

# 基于物联网在滴灌模式下智能灌溉控制研究

温艳华<sup>1</sup> 马恢<sup>2</sup> 张嘉英<sup>1</sup> 李鹏飞<sup>1</sup> 籍立杰<sup>2</sup>

1 张家口三生智慧农业科技有限公司 2 张家口市农业科学院

DOI:10.12238/as.v6i5.2296

**[摘要]** “有收无收在于水,收多收少在于肥”,由此可见,灌溉和施肥对作物的生长发育至关重要,田间水肥管理水平是否精细,直接影响到作物的收获产量。在我国的马铃薯种植过程中,现有的灌溉技术大多是由人工来完成的,种植者根据自己的传统经验来判断土壤含水量的多少,达到一定干旱程度时,人工打开阀门进行灌溉,灌溉到一定程度时关闭阀门。首先,这种灌溉量由人工经验总结的,不能精准控制,容易造成水资源浪费;其次,劳动力投入大,百亩地需要1~2个人管理;最后,灌溉不均匀,施肥过程中造成肥料的流失。随着社会的进步和科学技术的发展,越来越多的基于物联网技术的自动灌溉控制系统应用到农业生产中。借助4G通信技术、智能控制技术及传感器技术等现代技术,开发了一套集田间数据采集、远程自动控制、设备运行状态监测及灌溉过程调控等集于一体的智能化灌溉控制系统,可以有效提高田间管理的自动化程度和精细化水平,同时,还可以统计种植季灌溉量。在此基础上,大力发展智能水肥一体化技术将有利于解决控水减肥与粮食需求增长之间的矛盾,对于提高灌水利用率并减轻对环境的压力,保障粮食安全、保护生态环境具有极其重要的意义。

**[关键词]** 精准灌溉; 智能控制; 智慧农业

**中图分类号:** S274.3 **文献标识码:** A

## Research on Intelligent Irrigation Control in Drip Irrigation Mode Based on the Internet of Things

Yanhua Wen<sup>1</sup> Hui Ma<sup>2</sup> Jiaying Zhang<sup>1</sup> Pengfei Li<sup>1</sup> Lijie Ji<sup>2</sup>

1 Zhangjiakou Sansheng Intelligent Agricultural Technology Co., Ltd

2 Zhangjiakou Academy of Agricultural Sciences

**[Abstract]** "Whether there is harvest or not depends on water, and whether there is more or less harvest depends on fertilizer", it can be seen that irrigation and fertilization are the two main factors affecting the growth of crops, and whether the management is reasonable directly affects the yield and quality of crops. In the process of potato cultivation in China, most of the existing irrigation techniques are manually completed. Growers use their traditional experience to determine the soil moisture content. When a certain degree of drought is reached, the valve is manually opened for irrigation, and when the irrigation reaches a certain level, the valve is closed. Firstly, this irrigation amount is based on manual experience and cannot be accurately controlled, which can easily lead to water resource waste. Secondly, there is a large investment in labor, requiring 1-2 individuals to manage 100 acres of land. Finally, uneven irrigation results in fertilizer loss during the fertilization process. With the progress of society and the development of science and technology, more and more automatic irrigation control systems based on "Internet of Things" technology are being applied to agricultural production. With the help of modern technologies such as 4G communication technology, intelligent control technology, and sensor technology, a set of intelligent irrigation control system has been developed that integrates field data collection, remote automatic control, equipment operation status monitoring, and irrigation process regulation. It can effectively improve the automation and refinement level of field management, and also calculate the irrigation amount during the planting season. On this basis, vigorously developing intelligent water and fertilizer integration technology will be conducive to solving the contradiction between water control and fertilizer reduction and increasing food demand. It is of great

significance for improving irrigation utilization efficiency and reducing environmental pressure, ensuring food security, and protecting the ecological environment.

[Key words] precision irrigation; intelligent control; smart agriculture

## 引言

马铃薯是继水稻、小麦、玉米之后的第四大粮食作物,该作物性喜冷凉,其地下薯块形成和生长需要疏松透气、凉爽湿润的土壤环境。而张北坝上地区由于海拔较平原高,形成了其温度偏低,常年昼夜温差大,年均温在5℃左右的气候环境,同时坝上地区光照充足,这就为马铃薯提供了良好的生长环境,因而张北坝上地区成为马铃薯种植的主产区也是全国主要的马铃薯育种基地。

马铃薯是张家口坝上地区的主要粮食作物,而水资源短缺成为制约该作物产业发展的重要因素。坝上地区耕地亩均地下水资源占有量不足70m<sup>3</sup>,约为全国平均值的1/20,坝上地区蔬菜种植总耗水量就高达2.9亿m<sup>3</sup>,这对于坝上地区本不富裕的水资源来说无疑是一个沉重的负担。从2022年起每年再退减10万亩,逐步完成119万亩水浇地退减任务,到2022年将地下水开采量控制在5.8亿立方米以内。

传统经验种植的马铃薯为了达到高产目的,导致水浇地易出现过量灌溉,无灌溉条件的区域则灌溉不足,因此传统的马铃薯栽培常存在以下问题:过量灌溉时,土壤通气性差,易引起马铃薯烂根、薯块腐烂;灌溉不足时,不能满足马铃薯的正常生长,薯块膨大受影响;由以上可知,坝上地区农业的可持续发展,需要探索一条基于当地资源环境承载力的高效灌溉方式。

我国农业用地面积较大,尤其是冀西北地区的耕地以旱地为主,灌溉用水量极大,降雨极少。我国水资源总量仅占世界的6%,人均不足世界平均水平的1/4。因而,解决农业灌溉用水的问题,对于缓解水资源的紧缺是非常重要的。目前,农业节水灌溉的困难在于农田分布范围广,各种农作物、蔬菜等灌溉定额也不相同。使用传统的滴灌技术还存在一定的水资源浪费。智能滴灌水肥一体化技术是当今世界公认的一项高效节水节肥农业新技术,主要根据土壤特性和作物生长规律,利用灌溉设备同时把水分和养分均匀、准确、定时、定量地供应给作物。另外,通过自动化控制,可以大量节省人工,一人可管理千亩大田。

## 1 智能灌溉系统设计与应用

### 1.1 智能灌溉控制系统简介

基于三生云平台的灌溉控制系统的结构主要包括三大装置:土壤墒情检测装置、自动控制装置和田间灌水装置。灌水土壤墒情检测装置包括无线数据收发模块、数据分析模块、墒情检测设备;墒情检测设备获取土壤墒情有关的数据,通过无线数据收发模块发送给数据分析模块。通过数据分析比对,生成灌溉方案,然后通过自动控制装置,执行灌溉方案。

智能控制装置包括有智能主控器、恒压供水控制柜、电磁阀控制器等。其中智能主控器是一款联接现场设备,并与后台云服务器交互数据的智能化数据处理设备,实时显示其网络控制

下的现场设备状态信息,并将数据传输至管理平台,云平台根据分析采集到的数据和客户操作指令,实现远程查看操控设备。恒压供水控制柜是一款智能化控制器,可远程控制井泵电机的启动与关闭,同时还可以设置不同的灌溉压力,最终起到恒压的作用。电磁阀控制器主要是远程控制电磁阀的开启与关闭,并实时反馈阀门开启与关闭的状态。

系统由水分传感器、太阳能蓄电池、信息采集终端和主控器组成,土壤墒情监测仪用于采集土壤的含水量,终端节点用于上传自身或其他节点向信息采集终端发送的数据包,太阳能蓄电池用于给信息采集终端供电。设备安装完毕后系统可按用户设定时间间隔自行测定土壤墒情,并通过信息终端传输到主控器。主控器接收到墒情数据后,利用数据分析模块,将墒情数据转换成可执行的灌溉方案。

智能灌溉控制系统工作原理,如图1所示。

### 1.2 系统硬件设计

#### 1.2.1 系统硬件概述

整个土壤墒情监测和灌溉系统对试验田进行自动监测和灌溉,其目的是使马铃薯作物在各种气象因素下可以适时适量的灌溉。整个系统的设备主要有:土壤墒情监测仪器、主控器、恒压供水控制器、电磁阀、智能施肥机等。

土壤墒情监测仪主要针对土壤水分含量和土壤温度进行监测,以便及时给有条件的灌区放水灌田,或采取人工增雨措施为农田补充水分,以提高农作物的产量,增加农民的收入。

智能主控器是一款联接现场设备,并与后台云服务器交互数据的智能化数据处理设备。智能主控器实时显示其网络控制下的现场设备状态信息,并将数据传输至管理平台,云平台根据分析采集到的数据和客户操作指令,实现远程查看操控设备。

恒压供水控制器可提供远程控制、灌溉压力读取等功能,参数设置简单,根据现场灌溉压力只需要设置一个参数即可。该恒压供水控制器可实现远程井泵电机的启动、停止;恒压控制。有检测过载或缺相等报警功能。

电磁阀作为田间灌溉主要执行元件,其性能直接关系到灌溉系统的稳定性。为满足田间应用需求,田间电磁阀应满足低功耗的基本需求。经对比分析,选定了待反馈功能的脉冲式电磁阀,工作时输入正向控制信号,电磁阀打开,执行灌溉命令,此时停止输入正向控制信号,电磁阀复位,停止灌溉,满足低功耗要求。

智能施肥机可以通过远程或本地控制实现科学施肥、精准施肥,将可溶性颗粒或液体肥料加入肥料罐,搅拌均匀后,进行均匀、定时、定量施肥。该设备主要用于温室大棚、露天大田灌溉的施肥控制、山地梯田灌溉、园林灌溉的施肥控制等农林场景施肥系统的控制。

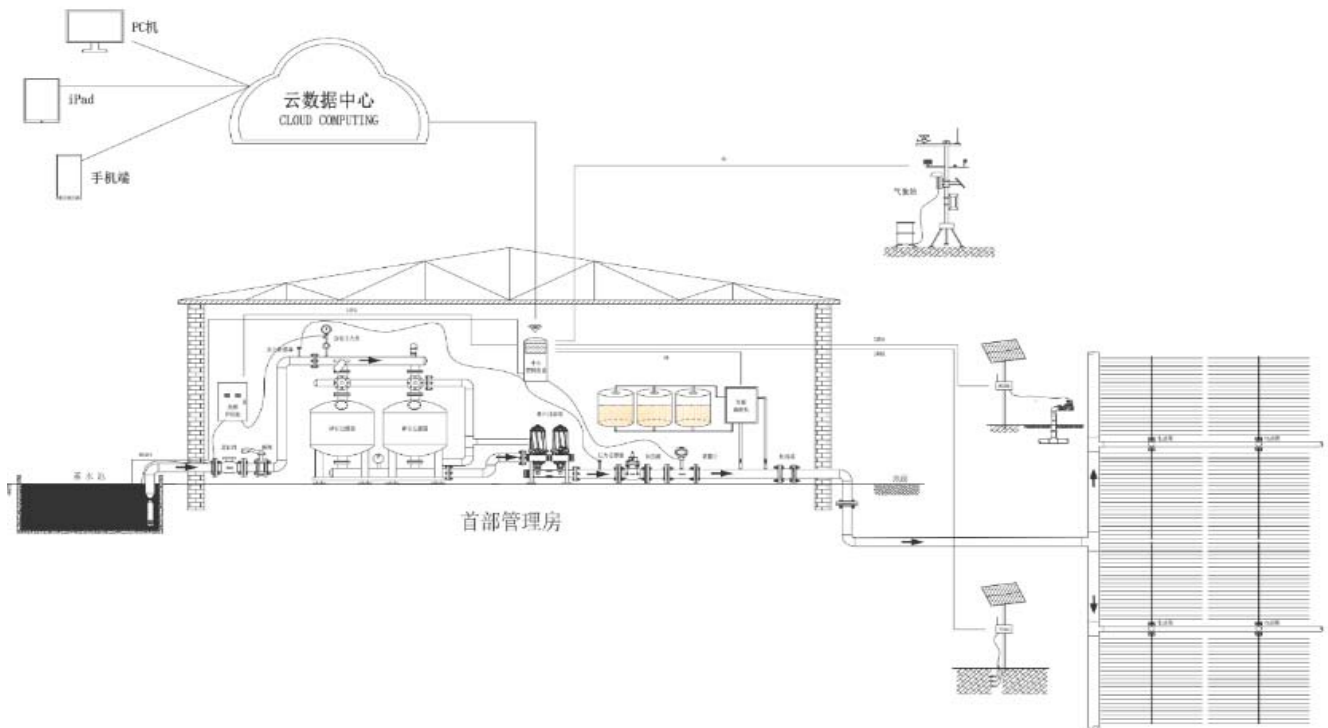
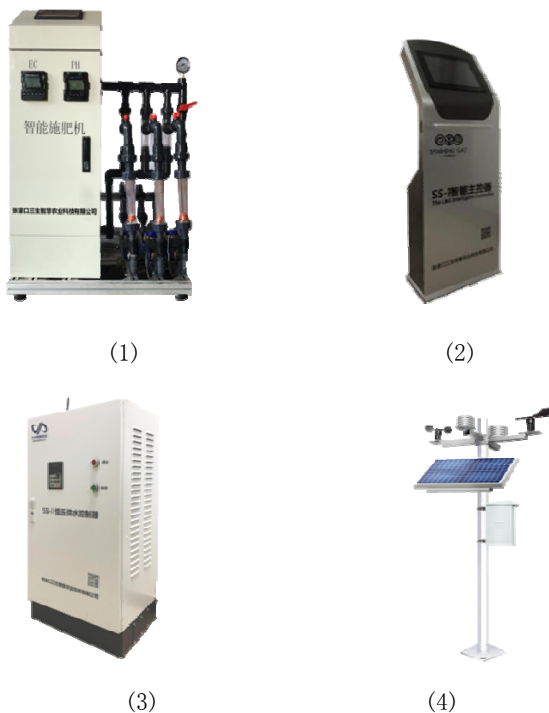


图1 智能灌溉控制系统工作原理

### 1.2.2 系统硬件选型

系统硬件选择首先应遵循可操作性, 稳定性, 实用性, 经济性四大原则, 其次是各硬件之间的协调性原则, 例如根据不同的应用场景原则不同的硬件设备, 同时每个设备根据管道、压力等设计相匹配。

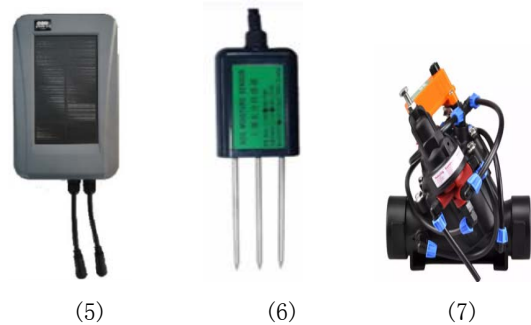


(1)

(2)

(3)

(4)



(5)

(6)

(7)

(1) 智能施肥机; (2) 智能主控器; (3) 恒压供水控制器; (4) 气象站; (5) 电磁阀控制器; (6) 土壤墒情监测仪; (7) 电磁阀;

图2 硬件设备

### 1.3 系统软件设计

智能灌溉系统根据分布在田间的农田小型气象站及土壤墒情监测仪, 通过采集气象数据及不同土层含水量数据, 将其转化为数字信号, 采用无线通讯方式, 将数据存储在云端, 并根据这些数据及马铃薯各生育阶段的需水需肥规律, 对水泵、流量计和电磁阀等田间设备进行远程控制, 实现马铃薯的智能灌溉从而提高农作物的产量及品质, 同时提高灌溉水利用率。

软件系统的交互界面根据前面综合研究内容, 与数据库相结合, 对墒情信息监测及灌溉控制进行界面设计。该界面内容可在任意浏览器上通过网址登录进行查看及控制。这种人机交互的界面操作简单, 便于管理人员进行调试和管理。

## 2 智能灌溉决策系统



图3 智能灌溉控制系统

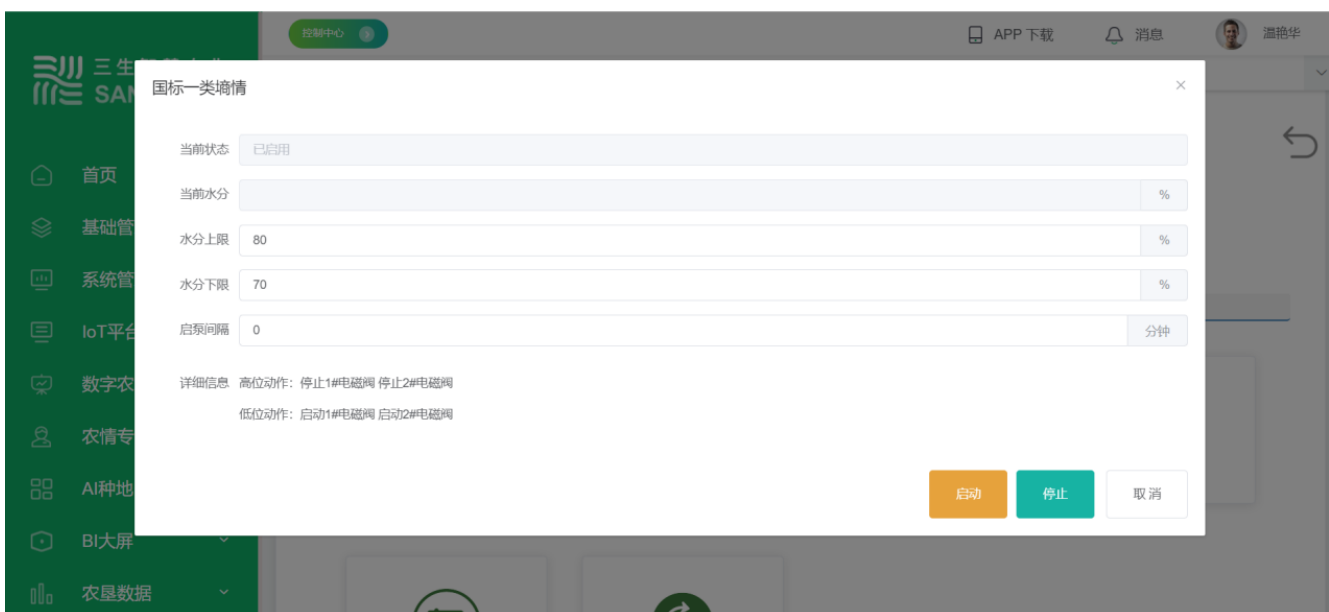


图5 土壤墒情上下限设置界面

智能灌溉控制系统主要包括以下3个部分: 分别是土壤墒情采集系统、智能决策系统和自动灌溉系统。基于土壤墒情的决策主要是通过监测土壤水分含量和土壤水分变化趋势来进行灌溉决策。这种方法可以直接反映土壤的水分状态, 对于农作物的需水量和灌溉量的控制比较准确。为智能灌溉决策提供数据支撑。

土壤墒情采集系统主要由土壤墒情监测仪和数据采集器组成。根据土壤墒情监测仪实时监测不同土层的土壤水分含水量, 通过数据采集器将土壤墒情数据传输给云平台, 生成报表, 对土壤墒情的变化进行实时监测和分析, 从而更加全面、科学。真实

地反映被监测区的土壤变化。

智能决策系统将土壤墒情监测仪上传的数据进行分析和决策, 在系统上输入马铃薯每个生育期的灌溉阈值, 系统将自动分析此时墒情值是否需要灌溉。

自动灌溉系统将智能决策系统的结果进行执行, 当判断土壤墒情的值低于设置的值时, 则系统自动开始执行灌溉作业, 灌溉到一定时间, 土壤墒情值高于设置的值, 则停止灌溉。每个灌溉组依次执行, 直到最后一个灌溉组执行完灌溉动作, 则该次灌溉作业完成。

表1 马铃薯不同生育阶段土壤墒情值

评价项目	马铃薯各生育期土壤墒情评价指标表					
	芽条生长期	苗期	块茎形成期	块茎膨大期	淀粉积累期	成熟收获期
深度(cm)	10、20	10、20、40				
土壤墒情值	55~65		70~80		60~6	

根据《SL568-2012土壤墒情评价标准》将马铃薯不同生育阶段的墒情值设置如下, 见表1。在智能灌溉系统中, 根据马铃薯需水规律, 可以在以下界面设置墒情上下限阈值, 如图5所示。

本项目通过智能灌溉系统控制系统进行灌溉时, 通过远程对灌溉作业进行控制, 与传统手动开关阀门节省人工70%以上, 同时还提高了灌溉水利用效率, 实现了农业自动化、精准化控制。

### 4 结论

就目前来说, 采用滴灌的灌溉方式确实能够提高灌溉水利用效率, 但是在此基础上, 更好地利用水资源还有待进一步研究。我国水资源的总量很大, 但是人均占有量很少, 我国又是一个农业用水量大国, 整体的自动化程度低, 精准、合理的灌溉量对我国社会和经济的发展有着至关重要的作用。基于此现状下, 墒情指导灌溉以及自动轮灌系统, 设计一套智能系统, 该系统涵盖硬件设备和软件平台, 形成一个整体, 用于实现全自动灌溉施肥, 可实现以下几项功能:

首先, 实现远程控制, 提高了灌溉设备的自动化程度, 节约大量劳动力的投入, 起到了节本增效的作用。

其次, 利用墒情指导灌溉, 能精准监测到土壤中水分的含量, 从而提高了灌溉水利用效率。

最后, 本系统运行稳定, 提高灌溉施肥的均匀性, 马铃薯长势较为一致。

#### [基金项目]

2022年张家口市“揭榜挂帅”技术攻关类项目(2022J002)。

#### [参考文献]

- [1]赵春江, 郭文忠. 中国水肥一体化装备的分类及发展方向[J]. 农业工程技术, 2017, 37(7): 9-15.
- [2]安倩倩, 金颖璐, 李峰, 等. 河北省马铃薯种薯产业发展现状与建议[J]. 现代农业研究, 2019, (7): 39-40.
- [3]杨开静. 滴灌条件下马铃薯田间土壤水、气交互效应与调控机理研究. 中国农业大学, 2017, (5): 93.
- [4]侯晓琦, 郝瑛, 刘星燕, 等. 张家口坝上地区气候特征对马铃薯种植的影响[J]. 园艺与种苗, 2021, 41(10): 58-60+65.

#### 作者简介:

温艳华(1993--), 女, 汉族, 硕士研究生, 从事大田作物智能水肥一体化研究。

#### 通讯作者:

马恢(1970--), 男, 回族, 本科, 研究员, 从事马铃薯育种、栽培技术的研究。

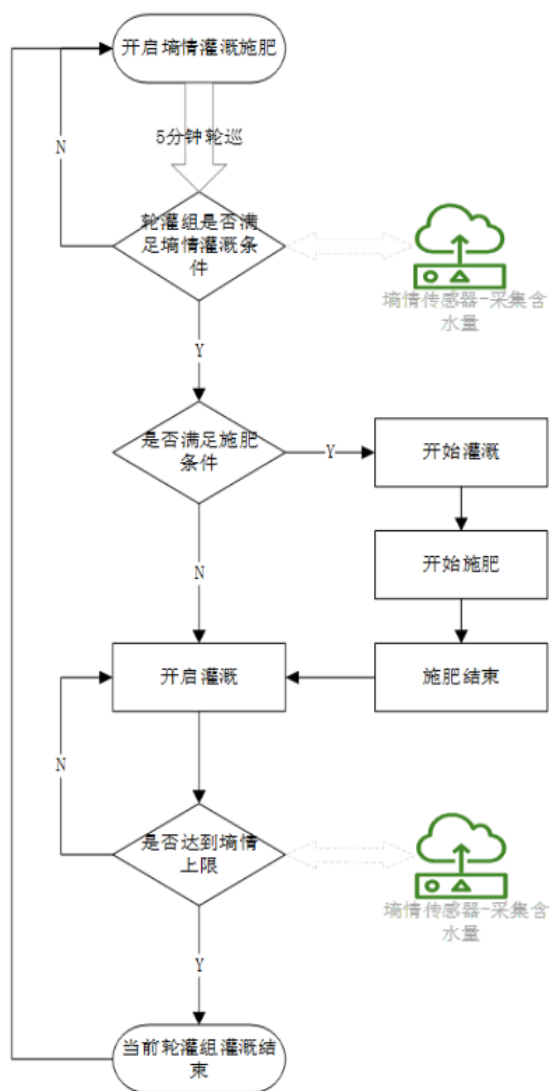


图4 智能灌溉系统控制流程图

### 3 大田应用结果

本试验采用张家口三生智慧农业科技有限公司研发的灌溉施肥控制系统, 为测试其功能的稳定性, 于2023年5月在张北县二台镇王家村农科院试验基地和张家口察北高标准农田建设项目中进行了示范和推广, 两个示范区土地全部实现灌溉智能化。