沼气工程物联网构建及应用分析

冉 毅[1],王 超[1],罗 秦[2],余小军[3],陈子爱[1],丁自立[1],席 江[1]
(1. 农业部沼气科学研究所 农业部沼气产品及设备质量监督检验测试中心,成都 610041; 2. 四川艾欧特智能科技有限公司,成都 610000; 3. 武汉四方光电科技有限公司,武汉 430205)

摘 要: 文章介绍了物联网的概念和结构,结合沼气工程运行管理特点,定义了沼气工程物联网并介绍其发展现状,完成了沼气工程物联网构建,提出了系统组成:信息采集及传输系统、智能化管控系统、视频监控系统、智能预警系统和数据库及故障处理系统,介绍了系统特点与功能,并选取1处沼气工程为实例进行应用分析,对应用效果进行评价。目前,沼气工程物联网在感知层和传输层(即远程监控)有了初步的研究和应用,在应用层和决策层的研究和应用较为薄弱,完整的沼气工程物联网链条尚未形成。沼气工程物联网的发展前景广阔,能为"先建后补"和"终端补贴"等创新补贴方式提供技术支撑,可提高沼气工程管控水平和生产效率,并保障其运行安全,对提高沼气工程现代化水平具有重要意义。

关键词: 沼气工程; 物联网; 构建; 应用分析
中图分类号: S216.4 **文献标志码:** B **文章编号:** 1000-1166(2015)01-0065-05

Construction and Applying Analying of Internet of Things (IOT) for Biogas Engineering

/ RAN Yi[1], WANG Chao[1], LUO Qin[2], YU Xiao-jun[3], CHEN Zi-ai[1], DING Zi-li[1], XI Jiang[1] / (1. Biogas Research Institute of the Ministry of Agriculture The Center for Biogas Products & Equipments Quality of the Ministry of Agriculture, Chengdu 610041, China; 2. Sichuan I. O. T Intelligent Technology Co Ltd, Chengdu 610000, China; 3. Wuhan Cubic Optoelectronics Co Ltd, Wuhan 430205, China.)

Abstract: This paper introduced the concept and structure of the Internet of things(IOT), defined the biogas engineering-IOT and introduced its developing status, completed the construction of IOT for biogas engineering based on management and operation characteristics. It is put forward that the biogas engineering-IOT consists of information collection and transmission, intelligent control, video monitoring, intelligent early warning, database and fault handling. Their characteristics and function were also introduced taking a biogas engineering as example. Application analysis and evaluation were made. The biogas engineering-IOT is having the primary application and research in perception level and the transport level (remote monitoring) at present, but it is weak in application level and decision level. The complete chain of biogas engineering-IOT had not formed. The prospects of biogas engineering-IOT is wide, which could provide technical support for the policies "Grants after building" and "terminal subsidies", and so improve management level, guarantee its safe operation.

Key words: Biogas engineering; Internet of Things; Construction; Application Analysis

物联网是继计算机、互联网之后,世界信息产业的第三次浪潮,是互联网和通信网的拓展应用和网络延伸,它通过感知识别、网络传输、计算处理等架构,实现了人在任何时间、任何地点与任何物体的连接,使人类以更加精细和动态的方式管理生产和生活,提升人对物理世界实时控制和精确管理的能力,从而实现资源优化配置和科学智能决策[1]。物联网在1999年由美国麻省理工学院提出[2],2008年底,IBM向美国政府提出智慧地球战略后,物联网得到高度关注[3]。我国高度重视物联网发展,2013年,国务院发布《关于推进物联网有序健康发展的指导意见》,将物联网作为国家战略性新兴产业的一项重要组成内容,采取了多项政策性措施全面推动其在各行业应用发展[4-5]。农业是物联网应用的重要领域,物联网在种植业、养殖业上的应用较为广泛,但在沼气工程中尚未开展系统的研究与应用。

2003年至2012年,中央累计投入315亿元支持沼气建设,建成户用沼气4083万户,大中型沼气

收稿日期: 2014-10-27
作者简介: 冉 毅(1983-),男,重庆武隆人,工程师,主要从事沼气产品及设备监督检验及生物质能源研究,E-mail: ranyi123@163.com
通信作者: 王 超,E-mail: nybzqzj@163.com

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

工程 15363 处[6],在新形势下,沼气工程建设面临诸多挑战与困难,亟需在沼气项目管理模式、生产方式和补贴机制等方面有所创新[7],物联网能与沼气生产、运行管理、服务补贴等环节融合,特别是运用到沼气工程运行管理上,对提高沼气工程现代化水平具有重要意义。

1 物联网的概念和结构

1.1 物联网的概念

物联网是指通过信息感知设备,按照约定协议,把系统中有机对象、生产要素、环境要素和虚拟物件等与互联网连接起来,进行信息交换和通讯,以实现对生产生活智能化识别、定位、跟踪、监控、服务和管理的一种网络。物联网"人-机-物"一体化互联,可帮助人类以更精细的方式认知、管理和控制生产生活中的要素、过程和系统,提升人类对生产活动认知能力、复杂系统的调控能力和突发事件的处置能力[8,9]。目前,世界范围内对物联网的研究较为深入,特别是农业物联网的研究与应用较为广泛[10]。

1.2 网络关系

物联网所涉及的网络有传感器网络、物联网络和泛在网络,它们的关系见图 1。传感器网络利用各种传感器和近距离通信技术构成的网络,提供局域或小范围物与物之间的信息交换功能。物联网络是指在物理世界的实体中部署具有一定感知能力、计算能力或执行能力的各种信息传感设备,通过网络设施实现信息传输和处理,从而实现广域或大范围的人与物、物与物之间信息互联。泛在网络是基于个人和社会需求,利用现有的网络技术,实现人与人、人与物、物与物之间按需进行信息获取、传递、存储、认知、决策和使用等服务[11]。

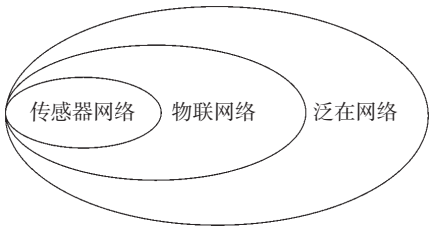

图 1 网络之间的关系

1.3 物联网的结构

物联网的关键环节包括"感知、传输、处理",技术层级可分为感知层、传输层、应用层和决策层(见图 2)[12]。感知层由生产现场的各种传感器和采集节点组成,通过无线传输网络将信息传输至云平台统一存储管理;传输层通过宽带,3G 网络和 GPRS 等将感知层数据信息与应用层互联;应用层通过对传输来的的数据信息分析、软件计算、模拟等方式加以管控;决策层是根据感知数据信息、分析结果、问题故障和管控结果,基于大数据系统建立应急、预警和指挥决策系统。物联网的拓扑结构见图 3。

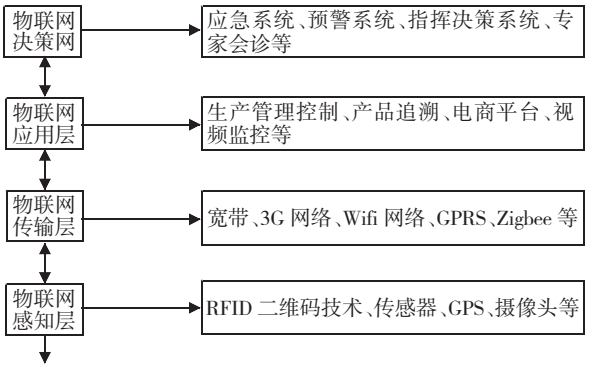

图 2 物联网的结构

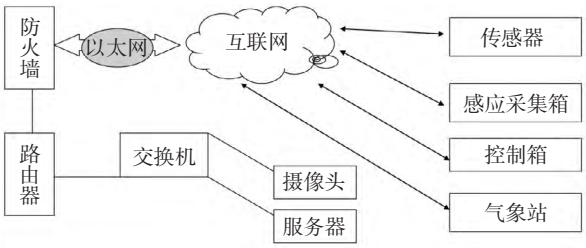

图 3 物联网的拓扑结构

2 沼气工程物联网构建

2.1 定义

沼气工程物联网是将物联网技术应用在沼气工程运行、管理的各环节,通过信息感知设备,按照约定协议,把沼气工程运行过程中的关键参数、环境要素、智能管控和虚拟物件等与互联网连接起来,进行信息传递,将沼气工程与业主、操作(使用)者、管理部门联系起来,以实现对沼气及附属产品(沼肥、发电)生产销售的智能化识别、定位、跟踪、监控、服务、管理和决策的一种网络。沼气工程物联网"人-机-物"一体化互联,能提高沼气工程生产效率和污水处理能力。

2.2 发展现状

目前沼气工程物联网的发展还处于起步阶段,在物联网的 4 个层次中,感知层和传输层有了初步的研究和应用,也可理解为远程监控。已有企业研发生产了相关产品应用于沼气工程,如发酵罐的温度,压力,pH 值传感器,沼气计量和成分传感器,监控摄像头,环境条件传感器,并将这些数据信息转化,传输至后台服务器,用户可通过电脑或手机远程

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

监控现场情况,查看运行参数和统计报表。沼气工程物联网在应用层和决策层的研究和应用较为薄弱,未建立基于大数据的决策管理系统,完整的沼气工程物联网链条尚未形成。

2.3 系统组成

2.3.1 概述

利用软件开发技术,结合目前市场成熟的硬件产品,开发出了沼气工程物联网系统,系统遵循物联网架构原则,结合沼气工程特点,分为感知层、传输层、应用层和展现层(见图4),具体细化为信息采集及传输系统、智能化管控系统、视频监控系统、智能预警系统、数据库及故障处理系统。感知层由部署在沼气工程各工艺单元的传感器和采集节点组成,通过传输网络将信息传输至云平台统一存储管理,系统再将数据加以分析整理来支撑对沼气工程和设备的精准管理,同时结合海量大数据库资源及专家意见,缩短运行故障处理周期,提高产气率和附加值,获得显著的污水处理效果,提高沼气工程智能化管控水平。

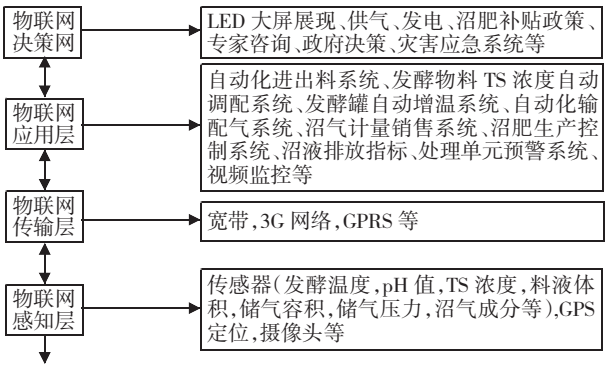

图4 沼气工程物联网构建

2.3.2 信息采集及传输系统

系统在预处理单元采集水量、温度和物料 TS 浓度等参数;在厌氧发酵单元采集温度、压力,pH 值和物料 TS 浓度等参数并安装过载报警装置;在沼气输配气单元采集沼气成分、流量、贮气容积和压力等参数并安装沼气泄漏和过载报警装置;在污水处理单元安装 COD,BOD,总 P 和总 N 等环保指标监测装置;在沼肥生产单元安装 N,P,K 和微量元素检测仪器;在沼气站采集现场温度、湿度和风速等环境条件(见表1)。系统将上述参数转化成数据信号,通过双绞线或无线路由节点传输至 DTU(数据传输单元),DTU 将串口数据转换为 IP 数据,再通过 GPRS 网络或者 3G 网络将 IP 数据传输到后台服务器,管理人员通过手机 APP,电脑或 LED 大屏在线监控、调取数据、统计分析等。

表1 沼气工程信息采集及设备安装

沼气工程处理单元	信息采集及设备安装
预处理单元	水位、温度和物料 TS 浓度,视频、进料泵和潜水搅拌器自启装置等
厌氧发酵单元	水位,温度,pH 值和物料 TS 浓度,自动出料、泄漏和过载报警装置等
沼气输配气单元	沼气成分、流量和水分,贮气容积和压力,沼气泄漏和过载报警装置等
污水处理单元	温度,流量,水位,COD,BOD,SS,总 P 和总 N,视频装置等
沼肥生产单元	N,P,K 和微量元素,视频装置等
沼气站环境	温度、湿度、大气压和风速,视频和烟雾探测装置等

2.3.3 智能化管控系统

设计1个或多个智能控制柜,控制柜内使用 PLC 模板进行逻辑编程,与软件平台结合,使模板具有控制设备(如进出料泵、潜水搅拌器、发酵罐增温装置和沼气排空火炬等)的功能。采用手动和自动两种方式对设备进行控制,自动方式包含定时智能控制和智能自动控制两种方式;智能自动控制是设置沼气工程处理单元的参数阈值,当实时参数超过阈值时,软件平台将自动开启或关闭相应的设备。通过对设备的控制从而实现沼气工程智能化运行。

2.3.4 视频监控系统

视频监控系统主要是对沼气工程各运行单元和整个沼气站进行视频图像监测,一方面满足日常监控需要,管理人员可通过视频图像对沼气站安防、处理单元状态、作业规范等进行监管;另一方面能够对接远程指挥系统,管理人员和专家可实时在线查看沼气工程的运行情况,为专家咨询、故障处理提供辅助支撑。

2.3.5 智能预警系统

沼气工程智能预警系统可分为:运行参数预警、设备预警、操作违规预警和灾害天气预警。系统操作人员可根据专家指导在系统中设置处理单元的参数预警值,当沼气工程运行过程中出现参数异常时,可提供多种方式(如短信、广播等方式)对管理人员或生产人员进行告警,并提示生产人员进行下一步操作。

2.3.6 数据库及故障处理系统

建立数据库,将所收集到的沼气工程运行数据汇集到系统大数据中心进行统一管理。管理人员可利用系统将沼气工程按照发酵规模、工艺流程和工程类型等进行分类管理,以文字、统计图和表格等形式,供第三方系统或人员调用、查阅,为生产人员、管

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

理人员和专家提供强有力的数据支持,为沼气工程故障处理提供可靠依据,为政府决策提供技术支撑。系统根据养殖场处理粪污量和发酵工艺的差异,结合不同的环境条件,抽象出沼气工程生产模型,形成以经验生产为主的专家系统,并建立在运行数据基础上,按照管理人员的要求进行生产分析和决策分析。

3 应用实例

3.1 项目概况

湖北省武汉市老世陈生猪养殖基地沼气工程(以下称沼气工程)位于武汉市蔡甸区老世陈村,该沼气工程于2009年12月建成400立方米中温发酵罐及其配套设施,为150户农户提供生活用能,为养殖场提供冬季生猪保暖用能。该沼气工程于2012年12月建成沼气工程物联网,名称是:沼气工程远程监控物联网,建设单位是武汉四方公司,经调试完成后,2013年1月正式启用,对沼气工程的流量、发酵温度和沼气成分等参数进行实时监控,为沼气工程的运行管理提供技术支撑。

3.2 应用分析

3.2.1 信息采集系统

系统在沼气工程预混池监测待发酵料液pH值和温度;在发酵罐采集发酵料液下层温度,上层温度,液位高度,pH值;在沼气输配气单元采集沼气温度、沼气成分(CH_4,CO_2,O_2和H_2S的含量)、沼气流量;在沼气可能泄漏点监测空气中CH_4含量,并安装报警装置(见图5)。

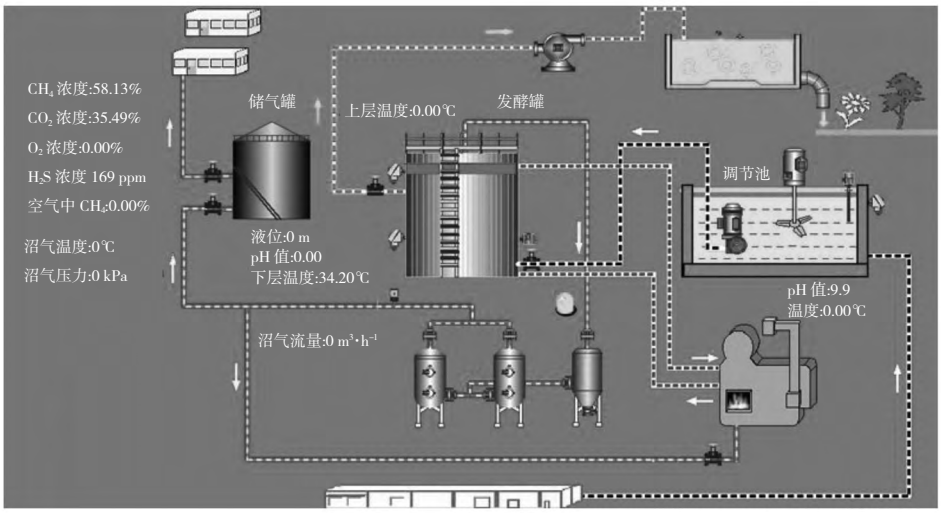

图5 沼气工程信息采集系统流程图

3.2.2 数据传输系统

沼气工程内近距离数据传输采用485总线模式,通过一根屏蔽双绞线把沼气工程内所有的数据采集单元并联到一起,再通过RS232或485转换卡直接与IPC连接。远距离数据传输利用移动通讯网络,通过DTU与互联网链接,DTU能自动附着到移动网络上,并与工控机IPC建立通信路径,随时收发用户终端的数据,具有实时性强,通讯稳定可靠,运行费用低等特点。

3.2.3 数据统计系统

物联网公司利用软件对采集到的数据进行统计分析,并保存至服务器,沼气工程物联网操作平台的界面上含有历史数据和统计报表两部分,历史数据部分能查阅每天采集的数据,如2013年6月21日的沼气总流量、每小时的瞬时流量和发酵温度等沼气工程运行参数(见图6)。统计报表可按月份、按年度统计总的产气量、发酵温度、甲烷含量等运行参数(见图7),也可按区域、按省份来统计该地域内所有沼气工程的总产气量,监控每个沼气工程的运行状态。

3.3 应用效果

老世陈沼气工程已初步建立起了物联网平台,该平台包含了物联网的感知层和传输层两个层次的内容,尚未建成应用层和决策层,也可理解为该平台是一个远程监控系统,该系统能实时在线监控沼气工程运行情况,采集运行参数,处理运行数据,统计数据报表。

截至2014年9月19日,沼气工程远程监控物联网已正常运行20个月零19天,按每分钟采集1次参数,共计采集了1468.8万个参数,根据这些参

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

图6 沼气工程历史数据操作界面

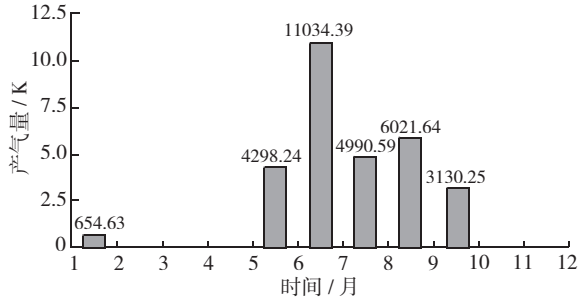

图7 沼气工程2014年产气量统计图

数能计算沼气工程各时间段的池容产气率,查看发酵温度,掌握工程运行情况,如可根据发酵罐上、下层温度,判断加热系统和搅拌设备运行情况,这些数据能为管理部门在资金补贴、政策制定等方面提供参考依据。

如图7所示,2014年已正常运行5个月零19天,2~4月份沼气工程未运行,总产气量为30129.74 m^3,计算5个月的平均池容产气率为0.45 $m^3 \cdot m^{-3}d^{-1}$,其中6月份产气量最高,为11034.39 m^3,计算6月份池容产气率为0.925 $m^3 \cdot m^{-3}d^{-1}$。

4 沼气工程物联网的作用

4.1 为创新沼气项目补贴方式提供技术支撑

为保证沼气工程长期有效运行、充分发挥建设效益,应对沼气工程终端产品(沼气、沼肥、发电)进行补贴,建立"先建后补"和"终端补贴"机制。沼气工程物联网的建设能对沼气、沼肥和发电进行实时监控和计量统计,能有效防止业主弄虚作假,骗取项目资金,为"先建后补"和"终端补贴"提供技术支撑和补贴依据。

4.2 提高沼气工程管控水平和生产效率

沼气工程物联网对沼气工程生产全程进行在线监测,通过数据库和专家咨询系统可及时发现并解决设备问题、排除运行故障,通过智能化管控系统,实现进出料、输配气、沼肥生产和污水处理等环节自动化控制,能提高产气量、提升沼肥生产质量和污水处理效果,实现沼气工程管理科学化、控制自动化、运行智能化,节约劳动成本,降低能耗,提高沼气工程生产效率。

4.3 保障沼气工程运行安全

通过沼气工程物联网智能预警系统和视频监控,能对运行参数异常、设备故障、操作违规和灾害天气发出警报,并以短信和广播等方式通知操作人员和管理人员,如:沼气站内烟雾探测报警、水位超高报警、沼气泄漏、物料过载报警,无关人员误入、违规操作报警等,能排除人员伤亡、工程损坏、起火爆炸等安全隐患,有效保障沼气工程运行安全。

参考文献:

[1] 刘家玉,周林杰,荀广连,等. 基于物联网的智能农业管理系统研究与设计——以江苏省农业物联网平台为例[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):377-379.

[2] Biggs P, Srivastava L. ITU Internet reports: the Internet of things [M]. International Telecommunication Union, 2005.

[3] Europea C. Internet of Things-An action plan for Europe [DB/OL]. http://wenku.baidu.com/link?url=b4ghW5rc763jpAv3cOBpao60kcvCmeZgOjB5_LAxwRB3iQmlt3pF9eddCgQCXJB9IMBYQRQYJ2KYdxEFRHMRjys5NW1AkBPyoyH6xgmT_kO,2009-07-17.

[4] 汪懋华. 物联网农业领域应用发展对现代科学仪器的需求[J]. 现代科学仪器,2010(3):5-6.

[5] 李景明. 未来:中国沼气行业的发展2014中国(国际)生物质能源与生物质利用高峰论坛(BBS 2014)分论坛三:沼气论文集[C]//2014.

[6] 董保成,王久臣,李景明,等. 沼气标准体系的研[J]. 中国沼气,2014,32(2):3-5.

[7] 葛文杰,赵春江. 农业物联网研究与应用现状及发展对策研[J]. 农业机械学报,2014,45(7):222-230.

[8] 朱伟兴,戴陈云,黄鹏. 基于物联网的保育猪舍环境监控系统[J]. 农业工程学报,2012,28(11):177-182.

[9] 姚世凤,冯春贵,贺园园,等. 物联网在农业领域的应用[J]. 农机化研究,2011,(7):190-193.

[10] 周 红. 基于物联网的远程健康监护服务系统设计与实现[D]. 复旦大学,2010.

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net