

# 灌区一体化斗口闸门智能测控系统

张 欣<sup>1</sup>, 刘敏昊<sup>2</sup>, 翟林鹏<sup>2</sup>, 李 胜<sup>1</sup>

(1. 南京津码智能科技有限公司, 江苏 南京 210046; 2. 江苏省水利厅, 江苏 南京 210029)

**摘要:**通过设计并实现一种智慧灌区一体化斗口闸门智能测控系统,将渠道内水位、流速以及附近农田的土壤墒情和气象等数据经由智能遥测终端机采集并上报到数据中心,在数据中心的智慧灌区平台上,利用多源数据融合分析和预测模型等技术,计算实际进入农田的取水量,并与气象、水文、农作物生长等数据进行比对,提高指导和监督灌区智慧灌溉的科学性。

**关键词:**灌区管理; 闸门控制; 闸门设计; 农业用水; 智慧灌区

**中图分类号:**TV663 **文献标识码:**B **文章编号:**1007-7839(2021)03-0048-03

## Intelligent measurement and control system of integrated bucket gate in irrigation area

ZHANG Xin<sup>1</sup>, LIU Minhao<sup>2</sup>, ZHAI Linpeng<sup>2</sup>, LI Sheng<sup>1</sup>

(1. Nanjing Jinma Intelligent Technology Co., Ltd., Nanjing 210046, China;

2. Water Resources Department of Jiangsu Province, Nanjing 210029, China)

**Abstract:** By designing and implementing an intelligent measurement and control system of integrated bucket gate in smart irrigation area, water level, flow rate, soil moisture and meteorological data of nearby farmland were collected and reported to the data center through intelligent telemetry terminal. On the platform of smart irrigation area of data center, the multi-source data fusion analysis and prediction model were used to calculate the actual water intake into the farmland, and compared with the meteorological, hydrological, crop growth and other data to improve the scientificity of guiding and supervising the intelligent irrigation in irrigation areas.

**Key words:** irrigation area management; gate control; gate design; agricultural water; smart irrigation area

我国灌区大多兴建于 20 世纪 50—70 年代,老化失修严重,处于超期服役或带病运行状态,致使灌区水资源浪费严重,灌溉水利用率低,灌溉效益大幅度衰减。国际上唯一一家完全专注于改善大规模自流灌溉系统的公司是澳大利亚的潞碧垦公司,该公司生产的一体化测控槽闸占有全世界绝大部分的市场份额。由于所有设备和材料都需要进口,因此单套设备的成本已经达到人民币 8 万元,对于我国目前的灌区管理<sup>[1]</sup>来说会带来非常大的成本。因此,研发并推广灌区斗口设备自动化及其软件平台,构建一体化斗口闸门测控系统<sup>[2-5]</sup>,对于

实现农业用水的智慧管控具有重大战略意义和实际应用价值。

江苏省里下河地区是我国典型河网密布区域,分布着各类大中小型灌区。灌区的渠道分为干、支、斗、垄、毛等 5 个级别,目前即使大中型灌区也只在干支一级进行了流量监测,无法进行农业灌溉用水精准计量,每个大中型灌区平均 260 个左右的斗口,因此斗口监控设备的研发生产是国家实现水利信息化和农业用水精准计量与控制的关键。在广泛消化吸收国内外先进技术的基础上,研发了一体化斗口闸门智能测控系统,将与闸门相关的所有

收稿日期:2020-11-04

作者简介:张欣(1965—),男,工程师,本科,主要从事水利工程勘测与设计工作。E-mail:791164218@qq.com

设备都集成在一起,远程控制闸门开关以及开度大小和倾角,支持流量自动监测,数据回传和云端灌区用水决策分析。作为智慧灌区末端控制设备,能真正做到农业用水智慧管控<sup>[6]</sup>,极大提升灌区取用水管理信息化、智能化水平。

## 1 总体设计

现代农水智慧管控系统包括一体化闸门测控装置和智慧灌区管理软件两大部分。其中流量分析计算的嵌入式软件集成在一体化闸门测控装置中;各种传感器数据的高级应用计算、闸门控制<sup>[6-7]</sup>及其相关数据的分析处理放在上位机(控制中心的服务器)上运行,与手机 APP 同属于智慧灌区管理软件。整个系统的组成部分和数据关系如图 1 所示。

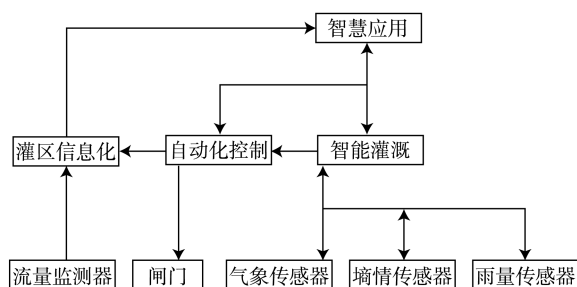


图1 系统的组成部分和数据关系

一体化闸门测控装置的闸门分为平板闸门和槽型闸门 2 种,采用统一的接口、数据结构、通信协议、控制方式,控制模块能够兼容。平板闸门具有水头损失小,可替换现有闸门的优势,适合南方平坦地区。槽型闸门在各流量情况下有固定流量宽度,流速均匀,流量测量较准确,但实际应用需要一定高差,水头损失大,适合北方地区。智慧灌区管理软件包括 PC 端和手机 APP 端两个版本,分别侧重不同的功能模块。主要功能模块如图 2 所示。

## 2 带自清洁功能的斗口闸门设计

为了适应南北方不同含沙量水质特点,我们的斗口闸门测控系统,包括 2 层外框架:第一层外框架为支撑和固定框架,可根据地形结构采用相适应的船舶级铝,聚苯乙烯泡沫塑料夹层,橡胶辅助树脂传递模塑工艺,三元乙丙橡胶止水材料等,组成测流槽底座、侧墙、槽型闸门极第一电机等设施;第二层外框架主要安装流水口、平板闸门和第二电机等设施。在两层框架之间设置电机控制模块、测

量模块、通信模块、电源模块等。

独特的泥沙和小型水生植物淤积等冲洗装置<sup>[8]</sup>,安装在第二层外框架的内测,防止水流缓慢时测流槽内的杂物淤积造成水位误差大、测流精度下降等问题。该功能通过自制一种轻量级水下超声波振动单元实现,由超声波换能器、升压模块、控制模块、电源接口、信号接口、金属底板和密封盒组成。该电路可将低压直流经漏电保护芯片检测后,被 MOSFET 晶体管开合转换成高频低压交流电,再经过变压器升压至超声波工作电压,阻抗调整后为超声波换能器供电,然后通过换能器高频振动产生超声波,最后超声波经金属底板传导辐射至底板杂质。振动单元工作时长和工作间隔受延时芯片控制,可通过控制接口的信号配置,配合泥位计、水位计、冲刷管路等装置和软件,构成小型灌渠测流设备的自动泥沙杂质清除系统,见图 3。

该装置振动附着在底板上的泥沙等杂质不易沉积、板结、固结,容易被渠道水流和冲刷管路冲洗清除,其独立低压供电超声波振动单元,可自由分布布置并配置同时工作或交替工作,兼容各种频率超声波换能器,单一模块故障不影响整体系统工作,配备漏电保护功能,确保系统的安全可靠性。整体安装示意图,见图 4。

## 3 数据采集与处理方法

本系统的数据采集与处理以智能采集终端为中心,支持摄像头数据回传,支持有线通信和无线通信。图 2 所示的软件系统主要功能模块主要部署在数据中心云平台,与之配套的前端数据采集和处理,采用物联网和边缘计算技术,在自主研发的智能 RTU 和现场处理机上增加一定的数据判定和控制命令解析执行功能,增强现场运行控制的敏捷性。

其中前端的数据采集子系统部署在渠首和斗口站房内,由闸门模块、气象模块、摄像头模块、墒情模块和控制模块组成,各模块可根据实际需求与灌区内部署气象传感器、墒情传感器、雨量传感器等配合工作。斗口设备自带 SRTU,提供接口可外接传感器,将所采集上述传感器信息通过无线信道上传到灌区管理委员会或数据中心(数据中心可设在各省水利厅,也可就设在灌区管理委员会)。

数据中心云平台完成视频、流量信息的监控,灌溉调度计划监督,用水控制等;其数据汇集处理层包括实时数据接收、报文解析、质量控制、存储与

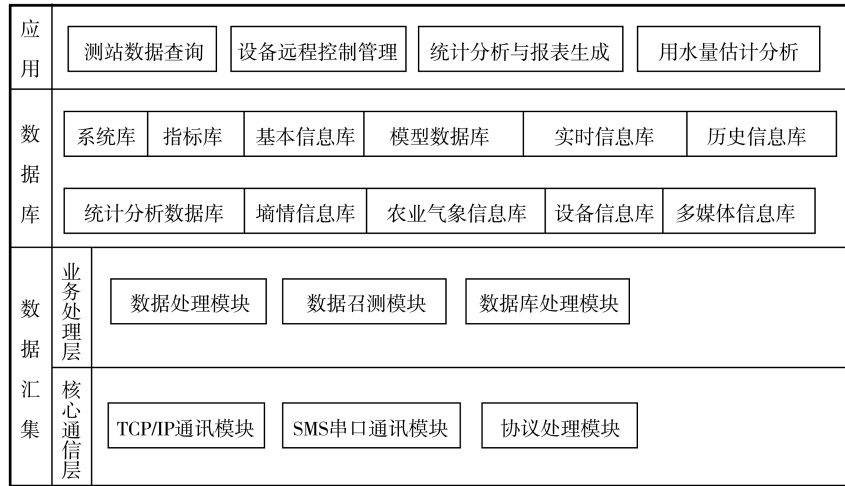


图 2 软件系统的主要功能模块

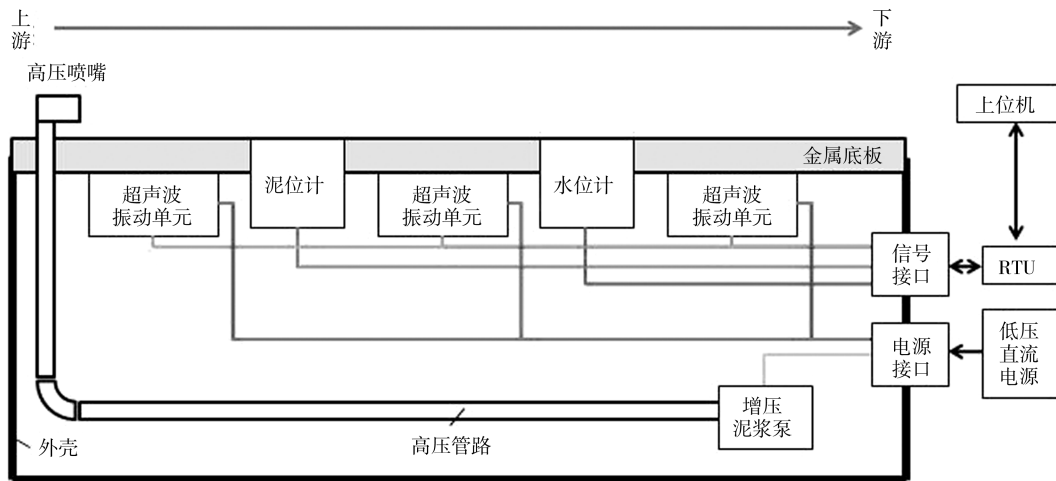


图 3 自动泥沙杂质清除系统结构

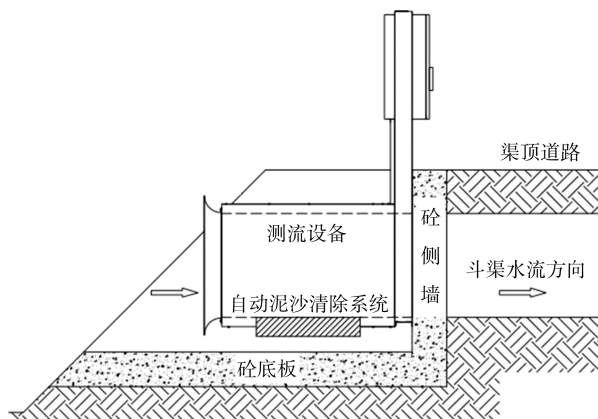


图 4 带自清洁功能的斗口闸控系统安装示意图

转换处理等功能;数据库层将预处理后的数据分类保存到相关数据库中,为上层应用提供数据服务;应用层主要包括数据展示、智能管理、灌溉调度计划制定、APP 服务等功能,可利用大数据分析和人工智能等辅助决策技术,综合利用气象、水文、农作物生长等模型,对灌区各环境因素和农作物产量做

出中长期预报,为灌溉方案的制定提供可靠数据支撑,更好地控制水资源、作物和生态环境之间的平衡。

## 4 结 语

本文提出的灌区一体化斗口闸门智能测控系统解决方案,将前端斗口闸门测控从传统的水位、流量数据扩展到气象、土壤信息的时空同步上报,同时增加了测流槽的自清洁功能,大大降低了设备使用维护成本。利用智能 RTU 将灌水量、降水和土壤墒情信息同时上传到智慧灌区管理平台,支持灌区实时数据的查询、历史数据的统计分析、灌溉调度计划的智能生成、用水量统计分析、告警等多种应用,并能远程接收智慧灌区管理平台给出的控制指令,自动控制斗口流量,为提升灌区业务高水平集成应用创造了条件。

(下转第 54 页)

表 1 通南高沙土区不同控制面积管道灌区的技术指标

控制面积/hm <sup>2</sup>	装置效率/%	管网工程单位面积投资/(元·hm <sup>-2</sup> )	单位面积年耗电费用/(元·hm <sup>-2</sup> )
13.33	67.09	50928	149
16.67	68.02	52494	150
20.00	69.04	51323	147

中控制面积为 20 hm<sup>2</sup> 的装置效率最高。从节能角度看,单机单泵控制面积在 20 hm<sup>2</sup> 左右节能效果较佳。

## (2) 经济指标

管网工程单位面积投资和单位面积年耗电费用作为管道灌溉系统的经济指标进行评价。从表 1 可以看出,当控制面积为 13.33 hm<sup>2</sup> 时,管网工程单位面积投资为 50 928 元/hm<sup>2</sup>,在三者中最低;当控制面积为 16.67 hm<sup>2</sup> 时,管网工程单位面积投资为 52 494 元/hm<sup>2</sup>,为三者中最高。从单位面积年耗电费用指标看,不同控制面积情况下的单位面积年耗电费用成本差别不大,且单位面积年耗电费用成本与管网工程单位面积投资相比,在总成本中所占比重很小。按工程使用 15 年考虑,当控制面积在 13.33 hm<sup>2</sup> 左右时,所需成本最低,工程的经济效益最好。

综合以上对管道灌区的节能指标和经济指标的分析,建议低压管道灌区单机单泵的控制灌溉面积控制在 13.33 hm<sup>2</sup> 左右。管网布置优先采用树状管网,设 2~3 级固定管道,出水口口径宜选用 110 mm。

## 5 结 语

低压管道灌溉具有节水、节地、省工等优点,具有广阔的使用前景。管道灌区控制面积优化研究成果近年已在如皋市推广应用,实践证明管网工程单位面积投资及单位面积年耗电费用指标明显下降。该研究成果可为通南高沙土区管道灌溉系统规划设计提供技术支撑和示范引领,项目研究符合一定的社会需求,经济效益和社会效益明显。

## 参考文献:

- [1] 陈文猛,钱钧,陈凤,等. 江苏省低压管道灌溉技术发展关键问题探讨[J]. 中国水利, 2018(5):45-46.
- [2] 史鼎新,陈平. 设施农业低压管道灌溉系统控制面积优化[J]. 现代农业科技, 2009(24):223-224, 233.
- [3] 王蒙,冯兆云,刘建华,周明耀. 江苏地区农田低压管道输水灌溉工程技术模式研究[J]. 灌溉排水学报, 2014(3):59-63.
- [4] 高良敏. 南方小型机电(塑料、混凝土)管道灌区标准化研究[D]. 扬州:扬州大学, 2012.

(上接第 50 页)

## 参考文献:

- [1] 李增焕,毛崇华,杨铖,等. 大型灌区智慧灌溉系统开发与应用[J]. 中国农村水利水电, 2019(2):108-112, 118.
- [2] 宋增芳,孙栋元,胡想全,等. 全渠道一体化测控闸门在昌马南干渠灌区的应用[J]. 中国农村水利水电, 2018(4):73-76.
- [3] 王启飞,刘冠军,刘磊,等. 灌区测控一体化闸门系统设计及应用[J]. 中国农村水利水电, 2019(2):159-162.
- [4] 史中兴,张师玮,张彦蕊,等. 大型灌区渠道闸门一体化测控系统[J]. 排灌机械工程学报, 2020, 38(2):145-151.
- [5] 朱蕾,赖剑,罗强. 一体化测控智能闸门在灌区中的应用[J]. 水利信息化, 2018, (18):50-51.
- [6] 王磊,赵自阳,王中根,等. 灌区农业用水测算方法研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2019, 49(6):874-880.
- [7] 许冠芝,温宗周,张阳阳. 基于 STM32 的一体化闸门控制系统设计[J]. 微处理机, 2019, 40(4):9-13.
- [8] 古玉,方天钰,陈建,等. 灌溉渠系非恒定流数值模拟及闸门运行设计[J]. 中国农村水利水电, 2019(7):140-147.
- [9] 王金辉,徐宝山,惠磊. 基于测控一体化闸门传感器清洗方法研究[J]. 节水灌溉, 2019(9):121-124.