

污水处理的自动化与智能化控制

李延明

子长市行政审批服务保障中心 陕西 延安 713000

摘要：本文围绕污水处理的自动化与智能化控制展开深入探讨。首先阐述了污水处理的重要意义及传统处理方式面临的挑战，进而引出自动化与智能化控制在污水处理领域应用的必要性。详细分析了自动化与智能化控制技术在污水处理各环节的具体应用，包括水质监测、设备运行控制、工艺流程优化等方面。同时，探讨了该技术应用所带来的显著优势。此外，还对当前污水处理自动化与智能化控制面临的问题进行了剖析，并针对性地提出了相应的解决策略。最后对污水处理自动化与智能化控制的未来发展趋势进行了展望，旨在为推动污水处理行业的技术升级和可持续发展提供理论支持与实践参考。

关键词：污水处理；自动化控制；智能化控制；可持续发展

1 引言

水是生命之源，对人类社会发展至关重要。但全球工业化和城市化致污水排放剧增，水污染问题严峻，威胁生态与健康，污水处理重要性凸显。传统污水处理依赖人工，有处理效率低、成本高、水质不稳等问题。如今科技发展，自动化与智能化控制技术为污水处理带来变革契机，可精准监测、实时控制与优化调整，提升质量效率、降低成本，推动行业高效、节能、环保发展，故研究其自动化与智能化控制意义重大。

2 污水处理自动化与智能化控制的必要性

2.1 传统污水处理方式的局限性

传统污水处理厂运行管理多靠人工操作与定期巡检。操作人员凭经验判断设备状态和处理效果，手动调节加药量、曝气量等参数，劳动强度大且易受人为因素影响，导致处理效果不稳定，如加药量调节不准会造成浪费或处理不达标，巡检难以及时发现潜在故障，影响正常运行。此外，传统方式在数据处理分析上明显不足，虽产生大量水质、设备运行等数据，但仅简单记录，缺乏深入挖掘分析，难以获取有价值信息来优化工艺与管理。

2.2 自动化与智能化控制的优势

自动化与智能化控制技术可有效克服传统污水处理方式的局限。自动化方面，通过安装传感器和仪表，能实时、精准监测污水水质、设备运行状态等关键参数，并将数据传至中央控制系统。系统依预设程序和算法，自动控制调节设备，实现自动化运行，如依化学需氧量（COD）、氨氮等指标变化，自动调整曝气量和加药量，保障处理效果^[1]。智能化进一步提升污水处理水平，借助人工智能、大数据等技术分析挖掘数据，建立智能

模型，优化和预测处理工艺，如通过机器学习预测水质变化趋势，提前调整参数，提高效率与抗冲击力。此外，智能化系统还能远程监控和故障诊断，便于管理人员掌握运行情况，及时解决问题，降低运维成本。

3 自动化与智能化控制技术在污水处理中的应用

3.1 水质监测自动化

水质监测是污水处理的基础环节，准确、及时地掌握污水水质状况对于合理调整处理工艺、确保处理效果至关重要。自动化水质监测系统通过安装在线监测仪器，能够实时监测污水中的多项指标，如pH值、溶解氧、COD、氨氮、总磷等。这些监测仪器具有高精度、高稳定性和实时性强的特点，能够将监测数据实时传输至中央控制系统，为操作人员提供准确的水质信息。例如，在污水处理厂的进水口、处理过程的关键节点和出水口分别安装在线监测设备，实时监测水质变化。当进水水质发生突变时，系统能够及时发出警报，操作人员可以根据监测数据迅速调整处理工艺参数，避免对后续处理单元造成冲击。同时，自动化水质监测系统还可以生成详细的水质监测报告，为污水处理厂的运行管理和环保部门的监管提供有利依据。

3.2 设备运行自动化控制

污水处理过程中涉及大量的设备，如水泵、风机、搅拌器、加药设备等。设备运行的稳定性和可靠性直接影响到污水处理的效果和效率。自动化控制系统通过对设备的启停、运行频率、转速等进行精确控制，实现设备的自动化运行。以曝气风机为例，传统的控制方式是根据经验手动调节风机的风量，难以根据实际需求进行精准控制，容易造成能源浪费。采用自动化控制系统后，通过安装在曝气池中的溶解氧传感器实时监测溶解

氧浓度，并将数据反馈至控制系统。控制系统根据预设的溶解氧目标值，自动调节风机的运行频率，实现曝气量的精准控制，既保证了污水处理效果，又降低了能源消耗。此外，自动化控制系统还可以对设备进行联锁保护控制。当某一设备出现故障时，系统能够自动停止相关设备的运行，避免故障扩大，保障设备和人员的安全。例如，当水泵出现故障时，系统自动停止与之相关的进水阀门和后续处理设备的运行，同时发出警报通知维修人员及时处理。

3.3 工艺流程智能化优化

污水处理工艺流程复杂，涉及多个处理单元和环节，各单元之间相互关联、相互影响。智能化控制技术通过对污水处理过程的建模和仿真，结合实时监测数据，对工艺流程进行优化调整，提高处理效率和降低运行成本。例如，利用人工智能算法建立污水处理工艺模型，将污水水质、设备运行参数等数据输入模型，通过模拟计算和分析，找出最优的处理工艺参数组合。在实际运行过程中，根据实时监测数据不断调整模型参数，使工艺流程始终处于最佳运行状态。同时，智能化控制系统还可以根据污水水质的变化和处理目标的要求，自动切换处理工艺模式，提高污水处理厂的适应性和灵活性^[2]。另外，智能化控制技术还可以实现对污水处理过程的能源管理优化。通过对设备能耗的实时监测和分析，找出能源消耗高的环节和设备，采取相应的节能措施。例如，优化设备的运行时间表，避免设备在低负荷时段空转；采用变频调速技术，根据实际需求调节设备的运行频率，降低能源消耗。

4 污水处理自动化与智能化控制的优势

4.1 提高处理效率

自动化与智能化控制技术能够实现对污水处理过程的实时监测和精准控制，根据出水水质的变化及时调整处理工艺参数，确保处理过程始终处于最佳运行状态。与传统的人工操作方式相比，大幅缩短了反应时间，提高了处理效率。例如，在生物处理单元中，通过自动化控制系统精确控制曝气量和污泥回流比，能够促进微生物的生长和代谢，提高有机物的去除效率，使污水处理厂的出水水质更快地达到排放标准。

4.2 降低运营成本

一方面，自动化与智能化控制可以实现设备的优化运行，降低能源消耗。通过对设备的精确控制和能源管理优化，避免设备的过度运行和能源浪费，降低电费支出。例如，采用变频调速技术对水泵和风机进行控制，根据实际需求调节设备的运行频率，可显著降低能源消

耗。另一方面，智能化控制系统能够实现对药剂的精准投加，根据污水水质的变化自动调整加药量，避免药剂的浪费，降低药剂成本。此外，自动化与智能化控制还可以减少人工操作和巡检工作量，降低人力成本。

4.3 提升水质稳定性

传统污水处理方式由于受人为因素和设备运行不稳定的影响，出水水质容易出现波动。自动化与智能化控制技术通过实时监测和精确控制，能够保证处理工艺参数的稳定性，从而使出水水质更加稳定可靠。例如，自动化水质监测系统能够及时发现水质异常变化，并通过控制系统迅速调整处理工艺，避免水质超标情况的发生。同时，智能化控制系统还可以对历史水质数据进行分析和预测，提前采取措施应对可能出现的水质波动，进一步提高水质稳定性。

4.4 增强管理决策的科学性

自动化与智能化控制系统能够收集、存储和分析大量的污水处理过程数据，为管理人员提供全面、准确的信息支持。通过对这些数据的深入挖掘和分析，管理人员可以了解污水处理厂的运行状况、设备性能、处理效果等方面的情况，发现潜在的问题和优化空间，从而制定更加科学合理的管理决策和运行调整方案。例如，根据设备运行数据制定合理的设备维护计划，提前预防设备故障；根据水质数据优化处理工艺，提高处理效率和水质。

5 污水处理自动化与智能化控制面临的问题及解决策略

5.1 技术标准不统一

目前，污水处理自动化与智能化控制领域缺乏统一的技术标准和规范，不同厂家生产的设备和控制系统在接口、通信协议、数据格式等方面存在差异，导致系统集成难度大，设备之间难以实现互联互通和互操作。这不仅增加了污水处理厂的建设和运营成本，也限制了自动化与智能化控制技术的广泛应用。

解决策略：政府相关部门和行业协会应加快制定统一的技术标准和规范，明确设备和控制系统的接口要求、通信协议、数据格式等，促进不同厂家设备之间的兼容性和互操作性。同时，加强对技术标准的宣传和推广，引导企业按照标准进行产品研发和生产，推动污水处理自动化与智能化控制行业的标准化发展。

5.2 数据安全风险

污水处理自动化与智能化控制系统依赖于大量的数据传输和存储，这些数据包含着污水处理厂的运行信息、设备状态、水质数据等重要内容。一旦数据遭到泄

露、篡改或破坏，可能会对污水处理厂的正常运行和环境保护造成严重影响。例如，黑客攻击可能导致控制系统瘫痪，使污水处理设备无法正常运行，造成污水直排等环境事故。

解决策略：加强数据安全防护体系建设，采用数据加密、访问控制、防火墙等安全技术手段，保障数据在传输和存储过程中的安全性。同时，建立健全数据安全管理制度，加强对操作人员的安全培训，增强数据安全意识，规范数据操作行为。定期对数据安全进行评估和检查，及时发现和消除安全隐患。

5.3 专业人才短缺

污水处理自动化与智能化控制是一门涉及多个学科领域的综合性技术，需要具备自动化、计算机、环境工程等多方面知识的专业人才。然而，目前行业内这类专业人才相对短缺，难以满足污水处理厂自动化与智能化改造和运行管理的需求。

解决策略：高校和职业院校应加强相关专业的建设，优化课程设置，培养适应污水处理自动化与智能化控制行业发展需求的专业人才。污水处理企业应加强对现有员工的培训，提高员工的技术水平和综合素质。同时，企业可以通过与高校、科研机构合作，建立产学研合作基地，引进高端人才，为污水处理自动化与智能化控制技术的发展提供人才支持。

6 污水处理自动化与智能化控制的未来发展趋势

6.1 与物联网技术的深度融合

物联网技术通过将各种设备和传感器连接到互联网，实现设备之间的互联互通和数据的实时共享。未来，污水处理自动化与智能化控制系统将与物联网技术深度融合，实现更广泛的设备连接和数据采集。例如，在污水处理厂的各个角落安装更多的传感器，实时监测污水水质、设备运行状态、环境参数等信息，并将这些数据通过物联网传输至云端平台。通过云端平台的大数据分析和处理，为污水处理厂的运行管理提供更全面、更精准的决策支持。

6.2 人工智能技术的广泛应用

人工智能技术，如机器学习、深度学习等，在数据处理和模式识别方面具有强大的能力。未来，人工智能技术将在污水处理自动化与智能化控制中得到更广泛地应用^[3]。例如，利用机器学习算法对污水处理过程中的大量数据进行分析和建模，实现对出水水质变化的精准预测和处理工艺的智能优化；通过深度学习算法对设备运行图像和声音进行分析，实现设备的故障诊断和预测性维护，提高设备的可靠性和运行效率。

6.3 绿色低碳发展

随着全球对环境保护和可持续发展的重视，污水处理行业也将朝着绿色低碳的方向发展。未来，污水处理自动化与智能化控制系统将更加注重能源管理和资源回收利用。例如，通过优化处理工艺和设备运行，降低能耗；采用先进的污泥处理技术，实现污泥的资源化利用，减少污泥对环境的污染。同时，利用智能化控制系统对污水处理过程中的碳排放进行监测和管理，推动污水处理行业实现碳减排目标。

结语

污水处理厂自动化与智能化控制是行业发展的必然，能提高处理效率、降低成本、提升水质稳定性，推动可持续发展。虽然目前该技术应用面临问题与挑战，但随着技术进步和标准完善，这些问题将迎刃而解。未来，物联网、人工智能等新兴技术发展，会为其带来更广阔空间，助力水资源高效利用与环境保护。污水处理企业应积极采用该技术，加大投入与人才培养，提升技术水平和竞争力，携手推动行业迈向新阶段。

参考文献

- [1]汝晓艳.污水处理过程中自动化控制技术的应用研究[J].仪器仪表用户,2025,32(04):24-26.
- [2]李艳芹.市政污水处理厂运营现状及自动化控制应用研究[J].生态与资源,2025,(02):56-58.
- [3]赵银中.污水处理智能控制系统构建及优化[J].环境保护与循环经济,2025,45(03):82-84+89.