

# 物联网技术发展与环境自动监控系统建设

李国刚<sup>1</sup>, 李旭文<sup>2</sup>, 温香彩<sup>1</sup>

(1. 中国环境监测总站, 北京 100012; 2. 江苏省环境监测中心, 江苏 南京 210036)

**摘要:** 概述了物联网的概念、主要技术特征、作用和影响, 结合环境管理需求, 讨论了物联网在环境自动监控系统建设中的若干应用场景, 设计了环境物联网应用的基本框架, 提出了物联网在环境自动监控应用中应关注和研究的若干主要问题。

**关键词:** 物联网; 环境自动监控; 信息系统; 污染物减排

**中图分类号:** X830 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-6002(2011)01-0005-06

## Influence of Internet of Things Technology on the Development of Automatic Environmental Monitoring System

LI Guo-gang<sup>1</sup>, et al. (1. China National Environmental Monitoring Centre, Beijing 100012, China)

**Abstract:** The concept, main technical features, function and influence about Internet of Things (IOT) were presented, several application circumstances in environmental automatic monitoring system construction were discussed, the basic framework of Environment IOT (EIOT) was designed and several main problem of the application in automatic environmental monitoring of IOT were proposed.

**Key words:** Internet of Things; Automatic environmental monitoring; Information system; Pollutants reduction

2009年,物联网(The Internet of Things, IOT)概念和技术框架成为信息技术应用的热点,受到世界各国的广泛关注,不少国家将之作为占领未来信息技术高地的国家发展战略<sup>[1]</sup>。在我国,物联网已成为国家重视的新兴产业战略方向,2010年被写进了温总理的《政府工作报告》,标志着政府对物联网产业的关注和支持力度已提升到国家战略层面。我国不少城市和地区制定了物联网产业发展规划纲要和行动计划,在政府主导、研究单位和产业广泛参与下,物联网应用及产业链正在形成,在智慧城市、数字化监管、公共服务平台中将发挥重大作用。在环保领域,信息化技术对环境监管的支撑作用日益凸显,尤其是在污染减排工作中,环境自动监控系统建设成为重点任务,经过“十一五”期间高强度投入,初步形成了服务污染减排的环境监管科技支撑能力。在物联网影响、渗透各行业信息化应用的大趋势面前,如何把握物联网的技术特征,将之与环境自动监控系统建设有机结合,积极发挥其巨大的应用价值,成为探索中国特色环保新道路、提高环保领域高科技

监管能力的新课题和新任务。

## 1 物联网的概念及主要特征

### 1.1 定义

物联网的产生是计算机网络通信技术、传感技术、微处理及智能控制技术、软件技术不断发展融合的结果,更是我们所在星球人口增长、文明高速发展,需要优化发展方式,突破自然资源和空间瓶颈,通过先进科学技术对自然环境和社会进行时空尺度精细化管理、运行、服务,实现可持续发展,更好地保障人类福利的要求。目前对物联网没有十分清晰的定义,美国麻省理工学院最早于1999年首次提出“将所有物品通过射频识别等信息传感设备与互联网连接起来、实现智能化识别和管理的网络”。2005年国际电信联盟(ITU)正式提出“物联网”概念<sup>[2]</sup>,指出利用射频识别(如RFID)、传感器技术、纳米新材料技术、智能嵌入技术等,世界上所有的物体都可以通过互联网进行信息交换。近两年,物联网概念得到发展,一般

收稿日期:2010-03-21; 修订日期:2010-06-08

基金项目:水体污染控制与治理专项:“国家水环境监测技术体系研究与示范”项目(2009ZX07527-004); 环保部环保公益性行业科研专项(2008467078)

作者简介:李国刚(1962-),男,安徽明光人,理学博士,研究员。

认为,物联网是通过射频识别(RFID)、传感器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备,按约定的协议,把任何物品与互联网络连接起来,进行信息交换和通讯,以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络<sup>[3]</sup>。

## 1.2 物联网的主要特征

物联网是互联网的新发展,主要特征是通过各种感知设备和各种有线、无线传输手段,在信息技术标准规范指导下,连接人与(感知设备)物、物与物,全自动、智能化采集、传输和处理信息,具体体现在以下6个方面:(1)各种感知设备生生不息的信息感知(采集)和源源不断的物物间信息交换,构成了物联网信息感知场;(2)高度智能化的自我调节和自适应能力,自我维护和管理,能从物的单体、群落乃至全网范围作出及时、准确的应对,使系统围绕制定的业务目标而处于“平衡”状态;(3)业务信息采集量大,能更加精密、精细地采集业务过程的细节数据,“高分辨率”感知,并能及时分析处理这些过程信息;(4)物联网中的传感器、处理芯片、控制器应低功耗、小体积、微型化;(5)多种网络融合、分布式与协同式并存;(6)大量互联的感知设备,无论其工作时位置固定还是处于移动状态,均具有地理位置,而地理位置信息可以通过内嵌GPS定位芯片感知。因此,对所有设备感知的业务信息,利用地理信息系统分析进行空间汇总分析,就能非常精细地了解被感知业务因子的分布和随时间变化特征。

因此,“网络化”、“物联化”、“互联化”、“自动化”、“感知化”、“智能化”、“空间化”是物联网的基本特征。这些特征决定了物联网技术在环保领域同样具有广阔的应用前景,应与环保业务紧密结合,发展环境物联网,研究具有重大创新意义的环境物联网应用。

## 2 环境自动监控系统的物联网技术应用场景

在环境自动监控应用中,环境物联网有众多的应用场景,尤其适应当前主要污染源在线监控、机动车尾气排放监管、环境质量监控预警、环境风险源监管等环境管理业务的信息化支撑要求,能有效解决环境信息的过程化、高密度、精细化、快速化采集问题,有力促进环境监管方式和能力的

根本性变革,构建强大的“智慧环保”监管能力。以下略举数例,介绍环境物联网技术的典型应用场景。

### 2.1 基于环境容量的自动监控自适应平衡

在我国各地环境自动监控系统建设中,目前还没有从区域或流域的环境容量出发,实现污染源监控系统集群网络各节点以环境容量为约束条件的污染物排放总量自适应、相互平衡的机制和功能,而这恰恰是我国环境污染减排考核、保障环境质量、确保环境安全最需要的环境自动监控功能。大量的环境监控中心,只是单一地实现污染源在线监控装置(监控节点)与监控中心端的实时数据、历史数据、状态数据的上传,以及中心端极其简单的对现场检测仪器、污处设施控制指令的下发执行。这是一种较为典型的传统模式——星形数据交换和互动模式(图1),其弊端是各污染源节点之间互相不感知、不联动、不协作,没有“物物”联网,在污染源监控网络内部,基本没有自适应、自我主动调整机制和功能,难以确保污染源在线监控集群不突破环境容量。以一条河流为例,假设纳污环境容量为 $T$ ,如不严密考虑河流自净等因素,各污染源允许的排放总量为 $P_1$ 、 $P_2$ 、 $\dots$ 、 $P_n$ ,则以下数学关系式应满足:

$$\sum_{i=1}^n P_i \leq T$$

当某污染源排放量发生 $\Delta P$ 的增量时,根据集成到环境自动监控系统网络中适当的总量平衡、消减任务分配模型,其它污染源自动监控节点就应当智能感知,共同协作,降低排放强度,调减排放量,这样才能确保河流纳污量不超过允许的环境容量,环境质量处于稳定状态,确保环境安全。这就要求环境自动监控系统应从传统的节点—中心星形联网模式发展为节点—节点、节点—中心并重的物联网监控模式。各监控节点不仅要监控和累计统计自身的排污数据,同时也要及时感知、获得有共同环境质量目标关联的其它节点的实时监控数据和累计统计排污数据,在全面考虑众多作用影响因素的流域(区域)总量平衡模型的控制下,实现污染物排放浓度、总量的自适应调整,整个时间过程均需要所有参与的自动监控节点的互相感知、信息连续交换、环境行为互协作,不断自我调整、不断针对目标而优化排污过程,而这正是物联网技术的最佳应用场景,具有强大的应用潜力。

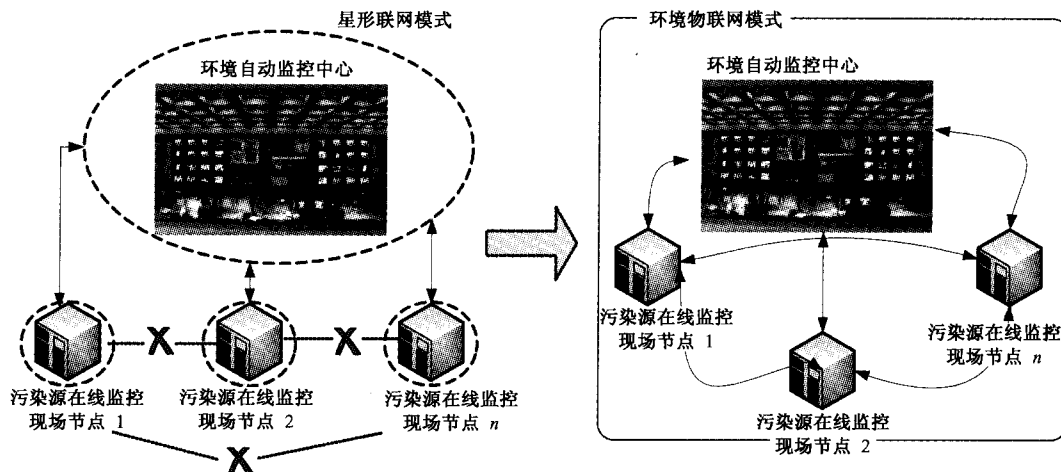


图1 环境自动监控系统传统星形联网(左)与物联网模式(右)

## 2.2 环境自动监控系统与企业生产业务系统的对接和信息交换

企业生产业务系统源源不断消耗水、电、煤、油、原材料,其生产运营设备的工况信息也是环境自动监控系统“智慧”判断排污强度特征的依据,企业生产业务负荷大则自动监控系统应将排污数据感知、采集频率相应提高,无工况则自动调节污染因子感知设备处于休眠待机状态,节约环境自动监控系统运行成本。这些功能需求均依赖基于物联网理念的技术集成研究和应用。随着企业生产制造和物流系统物联网的不断完善,环境物联网与企业生产业务物联网的信息交换、精细感知生产工况、主动调节环境自动监控采集的密度频率将变得可行。

## 2.3 自动监控运维管理

基于物联网理念的环境自动监控系统能自动判断何时需要执行检定、添加试剂药液、检修维护,自动监控运营部门从环境物联网自动获得应加试剂量、应更换的耗材备件,自动生成维护计划并执行,“人”与“物”的有机沟通使得环境自动监控系统能够更加健康、稳定、高效运行,系统联网率、数据捕获率、数据有效率将大大提高。

## 2.4 机动车尾气排放监管

机动车数量庞大,流动性强,对机动车尾气排放的环境自动监控一直较薄弱。在物联网技术支持下,对机动车内置无线电子标签(RFID)或其他无线传感器,通过无线传感技术、地理信息系统(GIS)、数据智能等技术的集成应用,每辆车都被精确地空间定位,车辆的工况信息被持续采集,这些车辆地理位置和尾气排放信息

源源不断地在环境物联网上传输到机动车尾气监管信息平台,就能准确获得道路网、城市乃至更大区域内机动车空间分布动态,精细计算碳氢化合物、氮氧化物等尾气成分排放的时空特征,为淘汰不符合排放标准车辆、在空气污染严重路段实行车辆分流、限行等保障空气质量措施提供动态、可靠的信息依据。

## 2.5 排污总量-环境质量关联耦合

目前,环境质量自动监测预警系统并没有与污染源在线监控系统有机地联网集成,而是自成体系,缺乏污染物排放总量、强度信息与环境质量的关联分析和响应能力。环境物联网可以实现“物与物”的信息交换和业务协作,建立高效的“智慧环境监控”联动机制,形成以保障环境质量稳定为目标的动态信息传递链。以空气质量保障为例,一旦自动监测站感知到空气质量发生波动,环境监控中心在污染扩散模型等支持下,立即生成排放控制应急方案,将污染排放控制任务传递到周边的参加了关联耦合的污染源监控节点,这些节点自适应调整,通过限产停产等应急措施降低污染物排放浓度和总量,达到确保环境质量稳定的目的(图2)。

## 2.6 天地一体化生态环境感知

近年来,环保部高度重视环境监测天地一体化应用,在2008年成功发射了环境一号遥感卫星序列,后续卫星也将发射,这些卫星上的红外波段CCD、高光谱、微波传感器等,初步形成了宏观尺度的生态环境监视预警信息感知能力。多年来,环保系统在地面有密布各地的空气质量自动监测网络、地表水质自动监测网络、重点污染源在线

监控系统网络,环境监测实验室配备了大量的分析检测仪器,在环境应急方面也配备了大量的便携式仪器,环境信息 VPN、业务专网建设也基本完善,环境物联网技术可以加强这些多学科、多源、多传感器信息集成,增强各系统间相互感知、耦合和联动,构建天地一体化、“水陆空天”“多兵种”联动的环境物联网应用框架。

### 2.7 与其它行业物联网的数据交换

环境自动监控系统今后还要集成利用其它涉环行业(如水利、气象、农林、国土、建设)的业务系统在线感知的数据信息,环境物联网是从

行业管理和应用集成角度来定义的,其它行业部门也会发展行业物联网应用,各行各业物联网将在更广的范围,按照一定的物联网标准规范进行互联并交换信息,构成区域、国家乃至全球尺度的物联网,各行各业信息交换、业务上“总动员”,感知地球上自然和人类活动过程的“环境肌肤腠理”和“环境效应印记”,对这些过程和活动进行细致的洞察并准确应对。多行业、多学科的环境信息集成,将大大提高环境自动监控系统的应用成效,更好地为环境管理和政府决策、应急指挥服务。

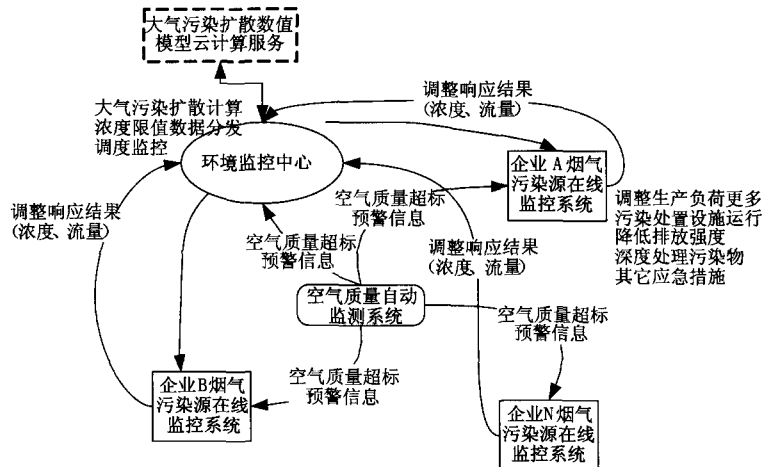


图2 物联网实现排污总量与环境质量关联耦合示例

## 3 环境物联网应用的基本框架

环境物联网的基本框架分感知层、网络层和应用层,其作用可形象表述为传感、传送、传导和传达(即四传)。感知层对应了测量、感知环境污染监控因子的仪器仪表、现场传感器等(即传感),网络层对应各种可用的有线和无线网络(即传送),应用层则对应环境自动监控的具体业务逻辑的实现(即传导和传达)(图3)。

### 3.1 感知层(“传感”)

数据采集与感知主要用于采集各类环境要素测点(断面)、污染源纳入环境监测监控的因子、指标的数据,包括各类物理、化学、生物学指标,环境管理对象的标识(如机动车或便携式环境监测仪器的RFID电子标签)、环境监控现场音视频数据、卫星定位数据、卫星遥感数据。环境物联网的数据采集涉及传感器、检测仪、RFID、多媒体信息采集、二维码和实时定位等几乎所有的监测、检测、传感技术,在地理上则包括了水、陆、空、天等

广阔的空间尺度和范围<sup>[4]</sup>。环境自动监控感知层物联数量众多,环境业务特征最强,是环境物联网的核心和基础,需要不断研究发展更多的满足新兴监测指标要求的专业传感器技术,使之具有良好的指标感知和数据分析处理性能。

感知层还要发展传感器网络组网和协同信息处理技术,实现传感器、RFID等数据采集技术所获取数据的短距离传输、自组织组网以及多个传感器对数据的协同信息处理过程。我国环境自动监控系统目前较多依赖国外的硬件芯片完成仪器工作控制和数据采集传输,近年来,国家大力发展具有完全自主知识产权的国产芯片设计和制造技术,其结构先进、核心制造技术成熟、性能上完全满足环境自动监控物联网应用要求,应大力发展基于国产芯片的环境物联网感知层的组网和信息协同处理功能,做大做强具有自主知识产权的环境物联网民族产业。

### 3.2 网络层(“传送”)

网络层实现更加广泛的环境信息传输和系统

互联功能,能够把感知到的环境信息无障碍、高可靠性、高安全性进行传送,由于移动通信、互联网、环境信息专网等技术已十分成熟,能够很好地满足环境物联网中数据传输的需要,物联网要求支撑网络必须有很强的网络故障自愈、路由、可靠传送等网络服务能力,主要应综合考虑环保领域“水陆空天”联动、野外站点多、天地一体化的应用特点,将环境信息传感器网络与 3G/4G 移动通信网、互联网、卫星通信网技术相融合,提供透明的网络地址分配、网络管理、监控、安全、服务质量保证(QoS)等网络服务功能,为环境自动监控系统节点之间实现“物联”提供可靠的网络支撑。

3.3 应用层(“传导和传达”)

环境物联网的应用层主要包含应用支撑平台子层和信息应用子层。应用支撑平台子层提供物联网底层感知、采集的环境信息的组织、存储、交换、处理等环境数据管理功能,还包括身份认证及权限管理、工作流、GIS、环境模型计算、环境管理计算、报表服务,其作用可形象表述为“传导”。信息应用子层包括污染物排放实时信息展现、环境质量实时信息展现、环境信息多要素综合统计成果的展现(文本/数据表格/统计图/Web GIS/三维可视化 GIS)等,是环境物联网为环境决策、管理和规划服务的环境信息门户,起着信息产品“传达”的作用。

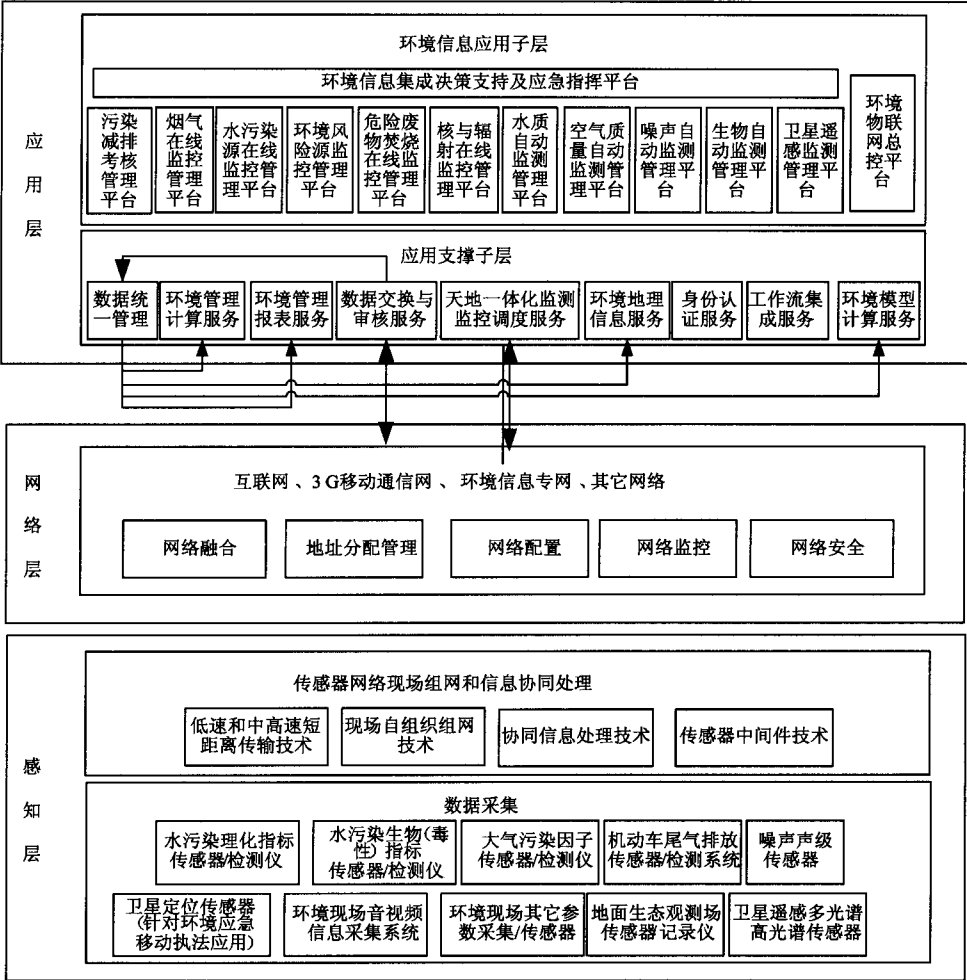


图3 环境物联网应用的基本框架

4 环境物联网应用要关注的问题

由于环境物联网的理念和应用形态多数还处于概念阶段,虽然发展势头很猛,应用前景广阔,

但也要关注以下问题:

4.1 标准规范问题

在物联网技术发展过程中,技术标准规范是成功应用的关键<sup>[5]</sup>,大量的工作亟需开展。应根据环境物联网在环境自动监控系统中的应用目

标,对应感知、网络和应用各层开展标准化工作,研究并制定完备的环境物联网信息技术标准规范体系。主要包括:监控中心与现场节点之间的数据交换协议、控制指令规范;节点与节点之间的数据交换协议、感知协议。随着环境自动监控物联网规模扩大,信息安全问题难以避免。节点与节点之间的安全通信,数据安全交换与共享,数据访问及远程监控指令执行权限,与其他关联行业物联网的互联互通等,需要研究面向物联网的环境信息安全技术体系。

#### 4.2 多源环境信息时空集成

在环境物联网框架下,多源、多学科环境信息量巨大,需要研究海量环境信息的高效组织、存储和分析处理、快速服务技术,实现多源、天地一体化环境信息时空集成,为环境管理、应急和决策提供既能准确综述环境问题总体特征、又能精细描述环境过程的环境信息产品。

#### 4.3 环境信息云计算技术

云计算(Cloud Computing)是分布式处理(Distributed Computing)、并行处理(Parallel Computing)和网格计算(Grid Computing)的发展,其基本原理是使计算分布在大量的分布式计算机上,而非本地计算机或远程服务器中。云计算是信息处理服务的未来发展方向,应大力发展环境信息云计算技术,为环境物联网信息处理提供更高效率、更快速的支撑。

在环境物联网中,大量的环境管理计算,例如环境资源分配、排污总量统计、污染排放控制执行计划等的计算,以及业务逻辑和环境联动处理策略的生成,可以通过云计算服务来完成。云计算能力的高度发展,使爆炸式的环境信息量得以高速有效地处理并实现智慧的判断、处理和决策。

#### 4.4 传感元器件技术

我国传感器和仪器仪表的技术和产品,经过发展,有了较大的提高。全国已经有1600多家企事业单位从事传感器和仪表元器件的研制、开发、生产。但与国外相比,我国传感器和仪表元器件的产品品种和质量水平尚不能满足国内市场的需要,总体水平还处于国外上世纪90年代初期的水平。存在的主要问题:(1)科技创新差,核心制造技术严重滞后于国外,拥有自主知识产权的产品少,品种不全,产品技术水平与国外相差15年左右。(2)投资强度偏低,科研设备和生产工艺装备落后,成果水平低,产品质量差。(3)科技与生产脱节,影响科研成果的转化,综合实力较低,产业发展后劲不足。

在环境监测领域,传感器可用于农药残留检测、酸雨监测、BOD值监测、水体富营养化监测、污染物急性毒性检测等。作为一种新的检测手段生物传感器具有高选择性、高灵敏度、较好的稳定性、低成本,能在复杂的体系中进行快速在线连续监测,可以预见生物传感器将会成为最具潜力的环境监测工具。

在水质监测方面,光纤传感器、生物传感器、原膜微型电极这三类传感器正在或将要发挥应有的作用;在大气监测方面,目前在线检测装置及一系列新的检测任务,也都需要采用大量新式传感器。这些传感器的应用可分为两类:一类作为测量用,该类目前多数采用光纤传感器及电化学传感器来定量检测大气中有毒有害气体;一类作为控制与报警。今后一段时间里传感器的研究工作将主要围绕提高检测器使用寿命;信号转换使用寿命;响应稳定性和微型化便携式等问题。

## 5 结语

当前,污染减排正在由工程减排逐步向管理减排转变,着力发展以物联网技术为核心的环境自动监控系统,可以为环保部门提供关于污染物排放及控制情况的“高清晰度”环境信息,是提高环境管理减排能力、保障环境安全的重要技术手段。可以预见,物联网技术应用前景十分广阔,对环境自动监控系统建设影响深远,应结合环保领域的特定需求,组织开展环境物联网技术攻关,突破物联网关键技术,重视环境物联网标准化工作,加快制定符合我国发展需求的环境物联网技术标准,培育有核心竞争力的环境物联网信息技术产业,推动环境信息化大发展,为有中国特色的减排监测监控体系,提供有力的技术支撑。

#### 参考文献:

- [1] IBM:智慧地球赢在中国, [https://www-900.ibm.com/innovation/cn/think/downloads/smart\\_China.pdf](https://www-900.ibm.com/innovation/cn/think/downloads/smart_China.pdf), 2009.
- [2] 《国际电信联盟ITU互联网报告2005:物联网(The Internet of Things)》.
- [3] Lu Yan, Yan Zhang, Laurence T. Yang and Huansheng Ning. The Internet of Things: From RFID to the Next-Generation Pervasive Networked Systems. Auerbach Publications, Taylor & Francis Group, 2008.
- [4] 李旭文. 信息化与环境应急监测[J]. 环境监测管理与技术增刊:环境监测信息化建设, 2006: 8-28.
- [5] 张晖. 物联网技术框架与标准体系[J]. 中国计算机报, 2010(9): 32-33.
- [6] IBM: 智慧的地球-IBM云计算2.0.