

广州南沙区域水处理设施的智能化管理与高效运行策略分析

梁子豪

身份证号: 440682199107101355

DOI: 10.61369/EAE.2025010006

摘要: 介绍广州南沙区域水处理设施, 包括建设运营特点, 分析智能化管理现存问题。阐述其智能化管理技术框架、数字孪生等技术应用, 还涉及智慧化运维平台、泵站联调等措施, 以及多维评价指标体系、市场化运营机制探索等内容, 强调其意义与需深化研究方向。

关键词: 南沙; 水处理设施; 智能化管理

Analysis of Intelligent Management and Efficient Operation Strategies for Water Treatment Facilities in Nansha Area, Guangzhou

Liang Zihao

ID: 440682199107101355

Abstract: This paper introduces the water treatment facilities in Nansha District, Guangzhou, including their construction and operation characteristics, and analyzes the existing problems of intelligent management. It elaborates on the technical framework of intelligent management, the application of digital twin and other technologies, as well as measures such as intelligent operation and maintenance platform and joint debugging of pumping stations. Additionally, it explores the multi-dimensional evaluation index system and market-oriented operation mechanism, emphasizing its significance and the need for further research.

Keywords: Nansha; water treatment facilities; intelligent management

引言

随着我国对水资源保护和水环境治理的日益重视, 如2021年发布的《“十四五”节水型社会建设规划》强调了提高水资源利用效率和加强水环境治理的重要性。南沙区域水处理设施的建设与运营在这一背景下显得尤为关键。其设施分布、处理能力、工艺应用等方面呈现出一定特点, 但同时智能化管理存在诸多问题。从技术框架设计到数字孪生、深度学习算法的应用, 再到智慧化运维平台建设等一系列举措, 都旨在实现南沙区域水处理设施的智能化管理与高效运行, 以满足政策要求和区域发展的需要, 提升水资源利用效率和水质保障能力。

一、南沙区域水处理设施现状分析

(一) 设施建设与运营现状

南沙区域水处理设施在建设运营方面呈现出一定特点。在污水处理厂分布上, 呈现出与区域人口分布和产业布局相关的格局, 部分区域分布较为密集, 以满足当地污水处理需求^[1]。其处理能力各有不同, 一些大型污水处理厂承担着主要的处理任务。主流工艺应用方面, A²/O工艺在脱氮除磷上有一定成效, 能有效处理生活污水等常见污水类型; MBR工艺则在水质净化深度上表现出色, 出水水质较好。管网覆盖率影响着污水收集效率, 部分区域覆盖率较高, 但仍存在一些有待完善的地方。中水回用比

例是衡量水资源循环利用的关键指标, 目前该比例有待进一步提高, 以实现更好的水资源可持续利用。

(二) 智能化管理现存问题

南沙区域水处理设施智能化管理存在诸多现存问题。SCADA系统集成度不足, 无法实现对水处理各环节数据的高效整合与实时监控, 影响了管理决策的及时性与准确性。水质预测模型精度低, 难以对水质变化进行精准预估, 不利于提前采取有效的处理措施。能耗管理粗放, 未能充分利用智能化手段优化能源消耗, 增加了运行成本。在工业废水冲击负荷下, 应急响应存在缺陷, 无法快速有效地应对突发情况, 可能导致水质恶化等不良后果^[2]。

二、智能化管理技术体系构建

（一）智慧水务技术框架设计

广州南沙区域水处理设施智能化管理的技术框架设计为包含物联网感知层、边缘计算层、云平台决策层的三级架构。物联网感知层通过水质多参数在线监测，实时获取水质数据，为后续处理提供基础信息^[3]。边缘计算层采用分布式 PLC 控制，对感知层传来的数据进行初步处理和分析，实现对水处理设施的局部控制和优化。云平台决策层则综合各方面数据，利用大数据分析和智能算法，做出更全面、更科学的决策，对整个水处理系统进行宏观调控，以提高水处理设施的运行效率和管理水平，实现智能化管理与高效运行。

（二）关键技术应用实践

数字孪生技术在水力模型仿真中具有重要应用。通过构建物理实体的虚拟模型，实现对水处理设施水力系统的精确模拟^[4]。这有助于提前预测水流状态、压力分布等关键参数，为设施的优化设计和运行提供决策支持。同时，深度学习算法在曝气量动态调控方面展现出显著的优化效果。它能够根据水质变化、微生物活动等多种因素，实时调整曝气量，提高曝气效率，降低能耗。深度学习算法通过对大量历史数据的学习和分析，建立起输入输出之间的复杂映射关系，从而实现曝气量的精准控制，保障水处理过程的高效稳定运行^[4]。

三、高效运行策略优化路径

（一）运行模式创新

1. 智慧化运维平台建设

为实现广州南沙区域水处理设施的高效运行，需建设智慧化运维平台。该平台应具备设备健康度评估功能，通过实时监测设备运行数据，运用数据分析算法，准确评估设备的健康状况，及时发现潜在故障风险^[5]。同时，设置预防性维护提醒功能，依据设备的运行时长、使用频率以及健康度评估结果，智能生成维护计划并及时提醒工作人员，确保设备维护的及时性和有效性。此外，平台还应包含能效对标分析功能，对比不同设备以及不同时间段的能效数据，为优化设备运行参数和能源利用效率提供依据，从而提升整个水处理设施的运行效率和经济性。

2. 动态调度机制优化

建立基于潮汐规律的泵站联调方案，通过分析潮汐的周期性变化，合理调整泵站的运行时间和流量，实现水资源的高效利用和减少能耗^[6]。例如，在涨潮时，适当减少泵站的排水流量，利用潮汐的顶托作用，避免污水的过度排放；在落潮时，增加排水流量，及时排出污水。同时，开发雨季合流制溢流智能控制算法，根据实时的降雨量和污水流量，智能控制合流制管道的溢流情况。通过传感器实时监测降雨量和污水流量，当降雨量超过一定阈值时，算法自动调整合流制管道的阀门开度，优先排放雨水，减少污水溢流对环境的污染。

（二）管理机制创新

1. 全流程绩效考核体系

制定涵盖处理达标率、吨水药耗、碳排放强度的多维评价指标体系，对于水处理设施的高效运行至关重要。处理达标率直接反映了设施的处理效果，是衡量其是否满足环境要求的关键指标^[7]。吨水药耗则涉及到运营成本和环境影响，合理控制药耗既能降低成本，又能减少化学药剂对环境的潜在危害。碳排放强度指标体现了设施在运行过程中的能源利用效率和对气候变化的影响，有助于推动设施向低碳运行模式转型。通过综合考虑这些指标，建立全流程绩效考核体系，可以激励运营团队不断优化管理机制，提高水处理设施的整体运行效率和环境效益。

2. 市场化运营机制探索

在市场化运营机制探索方面，研究 PPP 模式在污泥资源化项目中的应用路径具有重要意义。PPP 模式能够整合政府与社会资本的优势资源，提高项目的运营效率和服务质量^[8]。通过合理的风险分担和利益共享机制，激发社会资本的积极性和创新能力。同时，设计基于水质担保的服务采购方案也是关键。该方案以水质达标为核心目标，促使运营方采取有效的技术和管理措施，确保水处理设施的稳定运行和出水水质符合标准。这不仅保障了公众的用水安全，也为市场化运营提供了明确的绩效评价依据，有利于促进水处理行业的健康发展。

四、水处理技术方向与发展前景

（一）前沿技术应用方向

1. 低碳处理技术发展

厌氧氨氧化工艺在工业废水处理中具有重要应用前景。该工艺具有无需外加碳源、污泥产量低等优点，适用于低碳氮比的工业废水处理^[9]。通过利用厌氧氨氧化菌的特殊代谢途径，能够高效去除废水中的氨氮和亚硝酸盐氮，实现废水的高效脱氮。同时，光伏-污水处理耦合系统也是低碳处理技术的一个重要发展方向。这种系统将光伏发电与污水处理相结合，利用太阳能为污水处理过程提供能源，不仅降低了污水处理的能耗，还提高了能源利用效率，具有良好的经济可行性^[9]。这些低碳处理技术的发展为水处理行业的可持续发展提供了新的思路和方法。

2. 新材料应用突破

石墨烯膜组件在水处理深度处理阶段展现出显著性能优势。其具有超高的渗透性和选择性，能够高效地分离水中的杂质和污染物，极大地提高了水的净化程度^[10]。同时，功能性生物填料也对处理效能起到了重要的提升作用。这类填料通过特殊的表面结构和化学成分，为微生物提供了良好的附着环境，促进了微生物的生长和代谢，从而增强了对水中有机物等污染物的分解和去除能力，进一步提高了水处理设施的整体处理效果，推动了水处理技术在新材料应用方面的突破与发展。

（二）智慧水务发展前景

1. 数字孪生系统深化应用

数字孪生技术在水务领域的应用前景广阔。在管网渗漏智能

诊断方面,未来有望通过更精确的传感器网络和先进的数据分析算法,实现对管网渗漏的实时监测和精准定位。这将大大提高维修效率,减少水资源浪费。在工艺参数动态优化上,数字孪生系统可结合实时运行数据和模拟模型,对水处理工艺参数进行动态调整。例如,根据水质变化和流量波动,自动优化药剂投放量 and 处理时间等参数,提高水处理效果和能源利用效率。同时,随着人工智能和大数据技术的不断发展,数字孪生系统的智能化水平将不断提升,为水务设施的高效运行提供更强大的支持。

2. 人工智能决策支持

机器学习在智慧水务的人工智能决策支持方面具有重要应用前景。在异常工况预警中,可通过对水处理设施大量运行数据的学习,建立模型识别异常模式。例如,监测水质变化、设备运行参数偏离正常范围等情况,及时发出预警,避免故障扩大。在多目标优化调度方面,能综合考虑水质达标、能耗降低、设备使用寿命等多个目标。根据实时数据和预测信息,制定合理的调度策略,如优化水泵运行时间、药剂投放量等,提高水处理设施的运行效率和经济性,实现智能化管理与高效运行。

(三) 政策保障体系构建

1. 标准规范体系建设

在水处理技术方向与发展前景中,标准规范体系建设至关重要。应针对智能化设施建设制定相关标准,明确技术要求和性能指标,确保设施的质量和可靠性。同时,确立数据交互协议等配套技术规范,保障不同设备和系统之间的数据准确、高效传输。这有助于实现水处理设施的智能化管理与高效运行。在政策保障方面,政府应出台鼓励性政策,推动企业积极参与标准规范的制

定和执行。通过构建完善的标准规范体系,为水处理技术的发展提供坚实的基础,促进广州南沙区域水处理设施的智能化水平提升,实现高效运行,提高水资源利用效率和水质保障能力。

2. 区域协同发展机制

构建粤港澳大湾区水环境治理信息共享平台是区域协同发展的关键举措。通过整合各方数据资源,实现水质监测、污水处理设施运行等信息的实时共享,提高决策的科学性和精准性。同时,探索跨境生态补偿机制实施路径至关重要。应明确补偿的标准和方式,依据生态服务价值评估结果,合理确定补偿额度。在区域协同发展机制下,加强粤港澳三地在政策、技术、资金等方面的合作,共同推动南沙区域水处理设施的智能化管理与高效运行,促进大湾区水环境质量的整体提升。

五、总结

南沙区域水处理设施智能化管理与高效运行具有重要意义。通过智能化升级的技术路径探索以及管理创新模式实践,数字技术为传统水务带来转型契机。智能化管理提升了设施运行效率,增强了水处理能力。同时,管理创新模式优化了资源配置,提高了决策科学性。然而,目前仍需在一些方面持续深化研究。完善智慧水务标准体系,能够规范行业发展,确保设施运行的准确性和可靠性。集成应用低碳技术,符合环保理念,有助于实现可持续发展。加强湾区环境治理协同,可整合区域资源,提升整体环境治理效果,推动南沙区域水处理设施向更智能、更高效方向发展。

参考文献

- [1] 左金星,曹长春,崔赞璐,等.南方小城镇污水处理现状和发展探讨[J].水科学与工程,2011(6):3.
- [2] 段金平.广州市南沙区盐碱地植被景观生态恢复的植物种类选择与配置[D].华南农业大学,2010.
- [3] 罗洁枝.广州南沙港口物流发展策略研究[D].广东工业大学,2016.
- [4] 凌霄,徐志标.珠江三角洲城市群水资源区域一体化研究[J].给水排水,2016,42(10):5.
- [5] 孙盛智.军用仓库智能化管理系统研究与实现[D].南京邮电大学,2011.
- [6] 周秋婷,谢婼,梁汝雯,等.对广州南沙湿地旅游资源及其开发的探讨[J].旅游纵览月刊,2015(07):126-127.
- [7] 康洪.南沙软土地基处理综合研究[D].中南大学,2010.
- [8] 肖建成.广州南沙新区开发建设的几点思考[J].商场现代化,2013(4):152.
- [9] 肖建成.广州南沙建设城市副中心探讨[J].魅力中国,2016(11):261.
- [10] 杜敏.基于SWOT分析的广州南沙保税港区发展对策研究[J].物流技术,2013(5).