

小型泵站群集控系统应用的探讨

钱飞 朱占宏

浙江江能建设有限公司, 浙江 杭州 310050

[摘要] 河网密集的杭州郊区, 小型泵站承担了非常重要的排涝或配水作用, 但对这个广泛分布、数量庞大的泵站群如何管理, 又是一个必须面对的难题。针对小型泵站群的特点及管理难点, 开发出基于工业物联网技术的集控系统, 并在小型泵站的运行管理中得到应用。

[关键词] 小型泵站; 运行管理; 集控系统; 工业物联网; 应用

DOI: 10.33142/hst.v6i10.10565

中图分类号: TV7

文献标识码: A

Discussion on the Application of Small Pump Station Cluster Control System

QIAN Fei, ZHU Zhanhong

Zhejiang Jiangneng Construction Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 310050, China

Abstract: In the densely populated suburbs of Hangzhou, small pumping stations play a very important role in drainage or water distribution. However, how to manage this widely distributed and large number of pumping stations is a difficult problem that must be faced. A centralized control system based on industrial Internet of Things technology has been developed to address the characteristics and management difficulties of small-scale pumping stations, and has been applied in the operation and management of small-scale pumping stations.

Keywords: small pump station; operation management; centralized control system; industrial Internet of Things; application

笔者目前所在项目为重要水利工程集中管养, 内容涵盖有 43 座小型、3 座中型排涝泵站, 排涝水泵 112 台。泵站承担了集镇和农村产粮区的防洪度汛任务, 排涝作用非常明显。另外, 项目还包含了 65 座灌溉泵站, 62 座水闸。这些泵(闸)站广泛分布于 80 公里的堤防内, 通过穿堤建筑向外河排涝或向灌区配水。面对对点多面广及部分泵站设施老旧简单等情况, 防汛压力巨大, 如何管理好设备并发挥功能已成为集中管养项目非常紧迫的问题。

1 背景资料

1.1 泵站设施设备现状

a. 泵站大多年代久远, 水泵控制保护方式简单, 运行要求不高, 安全隐患较多。监测设施缺乏, 多数泵站连起码的水位尺也没有, 水情信息全凭运行人员“经验”;

b. 泵站进水前池容量小, 内河水系蜿蜒漫长, 启动频繁且间隔时间极短, 有时每隔一小时要开泵一次, 但每次水泵运行时间只有半小时, 需要耗费大量运行人员精力;

c. 多数泵站设施简陋, 无管理房及值班室, 汛期排涝期间运行人员疲劳不堪;

1.2 泵站设备管理现状

a. 小型排涝泵站产权基本为村、镇(街道), 泵站运行人员多为农村年龄较大人员, 管理泵站的时间较长, 具有一定的运行经验, 但缺乏设备运行管理的专业素养。

b. 泵站分布范围宽广, 点多面广, 很难及时、准确掌握各泵站实时状态, 集中管理的难度非常大;

c. 配水泵站的主要作用为产粮区灌溉配水、内河水质改善用水及景观配水。功能不同导致需求不同, 并直接导致增加管理难度。

2 集控系统开发策划

2.1 集控系统开发与应用原则

背景材料里所述情况表明当前最迫切需要解决的是泵站群的集中管理问题兼顾设备、设施及运行人员的运行难题。另外, 笔者所在管理工作为“新项目管老设施”, 基于现状紧迫性的“突发奇想”, 系统开发无经费预算, 属临时性开支。因此, 集控系统的开发应用总体遵循“高效、实用、经济、可靠”的原则。

2.2 系统应具备的功能

2.2.1 实时数据传输

a. 通过 PC 端、手机客户端等人机界面, 远程掌握所有泵站实时基本状态, 包括内河水位、泵组工作状态, 故障状态等信息;

b. 泵组信息应包含泵组累计运行时间、本次运行时间、泵组运行轴承或电机表面温度(所有小型泵组均未设置温度监测装置, 根据泵组工况酌情加装表面测温传感器)。泵组当前是否运行, 是否故障(通过电机保护装置)等;

2.2.2 远程控制功能。

a. 排涝泵站远程控制应包括:

①能根据需要进行远程手动操作(远程手动开泵/手动停泵);

②根据水位变化水泵自动运行(自动开泵/自动停泵);

b. 水闸的远程控制应能根据需求设定闸门开度,并根据设定值开启/关闭闸门;

c. 配水泵站应根据需要进行远程手动配水,以及根据设定日期、时间进行自动配水;

2.2.3 远程网关配置及程序下载调试功能

各站点分布宽泛,各站点逐一进行现场程序编辑、调试工作量大,因此集控系统应具备程序远程在线编辑、调试及下载功能。

2.2.4 参数修改功能

各泵站的高程、水位、水泵启排水位、停止水位等数据均不一致,应能针对各泵站实际情况进行基本参数的修改。

2.2.5 历史查询功能

历史查询应查询如下数据:开泵/关泵(或开闸/关闸日期及时间)、运行时长、历史水位数据等。

2.2.6 生成水位曲线

直观查看水位的上涨/下降的趋势及幅度,供项目管理人员根据水位趋势作进一步决策。

2.2.7 实时报警

集控系统管理的设备多,对应的信息量大,设置实时报警将重要信息在特定窗口进行报警。报警信息应包含:泵组运行/停止、故障等状变量、水位超限、权限报警等。

3 集控系统实施流程

(1) 收集各泵站、闸站的基本信息,泵站基准高程点(确定泵站前池水位)、泵组数量、功率、流量、闸门起升高度等。对没有基准高程点的泵站,重新测量高程并换算水位。

(2) 根据各站点的不同需求,进行设备选型,工控设备及网关设备尽量做到统一,以利相互备用及替换,外围设备应适用于对应站点。

(3) 图纸设计。根据选择的不同设备及功能设计相应图纸。设计时区分以下功能:排涝泵站、灌溉泵站、排涝与灌溉混合泵站、闸门监控等四大功能。

(4) 设备成套。将选型的设备按设计图纸要求进行组装、配线、软件编写、调试。

(5) 现场安装。将成套设备安装至各站点现场,调试。

(6) 租用云平台,进行云组态,远程下载及调试,进一步完善监控界面直到投运。

4 工业物联网概述

工业物联网 (IIOT),即物联网在工业领域的应用,是工业资源的网络互连、数据互通和系统互操作,实现制造原料的灵活配置、制造过程的按需执行、制造工艺的合理优化和制造环境的快速适应,达到资源的高效利用,从而构建服务驱动型的新工业生态体系。(注:引自工业物联网白皮书论述)

工业物联网系统架构共有以下层次。

感知层:感知层由现场设备和控制设备组成,主要进行设备信息的采集以及控制指令的下发。现场设备主要包括温、湿度传感器、水位、压力传感器、RFID、变送器、执行器等,这些设备直接与工业机器相连。控制设备主要指 PLC 等控制器。

网络层:网络层利用电信网或者以太网,为工厂的本地数据以及在远端的数据分析中心搭建起传输通道,使得数据可以随时随地进行传送。

应用层:应用层针对工业应用的需求,利用大数据处理技术对来自于感知层的数据进行分析,主要包括对生产流程的监视、对工业机器运行状况的跟踪、记录等,实现设备管理数字化、智能化。

5 集控系统架构

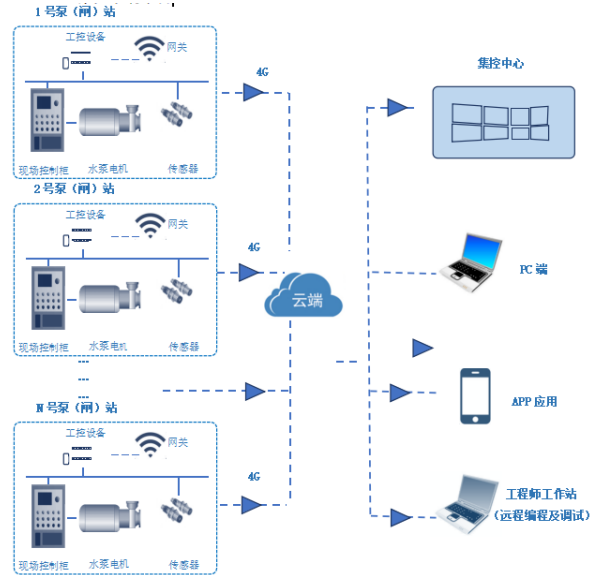


图1 集控系统架构

6 集控系统硬件配置

6.1 现地级设备

主要包括控制主设备运行的控制屏(柜)、启动器以及各类监视泵组、闸门运行的传感器、闸门开度的编码器、安全装置。

6.2 控制层设备

表1 工控设备

工控设备	
数字量 I/O	16 点 DI, 8 点 DO
模拟量	4 点 AI
CPU 及内存	CPU 120MHZ, 内存 1M Flash+128K RAM
网关设备	
无线接入方式	4G SIM 卡槽, GSM/GPRS 标准, 发射功率 2W
接口	422 接口 波特率 115200bps, 配置口 USB Micro 口, 1 路 485 标准 MODBUS 接口
网络协议	MQTT\TCP\UDP\Http

6.3 应用层设备

表2 大屏系统

面板性能	背光 LED, 物理分辨率 1920×1080, 对比度 4500:1, 响应时间 5ms
拼接单元	12 台 55" LCD 显示单元 (LED 背光), 拼接形式 3 行 4 列
信号接口	DVI\HDMI\USB
MTBF	6000 小时

操作员工作站 (监视及操作)

工程师工作站 (程序调试)

手机及 APP

7 远程控制安全策略

安全策略主要考虑两方面的因素,第一是防止无操作权限的人员开启 (或关闭) 泵组 (或闸门), 造成安全隐患或有操作权限的人员误操作, 第二是在远程操作模式下设备的安全运行。

7.1 第一种安全隐患的应对策略

(1) 针对第一种安全隐患,集控系统设置三级密码,一级密码为登录密码,登录人员为所在项目相关人员,权限仅为查看各站点实时状态,无操作控制权。

(2) 二级密码为操作密码,只有项目指定的专业技术人员、设备调试工程师在登录系统后,申请获得对指定设备的控制授权后,下达远程控制令操作指定设备。正确输入二级密码后,可以修改参数、操作控制设备。

(3) 三级密码为授权码,且需登录专用账号后输入正确授权码才能进行授权。持本级密码的人员为项目核心决策层组员,在收到授权申请后,对远控申请的事由进行分析判断,事由合理充分方可进行授权。

表3 密码等级及相应权限

序号	分级组员	密码等级	权限
1	设备管理员 (或运行员)	一级	用于登录系统, 仅限查看数据
2	技术员、调试工程师等指定专业技术人员	二级	用于登录系统, 查看数据, 在获得授权情况下可远程下指令用于泵组或闸门控制 (受控权限)
3	项目核心决策层组员	三级	登录系统, 查看数据, 在收到远程控制设备申请时进行授权

7.2 第二种安全隐患的应对策略

第二种安全隐患针对的是设备运行安全,运行安全分以下几种情况:

(1) 因管理范围内的泵站大多数为轴流泵,有淹没水深的要求,严禁泵组无水运行造成泵组轴承损坏或运行工况差。首先,在进行远程控制泵组时,只有达到设定的最低运行水位方能进行远程操作 (程序固化)。其次,远程下达泵组自动运行指令时,启泵水位及停止水位均在合理范围内,只有达到启泵水位泵组自动启动,当水位下降到停止水位时,泵组自动停止运行。

(2) 泵组在运行过程中,应对泵组运行工况进行监

视,特别是工况较差的泵组。笔者所在项目有很大一部分泵站、闸门未安装有监视泵组运行工况的各类传感器、安全限位装置等设备,隐患极大。为确保安全,现场加装温度传感器 (测量表面温度)、振动传感器、测量闸门位移的编码器及限位开关。

(3) 安全装置动作后一是作用于报警,由远程操作人员手动操作停止运行,二是当达到动作条件后自动停止运行 (在现地同时切除运行回路停止运行)。

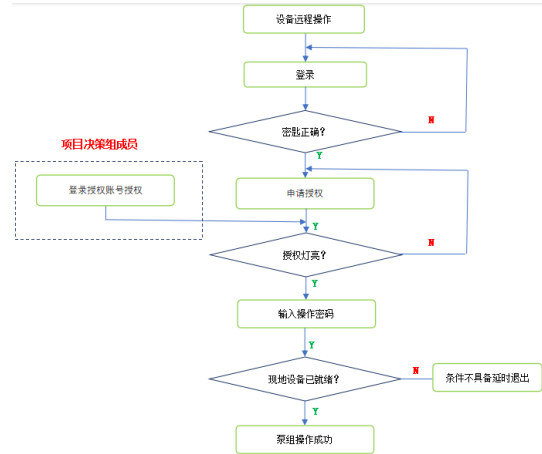


图2 远程操作流程

8 集控系统的应用

8.1 系统功能界面简介 (见图3、图4)

8.1.1 主界面

主界面分两个功能区,第一个区为地图,直观显示所有泵 (闸) 的分布位置。第二个区为各站点的入口。要进入具体站点,点击对应站点的链接即可。

8.1.2 综合信息界面及报警窗口

a. 综合信息界面显示的信息有:所有监控泵站的实时水位、所有泵组的运行信息 (以红色突显运行状态)、各泵站的主要特征水位信息。

b. 报警窗口分两大功能区:

第一个功能区为所有泵站及泵组的运行状态报警,报警信息主要有:水位超限报警、故障报警、泵组运行态报警。

第二个功能区为权限报警,报警信息主要有:自动运行态 (即当下达远程相应泵站内泵组自动运行指令时进行报警)、授权状态报警 (即当下达远程相应泵站的授权许可指令时进行报警,以指示当前哪些泵站已获得远程控制授权)。

8.1.3 水泵运行监视界面

泵站运行监视画面应反映如下信息:

a. 显示泵站当前实时水位及泵站前池水深;

b. 水位曲线,曲线的时间轴周期可选,方便查看选择范围时间段的水位趋势;

c. 泵站泵组运行时间统计,包括累计运行时间、本次运行时间;

d. 状态指示,包括泵组运行状态、允许状态,直观显

示当前泵站的重要信息;

e. 显示泵站的特征水位信息,如启排水位、停泵水位等;

8.1.4 水泵远程操作界面

- a. 参数修改区,包括量程、各特征水位修改等;
- b. 状态指示区(显示是否获得授权或参数修改状态);
- c. 泵组远程控制(在“获得控制授权”指示灯点亮后,

输入开机/停机码进行开机/停机操作);

8.1.5 闸门远程操作界面

- a. 显示闸门开启/关闭时间记录;
- b. 闸门开度曲线记录;
- c. 状态指示区。状态指示包含以下内容:
 - ①显示闸门全开/全关位置状态及开启/关闭过程状态(闪烁指示灯);
 - ②闸门开度数据;
 - ③允许指示灯(相应指示灯点亮才能进行后续操作);

d. 闸门操作区。包括以下方面的操作内容:

- ①参数修改(闸门由零位至全开位的量程);
- ②闸门开启/关闭操作。输入开度数据后,执行相应的开启/关闭操作(只能在授权允许及远程控制允许指示灯点亮后操作方可有效),达到设定开度,闸门运行自动停止,运行过程中可随时按下“紧急按钮”停止运行;

8.1.6 灌溉泵站运行监视界面

- a. 显示实时水位及水位曲线(作用同排涝泵站);
- b. 显示泵站基本信息数据,包括泵站特征水位、自动配水的时间及时长设定值;
- c. 水泵运行状态及允许指示;

8.1.7 灌溉泵站远程操作界面

a. 参数修改区(参数修改允许指示灯点亮后修改方可有效)。修改的参数主要有:

- ①修改水位量程及特征水位数据;
- ②设置灌溉泵站的运行方式。正确输入定时自动运行码后,自动控制允许灯点亮,泵站按设定的配水时间及时长自动运行。设置轮换运行是按水泵运行时长进行自动轮换切换;

b. 允许及运行方式指示灯(允许指示灯只有相应的指示灯点亮后才能进行后续操作);

c. 水泵远程操作区(只有输入正确的操作码后才能进行开机/停机操作);

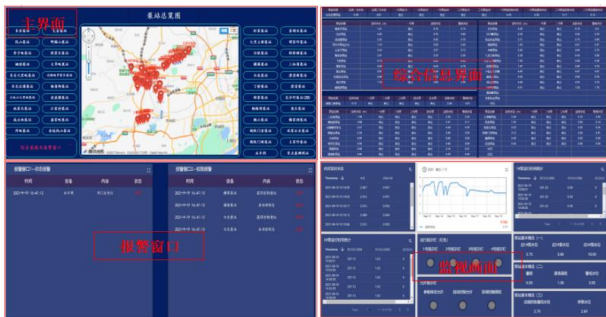


图3 (1) 系统功能界面简介



图4 (2) 系统功能界面简介

8.2 集控系统实际运用探索

小型泵站集控系统经方案策划、论证、实施直至初具规模,形成较为全面的系统,历经了梅汛期、台风“烟花”及“烂都”的肆虐。系统一边实施,一边完善,一边逐步投入实际运用,至今仍在不断更新。在系统开发和运用过程中,笔者总结出以下经验:

(1) 远程操作授权的必要性。在最初的系统方案里,没有授权环节,远程操作时仅一人下发操作指令,曾发生过发错指令的误操作,即需要远程操作 A 泵站,结果却将指令发到 B 泵站,所幸未造成事故。后续完善中及时堵住这一漏洞,增加授权人,当需远程操作时一人授权,一人操作能有效避免误操作。

(2) 在汛期发生应急响应后,往往需要统计整个项目的排涝情况,包括运行时间、排涝流量、当前水位等主要指标。利用各泵站点统计数据能快速形成汇总报告,工作效率大大提高。在这以前全靠人工报汛、电话报汛的情况完全不可想象。

(3) 通过水位曲线分析泵站运行规律。下图为其中一个泵站水位曲线,周期分别为 7 天、40 天水位曲线(图 5):

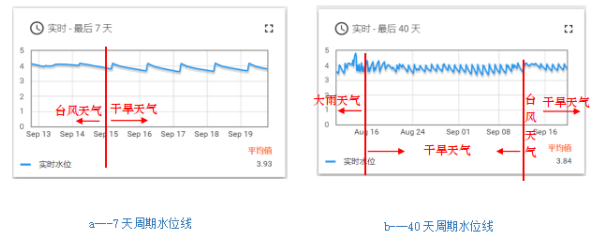


图5 水位曲线图

此泵站为排涝灌溉(补水)混合泵站,且泵站位于风景区,需在晴天或旱季维持内河水水平稳,并改善内河河道水质。图 a 中 9 月 15 日前为受台风影响,泵站处于排涝模式,内河水位一直处于相对高位。15 日以后晴天天气,内河道有灌溉需求,水位每天持续降低,为维持内河水水平稳,人工调度进行每日补水(根据水位曲线判断补水时间,水位,补水时长进行调度),因此此段曲线有规律可循。图 b 中泵站在排涝、补水模式中切换,只要是排涝模式,内河水位受上游来水不均影响,曲线相对无规律。(注:上述调度均为人工操作,非自动运行态)。

(4) 小型泵站水泵控制保护简陋、泵房设施不完善是“基本特色”,部分泵站设备“毛病”较多,且监测手段缺乏,因此在应用集控系统时有必要增设一些实用的监测手段,比如接入温度监测、振动监测等措施。笔者所在

项目有一个泵站，在面积不足 10 平米的站内设一台排涝泵，布置非常拥挤且无值班空间。泵站运行极频繁（运行 2 小时停 1 个半小时），水泵工况又差，排涝压力相当大。鉴于前述情况，决定将泵站远程设置为自动运行模式，集控中心 24 小时值班与现场运行管理员巡查值班相结合，增设泵组运行工况监测设备就显得非常必要。目前已加装温度监测用于现场及远程显示（图 6），测温电阻采用 PT100 铂热电阻，装设于轴承及电机表面，温度达到设定值后报警提醒值班人员。



图 6 水泵轴承温度远程显示

(5)手机 APP 应用。集控系统 APP 的使用不受时间、地点的限制，随时随地查看各运行站点的实时状态，同样的，在获得授权时远程控制指定设备，极大地方便了运行管理人员及时对各泵（闸）站的掌控。

(6)集控系统建成规模的时间相对较短，系统的使用仍在不断的摸索，下一阶段，笔者在思考处于内河同一水系多个泵站在不影响运行工况前提下的联合调度运行。目前，管理范围内的小泵站均是独立运行，“各自为战”，造成泵站虽处于同一河道，但工作强度严重不平衡，一部

分长时间运行，一部分几乎不运行。联合运行有以下优势：首先，能快速降低内河水位。其次解决部分泵站无备用泵的防汛安全隐患（很大部分泵站只装设一台泵，一旦故障将处于无泵可用的窘态）。最后，平衡各泵站设备及运行管理人员的工作强度。

泵站所处的地理位置为联合调度运行提供了基础：一是泵站群广泛分布于 80 多公里的堤防上，相对密集，且处平原地区水位落差较小。二是泵站群各处的河道水系发达，相互连通（或具备连通条件）。但具备联合调度运行仍需满足以下条件：泵站内的泵组需调整启排水位，提高或降低启排水位对泵组运行工况不会产生明显影响。

9 结语

小型泵站群集控系统经受了梅汛及台风“烟花”“烂都”的考验，充分验证了系统的高效、实用、安全可靠。在当下水利工程物业化管理的大趋势下，响应“补短板、强监管、走前列，推进水利高质量发展”的总要求，加强水利工程数字化、信息化管理，提升管理水平。集控系统仍在不断完善和提升中，以期在后续防汛抗旱工作中发挥更大作用。

[参考文献]

- [1]李士宁,罗国佳.工业物联网技术及应用概述[J].电信网技术,2014(3):26-31.
 - [2]高驰彪.基于物联网技术的水利信息化系统[J].信息系统及应用,2015(8):54-55.
- 作者简介：钱飞（1975.8—），河海大学，水利水电工程，浙江江能建设有限公司，分公司经理，高级工程师；朱占宏（1977.8—），重庆大学，电气自动化，浙江江能建设有限公司，分公司技术负责，高级工程师。