

热熔型道路标线施工工艺与耐久性影响因素探究

文 / 李 杨 昆山市鹿通交通安全设施有限公司

摘要：在道路工程中，道路标线是一种可视化的清晰的道路信息标志，起到引导交通、疏解车流、规范驾车的显著作用，是保障道路交通安全不可或缺的基础设施。可见，道路标线的清晰度、耐久性与规范性，与驾驶员的认知判断与行车安全直接相关，可有效帮助构建有序、畅通的交通环境。综合考查道路标线工程发现，在各类道路标线材料中，热熔型标线的应用范围覆盖全球，以附着力强、干燥迅速、耐久性高等显著优点，成为高等级公路与城市主干道的首选标线类型。对此，本文以热熔型道路标线施工工程为研究对象，针对这类施工工艺及其耐久性的影响因素进行深入研究，探究施工工艺的关键环节对于热熔型道路标线工程的实施效果的影响，从而最大化其安全性能、环保性能与经济价值。

关键词：热熔型；道路标线；施工工艺；耐久性

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.23.057

引言

随着城市化的不断推进，现代交通量在持续增长，这对道路设施的服役寿命、耐久性的要求提高。因此，热熔型道路标线技术受到关注。然而，这一技术的优异性能，取决于标线材料、施工工艺的稳定实现，实际上是一个涉及施工材料品质、路面基底状况、外部环境荷载等多因素交织影响的复杂系统工程。因此，对于热熔型道路标线工程的深刻分析，需要系统性剖析从施工准备到固化成型全过程的工艺控制要点，分析各类内外部因素对热熔型道路标线各项性能的影响机制，以持续推动该技术持续优化。

一、热熔型道路标线概述

热熔型道路标线是一种道路标线，主要通过加热施工划线材料并在路面划设标记形成的高性能道路标记。这类道路标线所处的环境条件使得其施工工艺对于涂料的性能、成分有着较高的要求。道路标线涂料的主要成分一般为合成树脂、玻璃微珠、颜料和填料，以固态状态运输、储存，施工时加热至熔融状态（约180-200℃）后涂敷于路面。

该类型标线涂料的关键优势在于速干性，涂敷后因冷却迅速凝固，通常在数分钟内即可开放交通，极大减少了对交通的干扰。此外，涂料的涂层厚实（厚度约1.5-2.5毫米），内含的玻璃微珠能提供持续优异的反光效果，确保夜间及不良天气条件下的可视性。相较于常温漆，热熔标线还具有极高的耐磨性和耐久性，使用寿命更长，是现代高等级公路、城市主干道等对标线性能要求较高场合的主流选择。

二、热熔型道路标线主要施工工艺

（一）施工前路面与材料准备

热熔型道路标线技术将固态涂料加热熔化至特定状

态并施划于路面，形成一道厚实、醒目的视觉引导带。热熔型道路标线项目在施工前需要进行全面准备工作，工作内容主要包括检查清洁施工路面、相关施工材料和设备的准备等。路面的检查与清洁是必要步骤，清洁工作通常采用机械清扫设备，如扫地机或高压水枪，多遍清理去除顽固污渍，使路面保持平整、干燥且无任何污染物的整洁状态，才能更好地使标线涂料覆盖于地面，防止杂质干扰导致标线过早剥落或破损。

同时，材料准备环节也至关重要。热熔型标线涂料的主要成分需根据施工环境的气候条件和路面类型进行严格材料选型，以配出耐候性强的涂料配方，保证良好的施工质量。材料备好后需严格储存，防潮、防晒，避免变质，并在使用前进行抽样检验，确保其流动性、软化点等主要性能指标符合施工规范。在正式施工前，施工所需设备应提前调试、设置施工警示标志、安排交通疏导人员、为操作人员配备防护装备，以保证施工流程的稳定推进。与此同时，安全准备工作也不容忽视，施工团队应发挥其专业性和协调性，通过详细的计划与演练，预防巩固工程中可能遇到的高温烫伤或交通事故，保障道路施工安全。

（二）热熔涂料融化与划线施工

涂料通常是以固体状态存放，在施工前才送至热熔釜中进行融化，通过间接加热方式控制设备温度，从而将固体块状或粉末状涂料缓慢加热至熔融状态，理想状态下的涂料应为黏稠适中的液体，便于后续喷涂或刮涂。融化过程中需有专人持续搅拌使涂料成分受热均匀，防止发生局部过热或沉淀现象，同时根据涂料加工特性适时添加玻璃微珠等反光材料，以增强道路标线的夜间可视性能。

划线施工环节主要通过专业划线机械完成，操作人员需根据设计图纸中的精准定位进行实地划线，控制划

线车的行驶速度与喷枪或模头的压力，以保证道路标线成果宽度、厚度一致。但由于道路标线是在户外施工，因此施工时还要考虑到准确的环境因素，季节、风向、温湿度都需要纳入考量范畴，不同季节的户外气候有较大差距，这也直接影响涂料的划线质量，需及时结合气候变化调整施工节奏，因此道路划线工程通常选择气候宜人的春秋两季，温湿度过高或者过低都会影响涂料的划线效果。除此之外，道路划线技术也是十分重要的一个因素。道路划线标准要求划线线条边缘清晰、无毛刺，对于虚线或图案需精确间隔，施工中需避免停顿或重叠，以免产生厚度不均或变形。在划线过程中需同步进行玻璃微珠的撒布，确保其均匀嵌入涂料表面并形成反光层。因此施工作业人员需要有充足的操作经验、掌握严谨的操作流程。

（三）标线固化与质量保障

施工结束后，热熔型道路标线需要必要的固化与质量保障，这是跟踪标线质量、维护标线性能的关键环节，涉及标线的自然冷却、固化过程以及后续长期性的质量检查与维护措施。在涂料接触路面划线后的瞬间，涂料与空气相接触并迅速进入固化过程。此时，标线涂料通常在数分钟内完成表面干燥过程，但完全固化可能需要数小时，因此需及时设置隔离区，给予涂料足够的固化时间。在此期间需监测路面温湿度变化，严格控制外部干扰，如车辆碾压、行人踩踏、雨水冲刷等，防止外力作用导致涂料出现收缩裂纹、附着力下降等不良现象。

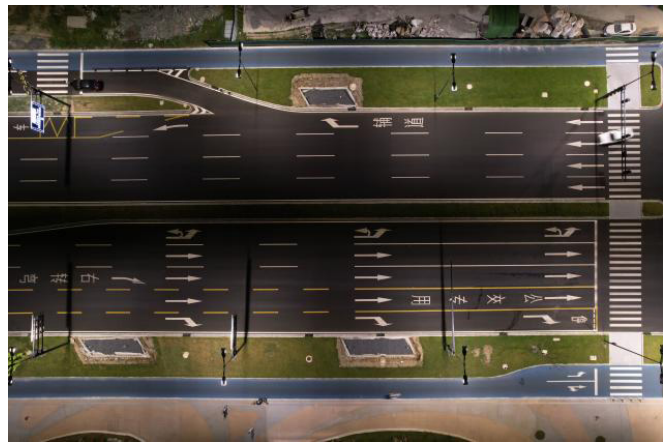
质量保障则实施严格细致的多层级检查，主要包括施工中的自检和完工后的专检。自检通常回溯施工各个环节的操作，及早发现问题并整改；专检则是由专门的检查部门负责统一验收检查，对标线的外观、尺寸、反光性能等指标进行严格测量。检查发现不合格的部分，需及时由专人进行修补或重划。除自检与专检外，长期维护计划也属于质量保障的一部分。定期巡查标线磨损情况，并在必要时进行清洁或补涂，以提升标线的耐久性与安全性，维持标线的道路管理功能。

（四）施工环境的综合调控与应对

道路标线施工所处的户外环境直接决定了标线工程应以施工环境为准，施工团队应有效处理划线的影响因素、提高划线工程质量，这要求施工团队具备一定的预判能力和灵活的现场处置能力。首先考虑环境中的温度和相对湿度，施工必须在路面干燥且气温高于露点的条件下进行，防止空气中的水分影响高温涂料与路面的粘结效果。此时需考虑雨季、大风天气等特殊气象条件，

这一点对于大面积、长周期的工程尤为重要。其次考虑微观路域环境的风向、光照等户外因素。桥梁、风口路段的气流会加速涂料冷却，影响流平性和玻璃珠的嵌入效果，在此类地段施工可能需要设置临时风障或调整施工时段。最后考虑道路的物理状态，主要指新旧沥青或水泥路面对热量吸收和反射的差异。新铺沥青路面可能残留未完全挥发的油脂，需要更长的养护期和可能的路面预处理，而老旧路面的大量微裂缝会吸收热量并可能引发涂料渗漏，影响标线轮廓的锐利度。

综上所述，施工团队对施工环境的调控，要求施工团队将自然气候、路面环境及其相关交通活动视为一个系统性整体，通过精细化的施工组织设计，控制施工环境内外部的因素，及时调整设定最优的施工方案，并严抓隔离、实时清洁，以尽量减少外部因素干扰，从而确保标线质量达标。



三、热熔型道路标线耐久性的影响因素

（一）涂料内在品质与配方设计

热熔型道路标线的优良特性源于涂料品质，良好的成分品质与配方设计能够保证标线的良好性能，因此直接影响热熔型道路标线耐久性的因素在于涂料的品质与科学的配方设计。道路标线所采用的涂料，其主要成分包括合成树脂、颜料、填料、玻璃微珠等，这些原料的质量与配比共同决定了标线的最终性能。

在配方设计时，各个成分都有其不可或缺的作用。涂料中添加的合成树脂起到粘结剂的作用，优质树脂具有良好的化学稳定性，能够有效抵抗紫外线辐射、雨水侵蚀、温度循环变化带来的分子链老化，使涂料寿命延长，避免出现粉化、变脆或失去粘结力等问题。颜料的选用主要以道路标记的颜色为主，通常有黄、白两色，其中白色标线常用钛白粉，黄色标线常用氧化铁、铬粉等。填料是为了提高涂料的物理化学性能。填料的种类与粒度分布，直接影响涂料的体积成本、机械强度、耐磨性、

熔化状态的流动性。适量填料的加入可以增强标线的硬度和抗压强度，但过量或粒度不当则适得其反，导致标线加速磨损。增塑剂等助剂的添加并非必需，这些助剂的主要作用是提高涂料的柔韧性，使其适应路面的轻微胀缩而不至于开裂。由此可见，一个优秀的涂料配方是经过精密计算和反复试验的结果，不同成分的用量、浓度等数据，都会影响涂料的使用效果，改变涂料的粘结强度、硬度、柔韧性、耐候性等性能。

（二）施工工艺的执行精度

优质的涂料是施工的 necessary 物质基础，而施工工艺的执行精度是决定热熔型道路标线耐久性成果的重要执行环节。首先，路面的预处理应尽可能彻底，可以适当增加预处理的次数与频率，尽量避免残留物的存在，防止涂料附着力因其他物质的干扰而下降。其次，涂料的熔化程度应控制得当，严格控制涂料在热熔釜中的熔化温度与时间，使涂料保持良好的物理性能与化学性能。再次，划线设备的行驶速度、刮涂或喷涂的压力必须稳定均匀，以保证标线的厚度一致、边缘平直，平整的表面更易于延长涂料的使用寿命，厚度、边缘相差较多的部分会最先发生脱落、断裂等现象。最后，划线同步撒布玻璃微珠的工艺也要把握好时机，玻璃微珠的添加比例决定了标线的反光效果及其耐久性。环境温度、湿度等外部条件也是玻璃微珠添加时应慎重考虑的方面，需在施工人员操作时根据当时的气候条件灵活应对。

（三）路面的基础条件

热熔型道路标线是在铺设好的路面上进行划线作业，因此涂料是附着于路面之上的一层覆盖层，标线的寿命与路面的寿命紧密相连，其耐久性也受其所依附路面基础条件的制约。在施划标线前，道路部门应事先对路面进行实地考察与彻底评估，以保证标线划好后具有良好的耐久性。在路面各项指标中，路面的材质、纹理、铺设年限决定了标线的附着牢度与应力环境，其中，路面材质起到决定性作用。不同材质的路面，其表面孔隙率、酸碱性和热膨胀系数均有差异，因此针对不同类型的路面，需要调整涂料配方，结合路面的使用年限与使用程度，设计不同配方的涂料，才能获得最佳附着力。如果路面本身存在严重的裂缝、车辙或泛油等现象，则表示路面为破损路面，不能勉强施工，应先修整路面再进行标线。路面的纹理，对应的是路面粗糙度这一指标，粗糙度的评价对于标线的要求也不同，适当的粗糙面可以增强涂料的粘结力。此外，路面的结构性稳定也需要作为进行道路标线施工的一个参考指标，如新铺筑的路面可能残

留未挥发的油分或仍在沉降过程，施划标线操作应在路面材质完成挥发与沉降之后再行进行，提高划线成功率。

（四）使用期间的外部作用力

施工完成后，在热熔型道路标线使用期间，标线耐久性是通过承受各种外部作用力得以发挥功能，这些外力主要包括持续的交通载荷、复杂的气候环境、偶然的化学物理侵害。其中，交通载荷是最直接且最频繁的作用力，它来源于经过车辆的轮胎碾压，交通流量的密度与车型构成直接决定了磨损的强度，车型较大或者载重较重的车型会对标线产生较大磨损，使标线厚度逐渐减薄，轮胎的搓揉作用还会使标线的边缘起翘或局部脱落。相比于交通载荷的磨损与消耗，气候环境的作用则更为隐蔽复杂，其影响力也相对更持久。太阳光中的紫外线会使涂料中的聚合物树脂的光氧化，导致粉化褪色；雨水的浸泡会破坏涂料组织结构并增加冻融循环对涂料耐久性的破坏力；温湿度过高或者过低都会影响标线的柔韧度、粘合力，使涂料的抗冲击能力下降。此外，还有其他因素，如冬季融雪剂中氯盐等化学物质的腐蚀、车辆燃油或润滑油的滴漏污染、除雪机械铲刃的刮擦等。这些外部作用力往往不可避免，且通常多个因素共同作用，这些复杂的外部作用力也会影响标线耐久性的保持。

结语

综上所述，热熔型道路标线的耐久性强弱是其抵抗外部复杂应力叠加效应的能力，是其延长寿命、发挥自身功能的关键因素。从涂料成分的品质、配方设计，到施工环境的有效处理，再到所依附路面的基础条件，都是标线使用寿命的重要环节。因此，针对热熔型道路标线的研究应着力于提升热熔型道路标线的应用水平，提升施工作业精细性、规范性，从而提高标线涂料的实际使用效率，发挥其性能优势，为构建更安全、更耐久的现代化道路交通环境提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 周莉莉. 热熔型标线性能影响因素及改善措施研究 [J]. 西部交通科技, 2024 (08): 25-26+39.
- [2] 刘华. 预成型标线带与热熔型标线的路用价值对比分析 [J]. 西部交通科技, 2023 (08): 43-44+91.
- [3] 毛晓梅. 影响热熔型标线逆反射亮度系数的主要因素及改善措施 [J]. 交通世界, 2024 (07): 13-15.
- [4] 郭强, 尚巧燕, 高晋彪, 王世平. 热熔型道路交通标线的性能及发展研究现状 [J]. 青海交通科技, 2023 (01): 145-151.