

城市污水处理工艺优化与能效提升策略研究

应凯凯

宁波市城市排水有限公司 浙江 宁波 315000

摘要：随着城市化进程的快速推进，城市污水排放量急剧增加，对污水处理工艺提出了更高要求。本文深入分析了当前城市污水处理工艺的现状及存在的问题，结合国内外先进的污水处理技术和管理经验，提出了一系列具体的优化措施和能效提升策略。通过实施这些策略，旨在提高城市污水处理的效率、降低能耗，并促进资源的循环利用，为城市可持续发展提供有力支撑。

关键词：城市污水处理；工艺优化；能效提升

引言

城市污水处理是城市环境治理的重要组成部分，其处理效果直接影响到城市的水环境质量和居民的生活质量。然而，当前城市污水处理工艺仍面临诸多挑战，如处理效率低、能耗高、资源回收利用率低等。因此，研究城市污水处理工艺的优化与能效提升策略，对于提高城市污水处理水平、降低运营成本、推动城市绿色发展具有重要意义。

1 城市污水处理工艺现状分析

1.1 主流处理工艺概述

在当前城市污水处理的众多技术中，活性污泥法、生物膜法及厌氧生物处理法占据了主导地位。活性污泥法，通过培养活性污泥中的微生物群落，有效降解有机物，实现水质净化，且处理效果稳定可靠。生物膜法则利用附着在载体表面的生物膜进行污水处理，大大节省了占地面积，同时简化了操作流程，降低了运维成本。厌氧生物处理法则在低能耗和污泥减量方面展现出显著优势。通过厌氧菌的代谢作用，不仅能够有效去除污水中的有机物，还能大幅降低污泥产量，减轻后续处理负担，符合绿色、可持续的环保理念。

1.2 存在的问题

在当前的污水处理工艺中，仍存在一些亟待解决的问题。首先，处理效率方面存在不足，尤其是针对氮、磷等特定污染物的去除效果不尽如人意。其次，能耗问题也是一大挑战。污水处理过程中，曝气、提升泵等关键设备的能耗占据了相当大的比例，导致整体运营成本居高不下。这不仅增加了经济负担，也与环境可持续发展的理念相悖。再者，资源回收利用的效率低下同样值得关注。污水中蕴含的有机物、氮、磷等资源，在现有工艺中往往未能得到充分的回收利用，造成了资源的浪费。最后，污泥处理难题也亟待解决。污泥产量大、处

理成本高，且处理不当容易引发二次污染，成为污水处理过程中的一大隐患。

2 城市污水处理工艺优化策略

2.1 优化硬件设施

为了应对城市污水处理中存在的诸多问题，优化硬件设施成为了一项至关重要的策略。在曝气系统方面，可以着手引进更为高效节能的设备，以替代传统的能耗大户。具体而言，空气悬浮鼓风机凭借其低噪音、无油污染以及高效节能的显著优势，逐渐成为替代传统罗茨风机的理想选择。空气悬浮鼓风机通过空气力场使轴承悬浮并保持高速运转，无需润滑油，从而大幅降低了能耗和维护成本。在实际应用中，这种鼓风机能够显著提高曝气效率，确保污水中的微生物得到充足的氧气供应，同时减少能耗，为污水处理厂的节能减排做出重要贡献。在提升系统方面，高效节能泵的应用同样具有重要意义。传统水泵在长时间运行过程中，往往因效率低下而导致能耗过高。而高效节能泵则通过优化设计，提高了泵的效率 and 稳定性，使得在相同工况下，其能耗远低于传统水泵^[1]。这不仅降低了污水处理厂的运营成本，还有助于提升整体处理效率，实现更加高效、节能的污水处理过程。此外，污泥处理系统的改进也是优化硬件设施的重要一环。传统的污泥处理方法往往存在处理成本高、效率低下以及易造成二次污染等问题。为了解决这些问题，可以采用污泥厌氧消化技术。该技术利用厌氧菌在无氧条件下分解污泥中的有机物，产生沼气等可再生能源，不仅降低了污泥的产量，还实现了资源的循环利用。同时，好氧发酵技术也是一种有效的污泥处理方法。通过好氧微生物的作用，将污泥中的有机物转化为稳定的腐殖质，提高污泥的资源化利用价值，为污水处理厂的可持续发展奠定坚实基础。

2.2 优化设计工艺

在优化城市污水处理工艺的过程中,组合工艺的应用无疑是一个创新且高效的策略。通过深入剖析不同工艺的独特优势,可以尝试将活性污泥法与生物膜法有机结合,形成互补互促的组合工艺。活性污泥法以其强大的有机物降解能力和良好的适应性著称,而生物膜法则以其紧凑的结构和便捷的管理受到青睐。两者结合后,不仅能显著提高污水的处理效率,还能有效去除氮、磷等难处理污染物,满足日益严格的排放标准。分段进水工艺则是另一种提高污水处理精准度的有效方法。在实际操作中,可以根据污水的水质特性和处理要求,巧妙地将污水分成若干段,并分别送入不同的处理单元进行针对性处理。例如,对于含有高浓度有机物的污水,可以先通过厌氧处理单元进行初步降解,然后再进入好氧处理单元进行进一步净化。这种分段处理的方式,不仅能够确保每个处理单元都能充分发挥其处理效能,还能实现污水的精准处理,提高整体处理效果。

2.3 强化源头治理

源头治理是提升城市污水处理效率与质量的根本途径,其中工业废水预处理与雨水污水分离是两大核心策略。针对工业废水,由于其成分复杂、污染物浓度高,若直接排入城市污水管网,将极大地增加污水处理的难度与成本。因此,加强对工业废水的预处理显得尤为重要。这要求各工业企业根据自身生产特点,采用相应的物理、化学或生物处理方法,如沉淀、过滤、中和、氧化还原等,对废水中的有害物质进行初步去除或降低其浓度。同时,政府应加大对工业废水预处理的监管力度,确保预处理设施的正常运行与达标排放,从而有效减轻城市污水处理厂的负担,提高整体处理效率^[2]。另一方面,雨水与污水的分离也是源头治理的关键一环。在城市化进程中,由于雨水与污水管道系统的不完善或混接,导致大量雨水混入污水管网,不仅增加了污水处理量,还稀释了污水中的污染物浓度,影响处理效果。因此,完善雨水与污水分离系统至关重要。这包括新建或改造排水管道,确保雨水与污水各行其道;在雨水排放口设置截流干管,防止雨水在暴雨时溢流入污水管道;以及加强城市排水系统的维护与管理,防止因管道破损、堵塞等问题导致的雨水污水混流。

2.4 提升回收工艺

在城市污水处理的工艺流程中,提升回收工艺是实现资源循环利用、降低处理成本的重要途径。其中,污水源热泵技术以其独特的能源回收方式,为城市供暖与制冷提供了新的解决方案。这项技术充分利用了污水中蕴含的热能,通过热泵系统将其提取并转化为可用的

热能或冷能,从而满足城市建筑供暖或制冷的需求。这种技术不仅减少了传统能源消耗,还实现了污水中能源的有效回收利用,具有显著的经济效益和环境效益。氮磷回收技术则是针对污水中氮、磷等营养元素的高效回收方法。传统的污水处理往往只关注污染物的去除,而忽视了这些有价值的资源的回收。然而,随着资源循环利用理念的深入人心,氮磷回收技术逐渐受到重视。其中,鸟粪石结晶法是一种有效的磷回收技术,通过调节污水的pH值和添加适当的化学试剂,使磷以鸟粪石的形式结晶析出,从而实现磷的回收。同时,生物脱氮除磷技术也因其高效、环保的特点而得到广泛应用,通过微生物的代谢作用,将污水中的氮、磷转化为生物体所需的营养物质,进而实现资源的回收利用。此外,有机物回收利用也是提升回收工艺的重要一环。污水中含有丰富的有机物,通过厌氧消化等技术,可以将这些有机物转化为沼气等可再生能源。厌氧消化是在无氧条件下,利用微生物的分解作用,将有机物转化为沼气(主要成分为甲烷)和稳定化的污泥。这种技术不仅实现了有机物的有效回收,还减少了污泥的产量,降低了处理成本,为城市污水处理的可持续发展提供了有力支持。

3 城市污水处理能效提升策略

3.1 节能技术应用

在追求城市污水处理高效能的同时,节能技术的应用显得尤为重要。变频调速技术作为其中的佼佼者,为曝气、提升泵等关键设备带来了显著的能耗降低。这一技术通过实时监测设备的工作状态与实际需求,灵活调整设备的转速,确保其在满足处理效果的前提下,以最低的能耗运行。例如,在曝气系统中,变频调速技术可以根据污水的溶解氧浓度自动调节曝气量,避免过度曝气造成的能源浪费。同样,在提升泵的应用中,通过变频调速技术实现泵流量的精准控制,有效降低了泵的运行能耗。此外,智能节电装置的安装也是提升能效的关键一环。这些装置,如电能质量优化器、无功补偿装置等,通过优化电网的电能分配与利用,提高了整个污水处理系统的电网利用率。电能质量优化器能够减少电网中的谐波与电压波动,确保设备的稳定运行;而无功补偿装置则通过补偿电网中的无功功率,降低了线路的损耗,提高了能源的利用效率^[3]。余热回收利用则是另一项值得推广的节能技术。在污水处理过程中,会产生大量的余热,这些余热往往被忽视或浪费。然而,通过合理的余热回收系统,可以将这些余热转化为有用的热能或冷能,用于加热或制冷等需求。

3.2 能源回收与利用

在城市污水处理的能效提升策略中,能源回收与利用无疑是一个重要环节。厌氧消化-热电联产技术便是其中的佼佼者。通过厌氧消化技术处理污泥,不仅可以有效减少污泥的体积和有害物质,还能产生大量的沼气。这种沼气是一种清洁的可再生能源,可以直接用于发电或供暖,从而实现能源的回收利用。这种技术不仅降低了污泥处理的成本,还提高了污水处理厂的能源自给率,为节能减排做出了积极贡献。光伏发电则是另一项值得推广的能源回收技术。考虑到污水处理厂通常拥有较大的屋顶面积或空闲场地,这些区域成为了安装光伏发电板的理想场所。通过安装光伏发电板,可以充分利用太阳能这一清洁、可再生的能源进行发电,减少对传统能源的依赖。光伏发电系统不仅可以为污水处理厂提供稳定的电力供应,还能在电力过剩时将电能储存起来,以备不时之需。这种技术的应用不仅降低了污水处理厂的运营成本,还提高了其能源利用的多样性和可持续性。为了进一步提升能源利用效率,建立能源管理系统显得尤为重要。这一系统能够实时监测污水处理厂的能源使用情况,包括电、气、水等各方面的消耗。通过数据分析,系统可以及时发现能源使用中的浪费现象,并提出优化建议。同时,能源管理系统还能对污水处理厂的设备运行进行智能调度,确保设备在高效、节能的状态下运行。

3.3 智能化管理

智能化管理作为城市污水处理能效提升的关键策略,正逐渐展现出其巨大的潜力。远程监控与诊断系统的建立,为污水处理设备的高效运行提供了有力保障。这一系统通过物联网技术,将污水处理设备的运行状态实时传输至监控中心,使得管理人员能够随时掌握设备的运行状况。一旦设备出现故障或异常,系统能够迅速进行故障诊断,并发出警报,从而及时通知维修人员进行修复。这种远程监控与诊断的方式,不仅提高了设备

维护的效率,还降低了因设备故障导致的停机时间,确保了污水处理过程的连续性和稳定性。数据分析与优化则是智能化管理的另一大亮点。借助大数据和人工智能技术,可以对污水处理过程中产生的海量数据进行深度分析和挖掘。通过对这些数据的分析,可以更加准确地了解污水处理的实际情况,发现潜在的问题,并优化工艺参数和运行策略^[4]。例如,通过数据分析,可以确定最佳的曝气量、污泥回流量等关键参数,从而提高污水处理的效率和出水水质。同时,人工智能技术的应用还可以实现污水处理过程的自动化控制,进一步降低人工干预的成本和风险。

结语

城市污水处理工艺的优化与能效提升是推动城市可持续发展的重要途径。通过优化硬件设施、设计工艺、源头治理和回收工艺,结合节能技术、能源回收与利用以及智能化管理,可以显著提高城市污水处理的效率和能效。未来,随着科技的不断进步和环保意识的增强,城市污水处理工艺将不断优化升级,为实现水资源的循环利用、保护水环境和推动城市绿色发展作出更大贡献。同时,政府应加大对城市污水处理领域的投入和支持力度,推动技术创新和产业升级,为城市污水处理工艺的优化和能效提升提供有力保障。

参考文献

- [1]张玉山.城市污水处理工艺选择与优化分析[J].工程建设与设计,2023,(18):92-94.
- [2]高超.城市污水处理工艺优化与能耗分析[J].资源节约与环保,2024,(10):17-20.
- [3]邓丽娜.中小城镇污水处理工艺优化研究[J].天津化工,2024,38(06):123-125.
- [4]张俊.污水处理厂能源回收工艺和优化策略分析[J].中国资源综合利用,2024,42(07):247-251.