



# 匀染剂在分散染料染色涤纶织物变色中的作用机理

张海燕<sup>1</sup>, 崔志华<sup>1</sup>, 江 华<sup>1</sup>, 余培泽<sup>2</sup>, 金鲜花<sup>2</sup>, 兰淑仙<sup>2</sup>

(1. 浙江理工大学, a.生态染整技术教育部工程研究中心; b.先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 杭州 310018;  
2. 传化智联股份有限公司, 杭州 311215)

**摘 要:** 为研究匀染剂在分散染料染色涤纶织物变色中的作用机理, 系统分析添加匀染剂对分散染料染色涤纶织物产生色差的原因。通过分析匀染剂对分散染料在涤纶纤维上的状态与在染液中状态的变化, 探讨其造成染色织物变色的原因; 通过确定影响染色织物变色的关键因素, 揭示匀染剂在分散染料染色涤纶织物变色中的作用机理。结果表明: 在染色过程中纤维上和染浴中的染料都未发生化学变化; 匀染剂在分散染料染色涤纶织物变色中的作用机理是匀染剂使染料的聚集态发生变化, 从而改变了染料的上染率; 根据提升性拟合直线方程计算染料量并染色, 分散翠兰 S-GL 添加匀染剂 TF-212K 和 TF-2500 染色织物的色差  $\Delta E$  值从 1.64 和 1.05 分别减小到 0.73 和 0.23, 其他颜色参数也都有所减小, 可见通过调整染料用量可有效减小使用匀染剂染色时易产生的色差问题。

**关键词:** 匀染剂; 分散染料; 染色; 聚集态; 变色

中图分类号: TS193.638

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851(2020)03-0158-08

## Action mechanism of leveling agent in the color change of polyester fabrics dyed by disperse dyes

ZHANG Haiyan<sup>1</sup>, CUI Zhihua<sup>1</sup>, JIANG Hua<sup>1</sup>, YU Peize<sup>2</sup>, JIN Xianhua<sup>2</sup>, LAN Shuxian<sup>2</sup>

(1a. Engineering Research Center for Eco-Dyeing & Finishing of Textiles, Ministry of Education;  
1b. Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;  
2. Transfar Zhilian Co., Ltd., Hangzhou 311215, China)

**Abstract:** In order to study the action mechanism of the leveling agent in the color change of polyester fabrics dyed disperse dyes, the reason for the color difference caused by the addition of leveling agent to the polyester fabric dyed by disperse dyes was analyzed. The reasons for the color change of dyed fabrics were studied by analyzing the state of disperse dye on the polyester fiber and in the dyeing solution with the presence of the leveling agent. The mechanism of the leveling agent in the color change of polyester fabrics dyed by disperse dyes was revealed by determining the key factors affecting the color change of dyed fabrics. The results show, there was no chemical change of the dye on the fiber or in the dye bath during the dyeing process, and the action mechanism of the leveling agent in the color change of polyester fabrics dyed by disperse dyes is that the leveling agent changes the aggregation state of the dye, there by changing the dye uptake rate of the dye. The amount of dyes was calculated according to the fitted straight line equation and then dyeing was conducted. After adding the TF-212K and TF-2500, the  $\Delta E$  value of the dyed

收稿日期: 2019-08-10 网络出版日期: 2019-11-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(21808210); 萧山区重大科技产业发展类项目(2018105)

作者简介: 张海燕(1996-), 女, 福建宁德人, 硕士研究生, 主要从事纺织化学与染整方面的研究。

通信作者: 崔志华, E-mail: zhhcui@zstu.edu.cn

fabrics for the C.I. dispersed blue S-GL was reduced from 1.64 and 1.05 to 0.73 and 0.23 respectively, and other color parameters were also reduced. Hence, in order to resolve the color difference caused by dyeing with a leveling agent, the amount of dyes can be adjusted.

**Key words:** leveling agent; disperse dye; dyeing; aggregation state; color change

## 0 引言

涤纶属于聚酯纤维,由于其结构较紧密,结晶度与聚合度都偏高,且疏水性较强,在常温常压下难以获得良好的染色效果<sup>[1-5]</sup>。分散染料是一种常用于涤纶染色的非离子型染料,其在水中溶解度非常小,在染液中往往需要借助分散剂的作用才能以悬浮液的状态存在<sup>[6]</sup>。染色时,分散染料首先以单分子态吸附进入溶胀后的涤纶纤维无定形区,待染色温度降低后,纤维无定形区收缩,染料分子被固定在纤维中,使纤维染得坚牢深浓的色泽<sup>[7-10]</sup>。

分散染料通常需要在 130 °C 高温下进行染色,此时涤纶纤维链段活动剧烈,空隙打开,染料被迅速吸附进入纤维无定形区,过高的上染速率往往会造成染色不匀。因而,为了使分散染料上染涤纶织物时染色均匀,保证染色质量,染浴中通常加入适量的匀染剂来控制染料上染速率,避免产生染色不匀(色斑)的现象<sup>[11]</sup>。马雅娟等<sup>[12]</sup>研究发现,匀染剂对分散染料的溶解状态、上染速率有影响,合适的匀染剂能起到提高分散染料溶解度的效果。王阿明等<sup>[13]</sup>研究发现,染料的聚集行为会影响染料的上染。染料的物理形态会影响染料的溶解度、高温分散稳定性等,其匀染性、上染率、提升性等染色性能也会因此受到影响<sup>[13]</sup>。

在蓝色染料染色过程中往往容易产生色差,而缸差和助剂是引起色差的重要因素<sup>[14]</sup>。通常,蓝色分散染料上染涤纶时需要使用匀染剂,但是匀染剂的使用会加剧色差现象的出现,影响染色质量。本文根据涤纶纤维的特性,针对企业在染色过程中出现的颜色变化问题,通过观察染料在纤维上的状态与染料在染液中状态的变化,探索纤维上染料结构和染液中染料聚集态的变化规律,从而分析匀染剂对蓝色分散染料染色涤纶织物的变色原因。

## 1 实验部分

### 1.1 实验材料及仪器

实验材料:涤纶织物(米西丁,150 g/m<sup>2</sup>),传化智联股份有限公司提供;分散翠兰 S-GL(商品染料),吉华集团有限公司提供;分散彩兰 QS-B(商

品染料)、分散深蓝 HGL(染料滤饼)、匀染剂 TF-212 K、匀染剂 TF-2500,传化智联股份有限公司提供;分散剂 NNO(分析纯),安阳市双环助剂有限责任公司提供;锆珠(粒径 0.2 mm),浙江金琨锆业有限公司提供;丙酮(分析纯),浙江汉诺化工科技有限公司提供;N,N-二甲基甲酰胺(DMF)、冰醋酸,均为分析纯,由杭州高晶精细化工有限公司提供。

实验仪器:DYE-24 型可调向式打色机(上海千立自动化设备有限公司);DF-101S 型集热式恒温加热磁力搅拌器(杭州惠创仪器设备有限公司);FA224 型电子分析天平(上海舜宇恒平科学仪器有限公司);SF600X 型测色配色仪(美国 Datacolor 公司);UV-2600 型紫外可见分光光度计(日本岛津公司);Zetasizer Nano S 型纳米粒度及分子量分析仪(英国马尔文仪器有限公司)。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 分散深蓝 HGL 的研磨

分散翠兰 S-GL 和分散彩兰 QS-B 为商品染料,无需研磨。称取 0.20 g 分散深蓝 HGL 滤饼,0.40 g 分散剂 NNO 和 40.00 g 锆珠,然后加 40 mL 去离子水,混和物研磨 10 h 后过滤,并使用旋转蒸发仪旋干,经研磨多次后收集干燥后的染料。

#### 1.2.2 三种分散染料的染色

染色时采用的染料为分散翠兰 S-GL、分散彩兰 QS-B 和研磨后的分散深蓝 HGL,其中染料量为 0.50% owf,醋酸为 0.3 g/L,匀染剂为 1.0 g/L,染色温度为 130 °C,浴比为 1:20。染色工序为:取 5.00 g 涤纶米西丁于染液中,50 °C 入染,以 2 °C 升温至 130 °C,保温 40 min 后降温至 60 °C,取出织物水洗烘干。

#### 1.2.3 染色织物的剥色

剪取 2 cm×2 cm 的染后布样于 DMF 中,在 100 °C 下剥色处理 30 min 后,取剥色液留用。

#### 1.2.4 高温处理染液的方法

在配制好的 1.0 g/L 染液中取 25 mL 于染杯中,匀染剂为 0.10 g,醋酸为 0.03 g,再用去离子水配制成 100 mL 的染液。在不放织物的情况下,将染液置于高温高压染色机中高温处理(所设置的升

温曲线与染色方法中的升温曲线相同),取高温处理后的染液留用。

### 1.3 测试与表征

#### 1.3.1 上染百分率的测定

根据残液法测定上染率,分别使用紫外-可见分光光度计测定稀释一定体积的染前液与染后液的吸光度,根据染前液和染后液最大吸收波长处的吸光度值,计算上染率  $E^{[15]}$ ,其计算公式为:

$$E/\% = \left(1 - \frac{A_2}{A_1}\right) \times 100.$$

式中:  $A_1$ 、 $A_2$  分别为染前液和染后液的最大吸光度值。

#### 1.3.2 色深值( $K/S$ 值)的测定

采用 SF600X 型测色配色仪在  $D_{65}$  光源和  $10^\circ$  视角下测定染色织物在不同波长(360~700 nm)下的  $K/S$  值,记录最大  $K/S$  值,并绘制  $K/S$  值曲线。

## 2 结果与讨论

### 2.1 匀染剂对上染率及染色织物颜色的影响

表 1 是三种蓝色染料的上染率及染色织物各颜色的相关参数。从表 1 可以看出,添加匀染剂后,三种染料染色织物的  $K/S$  值均减小,亮度均增大。在添加匀染剂 TF-212 K 和匀染剂 TF-2500 情况下,分散翠兰 S-GL 的染色织物的  $\Delta a^*$  值分别为

0.59 和 0.48,分散彩兰 QS-B 的染色织物的  $\Delta a^*$  值分别为 0.85 和 1.20,在分散深蓝 HGL 染色中添加匀染剂 TF-212 K 和 TF-2500 所染织物的  $\Delta a^*$  值都为 0.06,可见添加这两种匀染剂染色会使织物偏红。在添加匀染剂 TF-212 K 和匀染剂 TF-2500 情况下,分散翠兰 S-GL 的染色织物的  $\Delta b^*$  值分别为 -0.63 和 -1.56,分散深蓝 HGL 的染色织物的  $\Delta b^*$  值分别为 0.49 和 0.17,可见添加这两种匀染剂染色会使分散翠兰 S-GL 染色织物偏蓝,而分散深蓝 HGL 染色织物偏黄。分散彩兰 QS-B 染色时添加匀染剂 TF-212 K 的染色织物  $\Delta b^*$  值为 1.50,织物偏黄;而添加匀染剂 TF-2500 的染色织物  $\Delta b^*$  值为 -1.39,织物偏蓝。与无匀染剂染色的结果相比,添加这两种匀染剂的染色织物都有一定的色差。分散翠兰 S-GL 的色差  $\Delta E$  值分别为 1.64 和 1.05,分散彩兰 QS-B 的色差  $\Delta E$  值分别为 2.54 和 1.88,分散深蓝 HGL 的色差  $\Delta E$  值分别为 1.75 和 0.36。匀染剂还会改变染料的上染率,分散翠兰 S-GL、分散彩兰 QS-B、分散深蓝 HGL 这三种染料中,添加匀染剂 TF-212 K 染色的上染率分别为 94.13%、62.81%、89.17%,均比未添加匀染剂染色的上染率低。分散染料染色时添加匀染剂会影响织物的颜色,针对这一现象,本文通过织物上染料状态以及染液中染料状态的变化,分析其变色原因。

表 1 三种蓝色染料的上染率及染色织物的颜色相关参数

染色条件		上染率/%	颜色参数				
			$K/S$ 值	$\Delta L^*$ 值	$\Delta a^*$ 值	$\Delta b^*$ 值	$\Delta E$ 值
分散翠兰 S-GL	无匀染剂	99.55	4.87	—	—	—	—
	TF-212 K	94.13	4.56	0.74	0.59	-0.63	1.64
	TF-2500	99.15	4.82	0.19	0.48	-1.56	1.05
分散彩兰 QS-B	无匀染剂	98.13	3.08	—	—	—	—
	TF-212 K	62.81	2.48	1.86	0.85	1.50	2.54
	TF-2500	88.27	2.94	0.44	1.20	-1.39	1.88
分散深蓝 HGL	无匀染剂	96.82	7.39	—	—	—	—
	TF-212 K	89.17	6.61	1.68	0.06	0.49	1.75
	TF-2500	95.98	7.39	0.31	0.06	0.17	0.36

注:染料量为 0.50%owf;最大  $K/S$  值为最大吸收波长处的  $K/S$  值;颜色体系采用的是孟塞尔表色系统。

### 2.2 匀染剂对纤维上染料结构的影响

#### 2.2.1 染后织物的 $K/S$ 曲线分析

图 1 是三种蓝色分散染料染色织物的  $K/S$  曲线及归一  $K/S$  曲线。图 1(a)、图 1(c)和图 1(e)分别为分散翠兰 S-GL、分散彩兰 QS-B、分散深蓝 HGL 染色织物的  $K/S$  曲线。将所绘制的  $K/S$  曲线归一处理后得到其对应的归一  $K/S$  曲线,如图 1(b)、图 1(d)和图 1(f)所示。从图 1 可以看出,分散翠兰 S-GL、分

散彩兰 QS-B 和分散深蓝 HGL 这三种染料分别在 680、625 nm 和 620 nm 左右达到最大  $K/S$  值。由图 1(a)、图 1(c)和图 1(e)中可知,这三种染料在匀染剂的作用下,其染色织物的  $K/S$  值低于未添加匀染剂的染色织物,添加匀染剂 TF-212 K 染色的织物尤为明显。如分散彩兰 QS-B 在未添加匀染剂染色的情况下,染色织物的最大  $K/S$  值能达到 3.08,而添加匀染剂 TF-212 K 匀染剂后,染色织物的最大  $K/S$  值

只能达到 2.48, 其  $K/S$  曲线位于未添加匀染剂染色的  $K/S$  曲线的下端。但归一处理后, 三种染料中有无添加匀染剂染色的织物的  $K/S$  曲线均能重合。所谓的归一化处理就是将原始数据按相同比例压缩于 (0,1) 的范围之内, 这三条曲线能够重合, 说明染色织

物对光的吸收波长是相同的, 只是吸收强度不同, 因此纤维上染料的化学结构是没有变化的。以上结果表明, 添加匀染剂染色, 仅影响染料上染率和色深, 并未改变纤维上染料的化学结构, 再结合表 1 中的上染率, 可以确定存在色差是因为上染率不同。

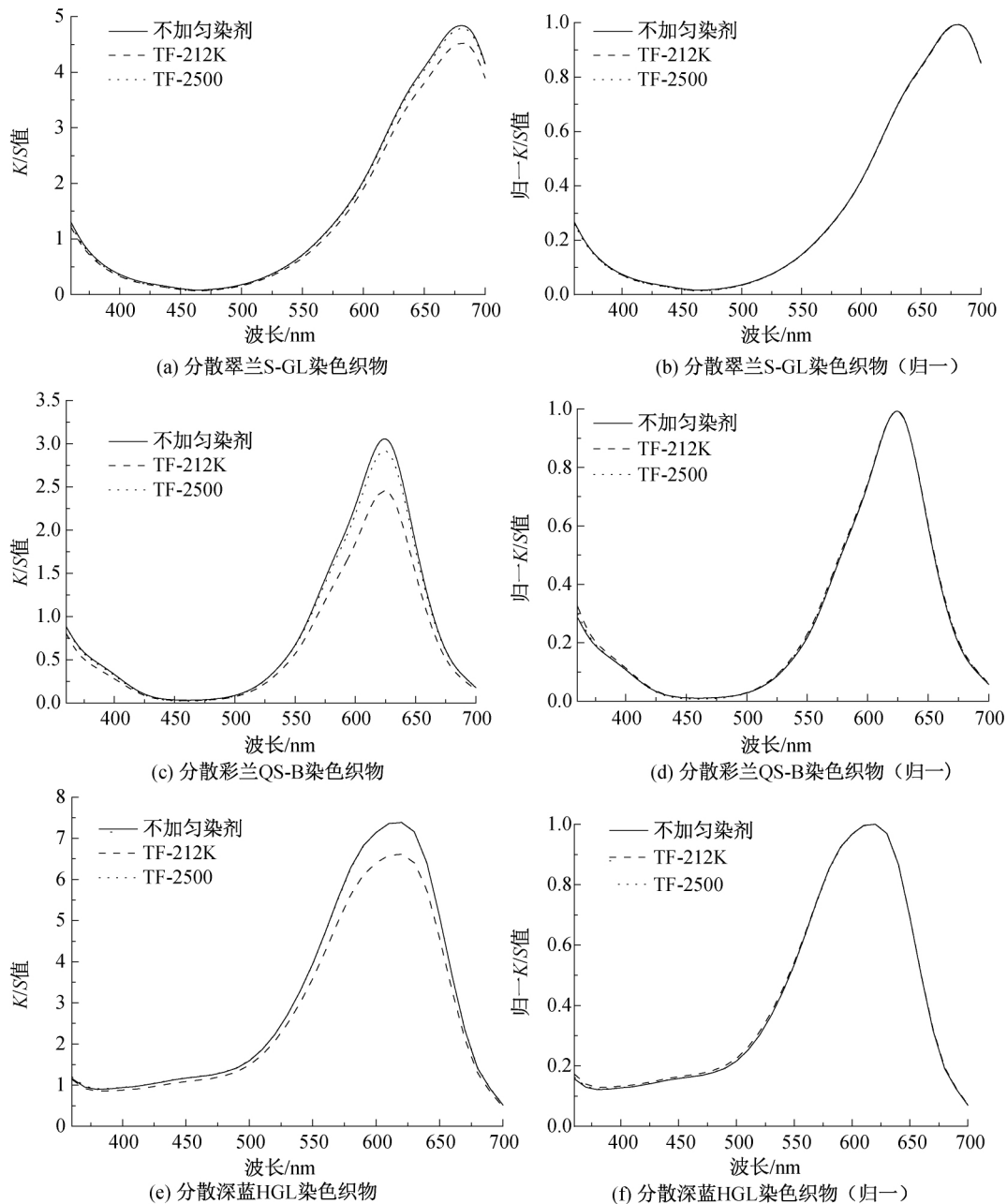


图1 三种蓝色分散染料染色织物的  $K/S$  曲线及归一  $K/S$  曲线

## 2.2.2 染色织物的剥色液分析

按所述的 DMF 剥色法剥色, 取剥色液作紫外-可见吸收光谱测试, 图 2(b)~(d) 分别为分散翠兰 S-GL、分散彩兰 QS-B 和分散深蓝 HGL 有无添加匀染剂染色的织物剥色液与原染料(纯染料)归一处理后的紫外-可见吸收光谱曲线。从图 2(b)~(d) 中可以看出, 三种染料的最大吸收波长分别为 673、618、579 nm 左右, 其染色织物剥色液的最大吸收波长也与原染料相同, 添加匀染剂染色与未添加匀染剂染色的织物剥色液与原染料的归一紫外-可见吸收光谱曲线中在可见区 (380~780 nm) 基本吻合。图 2(a) 为涤纶原布剥色液的紫外-可见吸收光谱图

中可以看出, 三种染料的最大吸收波长分别为 673、618、579 nm 左右, 其染色织物剥色液的最大吸收波长也与原染料相同, 添加匀染剂染色与未添加匀染剂染色的织物剥色液与原染料的归一紫外-可见吸收光谱曲线中在可见区 (380~780 nm) 基本吻合。图 2(a) 为涤纶原布剥色液的紫外-可见吸收光谱图

Figure 2(a) is the UV-visible absorption spectrum of the polyester original fabric stripping liquid. Figure 2(b)~(d) are the UV-visible absorption spectra of the stripping liquid of the polyester fabric dyed with TF-212K, TF-2500, and TF-212K, respectively, after normalization.

原布在紫外区有吸收,因此剥色液紫外区峰型差异可断定为是部分涤纶纤维低聚物溶解造成的<sup>[16]</sup>。通过染色织物的剥色液与原染料的对比,剥色液与

原染料的吸收曲线基本吻合,因此可以表明纤维上染料结构与原染料是一致的,染色时添加匀染剂并不会改变上染到纤维上染料的化学结构。

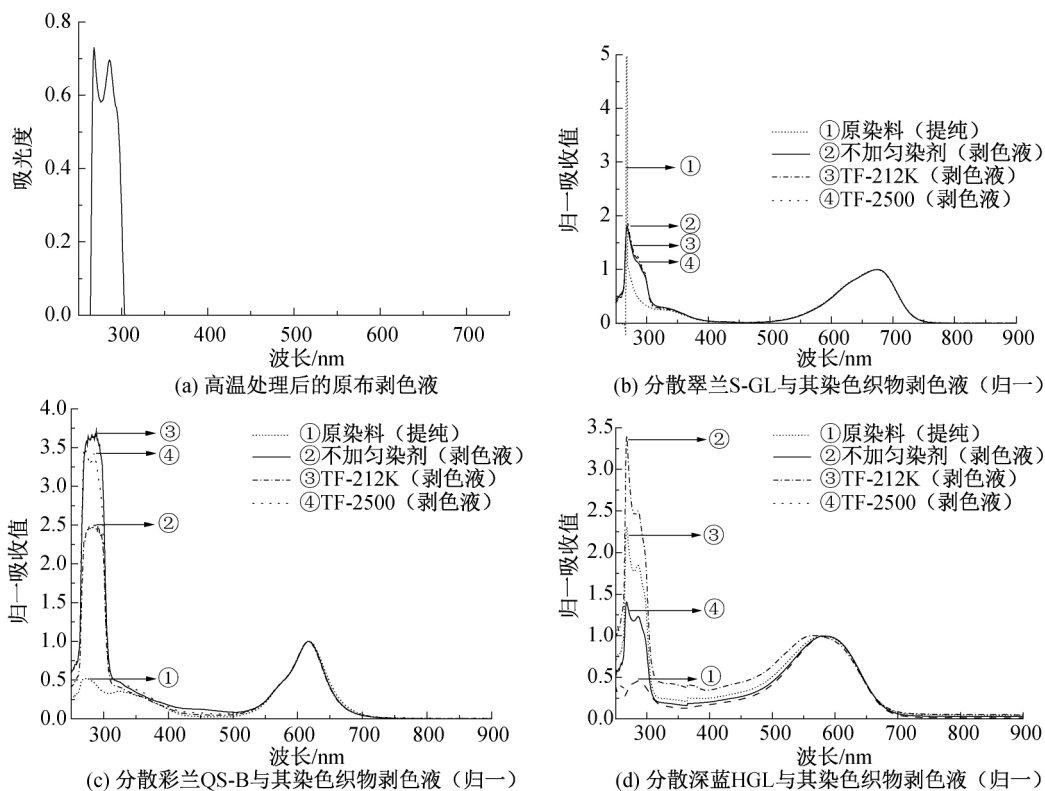


图2 三种蓝色分散染料有无匀染剂染色织物剥色液的对比紫外-可见吸收光谱图

## 2.3 匀染剂对染液中染料聚集态的影响

### 2.3.1 染液紫外-可见吸收光谱分析

取一定量染前液与有无添加匀染剂高温处理后的染液作紫外-可见吸收光谱测试,如图3(a)、图3(c)和图3(e)所示。然后在染前液和高温处理后的染液中加入丙酮或DMF等有机溶剂助溶,作紫外-可见吸收光谱测试,并与未添加有机溶剂的染前液(该染前液稀释与有机溶剂等同的倍数)对比,如图3(b)、图3(d)和图3(f)所示。在染液的吸收光谱曲线中,吸收曲线峰型的变化表明染料状态的变化。从图3(a)、图3(c)和图3(e)中可以看出三种染料的染前液与高温处理后染液的吸收曲线峰型存在很大的差异。表明在高温和匀染剂的作用下,染液中染料状态是有变化的。如图3(b)、图3(d)和图3(f)所示,配置成等浓度的丙酮-水溶液后,分散翠兰S-GL各染液的峰型与未添加丙酮的染液相比,存在很大的差异;分散彩兰QS-B添加丙酮的各染液在可见区是单峰,在610 nm左右处有最大吸收,与未加丙酮的染前液吸收曲线的峰型不同;分散深蓝HGL添加DMF的各染液的最大吸收波长在600 nm左右,与未添加DMF的染前液相比,加了DMF的各

染液的最大吸收波长均发生了红移。这是由于分散染料在水中与在有机溶剂中的溶解度不同,因此可以通过在染液中加入具有助溶作用且与水混溶的有机溶剂使染料完全溶解形成单分子态,然后对比有无添加有机溶剂的染液的吸收曲线,判断染料状态变化的原因。以上所述现象说明染料相同时,添加溶剂后染液中的染料均变为单分子状态,其吸收曲线大体相同,所以这三种染料只发生聚集态变化,无化学结构变化。这些现象表明染料在高温和匀染剂的作用下发生聚集态变化,温度和匀染剂都会影响染料的聚集状态。染料分子会通过聚集的形式,减少染料单分子数量,对染料的上染速率产生显著影响<sup>[17]</sup>。

### 2.3.2 染料颗粒粒径分析

取染前液、添加匀染剂的高温处理液和未添加匀染剂的高温处理液作粒径测试,表2为三种蓝色染料染前液与高温处理后染液的平均粒径,图4为三种染料的染前液与高温处理液的粒径分布图。

分散翠兰S-GL染前液中染料颗粒的平均粒径在270 nm左右,而染液经过高温处理后,染料平均粒径均发生变化,添加匀染剂高温处理的染料变化

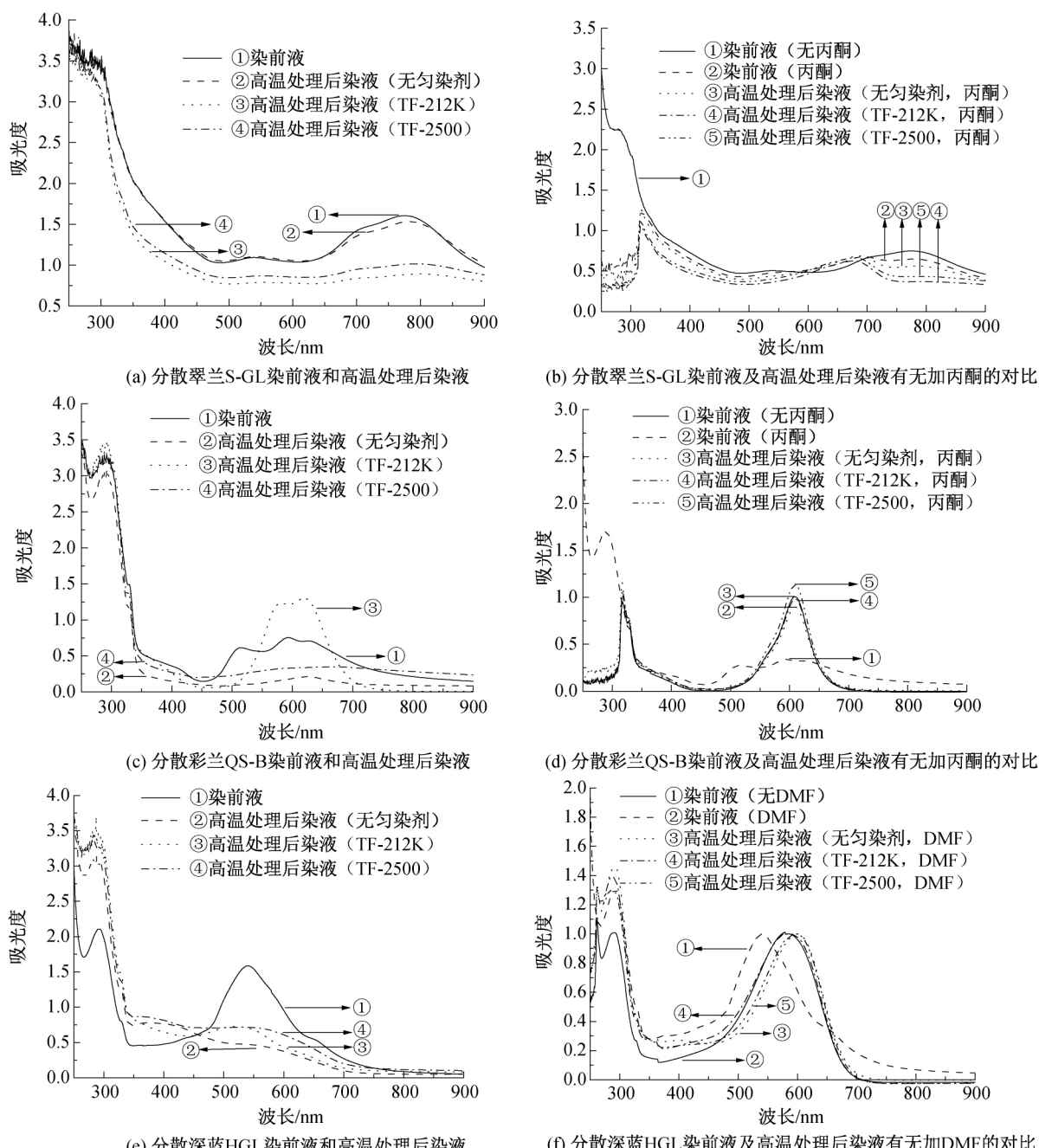


图 3 三种蓝色分散染料染前液和高温处理液的有无添加有机溶剂的对比紫外-可见吸收光谱图

注：染液与丙酮的比值为 1:5, 染液与 DMF 的比值为 1:2。

表 2 三种蓝色染料染前液与高温

	处理后染液的平均粒径			nm
	分散翠兰 S-G	分散彩兰 Q-S-B	分散深蓝 H-G-L	
不加匀染剂(染前液)	272.4	283.4	162.0	
TF-212 K(染前液)	275.5	283.6	163.1	
TF-2500(染前液)	267.1	266.8	161.3	
不加匀染剂(高温处理后染液)	442.7	252.2	458.7	
TF-212 K(高温处理后染液)	608.9	129.3	150.7	
TF-2500(高温处理后染液)	669.9	155.3	284.9	

尤为明显,说明染料的聚集态发生变化。分散彩兰 QS-B 和分散深蓝 HGL 也存在类似的现象。不同染料的粒径大小变化规律有所不同,这除了与染料的增溶作用有关外,还与染料、分散剂和匀染剂的结构有关。在图 4 的各粒径分布图中可以看出,不同条件下染料的粒径分布均不相同,也可以说明它们的聚集态发生变化。根据上述现象,表明在高温和匀染剂的作用下,粒径大小均发生变化,温度和匀染剂会影响染料的聚集状态。分散染料上染涤纶的过

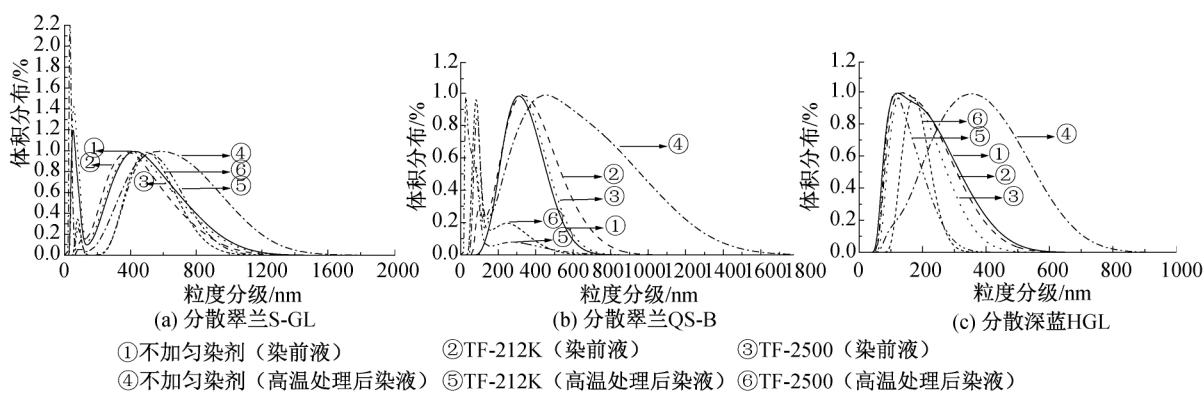


图4 三种蓝色分散染料的染前液与高温处理液中染料的粒径分布图

程,主要是在范德华力作用下,染料以单分子状态与纤维结合,而染料聚集态的变化影响着染料的上染速率,此外,匀染剂的增溶作用也会降低染料对纤维的上染趋势,影响上染速率和上染率,这都是造成染色织物变色的主要原因。

#### 2.4 减小色差方法的建立

在分散染料染色过程中通常需要添加匀染剂,否则容易引起染色不匀的问题,研究发现匀染剂 TF-212 K 匀染效果优于匀染剂 TF-2500。针对添加匀染剂染色与未添加匀染剂染色的织物存在颜色差异的问题,鉴于染料在上染过程中并未发生化学

变化的前提下,可以通过补加染料量,使添加匀染剂的染色织物的染色深度接近未添加匀染剂的染色织物,从而达到缩小颜色差异的目的。染料补加量可以通过染料的提升性实验结果进行预测。首先测试在不同染料量下的染色织物的最大  $K/S$  值,作其拟合直线,并获得拟合直线的方程。根据未加匀染剂需要达到的  $K/S$  值,在添加匀染剂的拟合直线上对应出需要使用的染料量。

测定分散翠兰 S-GL、分散彩兰 QS-B 和分散深蓝 HGL 在有匀染剂作用下,不同染料量的染色织物的最大  $K/S$  值,并绘制对应的拟合曲线,如图 5 所示。

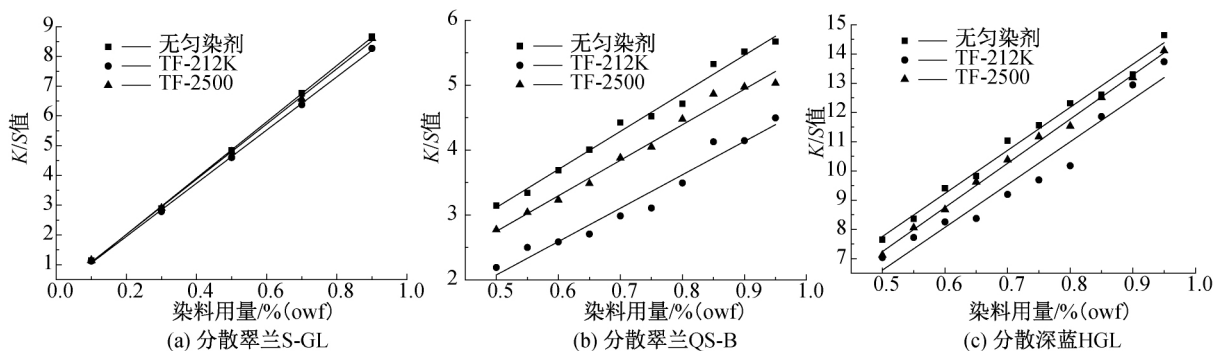


图5 三种蓝色分散染料在无匀染剂染色条件下的提升性拟合直线

由拟合直线可以获得对应的直线方程,如表 3 所示。根据拟合直线方程,可以在相同  $K/S$  值条件下,计算有无添加匀染剂的不同条件下对应的染料量。例如,根据分散翠兰 S-GL 的提升性拟合直线方程  $y = 9.4658x + 0.1243$ 、 $y = 8.9437x + 0.1597$  和  $y = 9.2861x + 0.1575$ ,分别取 0.65% owf、0.87% owf、0.73% owf 的未添加匀染剂、添加匀染剂 TF-212 K 和 TF-2500 的条件下染色,可以达到相近的  $K/S$  值,结果如表 4 所示。与表 1 中使用 0.50% owf 的染料量染色结果相比,  $\Delta a^*$  值、 $\Delta b^*$  值和  $\Delta E$  值均变小。虽然添加匀染剂且补加染料的染色织物还存在一定的色差和颜色偏差,但由于各直线的拟合度不同。所计算补加的染料量有一定的

误差,但再补加适量的染料其色差和颜色偏差可以达到允许的范围内。因此,可以通过改变染料量,减小有无添加匀染剂染色的染色织物的颜色差异。

### 3 结论

本文通过研究染料在纤维上和溶液中的状态,探究了匀染剂对分散染料染色涤纶织物造成变色原因,所得主要结论如下:

a) 在染色过程中添加匀染剂,上染到纤维上的染料结构与原染料的结构相同,表明匀染剂并不会改变纤维上染料的化学结构。

b) 在加入匀染剂高温高压染色后,染料的聚集态发生变化。聚集态与染料舍染液而吸附到纤维趋

表 3 各染料在不同匀染剂条件下染色的织物的提升性拟合直线方程

匀染剂	分散翠兰 S-GL	分散彩兰 QS-B	分散深蓝 HGL
无匀染剂	$y=9.4658x+0.1243$ ( $R^2=0.9999$ )	$y=5.8610x+0.1871$ ( $R^2=0.9938$ )	$y=14.7257x+0.3946$ ( $R^2=0.9944$ )
TF-212 K	$y=8.9437x+0.1597$ ( $R^2=0.9997$ )	$y=5.1421x-0.4925$ ( $R^2=0.9796$ )	$y=14.6324x-0.7094$ ( $R^2=0.9759$ )
TF-2500	$y=9.2861x+0.1575$ ( $R^2=0.9997$ )	$y=5.4714x+0.0147$ ( $R^2=0.9920$ )	$y=15.1004x-0.3096$ ( $R^2=0.9985$ )

表 4 分散翠兰 S-GL 不同条件下的颜色参数

匀染剂	染料量/%(owf)	最大 K/S 值	$\Delta L^*$ 值	$\Delta a^*$ 值	$\Delta b^*$ 值	$\Delta E$ 值
无匀染剂	0.65	5.55	—	—	—	—
TF-212 K	0.87	5.35	0.84	0.55	0.35	0.73
TF-2500	0.73	5.52	0.27	-0.10	-0.92	0.23

注：织物为 5.00 g，所设置的升温曲线与上述染色方法中的相同。

势的改变，影响了染料对纤维的上染速率和上染率，造成了织物上颜色的差异。

c) 可通过计算并适量补加染料获得所需染色结果，减小色差。

参考文献：

[1] 陈斌,张贵.涤纶织物分散染料染色浴中分散匀染剂的应用[J].轻纺工业与技术,2018,47(6):4-7.

[2] Hussain T, Tausif M, Ashraf M. A review of progress in the dyeing of eco-friendly aliphatic polyester-based polylactic acid fabrics[J]. Journal of Cleaner Production, 2015, 108: 476-483.

[3] 李欢欢,方帅军,钱红飞.分散染料热迁移性的影响因素分析[J].印染,2018,44(10):51-54.

[4] 赵晓婷,邱志成,金剑,等.改性聚酯纤维的分散染料低温染色[J].印染,2018,44(11):35-37.

[5] 蒋丽萍,程浩南,董春燕.聚酯纤维节能减排型染色加工技术的概述[J].染整技术,2018,40(5):5-7.

[6] 梁静,钟毅,毛志平,等.晶型对分散染料染色性能的影响[J].纺织学报,2018,39(7):69-73.

[7] 孙超,葛风燕,蔡再生.分散染料在 D5 中的染色[J].产业用纺织品,2018,36(8):21-30.

[8] Li H H, Qian H F, Feng G F. Diversity-oriented synthesis of azo disperse dyes with improved fastness

properties via employing Ugi four-component reaction [J]. Dyes and Pigments, 2019, 165: 415-420.

[9] 王兰,金鲜花,田卫国,等.耐回用水涤纶匀染剂 TF-212BA[J].印染,2018,44(14):45-47.

[10] Tumer M, Tumer F, Kose M, et al. Structural characterizations, photophysical and biological properties of Disperse black 9 dye and  $\pi$ -extended imine derivatives[J]. Dyes and Pigments, 2018, 154: 62-74.

[11] 盛连波. 涤纶染色与分散均染剂研究[D]. 苏州:苏州大学,2017:25-47.

[12] 马雅娟,蒋月亚,管永华.匀染剂在超细纤维染色中的作用机理探讨[J].染整技术,2005,27(1):16-19.

[13] 王阿明,夏良君,王运利.活性红 195 在中性电解质溶液中的聚集行为[J].纺织学报,2019,40(4):77-82.

[14] 宋勇,王力民,晁金光.染色布色差控制浅析[J].印染,2006,32(19):16-19.

[15] 江华,蔡金芳,郑天依,等.酞式噻吩染料的分散性及其对染色性能的影响[J].浙江理工大学学报,2018,39(6):673-679.

[16] 余彩.染色涤纶纤维结构与性能[D].西安:西安工程大学,2016:43-55.

[17] 张昆,房宽峻,陈为超,等.电解质对溶液中活性染料聚集的影响[J].纺织科学与工程学报,2018,35(2):46-50.

(责任编辑:刘国金)