

生丝细度序列的视频检测

许建梅, 费万春, 白 伦

(苏州大学 a. 纺织与服装工程学院; b. 现代丝绸国家工程实验室 江苏 苏州 215021)

摘要: 生丝细度的动态检测是生丝电子检测技术中的关键问题,也是个难点。文章运用视频图像传感技术和计算机动态检测方法,对卷绕中的生丝细度序列进行在线检测试验,得到生丝细度序列的检测数据,验证了该检测方法和系统的可行性。通过对检测过程和结果进行讨论和分析,指出传感器和检测系统的不足之处,有利于检测系统的进一步完善和提高。文章为缫丝过程中丝径的在线测控、生丝清洁和净度的电子检测检验等技术及装置开发,提供了检测的思路及其试验结果。

关键词: 生丝; 细度序列; 双向检测; 动态检测; 视频图像

中图分类号: TS147

文献标志码: A

文章编号: 1001-7003(2019)02-0008-05

引用页码: 021102

Video detection of fineness sequence of raw silk

XU Jianmei, FEI Wanchun, BAI Lun

(a. College of Textile and Clothing Engineering; b. National Engineering Laboratory for Modern Silk, Soochow University, Suzhou 215021, China)

Abstract: Dynamic detection of raw silk fineness is a key and also a difficulty in electronic detection technology for raw silk. Online detection test was conducted on fineness sequence of winding raw silk with video image sensing technology and the method of computer dynamic detection in this study, test data on fineness sequence of raw silk was obtained, which verified the feasibility of the detection method and system. Based on discussion and analysis of the detection process and results, the deficiencies of the sensor detection system were identified, which made for further improvement of the detection system. This article provides ideas on detection and experimental results for on-line measurement and control of outer diameters of filaments in silk reeling process, and development of electronic detection technology and device for cleanness and neatness of raw silk.

Key words: raw silk; fineness sequence; bi-directional detection; dynamic detection; video image

生丝是由数根茧丝相互抱合并由丝胶粘合而成的。茧丝横截面大致呈三角形,且茧丝成不规则的圆锥螺旋线排列,并以轻微的曲折状态固着于生丝中,因此生丝的横截面形状可以看作近似椭圆形。有研究者对纤度为 24.4 dtex (22 D) 的生丝作 400 个以上切片,测量得到其截面长径 60 ~ 70 μm ,短径 40 ~ 50 μm ^[1]。

生丝细度是描述生丝粗细程度的外形尺寸指

标,一般认为,正确表示生丝的粗细应该采用截面积(或者生丝外径)。由于生丝的外径很小,一般为 50 μm 左右,而且生丝的截面形状是不规则的,因此很难用传统方法检测其截面积,所以目前一般不采用直接指标,而采用细度的间接指标,比如纤度。所谓纤度,是指线密度,即以单位长度丝条的质量克重来表示的丝条粗细指标,常用单位有 dtex 和 D 两种。在公定回潮率下,丝长 10 000 m,丝质量为 1 g 时称为 1 dtex,是法定计量单位。习惯上常用 D,即丝长 9 000 m,质量为 1 g 时称为 1 D^[2]。

如果设纤维或纱线密度为 γ ,截面积为 S ,则根据上述两定义可知纤度与 $S \cdot \gamma$ 成正比。可见,如果密度不同的纤维或纱线具有相同的纤度,那么它们

收稿日期: 2018-08-08; 修回日期: 2018-12-12

基金项目: 中国纺织工业联合会科技指导性项目(2018023);

国家自然科学基金青年基金项目(51303117)

作者简介: 许建梅(1976—),女,博士,主要从事生丝检验与抽样分级理论的研究。通信作者: 费万春,教授, feiwch@suda.edu.cn。

的截面积则是不同的。比如,同样为 30 dtex 的生丝和丙纶丝,其实际粗细(截面积)是不同的。由于茧丝受蚕品种、饲养季节及茧层部位的影响,其密度不尽相同,因而缫制出来的生丝密度也存在差异,导致相同纤度的生丝其截面积可能并不相同。还有,这种细度的间接指标,难以进行在线测量,难以及时指导生丝纤度的生产管理。

由于自动缫丝机上常用的是定纤感知器,缫丝时按照一定丝条外径进行生丝粗细调控^[3],而现行标准采用的是纤度指标,故可能会使得自动缫的生丝公量纤度难以控制,特别是在更换庄口时,这个问题会比较突出。

对于生丝细度的动态检测,国内外都有过探索研究。周颖^[4]分析了国际生丝电子检测的沿革和世界丝绸业具有代表性的生丝电子检测技术路线,提出了以生丝电子检测技术为基础的 ISO 生丝检验方法;陈庆官等^[5]用光电传感技术和分叉光纤等技术,研制了 SD-1 型细度仪,对缫制中的生丝进行了检测探索;崔晓丽^[6]用计算机对生丝细度动态检测进行了探索;刘凤娇等^[7]根据线阵 CCD 检测生丝细度问题,对光学成像系统的光源和成像部分完成了设计;陶婷婷^[8]对生丝细度序列进行动态检测后,对缫丝工艺中的细限点进行分析和检出;日本专家森川英明等^[9]运用光电传感的测量系统,对生丝的外径进行了动态检测试验。然而某些电子检测方法,是通过生丝的遮光量来进行检测的^[6-9],生丝越粗遮光越多,从而通过光电传感器感知生丝的粗细及其变化。虽然取得了某些进展,由于受到蚕品种和产地等方面的影响,生丝的透明度可能并不一致,用光电传感原理,通过检测遮光量,得到的不同庄口蚕茧的生丝细度,有可能缺乏严格的对应和比较关系。另外,目前生丝行业使用的生丝电子检测仪虽然精密度较高,但是传感器大多是国外进口,价格昂贵,不是一般生丝生产企业所能承受的。

基于目前生丝电子检测技术中存在的问题,为了获得更准确可行的检测方法,本研究借助视频和图像处理技术方法进行了探索。视频技术一般是指对连续的图像序列,即前后相互关联的多帧图像进行动态处理的技术;而图像技术更多指对静态的,或是一帧图片进行处理的技术。采用视频技术,通过调整每秒帧数、丝条运动速度,以及每帧图像中丝条影像长度则可以达到连续测量的目的。本研究旨在

运用计算机视频采集和处理技术,探索对卷绕中的生丝外径进行视频检测,进而测算出生丝的截面积序列。

1 检测方法

1.1 基本假设及其分析

假设生丝细度,在较短(< 1 cm)丝段范围内基本不变,相邻丝段大致相同,其截面形状近似为椭圆,在互相垂直的方向检测其两个外径 $2a$ 和 $2b$,于是可以得到其截面积为 πab 。事实上,生丝截面形状是不太规则的。

假设卷绕中的生丝视频就是该段生丝的前后关联的图像。事实上,动态视频与静态图像(照片)之间会有一些差异,尤其是生丝卷绕速度较快的时候。

假设生丝粗细与成像大小,在一定的范围内近似为线性正比关系,即生丝越粗,其生丝的成像面积越大。由于(卷绕中的) 22. 2/24. 4 dtex(20/22D) 规格的生丝丝径(直径)为 $40 \mu\text{m}$ 左右,其丝径变化大约在 $30 \mu\text{m} \sim 50 \mu\text{m}$ 。在其动态的成像面积过程中,细丝(截面形状不规则)的光学衍射现象会影响其成像的边缘,进而轻微影响其成像面积的大小,从而造成生丝粗细与成像大小之间可能存在一定的非线性关系。

1.2 装置和方法

自制视频检测装置如图 1 所示。装置内互相垂直的方向,即在待测生丝两侧固定好标准圆形细丝和粗丝,安装两个视频摄像头,用于拍摄相同的细丝、生丝和粗丝;两个视频摄像头通过 USB 接口连接到一台计算机,由计算机程序控制摄像头的视频采样等操作。

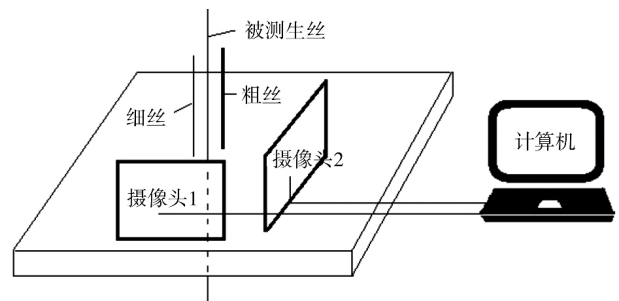
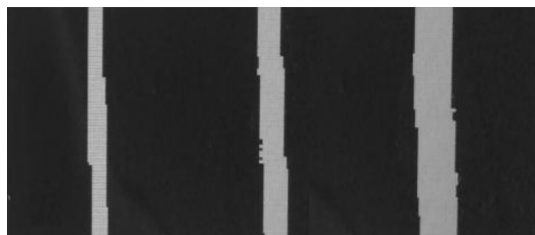


图 1 生丝视频检测装置示意

Fig. 1 Sketch map of video test device for raw silk

对细丝、被测生丝和粗丝,在两个相互垂直的方向进行拍摄后,进行图像处理,获得与生丝外径大小对应的白色像素点个数,如图 2 所示。图 2 中

影像为丝条图像经二值化处理后结果,其中出现纵向错位是为了提高检测精度^[10]。因为细丝和粗丝是预先选好的已知直径的标准圆形丝,所以,根据各白色像素点个数,通过插值公式可以推算出所测该段生丝的平均外径 $2a$ 和 $2b$,于是可以得到其截面积为 πab 。



(a) 细丝 (b) 生丝 (c) 粗丝

图2 细丝、生丝和粗丝二值化处理后的视频图像

Fig. 2 Video photograph of fine filament, raw silk filament, and coarse filament after binarization processing

1.3 检测系统简介

卷绕机构使被测生丝的卷绕速度约为8 m/min。计算机系统必须有两个以上的USB接口,用于连接两个摄像头组件。采用MATLAB应用环境及其编程语言。

摄像头组件选用的是KS2A17,采用CMOS图像传感器。像素尺寸是 $3.0\ \mu\text{m} \times 3.0\ \mu\text{m}$,由于需要用镜头对被测物进行焦距调节,所以,每个像素对应的实际被测物尺寸大约是 $67\ \mu\text{m}$ 。分辨率 $1280\ \text{pixel} \times 720\ \text{pixel}$ 时,每秒最多可达60帧,本检测系统运行时,因为要进行实时的图像处理,所以实际检测运行时采样频率约为10帧/s。

每帧图像对应实物选取高度(对应被测丝长)约为8 mm,相邻两次被测丝段之间,约有4~5 mm丝段跳空未被检测。如果需要对所有丝段进行不间断连续检测,可以通过加快采样频率或者增加每帧图像选取高度来实现。

每次视频采样后,计算机对视频图像进行实时处理,得到与生丝外径相应的像素点个数等信息。检测结束,系统给出生丝细度及其移动平均的序列图,得到最大最小丝径对应的丝段图像,以及平均值 \bar{x} 和标准差 S 。

2 试验

2.1 检测条件

每次检测试验前,系统须预热约1 h,以减少摄像头组件图像传感器存在的漂移带来的影响。生

丝卷绕速度约为8 m/min,一次试验检测卷绕中的生丝30 min,其检测的丝长约为240 m。

检测试验用的样丝是浸泡生丝,即经过浸泡后烘干的生丝,规格是22.2/24.4 dtex,等级是5A。

2.2 检测结果及其分析

检测试验的结果,如图3所示。上面两个序列是相互垂直方向的两个生丝外径序列图;下面是根据椭圆面积公式计算得到的截面积序列图,蓝色线表示实测值,红色的表示相邻若干检测点的平均值,中间的黄线表示整体平均值 \bar{x} ,黄线上下的两根黑色虚线表示 $\bar{x} \pm 0.01\bar{x}$,两根黑色点划线表示 $\bar{x} \pm S$ 。

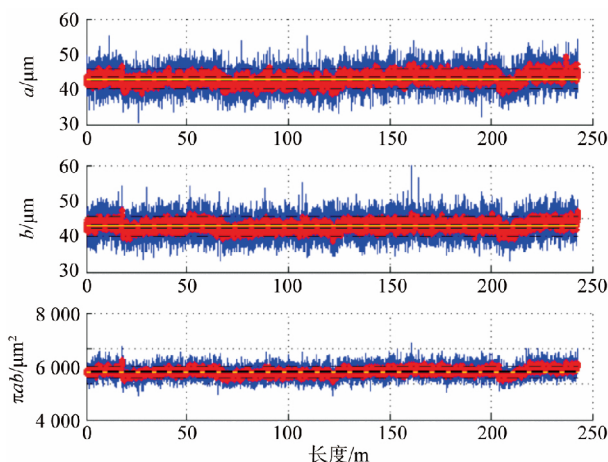


图3 实时检测得到的相互垂直方向的外径和截面积序列
Fig. 3 Real-time measured sequence of outer diameters and cross-sectional area in mutually vertical direction

由图3中生丝外径序列图可以得出,所测生丝的平均丝外径约为 $41\ \mu\text{m}$,比许多以前资料上给出的不加张力的外径(约 $55\ \mu\text{m}$)^[1]细一些。造成这一差异的原因,可能与生丝的含水率有一定的关系。另外,在显微镜下观察生丝外径时,生丝试样在盖玻片下受压,观察得到的生丝外经常偏粗,以及卷绕中的生丝,由于受张力的牵引拉伸,所测得的生丝外径自然会比未受张力牵引的生丝偏小。

根据图3中截面积序列图可以得出,采用截面积指标,比单独采用生丝单一外径来分析生丝细度序列更加清晰。在检测丝长20、70、120 m和205 m附近,各有一个添绪过程,其中120 m附近的添绪,有可能是因为中途落绪引起的。

在检测系统的软件运行时,还对最粗最细丝的位置和图像进行了鉴别和保存,图4是某最粗丝段的图像,保存这类丝段的图像,可能有利于分析和识别生丝的粗细节、糙疵等疵点。



图 4 某段最粗丝段的视频图像

Fig. 4 Video photograph of a thickest silk segment

3 讨论

3.1 生丝外径视频检测相对误差的估算

如果检测试验满足生丝纵向与纵轴有一定的微小角度,那么,窗高 120 个像素点对应 8 mm,每个像素点对应的实际尺寸 $8000/120 \approx 67 \mu\text{m}$; 如果生丝粗细变化引起视频图像有一个像素点差异,则造成的丝径差异 $\delta = 67/120 \approx 0.56 \mu\text{m}$,假设生丝外径 $D \approx 41 \mu\text{m}$,则相对误差 $\delta/D < 1.4\%$ [10]。以上是估算,实际运行情况下,其相对误差可能会有一些出入。

3.2 影响检测精确度的因素

1) 视频探头中的图像传感元件的漂移现象,为了减少漂移所带来的影响,检测试验前,不得不对系统进行长时间(1 h)的预热。因为成像后,都是数字信号的处理和分析过程,所以不会再产生漂移现象。期待着能有(预热时间短的)快速稳定的摄像头。
2) 视频图像的闪烁现象,仔细观察视频会发现,即使所测生丝静止不动,所测生丝视频的边缘也存在微弱的闪烁现象。

3.3 检测速度

检测速度主要依赖于传感器和计算机。本研究只是用视频图像方法进行了生丝外径动态检测的探索试验,并没有选用性能指标最好的摄像头组件和计算机系统,也没有采用所用摄像头的最快采样频率;计算机也不是专用的工业控制计算机,采用了解释型编程语言 MATLAB,处理速度也不够快,因此还有较大提升空间。目前检测生丝卷绕速度(8 m/min)比较慢,离生丝检验的要求(400 m/min)差距较大。期待着能有更高速更稳定清晰的视频探头问世并市场化。

3.4 应用方向

1) 生丝生产:经过一定的改善措施,期待将来可以用于缫丝机各绪之间丝径的在线检测,获得实时的各绪生丝外径后,可以分析生丝的细限外径(纤

度)值,可以对定纤感知器及时进行调节,以减少生丝纤度的绪间偏差。2) 生丝检验:需要等待摄像头的采样速度和图像质量等有了大幅度改善之后,希望能对生丝视频图像进行粗细节、糙疵等疵点识别检验。

4 结 语

运用视频图像传感、图像处理技术和计算机动态检测生丝外径的方法,自制了检测装置,编制了计算机程序,并进行了探索试验,得到了生丝细度序列的检测数据,验证了该检测方法的可行性。该装置结构简单、检测准确、成本低廉,为中国生丝电子检测设备自主化知识产权道路的探索提供了一种思路。如果对摄像头组件及计算机系统性能升级,该系统对于缫丝过程中各绪之间丝径的在线测控,生丝疵点条干的电子检测检验等方面,都具有一定的技术可行性与应用前景。

本研究中所采用的摄像头图像传感器,还存在较严重的漂移现象及图像边缘的闪烁现象,摄像的采样频率有待于提高,检测系统的处理速度也需提高。此外,检测装置开始正常工作之前还需要较长的预热时间。这些问题的存在,表明纤细软材料的实用动态检测目前依然是一项高难度的工作。

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,2001: 55.
Suzhou Institute of Silk Technology, Zhejiang Institute of Silk Technology. Silk Manufacturing [M]. Beijing: Textile Industry Press, 2001: 55.
- [2] 白伦,谢瑞娟,李明忠. 长丝工艺学[M]. 上海: 东华大学出版社,2011: 15-49.
BAI Lun, XIE Ruijuan, LI Mingzhong. Filament Technology [M]. Shanghai: Donghua University Press, 2011: 15-49.
- [3] 费万春,崔晓丽,朱美男,等. 对定纤感知器与生丝细度的分析研究[J]. 丝绸,2000(10): 12-43.
FEI Wanchun, CUI Xiaoli, ZHU Meinan, et al. Relation between denier indicator and raw silk fineness [J]. Journal of Silk, 2000(10): 12-43.
- [4] 周颖. 生丝电子检测技术研究及展望[J], 丝绸,2009(9): 42-51.
ZHOU Ying. Research and prospect of silk electronic detection technology [J]. Journal of Silk, 2009(9): 42-51.
- [5] 陈庆官,冯国平. 用 SD-4 型细度仪测量缫制中的生丝纤度[J]. 苏州丝绸工学院学报,1995,15(2): 87-92.

- CHEN Qingguan , FENG Guoping. Size measurement of silk in reeling with model SD-1 size test [J]. Journal of Suzhou Institute of Silk Textile Technology , 1995 , 15(2) : 87-92.
- [6] 崔晓丽. 计算机动态检测生丝细度 [D]. 苏州: 苏州大学 , 2001: 54-74.
- CUI Xiaoli. Dynamic Computer Measurement for the Fineness of Raw Silk [D]. Suzhou: Soochow University , 2001: 54-74.
- [7] 刘凤娇, 周望. 生丝细度测量光学成像系统设计 [J]. 激光杂志 , 2012 , 33(2) : 41-43.
- LIU Fengjiao , ZHOU Wang. Design of optical imaging system measuring the fineness of a raw silk [J]. Laser Journal , 2012 , 33(2) : 41-43.
- [8] 陶婷婷. 生丝细度序列分析及细限点的检出 [D]. 苏州: 苏州大学 , 2014: 27-34.
- TAO Tingting. Analysis of Raw Silk Fineness Series and the Fine Limit Point [D]. Suzhou: Soochow University , 2014: 27-34.
- [9] MORIKAWA Hideaki , SHIMIZU Shigeto , OKAJIMA Masaaki , et al. Outer diameter measurement of raw silk thread by using laser-scan micro-gauge system [C]// Proceedings of the 6th China International Silk Conference and 2nd International Textile Forum. Beijing: Chemical Industry Press , 2007: 126-128.
- [10] FEI Wanchun. Photoelectric measurement of the fineness of raw silk [J]. Journal of Measurement Science and Instrumentation , 2010 , 1(3) : 205-207.