

# Application of MBBR Process in Rural Water Pollution Treatment

Rui Chen

Guizhou Lvxing Qingyuan Environmental Protection Co., Ltd., Guiyang, Guizhou, 550000, China

## Abstract

With the rapid development of China's rural economy, the discharge of rural domestic sewage is increasing, which brings serious pollution to the rural water environment. Traditional wastewater treatment processes have been unable to meet the increasingly stringent discharge standards, and it is urgent to find an efficient, economical and easy to maintain wastewater treatment technology. MBBR process has been widely used in rural water pollution treatment for its advantages of good effluent quality, small land area and convenient operation and management. This paper introduces the basic principle and characteristics of MBBR process, analyzes its application status in rural water pollution treatment, and puts forward corresponding countermeasures for the existing problems, in order to provide reference for rural water pollution treatment.

## Keywords

MBBR process; rural water pollution treatment; principle; application

## MBBR 工艺在农村水污染治理中的应用思考

陈锐

贵州绿兴清源环保有限责任公司, 中国·贵州 贵阳 550000

## 摘要

随着中国农村经济的快速发展,农村生活污水排放量不断增加,给农村水环境带来了严重的污染。传统的污水处理工艺已经无法满足日益严格的排放标准,迫切需要寻找一种高效、经济、易于维护的污水处理技术。MBBR工艺以其出水水质好、占地面积小、运行管理方便等优点,在农村水污染治理中得到了广泛应用。论文介绍了MBBR工艺的基本原理和特点,分析了其在水污染治理中的应用现状,并对存在的问题提出了相应的对策建议,以为农村水污染治理提供参考。

## 关键词

MBBR工艺; 农村水污染治理; 原理; 应用

## 1 引言

中国农村经济的快速发展,带来了农村生活水平的显著提高,但与此同时,农村生活污水排放量也在不断增加。据统计,目前中国农村生活污水排放量已达到每年300亿吨,其中大部分未经任何处理就直接排入附近水体,给农村水环境带来了严重的污染。面对日益严峻的农村水污染形势,传统的污水处理工艺已经无法满足日益严格的排放标准,迫切需要寻找一种高效、经济、易于维护的污水处理技术。

## 2 农村水污染的主要成因

### 2.1 生活污水的随意排放

随着农村经济的发展和居民生活水平的提高,农村生

活垃圾和生活污水的产生量也在不断增加。然而,很多农村地区在生活污水处理设施建设方面相对滞后,生活污水往往未经处理便直接排放到河流、湖泊和地下水中。尤其是在人口较为密集的地区,生活废水中的有机物、氮磷等污染物质进入水体后,容易造成水体富营养化现象,进而引发水质恶化和生态系统失衡<sup>[1]</sup>。此外,农村居民的生活习惯也对水体污染起到了一定的推动作用。例如,不少农村居民在日常生活中经常将垃圾随意丢弃,或者将废水直接倾倒在河流、沟渠等水体中。这种不加控制的生活污水排放行为,不仅影响了农村水体的清洁度,还给后续的水体净化工作带来了极大的难度。

### 2.2 工厂化养殖造成的家禽污染

近年来,随着农业现代化的推进,工厂化养殖模式在农村得到了广泛推广。虽然这种生产模式在一定程度上提高了养殖业的效率和产量,但也带来了大量的家禽粪便和污水问题。工厂化养殖中的粪便处理如果不当,往往会通过地表径流或渗透进入水体,造成水体中氮、磷等营养元素的急剧

【作者简介】陈锐(1989-),男,回族,中国河南邓县人,本科,助理工程师,从事贵州省入河排污口规范化建设及农村生活污水治理管控成效评估相关研究。

增加,进而导致水体富营养化。此外,由于一些养殖场为了降低粪便处理的成本,直接将未经处理的粪便或污水排放到附近的河流或湖泊中,进一步加剧了农村水污染问题的严重性。尤其是在一些规模较大的养殖场,粪便和养殖废水的排放量巨大,如果不能及时有效地进行处理,极易引发大范围的水体污染事件,给当地的水资源环境和居民生活带来极大的负面影响。

### 2.3 农药化肥的不合理使用

农村地区的农业生产依赖于农药和化肥的投入,然而,由于农民在使用农药和化肥时缺乏科学的指导,往往存在使用过量、种类不当等问题。大量农药和化肥在施用后没有被农作物充分吸收,残留物通过雨水的冲刷进入河流、湖泊等水体,导致水体中有害化学物质含量增加,进而引发水体污染。尤其是化肥中的氮、磷等元素,进入水体后容易引发水体富营养化,导致藻类过度繁殖,水体透明度下降,溶解氧减少,最终破坏水体生态平衡<sup>[1]</sup>。农药和化肥的不合理使用不仅污染了地表水,也可能通过渗透污染地下水,进一步加深了农村水污染的复杂性和危害性。

### 2.4 企业污水的排放

随着工业化的深入推进,越来越多的企业将生产基地设立在农村地区,部分企业为了降低污水处理成本,选择偷排或超标排放污水。由于农村地区的环保监管力度相对较弱,执法部门难以对这些企业的排污行为进行有效监督,导致大量未经处理或处理不达标的工业废水进入水体。这些工业废水中含有大量的有毒有害物质,如重金属、化学试剂等,进入水体后不仅影响水质,还可能对水体中的生物和生态系统产生严重的破坏,甚至对周边居民的健康构成威胁。例如,部分企业排放的工业废水中含有铅、汞、镉等重金属,这些重金属一旦进入水体,不仅会积累在水生动植物体内,还可能通过食物链进入人体,对人体的神经系统、肝肾功能等造成不可逆转的损害。

## 3 MBBR 工艺在农村水污染治理中的应用

### 3.1 影响因素

#### 3.1.1 水

在实际污水处理过程中,水的 pH 值、温度和溶解氧含量等参数直接影响微生物的生长状态和生物膜的活性。通常,MBBR 工艺在中性至弱碱性环境 (pH=6.5~8.5) 下运行效果较佳,过高或过低的 pH 值均会抑制微生物的生长,导致处理效率下降。温度方面,水温在一定范围内的波动会对微生物活性产生影响,尤其是氨氧化菌和亚硝酸氧化菌的活性,对氨氮去除率尤为敏感<sup>[1]</sup>。一般来说,温度在 20℃~35℃ 之间时,MBBR 工艺的氨氮去除效果较为理想。在低温条件下,微生物的代谢速率减慢,氨氮和 COD 的去除效率显著降低;高温则可能导致微生物的活性减弱甚至死亡,影响工艺的稳定运行。此外,溶解氧也是影响 MBBR

工艺处理效果的重要因素。生物膜上的好氧微生物依赖充足的溶解氧来进行有机物和氨氮的氧化分解,若溶解氧浓度过低,微生物的代谢活动将受到抑制,导致氨氮去除效率下降,甚至出现厌氧条件下的反硝化现象,影响出水水质。

#### 3.1.2 气水比

气水比指的是反应器中提供的曝气量与水量的比值,这一参数直接关系到反应器内的溶解氧浓度以及生物膜的传质效率。适当的气水比能够为微生物提供足够的氧气,增强其代谢活性,同时有助于维持生物膜的适宜厚度,避免过度曝气导致的生物膜脱落。然而,气水比过高或过低都会对 MBBR 工艺产生不利影响。气水比过高,虽然可以提高反应器内的氧气供应,但也会增加能耗,并可能带来不必要的生物膜剪切力,导致生物膜结构破坏,降低处理效率;而气水比过低则会导致溶解氧不足,抑制好氧微生物的活性,进而影响氨氮和 COD 的去除。因此,在实际操作中,通常需要根据污水水质、温度、反应器设计等因素,合理调整气水比,以实现能耗与处理效果的最佳平衡。一般来说,气水比在 10 : 1~20 : 1 之间,MBBR 工艺能够达到较为理想的处理效果。

#### 3.1.3 进水氨氮和 COD 浓度

氨氮作为水体污染的主要成分之一,其浓度的高低直接关系到反应器内氨氧化细菌的生长和氮的去除效率。当进水中氨氮浓度较高时,反应器内氨氧化细菌的负荷增加,可能导致其生长受到抑制,影响脱氮效果。同时,COD 浓度的高低也直接影响微生物的代谢活性,COD 过高会导致微生物的生长受到抑制,降低有机物的去除率。因此,在设计和运行 MBBR 工艺时,需对进水的氨氮和 COD 浓度进行合理控制,确保反应器内微生物的健康生长和良好的去除效果。

### 3.2 治理设备

#### 3.2.1 反应器主体

反应器主体通常由耐腐蚀材料制成,具有良好的密封性和耐久性。在农村水污染治理中,反应器的设计需要考虑到水质、水量的变化以及后续的维护和管理。反应器的形状和尺寸直接影响处理效率 and 操作稳定性,通常选用立式或卧式的设计,以便于在有限的空间内实现最佳的水处理效果。反应器内的水流动模式也非常重要,它影响着生物膜的形成与生长<sup>[4]</sup>。通过合理设计反应器的流速和流向,可以有效提高水中有机物的去除率,进而改善水质。

#### 3.2.2 悬浮生物载体

悬浮生物载体通常是由高分子材料制成的,具有较大的比表面积和良好的生物相容性。载体的存在为微生物提供了生存和繁殖的空间,形成生物膜,进而提高了污水处理的效率。在农村水污染治理的实际应用中,悬浮生物载体的选择和投放量非常关键。适当的载体可以帮助微生物在反应器内稳定生长,提升对污染物的去除能力。值得注意的是,载

体的特性,如孔隙率、密度和形状等,都会影响到生物膜的形成和污水的处理效果。因此,在设备选型时,需要综合考虑各种因素,以确保载体与污水处理的兼容性。

### 3.2.3 旋切式微泡曝气机

谈旋切式微泡曝气机是通过旋切技术将空气打入水中,形成微小气泡。与传统的曝气方式相比,旋切式微泡曝气机具有更高的氧转移效率,能够在较低的能耗下实现较好的气体溶解效果。在农村水污染治理的过程中,氧气的充足供应对于微生物的生长和代谢至关重要。旋切式微泡曝气机不仅能够提高水中的溶解氧含量,还能有效降低污水中的有机物浓度,从而促进水质的改善。此外,这种设备的维护相对简单,适合农村地区的实际情况,降低了管理和运行成本。

MBBR 结构简图如图 1 所示。

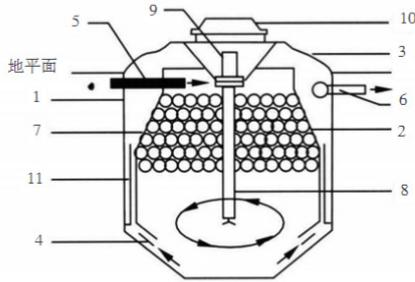


图 1 MBBR 结构简图

### 3.4 工艺应用流程

其一,农村污水的收集与预处理是整个 MBBR 工艺应用流程的第一步。在这一阶段,污水通过管网系统被引导至污水处理厂,通常会经过粗格栅和细格栅的预处理,去除较大的固体颗粒和杂质。这一步骤对于后续的生物处理至关重要,因为它能有效降低对生物膜的冲击负荷,防止污水中大颗粒物对反应器的影响。

其二,经过预处理的污水进入 MBBR 反应器。在反应器中,填充有特定设计的塑料载体,这些载体提供了生物膜生长的表面。污水在此与空气充分接触,促进氧气的溶解,为微生物的生长提供了必要的条件。MBBR 的核心在于微生物的代谢活动,它们在载体上形成生物膜,能够有效地降解水中的有机污染物。在这一过程中,污水中的有机物通过微生物的作用被转化为二氧化碳、水和其他无害物质,从而实现净化<sup>[5]</sup>。

其三,在反应器的设计上,MBBR 工艺通常采用分段式或多相流设计,以使污水在反应器内能够充分混合并延长其停留时间。这种设计不仅提高了处理效率,还增强了系统的稳定性。微生物的生长和衰退是在一个动态平衡的状态下进行的,因此在反应器的运行中,需要定期监测生物膜的厚度和活性,以确保处理效果的稳定。

其四,经过 MBBR 反应器处理后的污水,进入沉淀池进行固液分离。沉淀池的设计旨在通过重力作用使未反应的固体悬浮物沉降,从而实现清水与污泥的分离。沉淀后的污水经过清水区收集,达到一定的水质标准后,可以直接排放或进一步处理。而沉淀下来的污泥则需要定期排放,通常会作为肥料回用于农业,形成资源的循环利用。

污水处理厂 MBBR 工艺如图 2 所示。

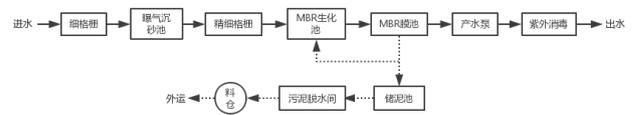


图 2 污水处理厂 MBBR 工艺

## 4 结语

总之,MBBR 工艺在农村水污染治理中展现出了良好的应用前景。为了进一步推广 MBBR 工艺的应用,相关部门应加强技术培训,提升农村水污染治理的管理水平。同时,鼓励社会资本对农村水污染治理进行投资,形成多方参与的治理格局。只有这样,才能有效改善农村水质,提高农民的生活质量,推动农村经济的可持续发展。

### 参考文献

- [1] 张亮,王冬梅,滕新君.MBBR工艺在农村水污染治理中的应用[J].中国给水排水,2009,25(16):50-52.
- [2] 韩蕙.MBBR工艺在农村水污染治理中的应用研究[J].乡村科技,2018,9(16):101-102.
- [3] 张洲.“MBBR+化学加药除磷”在农村生活污水治理中的应用[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(3):144-147.
- [4] 赵思睿,廖德旺,林晓晖,等.MBBR工艺在农村水污染治理中的运用探究[J].低碳世界,2022,12(6):31-33.
- [5] 王云权,邱学尧.MBBR工艺在农村水污染治理中的运用[J].中国资源综合利用,2017,35(7):24-27.