

PLC 在 D - A²O 组合技术处理橡胶废水中的应用

周志明¹, 路瑞², 叶长兵³, 岳树刚¹, 李嘉³, 李云龙¹

(1. 云南滇清环境科技有限公司, 云南 玉溪 653100; 2. 环境保护部环境规划院 水环境规划部, 北京 100012; 3. 玉溪师范学院 化学生物与环境学院, 云南 玉溪 653100)

摘要: 为适应水量波动和实现节能的目的, 将上海正航 CN-200 型系列可编程控制器 (PLC) 引入处理橡胶废水的 D-A²O 组合工艺 (最大设计处理能力为 1 200 m³/d)。阐述了该处理系统的多种节能运行模式, 并结合 PLC 系统软件自身的特点, 设计了一套具有选择性的橡胶废水处理自动化节能运行系统。结果表明, 该处理系统可根据实际水量在 IDEA 工艺、D-A²O (A/B 侧交替运行) 工艺和 A²O (A/B 侧同时运行) 工艺中任意切换。同时, 有效解决了由于污水处理系统长时间处于小水量情况下导致过多设备参与运行而造成设备利用率低、能耗浪费等问题, 在确保水质达标的前提下实现了污水处理系统的自动化节能运行。

关键词: PLC; IDEA 工艺; D-A²O 工艺; A²O 工艺; 橡胶废水

中图分类号: TU992 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2018)09-0075-05

Application of PLC Control in Treatment of Rubber Wastewater by D-A²O Combination Technology

ZHOU Zhi-ming¹, LU Rui², YE Chang-bing³, YUE Shu-gang¹, LI Jia³,
LI Yun-long¹

(1. Yunnan Dianqing Environmental Technology Co. Ltd., Yuxi 653100, China; 2. Department of Water Environmental Planning, Chinese Academy for Environmental Planning, Beijing 100012, China; 3. School of Chemical Biology and Environment, Yuxi Normal University, Yuxi 653100, China)

Abstract: The application of Shanghai Zhenghang CN-200 series programmable logical controller (PLC) in the treatment of rubber wastewater by D-A²O combination technology (the maximum design treatment capacity was 1 200 m³/d) was introduced. Software system was developed through explaining a variety of energy-saving operation modes of the system and combining with the characteristics of the PLC system, and a set of automatic energy-saving operation system with selective function for the treatment of rubber wastewater was designed. The results indicated that the treatment system could be arbitrarily switched among the IDEA process, the D-A²O (A/B side alternative operation) process and the A²O (A/B side simultaneous operation) process according to the actual wastewater amount. Meanwhile, low equipment utilization rate, energy waste and other problems caused by too many devices operated in the system, when the wastewater treatment system was under small amount of wastewater for a long time, were creatively solved, and automatic energy-saving of the wastewater treatment system was realized on the premise of meeting water quality standard.

Key words: programmable logical controller (PLC); IDEA process; D-A²O process; A²O process; rubber wastewater

天然橡胶加工废水具有有机物含量高、成分复杂、难降解等特征,若不经处理直接排放将对周围环境造成严重影响。目前针对不同类型、不同浓度的污染物可运用高级氧化技术通过分级、分段处理难降解废水^[1,2],由此组合工艺应运而生^[3,4]。笔者结合前人的研究成果^[5,6],采用溶气气浮+铁碳微电解技术作为预处理,再与D-A²O技术^[7]及后段的深度处理单元形成了新型组合工艺。另外,鉴于橡胶生产废水随机性排放且排放量不稳定等特点,根据水量情况如何因地制宜地采取相应措施,既能确保污水处理系统的稳定出水效果,又能实现污水处理系统的节能运行便成了限制该技术的关键。因此,笔者在D-A²O组合技术处理橡胶废水的基础上,提出了通过引入PLC控制系统实现污水处理系统节能运行的思路,旨在利用PLC系统对污水处理系统内局部设备进行逻辑控制^[8~10],既确保了污水处理系统的稳定运行效果,又避免了处理工艺因设备冗余运行导致设备利用率低、能耗浪费等问题。

笔者分析了污水处理工艺对污染物的去除特点,并优化了该污水处理系统内相应设备的逻辑关联,最终设计了兼具IDEA工艺、D-A²O(A/B侧交替运行)工艺和A²O(A/B侧同时运行)工艺运行特点的多功能新型污水处理组合工艺。同时,考察了该污水处理系统在不同运行模式下对污染物的去除情况,并分析了节能效果。

1 工艺设计及分析方法

1.1 工艺流程

工艺流程如图1所示。当生产废水经机械格栅去除悬浮物、胶粒等杂物后,自流进入沉砂池,比重较大的泥沙和颗粒物会沉淀下来,再流经废水综合调节池,然后陆续进入溶气气浮装置,经投药混凝反应后去除部分悬浮性物质,产生的浮渣通过刮渣机排入浮渣池中,紧接着废水进入1[#]中间水池进行进一步的水质均和,并通过提升装置将均质后的废水输送至铁碳微电解塔,在铁碳微电解填料构成的阴阳电极与废水溶液形成的电解质溶液中进行原电池反应,促使大部分难降解有机污染物转化为易降解有机物,以大幅提高后续深度处理的可生化性,产生的浮渣则通过铁碳微电解塔内部设置的三相分离器定期排放至浮渣池中,随即经电解后的上清液进入生化反应段。此后通过PLC来控制污水处理系统在IDEA工艺、D-A²O(A/B侧交替运行)工艺和

A²O工艺之间的切换运行。将进水量 $Q_{\text{实}} < 0.5Q_{\text{设}}$ 定义为IDEA工艺运行模式;将 $0.5Q_{\text{设}} \leq Q_{\text{实}} < Q_{\text{设}}$ 定义为D-A²O(A/B侧交替运行)工艺运行模式;将 $Q_{\text{设}} \leq Q_{\text{实}} \leq 1.2Q_{\text{设}}$ 定义为A²O工艺运行模式。

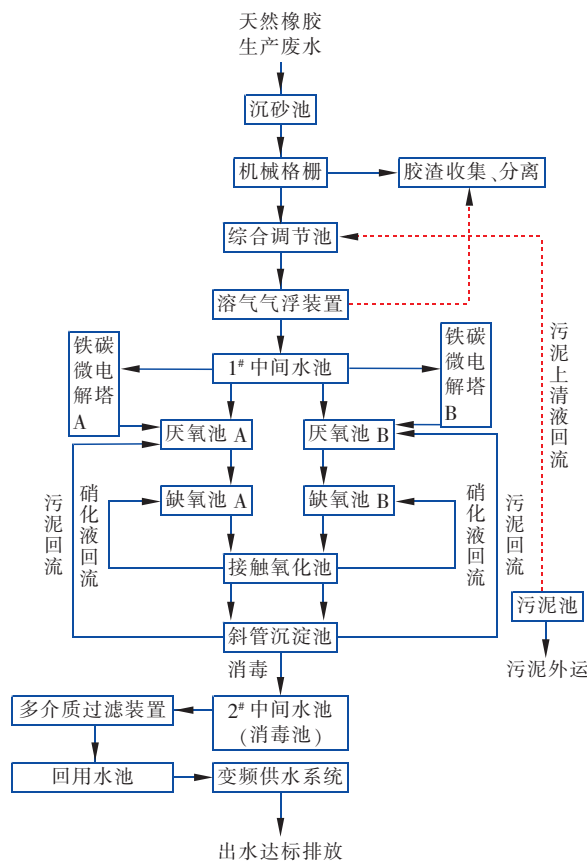


图1 工艺流程示意

Fig. 1 Flow chart of treatment process

1.2 设计水质与分析方法

设计进水水质:COD、BOD₅、TN、氨氮、TP分别为3280、2140、624、310、26 mg/L, pH值为5.2~7.1。设计出水水质:COD、BOD₅、TN、氨氮、TP分别为≤50、≤20、≤15、≤10、≤1.0 mg/L, pH值为7.3~7.8。

水质指标均按照《水和废水监测分析方法》(第4版)进行测定。试验期间每周至少取样3次。

2 PLC控制下的污水处理系统运行模式

2.1 IDEA工艺运行模式

IDEA工艺的运行模式见图2。当 $Q_{\text{实}} < 0.5Q_{\text{设}}$ 时,在系统满足天然橡胶生产废水稳定达标排放的基础上,通过设置PLC内部程序可使流经铁碳微电解塔的生产废水依次连续地进入A侧的厌氧池、缺

氧池和B侧的厌氧池、缺氧池,并对该运行条件下的接触氧化池进行间歇性曝气,通过合理设置PLC的程序来控制接触氧化池的曝气时间和调节池提升泵的运行时间,使该工艺展示出IDEA污水处理工艺的运行特点。同时将原有工艺中的斜管沉淀池作为中间储水池,其目的在于通过采取相应措施限制性地启动固定设备,使其在确保出水水质稳定达标的基础上,实现污水处理系统的节能运行。就污水处理系统而言,可极大地发挥该系统的节能优势并延长部分设备的使用寿命。

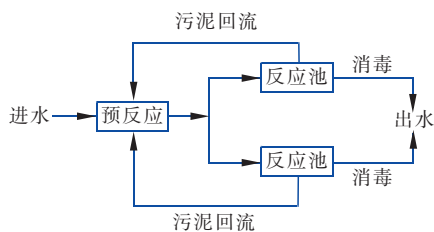
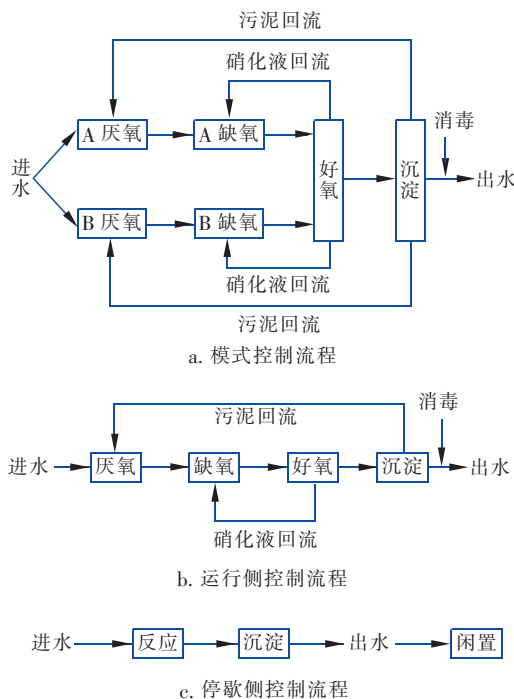


图2 IDEA工艺的运行模式

Fig. 2 Running mode of IDEA process

2.2 D-A²O (A/B侧交替运行)工艺运行模式

图3为D-A²O工艺的运行模式。

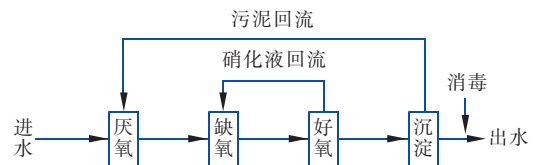
图3 D-A²O工艺的运行模式Fig. 3 Running mode of D-A²O process

当 $0.5Q_{\text{设}} \leq Q_{\text{实}} < Q_{\text{设}}$ 时,通过设置PLC内部程序可实现经铁碳微电解塔流出的废水连续交替进入

A侧和B侧的厌氧池、缺氧池,并使该运行条件下接触氧化池连续曝气。通过合理设置PLC的程序使该工艺的运行模式表现出A侧和B侧的厌氧池、缺氧池在一定时间内连续交替运行,即通过间歇性启停设备使污水处理系统内部体现出SBR工艺和A²O工艺的运行特点。其主要目的是既能确保废水处理系统的稳定达标运行,又能实现节能降耗。

2.3 A²O工艺运行模式

图4为A²O工艺的运行模式。

图4 A²O工艺的运行模式Fig. 4 Running mode of A²O process

当 $Q_{\text{设}} \leq Q_{\text{实}} \leq 1.2Q_{\text{设}}$ 时,通过设置PLC程序可使流经铁碳微电解塔的废水同时连续进入A侧和B侧的厌氧池、缺氧池,并对该运行条件下的接触氧化池进行连续曝气,通过合理设置PLC程序使该工艺展现出A²O系统的运行特点。

综上所述,该组合技术可根据废水的实际水量情况,通过PLC控制系统的既定程序,合理选择运行模式,以确保污水处理系统既可稳定达标运行又能实现节能效果。

3 结果与讨论

为保证试验数据的客观性和准确性,以项目区橡胶产量接近满负荷生产期作为研究背景,并通过控制调节池提升泵的进水流量来模拟项目区橡胶生产废水的水量变化情况。因该工艺采用的是以双系列A²O改进工艺(D-A²O)为原型的组合工艺^[11],其最大处理量为1 200 m³/d,IDEA工艺、D-A²O工艺和A²O工艺对废水中污染物的去除效果如图5所示。可以看出,尽管在不同运行模式下系统进水水质存在明显波动,但处理系统对橡胶废水中COD、BOD₅、TN、NH₃-N、TP等污染物均表现出较好的去除效果,其平均出水COD≤35 mg/L、BOD₅≤10 mg/L、TN≤15 mg/L、NH₃-N≤4.6 mg/L、TP≤1.0 mg/L,出水水质优于《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)要求,该系统在去除污染物方面表现出较佳的性能。由此亦说明,将高级氧化预处理措施、生化处理和深度处理措施

进行有效结合^[1,2],对于处理高难降解类废水,不仅可以减轻整个系统应对高浓度污染源的冲击负荷,还可以进一步强化系统沿程各段对废水中不同污染源的分级、分层处理,保证了整套污水处理系统的高效运行和稳定的处理效果,也为该技术不断革新提供了切实可行的科学依据。

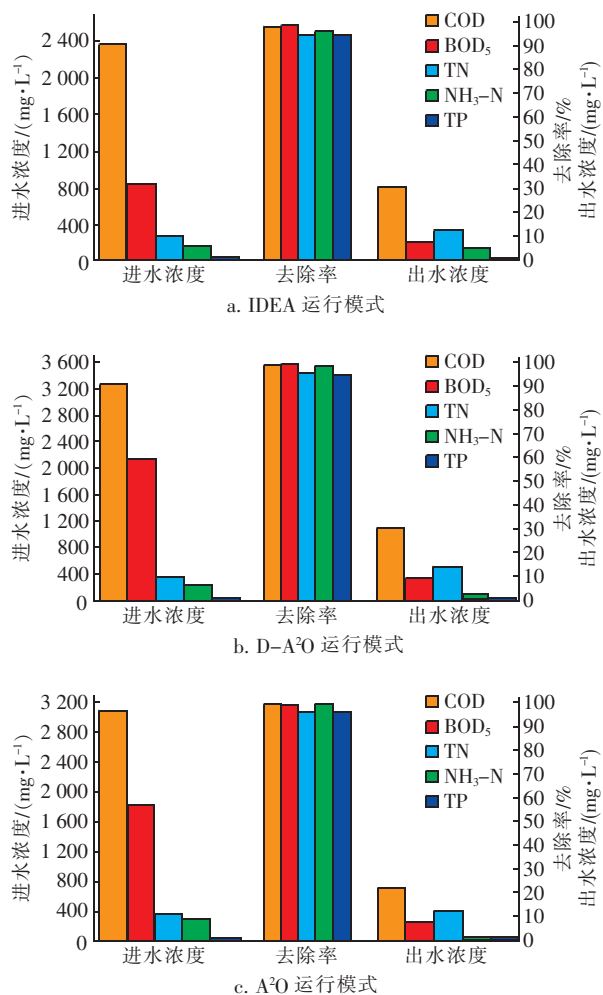


图5 IDEA、D-A²O和A²O三种运行模式对污染物的去除效果

Fig. 5 Removal performance of pollutants by IDEA, D-A²O and A²O process

图6为不同运行模式的平均单位电耗。将PLC技术引入该系统中^[9,10],运用PLC可编程的可靠性、安全性特点,编码设定各设备之间的运行状态,并通过PLC自动化系统实现对设备的灵活控制,可极大地避免因项目区废水产量的随机性变化导致污水处理系统设备利用率低、设备运行冗余等情况的发生,本项目应用的节能运行模式对控制实际运行费用表现出了明显优势。因污水处理系统按最大流

量设计,设备配置亦从保证最大设计流量进行选型,且项目区废水量常年低于最大设计流量,会导致系统处于小流量或平流量,降低设备利用率,且浪费能耗。从图6可以看出,以项目区实际废水产量500 m³/d为例,若不考虑原有设计的节能控制措施,按最大设计流量运行系统,则系统单位电耗将达到1.26 kW·h/m³;采取节能模式后,分别按IDEA模式和D-A²O模式运行系统,则单位电耗分别可降低至0.58和0.88 kW·h/m³,相比之下其节能效率可分别提高50%和30%以上,节能优势突显。

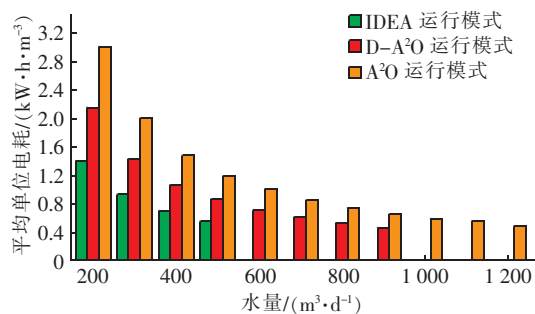


图6 不同运行模式的平均单位电耗

Fig. 6 Average unit power consumption of different operating modes

4 结论

① D-A²O组合技术污水处理系统可根据项目区实际水量在IDEA工艺、D-A²O(A/B侧交替运行)工艺和A²O(A/B侧同时运行)工艺中任意切换,该技术兼容性较强,对于大中型污水处理系统的节能运行具有指导意义。

② 该系统对橡胶生产废水中污染物的去除效果较好,其平均出水COD≤35 mg/L、BOD₅≤10 mg/L、TN≤15 mg/L、NH₃-N≤4.6 mg/L、TP≤1.0 mg/L,出水水质优于《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2002)要求。

③ PLC技术与D-A²O组合技术的有效结合,很大程度上实现了D-A²O技术与IDEA技术和A²O技术的融合,拓展了应用范围。同时,亦解决了由于污水处理系统长时间处于小水量情况下导致过多设备参与系统运行而造成设备利用率低、能耗浪费等问题,且该技术实现了污水处理系统的自动化节能运行。

参考文献:

[1] 吴晴,刘金泉,王凯,等. 高级氧化技术在难降解工业

- 废水中的研究进展[J]. 水处理技术,2015,41(11):25-29.
- Wu Qing, Liu Jinqian, Wang Kai, *et al.* Research progress of advanced oxidation processes in the treatment of refractory industrial wastewater[J]. Technology of Water Treatment, 2015, 41(11): 25-29 (in Chinese).
- [2] 朱心悦, 韦新东, 蒋宝军. 高级氧化技术处理废水的研究进展[J]. 中国资源综合利用, 2015, 33(3): 42-46.
- Zhu Xinyue, Wei Xindong, Jiang Baojun. The research progress of advanced oxidation technology for wastewater treatment[J]. China Resources Comprehensive Utilization, 2015, 33(3): 42-46 (in Chinese).
- [3] 郑鹏. 铁碳微电解—A/O组合工艺处理精细化工废水[J]. 给水排水, 2012, 38(4): 59-61.
- Zheng Peng. Study on treatment of fine chemical wastewater by the combination of the ferric-carbon micro-electrolysis and the A/O process [J]. Water & Wastewater Engineering, 2012, 38(4): 59-61 (in Chinese).
- [4] 朱民, 张会, 梁康强, 等. 微电解—接触氧化法处理丁苯橡胶废水研究[J]. 环境科学与技术, 2014, 37(120): 413-416, 421.
- Zhu Min, Zhang Hui, Liang Kangqiang, *et al.* Study on the treatment of styrene-butadiene rubber wastewater using combined process of micro-electrolysis and biological contact oxidation process[J]. Environmental Science & Technology, 2014, 37(120): 413-416, 421 (in Chinese).
- [5] 王双树, 黄文龙. 天然橡胶加工废水的处理工艺[J]. 中国环保产业, 2015, (3): 35-37.
- Wang Shuangshu, Huang Wenlong. Wastewater treatment technology of natural rubber processing[J]. China Environmental Protection Industry, 2015, (3): 35-37 (in Chinese).
- [6] 张坤明, 吕谋, 刘杰, 等. 基于PLC的小型污水处理设备的自动控制系统设计[J]. 青岛理工大学学报, 2009, 30(5): 79-83.
- Zhang Kunming, Lv Mou, Liu Jie, *et al.* Sewage treatment facility control system based on PLC[J]. Journal of Qingdao Technological University, 2009, 30(5): 79-83 (in Chinese).
- [7] 叶长兵, 周志明, 李涛. 一种两相厌氧缺氧交替运行的D-A²O污水处理反应器[P]. 中国专利: ZL201310566833. X, 2013-11-15.
- Ye Changbing, Zhou Zhiming, Li Tao. A Double Anaerobic and Anoxic Alternative Operating Reactor(D-A²O) for Wastewater Treatment[P]. China: ZL201310566833. X, 2013-11-15 (in Chinese).
- [8] 王春艳, 王孝红, 袁铸钢, 等. 基于PLC的控制系统在污水处理中的应用[J]. 济南大学学报: 自然科学版, 2005, 19(2): 126-129.
- Wang Chunyan, Wang Xiaohong, Yuan Zhugang, *et al.* Application of control system based on PLC in sewage treatment[J]. Journal of Jinan University: Science and Technology, 2005, 19(2): 126-129 (in Chinese).
- [9] 黎一强. PLC技术在生活污水处理及回用系统中的应用[J]. 自动化技术与应用, 2008, 27(8): 123-125.
- Li Yiqiang. Application the PLC technology to the sewage treatment and reuse system[J]. Techniques of Automation & Application, 2008, 27(8): 123-125 (in Chinese).
- [10] 蔡均超, 罗利琴. PLC技术在污水处理中的应用[J]. 科技与企业, 2012, (9): 164.
- Cai Junchao, Luo Liqin. Application of PLC technology in wastewater treatment[J]. Science-Technology & Enterprise, 2012, (9): 164 (in Chinese).
- [11] 叶长兵, 周志明, 田晓燕, 等. 两系列厌氧/缺氧交替运行式A²O处理污水研究[J]. 中国给水排水, 2014, 30(15): 139-142.
- Ye Changbing, Zhou Zhiming, Tian Xiaoyan, *et al.* Study on double anaerobic/anoxic alternative operating A²O reactor for sewage treatment [J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(15): 139-142 (in Chinese).



作者简介:周志明(1987-),男,云南大理人,硕士,工程师,研究方向为污水处理技术。

E-mail: zzm1987vip@126.com

收稿日期:2017-09-18