

文章编号: 0253-9721(2008)10-0052-04

# 亚麻/聚丙烯针织结构预制件及其力学性能

李红霞, 刘丽, 黄故

(天津工业大学 纺织学院, 天津 300160)

**摘要** 为探讨制备环保型民用纺织复合材料的新途径, 利用横机开发了以亚麻为增韧纤维, 聚丙烯为基体的亚麻/聚丙烯针织结构复合材料预制件小样, 并对其拉伸、弹性回复和顶破强力等力学性能进行测试, 分析影响其力学性能的有关因素。研究表明: 亚麻纱与聚丙烯长丝合股可有效改善其可编织性; 亚麻与聚丙烯纤维体积分数比为 50:50 的针织结构预制件的拉伸断裂性能、弹性回复性能及顶破强力都较优; 四平结构预制件的拉伸断裂性能、顶破强力优于罗纹结构, 而罗纹结构预制件的弹性回复性能优于四平结构; 弯纱深度较小时, 亚麻/聚丙烯针织结构预制件的力学性能较好。

**关键词** 亚麻; 聚丙烯; 针织结构; 预制件; 力学性能

中图分类号: TS 184 文献标识码: A

## Flax/polypropylene weft knitted composites preform and the mechanical properties

LI Hongxia, LIU Li, HUANG Gu

(School of Textiles, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China)

**Abstract** For developing new ways of producing environmentally protective textile composites for civil use, the flax/polypropylene (PP) composite samples was made with polypropylene as substrate and flax as reinforcing material on a flat machine. The mechanical properties of the samples such as the tensile strength, elastic recovery and bursting strength were tested and affecting factors were analyzed. The research shows that it is effective to improve its knitability by mix-knitting with the flax and PP. The samples have better tensile strength, elastic recovery and bursting strength when the volume fraction of flax/PP fiber is 50:50. In respect of the tensile strength and bursting strength, the sample of full gauge rib stitch is advantageous over that of rib stitch, and vice versa in respect of elastic recovery. The sinker depth directly influences the mechanical properties of the flax/PP knitted samples, and it is recommended that sinker depth be small.

**Key words** flax; polypropylene; knitted structure; preform; mechanical property

亚麻纱具有高强、高模、对环境无污染等优良性能, 可开发具有一定承载能力的民用纺织复合材料的增韧原料<sup>[1]</sup>。聚丙烯(PP)受热熔融, 具有可回收、可循环利用等性能, 适宜作热塑性复合材料的基体材料。针织技术可将增韧原料和基体材料一次编织成型为热塑性复合材料预制件, 生产工艺简单, 成本较低, 而且, 针织结构复合材料具有较好的拉伸能量吸收性能<sup>[2]</sup>, 所以将亚麻纱与聚丙烯长丝合股共织形成针织结构预制件, 再经热压复合制得复合材料

板材是开发新材料的有效途径之一。

文献[3-4]报道了国内外玻璃纤维针织物增强复合材料及其性能影响方面的研究; 文献[5-7]对苧麻纤维增强针织结构复合材料及亚麻纤维非织造复合材料进行了研究; 但对亚麻纤维针织结构复合材料预制件较成熟的研究成果尚不多见。而且亚麻纱疵多、捻系数小、长毛羽多、摩擦阻力大且纱线粗硬, 不易编织<sup>[8]</sup>。本文探讨亚麻/聚丙烯合股共织的可编织性, 开发针织结构的复合材料预制件并对其力

收稿日期: 2007-10-05 修回日期: 2008-04-07

基金项目: 天津市高等学校科技发展基金资助项目(20051304)

作者简介: 李红霞(1964-), 女, 副教授, 硕士生。主要研究方向为针织技术、纺织新材料的研究与开发。黄故, 通讯作者, E-mail: huanglll@public.tpt.tj.cn.

学性能进行测试分析, 为寻求开发性能优良、环保型的亚麻/聚丙烯针织结构民用复合材料, 提供理论依据。

## 1 实验材料

### 1.1 原料

亚麻纱线线密度为 66.7 tex, 由黑龙江佳木斯佳鹏亚麻有限责任公司提供。

聚丙烯长丝线密度为 12.5 tex, 由北京涤纶实验厂提供。

### 1.2 编织用合股共织纱及其体积含量

采用亚麻/聚丙烯无捻合股纱为原料编织针织结构复合材料预制件, 亚麻纱与聚丙烯长丝的纤维体积含量比分别取 50:50、60:40、75:25 3 种, 参加编织预制件的 2 类纱线体积含量比为

$$V_f = Nt_f/d_f$$

$$V_p = Nt_p/d_p$$

$$V_f : V_p \approx 3$$

式中:  $Nt_f$ 、 $Nt_p$  为亚麻纱与聚丙烯长丝的线密度, tex,  $d_f$ 、 $d_p$  为亚麻纤维与聚丙烯纤维的密度,  $\text{g}/\text{cm}^3$ , 亚麻纤维的密度为  $1.46 \text{ g}/\text{cm}^3$ <sup>[9]</sup>, 聚丙烯纤维的密度为  $0.91 \text{ g}/\text{cm}^3$ <sup>[10]</sup>,  $V_f : V_p$  为亚麻纱线所占体积与聚丙烯长丝所占体积含量之比。

所以在编织过程中  $V_f : V_p = 75:25$  时, 取 1 根亚麻纱与 1 根聚丙烯长丝并股编织;  $V_f : V_p = 60:40$  时, 取 1 根亚麻纱与 2 根聚丙烯长丝并股编织;  $V_f : V_p = 50:50$  时, 取 1 根亚麻纱与 3 根聚丙烯长丝并股编织。

## 2 预制件设计

### 2.1 组织结构

考虑复合材料预制件的实际需要, 为便于研究比较其力学性能, 亚麻/聚丙烯横编针织结构预制件的编织采用组织结构较接近的 1+1 罗纹和满针罗纹(即四平组织)。

### 2.2 设备

飞虎牌手摇横编织机, 机号  $G=9$ 。

### 2.3 改善措施

经实际编织探索, 发现以下措施可有效改善亚麻/聚丙烯针织结构预制件的可编织性。

1) 亚麻纱条干不匀率、细度不匀率、强度不匀率

较大, 可通过合股弥补。

2) 亚麻纱捻系数小, 长毛羽多, 摩擦阻力大, 造成上机编织困难, 通过上蜡等前处理工艺可以减少亚麻纱的长毛羽, 减少纱线与织针之间的摩擦, 进而改善亚麻纱的上机可编织性。

3) 亚麻纱表面较粗糙, 延伸性较低, 而聚丙烯长丝外表光滑且弹性大, 二者可优势互补, 所以亚麻纱与聚丙烯长丝合股共织可有效改善其编织性。

## 3 预制件开发及其力学性能测试

### 3.1 亚麻/聚丙烯预制件小样

经过编织探讨及实际编织, 开发制作了亚麻/聚丙烯合股共织针织结构预制件小样, 并对其力学性能进行测试及分析, 以进一步探讨针织物组织结构、原料、弯纱深度等对亚麻/聚丙烯预制件小样力学性能的影响。预制件小样的参数见表 1, 其中  $V_f : V_p$  表示亚麻/聚丙烯体积含量比。

表 1 针织结构预制件小样参数

Tab.1 Parameters of the preform knitted-samples

小样编号	原料( $V_f : V_p$ )	织物结构	弯纱深度	线圈长度/mm	面密度/ $(\text{g} \cdot \text{m}^{-2})$
1#	50:50	四平	9	6.6	530
2#	50:50	四平	10	8.1	472
3#	50:50	四平	11	9.3	424
4#	60:40	四平	9	6.5	452
5#	60:40	四平	10	7.2	379
6#	60:40	四平	11	8.3	350
7#	75:25	四平	9	6.7	384
8#	75:25	四平	10	8.0	373
9#	75:25	四平	11	9.2	355
10#	50:50	1+1 罗纹	9	7.4	542
11#	50:50	1+1 罗纹	10	8.6	515
12#	60:40	1+1 罗纹	9	7.6	468
13#	60:40	1+1 罗纹	10	8.0	410
14#	75:25	1+1 罗纹	9	7.4	358
15#	75:25	1+1 罗纹	10	7.9	349

### 3.2 拉伸断裂性能

#### 3.2.1 仪器设备与实验参数

小样的拉伸性能测试参照 GB/T 3923.1—1997《纺织品 织物拉伸性能 第 1 部分: 断裂强力 and 断裂伸长率的测定 条样法》。使用南通宏大 HD026N 型电子织物强力仪, 测试织物的拉伸断裂强力拉伸速度  $100 \text{ mm}/\text{min}$ , 试样夹距  $100 \text{ mm}$ , 每个试样测 3 次。试样的裁剪采用平行法, 在距布边  $3 \text{ cm}$

处裁剪,试样尺寸为20 cm×5 cm。

### 3.2.2 测试数据

织物横、纵向拉伸断裂强力之和及断裂伸长率之和可以表示织物的强力和延伸性能,织物横、纵向断裂功之和可以表示织物的韧性,所以在织物拉伸断裂性能的分析中将织物横、纵向各项指标的测试数据求和,以进一步探讨织物的拉伸断裂性能。四平结构小样和1+1罗纹结构小样的拉伸断裂性能测试数据见表2。

表2 预制件小样拉伸断裂性能的测试数据

Tab.2 Strength test data of the preform knitted samples

小样编号	横、纵向断裂功之和/J	横、纵向断裂强力之和/N	横、纵向断裂伸长率之和/%
1#	33.59	960.7	351.5
2#	22.42	953.1	320.7
3#	18.15	708.8	267.1
4#	25.42	894.8	294.6
5#	16.72	591.7	278.2
6#	10.21	654.4	202.7
7#	14.47	695.3	301.7
8#	11.85	626.8	262.1
9#	8.22	459.4	244.8
10#	22.77	766.0	320.7
11#	17.93	756.3	286.9
12#	19.44	652.3	285.7
13#	15.61	581.7	265.6
14#	13.56	575.2	285.4
15#	9.90	480.3	257.1

### 3.2.3 数据分析

对表2测试数据分析可得如下结论:

1)原料和弯纱深度相同时,四平结构小样横、纵向断裂功之和、断裂强力之和、断裂伸长率之和都大于1+1罗纹结构小样,表明四平结构小样的拉伸断裂强力较大、韧性较好、延伸性较好,织物的拉伸性能较好。

2)组织结构和弯纱深度相同时,原料对织物横、纵向断裂功之和、断裂强力之和、断裂伸长率之和都有较大影响,亚麻/聚丙烯纤维的体积比为50:50的预制件各项拉伸性能较好。

3)原料和组织结构相同时,在可顺利编织范围内,弯纱深度较小(刻度盘数值为9)时,织物横、纵向断裂功之和、断裂强力之和、断裂伸长率之和都较大,织物的拉伸性能较好。

## 3.3 弹性回复性能

### 3.3.1 仪器设备与试验参数

参照 FZ/T 70006—2004《针织物拉伸弹性回复率试验方法》,在 HD026N 型电子织物强力仪上定伸

长拉伸测试织物的弹性。测试3次取平均值,测试参数见表3。

表3 织物弹性回复性能的测试参数

Tab.3 Parameters of the fabric elasticity test

拉伸方向	拉伸速度/ (cm·min <sup>-1</sup> )	试样夹距/ cm	预加张力/ N	定伸长率/ %
横向	100	10	10	50
纵向	100	10	10	30

### 3.3.2 测试数据

四平结构、1+1罗纹结构小样的弹性回复率测试数据见表4。

表4 预制件小样弹性回复性能的测试数据

Tab.4 Elasticity test data of the preform knitted samples

小样编号	横、纵向弹性回复率之和/%
1#	82.98
2#	78.04
3#	69.73
4#	80.43
5#	63.61
6#	54.28
7#	68.07
8#	59.82
9#	52.56
10#	88.35
11#	81.78
12#	83.49
13#	72.84
14#	68.17
15#	64.99

### 3.3.3 数据分析

对表4测试数据分析可得如下结论:

1)原料和弯纱深度相同时,1+1罗纹结构小样横、纵向弹性回复性能之和大于四平结构小样,说明1+1罗纹结构小样的弹性回复性能较好。

2)组织结构和弯纱深度相同时,原料对织物横、纵向弹性回复性能有一定影响。聚丙烯纤维的体积含量(聚丙烯纤维参与编织的股数越多)越大,织物横、纵向弹性回复性能越好。

3)原料和组织结构相同时,弯纱深度较小(刻度盘数值为9)时,织物横、纵向弹性回复性能较好。

## 3.4 顶破强力

### 3.4.1 仪器设备与试样

顶破强力的测试参照 GB/T 8878—2003《棉针织内衣》和 GB 7742—1987《纺织品胀破强度和胀破扩张度的测定-弹性膜片法》,采用常州第二纺织机械厂生产的 Y631 型摆锤式弹子顶破强力实验机进行测试。裁取直径为6 cm的圆形试样。

### 3.4.2 测试数据

四平结构、1+1 罗纹结构小样顶破强力测试数据见表 5。

表 5 预制件小样顶破强力的测试数据

Tab.5 Bursting strength test data of the preform knitted samples

小样编号	顶破强力/N
1 <sup>#</sup>	686.98
2 <sup>#</sup>	533.12
3 <sup>#</sup>	483.14
4 <sup>#</sup>	486.08
5 <sup>#</sup>	470.40
6 <sup>#</sup>	404.74
7 <sup>#</sup>	462.56
8 <sup>#</sup>	432.18
9 <sup>#</sup>	394.94
10 <sup>#</sup>	573.30
11 <sup>#</sup>	425.32
12 <sup>#</sup>	441.98
13 <sup>#</sup>	399.84
14 <sup>#</sup>	333.20
15 <sup>#</sup>	295.96

### 3.4.3 数据分析

对表 5 测试数据分析可得如下结论:

1) 原料和弯纱深度相同时, 四平结构小样的顶破强力比 1+1 罗纹结构小样的顶破强有力大。

2) 原料和组织结构相同时, 弯纱深度对织物的顶破强力有一定的影响。弯纱深度较小(刻度盘数值为 9)时, 织物的顶破强力较大。

3) 组织结构和弯纱深度相同时, 在亚麻/聚丙烯针织结构预制件中, 聚丙烯纤维的体积含量(聚丙烯纤维参与编织的股数越多)越大, 织物的顶破性能越好。

## 4 结 论

1) 对亚麻纱进行前处理可以在一定程度上改善其上机可编织性, 亚麻纱与聚丙烯长丝合股共织可有效改善其编织性。

2) 织物的原料、弯纱深度、组织结构等都对针织结构预制件的力学性能有影响。相同结构、相同编织工艺条件下, 亚麻/聚丙烯体积含量比为 50:50 的针织结构预制件拉伸断裂性能、弹性回复性能及顶破强力都较优, 织物的力学性能较好; 弯纱深度刻度

盘数值为 9 时, 亚麻/聚丙烯针织结构预制件的拉伸断裂性能、弹性回复性能及顶破强力都较优, 在可编织范围内弯纱深度较小时, 织物的力学性能较好; 相同纤维体积含量比、相同编织工艺条件下, 四平结构预制件拉伸断裂性能、顶破强力都优于罗纹结构, 而罗纹结构预制件弹性回复性能优于四平结构。所以, 开发力学性能较好的以聚丙烯为基体、亚麻为增韧纤维的环保型针织结构复合材料预制件, 其合股共织、一次编织成型的较优工艺是亚麻/聚丙烯体积含量比为 50:50, 组织结构取四平结构, 弯纱深度刻度盘数值为 9。

3) 以亚麻/聚丙烯为原料, 在手摇横编机上一次成型编织针织结构预制件, 开发以亚麻为增韧纤维、聚丙烯为基体的民用环保型复合材料的潜力较大, 在汽车内饰、装饰板材等领域都有广阔的前景。

FZXB

### 参考文献:

- [1] 许瑞. 麻纤维复合材料高性能化的研究[D]. 成都: 四川大学, 2002.
- [2] Xue P, Yu T X, Tao X M. Tensile properties and meso-scale mechanism of weft knitted textile composites for energy absorption[J]. Composites: Part A, 2002 (33): 113 - 123.
- [3] 樊在霞, 张瑜, 陈彦模. 预拉伸对针织物增强复合材料性能影响的研究进展[J]. 玻璃钢/复合材料, 2003(4): 38 - 40.
- [4] 樊在霞, 张瑜, 陈彦模. 预拉伸对玻璃纤维针织物增强聚丙烯复合材料拉伸性能的影响[J]. 针织工业, 2005(1): 67 - 69.
- [5] 王俊勃, 万振江, 金小慧. 苧麻三维结构纬编针织复合材料预制件的研制[J]. 西北纺织工学院学报, 2001(1): 36 - 39.
- [6] 王俊勃, 万振江, 赵川, 等. 苧麻纬编针织复合材料的研制[J]. 高分子材料科学与工程, 2002(2): 88 - 91.
- [7] 王瑞, 焦晓宁, 郭秉臣, 等. 亚麻纤维非织造布复合材料的研究与开发[J]. 纺织学报, 2003, 24(5): 403 - 405.
- [8] 李红霞, 周琼, 黄故. 亚麻纬编针织物及其拉伸性能[J]. 纺织学报, 2007, 28(7): 42 - 46.
- [9] 中国大百科全书: 纺织[M]. 北京·上海: 中国大百科全书出版社, 1984: 6.
- [10] 中国大百科全书: 化学 I [M]. 北京·上海: 中国大百科全书出版社, 1989: 2.