

# 污泥厌氧消化液的 DTRO 浓缩试验研究

刘伟丽<sup>1</sup>, 高仁爽<sup>2</sup>, 李宏艳<sup>2</sup>

(1. 苏州依斯倍环保装备科技有限公司, 江苏 苏州 215000; 2. 大连力达环境工程有限公司, 辽宁 大连 116600)

**摘要:** 采用砂滤和碟管式反渗透(DTRO)组合工艺对污泥厌氧消化液进行浓缩处理, 处理过程不破坏有效成分的活性。采用定体积变浓度的运行方式, 监测浓缩过程中产水及浓液 COD、氨氮、SS 的变化, 同时考察 DTRO 的运行稳定性。结果表明, 污泥厌氧消化液经 DTRO 浓缩 20 倍时, DTRO 产水流量及水质均很稳定; 污泥厌氧消化液经 DTRO 浓缩后, COD、氨氮、SS 浓度明显提高, 浓缩 10 倍时, COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、SS 浓度由原水的 912、965、897 mg/L 提高到 7 688、7 462、7 261 mg/L, 浓缩比分别为 8.4、7.7、8.1 倍, 浓缩 20 倍时, COD、氨氮、SS 浓度分别由原水的 539、712、966 mg/L 提高至 8 070、9 988、16 538 mg/L, 浓缩比分别为 14.97、14.0、17.1 倍。将浓缩后的沼液用于农作物的辅助生长, 其产量及维生素 C 含量均有明显提高。

**关键词:** 污泥厌氧消化液; 浓缩; 碟管式反渗透; 砂滤

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2019)09-0063-04

## Concentration Treatment of Digestive Liquid from Municipal Sludge Using DTRO Membrane Technology

LIU Wei-li<sup>1</sup>, GAO Ren-shuang<sup>2</sup>, LI Hong-yan<sup>2</sup>

(1. Suzhou Yisbei Environmental Protection Equipment Technology Co. Ltd., Suzhou 215000, China;  
2. Dalian Lida Environmental Engineering Co. Ltd., Dalian 116600, China)

**Abstract:** Sand filter combined with DTRO was used to concentrate digestive liquid from municipal sludge, which could maintain the activity of active materials in the digestive liquid. Changes in concentrations of COD,  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  and SS in both permeate and concentrate were monitored and the operation stability of DTRO was assessed. Results showed that the flow and water quality of DTRO were stable when digestive liquid was concentrated to 20 times. In the case of 10 times concentration, the COD,  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  and SS were 912 mg/L, 965 mg/L and 897 mg/L in raw water and became 7 688 mg/L, 7 462 mg/L and 7 261 mg/L after concentration, which were concentrated 8.4 times, 7.7 times and 8.1 times. When it was 20 times concentration, the COD,  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  and SS were concentrated from 539 mg/L, 712 mg/L and 966 mg/L to 8 070 mg/L, 9 988 mg/L and 16 538 mg/L, respectively, which were concentrated 14.97 times, 14.0 times and 17.1 times. When the concentrated biogas slurry were used for the growth of crops, the yield and vitamin C content were significantly increased.

**Key words:** digestive liquid from municipal sludge; concentration; DTRO; sand filter

污泥的厌氧消化处理工艺是一种可实现污泥资源化、无害化、稳定化的有效手段<sup>[1]</sup>。厌氧消化除

产生高能量的沼气外,还会产生污泥厌氧消化液和沼渣等副产物。污泥厌氧消化液中含有丰富的氮、

磷、微量元素及腐殖酸、氨基酸等营养物质,氮含量可高达 800 ~ 1 000 mg/L, 是很好的有机辅助肥料, 可用于城市绿化、农田灌溉<sup>[2]</sup>。但由于目前应用条件及处理技术的限制, 大多污泥处理厂的消化液都未得到有效处理<sup>[3]</sup>。

碟管式反渗透(DTRO)是反渗透的一种, 由于其特殊的流道设计及结构形式, 专门用于处理高浓度废水, 已广泛用于垃圾渗滤液处理、工业废水净化、RO 浓水的零排放处理及目标分子的分离等领域, 但用于污泥厌氧消化液的浓缩处理还鲜有报道<sup>[4]</sup>。笔者将 DTRO 用于污泥厌氧消化液的浓缩处理, 在考察系统能否达到所需浓缩比例的同时, 监测消化液中含有的有效物质的浓缩情况, 验证该浓缩工艺是否可以有效保留消化液的有效物质, 为消化液的资源化利用提供参考。

## 1 试验部分

### 1.1 试验用污泥厌氧消化液

试验所用污泥厌氧消化液取自大连市夏家河污泥处理厂厌氧消化并经脱水后的消化液。该污泥处理厂主要处理大连市区污水处理厂产生的剩余污泥及少量的餐厨垃圾、过期食品等有机废物。厌氧脱水后的消化液水质如下: COD 为 539 ~ 912 mg/L、SS 为 897 ~ 966 mg/L、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  为 712 ~ 965 mg/L、TP 为 60 ~ 80 mg/L、电导率为 10 ~ 12 mS/cm、pH 值为 8 ~ 9。

### 1.2 试验装置及工艺流程

本套试验装置由原水箱、砂滤罐、保安过滤器、DTRO 膜组及配套的泵、仪器仪表和管路阀门组成, DTRO 采用型号为 50001771 的膜柱(7 000 kPa)。工艺流程见图 1。

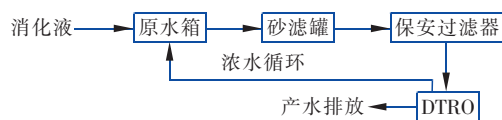


图1 处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of treatment process

### 1.3 试验方法

取 5 000 L 脱水后的污泥厌氧消化液储存于原水箱内, 经泵定量提升至砂滤罐, 罐内装有粒径为 0.8 ~ 1 mm 的石英砂填料, 用于截留水中的悬浮固体及胶体物质, 出水存于浓水循环槽内。经预增压泵控制进水流量为 960 L/h, 经过保安过滤器并经

增压后进入 DTRO 膜柱内, 在高压作用下, 水分子透过膜片由产水口排出, 而 COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  等被有效截留在浓水侧, 经浓液口排出并回流至浓水循环槽。经一定时间的循环后, 浓水循环槽内的消化液越来越少, 浓度也越来越高, 当达到所要求的浓缩倍数时停止试验。装置每天连续运行 8 h, 每隔 1 h 记录进水及产水量的变化。每天取 1 次浓水循环槽水样及产水水样进行 COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  及 SS 等指标的检测。每天试验结束后, 冲洗膜柱以备第 2 天使用。

## 1.4 检测项目及方法

COD 采用重铬酸钾法测定; SS 采用重量法测定; 氨氮采用纳氏试剂比色法测定; pH 值采用 pH 计测定; 电导率采用电导率仪测定。

## 2 结果及讨论

### 2.1 DTRO 产水流量的变化

通过分析每天 8 h 内进水流量及产水流量的监测数据(见图 2), 控制进水流量为 960 L/h, 进水压力为 5 500 kPa。由图 2 可知, 初始产水流量均可达到 300 L/h, 随着运行时间的延长, 产水流量均有一定幅度的下降。由于浓缩 20 倍时浓水循环槽水质浓度日渐升高, 其日产水流量变化幅度更大。

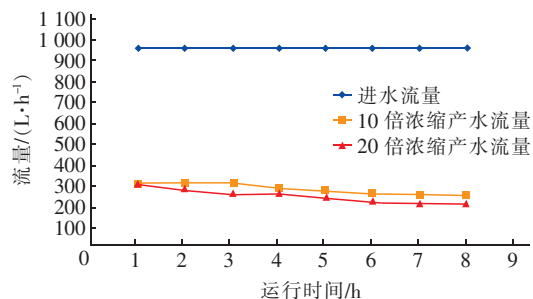


图2 不同浓缩条件下日产水量变化

Fig. 2 Change of permeate flow under different concentration demand

### 2.2 沼液浓缩 10 倍时水质指标的变化

沼液体积由 5 000 L 浓缩至 500 L, 即浓缩 10 倍, 其水质变化情况见图 3。可知, 随着循环浓缩时间的延长, 浓水循环槽内的 COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  及 SS 浓度都显著提高, 浓缩 10 倍时, COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 、SS 浓度由原水的 912、965、897 mg/L 提高到 7 688、7 462、7 261 mg/L, 浓缩比分别为 8.4、7.7、8.1 倍。浓缩过程中产水 COD 浓度均低于 10 mg/L、SS < 2 mg/L, 可以满足排放标准的要求, 但产水氨氮浓度仍然很高, 当达到 10 倍浓缩目标时, 产水氨氮浓度

高达 299.6 mg/L。这是由于 DTRO 膜虽为反渗透膜,但在高压作用下,一部分铵根离子会透过膜而进入产水端, COD、SS 因为粒径大于膜孔径而被有效截留于浓液侧。由于该装置采用浓液回流至进水端的模式,随着循环时间的延长,DTRO 的进水氨氮浓度不断升高,透过的氨氮浓度也随之升高。

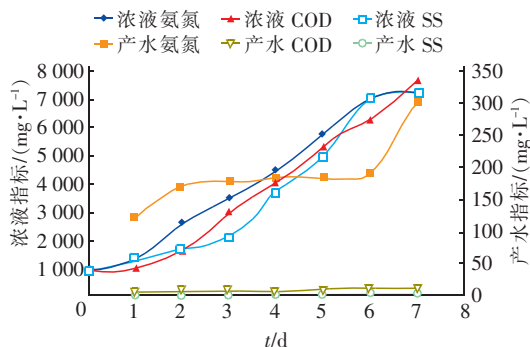


图 3 浓缩 10 倍过程中水质指标的变化

Fig. 3 Change of water quality in the 10 times concentration process

### 2.3 沼液浓缩 20 倍时水质指标的变化

沼液体积由 5 000 L 浓缩至 250 L,即浓缩 20 倍,其水质变化情况见图 4。可知,随着循环浓缩时间的延长,浓水循环槽内的 COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  及 SS 浓度同浓缩 10 倍时情况相同,都有显著提高,由原水时的 539、712、966 mg/L 提高到 8 070、9 988、16 538 mg/L,浓缩比分别为 14.97、14.0、17.1 倍。浓缩过程中产水 COD 值最高达到 13 mg/L,SS 仍均小于 2 mg/L,当达到 20 倍浓缩目标时产水  $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  浓度高达 450 mg/L。

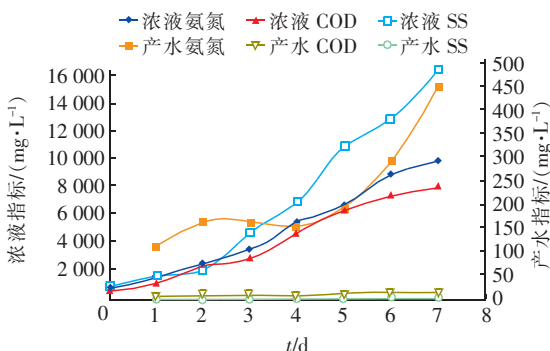


图 4 浓缩 20 倍过程中水质指标的变化

Fig. 4 Change of water quality in the 20 times concentration process

综上所述可以看出,水质浓缩比小于体积浓缩比,这一方面是因为产水中会携带一部分 COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  等,另一方面是因为每日 DTRO 停机都会对设备进

行冲洗,会导致一部分 COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  等流失。

### 3 浓缩沼液的应用

将试验中产生的 10 倍浓缩沼液用于西红柿的生长,采用灌施的方式,当浓缩沼液用量为喜耕田冲施肥用量的 2 倍时,西红柿的产量显著提高了 15.8%、总糖含量显著提高 13.4%;当其用量为 1.5 倍时,西红柿中维生素 C 的含量与施用喜耕田冲施肥的含量相当。

将沼液用于黄瓜的生长,分别采用灌施和喷施方式,产量分别低于肥料组的 4.37%、1.38%,可溶性固形物的量分别低于肥料组的 4.00%、15.15%,但其对大棚黄瓜的抗病性提高了 54.1%。

将沼液用于花生的生长,采用喷施的方式,确定沼液对其产量和品质的影响。采用 1 000 mg/L 沼液浸种,对种子没有影响,其种子发芽率为 99%;喷施沼液可提高花生植株的干物质积累量和叶绿素的含量,同时可减少其叶斑病的发生;喷施沼液可使花生的出米率提高 3.77%、荚果增产 6.33%、籽仁增产 12.07%。由此可见,沼液的施用不仅可以提高农作物的产量及有效元素的含量,沼液中含有的微生物群还可以改善土壤环境,降低农作物的病虫害发生率,实现真正的生态循环。

### 4 结论及建议

采用 DTRO 浓缩的方式处理污泥厌氧消化液,不仅能实现体积的浓缩,还可实现 COD、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$  及 SS 等物质的有效浓缩,有效保留了消化液中的营养成分,为消化液的远距离输送及资源化应用提供了条件。由于试验采用浓水循环的模式浓缩,产水流失的营养成分多,营养成分浓缩比有所下降;但浓缩 10 倍时,浓水中 COD、氨氮、SS 浓度分别由原水的 912、965、897 mg/L 提高至 7 688、7 462、7 261 mg/L,提高了 8~9 倍,浓缩 20 倍时,浓水中 COD、氨氮、SS 的浓度分别由原水的 539、712、966 mg/L 提高至 8 070、9 988、16 538 mg/L,提高了 14~18 倍。当浓缩到 20 倍时,DTRO 仍可保持较高的产水量,系统运行稳定。将浓缩后的沼液用于一些农作物的生长,不仅可以提高农作物的产量,减少化肥的使用量,还可以利用沼液中微生物群改善土壤环境,降低农作物的病虫害率。

### 参考文献:

[1] 张毅,王伟,唐秋萍,等. 污泥中温厌氧消化的实验研

- 究[J]. 环境卫生工程,2011,19(1):43-45.
- Zhang Yi, Wang Wei, Tang Qiuping, *et al.* Experimental study on sludge mesotherm anaerobic digestion [J]. Environmental Sanitation Engineering,2011,19(1):43-45(in Chinese).
- [2] 宋成芳,单胜道,张妙仙,等. 畜禽养殖废弃物沼液的膜过滤浓缩试验研究[J]. 中国给水排水,2011,27(3):84-86.
- Song Chengfang, Shan Shengdao, Zhang Miaoxian, *et al.* Study on concentration of biogas slurry from livestock and poultry wastes using membrane technology [J]. China Water & Wastewater,2011,27(3):84-86(in Chinese).
- [3] 梁康强,阎中,魏泉源,等. 沼气工程沼液高值的利用研究[J]. 中国农学通报,2012,28(32):198-203.
- Liang Kangqiang, Yan Zhong, Wei Quanyuan, *et al.* Research of the high value use of biogas slurry from biogas projects [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2012,28(32):198-203(in Chinese).
- [4] 左俊芳,宋延东,王晶. 碟管式反渗透(DTRO)技术在垃圾渗滤液处理中的应用[J]. 膜科学与技术,2011,31(2):110-115.

Zuo Junfang, Song Yandong, Wang Jing. Application of DTRO technology in the treatment of landfill leachate [J]. Membrane Science and Technology,2011,31(2):110-115(in Chinese).



作者简介:刘伟丽(1980-),女,吉林镇赉人,硕士,工程师,主要研究方向为高浓度有机废水的处理。

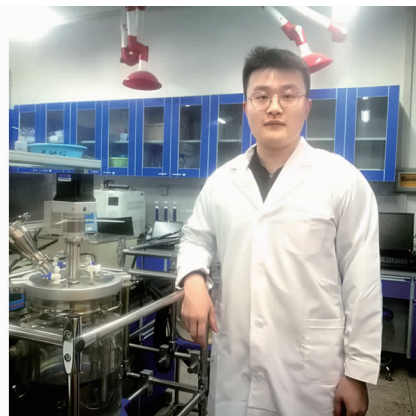
E-mail:510755563@qq.com

收稿日期:2018-10-11

(上接第62页)

59-62.

- Xu Fangyuan, Li Yong, Huang Yong. Effect of inner circumfluence rate on the performance of continuous-flow improved A<sup>2</sup>/O reactor [J]. Technology of Water Treatment,2009,35(8):59-62(in Chinese).
- [12] 周丹,周雹. 污水脱氮工艺中外部碳源投加量简易计算方法[J]. 给水排水,2011,39(11):38-41.
- Zhou Dan, Zhou Bao. A simple method for calculating external carbon source addition in sewage denitrification process[J]. Water & Wastewater Engineering,2011,39(11):38-41(in Chinese).
- [13] 梁建海. 大庆生活污水处理厂脱氮除磷技术改造研究[D]. 长春:吉林大学,2013.
- Liang Jianhai. Treatment of Denitrification and Dephosphorization Technology in Sewage Plant [D]. Changchun:Jilin University,2013(in Chinese).



作者简介:姚学文(1994-),男,安徽合肥人,硕士研究生,研究方向为水污染控制理论与技术。

E-mail:512419766@qq.com

收稿日期:2018-10-15