

T/AHEPI

安徽省环境保护产业协会团体标准

T/AHEPI 09—2022

陶瓷平板膜生物反应器+电化学催化氧化法 处理垃圾渗滤液技术规范

Technical specification for treatment of landfill leachate by ceramic flat membrane
bioreactor+electrochemical catalytic oxidation

2022 - 12 - 20 发布

2023 - 01 - 03 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 总体要求	3
5 工艺设计	3
6 检测与控制	6
7 电气与自控	6
8 施工与验收	6
9 运行与维护	7
10 节能减排	9
附录 A（资料性） 陶瓷平板膜生物反应器常见故障及排除	10
附录 B（资料性） 电化学催化氧化系统常见故障及排除	11
参考文献	12

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由安徽坤德载物环境科技发展有限公司提出。

本文件由安徽省环境保护产业协会归口。

本文件起草单位：安徽坤德载物环境科技发展有限公司、安徽大学、安徽蜀峰环境科技发展有限公司。

本文件主要起草人：程晋忠、李鹏程、王界。

陶瓷平板膜生物反应器+电化学催化氧化法 处理垃圾渗滤液技术规范

1 范围

本文件规定了陶瓷平板膜生物反应器+电化学催化氧化法在垃圾渗滤液处理中的工艺设计、检测与控制、施工与验收、运行与维护以及节能减碳等要求。

本文件适用陶瓷平板膜生物反应器+电化学催化氧化法处理垃圾渗滤液，可作为工程咨询、设计施工的技术参考文件。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB 16889 生活垃圾填埋场污染控制标准
- GB 50014 室外排水设计规范
- GB 50052 供配电系统设计规范
- GB 50054 低压配电设计规范
- GB 50231 机械设备安装工程施工及验收通用规范
- GB 50275 风机、压缩机、泵安装工程施工及验收规范
- GB J93 工业自动化仪表工程施工及验收规范
- GB/T 3797 电气控制设备
- GB/T 18920 城市污水再生利用城市杂用水水质
- GB/T 20103 膜分离技术 术语
- GB/T 26800 电导电极
- GB/T 33898 膜生物反应器通用技术规范
- GB/T 39308 难降解有机废水深度处理技术规范
- GB/T 39717 水处理用陶瓷膜板
- HJ 564 生活垃圾填埋场渗滤液处理工程技术规范（试行）
- HJ 2010 膜生物法污水处理工程技术规范
- HJ/T 251 环境保护产品技术要求 罗茨风机
- HJ/T 336 环境保护产品技术要求 潜水排污泵
- HJ/T 366 环境保护产品技术要求 超声波管道流量计

HJ/T 367 环境保护产品技术要求 电磁管道流量计

JB/T 6170 压力传感器

JB/T 7256 自吸式离心泵

JB/T 7392 数字压力表

JB/T 8740 电化学用整流器

JB/T 9273 电接点压力表

JB/T 10203 远传压力表

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

垃圾渗滤液 landfill leachate

垃圾在堆放和填埋过程中由于压实、发酵等物理、生物、化学作用，同时在降水和其他外部来水的渗流作用下产生的含有有机或无机成分的液体。

[来源：HJ 564-2010, 3.1]

3.2

陶瓷膜 ceramic membrane

以多孔陶瓷材料制成的具有分离功能的半透膜。如以玻璃、二氧化硅、氧化铝、莫来石等制成的陶瓷膜，可承受高温、较宽的pH范围，具有比聚合物膜高的化学惰性，一般用于微滤和超滤。

[来源：GB/T 20103-2006, 3.1]

3.3

平板膜 flat membrane

外形为平板或纸片状的膜。通常具有支撑层（如无纺布），用于制备板框式、折叠式和螺旋卷式膜元件。

[来源：GB/T 20103-2006, 2.1.27]

3.4

膜生物反应器 membrane bioreactor

以膜为载体，把生物反应（作用）和分离相结合，能改变反应进程和提高反应速率的设备或系统。

[来源：GB/T 20103-2006, 6.3.3]

3.5

电化学催化氧化法 electrochemical catalytic oxidation

利用废水的导电性，在外加直流电源的作用下，通过电极表面的电催化作用，使具有特殊催化层的阳极在与紧邻溶液界面中直接或间接发生氧化反应，其具有催化化学反应和使电子迁移的双重功能。

[来源：GB/T 39308-2020, 4.1.4.1]

4 总体要求

4.1 陶瓷平板膜生物反应器+电化学催化氧化的设备布置应根据厂址地形、气象、地质条件、运行和环境安全等因素，统一考虑整体布局，便于施工、维护和管理，并符合 GB 50014 的有关规定。

4.2 陶瓷平板膜生物反应器+电化学催化氧化的工艺选择计算应根据设计进水水质和出水水质要求。

4.3 在水质和（或）水量变化较大的污水处理系统中，应根据水质和（或）水量的变化调节系统，保证运行的安全性。

4.4 当陶瓷平板膜生物反应器+电化学催化氧化用于寒冷地区¹⁾时，按照以下规定：

- a) 工艺设计参数的选择应通过技术经济比较确定，并充分考虑温度的影响；
- b) 易出现冰冻的设备，如室外泵、管道等，设计中应考虑防寒保暖等需要；
- c) 构筑物应根据实际情况确定是否加盖。

5 工艺设计

5.1 进水水质

垃圾填埋场或者垃圾中转站产生的垃圾渗滤液经前端处理²⁾后，进入陶瓷平板膜生物反应器的进水水质应满足下列要求：

表 1 陶瓷平板膜生物反应器进水水质表

项目	单位	数值
pH值	-	6~9
水温	℃	15~35
化学需氧量 (COD _{Cr})	mg/L	≤1000
五日生化需氧量 (BOD ₅)	mg/L	≤400
氨氮 (NH ₃ -N)	mg/L	≤50
总氮 (TN)	mg/L	≤80
总磷 (TP)	mg/L	≤5

注：陶瓷平板膜生物反应器宜设置超细格栅，一般要求栅孔直径或栅间隙小于2mm。

5.2 出水水质

出水水质指标可以同时满足表2直排标准，以及表3回用标准：

表 2 《生活垃圾填埋场污染控制标准》（GB 16889—2008）表 2 直排标准

项目	单位	数值
色度	倍	≤40
化学需氧量 (COD _{Cr})	mg/L	≤100
五日生化需氧量 (BOD ₅)	mg/L	≤30
悬浮物 (SS)	mg/L	≤30
氨氮 (NH ₃ -N)	mg/L	≤25
总氮 (TN)	mg/L	≤40

1) 寒冷地区是指我国最冷月平均温度满足-10℃~0℃，日平均温度≤5℃的天数为90~145天的地区。

2) 前端处理一般包含格栅、混凝沉淀、气浮、厌氧、缺氧、好氧等常规工艺。

项目	单位	数值
总磷 (TP)	mg/L	≤3

表3 《城市污水再生利用城市杂用水水质》(GB/T 18920-2002) 回用标准(溶解性总固体除外)

项目	单位	数值
pH值	-	6~9
色度	倍	≤30
浊度	NTU	≤5
五日生化需氧量 (BOD ₅)	mg/L	≤30
溶解氧	mg/L	≥1.0
总余氯	mg/L	≥1.0

5.3 方法提要

5.3.1 陶瓷平板膜生物反应器

利用反应器中的好氧菌和硝化菌降解污水中的有机污染物和氨氮,再通过陶瓷平板膜进行高效的固液分离出水。陶瓷平板膜生物反应器工艺通过膜分离技术大大强化了生物反应器的功能。

5.3.2 电化学催化氧化系统

在一定的外加直流电源条件下,利用阴阳电极及电极板间的固体催化活性填料在电场作用下形成的粒子电极的共同作用,使废水中的难降解污染物不断地产生吸附—降解过程,实现污染物的电化学催化氧化。同时电场作用下所形成的H₂O₂、·OH和各种活性物质等与污水中有机物发生羟基取代反应、脱氢反应和电子转移反应,将有机物被彻底氧化分解为CO₂和H₂O。

5.4 工艺流程

将经前端处理后的渗滤液置于陶瓷平板膜生物反应器,经过微生物降解渗滤液中的部分污染物后,通过泵从陶瓷平板膜组件出水口抽吸进入电化学催化氧化系统,最终在外加直流电源的作用下,经电化学催化氧化系统处理后可直接达标出水。过程中不产生任何浓缩液。

陶瓷平板膜生物反应器产生的污泥通过机械脱水减量后外运作固废处置。

5.5 工艺流程图

陶瓷平板膜生物反应器+电化学催化氧化法工艺流程图见图1。

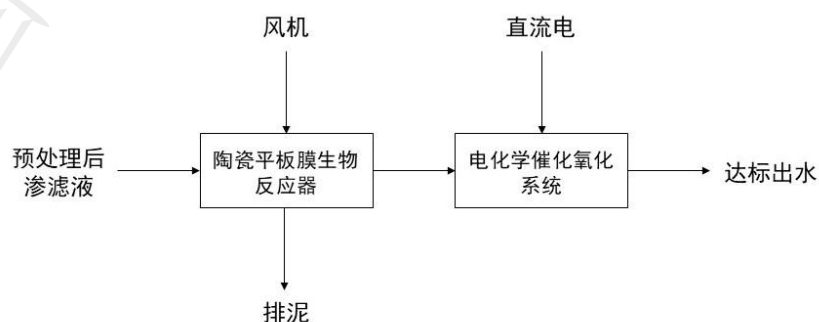


图1 陶瓷平板膜生物反应器+电化学催化氧化法工艺流程图

5.6 工艺参数

5.6.1 陶瓷平板膜生物反应器工艺参数

- a) 设计膜通量宜为 $30\text{L}/\text{m}^2/\text{h}\sim 50\text{L}/\text{m}^2/\text{h}$;
- b) 过滤时间宜设置为 9min ，反洗时间宜设置为 1min ，具体根据实际运行情况作调整；
- c) 反洗流量宜为产水流量的 $2\sim 3$ 倍；
- d) 跨膜压差宜保持在 5kPa 以内；
- e) 反应器内的 pH 宜控制在 $6\sim 8$ ；
- f) 污泥浓度宜控制在 $8\sim 12\text{g}/\text{L}$ ；
- g) 膜清洗风量宜按照每套膜组件 $1.65\text{Nm}^3/\text{min}\sim 2.0\text{Nm}^3/\text{min}$ 设计；
- h) 化学清洗药剂和浓度：
 - 次氯酸钠，浓度宜控制在 $0.025\%\sim 0.1\%$ ，主要去除生物污堵、有机类污染；
 - 柠檬酸，浓度宜控制在 $0.25\%\sim 1\%$ ，主要去除无机类污染。

5.6.2 电化学催化氧化系统工艺参数

- a) 外加直流电源电压应 $\leq 12\text{V}$ ；
- b) 电流密度³⁾宜控制在 $0.01\text{A}/\text{cm}^2\sim 0.03\text{A}/\text{cm}^2$ ；
- c) 进水电导率应 $> 3000\mu\text{S}/\text{cm}$ ；
- d) 进水总硬度应 $< 10\text{mmol}/\text{L}$ 。

5.7 主要设备

5.7.1 组成

- a) 陶瓷平板膜生物反应器主要由反应器壳体、膜组件、水泵、风机、反洗清洗系统组成；
- b) 电化学催化氧化反应系统主要由反应器壳体、整流器、电极等组成。

5.7.2 部件

- a) 陶瓷平板膜组件按照 GB/T 39717 的规定；
- b) 自吸离心泵、潜水排污泵、清洗泵，分别按照 JB/T 7256、HJ/T 336、HG/T 3183 的规定；
- c) 风机按照 HJ/T 251 的规定；
- d) 阴阳电极按照 GB/T 26800 的规定；
- e) 整流器按照 JB/T 8740 的规定。

5.8 二次污染及控制

5.8.1 类型

主要是：固废、废气、噪声、振动。

5.8.2 控制措施

- a) 固废主要由污泥脱水系统产生，宜采用机械脱水减量后外运至有资质单位进行处置；

3) 电流密度=导入电流/电极面积

- b) 废气主要由污泥脱水系统产生，废气宜收集后经臭气处理⁴⁾后高空排放，按照 GB 16297 规定；
- c) 噪声主要由风机运行时产生，宜将风机置于设备房内并做隔声处理；
- d) 振动主要由动力设备运行产生，宜在振动设备基础和基础支架之间使用阻尼材料、减震器隔振。

6 检测与控制

- 6.1 陶瓷平板膜生物反应器+电化学催化氧化法处理垃圾渗滤液工程宜根据工艺控制的要求设置 pH 计、流量计、压力测量仪表、液位控制器、流量测量仪表、溶解氧等计量装置。
- 6.2 压力测量仪表根据需要选择压力传感器、数字压力表、电接点压力表及远传压力表等，且应分别符合 JB/T 6170、JB/T 7392、JB/T 9273、JB/T 10203 的规定。
- 6.3 流量测量仪表根据需要选择超声波管道流量计及电磁流量计等，应分别符合 HJ/T 366、HJ/T 367 的规定。
- 6.4 液位控制器应选用电接点式、压力式、干簧管液位式或超声波式。
- 6.5 运行监测参数至少应包括水量、pH 值、化学需氧量（COD_{Cr}）、生化需氧量（BOD₅）、氨氮、总氮、总磷。

7 电气与自控

- 7.1 低压配电设计应符合 GB 50054 设计规范的规定。
- 7.2 电气柜柜体防护等级应不低于 GB 4208 中的 IP55。
- 7.3 电气柜选择元、器件按照 GB/T 3797 中的 4.4.1 的规定。
- 7.4 电气柜内外布线按照 GB/T 3797 中的 4.12.4 的规定。
- 7.5 应具有液位控制、曝气控制、膜污染检测预警、进出水控制、外界直流电源控制以及故障报警保护等自动保护功能。

8 施工与验收

8.1 工程施工

- 8.1.1 陶瓷平板膜生物反应器+电化学催化氧化法处理垃圾渗滤液工程的施工单位应具有国家相应工程施工资质。
- 8.1.2 工程施工、运行过程中产生的噪声及其他污染物排放应严格执行国家环境保护法规和标准的有关规定。
- 8.1.3 工程施工中所使用的设备、材料、器件等应符合相关的国家标准，并具备产品质量合格证。
- 8.1.4 工程施工单位除应遵守相关的技术规范外，还应遵守国家有关部门颁发的劳动安全与卫生、消

4) 臭气处理：包含但不限于洗涤处理、生物处理、活性炭吸附、等离子处理、植物液处理。

防等国家强制性标准。

8.2 工程调试与竣工验收

8.2.1 陶瓷平板膜生物反应器+电化学催化氧化法处理垃圾渗滤液工程的验收应按《建设项目竣工环境保护验收管理办法》、相应专业验收规范和本标准的有关规定组织工程竣工验收；工程竣工验收前，不得投入生产性使用。

8.2.2 工程应在系统通过整体调试、各环节运转正常、技术指标达到设计和合同要求后进入生产试运行。试运行时间一般不少于1个月。

8.2.3 试运行期间应进行水质检测，检测指标应至少包括：

- a) 各处理单元中的 pH 值、温度、水量；
- b) 各处理单元进、出水主要污染物浓度，如：化学需氧量（ COD_{Cr} ）、生化需氧量（ BOD_5 ）、氨氮、总氮、总磷。

9 运行与维护

9.1 陶瓷平板膜生物反应器运行

9.1.1 初步运行

9.1.1.1 检查设置

- a) 确认空气管、污水管的正确连接；
- b) 确认膜元件箱体在曝气箱上已固定好；
- c) 确认膜组件放置的反应池内已清洗完毕。打开保护盖；
- d) 将清水放入池内之前，打开空气排放阀，排出膜元件中的空气；
- e) 将清水（自来水或过滤水）放至运行水位；
- f) 放水完毕后，将空气排放阀关闭。

9.1.1.2 清水运行

- a) 曝气鼓风机启动后，请确认曝气量和曝气的均匀性；
- b) 一台鼓风机对多台膜组件送风时，应保证供给各个膜组件的空气量相同。如果有严重的不同，请检查管道构造（接口管粗细等）和各送气管情况，使送气量达到一致；
- c) 清水调试时，请检查控制设备的性能；
- d) 清水调试时，请测定设计过滤水量（通常时及最大、最小流量时）下的膜间压差、水温，需进行记录并保管；
- e) 清水调试时，性能测试结束后，请马上停止过滤和曝气。

9.1.2 过滤产水

- a) 当膜池液位达到高液位时，进入产水程序；当膜池液位低于中液位时，退出产水程序；当膜池低于低液位（膜板可能露出水面）时，给出报警；

- b) 产水程序由 PLC 时间控制：即根据抽停时间设定值控制运行；典型值为运行 9min，气擦洗 30s，反冲洗 30s 间歇运行（时间根据污染程度适当调整）；
- c) 当产水跨膜压差超过 5kPa（典型值）时，给出报警；当跨膜压差超过 10kPa（典型值）时，膜停止产水，自动执行化学清洗程序；
- d) 当气体流量开关检测到膜擦洗流量低于 70%（典型值）的正常流量时，膜停止产水，给出报警信号；
- e) 过滤水泵采用恒流量变频控制。控制算法采用 PID。正常运行时，如果产水流量低于 50%（典型值）的设定流量，延时报警，并停止过滤水泵；
- f) 当抽吸管路和膜系统有泄漏时，空气会进入产水管，形成压力损失，形成的气泡还会影响过滤水泵和流量计的正常工作。

9.1.3 反洗

- a) 根据水质情况选择是否执行水反洗；
- b) 水反洗采用陶瓷平板膜组件产水；
- c) 水反洗按固定的时间周期执行：每 1 个（典型值）产水-停止周期执行一次水力反洗程序；
- d) 水反冲洗时，反洗水从膜板内向外透过膜壁，将悬浮污染物带离膜表面；
- e) 过高的反向跨膜压差将损坏膜；
- f) 为避免产水池中混入的污染物通过水力反洗进入膜板内部，建议在反洗泵出口安装过滤器。

9.1.4 化学清洗

- a) 化学清洗定期执行；
- b) 化学清洗工艺过程分为在线清洗和浸泡清洗。通常采用次氯酸钠、柠檬酸两种药剂。次氯酸钠主要用于控制有机物和微生物污染，柠檬酸主要用于控制无机结垢；
- c) 在线清洗是一种低浓度的化学清洗方法，用来恢复膜的通量，降低浸泡清洗的频率，清洗周期为 7d~14d，采用 0.025%~0.1%次氯酸钠清洗液清洗。在线清洗时，对应膜组件停止产水，开启反洗水泵和加药泵，将化学溶液从产水口反向注入膜组件，持续 30min；
- d) 浸泡清洗是一种当膜透过率低于正常运行范围时的强度更高的清洗方式。清洗周期为 4~6 个月，每个单元清洗持续时间约为 4~12h。浸泡清洗分为碱洗和酸洗两个过程，先碱后酸。碱洗采用 0.025%~0.1%的次氯酸钠清洗液清洗，酸洗采用 0.25%~1%的柠檬酸清洗液清洗；
- e) 化学清洗时，过高的反向跨膜压差将损坏膜；
- f) 为避免过滤水池中混入的污染物通过化学清洗进入膜板内部，建议在反洗水泵出口安装过滤器；
- g) 多组膜并联运行时，建议设置单独的加药泵。

9.2 电化学催化氧化系统运行

- 9.2.1 检查外部电源（三相 380V，50Hz）的连接情况，并提起内部的断路器。
- 9.2.2 整流器原则上以恒电流模式运行。
- 9.2.3 整流器的周期性地反转电流，自动将附着在电极上的硬性物质之类的异物从电极上脱下。
- 9.2.4 保持电解槽的温度在 30℃～50℃。

9.3 维护管理

- 9.3.1 运行人员应定期进行岗位培训、持证上岗。运行管理人员上岗前均应进行相关法律法规和专业技术、安全防护、紧急处理等理论知识和操作技能的培训。
- 9.3.2 各岗位人员应严格按照操作规程作业，如实填写运行记录，并妥善保存。
- 9.3.3 严谨擅自启、闭设备，管理人员不得违章指挥。
- 9.3.4 应根据工艺要求，定期对设备、仪表及电气进行检查维护，确保处理设施稳定运行。

10 节能减排

通过工艺的优选，节能的装置，无害高效的药剂，排放物的再利用和管理模式的创新达到总体的节能减排。

附录 A
(资料性)
陶瓷平板膜生物反应器常见故障及排除

故障现象	故障原因	解决方法
曝气空气达不到标准量	鼓风机故障	检查鼓风机
	曝气管堵塞或漏气	清洗曝气管或修复
膜组件内或膜组件间曝气状态不稳定	膜组件的曝气管堵塞	清洗膜组件的曝气管
抽吸口不出水，抽出水中还有大量气泡	过滤水泵转动方向错误	检查并调整转向
	开始启用时泵内无水所致	向泵腔内注水后启动检查
	过滤水泵入口管路发生严重泄漏 初次使用	抽吸管路有漏气点检查漏气点并修补 向膜池注水时打开清洗药口
膜池水流溢出	进水量过大或上布水器堵塞	调整阀门控制进水流量 清理上布水器的堵塞物
设备不能启动	电源未接通	接通电源
	电源不符合要求	按设计规定要求输入电源
	电路有故障或接触不良	检查启动电路，过载保护等
	原水池液位过低或产水池液位过高	检查水箱液位
产水量下降超过初始稳定产水量的20%	陶瓷膜组件被污染	进行气洗 进行水反洗 进行化学性清洗
	进水量过小	调整进水流量
	原水水质恶化	分析原水水质，增加预处理
	设计不合理	单位膜面积设计通量太大，减小设计通量，增加膜的数量
	预处理供水不足	更换预处理设备
	维护不当	来电咨询客服部正确维护方法
产水水质不达标或截留效果降低	二次污染	对可能造成二次污染的管道、阀门、水泵进行清洗消毒
	原水水质恶化	分析原水水质，增加预处理
	陶瓷膜组件选择有误	重新对膜组件选型
	陶瓷平板膜有损坏	查找出损坏处，并用环氧树脂进行修补、处理；或更换陶瓷平板膜
产水压力表压力突然升高	过滤水泵损坏	检查过滤水泵
	阀门故障	检查阀门或控制电路的故障

附 录 B
(资料性)
电化学催化氧化系统常见故障及排除

故障现象	故障原因	解决方法
电流增加不大，电压却较高	废水导电性能不好	需要提高废水导电性，如向废水中投加少量氯化钠等物质
电流较大，电压不能提高	可能设备存在短路现象	需要检修设备电路
系统出水COD明显升高	电极板受到污染，发生结垢	合理清洗电极板

参 考 文 献

- [1] GB 12348 工业企业厂界噪声标准[S].
- [2] GB 14554 恶臭污染物排放标准[S].
- [3] GB 16297 大气污染物综合排放标准[S].
- [4] GB 18599 一般工业固体废物贮存、处置场污染物控制标准[S].
- [5] GB 50334 城市污水处理厂工程质量验收规范[S].
- [6] CJJ/T 243-2016 城镇污水处理厂臭气处理技术规程[S].
- [7] HG J229 工业设备、管道防腐蚀工程使用及验收规范[S].
- [8] 中华人民共和国环境保护法[Z]. 2015.
- [9] 中华人民共和国水污染防治法[Z]. 2017.
- [10] 安徽省实施《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》办法[Z]. 2021.
- [11] 安徽省环境保护条例[Z]. 2018.
-