

“双碳”背景下污水处理节能降耗工艺比较探析

——MBBR 工艺、MSBR 工艺和 MBR 工艺的比较

青岛市李村河污水处理厂 祝征海

摘要：随着工业化进程的加快，污水处理成为重要的环境保护手段。为了实现污水的高效处理和资源的循环利用，各种节能降耗的污水处理工艺应运而生。本文对MBBR工艺、MSBR工艺和MBR工艺比较分析，从处理效果、能耗和运行成本等方面评估，并明确其适用范围。研究表明，不同工艺在不同方面具有各自的优点和缺点，应根据具体情况选择适合的工艺。

关键词：污水处理；MBBR工艺；MSBR工艺

DOI：10.12433/zgkjtz.20240348

现如今，工业化和城市化的快速发展，污水排放量不断增加，传统的污水处理工艺已经难以满足对水质的要求，节能降耗成为污水处理工艺研究的重要方向。因此，研究和比较不同的“双碳”污水处理工艺，对提高处理效率、降低能耗和运行成本具有重要意义。

一、节能降耗工艺的研究意义

污水处理工艺是实现废水资源化和环境保护的重要手段。而节能降耗工艺的研究意义主要体现在以下四个方面：

一是提高处理效率，减少污染物排放，达到环保要求。

二是降低能耗，减少对能源的依赖，实现可持续发展。

三是降低运行成本，提高工艺的经济性。

四是探索新的处理工艺，推动污水处理技术的创新和进步。

二、MBBR 工艺

(一) 工艺原理

MBBR工艺的工艺原理主要是通过通过在处理容器中加入一些高比表面积的填料，如塑料颗粒、陶瓷颗粒等，这些填料表面附着有大量的微生物膜。当废水通过处理容器时，有机物质会被微生物附着膜降解，同时微生物也会通过附着在填料上的生物膜进行自身的生长和繁殖。这样，废水中的有机物质得以被有效去除，同时填料上的生物膜也会随着时间的推移而增厚，提高废水处理的效果。

(二) 优点

1. 高附着生物膜密度

由于填料表面具有大量的微生物膜，这些微生物能够有效地吸附和降解废水中的有机物质。与传统的生物处理工艺相比，MBBR工艺在单位体积内能够容纳更多的微生物，处理效率更高。

2. 良好的抗冲击负荷能力

MBBR工艺具有良好的抗冲击负荷能力。由于填料表面具有大量的微生物膜，这些微生物能够快速适应废水中的有机物质浓度变化。当废水中有机物质浓度突然增加或减少时，微生物膜能够迅速调整自身的代谢活动，保持稳定的废水处理效果。这使MBBR工艺在应对废水中有机物质浓度变化较大的情况下表现出较强的稳定性。

(三) 缺点

1. 需要较大的处理容器

由于MBBR工艺需要填料提供附着面积，需要较大的处理容器，这对于一些场地有限或者快速搭建的项目来说存在一定的困难。

2. 对温度和水质影响较大

MBBR工艺对温度和水质影响较大。较低的温度会降低微生物的活性和降解效率，而较高的温度则导致生物膜的脱落和污染物的释放。水质的波动和变化也会对MBBR工艺的稳定性及处理效果产生一定的影响。

三、MSBR 工艺

(一) 工艺原理

“双碳”污水处理节能降耗MSBR工艺是一种基于微生物活性污泥床反应器(Microbial Sludge Bed Reactor, MSBR)的处理工艺。该工艺利用生物膜中的微生物附着在填料表面上进行生物降解反应，从而将有机物和氨氮等污染物转化为无害的物质。MSBR工艺主要包括填料和曝气两个关键环节。

填料是MBBR工艺中的核心组成部分，它提供大量的表面积，为微生物生长和附着提供良好的环境。常用的填料材料包括聚合物材料、陶瓷材料和复合材料等。填料的设计和选择对MBBR工艺的效果有重要

影响,合适的填料能够提高生物膜的密度和附着量,提高污水处理效率。

曝气是指在MBBR工艺中通过向废水中注入气体,提供氧气供给微生物进行降解反应。常用的曝气方式分为喷气曝气和曝气板曝气,曝气不仅能够提供氧气,促进微生物的生长和降解反应,还能够增加废水的混合和搅拌,提高废水的接触效果。

(二)优点

1.节能

MSBR工艺相较于传统的污水处理工艺具有明显的节能优势。一方面,由于采用厌氧降解过程,可以减少氧气的供应和能量消耗。另一方面,填料的设计和运行条件的优化提高微生物降解效率,减少处理时间和能耗。

研究表明,与传统的曝气池工艺相比,MSBR工艺的能耗降低30%以上,这不仅降低企业的运营成本,还减少对环境的负面影响。

2.减少化学药剂投加

在传统的污水处理工艺中,通常需要投加大量的化学药剂促进废水的净化过程。然而,化学药剂具有一定的毒性和难以降解的特性,对环境和人体健康造成一定的危害。

3.适用于高浓度有机废水处理

传统的污水处理工艺在处理高浓度有机废水时效果不佳,需要采用一系列的预处理措施,而MSBR工艺在处理高浓度有机废水时具有优势。

MSBR工艺中的微生物附着填料提供较大的附着面积,增加微生物的附着量和生物降解能力。此外,通过调节反应器的操作条件和控制系统,可以适应不同浓度的废水处理需求。

(三)缺点

1.对废水的适应性较差

MSBR工艺在适应不同种类的废水时存在一定的挑战。由于废水的成分和性质的差异,反应器中的微生物可能无法适应新的环境,导致降解效率下降甚至无法有效处理。

为了解决这个问题,需要对废水的性质详细的分析和评估,选择合适的操作条件和填料材料。此外,采用多级处理或联合其他工艺进行废水处理,提高处理效果和适应性。

2.运行和维护成本较高

MSBR工艺需要精确控制反应器的操作条件和检测微生物的生长情况,所以其运行和维护成本较高,特别是在处理高浓度有机废水时,需要采用更复杂的控制系统和设备,增加投资和运营成本。

此外,由于填料的使用和微生物的生长特性,需要定期更换和清洗填料,增加维护成本和工艺的复杂性。

四、MBR工艺

(一)工艺原理

MBR工艺主要基于膜生物反应器(MBR)的工作原理。MBR是一种集生物反应器和膜过滤器于一体的污水处理系统。在传统MBR工艺中,废水通过生物反应器进行有机物的降解和污染物的去除,通过膜过滤器进行固液分离,最终得到清澈的出水。

对传统MBR工艺改进。一是,增加碳源供给,如添加外部碳源或回收废水中的有机物,提高生物反应器中微生物的生长速率和活性,加快有机物的降解,提高处理效率。二是,改进膜材料,采用低能耗的新型膜材料,如超滤膜或纳滤膜,以降低能耗和提高膜的通量。

(二)优点

1.高处理效率

MBR工艺通过增加碳源供给和改进膜材料,提高处理效率。碳源的增加促进微生物的生长和活性,加快有机物的降解速度。而新型膜材料的应用可以提高膜的通量,减少阻力,进一步提高处理效率,具有更高的处理能力和更短的处理时间。

2.出水水质稳定

MBR工艺采用膜过滤器进行固液分离,有效去除悬浮物、胶体和微生物等污染物,从而得到清澈透明的出水。膜过滤器的应用可以实现高效的固液分离,控制出水水质,保持水质稳定性。

(三)缺点

1.运行成本较高

相比传统的污水处理工艺,MBR工艺需要增加碳源供给和采用新型膜材料,这增加了运行成本。碳源的供给会增加废水处理系统的能耗和运维成本,新型膜材料的应用也会增加设备的投资和维护成本。

2.对膜的维护要求高

MBR工艺采用膜过滤器进行固液分离,对膜的维护要求较高。膜过滤器在长期运行中容易受到污染和堵塞,需要定期清洗和维护。膜材料的选择和使用也需要考虑膜的耐久性和稳定性,以确保长期稳定运行。因此,MBR工艺需要加强对膜的维护和管理。

五、比较分析

(一)处理效果比较

1.去除COD和NH³-N的效果比较

MBBR工艺在去除COD和NH³-N方面表现出较好的效果,由于填料表面有大量的微生物膜附着,这

些微生物能够有效吸附和降解废水中的有机物质和氨氮。研究表明, MBBR工艺在COD和NH³-N的去除率达到90%以上, 能够满足一般工业和城市污水处理的要求。

MSBR工艺在去除COD和NH³-N方面的效果也较好, 此工艺采用微生物活性污泥床反应器, 微生物能够在填料表面进行生物降解反应, 有效去除有机物和氨氮。MSBR工艺在COD和NH³-N的去除率达到80%以上, 相比传统的生物处理工艺有一定的提高。

MBR工艺在去除COD和NH³-N方面也具有较好的效果, 由于采用膜过滤器固液分离, 有效去除悬浮物和胶体, 提高出水水质。MBR工艺在COD和NH³-N的去除率达到90%以上, 出水水质稳定。

综合来看, 三种工艺在去除COD和NH³-N方面的效果都较好, 能够满足一般工业和城市污水处理的要求。

2. 出水水质稳定性比较

MBBR工艺通过填料的附着微生物膜和曝气的作用, 去除废水中的悬浮物、胶体和微生物等污染物, 得到清澈透明的出水。因此, MBBR工艺的出水水质较为稳定。

MSBR工艺通过微生物在填料表面的附着进行生物降解反应, 可以去除废水中的悬浮物、胶体和微生物等污染物, 得到清澈透明的出水。因此, MSBR工艺的出水水质较为稳定。

MBR工艺通过膜过滤器进行固液分离, 可以有效去除废水中的悬浮物、胶体和微生物等污染物, 得到清澈透明的出水。膜过滤器的应用可以实现高效的固液分离, 进一步提高出水水质的稳定性。

(二) 能耗比较

1. 能耗分析

MBBR工艺的能耗主要来自填料的曝气和搅拌, 其中曝气是主要的能耗来源。填料的曝气方式和控制策略的合理选择减少曝气能耗, MBBR工艺的能耗范围为0.5~1.0kWh/m³。

MSBR工艺的能耗主要来自曝气和搅拌, 其中曝气是主要的能耗来源。MSBR工艺通过调节曝气量和曝气方式, 减少能耗, MSBR工艺的能耗范围为0.3~0.8kWh/m³。

MBR工艺的能耗主要来自曝气和膜过滤器的清洗和维护。膜过滤器的能耗主要来自膜通量和清洗水的消耗, MBR工艺的能耗范围为0.5~1.5kWh/m³。

2. 能耗对比

MBBR工艺、MSBR工艺和MBR工艺的能耗存在一定的差距, 但总体来看, MSBR工艺的能耗较低, MBBR工艺次之, MBR工艺的能耗较高。

(三) 应用范围比较

MBBR工艺适用于废水处理量较大、处理效果要求较高的场所, 如城市污水处理厂、工业污水处理厂等。MBBR工艺对废水中的有机物质处理效果较好, 适用于有机废水处理。

MSBR工艺适用于废水处理量较大、处理效果要求较高的场所, 如城市污水处理厂、工业污水处理厂等。MSBR工艺对废水中的有机物质处理效果较好, 且具有较低的能耗和运行成本, 因此适用于有机废水处理。

MBR工艺适用于废水处理量较小、处理效果要求较高的场所, 如小型城市污水处理厂、高端工业废水处理厂等。MBR工艺具有较高的处理效率和出水水质稳定性, 适用于对水质要求较高的场所。

六、结语

通过对MBBR工艺、MSBR工艺和MBR工艺比较分析, 不同工艺在处理效果、能耗和运行成本等方面具有各自的优点和缺点。在实际应用中, 应根据具体情况选择合适的工艺, 以实现高效、节能、降耗的污水处理。对于中小型污水处理厂, MBBR工艺是较理想的选择; 对于高浓度有机废水处理, 可以考虑使用MSBR工艺; 对于对出水水质要求较高的场所, MBR工艺是较好的选择。未来的研究方向可以进一步探索工艺的优化和改进, 从而提高污水处理效果和降低运行成本。

参考文献:

- [1] 张雪. 污水处理厂低碳节能的探讨与研究[J]. 建材发展导向, 2022, 20(24): 196-198.
- [2] 夏莉娜. 论提升污水处理质量的高效措施及节能降耗[J]. 皮革制作与环保科技, 2022, 3(06): 5-7.
- [3] 杨庆, 王亚鑫, 曹效鑫, 等. 污水处理碳中和运行技术研究进展[J]. 北京工业大学学报, 2022, 48(03): 292-305.
- [4] 谢益佳, 戴仲怡, 李树苑, 等. 污水处理厂微氧曝气—多段AO工艺优化运行实践[J]. 给水排水, 2021, 57(08): 45-48.

作者简介: 祝征海(1981), 男, 山东省青岛市人, 本科, 中级工程师, 研究方向为市政工程工程管理。