

# 交通标志反光膜老化逆反射系数衰减分析与研究

喻 伟 孙乐坤 罗增杰 杨 娜

长沙理工检测咨询有限责任公司 湖南省长沙市 410000

**摘要:** 交通标志反光膜的逆反射性能是保障公路交通安全的重要因素,老化是逆反射系数降低的主要原因。为了获得湖南省某省道交通标志反光膜逆反射系数衰减规律,抽样检测后进行了外业监测和人工加速老化试验,得到了该反光膜的逆反射系数衰减规律,建立了该反光膜逆反射系数衰减的三次曲线数学模型。可为该反光膜的使用寿命提供借鉴,对该路段交通标志的养护具有重要的意义。

**关键词:** 道路交通标志; 反光膜; 逆反射系数; 衰减模型

## 引言:

交通标志是保障交通安全的重要安全设施之一,能够提前为驾驶员安全驾驶提供预警、提醒作用。由于夜间行车能见度低,交通标志的影响更为重要。因此,交通标志反光膜的优劣对于夜间行车安全非常重要。

交通标志反光膜性能的一个重要指标是逆反射性能。由于交通标志大多暴露在外,不利环境会使反光膜的逆反射性能随着时间的使用而逐渐降低,当交通标志的反光膜逆反射性能小于某一水平时,可能会导致重大的交通安全事故发生。所以,对反光膜的逆反射性能进行老化研究具有非常重大的意义。陈艳艳<sup>[1]</sup>等对230个反光膜的逆反射系数进行了连续13年的观测,建立了不同类别和不同颜色的交通标志反光膜逆反射系数衰减值的预测模型,分析了逆反射系数随设置时间的不同而衰减的规律。杨学政等<sup>[2]</sup>介绍了逆反射系数的概念以及测定方法,分析了使逆反射性能降低的因素。罗语丹<sup>[3]</sup>测试了交通标志反光膜的逆反射系数,验证了相对测量法的可靠性。以上研究表明,使用时间是影响交通标志反光膜逆反射性能降低的主要原因。

本文通过对湖南省S206(浏阳段)所采用的铝背基反光膜选取了10个样本,进行为期一年的跟踪监测,采集反光膜逆反射系数的数值,监测完后进行了人工加速老化试验,研究了该反光膜的逆反射系数衰减规律,对指导该路段反光膜的养护具有重要的意义。

## 1 逆反射系数

### 1.1 逆反射系数含义

逆反射系数是检测逆反射材料的技术指标,反光膜的逆反射性能包括色度和光度性能,光度性能由逆反射系数表述色度性能即反光膜在白天表现的各种颜色(即表面色或昼夜色),用亮度因数和色品坐标表

征。一般会对反光膜使用寿命造成影响的就是逆反射系数。

逆反射系数为发光强度系数与逆反射体的表面积之比,以坎德拉每勒克斯平方米表示( $cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ )。其中,发光强度系数表示逆反射体在观测方向的发光强度( $I$ )与逆反射体垂直于人射光方向的平面上的光强度( $E_i$ )之比,以坎德拉每勒克斯表示( $cd \cdot lx^{-1}$ )。

$$R_A = R_f / A_0$$

$$R_f = I / E_i$$

式中: $R_A$ —逆反射系数; $R_f$ —发光强度系数; $A_0$ —逆反射体的表面积; $I$ —逆反射体在观测方向的发光强度; $E_i$ —逆反射体垂直于人射光方向的平面上的光强度。

### 1.2 交通标志逆反系数要求

我国标准中仅对交通标志反光膜出厂时的最小逆反射系数有要求,如表1所示。

表1 出厂反光膜最小逆反射系数要求

观测角	入射角	逆反射系数要求 $R_A$ ( $cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$ )				
		白色	黄色	红色	绿色	蓝色
0.2°	-4°	250	175	50	45	20
	15°	210	145	42	35	16
	30°	175	120	35	25	11
0.5°	-4°	95	66	19	15	7.5
	15°	90	62	18	13	6.3
	30°	70	50	14	10	5.0
1°	-4°	10	7.0	3.0	3.0	1.0
	15°	10	7.0	2.0	2.0	0.7
	30°	9.0	6.0	1.0	1.0	0.4

## 2 逆反射系数测量

### 2.1 测试样品准备

本试验采用抽样检测的方法,在73个样品中选取10

个进行为期一年的外业监测和实验室加速老化试验。加速老化试验采用人工气候箱和疝气老化仪进行。根据老化箱设计标准，一般逆反射材料进行1h的老化，相当于室外自然老化一年<sup>[6]</sup>。实验前将样品放在养护箱内养护，箱内环境温度(23±2)℃、湿度(50±10)%，养护时间24h；试验过程中温度控制在(23±2)℃，湿度控制在(50±10)%，如果不在该范围内，则对试验区环境进行控制调节。为减少样品在传递过程的影响，相对测量法采取集中测试法进行检验，由组织方统一提供测试场地，场地满足样品养护和测试要求，按编号顺序进行测试。主要仪器设备如表1所示。

表2 主要仪器设备

序号	设备名称	规格型号
1	分光测色仪	CM-2500C
2	逆反射测试系统	933
3	全自动落锤冲击试验机	ZCJ1302-A
4	可编程高低温试验箱	HLT812P
5	盐雾试验箱	SFT080
6	疝气老化仪	CI4000

### 2.2 测试标准

相对测量法按照GB/T 18833-2012《道路交通反光膜》中的试验方法进行。测试要求为：1) 测量几何条件。设定观测角为0.2°，入射角为-4°。按照仪器说明书进行使用前黑板零点校准，每种组合测量前均按照仪器配套校准板的数值进行校准。然后打开测量仪器，预热后直至显示数据稳定后再开始测试。测量时，手柄方向与标记方向呈水平状态。2) 测点选择。每种测量几何条件组合在样品上取5个点(不同位置)进行测量，取点位置见图1。3) 数据取值。数据按要求进行修约，1°观测角测得的数据，平均值保留1位小数；其余观测角测得的数据，平均值保留至个位。

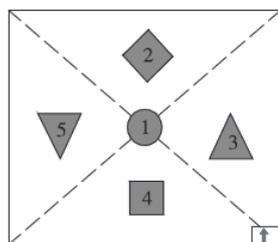


图1 相对测量法试样测点布置

## 3 结果分析

### 3.1 试验结果

人工加速老化前后，反光膜逆反射系数测定结果如表2、3所示。

表3 人工加速老化前反光膜检测结果

样品类型	技术指标		逆反射系数 $R_A$ $cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$
	观测角	入射角	
白色	0.2°	-4°	400
黄色	0.2°	-4°	254
红色	0.2°	-4°	115
绿色	0.2°	-4°	80
蓝色	0.2°	-4°	37

表4 人工加速老化后反光膜检测结果

样品类型	技术指标		逆反射系数 $R_A$ $cd \cdot lx^{-1} \cdot m^{-2}$
	观测角	入射角	
白色	0.2°	-4°	369
黄色	0.2°	-4°	216
红色	0.2°	-4°	92
绿色	0.2°	-4°	58
蓝色	0.2°	-4°	25

根据表3、4所示，该反光膜在人工加速老化前后逆反射系数值均能满足要求。其中蓝色反光膜的逆反射系数最小，而白色反光膜的逆反射系数最大。

### 3.2 逆反射系数衰减规律

以标志反光膜逆反射系数的初始值与设置后某一时间的测量值之差作为衰减值，将老化时间作为自变量，衰减值作为因变量，可以得到人工老化后反光膜逆反射系数变化规律。五种颜色的反光膜逆反射系数衰减值与老化时间的关系如图2~6所示。

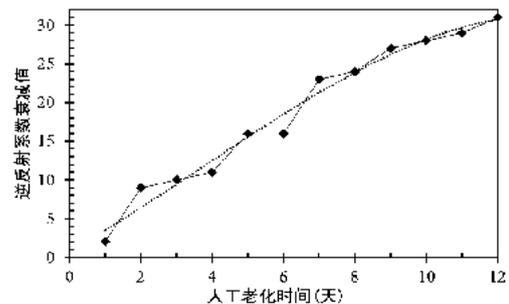


图2 白色反光膜逆反射系数衰减与老化时间关系

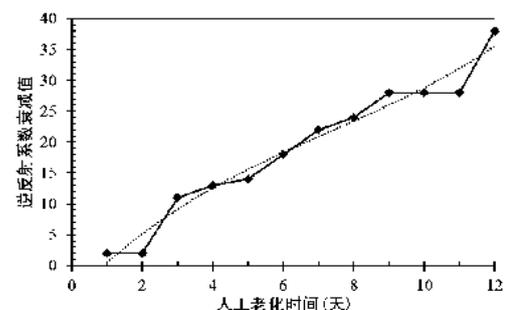


图3 黄色反光膜逆反射系数衰减与老化时间关系

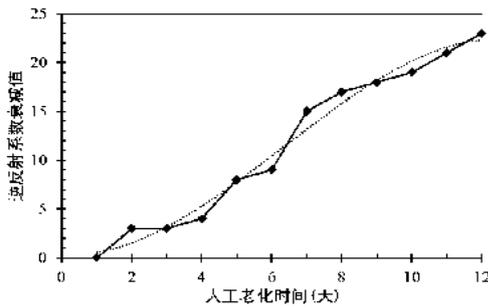


图4 红色反光膜逆反射系数衰减与老化时间关系

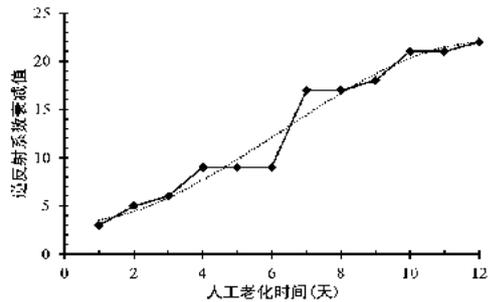


图5 绿色反光膜逆反射系数衰减与老化时间关系

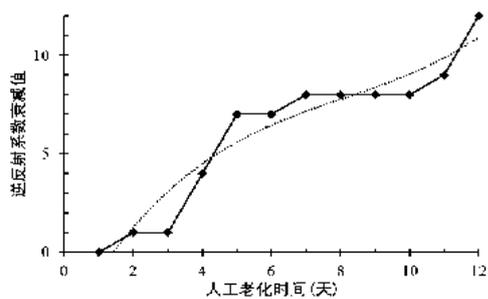


图6 蓝色反光膜逆反射系数衰减与老化时间关系

从图2~6可以发现,不同颜色的反光膜衰减情况差异比较大,这可能与反光膜不同的结构与工艺有关。对五种颜色反光膜逆反射系数衰减进行三次方模型拟合,五种颜色反光膜的逆反射系数衰减拟合三次方模型分别为:  $y=-0.0106x^3+0.1152x^2+2.6479x+0.7677$ ,  $y=0.0207x^3-0.4565x^2+5.8678x-4.9192$ ,  $y=-0.0251x^3+0.4769x^2-$

$$0.2789x+0.3838, y=-0.0219x^3+0.409x^2-0.2078x+3.3737, y=0.0128x^3-0.3112x^2+3.1166x-3.8182。$$

#### 4 结论

交通标志反光膜的逆反射性能是保障公路交通安全的重要因素,老化是逆反射系数降低的主要原因。本文对湖南省某省道交通标志反光膜进行抽样检测,并进行了人工加速老化试验,得到了该反光膜的逆反射系数衰减规律,结论如下:

(1) 在人工加速老化前后,该反光膜的逆反射系数都能满足规范要求,不同颜色反光膜的逆反射系数相差较大。

(2) 采用人工加速老化的方法可以完全反应现场老化情况。不同颜色的反光膜衰减差异较大。

(3) 三次方模型可以得到反光膜衰减的数学规律,对交通标志的养护具有重要的意义。

#### 参考文献:

- [1]陈艳艳,姜明.公路交通标志反光膜逆反射系数衰减规律[J].交通运输工程学报,2016,16(6):7.
- [2]杨学政,滕方勇.标志反光膜逆反射性能评价方法与影响因素分析[J].山东交通科技,2020.
- [3]罗语丹.相对测量法检测交通标志反光膜逆反射系数的可靠性分析[J].公路与汽运,2019,000(006):34-38.
- [4]姜明,张帆,黎峰.自然环境中指路标志反光膜逆反射系数衰减规律[J].公路交通科技,2012,29(3):137-141..
- [5]苏文英,李丹,王振华.旋转角对道路交通逆反射材料测试的影响研究[J].公路交通科技,2011,028(001):112-115..
- [6]李长青.逆反射材料人工加速老化试验及分析[J].铁道劳动安全卫生与环保,1996.
- [7]苏文英.反光膜逆反射性能综述[J].交通标准化,2006(11):62-65.