

纱线基本参数对其耐磨性的影响

徐文昉¹, 何加浩¹, 黎俊好¹, 李文斌^{1,2}

(1. 武汉纺织大学 技术研究院, 湖北 武汉 430200; 2. 武汉纺织大学 新材料及其先进加工技术国家重点实验室培育基地, 湖北 武汉 430200)

摘要: 影响纱线耐磨性的因素有很多, 为了利用纱线的基本参数预测纱线的耐磨性, 以 8 种不同规格的环锭纺棉纱为研究对象, 分析研究了纱线的线密度、捻度、条干、毛羽、拉伸断裂功与耐磨性的关系。试验结果表明: 纱线耐磨性与纱线的捻度、线密度、拉伸断裂功显著相关, 且与线密度和断裂功成正相关关系, 与捻度成负相关关系, 通过建立相关回归模型, 可以根据纱线基本参数较准确地预测纱线的拉伸断裂功和耐磨性。

关键词: 耐磨性; 纱线性能; 断裂功; 捻度; 线密度; 条干不匀; 毛羽; 预测; 应用回归

中图分类号: TS101.922

文献标识码: A

文章编号: 1001-2044(2018)05-0017-04

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.05.005

Effect of the basic parameters on wear resistance of yarns

XU Wenfang¹, HE Jiahao¹, LI Junyu¹, LI Wenbin^{1,2}

(1. Institute of Technology, Wuhan Textile University, Wuhan 430020, China)

(2. State Key Laboratory Base of New Materials and Advanced Processing Technology, Wuhan Textile University, Wuhan 430200, China)

Abstract: There are many factors affecting the wear resistance of yarn. To predict the wear resistance of the yarns using the basic parameters of yarns, eight kinds of ring-spun cotton yarns with different specifications are used as the subjects and the relationship between wear resistance and linear density, twist, evenness, hairiness and work of fracture and are tested and analyzed. The results show that the wear resistance of yarns is significantly related to twist, linear density and work of fracture of yarns. The wear resistance is positively correlated with the linear densities and the work of fracture, and negatively correlated with the twist. By establishing a correlation regression model, the work of fracture and the wear resistance of yarns can be predicted accurately according to the basic parameters of the yarn.

Key words: wear resistance; yarn performance; breaking work; twist; linear density; unevenness of textile strands; hairiness; prediction; application regression

在日常生活中, 摩擦是纺织品损坏的主要原因之一, 因此, 耐磨性是纺织品的一个重要测试指标^[1]。纱线耐磨性对纱线的可加工性及织物的耐用性有着非常重要的影响, 耐磨性越好, 纱线的可加工性越高, 同等条件下, 织成织物的耐用性越好。然而, 对于同种纤维纺成的纱线而言, 耐磨性越好, 对纱线生产技术的要求越高, 成本越大。因此, 通过纱线的基本参数研究并预测纱线的耐磨性, 对于控制生产成本, 提高纱线、织物的可加工性及耐磨性, 具有重要的实际意义。

影响纱线耐磨性的因素有很多, 主要有纤维类别、纱线结构、磨损试验条件和磨料性能等^[1]。目前国内学者如 Krupincová G、王自强等人^[2-4]主要采用控制变量的方法分析纱线结构、纱线性能、纺纱方法、纺纱工艺等对纱线耐磨性的影响, 但无法对纱线的耐磨性进行预测分析, 且不能比较各因素对纱线耐磨性的作用大小, 不能较好地体现出纱线耐磨性是多种影响因素的综合作用。在纱线的诸多性能中, 力学性能对纱线耐磨性的影响最为显著。因此, 本文主要研究纱线

结构和力学性能对纱线耐磨性的影响。选用 8 种结构、性能各不相同的棉纱为研究对象, 分别测试分析纱线的线密度、捻度、条干、毛羽、拉伸断裂功对纱线耐磨性的影响, 比较研究各影响因素与纱线耐磨性的相关性, 此外, 以各影响因素为自变量, 以纱线耐磨性为因变量建立多元回归模型, 以实现纱线基本参数结合纱线性能对纱线耐磨性的预测与分析^[4-5]。

1 试验部分

1.1 试样的选取

通常情况下, 线密度不同的纱线, 其基本结构会发生变化, 不同企业生产的纱线, 其品质会存在差异, 因此, 为了使得出的结论能够普遍适用, 本文选取 8 种环锭纺棉纱作为研究对象, 这些样品采用同一批原棉经由 8 个不同的企业纺制而成, 样品的规格各不相同。试样 1[#]~8[#] 的纱线线密度分别为 7.4、7.4、9.7、9.8、14.6、14.6、29、36 tex。

1.2 纱线测试

1.2.1 纱线捻度测试

根据 GB/T 2543.2—2001《纺织品 纱线捻度的测定 第 2 部分: 退捻加捻法》, 采用 YG155A 型纱线捻度仪, 每个试样测 10 次, 求其平均值。测试条件: 温度

收稿日期: 2018-02-04

作者简介: 徐文昉(1993—), 女, 在读硕士研究生, 主要从事纺织测试仪器的研究。

(20±2)℃、相对湿度(65±2)%。

1.2.2 纱线毛羽测试

根据 FZ/T 01086—2000《纺织品纱线毛羽测定方法投影计数法》,采用 YG172A 型纱线毛羽测试仪,每个试样测 10 次,求其平均值。测试条件为:走纱速度 30 m/min,片段长度 10 m,温度(20±2)℃,相对湿度(65±2)%。

1.2.3 纱线条干测试

根据 GB/T 3292.1—2008《纺织品 纱线条干不匀试验方法 第1部分:电容法》,采用 YG133B/M 型条干均匀度测试分析仪测试成纱条干,每个试样测 5 次,求其平均值。测试条件为:测试速度 400 m/min,测试时间 1 min,温度(20±2)℃,相对湿度(65±2)%。

1.2.4 纱线拉伸断裂性能测试

根据 GB/T 3916—1997《纺织品 卷装纱 单根纱线断裂强力和断裂伸长率的测定》,采用 YG068C 型全自动单纱强力仪测试纱线拉伸断裂性能,试验次数为 20 次,求其平均值。将纱线在温度(20±2)℃、相对湿度(65±2)%的条件下放置 24 h 后进行拉伸断裂性能测试。测试参数为:预加张力 0.5 cN/tex,拉伸速度 500 mm/min。

1.2.5 纱线耐磨性测试

根据 FZ/T 01058—1999《纱线耐磨试验方法 往复式磨辊法》,采用 FFZ622 型纱线耐磨性能试验仪对纱线耐磨性进行测试。通过记录纱线磨断时磨辊的往复次数,对纱线耐磨性进行统计分析,测试次数为 3 次,每次测试 10 根试样,结果取平均值。测试条件为:砂纸号数 600 目,砝码质量 10 g,温度 20℃,相对湿度(65±2)%。

通过上述方法测得纱线的线密度、捻度、纱线条干不匀率、3 mm 毛羽指数、断裂功以及纱线的耐磨次数,其测试结果见表 1。

表 1 8 种纱线基本性能测试结果

项目	纱线线密度/tex	捻度 / [捻·(10 cm) ⁻¹]	条干不匀率/%	毛羽指数 H	断裂功 / (cN·cm)	纱线耐磨次数/次
1#	7.4	150.34	10.99	18.80	185.30	30.00
2#	7.4	156.17	10.75	129.80	149.83	36.45
3#	9.7	123.82	9.87	71.20	206.09	47.60
4#	9.8	123.36	12.11	78.20	211.51	57.65
5#	14.6	97.31	12.27	45.30	408.64	78.85
6#	14.6	97.89	9.42	165.50	293.08	70.65
7#	29	73.83	10.36	116.60	753.22	124.65
8#	36	60.19	8.32	209.90	1 161.04	143.40

2 分析与讨论

2.1 线密度对纱线耐磨性的影响

纱线线密度与其耐磨次数的关系见图 1。

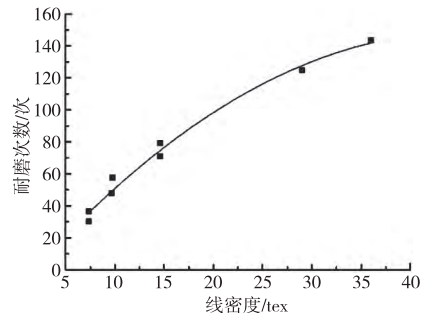


图 1 纱线线密度与耐磨次数的关系

由图 1 可知,纱线的线密度越大,纱线的耐磨次数越大。出现这种规律可能是因为,对于同种纤维纺制的纱线而言,纱线的线密度越大,纱线横截面中的纤维根数就越多,从而使磨损所需的功和时间越多,因此,纱线的耐磨性越好^[1]。将纱线的线密度与纱线耐磨次数进行回归分析,其相关系数为 0.982,接近于 1,其回归方程见式(1):

$$Q = -12.099 + 7.062N_t - 0.077N_t^2 \quad (1)$$

式中:Q——纱线的耐磨次数,次;

N_t ——纱线线密度,tex

由式(1)可知,在一般情况下,纱线的耐磨性与线密度成正相关关系,且相关性显著。

2.2 捻度对纱线耐磨性的影响

纱线捻度与纱线耐磨次数的关系见图 2。

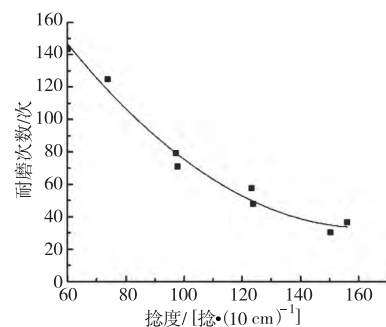


图 2 纱线捻度与耐磨次数的关系

由图 2 可知,随着纱线捻度的增加,纱线耐磨次数逐渐减少。出现这种现象可能是因为,随着捻度的增大,纱线中纤维的抱合力增大,纤维的滑移减小,摩擦时的局部应力增加,纤维更容易断裂,导致纱线更易损坏^[6-7]。将纱线的捻度与纱线耐磨次数进行回归分析,其相关系数为 0.976,接近于 1,其回归方程见式(2):

$$Q = 318.600 - 3.514T_i + 0.011T_i^2 \quad (2)$$

式中: Q ——纱线的耐磨次数,次;

T_i ——纱线捻度,捻/10 cm

由式(2)可知,在一般情况下,纱线的耐磨性与捻度成负相关关系,且相关性显著。

2.3 条干不匀对纱线耐磨性的影响

将纱线的条干不匀率与纱线耐磨次数进行回归分析,其相关系数为 0.283,回归方程见式(3):

$$Q = 1481.337 - 258.473C_v + 11.686C_v^2 \quad (3)$$

式中: Q ——纱线的耐磨次数,次;

C_v ——纱线条干不匀率, %

由式(3)可知,在一般情况下,纱线耐磨次数随纱线条干不匀率的增加而下降,但由于其相关系数较小,可知这种相关性不够显著。出现这种现象的原因可能是,随着纱线条干不匀率的增加,纱线捻度分布的不匀率增加,细节处捻回数增多,粗节处捻回数减少,粗节处的纤维间抱合力下降,从而成为整个纱线的弱环。在纱线受到摩擦时,粗节处的纤维更容易从纱线中抽拔出来,导致纱线损坏,纱线的耐磨次数减少^[7]。

2.4 毛羽对纱线耐磨性的影响

将纱线的毛羽指数与纱线耐磨次数进行回归分析,其相关系数为 0.210,回归方程见式(4):

$$Q = 49.360 - 0.040H + 0.001H^2 \quad (4)$$

式中: Q ——纱线的耐磨次数,次;

H ——纱线 3 mm 毛羽指数,根/m

由式(4)可知,在一般情况下,纱线耐磨次数随着纱线毛羽指数的增加而增大,然而其相关系数接近于 0,可知相关性不够显著。出现这种现象可能是因为随着毛羽指数的增大,纱线上的长毛羽增多,毛羽会随着磨辊的运动在纱线与磨辊间滑动,导致纱线主体上的有效摩擦长度减小,并且阻碍了磨料对纱线主体的损伤。

2.5 拉伸断裂功对纱线耐磨性的影响

纱线的拉伸断裂功指纱线进行强力测试时拉伸到断裂时所做的功,是纱线质量的内在反映,其大小取决于纱线的断裂强力和断裂伸长。纱线的拉伸断裂强力取决于纱线中纤维的强力和纤维间的抱合力,纱线的断裂伸长取决于纱线中纤维本身的伸长和纤维间的滑脱^[8]。无论是纤维强力、纤维间的抱合力,还是纤维的伸长和纤维间的滑脱,都对纱线的耐磨性存在一定的影响。纱线的断裂功与纱线耐磨次数的关系见图 3。

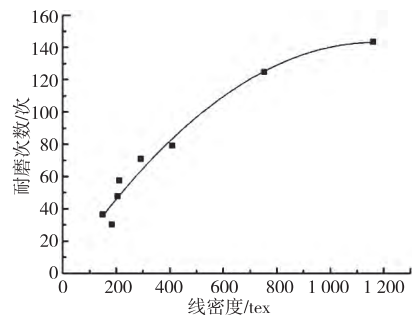


图3 纱线断裂功与耐磨次数的关系

由图 3 可知,纱线耐磨次数随着纱线断裂功的增大而先快后慢地增加。将纱线的断裂功与纱线耐磨次数进行回归分析,其相关系数为 0.961,接近于 1,其回归方程见式(5):

$$Q = 1.836 + 0.241W - 1.026 \times 10^{-4}W^2 \quad (5)$$

式中: Q ——纱线的耐磨次数,次;

W ——纱线的拉伸断裂功, cN · cm

由式(5)可知,纱线的耐磨性与拉伸断裂功成正相关关系,且相关性显著。

2.6 纱线性能对纱线耐磨性的综合影响

综上所述,纱线的耐磨性与纱线的捻度、线密度、拉伸断裂功均呈显著相关,与条干不匀和毛羽的相关性较弱。若以纱线的捻度、线密度、拉伸断裂功为自变量,以纱线的耐磨次数为因变量构建多元回归模型,其相关系数 R^2 为 0.981。而综合纱线的线密度、捻度、条干、毛羽和拉伸断裂功,与纱线的耐磨次数构建多元回归模型,其回归方程见式(6):

$$Q = 3.328 + 3.129N_i - 0.332T_i + 5.031C_v + 0.061H - 0.006W \quad (6)$$

式中: Q ——纱线的耐磨次数,次;

N_i ——纱线线密度, tex;

T_i ——纱线捻度,捻/10 cm;

C_v ——纱线条干不匀率, %;

H ——纱线 3 mm 毛羽指数,根/m;

W ——纱线的拉伸断裂功, cN · cm

取显著性水平 $\alpha = 0.05$, 回归方程的 P 值为 0.003 (< 0.05), 该回归方程成立, 又因为相关系数 R^2 为 0.996, 比以纱线的捻度、线密度、拉伸断裂功为自变量构建的多元回归模型的相关系数要大, 且极为接近 1, 可知综合纱线的线密度、捻度、条干、毛羽和拉伸断裂功可较准确地预测纱线的耐磨性。

通过单因素分析可知, 纱线的耐磨性分别与纱线的线密度、毛羽指数、断裂功成正相关关系, 与纱线的

捻度和条干不匀率成负相关关系。然而,式(6)中,纱线线密度、条干不匀、毛羽指数的相关系数为正数,纱线捻度和断裂功的相关系数均为负数,纱线条干不匀率对耐磨性的影响与单因素分析中的规律不符。这可能是因为纱线条干不匀率与捻度的共同作用使纱线上的捻度分布情况呈不确定性。纱线断裂功对耐磨性的影响与单因素分析中的规律不符,这可能是因为断裂功是纱线质量的内在反映,其与纱线的线密度、捻度、毛羽、条干存在或多或少的关系。以纱线的线密度、捻度、毛羽、条干为自变量,以纱线的断裂功为因变量做相关性分析,可得出式(7),其相关系数 R^2 为 0.945, P 值为 0.009:

$$W = -386.693 + 39.317N_t + 1.834T_t - 0.020C_v - 0.248H \quad (7)$$

通过式(7),可由纱线的线密度、捻度、条干不匀率、毛羽指数大致预测得出纱线的断裂功。再次以纱线的线密度、捻度、毛羽、条干为自变量,以纱线的耐磨次数为因变量做相关性分析,可得出式(8):

$$Q = 5.528 + 2.898N_t - 0.343T_t + 5.036C_v + 0.062H \quad (8)$$

相关系数 R^2 为 0.997,取显著性水平 $\alpha = 0.05$,由于式(8)的 P 值为 8.818×10^{-5} (< 0.05),因此该回归方程成立。相比较于式(6),式(8)的相关系数更接近于 1, P 值更趋于 0,因此,拟合效果更好。通过式(8)可综合得出纱线的线密度、捻度、条干和毛羽,更准确地预测纱线的耐磨性。为了比较各影响因素的作用大小,将样本数据进行标准化处理,求得式(8)中自变量 N_t 、 T_t 、 C_v 、 H 的标准化回归系数的绝对值分别为 0.756、0.287、0.164、0.096,可知,纱线的线密度、捻度、条干、毛羽的标准化回归系数的绝对值是依次减小的。因此可以得出结论,纱线的线密度、捻度、条干、毛羽对纱线

耐磨性能的影响程度是依次减小的。

3 结 语

(1) 纱线耐磨性的影响因素主要有纱线的线密度、捻度、条干和毛羽,线密度、捻度、条干、毛羽对纱线耐磨性能的影响程度是依次减小的。

(2) 一般情况下,纱线耐磨性与纱线捻度呈负相关关系,与纱线的线密度和断裂功呈正相关关系。

(3) 通过回归方程,可由纱线的捻度、线密度、条干不匀率、毛羽指数大致预测得出纱线断裂功,从而在设计纱线时更好地平衡纱线基本结构参数与纱线拉伸断裂性能之间的关系。

(4) 通过回归方程,可由纱线的捻度、线密度、条干不匀率、毛羽指数预测得出纱线的耐磨性,从而在设计纱线时更好地预测、控制和改进纱线的耐磨性。



参考文献:

- [1] 于伟东. 纺织材料学[M].北京:中国纺织出版社,2006.
- [2] ASGARI H, MOKHTARI F, LATIFI M, et al. Characterizing cotton yarn appearance due to yarn-to-yarn abrasion by image processing [J]. Journal of the Textile Institute Proceedings & Abstracts, 2014, 105(5):477-482.
- [3] KRUPINCOVÁ G, HATIPOGLU J. Testing of yarn abrasion [J]. Autex Research Journal, 2013, 13(1):22-27.
- [4] 王自强,成玲,张代荣.毛羽指数和捻度对棉纱磨损性能的影响[J].棉纺织技术,2009,37(2):4-6.
- [5] 何晓群.应用回归分析[M].北京:中国人民大学出版社,2015.
- [6] 安斌,周君华,田金家.捻度对纱线质量的影响分析[J].中国纤检,2014(15):82-85.
- [7] 卢雨正,高卫东,谢春萍,等.环锭纺竹节纱捻度分布及其对强力影响的影响[J].纺织学报,2006,27(7):16-18,22.
- [8] 张宏伟,李南,黄艳丽,等.纯棉环锭纱结构力学性能与其强力计算方法[J].纺织学报,2009,30(3):131-135.

(上接第9页)

- [7] DIVAKARA S, MADHU S, SOMASHEKAR R. Stacking faults and microstructural parameters in non-mulberry silk fibres [J]. Pramana, 2009, 73(5):927-938.
- [8] MUTHUMANICKAM A, SUBRAMANIAN S, GOWERI M, et al. Comparative study on eri silk and mulberry silk fibroin scaffolds for biomedical applications [J]. Iranian Polymer Journal, 2013, 22(3):143-154.
- [9] REDDY T, ROY S, PRAKASH Y, et al. Stress-strain curves and corresponding structural parameters in mulberry and non-mulberry silk fibers [J]. Fibers and Polymers, 2011, 12(4):499-505.

- [10] MAZZI S, ZULKER E, BUCHICCHIO J, et al. Comparative thermal analysis of Eri, Mori, Muga, and Tussar silk cocoons and fibroin fibers [J]. Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 2014, 116(3):1337-1343.
- [11] 杨莹莹,张旻爽,田伟,等.天然木薯蚕丝脱胶工艺优化与性能分析[J].现代纺织技术,2017,25(5):47-51.
- [12] 董凤春.野蚕丝的结构与性能[D].苏州:苏州大学,2006.
- [13] 付诚杰.柞蚕丝结构和力学性能的深入研究[D].上海:复旦大学,2010.