

# SMBR 真空抽吸出水自控系统的开发

陈兆波<sup>1</sup>, 任南琪<sup>1</sup>, 施悦<sup>1</sup>, 呼冬雪<sup>2</sup>

(1. 哈尔滨工业大学 市政环境工程学院, 黑龙江 哈尔滨 150090; 2. 哈尔滨师范大学  
数学与计算机科学学院, 黑龙江 哈尔滨 150025)

**摘要:** 当浸没式膜生物反应器(SMBR)采用真空抽吸出水时一般不能连续运行,为此以高浓度中药废水为处理对象,对 SMBR 的真空抽吸出水自控系统进行了设计。中试运行结果表明,采用该自控系统可确保真空罐内始终保持所需要的真空度,实现了 SMBR 的连续运行;膜通量随真空值的下降而降低,为维持其稳定应控制压力在 0.010~0.020 MPa,同时 SMBR 应低压启动、恒流运行。

**关键词:** SMBR; 真空抽吸出水; 自动控制; 膜通量; 真空值

**中图分类号:** X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2004)08-0047-03

## Design and Operation of Auto-control System for SMBR Effluent Vacuum Suction

CHEN Zhao-bo<sup>1</sup>, REN Nan-qi<sup>1</sup>, SHI Yue<sup>1</sup>, HU Dong-xue<sup>2</sup>

(1. School of Municipal and Environmental Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150090, China; 2. School of Mathematics and Computer Science, Harbin Normal University, Harbin 150025, China)

**Abstract:** When vacuum suction is used for submerged membrane bio-reactor (SMBR) effluent, generally it can not work continuously. Design was made on automatic control system of SMBR effluent vacuum suction with high strength Chinese traditional medicine wastewater as the treatment object. The result of pilot scale test shows that the use of the system can always keep the needed vacuity in vacuum container, and the continuous running of SMBR is achieved. Membrane flux decreases as the decrease of vacuity, and for the maintenance of stabilization of the flux, the pressure should be controlled between 0.010 and 0.020 MPa, meanwhile SMBR should be started at low pressure and operated at constant flow rate.

**Key words:** SMBR; effluent vacuum suction; automatic control; membrane flux; vacuity

浸没式膜生物反应器(SMBR)的固液分离方式有两种,一种是采用真空抽吸,另一种是依靠静态水压差出水<sup>[1,2]</sup>。采用静态水压差出水需要一定的高度差,实际情况很难满足;而采用真空抽吸出水一般为间歇式运行,当希望连续进、出水时就不能满足要求了。笔者设计了一套真空抽吸出水自控系统,实

现了 SMBR 在真空抽吸作用下的连续运行,这对于 SMBR 的稳定运行和工程应用具有重要意义。

### 1 自控系统的设计

#### 1.1 自控系统的组成

真空抽吸出水自控系统由真空罐、水环真空泵、电接点压力表、气水分离器、液位计、出水泵、电磁阀

基金项目: 国家高技术发展计划(863)项目(2002AA601310); 黑龙江省自然科学基金资助项目(E0323)

和电控柜等组成(见图1)。真空罐下部存水,上部为空气,当水环真空泵开启后真空罐中的部分空气被抽出,于是在真空罐内形成了负压(可使真空罐内达到需要的真空度),迫使反应器中的水经膜组件进入真空罐。当真空罐中的水达到一定液位后出水泵启动,将罐内的存水排出,从而实现了真空抽水过程。水环真空泵、出水泵等一直为间歇循环运行,于是真空罐内总能保持所需要的真空度,使得 SMBR 中的水在负压作用下连续不断地通过膜组件进入真空罐,即实现了 SMBR 的连续运行。

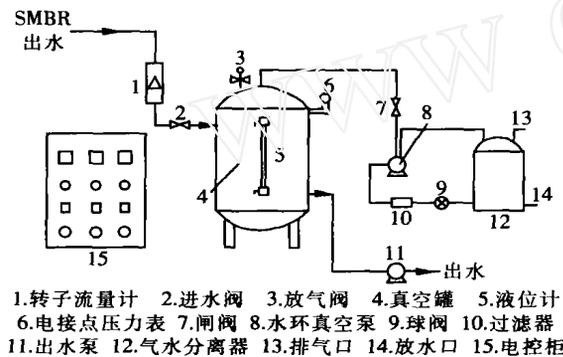


图1 SMBR 真空抽水自控系统

Fig. 1 Vacuum suction auto-control system for SMBR

### 1.2 SMBR 连续出水的控制方法

真空抽吸出水自控系统通过预先设定电接点压力表及液位计的上、下限值来实现对 SMBR 出水的控制。电接点压力表的下限值用于启动水环真空泵,以便在罐内形成负压,在负压抽吸作用下 SMBR 中的水经滤膜组件进入真空罐;当电接点压力表值达到预先设定的上限值时,水环真空泵自动关闭,罐内的真空度不断减小;当电接点压力表值再次回到预先设定的下限值时,水环真空泵再次启动,这样就完成了一个循环过程。随着 SMBR 出水不断流入真空罐则罐内的液位不断上升,当液位达到上限值(真空罐高度的 80%)时出水泵启动,抽吸出水;当液位降至下限值(真空罐高度的 20%)时出水泵自动关闭。这样无论出水泵抽停与否,水环真空泵是开启还是关闭,真空罐内始终能保持所需要的真空度,实现了 SMBR 的连续出水运行。

### 1.3 SMBR 出水流量的控制方法

对真空罐内真空度的控制可用开停水环真空泵来解决,控制策略采用滞回比较的方法:预先设定电接点压力表的上、下限值,真空度低于预先设定的电

接点压力表的下限值就开泵,高于则停泵。如此只要合理设定电接点压力表的上、下限值,就可以灵活地控制 SMBR 的出水流量,使其基本保持稳定。

### 1.4 水环真空泵工作液的循环过程

在气水分离器内添加清水至溢流口,在水环真空泵开动前打开工作液进口阀门,气水分离器内的清水经过滤器进入水环真空泵内工作。水环泵的排气口与气水分离器进口相连。气水混合气体在扩散作用下,水被留在气水分离器内参加水环泵的工作循环,而气体则被排到大气中。

## 2 自控系统的调试与运行

### 2.1 真空值和出水流量随运行时间的变化

中试装置设在哈尔滨中药二厂的污水处理厂内(该厂的工艺流程为:原水 格栅 初沉池 调节池 换热罐 产酸反应器 产甲烷反应器 好氧反应池 二沉池 出水),其原水为产甲烷反应器出水。试验中控制 pH 值为 6.0~7.0,温度为 12~15,曝气量为 10~15 m<sup>3</sup>/h, DO 为 2~3 mg/L,水力停留时间(HRT)为 5 h, SMBR 反应器出水流量为 640 L/h,图 2 反映了运行过程中真空值的变化情况。

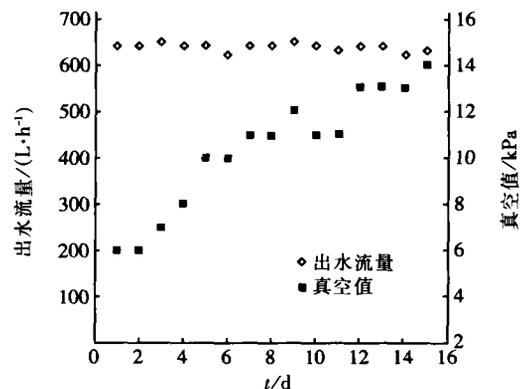


图2 真空值随运行时间的变化

Fig. 2 Variation of vacuity with operation time

在一定的操作压力下,随着运行时间的加长则膜组件的出水流量下降不可避免。为了维持恒定的膜组件出水流量,就必须逐渐增加操作压力。由图 2 可知,通过调整真空值可使膜组件出水流量基本保持稳定,但真空值(抽吸真空度)随时间的变化是非线性的。例如,当真空值从 6 kPa 上升到 10 kPa 时上升速率较快,而从 10 kPa 上升到 14 kPa 时则上升速率较慢。在启动阶段于非常低的操作压力下(真空值为 6 kPa)就获得了所需的膜通量,随着运行时间的加长则膜表面逐渐形成凝胶层,这时为了维

持稳定的膜通量需增加操作压力。从曲线的上升情况可知,随着运行天数的增加则真空值还将进一步上升,直至达到膜组件所能承受的最大压力为止。可见,SMBR的操作条件应为:低压启动、恒流运行。

## 2.2 膜通量与真空值的关系

开启水环真空泵,初步设定电接点压力表的真空值上限为 0.02 MPa、下限为 0.002 MPa,即水环真空泵在真空罐内的压力为 0.002 MPa 时启动,压力为 0.02 MPa 时自动关闭。通过吸水管路上的闸阀控制回流量的大小,并设定压力为 0.02 MPa 时出水流量为 1 000 L/h。膜组件的膜面积为  $4 \times 12.5 = 50 \text{ m}^2$ ,所以通量  $(J) = Q/50$ 。观察电接点压力表的真空值,通过转子流量计读取出水流量值,考察膜通量随真空值的变化情况(见表 1)。

表 1 膜通量随真空值的变化

Tab. 1 Variation of membrane flux with vacuity

真空值 (MPa)	流量 (L/h)	通量 [L/(m <sup>2</sup> ·h)]
0.020	1 000	20.0
0.018	960	19.2
0.016	910	18.2
0.014	860	17.2
0.012	820	16.4
0.010	780	15.6
0.008	720	14.4
0.006	650	13.0
0.004	580	11.6
0.002	520	10.4

由表 1 可知,膜通量随真空值的下降而降低,当真空值为 0.002 ~ 0.010 MPa 时压力每下降 0.002 MPa 则膜组件的出水量下降约 60 L/h;当真空值在 0.010 ~ 0.020 MPa 范围时,压力每下降 0.002 MPa 则膜组件的出水量下降约 40 L/h。由于膜通量与操作压力呈线性关系,故设  $k$  为膜通量随操作压力的变化率,即  $k = dJ/dP$ 。当压力在 0.002 ~ 0.010 MPa 范围时  $k_1 = 60$ ;当压力在 0.010 ~ 0.020 MPa 范围时  $k_2 = 40$ 。由于  $k_2 < k_1$ ,所以为了维持 SMBR 的出水流量稳定,压力应控制在 0.010 ~ 0.020 MPa,亦即电接点压力表真空值上限应控制在 0.020 MPa,下限应控制在 0.010 MPa。

## 3 结论

真空抽吸出水自控系统可使出水泵和水环

真空泵循环工作,使 SMBR 反应器中的水在负压作用下连续不断地通过膜组件进入真空罐,实现了 SMBR 的连续出水运行。

膜通量随真空值的下降而降低,为了维持 SMBR 的膜通量稳定应控制压力在 0.010 ~ 0.020 MPa。

SMBR 的操作条件为低压启动、恒流运行。

## 参考文献:

- [1] 顾国维,何义亮.膜生物反应器在污水处理中的研究与应用[M].北京:化学工业出版社,2002.
- [2] Ueda T. Domestic wastewater treatment by a submerged membrane bioreactor with gravitational filtration[J]. Water Res., 1999, 33 (12): 505 - 515.

电话:(0451)86282110

E-mail: czbhd@163.com

收稿日期:2004-02-22

## ·工程信息·

### 河南省濮阳市地下水源供水工程

该工程建设内容:水源工程、净水厂、输配水管网工程,处理规模:  $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,处理工艺:水源井 取水泵房 网格反应池 斜管沉淀池 曝气池 双阀滤池 清水池 二级泵房 城市管网,所需主要设备:深井水泵、球墨铸铁管、钢管、水泥管和闸阀,总占地面积:4 hm<sup>2</sup>,服务面积:20 km<sup>2</sup>,总投资额:1.41 亿元,资金来源:银行贷款 + 国债 + 企业自筹。设计单位:中国市政工程中南设计研究院,建设单位:濮阳市自来水公司。目前该工程已完成初步设计。

(河南省濮阳市公用事业局 张相凯 供稿)