

粮虫近红外高光谱图像的采集系统设计及实现

胡玉霞¹, 张红涛^{2*}, 谢俊明², 张恒源²

(1. 郑州大学 电气工程学院, 河南 郑州 450001; 2. 华北水利水电学院 电力学院, 河南 郑州 450011)

摘要: 储粮活虫的准确检测是粮虫防治中科学决策的关键, 为此, 设计并构建了适于粮虫近红外高光谱图像采集的成像系统, 系统主要由光谱成像单元、照明单元、位移单元、计算机和光箱五部分组成。试验结果表明, 当曝光时间为 3 ms, 位移台的移动速度为 0.59 mm/s 时, 系统所获取的小目标粮虫图像比较清晰, 满足了后续粮虫光谱分析的需要。

关键词: 储粮害虫; 近红外高光谱图像; 光谱相机

中图分类号: S433 TP391.41 文献标志码: A 文章编号: 1004-3268(2012)06-0112-03

Design and Realization of Near-infrared Hyperspectral Imaging System for Stored-grain Insects

HU Yu-xia¹, ZHANG Hong-tao^{2*}, XIE Jun-ming², ZHANG Heng-yuan²

(1. College of Electric Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;

2. Institute of Electric Power, North China University of Water Conservancy and Hydroelectric Power, Zhengzhou 450011, China)

Abstract: Accurate detection of live stored-grain insects is critical for making scientific management decisions in prevention and control of insects. In this study, a near-infrared hyperspectral imaging system was designed for the stored-grain insects. The system included the spectral imaging unit, the illumination unit, the displacement unit, the computer and the light boxes. The experimental results showed that the images of small object insects were relatively clear when the exposure time was 3 ms, and the displacement velocity was 0.59 mm/s. Thus, the system could meet the subsequent spectral analysis of the stored-grain insects.

Key words: stored-grain pests; near-infrared hyperspectral image; spectral camera

在统计粮食样本中的害虫数量时, 我国《粮油储藏技术规范》明确指出只需对活虫进行计数和分类^[1]。若将死虫误计为活虫, 则会造成过度施药和农药残留, 而将活虫误判为死虫, 可能导致防治不及时而造成粮食损失。尽管国内外学者在储粮害虫的图像处理和分析、特征提取、识别分类方面做了大量的工作, 取得了很大的进展, 但目前基于机器视觉的粮虫检测方法, 只能对粮虫进行计数并识别其种类, 并不能自动辨别出粮虫的“死”“活”^[2]。

高光谱成像技术是一种新型光学探测技术, 该

技术将成像传感器的空间分辨性能和光谱仪的光谱分析能力有机地结合在一起, 其生成的高光谱图像具有“图谱合一”的特性, 目前该技术已被广泛地应用于农业、遥感、医学、地质、工业等领域^[3]。粮虫的活虫和死虫在颜色和亮度上差异很小, 因此无法利用可见光波段对死活虫进行判别。近红外波段可用于与 C-H、N-H、O-H 等含氢基团有关的样品物化性质分析, 能反映绝大多数有机化合物的组成和结构信息^[4]。因此, 可借助于近红外光谱区间的高光谱图像进行粮虫活虫和死虫的区分研究。为了有

收稿日期: 2011-11-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(31101085, 30871449); 河南省高等学校青年骨干教师资助计划(2011GGJS-094); 华北水利水电学院高层次人才科研启动项目

作者简介: 胡玉霞(1976-), 女, 河南沈丘人, 讲师, 硕士, 主要从事计算机视觉、人工智能的研究。E-mail: huyuxia@zzu.edu.cn

* 通讯作者: 张红涛(1977-), 男, 河南邓州人, 副教授, 博士, 主要从事农业信息化研究。E-mail: zht1977@ncwu.edu.cn

效区分活虫和死虫近红外光谱特征的差异,本研究设计了适于粮虫近红外高光谱图像采集的成像系统,以准确获取粮虫活虫和死虫的高光谱图像,并通过试验进一步验证了该系统的可行性。

1 近红外高光谱成像系统的构建

适于粮虫近红外高光谱图像采集的成像系统主要由光谱成像单元、照明单元、位移单元、计算机和光箱五部分组成,其总体组成如图 1 所示。

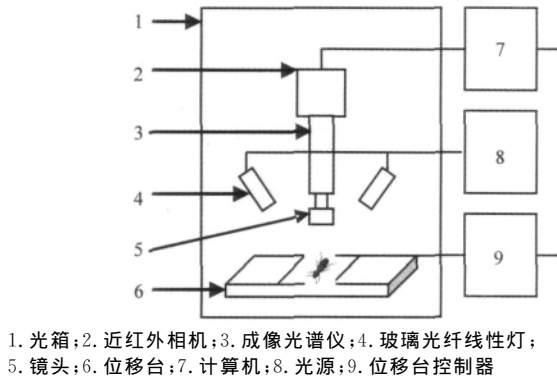


图 1 近红外高光谱成像系统组成

1.1 光谱成像单元

光谱成像单元又称为光谱相机,其成像原理如图 2 所示。整个系统由物镜、狭缝、光栅、棱镜分光组件、面阵 CCD 相机等几部分组成。当采集目标被照明单元照明后,瞬时视场内的样品条带首先成像于光谱仪的狭缝处,再经过光栅及棱镜分光组件后,在垂直样品条带方向按光谱色散,最后成像于 CCD 像面^[5]。CCD 光敏面平行于狭缝的一维称为空间维,垂直于狭缝的一维称为光谱维,空间维每一行光敏元上得到的是样品条带一个光谱波段的图像,这样面阵 CCD 相机每帧图像便对应于一个样品条带的多光谱图像。

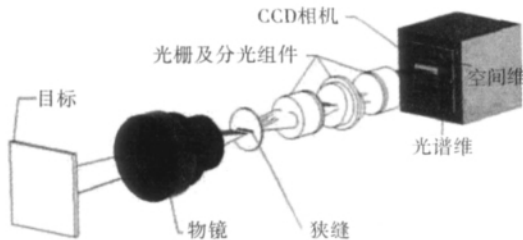


图 2 光谱相机的原理

该系统选用的光谱成像单元如图 3 所示,主要包括近红外相机(Model XEVA-FPA-1.7-320, XenICs, Leuven, Belgium)、成像光谱仪(Model Inspector N17E, Spectral Imaging Ltd., Finland)和 OLES30 F/2.0 镜头。近红外相机为铟镓砷传感

器,光谱范围为 900~1 700 nm,图像分辨率为 320 像素×256 像素,帧率 100 Hz,动态范围 68 dB(低增益模式),曝光时间为 1 μ s~400 s,功率小于 4 W,TE1 强迫制冷,通过 USB 和计算机相连。成像光谱仪的分辨率为 5 nm,狭缝宽 30 μ m,像素尺寸为 7.6(spectral)mm×14.2(spatial)mm,数值孔径为 F/2.0,在 900~1 700 nm 内光通量大于 50%。

由于粮虫的种类比较多,且其体长和体宽都为毫米级,如米象成虫呈卵圆形,其体长 2~3 mm,体宽 0.9~1.5 mm,为了缩小视场,使粮虫目标本身有更高的分辨率,在镜头前加了 2 个接圈,实际物距为 47 mm。

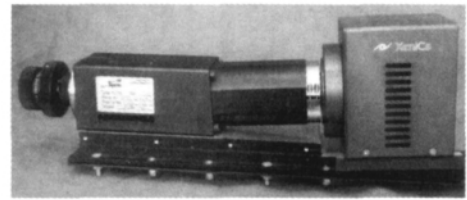


图 3 光谱成像单元

1.2 照明单元

设计的照明单元由内含 150 W 卤钨灯的直流可调光源(Model 2900 + 9596 - ER, Illumination Technologies, Inc., USA)和 P/N9145 玻璃光纤线性灯构成。卤钨灯的色温为 3 200 K,其光谱分布如图 4 所示。2 个玻璃光纤线性灯分别位于光谱相机的两侧,且其长轴方向与位移台的移动方向相垂直。

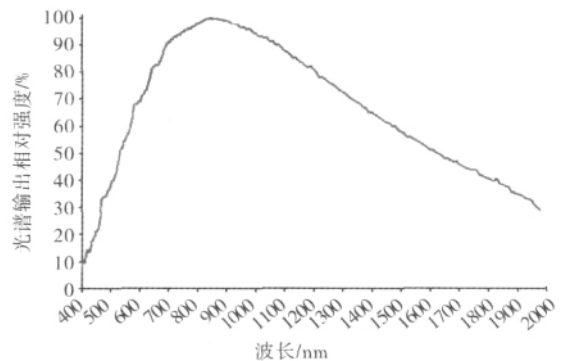


图 4 卤钨灯的光谱分布

1.3 位移单元

选择的位移单元由位移台(Model MTS120, 北京光学仪器厂)和 SC100 控制器组成。该位移台采用 42 mm 1.8°步进电机,线性轴承导轨,滚珠螺杆传动,并通过光电开光定零位,两端设限位开关,分辨率为 0.000 32 mm,脉冲当量为 0.01 mm,行程 150 mm,台面为 90 mm×150 mm,最大速度为 20

mm/s,最大静转矩为 40 Ncm。控制器的驱动器为 8 细分,并可联机自动和手动操作。

1.4 计算机及光箱

计算机(Model DELL Inspiron 530s, USA)的配置为 CPU Intel E2200,独立 256 M 显卡,2 G 内存,500 G 硬盘。光箱内壁经高温静电喷涂为黑色,800 mm×750 mm×1 000 mm,光密封性比较好,且光谱相机和玻璃光纤线性灯上、下、左、右、前、后可自由调节,两扇门可自由开关。

2 粮虫近红外高光谱图像的采集

2.1 系统参数设置及图像标定

在高光谱图像数据采集前,需要预先确定近红外相机的曝光时间以保证图像的清晰,并确定位移台的速度以避免图像尺寸和空间分辨率失真。经过多次试验表明,当曝光时间为 3 ms,位移台的移动速度为 0.59 mm/s 时,所获取的粮虫图像比较清晰。

由于光源的强度在各波长下分布不均匀,以及近红外相机中暗电流噪声的存在,造成在光源强度分布较弱的波长下,所获得的图像含有较大的噪声。因此,需对所获取的高光谱图像进行黑白标定。在与样品采集相同的系统条件下,扫描标准白色校正板得到全白的标定图像 W ,关闭相机快门进行图像采集得到全黑的标定图像 B ,然后按下式进行转化,即可使采集到的绝对图像 I 变成相对图像 R ^[6],

$$R = \frac{I - B}{W - B}.$$

2.2 粮虫高光谱图像采集

近红外高光谱采集软件为 Spectral Cube(Spectral Imaging Ltd., Finland)。实际采集到的光谱范围是 871.6~1 766.3 nm,采样间隔为 3.5 nm,垂直于位移台运动方向的空间分辨率为 62.5 μm 。一次扫描一条线,扫描 n 条线后即可得到一个大小为 $320 \times n \times 256$ 的高光谱图像数据立方体, n 的大小由实际扫描的粮虫样本的数量进行确定。试验过程中采集到的一个数据立方体(含 6 头米象)如图 5 所示,立方体大小为 320 像素×430 像素×256 像素,其中 XY 平面的每一个像素对应一条光谱曲线,Z 轴上每个波长所在的平面对应一幅粮虫的二维图像,故共有 256 个波长的粮虫图像。

在采集多头粮虫的高光谱图像时,需把多头粮虫放在塑料白板上,并调整其大致在一条直线上,且互不接触。系统所获取的一幅 1 417.2 nm 的米象

图像如图 6 所示。由图 6 可见,米象的图像比较清晰,基本上能够满足后续粮虫光谱变化趋势分析及最优特征波长选择的需要。

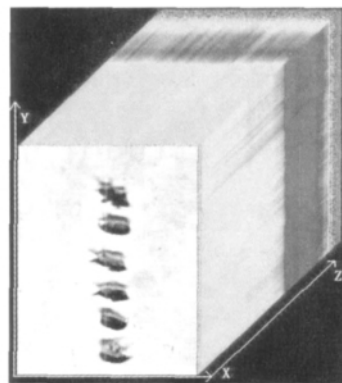


图 5 粮虫米象的数据立方体

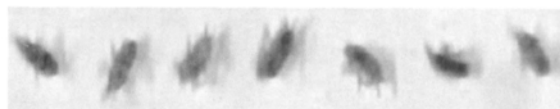


图 6 获取的 1 417.2 nm 的米象图像

3 结论

设计并构建了适于粮虫近红外高光谱图像采集的成像系统,通过系统采集了小目标粮虫的高光谱图像,表明采集的高光谱图像比较清晰,满足了后续粮虫光谱分析的需要,并为下一步储粮活虫的计算机视觉自动判别奠定了坚实的理论基础。

参考文献:

- [1] 国家粮食局. LS/T 1211-2008 粮油储藏技术规范[S]. 北京:中国标准出版社,2008.
- [2] 张红涛,胡玉霞,邱道尹. 储粮害虫检测现状[J]. 河南农业科学,2006(3):66-68.
- [3] Singh C B, Jayas D S, Paliwal J, et al. Fungal detection in wheat using near-infrared hyperspectral imaging[J]. Transactions of the ASABE, 2007, 50(6): 2171-2176.
- [4] 刘春红. 超光谱遥感图像降维及分类方法研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学,2005.
- [5] 李庆利,肖功海,薛永祺,等. 基于显微高光谱成像的人血细胞研究[J]. 光电工程,2008,35(5):98-101.
- [6] Lu R. Detection of bruise on apples using near-infrared hyperspectral imaging[J]. Transactions of the ASAE, 2003, 46(2): 523-530.