



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 207210021 U

(45)授权公告日 2018.04.10

(21)申请号 201720952315.5

(22)申请日 2017.07.31

(73)专利权人 甘肃省科学院自然能源研究所  
地址 730046 甘肃省兰州市城关区人民路  
20号

专利权人 甘肃省膜科学技术研究院

(72)发明人 安兴才 宋永兵 陈作雁 刘刚

(74)专利代理机构 兰州智和专利代理事务所  
(普通合伙) 62201

代理人 张英荷

(51)Int.Cl.

C02F 1/32(2006.01)

C02F 1/78(2006.01)

C02F 101/34(2006.01)

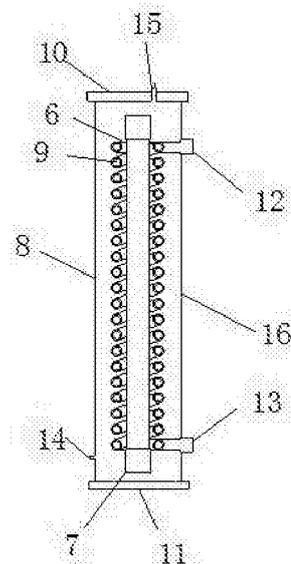
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)实用新型名称

一种深度水处理装置

(57)摘要

本实用新型公开了一种集光催化、真空紫外光及臭氧氧化为一体的深度水处理装置,包括依次通过管路连接成循环回路的光催化真空紫外反应器、气液混合器、水箱和水泵;其中光催化真空紫外反应器由筒体、安装在筒体内的真空紫外灯、安装在真空紫外灯外的螺旋式反应管组成,螺旋式反应管内填充载体型光催化剂,光催化真空紫外反应器的上部分别设置有出气孔及出水孔,下部分别设置有进气孔、进水孔,且出水孔、进水孔通过管路分别连接螺旋式反应管的两端,出气孔通过管路连接气液混合器,进气孔通过管路连接水箱和水泵。本实用新型实现臭氧氧化与光催化、真空紫外光氧化作用的协同,既降低能耗,又节约成本,同时提高了深度水处理效果。



1. 一种深度水处理装置,包括依次通过管路(5)连接成循环回路的光催化真空紫外反应器(1)、气液混合器(2)、水箱(3)和水泵(4);其特征在于:所述光催化真空紫外反应器(1)由筒体(8)、安装在筒体(8)内的真空紫外灯(7)、安装在真空紫外灯(7)外的螺旋式反应管(6)组成,螺旋式反应管(6)内填充载体型光催化剂(9);光催化真空紫外反应器(1)的上部分别设置有出气孔(15)及出水孔(12),下部分别设置有进气孔(14)、进水孔(13),且出水孔(12)、进水孔(13)通过管路(5)分别连接螺旋式反应管(6)的两端,出气孔(15)通过管路连接气液混合器(2),进气孔(14)通过管路连接水箱(3)和水泵(4)。

2. 如权利要求1所述一种深度水处理装置,其特征在于:所述螺旋式反应管(6)是由石英管缠绕制成。

3. 如权利要求1所述一种深度水处理装置,其特征在于:所述真空紫外灯为发射 $< 260\text{nm}$ 波长的冷阴极紫外灯。

4. 如权利要求1所述一种深度水处理装置,其特征在于:所述筒体(8)的内壁贴有光反射层(16)。

5. 如权利要求1所述一种深度水处理装置,其特征在于:所述光催化真空紫外反应器(1)的上、下两端分别由上、下密封盖(10、11)封闭。

## 一种深度水处理装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种水处理装置,尤其涉及一种集光催化、真空紫外光、臭氧氧化为一体的深度水处理装置,属于深度水处理技术领域。

### 背景技术

[0002] 我国由于发展而环保滞后,水资源污染问题日益突出。并且我国污水处理厂和工厂排出的合格排放水水质要差于地表水最低等级水体(V类)的水质,肯定会造成水体污染。而作为饮用水水源的污染物主要是溶解性有机物,常规的自来水厂工艺(混凝沉淀、过滤、消毒)对其去除能力有限,加氯消毒后也易产生致癌的消毒副产物,如三氯甲烷、四氯化碳等,需要深度处理水质才合格。

[0003] 工业废水中难降解有机废水的排放引起的地表水污染问题越来越严重,针对其中难降解有机物采用生化法仍达不到工业废水的排放标准,且可生化性较低,而高级氧化技术可以降解难降解有机物、提高可生化性,为难降解有机废水预处理和深度处理的较佳工艺。

[0004] 真空紫外高级氧化,是在不添加任何氧化剂的情况下,可以原位产生氧化性极强的 $\cdot\text{OH}$ ,而且是一种环境友好型的水污染控制技术。其基本原理是利用水在波长 $<260\text{nm}$ 的紫外光照射下,裂解成羟基自由基( $\cdot\text{OH}$ )和氢自由基( $\cdot\text{H}$ )。但是,由于水分子对真空紫外具有极强的吸收能力,导致真空紫外穿透液层厚度有限,大量的活性物种在有限的空间内生成,发生自复合猝灭的可能性较大,从而降低真空紫外的利用效率,也限制真空紫外高级氧化技术的推广应用。

[0005] 光催化氧化,是一种具有反应条件温和、能耗低、能矿化绝大多数有机物、可减少二次污染等的水处理方法。但是已研制的光催化剂在普通紫外光和可见光下的活性有限,特别是在可见光照射下,催化剂降解污染物的性能并不十分突出。

[0006] 臭氧氧化技术具有氧化能力强、反应速度快、不产生污泥、无二次污染的特点。臭氧能够有效的氧化分解废水中的有机物和氨氮,具有接触时间短、处理效率高、不受温度影响等特点,并具有杀菌、除臭、除味、脱色等功能。尽管臭氧具有极强的氧化性,但也存在一定的局限性。事实上,对于某些有机物或其中同产物,臭氧(特别是在低浓度时)很难将其完全氧化,此时单独使用臭氧并不是最佳的。

[0007] 研究表明,将真空紫外光引入到光催化体系中,可增加激发光催化剂的光子能量,产生空穴和电子的效率增加,使光催化剂的活性提高。同时, $<260\text{nm}$ 紫外光源在气相条件下可将氧气转化成臭氧,可回收利用这部分臭氧来实现臭氧氧化作用,从而提高去除污染物的效率。CN1569240A公开了一种真空紫外光催化净化空气和水的装置,包括发射 $<260\text{nm}$ 紫外线的低压汞灯、光催化剂和反应器等,是将真空紫外光解和光催化两者作用结合起来,在净化水中污染物时,存在传质受限、催化剂和臭氧资源利用效率不高等的缺陷。CN103964614A公开了一种复合式臭氧光催化反应装置,将臭氧氧化和光催化处理技术相结合,在同一装置实现了废水臭氧和光催化两级高级氧化技术。但是其存在的缺陷有:污染物

接触催化剂发生光催化反应传质受限；臭氧反应室的存在削弱了达到光催化剂表面的光照强度；<260nm 波长紫外灯光照水几乎不产生臭氧，臭氧氧化污染物的性能体现不出来。CN103979666A公开了一种一体式臭氧光催化反应装置，该装置包括臭氧反应室、光催化反应室和三相分离室，该装置需配套臭氧发生器，能耗高。

### 实用新型内容

[0008] 本实用新型的目的针对现有技术中存在的问题，提供一种集光催化、真空紫外光及臭氧氧化为一体的深度水处理装置。

[0009] 本实用新型深度水处理装置，包括依次通过管路连接成循环回路的光催化真空紫外反应器、气液混合器、水箱和水泵；所述光催化真空紫外反应器由筒体、安装在筒体内的真空紫外灯、安装在真空紫外灯外的螺旋式反应管组成，其中螺旋式反应管内填充载体型光催化剂；光催化真空紫外反应器的上部分别设置有出气孔及出水孔，下部分别设置有进气孔、进水孔，且出水孔、进水孔通过管路分别连接螺旋式反应管的两端，出气孔通过管路连接气液混合器，进气孔通过管路连接水箱和水泵。

[0010] 所述螺旋式反应管是由石英管缠绕制成，能够穿透大部分的紫外光线，不影响辐射到催化剂表面的光照强度。

[0011] 所述载体型光催化剂为粒径5-6mm的钒氮共掺杂TiO<sub>2</sub>/玻璃珠复合材料；所述真空紫外灯为发射<260nm波长的冷阴极紫外灯。

[0012] 为了增强光催化效果，在筒体的内壁贴有光反射层。

[0013] 工作原理：将待处理废水首先经水泵抽入到光催化真空紫外反应器的螺旋反应管中，一方面真空紫外光到达催化剂表面激发催化剂产生电子和空穴，进而产生·OH，实现光催化处理废水；另一方面真空紫外光通过裂解水来产生·OH，实现真空紫外光氧化处理废水。同时，筒体内流动空气中的氧气在真空紫外光的辐射下转化成臭氧，利用气液混合器将产生的臭氧和空气混合气体吸入到反应体系的管路中，进而实现臭氧氧化处理废水。而残余在水中的臭氧经水泵随待处理废水再次循环到光催化真空紫外反应器中，臭氧能够在光催化剂表面形成臭氧自由基(·O<sub>3</sub><sup>-</sup>)，进而转化成·OH，从而实现光催化、真空紫外及臭氧氧化协同处理废水。

[0014] 本实用新型装置相对现有技术具有以下优点：

[0015] 1、充分利用真空紫外光辐射氧气能产生臭氧这一性质，集成光催化、真空紫外光和臭氧氧化三者技术为一体，并产生协同作用，有效提高了水处理的效果和效率；同时无需额外增设臭氧发生设备，节约成本；

[0016] 2、通过气液混合器将臭氧加到光催化真空紫外反应体系中，实现光催化、真空紫外光和臭氧氧化三者协同去除水中污染物，到达深度处理水的目的；

[0017] 3、螺旋式反应管结构可增加反应体系的水力停留时间，提高整体去除水中污染物的效率。

### 附图说明

[0018] 图1是本实用新型深度水处理装置的结构示意图。

[0019] 图2是光催化真空紫外反应器结构示意图。

### 具体实施方式

[0020] 下面结合附图对本实用新型深度水处理装置的结构和水处理效果作进一步说明。

[0021] 一种深度水处理装置,包括依次通过管路5连接成循环回路的光催化真空紫外反应器1、气液混合器2、水箱3和水泵4四个部分(参照图1)。

[0022] 其中光催化真空紫外反应器1由筒体8,安装在筒体8内的真空紫外灯7,外安在真空紫外灯7外的螺旋式反应管6组成,螺旋式石英反应管6内填充载体型光催化剂9;筒体8的上下两端分别由密封盖10、11通过螺纹与筒体8主体连接并封闭;筒体8的内壁贴有光反射层16。光催化真空紫外反应器1的上部分别设置有出气孔15及出水孔12,下部分别设置有进气孔14、进水孔13,且出水孔12、进水孔13通过管路分别连接螺旋式石英反应管6的两端;出气孔15通过管路连接气液混合器2,进气孔14通过管路连接水箱3和水泵4(参照图2)。

[0023] 螺旋反应管6由石英管缠绕制成,螺旋反应管6螺距为12mm,石英管内径为8mm,壁厚2mm。

[0024] 载体型光催化剂9采用粒径5-6mm的钒氮共掺杂TiO<sub>2</sub>/玻璃珠复合材料。

[0025] 真空紫外灯7为发射<260nm波长的冷阴极紫外灯,功率为70W。

[0026] 筒体8采用304不锈钢材质制成,内壁贴光反射层的反射率可到达80%以上。

[0027] 本实用新型深度水处理装置的工作过程如下:通过水泵4将待处理废水送入光催化真空紫外反应器1中。反应装置中真空紫外灯7发射真空紫外光穿过螺旋反应管内壁18到达待处理废水中,进行真空紫外光氧化;真空紫外光并进一步到达钒氮共掺杂TiO<sub>2</sub>/玻璃珠复合材料9的表面,进行真空紫外光催化反应;同时,真空紫外灯7激发空气中的氧气原位产生臭氧,通过气液混合器2将产生的臭氧和空气混合气体吸入到反应体系的管路中,进行臭氧氧化作用,而残余在水中的臭氧经水泵4随待处理废水再次循环到光催化真空紫外反应器1中,进行真空紫外光催化协同臭氧氧化作用处理废水,从而在一定时间内完成水的深度处理。

[0028] 水处理效果测试:苯酚初始浓度为8mg/L。实验数据显示,光催化、真空紫外光和臭氧氧化三者一起作用的一级反应速率常数为0.1029min<sup>-1</sup>,单独的光催化、真空紫外光和臭氧氧化作用的一级反应速率常数分别为0.04122min<sup>-1</sup>、0.0217min<sup>-1</sup>和0.0178min<sup>-1</sup>,三者一级反应速率常数之和为0.0807min<sup>-1</sup>。即光催化、真空紫外光和臭氧氧化三者一起作用的一级反应速率常数为各个单独作用之和的1.3倍,表明本实用新型是光催化、真空紫外光和臭氧氧化三者之间协同处理苯酚废水。

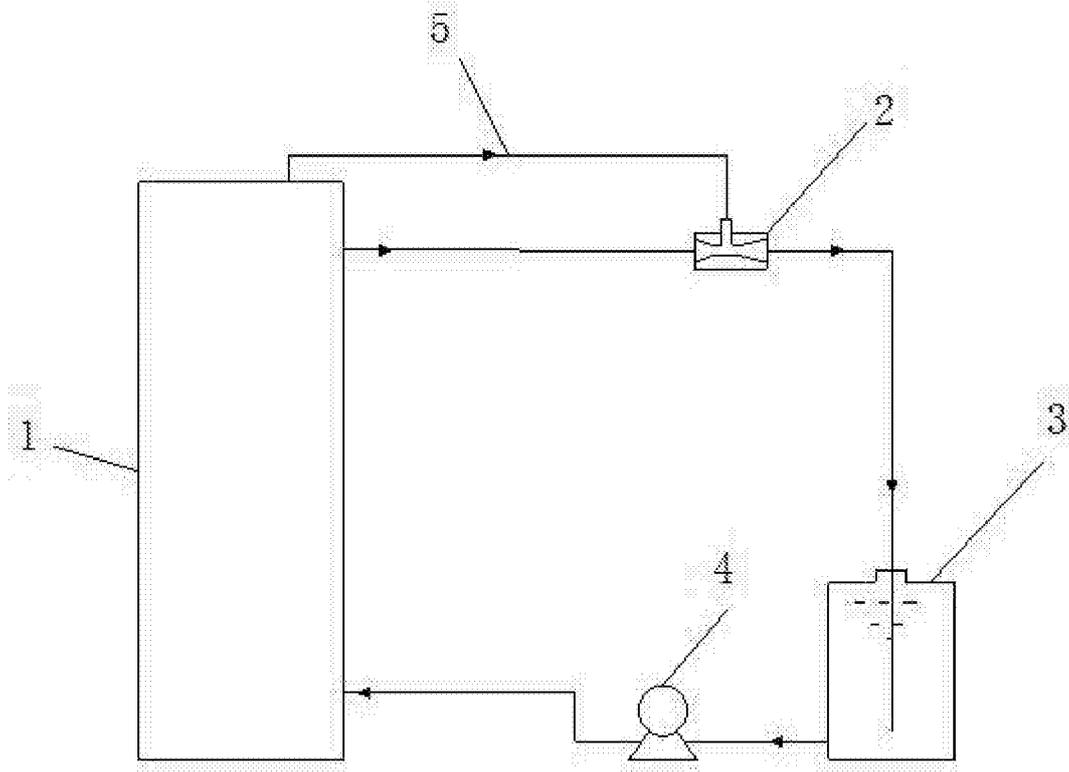


图1

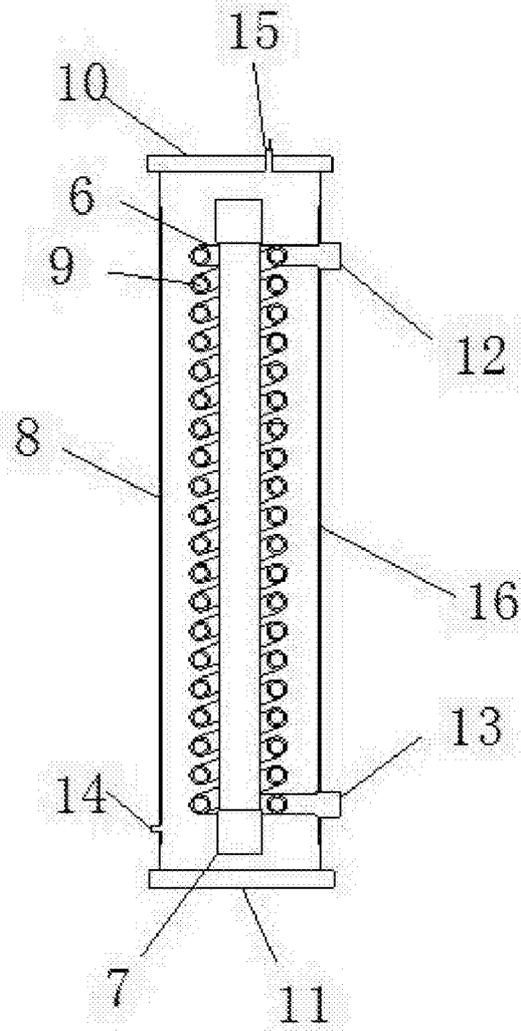


图2