

混凝与 MBR 组合工艺用于火电厂生活污水回用

苏锦明 廖培山 裴文珑

(广西电力工业勘察设计研究院 广西 南宁 530023)

摘要 讨论了一级强化混凝工艺与膜生物反应器(MBR)工艺联用的优越性,并进行经济分析.指出混凝-MBR 组合工艺应用到电厂生活污水处理在理论上和技术上都是可行的,其出水 COD 质量浓度小于 25 mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度小于 1.5 mg/L, BOD_5 质量浓度小于 10 mg/L,浊度小于 0.3 NTU,SS 质量浓度约为 0 mg/L,处理水回用于冲灰补水和循环水补水,还可以回用于厂区的绿化用水和道路冲洗水,而且运行费用低,具有良好的环境和社会效益.

关键词 混凝;MBR 工艺;膜生物反应器;火电厂废水

中图分类号:X703.1 文献标识码:B 文章编号:1006-764X(2005)S2-0024-03

随着社会经济的的发展和人口的增长,缺水问题目前已成为世界性的问题,而水环境污染的加剧和用水量的激增又使我国有限的水资源日趋紧张.火电厂是用水大户,对水资源加强管理和对水污染物排放总量进行控制,已是火电厂面临的新的用水和废水排放限制条件.国家环保总局于 1988 年 3 月颁布的《水污染物排放许可证管理暂行办法》中规定,水污染物排放总量要予以逐步控制,即对火电厂生产过程中所产生的污染物最终排入水环境的量进行控制,这种控制是按一定区域的水质规划方法(即以水体纳污能力为基础的环境容量控制方法)或目标总量控制方法(即以污染源可控制性为基础的可用最佳实用方法)制定的.《取水定额第 1 部分:火力发电》对单位发电量取水定额指标和装机容量取水定额指标作出了规定,火电厂必须提高水的重复利用率,才能实现上述用水量定额指标.节能降耗、科学管理成为发电企业可持续发展和提高市场竞争能力的一个必要条件和必经之路.应加强电厂的水资源管理,做好水务管理工作,实现电厂废水的回收利用,这对创造良好的环境效益、社会效益,对企业的节能增效具有重要的意义^[1].

火电厂的废水主要包括三部分:生产废水、含煤废水及生活污水.生产废水主要来源于化学水处理系统中的再生、反洗排水及含油废水,而含煤废水在降雨水量较大,含煤废水的污染物种类及其含量受煤种影响,主要污染物是煤颗粒悬浮物及 COD,悬

浮物含量较高.生活污水主要来源于厂区的卫生设施、食堂等服务设施用水和家属区的日常生活污水,有机物含量较高.生活污水中 BOD 与 COD 质量浓度的比值一般均高于 0.3,可生化性较强,而混凝与膜生物反应器(MBR)联用工艺对此类污水的处理效果明显.本文对混凝与 MBR 组合工艺联用于火电厂生活污水回收利用进行可行性研究.

1 混凝与膜生物反应器组合工艺

1.1 混凝剂的选择

用作水处理方面的絮凝剂主要是铁盐和铝盐两类无机化合物.由于有机合成高分子絮凝剂可能存在毒性,加之价格较贵,很少在污水处理中应用.铁盐絮凝剂主要有二氯化铁、硫酸(亚)铁、聚合硫酸铁等,由于铁离子对饮用水及各种工业用水有着不良影响及其使用时对设备的强烈腐蚀性,而且在本工艺中如果预处理的混凝剂为铁盐,对后期的膜处理带来严重的威胁.因而,在水处理(饮用水、给水、废水等)工艺上应用最广泛的还是铝盐絮凝剂,主要有硫酸铝、氯化铝、硫酸铝钾等无机絮凝剂,它们在水处理上发挥着重要作用^[2].有试验表明,硫酸铝加高分子助凝剂系列对于一级强化工艺的效果最佳,混凝强化去除 COD 的作用虽然是有限的,但在试验的优化条件下,一级强化对 COD 的去除率达到 60%.一级强化混凝工艺能够大大减少后续处理工艺的负荷,对于延长膜生物反应器的运行周期有巨大的作用^[3].

作者简介 苏锦明(1979—),男,福建南安人,硕士,从事火电厂水工设计及研究.

1.2 膜生物反应器工艺

1.2.1 工艺流程

膜生物反应器由生物反应器和膜组件组成,工艺流程见图 1。

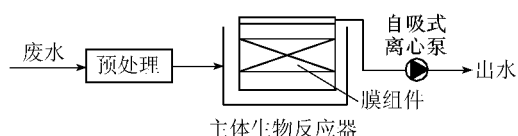


图1 膜生物反应器工艺流程

1.2.2 工作原理及特点

膜生物反应器是一种由膜分离单元与生物处理单元相结合的新型水处理技术,以膜组件取代二沉池。污水经过预处理后,进入主体生物反应器,主体生物反应器中的微生物对有机废水进行降解,经过一定的水力停留时间,在自吸式离心泵的抽吸作用下,处理水透过膜段上微小的膜孔成为出水。由于膜的高效截留,在生物反应器中保持高活性污泥浓度,减少污水处理设施占地,并通过保持低污泥负荷减少污泥量。

与传统的生化水处理技术相比,膜生物反应器具有以下主要特点^[4]:①处理效率高、出水水质好;②设备紧凑、占地面积小;③易实现自动控制、运行管理简单。

20 世纪 80 年代以来,该技术愈来愈受到重视,成为研究的热点之一。目前膜生物反应器已应用于美国、德国、日本、法国和埃及等 10 多个国家,处理量从 $6 \text{ m}^3/\text{d}$ 到 $13000 \text{ m}^3/\text{d}$ 不等^[5]。膜污染是影响膜生物反应器推广应用的主要因素,膜污染导致膜通量下降,增加膜组件更换和膜清洗的频率,因而增加了膜生物反应器的运行费用^[6]。近年来,国内外学者对膜污染的控制进行了重点研究,已经取得了一定的成果^[6]。笔者在从事 MBR 工艺的膜污染控制研究中,发现投加粉末活性炭(PAC)对减缓膜污染有重大贡献,能维持长时间的高膜通量,运行周期长,而且处理效果好,出水稳定^[7]。对于一般公共建筑的生活污水,系统出水 COD 质量浓度小于 25 mg/L , $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度小于 1.5 mg/L , BOD_5 质量浓度小于 10 mg/L ,浊度小于 0.3 NTU ,且无色无臭,符合建设部颁布的 GB50335—2002《生活杂用水回用水质标准》和 GB50336—2002《污水再生利用工程设计规范》的要求。新型专利一体化 M-CASS 设备(ZLZL200420030055.9)也开发出来了,该设备独特的排水方式大大提高了系统的出水水质,使膜污染降低到最低程度^[8,9]。

2 混凝与 MBR 组合工艺

混凝与 MBR 组合工艺可用于火电厂生活污水

回收。根据生活污水的特性,在混合池中投加上述混凝剂,处理水进入一体化 MBR 反应器。由于膜的高效截留作用,微生物被污泥完全截留在生物反应器中,实现水力停留时间与污泥停留时间彻底分离,消除了活性污泥工艺的污泥膨胀问题。在此基础上,通过增大曝气池中活性污泥浓度来提高生化反应速率,MBR 以膜组件替代二沉池,提高泥水分离率,加强系统功能。同时,通过降低单位负荷,增大污泥龄来减少剩余污泥发生量。电厂厂区生活污水 SS 质量浓度约为 $200 \sim 250 \text{ mg/L}$, BOD_5 质量浓度约为 $150 \sim 200 \text{ mg/L}$ 。经过一体化 MBR 的高效截留,出水 COD 质量浓度小于 25 mg/L , $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度小于 1.5 mg/L , BOD_5 质量浓度小于 10 mg/L ,浊度小于 0.3 NTU ,SS 质量浓度约为 0 mg/L ,处理水可回用于杂用水补水、冲灰补水和循环水补水。这样可以最大限度地利用水资源,减少电厂的总用水量,还可防止外排废水污染环境,提高电厂的环境质量,使电厂运行更加经济。图 2 为混凝-MBR 组合工艺流程图,该系统流程简单,占地面积小。

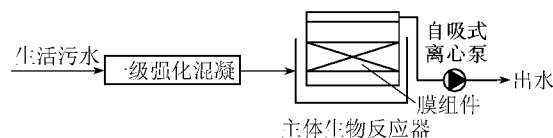


图2 混凝-MBR 组合工艺流程

3 混凝-MBR 组合工艺运行成本分析

由于混凝-MBR 组合工艺尚无应用于火电厂生活污水回收的工程实践,故缺少运行费用等数据,但可以参考 MBR 工艺回用工程实例——大连香格里拉大饭店中水 MBR 处理回用系统^[10]和青岛流亭机场污水回用工程^[11]。大连香格里拉大饭店中水 MBR 处理回用系统改造后以 MBR 为核心的中水回用系统仅占地 48 m^2 ,是原占地面积的 17%。该工程污泥提升泵为气提式,消耗电能较少,也无污泥回流系统,能耗主要来自移送泵、自吸泵和鼓风机(两套加药系统计量泵装机容量很小,在此忽略)。鼓风机装机容量为 1.5 kW ,每天 24 h 运转,移送泵和自吸泵的装机容量分别为 0.4 kW 和 0.75 kW ,每天运行时间按 18 h 计,则该中水回用系统单位能耗为 $0.945 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$ 。由于膜组件公称孔径为 $0.4 \mu\text{m}$,虽然最小的细菌尺寸在 $0.3 \mu\text{m}$ 左右,但在 MBR 中细菌通常以菌胶团形式存在,无法透过膜孔,因此 MBR 出水细菌含量少,可减少消毒剂用量。另外本工程无须看管,省去了人工费、电费、消毒剂、营养剂的定额分别为 $0.95 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$, $3 \text{ g}/\text{m}^3$, $3.5 \text{ g}/\text{m}^3$;单价分别为 $0.6 \text{ 元}/(\text{kW} \cdot \text{h})$, $12 \text{ 元}/\text{kg}$, $2 \text{ 元}/\text{kg}$,运行成本分别为 $0.57 \text{ 元}/\text{m}^3$, $0.036 \text{ 元}/\text{m}^3$, $0.007 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。考虑到折旧费运行成本 $1.052 \text{ 元}/\text{m}^3$,工程合计运行成本

为1.665 元/m³(净残值取 4% ,折旧年限取 10 a)。

另一个典型工程为青岛流亭机场污水回用工程。青岛流亭机场采用以 MBR 为主体的工艺处理排放污水,而且较传统的 MBR 工艺增设了缺氧段,处理量为 2 700 m³/d。1 a 多的运行表明,该系统运行稳定,维护费用低,出水水质优良^[10]。该工程的总投资为 730 万元,处理费为 0.78 元/m³。

4 结 语

膜生物反应器是一种新型的高效生物反应器,其良好的出水水质、简单的流程、紧凑的设备日益受到水处理行业的青睐。混凝-MBR 组合工艺应用到电厂生活污水处理,在理论上和技术上是可行的,其出水 COD 质量浓度小于 25 mg/L, NH₃-N 质量浓度小于 1.5 mg/L, BOD₅ 质量浓度小于 10 mg/L, 浊度小于 0.3 NTU, SS 质量浓度约为 0 mg/L, 处理水回用于冲灰补水 and 循环水补水,还可以回用于厂区的绿化用水和道路冲洗水,具有良好的环境效益和社会效益。

参考文献:

[1] 宋珊卿. 动力设备水处理手册 [M]. 第 2 版. 北京: 中国电

力出版社, 1997: 705-734.

[2] 李亚峰, 苏永渤, 朱龙, 等. 高浓度洗煤废水治理方法的研究 [J]. 环境保护科学, 1997, 23(4): 11-14.
[3] 李风亭, 陈辅君, 杜锡荣, 等. 混凝剂聚合硫酸铁反应机理的探讨 [J]. 给水排水, 1994, 18(8): 39-41.
[4] 苏锦明, 刘军, 傅金祥, 等. 温度对 PAC-MBR 组合工艺的研究 [J]. 工业安全与环保, 2004, 30(10): 1-4.
[5] 魏源送, 樊耀波, 郑祥. 国外膜生物反应器在污水处理中的研究进展 [J]. 工业水处理, 2003, 23(1): 1-5.
[6] 苏锦明. 一体式膜(帘式膜)生物反应器膜污染控制试验研究 [D]. 沈阳: 沈阳建筑大学, 2005.
[7] 傅金祥, 苏锦明, 徐薇, 等. PAC 对 IMBR 的净水效果和膜污染的影响效果 [J]. 沈阳建筑工程学院学报: 自然科学版, 2004, 20(2): 143-146.
[8] 苏锦明, 周晴. 新型专利一体化 M-CASS 设备: 中国, ZL-ZI200420030055.4 P. 2004-12-01.
[9] 苏锦明, 周晴, 傅金祥, 等. 新型一体化 M-CASS 设备的研制与开发 [J]. 工业用水与废水, 2004, 35(3): 32-36.
[10] 张捍民, 张兴文, 刘毅慧, 等. 中水回用工程的 MBR 系统设计 [J]. 给水排水, 2002, 28(11): 65-67.
[11] 李彦斌, 朱高雄, 张亮, 等. MBR 工艺处理机场污水并回用 [J]. 中国给水排水, 2005, 21(1): 91-92.

(收稿日期: 2005-09-20 编辑: 骆超)

(上接第 8 页)

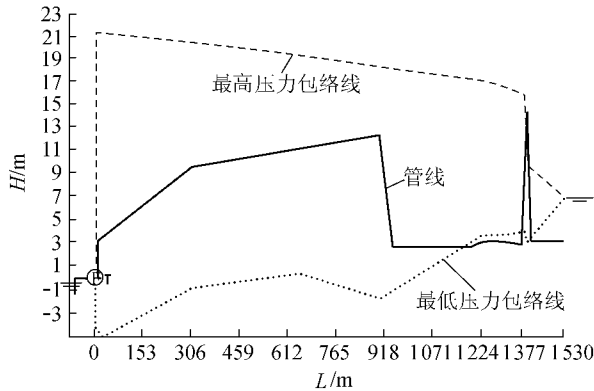


图 8 DB 电厂准调压室方案最高最低压力包络线

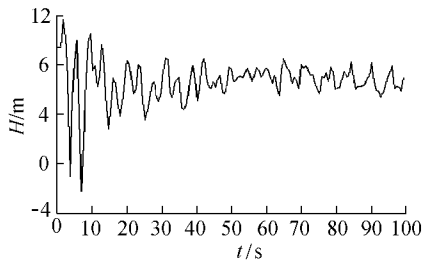


图 9 原方案凝汽器出口压力波动过程线

气阀,也要推迟十几分钟完成启动过渡,这对于承担调峰任务的燃气电站来讲是不能接受的。采用准调压室方案,没有排气延迟的问题。此外,要注意到这类超大型排气阀在排完空气关闭排气口时可能会产生二次水锤,一定要采取防护措施,这样又要增加设备。

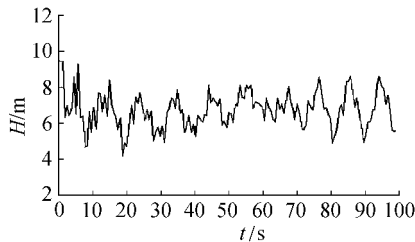


图 10 准调压室方案凝汽器出口压力波动过程线
千万牢记慎用超大型口径排气阀。

4 结 语

准调压室体积小、结构简单、反应快、运行可靠,兼有调压室和通气阀二者的功用,能有效地遏制输水系统的负压,值得在有条件使用的地方大力推广应用。

参考文献:

[1] 郑大琼, 王念慎. “非常水锤”的发生条件及预防措施 [J]. 中国电力, 2001(11): 33-35.
[2] America Society of Civil Engineers. Civil Engineering guidelines for planning and designing hydroelectric developments, volume 2, waterway [S]. New York: ASCE, 1989: 5-53-54.
[3] 郑大琼, 任钟淳, 王念慎. 为防止水锤现象火电厂循环水系统设计的改进 [J]. 电力建设, 2003(7): 18-24.
[4] 王念慎, 任钟淳. 双向通气阀在输水系统水力过渡过程计算中的数学模型 [J]. 中国电力, 1993(11): 64-67.

(收稿日期: 2005-09-29 编辑: 熊水斌)