

# 环境监测中物联网技术的应用

吴丹娜<sup>1</sup>, 江洪<sup>1,2\*</sup>, 张金梦<sup>1</sup>, 陈云飞<sup>3,4</sup>, 袁建<sup>3</sup> (1. 浙江农林大学浙江省森林生态系统碳循环与固碳减排重点实验室, 浙江临安 311300; 2. 南京大学国家地球系统科学研究所, 江苏南京 210093; 3. 上海多利农业发展有限公司, 上海 201311; 4. 上海崇明低碳农业科技有限公司, 上海 202163)

**摘要** 随着工业的发展, 环境污染已成为经济发展的一个重要的制约因素, 环境监测质量也因此备受关注。物联网是信息产业继计算机、互联网之后的第三次浪潮, 物联网技术在许多领域都有应用, 着重介绍了物联网在环境监测中的应用。首先介绍了环境监测的内涵、物联网的概念及其体系结构, 再分析了目前物联网在环境监测和预警应用中的现状和重点区域环境监测的试点应用, 最后论述了物联网在我国环境监测中的发展与实践, 指出了物联网技术应用中存在的问题。

**关键词** 物联网; 环境监测; 体系结构

**中图分类号** S127; X84 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)10-03076-04

## Application of Internet of Things in Environmental Monitoring

WU Dan-na, JIANG Hong et al (Zhejiang Provincial Key Laboratory of Carbon Cycling in Forest Ecosystems and Carbon Sequestration, Zhejiang A&F University, Lin'an, Zhejiang 311300)

**Abstract** With industrial development, environmental pollution has become an important limiting factor for economic development. Environmental quality monitoring has captured the wide attention. Internet of things (IOT) is the third wave of the information technology revolution, following computers and the Internet, and the technologies of IOT have been applied in many areas. This article gives an overview of the application of IOT in environmental monitoring. The concept and architecture of IOT were described by explaining the practices and development of IOT in China. Then this article analyzes the application status of IOT in environmental monitoring and early warning, and the pilot application of key region. Finally, the recommendations for promoting the development of environmental monitoring were proposed by analyzing the current situation and existing problems in the application process in China.

**Key words** Internet of things; Environmental monitoring; System structure

## 1 环境监测的内涵

我国环境监测工作开始于 20 世纪 70 年代。环境监测已经成为当前环境执法和评价环境质量变化趋势的一个重要手段<sup>[1]</sup>。环境监测的含义也随着工业的不断发展, 而逐渐扩大到了对环境污染以及环境质量等的监控。一般环境监测的过程都包括以下 3 个步骤: ①有目的性地进行样地调查, 其中包括布点的设置及样品的收集、处理以及保存, 要注意污染源的排放规律<sup>[2]</sup>以及污染源所处位置的水文地理条件<sup>[3]</sup>, 提高采集样品的真实性、代表性; ②对收集的样品进行测试并分析得到相应数据资料, 并对其进行分析处理; ③将分析整理后的结果, 对应相关的标准<sup>[4]</sup>, 作出综合评价。

自 2010 年《政府工作报告》<sup>[5]</sup>中特别提出“加快物联网的研发应用”之后, 物联网在环境监测方面已经进行了重点污染源监控、环境在线监控和环境卫星遥感等方面应用, 是实现环境信息化的重要形式, 极大地提高了环境监测手段。

## 2 物联网的概念及其体系结构

**2.1 物联网概述** 物联网(The Internet of things, 简称 IOT), 即“物物相连的互联网”, 是继互联网之后的又一次信息技术革命<sup>[6-9]</sup>。物联网的核心和基础仍然是互联网, 是在互联网基础上的延伸和扩展的网络, 其用户端延伸和扩展到了在任何物品与物品之间(简称 M2M<sup>[10]</sup>)可进行信息交换和通讯。ITU 对物联网的定义: 物联网实现物到物(Thing to Thing: T2T)、人到物(Human to Thing: H2T)和人到人(Human to Human)的互连<sup>[6]</sup>。物联网在国内的通用定义: 通过射频识别技术(RFID)、红外感应器、全球定位系统(GPS)、激光扫描器、图像感知器等一系列信息传感设备, 按照相关的协议, 将任何物品与互联网相连以便信息的交换和通信, 实现智能化识别、定位、跟踪、监控及管理的一种网络<sup>[11-15]</sup>, 实现人类社会与物理系统的整合, 使人类以更加精细和动态的方式管理生产和生活, 达到“智慧”状态, 提高资源利用率和生产力水平, 改善人与自然间的关系。

物联网用途很广泛, 主要作用是缩小物理世界和信息系统之间的距离<sup>[16]</sup>, 遍及智能电网、智能交通、智能物流、智能家居、医疗健康、金融服务、国防军事、精细畜牧业等多个领域<sup>[17-20]</sup>, 即把传感器嵌入和装备到电网、公路、桥梁、隧道、铁路、家电、医疗器械、建筑、油气管道等各种物体中, 然后与互联网整合起来, 实现人类社会与物理系统的整合。在整合的网络中, 能力超强的中心计算机群能对整合网络内的人员、机器、设备和基础设施进行实时管理和控制。

**2.2 物联网的 3 层架构** 物联网通常划分为 3 个层次——感知层、网络层和应用层<sup>[8]</sup>。感知层负责采集物和物相关的信息; 网络层是异构融合的泛在通信网络; 应用层是为手机、

**基金项目** 上海市战略性新兴产业重大项目(重大 2013-14 号); 2012 年上海市科技兴农推广项目(沪农科推字 2012 第 1-4 号); 2011 年上海市科委生态崇明重点科技攻关专项(11dz1960101); 2012 年上海市科委生态崇明科技攻关专项(12231205101&12231205102); 2013 年上海市科委生态崇明重点支撑项目(13231204400); 上海市科委 2013 年度“创新行动计划”上海工程技术研究中心建设项目(13DZ2250900); 上海市农委 2012 年科技兴农攻关项目(沪农科攻字 2012 第 2-2); 上海市科委 2013 年度“创新行动计划”上海工程技术研究中心建设项目(13DZ2250900)。

**作者简介** 吴丹娜(1989-), 女, 浙江宁波人, 硕士研究生, 研究方向: 生态系统分析和物联网监测。\* 通讯作者, 教授, 博士, 从事生态系统碳-氮-水循环、全球变化、植物生理生态等研究。

**收稿日期** 2014-02-28

PC 等终端设备提供感知信息的应用服务<sup>[21-24]</sup>。

**2.2.1 感知层。**感知层是物联网的皮肤和五官<sup>[23]</sup>——信息的采集、捕获和识别。感知层的关键技术包括二维码和识读器、RFID 标签和读写器、GPS、自组织网络、传感器网络等。感知层需要解决的是降低功耗、降低成本和小型化问题,朝高灵敏度、全面感知的方向发展。

**2.2.2 网络层。**网络层是物联网的神经中枢和大脑<sup>[23]</sup>——信息传递。网络层包括通信与互联网的融合网络、网络管理中心、信息中心和智能处理中心等,根据感知层的业务特征,优化网络特性,更好地实现人与人、物与人、物与物之间的通信<sup>[17]</sup>。随着物联网业务种类的丰富、应用范围的扩大、应用要求的提高,对于通信网络也会从简单到复杂,从单一到融合,从多种接入方式到核心网的融合整体的过渡。

**2.2.3 应用层。**应用层是物联网的“社会分工”<sup>[23]</sup>——信息处理和应用。应用层主要是利用经过分析处理的感知数据,为用户提供丰富的特定服务,涉及海量信息的智能处理、分布式计算、中间件、信息发现等多种技术。应用层是物联网发展的目的。

### 3 物联网在环境监测和预警应用中的现状

物联网技术应用于环境监测最早是在 1995 年,原国家环保总局下发了《关于开展排污口规范化政治试点工作的通知》,在江苏、吉林、山东、河南 4 省及马鞍山等 61 个城市开展排污口规范化政治试点工作。从 2001 年开始,一些地方环保部门,逐步开展本辖区重点污染源自动监控系统的建设,并应用到环境监测、执法管理工作中。在重点污染源监控起步的同时,环保部门开始建设空气质量自动监测站和水质重点监测站。2007 年,为全面完成主要污染物减排任务,建成科学完善的污染减排指标、监测和考核的“三大体系”<sup>[25]</sup>,中央财政安排 20 亿元专项资金用于该体系建设。2011 年,国务院发布了《国务院关于加强环境保护重点工作的意见》<sup>[26]</sup>中明确提到,要充分发挥物联网技术在环境监测中的优势,加强其在污染源、环境质量、危险品运输等领域中的监控。此外,赛迪世纪信息《中国环保物联网应用白皮书(2011 年)》和《中国循环经济发展战略研究(2011 年)》在京发布,针对环保领域物联网技术进行分析,并提出相应对策建议。2012 年,国家工业和信息化部发布了《物联网“十二五”发展规划》<sup>[27]</sup>,指出了我国物联网重点发展的 9 大应用,智能环保就是其中之一。

目前,由于现有的环境监测系统受限于设备条件,故仅能覆盖部分水环境、空气环境等,大量的监测对象尚未被纳入监管网络。例如,水环境目前仅对湖泊、河流的断面进行监测<sup>[28]</sup>,由于只是停留在点位上的监测,无法及时、准确地监测到水环境的变化,因此也就无法及时地反映一些突发的水环境污染事件。物联网技术在水环境监测、空气环境监测、噪声监测中应用之后,不仅能获取大量的环境监测数据,且可以通过建立模型分析环境变化的趋势,及时预警潜在的环境污染事件,从而更好地保护重点区域的环境安全。国务院《关于落实科学发展观加强环境保护的决定》<sup>[29]</sup>中提出了

对环境监测和预警系统的总体目标,即在统一的环境监测资源数据库的基础上,以网格化环境监测和立体防护以及传感器技术为技术理念作为支撑,逐步建立包括水资源、大气资源以及噪声在内的环境实时监测网络。

#### 3.1 智能化的环境监测的 3 层架构

**3.1.1 感知层。**感知层包括智能卡、RFID<sup>[30-33]</sup>、传感器网络等,可以将大量的传感器节点散布在检测区域内,在采集、检测对象相关数据的同时,将其协同处理后的数据传送到汇聚节点,一定程度上提升了对区域中检测对象的监测能力。

**3.1.2 网络层。**网络层是将传感器网络采集到的数据传输到数据中心的通道。可以根据不同的应用需求,采用多种数据传输方式来整合不同技术,提供多种解决方案。可利用的有线或者无线的传输方式有 CDMA、GPRS、3G、WiFi、ADSL 等。

**3.1.3 应用层。**应用层可分为数据中心、支撑平台、环保业务、门户应用。数据中心主要采用主数据管理的方式统一设计环保数据体系。支撑平台为数据中心提供构建运行支撑,保证数据共享交换,在 RFID 中间件、BI 工具集等功能实现的基础上实现内容管理,为环保业务和门户应用提供统一技术支撑。环保业务在数据中心的基础上,在支撑平台各功能的协调作用下,对潜在的污染现象建立网格化监测和立体防护系统,及时对环境污染事件做出应急决策。

**3.2 重点区域环境监测的试点应用** 物联网技术可以在原有监测点设备的基础上,以网格化作为监测点布置的方法,对监测对象进行自动、连续、全面的实时监测,从点扩大到面进而面面结合,扩大监测的范围<sup>[23]</sup>。并加强各方面的监测力度,尽量减少散点、断面监测带来的信息失真等误差,提高整个环境监测系统的监测水平。以上海为例。20 世纪 80 年代开始建设大气环境自动监测系统,2010 年已在全市建立了 5 个监测子站,对大气环境中的二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳等进行实时监测,并将采集的数据及时传输到监控中心,由监控中心实现对环境的自动监测<sup>[23]</sup>。

**3.2.1 水质监测。**上海市饮用水保护范围,包括 4 大饮用水水源,即青草沙、陈行水库、崇明东风西沙、黄浦江上游。对上述 4 大饮用水水源保护区实行分级管理,并对其水质进行实时监测,建立水质监测信息系统。在原有的监测站附近部署几十个传感器,监测该水域的浑浊度、总悬移质泥沙含量、pH 等参数,并将数据汇聚至水质监测站的水质监测系统。网络层采用无线与有线融合的手段,将感知层感知的数据传输到应用层,应用层根据传感器相关信息综合分析监测数据。感知层、网络层、应用层共同组成的水资源监测体系,实现了对水源地水质及水污染的监测。

**3.2.2 大气监测。**大气环境监测包括空气在线质量监测、大气污染物监测和大气降尘监测。空气在线质量监测是针对人流相对集中的敏感区,在现有空气质量自动监测站点的基础上,按照网格化布点的要求增加自动监测点的部署,提高对该监测区域的实时监测,确保该区域的空气质量<sup>[23]</sup>;大气污染物监测是在重要敏感区对易燃易爆、有毒有害气体进

行监测,在部署的监测点一旦发现异常,系统将进入应急指挥程序;大气降尘监测是将全市降尘监测方式由人工改成使用传感器自动收集数据。

#### 4 物联网在我国环境监测中的发展与实践

环境监测技术是针对环境污染而建立起来的监测和预防技术,已经有50多年的发展历史。环境监测技术在国外是一个成熟的理念,已有广泛的应用<sup>[34]</sup>,在污染防治、生态保护等环境保护领域发挥着巨大作用。例如,澳大利亚用于监测蟾蜍分布和栖息情况的生态监测系统<sup>[35]</sup>,美国“大鸭岛”用于监测海鸟栖息情况的生态监测系统等。环境监测技术之所以引入我国,不仅是因为我国环境管理工作的需要,更是因为我国迫切需要一种机制来有效监测和治理环境。

**4.1 国控重点污染源自动监控系统** 国控重点污染源自动监控系统是全国最大的环保物联网<sup>[36]</sup>。“十一五”期间我国初步构建起国家、省、市、重点企业的4级监控体系,是污染减排“三大体系”<sup>[25]</sup>建设的重要组成部分。截至2011年上半年,全国已建成349个各级污染源监控中心,共对15559家重点污染源实施了自动监控,实现了集实时监控、数据采集、异常报警和信息传输于一体的监控网络。“十二五”期间,还增加了氮氧化物、氨氮考核指标,进一步为污染减排提供数据支持。国控重点污染源自动监控系统的建成运行,给环保领域带来了信息化的飞跃发展,使环保管理工作上了新台阶。

**4.2 江苏省应用物联网技术监测太湖蓝藻** “感知太湖智慧水利”项目是无锡市物联网应用十二大重点示范工程之一。该系统基于无锡水利局信息中心现有的先进指挥控制平台,利用物联网技术对太湖蓝藻发生进行感知和智能车船调度,并实现相关业务数据的集中管理,建设一个具有智能感知、智能调度和智能管理能力的一体化综合管理及服务系统<sup>[37]</sup>。太湖水资源监控系统采用水质传感器检测探头、在线监测仪,感知节点的传感器装有360°摄像头、6个精密探头、集成光学感知芯片、对应6种水质指标,在线实时监测水质的pH、溶解氧、温度、浊度、电导率等各项指标,可以立体呈现出水体情况,结合陆上屏控及环境卫星遥感,形成太湖水域“三位一体”监测体系。

**4.3 内蒙古自治区打造的“三位一体”环保监控平台** 内蒙古西部地区生态环境恶劣,部分地区极端干旱导致绿洲沙漠化、严重风蚀沙化,在不同程度上造成植物退化、生物多样性减少。这不仅制约了当地经济社会的可持续发展,且对我国北方地区的生态安全构成了严重威胁<sup>[38]</sup>。鉴于内蒙古自治区环境问题日趋严重的情况,内蒙古自治区环保厅在现有的环境监测工作的基础上,进一步加强了生态环境监测能力建设,利用物联网、云计算、3G、3S等技术,建成了全国第一个基于物联网理念的“三位一体”环保监控平台。基本形成了集在线、视频、工况监控于一体的监控体系,建成了统一的环境数据中心和环境空间数据共享服务平台,建立了跨平台、异构网络的多业务协同信息化支撑系统。该环保监控平台基本满足了全区环境监控的应用需求,也基本实现了环境监

测数据的共享服务。

**4.4 物联网技术在天津市环境监测中的应用现状** 天津市重点污染源自动监控系统是全国污染源自动监控网络的重要组成部分。目前,天津市建立了污染源自动监控中心,安装了污染源自动监控系统129套,其中先后建成空气质量自动监控系统23套,监测范围覆盖全市19个区县,监测项目包括二氧化硫、氮氧化物、化学需氧量、臭氧、颗粒物、气象参数、流速等,基本实现了国控污染源自动监控设备的安装及联网,实时取得污染物的排放情况。天津市还开发了“天津市污染源在线监控数据管理系统”和“天津市污染源在线监控信息发布平台”,初步实现数据的收集、管理、存储、处理和异常排放预警等功能,为各级管理部门及时提供环境空气质量信息。

#### 5 物联网技术应用中存在的问题

虽然物联网在水质监测、大气监测等方面已经有了一些应用,给环境保护和监测带来了许多方便,但物联网在环境监测领域的发展仍有许多问题需要解决。

**5.1 环境传感器功能单一** 环境监测的感知层包括环境传感器、在线监测仪器、传感器网络等,是制约物联网在该领域应用的主要因素。目前,各种环境传感器功能比较单一,可以监测的污染物种类有限,可靠性也不高;以化学分析类为主的在线监测仪器,大部分依靠进口,其价格及维护成本较高。环境监测的网络层主要依靠现有通信系统实现,而现有的信息通信中大量成熟先进的技术应用不充分,且对下一代网络、云计算等技术参与程度不高。应用层由于缺乏整体规划和顶层设计,信息量过大导致信息整合难度大,无法综合应用,因而实际作用受限。

**5.2 缺乏统一的技术标准** 物联网标准体系相对较复杂,且涉及很多标准,如RFID标准、传感器网络技术标准、云计算标准、信息安全标准等以及一些应用标准。标准化是发展物联网首要解决的问题,是大规模部署和扩展的重要技术,如果没有大规模的部署就谈不上物联网。2010年6月8日,为了推进我国物联网技术的研究和标准的制定,中国物联网标准联合工作组在北京成立。

**5.3 技术人员结构不合理** 从事环境监测技术的人员结构不合理,急需进行重组和优化。目前,在我国从事环境监测的技术人员参差不齐,从大学教授、工程师、技术员,到普通工人。对于环境监测技术这个需要根据实际情况解决的问题性质,要求从业人员必须具备较高的技术水平,并有较好的实际操作能力。而从人员机构分析,高学历人才如大学教授和工程师,所占比例还是相对较少,而从事该行业的人员还是普通工人居多,文化水平一般不高,这在一定程度上制约了环境监测技术的发展。

**5.4 环境监测系统的整体管理水平低** 在我国的环境监测系统中,虽然环境监测系统十分受到重视,但在实际的管理过程中,由于体制等诸多因素的束缚,整体管理水平较低,且面临着安全和隐私的重大挑战。要解决物联网环境监测的安全和隐私问题,需要研究物联网的网络安全体系结构和安

全技术。如果要想让环境监测工作取得更大的成绩,在解决环境监测的安全和隐私问题的基础上,必须对现有的管理制度进行完善,改革不合理的管理制度,使整体管理适应实际工作的需要。

### 参考文献

- [1] 李国刚,万本太. 中国环境监测科技发展需求分析[J]. 中国环境监测, 2004,20(6):5-8.
- [2] 姚琳琳,方小萍. 浅谈我国环境监测技术[J]. 中国高新技术企业,2010(9):167-169.
- [3] 方本太,蒋火华. 论中国环境监测技术体系建设[J]. 中国环境监测, 2004,20(6):1-4.
- [4] 徐丽. 浅谈环境监测技术的现状和发展[J]. 环境科学导刊,2010,29(A01):115-118.
- [5] 温家宝. 2010年政府工作报告[N]. 人民日报,2010-03-04.
- [6] ITU. ITU Internet Reports 2005;The internet of things[R]. Tunis,2005.
- [7] ATZORI L,IERA A,MORABITO G. The Internet of things: A survey[J]. Computer Networks,2010,54(15):2787-2805.
- [8] 朱晓荣,孙君,齐丽娜. 物联网[M]. 北京:邮电大学出版社,2010.
- [9] EpoSS. Internet of Things in 2020;Roadmap for the future[R]. 2008.
- [10] NOKIA. Machine-to-Machine:Let your machines talk[EB/OL]. (2009-06-24)[2014-02-22]. http://www.docin.com/p-396932798.html.
- [11] 刘维中. 专用通信试验网系统设计与实现[D]. 南京:南京邮电大学,2012.
- [12] 孙其博,刘杰,黎萍,等. 物联网:概念架构与关键技术研究综述[J]. 北京邮电大学学报,2010,33(3):1-9.
- [13] AMARDEO C,SARMA J G. Identities in the future Internet of things[J]. Wireless Pers Commun,2009,49:353-363.
- [14] AKYILDIZ I F,SU W,SANKARASUBRAMANIAM Y, et al. Wireless sensor networks: A survey[J]. Computer Networks,2002,38:393-422.
- [15] STANKOVIC J A. Real-Time communication and coordination in embedded sensor networks[J]. Proceedings of the IEEE,2003,91(7):1002-1022.
- [16] HALLERS, KARNOUSKOSS, SCHROTHC. The Internet of things in an enterprise context[C]//MLecture Notes in Computer Science. Heidelberg:Springer Verlag,2009:14-28.
- [17] 李航,陈后金. 物联网的关键技术及其应用前景[J]. 中国科技论坛,2011(1):81-85.
- [18] INFOSO D.4Networked enterprise & RFID INFOSO G. 2Micro& Nanosystems in co-operation with the RFID working group of the ETP EpoSS. In-

ternet of Things in2020:A roadmap for the future [EB/OL]. (2009-05-10)[2014-02-22]. http://www.docin.com/p-57876410.html.

- [19] GERP-IoT. Internet of things strategic research roadmap[EB/OL]. (2011-03-31)[2014-02-22]. http://www.docin.com/p-165765917.html.
- [20] Commission of the European Communities. Internet of things-an action plan for Europe COM(2009)278final[R]. Brus-sels, EC Publication, 2009.
- [21] 朱洪波,杨龙祥,于全. 物联网的技术思想与应用策略研究[J]. 通信学报,2010(11):2-9.
- [22] 郭贺铨. 物联网的应用与挑战综述[J]. 重庆邮电大学学报:自然科学版,2010(5):526-531.
- [23] 贾益刚. 物联网技术在环境监测和预警中的应用研究[J]. 上海建设科技,2010(6):65-67.
- [24] 刘强,崔莉,陈海明. 物联网关键技术与应用[J]. 计算机科学,2010,37(6):1-4.
- [25] 胡立元. 污染源自动监控系统建设与应用体验[J]. 北方环境,2011,23(1/2):106-107.
- [26] 国务院. 国务院关于加强环境保护重点工作的意见[J]. 辽宁建材,2011(10):13-15.
- [27] 工信部. 物联网“十二五”发展规划[R]. 2011.
- [28] 胡锦涛. 水污染物排放总量监测技术规范[R]. 2002.
- [29] 国务院. 关于落实科学发展观加强环境保护的决定[N]. 法制日报,2006-02-15.
- [30] 师启娟,于天一. 基于RFID的EPC新技术引领供应链发展[J]. 物流工程与管理,2009,31(2):71-73.
- [31] 蒋亚军,贺平,赵会群,等. 基于EPC的物联网研究综述[J]. 广东通信技术,2005(8):23-29.
- [32] 彭磊,袁海,吴磊,等. WSN集成EPCglobal:环境感知的供应链监管[J]. 计算机应用,2008,28(6):1616-1619.
- [33] 戈晶晶. RFID成就物联网[J]. 新经济导刊,2007(10):39-41.
- [34] 张翠荣,宇文志峰. 浅谈我国环境检测技术的现状及发展趋势[J]. 绿色技术,2012(7):187-188.
- [35] 徐敏,孙海林. 从“数字环保”到“智慧环保”[J]. 环保监测管理与技术,2011,23(4):5-7.
- [36] 袁怡. 如何管好国控重点污染源自动监控系统——以四川省为例[J]. 环境保护,2013(9):26.
- [37] 徐恒省,洪维民,王亚超,等. 太湖蓝藻水华预警监测技术体系的探讨[J]. 中国环境监测,2008,24(2):62-65.
- [38] 高鸿雁. 内蒙古西部生态脆弱区生态综合治理模式探析——以阿拉善盟为典型案例的分析[J]. 内蒙古财经学院学报,2010(4):8.

(上接第3075页)

河流域保护条例》,加大环境保护力度,依法治理环境污染,强力推进农业可持续发展。

**4.4.5 创新体制机制。**完善农业可持续发展工作政策体制和考核机制,探索创新高效的体制机制,特别是激励和奖惩机制,提供优惠政策鼓励民营投资保护生态环境的发展机制,加大力度表彰奖励对农业可持续发展有贡献的单位和个人。

加快建立川、滇、黔3省交界区域的环境综合执法机构。充分发挥环保部门的协调作用,切实解决好省级跨界支流污染问题;扎实推进赤水河“河长制”,确保计划、项目、资金、责任“四落实”;严格执行取水许可证制度,进一步规范执证取水,加大监督和执行力度,以有偿用水促进节约用水、循环用水,减轻赤水河负担,减少废水量的产生;启动赤水河流域生态补偿机制,解决好上下游、左右岸之间生态补偿问题;发挥好环保法庭作用,严厉打击生态环境违法行为,为赤水河流域的环保提供强有力的司法保障。

**4.4.6 扩大对外开放。**引进外来资金和人才投入仁怀市的农业可持续发展项目建设。引进的项目要以是否对仁怀市农业可持续发展有帮助,是否符合农业可持续发展理念,是否有促进可持续发展的保障措施、是否符合产业规划为前提条件,引进“两型”项目<sup>[4]</sup>。仁怀市现代农业高效示范园目前已成功引进了来自广州等地的3家农业企业,这些外来企业在有机发展、低碳发展、循环发展和可持续发展方面取得了较好成效,生产的新鲜蔬菜等农产品严格进行检测,达到了绿色、无公害或有机产品标准,并已畅销国内外。

### 参考文献

- [1] 冯伟,张利群,何龙娟,等. 基于循环农业的农作物秸秆资源化利用模式研究[J]. 安徽农业科学,2012,40(2):921-923,973.
- [2] 贵立德,王小鹏. 甘肃省产业聚集空间特征与节能减排部署[J]. 安徽农业科学,2013,41(19):8244-8246.
- [3] 油秋平,支崇远,王璐,等. 赤水河中重金属含量及污染评价[J]. 安徽农业科学,2013,41(8):3628-3629,3640.
- [4] 张炳亮.“两型农业”的产业结构及其优化研究[J]. 安徽农业科学,2012,40(3):1868-1869,1919.