

高浓度有机工业废水厌氧消化处理技术探讨

第五永强 程波涛

身份证号码: 6101021988****1534

身份证号码: 1427291992****6013

摘要: 论文聚焦于高浓度有机工业废水厌氧消化处理技术展开深入探讨。高浓度有机废水具有污染物浓度高、成分复杂、可生化性差等特点,若未经有效处理直接排放,将严重危害生态环境与人体健康,因此亟须高效、经济的处理技术。厌氧消化技术因其能实现有机物降解与能源回收的双重效益,成为研究热点。论文系统阐述其基本原理,分析升流式厌氧污泥床、内循环厌氧反应器等主流工艺的技术特点与适用范围,总结其在运行稳定、节能降耗方面的显著优势。同时,深入探讨温度、pH、有机负荷、氨氮浓度等关键因素对厌氧微生物活性及处理效率的影响机制。结合食品、制药等行业应用案例,评估技术实际运行效果,指出启动周期长、抗冲击能力弱等问题。最后,提出优化菌群结构、强化过程控制、耦合好氧工艺等改进策略,为提升厌氧消化技术的适用性与工程化水平提供科学支撑。

关键词: 高浓度有机工业废水; 厌氧消化处理技术; 影响因素; 工艺类型; 优化改进

Exploration of Anaerobic Digestion Treatment Technology for High Concentration Organic Industrial Wastewater

Diwu Yongqiang Botao Cheng

ID No.: 6101021988****1534

ID No.: 1427291992****6013

Abstract: This paper focuses on the in-depth exploration of anaerobic digestion treatment technology for high concentration organic industrial wastewater. High concentration organic wastewater has the characteristics of high pollutant concentration, complex composition, and poor biodegradability. If discharged directly without effective treatment, it will seriously harm the ecological environment and human health. Therefore, efficient and economical treatment technologies are urgently needed. Anaerobic digestion technology has become a research hotspot due to its dual benefits of organic matter degradation and energy recovery. This article systematically explains its basic principles, analyzes the technical characteristics and application scope of mainstream processes such as upflow anaerobic sludge beds and internal circulation anaerobic reactors, and summarizes their significant advantages in stable operation, energy conservation, and consumption reduction. At the same time, in-depth exploration of temperature pH, The impact mechanism of key factors such as organic load and ammonia nitrogen concentration on anaerobic microbial activity and treatment efficiency. Based on application cases in industries such as food and pharmaceuticals, evaluate the actual operational effectiveness of the technology and point out issues such as long start-up cycles and weak impact resistance. Finally, improvement strategies such as optimizing microbial community structure, strengthening process control, and coupling aerobic processes are proposed to provide scientific support for enhancing the applicability and engineering level of anaerobic digestion technology.

Keywords: High concentration organic industrial wastewater; Anaerobic digestion treatment technology; Influencing factors; Process type; Optimization and improvement

0 前言

随着工业的快速发展,高浓度有机工业废水的排放量日益增加。这类废水通常含有大量的有机物,如碳水化合物、蛋白质、油脂等,具有化学需氧量高、生化需氧量高、成分复杂、可生化性差异大等特点,且常伴随有毒有害物质,处理难度较大。如果未经有效处理直接排放,将会对环境造成严重的污染,破坏水体生态平衡,导致水体富营养化、溶解氧下降,进而影响水生生物生存,甚至通过食物链累积危害

人类健康。厌氧消化处理技术作为一种高效、经济且环境友好的废水处理方法,能够在无氧条件下利用厌氧微生物将有机物分解为甲烷和二氧化碳,不仅显著降低污染物负荷,还可实现沼气能源回收,降低运行成本。此外,该技术污泥产生量少、能耗低,适用于高浓度有机废水的预处理或深度处理。因此,深入探讨高浓度有机工业废水厌氧消化处理技术,优化反应条件、提升处理效率、拓展应用范围,具有重要的现实意义和推广价值。

1 高浓度有机工业废水厌氧消化处理技术概述

1.1 高浓度有机工业废水的特点

高浓度有机工业废水的显著特点之一是有机物含量极高。其化学需氧量往往可达数千甚至数万毫克每升,这意味着废水中含有大量可被氧化的有机物质。例如,在食品加工、酿造等行业的废水中,含有丰富的糖类、蛋白质和脂肪等有机物。这类废水的成分复杂,除了常见的有机物外,还可能含有重金属、有毒有害物质等。不同行业产生的高浓度有机工业废水成分差异较大,如制药废水可能含有抗生素等药物成分,化工废水可能含有各种化学原料和中间体。高浓度有机工业废水的水质和水量波动较大,给处理工艺的稳定运行带来了挑战。

1.2 厌氧消化处理技术的原理

厌氧消化处理技术是在无氧条件下,利用厌氧微生物将废水中的有机物分解转化为甲烷和二氧化碳等气体的过程,具有能耗低、污泥产量少、可回收能源等优势。该过程主要分为三个阶段:水解阶段、产酸阶段和产甲烷阶段。在水解阶段,厌氧微生物分泌胞外酶,将废水中的大分子有机物如多糖、蛋白质和脂肪分别分解为单糖、氨基酸和脂肪酸等小分子物质。产酸阶段中,水解产物被发酵细菌进一步代谢,生成挥发性脂肪酸、氢气、二氧化碳和醇类等中间产物。最后,在产甲烷阶段,专性厌氧的产甲烷菌利用乙酸、氢气和二氧化碳等底物,将其转化为甲烷和水,实现能源回收。整个厌氧消化过程涉及水解菌、产酸菌和产甲烷菌等多类微生物的协同代谢,对温度、pH、有机负荷和有毒物质浓度等环境条件敏感,需精确调控以维持系统稳定高效运行。

1.3 厌氧消化处理技术的优势

与传统的好氧处理技术相比,厌氧消化处理技术具有诸多优势。它能够在处理高浓度有机废水时消耗较少的能量。好氧处理需要大量曝气设备提供氧气,能耗高,运行成本大,而厌氧消化在无氧条件下进行,无需曝气,显著降低能耗,节能效果突出。厌氧消化技术还能将有机物转化为甲烷等清洁能源,甲烷可作为燃料用于发电、供热或并入天然气管网,实现能源自给与碳减排,提升污水处理的可持续性。同时,厌氧过程微生物增殖缓慢,大幅减轻污泥处置压力,降低处理成本。此外,厌氧系统对氮、磷等营养元素需求低,耐冲击负荷能力强,适用于食品、酿酒、制药、造纸等高浓度有机废水的处理,具有广泛的适应性和工程应用前景。

2 厌氧消化处理技术的工艺类型及影响因素

2.1 常见的厌氧消化工艺类型

常见的厌氧消化工艺类型包括厌氧接触法、上流式厌氧污泥床、厌氧流化床等。厌氧接触法是在传统厌氧消化池的基础上发展而来的,它通过将消化后的混合液进行沉淀,然后将沉淀后的污泥回流至厌氧消化池中,提高了污泥浓度,增强了处理效果。上流式厌氧污泥床是一种高效的厌氧

处理工艺,废水从反应器底部进入,向上流动通过污泥床,在污泥床中与厌氧微生物充分接触,实现有机物的分解。厌氧流化床则是利用流体使载体颗粒呈流化状态,增加了微生物与废水的接触面积,提高了处理效率。不同的厌氧消化工艺适用于不同类型和浓度的高浓度有机工业废水,在实际应用中需要根据具体情况进行选择。

2.2 温度对厌氧消化过程的影响

温度是影响厌氧消化过程的重要因素之一。厌氧微生物的生长和代谢活动对温度非常敏感,不同的厌氧微生物在不同的温度范围内具有最佳的活性。一般来说,厌氧消化过程可以分为常温(10℃~30℃)、中温(30℃~40℃)和高温(50℃~60℃)三个温度区间。在中温范围内,产甲烷菌的活性较高,厌氧消化反应速度较快,处理效果较好。当温度低于或高于这个范围时,厌氧微生物的活性会受到抑制,导致处理效率下降。例如,在低温条件下,厌氧微生物的代谢速率减慢,水解和产酸过程受到影响,产甲烷量减少。因此,在实际应用中,需要根据废水的性质和处理要求,选择合适的温度条件,并采取相应的保温措施,以保证厌氧消化过程的稳定运行。

2.3 pH 值对厌氧消化过程的影响

pH 值也是影响厌氧消化过程的关键因素。厌氧微生物的生存和代谢需要适宜的 pH 值环境。产酸菌对 pH 值的适应范围较广,一般在 5.5~8.0 都能生存,但产甲烷菌对 pH 值的要求较为严格,最佳 pH 值范围为 6.8~7.2。当 pH 值低于 6.5 时,产甲烷菌的活性会受到明显抑制,导致挥发性脂肪酸(VFA)积累,进一步降低 pH 值,形成恶性循环,影响厌氧消化过程的正常进行。相反,当 pH 值高于 7.5 时,也会对厌氧微生物的活性产生不利影响。因此,在厌氧消化过程中,需要实时监测和调节 pH 值,确保其在合适的范围内。可以通过添加酸碱调节剂等方式来维持 pH 值的稳定。

3 厌氧消化处理技术在实际应用中的案例分析及优化措施

3.1 实际应用案例分析

以某食品加工厂的高浓度有机废水处理为例,该厂采用上流式厌氧污泥床(UASB)工艺进行厌氧消化处理。废水的化学需氧量(COD)约为 5000mg/L,经过 UASB 处理后,COD 去除率达到了 80% 以上,同时产生了大量的甲烷气体。在运行过程中,通过控制温度在中温范围(35℃左右),调节 pH 值在 7.0 左右,保证了厌氧消化过程的稳定进行。然而,在实际应用中也遇到了一些问题,如污泥流失、反应器堵塞等。污泥流失可能是由于水力负荷过大或污泥沉降性能不佳导致的,反应器堵塞则可能是由于废水中的悬浮物或难降解物质积累造成的。

3.2 针对实际问题的优化措施

针对污泥流失问题,可采取以下优化措施:合理调整

水力负荷,避免过高的水流速度导致污泥被冲刷流失,确保水力停留时间适宜;通过投加聚丙烯酰胺等絮凝剂或铁盐、铝盐等化学药剂,改善污泥的沉降性能和凝聚性,增强污泥颗粒的密度与稳定性。对于反应器堵塞问题,应强化废水的预处理环节,采用格栅、沉砂池、初沉池等设施有效去除悬浮物、油脂及难降解有机物;定期对反应器进行反冲洗或机械清理,防止颗粒物和硫化钙等沉淀物积聚。同时,优化厌氧消化工艺参数,如适度提高污泥回流比以维持反应器内生物量,合理调控有机负荷率,避免因负荷过高引发酸化。引入在线监测系统,实时监控 pH、挥发性脂肪酸、氧化还原电位等关键指标,结合自动化控制手段,及时调整运行策略,提升系统稳定性和处理效率。

3.3 厌氧消化处理技术的发展趋势

未来,厌氧消化处理技术将朝着更加高效、稳定和智能化的方向发展。研究人员将不断开发新型的厌氧消化工艺和反应器,如上流式厌氧污泥床、厌氧颗粒污泥膨胀床及厌氧膜生物反应器,显著提升处理效率与有机物去除率。通过融合生物膜技术,构建复合式反应器,增强微生物附着能力与系统抗冲击负荷性能,优化传质效率。随着物联网、大数据与人工智能技术的深入应用,厌氧消化过程将实现全面智能化管控。借助高精度传感器实时采集温度、pH、挥发性脂肪酸、沼气产量等关键参数,结合智能算法进行动态反馈调节,提升系统稳定性与运行安全性。同时,厌氧消化将与好氧处理、高级氧化、膜分离等技术协同集成,形成多级联用工艺,不仅有效降解高浓度有机废水中的污染物,还可回收沼气能源与营养物质,推动废水处理向资源化、能源化和低碳化方向发展,助力绿色循环经济体系建设。

4 结语

高浓度有机工业废水的处理是环境保护领域的重要课题,厌氧消化处理技术作为一种高效、经济的处理方法,具有广阔的应用前景。论文通过对高浓度有机工业废水厌氧消化处理技术的概述、工艺类型及影响因素的分析,以及实际

应用案例的探讨,深入了解了该技术的特点和优势。虽然厌氧消化处理技术在实际应用中取得了一定的成果,但也面临着一些问题,如污泥流失、反应器堵塞等。针对这些问题,需要采取相应的优化措施,如调整工艺参数、加强预处理等。未来,厌氧消化处理技术将不断发展和创新,朝着更加高效、稳定和智能化的方向前进。应加强厌氧消化处理技术与其他处理技术的结合,形成更加完善的废水处理工艺体系,提高高浓度有机工业废水的处理效果和资源回收利用率,为环境保护和可持续发展做出更大的贡献。在实际应用中,还需要进一步加强对厌氧消化处理技术的研究和实践,不断总结经验,解决遇到的问题,推动该技术在高浓度有机工业废水处理领域的广泛应用。

参考文献:

- [1] 高朝勇.高浓度难降解有机工业废水处理技术探讨[J].四川水泥,2015(10):154-147.
- [2] 徐晓秋.高浓度有机废水厌氧处理技术的研究进展与应用现状[J].应用能源技术,2010(12):6-9.
- [3] 钱易.高浓度有机废水厌氧生物处理技术成果的推广应用[J].环境科学,1993,14(B9):75-77.
- [4] 王进,张振家,张志峰.加速厌氧污泥颗粒化的研究进展[J].环境污染治理技术与设备,2022(6).
- [5] 李胜超,刘明华,潘正现.新型酒精废液浓缩燃烧处理技术与应用[J].环境工程,2021(6).
- [6] 褚华宁,张仁志,韩恩山.加速UASB中颗粒污泥形成的研究进展[J].能源环境保护,2021(3).
- [7] 李亚峰,陈涛,金亚斌,等.玉米淀粉废水处理中UASB反应器内颗粒污泥特性及其影响因素的研究[J].沈阳建筑大学学报(自然科学版),2020(6).
- [8] 谭慧杰.改性PAM和粉煤灰对污泥颗粒化的促进作用[J].山西科技,2023(1):119-120.

作者简介:第五永强(1988-),男,中国河南永城人,硕士,中级工程师,从事环境工程方面的设计研究。