

学校编号: 10843

分类号_____ 密级_____

学 号: 200436027

U D C _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

缺氧-浸没式好氧膜生物反应器(A-SOMBR)
在垃圾渗滤液处理中的应用研究

The application study of anoxic-submerged oxic membrane
bioreactor (A-SOMBR) treating landfill leachate

汤 贵 兰

指导教师姓名: 蓝伟光 教授

何旭敏 副教授

专业名称: 材料学

论文提交日期: 2007年5月

论文答辩日期: 2007年7月 日

学位授予日期: 2007年 月 日

答辩委员会主席: _____

评阅人: _____

2007年5月

厦门大学学位论文原创性声明

兹提交的学位论文，是本人在导师指导下独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考的其他个人或集体的研究成果，均在文中以明确方式标明。本人依法享有和承担由此论文产生的权利和责任。

声明人（签名）：

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人完全了解厦门大学有关保留、使用学位论文的规定。厦门大学有权保留并向国家主管部门或其指定机构送交论文的纸质版和电子版,有权将学位论文用于非赢利目的的少量复制并允许论文进入学校图书馆被查阅,有权将学位论文的内容编入有关数据库进行检索,有权将学位论文的标题和摘要汇编出版。保密的学位论文在解密后适用本规定。

本学位论文属于

1. 保密 (), 在年解密后适用本授权书。
2. 不保密 ()

(请在以上相应括号内打“√”)

作者签名: 日期: 年 月 日

导师签名: 日期: 年 月 日

摘 要

垃圾渗滤液是垃圾储存和卫生填埋的产物,是一种有毒有害的高浓度有机废水,其控制和治理已经成为当前环境保护领域一项迫切的研究课题。膜生物反应器(MBR)处理工艺的研究、开发和应用已成为高浓度有机废水处理技术领域的重要发展方向。本论文从小试到中试,系统开展了缺氧-浸没式好氧膜生物反应器(A-SOMBR)处理垃圾渗滤液的特性研究,并考察了膜污染的过程。

A-SOMBR 小试试验研究结果表明:在污泥培养驯化过程中,COD 平均去除率高达 92%,其中 A 段(吸附缺氧)的贡献平均占 23.6%,O 段(好氧)平均占 50.7%,膜的贡献平均占 15.3%;试验确定各操作参数最佳值依次为:DO 为 2-4mg/L,MLSS 为 9000mg/L,HRT 为 20-24h,回流比 R 为 1-2,C/N 比为 5,SRT 为 13d; R_m 与 R_c 所占总阻力之和为 98.19%,在实际膜组件过滤过程中,膜组件自身阻力 R_m 和沉积层阻力 R_c 决定了膜过滤过程中阻力大小,而其中沉积层阻力则是膜污染的主要来源;为了保持 MBR 长时间的连续运行,有效延缓膜污染进程,应将抽吸出水流量控制在临界膜通量以下,出水恒流量越低,膜清洗周期越长。

UASB+A-SOMBR 组合工艺处理垃圾渗滤液的研究结果表明:在容积负荷 0.76-1.61kgCOD/($m^3 \cdot d$)内,A-SOMBR 对 COD 平均去除率为 82.66%,出水 COD 平均值为 188.46mg/L;在容积负荷 0.058-0.23kgNH₃-N/($m^3 \cdot d$)范围内,A-SOMBR 对于 UASB 产水中氨氮平均去除率 88.22%、出水氨氮平均值为 27.02mg/L。

UASB+微电解+吹脱(模拟)+A-SOMBR 处理垃圾渗滤液的中试试验研究结果表明:铁屑焦炭微电解预处理垃圾渗滤液是确实有效的物化方法,可以去除 COD、腐殖酸等污染物质,降低色度,改善其可生化性、降低负荷;在铁碳体积比为 1:3,HRT 为 1h 时,COD 去除率高达 68%,色度去除率为 91%,BOD/COD 可从 0.3 提高到约 0.5;当进水 COD 平均在 1092mg/L 左右,出水 COD 平均值为 254.15mg/L;根据 C/N 比 5:1 添加碳源,氨氮平均去除率高达 88.36%,出水中氨氮平均值为 24.33mg/L;微电解对色度去除起着重要贡献,将色度从 1000~1600 倍降至 100~200 倍;试验所用新型膜组件具有良好的抗污染性能,在运行的 90 天里,仅通过曝气和反冲洗来恢复膜通量,保证了系统的稳定运行。

为了保证 A-SOMBR 的长期稳定运行,在膜还没有严重污染前及时清洗更有效。

关键词: 垃圾渗滤液; 缺氧-浸没式好氧膜生物反应器; 组合工艺

厦门大学博硕士论文摘要库

Abstract

Landfill leachate from a composing field of a finished municipal waste landfill contains high concentration organic matters and toxic substrates. It has been one urgent task that the pollution control and treatment of landfill leachate for environmental engineers in nowadays. The research development and application of membrane bioreactor has gotten more attention in treating high concentration organic wastewater. In the paper, from lab-scale experiment to pilot study, the performance of anoxic-submerged oxic in landfill leachate treating and the development of membrane fouling was systemically investigated.

The results of lab-scale experiment showed: the average removal efficiency of COD being achieved 92%, which including anoxic donation 23.6%, oxic donation 50.7% and membrane donation 15.3%; The results also showed the proper process parameters are DO 2-4mg/L, MLSS 9000mg/L, HRT 20-24h, recycling rate 1-2, C/N 5:1 and SRT 13d respectively in the experiment; Membrane module resistance (R_m) and Sludge layer resistance (R_c) of total resistance(R_t) is 98.19%, during actually membrane filtration, R_m is the key factor in membrane filtration, and sludge cake accumulation is the main reason of membrane fouling; For long term operation and staying the velocity of membrane fouling, effluent flux should be controlled less than critical flux. Experiment date showed the lower membrane flux the longer membrane cleaning period.

The operation result of UASB combined with A-SOMBR treating leachate: when volumetrical loading rates were in the range of 0.76-1.61kgCOD/(m³ · d), the average removal of COD was 82.66% and the average value of COD in effluent was 188.46mg/L; When volumetrical loading rates in range of 0.058-0.23kgNH₃-N/(m³ · d), the removal of NH₃-N was 88.22% and NH₃-N concentration declined to 27.02mg/L.

The pilot-scale experiment of UASB combined with micro-electrolysis and blow-off (imitating) +A-SOMBR showed: Micro-electrolysis is an effective method to pretreat landfill leachate. It not only can remove much of COD,

chroma, humic acid but also can improve leachate's biodegradable ability to create a good condition for following biochemical treatment. In continuous feed experiment implied that when the volume ratio of iron slag and coke is 1:3 and HRT is 1h, the removal rate of COD and chroma could reach 68%, 91% respectively; BOD/COD is increased from 0.3 to about 0.5. When the average concentration of COD in influent was about 1092mg/L, the average COD in effluent was 254.15mg/L; After meliorate the ratio of C to N to achieve 5:1 by adding carbon source, the average removal of NH₃-N was achieved 88.36%, the average concentration is 24.33mg/L; Micro-electrolysis play an important role for the removal of chroma, which made chroma 1000~1600 lowered to 100~200; The novel flat-sheet membrane module showed a good performance in resisting fouling. The system had been operated stable for 90 days just by souring and back-washing for the recovery of membrane flux. The research result implied that cleaning by permeate stoppage and back-washing is more effective when applied in the early stages of filtration, rather than being attempted later when heavily fouled.

Key words: Landfill leachate; Anoxic-submerged oxic membrane bioreactor; Combined process.

目录

1 绪论	I
前言	1
1.1 垃圾渗滤液的来源及水质	2
1.1.1 垃圾渗滤液的来源	2
1.1.2 垃圾渗滤液的水质特征及污染特性	2
1.2 垃圾渗滤液的危害	4
1.3 垃圾渗滤液处理技术	4
1.3.1 生物处理法	5
1.3.2 物化法	7
1.3.3 土地法	8
1.4 我国垃圾渗滤液处理现状及存在问题	9
1.4.1 排放标准	9
1.4.2 处理现状及存在问题	9
1.5 膜生物反应器(MBR)研究进展及应用	12
1.5.1 膜生物反应器分类	12
1.5.2 MBR 特点	13
1.5.3 膜材料及构型	14
1.5.4 影响膜生物反应器的运行效果参数	16
1.5.5 好氧 MBR 膜对污泥特性及微生物群落影响	18
1.5.6 膜生物反应器国内外研究进展	19
1.6 课题来源、研究目的、意义及内容	22
本章参考文献	23
第一篇 小试 A-SOMBR 处理垃圾渗滤液的研究	28
2 A-SOMBR 对垃圾渗滤液处理特性研究	28
2.1 试验内容	28
2.2 材料和方法	28
2.2.1 试验装置及流程	28
2.2.2 废水水质	29
2.2.3 分析方法及仪器	29
2.3 结果与讨论	30

2.3.1 污泥的培养驯化	30
2.3.2 MBR 运行	33
2.4 本章小结	43
3 膜污染及控制	44
3.1 膜污染概述	44
3.1.1 膜污染分类	44
3.1.2 膜污染的数学模型	45
3.1.3 膜污染的影响因素及控制对策	48
3.2 膜污染过程的数学表达研究	51
3.2.1 标准堵塞过滤定律	51
3.2.2 沉积过滤定律	51
3.3 膜污染阻力分布实验	52
3.4 实验结果及分析	54
3.4.1 膜组件过滤阻力分布	54
3.4.2 膜污染过程的模拟	55
3.5 本章小结	58
4 UASB+A-SOMBR 组合工艺处理垃圾渗滤液的试验研究	60
4.1 试验内容	60
4.2 材料和方法	60
4.2.1 装置及流程	60
4.2.2 操作条件	60
4.2.3 废水水质	60
4.2.4 分析方法及仪器	61
4.3 试验结果及讨论	61
4.3.1 COD 去除情况	61
4.3.2 氨氮去除情况	62
4.3.3 色度去除情况	62
4.4 本章小结	62
本篇参考文献	64
第二篇 中试 A-SOMBR 处理垃圾渗滤液的研究	66
5 UASB+微电解+吹脱(模拟)+A-SOMBR 组合工艺处理垃圾渗滤液的中试试验研究	66
5.1 微电解	66

5.1.1 基本原理-----	66
5.1.2 微电解实验内容及讨论-----	67
5.1.3 实验结论-----	71
5.2 UASB+微电解+吹脱（模拟）+A-SOMBR 工艺处理垃圾渗滤液中试效果研究-----	71
5.2.1 实验内容-----	71
5.2.2 实验材料及方法-----	71
5.2.3 实验结果与讨论-----	73
5.2.4 膜的污染和控制-----	76
5.3 本章小结-----	78
本篇参考文献-----	80
6 结论及建议-----	81
6.1 结论-----	81
6.2 建议-----	84
附件-----	85
致谢-----	86

1 INTRODUCTION -----	1
PREFACE-----	1
1.1 THE QUALITY AND SOURCE OF LEACHATE -----	2
1.1.1 THE SOURCE OF LEACHATE -----	2
1.1.2 THE CHARACTERISTICS AND POLLUTING PROPERTY -----	2
1.2 THE DANGER OF LEACHATE -----	4
1.3 PROCESSING TECHNICS OF LEACHATE -----	4
1.3.1 BIOLOGICAL TREATMENT-----	5
1.3.2 PHYSICAL-CHEMICAL PROCESS-----	7
1.3.3 LAND TREATMENT-----	8
1.4 CURRENT SITUATION AND PROBLEMS OF TREATING LEACHATE IN CHINA -	9
1.4.1 DISCHARGE STANDARD-----	9
1.4.2 CURRENT SITUATION AND PROBLEMS -----	9
1.5 THE DEVELOPMENT AND APPLICATION OF MEMBRANE BIOREACTOR -----	12
1.5.1 THE CATEGORY OF MBR -----	12
1.5.2 CHARACTERISTICS OF MBR-----	13
1.5.3 MEMBRANE MATERIAL AND CONFIGURATION -----	14
1.5.4 PARAMETERS INFLUENCING THE TREATMENT OF OXIC-MBR-----	16
1.5.5 MEMBRANE INFLUENCES ON CHARACTERSTICS OF SLUDGE AND MICRO-ORGANISMS -----	18
1.5.6 THE DEVELOPMENT OF MBR AT HOME AND ABROAD-----	19
1.6 SUBJECT SOURCE,RESEARCH PURPOSE AND CONTENT -----	22
LITERATURE CITE THIS CHAPTER-----	23
THE FIRST PART STUDY ON LAB-SCALE OF A-SOMBR TREATING LEACHATE -	28
2 THE BEHAVIOR OF A-SOMBR TREATING LEACHATE -----	28
2.1 CONTENT OF EXPERIMENT -----	28
2.2 MATERIALS AND METHODS -----	28
2.2.1 EXPERIMENTAL RIG AND FLOW-----	28
2.2.2 WASTEWATER QUALITY-----	29
2.2.3 ANALYTICAL METHODS-----	29
2.3 RESULT AND DISCUSSION -----	30
2.3.1 CULTIVATION AND DOMESTICATION OF SLUDGE-----	30

2.3.2 MBR OPERATION-----	33
2.4 SUMMARY THIS CHAPTER-----	43
3 MEMBRANE POLLUTION AND CONTROL-----	44
3.1 PREFACE OF MEMBRANE POLLUTION-----	44
3.1.1 CATEGORY OF MEMBRANE POLLUTION-----	44
3.1.2 MATHMETICAL MODEL OF MEMBRANE POLLUTION-----	45
3.1.3 FATORS INFLUENCING MEMBRANE POLLUTION AND COUNTER MEASURES-----	48
3.2 STUDY ON MATHMETICAL EXPRESSION OF MEMBRANE POLLUTION DEVELOPMENT-----	51
3.2.1 THE FILTRATION LAW OF NORMAL LOGGED-----	52
3.2.2 THE FILTRATION LAW OF SEDIMENTATION-----	52
3.3 DRAG DISTRIBUTION OF MEMBRANE POLLUTION-----	52
3.4 RESULT AND ANALYSIS-----	54
3.4.1 DRAG DISTRIBUTION OF MEMBRANE MODULE FILTRATION-----	54
3.4.2 IMITATION OF MEMBRANE POLLUTION DEVELOPMENT-----	55
3.5 SUMMARY THIS CHAPTER-----	58
4 STUDY ON UASB COMBINED WITH A-SOMBR TREATING LEACHATE-----	60
4.1 EXPERIMENTAL CONTENT-----	60
4.2 MATERIALS AND METHODS-----	60
4.2.1 EXPERIMENTAL RIG AND FLOW-----	60
4.2.2 CONDITIONS IN OPERATING-----	60
4.2.3 WASTEWATER QUALITY-----	60
4.2.4 ANALYTICAL METHODS AND INSTRUMENTS-----	61
4.3 RESULT AND DISCUSSION-----	61
4.3.1 THE REMOVAL OF COD-----	61
4.3.2 THE REMOVAL OF NITROGEN AMMONIA-----	62
4.3.3 THE REMOVAL OF CHROMA-----	62
4.4 SUMMARY THIS CHAPTER-----	62
LITERATURE CITE IN THE FIRST PART-----	64
THE SECOND PART STUDY ON PILOT-SCALE A-SOMBR TREATING LEACHATE	66
5 THE BEHAVIOR OF UASB+MICRO-ELECTROLYSIS +BLOW-OFF (SIMULATING) COMBINED WITH A-SOMBR TREATING LEACHATE-----	66

5.1 MICRO-ELECTROLYSIS	66
5.1.1 FUNDAMENTAL PRINCIPLE	66
5.1.2 CONTENT OF MICRO-ELECTROLYSIS EXPERIMENT	67
5.1.3 LABORATORY RESULT	71
5.2 THE BEHAVIOR OF UASB+MICRO-ELECTROLYSIS+BLOW-OFF(SIMULATING) COMBINED WITH A-SOMBR TREATING LEACHATE	71
5.2.1 EXPERIMENTAL CONTENT	71
5.2.2 MATERIALS AND METHODS	71
5.2.3 RESULT AND DISCUSSION	73
5.2.4 MEMBRANE POLLUTION AND CONTROL	76
5.3 SUMMARY THIS CHAPTER	78
LITERATURE CITE IN THE SECOND PART	80
6 CONCLUSION AND SUGGESTIONS	81
6.1 CONCLUSION	81
6.2 SUGGESTIONS	84
ATTACHMENT	85
ACKNOWLEDGEMENT	86

1 绪论

前言

我国经济持续高速增长,城市化进程发展迅速,居民生活水平大幅度提高。随着城市人口的增加,城市规模的扩大和居民生活水平的提高,城市生活垃圾的产量在急剧增加。据环境状况公报,到2005年,我国的城市生活垃圾年产量已达到1.95亿吨,并以每年8%~10%的速度递增,人均日产垃圾已超过1kg^[1],接近工业发达国家水平。近年来,我国城市生活垃圾对城市及城市周围的生态环境构成日趋严重的威胁。对全国298个城市的调查结果表明,不适当的处理和处置城市垃圾,不仅造成了严重的环境卫生恶化,且要占用大量的土地。

我国政府部门及各地环境保护专家陆续进行了城市垃圾的处理和污染控制技术的研发工作。城市垃圾处置方法主要有:堆肥处置法、焚烧处置法和卫生填埋法。其中,卫生填埋法因投资省、运行费用低、使用范围广、环保效果显著和处置彻底等特点,得到世界各国的普遍采用。我国是发展中国家,经济基础薄弱,决定了我国垃圾处置要以低廉的卫生填埋法为主,因此卫生填埋法被认为是最适合我国国情的处置方法。国家科技部和建设部已把此工艺定为我国垃圾处置与处理的首选推广方法^[2]。根据我国垃圾处理“无害化、减量化、资源化”的原则,国内许多大中城市如:北京、上海、杭州、沈阳、广州、深圳、厦门等都相继建立了垃圾卫生填埋场,未来将有一大批生活垃圾填埋场得到新建。

垃圾渗滤液是否达标排放是衡量一个填埋场是否为卫生填埋场的重要指标之一。垃圾渗滤液作为一种高浓度有机废水,含有大量有机物、悬浮物、氨氮、重金属离子以及致病菌等,且由于物理、化学、生物等诸多因素影响,水质水量变化幅度很大。如果不加以处理直接排放,将对周围环境及地下水源造成严重污染,更会限制垃圾卫生填埋处理法在我国的应用发展。据不完全统计,国内几乎所有卫生填埋场产生的渗滤液均未实现达标排放,即使在发达国家,对垃圾渗滤液的控制和治理也缺乏成熟、可行、低廉的技术工艺。

渗滤液的处理近年来得到广大研究人员的关注,进行了大量的试验研究,取

得了不少成果,但由于渗滤液的水质的复杂性和特殊性,我国渗滤液处理还存在一些问题,有待于研究工作者做更深入的研究。研究开发简易、高效、节能的处理新技术、新工艺,寻求发展垃圾渗滤液的控制和治理技术已经成为当前环境保护工作者一项迫切的研究课题。

1.1 垃圾渗滤液的来源及水质

1.1.1 垃圾渗滤液的来源

垃圾渗滤液是液体在填埋场中流动的产物,指垃圾在堆放和填埋过程中由于发酵和雨水的淋浴、冲刷,以及地表水的浸泡而滤出来的污水,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有许多因素可能影响到渗滤液的性质,包括物理因素、化学因素以及生物因素等,所以渗滤液的性质在一个相当大的范围内变动。城市垃圾渗滤液是一种高浓度有机废水,若不加处理而直接排入环境,会造成严重的环境污染,以保护环境为目的,对渗滤液进行处理是不可避免的。

1.1.2 垃圾渗滤液的水质特征及污染特性

表 1-1 和表 1-2 分别列出国内和国外垃圾渗滤液成分的典型数据^[3,4]。垃圾渗滤液具有不同于一般城市污水的特点,BOD₅和 COD 浓度高、金属含量较高、水质水量变化大、氨氮含量较高,微生物营养元素比例失调等。一般来说,其 pH 值 4-9 之间,COD 在 2000-62000mg/L 范围内,BOD₅从 60-45000mg/L,重金属浓度和市政污水中重金属的浓度基本一致。

表 1-1 国外城市垃圾渗滤液的水质

项目	浓度 (阈值)	项目	浓度 (阈值)
1. 一般特性:		Pb	0.002~12.3
pH	5.2~2.0	Ni	0.01~6.1
碱度 (CaCO ₃)	37~14000mg/L	Zn	0.01~130

SS	100~700 mg/L	3. 非金属: mg/L	
		氨氮	1~1700
2. 金属: mg/L		硝态氮	0.1~10
Cd	0.0005~0.007	总磷	0.6~75
As	0.006~0.2	4. 有机物: mg/L	
Ba	0.1~0.3	TOC	196~23000
Ca	29~4300	BOD ₅	11~38000
Co	0.01~1.8	COD _{Cr}	20~70000
Cu	0.01~0.3	有机氮	3~770
Fe	0.3~2050	凯式氮	4~762

表 1-2 我国城市垃圾渗滤液的水质

项目	上海	杭州	广州	深圳	台湾某市
COD _{Cr}	1500~8000	1000~5000	1400~5000	5000~80000	4000~37000
BOD ₅	200~4000	400~2500	400~2000	20000~35000	600~28000
TN	100~700	80~800	150~900	400~2600	200~2000
SS	30~500	60~650	200~600	2000~7000	500~2000
NH ₃ -N	60~450	50~500	160~500	500~2400	100~1000
pH	5~6.5	6~6.5	6.5~7.8	6.2~6.6	5.6~7.5

注: 表中除 pH 外, 其余单位为 mg/L.

垃圾渗滤液的污染特性具体表现在:

(1) 污染物种类繁多: 渗滤液中的无机物、有机物和生物全部来自垃圾稳定过程中的生物和物理化学作用, 含有较多的有机酸、醇等, 其中很多列入了我国环境优先控制污染物的范畴。

(2) 污染浓度高, 变化范围大: 垃圾渗滤液中污染物种类复杂、浓度高和变化范围巨大是其他性质污染无法比拟的。这也增加了垃圾渗滤液处理和工艺选择的难度。

(3) 明显的变化性: 产生量的季节变化。雨季向填埋场区汇入的降水量大于蒸

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库