

# 一种生产长丝非织造材料的新方法及其可行性研究

周 觅, 钱晓明, 范金土, 黄顺伟

(天津工业大学 纺织学院, 天津 300387)

**摘要:** 由于纺粘法生产长丝非织造材料存在局限性, 提出了一种生产长丝非织造材料的新方法。选用无捻长丝纤维, 利用静电分丝原理进行分丝, 进而摆丝成网, 再通过水刺、针刺、热轧等加固方式制备出长丝非织造材料。提出了采用分丝比及灰度直图的标准差来表征分丝效果, 并探究了影响分丝效果的因素。选用聚酯、聚丙烯长丝纤维为原料制备长丝土工布, 并对其性能进行测试。测试结果显示, 样品的各项性能均高于国家标准要求, 说明该制备长丝非织造材料的方法可行。

**关键词:** 非织造布; 聚丙烯; 聚酯纤维; 分丝比; 灰度直方图

中图分类号: TS174.1

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)06-0007-03

## A new method for producing filament nonwoven materials and its feasibility

ZHOU Mi, QIAN Xiaoming, FAN Jintu, HUANG Shunwei

(School of Textile, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300387, China)

**Abstract:** In view of the limitation of spunbonded nonwovens, a new method for producing filament nonwoven materials is proposed. Non-twist filament fiber is used to separate the yarn by using the principle of electrostatic filament separation, and then the yarn is spun into a net. Then, the filament nonwoven material is prepared by means of spunlacing, needle punching and hot rolling. Using filament disparting ratio and the standard deviation of gray level histogram to characterize the filament disparting effect is proposed and its influencing factors are analyzed. Polyester and polypropylene filament fiber are used as raw materials to prepare the filament geotextile by method mentioned above, and the filament geotextile properties are tested. The results show that the properties of the samples can exceed the requirements of the national standards. It shows that the method of preparing filament nonwoven material is feasible.

**Key words:** non-woven fabric; PP; PET fiber; filament separating ratio; grey histogram

纺粘非织造布<sup>[1]</sup>是将纺丝和非织造布的成网、固化技术相结合的工艺技术。上世纪 60 年代, 美国 DuPont(杜邦)和欧洲 Freudenberg(科德宝)公司几乎同时研制出纺粘非织造布, 目前该技术已渐趋成熟。纺粘法生产长丝非织造材料<sup>[2]</sup>是将高聚物切片加热熔融, 经纺丝孔挤出纺丝, 再经空气冷却后, 以一定速度通过气流或机械作用拉伸变细变长, 进而铺叠成网, 最后由加固设备加固或自身粘合加固, 从而形成长丝非织造材料。纺粘法非织造布由于生产流程短、用工省、生产效率高、产品综合性能好, 已广泛应用于医疗、卫生、土工、建筑、环保、过滤、运输等领域<sup>[3]</sup>。

然而, 纺粘法生产长丝非织造材料也有其局限性。第一, 为了适应高速的熔体纺粘法生产, 其原料相比普通合成纤维纺丝用原料有更高的要求, 比如原料流动性要好, 分子量分布要均匀等。目前国内所用原料主要为聚丙烯(PP)和聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)。

第二, 不同原料在纺丝过程中要采用不同的冷却和牵伸技术。诸如聚苯硫醚纤维、芳纶、聚四氟乙烯纤维等耐高温有机长丝纤维均不适用于高速的熔体纺粘法生产。目前采用此类纤维生产非织造高温过滤毡<sup>[4]</sup>时, 先将长丝切断为短纤维, 梳理成网后加固成型, 但这样便丧失了原有长丝的特性。聚丙烯纺粘针刺土工布由于具有非常好的耐酸碱性能和机械强力, 在欧美等发达国家被广泛应用于土木工程领域, 然而我国由于技术等方面的原因, 纺粘针刺土工布所用原料基本都为聚酯。

鉴于此, 本文提出一种纺粘制备长丝非织造材料的方法, 采用长丝纤维为原料, 利用静电分丝原理进行分丝, 进而铺叠成网, 再经过针刺、水刺、热轧等方法加固, 制备出长丝非织造材料。

## 1 生产方法简介

长丝非织造材料制造工艺步骤见图 1, 以牵伸器中的风压作为前进动力, 利用纱架将无捻连续长丝退绕下来; 通过高压静电场使长丝带同种电荷, 相互排斥分离; 然后将长丝通过导纱器送入管式牵伸器中, 再利用摆丝器均匀分散长丝纤维, 并在成网帘上铺放成纤维网; 最后通过针刺、水刺或热轧等方法加固, 并切边

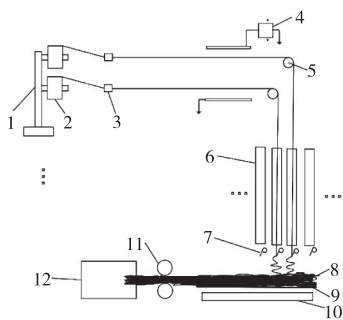
收稿日期: 2017-09-26

基金项目: 天津市科技计划项目(14TXGCCX00014); 天津市应用基础与前沿技术计划项目(16J CZDJ C36400)

作者简介: 周觅(1993—), 女, 硕士在读, 主要从事非织造保暖材料研究。

通信作者: 钱晓明。E-mail: qxm@tjpu.edu.cn。

成卷,制成长丝非织造材料。



1-纱架;2-纱筒;3-导纱器;4-静电装置;5-张力片;6-牵伸管;7-摆丝器;8-纤网;9-拖网帘;10-真空抽吸装置;11-压网辊;12-纤网加固装置

图1 长丝非织造材料生产流程示意图

## 2 分丝效果表征

制备长丝非织造材料的关键是分丝,即一束长丝(原丝)从纱筒退绕下来铺成纤网,丝束分成单丝或更小的丝束。分丝程度越大,纤网越均匀,产品质量越好。因此分丝的表征是研究的重点之一。不同领域根据自身工艺特点对纤维分散程度的表征有不同的标准和方法,本文借鉴短纤维分散表征方式,提出以下3种表征长丝纤维分丝效果的方法。

### 2.1 图像对比

通过对比不同试验条件下长丝纤维分散的图片来证明工艺参数对长丝纤维分丝效果的影响,此方法较为直观且是一个主观判断的过程,但若是分丝效果相近则很难判断,而且很难量化成数据并找到最佳的工艺参数。因此本文主要采用以下两种方式来表征分丝效果。

### 2.2 分丝比

采用GAOSUO显微镜测量软件,首先在一束长丝纤维(原丝)中选取100个不同位置,测量其直径,取平均值作为原丝直径;再在分丝后的纤网中选取100个不同部位,测量丝束直径,取平均值作为纤网中丝束直径。为表征分丝效果,本文定义了“分丝比 $\alpha$ ”,可以直观地表现出原丝铺网后分丝的程度,但体现不出分丝的均匀性,其计算公式见式(1)。

$$\alpha = \frac{D_1}{D_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $\alpha$ ——分丝比,%;

$D_0$ ——原丝直径,mm;

$D_1$ ——纤网中丝束直径,mm

### 2.3 灰度直方图

灰度直方图是关于灰度级分布的函数,是对图像中灰度级分布的统计,是图像处理分析时十分简便且实用的工具。从概率的观点来看,灰度直方图统计的是一幅图像中各个灰度级出现的次数或概率。在灰度直方图坐标系中,横坐标表示图像中各个像素点的灰度级别,纵坐标为各个灰度级上图像各个像素点出现的次数或概率,灰度直方图提供了图像的灰度值分布情况。

从宋新丽等人<sup>[5]</sup>利用灰度直方图针对亮度均匀性的评估试验可看出,灰度直方图在某一数值区间上呈正态分布趋势。标准差 $\sigma$ 越大,曲线越矮,总体分布越分散; $\sigma$ 越小,曲线越高,总体分布越集中。首先采用MATLAB软件绘制出灰度直方图,再在灰度值分布的区间内正态拟合,取值。值越小,则亮度分布越均匀,分丝越均匀;反之,亮度均匀性越差,分丝越不均匀。

## 3 试验部分

选用1 000 dtex/144 f(试样1<sup>#</sup>)、840 dtex/144 f(试样2<sup>#</sup>)、840 dtex/192 f(试样3<sup>#</sup>)、500 dtex/72 f(试样4<sup>#</sup>)的无捻高强聚丙烯长丝以及1 000 dtex/144 f(试样5<sup>#</sup>)无捻高强聚酯长丝进行试验,分析分丝效果的影响因素,并探究长丝非织造材料生产方法的可行性。

### 3.1 影响分丝效果的因素

#### 3.1.1 原丝规格对分丝效果的影响

在相同风压、电压下,5种试样的分丝效果见表1。

表1 5种试样的分丝效果

试样	$D_0$ /mm	$D_1$ /mm	$\alpha$ /%	$\sigma$
1 <sup>#</sup>	1.44	0.11	7.60	30.4
2 <sup>#</sup>	1.26	0.20	15.8	32.1
3 <sup>#</sup>	0.91	0.30	33.0	72.0
4 <sup>#</sup>	0.64	0.12	18.8	24.2
5 <sup>#</sup>	1.33	0.14	10.5	28.4

从表1可见,试样1<sup>#</sup>与试样2<sup>#</sup>的原丝线密度不同,根数相同,试样2<sup>#</sup>与试样3<sup>#</sup>的原丝线密度相同,根数不同,三者单丝线密度的排序为试样1<sup>#</sup>>试样2<sup>#</sup>>试样3<sup>#</sup>。从分丝比及标准差结果来看,试样1<sup>#</sup>分丝效果(分丝程度及均匀性)最好,试样3<sup>#</sup>最差。这说明原丝中单丝越粗,抗弯刚度越大,分丝效果越好。这是因为在原丝经分丝形成纤网的过程中,原丝中单丝的抗弯刚度越小,单丝越容易缠结,不利于分丝。试样1<sup>#</sup>是试样4<sup>#</sup>原丝线密度的2倍,根数也是2倍,即单丝细度相同。经分丝后两者形成的纤网中的丝束平均直径

$D_1$  相近,但  $D_0$  不同(试样 1#>试样 4#),即试样 1#分丝比试样 4#小,表明试样 1#分丝程度比试样 4#大。然而,从标准差结果来看,试样 4#分丝均匀性要比试样 1#好,原因是试样 4#相比试样 1#原丝线密度小,经分丝后纤网中的丝束直径范围要小。试样 1#与试样 5#的长丝规格相同,种类不同,从分丝比及标准差结果来看,分丝效果相差不大。

### 3.1.2 牵伸管风压对分丝效果的影响

牵伸管内风压不但可以作为原丝前进的动力,而且能够吹散原丝,具有一定的辅助分丝作用。试样 1#原丝采用不同风压的分丝效果见图 2。

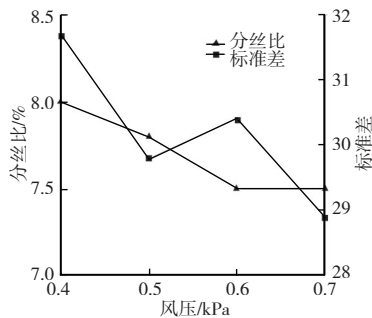


图2 试样 1#不同风压的分丝比与标准差值

由图 2 得出,随着风压的增大,分丝比及标准差整体上都呈减小趋势,即分丝效果有一定的提升。但分丝比从 8%降到 7.5%,标准差从 31.7 降到 28.9,可以说风压对分丝效果影响并不显著。其原因是风压大可以吹散长丝,但同时也能带动长丝旋转,不利于分丝。

### 3.1.3 电压对分丝效果的影响

原丝纤维进入牵伸管之前,通过高压电场使纤维带同种电荷,从而使其相互排斥,有助于分丝。试样 1#原丝采用不同电压的分丝效果见图 3。

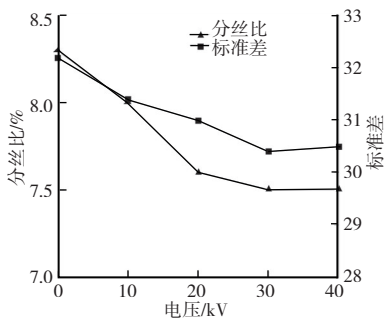


图3 试样 1#不同电压的分丝比与标准差值

从图 3 可见,电压越大,分丝效果越好,当电压增加到一定值后分丝效果改变不大。这是因为电压越大,电场强度越高,纤维带电量越大,所以分丝效果越好;而当纤维带电量饱和时,再增加电压,分丝效果变

化不明显。

### 3.1.4 摆丝板摆动频率对分丝效果的影响

摆丝板不但起到带动长丝摆动铺网的作用,而且能够撞击长丝,从而在一定程度上打散原丝,起到一定的辅助分丝作用。试样 1#原丝采用不同摆丝板摆动频率的分丝效果见图 4。

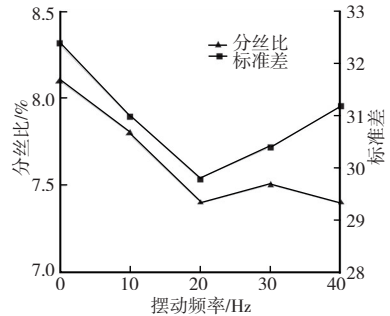


图4 试样 1#不同摆动频率分丝比与标准差值

从图 4 得出,摆动频率越大,分丝比整体上呈减小趋势;而标准差先减后增,即分丝程度变大,分丝均匀性先变好再变差。原因是摆动板撞击虽然可以打散长丝,起到分丝的作用,但同样增加了纤网的杂乱性,因此均匀性会变差。

## 3.2 产品性能

采用本文提出的方法制备样品,并对样品性能进行测试,来验证该方法的可行性。选用试样 1#聚丙烯长丝及试样 5#聚酯长丝为原料,在风压 0.6 kPa、电压 30 kV、摆动频率 30 Hz 的条件下,采用针刺加固方式(针刺密度 600 刺/cm<sup>2</sup>)制备长丝土工布。按照标准对制成样品的各项性能进行测试,包括:面密度、宽条拉伸断裂强度、梯形撕裂强力、CBR 顶破强力、垂直渗透性、有效孔径。测试结果见表 2,其中“>50”、“>10 000”表示超出仪器量程(量程为 10 000 N)。

表 2 产品各项性能测试结果

项目	聚酯长丝土工布	聚丙烯长丝土工布
面密度/(g·m <sup>-2</sup> )	600	600
面密度偏差/(g·m <sup>-2</sup> )	10	10
拉伸强度/(kN·m <sup>-1</sup> )	纵向	39.85
	横向	48.13
梯形撕裂强力/N	纵向	1 110
	横向	1 367
CBR 顶破强力/N	7 896	>10 000
垂直渗透系数(cm·s <sup>-1</sup> )	0.12	0.16
有效孔径(O <sub>90</sub> )/mm	0.06	0.06

从表 2 可见,除了面密度偏差,两种样品的性能均

☞(下转第 21 页)

本试验心电监测服装工艺难点在于导联线在外衣和背心之间的相互穿插,为此在服装上设计了导线盖固定导联线,导线走向尽量与缝份贴合,放置心电监测仪的暗袋设计在口袋里层中,不会影响服装的整体外观和穿着舒适性。

### 5 结语

目前,针对心电监测老年服装的研究已取得了一些进展,但还处于试验研究的初期阶段,需要探究的问题还有很多。此款心电监测服装是新型技术产品,监测装置和服装款式设计合理,可有效保障老年人的身心健康,具有巨大的市场潜力。不足之处是产品分割成里衣和外衣2个部分,在穿脱便捷性上有待改善。后期将着重研究如何将里衣和外衣整合成一件衣服,既能够在户外活动穿着,又能随时监测健康,以便达到产业化应用的目的。



#### 参考文献:

[1] 贺义军,洪文进,唐颖,等.智能化安全服装的设计模式探讨[J].

(上接第9页)

达到 GB/T 17639—2008《土工合成材料 长丝纺粘针刺非织造土工布》要求,而且聚丙烯长丝土工布的拉伸强度、撕破强力、顶破强力均超出标准 50%左右,不足的是面密度偏差较大,工艺有待改进。

### 4 结语

(1)通过分丝比及灰度直方图的标准差来表征分丝效果,结果表明:原丝性能、牵伸管风压、静电场电压、摆丝板摆动频率均对分丝效果产生影响,其中原丝中单丝线密度的影响最为显著,线密度越大,分丝效果越好。

(2)采用本文提出的方法制备了聚丙烯及聚酯长丝土工布并测试其相关性能,结果发现,聚丙烯长丝土

(上接第17页)

[28] LU Y,WANG F,WAN X, et al.Clothing resultant thermal insulation determined on a movable thermal manikin.Part II: Effects of wind and body movement on local insulation[J].International Journal of Biometeorology,2015(59):1487-1498.

[29] HALL J F,POLTE J W.Effect of water content and compression on

纺织导报,2016(11):129-131.

[2] 程浩南.心电监测技术在监测与健康护理服装设计中的应用[J].化纤与纺织技术,2017(3):22-25.

[3] 胡艳琼,邓咏梅.心电监测服装监测位置的研究[J].国际纺织导报,2016(4):46-50.

[4] 石金兰,任立红,丁永生,等.基于嵌入服装式心电监测的亚健康智能评估系统[J].微型电脑应用,2008(1):1-3.

[5] 严妮妮,邓咏梅,张辉,等.心电监护服装结构对监测点位移的影响研究[J].丝绸,2014(10):1-5.

[6] 洪文进.基于智能化的针织安全性服装定制模式探讨[J].毛纺科技,2017(5):55-58.

[7] 宋清超,胡立夫,陈振,等.人体健康智能监测服装研究[J].自动化技术与应用,2016(7):135-138.

[8] 岳彤.智能安全服装中智能纤维的应用[J].纺织导报,2016(5):83-84.

[9] 洪岩,杨敏,陈雁,等.人体生理指标与服装微气候监测系统研发[J].纺织学报,2013(1):96-100.

[10] 沈雷,任祥放,刘皆希,等.保暖充电老年服装的设计与开发[J].纺织学报,2017(4):103-108.

工布的拉伸强度、撕破强力、顶破强力均超出标准 50%左右,这表明,该制备长丝非织造材料的方法是可行的。



#### 参考文献:

[1] 邹荣华.纺粘法非织造布生产技术现状及发展趋势[J].纺织导报,2005(9):29-34.

[2] 柯勤飞,靳向煜.非织造学[M].上海:东华大学出版社,2010.

[3] 纺粘发展的去岁今昔——2012 我国纺粘法非织造布现状和趋势分析[J].非织造布,2012(6):31-34.

[4] 李熙,靳双林.我国针刺过滤毡的现状与展望[J].产业用纺织品,2008(6):6-8.

[5] 宋新丽,郑喜凤,凌丽清,等.基于灰度直方图的 LED 显示屏亮度均匀性评估方法[J].液晶与显示,2009(1):140-144.

clothing insulation[J].Journal of Applied Physiology,1956(5):539-546.

[30] WANG F,SHI W,LU Y.Effects of moisture content and clothing fit on clothing apparent 'wet' thermal insulation: A thermal manikin study[J].Textile Research Journal,2016,86(1):57-63.

保 护 环 境 利 国 利 民