

热熔型标线组成及病害成因分析

雒培刚

江苏现代路桥有限责任公司, 江苏 南京 210049

[摘要] 通过调研热熔型标线的组成情况, 分析各组份的主要指标对标线性能的影响; 同时, 结合江苏省内高速公路道路标线主要存在的病害, 从材料、施工和环境三个方面分析病害的成因, 为保障标线的质量提供支撑。

[关键词] 热熔型标线; 组成; 病害; 成因

DOI: 10.33142/sca.v3i2.1853

中图分类号: U491.523

文献标识码: A

Analysis on the Composition of Hot-melt Marking Line and the Cause of Disease

LUO Peigang

Jiangsu Modern Road and Bridge Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210049, China

Abstract: Based on the investigation of the composition of hot-melt marking, this paper analyzes the influence of the main indicators of each component on the marking performance; at the same time, combined with the main diseases of highway marking in Jiangsu Province, this paper analyzes the causes of the diseases from three aspects of materials, construction and environment, so as to provide support for the quality of marking.

Keywords: hot melt type marking; composition; disease; cause

引言

道路标线作为交安设施的主要组成部分, 在管制和引导交通起到至关重要的作用, 保障司乘人员的安全, 常被人们称为“生命线”。以往, 对于社会对于标线的重视程度低, 自 2018 年“3·15”晚会曝光了国内标线的质量存在问题, 同年交通运输部也开展了从标线产品入场、工程设计、施工、验收、养护各个环节进行全面排查、治理整顿等措施, 社会开始不断提高对标线的重视程度。

目前, 国内标线的市场主要包括热熔型标线、溶剂型标线、双组份标线和水性标线。其中, 热熔标线市场占比接近 80%, 溶剂型标线约占比约为 20%, 双组份标线和水性标线占比不足 1%; 另外, 溶剂型标线由于耐久性差、耐磨性差等问题, 常常用于农村道路等低等级道路, 因为高速公路的道路标线主要占比更高, 以江苏为例, 省内高速公路中热熔型标线的占比约为 99%。

本文将市场占比最大的热熔型标线作为研究对象, 通过分析其组成情况及其对标线性能的影响, 并从材料、施工和环境三个方面分析江苏省内标线病害的成因, 为后续标线质量的提升提供理论支撑。

1 热熔型标线组成

热熔标线是由热熔涂料在施工时经加热至 180~220℃, 使其熔融后涂敷于路面并同时撒布玻璃珠, 经冷却凝固成固体附着于路面而形成, 厚度一般间于 0.7mm~2.5mm。其中, 热熔涂料由热塑性树脂、颜料、填料、玻璃珠和助剂等材料组成。

1.1 热塑性树脂

热塑性树脂为成膜物质的主要组成部分, 提供粘结能力, 完成颜料、填料、玻璃珠的粘合; 同时提供对路面的附着, 提供涂料的流动性和快干性, 在热熔涂料中其质量占比约 15%。

目前, 热塑性树脂主要选用 C5 石油树脂, 相对于其他种类热塑性树脂, 其具备较好的耐候性、附着性, 颜色较浅且价格适中。其性能主要包括软化点、酸值、熔融粘度、热稳定性等, 其对标线性能的影响如表 1 所示。

表 1 C5 石油树脂性能对标线指标影响

序号	指标	标线性能
1	软化点	施工性、耐污性、耐磨性、抗压强度
2	颜色	光度性能、逆反射亮度系数
3	耐热性	热稳定性

(续表)

序号	指标	标线性能
4	熔融黏度	施工性、不粘胎干燥时间
5	酸值	耐热性、耐化学性
6	玻璃转化温度 T _g	耐污性

1.2 填料

填料主要是无机填料，来自天然矿石，在涂料中起到骨架作用；同时，通过填充增加标线涂料涂膜的厚度，可提高涂料的耐热性、耐磨性和粘接强度等力学性能，并具有减少涂层的收缩，防止回粘。其中，热熔型道路标线涂料的填料一般选用石英砂、重质碳酸钙粉等，在热熔涂料中其质量占比约 50%。

石英砂的主要矿物成分为 SiO₂，其主要的指标为硅含量和白度；重质碳酸钙简称重钙，主要成分是 CaCO₃，其主要的指标为白度、比表面积和吸油量、沉降体积。各指标对标线性能的影响如表 2 所示。

表 2 填料指标对标线性能的影响

序号	指标	标线性能
1	含硅量	抗压强度、耐候性
2	白度	光度性能、逆反射亮度系数
3	比表面积和吸油量	施工性
4	沉降体积	施工性、软化点

1.3 颜料

颜料赋予标线颜色，主要有白色或黄色颜料，因此热熔标线涂料的白色颜料一般选用钛白粉，黄色颜料一般选用铅铬黄（或铬黄）。在热熔涂料中其质量占比约 5%。

其中，钛白粉型号主要分为三种：板钛型、锐钛型和金红石型，金红石型和锐钛型是钛白粉的两大重要种类。相对于锐钛型，金红石型结构更稳定、原子排列更加紧密，密度、硬度、介电常数更高，对光的散射也更大，具有较高的硬度、密度和折射率等。因此，金红石型钛白粉更适合用于室外标线，对紫外线有非常强的屏蔽作用，标线更耐候。颜料各指标对标线性能的影响如表 3 所示。

表 3 颜料指标对标线性能的影响

序号	指标	标线性能
1	粒径大小、白度	施工性能、逆反射亮度系数
2	遮盖力	耐污性、涂膜厚度
3	无机包膜	耐候性

1.4 玻璃珠

热熔型标线玻璃珠根据掺入方式可分为内混玻璃珠和面撒玻璃珠，以提供标线在夜间的可视性。根据《路面标线用玻璃珠》(GB/T24722-2009)，1#玻璃珠宜适用于面撒，2#玻璃珠宜适用于内混。同时，要求涂料内混 18-25%含量的玻璃珠。玻璃珠的粒径分布、外观、折射率、成圆率及密度、硬度等性能影响标线的指标。玻璃珠各指标对标线性能的影响如表 4 所示。

表 4 玻璃珠性能对标线指标影响

序号	玻璃珠指标	标线性能
1	粒径分布	逆反射亮度系数、抗滑性、耐磨性
2	折射率	逆反射亮度系数
3	外观	逆反射亮度系数
4	成圆率	逆反射亮度系数
5	密度、硬度	耐磨性

1.5 助剂

热熔标线的助剂主要包括流平剂和塑化剂。流平剂能有效降低表面张力，提高流平性和均匀性，改善渗透性，缓解涂刷时产生斑点和斑痕，增加覆盖性，使成膜均匀、自然。增塑剂能减弱树脂分子间的次价键，增加树脂分子键的移动性，降低树脂分子的结晶性，增加树脂分子的可塑性，增强其韧性。流平剂和塑化剂主要分别选用聚乙烯蜡和白油。助剂各指标对标线性能的影响如表 5 所示。

表 5 助剂指标对标线性能的影响

序号	聚乙烯蜡性能	标线性能
1	软化点	施工性
2	熔融黏度、针入度	施工性、耐热性、耐磨性
3	低分子量	施工性
1	运动黏度、倾点	软化点、流动性、耐高低温性能

2 病害成因分析

通过对江苏省高速公路道路标线的长期观察，发现其主要病害包括夜间光度性能差、磨损脱落、开裂和污染等病害。以下将从材料、施工和环境三个方面分别对其成因进行分析。

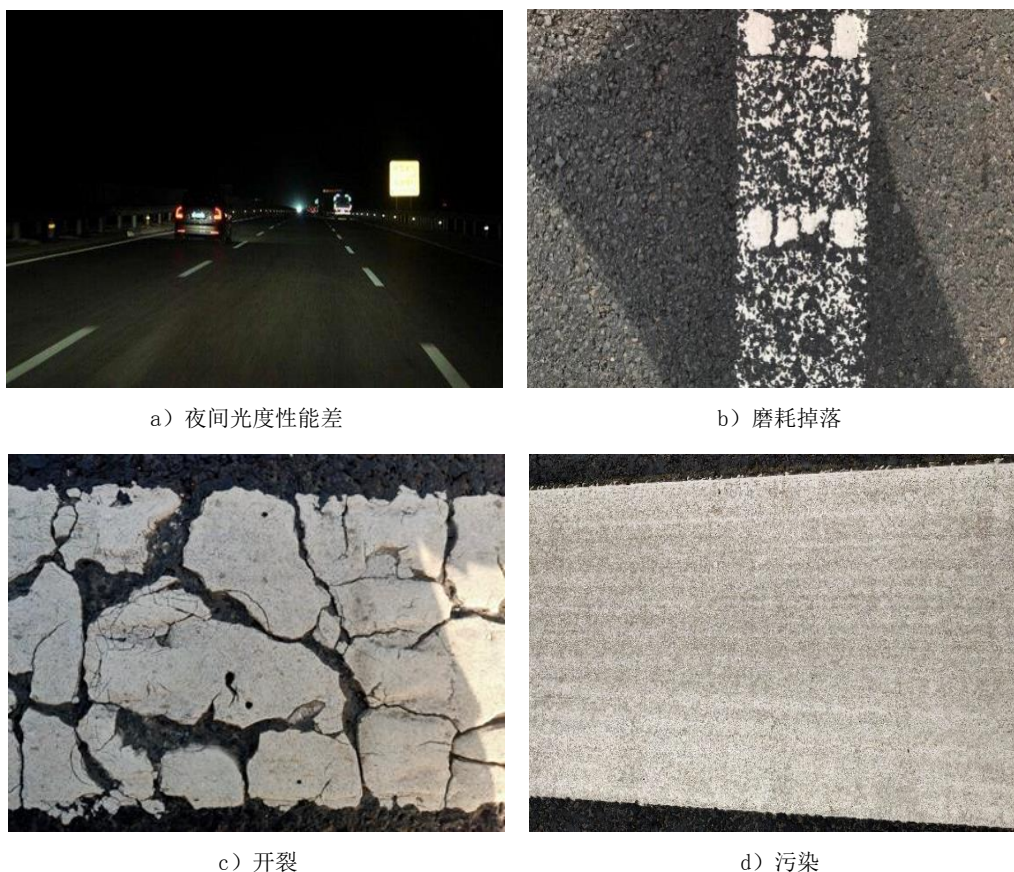


图 1 主要病害形态

2.1 光度性能差

交通标线反光是通过热熔涂料和撒布其上的玻璃珠以及预混玻璃珠的定向反光来达到反光效果。

(1) 材料方面：

预混和面撒玻璃珠杂质含量高、成圆率低、折射率低，同时粒径分布均匀，存在粒径缺档的问题，影响标线的连续反光性能。

涂料的流动度、粘度和软化点不适宜，导致涂料过硬过软，使得玻璃珠嵌入深度不足而产生掉落；或嵌入过深，

反射光不能返回入射光方向上，而形成漫反射，反光性变差。反光效果如图 2 所示。

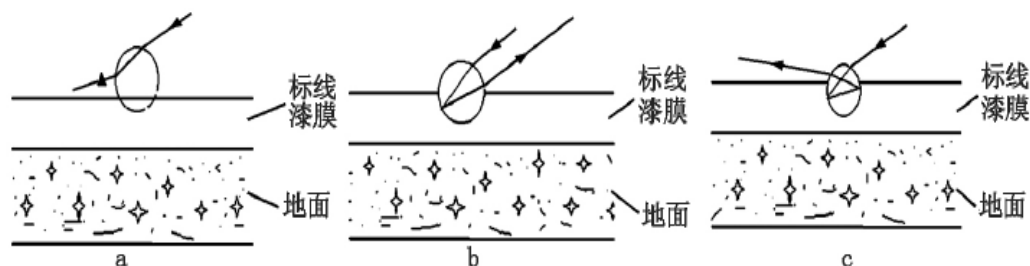


图 2 玻璃珠的嵌入状态 (a 过浅; b 适中; c 过深)

(2) 施工方面:

设备的稳定性差导致施工的均匀性差，导致面撒玻璃珠分布不均匀；温度过高导致玻璃珠嵌入深度过深；若玻璃珠用量过多，因互相重叠而影响标线的反光效果，同时导致标线的表面易积灰尘，使标线颜色变得灰暗，影响视认性。但过少却无法提供高逆反射亮度系数。

(3) 环境方面:

保证施工阶段风力不宜过大，影响玻璃珠撒布的不均匀；同时对于路面孔隙较大、凸凹不平，或者出现龟裂及网裂等情况时，应注意控制涂料用量，避免造成涂膜层厚度不均，从而影响玻璃珠的嵌入度。

2.2 磨损脱落

热熔标线涂层的脱落可以导致标线失去其标示功能，脱落严重的会失去标线作用对安全驾驶及道路美观带来严重的影响。

(1) 材料方面

树脂、添加剂的含量过低，导致涂料较脆从而与路面的粘结力差，而导致产生自然脱落或在行车过程中经车轮的碾压或振动而脱落。

(2) 施工方面

首先路面不干净、干燥，粘有灰尘、杂物会影响路面与涂料的粘附性；同时未根据不同路面（沥青路面/水泥路面）选用合适的底油，并未保证一定的用量及干燥时间。其次，保持涂料未被充分熔融，充分搅拌，出现“生”、“熟”混杂现象；另外，加热温度和时间过高过长，而导致涂料裂解挥发，使涂料变质；而对于标线养护工程，原标线未清除干净甚至不清除。

(3) 环境方面

环境温度过低，低于 5℃时，由于热熔涂料为热塑体，在与地面接触时，瞬间冷却形成刚性的涂层，未能渗透进路面空气中形成倒钉，降低了附着力而产生起皮脱落^[1]；其次，路况不佳，表面凸凹不平，涂层薄厚不均，薄处首先磨损，带动其他部分开始脱落；同时，冬天下雪使用除雪剂等化学剂对涂料产生侵蚀，影响涂料与路面的附着力，导致涂料起皮脱落。

2.3 开裂

一般地，热熔性标线由于其材料的特性是不可避免地出现裂纹现象，不太严重的裂纹，对标线并无明显地影响，但严重的裂纹，对标线的标视效果都有一定损减。根据裂缝产生的原因大致分为五种类型，分别为：寒冷裂缝、随路裂缝、软路面裂缝、涂料表层裂缝、老化裂缝。

(1) 材料方面

并未根据施工的季节（夏季和冬季）调整涂料添加剂的配比来改善韧性，冬季施工涂层遇冷收缩产生内应力，当应力集中在一处时极易产生裂纹。当夏季施工时，路面变软，但由于涂料与路面的软硬程度不匹配，导致在荷载作用下产生裂缝。

(2) 施工方面

施工过程温度过高，导致涂膜厚度不均；施工过程温度过低，导致流动性差而形成条纹。

(3) 环境方面

由于材料热胀冷缩现象，路基裂缝产生的反射裂纹路基材料膨胀或收缩产生的裂纹或由于不均匀下沉产生裂纹等致使路面标线出现裂纹；另外阳光紫外老化也可导致的标线老化出现裂纹。

2.4 污染

当标线涂膜受到污染时,将会对标线的视认性造成较大影响,因而必须确保标线涂膜清楚鲜明。

(1) 材料方面

由于树脂、添加剂等有机物的软化点较低或者含量较高,导致涂料软化点过低,夏季时,地面温度高达 50-60℃,标线发软、发粘,会吸附空气、车轮等上面的灰尘。

(2) 施工方面

一方面,由于玻璃珠用量过多,造成涂层表面残存的灰尘引起污染;另外一方面,施工温度过高,表面粘性增加,导致表面粗糙度较大,而引起污染。

(3) 环境方面

由于汽车渗漏出油污,路面灰尘,汽车轮胎黑迹等原因,均可产生标线污染。

3 结论

(1) 热熔型标线主要由树脂、填料、颜料、玻璃珠以及相关助剂组成。其中,树脂的软化点、酸值、熔融粘度、热稳定性,填料的白度、比表面积和吸油量、沉降体积,颜料的粒径大小、白度、遮盖力、无机包膜,玻璃珠的粒径分布、外观、折射率、成圆率及密度、硬度以及助剂的软化点、熔融黏度、低分子量等对标线的性能去决定性作用;

(2) 标线的主要病害包括光度性能差、磨耗脱落、开裂和污染,其影响因素主要分为材料、施工和环境。其中,材料主要考虑树脂、玻璃珠的质量;施工主要考虑熔融温度、搅拌情况、喷涂的压力和流量、材料和底油用量等;环境主要考虑路面状况、环境气候条件、路面交通等因素。

[参考文献]

- [1] 孟庆翰. 热塑性反光道路标线涂料[J]. 涂料工业,2000(6):31-37.
 - [2] 汪培书. 高性能热熔标线涂料的研制及应用[J]. 现代涂料与涂装,2004(6):8-9.
 - [3] 马忠仁. 热熔型道路标线涂料的原材料选择及质量控制要点[J]. 辽宁交通科技,2002(2):57-58.
 - [4] 陶厚东,马征程,齐飞. 钛白粉对粉末涂料耐候性能的影响[J]. 科技创新导报,2019(16):69-71.
 - [5] 包天鹏. 高速公路热熔型标线的常见质量通病与控制措施[J]. 江西建材,2014(4):131.
 - [6] 范国林. 热熔型道路标线不良现象简析[J]. 东北公路,1998(4):90-92.
- 作者简介: 雒培刚(1980.11-),男,毕业院校:中国矿业大学,所学专业:土木工程,单位:江苏现代路桥有限责任公司,职称:高级工程师。