我国农业物联网发展现状及对策*

文 / 许世卫
中国农业科学院农业信息研究所/农业部农业信息服务技术重点实验室 北京 100081

【摘 要】文章分析了现阶段农用传感器、农业数据采集与传输、GIS和GPS以及农业智能数据处理等核心农业物联网技术在我国的发展现状及其应用情况；重点阐述了农业物联网在农业生产、农产品市场、农业管理及电子政务领域的应用进展，论述了农业物联网对改造与提升我国传统农业发展模式的重要意义，同时对我国农业物联网未来的发展趋势做出了科学预测。

【关键词】农业物联网，技术，应用，进展

DOI：10.3969/j.issn.1000-3045.2013.06.002

农业物联网是物联网技术在农业生产、经营、管理和服务中的具体应用，是用各类感知设备，采集农业生产过程、农产品物流以及动植物本体的相关信息，通过无线传感器网络、移动通信无线网和互联网传输，将获取的海量农业信息进行融合、处理，最后通过智能化操作终端，实现农业产前、产中、产后的过程监控、科学决策和实时服务[1]。

我国传统农业正在加快向现代农业转型。信息化与农业行业的深度融合，实现广泛的智能化，是我国现代农业未来发展的主要特征和必然趋势。而农业物联网正是农业走向信息化、智能化的必要条件。

近年来，从我国重大需求出发，物联网技术在农情信息资源监测与利用、农产品市场信息感知、农业生产精细管理、农产品质量溯源几个领域得到了广泛应用，并取得了重要进展。

* 修改稿收到日期：2013年10月24日

1 农业生产实现精准化、自动化，农业资源利用率和劳动生产率显著提高

应用物联网技术进行农业生产精细管理是现代农业发展的关键。其核心在于集成应用感知技术、GPS、RS、GIS等技术，无线传感网络技术、移动通讯技术实现农业生产信息的定位、采集、传输和管理。通过农业物联网感知技术，对农作物生长土壤养分、墒情、苗情、病虫、灾情等进行监测，能够及时了解农田、作物和环境数据信息。在此基础上，结合农业物联网智能应用技术，在大田和设施农业环境监测控制、施肥灌溉管理、作物病虫防治等方面实现农业信息准确感知、及时反应，帮助农业生产者、管理者做出有效的决策。

1.1 农用传感器技术发展迅速，专业化程度越来越高

从以往精准农业技术的研究和发展来看，农用传感技术是决定农业装备化、现代化的主要制

约因素，现在这一状况得到了极大改善。迄今为止，农业传感器产品已覆盖土壤传感器、水体传感器、气象传感器、植物生长传感器[2]、重金属检测传感器、生物传感器[3]、气敏传感器等众多门类，另外还出现了用于土壤墒情信息[4]、土壤电导率信息、作物苗情诊断信息、作物冠层信息、土壤重金属含量、土壤肥力信息、禽流感快速检测信息[5]、水体污染信息、空气污染信息、二氧化碳含量等关键要素监测的复杂专业传感器，为农业生产数据采集提供了强大支撑。

目前我国已有较多的科研机构、物联网企业开展农业传感器的研制，设计研发了一批低成本、低功耗、小型化、高可靠性的农业传感器，在我国传统农业改造升级中发挥了重要作用。

1.2 信息技术的发展，为农业生产数据可靠传输提供了更多选择

无线传感器网络技术在精准农业、远程信息监测、专家系统等农业信息化领域得到了广泛应用，在设施农业控制系统、大田作物数字化管理系统和精准农业控制系统，以及农业环境监测、农业生产控制和智能监测管理等方面发挥了重要作用。

基于Zigbee无线传感器网络能够实现无线自组织数据传输，在大田生产管理、大面积水体监测、大规模养殖等领域广泛应用，保证了无线数据传输的可靠性。ZigBee技术与RS485总线配合，能够实现农业生产中有线和无线数据传输的有效融合[6]，既保证了远程数据采集的便捷性，也保证了数据汇聚的时效性，为农业领域的数据传输提供了良好的解决方案。

1.3 自动控制与农业模型的发展，为农业生产智能管理提供了手段

目前，我国已有部分企业和科研机构开始物联网核心控制芯片的研发，并取得了一定的研究成果。如我国国内首个物联网核心芯片“唐芯一号”[7]，具有无线通信、无线组网、无线传感、无线控制、数据处理等能力。全球首款支持三大工业无线国际标准的物联网核心芯片“渝芯一号”[8]，可以广泛应用于智能农业、智能工业等领域，具有广阔的应用前景。

GIS与土壤墒情监测及抗旱管理相结合，在土壤水分、墒情等信息采集的基础上，将动态监测、分析、管理、决策与空间信息管理融为一体[9]，大大提高了农业用水效率。基于无线传感器网络的水质监测系统，能够实现大面积水体水质监测，及时发现突发性污染事件并及时做出反应。WebGIS技术与作物水肥需求信息采集相结合，结合作物生长模型，能够实现农田远程诊断与决策。农业物联网与云计算技术融合，配合智能决策模型和反馈控制系统，可以实现病虫害远程诊断、监控预警、指挥决策，肥、水、药智能施放等功能[10]，有效提升农业生产的智能化、精细化程度。

安徽省开展了大田生产物联网应用示范，以大田作物“四情”（苗情、墒情、病虫情、灾情）监测服务为重点[11]，通过物联网技术的集成应用，实现了大田作物全生育期动态监测预警和生产调度。

2 农产品市场信息感知与处理技术取得革命性突破，极大增强了农产品市场监测预警能力与信息服务水平

近年来，我国农产品市场波动频繁，部分农产品价格“过山车”式的暴涨暴跌时有发生，给农业市场带来诸多不稳定因素，亟需加强对农产品市场的适时监测，及时、准确地掌握农产品市场异常变化情况，稳定农产品市场。农业物联网市场信息感知与处理技术的快速发展，提升了农产品市场信息

采集和农资流通产业信息感知处理的水平，增强了我国农产品市场监测预警、农资行业市场监管力度与信息服务水平。

2.1 移动物联网技术广泛应用于农产品市场信息采集

基于物联网技术研制的市场信息采集设备，实现了及时、准确、有效的农业信息采集，将成为把握农产品市场信息、增强农产品市场监测预警的利器。中国农业科学院农业信息研究所研发的基于物联网的便携式农产品全息市场信息采集器，通过现代信息技术集成创新，嵌入行业标准，CAMES（中国农产品监测预警系统）智能支撑，多元化布局，每日可采集上报69个品种的田头市场、批发市场、零售市场的价格数据，成为把握农产品市场信息的利器[12]。国家农业信息化工程技术研究中心研发的基于智能终端的农产品价格信息采集系统[13]，在移动手机存储卡导入信息采集（表或文档）软件，信息采集员通过该软件可每天短信发送采集信息；在收信电脑植入短信文本转换软件，实现采集信息自动接收和导入，及时提供农产品价格、主要农业生产资料价格、农业生产运行趋势和主要农产品市场供求等信息，为农产品价格信息预测分析与发布（推送）系统提供数据支持。

2.2 RFID与二维码技术的应用提升农业信息服务水平

采用传感器技术、RFID技术和二维码技术构建的农资管理与流通智能服务平台，突破了大规模服务的低成本、个性化与智能化服务瓶颈，有效增强了农资质量防伪、商品信息推送、广告精准推送等市场信息服务能力[14]。中科院半导体所开展的低成本超高频RFID电子标签与嵌入温度传感器RFID标签开发工作，为低成本、普适化、可持续的农资信息采集处理提供了技术支持。合肥物质科学研究院开展的低质量农资二维码图像识别技术方面的研究[15]，对于30万像素、无聚焦镜头的手机拍摄二维码图像识别率超过99%，基本满足了我国广大农民主流手机需求，这将有效提升我国农资信息感知能力。

目前，农产品市场信息感知与处理技术已经在天津、河北、湖南、福建、广东、海南6省市50余个农产品市场、农资配送中心、农资连锁经营店开展试点应用工作，每日就69个品种的田头市场、批发市场、零售市场的价格数据进行采集上报。试点工作进展顺利，成就显著，实现了现代农业由粗放型经营向集约化经营方式的转变，对“四化同步”发展具有重要作用。

3 农业管理实现数字化、智能化，农业管理水平和效率显著提高

随着物联网技术的发展与渗透，物联网在农业管理中的应用也愈加凸显，物联网技术与GPS、GIS、云计算等技术的结合，大大提高了农业管理的效率。目前，物联网在农业管理方面的应用已取得明显进展。

3.1 物联网技术在农产品质量安全追溯领域得到普及

农产品质量安全问题是当前社会较为关心的一个焦点，运用农业物联网技术，通过对农产品生产、流通、销售过程的全程信息感知、传输、融合和处理，可实现农产品生产、流通、消费整个流程的跟踪与溯源，实现农产品流通全过程的监管，为农产品安全保驾护航。从2000年开始，我国已开展了以提高农产品和食品安全为目标的溯源技术研究和系统建设，研发了农产品流通体系监管技术。

目前，我国基本建成了蔬菜追溯体系、猪肉质量安全追溯体系、牛肉质量安全追溯体系等，建立了从产地到流通的追溯编码体系，实现了肉类蔬菜在生产、加工和流通各环节的安全生产[16]，并建立了面向政府监管和消费者查询的公共网络平台，有效保障了农产品的质量安全。此外，还建立了基于RFID和二维码标识体系的水产品质量安全及溯源系统，蜂产品质量安全追溯平台[17]，中药溯源系统，粮油产品、水果、茶叶、乳制品等多种农产品安全追溯系统[18]，不仅为人民群众的饮食健康

提供安全优质的农产品，也提高了农业企业信誉和综合竞争力。

北京市结合“菜篮子”工程要求，围绕北京市农产品质量安全和生态环境安全问题，采用生物、传感器、无线通信和自动化控制等技术，开发了面向设施蔬菜生产管理和面向政府决策、农户技术指导、公众消费的农业物联网应用系统。对发展高效农业、增加农民收入起到了重要作用。

3.2 GPS和GIS技术用于农机调度，实现了农机资源的充分利用

基于物联网技术实现省际乃至全国范围内的大型农机作业进行有效监控管理，通过专业管理平台实现对大型农机作业情况、作业质量、耕地效果进行远程监控指导，能够有效地为我国农业产能提供保障。

基于GIS和GPS技术的农业作业机械远程监控调度系统，可实现农机的精准远程定位和部署，从而优化农机资源分配，避免盲目调度。基于GIS、GPRS及GPS技术以及相关寻路算法，还可以规划农机的调度路径实现农机的有效管理以调度，提高作业效率[19]。

中国农业部2013年启动的农业物联网区域试验工程建立了基于物联网技术的农机作业质量监控与调度指挥系统，在粮食主产区基于无线传感、定位导航与地理信息技术，开发了农机作业质量监控终端与调度指挥系统，实现了农机资源管理、田间作业质量监控和跨区调度指挥。

3.3 农业物联网的实时感知和智慧处理能力，成为电子政务创新的“智慧神经”

电子政务的核心是政务，但现代的政务管理是建立在电子信息和通信技术之上的。物联网连接的是物理感知域，具有信息感知和协同处理的功能，可应用于监控、预警和指挥等系统。因而物联网的应用能够提升政府部门在公共安全、公众服务、市场监管、社会管理等领域的实时感知和智慧处理能力。

我国政府在应用物联网进行社会管理、公共安全方面进行了大量探索性工作。在农业生态环境监测方面，地面监测站和遥感技术结合的墒情监测系统，已在贵阳、辽宁、黑龙江、河南、南京等地示范应用[20]；大气环境和水环境监测系统，实现了对大气中二氧化硫、二氧化氮等有害气体、水温、pH、浊度、电导率和溶解氧等水环境参数的实时监测；研制了农业环境无线监测站和便携式土壤墒情监测系统，依靠传感器技术和无线通信技术，实现农业生态环境的自动监测与管理。

农业物联网在技术方面的先天优势决定了其在农业资源调查、农业环境变化与污染监测等方面能够做到准确感知、及时反馈，以帮助政府部门和管理者及时掌握情况，做出正确决策。

4 农业物联网发展趋势、存在问题及对策

农业物联网的发展必将引发我国农业新一轮全新的变革。农业物联网的广泛的深层次应用，能够促进农业生产方式向高产、高效、低耗、优质、生态和安全的方向转变。现代农业的需求和当代社会的发展决定了我国农业物联网的发展将呈现出以下趋势。

(1)智能化数据处理成为农业物联网发展的前沿。物联网的感知层、传输层和应用层实现了农业数据的采集、传输和人机交互，而物联网的核心是对数据的处理和分析，并最终用来辅助人类的决策行为。而数据的分析处理涉及到人工智能、概率论、统计学、机器学习、数据挖掘以及多种相关学

科的综合应用以及计算机建模与实现，是当代信息技术的核心与前沿，是“智能化”的源泉和动力，只有实现了智能的数据处理，农业物联网才能真正地展现出其巨大优势。农业传感器、无线网络及开发应用系统技术的应用已较为成熟，“智能化”必将成为下一阶段农业物联网研究的重点和前沿。

(2)低成本、小型化与移动性感知设备成为农业物联网应用的关键。包括平板电脑、智能手机、定制设备的智能移动设备的发展已成为现阶段信息技术发展的重要组成部分，与之相关的软件产品和硬件产品发展迅猛，成本不断降低，性能不断提升，在很大程度上彻底改变了人类的生产、生活方式。其低成本、操作简便、功能强大等特征决定了基于移动智能设备的农业物联网产品必将得到大范围的普及与应用。

(3)与时间和空间要素的结合成为农业物联网扩展应用的重点。随着GIS和时空数据分析处理技术的发展，时空要素已能够与应用系统较好地融合。时间性和空间性特征是农业系统的固有属性，离开了时间和空间要素，农业数据和信息的处理就会发生偏差和谬误。在现有先进信息技术的支撑下，农业物联网应用系统必将实现与时空信息的集成与融合，从而实现灵活的时空信息环境下的数据分析与处理，进而提高农业决策的精确程度。

(4)统一的应用标准体系将成为农业物联网的基础。我国已制定了一些农业物联网标准，但是标准无法构成完整体系，不能有效支撑农业物联网良性发展[21]。相关工作标准、管理标准和技术标准的缺乏，已成为影响农业物联网发展的首要问题和制约物联网在现代农业领域发展的重要因素。

现阶段我国农业物联网的发展主要面临着“缺标准、缺设备、缺人才、缺模式”等几个主要问题。

(1)农业物联网缺少统一的应用标准体系。物联网是在经济全球化与生产国际化的大背景下产生的，因此，物联网的建设和运行必然涉及到国内外共同遵守的行业协议与标准。目前，我国在农业物联网标准制定方面取得了一些进展，但是较为分散，缺乏统一的国家标准。农业物联网的建设离不开大量传感器监测获取和传输的数据，由于农业应用对象复杂、获取信息广泛，缺少统一标准的传感器所采集的数据无法进行统一应用，已成为影响农业物联网发展的首要问题和制约物联网在现代农业领域发展的重要因素。

(2)农业物联网关键设备与核心理论缺乏。我国现在处于物联网技术发展的起步阶段，需要多方探索和研究，总体来看，我国农业物联网在关键设备和核心理论的研发上还处于初级阶段，尚未形成一套符合国情的、合理的、具有针对性和开放性的物联网技术与理论体系，缺少成熟应用的农业物联网关键设备。农业信息传感的关键设备研发方面，缺少精准、灵敏的小型化、集成化和多功能化的国产优质农业传感设备。在核心理论研究方面，农业物联网已经开展了人机物一体化理论研究，但仍缺乏统一的理论构架和突破性进展，不能很好地指导农业物联网的应用推广，需要在应用体系智能化、标准体系统一化、技术体系完备化等方面进一步开展理论研究工作。

(3)基层农户与农技人员认知不足，缺少专业物联网技术人才。农业物联网是一项全新技术，组建、运用、管理和维护农业物联网系统需要大量的专门人才。但是，农业物联网技术在农业领域中的应用刚刚起步，广大基层农户、农技人员对于农业物联网技术概念模糊，缺少在现代农业发展中运用物联网技术的认识。同时，在基层专业从事农业信息化的技术人才匮乏，而了解新兴农业物联网技术的人才尤为紧缺，不利于农业物联网技术的推广和深度应用。

(4)我国农业物联网发展缺少成熟商业应用模式。农业作为我国传统生产项目，关系到民生、民情，具有规模性，将物联网技术应用到农业当

中，将有效改善传统农业中出现的问题。当前我国农业物联网项目绝大多数为政府示范项目，在实际应用中由政府补贴或免费为农户进行物联网设备安装、运行维护，具有较好的应用示范效果。但是，我国农业物联网从示范推广走向全面应用，需要探索出一条具有中国特色的农业物联网商业模式，一方面向农民普及农业物联网知识，使得农民能够用得好农业物联网；一方面在应用示范中降低农业物联网的建设成本、维护成本，让广大的农民用得起农业物联网。

以上问题成为制约我国农业物联网发展的主要体制性障碍，为此，笔者认为现阶段我国农业物联网的发展应强化以下几方面的工作：

（1）我国必须高度重视和组织有关农业物联网相关标准的研究与制修订工作。任何事物的发展都要经历一个从无序到有序的过程，农业物联网发展到一定阶段时，标准的缺失将会成为制约其发展的关键因素。因此，我国政府应高度重视农业物联网标准的制修订工作，开展农业物联网标准体系研究，制定科学合理的农业物联网标准体系框架，有计划、有步骤地加速完善我国农业物联网标准建设，先机占领标准制高点，避免可能出现的核心标准受制于国外的状况，积极引进、参与国际农业物联网标准引进与制订，以保证农业物联网发展的国家利益。

（2）有统筹地开展农业物联网核心理论与共性技术的研究。任何技术的发展都会受到相应的理论限制或推动，理论是技术进步的前提与核心动力。理论的进步能够有效指导技术发展的方向，发现技术攻关的重点，有利于集中优势力量进行突破。因此，学术界应高度重视农业物联网发展过程中的核心理论研究工作，避免盲目地、未加思考地上马各种新技术。在共性技术方面，国家应本着统筹安排，重点突破的方针，集中力量预见未来可能会构成瓶颈的共性技术并实施措施，引导科研人员重点突破，避免由于不合理的科研布局造成的资源浪费，保证我国农业物联网发展直线前进。

（3）加快农业物联网人才培养，提高我国农业科技创新能力。为加快我国农业物联网技术在基层的应用和推广，必须重视农业物联网的人才培养与培训，加强基层对农业物联网知识的宣传和学习。为支撑农业物联网技术研究与应用的可持续发展，需要联合科研院所与高校，加快培养农业物联网专业技术人才提升我国技术水平；联合基层农业技术推广站，加强对农业科技人员的培训，提高农业物联网技术的应用能力；推进基层农业物联网推广激励机制的建立，稳定和扩大基层技术推广人员队伍，满足农业物联网发展人才需求，推进我国农业物联网建设步伐。

（4）探索成熟的商业应用模式，实现农业物联网全面发展。近年来农业物联网产业发展迅猛，初步具备了技术、产业和应用基础，呈现出良好的发展态势。目前我国农业物联网产业主要由运营商主导，商业模式并不成熟，正面临从单一中心向多中心发展，由单一主体创造价值为主向多样化主体共同创造价值转变的趋势，有待进一步创新和完善。

随着农业物联网技术和应用的飞速发展，农业物联网的复杂度不断提升，应当鼓励科研院所、高等院校、电信运营商、信息技术企业等社会力量联合参与农业物联网技术研发、项目建设、转化推广与应用，创建政府主导、政企联动、市场运作、合作共赢的成熟农业物联网应用发展模式，完善农业物联网应用产业技术链，实现农业物联网的全面

发展。

参考文献

1 陈晓华.农业信息化概论.北京:中国农业出版社,2012.

2 王震,侯加林,唐凯等.图像识别和GPRS技术在植物生长检测中的应用.电子测量与仪器学报,2010,24(6):574-579.

3 蒋雪松,王剑平,应义斌等.用于食品安全检测的生物传感器的研究进展.农业工程学报,2007,23(5):272-277.

4 任守华,黄操军,周志胜等.基于阻抗的土壤墒情检测传感器模型.农机化研究,2010,32(4):119-122.

5 刘盛平,陈国明,周奇等.多通道压电禽流感快速检测系统及应用研究.仪器仪表学报,2008,29(8):1583-1587.

6 王战备.基于ZigBee的农田信息监测网络设计.国外电子测量技术,2013,32(8):42-45.

7 马健.孙长征和他的"唐芯一号".物联网技术,2011,(3):22-23.

8 工业物联网核心芯片渝"芯"一号在渝发布.中国集成电路,2012,(5):2.

9 刘勇洪,叶彩华,王克武等.RS和GIS技术支持下的北京地区土壤墒情预报技术.农业工程学报,2008,24(9):155-160.

10 陈云坪,赵春江,王秀等.基于知识模型与WebGIS的精准农业处方智能生成系统研究.中国农业科学,2007,40(6):1190-1197.

11 吕连生.农业物联网发展大趋势与安徽省对策研究.科技创新与生产力,2013,(2):4-8.

12 李干琼,王东杰,于海鹏等."农信采"正能量.农产品市场周刊,2013,(26):17.

13 张石锐,郑文刚,申长军等.嵌入式手持无线农产品价格信息采集终端.计算机工程与设计,2012,33(2):514-518.

14 邓铁乾.基于RFID的农资物流分销体系与技术研究.华中科技大学,2006.

15 方薇,崔超远,宋良图等.混合编码模式的农资溯源服务系统.农业工程学报,2012,28(14):164-169.

16 肉类蔬菜流通追溯网络5年内有望覆盖全国.肉类工业,2011,(8):58.

17 朱麟,张友华,余林生等.蜂产品加工企业资源管理与追溯系统的设计与实现.蜜蜂杂志,2010,30(10):13-15.

18 郑火国,刘世洪,孟泓等.粮油产品质量安全可追溯系统构建.中国农业科学,2009,42(9):3243-3249.

19 李洪,姚光强,陈立平等.基于GPS、GPRS和GIS的农机监控调度系统.国际农产品质量安全管理检测与溯源研讨会论文集.2008:119-122.

20 吴丹. 关于农业环境监测的作用的分析.北京农业,2012,(6):188.

21 储成祥,毛慧琴.打造农业信息服务新模式.中国电信业,2012,(6):40-41.

Current Status of Agricultural IOT in China

Xu Shiwei

(Agricultural Information Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Key Laboratory of Agri-informatics, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China)

Abstract This paper analyzes the current situation and application of the core technology of agricultural Internet of Things (IoT) in China, such as agricultural sensors, agricultural data acquisition and transmission, GIS and GPS, and agriculture intelligent data processing, etc. Expounding the application progress of agricultural IoT used in agricultural production, agricultural market, agricultural management, and in the field of e-government, the paper also discusses the significance of agricultural IoT reforming and promoting traditional agricultural industry in China, and puts forward the perspectives on the future development trend of agricultural IoT.

Keywords agricultural Internet of Things(IOT), technology, application, development

许世卫 中国农业科学院农业信息研究所所长、研究员、博士生导师,农业部农业信息服务技术重点实验室主任。1962年5月出生,管理学博士。农业部农业物联网理论组组长、国家"863"计划现代农业技术领域主题专家组专家。长期从事食物安全分析、农业监测预警、农业信息智能服务技术等研究工作。E-mail: xushiwei@caas.cn