

# 基于光电技术皮棉疵点快速检测方法的研究

张志峰<sup>1</sup> 翟玉生<sup>1</sup> 郭莹莹<sup>2</sup> 王新杰<sup>2</sup> 杜银霄<sup>3</sup>

<sup>1</sup>郑州轻工业学院物理与电子工程学院, 河南 郑州 450002

<sup>2</sup>郑州轻工业学院机电工程学院, 河南 郑州 450002

<sup>3</sup>郑州航空工业管理学院数理系, 河南 郑州 450015

**摘要** 轧工质量是棉花重要的质量指标。皮棉疵点的存在会影响到棉花加工的质量以及纺织品的品质,因此皮棉疵点含量的快速检测具有重要的意义。针对皮棉疵点中破籽、带纤维籽屑和僵棉,利用皮棉疵点不同的光响应特性,提出了一种基于改进的自适应迭代阈值法皮棉疵点快速检测方法。该方法基于光电探测技术,利用改进后的形态学边缘检测算子对多疵点图像进行边缘检测,得到了具有明显特征的疵点图像,再用迭代阈值法求取阈值进行图像分割,当权重系数 $n=0.6$ 时破籽和带纤维籽屑有最佳分割阈值,对于僵棉权重系数 $n=0.5$ 时有最佳分割阈值。同技术人员的比对实验结果表明原棉疵点检测正确率达到85%以上,检测时间在3 s以内,基本能够满足快速检测的需求。

**关键词** 棉花疵点; 光电技术; 自适应阈值; 图像处理

中图分类号 O436

文献标识码 A

doi: 10.3788/LOP52.031202

## Research on Method to Measure Cotton Defects Based on Optoelectronic Technique

Zhang Zhifeng<sup>1</sup> Zhai Yusheng<sup>1</sup> Guo Yingying<sup>2</sup> Wang Xinjie<sup>2</sup> Du Yinxiao<sup>3</sup>

<sup>1</sup>School of Physics & Electronic Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, Henan 450002, China

<sup>2</sup>Mechanical and Electrical Engineering Institute, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou, Henan 450002, China

<sup>3</sup>Department of Mathematics and Physics, Zhengzhou Institute of Aeronautical Industry Management, Zhengzhou, Henan 450015, China

**Abstract** Cotton ginning quality is very important to evaluate the cotton grade. Cotton defects influence cotton and textiles qualities. It is very significant to measure cotton defects rapidly. Cotton defects include seed coat fragment, bearded motes, and ginned dead cotton which have different light response characteristics. A novel method is proposed to measure the cotton defects based on optoelectronic measurement technique. The image segmentation is made by using adaptive thresholds and cotton defects can be inspected correctly. The best segmentation threshold of seed coat fragment and bearded motes is 0.6. The dead cotton's best segmentation threshold is 0.5. The comparison experimental results show that the inspection accuracy of measuring system is more than 85% and the measuring time is less than 3 seconds. The measuring system can meet requirement of cotton defects rapid inspection.

**Key words** cotton defects; optoelectronic technique; adaptive threshold; image processing

**OCIS codes** 120.1880; 110.1085; 100.2960

## 1 引言

皮棉疵点是指带纤维的杂质和妨碍纺织的纤维两大类。根据GB1103-2007《棉花细绒棉》标准的规定,

收稿日期: 2014-06-12; 收到修改稿日期: 2014-07-07; 网络出版日期: 2015-01-29

基金项目: 国家自然科学基金(61274012,U1304507)、河南省高等学校青年骨干教师资助计划资助项目(2012GGJS-118)、河南省高校科技创新团队支持计划资助项目(2012IRTSTHN013)、河南省重点科技攻关项目(122102210436)

作者简介: 张志峰(1976—),男,博士,副教授,硕士生导师,主要从事光电检测技术及机器视觉方面的研究。

E-mail: zhifengzhang76@gmail.com

疵点包括:破籽、不孕籽、索丝、软籽表皮、僵片、带纤维籽屑及棉结7种。由于疵点在纺织过程中难以排出,残留的杂质疵点包卷在纱条中或附着在纱线表面,其后果是造成条干恶化,成纱棉结,杂质增多,纱绒毛羽增加。用带纤维籽屑数量大的纱线造成的胚布表面表现出大量的棉结、杂质,染色后布面将显现不孕色点、毛粒,手感僵硬粗糙,从而影响棉纺织业的发展,给国民经济带来了严重的损失<sup>[1]</sup>。因此,皮棉疵点含量的快速检测对于原棉质量等级判定至关重要。

目前国内大多数企业普遍采用目测进行疵点的识别。目测的测试准确性往往受人为因素的影响,而且对于细小的疵点,检测结果的误检率和漏检率比较高,而且费工费时。随着计算机技术及光电检测技术的发展,机器视觉技术在产品缺陷及疵点检测中得到了越来越广泛的应用<sup>[2-8]</sup>。应用可见光机器视觉<sup>[9]</sup>、红外波段光谱图像<sup>[10]</sup>和断层X光摄影<sup>[11]</sup>等检测技术,采用数字图像处理和化学计量学分析方法,识别分类原棉杂质<sup>[12]</sup>。在图像处理技术中皮棉疵点图像准确分割至关重要。李美玲等<sup>[13]</sup>提出了一种将最大类间方差法与线性回归相结合的棉网图像结杂分割方法,能够实现结杂的识别;李国辉等<sup>[14]</sup>基于不规则成像机器视觉系统,提出了一种棉花白色异性纤维检测的图像分割方法。

本文针对皮棉疵点中破籽、带纤维籽屑和僵棉,提出了一种基于改进的自适应迭代阈值法皮棉疵点快速检测方法。该方法基于光电检测技术,利用棉花疵点不同光响应特性,采用改进的形态学边缘检测算子对多疵点图像进行边缘检测,得到了疵点特征较为明显的初始图像,再用迭代阈值法求取阈值进行图像分割,准确检测出皮棉各种疵点。

## 2 原棉疵点检测算法

### 2.1 数学形态学的边缘检测算法

数学形态学的基本原理是将二值图像看成集合,并用结构元素来探测。在形态学中,结构元素是最重要最基本的概念,构造不同的结构元素便可完成不同的图像分析。膨胀和腐蚀运算是形态学图像处理的基础,两者不互为逆运算,所以它们可以级联使用,达到结果较好<sup>[15]</sup>。

令  $f(x,y)$  为图像的灰度函数,  $g(i,j)$  为结构元素的灰度函数,灰度函数  $f(x,y)$  的膨胀和腐蚀定义如下:

膨胀:输出像素的值是输入像素邻域中所有像素的最大值。在二维图像中,如果输入像素设为1,则输出像素设为1。

$$f \otimes g(x,y) = \max_{(i,j)} \{f(x-i,y-j) + g(i,j)\}. \quad (1)$$

腐蚀:输出像素的值是输入像素邻域中所有像素的最小值。在二维图像中,如果任何像素设为0,则输出像素设为0。

$$f \oplus g(x,y) = \min_{(i,j)} \{f(x+i,y+j) + g(i,j)\}. \quad (2)$$

利用形态学梯度进行边缘检测,则边缘检测算子为:

$$U_{\text{grad}}(f) = f \otimes g - f \oplus g. \quad (3)$$

### 2.2 改进边缘检测算法

首先对得到的彩色图像分成三个通道红绿蓝(RGB),考虑到像素点的灰度值基于RGB空间计算得出,分别对  $R$ 、 $G$ 、 $B$  三幅伪灰度图像进行边缘检测,各通道检测结果如下:

$$U_{\text{grad}}(f_R) = f_R \otimes g - f_R \oplus g, \quad (4)$$

$$U_{\text{grad}}(f_G) = f_G \otimes g - f_G \oplus g, \quad (5)$$

$$U_{\text{grad}}(f_B) = f_B \otimes g - f_B \oplus g, \quad (6)$$

式中  $U_{\text{grad}}(f_R)$ 、 $U_{\text{grad}}(f_G)$  和  $U_{\text{grad}}(f_B)$  分别为  $R$  通道、 $G$  通道和  $B$  通道的伪灰度图像的边缘检测得到的边缘强度,  $f_R$ 、 $f_G$  和  $f_B$  为  $R$ 、 $G$ 、 $B$  分量,  $g$  为结构元素。

对于破籽和带纤维籽屑,采用  $R$  通道和  $G$  通道的边缘强度减去  $B$  通道的边缘检测强度,达到了较好的效果。破籽边缘强度算子由(7)式可得:

$$U_{\text{grad}}(f_{\text{seed}}) = U_{\text{grad}}(f_R) + U_{\text{grad}}(f_G) - U_{\text{grad}}(f_B). \quad (7)$$

破籽和带纤维籽屑区别在于面积的大小,根据多次实验结果,区别两者的面积阈值取315,大于阈值的

为破籽,小于的为带纤维籽屑。

根据僵棉图像特征,边缘强度算子由(8)、(9)式可得:

$$U_{\text{grad}}(f) = U_{\text{grad}}(f_R) + U_{\text{grad}}(f_G) + U_{\text{grad}}(f_B) \times 2.5, \quad (8)$$

$$U_{\text{grad}}(f_{\text{cotton}}) = U_{\text{grad}}(f) - U_{\text{grad}}(f_{\text{seed}}). \quad (9)$$

在形态学中,结构元素是最重要最基本的概念,结构元素在形态变换中的作用相当于信号处理中的“滤波窗口”。结构元素的选择对处理的结果至关重要,基于破籽和带纤维籽屑的结构,通过大量实验测试和分析比较,提出采用菱形结构作为结构元素,如图1所示,其中●为中心元素,□为有效领域像素。如果  $U_{\text{grad}}(f)$  大于给定的阈值,则该像素点为得到的边缘像素点,采用3×3菱形结构元素。

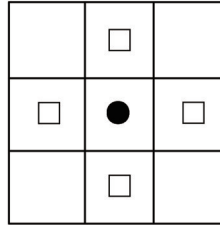


图1 结构元素图

Fig.1 Image of structuring element

### 2.3 改进迭代阈值法

迭代阈值法是对直方图法的改进,是一种自动选取阈值的方法。首先通过形态学处理得到综合边缘检测强度,求此梯度图中的最大灰度值  $t_{\text{max}}$  和最小灰度值  $t_{\text{min}}$ ,令其初始阈值

$$T^0 = \frac{t_{\text{max}} + t_{\text{min}}}{2}. \quad (10)$$

根据阈值  $T^k$  将伪灰度图像分割成目标和背景两部分,并求出目标平均灰度和背景平均灰度值如下:

$$Z_0 = \frac{\sum_{z(i,j) < T^k} z(i,j)n(i,j)}{\sum_{z(i,j) < T^k} n(i,j)}, \quad (11)$$

$$Z_B = \frac{\sum_{z(i,j) > T^k} z(i,j)n(i,j)}{\sum_{z(i,j) > T^k} n(i,j)}, \quad (12)$$

式中  $z(i,j)$  为灰度梯度图像上  $(i,j)$  点的灰度,  $n(i,j)$  是  $(i,j)$  点的权重系数。

最后求出适合原棉疵点的新阈值:

$$T^{k+1} = n(z_0 + z_B). \quad (13)$$

传统的迭代阈值中的  $n$  取经验值 0.5,但此值不适合原棉疵点图像,因此本文对  $n$  的选取采用经验值法。最佳阈值由(14)式获得:

$$T_{\text{op}} = T_k, |T_{k+1} - T_k| \leq 0.01, \quad k = 1, 2, 3, \dots, 8. \quad (14)$$

式中  $T_k$  为  $n_k = 0.1 \times k$  时的阈值。根据多次实验结果, $n$  取 0.6 时阈值的选取适合破籽和带纤维籽屑灰度梯度图,并能够得到最清晰的二值化目标图像,同理对于僵棉  $n$  取 0.5。

### 2.4 基于形态学目标识别算法

由于噪声等原因,用改进迭代阈值法得到的分割图像中往往会产生多余的杂点,因此为了保证测量准确性需要对图像中的多余杂点进行去除。由于分割后的二值图像中疵点呈块状,面积较大;背景噪声呈点状,面积较小,因此可以利用如下形态学方法进行识别:首先对分割图像进行膨胀、填充及腐蚀操作,最后通过设定阈值进行杂点去除。根据多次实验结果,面积阈值取 80,多余的杂点能够很好地被去除。

## 3 实验结果及讨论

实验装置如图2所示,由样品测试台、光源、图像采集单元和数据处理单元4个部分组成。为了避免杂

散光干扰,提高检测准确性,样品测试台、光源和图像采集部分安装在暗室中。光源为两个 $9\times 11$ 白光发光二极管(LED)阵列组成,斜 $45^\circ$ 照射在待测样品上,面积 $8\text{ cm}\times 25\text{ cm}$ ,距离测试样品高 $20\text{ cm}$ 。实验中手工制作疵点均匀但个数和位置不同的皮棉样品,并利用表面平整光滑的玻璃对样品进行了挤压调平,样品长宽高为 $18\text{ cm}\times 20\text{ cm}\times 2\text{ cm}$ 。分辨率为 $640\text{ pixel}\times 480\text{ pixel}$ 的数码相机固定在测试平台上方采集待测样品的彩色图像,距离待测样品 $25\text{ cm}$ 高,采集棉花样品最大尺寸为 $16\text{ cm}\times 18\text{ cm}$ 。图像经USB数据线传输到终端数据处理单元,处理器操作系统为Windows 2007,采用Matlab7.0进行图像处理分析。

图3为实验装置采集的含有各种疵点皮棉样品的彩色图像,由于光电转换过程中互补金属氧化物半导体(CMOS)灵敏度的不均匀性、数字化过程的量化噪声以及传输过程的信道误差等原因,原始图像存在一定程度的噪声干扰。噪声恶化了图像质量,给后期分析带来困难,因此需要对原始图像进行灰度校正、噪声过滤等图像预处理。研究原棉疵点检测算法流程图如图4所示。

传统的综合边缘检测算子是基于三通道边缘强度的平均值,棉花各个疵点边缘强度同时都得到了加强,

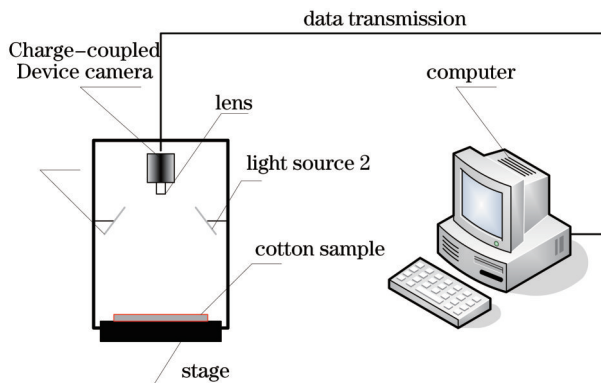


图2 原棉疵点检测示意图

Fig.2 Schematic diagram of cotton defects measuring system

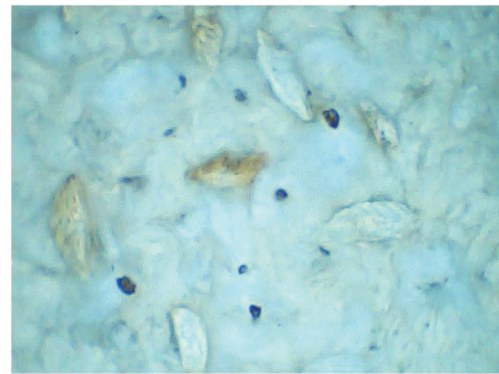


图3 原棉疵点原始彩色图像

Fig.3 Color image captured by digital camera

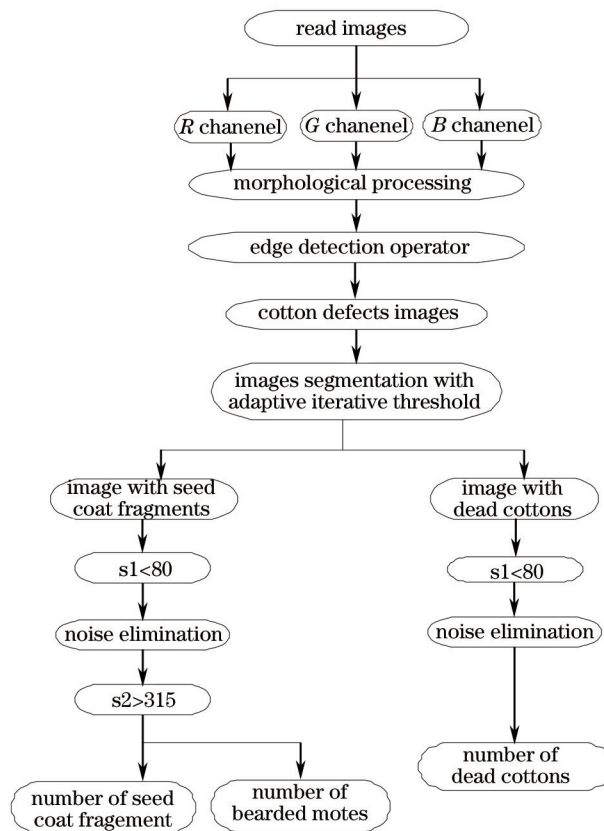


图4 原棉疵点检测算法流程图

Fig.4 Flow chart of the algorithm for identification of cotton defects

不利于棉花各个疵点的识别检测。张馨等<sup>[16]</sup>利用求取三通道边缘强度平方和的算术平方根作为综合边缘强度,这种方法对棉花异性纤维检测效果较好,但对疵点的检测效果不佳。根据疵点三通道图像的特点,利用改进边缘检测算法提取棉花疵点,原棉疵点图像处理结果如图5所示。图5(a)和(b)分别为采用传统的形态学处理和参考文献[16]所述方法处理的结果,图5(c)和(d)为采用本文改进算法原棉破籽和僵棉的处理结果。

从图中可以看出,传统的形态学处理方法对三种疵点的处理效果都比较差,相比传统的方法,参考文献[16]提出的方法虽然对疵点图像进行了增强,但对三种疵点都同时进行了增强,破籽和僵棉对比度没有得到增强,采用改进算法破籽和僵棉图像对比度分别得到了增强,提高了检测结果的准确性。三种方法检测的正确率分别为:77.2%,83.3%和85.1%。

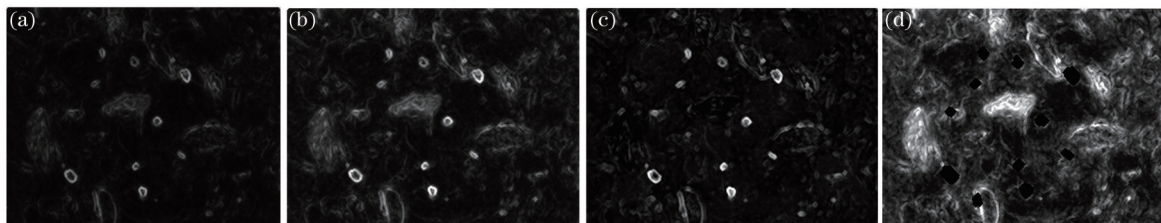


图5 原棉疵点图像处理结果。(a) 传统的形态学处理; (b) 张馨方法; (c) 改进算法(破籽); (d) 改进算法(僵棉)

Fig.5 Image processing results of cotton defects. (a) Traditional algorithm; (b) Ref.[16]'s algorithm; (c) improved algorithm (seed coat fragment); (d) improved algorithm (dead cotton)

表1为原棉疵点检测精度实验结果,比较了人工检测和系统检测两种方法,测量的疵点分别为破籽、带纤维籽屑和僵棉。由实验结果可知经改进算法检测原棉疵点正确率达到85%以上,检测时间在3s以内,检测时间与原棉疵点含量有关,检测系统稳定性较好,基本能够满足实时检测的需求。

表1 原棉疵点检测精度

Table 1 Accuracy for cotton defects

Parameters	Seed coat fragment					Bearded motes					Dead cotton				
Manual	18	18	17	16	15	13	13	12	14	14	17	18	16	18	16
System	16	15	15	15	11	12	11	11	11	11	16	16	15	16	15
Time /s	0.89					0.96					0.87				
Loss rate /%	14.28					15.15					8.23				

## 4 结 论

针对皮棉疵点中破籽、带纤维籽屑和僵棉,提出了一种基于改进的自适应迭代阈值法皮棉疵点快速检测方法。该方法基于光电检测技术,利用改进的形态学边缘检测算子对多疵点图像进行边缘检测,得到了具有明显特征的疵点图像,再用迭代阈值法求取阈值进行图像分割,从而准确检测出皮棉各种疵点。原棉疵点检测正确率达到85%以上,检测时间在3s以内,基本能够满足快速检测的需求。

## 参 考 文 献

- Xiong Wei, Zhang Ye. Relationship between seed coat fragments with cotton fiber and yarn quality & surface quality of fabric[J]. Cotton Textile Technology, 2001, 29(7): 404-406.  
熊 伟, 张 冶. 原棉中带纤维籽屑与成纱和布面质量的关系[J]. 棉纺织技术, 2001, 29(7): 404-406.
- Z F Zhang, F X Zhai, H J Yang, *et al.*. Research on cotton fiber qualities evaluation based on optoelectronic techniques [J]. Optik, 2013, 124(19): 3876-3879.
- Z F Zhang, Z Gao, Y Y Liu, *et al.*. Computer vision based method and system for online measurement of geometric parameters of train wheel sets[J]. Sensors, 2012, 12(1): 334-346.
- Zhang Zhifeng, Jiang Fengchun, Yang Kun, *et al.*. A novel method to assess cotton fiber fineness and maturity based on optoelectronic measurement[J]. Acta Photonica Sinica, 2011, 40(3): 397-400.  
张志峰, 蒋逢春, 杨 坤, 等. 基于光电检测技术棉花成熟度快速评估方法的研究[J]. 光子学报, 2011, 40(3): 397-400.
- Su Junhong, Liu Shenli. Measure system of surface flaw and morphology analysis of cylindrical high precision parts[J].

- Laser & Optoelectronics Progress, 2014, 51(4): 041202.  
苏俊宏, 刘胜利. 圆柱型高精零件表面缺陷检测及形貌分析[J]. 激光与光电子学进展, 2014, 51(4): 041202.
- 6 Yao Hongbing, Zheng Xueliang, Ma Guidian, *et al.*. Research on lens-defects type recognition based on image processing [J]. Laser & Optoelectronics Progress, 2013, 50(11): 111003.  
姚红兵, 郑学良, 马桂殿, 等. 基于图像处理的镜片疵病类型识别研究[J]. 激光与光电子学进展, 2013, 50(11): 111003.
- 7 Gao Yan, Shao Shuangyun, Feng Qibo. A novel method for automatically measuring wheel geometric parameters by laser scanning[J]. Chinese J Lasers, 2013, 40(7): 0708005.  
高 岩, 邵双运, 冯其波. 一种激光扫描自动测量轮对几何参数的方法[J]. 中国激光, 2013, 40(7): 0708005.
- 8 Wang Yanfei, Wang Xuyue, Xu Wenji, *et al.*. Study on laser cutting quality of aluminum alloy sheet based on image processing[J]. Chinese J Lasers, 2014, 41(1): 0103002.  
王彦飞, 王续跃, 徐文骥, 等. 基于图像处理的铝合金薄板激光切割质量研究[J]. 中国激光, 2014, 41(1): 0103002.
- 9 Li Bidan, Ding Tianhuai, Jia Dongyao. Design of a sophisticated foreign fiber separator[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(1): 107-110.  
李碧丹, 丁天怀, 郝东耀. 皮棉异性纤维剔除系统设计[J]. 农业机械学报, 2006, 37(1): 107-110.
- 10 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, 2009, 25(10): 186-192.  
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.
- 11 P Ajay, S H Sari, S Member, *et al.*. Recognition of cotton contamination via X-ray microtomographic image analysis[J]. IEEE Transactions on Industry Applications, 2004, 40(1): 77-85.
- 12 Ding Tianhuai, Jia Dongyao. Detection of similar targets using multiple color space feature fusion[J]. Journal of Tsinghua University: Science and Technology, 2006, 46(2): 176-179.  
丁天怀, 郝东耀. 利用多颜色空间特征融合方法检测近似目标[J]. 清华大学学报: 自然科学版, 2006, 46(2): 176-179.
- 13 Li Meiling, Chen Junyan, Yu Chongwen. Nep and trash recognition from carded web image based on adaptive threshold [J]. Journal of Donghua University: Natural Science, 2010, 36(2): 144-147.  
李美玲, 陈俊琰, 郁崇文. 基于自适应阈值的棉网图像中结杂的识别[J]. 东华大学学报: 自然科学版, 2010, 36(2): 144-147.
- 14 Li Guohui, Su Zhenwei, Xia Xinyi. Algorithm for inspection of white foreign fibers in cotton by machine vision with irregular imaging function[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2010, 41(5): 164-167.  
李国辉, 苏真伟, 夏心怡. 基于不规则成像机器视觉的棉花白色异纤检测算法[J]. 农业机械学报, 2010, 41(5): 164-167.
- 15 D W Lyons, R L Barker. Comparative analysis of trash contamination in cotton by optical scanning[J]. ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering, 1977, 99(1): 46-50.
- 16 Zhang Xin, Li Daoliang, Yang Wenzhu, *et al.*. Fast segmentation of high-resolution color images of cotton foreign fibers [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2011, 42(1): 159-164, 192.  
张 馨, 李道亮, 杨文柱, 等. 高分辨率棉花异性纤维彩色图像的快速分割方法[J]. 农业机械学报, 2011, 42(1): 159-164, 192.

栏目编辑: 张浩佳