

染色均匀度仪的研制和实践

徐国然

(中国纺织大学)

【摘要】 本文着重介绍一种新的染色均匀度测试仪，它是以两种不同波长的理论为依据，运用多点连续测量方法，测试织物的染色不均，并能取代当前化纤行业采用目光判色的方法。

一、染色均匀度仪的测试原理

为了进行客观测量，首先了解粘胶长丝的染色袜筒各标准之间的色差情况。用日本Σ80测色仪对上海第五化纤厂的某一套粘胶标样进行测定，并通过计算得到标准试样的明度L、色差ΔE、主波长λ、饱和度P_e的数据及变化情况(见图1)。

实验结果可以看到，标准试样的色调近似不变，引起染色度变化主要是明度和

饱和度的变化。因此，染色袜筒的着色深浅可以通过测量其明度和饱和度来实现。从图1可以看出ΔE与标样的级别不成线性关系，这是因为目前标样是通过增加染料浓度(即每级增加0.1%)来规定级别的，

而纤维的染料吸收能力随着染料的浓度增加而减小，所增加的0.1%的染料不能完全被吸收，从而出现标样的非线性。

对于袜筒的颜色，我们以明度L值来表示染色度。L值在理论上定义为：

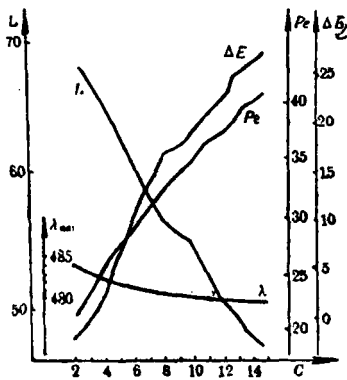


图1 标样的L、ΔE、λ、P_e之间关系

$$L = \sqrt{\bar{Y}} \times 100$$

$$= 100 \sqrt{\frac{\int E_{(\lambda)} \cdot R_{(\lambda)} \bar{Y}_{(\lambda)} d\lambda}{\int E_{(\lambda)} \cdot \bar{Y}_{(\lambda)} \cdot d\lambda}} \quad (1)$$

式中：Y为物体色的三刺激值之一；E_(λ)为标准光源的能量分布；R_(λ)为被测物体的光谱反射率； $\bar{Y}_{(\lambda)}$ 为标准观察者的配色函数。

对于一个确定的波长范围(λ₁~λ₂)则(1)式中的分母是常数定为K_m。

$$L = (100/K_m) \sqrt{\int E_{(\lambda)} \cdot R_{(\lambda)} \cdot \bar{Y}_{(\lambda)} d\lambda} \quad (2)$$

当袜筒中的长丝粗细或密度变化时，则反射光量在整个波长范围内相应地变化(见表1)。

为了对袜筒的密度和外观状态差异进行补偿，把可见光区域内反射光量对近红外光区域内反射光量之比作为决定性的因素。我们定义YL作为袜筒试样的明度指数。

$$YL(\%) = K(I_V/I_R) \quad (3)$$

式中：I_V为可见光区域内反射光的强度；I_R为近红外光区域内反射光的强度；K为常数。

(3)式改写为

$$YL(\%) = K \frac{\int S_{(\lambda)} \cdot S \cdot R'_{(\lambda)} \cdot \bar{D}_{V(\lambda)} d\lambda}{\int S_{(\lambda)} \cdot S \cdot R'_{(\lambda)} \cdot \bar{D}_{R(\lambda)} d\lambda} \quad (4)$$

表1 反射光信号与袜筒密度的关系

试样级别 6 ⁺	线圈数/cm ²	222.2	216.6	210.9	208.1	207.1	206.1
	反射电压(mV)	960	940	930	930	940	940
试样级别 7 ⁺	线圈数/cm ²	237.9	232.1	229.1	226.2	220.3	214.7
	反射电压(mV)	1014	987	978	950	944	945
试样级别 8	线圈数/cm ²	231.9	229	226.1	223.3	220.4	217.6
	反射电压(mV)	1016	996	982	975	972	958

注：测试面积：2×2cm²，光源：λ_P=910nm。

式中： $S_{(\lambda)}$ 为仪器用光源的能量分布； S 为照射面积； $R'_{(\lambda)}$ 为袜筒的光谱反射率； \bar{D}_V 为在可见光区域内反射光的检测参数； \bar{D}_R 为在近红外光区域内反射光的检测参数。

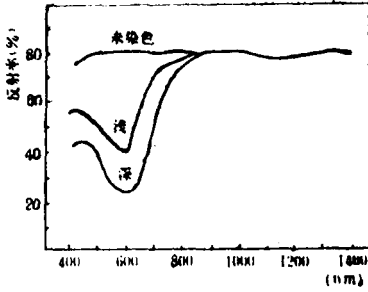


图 2 染色袜筒的光谱反射率

从图 2 可知，在近红外光区域内反射光量基本不变，即与染色深浅无关，可设为常数：

$$K_1 = \int S_{(\lambda)} \cdot S \cdot R'_{(\lambda)} \cdot \bar{D}_R(\lambda) d\lambda$$

$$\text{则 } YL(\%) = (K/K_1) \int S_{(\lambda)} \cdot S \cdot R'_{(\lambda)} \cdot \bar{D}_V(\lambda) d\lambda \quad (5)$$

当选定了可见光区域内某一波长的光源以及光电检测器后， $S_{(\lambda)} \cdot S \cdot \bar{D}_V(\lambda)$ 和 $E_{(\lambda)} \cdot \bar{Y}_{(\lambda)}$ 均为常数。假定： $S_{(\lambda)} \cdot S \cdot \bar{D}_V(\lambda) = K_2 \cdot E_{(\lambda)} \cdot \bar{Y}_{(\lambda)}$

则(5)式可表示为：

$$YL(\%) = (K \cdot K_2 / K_1) \int E_{(\lambda)} \cdot \bar{Y}_{(\lambda)} \cdot R_{(\lambda)} d\lambda = K' Y \quad (6)$$

式中： $K' = K \cdot K_2 / K_1$ ； $L = 100 \sqrt{\bar{Y}}$ 。

将 $L = 100 \sqrt{\bar{Y}}$ 代入(6)式得：

$$YL(\%) = K' (L^2 / 100^2) = K'' L^2 \quad (7)$$

式中： $K'' = K' / 100^2$

所以在理论上 $YL(\%)$ 值与袜筒的 L^2 值成正比。在这里 $YL(\%)$ 值接近于亨特彩色座标系上求出的 L 值。

二、仪器的构造

染色均匀度测试仪是根据染色织物经光照后吸收和反射光的变化与染色深浅直接有关的基本原理设计制作的。在可见光光谱区域内反射率最小定为 I_V ，在近红外光光谱区域内反射率最大定为 I_R ，因为两种不同波长的反射光线源出于样品的同一处，因此测量的结果可以不受位置的影响，用 I_V/I_R 则代表测试样品的反射率之比的瞬时值。

仪器所用积分球是根据 1971 年国际照明委员会(简称 CIE) 正式推荐四种测量标准、照明和观察条件之一，采用垂直/漫反射方法。由光源发出的光经透镜、光栏后成一束条形光通过积分球入射窗口进入球内，照射在样品上发生漫反射。经过积分球多次漫反射，除少部分光从入射窗口射出外，反射光在积分球内壁形成均匀照明。一部分经可见光滤光片，另一部分经近红外滤光片，再由光电倍增管将光信号转换成电信号，经放大数据处理，结果以显示和打印方式输出，并用记录仪描绘曲线。

本仪器所用光电倍增管经过挑选配对，有关参数要求相近，共用同一台直流高压电源。当接受外界信号时能同步进行，以致测试误差减为最小，这是本仪器的特点之一。

仪器所用白炽灯光源使用恒流电源(见图 4) 输出电流经过一个固定电阻的电压降，作为比较放大器的参比电压，其中反馈回路的作用是控制串联调节器的导通程度，以维持电阻上的电压降的恒定，使输出电流恒定，这与恒

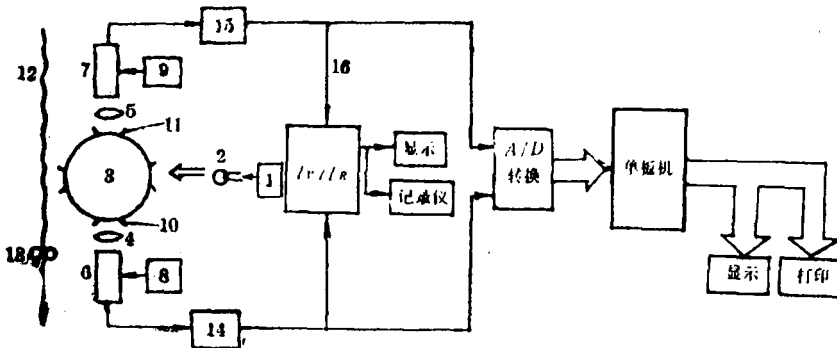


图 3 染色均匀度测试仪的结构示意图

- 1—恒流电源； 2—光源； 3—积分球； 4、5—滤光片；
- 6、7—光电倍增管； 8、9—高压电源； 10、11—检测窗；
- 12—连续进行试样； 13—罗拉； 14、15—放大器； 16—运算器。

压电源有所不同。

袜筒试样测试采用下罗拉进行，在35mm长的试样上连续采样十次到十五次，次数

越多读数越精确(见图5)

三、测试结果

1. 染色的粘胶袜筒测试

根据仪器的构造特点，能对染色的粘胶袜筒进行连续测量，并且能逐块与标准样品的织物进行比较。结果见图

6可以知道同一袜筒上的一批试样深浅不同， I_V/I_R 的比值(即YL(%))越大，说明该处颜色越淡，反之就越深，同时也能反映出档级数与偏差。

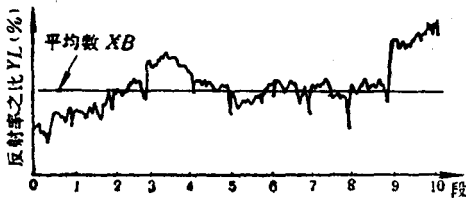


图6 粘胶试样的反射率之比的曲线图

2. 染色的涤纶袜筒测试

涤纶袜筒每段之间的颜色差别都较大，而且每段内部上色率均由纱绽的质量所决定，并受到工艺流程等影响。

(1) 表示袜筒质量好的曲线(见图7)

涤纶袜筒的反射率之比 YL (%) 值平均取十点，通过计算得到 XB, SD 和 CV 值，从图

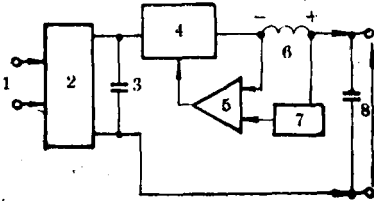


图4 恒流电源示意图

- 1—交流输入；2—滤波器；
- 3—滤波电容；4—晶体管调节器；
- 5—比较放大器；6—电阻；
- 7—参比电流；8—直流输出。

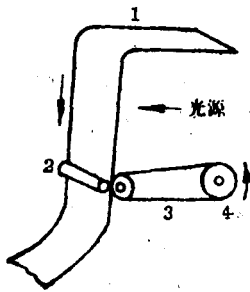


图5 袜筒试样的测试简图

- 1—袜筒试样；
- 2—罗拉；3—传动带；
- 4—电机。

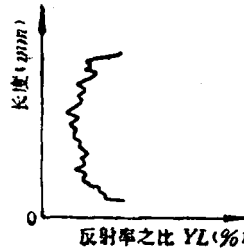


图7 反射率之比 YL (%) 值与长度关系曲线

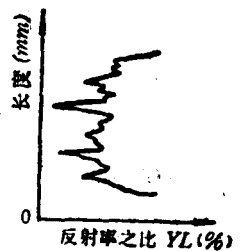


图8 反射率之比 YL (%) 值与长度关系曲线

中看到曲线较平坦，这时 CV 数值也较小。

(2) 表示袜筒质量差的曲线(见图8)

从图中看到曲线波动很大，这时 CV 数值就较大。

(3) 如用十段或十段以上涤纶试样的连续测试能充分反映出生产过程中的质量问题，最深最淡的样品也能区分出(见图9)。



图9 涤纶试样的反射率之比的曲线图

图中看到第8段颜色最深，第9段颜色最淡。

综上所述，粘胶织物每段之间的色差并不大，便于用仪器测量；涤纶织物内部均匀性比较复杂，真正能反映出其质量好坏用平均值 XB、标准偏差 SD 和变异系数 CV 三数据恒量比较切合实际。织物颜色淡与深用平均值大小区分，织物内部质量的均匀性用变异系数表示。

四、结束语

1. 用双波长反射光测试仪能直接快速地反映染色织物的均匀性，并且不受光照位置等因素的影响，因为两种不同波长的光源出于同一光源，所以光通量的微小变化对测量结果影响不大。