

# 生丝强伸力单丝检测与复丝检测结果的差异及相关性分析

蒋小葵<sup>1</sup>, 吴建梅<sup>2</sup>, 赵骆建<sup>1</sup>, 苟圆<sup>3</sup>, 潘璐璐<sup>4</sup>, 张后兵<sup>5</sup>, 周盛波<sup>3</sup>

(1. 南充出入境检验检疫局 四川 南充 637900; 2. 四川省农业科学院 蚕业研究所 四川 南充 637000; 3. 四川出入境检验检疫局 检验检疫技术中心 成都 610041; 4. 浙江出入境检验检疫局 丝类检测中心 杭州 310012; 5. 重庆出入境检验检疫局 检验检疫技术中心 重庆 400020)

**摘要:** 文章在同台设备上开展了 100 批生丝强伸力的单丝检测与复丝检测比对试验, 并运用数理模型进行检测结果分析。结果表明, 单丝断裂强度明显高于复丝, 断裂伸长率低于复丝。单丝检测对生丝强伸力质量波动反应更灵敏, 可建立包括变异系数在内的单丝强伸力检测质量考核体系。单、复丝断裂强度呈非线性关系, 断裂伸长率呈线性关系, 探索了通过单、复丝各项指标之间的线性关系推算出单丝强伸力质量指标考核值的可行性。

**关键词:** 生丝; 强伸力; 单丝检测; 复丝检测; 比对; 差异; 相关性

中图分类号: TS101.921.4 文献标志码: A 文章编号: 1001-7003(2018)09-0007-08 引用页码: 091102

## The diversity and correlation analysis of monofilament test results and multifilament test results of raw silk tensility

JIANG Xiaokui<sup>1</sup>, WU Jianmei<sup>2</sup>, ZHAO Luojian<sup>1</sup>, GOU Yuan<sup>3</sup>, PAN Lulu<sup>4</sup>, ZHANG Houbing<sup>5</sup>, ZHOU Shengbo<sup>3</sup>

(1. Nanchong Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Nanchong 637900, China; 2. Sericultural Research Institute, Sichuan Academy of Agriculture, Nanchong 637000, China; 3. Inspection and Quarantine Technology Center, Sichuan Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Chengdu 610041, China; 4. Raw Silk Inspection Center, Zhejiang Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Hangzhou 310012, China; 5. Inspection and Quarantine Technology Center, Chongqing Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Chongqing 400020, China)

**Abstract:** 100 batches of raw silk were compared on the same equipment in the aspects of tensility of monofilament test and multifilament test. Then, the mathematical model was applied to analyze the test results. The results show that, the breaking strength of monofilament is obviously higher than that of the multifilament, but the breaking elongation of monofilament is less than that of the multifilament. Monofilament test is more sensitive to quality fluctuation of tensility. Quality assessment system of tensility of monofilament test should be built, including variable coefficient. The breaking strength of monofilament and multifilament presents non-linear relationship. And their breaking elongation presents linear relation. The linear relation among various indexes of monofilament and multifilament was explored, and the feasibility of tensility quality index assessment value of monofilament was calculated.

**Key words:** raw silk; tensility; monofilament test; multifilament test; comparison; diversity; correlation

生丝强伸力是指生丝在受到拉伸等外力作用下

呈现的应力和变形之间的关系及材料破坏情况的机械性能, 丝纤维的拉伸性能决定丝织物的耐用、耐磨、手感、折皱等性能, 是确定制丝生产工艺和织造投产的重要质量指标<sup>[1]</sup>。目前中国现行生丝国家标准 GB/T 1797—2008《生丝》、GB/T 1798—2008《生丝试验方法》及国际丝绸协会的《生丝便览 1995》<sup>[2]</sup>采用断裂强度和断裂伸长率两个指标, 对

收稿日期: 2018-01-08; 修回日期: 2018-06-27

基金项目: 国家质检总局科技项目(2016IK282, 2016IK298); 四川出入境检验检疫局科技项目(SK201513)

作者简介: 蒋小葵(1967—), 女, 高级工程师, 主要从事丝类商品检测技术工作。通信作者: 吴建梅, 副研究员, 772572141@qq.com。

生丝强伸力性能进行质量考核。通过测定每绞生丝的断裂强力和断裂伸长率,再取其平均值的方法折算成每根生丝的断裂强度和断裂伸长率。每绞生丝由100~400根生丝组成,为复丝强伸力检测方法<sup>[3-4]</sup>,虽然检测效率高,但不能准确反映单根生丝在织造过程中的实际受力状态,与用户关注点脱节<sup>[5]</sup>。单根生丝断裂强度和断裂伸长率的检测方法作为规范性附录资料列入GB/T 1798—2008《生丝试验方法》中,是生丝品质检验的选择性检验项目<sup>[6]</sup>,但由于无质量考核指标,对现实生产的指导意义不大。因此,本研究拟通过生丝强伸力的单丝检测与复丝检测试验比对,对单丝强伸力检测结果与复丝强伸力检测结果的差异性及相关关系进行分析,以期通过生丝强伸力的单丝检测与复丝检测试验比对建立单丝强伸力质量考核体系进行一些探索,为生丝国家标准的修订和完善提供参考,为改进制丝生产和织造投产提供可靠的强伸力检测数据。

## 1 试验

### 1.1 材料

选择来自四川、云南、广西、贵州、重庆等产地的蚕茧缫制100批样丝,规格分别为22.2/24.4 dtex (20/22 D) 80批(其中3A、4A、5A、6A等级各20批)、30.0/32.2 dtex (27/29 D) 10批(其中4A级1批、5A级2批、6A级7批)、44.4/48.8 dtex (40/44 D) 规格10批(其中4A级5批、5A级2批、6A级3批)。

### 1.2 仪器

DJ104生丝切断机、QDJ920 II生丝纤度机(四川康乐医疗器械有限公司),HT-200电子天平(成都普瑞逊电子有限公司),STATIMAT ME全自动强伸度仪(德国TEXTECHNO)。

### 1.3 条件

#### 1.3.1 检测参数

采用现行中国GB/T 1798—2008《生丝试验方法》规定的复丝、单根生丝强伸力检测参数。

1) 复丝强伸力检测参数:隔距长度100 mm,拉伸速度150 mm/min,每批测试10次。22.2/24.4 dtex的丝绞400回,30.0/32.2 dtex和44.4/48.8 dtex的丝绞各200回。

2) 单丝强伸力检测参数:隔距长度500 mm,拉伸速度5 000 mm/min,每批拉伸200次。

#### 1.3.2 环境条件

温度(20±2.0)℃,相对湿度(65±4.0)%。

### 1.4 方法

按照GB/T 1798—2008《生丝试验方法》规定执行。

STATIMAT ME全自动强伸度仪既可做复丝强伸力检测,也可做单丝强伸力检测,每批生丝复丝强伸力检测完成后立即在该仪器上对同批丝锭试样进行单丝强伸力检测,以减少温湿度波动带来的环境误差。由于是在同台设备上开展单、复丝强伸力检测,减少了设备间误差对检测结果的影响<sup>[7]</sup>。

## 2 结果与分析

由于目前其他纺织纤维强伸力试验结果都能提供断裂强度和断裂伸长率的变异系数(CV)结果,本研究也将单、复丝的断裂强度变异系数(CV)和断裂伸长率变异系数(CV)结果纳入对比分析指标中。

### 2.1 单丝强伸力与复丝强伸力检测结果的差异

用Origin软件对100批样丝的单丝与复丝强伸力检测结果建立散点分布图,对单、复丝强伸力分布特点进行比较分析,从中找出差异性<sup>[8]</sup>。

#### 2.1.1 断裂强度方面的差异

##### 1) 断裂强度的差异

单丝与复丝断裂强度分布情况如图1所示。

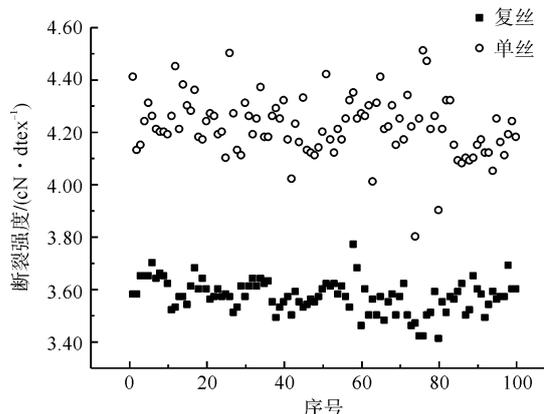


图1 单丝与复丝的断裂强度分布

Fig. 1 Breaking strength distribution of monofilament and multifilament

从图1可以看出,单丝与复丝断裂强度分布明显分为两个层次。单丝断裂强度位于上层,主要分布在4.00 cN/dtex之上,100份试样中仅有2份试样断裂强度在4.00 cN/dtex之下。而复丝断裂强度位于下层,主要分布在3.70 cN/dtex之下,仅有1份试

样断裂强度在 3.70 cN/dtex 之上。单丝断裂强度平均高于复丝 0.65 cN/dtex。

单丝断裂强度高有两方面原因:一是与受测试样根数有关。在复丝检测中  $n$  根生丝同时被拉伸,但不会同时被拉断,低强伸力的丝条先行断裂,其余丝条必须继续承受该负荷分别被拉断,致使  $n$  根复丝断裂时所得到的平均强度比单根生丝平均强度小,但又高于其中最弱的强度。其二是拉伸速度。拉伸速度快,丝条应力越大,强力增大<sup>[1]</sup>,单丝拉伸速度是复丝的 33.3 倍。由此看来,生丝强伸力单丝检测与复丝检测是两种不同的检测方法。

### 2) 断裂强度变异系数的差异

单丝与复丝的断裂强度变异系数分布情况如图 2 所示。

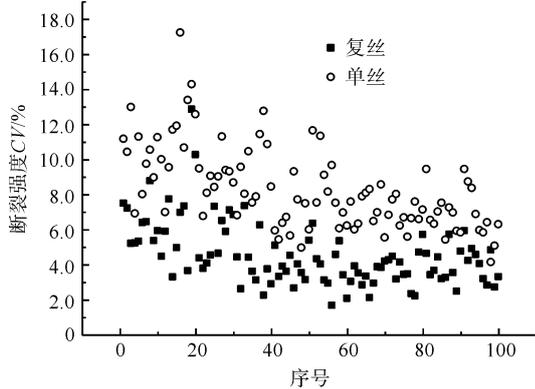


图 2 单丝与复丝的断裂强度变异系数分布

Fig. 2 Variable coefficient distribution of breaking strength of monofilament and multifilament

从图 2 可以看出,断裂强度 CV 值分布单丝检测与复丝检测存在较明显差别。复丝断裂强度 CV 值总体要小一些,位于下层,分布范围 1.7% ~ 12.9%,单丝断裂强度 CV 值总体要大一些,位于上层,分布范围 4.1% ~ 17.2%,断裂强度 CV 值分布单、复丝在 5.0% ~ 8.0% 有交集。单、复丝断裂强度 CV 分布都较分散,说明受测生丝的断裂强度不稳定,由于单丝检测是对每根生丝的检测,其每次结果能够直观体现出来而没有被平均综合,因此其断裂强度 CV 分布更分散,更能体现出断裂强度的波动情况。变异系数是一个能较好反映生丝质量波动的指标,单丝检测对这种波动反应更灵敏,故应考虑建立包括变异系数在内的单丝强伸力质量考核体系<sup>[9]</sup>。

### 3) 不同等级/规格单丝与复丝断裂强度的差异

不同等级/规格单丝与复丝的断裂强度分布情况如图 3 所示。

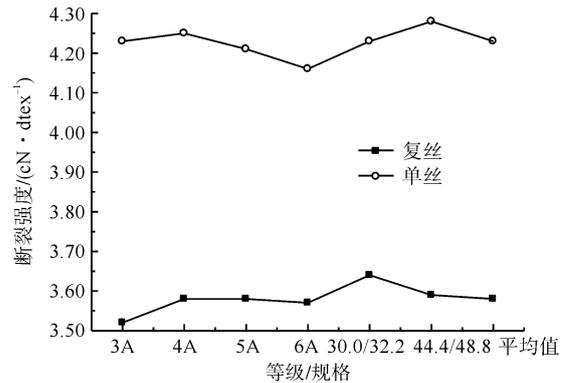


图 3 不同等级/规格单丝与复丝的断裂强度分布

Fig. 3 Breaking strength distribution of monofilament and multifilament in different grade/specification

从图 3 可以看出,22.2/24.4 dtex 规格的不同等级与其他规格(以下简称不同等级/规格)的断裂强度分布显示,单丝与复丝仍明显分为两层,单、复丝断裂强度开差 3A 级最大,达到 0.71 cN/dtex,6A 级最小,为 0.59 cN/dtex,说明质量越好,无论哪种检测方式,其强度检测结果差异都较小。复丝检测中 3A 级强度最低,30.0/32.2 dtex 规格强度最大,而单丝检测中 6A 级强度最低,44.4/48.8 dtex 规格强度最大,这也说明并不是强度值越大,其质量越好,强度值的稳定性是判定质量好坏的重要指标。

### 4) 不同等级/规格单丝与复丝断裂强度变异系数的差异

不同等级/规格单丝与复丝的断裂强度变异系数分布如图 4 所示。

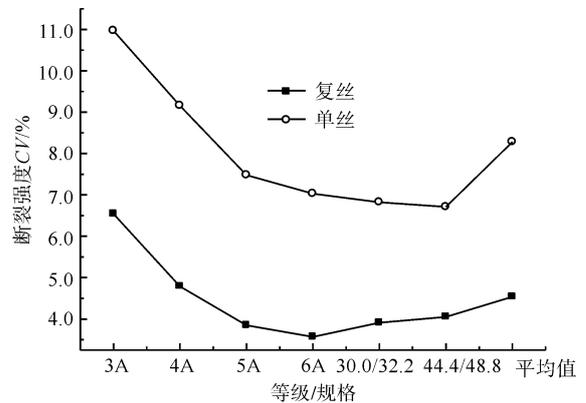


图 4 不同等级/规格单丝与复丝的断裂强度变异系数分布

Fig. 4 Variable coefficient distribution of breaking strength of monofilament and multifilament in different grade/specification

从图 4 可以看出,不同等级/规格断裂强度 CV 值,单、复丝分布存在明显不同,单丝断裂强度 CV 明显大于复丝。等级越低,无论单丝还是复丝的断裂强度 CV 越大,22.2/24.4 dtex 规格中,3A ~ 4A 级的

断裂强度 CV 明显大于 5A ~ 6A 高等级生丝,说明 3A ~ 4A 生丝比 5A ~ 6A 高等级生丝内在质量波动大<sup>[10]</sup>。30.0/32.2 dtex、44.4/48.8 dtex 规格的断裂强度 CV 与 22.2/24.4 dtex 规格的 5A ~ 6A 高等级生丝接近,差异不大,说明等级越高或生丝规格越粗,断裂强度值相对稳定一些。

### 2.1.2 断裂伸长方面的差异

#### 1) 断裂伸长率的差异

单丝与复丝的断裂伸长率分布情况如图 5 所示。

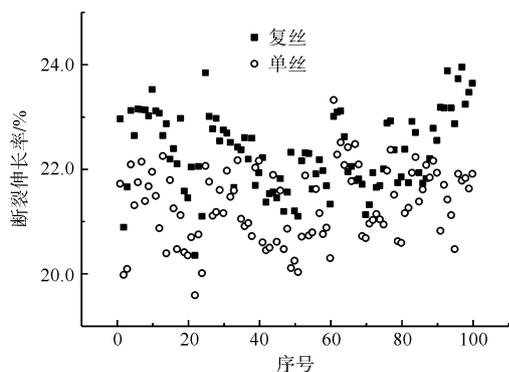


图 5 单丝与复丝的断裂伸长率分布

Fig. 5 Breaking elongation distribution of monofilament and multifilament

从图 5 可以看出,单丝与复丝断裂伸长率分布没有明显区分界限,只是复丝断裂伸长率散落在 23.0% 以上稍多一点,单丝断裂伸长率散落在 21.0% 以下多一点。单丝与复丝断裂伸长率明显交集在 21.0% ~ 22.5%,这说明拉伸速度对伸长率的影响不明显<sup>[11-12]</sup>。但断裂伸长率平均值复丝大于单丝,复丝为 22.3%,单丝为 21.3%。

#### 2) 断裂伸长率变异系数的差异

单丝与复丝的断裂伸长率变异系数分布情况如图 6 所示。

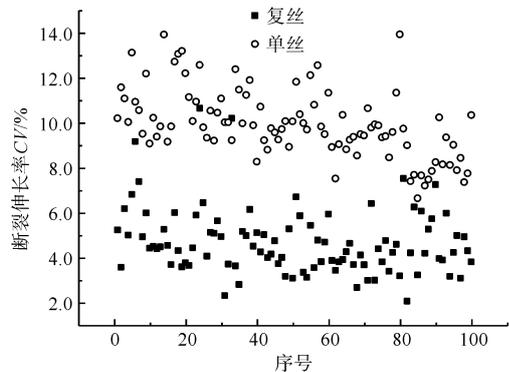


图 6 单丝与复丝的断裂伸长率变异系数分布

Fig. 6 Variable coefficient distribution of breaking elongation of monofilament and multifilament

从图 6 可以看出,断裂伸长率 CV 分布单丝与复丝明显分为两个层次,比图 2 断裂强度 CV 分布中单丝与复丝的分层还明显。单丝断裂伸长率 CV 明显大于复丝,单丝主要分布在 7.0% 之上,而复丝则主要分布在 7.0% 之下。说明复丝检测方法掩盖了生丝断裂伸长率的波动情况,单丝检测方法更有利于体现出生丝断裂伸长率的质量波动,单丝检测发现断裂伸长率的不匀情况比断裂强度的不匀情况突出,单丝检测对断裂伸长率质量波动不匀情况捕捉更灵敏。

#### 3) 不同等级/规格单丝与复丝断裂伸长率的差异

不同等级/规格单丝与复丝的断裂伸长率分布情况如图 7 所示。

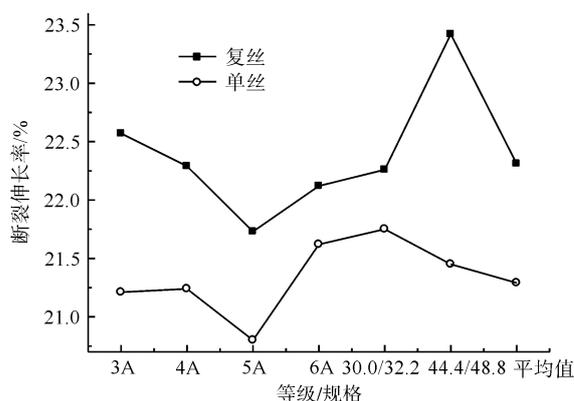


图 7 不同等级/规格单丝与复丝的断裂伸长率分布

Fig. 7 Breaking elongation distribution of monofilament and multifilament in different grade/specification

从图 7 可以看出,不同等级/规格断裂伸长率分布明显分为两层,复丝位于上层,单丝位于下层。究其单丝断裂伸长率低的原因:一是与断裂时间有关,速度越快,断裂时间越短,丝条缓弹性与塑性变形越小,伸长减少,单丝断裂时间 1.0 ~ 1.6 s/次,复丝断裂时间 8.0 ~ 10.0 s/次;二是测试长度不同,单丝单次测试试样的长度为 500 mm,是复丝的 5 倍,试样长度越长,颞节等疵点出现的几率越大<sup>[13]</sup>,生丝的强度与伸长率都会因此下降<sup>[14]</sup>。另外,试样长度越长,拉伸变形的总变形减小,伸长率减小<sup>[15]</sup>。

图 7 中 5A 级无论是单丝还是复丝其断裂伸长率值都最低,这也说明检测结果平均值不是判定质量好坏的最佳指标。3A 级生丝单丝与复丝断裂伸长率差异较大,6A 级生丝单丝与复丝断裂伸长率差异较小,说明高品质的生丝无论用哪种检测方式,其伸长率检测结果都相对稳定<sup>[15]</sup>。

44.4/48.8 dtex 规格的复丝断裂伸长率突出, 达到 23.4%, 而其单丝断裂伸长率为 21.4%, 两者差异达到 2.0%, 说明较粗的丝条, 在复丝检测中丝条间相互代替承受拉力的作用越强, 复丝检测数据就越失真。

4) 不同等级/规格单丝与复丝断裂伸长率变异系数的差异

不同等级/规格单丝与复丝的断裂伸长率变异系数分布情况如图 8 所示。

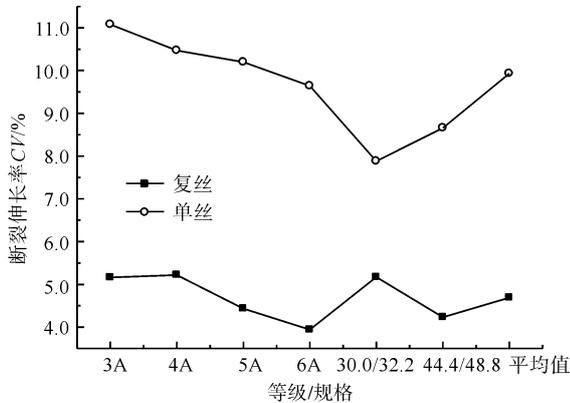


图 8 不同等级/规格单丝与复丝的断裂伸长率变异系数分布  
Fig. 8 Variable coefficient distribution of breaking elongation of monofilament and multifilament in different grade/specification

从图 8 可以看出, 断裂伸长率 CV 分布特点与图 3 断裂强度 CV 分布相似, 不同等级/规格的单丝断裂伸长率 CV 明显大于复丝, 复丝断裂伸长率 CV 在 4.0% ~ 5.0%, 单丝断裂伸长率 CV 在 8.0% ~ 11.0%。随着等级提高, 无论单丝还是复丝, CV 呈下降趋势, 说明等级越高, 生丝的伸长率性能也越稳定, 这也说明变异系数是能较好反映生丝质量波动的一个指标。

### 2.2 单丝与复丝强伸力的相关关系

用 Origin 软件对 100 批样丝的单丝与复丝强伸力检测结果建立线性函数关系, 通过对其相关系数的分析, 可以判断他们之间的线性关系是否显著。若关系显著, 则可以通过其中一种指标算出另一指标, 探索通过复丝强伸力检测方法的分级考核指标推算出单根生丝强伸力考核指标的可行性。当自变量  $m$  个数为 1、样本量  $n$  为 100、显著水平  $\alpha = 0.05$  的情况下, 查得相关系数临界值  $R_{\min}$  为 0.195 0。当  $|R| \leq |R_{\min}|$  建立的线性关系不成立, 当  $|R| > |R_{\min}|$  时, 线性关系成立<sup>[8, 16]</sup>。

#### 2.2.1 断裂强度方面的相关关系

##### 1) 断裂强度的相关关系

单丝与复丝断裂强度之间的相关关系如图 9 所示。

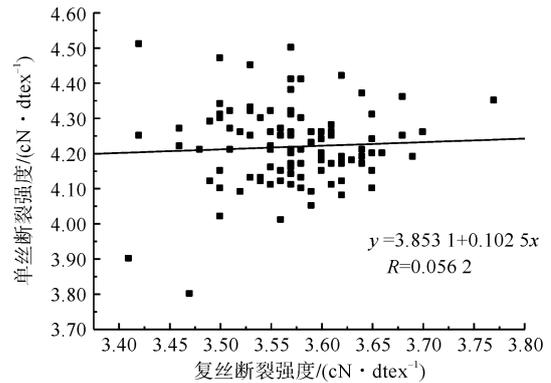


图 9 单丝与复丝断裂强度之间的关系

Fig. 9 Breaking strength correlation between monofilament and multifilament

从图 9 可以看出, 单丝与复丝断裂强度之间的线性相关系数  $R$  为 0.056 2,  $R < R_{\min}$ , 单丝断裂强度与复丝断裂强度之间的线性关系不成立。因此, 无法通过现有复丝断裂强度质量考核指标推算单丝断裂强度质量考核指标<sup>[17]</sup>, 需要采用其他方法, 比如大量检测数据试套比对来获得单丝断裂强度考核值。

##### 2) 断裂强度变异系数的相关关系

单丝与复丝断裂强度变异系数之间的相关关系如图 10 所示。

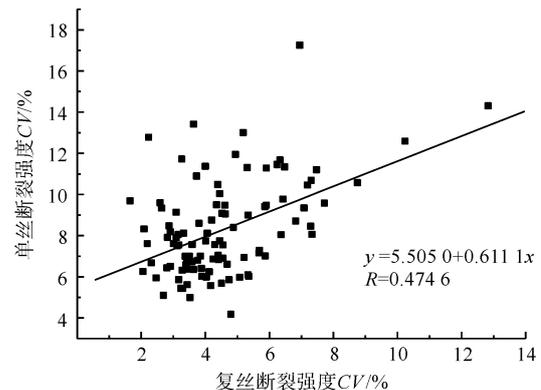


图 10 单丝与复丝断裂强度变异系数之间的关系

Fig. 10 Relationship between variable coefficients of breaking strength of monofilament and multifilament

从图 10 可以看出, 断裂强度 CV 单丝与复丝之间的线性相关系数  $R$  为 0.474 6,  $R > R_{\min}$ , 断裂强度 CV 单丝与复丝之间的线性关系成立, 可通过复丝强度 CV 值推算单丝断裂强度 CV 值。但中国现行生丝国家标准中未将 CV 指标纳入对生丝强伸力质量的考核, 断裂强度 CV 要作为单丝强伸力质量考核指标, 其考核值的确定需结合其他方法组合确定。

##### 3) 断裂强度与变异系数的相关关系

复丝断裂强度与变异系数之间的相关关系如

图 11 所示。

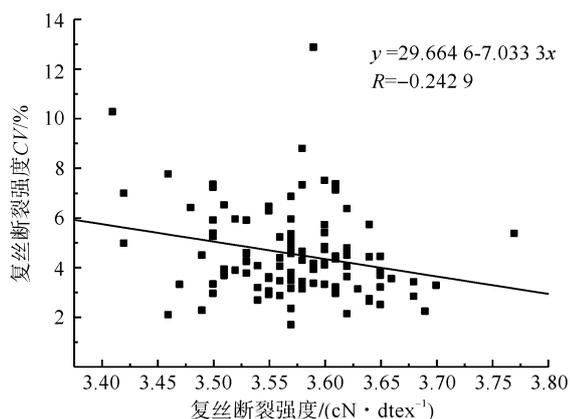


图 11 复丝断裂强度与变异系数之间的关系

Fig. 11 Relationship between breaking strength and variable coefficient of multifilament

从图 11 可以看出,复丝断裂强度与其 CV 的相关系数  $R$  为  $-0.2429$ ,其  $|R| > |R_{\min}|$ ,复丝断裂强度与其 CV 呈负相关线性关系,可以通过复丝断裂强度质量考核值推算出其 CV 的考核值。由此结合图 10 中单、复丝断裂强度 CV 的线性关系,可推算出单丝断裂强度 CV 考核值。

单丝断裂强度与变异系数之间的相关关系如图 12 所示。

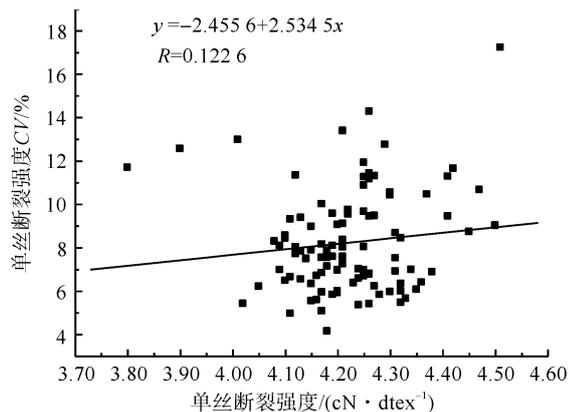


图 12 单丝断裂强度与变异系数之间的关系

Fig. 12 Relationship between breaking strength and variable coefficient of monofilament

从图 12 可以看出,单丝断裂强度与其 CV 之间的线性相关系数  $R$  为  $0.1226$ , $R < R_{\min}$ ,单丝断裂强度与其 CV 之间的线性关系不成立,无法通过单丝断裂强度值推算其 CV 值。

### 2.2.2 断裂伸长率方面的相关关系

#### 1) 单丝与复丝断裂伸长率的相关关系

单丝与复丝断裂伸长率之间的相关关系如图 13 所示。

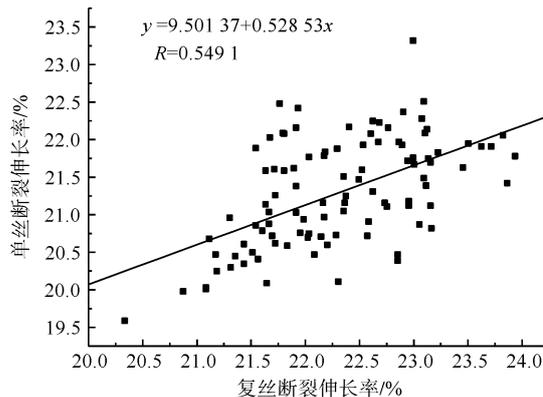


图 13 单丝与复丝断裂伸长率之间的关系

Fig. 13 Elongation relationship between monofilament and multifilament

从图 13 可以看出,单丝与复丝断裂伸长率的相关系数  $R$  为  $0.5491$ , $R > R_{\min}$ ,单丝与复丝断裂伸长率呈线性关系,可以通过复丝断裂伸长率质量考核指标推算出单丝断裂伸长率考核指标。

#### 2) 单丝与复丝断裂伸长率变异系数的相关关系

单丝与复丝断裂伸长率变异系数之间的相关关系如图 14 所示。

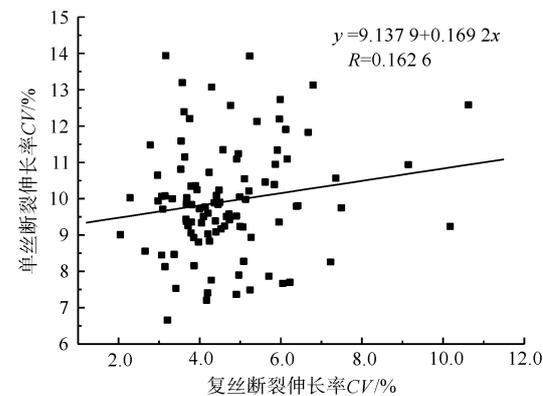


图 14 单丝与复丝断裂伸长率变异系数之间的关系

Fig. 14 Relationship between variable coefficients of breaking elongation of monofilament and multifilament

从图 14 可以看出,单丝与复丝的断裂伸长率 CV 之间的线性相关系数  $R$  为  $0.1626$ , $R < R_{\min}$ ,单丝与复丝断裂伸长率 CV 之间的线性关系不成立。

#### 3) 断裂伸长率与变异系数的相关关系

复丝断裂伸长率与变异系数之间的相关关系如图 15 所示。

从图 15 可以看出,复丝断裂伸长率与其 CV 之间的线性相关系数  $R$  为  $0.0412$ , $R < R_{\min}$ ,复丝断裂伸长率与其 CV 之间的线性关系不成立。

单丝断裂伸长率与变异系数之间的相关关系如图 16 所示。

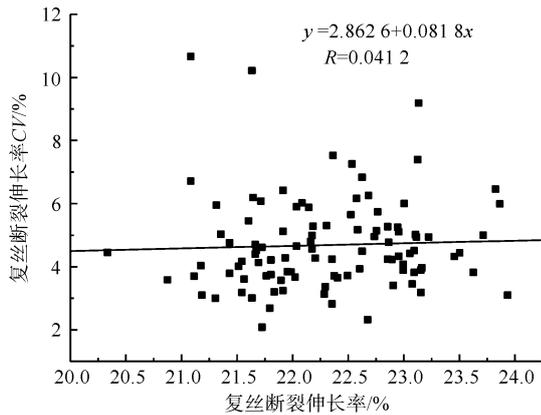


图 15 复丝断裂伸长率与变异系数之间的关系

Fig. 15 Relationship between breaking elongation and variable coefficient of multifilament

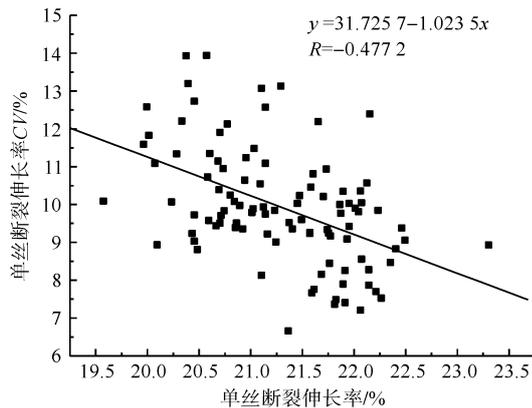


图 16 单丝断裂伸长率与变异系数之间的关系

Fig. 16 Relationship between breaking elongation and variable coefficient of monofilament

从图 16 可以看出  $R$  为  $-0.4772$ ,  $|R| > |R_{\min}|$ , 单丝断裂伸长率与其  $CV$  呈负相关线性关系, 可以通过单丝断裂伸长率质量考核值推算出单丝断裂伸长率  $CV$  考核指标。

### 3 结论

通过对 100 批生丝试样在同台设备上开展强伸力单丝检测与复丝检测试验比对, 并运用数理模型对两种检测方法所得到的检测结果的差异和相关性进行了分析, 得到如下结论:

1) 单丝断裂强度明显高于复丝, 断裂伸长率低于复丝。主要原因与受测试样根数、拉伸速度、断裂时间和试样长度有关, 生丝强伸力单丝检测与复丝检测是两种不同的检测方法。

2) 单丝断裂强度和断裂伸长率的变异系数都明显高于复丝, 且分布更分散, 单丝检测对生丝强伸力质量波动反应更灵敏。应建立包括变异系数在内的

单丝强伸力质量考核体系。

3) 单、复丝断裂强度之间呈非线性关系, 断裂伸长率之间呈线性关系, 可以通过单、复丝各项指标的线性关系用复丝强伸力指标考核值推算出单丝强伸力考核值。非线性关系则需要采用其他方法获得单丝强伸力考核值。

4) 上述单丝与复丝强伸力各项指标的线性关系中的相关系数  $R$  都在  $0.6000$  以下, 仅存在一定的线性关系, 与  $R$  为  $1.000$  时的精确线性关系存在差异, 因此通过线性关系推算出的指标考核值, 还需进行大量数据试套, 并结合其他强伸力指标降级率比对进行修正, 最终确定一个合理的单丝强伸力质量考核体系。

### 参考文献:

- [1] 苏州丝绸工学院, 浙江丝绸工学院. 制丝学 [M]. 北京: 纺织工业出版社, 1982: 121-140.  
Suzhou Silk Institute of Technology, Zhejiang Silk Institute of Technology. Silk Making Science [M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 1982: 121-140.
- [2] 生丝标准委员会. 生丝便览 1995 [S]. 布莱顿: 国际丝绸协会, 1995.  
Silk Standards Committee. Raw Silk 1995 [S]. Brighton: International Silk Association, 1995.
- [3] 周颖, 许建梅. 生丝单丝强度、伸长率与拉伸速度相关性分析 [J]. 丝绸, 2010(6): 20-22.  
ZHOU Ying, XU Jianmei. Relevant analysis on single-silk intensity, elongation and drawing speed of raw silk [J]. Journal of Silk, 2010(6): 20-22.
- [4] 周颖, 许建梅, 白伦, 等. 生丝单丝强伸力检验中样本容量研究 [J]. 纺织学报, 2010, 31(8): 36-40.  
ZHOU Ying, XU Jianmei, BAI Lun, et al. Research on sample size for single-end tenacity and elongation test of raw silk [J]. Journal of Textile Research, 2010, 31(8): 36-40.
- [5] 柳菊萍, 邓元健. 对生丝强力薄弱部位检测的探讨 [J]. 丝绸, 1991(12): 42-44.  
LIU Juping, DENG Yuanjian. Discussion how to inspect weakness of tenacity and elongation of raw silk [J]. Journal of Silk, 1991(12): 42-44.
- [6] 胡柞忠, 徐水, 吴建梅, 等. 茧丝检验 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2015: 120-128.  
HU Zhuozhong, XU Shui, WU Jianmei, et al. Cocoon & Raw Silk Inspection [M]. Beijing: China Agriculture Science & Technology Press, 2015: 120-128.
- [7] 刘晓花. 影响生丝断裂强度与断裂伸长率检测结果的因素分析 [J]. 中国纤检, 2014(7): 74-77.  
LIU Xiaohua. Analysis of the affect factor about raw silk breaking strength and elongation test results [J]. China

- Fiber Inspection, 2014(7): 74-77.
- [8] 李云雁, 胡传荣. 试验设计与数据处理[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2008: 60-224.  
LI Yunyan, HU Chuanrong. Experiment Design and Data Processing [M]. 2nd Edi. Beijing: China Chemical & Industry Press, 2008: 60-224.
- [9] 蒋小葵, 庞晓红, 刘光秀, 等. 生丝强伸力单丝与复丝检测结果的比对分析[J]. 中国纤检, 2017(12): 80-83.  
JIANG Xiaokui, PANG Xiaohong, LIU Guangxiu, et al. A comparative study on tenacity and elongation test between the single-end raw silk and the multifilament raw silk [J]. China Fiber Inspection, 2017(12): 80-83.
- [10] 龚球娣. 脆弱生丝的强伸性能分析[J]. 纺织科技进展, 2009(1): 72-76.  
GONG Qiudi. Tenacity and elongation analysis on characteristics of fragile raw silk [J]. Progress in Textile Science & Technology, 2009(1): 72-76.
- [11] XU Jianmei, ZHOU Yin, BAI Lun. Analysis of the affecting factors on the single-end tenacity and elongation test of raw silk [J]. Advanced Materials Research, 2011, 175/176(8): 570-574.
- [12] 赵天福, 韩冷, 王玉军, 等. 样品长度和拉伸速度对生丝拉伸试验结果的影响[J]. 丝绸, 2013, 50(6): 29-36.  
ZHAO Tianfu, HAN Leng, WANG Yujun, et al. Influence of sample length and tensile speed on tensile test result of raw silk [J]. Journal of Silk, 2013, 50(6): 29-36.
- [13] 张瑞林. 关于生丝强伸度与织物关系的研究[J]. 浙江丝绸工学院学报, 1985(3): 1-9.  
ZHANG Ruilin. Research relation between tenacity & elongation of raw silk and weaving [J]. Journal of Zhejiang Institute of Silk Textiles, 1985(3): 1-9.
- [14] 真砂義郎. 織物かち要望さねゐ生系の品質[M]. 杨爱红, 白伦, 译. 北京: 纺织工业出版社, 1985: 34-85.  
MASA Yoshiro. Weaving Request to Quality of Raw Silk [M]. YANG Aihong, BAI Lun, Translation. Beijing: China Textile & Apparel Press, 1985: 34-85.
- [15] 陈文兴, 傅雅琴, 江文斌, 等. 蚕丝加工工程[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2013: 114-206.  
CHEN Wenxing, FU Yaqin, JIANG Wenbin, et al. Silkworm Product Manufacturing [M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2013: 114-206.
- [16] 张月华, 徐安英, 李木旺, 等. 家蚕品种茧丝强伸力差异及相关分析[J]. 丝绸, 2006(7): 28-30.  
ZHANG Yuehua, XU Anying, LI Muwang, et al. The diversity of strength and elongation of cocoon filament and correlative analysis among silkworm races [J]. Journal of Silk, 2006(7): 28-30.
- [17] 曹忠雷, 纪雷, 林雨霏. 生丝强伸力不同拉伸方式测试结果的相关性分析[J]. 丝绸, 2007(4): 48-49.  
CAO Zhonglei, JI Lei, LIN Yufei. The correlative analysis on tenacity and elongation of raw silk between different tensile test [J]. Journal of Silk, 2007(4): 48-49.