

Lyocell 纤维的力学性能研究

张建春 施楣梧

(总后勤需装备研究所)

尹继亮 孙润军

(西北纺织工学院)

【摘要】 本文采用 XQ-1 型单纤维强力仪和 INSTRON1122 型电子强力机测试分析了 Lyocell 纤维、粘胶短纤维的力学性能,包括单纤维一次拉伸、重复拉伸、松弛和弯曲等;研究了 Lyocell 纤维的拉伸类型以及弯曲后的特征。

关键词: Lyocell 纤维 粘胶短纤维 力学性能 特征 抗弯刚度

中图分类号: TS 101.921

Lyocell 纤维的力学特性包括纤维的拉伸性能、纤维的弯曲性能等方面。它们与纤维的成纱强力、弹性以及耐疲劳性有关。由于 Lyocell 纤维的强力较高、湿强下降不明显。因此纤维使用范围得到了扩展,可以应用于高强耐磨的作战服、产业用纺织品方面^[1]。

一、实验部分

1. 实验仪器及条件

单纤维强力测试: XQ-1 单纤维电子强力仪。测试数量 50 根,夹头距离 10mm;拉伸速度为 10mm/min;走纸速度 10mm/min。

纤维重复拉伸性能测试: Instron 1122 型电子强力机。2511-102 型传感器;气动夹头,夹距为 20mm;重复拉伸速率 50mm/min;定应力值上限为断裂强力的 20%,下限为断裂强力的 4%。

纤维拉伸应力松弛曲线测试: Instron 1122 型电子强力机(经 24 小时预热平衡)。气动夹头,夹距为 20mm;初始应力值为断裂强力的 20%。

单纤维弯曲疲劳性能测试: 单纤维弯曲疲劳试验仪。弯曲角度 $\pm 45^\circ$, 预加张力 1.2g/dtex。子样数 > 30 , 速度 60 次/min。

2. 实验样品

① 1.67dtex (1.5D) \times 38mm Lyocell 短纤维(英国 Courtaulds 公司); ② 1.67dtex (1.5D) \times 38mm 粘胶短纤维(中国吉林化纤股份有限

公司); ③ 133.3dtex (120D)/30f 粘胶长丝(中国吉林化纤股份有限公司); ④ 1.67dtex (1.5D) \times 38mm PET 短纤维(中国仪征化纤公司); ⑤ 棉纤维, 327 原棉。

试样在实验前要在温度 $20 \pm 1^\circ\text{C}$ 、相对湿度 $65 \pm 3\%$ 的状态下预调湿 24 小时。

二、实验结果及分析

1. 单纤维一次拉伸性能

① 一次拉伸曲线: 单纤维的一次拉伸曲线能够体现纤维的拉伸特性,图 1 是 Lyocell 纤维和粘胶纤维在干态和润湿状态下的一次拉伸曲线。从拉伸变形的类型来说, Lyocell 短纤维属高强、高模、中伸类型,粘胶短纤维的拉伸属于低强度、高伸长类型。同时,在润湿状态下,粘胶纤维的强力和模量下降比较明显、断裂伸长增加较大,而 Lyocell 短纤维的润湿态拉伸性能比干态条件下的变化相对较小,拉伸性质比较稳定。因此, Lyocell 短纤维在负荷状态条件下具有优越的尺寸稳定性,这说明 Lyocell 织物的保形性好、耐撕破和抵抗拉伸的能力较高。

② Lyocell 短纤维的断裂指标: 干态 Lyocell 纤维的强度较高;断裂比强度是棉纤维的 1.8 倍、粘胶纤维的 1.6 倍、与 PET 纤维强度相当。Lyocell 纤维的湿态强度较干态强度略有下降,湿强为干强的 94%,远没有粘胶纤维的强力下降明显(粘胶强力下降 39%)。而且 Lyocell 纤维的湿强为粘纤湿态强度的 2.5 倍(见

表1)。

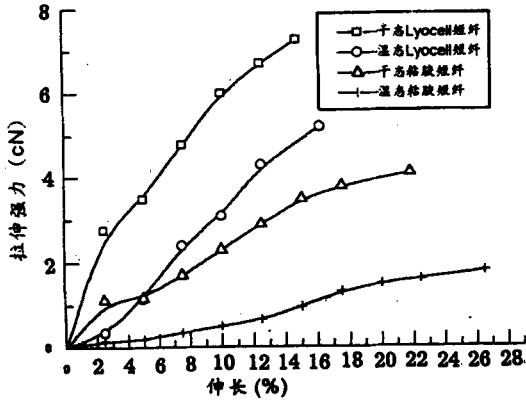


图1 Lyocell、粘胶的拉伸曲线图

表1 Lyocell与粘胶的断裂指标

| 测量指标 | Lyocell | 粘胶短纤 | 棉 | PET |
|------------------|---------|------|------|------|
| 干态断裂比强度(cN/dtex) | 4.22 | 2.62 | 2.42 | 4.28 |
| 干态断裂伸长率(%) | 14.0 | 17.7 | 8.4 | 30.1 |
| 湿态断裂比强度(cN/dtex) | 4.00 | 1.59 | 2.83 | 4.28 |
| 湿态断裂伸长率(%) | 13.5 | 16.9 | 13.2 | 30.3 |

2. 单纤维重复拉伸性能

Lyocell纤维、粘胶短纤和粘胶长丝在定应力条件下的重复拉伸时各拉伸循环下的伸长和回复变形量、损耗功及第20个扣除弹性恢复(修补功)之后的损耗净功、弹性恢复率列于表2、3和4中。

表2 试样在定应力重复拉伸中的伸长变形量和回复变形量(%)

| 循环次数 | Lyocell纤维 | | | | 粘胶短纤 | | | | 粘胶长丝 | | | |
|------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|------------|------------------|
| | Δ_1 | $\Sigma\Delta_1$ | Δ_2 | $\Sigma\Delta_2$ | Δ_1 | $\Sigma\Delta_1$ | Δ_2 | $\Sigma\Delta_2$ | Δ_1 | $\Sigma\Delta_1$ | Δ_2 | $\Sigma\Delta_2$ |
| 1 | 11.35 | 11.35 | 7.45 | 7.45 | 1.81 | 11.81 | 9.81 | 9.81 | 11.41 | 11.41 | 7.05 | 7.05 |
| 2 | 0.40 | 11.75 | 0.39 | 7.84 | 0.16 | 11.97 | 0.11 | 9.92 | 0.30 | 11.71 | 0.32 | 7.37 |
| 3 | 0.25 | 12.00 | 0.22 | 8.06 | 0.10 | 12.08 | 0.10 | 10.02 | 0.12 | 11.83 | 0.18 | 7.55 |
| 4 | 0.13 | 12.13 | 0.18 | 8.24 | 0.05 | 12.13 | 0.09 | 10.11 | 0.10 | 11.98 | 0.09 | 7.64 |
| 5 | 0.09 | 12.22 | 0.14 | 8.38 | 0.04 | 12.17 | 0.07 | 10.18 | 0.08 | 12.01 | 0.08 | 7.72 |
| 6 | 0.07 | 12.29 | 0.12 | 8.50 | 0.04 | 12.21 | 0.05 | 10.23 | 0.06 | 12.07 | 0.07 | 7.79 |
| 7 | 0.05 | 12.34 | 0.10 | 8.60 | 0.03 | 12.24 | 0.05 | 10.28 | 0.04 | 12.11 | 0.06 | 7.85 |
| 8 | 0.04 | 12.39 | 0.10 | 8.70 | 0.03 | 12.27 | 0.04 | 10.32 | 0.03 | 12.14 | 0.05 | 7.90 |
| 9 | 0.04 | 12.43 | 0.09 | 8.79 | 0.02 | 12.29 | 0.04 | 10.36 | 0.02 | 12.16 | 0.04 | 7.94 |
| 10 | 0.04 | 12.47 | 0.08 | 8.87 | 0.02 | 12.31 | 0.03 | 10.39 | 0.02 | 12.18 | 0.03 | 7.97 |
| 15 | 0.03 | 12.68 | 0.03 | 8.96 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 20 | 0.02 | 12.89 | 0.02 | 9.05 | — | — | — | — | — | — | — | — |

注： Δ_1 、 Δ_2 分别为伸长变形量和回复变形量。

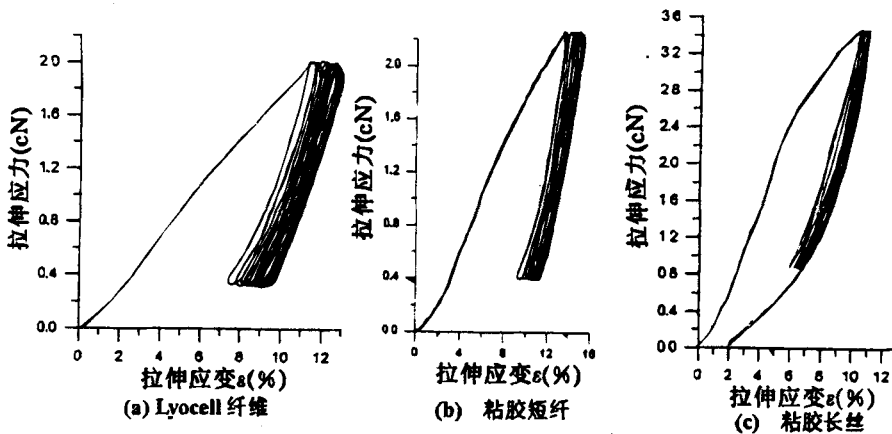


图2 Lyocell纤维、粘胶短纤和长丝的重复拉伸曲线

由图2和表2、4可知，Lyocell纤维和粘胶长丝较粘胶短纤有更大的储能能力和弹性恢复能力；而据表3，第20个拉伸循环时Lyocell纤维的净损耗比功为粘胶短纤和粘

胶长丝的 3.75 倍。说明 Lyocell 纤维的耐拉伸疲劳性能优于粘胶短纤, 而不如粘胶长丝。

表 3 定应力重复拉伸中的损耗比功(cN·cm/dtex)

| 测量指标 | Lyocell | 粘胶短纤 | 粘胶长丝 |
|--------------|------------|-----------|-----------|
| 第 1 循环 | 0.015 62 | 0.005 141 | 0.006 441 |
| 第 10 循环 | 0.015 23 | 0.002 570 | 0.004 227 |
| 第 20 循环 | 0.015 16 | 0.002 232 | 0.003 976 |
| 第 20 循环净损耗比功 | 0.000 0075 | 0.000 002 | 0.000 002 |

表 4 定应力重复拉伸中的每循环的弹性回缩率(%)

| 循环次数 | Lyocell | 粘胶短纤 | 粘胶长丝 |
|------|---------|------|------|
| 1 | 3.90 | 2.00 | 4.36 |
| 2 | 3.91 | 2.05 | 4.34 |
| 3 | 3.94 | 2.06 | 4.26 |
| 4 | 3.89 | 2.02 | 4.29 |
| 5 | 3.84 | 2.00 | 4.25 |
| 6 | 3.79 | 1.99 | 4.26 |
| 7 | 3.74 | 1.98 | 4.26 |
| 8 | 3.69 | 1.97 | 4.24 |
| 9 | 4.04 | 1.96 | 4.22 |
| 10 | 4.00 | 1.95 | 4.20 |
| 15 | 3.85 | — | — |
| 20 | 3.84 | — | — |

3. Lyocell 纤维的松弛特性

Lyocell 纤维的松弛曲线如图 3 所示。对于 Lyocell 纤维的松弛特性, 研究得出了几种模型的回归方程。运用其六元件模型的松弛方程的预测曲线与实测 Lyocell 纤维松弛曲线的比较发现, Lyocell 纤维的粘弹性行为符合六元件模型。

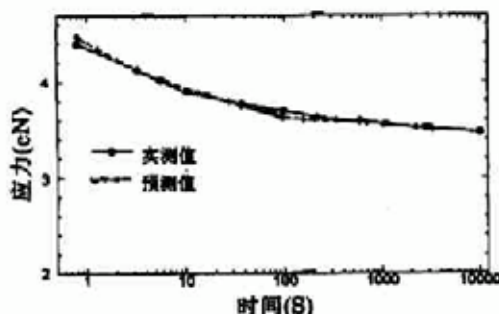


图 3 Lyocell 纤维松弛曲线

4. Lyocell 纤维的弯曲疲劳性能

抗弯次数是反映单纤维抗弯曲疲劳性能的指标, 用断裂时所经受过弯折次数表示。抗弯次数取常用对数后按 $\lg 2$ 的组距等距分组, 求组中值, 由此可得到抗弯次数分布表, 并按实测

各根纤维的抗弯次数求平均抗弯次数(见表 5)。从测试结果可知, Lyocell 纤维的平均弯曲次数为 960.3 次, 比相同细度的粘胶短纤维高出许多。因此 Lyocell 纤维的耐弯曲疲劳性能明显优于粘胶短纤维。而且抗弯次数分布较集中(均方差较粘胶纤维小)。

表 5 纤维的抗弯次数分布及平均值

| 组 距 | 频 数 | |
|-------|------------|--------|
| | Lyocell 纤维 | 粘胶短纤 |
| 1~20 | 0 | 9 |
| ~40 | 0 | 8 |
| ~80 | 3 | 4 |
| ~160 | 4 | 0 |
| ~320 | 4 | 4 |
| ~640 | 8 | 2 |
| ~1280 | 5 | 1 |
| ~2560 | 7 | 2 |
| ~5120 | 3 | 4 |
| 子样数 | 34 | 34 |
| 平均值 | 976.6 | 629.3 |
| 均方差 | 1026.5 | 1175.4 |

由扫描电镜照片(图 4)可知, Lyocell 纤维重复弯曲断裂的断口平整无原纤化, 呈脆性断裂特征。

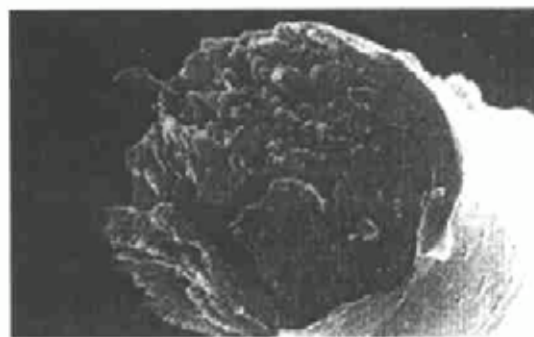


图 4 Lyocell 纤维重复弯曲断裂的断口形状

三、总 结

干态 Lyocell 纤维属高强、高模、中伸类型, 强度是粘胶纤维的 1.6 倍。在重复拉伸中 Lyocell 纤维较粘胶短纤有更大的储能能力和弹性恢复能力, 耐拉伸疲劳性能优于粘胶短纤。Lyocell 纤维的粘弹行为符合六元件模型。

Lyocell 纤维的耐弯曲疲劳性能优于粘胶纤维, 弯曲疲劳断裂均表现出脆性特征。

参 考 资 料

[1] 梁高勇等,《西北纺织工学院学报》,1998,(4)。