



(21) 申请号 201910214586.4

C02F 3/00 (2006.01)

(22) 申请日 2019.03.20

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 210048548 U, 2020.02.11

申请公布号 CN 109987719 A

CN 104277970 A, 2015.01.14

(43) 申请公布日 2019.07.09

CN 108550883 A, 2018.09.18

(73) 专利权人 山东师范大学

CN 104577171 A, 2015.04.29

地址 250014 山东省济南市历下区文化东路88号

WO 2018188288 A1, 2018.10.18

CN 103861463 A, 2014.06.18

(72) 发明人 徐飞 朱雅洁 孔强 苗明升

黄燕新; 李萍; 颜幼平. 微生物燃料电池阳极产电菌的选育. 广东化工. 2010, (03), 137-138.

周璐璐 袁青 陈慧莹 王芽琦

审查员 丁予涵

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

专利代理师 李圣梅

(51) Int. Cl.

C02F 3/34 (2006.01)

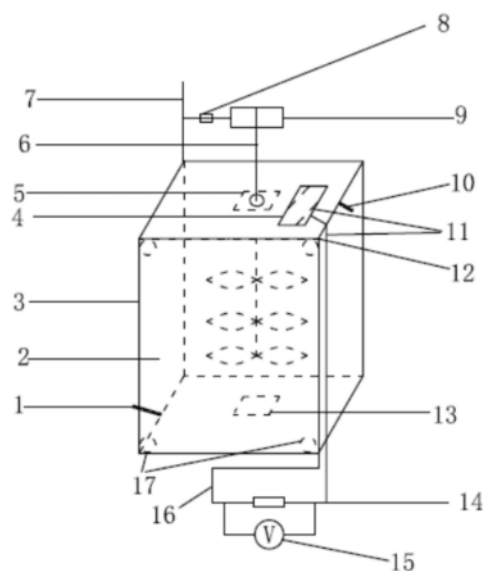
权利要求书1页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种分离产电菌的装置及方法

(57) 摘要

本公开提出了一种分离产电菌的装置及方法,所述装置包括绝缘壳体,所述绝缘壳体内用于容纳有污水及污泥;所述绝缘壳体内位于相对的位置嵌有永久磁体,在永久磁体磁场的作用下污水及污泥中产电微生物分解有机物产生电子使得细胞表面带电,产电微生物成为带电粒子在磁场的作用下富集在设置在绝缘壳体内壁一侧的碳毡上;所述绝缘壳体内壁另一侧设置有Nafion处理过的碳布,所述产电微生物停留在碳毡上面,其表面的电子通过导线运送到Nafion处理过后的碳布表面,质子运送到Nafion处理过后的碳布表面,电子与空气中的氧气、质子反应生成水;所述导线电流恒定时,取出富集在碳毡上的产电微生物即产电菌。本公开技术方案可高效、简便地分离产电菌。



1. 一种分离产电菌的装置,其特征是,所述装置包括绝缘壳体,所述绝缘壳体内用于容纳有污水及污泥;

在带电粒子受力方向的绝缘壳体内壁上固定有碳毡;所述碳毡所在的绝缘壳体内壁的一侧开口,将与碳毡相连的导线引出;

所述绝缘壳体内位于相对的位置嵌有永久磁体,具体为:所述绝缘壳体上下针对位置分别设置有北极及南极;在永久磁体磁场的作用下污水及污泥中产电微生物分解有机物产生电子使得细胞表面带电,产电微生物成为带电粒子在磁场的作用下富集在设置在绝缘壳体内壁一侧的碳毡上;

所述绝缘壳体内壁另一侧设置有Nafion处理过的碳布,所述产电微生物停留在碳毡上面,其表面的电子通过导线运送到Nafion处理过后的碳布表面,质子运送到Nafion处理过后的碳布表面,电子与空气中的氧气、质子反应生成水;

所述导线电流恒定时,取出富集在碳毡上的产电微生物即产电菌。

2. 如权利要求1所述的一种分离产电菌的装置,其特征是,所述绝缘壳体的一个面上设置有一个口,作为污水污泥的进出口。

3. 如权利要求1所述的一种分离产电菌的装置,其特征是,绝缘壳体的一个面设置两个口,分别作为污水污泥的进口及污水污泥的出口。

4. 如权利要求1所述的一种分离产电菌的装置,其特征是,所述绝缘壳体的一个面上设置有污水污泥的进口及另一个面上设置污水污泥的出口。

5. 如权利要求1所述的一种分离产电菌的装置,其特征是,Nafion处理过的碳布及富集产电菌的碳毡之间设置有导线,导线串联有电阻,电阻并联有电压表,用于检测导线中的电流是否稳定,在监测到电压稳定时,则碳毡富集产电菌完成。

6. 如权利要求1所述的一种分离产电菌的装置,其特征是,所述绝缘壳体的上表面设置有搅拌器,搅拌器的安装位置与北极的安装位置在上表面的同一位置,或不同的位置,当均位于上表面正中位置时,在北极的中部开口,穿过搅拌器,搅拌器的上端与电动机相连,由电动机带动搅拌器进行转动,电动机固定在铁架台上。

7. 如权利要求6所述的一种分离产电菌的装置,其特征是,所述电动机还与定时装置相连。

8. 如权利要求1所述的一种分离产电菌的装置,其特征是,所述绝缘壳体的上表面设置有把手,利用该把手可将上表面打开,从而取出富集产电菌的碳毡。

9. 基于权利要求1-8任一所述的一种分离产电菌的装置的方法,其特征是,包括:

绝缘壳体内壁一侧固定碳毡,绝缘壳体内壁另一侧固定Nafion处理过的碳布,绝缘壳体内壁相对的位置嵌有永久磁体;

将污水及污泥装入绝缘壳体内,污水及污泥处于厌氧环境中;

在永久磁体磁场的作用下污水及污泥中产电微生物分解有机物产生电子使得细胞表面带电,产电微生物成为带电粒子在磁场的作用下富集在设置在绝缘壳体内壁一侧的碳毡上;

产电微生物停留在碳毡上面,其表面的电子通过导线运送到Nafion处理过后的碳布表面,质子运送到Nafion处理过后的碳布表面,电子与空气中的氧气、质子反应生成水;

导线电流恒定时,取出富集在碳毡上的产电微生物即产电菌。

一种分离产电菌的装置及方法

技术领域

[0001] 本公开涉及微生物分离及污水处理技术领域,特别是涉及一种分离产电菌的装置及方法。

背景技术

[0002] 微生物代谢产生的电子并将电子传递到细胞外,普遍认可的微生物传递电子的方式可分为三种:细胞接触传递、电子中间体传递和纳米导线传递。

[0003] 细胞接触传递主要是通过膜外细胞色素完成的,需要细胞(细胞色素)和电极发生物理接触。也就是说,只有生长在电极表面的细菌将细胞膜与电极表面直接接触,代谢过程中产生的电子才能通过细胞膜中的细胞色素传递到电极上。研究发现,与阳极直接接触的电极生物膜微生物细胞,可通过外膜氧化还原蛋白(如细胞色素C)将电子直接转移到阳极。光谱电化学研究认为,外膜细胞色素C具有电化学活性,可作为微生物细胞外表面与电极表面的电接触点,通过直接与电极表面接触,接受或传递电子。

[0004] 电子中间体是一种能够介入氧化还原体系,在电子传递过程中起到运载作用的无机或有机小分子。当中间体处于氧化状态时,可以作为细胞的电子受体,在微生物细胞外膜上得到还原酶的电子被还原,转变为还原态的分子扩散到电极,从而将电子传递到电极表面,同时自身又转化成氧化态分子。这些电子传递中间体包括中性红、2,6-蒽醌-二磺酸(AQDS)、硫堇、铁氰化钾和甲基紫等。

[0005] 纳米导线(Nanowire)是Reguera等研究地杆菌*Geobacter sulfurreducens*时发现的。*G. sulfurreducens*表面存在一种导线,宽为3-5nm,具有良好的导电性能。纳米导线位于细胞的一侧,一端与微生物细胞外膜相连,另一端与电极表面直接接触,可能在电子传递过程中起着重要的桥梁作用,摆脱了要求菌体直接接触电极才能传递电子的限制,从而使远距离的电子传输成为可能。

[0006] 产电菌分离技术的现状:产电菌又称为胞外呼吸细菌或电化学活性细菌,是一类可以将代谢过程中产生的电子传递到胞外进行厌氧呼吸的微生物。它们在自然界中广泛存在,可以利用电极作为唯一的电子受体进行厌氧呼吸。

[0007] 发明人在研究中发现,分离产电微生物就是将各种来源的混合菌群接种在微生物燃料电池(microbial fuel cell,MFC)阳极直接进行选择性的富集培养,然后在平板上逐级稀释分离得到可培养的纯菌。随着对MFC微生物产电机理的不断深入,基于产电菌的胞外电子传递机理开发了一些新的筛选方法。好氧或厌氧条件下,“Rabaey K,Boon N,Hofte M,Verstraete W.Microbial phenazine production enhances electron transfer in biofuel cells[J].Environmental Science&Technology,2004,39(9):3401-3408”用营养平板分离来自MFC阳极的混合菌,“Zuo Y,Xing DF,Regan JM,Logan BE.Isolation of the exoelectrogenic bacterium *Ochrobactrum anthropi* YZ-1 by using a U-tube microbial fuel cell[J].Applied and environmental microbiology,2008,74(10):3130-3137”用特殊的U型管式MFC分离得到产电菌*Ochrobactrum anthropi* YZ-1,通过产

电菌的产电能力来分离产电菌,最大程度上保留产电菌。“Xing DF,Zuo Y,Cheng S,Regan JM,Logan BE.Electricity generation by Rhodopseudomonas palustris DX-1[J].Environmental Science&Technology,2008,42(11):4146-4151”用Hungate滚管连续稀释法分离出产电菌Rhodopseudomonas palustris DX-1。“Yuan SJ,He H,Sheng LGP,Chen JJ,Tong ZH,Cheng YY,Li WW,Lin ZQ,Zhang F,Yu HQ.A Photometric High-Throughput Method for Identification of Electrochemically Active Bacteria Using a WO_3 Nanocluster Probe[J].Scientific reports,2013,DOI:10.1038/srep01315”利用电致变色特性的纳米材料 WO_3 纳米棒探针的高通量筛选法新型常压室温等离子体诱变菌株。上述分离方法实验装置较复杂、运行时间相对较长及操作难度较大等缺陷,这阻碍了产电菌的分离工作。

发明内容

[0008] 本说明书实施方式的目的是提供一种分离产电菌的装置,可高效、简便地分离产电菌。

[0009] 本说明书实施方式提供一种分离产电菌的装置,所述装置包括绝缘壳体,所述绝缘壳体内用于容纳有污水及污泥;

[0010] 所述绝缘壳体内位于相对的位置嵌有永久磁体,在永久磁体磁场的作用下污水及污泥中产电微生物分解有机物产生电子使得细胞表面带电,产电微生物成为带电粒子在磁场的作用下富集在设置在绝缘壳体内壁一侧的碳毡上;

[0011] 所述绝缘壳体内壁另一侧设置有Nafion处理过的碳布,所述产电微生物停留在碳毡上面,其表面的电子通过导线运送到Nafion处理过后的碳布表面,质子运送到Nafion处理过后的碳布表面,电子与空气中的氧气、质子反应生成水;

[0012] 所述导线电流恒定时,取出富集在碳毡上的产电微生物即产电菌。

[0013] 本说明书另一实施方式提供一种分离产电菌的方法,包括:

[0014] 绝缘壳体内壁一侧固定碳毡,绝缘壳体内壁另一侧固定Nafion处理过的碳布,绝缘壳体内壁相对的位置嵌有永久磁体;

[0015] 将污水及污泥装入绝缘壳体内,污水及污泥处于厌氧环境中;

[0016] 在永久磁体磁场的作用下污水及污泥中产电微生物分解有机物产生电子使得细胞表面带电,产电微生物成为带电粒子在磁场的作用下富集在设置在绝缘壳体内壁一侧的碳毡上;

[0017] 产电微生物停留在碳毡上面,其表面的电子通过导线运送到Nafion处理过后的碳布表面,质子运送到Nafion处理过后的碳布表面,电子与空气中的氧气、质子反应生成水;

[0018] 导线电流恒定时,取出富集在碳毡上的产电微生物即产电菌。

[0019] 与现有技术相比,本公开的有益效果是:

[0020] 本公开技术方案可高效、简便地分离产电菌。

[0021] 本公开技术方案磁场的存在使得产电菌向碳毡移动,富集后的产电菌具有趋磁性。

[0022] 本公开技术方案富集产电菌的碳毡作为微生物燃料电池的阳极的接种菌,减少产电菌驯化时间。

[0023] 本公开技术方案进行可作为沉积型微生物燃料电池的阳极修复底泥、养殖废水污染的近海接种微生物,由于具有趋磁性,可减少单室微生物燃料电池微生物损失或减少为降低微生物逃逸所需组建成本。

附图说明

[0024] 构成本公开的一部分的说明书附图用来提供对本公开的进一步理解,本公开的示意性实施例及其说明用于解释本公开,并不构成对本公开的不当限定。

[0025] 图1为本公开实施例子高效分离产电菌的技术装置结构示意图;

[0026] 图中,1、进出口;2、碳毡;3亚克力塑料装置;4、碳布;5、北极;6、搅拌器;7、铁架台;8、定时装置;9、电动机;10、把手;11、第一导线;12、连接碳毡导线的出口;13、南极;14、电阻;15、电压表;16、第二导线;17、螺丝。

具体实施方式

[0027] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本公开提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本公开所属技术领域的普通技术人员通常理解的相同含义。

[0028] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本公开的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0029] 生物磁效应是指环境磁场、外加磁场及自身产生的生物磁对生物的生命活动或组织产生的作用。“Johns DG,Adamson RH.Enhancement of the biological activity of cordycepin(3'-deoxyadenosine)by the adenosine deaminase inhibitor 2'-deoxycoformycin[J].Biochemical Pharmacology,2006,25(12):1441-1444”证实灵芝、杏鲍菇、香菇等食药菌生长受生物磁效应的影响。“Rao TR,Sonolikar RL,Saheb SP.Influence of magnetic field on the performance of bubble columns and airlift bioreactor with submersed microorganisms[J].Chemical engineering science,1997,52(21):4155-4160”发现外加磁场可以加快酚类的分解,并且在磁场强度为22mT的条件下,分解量可达到最大。“Yavuz H,Celebi SS.Effects of magnetic field on activity of activated sludge in wastewater treatment[J].Enzyme and Microbial Technology,2000,26(1):22-27”研究表明在污水处理过程中,有机物的去除速率随着磁场强度的增强而加快,在17.8mT时达到最快,但是随后随着磁场强度进一步的增强,降解速率却下降并出现了抑制有机物降解的效果。“Jung J,Sofer S.Enhancement of phenol biodegradation by south magnetic field exposure[J].Journal of chemical technology and biotechnology,1997,70(3):299-303”也研究发现在0.15T和0.35T的外加磁场条件下,苯酚氧化活性可以进一步增强。磁生物效应的成功应用表明了外加磁场可以增强生物活性,这种促进作用可能表现为两种策略:一是加速目的微生物的生长,起到富集培养的目的;二是加速微生物的代谢速率。

[0030] 带电粒子在磁场中受力,设置永磁场,产电菌厌氧呼吸产生的电子传输到细胞外

使细胞呈现负价,带电粒子在磁场中做切割磁感线运动受力改变运动轨迹。

[0031] 在细胞受力方向的装置内壁上加碳毡,产电菌会富集到碳毡上,形成产电菌挂膜。碳毡作为良好的电子受体也使得产电菌向碳毡移动。利用质子可通过而氧气不可通过Nafion膜的特性,在装置上部设置用Nafion处理之后的膜并布置导线,导线连接到装置外部与上部的导线相连,在电路中串联1000欧姆电阻,电阻并联电压表,根据电压数据可确定装置的稳定性。

[0032] 实施例子一

[0033] 本说明书实施方式提供一种分离产电菌的装置,装置包括绝缘壳体,所述绝缘壳体内用于容纳有污水及污泥;

[0034] 绝缘壳体内位于相对的位置嵌有永久磁体,在永久磁体磁场的作用下污水及污泥中产电微生物分解有机物产生电子使得细胞表面带电,产电微生物成为带电粒子在磁场的作用下富集在设置在绝缘壳体内壁一侧的碳毡上;

[0035] 绝缘壳体内壁另一侧设置有Nafion处理过的碳布,所述产电微生物停留在碳毡上面,其表面的电子通过导线运送到Nafion处理过后的碳布表面,质子运送到Nafion处理过后的碳布表面,电子与空气中的氧气、质子反应生成水;

[0036] 导线电流恒定时,取出富集在碳毡上的产电微生物即产电菌。

[0037] 在具体实施例子中,分离产电菌的装置包括进出水口,绝缘壳为嵌有永久磁体的亚克力塑料装置3,Nafion处理过后的碳布4,嵌入装置内的北极5,搅拌器6(材质为塑料),固定电动机的铁架台7,定时装置8,电动机9,与装置相连的可开其上盖的把手10,嵌入装置内的南极13,1000 Ω 电阻14、电压表15,第一导线11,第二导线16,在装置前方碳毡2。

[0038] 具体实施例子中,上述分离产电菌的装置的具体结构参见附图1进行说明如下:嵌有永久磁体的亚克力塑料装置的形状为方形体、圆柱体或其他能够满足正常工作的形状均可,其材质并不限于亚克力塑料,其他非金属材质或不导电的材质均可,此处不再一一举例。

[0039] 在一实施例子中,亚克力塑料装置采用方形体,在方形体的一个面上设置有一个口,作为污水污泥的进出口1,当然,也可在方形体的一个面设置两个口,分别作为污水污泥的进口及污水污泥的出口,或者将污水污泥的进口及污水污泥的出口设置在方形体的两个面上。

[0040] 在一实施例子中,亚克力塑料装置所嵌有永久磁体北极为处于装置的上面内部的中间位置,及永久磁体南极为处于装置的下面内部的中间位置,这样,南极及北极两者之间距离最短,所产生的磁场强度较强,效果最优,在亚克力塑料装置的一个侧壁上设置有碳毡,这样,当亚克力塑料装置装满污水、污泥时,在永久磁体磁场的作用下污水及污泥中产电微生物分解有机物产生电子使得细胞表面带电,产电微生物成为带电粒子在磁场的作用下富集在设置在绝缘壳体内壁一侧的碳毡上向碳毡移动。

[0041] 需要说明的是,碳毡一方面作为电子接受体,将产电细菌的胞外电子收集到碳毡进而传递到导线进入电路;另一方面是为微生物富集生长提供空间场所。

[0042] 富集产电菌的碳毡置于装置前侧,因为带电的产电菌运动在磁场当中受到洛伦兹力向装置的前侧运动,因此,碳毡设置在产电菌细胞受力的方向。

[0043] 在一实施例子中,碳毡在固定时,可采用螺栓的方式进行固定,也可采用其他方式

进行固定,在碳毡固定所在的面的一角开口,将与碳毡相连的导线引出装置外。

[0044] 在一实施例子中,亚克力塑料装置的上面开设有口,在该口内嵌有Nafion处理过的碳布,Nafion处理过的碳布与外界氧气隔绝,保证装置内处于厌氧环境,此外,Nafion处理过的碳布只允许装置内的质子通过,产电微生物产生的电子通过导线运送到Nafion处理过后的碳布表面,与空气中的氧气、质子反应生成水,完成一个完整的反应,产生电流。

[0045] 在一实施例子中,Nafion处理过的碳布及富集产电菌的碳毡之间设置有导线,导线串联有电阻,电阻并联有电压表,用于检测导向中的电压是否稳定,在监测到电流稳定时,则碳毡富集产电菌完成。

[0046] 在一实施例子中,在亚克力塑料装置的上表面设置有搅拌器,搅拌器的安装位置与北极的安装位置在上表面的同一位置,或不同的位置,当均位于亚克力塑料装置的上表面正中位置时,在北极的中部开口,穿过搅拌器,搅拌器的上端与电动机相连,由电动机带动搅拌器进行转动,电动机固定在铁架台上,铁架台可固定在亚克力塑料装置的上方,也可固定在其他位置,在一实施例子中,电动机还可与定时装置相连,实现对电动机搅拌时间的确定。

[0047] 在一实施例子中,在亚克力塑料装置的上表面设置有把手,利用该把手可将上表面打开,从而取出富集产电菌的碳毡。

[0048] 在该实施例子中的工作过程,具体为:装置启动阶段,污水、污泥混合物从进出水口进入亚克力塑料装置直至装置装满为止,电动机定时搅拌装置内污水污泥,使其混合均匀,北极及南极会产生磁场,磁场会加速微生物的生长,同时装置内的产电微生物分解有机物产生电子使得细胞表面带电,因为带电的产电菌运动在磁场当中受到洛伦兹力向装置的前侧运动,富集产电菌的碳毡置于装置前侧;碳布置于装置的上方,并且经过Nafion处理,目的一是与外界氧气隔绝,保证装置内处于厌氧环境;二是只允许装置内的质子通过,使电路闭合;三设置上部,有效防止装置因磕碰等意外状况导致的漏水。Nafion处理过后的碳布上部与空气接触的部分即为Nafion膜。导线连接电阻形成闭合回路。

[0049] 产电微生物停留在碳毡上面其表面的电子通过导线运送到Nafion处理过后的碳布表面,质子在装置内部运送到Nafion处理过后的碳布表面,电子与空气中的氧气、质子反应生成水,完成一个完整的反应,产生电流。通过监测电阻两端的电压,电压稳定后排空装置内的水,用把手打开装置,取出富集产电菌的碳布。

[0050] 实施例子二

[0051] 本说明书实施方式提供实验环境下的分离产电菌的装置,基本结构基于上述实施例子一的分离产电菌的装置,具体的分离产电菌的方法,流程步骤示例,该实施例子以长宽高以 $30 \times 30 \times 60\text{cm}$ 的装置为例:

[0052] (1)首先在装置内固定碳毡,碳布可为在制造装置时已经固定好的,当然也可后续使用时专门开孔装置;

[0053] (2)其次加入厌氧污泥,覆盖装置底部12厘米左右,约装置的1/5;

[0054] (3)加入模拟的生活污水或受污染的河水(污水可采用模拟的受污染的河水或者生活废水);

[0055] (4)密封装置;

[0056] (5)调节定时装置,使搅拌器每一小时转10转,保证污水和污泥的混合;

[0057] (6)温度范围:15-25度,可在室温下运行,装置对周围环境温度要求不严格。

[0058] (7)导线电流恒定时,取出富集在碳毡上的产电微生物即产电菌。

[0059] 在具体实施时,所模拟的受污染河水成分见表一所示:

[0060] 表一

配料	蔗糖	硫酸铵	硝酸钾	磷酸二氢钾
浓度 (mg/L)	53.483	37.714	50.500	6.581

[0062] 在具体实施时,所模拟生活污水组成见表二所示,微量元素组成见表三所示:

[0063] 表二

组成成分	质量浓度 (mg/L)
$C_6H_{12}O_6$	260.2
$CH_3COONa \cdot 3H_2O$	260.2
NH_4Cl	191
$NaHCO_3$	200
KH_2PO_4	11
$K_2HPO_4 \cdot 3H_2O$	18
$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	10
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	10
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	10
微量元素母液	1 ml

[0065] 表三

组成成分	质量浓度 (g/L)
H_3BO_3	0.15
$CuSO_4 \cdot 5H_2O$	0.03
KI	0.18
$MnCl_2 \cdot 4H_2O$	0.12
$Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$	0.06
$ZnSO_4 \cdot 7H_2O$	0.12
$CoCl_2 \cdot 6H_2O$	0.15
$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	10
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	10
EDTA	10

[0067] 污泥中所有进行厌氧呼吸的微生物均可产生电子,但是产生电子的数量是不同的,本公开实施例子二的装置的作用是用于对产生胞外电子较多的微生物进行筛选,随着装置运行时间的增长产电菌在碳毡上富集增长。

[0068] 在判断何时对装置更换污水污泥时,根据装置外的电压变化判断进出污水污泥,当装置外电压稳定后降低则将装置中的污水排出,然后换上新的污水、污泥混合物进行下一次的产电菌分离。

[0069] 通过试验对比,在实验条件下(非本装置)驯化产电菌需要大约一周时间,在磁场效应的驱动下,可明显缩短富集产电菌时间。

[0070] 实施例子三

[0071] 一种应用,上述分离产电菌的装置可应用于污水处理厂,可以有效分离厌氧池当中的产电菌,提高污水处理效果。

[0072] 也可分离具有相似功能的菌株,缩短分离所需时间以及整个实验周期,提高产电菌分离效率。

[0073] 分离后的产电细菌具有趋磁效应,可定向引导细菌运动方向。

[0074] 需要说明的是,永磁体是永久存在磁场的物质,永磁体置于装置中永久产生磁场,与装置运行同时开始,在实际操作过程中,其大小可根据通过调控永磁体的大小来控制。例如,当污水当中的有机物浓度较高,污泥含量较高,微生物新陈代谢较快、产生胞外电子较多时,此时磁场大小可以小一些;反之,磁场强度需要较大。永磁体的选择不是固定参数下的操作,可根据装置外的电压变化情况进行装置的分析。

[0075] 同样,整体装置大小可调,形状多样,材质灵活,且外部的环境条件、污水、污泥条件的多变导致产电菌富集效率的不同,根据装置外电压表记录的电压的变化判断产电菌富集情况,一般情况下,当电压升高趋势减缓至平稳且无明显降低时可认为富集完成。

[0076] 可以理解的是,在本说明书的描述中,参考术语“一实施例”、“另一实施例”、“其他实施例”、或“第一实施例~第N实施例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

[0077] 以上所述仅为本公开的优选实施例而已,并不用于限制本公开,对于本领域的技术人员来说,本公开可以有各种更改和变化。凡在本公开的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本公开的保护范围之内。

