

# 基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统的研究与设计

孙思敏, 董宇欣, 吕 杨

(延安大学 物理与电子信息学院, 陕西 延安 716000)

**摘要:** 针对当前节水灌溉智能控制系统灌溉效率低, 灌溉后土壤湿度差的问题, 提出了基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统; 硬件由中央处理器模块、无线通信模块、传感器模块、电池模块、上位机模块以及下位机模块组成, 中央处理器通过选用 STM24865V5848 的单片机增强信息处理能力, 无线通信模块负责传递灌溉信息, 利用 AMS753 电路增强供电稳定性, 通过无线通信程序、上位机下位机调控制程序实现软件操作; 实验结果表明, 基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统的灌溉后土壤湿度较高, 能够有效提高系统灌溉效率。

**关键词:** FDRE; 节水灌溉; 智能控制; 控制系统

## Research and Design of Water Saving Irrigation Intelligent Control System Based on FDRE

Sun Simin, Dong Yuxin, Lü Yang

(College of Physics & Electronic Information, Yan'an University, Yan'an 716000, China)

**Abstract:** Aiming at the problems of low irrigation efficiency of the current water-saving irrigation intelligent control system and poor soil moisture after irrigation, a water-saving irrigation intelligent control system based on FDRE is proposed. The hardware consists of a central processing unit module, a wireless communication module, a sensor module, a battery module, an upper computer module and a lower computer module. The central processing unit selects STM24865V5848 single chip to enhance its information processing capability, and the wireless communication module is responsible for transmitting irrigation information, using AMS753 the circuit enhances the stability of power supply, and realizes software operation through wireless communication program, upper computer and lower computer control program. Experimental results show that the FDRE-based water-saving irrigation intelligent control system has higher soil moisture after irrigation, which can effectively improve the irrigation efficiency of the system.

**Keywords:** FDRE; water-saving irrigation; intelligent control; control system

## 0 引言

我国作为农业生产大国, 每一年的农作物产量高达上千万吨, 在保证农作生长方面, 灌溉辅助起到了决定性作用<sup>[1-2]</sup>。我国是可持续发展中国家, 提倡节约资源, 因此, 在灌溉过程中也需要极力体现节水灌溉, 相关人员提出了节水灌溉智能控制系统的研究。

当前节水灌溉智能控制系统不断应用, 主要有基于物联网的节水灌溉智能控制系统和基于神经网络的节水灌溉智能控制系统, 然而当前系统在运行过程中, 会无故浪费水资源, 且灌溉时间过长, 灌溉面积难以达到人们的要求, 需要不断投入人力物力资源, 扩大灌溉面积, 减少水资源浪费<sup>[3]</sup>, 因此, 研究有效的节水灌溉系统, 是当前人们迫切需要解决的问题。

针对上述问题, 本文提出基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统的理念, 对硬件和软件进行设计与研究, 并通过实验验证了控制系统的可行性。

## 1 系统结构及原理

本文设计的基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统的硬件区域由中央处理器模块、无线通信模块、传感器模块、电池模块、上位机模块以及下位机模块组成<sup>[4-5]</sup>。软件区域设计了无线通信程序、上位机和下位机调控制程序和数据库程序。基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统结构示意图如图 1 所示。

根据图 1 可知, 中央处理器模块是控制硬件设备工作的核心, 无线通信模块是将采集到的节点灌溉情况传输到软件系统中, 完成灌溉形式的确定, 传感器模块视采集土壤情况为灌溉方法提供根据, 上位机模块和下位机模块通过采集土壤湿度信息合理调控电磁阀门的状态, 各个模块具体的功能如下进行分析, 模块与模块之间存在联系共同工作维持节水灌溉智能控制系统的运行。

## 2 基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统的硬件设计

选用 STM24865V5848 的单片机作为中央处理器模块核

收稿日期: 2020-10-22; 修回日期: 2020-11-16。

基金项目: 延安市科技计划项目(2019ZCNZ-001); 陕西省能源大数据智能处理省市共建重点实验室研究基金(IPBED11、IPBED16); 延安大学产学研合作项目(CXY201902); 延安大学重点项目(YDJGZD18-04)。

作者简介: 孙思敏(1997-), 男, 陕西宝鸡人, 本科, 主要从事电子信息工程方向的研究。

引用格式: 孙思敏, 董宇欣, 吕 杨. 基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统的研究与设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(1): 97-101.

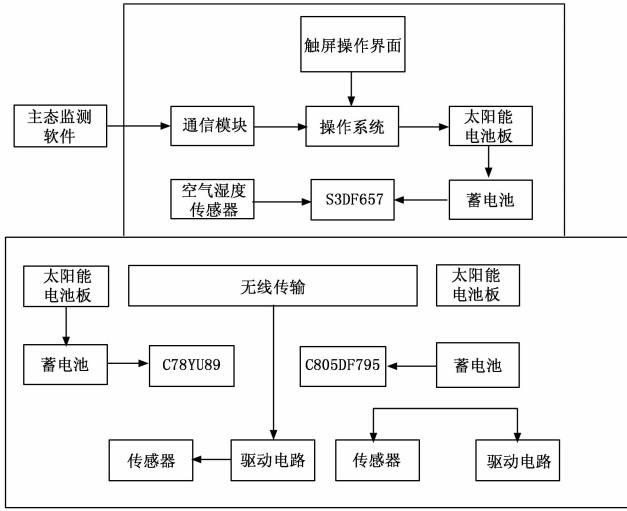


图 1 基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统结构示意图

心零件，增大控制系统存储空间，采用 STC158345DF5485 的单片机作为节点中央处理器模块微控制器，加快控制系统运行速度。利用 AMS753 的电路作为电池模块，为控制系统提供超长持久稳定的电功率。运用 ZG763F3278 混合信号微控制器，避免控制系统出现信息遗漏。

### 2.1 中央处理器模块设计

硬件区域中央处理器模块的工作任务是保证节水灌溉智能控制系统的稳定运行，分为基站中央处理器模块和节点中央处理器模块两部分<sup>[6]</sup>，每个部分都是由不同微处理器和不同连接状态的滤波电路、晶振电路和复位电路构成，两个区域运行的选择条件是区别采集到的土壤信息，合理开启相应的处理器模块，维护系统的正常运行。

微处理器是中央处理器的核心组成零件，微处理器的运行速度、工作状态和耗能情况都间接地影响中央处理器模块的运行。因为基站中央模块的各个电路只需要串联起来就可以正常运行，因此选用结构简单的 STM24865V5848 的单片机，此类型的单片机具有内存存储空间大，通讯信号采集敏锐的特点<sup>[7]</sup>。当通信模块传输过来的土壤情况，微处理器进行分析，如果土壤状态良好，那么选择基站中央处理器部分；如果土壤状态复杂，那么需要采用节点中央处理器部分完成处理工作<sup>[8]</sup>。

基站中央处理器模块内部运行电路结构如图 2 所示。

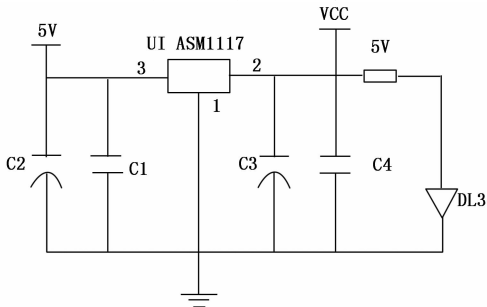


图 2 基站处理器模块内部运行电路结构示意图

本文采用型号 STC158345DF5485 的单片机作为节点中央处理器模块微控制器，此类型的单片机经过优化更新，其运行速度是传统的单片机运行速度的两倍。节点中央处理器模块的电路结构由时钟晶振电路、多根接口线、信道通道、以及定时器组成。晶振电路的左右串联一个电容就构成了时钟晶振电路，时钟晶振电路可以排除外界的干扰电信号，稳定单片机的运行。多根线口提高了时钟晶振的有限调试性能，具有较强的保密性和抗干扰能力<sup>[9-10]</sup>。此类型的单片机在待机运行时关闭各个板块的功能，通过信号接收的状态调节节点处理器结构功能的状态，具有低功耗的优点，具体的节点中央处理器模块电路结构示意图如图 3 所示。

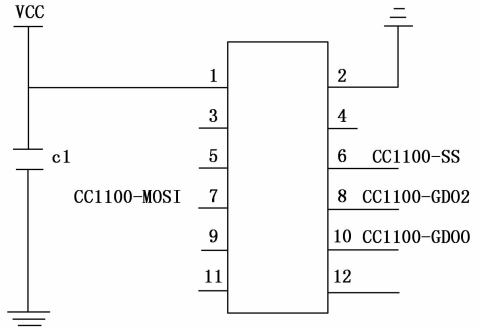


图 3 节点中央处理器模块电路结构示意图

### 2.2 无线通信模块设计

基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统硬件设备中的无线通信模块的工作是完成被灌溉目标的信息采集和发送，比如土壤、菜园、果园等大型灌溉目标。无线通信模块主要由引脚、串口、射频芯片、时钟线、信息备份结构组成。引脚是无线通信模块的核心，因为各个引脚之间的连接，完成无线通信功能和数据的传输。各个引脚的功能如表 1 所示。

表 1 引脚功能

引脚	引脚名称	功能概述
1	VCC	电源正极
2	GND	电源负极
3	NC	无连接
4	NC	无连接
5	NC	无连接
6	Csn	SPI 选择低电平有效
7	SI	FDRE 输入
8	SO	FDRE 输出
9	SCK	时钟连接

当接收到时钟信号稳定波动时，就表示有需要接收的数据信息，这时各个引脚协同工作将数据的全部信息接收进入模块中并及时备份<sup>[11-12]</sup>。在数据接收过程中模块的电平值保持在小于 0.4 V 范围内，因为上文设计的中央处理器模块在运行过程具有实时中断的功能，因此当通信模块需要向外传输数据时，同时将模块的输出电平值增加到大于 2.4 V 的稳定范围值，保证通信模块的正常工作。通过电平值的高低转换，完成通信模块功能的实现。具体的通

信模块电路模拟如图 4 所示。

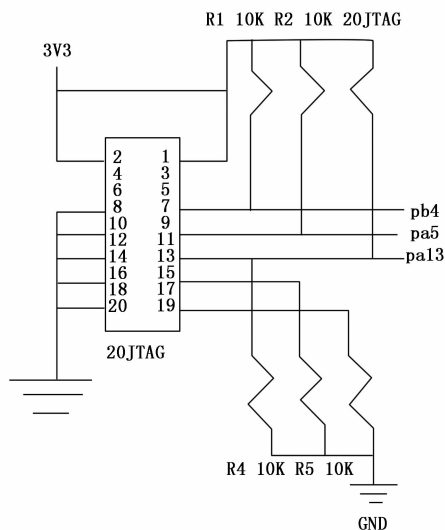


图 4 通信模块电路接收和发送数据模拟电路示意图

本文设计的通信模块的数据传输速度可以达到 9 600 bps, 数据输送距离最远可以传输 1 000 m, 并且工作的输出频率一直稳定在 418 MHz 波动, 具有高效率的特点。

### 2.3 电池模块设计

基于 FDRE 的节水灌溉智能控制电路的电池模块的工作任务是为系统提供运行基础。电池模块的工作电压为 3.3 V, 系统不工作时电池模块提供的休眠电流大小为 10  $\mu$ A, 输出数据电流为 30 mA, 接收数据提供电流提供 16 mA。本次电池模块采用 AMS753 的电路, 此电路可以提供超长持久稳定的电功率, 具有超强的输入输出电压通道, 稳定的电功率转化为稳定的电压持续供电。在节水灌溉基础上, 本文的电池模块也具有节约电能、低功耗的设计<sup>[13-14]</sup>。电池模块选择低功耗传感器、单片机、等供电器件, 单片机在完成工作的基础上具有休眠功能, 在一定程度上减少电池模块的电流输出。低功耗传感器采用脉冲式电磁阀, 当接收到被灌溉的命令时, 驱动电池阀打开, 开始灌溉操作, 当被灌溉事物将要达到灌溉要求时, 脉冲信号会逐渐消失直到断开, 驱动电磁阀关闭, 完成灌溉操作。

### 2.4 上位机和下位机模块设计

系统硬件区域上位机设备的设计目的是用于记录被灌溉事物的数据信息以及决策判断对事物的灌溉操作方式和用量, 下机位通过上位机的决策信息通过控制电磁阀实现对被灌溉事物操作。

上位机设备安装在系统内部, 由 AR56 开发板、芯片、操作系统和接口组成<sup>[15]</sup>。AR56 开发板的工作设备是微处理器, 微处理器通过 FDRE 技术对通信模块传输的需要灌溉的事物数据进行分析, 综合提取出一个最佳的节水灌溉方法。I/O 接口具有高速的数据传输功能, 节省数据传输的时间。

下机位安装在需要灌溉的区域, 下机位的组成结构复杂, 主要由微控制器、MCU 芯片、看门狗定时器、引脚、存储器、模拟比较器温度采集器组成。微控制器的型号是

采用最新控制技术生产的 ZG763F3278 混合信号微控制器, 此微处理器对于硬件设计的各个模块传出的信号和信息都可以快速捕捉, 避免出现信息的遗漏。看门狗定时器的设计目的是下机位在进行灌溉操作时进行实时记录时间并且采集被灌溉的湿度情况, 防止灌溉超时, 造成浪费。引脚是连接各个组成结构的中介, 温度传感器实时检测被灌溉的湿度情况, 如果数据分析有误时, 可以及时进行灌溉方式的修改。

## 3 基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统的软件设计

软件系统的任务是调控基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统硬件设备, 完成系统的工作。本文软件区域设计了无线通信程序、上位机和下位机调控程序和数据库程序 3 个部分。

### 3.1 无线通信的实现程序设计

对于硬件区域的无线通信模块的调用, 本文通过 CRC 通信校验方法进行调控。通信实现程序的调用过程是将硬件区域采集到的灌溉数据信息转化为二进制字节形式, 通过识别通信字节的帧长度和字节信息进行无线通信的实现, 传递出有效的灌溉信息。每个灌溉信息二进制字节的开始字节都代表灌溉类型, CRC 通信校验方法通过识别初字节确定灌溉类型, 然后逐步识别下位次的字节, 完成无线通信的实现。

### 3.2 上位机下位机调控程序设计

上位机和下机位的调控程序的开发语言是 C 语言, 调控程序分为自动灌溉选择、灌溉线程的优先级、设定灌溉目标效率三项选择, 灌溉命令之间存在选择分配, 通过灌溉数据之间的通信、灌溉选择匹配完成灌溉智能控制操作, 提高灌溉的效率。

上位机与下机位同时接通电源, 首先上位机进行灌溉数据信息初始化, 接收灌溉指令。然后通过通信实现程序完成信息的校验, 设定灌溉区域的灌溉水量、灌溉速度和时间、水的温度, 将命令传送给下机位。最后下机位接收上位机的通信命令, 根据命令对于设定的安全值, 开启开门狗装置和电磁阀, 完成灌溉任务。具体的上位机和下机位调控程序流程如图 5 所示。

### 3.3 数据库程序设计

为了合理并且准确地调用硬件系统的各个模块功能, 本文软件区域设计了 SQL 数据库。SQL 数据库程序包括设定灌溉对象、灌溉时间、识别灌溉区域、提取灌溉计划、数据存储五个步骤。具体的数据库框架如图 6 所示。

基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统在对被灌溉区域识别后, 会对比数据库中的数据, 如果出现相同情况的灌溉需求, 则可以直接得出灌溉方案。在数据库中每次灌溉周期完成后, 数据库的表信息会实时更新, 软件系统会定期清理缓存, 数据库管理人员也可以进行修改与删除。本文设计的数据库程序的主键为灌溉区域和灌溉时间。

## 4 实验分析

本文通过以上对基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统

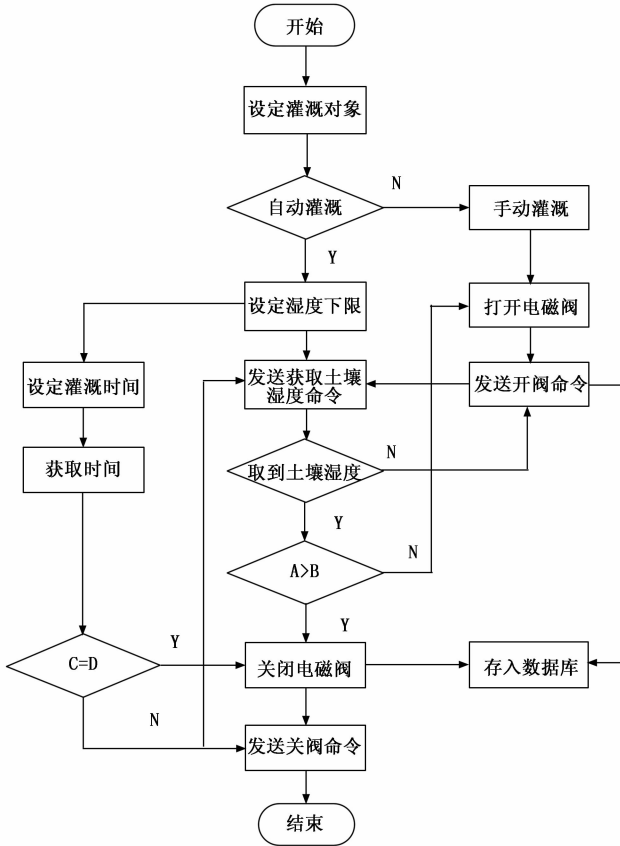


图 5 上机位和上机位调控流程图

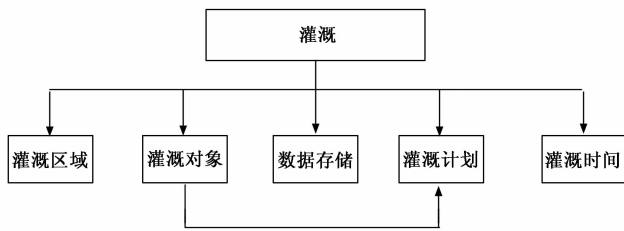


图 6 数据库框架图

硬件区域和软件区域的研究分析，设计了一个全新的基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统。为了验证本文设计系统的性能效果，本文进行对比实验，将本文设计系统与传统的基于物联网的节水灌溉智能控制系统、基于神经网络的节水灌溉智能控制系统进行对比。

实验环境如图 7 所示。

为了保证对比试验的公平性和结果数据的真实性，本文选择两块相同质地并且面对太阳角度相同的 100 平方米的土地作为本次实验的实验场地。另外需要 5 名协助人员和两台计算机，协助人员记录土地灌溉情况并实验全程观看灌溉操作，如果出现意外情况协助人员及时切断电源，防止资源的耗费。具体的实验操作过程如下所示：

1) 在实验进行前，协助人员提前打开节水灌溉智能控制系统，简单检测是否系统出现故障，如果出现故障则换无故障的系统进行实验，检测完成后关闭系统，并将两个



图 7 实验环境

系统连入两台计算机中，计算机将实时记录系统工作的全部过程以及数据。

2) 同时开启两个节水灌溉智能控制系统，工作人员在必要时记录灌溉开始时间、完成时间等关键数据。在实验进行过程中，一旦出现危险情况立即终止实验，保证人员及实验设备的安全。

3) 直至两个系统完成灌溉操作，工作人员记录实验数据，关闭电源，整理实验场地，一切工作完成后，整理人工记录的数据以及计算机记录的数据。

数据整合完成后绘制以下结果，灌溉效率如图 8 所示。

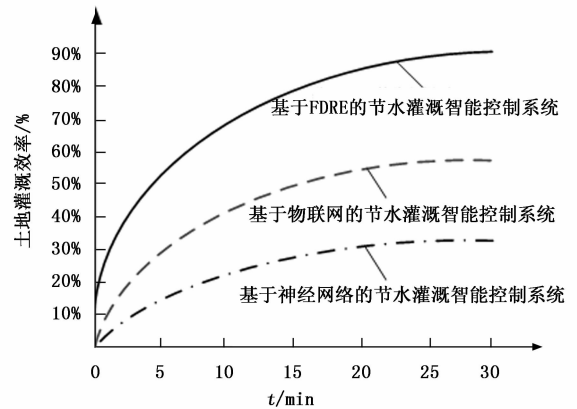


图 8 灌溉效率结果对比示意图

观察图 8 可知，本文研究的基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统完成时间比传统的节水灌溉系统的完成时间短半个周期。而本文设计的节水灌溉控制系统在 10 分钟内完成了土壤常规灌溉，此时常规系统才开始灌溉。一方面这是因为本文设计的硬件系统中无线通信模块传输灌溉数据的速率高达 9 600 bps，在一定程度上节约了时间。另一方面因为本文硬件区域的中央处理器模块具有超强的数据分析功能，接收到通信模块采集到数据信息的同时，立即进行分析，减少灌溉方式的思考时间。

土壤湿度实验结果如图 9 所示。

由图 9 可知，本文设计的基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统的灌溉效果优于传统的节水灌溉控制系统。本文

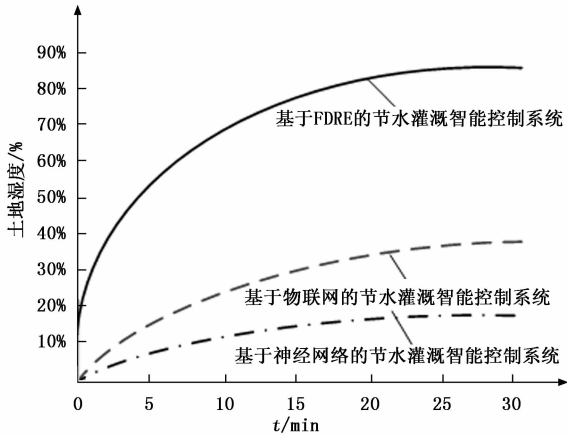


图 9 土壤湿度结果对比示意图

灌溉系统操作后土壤的平均湿度为 45%，传统系统灌溉后土壤的平均湿度为 30%，根据我国规定土壤的适合农作物生长的土壤湿度为 43%，对比可以知道基于 FDRE 的节水灌溉控制系统的灌溉效果好。这是因为本文设计系统具有超强功能的上机位和下机位调控程序以及微控制处理器，共同工作，维护灌溉系统的正常运行。

综上所述，本文研究的基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统具有超强的性能和应用效果。

### 5 结束语

本文通过分析研究基于 FDRE 的节水灌溉智能控制系统的硬件组成和软件组成，在原有灌溉智能控制系统的基础上，完善系统的功能并提高节水灌溉智能控制系统的性能。本文设计的系统可以根据土壤土质的不同情况，采用合理的灌溉方法，在一定程度上提高系统的节水灌溉效率，并且工作流程简单，不易出现错误，在节水灌溉领域具有重要的意义。

(上接第 96 页)

[8] 钟秋浩, 张士庚, 王建新, 等. 面向电信承载网的监控系统设计与实现 [J]. 计算机工程与应用, 2019, 55 (13): 231-238.

[9] 陈 烽, 祖冰畴. 校园视频监控人员安全动态特征识别仿真 [J]. 计算机仿真, 2018, 35 (6): 238-241.

[10] 陈前军. 智能视频监控中舰船假目标图像检测算法 [J]. 舰船科学技术, 2019, 41 (2): 206-208.

[11] 陈名松, 黄增盛, 郭 洁, 等. 基于 OpenCV 与 NAT-DDNS 的远程视频监控系统设计 [J]. 电视技术, 2017, 41 (4): 234-238.

[12] 李东平, 陈海鹏, 张 凯, 等. 基于社会视频监控信息源的地震影响范围快速勾画 [J]. 地震研究, 2019, 42 (2): 187-195.

[13] 王 欢, 张玉清, 陈双刚, 等. 基于 ARM 平台的实验室视频监控系统设计 [J]. 计算机工程与设计, 2018, 39 (5): 1302-1309.

[14] 王 鹏, 王 慧, 孔凡宁, 等. 基于 FPGA 的视频监控摔倒检测报警系统 [J]. 电机与控制学报, 2019, 23 (8): 122-128.

[15] 张兆省, 马山玉, 皇甫英杰, 等. 基于三维实景模型的水库无

### 参考文献:

[1] 吴 迪, 刘天宇, 宋 涛, 等. 基于模糊控制的智能节水灌溉控制系统设计 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46 (23): 245-249.

[2] 张雪飞, 王建春, 彭 凯, 等. 设施温室智能化闭环式节水灌溉控制系统的设计与应用 [J]. 贵州农业科学, 2019, 47 (4): 163-167.

[3] 李 嵩, 周建平, 许 燕. 基于 PSO 优化 Fuzzy-PID 精量灌溉控制系统设计 [J]. 节水灌溉, 2019 (3): 90-93.

[4] 张瀚中, 曹江涛, 邵鹏飞, 等. 基于 WSNs 的温室大棚智能灌溉控制系统设计 [J]. 控制工程, 2019, 26 (1): 108-113.

[5] 方 正, 徐晓辉, 苏彦莽, 等. 农田节水灌溉计量控制系统的设计 [J]. 江苏农业科学, 2018, 46 (2): 173-175.

[6] 肖艳炜. 基于大电网的智能调度控制系统智能告警设计研究 [J]. 自动化与仪器仪表, 2019 (2): 29-32.

[7] 弓 健. 基于智能化技术的电气自动化控制系统研究与实现 [J]. 电子设计工程, 2020, 28 (5): 47-50.

[8] 薛媛丽, 张 婷. 基于 PLC 的智能车库控制系统的设计 [J]. 自动化与仪器仪表, 2018 (12): 54-57.

[9] 王继东, 孙建延, 胡美玲. 带式输送机智能控制系统的设计与研究 [J]. 机械强度, 2019, 41 (3): 243-247.

[10] 孟建军, 李秉权. 基于嵌入式系统的全渠道灌溉智能水文采集控制装置设计 [J]. 节水灌溉, 2018 (8): 114-118.

[11] 汪雪根, 施长兴, 邵红艳, 等. 蒋堂农场节水灌溉物联网云系统设计 [J]. 水电站机电技术, 2018, 41 (6): 23-26.

[12] 杜 娟. 基于 DSP 的智能电机控制系统的设计 [J]. 电子设计工程, 2019, 27 (9): 190-193.

[13] 薛 辉. 基于语音识别的智能家庭灯光控制系统的设计 [J]. 系统仿真技术, 2019, 15 (3): 215-218.

[14] 吴凤娇, 孙培钦, 龙 燕, 等. 基于 C# 和 Access 数据库的无线精准灌溉系统软件设计 [J]. 节水灌溉, 2018 (6): 78-82.

[15] 崔浩斌, 刘 伟. 基于 STM32 单片机的智能家居控制系统设计研究 [J]. 微处理机, 2020, 41 (1): 61-64.

[16] 晋海军, 李明伟. 基于 Hi3518E 的高清网络视频监控系统设计与实现 [J]. 电视技术, 2016, 480 (3): 40-43.

[17] 宋荷庆, 翁士教, 金振训. 基于 EPON 和 H.265 技术融合在高校视频监控系统中的应用研究 [J]. 科技通报, 2017, 33 (8): 137-139.

[18] 胡正平, 张 乐, 李淑芳, 等. 视频监控系统异常目标检测与定位综述 [J]. 燕山大学学报, 2019, 43 (1): 5-16.

[19] 何 芸. 基于嵌入式 ARM 的采摘机器人远程视频监控系统研究 [J]. 农机化研究, 2019, 41 (11): 144-148.

[20] 罗南超, 郑伯川. 视频监控领域深度特征编码的行人检测算法 [J]. 西安科技大学学报, 2019, 7 (4): 151-157.

[21] 李 杰, 李 静. 基于 Web 架构的视频监控系统研究与实现 [J]. 现代电子技术, 2017, 40 (21): 27-30.

[22] 汪 琴, 刘秋新. 面向 MAS 的大跨径梁桥挂篮施工安全监控方法研究 [J]. 工业安全与环保, 2019, 45 (6): 45-48.

[23] 徐子豪, 黄伟泉, 王 胤. 基于深度学习的监控视频中多类别车辆检测 [J]. 计算机应用, 2019, 39 (3): 700-705.