

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.02.019

进水泵房恒液位恒流量自控系统改造效能评估

马九利, 王伟, 黄继会, 许益鸿
(苏州市排水有限公司, 江苏 苏州 215006)

摘要: 针对某污水厂进水泵房液位和流量控制情况,设计开发了进水泵房恒液位恒流量自动控制模式,研究了在高/低液位下,进水泵的启停以及流量变化情况。结果表明,在高液位下,进水泵能够稳定保持恒流量模式运行;在低液位下,进水泵稳定保持恒液位模式运行;在高液位与低液位之间,模式可自行切换,降低了人工劳动强度及对生物处理单元的冲击,同时也降低了能耗。

关键词: 污水厂; 恒液位; 恒流量; 自动控制

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)02-0109-04

Efficiency Evaluation of Constant Liquid Level and Constant Flow Program Reformation in the Inlet Pump Room of WWTP

MA Jiu-li, WANG Wei, HUANG Ji-hui, XU Yi-hong
(Suzhou Drainage Co. Ltd., Suzhou 215006, China)

Abstract: Aiming at the control of liquid level and flow in the inlet pump room of the wastewater treatment plant (WWTP), the automatic control mode of constant liquid level and constant flow in the inlet pump room was designed, and the start and stop conditions of the inlet pump and the flow change at high/low liquid level were studied. The results show that the inlet pump can stably maintain constant flow operation at high liquid level and the inlet pump can stably maintain constant liquid level mode at low liquid level. The mode can be switched by itself between high liquid level and low liquid level, which reduces the intensity of manual labor, the impact on the biological processing unit, and also energy consumption.

Key words: wastewater treatment plant; constant liquid level; constant flow; automatic control

1 概述

随着我国大批污水处理厂建成并投入使用,如何提高其运营管理水平,节约运行能耗,降低经营成本,成为亟需解决的问题^[1]。而水量控制是生产运行的核心要素,进水量的波动情况对生物处理单元溶解氧和污泥浓度冲击较大。物联网与云计算等先进技术手段的发展与应用,为加速污水处理厂智能

化与信息化管理提供了基础条件。基于PID智能调节^[2-3],利用变频器、PLC和仪表来实现进水泵恒液位恒流量的自动化控制,不仅可以保障设备运行的稳定性、准确性,减少频繁启停泵机对设备造成老化磨损等不利影响,降低工作人员的劳动强度,还能减少进水流量波动对生物池运行带来的冲击,提高工艺运行的稳定性和自动化水平。

基金项目: 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2017ZX07205001)

通信作者: 马九利 E-mail: 943616897@qq.com

某污水处理厂有一期、二期两段不同生物处理工艺,运控中心当班职工根据进水泵房液位的高低,采用传统的人工手动调度方式调节一期、二期配水量。在采用手动方式调节进水泵频率的过程中,易因缺乏预判能力,导致进水流量有较大波动,对生物池水质造成较大的冲击,既不利于生物处理单元溶解氧控制,又不利于外管网水量调配。在液位较高,尤其是进入汛期时,当班人员需要关注液位,不断地调节进水泵频率,不仅增加了劳动强度,同时频繁启停进水泵造成设备老化磨损等严重影响;在液位较低时对进水泵有一定的影响,且难以做到恒液位运行。因此,结合运行经验及反复试验,对进水泵房进行恒液位恒流量自控系统改造,进水泵根据流量、液位、运行时长进行排序控制,实现了水泵运行时长平衡、负荷平衡,进一步提升了自动化效能。

2 改造方案

对进水泵进行自动化系统改造,该系统是一种基于PID控制,利用PLC和变频器技术来实现恒液位恒流量的自动控制方法。当进水泵房液位较高时,通过自动调节进水泵频率,使厂内总流量保持恒定,执行恒流量控制模式;当进水泵房液位较低时,通过自动调节进水泵频率,使进水泵房液位保持不变,执行恒液位控制模式。

恒液位恒流量自动化系统切换模式:当泵房液位低于设置的恒液位值时,进水泵采用恒液位控制模式,当流量达到设置的恒流量液位控制值时,自动切换为恒流量控制模式。大部分情况下,进水泵都处于恒流量控制模式,只有液位低时,才切换为恒液位控制模式。进水泵根据自控模式自动调节频率。

进水泵开启原则及顺序:当泵房液位高于设置的恒液位值或流量低于设置的恒流量时,先开启一台水泵,开泵原则是以泵运行时长最短者优先,该水泵开启后,根据设定的恒液位或恒流量自动调节,当频率上升到最大值后,持续运行达到延时设置时长后,自动开启第二台水泵,频率从最小值开始自动调节,减少增泵带来的波动,开泵原则以此类推,循环开启,直至达到恒流量为止,水泵自动进入恒流量控制运行。

进水泵停止原则及顺序:当泵房液位低于设置

的恒液位或流量高于设置恒流量时,作为恒液位或恒流量调节的进水泵频率降到最低时,持续达到延时设置时长后,停止一台水泵,再进行自动恒液位或恒流量调节,依次循环,以此类推。所有进水泵在运行过程中,至少保留一台进行恒液位或恒流量调节,自动灵活切换,不固定是哪一台进水泵。所有进水泵都可以单独地进行自动与中控控制,可随时自由切换。同时进水泵房设置最低液位报警,作为水泵极限保护。

3 项目后评估

该污水处理厂于2019年6月1日完成进水泵房的自控系统改造,改造前、后进水泵房运行数据对比分析如下。

3.1 改造前、后瞬时流量对比

① 高液位下恒流量运行情况

在液位较高时(3.50~7.30 m),进水泵自控系统改造前一期、二期进水流量以及进水泵房液位曲线见图1。

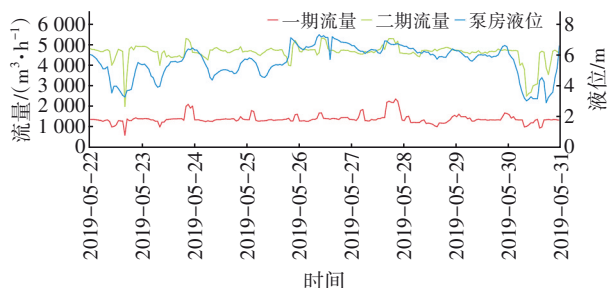


图1 改造前高液位时一期、二期进水流量以及进水泵房液位曲线

Fig.1 Inlet water flow of phase I and phase II and liquid level curve of inlet pump room at high liquid level before reformation

由图1可以看出,在进水泵房液位波动较大时,进水泵频率未进行实时调整,导致一期、二期的进水流量波动较大,对后续生物处理单元溶解氧控制造成一定影响。

在液位较高时(4.00~6.70 m),进水泵自控系统改造后,若进水泵房液位波动较大,进水泵可以根据液位及时作出相应调整,使一期、二期的进水流量基本保持不变(一期恒流量设定为1400 m³/h、二期恒流量设定为4600 m³/h),其曲线情况如图2所示。在泵房液位降低,达到恒液位设定值时,进水泵会根据设定程序,逐渐减少进水泵运行数量,见图2红圈标记处。

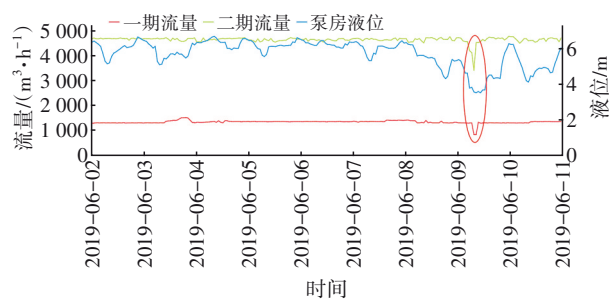


图2 改造后高液位时一期、二期进水流量以及进水泵房液位曲线

Fig.2 Inlet water flow of phase I and phase II and liquid level curve of inlet pump room at high liquid level after reformation

② 低液位下恒液位运行情况

该污水处理厂上游泵站保持低液位运行模式,因此进水泵房大部分维持恒流量模式运行。在无降雨条件下,以及每日02:00—04:00进水泵房液位较低时,进水泵房采用恒流量运行模式,具体如图3所示。

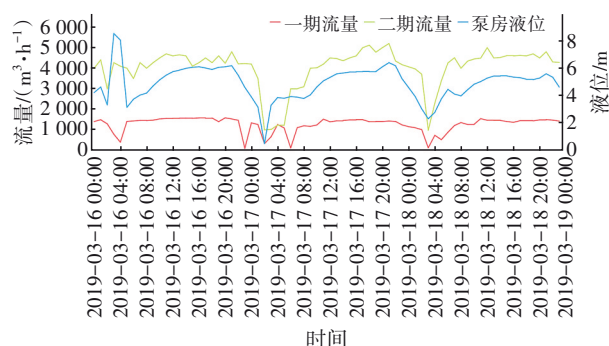


图3 改造前低液位时一期、二期进水流量以及进水泵房液位曲线

Fig.3 Inlet water flow of phase I and phase II and liquid level curve of inlet pump room at low liquid level before reformation

由图3可以看出,在液位较低时(0.49~3.50 m),进水泵房进水量较少,一期、二期进水流量波动较大,液位波动也较大,甚至达到0.49 m的极端液位(正常调度中,进水泵房液位>2.50 m),操作人员未能及时调整进水泵运行液位,这对进水泵会造成一定的损坏,同时,在液位过低时,易造成液位频繁波动,增加了操作人员劳动强度。

在液位较低时(3.10~3.50 m),进水泵自控系统改造后进水流量和进水泵房液位的变化如图4所示。

由图4可以看出,在进水泵房液位较低时,进

泵能及时做出相应调整,通过调节一期、二期的进水量,将液位控制在恒定的设定值(3.10 m)。

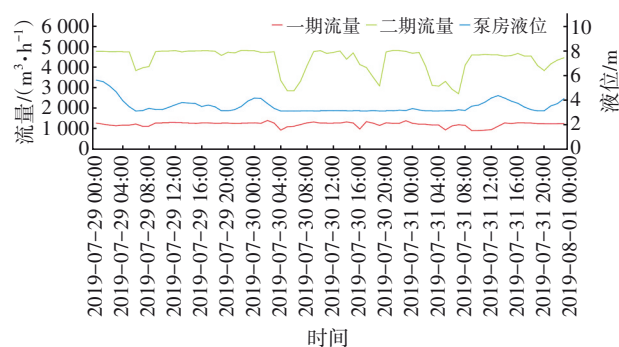


图4 改造后低液位时一期、二期进水流量以及进水泵房液位曲线

Fig.4 Inlet water flow of phase I and phase II and liquid level curve of inlet pump room at low liquid level after reformation

③ 恒液位恒流量自动切换运行情况

图5为高/低液位下,进水泵自控系统改造前一期、二期的进水流量以及进水泵房液位曲线运行情况。

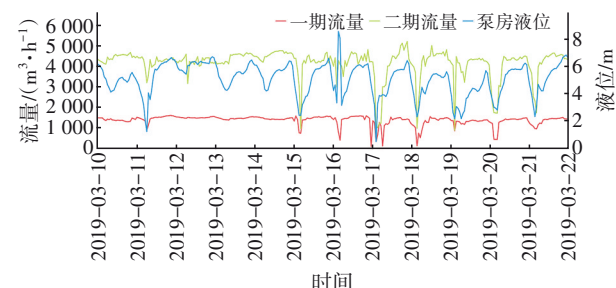


图5 改造前高/低液位时一期、二期进水流量以及进水泵房液位曲线

Fig.5 Inlet water flow of phase I and phase II and liquid level curve of inlet pump room at high/low liquid level before reformation

由图5可以看出,随着液位的变化,一期、二期的进水流量波动较大;在液位较低时,进水泵房难以控制到恒液位,增加了操作人员调控难度,且易出现液位频繁波动现象,导致进水泵频繁启停。

图6为高/低液位下,进水泵自控系统改造后一期、二期的进水流量以及进水泵房液位曲线运行情况。

由图6可以看出,在液位较低时,进水泵房液位控制在恒定液位,随着液位的升高,进水泵及时作出调整,自动提高水泵工作频率,逐步增加进水量,达到恒定流量值后持续稳定运行。

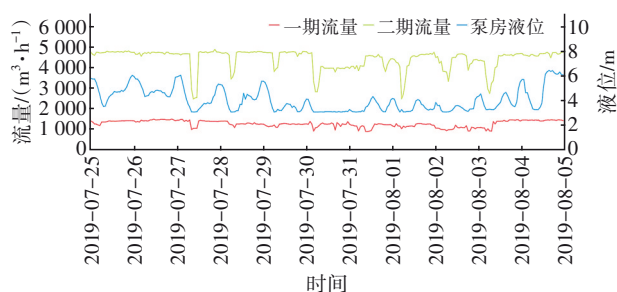


图6 改造后高/低液位时一期、二期进水流量以及进水泵房液位曲线

Fig.6 Inlet water flow of phase I and phase II and liquid level curve of inlet pump room at high/low liquid level after reformation

3.2 改造前、后平均液位对比

进水泵房经恒液位恒流量自控系统改造后,进水泵房液位下降,同时管网保持低水位运行。通过进水泵自控系统改造前、后污水厂进水泵房平均液位和上游泵站平均液位对比(见图7)可以看出,改造后平均液位4.86 m,较改造前(5.32 m)下降8.65%;上游泵站平均液位黄海标高由-0.43 m下降至-0.48 m。自控系统改造有利于污水管网低水位运行,保障服务片区内排水最不利点污水排放通畅,同时保证污水不入河。

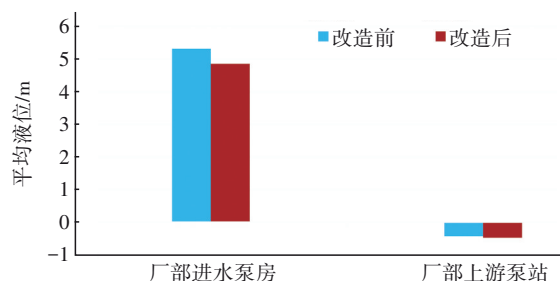


图7 改造前、后厂部进水泵房及上游泵站液位对比

Fig.7 Comparison of the liquid level of the plant inlet pump room and the upstream pumping station before and after transformation

3.3 改造前、后能耗对比

自控系统改造前、后泵房和整个污水处理厂的能耗对比见图8。

由图8可以看出,改造后水泵电单耗为 $0.0376 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$,较改造前($0.0409 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$)下降8.07%,改造后整个污水厂总能耗为 $0.393 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$,较改造前($0.419 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$)下降6.21%。

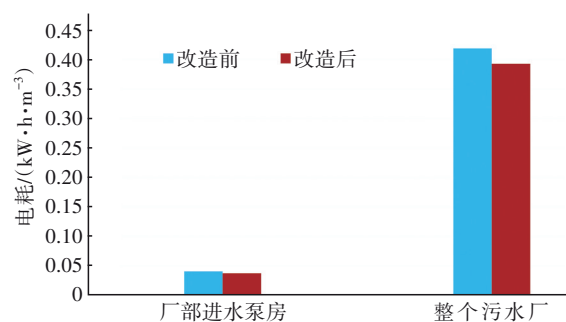


图8 改造前、后能耗对比

Fig.8 Energy consumption comparison of pumps before and after transformation

4 结论

进水泵房经过恒液位恒流量自控系统改造后,控制精度提高,能够满足污水处理厂生产的实际需要,不仅能够降本增效,同时减少了操作人员的工作量,降低了劳动强度,切实提高了污水处理厂的精细化管理水平。

参考文献:

- [1] 彭红涛. 基于PID恒液位系统在污水处理中的应用[J]. 科技创新与应用, 2015(4):112.
PENG Hongtao. Application of constant liquid level system based on PID in wastewater treatment [J]. Technology Innovation and Application, 2015 (4): 112 (in Chinese).
- [2] 穆帅欢,王洪诚,傅磊,等. 基于S7-200的液位PID控制系统设计[J]. 自动化应用, 2014(3):50-52.
MU Shuaihuan, WANG Hongcheng, FU Lei, et al. Design of PID liquid level control system based on S7-200 [J]. Automation Application, 2014 (3): 50-52 (in Chinese).
- [3] 李腾飞,王天涯. 基于PLC的液位控制系统研究[J]. 科学技术创新, 2017(3):161.
LI Tengfei, WANG Tianya. Research on liquid level control system based on PLC [J]. Scientific and Technological Innovation, 2017(3):161 (in Chinese).

作者简介:马九利(1991-),女,河南濮阳人,硕士,工程师,主要从事污水处理工作。

E-mail:943616897@qq.com

收稿日期:2021-06-15

修回日期:2022-04-27

(编辑:衣春敏)