

# 回归反光织物的反射光分布

李云台

(无锡轻工大学纺织服装学院, 无锡, 214064)

**摘要** 将回归反光织物中的反光体——透明微珠看作球形透镜,对其反光特性进行了分析。在球透镜原理下,给出了回归反光织物反射光的分布曲线并进行了验证。

**关键词** 反光印花;反光织物;反光防护服

**中图分类号** TS106.6

## 0 前言

回归反光织物是一种定向反光材料,这种材料在光源方向反射光强度很高,可以起到醒目作用,被广泛使用于交通标志。

使回归反光材料具有特殊反光性能的主要物体是固定在这种材料表面的微小透明球体,目前多采用高折射玻璃制作,也有塑料制作的,但效果不及玻璃的,所以回归反光织物的反光原理主要表现为透明微珠的反光原理。

## 1 回归反光材料的制作

回归反光材料的制作方法主要分为两类,一类是复合结构,另一类是将透明微珠混在色浆中涂于基布表面<sup>[1-3]</sup>,其结构见图1, a和 b图都为复合结构, c图为涂料印花结构。从反光原理的角度出发, a和 b两图所示结构的反光原理是完全不同的, c图所示结构的反光原理是 a和 b两图的复合。

在 a图所示结构中,微珠背面镀有反光层,在微珠与反光层之间无隔离层,它的光路为平行光入射——内反射——透射而

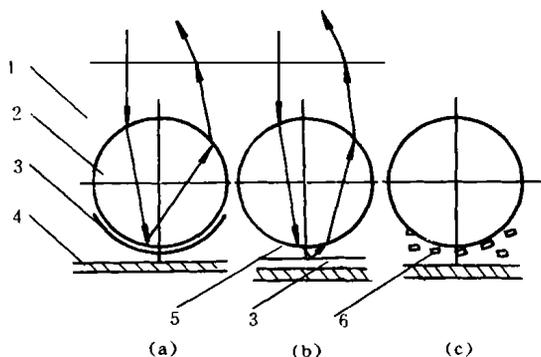


图1 回归反光材料结构示意图

1保护膜 2微珠 3反光层  
4布基 5隔离层 6反光体

在 b图所示结构中,反光层与微珠之间有透明的隔离层,它的光路为平行光入射—透射—珠外反射—入射—透射。

回归反光材料结构上的这种差异导致形成两种回归反光原理,针对 a图所示结构的称为回复双折射原理, b图所示结构的称为球透镜原理。

回归反光织物回复双折射原理的反射光分布及影响因素已有过详细分析<sup>[4]</sup>,而对于球透镜反光原理只有简单的定性分析<sup>[1-2]</sup>,其反射光分布的详细研究尚未见报导。

## 2 回归反光织物球透镜原理的反射光分布

在对分析结论无实质性影响的前提下,对分析模型作假设,不计微珠对入射光的吸收,平行入射光为单色光,从而可避免分析中波长差异引起的色散问题。根据几何光学原理,球透镜原理下的回归反射光路见图 2。设微珠半径为  $r_0$ ,反光层距微珠中心的距离为  $A$ ,回归反射光相对于  $Y$ 轴之间的夹角为  $\theta$ ,其余符号所示意义见图 2。

设平行光照度为  $E_0$ (勒克斯),微珠模型的厚度为  $\Delta l$ ,入射于  $dx \Delta l$  区域的光通量为  $dH_0$ (流明),则有以下关系成立:

$$dH_0 = E_0 \cdot \Delta l \cdot dx$$

$$dH_0 = E_0 \cdot \Delta l \cdot r_0 \cdot \cos i \cdot di$$

光线在每一界面折射或反射时的透射率用  $T$  表示,反射率用  $R$  表示,则回归光单位反射角内的光通量即光强度可用下式表示:

$$dH/d\theta = E_0 \cdot \Delta l \cdot r_0 \cdot T(0) \cdot T(i) \cdot T(h) \cdot R(V) \cdot T(T) \cdot T(U) \cdot T(\theta) \cdot \cos i \cdot di/d\theta \quad (1)$$

根据几何光学原理对图 2 进行分析,知各角度之间有以下关系:

$$\left. \begin{aligned} 2A/r_0 &= \cos \lambda + \cos Z + (\sin \lambda + \sin Z) / \operatorname{tg} V \\ \sin^2 \lambda + \cos^2 \lambda &= 1 \\ V &= 2(i - h), Z = 2h - i \\ \theta_0 &= T_+ \lambda - 2U, T_- = \lambda + V \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

反光层距微珠中心的距离对反射光分布有一定影响,为了与几何分析条件取得一致,假设  $2A/r_0 = 3.00$ ,一般回归反光材料所用玻璃微珠折射率  $n_1 = 2.00$  左右,而保护膜或隔离层这类透明的成膜高聚物折射率  $n_2 = 1.3 \sim 1.4$ ,两者的相对折射率  $n = n_1/n_2 = 1.54 \sim 1.43$ ,其中值约为 1.5,与普通玻璃折射率相近。将  $n_s = 1.5, n_l = 1, 2A/r_0 = 3.00$  代入以上关系式 (1), (2)。光线的反射和透射率可由菲涅尔公式求得。回归反光织物球透镜原理的反射光分布的理论曲线见图 3,设  $n_1 = 2.00, n_2 = 1.35$ ,其余条件不变,则有保护膜和隔离层时球透镜原理的反射光理论分布曲线与图 3 所示曲线基本相同。

从理论分布曲线可以看出,回归反射光集中分布在光源方向上,这正体现了回归反光材

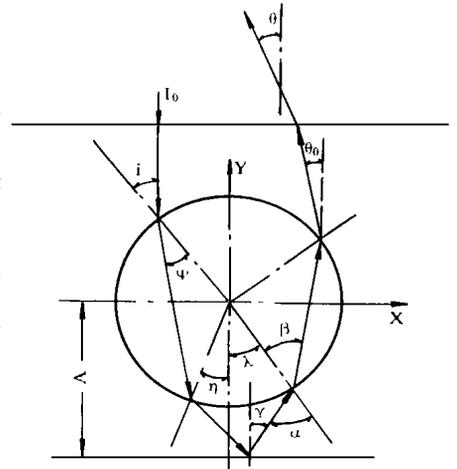


图 2 球透镜原理光路示意图

料的两个特点,即方向的回归性和分布的聚光性。

### 3 实验验证

测试方法见图 4,为了与条件一致,试样选用折射率  $n = 1.5$ ,直径  $d = 5\text{mm}$ 的透明玻璃棒,反光层选用反光性能较好的镀铝膜。反光层与玻璃棒之间的距离比  $2A/r_0 = 3.00$ ,这与分析条件是一致的。平行光用聚光灯泡产生,光电转换器件是光电池。测试曲线见图 5,在测试角度较小时,探测器对光源有较大影响,实际的光强度值很难求得,但从曲线的整体分布看,实测曲线与理论分布曲线有很好的—致性。

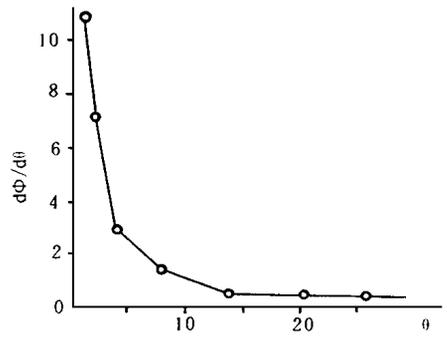


图 3 球透镜原理反射光强分布曲线

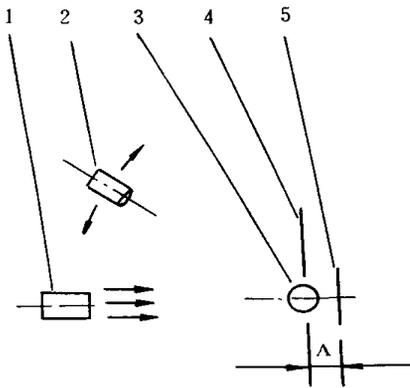


图 4 测试方法示意图

1光源 2探测器 3玻璃棒 4消光板 5反光板

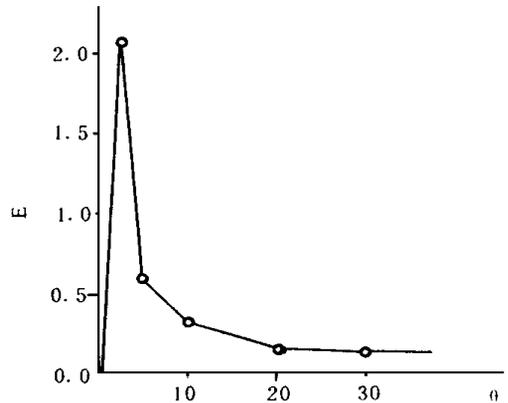


图 5 反射光强分布实测曲线

### 4 结 论

对回归反光织物中微珠与反光层间有隔离层时的反射光分布进行系统分析,得结论如下:

- 1) 回归反光织物球透镜原理的反射光分布有很好的回归性,从分析曲线可以看出,绝大部分反射光线相对于光源的偏离角度很小。
- 2) 回归反光织物球透镜原理的反射光分布有很好的聚光性,从分析曲线可见,光源方向附近的光强度远大于其它方向的光强度。
- 3) 比较光强的理论分布曲线与实测曲线,有很好的—致性。

## 参 考 文 献

- 1 皮德祥等. 交通安全用纺织品——回归反光织物. 产业用纺织品, 1992, 10(3): 23~ 27
- 2 曹幼鸣等. 特种反光印花. 印染, 1991, 17(1): 5~ 7
- 3 栾华. 塑料二次加工基本知识. 轻工业出版社, 1988. 585~ 586
- 4 张海泉等. 回归反光织物反光机理及影响因素. 纺织学报, 1993, 14(3): 15~ 18

## Distribution of Reflected Light of Return Reflecting Fabric

Li Yuntai

(School of Textile and Weaving, Wuxi University of Light Industry, Wuxi, 214064)

**Abstract** The reflecting object on return reflecting fabric is regarded as a sphere lens, and the reflecting properties of the sphere lens are discussed in this paper. The distribution of reflected light of return reflecting fabric under the condition of the sphere lens is given and the experimented verifications are made with a glass cylinder.

**Key-words** print of reflected light; fabric of reflected light; protective dress of reflected light