

智能蜂箱研究进展

何升洋^{1,2} 何旭江^{1,2} 曾志将^{1,2}

(1 江西农业大学蜜蜂研究所, 南昌 330045; 2 蜜蜂生物学与饲养江西省重点实验室, 南昌 330052)

摘要: 蜜蜂对生态环境和人类社会具有重要意义。人类和蜜蜂的渊源可以追溯到公元前, 人与蜜蜂的关系也从一开始的毁巢取蜜进化为通过蜂箱互惠互利的共生型。经历了漫长时间, 蜂箱也进行了多次更新换代。目前国内的养蜂生产技术主要还建立在精细管理的基础上, 属典型的劳动密集型技术, 明显落后于国外较为先进的机械化水平, 因此开展蜂群数据监测及蜂群状态分析对于维护蜂群健康和养蜂技术发展都至关重要。本文将从蜂箱的历史出发, 介绍几款国内外研制的智能蜂箱, 对其功能和优缺点进行介绍和分析, 为研制适合我国产业规模化、省力化和智能化蜂箱提供参考。

关键词: 蜂箱; 智能蜂箱; 研究进展

蜜蜂属节肢动物门, 昆虫纲, 膜翅目, 蜜蜂科, 蜜蜂属。地质学表明, 人类在地球上出现和开始猎取蜂蜜以前, 蜜蜂就已经存在了数千万年^[1]。世界上最早被记载的养蜂事业可以追溯到公元前 7000 年, 原始人类从树洞或岩石的缝隙中获取蜂蜜; 公元前 5000 年的新石器时期, 中东地带的人们制造并使用陶瓦器皿, 用于蜜蜂的居住^[2]。随着时代推进, 越来越多种类的人工蜂箱被发明出来。

1 蜂箱发展史

1.1 西方蜜蜂蜂箱

1851 年美国朗斯特罗什 (Lorenzo Lorraine Langstroth) 发明了朗式蜂箱^[2], 郎氏首次提出“蜂路”理论。基于这一理念, 他设计出新型蜂箱。在该蜂箱内, 蜂巢由木框固定。每个木框所包裹的蜂巢与蜂箱内壁之间, 以及不同蜂巢相互之间, 均特意留出约 1 cm 的间距。这一间距为蜜蜂提供了充足的活动通道, 保障蜂群在蜂箱内有序活动。蜂巢四周由于有木框固定, 提高了强度, 又利于随时将蜂巢连木框一起提出, 蜂巢可以任意活动、增减, 开箱检查非常方便, 朗式蜂箱一经问世就广受好评, 并快速普及开来。朗式蜂箱促进了人们对蜜蜂生物学特性的进一步了解, 使蜜蜂饲养具有了一定科学基础。自 19 世纪活框蜂箱问世的百余年间, 蜜蜂饲养管理技术突飞猛进。借助活框蜂箱, 养蜂操作更灵活, 推动了技术革新, 人们对蜜蜂行为、生理、繁殖等特性理解愈发透彻, 养蜂技术与蜜蜂生物学研究

相互促进, 带动行业持续发展^[3]。

1.2 中蜂蜂箱

中华蜜蜂 (简称中蜂) 是东方蜜蜂指名亚种, 是我国宝贵的蜂种资源, 非常适合中国山区定点饲养^[4]。我国养蜂历史源远流长, 据《山海经》记载的养蜂史, 至少可追溯 2300 多年前^[5], 从战国到清朝这漫长数千年, 尽管先民对蜜蜂生活习性的认知持续深化, 养蜂技术、养蜂器具也在逐步改良, 但总体而言, 养蜂业依旧深陷原始、落后的困境。当时, 养蜂人每年仅能进行一次取蜜作业, 且普遍采用“杀鸡取卵”式的毁巢取蜜法。这不仅致使蜂群遭受严重破坏, 生产效率长期低下, 所获蜂产品品质也欠佳, 极大限制了养蜂产业的规模扩张与良性发展^[6,7]。20 世纪, 西方蜜蜂及活框蜂箱养殖技术引入我国后, 一股活框饲养中蜂的热潮随即兴起。人们开始用郎式蜂箱, 或参照其设计思路, 打造出各类活框蜂箱, 用于中蜂养殖。然而, 由于不加变通, 直接套用西方蜜蜂活框饲养的模式, 在使用郎式蜂箱及衍生蜂箱养殖中蜂时, 问题接踵而至——中蜂分蜂和飞逃现象频发, 且很难培养出强群。

面对这一难题, 养蜂人、研究者从传统圆桶蜂箱中汲取灵感, 改良设计出圆格子蜂箱和方格子蜂箱。与此同时, 为实现中蜂蜜牌的高效分离, 子蜜分离框、组合框蜂箱等创新型蜂具也相继研发问世^[4]。这些本土化的改进, 显著改善了中蜂养殖成效, 推动了中蜂养殖行业的持续健康发展, 各种蜂箱规格见表 1。

基金项目: 国家重点研发计划课题 (2022YFD1600202); 蜜蜂生物学与饲养江西省重点实验室 (2024SSY04151)

作者简介: 何升洋 (1999-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为蜜蜂生物学与饲养, E-mail: 1315251031@qq.com

表1 各种蜂箱规格^[4]

箱式	巢框内围		上梁		巢框单面有效面积(mm ²)
	长(mm)	高(mm)	宽(mm)	厚(mm)	
郎式蜂箱	428	202	27	20	86456
中峰十框蜂箱	400	220	25	20	88000
从化式中蜂箱	350	215	25	12	75250
中一式中蜂箱	385	220	24	20	84700
高窄式中蜂箱	244	309	25	17	75396
GN式中蜂箱	290	132	25	10	38280

2 智能蜂箱设计和作用

2.1 智能蜂箱简介

在养蜂业中，蜜蜂养殖是最为核心的环节，维持蜂群长期健康、稳定，对养蜂效益起着决定性作用。在传统养殖模式下，人工观测是掌握蜂群活动状态的主要方式，这对守护蜂群健康稳定至关重要。以往，蜂农主要依靠手动打开蜂箱、检查巢脾，借此了解工蜂与雄蜂的数量，掌握蜂群繁殖进度、蜂王存活情况以及蜂群整体健康状态，进而针对不同状况采取应对措施。然而，这种纯人工检测方式弊端明显：不仅操作过程繁琐，极大增加了蜂农的劳动强度，而且可操作性欠佳。频繁开箱检查，严重干扰蜜蜂正常活动，难以获得实时、准确的数据，极大限制了养蜂业的规模化、现代化发展^[8,9]。

近些年来，物联网技术在农业信息化当中的应用越来越广泛。在全球农业智能化转型的背景下，蜂业生产领域正加速融合现代传感技术，于是智能蜂箱应运而生。随着物联网技术的发展，智能蜂箱逐渐成为研究的热点^[9,10]。智能蜂箱就是通过嵌入物联网技术，构建了非侵入式的蜂群管理方案。养蜂人员无需频繁开启箱体，仅需通过移动设备即可获取蜂巢内部

状态的动态数据，减少蜂箱开箱检查频率，解除了人力的限制，实现一人管理多群。同时又可以基于监测结果进行通风控温及时地为蜜蜂提供舒适的繁殖和产蜜环境，提高了蜂蜜的产量和质量^[11]。

2.2 国外研发的智能蜂箱

2015年，爱尔兰的 Apis Protect 公司研发出一种能实时监测蜂箱内部温湿度、二氧化碳浓度等环境指标的蜂箱，同时将数据用无线网络实时传输给蜂箱使用者（如图1）。结合数据分析和实际情况，开发出一种基于决策树的分类算法，该算法可以基于传感器网络数据，以95.38%的准确率预测蜂巢内部状况，在极端情况时给予养蜂者预警。自2018年从国际投资者获得180万美元资金以来，该公司一直与美国、爱尔兰、英国和南非的20多位养蜂人合作，致力于监测多达2000万只蜜蜂的活动，以此来研发蜜蜂监测传感器，进而更好地了解蜜蜂的行为和健康状况，为养蜂业提供更科学的管理方法。Apis Protect 正在用400个智能传感器单元收集到的信息创建一个全球蜜蜂健康数据库，为其数据分析的算法提供支持^[12]。

2016年，巴西的 Kridi 等人将无线传感器网络



图1 Apis Protect 公司制造的智能蜂箱

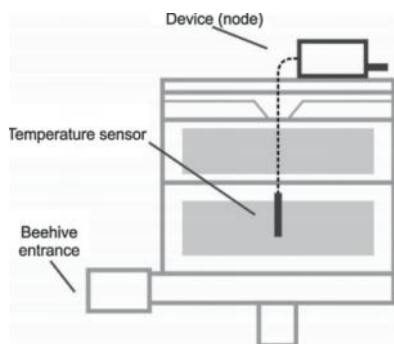


图2 Kridi 团队研制的监测平台

应用于蜂箱监测，开发出了一套功能强大的蜂箱监测平台（如图2）。该平台以 ATmega 328 型号的微控制器为核心，负责数据处理和指令控制。搭配 XBee-PRO 900 HP 无线电模块，实现了无线数据传输，使监测系统能够在一定范围内灵活部署，不受线缆的限制。此外，LM-35 温度传感器被用于实时精确地测量蜂箱内的温度。通过对大量温度数据的分析，研究者提出了五种热模式，这些模式能够反映出蜂箱内不同的温度变化情况和状态。当温度值超过给定的阈值时，监测平台会立即向养蜂人发送过热警报^[13]。这一功能对于养蜂人来说至关重要，因为在巴西东北部等半干旱地区，高温是导致蜂群飞逃的重要因素。通过及时预警，养蜂人可以采取相应的措施，如为蜂箱提供遮荫、增加通风等，以降低蜂箱内的温度，避免蜂群因过热而飞逃，从而保障蜂群的稳定和蜂蜜的产量。

2017年，以色列 BeeHero 公司和美国甲骨文股份有限公司开发出一套蜜蜂环境监测系统及配套的人工智能计算系统，以 Silicon Labs 的 EFR32BG24 Series 2 Bluetooth® Wireless System-on-Chip（无线晶片系统）、BGM210P 和 BGM240P Wireless Bluetooth Modules（无线蓝牙模块）为基础，BeeHero 安装了蜂箱传感器，进行蜂箱数据的远程

传输，再加上与之配套的 APP，能帮助养蜂员监测蜂群的行为和状况（如图3）。2023年 BeeHero 管理了超过 20 万个蜂巢，其传感器每天收集超过 1000 万个蜂巢样本^[14, 15]。

2.3 国内研发的智能蜂箱

从 2014 年起，中国智能蜂箱科技发展迅速并出现大量专利。这些专利的重点在于对蜜蜂群体环境如温度、湿度及健康状态的监控与控制，部分甚至包含了 HTTP 协议和网络平台的技术应用^[11]。尽管如此，中国智能蜂箱的市场并未全面启动，这主要是由于制造费用过高且农户对其认可程度有限，因此仅有少量农民使用智能蜂箱，而成功的公司数量也不多。

2015年，台湾大学的 Joe-Air 等人研发的基于无线传感器网络的蜜蜂觅食行为及蜂箱环境因素自动监测系统（如图4），是养蜂技术领域的一项重要创新。该系统通过在蜂箱内外搭载温湿度传感器和红外线收发器，实现了对蜂巢内外环境因素的检测以及蜜蜂进出觅食活动数据的长时间收集^[16]。

2015年，四川天府蜂谷科技公司推出了一款名为“大蜂慧”的管理系统（如图5），它基于传统的蜂箱设计，添加了诸如温度、湿度、重量、声响和出入记录等多种传感器，从而实现将蜂箱状态



图3 BeeHero 公司的智能蜂箱及配套 APP

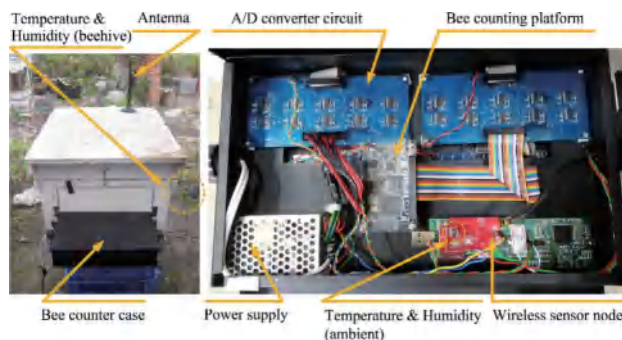


图4 Joe-Air 团队研发的智能蜂箱



图5 大蜂慧蜂箱（四川天府蜂谷）

的实时监测信息传递到网络平台上，构建出一种智能化养殖蜜蜂的方式。自2019年起，这一模式便在四川、陕西、重庆、山东、浙江、安徽、湖南、云南等多地落地应用，在定地饲养蜂农群体里，该模式更是备受青睐，得到广泛使用。值得关注的是，阿里巴巴集团与四川天府蜂谷科技有限公司开展合作，将后者研发的AI养蜂设备及“大蜂慧”系统纳入旗下，借助阿里云平台进行整体集成，推出AI蜂业大脑。如今，借助这一成果，阿里巴巴正面向全国大力推广AI养蜂服务，助力蜂业实现智能化转型^[17]。

2020年5月中国农业科学院农业信息研究所智能农业技术研究室上线了一款智能蜂箱(如图6)，利用物联网、人工智能等技术，集成蜂箱数据采集硬件设备及数据管理系统，协助养蜂人员远程实时



图6 中国农业科学院农业信息研究所（慧养蜂）智能蜂箱

获取、监控蜂箱内部环境，减少频繁开箱操作，同时提供预警功能辅助养殖决策，显著提高蜂群管理效率^[18]。

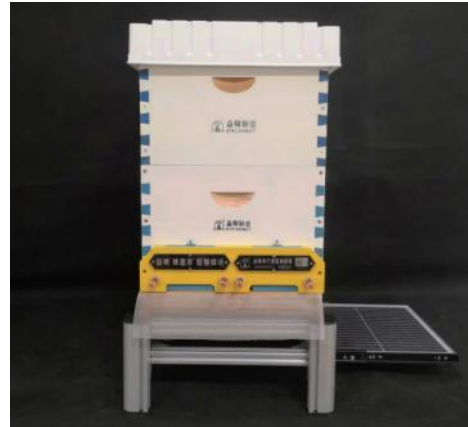


图7 蜂富家智能蜂箱（上饶益精）

2023年，江西上饶蜂富家成功研发出一款智能蜂箱（如图7），并配套推出智慧蜂场系统，为蜂业养殖的智能化革新注入全新活力。蜂富家智慧蜂场系统，主要涵盖两大核心板块。第一部分是数字化蜂箱系统。依托前沿传感技术，该系统不仅能实时监测蜂场的风向、温度、湿度等环境要素，还能全方位收集蜂箱位置、内部温湿度、噪声环境参数以及现场视频等数据。这些信息的采集，为养蜂过程的精细化管理提供了丰富的数据支撑。另一部分则是蜂友App。通过App养蜂员能及时了解蜂群健康状况，实现智能化的蜂群健康管理。一旦蜂箱内的参数出现异常，蜂友App便会立即发出警报，让养蜂员迅速响应，及时采取应对措施，极大提升蜂场管理的及时性与有效性。

3 智能蜂箱存在的主要问题和发展趋势

3.1 智能蜂箱存在的问题

3.1.1 数据监测仍不智能

从表2可以看出，多数智能蜂箱主要检测了蜂

表2 各种智能蜂箱的主要功能

蜂箱（公司名或研发人名）	重量	温湿度	二氧化碳浓度	声音（频率）	摄像头（图像）	APP
Apis Protect	√	√	√	×	×	√
Kridi	×	√	×	×	×	×
BeeHero	√	√	×	×	×	√
Joe-Air	×	√	×	×	×	×
天府蜂谷	√	√	×	√	×	√
慧养蜂	√	√	×	√	√	√
蜂富家	√	√	×	√	√	√

群内温湿度、重量、声音、蜜蜂进出量和卫星定位等指标, 仍有许多技术指标未能实时监测, 且信息分析关联性较弱, 目前蜂群监测研究多偏向于以单一信息为监测指标来开展蜂群活动、蜂群行为、蜂群状态判断, 不能达到多信息协同分析^[11], 在判断准确性和时间有效性上有待提高。现有的可视化移动端只能显示实时数据、监控与预警等基础功能, 仍不能满足智能化、精细化、科学化养蜂技术需求。对蜂群复杂状态和疾病监控进行数字化表征、智能评价和科学预警仍需更科学、更先进的技术手段。

3.1.2 环境数据利用不足

目前智能蜂箱在蜂群行为特征指标信息的采集上已取得显著成效, 不仅对巢内状况进行全面监测, 还将范围拓展至巢外, 积累了海量数据。然而现有智能蜂箱在信息采集维度上仍存在欠缺, 尚未充分关注蜂巢外部环境信息。温度、湿度、风况、天气状况等环境因素, 对蜂群研究而言至关重要。这些环境信息的变化也会直接作用于蜂群行为, 对蜂群群体稳定性也有着不可忽视的影响。在蜂群研究迈向精细化的当下, 采集和利用蜜蜂生活环境信息, 已然成为将研究推向深入的关键一步。此外不同地区气候条件的差异也对传感器的精度和设备的耐久性要求更高。

3.1.3 造价昂贵, 蜂农接受程度低

在精准农业、智慧养殖的大趋势下, 智能蜂箱推广对推动养蜂业现代化转型有着重要意义。但智能蜂箱的市场价格波动较大, 单台售价在1500元至近万元区间, 相较于传统蜂箱, 有着显著的价格劣势。对于以养蜂为主要收入来源的专业蜂农而言, 采购一台智能蜂箱的前期投入, 需要历经3~5年才能收回成本, 极大增加了蜂农的经济负担。此外养蜂行业目前面临着严重的老龄化问题^[19], 蜂农群体的文化水平普遍不高, 这导致他们在互联网平台和新技术的使用上存在较大困难。与此同时, 政府在智能蜂箱推广方面的补贴政策和宣传力度不足, 多方因素导致蜂农对智能蜂箱接受程度较低^[20], 严重阻碍了智能蜂箱在养蜂行业的普及。

3.2 智能蜂箱未来发展趋势

使用大数据, 建立多信息多维度协同分析网络。通过AI大模型对海量数据的分析, 挖掘蜂群行为和环境变化的联系, 从而更精确的得到蜂巢内

部信息, 对行为判断、异常状况预警得出更具有普适性的结论, 实现智能化、精细化、科学化养蜂技术需求。加大对养蜂设备智能化技术研发的扶持力度, 对蜂农定期进行技术培训, 吸引更多年轻人从事养蜂生产, 引导养蜂业向现代化、智能化、信息化转型。

参考文献

- [1] 王博, 胡福良. 浅谈蜜蜂遗存在考古学中的可行性研究方向[J]. 蜜蜂杂志, 2020, 40(12): 23-26.
- [2] 朗斯特罗什, 达旦父子公司, E. L. 阿特金斯, 等. 蜂箱与蜜蜂[M]. 陈剑星, 黄文诚, 等译. 北京: 农业出版社, 1981.
- [3] 世界蜂业发展概况[J]. 河南畜牧兽医, 2022, 43(21): 18-19.
- [4] 李为常, 周晓康, 董坤, 等. 中蜂蜂箱的研制进展[J]. 中国蜂业, 2022, 73(03): 32-35.
- [5] 王铭农. 养蜂技术发展简史[J]. 农业考古, 1993(03): 255-262.
- [6] 蔡呈贵. 我国古今养蜂技术叙谈[J]. 中国蜂业, 2014, 65(3): 58.
- [7] 杨淑培. 中国养蜂史之管见[J]. 中国农史, 1988, 7(2): 82-90, 124.
- [8] 郭斌. 基于物联网技术的智慧蜂箱设计与实现[D]. 杭州电子科技大学, 2016.
- [9] 刘升平, 吕纯阳, 郭秀明, 等. 蜂群行为监测方法及应用研究综述[J]. 中国农业大学学报, 2020, 25(9): 80-89.
- [10] 张猛, 韩兵庚, 张串联, 等. 江西省中蜂蜂箱发展现状[J]. 中国蜂业, 2022, 73(06): 37-39.
- [11] 吕纯阳, 刘进祖, 吴忠高, 等. 智能蜂场研究进展[J]. 中国蜂业, 2019, 70(04): 58-59.
- [12] Edwards-Murphy F., Magno Michele, Whelan P á draig M., et al. b+WSN: smart beehive with preliminary decision tree analysis for agriculture and honey bee health monitoring[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2016, 124: 211-219.
- [13] Kridi Douglas S., de Carvalho Carlos Giovanni N., Gomes Danielo G. Application of wireless sensor networks for beehive monitoring and in-hive thermal patterns detection[J]. Computers & Electronics in Agriculture, 2016, 127(2): 221-235.
- [14] 获6600万美元融资, BeeHero利用物联网传感器技术精确授粉 <https://www.163.com/dy/article/HVNE9JK105329F33.html>
- [15] BeeHero 官网: <https://www.beehero.io/>
- [16] Jiang Joe-Air, Wang Chien-Hao, Chen Chi-Hui, et al. A WSN-based automatic monitoring system for the foraging behavior of honey bees and environmental factors of beehives[J]. Computers & Electronics in Agriculture, 2016, 123: 304-318.
- [17] 李梦璐, 张社梅. 智能蜂箱的经济影响分析[J]. 中国蜂业, 2020, 71(5): 56-59.
- [18] 慧养蜂官网: <https://www.caasbee.com/>
- [19] 曾蜜, 周伟良, 颜伟玉, 等. 不同饲养方式的蜂场生产现状调查与分析[J]. 应用昆虫学报, 2024, 61(02): 485-491.
- [20] 银帅. 农户对智能养蜂技术的采纳意愿及影响因素分析[D]. 沈阳农业大学, 2023. 