

Development and Application of Intelligent Energy-saving Control System in Municipal Sewage Treatment Plant

Hui Ye

Foshan Sanshui Zhongkecheng Water Purification Co., Ltd., Foshan, Guangdong, 528000, China

Abstract

With the rapid development of the city, the energy consumption problem of the urban sewage treatment system has become increasingly prominent, which has become an important constraint factor hindering its continuous progress. This research is committed to creating a set of intelligent management system that can efficiently treat sewage and save energy. The paper first analyzes the shortcomings of traditional water purification technology, and then provides a detailed introduction to the innovative design ideas, technical components, and practical applications of a comprehensive series of intelligent energy-saving control systems. With the help of high-tech monitoring methods, deep data analysis, and intelligent control, this innovative system effectively reduces the energy consumption of urban wastewater treatment equipment and improves work efficiency, injecting strong impetus into promoting energy conservation, emission reduction, intelligent improvement, and upgrading of urban wastewater treatment.

Keywords

municipal administration; sewage treatment plant; intelligent; energy-saving; control system

市政污水处理厂智能节能控制系统的开发与应用

叶辉

佛山市三水中科成水质净化有限公司, 中国 · 广东 佛山 528000

摘要

随着城市的快速发展, 城市污水处理系统的能源消耗难题日益凸显, 这已成为阻碍其连续进步的一个重要制约因素, 本研究致力于打造一套能高效治理污水同时节约能源的智能化管理系统。论文首先分析了传统水净化技术的不足之处, 随后详细介绍了全系列智能节能控制系统的创新设计思路、技术组成部分及其在实际应用中的成效, 借助高科技监控手段、数据深度剖析与智能调控, 这套创新系统有效减少了负责都市废水处理设备的能源使用量, 同时提升了工作效率, 为推动城市废水处理向节能减排、智能化改进和升级, 注入了有力推动力。

关键词

市政; 污水处理厂; 智能; 节能; 控制系统

1 引言

近年来, 全球范围内不断强化的环保意识和日益突出的能源短缺问题, 让各界开始审视自身的能耗状况, 并积极为节能减排谋求解决之道。在此背景下, 行业内外逐渐将目光聚焦到污水处理厂的节能降耗上来。作为城市水环境治理的重要设施, 污水处理厂每天都要对大量的城市污水进行处理, 以保证它们在排放达标后, 仍能源源不断地排到自然环境中去。但这一处理过程需要耗费大量的能源, 尤其是污水提升、生物处理、污泥处理等关键环节, 需要大量的能源消耗才能完成。在提升污水的过程中, 为了进行后续的处理, 需要将污水从低处向高处抽升, 这一过程对电力的消耗是非常大的。生物处理阶段是将污水中的有机物质通过微生物的

代谢作用去除, 需要持续曝气以维持微生物的活性, 这也是能源消耗较大的一个环节^[1]。污泥处理同样需要大量能源消耗的污泥浓缩、稳定、脱水过程。据统计, 上述环节主要集中在污水处理厂的能源消耗上。开发一种智能节能控制系统, 能够对处理过程进行实时监控、自动调节和优化, 以降低能源消耗, 提高能源利用效率, 显得尤为重要。这样的系统可以智能调节设备的运行状态, 根据污水处理过程中的实际情况, 在保证处理效果的同时将能耗降到最低。例如, 在污水提升环节, 该系统能够对泵的转速和运行时间进行智能调节, 根据污水水位和水质情况实现节能目标。在生物处理环节, 该系统能够根据关键参数的变化, 如氨氮和 DO 等, 在降低能耗的同时, 自动对曝气装置的功率和运行时间进行调整, 保证微生物的活性。在污泥处理环节, 系统能使污泥的浓缩、稳定及脱水过程得到优化, 从而减少无谓的能源浪费。因此, 开发既能降低运行成本、提高企业经济效益, 又

【作者简介】叶辉 (1990-), 男, 中国重庆人, 硕士, 工程师, 从事市政污水处理技术研究。

能为城市可持续发展贡献力量的污水处理厂节能减排智能化节能控制系统，具有十分重要的意义。

2 系统开发

2.1 数据采集与处理模块

该系统在设计时充分考虑了污水处理过程中数据采集的重要性的精确度的要求，所以在污水处理的各个环节都采用了高精度的传感器来实时采集数据。这些传感器可以对包括水位、流量、氨氮、DO等关键参数进行精确监测和记录，从而为污水后续处理提供精确的数据支撑（见图1）^[2]。具体来说，水位传感器对控制污水进出量和保持处理池稳定运行至关重要，可以实时监测污水处理池中的水位变化。而流量传感器则可以对污水的流速和流量进行测量，对于了解污水的处理量和处理效率都有很大的帮助。此外，氨氮、DO传感器是用于测量污水中有机物的含量，是评价污水处理效果的一项重要指标之一。对氨氮、DO值进行实时监测，对及时调整处理工艺，使出水水质达到环保标准有重要意义。本系统的数据采集频率为每秒钟一次，保证了数据的实时性和准确性。这一高频次数据的采集，对及时发现并处理异常情况，以及为污水处理厂的运营管理提供有力的数据支撑都有帮助，从而有利于管理人员对污水处理过程进行更精确的控制，达到更高效更环保的运营目标，也保证了出水是稳定实时达标的，通过实时分析这些资料，也有助于管理人员对污水处理过程有更全面的认识，使运营效率得到进一步提高。

现场数据	分析	诊断	策略
COD	→ COD超标	进水量小	减小污泥排放
NH3N	→ NH3N超标		
DO1	→ DO1超标	→ 污泥回流比太小	→ 减小曝气量
DO2	→ DO2正常	→ 污泥泵房MLSS偏低	→ 减小进水量
MLSS1	→ MLSS1超标	进水COD偏高	增大污泥回流
MLSS2	→ MLSS2正常		
复位	分析	诊断	决策

图1 系统模块

2.2 智能控制与优化模块

本系统采用先进的控制算法进行深度分析和处理，基于采集到的丰富数据。这些算法包括但不限于为了实现对污水处理设备的智能调控而共同协作的模糊控制、神经网络预测，以及自适应控制等。尤其在生物处理这一关键阶段，该系统可以对关键参数如DO（溶解氧）、氨氮等数据进行实时分析（如图2所示）。举例来说，当系统检测到DO含量下降时，这可能意味着需要增加暴露气体的生物处理池中的微生物缺乏足够的活性。此时，为了保证微生物能够正常地

进行有机物降解活动，系统会自动调节曝气装置的功率，增加供氧。同样，系统也会对曝气装置的运行状态进行调整，根据氨氮的数据变化进行调整^[3]。若氨氮值偏高，表明污水中含有较多的有机物质，为提高去除有机物质的效率，系统可能会适当提高曝气量。反之，若氨氮值降低，为达到节约能源的目的，系统将相应降低曝气量。这样的智能调节，既保证了污水处理的稳定高效，又使不必要的能耗得到最大程度的降低。该系统通过实时监测和动态调节，实现能源的优化利用，同时满足处理效果。这种智能化的管理方式，在提高污水处理厂运行效率的同时，也为绿色发展、促进行业节能减排作出了积极的贡献。

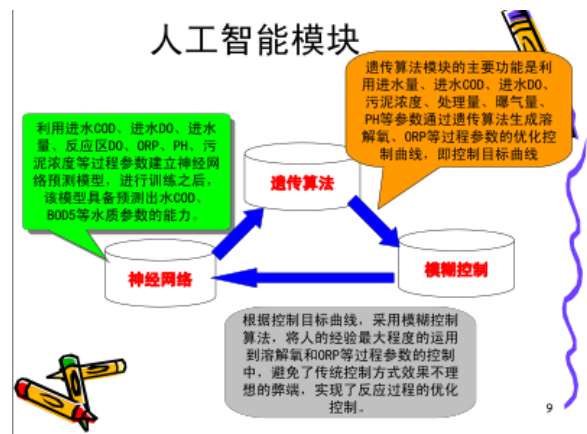


图2 人工智能模块

2.3 故障诊断与预警模块

除了实时监控和智能调节功能外，该系统还特别加强了故障诊断和预警功能，确保污水处理过程运行稳定，对可能出现的问题做到及时应对。泵、电机、阀门等各种设备在污水处理过程中的正常运转必不可少。为了对这些设备的状态进行实时监控，系统通过传感器，包括电机电流、设备温度、振动频率等，不断采集各种运行数据^[4]。马达电流突然增大或设备温度异常升高等这些数据在系统检测到异常时，预警机制会立即被触发。预警机制的设计旨在将潜在的故障或问题及时通知管理人员，使其快速做出反应。确保管理人员能够在第一时间获取故障信息，系统将通过声光报警、短信通知、邮件提醒等多种方式进行处理^[5]。

3 智能节能控制系统的应效果

3.1 能耗降低

在污水处理设施中，智能化操控技术的运用，无疑是技术革新与环保理念珠联璧合的最佳例证，在传统的废水处理系统中，常常因为设备的效率不高，使得处理阶段能耗偏高，引入高级智能调控系统，仿佛给这个系统嵌入了一个聪明绝顶的“大脑”，从而让整个操作过程变得极为精准与高效率。具体而言，利用智能化的系统监控废水流入的量与质量等各项参数，根据这些即时数据来灵活调节污水处理设备的运行模式，在废水中的污染物浓度较低的情况下，装置会

自行降低处理能力的运用程度；相对地，如果污染物含量上升，系统将提高处理设施的运转效能。这种灵活的调整方式，不仅确保了废水处理的高效处理，还能防止机器进行非有效运行，进而减少能源使用降低。例如，某个水处理设施在实施先进的智能管理措施之后，依赖详尽的数据监控与机械操控，实现了能源消耗的大幅降低，比例达到20%。这就好比，原本耗电量大的曝气设施和污泥处置泵，在智能调控系统的安排，能够达到最高效率，既节约了能源，又保障了污水处理的质量，智能调控系统拥有预先诊断故障情况和执行远距离监控的能力。机器一旦出现损坏或非正常状态，机制即时察觉并通报给负责人，有效预防了设备故障引发的能源消耗增加的隐患，借助于远程监测手段，管理团队能够实时获取污水处理设施的运作状况，针对具体问题实施远程操控，从而显著提升了能效，借助智能化的管控，某废水处理站将能耗降低20%，此举不仅明显减少运营成本，而且为水处理领域的绿色环保与可持续发展献上了有力推动。

3.2 处理效率提高

在对污水进行处理时，智能调节系统能够快速做出反应，自动调整设备操作模式，确保过程始终保持在最佳工作效率，在以智能化的管理方式为特色的废水处理设施中，一套精密监控设备正在实时监控着经过工厂的废水，根据一天内的观测数值，表明某种有害物质的浓度出现了明显的增加。在关键时刻，智能调控机制会快速调整设备设置，比如提升供气装置的工作效率，确保微生物群落可以有效降解有害成分，系统将自动调整污泥回流量和排放比例，确保微生物群落在污泥中维持最佳活性状态。得益于智能管理系统的持续监控与快速反应能力，当地污水处理站的处理效率实现了15%的提升，这意味着在相同的时间范围内，这家企业能够接纳更多的污水处理任务，或者说，完成同样污水处理量的时间被显著减少。此举不仅提升了污水处理设施的处理效率，同时也加强了其应对突发污染事件的能力，智能调控系统拥有自动吸纳新知识和持续优化的能力，持续整理与分析资讯，体系逐渐探寻更高效的运行机制，从而明显提高工作处理效率，实施了智能化管理措施，不仅显著提升了污水处理设施的运行效率，而且在环保领域起到了明显的正面效果。

3.3 运维成本降低

借助高端技术和传感装置，智能控制系统能够独立地监视、剖析并调整各种机器设备和工序，进而达到高度的自动化程度的境界，这种技术智能化提升，使得先前手工执行的多项任务现在可由系统自动完成处理。在污水处理过程中，高级智能化系统能够根据水质污染程度和流量波动，自动调节处理设施的运行参数，无需人工实时监管或手动调整，智能自动化系统大幅减少了对人工劳动的依赖，从而进而导致运维的成本降低。首先，通过优化人员安排和工作负荷，实现了员工数量和劳动强度的双降，进而降低了人工成本，得益于系统具备自我检测及预防性保养的能力，不仅显著降低了设备意外故障带来的停机时间，同时也减少了相应的维护成本。最终，借助精确的智能管理系统，能够有效减少能源使用量与物料浪费，从而显著降低运营成本，比如一家生产企业采用先进操控系统后，其生产过程自动化程度显著提高，原本需大量人工协作的过程，现在仅需少数人员监控系统的运行状况即可，此举不仅提高了工作效率，同时明显降低了维护成本。

4 结论

总之，物联网、大数据、人工智能等技术的发展，在市政污水处理厂中运用智能节能控制系统会日趋广泛和深入。今后，为了更有效地完成高效环保的污水处理过程，还将进行更多有关节能策略与优化算法的研究，并着眼于系统的可扩展性和兼容性，以满足不同规模和工艺污水处理厂的需求。

参考文献

- [1] 王阿华,周晨,吴伟.污水处理厂工程智能设计发展趋势分析及应用实践[J].江苏建筑,2023(5):6-9+58.
- [2] 市政污水处理悬浮物智能预警服务平台v1.0[Z].
- [3] 刘晓军.基于灰色Verhulst的市政污水处理效果智能评价系统研究[J].环境科学与管理,2022,47(9):80-84.
- [4] 王全.市政污水处理厂反硝化深床滤池脱氮在提标中的应用[J].科技风,2020(16):165-166.
- [5] 刘海洪.全地下式市政污水处理厂的设计和应用分析[J].砖瓦,2020(6):91-92.