



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110373544 A

(43)申请公布日 2019.10.25

(21)申请号 201910677229.1

G22B 19/30(2006.01)

(22)申请日 2019.07.25

G22B 34/32(2006.01)

(71)申请人 中国科学院过程工程研究所

地址 100190 北京市海淀区中关村北二条1号

申请人 中国大洋矿产资源研究开发协会

(72)发明人 李浩然 陈云坤 冯雅丽 张功良
李海龙

(74)专利代理机构 北京方安思达知识产权代理有限公司 11472

代理人 陈琳琳 武玥

(51)Int.Cl.

G22B 7/00(2006.01)

G22B 15/00(2006.01)

G22B 19/20(2006.01)

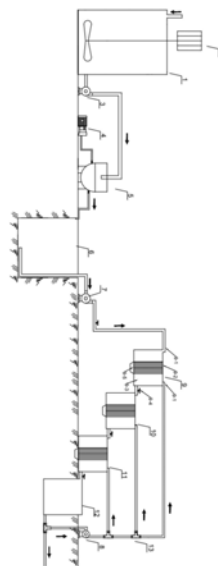
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

一种深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子的装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子装置及方法,所述装置主要由重金属浸出系统和重金属还原富集系统组成。重金属浸出系统包括:污泥调理罐,搅拌装置,污泥提升泵,真空泵,过滤槽。重金属还原富集系统由蓄水池,水泵,循环泵,一级微生物催化反应器,二级微生物催化反应器,三级微生物催化反应器,循环池,三通阀;微生物催化反应器包括:进水口、生物载体、出水口、控制阀、沉淀槽。本发明适宜处理高浓度难降解重金属废水的深度处理,将重金属还原为单质或化合物,处理金属离子范围大,不同金属在各反应器中分别梯级回收。



1. 一种深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子的装置,其特征在于,所述装置包括:重金属浸出系统和重金属还原富集系统;

所述重金属浸出系统包括污泥调理罐,搅拌装置,污泥提升泵,真空泵,过滤槽;

搅拌装置的搅拌头置于调理罐内,调理罐出泥口与污泥提升泵的入料口相连,污泥提升泵的出料口与过滤槽相连,真空泵连接于过滤槽底部外侧组成真空过滤系统,过滤槽底部出水口与蓄水池相连;

所述重金属还原富集系统由一个或两个以上的微生物催化反应器、循环池、水泵、循环泵、蓄水池组成;

所述微生物催化反应器包括进水口、生物载体、出水口;所述生物载体置于微生物催化反应器内部;其中,

所述微生物催化反应器为两个以上时,所述微生物催化反应器自上而下串联使用,上级微生物催化反应器的出水口与下一级微生物催化反应器的进水口连接,最后一级微生物催化反应器的出水口与循环池连接;

水泵将蓄水池和第一级微生物催化反应器进水口相连,循环泵将循环池和各级微生物催化反应器的另一进水口并列相连;

或者,

所述微生物催化反应器为一个时,微生物催化反应器的出水口与循环池连接,水泵将蓄水池和微生物催化反应器进水口相连,循环泵将循环池和微生物催化反应器的进水口相连。

2. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,调理罐体积为20-30m³,搅拌头底部与调理罐底部高度为50-90cm。

3. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述微生物催化反应器为两个以上时,各级微生物催化反应器间高度差为100-200cm。

4. 一种深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子的方法,包括如下步骤:

1) 污泥泵入到污泥调理罐中后加入一定体积比的菌液,经搅拌装置搅拌处理后,经污泥提升泵泵入到过滤槽,真空泵进行真空抽滤,滤饼后续处理,滤液进入蓄水池;

2) 设置两个以上微生物催化反应器,滤液从蓄水池泵入到第一级微生物催化反应器,经逐级微生物催化反应器处理后,废水由最后一级微生物反应器流到循环池;其中,废水中的金属离子被生物载体上的还原金属微生物还原为金属离子化合物沉淀和/或金属单质,定期补加微生物,并且定期更换生物载体和沉淀槽回收金属;

或者,

设置一个微生物催化反应器,滤液从蓄水池泵入到微生物催化反应器,经微生物催化反应器处理后,废水中的金属离子被生物载体上的微生物还原为金属离子化合物沉淀和/或金属单质,定期补加微生物,并且定期更换生物载体和沉淀槽回收金属,处理后的废水经微生物催化反应器的出水口流到循环池。

5. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于,步骤2)所述微生物催化反应器从上至下设置3个;污泥中含有Cu²⁺、Zn²⁺与Cr⁶⁺;

2-1) 滤液从蓄水池泵入到一级微生物催化反应器,经一级微生物催化反应器处理后,废水中的Cu²⁺被生物载体上的Cu²⁺还原微生物还原为Cu⁺化合物沉淀和Cu单质,废水经一级

微生物催化反应器的出水口自流到二级微生物催化反应器；

2-2) 废水从二级微生物催化反应器进水口到二级微生物催化反应器,经二级微生物催化反应器处理后,废水中的 Zn^{2+} 被生物载体上的 Zn^{2+} 还原微生物还原为Zn单质,废水经二级微生物催化反应器的出水口自流到三级微生物催化反应器；

2-3) 废水从三级微生物催化反应器进水口到三级微生物催化反应器,经三级微生物催化反应器处理后,废水中的 Cr^{6+} 被生物载体上的 Cr^{6+} 还原微生物还原为 Cr^{3+} 化合物沉淀,废水经二级微生物催化反应器的出水口自流到三级微生物催化反应器；

其中,步骤2-1)、2-2)与2-3)可以任意互换顺序；

2-4) 经三个微生物催化反应器富集金属离子 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cr^{6+} 后的废水,自三级微生物催化反应器的出水口排出,经自流进循环池。

6. 根据权利要求4或5所述的方法,其特征在于,调理罐处理污泥时间为3-5d。

7. 根据权利要求4或5所述的方法,其特征在于,调理罐中污泥量与菌液体积比为:11:1-5:1;微生物催化反应器中废水与菌液体积比为20:1-5:1。

8. 根据权利要求4或5所述的方法,其特征在于,微生物催化反应器中的生物载体为石墨毡,并固定在反应器中,实现微生物的固定化。

9. 根据权利要求4或5所述的方法,其特征在于,废水在微生物催化反应器之间的流动为自流,无机械传动。

10. 根据权利要求4或5所述的方法,其特征在于,调理罐:温度:15-30℃;pH:5-8;溶解氧0.5-2mg/L;

微生物催化反应器:温度:15-30℃;pH:5-8;溶解氧0.5-1mg/L。

一种深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子的装置及方法

技术领域

[0001] 本发明属于环保-资源综合处理领域,具体地,本发明涉及一种深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子的装置及方法。

背景技术

[0002] 污泥中含水量高,易腐烂,成分复杂,含有大量的重金属等有害物质及致癌物质,导致其营养物质不能加以利用。重金属污染物难以治理,它们在水体中积累到一定的限度就会对水体—水生植物—水生动物系统产生严重危害,并可能通过食物链影响到人类的自身健康。在矿冶、机械制造、化工、电子、仪表等工业中的许多生产过程中都产生重金属废水,这些废水严重影响着儿童和成人的身体健康乃至生命。中国专利文献CN 201811006285.4公开了一种降低选矿废水中重金属离子的方法,该方法包括向废水中三次加碱进行中和反应后沉淀过滤除去金属离子;此方法处理量大,但是向水中引入了较多的 Na^+ 等离子,造成新的环境污染。中国专利文献CN 201820584240.4公开了一种重金属废水处理装置,该装置联合使用过滤器和金属沉淀器,可较大程度净化废水,但是装置复杂,占地面积大,能耗高,Cu、Zn离子浓度超标。中国专利文献CN108660314A公开了一种一步法回收金属的方法,该方法回收硫化矿尾矿中金属,将金属元素分别以金属离子的形式从固相转移到液相,以沉淀形式回收,工艺流程简单,运行成本低,但是沉淀金属是混合金属化合物,没有进行分离。

发明内容

[0003] 本发明目的在于,提供一种深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子系统及方法,该方法利用深海热液沉积物中的微生物定向还原重金属离子 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 和 Cr^{6+} ,形成金属化合物或单质,沉沉于各金属反应器中,分别回收。筛选的深海热液沉积物微生物对各金属耐受性强,且装置可实现废水的定向循环,处理金属浓度范围大。本发明适宜高浓度难降解重金属废水的深度处理,在高盐、中性条件下降解有机物的同时,将重金属还原为单质或化合物。方法和装置环境友好、稳定性好、能耗低、不同金属在各反应器中分别梯级回收。解决常规废水处理技术废水净化程度不高、资源浪费的问题。

[0004] 为达到上述目的,本发明采用如下的技术方案:

[0005] 本发明的一种深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子的装置,所述装置包括:重金属浸出系统和重金属还原富集系统。

[0006] 所述重金属浸出系统包括污泥调理罐,搅拌装置,污泥提升泵,真空泵,过滤槽;

[0007] 搅拌装置的搅拌头置于调理罐内,调理罐出泥口与污泥提升泵的入料口相连,污泥提升泵的出料口与过滤槽相连,真空泵连接于过滤槽底部外侧组成真空过滤系统,过滤槽底部出水口与蓄水池相连;

[0008] 所述重金属还原富集系统由一个或两个以上的微生物催化反应器、循环池、水泵、

循环泵、蓄水池组成；

[0009] 所述微生物催化反应器包括进水口、生物载体、出水口；所述生物载体置于微生物催化反应器内部；其中，

[0010] 所述微生物催化反应器为两个以上时，所述微生物催化反应器自上而下串联使用，上级微生物催化反应器的出水口与下一级微生物催化反应器的进水口连接，最后一级微生物催化反应器的出水口与循环池连接；

[0011] 水泵将蓄水池和第一级微生物催化反应器进水口相连，循环泵将循环池和各级微生物催化反应器的另一进水口并列相连；

[0012] 或者，

[0013] 所述微生物催化反应器为一个时，微生物催化反应器的出水口与循环池连接，水泵将蓄水池和微生物催化反应器进水口相连，循环泵将循环池和微生物催化反应器的进水口相连。

[0014] 进一步地，微生物催化反应器还可以包括沉淀槽，沉淀槽位于微生物催化反应器底部外侧。作为一种选择，所述沉淀槽与生物载体底部相对设置。

[0015] 作为一种选择，微生物催化反应器中的生物载体可以为石墨毡，石墨毡是微生物燃料电池领域常用的材料，将多层石墨毡通过固定在反应器中，构成生物载体。

[0016] 根据本发明所述的装置，其中优选地，调理罐体积为20-30m³，搅拌头底部与调理罐底部高度为50-90cm。

[0017] 根据本发明所述的装置，其中优选地，所述搅拌装置为常规的搅拌器，例如但不限于浆式搅拌器，搅拌头即为搅拌桨。

[0018] 根据本发明所述的装置，其中优选地，所述微生物催化反应器为两个以上时，各级微生物催化反应器间高度差为100-200cm。

[0019] 本发明的深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子的装置，具有以下优点：

[0020] (1) 催化反应器间无机械传动，根据放置高度差实现自流，能耗低；

[0021] (2) 解决了污泥浸出废水的回收利用问题；

[0022] (3) 实现了废水中重金属的梯度回收，省掉了回收金属再分离的流程。

[0023] 本发明还提供了一种深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子的方法，包括如下步骤：

[0024] 1) 污泥泵入到污泥调理罐中后加入一定体积比的菌液，经搅拌装置搅拌处理后，经污泥提升泵泵入到过滤槽，真空泵进行真空抽滤，滤饼后续处理，滤液进入蓄水池；

[0025] 2) 设置两个以上微生物催化反应器，滤液从蓄水池泵入到第一级微生物催化反应器，经逐级微生物催化反应器处理后，废水由最后一级微生物反应器流到循环池；其中，

[0026] 废水中的金属离子被生物载体上的还原金属微生物还原为金属离子化合物沉淀和/或金属单质，定期补加微生物，并且定期更换生物载体和沉淀槽回收金属；

[0027] 或者，

[0028] 设置一个微生物催化反应器，滤液从蓄水池泵入到微生物催化反应器，经微生物催化反应器处理后，废水中的金属离子被生物载体上的微生物直接吸附或者利用碳源产生的物质与金属离子形成金属离子化合物沉淀和/或金属单质，定期补加微生物，并且定期更换生物载体和沉淀槽回收金属，处理后的废水经微生物催化反应器的出水口流到循环池。

[0029] 根据本发明所述的方法,其中作为一种选择,步骤2)所述微生物催化反应器从上至下设置3个;污泥中含有 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 与 Cr^{6+} ;

[0030] 2-1) 滤液从蓄水池泵入到一级微生物催化反应器,经一级微生物催化反应器处理后,废水中的 Cu^{2+} 被生物载体上的 Cu^{2+} 还原微生物还原为 Cu^+ 化合物沉淀和 Cu 单质,定期补加菌液,并且定期更换生物载体和沉淀槽回收金属 Cu ,废水经一级微生物催化反应器的出水口自流到二级微生物催化反应器;

[0031] 2-2) 废水从二级微生物催化反应器进水口到二级微生物催化反应器,经二级微生物催化反应器处理后,废水中的 Zn^{2+} 被生物载体上的 Zn^{2+} 还原微生物直接被还原为 Zn 单质,定期补加菌液,并且定期更换生物载体和沉淀槽回收金属 Zn ,废水经二级微生物催化反应器的出水口自流到三级微生物催化反应器;

[0032] 2-3) 废水从三级微生物催化反应器进水口到三级微生物催化反应器,经三级微生物催化反应器处理后,废水中的 Cr^{6+} 被生物载体上的 Cr^{6+} 还原微生物直接吸附还原为 Cr^{3+} 化合物沉淀,定期补加菌液,并且定期更换生物载体和沉淀槽回收金属 Cr ,废水经二级微生物催化反应器的出水口自流到三级微生物催化反应器;

[0033] 其中,步骤2-1)、2-2)与2-3)可以任意互换顺序;

[0034] 2-4) 经三个微生物催化反应器富集金属离子 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cr^{6+} 后的废水,自三级微生物催化反应器的出水口排出,经自流进循环池。

[0035] 根据本发明所述的方法,其中作为一种选择,调理罐:温度范围:15-30℃;pH:中性环境,5-8;溶解氧0.5-2mg/L。微生物催化反应器:温度范围:15-30℃;pH:中性环境,5-8;溶解氧0.5-1mg/L。

[0036] 根据本发明所述的方法,其中作为一种选择,调理罐处理污泥时间为3-5d。

[0037] 根据本发明所述的方法,其中作为一种选择,调理罐中污泥量与菌液体积比为:11:1-5:1。

[0038] 根据本发明所述的方法,其中作为一种选择,微生物催化反应器中废水与菌液体积比为20:1-5:1。

[0039] 本发明各反应器(调理罐与微生物催化反应器)内菌液均使用细菌处于对数生长期的菌液,具体菌液浓度本发明不做特别限定,只要满足菌液内细菌处于对数生长期即能实现本发明。

[0040] 根据本发明所述的方法,其中作为一种选择,微生物催化反应器中的生物载体为石墨毡,并固定在反应器中,实现微生物的固定化。

[0041] 根据本发明所述的方法,其中作为一种选择,废水在微生物催化反应器之间的流动为自流,无机械传动。

[0042] 根据本发明所述的方法,优选地,每一个微生物反应器中的深海微生物在特定的条件下只与特定的一种金属离子发生反应,梯度富集金属离子。

[0043] 本发明可以处理本领域任意常见的含重金属的污泥,例如,包括但不限于,

[0044] 市政污泥(城市污泥):城市垃圾产生的污泥,重金属含量偏低。

[0045] 冶金钢铁污泥:钢铁和有色金属冶炼为主产生的污泥,重金属含量高,难处理。

[0046] 电镀污泥:电镀污泥中产生的污泥,成分复杂。

[0047] 化工污泥:污水处理过程中产生的微生物残留以及一些难分解物质。

[0048] 本发明所用菌液所含具有重金属耐受性、低氧,温度适应范围广特性的多种功能性菌株,为多种功能性菌株的复合应用。

[0049] 优选地,所述菌液中具有重金属耐受性、低氧,温度适应范围广特性的细菌筛选自西太平洋深度为5812米热液喷口和东太平洋洋隆水深2891米处的沉积物,本发明处理污泥及污泥废水所用微生物为由该沉积物筛选出的复合多种菌株(原始菌液)。筛选菌株条件:温度0~80℃、pH6~7.5、盐浓度3%~17%、溶解氧0.1~1mg/L。本发明不对菌株进行分离鉴定,仅利用上述筛选条件由上述公知的沉积物中筛选出含多种菌株的原始菌液。

[0050] 进一步地,根据调理罐以及多个微生物反应器中的处理要求,通过控制筛选条件,对原始菌液做进一步筛选处理,获得可以用于调理罐以及多个微生物反应器的含复合菌株的菌液。

[0051] 作为一种优选,调理罐内的菌液可以使用前述筛选出的原始菌液。而不同微生物反应器内的菌液需要根据所需处理废水的实际情况对原始菌液做进一步筛选处理。

[0052] 例如,处理 Cu^{2+} 时,则对上述原始菌液中菌株做进一步筛选处理,筛选菌株条件为:温度20-30℃、pH6-7.5、盐浓度3%-17%、溶解氧0.1-1mg/L;

[0053] 加入 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$,使培养基中 Cu^{2+} 含量为10-20mg/L。

[0054] 处理 Zn^{2+} 时,则对上述原始菌液中菌株做进一步筛选处理,筛选菌株条件为:温度20-30℃、pH6-7.5、盐浓度3%-17%、溶解氧0.1-1mg/L;

[0055] 加入 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,使培养基中 Zn^{2+} 含量为10-20mg/L。

[0056] 处理 Cr^{6+} 时,则对上述原始菌液中菌株做进一步筛选处理,筛选菌株条件为:温度20-40℃、pH6-7.5、盐浓度3%-17%、溶解氧0.1-1mg/L;

[0057] 加入 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$,使培养基中 Cr^{6+} 含量为5-20mmol/L。

[0058] 处理其它离子时,原理与处理上述 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Cr^{6+} 相同,根据处理离子反应的实际情况对原始菌液做相应的筛选处理。

[0059] 本发明属于环保-资源综合处理领域,涉及将一种深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子系统及方法,首先污泥泵入到污泥调理罐中后加入一定体积比的菌种,经搅拌装置搅拌处理后,经污泥提升泵泵入到过滤槽,真空泵进行真空抽滤,滤饼后续处理,滤液进入蓄水池,废水从蓄水池泵入到一级微生物催化反应器,经一级微生物催化反应器处理后,废水中的 Cu^{2+} 被生物载体上的微生物直接吸附或者利用碳源产生的物质与重金属离子形成 Cu^+ 化合物沉淀和Cu单质,废水经一级微生物催化反应器的出水口自流到二级微生物催化反应器,废水中的 Zn^{2+} 被生物载体上的微生物直接吸附或被还原为Zn单质,废水经二级微生物催化反应器的出水口自流到三级微生物催化反应器,废水中的 Cr^{6+} 被生物载体上的微生物直接吸附或还原为 Cr^{3+} 化合物沉淀,废水经三个微生物催化反应器富集金属离子Cu、Zn、Cr后,循环池内废水泵入到一级微生物催化反应器,循环处理,直到循环池内金属含量达标后排出。本发明根据海洋微生物对金属富集具有唯一性的特点,梯度富集废水中的金属离子,优点在于:具有无腐蚀且环境友好、稳定性好、能耗低,极大程度净化废水。

附图说明

[0060] 图1为本发明的深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子的方法的技术路线图;

[0061] 图2为本发明的深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子的装置结构图；

[0062] 附图标记：1、调理罐；2、搅拌装置；3、污泥提升泵；4、真空泵；5、抽滤槽；6、蓄水池；7、水泵；8、循环泵；9、一级微生物催化反应器；9-1、进水口；9-2、生物载体；9-3、出水口；9-4、控制阀；9-5、沉淀槽；10、二级微生物催化反应器；11、三级微生物催化反应器；12、循环池；13、三通阀。

具体实施方式

[0063] 本说明书中公开得任一特征，除非特别叙述，均可被其他等效或具有类似目的的替代特征加以替换。除非特别叙述，每个特征只是一系列等效或者类似特征中的一个例子而已。所述仅仅是为了帮助理解本发明，不应该视为对本发明的具体限制。

[0064] 下面以附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0065] 实施例1

[0066] 如图2所示，一种深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子系统，所述系统包括：调理罐1、搅拌装置2、污泥提升泵3、真空泵4、抽滤槽5、蓄水池6、循环泵7、循环泵8、一级微生物催化反应器9、进水口9-1、生物载体9-2、出水口9-3、控制阀9-4、沉淀槽9-5、二级微生物催化反应器10、三级微生物催化反应器11、循环池12、三通阀13；

[0067] 污泥由污泥提升泵与调理罐1进泥口相连，搅拌装置2放于调理罐1内，调理罐出泥口与污泥提升泵3一端相连，另一端出口与过滤槽5相连，真空泵4连接于过滤槽底部组成真空过滤系统，过滤槽底部出水口与蓄水池6相连。

[0068] 所述3个微生物催化反应器自上而下串联使用，一级微生物催化反应器9的出水口9-4与二级微生物催化反应器9的进水口9-1连接，二级微生物催化反应器的出水口9-4与三级微生物催化反应器11的进水口11-1连接，三级微生物催化反应器的出水口11-4与缓冲池连接。沉淀槽9-5位于微生物催化反应器底部外侧，沉淀槽与生物载体底部相对设置。3个微生物催化反应器放置存在高度差，冶金废水自流。

[0069] 水泵7将蓄水池和一级微生物催化反应器进水口相连，同时进水。循环泵8通过三通阀13将循环池12分别和一级微生物催化反应器9、二级微生物催化反应器10、三级微生物催化反应器11的另一进水口并联相连，循环池内污泥浸出液中各金属离子浓度达到排放标准，由循环池排水口排出。存在金属离子未达标时，再由循环泵泵入到相应的微生物催化反应器内，依次进入各反应器，再进行各金属的还原与沉淀，直到达到排放标准。

[0070] 调理罐体积为20-30m³，搅拌浆底部与调理罐底部高度为50-90cm。3个微生物催化反应器间放置存在高度差，高度差为100-200cm，液体自流。

[0071] 实施例2

[0072] 如图1所示，一种基于实施例1的深海微生物梯度处理重金属污泥中金属离子的方法，所述方法包括如下步骤：

[0073] 1) 污泥泵入到污泥调理罐1中后加入一定体积比的菌液，经搅拌装置2搅拌处理后，经污泥提升泵3泵入到过滤槽5，真空泵4进行真空抽滤，滤饼后续处理，滤液进入蓄水池6。

[0074] 2) 废水从蓄水池泵入到一级微生物催化反应器，经一级微生物催化反应器处理后，废水中的Cu²⁺被生物载体9-2上的微生物直接吸附或者利用碳源产生的物质与重金属离

子形成 Cu^+ 化合物沉淀和Cu单质,定期补加菌液,并且定期更换生物载体和沉淀槽9-5回收金属Cu,废水经一级微生物催化反应器的出水口9-4自流到二级微生物催化反应器。

[0075] 3) 废水从二级微生物催化反应器进水口到二级微生物催化反应器,经二级微生物催化反应器处理后,废水中的 Zn^{2+} 被生物载体上的微生物直接吸附或被还原为Zn单质,定期补加菌液,并且定期更换生物载体和沉淀槽回收金属Zn,废水经二级微生物催化反应器的出水口自流到三级微生物催化反应器。

[0076] 4) 废水从三级微生物催化反应器进水口到三级微生物催化反应器,经三级微生物催化反应器处理后,废水中的 Cr^{6+} 被生物载体上的微生物直接吸附或还原为 Cr^{3+} 化合物沉淀,定期补加菌液,并且定期更换生物载体和沉淀槽回收金属Cr,废水经二级微生物催化反应器的出水口自流到三级微生物催化反应器。

[0077] 5) 废水经三个微生物催化反应器富集金属离子Cu、Zn、Cr后,自三级微生物催化反应器出水口11-4排出自流进循环池,循环泵8将循环池12和一级微生物催化反应器9、二级微生物催化反应器10、三级微生物催化进水口相连,循环池内污泥浸出液中各金属离子浓度达到排放标准,由循环池排水口排出。存在金属离子未达标时,再由循环泵泵入到相应的微生物催化反应器内,依次进入各反应器,再进行各金属的还原与沉淀,直到达到排放标准。

[0078] 所述步骤1)中,调理罐处理污泥时间为3-5d;调理罐中污泥量与菌液体积例为:11:1-5:1。

[0079] 所述步骤1) 2) 3)中,微生物催化反应器中废水与菌液体积比为20:1-5:1。

[0080] 所述菌液中具有重金属耐受性、低氧,温度适应范围广特性的细菌筛选自西太平洋深度为5812米热液喷口和东太平洋洋隆水深2891米处的沉积物,本发明处理污泥及污泥废水所用微生物为由该沉积物筛选出的复合多种菌株(原始菌液)。筛选菌株条件:温度0~80℃、pH6~7.5、盐浓度3%~17%、溶解氧0.1~1mg/L。

[0081] 调理罐内的菌液使用前述筛选出的原始菌液。

[0082] 处理 Cu^{2+} 时,对原始菌液中菌株做进一步筛选处理,筛选菌株条件为:温度20-30℃、pH6-7.5、盐浓度3%-17%、溶解氧0.1-1mg/L;加入 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$,使培养基中 Cu^{2+} 含量为10-20mg/L。

[0083] 处理 Zn^{2+} 时,对原始菌液中菌株做进一步筛选处理,筛选菌株条件为:温度20-30℃、pH6-7.5、盐浓度3%-17%、溶解氧0.1-1mg/L;加入 $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,使培养基中 Zn^{2+} 含量为10-20mg/L。

[0084] 处理 Cr^{6+} 时,对原始菌液中菌株做进一步筛选处理,筛选菌株条件为:温度20-40℃、pH6-7.5、盐浓度3%-17%、溶解氧0.1-1mg/L;加入 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$,使培养基中 Cr^{6+} 含量为5-20mmol/L。

[0085] 所述步骤1) 2) 3)中,微生物催化反应器中的生物载体为石墨毡,并固定在反应器中,实现微生物的固定化,定期更换石墨毡和沉淀槽,进行金属回收。

[0086] 所述步骤1) 2) 3)中,每一个微生物反应器中的深海微生物在特定的条件下只与特定的一种金属离子发生反应,梯度富集金属离子。

[0087] 上述步骤中,3个微生物催化反应器为自流,无机械传动。

[0088] 实施例3

[0089] 取自北京某地区市政污泥,化学多元素分析如下:取自北京某地区市政污泥,化学多元素分析如下表:

[0090]

成分	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	ZnO	CuO	MgO
含量	17.004	14.707	33.19	4.972	9.606	6.306	3.256	1.127	5.230
成分	Na ₂ O	SO ₃	NiO ₂	MnO	AsO	CdO	Cr ₂ O ₃	PbO	
含量	1.132	0.692	2.944	2.727	0.171	0.375	0.439	0.175	

[0091] 所选市政污泥含水量高,pH为6.59,含水率90%,含有丰富的N、P、K及Cd、Cr、Cu、Pb和Zn等重金属。

[0092] 基于实施例1的系统和实施例2的方法,其中,调理罐体积为20m³,搅拌浆底部与调理罐底部高度为50cm。3个微生物催化反应器间高度差为100cm,液体自流;调理罐中污泥量与菌液体比为:11:1。将一定量的污泥泵入到调理罐中,加入11%的大洋微生物,搅拌装置进行搅拌处理3d后,调理污泥泵入到过滤槽中,真空泵进行抽滤,抽滤得到滤饼进行装袋,滤液自流到蓄水池中。废水自蓄水池中泵入到一级微生物催化反应器中,海洋微生物附着在石墨毡上与废水中Cu离子进行吸附和还原反应,得到Cu单质和Cu⁺化合物沉淀,定期更换石墨毡和沉淀槽,回收Cu。废水自流到二级微生物催化反应器中,海洋微生物附着在石墨毡上与废水中Zn离子进行反应,得到Zn单质,定期更换石墨毡和沉淀槽,回收Zn。废水自流到二级微生物催化反应器中,海洋微生物附着在石墨毡上与废水中Cr离子进行反应,得到Cr³⁺的化合物沉淀,定期更换石墨毡和沉淀槽,回收Cr。废水最后自流到循环池,循环处理,直到循环池内金属含量达标后排出。每个微生物催化反应器中,废水与菌液体积比为20:1。

[0093] 所述菌液中具有重金属耐受性、低氧,温度适应范围广特性的细菌筛选自西太平洋深度为5812米热液喷口和东太平洋洋隆水深2891米处的沉积物,本发明处理污泥及污泥废水所用微生物为由该沉积物筛选出的复合多种菌株(原始菌液)。筛选菌株条件:温度40℃、pH7.0、盐浓度10%、溶解氧0.5mg/L。

[0094] 调理罐内的菌液使用前述筛选出的原始菌液。

[0095] 处理Cu²⁺时,对原始菌液中菌株做进一步筛选处理,筛选菌株条件为:温度25℃、pH7.0、盐浓度10%、溶解氧0.5mg/L;加入CuSO₄·5H₂O,使培养基中Cu²⁺含量为15mg/L。

[0096] 处理Zn²⁺时,对原始菌液中菌株做进一步筛选处理,筛选菌株条件为:温度25℃、pH7.0、盐浓度10%、溶解氧0.5mg/L;加入Zn(NO₃)₂·6H₂O,使培养基中Zn²⁺含量为15mg/L。

[0097] 处理Cr⁶⁺时,对原始菌液中菌株做进一步筛选处理,筛选菌株条件为:温度30℃、pH7.0、盐浓度15%、溶解氧0.5mg/L;加入K₂Cr₂O₇,使培养基中Cr⁶⁺含量为15mmol/L。

[0098] 实验中测得滤液中COD较低,有机质充分分解,最终得到的滤饼中有机质含量为30%,水分为20%;测得脱除重金属的水中Zn含量为3.2mg/L,Cu含量为2.1mg/L,Pb含量为0.9mg/L,Cr含量为1.1mg/L,水中重金属含量低于国家标准,并且得到的重金属可以回收利用。

[0099] 实施例4

[0100] 取自某地区冶金钢铁混合污泥,化学多元素分析如下表:

[0101]

成分	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	ZnO	CuO	BaO
含量	11.51	15.72	15.92	2.31	19.34	19.25	5.09	1.51	0.33
成分	TiO ₂	PbO	SO ₃	MgO	NaO	As			
含量	0.97	3.65	7.59	2.31	1.37	7.95			

[0102] 基于实施例1的系统和实施例2的方法,其中,调理罐体积为30m³,搅拌浆底部与调理罐底部高度为90cm。3个微生物催化反应器间高度差为200cm,液体自流;调理罐中污泥量与菌液体积比为:5:1。将一定量的污泥泵入到调理罐中,加入20%的大洋微生物,搅拌装置进行搅拌处理5d后,调理污泥泵入到过滤槽中,真空泵进行抽滤,抽滤得到滤饼进行装袋,滤液自流到蓄水池中。废水自蓄水池中泵入到一级微生物催化反应器中,海洋微生物附着在石墨毡上与废水中Cu离子进行吸附和还原反应,得到Cu单质和Cu⁺化合物沉淀,定期更换石墨毡和沉淀槽,回收Cu。废水自流到二级微生物催化反应器中,海洋微生物附着在石墨毡上与废水中Zn离子进行反应,得到Zn单质,定期更换石墨毡和沉淀槽,回收Zn。废水自流到二级微生物催化反应器中,海洋微生物附着在石墨毡上与废水中Cr离子进行反应,得到Cr³⁺的化合物沉淀,定期更换石墨毡和沉淀槽,回收Cr。废水最后自流到循环池,循环处理,直到循环池内金属含量达标后排出。每个微生物催化反应器中,废水与菌液体积比为5:1。

[0103] 所述菌液中具有重金属耐受性、低氧,温度适应范围广特性的细菌筛选自西太平洋深度为5812米热液喷口和东太平洋洋隆水深2891米处的沉积物,本发明处理污泥及污泥废水所用微生物为由该沉积物筛选出的复合多种菌株(原始菌液)。筛选菌株条件:温度0℃、pH6.0、盐浓度3%、溶解氧0.1mg/L。

[0104] 调理罐内的菌液使用前述筛选出的原始菌液。

[0105] 处理Cu²⁺时,对原始菌液中菌株做进一步筛选处理,筛选菌株条件为:温度20℃、pH6.0、盐浓度3%、溶解氧0.1mg/L;加入CuSO₄·5H₂O,使培养基中Cu²⁺含量为10mg/L。

[0106] 处理Zn²⁺时,对原始菌液中菌株做进一步筛选处理,筛选菌株条件为:温度20℃、pH6.0、盐浓度3%、溶解氧0.1mg/L;加入Zn(NO₃)₂·6H₂O,使培养基中Zn²⁺含量为10mg/L。

[0107] 处理Cr⁶⁺时,对原始菌液中菌株做进一步筛选处理,筛选菌株条件为:温度20℃、pH6.0、盐浓度3%、溶解氧0.1mg/L;加入K₂Cr₂O₇,使培养基中Cr⁶⁺含量为5mmol/L。

[0108] 实验中测得滤液中COD较低,有机质充分分解,最终得到的滤饼中有机质含量为30%,水分为20%;测得脱除重金属的水中Zn含量为3.5mg/L,Cu含量为2.5mg/L,Pb含量为1.2mg/L,Cr含量为1.2mg/L,水中重金属含量低于国家标准,并且得到的重金属可以回收利用。

[0109] 实施例5

[0110] 取自某地区电镀污泥,化学多元素分析如下表:

[0111]

成分	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	Fe ₂ O ₃	ZnO	CuO	SiO ₂
含量	2.05	1.91	31.21	0.07	9.53	17.99	4.97	11.35	11.12
成分	TiO ₂	PbO	SO ₃	SnO ₂	Cl	Cr ₂ O ₃	其他		
含量	0.91	0.05	7.59	2.31	0.29	0.04	0.91		

[0112] 所选工业污泥为电镀污泥，pH=7.99，含水率90%，Cd和Pb含量较低，Zn、Cu、Cr含量远超国家标准值，N、P、K、S等营养元素含量较低。

[0113] 基于实施例1的系统和实施例2的方法，其中，调理罐体积为25m³，搅拌浆底部与调理罐底部高度为70cm。3个微生物催化反应器间高度差为150cm，液体自流；调理罐中污泥量与加菌量比例为：8:1。将一定量的污泥泵入到调理罐中，加入15%的大洋微生物，搅拌装置进行搅拌处理5d后，调理污泥泵入到过滤槽中，真空泵进行抽滤，抽滤得到滤饼进行装袋，滤液自流到蓄水池中。废水自蓄水池中泵入到一级微生物催化反应器中，海洋微生物附着在石墨毡上与废水中Cu离子进行吸附和还原反应，得到Cu单质和Cu⁺化合物沉淀，定期更换石墨毡，回收Cu。废水自流到二级微生物催化反应器中，海洋微生物附着在石墨毡上与废水中Zn离子进行反应，得到Zn单质，定期更换石墨毡和沉淀槽，回收Zn。废水自流到二级微生物催化反应器中，海洋微生物附着在石墨毡上与废水中Cr离子进行反应，得到Cr³⁺的化合物沉淀，定期更换石墨毡和沉淀槽，回收Cr。废水最后自流到循环池，循环处理，直到循环池内金属含量达标后排出。每个微生物催化反应器中，废水与菌液体积比为10:1。

[0114] 所述菌液中具有重金属耐受性、低氧，温度适应范围广特性的细菌筛选自西太平洋深度为5812米热液喷口和东太平洋洋隆水深2891米处的沉积物，本发明处理污泥及污泥废水所用微生物为由该沉积物筛选出的复合多种菌株（原始菌液）。筛选菌株条件：温度80℃、pH7.5、盐浓度17%、溶解氧1mg/L。

[0115] 调理罐内的菌液使用前述筛选出的原始菌液。

[0116] 处理Cu²⁺时，对原始菌液中菌株做进一步筛选处理，筛选菌株条件为：温度30℃、pH7.5、盐浓度17%、溶解氧1mg/L；加入CuSO₄·5H₂O，使培养基中Cu²⁺含量为20mg/L。

[0117] 处理Zn²⁺时，对原始菌液中菌株做进一步筛选处理，筛选菌株条件为：温度30℃、pH7.5、盐浓度17%、溶解氧1mg/L；加入Zn(NO₃)₂·6H₂O，使培养基中Zn²⁺含量为20mg/L。

[0118] 处理Cr⁶⁺时，对原始菌液中菌株做进一步筛选处理，筛选菌株条件为：温度40℃、pH7.5、盐浓度17%、溶解氧1mg/L；加入K₂Cr₂O₇，使培养基中Cr⁶⁺含量为20mmol/L。

[0119] 实验中测得滤液中COD较低，有机质充分分解，最终得到的滤饼中有机质含量为30%，水分为20%；测得脱除重金属的水中Zn含量为3.4mg/L，Cu含量为2.2mg/L，Pb含量为0.9mg/L，Cr含量为1.2mg/L，水中重金属含量低于国家标准，并且得到的重金属可以回收利用。

[0120] 最后所应说明的是，以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制。尽管参照实施例对本发明进行了详细说明，本领域的普通技术人员应该理解，对本发明的技术方案进行修改或者等同替换，都不脱离本发明技术方案的精神和范围，其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

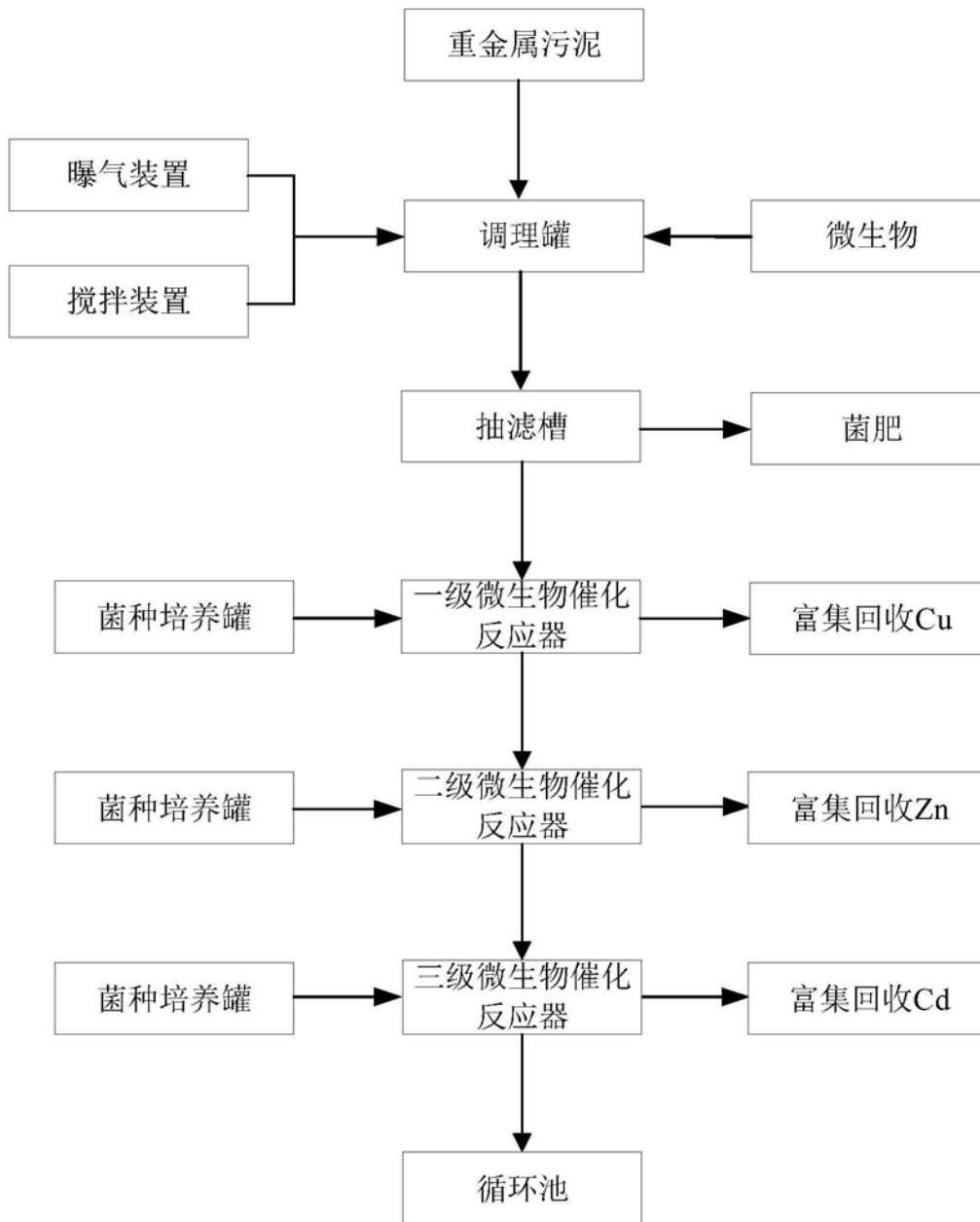


图1

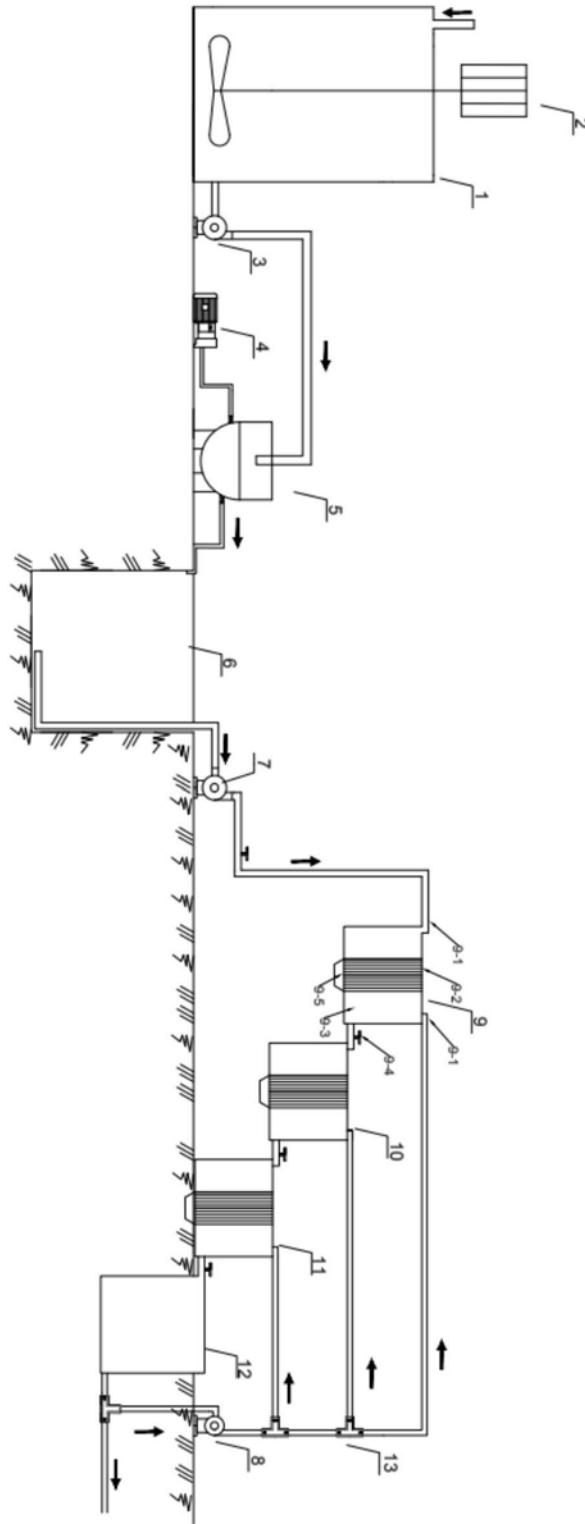


图2