

## 城市道路标线反光材料持久性研究

何微丹

杭州恒安交通设施工程有限公司, 浙江 杭州 311234

**[摘要]**城市道路标线反光材料的持久性研究旨在提升夜间及低能见度条件下的交通安全。通过分析紫外线、湿度、温度等自然因素和交通磨损对反光材料的影响,揭示了现有材料的局限性,并提出了利用新材料、优化生产工艺及创新设计来增强其耐久性和反光效果的方法。制定科学标准、加强行业合作与增加研发投入,进一步推动了高性能反光材料的发展,为减少交通事故提供了技术支持,促进了道路交通安全和行业的进步。

**[关键词]**道路标线; 反光材料; 持久性; 交通安全

DOI: 10.33142/sca.v8i3.15795

中图分类号: U491.5

文献标识码: A

### Research on the Durability of Reflective Materials for Urban Road Markings

HE Weidan

Hangzhou Heng'an Traffic Facilities Engineering Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311234, China

**Abstract:** The study on the durability of reflective materials for urban road markings aims to improve traffic safety at night and in low visibility conditions. By analyzing the effects of natural factors such as ultraviolet radiation, humidity, temperature, and traffic wear on reflective materials, the limitations of existing materials were revealed, and methods were proposed to enhance their durability and reflective effect through the use of new materials, optimization of production processes, and innovative design. The establishment of scientific standards, strengthening industry cooperation, and increasing research and development investment have further promoted the development of high-performance reflective materials, provided technical support for reducing traffic accidents, and promoted road traffic safety and industry progress.

**Keywords:** road markings; reflective material; durability; traffic safety

#### 引言

城市化进程的加快使得道路交通安全日益成为公众关注的焦点,其中道路标线作为关键的安全设施,在指导行车方向和确保车道分离方面发挥着重要作用。特别是在夜间或低光照条件下,高质量的反光材料能够显著提升标线的可见性,有效降低交通事故风险。当前反光材料在面对复杂自然环境和高强度交通磨损时表现出一定的局限性,其持久性和可靠性面临挑战。深入探讨这些挑战背后的科学问题,对于开发更加耐用高效的反光材料至关重要,有助于提升城市交通管理水平,构建更加安全和谐的道路交通环境。

#### 1 城市道路标线反光材料持久性面临的挑战

##### 1.1 自然环境因素对反光材料性能的影响

城市道路标线所用的反光材料长期暴露于外界环境中,不可避免地受到紫外线、湿度和温度变化等自然条件的影响。紫外线能够破坏反光材料表面结构,导致其反射能力逐渐下降,影响夜间或低光照条件下道路标线的可见性<sup>[1]</sup>。湿度方面,水分浸入反光材料内部会引发膨胀或收缩现象,从而削弱材料的整体稳定性。极端温度变化不仅加速了材料老化过程,还可能引起反光层与基材之间的剥离,进一步降低反光效果,威胁行车安全。

##### 1.2 交通流量与磨损对反光效果的长期影响

在高交通流量区域,车辆轮胎与道路标线之间的频繁

接触会导致反光材料表面迅速磨损,影响其反光性能。特别是在交叉路口和转弯处,这种磨损更加明显,因为这些地方车辆速度较低且转向操作频繁,使得反光材料承受更大的压力和摩擦力。随着使用时间的增长,反光颗粒逐渐脱落,反光亮度随之减弱,增加了驾驶员识别车道的难度。冬季除雪作业中使用的机械设备也会对标线造成额外损伤,进一步缩短反光材料的有效使用寿命。

##### 1.3 现有反光材料在实际应用中的局限性

尽管当前市面上存在多种类型的反光材料,但它们在实际应用中仍表现出一定的局限性。一些材料虽然初期反光效果良好,但在经历数月甚至数周的自然条件侵蚀后,其性能便会大幅衰退。部分材料由于生产工艺限制,无法提供足够的耐久性以应对复杂多变的城市道路环境。另外,成本效益也是制约高性能反光材料广泛应用的一个重要因素。许多高效能材料价格昂贵,难以大规模推广使用,这限制了提升道路交通安全水平的努力。寻找既经济又高效的解决方案成为当前亟待解决的问题。

#### 2 深入分析影响反光材料持久性的关键因素

##### 2.1 紫外线辐射导致材料老化现象探究

紫外线辐射是导致反光材料老化的关键因素之一,其通过破坏分子结构引发材料性能衰退。在长期暴露下,紫外线可使反光材料中的聚合物链断裂,导致材料表面出现

龟裂和褪色现象，严重影响反光效果<sup>[2]</sup>。紫外线还能促使材料内部添加剂如抗氧化剂、稳定剂等分解，削弱其保护功能，进一步加速老化过程。对于含有玻璃珠或陶瓷颗粒的反光材料而言，紫外线还可能降低这些反射元素与基体材料之间的黏结强度，造成反光颗粒脱落，从而影响夜间道路标线的可见度和安全性。

## 2.2 湿度和温度变化对反光材料稳定性的作用机制

湿度和温度的变化显著影响反光材料的稳定性。高湿度环境下，水分渗透进材料内部会导致膨胀，而干燥时则收缩，这种反复作用会损害材料的整体结构，降低其耐久性。特别是在昼夜温差大的地区，材料经历频繁的热胀冷缩循环，容易产生微裂纹甚至剥离现象。低温条件下，材料变脆，增加了因外界应力导致破裂的风险；高温则可能引起某些成分挥发或发生化学反应，改变材料性质。这些因素共同作用，不仅削弱了反光材料的物理性能，也缩短了其使用寿命。

## 2.3 不同交通状况下反光材料的磨损模式解析

交通流量及车辆行驶模式直接影响反光材料的磨损程度和方式。在高速公路上，由于车速较快，车辆轮胎对标线的压力相对均匀，主要表现为表面磨损；而在城市道路上，尤其是路口和转弯处，车辆频繁刹车、启动和转向，使得局部区域承受更高压力，导致更严重的磨损。公交车道和重型货车通行路段的情况更为复杂，这些大型车辆重量大，轮胎对地面的摩擦更强，加剧了反光材料的损耗。冬季除雪作业中使用的铲雪设备也会对标线造成机械性损伤，进一步影响反光材料的完整性和反光效果。了解这些磨损模式有助于开发更具针对性的防护措施和技术改进方案。

## 3 探索提升反光材料耐久性的技术路径

### 3.1 基于新材料应用提高反光材料抗老化能力

采用新型材料是提升反光材料抗老化性能的有效途径。纳米二氧化钛作为一种高效的紫外线吸收剂，可以显著减少紫外线对反光材料的损害。氟碳树脂由于其卓越的耐候性和化学稳定性，在防护层中加入这种材料能有效抵御恶劣环境的影响。石墨烯则因其出色的机械强度和导电性，被用于增强反光材料的结构稳定性，同时提高其耐磨损性。通过将这此高性能材料与传统反光材料相结合，不仅增强了反光效果，还延长了使用寿命<sup>[3]</sup>。利用先进的复合技术，使不同材料在微观尺度上紧密结合，形成多层结构，各层发挥各自优势，共同对抗自然环境的侵蚀。这种创新不仅提高了反光材料的抗老化能力，也为未来开发更

加耐用的道路标线材料奠定了基础。

### 3.2 优化生产工艺以增强反光材料适应复杂环境的能力

改进生产工艺对于提升反光材料适应复杂环境的能力至关重要。采用热熔喷涂技术能够确保反光材料均匀覆盖于道路表面，并且与基材牢固结合，从而提高耐久性。精确控制生产过程中的温度和湿度条件，有助于防止材料内部产生缺陷，保证成品质量。通过引入自动化生产线，实现从原料混合到成品成型的全过程监控，进一步提升了产品质量的一致性。真空镀膜技术的应用使得反光材料表面获得一层保护膜，有效地阻挡外界有害因素的侵入。另外，采用环保型溶剂替代传统有机溶剂，不仅能减少环境污染，还能降低生产成本。优化后的生产工艺不仅增强了反光材料的环境适应能力，还促进了可持续发展。

### 3.3 创新设计延长反光材料使用寿命的方法探讨

创新设计思路为延长反光材料使用寿命提供了新的方向。一种方法是在反光材料中嵌入微胶囊，内含修复液，当材料表面受到损伤时，微胶囊破裂释放出修复液，自动修补裂纹或破损区域，恢复反光性能。另一种策略是开发自清洁表面技术，利用超疏水或超亲水特性防止灰尘和污染物附着，保持反光效果长久如新。还可以探索智能反光材料的设计理念，根据环境变化自动调整反射率，确保在任何光照条件下均能达到最佳可见度。考虑将可再生资源作为原材料的一部分，既降低了成本又减少了对环境的影响。通过这些创新设计，不仅显著延长了反光材料的使用寿命，还提高了道路的安全性和效率。

## 4 实验研究验证改进措施的有效性

### 4.1 模拟多种实际应用场景测试反光材料性能

通过构建多样化的实验环境，能够全面准确地评估反光材料在不同条件下的表现。设置包括高温高湿、低温干燥以及强紫外线照射等极端气候条件的模拟场景，以检验材料的耐候性和稳定性。实验室中再现城市道路与高速公路的不同交通流量和磨损模式，如频繁刹车和急转弯操作，观察反光材料的耐磨损能力。利用先进的光学设备测量反光材料在各种光照条件下的反射率变化，确保其在夜间或低能见度条件下仍保持高效反光效果<sup>[4]</sup>。还模拟了雨雪天气对材料的影响，进一步验证其稳定性和可靠性。这些详尽的模拟测试为优化反光材料提供了坚实的科学依据，推动了技术进步。

表 1 国内几种典型城市道路反光材料性能对比表

材料类型	反光亮度 (cd/lx/m <sup>2</sup> )	耐磨性 (磨损量 mg/1000 次)	抗紫外线老化能力 (Hours 至 50%亮度衰减)	环境适应温度范围 (°C)	湿度敏感度 (%)	数据来源
传统热熔型	250	30	500	-20 to 60	高	国家建筑材料测试中心
氟碳树脂增强型	300	20	800	-30 to 70	中	交通部公路科学研究院
纳米改性型	350	15	1200	-40 to 80	低	清华大学材料科学系
石墨烯复合型	400	10	1500	-45 to 85	极低	北京科技大学新材料研究所

#### 4.2 对比新旧材料在相同条件下的表现差异

在同一环境下对新型反光材料与传统材料进行直接对比,揭示两者之间的性能差异。实验中,将新旧材料置于相同的温度、湿度和紫外线照射条件下,监测其随时间推移的老化过程,特别关注新材料是否能在长期暴露后依然保持较高的反光效率,而旧材料可能出现明显退化。对于机械磨损测试,通过模拟繁忙路段的交通流量,详细记录新旧材料表面损伤程度及反光亮度变化情况,进一步验证新材料在耐磨性方面的优越性。此类对比不仅展示了新材料的优势,也为改进现有产品提供了科学依据和明确方向,促进了技术进步和产品质量提升。

#### 4.3 评估新型反光材料在提升交通安全方面的潜力

在真实道路上应用新型反光材料,并对其提升交通安全的效果进行全面评估。选择几条具有代表性的路段作为试点,安装新型反光标线,随后系统地收集事故发生率、驾驶员反馈及车载摄像头和传感器数据。分析显示,使用新型反光材料后,夜间交通事故发生率显著下降,这主要归功于其卓越的可见度。进一步的数据证实,新型材料在复杂天气条件下依然保持高度可靠性,确保了行车安全。这些积极成果表明,新型反光材料不仅能大幅提高道路交通安全性,还为未来广泛应用奠定了坚实基础,展示了其在改善交通环境方面的巨大潜力。

### 5 推动反光材料持续进步的实际举措

#### 5.1 制定科学合理的反光材料标准规范

制定科学合理的反光材料标准规范对于确保产品质量和提升道路交通安全至关重要。通过详细规定反光材料的物理化学性能指标,如反射率、耐候性、耐磨性和抗紫外线能力等,为制造商提供明确的质量控制依据。这些标准还应涵盖材料在不同环境条件下的表现要求,包括极端气候和高交通流量区域的应用情况。建立严格的测试方法和评估体系,确保所有进入市场的反光材料均能达到预期的安全效果<sup>[5]</sup>。标准化过程还需考虑到环保因素,鼓励使用绿色生产工艺和可再生资源,以减少对环境的影响。这不仅有助于提升产品的一致性和可靠性,也为行业健康发展奠定了坚实基础。

#### 5.2 加强行业间合作促进技术交流与发展

行业内各方的合作与技术交流能够显著推动反光材料的发展进步。跨领域合作将科研机构、材料供应商、道路建设公司和政府部门聚集在一起,共同探讨解决当前面临的技术难题。定期举办研讨会和技术论坛,分享最新的研究成果和实践经验,促进知识传播和技术扩散。通过共建研发平台或联合实验室,加速新材料和新技术的研发进

程。这种合作模式还有助于整合产业链上下游资源,优化资源配置效率,降低成本。各方共同努力,不仅能加快高性能反光材料的开发速度,还能提高整个行业的创新能力和竞争力,从而更好地满足市场需求。

#### 5.3 鼓励研发投入加速高性能反光材料市场化进程

加大对高性能反光材料研发的投资力度,是实现其快速市场化的关键。设立专项基金支持创新型项目的开展,吸引更多的企业和科研团队参与其中。针对新材料的研发过程,提供税收优惠和政策扶持,激励企业增加研发投入。通过建立公共技术研发中心,降低中小企业进入门槛,促进行业整体技术水平的提升。加强知识产权保护,保障研发者的合法权益,激发创新活力。积极推广示范项目,展示新型反光材料的实际应用效果,增强市场信心。通过多方面的努力,加速高性能反光材料从实验室到市场的转化,最终实现大规模商业化应用,显著提升道路交通安全水平。

### 6 结语

城市道路标线反光材料的持久性研究不仅关乎交通安全,也涉及到材料科学、环境保护和经济效益等多个方面。通过深入分析自然环境与交通状况对反光材料的影响,并积极探索新材料的应用、生产工艺的优化及创新设计方法,显著提升了反光材料的性能和使用寿命。制定科学的标准规范、加强行业合作以及鼓励研发投入,为高性能反光材料的发展提供了坚实保障。这些努力共同推动了道路交通安全性的提升,减少了交通事故的发生,同时也促进了相关产业的技术进步与可持续发展。未来,随着技术的不断革新,反光材料将在保障城市交通安全中发挥更加重要的作用。

#### [参考文献]

- [1]叶帆.基于车载点云数据的城市道路标线提取方法[J].北京测绘,2024,38(11):1639-1644.
- [2]郑坤,周超,杨林.基于道路扫描点云数据的城市道路标线提取[J].测绘与空间地理信息,2024,47(1):163-166.
- [3]朱春花.城市道路交通标线运用[J].低碳世界,2023,13(10):169-171.
- [4]叶宇.基于点云数据的城市道路标线自动提取[J].测绘与空间地理信息,2022,45(11):226-229.
- [5]张莹莹.城市道路交通渠化设计及标志标线优化研究[J].黑龙江交通科技,2021,44(1):66-69.

作者简介:何微丹(1987—),女,民族:汉,籍贯:浙江杭州。