

## 远红外聚丙烯纤维的力学特性

8-10  
齐鲁 马怡敬 李和玉 王学晨

(天津纺织工学院, 300160)

摘要: 分析了远红外聚丙烯(PP)纤维的拉伸性能、形态结构及有色远红外 PP 纤维的力学性能。结果表明, 在拉伸过程中, 随拉伸倍数的提高, 纤维的断裂强度不断提高, 伸长降低较多, 纤维的模量和耐热性有些增加, 纤维截面形态结构是均匀和充实的, 随着纤度的降低, 纤维的力学性能迅速增加, 有色远红外 PP 纤维仍能保持优良的力学特性。

关键词: 远红外聚丙烯纤维, 拉伸性能, 力学性能, 形态结构, 功能纤维

远红外聚丙烯(PP)纤维是一种新型功能纤维, 常温下这种纤维可吸收和发射出波长为 2.5~25  $\mu\text{m}$  的远红外线, 其中 4~14  $\mu\text{m}$  远红外线对人体最有益, 最容易被人体吸收, 具有一定的保健、保温和抑菌功能<sup>[1]</sup>。远红外 PP 纤维还有良好的导湿性能、轻便、抗菌防蛀, 因此开发潜力很大。远红外 PP 纤维的制造方法主要是将远红外粉与 PP 混合后熔融纺成纤维。由于远红外粉是固体颗粒, 并有独特的物理性质, 对纤维的结构与性能有一定影响, 本文研究分析了这种纤维的力学性能, 动态力学性能及其形态结构。

## 1 实验

## 1.1 样品

拉伸试验用的远红外 PP 纤维(自行研制), 初生纤维纤度 14.2 dtex, 总拉伸倍数分别为 3, 4, 5, 6 倍。成品纤维纤度为 1.55, 1.67, 2.2, 3.3, 6.5 dtex 5 种。

## 1.2 测试

断裂强度和伸长率 YG001 型单纤维电子强力机, 预张力 200 mg, 下降速度 5 mm/min;

动态力学-温度谱 Rheovibron DDV-I-EA 型粘弹仪, 11 Hz, 室温~200 $^{\circ}\text{C}$ , 升温速度 2 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ;

纤维形态结构 日立公司 S-450 型扫描电子显微镜, 截面放大倍数 1 000 倍, 电压 20 kV;

回潮率 在 25 $^{\circ}\text{C}$ , RH 60% 下用称重法测定。

## 2 结果与讨论

## 2.1 远红外 PP 纤维拉伸性能

远红外 PP 初生纤维强度低, 伸长大, 不具备使用要求, 通过拉伸来提高纤维的力学性能。远红外 PP 纤维拉伸后的力学性能如图 1 所示。

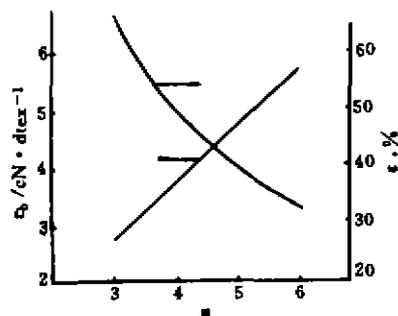


图 1 远红外 PP 纤维的断裂强度( $\tau_b$ )和伸长( $\epsilon$ )与拉伸倍数(n)的关系

Fig. 1 Breaking strength ( $\tau_b$ ), elongation ( $\epsilon$ ) of the far infrared PP fibers as a function of draw ratios (n).

远红外 PP 纤维的断裂强度随拉伸倍数的提高而升高, 经过 5 倍拉伸后, 断裂强度可超过 4 cN/dtex, 纤维的断裂伸长随拉伸倍数的提高而逐

收稿日期 1997-08-29; 修改稿收到日期 1998-02-01.

## 作者简介:

齐鲁, 45 岁, 副研究员。主要从事功能纤维的研究, 承担过多项科研项目。发表论文 30 余篇。



步下降。这主要是与拉伸过程中 PP 大分子和晶粒取向增加以及晶区和非晶区的重排有关。

## 2.2 远红外 PP 纤维的形态结构

纺制远红外 PP 纤维, 要求远红外粉的粒度很小, 否则将会严重影响纤维的可纺性及其力学性能。另外, 远红外粉是固体颗粒, PP 的表面能较低, 两者相容性较差, 因此解决好远红外粉与 PP 大分子间的相容性, 才能纺制出力学性能优良的纤维。

从图 2 可看出, 经过 4 倍拉伸的远红外 PP 纤维截面充实, 远红外粉在 PP 中分散非常均匀, 纤维中无任何结构缺陷。



图 2 远红外 PP 纤维截面电镜照片

Fig. 2 SEM micrograph of the far infrared PP fiber's cross-section

## 2.3 不同纤度的远红外 PP 纤维的力学性能

在工业化生产设备上, 在同一纺丝速度下, 生产出不同纤度的远红外 PP 纤维。经过检测其力学性能的变化如图 3 所示。

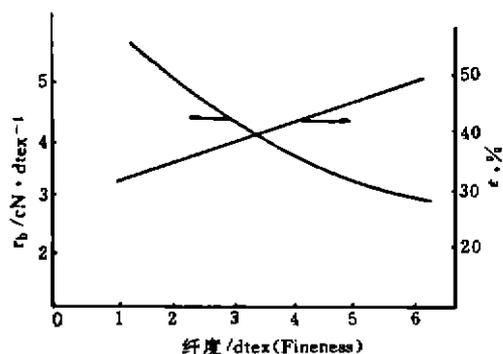


图 3 不同纤度远红外 PP 纤维断裂强度与伸长变化

Fig. 3 Changes in breaking strength and elongation of the far infrared PP fiber with various fineness

从图 3 可看出, 随着纤维纤度的降低, 纤维的断裂强度增高, 伸长降低, 与纯 PP 纤维相比断裂强度相当或偏高, 而伸长却降低, 弥补了 PP 纤维伸长偏高的缺点。产生这种结果的原因主要是在相同纺丝速度下纺丝, 纤度越低, PP 大分子及晶粒在纺程上的取向度越高。另外, 添加的远红外粉对纤维力学性能的变化也有一定的影响, 由于远红外粉颗粒表面容易吸附或粘结若干条 PP 大分子, 形成分子间的缠结点<sup>[2]</sup>, 阻碍了 PP 大分子的运动, 纺制的纤维越细, PP 大分子排列越紧密, 这种缠结点的作用越强, 增强了纤维抗张能力, 降低了纤维的延伸度。

## 2.4 远红外 PP 纤维的动态力学性能

远红外 PP 纤维的  $[E]-T$  曲线由图 4 表示。

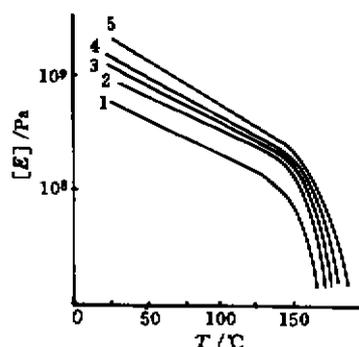


图 4 远红外 PP 纤维的  $[E]-T$  曲线

Fig. 4  $[E]-T$  curves of the far infrared PP fiber 拉伸倍数 (Draw ratio): 1. 0; 2. 3; 3. 4; 4. 5; 5. 6

由图 4 可表明, 随着拉伸倍数的增加, 纤维的  $[E]$  值升高, 其耐热性也有一定的提高。

远红外 PP 纤维在拉伸过程中, 使 PP 大分子及晶粒沿纤维轴向取向并排列紧密, 造成  $[E]$  值上升。在拉伸过程中, PP 大分子的伸展和移动必然与远红外粉颗粒产生摩擦, 由于远红外粉有较强的吸附性, 固体颗粒表面形成一层吸附物, 降低了这种摩擦, 因此 6 倍拉伸时  $[E]$  值仍上升。

从图 5 可看出, 远红外 PP 纤维拉伸后在  $\tan\delta-T$  曲线上出现与 PP 大分子结晶相关的  $\alpha$  峰, 随着位伸倍数的增加, 峰值升高, 经 5 倍拉伸后  $\alpha$  峰峰值又有些下降, 这可能与 PP 大分子及晶粒的取向和晶区、非晶区的重排有关<sup>[3]</sup>。低倍拉伸时, PP 大分子及晶粒沿纤维轴向发生取向, 随着拉伸倍数的提高, PP 大分子的伸展和移动使初生纤维内的部分晶粒造成一定的破坏, 使  $\tan\delta-T$  曲

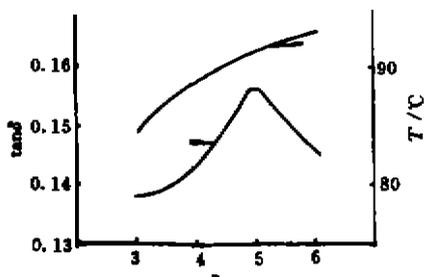


图5 远红外 PP 纤维  $\tan\delta$ - $T$  曲线与拉伸倍数的关系

Fig. 5  $\tan\delta$  and  $T$  of the far infrared PP fiber versus draw ratio

线上出现  $\alpha$  峰,当拉伸倍数进一步提高时,纤维的结晶度将进一步下降,使 PP 大分子沿纤维轴排列更加紧密,PP 大分子链段运动增加,使  $\alpha$  峰峰值不断上升,当达到5倍拉伸时,PP 大分子沿纤维

轴高度取向和紧密排列后又产生新的结晶,大分子链段运动受到限制,导致  $\alpha$  峰峰值又有些降低。从图5还可看到,随着拉伸倍数的增加, $\alpha$  峰峰温不断向高温移动,这表明 PP 大分子沿纤维轴取向并紧密排列后,大分子链段所需运动的能量增加。

### 2.5 有色远红外 PP 纤维的力学性能

由于 PP 染色性能较差,可采用添加色母粒纺成有色纤维。表1列出几种添加不同色母粒后纺成的有色远红外 PP 短纤维的力学性能。从表1可看出,有色远红外 PP 短纤维仍保持较高的力学性能,纤维强度在 4 cN/dtex 以上,伸长率在 36%~40.2% 波动,并具有一定的回潮率。

表1 不同颜色远红外 PP 短纤维的力学性能

Tab. 1 Mechanical properties of far infrared PP staples of different colours

颜色 Colour	线密度/dtex Linear density	强度/cN·dtex Strength	强度 CV, % Strength CV	伸长率, % Elongation	伸长率 CV, % Elongation CV	回潮率, % Regain
黄色 (Yellow)	1.53	4.4	11.3	36.8	20.2	0.14
蓝色 (Blue)	1.55	5.2	11.1	38.4	22.9	0.11
红色 (Red)	1.56	4.2	10.2	40.2	18.6	0.13

### 3 结论

a. 远红外 PP 纤维有较好的拉伸性能,随着拉伸倍数的增加,断裂强度提高,伸长率下降。

b. 拉伸后的远红外 PP 纤维截面的形态结构均匀和充实。

c. 远红外 PP 纤维的动态力学性能表明,纤维的模量随拉伸倍数的增加而提高,其耐热性能也有一定的提高。

d. 有色远红外 PP 短纤维仍具有较高的力学性能。

### 参 考 文 献

- 1 远红外线放射纤维系(日). 日本特许公报,平2-104 731. 1990
- 2 齐鲁,段谨源,张华等. 防中子辐射纤维的拉伸性能. 纺织学报,1993,(2):4
- 3 马克塔·阿迈德(美). 聚丙烯纤维的科学工艺(上册). 吴宏仁等译. 北京:纺织工业出版社,1987. 311~317

## MECHANICAL PROPERTIES OF FAR INFRARED PP FIBER

Qi Lu, Ma Yijing, Li Heyu and Wang Xuechen

(Tianjin Institute of Textile Science and Technology)

**ABSTRACT:** The drawing performance and morphology of far infrared PP fiber, as well as the mechanical properties of coloured far infrared PP fiber, were studied. The results showed that the fiber's breaking strength increased continuously during the drawing process while increasing draw ratio. Elongation decreased much when the modulus and heat resistance made a rise. Moreover, the morphology of the fiber's cross-section was even and full. The mechanical properties improved rapidly with the decrease of denier. For this reason, the coloured far infrared PP fiber kept good mechanical properties.

**Subject Terms:** far infrared polypropylene fiber; drawing performance; mechanical property; morphology

### 勘 误

本刊1998年第3期黑白广告(HB7)——吴江市科学技术应用研究所产品介绍中参考价格(含水价)应为参考价格(含税价)。特此更正。