

# 面向植物检验检疫的便携式幼虫图像分析仪

余桂英 蒋贤满 范伟军 桑茹

(中国计量学院计量测试工程学院, 浙江 杭州 310018)

**摘要** 外来生物入侵已成为当前全球性的环境问题,为此迫切需要一种能实现现场检测的植物检验仪器。研究了一种用于幼虫现场检测的便携式图像分析仪,该仪器采用变焦显微物镜系统,能实现0.7~9倍的变焦;以发光二极管(LED)为光源,采用正交实验法进行反射式均匀照明系统的优化设计,使目标面上 $\Phi 50$  mm的范围内照度均匀性达到83.7%;编写出专用的幼虫图像分析软件,对被检幼虫进行分析与识别。便携式幼虫图像分析仪的研制,为植物检验检疫在线检测提供了新的手段。

**关键词** 显微;发光二极管;正交实验法;植物检疫

**中图分类号** TH742

**OCIS** 120.4640 120.1880 120.3620

**文献标识码** A

## Portable Larvae Image Analyzer for Plant Quarantine

Yu Guiying Jiang Xianman Fan Weijun Sang Ru

(College of Metrology and Measurement Engineering, China Jiliang University,  
Hangzhou, Zhejiang 310018, China)

**Abstract** With the invasion of alien organisms becoming a global environmental problem, it needs a instrument for the on-line detection. A portable image analyzer which can realize on-line larva detection for plant quarantine is demonstrated. The instrument adopts zooming optical system with a 0.7~9 zoom by rotating zoom ring. The apparatus has a light emitting diode (LED) reflective uniform illumination system optimized by using orthogonal experiment method. In the scope of  $\Phi 50$  mm, the uniformity of illumination can reach up to 83.7%. A larva-recognition software is designed to identify and analyze the larvae. The proposed portable larvae image analyzer provides a new on-line detection method.

**Key words** microscopy; light emitting diode; orthogonal experiment; plant quarantine

## 1 引言

随着全球经济一体化步伐的加快,国内外贸易往来越来越频繁,使得外来生物入侵给植物检验检疫工作带来了巨大的挑战<sup>[1,2]</sup>。检疫第一线缺少必要的检测设备设施,鉴定技术力量相对薄弱,不能快速、准确地鉴定和截获有害昆虫,高效率地做出检疫决策,这是当前植物检疫工作面临的主要问题。传统的幼虫分类体系主要是以外部形状特征为基础的,借助显微镜通过观察昆虫的整体颜色、斑点、花纹特征以及触角、翅、毛的形态结构特征,与已有准确记录的模式标本进行对照鉴定<sup>[3]</sup>。形态分类方法简便易行,但必须由专业人员在实验室借助光学显微镜来进行分辨,不能实现在线检测。随着显微图像处理技术和计算机技术的结合,基于图像处理和模式识别的幼虫识别技术正在为传统的植物检验检疫提供全新的解决方案<sup>[4,5]</sup>。本文提出一种用于植物检验检疫现场检测的便携式幼虫图像分析仪,能实现0.7~9倍的变焦,对不同倍率下的幼虫进行图像获取、存储、处理、分析与测量,进而实现幼虫的在线分析与识别。

## 2 幼虫图像分析仪的设计

被测幼虫通过变焦显微物镜成像在固体图像传感器上,图像传感器通过USB接口与电脑相连,图像采

**收稿日期:** 2010-05-20; **收到修改稿日期:** 2010-07-05

**基金项目:** 国家自然科学基金面上项目(10972207)、国家质检总局科技计划项目(2009QK028)和浙江省科技计划项目(2008C21158)资助课题。

**作者简介:** 余桂英(1965—),女,副教授,主要从事光学精密测量方面的研究。E-mail: yuguiying11@163.com

集与处理模块实现视频图像的 USB 采集,并完成图像的预处理,为后续的幼虫图像的保存、传输和识别打好基础;利用专门的幼虫检测图像处理和分析软件,对被检幼虫进行分析、测量,对老熟幼虫进行自动或半自动的分类与识别。能识别的害虫直接给出检测结果,不能识别的再将图像信息通过计算机网络传送到技术中心机构或有关专家处,为截获昆虫提供快速、准确的鉴定或复核。该仪器的系统框图如图 1 所示。

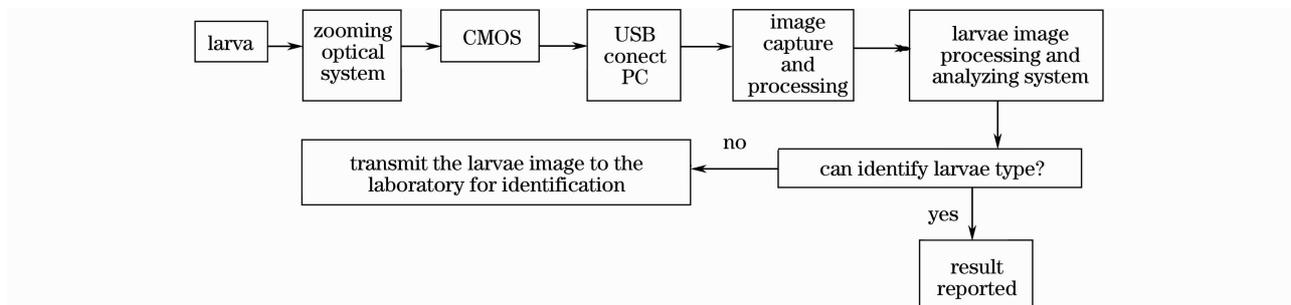


图 1 系统框图

Fig. 1 System block diagram

## 2.1 变焦显微系统模块的设计

变焦显微系统模块包括变焦显微物镜和显微照明系统。不同类型和不同老熟程度的幼虫外形尺寸不同,通常为零点几毫米到几十毫米不等,需采用不同倍率的物镜采集幼虫图像,即显微视觉系统应为变焦系统。变焦距光学系统是一种焦距可连续改变而像面位置保持稳定的光学系统<sup>[6]</sup>。由几何光学可知,显微镜的放大倍数为

$$\beta = f'/x, \quad (1)$$

式中  $f'$  为焦距,  $x$  为被测物体到物镜的距离。对于变焦光学系统,可通过改变透镜组的焦距来得到不同的放大倍率。该仪器中的变焦物镜,通过改变焦距以及工作距离,能实现 0.7~9 倍变焦。这个变焦范围,能使得在低倍区寻找被测对象,高倍区鉴别测试幼虫的种类。另外,该变焦物镜系统的工作距离非常大,非常适合现场生物的检测需要。

显微镜照明包括上照明和下照明。本仪器主要用于植物检验检疫的幼虫现场检测,检测对象多为不透明物,所以采用上照明系统。照明光源采用节能高效、绿色环保且可实现自动调光的发光二极管(LED)光源。LED光源为冷光源,适宜生物观测。便携式图像分析仪采用 8 颗 LED 为光源,供电电压为 4.5 V。目标面的照明均匀性将直接影响显微图像的成像质量和观测精度<sup>[7,8]</sup>,且因 LED 光源的光强分布通常为余弦分布,照明均匀性问题更为突出<sup>[9]</sup>。根据 LED 光源特性和目标面光强的分布要求,采用正交实验法设计 LED 显微镜上照明系统。正交实验法利用排列整齐的正交表对实验进行整体设计、综合比较、统计分析,通过较少的实验次数得出较好的实验条件,以达到实验目的。

首先确定实验目的,即设计反射器用于显微照明系统。由于结构简单、易于加工,显微照明系统采用圆锥筒为反射器形状;其次确定正交实验法的因素和水平。对于圆锥面反射器来说,影响照明效果的因素有圆锥面锥度、光源放置角度、反射器的长度、反射器出口口径等。选取前三个为正交实验因素,根据显微镜大小及具体使用情况确定其水平,如表 1 所示。依照正交表,利用 TracePro 光学软件进行仿真实验,最后优化得到的反射器形状参数为:长 30 mm,小口径 30 mm,大口径 57.96 mm,反射器的锥角为 25°。

表 1 正交实验法的因素及水平

Table 1 Factor and factors' level of orthogonal experiment

|         | Taper / (°) | Angle / (°) | Length /mm |
|---------|-------------|-------------|------------|
| Level 1 | 20          | 0           | 25         |
| Level 2 | 24          | 10          | 30         |
| Level 3 | 28          | 20          | 35         |
| Level 4 | 32          | 30          | 40         |
| Level 5 | 36          | 40          | 45         |

图2为采用8颗5 lm的小功率LED,均匀环形分布在显微物镜的外圈,光源总光通量40 lm,在工作距离45 mm,直径50 mm的视场范围内,目标面的光照分布情况。图2(a)为未加反射器时在目标面上的光强分布情况,总光通量8.78 lm,能量利用率21.95%,均匀性约0.586;而图2(b)为加上圆锥反射器后在目标面上的光强分布情况,不考虑反射器的吸收和反射损失,总光通量21.1 lm,能量利用率52.8%,均匀性0.837,比较可见视场的均匀性、光源的利用效率均有显著提高。

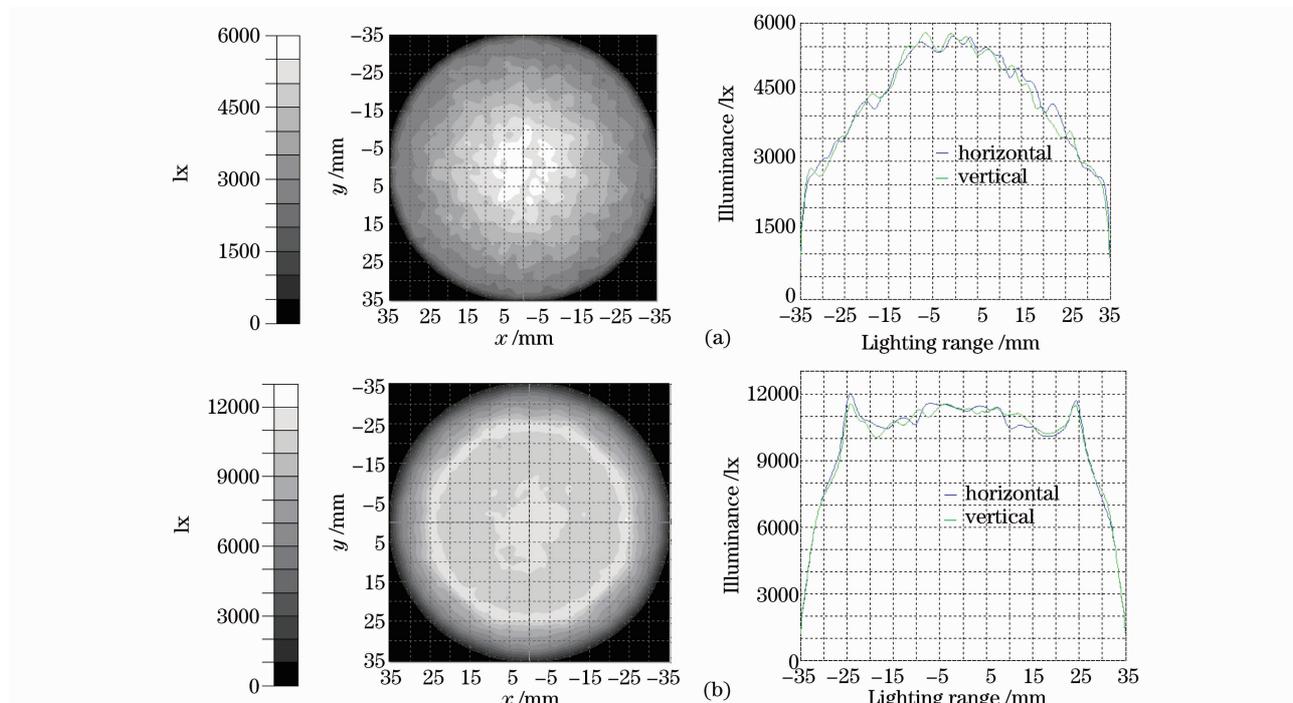


图2 物面上的照度分布图。(a)未加反射器,(b)加圆锥反射器

Fig. 2 Illuminance distribution diagram. (a) without reflector, (b) with conical reflector

## 2.2 固体图像传感器和图像采集与处理模块

固体图像传感器以 CCD 和 CMOS 图像传感器为主,CMOS 传感器由于成本低、生产方便以及高度整合的特点被广泛应用。本文研制的分析仪采用 300 万像素的 CMOS 图像传感器。图 1 中的图像采集与处理模块实现显微图像的动态实时预览,静态图像捕捉,目标的分割、计算、对比和测量,存储和报告打印等功能。

## 2.3 幼虫图像处理和识别系统模块

幼虫图像处理和识别系统模块对幼虫显微图像进行处理与识别。幼虫图像处理依据昆虫图像中提供的信息内容,以外部形状特征为基础,对昆虫图像进行显微图像去噪、图像分割、图像文件压缩等操作。幼虫图像识别是将经过图像预处理,图像分割后的幼虫图像进行特征提取和匹配识别。幼虫显微图像处理与识别系统的基本框架如图 3 所示。

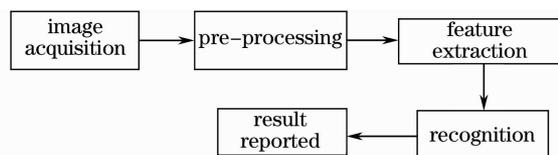


图3 幼虫显微图像处理与识别的过程

Fig. 3 Process of image processing and identification

## 3 实验结果

利用便携式图像分析仪,对几款幼虫如千金藤上的夜蛾幼虫、草坪黄地老虎幼虫、粉纹夜蛾幼虫、果蝇幼虫等进行图像采集并建立图片库,进行识别。图 4 为果蝇幼虫图像;打开相关的幼虫识别软件并获取待识别幼虫图像,如图 5 所示;对图像进行预处理,如图 6 所示;最后进行特征量提取和目标识别,得到果蝇幼虫识别结果,如图 7 所示。



图 4 拍摄的果蝇幼虫数码显微图像

Fig. 4 Digital microscopy image of drosophila-larva

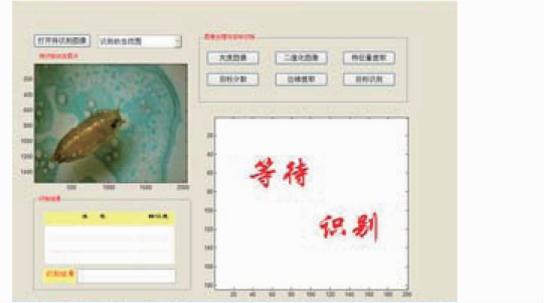


图 5 打开待识别幼虫图

Fig. 5 Open larvae image



图 6 图像预处理结果

Fig. 6 Image preprocessing result



图 7 幼虫识别结果

Fig. 7 Larvae recognition result

## 4 结 论

研制了一种用于现场检测的便携式幼虫图像分析仪,其结构简单便于携带,具有较大的变焦范围,能实现不同倍率下的观察,配以 LED 均匀照明系统,为显微观察提供了良好的照明环境。通过便携式幼虫图像分析仪对多款幼虫进行识别,可知其识别的准确率和幼虫图片库的大小有关。便携式图像分析仪的研制为植物检验检疫在线检测提供了新的方案。

## 参 考 文 献

- Zhou Minghua, Du Guoxing, Zhang Qiang. Influence of WTO entry on inspection and quarantine countermeasures in China [J]. *Plant Quarantine*, 2002, **16**(1): 39~41  
周明华, 杜国兴, 张 强. 加入 WTO 对中国植物检疫的影响及对策[J]. *植物检疫*, 2002, **16**(1): 39~41
- Yao Wenguo. Status quo and technical progress of plant quarantine in China[J]. *Plant Protection*, 2007, **33**(5): 14~21  
姚文国. 我国植物检疫的现状与技术进展[J]. *植物保护*, 2007, **33**(5): 14~21
- Tan Zuojun, Lu Jun, Yang Changju *et al.*. Study on fractal character of stored-grain insects[J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2008, **23**(2): 163~165  
谭佐军, 卢 军, 杨长举 等. 储藏物昆虫分形特性的研究[J]. *中国粮油学报*, 2008, **23**(2): 163~165
- Yang Hongzhen, Zhang Jianwei, Li Xiangtao *et al.*. Remote automatic identification system based on insect image[J]. *Transactions of the CSAE*, 2008, **24**(1): 188~192  
杨红珍, 张建伟, 李湘涛 等. 基于图像的昆虫远程自动识别系统的研究[J]. *农业工程学报*, 2008, **24**(1): 188~192
- Guan Zexin, Yao Qing, Yang Baojun *et al.*. Application of digital image processing technology in recognizing the diseases, pests, and weeds from crops[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2009, **42**(7): 2349~2358  
管泽鑫, 姚 青, 杨保军 等. 数字图像处理技术在农作物病虫害识别中的应用[J]. *中国农业科学*, 2009, **42**(7): 2349~2358
- Zhang Cunwu. Design of Zooming Optical System[D]. Jilin: Changchun University of Science and Technology, 2006. 1~4  
张存武. 变焦距光学系统设计[D]. 吉林: 长春理工大学, 2006. 1~4
- Sun Minglei, Zong Guanghua, Bi Shusheng. Automatic focusing technique based on illumination optimum[J]. *Optics and Precision Engineering*, 2008, **16**(8): 1508~1514

- 孙明磊, 宗光华, 毕树生. 基于照度优化的自动聚焦技术[J]. 光学精密工程, 2008, **16**(8): 1508~1514
- 8 Sun Minglei, Zong Guanghua, Bi Shusheng. Automatic illumination optimum techniques in microscopic vision based on image analysis[J]. *Opto-Electronic Engineering*, 2008, **35**(10): 132~136
- 孙明磊, 宗光华, 毕树生. 基于图像分析的显微视觉照明自动优化[J]. 光电工程, 2008, **35**(10): 132~136
- 9 Yu Guiying, Jin Ji, Ni Xiaowu *et al.*. Design for LED uniform illumination reflector based on étendue[J]. *Acta Optica Sinica*, 2009, **29**(8): 2297~2301
- 余桂英, 金 骥, 倪晓武 等. 基于光学扩展量的LED均匀照明反射器的设计[J]. 光学学报, 2009, **29**(8): 2297~2301