

# 混凝-臭氧氧化预处理垃圾渗滤液的实验研究

傅平青<sup>1,2</sup>, 万鹰昕<sup>1,2</sup>, 林剑<sup>1</sup>, 程鸿德<sup>1</sup>, 刘丛强<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550002; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

**摘要:** 利用以水玻璃、硫酸、硫酸铝和废铁屑为原料研制出的聚硅酸硫酸铝铁类混凝剂(PSAFCS), 结合臭氧氧化预处理某垃圾填埋场渗滤液。实验结果表明, 经过该处理工艺, 垃圾渗滤液 COD<sub>Cr</sub> 去除率达 70.6%, BOD<sub>5</sub> 去除率达 75.4%, 色度去除率为 94%, 说明该方法是行之有效的。

**关键词:** 混凝; 臭氧氧化; 垃圾渗滤液

**中图分类号:** X705 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-6504(2002)06-0026-03

垃圾渗滤液是液体在垃圾填埋场重力作用下的流动产物, 主要来源于降水和垃圾本身的内含水。由于液体在流动过程中的物理因素、化学因素及生物因素等都可能影响渗滤液水质, 所以其性质在一个较大的范围内变动。一般来说, 渗滤液 pH 值在 4~9 之间, COD<sub>Cr</sub> 可从几千到数万, BOD<sub>5</sub> 从数十到数万<sup>[1]</sup>。

## 1 垃圾渗滤液的处理研究现状

垃圾渗滤液色度深, 有机物、NH<sub>3</sub>-N、SS、氯化物含量高, 有害微生物种类多、数量大<sup>[2]</sup>。随着堆放年限的增加, 新鲜垃圾逐渐变为陈腐垃圾, 渗滤液中有机物含量有所下降, 但氮氮含量增加, 且可生化性降低, 因此处理难度非常大。渗滤液处理方法主要有生物处理法和物理-化学处理法。在生化处理的基础上采用化学絮凝法处理垃圾渗滤液, COD<sub>Cr</sub> 去除率平均可达 65%, 色度和总磷去除率与 COD<sub>Cr</sub> 去除率呈正相关。袁维芳等<sup>[3]</sup>采用醋酸纤维素反渗透膜处理城市垃圾渗滤液, 并进行了操作压力、pH 值对膜通量及产水水质影响的试验。文献报道<sup>[4]</sup>, 经厌氧-好氧生物处理后的出水分别用铁盐和铝盐混凝处理后, COD<sub>Cr</sub> 可从 600mg/L 降到 300mg/L 左右, 去除率为 50%。

化学氧化法(包括臭氧和过氧化氢)被用于垃圾渗滤液的深度处理, 其原因是在许多情况下可以直接将复杂难降解的有机物氧化为简单的易降解的有机物, 内部的自由基反应可以加速氧化速度。在德国目前约有 100 座垃圾填埋场渗滤液处理厂, 其中 15 座以化学氧化为深度处理工艺<sup>[5]</sup>。但在国外化学氧化法处理垃圾渗滤液也基本处于实验阶段, 其缺点是耗电量大, 成本费用高。我国现有城市垃圾填埋场的渗滤液处理工艺多数采用厌氧加好氧生物处理方法, 且普遍存在运行效果差的问题。本文采用聚硅酸硫酸铝铁(PSAF-CS)

混凝和臭氧氧化二级串联法处理贵阳市某垃圾填埋场渗滤液, 为其处理提供一条可供选择的途径。

## 2 垃圾渗滤液处理实验

实验采用的垃圾渗滤液水质状况见表 1。为了解垃圾渗滤液的自然降解过程, 从采样之日起, 定期对其进行 COD<sub>Cr</sub> 测定, 在将近 6 个月内, 其变化见表 2。

表 1 渗滤液水质

参数	数值	参数	数值
COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	1297	BOD <sub>5</sub> (mg/L)	385
色度(倍)	512	pH	7.90
浊度(度)	0.002	气味	微臭
颜色	棕黄色		

表 2 垃圾渗滤液化学需氧量随时间变化

时间(月)	0	1	2	4	6
COD <sub>Cr</sub> (mg/L)	1297	1160	1076	1026	940

从表 2 看出, 垃圾渗滤液虽然有一定的自净能力, 但这种作用并不是很大, 在长达半年的时间里, COD<sub>Cr</sub> 自然降解了 27.5%。混凝-臭氧氧化处理工艺流程见图 1。

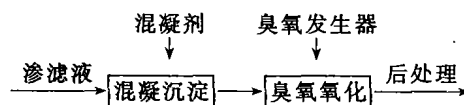


图 1 渗滤液混凝-臭氧氧化处理工艺

### 2.1 混凝实验

利用自行研制的聚硅酸硫酸铝铁做混凝剂来处理垃圾渗滤液, 以 COD<sub>Cr</sub>、BOD<sub>5</sub>、色度作为参考对象和指标。

操作步骤: 首先在不同配比的混凝剂系列中筛选出具有最佳去除效果的药剂, 再向 5 个装有 200mL 水样的烧杯中滴加 1% NaOH 溶液, 调节至相应的 pH 值, 然后在快速搅拌的同时加入等量混凝剂(6 滴, 约 0.4mL), 静置沉降 40min, 取上层清液分析测定<sup>[6]</sup>。

### 2.2 臭氧氧化实验

经过混凝处理后的渗滤液再进行臭氧氧化处理。

**作者简介:** 傅平青(1974-), 男, 博士研究生, 主要从事环境地球化学研究。

臭氧发生器的臭氧产生率为 6g/h,通气 10min 后,测定其各项指标。

### 2.3 实验结果与分析

#### 2.3.1 混凝实验

混凝的目的是去除渗滤液中的  $COD_{Cr}$  和部分重金属离子,首先配制 8 种不同配比的复合型聚硅酸硫酸铝铁类混凝剂 (PSAFCS)。在相同条件下(在 500mL 烧杯中分别加入 200mL 废水,控制 pH 值在 7.5 左右,投加 0.4mL 编号为 1~8 的混凝剂)处理等量的渗滤液。其结果如图 2 所示。

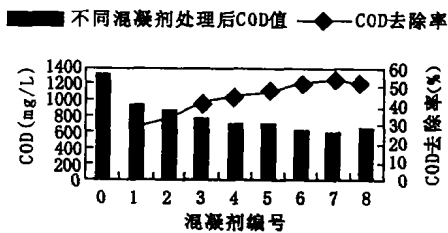


图2 不同混凝剂对垃圾渗滤液的去除效果(水温 19℃)

图2中,0号表示垃圾渗滤液原水的  $COD_{Cr}$  值。从图中可以看出,PSAFCS 混凝剂对垃圾渗滤液处理效果一般,其化学需氧量的去除率大多数在 30%~50%之间。其中7号混凝剂(硅、铝、铁含量比为 2:1:1)的去除效果略好, $COD_{Cr}$  值降到 600mg/L,去除率达 53%。于是选用7号混凝剂处理垃圾渗滤液。

从图3看出,用聚硅酸硫酸铝铁混凝剂能去除渗滤液中部分  $COD_{Cr}$  和色度,随着混凝剂投量的增加,去除效果也随之增强。当混凝剂投量为 6.0~8.0d/200mL(相当于 0.3~0.4mL/200mL)时, $COD_{Cr}$  去除率达 55%左右,色度去除率为 75%。

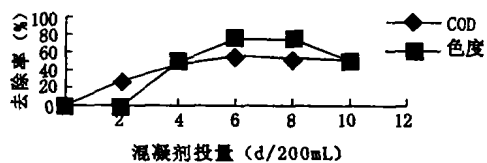


图3 不同混凝剂投量时 COD 和色度去除效果

从图4看出,在 pH 值 3.5~11 较大范围内,混凝剂对垃圾渗滤液  $COD_{Cr}$  具有良好的去除效果,达 50%以上;在 pH 值为弱碱性(pH 为 8.0 左右)时, $COD_{Cr}$  去除效果最佳,达 58%左右。而对色度的测定结果表明,随着 pH 值由酸性变为碱性,色度去除率先降后升,在近中性时色度去除率较为稳定,达 75%左右;总体而言,混凝处理对色度去除效果不佳。另外,在酸性条件下,混凝反应产生的絮体颗粒细小均匀且沉降缓慢;而在碱性条件下,絮体颗粒尺寸大,沉降速度快,大约 20min 沉降完全。

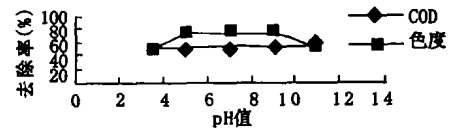


图4 不同 pH 时 COD 和色度去除效果

#### 2.3.2 臭氧氧化实验

在最佳 pH 条件、最佳投量下处理后的渗滤液上清液进行臭氧氧化实验。

从图5可见,臭氧氧化反应到 10min 时, $COD_{Cr}$  值一直降低,超过 10min 后, $COD_{Cr}$  值几乎无变化;同时色度去除率也几乎达到了一个稳定值,约 94%左右。故确定最佳氧化时间为 10min。

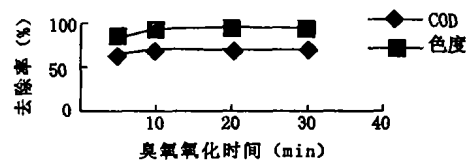


图5 不同臭氧氧化时间时 COD 和色度的去除效果

#### 2.3.3 混凝-臭氧氧化实验综合处理效果

在混凝-臭氧氧化处理后测定出水的生化需氧量,其结果及总的处理效果见表3。

表3 混凝-臭氧氧化预处理垃圾渗滤液的效果

指标	处理前	处理后	去除率
$COD_{Cr}$ (mg/L)	1297	381	70.6%
$BOD_5$ (mg/L)	385	94.6	75.4%
色度 (倍)	512	32	94%
pH	7.90	7.40	

从表3知道,用聚硅酸硫酸铝铁混凝剂作为预处理药剂处理垃圾渗滤液有着较好的效果,再经臭氧氧化处理后,其出水水质已经基本接近我国生活垃圾填埋场污染控制标准 (GB16889—1997) 二级标准。另外,还测定了放置 6 个月后的垃圾渗滤液原水的生化需氧量,其值为 76.8mg/L,相对于取样当天  $BOD_5$  值 385mg/L 下降了 80%,由于生化需氧量是在有氧的情况下,由于微生物(主要是细菌)的活动,降解有机物所需的氧量;化学需氧量是在酸性条件下,用强氧化剂将有机物氧化为二氧化碳、水所消耗的氧量。 $BOD_5/COD_{Cr}$  值可以反映废水的可生化性。从 6 个月首尾的  $BOD_5$ 、 $COD_{Cr}$  各自的差值,(其中  $BOD_5$  减少 308.2mg/L, $COD_{Cr}$  减少 357mg/L),可认为化学需氧量减少的部分正是由于微生物作用分解掉的渗滤液中的有机物部分。此外,采样当天渗滤液的  $BOD_5/COD_{Cr}$  比值为 0.297,一般认为该废水基本具有可生化性;6 个月后其比值为 0.08,难以生化处理。其比值的减小说明此次取样渗滤液中含有的微生物本身对渗滤

液有着一定的生物降解作用。

### 3 结论

渗滤液中含有多种有机和无机污染物,混凝—臭氧氧化预处理方法对它有着良好的处理效果。在 pH 值为 8.0 左右,混凝剂投量为 6.0~8.0d/200mL(相当于 0.3~0.4mL/200mL),最佳臭氧氧化时间为 10min 时,垃圾渗滤液的 COD<sub>Cr</sub> 去除率达 70.6%,BOD<sub>5</sub> 去除率达 75.4%,色度去除率为 94%。其水质已经基本接近我国生活垃圾填埋场污染控制二级标准。说明该预处理工艺是切实可行的。

#### [参考文献]

[1] 张祥丹,王家民.城市垃圾渗滤液处理工艺介绍[J].给水排水,2000,26(10):9~14.

- [2] Oman C, Hynning P A. Identification of organic compounds in municipal landfill leachate[J]. Environmental Pollution, 1993,80(3):265~271.
- [3] 袁维芳,王国生,汤克敏.反渗透法城市垃圾填埋场渗滤液[J].水处理技术,1997,23(6):333~336.
- [4] 赵宗升,刘鸿亮,李炳伟,等.垃圾填埋场渗滤液污染的控制技术[J].中国给水排水,2000,16(6):20~23.
- [5] Matin Steensen. Chemical Oxidation for the Treatment of Leachate—Process Comparison and Results from Full—Scale Plants[J]. Water Science & Technology, 1997,35(4):249~256.
- [6] 沈耀良,杨铨大,王宝贞,等.垃圾渗滤液的混凝—吸附预处理研究[J].中国给水排水,1999,15(11):10~16.

(收修改稿日期:2002-01-03)

(上接第7页)

### 3 多元线性回归分析

运用 SPSS10.0 多元线性回归分析软件包对部分变量进行分析。因变量选用总氮,自变量为氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、pH 值、溶解氧等。在自变量中选取 pH 值及溶解氧是因为这两个变量与含氮污染物的转化关系密切。经回归分析得如下多元线性回归方程:

$$Y=1.081X_1-0.353X_2-1.243X_3-0.246X_4+0.573X_5-0.920$$

式中,Y 表示总氮浓度, $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、 $X_5$  分别表示氨氮、亚硝酸盐氮、硝酸盐氮、溶解氧的浓度和 pH 值。

该回归模型的相关系数 R 为 0.919,从表 5 得知,该方程的显著性概率为 0.002,小于 5%,即认为回归方程中各系数均不为零,回归方程有意义。

表 5 方差分析表

模型	平方和	自由度(df)	F 值	显著性概率(sig)
回归项	11.977	5	9.758	0.002*
参差项	2.209	9		
总和	14.186	14		

运用该模型对东湖“九五”期间的 15 组水质指标进行回归检验,通过回归模型计算出的理论总氮值与实测值及它们之间的误差见表 6。从表 6 可看出,除第 3、4、6、7 组数据误差较大外,该回归模型对于大多数样本预报结果较为满意,用该模型预测东湖水质中的总氮浓度有较好的准确性。

表 6 15 组水质数据总氮理论值与实际值及相对误差

组别	实际值(mg/L)	理论值(mg/L)	相对误差(%)
1	2.22	1.80	18.9
2	2.65	2.69	1.5
3	1.64	2.24	36.6
4	2.71	3.33	22.9
5	4.06	4.01	1.2
6	1.89	1.35	33.8
7	0.94	1.22	29.7
8	1.35	1.39	2.96
9	1.97	2.07	5.1
10	2.59	2.35	9.2
11	4.12	4.12	0
12	1.82	1.82	0
13	2.31	2.34	1.3
14	2.30	2.65	15
15	4.32	3.48	3.7

#### [参考文献]

- [1] 陆晓华.化学计量学[M].武汉:华中理工大学出版社,1997.
- [2] 张宝泉,刘庆东,张晓清.计算机与环境多因素分析[M].北京:中国环境科学出版社,1991.
- [3] 李连科.因子分析法用于近岸海域大气污染来源的判别[J].海洋环境科学,1998,17(1):13~17.
- [4] 廖奇志,陆晓华.山丹湖环境水化学特征湖的主因子分析[J].华中理工大学学报,1998,(26):65~67.
- [5] Rachdwong P, Christensen R, Karlsj F. Historical PAH fluxes to lake micbigen sediments determined by factor analysis[J]. Walkes, 1998,32(8):422~430.

(收修改稿日期:2002-04-21)