

# 垃圾渗滤液的深度处理研究

王开演, 汪晓军, 简磊, 顾晓扬

(华南理工大学 环境科学与工程学院工业聚集区污染控制与生态修复教育部  
重点实验室, 广东 广州 510006)

**摘要:** 通过中试研究了氨吹脱/生物流化床/Fenton氧化/曝气生物滤池(BAF)联合工艺深度处理垃圾渗滤液的效果。结果表明:垃圾渗滤液经此联合工艺处理后,COD和氨氮浓度明显降低,最终出水水质达到《生活垃圾填埋污染控制标准》(GB 16889—1997)的一级标准,运行费用为19.4元/t,采用离子交换法脱除其中的硝酸根,则最终出水水质可达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)的标准。

**关键词:** 垃圾渗滤液; 深度处理; 氨吹脱; 生物流化床; Fenton氧化; 曝气生物滤池  
**中图分类号:** X703 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2011)01-0099-03

## Study on Advanced Treatment of Landfill Leachate

WANG Kai-yan, WANG Xiao-jun, JIAN Lei, GU Xiao-yang

(Key Lab of Pollution Control and Ecosystem Restoration in Industry Clusters <Ministry of Education>, School of Environmental Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** The effect of advanced treatment of landfill leachate in the combined processes of ammonia stripping, biological fluidized bed, Fenton oxidation and biological aerated filter (BAF) was investigated in a pilot-scale test. The results show that after treatment, the concentrations of COD and ammonia nitrogen in landfill leachate are significantly reduced, and the effluent quality can meet the first level criteria specified in *Standard for Pollution Control on the Landfill Site for Domestic Waste* (GB 16889-1997). The operation cost is 19.4 yuan/t. Using ion exchange method to remove nitrate, the effluent quality can meet the *Standard for Pollution Control on the Landfill Site for Domestic Waste* (GB 16889-2008).

**Key words:** landfill leachate; advanced treatment; ammonia stripping; biological fluidized bed; Fenton oxidation; biological aerated filter (BAF)

浙江省某大型垃圾填埋场的渗滤液经过混凝/压力生物滤罐/结晶处理后,出水水质达到《生活垃圾填埋污染控制标准》(GB 16889—1997)的三级排放标准,出水排入城市二级污水处理厂。但随着人们对环境质量要求的提高,现有处理工艺已很难满足要求,为此,华南理工大学与杭州城乡建设设计研究院针对该垃圾填埋场渗滤液的具体情况,设计深度处理中试系统,并进行建造和调试,使处理出水水

质达到《生活垃圾填埋污染控制标准》(GB 16889—1997)的一级标准。

### 1 中试材料与方法

#### 1.1 垃圾渗滤液水质及排放标准

废水水质: COD、BOD<sub>5</sub>、氨氮、SS 分别为 632、80、515、500 mg/L,色度为 320 倍。GB 16889—1997 的一级标准: COD ≤ 100 mg/L、BOD<sub>5</sub> ≤ 30 mg/L、氨氮 ≤ 15 mg/L、SS ≤ 70 mg/L、色度 ≤ 80 倍。

### 1.2 处理工艺

中试系统主要包括氨吹脱系统、流化床系统、Fenton 反应系统和曝气生物滤池系统,其处理水量按 50 t/d 计,工艺流程如图 1 所示。

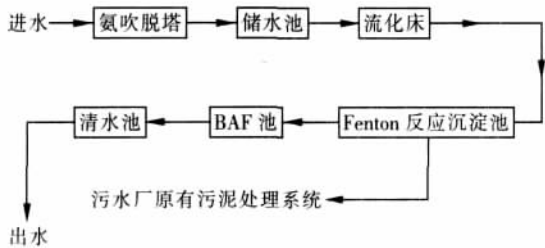


图 1 深度处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of landfill leachate advanced treatment

氨吹脱采用 Comeon<sup>®</sup> 除氨专利技术,该技术通过大幅提高单位体积废水总表面积的方式大幅提高从液相向气相迁移的 NH<sub>3</sub> 总量,再用适量空气将 NH<sub>3</sub> 带出体系,具有去除效率高、运行成本低、操作稳定性好、可全天候运行、尾气可吸收、回收氨产品等优点,其工艺流程如图 2 所示。经氨吹脱后出水氨氮 < 100 mg/L,出水进入流化床后氨氮经生物硝化而被进一步去除。



图 2 除氨工艺流程

Fig. 2 Flow chart of ammonia stripping

流化床系统由进水系统、曝气系统、流化床反应池组成。进水系统包括流化床提升泵与转子流量计,曝气系统采用穿孔布气管,气源引自厂方原有的曝气气源。流化床采用生物陶粒作为填料,该工艺对中高浓度含氮有机废水的净化效率较高<sup>[1]</sup>。此外,流化床能去除部分 COD,减少后段 Fenton 工艺的投药量。

Fenton 反应系统由反应池和沉淀池组成。Fenton 试剂分两次加入,第一次加入总药量的 2/3,第二次加入总药量的 1/3,最后加入液碱和 PAM 形成沉淀并进入沉淀池。Fenton 反应起着去除 COD、色度和提高废水可生化性的作用。

曝气生物滤池(BAF)设计成两座,分别采用上流式和下流式进水,串联运行,两座都由进水系统、曝气系统、反冲洗系统、反应池组成。进水系统包括 BAF 提升泵与转子流量计;曝气系统采用穿孔布气管,气源引自厂方原有的曝气气源;反冲洗气引自厂

方原有的压缩空气系统,反冲洗水为清水池储水。BAF 的作用是利用滤料上生物膜的强生物氧化降解能力去除含碳有机物并降低废水的 COD 浓度,同时利用滤料的过滤和生物膜的生物絮凝作用去除固体悬浮物;此外,还可利用填料上的微生物进行硝化和反硝化来去除部分总氮。

### 1.3 主要构筑物和设备

废水处理系统主要构筑物及设备的具体情况见表 1。

表 1 主要构筑物的设计参数及其设备配置

Tab. 1 Design parameters of main facilities and equipment configuration

项 目	主要设计参数	主要设备配置
Comeon <sup>®</sup> 除氨器	尺寸: Ø0.8 m × 10 m	风机 (1 台): Q = 5 700 m <sup>3</sup> /h, P' = 2 554 Pa, P = 7.50 kW 提升泵 (2 台): Q = 3.5 m <sup>3</sup> /h, H = 510 kPa, P = 3 kW
储水池	尺寸: 4 m × 1 m × 2.5 m	
流化床	尺寸: Ø2.0 m × 4.5 m	提升泵 (1 台): Q = 4 m <sup>3</sup> /h, H = 150 kPa, P = 0.75 kW
Fenton 反应沉淀池	尺寸: 4 m × 2 m × 2.5 m	搅拌机 (3 台): P = 0.75 kW, n = 50 r/min 加药计量泵 (6 台): Q = 15.7 L/h, P = 0.75 kW 污泥泵 (1 台): Q = 4 m <sup>3</sup> /h, H = 150 kPa, P = 0.75 kW
BAF 池	尺寸: Ø2.0 m × 4.5 m, 2 座串联运行	提升泵 (1 台): Q = 4 m <sup>3</sup> /h, H = 150 kPa, P = 0.75 kW
清水池	尺寸: Ø2.0 m × 3.0 m	反冲洗水泵 (1 台): Q = 16 m <sup>3</sup> /h, H = 150 kPa, P = 2.2 kW
注: 上述构筑物均采用钢结构,并进行防腐保护。		

## 2 运行效果

### 2.1 调试过程

氨吹脱先用 30% 液碱把废水 pH 值调至 11,使气态氨氮占总氨氮的 98%,吹脱完成后再用 50% 的硫酸把 pH 值调回至 8 左右,将出水送到储水池。

Fenton 反应中,27.5% 的双氧水直接用计量泵进行投加,投加量为 2.5 mL/L;硫酸亚铁固体配成 50% 的溶液后再用计量泵进行投加,投加量为 12 mL/L;Fenton 反应后废水 pH 呈酸性,投加 30% 液碱使其呈中性,投量为 2 mL/L;为了更容易形成絮体,投加 0.1% 的 PAM 进行助凝,投量为 7 mL/L。

流化床和 BAF 系统采用分步挂膜法挂膜和培养微生物,菌种取自附近某污水处理厂的脱水污泥,

含水率约为80%。首先往流化床中进部分氨吹脱后的废水,往BAF中进部分Fenton反应后的废水,投加一定量污泥、面粉和适量的磷肥闷曝3d;然后对系统进行间歇进水闷曝,进水量逐渐加大,直至达到设计要求。接种2周后,系统出水水质达到设计要求,即系统挂膜成功<sup>[2]</sup>。

## 2.2 运行结果

该中试从2008年9月开始调试,9月中旬正式运行。连续运行一个月,处理量为50t/d,出水水质( $BOD_5 \leq 15$  mg/L、 $SS \leq 10$  mg/L、色度 $\leq 16$ 倍)稳定。运行期间的氨氮和COD浓度见表2。可知,氨吹脱系统去除了84.1%的氨氮,后续的流化床进一步把氨氮含量降到15 mg/L以下;而COD大部分在Fenton氧化阶段被去除,并由BAF工艺进一步去除到100 mg/L以下,稳定达标。另外,采用离子交换法脱除废水中的硝酸根,最终出水总氮在40 mg/L以下,出水水质可达到《生活垃圾填埋场污染控制标准》(GB 16889—2008)的要求。

表2 运行期间的进、出水水质

Tab.2 Influent and effluent quality during operation

项目	氨吹脱系统氨氮			物化生化系统COD			
	进水	吹脱后出水	流化床出水	进水	流化床出水	Fenton出水	BAF出水
均值	515	82	10	632	508	135	82.5

注:氨吹脱对氨氮的去除率为84.1%、流化床系统对氨氮的去除率为87.8%;流化床系统对COD的去除率为19.6%、Fenton氧化系统对COD的去除率为73.4%、BAF系统对COD的去除率为39.3%。

## 2.3 运行费用

双氧水按2000元/t、液碱按800元/t、硫酸亚

铁按450元/t、PAM按20000元/t、硫酸按1000元/t、电费按0.8元/(kW·h)计算,整个工艺的运行费用如下:氨吹脱系统的药剂费为4.2元/t、电费为4.8元/t,合计为9.0元/t;物化生化系统的药剂费为9.44元/t、电费为0.96元/t,合计为10.4元/t;系统总药剂费为13.64元/t、总电费为5.76元/t,总费用为19.4元/t。可知,相对于反渗透工艺来说,该组合工艺具有很好的经济性。

## 3 结论与建议

① 垃圾渗滤液经过氨吹脱/流化床/Fenton氧化/BAF工艺深度处理后,出水水质稳定达到《生活垃圾填埋污染控制标准》(GB 16889—1997)的一级排放标准,处理费用为19.4元/t。

② 废水中营养物质(磷元素)含量不足,应定期向废水中投加磷肥来补充微生物代谢所需要的磷元素,从而保证对有机污染物的有效去除。

③ 氨吹脱后的pH值不应低于7.5,以保证后续生物流化床有足够的碱度来进行生物硝化。

## 参考文献:

- [1] 王鹤立,姜楠,盛力,等. 生物陶粒流化床-污泥滤层脱氮工艺的试验研究[J]. 环境科学与技术,2006,29(6):20-21.
- [2] 王国华,任鹤云. 工业废水处理工程设计与实例[M]. 北京:化学工业出版社,2005.

E-mail: cexjwang@scut.edu.cn

通讯作者:汪晓军

收稿日期:2010-06-12

(上接第98页)

## 参考文献:

- [1] Rebac S, van Lier J B, Lens P, et al. Psychrophilic anaerobic treatment of low strength wastewater [J]. Water Sci Technol, 1999, 39(5): 203-210.
- [2] Lettinga G, Rebac S, Zeeman G. Challenge of psychrophilic anaerobic wastewater treatment [J]. Trends Biotechnol, 2001, 19(9): 363-370.
- [3] Chu L B, Yang F L, Zhang X W. Anaerobic treatment of domestic wastewater in a membrane-coupled expanded granular sludge bed (EGSB) reactor under moderate to low temperature [J]. Process Biochem, 2005, 40(3-4): 1063-1070.
- [4] Wang J L, Kang J. The characteristics of anaerobic ammonium oxidation (ANAMMOX) by granular sludge from an EGSB reactor [J]. Process Biochem, 2005, 40(5): 1973-1978.
- [5] 仲海涛,胡勇有,颜智勇. 环境温度下EGSB处理高浓度有机废水的研究[J]. 中国给水排水, 2006, 22(19): 68-70.

E-mail: chunjuand@126.com

收稿日期:2010-06-14