

反应型道路标线修复技术应用及评价

袁明园¹, 陈全², 韦积分³, 季敏³, 周启伟¹

(1.招商局重庆交通科研设计院有限公司, 重庆市 400000; 2.招商公路网络科技控股股份有限公司, 北京市 102600;

3.广西桂兴高速公路投资建设有限公司, 广西 桂林 541202)

摘要:在对现有道路标线修复技术进行分析的基础上,提出采用反应型标线涂料喷涂工艺对旧标线进行修复;介绍修复施工工艺,并结合实际工程应用情况对其修复效果进行评价。通过应用可知,反应型道路标线修复路面标线后,初始逆反射系数大于 $300 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$;施工后3个月,边线、中线逆反射系数均有所下降,但仍维持在 $200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ 左右。反应型标线涂料修复隧道振荡标线后,中线逆反射系数集中在 $250 \sim 300 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ 之间,右侧边线逆反射系数集中在 $100 \sim 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ 之间。反应型标线喷涂工艺能有效提升旧路标线逆反射系数。

关键词: 反应型;道路标线;修复技术

中图分类号: U417.9

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)06-0285-04

0 引言

随着中国公路尤其是高速公路网络的大规模建设,改善道路交通标线视认性对提高交通效率、保障行车安全具有关键性的作用。研究数据表明,道路标线与交通事故的相关概率高达70%,且科学合理的设计和布局可提高30%的交通运输效率^[1]。但是,在长期使用中,道路标线会不断磨损甚至完全消失。如果不对标线加以维护,可能会造成一些不可预测的安全事故。因此,对标线的及时养护和修补显得尤为重要。截至2022年,我国公路通车里程535万km,其中高速公路17.7万km,初步估算现有道路标线量为7~8亿 m^2 ,按照每2~3a一个维护周期,道路标线维护市场体量巨大^[2]。随着双碳战略的实施,对道路标线的耐久性、环保性提出了更高的要求。据不完全统计,我国传统的热熔标线施工每年消耗燃气约4万t,排放 CO_2 和粉尘约60万t,严重制约了交通行业的碳达峰。加之热熔型标线在服役过程中易出现开裂、剥落等早期病害,影响交通安全通行^[3-5]。为此,需探寻标线快速、绿色低碳修复技术。

1 旧标线修复技术

根据GB/T 16311—2009分类,现有的道路交通

标线按材料种类分为溶剂型、水性、双组分和热熔型^[6]。目前国内交通标线市场,热熔涂料占比为90%左右^[7];传统热熔标线维修通常包括以下步骤:路面清扫—旧标线铲除—放线—涂刷底漆—施划标线—线型修整、开放交通。热熔标线养护维修时存在以下问题:(1)工艺方面,旧线清除时使用的高压水射法、铣刨法、打磨法等都存在一些弊端,如清洁效果差、损坏原路面、清洁效率低等。(2)材料方面,热熔标线施工后存在涂层变色、夜间反光效果不良、老化开裂和起泡等现象,影响标线行车安全和服役寿命^[4,8]。(3)环保方面,热熔标线生产和施工时产生的粉尘,会增加雾霾;施划过程需对涂料进行加热,每施划1 m^2 标线需产生0.34 kg的 CO_2 排放,消耗能源且有安全隐患。欧美等发达国家对热熔标线涂料作出了部分限制。

为了解决现有标线使用寿命短、养护维修占道时间长及不环保等问题,提出反应型道路标线修复技术,无需铲除旧线,直接进行覆线施工,减少封道时间。

2 反应型道路标线修复施工工艺

反应型道路标线修复技术采用双组分道路(A、B组分)标线涂料,在常温状况下利用全自动标线车将涂料喷洒覆盖在旧标线表面,从而快速恢复标线功能^[9],具有施工速度快、使用寿命长、工程造价低等优势。以下介绍反应型道路标线修复施工工艺。

收稿日期: 2023-05-24

作者简介: 袁明园(1986—),女,硕士,高级工程师,从事绿色道路养护新材料、新工艺研究工作。

2.1 旧标线清扫

在反应型标线涂料喷涂前,要对旧标线进行清扫处理。建议采用清扫车或高压吹风机进行除尘处理,同时结合人工铲除标线表面的油污,保持旧标线的干燥和清洁,以利于新旧标线的黏结和耐久。

2.2 材料混合

首先,将固化剂与B组分混合搅拌,搅拌时长约3 min。其次,用另外单独搅拌装置搅拌A组分2 min,确保搅拌均匀,切忌使用同一个搅拌装置。再次,按照施工设备要求,将A组分涂料倒入A料仓,B组分涂料倒入B料仓,严禁将A、B组分涂料混倒使用,否则会导致涂料迅速反应结团,设备严重损坏。

2.3 玻璃珠撒布

根据设定值控制面撒玻璃珠含量,需沉入标线50%~60%。标线喷涂时,注意观察是否有两边薄、中间厚的现象。这会影响到中间玻璃珠下沉,造成反光不匀。关注玻璃珠撒布器是否存在大颗粒玻璃珠在两边、小颗粒玻璃珠在中间大量分布的现象。这种状态下也会出现反光不匀的现象。

2.4 涂料喷涂

采用具有自动行走功能的喷涂设备沿着旧标线线型均匀喷涂,并通过行走速度控制喷涂厚度,建议边线喷涂厚度0.6 mm,中间虚线喷涂厚度0.8 mm。

2.5 开放交通

一般在标线施划完成45~60 min后,且标线各项指标检测合格即可开放交通。

3 工程应用及评价

3.1 广西某高速路面旧标线修复

3.1.1 项目概况

广西某高速2013年通车,全线采用热熔型标线涂料体系,通车9 a来,标线未进行大规模更新。2022年9月对局部路段路面标线进行了逆反射系数检测,测试频率为100 m/次,具体结果见图1。

由图1得出:检测路段标线通车9 a后,其逆反射系数已经明显降低。依据《道路交通标线质量要求和检测方法》(GB/T 16311—2009)规定,正常使用期间白色反光标线的逆反射亮度系数不应低于 $80\text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ 。该路段标线满足现有要求的仅41%,不低于 $100\text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ 的仅占6%,已难以满足现有交通安全通行要求,需进行标线性能提升维护。

3.1.2 材料及性能

反应型标线主要由反应型树脂(MMA)、填料、钛

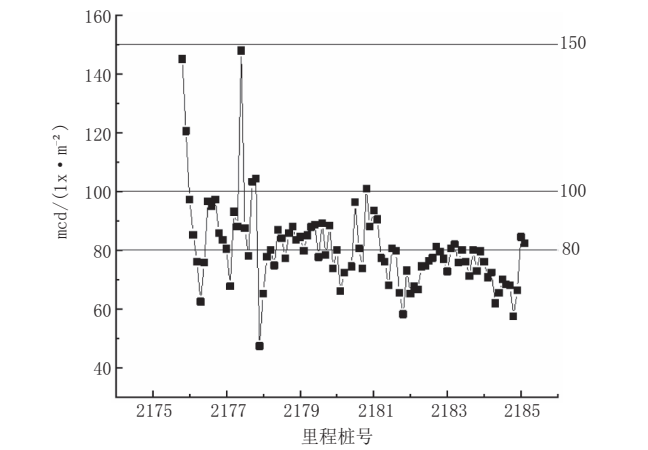


图1 旧标线检测结果

白粉、分散剂等组分组成,树脂预聚体在引发剂的作用下进一步的聚合交联反应,能将玻璃珠牢牢黏结于路面,从而提供更为耐久的逆反射系数。按照《路面标线涂料》(JT/T 280—2022)中的相关规定进行了涂料性能测试,具体结果见表1。

表1 反应型标线涂料性能检测结果

序号	检测项目	测试结果	指标要求
1	固体含量 wt/%	99	≥95
2	凝胶时间(23℃±2℃)/min	10	5~40
3	表干时间 23℃±2℃ /min	15	10~30
		25	20~50
4	实干时间 23℃±2℃ /min	30	15~35
		50	25~60
5	不粘胎干燥时间/min	11	≤35
6	耐磨性(200转/1 000 g 后减重)/mg	12	≤40(JM-100 橡胶砂轮)
7	耐水性	在水中浸24 h 无异常现象	在水中浸24 h 无异常现象
8	耐碱性	在氢氧化钙饱和 和溶液中浸 24 h无异常	在氢氧化钙饱和 和溶液中浸24 h 无异常
9	柔韧性/mm	2	≤5
10	人工加速耐候性	涂层不产生龟 裂、剥落	涂层不产生龟 裂、剥落

3.1.3 实施效果

本次反应型标线施工累计面积5 000 m²,采用GRACO250DC自动行走式设备进行施工,施工效率为150 m²/h,分别对边线、振动边线和中线进行了修复。在施工后和施工3个月进行了逆反射系数检测,具体检测结果见表2。

从施工后检测来看,标线修复后,中央分隔带边线、路中虚线和路缘振动线的逆反射系数均大于 $300\text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ 。施工后3个月,逆反射系数均有所下降,中分带边线下降约4.97%,中线下降约27.92%,震动边线下降约38.72%。中线和振动标线

表 2 反应型标线工后检测结果

类型	喷涂厚度 /mm	逆反射系数/($\text{mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$)	
		施工后	工后 3 个月
中央分隔带边线	0.6	398、402、387	365、373、390
路中虚线	0.8	379、386、381	242、289、295
路缘振动标线	0.6	321、345、336	197、202、215

下降幅度大,是因为车辆碾压所致。总体上看,工后 3 个月逆反射系数仍然维持在 $200\text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ 左右。

3.2 重庆某高速隧道旧标线修复

重庆成渝环线高速某隧道长 3.6 km,隧道标线自 2016 年施工后,受车流量和通行压力大等限制,尚未进行养护维修。现有标线灰尘及油污严重,可见度低,影响行车安全。为了改善现有标线现状,2023 年 4 月对隧道单洞标线进行覆线施工。施工前对原标线进行了检测(见图 2),逆反射系数在 $20\text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ 左右,远低于规范要求,急需进行养护维修。考虑到路段通行压力大,需缩短封道时间,选择反应型标线进行快速覆线施工(见图 3)。



图 2 原标线测试结果



图 3 隧道覆线施工

本次反应型标线施工累计面积 $6\,000\text{ m}^2$,全部为振荡标线,分别对右侧边线、振荡边线和中线进行修复,喷涂厚度 0.6 mm 。施工后第五天进行了检测,结果见图 4。

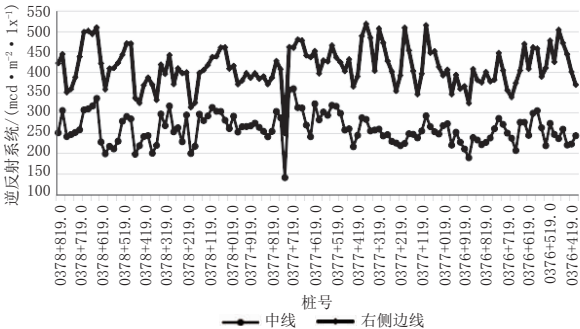


图 4 振荡标线覆线检测结果

从图 4 可以看出,覆线施工后,振荡标线逆反射系数均有大幅提升,中线检测结果集中在 $250\sim 300\text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ 之间,右侧边线检测结果在 $100\sim 200\text{ mcd}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{lx}^{-1}$ 范围内。右侧边线检测结果普遍低于中线,分析原因:该隧道车流量大,路侧积压灰尘较厚,车辆行驶作用下,路侧灰尘污染标线,导致检测结果较中线偏低。建议日常保养注意对路侧灰尘及时进行清扫,以保持标线的亮度。

3.3 施工注意事项

3.3.1 控制好固化剂添加量

固化剂添加量若过大,涂料反应过快,对施工操作不利,还可能引起管道堵塞。固化剂添加量过小,标线将不能充分反应,标线涂膜强度将达不到预计要求,影响标线附着力和耐磨性。因此,施工前要确定好固化剂的最佳掺量。隧道施工时,由于温度、湿度和通风等问题,固化时间较路面会有所延迟,应根据天气、车流等实际情况调整固化剂添加量,以适时开放交通。

3.3.2 B 组分和固化剂需搅拌均匀,以免堵塞管道

施工时,B 组分中加入固化剂后,一定要搅拌均匀。若搅拌不均匀,固化剂量大的地方涂料会先反应,有可能会产生堵塞枪嘴或造成设备固化的现象,严重时损坏施工设备。

3.3.3 随时观察玻璃珠的撒布量和沉降

玻璃珠撒布不均匀、沉降过大或过小对标线的逆反射系数均不利。施工时注意控制撒布车的行走速度、撒布压力,以大小玻璃珠分布均匀,沉入标线 $50\%\sim 60\%$ 为宜。

4 结 语

(1)采用反应型涂料喷涂旧标线能有效提升旧

标线逆反射系数,且无需清除旧热熔标线,具有良好的环保效益和经济效益。施工时注意搅拌均匀度、玻璃珠喷洒量及沉降的控制,以保证施工质量。

(2)反应型标线涂料修复路面中央分隔带边线、路中虚线和路缘振动线的逆反射系数均大于 $300 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ 。施工后3个月,逆反射系数均有所下降,中线和震动边线下降较多。这是因为车辆频繁碾压所致。总体上看,工后3个月,逆反射系数仍然维持在 $200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ 左右。

(3)反应型标线涂料修复隧道振荡标线逆反射系数均有大幅提升,中线检测结果集中在 $250 \sim 300 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ 之间,右侧边线检测结果在 $100 \sim 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ 范围内。灰尘及油污对标线逆反射系数影响较大,为保证标线亮度,建议日常维护注意路面的清洁。

参考文献:

- [1] 钱华信,梁映平,吴晓明,等.双组分道路交通标线研究进展[J].科学技术与工程,2021,21(35):14892-14900.
- [2] 王建波.公路交通标线应用的选型分析[J].中国公路,2020(5):66-68.
- [3] TAHERI M, JAHANFAR M, OGINO K. Synthesis of acrylic resins for high-solids traffic marking paint by solution polymerization[J]. Designed Monomers and Polymers, 2019, 22(1): 213-225.
- [4] GUO D H. Research on application of waterborne marking paint with material properties[J]. Advanced Materials Research, 2013, 700: 45-49.
- [5] NAIDOO S, STEYN W J, Vd M. Performance of thermoplastic road-marking material[J]. Civil Engineering, 2018, 60(2): 9-22.
- [6] GB/T 16311—2009, 道路交通标线质量要求和检测方法[S].
- [7] 郭旭.耐久型热熔道路交通标线涂料技术性能研究[D].济南: 山东建筑大学, 2019.
- [8] 杨波,邓华.基于驾驶员眼动特征的蓄能荧光标线诱导特性及设置方法[J].科学技术与工程, 2020, 20(35): 1-8.
- [9] 张文才,杨勇,乔忠浩.双组分涂料及其在道路交通标线中的应用[J].中国涂料, 2014, 29(9): 40-43.

(上接第269页)

析得出以下结论:

(1)HVA改性剂掺量在8.7%~12.9%之间时,沥青三大指标、动力粘度均能符合排水沥青路面规范要求。

(2)析漏损失与HVA改性剂掺量正相关,而标准飞散和浸水飞散损失与HVA改性剂掺量负相关,HVA掺量在10%左右较为经济合理。

(3)残留稳定性和TSR均与HVA改性剂掺量正相关,且掺量在10%左右时符合规范要求。

参考文献:

- [1] CJJ/T 190—2012, 透水沥青路面技术规程[S].
- [2] JTG E20—2011, 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [3] JTG D50—2017, 公路沥青路面设计规范[S].
- [4] JTG F40—2004, 公路工程沥青路面施工技术规范[S].
- [5] JTG/T 3350—03—2020, 排水沥青路面设计与施工技术规范[S].