

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2022.05.065

老龄垃圾填埋场渗滤液芬顿-絮凝联合处理工艺优化

孙志霄

(上海环境集团股份有限公司, 上海市 200336)

摘 要: 研究了芬顿氧化、絮凝沉淀及芬顿-絮凝联合处理工艺对老龄垃圾填埋场渗滤液中有机物、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 和 TN 的去除效果,并优化了工艺条件。结果表明,先芬顿氧化再絮凝沉淀的芬顿-絮凝联合处理工艺对老龄垃圾填埋场渗滤液 COD_{Cr} 和 TOC 的去除率最高。 FeSO_4 投加量为 $0.015 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $[\text{H}_2\text{O}_2]/[\text{FeSO}_4]$ 比为 1.5、PAC 投加量为 4 mL 时, COD_{Cr} 、TOC 去除率分别可达到 90.2%和 90.7%。

关键词: 垃圾渗滤液;絮凝沉淀;芬顿氧化

中图分类号: X75

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2022)05-0255-04

0 引言

生活垃圾填埋场渗滤液是一种污染物浓度高、性质复杂、处理难度大的废水。渗滤液的污染物成分和浓度与填埋场的使用年限密切相关,填埋 5 a 以下的初期填埋场, BOD_5 、TOC、营养物和重金属的含量均很高, BOD_5 和 COD_{Cr} 浓度最高可达几万 mg/L , $\text{NH}_3\text{-N}$ 浓度相对较低。随着填埋时间的增加,渗滤液中有机物浓度降低,可生化性差、相对分子质量大的有机化合物占优势,同时氨氮浓度逐渐增加^[1]。老龄垃圾渗滤液中含有多种难以生物处理的溶解性有机物(DOM),如不经妥善处理,会对周围的土壤、大气、地下水等造成严重污染^[2]。

渗滤液中难降解 DOM 的处理技术主要有絮凝沉淀、高级氧化、燃料电池、正渗透等。其中絮凝沉淀法和芬顿氧化法因其便捷高效的特点,成为渗滤液预处理及深度处理的重要手段^[3-8]。针对某垃圾填埋场老龄渗滤液,分别研究了芬顿氧化工艺和絮凝沉淀工艺中,不同药剂及其投加量等条件下渗滤液 COD_{Cr} 、TOC、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、TN 含量及 $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{Cr}}$ 比值的变化情况。基于优化的工艺条件,进一步研究了芬顿氧化与絮凝沉淀联合处理老龄渗滤液的效果,为渗滤液处理的工程应用提供理论依据。

1 研究方法

1.1 渗滤液性质

渗滤液取自上海某垃圾填埋场,其初始理化指

标见表 1。渗滤液的 BOD/COD 比值为 0.25, COD/TN 比值为 0.92,生物降解性较差。

表 1 老龄垃圾渗滤液初始污染物浓度

指标	COD_{Cr} $/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	BOD_5 $/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ $/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	TN $/(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$	pH
平均值	1 340	338	437.2	1 453.1	8.1

1.2 芬顿氧化试验

单独芬顿氧化试验采用的药剂为 30% H_2O_2 、40% $\text{FeSO}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ 、 HCl 、 NaOH 。试验过程中,使用 6 M HCl 将渗滤液 pH 调至 5.0 ± 0.2 ,根据表 2 加入一定量的 $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 获得 Fe^{2+} ,开启磁力搅拌机对溶液进行搅拌,搅拌稳定后向溶液中加入 H_2O_2 开始芬顿反应, H_2O_2 的投加量按表 2 中 $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$ 摩尔比控制。在 25°C 、150 rpm 条件下震荡培养 4 h 后,使用 2 M NaOH 溶液调节 pH 至 7.0 ± 0.2 终止芬顿反应,静置沉淀,取上清液检测 BOD_5 、 COD_{Cr} 、TOC、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 、TN。

表 2 芬顿试验因素水平表

$\text{FeSO}_4 /(\text{mol}\cdot\text{L}^{-1})$	$[\text{H}_2\text{O}_2]/[\text{FeSO}_4]$
0.008	0.8
0.010	1.0
0.015	1.5
0.020	2.0

1.3 絮凝沉淀试验

单独絮凝沉淀试验研究了聚丙烯酰胺(PAM)、聚合氯化铝(PAC)的污染物去除效果,采用的药剂为 0.1% PAM、3% PAC、 NaOH 。试验过程中,使用 2 M NaOH 将渗滤液 pH 调节至 7.0 ± 0.2 ,取 250 mL 样品分别加入 PAM 或 PAC,PAM、PAC 的投加量分别为 3、5、7、9 mL。在 250 rpm 条件下搅拌 60 s,然后调整转速为 50 rpm 搅拌 60 s;静置沉淀,取上清液检测

收稿日期: 2022-02-17

作者简介: 孙志霄(1976—),男,本科,高级工程师,从事垃圾焚烧发电项目投资建设和运行、市政污水处理、防渗工程技术研究工作。

BOD₅、COD_{Cr}、TOC、NH₄⁺-N、TN。

1.4 芬顿-絮凝联合试验

芬顿-絮凝联合试验根据工艺顺序分为先芬顿氧化再絮凝沉淀及先絮凝沉淀再芬顿氧化两种。芬顿-絮凝试验采用芬顿氧化实验优化后的运行条件,对渗滤液进行芬顿氧化处理,再按照絮凝沉淀工艺进行实验;絮凝-芬顿试验采用絮凝沉淀实验优化后的运行条件,对渗滤液进行絮凝沉淀处理,再按照芬顿氧化工艺进行实验。

2 结果与讨论

2.1 芬顿处理效果

单独芬顿氧化处理试验结果见表3。由表3可见,当FeSO₄浓度从0.008 mol·L⁻¹增加到0.01 mol·L⁻¹,COD_{Cr}、TOC、TN去除率明显提升;当FeSO₄浓度继续增加至0.015 mol·L⁻¹和0.02 mol·L⁻¹时,COD_{Cr}去除率先上升再下降,出现较为明显的拐点,而TOC、TN去除率未见明显变化。对NH₄⁺-N的去除,各试验组未见明显差异。因此,FeSO₄浓度为0.015 mol·L⁻¹时芬顿处理效果较好。在同一FeSO₄浓度条件下,渗滤液主要污染物的去除率在[H₂O₂]/[FeSO₄]比为1.0或1.5时达到最大值。此外,当FeSO₄添加量为0.015 mol·L⁻¹或0.02 mol·L⁻¹时,[H₂O₂]/[FeSO₄]比为1.5或2.0时,BOD₅/COD显著高于其他试验组,与未处理的渗滤液相比,可生化性明显改善。综上,当FeSO₄添加量为0.015 mol·L⁻¹,[H₂O₂]/[FeSO₄]比为1.5时,渗滤液污染物的去除效果最佳,COD_{Cr}、TOC、NH₄⁺-N、TN的去除率分别为89.1%、82.8%、43.0%、51.8%,BOD₅/COD为0.468。

表3 芬顿氧化试验结果

FeSO ₄ /(mol·L ⁻¹)	[H ₂ O ₂]/ [FeSO ₄]	COD _{Cr} 去 除率/%	TOC去 除率/%	NH ₄ ⁺ -N 去除率/%	TN去除 率/%	BOD ₅ / COD _{Cr}
0.008	0.8	5.8	11.2	47.7	34.8	0.380
	1	79.9	68.8	49.9	46.5	0.032
	1.5	77.4	73.9	50.0	39.6	0.146
	2	72.7	70.3	47.4	59.1	0.069
0.01	0.8	81.8	79.2	47.7	56.6	0.023
	1	76.4	82.3	48.0	56.1	0.177
	1.5	76.2	83.9	45.6	53.2	0.045
	2	69.8	82.4	43.9	54.0	0.239
0.015	0.8	81.4	83.8	41.5	54.4	0.004
	1	90.0	83.1	44.5	52.3	0.146
	1.5	89.1	82.8	43.0	51.8	0.468
	2	76.7	83.0	43.3	51.0	0.395
0.02	0.8	72.6	82.9	44.9	49.5	0.502
	1	67.2	82.2	48.6	50.6	0.004
	1.5	72.4	81.3	43.5	50.5	0.538
	2	66.1	80.1	49.1	47.1	0.580

2.2 絮凝处理效果

单独絮凝沉淀处理试验结果见图1。由图1可见,单独投加PAM的絮凝效果高于PAC,且随絮凝剂投加量的增加,污染物去除率呈现先上升、后下降的趋势。当PAM投加量为7 mL时,各污染物去除率达到最大值,COD_{Cr}、TOC、NH₄⁺-N、TN去除率分别为69.0%、80.6%、47.9%、34.0%。与单独芬顿氧化处理相比,单独絮凝沉淀处理对渗滤液COD_{Cr}和TN的去除率较低。

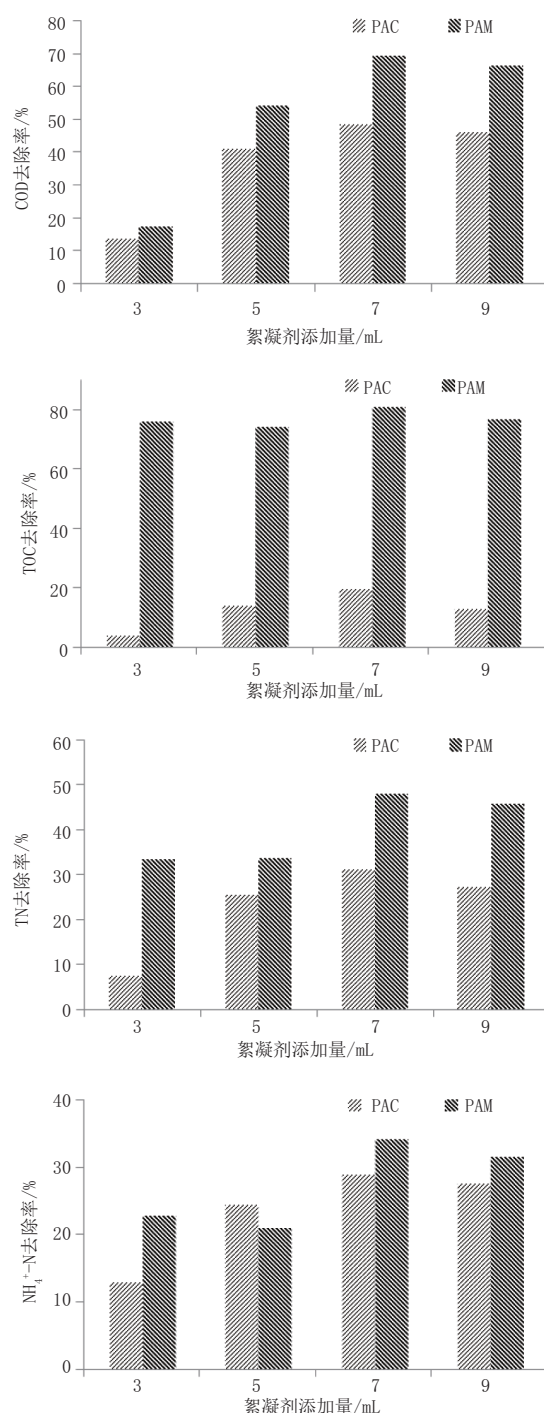


图1 絮凝剂种类及投加量对污染物去除率的影响

2.3 芬顿-絮凝处理效果

先芬顿氧化后絮凝沉淀处理效果见图2。当FeSO₄投加量分别为0.01 mol·L⁻¹及0.015 mol·L⁻¹时,渗滤液COD_{Cr}、TOC、NH₄⁺-N、TN去除率随絮凝剂PAC投加量变化情况见图2。对COD_{Cr}、TOC、TN的去除,FeSO₄投加量为0.015 mol·L⁻¹时的去除率高于投加量为0.01 mol·L⁻¹时的去除率;且絮凝剂PAC投加量为4 mL时的去除率高于投加量为2 mL、6 mL时的去除率。当FeSO₄投加量为0.015 mol·L⁻¹、[H₂O₂]/[FeSO₄]比为1.5时,投加4 mL的PAC,渗滤液COD_{Cr}、TOC去除率分别从89.1%、82.8%上升至

90.2%,90.7%,NH₄⁺-N、TN的去除率略有下降。

2.4 絮凝-芬顿处理效果

在絮凝剂投加量为7 mL条件下,絮凝剂种类及芬顿处理的氧化剂投加量对渗滤液中COD_{Cr}、TOC、NH₄⁺-N、TN等污染物的影响见图3。絮凝剂PAC-芬顿的处理效果优于絮凝剂PAM-芬顿。随着[H₂O₂]/[FeSO₄]比的增加,絮凝-芬顿工艺对COD_{Cr}及TOC的去除呈现先增加,后下降的趋势。当[H₂O₂]/[FeSO₄]比为1.5时,COD_{Cr}及TOC去除率达到最大值,分别为76.9%,90.2%。

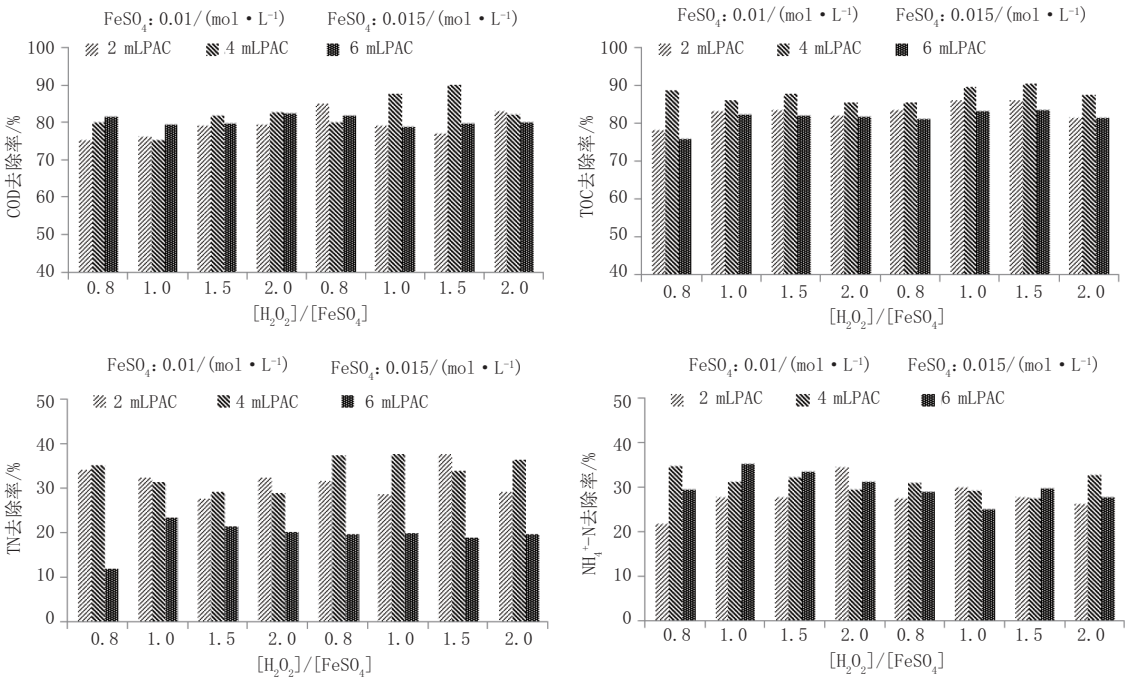


图2 芬顿-絮凝处理对污染物去除率的影响

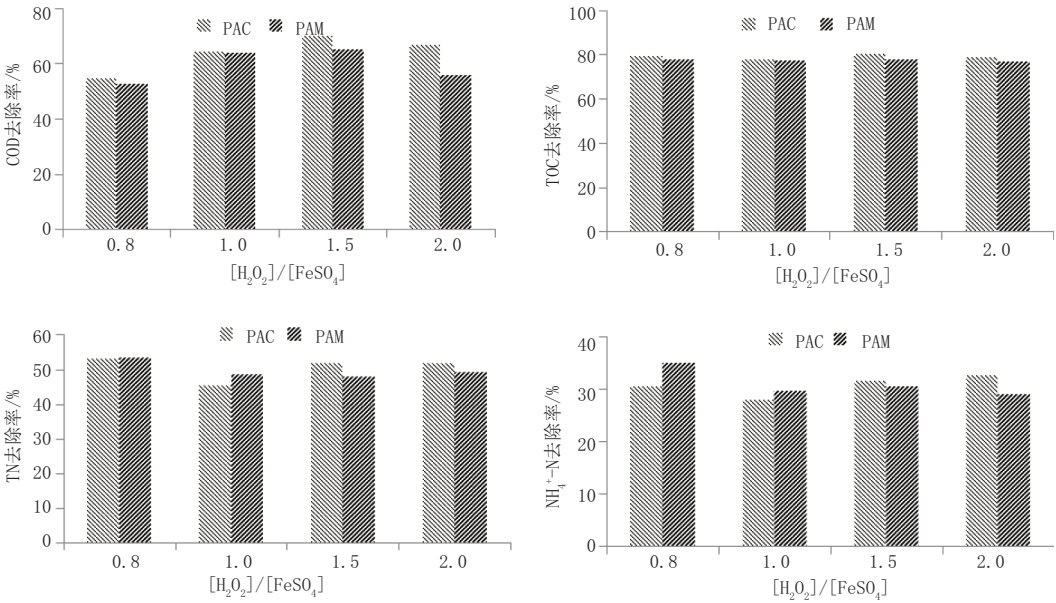


图3 絮凝-芬顿处理对污染物去除率的影响

2.5 对比分析

单独芬顿氧化、单独絮凝沉淀、芬顿-絮凝联合处理等4种工艺对老龄垃圾填埋场渗滤液的最佳去除效果见表4。由表4可见,先芬顿氧化再絮凝沉淀的芬顿-絮凝工艺对 COD_{Cr} 和TOC的去除效果最好,对 NH_4^+-N 、TN的去除效果需要进一步研究。

表4 不同处理方法对渗滤液 COD_{Cr} 和TOC去除效果对比

处理方法	FeSO_4 投加量/ ($\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$)	$[\text{H}_2\text{O}_2]/$ $[\text{FeSO}_4]$	PAC投 加量/mL	PAM投 加量/mL	COD_{Cr} 去 除率/%	TOC去 除率/%
芬顿	0.015	1.5	-	-	89.1	82.8
芬顿- 絮凝	0.015	1.5	4	-	90.2	90.7
絮凝	-	-	-	7	69.0	80.6
絮凝- 芬顿	0.015	1.5	7	-	76.9	90.2

3 结论

芬顿氧化、絮凝沉淀、芬顿与絮凝联合处理对老龄垃圾填埋场渗滤液污染物均有一定的去除效果,其中 COD_{Cr} 和TOC的去除率较高, NH_4^+-N 和TN的去除率相对较低。芬顿与絮凝联合处理较单独芬顿

氧化或单独絮凝沉淀处理均可提升 COD_{Cr} 和TOC的去除率,其中先芬顿氧化再絮凝沉淀的工艺对 COD_{Cr} 和TOC的去除率最高,是老龄垃圾填埋场渗滤液的最佳处理方式,在优化条件下对 COD_{Cr} 及TOC的去除率均可达到90%以上。

参考文献:

- [1] 徐倩,凌婷.中老龄垃圾渗滤液处理技术及相关研究进展[J].科技视界,2021(27):192-193.
- [2] 郑忆枫.垃圾渗滤液处理难点与应对方式研究[J].环境与发展,2019(3):69-70.
- [3] 刘亚琦,袁鹏飞,张寒旭,等.高效催化电芬顿法处理老龄垃圾渗滤液[J].水处理技术,2021,47(3):57-62.
- [4] 陈星宇,邱春生,孙力平,等.MWCNT-NZVI非均相电Fenton处理老龄垃圾渗滤液[J].天津城建大学学报,2021,27(3):185-190.
- [5] 冯华良,毛文龙,王晓君,等.不同臭氧催化氧化体系处理老龄垃圾渗滤液的效果及能耗分析[J].环境工程学报,2020,14(10):2689-2700.
- [6] 黄家榜,朱守诚,孔殿超,等.Fenton法去除老龄垃圾渗滤液COD的研究[J].环境保护与循环经济,2019,39(3):28-32.
- [7] 郭宝明,冯海伦,姜威,等.多元协同高级氧化技术处理垃圾渗滤液实验研究[J].当代化工,2018,47(6):1108-1111.
- [8] 徐苏云,何晶晶,唐琼瑶,等.Fenton法处理类长填龄渗滤液的氧化和絮凝作用[J].环境科学研究,2008,21(4):20-24.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站: <http://www.csdqyfh.com> 电话: 021-55008850 联系邮箱: cdq@smedi.com