

# 外置式 MBR 与浸没式 MBR 的运行比较

宋 艳

(上海东振环保工程技术有限公司, 上海 201203)

**摘 要:**本研究通过介绍膜生物反应器的特点,并对外置式和浸没式 MBR 的工艺及运行进行了具体分析比较,指出了降低能耗的方向。

**关键词:**膜生物反应器;好氧曝气;错流运行;膜通量;动力能耗

**中图分类号:**K703

水资源短缺和水环境污染造成的水危机一直是制约我国经济和社会发展的的重要因素。水环境质量的恶化与经济的高速发展,迫切需要适合时代发展的污水资源化技术,以缓解水资源短缺问题。因此,各种新型、改良型的高效废水处理工艺及技术应运而生,膜生物反应器(Membrane Bioreactor, 简称 MBR)便为其中之一。

膜生物反应器是指将膜分离技术中的超滤或微滤组件与污水处理中的生物反应器相结合而成的一种新型废水处理系统。它利用膜处理单元代替了传统生物处理工艺中的二沉池。由于膜生物反应器将 HTR 与泥龄分开,故可在低 HTR 和长泥龄运行,解决了活性污泥法中污泥流失问题和细菌膨胀、污泥产气问题,增加含氮化合物与难降解有机物质的去除率;高污泥浓度和完全的固体截留使其可在低有机负荷运作,且污泥产量降至活性污泥法的一半。该工艺与传统废水生物处理工艺相比,具以下优势:出水水质好,有机物、悬浮物、细菌等有毒物质均被滤除,出水可直接回用,可满足日益苛严的废水处理排放标准和废水循环利用需求的剧增;活性污泥浓度高,耐负荷冲击能力强,适用于难降解有机废水;设备占地小、剩余污泥产量低和便于自动控制。尽管膜组件价格偏高,会产生膜污染是膜生物反应器的主要缺点,却并不妨碍其成为当前最有前途的废水处理新技术之一。该技术在中国研究发展也有十来年了,现已经在含油及难生物降解有机废水处理领域得到越来越多的工程应用,并取得不错效果。膜生物反应器按其膜组件与生物反应池的相对位置不同可分为浸没式和外置式两种。笔者在冶金行业含油废水处理工程实际工作中对两种 MBR 都有设计及应用,现结合实例对两者运行进行分析比较。

## 1 外置式 MBR 与浸没式 MBR 的工艺比较

外置式 MBR 系统由生物反应池、循环泵、膜组件构成。生物反应池可以为好氧曝气池,也可以为厌氧或兼氧池。目前用于生产规模的 MBR 多采用活性污泥法。笔者所做工程选用的是好氧曝气池,并在池中装有填料(根据国内相关研究表明,此举可以提高系统的抗冲击负荷能力,减小膜污染,保证较高膜通量)。废水先在生物反应池通过曝气充氧,使废水中的有机物、溶解氧与微生物充分接触混合,经微生物自身新陈代谢过程将有机物降解转化,然后生物反应池的混合液通过循环泵加压进入微滤膜组件,在压力作用下,粒径大于膜孔径的活性污泥、大分子物质等被截留送回至生物反应池,膜渗透液则作为系统处理出水排出。外置式 MBR 工艺流程如图 1 所示。

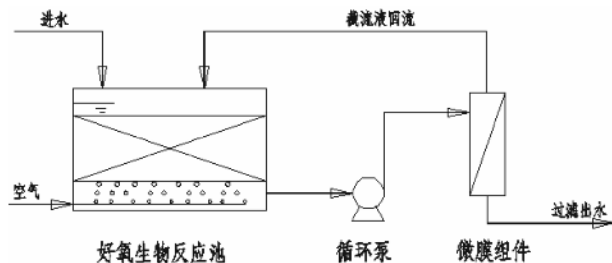


图 1 外置式 MBR

浸没式 MBR 系统由生物反应池、膜池、膜组件、抽吸泵构成。生物反应池也采用好氧曝气池,利用微生物降解废水有机物后,出水进入放置有膜组件的膜池中,再经抽吸泵将滤液排出。工艺流程如图 2 所示。

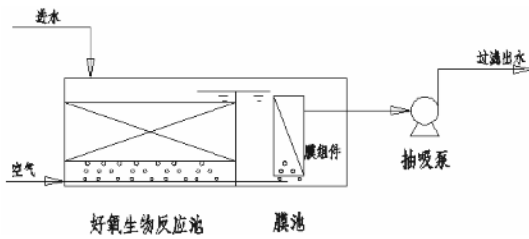


图2 浸没式 MBR

两者的工艺原理基本相同,但外置式 MBR 通过循环泵加压来实现料液的循环错流运行,其膜面流速高,而浸没式 MBR 则是利用曝气时气液向上的剪切力来实现膜面的错流运行的,故浸没式 MBR 的相对膜通量小于外置式。因运行方式不同,两者选用膜组件形式和材质有所不同,外置式一般采用平板和管式膜,浸没式一般采用平板和中空纤维膜,膜清洗方式也各有差异。

某工程需处理含油废水量为  $15\text{m}^3/\text{h}$ ,分别设计采用外置式和浸没式 MBR 系统,在相同生物处理条件下,两者膜装置的配置及工艺参数见表 1、2。

表1 外置式 MBR 系统工艺配置

项目	参数配置
膜形式及材质	无机陶瓷管式膜
膜组件选型	TI37036-29-1200,膜孔径 $0.2\mu\text{m}$
设计运行膜通量	$120 \sim 150\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$
膜组件数	8个
跨膜压差	$400\text{kPa}$
设计膜单元数	4套
总膜面积	$116\text{m}^2$
循环泵选型	4台, $Q=150\text{m}^3/\text{h}$ , $H=30\text{m}$
运行方式	连续过滤
膜清洗方式	在线化学清洗(碱洗+酸洗+漂洗),1次/月
膜清洗装置	$10\text{m}^3$ 清洗槽,无清洗泵

表2 浸没式 MBR 系统工艺配置

项目	参数配置
膜形式及材质	PVDF 中空纤维膜
膜组件选型	SPMW-09B10,膜孔径 $0.1\mu\text{m}$
设计运行膜通量	$0.45 \sim 0.5\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{d}$
膜组件数	80个
设计膜单元数	4套
跨膜压差	$20 \sim 50\text{kPa}$
总膜面积	$800\text{m}^2$
抽吸泵选型	2台(备用1台), $Q=17\text{m}^3/\text{h}$ , $H=16\text{m}$
鼓风机选型	2台(备用1台), $Q=5\text{Nm}^3/\text{min}$ , $60\text{kPa}$
运行方式	间断(抽吸9min,停抽1min),连续曝气
膜清洗方式	在线化学清洗(碱洗+酸洗),1次/2周; 离线浸泡清洗(碱洗或酸洗),1次/6月 (在线) $1\text{m}^3$ 清洗槽,加药泵 $1\text{m}^3/\text{h} - 10\text{m}^3$
膜清洗装置	(离线) $6\text{m}^3$ 清洗槽

## 2 外置式 MBR 与浸没式 MBR 运行费用比较

在工业废水处理中,运行费用是衡量该处理工艺是否合理有效的一项非常主要的指标,体现节能减排的真实意义。MBR 的运行费用主要来自水泵、曝气系统动力能耗费用及膜清洗药剂消耗、膜更换费用。两者的运行费用比较见表 3。

表3 运行费用比较

项目	外置式 MBR	浸没式 MBR
动力能耗	$74\text{kW} \cdot \text{h}$	$18\text{kW} \cdot \text{h}$
药剂消耗量	NaOH: $1.68\text{kg}/\text{d}$	NaOH: $0.288\text{kg}/\text{d}$
	NaClO: $0.168\text{kg}/\text{d}$	NaClO: $0.34\text{kg}/\text{d}$
	HNO <sub>3</sub> : $3.36\text{kg}/\text{h}$	柠檬酸: $1.2\text{kg}/\text{d}$
膜使用寿命	10年	8年
电费	1598元	388元
药剂费	8.4元/d	6.85元/d
膜更换费用	5800元/年	40000元/年
年运行总费用	58.42万元	18.2万元
吨水运行费用	$4.23\text{元}/\text{h} \cdot \text{m}^3$	$1.4\text{元}/\text{h} \cdot \text{m}^3$

从表 3 可以看出,外置式 MBR 系统的运行费用要远高于浸没式系统,其主导因素表现在动力能耗上。外置式 MBR 系统需要由外在循环泵获得高流速和高压的错流循环工作方式决定了其无法达到浸没式系统的低能耗。

## 3 结语

尽管浸没式 MBR 系统因其低能耗而得到广泛应用,但是在系统的运行稳定可靠性、操作管理和膜管清洗更换方便性上,外置式 MBR 占有更大优势。采用何种 MBR 运行方式应根据工程具体情况和工艺需要进行选择。膜生物反应器的运行能耗费用与系统规模、工艺流程设计、选择膜形式、膜通量、膜污染状况、污泥浓度、清洗方式等均有关,要想降低能耗,还在于设备选型合理和流程设计优化。

### 参考文献:

- [1] Tom Stephenson. 膜生物反应器污水处理技术[M]. 张树国译. 北京:化工工业出版社,2003.
- [2] 顾维国,何义亮. 膜生物反应器—在污水处理中的研究和应用[M]. 北京:化工工业出版社,2002.