

大豆蛋白纤维氨纶包芯纱的蠕变性能

李营建, 肖丰

(河南纺织高等专科学校, 河南 郑州 450007)

摘要 测试大豆蛋白纤维氨纶包芯纱的蠕变, 采用四元素模型描述其蠕变过程, 通过对该模型特征参数的分析, 研究氨纶丝不同预牵伸倍数时包芯纱的蠕变性能。

关键词 大豆蛋白纤维; 氨纶包芯纱; 力学模型; 蠕变性能

中图分类号: TS 104. 79 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2005)01-0078-03

Creep capability of soybean protein fiber spandex core-spun yarn

LI Ying-jian, XIAO Feng

(Henan Textile College, Zhengzhou, Henan 450007, China)

Abstract The creep of soybean protein fiber spandex core-spun yarn was tested. To use four element model, the creep process was described. On the base of analysis of four element model's parameter, the creep capability of spandex core-spun yarn which use different pre-drafting ratio was studied.

Key words soybean protein fiber; spandex core-spun yarn; mechanical model; creep capability

大豆蛋白纤维氨纶包芯纱是一种弹性优良的复合纱, 具有明显的弹性伸长和收缩性能, 在实际生产中会影响布幅的尺寸稳定性、布面的平整性和服装的保形性。因此研究氨纶包芯纱的蠕变性能, 对实际生产具有现实的指导意义。本文测试了不同预牵伸倍数时大豆蛋白纤维氨纶包芯纱的蠕变变形, 在建立包芯纱蠕变拟合方程的基础上, 对其蠕变性能进行了分析。

1 蠕变试验及分析

蠕变是指纺织材料在恒定拉伸力下, 变形随时间变化的过程。它是揭示纺织材料应力—应变—时间关系的一种基本方法^[1]。

1.1 试验材料及方法

试验材料: 14.6 tex(44 dtex) 大豆蛋白纤维氨纶包芯纱; 试验方法: 握持纱线的一端, 另一端引出通过滑轮, 悬挂一定重量的重锤或砝码, 120 min 后撤去外力, 用米尺测量纱线随时间而变化的伸长量, 再换算成伸长率。每种纱取 20 个试样, 试样的原长为 50 cm, 拉伸定重为 50 cN。

1.2 试验数据及分析

采用 3.0 3.25 和 3.5 倍预牵伸倍数, 进行蠕变试验, 测试数据见表 1。

表 1 不同预牵伸倍数时的成纱蠕变性能(伸长率) %

时间/min	3.0 倍	3.25 倍	3.5 倍
0	0	0	0
1	2.6	3.83	4.80
2	3.07	3.98	5.10
5	3.37	4.30	5.25
10	3.7	4.56	5.55
15	3.77	4.65	5.75
20	3.80	4.76	5.8
30	3.93	4.9	5.87
45	4.08	5.1	6.05
60	4.13	5.3	6.0
120	4.75	5.6	6.1
121	3.07	3.9	4.1
122	3.07	3.77	3.99
125	2.8	3.57	3.85
130	2.7	3.5	3.8
135	2.7	3.27	3.75
150	2.4	3.07	3.55
180	2.12	3.06	3.48
240	2.2	3.05	3.4

1.2.1 随时间的变化 在一定负荷作用下, 包芯纱的变形随时间的延长而变化。刚开始, 其变形随时间的延长急剧增加, 一定时间后, 形变趋于平缓。负荷去除后, 伸长率先是急剧下降, 而后下降速度变慢, 最后达到一恒定值, 并存在着明显的急弹性、缓弹性和塑性 3 种变形。发生蠕变的原因是纤维本身

有蠕变,且纤维间存在滑移,在纱线受力伊始,纤维大分子链内键长和键角的变化,只需要极短的时间就可以完成;此后,大分子主链局部旋转,分子链逐渐伸展;时间足够长后,分子链之间出现相对滑移,便产生了不可逆的塑性变形。

1.2.2 随预牵伸倍数的变化 氨纶丝预牵伸倍数对氨纶包芯纱的变形有较大的影响。随着预牵伸倍数的增大,急弹性变形大,即成纱弹性好,但预牵伸倍数过大,塑性变形增加,服装保形性差。

2 力学模型

从以上试验来看,氨纶包芯纱存在着较明显的粘弹行为,因此可采用 Burger 四元素模型^[2]描述其蠕变规律。四元素模型如图 1 所示,包括 2 个弹簧和 2 个粘滞杯, E_0 、 E 分别表示 2 个弹簧的弹性系数, η_0 、 η 分别表示 2 个粘滞杯的阻尼系数。

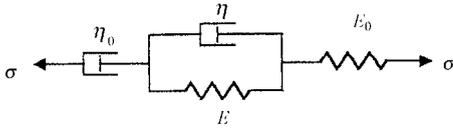


图 1 四元素模型

根据各元件排列的变形特性,得到模型的本构关系式为:

$$\frac{d\epsilon}{dt} + \frac{E}{\eta} \times \epsilon = \frac{1}{E_0} \times \frac{d\sigma}{dt} + \left| \frac{\sigma}{\eta} + \frac{\sigma}{\eta_0} + \frac{E \times \sigma}{E_0 \times \eta} \right| + \frac{E \times \sigma}{\eta \times \eta_0}$$

进行蠕变试验时,氨纶包芯纱上所加应力 σ 为不变负荷,则: $\frac{d\sigma}{dt} = 0$, 可得模型的蠕变方程式:

$$\epsilon - \frac{\sigma}{\eta_0} t = \left| \frac{\sigma}{E} + \frac{\sigma}{E_0} \right| - \left| \frac{\sigma}{E} + \frac{\sigma}{E_0} \right| \times e^{-\frac{E}{\eta} \times t}$$

利用计算机软件(DPS 数据处理系统)对试验数据进行处理,求得应变 ϵ 随时间 t 变化的拟合过程:

$$x_2 = c_1(1 - e^{-c_2 x_1})$$

式中, $c_1 = \frac{\sigma}{E} + \frac{\sigma}{E_0}$, $c_2 = \frac{E}{\eta}$, $x_2 = \epsilon - \frac{\sigma}{\eta_0} t$, $x_1 = t$ 。

定负荷 σ 瞬时作用下产生的变形,几乎全部来自于弹簧 E_0 ,包芯纱在 1 min 时的伸长率可看作为瞬时变形 ϵ_0 ;阻尼器 η_0 产生的变形则是永久性的塑性变形,应力去除长时间后,不能回复的变形即为阻尼器 η_0 在恒定负荷 σ 的作用下经过 t 时间后产生的变形 ϵ_0 。根据 $\sigma = E_0 \times \epsilon_0$ 、 $\epsilon_0 = \frac{\sigma}{\eta_0} t$ 可分别求得不同预牵伸倍数时的 E_0 、 η_0 、 E 、 η ,见表 2。

表 2 四元素模型的特征参数

预牵伸倍数/倍	E_0	η_0	E	η
3.0	19.23	2 727.3	78.27	50.27
3.25	13.05	1 967.2	801.3	215.6
3.5	10.46	1 764.7	5 434.8	1 099.1

由表 2 可知,氨纶包芯纱在采用不同的预牵伸倍数时,四元素模型的特征参数存在较大差异,即预牵伸倍数对氨纶包芯纱的蠕变性能具有显著影响。当预牵伸倍数较小时,特征参数 E_0 、 η_0 较大,此时氨纶包芯纱的急弹性变形、塑性变形较小,织物的保形性较好;反之,特征参数 E_0 、 η_0 小,氨纶包芯纱的急弹性变形、塑性变形大,织物的保形性差。

3 应变 ϵ 的拟合值和实测值

根据 DPS 数据处理系统的处理结果,可得出大豆蛋白纤维氨纶包芯纱在不同预牵伸倍数时应变 ϵ 的拟合值和实测值,见表 3。拟合的 F 值、相关系数、修正相关系数见表 4。

表 3 实测应变及其拟合值

测定时间 t /min	3.0 倍		3.25 倍		3.5 倍	
	实测应变 ϵ /mm	ϵ 的拟合值/mm	实测应变 ϵ /mm	ϵ 的拟合值/mm	实测应变 ϵ /mm	ϵ 的拟合值/mm
0	0	0.000 0	0	0.000 0	0	0.000 0
1	2.6	2.574 4	3.83	3.823 1	4.75	4.783 6
2	3.07	3.131 6	3.8	3.940 9	5.1	4.845 8
5	3.37	3.329 0	4.3	4.019 4	5.25	4.930 9
10	3.8	3.421 9	4.56	4.146 4	5.55	5.072 4
15	3.7	3.513 4	4.5	4.273 4	5.75	5.213 9
20	3.77	3.604 9	4.76	4.400 4	5.8	5.355 4
30	3.93	3.787 9	4.9	4.654 4	5.8	5.638 4
45	4.08	4.062 4	5.1	5.035 4	6.05	6.062 9
60	4.13	4.336 9	5.3	5.416 4	6.0	6.487 4
120	4.75	5.434 9	5.6	6.940 4	6.3	8.189 4

(上接第 79 页)

表 4 拟合的 F 值、相关系数、修正相关系数

预牵伸倍数/倍	F 值	R 相关系数	RR 修正相关系数
3.0	114.5	0.952 9	0.927 1
3.25	52.94	0.924 5	0.854 7
3.5	46.88	0.915 9	0.838 9

由表 3、4 可知,四元素模型描述氨纶包芯纱蠕变的准确性与预牵伸倍数有关。随着氨纶丝预牵伸倍数的增大,估计值和实测值的差异变大,而拟合的 F 值、相关系数、修正相关系数却有不同程度的降低。这说明氨纶包芯纱在各个阶段的伸长率较小时,采用四元素模型来描述纱线在定负荷作用下的蠕变规律准确性较高;反之,准确性下降。

4 结 论

1) 利用四元素模型能较好地模拟氨纶包芯纱的蠕变性能,但当氨纶丝预牵伸倍数较大时,其准确度有所降低。

2) 由 DPS 数据处理系统得到的四元素模型特征参数可知,预牵伸倍数较小时,氨纶包芯纱的塑性变形小,织物的保形性好;反之,塑性变形大,织物保形性差。

参考文献:

- [1] 姚穆,周锦芳,黄淑珍,等.纺织材料学[M].北京:纺织工业出版社,1980.328 - 336.
- [2] 董侠,施楣梧,来侃.织物压烫蠕变规律的研究[J].西北纺织工学院学报,2001,(9):11 - 14.