

DOI: 10.19344/j.cnki.issn1671-5276.2025.01.036

基于 PLC 的厂站设备及自动化改造

丁振兴¹, 刘丽花², 秦国富¹, 吴家勇¹, 韦俊飞¹, 诸葛晓春¹

(1. 广西上善若水发展有限公司, 广西 南宁 530022; 2. 中国轻工业南宁设计工程有限公司, 广西 南宁 530022)

摘要:为实现自来水厂站设备自动化运行,提升厂站设备管理运行的可靠性及安全性,对某市投入运营的 30 000 t/d 自来水厂站全厂工艺设备及自动化现状进行调研分析;对取水泵站、送水泵站、加药设备、中控设备、加压泵站、流量计等设备进行改造;改造后通过 PLC 控制及智能采集终端模块将关键设备参数及在线监测数据接入组态软件及智慧水务平台,实现远程控制功能,更加全面实时监控全厂及泵站设备运行状态。实现厂站自动化、智能化、智慧化的运营与管理,降低了运营成本。

关键词:自来水;厂站设备;自动化改造;PLC;中控设备

中图分类号:TP29 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-5276(2025)01-0170-05

Equipment and Automation Transformation of Waterworks Station Based on PLC

DING Zhenxing¹, LIU Lihua², QIN Guofu¹, WU Jiayong¹, WEI Junfei¹, ZHUGE Xiaochun¹

(1. Guangxi Shangshanruoshui Development Co., Ltd., Nanning 530022, China;

2. China Light Industry Nanning Design Engineering Co., Ltd., Nanning 530022, China)

Abstract: To automate the operation of water plant equipment and improve the reliability and safety of plant equipment management and operation, survey and analysis were conducted on the process equipment and automation status of the entire 30 000 t/d water plant station in a certain city. Renovation was undertaken on the plant equipments including water intake pump station, water supply pump station, dosing equipment, central control equipment, booster pump station and flow meter etc. After the renovation, key equipment parameters and online monitoring data were connected to configuration software and smart water management platform through PLC control and intelligent collection terminal module, which materializes remote control, achieves more comprehensive and real-time monitoring of the operation status of the entire plant and pump station equipment and realizes automation and intelligence of operation and management with reduction of operating costs.

Keywords: tap-water; waterworks station equipment; automation transformation; PLC; central control equipment

0 引言

当前,国内自来水厂及泵站设备自动化水平与国外一些发达国家地区相比,在混凝、沉淀、过滤、消毒等工艺环节设备的自动化水平相对较低,部分工艺段还存在人工操作的情况,从而导致能耗较大,管网水压不稳定,供水效率不高,可靠性较低。因此,基于 PLC 技术和自动控制,对厂站关键工艺设备进行自动化改造,建立厂站生产自动化监控系统,提升自动化运行水平,从而降低运行管理费用,节约人工成本^[1-2]。本文针对某现有水厂及泵站自动化运行管理及远程控制要求,对厂站关键工艺设备进行自动化改造,研发水厂及泵站自动化控制管理系统,实现全厂自动化运行管理及泵站无人化值守,对提高城市水厂自动

化管理水平及居民健康可靠用水具有非常重要的意义。

1 厂站设备及自动化现状

1.1 泵站现状

泵站包括取水泵站、送水泵站及加压泵站 3 部分,现状为:取水泵站现有取水泵机组 3 台,取水泵站取水流量、压力、温度、pH 值、浊度数据、视频监控均已传送至中控画面显示,但水泵电机缺乏温度、电流监测,经现场调研了解到泵站采取人工本地控制启停。

送水泵站现有 5 台供水机组,其中 1—4 号机组已接入中控上位机组态软件控制,5 号机组现场本地控制,如图 1 和图 2 所示。

基金项目:广西壮族自治区大数据发展局资助项目(2021-022)

第一作者简介:丁振兴(1986—),男,广西桂林人,高级工程师,硕士,研究方向为水处理设备与自动化、高新产品研发, dzx202@163.com。



图1 送水泵站现场机组



图2 送水泵站触摸屏控制系统

加压泵站离水厂约 10 km,厂外加压泵站内的 PLC 数据采集以及组态画面相对完善,但与水厂缺乏通信,子站与中央控制室之间缺乏数据互联互通,不能实时监控运行状态,尚需人工值守。

1.2 水厂设备现状

加药间原二氧化氯发生器加药机未投入使用,现场拆除二氧化氯发生器的加药泵来投加次氯酸钠,采用人工手动调节加药机功率。

加药间自控子站未集中到组态软件上管理,子站点控制参数限值报警功能不具备,运行数据及状态不能实时监控。

2 厂站设备及自动化改造方案

2.1 泵站自动化改造

取水泵站将原有 PLC 控制接入上位机组态软件,实现远程控制功能,更加全面实时监控取水泵站各个机组运行状态;增加原水水位监测功能,并将数据上传到中控室监控平台;将视频监控接入中控室,实现现场状态实时监控;对重要设备增加 UPS 电源,应对在发生突发断电情况时可以保持电源供给 0.5 h 以上^[3]。

取水泵站改造设备清单如表 1 所示。

表 1 取水泵站改造设备清单

产品名称	规格/型号	说明
压力变送器	量程 0~1 MPa	带模拟量模块
POE 交换机	18 口千兆	海康威视
枪机及配件	400 万像素夜视	海康威视
多模光纤收发器	千兆,850 nm	netLink
应急电源 UPS	3 000 VA/2 400 W	山克
模拟量隔离器	4~20 mA; DC24 V	MIK-602S;响应 时间≤0.5 s
信号防雷器	标称放电电流:10 kA; 最大放电电流:20 kA	DK-DCM24; 响应时间<1 ns
电涌保护器	最大持续电压 (L-N)340 V; 1P+N, I _{max} : 40 kA	EA9L409F230; 响应时间<25 ns

送水泵房将 5 号供水泵机组控制连接至中控室组态软件,减少人员现场启停、巡检压力,并修改组态软件,修改未启用的 5 号机组的页面,新增启停功能,从而实现 5 号机组的远程监控,同时实现水泵机组之间的自动切换控制,现场控制或远程控制启停;视频监控接入中控室以及视频监控管理平台,实现现场状态实时监控。

送水泵站改造设备清单如表 2 所示。

表 2 送水泵站改造设备清单

产品名称	规格/型号	说明
压力变送器	量程 0~1MPa	带模拟量模块
变频器	ACS510-01- 246A-4	380 V 132 kW 246 A 带中文面板
变频器安装	定制	软启动器拆卸, 变频器安装

为实现加压站(厂外加压站)的无人值守,进行如下技术改造:

- 1) 安装智能采集终端模块,接入仪器仪表及传感器;
- 2) 新增自动投加药系统并入现有 PLC 控制柜;
- 3) 仪器、仪表数据上传至云端服务器;
- 4) 加压站视频及数据通过外网接入中控室,通过单独连接外网的计算机进行监控。

加压泵站及自动化改造设备清单如表 3 所示。

表 3 加压泵站及自动化改造设备清单

产品名称	规格/型号	说明
加药机	AKJY-1 000	计量泵 15~20L/H
智能采集终端模块	GRM533Y-C OPC	组态软件/ PLC 数据读取

续表3

产品名称	规格/型号	说明
流量积算仪	DN500/DN60	海康威视
多模光纤收发器	千兆,850 nm	netLink
应急电源 UPS	3 000 VA/2 400 W	山克
模拟量隔离器	4~20 mA;DC24 V	MIK-602S; 响应时间≤0.5 s
压力变送器 电涌保护器	量程 0~1 MPa	带模拟量模块

2.2 水厂设备自动化改造

加药间加氯设备为实现远程控制消毒剂投加量,进行以下改造:

- 1) 新增次氯酸钠加药机 2 台;
- 2) 加药机与现场 PLC 接线编程调试;
- 3) 增加远程参数调节、启停控制功能;
- 4) 相关加药参数及数据实时传送至中控组态软件。

在现有的上位机组态基础上,完善未集中到组态软件上管理的子站点页面,增加相关子站点控制参数限值报警功能,监控实时运行数据及状态。

上位机组态软件新增改造内容:

- 1) 取水泵站管理页面;
- 2) 加药站管理页面;

3) 5 号供水泵站机组页面。

2.3 智慧水务平台方案

为满足未来水厂集中管控、多端管控、远程监控的需要以及保障水厂生产活动不间断运行,将泵站及水厂自控系统的数据采集及远程监控功能集成到智慧水务管理平台,实现对厂站设备的远程控制^[4-6]。图 3 为智慧水务管理平台的 1 级功能和 2 级功能结构图。

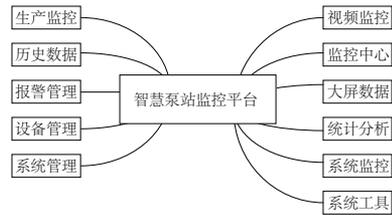


图 3 智慧水务管理平台功能结构图

3 厂站设备及自动化改造实施及效果

3.1 泵站自动化改造

泵站改造后可以对泵站内关键设备如水泵、电机、阀门等设备的关键参数由泵站现场 PLC 控制柜控制,数据包括水泵、电机的启停、阀门的开关及预警等接入中控,从而实现泵站设备中控制^[7](图 4)。

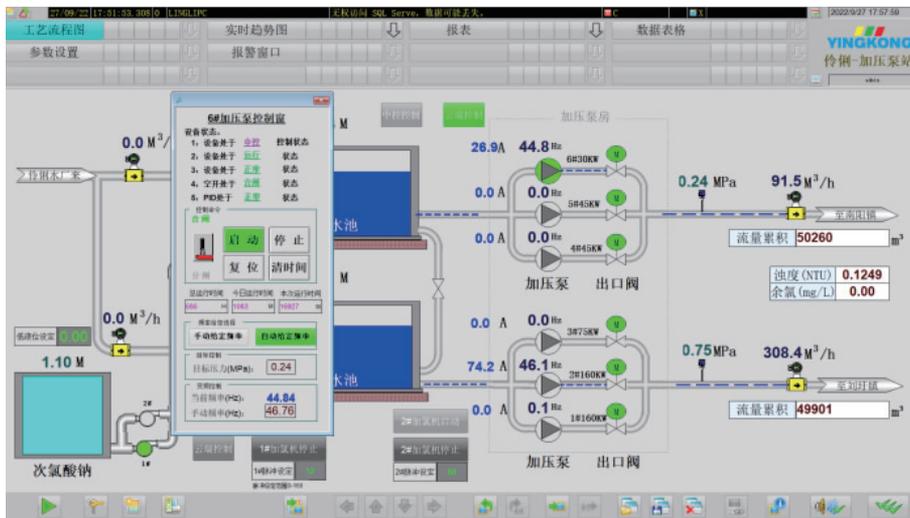


图 4 加压泵站中控控制

加压站所有机组均已实现恒压供水,所有水泵操作相同,点击相应水泵机组,将频率给定模式改为自动,设定好供水压力,变频器将按照出水压力自动调节运行频率。

3.2 水厂自控系统改造

水厂内通过对加氯设备、消毒设备等 PLC 通

信模块、液位显示报警模块等改造及中控室智能采集终端模块、工控机、交换机等设备更换或改造,实现全厂自动控制^[8]。

水厂控制采用就地控制、本地控制和云端控制 3 级控制。就地控制为现场启停应急及检修操作;本地控制采用 PLC、HMI 触摸屏控制;云端控

制用于实现远程控制及自动化管理^[9](图5)。

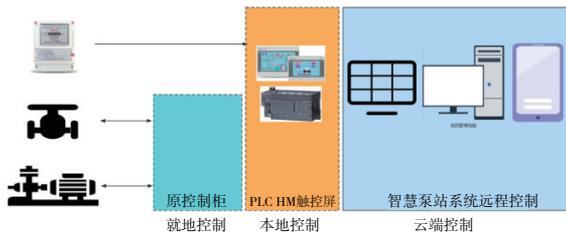


图5 三级控制示意图

对加氯设备改造后,在中控室即可实现自动控制及智能加药(图6)。加氯机切换至自动状态时,加氯机与取水泵联动,当取水泵任意一台运行时,加氯机会自动启动,取水泵所有泵停止后,延迟 10 min 自动关闭加氯机。加氯频率由人工进行调节,根据现场实际情况结合以往操作经验调整加氯频率。

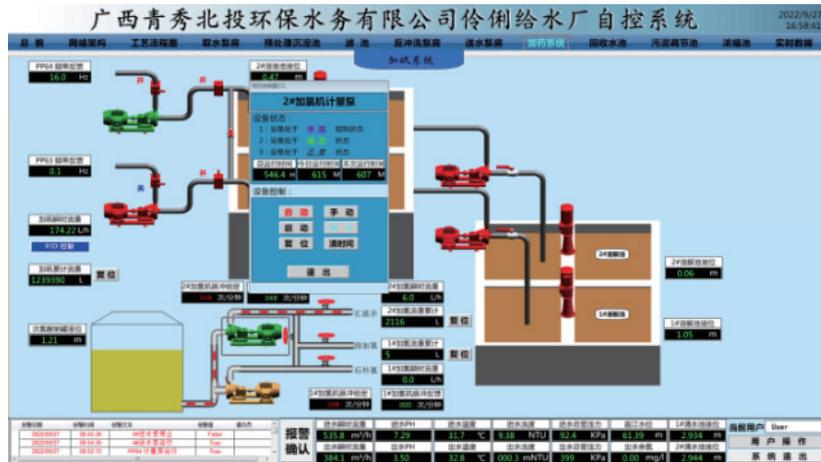


图6 加氯设备自动控制系统

滤池采用恒液位自动控制,通过 PID 调节方式在参数调节界面滤池液位处设置所需控制液位

的高度,系统将按照预设液位高度进行自动调节(图7)。



图7 滤池设备自动过滤及反冲洗系统

3.3 智慧水务平台

在完成泵站及水厂设备的自动化改造后,将泵站及水厂相关的核心数据接入智慧水务管理平台,实现对泵站及全厂设备的全生命周期、智慧化管理。

泵站设备监控系统可以对泵站内关键设备如水泵、电机、阀门等设备的关键参数及水质、压力、流量进行在线实时监控。

泵站远程控制通过将泵站所有关键参数包括水泵、电机的启停、阀门的开关及预警等接入泵站远程控制系统,从而实现泵站设备远程控制。

在完成取水泵站、送水泵站、加压泵站及水厂设备、自动化改造后,将设备关键数据通过 PLC 控制柜接入至水务信息化平台,实现对取水量、供水量、水质、水压及水厂生产运行情况进行智慧化运营管理。

4 结语

水厂泵站经过设备及自动化改造后,取水泵站、送水泵站、加压泵站达到无人值守的要求,节约人工成本约20万元/年;自来水厂通过PLC控制接入组态软件及智慧水务平台,实现远程控制功能,消除了水厂信息孤岛,推动数字水务发展进程,实现了水务业务数据信息化集成互通及协同管理,全面推行水务公司数字化、智慧化管理,进一步减少了人力成本和运维成本。改造后的厂站运行结果表明:水厂及泵站系统整体运行可靠,运行管理效率提升,自动化水平高、数据实时性强。同时,研发了水厂及泵站自动化控制管理系统,实现全厂自动化运行管理、远程控制及泵站无人值守,对提高城市水厂、泵站自动化管理水平及居民健康、可靠用水具有非常重要的意义。

参考文献:

[1] 柳雪刚,李正厚,潘灵通,等.龙岗水厂设计特点及设

备化水厂工程化应用[J].给水排水,2020,56(9):55-59.

- [2] 林滔.一种基于嵌入式小型PLC的智能控制模块设计[J].机械制造与自动化,2022,51(5):219-222,234.
- [3] 胡锡春,李小凯.基于PLC的无人泵站全自动控制系统[J].自动化博览,2015(6):86-88.
- [4] 陆明.奉贤第一水厂自动化控制系统的设计与应用[J].自动化应用,2020(11):155-158.
- [5] 唐伟,王思宇,姚妍彬,等.保定市排水总公司数字化信息管理平台建设[J].信息化建设,2016(5):16.
- [6] 陈方亮.洛阳北控智慧水务二次供水远程监控平台建设与应用[J].中国给水排水,2016,32(24):59-61.
- [7] 徐建国.浅谈青浦第二水厂制水工艺流程自动化的设计与实现[J].净水技术,2017,36(S1):129-134.
- [8] 郭维.水厂自动化供水系统的优化设计[J].造纸装备及材料,2022,51(6):67-69.
- [9] 马慧,李卫星,岳远东.现代化水厂自动化控制系统的应用[J].能源与环境,2021(5):106-107.

收稿日期:2023-08-23

(上接第103页)

2) 主钩侧与吊耳连接的4根吊绳,在盾体翻转角度 α 为 $0^\circ \sim 80^\circ$ 范围内,只有2根在吊耳A、吊耳B的吊绳受力,在吊耳C、吊耳D的吊绳不受力;当 $\alpha = 80^\circ$ 时,在吊耳C、吊耳D的吊绳才开始受力;在 α 为 $80^\circ \sim 90^\circ$ 范围内,4根在吊耳A、吊耳B、吊耳C、吊耳D的吊绳全部受力。吊绳拉力 P_A 、 P_B 在 α 为 $0^\circ \sim 80^\circ$ 范围内不断增大;在 $\alpha = 80^\circ$ 时最大,为 $0.341G$;在 α 为 $80^\circ \sim 90^\circ$ 范围内不断减小。吊绳拉力 P_C 、 P_D 在 α 为 $0^\circ \sim 80^\circ$ 范围内为0;在 α 为 $80^\circ \sim 90^\circ$ 范围内不断增大;在 $\alpha = 90^\circ$ 时最大,为 $0.273G$ 。当 $\alpha = 90^\circ$ 时,4根吊绳受力相等,为 $0.273G$ 。

3) 副钩侧与吊耳连接的2根吊绳,在盾体翻转角度 α 为 $0^\circ \sim 90^\circ$ 范围内不断减小;在 $\alpha = 0^\circ$ 时最大,为 $0.275G$;在 $\alpha = 90^\circ$ 时最小,为0,不再受力。

4) 通过利用推导出的各个吊绳受力函数,在ANSYS Workbench软件中分别对6个吊耳施加对应的载荷函数,进行有限元静力学仿真分析,最后得出各个吊耳的最大总位移和最大等效应力,均满足现场吊耳的强度和刚度使用要求。

5) 前盾翻身吊绳过程,各个吊绳受力函数的推导和计算,为大型设备翻身吊装提供参考计算方法,为吊装设备和吊锁用具的选型提供依据。

参考文献:

- [1] 洪开荣,冯欢欢.近2年我国隧道及地下工程发展与思考(2019—2020年)[J].隧道建设(中英文),2021,41(8):1259-1280.
- [2] 杨啜,曹忠民,贾晓辉.地铁盾构机吊装施工及安全监控[J].建筑技术,2014,45(9):783-785.
- [3] 段利飞.地铁站区间工程盾构机吊装下井及安全控制[J].成都工业学院学报,2021,24(2):55-59.
- [4] 戴超人.超大直径盾构机主驱动翻身吊装置的设计及应用[J].新技术新工艺,2022,410(2):43-47.
- [5] GB/T 6067.1—2010 起重机械安全规程 第1部分:总则[S].
- [6] 何聪,赵茜,袁文征.超大直径盾构机主驱动吊装工装的设计及应用[J].建筑机械,2018(10):76-80.
- [7] 厉晓英,闫龙.塔设备吊耳的受力分析及计算关键点探讨[J].化工与医药工程,2020,41(4):61-65.
- [8] 连亚东,王洪申,李柏林.基于ANSYS的电主轴静动态特性仿真分析[J].机械制造与自动化,2021,50(4):74-76,100.
- [9] 景玉,黄勇,毛立青.有限元分析在吊耳设计中的应用[J].石油工程建设,2021,47(4):61-63,80.
- [10] 王哲,王宏伟,周俊,等.基于正交试验的盾构机吊耳结构尺寸优化设计[J].机械研究与应用,2022,35(4):66-70.
- [11] 张牧龙,张艳君.边拱起吊吊耳局部受力有限元分析[J].山西建筑,2020,46(20):154-155.

收稿日期:2023-02-10