

人发角蛋白纳米纤维成纱技术初探

王怡婷,黄润哲,胡佳媛,汤美晶,覃月,方莉,李丽芳,詹建朝*

(嘉兴学院,浙江嘉兴 314001)

摘要:从人发中提取角蛋白,用共轭静电纺纳米纤维水浴成纱技术制备连续纳米纤维纱,研究了正负针头的相对位置对纳米纤维成纱结构的影响。研究表明:静电纺角蛋白纳米纤维粗细均匀、成型良好。正负针头与导引纱平行排列,距离超过9 cm时所纺纳米纤维纱与导引纱平行排列;距离小于2 cm时所纺纳米纤维完全包覆导引纱;正负针头相对距离15 cm时,所纺纳米纤维独立成纱,并缠绕在导引纱上。

关键词:静电纺;纳米纤维纱;角蛋白

中图分类号:TS104.7

文献标识码:A

文章编号:1673-0356(2017)01-0021-03

纳米纤维具有比表面积大、尺寸小等优良性能,能满足多种特殊功能性用途的需要,在电学和光学材料、组织功能性材料、仿生材料、药物释放材料、创伤敷料、复合增强材料及过滤材料等领域有着广阔的应用前景。将纳米纤维加工成纳米纤维纱,可织造出多种实物形状,既能拓展纳米纤维材料的应用领域,又进一步提高了其实用价值,加快商业化进程。因此静电纺纳米纤维的成纱技术已成为研究热点,除了Chang^[1]通过旋转喷丝装置使喷出的纳米纤维直接加捻成纱外,目前静电纺纳米纤维成纱的主流技术集中在加捻装置的改进上。固体加捻装置主要有金属螺旋圆环^[2]、金属圆筒^[3]、辊筒^[4]、旋转的辊筒^[5-6]、金属圆盘^[7-9];液体接收加捻装置主要有静态水浴^[10-12]和带有漩涡的动态水浴^[13-14];气体加捻装置主要是喷气涡流^[15]。这些成纱装置或技术虽可制备一定长度的纳米纤维纱,大多因纤维强力小、取向低、捻度低等导致纱线易断头、成纱时间短,所采用的材料主要有聚丙烯腈、聚乙烯吡咯烷酮、聚醋酸乙烯酯等合成聚合物,天然的生物质纳米纤维成纱技术鲜有报道。本文以人发角蛋白为原料,通过共轭纺丝、动态水浴加捻等成纱技术,探讨静电纺人发角蛋白纳米纤维成纱的可行性。

1 试验部分

1.1 材料

尿素(AR),偏重亚硫酸钠(AR),十二烷基硫酸钠

(SDS,AR),聚环氧乙烷 50KDa,甲酸(AR),聚乳酸羟基乙酸(PLGA,分子量6万),去离子水(自制),六氟异丙醇,人头发(理发店收集)。

1.2 主要试验装置

静电纺纳米纤维水浴成纱装置(自制),如图1所示,带有相反电荷的静电纺纳米纤维在芯纱表面沉积,在水浴涡流作用下加捻成纱。

1.3 试验步骤

1.3.1 人发角蛋白的提取

把人发洗净、烘干、剪碎,按照浴比为1:30的比例置入90℃的碱液(尿素40%、SDS1%、偏重亚硫酸钠5%)中反应4h后过滤,得到角蛋白溶液;将角蛋白溶液置入透析袋(截留分子量为10000~14000D)中透析2周(每12h换一次水)后,对透析袋中的角蛋白溶液进行冷冻干燥48h后得到人发角蛋白粉。

1.3.2 人发角蛋白纳米纤维纱的纺制

分别称取1g人发角蛋白和0.3g的PLGA加入到盛有10ml六氟异丙醇的样品瓶中,磁力搅拌8h后得到纺丝液。在纺丝电压为13kV、纺丝速度为0.08mm/min、接收距离为20cm等静电纺丝条件下,采用自制水浴成纱装置(如图1所示)进行静电纺纳米纤维成纱技术的试验。

2 结果与讨论

2.1 人发角蛋白的形态结构及红外光谱

人发蛋白外观形态如图2(a)所示,呈松散的棕灰色粉末。对人发蛋白进行傅立叶红外光谱分析,如图2(b)所示。从图2可以看出,人发角蛋白具有酰胺I带(1649 cm^{-1} ,C=O、N-H伸缩振动)、酰胺II(1540 cm^{-1} ,N-H变形振动或CN振动)和酰胺III(1201

收稿日期:2016-11-06;修回日期:2016-11-10

基金项目:2016年浙江省大学生科技创新活动计划暨新苗人才计划资助项目(2016R417040)

作者简介:王怡婷(1994-),女,本科学士,主要研究方向为纳米纤维成纱技术。

*通信作者:詹建朝(1981-),讲师,主要研究方向为静电纺纳米纤维成纱技术,E-mail:178808380@qq.com。

cm⁻¹, N-H 或 C-N 振动)三个特征吸收带和酰胺 A 带(3 270 cm⁻¹, N-H 振动)。

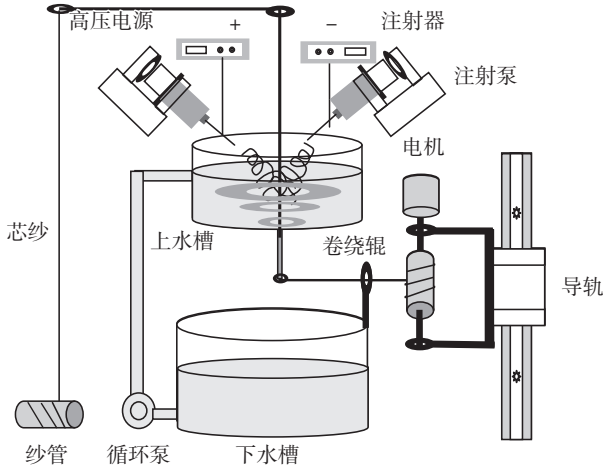


图1 自制静电纺纳米纤维动态水浴成纱装置

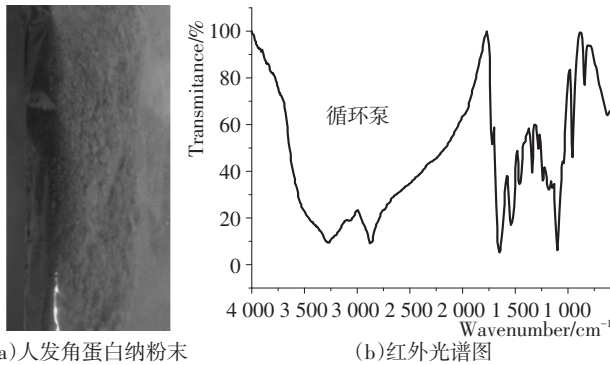


图2 人发角蛋白纳及其红外光谱图

2.2 静电纺人发角蛋白纳米纤维形态结构

图3(a)为静电纺人发角蛋白纳米纤维扫描电镜图,可以看出所纺纤维表面光滑,没有串珠,纤维连续而且比较均匀。从图3(b)中可看出纤维平均直径为539 nm,方差为169 nm。

2.3 纳米纤维纱

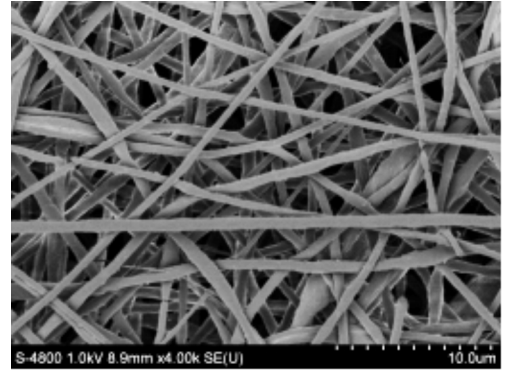
2.3.1 并列型

两喷丝针头(平行距离较远,超过9 cm)和导引纱平行排列,垂直喷向水面,如图4(a)所示。图4(b)显示,纳米纤维纱独立成纱,与引纱平行排列。原因可能是所纺纳米纤维因带异种电荷相互吸引而纠缠在一起,在水浴涡流的作用下进行加捻而成纱。因部分纤维缠绕在引纱上,纳米纤维纱随引纱卷绕在滚筒上。

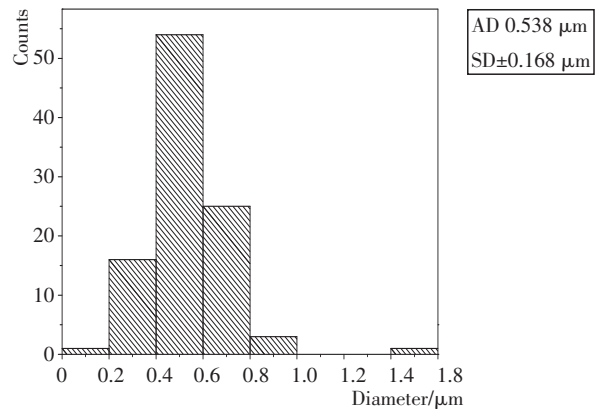
2.3.2 缠绕型

两喷丝针头相对放置(针头间的距离15 cm),向导引纱喷丝,如图5(a)所示,纳米纤维纱缠绕在导引纱上。带异种电荷的纳米纤维相互吸引并在重力的作用

下沉积在水浴中,并在动态水浴中旋转加捻缠绕在导引纱上,如图5(b)、(c)所示。

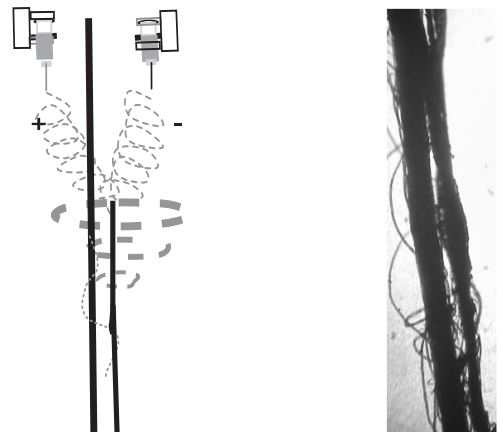


(a)SEM图



(b)直径分布图

图3 静电纺人发角蛋白纳米纤维



(a)成纱示意图

(b)并列型纳米纤维纱

图4 纳米纤维

2.3.3 完全覆盖型

两喷丝针头(平行距离较近,小于2 cm)和导引纱平行排列时,垂直喷向水面,如图6(a)所示。从图6(c)可以看出,导引纱完全被纳米纤维纱所覆盖见图6

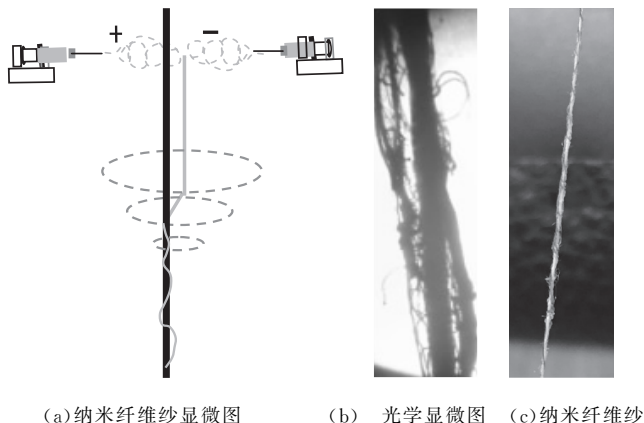


图5 纳米纤维纱成纱示意图

(b)所示。原因是两喷丝针头距离较近,所纺纳米纤维因带异种电荷相互吸引,直接吸附在导引纱表面,在水浴涡流的作用下进行加捻。

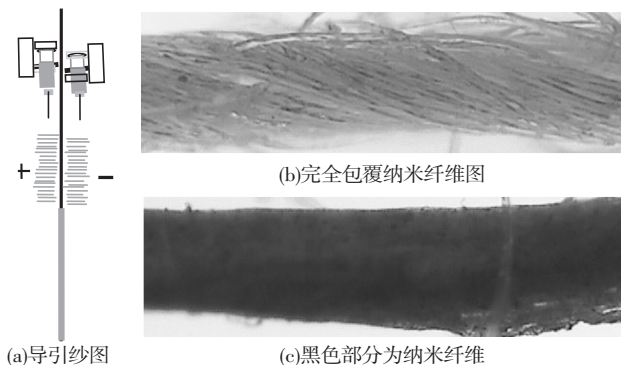


图6 完全包覆纳米纤维纱成纱示意图

3 结论

从废弃人发中提取角蛋白,并借助于自制水浴成纱装置尝试纺制出角蛋白纳米纤维纱,实验结果表明:

(1)人发角蛋白纳米纤维粗细均匀,成型良好;

(2)两喷丝针头与导引纱平行排列,距离超过9 cm,所纺纳米纤维纱与导纱平行排列;

(3)两喷丝针头与导引纱平行排列,距离小于2 cm时,所纺纳米纤维完全包覆导纱;

(4)两喷丝针头相对放置,针头间的距离15 cm时,所纺纳米纤维纱缠绕在导纱上。

人发角蛋白纳米纤维纱的成功开发,既实现了废旧毛发的再利用,又为纳米纤维纺织品的开发提供了实验支持。

参考文献:

[1] Guoqing Chang, Aike Li, Xiaoqian Xu, *et al.* Twisted polymer microfiber/Nanofiber yarns prepared via direct fabrication[J]. *Engineer Chemistry Research*, 2016, 55:7 048

-7 051.

[2] Jung Hun Lee, Dong Wook Shin, Ki Bong Nam *et al.* Continuous bundles of aligned electrospun PAN nanofiber using electrostatic spiral collector and converging coil[J]. *Polymer*, 2016, (84): 52-58.

[3] Chingluan Su, Tingchang Lai, Chinghsiang Lu, *et al.* Yarn formation of nanofibers prepared using electrospinning[J]. *Fibers and Polymers*, 2013, 14(4): 542-549.

[4] Farnaz Memarian, Masoud Latifi, Mohammad Amani-Tehran. Innovative method for electrospinning of continuous TiO₂ nanofiber yarns; Importance of auxiliary polymer and solvent selection[J]. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2014, (20): 1 886-1 891.

[5] Elaheh Daneshvar, Mohammad Amani Tehran, Saeideh Gorji Kandi, *et al.* Investigating the characteristics of two different methods in nanofiber yarn coloration[J]. *The Journal of The Textile Institute*, 2016, 107(7): 833-841.

[6] F Hajiani, A A Ghareaghaji, Ali A A Jeddi, *et al.* Properties of polyamide 66 twisted nanofiber yarn by tracing the color alteration in yarn structure[J]. *Fibers and Polymers*, 2014, 15(9): 1 966-1 976.

[7] Usman Ali, Haitao Niu, Amir Abbas, *et al.* Online stretching of directly electrospun nanofiber yarns[J]. *RSC Advances*, 2016, (6): 30 564-30 569

[8] Shaohua Wu, Bin Duan, Penghong Liu, *et al.* Fabrication of aligned nanofiber polymer yarn networks for anisotropic soft tissue scaffolds[J]. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 2016, (8): 16 950-16 960.

[9] ShaoHua Wu, XiaoHong Qin. Uniaxially aligned polyacrylonitrile nanofiber yarns prepared by a novel modified electrospinning method[J]. *Materials Letters*, 2013, (106): 204-207.

[10] Eugene Smit, Ulrich Buttner, Ronald D Sanderson. Continuous yarns from electrospun fibers[J]. *Polymer*, 2005, (46): 2 419-2 423.

[11] 刘洋. PA6/MWNTs 复合纳米纤维纱连续静电纺丝的研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2011.

[12] 刘红波, 潘志娟, 王建民. 静电法纺制尼龙 6/66 纳米纤维纱[J]. *苏州大学学报(工科版)*, 2007, 27(2): 36-39.

[13] Wee-Eong Teo, Renuga Gopal. A dynamic liquid support system for continuous electrospun yarn fabrication[J]. *Polymer*, 2007, (48): 3 400-3 405.

[14] 吴清鲜. 静电纺丝法制备聚丙烯腈基纳米纤维纱及其预氧化[D]. 天津: 天津工业大学, 2015.

[15] Jianxin He, Kun Qi, Lidan Wang, *et al.* Combined application of multinozzle air-jet electrospinning and airflow twisting for the efficient preparation of continuous twisted nanofiber yarn[J]. *Fibers and Polymers*, 2015, 16(6): 1 319-1 326.

4 结语

通过对重庆地区三峡博物馆馆藏的近代苗绣纹样的深入研究,可以看到苗绣作为苗族民间传承的刺绣技艺,是苗族历史文化中特有的表现形式之一,是苗族妇女勤劳智慧的结晶。纹样题材的选用围绕着吉祥如意涉及广泛,内涵丰富,既包涵了中国传统刺绣纹样的主要内容,又有浓郁的地方特色和民族特点。将艺术依附于实用生活品,经过漫长的历史沉淀,其刺绣图案具有鲜明的环境地域性、淳朴的平民性、充满世俗生活理想、自然写实等特点,这使得其不但成为展现巴渝风土人情的画卷,还是记录和传承苗族文化和历史的重要载体。苗绣纹样结构规整严谨、自由活泼,生动丰满,充分体现了苗绣精美的工艺特点和艺术造诣。

通过研究,挖掘了我国苗绣的寓意和结构特征,起到了传承和保护苗绣技艺的作用,希望能为苗绣的传承及开发利用提供一定的途径与方法,为苗绣技艺爱好者创作出兼具苗绣特色且适应时代发展特点的苗绣佳作提供可参考依据,推动中国刺绣行业的发展。

参考文献:

- [1] 杨(昌鸟)图.苗族服饰[M].贵阳:贵州人民出版社,1997.
- [2] 《苗族简史》编写组.苗族简史[M].贵阳:贵州民族出版社,1985.
- [3] 龙湘平.苗族刺绣造型特征[J].装饰,2003,(1):47.
- [4] 张 萍.试论苗族服饰花纹图案的文化内涵[J].贵州民族学院学报(社会科学版),1999,(2):56-59.
- [5] 张翠莲,张繁荣,陈 清.图案基础[M].北京:中国纺织出版社,2003.

Research on the Moral and Decorative Pattern of Miao Embroidery

SUN Xin-lei

(College of Fine Arts, Chongqing Normal University, Chongqing 401331, China)

Abstract: Based on Miao embroidery collected in Chongqing three gorges museums of China, starting from the background and the present situation investigation of Miao embroidery, the characteristics and cultural connotation of pattern materials, implied meaning and construction of pattern for Miao embroidery were analyzed. The classification, construction and cultural characteristics of Miao embroidery were summarized to inherit the traditional skill and cultural of Miao embroidery.

Key words: nature dyes; Miao embroidery; pattern; implied meaning; construction pattern; inherit

(上接第 23 页)

Study on the Nanofiber Yarn Technology of Human Hair Keratin

WANG Yi-ting, HUANG Run-ze, HU Jia-yuan, TANG Mei-jing,

QIN Yue, FANG Li, LI Li-fang, ZHAN Jian-chao*

(Jiaxing University, Jiaxing 314001, China)

Abstract: Keratin was extracted from human hair and continuous nanofiber yarns were prepared by the device of the conjugate electrospinning nanofiber. The effects of the relative position of positive and negative needle on the structure of nanofiber yarns were studied. The research results showed that keratin nanofibers had uniform diameter and good form. The positive and negative needles were arranged in parallel with the distance of more than 9 cm, and the nanofiber yarn and the guiding yarn were arranged in parallel. The distance less than 2 cm, the guide yarn was fully coated by electrospinning nanofibers. When the relative distance between the positive and negative needles was 15 cm, the nanofibers yarn was twisted from the nanofibers and winds round the guide yarn.

Key words: electrospinning; nanofiber yarn; keratin

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