

生物基聚酰胺 56 长丝及面料性能研究

张俊辉, 丛洪莲

(江南大学 a. 纺织服装学院; b. 教育部针织技术工程研究中心, 江苏 无锡 214122)

摘要: 为更好地了解生物基聚酰胺 56 长丝的可编织性及其针织面料的服用性能, 文章首先通过扫描电镜实验, 观察了长丝的纵向和截面微观形态; 然后参考各实验标准对长丝的强伸性与织物的顶破性、耐磨性、悬垂性、透湿性和透气性等性能进行测试。结果表明: 生物基 PA56 长丝具有较高的强度和良好的伸长性能, 初始模量较低, 可编织性优良; 生物基 PA56 长丝针织物具有一定的顶破强力, 顶破延伸性优良, 织物的耐磨转数也优于其对比样; 生物基 PA56 长丝针织物动静态的悬垂性一般, 面料的悬垂度和美感系数相对较低; 生物基 PA56 长丝针织物的透气性和透湿性优良, 面料的透气率和透湿量达到了针织吸湿牛仔布的行业标准; 最后采用模糊综合评价法得出 PA56 长丝针织物具有良好的综合服用性能。

关键词: 生物基; 聚酰胺; PA56 长丝; 针织; 针织面料

中图分类号: TS101.923 文献标志码: A 文章编号: 1001-7003(2018)12-0025-07 引用页码: 121105

Study on bio-based polyamide 56 filament and its fabric properties

ZHANG Junhui, CONG Honglian

(a. Engineering Research Center for Knitting Technology; b. Textile and Clothing Institute, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: To better investigate the knitting property of bio-based polyamide 56 (PA56) filament and the wearability of its knitted fabrics, the longitudinal and cross-sectional morphology of the filament was observed through scanning electron microscope at first. Then the strength and elongation properties, bursting property, abrasion property, draping property, moisture penetrability and air permeability of the filament and its fabrics were tested by referring to various experiment standards. The results showed that the bio-based PA56 filament was featured with high strength, good elongation, low initial modulus and excellent knitting performance. The knitted fabric made from bio-based PA56 filament presented certain bursting strength, excellent bursting extension and abrasion resistance, compared with the contrast samples. However, the fabric had low values of static drapability and aesthetic coefficient. The air permeability and moisture penetrability of knitted fabric made from bio-based PA56 filament were excellent. Its data of air permeability and moisture penetrability reached the industrial standards for knitted absorbent jeans. At last, the fuzzy comprehensive evaluation method was employed, and the results indicated that knitted fabrics made from bio-based PA56 filament exhibited good comprehensive wearability.

Key words: biological base; polyamide; PA56 filament; knitting; knitted fabric

收稿日期: 2018-04-09; 修回日期: 2018-10-25

基金项目: 江苏省产学研联合创新资金-前瞻性联合研究项目(BY2016022-18); 中国纺织工业联合会应用基础研究项目(J201604)

作者简介: 张俊辉(1993—), 男, 硕士研究生, 研究方向为针织产品设计与开发。通信作者: 丛洪莲, 教授, cong-wkrc@163.com。

聚酰胺纤维的发展可追溯到 20 世纪 30 年代, 美国杜邦公司首次研发出聚酰胺 66 纤维, 并实现了工业化生产, 随后德国法本公司成功生产出聚酰胺 6 纤维^[1]; 这两种纤维是全球聚酰胺纤维中的两大品种, 占聚酰胺纤维总量的 98% 左右^[2]。聚酰胺纤维俗称锦纶, 又名尼龙(简称 PA), 是一种依靠石油资源为主要原料的合成纤维。PA 纤维的耐磨性能是

所有合成纤维中最好的^[3],再加上其优良的强伸性、弹性、耐腐蚀性、耐老化性和质轻等性能特点,被广泛应用于袜业、服装、家纺、地毯、车内装饰、轮船、航空航天和军工等多个领域。

随着全球化资源的日渐枯竭,国内外相关企业和科研机构都在不断探索新型生物基纺织材料。目前,关于合成生物基聚酰胺主要有蓖麻油裂解和葡萄糖生物发酵两种工艺路线^[4]。德国巴斯夫公司将己撑二胺和由蓖麻油制取的葵二酸聚合生产出生物基 PA610,此材料的各方面性能均优于 PA6 和 PA66,已经成功地在市场上进行推广^[5]。日本东丽公司和日本味之素公司合作,将从植物里提取的赖氨酸经过生物发酵技术制得 1,5-戊二胺^[6]。美国 Rennovia 公司采用生物基来源的己二酸和己二胺,制成了 100% 的生物基 PA66^[7]。中国在生物基聚酰胺方面的研究也取得了进展,上海凯赛生物科技有限公司以高粱和玉米等淀粉作物为主要原料,通过生物技术制得了 1,5-戊二胺,并与二元酸聚合制得生物基 PA56 切片,成功地纺得了 PA56 长丝和短纤。关于生物基聚酰胺性能和其面料性能研究的文献并不多,张晨^[8]对生物基 PA56 聚合物和其长丝的性能进行了研究,得出生物基 PA56 聚合物的熔点在 PA6 和 PA66 之间,生物基 PA56 长丝的结晶度和取向度低于 PA6 长丝和 PA66 长丝,生物基 PA56 长丝的回潮率、断裂伸长性和弹性回复性等性能优于 PA6 和 PA66 长丝。李蒙蒙等^[2]通过实验测试了 PH 值、温度、时间等因素对 PA56 染色性能的影响,并得出 PA56 耐洗色牢度差等结论。张永超等^[9]对 44 dtex/12 f FDY 生物基 PA56 长丝针织面料和规格相近的 PA6 长丝、涤纶长丝针织面料的性能进行了测试,得出生物基 PA56 长丝针织物的透气性对比样稍差,撕裂强度和吸水率在 PA6 长丝针织物与涤纶针织物之间,其悬垂性、伸长性、耐磨性优于 PA6 针织物和涤纶针织物。随后张永超等采用生物基 PA56/棉混纺纱,在针织设备上成功开发了多款单面结构提花、单面颜色提花和双面颜色提花等针织面料。

本文采用凯赛生物科技有限公司提供的生物基 PA56 长丝为主要材料,对该 PA56 长丝的性能及其针织面料的性能进行了探析,并将其与规格相近的普通 PA6 长丝和 PA66 长丝及其针织面料的性能进行对比与分析,为生物基 PA56 长丝及其针织面料的应用和相关的科学研究提供参考依据。

1 实验

1.1 材料与仪器

1.1.1 长丝

78 dtex/24 f 生物基 PA56 FDY 长丝(上海凯赛生物科技有限公司);78 dtex/24 f PA6 FDY 长丝(长乐力恒锦纶科技有限公司);78 dtex/23 f PA66 FDY 长丝(辽宁银珠化纺集体有限公司)。

1.1.2 织物

采用生物基 PA56 长丝、PA6 长丝和 PA66 长丝分别在 SM-DJ2TS 圣东尼纬编圆机上开发双罗纹组织,机器筒径 16 英寸,机号 18 针,总针数 912 枚,转速为 14 r/min,所得坯布的基本规格参数见表 1。

表 1 织物基本参数

Tab. 1 Basic parameters of fabric

织物	横密/ (纵行/cm)	纵密/ (横列/cm)	平方米质量/ (g·m ⁻²)	厚度/ mm
PA56	12	17	115	0.80
PA6	11	16	106	0.75
PA66	11	16	101	0.68

1.1.3 仪器

SU1510 扫描电子显微镜仪(日本日立公司),YG 020B 型电子单纱强力机(常州第二纺织机械有限公司),MIT-4KN 电子万能试验机(济南华兴试验设备有限公司),HD026N+ 电子织物强力仪、YG 522N 泰伯式织物耐磨试验仪(南通宏大实验仪器有限公司),YG 601H-II 型电脑式织物透湿仪、YG 811E 型织物悬垂仪、YG 461E-III 全自动透气量仪(宁波纺织仪器厂)。

1.2 方法

1.2.1 长丝实验

取长 8 mm 左右的三种长丝丝束,纵向梳平直粘在实验台面上;采用哈氏切片器制得三种长丝的横截面试样亦粘在实验台面上,经过喷金处理,采用 SU1510 扫描电子显微镜仪器观察并抓拍样品微观形态图。

参考 GB/T 3916—1997《纺织品 卷装纱单根纱线断裂强度和断裂伸长率的测定》,采用 YG 020B 型电子单纱强力机以定速拉伸方式对三种长丝进行拉伸实验,拉伸速度 250 mm/min,试样长度 250 mm,每种样品测试 10 次,取平均值。

1.2.2 织物实验

参考 GB/T 19976—2005《纺织品 顶破强力的测定 钢球法》,将织物裁成直径为 60 mm 左右的圆样

放在夹持器中夹紧,采用 HD026N + 电子织物强力仪对试样进行顶破实验,弹子速度 100 mm/min,弹子直径 35 mm,实验次数 5 次,并求得其平均值。

参考 FZ/T 01128—2014《纺织品 耐磨性的测定 双轮磨法》,采用 YG 522N 泰伯式织物耐磨试验仪对织物进行耐磨性测试,砂轮两侧各加 250 g 重锤加压,每种样品测试 5 次,取平均值。

参考 GB/T 12704.1—2009《纺织品 织物透湿性试验方法 第1部分:吸湿法》,采用 YG 601H-II 型电脑式织物透湿仪对织物进行透湿性实验,透湿环境温度 38 ℃、相对湿度 90%。

参考 FZ/T 01045—1996《织物悬垂性试验方法》,采用 YG 811E 型织物悬垂仪分别对织物的静态

和动态悬垂性能进行测试,转盘转速为 35 r/min。

参考 GB/T 5453—1997《纺织品 织物透气性的测定》,采用 YG 461E-III 全自动透气量仪对织物透气性进行测试,孔径为 20 mm。

2 结果与分析

2.1 扫描电镜

如图 1 所示,(a) (b) 和 (c) 分别为三种长丝的横截面微观形态图,可观察到 PA56 和 PA6 的截面均近似三角形,PA66 的截面近似圆形,这与纺丝孔的形状有关;与 PA6 长丝相比,PA56 长丝和 PA66 长丝的横断面十分平齐,没有毛边,各丝束间的横断面大小和形状均匀一致。

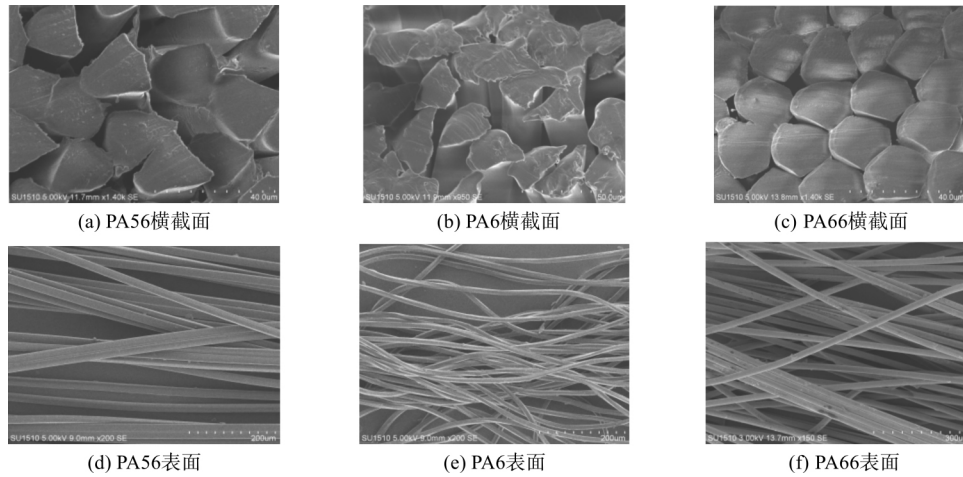


图 1 扫描电镜图

Fig. 1 SEM image of filament

图 1 (d) (e) 和 (f) 分别为三种长丝的纵向微观图,PA6 长丝的纵向形态有些杂乱,部分丝束相互纠缠在一起;与 PA6 相比,PA56 长丝和 PA66 长丝的纵向形态极其光滑平直,丝束排列整齐,具有良好的条干均匀度,表面几乎无杂质和疵点。对比三种长丝的纵向和截面形态微观图可知,PA56 长丝表面光滑,有利于改善其可织造性能;PA56 长丝的截面和纵向形态结构赋予其一定的强度、柔软性、均匀的条干和较小的摩擦系数等性能特点,为其在不同产品领域应用创造了良好的条件。

2.2 长丝强伸性

表 2 为三种长丝断裂强度和断裂伸长率的测试结果,其中数据为各试样 10 组数据的平均值。断裂强度为 dtex 长丝的断裂强力,可用来比较不同线密度纤维或长丝的强力;PA66 长丝的平均断裂强度最高,PA6 长丝次之,PA56 长丝的平均断裂强度最

表 2 长丝强伸性数据

Tab. 2 Strength and elongation data of filament

试样	断裂强度/($\text{cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$)	断裂伸长率/%
PA56	3.7	50.52
PA6	4.7	43.56
PA66	6.3	14.47

低;表明 PA56 长丝的强力次于 PA6 长丝和 PA66 长丝。断裂伸长率指拉伸长丝至断裂时的伸长量与原长的百分比,它反映了长丝的伸长性能;由表 2 数据可得,PA56 长丝和 PA6 长丝的平均断裂伸长率明显高于 PA66 长丝,PA56 长丝断裂伸长率最高,平均值为 50.52%,表明 PA56 长丝的伸长性能优于 PA6 长丝和 PA66 长丝。通过数据对比可知,PA56 长丝具有一定的强力和良好的伸长性能,符合针织用纱对纱线强伸性能的要求,适合在针织设备上使用。

图 2 为采用 MIT-1KN 电子万能试验机测得的三种长丝的应力应变曲线,从应力应变曲线可以看出

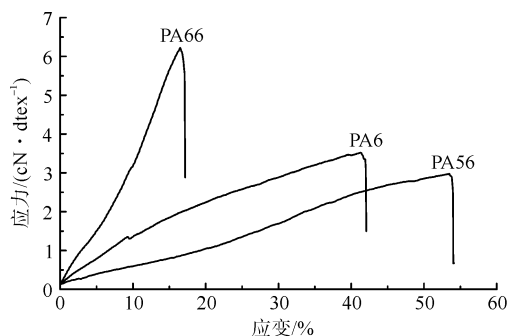
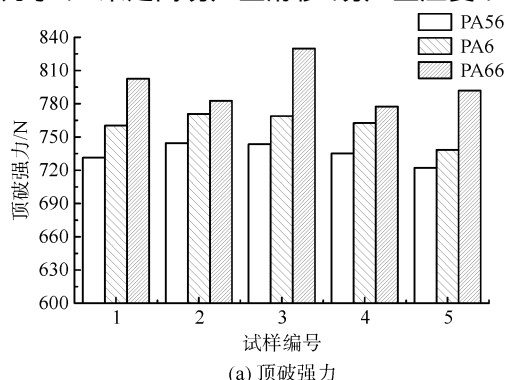


图2 长丝应力应变曲线

Fig. 2 Tensile stress strain curves of filament

三者的强度和伸长性的优劣;取曲线上伸长率为1%左右的点可计算出三者的初始模量,PA66长丝、PA6长丝和PA56长丝的初始模量分别为17.6、14.2、7.9 cN/tex。初始模量的大小表示长丝受到微小力的作用时变形的难易程度,能够反映长丝的刚性;三者之中,PA66长丝的初始模量最大,说明其刚性较大,PA56长丝的初始模量最小,说明其刚性小,柔软性较好。

分析影响三种长丝强度、伸长率和初始模量的原因如下:1) PA56长丝的结晶度和取向度均低于PA66和PA6长丝,其大分子排列较疏松,分子间结合力较弱,导致其断裂强度和初始模量较低,伸长率增加;2) PA56长丝的表面光洁,摩擦力较小,丝束之间的抱合力小,丝束之间易产生滑移,易产生应变,

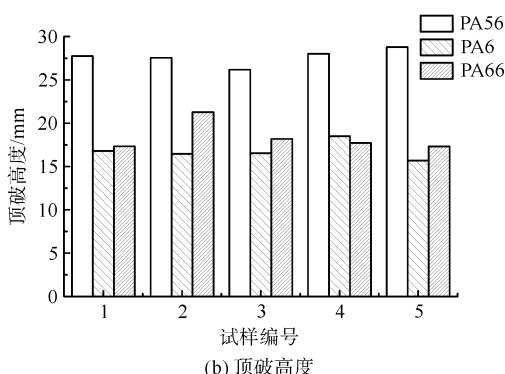


(a) 顶破强力

导致其强度和初始模量低,伸长率高;3) PA66长丝的截面形状与另外两种长丝不同,造成其强度、伸长率和初始模量与另两种长丝差异较大。

2.3 织物顶破性

织物在一垂直于其平面的弹子定速冲击作用下,被顶起一定高度直至破裂的过程称为顶破^[10];人体在穿着服装运动时,服装的膝盖、肘部、臀部和脚跟等部位会受到不同方向力的作用,织物的顶破实验则可以综合呈现织物多方向强伸性的特征信息。图3(a)(b)分别反映三种长丝针织物的顶破强力和顶破高度,从图3(a)可以看出,PA66长丝针织物、PA6长丝针织物和PA56长丝针织物的顶破强力依次递减,PA56长丝针织物的顶破力最低,平均值为735.3 N,比PA6长丝针织物低约3.4%,比PA66长丝针织物低约8.4%。由图3(b)可得,PA56长丝针织物的顶破高度明显高于PA6长丝和PA66长丝针织物,PA56长丝针织物的平均顶破高度为27.7 mm,比PA6长丝针织物高39%左右,比PA66长丝针织物高33.6%左右;织物的顶破高度在一定程度上反映了织物的伸长性能。织物的破裂源于长丝的断裂与线圈的脱散,顶破实验结果说明PA56长丝针织物具有良好的顶破强力和优异的伸长性能,可用作对强度和延伸性能有一定要求的运动服装面料。



(b) 顶破高度

图3 织物顶破性

Fig. 3 Bursting property of fabric

2.4 织物耐磨性

耐磨性是表征织物力学耐久性的一项重要指标,织物在使用过程中不断与其他物质接触并产生反复摩擦,耐磨性则能表征织物的抗磨性能^[11]。在加压砂轮的转动作用下,织物中的长丝丝束逐渐被磨断,丝束头端被抽出并竖立在织物表面,形成起毛;随着砂轮转动圈数的增加,丝束碎屑脱落,面料局部变薄,织物质量减轻,当外力负荷超出了线圈所能承

受的限度时,局部线圈被磨断,在砂轮转动扭力作用下部分线圈脱散,产生破洞;记录织物出现破洞时砂轮的转数及织物磨损前后的质量,根据下式可计算出织物质量减少率。

$$\text{质量减少率}/\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad (1)$$

式中: m_1 为磨损前织物质量,g; m_2 为磨损后织物质量,g。

表 3 的数据为三种长丝针织物磨出破洞时砂轮的转数及磨损前后织物的质量减少率,可明显看出,PA56 长丝针织物磨破时需要的转数多于 PA6 长丝和 PA66 长丝针织物,而且 PA56 长丝针织物磨损前后的质量减少率低于其他两种针织物。由表 1 数据可知,PA56 长丝针织物的厚度和平方米质量均稍大于 PA6 长丝和 PA66 长丝针织物;PA56 长丝表面十分光滑,且伸长率较高,织物与砂轮之间的摩擦系数相对较小,织物易磨毛而不易磨破。所以 PA56 长丝针织物磨破需要的砂轮转数多,而磨损前后的质量减少率较小,说明了 PA56 长丝针织物具有良好的耐磨性能,适合于工作装、袖子、裤子、沙发和地毯等对耐磨性要求较高的产品。

表 3 织物耐磨数据

Tab. 3 Abrasion resistance data of fabric

试样	磨破转数	质量减少率/%
PA56	241	1.10
PA6	184	1.22
PA66	195	1.13

2.5 织物悬垂性

织物因自重下垂的程度和形态称为悬垂性^[12],悬垂性可分为静态悬垂性和动态悬垂性,表征织物悬垂性的指标主要有悬垂度、悬垂波数和美感度等;悬垂度越大、悬垂波数越多、美感度越高则织物的悬垂性越好。表 4 为表征织物悬垂性各指标的相关数据,由表 4 数据可知,PA6 长丝针织物在动、静两种状态下的各指标参数最好;PA56 长丝针织物的动、静态悬垂度略小于 PA6 长丝针织物;PA66 长丝针织物动、静态的悬垂度和美感系数均比其他两种织物差。

表 4 织物悬垂数据

Tab. 4 Draping date of fabric

试样	静态			动态		
	悬垂度	悬垂波数	美感度/%	悬垂度	悬垂波数	美感度/%
PA56	0.52	5.00	31.26	0.51	5.00	30.29
PA6	0.65	6.00	43.96	0.63	6.00	41.78
PA66	0.39	6.00	22.11	0.38	6.00	21.36

图 4 为三种长丝针织物的静态悬垂效果图,可以看出:PA6 长丝针织物的悬垂波更加平滑,各波的大小与形态均匀一致,形成了比较流畅的曲面,其美感度最高,所以其悬垂性最好;PA56 长丝针织物的各悬垂波形态大小不一,差别较大,悬垂效果一般;PA66 长丝针织物的悬垂波不够明显,且波形较大,悬垂效果差。综上所述,PA56 长丝针织物的悬垂性

能一般;织物的悬垂性与长丝的柔软度、织物的组织结构、密度和厚度等有密切关系;若将其应用于裙装、窗帘和桌布等产品,可以通过给长丝上蜡、与其他纱线交织或对织物进行柔软处理以减弱织物的硬挺度,进而改善织物的悬垂性。

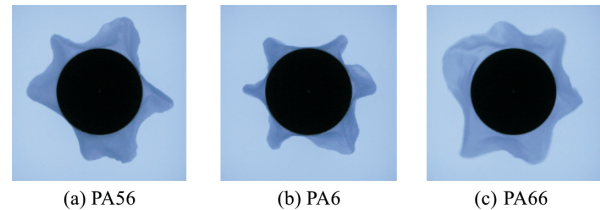


图 4 织物静态悬垂效果

Fig. 4 Static draping effect diagram of fabric

2.6 织物透湿性与透气性

织物的透湿性和透气性是表征织物通透性的重要指标,进而反映了织物的舒适性。织物的透气性指空气透过织物的能力,可通过透气率来衡量,透气率即织物在一定压强条件下单位时间内垂直通过试样给定面积的气流量^[13]。织物的透湿性是指湿汽或水汽透过织物的性能,可通过吸湿法来测定;取适量在 160 °C 的烘箱里烘焙 3 h 的无水氯化钙放入透湿杯中,依次放上垫片、织物和压片,用塑料膜把透湿杯边缘封上;将透湿杯放在温度 38 °C、相对湿度 90% 的透湿仪中吸湿处理 1 h,称取透湿杯质量 A_1 (g);再将透湿杯放入透湿仪中继续吸湿处理 1 h,称取透湿杯的质量 A_2 (g);通过下式可计算织物的透湿量。

$$WVT = \frac{24 \times (A_2 - A_1)}{S \times t} \quad (2)$$

式中:WVT 为织物每平方米每天的透湿量, $g/(m^2 \cdot 24h)$; S 为试样面积, m^2 ; t 为试样时间, h。

表 5 为三种织物透湿性和透气性的测试数据,根据 FZ/T 72009—2008 《针织吸湿牛仔布》规定,针织吸湿牛仔布的透气率不小于 350 mm/s,透湿量不小于 7 000 $g/m^2 \cdot d$ 。根据数据显示,三种长丝针织物的透气率均远远超过了此行业标准。影响织物透气性的主要因素有织物中孔隙的大小、毛羽和织物的厚度等;针织物本身的线圈结构使得其透气性优于机织物和无纺布,三种长丝织物是在机号相对较粗的 18 针圆纬机上编织的,织物的横密较小,纵行间隙较大,再者长丝织物没有阻碍气流通过的毛羽,所以三种长丝针织物的透气率很高。三种长丝针织物的透湿量也达到了针织吸湿牛仔布的最低要求,水气透过织物主要有三种方式:一是水气通过织物

表5 织物透湿和透气数据

Tab.5 Moisture permeability and air permeability data of fabric

试样	透湿量/(g·m ⁻² ·d ⁻¹)	透气率/(mm·s ⁻¹)
PA56	9 291	5 136
PA6	9 868	5 579
PA66	10 352	5 605

中的孔隙;二是长丝本身吸湿,然后在织物另一面渗出;三是水分子通过毛细管效应扩散。若面料的透湿性太差,人体的汗液不能及时透过织物传导到空气中,人体会产生不适感,服装的舒适性变差。PA56长丝针织物的密度和厚度都稍高于其他两种针织物,可能会导致其透湿量和透气率相对较低。但是若织物的透气率过高,则其保温性和遮体效果变差,在保证一定通透性的前提下,可通过选择机号较细的机器编织、更换织物组织等方式增大织物的密度,以提高面料的综合服用性能。

3 面料服用性能评价

采用模糊综合评价法对三种面料的综合服用性能进行评判,在评价过程中需要确定各指标的权重,权重系数的确定有主观赋值法和客观赋值法,主观赋值法是由专业人士主观的直接赋予指标权重值,客观赋值法则由各指标的客观数据经过公式计算得到各指标权重值^[14]。本文采用客观赋值法确定各指标权重。

3.1 建立评判矩阵

$$X_{ij} = \begin{Bmatrix} 735 & 760 & 797 \\ 28 & 17 & 18 \\ 0.52 & 0.65 & 0.39 \\ 241 & 184 & 195 \\ 9\ 291 & 9\ 868 & 10\ 352 \\ 5\ 136 & 5\ 579 & 5\ 605 \end{Bmatrix}$$

将三种织物对应的六个性能指标的数据组合成一个6×3的原始数据矩阵 X_{ij} ,其中 $j=1,2,3$,分别表示PA56长丝针织物、PA6长丝针织物和PA66长丝针织物三种样品; $i=1,2,3,4,5,6$,分别表示顶破强力、顶破高度、悬垂系数、耐磨转数、透湿量和透气率6个性能指标。

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{j=1}^3 x_{ij}} \quad (j=1,2,3; i=1,2,\dots,6) \quad (3)$$

由原始矩阵可看出不同指标间的数据存在数量级的差别,为避免这种数量级差别影响其评价结果,需对原始数据矩阵进行归一化处理。本文采用标准

差法,即通过式(3)计算将原始数据矩阵进行统一归一化处理,得到评判矩阵 Y_{ij} 。

$$Y_{ij} = \begin{Bmatrix} 0.32 & 0.33 & 0.35 \\ 0.45 & 0.27 & 0.28 \\ 0.33 & 0.42 & 0.25 \\ 0.39 & 0.30 & 0.31 \\ 0.32 & 0.33 & 0.35 \\ 0.32 & 0.34 & 0.34 \end{Bmatrix}$$

3.2 确定指标权重

$$q_i = \frac{\sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 |y_{ij} - y_{ik}|}{\sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^3 \sum_{k=1}^3 |y_{ij} - y_{ik}|} \quad (4)$$

在模糊数学评价中,权重指各个指标在综合评判中所占的重要程度,各个指标的权重值至关重要,它直接影响着综合评价的结果。本文采用离差最大化法^[15]客观地确定各指标的权重,通过式(4)计算得到各个指标的权重,将各指标权重组合成行向量 Q_i 。

$$Q_i = \{0.049 \quad 0.432 \quad 0.21 \quad 0.21 \quad 0.049 \quad 0.049\}$$

指标的权重 Q_i 的数值越大,说明该指标在综合评价中的重要性越高,顶破高度的权重值最高为0.432,说明该指标对评价结果影响最大,而顶破强力、透湿量和透气率的权重值最小,它们对综合评价结果的影响较弱。从评价矩阵的数据和权重值的计算结果可以得出,不同样品的某个指标样品之间的数据差异直接影响该指标的权重值。本实验中,三种样品的顶破高度数据差异比其他指标三种样品间的数据差异大,其权重值比其他几种指标的权重值高,所以该指标对综合评价的结果影响最大;相反,三种样品之间的顶破强力、透湿量和透气率的数据差异较小,其权重值低,这些指标对综合评价的结果影响较小。

3.3 综合评价结果

$$a_i = \sum_{i=1}^6 q_i y_{ij} \quad (5)$$

根据式(5),用指标权重行向量 Q_i 左乘评判矩阵 Y_{ij} ,可得到三种样品的综合评分行向量 A_i ,评分越高,织物的综合服用性能越好。

$$A_i = \{0.393 \quad 0.317 \quad 0.29\}$$

PA56长丝针织物的综合评分 A_1 为0.393,PA6长丝针织物的综合评分 A_2 为0.317,PA66长丝针织物的综合评分 A_3 为0.29; $A_1 > A_2 > A_3$,所以三种织物综合服用性能从优到劣的排序为:PA56长丝针织物、PA6长丝针织物和PA66长丝针织物。造成PA56长丝针织物评分高的重要原因就是其顶破高度的数据最优,而顶破高度的权重值又最高。另一

方面, PA56 长丝针织物的其他几项指标的数据与另两种长丝针织物相差不多, 使得其综合评分最高, 综合服用性能最好。

4 结 论

1) 生物基 PA56 长丝的微观截面形态十分规整, 各丝束截面形状相近, 纵向形态清洁光滑, 条干均匀度好; 生物基 PA56 长丝的强度和初始模量低于 PA66 和 PA6 长丝, 其刚性小, 柔软性和伸长性能较好, 这些性能特点利于改善生物基 PA56 长丝的可编织性。

2) 生物基 PA56 长丝针织物具有一定的顶破强度和较高的顶破高度, 表明了该面料具有良好的强度和伸长性能; 生物基 PA56 长丝针织物的耐磨转数较高和磨损质量减少率较低, 说明其具有良好的耐磨性能, 所以其可用于对强度和耐磨性有一定要求的服装和家纺面料。

3) 生物基 PA56 长丝针织物动静状态下的悬垂度、美感系数介于 PA6 长丝针织物和 PA66 长丝针织物之间, 整体悬垂性一般, 若用作裙摆、桌布等产品需改善其织造工艺或对面料进行后整理。

4) 生物基 PA56 长丝针织物的单位面积单位时间内的透湿量和一定压强下的透气率都比较高, 证明面料具有优良的透湿性和透气性。PA56 长丝针织物的模糊综合评价得分高于其对比样, 表明其具有良好的综合服用性能。

参考文献:

- [1] 宋超, 文梦君, 余毅. 聚酰胺纤维生产现状及发展展望 [J]. 合成纤维工业, 2012, 35(1): 49-53.
SONG Chao, WEN Mengjun, YU Yi. Status and outlook of polyamide fiber production [J]. China Synthetic Fiber Industry, 2012, 35(1): 49-53.
- [2] 李蒙蒙, 胡柳, 侯爱芹, 等. 生物基纤维尼龙 PA56 染色性能及产品开发研究进展 [J]. 染料与染色, 2016, 53(5): 25-30.
LI Mengmeng, HU Liu, HOU Aiqin, et al. Development of dyeing property of bio-based nylon PA56 [J]. Dyestuffs and Coloration, 2016, 53(5): 25-30.
- [3] 吴田田. 生物基尼龙 56 的结晶、动态热力学及流变性能研究 [D]. 上海: 东华大学, 2017: 1-3.
WU Tiantian. The Structure, Dynamic Thermo-Mechanical and Rheological Properties of Bio-Based Nylon 56 [D]. Shanghai: Donghua University, 2017: 1-3.
- [4] 黄正强, 崔喆, 张鹤鸣, 等. 生物基聚酰胺研究进展 [J]. 生物工程学报, 2016, 32(6): 761-774.
HUANG Zhengqiang, CUI Zhe, ZHANG Heming, et al. Progress in bio-based polyamides [J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2016, 32(6): 761-774.
- [5] 芦长椿. 生物基聚酰胺及其纤维的最新技术进展 [J]. 纺

织导报, 2014(5): 64-68.

LU Changchun. Latest technology developments of bio-based polyamide and its fiber [J]. China Textile Leader, 2014(5): 64-68.

- [6] 伦瑞欣. 生物基长碳链尼龙纤维的制备及结构性能研究 [D]. 上海: 东华大学, 2016: 4-7.
LUN Ruixin. Preparation and Structural Properties of Bio-Based Long Carbon Chain Nylon Fibers [D]. Shanghai: Donghua University, 2016: 4-7.
- [7] 李新彤, 梁佳璐, 丛洪莲. 生物基聚酰胺短纤纱针织面料的开发 [J]. 纺织导报, 2017(10): 62-65.
LI Xintong, LIANG Jialu, CONG Honglian. Knitted fabrics developed with bio-based polyamide spun yarn [J]. China Textile Leader, 2017(10): 62-65.
- [8] 张晨. 生物基聚己二酸戊二胺聚合物与长丝性能研究 [D]. 上海: 东华大学, 2015: 11-35.
ZHANG Chen. Filament Properties of Biological Based Poly (Adipic Acid- ϵ -5-Diaminopentane) and Structure of Polymer [D]. Shanghai: Donghua University, 2015: 11-35.
- [9] 丛洪莲, 张永超. 生物基锦纶的性能及其在针织面料中的应用 [J]. 纺织学报, 2015, 36(7): 22-27.
CONG Honglian, ZHANG Yongchao. Performance of bio-based polyamide and its application in knitted fabrics [J]. Journal of Textile Research, 2015, 36(7): 22-27.
- [10] 胡培培. Parster 纤维混纺纱及针织物性能研究 [D]. 上海: 东华大学, 2012: 25.
HU Peipei. Study on Performance of Parster Blended Yarns and Their Knitted Fabrics [D]. Shanghai: Donghua University, 2012: 25.
- [11] 于伟东. 纺织材料学 [M], 北京: 中国纺织出版社, 2006: 307-312.
YU Weidong. Textile Materials Science [M]. Beijing: China Textile Press, 2006: 307-312.
- [12] 王迪. 蚕蛹蛋白纤维针织面料的开发与性能研究 [D]. 西安: 西安工程大学, 2015: 61.
WANG Di. Development and Performance Research of Pupa Protein Fiber Knitted Fabric [D]. Xi'an: Xi'an Engineering University, 2015: 61.
- [13] 刘艳君, 王亚妮, 刘云. 竹棉混纺针织物服用性能的研究 [J]. 针织工业, 2007(12): 35-37.
LIU Yanjun, WANG Yani, LIU Yun. A research on the wearability of the bamboo/cotton blended knitted fabric [J]. Knitting Industries, 2007(12): 35-37.
- [14] 张军焱, 周乃锋, 范佩琳, 等. 改性多糖糊料活性染料印花性能模糊综合评价 [J]. 现代纺织技术, 2014, 22(1): 15-19.
ZHANG Junyi, ZHOU Naifeng, FAN Peilin, et al. Fuzzy comprehensive evaluation on printing performance of modified polysaccharide paste reactive dye [J]. Advanced Textile Technology, 2014, 22(1): 15-19.
- [15] 倪红, 彭晓东. 半精纺针织衫服用性能的模糊综合评价 [J]. 纺织学报, 2009, 30(12): 99-107.
NI Hong, PENG Xiaodong. Fuzzy and comprehensive evaluation on serviceability of semi-worsted knitted shirt [J]. Journal of Textile Research, 2009, 30(12): 99-107.