



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111646633 A

(43)申请公布日 2020.09.11

(21)申请号 202010390585.8

(22)申请日 2020.05.11

(71)申请人 南京岱蒙特科技有限公司

地址 210000 江苏省南京市六合区龙池街
道雄州南路399号2幢109号

(72)发明人 魏秋平 马莉 周科朝 王立峰

王宝峰 施海平 李志伸

(74)专利代理机构 长沙市融智专利事务所(普
通合伙) 43114

代理人 钟丹 魏娟

(51)Int.Cl.

C02F 9/14(2006.01)

C02F 101/30(2006.01)

C02F 103/34(2006.01)

权利要求书3页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

一种高效节能三维电极有机水处理系统及其处理水的方法

(57)摘要

本发明公开了一种高效节能三维电极水处理系统及其处理水的方法,包括水加压模块,颗粒过滤模块, O_3/H_2O_2 氧化降解模块,电化学降解模块,微生物除盐模块,太阳能发电模块;所述电化学降解模块由若干个处理单元组成,任意一个处理单元均包括阳极和阴极,以及位于阴极与阳极之间的粒子电极;所述阳极和阴极通过导线与直流电源连接,所述直流电源与太阳能发电模块连接;所述阳极为硼掺杂金刚石电极,其电极工作层为硼掺杂金刚石层,所述硼掺杂金刚石层包含不同硼含量的硼掺杂金刚石底层和硼掺杂金刚石顶层。本发明提供的处理系统具有高COD移除效率,高矿化效率,高电流利用效率,可大幅降低能耗。

1. 一种高效节能三维电极水处理系统,其特征在於:包括水加压模块,颗粒过滤模块, O_3/H_2O_2 氧化降解模块,电化学降解模块,微生物除盐模块,太阳能发电模块;

所述水加压模块出口连接至颗粒过滤模块,颗粒过滤模块出口连接至 O_3/H_2O_2 氧化降解模块, O_3/H_2O_2 氧化降解模块出口连接至电化学降解模块,电化学降解模块出口连接至微生物除盐模块;

所述电化学降解模块由若干个处理单元组成,任意一个处理单元均包括阳极和阴极,以及位于阴极与阳极之间的粒子电极;所述阳极和阴极通过导线与直流电源连接,所述直流电源与太阳能发电模块连接;所述阳极为硼掺杂金刚石电极,所述硼掺杂金刚石电极包含衬底以及设置于衬底表面的电极工作层,所述硼掺杂金刚石电极的电极工作层为硼掺杂金刚石层,所述硼掺杂金刚石层包含不同硼含量的硼掺杂金刚石底层和硼掺杂金刚石顶层,所述衬底选自泡沫陶瓷或泡沫金属。

2. 根据权利要求1所述的一种高效节能三维电极水处理系统,其特征在於:所述阴极选自掺硼金刚石电极,网状不锈钢、钛网,多孔碳材料中的至少一种;

所述阳极和阴极由中心同轴但互不接触的圆柱状电极与圆筒状电极配合组成,或者由两组不同直径的同轴圆筒状电极阵列配合组成,或者由蜂窝煤结构和圆柱状阵列配合组成,或者由三维连续网络结构和二维连续网状结构配合组成,或者由二维封闭平板结构和二维连续网状结构配合组成。

3. 根据权利要求1所述的一种高效节能三维电极水处理系统,其特征在於:当衬底选自泡沫陶瓷时,所述硼掺杂金刚石底层中,按原子比计,B/C为20000-33333;所述硼掺杂金刚石顶层中,按原子比计,B/C为10000-20000ppm;

当衬底选自泡沫金属时,所述硼掺杂金刚石底层中,按原子比计,B/C为0-10000;所述硼掺杂金刚石顶层中,按原子比计,B/C为10000-20000ppm。

4. 根据权利要求1所述的一种高效节能三维电极水处理系统,其特征在於:所述衬底为三维网络互穿大孔泡沫结构;所述泡沫陶瓷选自SiC及掺杂SiC、 Al_2O_3 、 ZrO_2 、SiC、 Si_3N_4 、BN、 B_4C 、AlN、 TiB_2 、TiN、WC、 Cr_7C_3 、 Ti_2GeC 、 Ti_2AlC 和 Ti_2AlN 、 Ti_3SiC_2 、 Ti_3GeC_2 、 Ti_3AlC_2 、 Ti_4AlC_3 陶瓷中的一种;所述泡沫金属选自泡沫镍、铌、钽、铜、钛、钴、钨、钼、铬、铁中的一种。

5. 根据权利要求1所述的一种高效节能三维电极水处理系统,其特征在於:当衬底选自泡沫陶瓷时,所述硼掺杂金刚石电极的制备方法,包括如下步骤:

步骤一:衬底的预处理

将衬底置于含纳米晶和/或微米晶金刚石混合颗粒的悬浊液中;超声处理,烘干;获得表面吸附纳米晶和/或微米晶金刚石的衬底;

步骤二:沉积梯度硼掺杂金刚石层

将步骤一所得衬底置于化学沉积炉中,于衬底表面依次进行二段沉积,获得硼掺杂金刚石层,控制第一段沉积过程中,含碳气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.5-10.0%;含硼气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.03-0.05%;生长温度为600-1000 $^{\circ}C$,生长气压 10^3-10^4Pa ,控制第二段沉积过程中,含碳气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.5%-10%;含硼气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.015-0.03%;生长温度为600-1000 $^{\circ}C$,生长气压 10^3-10^4Pa ;

步骤三、高温处理

将已沉积硼掺杂金刚石层的电极基体进行热处理,所述热处理温度为400-1200℃,处理时间为5-180min;炉内压强为10Pa-10⁵Pa,热处理环境为含刻蚀性气氛环境。

6. 根据权利要求1所述的一种高效节能三维电极水处理系统,其特征在于:当衬底选自泡沫金属时,所述硼掺杂金刚石电极的制备方法,包括如下步骤:

步骤一:衬底的预处理

将衬底或设置有过渡层的衬底置于含纳米晶和/或微米晶金刚石混合颗粒的悬浊液中;超声处理,烘干;获得表面吸附纳米晶和/或微米晶金刚石的衬底;

步骤二:沉积梯度硼掺杂金刚石层

将步骤一中所得衬底置于化学沉积炉中,于衬底表面依次进行二段沉积,获得硼掺杂金刚石层,控制第一段沉积过程中,含碳气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.5-10.0%;含硼气体占炉内全部气体质量流量百分比为0-0.03%;生长温度为600-1000℃,生长气压10³-10⁴Pa,控制第二段沉积过程中,含碳气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.5%-10%;含硼气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.015-0.03%;生长温度为600-1000℃,生长气压10³-10⁴Pa;

步骤三、高温处理

将已沉积硼掺杂金刚石层的电极基体进行热处理,所述热处理温度为400-1200℃,处理时间为5-180min;炉内压强为10Pa-10⁵Pa,热处理环境为含刻蚀性气氛环境。

7. 根据权利要求1所述的一种高效节能三维电极水处理系统,其特征在于:

所述粒子电极加载在泡沫骨架;所述泡沫骨架为泡沫活性炭;所述粒子电极为活性材料,或将活性材料作为改性层负载于载体颗粒上;所述活性材料选自Fe、Mn、Pd、Zn、Al、Ir、MnO₂、CuO、Bi₂S₃、SnO₂、Sb、Sb₂O₃、TiO₂中的至少一种,所述载体选自粒状活性炭,活性炭纤维、金属颗粒、改性高岭土颗粒,负载催化剂的Al₂O₃颗粒、沸石、离子交换树脂颗粒中的至少一种。

8. 根据权利要求1所述的一种高效节能三维电极水处理系统,其特征在于:

所述水加压膜块用于对水加压;

所述颗粒过滤模块中的滤料选自石英砂、PP棉、活性炭、孔隙率大于35PPI的微孔泡沫陶瓷中的至少一种;

所述直流电源为可线性调控直流稳压电源,

所述O₃/H₂O₂氧化降解模块是通过H₂O₂协同O₃对水进行氧化;

所述微生物除盐模块是通过微生物对水进行除盐处理。

9. 根据权利要求1所述的一种高效节能三维电极水处理系统,其特征在于:

所述水处理系统还包括辅助降解模块,辅助降解模块设置于电化学降解模块中,用于向电化学降解模块加载超声和/或紫外光;

所述水处理系统还包括气体控制模块,所述气体控制模块由气体注入单元和气体收集单元组成,所述的气体注入单元用于向电化学降解模块注入臭氧和/或臭氧,所述的气体收集单元用于收集尾气。

10. 根据权利要求1-9所述的一种高效节能三维电极水处理系统处理水的方法,其特征在于,包括如下步骤:

待处理水先进入水加压模块,经过加压处理后进入颗粒过滤模块进行过滤,获得过滤

后的水进入 O_3/H_2O_2 氧化降解模块经过 O_3 和 H_2O_2 的氧化,然后再进入电化学降解模块进行电化学氧化处理获得经电化学处理的淡水,经电化学处理的淡水进入生物除盐模块除盐处理后获得成品水外排,

在电化学氧化处理过程中,同时由气体控制模块通入 O_3 和 H_2O_2 ,由辅助降解模块提供超声和/或紫外光,同时由太阳能发电模块通过直流电源提供电能。

一种高效节能三维电极有机水处理系统及其处理水的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高效节能三维电极有机水处理系统及其处理水的方法,属于水处理技术领域。

背景技术

[0002] 电化学高级氧化技术(EAOPs)是通过电场作用在具有催化活性的电极表面直接发生电化学反应或产生以羟基自由基为主的活性氧化剂去除污水中难降解有机物的过程。羟基自由基具有很高的氧化还原电位,可以将水中有机污染物直接氧化为无毒小分子物质甚至CO₂和H₂O,可以高效快速降解有机废水,无二次污染。

[0003] 电化学高级氧化技术中阳极材料的选择至关重要。硼掺杂金刚石(BDD)因具有优良的电化学稳定性,极宽的电势窗口,良好的物理化学性能及表面弱吸附性等优势而在电化学高级氧化技术领域中广泛应用。BDD的电催化活性主要受微观结构影响,电极的比表面积影响最大。因为电极比表面积越大,有效活性面积越大,这不仅增大了污水与电极的接触面积,也增加了电催化过程中电极表面的活性反应位点,可以产生更多的羟基自由基,从而提高BDD电极降解水的效率。

[0004] 在实际降解过程中,因为羟基自由基易淬灭,一般只在阳极电极周围分布,无法扩散到溶液中,所以传质速率也是电化学高级氧化技术降解效率的主要影响因素。传统降解系统只能通过搅拌提高水的混乱度从而提高降解效率,无法从根本上解决问题。

发明内容

[0005] 为了解决现有技术的不足,本发明提供了一种高效节能三维电极水处理系统及其处理水的方法,本发明中的电化学降解模块以泡沫BDD作为降解阳极,且在阴极与阳极之间还设有负载于泡沫骨架上的粒子电极,从而增加了电化学活性位点,提高了传质速率,大大增加了降解效率。

[0006] 为了实现上述目的,本发明的技术方案是:

[0007] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,包括水加压模块,颗粒过滤模块, O₃/H₂O₂氧化降解模块,电化学降解模块,微生物除盐模块,太阳能发电模块;

[0008] 所述水加压模块出口连接至颗粒过滤模块,颗粒过滤模块出口连接至O₃/H₂O₂氧化降解模块, O₃/H₂O₂氧化降解模块出口连接至电化学降解模块,电化学降解模块出口连接至微生物除盐模块;

[0009] 所述电化学降解模块由若干个处理单元组成,任意一个处理单元均包括阳极和阴极,以及位于阴极与阳极之间的粒子电极;所述阳极和阴极通过导线与直流电源连接,所述直流电源与太阳能发电模块连接;所述阳极为硼掺杂金刚石电极,所述硼掺杂金刚石电极包含衬底以及设置于衬底表面的电极工作层,所述硼掺杂金刚石电极的电极工作层为硼掺杂金刚石层,所述硼掺杂金刚石层包含不同硼含量的硼掺杂金刚石底层和硼掺杂金刚石顶层,所述衬底选自泡沫陶瓷或泡沫金属。

[0010] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,所述阴极选自掺硼金刚石电极,网状不锈钢、钛网,多孔碳材料中的至少一种。

[0011] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,所述阳极和阴极由中心同轴但互不接触的圆柱状电极与圆筒状电极配合组成,或者由两组不同直径的同轴圆筒状电极阵列配合组成,或者由蜂窝煤结构和圆柱状阵列配合组成,或者由三维连续网络结构和二维连续网状结构配合组成,或者由二维封闭平板结构和二维连续网状结构配合组成。

[0012] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,当衬底选自泡沫陶瓷时,所述硼掺杂金刚石底层中,按原子比计,B/C为20000-33333;所述硼掺杂金刚石顶层中,按原子比计,B/C为10000-20000ppm。

[0013] 相较于金属材料,陶瓷材料具有更低的热膨胀系数和热稳定性,因此在其表面设置硼掺杂金刚石层,可以具有极佳的结合性能,然而陶瓷材料大多数导电性不足,本发明中在与陶瓷衬底表面接触的底层采用高硼含量进行掺杂,从而可以赋予陶瓷材料较高的导电性,另外顶层采用更低的硼含量进行掺杂,保证BDD电极的耐腐蚀性。

[0014] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,当衬底选自泡沫金属时,所述硼掺杂金刚石底层中,按原子比计,B/C为0-10000;优选为3333-10000;所述硼掺杂金刚石顶层中,按原子比计,B/C为10000-20000ppm。

[0015] 相较于陶瓷材料,金属材料的导电性更优,然而热膨胀系数更高,因此在与衬底表面接触的底层采用低硼含量进行掺杂,从而增加附着力,且提高耐腐蚀性,而表层适当提高硼含量,以保证优异的电催化活性。

[0016] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,所述衬底为三维网络互穿大孔泡沫结构。

[0017] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,所述泡沫陶瓷选自SiC及掺杂SiC、Al₂O₃、ZrO₂、SiC、Si₃N₄、BN、B₄C、AlN、TiB₂、TiN、WC、Cr₇C₃、Ti₂GeC、Ti₂AlC和Ti₂AlN、Ti₃SiC₂、Ti₃GeC₂、Ti₃AlC₂、Ti₄AlC₃陶瓷中的一种;所述泡沫金属选自镍、铌、钽、铜、钛、钴、钨、钼、铬、铁中的一种。

[0018] 在实际操作过程中,当衬底材料选自某些泡沫金属时,若该金属材料不易形核,或金属材料热膨胀系数过大时,需要先于衬底表面设置过渡层,再于过渡层表面设置硼掺杂金刚石层。

[0019] 所述过渡层材料选自铬、钛、钽、铌、钼中的至少一种,厚度为5-35μm。

[0020] 在本发明中,只要能满足过渡层的厚度,结合性好的要求,对过渡层的制备方法不受限制,如可以采用现有技术中的电镀、化学镀、蒸镀、磁控溅射、化学气相沉积、物理气相沉积中的一种。

[0021] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,当衬底选自泡沫陶瓷时,所述硼掺杂金刚石电极的制备方法,包括如下步骤:

[0022] 步骤一:衬底的预处理

[0023] 将衬底置于含纳米晶和/或微米晶金刚石混合颗粒的悬浊液中;超声处理,烘干;获得表面吸附纳米晶和/或微米晶金刚石的衬底;

[0024] 步骤二:沉积梯度硼掺杂金刚石层

[0025] 将步骤一所得衬底置于化学沉积炉中,于衬底表面依次进行二段沉积,获得硼

掺杂金刚石层,控制第一段沉积过程中,含碳气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.5-10.0%;含硼气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.03-0.05%;生长温度为600-1000℃,生长气压 10^3 - 10^4 Pa,控制第二段沉积过程中,含碳气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.5%-10%;含硼气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.015-0.03%;生长温度为600-1000℃,生长气压 10^3 - 10^4 Pa;

[0026] 步骤三、高温处理

[0027] 将已沉积硼掺杂金刚石层的电极基体进行热处理,所述热处理温度为400-1200℃,处理时间为5-180min;炉内压强为10Pa- 10^5 Pa,热处理环境为含刻蚀性气氛环境。

[0028] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,当衬底选自泡沫金属时,所述硼掺杂金刚石电极的制备方法,包括如下步骤:

[0029] 步骤一:衬底的预处理

[0030] 将衬底或设置有过渡层的衬底置于含纳米晶和/或微米晶金刚石混合颗粒的悬浊液中;超声处理,烘干;获得表面吸附纳米晶和/或微米晶金刚石的衬底;

[0031] 步骤二:沉积梯度硼掺杂金刚石层

[0032] 将步骤一中所得衬底置于化学沉积炉中,于衬底表面依次进行二段沉积,获得硼掺杂金刚石层,控制第一段沉积过程中,含碳气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.5-10.0%;含硼气体占炉内全部气体质量流量百分比为0-0.03%;生长温度为600-1000℃,生长气压 10^3 - 10^4 Pa,控制第二段沉积过程中,含碳气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.5%-10%;含硼气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.015-0.03%;生长温度为600-1000℃,生长气压 10^3 - 10^4 Pa;

[0033] 步骤三、高温处理

[0034] 将已沉积硼掺杂金刚石层的电极基体进行热处理,所述热处理温度为400-1200℃,处理时间为5-180min;炉内压强为10Pa- 10^5 Pa,热处理环境为含刻蚀性气氛环境。

[0035] 在实际操作过程中,先将衬底置于丙酮中超声处理5-20min,去除衬底材料表面油污,然后再使用去离子水和/或无水乙醇冲洗衬底材料,烘干备用。

[0036] 在本发明中,对于硼源可选用固体、气体、液体硼源中的一种,当选用固体、液体硼源时先进行气化处理。

[0037] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,所述粒子电极加载在泡沫骨架。通过将粒子电极加载在泡沫骨架,可以确认粒子电极夹在阴阳极中间,能够通过吸附、催化、电芬顿、电化学氧化、电凝聚等加速有机物降解,提升降解效率。

[0038] 作为优选,所述泡沫骨架为泡沫活性炭。泡沫活性炭与三维网络泡沫结构的电极共同扰乱水流,提高传质速率,提升降解效率。

[0039] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,所述粒子电极为活性材料,或将活性材料作为改性层负载于载体颗粒上;所述活性材料选自Fe、Mn、Pd、Zn、Al、Ir、MnO₂、CuO、Bi₂S₃、SnO₂、Sb、Sb₂O₃、TiO₂中的至少一种,所述载体选自粒状活性炭,活性炭纤维、金属颗粒、改性高岭土颗粒,负载催化剂的Al₂O₃颗粒、沸石、离子交换树脂颗粒中的至少一种。改性层通过溶胶凝胶法、烧结、化学沉积等方法负载在颗粒表面。

[0040] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,所述水加压模块用于对水加压。通过对水加压,可增加水的混乱度。

[0041] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,所述颗粒过滤模块中的滤料选自石英砂、PP棉、活性炭、孔隙率大于35PPI的微孔泡沫陶瓷中的至少一种。

[0042] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,所述直流电源为可线性调控直流稳压电源。其电流能够以时间为变量按照线性函数设置。

[0043] 在发明中,直流电源中的电能来自太阳能发电模块,太阳能发电模块采用成本低廉的太阳能电池实现太阳能-电能的转化,极大限度的解除电化学降解技术应用过程中所受到的能耗过高这一难题,其中太阳能发电模块中可采用市场上常见的多晶太阳能电池板。

[0044] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,所述 O_3/H_2O_2 氧化降解模块是通过 H_2O_2 协同 O_3 对水进行氧化。通过 H_2O_2 协同 O_3 可氧化处理水中的大部分的有机物和无机物,处理费用低,去除周期表中除铂、金、氟外几乎所有元素,也可去除炔基、烯基等有机官能团。

[0045] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,所述微生物除盐模块是通过微生物对水进行除盐处理。

[0046] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,所述水处理系统还包括辅助降解模块,辅助降解模块设置于电化学降解模块中,用于向电化学降解模块提加载超声和/或紫外光。

[0047] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统,所述水处理系统还包括气体控制模块,所述气体控制模块由气体注入单元和气体收集单元组成,所述的气体注入单元用于向电化学降解模块注入臭氧和/或臭氧,所述的气体收集单元用于收集尾气。

[0048] 本发明一种高效节能三维电极水处理系统处理水的方法,包括如下步骤:

[0049] 待处理水先进入水加压模块,经过加压处理后进入颗粒过滤模块进行过滤,获得过滤后的水进入 O_3/H_2O_2 氧化降解模块经过 O_3 和 H_2O_2 的氧化,然后再进入电化学降解模块进行电化学氧化处理获得经电化学处理的淡水,经电化学处理的淡水进入生物除盐模块除盐处理后获得成品水外排,

[0050] 在电化学氧化处理过程中,同时由气体控制模块通入 O_3 和 H_2O_2 ,由辅助降解模块提供超声和/或紫外光,同时由太阳能发电模块通过直流电源提供电能。

[0051] 有益效果

[0052] 本发明提供了一种高效节能三维电极水处理系统,在电化学降解模块中,含有阳极、阴极以及粒子电极,其中阳极、阴极均为三维网络多孔结构,而粒子电极也加载于泡沫活性炭上,一方面泡沫活性炭与三维网络泡沫结构的电极共同扰乱水流,提高传质速率,提升降解效率。另一方面可确保粒子电极置于阳极与阴极的之间能够通过吸附、催化、电芬顿、电化学氧化、电凝聚等加速有机物降解,提升降解效率。

[0053] 而对于阳极,本发明采用硼掺杂金刚石电极,其电极工作层包含不同硼含量的硼掺杂金刚石底层和硼掺杂金刚石顶层,且对当衬底选自泡沫陶瓷时,底层含量高,顶层含量低,从而可以赋予陶瓷材料较高的导电性,另外顶层采用更低的硼含量进行掺杂,保证BDD电极的耐腐蚀性。而当衬底选自泡沫金属时,相较于陶瓷材料,金属材料的导电性更优,然而热膨胀系数更高,因此在与金属衬底表面接触的底层采用低硼含量进行掺杂,从而增加附着力,且提高耐腐蚀性,而表层适当提高硼含量,以保证优异的电催化活性。

[0054] 另外,针对电化学降解技术降解水过程中存在的初期由于有机物浓度较高导致的

输出电流利用效率高至降解中后期电流利用效率降低问题,本发明提出将生物法与电化学氧化法结合,充分发挥不同技术适用环境。水中有机物与盐浓度较高时,先进入电化学降解模块进行降解,随有机物、含盐量浓度下降,即进入微生物降解模块,微生物降解模块适用于低浓度有机物与盐类,总氮,总磷的去除。二者结合一方面可使电化学降解模块始终具有高电流利用效率,杜绝无用浪费能耗。另一方面可充分发挥微生物降解技术优势,并利用其去除水体内重金属盐类,氮,磷等水体内有害物质,两者结合可保证水体内有机污染物被有效降解且降低能耗的目的。

[0055] 本发明能源设置中,采用太阳能发电模块对整体水处理系统进行供能,可达到降低降解所需能耗的目的。在一定程度上降低了电化学氧化技术实际应用过程中将造成能耗过高的难题。

附图说明

[0056] 图1本发明一种高效节能三维电极水处理系统示意图,其中1.水加压模块;2.颗粒过滤模块;3. O_3/H_2O_2 氧化降解模块;4.电化学降解模块;5.微生物除盐模块;6.辅助降解模块;7.太阳能发电模块;8.气体控制模块。

具体实施方式

[0057] 如图1所示,一种高效节能三维电极水处理系统;包括1.水加压模块;2.颗粒过滤模块;3. O_3/H_2O_2 氧化降解模块;4.电化学降解模块;5.微生物除盐模块;6.辅助降解模块;7.太阳能发电模块;8.气体控制模块;

[0058] 待处理水进水口设置于水加压模块1,水加压模块1出口连接至颗粒过滤模块2,颗粒过滤模块2出口连接至 O_3/H_2O_2 氧化降解模块3, O_3/H_2O_2 氧化降解模块3出口连接至电化学降解模块4,电化学降解模块4出口连接至微生物除盐模块5;生物除盐模块6设置有成品水出水口;

[0059] 其中水循环模块1用于给水加压,增加水混乱度,同时用于添加水和排放水;

[0060] 其中颗粒过滤模块2中的滤料第一层为石英砂,第二层为活性炭,主要过滤掉水中的颗粒物,提高降解效率;

[0061] 其中 O_3/H_2O_2 氧化降解模块3,向水中加入 O_3 和 H_2O_2 ,对水进行初步辅助降解;

[0062] 其中电化学降解模块中4,由泡沫掺硼金刚石电极作为阴、阳极,中间夹着负载有粒子电极的泡沫碳活性骨架;

[0063] 其中微生物除盐模块5,利用微生物对氧化过滤后的水进行处理,降低含盐量;经微生物除盐模块处理后获提成品水外排,成品水是指达到《污水综合排放标准》中一级排放标准要求($COD \leq 100mg/L$)。

[0064] 其中辅助降解模块负载于电化学降解模块中,用于加载超声、加热、紫外和其他辅助降解手段;

[0065] 其中太阳能发电模块7,用于给整个系统供电;

[0066] 其中气体控制模块8,包括气体注入单元和气体收集单元组成,其中的气体注入单元用于向电化学降解模块注入臭氧和/或臭氧,气体收集单元用于收集尾气,防止排放废气,污染空气。

[0067] 实施例1

[0068] 本实施例1中的泡沫掺硼金刚石电极,以泡沫SiC作为衬底,其制备方法如下:

[0069] 以泡沫SiC作为衬底,将衬底放入丙酮溶液超声清洗30min后烘干。然后将清洗好的衬底放入由纳米晶和微米晶金刚石混合颗粒构成的悬浊液中,超声震荡60min后烘干,使金刚石晶粒均匀依附在衬底表面。

[0070] 将预处理后的衬底置于化学沉积炉,依次在正反两面沉积硼掺杂金刚石。热丝选用直径1mm的钨丝,衬底与热丝距离8mm,含碳气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.6%;生长温度为850℃,沉积气压3kPa。第一层沉积参数为:气体流量比为 $H_2:B_2H_6:CH_4=97sccm:1.0sccm:3.0sccm$,沉积时间正反面各12h;第二层沉积参数:气体流量比为 $H_2:B_2H_6:CH_4=97sccm:0.8sccm:3.0sccm$,沉积时间正反面各12h。

[0071] 将得到的电极材料放入管式炉中,在空气中进行热处理,设置温度为750℃,保温20min。高温氧化后电极表面出现部分尖锥状。

[0072] 粒子电极负载于泡沫碳骨架上;粒子电极为Fe;

[0073] 通过上述含三维电极的水处理系统降解活性蓝19染料模拟废水,保持电流0.8A,降解3h后,色度去除率100%,TOC去除率98.12%。

[0074] 在本发明实施例所给出的检测数据均为电化学降解模块的出口检测数据。

[0075] 实施例2

[0076] 其他条件与实施例1相同,仅是粒子电极为CuO,负载于泡沫碳骨架。

[0077] 降解某医药厂有机废水,保持电流1A,降解36h后,色度去除率100%,TOC去除率96.3%,COD去除率92.86%。

[0078] 实施例3

[0079] 其他条件与实施例1相同,仅是其泡沫BDD电极衬底为泡沫镍,其制备方法如下:

[0080] 以泡沫镍作为衬底,将衬底放入丙酮溶液超声清洗30min后烘干。将衬底放入磁控溅射炉中,溅射功率100W,溅射压强0.5Pa。先使用Ti靶,正反各溅射60min,随后800℃热处理30min;使用Ta靶,正反各溅射60min。再次将衬底放入丙酮溶液超声清洗30min后烘干。

[0081] 然后将清洗好的衬底放入由纳米晶和微米晶金刚石混合颗粒构成的悬浊液中,超声震荡60min后烘干,使金刚石晶粒均匀依附在衬底表面。

[0082] 将预处理后的衬底置于化学沉积炉,依次在正反两面沉积硼掺杂金刚石。热丝选用直径1mm的钨丝,衬底与热丝距离8mm,含碳气体占炉内全部气体质量流量百分比为0.6%;生长温度为850℃,沉积气压3kPa。第一层沉积参数为:气体流量比为 $H_2:B_2H_6:CH_4=97sccm:0.2sccm:3.0sccm$,沉积时间正反面各18h;第二层沉积参数:气体流量比为 $H_2:B_2H_6:CH_4=97sccm:0.8sccm:3.0sccm$,沉积时间正反面各18h。

[0083] 将得到的电极材料放入管式炉中,在空气中进行热处理,设置温度为750℃,保温20min。高温氧化后电极表面出现部分尖锥状。

[0084] 使用含三维电极的水处理系统降解某染料厂废水,保持电流0.6A,降解48h后,色度去除率100%,TOC去除率97.41%,COD去除率95.24%。

[0085] 对比例1

[0086] 其他条件与实施例1相同,仅是阴阳极为平板BDD。

[0087] 以上述系统降解活性蓝19染料模拟废水,保持电流0.8A,降解3h后,色度去除率

82.46%，TOC去除率67.62%。粒子电极回收困难。

[0088] 对比例2

[0089] 其他条件与实施例1相同，仅是未使用泡沫骨架，降解3h后，色度去除率100%，TOC去除率94.64%，且粒子电极回收困难。

[0090] 对比例3

[0091] 其他条件与实施例3相同，仅是未沉积第一层硼掺杂金刚石。

[0092] 以上述系统降解某染料厂废水，保持电流0.6A，降解48h后，色度去除率100%，TOC去除率96.75%，COD去除率94.85%。然而，电极表面金刚石很快脱落，电极寿命短。

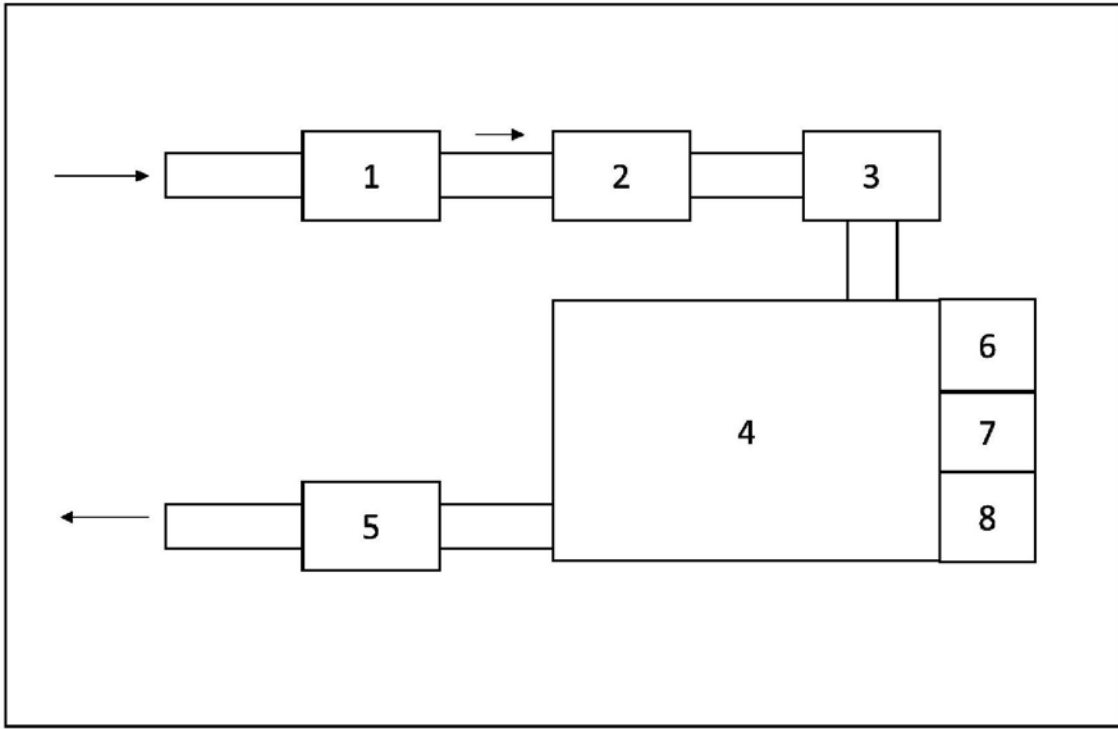


图1