(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110734158 B
(45)授权公告日 2022.12.13

(21)申请号 201810796742.8

(22)申请日 2018.07.19

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110734158 A

(43)申请公布日 2020.01.31

(73)专利权人 中国石油化工股份有限公司
地址 100728 北京市朝阳区朝阳门北大街22号
专利权人 中国石油化工股份有限公司石油化工科学研究院

(72)发明人 王辉 秦冰 高嵩 孙飞 傅晓萍 王金华 余正齐

(74)专利代理机构 北京润平知识产权代理有限公司 11283
专利代理师 刘国平 顾映芬

(51)Int.Cl.
C02F 9/04(2006.01)

(56)对比文件
CN 107055679 A,2017.08.18
CN 103086469 A,2013.05.08
CN 107176647 A,2017.09.19
CN 201525764 U,2010.07.14
CN 108191127 A,2018.06.22
DE 102014221837 A1,2016.04.28
DE 202008003697 U1,2008.05.21

审查员 郄凯朝

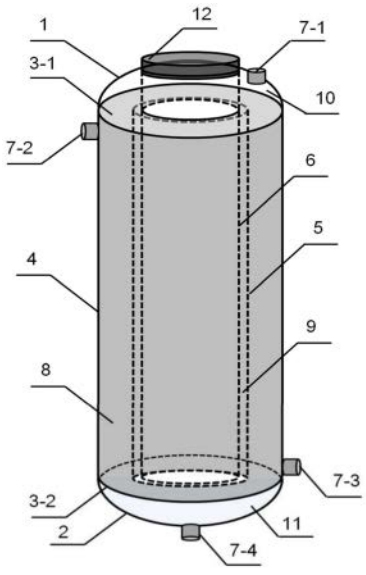
权利要求书3页 说明书11页 附图4页

(54)发明名称

污水处理装置和多级污水处理设备和污水处理系统及方法

(57)摘要

本发明涉及污水处理领域，公开了一种污水处理装置和多级污水处理设备和污水处理系统及方法。所述污水处理装置包括具有上端密封盖和下端密封盖的中空筒体，所述中空筒体内具有陶瓷膜管，陶瓷膜管通过上密封塞、下密封塞分别与所述中空筒体的顶端和底端密封，并与筒体之间形成过滤区；陶瓷膜管的通道内包括套有紫外灯的紫外灯套管，并与陶瓷膜管之间形成紫外光催化区；所述上端密封盖与上密封塞之间形成上端缓冲区，所述下端密封盖与下密封塞之间形成下端缓冲区，且所述上端缓冲区、紫外光催化区和下端缓冲区依次连通。本发明的污水处理装置结构紧凑，易操作，可以根据实际需求改变处理水量等，操作弹性好。



CN 110734158 B

1.一种污水处理装置，该装置包括具有上端密封盖(1)和下端密封盖(2)的中空筒体(4)，所述中空筒体(4)的上部设有进水口(7-2)，下部设置有浓水/反冲洗出口(7-3)，所述上端密封盖(1)设有溢水/反冲洗入口(7-1)，所述下端密封盖(2)设有出水口(7-4)；

所述中空筒体(4)内具有单通道或多通道的陶瓷膜管(5)；所述陶瓷膜管(5)为单通道的陶瓷膜管时，外径为35-45mm，通道直径为30-35mm，膜的平均孔径为0.5-50μm；所述陶瓷膜管(5)为多通道的陶瓷膜管时，通道数为4-9，通道直径为30-35mm，膜的平均孔径为0.5-50μm；

所述陶瓷膜管(5)通过上密封塞(3-1)、下密封塞(3-2)分别与所述中空筒体(4)的顶端和底端密封，并与筒体之间形成过滤区(8)；所述陶瓷膜管(5)的通道内包括套有紫外灯的紫外灯套管(6)，并与陶瓷膜管(5)之间形成紫外光催化区(9)；所述紫外光催化区(9)的宽度为5-10mm；

所述上端密封盖(1)、上密封塞(3-1)、下密封塞(3-2)分别设有与所述紫外灯套管(6)对应的开孔，所述紫外灯套管(6)的上部从下至上依次贯穿所述上密封塞(3-1)、上端密封盖(1)的相应开孔并伸出上端密封盖(1)，且与所述上端密封盖(1)的开孔密封，所述紫外灯套管(6)的底部密闭，并通过元件固定在所述下密封塞(3-2)的开孔上；

所述上端密封盖(1)与上密封塞(3-1)之间形成上端缓冲区(10)，所述下端密封盖(2)与下密封塞(3-2)之间形成下端缓冲区(11)，且所述上端缓冲区(10)、紫外光催化区(9)和下端缓冲区(11)依次连通。

2.根据权利要求1所述的污水处理装置，其中，所述中空筒体(4)与所述上端密封盖(1)、下端密封盖(2)通过法兰连接。

3.根据权利要求1所述的污水处理装置，其中，所述紫外灯套管(6)与所述上端密封盖(1)的开孔通过密封圈(12)密封。

4.根据权利要求1所述的污水处理装置，其中，所述上密封塞(3-1)、下密封塞(3-2)的外径与所述中空筒体(4)的外径相等。

5.根据权利要求1所述的污水处理装置，其中，所述上密封塞(3-1)、下密封塞(3-2)分别具有凹形结构，所述陶瓷膜管(5)与所述上密封塞(3-1)、下密封塞(3-2)的内凹处配合。

6.根据权利要求1所述的污水处理装置，其中，所述上密封塞(3-1)、下密封塞(3-2)的开孔直径与所述陶瓷膜管(5)的通道直径相等。

7.根据权利要求1、4-6中任意一项所述的污水处理装置，其中，所述陶瓷膜管(5)与所述中空筒体(4)为同轴设置，所述陶瓷膜管(5)的通道与其内部的紫外灯套管(6)为同轴设置。

8.根据权利要求1、4-6中任意一项所述的污水处理装置，其中，所述陶瓷膜管(5)为单通道的陶瓷膜管，所述上端密封盖(1)的开孔设置在其中心位置。

9.根据权利要求1所述的污水处理装置，其中，所述溢水/反冲洗入口(7-1)与所述上端密封盖(1)中心之间的距离为所述上端密封盖(1)底面半径的1/2-3/4；和/或

所述出水口(7-4)设置在所述下端密封盖(2)的中心处。

10.一种多级污水处理设备，包括一级处理单元和二级处理单元，其中，所述一级处理单元和二级处理单元分别包括权利要求1-9中任意一项所述的污水处理装置，且所述一级处理单元、二级处理单元之间通过各自的污水处理装置的出水口(7-4)连接。

11.一种污水处理系统，该系统包括：进水单元、权利要求1-9中任意一项所述的污水处理装置、出水单元、浓水回流单元、溢水单元和反冲洗单元；其中，

所述进水单元包括入水池和进水管路，所述进水管路将所述入水池与所述污水处理装置的进水口(7-2)连接；

所述出水单元包括出水监控池和出水管路，所述出水管路将所述出水监控池与所述污水处理装置的出水口(7-4)连接；

所述反冲洗单元包括反冲洗水箱、反冲洗管路，所述反冲洗管路将所述反冲洗水箱与所述污水处理装置的溢水/反冲洗入口(7-1)连接；

所述溢水单元包括溢水管路和溢水收集池，所述溢水管路将所述溢水收集池与所述污水处理装置的溢水/反冲洗入口(7-1)连接；

所述浓水回流单元包括浓水管路，所述浓水管路将所述污水处理装置的浓水/反冲洗出口(7-3)与所述入水池(6-1)连接；

可选地，该系统还包括药剂投加单元，包括依次连接的药剂投加箱、药剂输送管路、缓冲池和缓冲管路；所述进水单元的进水管路依次经所述缓冲池及缓冲管路连接至所述污水处理装置的进水口(7-2)；

所述进水管路、出水管路和浓水管路分别设置有流量控制阀和输送泵，所述缓冲管路设有流量控制阀，所述反冲洗管路设置有输送泵和截止阀，所述溢水管路设置有截止阀。

12.根据权利要求11所述的污水处理系统，其中，所述污水处理装置为两个以上，两个以上污水处理装置之间为并联连接、串联连接、或者并联连接和串联连接的组合。

13.一种污水处理方法，该方法在权利要求11或12所述的污水处理系统中进行，包括依次进行的污水处理步骤和反冲洗步骤；其中，

所述污水处理步骤包括：

关闭所述出水管路、浓水出口管路的流量控制阀，关闭反冲洗管路的截止阀，开启溢水管路的截止阀；

开启所述进水管路的流量控制阀，使来自所述入水池的待处理污水进入所述污水处理装置的过滤区8，经陶瓷膜管5过滤后，进入所述紫外光催化区9并逐渐进入所述下端缓冲区11和上端缓冲区10，待出水由所述溢水/反冲洗入口7-1溢出时，关闭所述溢水管路的截止阀；

开启所述浓水管路、出水管路的流量控制阀，使过滤区8得到的浓水从所述浓水/反冲洗出口7-3排出并回流至所述入水池，使所述出水从出水口7-4排出并进入所述出水监控池；

可选地，所述待处理的污水在所述缓冲池与药剂接触后，再进入所述污水处理装置；

所述反冲洗步骤包括：

关闭进水管路的流量控制阀，且待所述出水排净后，关闭出水管路的流量截止阀；

开启所述反冲洗管路的截止阀，使反冲洗水进入所述污水处理装置的上端缓冲区10、紫外光催化区9和下端缓冲区11，待反冲洗水充满前述空间后，所述反冲洗水通过陶瓷膜管5进入过滤区8内，最后经浓水/反冲洗水出口7-3排出并进入所述入水池。

14.根据权利要求13所述的方法，其中，所述污水为苯酚废水、甲基二乙醇胺废水、污水厂生化单元出水和反渗透浓水中的一种或多种。

15.根据权利要求14所述的方法，其中，所述药剂选自双氧水、过硫酸盐和硫酸亚铁中的一种或多种。

16.根据权利要求14或15所述的方法，其中，所述污水处理步骤中，所述污水的进水速度为50-100mL/min，所述出水的流出速度为20-40mL/min。

污水处理装置和多级污水处理设备和污水处理系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及污水处理领域，具体涉及一种污水处理装置、多级污水处理设备和污水处理系统及方法。

背景技术

[0002] 随着我国工业的迅速发展，生产和环境之间矛盾日益突出。一方面，各行业(如石化、钢铁、制药、冶炼、印染等)产生的难处理有机废水量逐日增加，废水成分日趋复杂，现有处理工艺对污水中难降解有机物的处理效率亟待提升；另一方面，国家和各行业对水污染物排放指标提出了更严格的要求，这进一步促进了污水处理设施的优化和改造。

[0003] 常规的污水处理工艺“预处理+生化”对水中悬浮物和易生物降解的有机物处理效果显著，但对于有毒、有害、难生物降解的有机污染物的处理效果十分有限。因此，开发高效的污水深度处理技术对污水达标排放、节约水资源以及水环境保护有深刻且长远的意义。

[0004] 近年来，国内外针对污水深度处理展开了多种工艺的研究。常见的污水深度处理工艺有吸附、膜分离、曝气生物滤池、高级氧化等。吸附工艺中吸附剂种类繁多，需要考虑吸附剂的选择性、回收再生以及废吸附剂的处理；膜分离工艺则存在浓水处理、膜污染及寿命问题；曝气生物滤池作为生物处理手段，虽然处理成本低，但是对于废水中的难降解有机污染物的处理有很大的局限；高级氧化技术是利用不同条件下产生的具有强氧化性、无选择性的羟基自由基(·OH)，氧化污水中大分子难降解有机物至易生物降解的小分子有机物或CO_2和水的过程。根据自由基产生的方式和条件不同，高级氧化技术包括紫外光催化技术、臭氧催化氧化、芬顿氧化、电化学氧化以及催化湿式氧化等。

[0005] 紫外光催化深度处理工艺是一种高效、绿色的处理工艺，通过各波段紫外光与不同种类催化剂耦合形成均相、非均相光催化反应体系，实现污水中难生物降解有机污染物的降解，从而提高污水可生化性或实现污水COD的深度达标排放。然而，紫外光催化工艺作为光催化氧化技术，其光催化效率、能源利用效率、光穿透性能以及预处理或后处理手段是主要的限制因素。

[0006] 陶瓷膜分离工艺对于非可溶性物质的去除具有明显的效果，是一种高效可行的预处理手段，且具备高机械强度、高化学稳定性、高热稳定性及使用寿命长等特点。

[0007] 因此，如何将紫外光催化工艺与陶瓷膜分离工艺耦合是提高污水深度处理工艺的有效手段。

发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种污水处理装置、多级污水处理设备和污水处理系统及方法。本发明的污水处理装置能够将陶瓷膜与紫外光催化工艺耦合，使装置结构更紧凑并可高效深度处理污水。

[0009] 根据本发明的第一方面，本发明提供了一种污水处理装置，该装置包括具有上端密封盖和下端密封盖的中空筒体，所述中空筒体的上部设有进水口，下部设置有浓水/反冲

洗出口，所述上端密封盖设有溢水/反冲洗入口，所述下端密封盖设有出水口；

[0010] 所述中空筒体内具有单通道或多通道的陶瓷膜管；

[0011] 所述陶瓷膜管通过上密封塞、下密封塞分别与所述中空筒体的顶端和底端密封，并与筒体之间形成过滤区；所述陶瓷膜管的通道内包括套有紫外灯的紫外灯套管，并与陶瓷膜管之间形成紫外光催化区；

[0012] 所述上端密封盖、上密封塞、下密封塞分别设有与所述紫外灯套管对应的开孔，所述紫外灯套管的上部从下至上依次贯穿所述上密封塞、上端密封盖的相应开孔并伸出上端密封盖，且与所述上端密封盖的开孔密封，所述紫外灯套管的底部密闭，并通过元件固定在所述下密封塞的开孔上；

[0013] 所述上端密封盖与上密封塞之间形成上端缓冲区，所述下端密封盖与下密封塞之间形成下端缓冲区，且所述上端缓冲区、紫外光催化区和下端缓冲区依次连通。

[0014] 根据本发明的第二方面，本发明提供了一种多级污水处理设备，包括一级处理单元和二级处理单元，其中，所述一级处理单元和二级处理单元分别包括本发明第一方面所述的污水处理装置，且所述一级处理单元、二级处理单元之间通过各自的污水处理装置的出水口连接。

[0015] 根据本发明的第三方面，本发明提供了一种污水处理系统，该系统包括：进水单元、本发明第一方面所述的污水处理装置、出水单元、浓水回流单元、溢水单元和反冲洗单元；其中，

[0016] 所述进水单元包括入水池和进水管路，所述进水管路将所述入水池与所述污水处理装置的进水口连接；

[0017] 所述出水单元包括出水监控池和出水管路，所述出水管路将所述出水监控池与所述污水处理装置的出水口连接；

[0018] 所述反冲洗单元包括反冲洗水箱、反冲洗管路，所述反冲洗管路将所述反冲洗水箱与所述污水处理装置的溢水/反冲洗入口连接；

[0019] 所述溢水单元包括溢水管路和溢水收集池，所述溢水管路将所述溢水收集池与所述污水处理装置的溢水/反冲洗入口连接；

[0020] 所述浓水回流单元包括浓水管路，所述浓水管路将所述污水处理装置的浓水/反冲洗出口与所述入水池连接；

[0021] 可选地，该系统还包括药剂投加单元，其包括依次连接的药剂投加箱、药剂输送管路、缓冲池和缓冲管路；所述进水单元的进水管路依次经所述缓冲池及缓冲管路连接至所述污水处理装置的进水口；

[0022] 所述进水管路、出水管路和浓水管路分别设置有流量控制阀和输送泵，所述缓冲管路设有流量控制阀，所述反冲洗管路设置有输送泵和截止阀，所述溢水管路设置有截止阀。

[0023] 根据本发明第四方面，本发明提供了一种污水处理方法，该方法在本发明第四方面所述的污水处理系统中进行，包括依次进行的污水处理步骤和反冲洗步骤；其中，

[0024] 所述污水处理步骤包括：

[0025] 关闭所述出水管路、浓水出口管路的流量控制阀，关闭反冲洗管路的截止阀，开启溢水管路的截止阀；

[0026] 开启所述进水管路的流量控制阀，使来自所述入水池的待处理污水进入所述污水处理装置的过滤区，经陶瓷膜管过滤后，进入所述紫外光催化区并逐渐进入所述下端缓冲区和上端缓冲区，待出水由所述溢水/反冲洗入口溢出时，关闭所述溢水管路的截止阀；

[0027] 开启所述浓水管路、出水管路的流量控制阀，使过滤区得到的浓水从所述浓水/反冲洗出口排出并回流至所述入水池，使所述出水从出水口排出并进入所述出水监控池；

[0028] 可选地，所述待处理污水在所述缓冲池与药剂接触后，再进入所述污水处理装置；

[0029] 所述反冲洗步骤包括：

[0030] 关闭进水管路的流量控制阀，且待所述出水排净后，关闭出水管路的流量截止阀；

[0031] 开启所述反冲洗管路的截止阀，使反冲洗水经所述污水处理装置的反冲洗进口进入上端缓冲区，并逐渐进入紫外光催化区和下端缓冲区，待反冲洗水充满前述空间后，所述反冲洗水通过陶瓷膜管进入过滤区内，最后经浓水/反冲洗水出口排出并进入所述入水池。

[0032] 本发明的技术方案具有如下优点：

[0033] 1、本发明的污水处理装置结构紧凑，占地面积小，易操作；

[0034] 2、本发明的污水处理装置可以根据实际需求改变处理水量、膜管参数、紫外光源参数，操作弹性好，多级装置串联可提高工艺的抗水力负荷能力；

[0035] 3、与现有的非均相光催化或其它非均相高级氧化工艺(如臭氧催化氧化)相比，本发明的污水处理方法无需投加颗粒或粉末态催化剂，避免了催化剂回收、再生及废催化剂的处理；

[0036] 4、本发明的多级污水处理设备中，陶瓷膜可作为预处理及后处理工艺手段，作为预处理稳定了光催化进水水质，后处理进一步优化装置出水水质；光催化反应区利用紫外灯套管与陶瓷膜通道间的环状通道，保证了紫外光的利用率及污水的处理效率；

[0037] 5、本发明的多级污水处理设备通过两套污水处理装置的串联实现陶瓷膜过滤-两级紫外光催化-陶瓷膜过滤的多级处理，同时可通过交换进出水口实现两级陶瓷膜的反冲洗，且工艺流程一致，能保持出水水质稳定；

[0038] 6、本发明的污水处理系统具有反应条件易控以及处理效率高等特点。

附图说明

[0039] 图1用于说明本发明的污水处理装置的一种优选实施方式。

[0040] 图2为图1所示的污水处理装置的剖面图。

[0041] 图3用于说明本发明的污水处理装置的另一种优选实施方式。

[0042] 图4为图3所示的污水处理装置的剖面图。

[0043] 图5用于说明本发明的多级污水处理设备的一种优选实施方式。

[0044] 图6用于说明本发明的污水处理系统和污水处理方法。

[0045] 附图标记说明

[0046] 1：上密封端盖 2：下密封端盖

[0047] 3-1：上端密封塞 3-2：下端密封塞

[0048] 4：中空筒体 5：陶瓷膜管

[0049] 6：紫外灯套管 7-1：溢水/反冲洗入口

[0050] 7-2：进水口 7-3：浓水/反冲洗出口

[0051] 7-4:出水口 8:过滤区

[0052] 9:紫外光催化区 10:上端缓冲区

[0053] 11:下端缓冲区 12:密封圈

[0054] 6-1:入水池 6-2:缓冲池

[0055] 6-3:污水处理装置 6-4:出水监控池

[0056] 6-5:药剂投加箱 6-6:紫外灯电源

[0057] 6-7:反冲洗水箱 6-8:流量控制阀

[0058] 6-9:进水泵 6-10:搅拌器

[0059] 6-11:流量控制阀 6-12:药剂投加泵

[0060] 6-13:流量控制阀 6-14:截止阀

[0061] 6-15:流量控制阀 6-16:出水泵

[0062] 6-17:流量控制阀 6-18:浓水回流泵

[0063] 6-19:反冲洗泵 6-20:截止阀

具体实施方式

[0064] 在本文中所披露的范围的端点和任何值都不限于该精确的范围或值,这些范围或值应当理解为包含接近这些范围或值的值。对于数值范围来说,各个范围的端点值之间、各个范围的端点值和单独的点值之间,以及单独的点值之间可以彼此组合而得到一个或多个新的数值范围,这些数值范围应被视为在本文中具体公开。

[0065] 根据本发明的第一方面,本发明提供了一种污水处理装置,结合图1至图4所示,该装置包括具有上端密封盖1和下端密封盖2的中空筒体4,所述中空筒体4的上部设有进水口7-2,下部设置有浓水/反冲洗出口7-3,所述上端密封盖1设有溢水/反冲洗入口7-1,所述下端密封盖2设有出水口7-4;

[0066] 所述中空筒体4内具有单通道或多通道的陶瓷膜管5;

[0067] 所述陶瓷膜管5通过上密封塞3-1、下密封塞3-2分别与所述中空筒体4的顶端和底端密封,并与筒体之间形成过滤区8;所述陶瓷膜管5的通道内包括套有紫外灯的紫外灯套管6,并与陶瓷膜管5之间形成紫外光催化区9;

[0068] 所述上端密封盖1、上密封塞3-1、下密封塞3-2分别设有与所述紫外灯套管6对应的开孔,所述紫外灯套管6的上部从下至上依次贯穿所述上密封塞3-1、上端密封盖1的对应开孔并伸出上端密封盖1,且与所述上端密封盖1的开孔密封,所述紫外灯套管6的底部密闭,并通过元件固定在所述下密封塞3-2的开孔上;

[0069] 所述上端密封盖1与上密封塞3-1之间形成上端缓冲区10,所述下端密封盖2与下密封塞3-2之间形成下端缓冲区11,且所述上端缓冲区10、紫外光催化区9和下端缓冲区11依次连通。

[0070] 在本文中,所述“浓水/反冲洗出口”是指为了排出所述过滤区8产生的浓水、用于排出反冲洗水而设置的通道,所述通道的数量可以为一个或多个,只要能实现上述目的即可。例如,可通过在所述中空筒体4的下部设置一个所述通道同时实现排出浓水、排出反冲洗水的作用,也可通过在所述中空筒体的下部设置两个所述通道分别用于排出浓水、排出反冲洗水。

[0071] 在本文中，所述“溢水/反冲洗入口”是指能使所述上端缓冲区10中的出水溢出、用于通入反冲洗水而设置的通道，所述通道的数量可以为一个或多个，只要能实现上述目的即可。例如，可通过在所述上端密封盖1上设置一个所述通道同时实现出水溢出、通入反冲洗水的作用，也可通过在所述上端密封盖1上设置两个所述通道分别用于实现出水溢出、通入反冲洗水的作用。

[0072] 根据本发明，所述上端密封盖1、下端密封盖2的端面可以分别为平面，也可以分别为向外凸起的面，例如向外凸起的弧形面。优选所述上端密封盖1、下端密封盖2的端面均为向外凸起的弧形面。

[0073] 为了便于拆卸，优选情况下，所述中空筒体4与所述上端密封盖1、下端密封盖2通过法兰连接。

[0074] 优选地，所述溢水/反冲洗入口7-1与所述上端密封盖1中心之间的距离为所述上端密封盖1底面半径的1/2-3/4。

[0075] 在本文中，“所述上端密封盖1、上密封塞3-1、下密封塞3-2分别设有与所述紫外灯套管6对应的开孔”是指所述上端密封盖1、上密封塞3-1和下密封塞3-2所设置的开孔数量与所述紫外灯套管6的数量(也即，所述陶瓷膜管5的通道数)相等，且所设置的开孔的位置与套管一一对应，能实现所述紫外灯套管6的上部依次贯穿上密封塞3-1、上端密封盖1，底部通过元件固定的目的。

[0076] 根据本发明，优选情况下，所述紫外灯套管6与所述上端密封盖1的开孔优选通过密封圈12密封。另外，所述紫外灯套管6的底部可通过交叉固定元件固定在所述下密封塞3-2的开孔上，所述交叉固定元件例如呈十字交叉状，交叉中心设有开孔，以固定紫外灯套管6。

[0077] 根据本发明，优选情况下，所述上密封塞3-1、下密封塞3-2的外径与所述中空筒体4的外径相等。

[0078] 优选地，所述上密封塞3-1、下密封塞3-2分别具有凹形结构，所述陶瓷膜管5与所述上密封塞3-1、下密封塞3-2的内凹处配合，形成所述过滤区8。

[0079] 更优选地，所述上密封塞3-1、下密封塞3-2的开孔直径与所述陶瓷膜管5的通道直径相等。

[0080] 根据本发明，所述过滤区8、紫外光催化区9均为环型空间，为了使所述陶瓷膜管5的内、外压力均匀，优选情况下，所述陶瓷膜管5与所述中空筒体4为同轴设置，所述陶瓷膜管5的通道与其内部的紫外灯套管6为同轴设置。

[0081] 根据本发明，当所述陶瓷膜管5为单通道的陶瓷膜管时，优选所述上端密封盖1的开孔设置在其中心位置。

[0082] 本发明中，可以根据污水的实际水质以及处理需求选择所述陶瓷膜管5和紫外灯。

[0083] 一般地，单通道的陶瓷膜管的外径例如可以为35-45mm，通道直径可以为30-35mm(小于陶瓷膜管的外径)，膜的平均孔径可以为0.5-50μm。

[0084] 一般地，多通道的陶瓷膜管的通道数例如可以为4-9，通道直径可以为30-35mm，膜的平均孔径可以为0.5-50μm。所述多通道的陶瓷膜管的外径例如可以为90-160mm。

[0085] 可选地，在所述陶瓷膜管5的内壁可负载有光催化涂层。另外，陶瓷膜管5的膜孔隙率可以为30-60％。

[0086] 所述紫外灯可以选自低压汞灯或中压汞灯。其中，所述低压汞灯的波长例如为254nm、185nm，中压汞灯的波长可以为365nm。

[0087] 图1和图2示出了根据本发明的污水处理装置的一种优选的实施方式，其中，所述上密封端盖1、下密封端盖2的端面均为向外凸起的弧形面，所述中空筒体4、单通道的陶瓷膜管5以及位于通道内的紫外灯套管6为同轴设置；所述上端密封盖1、下端密封盖2、中空筒体1、上密封塞3-1、下密封塞3-2的外径相等，所述上密封塞3-1、下密封塞3-2具有凹形结构，所述陶瓷膜管5与内凹处配合，且所述陶瓷膜管5的通道直径与上密封塞3-1、下密封塞3-2的开孔直径相等；所述进水口7-2、浓水/反冲洗出口7-3分别设置在所述中空筒体4的上部、下部，所述出水口7-4位于所述下端密封盖7-4的中心处。

[0088] 在该实施方式中，优选所述紫外光催化区9的宽度为5-10mm。

[0089] 图3和图4示出了根据本发明的污水处理装置的另一种优选的实施方式。与图1和图2不同的是，所述中空筒体4中包括多通道的陶瓷膜管5，且通道均匀分布，每个通道内设置有紫外灯套管6。

[0090] 在该实施方式中，优选所述紫外光催化区9的宽度(即每个通道与其中的紫外灯套管之间形成的环形水腔的半径)为5-10mm。

[0091] 与图1和图2所示的实施方式相比，该优选实施方式的污水处理装置能够提高污水的处理量，且利用多通道陶瓷膜的错流过滤的特性可进一步提高污水深度处理的效果。

[0092] 本发明的污水处理装置与相应的管路、泵和阀门连接后，可以对污水依次进行陶瓷膜过滤、紫外光催化处理，得到浓水和处理后的出水，并且能够实现对陶瓷膜的反冲洗作用，提高膜管寿命。

[0093] 以下对本发明的污水处理装置的操作进行说明，为了便于描述和理解，将所述“溢水/反冲洗入口7-1”描述为溢水口7-1和反冲洗入口7-1，将所述“浓水/反冲洗水出口7-3”描述为浓水出口7-3和反冲洗出口7-3。

[0094] 所述污水处理装置中，所述进水口7-2连接有进水管路以及设置在其上的流量控制阀和进水泵，所述出水口7-4连接有出水管路以及设置在其上的流量控制阀和出水泵；

[0095] 所述溢水口7-1连接有溢水管路以及设置在其上的截止阀，所述反冲洗入口7-1连接有反冲洗管路以及设置在其上的截止阀和反冲洗泵(图1至图4中，溢水口和反冲洗入口为同一通道，所述溢水管路、反冲洗管路与该通道并联连接)；

[0096] 所述浓水出口7-3连接有浓水管路以及设置在其上的流量控制阀和浓水回流泵。

[0097] 所述装置的具体操作如下：

[0098] 关闭出水管路、浓水管路的流量控制阀，使出水口7-4和浓水出口7-3处于闭合状态；关闭反冲洗管路的截止阀，开启溢水管路的截止阀；

[0099] 开启进水管路的流量控制阀，使待处理污水经进水口7-2进入过滤区8内，随着水压的增加，水经陶瓷膜管5过滤后进入紫外光催化区9内、下端缓冲区11和上端缓冲区10，待污水充满前述空间并由溢水口7-1溢出时，关闭溢水管路的截止阀；

[0100] 开启浓水管路、出水管路的流量控制阀，使浓水出口7-3及出水口7-4处于开启状态，按照进水流速以及处理效果分别调整两个管路的流量大小。

[0101] 待装置运行一定周期后，对装置进行反冲洗：

[0102] 关闭进水管路的流量控制阀，使进水口7-2处理闭合状态，待出水排净后，关闭出

水管路的流量截止阀，使出水口7-4处于闭合状态；

[0103] 开启反冲洗管路的截止阀和反冲洗泵，反冲洗水经反冲洗入口7-1进入上端缓冲区10、紫外光催化区9、下端缓冲区11，待反冲洗水充满前述空间后，随着水压的增加，反冲洗水逆向通过陶瓷膜管5进入过滤区8，最后经反冲洗出口7-3排出。

[0104] 根据本发明的第二方面，本发明提供了一种多级污水处理设备，包括一级处理单元和二级处理单元，其中，所述一级处理单元和二级处理单元分别包括本发明第一方面所述的污水处理装置，且所述一级处理单元和二级处理单元通过各自的污水处理装置的出水口连接。

[0105] 所述多级污水处理设备可在一级处理单元实现“陶瓷膜过滤-紫外光催化”处理(以下称为“一级处理”)，在二级处理单元实现“紫外光催化-陶瓷膜过滤”处理(“二级处理”)，从而实现对污水的“陶瓷膜过滤-两级紫外光催化-陶瓷膜过滤”的多级处理。在一级处理中，陶瓷膜过滤为紫外光催化的预处理手段，为光催化段进水水质提供保障；接着在二级处理中，陶瓷膜作为光催化段的后处理工艺，能进一步提高最终的出水水质。

[0106] 根据本发明的多级处理设备，所述一级处理单元、二级处理单元中的所述污水处理装置数量可以为一个或两个以上，当每个处理单元中的污水处理装置数量为两个以上时，所述污水处理装置之间为并联连接、串联连接、或者并联连接和串联连接的组合。

[0107] 以下结合图5对所述多级污水处理设备及其具体操作方式进行说明。

[0108] 如图5所示，所述多级处理设备中，一级污水单元包括污水处理装置A，二级污水处理单元包括污水处理装置B，装置A和装置B的具体结构如图1和图2所示，装置A的出水口7-4与装置B的出水口7-4连接。具体操作如下：

[0109] 1)关闭A、B装置出水管路的流量控制阀，关闭A装置浓水管路的流量控制阀，开启A装置的溢水管路的截止阀；

[0110] 待处理的污水由A装置的进水口7-2进入其过滤区8，经陶瓷膜管5过滤后进入紫外光催化区9、下端缓冲区11和上端缓冲区10，待出水充满上端缓冲区10并由溢水口7-1溢出时，关闭溢水管路的截止阀；

[0111] 开启A装置的浓水管路、出水管路的流量控制阀，排出浓水，并使出水全部进入装置B，完成对污水的一级处理；

[0112] 2)开启B装置的溢水管路的截止阀和进水管路的流量调节阀，关闭B装置的浓水管路的流量控制阀；

[0113] A装置的出水进入B装置的下端缓冲区11，并逐渐进入紫外光催化区9和上端缓冲区10，待出水由溢水口7-1溢出时，关闭溢水管路的截止阀，随入水水压增加，水经陶瓷膜管5过滤并进入过滤区8，待充满过滤区8并由进水口7-2溢出时，关闭进水管路的流量控制阀；

[0114] 开启B装置的浓水管路的流量控制阀以及溢水管路的截止阀，使其溢水口7-1、浓水口7-3处于开启状态；按照B装置出水口7-4的流速分别调节溢水口7-1和浓水口7-3所在管路流量，B装置的溢水口7-1用于排出浓水，浓水口7-3用于排出出水。

[0115] 总结上述操作过程，A装置的进水口7-2为整个设备总的进水口，A装置的出水口7-4用于B装置进水，B装置的溢水口7-1用于排出浓水，B装置的浓水口7-3实际作为整个设备总的出水口。待处理污水从从A装置的进水口7-2至B装置的浓水口7-3经历了“陶瓷膜过滤-两级紫外光催化-陶瓷膜过滤”处理过程。

[0116] 所述设备在运行一定周期后也需对其中陶瓷膜管进行反冲洗。由于该设备在运行过程中，装置A与装置B的陶瓷膜管的过滤方向相反，装置A为外压式，装置B为内压式；又由于A装置与B装置结构及运行方式一致，因此该设备的反冲洗可以通过A、B装置的功能的交替来实现。

[0117] 具体地，所述设备在运行一定周期后，整个设备的进水口由A装置的进水口7-2改变为B装置为进水口7-2，此时B装置用于待处理污水的一级处理，污水在B装置中经“陶瓷膜过滤-紫外光催化”处理后，由出水口7-4进入A装置中进行“紫外光催化-陶瓷膜过滤”处理，得到的出水由A装置的浓水口7-3排出。在此过程中，B装置的陶瓷膜管5由内压式变为外压式，A装置的陶瓷膜管5由外压式变为内压式，实现了对整个设备膜管的反冲洗。

[0118] 本发明的多级污水处理设备，所述反冲洗无需外加反冲洗水，利用待处理污水及各管路阀门的切换实现设备反冲洗，既提高了设备的处理效率，又延长了污水处理装置的使用寿命。

[0119] 本发明的多级污水处理设备能够实现对污水的深度处理，尤其适用于对具有难生物降解、浊度和色度低等特点的污水(如反渗透浓水)的处理，提高污水可生化性。

[0120] 根据本发明的第三方面，本发明提供了一种污水处理系统，结合图1至图4、图6所示，该系统包括：进水单元、污水处理装置6-3、出水单元、浓水回流单元、溢水单元和反冲洗单元。

[0121] 所述进水单元包括入水池6-1和进水管路，所述进水管路将所述入水池6-1与所述污水处理装置6-3的进水口7-2连接。

[0122] 所述出水单元包括出水监控池6-4和出水管路，所述出水管路将所述出水监控池6-4与所述污水处理装置6-3的出水口7-4连接。

[0123] 所述反冲洗单元包括反冲洗水箱6-7、反冲洗管路，所述反冲洗管路将所述反冲洗水箱6-7与所述污水处理装置6-3的溢水/反冲洗入口7-1连接。

[0124] 所述溢水单元包括溢水管路和溢水收集池，所述溢水管路将所述溢水收集池与所述污水处理装置的溢水/反冲洗入口7-1连接。

[0125] 所述浓水回流单元包括浓水管路，所述浓水管路将所述污水处理装置的浓水/反冲洗出口7-3与所述入水池6-1连接。

[0126] 可选地，该系统还包括药剂投加单元，所述药剂投加单元包括依次连接的药剂投加箱6-5、药剂输送管路、缓冲池6-2和缓冲管路。在这种情况下，所述进水管路依次经所述缓冲池6-2及缓冲管路连接至所述污水处理装置的进水口7-2。

[0127] 所述进水管路、出水管路和浓水管路分别设置有流量控制阀(分别为流量控制阀6-8、6-15、6-17)和输送泵(分别为进水泵6-9、出水泵6-16、浓水回流泵6-18)，所述缓冲管路设有流量控制阀6-13，所述反冲洗管路上设有截止阀6-20和输送泵(反冲洗泵6-19)，所述溢水管路设置有截止阀6-14。

[0128] 在本发明中，所提到的输送泵例如为蠕动泵。

[0129] 所述系统还包括与紫外灯连接的紫外灯电源6-6。

[0130] 根据本发明，在所述药剂投加单元中，所述缓冲池6-2优选包括搅拌器6-10。

[0131] 根据本发明，所述污水处理装置可以为两个以上，两个以上污水处理装置之间为并联连接、串联连接、或者并联连接和串联连接的组合。

[0132] 根据本发明的第四方面，本发明提供了一种污水处理方法，该方法在本发明第四方面所述的污水处理系统中进行，包括依次进行的污水处理步骤和反冲洗步骤。

[0133] 根据本发明的处理方法，所述污水处理步骤包括：

[0134] 关闭所述出水管路、浓水出口管路的流量控制阀6-15、6-17，关闭反冲洗管路的截止阀6-20，开启溢水管路的截止阀6-14；

[0135] 开启所述进水管路的流量控制阀6-8，使来自所述入水池6-1的待处理污水进入所述污水处理装置6-3的过滤区8，经陶瓷膜管5过滤后，进入所述紫外光催化区9并逐渐进入所述下端缓冲区11和上端缓冲区10，待出水由所述溢水/反冲洗入口7-1溢出时，关闭所述溢水管路的截止阀6-14；

[0136] 开启所述浓水管路、出水管路的流量控制阀6-15、6-17，使过滤区8得到的浓水从所述浓水/反冲洗出口7-3排出并回流至所述入水池6-1，使所述出水从出水口7-4排出并进入所述出水监控池6-4；

[0137] 可选地，所述待处理的污水在所述缓冲池6-10与药剂接触后，再进入所述污水处理装置。

[0138] 根据本发明的处理方法，待系统运行一段时间后，对所述陶瓷膜管5进行反冲洗。所述反冲洗步骤包括：

[0139] 关闭进水管路的流量控制阀6-8，且待所述出水排净后，关闭出水管路的流量截止阀6-15；

[0140] 开启所述反冲洗管路的截止阀6-20，使反冲洗水进入所述污水处理装置的上端缓冲区10、紫外光催化区9和下端缓冲区11，待反冲洗水充满前述空间后，所述反冲洗水通过陶瓷膜管5进入过滤区8内，最后经浓水/反冲洗水出口7-3排出并进入所述入水池。

[0141] 本发明的污水处理方法适用于对石油炼制与化工行业、制药行业、钢铁行业等工业废水处理厂生化单元出水的深度处理，市政污水厂生化出水的深度处理，以及饮用水或微污染水的深度处理。

[0142] 例如，所述污水可以是苯酚废水、甲基二乙醇胺废水(MDEA废水)、污水厂生化单元出水和反渗透浓水中的一种或几种。通常地，所述污水的COD可以为60-150mg/L，pH为6-9.5。另外，所述污水厂生化单元出水的和反渗透浓水的BOD/COD一般为0-0.2，而采用本发明的系统，尤其是采用多通道的陶瓷膜管处理得到的出水的BOD相对于进水明显提高，使污水可生化性提高。

[0143] 根据本发明的方法，所述陶瓷膜过滤的作用在于预先分离出污水中的悬浮物、部分有机物等。

[0144] 根据本发明的方法，所述药剂可以是紫外光催化常用的光催化剂，优选情况下，所述药剂选自双氧水、过硫酸盐和硫酸亚铁中的一种或多种。

[0145] 所述光催化剂与污水混合后能形成均相体系，在后续的紫外光催化处理中，可产生大量的具有强氧化性的自由基，降解待处理污水中的难降解有机物，起到进一步降低污水COD的效果。

[0146] 按照一种实施方式，所述污水的进水速度为50-100mL/min，所述出水的流出速度为20-40mL/min，通过控制水流速度可起到控制水力停留时间和处理效率的作用。当所述污水为苯酚废水、甲基二乙醇胺废水时，优选所述污水的进水速度为50-80mL/min。当所述污

水为污水厂生化单元出水、反渗透浓水时，优选所述污水的进水速度为80-100mL/min。

[0147] 本发明的污水处理方法可实现杀菌、脱色、去除水中有毒有害污染物等作用。所采用的系统具有光能利用率高、陶瓷膜使用寿命长的特点，因此该方法还具有污水处理效率高等优势。

[0148] 以下结合实施例详细说明本发明，但并不因此限制本发明的范围。

[0149] 以下实施例用于说明采用本发明的污水处理方法对污水的处理效果，除非另有说明，所采用的污水处理系统的具体操作如上文所述，以下实施例不再赘述。

[0150] 实施例1-3采用图6所述的污水处理系统对污水进行处理，其中的污水处理装置如图1和图2所示。

[0151] 所述污水处理装置中，中空筒体的高度为220mm，内径为60mm；

[0152] 单孔道的陶瓷膜管的外径为40mm，通道直径为30mm，膜孔隙率为50％，膜的平均孔径为10μm；

[0153] 紫外灯套管的直径为20mm；

[0154] 紫外灯的波长为185nm，功率为10W，灯管长度为212mm；

[0155] 选用的上、下密封塞的内凹深度为密封塞高度的1/2，密封塞高度为20mm；

[0156] 溢水/反冲洗入口与上端密封盖中心之间的距离为上端密封盖底面半径的3/5。

[0157] 实施例1

[0158] 本实施例所处理的污水为含酚废水，水质如下：COD为120mg/L，pH为6.50。

[0159] 待处理的含酚废水在缓冲池中与药剂(双氧水，用量为1mM，即H_2O_2相对于整个待处理污水的浓度为1mM，下同)搅拌均匀后以50mL/min的速度进入污水处理装置，先经陶瓷膜管过滤，跨膜压差为0.2MPa，在过滤区得到浓水，透过膜管的水经紫外光催化，在紫外光催化区、下端缓冲区和上端缓冲区得到出水；控制浓水的流量为30mL/min，出水流量为20mL/min。

[0160] 在系统运行60min后，测定出水的水质情况如下：COD为15.0mg/L，pH为4.02。

[0161] 实施例2

[0162] 本实施例所处理的污水为MDEA废水，水质如下：COD为127mg/L，pH为7.50。

[0163] 待处理的MDEA废水在缓冲池中与药剂(双氧水，用量为1mM)搅拌均匀后以50mL/min的速度进入污水处理装置，先经陶瓷膜管过滤，跨膜压差为0.2MPa，在过滤区得到浓水，透过膜管的水经紫外光催化，在紫外光催化区、下端缓冲区和上端缓冲区得到出水，控制浓水的流量为30mL/min，出水流量为20mL/min。

[0164] 在系统运行60min后，测定出水的水质情况如下：COD为42.0mg/L，pH为5.12。

[0165] 实施例3

[0166] 按照实施例2的方法处理MDEA废水，所不同的是，将待处理的MDEA废水在缓冲池中与药剂搅拌均匀后以100mL/min的速度进入污水处理装置，调整跨膜压差为0.3MPa，控制浓水的流量为60mL/min，出水流量为40mL/min。

[0167] 在系统运行60min后，测定出水的水质情况如下：COD为62.0mg/L，pH为5.89。

[0168] 实施例4-5采用图6所述的污水处理系统对污水进行处理，采用如图3和图4所示的污水处理装置。

[0169] 所述污水处理装置中，中空筒体的高度为220mm，内径为130mm；

[0170] 多孔道的陶瓷膜管的通道数为4，每两个为一组沿膜管径向排布，膜管的外径为110mm，通道直径为30mm，膜孔隙率为50％，膜的平均孔径为10μm；

[0171] 紫外灯的波长为185nm，功率为10W，灯管长度为212mm；

[0172] 紫外灯套管的直径为20mm；

[0173] 选用的上、下密封塞的内凹深度为密封塞高度的1/2，密封塞高度为20mm。

[0174] 实施例4

[0175] 本实施例所处理的污水为污水厂生化单元出水，水质如下：COD为87.1mg/L，BOD为5mg/L，pH为6.95。

[0176] 待处理的污水在缓冲池中与药剂(双氧水，用量为2.9mM)搅拌均匀后以100mL/min的速度进入污水处理装置，先经陶瓷膜管过滤，跨膜压差为0.25MPa，在过滤区得到浓水，透过膜管的水经紫外光催化，在过滤区得到浓水，透过膜管的水经紫外光催化，在紫外光催化区、下端缓冲区和上端缓冲区得到出水；控制浓水的流量为60mL/min，出水流量为40mL/min。

[0177] 在系统运行60min后，测定出水的水质情况如下：COD为51.5mg/L，BOD为16.8mg/L，pH为6.57。

[0178] 实施例5

[0179] 本实施例所处理的污水为污水厂生化单元出水，水质如下：COD为87.1mg/L，BOD为5mg/L，pH为6.95。

[0180] 来自入水池的待处理的污水以100mL/min的速度直接进入污水处理装置，先经陶瓷膜管过滤，跨膜压差为0.25MPa，在过滤区得到浓水，透过膜管的水经紫外光催化，在紫外光催化区、下端缓冲区和上端缓冲区得到出水；控制浓水的流量为60mL/min，出水流量为40mL/min。

[0181] 在系统运行60min后，测定出水的水质情况如下：COD为70.6mg/L，BOD为20.9mg/L，pH为6.90。

[0182] 实施例6

[0183] 本实施例采用图5所示的多级污水处理设备对污水的处理，其中采用的两个污水处理装置A和B如实施例1所示。

[0184] 所处理的污水为反渗透浓水，水质如下：COD为71.9mg/L，BOD为0mg/L，pH为8.75。

[0185] 污水进入装置A中，先经陶瓷膜管过滤，跨膜压差为0.2MPa，在过滤区得到浓水，透过膜管的水经紫外光催化进入装置B中，再经二级光催化处理，最后经B装置的陶瓷膜管过滤得到出水，跨膜压差为0.15MPa。装置的总进水流量为80mL/min，A装置浓水流量为40mL/min，装置的总出水流量为20mL/min。

[0186] 在系统运行60min后，测定出水的水质情况如下：COD为47.5mg/L，BOD为20.0mg/L，pH为8.0。

[0187] 以上详细描述了本发明的优选实施方式，但是，本发明并不限于此。在本发明的技术构思范围内，可以对本发明的技术方案进行多种简单变型，包括各个技术特征以任何其它的合适方式进行组合，这些简单变型和组合同样应当视为本发明所公开的内容，均属于本发明的保护范围。

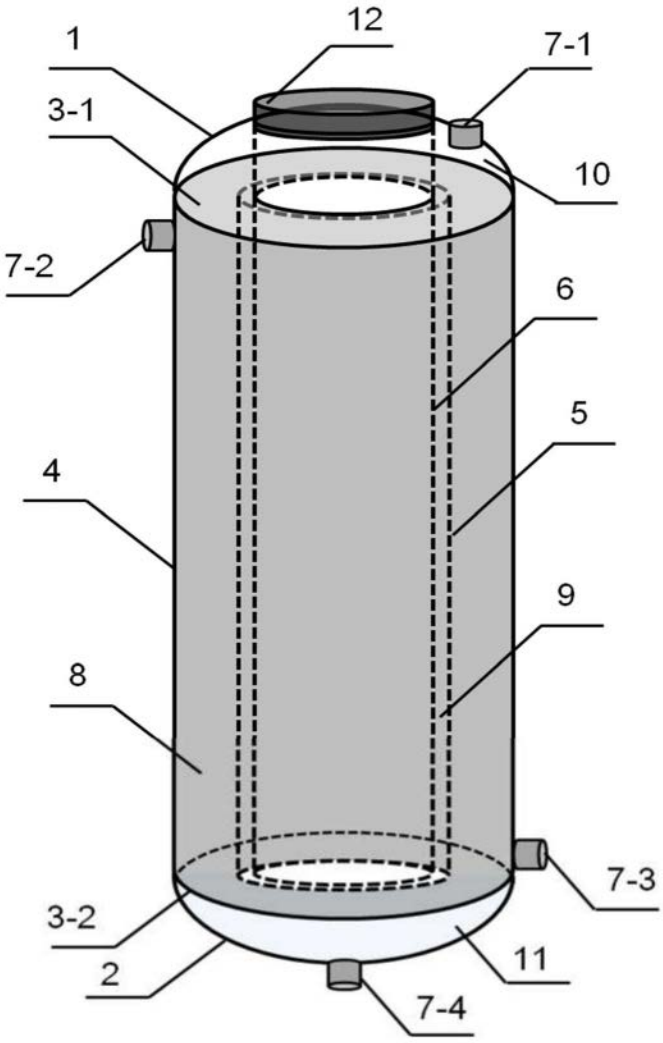


图1

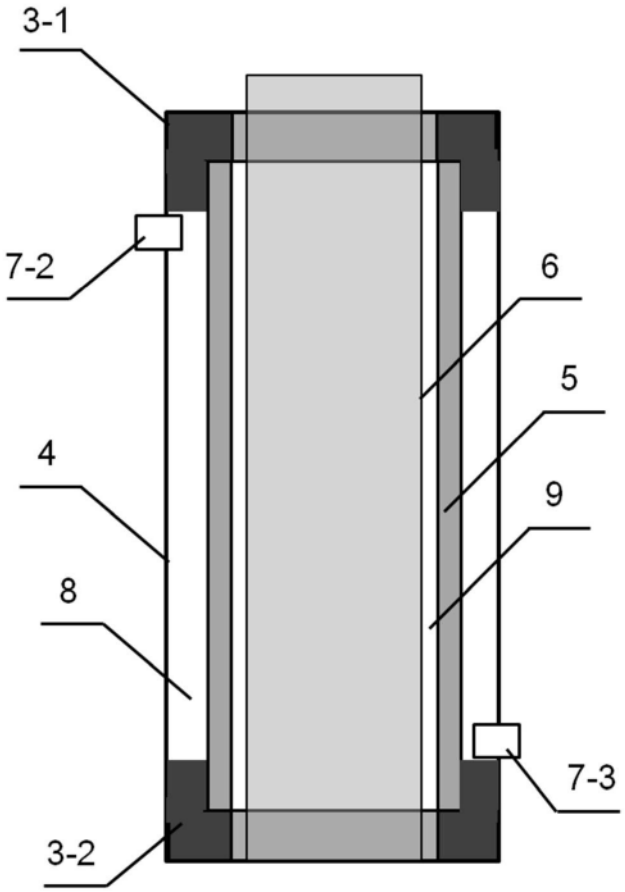


图2

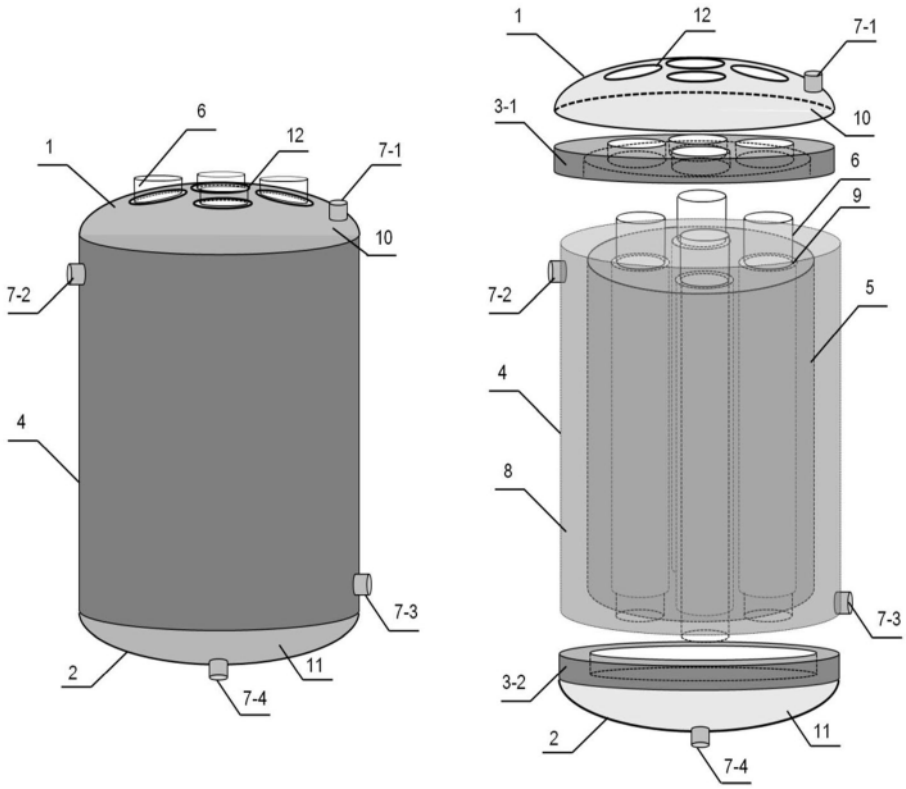


图3

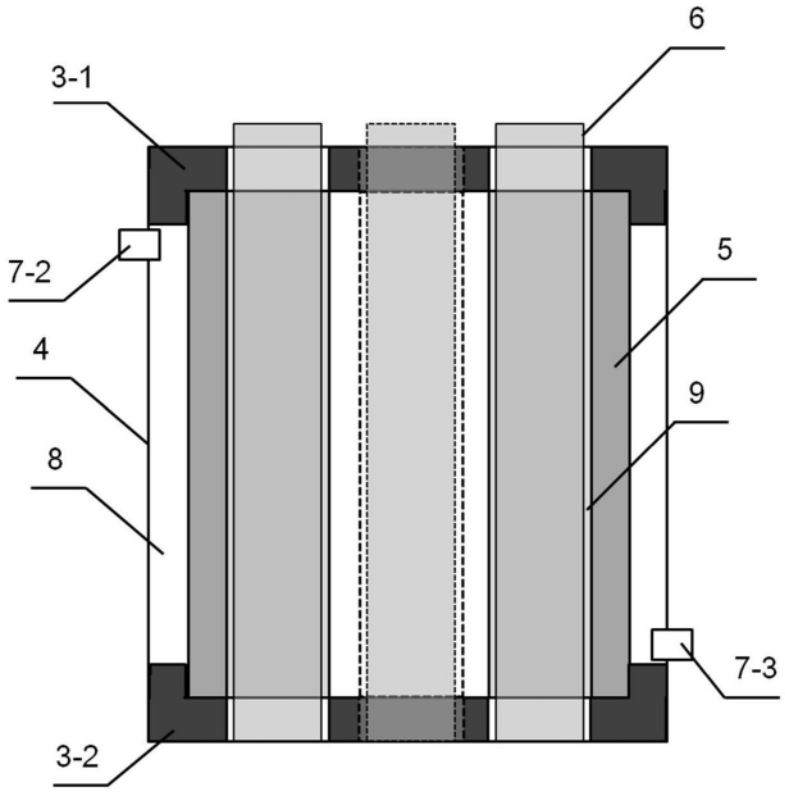


图4

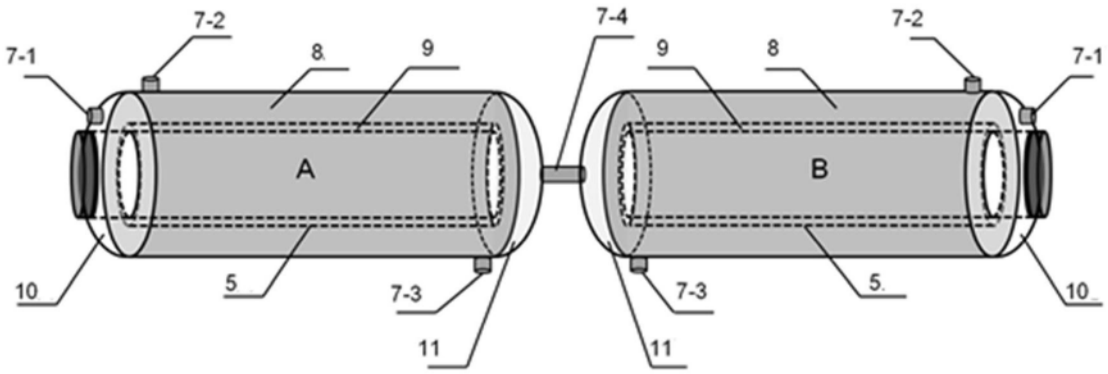

7-2
7-1
8
9
7-4
9
8
7-2
7-1
A
B
10
5
7-3
11
11
7-3
5
10

图5

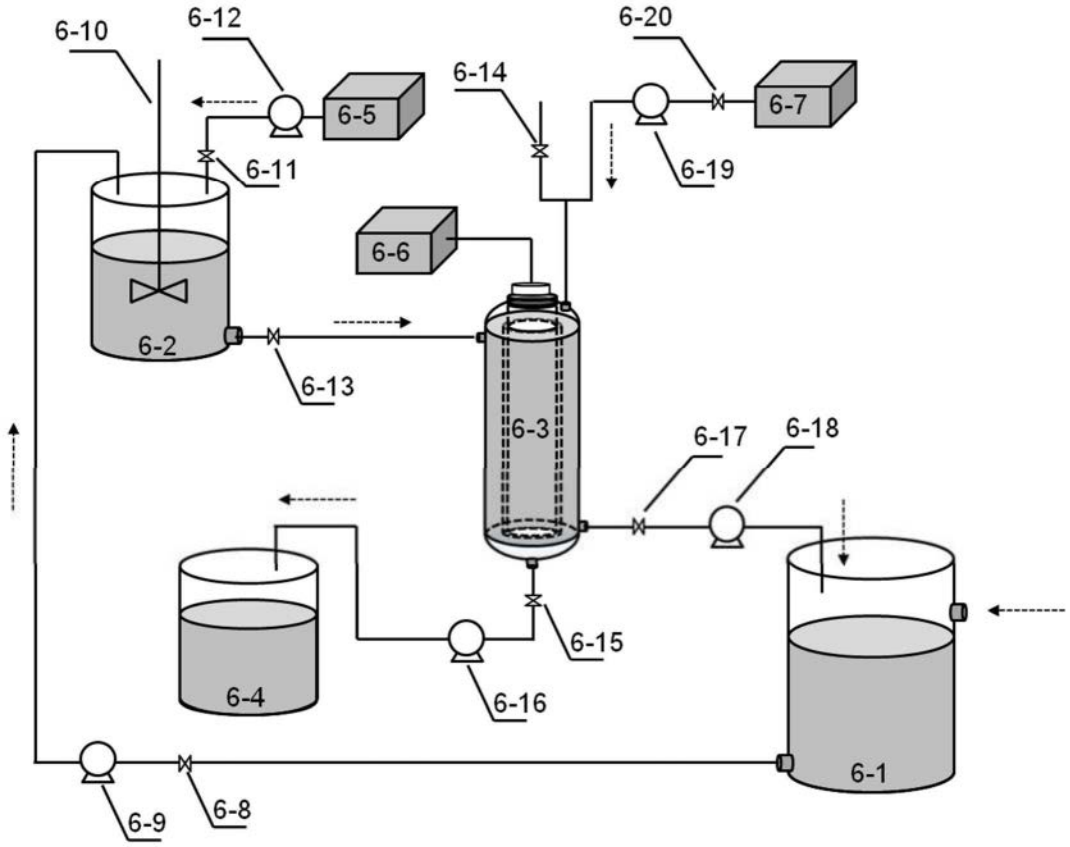

6-10
6-12
6-5
6-14
6-20
6-7
6-11
6-19
6-6
6-2
6-13
6-3
6-17
6-18
6-15
6-4
6-16
6-1
6-9
6-8

图6