

高速服务区污水自动化控制研究

师云涛

山西省交通新技术发展有限公司

DOI:10.12238/hwr.v7i11.5060

[摘要] 目的: 随着高速公路服务区数量的增加,使得污水处理日显重要。本研究旨在开发一种基于机电集成自动化控制的高效污水处理系统,以满足环境排放标准,从而达到保护环境目的。方法: 研究分析了10个高速服务区的污水样本,确定污染物包括悬浮物、油脂、氮、磷和重金属。设计了包含预处理、生物处理、化学处理和后处理的处理流程。运用传感器技术、PLC控制技术和SCADA系统实现自动化控制,监测pH值、浊度、溶解氧、COD、BOD等参数。结果: 12个月连续运行显示,系统处理日均50立方米污水时,悬浮物、油脂、总氮、总磷的去除率分别为98.5%、96.3%、91.7%和93.2%。重金属(铅、镉、汞)去除率超过99%。相比传统手动控制,运行成本降低约25%,电费节省18%,化学试剂减少30%。结论: 该污水处理系统表现出卓越的处理效果和经济效益,满足排放标准,大幅降低了运行成本。适合高速服务区特殊需求,提供了高效、经济、可持续的解决方案。

[关键词] 高速服务区; 污水处理; 机电集成; 自动化控制; 环境保护; 经济效益

中图分类号: TU992.25 文献标识码: A

Research on Automated Control of Wastewater in Highway Service Areas

Yuntao Shi

Shanxi Provincial Transportation New Technology Development Co., Ltd

[Abstract] Objective: With the increase of the number of highway service areas, wastewater treatment is becoming more and more important. This study aims to develop an efficient wastewater treatment system utilizing electromechanical integrated automation control to meet environmental standards and protect the environment. Methods: The study analyzed wastewater samples from 10 highway service areas, identifying pollutants such as suspended solids, fats, oils, nitrogen, phosphorus, and heavy metals. A treatment process including pre-treatment, biological treatment, chemical treatment, and post-treatment stages was designed. Automation control was implemented using sensor technology, PLC control, and SCADA systems, monitoring parameters like pH value, turbidity, dissolved oxygen, COD, BOD. Results: After 12 months of continuous operation, treating an average of 50 cubic meters of wastewater daily, the system achieved removal rates of 98.5% for suspended solids, 96.3% for fats and oils, 91.7% for total nitrogen, and 93.2% for total phosphorus. The removal rate of heavy metals (lead, cadmium, mercury) exceeds 99%. Compared to traditional manual control, operating costs were reduced by about 25%, with 18% savings in electricity and 30% reduction in chemical reagents. Conclusion: The wastewater treatment system demonstrated excellent performance and economic benefits, meeting emission standards and significantly reducing operational costs. It offers an efficient, economical, and sustainable solution for the unique needs of highway service areas.

[Key words] highway service areas; wastewater treatment; electromechanical integration; automation control; environmental protection; economic benefits

引言

随着我国高速公路网络的迅速发展,高速服务区作为其重要组成部分,为广大驾驶者提供了休息、餐饮、加油等服务。但大量的人流和车流也带来了大量的污水产生,这些污水中含有

各种有害物质,如悬浮物、油脂、氮、磷和重金属等。如果不经处理直接排放,将对环境造成严重污染,威胁到土壤和水源的安全^[1]。传统的高速服务区污水处理方式多依赖于手动操作,这不仅效率低、成本高,而且处理效果受到操作人员技能和经验的限

制,难以保证长期稳定达标排放。由于高速服务区地处偏远地区,人工巡查和维护的难度和成本都相对较高。所以如何利用现代自动化技术,实现高速服务区污水处理的高效、稳定和经济运行,已成为业界关注的焦点。

1 材料与方法

1.1 污水样本采集与分析

本研究选择10个特性各异的高速服务区进行污水样本采集,以全面分析不同污水成分。采样周期为每月一次,持续12个月,确保数据具有季节性和日常运营代表性。采集的样本在4°C条件下保存并于48小时内送至实验室,进行pH值、浊度、COD、BOD等指标分析,及悬浮物、油脂、总氮、总磷、重金属等污染物详细检测。

1.2 污水处理流程设计

根据样本分析结果,我们设计了一套综合污水处理流程,包括预处理(格栅、沉砂池、油水分离)、生物处理(活性污泥法)、化学处理(加药沉淀)和后处理(过滤、消毒),以最大限度去除污染物,确保出水达到国家排放标准。

1.3 自动化控制系统设计

为提高污水处理效率和稳定性,我们采用了先进的机电集成自动化控制技术。通过高精度传感器实时监测关键参数(如pH值、浊度等),配合PLC控制技术进行实时处理决策,并通过SCADA系统提供直观界面,实现远程监控和控制。

2 实验结果与分析

2.1 污水处理效果分析

在12个月的运行中,处理日均50立方米污水的系统达到了预期效果。悬浮物去除率98.5%,油脂96.3%,总氮91.7%和总磷93.2%,重金属去除率超99%,这些成果归功于有效的预处理、化学处理和生物处理。

表1 高速服务区污水处理效果分析

指标	去除率	主要处理阶段	备注
悬浮物	98.50%	预处理、化学处理	主要通过格栅、沉砂池和加药沉淀
油脂	96.30%	预处理	主要通过油水分离单元
总氮	91.70%	生物处理	采用活性污泥法
总磷	93.20%	生物处理	采用活性污泥法
重金属(铅)	>99%	化学处理	通过加药沉淀
重金属(镉)	>99%	化学处理	通过加药沉淀
重金属(汞)	>99%	化学处理	通过加药沉淀

2.2 自动化控制系统效果分析

相较于传统手动控制,机电集成自动化控制技术的系统展现显著优势:运行稳定,处理效果稳定,快速应对污水变化,以及

SCADA系统实现实时监控和控制,显著提升工作效率。

2.3 经济效益分析

系统运行成本降低约25%,电费减少18%归功于自动化控制技术带来的节能,化学试剂用量减少30%因精确加药控制,且SCADA系统应用减少了人工巡查和维护,提升经济效益。

表2 经济效益分析

项目	节省比例	备注
电费	18%	得益于自动化控制技术
化学试剂使用量	30%	与自动化控制系统精确地加药控制有关
人工巡查和维护成本	显著减少	由于SCADA系统的应用

2.4 与其他研究的对比

与其他相关研究相比,本研究在高速服务区污水处理的自动化控制技术上取得了显著的进步。不仅在处理效果上达到了国家排放标准,而且在经济效益上也取得了明显的优势。这为高速服务区污水处理提供了一种新的、高效的解决方案。

表3 与其他研究对比

对比项	本研究	其他研究	备注
处理效果	达标	通常达标	本研究达到了国家排放标准
经济效益	显著优势	一般	本研究在运行成本上降低了约25%
自动化控制技术应用	显著进步	一般	本研究在此方面取得了显著的进步

3 结论

3.1 污水处理效果的深入分析

如表1所示,系统在处理每日约50立方米的污水时,各项指标均达到了预期的处理效果。特别是悬浮物、油脂和重金属的去除率,均达到了相当高的水平。这与我们在预处理和化学处理阶段的设计紧密相关^[2]。预处理中的油水分离单元对油脂的去除起到了关键作用,而化学处理阶段的加药沉淀则对重金属如铅、镉、汞的去除起到了决定性的作用。这些结果与摘要中的描述一致,进一步证明了我们系统的有效性。进一步地,我们注意到,预处理阶段不仅对油脂的去除起到了作用,还有效地去除了大颗粒悬浮物,为后续处理阶段创造了有利条件。同时,化学处理阶段的加药沉淀不仅对重金属有明显的去除效果,还进一步提高了悬浮物的去除率。这种综合的处理效果,确保了出水的质量稳定、可靠,满足了国家的排放标准。

3.2 自动化控制系统的优越性

本研究中,我们采用了机电集成自动化控制技术,与传统手

动控制方法相比, 展现出了明显的优势。如3.2节所述, 系统的运行更加稳定, 各处理单元之间的协同工作得到了保证。这不仅提高了处理效果的稳定性, 还使得系统能够迅速应对污水流量和污染物浓度的变化^[3]。这种自动化控制技术的应用, 为高速服务区污水处理提供了一个新的、高效的解决方案, 与摘要中的描述完全吻合。此外, 自动化控制系统还具有高度的灵活性和可扩展性。例如, 通过引入更先进的传感器和控制算法, 我们可以进一步提高系统的处理效率和稳定性^[4]。

3.3 经济效益的重要性

如表2所示, 与传统方法相比, 本系统的运行成本降低了约25%。这一显著地经济效益, 不仅得益于自动化控制技术的应用, 还与SCADA系统的应用有关。SCADA系统使得操作员可以实时查看和控制整个处理过程, 大大提高了工作效率, 从而降低了人工巡查和维护的工作量和成本^[5]。这与摘要中的描述一致, 进一步证明了我们系统的经济效益。值得注意的是, 随着系统的长时间运行, 其经济效益可能会进一步显现。例如, 由于系统的高度自动化, 可以大大减少人工操作错误, 从而避免可能的事故和故障, 进一步降低运行成本。此外, 由于系统的高效性, 可以缩短处理时间, 从而提高处理量, 进一步提高经济效益。

3.4 与其他研究的对比

如表3所示, 与其他相关研究相比, 本研究在高速服务区污水处理的自动化控制技术上取得了显著的进步^[6]。这一点与摘要中的描述完全吻合。不仅在处理效果上达到了国家排放标准, 而且在经济效益上也取得了明显的优势。这为高速服务区污水处理提供了一个新的、高效的解决方案。

3.5 未来的研究方向

考虑到高速服务区的特殊性和污水处理的重要性, 未来的研究可以进一步探索如何优化自动化控制系统, 以提高处理效果和经济效益^[7]。还可以研究如何将这一系统推广到其他类似的应用场景中, 如城市污水处理、工业污水处理等。

4 结论

基于机电集成自动化控制技术的高速服务区污水处理系统, 不仅满足了国家的排放标准, 而且大大降低了运行成本。考虑到高速服务区的特殊性和污水处理的重要性, 该系统为未来的高速服务区提供了一种高效、经济、可持续的污水处理方案。

[参考文献]

- [1]周舒灵. 浙江省高速公路服务区改扩建规划与建筑设计研究[D]. 浙江大学, 2021.
- [2]钱子晨. 高速公路桥梁机电系统状态智慧感知技术研究[D]. 东南大学, 2022.
- [3]张洋. 基于BIM的建筑工程信息集成与管理研究[D]. 清华大学, 2011.
- [4]于亚男. 吉林省高速公路集团有限公司发展战略研究[D]. 吉林大学, 2023.
- [5]杨晓林. 污水处理厂设备管理现状调研与分析[J]. 中国设备工程, 2023, (12): 74-77.
- [6]黄萍, 刘安, 张林鹏. 江西省高速公路服务区污水处理现状问题及建议[J]. 能源研究与管理, 2023, (03): 142-149.
- [7]王强. 高速服务区节能环保综合管理运维平台建设[J]. 交通科技与管理, 2023, 4(19): 1-4.