

A²/O 与混凝沉淀法处理垃圾渗滤液研究

赵宗升¹, 刘鸿亮², 袁光钰¹, 李炳伟²

(1. 清华大学 环境科学与工程系, 北京 100084; 2. 中国环境科学研究院, 北京 100012)

摘要: 采用厌氧—缺氧—好氧—混凝沉淀工艺处理垃圾填埋场渗滤液。当进水 COD 为 2 000 mg/L 左右时,好氧出水 COD 可降至 900 mg/L,混凝沉淀出水 COD 可降至 80 mg/L;当进水氨氮浓度为 1 300 mg/L 左右时,好氧出水氨氮 < 10 mg/L。生物处理系统对总氮的去除率较低,仅为 20% ~ 30%,因而提高总氮的去除率应是今后研究的方向之一。

关键词: 垃圾渗滤液; A²/O; 混凝; 脱氮

中图分类号: X505 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000 - 4602(2001)11 - 0013 - 04

Study on A²/O and Coagulation/ Sedimentation Process for Treatment of Landfill Leachate

ZHAO Zong-sheng¹, LIU Hong-liang², YUAN Guang-yu¹, LI Bing-wei²

(1. Department of Environmental Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 2. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: The results show that A²/O and coagulation/ sedimentation process is feasible for the treatment of landfill leachate. When influent COD is about 2 000 mg/L, COD from aerobic effluent can be reduced to 900 mg/L and COD from coagulation/ sedimentation effluent reduced to 80 mg/L; when influent NH₄-N concentration is about 1 300 mg/L, NH₄-N from aerobic effluent can be < 10 mg/L. The biological treatment system has less removal rate of TN with 20% ~ 30% only. The future trend of study is to improve the removal rate of TN.

Key words: landfill leachate; A²/O; coagulation; nitrogen removal

垃圾填埋场渗滤液的场内单独处理是控制渗滤液污染的重要环节^[1]。由于渗滤液的污染成分十分复杂,有机物和氨氮浓度都很高,简单的生物处理很难达到较好的去除效果,因而采用生物与物化处理相结合的处理流程应为首选,而物化处理尤以较为经济的混凝沉淀更适用。为此,进行了厌氧—缺氧—好氧生物处理 + 混凝沉淀处理流程的可行性研究。其中,厌氧处理是为去除 BOD 和提高渗滤液的可生化性而设计的,缺氧—好氧处理是为生物脱氮而设计的,混凝沉淀是为去除难生物降解的有机物而设计的。

1 试验装置与方法

基本水质

试验用渗滤液取自北京某市政垃圾填埋场,其填埋年限为 4 年。

工艺流程

处理工艺的厌氧段为内循环式厌氧流化床,容积为 40 L,内装 2 L 煤质活性炭;缺氧池容积为 15 L,曝气池容积为 40 L,沉淀池是直径为 200 mm 的竖流式沉淀池。混凝沉淀采用间歇杯皿试验。

渗滤液水质见表 1,工艺流程见图 1。

表 1 渗滤液水质

项目	数值范围
pH值	8.0~8.5
COD_{Cr} (mg/L)	1 600~3 200
BOD_5 (mg/L)	500~1 500
SS (mg/L)	300~400
氨氮 (mg/L)	400~1 600
总氮 (mg/L)	600~2 100
碱度 (mg/L)	3 600~9 700
总磷 (mg/L)	5~25

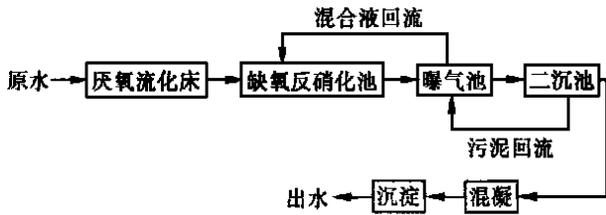


图 1 工艺流程

运行条件

生物处理系统的运行条件见表 2。

表 2 生物处理系统的运行条件

运行条件	厌氧流化床温度 (°C)	曝气池温度 (°C)	污泥回流比	混合液回流比	曝气池溶解氧浓度 (mg/L)
数值	35	20~30	2	5	2~3

2 结果与讨论

2.1 生物处理

主要进、出水指标的变化曲线见图 2~5。

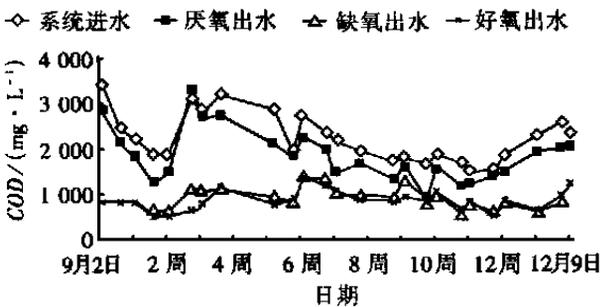


图 2 9月2日—12月9日进、出水 COD 浓度的变化

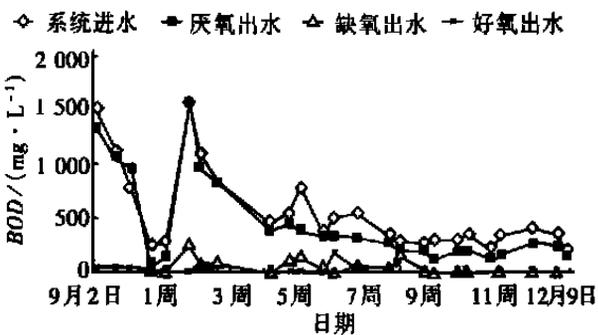


图 3 9月2日—12月9日进、出水 BOD 浓度变化曲线

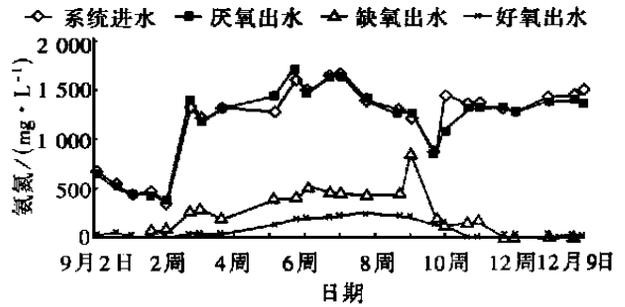


图 4 9月2日—12月9日进、出水氨氮浓度变化曲线

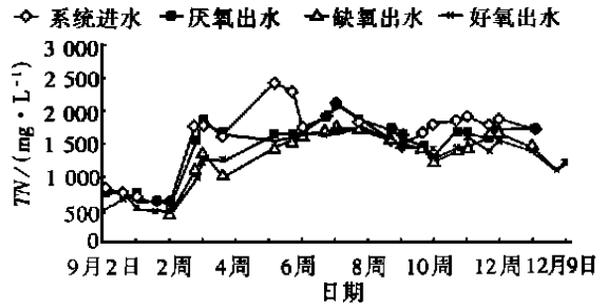


图 5 9月2日—12月9日进、出水 TN 浓度变化曲线

试验分 4 个阶段。第一阶段(9月1日—9月16日)进水的污染物浓度较低, BOD 、氨氮去除率均较高, COD 也达到了比较好的处理效果。第二阶段(9月17日—9月28日)的污染负荷增加, 平均进水氨氮浓度从前一阶段的 481 mg/L 增加到 1 262 mg/L, 但进水流量从 36 L/d 调至 31 L/d。氨氮浓度虽有较大幅度的增加, 氨氮负荷也从 0.2 kg/(m³·d) 增至 0.7 kg/(m³·d), 但 COD 、氨氮、总氮去除率均有所上升。这一阶段曝气池污泥沉降比上升, 说明负荷较高, 但二沉池未发生污泥上浮。在第三阶段(9月29日—11月11日)降低了进水负荷, 将进水流量从 30 L/d 下调为 20 L/d, 此时除污泥沉降性能得以改善外, 对污染物的去除效果不但没有改善, 反而有所下降。其原因是系统内碱度消耗殆尽, 曝气池混合液的 pH 值下降, 最低降至 4.95, 平均 pH 值为 5.68。较低的 pH 值使硝化反应不能进行到底, 反硝化速率下降, 好氧出水的氨氮上升, 总氮去除率下降, 所以必须对曝气池的 pH 值进行控制。第四阶段(11月12日—12月16日)采用向曝气池投加碱液的方法控制 pH 值, 这一阶段的平均 pH 值为 7.74, 硝化反应进行得较为彻底, 好氧出水平均氨氮浓度为 9.8 mg/L, 总氮去除率提高到 23%。

各阶段测定指标的平均值分别见表 3~6。

表3 生物处理系统第一阶段的运行状态

参数	进水	厌氧出水	缺氧出水	好氧出水	总去除率 (%)
COD(mg/L)	2 348	1 891	616	718	69
COD 负荷 [kg/(m ³ ·d)]	1.68	1.63			
BOD(mg/L)	769	691	9.2	28.9	96
BOD 负荷 [kg/(m ³ ·d)]		0.62			
氨氮(mg/L)	481	466	66	14	97
氨氮负荷 [kg/(m ³ ·d)]		0.20			
总氮(mg/L)	633	605	491	483	23
NO ₃ ⁻ -N(mg/L)	3.4	4.4	163	260	
NO ₂ ⁻ -N(mg/L)	1.2	3.7	36	40	
SS(mg/L)	307	384		743	
pH 值	8.41	8.22	8.05	7.29	
碱度(mg/L)	3 920	3 819	1 188	351	91

注：生物系统中进水流量为 36 L/d,污泥沉降比为 65%,污泥浓度为 3 859 mg/L,污泥指数为 168, COD/ TN=9.6。

表4 生物处理系统第二阶段的运行状态

参数	进水	厌氧出水	缺氧出水	好氧出水	总去除率 (%)
COD(mg/L)	3 020	2 914	1 122	866	71
COD 负荷 [kg/(m ³ ·d)]	2.34	1.64			
BOD(mg/L)	1 136	1 092	135	38	96
BOD 负荷 [kg/(m ³ ·d)]		0.62			
氨氮(mg/L)	1 262	1 276	245	28	98
氨氮负荷 [kg/(m ³ ·d)]		0.70			
总氮(mg/L)	1 688	1 638	1 139	1 122	33
NO ₃ ⁻ -N(mg/L)	18.8	2.5	495	647	
NO ₂ ⁻ -N(mg/L)	1.2	3.2	51	38	
SS(mg/L)	292			803	
pH 值	8.2	8.1	8.0	6.8	
碱度(mg/L)			2 002	142	

注：生物系统中的进水流量为 31 L/d,污泥沉降比为 95.5%,污泥浓度为 6 364 mg/L,污泥指数为 150, COD/ TN=3.96。

表5 生物处理系统第三阶段的运行状态

参数	进水	厌氧出水	缺氧出水	好氧出水	总去除率 (%)
COD(mg/L)	2 112	1 712	1 071	1 007	52
COD 负荷 [kg/(m ³ ·d)]	1.05	0.62			
BOD(mg/L)	530	262	66	54	90
BOD 负荷 [kg/(m ³ ·d)]		0.09			
氨氮(mg/L)	1 367	1 352	424	186	86
氨氮负荷 [kg/(m ³ ·d)]		0.42			
总氮(mg/L)	1 693	1 843	1 541	1 547	8.6
NO ₃ ⁻ -N(mg/L)	5.9	7.0	562	676	
NO ₂ ⁻ -N(mg/L)	0.5	0.9	136	172	
SS(mg/L)	362	595		1 615	
pH 值	7.8	8.0	7.67	5.68	
碱度(mg/L)	7 943	8 322	1 424	44	99

注：生物系统中进水流量为 20 L/d,污泥沉降比为 36%,污泥浓度为 3 945 mg/L,污泥指数为 91, COD/ TN=2.28。

表6 生物处理系统第四阶段的运行状态

参数	进水	厌氧出水	缺氧出水	好氧出水	总去除率 (%)
COD(mg/L)	1 980	1 643	1 071	896	54
COD 负荷 [kg/(m ³ ·d)]	0.87	0.60			
BOD(mg/L)	258	177	15	15	94
BOD 负荷 [kg/(m ³ ·d)]		0.06			
氨氮(mg/L)	1 321	1 290	49	9.8	99
氨氮负荷 [kg/(m ³ ·d)]		0.47			
总氮(mg/L)	1 680	1 625	1 475	1 287	23
NO ₃ ⁻ -N(mg/L)			606	751	
NO ₂ ⁻ -N(mg/L)			99	139	
SS(mg/L)	409	381		845	
pH 值	8.47	8.41	7.79	7.74	
碱度(mg/L)	8 048	7 951	997	1 087	86

注：生物系统中进水流量为 20 L/d,污泥沉降比为 33%,污泥浓度为 3 144 mg/L,污泥指数为 105, COD/ TN=2.2。

通过上述试验可以得出：高浓度氨氮渗滤液的处理,必须合理控制曝气池的 pH 值,否则硝化反应会将碱度消耗殆尽,使 pH 值下降到 5 左右,从而使硝化反应和反硝化反应的生物化学过程受到抑制。向曝气池中投加碱液是控制其 pH 值的直接方法,但在经济上是不足取的。应进一步研究合理控制反应速度问题——提高反硝化速度,而将硝化反应速度控制在较低的水平,使反硝化反应产生的碱度抵消一部分硝化反应对碱度的消耗。影响硝化反应速度的主要因素是溶解氧浓度,故如何将溶解氧浓度控制在恰当的水平,使硝化和反硝化速度相适应是进一步研究的方向。这样不仅可以使硝化反应进行得彻底,而且可以最大限度地提高反硝化脱氮效率。应研究应用高浓度氨氮废水的高效生物脱氮途径,如厌氧氨氧化和好氧反硝化技术等^[2]。

2.2 混凝

渗滤液经生物处理后,出水中的 BOD、氨氮等污染物可以达到我国的有关排放标准,但出水的 COD 浓度还比较高,必须进行进一步的处理。为此,对生物处理出水进行了混凝沉淀处理。

pH 值对混凝效果的影响

投加含 Al₂(SO₄)₃ 浓度为 16 g/L 的溶液 1 mL,于不同 pH 值条件下的混凝试验结果见表 7。

表7 不同 pH 值下的硫酸铝混凝效果

pH 值	3	4	5	6	7	8	9	10	11
COD(mg/L)	816	758	397	535	582	490	352	371	402

注：原水 COD 值为 847 mg/L。

试验结果表明,在 pH=5 和 pH=9 时出现两个处理 COD 效果的较好点,其中 pH=9 时的处理效果最好。

采用含铁量为 160 g/L、投加量为 1 mL 的聚合硫酸铁混凝剂,在不同 pH 值条件下的混凝试验结果见表 8。

表 8 不同 pH 值下的聚合硫酸铁混凝效果

pH 值	3	4	5	6	7	8	9	10	11
COD(mg/L)	578	538	88	343	314	351	431	581	416

注: 原水的 COD 值为 653 mg/L。

试验结果表明,pH=5 时的出水 COD 浓度最低(为 88 mg/L),且聚铁的混凝效果优于硫酸铝的混凝效果。

投加量对混凝效果的影响

在 pH=5 的条件下,聚铁投加量不同时的混凝试验结果见表 9。

表 9 聚铁投加量不同时的混凝效果

投加量(mL)	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0
COD(mg/L)	245	149	114	98.6	74.6

注: 原水的 COD 值为 597 mg/L。

试验结果表明,处理后的 COD 随聚铁投加量的增加而逐渐降低,最低可降至 80 mg/L 以下。

在 pH=9 的条件下,硫酸铝投加量不同时的混凝试验结果见表 10。

表 10 硫酸铝投加量不同时的混凝效果

投加量(mL)	0.25	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
COD(mg/L)	440	375	278	272	238	264	291

注: 原水的 COD 值为 572 mg/L。

试验结果显示硫酸铝的最佳投加量为 3 mL,但

处理效果仍不如聚铁。

3 结论

试验流程对渗滤液 COD 的处理效果较好,可将 COD 从 1 980 mg/L 降至 80 mg/L 以下,总去除率可达 96%。其中生物处理部分可将 COD 降低到 800 mg/L 左右,其去除率为 54%。

该流程对高浓度的氨氮也可取得较好的处理效果,可将氨氮浓度从 1 321 mg/L 降至 10 mg/L 以下,其去除率达 99%。

该流程的总氮去除率仅为 20%~30%,因而脱氮效率有待提高。

必须对曝气池的 pH 值加以控制,否则高浓度氨氮的硝化会将 pH 值降至 5 左右,严重影响生物净化过程的进行。

生物处理后的混凝处理宜采用聚铁为混凝剂,其混凝的最佳 pH=5,投加量以 1 L 水投加 6 mL 聚铁为宜。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 赵宗升,刘鸿亮,李炳伟,等.高浓度氨氮废水高效生物脱氮途径[J].中国给水排水,2001,17(5):24-28.

作者简介:赵宗升(1959-),男,北京顺义人,副研究员,博士,研究方向为水污染控制。

电话:(010)84915277

收稿日期:2001-06-14

·工程信息·

昌吉市第二污水处理厂工程

工程概况:该工程处理规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,一期建设规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,总投资为 1.5 亿元,工程总占地面积为 $159\,840 \text{ m}^2$ 。

处理工艺:拟选用 A/O 生物处理法即厌氧—好氧工艺。

设计单位:北京市政设计研究总院。该工程将于 2001 年 10 月投入运行。

(昌吉市排水管理处 杨禄德 供稿)