

P - RTC 化学除磷智能实时控制系统在污水厂的应用

贾玉柱, 赵月来, 刘成钰, 付建永
(光大水务<济南>有限公司, 山东 济南 250100)

摘要: 城市污水处理厂若生物除磷效果不佳,则需投加化学药剂辅助除磷。由于目前传统的人工手动加药模式存在诸多弊端,山东省某污水处理厂于 2017 年对二期生物池加设 P - RTC 自动加药装置,建立能够协同生物与化学除磷的动态控制系统。将此装置一年的自动运行情况与一期手动加药运行情况对比发现,二期自动加药系统吨水药耗降低约 17%,提高了生物除磷效果,同时污泥产量降低了约 30%,节省人工成本近 3 万元/a。分析了 P - RTC 装置运行的优缺点及注意事项,可为其他污水厂的后期建设提供参考。

关键词: 污水处理厂; 化学除磷; 自动加药装置

中图分类号: TU992.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000 - 4602(2019)08 - 0087 - 04

Study on Operation Effect of P - RTC Automatic Dosing Device

JIA Yu-zhu, ZHAO Yue-lai, LIU Cheng-yu, FU Jian-yong
(Everbright Water <Jinan> Limited, Jinan 250100, China)

Abstract: Due to the poor biological phosphorus removal effect, the urban sewage treatment plant cannot stably meet the pollutant discharge standards of urban sewage treatment plants, so chemical agents should be added to assist phosphorus removal. The traditional manual dosing mode had many shortcomings. In 2017, a sewage treatment plant in Shandong Province added a P - RTC automatic dosing device to the second-stage biological pool to establish a dynamic control system capable of synergistic biological and chemical phosphorus removal. By comparing the result of one-year automatic operation of this device with the first-stage manual dosing operation, it showed that the chemical consumption per ton of water in the second phase was reduced by about 17%, which improved the biological phosphorus removal effect, simultaneously reduced sludge production by about 30% and saved annual labor cost by nearly 30 000 yuan/a. Advantages and disadvantages of the P - RTC device were discussed. The operation mode was standardized. The research could provide practical reference for the later construction of other plants.

Key words: sewage treatment plant; chemical dephosphorization; automatic dosing device

目前国内运行的某些城市污水处理厂生物除磷效果不理想,TP 无法稳定达标排放,需投加化学药剂辅助除磷^[1-3]。而一般的污水处理厂对出水 TP 的监测主要依据每日的常规检测数据,即每日不定期对进、出水样进行化验检测。当数据显示出水总磷超标时,再根据前期经验对工艺做出调整,主要是适当提高化学药剂的加药量、配药比,甚至超量投加

化学除磷药剂,直至再次监测的出水总磷含量符合排放标准^[4-5]。该种调控方式不仅相对滞后,而且超量投药增加了运行成本,削弱了活性污泥系统的生物除磷性能,对整个生物单元的高效脱氮除磷造成了长期不良影响。目前在工程应用中,行之有效的自动加药反馈系统还缺乏简单可行的技术与设备,有必要将运行经验和理论分析结合起来,解决加

药过量破坏生物除磷活性,药剂质量变差导致加药不足等问题。通过自动控制按计量学比例投加化学除磷药剂,可以降低成本和环境影响^[6-9]。

深圳滨河污水处理厂于2014年12月首次引进P-RTC自动加药装置。该设备运行稳定,可确保出水TP达标率为100%,平均药耗节省约26.7%。山东省某污水处理厂欲引进该设备并验证其在北方地区的运行效果,于2017年4月对二期生物池加设P-RTC自动加药装置,建立了能够协同生物与化学除磷的动态控制系统。一方面,解决了目前污水处理厂纯手工加药模式的难题;另一方面,实现了污水处理厂的自动化运营,最终可为无人值守模式奠定基础。P-RTC自动加药装置是一种自动投加化学除磷药剂的装置,它通过随时对生物池正磷酸盐数据检测来调整除磷药剂投加量,从而保证出水TP稳定在设定范围内。

1 P-RTC自动加药装置

P-RTC智能除磷系统是同步化学除磷的实时自动控制装置。它主要由化学除磷实时控制模块、正磷酸盐分析仪、采样预处理系统、数字控制器、在线流量计、计量泵等组成。化学除磷实时控制模块是该系统的核心部件,利用内置的数学模型计算程序自动对进水流量和正磷酸盐测量值两个输入信号进行计算,将计算出的加药量作为输出控制信号对计量泵进行自动控制,并在保证磷达标的前提下使除磷药剂消耗量最小化。系统通过4~20 mA电流回路信号或转换触点对计量泵进行连续控制,如果药剂投加量低于计量泵的最低流量,将自动触发脉冲-间歇运行。主要设备构成和功能见表1。

表1 P-RTC的主要设备构成和功能

Tab.1 Main equipment and function of P-RTC system

设备	主要功能
Filtrax 采样预处理系统	样品萃取、过滤,为正磷酸盐分析仪提供不含固体的水样。样品流速约900 mL/h,环境温度:-20~40℃
Phosphax SC 正磷酸盐分析仪	测量水样中的正磷酸盐离子(PO_4^{3-})。测量范围:0.05~15 mg/L(PO_4^{3-} -P),测量间隔:5~120 min(可调节)
SC1000 数字控制器	用于配置、供电和输出测量值。测量值以mg/L PO_4^{3-} -P显示在控制器上
WTOS P-RTC 化学除磷实时控制模块	是一种通用的开环控制和闭环控制装置,用于自动控制磷酸盐沉淀剂的给料

2 与传统手工加药的对比

2.1 P-RTC系统自控性能评估

根据《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准,出水TP浓度应稳定控制到0.50 mg/L。结合P-RTC系统的稳定度,以及前期检测点正磷酸盐与出水总磷的关系,确定采取较为保守的控制方式以防止出水TP超标,最终将正磷酸盐的设定值确定为0.29 mg/L。为考察P-RTC系统的稳定性及可靠性,2017年10月4日—11月7日以RTC系统内的磷酸盐设定浓度(0.29 mg/L)和过程正磷酸盐仪表反馈浓度为基础进行评估,结果如图1所示。

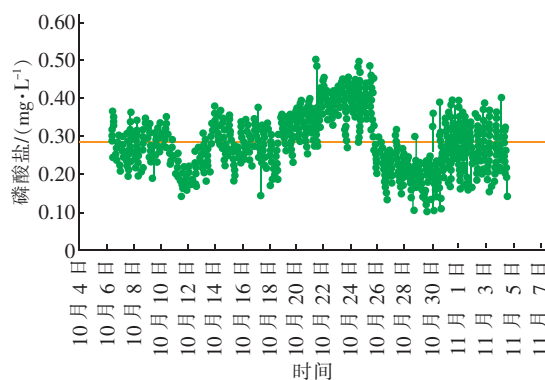


图1 2017年10月4日—11月7日过程磷酸盐仪表的实时反馈数据

Fig.1 Real-time feedback data for process phosphate meters from Oct. 4 to Nov. 7 2017

由图1得知,通过对比过程磷酸盐仪表的反馈浓度和系统设定浓度值,二沉池配水井的实时磷酸盐浓度在系统设定的0.29 mg/L一定范围内波动,且出水TP稳定控制在0.50 mg/L。

2.2 药耗对比分析

2017年4月—2018年9月,该厂一、二期的聚合铝铁(PAFC)药耗情况见图2。

如图2所示,二期生物系统增设P-RTC装置,通过对出水正磷酸盐实时监测,实现了PAFC自动加药功能。在确保出水水质稳定达标的前提下,吨水药耗明显降低。通过2017年4月—2018年9月的生产运行数据得知,二期PAFC吨水药耗比一期纯传统手工加药降低约17%,污泥产量降低约30%,提高了生物除磷效果。运行一年仅药剂费用节约成本超过20万元,真正实现了节能降耗,降低了生产成本。

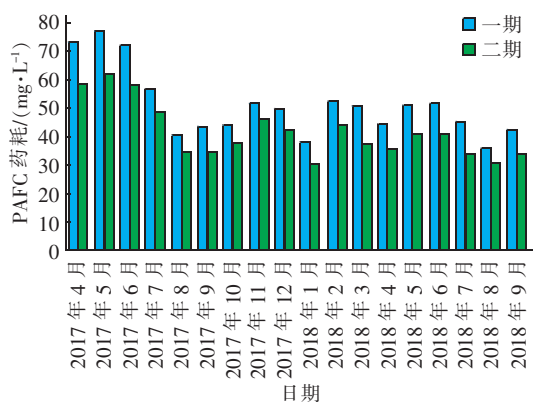


图2 一、二期 PAFC 药耗

Fig. 2 PAFC consumption for phase I and II

2.3 出水水质对比

2017年4月—2018年9月,该厂一、二期进出水 TP 情况分别见图3、4。

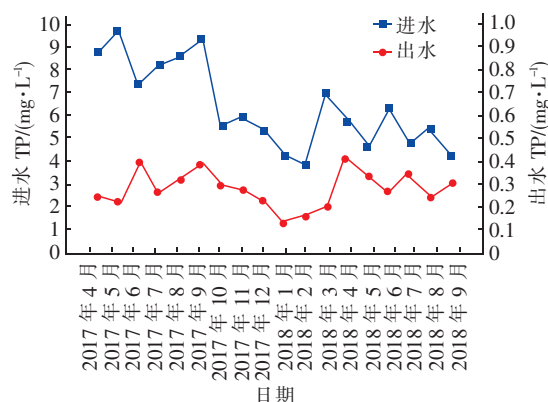


图3 一期进、出水 TP 变化

Fig. 3 TP concentration of influent and effluent for phase I

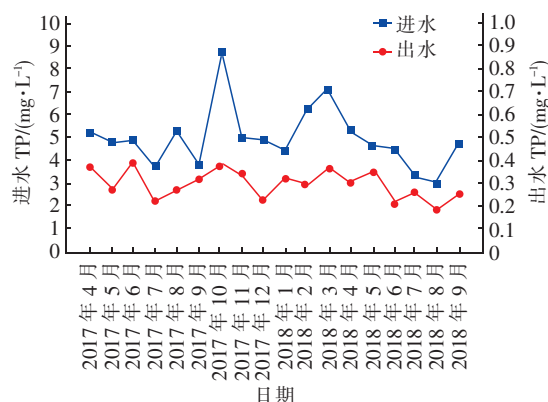


图4 二期进、出水 TP 变化

Fig. 4 TP concentration of influent and effluent for phase II

如图3、4所示,该厂一期采用传统手工加药方式,对出口 TP 的浓度控制存在明显的滞后,且出口 TP 不稳定,存在过高过低,波动性明显高于二期。

由二期进、出水 TP 数据曲线可知,P-RTC 智能除磷系统可准确监测出口 TP 数据,并及时将监测结果反馈于 PAFC 加药泵,实现自动化实时控制。在节约药耗成本的前提下,实现了出水 TP 的稳定持续排放。

2.4 设备维护及人工成本

因二期 P-RTC 智能系统采用集自动采样、自动分析、智能计算加药量、直接控制 PAFC 隔膜加药泵的闭环工作模式,取代了人工采样、人工化验、人工操作 PAFC 计量泵等操作,节省了人工费用,间接降低了处理成本。就目前该厂 P-RTC 智能系统运行情况来看,日常维护相对较为简单,主要是定期更换试剂、清洗或更换膜斗、更换采样器的蠕动泵软管。但该厂二期 PAFC 投加泵的流量采用冲程调节的方式,由于调节过于频繁,电动冲程调节机构容易出现故障,使用寿命较短,因此建议对流量采用变频调节。

3 运行注意事项

该污水处理厂在二期好氧池的出水口设置加药点,投加 PAFC,进行化学除磷。二期生物池系统由多个廊道组成,其中南北生物池各对应设有 1 个加药点,除磷药剂与污水混合后经由管道进入二期的二沉池配水井,再分配至 4 座二沉池。经一年多的实际运行,总结以下注意事项:

① 如果 P-RTC 自动加药装置测出的流量值和磷酸盐浓度暂时不可用(例如出现了故障),系统会自动采用锁定故障前的加药量,并按照此加药量持续加药。

② 计量泵可通过 0~20 mA 或 4~20 mA 电流环信号连续驱动,也可以通过转向触点驱动。如果给料速率低于泵的最低沉淀剂流速,系统会自动切换到脉冲/间歇模式。加药泵执行一次加药任务,最少运行 15 min,避免泵反复启动。

③ Phosphax SC 正磷酸盐分析仪如果完好,但不能工作,则应检查是否触发了湿度传感器,其作用是检测试剂或水样是否发生了泄漏。因此,应视具体情况修复损坏的部件或使湿度传感器变干并重新启动系统。

④ P-RTC 智能除磷系统未设有加药泵的故障状态反馈,会默认加药泵运行正常。

4 结论

P-RTC 化学除磷智能实时控制系统,利用其

内置的数学模型,以及精确稳定的在线监测仪表,能够实现快速、准确、稳定的药剂投加,不仅能够明显消除由于进水不稳定造成的出水 TP 波动,削峰效果明显,使出水 TP 稳定达标,而且在进水 TP 较低时,可以自动降低药剂投加量或者间断性加药,极大地节省药剂投加量。通过一年多的生产运行得知,二期吨水除磷药耗比一期手工加药模式降低约 17%,全年减少药剂成本近 20 万元。因除磷药剂投量降低可以有效减少絮凝污泥,节约污泥脱水和处置费用,P-RTC 系统稳定运行后平均产泥率由 $1.5 \text{ tDS}/10^4 \text{ m}^3$ 降至 $1.05 \text{ tDS}/10^4 \text{ m}^3$,全年节省污泥处置费用约 60 万元。同时因该智能系统采用闭环工作模式,在很大程度上解放了劳动力,节省了人工成本(近 3 万元/a)。

参考文献:

- [1] 温沁雪,王官胜,陈志强,等. 聚合铝铁强化 A^2/O 系统脱氮除磷研究[J]. 哈尔滨工业大学学报,2010,42(6): 945-948.
Wen Qinxue, Wang Guansheng, Chen Zhiqiang, *et al.* Study on polymerized aluminum-iron enhanced removal of nitrogen and phosphorus from A^2/O system[J]. Harbin Industry University Journal, 2010, 42(6): 945-948 (in Chinese).
- [2] Hou J L, Kang Y. Research progress of biological removal of nitrogen and phosphorus in municipal sewage [J]. Chem Ind Eng Prog, 2007, 26(3): 366-370.
- [3] 李炜炜,吴国防,丁云松,等. 城市污水厂化学除磷投药点后移的生产性试验[J]. 中国给水排水,2010,26(10): 107-109.
Li Weiwei, Wu Guofang, Ding Yunsong, *et al.* Productive test of chemical phosphorus removal dosing point in urban sewage treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(10): 107-109 (in Chinese).
- [4] Liao C M, Feng X D. Nitrogen and phosphorus removal for swine wastewater using intermittent aeration batch reactor followed by ammonium crystallization process[J]. Water Res, 1995, 29(12): 2643-2650.
- [5] 邱维,张智. 城市污水化学除磷的探讨[J]. 重庆环境科学,2002,24(2): 81-84.
Qiu Wei, Zhang Zhi. Discussion on chemical phosphorus removal from municipal wastewater [J]. Chongqing Environmental Science, 2002, 24(2): 81-84 (in Chinese).
- [6] 念东,王佳伟,刘立超,等. 城市污水处理厂化学除磷效果及运行成本研究[J]. 给水排水,2008,34(5): 7-10.
Nian Dong, Wang Jiawei, Liu Lichao, *et al.* Study on chemical phosphorus removal efficiency and operation cost in urban sewage treatment plant[J]. Water & Wastewater Engineering, 2008, 34(5): 7-10 (in Chinese).
- [7] 邱勇,李冰,施汉昌,等. 污水处理厂化学除磷自动控制系统优化研究[J]. 给水排水,2016,42(7): 126-129.
Qiu Yong, Li Bing, Shi Hanchang, *et al.* Optimal control of chemical precipitation of phosphorous in wastewater treatment plants[J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42(7): 126-129 (in Chinese).
- [8] 侯艳玲,刘艳臣,邱勇,等. 化学除磷药剂中三价铁铝对生物系统污泥活性影响的研究[J]. 给水排水,2010,36(6): 38-41.
Hou Yanling, Liu Yanchen, Qiu Yong, *et al.* Study on the effect of trivalent iron aluminum on the activity of biological system sludge in chemical phosphorus removal chemicals[J]. Water & Wastewater Engineering, 2010, 36(6): 38-41 (in Chinese).
- [9] Randall A A, Chen Y, Liu Y H, *et al.* Polyhydroxyalkanoate form and polyphosphate regulation: Keys to biological phosphorus and glycogen transformations? [J]. Water Sci Technol, 2003, 47(11): 227-233.



作者简介:贾玉柱(1991-),男,山东聊城人,硕士,研究方向为污水处理、污泥处置、污水厂优化运行。

E-mail: jnjiayuzhu@163.com

收稿日期:2018-12-16