



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102874960 A

(43) 申请公布日 2013. 01. 16

(21) 申请号 201110411948. 2

(22) 申请日 2011. 12. 12

(71) 申请人 湖北中碧环保科技有限公司

地址 432000 湖北省孝感市孝南经济开发区  
车站工业园

(72) 发明人 李孟 张斌

(51) Int. Cl.

C02F 9/06 (2006. 01)

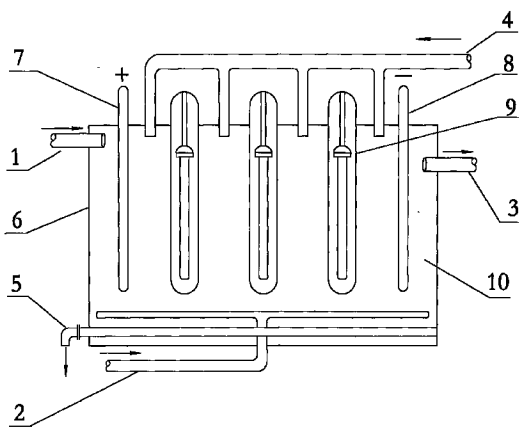
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 1 页

(54) 发明名称

三维粒子光电同步耦合催化氧化处理高盐难降解有机工业废水的装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种三维粒子光电同步耦合催化氧化处理高盐难降解有机工业废水的装置及方法,反应器装置内设有复合钛基涂层电极为阳极棒、不锈钢为阴极棒,且内置紫外光源聚光器,通入压缩空气,纳米半导体氧化物表面镀膜陶瓷介质为载体并呈悬浮状态,在碱性环境中,电解氧化脱盐及光催化氧化同步耦合作用,在阳极上生成羟基自由基,废水中的Cl<sup>-</sup>在阳极上放电生成生成Cl<sub>2</sub>,并扩散到溶液中水解生成ClO<sup>-</sup>,可氧化废水中的有机物并脱盐;在紫外光源聚光器作用下,降解废水有机污染物;同时利用电解的副反应,即析氧生成高浓度溶解氧,与纳米半导体氧化物光生电子反应,生成氢氧自由基·[OH],促进光催化氧化反应的活性,降解废水有机杂质的矿化去除,工艺操作简单方便。



1. 一种三维粒子光电同步耦合催化氧化处理高盐难降解有机工业废水的装置, 反应器装置 (6) 上部一侧接进水管 (1), 另一侧出水管 (3), 反应器装置 (6) 底端接进气管 (2), 反应器装置 (6) 内底部设排泥管 (5), 反应器 (6) 上部接回流管 (4), 其特征在于: 反应器装置 (6) 内设置有复合钛基涂层电极的阳极棒 (7)、不锈钢的阴极棒 (8), 且反应器装置 (6) 内均布有紫外光源聚光器 (9), 反应器装置 (6) 内填充纳米半导体氧化物表面镀膜陶瓷介质 (10)。

2. 根据权利要求 1 所述的处理高盐难降解有机工业废水的装置, 其特征在于: 所述紫外光源的聚光器 (9) 至少为二个或二个以上并联设置, 并可自转。

3. 根据权利要求 1 所述的处理高盐难降解有机工业废水的装置, 其特征在于: 所述反应器装置 (6) 内底部设排泥管 (5) 为穿孔排泥管。

4. 如权利要求 1-3 所述的一种三维粒子光电同步耦合催化氧化处理高盐难降解有机工业废水的方法, 其特征在于: 高盐难降解有机工业废水通过进入管 (1) 流入反应器装置 (6) 中, 并加入碱性物质, 溶液 pH 值呈 8.5-9.5, 进气管 (2) 通入压缩空气, 使纳米半导体氧化物表面镀膜陶瓷介质呈悬浮状态;

1) 电解氧化脱盐作用: 用复合钛基涂层电极为阳极、不锈钢为阴极, 在电极的两端施加电压, 通过电解反应在阳极上生成的羟基自由基  $\text{MO}_x \cdot [\text{OH}]$ , 与阳极现存的氧反应, 并使羟基自由基中的氧转移给金属氧化物晶格, 可氧化废水中的有机物, 废水中的  $\text{Cl}^-$  在阳极上放电生成  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{Cl}_2$  扩散到溶液主体中并水解生成具有很强氧化能力的  $\text{ClO}^-$ ,  $\text{ClO}^-$  可氧化废水中的有机物, 对废水中的有机污染物进行降解, 达到脱盐净化;

2) 光催化氧化作用: 用纳米半导体氧化物表面镀膜陶瓷介质为载体, 以可见光为光源聚光器的光催化氧化作用下, 通过羟基自由基与废水有机污染物之间加成、取代、电子转移反应, 使残余污染物矿化为二氧化碳、水等无机物, 同步降解废水中的有机污染物;

3) 电解氧化脱盐及光催化氧化同步耦合作用: 电解催化氧化过程中的副反应, 即析氧反应生成高浓度溶解氧, 与溶液中载体介质表面的纳米半导体氧化物光生电子发生反应, 生成较多氢氧自由基  $\cdot [\text{OH}]$ , 促进光催化氧化反应的活性, 消耗了溶液中的溶解氧, 使电催化氧化反应继续进行, 对废水中难降解有机杂质的矿化去除;

出水管 (3) 出处理净水, 排泥管 (5) 排出污泥, 部分回流至回流管 (4) 管重新进入反应器进水管 (1) 进行处理。

5. 根据权利要求 4 所述的处理高盐难降解有机工业废水的方法, 其特征在于: 所述电解氧化脱盐反应中复合钛基涂层电极为选择掺 Sn 量为 5% -8% 的二氧化锡中间层, 在 0.1-0.5M  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ , 0.4-0.6g/L NaF, 0.5g/L SLS, 0.1-0.3M  $\text{HNO}_3$  的 45°C -80°C 的镀液中在小电流密度 ( $\leq 10\text{mA}/\text{cm}^2$ ) 下恒流电镀制备出钛基三维复合电极。

6. 根据权利要求 4 所述的处理高盐难降解有机工业废水的方法, 其特征在于: 所述光催化氧化反应中的用纳米半导体氧化物表面镀膜陶瓷介质为纳米二氧化钛表面镀膜陶瓷介质。

## 三维粒子光电同步耦合催化氧化处理高盐难降解有机工业废水的装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及高盐难降解有机工业废水的处理工艺,特别涉及一种光电同步耦合催化氧化处理高盐难降解有机工业废水的装置及方法,属于水处理技术领域。

### 背景技术

[0002] 目前,含有高浓度的可溶性无机盐分,同时富含高浓度难降解有机污染物的工业废水普遍存在我国各个地区和不同行业中,将给当地的生存环境造成了巨大的压力。

[0003] 高浓度盐废水包括高盐生活废水和高盐工业废水。其主要来源有两个方面,一是海水直接利用于工业生产和生活用水,含盐量一般在  $(2 \cdot 50-3 \cdot 50) \times 104\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。二是工业行业生产过程中排放的高盐度废水,如印染、造纸、化工和农药行业排放大量的高浓度盐废水,含盐量一般在 15%~25%左右。含盐废水的排放带来十分严重的环境污染,特别是工业含盐废水,除本身含有高浓度的盐外,还含有大量的有毒难降解溶解性有机物如苯环类化合物和烃类等,此类废水的溶解性有机物含量高,一般物理化学方法难以处理,而生化处理多局限在配水试验,因此,研究各类企业中实际排放的含高盐废水生物处理的可行性、机理和处理条件是十分必要的。

[0004] 传统活性污泥法是通过活性污泥的驯化过程,培养出具有良好有机物降解性能的耐盐微生物是处理高盐有机废水的重要前提。研究人员在处理高盐废水的活性污泥驯化进行了研究,取城市污水厂的回流污泥,按一定流程进行培养驯化,结果表明,驯化污泥的有机物去除率比未驯化污泥显著提高,具有良好的有机物吸附和氧化能力,出流悬浮物和氧吸收率均没有明显变化。

[0005] 在处理高含盐量环氧丙烷皂化废水时,有提出的两段接触氧化工艺,具有较强的抗毒性和抗冲击负荷能力,体积小,可以维持较高的泥龄,生物相相对稳定,水力停留时间大为缩短。

[0006] 当然,研究人员提出的间歇反应器也具有较强的抗冲击负荷能力,比连续流反应器有更好的处理效果,运用于处理 SBR 活性污泥法处理高含盐量石油发酵工业废水,以及在利用序批式反应器研究高盐高氨氮废水脱氮的处理,污泥经过驯化能够脱盐脱氮,有一定的降解效率。

[0007] 采用液-液萃取-膜生物反应器组合工艺,处理含有较高浓度有机物 CPs (1000mg/l) 和盐度 (15% w/w) 模拟废水时发现非水溶性溶剂起到载体作用,阻止了初始废水中的无机盐和酸进入生物反应器,从而排除了它们对后续生物处理的抑制作用;由于 CPs 自身的特性,易于从酸性废水中提取,而初始废水中的有机物浓度往往很低 ( $< 100\text{mg}/\text{l}$ ),它们从溶剂中脱离到碱性溶液后,浓度合适。生物反应器中的 CPs 浓度较高,在这种较高的浓度下,CPs 的生物降解速率增加了 20 倍。

[0008] 还有,膜分离技术包括微滤、超滤、纳滤、反渗透、渗析及相关的组合工艺。这些技术广泛应用于工业循环水及工业废水深度处理中,具有操作灵活、除盐效率高的优点,但也

同时存在易堵塞、能耗大、再生困难、制水成本高等缺陷。

[0009] 根据国内外针对高盐度高浓度有机废水处理的实际工程实践,上述这些方法虽然在降解废水中 COD 等污染物方面取得了一定的成效,但普遍存在处理效率低、出水水质不稳定、运行成本高、维护管理不便等缺陷,同时存在传统生化及物化处理技术无法顺利实现去污目标的问题,针对高盐度高浓度有机废水处理存在的问题,探寻一种工艺操作简单方便的处理工艺方法,因此,急需新的高效组合工艺,在技术方案上,去除此类高盐废水中的有机污染物、抑制原水在处理过程中的厌氧发酵现象方面是重点研究方面,在应用上,降低能耗和成本,有效解决这一环保难题,实现改善环境污染的社会效应。

## 发明内容

[0010] 本发明的目的是克服现有高盐难降解有机工业废水处理效率低、工艺性能方面的缺陷,提供一种三维粒子光电同步耦合催化氧化处理高盐难降解有机工业废水的方法,通过电解催化氧化法脱盐降解有机污染物,与光催化氧化法降解有机污染物同步耦合的方法,采用辐射式多级侧向流均质精细过滤,对高盐难降解有机工业废水有效处理。

[0011] 本发明的另一个目的是提供一种三维粒子光电同步耦合催化氧化处理高盐难降解有机工业废水的装置,工艺操作简单方便,提高脱盐、对有机物的降解能力和滤层截污能力,降低能耗和成本,出水水质稳定。

[0012] 本发明解决其技术问题采用以下技术方案:一种三维粒子光电同步耦合催化氧化处理高盐难降解有机工业废水的装置,在反应器装置上部一侧接进水管,另一侧出水管,反应器装置底端接进气管,反应器装置内底部设排泥管,反应器上部接回流管,其特征在于:反应器装置内设置有复合钛基涂层电极的阳极棒、不锈钢的阴极棒,且反应器装置内均布有紫外光源聚光器,反应器装置内填充纳米半导体氧化物表面镀膜陶瓷介质。

[0013] 所述紫外光源的聚光器至少为二个或二个以上并联设置,并可自转。

[0014] 所述反应器装置内底部设排泥管为穿孔排泥管。

[0015] 一种三维粒子光电同步耦合催化氧化处理高盐难降解有机工业废水的方法,盐难降解有机工业废水通过进入管流入反应器装置中,并加入碱性物质,溶液 pH 值呈 8.5-9.5,进气管通入压缩空气,使纳米半导体氧化物表面镀膜陶瓷介质呈悬浮状态;

[0016] 1) 电解氧化脱盐作用:用复合钛基涂层电极为阳极、不锈钢为阴极,在电极的两端施加电压,通过电解反应在阳极上生成的羟基自由基  $MO_x \cdot [OH]$ ,与阳极现存的氧反应,并使羟基自由基中的氧转移给金属氧化物晶格,可氧化废水中的有机物,废水中的  $Cl^-$  在阳极上放电生成  $Cl_2$ ,  $Cl_2$  扩散到溶液主体中并水解生成具有很强氧化能力的  $ClO^-$ ,  $ClO^-$  可氧化废水中的有机物,对废水中的有机污染物进行降解,达到脱盐净化;

[0017] 2) 光催化氧化作用:用纳米半导体氧化物表面镀膜陶瓷介质为载体,以可见光为光源聚光器的光催化氧化作用下,通过羟基自由基与废水有机污染物之间加成、取代、电子转移反应,使残余污染物矿化为二氧化碳、水等无机物,同步降解废水中的有机污染物;

[0018] 3) 电解氧化脱盐及光催化氧化同步耦合作用:电解催化氧化过程中的副反应,即析氧反应生成高浓度溶解氧,与溶液中载体介质表面的纳米半导体氧化物光生电子发生反应,生成较多氢氧自由基  $\cdot [OH]$ ,促进光催化氧化反应的活性,消耗了溶液中的溶解氧,使电催化氧化反应继续进行,对废水中难降解有机杂质的矿化去除;

[0019] 出水管出处理净水,排泥管排出污泥,部分回流至回流管重新进入反应器进水管进行处理。

[0020] 所述电解氧化脱盐反应中复合钛基涂层电极为选择掺 Sn 量为 5% -8% 的二氧化锡中间层,在 0.1-0.5M  $Pb(NO_3)_2$ , 0.4-0.6g/LNaF, 0.5g/LSLS, 0.1-0.3M  $HNO_3$  的 45°C -80°C 的镀液中在小电流密度 ( $\leq 10mA/cm^2$ ) 下恒流电镀制备出钛基三维复合电极。

[0021] 所述光催化氧化反应中的用纳米半导体氧化物表面镀膜陶瓷介质为纳米二氧化钛表面镀膜陶瓷介质。

[0022] 本发明与现有技术相比具有以下优点：

[0023] 1、本发明采用电解催化氧化方法处理高盐度高浓度有机废水,由于高盐度有机废水具有良好的电导率,在反应过程中污染物直接与电极进行电子传递。在金属氧化物的阳极上生成的较高价金属氧化物有利于有机物选择性氧化生成含氧化合物;在阳极上生成的自由基  $MO_x \cdot [OH]$  有利于有机物氧化燃烧生成  $CO_2$ 。具体反应过程如下:在氧析出反应的电位区,金属氧化物表面可能形成高价态氧化物,因此在阳极上存在两种状态的活性氧,即吸附的氢氧自由基和晶格中高价态氧化物的氧。阳极表面氧化过程分两阶段进行,首先溶液中的  $H_2O$  或  $[ \cdot OH ]$  在阳极上放电并形成吸附的羟基自由基：



[0025] 然后吸附的羟基自由基和阳极上现存的氧反应,并使羟基自由基中的氧转移给金属氧化物晶格,而形成高价氧化物：



[0027] 当溶液中存在可氧化的有机物 R 时,反应如下：



[0030] 从而使得废水中的有机污染成本得到有效地降解。废水中的  $Cl^-$  可以在阳极上放电生成  $Cl_2$ ,  $Cl_2$  扩散到溶液主体中并水解生成具有很强氧化能力的  $ClO^-$ ,  $ClO^-$  可以氧化废水中的有机物。因此电解法既可以去除废水中的盐分,又可以降解其中的有机物,双重效果。

[0031] 2、本发明采用的光催化氧化方法脱盐降解有机污染物,是以纳米半导体氧化物材料为核心的光催化氧化法,对 COD 等各类难降解的有机污染物有着非常理想的去除效果,光催化活性高、水中稳定性好、无毒、氧化能力强,降解速度快,一般只需要几十分钟到几个小时即可取得良好的处理效果,而且降解无选择性,几乎能降解任何有机物,抗进水的水质水量冲击负荷的能力很强。

[0032] 3、由于本发明利用了电解 - 光解催化氧化统一混沌系统的非线性同步耦合,在碱性环境下,利用电解催化氧化过程中的副反应,即析氧反应生成的高浓度溶解氧,与溶液中载体介质表面的纳米半导体氧化物光生电子发生反应,生成较多氢氧自由基  $\cdot [OH]$ ,可以有效促进光催化氧化反应的活性,同时消耗了溶液中的溶解氧,使得电催化氧化反应能够继续顺利向右进行,即相应提高了多种强氧化剂等反应产物的产率,由此可充分发挥光电催化同步耦合的效果,提高对废水中难降解有机杂质的矿化去除效率。实验表明,在碱性环境下的析氧反应比酸性环境下更为剧烈,副反应降低了电化学氧化对有机污染物的降解效率,而同步耦合反应过程中,将电解氧化副反应产生的高浓度溶解氧转化成有效促进光催化氧化反应的活性,并同时提高自身反应降解效率的有利因素。

[0033] 充分发挥光电催化同步耦合的效果,确定出对废水中有机中间反应产物进行多途径降解的优先工艺条件,在去除有机污染物、悬浮物浓度、色度、含盐量等方面均具有较大优势,可以快速实现同步对废水中有机污染物降解中间产物的控制和矿化去除,并且整套处理装备始终保持在低压下运行,其能耗和运行成本明显比采用高压条件的各类膜处理技术要低,工艺操作简单方便,实现“零排放”,以达到企业节能减排、保护水环境的任务。

[0034] 4、本发明电解催化氧化反应中所选用的钛基涂层电极体系中,阴极—阳极近距离不因时间的延续而发生改变,电极的损耗很小而能保持尺寸稳定,克服了传统的石墨电极、铂电极、铅基合金电极、二氧化铅电极,可根据具体电极反应的要求,设计电催化材料的结构、组成,通过材料加工、涂覆工艺,可以使得具有电催化功能的金属氧化物在电极反应中获得充分应用。

[0035] 5、本发明采用电解催化氧化脱盐方法降解有机污染物处理费用低,不需要投加化学药剂,可节省药剂与投药设备费用,设备简单,可操作性强,当水量水质发生变化时,可调节电流密度,以达到处理要求,更适合于小型污水处理工程的运用,同时,间接电氧化过程中产生的自由基可以无选择地直接与废水中的有机污染物反应,将其降解为二氧化碳、水和简单有机物,没有或很少产生二次污染。

#### 附图说明

[0036] 图1是本发明的一种三维粒子光电同步耦合催化氧化处理高盐难降解有机工业废水的装置示意图。

[0037] 进水管(1)、进气管(2)、出水管(3)、回流管(4)、排泥管(5)、反应器装置(6)、阳极棒(7)、阴极棒(8),紫外光源聚光器(9),镀膜陶瓷介质(10)。

#### 具体实施方式

[0038] 下面结合附图与实施例对本发明进一步说明,参照图1。

[0039] 三维粒子光电同步耦合催化氧化处理高盐难降解有机工业废水的装置,反应器装置(6)上部一侧接进水管(1),另一侧出水管(3),反应器(6)底端接进气管(2),在反应器装置(6)内进气管(2)设置为配气支管,在反应器内底部均布进气,反应器(6)内底部设排泥管(5),排泥管(5)为均布穿孔管,且可将反应器底部污泥基本排出,反应器上部接回流管(4)。

[0040] 反应器装置(6)内设置有复合钛基涂层电极的阳极棒(7)、不锈钢的阴极棒(8),且反应器装置(6)内均布有紫外光源聚光器(9),紫外光源的聚光器(9)至少为二个或二个以上串联设置,并可自转,便于反应器内废水污染物充分光催化氧化反应。

[0041] 反应器装置(6)内填充纳米半导体氧化物表面镀膜陶瓷介质(10),为纳米二氧化钛表面镀膜陶瓷介质。

[0042] 电极的制备为了去除钛金属表面的钝化膜以及在加工过程中表面沾染的油污,需对钛基表面进行预处理。将  $\text{SnCl}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  (0.1225g/mL) 和  $\text{SbCl}_3$  (含 Sb 量为 0.0368g/mL) 的乙醇溶液配制成不同掺铟量 (Sb/(Sb+Sn) 摩尔比为 0.5% - 20%) 的盐酸涂层溶液。将刻蚀好的钛片浸泡于涂层溶液中取出,在酒精灯上烘干。

[0043] 三维粒子  $\text{PbO}_2/\text{SnO}_2\text{-Sb/Ti}$  电极采用阳极恒流电镀的方法制备而成。用  $\text{SnO}_2\text{-Sb/}$

Ti 电极做阳极, 清洁的 Ti 板做阴极, 在由 0.5M  $Pb(NO_3)_2$ , 0.5g/L SLS, 0.25g/L NaF, 0.065M  $HNO_3$  组成的电镀液中进行电镀。电镀在 65°C、不断搅拌的电镀液中进行, 采用 40mA/cm<sup>2</sup> 的阳极电流强度, 连续沉积 1.5 小时。电镀完成后, 将电极从镀液中取出并迅速放入到事先准备好的 65°C 的蒸馏水中浸泡, 并缓慢冷却至室温后, 再将电极取出, 以减轻镀层应力。而后清洗, 晾干。根据电极的有效面积, 将多余的电极面积用 AB 胶或环氧树脂进行密封。

[0044] 一种三维粒子光电同步耦合催化氧化处理高盐难降解有机工业废水的方法, 高盐难降解有机工业废水通过进入管 (1) 流入反应器装置 (6) 中, 并加入碱性物质, 如 NaOH, 溶液 PH 值呈 8.5-9.5, 实验中, PH 值 9 为较佳碱性环境, 进气管 (2) 通入压缩空气, 使纳米半导体氧化物表面镀膜陶瓷介质呈悬浮状态, 有机污染物在整个反应器装置内进行充分反应;

[0045] 1) 电解氧化脱盐: 用复合钛基涂层电极为阳极、不锈钢为阴极。

[0046] 复合钛基涂层电极为选择掺 Sn 量为 8% 的二氧化锡中间层, 在 0.1-0.5M  $Pb(NO_3)_2$ , 0.4-0.6g/L NaF, 0.5g/L SLS, 0.1-0.3M  $HNO_3$  的 45°C -80°C 的镀液中, 通过在小电流密度 ( $\leq 10mA/cm^2$ ) 下恒流电镀制备出的由主体  $SnO_2$  与少量 Fe、Cu 和 Sb 掺杂元素组成的钛基复合电极, 而在 0.5M  $Pb(NO_3)_2$ , 0.55g/L NaF, 0.5g/L SLS, 0.15M  $HNO_3$  的 65°C 的镀液中, 实验效果较佳, 表面微观结构平整, 具有良好的物理化学稳定性, 能够促使更多的强氧化性的羟基自由基形成有效吸附, 从而大大提高了电极对有机物的催化降解能力。

[0047] 在电极的两端施加电压, 通过电解反应在阳极上生成的羟基自由基  $MO_x \cdot [OH]$ , 与阳极现存的氧反应, 并使羟基自由基中的氧转移给金属氧化物晶格, 形成高价态氧化物  $MO_{x+1}$ , 可氧化废水中的有机物, 废水中的  $Cl^-$  在阳极上放电生成活性氯生成  $Cl_2$ , 还有部分  $Cl_2$  扩散到溶液主体中并水解生成具有很强氧化能力的  $ClO^-$ ,  $ClO^-$  可氧化废水中的有机物, 并脱盐净化。

[0048] 2) 光催化氧化: 用纳米半导体氧化物表面镀膜陶瓷介质为载体, 选用纳米二氧化钛表面镀膜陶瓷介质效果较佳; 用可见光为光源聚光器形式光催化氧化作用下, 而且, 紫外光源的聚光器至少为二个或二个以上并联设置, 并可自转; 通过羟基自由基与废水有机污染物之间加成、取代、电子转移反应, 使残余污染物矿化为二氧化碳、水等无机物, 同步降解废水中的有机污染物。实施中, 以纳米半导体氧化物材料为核心的光催化氧化法对 COD 等各类难降解的有机污染物有着非常理想的去除效果, 光催化活性高、水中稳定性好、无毒、氧化能力强。降解速度快, 需要时间几十分钟到几个小时不等, 取得良好的处理效果; 降解无选择性, 包括处理难度极大的氯代有机物、多环芳烃等; 氧化反应条件温和, 有机物彻底被氧化降解为  $CO_2$  和  $H_2O$  等无害物质。

[0049] 3) 电解氧化脱盐及光催化氧化反应同步耦合作用, 在碱性环境下, 利用电解催化氧化过程中的副反应, 即析氧反应生成的高浓度溶解氧, 与溶液中载体介质表面的纳米半导体氧化物光生电子发生反应, 生成较多羟基自由基  $\cdot [OH]$ , 可以有效促进光催化氧化反应的活性, 同时消耗了溶液中的溶解氧, 使得电催化氧化反应能够继续顺利进行, 充分发挥光电催化同步耦合的效果, 提高对废水中难降解有机杂质的矿化去除效率。在碱性环境下的析氧反应比酸性环境下更为剧烈, 副反应降低了电化学氧化对有机污染物的降解效率, 而同步耦合反应过程中将电解氧化副反应产生的高浓度溶解氧转化成有效促进光催化氧化反应的活性的有利因素。

[0050] 出水管 (3) 出处理净水, 排泥管 (5) 排出污泥, 部分回流至回流管 (4) 管重新进入反应器进水管 (1) 进行处理。



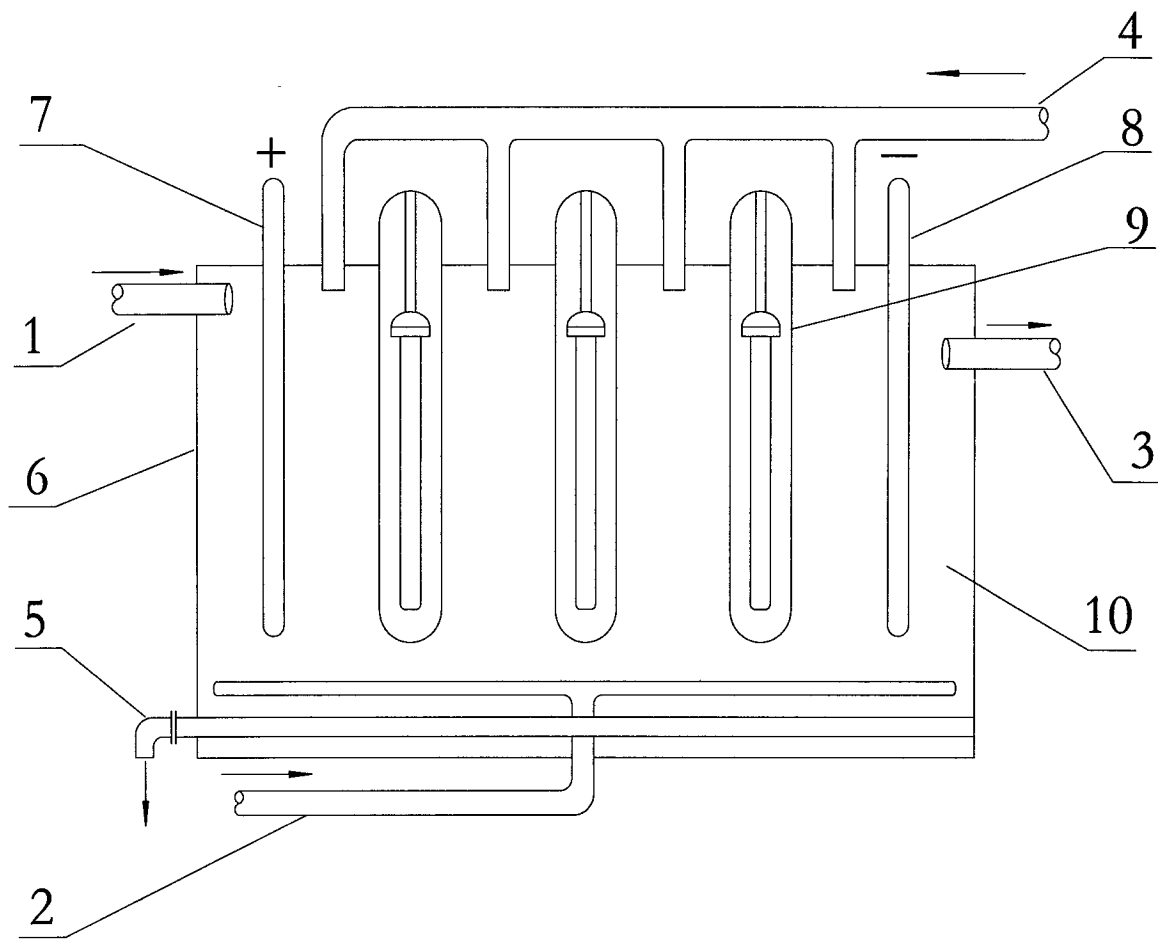


图 1