



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115557595 A

(43) 申请公布日 2023. 01. 03

(21) 申请号 202211237994.X

(22) 申请日 2022.10.10

(71) 申请人 浙江工商大学

地址 310018 浙江省杭州市西湖区教工路
149号

(72) 发明人 冯华军 陈龙 周丽婷 陈儒雅
夏伊静 丁养城

(74) 专利代理机构 北京精金石知识产权代理有
限公司 11470

专利代理师 张黎

(51) Int. Cl.

C02F 3/00 (2006.01)

C02F 3/34 (2006.01)

C02F 101/36 (2006.01)

C02F 101/38 (2006.01)

权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种高盐废水生物强化处理的方法

(57) 摘要

本发明提供了一种高盐废水生物强化处理的方法,涉及高盐废水净化技术领域。包括步骤:

(1) 构建电刺激反应器,在污泥池中置入多组阴阳极电极板组;(2) 启动电刺激反应器,通过向电极板施加恒定电流电压形成电场,加入耐盐微生物强化剂;(3) 电刺激反应器运行:调整施加电压,检测水质指标;(4) 若不达标则重复步骤(2)-(3),直至水质达标。本方法结合物化法和生物法对高盐废水中的污染物进行降解处理,有利于解决传统生物法处理法周期长、达标难、效果差的瓶颈,在有效控制整体成本的同时还大大缩短污泥驯化时间,使高盐废水污染物去除速率得到快速提升。



1. 一种高盐废水生物强化处理的方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 电刺激反应器构建:根据污泥池构造选择电极材料及电极尺寸,将电极板与直流电源相连;

(2) 电刺激反应器启动:废水经污泥池的进水口流入,依次经过电刺激反应器的各组阴极电极板、阳极电极板,施加直流电压,加入耐盐微生物强化剂,进入启动期;检测进出口水质指标变化,水质达标后视为启动期结束;

(3) 电刺激反应器运行:调整施加电压,检测水质指标,至水质达标;

(4) 若不达标则再次改变电压进入启动期进行强化,重复步骤(2)-(3),检测水质指标,直至水质达标。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤(1)中,所述电极材料采用碳纤维、不锈钢、钛网材质中的至少一种。

3. 根据权利要求2所述的方法,其特征在于,所述电极材料为碳纤维,电导率为2.5-10s/cm,抗拉强度不小于3000Mpa,抗弯曲强度不小于1000Mpa。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤(1)中,所述电极尺寸为单个电极板截面积占污泥池截面积的60-70%,所述电极板截面积的密度为 $0.5-1.2\text{m}^2/\text{m}^3$ 。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤(2)中,所述直流电压根据废水的电导率而确定;当废水电导率 $<1*10^4\mu\text{s}/\text{cm}$ 时,施加直流电压为1.6-2.0V,电场强度为3.2-4.0V/m,阳极电势为0.8-1.0V,阴极电势为-0.8--1.0V;当废水电导率 $\geq 1*10^4\mu\text{s}/\text{cm}$ 时,施加直流电压为1.0-1.6V,电场强度为2.0-3.2V/m,阳极电势为0.5-0.8V,阴极电势为-0.5--0.8V。

6. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤(2)中所述耐盐微生物强化剂包括成分0-20g/L琼脂、5-15g/L蛋白胨、5-15g/L牛肉粉、2-5g/L酵母粉、2-10g/L葡萄糖、0.1-1.0g/L磷酸氢二钾、0.2-0.8g/L磷酸二氢钾、0.0005-0.002g/L硫酸铁、0.001-0.003g/L-甲硫氨酸、0.001-0.004g/LDL-色氨酸。

7. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤(3)中,所述施加电压为0.1-0.3V,电场强度为0.3-0.5V/m,阳极电势为0.05-0.2V,阴极电势为-0.05--0.2V。

8. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,步骤(2)-(4)中,所述水质指标包括每24h检测进出口废水的对氯硝基苯浓度;还包括 SV_{30} 、MLSS、MLVSS、EPS中蛋白多糖含量、ATP酶活,检测进出口废水的pH值变化,添加磷酸溶液控制pH为6.8-7.5;所述水质达标为当施加电压较不施加电压的对氯硝基苯去除率提升50%-60%。

9. 权利要求1-8任一项所述的方法所使用的电刺激反应器。

10. 权利要求1-9任一项所述的方法和/或权利要求9所述的电刺激反应器在降解高盐废水中对氯硝基苯的应用。

一种高盐废水生物强化处理的方法

技术领域

[0001] 本发明属于高盐废水净化技术领域,具体涉及一种高盐废水生物强化处理的方法。

背景技术

[0002] 伴随着全球工业化水平和人口增长速率的不断提升,废水产量以每年2%的速率快速增长。其中,高盐废水(以NaCl计,超过10g/L)因具有电导率高、生化性差、水质复杂等特点,难以对其进行便捷高效处理。高盐废水若直接外排或稀释外排,不仅会造成水资源浪费,还会污染周围生态环境,甚至威胁人类健康。去除高盐废水中难降解有机污染物逐渐成为近年来研究人员关注的重点和难点,废水净化的重要性不言而喻。

[0003] 对氯硝基苯是一类含氯含硝基的芳香烃化合物,作为一种毒性高、稳定性好、致癌性强的化学原料广泛存在于化工产品的排放废水中。其在工业废水中的质量浓度高达0.05-200mg/L,当对氯硝基苯浓度超过20mg/L就会产生危害。若未经有效降解即排放至周围生态环境中,不仅会对环境安全造成影响,还会对人体健康造成显著危害,症状较轻时会发生气短、胸闷的现象,严重时甚至会因窒息而死亡。美国环保局和欧盟委员会将对氯硝基苯列为优先控制的有机污染物。如何有效处理高盐废水中的对氯硝基苯是目前高盐废水处理领域研究的重点和难点。

[0004] 不管是从减少能源消耗角度还是从保护生态环境的角度出发,降低污水处理能耗和物耗是行业升级的必然目标。对氯硝基苯在吸电子基团(硝基和氯基)的共同作用下,其苯环自身的电子云密度降低,诱导效应增强,化学结构稳定,难以降解。目前对氯硝基苯的处理方法主要有物化法和生物法。(1)物理法:吸附和萃取,仅仅是污染物质的转移,存在吸附剂和萃取剂的二次污染。处理效率低;(2)化学法:高级氧化法、零价铁还原技术、电化学还原技术等,存在运行成本高等问题;(3)生物法:厌氧法、厌氧-好氧联合技术,具有降解速率慢,处理周期长的特点,导致实际处理效果受限。

[0005] 中国发明专利CN 114162974A公开一种高效降解对氯硝基苯的弱电介入人工湿地系统,用于处理污水及受污染水体中对氯硝基苯和氮元素,包括人工湿地载体系统、生物强化增效电极模块、供电系统和实时监控系統;同时还提供了上述系统的运行方法,将生物电化学系统与人工湿地系统相结合,生物电化学系统快速的电子转移及大量的富集微生物,使废水中对氯硝基苯迅速还原降级为易被微生物利用的形式,有利于下一步的微生物降解过程。但高浓度盐离子会抑制常规微生物的生长繁殖过程,处理周期长。

[0006] 为缓解高盐度带来的危害,通常对微生物采用被动驯化以提高群落中耐盐微生物的相对丰度,但此类驯化方式进程缓慢,相关耐盐基因表达滞后,难以快速满足实际工程需求。因此,有助于加速实际驯化进程并提升微生物除污性能的主动驯化技术逐渐成为研究热点。电作为一种极其常见的物理刺激方法常应用于医学领域,在调节微生物细胞功能方面也起着重要作用,一定强度范围内的电场刺激会对微生物的生命活动产生积极影响。

[0007] 基于此,本发明结合微生物学、电化学、量子化学及环境工程学等多学科理论与方

法,开发了一种电刺激强化微生物耐盐能力的技术方法,不仅可为高盐废水难降解有机物的治理提供有效技术支持和崭新思路,还将深化电刺激强化微生物的耐盐机理,为高盐废水处理的理论研究拓展一定的思路,具有重要的学术意义和工程应用前景。

发明内容

[0008] 本发明针对现有技术存在的问题,提供了一种高盐废水生物强化处理的方法,该方法突破生物法处理高盐废水周期长、降解速率慢的瓶颈,有效加速高盐废水中对氯硝基苯的降解速率。

[0009] 为实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:

[0010] 首先,本发明提供了一种高盐废水生物强化处理的方法,包括以下步骤:

[0011] (1) 电刺激反应器构建:根据污泥池构造选择电极材料及电极尺寸,将电极板与直流电源相连;

[0012] (2) 电刺激反应器启动:废水经污泥池的进水口流入,依次经过电刺激反应器的各组阴极电极板、阳极电极板,施加直流电压,加入耐盐微生物强化剂,进入启动期;检测进出口水质指标变化,水质达标后视为启动期结束;

[0013] (3) 电刺激反应器运行:调整施加电压,检测水质指标,至水质达标;

[0014] (4) 若不达标则再次改变电压进入启动期进行强化,重复步骤(2)-(3),检测水质指标,直至水质达标。

[0015] 优选地,步骤(1)中,所述电极材料采用碳纤维、不锈钢、钛网材质中的至少一种。

[0016] 进一步优选地,所述电极材料采用碳纤维,电导率为2.5-10s/cm;抗拉强度不小于3000Mpa,弯曲强度不小于1000Mpa。

[0017] 更进一步优选地,所述碳纤维的电导率为5-8s/cm,抗拉强度为4000-6000Mpa,抗弯曲强度为2000-4000Mpa。

[0018] 优选地,步骤(1)中,所述电极尺寸为单个电极板截面积占污泥池截面积的60-70%。

[0019] 进一步优选地,所述电极板截面积的密度为0.5-1.2m²/m³。

[0020] 更进一步优选地,所述电极板截面积的密度为0.896m²/m³。

[0021] 优选地,步骤(1)中,所述电极为长方体构型,并竖直置入污泥池。

[0022] 优选地,步骤(2)中,所述直流电压根据废水的电导率而确定;当废水电导率<1*10⁴μs/cm时,施加直流电压为1.6-2.0V,电场强度为3.2-4.0V/m,阳极电势为0.8-1.0V,阴极电势为-0.8--1.0V;当废水电导率≥1*10⁴μs/cm时,施加直流电压为1.0-1.6V,电场强度为2.0-3.2V/m,阳极电势为0.5-0.8V,阴极电势为-0.5--0.8V。

[0023] 进一步优选地,所述直流电压根据废水的电导率而确定;当废水电导率<1*10⁴μs/cm时,施加直流电压为1.6-1.8V,电场强度为3.2-3.6V/m,阳极电势为0.8-0.9V,阴极电势为-0.8--0.9V;当废水电导率≥1*10⁴μs/cm时,施加直流电压为1.4-1.6V,电场强度为2.8-3.2V/m,阳极电势为0.7-0.8V,阴极电势为-0.7--0.8V。

[0024] 优选地,步骤(2)中所述耐盐微生物强化剂成分包括琼脂、蛋白胨、牛肉粉、酵母粉、葡萄糖、磷酸氢二钾,磷酸二氢钾、硫酸铁、DL-甲硫氨酸、DL-色氨酸。

[0025] 进一步优选地,所述耐盐微生物强化剂成分按浓度配比为10-20g/L琼脂、5-15g/L

蛋白胨、5-15g/L牛肉粉、2-5g/L酵母粉、2-10g/L葡萄糖、0.1-1.0g/L磷酸氢二钾、0.2-0.8g/L磷酸二氢钾、0.0005-0.002g/L硫酸铁、0.001-0.003g/L-甲硫氨酸、0.001-0.004g/LDL-色氨酸。

[0026] 更进一步优选地,所述耐盐微生物强化剂成分按浓度配比为12-16g/L琼脂、5-12g/L蛋白胨、8-12g/L牛肉粉、2-4g/L酵母粉、3-6g/L葡萄糖、0.5-0.8g/L磷酸氢二钾、0.3-0.5g/L磷酸二氢钾、0.0008-0.0012g/L硫酸铁、0.001-0.002g/L-甲硫氨酸、0.001-0.002g/LDL-色氨酸。

[0027] 更进一步优选地,所述耐盐微生物强化剂成分按浓度配比为15g/L琼脂、10g/L蛋白胨、10g/L牛肉粉、3g/L酵母粉、5g/L葡萄糖、0.6g/L磷酸氢二钾、0.4g/L磷酸二氢钾、0.001g/L硫酸铁、0.002g/L-甲硫氨酸、0.002g/LDL-色氨酸。

[0028] 优选地,步骤(3)中,所述施加电压为0.1-0.3V,电场强度为0.3-0.5V/m,阳极电势为0.05-0.2V,阴极电势为-0.05--0.2V。

[0029] 进一步优选地,步骤(3)中,所述施加电压为0.2V,电场强度为0.4V/m,阳极电势为0.1V,阴极电势为-0.1V。

[0030] 优选地,步骤(2)-(4)中,所述水质指标包括每24h检测进出口废水的对氯硝基苯浓度。

[0031] 进一步优选地,所述水质指标还包括污泥常规指标,包括SV₃₀(污泥沉降指数)、MLSS(混合液悬浮固体浓度)、MLVSS(混合液挥发性悬浮固体浓度)、EPS(胞外聚合物)中蛋白和多糖含量、ATP酶活。

[0032] 更进一步优选地,所述水质指标还包括检测进出口废水的pH值变化,添加磷酸溶液控制pH为6.8-7.5。

[0033] 优选地,步骤(2)-(4)中,所述水质达标为当施加电压较不施加电压的对氯硝基苯去除率提升50-60%。

[0034] 再者,本发明提供上述方法所使用的电刺激反应器。

[0035] 最后,本发明提供上述方法和/或电刺激反应器在降解高盐废水中对氯硝基苯的应用。

[0036] 相对于现有技术,本发明具有以下有益效果:

[0037] 1、本发明采用硬度较高的碳纤维材质作为电极板材料,并通过合理设计电极板的形状和置入方式,达到材料利用的最大化,有效控制电极板的原料成本。

[0038] 2、本发明通过向污泥池中的污泥施加外部电刺激,达到加速强化群落中耐盐微生物耐盐能力的目的,从而保持其在实际高盐废水处理过程中仍具有较高的生物活性,达到符合预期的污染物去除效率。

[0039] 3、本发明设置了电刺激反应器启动期和运行期,根据水质指标变化趋势,合理施加相应大小的电压刺激,既控制了较低的成本,还使资源利用率达到最大化。

[0040] 4、本发明为电刺激强化微生物处理高盐废水的应用奠定了一定的理论基础和实践意义。

附图说明

[0041] 图1是本发明高盐废水生物强化处理方法的流程图。

具体实施方式

[0042] 以下非限制性实施例可以使本领域的普通技术人员更全面的理解本发明,但不以任何方式限制本发明。下述内容仅仅是对本申请要求保护的范围的示例性说明,本领域技术人员可以根据所公开的内容对本申请的发明做出多种改变和修饰,而其也应当属于本申请要求保护的范围之内。

[0043] 下面以具体实施例的方式对本发明作进一步的说明。本发明实施例中所使用的各种化学试剂如无特殊说明均通过常规商业途径获得。

[0044] 下述实施例中,所述琼脂购自麦克林,货号A800730;蛋白胨购自麦克林,货号S832651;牛肉粉购自麦克林,货号B874854;葡萄糖购自麦克林,货号G612;酵母粉购自麦克林,货号为Y820625;L-甲硫氨酸购自麦克林,货号为L812760;DL-色氨酸购自麦克林,货号为D818800。

[0045] 对氯硝基苯去除率 = $(C_t - C_0) \times 100\% / C_0$, 其中: C_t --- t时刻出水的对氯硝基苯浓度; C_0 --- 初始时刻出水的对氯硝基苯浓度。

[0046] 实施例1

[0047] (1) 电刺激反应器构建: 污泥池为水平式厌氧污泥池, 电极材料为碳纤维, 碳纤维的电导率为6.5S/cm, 抗拉强度5000Mpa, 抗弯曲强度为3000Mpa, 电极尺寸为单个电极板截面积占污泥池截面积的60%, 电极板密度为 $0.82\text{m}^2/\text{m}^3$, 电极板为长方体构型(8m*1.5m*0.2m), 置入方式为水平置入, 并将电极板与工程直流电源相连;

[0048] (2) 电刺激反应器启动: 电导率为 $1 \times 10^4 \mu\text{s}/\text{cm}$ 、对氯硝基苯浓度为60mg/L的高盐废水, 经污泥池的进水口流入, 污泥浓度为4500mg/L, 废水流速为5mm/s; 废水依次经过电刺激反应器的各组阴极电极板、阳极电极板, 每组阴极板数量为1个, 每组阳极板数量为1个; 施加直流电压为1.6V, 电场强度为3.2V/m, 阳极电势为0.8V, 阴极电势为-0.8V; 加入耐盐微生物强化剂15g/L琼脂、10g/L蛋白胨、10g/L牛肉粉、3g/L酵母粉、5g/L葡萄糖、0.6g/L磷酸氢二钾、0.4g/L磷酸二氢钾、0.001g/L硫酸铁、0.002g/L L-甲硫氨酸、0.002g/L DL-色氨酸; 启动电刺激反应器, 废水在强化污泥的降解作用后由出水口排出; 定时检测进出水口水质指标变化, 水质达标后即视为启动结束;

[0049] (3) 电刺激反应器运行: 电刺激装置进入正式运行期, 调整施加电压至0.2V, 电场强度为0.4V/m, 阳极电势为0.1V, 阴极电势为-0.1V, 检测水质指标;

[0050] (4) 若水质出现不达标则需要改变施加电压, 重复步骤(2) - (3), 直至水质达标。

[0051] 对实施例1的出水水质指标及污泥指标进行检测, 见表1。

[0052] 表1

	时间 (h)	对氯硝基苯去除率 (%)	SV ₃₀ (%)	MLSS (mg/L)	MLVSS (mg/L)	EPS 蛋白 (μgprot/g VSS)	EPS 多糖 (μgprot/g VSS)	ATP 酶活 (g c-ATP/g TSS)
[0053] 施加电刺激	3	40.91	-	-	-	-	-	-
	6	60.00	-	-	-	-	-	-
	9	84.58	15.50	3150	2100	53.28	10.11	6.62E-05
不施加电刺激	3	37.08	-	-	-	-	-	-
	6	40.92	-	-	-	-	-	-
	9	50.88	11.20	2100	918	47.04	15.10	4.01E-05

[0054] 实施例2

[0055] 与实施例1不同的是,步骤(2)中高盐废水的电导率为 $5 \times 10^3 \mu\text{s}/\text{cm}$,施加直流电压为1.6V,电场强度为3.2V/m,阳极电势为0.8V,阴极电势为-0.8V。

[0056] 其余步骤和参数设置皆相同。

[0057] 对实施例2的出水水质指标及污泥指标进行检测,见表2。

[0058] 表2

	时间 (h)	对氯硝基苯去除率 (%)	SV ₃₀ (%)	MLSS (mg/L)	MLVSS (mg/L)	EPS 蛋白 (μgprot/g VSS)	EPS 多糖 (μgprot/g VSS)	ATP 酶活 (g c-ATP/g TSS)
[0059] 施加电刺激	3	59.89%	-	-	-	-	-	-
	6	70.67%	-	-	-	-	-	-
	9	83.92%	25.20	3400	2200	34.91	10.79	8.59E-05
不施加电刺激	3	32.88%	-	-	-	-	-	-
	6	37.14%	-	-	-	-	-	-
	9	40.73%	20.00	2200	1317	35.64	17.11	4.94E-05

[0060] 实施例3

[0061] 与实施例1不同的是,步骤(2)中高盐废水的电导率为 $1.5 \times 10^4 \mu\text{s}/\text{cm}$,施加直流电压为1.2V,电场强度为2.4V/m,阳极电势为0.6V,阴极电势为-0.6V。

[0062] 其余步骤和参数设置皆相同。

[0063] 对实施例3的出水水质指标及污泥指标进行检测,见表3。

[0064] 表3

	时间 (h)	对氯硝基苯去除率 (%)	SV ₃₀ (%)	MLSS (mg/L)	MLVSS (mg/L)	EPS 蛋白 (μgprot/g VSS)	EPS 多糖 (μgprot/g VSS)	ATP 酶活 (g c-ATP/g TSS)
[0065] 施加电刺激	3	32.95%	-	-	-	-	-	-
	6	45.77%	-	-	-	-	-	-
	9	58.66%	12.60	2860	1703	73.6	18.02	4.87E-05
不施加电刺激	3	25.99%	-	-	-	-	-	-
	6	30.14%	-	-	-	-	-	-
	9	31.73%	10.80	1960	804	38.15	13.22	3.30E-05

[0066] 实施例4

[0067] 与实施例1不同的是,步骤(1)中所用电极材料为钛网材质,所用钛网的具体性能参数为,抗拉强度800Mpa。

[0068] 其余步骤和参数设置皆相同。

[0069] 对实施例4的出水水质指标及污泥指标进行检测,见表4。

[0070] 表4

	时间 (h)	对氯硝基 苯去除率 (%)	SV30 (%)	MLSS (mg/L)	MLVSS (mg/L)	EPS 蛋白 ($\mu\text{gprot/g}$ VSS)	EPS 多糖 ($\mu\text{gprot/g}$ VSS)	ATP 酶活 (g c-ATP/g TSS)
[0071] 施加电刺激	3	32.12%	-	-	-	-	-	-
	6	40.90%	-	-	-	-	-	-
	9	64.28%	14.60	3360	2182	50.80	12.60	6.05E-05
不施加电刺激	3	25.08%	-	-	-	-	-	-
	6	30.20%	-	-	-	-	-	-
	9	35.82%	11.40	2060	962	42.60	13.60	4.20E-05

[0072] 实施例5

[0073] 与实施例1不同的是,步骤(2)中,将耐盐微生物强化剂替换为15g/L琼脂、10g/L蛋白胨、3g/L酵母粉、5g/L葡萄糖、0.4g/L磷酸二氢钾、0.001g/L硫酸铁、0.002g/LL-甲硫氨酸。其余步骤和参数设置皆相同。

[0074] 对实施例5的出水水质指标及污泥指标进行检测,见表5。

[0075] 表5

	时间 (h)	对氯硝基 苯去除率 (%)	SV30 (%)	MLSS (mg/L)	MLVSS (mg/L)	EPS 蛋白 ($\mu\text{gprot/g}$ VSS)	EPS 多糖 ($\mu\text{gprot/g}$ VSS)	ATP 酶活 (g c-ATP/g TSS)
[0076] 施加电刺激	3	36.20%	-	-	-	-	-	-
	6	60.00%	-	-	-	-	-	-
	9	75.82%	14.60	3000	2005	50.82	8.20	6.02E-05
不施加电刺激	3	30.00%	-	-	-	-	-	-
	6	42.00%	-	-	-	-	-	-
	9	49.82%	12.5	2200	908	40.04	10.00	3.80E-05

[0077] 实施例6

[0078] 与实施例1不同的是,步骤(3)中,改变施加电压为0.1V,电场强度为0.3V/m,阳极电势为0.05V,阴极电势为-0.05V。

[0079] 其余步骤和参数设置皆相同。

[0080] 对实施例6的出水水质指标及污泥指标进行检测,见表6。

[0081] 表6

	时间 (h)	对氯硝基 苯去除率 (%)	SV30 (%)	MLSS (mg/L)	MLVSS (mg/L)	EPS 蛋白 ($\mu\text{gprot/g}$ VSS)	EPS 多糖 ($\mu\text{gprot/g}$ VSS)	ATP 酶活 (g c-ATP/g TSS)
[0082] 施加电 刺激	3	35.10%	-	-	-	-	-	-
	6	48.00%	-	-	-	-	-	-
	9	55.50%	14.90	3080	2060	53.28	10.11	5.61E-05
不施加 电刺激	3	30.52%	-	-	-	-	-	-
	6	42.65%	-	-	-	-	-	-
	9	50.85%	11.00	2100	950	43.12	11.82	4.23E-05

[0083] 对比例1

[0084] 与实施例1不同的是,步骤(2)中,改变施加直流电压为0.5V,电场强度为2.0V/m,阳极电势为0.1V,阴极电势为-0.1V;

[0085] 其余步骤和参数设置皆相同。

[0086] 对对比例1的出水水质指标及污泥指标进行检测,见表7。

[0087] 表7

	时间 (h)	对氯硝基 苯去除率 (%)	SV30 (%)	MLSS (mg/L)	MLVSS (mg/L)	EPS 蛋白 ($\mu\text{gprot/g}$ VSS)	EPS 多糖 ($\mu\text{gprot/g}$ VSS)	ATP 酶活 (g c-ATP/g TSS)
[0088] 施加电 刺激	3	30.10%	-	-	-	-	-	-
	6	42.60%	-	-	-	-	-	-
	9	50.50%	15.00	2900	1980	35.28	8.10	4.01E-05
[0089] 不施 加电 刺激	3	30.52%	-	-	-	-	-	-
	6	42.65%	-	-	-	-	-	-
	9	50.85%	12.10	2280	982	42.25	10.65	4.36E-05

[0090] 由上述实施例和对比例的结果可知,实施例1-6表明,施加电刺激较不施加电刺激的对氯硝基苯去除率高,废水的水质和污泥的水质更优。表明,本发明的施加电刺激的方法对废水的处理效果更好。实施例1-3之间的废水电导率不同,电导率升高会抑制对氯硝基苯的去除效果,但施加电刺激后有利于缓解此类抑制效果,大大提高污染物去除效果,提升污泥处理性能。实施例4-6表明,电极材料和耐盐微生物强化剂对废水处理效果有影响,但仍具有较强的处理能力。实施例6和对比例1表明,改变施加电压强度、电场强度和电势,对高盐废水的生物强化处理有显著影响。

[0091] 最后应当说明的是,以上内容仅用以说明本发明的技术方案,而非对本发明保护范围的限制,本领域的普通技术人员对本发明的技术方案进行的简单修改或者等同替换,均不脱离本发明技术方案的实质和范围。

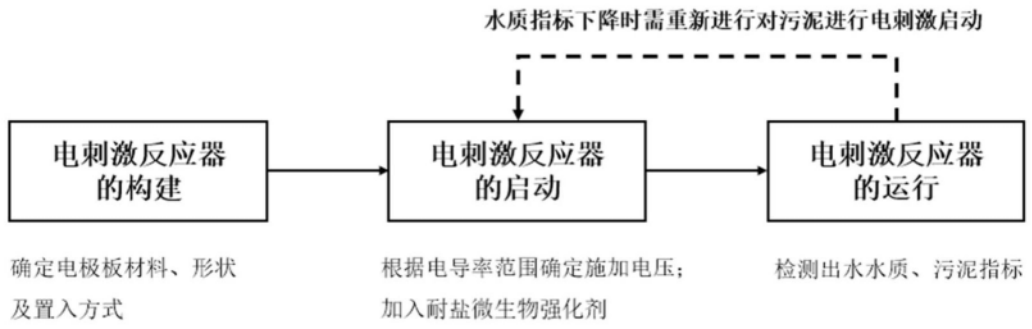


图1