

垃圾处理CDM (深圳)

垃圾焚烧发电 技术介绍

汪晓军 博士

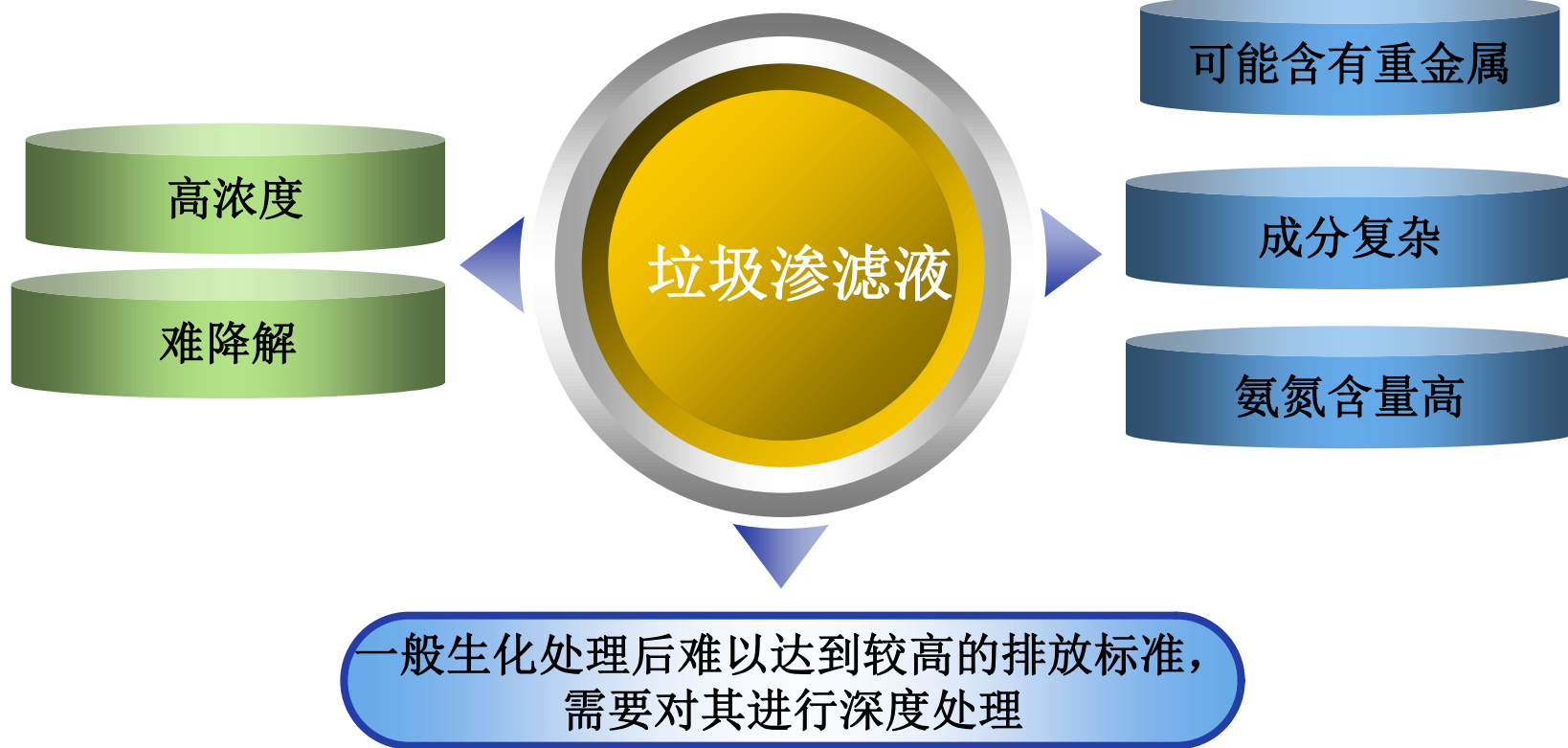
华南理工大学 环境科学与工程学院 教授

Tel: 138-027-67806

E-mail: cexjwang@scut.edu.cn

一 垃圾渗滤液处理工艺简介

垃圾渗滤液的特征



垃圾渗滤液处理方法

- 物化法（混凝沉淀、蒸发浓缩法，氨吹脱、氧化、膜处理）
- 生化法（厌氧、好氧，**MBR**等工艺）
- 组合工艺

垃圾渗滤液的处理现状

- 在365座城市生活垃圾卫生填埋场所产生的渗滤液处理工程中，能够达到GB16889-1997一级排放标准的仅占5-10%左右，2008年的标准更严，有TN要求！
- 原因
 - ✓ COD、BOD、NH₃-N、悬浮物含量高
 - ✓ 成份复杂，可生化性差
 - ✓ 水质和水量波动性大
 - ✓ 沿用生活污水处理工艺，效果差，运行困难，处理成本偏高
 - ✓ 生物处理（无法达到一级标准COD 100 mg/L, NH₃-N 15 mg/L）

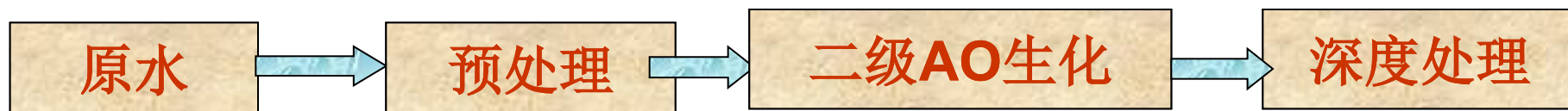
垃圾渗滤液的处理现状

- 目前一级标准处理工艺中绝大部分采用反渗透技术处理，但存在以下问题
- ✓ 投资极大（总投资8-12万/吨水，若含浓水蒸发，15万/吨水）
- ✓ 运行费用极高（加上膜的折旧约60-200元/吨水，取决于膜的折旧，浓水的最终处置）
- ✓ 出水率较低（50-70%）
- ✓ 浓缩液无法有效处理

垃圾处理CDM（深圳） 后果

- ❖ 投资效率极低，浪费十分严重
- ❖ 大量不达标的渗滤液直排水体
- ❖ 引起许多官司和法律纠纷
- ❖ 槽罐车运至城市污水处理厂（成本高，原设施浪费）

我们提出的成套处理工艺流程



预处理（去除重金属、有毒物质）

两级AO，硝化反硝化（有机物、氨氮、总氮）

Fenton-曝气生物滤池（难生物降解有机物、总氮）

主要工艺步骤的作用

去除可能存在的重金属

降低生化负荷和毒性

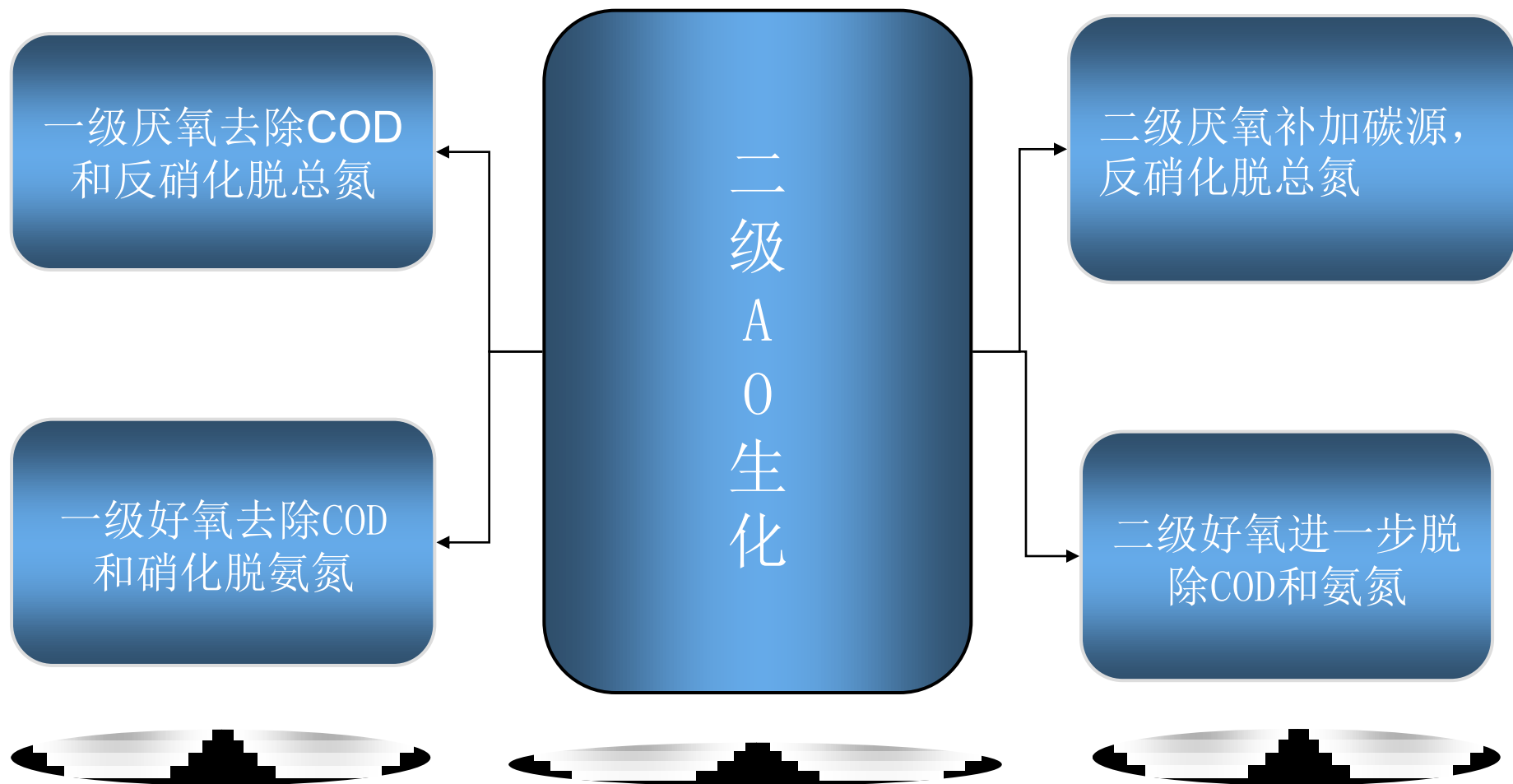
异常情况时采用鸟粪石脱氨氮

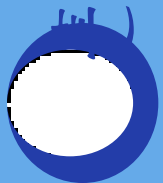
预处理

混凝沉淀预处理

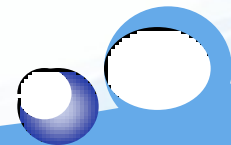
- 预处理系统用于初期去除可能存在的重金属，降低废水毒性，利于快速启动。
- 生化运行稳定后可以考虑减少加药量，只是作为补加碱度和营养物的加药池。
- 同时可以运行异常时补加鸟粪石脱氨氮的工艺，作为一个保险措施，保证系统的稳定性。
- 用氨吹脱工艺，因有废气问题，且成本也不便宜。

主要工艺步骤的作用





二级AO生化



- 采用自流的形式，就相当于一个大生化池。
- 如果采用**SBR**一个池实现该功能，根据我们的中试试验，池体需要增加**2~3**倍才有相同的处理效果，且反硝化效果差，维护不便。
- 连续化运行，便于形成优势菌种，系统效率高，运行稳定，维护方便。

MBR法处理

- ❖ **AO-AO-MRB**工艺是目前常用于垃圾渗滤液前处理的生化工艺。
- ❖ 优点：污泥浓度高，污泥龄长，有较强的硝化-反硝化能力。
- ❖ 占地面积小，处理效果稳定。
- ❖ 缺点：投资运行费用高一点，气水比高，为防止膜的阻塞，要采用强制循环，动力消耗大。膜需定期更换，费用高。
- ❖ 但该工艺仍可作为垃圾渗滤液的前处理工艺！

我们提出的深度处理工

Fenton—BAF组合
工艺已获国家发明
专利，专利号
ZL200510035132.9。

Fenton

曝气生物滤池

Fenton试剂的特点是通过反应产生羟基自由基极强的氧化性，能够将有毒难降解的有机物有效地分解。

最后用对低浓度有机废水高效的曝气生物滤池(**BAF**)，进一步降低废水的**COD**值，使出水**COD**达到垃圾渗滤处理的一级排放标准。

证书号 第409827号



发明专利证书

发明名称：化学氧化-曝气生物滤池联合水处理方法

发明人：汪晓军；林德贤；万小芳；顾晓扬；董方

专利号：ZL 2005 1 0035132.9

专利申请日：2005年6月14日

专利权人：华南理工大学

授权公告日：2008年7月9日

本发明经过本局依照中华人民共和国专利法进行审查，决定授予专利权，颁发本证书并在专利登记簿上予以登记。专利权自授权公告之日起生效。

本专利的专利权期限为二十年，自申请日起算。专利权人应当依照专利法及其实施细则规定缴纳年费。缴纳本专利年费的期限是每年06月14日前一个月内。未按照规定缴纳年费的，专利权自应当缴纳年费期满之日起终止。

专利证书记载专利权登记时的法律状况。专利权的转移、质押、无效、终止、恢复和专利权人的姓名或名称、国籍、地址变更等事项记载在专利登记簿上。



局长

田力普



2008年7月9日

深度处理工艺

- 工艺的核心是**Fenton**，去除难生物降解的有机物。
- 单独**Fenton**氧化所需费用较高，因为高级氧化很多时候是改变了物质的可生化性，直接矿化率并不高，很多物质氧化到成为腐殖酸类的物质就较难氧化。
- 氧化后的小分子物质可以通过生化去除，设置**BAF**进行氧化后生化，在处理成本追加几毛钱的情况下去除有机物，同时进行脱氨氮与脱总氮，将氧化和生化结合，既具备氧化的高效性，也有生化的经济性，兼具有脱氮能力。

曝气生物滤池

- BAF是一种膜法生物处理工艺，微生物附着在载体表面，污水在流经陶粒填料表面的过程中，通过生物氧化、生物吸附截获、机械物理过滤，对有机污染物进行氧化分解、生物絮凝、过滤，使污水得以净化。
- 它有除去SS、除去COD、除去BOD、硝化、脱氮、除磷、除去AOX(有害物质)的作用。

曝气生物滤池

- 工艺简单，不需二沉池，在稳定运行情况下，可以保证系统出水的**BOD**、**SS**低于排放标准。
- 沿填料高度形成的优势菌群，利于低浓度废水的深度处理。
- 受气温影响小，由于**BAF**独特的结构，其生化反应受外界温度影响较小，因此适合于寒冷地区或冬天进行污水处理。

曝气生物滤池

- ▶ 占地面积小，**BAF**的占地面积为活性污泥法的 $1/5\sim 1/10$ 。
- ▶ 易于挂膜启动和恢复。**BAF**的启动为 $10\sim 20$ 天，系统停止运行后重新恢复启动为 $2\sim 4$ 天。
- ▶ 运行成本低，由于**BAF**内部陶粒的切割作用，因此其对氧的利用率高，其运行费用可以节省 $1/3\sim 1/2$ 。

脱氮工艺介绍

- 氨吹脱法：二次污染，费用也不便宜，冬季无法使用。
- 鸟粪石法：费用极高，只能有废弃的P和Mg时使用才较经济。
- 生物脱氮法：经济，有效，但设计要合理，有时要补充碳源。

鸟粪石法脱氨氮

- 鸟粪石法是通过镁盐和磷酸盐与氨氮共沉淀生成磷酸铵镁的方法。



- 鸟粪石的运行费用是去除1000mg/L的氨氮，一吨水约100元，一吨废水要用 $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ 和 $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 三十多公斤药剂。

- 完全可以通过生化硝化反硝化的方法去除，关键是脱总氮，需要补加碳源和适当的切换厌氧和好氧工艺。

完全硝化与亚硝化的选择

- ❖ 硝化，亚硝化（或短程硝化反硝化）：亚硝化有很多优点，溶氧消耗低，动力省，所需碳源少，但控制极严，难以工业化。
- ❖ 目前全球只有一套工业化装置成功运行，且运行的调试期长达**900**多天。
- ❖ 国内的亚硝化的研究论文很多，二千多篇，都是在实验室小试，没有大规模应用。
- ❖ 所以我们在工程应用上选择成熟的完全硝化反硝化脱氮工艺。

影响生物脱氮的因素

- ❖ **DO**: 文献报导范围很大, 可能与测量点, 测量方法, 反应器的形状等因素有关。
- ❖ **PH值**: 硝化与短程硝化略有不同, 一般建议偏碱, 多在**7.5-8.5**之间。
- ❖ **C/N比**: **3-12**, 可能与硝化, 亚硝化的选择有关。硝化的**C/N**比高得多。

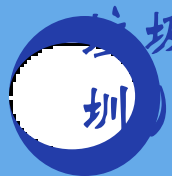
影响生物脱氮的因素

- ❖ 温度T：温度适当高一点有利，**30-35度**，特别是亚硝化，保温，及温控很重要。
- ❖ 回流比R：氮脱除率有 $R/(R+1)$ 的公式，一般回流率越高越好。
- ❖ 碳源：便宜，易降解，用甲醇的报导较多，但淀粉的营养更均衡。
- ❖ 采用什么填料：有用填料提供碳源的，可选择良好的填料提供菌附着的介质。
- ❖ 尽量获得在有填料的条件下，存在同步硝化反硝化的结果。

本课题组已有的脱氮研究基础

- ❖ 脱除总氮是我们这一年来的中试研究重点。
- ❖ 在江门垃圾渗滤液厂，采用新型的生物脱氮工艺，进行了垃圾渗滤液脱总氮的研究。
- ❖ 通过两级**AO**和多级曝气生物滤池的同步硝化反硝化，控制反应条件，完成了小试研究，处理效果良好。
- ❖ 一级同步硝化反硝化，多次实验反复验证，总氮脱除率**50-60%**。

二 工程实例介绍



- ❖ 江门垃圾渗滤液深度处理工程。
- ❖ 杭州天子岭垃圾渗滤液处理中试。

江门垃圾渗滤液深度处理工程

- ❖ **COD为5100~7300mg/L，NH₃-N为1300~1500mg/L。**
- ❖ **原处理工艺：氨吹脱—SBR—氧化塘工艺处理，建厂初期可以达到COD低于300mg/L。**
- ❖ **但是随着垃圾填埋厂的老化，此工艺运行8年后由于水质生化性变差，NH₃-N达到排放标准，小于15 mg/L，但是COD为600~800mg/L，无法稳定达标。**



江门垃圾填埋场渗滤液处理实例图(收集池)

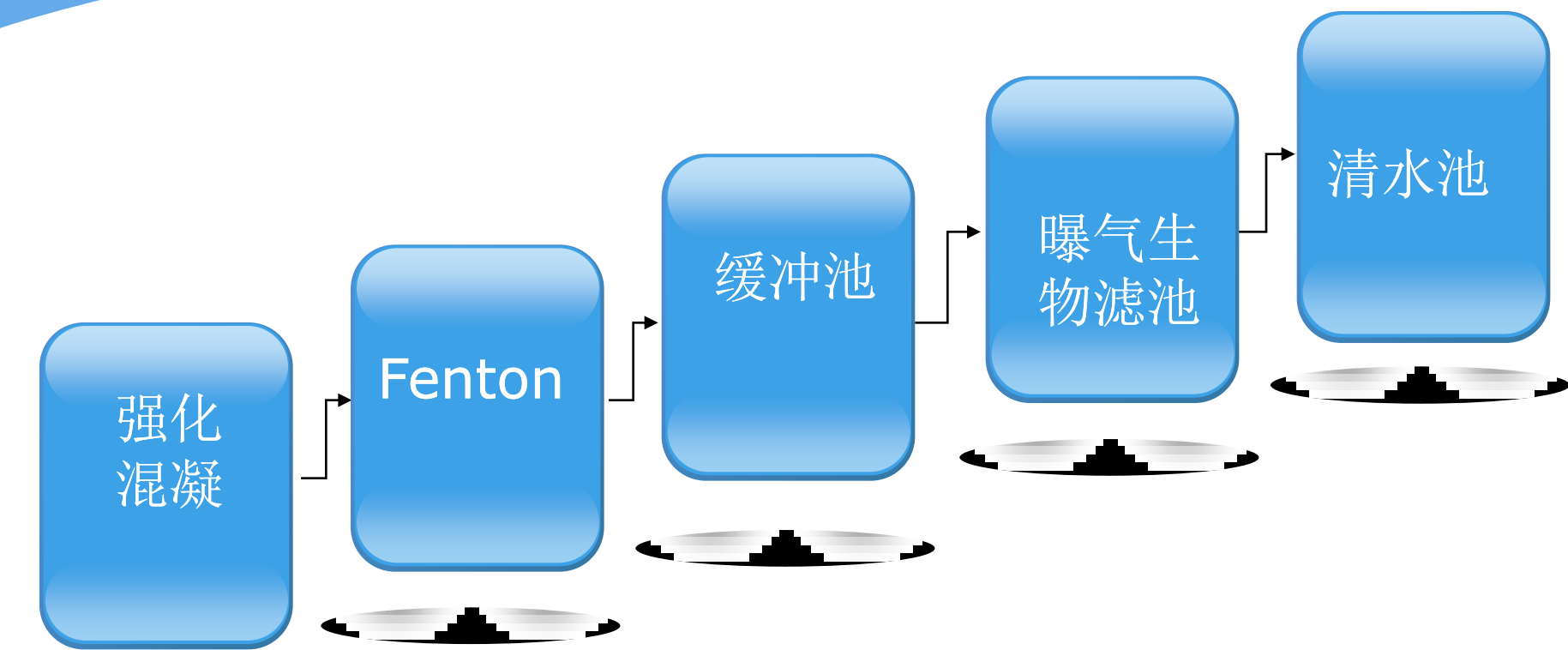


江门垃圾填埋场渗滤液处理实例（SBR）



江门垃圾填埋场渗滤液处理实例图（氧化塘）

我们提出的处理工艺



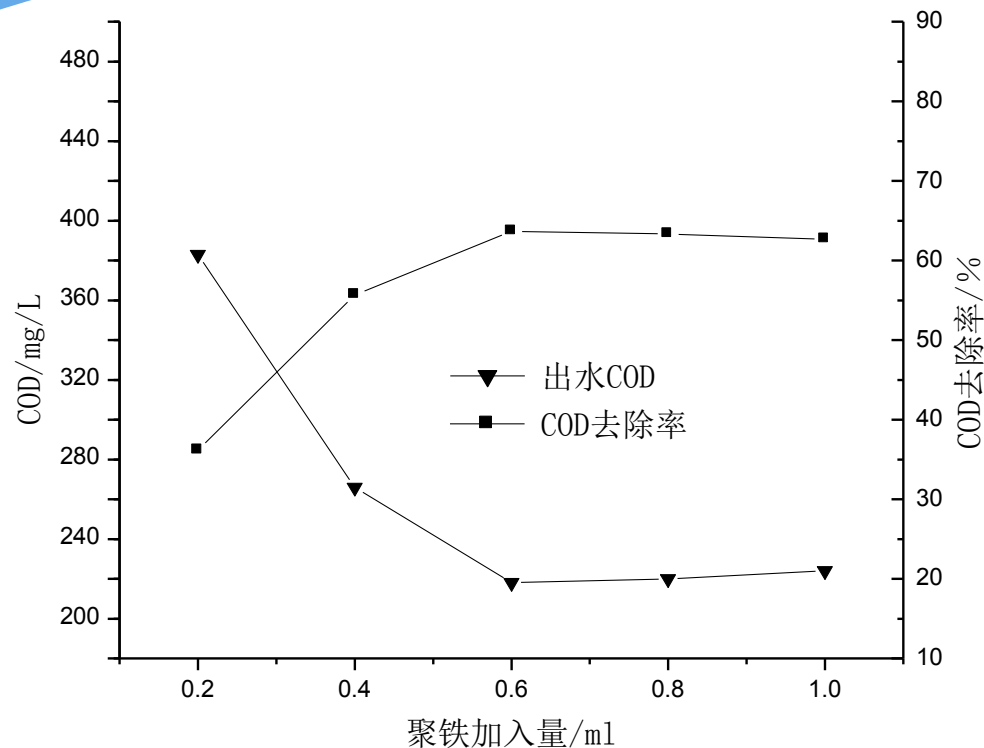
所有工艺参数建立在中试的基础上，运行效果稳定



我们的中试装置



混凝处理实验结果



- ❖ 随着聚合硫酸铁投加量的增加，**COD去除率**逐渐升高。
- ❖ 当聚合硫酸铁投加量为**0.6mL**时，**COD去除率**达到最高，此后趋于平缓。
- ❖ 故聚合硫酸铁投加量为**0.6mL**时**COD去除率**最高为**64%**，此时的**COD**降至**218 mg/L**。

Fenton试剂氧化因素分析

保证BAF出水稳定达标

提高**COD**去除率

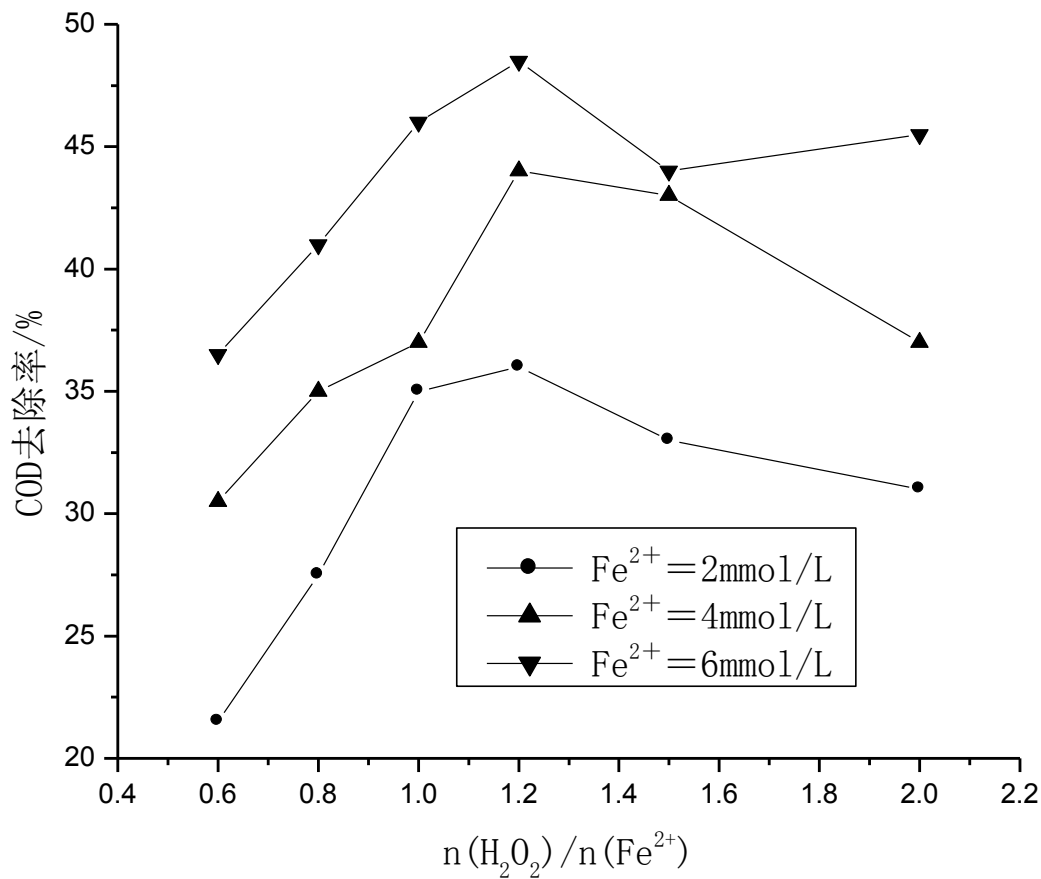
pH值

双氧水

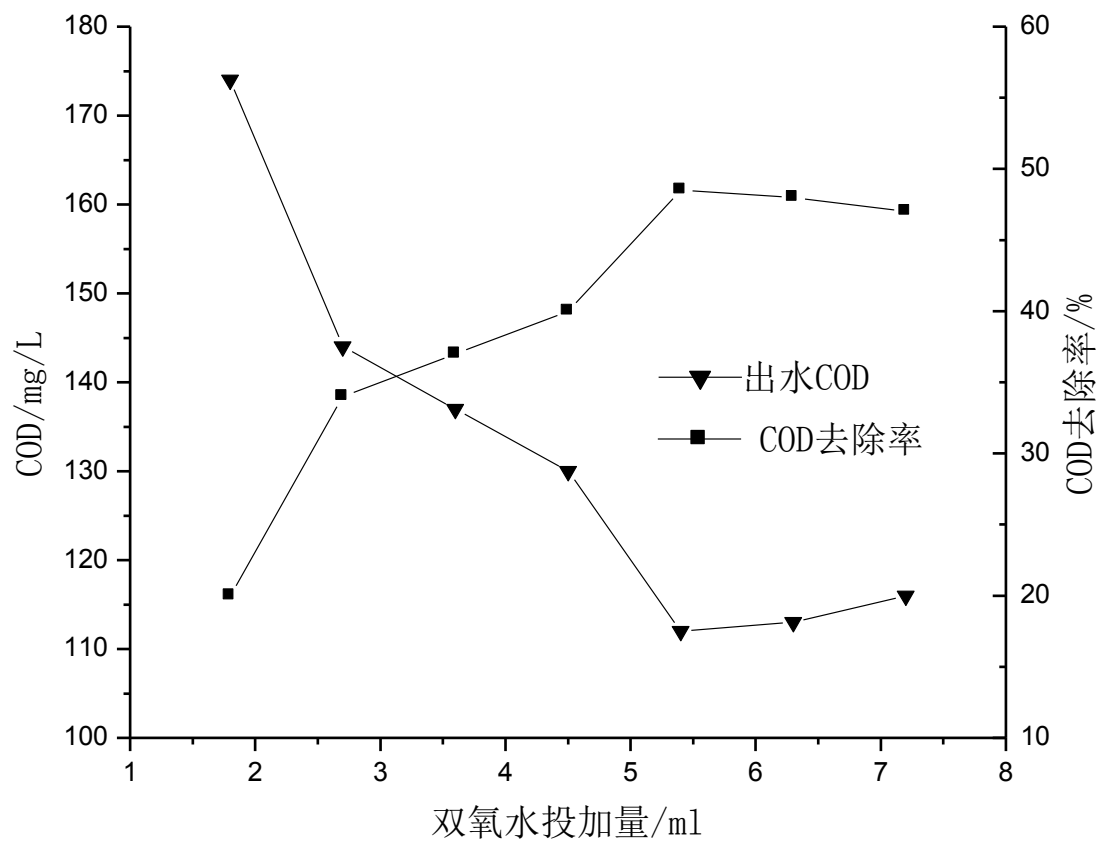
七水硫酸亚铁

反应时间

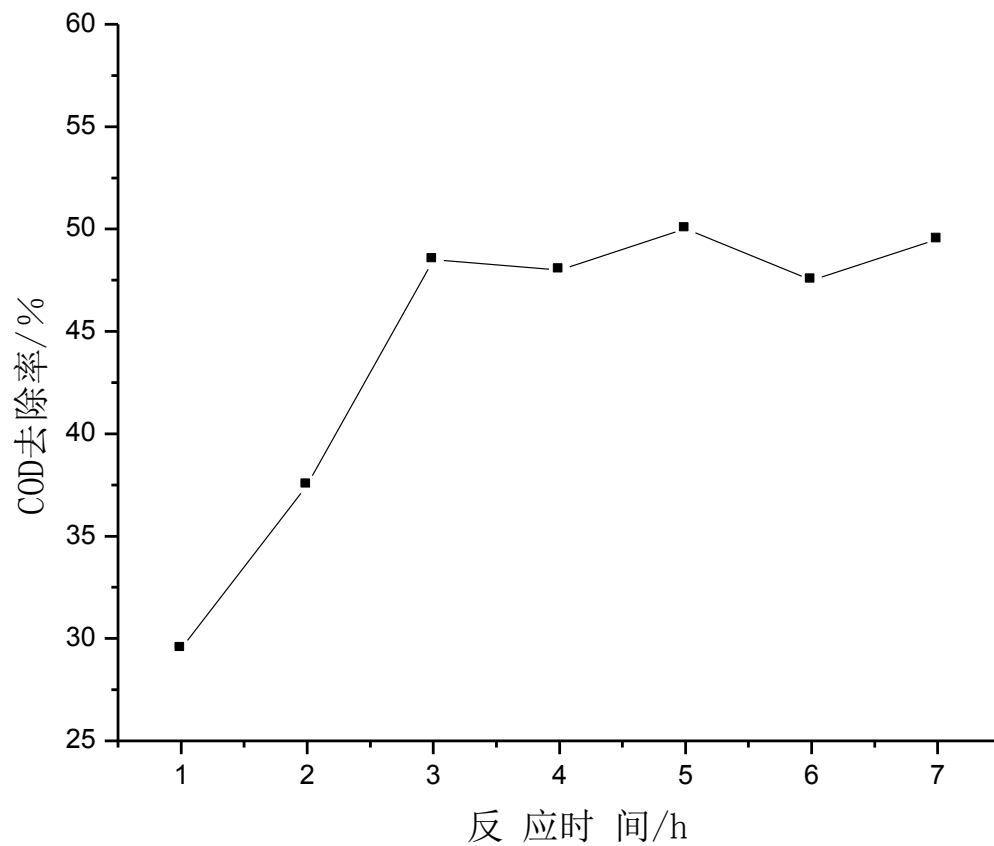
$n(\text{H}_2\text{O}_2)/n(\text{Fe}^{2+})$ (摩尔浓度比)



H₂O₂投加量



反应时间



Fenton中试的结论

1

Fenton处理的最佳投加量是 $n(\text{H}_2\text{O}_2)/n(\text{Fe}^{2+})=1.2$ 。

2

H_2O_2 加入量为5.4mmol。该条件下COD去除率48.5%。

3

Fenton反应时间以3h为最佳。



实际处理工程

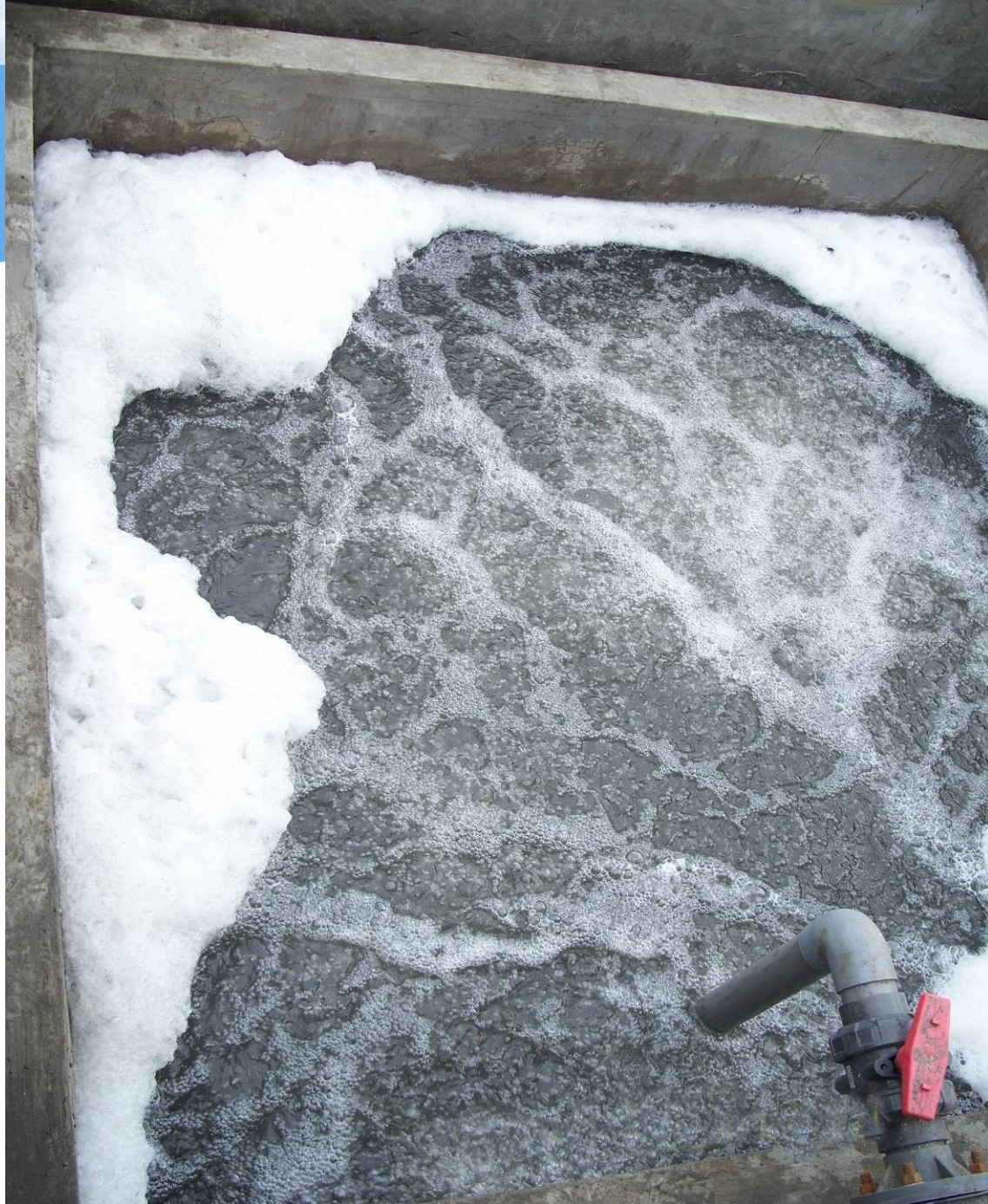
- ❖ 工程规模为：每天深度处理**200吨**，进水**COD**浓度**600-900mg/L**。
- ❖ 经过**2个多月**的运行调试，处理系统完全达到设计要求。
 - 渗滤液经絮凝沉淀处理后，其**COD**值降到**200-300 mg/L**，再经**Fenton**氧化处理后，其**COD**值进一步降到**120-150 mg/L**。
 - 最后经**BAF**生物处理后，出水的**COD**值低于**100 mg/L**。













处理后的水可养鱼



技术经济分析

- ❖ 实际的工程系统的运行数据表明，工程装置的深度处理成本约**11元/吨**（**2008年**），加上预处理和生化处理成本的约**18元/吨**，总体处理成本低于**30元/吨**。
- ❖ 若全部用**Fenton**氧化处理，总成本达**40元/吨**，如果采用反渗透，处理成本高达**60元**。
- ❖ 本处理成本是针对**老龄垃圾渗滤液**计算，如果是填埋时间在**5年以内**的垃圾渗滤液，其处理难度较低，深度处理成本小于**8元**，预处理和生化处理成本为**12元**，直接运行成本为不到**20元**。

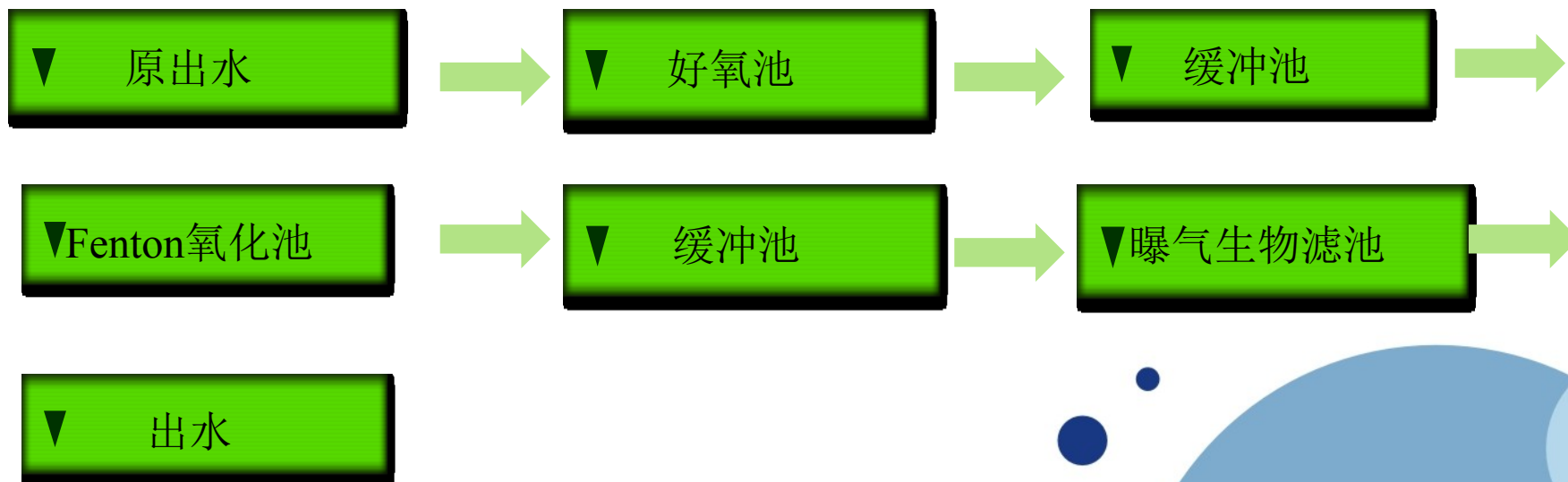
天子岭渗滤液处理工程中试

- ❖ 原处理工艺：混凝—厌氧—好氧—气浮。**COD**要求处理低于**1000mg/L**排放。
- ❖ 原生化系统总停留时间为**3**天不到，基本无法正常运行。
- ❖ 要求重新建设达到新的排放标准。

天子岭渗滤液处理工程中试

- ❖ 中试进水**COD**为**800~1000mg/L**，**NH₃-N**为**200~300mg/L**。
- ❖ 中试处理水量**40吨**每天
- ❖ 中试处理达到**COD**低于**100mg/L**，氨氮低于**15mg/L**。

天子岭中试处理流程









天子岭中试结论

- ❖ 中试的建设和调试总时间两个月不到就达到要求。
- ❖ 投资成本低，原投资成本预可研为**1.6**亿（膜法），采用本深度处理工艺代替**MBR+**反渗透法，我们的投资约为其一半。
- ❖ 运行成本低，深度处理工艺处理成本远远低于反渗透膜法。
- ❖ 污泥直接回填，无膜法处理的浓相问题，不存在无机盐积累的问题。

渗滤液蒸发浓缩处理法

- ❖ 近年来也有研究及应用蒸发浓缩处理渗滤液。
- ❖ 优点：占地面积小，设备投入与见效快！
- ❖ 存在的问题：
 - ❖ 蒸出的水含有氨氮，需要进一步深度处理。有些配套用离子交换处理，交换后树脂的再生液如何处理，一般都没有提及！
 - ❖ 蒸发的浓液，含大量无机盐及污泥物，如何进一步处理？
 - ❖ 结垢，及能源消耗都比较高。

不同方法投资及运行成本比较

处理工艺	吨水投资	运行成本	备注
MBR+RO	12-15万	80元/吨	有浓相处理
MBR+我们深度处理工艺	6万	60元/吨	运行稳定，无浓相
蒸发法	5-6万	40元/吨	蒸出水含氨氮，浓水没法处理。
二级AO+我们深度处理工艺	4万	40元/吨	占地大些，运行管理简单

结论

- ❖ 流程的设置都是在中试和实际工程的基础上得来的，综合了运行费用和投资成本取的一个较经济的值。
- ❖ 现有池体主要分为**2块**：预处理和二级**AO**生化一块，深度处理一块，同时大部分采用自流的形式，提升次数较少，在保持现有工艺流程的基础上，已经是综合考虑了工艺与池体的综合。
- ❖ 本工艺和 **MBR+反渗透**的膜法比较，具有投资低，运行成本省，无浓相二次污染，不需要更换膜组件的优点。

三 本课题组对于垃圾渗滤液的研究基础

该研究已授权的专利（10项）

- ❖ 1、化学氧化—曝气生物滤池联合水处理方法，专利号:ZL200510035132.9
- ❖ 2、一种曝气生物滤池水处理装置，专利号:ZL200720052867.7
- ❖ 3、臭氧非均相催化氧化水处理装置，专利号:ZL200720051783.1
- ❖ 4、一种曝气生物滤池射流布水布气装置，专利号:ZL200720061788.2
- ❖ 5、曝气生物滤池反冲出水装置，专利号:ZL200320118946.6

该研究已授权的专利（10项）

- ❖ 6、臭氧氧化与下流式曝气生物滤池装置，专利号：ZL200820051238.7
- ❖ 7、上流式曝气生物滤池出水及反冲出水系统，专利号：ZL200720061562.2
- ❖ 8、一种曝气生物滤池射流布水布气装置，专利号：ZL 200720061788.2
- ❖ 9、一体式臭氧与曝气生物滤池水处理方法，专利号：ZL 200710028632.9
- ❖ 10、芬顿与气浮一体化水处理方法，专利号：200710027102.2

正在设计及建设的工程项目

- ❖ 贵州省有二个县级垃圾渗滤液的处理工程，一个处理能力**50T/D**，黎平的一个**80T/D**。黎平的项目正在施工中。
- ❖ 湖南省一个县级垃圾渗滤液的处理工程，处理能力**100T/D**，项目正在施工过程中。
- ❖ 二个合作单位都讲会有更多的当地垃圾填埋厂应用我们的技术。

相关研究发表的SCI论文

- Wang Xiaojun*, Gu Xiaoyang, Lin Dexian, Dong Fang, Wan Xiaofang. **Treatment of Acid Rose Dye Containing Wastewater by Ozonizing - Biological Aerated Filter** . Dyes and Pigments. 2007, 74(3):736-740 (SCI 153EL 071010464433)
- Xiaojun Wang*, Xiaoyang Gu, Xiangwu Zhou, Wei Wang, Dexin Lin. **TREATMENT OF WASTEWATER CONTAINING ACID ROSE RED DYE BY BIOLOGICALLY AERATED FILTER AFTER CHEMICAL OXIDATION**. Environmental Technology. 2007, Vol 28, (8): 831-839 (SCI 200AV)
- WANG Xiaojun、GU Xiaoyang、LIN Dexin. **Treatment of Acid Rose Red Dye Containing Wastewater by Fenton Reagent - Biological Aerated Filter Processes**. Progress in Environmental Science and Technology (Vol. 1). Science Press & Science Press USA Inc. 2007.11, Beijing, 701-711 (IDS Number: BHD32)

相关研究发表的SCI论文

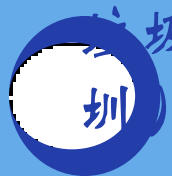
- Xiaojun Wang, Yang Song, Jun-sheng Mai. **Combined Fenton oxidation and aerobic biological processes for treating a surfactant wastewater containing abundant sulfate.** *Journal of Hazardous Materials* (2008)
- Xiaojun Wang*, Jinhua Xu, Ding Xiao, Sili Chen. **Waste Elimination Processes of Iron Oxide Red.** *Environmental Progress.*(2008)
- WANG Xiaojun, CHEN S. L, GU X. Y, XIAO Jin. **Biological aerated filter treated textile wastewater for reuse after ozonation pre-treatment.** *Water Science and Technology.* (2008).
- WANG Xiaojun, CHEN S. L and etc. **Pilot Plant Study on Advanced Treatment of Landfill Leachate by coagulation-Fenton oxidation-biological aerated filter process.** *Waste Management.* (2009)

国内发表的核心或统计源

- **A/O-BAF**工艺处理垃圾渗滤液的试验研究. 环境卫生工程, **2009.10**, **17(5): 31-33**
- 臭氧预氧化——**BAF**工艺深度处理垃圾渗滤液. 环境工程学报, **2009**, **3(9): 1563-1566**
- 臭氧-曝气生物滤池对纺织洗水的回用处理. 2008. 4, 24(7): 42-44
- 高级氧化处理苯酚废水的研究. 环境科学与技术. 2008. 1, 31(1): 96-99.
- Fenton氧化-好氧接触氧化处理高浓度硫酸盐的LAS废水. 日用化学工业. 2008. 2 38(1): 12-15.
- 混凝/化学氧化/曝气生物滤池深度处理垃圾渗滤液. 中国给水排水. 2008. 3, 24(6): 72-74
- 组合工艺处理高浓度日用化工废水. 工业水处理. 2008, 28(2): 78-80
- 利用Fenton氧化处理TNT炸药废水. 火炸药学报. 2007, 30(6): 44-47
- Fenton试剂处理含乌咯托品废水的研究. 应用化工. 2007. (9): 874-876
- 混凝-Fenton-BAF深度处理垃圾渗滤液中试研究. 环境工程学报. 2007. 10, 1(10): 42-45

国内发表的核心或统计源

- **Fenton试剂处理含有机硅废水的研究. 印染助剂. 2007.7, 24(7): 29-31**
- **Fenton试剂处理含甲醛有机废水的研究. 化工科技. 2007.6, 15(3): 26-29**
- **Fenton氧化-生物接触氧化工艺处理甲醛和乌洛托品废水. 化工环保. 2007.5, 27(2): 121-124**
- **化妆品生产废水处理工程设计与调试实例. 环境工程. 2007.1, 25(1): 21-23**
- **Fenton试剂—曝气生物滤池处理酸性玫瑰红印染废水. 工业水处理. 2006.11, 26(11): 28-31**
- **臭氧—曝气生物滤池处理酸性玫瑰红染料废水.环境污染治理技术与设备*. 2006.7, 7(7):43—46**
- **上下向流BAF处理化肥厂工业废水的中试研究. 工业水处理 2006,6. 26(6):39-41**
- **O3和Fenton试剂化学氧化处理酸性玫瑰红印染废水. 染料与染色. 2006, 43(1):34-36**
- **曝气生物滤池-臭氧氧化-曝气生物滤池组合工艺对印染废水的深度处理 [J].工业水处理,2009,11(29):74-76**
- **Fenton-曝气生物滤池深度处理焦化废水[J].净水技术,2009,5(28):39-42**



高级处理CDM (深

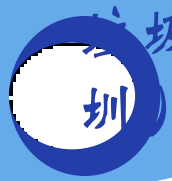
圳)

我们的联系方式

E-mail: cexjwang@scut.edu.cn

网址: www.scutgreen.com

TEL:13802767806



垃圾处理CDM（深

圳）

请各位专家批评指正！