

水利工程

MABR 技术在污水处理中的运用分析

王年根

蓝星工程有限公司 100000

DOI: 10.12238/jpm.v5i6.6905

[摘要] 本文介绍了 MABR (膜曝气生物反应器) 技术在污水处理领域的应用, 重点探讨了其工作原理、运用流程、运用方案以及运用效果。MABR 技术结合了生物膜反应器和膜分离技术的特点及优势, 具有高效的氧气传输和微生物降解能力, 同时具有较小的占地面积、灵活的设计特点和强大的抗污染能力。运用背景、方案、挂膜操作以及处理效果等方面都展示了 MABR 技术在实际工程中的有效性和高效性。综合来看, MABR 技术在污水处理中具有广阔的应用前景。

[关键词] MABR 技术; 污水处理; 生物膜反应器; 氧气传输

Analysis of the application of MABR technology in sewage treatment

Wang Niangen

Bluestar Engineering Ltd 100000

[Abstract] This paper introduces the application of MABR (membrane aerated bioreactor) technology in the field of sewage treatment, focusing on its working principle, application process, application scheme and application effect. MABR technology combines the characteristics and advantages of biofilm reactor and membrane separation technology, and has efficient oxygen transmission and microbial degradation capabilities, as well as a small footprint, flexible design characteristics and strong anti-pollution ability. The effectiveness and efficiency of MABR technology in practical engineering are demonstrated. In general, MABR technology has a broad application prospect in sewage treatment.

[Key words] MABR technology; sewage treatment; biofilm reactor; oxygen transmission

引言

随着城市化进程的加速和工业化水平的提高, 为人类工作和生活提供了极大的便利, 但同时也产生较多的污染物, 对环境造成污染; 环境问题日益突出, 人们对环保问题的关注度也逐渐提高。为了引起公众对环保问题的重视, 提高环保意识, 我们需要制定有效的环保教育宣传策略, 促进人们从日常生活中开始积极行动, 参与到环保事业中来。

污水处理已成为保护水环境和维护人类健康的重要任务。而 MABR (膜曝气生物反应器) 技术作为一种先进的污水处理技术, 因其高效的氧气传输和生物降解能力, 以及较小的占地面积和灵活的设计特点, 受到了广泛关注和应用。本文旨在全面介绍 MABR 技术在污水处理中的运用, 从工作原理到实际操作方案, 以及运用效果等方面进行深入探讨, 为相关领域的研究和应用提供参考和借鉴。

1、MABR 技术

MABR (Membrane Aerated Biofilm Reactor) 技术是一种先进的生物反应器技术, 结合了生物膜反应器和膜分离技术的优势, 被广泛应用于污水处理领域。其核心原理是利用微生物在生物膜上附着生长的特性, 结合气体传质, 通过在膜表面形成气体泡和生物膜结合的生物反应, 实现高效的污水处理和氧气传输。

首先, MABR 技术的核心优势在于其高效的氧气传输和生物降解能力。通过在膜表面形成的气体泡, 使氧气能够高效地传输到生物膜中, 为微生物的生长和污水的降解提供了充足的氧气供应, 从而提高了污水处理效率。与传统的曝气系统相比, MABR 技术能够显著降低能耗, 并且具有更高的氧转移效率和更稳定的操作性。

其次, MABR 技术具有较小的占地面积和灵活的设计特点。由于 MABR 反应器在同一反应器中集成了生物膜降解和气体传输两个功能, 因此相比传统的生物反应器, MABR 系统的结构更加紧凑, 占地面积更小。此外, MABR 技术还具有灵活的设计特点, 可以根据实际需求进行模块化设计和组合, 适用于不同规

模和处理能力的污水处理工程。

此外, MABR 技术还具有较强的抗污染能力和稳定的运行特性。由于 MABR 反应器在膜表面形成了稳定的生物膜, 能够有效防止异物和污染物的进入, 降低了系统的污染风险。同时, MABR 技术还具有较强的抗冲击负荷能力和较长的污泥龄, 能够适应污水水质和流量的波动, 保持系统的稳定运行。

综上所述, MABR 技术作为一种先进的污水处理技术, 具有高效的氧气传输和生物降解能力、较小的占地面积和灵活的设计特点、以及较强的抗污染能力和稳定的运行特性等优势, 被广泛应用于城市污水处理厂、工业废水处理厂等领域, 为水环境保护和资源回收提供了重要技术支持。

2、MABR 技术在污水处理中的运用流程

膜生物反应器 (MABR) 技术是一种新型的污水处理技术, 具有高效、节能、环保等优势, 在污水处理领域得到广泛应用。其运用流程主要包括污水进水、生物反应、膜分离、气体输送等多个环节。

首先, 污水进水阶段。污水从城市生活、工业生产等来源进入污水处理系统, 经过初步的预处理, 去除大颗粒杂质和固体悬浮物, 使污水进入后续处理单元。

其次, 生物反应阶段。污水进入生物反应器, 在微生物的作用下, 有机物被分解为 CO_2 、 H_2O 、 N_2 等无机物, 同时产生污泥。MABR 技术采用微生物附着在膜表面的方式进行生物降解, 相比传统的活性污泥法, 具有更高的生物降解效率和更少的污泥产生, 节约了处理成本。

接着, 膜分离阶段。在生物反应过程中, 利用微孔膜将水和污泥分离, 使已经处理好的水通过膜孔, 而污泥则被截留在膜表面。这种膜分离技术能够有效地防止污泥的混入, 并且保证出水的水质符合排放标准。

最后, 气体输送阶段。在生物反应器中产生的气体, 如氧

气、二氧化碳等, 需要及时排放或回收利用。其中, 氧气是生物降解过程中必需的, 可以通过气体输送系统将新鲜的氧气输送到反应器中, 以维持微生物的正常生长和代谢活动。

MABR 技术在污水处理中的运用流程包括污水进水、生物反应、膜分离和气体输送等多个环节。通过这一流程, MABR 技术能够高效地去除污水中的有机物和污染物, 同时减少污泥产生, 达到节能环保的处理效果, 为城市环境保护和可持续发展做出了积极贡献。

3、MABR 技术在污水处理中的运用方案

3.1 运用背景

一家设计处理规模为 3500 立方米每天的污水处理厂采用了 MABR 技术。该污水处理厂主要负责处理市政生活污水, 污水处理流程包括粗格栅过滤去除大颗粒杂质和固体悬浮物、调节池调节水质水量、沉砂池去除污水中粒径的砂粒、生化反应区进行有机污染物去除等多个步骤。在生化处理阶段, 该厂使用了无泡膜曝气生物反应器, 这种反应器通过中空纤维膜为微生物生长提供足够空间, 同时空气或纯氧通过中空纤维膜供应, 确保了高效的氧气传递和污水中有机物的高效降解。无泡膜曝气生物反应器的使用不仅提高了氧气的利用效率, 还降低了能耗, 因为其设计避免了气泡的产生, 减少了气体与水的界面阻力, 从而提升了氧气的传质效率。此外, 该技术还有助于控制污水处理过程中的挥发性有机物的释放, 减少了环境污染。

该案例中, MABR 技术的应用显示了其在实际工程中的有效性和高效性。该技术不仅确保了污水处理达到了较高的标准, 还在经济性和环保性方面表现出明显优势, 显示了较高的推广和应用价值。污水处理厂主生化段选择无泡膜曝气生物反应器, 无泡膜曝气生物反应器进水为污水处理厂经预处理处理后的出水。在温度为 $18.8^\circ\text{C} \pm 3.3^\circ\text{C}$ 的情况下, 进水 pH 值为 7.2~7.8, 进水浓度见表 1。

表 1 无泡膜质量浓度曝气生物反应器进水水质单位: mg/L

指标	总氮质量浓度 (mg/L)	总磷质量浓度 (mg/L)	氨氮质量浓度 (mg/L)	生化需氧量 (mg/L)	化学需氧量 (mg/L)
进水污染物指标	68±5	6±2	46±10	205±10	355±10

3.2 运用方案

3.2.1 设备与参数设置

无泡膜曝气生物反应器的关键设备包括气压表、气体流量计、液体流量计、磁力循环泵、反应池以及中空纤维膜组件。具体参数如下: 气压表的量程设置为 0~0.1MPa, 用以监测和调整氧气压力; 气体流量计的量程设定为 0.06~0.6L/min, 用于精确控制氧气的流量; 液体流量计的量程则为 10~100L/min, 用来监控污水的流动速度; 磁力循环泵的流量固定为 5L/min, 保证污水的持续循环。此外, 选用的反应池内径为 140mm、高度为 1000mm, 与 64 个膜组件组成的系统配合使用, 确保足够的反应体积和表面积。

3.2.2 中空纤维膜的应用

中空纤维膜的主要功能是通过其微小的孔径在不产生气泡的情况下, 将氧气高效地传递给生物膜。这种传递方式避免了氧气在液体中形成大气泡, 从而提高了氧的溶解率和传质效率。中空纤维膜的构造允许氧气在分子状态下扩散, 直接作用

于生物膜, 这种直接接触确保了氧气的充分利用, 并减少了能源浪费。

3.2.3 氧气和污水的循环过程

在无泡膜曝气系统中, 氧气从一端连续进入中空纤维膜的内腔, 并通过膜孔扩散到外侧的生物膜中。未被生物膜消耗的氧气则从反应器的另一端排出。与此同时, 污水通过磁力循环泵从反应池底部抽出, 再从上部返回, 形成一个有效的水力循环。这种设计不仅保证了生物膜的氧气供应, 还确保了污水中的营养物质能持续供给生物膜。

3.2.4 操作与监控

为了确保系统运行的最优化, 通过设置硝化液回流比为 200%、好氧池溶解氧质量浓度为 1.5mg/L 和污泥回流比为 75%, 以调节生物膜的生长环境, 优化脱氮和除碳的效率。这些参数的精确控制是通过实时监控系统完成的, 包括在线传感器和控制软件, 确保各个环节均能在最佳状态下运行。

3.2.5 环境与安全控制

无泡膜曝气生物反应器的设计还考虑了环境安全因素。通过防止气泡形成,该技术有效地阻止了污水中如甲苯、苯酚等易挥发物质的释放,从而减少了对大气的污染。此外,通过精确控制内腔中的氧气压力,不仅保证了生物膜的氧气需求得到满足,也避免了由于过量曝气导致的能耗增加和污泥产量过高的问题。总体来看,无泡膜曝气生物反应器在污水处理中的应用提供了一种高效、节能且环境友好的解决方案。通过精确的设备配置和参数控制,确保了污水处理过程中有机物的高效去除和氮的成功脱除,同时也为实现可持续的环境管理提供了技术支持。

3.3 挂膜操作

挂膜操作是 MABR (膜曝气生物反应器) 技术在污水处理中非常关键的一步,它关乎到整个生物处理系统的效率和稳定性。挂膜过程的目的是在膜的表面形成一层均匀且活跃的生物膜,该生物膜能够有效地处理通过的污水。以下是具体的挂膜操作方案的详细描述。

3.3.1 准备阶段

在挂膜操作开始之前,首先需要准备适量的活性污泥。活性污泥是挂膜过程中不可或缺的因素,因为它含有需要附着在膜上的微生物。通常,选用的是 ADB350M 菌混合液,其悬浮固体浓度达到 6000mg/L。此外,还需要准备足够的营养物质,如磷酸二氢钾、葡萄糖和硫酸铵,这些都是微生物生长所需的关键营养源。

3.3.2 混合与循环

将预先培养的活性污泥与待处理的污水进行混合,这一步骤通常在一个大型的反应容器中进行。混合后的污泥污水混合物需要借助循环泵送入 MABR 系统。在系统中,混合物将不断循环,确保微生物能够充分接触到中空纤维膜。循环流量维持在 40L/h,有助于驯化微生物,并确保微生物能够平稳过渡到挂膜状态。

3.3.3 营养物质的添加

在循环过程中,逐渐向反应器中添加所需的营养物质。这些营养物质对于支持微生物的生长和活动至关重要,它们被设计为逐步释放,以匹配微生物的吸收速率。此外,还需要控制中空纤维膜内腔的压力,通常设定为 100kPa,以优化氧气的供应和避免过强的水力剪切力对微生物的破坏。

3.3.4 生物膜的形成

在接下来的 2 至 3 天周期中,需要定期更换污水,以移除过多的代谢产物和未被吸收的营养物,同时保持系统中营养和污染物的平衡。这个过程通常需要持续约 15 天,期间微生物会逐渐在中空纤维膜的表面形成一层均匀且稳定的淡黄绿色生物膜。

3.3.5 操作完成与维护

挂膜完成后,需要排除反应器内的旧污水,并注入新鲜的污水开始正式的污水处理过程。此时,已形成的生物膜包含多种具有协同功能的微生物,能够高效进行污水的生物处理。为保持生物膜的活性和处理效率,应定期监测生物膜的厚度和活

性,必要时进行微调或再次挂膜,确保处理系统的长期稳定运行。

总体而言,挂膜操作是一个精细且系统的过程,需要精确控制多个参数,以确保生物膜的成功形成和稳定运行。通过严格遵守上述步骤,可以确保 MABR 技术在污水处理中发挥最大的效率和效果。

4、MABR 技术在污水处理中的运用效果

膜曝气生物反应器 (MABR) 技术是一种将气体分离膜技术与生物膜法结合的新型污水处理技术。在 MABR 技术中,微生物生长载体和供氧渠道均为透气性膜,这样的配置能够有效支持微生物的生长和氧气的供应,从而提高污水处理的效率。

MABR 技术在实际应用中具有多种优点。首先,它可以实现高效的氧气传输和利用,因为氧气直接通过中空纤维膜传递到微生物附着的生物膜中,这种传递方式避免了氧气在水中的溶解和扩散所带来的损失。其次,MABR 技术能够在同一个反应器中同时进行硝化和反硝化过程,这对于污水中氮的去除非常有效。通过控制氧气的供应,MABR 系统能够在生物膜的不同层次中创造出适宜硝化和反硝化微生物生长的环境,从而优化氮的去除效率。

此外,MABR 技术还具有操作灵活性高的特点。例如,在温度为 $18.8^{\circ}\text{C} \pm 3.3^{\circ}\text{C}$ 的条件下,系统可以调节进水 pH 值和其他参数,确保污水处理过程的稳定性和效率。此技术不仅适用于处理市政生活污水,也适用于高浓度工业废水的处理,因为其生物膜可以在较高有机负荷的情况下稳定运行。根据实际操作数据,MABR 技术在污水处理中展现出了良好的脱氮效果和有机物去除能力。出水中的总氮、总磷、氨氮、生化需氧量、化学需氧量及悬浮物质浓度均达到了相关的排放标准,其中氨氮浓度从进水的 $46 \pm 10\text{mg/L}$ 降低到出水的 $0.36 \pm 0.2\text{mg/L}$,显示了 MABR 技术在污水处理中的高效性。

综上所述,MABR 技术不仅能有效去除污水中的氮和有机物,还能在较低的能耗和运营成本下实现污水处理,因此具有广阔的推广应用前景。

5、结语

MABR 技术的发展和应用于污水处理领域带来了新的思路和解决方案,其高效性和环保性为水环境保护和资源回收提供了重要技术支持。随着技术的不断进步和实践经验的积累,相信 MABR 技术将在未来的污水处理中发挥越来越重要的作用,为创造清洁、健康的水环境做出更大的贡献。

[参考文献]

[1]陈晶,王冠平,石伟,等.单级 MABR 纯生物膜法处理市政污水的应用研究[J].中国给水排水,2022,38(11):74-78.

[2]石岩,许丹宇,唐运平,等.MABR 技术及其在污水处理厂提标改造中的应用[J].工业水处理,2021,41(10):22-27.

[3]诸大宇.不同曝气压力下 MABR 反应器污染物去除效率研究[J].水处理技术,2023,49(2):117-121.