

# 棉花中白色异性纤维的线扫描激光成像检测方法

王 冬, 尹伯彪, 刘 翔, 何相呈, 苏真伟\*

(四川大学制造科学与工程学院, 成都 610065)

**摘 要:** 在可见光和紫外光照明条件下, 皮棉中白色异性纤维和棉花背景的颜色相近, 很难用现有的机器视觉系统或人工方法检测出来。该文以 12 种典型白色异性纤维为样本, 采用线扫描相机, 分别在红色激光 (波长 658 nm)、蓝色激光 (波长 405 nm) 和红外激光 (波长 850 nm) 3 种照明条件下, 改变激光功率和曝光时间, 获取了 300 幅白色异性纤维与棉花的图像。在此基础上, 根据同一图像中目标和背景的平均灰度值计算了图像的对比度, 然后作出了不同激光波长、功率、曝光时间和图像对比度之间的关系曲线, 最后, 在该试验装置的条件下, 该文确定了线激光成像的最佳检测波长为 658 nm、光功率为 55 mW 和曝光时间为 36  $\mu$ s, 发现采用优化的线激光参数成像, 图像中 12 种白色异性纤维灰度值已经接近饱和而棉花还处于欠饱和状态, “目标”和“背景”的对比度达到最大, 利用两者平均灰度值的明显差异可以检测出棉花中的白色异性纤维。试验结果表明, 采用优化的线激光成像参数获取 730 幅棉花图像, 利用简单的 Prewitt 算子边缘检测法和固定阈值的二值化方法对图像进行分割, 12 种典型白色异性纤维样本的正确识别率分别可达 93.7% 和 92.9%。

**关键词:** 无损检测; 纤维; 棉花; 激光; 波长; 光; 功率; 曝光时间

doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.09.046

中图分类号: S126; TS102.2\*11

文献标志码: A

文章编号: 1002-6819(2015)-09-0310-05

王 冬, 尹伯彪, 刘 翔, 等. 棉花中白色异性纤维的线扫描激光成像检测方法[J]. 农业工程学报, 2015, 31(9): 310—314.

Wang Dong, Yin Bobiao, Liu Xiang, et al. Laser line scan imaging method for detection of white foreign fibers in cotton[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(9): 310—314. (in Chinese with English abstract)

## 0 引 言

棉花中混入的地膜、塑料袋、绳索、布条、毛发等异性纤维, 严重地影响了棉纺织品的质量<sup>[1-3]</sup>。目前国内外采用棉花异性纤维分拣机, 在可见光照明条件下根据颜色的差异去除棉花中的大部分有色异性纤维<sup>[4-6]</sup>, 但白色和浅色异性纤维与棉花的颜色和灰度值相同或者十分接近, 图像对比度低, 直方图呈单峰特性, 很难在线识别和剔除出去<sup>[7-11]</sup>。Hogan<sup>[12]</sup>和 Gamble 等<sup>[13]</sup>对棉花和异性纤维进行光谱分析, 发现部分具有荧光效应的异性纤维与棉花存在明显的光谱差异, 基于此, 可以检测出带有荧光物质的白色异性纤维, 但大量非荧光的白色异性纤维仍无法检测清除, 如白色塑料编织袋、地膜, 毛发等。Ajay 等<sup>[14]</sup>采用 Sky Scan-1074 射线扫描仪建立断层 X 光摄影试验系统, 对棉花和异性纤维样本进行扫描, 获取了断层 X 光图像, 采用模糊逻辑方法分析和自适应阈值算法对图像进行分割, 据称检测率达到了 96%, 但扫描时间为 15~20 min, 耗时长且图像分辨率低, 此外由于 X 射线对人体存在一定的伤害, 系统体积庞大且价格

昂贵, 不适合在线检测。Jia 等<sup>[15]</sup>发现某些白色异性纤维在红外波段能够和棉花区分开来, Böhmer 等<sup>[16]</sup>开发了一套红外视觉检测系统, 可以通过 2 通道的近红外相机检测出籽棉中的一些白色透明薄片, 在此基础上, 杨文柱等<sup>[17]</sup>提出了棉花最佳红外检测波段, 红外光谱相机速度慢、价格高, 红外图像存在整体较暗、分辨率低、噪声高、目标与背景对比度低和边缘模糊等问题, 相关技术目前还停留在试验室研究阶段。郭俊先等<sup>[18]</sup>研究了高光谱成像技术对梳棉内部异性纤维的检测效果和可行性, 但其检测对诸如白色丙纶丝等异性纤维误判率较高, 检测效果仍然不佳, 且高光谱成像技术对工作环境要求高、易受外界干扰、光谱的信噪比低、图像采集时间长、所需设备昂贵, 不便于在实际生产中应用。

与上述光源相比, 激光具有发散角小、方向性好、能量集中和单色性等优点。固体激光器价格低、体积小、操作使用方便, 现在已经广泛应用于机器视觉检测中。华才健等<sup>[19]</sup>发现线激光在异性纤维表面产生强反射, 而在松散多毛的棉花表面产生漫反射, 提出了一种基于线激光照明成像的棉花中白色异性纤维检测方法。但实际检测中棉花表面起伏不平, 异性纤维的起伏造成“明场”和“暗场”分布随机, 很难按照预定的角度成像。Liu 等<sup>[20]</sup>在此基础上, 利用面阵相机获取线激光照明条件下的棉花截面图像, 发现异纤上部区域因无棉花绒毛而光洁, 而棉花附近区域散布着棉花绒毛形成的星点, 由此提出

收稿日期: 2015-03-17 修订日期: 2015-04-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31371536)

作者简介: 王 冬, 男, 陕西西安人, 主要研究方向为机器视觉。成都 四川大学制造科学与工程学院, 610065。Email: wangd\_scu@163.com

\*通信作者: 苏真伟, 男, 四川人, 教授, 博士生导师, 主要从事机器视觉及无损检测研究。成都 四川大学制造科学与工程学院, 610065。

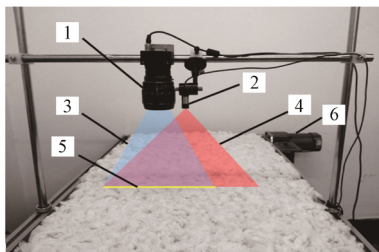
Email: zhenweisu99@hotmail.com

了一种基于亮斑连通域与绒毛星点相互关系的异性纤维分割算法。但这种基于目标尺寸和分布的区分方法速度比较慢,每幅图像处理时间约为 16.2 ms;少数粘接的棉团表面没有绒毛,精度有待于进一步提高。刘翔等<sup>[21]</sup>利用面阵相机和线激光对棉花中 12 种典型的白色异性纤维成像,进一步发现棉花和多数白色异性纤维存在一段共有的最优曝光时间,在此曝光时间内,白色异性纤维的灰度值已经达到饱和而棉花还没有充分曝光;由此,采用简单的固定阈值法,皮棉中 12 种典型的白色异性纤维均可以快速地识别出来。但相关的研究基于面阵相机,现有的棉花分拣机普遍采用线扫描相机成像;除了曝光时间之外,在线扫描相机和线激光成像的条件下,图像对比度和线激光的波长、功率之间的关系,还需要在试验的基础上分析和研究。

本文采用线扫描相机获取了棉花和 12 种典型白色异性纤维在不同功率的红色激光(波长 658 nm)、蓝色激光(波长 405 nm)和红外激光(波长 850 nm)照明条件下、不同曝光时间的图像,做出了激光波长、功率和曝光时间与图像对比度的关系曲线,在此基础上,提出了一种优化的基于线扫描相机的激光成像方法,然后采用简单的 Prewitt 算子边缘检测法和固定阈值的二值化方法对图像进行分割,即可识别出棉花中的白色异性纤维。

## 1 成像系统

成像系统如图 1,主要包括线扫描相机、线激光光源和可调速传送装置。线激光 90°垂直照射在皮棉表面,激光头到皮棉表面距离 195 mm,相机镜头到皮棉表面的距离为 205 mm,线扫描相机垂直向下获取图像。为了保证成像不受棉花表面起伏不平对线激光投射光斑直线性的影响,棉花表面的线激光投射宽度为 2 mm。相机的线扫描平面应与线激光的投射“光刀”平面在空间上相互重合。试验中成像曝光时间的调节范围较大,光圈固定为 2.8,为了避免采集到的图像模糊失真,传送带以 0.4 m/s 的速度匀速运动。



1. 线阵相机 2. 激光器 3. 线扫描平面 4. 激光平面 5. 成像扫描区域 6. 电机  
1. Line scan camera 2. Laser 3. Line scanning plane 4. Laser plane 5. Imaging scan area 6. Motor

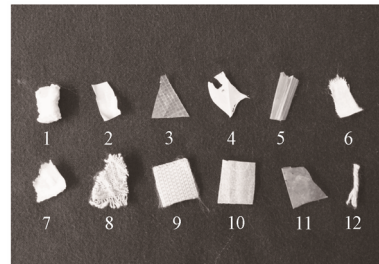
图 1 线激光成像系统  
Fig.1 Imaging system of line laser

其中,线扫描相机为德国 Basler 公司 L301KC 型 CCD 线扫描相机,分辨率为 2048 像素/线,最大线速率 9.2 kHz,

曝光时间通过该公司提供的 CCT+软件可调。激光器为西安思拓光电科技有限公司线激光器,分别为:型号 ST405UL50G(波长 405 nm);型号 T658UL50G(波长 658 nm);型号 ST850UL50G 波长(850 nm)。上述激光器的功率均在 0~70 mW 内可调。

为了测试各激光器实际发射的光功率,采用北京物科光电技术有限公司 LP-3A 型热释电激光功率计,量程分 1 999  $\mu$ W, 19.9 mW, 199.9 mW, 1.999 W 4 档。

试验用皮棉和白色异性纤维均采集自四川大英天骄纺织有限公司。工厂开松后的皮棉手工铺成宽 650 mm 长 1 270 mm、厚度 20~40 mm 的不间断均匀棉层,放置于传送带上。12 种典型白色异性纤维样本如图 2 所示,包括:白色泡沫块、白色塑料薄片、白色编织袋、白色羽毛、白色塑料绳、白色布条、白色卫生纸、白色麻布、白色尼龙绳、白色海绵包装膜、地膜和白色棉绳等,其中片状的异性纤维宽度不大于 20 mm,条状或丝状异性纤维长度不大于 40 mm。12 种白色异性纤维样本随机散落在皮棉表面,以便成像。



1. 白色泡沫块 2. 白色塑料薄片 3. 白色编织袋 4. 白色羽毛 5. 白色塑料绳 6. 白色布条 7. 白色卫生纸 8. 白色麻布 9. 白色尼龙绳 10. 白色海绵包装膜 11. 地膜 12. 白色棉绳  
1. White foam blocks 2. White plastic thin sheet 3. White woven bag 4. White feather 5. White plastic thread 6. White cloth 7. White toilet paper 8. White linen 9. White nylon thread 10. White foam packaging film 11. Mulch plastic film 12. White cotton thread

图 2 典型白色异性纤维样本

Fig.2 Samples of typical white foreign fibers

## 2 对比度的量化计算

棉花与异性纤维的对比度可以用二者灰度值之差来表征,如果对比度为  $D$ ,则有:

$$D = |G_f - G_c| \quad (1)$$

式中:  $G_f$  为异性纤维平均灰度值;  $G_c$  为棉纤维平均灰度值;  $D$  为二者的平均灰度差。

本文灰度差的算法流程如图 3,输入的线扫描激光图像包含异性纤维和棉花背景。图像对比度的变化范围较大,无法统一用自适应阈值法分割,本文采用手动阈值的二值化方法把异性纤维从棉花背景中分割出来;再分别计算分割出来的异性纤维和棉花背景的平均灰度值  $G_f$  和  $G_c$ ;异性纤维与棉纤维的平均灰度值之差  $|G_f - G_c|$  即可以计算出来。

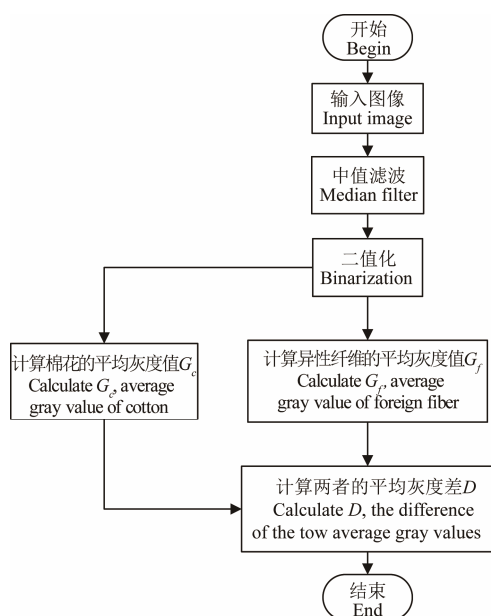


图3 灰度差的算法流程图

Fig.3 Flow chart of algorithm for gray value difference

### 3 成像参数激光波长、功率和曝光时间的优化

为了探究激光波长、功率和曝光时间对图像对比度的影响,采用图1的试验装置,分别在红色激光(波长658 nm)、蓝色激光(波长405 nm)和红外激光(波长850 nm)照明条件下,改变激光功率,步长为5 mW,改变曝光时间,步长为10  $\mu$ s,共采集了300幅图像。

通过式(1)计算,得到了3种波长不同的激光照射下,激光功率、曝光时间和图像的平均灰度差的关系曲线如图4。

由图4可以看出,在线激光波长和光功率一定的条件下,随着成像曝光时间的提高,图像中异性纤维和棉花背景的平均灰度差存在一个最大值。此外,不同功率的激光照明,图像平均灰度差达到最大值时所需的成像曝光时间不同,功率越大,达到最大值所需的成像曝光时间越短,反之所需的成像曝光时间越长。

在生产中较短的成像曝光时间有利于提高检测速度,因此,激光的最佳功率应在尽可能短的成像曝光时间内达到平均灰度差的峰值。由此,试验中蓝色激光(405 nm)最佳功率是70 mW,红色激光(波长658 nm)最佳功率是55 mW,红外激光(850 nm)最佳功率是70 mW。

红色激光(波长658 nm)的平均灰度差曲线的峰值最高,达到峰值所需的成像曝光时间最短,而红外激光(850 nm)的平均灰度差峰值最低,达到峰值所需的成像曝光时间最长。平均灰度差峰值的高低反映了图像对比度的强弱,平均灰度差越大,图像的对比度越强,图像中异性纤维越容易从棉花背景中分割出来。由此可以确定,在本试验条件下,最佳的成像参数是:波长658 nm(红光)、功率55 mW、成像曝光时间为36  $\mu$ s。

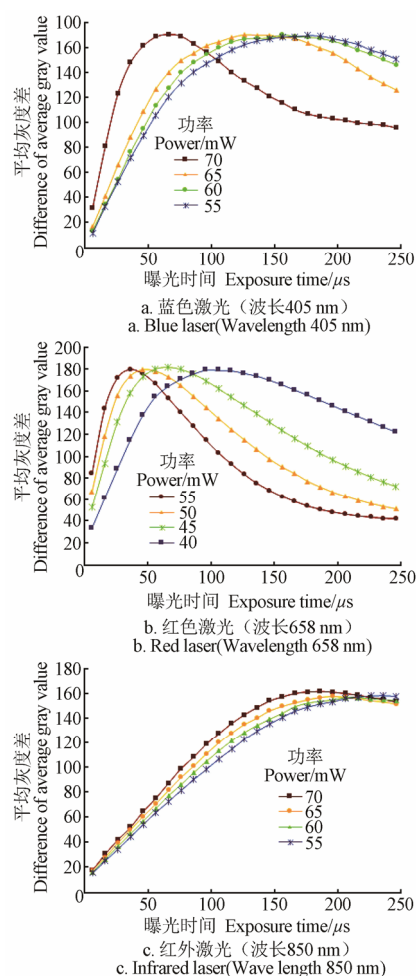


图4 不同波长的激光照明条件下的平均灰度差曲线图

Fig.4 Curves of difference of average gray value in different laser lights

## 4 成像试验及结果分析

### 4.1 成像试验

现有的异性纤维检测系统普遍采用LED+紫外荧光的成像方法,为了进行对比试验,本文构建了2种光源的成像系统:1)采用波长658 nm(红光)、功率55 mW、成像曝光时间为36  $\mu$ s的最佳参数构成的线激光成像系统(如图2)。2)采用长度1.2 m、功率40 W的6根白色LED灯管(荷兰飞利浦公司)和2根紫外荧光灯管(南京华强公司)作为可见光照明光源,替代图2中的线激光构成LED成像系统,曝光时间为36  $\mu$ s。二者的传送带速度0.4 m/s,计算机配置为: Intel(R) Core(TM) i5-4670 CPU@3.40GHz; 8G RAM; Win7 OS。

### 4.2 试验结果与分析

选取图1中的12种典型白色异性纤维为试验样本,在LED和线激光照明的条件下,棉花和12种白色异性纤维的图像分别如图5。

可以看出,图5a中LED光照下的棉纤维与白色异性纤维颜色相同或相近,很难区分;图5b为相同的白色异性纤维样本在优化的线激光成像条件下采集到的图像,白色异性纤维表面反射光强度明显高于棉纤维,两者的灰度值差异大,有利于目标的分割。



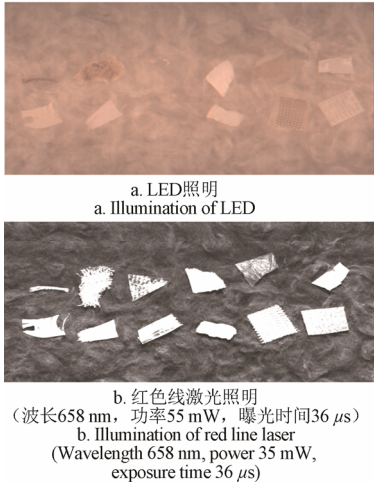


图 5 不同照明条件下的棉花和白色异性纤维图像  
Fig.5 Images of cotton with foreign fibers in different lights

以上述 12 种典型的白色异性纤维作动态检测试验，每一种 6 个试验样本，大小不同、形状各异，其中片状和块状的异纤宽度不小于 10 mm，丝状异纤不短于 10 mm。试验中，样本被随机投放到图 2 中试验装置的棉花表面，每个样本投放 5 次，分别在线激光和可见光照明条件下，获取 730 帧异性纤维和棉花图像，其中，纯棉花图像 370 帧，包含异性纤维的棉花图像 360 帧。

为了对比 2 种成像系统的检测性能，采用 4 种经典的检测算法对图像进行处理，包括：大津法、迭代法、手动阈值法及边缘检测法（Prewitt 算子）；其中，激光图像和 LED 图像的最佳手动分割阈值经尝试分别确定为 113 和 34，试验检测结果见表 1。

表 1 白色异性纤维检测试验结果  
Table 1 Experiment result of detection of white foreign fibers

检测算法 Detection algorithm	照明光源 Lighting source	正确检测数 Successful detected images	漏检图像数 Misdetction images	虚警图像数 False alarmed images	正确识别率 Successful detected rate/%
边缘检测 Edge detection	激光	684	44	2	93.7
	LED	448	279	3	59.6
固定阈值法 Fixed threshold	激光	678	35	17	92.9
	LED	326	293	111	44.7
大津法 Otsu method	激光	329	31	370	45.1
	LED	3	357	370	0.4
迭代法 Iterative method	激光	339	24	367	46.4
	LED	62	298	370	8.5

注：正确识别率=正确检测图像数/图像总数×100%。  
Note: Successful detected rate = Number of successful detected images / Number of total images×100%.

表 1 可以看出，LED+紫外荧光成像系统的白色异性纤维识别率始终低于 60%，相比之下，线激光成像系统对白色异性纤维的识别率较高，采用 Prewitt 算子边缘检测法，白色异性纤维的检出率达到了 93.7%，采用速度更快的固定阈值的二值化方法，检出率达到了 92.9%。

线激光成像条件下漏检的样本主要为反光性较差的地膜和透明塑料绳。误判图像主要因为棉花中极少部分

纤维紧密缠绕成团状，在线激光照射下表面发生强反光，平均灰度值同异性纤维十分接近。

5 结 论

本文利用线扫描相机，在试验的基础上做出了在波长 405、658 和 850 nm 的线激光照明下，皮棉和 12 种典型的白色异性纤维在不同光功率、不同曝光时间成像条件下图像对比度的变化关系曲线。试验发现采用波长 658 nm、光功率 55 mW 的线激光照明，在曝光时间为 36 μs 时成像，图像中异性纤维与棉花的对比度达到最大。采用常见的 4 种简单的图像处理方法，线激光成像对棉花中 12 种典型白色异性纤维的正确识别率明显高于 LED+紫外光成像。

本文成功地用线扫描相机替代了此前线激光成像研究采用的面阵相机。采用简单的 Prewitt 算子边缘检测法和固定阈值的二值化方法对图像进行分割，优化的线扫描激光成像方法对白色异性纤维的正确识别率分别可达 93.7%和 92.9%，这就为下一代棉花异性纤维分拣机的设计提供了一条新途径。

[参 考 文 献]

[1] 杨美华. 棉花异性纤维的危害和预防[J]. 江苏纺织, 2014(4): 44—46.  
Yang Meihua. Hazards and prevention of foreign fiber in cotton[J]. Jiangsu Textile, 2014(4): 44—46. (in Chinese with English abstract)

[2] 艾尔肯·普拉提. 棉花异性纤维探究[J]. 中国纤检, 2014(13): 27—32.  
Aierken-pulati. Exploration in cotton and foreign fibers[J]. Chinese Fiber Detecting, 2014(13): 27—32. (in Chinese with English abstract)

[3] 喻树迅. 我国棉花生产现状与发展趋势[J]. 中国工程科学, 2012, 15(4): 9—12.  
Yu Shuxun. Present situation and development trend of cotton production in China[J]. Engineering Sciences, 2012, 15(4): 9—12. (in Chinese with English abstract)

[4] Lieberman M, Bragg C, Brennan S. Determining gravimetric bark content in cotton with machine vision[J]. Text Res J, 1998, 68(2): 94—104.

[5] Su Zhenwei, Tian Guiyun, Gao Chunhua. A machine vision system for on-line removal of contaminants in wool[J]. Mechatronics, 2006, 16(5): 243—247.

[6] Yang Wenzhu, Li Daoliang, Zhu Liang, et al. A new approach for image processing in foreign fiber detection[J]. Comput Electron Agr, 2009, 68(1): 68—77.

[7] Mehta P, Kumar N, Mehta P. Detection of foreign fibers and cotton contaminants by using intensity and hue properties[J]. International Journal of Advances in Electronics Engineering, 2010, 1(1): 230—240.

[8] Kumar A. Computer-vision-based fabric defect detection: A survey[J]. Industrial Electronics, IEEE Transactions on, 2008, 55(1): 348—363.

[9] 郭俊先, 应义斌. 皮棉中杂质检测技术与检出装备的研究进展[J]. 农业机械学报, 2008, 39(7): 106, 107—112.  
Guo Junxian, Ying Yibin. Process on detecting technique and sorter of raw cotton foreign matters[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(7): 106, 107—112. (in Chinese with English abstract)

[10] Gao Gaili, Li Daoliang, Shang Shouhai. New method of cotton flow speed detection based on area CCD[J]. Sensor Letters, 2010, 8(1): 32—39.

- [11] Finlayson G, Hordley S, Schaefer G, et al. Illuminant and device invariant colour using histogram equalization[J]. *Pattern Recogn*, 2005, 38(2): 179—190.
- [12] Hogan H. Spectroscopy focus: Tracking cotton trash via fluorescence[J]. *Photonics Spectra*, 2007, 41(8): 98—99.
- [13] Gamble G R, Foulk J A. Quantitative analysis of cotton (*Gossypium hirsutum*) lint trash by fluorescence spectroscopy[J]. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, 55(13): 4940—4943.
- [14] Ajay P, Sari-Sarraf H, Hequet E F. Recognition of cotton contamination via X-ray micro-tomographic image analysis[J]. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 2004, 40(1): 77—85.
- [15] Jia Dongyao, Ding Ttianhuai. Novel method of detecting foreign fibers in lint by fiber's infrared absorption characteristic[J]. *Journal Infrared Millimeter and Waves*, 2005, 24(2): 147—150.
- [16] Böhmer S, Budzier H, Krause V, et al. Two-channel NIR camera system to detect foreign matter in raw cotton[C]. *Proceedings of 8th Quantitative InfraRed Thermography (QIRT)*, Padova, Italy, 2006: 53—59.
- [17] 杨文柱, 李道亮, 魏新华, 等. 基于光谱分析的棉花异性纤维最佳波段选择方法[J]. *农业工程学报*, 2009, 25(10): 186—192.
- Yang Wenzhu, Li Daoliang, Wei Xinhua, et al. Selection of optimal band for detecting foreign fibers in lint cotton using spectroscopic analysis[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2009, 25(10): 186—192.
- [18] 郭俊先, 应义斌, 饶秀勤, 等. 梳棉内层杂质高光谱图像检测[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(12): 197—203.
- Guo Junxian, Ying yibin, Rao Xiuqin, et al. Detection of trashes in combed cotton using hyper-spectral images[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*, 2012, 43(12): 197—203. (in Chinese with English abstract)
- [19] 华才健, 苏真伟, 乔丽, 等. 基于线激光的棉花中白色异性纤维检测[J]. *农业机械学报*, 2012, 43(2): 181—185.
- Hua Caijian, Su Zhenwei, Qiao Li, et al. White foreign fibers detection in cotton using line laser[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Machinery*, 2012, 43(2): 181—185. (in Chinese with English abstract)
- [20] Liu Feng, Su Zhenwei, He Xiangcheng, et al. A laser imaging method for machine vision detection of white contaminants in cotton[J]. *Textile Research Journal*, 2014, 84(18): 1987—1994.
- [21] 刘翔, 何相呈, 苏真伟, 等. 棉花中白色异性纤维的激光成像快速检测方法[J]. *农业工程学报*, 2014, 30(15): 190—196.
- Liu Xiang, He Xiangcheng, Su Zhenwei, et al. A laser imaging method for fast detecting white foreign fibers in cotton[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2014, 30(15): 190—196. (in Chinese with English abstract)

## Laser line scan imaging method for detection of white foreign fibers in cotton

Wang Dong, Yin Bobiao, Liu Xiang, He Xiangcheng, Su Zhenwei\*

(School of Manufacturing Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

**Abstract:** With the development of machine vision systems, auto-sorting systems have been used for removal of foreign fibers (contaminants) in cotton. Of them, white foreign fibers are hardly distinguished from lint cotton because their colors are the same or very close under the illumination of visible lights and ultraviolet lights in the inspection by an existing machine vision system or manual sorting. The laser imaging methods previously suggested by our team can detect most of the white foreign fibers in cotton, but there are 2 problems that need to be solved: One is that they can only use area cameras for the inspection, which is not suitable for the processing line of the lint cotton in textile industry; the other is that the optimization of parameters for the laser imaging system is only concerned with the camera exposure time, but not concerned with the wavelength and the power of the line laser. To solve the 2 problems, in this paper, 12 kinds of typical non-fluorescent white foreign fibers random distributed on the cotton surface were driven by a conveyor, and 300 frames of their images were obtained by a high-speed line-scan camera under the illuminations of line laser at the wavelengths of 658, 405 and 850 nm with different laser light powers and different exposure time individually. Firstly, the contrast of the white foreign fibers and cotton background in a frame of the laser image was quantized by the difference of their average pixel values. Then, the relationship curves between the quantized differences of fiber and cotton grey values and the laser light's wavelengths, the laser light's powers and the exposure time were plotted and analyzed. It was found that using the optimized imaging parameters, the gray level of the foreign fibers had reached a saturated status, but the gray value of cotton was still unsaturated. Thus, by the significant difference of the targets and background, the white foreign fibers could be separated from the cotton. In the experimental imaging system, the image contrast of 12 kinds of white foreign fibers and cotton background had reached a maximum value when the laser images were obtained under the illumination of the line laser at the wavelength of 650 nm with the power of 55 mW and the exposure time of 36  $\mu$ s. Finally, using the optimized laser imaging system and the traditional imaging system of LED plus ultraviolet light individually, 730 frames of the images of 12 kinds of white foreign fibers with lint cotton were obtained. The experimental results indicated that, the 12 kinds of white foreign fibers could be easily distinguished from cotton. With the optimized imaging system, using a simple algorithm of Prewitt edge detecting or fixed binary segmentation, the successful detecting rate was up to 93.7% or 92.9%, respectively.

**Key words:** nondestructive examination; fibers; cotton; lasers; wavelength; light; power; exposure time