

MBR 生物膜无人值守水处理工艺的研究与应用

张翠珠¹ 杨萌¹ 菅光耀²

1 山东东山王楼煤矿有限公司, 山东 济宁 272000

2 山东东山古城煤矿有限公司, 山东 济宁 272000

[摘要] 为了保证生活污水水质合格达标排放, 实现回收利用的目的, 采用 MBR 生物膜无人值守水处理工艺对生活水进行处理, 确保水质达标排放, 煤矿中水回用, 用于洒水降尘, 生活冲厕等用水, 不仅节约了用水, 减少了中水排放, 且减少了企业用水及排水费用, 另外减少化学需氧量、氨氮等污染物的排放量, 改善周边居民生活环境, 改善煤矿企业与自然环境关系, 提高煤矿企业的综合效益, 促进矿区可持续发展, 对促进社会稳定和谐发展起到积极的作用。

[关键词] MBR; 生物膜; 无人值守; 水处理

DOI: 10.33142/ec.v5i9.6836

中图分类号: X703

文献标识码: A

Research and Application of MBR Biofilm Unattended Water Treatment Process

ZHANG Cuizhu¹, YANG Meng¹, JIAN Guangyao²

1 Shandong Dongshan Wanglou Coal Mine Co., Ltd., Ji'ning, Shandong, 272000, China

2 Shandong Dongshan Wanglou Coal Mine Co., Ltd., Ji'ning, Shandong, 272000, China

Abstract: In order to ensure the qualified discharge of domestic sewage treatment quality and realize the purpose of recycling, MBR biofilm unattended water treatment process is used to treat domestic water to ensure the qualified discharge of water quality. Reclaimed water in coal mines is reused for watering, dust reduction, domestic toilet flushing and other water, which not only saves water, reduces reclaimed water discharge, but also reduces water use and drainage costs of enterprises, and also reduces chemical oxygen demand, reduce the emission of ammonia nitrogen and other pollutants, improve the living environment of surrounding residents, improve the relationship between coal mining enterprises and the natural environment, improve the comprehensive benefits of coal mining enterprises, promote the sustainable development of mining areas, and play a positive role in promoting social stability and harmonious development.

Keywords: MBR; biofilm; unattended; water treatment

1 概括

王楼煤矿地处微山湖畔, 属国家南水北调重点保护流域, 在建矿初期建有一座日处理 600m³/d 的生活污水处理设施, 该设施为地理式生化处理工艺, 随着国家南水北调工程的顺利实施和生活污水的增加, 王楼煤矿于 2008 年对原系统进行了简单的扩容处理, 原系统保持不变, 新增加一套日处理 480m³/d 的污水处理系统, 扩容系统采用曝气滤池工艺, 随着水量的增加和原系统的老化, 目前, 系统处理后水质无法满足南水北调沿线重点流域的水质要求, 另外, 污水处理站净化处理后的水质达到《污水综合排放标准》(GB8978-1996) 一级标准和《生活杂用水水质标准》, 经排水管道排入河流内, 使水资源产生了浪费, 为确保外排水达标排放, 王楼煤矿决定新建设处理量为 1800 m³/d 生活水处理系统, 通过采用污水的预处理、污水的生物处理相结合的工艺, 把出水水质达到《南水北调沿线水污染综合排放标准》及《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III 类标准。

该项目主要技术方案: 污水的预处理, 利用调节沉淀池对污水进行沉砂、除油、沉淀处理, 降低对后续处理单

元的冲击负荷影响; 污水的生物处理, 为了更好的提高污水的可生化性, 达到排放标准, 采用厌氧+好氧的处理工艺, 水解酸化主要是利用厌氧反应的水解、酸化段, 该阶段主要是将难生化性物质转化为易生化性物质, 将大分子物质降解为小分子物质, 同时将有有机物降解为各种有机酸。通过水解酸化工艺, 使生活污水中的难降解物质转化为易降解物质, 提高废水的可生化性, 为后续的好氧生化工艺创造良好的条件。生物废水经矿井水解酸化池处理后, 进入矿井 MBR 反应器, 在用葡萄糖培养好的好氧菌的作用下, 废水中的大部分 BOD₅ 可被降解为 CO₂ 和 H₂O。电控部分采用站内操作控制柜地面集中控制方式, 控制部分为 PLC 可编程控制器集中显示, 操作工通过电脑端自动控制所有设备的运转情况, 实现了现场无人值守, 确保污水处理安全运行。生活污水处理消毒后作为中水回用于井上选煤厂洗煤、卫生间冲厕、工业广场绿化、地面综合防尘、搅拌站用水、井下生产用水及洒水降尘等。

该项目有以下特点:

(1) 提供新水源: 煤矿中水回用, 用于洒水降尘, 生活冲厕等用水, 不仅节约了用水减少了中水排放, 且减少

了企业用水及排水费用。

(2) 减少化学需氧量、氨氮等污染物的排放量，改善环境，减少环保税的支出，降低企业支出，实现经济效益最大化。

(3) 生物膜污水处理系统简单实用，运行和操作管理方便，电控部分采用操作控制柜地面集中控制方式，PLC可编程序控制器集中显示，操作工通过电脑端自动控制所有设备的运转情况，实现了现场无人值守，确保污水处理安全运行，水质达标排放。

2 主要技术研究内容和创新点

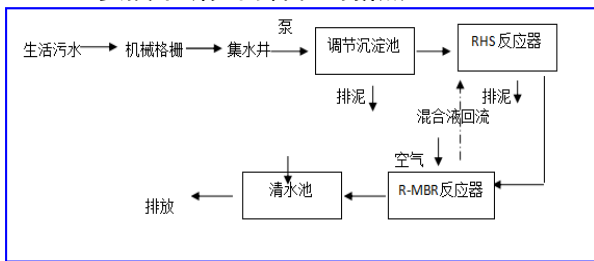


图1 污水处理工艺流程图

2.1 污水处理系统的组成和功能

表1 主要构筑物功能

序号	构筑物或设备	功能
污水处理系统		
1	格栅井	去除污水中粗大的悬浮物和漂浮物。
2	调节沉淀池	调节水量，均衡水质，并可以去除一部分有机污染物。
3	RHS反应器	提高废水的可生化性，把大分子物质转化成小分子物质，难生化物质转化成易生化性物质，为后续处理工艺提供条件。
4	R-MBR反应器	该工艺在好氧的状态下，通过微生物吸附、生物降解、过滤污水中的有机污染物。
5	清水池	为设备反冲洗提供足够的水量。
6	泵提升系统	污水的提升。
7	自动控制系统	控制污水处理关键工艺的运行。
8	曝气系统	供氧及反冲洗。
污泥处理系统		
9	污泥浓缩池	储存、浓缩来自调节沉淀池和水解酸化池的污泥
10	板框压滤机	分离污泥中的结合水，达到污泥体积的减量

2.2 污水的预处理

调节沉淀池对污水起到均衡水量、均化水质的作用，降低水量、水质的变化对后续处理单元的冲击负荷的影响，使污水能够稳定地达标排放。

利用调节沉淀池对污水进行沉砂、除油、沉淀处理，降低对后续处理单元的冲击负荷影响。

2.3 污水的生物处理

污水的生物处理属于二级处理，以去除不可沉悬浮物和溶解性可生物降解有机物为主要目的。生物处理的原理

是通过生物作用，尤其是微生物的作用，完成有机物的分解和生物体的合成，将有机污染物转变成无害的气体产物(CO₂)、液体产物(水)以及富含有机物的固体产物(微生物群体或称生物污泥);多余的生物污泥在沉淀池中经沉淀池固液分离，从净化后的污水中除去。矿井废水经矿井水解酸化池处理后，进入矿井MBR反应器，在用葡萄糖培养好的好氧菌的作用下，废水中的大部分BOD₅可被降解为CO₂和H₂O。MBR膜具有去除效率高，成本低，无需加入任何化学药剂就可达到出水效果等优点。

经过水解池进行脱氮反硝化后的污水进入膜生物反应池。进入膜池的污水经硝化细菌的硝化作用实现脱氮作用，同时好氧微生物通过内源呼吸对有机物进行氧化分解而达到降低COD的目的。

膜生物反应池运行稳定，清洗周期大约为半月一次，无需增加任何化学反应剂，降低了运行成本。膜生物反应池内活性污泥浓度高，好氧细菌数量较多，对水的耐冲击性能好，占地面积小，出水水质达标排放。

2.3.1 膜过滤出水原理

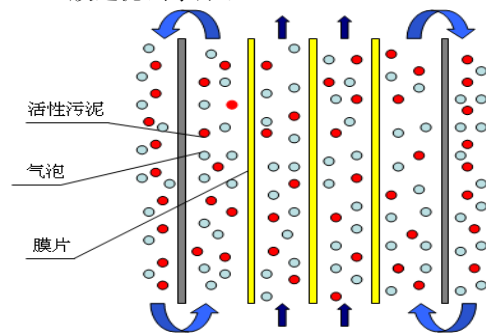


图2 自旋回流过滤示意图

RH-MBR膜垂直放置在矿井好氧反应池中，清水及小分子物质通过压差，自流至垂直膜的表面透过膜，具有一定浓度的活性污泥混合液在曝气的作用下沿平板膜向上流动，并不断冲刷平板膜表面，使污泥不容易在膜表面堆积，从而保持恒定的透水产量。

2.3.2 RH-MBR反应器结构图

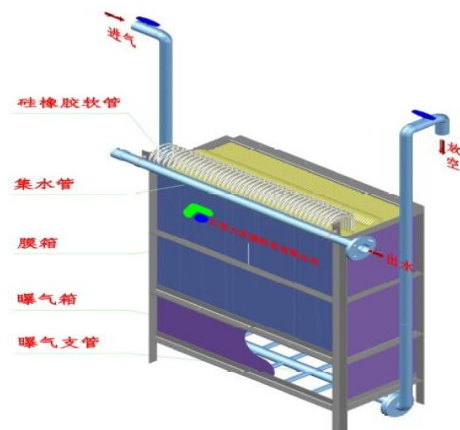


图3 RH-MBR反应器结构图

RH-MBR 反应器的最外层是以聚偏二氟乙烯 (PVDF) 材料制作的具有不对称结构的孔径为 0.1 微米的滤膜, 经过滤膜过滤的清水从出水口由压差吸出或重力自流, 我矿污水站采用的为负压抽吸的方式。

2.3.3 RH-MBR 膜组件的构造

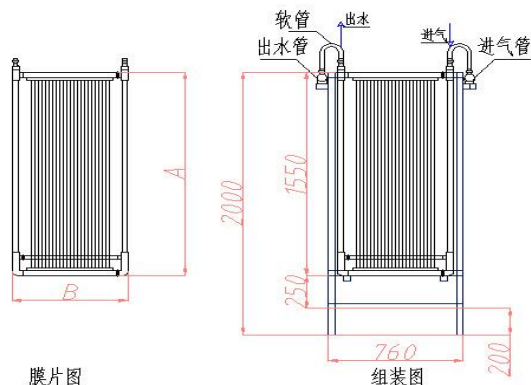


图 4 RH-MBR 膜构造图

RH-MBR 膜组件主要由曝气系统和膜板支撑框架组成。曝气系统将鼓风机输送来的空气通过曝气装置进入装置空间, 经混合均匀后到达 RH-MBR 膜片部分, 保障每一片平板膜均匀地获得空气冲刷力; 膜板支撑框架用来支撑膜板, 其最大优点为使每块平板膜的空间距离一致, 最后由集水管把每块平板膜的出水联接在一起。RH-MBR 膜损坏后可以每张取出, 日常检查和更换操作简单。

2.3.4 膜组件的曝气系统

膜组件的曝气主要有三方面的作用:

a、输送来的曝气可以均匀的对膜进行冲刷, 降低生活中悬浮物对膜的残留, 对膜起到保护作用, 减少膜损坏。
b、鼓风机输送来的空气可以为好氧菌提供足够的氧气, 保证好氧菌生活条件, 确保好氧菌的繁殖力, 保证出水水质。

c、鼓风机输送来的空气经曝气后, 对活性污泥有较好的调节作用, 更容易繁殖好氧菌, 增加菌落的活性。

膜组件中的曝气管路系统如下图所示

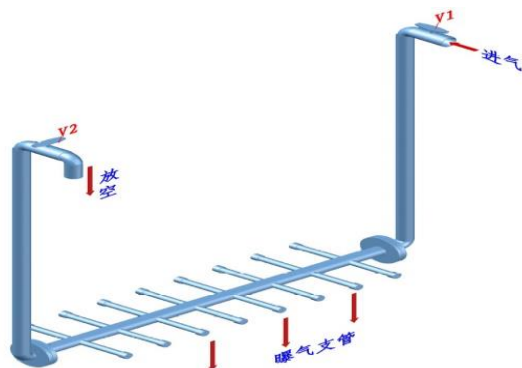


图 5 曝气管路系统图

A. 在线化学清洗

矿井膜组件设置在污水站池内, 用柠檬酸进行膜清洗。由于矿井污水站膜运行多组件一起运行, 岗位工根据实际情况确定对单组件或多个组件进行在线清洗。一般在线化学清洗周期为 3~4 个月。

维护清洗每周进行一次, 主要目的是去除膜受到的有机或无机污染以延长膜的使用寿命和保证膜的过滤通量。反洗时两套系统分开反洗, 不能同时反洗。

设计为先碱洗再酸洗, 定期由人工进行操作, 设置加药反洗时间为 2min, 停歇 3min, 药洗 1 次, 反冲 1min, 停歇 45min, 然后点击“启动”。

(人工启动后系统会自动运行)具体的操作步骤如下:
碱洗步骤:

- (1) 系统停止产水, 即关闭进水阀门;
- (2) 开启次氯酸钠药液加药泵, 向反洗水中加药, 药液从膜丝内部向外反压;
- (3) 该加药反洗过程持续约 2min;
- (4) 停歇 3min, 使药剂和膜丝表面一定的接触时间;
- (5) 开启反洗泵, 对膜组件进行空气擦洗和反洗, 持续 1min; 然后停歇 45min。

酸洗步骤:

- (1) 碱洗完成停歇 45min 后, 开启柠檬酸药液加药泵, 向反洗水中加药, 药液从膜丝内部向外反压;
- (2) 该加药反洗过程持续约 2min;
- (3) 停歇 3min, 使药剂和膜丝表面一定的接触时间;
- (4) 开启反洗泵, 对膜组件进行空气擦洗和反洗, 持续 1min; 然后停歇 45min。
- (5) 反洗完成, 系统正常运行。

维护性化学清洗加药浓度如下表 1:

表 2 维护性化学清洗技术参数

化学药品	反冲洗浓度	清洗频率	持续时间
次氯酸钠 (10%)	500 mg/L	1 次/周	50 分钟
柠檬酸 (100%)	2000 mg/L	1 次/周	50 分钟

2.4 污泥的处理

由调节沉淀池和水解酸化池排出的污泥经过污泥浓缩池自然浓缩后, 进入板框压滤机, 进行泥水分离, 达到污泥体积的减量化。脱水后的污泥外运填埋或堆肥。

2.5 排空——人工操作 (通过手动阀进行排空)

当系统运行一定时间后 (1-2 月), 厌氧池 (RHS) 内菌落活性降低, 需进行排泥, 同时将好氧池 (MBR) 内混合液回流至厌氧池, 来增加菌落的活性。

- (1) 开启 RHS 反应器排泥阀进行排泥至污泥池 (约 10min);
- (2) 排泥完成后开启好氧池回流阀, 使混合液进入厌氧池, (约 10min)。

2.6 污水处理系统的单元预测去除效果

污水处理系统的单元预测去除效果如表 3:

表 3 各单元去除效果

处理单元 指标	原水	调节沉淀池		水解酸化池		MBR 反应器		总去 除率	排放 标准
					去除率		去除率		
COD (mg/L)	250	-	-	175	去除率 30%	18	去除率 90%	95%	20
BOD (mg/L)	150	-	-	90	去除率 40%	5	去除率 95%	97%	5
NH ₃ -N (mg/L)	35	-	-	28	去除率 20%	4	去除率 85%	90%	5
SS (mg/L)	220	110	去除率 50%	176	去除率 20%	4	去除率 98%	98%	10

3 效益情况

社会效益: 矿井生活污水经污水处理站处理后的水质达到《流域水污染物综合排放标准 第 1 部分: 南四湖、东平湖流域》标准, 全部合格排放, 可广泛用于矿井上、下生产及生活区, 极大的推进煤炭企业节能减排、发展循环经济, 促进可持续发展, 经济效益显著, 投资回收期短社会效益是巨大的。

安全效益: 生物膜污水处理系统简单实用, 运行和操作管理方便, 电控部分采用站内操作控制柜地面集中控制方式, 控制部分为 PLC 可编程序控制器集中显示, 操作工通过电脑端自动控制所有设备的运转情况, 实现了现场无人值守, 确保污水处理安全运行。

环保效益: MBR 膜生活污水工艺解决了生活污水水量大, 环保压力大的问题, 其生物膜处理工艺适用于所有处理生活污水的企业, 该成果具有广阔的应用前景。

经济效益: 每年节约电费和水费等费用可达 192.3 万元

(1) 人工费节约, 实现了无人值守, 原系统为 3 人两班制, 按每人 3000 元/月, $3000 \times 3 \times 12 = 10.8$ 万元 (2) 电费的节约, 改建前 15KW 风机 24 小时运行, 改建后 8 小时运行, 节电费 $(24-8) \times 15 \times 365 \times 2 = 17.5$ 万元 (3) 水费节约, 排污费和饮用水费, $(1800 \times 1 + 1800 \times 1.5) \times 365 = 164$ 万元。

4 总结

煤矿中水回用, 用于洒水降尘, 生活冲厕等用水, 不仅节约了用水, 减少了中水排放, 且减少了企业用水及排水费用, 另外减少化学需氧量、氨氮等污染物的排放量, 改善周边居民生活环境, 改善煤矿企业与自然环境关系, 提高煤矿企业的综合效益, 促进矿区可持续发展, 对促进社会稳定和谐发展起到积极的作用。生物膜污水处理系统简单实用, 运行和操作管理方便, 电控部分采用站内操作控制柜地面集中控制方式, 控制部分为 PLC 可编程序控制器集中显示, 操作工通过电脑端自动控制所有设备的运转情况, 实现了现场无人值守, 确保污水处理安全运行。确保污水处理安全运行, 水质达标排放。

该项目达到了国内先进水平, 是煤矿节能减排技术的重大创新, 有力促进了我国节能环保技术的发展, 减少了水资源浪费及控制水体污染引起的治理费用, 有利于技术推广和环保产业。

[参考文献]

- [1] 张松强. MBR 膜技术在水处理中的应用 [J]. 建筑工程技术与设计, 2016(19): 198.
- [2] 刘春芳. 生物膜反应器 (MBR) 和生物酶技术在焦化废水处理中的应用研究 [D]. 上海: 上海应用技术学院, 2016.
作者简介: 张翠珠 (1985-) 女, 毕业学校, 燕山大学, 会计学, 山东东山王楼煤矿有限公司工作。