

# 棉花成纱品质质量模型的评价

张丽娟<sup>1,2</sup>, 陈兵林<sup>1</sup>, 薛晓萍<sup>1</sup>, 熊宗伟<sup>3</sup>, 周治国<sup>1</sup>

(1. 南京农业大学 农业部作物生长调控重点开放实验室, 江苏 南京 210095; 2. 哈尔滨师范大学 生命与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150080; 3. 中国农业科学院 棉花研究所, 河南 安阳 455112)

**摘要** 基于国内外原棉性能与成纱品质关系研究文献, 认为对不同成纱品质质量指标国内外学者均提出过相应的预测模型, 尤其对成纱强力模型研究的更多一些。近几年又提出了新的表示成纱品质质量的指标, 如纺纱均匀性指数、原棉综合指数等。对其它的成纱品质的质量指标如可纺支数、粗节、棉结等的预测模型研究的比较少, 尤其是国内的相关报道就更少。通过对已有模型的评价, 提出了今后的研究方向。

**关键词** 棉花; 成纱品质; 模型; 评价

中图分类号: TS 102.211 文献标识码: A 文章编号: 0253-9721(2005)06-0133-03

## Evaluation of the model of cotton yarn quality

ZHANG Li-juan<sup>1,2</sup>, CHEN Bing-lin<sup>1</sup>, XUE Xiao-ping<sup>1</sup>, XIONG Zong-wei<sup>3</sup>, ZHOU Zhi-guo<sup>1</sup>

(1. MOA Key Laboratory of Crop Growth Regulation, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China;  
2. Animal and Environmental Institute, Harbin Normal University, Harbin, Heilongjiang 150080, China;  
3. Cotton Research Institute, The Chinese Academy of Agricultural Science, Anyang, Henan 455112, China)

**Abstract** Based on research documents of both at home and abroad relating to the relations of the raw cotton quality with the yarn spun, domestic and overseas scholars have set forth various prediction models in respect to raw cottons of different quality. In particular, more studies have been devoted to the yarn spinning strength models. Recently, new indexes of spinning yarn quality have been suggested, for example, Spinning Consistence Index and Integrated Cotton Index. However, not much research on other indexes of spinning yarn quality such as limit count, slubs, and neps were conducted, especially in China. The present work has evaluated the existing models and suggested the research orientation in the future.

**Key words** cotton; spinning yarn quality; model; evaluation

国外关于原棉性能与成纱品质质量关系的研究始于 20 世纪 30 年代, 在 60 ~ 70 年代以前, 基本上采用的是经验方法, 之后大多数学者采用多元回归统计方法。现在世界上推广应用比较广泛的仍是用回归统计方法模拟的多元线性回归模型, 近几年有学者提出了基于神经网络和模糊数学等方法的一些模型。我国对棉纤维品质与成纱品质质量的研究起步较晚, 从 20 世纪 90 年代初才有此方面的研究报道, 其研究主要集中在理论体系、实验验证、成纱质量评价等方面。

在多个成纱品质质量指标与多个棉纤维性能指标中寻找的关系模型, 自然有多种模型形式。本文主要对 20 世纪 80 年代以后国内外提出的成纱品质质量模型做一评价, 为更加深入、系统的研究提供

依据。

## 1 成纱品质质量模型的研究

### 1.1 纺纱强力模型

1.1.1 纺纱强力的统计模型 20 世纪 80 年代以后, 国内外学者提出了棉纤维性能与成纱强力之间的多元回归统计模型<sup>[1-5]</sup>, 这些多元回归模型有着共同的特点, 即因变量是成纱强力, 自变量是棉纤维的物理性能, 所不同的是模型所选的棉纤维物理性能的指标不同, 系数不同。例如美国农业部 20 世纪 80 年代发表的环锭纺 22<sup>S</sup> 缕纱强力模型为<sup>[1]</sup>:

$$Y = 27.03 X_1 + 4.19 X_2 + 3.61 X_3 - 6.86 X_4 + 0.71 X_5 + 0.09 X_6 - 0.58 X_7 - 379.33 \quad (1)$$

式中, Y 为环锭纺缕纱强力;  $X_1$  为纤维的上半部平

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(305701095, 30370831); 江苏省自然科学基金资助项目(BK2002109, BK2005091)

作者简介: 张丽娟(1965 - ), 女, 副教授, 博士生。主要从事棉纤维品质模拟模型研究工作。周治国, 通讯作者, E-mail: giscott@njau.edu.cn

均长度或 2.5 % 跨距长度 (mm);  $X_2$  为整齐度指数 (%) ;  $X_3$  为 3.2 mm 隔距强度 (cN/tex) ;  $X_4$  为马克隆值 ;  $X_5$  为纤维反射率 ;  $X_6$  为纤维黄色深度 ;  $X_7$  为纤维杂质。

文献[3]先后提出 3 个棉纤维物理性能与成纱品质的统计模型 :

$$Y = -3\ 656.65 + 112.20\ FL + 46.46\ LU + 35.01\ FS - 53.80\ FE - 85.56\ FF + 2.02\ Rd + 45.62(+b) \quad (2)$$

$$Y = -3\ 024.97 + 110.10\ FL + 43.66\ LU + 32.42\ FS - 121.51\ FF + 1\ Rd + 50(+b) \quad (3)$$

$$Y = -3\ 024.97 + 110.10\ FL + 43.66\ LU + 32.42\ FS - 121.51\ FF \quad (4)$$

式中,  $Y$  为成纱品质指标 (成纱强力) ;  $FL$  为纤维长度 ;  $LU$  为长度均匀度 ;  $FS$  为纤维强度 ;  $FE$  为断裂伸长率 ;  $FF$  为马克隆值 ;  $Rd$  为反射率 ;  $+b$  为黄色。

以上提出的成纱强力多元回归统计模型形式基本一样,不同模型间最大的区别在于所选自变量参数和数量的不同。所选的自变量参数出现频率较高的依次是棉纤维上半部平均长度、马克隆值、3.2 mm 隔距强度和整齐度。

1.1.2 成纱强力的其它模型 Luo<sup>[9]</sup>和 Rangaswamy R<sup>[10]</sup>等人使用神经网络建立纤维特性与纱线强力的对应关系,从而实现纱线强力的预测。国外还有研究者利用人工神经网络对纺纱过程进行在线质量评定。通过预报纱线的强力,表明神经网络模型在纺纱过程中对质量管理起到很好的预报作用。

储才元等人<sup>[3]</sup>用灰色分析方法提出成纱品质指标的累加值预测模型,贾立锋等<sup>[5]</sup>也用灰色关联方法分析了纤维品质与成纱质量间的关系。储才元等人用灰色模型提出成纱品质指标 (成纱强力) 的累加值预测模型 :

$$Y = [2\ 527 - 128.65\ FL - 16.73\ LU - 23.12\ FS - 39.39\ FE + 103.11\ FF + 27.53\ Rd + 38.70(+b)] e^{-2.1707(R-1)} + 128.65\ FL + 16.73\ LU + 23.12\ FS + 39.39\ FE - 103.11\ FF - 27.53\ Rd - 38.70(+b) \quad (5)$$

式中,  $Y$  为成纱品质指标预测的累加值 ;  $R = 1, 2, \dots, 19$  ; 其它符号的意义同式(4)。

很多实验表明,人工神经网络方法能够准确地进行纱线性能预报,而且该方法预报水平优于多元线性回归方法<sup>[8]</sup>。

## 1.2 其它成纱品质质量模型

1.2.1 可纺支数的模型 文献[1]提出的原棉可纺支数的模型分别为

$$N = 37.44 - 4.27\ L + 0.155\ L^2 \quad (6)$$

$$N = 0.142\ N_B \left[ A_1 - \frac{L_{RS}}{L_{RX}} \left| 1 - \frac{5}{L_p} \right| \right]^2 \quad (7)$$

式中,  $N$  为可纺支数 ;  $L$  为原棉长度 (mm) ,  $L_{RX}$  为棉纤维断裂长度 (km) ;  $L_{RS}$  为棉纱断裂长度 (km) ;  $L_p$  为混合原棉的品质长度 (mm) ;  $N_B$  为棉纤维平均公制支数 (m/g) ;  $A_1$  为常数,中等长度纤维的梳棉纱为 0.8,长绒棉的精梳棉纱为 0.86。

A·H·索洛维耶夫模型<sup>[1]</sup>,自变量除了纤维长度外,还考虑纤维强力和细度,并且将纺纱过程中的一些参数也考虑在内了,模型更为全面。

1.2.2 条干均匀度 CV 值、粗节、棉结的模型 以 Jin Brown 等人<sup>[1]</sup>配置的模型为例,其提出的条干均匀度 CV 值、粗节、棉结的模型分别为 :

$$Y_1 = 15.58 + 0.68\ X_4 - 5.25\ X_1 \quad (8)$$

$$Y_2 = -483.6\ X_1 + 6.9\ X_2 + 12.9\ X_3 - 37.6\ X_6 - 560.1 \quad (9)$$

$$Y_3 = 38.7\ X_3 - 132.8\ X_4 - 124.1\ X_6 - 880.8 \quad (10)$$

式中,  $Y_1$  为条干均匀度 CV 值 ;  $Y_2$  为粗节 ;  $Y_3$  为棉结 ;  $X_1$  为上半部平均长度或 2.5 % 跨距长度 (mm) ;  $X_2$  为整齐度指数 (%) ;  $X_3$  为 3.2 mm 隔距强度 (cN/tex) ;  $X_4$  为马克隆值 ;  $X_5$  为纤维的反射率 ;  $X_6$  为纤维的黄色深度。

1.2.3 纺纱均匀指数模型 美国 USTER 公司在 20 世纪 90 年代初提出了评价成纱品质质量的新指标——纺纱均匀指数 (Spinning Consistance Index 简称 SCI),又称“纺纱稳定性指数”<sup>[4]</sup>。SCI 系无量纲的相对值,是反映纤维连续可纺性的指标,可以用来估计成纱强力和可纺潜力。SCI 越大,成纱强力和连续可纺性越好。模型为

$$SCI = -414.67 + 2.9\ Str - 9.32\ Mc + 49.17\ Len + 4.74\ Unf + 0.65\ Rd + 0.36(+b) \quad (11)$$

式中,SCI 为纺纱均匀指数 ;  $Str$  为断裂比强度 ;  $Mc$  为马克隆值 ;  $Len$  为纤维长度 ;  $Unf$  为整齐度 ; 其它符号意义同式(4)。

1.2.4 原棉综合指数 徐伯俊等利用模糊评判方法提出原棉综合指数<sup>[6]</sup>,综合指数越大,表示该种原棉的品质越好。吕立滨也用模糊数学分析原理开发了成纱质量综合评判系统<sup>[11]</sup> ; 吴敏等也利用同样方法建立了评价成纱质量的数学模型<sup>[7]</sup>。

徐伯俊等利用模糊评判方法提出原棉综合指数 :

$$T = C_{1 \times 1} (A_{1 \times n} \times B_{n \times m}) \times D_{1 \times m}$$

$$= \begin{vmatrix} C_1 \\ \vdots \\ C_l \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} a_{11} & \cdots & a_{1n} \\ \vdots \\ a_{ln} & \cdots & a_{ln} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} b_{11} & \cdots & b_{1m} \\ \vdots \\ b_{nl} & \cdots & b_{nm} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} d_1 \\ \vdots \\ d_m \end{vmatrix} \quad (12)$$

式中,  $A_{l \times n}$  为各项物理指标权重系数矩阵;  $D_{l \times m}$  为等级权重系数矩阵;  $C_{l \times l}$  为成纱质量权重系数矩阵;  $B_{n \times m}$  为原棉各项物理性能隶属度矩阵。

## 2 成纱品质质量模型的评价

综合以上分析,对不同成纱品质质量指标国内外学者均提出过相关的预测模型。尤其对成纱强力模型研究的更多一些,近几年又提出了新的表示成纱品质质量的指标,如纺纱均匀性指数,是自 2001 年以来我国棉纤维检验部门一直沿用的指标,纺纱均匀性指数也是间接表示成纱强力的指标。对其它成纱品质的质量指标如可纺支数、条干均匀度 CV 值、粗节、棉结等的预测模型研究的比较少,尤其是国内的相关报道就更少。

模型的研究方法主要是回归统计、神经网络和模糊数学评价方法。统计模型最大的优点是模型预测具有一定的精度,编程计算方便。但这种统计模型也有其缺点,即模型的适用性差,推广应用效果不好。这是由于每个学者即使使用误差一致的统一的仪器测定,回归时选用的样本不同或样本数量不同,则所得到的模型也不同。即使所选取的自变量因子相同,但同一自变量的系数也不会相同。因此限制了模型的推广应用。

由于 USTER 公司提出纺纱均匀指数模型也是多元回归统计模型,因此具有多元回归统计模型所具有的缺点,在我国不能直接引用,必须做系数修正,而不同学者修正的系数也不同。同时,线性回归方法在纤维品质与成纱质量呈线性关系时是令人满意的,而实际上,二者大多为非线性关系。因此如何找到比较客观、适用面广、适合推广应用的成纱品

质质量与棉纤维品质之间的模型,仍然是当今国内外学者要研究的问题,尤其是国内学者所面临的问题。神经网络分析模型和模糊数学分析模型解决了成纱品质质量与棉纤维品质之间的非线性关系,但在实际应用中较繁琐,也限制了模型的推广和应用。

## 3 结束语

在今后的研究中,要针对多元统计模型的局限性,探讨新的分析方法,寻找用原棉性能表示成纱品质质量的模型,要强调模型的适用性,寻找适宜多种纺纱工艺条件下的模型,可尝试通过在模型中增加一些修正参数的方法,增大模型的适用性,以便推广应用。

致谢:本文得到中国纤维检验局总工程师吕善模老师的帮助,特此感谢。

## 参考文献:

- [1] 吕善模.多元线性回归分析及其在原棉性能与成纱品质关系中的应用[A].见:中国标准化协会纤维分会第二届获奖论文选编[C].1995,12-20.
- [2] Hyur Jin K, Moon W. Maximizing yarn and fabric strength through variance of HVI elongation[J]. Textile Research Journal, 1999, (6): 447-456.
- [3] 储才元,凌导宏.棉纤维性能和成纱质量间关系的研究[J].纺织学报,1993,14(7):4-18.
- [4] 王小新.大容量快速测试仪 HVISPECTRUM 应用手册[J].中国纤检,2003,(8):25-28.
- [5] 贾立锋,张宏伟,马步虎.用灰色关联分析影响转杯纺纱品质指标的因素[J].河北轻工学院学报,1998,19(2):44-62.
- [6] 徐伯俊,范生蒲,刘国清.原棉性能与成纱质量的综合评判[J].北京纺织,2001,22(1):12-15.
- [7] 吴敏,徐爻.综合评价成纱质量的数学模型[J].棉纺织技术,1999,28:160-162.
- [8] 董奎勇,杨萍.棉纺成纱质量预报的 BP 神经网络方法[J].棉纺织技术,2002,(6):39-40.
- [9] Luo G, Adams D L. Yarns strength prediction using neural networks[J]. Textile Research Journal, 1999, 65(9):495-500.
- [10] Rangswamy R, Steven M, Sundaresan J, et al. Analysis of the modeling methodologies for predicting the strength of air-jet spun yarns[J]. Textile Research Journal, 1997, 67(1):39-44.
- [11] 吕立斌.成纱质量综合评判系统的研究与开发[J].山东纺织科技,2001,(6):37-39.