

文章编号 :0253-9721(2006)07-0056-04

# 基于棉纤维品质指标单纱强力模型的构建

张丽娟<sup>1,2</sup>,熊宗伟<sup>3</sup>,周治国<sup>1</sup>,陈兵林<sup>1</sup>,薛晓萍<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** 采用逐步回归分析等方法对纺纱试验结果进行分析。结果表明,原棉的品质、纺纱工艺、纱线线密度均对纱线强力有影响,但原棉性质是决定纱线强力的主要因素;纤维长度、纤维强度、长度整齐度和马克隆尼值是表示棉花纤维综合品质的关键指标。基于上述研究结果,建立了普梳和精梳工艺下的单纱强力模型。模型为非线性模型,模型的机理性强,自变量少,形式简单直观,易于推广使用,具有较好的预测效果。

**关键词** 棉纤维;品质指标;单纱强力;模型

中图分类号:TS102.211 文献标识码:A

## Establishing model of single yarn strength based on cotton fiber quality

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

(1. Key Laboratory of Crop Growth Regulation, Ministry of Education, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210095, China;

2. The Animal and Environmental Institute, Harbin Normal University, Harbin, Heilongjiang 150080, China;

3. Cotton Research Institute, The Chinese Academy of Agricultural Sciences, Anyang, Henan 455112, China)

**Abstract** Stepwise regression analysis was used to study the experimental data of yarn spinning, and the results showed that the strength of yarns depends on the quality of cotton fiber, spinning technology and linear density of yarn; the pivotal indexes expressing the cotton fiber quality are cotton fiber length, strength, Micronaire and uniformity. The model of single yarn strength manufacture by combing or carding processes is established according to the findings above, which is a non-linear model having explicit mechanism, few independent variables, and good projecting validity. It is simple and intuitionist, and easy to promote for application.

**Key words** cotton fiber; quality index; single yarn strength; model

国外在原棉性能与单纱品质关系方面的研究始于 20 世纪 30 年代,在 20 世纪 80 年代以前,基本是根据经验判断<sup>[1,2]</sup>,80 年代以后大多数学者采用多元回归统计方法<sup>[3]</sup>。最近几年,有的学者提出了基于神经网络和模糊数学等方法的一些模型<sup>[4]</sup>。我国对棉纤维品质与单纱品质质量的关系研究起步较晚,20 世纪 90 年代提出了回归模型、灰色评判模型等<sup>[5-7]</sup>。本文参考前人研究成果,在纺纱试验基础上,构建了棉纤维物理品质与单纱强力的非线性模型,为进一步探讨原棉性能与单纱品质质量关系提

供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计与测试项目

供试原棉为品质差异较大的 5 种陆地棉,分别为科棉 1 号、渝棉 1 号、新陆早 4 号、红鹤 1 号、赣棉 12 号(分别用 P1 ~ P5 表示)。取上述 5 种原棉,在无锡、北京两地分别进行纺纱试验,重复 2 次,共取得 60 个试验样本。纺纱工艺设普梳和精梳,纱支数

收稿日期:2005-06-13 修回日期:2006-02-27

基金项目:国家自然科学基金资助项目(30170545,30370831);江苏省自然科学基金资助项目(BK20002109,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。

选择 32<sup>s</sup>(18.2 tex) 40<sup>s</sup>(14. tex) 60<sup>s</sup>(9.7 tex)。

棉纤维品质指标包括 50%跨距长度、长度整齐度、断裂比强度、伸长率、马克隆尼值、反射率、黄度。按照 GB 1103—1990 测定,用 HVI900 棉纤维品质测定仪;用乌斯特单纱强力仪测试单纱强力。文中部分分析资料取自农业部 2001~2003 年棉花纤维品质抽样检验结果。

### 1.2 分析方法

采用逐步回归、相关分析等方法,利用 SYSTAT10.0、SPSS11.5 等软件对试验数据进行分析 and 模型拟合。

### 1.3 模型检验

方法 1:采用观测值与模拟值之间的均方差根(RMSE)和 1:1 关系直方图显示模型的拟合度和可靠性。

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - S_i)^2 / N}$$

式中,  $O_i$ 、 $S_i$ 、 $N$  分别表示观测值、模拟值和样本容量。

方法 2:用后验差比值  $C$  和小误差概率  $P$  来检验,计算公式为

$$C = S_2 / S_1; P = P\{|\bar{\varepsilon}_i - \bar{\varepsilon}| < 0.6745 S_1\};$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}, \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i;$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\varepsilon_i - \bar{\varepsilon})^2}{n-1}}, \varepsilon_i = X_i - Y_i,$$

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i$$

式中,  $n$  为样本个数;  $X_i$  为观测值;  $Y_i$  为模拟值;当  $C < 0.35$ ,  $P > 0.95$  时,为一级精度“好”;当  $C < 0.50$ ,  $P > 0.80$  时,为二级精度“合格”;当  $C < 0.65$ ,  $P > 0.70$  时,为“勉强”;当  $C \geq 0.65$ ,  $P \leq 0.70$  时,为“不合格”<sup>[8]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 影响单纱强力的主要因素

精梳、普梳工艺条件下,不同单纱强力分布见图 1。由图 1 可见:1) 在精梳或普梳条件下,5 种原棉的纱线强力均以 32<sup>s</sup> 为最大,60<sup>s</sup> 为最小,说明纱线

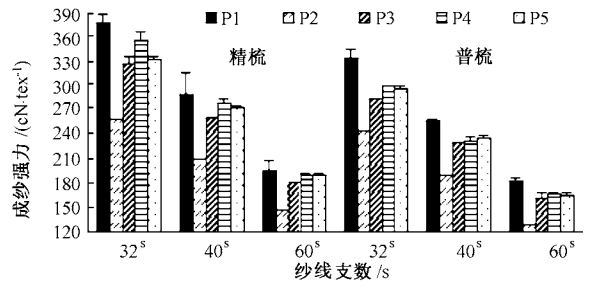


图 1 原棉单纱强力随纱线支数和纺纱工艺的变化

支数影响单纱强力;2) 在不同纺纱工艺条件下,5 种原棉的纱线强力分布趋势一致,以 P1 原棉的纱线强力最强,依次为 P4、P5、P3、P2 原棉纱线强力最小。说明单纱强力主要决定于原棉品质;3) 精梳与普梳相比,同一支数的精梳纱线强力均大于普梳纱,说明纺纱强力与纺纱工艺有关。

因此,原棉品质、纺纱工艺、纱线支数均决定了纱线强力,原棉品质是决定纱线强力的主要因素。用原棉品质指标作为拟合单纱强力的主要参数,用纺纱工艺、纱线支数做模型的矫正参数,在理论上是可行的。

### 2.2 确定影响单纱强力的纤维品质指标

选择因变量为单纱强力,自变量为上半部平均长度、马克隆尼值、断裂比强度、长度整齐度、反射率、黄度和伸长率,分别用  $X_1 \sim X_7$  表示。采用逐步回归分析方法,选择 1% 为因子水平,分析结果见表 1。从表 1 可知,对单纱强力影响显著的棉纤维品质指标为断裂比强度、反射率、马克隆尼值、长度整齐度和上半部平均长度。

表 1 确定棉纤维品质指标的逐步回归分析结果

序号	选择的因子	标准化系数	F 值
1	$X_3$ (断裂比强度)	0.500	65.318
2	$X_5$ (反射率)	0.261	91.137
3	$X_2$ (马克隆尼值)	-0.414	155.879
4	$X_4$ (长度整齐度)	0.315	172.257
5	$X_1$ (上半部平均长度)	0.262	740.208

考虑到棉纤维品质指标间存在相关关系,因此利用 2000~2003 年农业部棉纤维品质检验资料对棉纤维品质指标做相关分析,结果见表 2。从表 2 可知被选中的 5 个棉纤维指标中,只有反射率与比强度、伸长率、马克隆尼值的相关系数的绝对值超过临界值 0.273 2,其余 4 个指标间的相关系数的绝对值均小于 0.273 2。因此,5 个指标中可不考虑反射率。

表 2 棉纤维品质指标之间的相关系数

相关系数	长度	整齐度	比强度	马克隆尼值	反射率
长度	1	- 0.045 3	0.158 2	0.099 1	- 0.008 1
整齐度	- 0.045 3	1	0.075 3	- 0.122 4	0.011
比强度	0.158 2	0.075 3	1	0.067 6	0.391 6
马克隆尼值	0.099 1	- 0.122 4	0.067 6	1	- 0.382 4
反射率	- 0.008 1	0.011	0.391 6	- 0.382 4	1

注：n=178,0.05 水平相关系数的临界值为0.273 2。

综合分析,确定了影响单纱强力的棉纤维品质指标:上半部平均长度、断裂比强度、纤维长度整齐度、马克隆尼值。同时从表 1 标准化系数的符号可看出,单纱强力与上半部平均长度、断裂比强度、纤维长度整齐度成正比,与马克隆尼值成反比。

### 2.3 单纱强力模型的建立

根据 2.1 2.2 的分析,纱线强力模型的基本形式为

$$CS = f( Len, Unf, Mc, Str, C, W) \quad (1)$$

式中,CS 为单纱强力(cN·tex);C 为纺纱支数(英支);W 为精梳损耗量(梳去的短纤维量,%);Len 为上半部平均长度(mm);Str 为断裂比强度(cN·tex);Unf 为长度整齐度(%);Mc 为马克隆尼值。

在原棉品质、纺纱支数相同的情况下,普梳单纱强力和精梳单纱强力之间的关系见图 2。

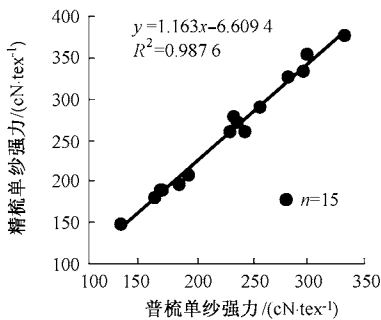


图 2 普梳和精梳棉单纱强力之间的关系

从图 2 可见,二者成极好的线性关系,关系方程为

$$CASS = 1.163 \times COSS - 6.609 4, R^2 = 0.987 6 \quad (2)$$

式中,CASS 为精梳单纱强力(cN·tex);COSS 为普梳单纱强力(cN·tex)。由于二者成很好的线性关系。精梳单纱强力在相同支数下,约为普梳单纱强力的 1.16 倍,所以在拟合单纱强力模型时,可认为精梳损耗每增加 1%,单纱强力可相应提高约 1.5%。

采用 SASSTAT5.0 软件对精梳试验结果拟合精梳单纱强力模型,并用式(2)进行修订,拟合精梳、普

梳单纱强力模型,模型如下:

$$COSS = (40 - 0.422 C) \times 0.005 \times$$

$$\frac{Len - 10}{\sqrt{Mc}} \times Str \times Unf \quad (3)$$

$$CASS = COSS \times (1 + CAWD) \quad (4)$$

$$CAWD = W/66.67 \quad (5)$$

式中,CAWD 表示精梳参数(1/66.67=0.15);其它符号同上。

### 2.4 模型的检验

利用试验资料对模型进行检验。图 3 为单纱强力的模拟值与实验值的比较,从图 3 可看出,模拟吻合度较好,普梳 RMSE = 18.788 8 cN·tex,精梳 RMSE = 21.037 4 cN·tex。结合 1.3 的检验方法,C1 = 0.081, P1 = 1.00; C2 = 0.133, P2 = 1.00,模型均为一级精度“好”。

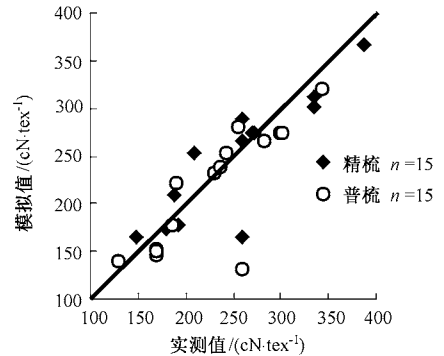


图 3 棉单纱强力的模拟值与实测值的比较

## 3 结 论

1)在试验的基础上,提出了棉纤维品质与单纱强力的非线性模型。模型所选的棉纤维物理指标少,计算过程简单,模型稳定性强,具有较强的机理性和预测效果。同时模型考虑了普梳与精梳 2 种工艺,普梳的预测模型效果好于精梳纱模型。

2)建立的棉纤维品质和纺纱强力关系的模型是基于 30 个试验样本,模型检验是采用另外的 30 个样本。由于受样本数量的限制,模型的实用性还需要进一步检验。

FZXB

### 参考文献:

[ 1 ] Iyengar R L, Gupta A K. Some foundations involving fiber properties for estimating yarn tenacity[ J ]. Textile Research Journal,1974,(7):492 - 494.

(上接第 58 页)

- [ 2 ] Subramanian T A, Ganese K, Bandy O. A generalized equation for predicting the lea strength of ring-spun cotton yarns[ J]. Journal of the Textile Institute ,1974 ,65 :307 - 313 .
- [ 3 ] Brent S, Bill W. Extending applicable ranges equations for yarn strength forecasting[ J]. Textile Research Journal , 1985 ,(12) :713 - 717 .
- [ 4 ] Luo Cheng, Adams D I. Yarns strength prediction using neural networks[ J]. Textile Research Journal , 1995 ,65 (9) :495 - 500 .
- [ 5 ] 储才元,凌导宏.棉纤维性能和单纱质量间关系的研究[ J].纺织学报,1993,14(7) :4 - 8 .
- [ 6 ] 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 .
- [ 7 ] 董奎勇,杨萍.棉纺单纱质量预报的 BP 神经网络方法[ J].棉纺织技术,2002,(6) :39 - 40 .
- [ 8 ] 高亮之.农业模型学基础[ Z].2002.47 .