

光学设计

光纤倒像器缺陷的自动分割

张俊生^{1,2}, 王明泉², 郭晋秦¹, 张堃², 杨冰倩²

(1. 太原工业学院 电子工程系, 太原 030008; 2. 中北大学 信息与通信工程学院, 太原 030051)

摘要: 光纤倒像器生产过程中容易产生鸡丝、斑点等缺陷, 检测时如何自动识别一直是研究重点。提出一种阈值分割方法, 对检测时采集的光纤倒像器图像先平滑滤波得到平均亮度图像, 再用采集的原始图像减去平均亮度图像, 对二者的差图像设定阈值进行二值化处理, 实现缺陷的自动分割。实验中使用典型的鸡丝、斑点缺陷图像, 验证了上述算法的有效性, 表明该方法能满足光纤倒像器的检测需求。

关键词: 光纤倒像器; 鸡丝; 斑点; 阈值分割

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1673-1255(2017)-04-0014-04

Automatic Segmentation of Fiber Image Inverter Defect

ZHANG Jun-sheng^{1,2}, WANG Ming-quan², GUO Jin-qin¹, ZHANG Kun², YANG Bing-qian²

(1. Department of Electronic Engineering, Taiyuan Institute of Technology, Taiyuan 030008, China;

2. School of Information and Communication Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: In the production process of fiber image inverters, it is easy to produce chicken defect, spot and other defects, and how to automatically identify the defects has been the focus of research. A threshold segmentation method is proposed which smoothes the obtained filter image to get an average brightness image. And the average image is subtracted from the original image to get a difference image. The difference image is binarized by a threshold to realize the automatic segmentation of the defect. In the experiment, the effectiveness of the above algorithm is verified by using the typical image of the chicken and the spot defects, which indicates that the method can meet the requirements of fiber image inverters.

Key words: fiber image inverter; chicken defect; spot detect; threshold segmentation

光纤倒像器作为一种精密光学元件, 能将传输的图像反转 180° 成为倒立的像无失真地传输, 具有光学零厚度、分辨率高等优点, 是微光夜视等领域不可缺少的关键元件, 广泛应用于夜视头盔、激光瞄准、中继透镜等场合^[1-2]。光纤倒像器的生产制造方法于 20 世纪 50 年代被提出并逐步发展成熟, 通过把高折射率的玻璃棒插入到低折射率的玻璃管中形成玻璃光导纤维, 使得光线传输时在二者的交界处发生全反射, 实现理想的传光效果^[3]。现阶段

量产的光纤倒像器主要由数以万计的直径为 4~6 μm 的玻璃光导纤维经过有序排列、加热、加压、光学冷加工等工序制作而成, 生产过程中工艺参数稍有波动或受外界因素干扰, 规则排列的细小光学纤维彼此挤压, 很容易造成局部区域透光率的下降, 也即产生了缺陷^[4]。光纤倒像器的众多缺陷中鸡丝和斑点最为常见, 产品出厂时必须 100% 检测, 现有的检测手段主要为人工借助于光学放大器件目检, 手工记录检测结果的同时确定产品是否合格, 具有人眼

收稿日期: 2017-08-02

基金项目: 国家重大科学仪器设备开发专项(2013YQ240803); 山西省科技攻关项目(20140321010-02; 201603D121040-1); 山西省高等学校科技创新项目(2013163)

作者简介: 张俊生(1981-), 男, 博士研究生, 主要研究方向为图像处理。

观察存在个体差异及漏记、错计等问题,同一批产品不同质检员检测结果经常不同,有时甚至由此导致用户退货。

机器视觉技术通过工业相机获取被检对象的原始图像,利用数字图像处理、模式识别等技术,通过精心设计的检测算法来自动判定被检对象是否合格,客观记录保存检测结果,具有速度快、稳定性强等优点,广泛应用于现代工业生产中。机器视觉检测中缺陷的自动分割是最为关键的一环,直接决定了检测的精度和准确度,诸多学者对此展开了研究^[5-7]。文中应用图像处理技术中最为成熟稳定的阈值分割技术^[8],实现了光纤倒像器鸡丝和斑点的自动检测。

1 光纤倒像器及其鸡丝、斑点缺陷

光纤倒像器从外观来看为直径十几毫米的圆柱形玻璃元件,把图像从输入端面传输到输出端面时产生倒立的实像,如图1所示。



图1 光纤倒像器

按照国标 GB/T26597-2011 规定^[9],光纤倒像器的缺陷是指引起光线透射率产生变化的各种疵病,其中斑点缺陷定义为与周围区域相比透射率变化大于规定值的局部区域,鸡丝缺陷定义为复合光纤边界明显视觉增强的、且宽度不大于两根光纤的线状图案。斑点和鸡丝缺陷的检测方法为使用放大倍数不小于10倍的投影仪或光学显微镜,用漫射光照射光纤倒像器的一个端面,在另一个端面的垂直方向上进行观察,测量规定区域内缺陷的大小和数量。典型的光纤倒像器斑点、鸡丝缺陷图像如图2所示。

图2是在放大倍数为13倍、标定尺寸为110像

素/毫米的成像条件下采集的光纤倒像器局部图像。从图中可以看出,缺陷区域引起光纤端面透射率的明显下降,表现为均匀的亮背景区域下出现黑色的斑点或细丝。人工目测可以灵活方便地发现这些缺陷区域,但无法直接量化缺陷的大小,很难按照国家检测标准给出准确结论。使用图像处理中的图像分割技术,可以准确快速地提取这些缺陷区域,同时给出直径、面积等参数,实现缺陷检测的自动化。

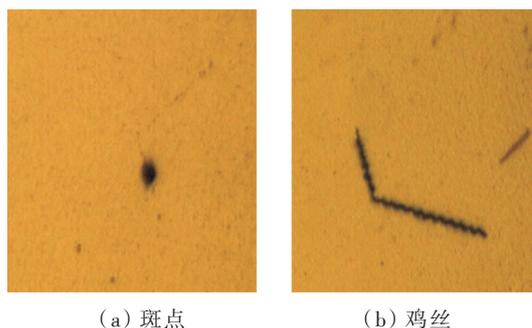


图2 光纤倒像器常见缺陷

2 鸡丝、斑点的阈值分割

阈值分割是图像分割技术中应用较为广泛的一种方法,具有算法原理清晰、运行速度快、分割结果良好等优点,尤其适合于机器视觉中的工业自动检测。阈值分割技术的基本原理是通过设定一个或多个阈值来实现图像背景和目标的分离,按照阈值设定方法的不同,常见算法有基于熵的阈值分割、基于聚类的阈值分割、基于直方图形态的阈值分割等,其本质都是通过设定不同的目标函数来寻找最佳阈值。这类算法一般以图像的灰度直方图信息为主导,设定固定阈值后对图像进行分割,对于图像目标和背景对比明显的场合有较好的效果,但对于目标和背景对比不明显或者目标在整幅图像上所占比例较低时分割效果较差。光纤倒像器的斑点和鸡丝缺陷在整幅图像上所占比例较低,同时受限于图像的采集环境,整体对比度较低,使用上述阈值分割算法很难达到满意效果

2.1 自适应阈值分割算法

自适应阈值分割算法有别于传统的固定阈值

分割算法,其基本思路是首先对图像进行平滑操作,使用平滑后的图像减去原始图像,对差图像设定固定的阈值来提取目标物体。由于固定阈值是针对差图像而言的,对于原始图像的实际分割阈值为平滑图像每一点的灰度减去该固定阈值,也即实际分割阈值取决于图像平滑时的局部平均灰度,局部平均灰度较大的分割阈值也较大,局部平均灰度较小的分割阈值也较小,故名自适应阈值分割。使用数学公式来描述,设原始待分割图像为 $f(x,y)$,平滑后的图像为 $g(x,y)$,分割后的图像为 $B(x,y)$,固定阈值为 T ,则自适应阈值分割算法为

$$B(x,y)=[g(x,y)-f(x,y)]>T \quad (1)$$

对式(1)稍作变形,得到式(2)

$$B(x,y)=f(x,y)<[g(x,y)-T] \quad (2)$$

式(1)为自适应阈值分割算法的直接定义,式(2)为其等效变形,从式中可以明显看出,原始图像 $f(x,y)$ 中每一个像素点 (x,y) 处的阈值为平滑图像 $g(x,y)$ 中的灰度值减去固定阈值 T 。图像平滑可以采用各种方法,一般由模板运算来实现,如均值滤波、中值滤波、高斯滤波等,平滑图像中点 (x,y) 处的灰度值取决于该点本身的灰度及其周边区域像素点的灰度,相当于原始图像点 (x,y) 处的局部平均背景灰度。与固定阈值分割算法相比,自适应阈值分割算法每一点的阈值都不同,主要取决于该点的局部平均亮度,对于图像背景光照不太均匀、目标物体较小等场合具有较好的分割效果。

2.2 斑点缺陷的自适应阈值分割

斑点缺陷的灰度特征表现为平缓的亮度背景下出现较小的无规则暗点,使用常规的阈值分割方法很难全部提取出来。对图2a所示的斑点图像使用自适应阈值分割算法,首先选用 19×19 大小的均值滤波模板进行平滑运算,得到的图像如图3a所示。对比图3a和图2a可以发现,平滑后的图3a相当于图2a的局部平均亮度度量,本例中的局部为 19×19 的矩形区域。使用图3a减去图2a得到差图像,差图像中取值较大的区域为局部平均亮度和原始图像亮度差异较大的区域,也即对应的斑点缺陷区域。考虑到图像采集时不可避免的噪声干扰,设定阈值 T 为7,得到的二值化图像如图3b所示。可以看到,斑点缺陷被全部提取,同时也有一些不是缺陷的噪声点。

考虑到光纤倒像器斑点的形成原因和图像采集系统的硬件参数,设定缺陷面积的下限为30个像素,也即比30个像素小的分割结果都按噪声处理,得到的最终结果为图3c。将图3c中的白色模板区域编号后标注在原始图像上,结果如图3d所示。

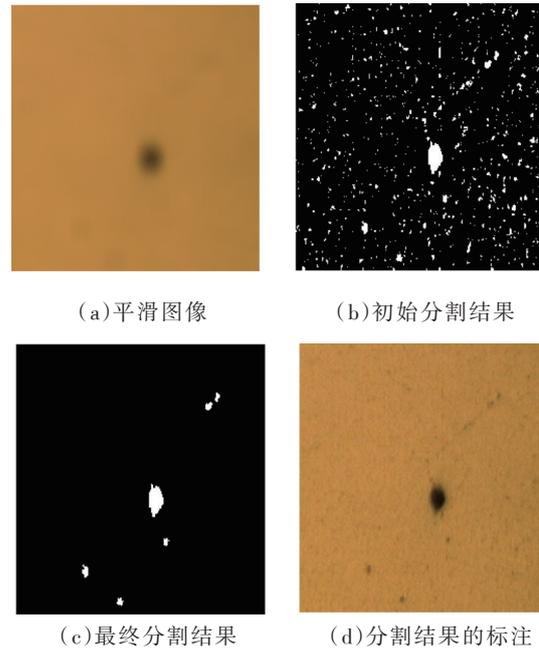


图3 斑点的阈值分割

可以明显看到,斑点区域都被完整提取。对图3c中的目标区域进行定量分析,按照国标GB/T26597-2011中规定,斑点缺陷的量化参数为个数、直径和面积,如表1所示。

表1 斑点缺陷的分割结果

斑点 编号	等效直径 /pixel	等效直径 / μm	面积 /pixel	面积 / mm^2
1	8	7.27	53	0.23
2	7	6.36	35	0.15
3	20	18.18	303	1.33
4	6	5.45	30	0.13
5	7	6.36	40	0.17
6	6	5.45	29	0.11

表1中的斑点编号为图3d中对应的编号,以像素(pixel)为单位的参数是图3c中的直接分析结果,以实际物理量为单位的参数是按照系统标定尺寸100像素/毫米换算后的结果。

2.3 鸡丝缺陷的自适应阈值分割

对图 2b 中的鸡丝缺陷图像进行自适应阈值分割,选用 11×11 大小的均值滤波模板进行平滑运算,结果如图 4a 所示。对图 4a 和图 2b 的差图像设定阈值 T 为 5,二值化后的结果图像为图 4b。考虑到鸡丝缺陷的特点,设定长度小于 30 为目标物体为伪缺陷,最终的分割结果为图 4c。可以看到,两个鸡丝缺陷被全部提取。对提取的鸡丝进行编号,标注在原始图像上如图 4d 所示。

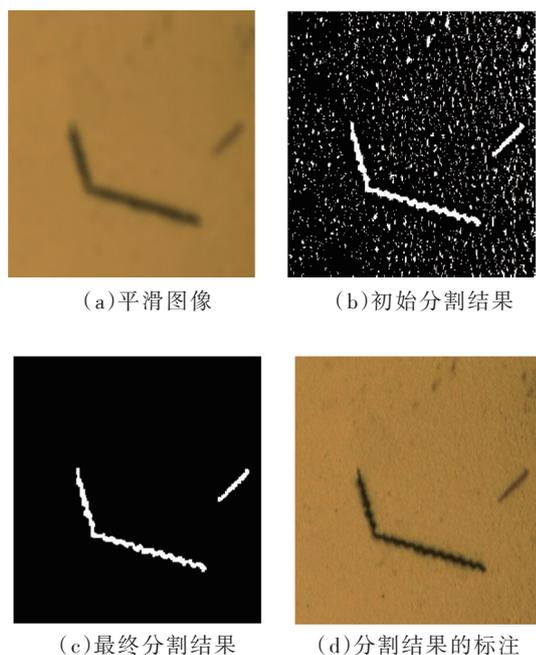


图 4 鸡丝的阈值分割

对鸡丝缺陷进行定量分析,根据国标规定,鸡丝缺陷的量化参数为个数、长度和宽度,具体量化结果如表 2 所示。

表 2 鸡丝缺陷的分割结果

鸡丝 编号	长度 /pixel	长度 / μm	平均宽度 /pixel	平均宽度 / μm
1	225	2 045.45	7	6.36
2	51	46.36	6	5.45

3 结 论

鸡丝和斑点做为光纤倒像器的两种主要缺陷,在实际检测中需要精确分析。使用自适应阈值分割算法,通过选择图像平滑时局部窗口的大小和差图像二值化时的阈值,可以实现斑点和鸡丝缺陷的自动分割,对分割结果进行分析,可得到缺陷的详细参数,为下一步光纤倒像器质量的自动判别打下了基础。

参考文献

- [1] 潘京生.改善光纤倒像器的对比度传递特性[J].应用光学,2006,27(1):62-65.
- [2] 林翰,王亚杰,蔡平,等.高分辨率光纤倒像器纤芯材料的制备及性能研究[J].长春理工大学学报(自然科学版),2013,36(3):110-113.
- [3] 胡敏.光纤传像器件参数测试研究[D].太原:中北大学,2006.
- [4] 王晓慧.光纤倒像器产品质量探讨[J].太原:山西科技,2012,27(4):100-101.
- [5] 王明吉,吴云,周喜红.基于边缘算子和数学形态学的光纤面板暗影检测[J].光学仪器,2008,30(1):24-28.
- [6] 王明吉,付冬华,吴云.光纤面板暗影缺陷自动检测系统的研制与开发[J].光学仪器,2012,34(2):90-94.
- [7] 杨冰倩,王明泉,张俊生,等.基于机器视觉的光纤倒像器缺陷检测系统[J].实验室研究与探索,2016,35(12):10-12.
- [8] 吴一全,孟天亮,吴诗嫒.图像阈值分割方法研究进展 20年(1994-2014)[J].数据采集与处理,2015,30(1):1-23.
- [9] 山西长城微光器材股份有限公司,中国计量学院,北京理工大学,等.GB/T26597-2011 光学纤维传像元件实验方法[S].北京:中国标准出版社,2011.
- [10] 张弦.高质量倒像器综合制造技术[J].中国建材,2016,7:88-90.
- [11] 何相平,苏展民,骆志财,等.硬光纤传像元件的特性及其应用[J].广东科技,2016,3(6):51-53.
- [12] 王晓会.光纤倒像器产品质量探讨[J].山西科技,2012,27(4):100-101.