



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114150151 A

(43) 申请公布日 2022. 03. 08

(21) 申请号 202111491983.X

(22) 申请日 2021.12.08

(71) 申请人 中国科学技术大学

地址 230026 安徽省合肥市包河区金寨路
96号

(72) 发明人 袁铃雄 殷炜 赵天磊 姚奇志
周根陶

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限
公司 11227

代理人 张倩

(51) Int. Cl.

G22B 3/18 (2006.01)

G22B 59/00 (2006.01)

G12N 1/20 (2006.01)

C12R 1/01 (2006.01)

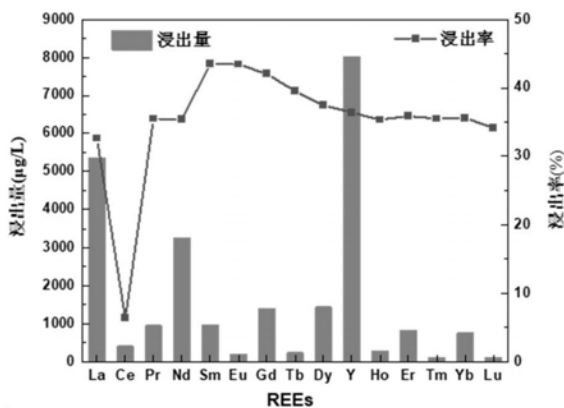
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种离子吸附型稀土矿的浸提方法

(57) 摘要

本发明属于湿法冶金领域,尤其涉及一种离子吸附型稀土矿的浸提方法,包括以下步骤:将葡萄糖作为洋葱伯克氏菌代谢的唯一能源物质,通过利用洋葱伯克氏菌及其代谢产物,或者直接使用洋葱伯克氏菌的代谢液,对离子吸附型稀土矿中的稀土元素进行浸提,得到稀土浸出液。本发明提供的方法将葡萄糖作为洋葱伯克氏菌的唯一能源物质,通过细菌代谢作用对离子吸附型稀土进行浸提,得到的浸出液的氨氮含量可以达到我国稀土工业污染物直接排放标准,NaCl含量可以达到我国地下水水质标准的最优要求。该方法解决了目前离子吸附型稀土浸出过程中存在的氨氮污染及NaCl含量超标的问题,实现了绿色浸出,且实施成本较低。



1. 一种离子吸附型稀土矿的浸提方法,包括以下步骤:

将葡萄糖作为洋葱伯克氏菌代谢的唯一能源物质,通过利用洋葱伯克氏菌及其代谢产物,或者直接利用洋葱伯克氏菌的代谢液,对离子吸附型稀土矿中的稀土元素进行浸提,得到稀土浸出液。

2. 根据权利要求1所述的浸提方法,其特征在于,所述浸提的方式具体为:

a) 将活化的洋葱伯克氏菌、葡萄糖、离子吸附型稀土矿和水进行混合,有氧培养;所述有氧培养的过程中,混合体系内进行洋葱伯克氏菌的生长代谢和稀土元素的溶出,得到稀土浸出液。

3. 根据权利要求2所述的浸提方法,其特征在于,步骤a)中,所述葡萄糖在水中的含量为2~8g/L。

4. 根据权利要求2所述的浸提方法,其特征在于,步骤a)中,所述有氧培养的温度为20~35℃;所述有氧培养的转速为100~250rpm。

5. 根据权利要求1所述的浸提方法,其特征在于,所述浸提的方式具体为:

b) 将活化的洋葱伯克氏菌、葡萄糖和水混合,有氧培养,得到代谢液;使用所述代谢液浸提离子吸附型稀土矿中的稀土元素,得到稀土浸出液。

6. 根据权利要求5所述的浸提方法,其特征在于,步骤b)中,所述葡萄糖在水中的含量为2~8g/L。

7. 根据权利要求5所述的浸提方法,其特征在于,步骤b)中,所述有氧培养的温度为20~35℃;所述有氧培养的转速为100~250rpm;所述有氧培养的时间为3~6d。

8. 根据权利要求5所述的浸提方法,其特征在于,步骤b)中,所述浸提的温度为20~35℃;所述浸提的转速为200~800rpm。

9. 根据权利要求2或5所述的浸提方法,其特征在于,所述活化的洋葱伯克氏菌通过以下方式获得:

c) 将洋葱伯克氏菌解冻后接种于营养琼脂液体培养基,有氧培养,得到活化菌液。

10. 根据权利要求9所述的浸提方法,其特征在于,步骤c)中,所述有氧培养的温度为20~35℃;所述有氧培养的转速为100~250rpm;所述有氧培养的时间为24~48h。

一种离子吸附型稀土矿的浸提方法

技术领域

[0001] 本发明属于湿法冶金领域,尤其涉及一种离子吸附型稀土矿的浸提方法。

背景技术

[0002] 稀土元素因其特殊的物理化学性质,在高新技术中应用广泛,更是在国防、军工领域具有不可替代的作用,已经成为极其重要的战略资源。离子吸附型稀土矿是由母岩风化后产生的游离稀土离子被风化壳中的粘土矿物吸附,并经过不断富集而形成。虽然离子吸附型稀土矿的品位较低(总稀土氧化物约占0.05wt%-0.2wt%),但是提供了全球80%以上的中、重稀土。由于离子吸附型稀土主要是以离子相的形式吸附在粘土矿物上,因此无需通过矿物分解的方式提取稀土。现行的主要方法是原地硫酸铵注液法,即通过稀土离子与铵根离子的交换以及与硫酸根离子的络合来浸出稀土元素。

[0003] 浸出剂硫酸铵具有来源广、价格低和浸出率高的优点,但是长期的使用会导致矿区水系氨氮超标,严重威胁当地的生态环境。而且,在浸出过程中大量硫酸铵的使用会产生大量的高氨氮废水。这些废水中的氨氮很容易通过渗漏和降雨等进入地表水、土壤和地下水中。即使经过自然环境的稀释,矿区水体中的氨氮仍然高达110-160mg/L,远远超过我国地表水(2.0mg/L)和地下水(1.5mg/L)的标准。另外,硫酸铵也会通过侧渗和毛细作用使地表植被遭到破坏,尾矿中大量硫酸铵的残留也会造成尾矿修复困难。

[0004] 微生物浸矿是通过浸矿微生物的直接或间接作用将矿物中的金属溶出,具有环境友好、成本低、效益高的优势,已经成功地应用于多种矿物和固体废弃物中高价值金属的提取和回收。最近已有一些利用微生物技术浸出离子吸附型稀土的专利申请,例如中国专利申请202110255662.3“一种利用微生物浸出风化壳淋积型稀土矿的方法”、202110254835.X“一种通过调控微生物群落结构浸出风化壳淋积型稀土矿的方法”,以及202110254844.9“一种利用微生物的代谢产物浸出风化壳淋积型稀土矿的方法”。但是,这些研究方法中选用的微生物培养基较为丰富,仍然含有较高的氨氮(>100mg/L)和NaCl(>400mg/L)含量,远远超过我国稀土工业污染物间接排放标准(氨氮 \leq 50mg/L)以及我国地下水质量标准允许的最高值(Na^+ :350mg/L、 Cl^- :400mg/L),在实际应用过程中可能存在较高的环境污染风险。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种离子吸附型稀土矿的浸提方法,该方法不存在氨氮污染及浸出液NaCl含量超标的问题,具有良好的经济效益和环境效益。

[0006] 本发明提供了一种离子吸附型稀土矿的浸提方法,包括以下步骤:

[0007] 将葡萄糖作为洋葱伯克氏菌代谢的唯一能源物质,通过利用洋葱伯克氏菌及其代谢产物,或者直接利用洋葱伯克氏菌的代谢液,对离子吸附型稀土矿中的稀土元素进行浸提,得到稀土浸出液。

[0008] 优选的,所述浸提的方式具体为:

[0009] a) 将活化的洋葱伯克氏菌、葡萄糖、离子吸附型稀土矿和水进行混合, 有氧培养; 所述有氧培养的过程中, 混合体系内进行洋葱伯克氏菌的生长代谢和稀土元素的溶出, 得到稀土浸出液。

[0010] 优选的, 步骤a) 中, 所述葡萄糖在水中的含量为2~8g/L。

[0011] 优选的, 步骤a) 中, 所述有氧培养的温度为20~35℃; 所述有氧培养的转速为100~250rpm。

[0012] 优选的, 所述浸提的方式具体为:

[0013] b) 将活化的洋葱伯克氏菌、葡萄糖和水混合, 有氧培养, 得到代谢液; 使用所述代谢液浸提离子吸附型稀土矿中的稀土元素, 得到稀土浸出液。

[0014] 优选的, 步骤b) 中, 所述葡萄糖在水中的含量为2~8g/L。

[0015] 优选的, 步骤b) 中, 所述有氧培养的温度为20~35℃; 所述有氧培养的转速为100~250rpm; 所述有氧培养的时间为3~6d。

[0016] 优选的, 步骤b) 中, 所述浸提的温度为20~35℃; 所述浸提的转速为200~800rpm。

[0017] 优选的, 所述活化的洋葱伯克氏菌通过以下方式获得:

[0018] c) 将洋葱伯克氏菌解冻后接种于营养琼脂液体培养基, 有氧培养, 得到活化菌液。

[0019] 优选的, 步骤c) 中, 所述有氧培养的温度为20~35℃; 所述有氧培养的转速为100~250rpm; 所述有氧培养的时间为24~48h。

[0020] 与现有技术相比, 本发明提供了一种离子吸附型稀土矿的浸提方法。本发明提供的浸提方法包括以下步骤: 将葡萄糖作为洋葱伯克氏菌代谢的唯一能源物质, 通过利用洋葱伯克氏菌及其代谢产物, 或者直接利用洋葱伯克氏菌的代谢液, 对离子吸附型稀土矿中的稀土元素进行浸提, 得到稀土浸出液。本发明提供的方法将葡萄糖作为洋葱伯克氏菌的唯一能源物质, 通过细菌代谢作用对离子吸附型稀土进行浸提, 得到的浸出液的氨氮含量可以达到我国稀土工业污染物直接排放标准, NaCl含量可以达到我国地下水水质标准的最优要求。该方法解决了目前离子吸附型稀土浸出过程中存在的氨氮污染及NaCl含量超标的问题, 实现了绿色浸出, 且实施成本较低。实验结果表明, 本发明方法得到的稀土浸出液的氨氮 $<1\text{mg/L}$, 符合我国稀土工业污染物直接排放标准 ($\leq 15\text{mg/L}$); 浸出液的 $\text{Na}^+ < 30\text{mg/L}$ 、 $\text{Cl}^- < 30\text{mg/L}$, 达到我国地下水水质标准的最优要求 ($\text{Na}^+ \leq 100\text{mg/L}$ 、 $\text{Cl}^- \leq 50\text{mg/L}$)。

附图说明

[0021] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案, 下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍, 显而易见地, 下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例, 对于本领域普通技术人员来讲, 在不付出创造性劳动的前提下, 还可以根据提供的附图获得其他的附图。

[0022] 图1是本发明实施例1提供的各稀土元素的浸出量和浸出率数据图;

[0023] 图2是本发明实施例2提供的各稀土元素的浸出量和浸出率数据图。

具体实施方式

[0024] 下面对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述, 显然, 所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例, 而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例, 本领域普通技

术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范畴。

[0025] 本发明提供了一种离子吸附型稀土矿的浸提方法,包括以下步骤:

[0026] 将葡萄糖作为洋葱伯克氏菌代谢的唯一能源物质,通过利用洋葱伯克氏菌及其代谢产物,或者直接利用洋葱伯克氏菌的代谢液,对离子吸附型稀土矿中的稀土元素进行浸提,得到稀土浸出液。

[0027] 在本发明提供的浸提方法中,所述浸提的方式具体可选择以下两种方式中的任何一种:

[0028] a) 将活化的洋葱伯克氏菌、葡萄糖、离子吸附型稀土矿和水进行混合,有氧培养;所述有氧培养的过程中,混合体系内进行洋葱伯克氏菌的生长代谢和稀土元素的溶出,得到稀土浸出液;

[0029] 或者,

[0030] b) 将活化的洋葱伯克氏菌、葡萄糖和水混合,有氧培养,得到代谢液;使用所述代谢液浸提离子吸附型稀土矿中的稀土元素,得到稀土浸出液。

[0031] 在本发明提供的浸提方法,步骤a)和步骤b)中,所述活化的洋葱伯克氏菌通过以下方式获得:

[0032] c) 将洋葱伯克氏菌解冻后接种于营养琼脂(NA)液体培养基,有氧培养,得到活化菌液。

[0033] 在本发明提供的浸提方法,步骤c)中,所述洋葱伯克氏菌(*Burkholderia cepacia*, ATCC 25416)为伯克氏菌属的模式菌株,该菌株可以通过商业渠道购买,属于杆状革兰氏阴性菌,能利用多种碳源进行生长代谢。

[0034] 在本发明提供的浸提方法,步骤c)中,所述解冻的温度优选为2~6℃,具体可为2℃、2.5℃、3℃、3.5℃、4℃、4.5℃、5℃、5.5℃或6℃,最优选为4℃。

[0035] 在本发明提供的浸提方法,步骤c)中,所述营养琼脂液体培养基的成分包括胰蛋白胨、牛肉浸出物、NaCl和水。其中,所述胰蛋白胨在培养基中的含量优选为2~8g/L,具体可为5g/L;所述牛肉浸出物在培养基中的含量优选为1~5g/L,具体可为3g/L;所述NaCl在培养基中的含量优选为1~5g/L,具体可为2g/L。

[0036] 在本发明提供的浸提方法,步骤c)中,所述有氧培养的温度优选为20~35℃,具体可为20℃、21℃、22℃、23℃、24℃、25℃、26℃、27℃、28℃、29℃、30℃、31℃、32℃、33℃、34℃或35℃;所述有氧培养的转速优选为100~250rpm,具体可为100rpm、110rpm、120rpm、130rpm、140rpm、150rpm、160rpm、170rpm、180rpm、190rpm、200rpm、210rpm、220rpm、230rpm、240rpm或250rpm;所述有氧培养优选在空气气氛中进行;所述有氧培养的时间优选为24~48h,具体可为24h、26h、28h、30h、32h、34h、36h、38h、40h、42h、44h、46h或48h。

[0037] 在本发明提供的浸提方法,步骤c)中,所述活化菌液中的有效活菌数优选为 $1 \times 10^7 \sim 1 \times 10^9$ 个/mL,具体可为 1×10^7 个/mL、 2×10^7 个/mL、 5×10^7 个/mL、 7×10^7 个/mL、 1×10^8 个/mL、 2×10^8 个/mL、 5×10^8 个/mL、 7×10^8 个/mL或 1×10^9 个/mL。

[0038] 在本发明提供的浸提方法,步骤a)中,所述活化的洋葱伯克氏菌优选以活化菌液的形式参与混合;所述活化菌液与水的体积比优选为(0.5~5):100,具体可为0.5:100、0.6:100、0.7:100、0.8:100、0.9:100、1:100、1.2:100、1.5:100、2:100、2.5:100、3:100、

3.5:100、4:100、4.5:100或5:100。

[0039] 在本发明提供的浸提方法,步骤a)中,所述葡萄糖在参与混合之前优选先进行除菌处理;所述除菌的方式优选为将葡萄糖溶解成溶液后用除菌膜过滤;所述葡萄糖在水中的含量优选为2~8g/L,具体可为2g/L、2.5g/L、3g/L、3.5g/L、4g/L、4.5g/L、5g/L、5.5g/L、6g/L、6.5g/L、7g/L、7.5g/L或8g/L,最优选为5g/L。

[0040] 在本发明提供的浸提方法,步骤a)中,所述离子吸附型稀土矿在参与混合之前优选先进行除菌处理;所述除菌的方式优选为加热,所述加热的温度优选为150~200℃,具体可为170℃;所述离子吸附型稀土矿与水的用量比优选为(0.5~10)g:100mL,具体可为0.5g:100mL、1g:100mL、2g:100mL、3g:100mL、4g:100mL、5g:100mL、6g:100mL、7g:100mL、8g:100mL、9g:100mL或10g:100mL。

[0041] 在本发明提供的浸提方法,步骤a)中,所述混合的具体过程优选包括:先将葡萄糖与水混合,然后与离子吸附型稀土矿混合,最后再与洋葱伯克氏菌混合。

[0042] 在本发明提供的浸提方法,步骤a)中,所述有氧培养的温度优选为20~35℃,具体可为20℃、21℃、22℃、23℃、24℃、25℃、26℃、27℃、28℃、29℃、30℃、31℃、32℃、33℃、34℃或35℃;所述有氧培养的转速优选为100~250rpm,具体可为100rpm、110rpm、120rpm、130rpm、140rpm、150rpm、160rpm、170rpm、180rpm、190rpm、200rpm、210rpm、220rpm、230rpm、240rpm或250rpm;所述有氧培养优选在空气气氛中进行。

[0043] 在本发明提供的浸提方法,步骤a)中,有氧培养结束后,进行离心分离,得到的上清液即为最终获得的稀土浸出液。其中,所述离心分离的转速优选为5000~20000rpm,具体可为5000rpm、6000rpm、7000rpm、8000rpm、9000rpm、10000rpm、11000rpm、12000rpm、13000rpm、14000rpm、15000rpm、16000rpm、17000rpm、18000rpm、19000rpm或20000rpm;所述离心分离的时间优选为5~20min,具体可为5min、6min、7min、8min、9min、10min、11min、12min、13min、14min、15min、16min、17min、18min、19min或20min。

[0044] 在本发明提供的浸提方法,步骤b)中,所述活化的洋葱伯克氏菌优选以活化菌液的形式参与混合;所述活化菌液与水的体积比优选为(0.5~5):100,具体可为0.5:100、0.6:100、0.7:100、0.8:100、0.9:100、1:100、1.2:100、1.5:100、2:100、2.5:100、3:100、3.5:100、4:100、4.5:100或5:100。

[0045] 在本发明提供的浸提方法,步骤b)中,所述葡萄糖在参与混合之前优选先进行除菌处理;所述除菌的方式优选为将葡萄糖溶解成溶液后用除菌膜过滤;所述葡萄糖在水中的含量优选为2~8g/L,具体可为2g/L、2.5g/L、3g/L、3.5g/L、4g/L、4.5g/L、5g/L、5.5g/L、6g/L、6.5g/L、7g/L、7.5g/L或8g/L,最优选为5g/L。

[0046] 在本发明提供的浸提方法,步骤b)中,所述混合的具体过程优选包括:先将葡萄糖与水混合,然后再与洋葱伯克氏菌混合。

[0047] 在本发明提供的浸提方法,步骤b)中,所述有氧培养的温度优选为20~35℃,具体可为20℃、21℃、22℃、23℃、24℃、25℃、26℃、27℃、28℃、29℃、30℃、31℃、32℃、33℃、34℃或35℃;所述有氧培养的转速优选为100~250rpm,具体可为100rpm、110rpm、120rpm、130rpm、140rpm、150rpm、160rpm、170rpm、180rpm、190rpm、200rpm、210rpm、220rpm、230rpm、240rpm或250rpm;所述有氧培养优选在空气气氛中进行;所述有氧培养的时间优选为3~6d,具体可为3d、3.5d、4d、4.5d、5d、5.5d或6d。

[0048] 在本发明提供的浸提方法,步骤b)中,有氧培养结束后,进行离心分离,得到的上清液即为代谢液。其中,所述离心分离的转速优选为5000~20000rpm,具体可为5000rpm、6000rpm、7000rpm、8000rpm、9000rpm、10000rpm、11000rpm、12000rpm、13000rpm、14000rpm、15000rpm、16000rpm、17000rpm、18000rpm、19000rpm或20000rpm;所述离心分离的时间优选为5~20min,具体可为5min、6min、7min、8min、9min、10min、11min、12min、13min、14min、15min、16min、17min、18min、19min或20min。

[0049] 在本发明提供的浸提方法,步骤b)中,所述离子吸附型稀土矿在参与浸提之前优选先进行除菌处理;所述除菌的方式优选为加热,所述加热的温度优选为150~200℃,具体可为170℃;所述离子吸附型稀土矿与代谢液的用量比优选为(0.25~0.75)g:25mL,具体可为0.25g:25mL、0.3:25mL、0.35:25mL、0.4:25mL、0.45:25mL、0.5:25mL、0.55:25mL、0.6:25mL、0.65:25mL、0.7:25mL或0.75:25mL。

[0050] 在本发明提供的浸提方法,步骤b)中,所述浸提的温度优选为20~35℃,具体可为20℃、21℃、22℃、23℃、24℃、25℃、26℃、27℃、28℃、29℃、30℃、31℃、32℃、33℃、34℃或35℃;所述浸提的转速优选为200~800rpm,具体可为200rpm、250rpm、300rpm、350rpm、400rpm、450rpm、500rpm、550rpm、600rpm、650rpm、700rpm、750rpm或800rpm。

[0051] 在本发明提供的浸提方法,步骤b)中,浸提结束后,进行离心分离,得到的上清液即为最终获得的稀土浸出液。其中,所述离心分离的转速优选为5000~20000rpm,具体可为5000rpm、6000rpm、7000rpm、8000rpm、9000rpm、10000rpm、11000rpm、12000rpm、13000rpm、14000rpm、15000rpm、16000rpm、17000rpm、18000rpm、19000rpm或20000rpm;所述离心分离的时间优选为5~20min,具体可为5min、6min、7min、8min、9min、10min、11min、12min、13min、14min、15min、16min、17min、18min、19min或20min。

[0052] 本发明提供的方法将葡萄糖作为洋葱伯克氏菌的唯一能源物质,通过细菌代谢作用对离子吸附型稀土进行浸提,得到的浸出液的氨氮含量可以达到我国稀土工业污染物直接排放标准,NaCl含量可以达到我国地下水水质标准的最优要求。该方法解决了目前离子吸附型稀土浸出过程中存在的氨氮污染及NaCl含量超标的问题,实现了绿色浸出,且实施成本较低。

[0053] 更具体来说,发明人通过研究发现,洋葱伯克氏菌在寡营养培养基中依然可以较好地生长、代谢,并产生一定量的有机酸,经过pH测定可发现体系的酸碱度可以控制在2.5~4之间。相比之下,现行的硫酸铵原地注液法浸出离子吸附型稀土的工艺需要通过额外添加无机酸将整个浸出体系的pH调节至3~4。因此,采用洋葱伯克氏菌代谢有机营养物质产生富含有机酸的代谢液作为浸出剂,能够从生产消耗上避免硫酸铵工艺中大量无机酸的使用,进一步降低成本,而且浸出液中少量剩余的葡萄糖、有机酸等有机物在排放入环境后能自发的降解,不存在硫酸铵浸出剂中残留的高浓度氨氮对环境造成的负面影响。同时,由于选用的培养基中只有葡萄糖这种营养物质,因此浸出体系中NaCl仅仅来源于加入的活化菌液,其含量可以控制在我国水质标准要求的范围内,进一步从源头上解决了其他离子吸附型稀土浸出方法中NaCl含量超标的问题。此外,在这种寡营养条件下洋葱伯克氏菌的生物量并不多,也减轻了后续对微生物菌体的处理压力,相较于生物量较高的真菌浸出工艺具有明显的优势。总而言之,以简单糖类作为唯一能源物质,洋葱伯克氏菌就能对离子吸附型稀土实现较好的浸出效果,为离子吸附型稀土的绿色浸出提供了一种新的途径。

[0054] 为更清楚起见,下面通过以下实施例进行详细说明。

[0055] 在本发明的下述实施例中,所使用的活化菌液按照以下步骤制备得到:

[0056] 将储藏于超低温冰箱的保种细菌(洋葱伯克氏菌,*Burkholderia cepacia*, ATCC 25416)于4℃冰箱进行解冻,接种于装有100mL NA培养基(5g/L胰蛋白胨,3g/L牛肉浸出物,2g/L NaCl)的培养瓶中,空气气氛下在温度为30℃、转速为200rpm的微生物培养箱中有氧培养24小时,即可获得所需的活化菌液(有效活菌数为 1×10^8 个/mL)。

[0057] 实施例1

[0058] 在无菌操作台内,通过滤膜除菌的方式将5mL 100g/L葡萄糖溶液加入装有95mL无菌水的250mL培养瓶中,然后投加3g预先经过170℃干热灭菌3小时的离子吸附型稀土矿(取自广东帽峰山);再将1mL活化菌液接种到该体系中;随后,将培养瓶置于温度为30℃、转速为200rpm的微生物培养箱中,空气气氛下进行有氧培养;期间,洋葱伯克氏菌在培养瓶内生长、代谢,矿物中的稀土元素在培养瓶内逐渐溶出。

[0059] 在不同时间点(1、3、5和7天)通过离心机10000rpm离心10分钟收集上清液,并用0.22μm孔径的醋酸纤维素膜过滤离心得到的上清液;对上清液进行pH值测定,结果为:1、3、5和7天的pH值依次为2.59、2.27、2.16、2.17;对第7天离心收集的上清液的氨氮含量、Na⁺含量和Cl⁻含量进行测定,其中,氨氮的含量由紫外分光光度计(UV-VIS)测定,钠离子的含量由电感耦合等离子体光学发射光谱(ICP-OES)测定,氯离子的含量由离子色谱仪(IC)测定,测定结果为:氨氮含量为0.27mg/L,Na⁺含量为14.91mg/L和Cl⁻含量为22.49mg/L;使用ICP-MS对第7天离心收集的上清液进行稀土元素含量的测定,并计算稀土元素浸出率,结果为:稀土元素浸出率为43.55%,稀土浸出总量为24356.3μg/L,各稀土元素的具体浸出率和浸出量详见图1。

[0060] 实施例2

[0061] 在无菌操作台内,通过滤膜除菌的方式将5mL 100g/L葡萄糖溶液加入装有95mL无菌水的250mL培养瓶中,然后加入1mL活化菌液;随后,将培养瓶置于温度为30℃、转速为200rpm的微生物培养箱中,空气气氛下有氧培养5天,使得微生物生长体系的pH值达到稳定,通过离心机10000rpm离心10分钟收集代谢液(pH=2.43);取25mL代谢液于50mL的烧杯,加入0.75g离子吸附型稀土矿(取自广东帽峰山),置于转速为600rpm的磁力搅拌器上在室温下进行搅拌;期间,矿物中的稀土元素在烧杯内逐渐溶出。

[0062] 在第7天通过离心机10000rpm离心10分钟收集上清液,并用0.22μm孔径的醋酸纤维素膜过滤离心得到的上清液;对上清液的氨氮含量、Na⁺含量和Cl⁻含量进行测定,其中,氨氮的含量由紫外分光光度计(UV-VIS)测定,钠离子的含量由电感耦合等离子体光学发射光谱(ICP-OES)测定,氯离子的含量由离子色谱仪(IC)测定,测定结果为:氨氮含量为0.18mg/L,Na⁺含量为15.80mg/L和Cl⁻含量为23.61mg/L;使用ICP-MS对上清液进行稀土元素含量的测定,并计算稀土元素浸出率,结果为:稀土元素浸出率为51.77%,稀土浸出总量为27795.2μg/L,各稀土元素的具体浸出率和浸出量详见图2。

[0063] 实施例3

[0064] 在无菌操作台内,通过滤膜除菌的方式将5mL 100g/L葡萄糖溶液加入装有95mL无菌水的250mL培养瓶中,然后分别投加3g预先经过170℃干热灭菌3小时的4个不同地方的离子吸附型稀土矿(广东帽峰山、广东平远、江西赣县、江西葛藤嘴);再将1mL活化菌液接种到

该体系中;随后,将培养瓶置于温度为30℃、转速为200rpm的微生物培养箱中,空气气氛下进行有氧培养;期间,洋葱伯克氏菌在培养瓶内生长、代谢,矿物中的稀土元素在培养瓶内逐渐溶出。

[0065] 在第7天通过离心机10000rpm离心10分钟收集上清液,并用0.22 μ m孔径的醋酸纤维素膜过滤离心得到的上清液;对上清液的氨氮含量、Na⁺含量和Cl⁻含量进行测定,其中,氨氮的含量由紫外分光光度计(UV-VIS)测定,钠离子的含量由电感耦合等离子体光学发射光谱(ICP-OES)测定,氯离子的含量由离子色谱仪(IC)测定,测定结果为:氨氮含量分别为0.21mg/L、0.24mg/L、0.19mg/L、0.31mg/L,Na⁺含量分别为14.98mg/L、15.34mg/L、15.27mg/L、15.16mg/L和Cl⁻含量分别为22.53mg/L、23.27mg/L、22.79mg/L、23.36mg/L;使用ICP-MS对上清液进行稀土元素含量的测定,并计算稀土元素浸出率,结果为:稀土元素浸出率分别为53.87%、35.49%、50.65%和58.54%,稀土浸出总量分别为29211.9 μ g/L、14992.4 μ g/L、27412.4 μ g/L和34387.0 μ g/L。

[0066] 实施例4

[0067] 在无菌操作台内,通过滤膜除菌的方式将5mL 100g/L葡萄糖溶液加入装有95mL无菌水的250mL培养瓶中,然后加入1mL活化菌液;随后,将培养瓶置于温度为30℃、转速为200rpm的微生物培养箱中,空气气氛下有氧培养5天,使得微生物生长体系的pH值达到稳定,通过离心机10000rpm离心10分钟收集代谢液;同时配制与代谢液中NaCl含量(50.53mg/L)相同的溶液作为空白对比,且将两者的pH均调节为4;分别取25mL代谢液及NaCl溶液于50mL的烧杯,加入0.75g离子吸附型稀土矿(取自广东帽峰山),置于转速为600rpm的磁力搅拌器上在室温下进行搅拌。

[0068] 在第7天通过离心机10000rpm离心10分钟收集上清液,并用0.22 μ m孔径的醋酸纤维素膜过滤离心得到的上清液;对上清液的氨氮含量、Na⁺含量和Cl⁻含量进行测定,其中,氨氮的含量由紫外分光光度计(UV-VIS)测定,钠离子的含量由电感耦合等离子体光学发射光谱(ICP-OES)测定,氯离子的含量由离子色谱仪(IC)测定,测定结果为:代谢液和NaCl溶液浸出体系的氨氮含量分别为0.25mg/L、0mg/L,Na⁺含量分别为15.31mg/L、18.67mg/L和Cl⁻含量分别为22.37mg/L、31.58mg/L;使用ICP-MS对上清液进行稀土元素含量的测定,并计算稀土元素浸出率,结果为:代谢液和NaCl溶液浸出体系的稀土元素浸出率分别为28.65%和0.01%,稀土浸出总量分别为13618.4 μ g/L和7.2 μ g/L。

[0069] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

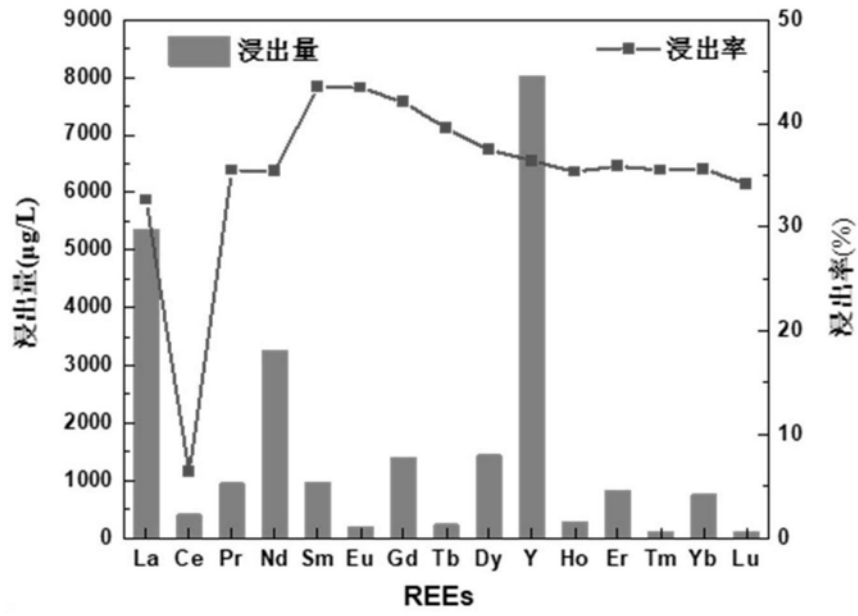


图1

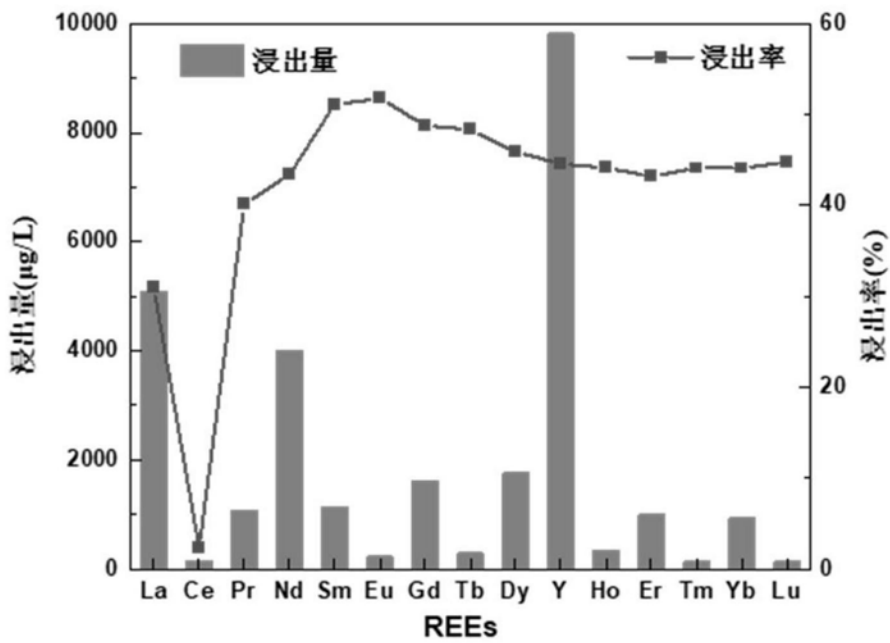


图2