

# 低熔点皮芯复合纤维性能分析及分散染料染色工艺

丁飞飞, 汪 澜

(浙江理工大学 先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 杭州 310018)

**摘 要:** 在分析低熔点皮芯复合纤维的化学结构、结晶性能、热性能、吸湿性及物理机械性能的基础上,选择分散红玉 SE-GFL、分散黄 M-4GL 和分散蓝 2BLN 对低熔点皮芯复合纤维进行染色,研究了染色温度、时间、pH 值和浴比各单因素对染色性能的影响;并通过正交试验和极差分析确定了其分散染料染色最佳工艺为:温度 85℃、pH 值 5.5、浴比 1:30。实验结果表明:低熔点皮芯复合纤维经该最佳工艺染色后的色深度和色牢度接近或超过普通聚酯纤维高温高压染色的相关指标。

**关键词:** 低熔点皮芯复合纤维; 分散染料; 染色工艺; 色深度; 色牢度

**中图分类号:** TS193.638

**文献标识码:** A

低熔点聚酯是一种具有较低熔点的新型改性聚酯,通过在普通聚酯的聚合过程中加入多种改性组分,改变 PET 的分子结构,同时降低其结晶度,从而达到降低熔点的目的<sup>[1]</sup>。低熔点聚酯与常规聚酯化学结构相似,熔点一般在 90~180℃之间。它保留了聚酯原有的特性,同时具有熔点低,流动性好的特点,还与普通聚酯有很好的相容性。另外,低熔点聚酯可以与普通聚酯复合纺丝得到皮芯复合纤维,该复合纤维可与羊毛混纺来改善毛织物的尺寸稳定性和抗起毛起球性<sup>[2-3]</sup>。

目前对低熔点聚酯的合成、结构以及性能的研究较多,低熔点皮芯复合纤维改善毛织物抗起毛起球性的研究也不少,但对其染色技术的研究还未见报道。因此,对该低熔点皮芯复合纤维进行分散染料染色技术研究具有重要意义。

## 1 实验部分

### 1.1 材料与药品

普通聚酯纤维(2.2 dtex,51 mm),低熔点皮芯复合纤维(2.2 dtex,51 mm);分散红 FB(200%),分散黄 E-3G(200%),分散蓝 2BLN(100%),分散红 ACE,分散黄 ACE,分散蓝 ACE,分散红玉 SE-GFL(200%),分散黄 M-4GL(200%),分散蓝 RSE(200%)(浙江龙盛);醋酸(AR),扩散剂 NNO(工业用),皂片(工业用),Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(AR)等。

### 1.2 仪器与设备

JSM-5610LV 扫描电镜(日本电子公司),ARL XTRA 型多晶粉末 X-射线衍射仪(Thermo ARL 公司),PerkinElmer Pyris 1 TGA(美国 Perkin-Elmer 公司),Spectrum One 傅立叶变换红外光谱分析仪(美国 Perkin-Elmer 公司),IR-12 型红外染色机(台湾新瑞开发科技有限公司),UV-2550 紫外分光光度计(Shimadzu Corporation),雷磁 PHS-3C 型 pH 计,DHG-9140A 型电热恒温鼓风干燥箱,SHA-C 数显水浴恒温振荡器(常州国华电器有限公司),FA2004 电子天平(天津市天有利有限公司),风冷式日晒试验机(美国 Atlas 公司),YG(B)605 型熨烫升华色牢度试验仪(温州大荣纺织标准仪器厂)等。

1.3 纤维性能测试方法

1.3.1 形态结构

将低熔点皮芯复合纤维用环氧树脂包埋,液氮冷却后脆断,镀金后用 JSM-5610LV 扫描电镜观察该纤维的截面。测试条件:温度 20℃。

1.3.2 化学结构

将普通聚酯纤维和低熔点皮芯复合纤维切片,采用 Spectrum One 傅立叶变换红外光谱仪分别对这两种聚酯纤维进行分析。测试条件:采用溴化钾切片法,恒温 20℃。

1.3.3 结晶性能

将普通聚酯纤维和低熔点皮芯复合纤维切片,采用 X-衍射仪分别对这两种聚酯纤维进行分析。测试条件:仪器管电压 40 kV、管电流 70 mA、扫描速度为 4°/min,在  $2\theta=5\sim50^\circ$  范围内读取数据,步宽为 0.1°。

1.3.4 热性能

将普通聚酯纤维和低熔点皮芯复合纤维切片,采用 PerkinElmer Pyris 1 TGA 分别对这两种聚酯纤维进行分析。测试条件:氮气流量 20 mL/min、升温速率 20 °C/min、测量温度范围 40~700℃。

1.3.5 回潮率

称取一定量纤维在恒温恒湿室内平衡 24 h,放入称量瓶中准确称量(0.000 1 g),然后再将纤维放入称量瓶中置于 60℃ 条件烘箱中,烘 3 h,然后移入干燥器内,冷却至室温再称干重,再烘 30 min,再称重,直到恒重。

回潮率=(织物吸湿后的重量-织物干重)/织物干重×100%

1.3.6 拉伸性能

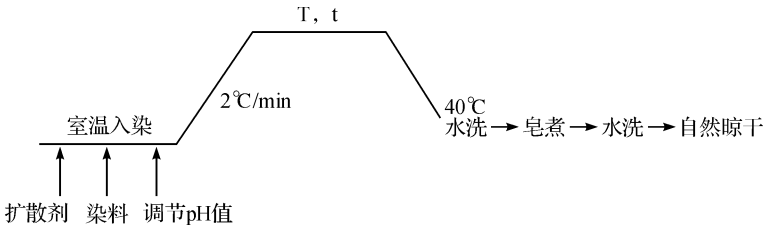
采用 YG004 型电子单纤维强力仪分别对普通聚酯纤维和低熔点皮芯复合纤维进行测试。测试条件:隔距长度 20 mm,拉伸速度 20 mm/min,预加张力 0.75 cN/tex。

1.4 染色工艺实验及测试方法

1.4.1 染色工艺处方

|               |                                       |
|---------------|---------------------------------------|
| 扩散剂 NNO/(g/L) | 2;                                    |
| 分散染料/%(owf)   | 1;                                    |
| 温度/℃          | 70、75、80、85 和 90;                     |
| 时间/min        | 30、45、60、75 和 90;                     |
| pH 值(用醋酸调节)   | 4.0、4.5、5.0、5.5 和 6.0;                |
| 浴比            | 1 : 20、1 : 30、1 : 40、1 : 50 和 1 : 60。 |

1.4.2 染色工艺流程



1.4.3 正交试验

本文在单因素分析的基础上,固定染料用量 1%(owf)和染色 pH 值 5.5,以染色温度(75、80、85℃)、时间(45、60、75 min)和浴比(1 : 20、1 : 30、1 : 40)进行三因素三水平正交试验。

1.4.4 上染百分率的测定<sup>[4]</sup>

采用残液法,用紫外/可见分光光度仪测定吸光度(染液中加入丙酮溶解染料),染色前后染液在最大吸收波长下的吸光度分别为  $A_0$ 、 $A_i$ ,按下列公式计算上染率:

上染率= $\frac{A_0-A_i}{A_0}\times100\%$

1.4.5 K/S 值的测定

表观颜色深度用 K/S 表示,其大小用 Kubelka-Munk 公式表示为  $K/S=(1-R)^2/2R$ , R 为最大吸收波

长处的反射率。在 Datacolor SF600 型计算机测色配色仪上采用 D65 光源和 10° 视场测定。

1.4.6 色牢度的测定<sup>[5]</sup>

耐晒色牢度参照 GB/8427—87《纺织品 光致变色的检验和评定测试方法》测定;耐洗色牢度参照 GB/T3921.3—1997《纺织品 色牢度试验耐洗色牢度》测定;耐热压色牢度参照 GB/T6152—1997《纺织品 色牢度试验耐压色牢度》测定。

2 结果与讨论

2.1 低熔点皮芯复合纤维的性能分析

2.1.1 形态结构

用扫描电镜观察低熔点皮芯复合纤维截面形态,结果如图 1 所示。

从图 1 可以看出,低熔点皮芯复合纤维由低熔点聚酯与普通聚酯皮芯复合制得,其中芯层是普通聚酯,皮层是低熔点聚酯,且皮芯复合比一般在 50 : 50 左右。由于芯层的主体纤维采用了普通聚酯,故有利于保持纤维的力学性能。合适的皮层比例才能保证形成较佳的皮芯复合结构,若过高会使纤维强度较低,过低又容易使皮层破裂。

2.1.2 化学结构

纤维自身的化学结构决定了其性能和染色机理。为了探讨改性组分是否会影响聚酯纤维的化学结构,故采用 Spectrum One 傅立叶变换红外光谱分析仪分别测定普通聚酯纤维和低熔点皮芯复合纤维的化学结构,结果如图 2 所示。

由图 2 可知,两种聚酯纤维的红外光谱吸收曲线未见明显区别,聚酯纤维的特征峰,即酯羰基的吸收峰 1 709.7  $\text{cm}^{-1}$  处未发生一定的位移,同时在 1 300~1 000  $\text{cm}^{-1}$  区的 C—O—C 的不对称伸缩振动(1 300~1 150  $\text{cm}^{-1}$  附近有较强峰)和对称伸缩振动(1 140~1 030  $\text{cm}^{-1}$  附近有较弱峰)也没有发生变化,说明两种纤维的化学结构没有明显区别。这主要是因为低熔点聚酯是通过在普通聚酯的聚合过程中加入间苯二甲酸(IPA)和己二酸(AA)这两种典型化学结构的改性组分,仅仅只破坏了分子链的规整性,降低了结晶的完善性,而未改变它的化学结构。因此仍然可以选择分散染料进行染色。

2.1.3 结晶性能

为了研究改性组分对聚酯纤维结晶度的影响,采用 X-射线衍射法分析了普通聚酯纤维和低熔点皮芯复合纤维结晶形态的变化,结果如图 3 所示。

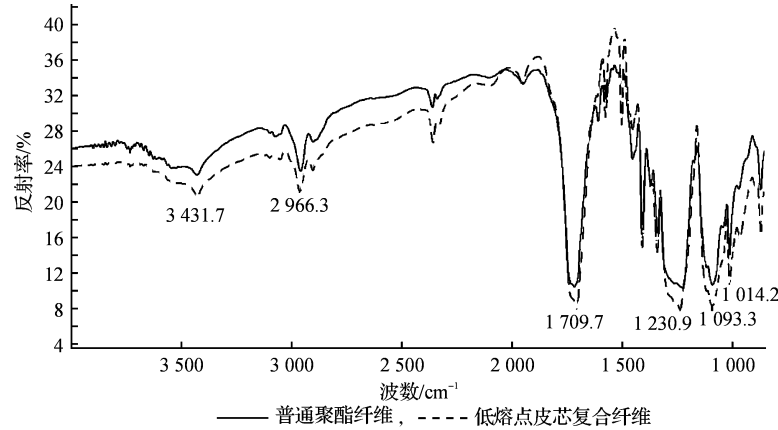


图 2 两种聚酯纤维的红外光谱图

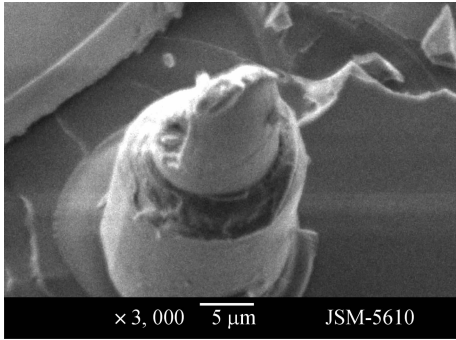
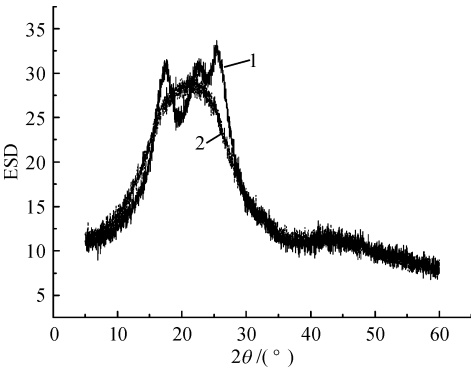


图 1 低熔点皮芯复合纤维的横截面图



1. 普通涤纶纤维, 2. 低熔点皮芯复合纤维

图 3 两种聚酯纤维的 XRD 谱图

由图 3 可知,普通聚酯纤维的结晶性能较好,而低熔点皮芯复合纤维的 XRD 谱图是馒头峰,说明该纤维分子链排列比较混乱,结晶的完善性差。因此,与普通聚酯纤维相比,低熔点皮芯复合纤维结构比较疏松,染

料分子更容易扩散进入纤维内部,所以在染色过程中可以适当降低染色温度。

2.1.4 热性能

影响纤维热稳定性的因素主要有化学和物理两方面。在化学方面,进行表面改性、氧化等都可以改变纤维聚合物的热稳定性;在物理原因方面,进行拉伸、辐射处理等也可以改变纤维的热稳定性。改性组分对聚酯纤维热性能的影响如图 4 所示。

由图 4 可知,低熔点皮芯复合纤维的热性能比普通聚酯纤维的热性能略差些,初始裂解温度也略有下降。普通聚酯纤维初始裂解的温度为 407.86℃,低熔点皮芯复合纤维初始裂解的温度为 402.27℃,这主要是低熔点皮芯复合纤维结晶度很低,无定形区增大,分子链更加柔软、蓬松,所以导致了它的热稳定性略有降低。

2.1.5 吸湿性

纺织品的吸湿量常以回潮率表示。由实验可得普通聚酯纤维的回潮率为 0.559%,低熔点皮芯复合纤维的回潮率为 0.663%,由此可知低熔点皮芯复合纤维的吸湿性略好于普通聚酯纤维的吸湿性。这主要是改性组分破坏了低熔点皮芯复合纤维结晶完整性和无定形区的有序程度,从而为水分子提供了更多的空间。

2.1.6 拉伸性能

为了研究改性组分对聚酯纤维物理机械性能的影响,对普通聚酯纤维和低熔点皮芯复合纤维的强力等参数进行测试,取其平均值,结果如表 1 所示。

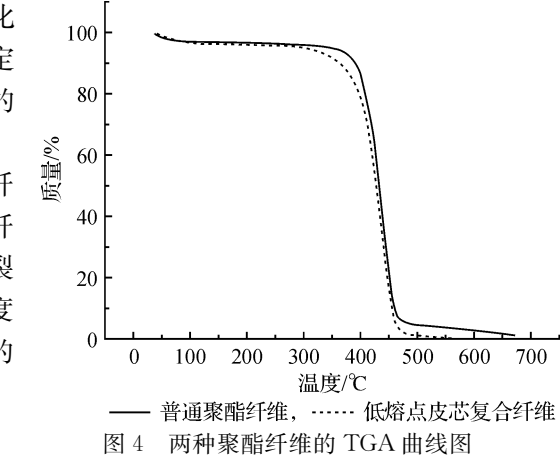


表 1 两种聚酯纤维的物理机械性能

|           | 强力/cN | 断裂延伸率/% | 断裂时间/s |
|-----------|-------|---------|--------|
| 普通聚酯纤维    | 10.82 | 29.59   | 17.75  |
| 低熔点皮芯复合纤维 | 10.76 | 45.25   | 27.11  |

由表 1 可知,低熔点皮芯复合纤维和普通聚酯纤维的强力相差不大,但其断裂延伸度要远远大于普通聚酯纤维。

2.2 低熔点皮芯复合纤维的分散染料染色工艺研究

合适的分散染料类型能有效地提高低熔点皮芯复合纤维的染色性能。故用不同类型的分散染料在染色温度 80℃,pH 值 5.0、浴比 1:30 的条件下对其染色 60 min,结果如表 2 所示。

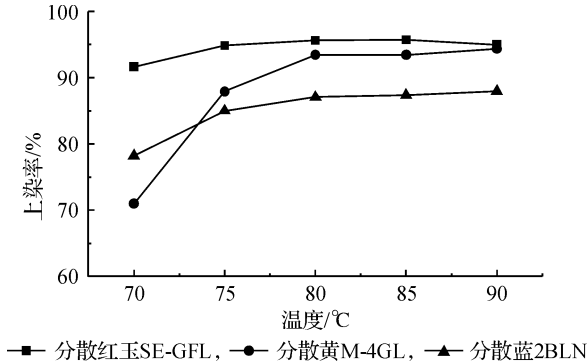
表 2 分散染料类型对低熔点皮芯复合纤维染色性能的影响

| 染料名称  | 分散红<br>FB | 分散黄<br>E-3G | 分散蓝<br>2BLN | 分散红<br>ACE | 分散黄<br>ACE | 分散蓝<br>ACE | 分散红玉<br>SE-GFL | 分散黄<br>M-4GL | 分散蓝<br>RSE |
|-------|-----------|-------------|-------------|------------|------------|------------|----------------|--------------|------------|
| 上染率/% | 88.20     | 67.10       | 87.06       | 91.23      | 95.71      | 81.29      | 95.64          | 93.44        | 66.40      |

从表 2 可以看出,分散红玉 SE-GFL、分散红 ACE、分散黄 ACE、分散黄 M-4GL 和分散蓝 2BLN 在低熔点皮芯复合纤维的上染率较高,均在 87%以上。考虑到色光和色深度等因素,选择分散红玉 SE-GFL、分散黄 M-4GL 和分散蓝 2BLN 3 只分散染料对低熔点皮芯复合纤维进一步进行染色试验。

2.2.1 染色温度对低熔点皮芯复合纤维染色性能的影响

用分散红玉 SE-GFL、分散黄 M-4GL 和分散蓝 2BLN 以 1%(owf)的染料浓度,在 pH 值 5.0、浴比 1:30,分别于 70、75、80、85℃ 和 90℃ 对低熔点皮芯复合纤维染色 60 min,染色温度与分散染料在低熔点皮芯复合纤维的上染率关系如图 5 所示。



由图 5 可知,3 只分散染料对低熔点皮芯复合纤维的上染率都随温度升高而升高,当温度到达 80℃以后逐渐趋于平衡。故将染色温度暂定为 80℃。

2.2.2 染色时间对低熔点皮芯复合纤维染色性能的影响

在染色温度为 80℃、pH 值 5.0、浴比 1：30 时,对低熔点皮芯复合纤维分别染色保温 30、45、60、75 min 和 90 min。染色时间与分散染料在低熔点皮芯复合纤维的上染率关系如图 6 所示。

由图 6 可知,在染色保温时间为 0~60 min 时,随着染色时间的增加,分散染料对低熔点皮芯复合纤维的上染率都有所增大;但随时间的进一步延长,分散红玉 SE-GFL、分散黄 M-4GL 上染率几乎趋于平衡,而分散蓝 2BLN 上染率反而有所下降,因此确定染色时间为 60 min。

2.2.3 pH 值对低熔点皮芯复合纤维染色性能的影响

在染色温度 80℃、染色时间 60 min 和浴比 1：30 时,改变染液 pH 值为 4.0、4.5、5.0、5.5 和 6.0 进行试验。染液 pH 值与分散染料在低熔点皮芯复合纤维的上染率关系如图 7 所示。

由图 7 可知,pH 值对分散红玉 SE-GFL,分散蓝 2BLN 的影响不大,两者的上染基本不随 pH 值的变化而变化;分散黄 M-4GL 在 pH 值为 5.5 时上染率最高,故染色 pH 值定为 5.5。

2.2.4 浴比对低熔点皮芯复合纤维染色性能的影响

在染色温度 80℃、染色时间 60 min 和 pH 值 5.5 时,改变染液浴比分别为 1：20、1：30、1：40、1：50 和 1：60 对低熔点皮芯复合纤维染色。染液浴比与分散染料在低熔点皮芯复合纤维的上染率关系如图 8 所示。

由图 8 可知,染液浴比对分散红玉 SE-GFL 的影响不大,而分散黄 M-4G 和分散蓝 2BLN 的上染率随着染液浴比的增大,先增大然后减小,并在 1：30 时上染率最高,故选取染液浴比为 1：30。

2.2.5 正交试验

为了进一步优化低熔点皮芯复合纤维分散染料染色工艺,采取正交试验,并以上染率为考查指标得出正交试验结果,再对正交试验结果进行极差分析,其分析结果如表 3 所示。

表 3 正交试验结果

| 因素      | 实验方案   |          |        |        | 上染率/%       |           |          |        |        |
|---------|--------|----------|--------|--------|-------------|-----------|----------|--------|--------|
|         | 染色温度/℃ | 染色时间/min | 染液浴比   |        | 分散红玉 SE-GFL | 分散黄 M-4GL | 分散蓝 2BLN |        |        |
| 1       | 75     | 45       | 1：20   |        | 94.08       | 87.34     | 83.82    |        |        |
| 2       | 75     | 60       | 1：30   |        | 93.98       | 86.77     | 84.41    |        |        |
| 3       | 75     | 75       | 1：40   |        | 93.69       | 86.08     | 83.82    |        |        |
| 4       | 80     | 45       | 1：40   |        | 95.63       | 93.44     | 87.06    |        |        |
| 5       | 80     | 60       | 1：30   |        | 95.73       | 93.67     | 86.76    |        |        |
| 6       | 80     | 75       | 1：20   |        | 94.37       | 92.41     | 87.35    |        |        |
| 7       | 85     | 45       | 1：40   |        | 95.53       | 93.21     | 87.06    |        |        |
| 8       | 85     | 60       | 1：20   |        | 96.02       | 94.02     | 88.23    |        |        |
| 9       | 85     | 75       | 1：30   |        | 95.93       | 93.79     | 88.82    |        |        |
| $K_1/3$ | 93.917 | 95.080   | 94.823 | 86.730 | 91.330      | 91.257    | 83.723   | 85.980 | 86.467 |
| $K_2/3$ | 95.243 | 95.243   | 95.180 | 93.173 | 91.487      | 91.333    | 87.057   | 86.467 | 86.763 |
| $K_3/3$ | 95.827 | 94.663   | 94.983 | 93.673 | 90.760      | 90.987    | 88.037   | 86.370 | 85.587 |
| $R$     | 1.910  | 0.580    | 0.357  | 6.943  | 0.727       | 0.346     | 4.314    | 0.487  | 1.176  |

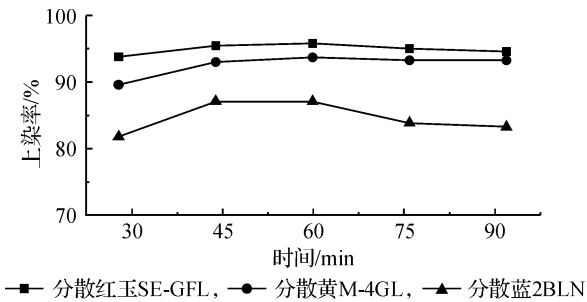


图 6 染色时间对低熔点皮芯复合纤维上染率的影响

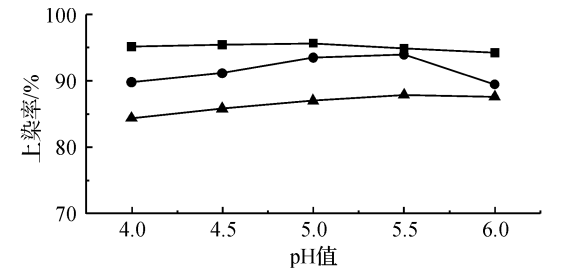


图 7 染色 pH 值对低熔点皮芯复合纤维上染率的影响

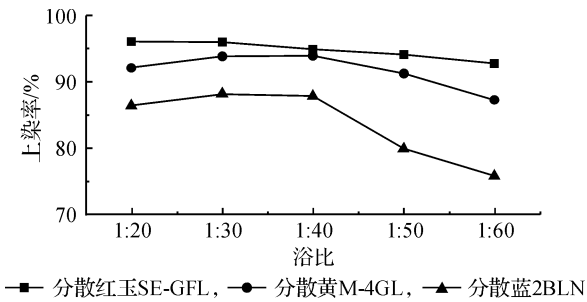


图 8 染液浴比对低熔点皮芯复合纤维上染率的影响

由表 3 可知,分散红玉 SE-GFL,分散黄 M-4GL 对低熔点皮芯复合纤维染色中,三因素以染色温度的极差最大,说明染色温度对上染率影响最大;其次是染色时间,说明染色时间为次要影响因素;染色浴比的极差最小,即染色浴比对纤维的上染率影响最小。而对于分散蓝 2BLN 而言,染色温度对上染率影响最大,其次是染液浴比,再次是染色时间。

通过正交试验的结果分析可得出,3 只分散染料上染低熔点皮芯复合纤维的最佳工艺条件为: A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub> (染色温度 85℃;染色时间 60 min;染液浴比 1 : 30)。

### 2. 2. 6 染色品质质量指标分析

将高温高压染色的普通聚酯纤维和最佳工艺染色的低熔点皮芯复合纤维的染色性能进行对比,其结果如表 4 所示。

表 4 普通聚酯纤维高温高压染色与低熔点皮芯复合纤维 85℃ 下染色效果对比

| 纤维种类     | 染料种类        | 上染率/%  | K/S 值  | 耐洗色牢度/级 |     |     | 耐光色牢度/级 | 耐热压色牢度/级 |
|----------|-------------|--------|--------|---------|-----|-----|---------|----------|
|          |             |        |        | 变色      | 沾涤  | 沾棉  |         |          |
| 普通聚酯纤维   | 分散红玉 SE-GFL | 89. 36 | 17. 06 | 4~5     | 4   | 4~5 | 6~7     | 4        |
|          | 分散黄 M-4GL   | 91. 42 | 24. 59 | 4       | 4   | 4~5 | 6~7     | 4~5      |
|          | 分散蓝 2BLN    | 88. 47 | 14. 64 | 4~5     | 4~5 | 4   | 7       | 4        |
| 低熔点芯复合纤维 | 分散红玉 SE-GFL | 94. 96 | 23. 00 | 4       | 3~4 | 4   | 6       | 4        |
|          | 分散黄 M-4GL   | 94. 02 | 25. 90 | 4       | 4   | 4~5 | 6       | 4~5      |
|          | 分散蓝 2BLN    | 87. 94 | 13. 91 | 4~5     | 4   | 4   | 7       | 3~4      |

由表 4 可知:85℃ 下染色的低熔点皮芯复合纤维的上染率都在 87% 以上,K/S 值在 13 以上,接近或超过普通聚酯纤维高温高压染色水平;耐洗色牢度≥3~4 级,耐光色牢度≥6 级,耐热压色牢度≥3~4 级,接近普通聚酯纤维高温高压染色水平。说明低熔点皮芯复合纤维经最佳分散染料染色工艺(85℃)染色后的色深度和色牢度接近或超过普通聚酯纤维高温高压分散染料染色的相关指标。

## 3 结 论

a)低熔点皮芯复合纤维由低熔点聚酯和普通聚酯皮芯复合而成,其中芯层是普通聚酯,皮层是低熔点聚酯,且皮芯复合比一般在 50 : 50 左右。低熔点皮芯复合纤维与普通聚酯纤维的化学结构没有明显区别;它的分子链排列相对比较混乱,结晶的完善性差;低熔点皮芯复合纤维的吸湿性略好于普通聚酯纤维,强力与普通聚酯纤维相差不大,断裂延伸度大大高于普通聚酯纤维。

b)选择分散红玉 SE-GFL、分散黄 M-4GL 和分散蓝 2BLN,以 1%(owf)的染料浓度对低熔点皮芯复合纤维染色。通过单因素分析和正交试验,确定低熔点皮芯复合纤维分散染料染色最佳工艺为:温度 85℃、pH 值 5. 5、浴比 1 : 30。经该最佳工艺染色后,低熔点皮芯复合纤维的色深度和色牢度接近或超过普通聚酯纤维高温高压染色的相关指标。

### 参考文献:

[1] 姚 峰,林生兵,瞿中凯,等. 低熔点聚酯复合纺丝研究[J]. 合成纤维工业, 2003, 26(4): 8-12.  
[2] 张旭慧,赵国樑,殷瑞贤. 低熔点皮芯复合纤维改性毛织物的防毡缩性能[J]. 纺织学报, 2007, 28(4): 31-37.  
[3] 张旭慧,赵国樑,殷瑞贤,等. 羊毛/低熔点皮芯复合纤维混纺织物性能研究[J]. 毛纺科技, 2007(2): 42-47.  
[4] 金咸穰. 染整工艺实验[M]. 北京: 中国纺织工业出版社, 1987: 141-143.  
[5] 纺织工业标准化研究所. 中国纺织标准汇编: 一[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 159-162, 175-180.

# Study on the Properties and Disperse Dyeing Process of Bi-Component Sheath-Core Fiber with Low Melting Point

DING Fei-fei, WANG Lan

(The Key Laboratory of Textile Materials and Manufacturing Technology(Zhejiang Sci-Tech University), Ministry of Education, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** On the basis of the analysis for chemical structure, crystallinity, thermal property, hygroscopicity, physicomechanical property of bi-component sheath-core fiber with low melting point, disperse red SE-GFL, disperse yellow M-4GL and disperse blue 2BLN are selected to dye the fiber with low melting point. Effects of single factors such as dyeing temperature, dyeing time, pH value and liquor ratio on the dyeing properties are studied. Then the optimum dyeing process is determined as follows: the temperature is 85℃, pH value is 5. 5 and liquor ratio is 1/30, through the orthogonal experiment and range analysis. The results show that some indexes such as color depth and color fastness of the fiber dyed with the optimum dyeing process are close to or above those indexes of conventional polyester fiber dyed at high temperature and pressure.

**Key words:** bi-component sheath-core fiber with low melting point; disperse dyes; dyeing process; color depth; color fastness

(责任编辑: 许惠儿)

(上接第 15 页)

# Study on Fabric Static Drape Test Method

SHAO Yan-fang<sup>a</sup>, ZHOU Hua<sup>a</sup>, WANG Chun-yan<sup>a</sup>, WEN Quan<sup>b</sup>

(Zhejiang Sci-Tech University, a. The Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education; b. School of Science and Art, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Different initial conditions for static drape test methods and the interference of external factors have significant influence on the measured results. In order to improve data reproducibility and stability, this paper chooses five different kinds of samples and uses the standard method and method two, method three for testing. Analysis by the relationship between the wave number and testing times, the variance changes of wave number, drape coefficient, the authors find that method 3 with the number of tests increasing, can reduce the impact of external forces on the test results to a certain extent, and achieve the reproducibility and stability of the data.

**Key words:** static drape coefficient; wave number; test method; stability; initial condition

(责任编辑: 张祖尧)