

问题探讨

MBR 在电厂中水回用深度处理中的应用与探讨

程立国

(吉林省电力勘测设计院,吉林 长春 130022)

摘要:结合目前水资源利用现状及火电厂中水回用情况,对膜生物反应器(MBR)在中水深度处理过程中去除有机物、氨氮化合物、细菌和病毒等机理进行了分析;以及相对于传统工艺,MBR 在处理效果、技术等方面具有的特点进行了比较,得出 MBR 在火电厂中水回用深度处理方面具有相当大的优势和应用前景。

关键词:中水;电厂;深度处理;MBR

中图分类号:X703

文献标识码:A

文章编号:1006-8759(2014)05-0052-03

APPLICATION AND DISCUSSION OF MBR IN ADVANCED TREATMENT OF RECLAIMED WATER REUSE IN POWER PLANT

CHENG Li-guo

(Jilin Electric Power Survey & Design Institute Changchun, Jilin 130022, China)

Abstract: Combined with the current situation of water resource utilization and reclaimed water reuse in power plant, the mechanism about removing organics, ammonia nitrogen compounds, bacteria and viruses of the membrane bioreactor (MBR) in the advanced treatment of reclaimed water is analyzed. And the treatment effect, technology and other aspects of MBR are compared with the traditional process. Considerable advantages and application prospect of MBR in reclaimed water advanced treatment in power plant are put forward.

Key words: Reclaimed water; Power plant; Advanced treatment; MBR

引言

随着水资源不断地消耗和污染以及供水不平衡,水资源矛盾将日益尖锐。目前水资源开发的途径主要有:海水淡化、远距离调水、中水回用。中水回用投资少、工期短、见效快,比较现实易行^[1]。作为用水大户的火电厂,正逐步加大中水的回用比例。一座 2×600 MW 的火电厂耗水量一般为 8×10⁴ m³/d, 2×1000 MW 的火电厂,每小时补水量约 1.08×10⁵ m³/d^[2,3]。因此,中水深度处理后回用于火电厂在经济、环境、社会方面均具有重要的意义。

作为中水深度处理工艺之一的膜生物反应器(MBR)工艺,由于具有出水水质好、占地面积小、活性污泥浓度高和便于自控等特点,正在得到广泛的应用^[4]。如东胜热电 2×300 MW 空冷机组采用生物加强 MBR,处理能力 12 000 t/d;内蒙古金桥电厂 2×300 MW 一期工程,采用生物加强 MBR,处理能力 30 000 t/d;华电宁夏灵武发电有限公司,采用 MBR 工艺,处理能力 11 000 t/d。

1 膜生物反应器概述

通常提到的膜生物反应器,实际是三类反应器的总称,即:①膜-曝气生物反应器(MABR);②

萃取膜生物反应器(EMBR);③膜分离生物反应器(MBR)。

MBR 是一种将膜分离技术与活性污泥法相结合的新型污水处理技术,是以超滤膜组件作为取代传统生化处理技术中二沉池和砂滤池的泥水分离设备,并与生物反应器组合构成的一种新型生物处理装置。由于超滤膜能够截留来自生物反应器混合液中的细菌和大肠杆菌、微生物絮体、分子量较大的有机物及其他固体悬浮物质,并使之重新返回生化反应器中,使反应器内的活性污泥浓度得以提高,从而有效的提高有机物的去除率。MBR 按膜组件与生物反应器的相对位置可分为一体式(浸没式)和分置式(外置式)。一体式是将膜组件置于反应器内,多采用中空纤维膜;分置式是将膜组件置于反应器外,多采用管式膜^[5]。一体式 MBR 根据生物处理的工艺要求,分为两种形式:一种是两个生物反应器,其中一个为硝化池,另一个为反硝化池。膜组件浸没于硝化反应器中,两池之间通过泵来更新要过滤的混合液。该组合特点:①可以提供配套的膜和设备,便于系统更新改造;②将膜浸没池作为好氧区,生物反应池作为缺氧区以实现硝化-反硝化目的;③便于将膜隔离进行清洗。另一种是直接膜组件置于生物反应器内,通过真空泵或其他类型泵的抽吸,得到过滤液。一体式 MBR 利用曝气时气液向上的剪切来实现膜面的错流效果,也有采用在一体膜组件附近进行叶轮搅拌和膜组件自身的旋转来实现膜面积错流效应。分置式 MBR 中,生物反应器的混合液由泵增压后进入膜组件,在压力作用下膜过滤液成为系统处理出水,活性污泥、大分子物质等则被截留,并回流到生物反应器内。分置式 MBR 特点:运行稳定可靠,操作管理容易,易于膜的清洗、更换及增设。

2 MBR 原理

MBR 是利用浸没于好氧生物池内的膜分离设备截留生物处理后的活性污泥与固体物。因此系统内活性污泥(MLSS)浓度及污泥龄(SRT)可提高 2~4 倍,相对水力停留时间(HRT)大为减少,难降解的大颗粒物质在池中可不断反应而降解,因此膜生物反应器可最大限度的强化生物反应功能。

在外加压力的作用下,使膜的两端产生压力,

反应器内的液体以一定的流速沿着具有一定孔径的膜面上流动,混合液中的无机离子、低分子量物质透过膜表面,大分子物质、胶体颗粒及细菌微生物等被截留下来,在活性污泥的作用下使可以降解的物质生化有机降解。难以降解的大分子有机物,由于膜的截留作用使其长时间停留在生物反应器内,最大限度地实现固液分离,从而得到了水质较好的回用水。

2.1 对有机物的去除

MBR 对有机物的去除来自两方面:一是生物反应器对有机物的降解作用,MBR 系统中生物降解作用增加;二是膜对有机物大分子物质的截留作用,大分子物质可以被截留在反应器内,获得比传统活性污泥法更多的与微生物接触反应时间,并有助于某些专性微生物的培养,提高有机物的去除效率。与传统工艺相比,MBR 对有机物去除的特点有:(1)去除率高,一般大于 90%,出水达到回用水的指标;(2)污泥负荷(F/M)低;(3)所需水力停留时间(HRT)短,容积负荷高;(4)抗冲击负荷能力强。

2.2 对含氮化合物的去除

MBR 脱氮,是建立在硝化-反硝化机理之上的两级或单级脱氮工艺。MBR 去除氮化合物特点:①MBR 工艺由于泥龄长,对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除效果非常好,多数情况下出水 $\text{NH}_3\text{-N}$ 低于 1 mg/L,去除率>90%;②传统的两级缺氧-好氧 MBR 工艺对 TN 的去除率多数在 60%~80%;③间歇曝气 MBR 脱氮工艺对 TN 的去除率>80%,说明改进型脱氮工艺效果更好;④某些单一的好氧硝化过程同时可实现反硝化作用,并对 TN 的去除率为 40%~60%,说明 MBR 工艺具有一定程度的同时硝化反硝化作用;⑤以膜为生物载体的生物膜-膜反应器是一种典型的的同时硝化反硝化脱氮工艺,但对 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的去除率低,其脱氮速率也低。

2.3 对磷的去除

在 MBR 系统中,高的污泥龄不利于对磷的去除,因此在 MBR 工艺中常常采用絮凝剂(如 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 、 FeCl_3)以共沉淀模式来提高对磷的去除效果。

2.4 对细菌和病毒的去除

MBR 工艺在污水处理的一大优势是其物理消毒作用,其对细菌和病毒的去除主要是通过膜表面沉积层的截留作用实现的。几乎所有的 MBR

工艺都取得了对细菌和病毒的有效去除，出水中的肠道病毒、总大肠杆菌、粪链球菌、粪大肠杆菌等都低于检测限，甚至达到检不出的水平。

3 MBR 处理效果

膜生物反应器 (MBR) 处理工艺适用于有机物、氨氮含量较高的再生水,尤其在处理营养成分较少的再生水时其处理效果明显比传统的生物技术好,膜生物反应器的产水可达到反渗透入口水质要求。经 MBR 处理:氨氮去除率高,COD_{cr} 去除率较高,产水悬浮物和浊度近于零,水质良好且稳定。某品牌膜生物反应器可达到的出水水质见下表。

表 1 某品牌膜生物反应器可达到的出水水质

项目	COD	BOD	TSS	氨氮	总氮	总磷	浊度	总大肠杆菌 CFU/100mL	SDI
市政污水	<30	<2	<1	<0.5	<3	<0.05	<0.1	<100	<2

注:单位除浊度、总大肠杆菌外,均为 mg/L。

某工程膜生物反应器 (MBR) 系统进出水水质比较:

进水: BOD₅<30 mg/L; COD_{cr}<50 mg/L; SS<30 mg/L; TN4~5 mg/L

出水: BOD₅<5 mg/L; NH₄⁺-N<1.0 mg/L; COD_{cr}<2 mg/L; 浊度<1 NTU; SS~0 mg/L; 细菌总数<20 个/mL; TN<0.5 mg/L; 大肠杆菌数未检出。

在来水有机物、氨氮含量高需保证处理效果时,为保证氧的利用率,避免超滤反洗使硝化细菌死亡,将生化处理的生物反应池单元与超滤单元处理分离,使得该工艺演变为生物法+超滤的生物加强 MBR 工艺,但原 MBR 占地小、系统简化的优势相应下降。当来水有机物、氨氮含量不高时,该工艺演化为单纯的超滤处理工艺。此外,膜生物反应器 (MBR) 磷的去除率很低,不适用于总磷含量较高的中水深度处理。

4 MBR 工艺与传统工艺比较

传统工艺: 污水→粗格栅→除油池→初沉池→生化处理→二沉池→三级处理→出水。

MBR 工艺: 污水→粗格栅→除油池→精密格栅→生化处理→MBR 膜池→产水。

与传统工艺比较,具有的技术优势:

(1)既可以用于高浓度、难降解有机工业废水处理,又可以用于生活污水和一般工业废水的净化。由于其对污染物去除效率高,处理出水水质好。不仅对悬浮物、有机物去除效率高,出水的悬浮物和浊度可以接近零,而且可以去除细菌、病毒等,是污水的深度处理及资源化技术。

(2)由于膜的高效截留作用,对水力负荷、有机负荷变化的适应性强,可以在高容积负荷、低污泥负荷、长泥龄的情况下运行,污泥排放量很少。

(3)工艺流程短,紧凑的系统设计,减少了土地使用,节省了构筑物投资。

(4)全自动的在线清洗简化了日常的运行维护与管理,节省人力。

(5)系统启动速度快,水质可以很快达到要求;运行方式灵活,适应水质范围宽。

5 结论

实践证明,MBR 工艺由于具有:出水浊度低、水质好,可满足回用水水质的要求;剩余污泥量少,降低污泥处理费用;设备紧凑,无二沉池,减少占地面积;易实现自动控制、运行管理简单等优点,在电厂中水回用深度处理中将具有广阔的应用前景。

参考文献

[1]崔玉川,杨崇豪,张东伟.城市污水回用深度处理设施设计计算[M].北京:化学工业出版社,2003.7.

[2]潘晓丽,尹连庆,刘勇,等.城市污水经处理回用作电厂循环冷却水的工程应用[J].电力科学与工程,2004.1:46-48.

[3]张国斌.火力发电厂中水回用技术与应用前景[J].中国给水排水,2005,21(7):89-91.

[4]顾国维,何义亮.膜生物反应器[M].北京:化学工业出版社,2002.1.

[5]渠慧英.浅谈污水浓度处理新技术-MBR[J].内蒙古电力技术,2008.26(3):36-38.

更正

2014 年第 4 期第 50 页“曝气生物流化床工艺深度处理印刷电路板废水的应用”论文中的关键词更正为:曝气生物流化床;印刷电路板废水;深度处理。并向作者致歉!