



高耐晒染料 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 的复配性能分析

郭丽雪¹,王成龙^{1,2},黄俊峰²,温卫东²,戚栋明^{1,3},崔志华^{1,3}

(1.浙江理工大学绿色低碳染整技术浙江省工程研究中心,杭州 310018;2.浙江博澳新材料股份有限公司,绍兴 312000;
3.现代纺织技术创新中心(鉴湖实验室),绍兴 312030)

摘要:针对绿色单色分散染料因品种匮乏、耐晒性能欠佳等缺点而难以满足特殊绿色纺织品高耐晒需求的问题,通过染料配伍性研究筛选出了2只耐晒性能优异的蓝色单色染料 C.I.分散蓝 77 与黄色单色染料 C.I.分散黄 54。探究2只染料的复配性能,探讨2只染料不同的混合比例对涤纶纤维染色行为、染色牢度及耐光稳定性的影响。结果表明:2只染料在染色前期易出现染色不同步现象,但在达到染色平衡后可获得良好的染色同步性。提高复配体系中 C.I.分散蓝 77 占比,当复配染料中 C.I.分散黄 54 染色后织物的 K/S 值达到最大时,对应的染色用量由 2% (owf) 提升到了 8% (owf);当 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 的复配比例分别为 1:2、1:3、1:5 及 4:1 时,染色织物耐皂洗牢度和耐摩擦牢度均达到 4~5 级,耐升华牢度达到 3 级以上,耐光稳定性优于 2 只原色染料单独染色织物;当 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 的复配比例为 1:5 时,染色织物耐光稳定性优于大多数绿色商品分散染料,蓝色与黄色染料在涤纶织物上的褪色率仅为 0.63% 和 0.99%。复配得到的绿色分散染料具有较高的耐光稳定性,能够应用于对耐晒牢度要求苛刻的特殊环境,具有良好的实际应用价值。

关键词:分散染料;染色;复配;涤纶;耐光稳定性;配伍性

中图分类号: TS193.6

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851 (2023) 07-0465-11

引文格式:郭丽雪,王成龙,黄俊峰,等.高耐晒染料 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 的复配性能分析[J].浙江理工大学学报(自然科学),2023,49(4):465-475.

Reference Format: GUO Lixue, WANG Chenglong, HUANG Junfeng, et al. Analysis on the compatibility of high light fastness dyes C.I. Disperse Blue 77 and C.I. Disperse Yellow 54[J]. Journal of Zhejiang Sci-Tech University, 2023, 49(4): 465-475.

Analysis on the compatibility of high light fastness dyes C.I. Disperse Blue 77 and C.I. Disperse Yellow 54

GUO Lixue¹, WANG Chenglong^{1,2}, HUANG Junfeng², WEN Weidong², QI Dongming^{1,3}, CUI Zhihua^{1,3}

(1.Zhejiang Provincial Engineering Research Center for Green and Low-carbon Dyeing & Finishing, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2.Zhejiang Boao New Material Co., Ltd., Shaoxing 312000, China; 3.Zhejiang Provincial Innovation Center of Advanced Textile Technology, Shaoxing 312030, China)

Abstract: To address the problem that green monochrome disperse dyes are difficult to meet the needs of high light fastness of special green textiles due to the lack of varieties and poor light fastness, two monochrome dyes with excellent light fastness, namely C.I. Disperse Blue 77 and C.I. Disperse Yellow 54, were selected through the study of the compatibility of the dyes. The blending properties of the two selected dyes were investigated, and the effects of different mixing ratios of the two dyes on the dyeing

收稿日期: 2022-12-28 网络出版日期: 2023-05-05

基金项目: 国家自然科学基金项目(21808210);浙江省“尖兵”“领雁”研发攻关计划项目(2023C01096);浙江省重点研发计划项目(2021C01058)

作者简介: 郭丽雪(1997—),女,黑龙江鸡西人,硕士研究生,主要从事纺织品染整方面的研究。

通信作者: 崔志华, E-mail: zhhcui@zstu.edu.cn

behavior, dyeing fastness and light fastness of polyester fibers were discussed. The results show that the two dyes are prone to dyeing asynchrony in the early stage of dyeing, but good dyeing synchronization can be obtained after reaching the dyeing balance. When the proportion of C.I. Disperse Blue 77 in the complex system is increased, and the K/S value of the fabric dyed by C.I. Disperse Yellow 54 reaches its maximum, the dyeing concentration is increased from 2% (owf) to 8% (owf); when the mixing ratio of C.I. Disperse Blue 77 and C.I. Disperse Yellow 54 is 1:2, 1:3, 1:5 and 4:1, respectively, the soaping fastness and rubbing fastness of the dyed fabric both reach grades 4~5, the sublimation fastness is greater than grade 3, and the light stability is better than that of the fabric dyed with two primary dyes alone; when the mixing ratio of C.I. Disperse Blue 77 and C.I. Disperse Yellow 54 is 1:5, the light stability of dyed fabrics is better than that of most green commodity disperse dyes, and the fading rate of blue and yellow dyes on polyester fabrics is only 0.63% and 0.99%, respectively. The mixed green disperse dyes have high light fastness stability and can be used in special environments with strict requirements for light fastness, and have good practical application value.

Key words: disperse dye; dyeing; compound technology; polyester; light stability; compatibility

0 引言

分散染料是一类具有低水溶性特点的非离子型染料,主要通过氢键、范德华力和偶极力等形式与纤维结合,早期用于醋酸纤维染色,目前主要用于聚酯纤维染色^[1]。然而,目前市场上绿色分散染料品种较为匮乏,能见到的绿色分散染料多为复配所得产品。复配染料是指通过减法混色原理,将色谱环中任意两种或两种以上单色染料混合得到。商品绿色分散染料品种通常由黄、蓝两种原色分散染料复配得到。复配得到的染料在实际应用时,其各项牢度性能是研究者们重点关注的问题。近年来,随着涤纶纺织品被广泛应用于沙漠、高山、海上、户外等场景中,人们对分散染料的耐晒性能提出了更为严苛的要求,但能够满足高耐晒要求的分散染料品种数量仍较为有限^[2]。特别是部分绿色分散染料,常常因复配技术限制,难以满足高耐晒需求。

染料复配技术是将配伍性好的多种染料按照一定的比例混合制得复配染料,从而获得所需色光,或改善染色性能,是染料商品化过程的一种重要手段,同时也是开发深色及超细旦纤维染色品种的有效方法之一^[3-4]。分散染料复配应用过程中,通常会因为染料间的配伍性差出现竞染问题,从而使得复配染料在染色过程中出现上染率低、织物色光难以控制、染色重现性差等问题。因此,在进行多种染料复配时首先要考虑染料之间的配伍性问题,以保证染色同步性。有研究表明,复配染料的日晒牢度普遍低于组分中牢度最低的单色染料,即在染料的复配过程中,若某只染料日晒牢度偏低,即使其占比较小,也会使

复配后的染料日晒牢度劣化^[5-7]。因而,在分析染料间配伍性问题时,还要考虑染料本身的耐晒牢度。

为了开发高耐晒绿色染料品种,满足实际应用需求,本文通过配伍性研究筛选出了耐晒性能优异的黄、蓝两种原色染料,然后通过对比上染速率曲线、提升力曲线、染色同步性等分析二者复配染料的染色行为,最后通过测定不同复配比例在紫外光照射后的耐光稳定性及各项色牢度,分析复配染料的染色性能。本文借助复配技术提高了复配染料的耐光稳定性,可开发出出色光丰富、应用性能好、耐光稳定性优异的高耐晒型绿色分散染料系列品种,具有良好的应用价值。

1 实验部分

1.1 实验材料及仪器

实验材料:普通涤纶机织物(150 g/m²)、C.I.分散蓝 77(工业级)、C.I.分散黄 54(工业级),均购自浙江博澳新材料股份有限公司;分散剂 NNO(分析纯)、丙酮(分析纯)、N,N-二甲基甲酰胺(分析纯)、乙酸钠(分析纯)、冰醋酸(分析纯)、无水乙醇(分析纯)、氢氧化钠(分析纯)、保险粉(分析纯),均购自阿拉丁生化科技股份有限公司(中国上海)。

实验仪器:FA224 型电子分析天平(上海舜宇恒平科学仪器有限公司)、JJ-1 型电动搅拌器(常州晓阳电子仪器厂)、B-260 型恒温水浴锅(上海亚荣生化仪器厂)、UV-2600 型紫外可见分光光度计(日本岛津公司)、QUV/spray 型紫外加速老化试验机(美国 Q-Lab 公司)、RY-25016 M 红外染样机(杭州三锦科技有限公司)、SF600X 测色配色仪(美国 Datacolor 公司)、Y571 L 染色摩擦色牢度仪(浙江

温州纺织仪器厂)、YG605-m 型熨烫升华色牢度仪(温州方圆仪器有限公司)、SW-12A II 耐洗色牢度试验机(温州大荣纺织标准仪器厂)。

1.2 实验方法

1.2.1 分散染料的研磨

准确称取 0.50 g 分散染料、0.25 g 分散剂 NNO、12.00 g 铅珠(0.25 mm)、20 mL 去离子水于砂磨试管中,进行搅拌研磨,按照《染料 扩散性能测试》(GB/T 27597—2011)的相关规定来检测研磨后染料的扩散性能。测试染料的扩散性能,待扩散等级达到 4~5 级后,将得到的分散液用细尼龙布过滤,并将滤液用去离子水定容于 500 mL 容量瓶中。

1.2.2 分散染料的染色

图 1 为分散染料染色工艺曲线。在浴比 1:50 下将涤纶织物及染料放入染杯中,并加入醋酸钠-醋酸缓冲溶液(醋酸钠-醋酸缓冲溶液:将 4.90 mL 冰醋酸、9 g 醋酸钠用去离子水定容于 500 mL 烧杯中,得到 pH 为 4.50~5.50 的缓冲溶液),30 °C 时将染杯放入红外染色机中,以 2 °C/min 升温至 90 °C,再以 1 °C/min 升温至 130 °C 并保温 60 min,随后以 2 °C/min 降温至 60 °C 完成染色,染色后的织物经水洗、还原清洗(条件:1.0 g/L 氢氧化钠,1.7 g/L 保险粉,浴比 1:80,70 °C,30 min)、水洗后自然风下晾干。

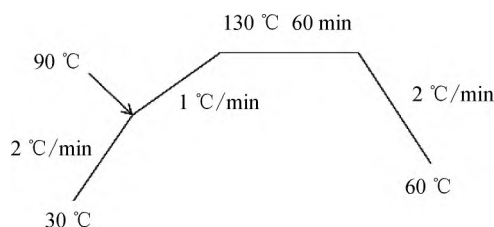


图 1 染色工艺曲线

1.3 测试与表征

1.3.1 染料的紫外-可见吸收光谱

以丙酮为溶剂,分别配制 10 mg/L 的 C.I.分散蓝 77 和 C.I.分散黄 54 溶液。以丙酮为参比液,在 380~800 nm 波长范围内测试染料的紫外-可见分光光度曲线。

1.3.2 染料的上染速率曲线

按图 1 所示工艺及染色处方进行染色,以 80 °C 为第 1 个取样点,隔 15 min 取第 2 个测试点,隔 20 min 取第 3 个测试点,之后隔 10 min 取第 4 个测试点,130 °C 保温 60 min,保温阶段每隔 10 min 取一个测试点。分别吸取适量染前染后液用丙酮定容于 250 mL 容量瓶中,利用紫外分光光度计测试吸光度,通过计算染色后残液与染色原液吸光度的比

值,计算上染率 E 。 E 的计算公式见式(1):

$$E/\% = \left(1 - \frac{N_2 A_2}{N_1 A_1}\right) \times 100 \quad (1)$$

其中: N_2 为染色残液的稀释倍数; N_1 为染色原液的稀释倍数; A_2 为染色残液的吸光度; A_1 为染色原液的吸光度。

1.3.3 染色后织物的 K/S 值测定

将染色织物折叠 4 层,在 D_{65} 光源和 10° 视角条件下,采用测色配色仪测定织物在最大吸收波长处的 K/S 值。

1.3.4 染色后织物的颜色特征值

将染色试样折叠 4 层,在 D_{65} 光源和 10° 视角下,采用测色配色仪测定最大吸收波长下的 L^* 、 a^* 、 b^* 、 C^* 、 H^* 值。

1.3.5 染料在涤纶纤维上的提升力测试

在 0.5% (owf)、1% (owf)、2% (owf)、4% (owf)、6% (owf)、8% (owf) 染料用量下,按 1.2 所示染色工艺及处方进行染色,测定染色织物在最大吸收波长处的 K/S 值,绘制 K/S 值随染料用量变化的提升力曲线。

1.3.6 染色涤纶织物各项色牢度测试

耐洗色牢度测试,按照《纺织品 色牢度试验 耐洗色牢度》(ISO 105—C04:2010)的相关规定进行测试。

耐摩擦色牢度测试,按照《纺织品 色牢度试验 耐摩擦色牢度》(GB/T 3920—2008)的相关规定进行测试。

耐升华色牢度测试,按照《纺织品 色牢度试验 耐升华色牢度》(GB/T 6152—2008)的相关规定进行测试。

耐光稳定性测试,按照《纺织品耐候性 紫外光曝晒》(GB/T 31899—2015)的相关规定进行测试。用单循环测试条件中的试验条件 1 对织物进行测试。通过计算光照前后褪色率 R 的变化,评价复配染料在涤纶织物上的色差及耐光稳定性。褪色率 R 按式(2)计算:

$$R/\% = \frac{K/S(a) - K/S(b)}{K/S(a)} \times 100 \quad (2)$$

其中: $K/S(a)$ 为紫外光照射前染色织物的 K/S 值; $K/S(b)$ 为紫外光照射后染色织物的 K/S 值。

2 结果与讨论

2.1 染料筛选

染料的配伍性不仅会影响不同染料的染色同步性,还会影响染色织物的色光稳定性及重现性。配

伍性好的染料在整个上染过程中始终保持染色速率相近,能保持染浴中和纤维中的染料浓度比例相对稳定,在整个染色过程中染色织物的色相均匀一致,染色重现性好^[8]。因此,染料间的配伍性可以从染色温型、染料结构、染料日晒牢度等角度进行综合分析,具体要求如下:a)同温型染料,不同温型的分散染料间染色性能差异大,上染同步性差;b)染料结构相似,结构差异大的染料染料扩散性和移染性差别大,易导致色花和色差等现象;c)从染料耐光稳定性考虑,选用的染料耐晒牢度应接近,规避因复配染料间日晒牢度差距大而引起的复配分散染料整体耐光稳定性的下降的现象。从耐晒牢度优异的商品染料 C.I.分散蓝 77、C.I.分散蓝 73、分散蓝 D5 与 C.I.分散黄 54 中筛选配伍性好的蓝色与黄色染料组合开展复配染色研究。4 只单色染料的上染速率曲线如图 2 所示。从中可以看出,4 只染料的上染速率曲线具有相似的变化趋势,达到饱和上染的时间接近,且其染色平坦区均在 130 °C 保温区内^[9-11]。4 只染料中 C.I.分散蓝 77、C.I.分散黄 54 与分散蓝 D5 的达到饱和上染时的上染率均较为接近,C.I.分散蓝 73 的上染率要高于其他 3 只染料。

4 种单色染料的结构如图 3 所示。从中可以看出,C.I.分散黄 54 为喹啉结构分散染料,C.I.分散

蓝 77 及 C.I.分散蓝 73 为蒽醌结构分散染料,分散蓝 D5 为偶氮结构分散染料。分散蓝 D5 与其他 3 只染料结构和分子量差异较大,其分子量较大,参与复配易影响复配染料的上染性能及染色牢度^[12]。从表 1 染料的光晒牢度等级可看出:除 C.I.分散黄 54 日晒牢度为 7 级外,C.I.分散蓝 73、C.I.分散蓝 77 及分散蓝 D5 的光晒牢度均达 6~7 级,日晒牢度级数较为接近,综合考虑几只染料的上染性能和染料结构,C.I.分散蓝 77 和 C.I.分散黄 54 具有接近的上染性能,较为相似的结构,相近的耐晒牢度,理论上具有较好的配伍性。因此,本文选用这对原色染料组合开展研究工作。

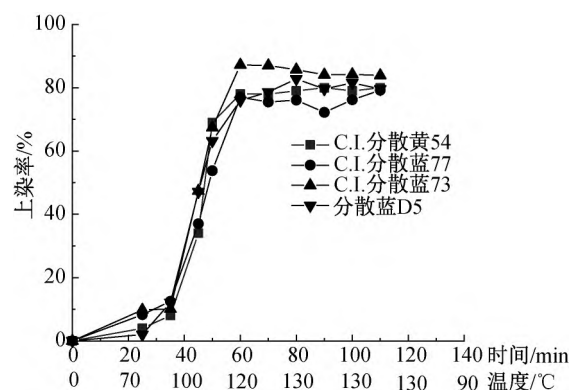


图 2 4 只染料的上染速率曲线

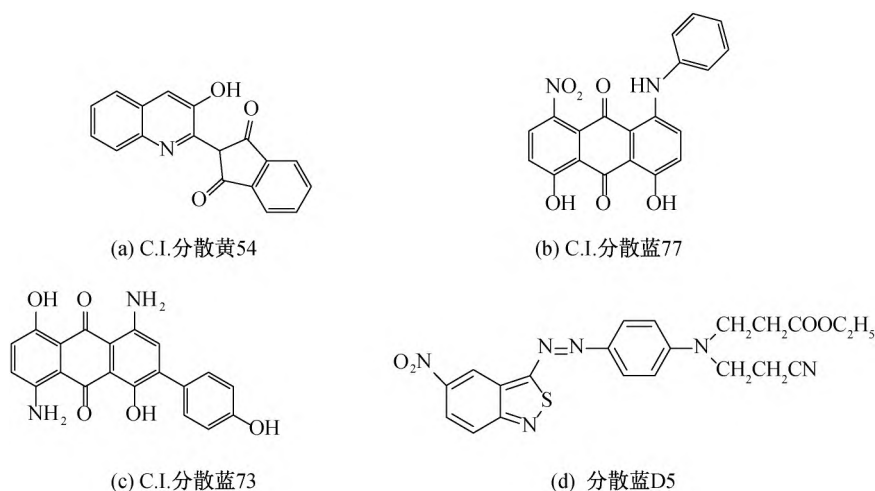


图 3 4 种单色染料结构

表 1 染料耐日晒牢度

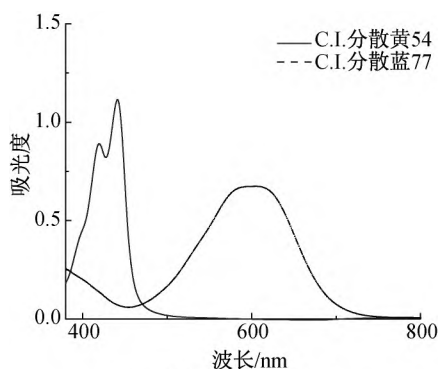
染料	C.I.分散 黄 54	C.I.分散 蓝 77	C.I.分散 蓝 73	分散 蓝 D5
耐日晒牢度/级	7	6~7	6~7	6~7

2.2 单色染料光谱特性与染色性能分析

C.I.分散黄 54 及 C.I.分散蓝 77 在丙酮中的紫外-可见吸收光谱曲线如图 4(a)所示,其中 C.I.分散

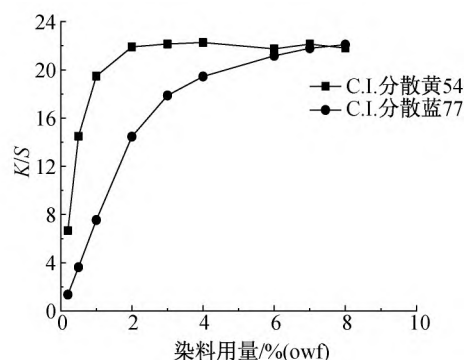
黄 54 的最大吸收波长在 440 nm 处,C.I.分散蓝 77 的最大吸收曲线为 620 nm。从 2 只染料的光色上看,C.I.分散蓝 77 色光为红光蓝,与 C.I.分散黄 54 色光为红光黄,理论上 2 只染料拼色可以得到较为纯正的绿色^[13]。不同最大吸收波长的分散染料,复配时只要比例配合得当,便会有助于染料间产生复配增效作用,得到更丰满的色泽或所需要的色泽。

同时 C.I.分散蓝 77 及 C.I.分散黄 54 的紫外-可见最大吸收波长相距较远,2 只染料吸收峰没有重叠,有



(a) 紫外-可见吸收曲线

利于分别测定 2 只染料的上染率、染色同步性等染色性能。



(b) 提升力曲线

图4 C.I.分散黄 54 及 C.I.分散蓝 77 的紫外-可见吸收曲线图及提升力曲线

染料的提升力,能综合反映染料的上染情况、色光情况及其在纤维上的结构状态,在染料复配前往往往需要对单色染料的提升力曲线进行研究。提升力曲线是指在一定温度下染色平衡时纤维上染料的表现色泽深度(K/S)与初始染浴中染料织物的染色用量(owf)关系曲线。图 4(b)为染色浓度 0.3% (owf)、0.5% (owf)、1% (owf)、2% (owf)、4% (owf)、6% (owf)、8% (owf) 下的 C.I.分散黄 54 及 C.I.分散蓝 77 的提升力曲线。可看出,2 只染料的变化趋势大致相同,即 K/S 值随着初始浓度的增加而增大,当达到一定浓度时变化逐渐平缓。C.I.分散黄 54 在染色浓度为 4% (owf) 时 K/S 值几乎不在变化,C.I.分散蓝 77 在浓度为 6% (owf) 时趋于平衡,C.I.分散蓝 77 较 C.I.分散黄 54 的提升性好。对于拼色而言,复配染料的最大用量不能超过其在涤纶纤维上的最大平衡上染量,即纤维的染色饱和值,染料浓度过大会导致染料的上染百分率降低,染料在染浴中聚集,使匀染性和色光稳定性下降,同时也无法达到理想的染色深度。因此,想要 C.I.分散黄 54 与 C.I.分散蓝 77 拼色得到的分散染料在涤纶纤维上拥有较稳定的色光,复配染料用量不宜超过 4% (owf)。

2.3 染料复配性能分析

2.3.1 涤纶纤维的染色效果

配伍性优良在染料上染速率曲线上主要体现为:相近的上染速率和半染时间。图 5 为 1% (owf) 染料用量下,C.I.分散黄 54 和 C.I.分散蓝 77 的上染速率曲线,以及 2 只染料 1:1 复配染色的上染速率曲线。从图中观察到,C.I.分散蓝 77 和 C.I.分散黄 54 单独应用时的上染速率曲线变化形式相似,拥有较好的上染同步性,且两者半染时间接近,均在 50

~54 min 范围内,达到平衡上染的时间接近;复配染色时 2 只染料在混合体系中各自的上染速率曲线与单独使用时的变化趋势相似,达到染色平衡的时间近似一致,且 C.I.分散蓝 77 复配使用时上染率有所提升,表明 2 只染料应当具有良好的配伍性,可通过复配对涤纶纤维染色。

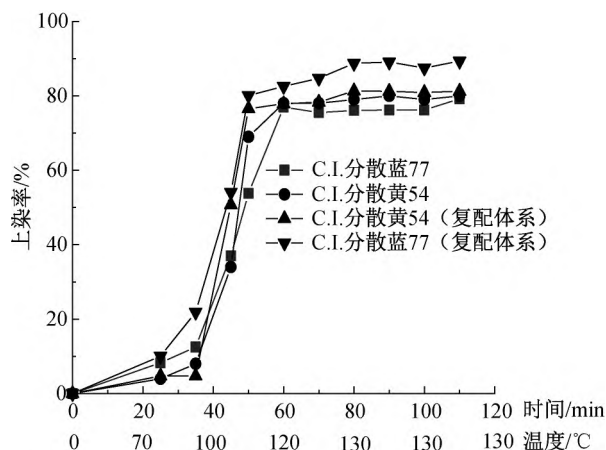


图5 1% o.w.f 染料用量下 C.I.分散黄 54 及 C.I.分散蓝 77 单只及复配体系的上染速率曲线

2.3.2 提升力曲线

图 6 展示了复配染料 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 在复配比例为 1:5、1:3、1:2、1:1、2:1、4:1、5:1 时染料和提升力曲线。从图 6(a)~(d)中可以看出,当染料复配比例为 1:5、1:3、1:2 以及 1:1 时 2 只染料和提升力曲线差距较大,其中 C.I.分散黄 54 在染料总用量为 2% (owf) 时达到染色饱和,C.I.分散蓝 77 在染料总浓度为 8% (owf) 时仍有提升趋势,且提升力曲线呈线性;从图 6(e)~(g)中可看出,当染料复配比例为 2:1、4:1、5:1 时 2 只染料有高度的提升同步性,且 2 只染料在总染色浓度为 8% (owf) 时达到染色饱和,同时 C.I.分散蓝 77 提升

力曲线线性程度下降。即提高复配体系中 C.I.分散黄 54 占比时,2 只染料在复配体系中呈现一定差异化,其中 C.I.分散黄 54 仍保持着如单独应用时的提升趋势,C.I.分散蓝 77 的提升力曲线线性程度较单独

应用时有所提高,而提高 C.I.分散蓝 77 的占比时使得 C.I.分散黄 54 的提升力曲线趋向于 C.I.分散蓝 77 的提升力曲线,二者呈现同步规律性变化,2 只染料提升曲线同步性提高,近似为同一只染料。

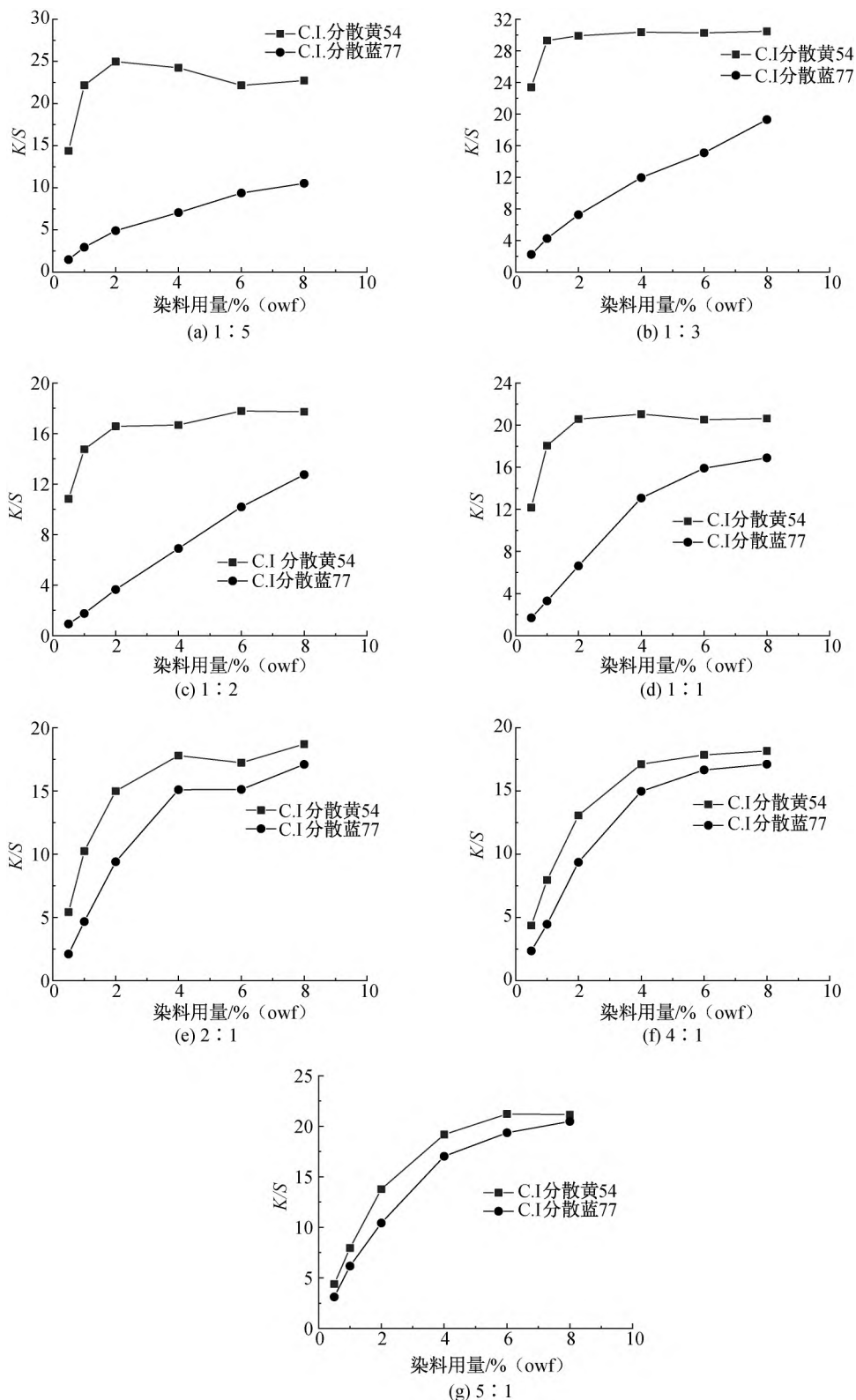


图 6 C.I.分散蓝 77 及 C.I.分散黄 54 复配染色时染料的提升力曲线

通过测定复配染料的提升力曲线,发现随着染料复配比例的变动,复配体系中 2 只染料的提升力曲线呈规律性变化。造成此类现象的原因是不同染料间结构与分子量的差异,导致其在染色过程中对染色纤维的亲合力及其在纤维内部的扩散速率不尽相同。C.I.分散蓝 77 的分子量较 C.I.分散黄 54 大,且其结构中比 C.I.分散黄 54 多一个羟基,这导致 C.I.分散蓝 77 对涤纶纤维的亲合力优于 C.I.分散黄 54。当复配体系中 C.I.分散蓝 77 占比低时,较多的 C.I.分散黄 54 分子因其较小的分子量,会先于 C.I.分散蓝 77 进入纤维内部并完成上染,因此提升力曲线体现出 C.I.分散蓝 77 低占比时对 C.I.分散黄 54 的提升力影响不大,且 2 只染料间能保持一定独立性。当提高 C.I.分散蓝 77 的占比时,即如图 6(e)~(g)所示,较多的 C.I.分散蓝 77 染料分子占据了涤纶织物表面,因其向涤纶纤维内部扩散速度较慢,导致染液中部分 C.I.分散黄 54 染料分子需等织物表面的 C.I.分散蓝 77 染料分子扩散进入纤维内部,才能在涤纶织物表面得到吸附位点进而扩散上染。在不同的染料用量下 C.I.分散黄 54 的吸附扩散均受到了一定限制,延缓了其上染速度,与 C.I.分散蓝 77 形成了同步上染提升。

2.3.3 染色同步性

染料间良好的上染同步性,能使得被染织物的色调或色相始终保持一致,得到稳定的染色性能^[14]。本文通过观察不同比例复配染料的提升力曲线,从中选择具有代表性的复配比例测定染色同步性。图 7 为 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 在 1:5、1:1、5:1 的复配比例下的 K/S 曲线。通过测定不同染色时间下复配染料染色涤纶织物的 K/S 曲线,观察不同染色时间下 2 只染料 K/S 的变化来研究复配染料染色同步性问题。图 7(a)为复配比例为 1:5 时不同染色时间取点所得的拼染织物 K/S 曲线图,图中能够明显观察到 C.I.分散黄 54 与 C.I.分散蓝 77 各自的吸收峰,在 25 min 和 40 min 时,染料上染速率缓慢,固着在涤纶上的染料量少,因而此时涤纶布上的 K/S 较低。当染色时间达到 60 min 时(120 °C),织物达到较高上染,130 °C 保温 20 min 时,上染达到饱和,即固着在涤纶布上的染料量接近不变,此时在涤纶布上体现出较高的 K/S 。从表 2 中可看出,当染色时间低于 80 min(130 °C 保温 10 min)时,C.I.分散黄 54 与 C.I.分散蓝 77 均呈线性上染趋势,在涤纶纤维上的 K/S 不断提高,2 只染料 K/S 值的比值在上染初期波动较大,在 80

min(130 °C 保温 10 min)之后,C.I.分散黄 54 与 C.I.分散蓝 77 在涤纶纤维上的 K/S 随保温时间的延长不再有大程度的提高,曲线趋于平稳,2 只染料染色所得织物 K/S 值的比值趋于平衡。图 7(b)为不同染色时间下 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 为 1:1 时的 K/S 变化曲线,从图中可以看出,当复配比例为 1:1 时,涤纶纤维上的 C.I.分散黄 54 对比 C.I.分散蓝 77 仍具有更高的 K/S 。从表 2 中可观察到,当染色时间在 25~60 min(80~120 °C)阶段内,2 只染料 K/S 值的比值仍存在波动,染色时间达到 70 min(130 °C)时,染色达到平衡,2 只染料 K/S 值的比值趋于不变。图 7(c)为不同染色时间下 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 为 5:1 时的 K/S 变化曲线,从图中可以看出由于 C.I.分散蓝 77 用量的提高,染色平衡时 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 在涤纶织物上的 K/S 近似达到 1:1。从表 2 中可观察到当染色时间在 25~80 min(80~130 °C 保温 10 min)阶段内,2 只染料 K/S 值的比值仍存在一定波动,染色时间达到 90 min(130 °C 保温 20 min)时,染色达到平衡,2 只染料 K/S 值的比值趋于恒定。

从表 2 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 的三个复配组合来看,染色初始阶段 2 只染料的 K/S 值的比值波动最大的复配组合是 1:5,其次为 1:1,复配比例 5:1 的复配组合波动最小。这表明 3 个复配比例中染色同步性最好的是 5:1 的复配组合,这是因为 2 只染料本身结构和分子量存在一定差异,在染色过程中染料对染色纤维的亲合力以及在纤维内部的扩散速率也不同。当 C.I.分散蓝 77 用量占比提高时,在染色初染阶段 C.I.分散蓝 77 对纤维亲合力高会率先吸附在织物表面,缓慢向纤维内部扩散,扩散的同时可能会取代已上染到织物上的亲合力低 C.I.分散黄 54 染料分子,从而产生竞染^[15]。因此,为稳定染色织物的色光,可适当提高复配体系中 C.I.分散蓝 77 的占比。

2.3.4 颜色特征值

研究染料色光随浓度的变化规律,有助于更好地理解平衡上染阶段染料的溶解状态和纤维上染料的超分子状态,也有助于在调整处方时更好地把握色光变化趋势(红移或蓝移)。在 Datacolor 测色配色仪上测定各个复配比例下的 L^* 、 a^* 、 b^* 、 C^* 、 H^* 值,2%(owf)染料用量下 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 复配染料的色度指标见表 3。从表 3 中可以看到,C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 的复配比例由 1:1 变为 5:1 时: L^* 值由 37.56 变为 35.64, a^*

值由-18.74 变为-29.96,均呈下降趋势;当 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 的复配比例由 1:2 变为 1:5 时, L^* 值由 42.72 变为 51.26, a^* 值由-15.55 变为-9.21,均呈上升趋势。当提高 C.I.分散蓝 77

的用量时 L^* 值减小,此时在涤纶纤维上得到的森绿色,提高 C.I.分散黄 54 的占比时, L^* 值增大,在涤纶纤维上呈现较为鲜亮的果绿色。

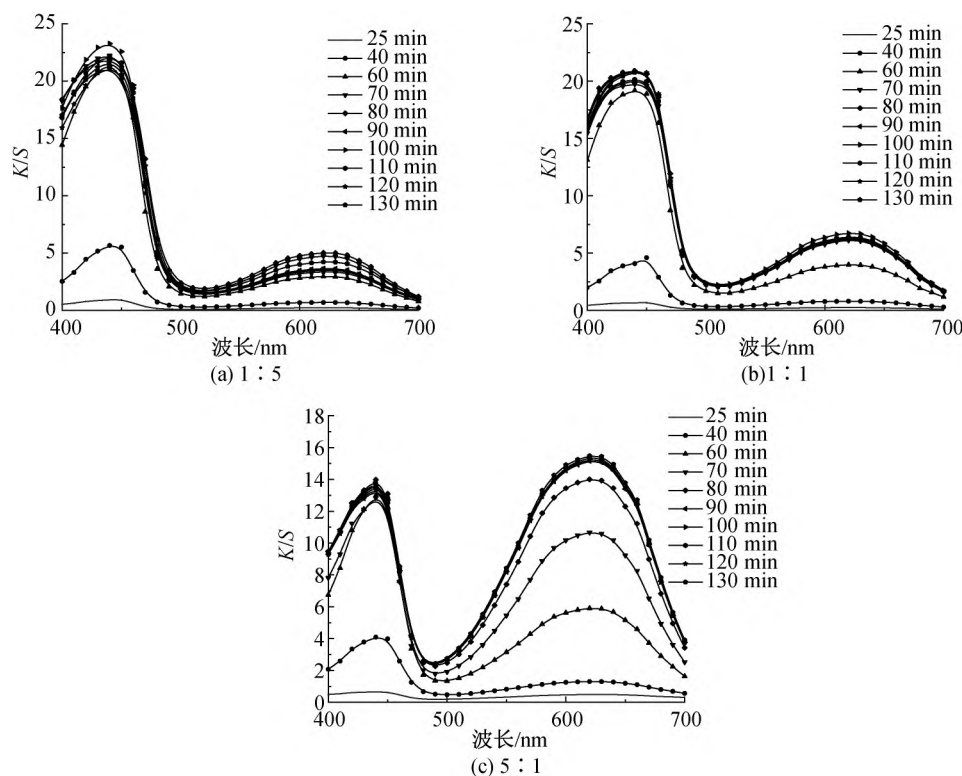


图 7 不同染色时间下 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 不同复配比下的染色涤纶织物的 K/S 变化曲线

表 2 三个复配比例下的不同染色时间下最大吸收波长处 K/S 值

复配染料 比例	K/S 值 变化量	染色时间/min(染色温度/℃)									
		25 (80)	40 (100)	60 (120)	70 (130)	80 (130)	90 (130)	100 (130)	110 (130)	120 (130)	130 (130)
1:5	$K/S(a)$	0.938	5.675	21.412	22.236	21.849	21.604	23.279	22.134	21.127	21.071
	$K/S(b)$	0.239	0.704	2.966	4.742	5.033	3.658	3.596	3.513	3.372	4.232
	$K/S(c)$	3.930	8.065	7.220	4.689	4.341	5.906	6.474	6.301	6.266	4.978
1:1	$K/S(a)$	0.708	4.602	19.194	19.744	20.895	20.026	20.866	20.149	20.885	20.773
	$K/S(b)$	0.255	0.804	3.991	6.116	6.231	6.292	6.738	6.404	6.318	6.291
	$K/S(c)$	2.772	5.727	4.809	3.229	3.353	3.183	3.097	3.146	3.306	3.302
5:1	$K/S(a)$	0.651	4.090	12.968	12.833	13.983	13.814	13.602	13.728	13.348	13.448
	$K/S(b)$	0.491	1.304	5.908	10.673	14.002	15.151	15.241	15.368	15.236	15.474
	$K/S(c)$	1.327	3.137	2.195	1.202	0.999	0.912	0.893	0.893	0.876	0.869

注: K/S 均在最大吸收波长处测得。 $K/S(a)$ 为 C.I.分散黄 54 最大吸收波长处的 K/S 值; $K/S(b)$ 为 C.I.分散蓝 77 最大吸收波长处的 K/S 值; $K/S(c)$ 为 $K/S(a)$ 与 $K/S(b)$ 的比值。

图 8 为 D65 光源下 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 不同复配比下的染色涤纶织物照片。从图 8 织物的颜色来看,C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 的复配比例为 5:1 时,理论上 a^* 值越小,色光越偏向绿色, a^* 值越大,色光偏向红色; b^* 值越大,色光偏向黄色, b^* 值越小,色光偏向蓝色。从 Lab 值来看,

C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 复配比例为 4:1、5:1 时, a^* 值分别为-29.76、-29.96,在全部复配比例中较小,涤纶纤维呈现较为纯正的森绿色;而提高 C.I.分散黄 54 占比时, a^* 值变小, b^* 值增大,涤纶纤维多呈青绿色。

表 3 2% (owf)染料用量下复配染料的颜色指标

复配染料比例	L^*	a^*	b^*	C^*	H^*
1:1	37.56	-18.74	15.08	37.54	134.21
2:1	31.93	-21.79	-2.22	31.65	153.94
3:1	46.76	-23.60	37.50	31.70	156.95
4:1	35.04	-29.76	9.81	31.34	161.75
5:1	35.64	-29.96	9.20	31.34	162.93
5:2	35.28	-28.47	16.36	32.83	150.12
1:2	42.72	-15.55	26.74	39.85	126.13
1:3	46.71	-13.13	33.16	43.43	117.52
1:3.5	47.62	-12.32	35.19	39.70	126.94
1:4	49.46	-11.40	38.10	47.74	112.11
1:5	51.26	-9.21	42.06	47.63	113.05

图 8 D_{65} 光源下 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 不同复配比下的染色涤纶织物照片

2.3.5 复配染料染色织物的耐光稳定性

通过紫外老化加速仪对还原清洗后的拼色涤纶织物曝晒 8 h,测定曝晒前后复配成分中 C.I.分散黄 54 和 C.I.分散蓝 77 的 K/S 值,计算得到褪色率。褪色率越小,表明涤纶织物上的拼色染料受紫外光照射影响越小,表示其在织物上具有良好的耐光稳定性。C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 在不同复配

比例下,染色涤纶织物经紫外光照射前后的 K/S 值及褪色率见表 4,从表 4 中可以看出,当 C.I.分散黄 54 与 C.I.分散蓝 77 的复配比例为 1:2、1:5 时,2 只染料在涤纶织物上具有较低的褪色率,这表明适当提高 C.I.分散黄 54 的占比,会使得黄、蓝 2 只单色染料在织物上都具有较低的褪色率,表现出优异的耐光稳定性。

表 4 2% (owf)染料用量下不同复配比例的复配染料经紫外老化照射前后在涤纶上的 K/S 值

复配染料比例	C.I.分散黄 54(440 nm)		C.I.分散黄 54 褪色率/%	C.I.分散蓝 77(620 nm)		C.I.分散蓝 77 褪色率/%
	K/S 值(前)	K/S 值(后)		K/S 值(前)	K/S 值(后)	
单只染料(未复配)	21.56	21.20	1.67	13.39	13.14	1.87
1:1	21.67	21.42	1.15	6.44	6.32	1.86
2:1	20.63	20.16	2.28	8.82	8.50	3.63
3:1	18.93	18.42	2.69	10.16	9.85	3.05
4:1	17.05	16.81	1.41	10.57	10.47	0.95
5:1	15.91	15.23	4.27	11.77	11.28	4.16
5:2	19.87	19.43	2.21	9.81	9.56	2.55
1:2	21.97	21.79	0.82	4.04	4.00	0.99
1:3	22.10	21.81	1.31	2.99	2.98	0.33
1:4	22.43	22.06	1.65	2.42	2.39	1.24
1:5	22.05	21.91	0.63	2.03	2.01	0.99

从表 4 复配染料染色涤纶织物经紫外光照射前后 K/S 值可以看出,当 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 的复配比例为 1:2、1:3、1:5、4:1 时 2 只染料在涤纶纤维上的照射前后 K/S 值变化较小,复配比例为 1:5 时 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 经紫外光照射前后 K/S 值变化最小。但从图 9 在以上 4 个复配比例下得到的染色涤纶织物 K/S 曲线中可看到,1:5 的复配比例下,黄蓝 2 只染料的 K/S 值

差距较大,在涤纶纤维上呈现黄多蓝少的情况。从耐光稳定性角度来看,复配比为 1:5 时得到的拼染涤纶织物受紫外光照射的影响最小,在涤纶织物上能体现出较好的耐光稳定性;从色光稳定性角度考虑,当复配比为 4:1 时,2 只染料在涤纶布上的 K/S 值最为接近,在涤纶纤维上分布较为均匀,易于得到稳定的色光及染色重现性。

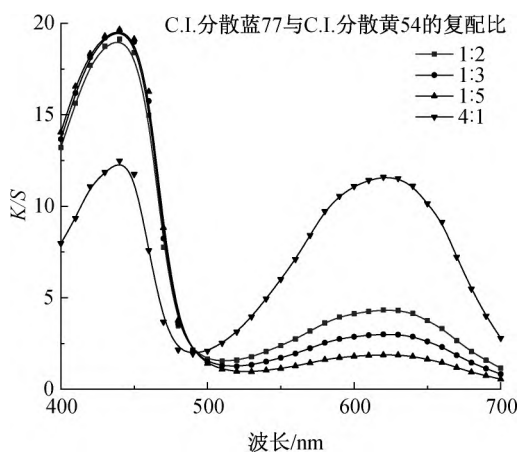


图9 2%(owf)染料用量下4个褪色率较小的混拼染料在涤纶织物上的K/S值曲线

2.3.6 染色织物色牢度

色牢度是指染色织物在使用过程中或在以后的加工过程中,染料或颜料在各种外界因素影响下,能

保持原来颜色状态的能力。本实验分别测定 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 在 1:1、2:1、3:1、4:1、5:1、1:2、1:3、1:4 等 8 种复配比例下的耐皂洗牢度、耐摩擦牢度、耐升华牢度,在 2%(owf)染料用量下,得到的不同复配比例染色涤纶织物色牢度等级见表 5。从表 5 可以看出,各个拼色比例下的涤纶织物,除了受染料分子量影响较大的耐升华牢度偏低以外,耐皂洗牢度和耐摩擦牢度均较为良好。

综上所述,当 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 复配比例为 1:1、2:1、3:1、4:1、5:1 时,2 只染料在涤纶纤维上的耐皂洗牢度、耐干摩擦牢度均达到了 5 级,尤其在复配比为 5:1 时,复配体系中 C.I.分散蓝 77 占比最高,复配染料的综合牢度达到最优。这与染料本身牢度性能有关,C.I.分散蓝 77 较 C.I.分散黄 54 有更好的耐皂洗、耐摩擦、耐升华牢度,因此在复配使用时,通过调整其用量,平衡复配体系的各项染色性能。

表5 2%(owf)染料用量下复配染料染色涤纶织物的色牢度

复配染料比例	耐皂洗牢度/级		耐摩擦牢度/级		耐升华牢度/级	
	沾涤	沾棉	干摩擦	湿摩擦	沾涤	沾棉
1:1	5	5	5	4~5	3~4	4
2:1	5	5	5	4~5	3~4	4
3:1	5	5	5	5	3~4	4
4:1	5	5	5	5	3~4	4
5:1	5	5	5	5	4	4
1:2	4~5	4~5	5	5	3	3~4
1:3	4~5	4~5	5	5	2~3	3
1:5	4~5	4~5	5	4~5	3	3~4

3 结 论

本文对若干只分散染料进行了配伍性研究,从中挑选出耐晒牢度优良的 C.I.分散蓝 77 和 C.I.分散黄 54 单色染料,将 2 只染料按照不同复配比例进行复配,得到了一系列绿色分散染料。通过研究复配染料的上染速率曲线、不同复配比例下 2 只单色染料的提升力曲线以及染色同步性,分析了复配染料的染色性能。此外,通过紫外加速老化法评定了染色织物的耐光稳定性。具体结论如下:

a)通过染料间的配伍性分析得到,C.I.分散蓝 77 及 C.I.分散黄 54 具有相似的上染特性,即二者上染速率曲线变化趋势相近,半染时间接近,且均具有良好的耐晒牢度,可作为复配染料拼染绿色。

b)随着复配染料中 C.I.分散蓝 77 占比的提高,黄蓝 2 只染料提升力曲线呈现同步规律性变化,提

升力曲线同步性提高,在复配比例 2:1、4:1、5:1 时体现出良好的提升同步性。

c)C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 复配比例为 1:5、1:1、5:1 时,在染色初始阶段,复配染料染色呈现出较差的染色同步性,随着染色时间的增长,染色同步性逐渐变好。

d)当 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 的复配比例为 1:5 时,2 只染料在涤纶织物上的褪色率仅为 0.63% 和 0.99%,且该比例下复配染料染色织物 L^* 值为 51.26, a^* 值为 -9.21, b^* 值 42.06, C^* 值 47.63, H^* 值为 113.05;当 C.I.分散蓝 77 与 C.I.分散黄 54 的复配比例为 5:1 时,复配染料在涤纶织物上具有良好的染色同步性,该比例下染色的涤纶织物可以得到较好的耐光稳定性及优异的耐皂洗、耐摩擦色牢度,且该比例下复配染料染色织物 L^* 值为 35.64, a^* 值为 -29.96, b^* 值 9.20, C^* 值 31.34, H^* 值为 162.93。

参考文献:

- [1] 倪鹏程, 叶国建, 袁昆山, 等. 氨纶分散染料的研究进展[J]. 合成纤维, 2022, 51(11): 26-29.
- [2] 崔志华, 郭丽雪, 王星. 耐晒型蒽醌分散染料及其制备方法: CN113930085A[P]. 2022-01-14.
- [3] 陈荣圻. 浅谈分散染料与活性染料复配技术(一)[J]. 印染, 2010, 36(7): 45-48.
- [4] 邱靖斯. 基于量子化计算的黑色分散染料复配研究[D]. 绍兴: 绍兴文理学院, 2022: 3-6.
- [5] 林本轩. 基于改善分散染料商品化性能的研究: 分散红 3B 宽应用性能及高牢度分散染料复配[D]. 苏州: 苏州大学, 2011: 67-69.
- [6] 汪雪松, 张立富, 张叶青, 等. 高耐日晒色牢度分散染料发展状况综述[J]. 纺织报告, 2021, 40(6): 1-4.
- [7] 崔浩然. 分散染料浸染的配伍技术(1)[J]. 染整技术, 2008, 30(11): 37-40.
- [8] Ketema A, Worku A. Review on intermolecular forces between dyes used for polyester dyeing and polyester fiber[J]. Journal of Chemistry, 2020, 2020: 1-7.
- [9] 张苗, 胡玲玲, 赵磊, 等. C.I.分散蓝 56 代用染料研究(二): 染料的配伍性和色牢度[J]. 印染, 2021, 48(9): 23-27.
- [10] 陶彬彬, 蒋泽权, 何江伟, 等. 两支单偶氮型复合分散染料的制备及性能[J]. 印染, 2022, 48(9): 40-43.
- [11] 栾金鑫, 余波, 叶厅, 等. 活性染料的配伍性[J]. 染整技术, 2021, 43(6): 24-27.
- [12] 漏秀文, 赵雪, 展义臻. 分散染料分子结构对涤纶织物染色性能的影响[J]. 印染, 2021, 47(1): 15-19.
- [13] 董振礼, 郑宝海, 钊桂芬. 测色与计算机配色[M]. 3 版. 北京: 中国纺织出版社, 2017.
- [14] Beckmann W, Hoffmann F, Otten H G. Practical significance, theory and determination of compatibility of dyes on synthetic-polymer fibres[J]. Journal of the Society of Dyers and Colourists, 1972, 88(10): 354-360.
- [15] 左津梁. 分散染料三原色在超临界 CO₂ 中对涤纶染色的拼色研究[D]. 上海: 东华大学, 2010: 19-20.

(责任编辑:刘国金)