

Study on Influence Factors of Mature Landfill Leachate by SH-A Process

Feili Gong, Yanqiu Wang, Shuqi Guan, Shucheng Wang, Zhenyu Li

University of Science and Technology, Anshan

Email: gongfeili526@126.com, qiu2395@sina.com, guanshuqi1986@126.com, wangshucheng1989@126.com, lizhenyu0985@126.com

Received: Jan. 19th, 2013; revised: Feb. 16th, 2013; accepted: Feb. 24th, 2013

Abstract: In the paper SH-A process was used for the treatment of mature landfill leachate, which contains high organic content, complex component, high toxicity, poor biochemical purification ability and high ammonia nitrogen. The influence of temperature and the nitrite nitrogen-ammonia nitrogen reaction ratio on the denitrification rate of waste leachate was studied separately. In aerobic section, organic nitrogen was converted to part of the ammonia nitrogen, while ammonia nitrogen was converted to nitrite nitrogen and nitrate nitrogen, which was named complete nitrification reaction. In anaerobic section, the denitrification reaction and anaerobic ammonia oxidation was conducted. On the optimal conditions, the synergistic effect the complete nitrification denitrification and anaerobic ammonia oxidation was conducted to remove ammonia nitrogen of mature landfill leachate. On the condition that the temperature of aerobic period of was 35°C to 40°C, temperature of anaerobic period was 30°C to 40°C, nitrite nitrogen-ammonia nitrogen reaction ratio was 1.1:1 - 1.2:1, and the total nitrogen removal efficiency maintained comparable high and stable.

Keywords: SH-A Process; Mature Landfill Leachate; Denitrification

SH-A 工艺处理晚期垃圾渗滤液影响因素的研究

巩菲丽, 王艳秋, 关姝琦, 王树成, 李振宇

辽宁科技大学, 鞍山

Email: gongfeili526@126.com, qiu2395@sina.com, guanshuqi1986@126.com, wangshucheng1989@126.com, lizhenyu0985@126.com

收稿日期: 2013 年 1 月 19 日; 修回日期: 2013 年 2 月 16 日; 录用日期: 2013 年 2 月 24 日

摘要: 本文采用 SH-A 工艺处理有机物含量高、成分复杂、毒性高、可生化性差、含氨氮高的晚期垃圾渗滤液, 分别研究在好氧段及厌氧段的温度、亚硝酸盐氮与氨氮的反应比等条件对垃圾渗滤液脱氮率的影响。在好氧段, 进行的全程硝化反应, 即有机氮转化为部分氨氮后, 氨氮转化为亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的过程。在厌氧段, 进行的是反硝化反应和厌氧氨氧化作用。在最佳控制条件下, 通过全程硝化反硝化与厌氧氨氧化的协同作用达到去除晚期垃圾渗滤液中氨氮的目的。结果表明, 好氧段温度为 35°C~40°C, 厌氧段温度为 30°C~40°C, 亚硝酸盐氮与氨氮的反应比为 1.1:1~1.2:1 时, 总氮去除率较高且维持稳定。

关键词: SH-A 工艺; 晚期垃圾渗滤液; 脱氮

1. 引言

垃圾渗滤液是垃圾处理过程产生的二次污染物, 具有有机物含量高、成分复杂、毒性高、可生化性差等特性, 不能直接进行排放。垃圾填埋场对垃圾渗滤液的控制和处理是保证垃圾的长期、安全处置的关

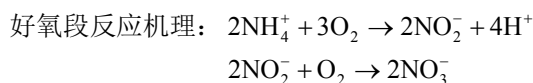
键。高浓度的氨氮是晚期垃圾渗滤液的重要水质特征之一, 是导致其处理难度较大的一个重要原因。本文采用 SH-A 工艺处理晚期垃圾渗滤液中的氨氮。SH-A 工艺是在硝化阶段控制微生物发生部分氨氮的亚硝化反应, 剩余氨氮在厌氧条件下, 由氨氧化菌以氨氮

作为电子供体,以亚硝酸盐作为电子受体,将氨氮和亚硝酸盐转化为氮气。即短程硝化反硝化与厌氧氨氧化脱氮的协同作用处理垃圾渗滤液中的氮素。

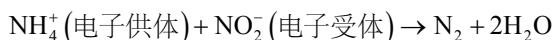
2. 实验研究

2.1. 处理工艺

本实验拟采用 SH-A 工艺进行生物脱氮,通过控制短程硝化段的反应条件,使亚硝酸盐氮部分转化为硝酸盐氮,在硝酸盐氮和亚硝酸盐氮同时存在的条件下共同进入厌氧段,通过控制厌氧段反应条件,促使反硝化和氨氧化同时脱氮。



厌氧段反应机理:



2.2. 实验所用水质

本实验所用废水取自某垃圾填埋场的晚期垃圾渗滤液,该水样呈深褐色,有恶臭味。实验用水水质指标如表 1,该废水主要特点是氨氮含量高,可生化性差。

2.3. 工艺流程

本研究所需要的主要实验装置如下,具体的工艺流程见图 1。

1) 反应器装置:采用有机玻璃加工制成的圆柱体。好氧反应器高度为 900 mm,外径 200 mm,内径

Table 1. Experimental water quality
表 1. 实验用水水质指标

pH	COD _{Cr}	NH ₄ ⁺ -N	NH ₂ ⁺ -N	NH ₃ ⁺ -N	KN	TN
6.5~8.5	1500~2000	500~620	0~20	10~30	10~30	520~650

单位: mg/L, pH 为无量纲

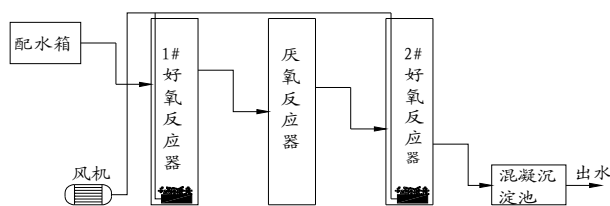


Figure 1. Experimental setup
图 1. 实验装置

190 mm。反应器两侧不同高度设进水口、取样口、出水口、排泥口。

2) 曝气装置:采用日生 ACO-018 电磁式空气压缩机连接乳胶管,末端加棒状微孔曝气头向好氧反应器进行供气,通过螺旋夹控制气量大小来控制好氧反应器的溶解氧。

3) 加热设备:采用电热丝

4) 填料:组合填料(HZ-150-40 型)。

5) 温度计:采用水银温度计(范围 0℃~100℃)测定反应器内水的温度。

3. SH-A 生化系统的启动

好氧生化活性污泥取自某垃圾填埋场垃圾渗滤液处理站曝气池的回流污泥,培养驯化一段时间后,好氧污泥活性大大提高,可达到系统运行要求。在厌氧条件下,培养驯化厌氧活性污泥,当厌氧装置表面产生大量的气泡,通过测定出水中氨氮和亚硝酸盐氮指标,其数值均大幅度降低,表明厌氧氨氧化菌存在并开始工作,厌氧活性污泥培养成熟。

4. 结果及分析

4.1. 实验分析的方法

实验过程中具体的分析方法见表 2。

实验过程中具体的计算方法如下:

氨氮转化率 = $\frac{\text{NO}_x\text{-N}}{\text{NH}_4^+\text{-N}} \times 100\%$; (以后出现的氨氮转化率计算方法相同)

(其中 NO_x-N 为氨氮转化成 NH₂⁺-N 和 NH₃⁺-N 的总和)

亚硝酸型硝化率 = $\frac{\text{NO}_2^+\text{-N}}{\text{NO}_x\text{-N}} \times 100\%$ (以后出现

Table 2. Analytical methods of water quality
表 2. 各水质指标分析方法表

测定项目	测定方法
NH ₄ ⁺ -N	酸碱滴定法
NH ₂ ⁺ -N	N-(1-萘基)-乙二胺分光光度法
NH ₃ ⁺ -N	戴氏合金还原法
KN	蒸馏滴定法
COD _{Cr}	重铬酸钾法
pH	玻璃电极法

的亚硝酸型硝化率计算方法相同)

4.2. 温度对好氧段氨氮转化率的影响

当曝气时间为 22~26 小时, 温度为 30℃、32.5℃、35℃、37.5℃、40℃对晚期垃圾渗滤液亚硝酸型硝化和硝酸型硝化的影响见表 3、图 2、表 4 和图 3。

由图 3 可以看出温度为 35℃时, 亚硝酸型硝化所占比例比较高, 亚硝酸型硝化率均大于 65.8%。因此, 35℃为晚期垃圾渗滤液硝化反应的最佳温度。在该温度下, 亚硝酸菌的活性最大, 实现了亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的同时积累, 为进入厌氧段的反硝化及氨氧化

提供电子受体。

Table 3. Nitrous nitrification efficiency in different temperatures (%)

表 3. 不同温度下的亚硝酸型硝化率(%)

	t = 22 h	t = 23 h	t = 24 h	t = 25 h	t = 26 h
30.0℃	84.3	81.4	73.5	60	57.4
32.5℃	85.1	82.0	75.1	62.3	63.8
35.0℃	86.4	82.9	78.6	72.1	65.8
37.5℃	83.1	80.4	72.6	65.5	58.2
40.0℃	77.4	74	70.4	68.2	60.5

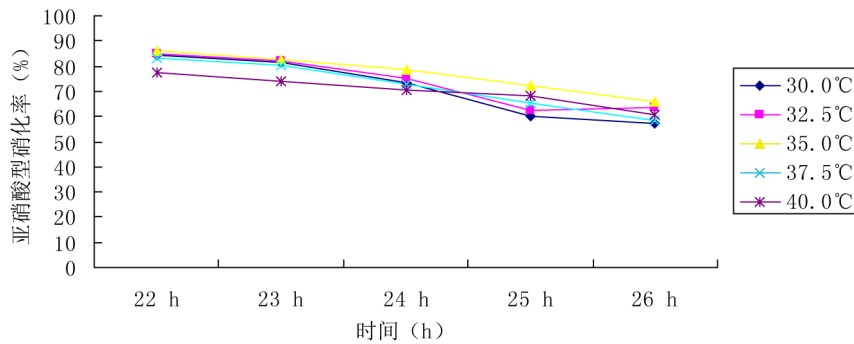


Figure 2. Nitrous nitrification efficiency in different temperatures
图 2. 不同温度下的亚硝酸型硝化率

Table 4. NH₄⁺-N conversion efficiency in different temperatures (%)

表 4. 不同温度下的氨氮转化率(%)

	t = 22 h	t = 23 h	t = 24 h	t = 25 h	t = 26 h
30.0℃	52.1	65.3	71	58.3	52.6
32.5℃	51.3	66.2	71.7	60.0	54.1
35.0℃	53.2	64.6	72.4	66.3	54.5
37.5℃	51.7	63.5	68.1	60.2	54.0
40.0℃	49.7	59.3	63.4	57.3	54.0

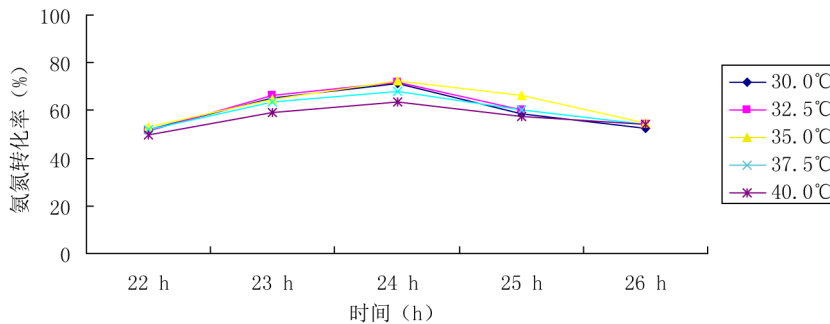


Figure 3. NH₄⁺-N conversion efficiency in different temperatures
图 3. 不同温度下的氨氮转化率

4.3. 温度对厌氧段脱氮率的影响

厌氧段实验用水水质指标如表 5。

当温度 $<30^{\circ}\text{C}$ 时,不利于厌氧氨氧化细菌的活动,氨氮的消耗少,当温度 $>40^{\circ}\text{C}$ 时,虽然氨氮量减少快,但高温易使微生物活性受到抑制,反硝化细菌的活性受到影响。温度为 $30^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 之间时,氨氮剩余量较其他温度情况下少。根据厌氧氨氧化反应原理可知,氨氮量的减少说明亚硝酸盐氮参与反应,亚硝酸盐氮的量也在减少。此时,反硝化细菌也处于活性较强阶段。由此可知,最适温度为 $30^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。在厌氧氨氧化温度条件的基础上,在停留时间为 $30\sim 40$ 小时的条件下,选取 30°C 、 32.5°C 、 35°C 、 37.5°C 、 40°C 五个温度点进行研究,实验结果如表 6。

由图 4 可知,当温度为 30°C 时,反硝化消耗硝酸盐氮的量最大,即反硝化作用最强。

综上所述,厌氧生物反应器在水里停留时间为 36 小时的条件下,最适温度为 30°C 。

4.4. 氨氮与亚硝酸盐氮的反应比对 SH-A 工艺脱氮率的影响

根据反映机理,氨氮与亚硝酸盐氮的理论反应比为 $1:1$,然而在对垃圾渗滤液生物脱氮处理的实验研究中,氨氮与亚硝酸盐氮的反应比较理论值偏差较大。本实验通过研究不同的氨氮与亚硝酸盐氮反应比对 SH-A 工艺的影响,得到相应实验结果,如表 7 所

示。

如图 5 可知,当 $\text{NH}_2^+-\text{N}:\text{NH}_4^+-\text{N}$ 为 $1.1:1\sim 1.2:1$ 时,氨氮去除率比较稳定,当 $\text{NH}_2^+-\text{N}:\text{NH}_4^+-\text{N}$ 为 1.2 时,氨氮去除率较大。

4.5. 系统运行及结果分析

在完成反应器条件实验的基础上,对工艺系统进行连续运行。实验采用流量为 1L/h 。运行参数如下:

一段好养生物反应器:温度为 $35^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$,pH 值在 $7.5\sim 8.0$,水利停留时间控制在 24h ,溶解氧控制在 $3.0\sim 4.0\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,SV%在 $20\sim 30$ 。厌氧生物反应器: $\text{NH}_2^+-\text{N}:\text{NH}_4^+-\text{N} = 1.1:1\sim 1.2:1$,温度 $30^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$,

Table 5. Experimental water quality (mg/L)
表 5. 实验用水水质指标(mg/L)

COD _{Cr}	NH ₄ ⁺ -N	NH ₂ ⁺ -N	NH ₃ ⁺ -N
763.2	92.3	296.0	31.5

Table 6. Changes of Nitrate nitrogen residual content (mg/L)
表 6. 硝酸盐氮剩余含量的变化(mg/L)

	t = 30 h	t = 33 h	t = 36 h	t = 40 h
30.0 $^{\circ}\text{C}$	11.2	8.5	7.1	7.0
32.5 $^{\circ}\text{C}$	11.7	8.8	7.3	7.1
35.0 $^{\circ}\text{C}$	12.1	10.3	8	7.4
37.5 $^{\circ}\text{C}$	14.7	12.1	9.0	7.8
40.0 $^{\circ}\text{C}$	16.3	13.1	9.6	8.3

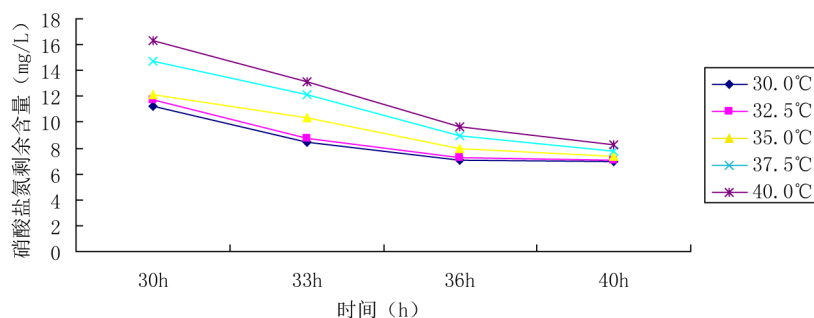


Figure 4. the residual content of nitrate nitrogen in different temperatures
图 4. 不同温度下硝酸盐氮的剩余含量

Table 7. The relationship of $\text{NH}_2^+-\text{N}:\text{NH}_4^+-\text{N}$ and ammonia nitrogen removal efficiency
表 7. $\text{NH}_2^+-\text{N}:\text{NH}_4^+-\text{N}$ 与氨氮去除率的关系

$\text{NH}_2^+-\text{N}:\text{NH}_4^+-\text{N}$	0.5	0.7	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
氨氮去除率(%)	35.2	42.9	63.5	77.6	83.5	85.4	85.1	84.9	84.2

SH-A 工艺处理晚期垃圾渗滤液影响因素的研究

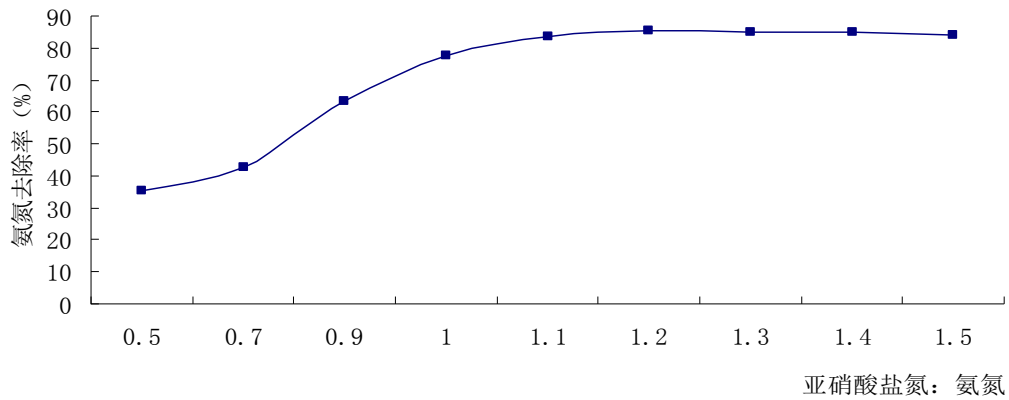


Figure 5. The relationship of $\text{NH}_2^- \text{-N} : \text{NH}_4^+ \text{-N}$ and ammonia nitrogen removal rate

图 5. $\text{NH}_2^- \text{-N} : \text{NH}_4^+ \text{-N}$ 与氨氮去除率的关系

Table 8. And out of the water situation in the whole system

表 8. 整个系统进出水情况

$\text{NH}_4^+ \text{-N}$ (mg/L)		$\text{NH}_2^- \text{-N}$ (mg/L)		$\text{NH}_3^- \text{-N}$ (mg/L)		COD_{Cr} (mg/L)	
进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
535.7	未检出	2.4	0.1	5.4	30.2	1380.7	78.9
548.5	2.2	0	0.1	6.1	29.6	1512.3	81.5
560.8	未检出	0.6	0.2	8.0	34.8	1656.2	92.8
588.9	2.0	0.1	未检出	5.6	31.9	1800.8	82.4
612.5	1.6	0.9	0.1	12.8	24.6	2062.4	74.6
605.3	3.5	0	未检出	11.4	42.1	2087.5	84.1
611.6	未检出	0	0.1	8.9	38.2	2020.5	78.0

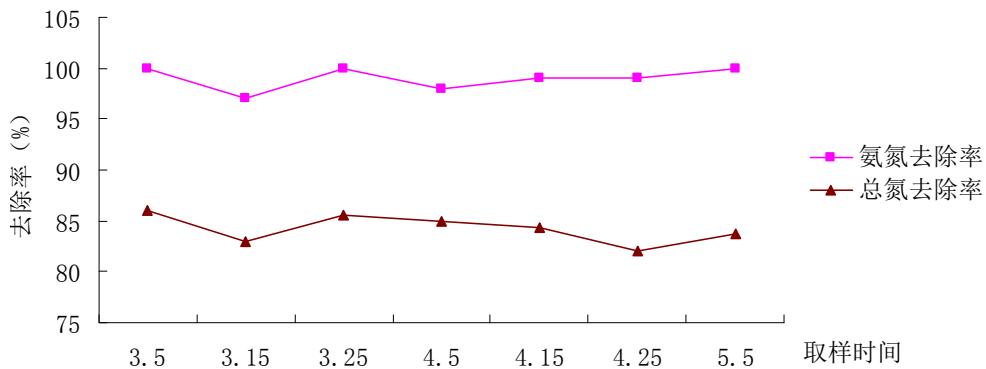


Figure 6. Overall system operation of nitrogen removal efficiency

图 6. 系统整体运行氮的去除效果

Table 9. Water quality

表 9. 出水水质

PH	COD_{Cr}	$\text{NH}_4^+ \text{-N}$	$\text{NH}_2^- \text{-N}$	$\text{NH}_3^- \text{-N}$	KN	TN
6.5~7.5	<100	0~20	0~3	5~20	4~10	45~80

单位: mg/L, (pH 为无量纲)

pH 值在 7.5~8.3 之间, 水利停留时间控制在 36 h, 溶解氧控制在 1.0 mg/L 左右。二段好氧生物反应器: 温度为 $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, pH 值在 7.5~8.0, 水利停留时间控制在 24 h, 溶解氧控制在 3.0~4.0 mg/L, SV% 在 20~30。整个系统运行的进出水情况如表 8 所示。

从图 6 可以看出, 经过两个月的系统连续运行, 系统出水水质稳定, 晚期垃圾渗滤液通过该工艺处理后氨氮去除率达到 95%~100%, 总氮去除率约为 85%。

晚期垃圾渗滤液经过整个工艺系统处理后各项出水水质指标均达到国家《污水综合排放标准》(GB8978-1996 一级), 具体出水水质见表 9。

由表 3.8 可以看出, 出水的各项指标均达到了排放标准, 晚期垃圾渗滤液的处理效果较好。SH-A 试运行结果总氮去除率约为 85%, 比全程硝化反硝化脱氮率有所提高。

5. 结论

1) 在好氧生物反应时, 得到 35°C 为中老年垃圾渗滤液反应的最佳温度, 该温度下亚硝酸菌的活性最大, 实现了亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的同时积累。采用反硝化结合厌氧氨氧化对晚期垃圾渗滤液的厌氧生物反应进行研究, 当 $\text{C/N} = 3\sim 3.5$, 温度 $30^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, pH 值在 7.5~8.3 之间, 水利停留时间控制在 36 h, 得

出反应的最佳控制条件: $\frac{\text{NH}_4^+-\text{N}}{\text{NH}_2^--\text{N}} = 1:1.1\sim 1:1.2$ 。此时,

仅厌氧生物反应器的脱氮率就能达到 75% 以上。

2) SH-A 工艺即短程硝化反硝化与厌氧氨氧化的协同作用, 脱氮率比全程硝化反硝化工艺单独运行时, 总氮的去除率有一定提高。

3) 本研究表明 SH-A 工艺处理晚期垃圾渗滤液运行稳定, 处理成本低, 运行过程中只需投加少量的碱来维持系统的正常运行。

参考文献 (References)

- [1] 单明军. 节能型焦化废水脱氮工艺[P]. 中国: 200510047393.2, 2005-10-14.
- [2] 周少奇, 周吉林. 生物脱氮新技术研究进展[J]. 环境污染治理技术与设备, 2000, 12(6): 11-19.
- [3] 吕艳丽, 单明军, 王旭等. 短程硝化-厌氧氨氧化处理焦化废水的研究[J]. 冶金能源, 2007, 7(5): 55-62.
- [4] 左剑恶, 蒙爱红. 一种新型生物脱氮工艺——SHARON-ANAMMOX 组合工艺[J]. 给水排水, 2001, 27(10): 22-29.
- [5] 沈耀良, 王宝贞. 垃圾填埋场渗滤液的水质特征及其变化规律分析[J]. 污染防治技术, 1999, 12(1): 10-13.
- [6] 袁居新, 陶涛, 王宗平等. 垃圾渗滤液处理中的高效生物脱氮现象[J]. 中国给水排水, 2002, 8(3): 76-78.
- [7] 邓建绵, 陶涛. 垃圾渗滤液脱氮研究[J]. 华中科技大学学报(城市科学版), 2003, 20(1): 50-53.
- [8] 卢平, 曾丽璇, 张秋云等. 高浓度氨氮垃圾渗滤液处理方法研究[J]. 中国给水排水, 2003, 19(5): 44-45.