

荒漠戈壁区公路交通标志反光材料改进研究

郑涛,王瑶文,顾赛男,刘子宇

(中国公路工程咨询集团有限公司 中咨华科交通建设技术有限公司,北京市 100195)

摘要:随着中国“一带一路”倡议的实施,荒漠戈壁地区公路日益增多,交通标志反光膜侵蚀问题也日渐突出,该文以传统玻璃珠型反光膜的破坏形态为切入点,从材料结构、施工工艺角度提出微棱镜反光膜、电刻膜、保护膜3种改进方案,并通过室外自然暴露试验验证其适用性。研究结果表明:荒漠戈壁地区,在将技术成熟的大角度微棱镜反光膜作为主导改进方案的同时,电刻膜这一新型产品工艺的耐候性也较好。

关键词:荒漠戈壁;公路;交通标志反光材料;改进方案

1 概述

在国家“一带一路”倡议的带动下,加快设施的互联互通建设成为了新时期交通跨越式发展的新方向,发展空间也逐步延伸到了荒漠戈壁地区。京新高速公路临河至白疙瘩段,作为目前世界上穿越沙漠、戈壁里程最长的高速公路,其建成通车,虽然标志着中国在沙漠公路建设方面取得了突破性进展,但其风大、沙多的独特自然环境引发的交通安全问题仍需关注,尤其是对道路设施的全寿命周期提出了极高的挑战。交通标志反光材料也不例外,如何提高风蚀环境下的耐候性是亟需解决的问题。基于此,该文以荒漠戈壁地区公路标志反光膜的破坏形态为切入点,从主、被动防护两

个方面,提出改进方案,并采用室外自然暴露试验的方式进行比选分析,以便为同类地区交通标志的设计、运营管理提供参考。

2 荒漠戈壁地区公路交通标志反光膜破坏形态分析

风大沙多,作为荒漠戈壁地区重要自然特征,其沙害主要分为风蚀与沙埋两种形式。该文选择内蒙古自治区阿拉善盟S312乌力吉至额济纳旗段公路作为调查研究对象,对其穿越荒漠戈壁区段内交通标志调查发现:荒漠戈壁地区公路早期交通标志反光膜以玻璃珠型为主。反光膜遭风蚀后破坏过程(图1)主要分为3个阶段:①风沙流中的小型沙粒,由于缺乏黏性,在

- 士学位论文,2014.
- [4] 符铎砂,何石坚,鲁岳,等.公路线形评价方法的工程实用性探讨[J].中外公路,2018(1).
- [5] 杨永红,吴传海,葛婷,等.山区高速公路超车道小客车停车视距安全性[J].长安大学学报(自然科学版),2014(5).
- [6] 符铎砂,葛婷,李海峰,等.基于公路三维线形几何特性的行车安全分析[J].中国公路学报,2015(9).
- [7] 鲍兴建,孙小端,贺玉龙.高速公路减速标线应用效果研究[J].交通标准化,2010(Z2).
- [8] 朱绪飞,赵炜华,刘浩学,等.基于仿真的公路视错觉减速标线效果对比研究[J].公路与汽运,2012(1).
- [9] 赵晓华,单静涛,丁罕,等.减速标线视觉减速有效性实验研究[J].道路与安全,2015(2).
- [10] 尚婷,段萌萌,占劲松.组合型视错觉减速标线设计与应用技术研究[J].公路工程,2015(3).
- [11] 贺玉龙,孙小端,侯树展,等.高速公路速度控制设施的实施效果分析[J].中国公路学报,2010(S2).
- [12] 侯树展,孙小端,贺玉龙.高速公路振动减速标线路段运行速度变化规律研究[J].中国公路学报,2010(S1).
- [13] 田泉,马志洁.高速公路非强制性限速设施的车辆减速效果研究[J].交通标准化,2014(24).
- [14] 鲁淑华.高危路段交通安全设施的有效性评价[J].兰州工业学院学报,2016(4).

收稿日期:2020-02-24

基金项目:交通部西部交通建设科技项目(编号:20113187721260)

作者简介:郑涛,男,大学本科,高级工程师.E-mail:zhengtao622@163.com

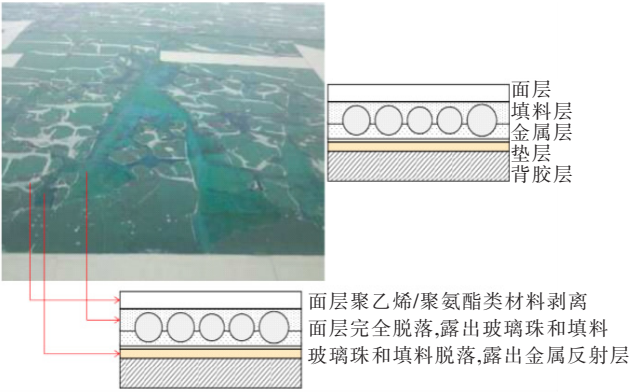


图 1 荒漠戈壁地区既有交通标志反光膜破坏过程

风的作用下,不断切削或挤压标志板,使得面层材料发生剥离,表面出现波纹状或顺风沙流方向的犁耕状沟槽及鱼鳞状剥落坑;② 面层脱落后,露出玻璃微珠与填料层;③ 玻璃微珠与填料层脱落,露出金属反射层,反光膜最终失效。

3 荒漠戈壁地区公路交通标志反光材料改进方案

从玻璃微珠型反光膜破坏形态来看,风蚀环境下,引起其破坏的主因是:面层抗剥离冲击力过低,面层一旦脱落,反光载体失去保护,一经磨蚀,自然失效。基于此,该文从主、被动防护入手,分别从材料结构、施工工艺方面提出改进方案。

3.1 微棱镜型反光膜方案

与玻璃微珠型反光膜中玻璃微珠单一的嵌入式结构相比,微棱镜型反光膜由基体层、空气封层、保护层组成,其中反射基体层为晶体结构,每一微晶立方体结合排列后,在一个平方厘米的材料面积上会有 930 个以上的微晶立方角体。保护面层则采用高强度、耐磨的聚碳酸酯材料或亚克力材料。结构组成见图 2。

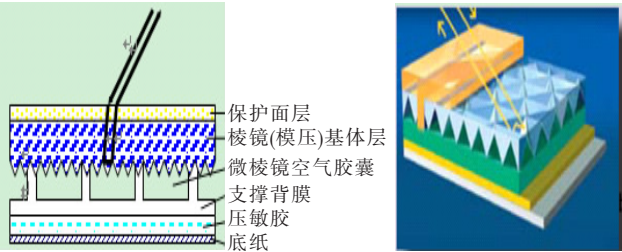


图 2 微棱镜反光膜结构层

据测算:微棱镜反光膜面层抗剥离冲击力为 300 MPa 以上,玻璃微珠型仅为 50~150 MPa,前者为后

者的 2~6 倍。

3.2 基于工艺优化的电刻膜方案

从工艺角度来看,传统标志反光膜粘贴工艺(图 3)为膜贴膜,即:先将带颜色的底膜粘贴于标志板上,然后将独立的单个白色字膜或符号信息粘贴于底膜上。从受力角度而言,字膜或符号信息为单一独立体,单独粘贴,与底膜接触有限,在风蚀情形下容易脱落。另外,非字膜覆盖的底膜,直接与环境接触,在风蚀作用下,也需要有很强的抗剥落性。



图 3 传统标志反光膜粘贴工艺

为改变传统的单一字膜/符号信息独立附着的受力缺陷,从施工工艺角度提出采用国外较为常用的电刻膜(EC—Film)方案(图 4)。具体如下:

- (1) 将所有文字与符号信息在有颜色的亚克力电刻膜上整体获得。
- (2) 采用转移膜法将电刻膜与白色底膜进行黏结。

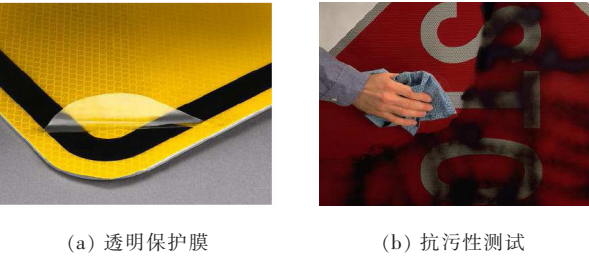
与传统工艺相比,该工艺中字膜及符号信息作为整体全部镂空于电刻膜上,改变了原先单个字膜独立粘贴的形式,无形之中增加了字膜/符号信息与标志板的接触面积,降低了脱落的概率,同时非镂空部分覆盖于底膜上,也充当了底膜的二次保护层。



图 4 电刻膜工艺

3.3 透明保护膜被动防护方案

透明保护膜方案是针对荒漠戈壁地区强风蚀侵蚀与杂质污染的一种被动防护措施,通过传统标志板上增加耐磨性高、抗油污性能好的透明保护膜,以延长标志的使用寿命。常用的透明保护膜材料为聚乙烯(PE)或 PVC(图 5)。



(a) 透明保护膜 (b) 抗污性测试

图5 透明保护膜

4 基于室外自然暴露试验的不同方案技术经济性比选分析

为对上述3种反光材料改进方案有直观与定量的分析,考虑到室内加速试验仅仅能够反映出荒漠戈壁地区单一风向、风速环境下的反光膜变化情况,对于风沙的时空变化及昼夜温差、湿度、阳光辐射等因素的综合影响无法进行模拟,故该文选取内蒙古自治区京新高速公路临河至白疙瘩段[简称京新高速(临白段)]风积沙路段作为试验区,于2015年6月至2016年8月开展了室外自然暴露试验,并对影响标志反光性能的重要表征指标——逆反射系数进行了跟踪监测。同时,也采用投入产出原理,对各方案进行技术经济的综合比选。

4.1 室外自然暴露试验方案

结合京新高速(临白段)的实际建设情况以及阿拉善地区气候变化特征,选择现场风积沙较为严重的K578+700处路段开展了为期1年的室外自然暴露试验。具体试验方案如下:

(1) 选用微棱镜、玻璃微珠结构反光膜各5种,等级分别为一级、二级。类型分别为3M、艾利、3家中国品牌。采用逆反射测试仪对其初始逆反射系数进行采集。

(2) 按照改进方案,将各试样按照编号从左至右粘贴于试制的标志板上,粘贴前需将标志板清理干净,具体版面如图6所示,其中样1~样5属于微棱镜组;样6~10为玻璃微珠型组;样11~15为电刻膜方案;样16~20为保护膜方案。4组排序分别为3M、艾利、中国品牌。

(3) 粘贴完毕后,将标志板通过滑动槽铝、抱箍与立柱固定,安装于试验区,其中标志板下缘距离地面高度为2 m。现场安装如图7所示。

4.2 不同方案试验结果分析

试验件取回后,对不同方案自然暴露前后的逆反射系数进行逐一的对比,主要采用数据统计分析方法,以

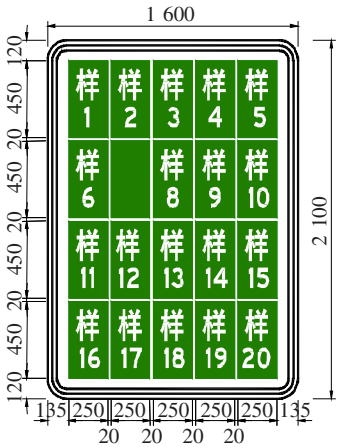


图6 室外试验试制标志板版面设计图(单位:mm)



图7 室外试验现场安装图

各角度衰减比例的算术平均值作为耐候性的直观表征。

(1) 评价标准

有关交通标志反光膜逆反射系数的评价标准,主要依据GB/T 18833—2012《道路交通反光膜》。该规范规定:反光膜在进行自然暴露或人工加速试验后,各类反光膜衰减后的逆反射系数不应低于规范规定的初始逆反射系数的80%,否则视为耐候性差,不合格。具体见表1。

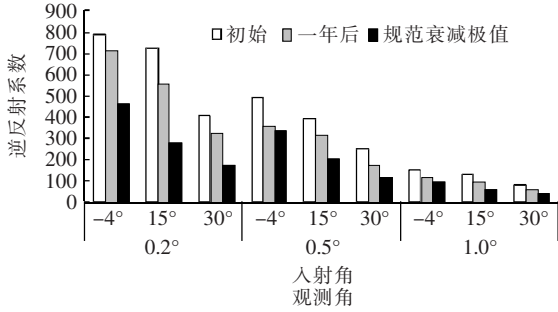
表1 规范规定的逆反射系数及衰减极值

观测角/ (°)	入射角/ (°)	逆反射系数			
		白色 初始	白色 80%	绿色 初始	绿色 80%
0.2	—4	580	464.0	58.0	46.4
	15	348	278.4	35.0	28.0
	30	220	176.0	22.0	17.6
0.5	—4	420	336.0	42.0	33.6
	15	252	201.6	25.0	20.0
	30	150	120.0	15.0	12.0
1.0	—4	120	96.0	12.0	9.6
	15	72	57.6	7.2	5.8
	30	45	36.0	5.0	4.0

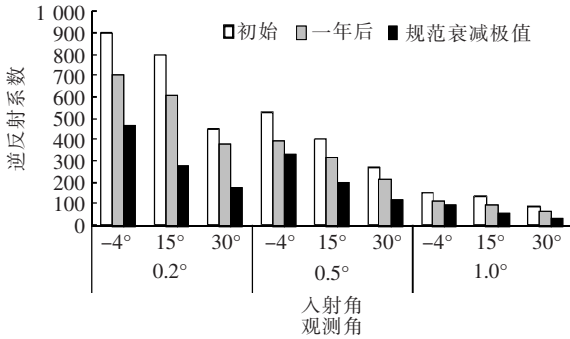
(2) 不同方案整体逆反射性能对比

不同方案的初始与现有逆反射系数检测结果对比

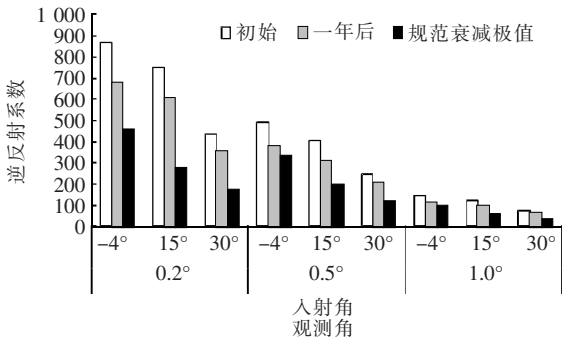
见图 8、9。



(a) 微棱镜反光膜方案



(b) 电刻膜方案



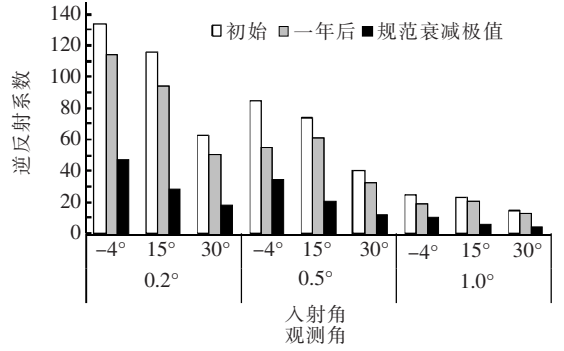
(c) 保护膜方案

图 8 不同方案白色反光膜逆反射系数变化

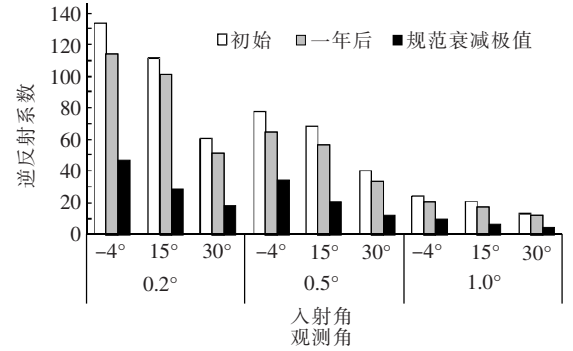
由图 8、9 可以看出:3 种方案在荒漠戈壁地区室外暴晒风蚀后,衰减后数值均能满足标准规定值要求,适用性较好。

为了进一步确定不同方案的改善效果,该文对衰减比例中值也进行了方案间的横向比较,比较结果见图 10。

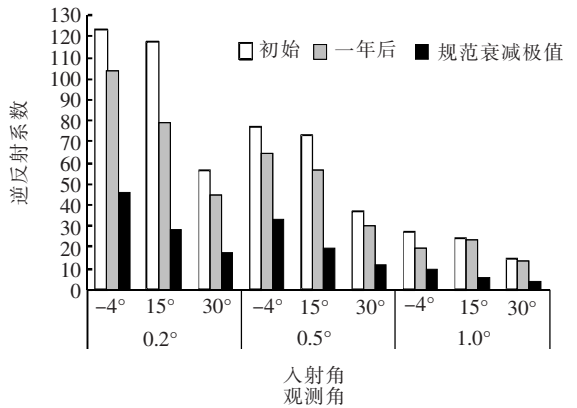
从图 10 可以看出:① 微棱镜反光膜方案:在严格按照规范控制不同品牌初始逆反射值的情况下,白色(字膜)逆反射系数衰减中值为 22.7%,绿色(底膜)逆



(a) 微棱镜反光膜方案



(b) 电刻膜方案



(c) 保护膜方案

图 9 不同方案绿色反光膜逆反射系数变化

反射系数衰减中值为 19.8%。整体衰减后的数值不仅高于 80%规范初始值,甚至个别品牌的衰减值可达到规范的初始值要求;② 电刻膜方案:在与其附着的反光膜匹配的情况下,白色逆反射系数衰减中值为 22.5%,绿色逆反射系数衰减中值为 15.5%。较微棱镜反光膜方案,白色基本无改善,但绿色衰减优化了 4.3%;③ 保护膜方案:在与其覆盖的反光膜匹配的情况下,白色(字膜)逆反射系数衰减中值为 19.6%,绿色(底膜)逆反射系数衰减中值为 18.2%。与微棱镜反光膜方案比,白色优化了 3%,绿色衰减优化了 1.5%;与电刻膜方案相比,绿色衰减优化空间较小。

综合来看,与微棱镜方案相比,电刻膜、保护膜方案均起到了亮度衰减优化的作用,且二者改善效果基本相当。

(3) 不同方案经济性对比

在技术可行的基础上,经济性比选也是方案论证的重要指标。影响不同改进方案经济性的最直观指标为单位造价。为确保方案比选的客观性,本文选取1 000 mm×1 000 mm的标志板为例进行说明。比较结果见表2。

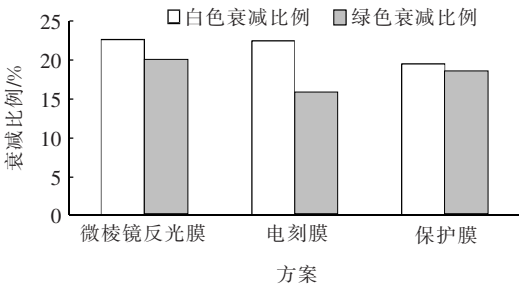


图 10 不同方案逆反射性能衰减对比

综合经济投入与改善效果产出来看,微棱镜反光膜方案仍为传统膜贴膜工艺,技术成熟性较高;电刻膜方案虽为低成本材料,有效地优化了反光膜的亮度衰减,但其属于新型产品工艺,不适宜大面积推广;保护膜方案增加成本所带来的费效比则比较低,技术优越性较差。

表 2 不同方案材料造价比较

方案	单位平米 膜用量/ m ²	1 000 mm×1 000 mm 标志板反光材料 造价/元
V 类微棱镜反光膜	1.5	390
电刻膜	2.0	360
透明保护膜	2.5	490

(4) 不同方案逆反射性能与入射角、观测角关系分析

随着道路环境多样化发展,交通标志视认的直接表征虽为逆反射系数,但其主要影响因素为:入射角、观测角。

已有研究表明:入射角角度越小,逆反射效率越高,反之,角度越大,逆反射效率越低;而与入射角相关的主要因素为道路宽度、车辆相对于交通标志的距离;其中在同一断面处,内侧车道车辆入射角要高于外侧车道,且距离标志间距越近,入射角角度也在增加。观测角的不同则主要体现在车型上,同一位置小车观测

角要小于大车,换言之即:同一位置处,小车对标志的视认亮度要高于大型车。

基于上述影响机理,对荒漠戈壁地区不同方案衰减比例的变化规律进行探讨,结果如图 11 所示。

从图 11 可以看出:① 不同方案白色反光膜前后衰减比例变化差异较小,随观测角、入射角的变化趋势一致,均呈现“凸形”规律;② 不同方案绿色反光膜衰减比例则表现出极大的离散性:微棱镜方案:0.2°观测角下亮度衰减度随着入射角的增大逐渐增加,0.5°与1°的大角度下,亮度衰减呈下降趋势,大角度逆反射性能优势较为明显;电刻膜方案:与大角度相比,0.2°观测角对应的亮度衰减比例较小,与入射角呈“凹形”曲线变化规律;这也侧面说明:该方案有利于小型车视认性的改善。保护膜方案:与电刻膜不同的是,该方案中1°观测角对应的亮度衰减比例较小,换言之即对交通组成以大型车为主的行车环境适用性较强。

(5) 不同方案的实际应用效果评价

鉴于保护膜方案其费效比一般,在依托工程——京新高速(临白段)的实际应用中,主要实施了微棱镜反光膜与电刻膜方案,其中全线非风积沙路段标志采用了大角度微棱镜型 V 类反光膜,风积沙 K559+000~K588+000 段(临河至哈密方向)为电刻膜方案的试验段。

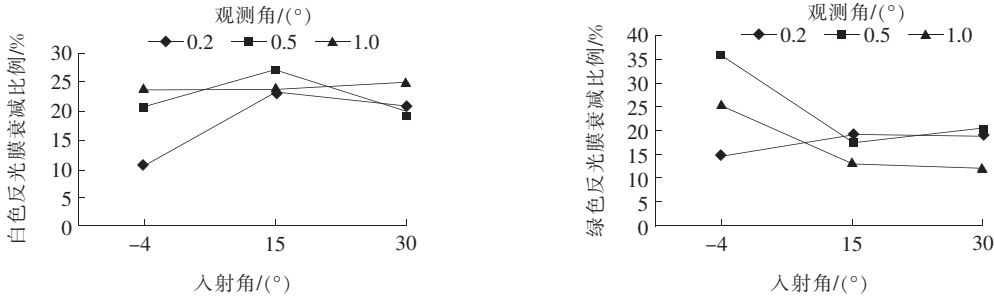
经调查,项目所在地每年 3—6 月为沙尘风暴高发期,实施标志已经历了一轮的沙尘考验,各类标志反光膜逆反射系数均能满足 GB/T 18833—2012《道路交通反光膜》的要求。

(6) 结论

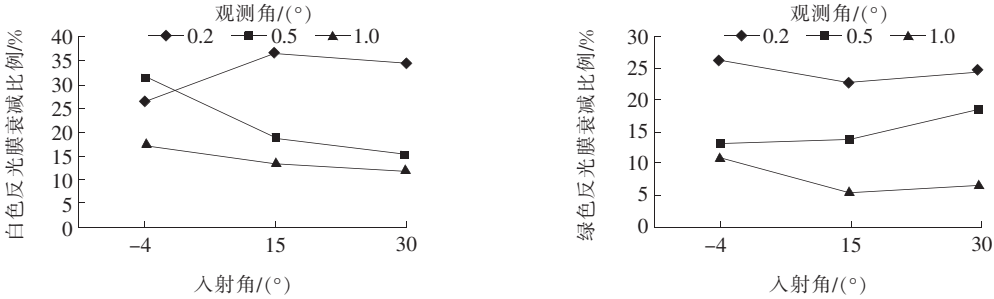
综合上述不同方案的技术经济比选以及影响要素分析可以看出:① 微棱镜反光膜、电刻膜以及保护膜方案均能满足荒漠戈壁地区耐候性要求,有助于强风蚀环境下全寿命周期的延长;② 大角度微棱镜反光膜技术工艺成熟,可作为荒漠戈壁地区交通标志反光材料改进的主导措施;③ 电刻膜工艺,整体性价比高,但属于新型产品,可作为荒漠戈壁地区风积沙路段的优选,逐步推广;④ 保护膜的被动防护方案成本增加量远超过其亮度衰减的优化幅度,费效比一般,对于防油污、防侵蚀需求较大的重载交通环境有一定的适用性。

5 结语

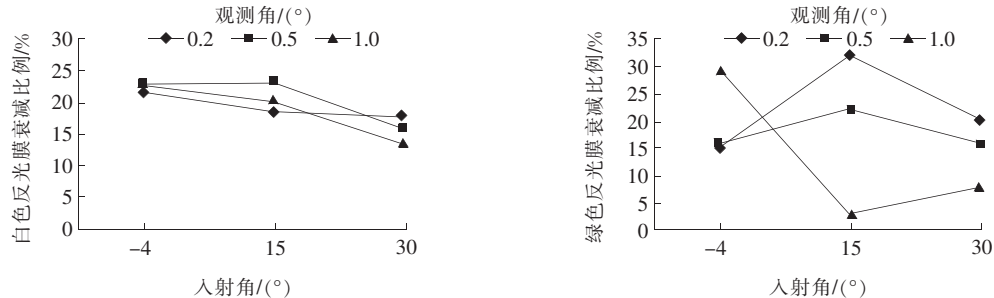
以荒漠戈壁地区交通标志反光膜的破坏形态为切入点,从材料结构、施工工艺角度提出微棱镜反光膜、



(a) 微棱镜反光膜方案



(b) 电刻膜方案



(c) 保护膜方案

图 11 逆反射性衰减与入射角、观测角关系

电刻膜、保护膜 3 种改进方案,然后基于室外自然暴露试验,采用数据统计法,应用投入产出原理,验证了方案的适用性。研究结论可为同类地区交通标志的设计与管理提供理论依据与应用参考。

参考文献:

[1] 王瑶文,张琪,李先锋,等. 荒漠戈壁地区交通标志反光膜结构选型研究[J]. 公路,2016(11).
[2] 杨阿荣. 浅谈道路交通标志用反光膜的大角度性能[J]. 城市道桥与防洪,2015(12).
[3] 蒋海峰,王磊,韩文元,等. 交通标志反光膜逆反射性能与

视认性关系试验研究[J]. 公路交通科技(应用技术版), 2009(3).
[4] 赵召胜. 浅析反光材料的反射角度性能及视认性对交通安全的影响[J]. 城市道桥与防洪,2013(9).
[5] 苏文英,王伟. 道路交通标志光度性能分析[C]. 国际公路安全研讨会,2004.
[6] GB/T 18833—2012 道路交通反光膜[S].
[7] 苏文英,李丹. 道路交通标志逆反射性能与夜间视认性[J]. 公路交通科技,2009(2).
[8] 皮宇航. 反光交通标志设计视认影响因素研究[J]. 科技信息,2013(9).