

二级 DTRO 工艺处理垃圾渗滤液工程实例

邵泽岩, 冯燕, 刘延芳

(昆明理工大学 建筑工程学院, 昆明 650000)

摘要: 云南省某乡镇的生活垃圾填埋场采用二级 DTRO 工艺处理渗滤液, 其规模为 $30 \text{ m}^3/\text{d}$, 出水 COD_{Cr} 质量浓度为 $31 \sim 58 \text{ mg/L}$, BOD_5 质量浓度为 $16 \sim 27 \text{ mg/L}$, $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度为 $5 \sim 16 \text{ mg/L}$, TN 质量浓度为 $9 \sim 21 \text{ mg/L}$, SS 质量浓度为 $4 \sim 9 \text{ mg/L}$ 。污染物指标均低于 GB 16889—2008《生活垃圾填埋场污染控制标准》中所规定水污染物的排放限值。介绍了处理工艺流程, 并给出了主要工艺单元设计参数和运行成本。

关键词: 垃圾渗滤液; DTRO 工艺; 浓缩液回灌; 水量平衡

中图分类号: X705 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-2455(2016)05-0073-03

Project example of two-stage DTRO process treating landfill leachate

SHAO Ze-yan, FENG Yan, LIU Yan-fang

(College of Civil and Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650000, China)

Abstract: Using two-stage DTRO process to treat landfill leachate from a municipal solid waste landfill of a town in Yunnan province, the treatment scale was $30 \text{ m}^3/\text{d}$, the mass concentrations of COD_{Cr} , BOD_5 , $\text{NH}_3\text{-N}$, TN and SS in the effluent water were 30, $31 \sim 58$, $16 \sim 27$, $5 \sim 16$, $9 \sim 21$ and $4 \sim 9 \text{ mg/L}$ respectively, which lower than the water pollutant emission limit required in GB 16889—2008 *Standard for Pollution Control on the Land-fill Site of Municipal Solid Waste*. The flow of the said process was introduced; besides, the design parameters and operating cost of the main treatment units were also provided.

Keywords: landfill leachate; DTOR process; concentrated liquor reinjection; water quantity balance

随着经济增长, 人民生活水平的日益提高, 城市中产生的垃圾量日益增加, 成分也愈发复杂, 造成了愈发严重的环境污染。相较于其他处理技术, 卫生填埋具有技术成熟、管理和运输方便、处理费用低的优点, 因此卫生填埋也成为了目前国内运用最为普遍的垃圾处理技术。经过长时间堆放或填埋, 生活垃圾会在雨水的冲淋、发酵或者地表水以及地下水的浸泡等作用下产生污水, 这些污水被称为垃圾渗滤液。垃圾渗滤液的成分较复杂, 并且难以被降解。季节、气候、垃圾组成成分、填埋方式以及垃圾处于分解的不同阶段等因素都会对垃圾渗滤液的水质产生影响, 各指标的变化范围极大。而且垃圾渗滤液组成成分复杂, 并且其中含有大量的致病菌、病毒以及有毒重金属等。垃圾渗滤液如果处理不得当, 可能会对地表水、地下水和土壤造成相当严重的二次污染, 危害生态环境, 引发许多人

体健康问题^[1-2]。

本文介绍了云南省某镇垃圾填埋场的渗滤液处理工艺, 并给出了相关主要构筑物的各项参数及运行成本。

1 工程概况

云南省某镇垃圾填埋场中的垃圾主要为生活垃圾, 对垃圾填埋场服务人口规模、人均垃圾产量、服务年限等进行分析计算, 确定该填埋场的渗滤液处理规模为 $30 \text{ m}^3/\text{d}$ 。垃圾渗滤液主要由生活垃圾渗滤形成, 也有小部分为降雨转化。本工程设计进水(调节池)、出水水质指标见表 1。设计出水水质按 GB 16889—2008《生活垃圾填埋场污染控制标准》表 2 中所规定的水污染物排放限值来确定。

2 工艺设计

2.1 DTRO 工艺流程

在该垃圾填埋场渗滤液处理工艺比选时, 比较

表 1 设计进、出水水质
Tab. 1 Design influent and effluent water quality

项目	pH 值	$\rho(\text{SS})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{NH}_3\text{-N})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{COD}_\text{Cr})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{BOD}_5)/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TN})/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$
进水	6.0 ~ 9.0	200 ~ 15 000	600 ~ 3 000	1 000 ~ 20 000	300 ~ 10 000	800 ~ 4 000
出水	6.0 ~ 9.0	≤ 30	≤ 25	≤ 100	≤ 30	≤ 40

了 UASB-MBR-NF-RO 工艺与二级 DTRO 工艺，这 2 种工艺在云南省内垃圾填埋场渗滤液处理中应用较多。由于该镇的填埋场规模较小，而二级 DTRO 工艺系统为集成系统，构筑物布置紧凑，占地面积较小；在填埋的后期阶段，渗滤液的可生化性较差，二级 DTRO 工艺为纯物理方法，不受其影响；另外二级 DTRO 工艺对原水水质的适应能力更强，维护管理起来也更加方便^[3]，故本工程采用二级 DTRO 处理工艺，具体流程见图 1。

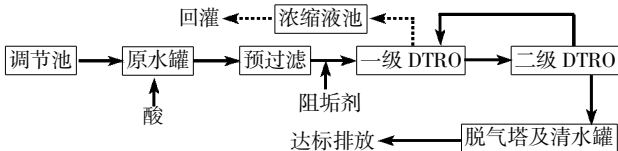


图 1 二级 DTRO 处理工艺流程
Fig. 1 Process flow of two-stage DTRO

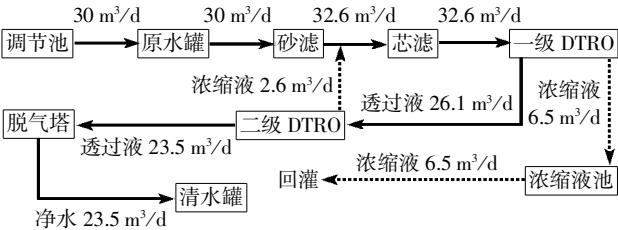
由于垃圾渗滤液的 pH 值会随着运行时间和环境影响而变化，为了防止钙、镁、钡等难溶盐在膜表面结垢，在反渗透前对原水进行 pH 值调节。调节池的出水进入原水罐并加硫酸调节 pH 值后，出水加压通过石英砂过滤器和芯式过滤器来降低 SS 的浓度。膜系统为两级反渗透，芯式过滤器出水经过一级反渗透处理，出水再进行二级反渗透处理。由于一些溶解性气体存在于透过液中，而且它们无法被反渗透膜去除，这些气体会造成最后出水 pH 值低于排放标准，故二级 DTRO 系统透过液进入脱气塔，去除透过液中的溶解性的酸性气体。出水进入清水罐，由安装在排出管中的 pH 值传感器来判断出水的 pH 值，并且自行调节计量泵的频率以调节加碱量，使得最终出水 pH 值能够达到排放标准^[4]。

对于使用膜技术处理渗滤液的必然产物浓缩液，处理的方法有控制回灌、固化、焚烧、真空干燥、蒸馏干燥等，其中回灌法与其他的处理方法相比，在设备投资和运营费用上都低廉得多，更为经济。渗滤液的回灌就是让已经流出的中间产物再回

到之前的生物反应中继续参与生物降解的过程。

2.2 水平衡计算

30 m³/d 二级 DTRO 处理系统水量平衡计算见图 2。



注：第一级 DTRO，设计回收率 80%；
第二级 DTRO，设计回收率 90%

图 2 30 m³/d 二级 DTRO 水量平衡计算
Fig. 2 Water balance calculation of 30 m³/d two-stage DTRO

3 主要工艺单元设计参数

(1) 渗滤液调节池。调节池容积为 6 000 m³，底面积为 1 750 m²，深 6 m，最高水位为 4.5 m，地下排放管为 DN 400 mm HDPE 给水管，调节池内设有 2 台型号 SP3A-9 的浮船式潜水泵(1 用 1 备)， $Q = 1.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ， $H = 15 \text{ m}$ ， $P = 0.55 \text{ kW}$ 。池底铺设 2.5 mm 厚的 HDPE 膜，边坡铺设 1.5 mm 厚的 HDPE 膜。

(2) 过滤预处理单元。所采用的砂滤器精度为 50 μm 。砂滤器进、出水端都有压力表，当两端压差超过 0.25 MPa 时，执行反洗程序。根据实际水质情况在芯式过滤器前加入一定量的阻垢剂防止硅垢或硫酸盐结垢现象的发生，芯式过滤器精度为 10 μm 。

(3) 二级 DTRO 系统。一级、二级 DTRO 系统参数见表 2。

(4) 浓缩液处置系统。浓缩液处理量为 6.5 m³/d，采用回灌至填埋区的方式进行处理，浓缩液经回灌泵提升，经过 DN 50 mm 的回灌管道至库区回灌系统，回灌泵 $Q = 10 \text{ m}^3/\text{h}$ ， $H = 50 \text{ m}$ ， $P = 4.0 \text{ kW}$ ，1 用 1 备。回灌系统采用表面回灌，设置回灌点 4 个，每个回灌点服务面积不小于 200 m²。

表 2 DTRO 膜系统参数

Tab. 2 Parameters of DTRO membrane system

设计参数	第一级	第二级
设计回收率 $Q_{RO}/\%$	80	90
设计进水量 $Q_d/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$	32.6	26.1
设计清液产量 $Q_p/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$	26.1	23.5
膜柱数量 $n_{RO}/\text{支}$	15	3
单支膜柱面积 S_{RO}/m^2	9.405	9.405
膜总过滤面积 $S_{RO,t}/\text{m}^2$	141.08	28.22
正常工作压力/MPa	5.0 ~ 6.5	3.0 ~ 6.0
循环泵/台	1	0
清洗泵/台	1	0
进水泵/台	1	1

4 运行效果

经过一段时间的运行后, 二级 DTRO 工艺对降低垃圾渗滤液中各污染物指标的效果非常理想, 运行期间出水 COD_Cr 质量浓度为 31 ~ 58 mg/L, BOD_5 质量浓度为 16 ~ 27 mg/L, $\text{NH}_3\text{-N}$ 质量浓度为 5 ~ 16 mg/L, TN 质量浓度为 9 ~ 21 mg/L, SS 质量浓度为 4 ~ 9 mg/L。各项指标均满足 GB 16889—2008 表 2 中所规定的限值。另外, 二级 DTRO 系统出水可以被用作洗车、浇洒道路、绿化喷淋以及作为厂区的消防水源, 进一步节约了水资源。

5 运行成本

二级 DTRO 工艺运行成本分析见表 3。

表 3 二级 DTRO 工艺运行成本分析

Tab. 3 Two-stage DTRO process operating cost analysis

项目	消耗量	单价	运行费用/(元·d ⁻¹)	备注
电费	461 kW·h/d	0.6 元/(kW·h)	276.5	装机功率 33.1 kW; 运行功率 19.2 kW
清洁剂 A	3.8 L/d	24.0 元/L	91.2	
清洁剂 C	1.9 L/d	24.0 元/L	45.6	
阻垢剂	0.1 L/d	300.0 元/L	42.0	
硫酸	52.5 L/d	1.8 元/L	94.5	
NaOH	1.4 kg/d	4.0 元/L	5.6	
膜更换	15 支膜柱/3 a	87 元/片	249.0	每支膜柱 209 片膜
	3 支膜柱/5 a	87 元/片	29.9	每支膜柱 209 片膜
维修费		20 000 元/a	55.6	
人工费		2 000 元/(月·人)	133.3	
合计			1 020.8	
按 30 m ³ /d 计, 运行费用为 34.02 元/m ³				

注: 运行费用是基于电导率为 20 000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, pH 值为 7.0 计算的。

6 结语

采用二级 DTRO 工艺处理垃圾渗滤液, 工艺出水水质稳定, 各项指标出水均低于 GB 16889—2008 表 2 中所规定的水污染物排放限值。利用回灌方式消纳分解有机污染物, 在对渗滤液的处理过程中是一个经济有效的环节。二级 DTRO 工艺运行成本低于其他垃圾渗滤液处理方式。

参考文献:

- [1] 肖峰. 浅谈垃圾填埋场渗滤液处理工艺和方式[J]. 环境科学与管理, 2008, 33(8): 187-191.

- [2] 黄潇. 城市生活垃圾渗滤液处理技术研究进展[J]. 怀化学院学报, 2012, 31(5): 93-96.
- [3] 李娟, 刘阳. 两级 DTRO 工艺在大规模垃圾渗滤液处理中的应用及特点[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(35): 21926-21928.
- [4] 程峻峰, 郑启萍, 徐得潜. 二级 DTRO 工艺在垃圾渗滤液处理中的应用[J]. 工业用水与废水, 2014, 45(4): 63-65.

作者简介: 邵泽岩(1991-), 男, 浙江余姚人, 研究生, 主要研究方向为污水处理, (电子信箱)383476424@qq.com; 通讯作者: 冯燕(1968-), 女, 云南昆明人, 副教授, 硕士, 主要从事水处理技术研究, (电子信箱)1572902514@qq.com。

收稿日期: 2016-07-04 (修回稿)

欢迎 订 阅 刊 登 广 告