

高速公路雨夜反光标线施工技术与质量控制

王利家

(中交一航局第三工程有限公司)

摘要:以广西浦清高速公路交安三标段为例,从高速公路雨夜反光施工工序出发,从施工准备、路面清扫、测量放样、下涂剂施工、涂敷、修整及检查验收等方面详细介绍了雨夜反光标线的技术特点与质量控制关键点,阐述了常见的质量通病,并分析了原因,提出了相关应对措施。经过工程实践及在建工程施工情况,形成了一套成体系的高速公路雨夜反光标线施工技术与质量控制方法,有效地预防了雨夜反光标线的质量通病,达到提升标线质量和使用寿命的目的,从而为类似工程提供参考与借鉴。

关键词:高速公路;雨夜反光标线;陶瓷珠;涂敷

0 引言

交通标线作为高速公路交通安全设施工程中重要的一项,在道路交通安全中有举足轻重的作用。据统计夜间和雨天交通事故的发生率要远远大于白天,尤其是雨夜,当雨水漫过标线时,车灯照射到普通标线根本无法有效地发生逆反射反光行为,甚至驾驶员根本无法看见路面标线,导致交通事故发生率更高。雨夜反光标线主要是为了解决普通标线在雨夜环境条件下的问题、提高水膜覆盖后标线逆反射系数的标线产品。

1 雨夜反光标线与普通反光标线对比

1) 材质

雨夜反光标线和普通反光标线都采用喷涂式施工,施工厚度均为 0.8~2 mm,干燥时间也相同。但是,普通反光标线撒布的是普通玻璃珠,而雨夜反光标线喷洒的玻璃珠为水下反光玻璃珠,也称陶瓷珠。

2) 逆反射系数

因为使用玻璃珠的不同,所以 2 种反光标线的反光系数存在较大差异。

3) 作用

雨夜标线不仅在干燥的夜晚具有高亮的逆反射效果,而且在雨天夜晚同样具有高亮示廓效果,有效解决了以往普通交通标线的 2 个缺点:①夜间灯照条件下逆反射效果不清晰;②雨雪天气造成地面标线不明显。

综上所述,雨夜标线和普通标线的主要区别在于其特殊的材质和反光系数,施工过程中需要

严格控制陶瓷珠与玻璃珠的掺配比例,方可形成合格的雨夜反光标线。

2 工程概况

广西浦清高速公路交安三标段,全长 45.2 km。主线上道路标线包括行车道分界线、行车道边缘线、车距确认标线、车道指示标记等。主线上标线及标记颜色均为白色,车道分界线及车道边缘线采用雨夜反光标线。行车道分界线为虚线,虚线每段长度 6 m,间距 9 m,宽度 15 cm,行车道边缘线为实线,宽度 20 cm;标线厚度均为 2.0 mm。匝道标线包括行车道分界线、行车道边缘线等。匝道上标线及标记颜色均为白色,行车道分界线及行车道边缘线采用雨夜反光标线。行车道分界线为虚线,虚线每段长度 2 m,间距 4 m,宽度 15 cm,行车道边缘线为实线,宽度 20 cm;标线厚度均为 2.0 mm。

路面文字标记宜按由近到远的顺序进行布设,一般设置在立交出口位置处。互通、服务区标线采用布设图的方式进行设计,详细标注导流斑马线、3-3 虚线、车道线、导向箭头、平交口渠化标线等的位置及桩号。在互通处、服务区、停车区出入口设出入口导流标线,并配以定向反光突起路标和重复设置的路面导向箭头,导向箭头长 9 m,设置 3 组。材料均采用雨夜反光标线。在收费广场入口一侧、互通处、停车区、服务区出口匝道设置减速标线。隧道进出口 40 m 范围内设置减速标线。小半径(半径<1 760 m)的路段且下坡路段适当位置设置纵向减速标线。

3 施工要求

3.1 施工材料要求

3.1.1 涂料与内混玻璃珠材料

涂料内总有机物含量不低于 16%；亮度因数（白色） ≥ 0.8 ，亮度因数（黄色） ≥ 0.5 ；抗压强度 ≥ 20 MPa；内混玻璃珠总含量 $\geq 30\%$ ，其中粒径 0.85~1.4 mm 玻璃珠含量不低于 20%，成圆率不低于 90%；粒径 0.85 mm 以下玻璃珠含量不低于 10%，其它应符合 GB/T 24722—2009《路面标线用玻璃珠》的要求；内混玻璃珠总成圆率 $\geq 85\%$ ；其它性能指标应符合 JT/T 280—2022《路面标线涂料》的要求；标准试验条件为环境温度 (23 ± 2) ℃，相对湿度为 $(50\pm 5)\%$ 。

3.1.2 面撒玻璃珠材料

有缺陷的玻璃珠（椭圆形珠、不圆的颗粒等）质量应小于玻璃珠总质量的 20%，即玻璃珠成圆率不小于 80%，其中粒径为 0.6~0.85 mm 的玻璃珠成圆率应不小于 70%。玻璃珠的外观、成圆率、密度、折射率、耐水性、磁性颗粒含量和防水涂层要求均应满足《路面标线用玻璃珠》中相关规定。

3.2 技术参数要求

3.2.1 表观质量与玻璃珠掺量

雨夜反光标线涂层厚度应均匀，无气泡、开裂、发黏、脱落等现象；标线涂层厚度为 1.2 mm，涂料中预混 18%~25% 的玻璃珠，施工时涂布涂层后，立即将玻璃珠撒布其表面，面撒玻璃珠应分布均匀，用量为 0.3~0.34 kg/m²。

3.2.2 逆反射系数

设计要求雨夜反光标线初始逆反射系数 ≥ 350 mcd·m⁻²·lx⁻¹（Ⅲ级反光）；干燥条件下持续逆反射系数 ≥ 100 mcd·m⁻²·lx⁻¹；潮湿条件下逆反射系数 ≥ 80 mcd·m⁻²·lx⁻¹。

3.3 施工过程要求

1) 存在缺陷、逆反射亮度系数不足、尺寸不正确或位置错误的标线均应清除。

2) 加热溶剂型涂料在施工时，对开桶后的涂料进行充分的搅拌，在釜内加热时温度应控制在 180~220℃，最高的加热温度不应超过 220℃。涂料完全融化后，搅拌 5~10 min 即可进行涂敷，且涂敷于路面的温度不应低于 180℃，否则会影响涂敷材料的使用寿命。禁止在 4℃ 以下的气温中施工。

3) 雨夜反光标线施工机械采用包括涂料预热

釜、涂敷车、下涂剂喷涂机等在内的综合性配套机械。具体施工时因情况比较复杂，如涂层的膜厚受涂料品种的影响，同时也受施工速度的影响，在相同喷涂量的前提下，施工速度越快，所得膜厚就越薄。要保持涂膜厚度，喷涂速度就要相应调整。

4) 为减少标线施工时对交通的影响，尽量安排在非高峰期施工，并做好交通引导以及安全措施。标线施划后注意保护，不让车辆碾压，开放交通前需修剔不合格的标线，将散落的玻璃珠清扫干净，避免玻璃珠导致车辆滑行或行人跌倒。标线施工的最佳气温要求是 >20 ℃。

5) 涂料施工时应在施工现场设置好各种安全标记、护栏等防护措施，以免车辆将涂料带出或形成车辙。标线施工应在不影响正常交通的情况下进行，避免造成交通事故。

6) 严禁在潮湿路面上施工，涂料玻璃珠存放应干燥、注意防潮。涂料要充分搅拌方可使用。

4 技术关键点

4.1 施工工艺流程

雨夜反光标线施工工艺流程如图 1 所示。

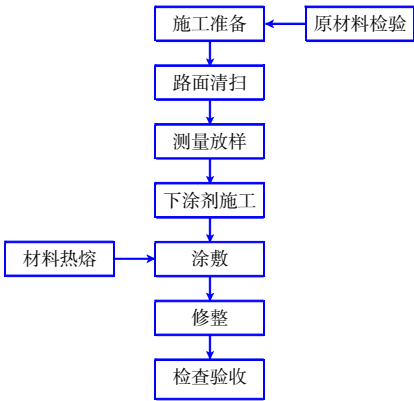


图 1 雨夜反光标线施工工艺流程

4.2 施工准备

施工机械设备在施工前 5 d 进场，使用前进行试运行，经验收合格后方可投入施工使用，尤其是划线机要保证不泄露，玻璃珠能均匀撒布。在划线前，对预备划线的区域进行检查，不能出现灰尘及泥土污染，否则会影响标线路面的黏合。作业前查阅天气预报，有雨、有风、天气潮湿或气温在 4℃ 以下禁止施工。

4.3 路面清扫

保持接触面清洁是涂料与路面牢固结合的重

要条件,影响涂料黏结的主要因素是路面的灰尘、泥沙和水分^[1]。对需要划线的路段进行保护,并用扫帚、板刷彻底清扫整个路段,并清除堆积物。将清扫后的路面用吹风机吹 1~2 次,彻底清除路面缝隙中的异物。尤其是车行道污染严重,不仅要清除路面灰尘,更要注意是否存在湿气,或路面是否潮湿,为保证附着力、标线平整度及反光效果,必要时还应烘干路面后再施工。

4.4 测量放样

车道中心使用 GPS 进行放样,每隔 15 m 放出中心点,曲线段适当加密,每隔 5~10 m 放出中心点。使用 50 m 长绳进行点对点连接,然后用不污染路面的白漆沿着长绳进行连接放线。中心线放样完成后,利用划线车的前进指引针沿着已经放样完成的道路中线行进,同时在前进指引针上安装一条长度与行车道宽度相同的钢筋,钢筋端部安装白漆滴灌小桶,这样划线车沿着已经放样的道路中心线行走,道路边线随之放样完成。在放样时,每隔 50 cm 校核行车道宽度,一旦出现误差立即进行调整,必要时清除已经完成放样的路段,精准定位后再重新放样。需要明确的是应放出每条标线的边线,划线施工时,划线车的前进指引针与放样出的边线对齐,即可准确定位标线位置。

4.5 下涂剂施工

为了提高沥青路面与涂料的黏结力,需要在路面上先涂抹下涂剂(底漆),更好地连接路面与涂料^[2]。底漆一般由树脂与溶剂相结合组成,在选择时,应以不污染标线和黏聚力强为准则。底漆涂得过多或不足,都会造成路面和涂料的黏结力减小。根据路面情况和底漆特点,一般涂刷底漆为 60~230 g/m²。涂刷时使用下涂剂喷涂机进行喷涂,将底漆调均匀后再进行涂刷,其宽度应比标线放样宽度略宽;底漆喷涂后进行维护,只有在底漆不与轮胎粘连或不与灰尘、砂石粘连的情况下,经过充分干燥后才能进行划线作业。底漆涂抹时要仔细,防止漏涂,尤其是路面凹凸明显或出现离析的地方,适当加大用量对其进行覆盖。

4.6 涂敷

4.6.1 涂料温度的控制

涂料的温度控制是涂敷作业的关键,经验表明最好的反光效果是埋藏在涂料中为 1/2 直径的玻璃珠,即埋入一半露出一半。涂料温度过高,

玻璃珠撒布过快,玻璃珠会全部埋入涂层中;涂料温度过低,玻璃珠撒布过慢,涂层已接近凝固,玻璃珠与涂料黏聚性减弱,车辆通行后很容易脱落,标线反光效果很差。所以在施工时要严格控制撒布时间与涂料温度。本项目的施工结果表明,将热熔型涂料加热至 180~220 ℃,涂料即可成为熔融的流动状态,此时能够使玻璃珠与陶瓷珠的嵌入度达到直径的 50%,标线达到最佳反光效果。在涂敷作业时,为防止划线车的贮料罐和流出口等处黏度变大,在涂料的出料口增加保温装置,防止涂料温度下降过快,影响玻璃珠与陶瓷珠的嵌入度。另外施工中严格注意加热次数,避免多次加热使涂料温度过高。

4.6.2 陶瓷珠与普通玻璃珠的配合比

未规定陶瓷珠与普通玻璃珠的配合比,想要达到设计要求的逆反射系数,需要进行试验确定配合比。按照设定的 3 种配合比在钢板上进行试验,使用雨夜标线专用逆反射检测仪进行检测,检测结果见表 1。

表 1 雨夜反光标线试验段检测结果

检测项目	配合比	初始逆反射系数/(cd·m ⁻² ·lx ⁻¹)	
		实测值	设计值
陶瓷珠	—	259	≥350
		272	
		300	
		289	
		294	
陶瓷珠+玻璃珠	1:1	428	≥350
		392	
		404	
		434	
		412	
陶瓷珠+玻璃珠	1:2.4	300	≥350
		354	
		325	
		284	
		312	

注:在同等温度及环境下进行施工。

由表 1 可知:陶瓷珠掺量过多或过少均不能达到设计要求。陶瓷珠:玻璃珠=1:1 的比例能够满足设计要求且有一定富余。故采用陶瓷珠与普通玻璃珠以 1:1 的配合比进行施工。

4.6.3 涂敷作业

划线车作业时注意匀速前进,以保证玻璃珠

能够均匀撒布。行车道边线施工时，每隔 10 m 用宽 5 cm 的胶带在涂敷前粘贴在路面上，预留出流水槽。在划线机工作时，安排专人检查玻璃珠撒布情况，发现撒布密集或漏撒时，及时停止划线作业，将其处理好方可继续进行施工。

4.7 修整标线

施工结束后，根据实际完成情况对不符合要求的标线进行修整，清除溢出的涂料，并检查标线的厚度、尺寸、玻璃珠的撒布情况等。存在严重缺陷、逆反射亮度系数不足、尺寸不正确或位置错误的标线均应清除，进行重新施工。路面上的玻璃珠容易使人和车辆打滑而发生事故，因此要将散落的玻璃珠清理干净。

4.8 检查验收

标线施工完成后，及时进行检查验收。雨夜反光标线玻璃珠应撒布均匀，施划后标线无起泡、剥落现象。

雨夜反光标线检测项目见表 2。

表 2 雨夜反光标线检测项目

检测项目		规定值或允许偏差	检查方法及频率
标线线段长度/mm	6 000	±30	尺量，每 1 km 测 3 处，每处测 3 个线段
	4 000	±20	
	3 000	±15	
	2 000	±10	
	1 000	±10	
标线宽度/mm		[+5, 0]	尺量，每 1 km 测 3 处，每处测 3 点
标线厚度/mm	2.0	[-0.1, 0.5]	标线厚度测量仪或卡尺，每 1 km 测 3 处，每处测 6 点
标线横向偏位/mm		≤30	尺量，每 1 km 测 3 处，每处测 6 点
标线纵向间距/mm	9 000	±45	尺量，每 1 km 测 3 处，每处测 3 个线段
逆反射亮度系数 R_L / (cd·m ⁻² ·lx ⁻¹)		≥350	干湿表面逆反射标线测试仪，每 1 km 测 3 处，每处测 9 点

5 标线常见质量问题

1) 标线开裂、起皮、脱落

原因分析：路面清理不干净；涂料加热温度过低或过高；有异物混入；施工斗槽未预热。

应对措施：彻底清扫路面，保持路面干净。在施工中严格控制温度，禁止出现烧结和异物混入，施工前斗槽用喷灯预热^[9]。

2) 标线不顺畅、线形差

原因分析：放样时点位标记距离过长；标线车操作不当。

应对措施：放样时直线段每隔 20 m 量取一横断面，标记出点位，曲线段时适当加密点位，每隔 5~10 m 放样出点位。在小半径坡道路段施工时，宜从坡底向坡顶施工，防止下坡时划线车不易受控制。

3) 标线气泡、麻面

原因分析：地面因降雨后潮湿；涂料温度控制差。

应对措施：雨后或特别潮湿的空气条件下禁止施工；严格控制涂料温度，避免涂料流动性不佳影响标线质量。

6 结语

本文对雨夜反光标线的施工技术与质量控制进行了研究分析，在高速公路雨夜反光标线施工过程中，结合施工工序质量控制要点，发现施工温度、涂料温度、陶瓷珠与普通玻璃珠配合比、撒布量等均能影响雨夜反光标线施工质量，因此施工中需要严格控制上述工序质量，可有效降低雨夜反光标线质量通病的发生概率，为今后的高速公路雨夜反光标线施工提供参考。

参考文献：

[1] 公延荣. 浅谈高速公路热熔型标线质量通病及防控措施[J]. 甘肃科技, 2013, 29(15): 121-123, 66.
[2] 周杨, 万春明, 费伦林. 安定高速公路热熔型雨夜反光标线施工质量控制[J]. 公路与汽运, 2017(3): 33-35, 43.
[3] 高雪松. 反光热熔标线现场施工工艺与质量控制[J]. 北方交通, 2006(5): 124-127.