



超吸水纤维的主要性能

丁志荣^{1, 2}, 辛三法², 李志红², 王善元¹

(1. 东华大学 纺织学院, 上海 201620; 2. 南通大学 纺织服装学院, 江苏 南通 226007)

摘要 研究超吸水纤维的线密度、断裂强度和伸长率、表面形态、吸水倍率等主要性能。结果表明:超吸水纤维具有优异的吸水能力,吸水倍率超过120 g/g,吸水体积膨胀后仍能保持近似纤维凝胶态的结构,适合于开发吸液材料;纤维截面呈圆形,表面光滑,无卷曲,强度和断裂伸长均很小且离散性大,断裂强度小于0.8 cN/dtex,断裂伸长率小于5.5%,力学性能较差,难以作为单一原料开发产品,需与其他纤维混合制成高吸液材料。

关键词 超吸水纤维; 线密度; 断裂强度; 断裂伸长; 吸水倍率

中图分类号: TS 102.52 文献标志码: A

Key properties of super absorbent fiber

DING Zhirong^{1, 2}, XIN Sanfa², LI Zhihong², WANG Shanyuan¹

(1. College of Textiles, Donghua University, Shanghai 201620, China;

2. School of Textile and Clothing, Nantong University, Nantong, Jiangsu 226007, China)

Abstract This paper studied the key properties of super absorbent fiber (SAF) such as linear density, breaking strength and elongation rate, modality of surface, water absorbent ratio, etc. The experimental results show that SAF has excellent water absorbability, it can absorb water more than 120 times of the fiber's weight (> 120 g/g) and the swelled fiber still keeps fiber-gel state after absorption, so it's fit to develop the liquid absorbent materials. But SAF has circle shape of cross section and smooth surface and no crimp, its breaking strength (< 0.8 cN/dtex) and elongation rate (< 5.5%) are not only low but high variance. These means the mechanical properties of SAF are poor, it's very difficult to develop products by way of using pure SAF. It's need to blend with other fibers to develop the liquid absorbent materials if using SAF.

Key words super absorbent fiber; linear density; breaking strength; breaking elongation; water absorbent ratio

超吸水纤维(super absorbent fiber, SAF)是继超吸水树脂(SAP)之后发展起来的特殊功能纤维,其吸水倍率比常规合成纤维大几十倍或几百倍,甚至更高。南通江潮纤维制品有限公司以丙烯酸、交联单体为主要单体,通过对聚合工艺的探索^[1],成功地开发了超吸水纤维,吸水倍率高于皮芯结构的聚丙烯腈系超吸水纤维^[2]。该纤维可广泛用于医疗、卫生、过滤、包装、电子等多行业,尤其适用于需要吸水过滤和吸液保液的场合。经中国药品生物制品检定所、国家棉纺织产品质量监督检验中心和中国纺织科学研究院测试中心检测,该纤维具有吸液倍率高、

保液能力强、耐高温、无毒、拒油等优点^[3-4]。

本文通过实验对该纤维的断裂强度、断裂伸长率、吸水倍率、表面比电阻等基本性能进行测试,分析研究其作为一种纤维原料纯纺或和其他纤维混纺的可行性,为进一步研究利用其开发超吸水相关材料提供参考。

1 实验部分

1.1 原料

超吸水纤维(SAF),由江苏省南通市江潮纤维

收稿日期: 2008-06-06 修回日期: 2008-10-13

基金项目: 江苏省工业科技攻关项目(BE2007048)

作者简介: 丁志荣(1961—),男,教授,博士生。主要研究领域为纺织新材料及产品设计等。王善元,通讯作者, E-mail:

shyu@dhu.edu.cn

制品有限公司提供。

1.2 实验仪器

Olympus CX21 形态图像分析系统、AE240 电子分析天平、YG747 通风式烘箱、摩擦系数测试仪、YG321 型纤维比电阻仪、LLY-06 型电子单纤维强力仪等。

1.3 测定方法

SAF 吸水倍率按企业标准 Q/320683KDW01—2007 的方法进行测定,其他性能的测定均按普通纺织材料测定的相关国家标准规定进行。

2 实验结果与分析

2.1 纤维的线密度

SAF 的线密度委托国家棉纺织产品质量监督中心测定。根据 GB/T 14337—1993 和 GB/T 14335—1993,测定得到 2 个批次 SAF 的平均线密度分别为 6.92、11.84 dtex。可见:批次不同,SAF 的线密度有很大的差别,二者相差几乎 1 倍;且 SAF 比常规纺织纤维品种(如涤纶 1.5 dtex)要粗很多。加工这样的纤维,无论是单一品种纺纱或与其他纤维混合纺纱都有较大难度,而且线密度差异大将导致产品均匀度下降。

2.2 纤维的断裂强度和断裂伸长率

取 30 组平均线密度为 8.7 dtex 的 SAF,在隔距为 10 mm、速度为 2 mm/min、温度为 20 ℃和相对湿度为 65% 的条件下测定其强力与伸长指标,在置信度

$\alpha = 0.05$ 下通过 t -检验判别剔除野点子,计算结果如表 1 所示。

表 1 SAF 强力与伸长分析结果

| 取值方法 | 强度/ (cN•dtex ⁻¹) | 伸长率/ % | 断裂功/ (N•cm) | 屈服强力/ cN | 初始模量/ (cN•dtex ⁻¹) |
|--------|---------------------------------|-----------|----------------|-------------|-----------------------------------|
| 平均 | 0.62 | 5.18 | 0.027 5 | 2.78 | 0.180 |
| 最大 | 1.90 | 9.81 | 0.108 0 | 5.67 | 0.308 |
| 最小 | 0.14 | 2.25 | 0.003 0 | 0.62 | 0.097 |
| CV 值/% | 65.45 | 161.78 | 5.02 | 136.60 | 3.83 |

由表 1 可以看出,不仅 SAF 的平均强度(断裂强度 < 0.8 cN/dtex)和伸长率(断裂伸长率 < 5.5%)都较低,低于其他一般纤维(强度 2.5 ~ 5 cN/dtex,伸长率 10% ~ 25%),而且强度和断裂伸长率的变异系数也很大。这表明:一方面 SAF 结晶度和大分子取向度不高,使其强度低;另一方面纤维间差异大。从表 1 还可看到,SAF 断裂功较小^[5-8],这表明 SAF 韧性很差、不耐疲劳、不耐磨、不能承受冲击。因此,SAF 在强伸度低、离散性大的情况下其可纺性较差,通过传统的纺纱系统时,难以经受开松、梳理和牵伸的作用,容易被打碎或拉断,所以 SAF 很难适合作为单一的原料开发产品,当与其他纤维混合开发产品时不可采用常规工艺,要探索新的工艺过程和合适的工艺参数。

图 1 示出 SAF 的强力拉伸曲线。

由图 1 进一步看出,伸长较小的 SAF 拉伸时有急回弹趋势,使强力出现阶跃,导致强力拉伸曲线呈阶梯状,如图 1(a)、(b)所示。这对梳理和牵伸是不

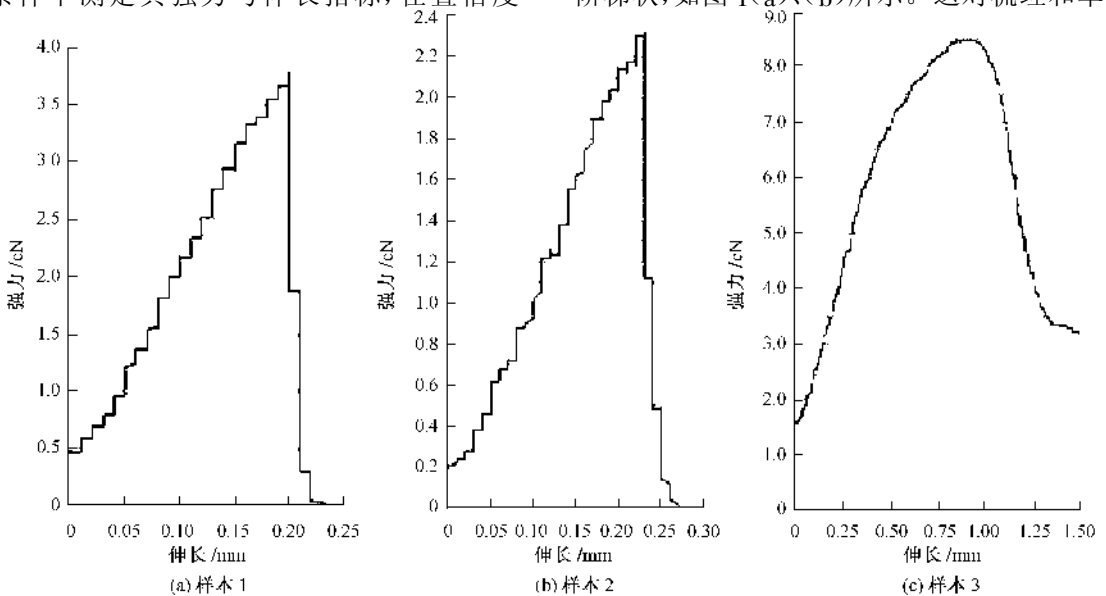


图 1 SAF 的强力拉伸曲线

Fig. 1 Strength elongation curves of SAF. (a) Sample 1; (b) Sample 2; (c) Sample 3

利的,梳理过程中纤维容易脱离针布,加之断裂伸长较小,纤维易碎,最终纤维掉落量增加,梳理成网也困难,尤其是牵伸过程纤维运动不稳定,变速点不集中,成条均匀度下降。

2.3 纤维的吸水倍率

SAF吸水倍率的测定:取 10 g/m^2 的丙纶非织造布制袋,精密称量 0.1 g SAF装入称好的丙纶非织造布袋中,系好袋口,放入装有 $1\ 000\text{ mL}$ 纯水的烧杯中浸泡 30 min ,取出后先自然悬垂滴水 30 min ,最后称量并计算吸水倍率:

$$\text{吸水倍率} = \frac{\text{吸水后试样质量} - \text{吸水前试样质量}}{\text{吸水前试样质量}} \quad (1)$$

按标准对 SAF 的吸水倍率进行测定,根据式(1)计算得其吸水倍率均值为 122.08 g/g 。可以看出,SAF吸水倍率较大,远远高于普通纤维在同条件下的吸水,也高于皮芯结构的聚丙烯腈系超吸水纤维^[9](40倍左右)。这说明 SAF 有突出的吸水能力。

从本质上看,SAF是粉末、颗粒状超吸水树脂的延伸和拓展,因 SAF 的高分子结构是由主链骨架、吸水基团和交联基团等构成,并通过交联技术形成三维网状结构,所以具有优越的吸水能力、保液性能和溶胀特性。

如果采用 SAF 与其他纤维混合纺纱或制成非织造材料,那么因纤维间的大量空隙使 SAF 具有充分的吸水空间,进而使 SAF 的吸水能力得到充分发挥,所以 SAF 可应用于生理卫生、油水分离、保水阻水、离子交换、农用园艺、过滤包装、吸热阻火等多种场合,有着广阔的应用前景。但对于这些需有高吸液能力的产品而言,其纤维集合体中当需含有其他适用的纤维成分如 PP 或 PET 等,以改善纤维集合体的物理机械性能和可纺性。

2.4 纤维的结构

由于 SAF 的表面形态对其吸水性、物理机械性能和可纺性能有影响,对 SAF 表面形态的了解和测定是必要的。采用 Olympus CX21 形态图像分析系统分别对 SAF 纵向和横向形态进行显微摄影,如图 2、3 所示。其中:图 2 是干燥状态和吸水 20 min 后的 SAF 纵向形态照片;图 3 是干燥状态下 SAF 横向形态照片。

由图 2、3 可看出:在干燥状态下,SAF 的纵向平直、光滑,横向形态呈圆形;在吸水状态下,SAF 膨胀为很粗的透明凝胶状“纤维”。这一方面说明 SAF 吸水能力较大,另一方面说明 SAF 形态结构无孔

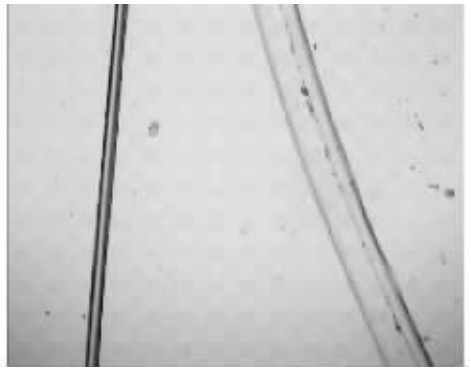


图 2 干燥状态和吸水 20 min 后 SAF 纵向形态($\times 100$)

Fig.2 Longitudinal shape of SAF in dry situation and water-absorbed situation in 20 minutes($\times 100$)

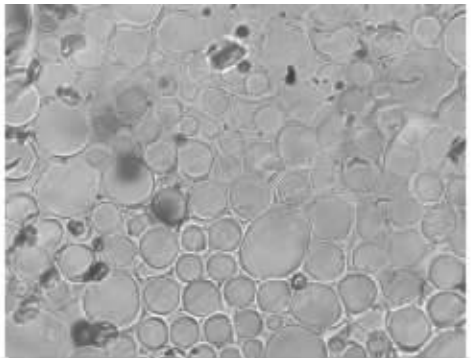


图 3 SAF 横向形态($\times 400$)

Fig.3 Crosswise shape of SAF($\times 400$)

槽,其吸水能力来自于内部的丙烯酸亲水基团。SAF 吸水后体积膨胀仍能保持形态,非常适合开发吸水锁水材料。但是,由于 SAF 的纵向平直、光滑、几乎无卷曲,导致纤维之间的抱合力较小,梳理成网困难,因此,SAF 纤维的可纺性不是很好,对其产品开发时应与其他纤维混用为妥。

2.5 纤维的其他性能

经测定,SAF 的摩擦因数为 0.454 ,质量比电阻为 $8.51 \times 10^{11}\ \Omega \cdot \text{g/cm}^2$ 。有数据可以说明 SAF 的表面较光滑,不利于纺织加工;而其质量比电阻较小,加工时不会有静电现象,这方面对于纺织加工是有利的。

此外,由中国药品生物制品检定所、国家棉纺织产品质量监督检验中心和中国纺织科学研究院测试中心对南通江潮纤维制品有限公司生产的超吸水纤维的有关性能进行了测试,结果表明:SAF 具有良好的耐光性、耐热性($150\text{ }^\circ\text{C}$ 以上)、耐有机溶剂性、阻燃性以及无毒性,其极限氧指数 LOI 为 42% ,半数致死量 $LD_{50} \geq 2\ 000\text{ g/kg}$,无皮肤刺激性,皮肤致敏

性、致突变性均呈阴性,是一种安全的纤维。

3 结 论

1)SAF 具有优异的吸水能力,吸水后体积膨胀仍能保持近似纤维凝胶态的结构,锁住吸收的水分,适用于开发高吸水吸液材料。

2)SAF 较粗,截面呈圆形,表面光滑,几乎无卷曲,强度和断裂伸长率均很小且离散性大,当用于开发高吸液产品时,需与其他纤维混合使用以改善纤维集合体的物理机械性能和可纺性。

FZXB

参考文献:

[1] 骆强. 超吸水纤维成纤共聚物聚合工艺的研究[J]. 纺织科学研究, 1999(3):5-8.

LUO Qiang. Study on polymerization technology of fiber forming copolymer of super absorbent fiber[J]. Textile Science Research, 1999(3):5-8.

[2] 寺田达雄. 超吸水性纤维“LAN SEAL”[J]. 纪明辉, 译. 国外纺织技术, 2001(8):5-6.

寺田达雄. Super absorbent fiber “LAN SEAL”[J]. JI Minghui, Translating. Textile Technology Overseas, 2001(8):5-6.

[3] PAUL A kers, RICHARD Heath. Superabsorbent fibers: key to a new generation of medical nonwovens[J]. Nonwovens Report International, 1996(8):68-69.

[4] 祝志峰, 周永远, 张文赓. 高吸水材料及其在纺织工业中的应用前景[J]. 中国纺织大学学报, 1994, 20(4):80-86.

ZHU Zhifeng, ZHOU Yongyuan, ZHANG Wengeng. High absorbent material and its prospect of application in textile

industry[J]. Journal of China Textile University, 1994, 20(4):80-86.

[5] 陈小莉, 于伟东. 羊绒/羊毛/涤纶复合纺及成纱拉伸性能分析[J]. 纺织学报, 2007, 28(9):41-44.

CHEN Xiaoli, YU Weidong. Compound spinning of cashmere/wool/polyester and analysis of its tensile property[J]. Journal of Textile Research, 2007, 28(9):41-44.

[6] 宋江超, 梁方阁, 石风俊. 纱线的应力松弛性能[J]. 纺织学报, 2007, 28(6):40-44.

SONG Jiangchao, LIANG Fangge, SHI Fengjun. Stress relaxation properties of yarn [J]. Journal of Textile Research, 2007, 28(6):40-44.

[7] 吕立斌, 杜梅, 赵磊. 涤/棉/丝三组分 Sirofil 复合纱的拉伸性能分析[J]. 纺织学报, 2007, 28(6):45-51.

LÜ Libin, DU Mei, ZHAO Lei. Tensile properties analysis of polyester/cotton/silk tri-component Sirofil composite yarn[J]. Journal of Textile Research, 2007, 28(6):45-51.

[8] 侯秀良, 高卫东, 王善元, 等. 山羊绒纤维的拉伸性能[J]. 纺织学报, 2007, 28(10):18-22.

HOU Xiuliang, GAO Weidong, WANG Shanyuan, et al. Tensile properties of cashmere fiber[J]. Journal of Textile Research, 2007, 28(10):18-22.

[9] 胡晓宇, 肖长发. 聚丙烯腈系超吸水纤维的制备及研究[J]. 天津工业大学学报, 2004, 23(4):48-50.

HU Xiaoyu, XIAO Changfa. Study and preparation of polyacrylonitrile-based superabsorbent fibers[J]. Journal of Tianjin Polytechnic University, 2004, 23(4):48-50.

[10] 于伟东. 纺织材料学[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2006:89-90.

YU Weidong. Textile Materials[M]. Beijing: China Textile and Apparel Press, 2006:89-90.