

污水处理厂节能降耗技术优化路径研究

梅宏然 刘铁军

承德市生态环境局, 河北省承德市, 067000;

摘要: 本文聚焦污水处理厂节能降耗技术优化路径展开深入研究。随着污水处理规模的不断扩大, 能耗问题愈发凸显, 节能降耗成为污水处理厂可持续发展的关键。通过分析污水处理厂各环节的能耗情况, 探讨了曝气系统、水泵系统、污泥处理系统等关键环节的节能技术现状与存在的问题。在此基础上, 提出了针对性的优化路径, 包括采用高效节能设备、优化运行控制策略、加强管理等措施, 旨在降低污水处理厂的能耗, 提高能源利用效率, 实现污水处理行业的绿色发展。

关键词: 污水处理厂; 节能降耗; 技术优化; 能源效率

DOI: 10.64216/3080-1508.25.03.031

污水处理是保障水环境质量的重要环节, 然而污水处理厂在运行过程中消耗大量能源。据统计, 污水处理行业能耗占全社会总能耗的比例呈上升趋势。高能耗不仅增加了污水处理成本, 也与当前节能减排的发展理念相悖。因此, 深入研究污水处理厂节能降耗技术优化路径具有重要的现实意义。本文旨在剖析污水处理厂各环节能耗特点, 探索切实可行的节能降耗优化措施, 为污水处理厂的节能运行提供参考。

1 污水处理厂能耗现状与问题分析

1.1 污水处理厂能耗构成

污水处理厂的能耗主要集中在几个关键系统^[1]。曝气系统是能耗大户, 其作用是微生物提供充足的氧气进行有机物分解, 一般占总能耗的40%-60%。曝气过程中需要将空气通过曝气设备输送到污水中, 这涉及到风机的运行, 风机的功率较大且连续运行时间长, 导致能耗较高。水泵系统也是重要的能耗来源, 包括进水泵、回流泵、污泥泵等。进水泵负责将污水提升至处理系统, 回流泵用于实现污水的循环处理, 污泥泵则用于污泥的输送。水泵系统的能耗约占总能耗的20%-30%。此外, 污泥处理系统在污泥浓缩、脱水等过程中也会消耗一定的能量, 占总能耗的10%-20%。其他辅助设备如照明、加药设备等也会产生一定的能耗, 但占比较小。

1.2 能耗存在的问题

目前污水处理厂在能耗方面存在诸多问题。在曝气系统方面, 曝气设备的选型不合理较为常见。部分污水处理厂选用的曝气设备效率低下, 不能根据污水水质和处理要求精准供气, 导致能源浪费。同时, 曝气系统的运行控制策略不够智能, 往往采用恒定的曝气强度, 无

法根据实际的溶解氧需求进行实时调整。在水泵系统中, 水泵的选型与实际工况不匹配, 导致水泵运行效率低。例如, 水泵的扬程和流量过大, 而实际所需的工况较小, 使得水泵在低效率区间运行。另外, 水泵的调速方式不合理, 部分采用阀门调节流量, 这种方式会增加水泵的能耗。污泥处理系统也存在处理工艺落后的问题, 一些传统的污泥处理工艺能耗高、处理效果差, 无法实现污泥的高效减量化和资源化。

2 曝气系统节能降耗技术优化

2.1 高效曝气设备的选用

选择高效的曝气设备是曝气系统节能的关键^[2]。微孔曝气器是一种较为高效的曝气设备, 其具有较高的氧转移效率。微孔曝气器能够产生微小的气泡, 增加了气泡与污水的接触面积, 从而提高了氧气的溶解速度和转移效率。与传统的曝气设备相比, 微孔曝气器可以在较低的能耗下达到相同的曝气效果。此外, 可变孔曝气器也是一种节能的选择。可变孔曝气器可以根据实际的曝气需求调整曝气孔的大小和数量, 从而实现精准曝气, 减少能源浪费。在选用曝气设备时, 还应考虑设备的材质和耐用性, 以降低设备的维护成本和更换频率。

2.2 曝气系统智能控制策略优化

采用智能控制策略可以有效降低曝气系统的能耗。基于溶解氧反馈控制是一种常用的智能控制方法。通过在污水中安装溶解氧传感器, 实时监测污水中的溶解氧浓度, 并将数据反馈给控制系统。控制系统根据预设的溶解氧目标值, 自动调节风机的转速和曝气强度, 使溶解氧浓度保持在合理范围内。这种控制方式可以避免过度曝气, 提高能源利用效率。另外, 还可以结合水质在

线监测系统,根据污水的水质变化实时调整曝气策略。例如,当污水中的有机物浓度较高时,适当增加曝气强度;当有机物浓度较低时,降低曝气强度。

2.3 曝气系统运行管理优化

强化曝气系统的运行管理是实现节能的关键环节。日常需定期对曝气设备开展维护保养,及时清除曝气器内的堵塞物,确保曝气均匀性,避免因局部堵塞导致能耗浪费;同时密切监测风机运行状态,对磨损部件及时更换,保障风机始终处于高效运转状态。在系统布局上,需优化曝气区域设置,通过合理划分功能区,消除曝气死角并减少过度曝气现象,使氧气得以充分利用。运行过程中,应详细记录溶解氧浓度、风机功率、曝气时间等关键数据,通过对数据的分析研判,动态调整曝气量、曝气时段等参数,实现精准曝气。这种全流程的精细化管理,既能提升污水处理效率,又能通过减少无效能耗输出,切实降低曝气系统的整体能耗水平。

3 水泵系统节能降耗技术优化

3.1 水泵合理选型与匹配

水泵的科学选型是提升系统效率的核心前提^[3]。选型时需紧密结合污水处理厂实际工况,精准测算所需扬程与流量,确保水泵额定参数与实际运行需求高度匹配,避免“大马拉小车”导致的能量浪费或“小马拉大车”造成的设备过载。可借助专业水泵选型软件,综合工艺流程、水质特性等多维因素进行量化分析,制定更贴合实际的选型方案。同时,需考量水泵并联或串联的运行模式——并联适用于流量需求变化大的场景,可通过启停机组灵活调节输出;串联则更适合提升扬程的工况,能避免单级泵负荷过高。通过精细化选型与运行模式优化,让水泵始终工作在高效区间,既保障污水处理流程的稳定性,又最大限度降低能耗损耗,实现设备性能与能效的双重提升。

3.2 水泵调速技术应用

水泵调速技术是降低能耗的有效手段,其中变频调速应用广泛,它通过调节电机频率改变水泵转速,实现流量按需匹配。当系统对水量需求减少时,降低转速可直接减少水泵运行功耗,相较于传统阀门调节方式,能避免因阀门节流产生的能量损耗,显著提升运行效率。此外,液力耦合器调速等方式也可根据实际工况灵活选用,这类技术通过动态调整动力传输特性实现转速调控,在不同负载条件下均能保持较好的节能效果。实际应用中,需综合考量设备适配性、初始投资及维护成本等因

素,选择与工况匹配的调速方案,在保证供水需求的同时,最大限度降低能耗,实现节能增效目标。

3.3 水泵系统运行优化

优化水泵系统运行是节能的关键一环。需根据污水流量波动规律,灵活调整水泵启停时间与运行台数——在流量低谷期,减少开机数量,避免设备空转或低效运行带来的能耗浪费。日常运维中,定期检修叶轮、密封等核心部件,及时清除杂物、更换磨损零件,确保水泵始终保持良好性能,避免因机械损耗导致能效下降。同时,强化实时监测机制,动态跟踪流量、扬程、功率等关键参数,通过数据分析尽早发现异常工况,如叶轮堵塞、管路泄漏等问题,及时介入处理。这种基于工况变化的动态管理与预防性维护相结合的模式,既能保障污水处理流程的连续性,又能让水泵系统在高效区间稳定运行,实现节能目标的同时延长设备使用寿命。

4 污泥处理系统节能降耗技术优化

4.1 污泥处理工艺改进

采用先进的污泥处理工艺可以降低污泥处理系统的能耗^[3]。例如,污泥厌氧消化工艺是一种较为节能的处理方法。在厌氧消化过程中,污泥中的有机物在厌氧微生物的作用下分解产生沼气,沼气可以作为能源回收利用。通过优化厌氧消化的工艺参数,如温度、停留时间等,可以提高沼气的产量和质量。另外,污泥深度脱水工艺可以有效降低污泥的含水率,减少后续污泥处理和处置的难度和能耗。采用高压隔膜压滤机等设备,可以将污泥的含水率降低到60%以下,便于污泥的运输和最终处置。

4.2 污泥处理设备节能改造

对污泥处理设备实施节能改造是降低能耗的重要方向。以污泥浓缩环节为例,将传统设备升级为带式浓缩机、离心浓缩机等高效机型,可通过强化固液分离效率,缩短浓缩时间并减少能耗消耗;在污泥脱水环节,选用板框压滤机节能改进型等新型设备,通过优化滤布材质、调整压榨压力等结构与参数改良,降低脱水过程中的动力损耗。此外,建立常态化维护管理机制至关重要——定期检查设备传动部件润滑情况、校准运行参数,及时修复密封泄漏、电机过热等问题,既能保障设备稳定运行,又能通过延长设备服役周期间接降低综合能耗。此类改造通过技术升级与管理优化双轮驱动,在提升污泥处理效能的同时,实现节能目标与设备可靠性的同步提升。

4.3 污泥资源化利用

实现污泥的资源化利用是降低处理系统能耗的重要路径。除了将厌氧消化过程中产生的沼气回收作为能源，污泥还可在农业、建材等领域实现多元化利用。通过堆肥处理，污泥能转化为富含养分的有机肥料，用于农田土壤改良，既消除了污泥的环境危害，又为农业生产提供了绿色投入品；将污泥与粉煤灰、渣土等材料混合，经固化成型、高温烧结等工艺制成建筑用砖、陶粒等材料，不仅大幅减少污泥处置量，还能降低传统建材生产对砂石等自然资源的依赖，降低综合生产成本。这种“变废为宝”的模式，打破了传统污泥处理“末端处置”的局限，通过能源循环与资源替代的双重机制，既减少了污泥处理过程中的能耗需求，又降低了对传统能源和矿产资源的消耗，为污水处理厂实现节能减排、构建循环经济模式开辟了新路径。

5 其他节能降耗措施

5.1 加强设备维护与管理

定期对污水处理厂的设备进行维护和管理是节能降耗的基础^[4]。建立完善的设备维护管理制度，制定详细的设备维护计划。对设备进行定期的巡检、保养和维修，及时发现和解决设备存在的问题。例如，对电机进行定期的润滑和保养，检查电机的绝缘性能，确保电机的高效运行。对管道进行检查和维护，防止管道泄漏，减少能源损失。加强对设备操作人员的培训，提高操作人员的技能水平和节能意识，确保设备的正确操作和运行。

5.2 采用节能照明系统

污水处理厂的照明节能可通过系统升级实现。采用LED照明灯具替代传统白炽灯与荧光灯是核心举措，这类灯具凭借高效发光特性，能耗较传统光源降低超50%，且使用寿命更长，能减少更换维护成本。同时，优化照明控制方式至关重要，引入智能照明系统可根据时段与区域需求动态调节亮度：白天自然光充足的区域，系统自动关闭部分灯具；夜间或人员活动稀少的区域，则降低照明强度，避免“长明灯”现象。这种“按需供光”模式，既保障作业面光照需求，又最大限度减少无效电能消耗，将照明系统从单一功能型向智能节能型升级，在提升能效的同时，为厂区运营成本控制提供可持续支持。

5.3 优化污水处理工艺布局

优化污水处理厂的工艺布局是降低能耗的重要途径，其核心在于缩短污水与污泥的输送距离、提升流体流动效率^[5]。通过合理规划各处理单元的空间位置，让污水和污泥以更短路径完成处理流程——如将污泥处理单元贴近污泥产生源设置，可直接减少输送环节的能耗与成本；同时，优化管道系统设计，减少不必要的弯头和管件，降低水流阻力与能量损耗，使水力输送更顺畅高效。这种布局优化不仅能降低水泵等设备的运行负荷，还能通过提升整体流程的连贯性，减少无效能量消耗，进而提高污水处理厂的综合运行效率。实际改造中，需结合厂区地形、工艺流程及设备特性进行系统性设计，在确保处理效果的前提下，实现能耗降低与经济效益的双重提升。

6 结束语

污水处理厂的节能降耗是一项系统工程，涉及到曝气系统、水泵系统、污泥处理系统等多个关键环节。通过采用高效节能设备、优化运行控制策略、加强管理等措施，可以有效降低污水处理厂的能耗，提高能源利用效率。在实际应用中，应根据污水处理厂的具体情况，综合运用各种节能降耗技术，不断探索和创新节能方法。同时，加强对节能技术的研究和开发，推广应用先进的节能设备和工艺，为污水处理行业的可持续发展提供有力支持。随着科技的不断进步和节能意识的提高，相信污水处理厂的节能降耗工作将取得更大的成效，实现污水处理与环境保护的双赢。

参考文献

- [1] 夏丽彬. 城市污水处理厂全流程节能降耗分析及优化运行方法[J]. 低碳世界, 2017, (09): 67-68.
- [2] 罗均, 张敏骏, 黄红旗, 等. 市政污水处理厂节能降耗途径分析[J]. 天津科技, 2023, 50(04): 115-118.
- [3] 李胜. 污水厂污泥处理节能降耗平衡分析[J]. 城市道桥与防洪, 2019, (04): 122-125+17.
- [4] 李翔, 朱灿耀. 新能源在污水处理厂中的应用[J]. 给水排水, 2023, 59(S2): 472-476.
- [5] 侯锋. 地下式污水处理厂关键技术研究工程实践[D]. 清华大学, 2017.

作者简介: 梅宏然, 出生年月: 1982-03-24, 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 河北承德, 学历: 大学本科, 职称: (现目前的职称) 初职, 研究方向: 生态环保。