

物联网技术在人工影响天气业务中的应用

张小培¹ 李宏宇²

(1 中国气象局应急减灾与公共服务司人工影响天气处, 北京 100081;

2 中国气象科学研究院人工影响天气中心, 北京 100081)

摘要: 随着计算机和网络信息技术的快速发展, 物联网技术逐渐应用到人工影响天气业务中, 物联网技术的应用有效提升了人工影响天气装备弹药管理的信息化和自动化水平, 促进了全国人工影响天气业务的科学化和规范化水平提高。对物联网技术在我国人工影响天气业务中的应用进行了回顾, 以国家级推动建设的人工影响天气物联网系统为例, 对物联网技术在人工影响天气业务中的应用和成效进行了简要分析。最后讨论了物联网技术在人工影响天气业务应用中存在的问题并提出了发展建议。

关键词: 人工影响天气, 物联网技术, 应用

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2019.06.018

Application of IoT Technology in Weather Modification

Zhang Xiaopei¹, LI Hongyu²

(1 Weather Modification Division of Department of Emergency Response, Disaster Mitigation and Public Services, CMA, Beijing 100081

2 Weather Modification Centre, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Abstract: With the rapid development of computer and network technology, the IoT (Internet of Things) technology has been being applied to weather modification activities. The application of IoT technology has effectively improved the level of information and automation of weather modification equipment and ammunition management. Furthermore, it has improved the standardized and scientific level of weather modification work across our country. The application of IoT technology in weather modification is reviewed in this paper. The IoT based weather modification system, which has been promoted and established from national level, is used as an example to analyze the function, application, and effectiveness of the IoT technology in weather modification. Finally, the existing problems in the application of the IoT technology in weather modification are analyzed and some suggestions are put forward.

Keywords: weather modification, IoT technology, application

0 引言

自1999年美国麻省理工学院(MIT)提出物联网(Internet of Things, IoT)概念以来, 物联网内涵逐渐完善、技术快速发展^[1-2]。目前, 物联网技术已广泛应用于物流^[3]、公共交通^[4]、公共安全^[5]、现代农业^[6]、教育^[7]等诸多行业和领域。2000年以来, 物联网技术开始应用于气象行业, 包括气象监测^[8-9]、气象预警^[10-11]和气象服务^[12-13]各方面。

近年来, 随着我国人工影响天气(以下简称人影)工作的快速发展, 人影作业规模越来越大, 装备

和弹药使用量逐年增多。目前我国有30个省(区、市)开展人影作业, 涉及飞机、高炮、火箭增雨防雹等业务, 从业人员达到4.6万人^[14], 中国气象局上海物资管理处每年验收人影炮弹80万余发, 火箭弹约10万枚^[15], 我国人影作业规模已位居世界首位^[16]。随着全国人影作业规模不断增大, 人影装备弹药的管理难度也不断增加, 通过纸质表格、登记造册等传统方式对人影装备弹药出入库、使用情况进行管理, 存在时效性不强, 准确度不高的问题, 无法对人影装备弹药流转各环节进行动态追踪管理, 人影装备弹药安全管理存在较大的安全隐患。此外, 传统的人影作业信息采集基本依靠人工记录, 时效性差, 信息量少, 难以满足业务发展需求。因此, 将物联网技术应用到人影装备弹药和作业信息管理中不仅十分必要, 而且越发迫切。

收稿日期: 2018年11月14日; 修回日期: 2019年8月1日

第一作者: 张小培(1983—), Email: zxp03@126.com

资助信息: 中国气象局小型业务项目“人工影响天气作业装备弹药全程监控应用示范”; 气象行业标准项目(QX/T-2017-45)

1 物联网技术在人影业务中的应用

经过多年探索，物联网技术在我国人影业务中的应用步伐不断加快。目前，我国人影业务中已初步实现了装备弹药的全程跟踪管理和作业信息的自动采集传输。本文首先对物联网技术在省级人影业务中的探索进行了总结，并以中国气象局推动建设的人影物联网系统为例，对物联网技术在全国人影业务中的应用及成效进行简要论述，提出了物联网技术在我国人影业务应用中存在问题及发展建议。

1.1 物联网技术在省级人影业务中的探索应用

在气象信息化建设过程中，北京、陕西、贵州、安徽等省级气象部门联合装备弹药生产厂家先后开展了人影装备弹药智能管理的探索工作。2011年，安徽人影办公室联合陕西中天火箭技术股份有限公司研发了安徽省人影物联网管理系统，实现了对人员、装备、弹药等信息的采集、传输和信息化管理，以及对作业流程的全程监控、互动和干预提醒等功能，人影作业安全监管能力得到了显著提高^[16]。贵州省、北京市人影办公室也与人影弹药生产厂家共同研发了基于RFID电子标签应用的人影物联网智能管理系统，实现了火箭作业装备、弹药、人员信息的实时监管，提高人影安全监管水平^[17-18]。这些物联网系统的探索与应用，为提高各省级人影业务信息化、自动化水平发挥了积极作用，但是，这些人影装备弹药管理系统主要立足于省级人影业务需求，存在硬件架构和输出信息格式不一致、装备弹药和作业信息的编码规则不规范、不统一等问题；对影子弹药生产、验收和销毁等业务环节的考虑还不充分，没有实现人影装备弹药的全程监控和闭环管理，还不能满足全国人影作业装备弹药的统一监管要求。

1.2 物联网技术在全国人影业务中的推广应用

为解决全国范围内人影作业装备和弹药全程监控和统一监管问题，2015年，中国气象局以气象小型业务项目的形式，启动了“人工影响天气作业装备弹药全程监控应用示范”，项目由中国气象局人影中心牵头，参加单位包括中国气象局上海物资管理处和北京、河南、陕西^[19-20]、贵州等四个示范省（市）。在总结前期省级试点基础上，利用条码识别技术、声光电自动感应技术、移动互联技术等，建设了人影物联网系统，实现了对人影装备弹药的全过程、规范化、自动化和实时监控管理，有效提高了全国人影装备弹药安全管理的科技水平和现代化程度。项目总结提炼了人影装备弹药标识编码技术规范、省级及以下人影装备弹药监控管理系统建设指南，以及人影装备弹药

监控管理系统业务运行规定，为人影物联网技术在全国范围内推广应用奠定了基础。

为进一步扩大物联网技术在人影业务中的应用，2017年中国气象局批复了气象小型业务项目“东北区域四省（区）人工影响天气装备弹药物联网能力建设”，支持黑龙江、吉林、辽宁和内蒙古四省（区）建设省级人影物联网系统，部署专用软件系统及服务器等设备，配置物联网手持移动终端等。目前，东北区域内该项目整体建设工作已基本完成。此外，全国人影发展规划和正在建设推进的各区域人影能力建设项目中也充分考虑了人影物联网系统相关建设内容。

1.2.1 人影物联网系统建设内容

中国气象局气象小型业务项目“人工影响天气作业装备弹药全程监控应用示范”支持建设的人影物联网系统建设内容主要包括人影作业装备弹药全程监控模块、人影作业信息实时采集模块和相关技术标准与规范三部分，各部分主要内容见表1。

表1 人影物联网系统主要建设内容
Table 1 The contents of the weather modification system based on the IoT technology

项目组成的名称	主要内容
人影作业装备弹药全程监控模块	包括国家级人影作业装备弹药出厂验收质量管理、国家级人影作业装备弹药信息管理、示范省级人影作业装备弹药信息管理三个主要组成部分，主要实现对人影装备弹药全过程、自动化和信息化管理
人影作业信息实时采集模块	包括人影飞机作业信息实时采集和人影地面作业信息实时采集两个主要组成部分，实现飞机作业信息、地面作业信息的自动采集、传输、上报和实时监控
相关技术标准与规范	包括人影作业装备和弹药产品统一标识规范、飞机作业信息采集传输规范、地面作业信息采集传输规范，对各类信息的内容、编码格式和传输要求做出统一规定

1.2.2 人影物联网系统总体流程

人影物联网系统涉及的主要环节包括：生产、验收、转运（运输）、仓储、发射（作业）和报废（销毁）等，总体流程见图1。其中，中国气象局人影中心主要负责人影物联网标准制定、技术支持，中国气象局上海物资管理处主要负责人影弹药验收环节的管理，及时将验收合格产品信息通过物联网系统告知各省（区、市）气象局，各省（区、市）气象局采购、使用通过验收的合格产品，同时通过物联网系统将转运、仓储、使用、报废等环节的信息自动上传至系统。

1.2.3 人影物联网系统的主要功能

人影物联网系统主要实现了对人影装备弹药的全流程管理功能和对作业信息的自动化采集功能。人影装备弹药全流程管理功能包括对影子装备弹药生产、验收、仓储、转运、发射、报废与销毁6个环节的全程监控管理（包括溯源、跟踪、定位等），以及对装

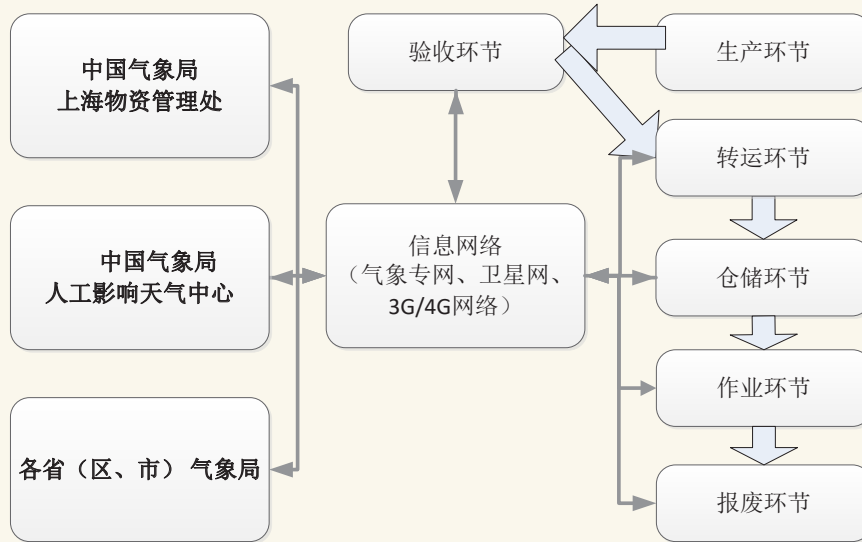


图1 人影物联网系统总体流程

Fig. 1 Flow chart of the weather modification system based on the IoT technology

备弹药的有效期检验、质量跟踪管理等功能，各环节主要功能设计见表2。作业信息自动化采集功能包括对飞机和地面作业信息自动化采集和处理。通过对高炮和火箭信息化改造^[21]，并升级作业飞机使用的北斗系统、人影物联网系统实现了对人影飞机和地面作业信息的自动采集传输和综合展示，各环节主要功能设计见表3。

表2 人影物联网系统弹药管理6个环节的功能

Table 2 The ammunition management function of the weather modification system based on the IoT technology

环节名称	主要功能
生产环节	各生产厂家根据弹药的生产使用安全规定和制订的统一标识规范，通过添加条码标签，作为该弹药唯一身份标识，实现基于条码扫描及感应技术的人影弹药标识及信息采集工作
验收环节	利用条码及感应技术，由气象物资管理部门对人影弹药进行出厂验收，通过验收的产品才能进入下一环节
仓储环节	待入库弹药信息与气象物资管理部门验收合格弹药信息库数据对比，验收通过的弹药方能入库；通过手持终端来扫描感应出入库弹药（以整箱为单位）的条码，实现对作业弹药出入库的跟踪管理，对弹药存储有效期进行监控，提供自动化监控提醒、报警等功能
转运环节	不同仓储库或位置间弹药的转移运输，通过扫描条码、车辆定位及通信传输手段，对弹药转运环节跟踪管理
作业环节	通过库房或作业站点的弹药出库、回库信息来解析实际发射信息；或者利用全自动控制发射系统、远距离声光电等感应器以及发射过程视频图像解析等技术来自动识别发射信息
报废环节	以上各环节中，凡是经发现不合格的人影作业装备和弹药，予以报废，并由对应的生产厂家负责销毁，同时将有关信息传输到气象物资管理部门

2 人影物联网技术应用成效

通过省级人影物联网试点建设和国家级整体推动，目前全国已有27个省（区、市）实现了人影物联网系统的省级部署，29个省（区、市）开展了市、县级物联网管理部署的示范建设，初步实现了人影作业

表3 人影物联网系统作业信息管理功能

Table 3 The cloud seeding information function of the weather modification system based on the IoT technology

环节名称	主要功能
人影飞机作业信息自动采集	升级北斗地面通讯控制设备，并在人影作业飞机上部署机载北斗设备，利用北斗卫星定位、地空数据链技术，实时采集全国各省级人影飞机作业信息。基于地理信息系统实现全国人影飞机飞行与作业状态的实时跟踪、作业动态和统计分析的综合展示
人影地面作业信息自动采集	引入人影火箭和高射炮远程控制自动发射系统，并利用作业站点对火箭和高炮作业的声光电自动感应及识别技术、移动互联网技术，实现人影地面火箭和高炮作业数据的自动化采集，基于地理信息系统实现人影地面作业状态的实时监控、作业动态和统计分析的综合展示

装备弹药和作业信息的自动化、信息化动态管理功能。物联网技术在人影业务应用中取得的主要成效如下：

1) 确定了人影物联网建设技术路线。在人影物联网系统建设过程中，确定了主要基于二维码标识的炮弹、火箭弹和弹药箱管理技术路径^[19]，首次实现了对人影装备弹药的统一编码和唯一身份标识。对炮弹采取激光刻印二维码标识的方式，将物联网信息刻在弹体上，对火箭弹采取粘贴二维码标识的方式，将物联网信息标记在弹体上。对人影弹药和弹药箱信息的采集主要利用基于光学扫描技术的手持式扫描终端，该终端同时内置全球定位系统GPS模块，通过弹药运输车辆和人员携带可实时定位监控装备弹药转运信息。各业务环节采集得到的管理信息，利用有线、无线等通讯网络实时传输到人影物联网系统。

2) 配套制定了人影物联网技术规范和标准。在人影物联网系统建设中，根据业务环节与信息流转要求编制了人影装备弹药监控管理系统应用接口规范，

对系统对外接口进行定义,为国家级、省级人影物联网管理系统和人影其他业务系统数据交互提供了依据。编制了人影作业装备弹药与作业信息管理等配套的行业技术标准,主要包括:人影作业站点、装备弹药的统一编码规范,飞机、地面作业信息采集传输规范等。此外,还制定了《人工影响天气装备弹药监控系统业务试运行规定》,进一步明确了国家、省级、市县级、作业站点各业务层级的职责任务与各级系统软硬件运维及信息安全管理,保障国家级、省级物联网管理系统一体化运行和各项数据信息能够及时有效地收集、传输与上报,发挥系统整体建设效益。

3) 实现了人影装备弹药和作业实施的信息化管理。通过物联网技术在人影业务中的应用,基本实现了对炮弹、火箭弹从生产、验收、运输、存储、使用和报废全寿命周期的自动化跟踪管理,初步实现对作业弹药的精细化和智能化管理。通过条码和电子标签扫描及感应技术自动采集人影弹药信息,通过数字震动与光学采集技术的智能采集传感器自动采集人影作业基本信息,结合地理信息系统、全球定位系统和移动互联网技术,自动传输、分析、处理并实时显示人影作业信息,提高了人影业务信息化水平。

3 小结

总体而言,物联网技术在我国的应用还处于推广应用阶段,目前还存在以下三个问题:一是部分人影作业站点位置偏僻,缺少物联网改造基本条件,人影物联网技术在基层的覆盖比例还不高;二是基层人影作业队伍结构复杂,作业人员年龄偏大、文化素质普遍不高,不利于人影物联网技术的应用和普及;三是人影物联网系统业务化程度还不高,与人影安全管理和信息采集处理系统还存在相对独立运行的情况。

针对上述存在的问题,建议物联网技术在我国人影中的应用可从以下几个方面改进:一是继续在国家层面大力推广人影物联网试点建设成果,通过国家工程项目、地方投资持续推进,为物联网技术向基层延伸创造有利条件,提高物联网技术在基层人影工作中的应用率。二是继续推进“政府主导、社会化服务、民兵预备役”相结合的基层作业人员管理模式,不断提升基层作业人员整体素质,加强人影物联网相关技术培训,促进物联网技术更好应用于基层人影业务之中。三是制定人影物联网系统业务及考核规范,

不断提高人影物联网系统业务化程度,促进人影安全管理、信息采集系统和人影物联网系统融合发展。

物联网技术在人影中的应用,实现了对弹药的全过程跟踪管理,实现了作业和管理信息的自动化采集和传输分析,大大提高了我国人影业务现代化水平,也促进了人影安全管理能力的提升。目前,物联网技术在我国人影业务中的应用整体还处在推广应用阶段,随着物联网技术在人影业务中覆盖度不断扩大和物联网技术的不断提升,物联网技术在我国人影业务中的应用将会越来越广泛,必将为人影科学作业、精准作业和安全作业提供有效的技术支撑。

参考文献

- [1] AutoID Labs homepage. <http://www.autoidlabs.org/>.
- [2] International Telecommunication Union, Internet Reports 2005: The Internet of things. Geneva: ITU, 2005.
- [3] 杜洪礼, 吴隽, 俞虹. 物联网技术在企业供应链管理中的应用研究. 物流科技, 2011, (3): 6-8.
- [4] 诸彤宇, 王家川, 陈智宏. 车联网技术初探. 公路交通科技(应用技术版), 2011, (5): 266-268.
- [5] 林孝平. 物联网技术及其在公共安全领域的应用. 电信快报, 2013, (1): 15-18.
- [6] 朱会霞, 王福林, 索瑞霞. 物联网在中国现代农业中的应用. 中国农学通报, 2011, 27(2): 310-314.
- [7] 陈明选, 徐昉. 基于物联网的智慧校园建设与发展研究. 远程教育杂志, 2012, (4): 61-65.
- [8] 夏于, 杜克明, 孙忠富, 等. 基于物联网的小麦气象灾害监控诊断系统应用研究. 中国农学通报, 2013, 29(23): 129-134.
- [9] 王宏记, 李中华. 基于物联网技术的跨区域气象环境污染监测系统. 计算机测量与控制, 2013, (8): 2259-2267.
- [10] 贾峰, 徐智慧, 简薇薇. 新农村建设服务下物联网农业气象防灾减灾体系研究. 信息系统工程, 2015, (3): 37.
- [11] 钟勇. 物联网在气象灾害预警中的应用. 通信与信息技术, 2012, (2): 78-79.
- [12] 张琦. 基于物联网的智慧气象为农服务系统应用研究. 中国农业信息, 2015, (17): 159.
- [13] 隋莉颖, 王立勋, 杨雪, 等. 物联网技术在道路交通气象领域的应用. 中国交通信息化, 2013, (11): 84-86.
- [14] 郑国光, 郭学良. 人影科学技术现状及发展趋势. 中国工程科学, 2012, 14(9): 20-27.
- [15] 刘伟, 曹焱, 龚茜, 等. 基于物联网的人影作业用弹药管理系统. 电脑知识与技术, 2017, (25): 63-64.
- [16] 李建邦, 周述学, 李爱华, 等. 物联网在安徽省人影业务中的应用. 气象科技, 2014, (6): 1143-1146.
- [17] 刘国强. 物联网技术在贵州人影中的应用. 科技创新导报, 2012, (31): 254-255.
- [18] 刘伟, 田英. 贵州人影作业弹药精细化管理新模式. 贵州气象, 2013, (5): 62-64.
- [19] 左爱文, 刘映宁, 何军, 等. 物联网技术在陕西人影作业装备和弹药全程监控中的应用. 陕西气象, 2018, (3): 37-39.
- [20] 车云飞, 房文, 李宏宇, 等. 物联网在人工影响天气装备弹药管理中的应用. 气象科技, 46(5): 1044-1049.
- [21] 李宏宇, 王华, 贾丽佳, 等. 利用声学方法采集人影高射炮作业数据. 应用气象学报, 2015, 26(5): 590-599.