

Reflection on the Operation and Management of Wastewater Plants in the Context of Carbon Neutrality

Qingyong Yu

Shangrao Domestic Sewage Treatment Co., Ltd., Shangrao, Jiangxi, 334000, China

Abstract

Currently, China's ecological civilization construction has entered a crucial period, focusing on carbon reduction as a strategic direction, promoting synergistic effects in pollution reduction and carbon reduction, facilitating a comprehensive green transformation of economic and social development, and achieving a qualitative improvement in ecological environment quality from quantitative changes. As an important part of the battle against water pollution, wastewater treatment plants serve as a crucial tool in intensifying the fight against pollution and are also a significant area for promoting greenhouse gas emission reduction. Through the comprehensive application of automated control equipment, integration of blockchain carbon neutral smart water systems, and the reuse of carbon resources to create value, the pollution reduction and carbon reduction efforts of wastewater treatment plants can be effectively advanced.

Keywords

carbon neutrality; smart water management system; resource utilization of sludge

浅谈碳中和背景下污水厂运行管理的几点思考

余清永

上饶市生活污水处理有限公司, 中国江西 上饶 334000

摘要

当前中国生态文明建设进入了以降碳为重点的战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期, 作为水污染防治攻坚战的重要一环之一, 污水处理厂既是深入打好污染防治攻坚战的重要抓手, 也是推动温室气体减排的重要领域。通过自动化控制设备全面应用、区块链碳中和智慧水务系统集成、碳资源再利用创造价值, 可以有效推进污水处理厂减污降碳工作。

关键词

碳中和; 智慧水务系统; 污泥资源化利用

1 引言

在党的十九届五中全会、中央经济工作会议、全国两会以及后期召开的一系列重要会议上党中央对碳达峰碳中和作出部署, 明确基本思路和主要举措。碳达峰碳中和是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策, 各行各业应当积极响应党中央的系列决策部署, 纳入生态文明建设整体布局, 推动经济社会绿色转型和系统性深刻变革。当前中国生态文明建设进入了以降碳为重点的战略方向、推动减污降碳协同增效、促进经济社会发展全面绿色转型、实现生态环境质量改善由量变到质变的关键时期, 作为水污染防治攻坚战的重要一环之一, 污水处理厂既是深入打好污染防治攻坚战的重要抓手, 也是推动温室气体减排的重要领域。2023年

12月, 国家发展改革委住房城乡建设部、生态环境部联合印发《关于推进污水处理减污降碳协同增效的实施意见》及国家“3060”双碳目标的相关实施政策, 提出加强污水处理节能降碳, 减少温室气体排放。污水处理过程不仅是水资源净化的关键环节, 同时也是碳循环中一个复杂而微妙的参与者, 尽管该行业碳排放量仅占全社会总量的约1%, 但在环保产业中占比最高, 凸显了其在减碳行动中的独特地位^[1]。

然而, 值得注意的是, 污水处理本身也是碳减排的重要途径之一。未经处理的污水直接排放会导致水体污染, 这一过程多为厌氧, 会显著增加碳排放。相比之下, 通过高效的污水处理, 不仅能改善水质, 还能从源头上减少温室气体的产生。面对当前大多城市污水收集存在一定短板的现状, 我国污水处理工作仍面临巨大挑战, 提升污水集中收集率, 确保更多污水得到有效处理, 是减少环境污染、实现碳减排的重要步骤。

在碳达峰与碳中和这场全球性“战役”中, 尽管污水

【作者简介】余清永(1977-), 男, 中国江西上饶人, 本科, 经济师、调查分析师, 从事污水处理研究。

处理行业相较于发电、钢铁、化工等重工业而言，其整体能耗规模较小，但作为社会基础设施的关键一环，其重要性不言而喻。随着城市化进程的加速和人口增长，污水处理量持续攀升，加之处理过程往往伴随高能耗密度，使得该行业不仅成为全球温室气体排放的一个显著源头，更是排放量增长较快的领域之一。因此，优化污水处理行业的能效与减排策略，对于推动整个社会的绿色低碳转型具有举足轻重的意义。那么污水处理行业如何实现绿色低碳，助力碳中和目标的实现呢？结合在污水处理实践中一些应用，梳理了几点体会。

2 自动化控制设备全面应用

厂区全面部署自动化控制设备，包括但不限于精准加药系统、精准曝气系统、水质在线监测系统等，实现对污水处理全过程的实时监控与精准调控。这些设备通过收集大量数据，为优化处理工艺提供有力支持。

2.1 优化设备运行效率

变频调速技术。如将污水提升泵改为变频泵，根据实际水量和扬程需求调节泵的运行速度，变频调速技术可以显著减少电机在启动和运行过程中的能耗，提高泵组的整体效率。避免泵长时间满负荷或低效率运行，从而节省电能。

2.2 智能控制系统

通过 PLC（可编程逻辑控制器）等智能控制设备，对污水处理厂的各个工艺段进行实时监控和智能控制。根据实时数据和工艺需求，自动调节设备运行参数，确保设备在最优状态下运行。如在曝气系统中，利用智能控制系统可以根据溶解氧浓度自动调节曝气量，在鼓风机单位电耗降低 15% 以上的显著节能效果。在氮污染物（TN）和氨氮（NH₃-N）的去除方面，去除 TN 单位电耗降低 10.7%，去除 NH₃-N 单位电耗降低 15.3%。此外，去除化学需氧量（COD）的单位电耗也降低了 7%。避免过量曝气造成的能源浪费。

2.3 节能降耗技术应用

曝气系统优化，使用变频器优化交流电动机转速，有效控制风机流量，降低曝气机的能耗。引入溶解氧自动控制系统，科学控制溶解氧浓度，避免浓度异常导致的能耗增加。

2.4 自动化与智能化管理

智能监控系统实时监控，建立智能监控系统，对污水处理厂的各个环节进行实时监控，包括水质、设备运行状态、能耗等关键指标。利用大数据和人工智能技术，对监控数据进行深度分析，发现潜在问题并及时优化调整，提高整体运行效率。

2.5 自动化控制流程

通过自动化控制流程，减少人工干预和误操作，提高设备运行的稳定性和可靠性。例如，在格栅清理过程中，利用 PLC 设备自动控制大孔径格栅的运行，避免连续工作造成的能耗浪费。利用定时开停设备，根据设备的运行程序、时间和逻辑关系，定时开停污水处理运行中的转刷、搅拌、阀门、风机、刮泥机等设备，减少不必要的能耗。

2.6 其他节能措施

① 高效药剂使用。选择高效、无害且成本低的药剂进行污水处理，减少药剂消耗和环境污染。通过智能控制系统精确控制药剂的投加量，避免过量使用导致的浪费。② 设备维护与保养。定期对污水处理设备进行维护和保养，确保设备处于良好运行状态，减少因设备运行不畅导致的能耗增加。定期为设备添加润滑油等润滑剂，减少设备摩擦和磨损，降低能耗。

污水处理厂自动化控制设备通过优化设备运行效率、应用节能降耗技术使污水处理效率提高 20% 以上、能耗降低 10% 以上，加强自动化与智能化管理以及采取其他节能措施等多方面的努力，实现了节能减排的目标。

3 区块链碳中和智慧水务系统集成

厂区生产运行管理通过碳中和、物联网技术和数据分析，实现厂区内各系统之间的无缝对接与数据共享，实时评估污水处理的能耗和碳排放，为污水处理的能效优化和减少碳排放提供决策支持。并在区块链平台上建立碳资产管理平台，将厂区通过节能减排措施产生的碳减排量转化为可交易的碳资产^[2]。参与碳交易市场，实现碳资产的流通和增值，为厂区带来额外的经济收益。

3.1 碳中和模块

深入研究碳足迹排查、碳排模型和碳减排路径并开发有效的碳中和策略，制定各工艺流程的碳排算法对其能耗、药耗产生的间接碳排和生物、化学反应产生的直接碳排数据进行精准计算，再根据碳排模型进行智能化决策，实现厂区的智能运行，降低整体能耗、药耗，减少碳排放。

3.2 精准曝气精准加药模块

“精准曝气”模块的设计和开发是智能化前置反馈、后置反馈回路，通过物联网技术和根据不同厂区情况智能迭代的精准曝气算法，实现好氧、缺氧、厌氧区高效的生物、化学反应，达到减污降碳的目标，并降低对后续工艺流程的压力；“精准加药”模块可依据仿真模型与加药控制模型数据，对自控系统进行精确控制，对药剂溶液投加量进行精准投加，可以减少药剂损耗的 25%，做到加药过程中的“减排”。

通过全面数字化运维管理模块的实施与深度优化，不仅实现了厂区日常运维工作的无缝转型至无纸化、智能化轨道，更在节能减排的宏观目标上迈出了坚实步伐。这一系统变革，聚焦于高效整合与智能调度各类运维资源，包括仓储、设备、知识库、报表、人员、巡检、药耗、化验及绿化管理等关键领域，构建起一套集监控、分析、预测、优化于一体的综合管理体系。

通过集成先进的物联网（IoT）技术与大数据分析能力，系统能够实时监控污水处理过程中的各项参数，精准分析处理效率与能耗之间的微妙关系^[1]。智能化的决策推荐算法，在持续学习并吸收厂区运维历史经验的基础上，能够自动优化处理流程，如动态调整药剂投加量、精确控制设备运行时

间与负荷、优化巡检路径等,从而确保污水处理效果的同时,最大限度地减少不必要的能源消耗。数字化运维管理模块的实施,不仅提升了厂区运维管理的整体效能,更在节能减排方面展现出了显著成效。通过精准控制、优化调度与持续改进,我们实现了污水处理过程的高效与节能双赢,为环境保护与可持续发展贡献了重要力量。这一过程,不仅仅是技术的革新,更是对绿色生产、节能减排理念的深刻践行。

4 碳资源再利用创造价值。

区块链碳中和智慧水务系统通过提高处理效率、资源利用效率、降低能耗和减少温室气体排放,帮助企业和社会实现碳减排目标,从而创造碳减排量,这些碳减排量以后可以在碳交易市场上进行交易创造价值。同时,处理后达标的资源又可以再利用创造价值。

4.1 区块链碳中和智慧水务系统的部署与优化

①系统部署。在企业内部部署区块链碳中和智慧水务系统,包括安装传感器、数据采集设备、智能控制单元等,以实现水资源的实时监测和智能管理。

②系统优化。根据厂区的实际情况和需求,对区块链碳中和智慧水务系统进行定制化和优化,引入先进的算法和模型,提高系统的智能化水平和决策能力。

4.2 水资源管理与节能减排

①数据监测与分析。利用区块链碳中和智慧水务系统实时监测水资源的各项数据,包括水质、水量、能耗等,通过数据分析发现水资源管理中的低效环节和节能减排潜力。

②节能降耗措施^[1]。根据数据分析结果,制定并实施节能降耗措施,如优化水处理工艺、调整设备运行参数、采用高效节能设备等,以降低厂区的能耗和碳排放。

4.3 碳减排量核算与认证

4.3.1 碳减排量核算

根据厂区不同工艺流程的特性和排放源,建立分层次、多维度的碳排模型。模型应涵盖直接碳排放(如燃烧过程)和间接碳排放(如能源消耗导致的电力生产排放、药剂生产及运输排放等)。

4.3.2 碳减排量认证

将核算出的碳减排量提交给相关机构(如碳排放权交易主管部门或第三方认证机构)进行认证。认证机构会对企业提交的碳减排量进行核查和验证,确保其真实性和准确性。认证通过后,企业将获得相应的碳减排量核证减排量(CCERs)或其他形式的碳减排凭证。

4.4 持续监测与优化

4.4.1 持续监测

区块链碳中和智慧水务系统持续监测水资源的各项数

据以及碳减排量的变化情况,确保系统的稳定运行和节能减排效果的持续发挥。

4.4.2 优化升级

根据监测结果和碳交易市场的变化情况,不断优化区块链碳中和智慧水务系统的功能和性能,引入更先进的技术和设备,提升水资源管理效率和节能减排效果。

厂区使用的区块链碳中和智慧水务系统,运用大数据、数字孪生、区块链等数字技术提升污水处理工艺效能,在现有污水处理厂建设全过程智能调控系统,实现精准曝气、回流控制、数字计量、精准加药等。项目实施后,药剂使用量和主要耗能设施曝气装置均下降25%以上,折算为年减碳约1600吨CO₂,促进国家碳达峰碳中和政策实现。

4.5 污泥和中水资源再利用

污水处理厂通过先进的自动化控制技术、区块链智慧水务系统集成,实现了污水处理过程的高效与节能双赢,处理后产生的中水和污泥也是一种很好的可再利用碳资源,实现经济和社会共赢。

4.5.1 中水利用

经过污水处理厂处理后的水,其水质介于自来水(上水)与排入管网内污水(下水)之间,俗称“中水”^[4]。根据“优质优用、低质低用”的原则。中水用于冲厕、绿化、景观、喷洒路面等杂用。我们还将中水送到十多公里远的大型发电厂做冷却用。中水利用节省了有限的优质饮用水,实现水生态的良性循环,有助于改善生态环境,为企业创造一些经济价值,是社会、经济可持续发展的重要环节。

4.5.2 污泥资源化利用

污水处理厂的污泥是由有机残体、菌体、无机颗粒、胶体等组成,我们加入少量的有机调理剂对污泥进行脱水处理,使污泥的无机物含量少,而有机物含量高达60%~70%,脱水处理后污泥的含水率在60%以下,pH值在7左右,呈中性,污泥的热值在1000kcal/kg以上。我们的污泥以约10%的比例在建材厂中使用,减少建材厂的煤和泥沙的使用,实现了污泥资源化利用。从长期来看,处理完的污泥中也可以作为原料制作有机肥。

参考文献

- [1] 张桂花.碳达峰碳中和目标下污水处理厂碳中和路径探析[J].清洗世界,2024,40(7).
- [2] 周珊.城市污水处理厂网一体化与智慧城市建设的协同路径研究[J].智慧中国,2024(9).
- [3] 曹怡娟.城镇污水处理厂节能技术分析[J].中国资源综合利用,2024(10).
- [4] 张宏,沈凌,余舒夏.污水处理厂设备管理分析与研究[J].价值工程,2023(36).