

# 农业水肥一体化智能监控系统的研究与实现

骆东松, 姜浩

(兰州理工大学电气工程与信息工程学院, 甘肃 兰州 730050)

**摘要:** 针对农业生产过程中水资源浪费、肥料利用率低和环境污染等问题, 设计了农业水肥一体化智能监控系统。该系统由农业信息采集系统、水肥调控系统、Web远程监控系统和数据信息中心组成。用户可通过网页对农田灌溉、土壤温湿度、土壤张力和气象环境等的远程智能监测, 制定灌溉任务和控制系统作业的启停, 从而达到节水灌溉与远程施肥的目的。

**关键词:** 嵌入式; Web远程监控; 智能灌溉; 数据库

中图分类号: TP272 文献标志码: A 文章编号: 1003-7241(2020)01-0164-06

## Research and Realization of Intelligent Monitoring System of Agricultural Water and Fertilizer Integration

LUO Dong-song, JIANG Hao

(College of Electrical and information Engineering, Lanzhou University of Science and Technology, Lanzhou 730050 China)

**Abstract:** Aiming at the problems of waste of water resources, low utilization rate of fertilizer and environmental pollution in the process of agricultural production, an intelligent integrated monitoring system of farmland water and fertilizer is designed. The system consists of farmland information acquisition system, water and fertilizer control system, Web remote monitoring system and data information center. Users can monitor farmland irrigation, soil temperature and humidity, soil tension and meteorological environment through the web page, and make the start and stop of irrigation task and control system, so as to achieve the goal of water-saving irrigation and remote fertilization and realize the intelligent control of agriculture.

**Key words:** embedded; Web remote monitoring; intelligent irrigation; database

### 1 引言

我国是世界上水资源严重短缺的国家之一, 干旱缺水已成为制约农业可持续发展的主要因素。据统计, 当前所采用的大水漫灌、沟灌等灌溉方式的水源利用率仅为40%<sup>[1]</sup>。与此同时, 农业生产过程中所使用的肥料不仅利用率低而且还经常造成环境污染, 例如土壤板结、江湖水富营养化等问题<sup>[2-3]</sup>。近年来, 水肥一体化技术作为解决水资源浪费、肥料利用率低和环境污染等问题的有效措施<sup>[4-5]</sup>, 得到了广泛地应用。

本文所设计的农业水肥一体化智能监控系统将高效节水灌溉技术、传感器技术、无线通信技术、精准施肥技术以及远程监控技术等结合在一起。主要实现以下功能:

1) 通过农田信息采集系统, 将农田信息上传到数据

信息中心服务器端。

2) 水肥调控系统可通过采集到的信息计算出农田的最佳灌溉量, 从而自行调控农田的灌溉量和灌溉时间。

3) Web远程监控系统可以通过网页实时地监测农田的环境信息, 以此制定灌溉任务, 实现远程控制。

### 2 系统设计方案

#### 2.1 系统总体结构设计

农业水肥一体化智能监控系统由农田信息采集系统、水肥调控系统、Web远程监控系统构成, 系统构架图如图1所示。

其中, 农田信息采集系统是整个智能监控系统的基础, 采集系统通过环境传感器采集农田的空气温湿度、土壤温湿度、土壤张力、土壤电导率和土壤盐分等信息, 并通过无线通讯(LoRa<sup>[6]</sup>)方式将数据通过现场的网络中继

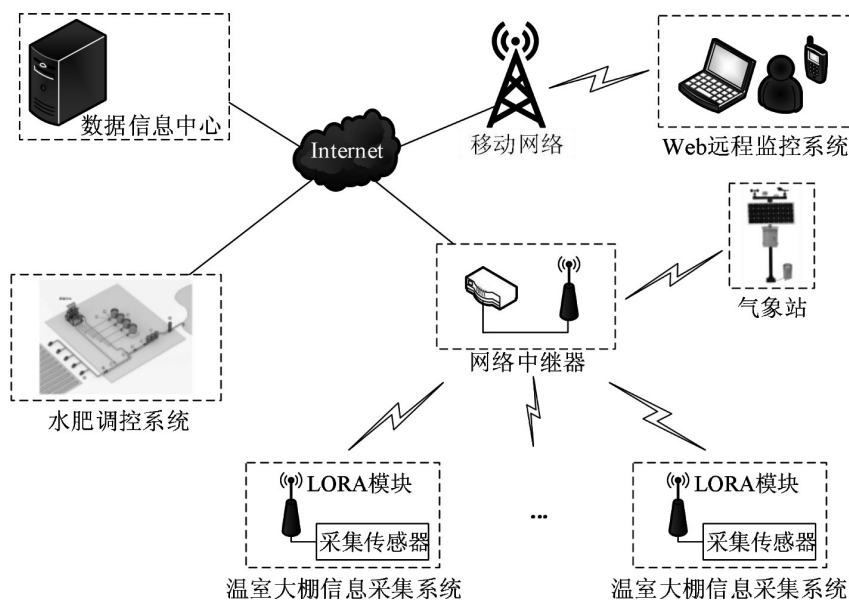


图1 农业水肥一体化智能监控系统图

器传送到数据信息中心服务器端；水肥调控系统主要由水肥调控器进行控制，该系统既可以根据采集到的信息进行自动的灌溉，也可以根据人工设定的施肥模式进行灌溉任务；Web远程监控系统是在网页上设计监控界面，一方面可以监测信息采集系统采集的农田信息<sup>[7]</sup>，另一方面可以通过在网页端制定灌溉模式，可以为水肥调控系统下达远程控制任务；数据信息中心作为一个总服务器，不仅可以存储信息采集系统采集的数据，而且可以对施肥灌溉的参数进行存储，保存系统采集到的土壤信息。

## 2.2 总体控制流程

如图2所示。系统的控制流程以农田信息采集作为开始，系统做出的一切灌溉任务都要以农田信息作为基础来自动或手动的进行调节。

然后是控制中心做出决策控制灌溉，灌溉模式分为自动模式和手动模式两种。自动模式根据农田中的土壤墒情、温湿度、电导率等作为判断条件，完成供水和施肥参数的设定、系统的打开和关闭；手动模式则是操作人员登录操作系统，对供水和施肥参数、时间、模式等进行设定，手动完成灌溉任务。

手动模式的设定可以在现场的控制中心完成，也可以通过Web远程监控端进行设置。Web远程监控端可以在操作人员不在现场的时候完成农田控制任务的设定。

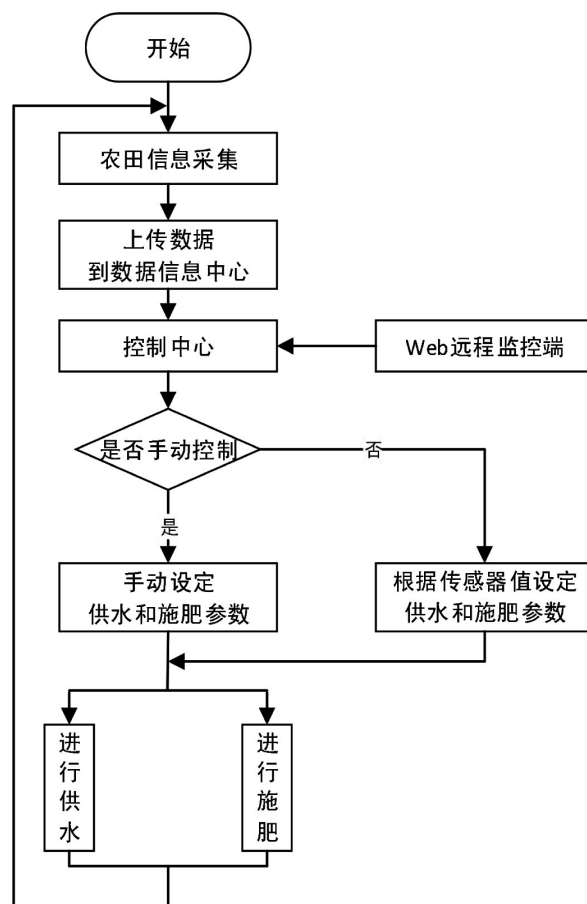


图2 农业水肥一体化智能监控系统流程图

农田信息采集模块硬件组成如图3所示，主要由检测模块和通讯接口模块等组成。

系统板选择STM32F103芯片作为控制器，STM32F103芯片是意法半导体(ST)公司出品，其内核为ARM32位

## 3 子系统设计方案

### 3.1 农田信息采集模块

Cortex-M3CPU, 最高工作频率 72MHz, 1.25DMIPS/MHz<sup>[8-9]</sup>。

在整个系统中,农田信息采集模块主要通过传感器对农田中的土壤温度、土壤湿度和土壤张力等数据进行采集,并将采集到的数据通过LoRa模块传送到水肥调控器,从而完成数据的采集、上传。

其中,分别使用温度传感器、湿度传感器和土壤张力传感器对农田信息进行采集。并通过LoRa模块完成无线通讯。

### 3.2 水肥调控系统

水肥调控系统由水肥调控器、EC传感器、PH传感器、电磁阀、过滤器、储肥罐以及输配水管网等设备组成,

如图4所示。

#### 3.2.1 系统设计原理

水肥调控器作为这个系统的控制中心。水肥调控器通过网络和数据信息中心、Web远程监控系统进行信息的交换;还对整个水肥调控系统进行调度,控制器可以根据设定的供水的施肥参数进行肥料的配比和灌溉控制,使整个系统统一、高效、井然有序的完成各项任务。

存储罐由一个储酸罐和三个储肥罐组成,水肥调控器通过控制电磁阀抽取肥液,然后通过文丘里吸肥器与主管道液体进行混合,最后在施肥增压泵的作用下流回主管道。EC值传感器和PH值传感器检测的是主管道中进行了完全融合了之后液体的EC和PH值,这样可以精

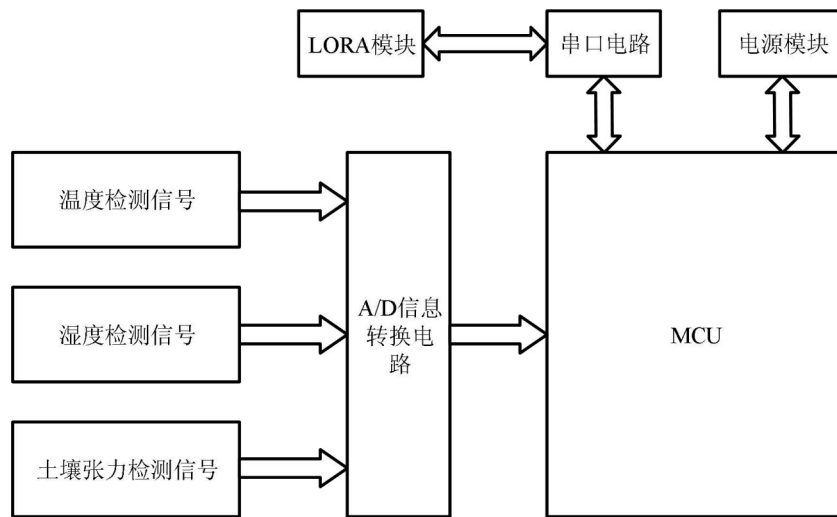
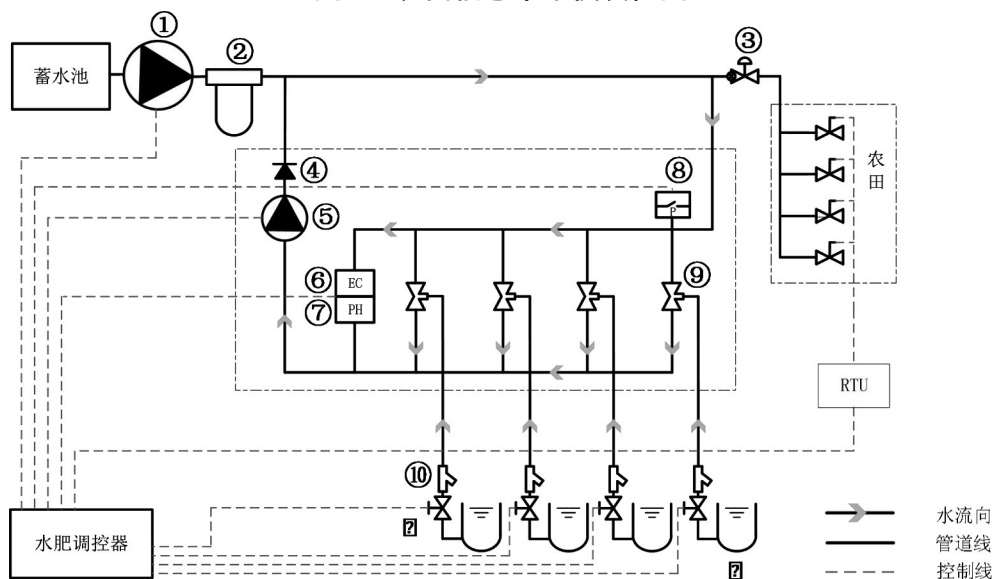


图3 农田信息采集模块框图



①主管道水泵 ②主管道过滤器 ③恒压阀 ④止回阀 ⑤施肥增压泵 ⑥EC传感器  
⑦PH传感器 ⑧压力开关 ⑨文丘里吸肥器 ⑩肥料/酸过滤器 ⑪电磁阀 ⑫肥料/酸存储罐

图4 水肥调控系统

确地控制流向农田中液体的EC和PH值,实现实时监控的目的。农田中阀门是通过RTU与水肥调控器进行连接,实现远程控制的目的。

### 3.2.2 水肥调控器的设计

水肥调控器硬件组成如图5所示,主要由检测模块、显示模块、电磁阀控制、以太网接口、SD卡模块等组成。

系统板选择S3C2440芯片作为控制器,S3C2440A微处理器是一款由Samsung半导体公司推出的高性能、低功耗、高集成度并具有工业级温度范围和性能的微处理器。

在系统中,水肥调控器主要完成农田信息的接收和传送,以及对农田进行施肥灌溉任务。其中,通过EC值传感器和PH值传感器检测混合液的EC值和PH值;通过LCD进行施肥参数的设定和施肥进度的显示;通过LoRa无线通讯模块接收农田信息采集的数据。

## 3.3 Web远程监控系统

### 3.3.1 Web远程监控系统介绍

Web远程监控系统分为监测和控制两部分。监测部分主要是对农田信息采集系统的信息通过网页的形式进行显示。其可以显示农田中安装的传感器的地理位置情况,通过选择每个传感器可以实时的查看传感器检测情况;可以以图表的形式查看每个传感器的历史数据和进行数据对比;还可以将网页的数据进行本地保存。监控部分则是提供远程控制水肥调控系统的一种方式。其可以远程观测水肥调控系统的运行情况,也可以通过对灌溉程序、灌水时间程序、施肥程序的设定远程控制整个灌溉任务。在Web端可以看到报警记录和处理相应的报警复位。

### 3.3.2 远程监控服务器设计

远程监控系统是在现场监控计算机的基础上架设的网站服务器,该系统主要运用的是ASP.NET网站开发技

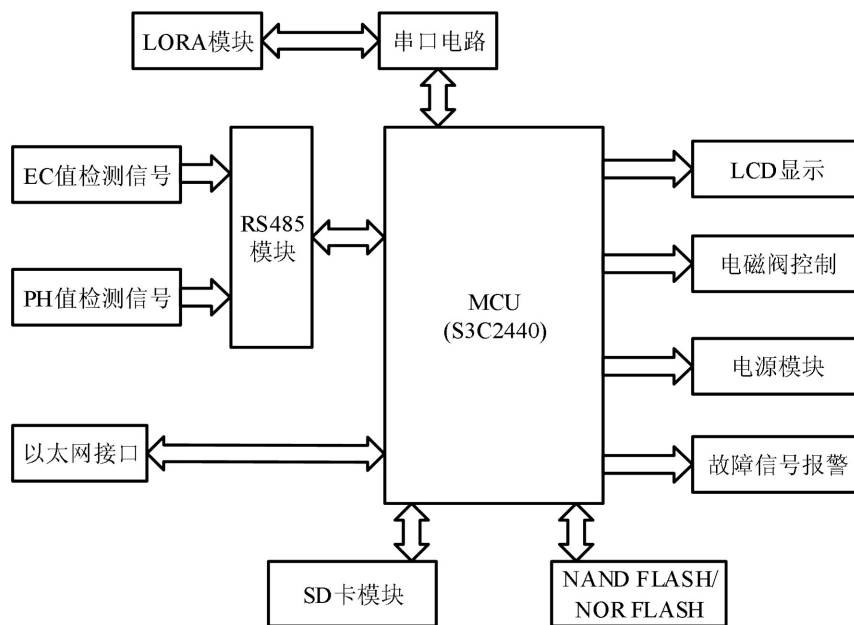


图5 水肥控制器原理框图

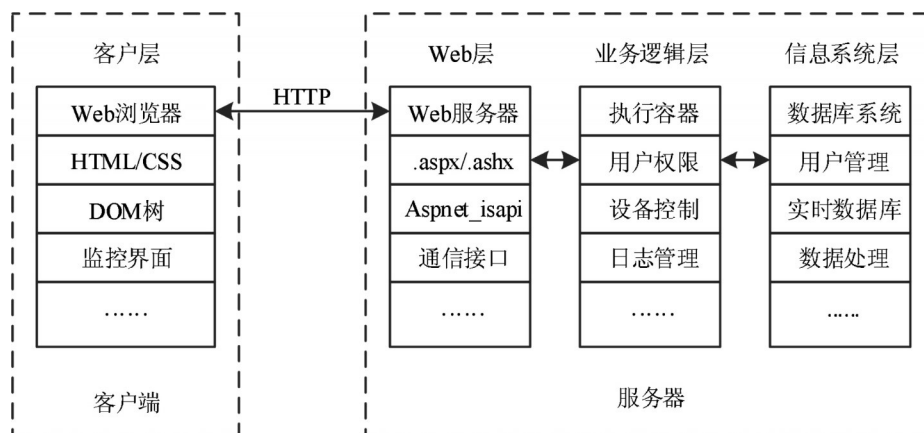


图6 Web端监控系统功能架构图

术,逻辑层由C#语言编写,兼容性好,具有较强的可扩展性。Web端远程监控系统实现曲线绘制、远程控制、设备故障、数据报表、参数设定和智能控制等功能。Web端监控系统功能架构图如图6所示。

### 3.4 数据库设计

数据信息中心作为数据存储和交换的核心,设计的意义十分重大。数据信息中心中最重要的就是数据库的设计,数据库的设计主要分为几个阶段:1)需求分析阶段,2)概念结构设计阶段,3)逻辑结构设计阶段,4)物理设计阶段,5)数据库实施阶段,6)数据库运行和维护阶段。

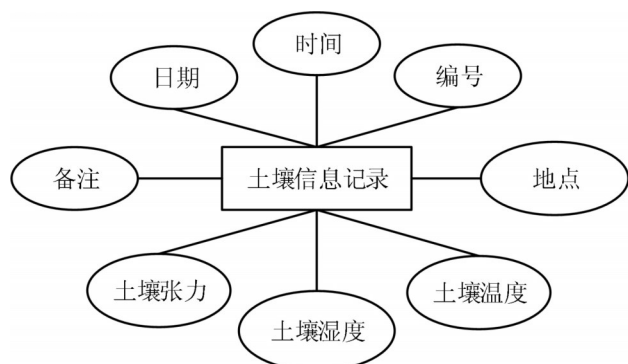


图7 数据库E-R关系图

根据对农田所做的需求分析、系统设计,采用SQL Server 2014数据库创建数据表,主要有用户管理表单、灌溉施肥控制指令表单和农田土壤参数采集表单分别命名为User、Control、ParaMTemp。Control数据表接收现场控制站和Web端控制的数据参数,实时更新,起着连接C/S与B/S系统的作用,ParaMTemp表中存放从土壤中采集到的各项参数,是整个系统控制决策的基础。

其中,数据库土壤信息采集的E-R关系图如图7所示<sup>[10]</sup>,数据库数据表如图8所示。

## 4 系统综合测试

### 4.1 下位机功能测试

#### 4.1.1 土壤信息采集模块测试

为测试系统性能和工作的最优参数,在某农田进行土壤采集模块的系统测试。主要测试模块准确的采集土壤信息的性能和数据传输性能。选取500米为间隔、直线距离为10公里长的距离测试,系统每秒发送10个数据包,根据系统测试LoRa通讯模块的距离和丢包率的情况,可以得出,该模块最优通讯距离在8公里以内。

#### 4.1.2 水肥调控系统

为检验水肥调控系统性能,将该系统进行农田实地测试。主要测试系统制定的供水和施肥程序能否正确执行、执行的速度和系统板几种外设的稳定性等功能。经过数天不断电测试,该系统的各项功能均可以正常运行。

水肥调控主界面如图9所示。



图9 水肥调控器主界面

ID	Date	Time	Site	Number	Tem	Hum	Tension
28	2018-05-12	07:42:23	甘肃省武威市民勤县	8	22.4	24	47
29	2018-05-12	07:57:23	甘肃省武威市民勤县	8	22.5	23	48
30	2018-05-12	08:12:23	甘肃省武威市民勤县	8	22.6	25	48
31	2018-05-12	08:27:23	甘肃省武威市民勤县	8	22.6	21	45
32	2018-05-12	08:42:23	甘肃省武威市民勤县	8	22.8	25	48
33	2018-05-12	08:57:23	甘肃省武威市民勤县	8	22.9	23	45
34	2018-05-12	09:12:23	甘肃省武威市民勤县	8	23.0	27	50
35	2018-05-12	09:27:23	甘肃省武威市民勤县	8	22.9	29	51
36	2018-05-12	09:42:23	甘肃省武威市民勤县	8	23.1	30	53
37	2018-05-12	09:57:23	甘肃省武威市民勤县	8	23.3	33	52
38	2018-05-12	10:12:23	甘肃省武威市民勤县	8	23.2	32	51
39	2018-05-12	10:27:23	甘肃省武威市民勤县	8	23.3	31	54
40	2018-05-12	10:42:23	甘肃省武威市民勤县	8	23.4	32	52
41	2018-05-12	10:57:23	甘肃省武威市民勤县	8	23.5	30	53
42	2018-05-12	11:12:23	甘肃省武威市民勤县	8	23.5	32	52

图8 数据库数据表

(下转第172页)

设计方法[J].计算机集成制造系统,2009,15(12):2335-2342.

[7] ATIEH A M, KAYLANI H, Al-ABDALLAT Y, et al. Performance Improvement of Inventory Management System Processes by an Automated Warehouse Management System[J]. Procedia Cirp, 2016, 41(6): 568-572.

[8] HORTA M, COELHO F, RELVAS S. Layout Design Modelling for a Real World Just-in-Time Warehouse [J]. Computers & Industrial Engineering, 2016, 101(9): 1-9.

[9] 董慧芬, 王伟, 高庆吉, 等. 基于Petri网的自助行李托运传输控制策略[J]. 控制工程, 2014, 21(1): 14-17.

[10] 李苗苗, 杨伟东, 杨泽青, 等. 基于 ZigBee 和 RFID 技术的仓库物品定位系统设计[J]. 现代电子技术, 2017, 40(4): 103-106.

作者简介: 梁胜涛(1963-), 男, 本科, 中级工程师, 研究方向: 电能计量。

(上接第168页)

## 4.2 上位机系统测试

上位机软件进行功能测试: 用户登录界面测试, 打开上位机运行程序, 弹出开机界面, 系统初始化, 在登录窗口上需要输入登录密码, 然后才能进入主界面。数据收发调试, 进入主界面后, 上位机与下位机开始通讯, 数据传输成功后, 就可以进行实时数据采集。上位机监控界面如图10所示。



图10 上位机监控界面

## 5 结束语

本文设计的农业水肥一体化智能监控系统可有效地提高智能农业中的水肥利用效率, 节约水肥资源。其中, LoRa 模块可采集农田土壤温湿度、土壤张力数据实现对农田环境数据的远距离传输, 使用户可以实时、方便地检测农田环境信息; 水肥调控系统既可以根据农田环境自动调控灌溉时间和灌溉量, 也可根据用户需求个性化定制灌溉任务, 有效的对农田进行施肥和灌溉。本设计中采用的 Web 技术和现场控制器互联技术为农业发展方式提供了新途径、新方法, 是现代农业发展的新方向、新趋势。同时, 本系统造价低廉、经济实用、加装方便, 可在现有

农业中进行改造, 有利于我国传统农业向智能农业发展。

## 参考文献:

[1] 王瑗, 盛连喜, 李科, 等. 中国水资源现状分析与可持续发展对策研究[J]. 水资源与水工程学报, 2008(3): 10-14.

[2] 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(3): 690-692, 696.

[3] 龙晓辉, 周卫军, 郝吟菊, 等. 我国水资源现状及高效节水型农业发展对策[J]. 现代农业科技, 2010(11): 303-304.

[4] 刘阳春, 张春贤, 等. 水肥一体化远程自动控制系统的实现[J]. 科技创新与生产力, 2015(3): 57-58.

[5] 韩振宇, 刘伟杰, 李明放. 基于农业物联网的水肥一体化系统设计[J]. 电子技术, 2017(7): 59-61, 58.

[6] RASHMI SHARAN SINHA; YIQIAO WEI; SEUNG-HOON HWANG. A survey on LPWA technology: LoRa and NB-IoT[J]. Elsevier journal, 2017(3): 14-21.

[7] STIRZAKER R J. When to turn the water off: scheduling micro-irrigation with a wetting front detector [J]. Irrigation Science, 2003(22): L3-4, 177-185.

[8] 周立功. ARM 嵌入式系统基础教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008.

[9] 刘军. 例说 STM32[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2011.

[10] 姚志伟. 基于 C/S 模式的使用权限管理系统的设计与实现[D]. 成都: 电子科技大学, 2011.

作者简介: 骆东松(1970-), 男, 教授, 研究方向: 智能化仪表、嵌入式系统、工业以太网、现场总线、工业数据库、大型综合计算机控制系统研究与开发。

通信作者: 姜浩(1992-), 男, 硕士研究生, 研究方向: 嵌入式系统研究与开发, 工业数据库系统。