(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110526376 A
(43)申请公布日 2019.12.03

(21)申请号 201910817924.3

(22)申请日 2019.08.30

(71)申请人 苏州科技大学
地址 215009 江苏省苏州市高新区科锐路1号

(72)发明人 刘忻 柳中行 尤娟娟 于杨 朱孝倩 钟晓欣 李勇 吴建华 刘锋

(74)专利代理机构 苏州创元专利商标事务所有限公司 32103
代理人 马明渡 陈昊宇

(51)Int.Cl.
C02F 1/70(2006.01)
C02F 101/30(2006.01)

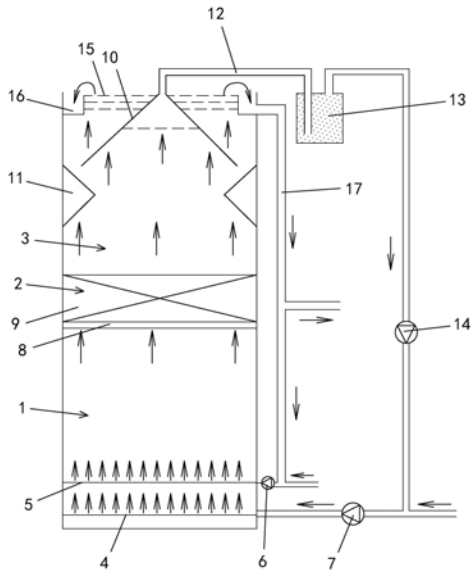
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种高级还原预处理废水的装置

(57)摘要

一种高级还原预处理废水的装置；由下至上包括预混合区、反应区及分离区；预混合区内布设有进水管路、进气管路，进水管路开设有数个出水孔，进气管路开设有数个曝气孔，氢气与污染水在预混合区中混合形成气-水混合物；反应区与预混合区之间设有气水混合分布板；反应区中设有催化剂固定床，该固定床中定位有MOFs固体催化剂；气-水混合物与催化剂固定床中的MOFs固体催化剂发生反应，对污染水进行水体修复；分离区中设有三相分离器，包括集气罩及导流块；集气罩的顶部与排气管路连通，排出多余氢气；分离区的顶部为反应后水流的溢流面。本发明用于有机物污染水体的修复具有高效、无选择性、环境友好、无二次污染等优点，适用于各种有机废水处理。



CN 110526376 A

1.一种高级还原预处理废水的装置;其特征在于:

所述装置由下至上包括预混合区、反应区以及分离区;

其中,所述预混合区内于其底部布设有进水管路,该进水管路上开设有数个出水孔,待处理的污染水经由所述进水管路上的各出水孔流入至所述预混合区中;

所述预混合区内于其底部还布设有进气管路,该进气管路上开设有数个曝气孔,用于将氢气引入至所述预混合区中;

工作时,所述进气管路的各曝气孔在所述预混合区中产生密集的氢气泡,对经由所述进水管路的各出水孔引入的污染水进行扰动,从而使氢气与污染水在所述预混合区中充分混合形成气-水混合物;

其中,所述反应区与所述预混合区之间设有气水混合分布板,该气水混合分布板上密布有数个微孔,用于通过所述气-水混合物;

所述反应区中设有至少一级催化剂固定床,该固定床中定位有MOFs固体催化剂;所述气-水混合物由所述预混合区升流至所述反应区的催化剂固定床中,并与催化剂固定床中的所述MOFs固体催化剂发生反应,进而对污染水进行水体修复;

其中,所述分离区中设有三相分离器,该三相分离器包括位于上方的集气罩以及位于分离区侧壁上的导流块;所述集气罩成下宽上窄的锥形,其下边缘对应所述导流块的上斜面,且两者间具有一间隙;集气罩的顶部与一排气管路连通,用于排出多余的氢气;所述导流块包括所述上斜面,还包括下斜面,所述上斜面的外端高于内端,所述下斜面的外端低于内端;

所述分离区的顶部为反应后的水流的溢流面。

2.根据权利要求1所述的装置,其特征在于:所述进气管路位于进水管路的下方。

3.根据权利要求1所述的装置,其特征在于:所述进水管路横卧于所述预混合区中,进水管路上的各出水孔朝向进水管路两侧的斜下方开设。

4.根据权利要求1所述的装置,其特征在于:所述进气管路包括微孔曝气器,该微孔曝气器横卧于所述预混合区中;微孔曝气器设有数个所述曝气孔,用于产生微小的氢气泡。

5.根据权利要求1所述的装置,其特征在于:所述反应区中设有至少二级催化剂固定床,各所述催化剂固定床在高度方向叠置且水流相通。

6.根据权利要求1所述的装置,其特征在于:所述催化剂固定床通过一驱动机构驱动可绕装置的轴向旋转。

7.根据权利要求1所述的装置,其特征在于:所述集气罩通过一直线驱动机构驱动在装置的高度方向可伸缩。

8.根据权利要求1所述的装置,其特征在于:所述排气管路连通所述进气管路。

9.根据权利要求1所述的装置,其特征在于:所述分离区的顶部设有一出水槽道,该出水槽道的设置位置低于所述溢流面的设置位置,且出水槽道连通一出水管路。

10.根据权利要求9所述的装置,其特征在于:所述出水管路连通所述进水管路。

一种高级还原预处理废水的装置

技术领域

[0001] 本发明涉及废水处理技术领域，具体涉及一种高级还原预处理废水的装置。

背景技术

[0002] 改革开放以来，随着我国社会经济的飞速发展，大量工业有机废水和废弃物被无序排入自然水体中，由于超出了水体的自净能力，因此严重污染了水环境。其中，由于工业废水中的有机污染成分复杂，且具有一定的生物毒性，无法通过常规生物处理工艺有效去除。人、畜通过饮水将这些污染成分摄入体内，会显著影响内分泌系统，并被累积于体内，难以快速代谢，久之会引起生物体的癌变、畸变和基因突变。随着人们对自身健康的日益重视，亟待一种可以高效去除有机污染的水处理工艺，以保障水体环境的安全。

[0003] 高级还原ARPs(Advanced Reduction Processes)技术是近20年来兴起的水处理新技术，实际上就是一种人工强化产生强还原性的物质(典型如活性氢，[H])，并利用其无选择地降解去除水中的有机物，使它们快速被还原降解为易被生物降解的物质。该水处理技术的工艺反应快，无二次污染，理论上适用于所有有机废水的处理。

[0004] 在众多ARPs技术中，以零价铁及其一系列衍生的技术，如铁刨花、毫米/纳米零价铁和双金属铜铁、镍铁、钯铁、铝铁等最为常见。它们反应的主要原理是：一、利用铁或铝的活泼性置换水中的的氢元素，使之生成还原性强的活性氢[H]，利用[H]还原难生物降解的有机物；二、铁或铝本身还原性较强，可直接给出电子还原难生物降解的有机物。

[0005] 但经工程实践后发现上述技术存在若干问题，影响其今后的进一步推广应用，具体包括：一、某些技术的原材料成本昂贵，无法大规模工程化，如纳米零价铁、钯铁中的贵金属钯；二、某些技术的原材料本身易引起潜在的二次重金属污染问题，如镍铁中的镍、铜铁中的铜(在处理高氨氮废水时)、铝铁中的铝等；三、反应效果不持久，如纳米零价铁在水中易钝化失效，双金属及其衍生的多金属含铁体系存在表面结垢(金属的氧化物、氢氧化物、水合氧化物)失效的问题。

[0006] 氢气H_2也是常见的还原剂，其还原高效且对环境较为友好，但由于在常温常压下，H_2难溶于水，因此要维持体系的高级还原能力，则必须持续向废水中通入H_2，以使[H]持续产生而维持宏观上降解有机物的过程。但这么做，一方面加大了工艺操作、运行费用，另一方面大量未参与反应的H_2逸出反应体系进入周围环境中，造成潜在的燃爆危险。

[0007] 因此，如何解决上述现有技术存在的不足，便成为本发明所要研究解决的课题。

发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种高级还原预处理废水的装置。

[0009] 为达到上述目的，本发明采用的技术方案是：

一种高级还原预处理废水的装置；所述装置由下至上包括预混合区、反应区以及分离区；

其中，所述预混合区内于其底部布设有进水管路，该进水管路上开设有数个出水孔，待

处理的污染水经由所述进水管路上的各出水孔流入至所述预混合区中；

所述预混合区内于其底部还布设有进气管路，该进气管路上开设有数个曝气孔，用于将氢气引入至所述预混合区中；

工作时，所述进气管路的各曝气孔在所述预混合区中产生密集的氢气泡，对经由所述进水管路的各出水孔引入的污染水进行扰动，从而使氢气与污染水在所述预混合区中充分混合形成气-水混合物；

其中，所述反应区与所述预混合区之间设有气水混合分布板，该气水混合分布板上密布有数个微孔，用于通过所述气-水混合物；

所述反应区中设有至少一级催化剂固定床，该固定床中定位有MOFs固体催化剂；所述气-水混合物由所述预混合区升流至所述反应区的催化剂固定床中，并与催化剂固定床中的所述MOFs固体催化剂发生反应，进而对污染水进行水体修复；

其中，所述分离区中设有三相分离器，该三相分离器包括位于上方的集气罩以及位于分离区侧壁上的导流块；所述集气罩成下宽上窄的锥形，其下边缘对应所述导流块的上斜面，且两者间具有一间隙；集气罩的顶部与一排气管路连通，用于排出多余的氢气；所述导流块包括所述上斜面，还包括下斜面，所述上斜面的外端高于内端，所述下斜面的外端低于内端；

所述分离区的顶部为反应后的水流的溢流面。

[0010] 上述技术方案中的有关内容解释如下：

1.上述方案中，所述进气管路位于进水管路的下方。

[0011] 2.上述方案中，所述进水管路横卧于所述预混合区中，进水管路上的各出水孔朝向进水管路两侧的斜下方开设。

[0012] 3.上述方案中，所述进气管路包括微孔曝气器，该微孔曝气器横卧于所述预混合区中；微孔曝气器设有数个所述曝气孔，用于产生微小的氢气泡。

[0013] 4.上述方案中，所述反应区中设有至少二级催化剂固定床，各所述催化剂固定床在高度方向叠置且水流相通。

[0014] 5.上述方案中，所述催化剂固定床通过一驱动机构驱动可绕装置的轴向旋转。

[0015] 6.上述方案中，所述集气罩通过一直线驱动机构驱动在装置的高度方向可伸缩。

[0016] 7.上述方案中，所述排气管路连通所述进气管路。

[0017] 8.上述方案中，所述分离区的顶部设有一出水槽道，该出水槽道的设置位置低于所述溢流面的设置位置，且出水槽道连通一出水管路。

[0018] 9.上述方案中，所述出水管路连通所述进水管路。

[0019] 本发明的工作原理及优点如下：

本发明一种高级还原预处理废水的装置；由下至上包括预混合区、反应区及分离区；预混合区内布设有进水管路、进气管路，进水管路开设有数个出水孔，进气管路开设有数个曝气孔，氢气与污染水在预混合区中混合形成气-水混合物；反应区与预混合区之间设有气水混合分布板；反应区中设有催化剂固定床，该固定床中定位有MOFs固体催化剂；气-水混合物与催化剂固定床中的MOFs固体催化剂发生反应，对污染水进行水体修复；分离区中设有三相分离器，包括集气罩及导流块；集气罩的顶部与排气管路连通，排出多余氢气；分离区的顶部为反应后水流的溢流面。

[0020] 相比现有技术而言，本发明利用H_2、MOFs固体催化剂进行有机物污染水体的治理。通过H_2的强还原作用加速有机物的还原过程。作为固体催化剂组成之一的MOFs，可通过吸附作用延长H_2在装置内的留存时间，从而充分提高其与有机物的接触反应效果，减少无效逸散，提高氢气利用率。MOFs固体催化剂具备多次重复使用的能力。装置运行过程中产生的强还原性[H]可高效地还原水体中的高毒性、难氧化的难生物降解有机污染物。综上，本发明解决了一般还原法处理废水时的低效问题，其用于有机物污染水体的修复具有高效、无选择性、环境友好、无二次污染等优点，适用于各种有机废水处理。

附图说明

[0021] 附图1为本发明实施例的结构示意图。

[0022] 以上附图中：1.预混合区；2.反应区；3.分离区；4.进水管路；5.进气管路；6.水泵；7.气泵；8.气水混合分布板；9.催化剂固定床；10.集气罩；11.导流块；12.排气管路；13.水封；14.回流气泵；15.溢流面；16.出水槽道；17.出水管路。

具体实施方式

[0023] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步描述：

实施例：以下将以图式及详细叙述对本案进行清楚说明，任何本领域技术人员在了解本案的实施例后，当可由本案所教示的技术，加以改变及修饰，其并不脱离本案的精神与范围。

[0024] 本文的用语只为描述特定实施例，而无意为本案的限制。单数形式如“一”、“这”、“此”、“本”以及“该”，如本文所用，同样也包含复数形式。

[0025] 关于本文中所使用的“连接”或“定位”，均可指二或多个组件或装置相互直接作实体接触，或是相互间接作实体接触，亦可指二或多个组件或装置相互操作或动作。

[0026] 关于本文中所使用的“包含”、“包括”、“具有”等，均为开放性的用语，即意指包含但不限于。

[0027] 关于本文中所使用的用词(terms)，除有特别注明外，通常具有每个用词使用在此领域中、在本案内容中与特殊内容中的平常意义。某些用以描述本案的用词将于下或在此说明书的别处讨论，以提供本领域技术人员在有关本案之描述上额外的引导。

[0028] 关于本文中所使用的“上”、“下”为方向性用词，在本案中仅为说明各结构之间位置关系，并非用以限定本案保护反应及实际实施时的具体方向。

[0029] 参见附图1所示，一种高级还原预处理废水的装置；所述装置由下至上包括预混合区1、反应区2以及分离区3。

[0030] 其中，所述预混合区1内于其底部布设有进水管路4，该进水管路4上开设有数个出水孔(图中未绘出)，待处理的污染水经由所述进水管路4上的各出水孔流入至所述预混合区1中。

[0031] 所述预混合区1内于其底部还布设有进气管路5，该进气管路5上开设有数个曝气孔(图中未绘出)，用于将氢气引入至所述预混合区1中。

[0032] 工作时，所述进气管路5的各曝气孔在所述预混合区1中产生密集的氢气泡，对经由所述进水管路5的各出水孔引入的污染水进行扰动，从而使氢气与污染水在所述预混合

区1中充分混合形成气-水混合物。

[0033] 优选的，所述进水管路4横卧于所述预混合区1中，进水管路4上的各出水孔朝向进水管路4两侧的斜下方开设。以便进水时，水流出出水孔后扰动预混合区1底部的水流，防止污物沉淀并与下方上升的氢气泡充分混合。

[0034] 优选的，所述进气管路5包括微孔曝气器(图中未绘出)，该微孔曝气器横卧于所述预混合区1中；微孔曝气器设有数个所述曝气孔，用于产生微小的氢气泡。

[0035] 优选的，所述进气管路5位于进水管路4的下方，既有助于通过上升氢气泡对水流的上升助力，更有助于气-液的混合效果。

[0036] 进入预混合区1的污染水的pH不用刻意调节，污染水经进水泵6由进水管路4进入装置的预混合区1中。污染水经进水管路4上的数个出水孔布水，在装置的横截面上均匀分布出水。同时氢气经进气泵7由进气管路5进入预混合区1中，氢气经微孔曝气器布气，在装置的横截面上均匀分布出气。在装置底部的预混合区1中，氢气泡在上升过程中剧烈扰动水流，从而使氢气与污染水在预混合区1中充分混合。

[0037] 其中，所述反应区2与所述预混合区1之间设有气水混合分布板8，该气水混合分布板8上密布有数个微孔(图中未绘出)，用于通过所述气-水混合物；通过数个微孔的设置，可避免氢气泡在上升过程中结合成为大气泡，确保进入反应区2的气-水混合物中的氢气泡维持在微小形态，进而保证反应时H_2与污染水以及MOFs固体催化剂充分接触，进而提高反应效率。

[0038] 所述反应区2中设有至少一级催化剂固定床9，该固定床9中定位有MOFs固体催化剂；优选的，所述反应区2中设有至少二级催化剂固定床，各所述催化剂固定床9在高度方向叠置且水流相通，进而提升反应效果。

[0039] 所述气-水混合物由所述预混合区1升流至所述反应区2的催化剂固定床9中，并与催化剂固定床9中的所述MOFs固体催化剂发生反应，进而对污染水进行水体修复；固定床9用于定位MOFs固体催化剂，以减少催化剂向外溢出。

[0040] MOFs固体催化剂的全称为“Metal Organic Frameworks”，用于进行有机物污染水体的治理，为现有技术。通过H_2的强还原作用加速有机物的还原过程，MOFs固体催化剂可通过吸附作用延长H_2在反应区2中的留存时间，从而充分提高其与污染水中有机物的接触反应效果，减少无效逸散，提高H_2利用率。不仅如此，MOFs固体催化剂还具备多次重复使用的能力。反应过程中产生的强还原性[H]可高效地还原水体中的高毒性、难氧化、难生物降解的有机污染物。

[0041] 优选的，所述催化剂固定床9通过一驱动机构(图中未绘出)驱动可绕装置的轴向旋转。旋转方式包括电机通过竖直主轴驱动旋转、电机通过蜗轮蜗杆机构驱动旋转等。

[0042] 通过旋转，可加强混合以强化气-水-固的接触，有助于充分反应，提高氢气利用率，使污染水被充分净化。具体的，在催化剂附近，随着反应进行，反应原料越来越少，反应产物越来越多。从化学动力学来说，反应的速率越来越小，不利于反应进行。通过旋转搅拌，可以使反应产物通过扩散，减少在催化剂附近的积聚，同时也使补充而来的反应原料可以通过搅拌加速化学反应碰撞，从而加快反应速率。最终目的是维持反应的速率和效果。

[0043] 其中，所述分离区3中设有三相分离器，反应完成后，气-水-固混合物升流进入所述分离区3，并通过三相分离器进行分离。该三相分离器包括位于上方的集气罩10以及位于

分离区3侧壁上的导流块11;所述集气罩10成下宽上窄的锥形,其下边缘对应所述导流块11的上斜面,且两者间具有一间隙,该间隙为水流上升溢流的通道;集气罩10的顶部与一排气管路12连通,用于排出多余的氢气;所述导流块11包括所述上斜面,还包括下斜面,所述上斜面的外端高于内端,用于引导下落的固体催化剂向下回落,即,对部分逸出固定床9的催化剂进行截留和回收;所述下斜面的外端低于内端,用于引导上升的气体进入集气罩10中。

[0044] 优选的,所述排气管路12连通所述进气管路5,有助于对进入装置的氢气进行补充,提高氢气利用率,降低反应成本。多余的氢气由排气管路12收集后,经水封13,在回流气泵14作用下回流入进气管路5,再次进入装置的预混合区1中参与反应。当回流的氢气气量过大,则气泵6通过变频减小转速以减少氢气的进气量。

[0045] 优选的,所述集气罩10通过一直线驱动机构(图中未绘出)驱动在装置的高度方向可伸缩。所述直线驱动机构包括液压驱动、电机驱动、丝杠螺母机构驱动等。

[0046] 通过高度可伸缩的设置,可以达到以下效果:一、调节出水的高度,进而调节出水流量;二、调节固体催化剂在三相分离区3沉淀的时间,从而获得最佳的回收效果;三、调节集气罩10中气体的压力,即气液界面的高度,进而调节水封13中液面高度、压力,使其达到设定液面高度,就释放气体回反应器参与反应。

[0047] 所述分离区3的顶部为反应后的水流的溢流面15。

[0048] 优选的,所述分离区3的顶部设有一出水槽道16,该出水槽道16的设置位置低于所述溢流面15的设置位置,且出水槽道16连通一出水管路17。

[0049] 所述出水管路17连通所述进水管路4,其余出水则可直接排出。借此设计,可实现以下有益效果:一、提供水力,有助于提升预混合区1中气-水混合效果;二、对进入预混合区1中的污染水起到稀释的效果,稀释进水CODCr浓度。

[0050] 其中,本案所涉及的MOFs固体催化剂包括但不限于MIL-53(Fe、Al、Cr)、嫁接氨基修饰后的NH_2-MIL-53(Fe、Al、Cr)、负载零价钯修饰后的Pd^0-MIL-53(Fe、Al、Cr)、同时嫁接氨基、负载零价钯修饰后的Pd^0-NH_2-MIL-53(Fe、Al、Cr)、MIL-88A(Fe、Al、Cr)、嫁接氨基修饰后的NH_2-MIL-88A(Fe、Al、Cr)、负载零价钯修饰后的Pd^0-MIL-88A(Fe、Al、Cr)、同时嫁接氨基、负载零价钯修饰后的Pd^0-NH_2-MIL-88A(Fe、Al、Cr)、MIL-88B(Fe、Al、Cr)、嫁接氨基修饰后的NH_2-MIL-88B(Fe、Al、Cr)、负载零价钯修饰后的Pd^0-MIL-88B(Fe、Al、Cr)、同时嫁接氨基、负载零价钯修饰后的Pd^0-NH_2-MIL-88B(Fe、Al、Cr)、MIL-88C(Fe、Al、Cr)、嫁接氨基修饰后的NH_2-MIL-88C(Fe、Al、Cr)、负载零价钯修饰后的Pd^0-MIL-88C(Fe、Al、Cr)、同时嫁接氨基、负载零价钯修饰后的Pd^0-NH_2-MIL-88C(Fe、Al、Cr)、MIL-88D(Fe、Al、Cr)、嫁接氨基修饰后的NH_2-MIL-88D(Fe、Al、Cr)、负载零价钯修饰后的Pd^0-MIL-88D(Fe、Al、Cr)、同时嫁接氨基、负载零价钯修饰后的Pd^0-NH_2-MIL-88D(Fe、Al、Cr)、MIL-100(Fe、Al、Cr)、嫁接氨基修饰后的NH_2-MIL-100(Fe、Al、Cr)、负载零价钯修饰后的Pd^0-MIL-100(Fe、Al、Cr)、同时嫁接氨基、负载零价钯修饰后的Pd^0-NH_2-MIL-100(Fe、Al、Cr)、MIL-101(Fe、Al、Cr)、嫁接氨基修饰后的NH_2-MIL-101(Fe、Al、Cr)、负载零价钯修饰后的Pd^0-MIL-101(Fe、Al、Cr)、同时嫁接氨基、负载零价钯修饰后的Pd^0-NH_2-MIL-101(Fe、Al、Cr)、ZIF-7(Co、Zn)、负载零价钯修饰后的Pd^0-ZIF-7(Co、Zn)、ZIF-8(Co、Zn)、负载零价钯修饰后的Pd^0- ZIF-8(Co、Zn)、ZIF-11(Co、Zn)、负载零价钯修饰后的Pd^0- ZIF-11(Co、Zn)、ZIF-20(Co、Zn)、负载零价钯修饰后的Pd^0- ZIF-20(Co、Zn)、ZIF-21(Co、Zn)、负载零价钯修饰后的Pd^0- ZIF-21(Co、Zn)、ZIF-22(Co、Zn)、负

载零价钯修饰后的Pd^0- ZIF-22(Co、Zn)、ZIF-23(Co、Zn)、负载零价钯修饰后的Pd^0- ZIF-23(Co、Zn)、ZIF-67(Co、Zn)、负载零价钯修饰后的Pd^0- ZIF-67(Co、Zn)、UiO-64(Zr)、嫁接氨基修饰后的NH_2- UiO-64(Zr)、负载零价钯修饰后的Pd^0- UiO-64(Zr)、同时嫁接氨基、负载零价钯修饰后的Pd^0-NH_2- UiO-64(Zr)、UiO-66(Zr)、嫁接氨基修饰后的NH_2- UiO-66(Zr)、负载零价钯修饰后的Pd^0- UiO-66(Zr)、同时嫁接氨基、负载零价钯修饰后的Pd^0-NH_2- UiO-66(Zr)、UiO-67(Zr)、嫁接氨基修饰后的NH_2- UiO-67(Zr)、负载零价钯修饰后的Pd^0- UiO-67(Zr)、同时嫁接氨基、负载零价钯修饰后的Pd^0-NH_2- UiO-67(Zr)、UiO-68(Zr)、嫁接氨基修饰后的NH_2- UiO-68(Zr)、负载零价钯修饰后的Pd^0- UiO-68(Zr)、同时嫁接氨基、负载零价钯修饰后的Pd^0-NH_2- UiO-68(Zr)、UiO-69(Zr)、嫁接氨基修饰后的NH_2- UiO-69(Zr)、负载零价钯修饰后的Pd^0-UiO-69(Zr)、同时嫁接氨基、负载零价钯修饰后的Pd^0-NH_2- UiO-69(Zr)、HKSUT-1(Cu、Zn)、负载零价钯修饰后的Pd^0- HKSUT-1(Cu、Zn)、PCN-600(M) (M = Mn、Fe、Co、Ni、Cu)、负载零价钯修饰后的Pd^0- PCN-600(M) (M = Mn、Fe、Co、Ni、Cu)中的一种或多种。

[0051] 本发明利用H_2、MOFs固体催化剂进行有机物污染水体的治理。通过H_2的强还原作用加速有机物的还原过程。作为固体催化剂组成之一的MOFs，可通过吸附作用延长H_2在装置内的留存时间，从而充分提高其与有机物的接触反应效果，减少无效逸散，提高氢气利用率。MOFs固体催化剂具备多次重复使用的能力。装置运行过程中产生的强还原性[H]可高效地还原水体中的高毒性、难氧化的难生物降解有机污染物。综上，本发明解决了一般还原法处理废水时的低效问题，其用于有机物污染水体的修复具有高效、无选择性、环境友好、无二次污染等优点，适用于各种有机废水处理。

[0052] 本专利申请过程中受江苏省基础研究计划(自然科学基金)-青年基金项目“碳酸氢盐对厌氧氨生物氧化过程中活性氧簇粒子的产生机制及氮转化的影响(项目编号BK20160359)”、苏州科技大学科研基金青年项目“碳酸氢盐作为氨氮生物氧化电子受体的特性研究(项目编号341410031)”、苏州科技大学人才引进科研资助项目“氨氮生物氧化电子受体的特性研究(项目编号331411202)”、“苏州科技大学天平学院大学生创新创业训练项目(项目编号2018029)”的资助。

[0053] 上述实施例只为说明本发明的技术构思及特点，其目的在于让熟悉此项技术的人士能够了解本发明的内容并据以实施，并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明精神实质所作的等效变化或修饰，都应涵盖在本发明的保护范围之内。

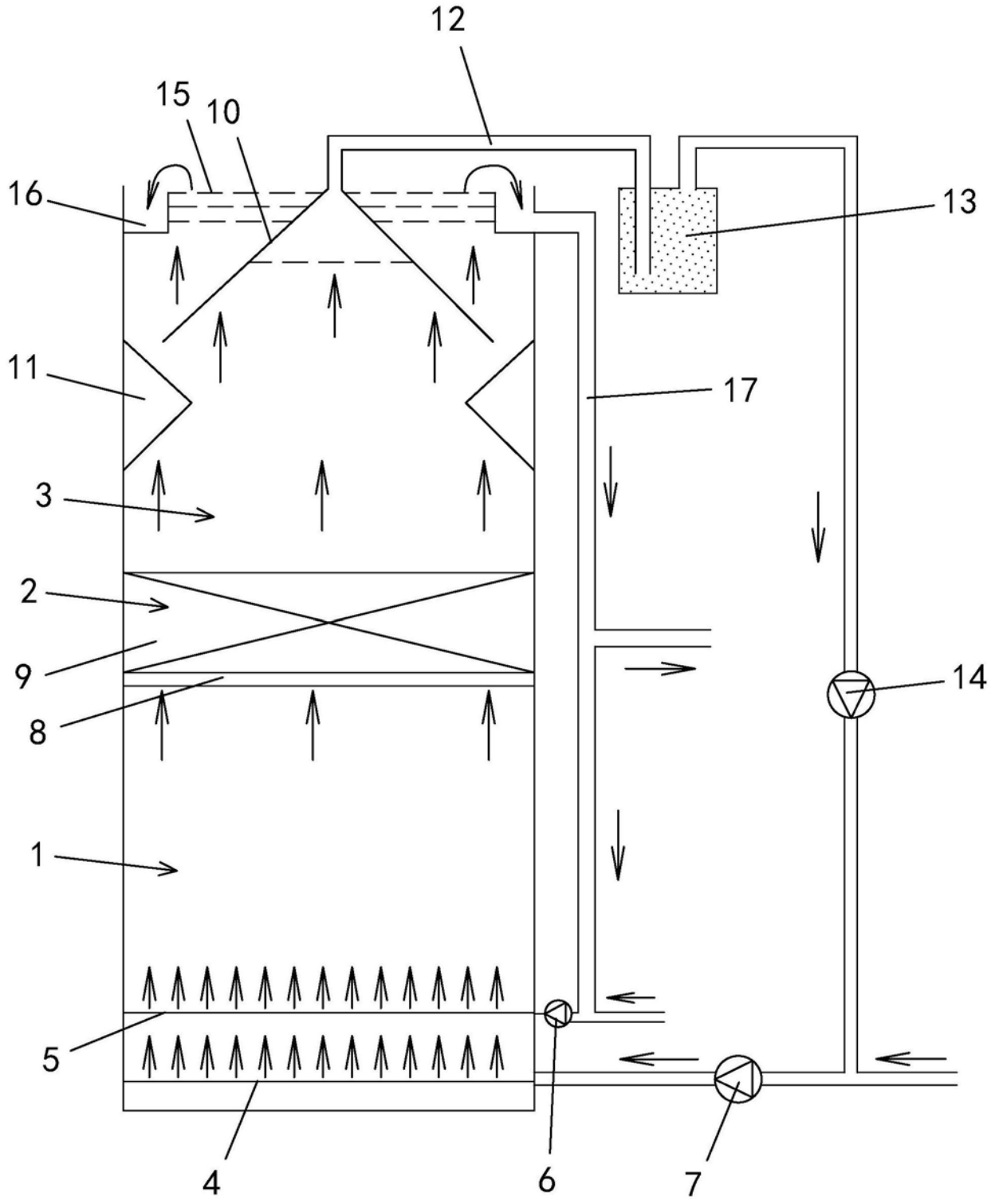


图1