

聚苯硫醚、不锈钢针织面料的研发与性能研究

武琼琳¹, 陈振宏², 石宝¹, 郝傲松¹, 张威²

(1.河北科技大学 纺织服装学院, 河北 石家庄 050018;

2.河北省纺织服装工程技术研究中心, 河北 石家庄 050018)

摘要:基于聚苯硫醚和不锈钢纤维及其混纺纱的性能特点, 本文采用具有6种混纺比的聚苯硫醚、不锈钢混纺纱线在电脑横机上编织6款纬平针组织面料。分别对6款面料的抗静电性能、阻燃性能和防辐射性能等功能性指标进行测试与对比分析, 同时采用灰色聚类分析方法对织物的热湿舒适性能进行综合评价。结果表明, 不锈钢纤维含量为25%时, 面料抗静电性能已远高于国家A级标准的要求; 不锈钢含量越大, 面料阻燃性能越好; 不锈钢纤维含量为2.4%时, 面料防辐射性能可达到B级标准的要求; 在满足面料功能性要求的基础上, 不锈钢纤维的含量应偏低掌握。该研究为开发复合功能性针织面料提供参考。

关键词:聚苯硫醚纤维; 不锈钢纤维; 混纺纱; 功能性指标; 热湿舒适性; 灰色聚类分析

中图分类号: TS 182⁺.6

文献标志码: B

文章编号: 1000-4033(2015)10-0014-03

Development of Polyphenylene Sulfide and Stainless Steel Blended Yarn Knitted Fabrics and Their Property Analysis

Wu Qionglin¹, Chen Zhenhong², Shi Bao¹, Hao Aosong¹, Zhang Wei²

(1.College of Textile and Garment, Hebei University of Science and Technology, Shijiazhuang, Hebei 050018, China;

2.Hebei Research Center of Engineering and Technology of Textile and Garment, Shijiazhuang, Hebei 050018, China)

Abstract: Based on the performance of polyphenylene sulfide and stainless steel fibers and their blended yarns, the paper develops 6 kinds of plain knitted fabrics with 6 different blending ratios of polyphenylene sulfide and stainless steel yarns on computerized flat knitting machine. It also tests and analyzes the functional indices of the fabrics such as antistatic, flame retardant and anti-radiation properties, and comprehensively evaluates the heat-moisture comfort properties of fabrics by gray cluster analysis. The results show that when the content of stainless steel fiber reaches 25%, the antistatic property is much higher than that of the national level A; the higher the content of stainless steel, the better the flame retardation property of the fabric; when the content of the stainless steel fiber reaches 2.4%, the anti-radiation property may reach the national level B; on the basis of meeting the functional requirements of fabrics, the content of stainless steel fiber should be low. The research can provide a certain reference for the development of composite functional knitted fabrics.

Key words: Polyphenylene Sulfide Fiber; Stainless Steel Fiber; Blended Yarn; Functional Index; Heat-moisture Comfort; Grey Clustering Analysis

聚苯硫醚作为一种高性能纤维主要应用于环境保护、化学工业过滤和军事等领域, 很少用于功能性服装面料的开发。纯聚苯硫醚织

物不具备抗静电和防辐射性能, 这在一定程度上限制了聚苯硫醚纤维的应用。本文在研究聚苯硫醚和不锈钢纤维及其混纺纱性能的基

础上, 采用不同混纺比的聚苯硫醚与不锈钢混纺纱编织6种纬平针组织, 开发既能满足织物舒适性要求, 又能满足不同行业要求的集阻

基金项目: 石家庄市科技支撑项目(12119651A); 河北科技大学大学生科技创新项目(2014-51)。

作者简介: 武琼琳(1992—), 女, 本科生。主要从事针织服装功能性方面的研究。

通讯作者: 张威(1969—), 男, 教授。E-mail: zhwei69@126.com。

燃、抗静电、防电磁辐射等于一体的复合功能性针织面料。

1 聚苯硫醚和不锈钢纤维及其混纺纱的性能

1.1 纤维性能

聚苯硫醚全称为聚亚苯基硫醚,其化学结构式为 $(C_6H_4S)_n$,是一种以苯环在对位上连接硫原子而形成大分子刚性主链的聚合物,分子主链为苯环和硫原子交替排列。苯环赋予聚苯硫醚一定的刚性,硫醚键又提供了柔顺性,使其不但具有刚柔相济的物理机械性能,还具有优异的耐化学腐蚀性、长期使用的热稳定性、阻燃性、低导热性以及良好的纺织加工性能^[1-2]。不锈钢纤维表面光亮,具有不锈钢的金属色泽,它是由不锈钢丝采用集束拉拔工艺制成,直径可达1~40 μm ,该纤维既保持了不锈钢所具有的防电磁波、抗静电、导电、耐高温等性质,又具有类似于化纤的柔软性及高比表面积等特性^[3]。

本试验选用的聚苯硫醚纤维由四川德阳特种纤维有限公司生产,纤维长度51 mm,线密度2.22 dtex,断裂强力1.80 cN,断裂伸长率31.1%,质量比电阻 $2 \times 10^7 \Omega \cdot g/cm^2$ 。不锈钢纤维(牵切条)由河北小蜜蜂有限公司生产,纤维长度40~50 mm,线密度3.60 dtex,断裂强力5.36 cN,断裂伸长率6.1%。

1.2 纺纱工艺

确定纱线线密度为36 tex,纱线捻度为55~75捻/10 cm。聚苯硫醚纤维质量比电阻的对数大于7,纺纱过程易产生静电,造成绕罗拉、皮辊等现象,因此本文采用5%的抗静电剂SN与水混合,均匀喷洒于纤维表面进行预处理。选择条子纤维混合方式,即将聚苯硫醚纤维单独成条,再与不锈钢牵切条在并条工序实现均匀混合,共纺制出

具有6种不同混纺比的混纺纱^[4]。

混纺纱的纺纱工艺流程及采用设备如下:聚苯硫醚纤维手扯开松(含预处理)→清梳联→预并条(FA306型并条机)→头道混并(FA306型并条机)→二道混并(FA306型并条机)→末道并条(FA306型并条机)→粗纱(DSRO-01型小型数字式粗纱试验机)→细纱(DSSP-01型数字式试验细纱机)。

1.3 混纺纱性能

6种聚苯硫醚、不锈钢混纺纱的纱线配比及基本性能见表1。

2 复合面料功能性测试与分析

2.1 面料编织

选用德国斯托尔(Stoll)的CMS 530HP多针距电脑横机(机号7.2针/25.4 mm,幅宽1 270 mm)编织纬平针,纯聚苯硫醚纱(1#)因强力高须单独喂入,其余纱线均两根同时喂入。采用1#~6#纱线编织6块面料(1'~6'#)的弯纱深度值依次为:11.0、10.5、10.0、9.5、9.0、8.5。

2.2 抗静电性能

采用LFY-403A型滚筒摩擦机和LFY-403型摩擦带电量测试仪器对织物抗静电性能进行测试。

织物电荷量测试结果见表2。

GB 12014—2009《防静电服》标准规定,织物带电电荷量达到0.2~0.6 μC /件时为B级标准,小于0.2 μC /件时为A级标准。由表2可知,当不锈钢纤维含量为5%时,面料抗静电性能达到国家B级标准要求;随着面料中不锈钢纤维含量的增加,面料抗静电性能不断增强;当不锈钢纤维含量达25%时,面料抗静电性能已远远高于国家A级标准要求。

2.3 阻燃性能

采用YG(B)815D-I型织物阻燃性能测试仪对织物阻燃性能进行测试。炭化长度测试结果见表2。

由表2可知,随着不锈钢纤维含量的增加,其炭化长度减少,阻燃性能变好;并且炭化长度均小于我国劳动和劳动安全行业标准LD 58—1994《森林防火服》阻燃性能一级标准(炭化长度50 mm)的要求。

2.4 防辐射性能

采用PNA3621型矢量网络分析仪测试织物防辐射性能,其屏蔽效能测试结果见表2。GB/T 23463—2009《防护服装 微波辐射防护服》

表1 聚苯硫醚、不锈钢混纺纱的性能

纱线 编号	聚苯硫醚与不锈 钢纤维混纺比	强力/ cN	线密 度/tex	捻度/ [捻·(10 cm) ⁻¹]	毛羽值/[根·(10 m) ⁻¹]		
					1 mm	2 mm	3 mm
1	纯聚苯硫醚纤维	402.7	35	51	2 648.8	626.6	196.4
2	97.6:2.4	396.8	36	50	2 231.0	669.0	199.0
3	95.0:5.0	387.9	38	49	1 812.6	490.4	154.0
4	90.0:10.0	374.5	36	45	1 881.8	434.4	130.2
5	85.0:15.0	299.4	37	51	1 883.8	484.6	124.4
6	75.0:25.0	332.3	37	52	2 173.6	624.8	176.0

表2 聚苯硫醚、不锈钢纤维混纺面料功能性测试结果

面料编号	电荷量/(μC ·件 ⁻¹)	炭化长度/mm	屏蔽效能/dB
1'	4.90	12.0	12
2'	1.30	8.5	31
3'	0.60	8.0	39
4'	0.30	7.0	47
5'	0.10	5.8	54
6'	0.01	4.7	62

规定,屏蔽效能在 30~50 dB 时为 B 级标准。由表 2 可知,当面料中不锈钢纤维含量为 2.4%时,面料防辐射性能可达 B 级标准要求。

3 复合面料热湿舒适性综合评价

3.1 热湿舒适性测试及分析

织物热湿舒适性用热传导率表示,由 KES 织物多功能测试仪测得;湿舒适性采用回潮率、透气量、透湿量和芯吸高度等指标衡量,分别用 Y802K 型八篮恒温烘箱、YG461E 型数字式透气量仪、YG601-I 型织物透湿仪和 YG (B)871 型毛细管效应测定仪测得。面料热湿舒适性测试结果见表 3。

3.2 综合评价

运用灰色关联度聚类分析方法进行综合评价。灰色聚类分析以“部分信息已知,部分信息未知”的“小样本”、“贫信息”不确定系统为研究对象,通过对“部分”已知信息的生成、开发,提取有价值信息^[5-7]。

将 6 种织物记为聚类对象,5 项测试指标记为聚类指标,将综合性能分为好、中、差 3 种,记为 k_1 、 k_2 、 k_3 这 3 个灰类,聚类过程如下。

将测得的反映经纬针织物热湿舒适性能的数据按式(1)进行均值化无量纲处理,得到聚类白化数矩阵 $[x_{ij}]_{n \times m}$,其中 n 为聚类对象数($n=6$), m 为聚类指标数($m=5$)。

$$x_{ij} = \frac{d_{ij}}{\sum_{i=1}^n d_{ij}} \quad (1)$$

式中: $i=1,2,3,4,5,6$; $j=1,2,3,4,5$ 。

将 6 个对象关于聚类指标 j 的取值相应地分为 s 个灰类($s=k_1, k_2, k_3$),称为 j 指标子类。

根据灰类定义规定 j 指标 k 子类的白化权函数 f_j^k ,根据白化权函数,定义 λ_j^k 为 j 指标 k 子类边界值,并按式(2)计算 j 指标 k 子类的权 η_j^k 。

$$\eta_j^k = \frac{\lambda_j^k}{\sum_{j=1}^n \lambda_j^k} \quad (2)$$

表 3 聚苯硫醚、不锈钢纤维混纺面料的热湿舒适性能

面料编号	热传导率/ [W·(m·k) ⁻¹]	回潮率/%	透气量/ [L·(m ² ·s) ⁻¹]	透湿量/ [g·(m ² ·h) ⁻¹]	芯吸高度/ [mm·(30 min) ⁻¹]
1'	0.031 7	0.40	1 544	5 896.2	29
2'	0.032 3	0.39	1 446	5 746.5	29
3'	0.035 4	0.38	1 410	5 546.8	29
4'	0.037 2	0.36	1 380	5 328.5	28
5'	0.039 9	0.34	1 339	4 985.3	27
6'	0.043 4	0.30	1 203	4 966.6	26

式中: $k=k_1, k_2, k_3$ 。

对于白化矩阵 $[x_{ij}]_{n \times m}$,根据白化权函数和权值,按式(3)计算 i 对象属于 k 灰类聚类系数 σ_i^k 。

$$\sigma_i^k = \sum_{j=1}^m f_j^k(x_{ij}) \eta_j^k \quad (3)$$

计算聚类系数矩阵 $[\sigma_i^k]_m$,根据聚类系数矩阵评价对象 i 所属的灰类。由于开发产品主要用作 T 恤面料,在综合评价过程中,各数据均以正相关关系计入。灰色聚类分析得到的系数矩阵如式(4)。

$$\begin{pmatrix} 0.865\ 8 & 0 & 0.170\ 1 \\ 0.746\ 8 & 0.093\ 4 & 0.173\ 4 \\ 0.474\ 3 & 0.471\ 2 & 0.068\ 8 \\ 0.026\ 1 & 0.897\ 7 & 0.075\ 0 \\ 0.165\ 2 & 0.293\ 8 & 0.523\ 1 \\ 0.240\ 5 & 0 & 0.711\ 9 \end{pmatrix} \quad (4)$$

矩阵的行代表各面料的热湿舒适性等级,列代表好、中、差 3 个灰类区间,每行中最大数值处于哪一列,就表明此类面料热湿舒适性的综合性能处于哪一个等级。1'#、2'#、3'# 面料热湿舒适性综合评价为好,4'# 为中等,5'#、6'# 织物热湿舒适性综合评价为差。即随着不锈钢纤维含量的增加,织物热湿舒适性变差。因此,从织物热湿舒适性考虑,在满足面料功能性要求基础上,不锈钢纤维含量应偏低掌握。

4 结论

4.1 不锈钢纤维含量超过 5%时,面料的抗静电性能达到《防静电服》标准 B 级要求,含量达到 25%时,抗静电性能已远远高于国家 A

级标准的要求。

4.2 不锈钢含量越大,面料的炭化长度越小,阻燃性能越好。面料阻燃性均满足《森林防火服》阻燃性能一级标准的要求。

4.3 不锈钢纤维含量为 2.4%时,面料防辐射性能可达到《防护服装微波辐射防护服》B 级水平要求。

4.4 面料热湿舒适性灰色聚类分析表明,在满足面料功能性的基础上,不锈钢纤维含量应偏低掌握。

参考文献

- [1]戴颖.聚苯硫醚(PPS)纤维与其他纤维混纺产品定量分析方法研究[J].中国纤检,2011(10):52-54.
- [2]陈志荣,汪家铭.聚苯硫醚纤维发展概况及应用前景[J].高科技纤维与应用,2009,34(1):46-50.
- [3]杨瑜榕.不锈钢纤维混纺纱线定量分析方法研究[J].棉纺织技术,2011,39(9):26-29.
- [4]董建毫,李瑞洲.不锈钢纤维混纺纱纺纱工艺优化[J].棉纺织技术,2013,40(2):4-6.
- [5]严春.不锈钢纤维混纺面料服用性能与评价研究[D].上海:东华大学,2014.
- [6]张威,刘君妹,陈振宏,等.聚苯硫醚不锈钢混纺织物穿着舒适性研究[J].棉纺织技术,2014,41(12):3-5.
- [7]漆政昆,张和平,黄冬梅,等.消防服用织物材料热湿舒适性综合评价[J].中国安全科学学报,2012,22(4):132-138.

收稿日期 2015 年 4 月 23 日