

# 生活垃圾填埋场渗滤液处理工程实例

蔡 圃,潘 翠,陈 煦,刘文杰,陈 程

(广西壮族自治区环境保护科学研究院,广西 南宁 530000)

**摘 要** 在分析目前渗滤液处理单一工艺的基础上,提出组合工艺是可行的处理技术。通过实例阐述了“混凝+氨吹脱+上流式厌氧污泥床(UASB)+缺氧+两段接触氧化+MBR+活性炭过滤+RO”组合工艺在垃圾渗滤液处理中的应用。实际运行结果表明,在进水平均 COD 为 5.5 g/L、NH<sub>3</sub>-N 的质量浓度为 400 mg/L 时,出水平均 COD 为 5.36 mg/L、NH<sub>3</sub>-N 的质量浓度 0.76 mg/L,水质可满足 GB 16889—2008 特殊限值要求,直接运行成本合计为 19.37 元/m<sup>3</sup>。可为我国生活垃圾填埋场渗滤液处理提供借鉴。

**关键词** 垃圾渗滤液;组合工艺;工程实例

**中图分类号** X703.1

**文献标识码** B

**文章编号** :1000-3770(2016)07-0133-003

生活垃圾填埋场渗滤液是一种成分复杂、水质变化大的高含量有机废水,主要来源于大气降水、垃圾固有水分和生物降解生成水分等。垃圾渗滤液含有多种毒性有机物和重金属,如果未经妥善处理直接进入环境,将给生态环境造成严重的污染<sup>[1-3]</sup>。垃圾填埋场的服务年限一般在 10 a 以上,水质经历了复杂的变化过程。运营时间小于 5 a 的年轻填埋场,渗滤液呈酸性,COD 高,BOD<sub>5</sub>/COD>0.5,NH<sub>3</sub>-N 含量高,可生化性强,重金属溶出含量高,运营时间大于 10 a 的老龄填埋场,渗滤液呈碱性,COD 变小,BOD<sub>5</sub>/COD<0.1,NH<sub>3</sub>-N 含量升高,可生化性差,重金属溶出含量低<sup>[4-5]</sup>。由于垃圾渗滤液水质多变,COD 和 NH<sub>3</sub>-N 含量高,而 GB 16889—2008 标准规定现有生活垃圾填埋场应自行处理垃圾渗滤液达到排放限值要求,因此对处理工艺要求严苛<sup>[6]</sup>。

为给我国生活垃圾填埋场渗滤液处理提供借鉴指导,介绍一种“预处理+生物处理+深度处理”组合处理工艺,其出水水质可满足 GB 16889—2008 特殊限值要求。

## 1 现有垃圾渗滤液处理工艺

目前,垃圾渗滤液处理工艺主要包括回灌法、物化法和生物法等<sup>[7]</sup>。回灌法是将未经处理的渗滤液回喷至垃圾填埋场,通过填埋体中的微生物多次降

解实现净化。虽然回灌法不必投资污水处理构筑物,但是其局限于垃圾渗滤液产生量较少的干旱、半干旱地区。物化法主要包括混凝、氨吹脱、化学氧化和膜分离法等。物化法运营成本较高,主要用于渗滤液的预处理和深度处理。生物法是一种实际应用最为广泛的处理工艺,主要有好氧法和厌氧法 2 种。在好氧条件下,微生物将有机物分解为 CO<sub>2</sub>;在厌氧条件下,微生物将有机物分解为沼气(主要成分为 CH<sub>4</sub> 和 CO<sub>2</sub>)<sup>[8]</sup>。由于年轻填埋场的渗滤液 BOD<sub>5</sub>/COD>0.5,采用生物处理比较有效。随着运营时间的延长,渗滤液可生化性能变差,生物处理效果下降<sup>[9]</sup>。

在实际工程中,单一工艺难以满足排放标准,往往采用组合工艺处理垃圾渗滤液<sup>[10]</sup>。潘军等对贵州省 2001—2012 年建设的 4 个垃圾填埋场渗滤液处理工艺进行调研<sup>[11]</sup>。结果发现,单一的 A/O 工艺出水 COD 为 1.700~2.0 g/L、NH<sub>3</sub>-N 的质量浓度 300~400 mg/L,出水应排向城市二级污水处理厂补充处理;A/O+超滤(UF)+纳滤(NF)+反渗透(RO)组合工艺出水 COD 为 50~80 mg/L、NH<sub>3</sub>-N 的质量浓度 25~60 mg/L,出水 NH<sub>3</sub>-N 含量不能达到 GB 16889—2008 排放限值要求;MBR+UF/NF+RO 组合工艺出水 COD 为 30~70 mg/L、NH<sub>3</sub>-N 的质量浓度 10~30 mg/L,达到 GB 16889—2008 一般限值要求,但未达到特殊限值要求。在实际运营过程中,因 MBR+UF/

收稿日期 2015-11-20

作者简介 蔡 圃(1988—)男,硕士,助理工程师,主要从事水处理技术等方面的研究

联系电话 0771-2289769,电子邮件 cap07@lzu.edu.cn

联系作者 陈 程,工程师,电子邮件 :114chencheng@163.com

NF+RO组合工艺生物处理流程较短,膜分离系统负荷过重,膜堵塞问题频出,影响出水水质的稳定性。

依据蝴蝶等对四川省 3 个垃圾填埋场渗滤液处理工艺的调研结果可以发现,采用“预处理+生物处理+深度处理”组合工艺是一种可行的处理技术<sup>[12]</sup>。

## 2 工程实例工艺流程

工程位于广西西北部,属温暖、潮湿的亚热带季风气候,多年平均气温 20℃,多年平均降雨量 1 202 mm。工程总库容 1 468×10<sup>3</sup> m<sup>3</sup>,设计使用年限 32 a。2012 年投入试运营,属年轻填埋场。

渗滤液设计处理量 150 m<sup>3</sup>/d,采用“混凝+氨吹脱+上流式厌氧污泥床(UASB)+缺氧+两段接触氧化+MBR+活性炭过滤+RO”处理工艺,进水 COD 为 3~8 g/L、BOD<sub>5</sub> 为 1~3.5 g/L、NH<sub>3</sub>-N 的质量浓度 300~1 600 mg/L。

渗滤液处理工艺流程如图 1 所示。

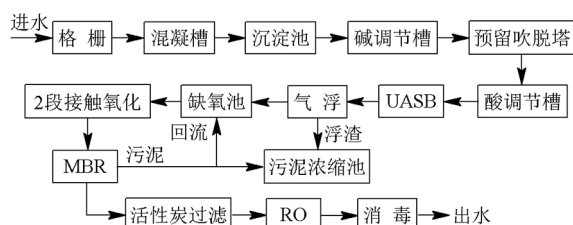


图 1 渗滤液处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of treating landfill leachate

进水首先经混凝、沉淀预处理去除胶体颗粒和悬浮颗粒,然后经预留吹脱塔脱除游离氨,提高 C/N;吹脱塔出水进入 UASB 降解 COD,提高 BOD<sub>5</sub>/COD;UASB 出水经气浮作用后进入缺氧池,进行氨化和反硝化作用,进一步脱氮,缺氧池出水进入 2 段接触氧化池,进一步脱除 COD,接触氧化池出水进入 MBR 强化降解 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 硝化,MBR 出水一部分回流至缺氧池进行反硝化强化脱氮,一部分进入膜分离系统,净水经消毒后外排。工艺产生的污泥进入污泥浓缩池,经压滤后回填至垃圾填埋场。

## 3 主要构筑物

### 3.1 预留吹脱塔

由于填埋场运营 5 a 后 NH<sub>3</sub>-N 含量升高,C/N 降低,对后续生物处理工艺具有抑制作用,因此预留吹脱塔脱除游离氨调节 C/N。吹脱塔配套酸、碱调节槽。向碱调节槽投加石灰乳调节 pH 至 11,游离氨经吹脱处理后进入酸调节槽,投加硫酸调节 pH 至 6~9。

吹脱塔设计进水温度 25℃,气体体积比 2 500:1,外形尺寸 φ3.5 m×7.5 m,填料高度 600 mm,配套风

机功率 7.5 kW,体积流量 10 580 m<sup>3</sup>/h。

### 3.2 UASB 反应器

污水自下而上通过 UASB 反应器,底部是高含量、高活性的污泥床,污泥床上部是低含量悬浮污泥层,大部分有机物经过厌氧发酵降解为沼气。UASB 反应器由配水区、反应区、三相分离器、排水系统和排气系统 5 部分组成。

UASB 反应器 1 座,有效容积 1 989 m<sup>3</sup>,COD 负荷 2.1 kg/(m<sup>3</sup>·d),HRT 为 47 h,外形尺寸 φ5.5 m×8.0 m。

### 3.3 2 段接触氧化池

2 段接触氧化池前置缺氧池,发挥生物选择器的作用。2 段接触氧化池采用导流墙隔开,在隔池分别设置填料区,通过鼓风机进行曝气。与活性污泥法相比,接触氧化法抗水量和水质冲击,生物膜附着生长污泥停留时间(SRT)很长的硝化菌,强化硝化作用。

接触氧化池单池外形 3 m×7.5 m×5 m,BOD<sub>5</sub> 污泥负荷 0.50 kg/(kg·d),采用穿孔和微孔联合曝气方式,配套风机功率 140 kW,风量 104 m<sup>3</sup>/h。

### 3.4 内置式 MBR 池

MBR 是膜分离和活性污泥法相结合的水处理技术。应用平板膜代替活性污泥法的二沉池,节约用地。由于膜的拦截作用,SRT 和 HRT 彻底分离,可以有效截留 SRT 很长的硝化菌,强化去除 NH<sub>3</sub>-N;因 SRT 延长,有利于降解难降解有机物和促进污泥好氧消化。

MBR 池 1 座,有效容积 45 m<sup>3</sup>,设计 HRT 为 6 h,外形尺寸 4.5 m×3.0 m×3.5 m。膜组件设计 4 组,单组面积 1.5 m<sup>2</sup>,浸没放置。

### 3.5 膜分离系统

膜分离系统的核心部件是 RO 装置,前置活性炭过滤器作为 RO 的预处理措施。RO 工艺分 2 级设置,每级各 3 套 RO 装置,工作压力 0.9~1.55 MPa,设计体积流量 7 m<sup>3</sup>/h,活性炭过滤器工作压力 ≤6 Pa,设计体积流量 8 m<sup>3</sup>/h,外形尺寸 φ1.2 m×2.5 m。

## 4 运行效果及讨论

渗滤液处理设施运行以来,采用水质在线自动监测仪记录了 2013 年 7 月—2015 年 10 月出水 COD 和 NH<sub>3</sub>-N 含量,如图 2 所示。由于渗滤液收集池容积很大,可以容纳旱季(1 月~5 月)的渗滤液,故在旱季处理设施不运行。

整体而言,处理设施运行期间,出水 COD ≤100 mg/L,NH<sub>3</sub>-N 的质量浓度 ≤8 mg/L,满足 GB 16889—2008 一般限值要求。为提高出水水质的稳定性和可

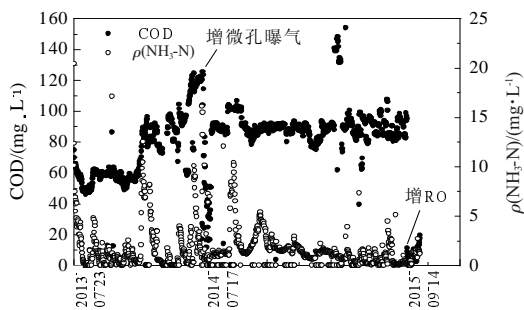


图2 渗滤液处理工艺运行效果

Fig.2 Operation effect of treating process for landfill leachate

靠性,运行期间对处理设施进行了2次升级改造。2014年7月,由于穿孔曝气方式使接触氧化池曝气不匀,导致出水水质不稳定,采取增加1套微孔曝气装置的措施。2015年9月,为彻底脱除出水色度,进一步降低COD,采取增加RO装置的措施。2次改造效果明显,2014年7月以后出水COD波动变小;2015年9月以后出水感官清澈,COD $\leq$ 20 mg/L,NH<sub>3</sub>-N的质量浓度 $\leq$ 8 mg/L,满足GB 16889—2008特殊限值要求。

工程运营以后,减排成效显著。进水平均COD为5.5 g/L、NH<sub>3</sub>-N的质量浓度为400 mg/L,2015年9月增加RO系统后出水平均COD为5.36 mg/L、NH<sub>3</sub>-N的质量浓度0.76 mg/L,每吨水减排COD 5.495 kg、NH<sub>3</sub>-N 0.399 kg。

不考虑设备折旧、维修和监测等费用,直接运行成本合计为19.37元/m<sup>3</sup>。其中,电价按丰水期(5~10月)和枯水期(1—4月、11—12月)分别定价,丰水电价0.58元/(kW·h),枯水电价0.86元/(kW·h)。丰水期处理量占比84%,枯水期占比16%,综合电价0.62元/(kW·h)。运行耗电18.84 kW·h/m<sup>3</sup>,折合动力费11.68元/m<sup>3</sup>。药剂主要为酸碱调节剂、混凝剂等,运行费用为5.18元/m<sup>3</sup>。配备工人2人,工资按1200元/月定额,折合人工费2.51元/m<sup>3</sup>。

### A Case Study of Treatment Process for Landfill Leachate

Cai Pu, Pan Cui, Chen Xu, Liu Wenjie, Chen Cheng

(Scientific Research Academy of Guangxi Environmental Protection, Nanning 530000, China)

**Abstract:** By analyzing the existing single-handed processes for treating the landfill leachate, the combined process was considered as a more feasible technology in most real applications. Furthermore, an applicative example that employed the combined process of "coagulation + ammonia stripping + UASB + anoxia + two-stage bio-contact oxidation + activated carbon filtration + RO" to treat the landfill leachate was illustrated. And in this example, the COD and mass concentration of NH<sub>3</sub>-N in effluent were 5.36 mg/L and 0.76 mg/L when their mass concentration in feed solutions were 5.55 g/L and 400 mg/L respectively, its effluent can meet the requirement specified for special situation in the GB 16889—2008, the operation cost was 19.37 ¥/m<sup>3</sup>, which made it possible to be a reliable reference for the treating process of the landfill leachate in China.

**Keywords:** landfill leachate; combined process; engineering example

## 5 结论

采用“氨吹脱+UASB+缺氧+接触氧化+MBR+活性炭过滤+RO”组合工艺处理生活垃圾填埋场渗滤液,其出水水质可满足GB 16889—2008特殊限值要求。该工艺运用于垃圾渗滤液处理是切实可行的,具有占地面积小、出水水质优等优点,可为我国垃圾渗滤液的处理提供借鉴指导。

## 参考文献:

- [1] 杨志泉,周少奇.广州大田山垃圾填埋场渗滤液有害成分的检测分析[J].化工学报,2005,56(11):2183-2188.
- [2] Fatta D, Papadopoulou A, Loizidou M. A study on the landfill leachate and its impact on the groundwater quality of greater area [J]. Environmental Geochemistry & Health,1999,20:175-190.
- [3] Mor S, Ravindra K, Dahiya R P, et al. Leachate characterization and assessment of groundwater pollution near municipal solid waste landfill site [J].Environmental Monitoring & Assessment,2006,118(1/3):435-456.
- [4] Alvarez-Vazquez H, Jefferson B, Judd S J. Membrane bioreactors vs conventional biological treatment of landfill leachate: a brief review [J].Journal of Chemical Technology & Biotechnology,2004,79(10):1043-1049.
- [5] Hamidi Abdul A, Salina A, Mohd Nordin A, et al. Colour removal from landfill leachate by coagulation and flocculation processes[J]. Bioresource Technology,2007,98(1):218-220.
- [6] GB 16889—2008 生活垃圾填埋污染控制标准[S].
- [7] 时晓宁,王淑莹,孙洪伟.SBR工艺处理垃圾渗滤液研究及应用现状[J].水处理技术,2009,35(2):19-24.
- [8] Renoua S, Givaudana J G, Poulaina S, et al. Landfill leachate treatment: review and opportunity[J].Journal of Hazardous Materials,2008,150(3):468-493.
- [9] Peng Y. Perspectives on technology for landfill leachate treatment [J].Arabian Journal of Chemistry,2013,doi:10.1016/j.arabjc.2013.09.031.
- [10] 宋燕杰,彭永臻,刘壮,等.生物组合工艺处理垃圾渗滤液的研究进展[J].水处理技术,2011,37(4):9-13.
- [11] 潘军,李晶晶,董泽琴.贵州省垃圾填埋场渗滤液处理效果及工艺技术的比较[J].水处理技术,2014,40(11):91-94.
- [12] 胡蝶,陈文清,张奎,等.垃圾渗滤液处理工艺实例分析[J].水处理技术,2011,37(3):132-135.