

中小型泵站智能化改造探讨

周红娟

中国水利水电建设工程咨询渤海有限公司，天津，300222；

摘要：结合天津市某 1 泵站及某 2 泵站两座中型泵站建设内容，充分考虑工程的主要任务、调度需求、监控功能等方面因素，设计工程计算机监控系统、继电保护系统、数据传输通道等内容，实现工程的监控、调度等功能，并以此对中小型泵站自动化系统、视频监视系统进行梳理，为类似项目设计工作及智能化改造提出了一些思路。

关键词：监控；视频；自动化；智能化

DOI：10.69979/3060-8767.25.08.022

引言

随着物联网、大数据、云平台等新技术的应用及推广，以及水利工程数字孪生的建设快速发展，对于已建泵站项目的智能化改造也越来越被业主单位及运管单位关注，从传统的自动化运行现状，结合项目特点及运行管理需求，逐渐向智能化数字化改造方向转变。本文结合作者负责的两个中型泵站的自动化设计内容及思路，以中小型泵站为参照对象，针对新建泵站相应的智能化设计的关注点以及已建泵站的智能化改造方向提出了一些思路及想法，为类似的中小型泵站类项目提供参考。

1 工程概述

某 1 泵站设计排涝流量为 12.00m³/s，泵站总装机 740 kW，为Ⅲ等中型工程，泵站由进水段、前池段、泵房段、压力水箱段和箱涵段组成。项目泵站共装机 4 台，单机容量为 185kW，泵站任务为项目区域排涝，最多 4 台同时运行，4 台水泵电动机满载时的容量约为 1126kW，主变压器容量初选为 1250kVA，站用变压器容量初选为 50kVA，第二电源采用柴油发电机。10kV 高压侧接线采用单母线分段接线方式，400V 低压侧亦采用单母线分段接线方式，主变和站用变的低压侧分别接在 400V 母线的 I 段和 II 段上。

某 2 泵站设计排涝流量为 10.00m³/s，泵站总装机 528kW，为Ⅲ等中型工程，泵站由引渠段、进水闸段、前池段、泵房段、出水箱涵和出水闸段组成。水泵设计扬程 3.05m，扬程范围为：1.2~4.05m。项目共装机 4 台，单机容量为 132kW，泵站任务为项目区域排涝，最多 4 台同时运行，4 台水泵电动机满载时的容量约为 690kW，主变压器容量初选为 800kVA，站用变压器容量初选为 50kVA，第二电源采用柴油发电机。10kV 高压侧接线采用单母线分段接线方式，400V 低压侧亦采用单母线分段接线方式，主变和站用变的低压侧分别接在 400V

母线的 I 段和 II 段上。

两个泵站均设置有站控级设备，用于实现整个泵站的实时监控任务和历史数据的处理和记录。

2 自动化设计方案

结合两座泵站工程站点布置位置以及供电情况，以有利于泵站的后期运行为原则，尽可能简化操作控制层级，提高自动化水平，泵站监控按“无人值班（少人值守）”的原则设计。同时配置可靠的操作电源、综合保护及测量设备等内容。

2.1 计算机监控系统

2.1.1 设计原则

为了提高工程运行管理水平，减轻运行人员劳动强度，对泵站采用计算机监控系统方案。泵站监控系统分为站控级及现地控制级，运行人员可以在控制室通过操作员工作站实现对泵站主要机电设备的集中控制与监视。

泵站监控系统监控对象主要包括：10kV/0.4kV 主变压器、10kV 配电设备、站用变压器、潜水轴流泵组及附属设备、泵站辅助系统设备、低压设备、直流系统、电气保护、测量系统等内容。

2.1.2 系统方案及主要设备配置

泵站监控系统采用分层分布式计算机监控系统，分站控级和现地单元控制级二级，采用 100MB 工业以太网，通讯规约符合 TCP/IP 标准，按 IEEE802.3 设计，传输速率为 100Mb/s。计算机监控系统主要分为站控级设备、网络通讯设备、现地控制单元级、电源系统、对时系统。

考虑到泵站规模不大，站控级设备配置尽可能简化，两个泵站的站控级设备各设置 1 台操作员工作站（兼历史数据库服务器）、1 台网络打印机、网络设备及对时设备等，布置在控制室。在操作员工作站上可实现整个泵站的实时监控任务；并可实现与上级调度中心的信息

通信、优化运行、运行事故分析及多媒体培训；网络交换机上留有上送调度中心的通信接口。

为提高各泵组现地操作便利性，优化主厂房布置空间需求，各站现地单元控制级设置 1 套泵组 LCU 和 1 套公用 LCU，实现泵组现地控制及泵站其它信息采集功能。泵组 LCU 及公用 LCU 柜内主要设置有 PLC、触摸屏、电源模块、现场总线模块、网络模块等。

设一套 3kVA UPS 电源，供电时间为 1 小时，直流进线由直流系统蓄电池提供电源。

2.1.3 泵组控制方式

根据泵组启动及供电系统的要求，泵组启动采用软启动器启动的方式。每台泵组设 1 面启动控制柜（内设置 I\O 模块、软启动装置、接触器等），共 4 面。泵组信息由启动控制柜上传至泵组 LCU 控制单元柜，站内其他信息上传至公用 LCU。

为保证泵组运行的可靠性和泵组软启动装置逻辑切换的准确无误，控制系统采用 PLC 作为控制核心，4 台泵组起/停、保护的逻辑均由泵组 LCU 控制单元中 PLC 进行操作完成。泵组 LCU 柜可对 4 台泵组的电流、电压、转速、有功功率、绝缘温升等参数进行监视，同时对泵组的机械、电气故障报警并停机。

泵组 LCU 柜设置有用监视泵组运行的触摸屏以及泵组起、停的信号灯，水泵启动控制柜具有现地手动启停泵组的功能，柜内设有泵组启动装置、I\O 模块、软启动器、控制按钮、操作把手等装置。

2.2 操作电源系统

根据两座中型泵站直流用电负荷的统计，经综合分析后，每个泵站均设置 1 套 DC110V 直流系统，作为站内控制、保护及断路器控制电源。设备柜布置在泵站管理用房控制室内。直流系统由一套高频电源开关整流浮充、馈电装置，及蓄电池组成，直流系统选用一组 4 0AH 阀控式密封免维护铅酸蓄电池。直流系统设直流电流表、电压表及微机绝缘监测仪。直流系统通过通信接口上送信号至公用 LCU 柜。

2.3 综合保护及测量

2.3.1 综合保护

根据规程规范设置了相应的微机型变压器保护、电动机保护装置。主变压器保护采用综保测控装置，安装在 10kV 开关柜中。主变保护配置电流速断保护、过电流保护及温度保护等。电动机保护配置相间短路保护、单相接地短路保护、过负荷保护、断相保护及低电压保护等。

继电保护系统与监控系统通信采用标准的 IEC-103

规约。

2.3.2 计量及测量

主变的电度计量设在 10kV 高压侧，站变的电度计量设在 10kV 站用变压器柜内站变低压侧。电度计量方式及计量表计的设置均按供电部门规定进行设置。

测量系统包括电气量测量和非电量测量。电气测量项目主要包括：电流、电压、有功功率、无功功率、频率、功率因数、有功电度、无功电度等。电动机的电气测量仪表布置在泵组启动控制柜上，10kV 及主变的电气测量仪表布置在 10kV 开关柜上。

非电量测量主要包括：泵站进水前池、出水后池水位、每台泵组出口管道压力、出水池压力箱涵压力、泵站拦污栅前、后（进水前池）水位等。每台泵组非电量测量信号经泵组启动控制柜上传至泵组 LCU 柜，泵站的其它非电量测量信号上传至公用 LCU 柜。

3 视频监视系统

视频监视系统作为辅助泵站安全运行管理的主要手段之一，针对天津市的这两座排水泵站，各设置了 1 套视频监视系统，用于直观、直接的了解泵站重要场所或关键设备现场实时运行情况，提高泵站安全运行的可靠性和自动化管理水平。视频监视点位主要布置在配电设备室、泵站院区、管理用房控制室等位置。现场视频监视信号通过视频服务器接入工业以太网，视频集中控制室在控制室。视频系统由摄像机、镜头、云台、防护罩及电源等前端设备，视频交换机、NVR、视频监控计算机及相应软件等终端设备，以及视频信号传输线等传输设备。

4 其他辅助系统

4.1 辅助控制系统

泵站辅机及公用设备控制系统配置有排水启动控制设备、水力量测设备等。控制盘（箱）均布置在各设备附近，控制盘均采用 PLC 控制，并可通过监控系统公用 LCU 将设备信息上送计算机监控系统，在监控系统上位机实现各设备的远程监视功能。

4.2 火灾自动报警系统

依据《水利工程设计防火规范》GB50987 中要求，大中型水利工程均应设置火灾自动报警系统，本文中提到的两座泵站均为中型泵站，结合泵站规模各设置 1 套区域火灾自动报警系统，

主要由设置在控制室、配电室、管理用房等的感烟、感温探测器，声光报警器，手动消防报警按钮及报警控制器组成，可对火灾进行早期报警。火灾自动报警系统主要由设置在不同位置的感烟、感温对火情进行早期报

警,根据火情可手动启动消防设备。

4.3 设备布置说明

中小型泵站都有一个共性,设备布置空间相对比较紧凑,追求经济性、集约型控制要求,也就造成了现在此类型泵站设备选择及组柜方式确定时要因项目而已,做好定制化设备布置方案。某1及某2泵站考虑到主厂房空间相对有限,各泵站泵组只设置1面泵组LCU柜,采用一控多的方式,用于控制全站的泵组。各泵组的软启动柜与低压配电柜布置统筹考虑,放置在低压配电室。为优化组柜方案,直流系统采用的是DC110V电压等级,减少电池数量,间接优化了盘柜的数量。其余UPS电源柜、网络柜、视频装置等二次设备布置在管理用房的控制室中。监控系统的操作员工作站及视频的工作站布置在控制室操作台上。

4.4 智能化改造思路

泵站作为重要的水利基础设施之一,如何运用数字孪生技术、智能化设备等技术手段提升运行效率,提高运维管理水平,是泵站智能化改造的重要关注点。对于大型泵站,受其规模大、影响范围广、供电电压等级高等因素,各建管单位均比较重视,从机电设备层面上,各设备制造商也乐意针对大型设备定制研发相关的状态在线监测、异常状态分析等装置或系统。中小型泵站因泵站容量不大,供电设备电压多为35kV或10kV,水泵机组也相对较为简单。同时考虑工程规模相对偏小、建设周期短及管理单位分散化等因素,同时考虑到管理者对中小型泵站的重视程度不一、行政干预因素、缩短建设周期等原因,从智能化需求上并不明确。

中小型泵站监测数据相对简单,但信息实时化能力有待提高。在实时监控、图像接收、数据信息传输等多平台共享采集数据的效率较低,泵站管理者对于数据库的管理维护能力不足。还存在前端设备智能化、集成化程度低等问题。随着近几年水利部大力推进数字孪生工程建设等因素,在此结合本文中两座新建泵站的自动化建设情况,梳理最容易实现也是效果最直观的中小型泵站智能化改造的三个重点方向如下:

第一,监控系统的智能化,中小型泵站一般站控级设备配置较为简单,在不过多改变现有泵站监控系统架构体系下,可通过软件层面融入机器学习、智能分析、智能报警等算法,在现有的泵组启停控制基础上,简化人工参与度,通过智能算法分析,先行为运行管理人员减轻长期关注工作站屏幕强度,再就是通过智能算法参与到设备状态的预判,赋能运管人员做决策。另外在满

足泵站运行需求基础上,要求各主要设备也进行设备层面的智能化改造,如高压盘柜的在线监测、水泵的在线监测等。

第二,视频监视系统的智能化升级,近几年视频摄像机更新换代频繁,融合智能算法、边缘计算等功能的智能摄像机越来越普遍,可结合智能摄像机的更换,融合人脸识别、智能监测等功能,加快视频画面到智能分析画面的转换。计算机监控系统显示画面以二维为主,不够直观,建议有条件的中小型泵站还可以融合三维模型,加强可视化。

第三,智能融合,推进各系统的数据交互及智能融合,如视频监视与计算机监控并存,但相互之间缺乏必要的有机联系,如视频监视观察到的事故或危险信号没有反馈给计算机监控系统,使二者之间没有智能联动起来。视频监控与火灾自动报警系统也缺少必要的联动,建议泵站智能化改造过程中将联动关系从接口深入到内容,切实的服务于工程运行管理。同时尽可能利用公共资源,避免重复建设,以尽量不增加轻后期运维费用为目标,完成智能融合。

5 小结

本文以两座新建中型泵站的自动化系统设计为基础,通过梳理自动化系统、视频监视系统设计方案及设备布置优化等内容,结合数字孪生技术的独特优势,以及运管单位对于智能化提升的关注重点,提出了对于中小型泵站类型智能化改造思路,赋能提高运行管理效率,优化人员配置,确保泵站高效、稳定、经济、智能运行,为中小型泵站的建设和管理变革提供新的思路。

参考文献

- [1]方国材等著.数字孪生智能泵站技术研究与应用[M].河海大学出版社,2024.
- [2]瞿亚纯,朱晨晟.数字孪生在泵站无人智能化管理中的应用[J],电气自动化,2023(04).
- [3]张蕾.水利泵站运行智能化技术的研究.[J].科学技术创新,2024(14).
- [4]刘瑾.水利泵站运行智能化技术研究[J].水上安全,2024(04).
- [5]李伟.智能化技术在泵站电气自动化控制中的应用[J].现代工业经济和信息化,2024(07).

作者简介:周红娟(1982.07),汉族,女,硕士研究生,高级工程师,研究方向:水利水电工程电气、信息化设计和咨询。