

# 氧化锌纤维/莫代尔混纺抗菌纱的开发

李佳蔚<sup>1</sup>, 张远莉<sup>1</sup>, 李梦恬<sup>1</sup>, 郁崇文<sup>1,2</sup>

(1. 东华大学 纺织学院, 上海 201620; 2. 东华大学 纺织面料技术教育部重点实验室, 上海 201620)

**摘要:** 选用具有抗菌效果的氧化锌纤维/莫代尔进行混纺。探讨了纺纱工艺,并对不同比例混纺纱的成纱质量和抗菌性等性能进行了测试分析。结果表明,氧化锌纤维/莫代尔混纺纱具有优良的抗菌性能,在混纺比为氧化锌/莫代尔 30/70 时纱线的抗菌性、强伸性以及面料舒适性等综合性能最优;混纺纱对大肠埃希菌的抑菌率达到 72.84%,对金黄色葡萄球菌的抑菌率达到 86.47%,相比于棉、麻、纯莫代尔有着十分明显的抑菌性能,抑菌抗菌效果优异。

**关键词:** 混纺纱; 氧化锌; 莫代尔; 抗菌性

**中图分类号:** TS104.5

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1001-2044(2019)01-0044-03

## Development of ecological antibacterial ZnO/Modal blended yarn

LI Jiawei<sup>1</sup>, ZHANG Yuanli<sup>1</sup>, LI Mengtian<sup>1</sup>, YU Chongwen<sup>1,2</sup>

(1. College of Textile, Donghua University, Shanghai 201620, China)

(2. Key Laboratory of Textile Science & Technology, Ministry of Education, Donghua University, Shanghai 201620, China)

**Abstract:** Blended yarns of antibacterial ZnO fibers and modal are developed. The antibacterial, mechanical and comfortable properties of yarns and fabrics are tested and analyzed. The results show that ZnO/Modal yarn has excellent antibacterial properties. In addition, the blended yarn of ZnO/Modal 30/70 has the best combination performance. The antibacterial rate of the blended yarn to *E. coli* can reach 72.84%, and the antibacterial rate against *Staphylococcus aureus* is 86.47%. Compared with cotton, hemp and pure modal, it has very obvious antibacterial performance and excellent antibacterial and antibacterial effect.

**Key words:** blended yarn; ZnO; modal; antibiotic property

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2019.01.013

氧化锌具有较强的灭菌功效,且耐热性好,抗菌范围广,有效抗菌期长,且不易使微生物产生耐药性<sup>[1]</sup>。目前氧化锌大多应用于包装领域<sup>[1-2]</sup>,或是以纳米氧化锌制备复合材料应用于输尿管、支架管等需要具有一定抗菌性能的医疗器械中<sup>[3-5]</sup>。

本文选用氧化锌纤维与莫代尔进行混纺。采用的莱赛尔基材与莫代尔均为绿色环保材料,因此混纺纱兼具了舒适性与生态性的特点,可以广泛应用于有一定抗菌要求的服装及家纺面料中,尤其是保暖内衣、休闲服、衬衣等。本文探讨了氧化锌纤维/莫代尔的混纺纱工艺,并对不同混纺比的混纺纱成纱质量和抗菌性等性能进行了综合分析。

## 1 纤维原料

氧化锌纤维是以莱赛尔为基材加入氧化锌微胶囊制成(德国 SmartfiberAG 公司),微胶囊在纤维使用过程中因磨损而破裂,从而发挥氧化锌的抗菌作用。莱赛尔纤维是以天然植物纤维素为原料的再生纤维,绿色环保,兼具天然纤维和合成纤维的多种优良性能,强度高,制成的衣物不仅光泽自然、手感滑润、极具韧性,

而且透湿、透气性好。但由于加入了包含氧化锌的微胶囊,使得纤维较粗(2.5 dtex),可纺性较差,且成本也高,不适用纯纺制作贴身柔软面料。

因此,选用莫代尔<sup>[6]</sup>(奥地利兰精公司)与其进行混纺,通过结合两者的优良性能,使纱线可纺性、强度及均匀性得到改善,制成的面料既有较持久的抗菌功效,又有良好的形态稳定性、吸湿性和染色性能,兼具舒适和生态环保的优势。

两种原料的物理性能见表 1。

表 1 纤维原料性能指标

项目	氧化锌	莫代尔
纤维细度/dtex	2.5	1.5
纤维长度/mm	38	38
断裂强度/(cN·dtex <sup>-1</sup> )	2.3	3.4
断裂伸长率/%	9.2	13.0
初始模量/(cN·dtex <sup>-1</sup> )	50.4	78.2

## 2 纺纱工艺

### 2.1 工艺设计

氧化锌通过微胶囊结构加入莱赛尔纤维,如果纺纱过程对纤维的作用太剧烈,易导致微胶囊破损碎裂,将在一定程度上降低纤维的抗菌性和抗菌持久性。另外,若混纺纱线的氧化锌纤维含量少,则抗菌效果不明显;若含量多,则又降低了纱线可纺性,且成本高。因

收稿日期: 2018-11-27

作者简介: 李佳蔚(1998—),女,本科在读,主要从事纺织品与面料设计的研究。

通信作者: 郁崇文。E-mail: yucw@dhu.edu.cn。

此,应选择合适的工艺参数和混纺比,才能纺制出具有优良性能的抗菌混纺纱。

为确定合适的混纺比,选取氧化锌/莫代尔 20/80、30/70、40/60、50/50、60/40 5种混纺比进行纺纱,综合比较混纺纱的强度、伸长性、条干均匀度、抗菌性等性能,确定结果较好的混纺比后制作针织面料小样进行测试分析,确定最优混纺比例。

## 2.2 工艺流程

采用条混工艺环锭纺纱,工艺流程为:氧化锌纤维梳理→与莫代尔条混(3道)→粗纱→细纱。

## 2.3 测试仪器

纤维及成纱质量测试:TM3000型台式扫描电子显微镜;YG086型缕纱测长仪;Y331N<sup>+</sup>型纱线捻度仪;XL-1A型纱线强伸度仪;CT3000型条干均匀度测试分析仪;YG172A型纱线毛羽测试仪。

抗菌性能测试:GHP-9080型隔水式恒温培养箱;TS-100C型恒温摇床;MLS-3750型高温蒸汽灭菌锅;TU-1901型双光束紫外可见光光度计。

织物性能测试:YG141N型织物厚度仪;HD026N-300型多功能织物强力机;YG461E型透气性测试仪;YG601H型电脑织物透湿仪。

## 2.4 各工序要点及主要工艺参数的设计

### 2.4.1 梳理工序

由于氧化锌以微胶囊形式存在于莱赛尔纤维中,因此在纺纱过程中,首先要保证其微胶囊结构不被破坏。从纤维电镜分析图(图1)中可以看出,纤维中的微胶囊在轻梳理工艺(梳理速度低、定量轻)下损失不明显,但在重梳理过程中,有一部分微胶囊被破坏。因而梳理时应适当放大隔距,采用柔和的“轻定量、低速度”梳理工艺,以减少纤维中微胶囊的损伤,避免抗菌性能下降。此外,莫代尔纤维更适合细致打击,使梳理均匀。

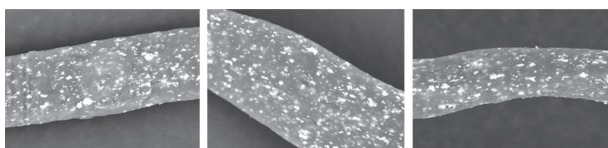


图1 电子显微镜下的氧化锌纤维( $\times 5\ 000$ 倍)

### 2.4.2 并条工序

为保证氧化锌纤维与莫代尔纤维在梳理时的工艺针对性,选择条混的混纺方法。在条混工艺中,为保证纤维混合的均匀性和充分性,采用三道并合,使纤维充

分混和伸直。

### 2.4.3 粗纱工序

为保证所纺纱线的强度和表面性能,需选择合适的捻度并使捻度均匀。通过参考棉纺手册<sup>[7-8]</sup>和相关资料给出的参数范围和前期试验,优选粗纱捻度为3捻/10 cm。

### 2.4.4 细纱工序

参考相关资料<sup>[7-8]</sup>得出,试验中细纱工艺适宜的捻系数范围为260~320,因此设置5个不同的捻系数,分别为240、260、280、300、320。对各混纺比例的纱线以后区牵伸比1.1倍纺制14.6 tex的细纱,分别测试其细度、捻度偏差及强伸性能等,并进行对比分析,以确定细纱工序的最优捻系数。

以氧化锌/莫代尔20/80为例,说明最优捻系数的确定过程,见图2。

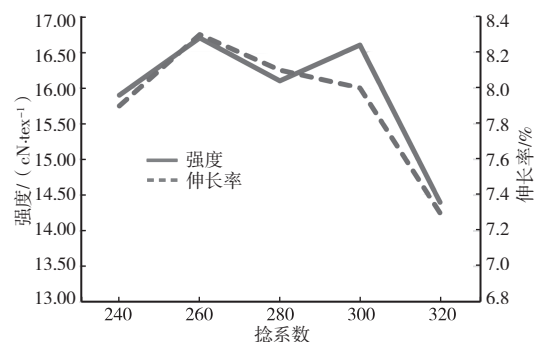


图2 不同捻系数下混纺纱强伸性能比较

如图2所示,捻系数为260时,混纺纱的强度和伸长率较好。综合比较纺纱过程中的可纺性、纱线细度、捻度偏差、强度及均匀度等指标,又考虑到捻系数较低时,纱线产量高,织物手感也较柔软,选定最优捻系数为260。

## 3 成纱质量及结果分析

### 3.1 各比例混纺纱强伸性能比较

采用上文确定的最优捻系数260,依次以5个不同混纺比(氧化锌/莫代尔20/80、30/70、40/60、50/50、60/40)纺制14.6 tex混纺纱,测试其强伸性能并与纯莫代尔纱进行对比分析,见图3。可以得出,混纺纱的强度随氧化锌比例的增加而逐渐降低;从纺纱过程中观察,当氧化锌/莫代尔混纺比为20/80、30/70和40/60时,细纱断头较少,纺纱过程较顺利,纱线外观及均匀度也更好。

总体来看,氧化锌/莫代尔混纺比为20/80、30/70和40/60时,纱线的强伸性能及可纺性较佳。

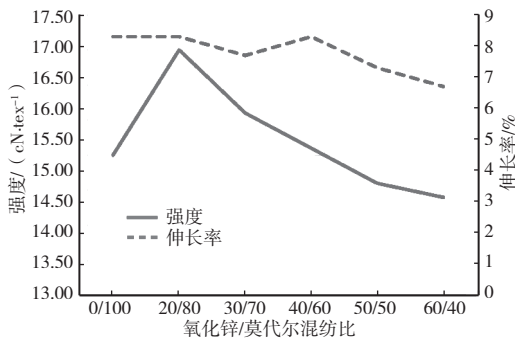


图3 14.6 tex 氧化锌/莫代尔混纺纱强伸性能比较

### 3.2 混纺纱抗菌性能比较

各纱线的抗菌性能依据 GB/T 20944.3—2008《纺织品 抗菌性能的评价》中的振荡法进行测试。试验结果见表2。

表2 纱线的抗菌性能对比 %

项目	大肠埃希菌	金黄色葡萄球菌
棉纤维	-34.26	17.95
苧麻纤维	-1.78	4.87
纯莫代尔 0/100	-7.11	3.76
氧化锌/莫代尔 20/80	26.40	92.24
氧化锌/莫代尔 30/70	72.84	86.47
氧化锌/莫代尔 40/60	57.61	91.35
氧化锌/莫代尔 50/50	68.27	91.13
氧化锌/莫代尔 60/40	75.13	91.57
氧化锌/莫代尔 100/0	68.02	90.24

由表2可见,氧化锌/莫代尔混纺纱对金黄色葡萄球菌的抑菌率较高,均在90%左右,说明其抗菌效果好,对大肠埃希菌的抑菌率略低。根据 GB/T 20944.3—2008《纺织品 抗菌性能的评价 第3部分 振荡法》规定,纱线对金黄色葡萄球菌及大肠埃希菌抑菌率达到70%即认为具有抗菌性,因此,混纺比为30/70和60/40的混纺纱是具有抗菌效果的。

试验结果与理论上氧化锌纤维比例越多抗菌效果越好存在一定的偏差,表明抗菌性能可能与纤维的排列方式有一定关系,同时试验过程中对于混纺比例和测试条件的控制不够精确也会产生一定影响。但相比于棉纤维、麻纤维和纯莫代尔纤维,本文所纺的混纺纱具有十分明显的抑菌性能。

综合抗菌性、可纺性、成本等多方面因素考虑,混纺比选取氧化锌/莫代尔30/70和40/60较为合适。

### 3.3 各混纺比例纱及面料的测试结果

为比较不同混纺比例混纺纱面料的性能,将混纺纱织成织物进行测试。采用 LXC-352SCV 型嵌花电

脑横机织造双罗纹针织面料,原料为50 tex的5种混纺比纱线,并对织物进行表面性质、顶破强力、透气、透湿性能等综合测试,测试结果见表3、表4。

表3 氧化锌/莫代尔混纺纱性能比较

项目	混纺比				
	20/80	30/70	40/60	50/50	60/40
强度/(cN·tex <sup>-1</sup> )	17.1	17.8	16.7	17.1	15.5
强度不匀率/%	9.9	7.1	9.3	9.4	8.4
伸长率/%	10.5	9.7	9.1	9.3	8.6
条干均匀度/%	14.10	14.97	20.33	16.28	22.37
-30%细节/(个·km <sup>-1</sup> )	220	800	1 900	1 460	1 780
+50%粗节/(个·km <sup>-1</sup> )	140	80	760	40	500
+200%棉结/(个·km <sup>-1</sup> )	60	140	260	40	360
3 mm 毛羽指数	8.8	3.65	7.5	23.55	46.05
5 mm 毛羽指数	1.45	0.5	0.8	6.85	14.9

从表3可以看出,混纺比对混纺纱的强度和伸长率影响不大,总体变化趋势与14.6 tex混纺纱结果一致。混纺比为氧化锌莫代尔30/70的混纺纱相比于40/60混纺纱在强度、伸长率、条干均匀度、可纺性等方面均稍好一些,粗节、细节、棉结和毛羽也更少。

表4 氧化锌/莫代尔混纺纱双罗纹针织面料测试结果

项目	混纺比		
	30/70	40/60	60/40
细度/tex	56	50	53
厚度/mm	2.156	1.846	1.774
密度/(g·m <sup>-2</sup> )	329.7	303.5	309.8
顶破强力/N	784.8	684.6	725.4
透气性/(mm·s <sup>-1</sup> )	1 333.16	1 604.36	1 374.49
透气性不匀率/%	4.2	6.1	4.2
透湿率/[g·(m <sup>2</sup> ·h) <sup>-1</sup> ]	307.42	358.09	322.61

根据表4面料测试结果可见,织物的透气性与透湿性与厚度和密度相关,选取的几个混纺比对其影响不大。考虑到本文混纺纱主要功能即抗菌性的测试结果以及纱线的可纺性、成本等各方面因素,最终确定氧化锌/莫代尔30/70为最优的混纺比例。

## 4 结语

(1)氧化锌纤维具有显著的抑菌功效,与莫代尔混纺制成的混纺纱质量优异,生态环保,可广泛用于有一定抗菌需求的轻薄、有弹性、柔软舒适的针织内衣、贴身衬衣或是家纺产品,也可以将其与其他原料混纺用于纺纱和抗菌面料的织造。

(2)通过一系列的纺织、测试和综合分析,得出氧化锌纤维与莫代尔混纺生态抗菌纱的最优混纺比例为

☞(下转第54页)

箱体1底部的电子计重系统2上。待系统稳定下来,此时电子计重系统2将裁下布样的计重值通过数据线输出到控制面板9,记为 $G_0(g)$ 。

针织物每平方米干燥质量计算式见式(1):

$$\text{针织物每平方米干燥质量} = G_0/A \times 100\% \quad (1)$$

针织物样品所用纱线线密度记为 $N$ ,纱线线密度 $N$ 定义为1000 m长纱线在公定回潮率 $W_k$ 下的质量克数,单位为tex。根据线密度 $N$ 可以换算出每米长纱线的干重 $G_g$ ,见式(2):

$$G_g = N/[1000 \times (1+W_k)] \quad (2)$$

每平方米针织物线圈总长度 $L(m)$ 见式(3):

$$L = [1000 \times G_0 \times (1+W_k)] / (A \times N) \quad (3)$$

### 2.3 针织物线圈长度 $l$ 计算

控制面板9内部的计算系统计算出针织物线圈长度 $l(mm) = (1000 \times L)/n = [1000000 \times G_0 \times (1+W_k)] / (400 \times Pa \times Pb \times A \times N) = [2500 \times G_0 \times (1+W_k)] / (Pa \times Pb \times A \times N)$ 。

## 3 试验分析

以纬平针纯棉针织物样品为例进行线圈长度的测试。样品用纱线密度为19.8 tex,公定回潮率为8.5%,按照要求进行试样的准备和仪器的初置。

光学成像采集系统10测定织物的横密 $Pa$ 为80纵行/5 cm,纵密 $Pb$ 为122横列/5 cm,每平方米针织物样品线圈个数 $n = 400 \times Pa \times Pb = 400 \times 80 \times 122 = 3904000$ 个。

在控制面板9中设定激光取样面积为 $0.04 m^2$ ,取

(上接第46页)

氧化锌/莫代尔30/70。以该比例制得的混纺纱具有较好的强度、伸长率、均匀度,以及良好的可纺性,织得的面料表面光洁、手感柔软,透气透湿性较好;抗菌性能方面,混纺纱对大肠埃希菌的抑菌率达到72.84%,对金黄色葡萄球菌的抑菌率达到86.47%,相比于棉、麻、纯莫代尔有着十分明显的抑菌性能,抑菌抗菌效果优异。



#### 参考文献:

- [1] 张春月. 纳米氧化锌在抗菌食品包装中的应用研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(11): 274-279.
- [2] 王淑瑶. 静电纺丝制备纳米氧化锌/聚乳酸纤维及其抗菌性能的

样轨迹为正方形。取样结束后,电子计重系统2稳定下来,此时电子计重系统2将裁下布样的计重值通过数据线输出到控制面板9中,计重值为6.96 g,则针织物每平方米干燥质量为 $174.00 g/m^2$ 。

根据线密度19.8 tex可以换算出每米长纱线的干重 $G_g$ 为0.01825 g,所以每平方米针织物线圈总长度 $L$ 为9534.85 m。最终计算出针织物线圈长度 $l$ 为2.44 mm。

## 4 结语

在崇尚环保、绿色、保障劳工权益和节约劳动成本的今天,纺织品的检测应将现有的操作复杂、劳动强度大、环境污染严重、准确度低的检测方法进行淘汰或者更新。针织物线圈长度是针织物生产及质量控制的一个关键参数,但传统方法采用手扯尺量的方式,耗费大量人力、物力,违背上述纺织品检测的发展方向。

利用基于光学成像、激光裁切和自动计重的常规针织物线圈长度快速测试仪器进行线圈长度的测试,操作简便、绿色、劳动强度低、结果可靠,所测产品适应性强,一般常规针织物的线圈长度指标均可测试。



#### 参考文献:

- [1] 周彬,王慧玲,黄素平,等. 常规针织物线圈长度快速测试仪器: 201810136968.5[P]. 2018-02-09.
- [2] 张永革,周彬,王慧玲,等. 一种针织物线圈长度快速分析方法: 201610100801.4[P]. 2019-06-29.
- [3] 周彬,王慧玲,黄素平,等. 常规针织物线圈长度快速测试仪器: 201820235291.6[P]. 2018-02-09.

研究[J]. 化工新型材料, 2017, 45(3): 96.

- [3] 吕磊红. 聚合物改性纳米ZnO复合抗菌材料的制备及性能[D]. 西安: 陕西科技大学, 2017.
- [4] 黄金柱.  $\beta$ -桉木醇/纳米氧化锌/聚己内酯纳米纤维的体外抑菌效果及生物相容性评价[J]. 第三军医大学学报, 2017, 39(21): 2084-2086.
- [5] 丁雯. 聚己内酯/改性纳米氧化锌抗菌复合材料的制备、表征及可纺性研究[D]. 上海: 东华大学, 2018.
- [6] 杜西超. 莫代尔纤维的性能与应用研究[J]. 成都纺织高等专科学校学报, 2016, 33(1): 150-153.
- [7] 上海纺织控股(集团)公司. 棉纺手册[M]. 3版. 北京: 中国纺织出版社, 2004.
- [8] 郁崇文. 纺纱学[M]. 2版. 北京: 中国纺织出版社, 2013.