

## 试验研究

多相泥膜耦合工艺处理煤矿生活污水的  
试验研究郝军<sup>1</sup>,王明<sup>1</sup>,王坤<sup>2</sup>,秦树林<sup>2</sup>,王忠泉<sup>2</sup>(1.山西潞安集团余吾煤业有限责任公司,山西长治 046100;  
2.煤科集团杭州环保研究院有限公司,浙江杭州 311201)

**摘要:**为提高煤矿生活污水营养型污染物去除效果,基于A/O、MABFT、MBR等生物处理工艺原理构建多相泥膜耦合反应器,通过现场试验分析了污染物去除能力。结果表明,在生化HRT=15 h、 $\rho(\text{COD})=150\sim 220\text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{NH}_3\text{-N})=20\sim 32\text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{TN})=28\sim 46\text{ mg/L}$ 、 $\rho(\text{TP})=5\sim 8\text{ mg/L}$ 的进水条件下,多相泥膜耦合工艺出水COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TN、TP浓度优于《城市污水再生利用 工业用水水质》(GB/T 19923-2005)锅炉补给水标准。

**关键词:**煤矿生活污水;多相泥膜耦合;脱氮除磷;生物增浓

中图分类号:X703 文献标识码:A 文章编号:1006-8759(2019)03-0031-03

### Experimental study of coal mine domestic wastewater treatment by polyphase bio-reactors coupling technology

HAO Jun<sup>1</sup>, WANG Ming<sup>1</sup>, WANG Kun<sup>2</sup>, QIN Shu-lin<sup>2</sup>, WANG Zhong-quan<sup>2</sup>(1. Shanxi Lu'an Group Yuwu Coal Co., Ltd., Changzhi 046100, China; 2. Hangzhou  
Environmental Protection Research Institute of China Coal Technology & Engineering Group,  
Hangzhou 311201, China)

**Abstract:** In order to improve the removal of nutritive pollutants from coal mine domestic wastewater, a polyphase bioreactor was established based on biological treatment technologies such as A/O, MABFT and MBR, and its removal effect was analyzed by field test. The results showed that when coal mine domestic wastewater ( $\rho(\text{COD})=150\sim 220\text{ mg/L}$ ,  $\rho(\text{NH}_3\text{-N})=20\sim 32\text{ mg/L}$ ,  $\rho(\text{TN})=28\sim 46\text{ mg/L}$ ,  $\rho(\text{TP})=5\sim 8\text{ mg/L}$ ) was treated by "Anoxic+MABFT+MBR" process with HRT = 15 h, the effluent COD,  $\text{NH}_3\text{-N}$ , TN and TP would be superior to the boiler feed water standard of "The reuse of urban recycling water - Water quality standard for industrial uses" (GB/T 19923-2005).

**Key words:** Coal mine domestic wastewater; Bioreactors coupling; EBPR; Microbes enrichment

## 0 引言

我国煤炭产量大,煤矿分布广泛,各个矿区的生活设施较为齐全,矿区居民也较多,其产生的生活污水量较大。煤矿生活污水是具有特殊性一类生活污水,与普通城市生活污水的区别在于,煤矿生活污水所含有的清洗、冲洗水较多,水中悬浮物(SS)浓度高,化学需氧量(COD)浓度相对较低<sup>[1,2]</sup>。

同时清洗和冲洗水中通常带有少量煤炭开采过程中使用或产生的有机污染物,如乳化油、苯类、长链烃等等,也含有大量的清洗剂、表面活性剂等<sup>[3]</sup>。随着国家对环保要求不断提高,煤矿生活污水的排放标准也越来越严格,某些地区甚至要求煤矿生活污水的处理出水水质达到地表水IV类水质标准,即 $\text{COD}<30\text{ mg/L}$ 、 $\text{BOD}_5<6\text{ mg/L}$ 、氨氮 $<1.5\text{ mg/L}$ 、总

收稿日期:2019-03-15

基金项目:山西潞安环保能源开发股份有限公司科研开发项目(潞安余煤技术字 2018022 号)

第一作者简介:郝军(1981-),男,山西长治人,高级工程师,本科,E-mail:15523730@qq.com

引用格式:王明,王坤,郝军,等.多相泥膜耦合工艺处理煤矿生活污水的试验研究[J].能源环境保护,2019,33(3):31-33+4.

氮 $<1.5$  mg/L、总 P $<0.3$  mg/L, 远远高于《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)。目前现有的大部分煤矿污水处理设施和常规的处理工艺难以达到要求。因此,本研究针对煤矿生活污水的特性,采用多相泥膜耦合工艺进行处理,考察该工艺的可行性与效果。

## 1 材料与方法

### 1.1 水样来源及水质

试验水样取自山西某煤矿生活污水调节池,具体水质如下:pH 6.87,COD 188.4 mg/L,氨氮 23.6 mg/L,总氮 31.2 mg/L,总磷 6.3 mg/L,SS 82 mg/L(水质数据为一周内取样测定的平均值)。

### 1.2 处理工艺及反应器设计

煤矿生活污水的处理方式多种多样,包括 SBR、生物滤池、A/O 法、A<sup>2</sup>/O 法等,但要处理到出水达到地表水 IV 类水质依然比较困难。本研究采用的工艺为多相泥膜耦合生物处理技术,结合了 A/O、MABFT、MBR 多种技术优势为一体,包含了生物膜与膜生物反应器,配合活性污泥法处理煤矿生活污水,具体处理流程为“兼氧+MABFT+MBR”,该工艺具有良好的脱氮除磷效果,且对废水 COD 去除效果明显。

试验采用一体化装置包括调节池、兼氧池、MABFT 池和 MBR 池。生活污水储存在调节池,有效容积 150 L,经泵打入兼氧池,兼氧池中布有反硝化填料,填充比为 30%,有效容积 120 L 作为反硝化脱氮池;兼氧池泥水混物流入 MABFT 池,MABFT 池中含有高密度生物载体填料及活性污泥,有效容积 200 L;最后污水经 MBR 池(有效容积 120 L,含 MBR 膜组件)处理后达标排放。

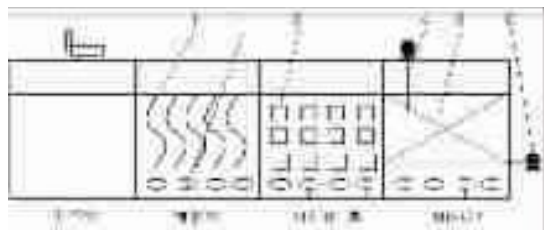


图 1. 煤矿生活污水处理试验工艺流程

(1-兼氧反硝化填料,2-曝气系统,3-MABFT 填料,4-MBR 抽吸泵,5-MBR 膜组件,6-MBR 反冲洗泵)

### 1.3 试验运行条件

煤矿生活污水处理试验分调试期(10 d)和运行期(15 d)两个阶段,进水水量为 30 L/h;兼氧池与好氧池内溶解氧浓度分别控制在 0.5~1.5 mg/L 和 3~6 mg/L;兼氧池内适当补充 100 mg/L 葡萄糖

作为反硝化碳源;MBR 池设置有污泥回流,分别回流至兼氧池和 MABFT 池中,总回流比为 1:1;每天取各反应池上清液测定水质,水质数据为多次测定取平均值。

## 2 结果与讨论

### 2.1 COD 的去除

煤矿生活污水中的 COD 来源主要为食堂清洗废水和生活冲洗水,同时伴随少量的矿井有机污染物,这些污染物一部分被兼氧池内的反硝化菌作为脱氮的碳源消耗,一部分被 MABFT 池和 MBR 池内的好氧菌用于细菌的自身繁殖<sup>[4]</sup>。从图 2 中的数据可以看出,煤矿生活污水的 COD 浓度范围在 150 mg/L~220 mg/L,各生化池内的 COD 浓度在调试期(1~10 d)逐渐下降,兼氧池-MABFT 池-MBR 池内 COD 浓度逐步被消耗,MABFT 池内的污泥总浓度达到 8.3 g/L,10 d 后平均出水 COD 22.3 mg/L,去除率达 88.5%。裴菲等人<sup>[5]</sup>采用同步生物氧化工艺处理煤矿生活污水时对其 COD 的去除率也仅为 80%。其中 MBR 池主要是通过膜过滤作用深度去除 MABFT 池中微生物无法去除的污染物。同时数据表明,超过 60% 的 COD 是在兼氧段去除的,说明反硝化效果显著。

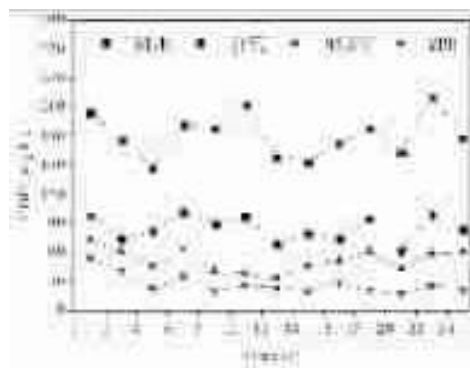


图 2 各生化反应池内 COD 浓度随运行时间变化

### 2.2 氮污染物的去除

煤矿生活污水中的氨氮主要是在好氧段被去除,氧气充足的条件下硝化菌将氨氮氧化为亚硝酸盐和硝酸盐<sup>[6]</sup>。本研究中各生化池内氨氮浓度结果如图 3 所示。兼氧池的氨氮浓度维持在 6~10 mg/L,这主要是因为 MBR 池的污泥回流对原水的稀释作用,同时回流污泥中的硝化菌依然具有硝化作用,从而使得部分氨氮在兼氧池被去除<sup>[7]</sup>。煤矿生活污水再经 MABFT 处理后氨氮浓度均维持在 1.0 mg/L 左右,去除率达 95% 以上,主要原因可能是 MABFT 内置的高密度填料具有富集微生物作用,池内污泥浓度高,提升了氨氮的去除效率。

在处理末期,对各池内的不同氮元素形态进行了测定,主要包括氨氮、硝态氮和亚硝态氮,结果如图 4 所示。兼氧池、MABFT 池、MBR 池出水的总氮浓度分别为 11.0、5.6 和 4.7 mg/L,兼氧池内氨氮占总氮的 51.3%,主要是来自进水;MABFT 池和 MBR 池内主要以硝态氮为主,其原因是两个生化池内曝气充足,大部分的氨氮均氧化为硝态氮<sup>[8-10]</sup>,亚硝态氮浓度较低,占总氮浓度不到 10%。MABFT 池对总氮也具有一定的去除效果,原因主要在于 MABFT 中的填料内部形成了兼氧区和厌氧区,内部的缺氧环境容易为反硝化菌的生长提供有利条件,使得部分总氮得以去除<sup>[11]</sup>。整体而言,该系统对煤矿生活污水的总氮去除率达到了近 80%,远远高于常规生化工艺的总氮去除效率。

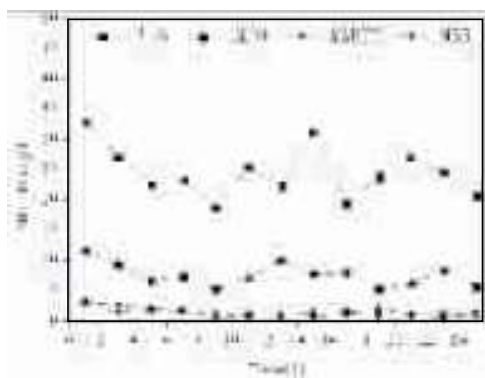


图 3 各生化池内氨氮浓度随运行时间的变化

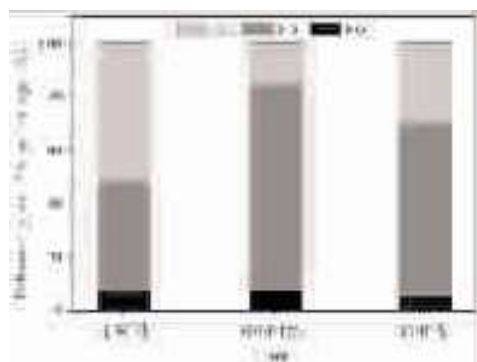


图 4 各生化池内总氮组分

### 2.3 总磷的去除

目前,《工业用水水质标准》(GB/T19923-2005)中的锅炉补给水标准规定总磷的排放标准为不超过 1.0 mg/L,地表水Ⅳ类水质标准更加严格。生物除磷的原理是基于聚磷菌的作用,在厌氧条件下,聚磷菌释放磷,好氧条件下过度吸收磷,用于微生物细胞物质的合成<sup>[12-15]</sup>。本系统对煤矿生活污水总磷的去除效果如图 5 所示。煤矿生活污水由于清洗水较多,因此水中的总磷浓度偏高,基

本在 5~8 mg/L 波动。经过兼氧-MABFT-MBR 系统处理后,出水总磷浓度逐步下降,最低达 0.7 mg/L,去除率达到 89%,效果显著,MABFT 池内微生物量丰富,曝气充足是良好除磷效果的保障。

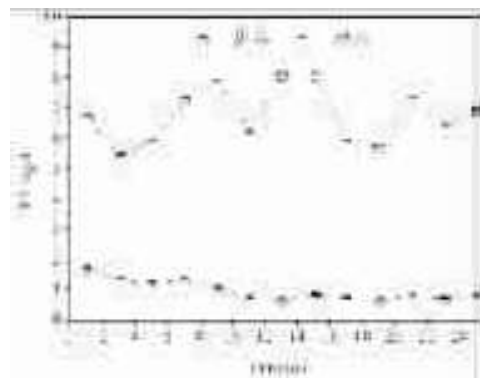


图 5 系统对煤矿生活污水总磷的去除

### 3 结论

通过以上研究,可以得出结论如下:

- (1) 以“兼氧-MABFT-MBR”为主的多相泥膜耦合工艺处理煤矿生活污水 COD=150~220 mg/L、NH<sub>3</sub>-N=20~32 mg/L、TN=28~46 mg/L、TP=5~8 mg/L 时,最终出水 COD<30 mg/L,氨氮<1.5 mg/L,总氮<5.0 mg/L,总磷<1.0 mg/L;
- (2) MABFT 池内的填料有助于富集活性污泥,显著提升总氮和总磷去除效果,分别达到 95% 和 89%;
- (3) 多相泥膜耦合工艺对煤矿生活污水总氮去除也具有良好的效果。

### 参考文献

- [1] 郭皓. 煤矿废水的来源及水质特征[J]. 内蒙古煤炭经济, 2017(15):4-6.
- [2] 陈磊, 郭光. SBR 法在煤矿生活污水处理中的应用[J]. 煤炭工程, 2006(1):55-56.
- [3] 谷松, 高杰. 淮南矿区煤矿生活污水治理技术探讨[J]. 能源环境保护, 2016, 30(6):37-40.
- [4] Peng Y, Hou H, Wang S, et al. Nitrogen and phosphorus removal in pilot-scale anaerobic-anoxic oxidation ditch system [J]. Journal of Environmental Sciences, 2008, 20(4):398-403.
- [5] 裴菲, 魏然. 采用同步生物氧化工艺处理小水量煤矿生活污水[J]. 能源环境保护, 2016, 30(1):45-47+20.
- [6] Zhou X, Han Y, Guo X. Enhanced total nitrogen removal performance in a modified Orbal oxidation ditch system with internal nitrate recycle[J]. Chemical Engineering Journal, 2013, 228: 124-131.
- [7] Banu J R, Uan D K, Yeom I T. Nutrient removal in an A<sup>2</sup>O-MBR reactor with sludge reduction [J]. Bioresource Technology, 2009, 100(16): 3820-3824.

(下转第 4 页)