

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 101928066 A

(43) 申请公布日 2010. 12. 29

(21) 申请号 201010300946. 1

(22) 申请日 2010. 01. 30

(71) 申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市高新园区凌工路  
2 号

(72) 发明人 张耀斌 刘轶文 全燮

(74) 专利代理机构 大连星海专利事务所 21208

代理人 花向阳

(51) Int. Cl.

C02F 3/28 (2006. 01)

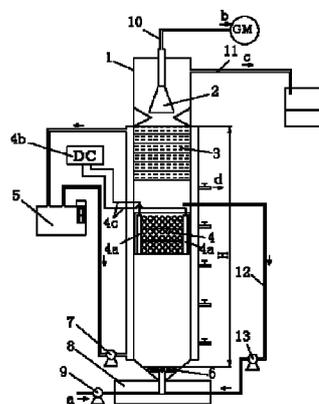
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 3 页

(54) 发明名称

电增强内置厌氧零价铁反应器

(57) 摘要

一种电增强内置厌氧零价铁反应器,其属于水处理技术领域。在厌氧反应器内部放置两枚石墨电极,石墨电极通过导线连接至外置直流稳压电源,刺激微生物的生长,同时,石墨电极的氧化还原过程增强偶氮染料的还原脱色。将石墨电极设置于厌氧内置生物零价铁反应器内,通过外加微电压调控铁的溶出,增强反应器对酸化的缓冲能力。外加电源与零价铁的耦合还可以加速污泥颗粒化,并有效提高对有机物的分解能力,实现厌氧反应器的快速启动和高效运行。小试实验表明,外加微电压后,可在 41 天内实现厌氧反应器的快速启动和污泥颗粒化,具有较强的抗冲击能力。



1. 一种电增强厌氧内置零价铁反应器,它包括一个厌氧反应器(1),厌氧反应器(1)内从下向上依次设有布水器(6)、零价铁填充层(4)、生物滤料层(3)、三相分离器(2)以及穿过铁碳床层的回流水系统;进水泵(9)通过进水管和厌氧反应器(1)的底部连接;其特征在于:在所述零价铁填充层(4)内设置两枚石墨电极(4a),通过导线(4b)电气连接至外部的直流稳压电源(4a);在零价铁填充层(4)上部、下部设置管道调控铁的溶出,该管道通过循环泵(13)把零价铁填充层(4)上部与厌氧反应器(1)的底部连接。

2. 据权利要求1所述的电增强厌氧内置零价铁反应器,其特征在于:所述零价铁填充层(4)的最低处位于厌氧反应器(1)的上部,零价铁填充层(4)的长度为厌氧反应器(1)有效高度H的5%~30%,零价铁填充层(4)的底板和顶端设有筛孔,在零价铁填充层(4)中装填有大于1/2高度的零价铁材料。

3. 据权利要求书1所述的电增强厌氧内置零价铁反应器,其特征在于:所述石墨电极(4a)采用增强厌氧微生物生长速度、促进污泥颗粒化和生物降解的直流电源调整电压为0-2V和微电流为 $< 0.01\text{mA}$ 。

## 电增强内置厌氧零价铁反应器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种电增强内置厌氧零价铁反应器,其属于水处理技术领域。

### 背景技术

[0002] 厌氧反应器工艺及其处理系统以其节省投资、降低能耗及运行费用、处理效果好等优点,成为一项极具吸引力的水处理技术。从 20 世纪 70 年代问世的第二代废水厌氧生物处理反应器上流式厌氧污泥床(UASB)开始,发展到今天的被认为是最有前景的第三代厌氧反应器厌氧膨胀颗粒床反应器(EGSB)、内循环厌氧反应器(IC)和厌氧复合床(UBF)。第三代厌氧反应器获得高处理效率的关键是要形成适应待处理废水的颗粒化污泥,因此污泥颗粒化被认为是大多数厌氧反应器成功启动的标志。然而,厌氧反应器的初次启动可能要花费数月甚至更长的时间。如何在短时间内培养出活性高、沉降性能优良的厌氧颗粒污泥成为厌氧生物反应器在更广范围内推广应用的关键。

[0003] 对于启动缓慢的问题,目前采用较多的方法有:接种颗粒化污泥、加入絮凝剂、优化水力条件等。从其它反应器中接种颗粒化污泥对大部分污染企业来说不具备条件,较难实现,且影响到原反应器的运行;加絮凝剂可能造成阴离子对厌氧微生物的毒性积累,且操作控制较为繁琐;优化水力条件利用水力剪切作用,通过控制水流、气流的流速、流态,实现快速颗粒化,但该方法一般作为辅助手段。

[0004] 针对这一问题,我们在申请专利 200910012293.4 中,将零价铁置于厌氧反应器中,零价铁缓慢释放的亚铁离子,可有效压缩胶体污泥的双电层,降低 Zeta 电位,加速污泥颗粒化的进程。同时,零价铁(铁屑)表面的氧化还原过程,有助于中和有机酸,破坏偶氮染料的偶氮键,促进染料的脱色。除此之外,零价铁可显著降低厌氧反应器内的氧化还原电位,有助于专性厌氧微生物的生长。但是,该方法在运行一段时间后,由于微生物的附着,铁屑床层逐渐被覆盖,零价铁床层的活性逐渐降低。

### 发明内容

[0005] 针对厌氧反应器启动周期长,易受到其他环境因素干扰,处理性能不佳等缺点,本发明提供一种电增强内置厌氧零价铁反应器。该反应器应采用电极产生弱电场对微生物进行刺激,促进微生物的生长。同时,电极的氧化还原作用也有利于污染物的分解,特别是印染废水的脱色与难降解物质的分解。

[0006] 本发明采用的技术方案是:一种电增强厌氧内置零价铁反应器包括一个厌氧反应器,厌氧反应器内从下向上依次设有布水器、零价铁填充层、生物滤料层、三相分离器以及穿过铁碳床层的回流水系统;进水泵通过进水管和厌氧反应器的底部连接。在所述零价铁填充层内设置两枚石墨电极,通过导线电气连接至外部的直流稳压电源;在零价铁填充层上部、下部设置管道调控铁的溶出,该管道通过循环泵把零价铁填充层上部与厌氧反应器的底部连接。

[0007] 所述零价铁填充层的最低处位于厌氧反应器的上部,零价铁填充层的长度为厌氧

反应器有效高度H的5%~30%，零价铁填充层的底板和顶端设有筛孔，在零价铁填充层中装填有大于1/2高度的零价铁材料。

[0008] 所述石墨电极采用增强厌氧微生物生长速度、促进污泥颗粒化和生物降解的直流电源调整电压为0-2V和微电流为<0.01mA。

[0009] 上述技术方案的指导思想是：通过外加电压调控铁床层中零价铁的溶解，强化零价铁表面的氧化还原反应。而铁表面的氧化还原过程包括：(1) 零价铁失去电子，参与难降解污染物的分解（如含氯、硝基、偶氮的有机物）；(2) 零价铁受有机酸腐蚀，降低反应器酸度；(3) 零价铁中的碳（或为增强零价铁作用而外加的活性炭）在处理液中，与零价铁形成无数微小电极对，在碳阴极上的电极反应产生氢氧根（利用反应器中的极微量溶解氧），提高对酸化的冲击。同时，零价铁与厌氧之间的以下作用，也促进了处理过程：(1) 零价铁的还原作用降低厌氧的氧化还原电位，有利于产甲烷过程；(2) 形成的亚铁离子，可压缩污泥的双电层，降低Zeta电位，有助于污泥的团聚，促进颗粒化过程。

[0010] 外加电压除了增强这种零价铁的氧化还原过程，从而促进厌氧处理外，还可形成以下作用：(1) 刺激微生物的生长，促进生物酶的合成；(2) 电极的氧化还原作用促进污染物的分解。

[0011] 众所周知，颗粒化污泥是以产甲烷菌和真细菌为主的一个共存体系，颗粒化污泥缓慢的主要原因是产甲烷菌的生长缓慢，且非常容易受到环境条件的影响（如pH、DO、温度、环境毒物等）。通过以上分析可知，电增强作用可为产甲烷菌创造一个更加适于生存的环境，降低环境因素的影响，促进产甲烷菌的生长代谢，促进污泥颗粒化，同时提高处理能力。同时，在空气隔绝的条件下，溶出的铁以二价形式存在，不会在铁表面形成氧化层覆盖，解决有氧环境中零价铁的板结和钝化问题。

[0012] 本发明的有益效果：这种电增强厌氧内置零价铁反应器内插入石墨电极，通过施加弱电场，一方面可以促进零价铁氧化还原过程，调控零价铁的溶出，克服由于微生物的附着造成的零价铁失活现象。另一方面，电对微生物的刺激作用，可增强胞外聚合物和酶的生成，加快微生物的聚集与新陈代谢。同时，外加石墨电极的电化学作用也可参与污染物的氧化还原过程，加速污染物的分解。因此，作为一种新颖的水处理技术，电增强厌氧反应器充分结合了微生物过程和电化学过程，加强了对污染物的分解，同时，它们之间存在的耦合作用，进一步促进了厌氧生物处理。目前，关于这种反应器国内外尚未见报道，体现出其创新性。该反应器结构简单，仅需内置石墨电极连接外加电源，即可有效促进厌氧处理过程，特别是厌氧反应器的快速启动，实现经济高效、稳定运行。这种外加电压耗能很低，施加的电压较低（比如小于2V），且在厌氧污水中电流很小（小于0.01mA），不会明显增加处理成本。

#### 附图说明

[0013] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0014] 图1是一种电增强内置厌氧零价铁反应器结构示意图。

[0015] 图2是含石墨电极的零价铁填充层的示意图。

[0016] 图3和图4分别是未加电压及外加电压(1.4V)时采用合成葡萄糖废水启动阶段进、出水化学需氧量(COD)及COD去除率变化对比曲线图。横坐标为厌氧反应器稳定运行的天数，纵坐标分别为COD和COD去除率值。其中三条曲线分别是进水、出水的COD值和COD

去除率值变化曲线。

[0017] 图 5 是采用不同浓度的合成印染废水稳定阶段进、出水化学需氧量 (COD) 及 COD 去除率变化对比曲线图。横坐标为厌氧反应器稳定运行的天数,纵坐标为 COD 和 COD 去除率值。其中三条曲线分别是进水、出水的 COD 值和 COD 去除率值的变化曲线。图 6 是期间的色度去除率变化对比曲线图,纵坐标为色度去除率值。

[0018] 图 7 是厌氧反应器内污泥粒径变化对比曲线图。横坐标为厌氧反应器运行的天数,纵坐标为污泥的粒径变化值。

[0019] 图中:1、厌氧反应器,2、三相分离器,3、生物滤料层,4、零价铁填充层,4a、石墨电极,4b、直流稳压电源,4c、导线,5、热水加热器,6、布水器,7、热水循环泵,8、底座,9、进水泵,10、集气管,11、出水管,12、循环管道,13、循环泵;a、污水,b、沼气,c、清水。

### 具体实施方式

[0020] 图 1 示出了一种电增强的厌氧反应器结构示意图。该装置主要包括一个圆柱形的厌氧反应器 1,厌氧反应器 1 的壳体采用有机玻璃制成,其内径为 140cm,高为 120cm,有效容积为 15.39L。在厌氧反应器 1 内从下向上依次设有布水器 6、零价铁填充层 4、生物滤料层 3 和三相分离器 2。零价铁填充层 4 内竖直插入两枚石墨电极 4a,石墨电极 4a 与外部的直流稳压电源 4b 相连接。污水通过进水泵 9 及进水管进入布水器 6,后经过装有石墨电极 4a 的零价铁填充层 4,在零价铁填充层 4 上端设置有循环管道连接循环泵 13 至反应器底部。生物滤料层 3 对上升的污泥进行截留。厌氧反应器 1 在位于三相分离器 2 以下部分的外壁设有热水套,一个热水加热器 5 和热水循环泵 7 经管道与热水套的上部和下部连接。

[0021] 上述电增强的厌氧反应器的工作过程如下:污水通过进水泵 9 进入厌氧反应器 1 的布水器 6,污水与污泥在反应区进行混合、反应,当污水通过零价铁填充层 4 时,微生物和有机物与零价铁充分,零价铁的氧化还原作用,以及外加电压的石墨电极 4a 过程,微生物的作用,以及它们之间的耦合作用促进污染物的分解,厌氧微生物的生长,从而提高污染物的去除效率和颗粒污泥快速生长。而穿过零价铁层的循环水则强化了污染物、微生物、石墨电极、零价铁之间的作用。部分污泥经过生物滤料的截留,降低了三相分离器 2 的分离负荷;净化好的清水经出水管 11 排放接收,而反应器产生的沼气则通过集气管 10 收集至气体流量计。

[0022] 图 2 显示了零价铁填充层的示意图。在厌氧反应器 1 内设置零价铁填充层 4,两枚石墨电极 4a 插入零价铁填充层 4 的内边缘,零价铁填充层 4 的最低处位于厌氧反应器 1 有效高度 H 的 1/2 处。其填充框架为上开口的玻璃钢圆柱体,其高度为厌氧反应器 1 有效高度 H 的 5%、11%、20% 或 30%,顶端和底板上设有许多均匀分布的筛孔,筛孔的孔径为 10mm,孔间距为 10mm。填充层装填一定量的零价铁粒状材料,装填高度为实际高度的 2/3。

[0023] 实施例 1

[0024] 上述反应器在用合成葡萄糖废水进行启动与驯化的情况见图 3 和图 4。可看出在不加电压的条件下,反应器启动的前 23 天,进水 COD 浓度在 1500 至 2500mg/L 时,COD 去除率基本低于 60%。第 24 天将 1.4V 的外加电压施于反应器,污水处理效率迅速提高到 90% 以上。当运行至 36 天,其进水 COD 为 7500mg/L, COD 去除率达到 95% 以上,实现了反应器的快速启动。

[0025] 实施例 2

[0026] 该反应器在外加电压的条件下处理合成印染废水的情况见图 5, 期间保持稳定运行, 进水 COD 浓度在 5500mg/L 左右时, 染料浓度达到 800mg/L 时, COD 去除率仍保持在 85% 以上。图 6 显示了平均色度去除率保持在 80% 以上。

[0027] 实施例 3

[0028] 从图 7 看出随着反应器的运行, 反应器内污泥粒径明显增大, 从开始的颗粒粒径为 152 微米到第 41d 的 381 微米, 说明电增强的厌氧反应器对污泥的颗粒化效果明显, 此时污泥的沉降速率达到 60m/h, 铁含量在 3.5% 左右。

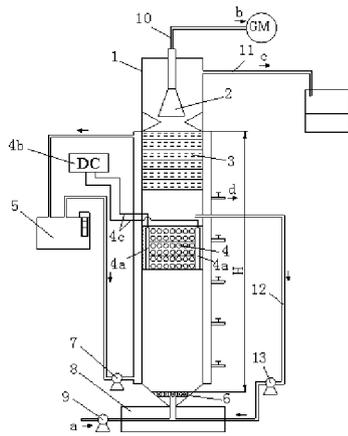


图 1

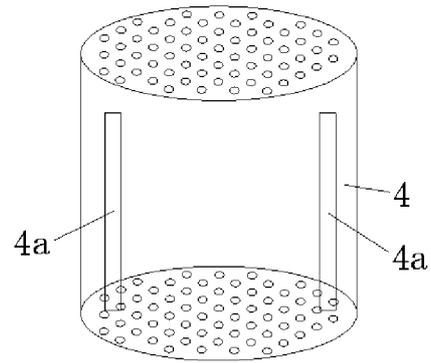


图 2

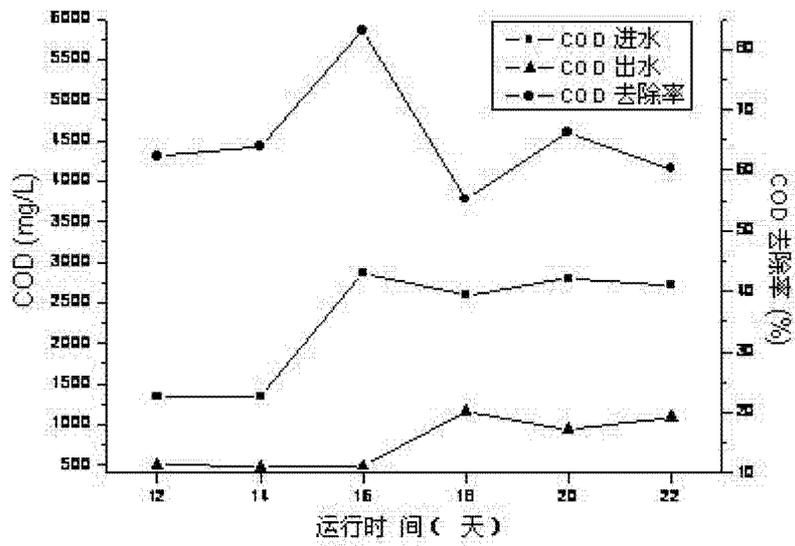


图 3

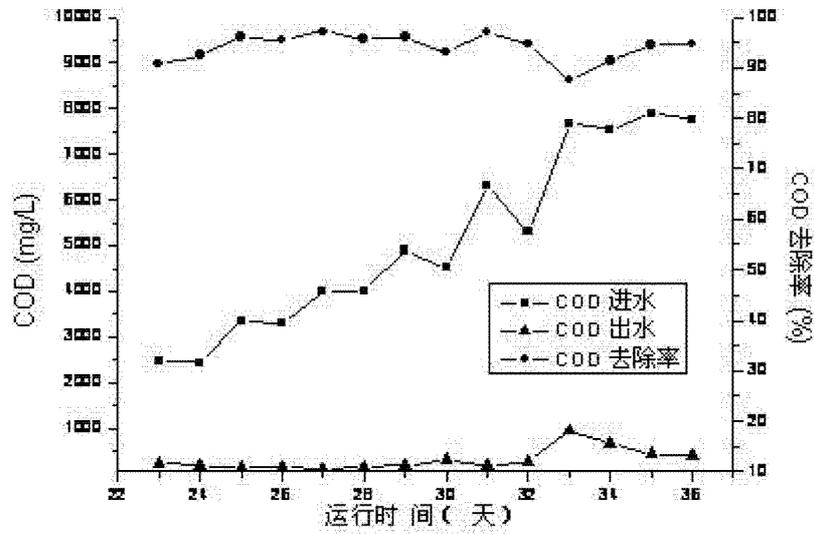


图 4

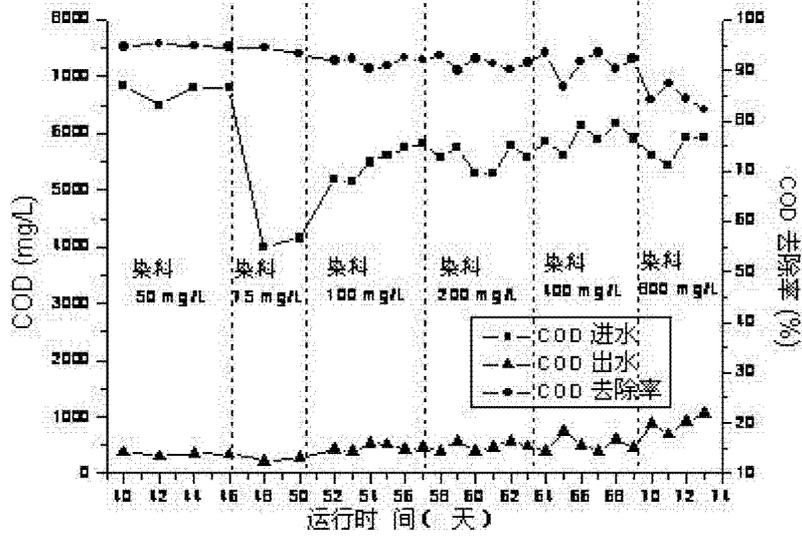


图 5

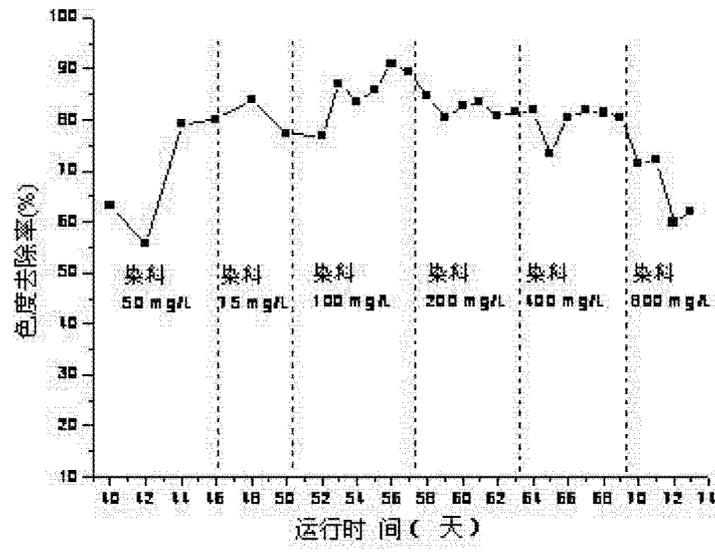


图 6

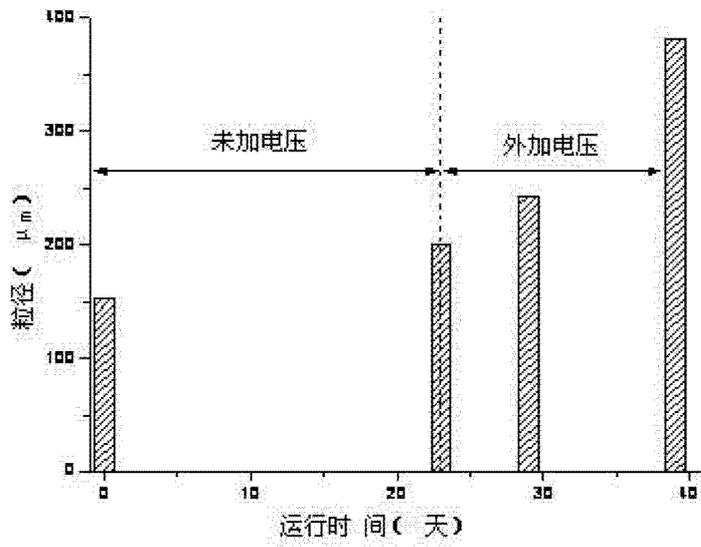


图 7