夜热熔反光标线反光系数较高，主要是由于雨夜标线表面玻璃珠反光系数较高；
- (3) 相较于第一、二虚线，右边线部位热熔雨夜反光标线在三种环境条件下的反光系数较大，可视效果最好，表明雨夜热熔标线在边线位置逆反射性能更佳。因此，公路交通标线设计时，在边线位置设置热熔雨夜标线能有效提升各种环境下的反光系数，增强可视效果，充分发挥引导效用，保证交通运输安全。

[参考文献]

[1]许娟, 邸义. 新型热熔反光标线逆反射亮度系数耐久性研究[J]. 公路, 2023, 68(05): 319-322;
 [2]欧艳. 设置雨夜道路反光标线的必要性及其选用分析[J]. 安徽建筑, 2020, 27(11): 175-177;
 [3]周卫, 廖荣, 尹海佳等. 基于单因素方差分析的标线逆反射快速检测影响因素研究[J]. 公路与汽运, 2023(05): 48-52;
 [4]李锋. 如何提高热熔型交通标线逆反射亮度系数[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(12): 167-168+172;
 [5]黄婷, 杜志刚, 牟星宇等. 逆反射系统在高速公路隧道中的应用研究[J]. 交通科技, 2020(06): 105-109;
 [6]李玲. 突起路标逆反射器自动冲击装置的研制及应用[J]. 广东交通职业技术学院学报, 2020, 19(01): 22-24+34;
 [7]杨学政, 滕方勇. 标志反光膜逆反射性能评价方法与影

响因素分析[J]. 山东交通科技, 2020(02): 106-109;
 [8]罗语丹, 洪晓捷. 热熔反光型涂料施工温度对交通标线逆反射性能的影响分析[J]. 公路与汽运, 2021(03): 39-41;
 [9]陈冬青. 道路交通标线逆反射亮度系数动静态测量对比分析[J]. 福建交通科技, 2022, (09): 102-106;
 [10]陈杨利, 郎彦宇, 肖敏. 激光脉冲调制技术在车载逆反射亮度系数测量仪上的应用[J]. 福建交通科技, 2022, (11): 124-127;
 [11]冉德钦, 卢林果, 林江涛. 公路交通标线逆反射系数的衰减——以济南某高速为例[C]//中国公路学会养护与管理分会, 招商局重庆交通科研设计院有限公司, 重庆万桥交通科技发展有限公司. 中国公路学会养护与管理分会第九届学术年会论文集, 2019: 5;
 [12]薛晓东. 道路标线反光效果及影响因素分析[C]//中国公路学会养护与管理分会. 中国公路学会养护与管理分会第十一届学术年会论文集, 2021: 9. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2021.002630;
 [13]王建波. 公路交通标线应用选型研究探讨[C]//中国公路学会养护与管理分会, 中交公路规划设计院有限公司, 中交第三公路工程局有限公司. 中国公路学会养护与管理分会第十届学术年会论文集, 2020: 5. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2020.001642;
 [14]王军, 李璐, 代佳敏. 高速公路快速养护标线系统探索与实施[C]//中国公路学会养护与管理分会, 中交公路规划设计院有限公司, 中交第三公路工程局有限公司. 中国公路学会养护与管理分会第十届学术年会论文集, 2020: 4. DOI: 10.26914/c.cnkihy.2020.001597;
 [15]薛晓东. 基于全寿命周期成本分析标线产品的发展趋势[C]//中国公路学会养护与管理分会, 中交基础设施养护集团有限公司. 中国公路学会养护与管理分会第八届学术年会论文集, 2018: 5;