

污水处理与排水联动的研究与应用

巴显一^{1,2,3}, 李 标^{1,2,3}

(1. 煤炭科学技术研究院有限公司; 2. 煤矿应急避险技术装备工程研究中心;
3. 北京市煤矿安全工程技术研究中心, 北京 100013)

摘要:介绍了通过联动控制来优化污水处理站和泵房的运行,以减少人力资源的浪费、提高能源和水资源利用率以及应对紧急情况。详细分析了某煤矿泵房和污水处理厂的处理工艺,并设计了相应的控制系统。该控制系统包括硬件配置(工控机、PLC、控制柜、通讯设备与仪表等)、下位机硬件配置(主电箱、远程 IO 电箱等)以及上位机软件设计(WinCC 监控系统),同时还阐述了泵房和污水处理厂的 PLC 程序设计和运行逻辑。结合实际应用检验,深入探讨了该联动控制的可行性和优越性,也为其推广提供了有力的理论支持。

关键词:煤矿;排水泵房;污水处理;联动控制

中图分类号:TD743

文章编号:1000-0682(2024)01-0030-04

文献标识码:B

DOI:10.19950/j.cnki.CN61-1121/TH.2024.01.007

Research and application of linkage between wastewater treatment and drainage

BA Xianyi^{1,2,3}, LI Biao^{1,2,3}

(1. Coal Science and Technology Research Institute Co., Ltd.; 2. Coal Mine Emergency Refuge Technology and Equipment Engineering Research Center; 3. Beijing Coal Mine Safety Engineering Technology Research Center, Beijing 100013, China)

Abstract: A linkage control system was introduced to optimize the operation of sewage treatment plants and pump stations in order to reduce the waste of human resources, improve energy and water resources utilization, and respond to emergencies. The processing technology of a pump house and sewage treatment plant in a certain coal mine was analyzed in detail, and a corresponding control system was designed. The control system includes hardware configuration (industrial computer, PLC, control cabinet, communication equipment and instruments, etc.), lower machine hardware configuration (main electric box, remote IO electric box, etc.) and upper machine software design (WinCC monitoring system). The PLC program design and operating logic of the pump house and sewage treatment plant were also explained. Through practical applications, the feasibility and superiority of this linkage control system were deeply discussed, and strong theoretical support was provided for its promotion.

Keywords: coal mine; drainage pump house; sewage treatment; linkage control

0 引言

随着经济和工业的飞速发展,煤炭产量不断增加,同时也产生了大量的煤矿废水。尤其在中国这样人口众多、水资源相对紧缺的国家。如何高效地处理煤矿废水,降低处理成本同时减轻对环境的负

面影响,已成为当前急需探究的问题,传统煤矿排水泵房和污水处理厂独立运行,造成了资源的浪费和运营成本的增加,排水联动技术可以有效提高处理效率和降低处理成本。以此为背景,探讨如何通过联动控制的方式解决煤矿排水问题,降低成本和提高资源利用率。

某煤矿改造前,污水处理厂需要用一套污水处理系统处理生活污水和矿用污水两种污水,处理生活污水时以及调节池水位到达上限时,排水泵房无法排水,污水处理厂与排水泵房启停需要靠调度员之间相互电话联系,污水处理站和泵房需要各自配

收稿日期:2023-09-14

第一作者:巴显一(1996—),男,黑龙江大庆人,本科,助理工程师,现主要从事煤矿设备自动化有关工作。

E-mail: j841399434@qq.com

通信作者:李标, E-mail: libiao@ccrise.cn

置四个轮班操作人员 24 小时值班。此外,处理生活污水与处理矿用污水的药剂投放量与处理时间有区别,污水处理厂处理两种污水需要更改参数,但是实际使用时往往没有更改参数,造成药剂浪费与效率降低。因此改造前,排水泵房和污水处理厂理论上实现了无人化,但是实际使用时往往需要人为控制。

联动改造后,排水泵房可以根据污水处理厂的参数结合水仓深度自动排水,污水处理厂也可根据污水来源自动切换参数,彻底实现了无人化,也避免了调度员沟通无效的风险,在发生紧急情况时可以自动处理。

通过对比联动和非联动两种工作模式下的运行成本和资源利用率,可以发现联动控制有效降低了操作人员的工作量,减少了设备运行成本。最终实现了节约资源、降低成本、提高经济效益的目标。通过实践的检验,联动控制的方式是可行的。

1 总体设计

以某煤矿泵房和污水处理厂为背景,分析处理工艺,设计控制系统。

煤矿泵房其主要作用是将地下矿井的水排出到地面上,以方便矿方进行开采活动。由水仓、负压灌水系统、真空泵、电动闸阀组成。泵房中设置有两个水仓,用于收集煤矿废水,并且装有一个液位传感器,用于监测水仓的液位。当水位达到设定液位后,系统自动启动排水操作。排水时,通过抽真空系统给真空泵注入水,使用负压表来监测真空度,以判断真空泵中是否注满水。当真空泵中的水被注满时,系统自动关闭抽真空系统并开启真空泵,同时使用正压表检测正压压力,当正压压力达到设定值后,会自动开启电动闸阀,将水仓中的水排放到污水处理厂。系统还可以根据水仓的水位变化情况,实现自动控制水泵的启停操作,以防止意外涌水事故的发生。泵房中的自动控制系统能够有效地实现对矿井废水的收集、排放和监测。

某煤矿污水处理厂日处理能力为 10 000 吨,四分之一为生活用水,四分之三为工业用水,由调节池、沉淀池、曝气池、污泥浓缩池等组成。

污水处理厂工艺流程如图 1,生活污水和矿用污水在到污水达处理后,首先经过调节池进行预处理。预处理的主要目的是去除大的悬浮物和颗粒物,为后续处理做好准备。调节池内配备有仪器,可以检测池内的浑浊度和其他指标,以确定预处理完成的时间。当预处理完成后,水通过排向沉淀池。

沉淀池内先后加入了 PAC(絮凝剂)和 PAM(混凝剂)使小颗粒物沉淀,同时采用调节 PH 值的措施,以加速沉淀。当混凝作业完成后,水通过提升泵经过过滤器排往曝气池,在曝气池中加入适量的氧化剂,以彻底杀死水中的细菌,保证排放的水达到规定要求,或通过回用达到资源循环利用的目的。调节池与沉淀池中的沉淀物可以通过水池底部的污泥泵排往污泥浓缩池中,再通过压滤机压成泥饼外运。

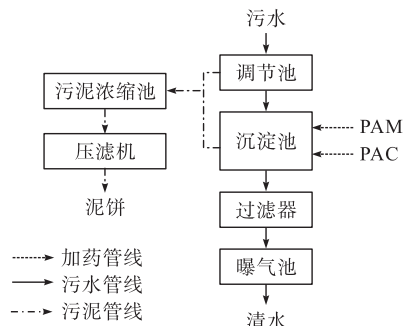


图 1 污水处理厂工艺流程图

2 控制系统设计

2.1 硬件配置

控制系统的硬件主要包括工控机、PLC、控制柜、通讯设备与仪表等。在运行层方面,系统配备了一个工程师站和两个操作站,同时还安装了西门子 WINCC 上位机软件,以实现对设备的操作和监测。在控制层方面,系统采用了两个西门子 PLC 及其从站,来确保生产线的顺畅运行,如图 2。而在设备层方面,则使用了各种仪表及设备来实现对生产过程的监测和控制。为确保系统间的顺畅通讯和协同工作,控制层及运行层采用了工业以太网 TCP/IP 通讯方式。设备层则采用 485 与模拟量通讯方式,以确保数据传输的可靠性和信息的准确性。总的来说,系统硬件配置的先进性和完备性,为生产过程的控制和监测提供了强有力的支持。

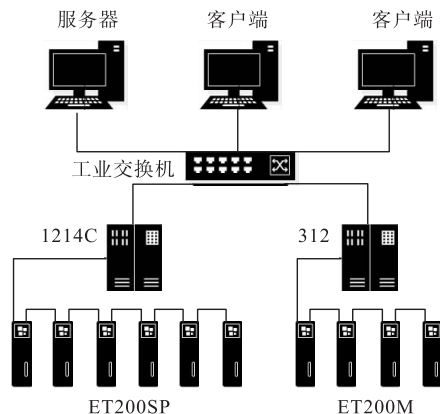


图 2 系统硬件结构图

泵房的 PLC 系统采用了一个主电箱和六个远程 IO 电箱。主电箱采用了西门子 1214PLC, 能够对水仓的水位进行监测和控制, 同时还能够控制报警系统和水泵的启停操作, 以确保生产过程的正常运行。而远程 IO 电箱则主要用于检测水泵的运行参数, 以及控制电动闸阀的开合。远程 IO 电箱采用 ET200SP 从站, 能够实现实时监测和控制系统各个节点的运行状况。

污水处理厂的主电箱采用了西门子 312PLC, 远程 IO 则使用了四个 ET200M 从站。主电箱主要用于控制污泥浓缩池、压滤车间和加药间等设备, 而从站则主要控制沉淀池、絮凝池、提升机和硫酸添加系统等各个环节, 以保证对系统运行状态的准确监测和控制。

2.2 软件设计

为了对系统进行全面监测, 上位机软件采用了 WinCC 进行设计。系统在运行时, WinCC 通过驱动程序和外部设备进行数据的采集和传输, 包括采集数据和发送数据/指令等。而每一个驱动程序都是一个 COM 对象, 这种方式使通讯程序与 WinCC 相互补充, 构成了一个完整的监控系统。上位机监控软件包含两个系统: 泵房系统和污水处理系统, 每个系统主要包括以下七部分: 监控系统总图、系统的动态工艺流程图、各设备的运行参数图、手动/自动操作界面、历史曲线查询、报警记录显示表和系统自诊断图。这些部分相互衔接, 能够为监测人员提供全方位的信息服务, 确保系统的稳定运行。

泵房和污水处理厂的 PLC 程序均具有就地和远程两种控制方式。在就地状态下, 操作人员可以通过柜门按钮来控制泵房中的单个设备。而在远程状态下, 则通过上位机和触摸屏操作。在远程状态手动模式下的上位机界面可以直接对单个设备进行启停控制, 自动模式下, 泵房的启动逻辑则取决于泵房水池的水位和污水处理厂沉淀池的排水允许状态以及泵房水池的进水速率, 综合这几个条件进行判断, 以确保稳定排水。

2.3 运行逻辑简述

当预处理池正在处理生活污水时, 系统可以根据涌水情况自动计算水池填满所需时间(t_2)与预处理池允许排水剩余时间(t_1)比较, 如 $t_2 \geq t_1$, 则待预处理池允许排水时再排水, 如果 $t_2 \leq t_1$, 则通过增加沉淀池投药的方式减少处理时间(t_1), 如果仍然 $t_2 \leq t_1$, 则在一段时间后关闭生活污水处理管道, 处理井下污水。 t_1 可以通过污水处理厂配方数据与生活污水存储池计算得出, t_2 的计算如下所示:

$$t_2 = \frac{h_p - h_l}{\Delta h}$$

式中: t_2 为水位到达排水位时间 (min); h_p 为水仓排水水位 (m); h_l 为实时液位 (m); Δh 为实时液位变化 (m/min)。

当污水处理厂处理污水时, 通过液位变化计算的涌水量和污水处理效率比对其进行加药调节和爆仓预警, 算法如下所示:

$$V_1 = \Delta h * d + V$$

$$t_3 = \frac{(h_y - h_l)d + (h_{wy} - h_{wl})d_w}{V_1 - V_2}$$

$$t_4 = \frac{(h_l - h_l)d + (h_{wl} - h_{wl})d_w}{V_2 - V_1}$$

式中: t_3 为水位到达系统预警时间 (min); t_4 为水位到达低液位时间 (min); V 为排水管道流量, (m^3/min); V_1 为涌水量 (m^3/min); V_2 为污水处理厂处理量 (m^3/min); h_y 为水仓预警液位 (m); h_{wy} 为预处理池预警液位 (m); h_l 为水仓实时液位 (m); h_{wl} 为预处理池实时液位 (m); h_l 为水仓低液位 (m); h_{wl} 为预处理池低液位 (m); d 为水仓液面面积 (m^2); d_w 为预处理池液面面积 (m^2); Δh 为实时液位变化 (m/min)。

当涌水量超过污水处理厂处理量时, 系统可显示水系统至预警水位所需时间 t_3 , 涌水量小于处理量时, 可以显示污水处理完成所需时间 t_4 , 也可通过设定 t_4 的数值, 系统可以自动根据涌水量调整加药量与系统功率, 在涌水量不高或时间不紧急时, 减少加药量, 节约成本。

以 1 号泵 1 号管路为例, 具体运行逻辑如图 3 所示。这样的设计可以提高系统的安全与可靠性, 同时在运行过程中, 如果污水处理厂出现任何故障, 泵房可以立即停止工作, 从而派生出的意外事故都可以得到妥善的解决, 避免了安全事故的发生。

为了提高泵房的工作效率, 针对不同种类的污水投放不同药剂并设定不同处理时间, 以严格控制污水排放标准, 从而保障了系统的卫生和环保特性的同时减少了成本, 泵房与污水处理厂的 PLC 通过西门子 S7 通讯进行信息交互。综上所述, 这样可以确保整个处理过程的自动化和规范化, 同时提高了作业效率和质量, 更好地保障了设备的安全与可靠性。

3 结语

该文通过探索煤矿用排水泵房与污水处理厂联动控制的方式, 使得两者之间可以实现数据共享和信息传递, 从而提高了资源的利用效率, 降低了成

本,实现了经济效益的提高。这种联动控制方式是十分可行和可推广的,可以为煤矿生产提供更好的服务,也为环境保护作出了积极的贡献。

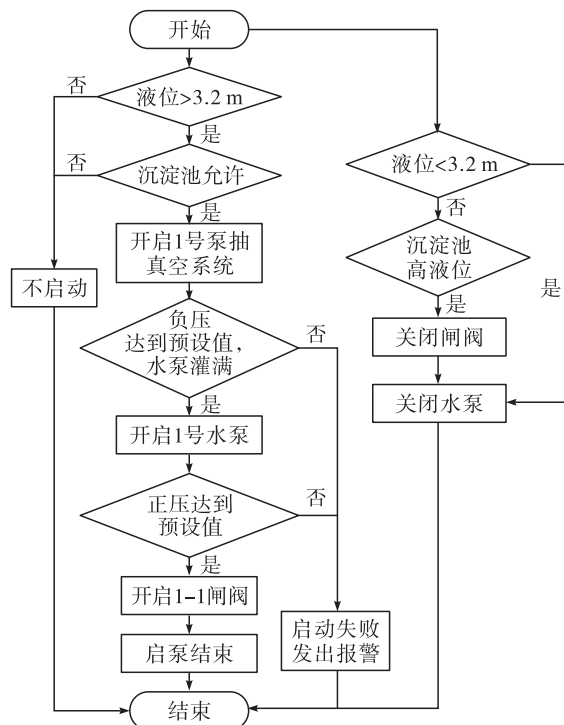


图3 改造后泵房运行逻辑

参考文献:

- [1] 吴明永. 供水泵站自动化监控系统的设计与应用[J]. 工业仪表与自动化装置, 2022(5): 58-61.
- [2] 付强. 煤矿污水处理控制系统设计[J]. 机械管理开发, 2020, 35(11): 257-260.
- [3] 任林霞. 煤矿污水处理工艺方案设计与应用研究[J]. 山西化工, 2022(1): 278-280.
- [4] 张欣. 超临界机组变频循环水泵节能自动控制技术[J]. 工业仪表与自动化装置, 2022(06): 36-40.
- [5] 周红芳. 基于 S7-300 PLC 工业循环水系统设计[J]. 工业仪表与自动化装置, 2021(02): 59-62.
- [6] 刘红英. 煤矿主排水系统自动化控制研究[J]. 煤矿机械, 2018(04): 27-28.
- [7] 张成栋. 智能化泵站信息系统技术架构的设计和实现[J]. 科技创新与应用, 2020(18): 103-105.
- [8] 李建平, 甄立东. 西门子 WINCC V7.4 基础与应用(第2版)[M]. 北京: 机械工业出版社, 2019.
- [9] 谭伟. 基于 PLC 的污水处理厂自动控制系统[J]. 智能建筑与智慧城市, 2018(07): 35-37.
- [10] 于功江. 大涌水量千米深井主排水系统设计问题探讨[J]. 煤炭工程, 2019, 51(6): 43-46.

(上接第17页)

和边缘网关的智慧农业大棚监控系统,为农户提供各种环境参数的实时查询、告警、控制以及自动调节等功能。系统主要帮助传统温室大棚在不进行重建和大规模改动前提下,完成对大棚的智能化管理,从而释放出更多的人力物力,可以在有限人力的情况下进行更大规模的种植。系统采用基于正三角形网格的部署方案,使单个节点的网络覆盖范围达到最大,构建了一个高质量无线传感器网络,可根据大棚农业种植面积随时扩大网络覆盖范围。可方便实现监测系统站点式、移动式分布,解决了因种植面积扩大而造成布线难等问题。该系统可移植性和扩展性较好,稍作改造即可推广应用至棚外大田种植、山地种植和其他生态环境检测系统中。

参考文献:

- [1] 边缘计算产业联盟. 边缘计算参考架构 3.0, 边缘计算产业联盟白皮书[R]. 2018.
- [2] 朱姝. 云网融合时代基于边缘云的智能云化家庭网关的探索与实践[J]. 电信科学, 2023, 39(Z1): 1-6.

- [3] 张博文. 基于物联网的智慧农业监控系统研究[D]. 荆州: 长江大学, 2017.
- [4] 李国鑫, 柴西林. 多节点分布式智慧农业大棚监控系统设计[J]. 软件, 2022, 43(05): 56-60.
- [5] 徐振兴, 高振天, 孙奎. 基于 STM32 的站台门与信号系统接口电压采集装置硬件设计[J]. 工业仪表与自动化装置, 2023(04): 54-57.
- [6] 刘斌, 孙艺哲, 李秀杰, 等. 基于无线传感网络的温室环境低功耗监测系统[J]. 吉林农业大学学报, 2022, 44(4): 10.
- [7] 雷建云, 韩峥嵘, 曾繁迪, 等. 基于 ZigBee 的低功耗蔬菜大棚远程无线传感测控系统[J]. 中南民族大学学报: 自然科学版, 2019, 38(1): 131-137.
- [8] 路广华, 王增海, 刘明波, 等. 基于边缘云计算的数据智能云平台研究[J]. 移动信息, 2022(6): 163-165.
- [9] 杨帆, 徐军, 吴振生, 等. 基于 Web 端多节点红外热成像传感系统设计[J]. 激光杂志, 2022(02): 043.
- [10] 宋孟华, 王泽, 姜潜基, 等. 变电站智能监控系统设计与实现[J]. 工业仪表与自动化装置, 2023(03): 8-11+36.