

基于物联网的农业害虫监测技术进展

何佳遥 翟俊峰 潘绪斌 陈克*

(中国检验检疫科学研究院植物检验与检疫研究所 北京 100176)

Progress of agricultural pest monitoring technology based on the Internet of Things. He Jiayao, Zhai Junfeng, Pan Xubin, Chen Ke* (Institute of Plant Inspection and Quarantine, Chinese Academy of Inspection and Quarantine, Beijing 100176, China)

Abstract With the rapid development of information technology, the processes of automation, informatization and digitization of pest monitoring have been promoted, and pest monitoring system based on the Internet of Things has gradually become a research hot spot. In this paper, we summarized research progresses of pest monitoring technology based on the Internet of Things, and illustrated the process of "automatic collection; reliable transmission; intelligent processing; precise prevention and control" through the "perception; transmission; analysis; decision-making" layers, and main tasks and key technologies at each level were elaborated. We proposed the application prospects combined with research hotspots of pest monitoring technology based on Internet of Things.

Keywords agricultural pest; monitoring and warning; Internet of Things; information perception and processing

摘要 信息技术的快速发展加速推动有害生物监测自动化、信息化的进程,以此为支撑的物联网技术逐步成为国内外害虫监测预报的研究热点。本文归纳了基于物联网的害虫自动监测预报技术研究进展,通过“感知层-传输层-分析层-决策层”阐述了实现“自动采集-可靠传递-智能处理-精准防控”的过程,总结了各层级的主要任务和关键技术,结合研究热点提出了基于物联网的害虫监测技术发展应用前景。

关键词 农业害虫;监测预警;物联网;信息感知与处理

中图分类号 S43 文献标识码 A DOI: 10.19662/j.cnki.issn1005-2755.2023.03.001

农业有害生物种类多、危害重、传播快,还具有突发性和不可预见性,一旦暴发导致作物减产、品质降低等一系列不良后果^[1]。随着全球化进程的不断加快,危险性有害生物入侵愈加难以控制,造成农业生态环境破坏和重大经济损失^[2]。有害生物监测预警是科学防范有害生物暴发和外来物种入侵的前提,通过及时精准地反馈有害生物发生信息,开展早期预警并快速响应,可有效防范有害生物的进一步扩散危害^[3]。

我国农业有害生物近年总体处于重发、频发态势^[4],以入侵昆虫为主的新发疫情平均每年约 5~6 种^[5],如新发重大入侵生物草地贪夜蛾,对我国的农业生产、粮食安全和农产品贸易造成重大威胁。识别并获取害虫种类和发生数量是精准预测的基础,对害虫综合治理决策制宜具有重要意义^[6]。传统害

虫监测以灯光、信息素诱集等田间监测方法为主,这类方法依靠人工目视识别种类和计数,一般需要专业人员操作以保障准确性,监测地点的选择也有局限性,往往设置在人员方便到达的地方,因而监测范围小、效率低,且无法实时获取害虫种群动态,时常出现因虫情信息获取的延误而防控不及时,造成严重损失。随着信息技术的不断发展,传感、通信、机器视觉和图像处理等技术在害虫监测预报领域的融合应用取得明显进步,可实现信息实时获取、自动预报和智能防控,成为害虫监测预报技术革新的重要手段。

物联网(Internet of Things, IoT)是利用射频识别、传感、网络通信等技术设备,按照约定的协议把任何物品与互联网连接起来,进行信息交换和通讯,通过获得的数据进行人机交互及算法处理,实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络^[7-8]。农

基金项目:国家重点研发计划项目(2019YFE0117400);中国检科院基本科研业务费(2022JK38)

第一作者:硕士,助理研究员,研究方向为有害生物风险分析, E-mail: hejy_0907@163.com

*通信作者:研究员,研究方向为植物检疫的信息化应用, E-mail: 330748454@qq.com

收稿日期:2022-12-15

业是物联网技术的重点应用领域之一并已得到广泛应用:大田监测系统监测作物长势、气候信息和土壤状况以实现精准施肥和自动灌溉;温室智能控制系统通过采集环境信息和生理特征信息,自动调控环境参数为植物创造最佳生长条件;无人机搭载传感器或摄像头移动监控病虫害发生区域以实现精细化控制处理;农产品质量追溯系统采用条码技术、射频识别技术等实现农产品溯源和信息共享。

物联网由“感知层—传输层—分析层—决策层”4个环节组成,可分别对应害虫监测系统技术流程的“信息自动采集—可靠传递—智能处理—精准防控”过程。本文在阐述各环节主要任务和关键技术的基础上,总结了每个环节在害虫自动监测领域的研究和应用进展,展望了物联网对促进害虫监测技术跨时代进步具有重要意义,以期为我国智慧农田、智慧种植的发展战略提供参考。

1 感知层信息自动采集

从物联网终端收集信息的过程为感知,信息感知为物联网系统提供了数据来源,通常借助传感器等设备采集信息。传感器是数据采集的重要装置,能够将所观测的物理、化学变化转换成电信号,再经模数转换成数字信号。害虫监测系统通过害虫生理生化特性设计诱集检测装置,实现害虫的自动感知和智能化监测,一个物联网监测装置可包括一个或多个传感器。常见的害虫监测传感器或监测技术有以下几种:(1)近红外传感器,主要是害虫通过信号采集区域时,以反射或阻断红外光的方式激发接收器形成脉冲信号来计数^[9];(2)声波传感器,主要是监测储粮害虫和蛀干害虫的爬行和蛀食声音,以声波信号的频率和振幅特征来识别害虫^[10];(3)图像传感器,主要是利用摄像头获取含有害虫的图片(如对粘虫板或灯下接虫板拍照),通过传统图像处理或人工智能识别技术对害虫进行目标检测和计数^[11];(4)光谱监测技术,是捕捉受感染寄主植物的反射光谱特征变化以实现目标害虫为害情况的监测^[12],其中基于X射线的内部探测技术通过获取透照成像信息以检测谷类农作物内部虫害^[13];(5)温湿度及光照传感器,可采集害虫发生的小环境信息;(6)GPS模块,结合全球定位技术能够提供害虫发生地点的地理空间信息。

2 传输层可靠传递

感知层采集的数据跨平台传输是物联网技术的重要步骤。传感器采集到的害虫和环境数据有两种方式汇入互联网并回传中央服务器:其一是通过射频信息连接附近的无线传感器网络节点,再由节点

进入互联网;其二是直接采用低功耗的移动通信芯片从公众移动网络接入互联网。

保障数据传输的安全性和可靠性,确保数据在不同平台间不中断传输是物联网技术的主要挑战。农业物联网中可采用的通信协议依据传输距离或网络覆盖范围的差别划分为短距离通信和长距离通信,其中短距离通信有蓝牙、WiFi、Zigbee等,这些协议的特点是短距离(一般小于100 m)高数据速率;长距离通信(一般大于1 000 m)有GPRS、LoRa、NB-IoT等。传输层的选择受到传输距离、设备环境、传输数据量、发送或接收数据速度和设备能耗等多种因素影响^[14]。各种技术应用的核心原则是在满足数据传输需求的同时最大限度降低功耗,且在实际应用中要考虑监测环境、天气情况、温湿度的影响。害虫监测系统有远距离数据传输需求,且有一定时效性要求。低功耗广域技术(Low power wide area network, LPWAN)能在低功耗的同时实现远距离无线信号传输,是未来农业物联网监测系统主要的发展方向。其中,窄带物联网(NB-IoT)基于蜂窝网络,能依托现有移动网络快速部署,在低成本的基础上还具有功耗低、安全性高、覆盖面广、承载量大等技术特点^[15],有移动基础覆盖的地方都具有部署使用NB-IoT的可能性,所能传输的数据量也相对较高,适用于重视网络数据稳定性和实时性的监测,在害虫远程实时监测应用中有着较为广泛的应用前景。

3 分析层智能处理

数据是实现智能化管理和科学决策的基础,合适的分析处理可充分挖掘数据信息,使数据最大化发挥作用。害虫监测的分析层依据任务需求对感知数据信息进行统计分析及数据挖掘与融合。随着图像处理技术和机器学习算法的研究应用,利用机器学习模型检测识别害虫显示出良好的应用前景,是农业害虫智能监测的研究热点之一。

基于机器视觉的害虫监测通过图像分析算法对害虫图像或视频进行处理,自动定位计数及识别害虫种类。害虫监测图像数据的分析处理需先通过图像分割将目标昆虫与背景区域分开,再结合人工神经网络(Artificial neural networks, ANNs)算法提取害虫颜色、形态和纹理特征,以此分类识别害虫。García^[16]等开发了一种葡萄花翅小卷蛾识别系统,首先通过中值滤波对图像进行预处理,过滤掉粘虫板图像上可能影响害虫检测的灰尘颗粒,再采用限制对比度的自适应直方图均衡化方法增强目标害虫特征,最后利用灰度直方图和方向梯度直方图结合K均值聚类和支持向量机分类做种类识别,可达到

95%的准确性。该系统可对远程采集的图像进行实时云计算分析处理并在移动应用程序中实现。在另一个害虫实时识别系统中,通过在自然光照条件下固定距离拍摄的花瓣图像,用特征区域提取和色相饱和度、亮度特征训练识别模型,准确检测到花瓣图像上的蓟马^[17]。

传统机器学习方法需要人工选择特征、手动训练测试分类器以获得最佳效果,与表征能力更强且能自动提取特征的卷积神经网络(Convolutional neural network,CNN)相比存在局限性。因此,基于CNN的深度学习算法在害虫智能视觉监测中逐渐成为了研究热点^[18-19]。李昊等^[20]基于YOLOv4算法设计并构建了一套柑橘叶片的病虫害视频动态采集识别系统。张哲宇^[21]等开发基于改进的YOLOv3和DBTNet-101双层网络架构模型的稻纵卷叶螟性诱智能监测系统,提高目标害虫的检测性能,准确率达97.6%。

精准提取害虫目标区域图像也是有效提升害虫识别计数准确率的处理方法之一,针对粘虫板图像上目标害虫与其他昆虫相互干扰造成误检的情况,Guo等^[18,22]基于显著图分析缩小诱捕粘虫板待检测范围,提升图像处理识别精度,并使用全卷积神经网络针对目标害虫生成检测边界框,一个检测框仅对应一只害虫,最终在此基础上实现害虫自动计数,这种智能视觉检测计数方法能有效缓解非目标害虫误检和目标害虫漏检问题。尽管一些害虫识别检测算法考虑到了不同光照、焦距等影响,但田间实际环境复杂,例如在雨水条件下不易捕捉高质量清晰图像,害虫姿态多样影响害虫识别算法的普适性,属分类水平以下的识别难以实现,这些场景下将拍摄的昆虫图像发送至云服务器,依赖昆虫学专家远程辅助鉴定仍是一种可靠的处理方法。

随着硬件边缘计算能力的提高,越来越多的信号处理也将前置到远程终端上,比如轻量化的人工智能图像分析模块,这将进一步降低传输层和中央计算模式的压力,让中央计算模块更专注于全局数据分析。另外,感知层同样能够获取与害虫发生流行有关的其他变量,如环境气候信息,再通过分析影响害虫存活扩散危害的关键气候变量,从而合理优化害虫防控决策。农业大数据是高度异构的数据,合理挖掘分析才能最大化发挥数据的价值^[23]。

4 决策层精准防控

害虫监测系统能够帮助管理人员更好地了解害虫种类、发生程度及种群动态,基于此确定干预的最佳时机、制定管理防控策略,从而以最节约资源成本

的方式实现智能化管控。信息数据的数字化使虫害预测成为可能,决策层可通过整合农业多源异构数据,如害虫生理特性、寄主作物信息、气候信息、地理信息等,预测害虫发生期,在重大害虫暴发导致严重损失前发布早期预警信息;估测害虫防治适期,为整体或区域内的农药、器械、人力等植保相关的农业资源进行动态调控,优化资源利用管理水平。

物候模型在虫害预测预报上有较为广泛的研究应用,基于虫害发生迁移与环境因素的高度相关性,应用统计学方法结合环境气候变量分析害虫发生关键影响因素,利用气象数据建模进行害虫发生危害等级的预测预警,为害虫防治决策制定提供重要参考,以及在测报部门实现业务化应用。建模方法有线性回归模型^[24]、随机森林^[25]、支持向量机^[26]、BP神经网络^[27]等,随着对海量数据的分析与挖掘需求,通过大数据技术获取关系信息与特征,结合人工智能算法获取模型参数是未来主要发展趋势^[28]。除此之外,Grünig^[29]等利用52322张旋纹潜叶蛾侵害叶片图像信息和深度学习技术开发了一种数据驱动的害虫危害程度自动评估模型,再结合危害严重性与气候变量能够很好地拟合影响旋纹潜叶蛾危害程度的关键因子,该方法验证了深度学习技术在自动评估预测害虫危害上的可行性。

另一方面,农业机械自动化控制与物联网监测技术结合可实现精准防控。决策层将数据处理结果反馈给管理人员,然后应用物联网云控制器和云平台,对害虫进行远程管控,实现害虫防控自动化。将害虫监测系统与农用无人机及自动施药等智能植保机械结合是很好的应用,当监测到害虫密度达某一指标后,利用自动化喷雾机械自动喷洒信息素干扰害虫交配或无人机精准施用农药,既可以及时治理害虫,也同时减少农药滥用,节约防治成本。

5 讨论与展望

传统人工监测需要专业人员到监测点现场进行数据采集和记录,近距离的监测点最多做到每天1次的记录频次,远距离监测点的记录周期一般在1周左右,采用物联网监测方案可以将记录周期缩短到以小时为单位,如有必要还可以用更高的频次进行记录,解决了远距离监测点记录周期长的问题。大多数物联网监测系统的技术人员现场维护周期约为4~8周,与人工监测相比也有巨大优势。因此,物联网害虫监测系统具有数据采集时效性强和监测布点范围大、密度高等特点,可获取更高的时空分辨率数据,有助于更精确地掌握害虫的活动规律与动态变化。随着物联网技术的发展,可采集到更多害虫发生相关

的信息, 这些高时空分辨率数据甚至已超出传统害虫预测预报模型的应用框架, 急需研究新的分析预测模型进行应用扩展。

远程信息化虫情测报灯是我国害虫测报实践中应用较广的智能化工具, 已逐步实现了从自动开关灯到虫体自动拍照和上传等功能, 近年来还结合人工智能对害虫图像进行种类鉴定及虫情 GIS 展示^[30]。害虫性诱电子自动计数系统已在多种害虫上开展示范应用^[31-34], 提高了我国重大害虫监测预警能力。尽管主要害虫灯诱和性诱测报技术已有行业技术标准规范, 但害虫智能监测技术尚未建立统一标准, 尤其在数据采集、传输、共享利用等关键环节还缺乏标准规范的支持, 使物联网技术在害虫监测领域的应用发展受到制约。另外, 由于农业生态环境复杂多变, 害虫田间发生影响因素众多, 我国害虫远程实时测报装备目前仍存在研发周期长、应用模式不成熟等问题, 影响监测准确度^[35-36]。

目前基于物联网的害虫监测仍处于早期发展阶段, 其依托的传感器技术、通信技术、自动控制技术、机器学习驱动的信息处理技术等也在不断研究中。实际应用上, 传感装置存在拍摄图像质量低、功耗高等问题; 粘虫板要解决粘连、定期更换等问题, 自动化监测水平需进一步提升; 基于机器视觉的害虫自动监测识别前期需要大量标定过的图像数据, 但未实现共享无法公开获取, 识别算法泛化程度低。为此, 国内外相关研究机构已在着力于整合先进技术解决上述问题, 如新型成像芯片可提供小尺寸和高分辨率的低成本图像采集方案^[37]; 西南大学研究人员设计电机驱动诱捕装置和自动控制算法, 依据诱剂有效性和害虫密度, 利用机动卷轴自动翻动和储存附有诱剂的黄色粘虫板, 能够实现在无人工维护的情况下运行数月^[38]。

随着计算机、微机电、无线通信等技术的快速发展, 以及人工智能、边缘计算与物联网等技术的不断成熟, 农业主管部门若能进一步推动害虫监测数据及传输接口的标准化工作, 则物联网害虫智能监测设备必将迎来规模化和标准化的发展, 低成本、广泛部署的监测点可为预测模型从时间空间维度提供高精度、高分辨率的全国性监测数据。这将为农业生产提供不同空间尺度和时间跨度的害虫发生动态信息, 结合分布预测模型进一步获取害虫防控的优选策略, 从而为宏观和微观尺度上的害虫防控决策提供科学支持, 最终实现农业数字化、网络化、智能化的目标。

参考文献

[1] Savary S, Willocquet L, Pethybridge S J, et al. The global bur-

- den of pathogens and pests on major food crops. *Nature Ecology & Evolution*, 2019, 3(3): 430-439.
- [2] 潘绪斌, 王聪, 严进, 等. 经济全球化与气候变化对生物入侵的影响浅析. *中国植保导刊*, 2018, 38(4): 65-69, 33.
- [3] Miller S A, Beed F D, Harmon C L. Plant disease diagnostic capabilities and networks. *Annual Review of Phytopathology*, 2009, 47(1): 15-38.
- [4] 刘万才, 刘振东, 黄冲, 等. 近 10 年农作物主要病虫害发生危害情况的统计和分析. *植物保护*, 2016, 42(5): 1-9, 46.
- [5] 郭建洋, 洗晓青, 张桂芬, 等. 我国入侵昆虫研究进展. *应用昆虫学报*, 2019, 56(6): 1186-1192.
- [6] 陈梅香, 杨信廷, 石宝才, 等. 害虫自动识别与计数技术研究进展与展望. *环境昆虫学报*, 2015, 37(1): 176-183.
- [7] 樊雪梅. 物联网技术发展的研究与综述. *计算机测量与控制*, 2011, 19(5): 1002-1004.
- [8] 胡永利, 孙艳丰, 尹宝才. 物联网信息感知与交互技术. *计算机学报*, 2012, 35(6): 1147-1163.
- [9] 张恩迪, 张佳锐. 基于物联网的农业害虫智能监控系统. *农机化研究*, 2015, 37(5): 229-234.
- [10] 郭敏, 张明真. 基于 GMM 和聚类方法的储粮害虫声信号识别研究. *南京农业大学学报*, 2012, 35(6): 44-48.
- [11] 韩瑞珍, 何勇. 基于计算机视觉的大田害虫远程自动识别系统. *农业工程学报*, 2013, 29(3): 156-162.
- [12] Haff R P, Saranwong S, Thanapase W, et al. Automatic image analysis and spot classification for detection of fruit fly infestation in hyperspectral images of mangoes. *Postharvest Biology and Technology*, 2013, 86: 23-28.
- [13] 杨航, 原培新. 基于 X 射线检测技术谷类农作物在线虫害检测识别研究[D]. 沈阳: 东北大学, 2017.
- [14] Parsons L, Ross R, Robert K. A survey on wireless sensor network technologies in pest management applications[J/OL]. *SN Applied Sciences*, 2020, 2: 28. DOI: 10.1007/s42452-019-1834-0.
- [15] Hu Z, Xue G, Chen Y, Li M, et al. City-wide NB-IoT network monitoring and diagnosing [J/OL]. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022. DOI: 10.1155/2022/3153274.
- [16] Conejeros J G, Altimiras F, Pope C. A distributed K-means segmentation algorithm applied to *Lobesia botrana* recognition [J/OL]. *Complexity*, 2017. DOI: 10.1155/2017/5137317.
- [17] Ebrahimi M, Khoshtaghaza M H, Minaee S, et al. Vision-based pest detection based on SVM classification method. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2017, 137: 52-58.
- [18] 郭庆文, 王春桃, 肖德琴, 等. 利用显著图构建注意力深度网络检测诱虫板蔬菜害虫. *农业工程学报*, 2021, 37(19): 211-219.
- [19] Ding W, Taylor G. Automatic moth detection from trap images for pest management. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2016, 123: 17-28.
- [20] 李昊, 刘海隆, 刘生龙. 基于深度学习的柑橘病虫害动态识别系统研发. *中国农机化学报*, 2021, 42(9): 195-201, 208.
- [21] 张哲宇, 孙果稼, 杨保军, 等. 基于机器视觉和深度学习的稻纵卷叶螟性诱智能监测系统. *昆虫学报*, 2022(8): 1-11.
- [22] Guo Q, Wang C, Xiao D, et al. An enhanced insect pest counter based on saliency map and improved non-maximum suppression[J/OL]. *Insects*, 2021. DOI: 10.3390/insects12080705.
- [23] Wolfert S, Ge L, Verdouw C, et al. Big data in smart farming: a review. *Agricultural Systems*, 2017, 153: 69-80.
- [24] 洗晓青, 翟保平. 褐飞虱前期迁入与海温场、ENSO 指标的遥相关及其中长期预测[D]. 南京: 南京农业大学, 2007.

- [25] 李磊,牟少敏. 随机森林及数据可视化在棉蚜等级预测中的应用研究[D]. 泰安:山东农业大学,2017.
- [26] 刘小平,肖德琴. 基于 SVM 的烟粉虱发生等级预测研究[D]. 广州:华南农业大学,2018.
- [27] 包云轩,唐辟如,孙思思,等. 中南半岛前期异常气候条件对中国南方稻区褐飞虱灾变性迁入的影响及其预测模型. 生态学报,2018,38(8):2934-2947.
- [28] 李道亮,杨昊. 农业物联网技术研究进展与发展趋势分析. 农业机械学报,2018,49(1):1-20.
- [29] Grünig M, Razavi E, Calanca P, et al. Applying deep neural networks to predict incidence and phenology of plant pests and diseases[J/OL]. Ecosphere, 2021, 12(10):e03791. <https://doi.org/10.1002/ecs2.3791>.
- [30] 封洪强,姚青. 农业害虫自动识别与监测技术. 植物保护, 2018, 44(5):127-133, 198.
- [31] 罗金燕,陈磊,路风琴,等. 性诱电子测报系统在斜纹夜蛾监测中的应用. 中国植保导刊,2016,36(10):50-53.
- [32] 苏小平,袁秋生,邓澎达,等. 昆虫性诱电子测报系统对稻纵卷叶螟成虫的监测效果评价. 湖南农业科学,2018(8):64-67.
- [33] 魏秀红,邹佳辉,刘艳楠,等. 物联网智能虫情测报系统在枸杞害虫远程监测中的应用试验. 防护林科技,2021(4):33-34, 60.
- [34] 曾娟,杜永均,姜玉英,等. 我国农业害虫性诱监测技术的开发和应用. 植物保护,2015,41(4):9-15, 45.
- [35] 刘万才. 我国农作物病虫害现代测报工具研究进展. 中国植保导刊,2017,37(9):29-33.
- [36] 黄冲,刘万才. 试论物联网技术在农作物重大病虫害监测预警中的应用前景. 中国植保导刊,2015,35(10):55-60.
- [37] Shaked B, Amore A, Ioannou C, et al. Electronic traps for detection and population monitoring of adult fruit flies (Diptera: Tephritidae). Journal of Applied Entomology, 2017, 142:49-51.
- [38] Huang R, Yao T, Zhan C, et al. A motor-driven and computer vision-based intelligent E-trap for monitoring citrus flies [J/OL]. Agriculture, 2021, 11(5):460. <https://doi.org/10.3390/agriculture11050460>.

从美国原木上首次截获灰步行象

2023 年 3 月,扬州海关对一批来自美国俄勒冈州的花旗松原木实施查验时,在原木上发现小蠹成虫、天牛幼虫等活虫,在散落于集装箱地板的树皮中发现象虫、叩甲等活虫。该批货物出口前已实施了溴甲烷熏蒸处理,处理指标符合我国相关要求。经南京海关动植物检疫中心植物检疫实验室鉴定,截获害虫主要为:黄杉大小蠹(*Dendroctonus pseudotsugae* Hopkins)、灰步行象[*Barynotus obscurus* (Fabricius)]、波带脊虎天牛[*Xylotrechus undulatus* (Say)]、褐足梳角叩甲[*Melanotus castanipes* (Paykull)]、北美扁菌甲(*Platyedema americanum* Laporte and Brullé)等。其中,黄杉大小蠹系我国《进境植物检疫性有害生物名录》中的有害生物,灰步行象系国内首次截获。

灰步行象属鞘翅目(Coleoptera)象虫科(Curculionidae)粗喙象亚科(Entiminae)尺象族(Geonemini)步行象属(*Barynotus* Germar, 1817),广泛分布于欧洲,后传入美国和加拿大。中国无分布记录。在欧洲,每年 3—10 月可见成虫,主要为害蔷薇科(Rosaceae)、菊科(Asteraceae)、豆科(Fabaceae)、紫百合科(Violaceae)、报春花科(Primulaceae),有时也为害作物。

灰步行象体长 7~11 mm,无后翅,卵形,体背隆起,黑灰色,被圆鳞片。鳞片淡灰、白、绿或珍珠色,有时带金属光泽;前胸、头部、喙和足上的鳞片稀疏;翅上的鳞片密集,形成模糊的花纹。头、前胸和足上的毛倒伏状且细小。触角黑色,柄节和跗节有时红色,鞭节的第 1 节和第 2 节几乎相等,3~4 节尖,5~7 节球形。喙中央具宽纵沟,两侧具短沟。眼平坦。前胸横阔,具粗刻点,前部窄,两侧圆弧形,中央具一明显纵沟。翅卵圆形,两侧圆,基缘波曲状,端部尖突,两肩明显。刻点沟细微,沟间密布长直刚毛,多少可见,每个点具一短鳞毛;偶数刻点沟间平坦,奇数沟间突起,特别是趋向翅基部的。前足胫节二波状,胫端具尖刺。



(南京海关动植物与食品检测中心 朱宏斌 李洋 杨晓军; 扬州海关 丁识伯)