

模糊综合评判棉纤维纺纱过程中的性能变化

于永玲, 张亚惠, 任志华

(大连轻工业学院 纺织轻工学院, 辽宁 大连 116034)

摘要 应用模糊数学模型, 采用原棉染色跟踪测试法, 对纺纱加工过程中棉纤维长度、细度、成熟度、棉结以及断裂强度等物理指标进行二阶模糊综合评判, 定量分析了各工序棉纤维综合性能的变化情况。评判结果表明: 粗纱中棉纤维综合性能最好, 梳棉生条中棉纤维的综合性能最差, 细纱中棉纤维的综合性能仅好于生条中棉纤维的综合性能。由于二阶模糊理论的使用, 使这一结果具有一定的可信度, 从而为棉纤维的合理加工与使用提供了科学的依据。

关键词 棉纤维; 纺纱; 性能变化; 模糊综合评判

中图分类号: TS 101.922 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2005)05-0034-03

Evaluating changes of cotton fiber performances in spinning using fuzzy math model

YU Yong-ling, ZHANG Ya-hui, REN Zhi-hua

(College of Textile and Light Industry, Dalian Institute of Light Industry, Dalian, Liaoning 116034, China)

Abstract Using fuzzy math model and the dyed raw cotton testing, the changes of physical properties of cotton fibers in spinning such as length of fiber, fineness, maturity, neps, breaking strength, and elongation were evaluated by means of the two-grade fuzzy model. A quantitative analysis of these changes in individual process was conducted. The results indicate that with respect to the comprehensive performances of the cotton fiber, the roving exhibits the best, the sliver, the worst, and spun yarn better than the sliver only. These results provide a scientific basis for rational processing and application of cotton.

Key words cotton fiber; spinning; change of performance; comprehensive evaluation using fuzzy math model

棉纤维在纺纱加工过程中, 由于受到开松、梳理和牵伸等作用, 它的强度、弹性等物理性能和微观结构会呈现一定程度和规律性的变化, 且这种变化会在纤维后续加工、使用和回收再利用等过程中发生, 并呈现逐步加剧的趋势。因此, 研究棉纤维在纺纱加工过程中的性能变化对棉纤维的合理加工与使用具有重要意义。

纺纱过程中棉纤维性能的好坏由多个指标决定, 历年来对纤维性能的指标都是分项讨论, 而实际生产中, 影响棉纤维性能的各个指标相辅相成, 这些指标的综合效应决定了纤维的性能^[1]。因此现采用二阶模糊综合评判的方法, 将纺纱过程中测试的棉纤维的各个性能指标综合起来进行分析, 以判断纺纱各工序半制品中棉纤维综合性能的优劣程度, 从而定量分析棉纤维在纺纱加工过程中综合性能的变化。

1 模糊综合评判理论基础

模糊综合评判就是应用模糊变换原理综合考虑

各项指标而对所考虑的事物所做的综合评价^[2]。图 1 为模糊综合评判建模示意图, 即要得到综合评判的结果 B , 必须已知 R 和 A , 因此综合评判包括 R 的建立, 权向量集 A 的来由, 以及结果 B 的计算。

设 U 为 n 种评价指标构成的集合, 称为指标集, $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$; 权重分配集即权向量集 A 作为 U 上的模糊集, 记为 $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, 其中 $\sum_{i=1}^n a_i = 1$, a_i 表示第 i 个指标的权数(权数的确定最常用的方法是根据专业知识, 按权重评价直接得出); V 为 m 种评价构成的集合, 称为评价集, $V = \{v_1, v_2, \dots, v_m\}$; 综合决策 B 作为 V 上的模糊集, 记为 $B = \{b_1, b_2, \dots, b_m\}$ 。逐一观察事物各个指标, 确定指标 u_i 对评价 v_j 的隶属度(可能程度) r_{ij} 构成评判空间 R 。

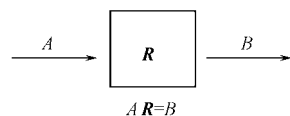


图 1 模糊综合评判建模示意图

$$R = \begin{pmatrix} r_{11} & \dots & r_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{nl} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix} \text{ 且 } B = A \cdot R \text{ 即}$$

$$\{ a_1, a_2, \dots, a_n \} \cdot \begin{pmatrix} r_{11} & \dots & r_{1m} \\ \vdots & & \vdots \\ r_{nl} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix} = \{ b_1, b_2, \dots, b_n \}$$

现代科学有总体、交互、关联的特点,如原料、半成品、成品的质量往往是环环相扣,分层次的互有联系。为了更好地协调处于不同层次的因素,高阶模糊综合评判比一阶更有效,以二阶为例说明:

$$\text{二阶模糊评判的模型: } B' = A' \cdot R' = A' \cdot \begin{pmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \\ B_4 \\ B_5 \end{pmatrix}$$

其中 $A', B_i (i=1, 2, 3, 4, 5)$ 的计算说明见 3.2 节。

2 实验部分

2.1 材料

采用原棉染色跟踪法,实验试样分别从大连神州纺织有限公司下述各工序中取得,包括原棉、清花、梳棉、并条、粗纱和成品 C 29.5 tex 细纱。

工艺流程:清钢自动机组 → DK903 型梳棉机 → RIETER 型头道并条机组 → RIETER 型末道并条机 → TOYOTA 型粗纱机 → TOYOTA 型细纱机。

2.2 仪器

AFIS 单纤维测试系统、LLY-06B 电子单纤维强力仪、数字纱线捻度仪、YG029-I 全自动单纱强力仪、USTER TESTER 4-SX 条干均匀度仪。

3 结果与讨论

3.1 测试结果

由于纤维长度、细度、成熟度、棉结、强伸性能和弹性等对纤维性能都有影响^[3],根据棉纤维各性能指标的分项分析,选取重要测试指标列于表 1。

表 1 各工序半成品中棉纤维性能指标情况

工序	$u_1 \{L(n)\}$	$u_2 \{UQL(w)\}$	$u_3 \{SFC(n)\}$	$u_4 \{Fine\}$	$u_5 \{Mature\ Ratio\}$	$u_6 \{IFC\}$	$u_7 \{Nep\}$	$u_8 \{断裂强力/cN\}$	$u_9 \{断裂伸长率/\%\}$	$u_{10} \{回复率/\%\}$
v_1 (原棉)	21.6	30.9	20.7	172	0.91	5.8	188	4.19	13.9	74.0
v_2 (清花)	21.3	31.1	22.0	164	0.86	7.1	372	4.11	11.9	75.6
v_3 (梳棉)	21.8	31.1	19.8	173	0.88	6.6	67	3.79	11.3	76.7
v_4 (并条)	23.0	32.0	15.8	182	0.94	5.7	53	3.91	13.2	75.5
v_5 (粗纱)	23.3	32.6	16.0	181	0.94	5.7	53	4.03	11.0	81.5
v_6 (细纱)	20.4	31.1	24.4	173	0.91	6.1	200	3.76	10.4	79.0

注:L(n)为数量加权平均长度(mm);UQL(w)为重量计四分位长度(mm);SFC(n)为数量计短纤维百分含量(%);Fine为线密度(tex);Mature Ratio为成熟度比;IFC为未成熟纤维质量分数(%);Nep为每克试样中的棉结数(粒·g⁻¹)。

3.2 棉纤维性能指标的模糊综合评判

由实验结果建立棉纤维的综合性能指标集:

$$U = \{ u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8, u_9, u_{10} \}.$$

对纺纱各工序半成品中棉纤维各项性能的评判,构成的评价集: $V = \{ v_1, v_2, v_3, v_4, v_5, v_6 \}$ 。

采用由测试值经对测试指标利用式 $X_i - X_{min} / X_{max} - X_{min}$ 协调正规化,得出在[0,1]闭区间上的综合性能模糊矩阵 R:

$$R = \begin{pmatrix} 0.413 & 8 & 0.310 & 3 & 0.482 & 8 & 0.896 & 6 & 1 & 0 \\ 0 & 0.117 & 6 & 0.117 & 6 & 0.647 & 1 & 0 & 0.117 & 6 \\ 0.569 & 8 & 0.720 & 9 & 0.465 & 1 & 0 & 0.023 & 3 & 1 \\ 0.444 & 4 & 0 & 0.500 & 0 & 1 & 0.944 & 4 & 0.500 & 0 \\ 0.625 & 0 & 0 & 0.250 & 0 & 1 & 1 & 0.625 & 0 \\ 0.285 & 7 & 1 & 0.642 & 9 & 0 & 0 & 0.285 & 7 \\ 0.423 & 2 & 1 & 0.043 & 9 & 0 & 0 & 0.460 & 8 \\ 1 & 0.814 & 0 & 0.070 & 0 & 0.348 & 8 & 0.627 & 9 & 0 \\ 1 & 0.428 & 6 & 0.257 & 1 & 0.800 & 0 & 0.171 & 4 & 0 \\ 0 & 0.213 & 3 & 0.360 & 0 & 0.200 & 0 & 1 & 0.666 & 7 \end{pmatrix}$$

纤维长度、细度、成熟度等对纤维综合性能影响的程度不同,此处采用经验加权法,由纺纱专家根据经验指定权数,按权重评价直接得出(A' 的确定亦同): $A = \{ 0.15, 0.05, 0.10, 0.05, 0.10, 0.15, 0.10, 0.15, 0.05, 0.10 \}$ 。

纤维性能综合评判较复杂,为使综合结论既能体现各项指标的影响,又能在某种程度上反映好指标的作用,还能对某些过差指标作严惩性处理,在此运用二阶模糊综合评判法。为了做二阶评判,协调各种影响因素,需要构成新的 R' 矩阵。

$$R' = \{ B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 \}'$$

在进行 $B' = A' \cdot R'$ 的具体计算时,采用下列计算方法:

$$B_1 = \{ b_{1j} \} = \left| \sum_{i=1}^{10} a_i r_{ij} \right|$$

$$= \{ 0.49, 0.54, 0.34, 0.43, 0.55, 0.35 \}$$

$B_2 = \{ b_{2j} \}$, 其中 $b_{2j} = \bigvee_{i=1}^{10} a_i r_{ij} = \max \{ a_1 r_{1j}, a_2 r_{2j}, \dots, a_{10} r_{10j} \}$, 则 $B_2 = \{ 0.15, 0.15, 0.10, 0.13, 0.15, 0.10 \}$ 。

其它矩阵元素,利用下述引理构成^[4]。引理的内容为:若已选用了 B_2 中的 b_i 后,所余各 $a_i \cdot r_{ij}$ 的值大于或等于某一定值 ε ,则在去除选用项后,仍按 $a_i \cdot r_{ij}$ 的大小选择(若 $a_i \cdot r_{ij}$ 的大小有几个相等,可以同时选择倍乘),如所余的 r_{ij} 小于 ε ,则为0,继续上述的选择,直至所余 r_{ij} 都小于 ε 。 ε 定为0.0495,利用引理得:

$$B_3 = \{0.06, 0.12, 0.07, 0.10, 0.20, 0.07\}$$

$$B_4 = \{0.06, 0.10, 0, 0.05, 0.09, 0.06\}$$

$$B_5 = \{0.06, 0.07, 0, 0.05, 0.05, 0\}$$

这样就构成了二阶模糊综合评判矩阵 R'

$$R' = \begin{pmatrix} 0.49 & 0.54 & 0.34 & 0.43 & 0.55 & 0.35 \\ 0.15 & 0.15 & 0.10 & 0.13 & 0.15 & 0.10 \\ 0.06 & 0.12 & 0.07 & 0.10 & 0.20 & 0.07 \\ 0.06 & 0.10 & 0 & 0.05 & 0.09 & 0.06 \\ 0.06 & 0.07 & 0 & 0.05 & 0.05 & 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{取 } A' = \{0.65, 0.15, 0.10, 0.05, 0.05\},$$

则 $B' = A' \cdot R' = \{0.35, 0.39, 0.24, 0.34, 0.41, 0.25\}$ 。

B' 的量值即为棉纤维综合性能评价结果,其数值越大,表示此工序纤维的综合性能指标越好。综合评定结果为: B'_5 (粗纱) $>$ B'_2 (清花) $>$ B'_1 (原棉) $>$ B'_4 (并条) $>$ B'_6 (细纱) $>$ B'_3 (梳棉)。

由结果可以看出,各工序相比较,粗纱中棉纤维综合性能最好,梳棉生条中棉纤维的综合性能最差,细纱中棉纤维的综合性能仅好于生条。即梳棉工序对纤维的损伤最为严重,粗纱中棉纤维的各项性能

达到最优,而在进行细纱加工后,纤维性能呈现一定程度的衰变。

4 结 语

1)对纺纱各工序半成品中棉纤维性能指标综合评价的结果是:粗纱中棉纤维综合性能最好,梳棉生条中棉纤维的性能最差,细纱中棉纤维的综合性能仅好于生条中棉纤维的综合性能。这一结果定量体现出了棉纤维在实际纺纱过程中综合性能的变化。

2)棉纤维各项物理性能之间是非常复杂而又相互影响的非线性关系,传统的多元线性回归方法或主成分分析法并不能真正的反映各指标的相互关系和影响程度^[5]。由结果看出,根据专业知识,联系实际生产加工过程,选取影响纤维性能的主要物理指标进行二阶模糊综合评判,既能体现出纤维各项指标对综合性能影响的显著程度,又能从某种程度上反映出好指标的作用,从而有效的协调、较好地定量分析和处理多项指标,使结论的可信度增加,为棉纤维的合理加工与使用提供了科学的依据。

参考文献:

- [1] 吴敏,徐旻.综合评价成纱质量的数学模型[J].棉纺织技术,2000,28(3):32-33.
- [2] 黄洪钟.模糊设计[M].北京:机械工业出版社,1999.102-120.
- [3] 解子燕.纤维化学[M].北京:中国纺织出版社,2002.54-56.
- [4] 汪学骞.模糊数学在纺织工业中的应用[M].香港:开益出版社,1992.
- [5] 徐伯俊,范生莆,刘国涛.原棉性能和成纱质量的综合评判[J].北京纺织,2001,22(1):12-15.

欢迎订阅 2006 年《北京纺织》

《北京纺织》创刊于1979年,由北京纺织控股公司主管,北京纺织工程学会、北京纺织科学研究所主办。国内外公开发行(期刊号:ISSN 1002-3348/CN 11-2157/TS),除被《中国学术期刊(光盘版)》和中国期刊网的全文收录外,还加入“万方数据——数字化期刊群(含1979年创刊以来的过刊)”和“北京纺织在线”。

《北京纺织》系综合性纺织科技双月刊,以报导各类纺织科学技术为主,结合经济与管理,及时传播经营决策和最新科技成果,产品开发和生产实用性技术,以及科普类文章。题材广泛,内容丰富,可为企业的生产技术提供有益的帮助。

《北京纺织》自办发行,全年6期,定价36元。

收款单位:北京纺织杂志社

开户行:北京市工商银行朝外八里庄分理处

电 话:010-65565819

E-mail:bjfz@bjtextile.com zzpmail@263.net

地 址:北京朝阳路十里堡2号(100025)

账 号:038-090144905-25

传 真:010-65581830