

微孔结构改性涤纶/棉混纺针织物服用性能的研究

周 昊, 徐英莲, 齐素梅

(浙江理工大学材料与纺织学院, 杭州 310018)

摘 要: 为研究微孔结构阳离子改性涤纶纤维针织物的服用性能, 纺制不同纱支、不同混纺比的微孔结构改性涤纶/棉混纺纱线, 并编织成一定规格的针织物, 测试各类织物的服用性能, 进行对比分析。结果表明: 随着微孔结构改性涤纶纤维含量的增加, 织物拉伸性能有所提高, 抗弯刚度和抗弯弹性模量有所减小; 织物透湿性能、透气性能明显提高, 织物快干特征明显增强, 即高含量微孔结构改性涤纶织物具有导湿排汗性能, 该种改性涤纶可用于导湿排汗类运动服装的开发。

关键词: 阴离子改性涤纶; 棉纤维; 混纺针织物; 力学性能; 导湿排汗性能

中图分类号: TS156

文献标志码: A

0 引 言

合成纤维的一些性能缺陷促使纺织及材料类专业人士对合成纤维进行改性研究。针对涤纶使用性能的缺陷, 改性方法主要有两种: 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^[1]。微孔结构阳离子改性涤纶(以下简称改性涤纶)纤维通过 3, 5-双苯磺酸钠(SIPE)和聚乙二醇(PEG)的化学改性后, 纤维原有的规整性受到破坏, 结构疏松; 且结构中添加了一定的亲水基团结晶度有所降低, 纤维回潮率由原来的 0.4% 上升至 1.45%; 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^[2]。本文选用不同线密度、不同混纺比的改性涤纶/棉混纺针织物进行对比实验, 通过对织物的拉伸性能、抗弯刚度、导水性能、透湿性能、透气性能、快干特征等宏观数据的比较, 探讨改性涤纶纤维对织物服用的影响, 为功能性涤纶服装面料的研发提供参考。

1 实 验

1.1 针织物设计

1.1.1 纱线设计

为研究微孔结构阳离子改性涤纶针织物的服用性能, 本文选用圆形截面、线密度为 0.17 tex、纤维长度为 38 mm 的改性涤纶纤维与线密度为 0.189 tex, 纤维平均长度为 29 mm 的棉纤维纺制了 18.4 tex(A 类)和 14.7 tex(B 类)两类 8 种纱线; A 类 3 种分别为 100% 改性涤纶、改性涤纶/棉混纺比为 60/40 的混纺纱、100% 棉, B 类 5 种分别为 100% 改性涤纶、改性涤纶/棉混纺比为 80/20、75/25、60/40、50/50 的混纺纱。

1.1.2 织物编织

将 8 种纱线, 分别在 28G 的针织单面大圆机上织成平针织物, 针织物的前处理工艺为: 针织物在含有 209 清洗剂 3% 的 100℃ 水浴中处理 30 min, 以消除织物中纤维表面油剂等, 避免杂质对织物各性能测试结果产生影响。经过处理后的各类织物及基本参数见表 1。

收稿日期: 2012-07-03

作者简介: 周 昊(1984-), 女, 安徽马鞍山人, 硕士研究生, 主要从事现代纺织技术及新产品开发的研究。

通信作者: 徐英莲, 电子邮箱: xy16000@126.com

表1 织物类型及基本参数

织物 代码	纱线成分	织物横密/ (圈/5 cm)	织物纵密/ (圈/5 cm)
A1	100%改性涤纶, 记为:(100T)	81	126
A2	60%改性涤纶/40%棉, 记为:(60/40T/C)	81	113
A3	100%棉,记为:(100C)	78	106
B1	100%改性涤纶,记为:(100T)	81	130
B2	80%改性涤纶/20%棉, 记为:(80/20T/C)	83	135
B3	75%改性涤纶/25%棉, 记为:(75/25T/C)	85	134
B4	60%改性涤纶/40%棉, 记为:(60/40T/C)	89	128
B5	50%改性涤纶/50%棉, 记为:(50/50T/C)	93	142

1.2 纱线结构观察

分别制作改性涤纶/棉混纺比为60/40的14.7 tex纱和50/50的14.7 tex纱的断面切片。为观察方便,选用灰黑色竹炭纤维将待观察的混纺纱线包裹其中。使用欧米特45B1万能显微镜观察其断面结构。

1.3 织物力学性能测试

1.3.1 织物拉伸性能

在8种织物的不同部位,各选取10个试样。

参照标准GB/T3923.1—1997《纺织品织物拉伸性能第1部分》,按照条样法测试织物断裂强力、断裂伸长率(沿经向),计算平均值。

1.3.2 织物抗弯刚度

在8种织物的不同部位,各选取10个试样。

参照标准GB/T18318—2001《纺织品弯曲性能的测定第1部分:斜面法》,测试织物的经、纬向抗弯长度(记为CT、CW),织物经、纬向弯曲刚度(记为BT、BW),以及抗弯弹性模量,分别计算平均值。

1.4 织物导湿排汗性能测试

1.4.1 织物导水性能

根据织物毛细效应评价织物的导水性能,实验方法参照标准FZ/T01071—2008《纺织品毛细效应试验方法》。

在8种织物上各剪取3块试样,每块试样经向长度不小于250 mm,纬向宽度约30 mm。

使用毛细效应仪分别测量经过1、5、10、20、30 min时液体芯吸高度的最大值。

1.4.2 织物透湿性能

参照标准GB/T12704.1—2009《织物透湿性试验方法吸湿法》,在温度 $(38 \pm 2)^\circ\text{C}$,湿度 $(90 \pm 2)\%$

条件下使用织物透湿仪对织物进行测试。

1.4.3 织物透气性能

参照标准GB/T5453—1997《织物透气性的测定》,在恒温恒湿环境下使用数字织物透气量仪测试织物的透气性能,使用压强为100 Pa。

1.4.4 织物快干特征

用织物含水率表示织物的快干特征。

在8种织物上各剪取3块圆形试样,每块试样直径为8 cm。

将试样充分浸湿后,用离心甩干机将试样中水甩干至无水滴(时间为1 min),然后将试样放置在 20°C ,相对湿度为65%的恒温恒湿试验环境中,每隔10 min使用普型电子天秤测量一次质量(记为 $m_{\text{测试}}$),至织物恒重时测试结束。

2 测试结果与分析

2.1 纱线结构分析

改性涤纶/棉60/40的14.7 tex纱和改性涤纶/棉50/50的14.7 tex纱的断面分布如图1、图2所示。

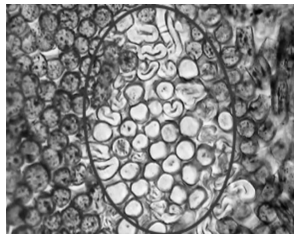


图1 改性涤纶/棉60/40混纺纱纤维分布

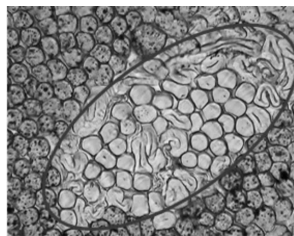


图2 改性涤纶/棉50/50混纺纱纤维分布

观察图1、图2可知,由于改性涤纶纤维线密度(0.17 tex)较棉纤维(约0.189 tex)低,在60/40和50/50两种混纺纱线中,圆形截面改性涤纶根数均比棉纤维多。在混纺纱线中,改性涤纶纤维多分布在纱线内层,棉纤维多分布在纱线外层。根据已有文献测试结果,改性涤纶纤维长度为38 mm^[2],模量范围为20.6~34.8 cN/dtex^[3],而棉纤维的平均长度为29 mm,模量为60.0~82.0 cN/dtex^[4],即初始模量大而短的棉纤维分布在纱线的外层,初始模量小而长的改性涤纶纤维分布在纱线的内层。

2.2 织物力学性能

2.2.1 织物拉伸性能

织物拉伸性能的测试结果见表 2。

表 2 织物经向拉伸实验结果

织物代码	平均断裂 强力/cN	平均断裂 伸长/mm	平均断裂 时间/s
A1(100T)	214	163	81
A2(60/40T/C)	151	151	84
A3(100C)	129	148	74
B1(100T)	201	158	93
B2(80/20T/C)	187	157	94
B3(75/25T/C)	159	141	85
B4(60/40T/C)	156	140	84
B5(50/50T/C)	138	134	80

由表 2 可看出,首先,相同线密度纱线织成的织物,织物的平均断裂强力、平均断裂伸长、平均断裂时间随改性涤纶纤维含量的减少而降低。18.4 tex 的混纺织物 A2(60/40T/C)较纯涤织物 A1(100T)断裂强力降低 41.7%、平均断裂伸长降低 7.9%;14.7 tex 的混纺织物 B5(50/50T/C)较纯涤织物 B1(100T)断裂强力降低 45.6%、平均断裂伸长降低 17.9%。

其次,不同线密度纱线织成的织物,由于受织物结构参数的影响,影响织物力学性能的因素比较复杂。当织物密度接近时,织物的平均断裂强力、平均

断裂伸长随改性纱线线密度的减小而有所减小:14.7 tex 的纯涤织物 B1(100T)较 18.4 tex 的纯涤织物 A1(100T)平均断裂强力降低 6.5%、平均断裂伸长降低 3.2%。对于密度不同的织物,纱线线密度的影响就不明显了,如经纬向密度为 89(圈/5 cm)×128(圈/5 cm)的 14.7 tex 混纺织物 B4(60/40T/C)与经纬向密度为 81(圈/5 cm)×116(圈/5 cm)的 18.4 tex 混纺织物 A2(60/40T/C)力学性能比较,平均断裂强力增加 6.5%、平均断裂伸长降低 7.8%。

混纺纱线力学性能降低的原因主要为:改性涤纶的单纤维的强度(范围为 3.0~4.0 cN/dtex)高于棉纤维(范围为 1.8~3.1 cN/dtex)、其伸长率 25%~35%相近;涤纶和棉纤维在纱线中的分布不均匀,织物拉伸时,纱线中纤维不同时受力;长度较短、强力较低的棉纤维分布在纱线外围,织物受力被拉伸时,分布在纱线外层的棉纤维螺旋线长、轴向有效分力小,织物拉伸时先断裂^[5],从而破坏纱线的抱合结构,造成内层改性涤纶纤维滑脱,纱线断裂。纱线线密度不同时,较粗纱线截面中纤维根数较多,成纱条干均匀度好,纤维间抱合性好,织物拉伸时纤维不易滑脱,织物的强伸性能较好。

2.2.2 织物抗弯刚度

织物抗弯刚度测试结果见表 3。

表 3 织物抗弯刚度测试结果

织物代码	抗弯长度	抗弯长度	抗弯刚度	抗弯刚度	抗弯刚度	抗弯弹性
	CT/cm	CW/cm	BT/(cN·cm ²)	BW/(cN·cm ²)	B/(cN·cm ²)	模量/(cN/cm ²)
A1(100T)	1.00	0.97	0.023	0.021	0.022	72
A2(60/40T/C)	1.24	1.16	0.036	0.025	0.030	77
A3(100C)	1.37	1.07	0.050	0.026	0.036	196
B1(100T)	0.96	0.97	0.021	0.021	0.021	45
B2(80/20T/C)	1.25	1.14	0.046	0.036	0.024	55
B3(75/25T/C)	1.16	0.94	0.026	0.013	0.030	95
B4(60/40T/C)	1.38	1.10	0.051	0.028	0.038	102
B5(50/50T/C)	1.38	1.23	0.051	0.035	0.042	132

从表 3 可以看出,同种纱支织物,18.4 tex 的纯涤织物 A1(100T)较纯棉织物 A3(100C)抗弯刚度降低约 65%。

14.7 tex 纱线系列织物抗弯刚度测试数据见图 3。

由图 3 可看出,随着织物中改性涤纶纤维含量增加,织物抗弯刚度有较大幅度的减小,14.7 tex 的纯涤纱线 B1(100T)抗弯刚度较涤棉混纺纱线 B5(50T/50C)降低约 56%。

对测试结果数据进行回归分析,改性涤纶纤维含量 X 与织物抗弯刚度 Y 的回归方程为:

$$Y=0.063\ 8-4.493\ 24\times 10^{-4}X\quad (1)$$

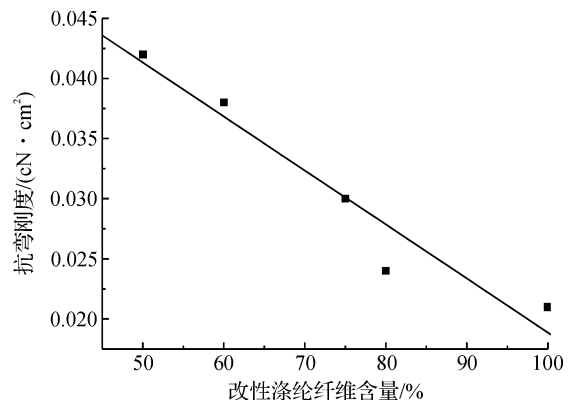


图 3 改性涤纶纤维含量与织物抗弯刚度的关系

相关系数 $R=0.966\ 31$

即织物抗弯刚度与织物中改性涤纶纤维含量呈线性负相关。织物的抗弯刚度与构成织物原料初始模量有关,初始模量越小,则织物的柔软度越好。改性涤纶纤维的初始模量 25.75 cN/dtex ,只有棉纤维初始模量 $60.0\sim 82.0\text{ cN/dtex}$ 的约三分之一,织物中改性涤纶纤维含量越高则抗弯刚度越低,织物越柔软。

2.3 织物导湿排汗性能

2.3.1 织物导水性能

为了便于直观对比分析,绘制织物芯吸高度对比图,见图4。

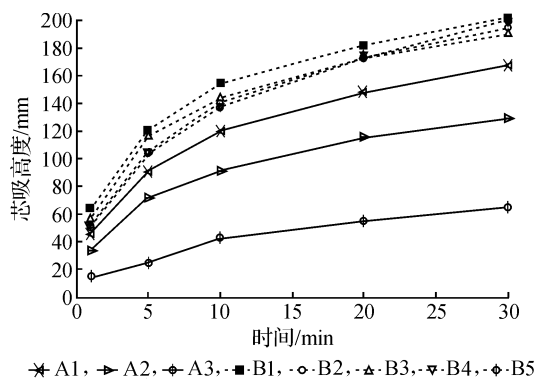


图4 不同组分混合针织物芯吸高度对比

表4 织物透湿率测试结果

织物 代码	A1(100T)	A2(60/40 T/C)	A3(100C)	B1(100T)	B2(80/20 T/C)	B3(75/25 T/C)	B4(60/40 T/C)	B5(50/50 T/C)
透湿率/ ($\text{g/m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$)	369.7	335.6	311.0	387.3	372.7	380.9	365.3	350.2

从表4可以看出,同种纱支织物,18.4 tex 的纯涤织物 A1(100T)较纯棉织物 A3(100C)透湿率提高约20%。

14.7 tex 纱线系列织物透湿性能测试结果见图5。

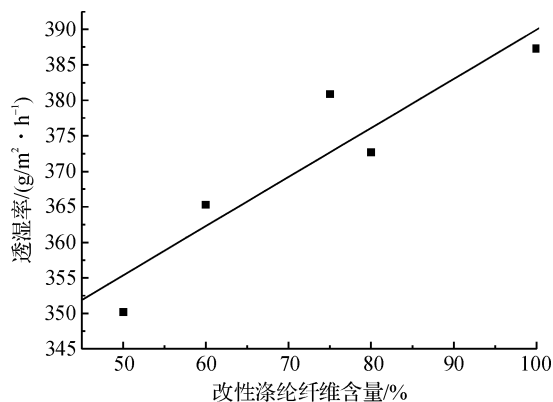


图5 改性涤纶纤维含量与织物透湿率的关系

由图5可以看出,随着织物中改性涤纶纤维含

量增加,织物的导水速度呈现先快后慢的变化趋势,在初期5 min之内变化幅度大,之后逐步减小,20 min之后趋于平稳。这是因为,织物吸水初期,纤维之间形成的毛细管结构内外压力差较大,毛细管效应明显,吸水速率快;而随着时间的延长,织物芯吸高度增加,毛细管结构效应逐渐减弱,织物的吸水速率逐渐减慢^[6]。

线密度低的纱线(14.7 tex)编织的B类织物的芯吸高度普遍高于线密度高的A类织物。说明纱线结构影响纤维的导水性能,纤维间的空隙大,有利于织物的芯吸效应。

同类线密度的纱线结构中,改性涤纶含量越高,芯吸效应越明显,纯涤 A1(100T)织物的导水性能是纯棉织物 A3(100C)的3倍。改性涤纶纤维表面结构有许多微孔,这些微孔结构在纤维间形成了无数个芯吸通道,水分在通道进行易于传导;而棉纤维中分子结构中含有大量亲水基团羟基,被其吸着的水分不易再进行传导,且棉纤维在吸水之后,体积剧烈膨胀,纤维间的毛细通道变窄乃至堵塞,更不利于水分的传导。因此,随着织物中改性涤纶纤维含量的增加,织物导水性能越好。

2.3.2 织物透湿性能

织物透湿率测试结果见表4。

量增加,织物透湿率明显提高,14.7 tex 的纯涤纱线织物 B1(100T)较涤棉混纺纱线织物 B5(50T/50C)透湿率提高约10%。

对测试结果数据进行回归分析,改性涤纶纤维含量 X 与织物透湿率 Y 的回归方程为:

$$Y=320.757\ 09+0.692\ 09X \quad (2)$$

相关系数 $R=0.923\ 44$ 。

即织物透湿率与织物中改性涤纶纤维含量呈线性正相关。改性涤纶纤维表面微孔结构增加了透湿通道,使织物中水分易于传导,且改性涤纶纤维吸湿体积不膨胀的特点,使其织物克服了棉纤维吸湿之后因纤维体积膨胀导致织物透湿率降低的缺点。随着织物中改性涤纶纤维含量增加,织物透湿性能越好。

2.3.3 织物透气性能

织物透气量测试结果见表5。

表 5 织物透气量测试结果

织物代码	A1(100T)	A2(60/40 T/C)	A3(100C)	B1(100T)	B2(80/20 T/C)	B3(75/25 T/C)	B4(60/40 T/C)	B5(50/50 T/C)
透气量/ (L/m ² ·s)	450	385	244	473	410	435	394	347

从表 5 可以看出,同种纱支织物,18.4 tex 的纯涤织物 A1(100T)较纯棉织物 A3(100C)透气量提高约 90%。

14.7 tex 纱线系列织物透气性能测试结果见图 6。

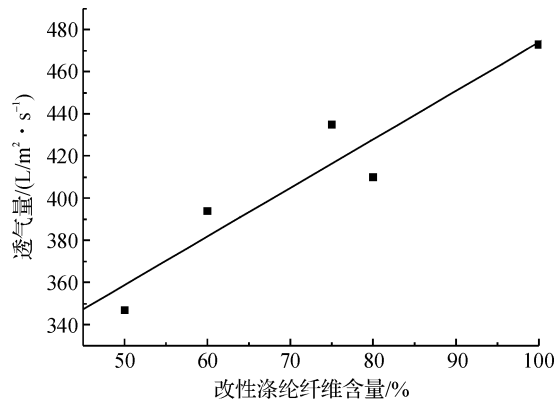


图 6 改性涤纶纤维含量与织物透气量的关系

由图 6 可以看出,随着织物中改性涤纶纤维含量增加,织物透气量明显提高,14.7 tex 的纯涤纱线织物 B1(100T)较涤棉混纺纱线织物 B5(50T/50C)透气量提高约 36%。

对测试结果进行回归分析,改性涤纶纤维含量 X 与织物透气量 Y 的回归方程为:

$$Y = 243.7027 + 2.3027X \quad (3)$$

相关系数 $R = 0.94419$ 。

即织物透气量与织物中改性涤纶纤维含量呈线性正相关。改性涤纶纤维毛羽少,表面较光洁,且纤维表面分布有微孔,织物中的纱线及纤维间空隙的数量比较多,空隙较大,当空气通过织物时,纤维对空气的阻力较小。随着织物中改性涤纶纤维含量增加,织物透气性能越好。

2.3.4 织物快干特征

为了便于直观分析,绘制织物含水率对比图,见图 7。

由图 7 可看出,织物快干总体趋势为:织物含水率降低速度呈先慢后快再慢的变化趋势,当含水率到达 30%以下时,含水率降低速度变快,当含水率下降至 5%以下时,这种变化趋势减缓。

不同线密度纱线织成的织物,当纱线混纺比相同时,14.7 tex 的涤棉混纺织物 B4(60/40T/C)较

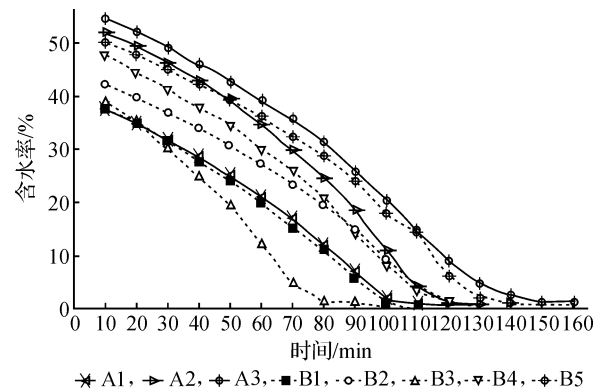


图 7 不同组分混纺针织物的含水率对比

18.4 tex 的涤棉混纺织物 A2(60/40T/C)初始水含量低,至恒重所需时间短,说明纱线越细则织物的快干速率越快。这是因为纱线越细,织物相对蓬松,在最初吸着水分时,织物湿重越低,织物中水分可以充分地扩散与蒸发,至恒重所需时间短,织物的快干速率快。

相同线密度纱线织成的织物至恒重所需时间随着改性涤纶纤维含量的增加而缩短,18.4 tex 的纯涤织物 A1(100T)至恒重所需时间较纯棉织物 A3(100C)缩短约 40%。这是因为水分从织物中排出分为两个过程,首先水分从织物内部迁移到外表面,接着再从织物表面蒸发到外部环境。所以织物的失水速率是由扩散速率和蒸发速率共同决定的。改性涤纶纤维表面大量线形微孔与纤维间的空隙之间形成了无数个毛细通道,这种结构特征有利于水分在织物内的扩散;同时改性涤纶纤维比表面积较大,有利于水分蒸发。而棉纤维中的大量羟基会与水分子形成强的氢键作用,阻碍水分的蒸发,且棉纤维吸水后会发生膨胀,使得织物内的孔洞缝隙变细,从而导致水分在织物中的流量和传递速率下降。

3 结 论

通过纺制不同纱支、不同混纺比的微孔结构改性涤纶/棉混纺纱线,并编织成一定规格的针织物,测试各类混纺针织物拉伸性能、抗弯刚度、导水性能、透湿性能、透气性能、快干性能,对比分析得到如下结论。

a) 当织物纱线支数相同时,纯微孔结构阳离子

改性涤纶织物较纯棉织物的断裂强力高 64%, 抗弯刚度降低约 78%。织物中微孔结构阳离子改性涤纶纤维的添加对织物强度和手感柔软度均有明显改善。

b) 纯微孔结构阳离子改性涤纶织物比纯棉织物的导水性提高约 3 倍, 透湿率提高约 20%, 透气量提高约 90%, 快干速度提高约 40%。织物中微孔结构阳离子改性涤纶纤维的添加对织物的导水性、透湿性、透气性及快干性能均有明显改善, 且呈线性正相关。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 齐素梅, 徐英莲, 叶其林. 微孔结构阳离子改性涤纶的微观结构对其性能的影响[J]. 浙江理工大学学报, 2011, 28(9): 45-48.
- [3] 于伟东, 储才元. 纺织物理[M]. 上海: 中国纺织大学出版社, 2001: 73.
- [4] Wang Cai, Pan Zelin, Zhang Linwen, et al. Synergistically modified unsaturated polyester resin with polyester urethane and montmorillonite: microstructure and properties[J]. Polymers for Advanced Technologies, 2006, 17(7/8): 528-533.
- [5] 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.
- [6] 楼利琴, 张才前. 导湿排汗纤维机织物的导湿性能[J]. 纺织学报, 2007, 28(9): 45-48.

Research on Using Knitted Blend Fabric of Modified Polyester by Cellular Structure and Cotton for Wearing

ZHAO Hao, XU Ying-lian, QI Su-mei

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

Abstract: To find out whether the knitted blend fabric of modified polyester by cellular structure and cotton can be used for wearing, the authors make several different scribbled yarn of modified polyester by cellular structure and cotton separated by yarn size and blending ratio, and knit the scribbled yarn to fabric with some specifications. Then, the authors test the performance for wearing and compare the performances. The research shows that, as the more the knitted blend fabric of modified polyester by cellular structure contains, the better the tensile properties are, the less the flexural rigidity and the modulus of elasticity in static bending are, the better the water vapor permeability and air permeability are, and the faster the fabric will dry. That is to say the polyester fabric modified by cellular structure has the function to sweat derivation, so it can be used it to develop sporting clothes.

Key words: cellular structure modified polyester; cotton; blended knitted fabrics; mechanical properties; moisture derivation

(责任编辑: 张祖尧)