

棉纤维综合品质指数模型的指标确定与建模

张丽娟^{1,2}, 孟亚利¹, 陈兵林¹, 熊宗伟³, 薛晓萍¹, 周治国¹

- (1. 南京农业大学, 农业部作物生长调控重点开放实验室, 江苏省信息农业高技术研究重点实验室
南京 210095; 2. 哈尔滨师范大学生命与环境学院, 哈尔滨 150080;
3. 中国农业科学院棉花研究所, 安阳 455112)

摘要:纤维综合品质指数是既能评价棉纤维品质质量, 又能反映成纱品质质量的一个综合指数, 是一个无量纲的参数。本文利用不同品质原棉的纺纱试验结果, 采用主成分分析等方法, 并借鉴前人的研究结果, 确定了纤维长度、纤维强度、长度整齐度、伸长率和麦克隆值是表示棉花纤维综合品质的关键指标, 提出了棉纤维综合品质指数(IFQI)模型。经过分析认为, 反映纺纱均匀性指标(SCI)选择的棉纤维综合品质指数模型为 $IFQI = (Len - 10) / \sqrt{Mic} \times Str \times Un$; 反映单纱强力选择的 IFQI 模型为 $IFQI = (Len - 10) / \sqrt{Mic} \times Str$ 。IFQI 模型机理性强、自变量少、形式简单直观, 而且与单纱强力、纺纱均匀指数呈正相关。棉纤维综合品质指数高, 说明棉花纤维的品质好, 棉纤维综合品质指数既可直接用来评价棉纤维品质, 又可直接表征成纱品质。

关键词:棉纤维综合品质; 指数; 模型;

中图分类号:S562 **文献标识码:**A

文章编号:1002-7807(2005)04-0217-05

Study on an Integrated Cotton Fiber-quality Index

ZHANG Li-juan^{1,2}, MENG Ya-li¹, CHEN Bing-lin¹, XIONG Zong-wei³, XUE Xiao-ping¹, ZHOU Zhi-guo¹

- (1. MOA Key Laboratory of Crop Growth Regulation, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095; 2. The Animal and Environmental Institute of Harbin Normal University, Harbin 150080; 3. Cotton Research Institute, CAAS, Anyang, Hénan 455112, China)

Abstract: The integrated cotton fiber quality index could either estimate the quality of raw cotton fiber or estimate yarn tensile quality, and is a parameter of no units. Based on the data of spinning yarn and former research, and using the principal component analysis, the results showed that the pivotal indexes expressing cotton fiber quality are length, strength, micronaire, uniformity and enlengthening rate. The model of integrated fiber quality index (IFQI) is established according to the above studies. By analysis, $IFQI = (Len - 10) / \sqrt{Mic} \times Str \times Un$ is adopted according to the relation of spinning consistence index; $IFQI = (Len - 10) / \sqrt{Mic} \times Str$ is adopted according to the relation of yarn tensile strength. The model of IFQI has many advances, such as explicit mechanism, few independent variables, simple and intuitive, having positive relative with yarn strength and spinning consistence index and so on. The higher the IFQI, the better the cotton fiber quality. IFQI not only assesses cotton fiber quality, but also takes a token of spinning yarn strength.

Key words: integrated cotton fiber-quality; index; model

自20世纪30年代,国内外学者提出了许多成纱品质质量与棉纤维品质之间关系的模型。模型可以分为两类:一是直接模拟成纱品质,有单纱强力、棉结、断头率等^[1-7];二是由研究者首先提出棉纤维综合品质指标^[1-4],然后建立单纱强力与棉纤维综合品质指标之间的关系模型。这两类模型所选用的自变量均是棉纤维的物理性状。后一类模型在20世纪80年代后研究得较少,直到20世纪90年代,USTER公司提出纺纱均匀指数(Spinning Consistance Index 简称SCI),可以用来估计单纱强力和可纺潜力。SCI越大,单纱强力和连续可纺性越好^[5]。但纺纱均匀指数模型是多元线性回归模型,虽然目前这个模型在世界上得到了广泛地应用,但仍然存在统计模型所具有的缺点,模型中的常数项和回归系数需要修正,而修正结果随样本数量不同会发生改变,导致模型不稳定,影响模型的实用性。农业部棉纤维检验部门预测的SCI,棉纺厂不能直接作为参考指标,造成实际工作中棉纤维部门与纺织部门遵循各自的标准,重复检验棉纤维品质。纺织部门预测成纱品质很大程度上还停留在经验基础上。虽然最近几年一些学者又提出了用神经网络、模糊分析等方法^[8-9]评价原棉品质,但由于这些方法运算过程较繁琐,在实际工作中很难得到推广应用。因此,寻找一个机理性强,实用广泛,既能表示棉纤维品质又能表示成纱质量的棉纤维综合品质模型,具有非常重要的现实意义。

本研究旨在通过对纺纱试验结果的分析,确立表示成纱质量和棉纤维品质的关键指标,初步建立了棉纤维综合品质指数模型,用于纺织部门和农业棉纤维检验部门评价原棉品质。

1 材料和方法

1.1 试验设计与测试项目

供试棉花品种均为陆地棉科棉1号、渝棉1号、新陆早4号、红鹤1号、赣棉12号。于2003年取上述五种原棉在无锡、北京两地进行纺纱试验。每一品种原棉分普梳、精梳工艺,选择32S、40S、60S重复2次。测定的纤维品质项目包括:50%跨距长度、长度整齐度、断裂比强度、伸长率、麦克隆值、反射率、黄度等,按照国家GB1103-1990标准,测定仪器为HVI900棉纤维品质测定仪;成纱品质主要测定单纱强力,用乌斯特单纱强力仪测定。

部分资料采用农业部2001—2003年棉花纤维品质抽样检验结果。

1.2 分析方法

采用主成分分析方法、SPSS11.5、EXCEL等对试验结果进行分析。

2 结果与分析

2.1 棉纤维综合品质关键指标的确定

2.1.1 参考国外文献确定棉纤维综合品质关键指标。综合国外学者^[1-4]提出的棉纤维综合品质指数模型,概括为:棉纤维综合品质指数与2.5%跨距长度、3.2 mm隔距比强度、零隔距比强度、成熟系数、整齐度成正比,与纤维重量、实际纤维细度、标准纤维细度成反比。采用目前使用的棉纤维品质性状,对前人研究结果进行修正。目前表示棉纤维品质的性状主要有:上半部平均长度、纤维长度整齐度指数、断裂比强度、麦克隆值、断裂伸长率、反射率和黄度。其中的麦克隆值是表示纤维细度与成熟度的综合指标,麦克隆值与细度、纤维重量成正比,而成熟系数与纤维重量成反比,所以棉纤维综合品质指数与麦克隆值成反比。2.5%跨距长度、3.2 mm隔距比强度、零隔距比强度、整齐度分别用上半部平均长度、断裂比强度、纤维长度整齐度指数代替。因此,棉纤维综合品质指数就与上半部平均长度、比强度、整齐度成正比,与麦克隆值正反比。另外,将上半部平均长度修订为有效长度(Len-10, Len为上半部平均长度)^[2]。

2.1.2 利用试验确定棉纤维综合品质关键指标。

利用2000—2003年的农业部棉花纤维品质检验资料,对棉纤维品质指标主成分分析和相关分析,进一步明确表示棉纤维品质的关键指标(表1,表2)。从特征向量的结果可知,第一主成分主要由长度、伸长率构成,在总方差中占39.37%;第二主成分主要由反射率决定,它占总方差的23.93%;第三主成分主要由长度、比强度构成;第四主成分由整齐度、伸长率构成;第五主成分由麦克隆值构成。前五个主成分占总方差的95%。也就是说,棉纤维品质的描述除黄度没在前5个主成分之内,其它的6个指标均在内。

从相关系数与临界值相比较,只有反射率与比强度、伸长率、麦克隆值的相关系数的绝对值超过临界值0.2732,其余的相关系数的绝对值均小于0.2732。因此,在6个主成分中,可以不考虑

反射率。其余 5 个指标相对独立。说明表示棉纤维综合品质指数的品质性状为有效长度(Len-

10)、断裂比强度、纤维长度整齐度指数、麦克隆值和断裂伸长率。

表 1 棉纤维品质性状因子的特征值和特征向量

Table 1 Characteristic values and characteristic vectors of cotton fiber qualities

主成分	特征值	特 征 向 量							方差贡献率 /%	累积方差贡献率 /%
		长度	整齐度	比强度	伸长率	麦克隆值	反射率	黄度		
1	2.756	0.515	0.089	0.192	0.445	-0.002	-0.235	-0.661	9.373	39.373
2	1.675	0.499	0.227	-0.104	0.230	-0.089	0.717	0.296	23.926	63.299
3	0.972	0.533	-0.054	0.300	-0.123	0.055	-0.505	-0.592	13.896	77.195
4	0.704	-0.221	0.509	-0.416	0.524	0.255	-0.342	0.250	10.055	87.250
5	0.506	0.305	-0.360	-0.529	-0.190	0.670	0.039	-0.108	7.230	94.480
6	0.231	-0.068	0.567	0.449	-0.351	0.562	0.129	-0.129	3.299	97.779
7	0.155	-0.234	-0.450	0.456	0.548	0.400	0.200	0.185	2.221	100.000

表 2 棉纤维品质性状指标之间的相关系数

Table 2 Correlative coefficients of cotton fiber qualities

相关系数	长度	整齐度	比强度	伸长率	麦克隆值	反射率	黄度
长度	1	-0.04537	0.15829	-0.07121	0.09918	-0.00810	-0.19838
整齐度	-0.04537	1	0.07534	-0.03972	-0.12244	0.01100	0.12090
比强度	0.15829	0.07534	1	-0.00690	0.06769	0.39162	0.01894
伸长率	-0.07121	-0.03972	-0.00690	1	-0.22395	0.38901	-0.23948
麦克隆	0.09918	-0.12244	0.06769	-0.22395	1	-0.38243	0.05334
反射率	-0.00810	0.01100	0.39162	0.38901	-0.38243	1	-0.27860
黄度	-0.19838	0.12090	0.01894	-0.23948	0.05334	-0.27860	1

注:n=178;在 0.05 显著水平下,相关系数的临界值为 0.2732。

2.2 棉纤维综合品质指数模型的确定

2.2.1 棉纤维综合品质指数模型的提出。基于 2.1 的研究结论,引入有效长度、断裂比强度、纤维长度整齐度指数和麦克隆值代替同类品质性状,同时引入断裂伸长率,对模型进行修正,提出以下棉纤维综合品质的修正模型:

$$\text{模型 1: } IFQI_1 = \frac{Len-10}{\sqrt{Mic}} \quad (1)$$

$$\text{模型 2: } IFQI_2 = \frac{Len-10}{\sqrt{Mic}} \times Str \quad (2)$$

$$\text{模型 3: } IFQI_3 = \frac{Len-10}{\sqrt{Mic}} \times Str \times Unf \quad (3)$$

$$\text{模型 4: } IFQI_4 = \frac{Len-10}{Mic} \times Str \quad (4)$$

$$\text{模型 5: } IFQI_5 = \frac{Len-10}{Mic} \times Str \times Unf \quad (5)$$

$$\text{模型 6: } IFQI_6 = (Len-10) \times \sqrt{\frac{Str}{Mic}} \quad (6)$$

$$\text{模型 7: } IFQI_7 = (Len-10) \times \sqrt{\frac{Str \times Unf}{Mic}} \quad (7)$$

$$\text{模型 8: } IFQI_8 = \frac{Len-10}{Mic} \times Str \times Unf \times Enr \quad (8)$$

$$\text{模型 9: } IFQI_9 = \frac{Len-10}{\sqrt{Mic}} \times Str \times Unf \times Enr \quad (9)$$

$$\text{模型 10: } IFQI_{10} = (Len-10) \times \sqrt{\frac{Str \times Unf \times Enr}{Mic}} \quad (10)$$

式中,IFQI:棉纤维综合品质指数;Len:纤维上半部平均长度(mm);Str:断裂比强度(cN·tex⁻¹);Unf:长度整齐度(%);Mic:麦克隆值;Enr:断裂伸长率(%)。

2.2.2 棉纤维综合品质指数模型的确定。因为棉纤维综合品质是表征单纱强力的参数,并与单纱强力正相关,因此以上模型的选择要依赖与单纱强力关系而定。

以上模型计算的 IFQI 值与单纱强力之间的相关系数(表 3)。由表 3 得,在不同工艺和不同纺纱支数条件下,模型 2、3、4、5、6、7 与预测单纱强力的相关系数均大于 SCI,其中以模型 2 或模

型4较为理想,模型与单纱强力的相关系数最大, 由此选择模型2为最佳棉纤维综合品质模型。

表3 IFQI值与实测的单纱强力之间的相关系数

Table 3 Correlative coefficients between cotton fiber qualities

相关系数	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6	模型7	模型8	模型9	模型10	SCI
精梳32S	0.527	0.839**	0.782**	0.781**	0.729**	0.762**	0.723**	0.388	0.479	0.504	0.652*
普梳32S	0.655*	0.932**	0.888**	0.875**	0.838**	0.868**	0.837**	0.532	0.619*	0.644*	0.780**
精梳40S	0.417	0.783**	0.709**	0.712**	0.644*	0.686*	0.637	0.259	0.363	0.387	0.558
普梳40S	0.593*	0.889**	0.820**	0.847**	0.782**	0.818**	0.770**	0.413	0.490	0.533	0.680*
精梳60S	0.382	0.765**	0.684*	0.691*	0.615*	0.662*	0.608*	0.216	0.324	0.349	0.526
普梳60S	0.557	0.866**	0.799**	0.818**	0.755**	0.791**	0.744**	0.387	0.471	0.508	0.659*
平均	0.522	0.846	0.780	0.787	0.727	0.765	0.720	0.366	0.458	0.488	0.643

注: **表示达到1%显著水平, *表示达到5%显著水平。

2.2.3 IFQI模型与SCI模型形式比较。用2001—2002年的农业部棉检资料,计算棉纤维综合品质指数与SCI之间的相关系数(表4)。可得,IFQI与SCI成极显著相关,其中以模型2和模型3的相关系数较大,模型3最大。IFQI与SCI均是无量纲指数,只要二者有相似的趋势,就

说明IFQI与SCI具有异曲同工的效果,在实际工作中可采纳IFQI代替SCI。

用2003年农业部棉检资料,用模型3对IFQI与SCI进行了检验,如图1。可见模型3模拟的IFQI与SCI具有相同的趋势。

表4 棉纤维综合品质指数与SCI之间的相关系数

Table 4 Correlative coefficients between cotton fiber qualities and SCI

相关系数	模型1	模型2	模型3	模型4	模型5	模型6	模型7	模型8	模型9	模型10
2001年	0.727**	0.959**	0.975**	0.884**	0.915**	0.920**	0.938**	0.854**	0.921**	0.891**
2002年	0.487**	0.871**	0.928**	0.912**	0.534**	0.780**	0.833**	0.177	0.765**	0.716**

注: **表示达到1%显著水平, $n_{2001}=47, n_{2002}=49$ 。

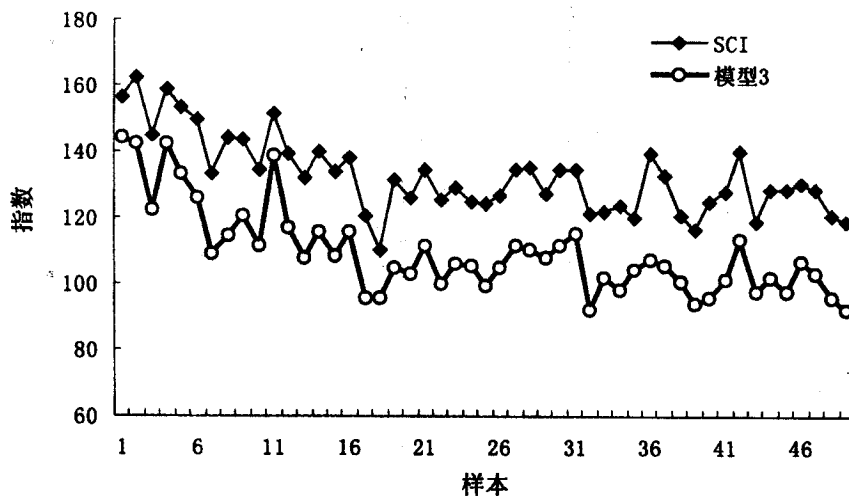


图1 IFQI与SCI的变化趋势

Fig. 1 Changs trend of IFQI and SCI

从模型的形式看,SCI模型是多元线性回归模型,存在统计模型所具有的机理性不强、回归系数不稳定,推广效果较差的缺点,模型中选取的棉纤维品质指标多。IFQI是非线性模型,符合棉纤

维对成纱品质影响的理论,模型的机理性强,选取的棉纤维品质指标少,形式简单,能减少棉纤维检验实际的工作量。另外,模型3与单纱强力的相关系数明显大于SCI与单纱强力的相关系数。

3 结论与讨论

3.1 从反映单纱强力的角度,选择模型 2 为最佳的棉纤维综合品质指数模型;从反映 SCI 的角度,选择模型 3 为最佳的棉纤维综合品质指数模型;就预测单纱强力而言,IFQI 预测效果更好。IFQI 与 SCI 之间有极显著的相关关系,用 IFQI 可以完全模拟 SCI。所以,IFQI 不仅能预测单纱强力,也能反映纤维的连续可纺性。IFQI 与 SCI 具有异曲同工的效果。

3.2 SCI 模型是多元线性回归模型,机理性不强,纤维物理指标多。而 IFQI 是非线性模型,机理性强。具有使用简便、适宜推广应用等优越性。SCI 是棉纤维检验 HVI 仪器的配套产品,因此为世界各国所使用,但就模型的预测效果、形式、方便性等方面不如 IFQI 模型。

3.3 本文提出了 IFQI 与 SCI 之间的关系模型,但如何用 IFQI 预测单纱强力还需要进一步研究探讨。

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] IYENGAR R L, Gupta A K. Some functions involving fiber properties for estimating yarn tenacity[J]. Textile research journal,1974,44:492-494.
- [2] LOUIS G L, Fiori L A, Castillon A V. Predicting single strand strength from cotton fiber properties [J]. Textile bulletin, 1968,2:20-24.
- [3] SUBRAMANIAN T A, Ganese K, Bandyo S. A generalized equation for predicting the lea strength of ring-spun cotton yarns[J]. Journal of the textile institute, 1974,65:307-313.
- [4] LORD E. The characteristics of raw cotton (Manual of cotton spinning, VOL. II, Part I)[M]. The textile institute and butterworths, Manchester and London,1961. 301,311,313.
- [5] 于小新. 大容量快速测试仪 HVI SPECTRUM 应用手册[J]. 中国纤检,2003,8:25-28.
- [6] 储才元, 凌导宏. 棉纤维性能和成纱质量间关系的研究[J]. 纺纱学报, 1993,14(7):4-8.
- [7] 金曙明. HVI900 预测品质指标与成纱指标的关系 [J]. 中国纤检,1998,11:13-15.
- [8] 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.
- [9] 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. ●