

基于两线解码技术的水肥一体化云灌溉系统研究

江新兰¹ 杨邦杰¹ 高万林¹ 晏清洪²

(1. 中国农业大学信息与电气工程学院, 北京 100083; 2. 中国水利水电科学研究院水利研究所, 北京 100044)

摘要: 针对传统设施农业水肥利用效率低、信息采集量少、数据挖掘利用弱等问题,设计了基于两线解码技术和云计算的设施农业水肥一体化智能云灌溉系统,包括智能云灌溉控制系统、全自动水肥一体机和高效节水灌溉系统3部分。该系统通过两线解码技术,利用各种传感器实时采集各单个设施农业作物生长环境的参数信息,并将各类采集数据及时传输和存储于数据管理云平台,根据设施农业种植区采取的环境信息和作物的需水需肥规律,利用云集群的计算和分析能力,科学确定设施农业中不同环境条件下作物生长的水肥需求和灌溉施肥制度,实现水肥一体化的智能控制。通过2个设施农业种植基地的应用实例表明,相比传统灌溉方式,水分和肥料的利用率分别提高了25%~40%和15%~35%,并且大幅度减少了劳动时间和劳动力。

关键词: 水肥一体化; 两线解码; 云计算; 物联网; 设施农业

中图分类号: TP399 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2016)S0-0267-06

Cloud Computing Irrigation System of Water and Fertilizer
Based on Dual-line Decoding Technology

Jiang Xinlan¹ Yang Bangjie¹ Gao Wanlin¹ Yan Qinghong²

(1. College of Information and Electrical Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. Department of Irrigation and Drainage, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100044, China)

Abstract: In order to solve the problem in traditional protected agriculture, namely the inefficient use of water and fertilizer, less information collection, weak capability of data mining and implementation, an intelligent cloud irrigation system was proposed based on the technology of dual-line decoding and cloud computing to integratively manage water and fertilizer for protected agriculture, which was composed of intelligent cloud irrigation control system, automatic machine of integration of water and fertilizer, water saving irrigation system with high efficient. The system via dual-line decoding technology, and a variety of sensors were used to collect the parameters of crop growth environment for each individual protected agriculture in real-time. Then all kinds of collected data were timely transmitted and stored in cloud data management platform. Thereafter, the ability of calculation and analysis from cloud calculated cluster was used, water and fertilizer needs, irrigation and fertilization system in protected agriculture under different environmental conditions for crop growth were scientifically determined to achieve intelligent control of water and fertilizer integration. The system was of great importance in guiding protected agriculture to achieve high yield, high quality, ecology and safety in production. Two application examples in planting bases of protected agriculture showed that compared with the traditional irrigation methods, the intelligent cloud irrigation system based on the technology of dual-line decoding and cloud computing to manage integrated water and fertilizer for protected agriculture can improve the water use efficiency by 25% ~ 40% and fertilizer use efficiency by 15% ~ 35%, which shortened labor time and decreased labor force sharply.

Key words: integrated management of water and fertilizer; dual-line decoding; cloud computing; internet of things; protected agriculture

引言

水和肥是设施农业生产的重要环境控制因素。目前,我国多数设施农业的灌溉施肥水平相对较低,部分地区甚至仍采用传统大水漫灌并过量施用化肥,导致水肥利用效率低,引发土壤次生盐渍化、土壤质量退化等问题,制约了设施农业的可持续发展^[1-5]。科学的水肥一体化管理,可在设施农业中定量利用有限的水分和养分,实现精准灌溉,可大幅度提高水肥利用效率,促使作物不同程度增产^[6-8]。

随着设施农业种植基地数量和年限不断增加,在农业生产中水肥一体化灌溉产生大量数据,如灌水量、施肥量、土壤墒情、温度、湿度、光照等,仅凭种植农户技术水平难以准确记录和利用这些宝贵的农业数据^[9-12]。农技专家在没有长时间序列的种植数据情况下,主要依据种植经验做出判断和决策。如何更好地采集、分析、利用各种作物生长环境参数信息,做出科学的定量决策,有效管理设施农业种植,需要水肥一体化智能灌溉管理系统的支持。

云计算技术与物联网技术的提出和快速发展,为研究开发设施农业水肥一体化系统提供了全新的思路^[9-13]。云计算是能够提供动态资源池、虚拟化和高可用性的下一代计算平台,具有硬件基础设施架构在大规模的廉价服务器集群之上、应用程序与底层服务协作开发、最大限度地利用资源、使用软件获得高可用性等特点^[14-15]。在云计算平台模式下,不同设施农业种植基地均可利用物联网技术和传感器设备获取现地的各种参数信息,并将其通过网络传输至云端灌溉管理系统,这样各种种植基地就可方便地获取所需要的分析、计算、存储、决策等云端资源^[16-19]。

智能灌溉是设施农业灌溉领域的发展趋势,而灌溉系统自动控制技术是实现设施农业水肥一体化智能灌溉的核心技术。两线解码技术是一种安装快速、灵活、经济、安全的控制技术,起源于欧洲,近几年在美国、以色列、日本等发达国家的节水灌溉中得到广泛应用。目前,基于两线解码技术的智能灌溉系统在我国主要应用在园林灌溉,系统的主要设备如主控制器、解码器等硬件和通讯协议、管理系统等软件,均为国外产品,且主要是单机版管理系统,并未与云平台技术相结合。

本文在深入了解两线解码技术原理的基础上,利用自主开发的系统硬件设备解码器及控制器,结合云计算、物联网技术,设计开发设施农业水肥一体

化智能云灌溉控制系统。

1 两线解码技术原理及硬件开发

1.1 两线解码技术原理

基于两线解码技术的自动灌溉系统是由灌溉系统软件及上位机、主控制器、解码器、电磁阀、传感器等组成。灌溉系统主控制器通过两芯电缆线与解码器连接,各解码器与电磁阀和各类传感器相连,采用低功耗电力线载波通信技术。每个解码器都有一个或多个地址,灌溉系统根据编制好的程序通过两芯信号线向不同地址传送命令,地址激活后,解码器允许电流流向电磁阀或传感器,控制电磁阀开启或读取传感器相关数据,实现灌溉系统功能,其系统原理如图 1 所示。

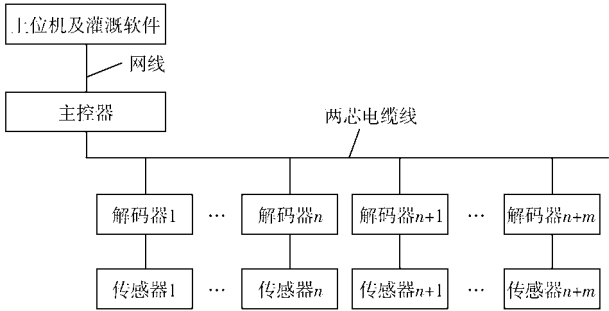


图 1 基于两线解码技术的自动灌溉系统原理图
Fig.1 Schematic diagram of automatic irrigation system based on dual-line decoding technology

与多线分控灌溉控制系统相比,基于两线解码技术的自动灌溉系统控制线的敷设距离明显缩短,线缆总数量比多线分控箱系统减少约 70%~80%,遭受雷击的机率也相应减小;在一条两芯电缆线上实现多个地址控制,线路出现各种故障的机率也大为降低,可靠性显著提高,便于后期维护管理。

1.2 硬件开发

基于上述两线解码技术原理,设计开发自动灌溉系统的组成示意图,如图 2 所示。

图 2 中整个自动灌溉系统的 2 个核心硬件设备为解码器和主控制器。其中,解码器是实现两线解码技术的核心设备;主控制器是整个灌溉控制系统的核心设备,可发送命令控制解码器,同时采集解码器的反馈信号以判断解码器的当前状态和获取相关传感器数据。

主控制器可通过两芯电缆线实现对数百个电磁阀启闭的控制,具有以下技术特点:①主控制器工作电压设为 24~36 V 直流。②主控制器与上位机系

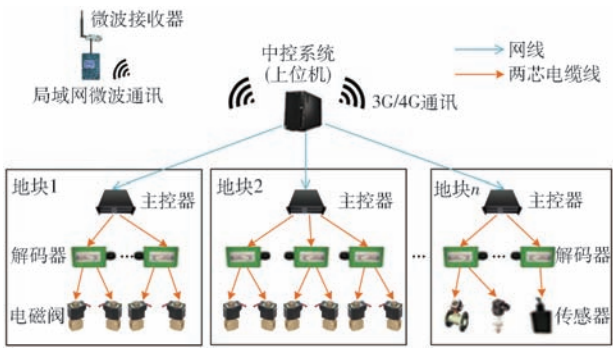


图2 自动灌溉系统组成示意图

Fig.2 Sketch map of automatic irrigation system

统软件通信协议采用 TCP/IP 协议,便于与智能云灌溉控制系统相结合。③主控制器与解码器通讯采用低功耗电力线载波通讯技术,通讯协议 MODBUS。④采用编码技术,在一条电源线上实现多个地址设备控制,可控制 256 个解码器。⑤主控制器安装有电流、电压过载保护及防雷保护装置,安全性极高。

解码器由具有开关量、模拟量输入输出功能的微处理器、防雷接地保护装置用压缩树脂方法固化在塑料壳体中制作而成,它可以很好地保护内部电子元器件,做到防水防蚀,可直接埋于地下,具有以下技术特点:①解码器采用高性能 ARM 结构 CPU,具有体积小、功能强、功耗低、处理能力强等优点。②电路前级放大部分采用仪表级芯片 OP07,具有功耗低、精度高、放大倍数可调等优点。③通讯距离可达 3 km 以上。④防水等级达到 IP68。⑤与常规解码器相比,除具有开关量启闭电磁阀外,增加了模拟量输入输出功能,可方便读取阀口流量、压力、土壤墒情等传感器数据。

2 智能云灌溉控制原理及功能

2.1 智能云灌溉控制原理

智能云灌溉控制原理是通过各种农业传感器实

时采集农业作物生长环境的参数信息(作物长势、土壤墒情、温度、湿度、光照等),同时将采集的数据通过网络传输设备上传至部署在云端的智能云灌溉控制系统,再对采集的数据进行分析,确定不同环境条件下作物生长的水肥需求,并将水肥指令传输至当地的中控系统上位机,然后通过主控制器发送命令控制解码器开关阀门、泵,实现定位、定时、定量的水肥一体化和高效节水自动灌溉控制,主要适用于实施现代化灌溉施肥及温室气候调控技术与管理的设施农业,其自动灌溉控制原理如图 3 所示。

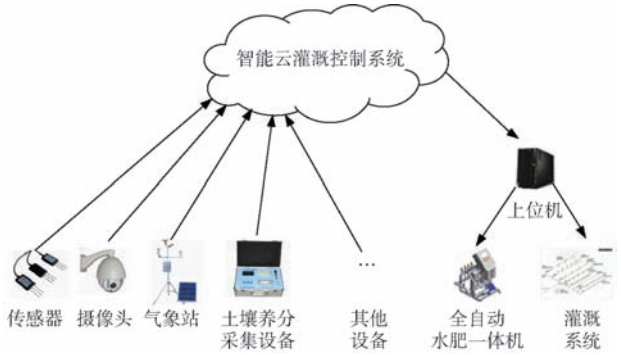


图3 智能云灌溉控制原理图

Fig.3 Schematic diagram of intelligent cloud irrigation control

2.2 控制功能

智能云灌溉控制系统主要包括灌溉控制、阀门开关记录、泵开关记录、灌溉管网监测、土壤墒情测报、气象测报、水费记录、施肥监测等功能,其软件界面如图 4 所示。

通过上述智能云灌溉控制系统,可以实现 5 方面的监控和管理功能,分别为:①阀门、泵自动控制功能。通过对土壤墒情信息和小气候信息的实时监测,采用无线或有线技术,实现阀门的遥控启闭和定时轮灌启闭。根据采集到的信息,结合当地作物的需水和灌溉轮灌情况制定自动开启水泵、阀门,实现无人职守自动灌溉、分片控制,预防人为误操作。②用水量控制功能。将出口流量监测作为本区域内



图4 智能云灌溉控制系统软件界面

Fig.4 Software interface of intelligent cloud irrigation control system

用水总量计量,通过每个支管压力传感器采集数据实时计算各支管的轮灌水量,与阀门自动控制功能结合,实现每一个阀门控制单元的用水量统计,同时,水泵引入流量控制,当超过用水总量时将通过远程控制,限制区域用水,实现2级用水计量。③施肥控制功能。通过对作物长势等信息的实时监测,根据不同环境条件下作物生长的水肥需求,通过水肥一体机将肥料吸入桶中调配,将调配好的肥料养分准确地注入灌溉管网中,连同灌溉水一起适时适量地浇灌作物,自动实现水肥一体化灌溉控制。④运行状态实时监控。通过水位和视频监控能够实时监控灌溉系统水源状况,及时发布缺水预警,通过水泵电流和电压监测、出水口压力和流量监测、管网分干管流量和压力监测,能够及时发现灌溉系统爆管、漏水、低压运行等不合理灌溉事件,及时通知系统维护人员,保障灌溉系统高效运行。⑤运维管理功能。实现区域用水量计量管理、旱情和灌溉预报专家决策、信息发布等功能的远程决策管理,以及对用水、耗电、灌水量、维护、材料消耗等进行统计和成本核算,对灌溉设施设备生成定期维护计划,记录维护情况,实现灌溉工程的精细化维护运行管理。

3 设施农业水肥一体化云灌溉系统

3.1 总体架构

参照物联网和云计算技术体系,将整个系统分为感知层、传输层、平台层、终端层和应用层,其总体架构如图5所示。

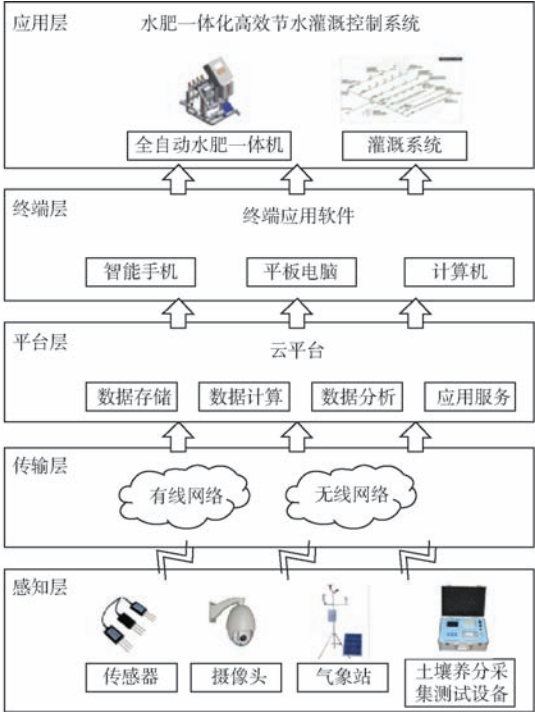


图5 总体架构示意图

Fig.5 Sketch map of overall architecture

(1)感知层

感知层是系统的神经末梢,是信息采集的直接来源,也是灌溉系统实现控制的终端设备层。信息采集与终端控制设备执行命令的准确与否,直接关系到智能云灌溉系统决策的科学性。

该系统开发采用两线解码技术,系统主控器通过两芯电缆线并联连接多个解码器,解码器再连接施肥机、电磁阀、阀门等控制设备和土壤墒情、温度、湿度、pH值、电导率、CO₂传感器、光照、摄像头、管道流量、压力等传感器设备,采集土壤墒情、灌溉流量、施肥量等设施农业种植区域内的各种环境数据、影像、灌溉水肥数据、农事活动等海量基础信息。

(2)传输层

传输层负责传递和处理感知层获取的数据信息和视频监控信息,传输过程中数据需遵循一定的传输协议。信息传输系统可由有线网络和无线网络组成,硬件设备主要包括光纤、同轴电缆、网线等有线传输链路及传输设备,还包括微波、无线电、GPRS、4G等无线传输链路。本系统的传输层可分为2部分。第1部分为从系统主控器到当地的中控系统上位机,第2部分为从中控系统到云平台服务器,根据传输距离、现场布设条件、公网接入情况,可以通过有线方式传输,也可以采取无线方式连接。

(3)平台层

云平台具有信息共享、资源整合和各设备协同工作的特点,云平台是整个系统的中枢,利用Internet将广域异构计算资源整合,形成一个抽象、虚拟和动态扩展的计算机资源池,是提供数据收集、存储、处理、维护、挖掘和共享的综合平台,负责所有数据处理、交换以及共享,并将决策结果发送到终端层和应用层。

(4)终端层

终端层硬件包括智能手机、平板电脑和计算机等用户设备。在智能化操作终端设备上安装应用软件,可实现用户随时随地查询和监控设施农业生产状况和相关信息,并根据云平台的分析结果和决策指令,远程控制水肥一体化高效节水灌溉系统的运行。

(5)应用层

应用层根据云平台反馈的决策指令或用户终端设备发出的指令采集信息,实现灌溉、施肥等功能。

3.2 系统组成

设施农业水肥一体化云灌溉系统主要由智能云灌溉控制系统、全自动水肥一体机和高效节水灌溉系统3部分组成。

3.2.1 智能云灌溉控制系统

智能云灌溉控制系统利用云集群的计算和分析能力,根据设施农业种植区采取的环境信息和作物的需水需肥规律,科学制定灌溉施肥制度,反馈给种植区当地的中控系统上位机,执行相应的控制命令。设施农业水肥一体化灌溉系统的云平台可以利用公共云平台,如阿里云、腾讯云等进行搭建,也可以根据需求和管理农业设施数量搭建私有云平台。

3.2.2 全自动水肥一体机

全自动水肥一体机是水肥一体化云灌溉系统中重要的模块化施肥装置。根据各种既定环境因素,全自动水肥一体机可配置各种类型的注肥通道、加压泵、控制器、外部设备和配件,以最大程度满足设施农业灌溉施肥的需求。根据不同用户的条件,在一个标准支撑平台的基础上,全自动水肥一体机按照用户在可编程控制器上设置的灌溉施肥程序和电导率/pH 值控制,通过机上的一套肥料泵将肥料吸入桶中调配,将调配好的肥料养分准确地注入灌溉管网中,连同灌溉水一起适时适量地浇灌作物,自动实现水肥一体化,提高了水肥耦合效应和水肥利用效率,科学合理的自动灌溉施肥程序可为作物及时、精确的水分和养分供应提供科学保证。

3.2.3 高效节水灌溉系统

水肥一体化灌溉系统主要采取高效节水灌溉方式,由输水管道、灌水器、控制系统等组成。设施农业输水管网一般采用3级管道,即干管、支管、毛管,多采用塑料管。灌水器根据灌溉方式不同,可采用滴灌管、微喷头、喷头等形式。利用智能云灌溉控制系统软件,根据种植区域的作物种类、面积等因素,设定不同灌溉组,利用两线解码技术,根据智能云灌溉控制系统指令要求,由解码器控制相应灌水器电磁阀的开启,实现水肥一体化灌溉智能控制。

4 应用情况

所设计的设施农业水肥一体化云灌溉系统已成

功应用于北京市农林科学院在香山的果树试验种植基地和沙帮科技公司在昌平古将村的设施蔬菜种植基地,其布设实景如图6所示。

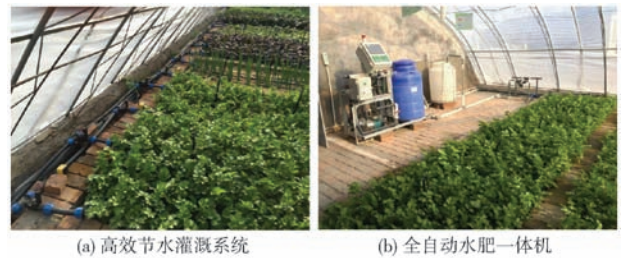


图6 设施农业水肥一体化云灌溉系统布设实景

Fig.6 Real layouts of cloud computing irrigation system of integrated management of water and fertilizer for protected agriculture

目前,2个种植基地的水肥一体化灌溉系统均运行正常,两线解码技术缩短了系统控制线的敷设距离,减小了线缆数量和遭受雷击的机率,实现了在一条两芯电缆线上多个地址控制,降低了线路故障出现的机率,提高了可靠性,便于维护管理。根据采集的基础数据进行科学分析,实现了自动控制水肥一体化高效灌溉。相比传统灌溉方式,利用该系统后,水分利用率提高了25%~40%,肥料利用率提高了15%~35%,并且大幅度减少了劳动时间和劳动力,取得了较好的应用效果。

5 结束语

研究与设计了基于两线解码技术和云平台的设施农业水肥一体化智能灌溉系统。该系统分为5层,采用两线解码技术和云计算等先进技术,通过各种传感器实时采集设施农业作物生长环境的参数信息,并将采集的数据存储于云端的数据管理平台,通过数据分析和挖掘,按照用户需求合理设定设施农业中不同环境条件下作物生长的水肥需求和灌溉施肥制度,可精准实现水肥一体化高效节水灌溉,为设施农业现代化服务提供了全方位的数据支持,可推动农业现代化发展。

参 考 文 献

- 1 袁洪波,程曼,庞树杰,等. 日光温室水肥一体灌溉循环系统构建及性能试验[J]. 农业工程学报,2014,30(12):72-78.
YUAN Hongbo, CHENG Man, PANG Shujie, et al. Construction and performance experiment of integrated water and fertilization irrigation recycling system [J]. Transactions of the CSAE, 2014, 30(12): 72-78. (in Chinese)
- 2 刘永华,沈明霞,蒋小平,等. 水肥一体化灌溉施肥机吸肥器结构优化与性能试验[J]. 农业机械学报,2015,46(11):76-81.
LIU Yonghua, SHEN Mingxia, JIANG Xiaoping, et al. Structure optimization of suction device and performance test of integrated water and fertilizer fertigation machine [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(11): 76-81. (in Chinese)
- 3 付强,梅树立,李莉,等. 水肥一体化智能调控设备智能液位开关设计[J]. 农业机械学报,2015,46(增刊):108-115.
FU Qiang, MEI Shuli, LI Li, et al. Intelligent switcher design in water and fertilizer integration equipment [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2015, 46(Supp.): 108-115. (in Chinese)

- 4 何青海,孙宜田,李青龙,等. 基于模糊控制的水肥药一体化系统研究[J]. 农机化研究,2015(8):203-207.
HE Qinghai,SUN Yitian,LI Qinglong,et al. Study on the system of irrigation,fertilization and spraying based on fuzzy control[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2015(8):203-207. (in Chinese)
- 5 邵利敏,王秀,牛晓颖,等. 基于 PLC 的变量施肥控制系统设计与试验[J]. 农业机械学报,2007,38(11):84-87.
SHAO Limin,WANG Xiu,NIU Xiaoying,et al. Design and experiment on PLC control system of variable rate fertilizer[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery,2007,38(11):84-87. (in Chinese)
- 6 石建飞,曹洪军,衣淑娟,等. 基于 PLC 的寒地水稻水肥一体化灌溉系统设计[J]. 农机化研究,2014(12):58-60.
SHI Jianfei,CAO Hongjun,YI Shujuan,et al. Irrigating system design of integration of water and fertilizer of rice in the cold field based on PLC[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research,2014(12):58-60. (in Chinese)
- 7 邓晓栋,张文清,翁绍捷. 基于 ZigBee 的水肥一体化智能灌溉系统设计[J]. 湖北农业科学,2015,54(3):690-692.
DENG Xiaodong,ZHANG Wenqing,WENG Shaojie. Design of intelligent water and fertilizer irrigation system based on ZigBee platform[J]. Hubei Agricultural Science,2015,54(3):690-692. (in Chinese)
- 8 郭强,汤璐,郭佳,等. 基于 STM32 的智能水肥一体化控制系统的设计[J]. 工业控制计算机,2015(4):38-39.
GUO Qiang,TANG Lu,GUO Jia,et al. Intelligent water and fertilizer integrated control system based on STM32[J]. Industrial Control Computer,2015(4):38-39. (in Chinese)
- 9 HORI M,KAWASHIMA E,YAMAZAK T. Application of cloud computing to agriculture and prospects in other fields [J]. Fujitsu Scientific and Technical Journal,2010,46(4):454-464.
- 10 KARUNA Chandraul,ARCHANA Singh. An agriculture application research on cloud computing[J]. International Journal of Current Engineering and Technology,2013,3(5):2084-2087.
- 11 TIAN Miao,XIA Qingli,YUAN Hao. Discussion on the application of cloud computing in agricultural information management [J]. Research Journal of Applied Sciences,Engineering and Technology,2013,5(8):2538-2544.
- 12 SEENA Kalghatgi,KULDEEP P Sambrekar. Review: using cloud computing technology in agricultural development [J]. International Journal of Innovative Science,Engineering & Technology,2015,2(3):740-745.
- 13 ZHU Yanxin,WU Di,LI Sujian. Cloud computing and agricultural development of China: theory and practice[J]. International Journal of Innovative Science,Engineering & Technology,2013,10(1):7-12.
- 14 陈康,郑纬民. 云计算:系统实例与研究现状[J]. 软件学报,2009,20(5):1337-1348.
CHEN Kang,ZHENG Weimin. Cloud computing: system instances and current research[J]. Journal of Software,2009,20(5):1337-1348. (in Chinese)
- 15 杨余旺,陈超. 探讨基于云计算的设施农业云系统设计[J]. 农业网络信息,2011(12):5-7.
YANG Yuwang,CHEN Chao. Design of a facility agriculture cloud system based on cloud computing[J]. Agriculture Network Information,2011(12):5-7. (in Chinese)
- 16 崔文顺,张芷怡,袁力哲,等. 基于云计算的日光温室群物联网服务平台[J]. 计算机工程,2015(6):294-299.
CUI Wenshun,ZHANG Zhiyi,YUAN Lizhe,et al. Service platform for sunlight greenhouse group internet of things based on cloud computing[J]. Computer Engineering,2015(6):294-299. (in Chinese)
- 17 黎贞发,王铁,宫志宏,等. 基于物联网的日光温室低温灾害监测预警技术及应用[J]. 农业工程学报,2013,29(4):229-236.
LI Zhenfa,WANG Tie,GONG Zhihong,et al. Forewarning technology and application for monitoring low temperature disaster in solar greenhouses based on internet of things [J]. Transactions of the CSAE,2013,29(4):229-236. (in Chinese)
- 18 刘君,晏国生,柳平增,等. 基于物联网的农作物生产智能测控系统的应用[J]. 农业网络信息,2011(2):17-20.
LIU Jun,YAN Guosheng,LIU Pingzeng,et al. Things crop production based measurement system research and application[J]. Agriculture Network Information,2011(2):17-20. (in Chinese)
- 19 刘洋,张钢,韩璐. 基于物联网与云计算服务的农业温室智能化平台研究与应用[J]. 计算机应用研究,2013,30(11):3331-3335.
LIU Yang,ZHANG Gang,HAN Lu. Research and application of platform for intelligent agricultural greenhouse based IoT and cloudy service[J]. Application and Research of Computers,2013,30(11):3331-3335. (in Chinese)