

老旧水厂 PAC 投加系统设备更新选型与节能降耗改造研究

郑博文

南京远古水业股份有限公司, 江苏南京, 210000;

摘要: 随着城市化进程的加速, 水资源的管理与利用变得愈发重要。老旧水厂作为城市供水系统的重要组成部分, 其运行效率与能耗水平直接影响到整个供水系统的稳定性和经济性。本文聚焦于老旧水厂 PAC(聚合氯化铝)投加设备的更新选型与节能降耗问题, 详细分析了改造的背景、内容、难点、实施方案及预期效益。通过更换老旧设备、升级电气自控系统、优化控制逻辑及修缮辅助设施, 项目显著提升了系统的自动化水平和运行稳定性。文章重点探讨了改造过程中的技术难点及解决方案, 如临时投加系统的搭建、PLC 控制程序优化及双母管设计等。改造完成后, PAC 单耗降低超 10%, 生产效率和管理水平显著提高。本研究可为类似水处理系统的升级改造提供参考。

关键词: PAC 投加系统; 自动化改造; PLC 控制; 水处理; 节能降耗

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 02. 011

引言

PAC(聚合氯化铝)是一种广泛应用于水处理工艺的净水剂, 其通过吸附、凝聚和沉淀作用降低原水浊度, 是水厂生产过程中的关键环节。制水厂原有的 PAC 投加系统建于 2007 年, 设备老化严重, 故障率高, 且控制系统无法接入水厂自控系统, 导致生产效率低下。随着水厂扩建工程的完成, 原有 PAC 投加系统已成为制约整体自动化运行的瓶颈。因此, 2022 年水厂启动了 PAC 投加系统改造项目, 旨在提升系统的自动化程度、运行可靠性和管理效率。

本文结合项目改造方案、实施过程及运行效果, 系统分析了技术改造的关键点, 并总结了改造后的经济效益和社会效益, 为类似水厂的技术升级提供借鉴。

1 项目背景

1.1 PAC 投加系统的作用

PAC 投加系统的主要功能是向原水中定量投加聚合氯化铝, 通过电中和、吸附架桥和网捕作用, 使水中悬浮颗粒形成絮体并加速沉淀, 从而实现固液分离。投加量的精确控制直接影响出水水质和运行成本。

1.2 原有系统存在的问题

设备老化: 投加泵组、搅拌机等设备锈蚀严重, 故障率升高。

自动化程度低: 控制系统无法接入水厂自控系统, 依赖人工操作。

安全隐患: 配电系统不稳定, 辅助设施存在破损风险。

管理粗放: 无法实现自动配药和精准加药, 导致药耗偏高。

1.3 改造的必要性

随着水厂四期扩建及二期深度处理工程的投运, 其他工艺均已实现自动化控制, PAC 投加系统的落后严重制约了整体运行效率。因此, 2022 年该厂将其列入年度技改项目, 以提升系统的自动化水平和稳定性。作为水厂生产流程中的关键环节, PAC 投加设备的稳定运行直接关系到出厂水质的安全与稳定。特别是在面对原水水质波动或突发污染事件时, PAC 的高效投加能力能够迅速响应, 有效控制水质恶化, 保障城市供水安全。然而, 当前 PAC 投加设备存在的问题不容忽视, 设备老化导致的投加精度下降、能耗增加以及自动化程度不足等问题, 已严重制约了水厂运行效率的提升和水质保障能力的发挥。因此, 对 PAC 投加设备进行更新选型, 不仅是解决当前问题的迫切需要, 更是实现水厂节能减排、提高供水质量的长远之计。

2 改造内容

2.1 投加设备换新

(1) 更换投加泵组为格兰富 DME940-4 系列数字计量泵, 该系列泵组具有高效节能的特点, 同时实现流量精确控制。

(2) 升级耐腐蚀搅拌机、双母管及阀门, 提高设备可靠性。

2.2 电气自控设备升级

(1) 采用双电源供电, 确保系统在单路电源故障时自动切换。

(2) 升级 PLC 控制系统, 实现远程监控和自动调节。

2.3 控制程序优化

(1) 基于 PLC 重新编写控制程序, 实现自动配药和自动加药功能。

(2) 增设双流量计监测, 实时对比投加量, 确保准确性。

2.4 辅助设施修缮

(1) 重新布局管沟, 优化功能分区。

(2) 对墙面、地面进行防腐蚀处理, 消除安全隐患。

3 项目难点及解决方案

3.1 改造期间持续投加需求

难点: PAC 投加是水处理的核心环节, 改造期间需保证 24 小时不间断运行。

解决方案:

(1) 搭建临时投加系统: 在加矾间东侧安装临时配液罐、搅拌机和投加泵, 确保改造期间正常生产。

(2) 设置应急投加装置: 在沉淀池池面布置备用投加点, 应对突发情况。

3.2 自动化控制逻辑优化

难点: 原有控制系统无法满足自动配液和精准投加需求。

解决方案 (配液): 配液系统主要由四个配液池以及附属电气机械设备组成, 采用 PLC 编程实现三种配药控制模式 (自动、半自动、手动)。

(1) 手动模式即人为控制所有阀门及提升泵;

(2) 半自动模式即系统自动切换配液池、不自动配液, 需人工手动点击配液;

(3) 自动模式即系统自动切换配液池、自动配液搅拌等;

(4) 自动配液可设定配液浓度, 配液浓度为 N 可设置;

(5) 自动配液操作流程: 打开进液阀门, 打开提升泵, 液位增长至 A 米时, 停止提升泵、关闭进液阀门, 打开进水阀门, 液位增长至 B 米时, 打开搅拌机, 液位增长至 C 米时, 关闭进水阀, 搅拌机打开 D 分钟后, 关闭搅拌机;

(6) 自动切池操作流程: 液位降低至 X 米 (可设) 时, 打开一下配液池搅拌机, 液位继续降低至 Y 米 (可设) 时关闭在用配液池出液阀门, 出液阀门关闭动作 K 秒后, 打开下一个配液池出液阀门, 配液池搅拌机运行 T (可设) 分钟后, 关闭搅拌机, 搅拌机关闭 5 分钟后, 开始前一配液池配液流程。

解决方案 (投加): 水厂共有四期净水系统, 每期净水系统配置 3 台投加泵, 两用一备, 通过优化投加算法, 基于进水流量和矾耗动态调节投加量, 公式

如下:

$$T = \frac{Q * A}{1000P * N}$$

其中: Q =进水流量 (m^3/h)

A =矾耗 (g/m^3), 值班工人可即时设置

T =计量泵投加量 (L/h)

N =矾液配置比例, 配液加矾液位比总体上升液位

P =原液密度 (g/cm^3), 管理人员可设置

4 实施过程

改造分为五个阶段:

4.1 临时系统搭建 (2022 年 9 月)

在开始内部施工之前, 在现有加矾间附近搭建了一套临时投加系统, 临时投加系统包括临时配液储罐、搅拌机及投加泵等。临时投加系统经过安装调试过后, 将各组沉淀池 PAC 投加切至临时投加系统后再进行内部施工。

临时投加系统的投入使用, 确保了改造期间药剂投加的连续性和稳定性。同时, 临时投加系统还具备灵活性和可扩展性, 可以根据实际生产需求进行调整和优化。

4.2 原有设备拆除

原有 PAC 投加系统设施设备老旧, 已无再利用价值, 本次改造将原有搅拌机、电气控制柜等所有设备拆除报废, 并且因工艺布局改变, 将所有原管路管线拆除。拆除工作严格按照安全操作规程进行, 确保施工人员的安全。在拆除过程中, 特别注意对周边环境的保护, 避免拆除产生的废弃物对周围环境造成污染。拆除后的废弃物进行分类处理, 可回收的进行回收利用, 不可回收的按照相关规定进行安全处置。同时, 为确保后续施工顺利进行, 拆除工作完成后, 对拆除区域进行了彻底的清理和检查, 确保无遗漏的废弃物和潜在的安全隐患。

在拆除原有设施设备的过程中, 我们还特别注意了对新设备安装的准备工作。根据新的工艺布局和设计的要求, 提前规划了新设备的安装位置和所需的空间, 确保拆除后的区域能够满足新设备的安装需求。此外, 我们还对新设备的安装进行了详细的计划和安排, 包括设备的运输、就位、调试等各个环节, 以确保新设备能够顺利安装并投入使用。

4.3 土建及辅助施工

因投加系统重新设计, 管路管线位置变更, 改造过程中将原管沟填平, 并重新开挖新管沟, 同时将原有地面、墙面、池体进行了整体出新。为确保新投加系统的稳定运行, 新管沟的开挖严格按照设计要求进行, 深度、宽度均达到标准, 且管沟底部进行了平整

处理,以确保管线的铺设质量。在地面、墙面、池体的出新过程中,采用了环保耐用的材料进行重新铺设和粉刷,不仅提升了美观度,还增强了设施的耐用性。同时,为确保施工质量和进度,施工过程中加强了质量监督和安全管理,所有施工人员均经过专业培训,并严格按照操作规程进行施工。施工过程中还特别注意了对周边环境的保护,避免施工产生的噪音、粉尘等对周围环境造成不良影响。经过紧张的施工,土建及辅助设施施工顺利完成,为后续的设备安装和调试打下了坚实的基础。

4.4 新设备安装与调试

此次改造将投加系统核心设备投加泵组统一更换为格兰富 DME940-4 系列,方便后期自动调节投加量,另本次改造也将各辅助设备(管路管件、搅拌机、流量计、电气控制设备等)统一升级换新,以满足自控需求。

在设备安装过程中,为确保设备稳定运行和精准控制,施工团队严格按照设备制造商的安装指南进行施工。投加泵组的安装位置经过精心选择,以确保其能够高效地吸入和排出介质,同时减少能量损失。安装过程中,施工团队对泵组的水平度、垂直度进行了精确调整,并使用专用工具进行紧固,以确保其在长期运行过程中不会出现松动或振动。

对于各辅助设备的安装,施工团队同样注重细节和质量。管路管件的连接采用了高质量的密封材料和连接方式,以确保介质在传输过程中不会泄漏。搅拌机的安装位置和方向经过了精确计算,以确保其能够有效地搅拌介质,提高投加效果。流量计的安装则确保了其能够准确地测量介质的流量,为自控系统提供可靠的数据支持。电气控制设备的安装则遵循了电气安全规范和标准,确保了设备的电气安全和稳定运行。

在安装完成后,施工团队还进行了全面的检查和测试,以确保所有设备都能够正常运行并满足设计要求。

4.5 系统联调及验收(2022 年 12 月)

本次改造重新编写了系统控制程序,实现了远程监控及操作以及自动、半自动、手动三种控制模式。为了确保新系统的稳定性和可靠性,对控制程序进行了严格的测试和验证,模拟了三种控制模式,以检验程序的响应速度和准确性。同时,还对远程监控系统的功能进行了全面检查,确保操作人员能够对系统进行实时监控和操作。在自动配液和自动投加功能的程

序开发中,特别注重了介质的配比精度和加药量的准确性,以确保系统的投加效果达到最佳。通过不断的调试和优化,目前控制程序已经稳定运行,并成功实现了预期的各项功能,顺利通过竣工验收。

5 改造效果

5.1 系统可靠性提升

(1) 双母管设计:某段母管泄漏时,可切换至备用管路,不影响系统运行。

(2) 双流量计监测:实时对比流量数据,及时发现管路异常。

(3) 双电源供电:确保系统在单路电源故障时自动切换。

5.2 运行效率提升

(1) 投加量控制精度提高,自动模式下输入值根据对应进水流量计自动调整投加流量。

(2) 自动化程度提升,减少人工干预。

5.3 经济效益

(1) 降低生产药耗(经测算 2023 年度较 2022 年度降幅超 10%)、维修成本及人工管理成本。

(2) 设备故障率下降,延长使用寿命。

5.4 社会效益

(1) 出水水质更稳定,保障供水安全。

(2) 为行业提供自动化改造范例。

6 结论

本次 PAC 投加系统改造通过设备更新、自动化升级和控制逻辑优化,显著提升了系统的运行效率和稳定性。改造后的系统实现了精准加药、远程监控和故障自诊断,为水厂的智能化发展奠定了基础。未来可进一步探索 AI 算法优化投加策略,实现更高效的运行管理,以推动水处理行业的持续进步与发展。

参考文献

- [1]王亚楠.城市水厂运行健康评估研究与应用:价值工程,2024(13)
- [2]宁运芳;刘柱;陈学水;于芳;李响;邓亚军;刘铁军.大型老旧水厂不断水集约化重建技术与实践,给水排水,2022(09)
- [3]岑启航.小型水厂超负荷供水工艺改造实践.净水技术,2020(03)
- [4]张洁.浅谈自来水厂机电设备技术管理的思考及实践[J].中国设备工程,2024(22)