

文章编号: 1673-3851 (2011) 01-0044-06

微孔结构阳离子改性涤纶的微观结构对其性能的影响

齐素梅, 徐英莲, 叶其林

(浙江理工大学材料与纺织学院, 杭州 310018)

摘 要: 研究涤纶纤维微观结构对纤维性能的影响。选用不同截面形状、线密度、功能性的微孔结构阳离子改性涤纶与未改性涤纶作对比实验。从纤维的密度、吸湿性、强伸度、染色性能等宏观数据分析改性后纤维的微观结构对其性能的影响。结果表明:微孔结构阳离子改性涤纶由于通过 3,5-双苯磺酸钠(SIPE)和聚乙二醇(PEG)的化学改性,纤维中添加了一定的亲水基团且结晶度有所降低,纤维回潮率有所升高,同时纤维的微孔结构的表面形态使纤维的密度、强度和初始模量有所下降,纤维改性后可以在常压下用分散染料进行上染。

关键词: 阳离子改性; 微观结构; 结晶度; 回潮率; 上染率; 涤纶纤维

中图分类号: TS102.522 **文献标识码:** A

0 引 言

纤维改性对改善涤纶纤维的性能,丰富涤纶纤维的品种发挥了重要作用。涤纶的许多物理、化学性能优于天然纤维,如强度高、耐磨性好,其制品又不易变形、不易起皱、挺括,且价格低廉^[1]。但是涤纶由于内部分子排列紧密,分子间缺少亲水结构,因此回潮率很小,吸湿性能差,且透气性不好,染色性差,抗起毛起球性差^[2]。针对涤纶使用性能的缺陷,改性方法主要有:一是物理改性法,主要在涤纶的生产过程中进行物理共混改性;二是化学改性法,运用化学接枝或嵌段的方法改变涤纶的分子链结构,改善涤纶的服用性能^[3]。浙江上虞宏强涤纶彩色有限公司为改善纤维的手感、吸湿透气性能和染色性能,采用化学兼物理改性的方法,开发了微孔结构阳离子改性系列涤纶纤维。为进行系统地研究纤维的微观结构对其性能的影响,本文选用不同截面、线密度、功能性的改性涤纶与未改性涤纶对比的方法,从纤维的密度、吸湿性、强伸度、染色性能等宏观数据分析纤维改性对纤维性能的影响,为功能性涤纶纤维的开发提供参考。

1 实验

1.1 实验原料

实验原料选用浙江上虞宏强涤纶彩色有限公司生产的微孔结构阳离子改性涤纶(简称改性涤纶)和未改性的涤纶纤维,具体规格见表 1 所示。

1.2 纤维微观结构的测试

1.2.1 纤维形态结构的测定

使用 FESEM 场发射电镜观察纤维的表面形态。

1.2.2 纤维的结晶度测定

使用仪器 ARL-X', TRA 型 X-射线衍射仪,用 XRD 方法,测试样品的结晶度。测试前将测试样品充分切碎。

收稿日期: 2010-09-08

作者简介: 齐素梅(1985-),女,黑龙江哈尔滨人,硕士研究生,主要从事现代纺织技术及新产品开发的研究。

通讯作者: 徐英莲,电子邮箱: xyl6000@126.com, qisumeilove@163.com

表 1 实验原料

纤维种类	改性涤纶				未改性涤纶		
	吸湿排汗纤维	仿羊毛纤维	仿羊绒纤维	改性竹炭纤维	竹炭纤维	中空纤维	常规涤纶纤维
表面形态	有微孔	有微孔	有少量微孔	有微孔和竹炭颗粒	表面光滑且有竹炭颗粒	表面光滑	表面光滑
长度/mm	38	38	38	38	38	38	38
线密度/tex	0.17	0.33	0.10	0.17	0.17	0.17	0.17
截面形状	圆形	三叶形	圆形	圆形	圆形	圆形(中空)	圆形

注:纤维改性的方法为:在合成 PET 熔体时加入第三单体 SIPE(3,5-双苯磺酸钠)和第四单体 PEG(聚乙二醇)对聚酯纤维进行改性,在聚酯的分子链段结构中引入了磺酸基等极性基团和改善纤维手感的柔性链段以获得 ECDP。且在纺丝液中加入生成空隙的化合物(制孔剂 KH-100),经过挤压熔化后在高压闪爆装置中使得纤维表面形成微孔。其中改性竹炭纤维和竹炭纤维是在纺丝液中加入纳米级的竹炭颗粒。

1.3 纤维性能的测试

1.3.1 纤维密度的测定

参照标准 FZT01057.7—2007《纺织纤维鉴别试验方法 第 7 部分 密度梯度法》进行测试。每种试样测试 5 个纤维小球,求其平均值。

1.3.2 回潮率的测定

使用 Y802A 型八篮恒温烘箱,按照标准 GB/T 6503—2008《化学纤维 回潮率试验方法》进行测试。

1.3.3 强伸度性能的测定

使用 XQ-2 纤维强伸度仪,按照 GB/T 14437—1993《合成短纤维断裂强力及断裂伸长试验方法》进行测试。

1.3.4 染色性能的测试

染料选用分散红 FB,根据分散染料染色的单因素分析,选取温度、pH、浴比和保温时间 4 个因素为正交实验的 4 个因子,并选取各因子的 3 个水平进行正交优化实验。

染色实验因素与水平见表 2。

表 2 分散染料染色条件实验因素与水平

水平	因素			
	A:温度/℃	B:pH	C:浴比	D:保温时间/min
1	90	4	1 : 25	30
2	95	5	1 : 50	60
3	100	6	1 : 100	90

2 测试与分析

2.1 纤维微观结构

2.1.1 纤维的形态结构

图 1~图 4 分别为吸湿排汗纤维、仿羊毛纤维、仿羊绒纤维和改性竹炭纤维的电镜照片,且图 1、图 2 和图 4 放大 3 000 倍,图 3 放大 5 000 倍。由图可见 4 种改性纤维表面均有微孔存在;仿羊毛纤维的截面形状为三叶形,吸湿排汗纤维、仿羊绒纤维和改性竹炭纤维的截面形状为圆形。

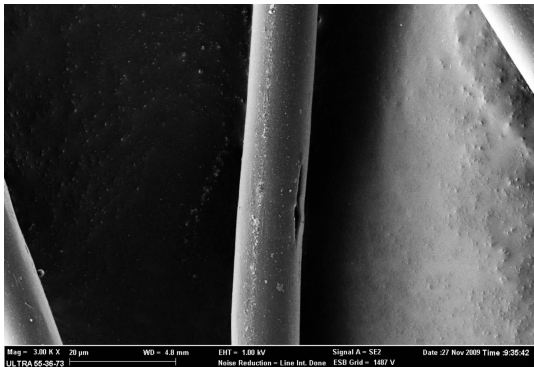


图 1 吸湿排汗纤维 SEM 照片

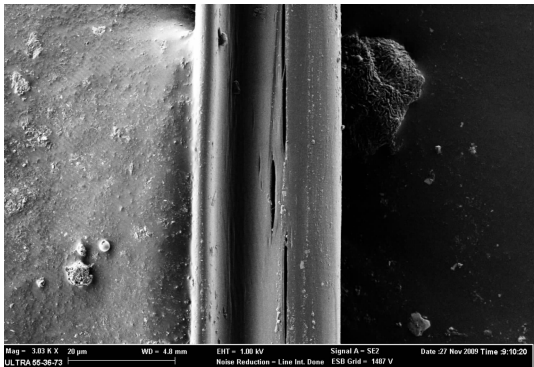


图 2 仿羊毛纤维 SEM 照片

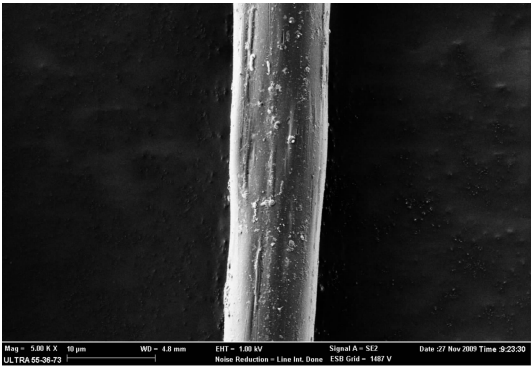


图3 仿羊绒纤维 SEM 照片

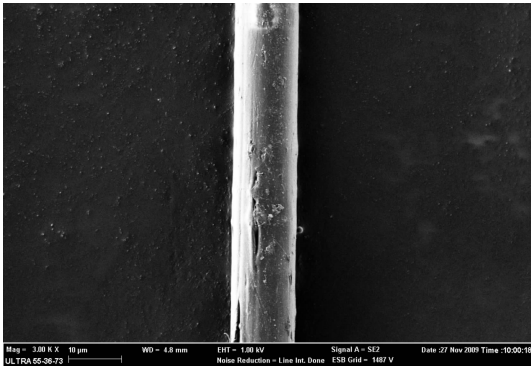


图4 改性竹炭纤维 SEM 照片

2.1.2 纤维的结晶结构

图5~图8示出吸湿排汗纤维、仿羊毛纤维、仿羊绒纤维和改性竹炭纤维的X射线衍射强度曲线。经计算得出,4种改性涤纶的结晶度分别为24.6%、29.0%、27.1%和29.3%。常规涤纶纤维的结晶度为40%~60%,数据表明,改性后涤纶纤维的结晶度显著降低;而在纺丝液中加入竹炭颗粒对纤维的结晶度影响较小。

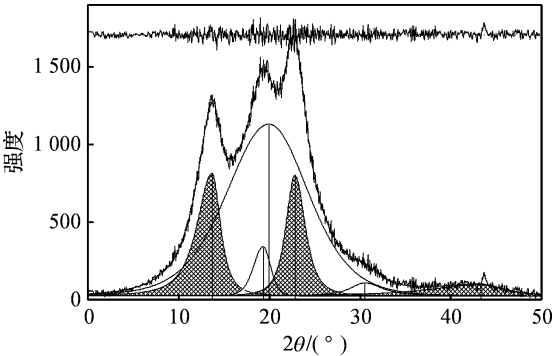


图5 吸湿排汗纤维 X 射线衍射强度曲线

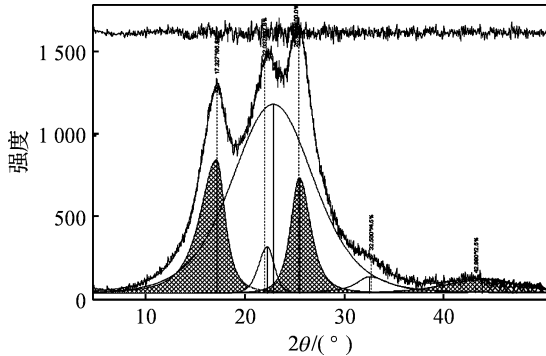


图6 仿羊毛纤维 X 射线衍射强度曲线

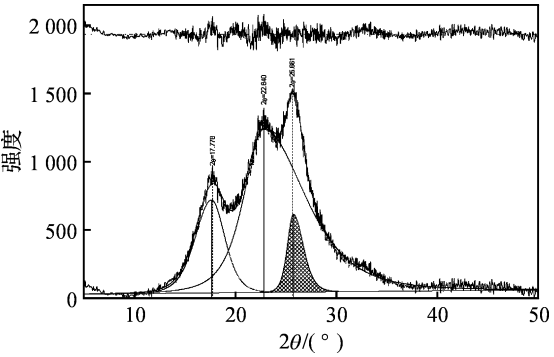


图7 仿羊绒纤维 X 射线衍射强度曲线

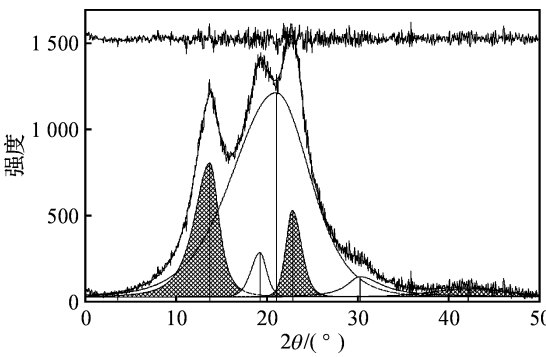


图8 改性竹炭纤维 X 射线衍射强度曲线

2.2 改性涤纶的性能分析

2.2.1 纤维的密度

4种改性涤纶纤维与常规涤纶纤维的纤维密度见表3。

表3 纤维密度

纤维	吸湿排汗纤维	仿羊毛纤维	仿羊绒纤维	改性竹炭纤维	常规涤纶纤维
密度 $\rho/(\text{g}/\text{cm}^3)$	1.348	1.342	1.344	1.345	1.380

表3显示:与常规涤纶纤维相比微孔结构改性涤纶纤维的密度有所减小,主要是由于纤维的微孔结构(如图1~图4所示),减小了纤维的密度;纤维卷曲蓬松的状态,对纤维密度也有一定的影响。

2.2.2 纤维的吸湿性

纤维回潮率的大小可体现纤维的吸湿能力。在标准条件下测试微孔结构改性系列涤纶纤维与常规涤纶

纤维的回潮率,并进行对比实验,测试其结果见表 4。

表 4 纤维的回潮率

纤维类型	常规涤纶	中空纤维	竹炭纤维	改性竹炭纤维	仿羊毛纤维	仿羊绒纤维	吸湿排汗纤维
回潮率 W/%	0.40	0.42	0.87	1.35	1.40	1.43	1.45

由表 4 可知,微孔结构改性系列涤纶纤维的回潮率均高于未改性涤纶,约为未改性涤纶的 3 倍。在未改性纤维中,中空纤维与常规涤纶纤维回潮率相近,竹炭纤维比常规涤纶纤维的回潮率有所提高;在改性纤维中,各类纤维的回潮率相近。其原因是纤维改性后大分子中极性基团的加入显著地提高了纤维的吸湿性能;竹炭颗粒具有一定吸附的作用,在纤维吸湿性很小时,对纤维吸湿性有一定的影响;纤维的中空、截面形状及纤维的线密度对纤维的吸湿性能影响不大。

2.2.3 纤维的强伸性能

测试改性涤纶、中空纤维和竹炭纤维的强伸性能,测试结果如表 5 所示。

表 5 纤维的强伸性能

纤维种类	伸长率/%	强度/(cN/dtex)	强度标准偏差	模量/(cN/dtex)
改性竹炭纤维	26	3.0	0.23	25.1
仿羊毛纤维	31	3.3	0.33	20.6
吸湿排汗纤维	42	3.6	0.27	26.9
仿羊绒纤维	34	4.0	0.49	29.1
竹炭纤维	25	3.9	0.25	34.8
中空纤维	43	5.2	0.50	28.8

由表 5 可知,改性涤纶的强度范围为 3.0~4.0 cN/dtex,模量范围为 20.6~34.8 cN/dtex。而常规涤纶纤维的强度在 4.2~5.2 cN/dtex 之间,

模量在 44.1~61.7 cN/dtex 之间,棉纤维的强度范围为 1.8~3.1 cN/dtex,模量为 60.0~82.0 cN/dtex^[4]。改性涤纶的强度和模量较常规涤纶显著降低,比棉纤维强度高,而伸长率变化不大,纤维不仅保持较高的强度同时也有天然纤维柔软的手感。改性涤纶在改善纤维服用性能的同时,能够满足纺织加工的强度要求。

改性涤纶改性后,纤维原有的规整性受到破坏,结构疏松,结晶度降低,而且存在微孔,强度和模量较常规涤纶显著降低。进一步分析表 5 数据可知,改性竹炭纤维强度最低,竹炭纤维也较常规涤纶纤维强度有所降低。这是因为竹炭颗粒的加入使得纤维的截面中存在着薄弱点,测试时纤维总是在最薄弱的截面处被拉断并表现为断裂强度^[5],所以竹炭改性使纤维的强度有明显降低。同样仿羊毛纤维由于其三叶形截面结构,存在薄弱环节的概率大,其强度较吸湿排汗纤维小。圆形截面的仿羊绒纤维由于其表面微孔减少,薄弱环节少,强度较高。对比实验数据表明:竹炭颗粒的加入和纤维截面异形化对强度均有影响;对微孔结构纤维而言,纤维线密度越小,强度越高。

2.2.4 纤维的染色性能

用分散红 FB 对仿羊绒纤维染色进行正交优化实验,测试结果如表 6 所示。

表 6 分散红 FB 对仿羊绒纤维的上染率

序号	因素				吸光度	上染率/%
	A:温度/℃	B:pH	C:浴比	D:保温时间/min		
1	A1	B1	C1	D1	1.170	84.88
2	A1	B2	C2	D2	0.290	91.52
3	A1	B3	C3	D3	0.657	64.29
4	A2	B2	C3	D1	0.334	81.85
5	A2	B3	C1	D2	0.478	93.82
6	A2	B1	C2	D3	0.270	92.11
7	A3	B3	C2	D1	1.410	58.77
8	A3	B1	C3	D2	0.250	86.41
9	A3	B2	C1	D3	0.692	91.06
K ₁	80.23	87.80	89.92	75.17		
K ₂	89.26	88.14	80.80	90.59		
K ₃	78.75	72.30	77.52	82.49		
极差 R	10.51	15.85	12.40	15.42		
最佳水平组	A2B2C1D2:温度 95℃,pH=5,浴比为 1:25,保温时间为 60 min					

注:K_i—各因子分别在*i*水平时所测得的数据之平均值;(i=1,2,3)

在本实验条件下,对吸湿排汗纤维也进行了正交实验,得出吸湿排汗纤维的最佳上染工艺,最后结合表6中仿羊绒的最佳上染工艺,初步得出改性涤纶的最佳染色工艺条件为:温度 95℃,pH 值 5,浴比 1:50,保温时间为60 min。按此工艺对改性涤纶进行染色,测得上染率如表7所示。

表7 微孔阳离子改性涤纶的上染率

纤维类型	吸湿排汗纤维	仿羊毛纤维	仿羊绒纤维	改性竹炭纤维
上染率/%	90.28	90.54	95.37	90.38

常规涤纶在 100℃以下染色时,分散染料很难向结构紧密的纤维内部扩散,上染慢,上染百分率低。通常在 130℃左右染浴中,在密闭高压染色设备中进行染色^[6]。由表6可知,吸湿排汗纤维和仿羊绒纤维可以用分散染料在常压下上染,且上染率可达到80%以上,这是因为改性涤纶由于其改性后纤维结构变得疏松,结晶度降低,在常压下,分散染料可较易进入纤维内部,同时能获得较好的染色效果。

由表7可知,在常压状态下,改性纤维的上染率已到达90%以上。各类改性纤维的上染率略有差异,其中仿羊绒纤维上染率较高,这与仿羊绒纤维线密度小、比表面积大,对染料的吸附相对较多有关;其余纤维的上染率相近。结果表明分散染料的染色性能主要受纤维的大分子结构的影响,纤维的线密度对上染率有一定的影响,而竹炭颗粒的加入和纤维截面异形化对纤维的上染率影响很小。

3 结 论

a)化学改性:分子结构的改变对改性涤纶吸湿和染色性能影响较大,纤维表面的微孔对纤维的吸湿性和染色性能影响较小,但对纤维的强伸性能影响较大。且纤维的微孔存在使得纤维的密度减小。

b)截面异形:纤维的截面异形度对纤维吸湿性几乎没有影响,对纤维的强伸性影响较大,异形截面纤维在截面处存在薄弱点。

c)线密度:纤维的线密度对纤维的吸湿性能几乎没有影响,对纤维的强伸性和染色性能有一定影响。纤维越细,微孔纤维表面的微孔越少,薄弱点相对较少;纤维越细,比表面积越大,对染料的吸附相对较多,所以上染率较高。

d)竹炭改性:竹炭颗粒的加入对吸湿性能略有影响,对纤维的强伸性影响较大,对纤维的染色性能影响较小。竹炭颗粒自身有吸附作用,所以在吸湿较小时对吸湿性略有影响;竹炭颗粒的加入,在纤维中存在了无数个薄弱点,纤维强度下降较大。

参考文献:

[1] 崔 萍,戴黎春,黄凌云. Coolbst 异形涤纶纤维的导湿、透气性能研究[J]. 西安工程技术学院学报, 2006(3): 266-269.
[2] 刘松梅,潘守伟. 涤纶的改性方法研究[J]. 化纤与纺织技术, 2008(2): 24-27.
[3] 陈衍夏,兰建武. 纤维材料改性[M]. 北京:中国纺织出版社, 2009: 10-26.
[4] 于伟东,储才元. 纺织物理[M]. 上海:中国纺织大学出版社, 2001: 73.
[5] 姚 穆,周锦芳,黄淑珍,等. 纺织材料学[M]. 2版. 北京:中国纺织出版社, 2002: 364-365.
[6] 赵 涛. 染整工程[M]. 2版. 北京:中国纺织出版社, 2005: 215-216.

The Effect of Microstructure of Honeycomb Cationic Modification Polyester on the Properties

QI Su-mei, XU Ying-lian, YE Qi-lin

(School of Materials and Textiles, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: In order to study the effects of the microstructure of the fiber to the properties, the different sectional shape, linear density, functionality of microstructure cationic modification polyester are used to do contrast test, analyzing the effect of microstructure of fiber that was modified on density, moisture absorption, strength and the dyeing properties and so on. The result shows that when the hydrophilic group is added, the crystallinity decreases and the official moisture content rises through the chemical modification of the SIPE and PEG. At the same time, the density, the strength and the initial modulus decrease because of the surface structure of honeycomb. The fiber can be dyed at the normal pressure and temperature because of the fibre modification.

Key words: cationic modification; microstructure; crystallinity; moisture regain; dye-uptake; polyester
(责任编辑: 张祖尧)

(上接第 38 页)

Study on the Dyeing Process of PANI/PET Composite Conductive Fabric

LI Jun^a, WANG Lan^a, LIN Jun-xiong^b

(Zhejiang Sci-Tech University, a. The Key Laboratory of Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education; b. Engineering Research Center for Dyeing and Finishing of Textiles, Ministry of Education, Hangzhou 310018, China)

Abstract: The effect of dyeing process factors such as dye concentration, dyeing temperature and time, pH value and bath ratio on the antistatic performance and dyeing properties of the PANI/PET composite conductive fabric, a study object, is studied through its dyeing with disperse red SF-B, disperse yellow UN-SE and disperse blue SF-G. The optimum dyeing process is determined to be pH value of 4. 5, dyeing temperature of 110℃, dyeing time of 20min and bath ratio of 1 : 50 by orthogonal test and range analysis. The results indicate that some indexes such as half-life, durability and color fastness of the dyed conductive fabric with the optimum dyeing process can meet the need of the practical production.

Key words: PANI/PET composite conductive fabric; dyeing; half time; antistatic property; dyeing properties
(责任编辑: 许惠儿)