

工业污水处理过程节能优化控制方法研究

饶军旺

中节能环保投资发展(江西)有限公司龙南工业污水处理厂 江西赣州 341000

摘要: 随着工业生产的迅猛发展,工业污水的产生量日益增加,其处理过程能耗居高不下。面对能源危机和环境污染的双重压力,开展工业污水处理过程的节能优化控制方法研究变得尤为重要。本研究旨在探索和提出有效的节能优化控制策略,以降低污水处理过程中的能源消耗,实现经济效益与环境可持续性的双重提升。

关键词: 工业污水处理; 节能优化; 控制方法

工业污水处理作为确保水资源安全和保护环境的重要手段,其运行过程中的高能耗问题一直是制约行业可持续发展的关键因素之一。传统的污水处理工艺往往重视处理效果而忽视了能耗问题,导致在处理效率和能耗之间存在着不平衡。在全球能源日益紧张和环境保护标准不断提高的背景下,如何通过技术创新和管理优化降低工业污水处理的能耗,成为环保领域研究的热点。近年来,随着信息技术和自动化技术的迅速发展,为工业污水处理的节能优化控制提供了新的思路和方法。因此,开展工业污水处理过程的节能优化控制方法研究,不仅具有重要的科学价值,也有着迫切的实际需求。

一、工业污水的特点

1. 成分复杂性

工业污水中含有多种不同的污染物,包括有机物、无机物、重金属、非金属元素以及各种微生物等。污水成分会根据生产流程、原料种类、生产工艺等因素的变化而变化,导致其性质不稳定。由于工业活动的多样性,不同行业甚至同一行业不同工厂之间产生的污水成分和浓度可能存在显著差异,增加了污水处理的难度。

2. 高污染性

工业污水中的污染物浓度通常远高于生活污水,对环境和人体健康的威胁更大。可能含有具有毒性、致癌性、致突变性的化学物质,如某些重金属(铅、汞)、有机污染物(多环芳烃、塑化剂)。包含难以降解的持久性污染物,例如一些合成化学品和激素类物质,它们在中长期存在,影响深远^[1]。

3. 高色度和异味

工业污水常带有强烈的颜色,影响水体的外观质量,干扰光的渗透,影响水生生物的生长。污水中的有机物

分解产生恶臭气体,如硫化氢、氨气等,严重影响周边居民的生活质量。

二、工业污水处理中的能耗问题

首先,工业污水处理通常涉及多个复杂的物理、化学和生物过程,如调节、沉淀、过滤、生化处理等,这些过程都需要消耗大量的能源。尤其是生化处理阶段,这一过程需要利用微生物在足够的时间内降解有机物,不仅对氧气的需求量大,而且运行时间长,导致能耗居高不下。其次,高效去除污水中的有害物质,如重金属、有毒化学物质等,往往需要采用先进的处理技术,比如膜处理、高级氧化过程等,这些高端技术虽然能有效提高污水处理的效果,但其设备运行和维护同样需要较高的能耗。此外,为了达到越来越严格的排放标准,工厂不得不采用多级处理或深度处理技术,这进一步增加了能耗。最后,工业污水的处理量通常较大,且由于污水的成分复杂多变,所需的处理工艺往往需要频繁调整,这不仅对操作人员提出了高要求,也使得整个系统的能效比较低。因此,如何在保证污水处理效果的前提下,降低能耗、提高能效,成为工业污水处理领域面临的一个重大挑战。

三、工业污水处理技术

1. 物理法

物理法在工业污水处理中扮演着非常重要的角色,它们主要利用物理作用来分离或去除污水中的悬浮物、沉淀物和浮油等污染物。重力分离是最常见的物理处理方法之一,它简单而有效,通过利用颗粒物与水之间的密度差异,让重的颗粒沉降到底部,轻的油类物质浮至水面,从而进行分离。浮选处理则是通过向污水中注入空气,形成大量的微小气泡,这些气泡会附着在颗粒物

上,使其浮力增大而上升到水面,随后被移除。这种方法尤其适用于去除细小的悬浮颗粒和油脂。沉淀过程则通常发生在大型的沉淀池中,污水在此缓慢流动,给予颗粒足够的时间沉到池底,之后通过污泥泵等设备清除聚集的污泥。过滤技术如砂滤池和微滤膜,能够去除更加微小的悬浮物和部分微生物,其操作是通过将污水通过一层或多层过滤介质,截留固体颗粒同时放行水分。离心分离技术在一些特殊工业污水处理场合中使用,它通过高速旋转产生的离心力,将不同密度的物料分离。而膜分离技术,包括微滤、超滤、纳滤和反渗透,依靠不同孔径大小的膜来去除水中的各种污染物,甚至包括某些溶解性物质和细菌病毒^[2]。

2. 化学法

化学法在工业污水处理中主要用于处理溶解性污染物,或是强化物理法和生物法的处理效果。混凝过程涉及加入特定的化学混凝剂,比如聚合氯化铝或硫酸铁,这些化学物质可以中和污水中悬浮颗粒的表面电荷,促进颗粒之间的聚集,形成更大的絮体,之后通过沉淀或浮选的方式去除。这种方法能有效提高水质的透明度并降低污染物浓度。中和反应通过调整废水的pH值,使其接近中性,不仅有利于后续的生物处理过程,还能减轻对环境的酸碱污染。氧化还原反应利用氧化剂或还原剂与污水中的污染物发生化学反应,转化为更易于生物降解或更容易被物理法去除的状态。特定化学沉淀过程则通过加入沉淀剂,直接与水中的溶解性污染物反应生成不溶于水的沉淀物,这些沉淀物随后可以通过物理方法分离出来。离子交换过程通常用于去除水中的重金属离子,通过离子交换树脂或其他介质,这些介质能够吸附污水中的特定离子,达到净化水质的效果。电化学技术也是一种重要的化学处理方法,通过电解过程产生氧化剂或还原剂,实现对污染物的去除^[3]。

3. 生物法

活性污泥法是一种广泛应用的生物处理技术,通过维持一定量的活性污泥,即含有大量微生物的絮状体,在充分的氧供应条件下,微生物可以降解污水中的有机物,转化为二氧化碳和水。这个过程还能顺便去除一部分病原体 and 降低污泥的产量。生物膜法则利用固定化的微生物膜在填料表面生长,当污水流经时,有机物被微生物利用并降解。生物膜系统,如生物滤池、生物转盘和生物接触器,适用于处理中等浓度的有机废水,特点是处理效率高、抗冲击能力强。厌氧消化是在无氧条件

下由厌氧微生物分解有机物质的过程,该过程不仅能够处理高浓度的有机废水,还能产生甲烷等可燃气体作为副产品回收利用。人工湿地模仿自然湿地生态系统,结合植物、土壤和微生物的共同作用来净化污水,不仅能有效地去除有机污染物和营养盐,还具有建设成本低、操作简便等优点。这些生物处理方法不仅可以有效降解有机污染物,还能实现资源的回收利用,如通过厌氧消化产生的沼气可以作为能源使用。

四、工业污水处理过程的节能优化控制策略

1. 过程优化

工业污水处理的过程优化是实现节能的关键途径之一。这一策略主要涉及对处理流程进行调整和优化,以提高整体效率并减少不必要的能源消耗。首先,可以通过精确控制处理过程中的化学反应条件,如温度、pH值和浓度等,来提高反应效率,缩短反应时间。此外,采用先进的监测仪器和控制系统,实时监测水质变化和设 备运行状态,可以及时调整操作参数,避免过度处理或能源浪费。其次,优化污泥处理环节也是节能的重要措施。通过改进污泥脱水技术,如采用高效的板框压滤机或离心脱水机,可以提高污泥的脱水效率,减少后续干燥处理的能耗。同时,探索污泥的资源化利用途径,如将其转化为生物质能源或土壤改良剂,不仅可以减少污泥的处理成本,还能为厂区带来额外的经济收益。最后,合理规划污水厂的布局和工艺流程也是过程优化的一部分。例如,将耗能较高的处理单元尽可能地集中布置,以减少管线和泵站的设置,降低输送能耗^[4]。

2. 设备升级

在工业污水处理过程中,设备的性能直接影响到整个系统的能效。因此,进行设备升级是提升污水处理效率、降低能耗的重要措施之一。首先,更新老旧的水泵和风机是设备升级的首要步骤。这些设备通常占据污水厂能耗的大部分,采用高效节能型水泵和风机能够显著降低运行电流和功率消耗。其次,引入先进的控制系统也是提高设备运行效率的关键。通过安装变频器和自动化控制装置,可以根据实际处理需求自动调节设备的运行状态,避免长期空载或过载运行,从而节约能源。同时,这些控制系统还能够优化设备间的协同工作模式,进一步提高整体运行效率。最后,对于某些特定的处理环节,可以考虑引入专用的节能设备。例如,在曝气环节中,采用新型的微孔曝气装置代替传统的粗孔曝气装置,能够提高氧气的利用率,减少风机的能耗。在污泥

处理环节中，采用磁悬浮离心脱水机代替传统的带式压滤机，能够在提高脱水效率的同时，大幅降低设备的维护成本和能耗^[5]。

3. 能源回收

工业污水处理过程中蕴含着巨大的能源回收潜力。通过回收和再利用这些能源，不仅可以降低污水处理的运行成本，还有助于实现资源的可持续利用。首先，污泥中的有机物可以通过厌氧消化产生沼气，这是一种良好的生物质能源。通过对沼气进行收集和净化处理后，可以用于发电或供暖等用途。其次，污水中的热能也是一个不容忽视的回收对象。特别是在一些温度较高、排放量较大的工业废水中，通过热交换器等设备可以回收这部分热能用于加热或制冷等过程。此外，还可以探索利用太阳能、风能等可再生能源为污水处理过程提供部分电力供应的可能性。

4. 过程集成和资源共享

工业污水处理过程的节能优化不仅依赖于单一环节的改进，更需要从整体上进行过程集成与资源共享。这种策略的核心在于打破传统污水处理中各个独立单元操作的界限，通过系统集成和资源共享，实现能源的梯级利用和资源的循环利用，从而大幅提升整个系统的能效和经济效益。在过程集成方面，可以通过热集成、质量集成和能量集成等技术手段，将污水处理过程中的不同工序有机地结合起来。例如，可以将厌氧消化产生的沼气用于发电，并将发电过程中产生的余热用于污水的加热处理或供暖等用途。这样不仅提高了能源的利用效率，还减少了对外部能源的依赖。资源共享则涉及到污水厂内不同处理单元之间以及与周边企业之间的资源交换和再利用。例如，可以将处理后达标的污水或再生水供应给附近的工业园区作为工艺用水或冷却水使用；同时，这些企业产生的废水也可以回流到污水厂进行集中处理^[6]。

5. 智能控制与监测

随着信息技术和自动化技术的不断发展，智能控制与监测在工业污水处理节能优化中扮演着越来越重要的角色。通过引入先进的传感器、控制系统和数据分析平台，可以实现对污水处理全过程的实时监控和动态调整，从而达到节能降耗的目的。首先，安装各种在线监测仪器如流量计、水质分析仪和温度传感器等，可以实时获取污水处理过程中的关键参数。这些数据通过传输网络

汇总到中央控制系统后，利用大数据分析技术进行深度挖掘和综合判断。根据分析结果，控制系统可以自动调整处理单元的操作参数如曝气量、加药量和污泥回流比等，确保系统始终运行在最佳状态。其次，采用机器学习和人工智能算法对污水处理过程进行建模和预测也是智能控制的重要方向。通过对历史数据的学习和未来趋势的预测，控制系统可以提前识别潜在的风险并采取预防措施，避免因异常情况导致的能耗浪费。最后，智能控制与监测系统还可以与企业的生产管理系统（EMS）和供应链管理系统（SCM）等其他信息系统进行集成。这种横向到纵向的全方位集成不仅提升了企业的信息化水平，还为污水处理的节能优化提供了更广阔的视野和更丰富的数据支持。

结语

本研究围绕工业污水处理过程中的节能优化控制方法展开，通过理论研究和实践探索，提出了一系列切实可行的节能措施和控制策略，以有效地减少污水处理过程中的能源消耗，同时保证处理效果不受影响。这些成果不仅有助于推动工业污水处理技术的进步，也为企业降低运营成本、增强市场竞争力提供了支持。此外，还需要关注新兴污染物的处理和未来污水处理技术的发展趋势，以确保研究成果的前瞻性和实用性。

参考文献

- [1] 朱天伟, 李月, 郭锋博. 工业污水处理过程节能优化控制方法研究[J]. 低碳世界, 2024, 14(03): 31-33.
- [2] 杨延鑫. 工业废水处理过程节能优化控制方法的探究[J]. 节能与环保, 2023, (07): 55-57.
- [3] 戴柳琴, 韩锐. 工业废水处理过程节能优化控制方法的探究[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023, (07): 158-160.
- [4] 王璐, 楚江. 工业污水处理过程节能优化控制方法的研究[J]. 产业创新研究, 2022, (08): 102-104.
- [5] 林莉莉, 蔡阳波, 万汉兴. 污水处理过程中节能优化控制方法的研究[J]. 皮革制作与环保科技, 2021, 2(17): 170-171.
- [6] 李楠. 污水处理过程中节能优化控制方法的研究[J]. 现代工业经济和信息化, 2021, 11(02): 57-58.