

>> 在环锭细纱机以及摩擦纺设备上开发棉纤维与形状记忆聚合物长丝的包芯纱。研究了两种不同的形状记忆纱线及其机织产品的机械性能，并采用 Instron 拉伸试验机测试纱线及织物的形状记忆效果。

The paper discusses how to develop cotton/shape memory polymer filament core-spun yarn on ring spinning machine and friction spinning machine. A study is carried out on the mechanical properties of two different kinds of shape memory yarn and their woven fabric, and the shape memory effect of both the yarn and fabric is tested on Instron tensile test machine.

形状记忆聚合物包芯纱及织物开发

Approaches on Developing Core-spun Yarn and Fabric with Shape Memory Polymer

■ 香港理工大学纺织及制衣学院 吕晶 胡金莲 刘岩

形状记忆聚合物在纺织上的应用包括形状记忆聚氨酯乳液、薄膜、粉末、树脂对普通织物进行整理而获得具有形状记忆效果的织物；也包括采用形状记忆聚合物纺丝形成具有形状记忆效果的纤维，并采用这种纤维单独与其它纤维混纺成具有形状记忆效果的纱线；以及采用形状记忆纱线单独织造或与其它纱线进行织造获得各种机织、针织织物。

近几年来，由于所开发的形状记忆聚合物纤维纺纱性能能不能满足要求，限制了直接用形状记忆纤维生产纱线及其织物。日本专利公开了一种形状记忆非织造布的制备方法，这种非织造布是由形状记忆聚合物短纤维与天然纤维或合成纤维成网后，加入形状记忆聚合物颗粒作为粘合剂制成的。这种形状记忆非织造布存在厚度不均匀以及由此产生的强度不匀的问题。

美国专利公开了形状记忆聚合物纤维、纱线以及织物的制备方法。专利中涉及的形状记忆织物根据其玻璃化转变温度的高低分为两大类：一类是玻璃化温度低于室温（例如 -5°C ）的织物，这类织物在较高的温度下赋予初

始形状如褶裥或平整的形状并冷却到室温，在使用过程中织物始终保持定形时获得的形状；另一类是玻璃化温度高于室温（例如 40°C ）的织物，这类织物在较高的温度下定形并冷却到室温。在温度高于玻璃化转变温度以上时自动恢复定形时的形状，可以消除在长期使用或收藏过程中形成的褶皱。但是这类织物在常温下手感较硬，沸水收缩率和热收缩率较大，尺寸稳定性不好。

本文中的形状记忆纺织品是通过形状记忆聚合物纺丝、织造获得具有形状记忆效果的织物。目前，这种形状记忆纱线或织物不仅具有良好的形状记忆功能，而且改善了以前的形状记忆纺织品存在的收缩率较大和手感较硬的问题。

1 形状记忆聚合物包芯纱及织物的生产与测试

1.1 包芯纱使用原料及设备

形状记忆聚合物溶液湿法纺丝获得形状记忆长丝，其转变温度为 58°C ，作为包芯纱的芯丝，棉纤维作为外包纤维。形状记忆长丝力学性能指标见表 1。

表 1 形状记忆长丝力学性能

	线密度 (tex)	断裂强度 (cN/tex)	断裂伸长率 (%)
形状记忆长丝	28.7	5.0	280.0

摩擦纺包芯纱在 DREF III 型纺纱机上纺制。为获得

作者简介：吕晶，女，1977 年生，博士

基金项目：本研究课题为香港创新及科技基金 (Innovation and Technology Fund) 资助项目。

较好结构以及较好包覆率的包芯纱,其中形状记忆长丝与1根棉纱作为芯纱喂入,5根棉纱作为外包纤维喂入。

环锭纺包芯纱在SKF型环锭纺细纱试验机上纺制,在纺纱机的后方添加长丝喂入装置,在棉条出前罗拉后加入形状记忆长丝形成包芯纱的纱芯,棉纤维作为外包纤维。

表2是纺制的两种包芯纱的规格指标。

表2 包芯纱规格

	粗纱根数	粗纱细度 (ktex)	包芯纱细度 (tex)	捻度 (个/m)	形状记忆纤维含量 (%)
环锭纺包芯纱	1	1.01	50	494	48
摩擦纺包芯纱	6	3.00	50	460	48

1.2 织造

采用棉纱作为经纱,两种包芯纱分别作为纬纱,织造平纹织物。1号织物以环锭纺包芯纱作为纬纱,2号织物以摩擦纺包芯纱作为纬纱。织物规格见表3。

表3 织物规格

品种	经纱细度 (tex)	经密 (根/5cm)	纬纱细度 (tex)	纬密 (根/5cm)
1	55 × 2	100	50 × 2	50
2	55 × 2	100	50 × 2	50

1.3 测试

形状记忆长丝及纱线强度采用Instron 4466材料试验机,在标准大气实验条件下测试,拉伸速度为10 mm/min。

形状记忆织物断裂强力以及断裂伸长采用Instron 4466材料试验机,在标准大气实验条件下测试。方法为扯边纱条样法,试样长度20 cm,试样宽度2 cm,拉伸速度30 mm/min。

形状记忆长丝、纱线及织物的形状固定率、形状回复率采用文献[3]中的方法测试和计算。形状回复温度为70℃,形状固定温度为24℃。在带有温度控制箱的Instron 4466材料试验机上进行测试。

2 结果与讨论

形状记忆纱线及织物的机械性能以及形状记忆性能见表4。

表4 形状记忆纱线及织物性能

品种	断裂强度 (cN/tex)	断裂伸长率 (%)	形状固定率 (%)	形状回复率 (%)
	/断裂强力 (N)			
环锭纺包芯纱	2.3	260	97.5	86.0
摩擦纺包芯纱	1.6	260	94.5	87.0
织物1	经向	500	60	77.0
	纬向	170	230	96.0
织物2	经向	360	60	78.0
	纬向	90	275	84.7

注:包芯纱的强度指标为断裂强度;织物的强度指标为断裂强力。

图1是形状记忆长丝以及两种包芯纱的应力-应变曲线。从表4和图1中看出,形状记忆长丝的断裂伸长率大

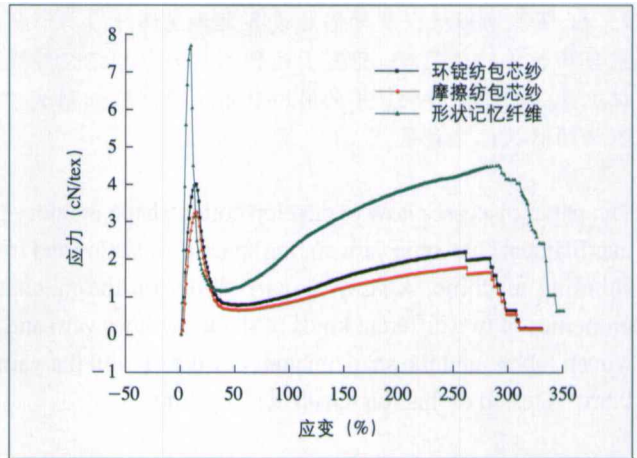


图1 形状记忆长丝及纱线应力-应变曲线

于两种包芯纱的断裂伸长率,这可能是由于在纺制包芯纱的过程中长丝发生了一定程度的伸长。

两种不同类型包芯纱的力学性能也有一定的差别,如图1所示,环锭纺包芯纱的断裂强度略大于摩擦纺包芯纱。两种纱线的断裂伸长率相同。这主要是由两种纱线的结构差异引起的,摩擦纺包芯纱的内外层结构捻度不同,形成内紧外松的结构,纱线比较蓬松。当纱线受拉伸时,缠绕比较松的纤维大多数发生滑移,因此强度较小,主要是由内层结构较为紧密的纤维和形状记忆长丝承受拉力。环锭纺包芯纱的内外结构均匀,受拉伸时能够同时承受拉力,表现出较高的强度。在拉伸过程中,外包棉纤维在应变较小时就发生破坏或解体,当棉纤维破坏后,形状记忆长丝主要承担外力。图1中3条曲线的形状相似也反映了在拉伸过程中形状记忆长丝是受力的主体。

图1中曲线上的应力极大值可以看作纤维或纱线发生塑性变形的点。在织造过程中,这一点的应力值比断裂应力更有意义。摩擦纺包芯纱的应力极大值比环锭纺包芯纱小。在织造时采用相同的上机张力以及两股纱线作为纬纱的情况下,以摩擦纺包芯纱作为纬纱的织物上仍出现断续的纬向皱缩现象,而以环锭纺包芯纱作为纬纱的织物布面平整。

图2是两种织物经纬向的负荷-应变曲线。两种织物的经纱均为相同细度的棉纱并且经向密度相同,因此织物的经向拉伸曲线主要反应了棉织物的性能,从图2(a)中看出两种织物的断裂强力和断裂伸长率相近。从图2(b)中看出,以环锭纺包芯纱作为纬纱的织物有较高的强力,以摩擦纺包芯纱作为纬纱的织物具有较大的伸长。

对于形状记忆材料纺织品,最重要的当然是产品的形状记忆效果。通过文献[3]中的方法计算纱线和织物的形

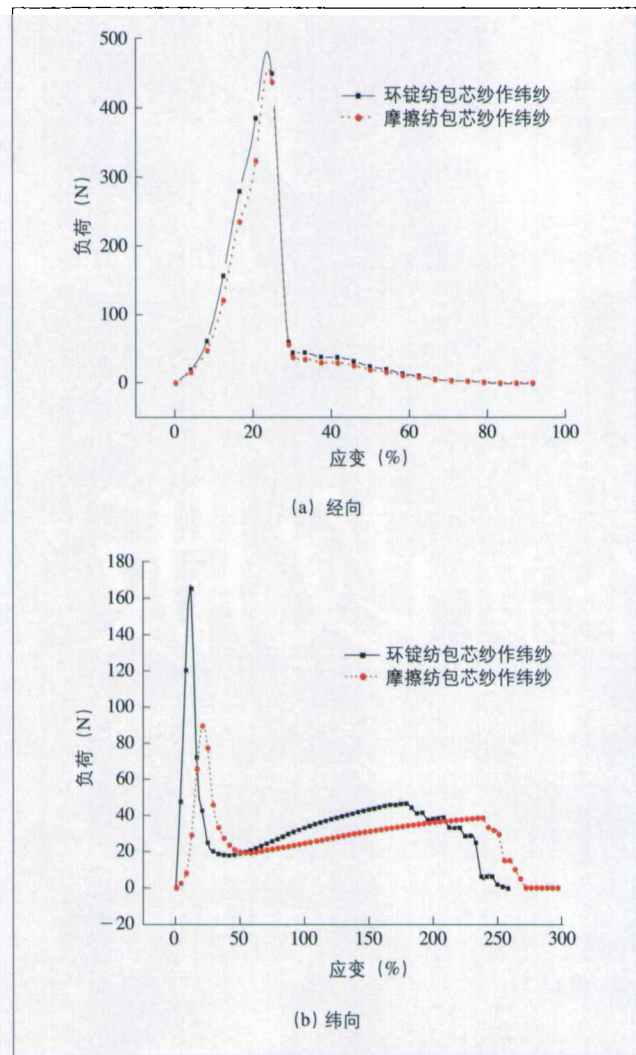


图2 形状记忆织物负荷-应变曲线

形状固定率和回复率,对产品的形状记忆效果进行定量的比较。测试数据见表4。

在形状固定温度相同的条件下,形状记忆效果与试样在形状固定时的形变率有关。本试验中的形状记忆纱线以拉伸时包芯纱的外包棉纤维不发生滑脱的最大形变率作为形状固定时的形变率,即8.5%;由于织物有一定的织缩,所以织物在形状记忆固定时的形变率稍大,试验时采用10%的形变率。

从表4看出,两种包芯纱的形状记忆固定率和形状回复率都较高。环锭包芯纱的形状固定率大于摩擦纺包芯纱。两种纱线的形状回复率接近。

摩擦纺纱线轴向捻度分布为各层纤维与纱芯距离的双曲线函数,即靠近纱芯处纤维的捻度较高,表层纤维捻度较低。本试验中纺制的环锭纺包芯纱与摩擦纺包芯纱的捻度相近,但是由于摩擦纺包芯纱捻度分布的不均匀,靠近纱芯处的捻度远大于表层纤维的捻度即测试捻度。因此摩

擦纺包芯纱内层纤维对纱芯的缠结更加紧密,纤维之间的摩擦力较大。纱线被拉伸时,内层纤维的弹性回复力较大,从而影响了纱芯的形状记忆固定。因此,摩擦纺包芯纱的形状固定率稍小于环锭纺包芯纱的形状固定率。

从表4可以看出,没有加入形状记忆纱线的经向也具有一定的形状记忆效果。环锭纺包芯纱作纬纱的织物的形状回复率大于摩擦纺包芯纱作纬纱的织物。两种织物的形状固定率相近。

织物的纬向形状固定率和回复率都较高。其中以环锭纺包芯纱作纬纱的织物具有较高的形状固定率,两种织物的形状回复率相近。

3 结论与展望

1) 形状记忆聚合物长丝纺制的包芯纱具有较好的形状记忆效果。

2) 采用形状记忆包芯纱的织物在具有形状记忆纱线的方向具有较好的形状记忆效果;在没有形状记忆纱线的方向也有一定的形状记忆效果。

3) 在纺制相同规格纱线的情况下,以环锭纺纺制的形状记忆纱线比采用摩擦纺纺制的形状记忆纱线具有更高的断裂强度和较好的上机效果。

4) 采用环锭纺形状记忆纱线作为纬纱的织物比采用摩擦纺形状记忆纱线作为纬纱的织物具有更好的形状记忆效果。

本试验仅对一种含量的形状记忆包芯纱以及最简单的平纹织物的形状记忆效果作了初步的研究。在今后的工作中,将对不同含量、不同纺纱方法的形状记忆纱线以及不同组织结构的形状记忆织物进行系统的开发和研究。随着研究的深入以及形状记忆材料基础理论的日趋完善,将会为形状记忆纺织品的应用开拓更广阔的空间。

参考文献

- [1] Kobayashi, Kazuyuki (Nagoya, JP), Hayashi, Shunichi (Nagoya, JP). Shape Memory Fibrous Sheet and Method of Imparting Shape memory Property to Fibrous Sheet Product: 美国专利, 5098776 [P]. 1992-10-24.
- [2] Kobayashi, Kazuyuki (Nagoya, JP), Hayashi, Shunichi (Nagoya, JP). Woven Fabric Made of Shape Memory Polymer: 美国专利, 5128197 [P]. 1992-07-07.
- [3] Hisaaki Tobushi, Hisashi Hara. Thermomechanical Properties in a Thin Film of Shape Memory Polymer of Polyurethane series [J]. Smart Material Structure, 1996 (5): 483-491.
- [4] 周凤飞. 摩擦纺纱张力、加捻转矩对成纱质量的影响 [J]. 江苏纺织, 2004 (3): 44-46.
- [5] 万雅波, 徐艳. 摩擦纺成纱结构及其应用的探讨 [J]. 吉林工学院学报, 1994, 15 (2): 60-65.