粘纤用喷丝板堵孔状态自动检测系统

林晓珑,张铁强,张佳全,何丽桥

(吉林大学 物理学院,长春 130022)

摘 要:提出了一种粘纤用喷丝板堵孔状态自动检测系统。系统由平行光透射照明喷丝板,经光学系统放大成像至CCD,通过数据采集卡被计算机采集。采用可变步长拉普拉斯聚焦评价函数实现系统的自动聚焦;利用光强调节方法,实现光强的自动选择,最大程度消除了由于衍射所产生的测量误差;利用自主研发的图像处理软件,判断图像上的喷丝孔的形态,对未堵塞喷丝孔测量其直径,对堵塞的喷丝孔求其堵塞面积比,给出判别结果。整个喷丝板检测时间小于10 s,系统检测精度高于2 μm。适用于化纤企业粘纤用喷丝板堵孔状态的检测。

关键词:计算机应用;粘纤;喷丝板;堵孔;光电检测;图像处理

中图分类号:TP391.41,TN29 **文献标志码**:A **文章编号**:1671-5497(2011)Sup.1-0293-04

Automatic detection system for blocking state of viscose fibre spinneret

LIN Xiao-long,ZHANG Tie-qiang,ZHANG Jia-quan,HE Li-qiao

(*College of Physics,Jilin University,Changchun* 130022,*China*)

Abstract: This essay introduces an automatic detection system for blocking state of viscose fibre spinneret. This system applies parallel light transmission and illuminates on the spinneret, amplification imaging to CCD through optical system, and collects data through data card. It utilizes variable step size Laplace focusing evaluation function to realize the auto-focus of the system. It utilizes optical intensity adjustment method to achieve an automatic selection of optical intensity and maximumally eliminate the measurement tolerance arisen by diffraction. It uses self-developed image processing software to analyze the state of pushing holes, measuring the diameter for the unblocked pushing holes and calculating the percentage of blocking area for blocked pushing holes. Detection time for the whole spinneret is less than 10 seconds, and detection precision is greater than 2 μm. This system applies to the detection of blocking state of viscose fibre spinneret in the chemical fabrics industry.

Key words: computer application; viscose fibre; spinneret; blocking of pushing holes; photo-electronic detection; image processing

粘纤质量不稳定的一个重要原因是由于其单丝内根数不足,从而造成布料染色不均,严重影响出口[1]。粘纤单丝根数不足的原因是其成丝过程中,喷丝板中部分喷丝孔堵孔造成捻合单丝根数缺少。快速检测喷丝板是否堵孔并分析其形态,对粘纤的生产有着重要的意义。目前市场上的喷

收稿日期:2010-09-23.

基金项目:吉林省科技厅重大项目(20080317).

作者简介:林晓珑(1960-),女,高级工程师.研究方向:光学精密机械设计,光电检测.

E-mail:lxlzhzzx@yahoo.com.cn

丝板自动检测设备几乎都是进口的,美国 ASPEX 公司和日本的 TORAY 公司研制了非接触式图像处理技术的检测设备[2],但这些设备都是基于喷丝板上单个喷丝孔检测的,需要定位,单个孔逐一检测。检测速度慢,不适用于化纤厂粘纤用喷丝板的大量、快速检测。为此,本文提出了一种新的整体喷丝板检测方法。

1 检测原理

喷丝板堵孔状态检测系统原理如图 1 所示。平行光源发出的光均匀透射照明喷丝板,喷丝孔经显微成像系统放大成像至 CCD,通过数据采集卡被计算机采集。利用图像处理软件,判断图像上的喷丝孔的形态,对未堵塞喷丝孔测量其面积,对堵塞的喷丝孔求其堵塞面积比,给出判别结果。

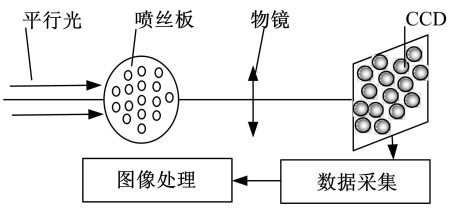


图 1 系统检测原理图

Fig.1 System detection

为了实现检测系统的自动化,显微物镜对喷丝板自动调焦,自动调节光强,使得喷丝板上喷丝孔图像清晰成像的同时最大程度消除小孔衍射所产生的误差。

1.1 物镜自动聚焦

本文采用了一种改进的基于拉普拉斯算子的自动聚焦评价函数[3]。二维函数 $f(x,y)$的拉普拉斯算子用可变步长的二阶差分算法表示为

$$ML(x,y)=|2f(x,y)-f(x-step,y)-f(x+step,y)|+|f(x,y)-f(x,y-step)-f(x,y+step)| \quad (1)$$

式中:$step$ 为步长,则聚焦位置为

$$L_0=\max\sum_x\sum_y ML(x,y) \quad (2)$$

式中:$ML(x,y)\geqslant T$。

式(2)中 T 是一个阈值,大于阈值的拉普拉斯算子才参与汇总。很多自动聚焦评价函数都忽略了步长和阈值的作用,由于拉普拉斯算子为二阶差分,所以双倍加强了图像中的噪声,选取适当的步长和阈值可以有效滤除噪声。为了验证这一聚焦方法的有效性,选取了一系列聚焦不同的图像,则其归一化后聚焦函数与聚焦图像序列的关系如图 2 所示。这种聚焦评价函数具有无偏性、单峰性,灵敏度高和信噪比较高等优点,完全适合于喷丝板图像的聚焦。

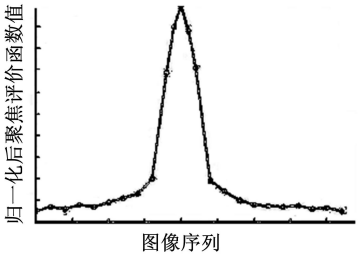


图 2 归一化后聚焦评价函数与聚焦图像序列

Fig.2 Post normalization focusing evaluation function and focusing image

1.2 自动光强调节

喷丝板上喷丝孔的直径从十几微米到上百微米,当光透过喷丝孔时会有衍射现象产生。在平行光照射下,圆孔夫琅禾费衍射光强[4]的分布公式为

$$I(x)=I_0\sum_{m=0}^{\infty}(-1)^m\frac{1}{m!(m+1)!}\left(\frac{kr\tan\theta}{2}\right)^{2m} \quad (3)$$

式中:k 为常数;r 为小孔半径;I_0 为入射光强度;θ 为放大系统前端面任意点 x 到小孔中心的连线和小孔轴线的夹角。由式(3)可知,入射光强不同,在放大系统前端面处光强也不一样。经试验发现,在 $x=r$ 处,光强不超过 CCD 所能响应的最大值时,就能够在 CCD 上完整的呈现喷丝孔的图像。若光强太强,使得衍射图像在 CCD 上成像时饱和,造成喷丝孔图像偏大。同时,为了使得喷丝孔图像清晰又要求较强的光强。为求取最佳的入射光强,这里提出了一种新的光强评价函数:

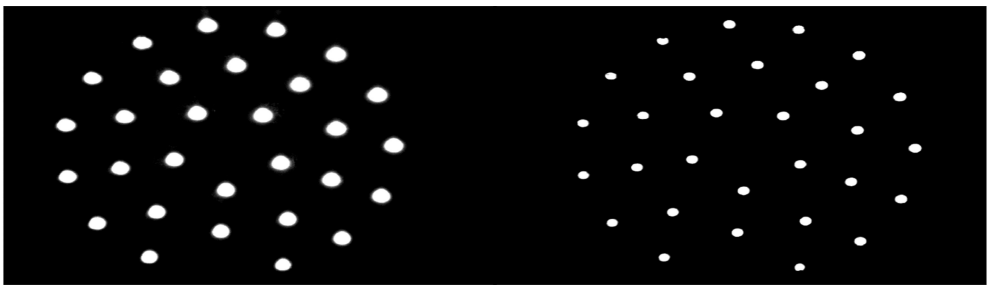
$$G_k=\sum_x\sum_y\{|f(x,y)-f(x+1,y)|+|f(x,y)-f(x,y+1)|\}+\sum_x\sum_y W_p\exp\{\frac{1}{4}[(2f(x,y)+f(x+1,y)+f(x,y+1)]\} \quad (4)$$

式中:k 为不同光强下的图像序列;W_p 为权重系数,用来平衡图像亮度和梯度间关系。

最佳光强所对应的光强评价函数值为

$$V_0=\max\{G_k\} \quad (5)$$

逐步提高光强,则 V_0 所对应的光强即为最佳光强。这样就完成了喷丝孔自动检测时的自动光强调节。图 3 为喷丝板不同照明光强下的图像。



(a) 较强光强　　(b)较弱光强

图 3　不同光强下获取的图片

Fig.3　Obtain image under different optical intensity

1.3　喷丝板图像处理

在完成自动聚焦和自动光强调节后,采集喷丝板图像,进行 Sobel 边缘检测[5]、*P*-参数法二值化[6]和 Sobel 边缘细化[7],获得喷丝孔边缘单边界图像。

建立两个包含边缘点坐标的数组 $a[x_i]$和 $b[y_i]$,i 为边界点编号。设图像为圆形,则圆心点坐标(x,y)为

$$\begin{cases} x=\dfrac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}a[x_i] \\ y=\dfrac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}b[x_i] \end{cases} \tag{6}$$

则平均半径为

$$\bar{R}=\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}\sqrt{(a[x_i]-x)^2+(b[y_i]-y)^2} \tag{7}$$

如果将平均半径视为标准圆半径,则边界上各点到圆心的距离与标准圆半径之差的总和为

$$\sigma=\sum_{i=0}^{N-1}\left|\bar{R}-\sqrt{(a[x_i]-x)^2+(b[y_i]-y)^2}\right| \tag{8}$$

圆的周长为

$$L=\sum_{i=0}^{N-1}\sqrt{(a[x_i]-a[x_{i+1}])^2+(b[y_i]-b[y_{i+1}])^2} \tag{9}$$

在这里,采用 2 个特征参数判定图像轮廓是否为圆:周长与半径比 $c=L/R$,偏差累计 σ。通过合理设置门限值,可以快速判别是否为圆。

若喷丝孔被判别是堵塞的,对其闭合曲线所形成区域进行填充,计算填充区域所包含的像素总数,通过标定值可以确定堵塞孔的面积。求出堵塞面积比为

$$e=\frac{A}{\bar{P}}\times 100\%$$

式中:A 为堵塞喷丝孔的面积;$\bar{P}$ 为标准未堵塞喷丝孔的面积平均值。

2　系统结构

系统由图像传感探头(显微成像物镜和 CCD 传感器组成)、二维扫描工作台和夹具及光阑、自动对焦系统、图像处理系统等组成。

其工作流程为:将喷丝板放入相应的带有消杂散光的光阑夹具中,通过单片机控制步进电机,平移二维工作台(滚珠直线导轨导向,齿形带传动),将喷丝板移入光路,根据喷丝板的型号,光耦自动定位。显微成像物镜固定在 Z 向传动机构上,其结构采用精密丝杠传动,燕尾导轨导向,单片机控制步进电机进给,CCD 实时采集图像信息,并传送至计算机。计算机通过对喷丝板图像进行处理,实现喷丝孔的特征提取,计算其尺寸和分析其形态,并进行质量评定。

3　系统标定与测试结果

首先对系统的结构参数进行标定,以便定量计算出喷丝孔的直径和面积。对于喷丝孔的面积 D 与喷丝孔图像所占像素 A_c 之间的关系为

$$D=\bar{K}A_c \tag{10}$$

式中:比例系数 $\bar{K}$ 通过标准样本检测决定,即:$\bar{K}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}K_i=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{A_{bi}}{P_{bi}}$(单位 μm)。其中 A_{bi}、P_{bi} 分别是第 i 个标准喷丝孔图像所占像素数和样本尺寸;n 为标准样本数目。

为了验证本文方法的可行性,选取几组喷丝孔进行检测,并用高精度的工具显微镜测量的数据(表 1 中标准值 d_0)作为标准进行对比,结果见表 1。表2是对1000个孔进行堵塞面积比检测

表1 未堵塞孔直径测量结果比较

Table 1 Results comparison of diameter detection for unblocked pushing holes

序号	测量值/μm	标准值 d_0/μm	偏差/μm
1	291.3	290.0	1.3
2	301.6	300.2	1.4
3	191.8	190.5	1.3
4	206.9	205.3	1.6
5	104.9	103.1	1.8
6	102.3	100.7	1.6

表2 堵塞面积和标准面积之比(e)的实测数据

Table 2 Detection comparison between blocked area and standard area

序号	e/%	本文方法测量单孔个数总和	ASPEX公司设备测量结果
1	0	758	757
2	10	125	126
3	20	35	37
4	30	73	71
5	40	6	6
6	50以上	3	3

的实测数据,检测结果符合化纤行业检测要求。

4 结束语

喷丝板堵孔状态自动检测系统可以实现对喷丝板堵孔面积比(堵塞面积占标准孔面积的百分比)的计算及堵孔位置的判定,合格与否的自动识别,检测数据的存贮和历史数据的查询。该检测系统可以快速实现喷丝板喷丝孔质量监测,一个喷丝板检测时间小于10 s,喷丝孔直径的测量偏差小于2 μm,对同一个孔多次测量,重复检测精度在1 μm内。因此,可实施喷丝板用前的100%的检测,保证粘纤成型器件的质量,完成生产前的预期质量控制。因此,本文自动检测系统可广泛用于化纤企业的喷丝板浴前检测。

参考文献:

[1]李星华,王伟霞.对单丝不足粘胶长丝的排查方法[J].人造纤维,2007,37(5):34-35.
Li Xing-hua, Wang Wei-xia. Method of viscose filament detection[J]. Artificial Fibre, 2007, 37(5): 34-35.

[2]尹平平,杨崇倡,张鹏,等.喷丝板自动检测中基于机器视觉的自动纠偏[J].东华大学学报:自然科学版,2007,33(1):117-124.
Yin Ping-ping, Yang Chong-chang, Zhang Peng, et al. Self-correcting position control system by machine vision in spinneret's auto inspection[J]. Journal of Donghua University (Natural Science), 2007, 33(1): 117-124.

[3]高赞,姜威,朱孔凤,等.基于Roberts梯度的自动聚焦算法[J].红外与激光工程,2006,35(1):117-121.
Gao Zan, Jiang Wei, Zhu Kong-feng, et al. Auto-focusing algorithm based on Roberts gradient [J]. Infrared and Laser Engineering, 2006, 35(1): 117-121.

[4]Kotlyar Victor V, Kovalev Alexey A. Fraunhofer diffraction of the plane wave by a multilevel (quantized) spiral phase plate[J]. Optics Letters, 2008, 33(2): 189-191.

[5]Abbasi T A. A novel FPGA-based architecture for Sobel edge detection operator[J]. International Journal of Electronics, 2007, 94(9): 889-896.

[6]于新文,沈佐锐.几种图像分割算法在棉铃虫图像处理中的应用[J].中国农业大学学报,2001,6(5):69-75.
Yu Xin-wen, Shen Zuo-rui. Application of several segmentation algorithms to the digital image of helicoverpa armigera[J]. Journal of China Agricultural University, 2001, 6(5): 69-75.

[7]Satoshi Aihara. Stacked image sensor with green- and red-sensitive organic photoconductive films applying zinc oxide thin-film transistors to a signal readout circuit[J]. IEEE Transactions on Electron Devices, 2009, 56(11): 2570-2576.