

聚酰亚胺纤维阻燃隔热面料的设计与开发

顾佳,戴梦男,段金明,卢秋燕,崔红*

(盐城工学院 纺织服装学院,江苏 盐城 224000)

摘要:聚酰亚胺纤维是目前耐热等级最高,且热氧化性稳定、机械性能好、耐辐射的阻燃材料,以其为原料进行阻燃隔热面料的设计与开发;所设计的织物为三层织物,由外及里为阻燃层、隔热层和舒适层。聚酰亚胺纤维三层织物可用于冶金、消防、水电等部门的防护用服装的开发,还可用于飞机座椅软垫、汽车内饰装饰等。

关键词:聚酰亚胺纤维;阻燃;隔热;织物设计

中图分类号:TS182

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2019)01-0013-03

聚酰亚胺纤维属于高性能芳杂环高分子聚合物,极限氧指数(Loi)高达38%,遇高温明火碳化无熔滴、离火自熄、无毒,可保证织物在高、低温环境下具有良好的机械性能和尺寸稳定性,且耐热氧化性、耐腐蚀、耐紫外性能良好,是制作防护服的理想材料,适用于消防服、石油化工服、金属冶炼安全服、炉前服和防火装饰材料等。

本文设计的聚酰亚胺纤维阻燃隔热面料为三层织物。由外及内三层分别为阻燃层、隔热层和舒适层。最外表层为阻燃层,经纬纱线均使用聚酰亚胺纤维纯纺纱线;中层为隔热层,经纱使用聚酰亚胺纤维纯纺纱线,纬纱使用阻燃涤纶/棉混纺纱;里层为舒适层,经纱为羊绒纤维纱线,纬纱为大豆蛋白纤维/棉纤维混纺纱。该织物由聚酰亚胺纤维、阻燃涤纶纤维、羊绒纤维、大豆蛋白纤维、棉纤维等混纺交织而成,使面料在阻燃隔热的同时手感相对舒适柔软,可以应用于消防、厨房用具、装饰等行业产品的开发,不仅能减少平时使用明火以及高温所产生的危险,而且能够避免产生不必要的损失,从而拓宽纺织品的用途。

1 原料纱线性能

纱线的基本性能对纺织品的开发有着极其重要的作用,如纱线线密度决定织物的厚度(克重)、经纬密度;毛羽影响织造时开口的清晰程度以及织物性能;纱

线的强度主要决定此纱线是否能够作为经纱使用。所以在进行织物设计之前,须先对纱线的一些性能进行测试分析,经测试,聚酰亚胺纤维纯纺纱线的线密度为18.2 tex。分别测试了纱线毛羽和拉伸性能,纱线毛羽测试仪器为YG172A纱线毛羽测试仪,纱线拉伸性能测试仪器为YG(B)021DL电子单纱强力机。

1.1 纱线毛羽

试验所得测试数据如表1所示。

表1 纱线毛羽测试结果

毛羽长度	平均值/个·(10 m) ⁻¹	毛羽指数	CV值/%
1 mm	196.8	196.8	11.1
2 mm	64.9	64.9	19.8
3 mm	24.8	24.8	29.3
4 mm	9.1	9.1	47.1
5 mm	2.7	2.7	42.9
6 mm	1.1	1.1	79.6
7 mm	0.5	0.5	141.4
8 mm	0.2	0.2	210.8
9 mm	0.1	0.1	316.2

纱线毛羽是指伸出纱线表面的纤维,它不仅影响织物的表面性能还影响织物的物理性能。由表1可见,1~3 mm的毛羽数量较多,3 mm以上的毛羽,根数在大幅度减少。所测试的毛羽长度中,毛羽长度越长,其根数也越少,两者呈递减趋势,长度在3 mm以下时,能够使织物具有良好的保暖性、柔软性,但是长度大于3 mm时,纤维之间非常容易缠结在一起,在后面的织造过程中造成开口不清。而聚酰亚胺纤维有着较高的初始模量,相比较而言更容易产生毛羽。

1.2 纱线拉伸性能

试验所得测试数据如表2所示。

纱线强度影响后期织造工序能否正常进行,同等条件下,所使用纱线的强度越高,越有利于织造。从表

收稿日期:2018-10-15;修回日期:2018-10-18

基金项目:2018年江苏省产学研合作项目(2018320008002369);2018年中国纺织工业联合会科技指导性计划项目(2018046);盐城工学院2018年大学生创新训练计划项目(2018-30)

作者简介:顾佳(1997-),女,本科在读,主要研究方向为纺织工程。

*通信作者:崔红(1972-),女,博士,副教授,研究方向为新型纺织品开发及应用,E-mail:cuih72@163.com。

2可以看出,聚酰亚胺纤维纯纺纱线的断裂强度符合织造时作为经纱要求的强度,能够作为经纱使用。

表2 纱线拉伸性能测试结果

测试指标	平均值
断裂强度/ $\text{cN} \cdot \text{tex}^{-1}$	32.3
断裂强度 CV/%	6.53
断裂伸长率/%	11.53
断裂伸长率 CV/%	4.70

2 织物设计与织造

2.1 设计构思

三层组织有三个经纱系统和三个纬纱系统组成,各自独立的经纬纱交织形成织物的表层、中层和里层。本设计在纺织加工过程中,表层主要起阻燃作用,使用聚酰亚胺纤维的双股纱线作为表层的经、纬纱系统;中层主要隔热,经纬纱线同样使用聚酰亚胺纤维纱线;里层贴近皮肤,为舒适层,以羊绒纱线为经纱、大豆蛋白/棉混纺纱线作为里层的纬纱系统。表、中层面料的设计具有阻燃和隔热的功能性效果,减少高温给人们带来的干扰和危害,里层的设计使得三层面料在阻燃隔热的同时手感相对舒适柔软,使之不仅能够应用于消防,也能用于厨房用具等行业,大大增加了纺织品的附加值。

2.2 织物设计

织物设计主要是成品规格设计,含纱线的选择与设计、经纬纱线密度设计、织物组织设计、织造工艺设计、后处理工艺设计,织造所用纱线主要为金黄色的聚酰亚胺纱线,同时所用阻燃涤纶和棉混纺纱线与羊绒纱线均为有色纱线,所以纱线设计、染整与后处理工艺设计不作相关考虑。

2.2.1 穿综设计

穿综方法应该根据所设计的织物组织、所使用的纱线原料以及所需要的经纬密度来定,常见的穿综方法有顺穿法(将组织循环中的经纱逐一顺次穿入每页综片上)、飞穿法、照图穿法(也叫山形穿法或是对称穿法,将运动规律相同的经纱穿入到同一综框内)、间断穿法以及分区穿法。一般情况下把提综次数较多的经纱穿在前面综框的综丝内。

三层织物中,表层、中层、里层组织的设计为简单的平纹或斜纹,穿综方法大同小异,大体可确定为表层经纱系统穿在前几页综框,中层经纱系统穿在中间位置,里层经纱为最后。

2.2.2 穿箱设计

每箱齿内穿入数的多少,需依据织物的经纱密度、线密度以及织物组织要求的不同,采用不同的穿入数。为了确保织造工序的正常进行,每箱穿入数一般较少,注意应尽可能地使每箱穿入数等于其组织循环经纱数,或组织循环经纱数的约数或者是倍数。

本织物设计选用120箱/10cm的钢箱,表层经纱与中层经纱穿入同一钢箱,即3入;里层经纱穿到同一箱齿内,即2入。

2.2.3 织物上机图

三层织物组织具体上机图如图1所示,组织图中表、中、里层组织均为平纹,在表示经纬纱组织点的意匠方格里,蓝色表示表、中、里的经纬纱交织的组织点,不同的红色则都是表示接结点。织物组织图所采用的接结方式是中经接表纬、里经接中纬。穿综具体分3个区域:(1)第1、2、3、4页综,穿表层经纱,表示为图中的蓝色;(2)第5、6、7、8、9、10页综框,穿中层经纱,表示为图中的红色;(3)第11、12、13、14、15、16、17、18、19、20页综,穿里层经纱,表示为图中的紫红色。

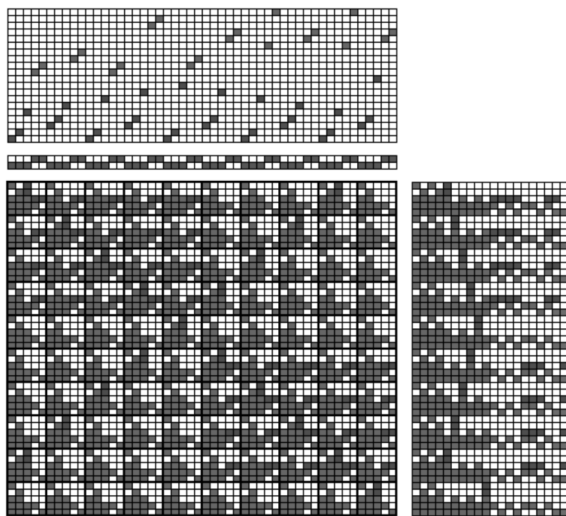


图1 三层织物组织上机图

2.2.4 织造要点

三层织物织造时,经向纱线由3层过渡到2层,再到1层,投纬时,均需按顺序投纬,投中层纬纱时打纬力道不需太重,若中途发现有不合理的地方需及时调整纹板图中接结点位置,以便能够及时调整好纱线排列形成所设计的图案效果。打纬次数较多时容易起毛起球,会造成断经、结头、反面起毛起球等布疵,织造过程中需时刻注意经纱情况。

2.3 织物织造效果

2.3.1 纱线组成

聚酰亚胺纤维阻燃隔热三层织物纱线组成成分分别为:聚酰亚胺纤维纯纺纱线,羊绒纤维纱线,阻燃涤纶纤维/棉纤维混纺纱线,大豆蛋白纤维/棉纤维混纺纱线。

2.3.2 织物成品

聚酰亚胺纤维阻燃隔热三层织物正反面成品图如图2、图3所示。

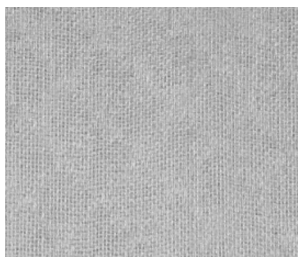


图2 织物正面成品图

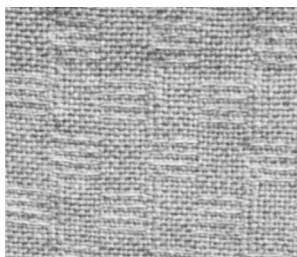


图3 织物反面成品图

2.3.3 织物效果

聚酰亚胺纤维阻燃隔热三层织物成品开发的消防服用马甲效果图,如图4所示。



图4 织物效果图

2.4 织物基本性能

对织物的基本性能进行了测试,各项指标如表3所示。

表3 织物基本性能指标

	测量仪器	三层织物
上机幅宽/cm	直尺	16.6
下机幅宽/cm	直尺	14.2
下机经纬密/根·(10 cm) ⁻¹	密度镜	357×333
平方米克重/g·m ⁻²	AUY220型电子天平	341.7
织物厚度/mm	YG(B)141D型数字式织物厚度仪	1.87

由表3数据分析可得,三层织物的上机幅宽与下机幅宽相差较大。三层织物的厚度相较于一般的多层

织物薄。

3 结语

聚酰亚胺纤维阻燃隔热三层织物以聚酰亚胺纤维、阻燃涤纶纤维等纯纺或混纺纱线为原料,以保证织物具有阻燃性、隔热性和舒适性为设计方向,充分利用了聚酰亚胺纤维的各项性能,包括其优异的物理机械性能、良好的热稳定性、保暖性、耐腐蚀性、过滤性以及阻燃性。所设计的三层织物由SL820型半自动织样机织造,表层阻燃,使用的经纬纱线均为聚酰亚胺纤维纯纺纱线;中层隔热,经纱使用聚酰亚胺纤维纯纺纱线,纬纱使用阻燃涤纶纤维/棉纤维混纺纱线;里层舒适,使用羊绒纱线为经纱,大豆蛋白纤维/棉纤维混纺纱线为纬纱。织造的最终成品,层与层之间相互连接较为合理,具备服用性能,可用作防护用服装面料。阻燃隔热面料的设计与开发,降低了火灾带来的伤害和损失,同时也提高了功能性纺织品的使用面与使用率。随着需求的扩大,阻燃隔热面料的使用会有更大的发展空间和市场前景。

参考文献:

- [1] 程士润,沈妍,王红. 浅谈阻燃纤维的分类和发展[J]. 中国纤检, 2013,(1): 84-86.
- [2] 林旭,何红霞,刘壮,等. 防护服阻燃隔热性能的评价体系研究及其检测仪器研制[J]. 上海纺织科技, 2012,(8): 49-52.
- [3] 丁孟贤,杨诚,卢晶. 耐高温聚酰亚胺纤维的生产技术及性能研究[J]. 中国环保产业, 2012,(3): 50-53.
- [4] 尹朝清,徐园,张清华. 聚酰亚胺纤维及其阻燃特性[J]. 纺织学报, 2012,(6): 116-120.
- [5] 张圣忠,赵磊. 不同阻燃面料的开发及其性能对比研究[J]. 上海纺织科技, 2015,(3): 42-43.
- [6] 郑春琴. 隔热阻燃防护服热防护性能与热湿舒适性的研究[D]. 杭州:浙江理工大学, 2011.
- [7] 开吴珍,刘少轩. 阻燃隔热防护服的发展现状及性能研究[J]. 纺织导报, 2013,(9): 58-60.
- [8] LI D, XIA X, AI Q. Heat transfer characteristics of high temperature multilayer thermal insulations[J]. Aerospace Materials & Technology, 2011,41(1): 20-23.
- [9] 王肖杰. 基于聚酰亚胺纤维灭火防护服外层面料的设计与开发[D]. 上海:东华大学, 2016.
- [10] 杨柳. 棉型阻燃织物性能及在消防服中的应用研究[D]. 西安:西安工程大学, 2015.

4 结语

随着人们崇尚自然、回归自然的需求和环境保护意识的不断增强,绿色纺织品日益受到人们的青睐。莫代尔、竹纤维都是新型环保纺织纤维,顺应了消费者追求健康舒适、回归自然、绿色环保的时代潮流;棉与莫代尔、竹纤维混纺纱兼有多种纤维的优良性能,采用这种混纺纱开发出不同风格的织物,其市场前景广阔。

参考文献:

- [1] 顾东雅.莫代尔纤维的性能与应用[J].辽宁化工,2009,(12):914-915.
[2] 李 斌.莫代尔纤维的优异性能[J].人造纤维,2017,(2):

32-33.

- [3] 董勤霞,马仁和,钟国能,等.超仿棉现状及其新产品的研究开发[J].针织工业,2014,(10):36-39.
[4] 孙剑锋,杜 群,刘雪燕.竹纤维织物的开发与设计[J].宁波服装职业技术学院学报,2004,(12):25-29.
[5] 梁浩祥,王鸿竹,张 勇.竹纤维织物的开发与性能测试[J].纺织科技进展,2005,(5):39-40.
[6] 张美玲,董继红.棉竹纤维混纺竹节纱的开发[J].棉纺织技术,2005,(3):35-37.
[7] 谢晓鸣,王 璜.棉/天丝/竹纤维混纺织物的生产实践[J].山东纺织科技,2011,(1):27-29.
[8] 朱祎俊.莫代尔及其混纺织物织部生产工艺实践[J].山东纺织科技,2010,(3):22-24.

Development of Different Blends Ratio of Cotton/Modal/Bamboo Fiber

ZHAO Wei, LI Long

(School of Textile Science and Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China)

Abstract: With cotton, modal and bamboo fibers as raw materials, the density, tightness, yarn linear density of fabric were designed by setting five different blending ratios. The technological parameters of each fabric on the machine were introduced. The key production technical points were summarized, which could provide reference for the production of such products.

Key words: cotton/modal/bamboo fiber; blended fabric; weaving technology; product development

(上接第 15 页)

Design and Development of Polyimide Fiber Flame-retardant Heat-insulation Fabric

GU Jia, DAI Meng-nan, DUAN Jin-ming, LU Qiu-yan, CUI Hong*

(College of Textile and Clothing, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224000, China)

Abstract: Polyimide fiber was flame-retardant material with highest heat resistance, stable thermal oxidation, good mechanical properties and radiation resistance. The flame-retardant heat-insulation fabric was designed and developed with polyimide fiber as raw material. The fabric consisted of three-layer, which were flame-retardant layer, heat-insulation layer and comfortable layer. Three-layer polyimide fabric could be used to develop protective clothing for metallurgy, fire protection, hydropower and other departments. It also could be used to develop aircraft seat cushions, automobile interior decoration and other textiles.

Key words: polyimide fiber; flame-retardant; heat-insulation; fabric design

欢迎订阅《纺织科技进展》杂志!

邮发代号:62-284

海外发行代号:DK51021