

Study on Effect of Anion Exchange Fiber on Advanced Treatment of Landfill Leachate

Nianying Su¹, Yibin Li², Mingyue Chen², Xuanhai Li^{2*}, Yuanjian Xie²

¹Guilin Productivity Promotion Center, Guilin Guangxi

²School of Chemistry and Chemical Engineering, Guangxi University, Nanning Guangxi

Email: 798331629@qq.com, *154192145@qq.com

Received: May 26th, 2020; accepted: Jun. 10th, 2020; published: Jun. 17th, 2020

Abstract

The advanced treatment of landfill leachate by strongly basic Cl-type anion exchange fiber was studied. The results showed that it had a good removal effect on COD for strongly basic Cl-type anion exchange fiber, but little effect on NH₃-N removal. Under the conditions of fiber dosage of 10.0 g/L, reaction time of 30 min, reaction temperature of 30°C, initial pH of 9.0, and oscillation intensity of 150 r/min, COD removal rate and residual concentration of leachate effluent were 82.18% and 41.9 mg/L, respectively, which met the requirement of Standard for Pollution Control on the Landfill Site of Municipal Solid Waste (GB 16889-2008) on COD discharge control of sewage.

Keywords

Landfill Leachate, Anion Exchange Fiber, Advanced Treatment, COD, NH₃-N

阴离子交换纤维对垃圾渗滤液深度处理效果的研究

苏念英¹, 邝宜斌², 陈明月², 黎铨海^{2*}, 谢元健²

¹桂林市生产力促进中心, 广西 桂林

²广西大学化学化工学院, 广西 南宁

Email: 798331629@qq.com, *154192145@qq.com

收稿日期: 2020年5月26日; 录用日期: 2020年6月10日; 发布日期: 2020年6月17日

*通讯作者。

文章引用: 苏念英, 邝宜斌, 陈明月, 黎铨海, 谢元健. 阴离子交换纤维对垃圾渗滤液深度处理效果的研究[J]. 化学工程与技术, 2020, 10(4): 259-265. DOI: 10.12677/hjct.2020.104033

摘要

研究了强碱性Cl型阴离子交换纤维深度处理垃圾渗滤液的效果。结果表明,强碱性Cl型阴离子交换纤维对垃圾渗滤液中的COD有较好的处理效果,在纤维用量为10.0 g/L、反应时间为30 min、反应温度为30℃、初始pH为9.0、振荡强度为150 r/min的条件下,渗滤液出水的COD去除率和剩余浓度分别是82.18%和41.9 mg/L,达到GB16889-2008《生活垃圾填埋场污染控制标准》对污水COD的排放控制要求,但对NH₃-N基本没有去除作用。

关键词

垃圾渗滤液, 阴离子交换纤维, 深度处理, 化学需氧量(COD), NH₃-N

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

我国大多数城市的垃圾填埋场采用膜分离技术对垃圾渗滤液进行深度处理。该技术存在投资大、处理成本高、产生难处理的浓缩液等问题[1] [2] [3]。离子交换纤维是一种功能性新材料,纤维上的离子能与溶液中的离子进行选择交换,具有交换速率高、有效比表面积大、能吸附重金属、耐化学腐蚀、便于制成不同形状、易再生等特点[4] [5] [6],在化工、钢铁、冶金等工业中的废水、废气的回收和净化处理,以及海水淡化、工业用软水和无离子纯水的制备等方面得到了广泛应用[7] [8] [9] [10]。

离子交换纤维可分为阳离子交换纤维、阴离子交换纤维和两性离子交换纤维。本研究采用强碱性Cl型阴离子交换纤维对生活垃圾渗滤液进行处理,以氨氮和COD的去除为指标,考察阴离子交换纤维处理垃圾填埋场废水的效果,为离子交换纤维深度处理渗滤液废水的新方法奠定技术基础。

2. 材料与方法

2.1. 实验材料与仪器

2.1.1. 材料

实验所用垃圾渗滤液是广西某生活垃圾填埋场实际生产中预处理后的废水[11],其NH₃-N 192.3 mg·L⁻¹, COD 235.0 mg·L⁻¹, pH = 9.0。

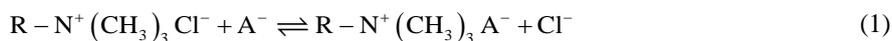
强碱性Cl型阴离子交换纤维由桂林某公司提供,盐酸、硫酸和氢氧化钠均为分析纯试剂。

2.1.2. 主要仪器

KW-1000DC 水浴恒温振荡器,江苏金坛亿通电子有限公司;EL20型pH计,梅特勒-维利多仪器(上海)有限公司;微波密封消解COD速测仪,汕头市环海工程总公司。

2.2. 原理

强碱性Cl型阴离子交换纤维在水中会电离出OH⁻而使溶液呈碱性,纤维的正电基团会和废水中阴离子进行吸附和离子交换,从而除去水中的COD。主要离子交换反应如下:



式中, R——阴离子纤维的骨架部分, A^- ——废水中带负电荷的有机物阴离子。

2.3. 方法

将 200 mL 水样置于烧杯中, 加入一定量纤维。将烧杯置于水浴恒温振荡器, 调节水样温度和振荡强度, 使纤维和废水接触、混合、反应。反应结束后, 静置、过滤, 分离纤维与水样。考察纤维用量、反应时间、温度、pH 值、振荡强度等因素对渗滤液处理的效果和影响。处理后废水的 NH_3-N 和 COD 分别按照 HJ 535-2009《水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法》和 HJ 828-2017《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》进行测定。

3. 结果与讨论

3.1. 纤维用量的影响

反应温度、振荡强度分别设定为 30℃ 和 150 r/min, 反应定时 30 min, 考察纤维用量对废水处理效果的影响, 结果见图 1。

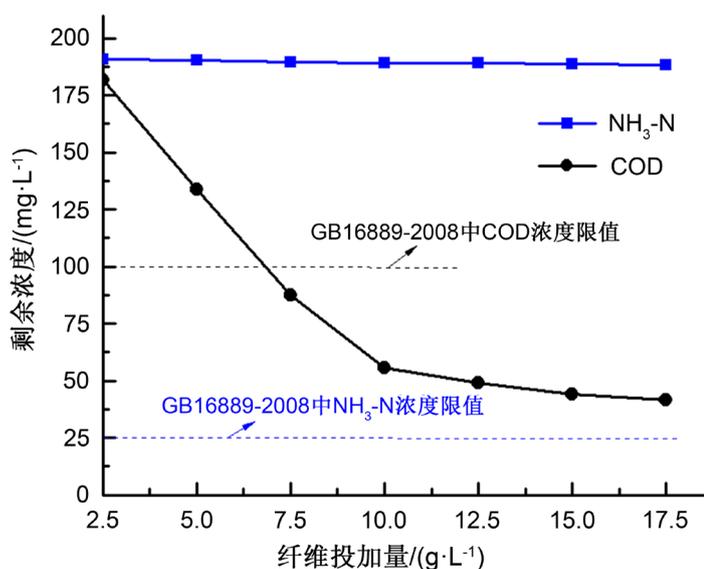


Figure 1. Effect of fiber dosage on NH_3-N and COD removal

图 1. 纤维用量对 NH_3-N 和 COD 去除效果的影响

从图 1 可见, 纤维去除 COD 的效果显著, 对 NH_3-N 的去除效果较差。垃圾渗滤液中的 COD 分为可生物降解 COD 和难降解 COD。随垃圾填埋时间的增加或是经过生化法处理以后, 渗滤液中的有机污染物通过微生物自身的新陈代谢作用被降解, 可生化性变差, 剩余的是表面带负电的难降解大分子腐殖质。纤维上的正电基团会与废水中带负电荷的有机物阴离子产生离子交换, 而且, 纤维骨架上的憎水部分还以范德华力吸附废水中的有机碱, COD 因此被除去。在呈碱性的阴离子交换纤维环境中, NH_3-N 在渗滤液中大部分是以 NH_4^+ 的形式存在, 几乎不与阴离子交换纤维发生反应, 仅有极少量的氨氮因为纤维夹带而被去除, 也就是说, 阴离子纤维对 NH_3-N 基本上没有去除作用。

实验结果还显示, 纤维用量越大, 去除的 COD 越多, 出水 COD 剩余浓度越低。当纤维用量为 7.5 g/L 时, 水样 COD 达到国家标准 GB16889-2008 的排放要求。在纤维用量增加到 2 g (10.0 g/L) 以前, COD 的

去除率随纤维用量增加而快速提升；纤维用量超过 2 g 以后，COD 去除率变化较小并趋于稳定。因此，设定 10.0 g/L 为适宜的纤维用量，此时，COD 的去除率和剩余浓度分别为 76.34% 和 55.6 mg/L；NH₃-N 去除率和剩余浓度分别为 1.61% 和 189.2 mg/L。

3.2. 反应时间的影响

反应温度、振荡强度设定为 30℃ 和 150 r/min，纤维用量 2 g，反应时间对废水处理的效果见图 2。

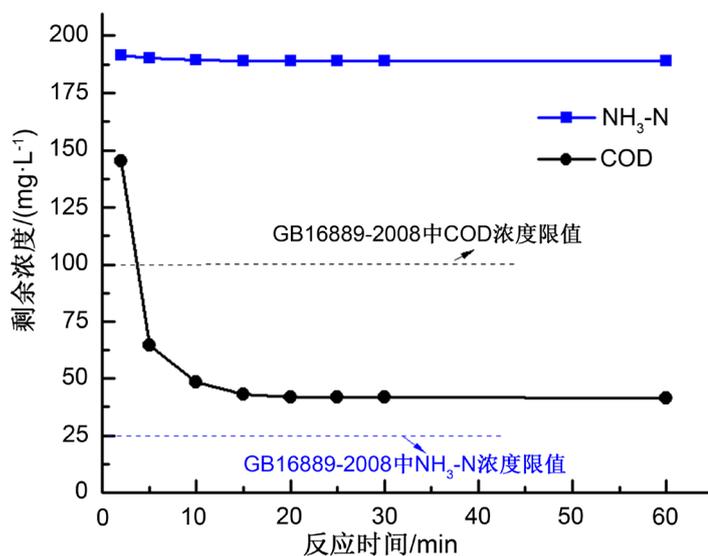


Figure 2. Effect of reaction time on NH₃-N and COD

图 2. 反应时间对 NH₃-N 和 COD 的影响

由图 2 可见，反应开始的 5 min 时间里，COD 去除率很高，水样 COD 浓度迅速降低，并达到国家标准 GB16889-2008 的排放要求。反应进行到 5~15 min 时，COD 去除率逐渐降低。反应 15 min 以后，COD 去除率趋于稳定。离子交换纤维是纤维状的离子交换材料，由均匀的单丝构成，其孔结构均一，孔径小，比表面积和交换容量大，吸附和离子交换速度快，纤维和水体一接触就迅速发生离子吸附和交换反应，水样中的 COD 快速降低。然后，离子交换反应逐渐达到可逆平衡，污染物的去除率不再增加。而水样的 NH₃-N 反应前后变化很小，从始至终远高于 GB16889-2008 标准中的指标要求。为保证反应充分，选 30 min 为适宜的反应时间。此时，COD 去除率和剩余浓度分别为 82.17% 和 41.9 mg/L；NH₃-N 的去除率和剩余浓度分别为 1.61% 和 189.2 mg/L。

3.3. 反应温度的影响

其他条件固定，振荡强度设为 150 r/min，纤维用量 2 g，反应定时 30 min，水样温度从 10℃ 逐渐调高到 60℃，考察温度对废水处理的效果，见图 3 所示。

由图 3 可知，阴离子纤维的离子交换反应在常温下可以自发进行。反应温度的变化，对水样 COD 和 NH₃-N 的去除影响不大。水样温度为 10℃~30℃ 时，COD 的去除率会随温度升高略增加；30℃ 以后，COD 的去除率基本不变。因为离子交换反应多为放热反应，水温过高会抑制反应进行；水温过低时，污染物会因水体粘度增加，出现与纤维接触、反应不够充分现象。考虑常温下处理可节约能耗，因此，选 30℃ 为适宜的反应温度。此时，COD 的去除率和剩余浓度分别为 82.09% 和 42.1 mg/L；NH₃-N 去除率和剩余浓度分别为 1.56% 和 189.3 mg/L。

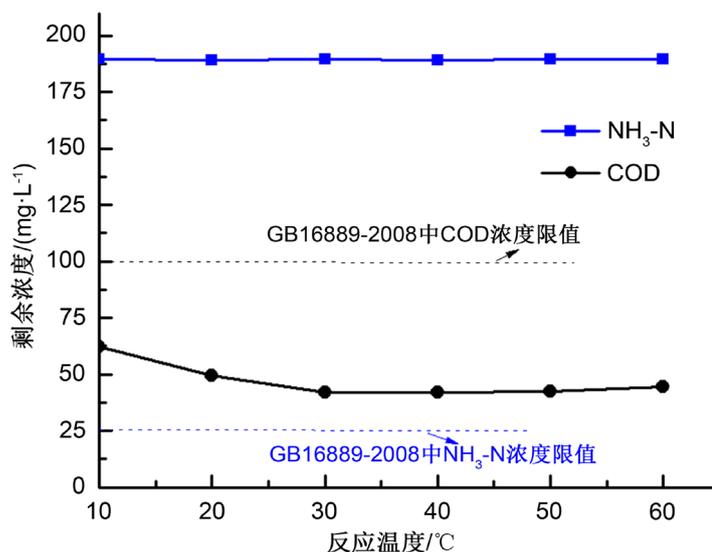


Figure 3. Effect of reaction temperature on NH₃-N and COD

图 3. 反应温度对 NH₃-N 和 COD 的影响

3.4. pH 值的影响

反应温度和振荡强度设为 30°C、150 r/min，纤维用量 2 g，用 H₂SO₄ 调节水样 pH，反应定时 30 min，水样初始 pH 值对处理效果的影响见图 4。

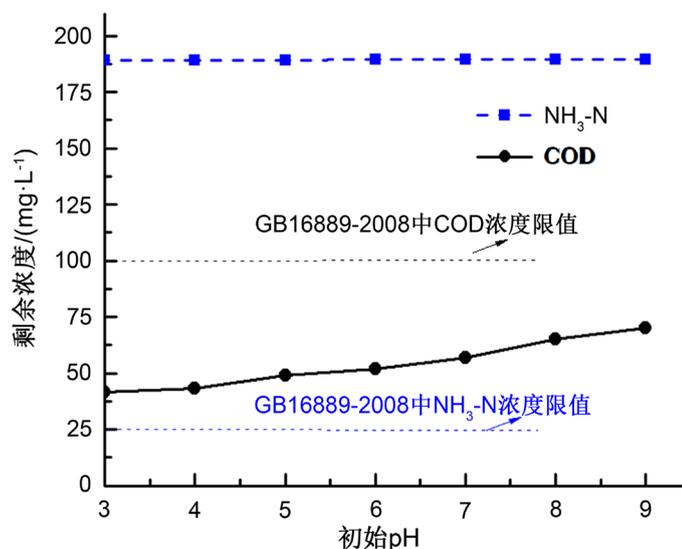


Figure 4. Effect of initial pH on NH₃-N and COD

图 4. 初始 pH 值对 NH₃-N 和 COD 的影响

从图 4 可见，随 pH 值降低，水样的酸性逐渐增强，水样 COD 浓度逐渐降低，COD 的去除率逐渐提高；水样 NH₃-N 浓度则基本不受 pH 值变化的影响。实验采用的强碱性阴离子交换纤维的活性基团电离能力强，能在不同的 pH 值下，进行一定的离子交换和吸附反应[12]。因为水样初始 pH 值为 9.0，从降低生产成本的角度考虑，选 9.0 为水样的最佳初始 pH 值。此时，水样 COD 的去除率和剩余浓度分别为 70.09% 和 70.3 mg/L，NH₃-N 的去除率和剩余浓度为 1.56% 和 189.3 mg/L。

3.5. 振荡强度的影响

加入纤维 2 g, 反应温度调为 30℃, 反应定时 30 min, 振荡强度对处理效果的影响见图 5。

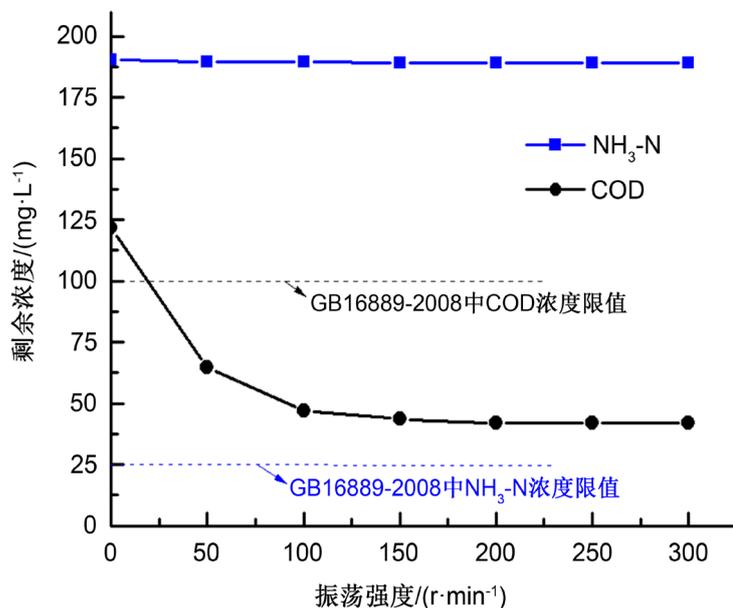


Figure 5. Effect of oscillation intensity on NH₃-N and COD
图 5. 振荡强度对 NH₃-N 和 COD 的影响

由图 5 可知, COD 的去除率随着振荡强度的增强而提高。当振荡强度达到 50 r/min 时, COD 浓度即达到国标 GB16889-2008 要求的排放标准; 振荡强度达 150 r/min 后, COD 的去除率趋于稳定。但是, 在整个实验范围内, 废水中 NH₃-N 的浓度随振荡强度的增强基本保持不变。离子交换反应是在固态的纤维与废水中污染物接触的界面间发生的, 污染物中带负电荷的阴离子在水溶液中的扩散速度和在纤维表面的传质速度, 以及污染物和纤维上的活性基团的接触时间都受振荡强度的影响。当振荡强度提高, 纤维与垃圾渗滤液中的有机物接触频率增加, 污染物在水溶液和纤维中的浓度差变大, 离子交换吸附速度提高, 离子交换量就增大, 离子在纤维内部的扩散增强。当振荡强度达到 150 r/min 及以后, COD 浓度降低的幅度减小, COD 去除率趋于稳定, 离子交换反应逐步达到可逆平衡。考虑到生产节能的因素, 选 150 r/min 作为纤维的适宜振荡强度。此时, COD 的去除率和剩余浓度分别为 81.45% 和 43.6 mg/L; NH₃-N 的去除率和剩余浓度分别为 1.61% 和 189.2 mg/L。

4. 结论

1) 影响阴离子交换纤维深度处理垃圾渗滤液的主要因素为纤维用量、反应时间和振荡强度。强碱性 Cl 型阴离子交换纤维能较好地去除垃圾渗滤液中的 COD, 但对 NH₃-N 基本没有去除作用。

2) 强碱性 Cl 型阴离子交换纤维处理的垃圾渗滤液的适宜条件: 初始 pH 为 9.0, 纤维用量 10.0 g/L, 振荡强度 150 r/min, 反应温度 30℃ 及反应时间 30 min。在此条件下, COD 的去除率和剩余浓度分别为 82.18% 和 41.9 mg/L, 达到国标 GB16889-2008 对垃圾填埋场水污染物 COD 的排放控制要求。

基金项目

广西科技计划项目(桂科 AB16380279)。

参考文献

- [1] 楼紫阳, 赵由才, 张全. 渗滤液处理处置技术及工程实例[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [2] Melnyk, A., Kuklińska, K., Wolska, L., *et al.* (2014) Chemical Pollution and Toxicity of Water Samples from Stream Receiving Leachate from Controlled Municipal Solid Waste (MSW) Landfill. *Environmental Research*, **135**, 253-261. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.09.010>
- [3] 聂永丰, 岳东北, 许玉东, 等. 渗滤液膜处理浓缩液的蒸发处理技术[J]. 中国城市环境卫生, 2006(4): 18-22.
- [4] 陈雷, 贺磊, 吴立群. 垃圾渗滤液的处理现状及发展方向[J]. 环境工程, 2016, 34(增刊): 295-298.
- [5] 崔兰, 代立波, 原思国. 离子交换纤维对含铬废水的资源化治理研究[J]. 离子交换与吸附, 2015, 31(2): 123-130.
- [6] 周绍箕. 化学吸附纤维制备、性能及应用研究进展[J]. 离子交换与吸附, 2004, 20(3): 278-288.
- [7] 郭占京, 刘雄民, 黄宏妙, 郑燕菲, 赖芳. 强酸性阳离子交换纤维吸附盐酸育亨宾的动力学研究[J]. 精细化工, 2015, 32(10): 1126-1131.
- [8] 汪朝阳. 离子交换纤维的制备、应用与前景[J]. 化工新型材料, 2004(6): 27-30.
- [9] 倪慧, 李雨. 离子交换纤维的研究进展、性能及制备[J]. 科技经济导刊, 2016(14): 34-35.
- [10] 刘萍. 离子交换纤维应用研究进展[J]. 化学工程与装备, 2015(7): 221-223.
- [11] 酆宜斌. 磁种混凝——磁分离技术预处理垃圾渗滤液的工艺研究[D]: [硕士学位论文]. 南宁: 广西大学, 2017.
- [12] 郭嘉, 陈延林, 罗晔, 等. 新型离子交换纤维的应用研究及展望[J]. 高科技纤维与应用, 2005, 30(6): 35-38.