



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105565586 B

(45)授权公告日 2018.10.30

(21)申请号 201510731585.9

(22)申请日 2015.11.02

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105565586 A

(43)申请公布日 2016.05.11

(30)优先权数据

14/533426 2014.11.05 US

(73)专利权人 帕洛阿尔托研究中心公司

地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 C·兰卡斯特 F·E·托雷斯

M·J·斯蒂芬逊

(74)专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公

司 72001

代理人 邹雪梅 徐厚才

(51)Int.Cl.

C02F 9/14(2006.01)

(56)对比文件

CN 1884140 A,2006.12.27,

CN 101710625 A,2010.05.19,

CN 101838606 A,2010.09.22,

US 2011/0151547 A1,2011.06.23,

EP 0470377 A2,1992.02.12,

US 20020168758 A1,2002.11.14,

US 7674517 B2,2010.03.09,

审查员 卢士燕

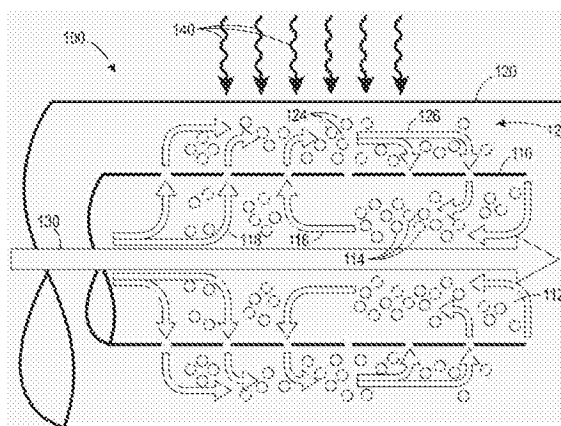
权利要求书2页 说明书18页 附图18页

(54)发明名称

用于废水处理和藻类生产中的双室生物反应器

(57)摘要

本发明公开了双室生物反应器系统,其包括异养生物反应器、自养生物反应器、以及在自养生物反应器和异养生物反应器之间的膜。自养生物反应器包括透明外壁。每个群体获益于彼此的代谢产物。用于废水处理和藻类生产的方法利用该系统。



1. 一种双室生物反应器系统,所述双室生物反应器系统包括:
含有异养生物体的第一室;
含有自养生物体的第二室;和
与所述第一室和所述第二室可操作地接触膜的系统;
其中所述膜系统配置为:允许气体和溶质中的至少一种从所述第一室到所述第二室的运输;和
其中所述膜系统包括具有疏水区域和亲水区域的液体可渗透的集成疏水/亲水膜,所述疏水区域仅允许气体的运输,所述亲水区域允许液体、溶质和气体的运输。
2. 根据权利要求1所述的双室生物反应器系统,其中所述第二室包括允许可见光经过的透明外壁。
3. 根据权利要求1所述的双室生物反应器系统,所述双室生物反应器系统还包括:
配置为清洁所述膜系统的至少一个膜的至少一个表面的磁性清洁器。
4. 根据权利要求1所述的双室生物反应器系统,其中所述膜系统由液体可渗透膜组成;并且其中所述膜与所述第一室和所述第二室处于物理接触。
5. 根据权利要求1所述的双室生物反应器系统,其中所述第二室沿周向包围所述第一室。
6. 根据权利要求1所述的双室生物反应器系统,所述双室生物反应器系统还包括:
配置为清洁所述膜系统的一个或多个膜的一个或多个表面的磁性清洁器。
7. 根据权利要求6所述的双室生物反应器系统,其中所述磁性清洁器包括:
安装在所述第二室的透明外壁的外表面上的电磁体; 和
安装在所述第一室的内表面、所述第二室的内表面;以及所述膜系统的膜的表面中的至少一个上的磁刷。
8. 一种使用根据权利要求1所述的双室生物反应器系统以使输入物代谢的方法,所述方法包括:
将输入物提供给第一室;
在所述第一室中使所述输入物代谢且使异养生物体生长;
回收来自所述第一室或所述第二室的组分;和
在所述第二室中使所述输入物代谢且使自养生物体生长;
其中所述第二室包括透明外壁。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中所述膜系统由液体可渗透膜组成;其中所述膜沿周向包围所述第一室的至少第一部分;并且其中所述第二室沿周向包围所述膜的至少第二部分。
10. 根据权利要求8所述的方法,其中所述膜系统由液体可渗透膜组成;并且其中所述膜与所述第一室和所述第二室处于直接接触。
11. 根据权利要求8所述的方法,所述方法进一步包括:
通过沿所述透明外壁移动磁体,清洁所述膜系统的膜;
其中第一磁刷配置为清洁所述膜的至少一个表面。
12. 根据权利要求8所述的方法,所述方法进一步包括:
使所述第二室的自养生物物质以逆流方向连续再循环,以再循环所述第一室的异养生物

质。

13. 根据权利要求12所述的方法,所述方法进一步包括:

从所述第二室中取出过量自养生物物质;和

从所述第一室中取出过量异养生物物质。

14. 根据权利要求8所述的方法,所述方法进一步包括:

产生压力差以控制跨越所述膜系统的一个或多个膜的运输。

15. 根据权利要求8所述的方法,其中所述膜系统包括集成亲水/疏水膜。

16. 根据权利要求8所述的方法,所述方法进一步包括:

通过测量所述第一室和所述第二室中的至少一个中的残留溶解氧浓度来监控自养生物体的光合作用活性;

当光合作用活性低时,向所述第一室供应补充性氧;

通过测量所述第一室和所述第二室中的至少一个中的残留溶解二氧化碳浓度来监控呼吸作用活性;和

当呼吸作用活性低时,向所述第二室供应补充性二氧化碳。

17. 根据权利要求8所述的方法,其中所述输入物包括废有机底物和废营养素;并且其中所述方法处理废水。

18. 根据权利要求8所述的方法,其中所述输入物包括制造的有机底物和制造的营养素;并且其中所述方法生产藻类。

19. 一种双室生物反应器系统,所述双室生物反应器系统包括:

含有异养生物体的第一室;

含有自养生物体的第二室;和

与所述第一室和所述第二室可操作地接触的膜子系统;

其中所述膜子系统配置为:允许气体和溶质中的至少一种从所述第一室到所述第二室的运输;

其中所述膜子系统配置为:允许气体和溶质中的至少一种从所述第二室到所述第一室的运输;

其中所述膜子系统由具有疏水区域和亲水区域的一个膜组成,所述疏水区域仅允许气体的运输,所述亲水区域允许液体、溶质和气体的运输;

其中所述膜与所述第一室和所述第二室处于直接接触;和

其中所述系统具有S形配置。

用于废水处理和藻类生产中的双室生物反应器

背景技术

[0001] 在过去100多年,废水已用各种物理、化学和生物学手段进行处理。废水处理通常包括筛选碎片且使砂砾沉降的预处理过程,物理上去除较大微粒的初级处理过程,生物学去除较小的有机微粒和溶解的有机物且恢复生物生长的次级处理过程,任选通过捕获剩余固体且去除剩余营养素使次级流出物“精炼”的三级处理过程,以及在排放至受纳水体前的消毒过程。当今最常见的次级过程组合是用于氧化溶解和微粒有机物的悬浮生长生物处理系统,其由用于生物生长的生物反应器和用于回收生物物质的重力沉降净化器组成。这些系统是能量密集型的,因为需要鼓风机来供应氧用于氧化有机物质。

[0002] 悬浮生长生物处理(活性污泥)照常规在大型生物反应器(槽)中执行,所述大型生物反应器被供应大量的氧且通常对大气开放。在美国的16,600个公有废水处理设施中,存在大约6,200个活性污泥设施,范围从极小型(0.001mgd)到超大型(>800mgd),处理所有流量的将近80%。活性污泥由微生物群落(主要为异养菌,但也为原生生物、浮游动物和环节动物,并且有时为自养硝化细菌)以及惰性和生物可降解的有机固体组成,所述惰性和生物可降解的有机固体如统称为“絮体”或“混合液悬浮固体”(MLSS)的松散固体。在高速操作条件下,微生物群落负责微粒和可溶性含碳物质两者在废水中的氧化。絮体被保留且通常经由重力沉降,与干净的流出物分开。生物体的过度生长和固体的累积经常作为过量活性污泥从系统中去除。以这种方式的废水处理是能量密集型过程,因为在废水处理厂中使用的高达60%的能量用于提供氧用于生物处理。其他次级处理过程包括膜生物反应器、序批式反应器、集成的固定膜活性污泥、滴滤池、氧化沟、处理氧化塘等。

[0003] 过量活性污泥生物物质(废活性污泥或WAS)可经由厌氧消化连同由初级处理过程收集的沉降固体(初级固体)一起进行消化,以产生主要由甲烷组成的生物气。甲烷燃烧用于在美国的城市废水处理厂处的热电联产(CHP)系统。可获益于CHP系统的理论上最小容量的废水处理设施为1mgd,其可利用当今上市的最小微型燃气轮机(30kW)。在美国存在具有厌氧消化过程的大约2,900个废水处理设施,其中约60%超过10mgd的工厂包括厌氧消化。在过去几十年中,由厌氧消化产生的生物气已开始用于热,以用于消化器预热,或用于热电联产(CHP)系统,其在美国的较大型城市废水处理厂的一些处生成热和电两者。历史上,生物气是简单燃烧的。截至2004年,存在将近250个消化器气体利用设施,其以一些方式(热或CHP)利用该潜在能源,其中全国的76个实际CHP设备截至2006年产生总共220MW电力。CHP系统数目由于当今上升的能量成本而增加,并且在较小型的工厂应用。来自常规处理的能量回收通常为0.15-0.2kWh/m³处理的废水。当与不含厌氧消化和CHP的设施相比较时,具有厌氧消化和CHP的设施通常可抵消高达50%的能量需求。

[0004] 用于生物燃料和/或能量生成的藻类(通常为微藻类)生产目前处于研究与开发的各个阶段。在某些生长条件下例如当应激时,一些藻类物种具有合成脂质贮存化合物的能力。高脂质含量的藻类含有约20至约50重量百分比的脂质。高脂质含量的藻类具有较缓慢的生长速率,并且比低脂质含量的藻类更适用于生物燃料生产过程。虽然大多数藻类具有自养代谢(使用无机碳和光能来产生更多藻类和氧),但一些物种具有异养代谢(使用有机

碳用于能量和生长,使用氧来产生更多藻类和二氧化碳),而其他具有混合营养代谢(显示出或同时或取决于具体条件的自养和异养代谢)。

[0005] 大多数商业藻类生产已集中于光合自养物种例如布朗葡萄藻 (*Botryococcus braunii*),并且预期由高效藻类塘 (HRAP)、光生物反应器 (PBR) 管或嵌板、或两者的一些组合组成。HRAP是对大气开放、在户外或温室中的浅藻类塘或水沟,并且包括简单的机械混合。HRAP通常由在大得多的占地面积 (footprint) 中低浓度的具有较低脂质含量的藻类混合培养物组成,对蒸发丧失、污染、通过不希望的藻类菌株的竞争以及被细菌和浮游动物捕食敏感。HRAP是简单的且对于操作具有较低的能量需求。PBR是紧密配置为使在户外或温室中的目光暴露达到最大的封闭式透明管、嵌板或袋。PBR要求混合、流通物抽泵和喷洒对藻类生长可能有毒的过量氧。在比HRAP小得多的占地面积中,PBR产生高浓度的具有更大脂质含量的富集或纯藻类培养物。PBR还阻止蒸发且使污染、捕食和竞争降到最低。PBR是复杂的且需要比HRAP更多的能量来操作。两种系统均需要补充性碳和/或营养素添加,以充分维持最佳藻类生产。

[0006] 近期工作已集中于在发酵罐型生物反应器中的生长中的异养藻类。候选菌株数目对于光养性生长少得多,并且包括在小球藻属 (*Chlorella*)、四片藻属 (*Tetraselmis*) 和菱形藻属 (*Nitzschia*) 内的某些物种。碳源可为葡萄糖、甘油、乙酸酯、一些或其他碳源、或废碳例如废水中的那种。需要营养素例如氮和磷,并且氧供应是关键。由于不需要光用于生长,这些系统更容易扩大且更易于操作。培养物浓度可更高,因为光透过不是要素,并且生长速率可更大。很像自养藻类物种那样,可诱导异养藻类物种,以刺激脂质的产生,所述脂质对于生物燃料及其他能量商品的产生是有价值的。异养藻类在有机碳的呼吸期间产生二氧化碳。

[0007] 由于技术和经济挑战,用于生物燃料能量的藻类生产尚未达到大规模商业化。来自藻类的生物燃料仍是有吸引力的,因为与下一种最高产量的生物质原料(油棕,635加仑/英亩/年)相比较,藻类具有明显更多的潜在油产量(1,000–4,000加仑/英亩/年)。关于商业藻类生产的技术挑战主要与脱水技术的表现相关。藻类生产的操作成本包括碳和营养素的补充也可很高的。已靶向废碳源(例如来自关于自养生物体的发电厂的气体排放的二氧化碳;关于异养生物体的工业和城市废水中的有机物),以降低操作成本且截存碳。关于来自藻类的商业生物燃料生产的技术挑战主要与处理/干燥脱水的藻类且提取脂质相关。已认识到脱水藻类的直接发酵/消化和来自所得到的生物气的发电目前是从藻类中回收能量的最符合成本效益的方法。

[0008] 期望开发用于废水处理的新系统和方法,其降低或消除关于去除有机物质的氧补充需要。

[0009] 期望开发用于废水处理的新系统或方法,其降低来自排放至接纳水体的流出物的营养素,例如氮和磷。

[0010] 期望开发用于废水处理的新系统或方法,其降低来自排放至接纳水体的流出物的金属,例如铬、铜和锌。

[0011] 期望开发用于废水处理的新系统和方法,其降低能量使用、产生能量来抵消处理的能量需要、或产生比处理所需更多的能量。

[0012] 期望开发用于废水处理的新系统和方法,其降低或消除废水中的氨硝化的补充氧

需要。

[0013] 期望开发用于废水处理的新系统和方法,其降低或消除通过异养呼吸的温室气体释放。

[0014] 期望开发用于废水处理的新系统和方法,其增加生物气产生/单位体积的处理废水。

[0015] 期望开发新的藻类生产系统和方法,其降低或消除关于自养藻类生产的碳补充需要。

[0016] 期望开发新的藻类生产系统和方法,其降低或消除关于异养藻类生产的氧补充需要。

[0017] 期望开发新的藻类生产系统和方法,其降低或消除关于自养藻类的氧中毒的可能性。

[0018] 期望开发新的藻类生产系统和方法,其降低或消除关于异养和自养藻类生产的营养素补充需要。

发明内容

[0019] 双室生物反应器系统包括主要预期用于光合自养呼吸的生物反应器,主要预期用于异养呼吸的第二生物反应器,以及与两个生物反应器可操作地接触的膜子系统。自养生物反应器包括透明外壁。溶质和气体跨越膜的运输允许通过另一者的一个代谢产物群体的有益使用,同时使群体隔离以确保各自的最佳生长和功能。

[0020] 本发明还公开了使用双重生物反应器系统用于代谢输入物(例如处理废水和产生藻类)的方法。

附图说明

[0021] 图1是在本公开内容的管式双室生物反应器配置内的管的示例性实施例的横截面视图,所述管式双室生物反应器配置可应用于废水处理和藻类生产应用两者。

[0022] 图2是利用两个双室生物反应器的废水处理系统的示例性实施例的透视图。

[0023] 图3是本公开内容的废水处理系统的管式双室生物反应器配置内的管的另一个示例性实施例的横截面视图。

[0024] 图4A和4B是本公开内容的废水处理系统的双室生物反应器的两个示例性实施例的横截面视图。

[0025] 图5是利用两个嵌板型双室生物反应器的废水处理系统的示例性实施例的透视图。

[0026] 图6是示出系统动力学的曲线图。

[0027] 图7A是本公开内容的废水处理系统的示例性实施例的横截面视图,所述废水处理系统包括用于膜清洁的机构。

[0028] 图7B是图7A的实施例的透视图。

[0029] 图8是常规废水处理设施的工艺流程图解。

[0030] 图9是本公开内容的废水处理方法的示例性实施例的工艺流程图解。

[0031] 图10是本公开内容的废水处理方法的另一个示例性实施例的工艺流程图解。

[0032] 图11到16显示了作为概念证明练习的部分作出的计算。

[0033] 图17A-C是本公开内容的三个示例性反应器模块的透视图。

[0034] 图18是根据本公开内容的一些实施例,用于处理废水的示例性系统和方法的示意图。

具体实施方式

[0035] 本文公开的部件、工艺和仪器的更全面理解可通过参考附图来获得。这些图仅是基于方便和易于证实本公开内容的示意性表示,并且因此不预期指示装置或其部件的相对大小和尺寸和/或限定或限制示例性实施例的范围。

[0036] 尽管为清楚起见在下面的描述中使用了特定术语,但这些术语预期仅指选择用于在附图中示出的实施例的特定结构,并且不预期限定或限制公开内容的范围。在附图和下文的描述中,应当理解相似的数字指定指相似功能的部件。

[0037] 除非上下文另有明确说明,否则单数形式“一个”、“一种”和“该/所述”包括复数指示物。

[0038] 如说明书和权利要求中使用的,术语“包含/包括”可包括“由……组成”和“基本上由……组成”的实施例。如本文使用的,术语“包含”、“包括”、“拥有”、“具有”、“可”、“含有”及其变化,预期是开放式的过渡短语、术语或单词,其要求被命名部件/步骤的存在且允许其他部件/步骤的存在。然而,此类描述应解释为还将组合物或过程描述为“由列举的部件/步骤组成”和“基本上由列举的部件/步骤组成”,其允许仅被命名部件/步骤的存在,连同可起于其的任何杂质,而排除其他部件/步骤。

[0039] 本专利申请的说明书和权利要求中的数值应理解为包括当削减至有效数字的相同数目时相同的数值,以及与所述值相差少于本专利申请中描述用于测定值的类型的常规测量技术的实验误差的数值。

[0040] 本文公开的所有范围均包括所述端点在内,且是可独立组合的(例如,“从2到10”的范围包括端点2和10,以及所有中间值)。

[0041] 通过一个或多个术语例如“约”和“基本上”修饰的值可不局限于指定的精确值。近似语言可对应于用于测量值的器械的精确度。修饰词“约”还应视为公开了通过两个端点的绝对值限定的范围。例如,表达“从约2到约4”还公开了“从2到4”的范围。

[0042] 如本文使用的,术语“可操作的接触”不要求或排除直接接触。一种或多种中间元件(例如管道、贮槽等)任选在处于可操作的接触的结构之间。当结构处于可操作的接触时,运输可在其间发生。

[0043] 如本文使用的,术语“膜子系统”指包括一个或多个膜的子系统。当包括多重膜时,膜可为相同类型或不同类型。膜可处于可操作的接触包括直接接触。

[0044] 与现有废水处理技术不同,本公开内容的系统和方法(1)提供了来自用于异养碳氧化的光合作用(废物降解)的游离氧源和来自光合作用的自养硝化;和(2)提供了用于自养藻类生长的游离二氧化碳源。该共生降低总体废水处理设施能量需求(例如降低50%),且通过过量藻类生产(加入现有的过量活性污泥和初步固体消化器原料)来增加(例如几乎加倍)生物气潜力(且因此增加经由废热发电的热和能量潜力)/单位体积废水。

[0045] 与现有藻类生产技术不同,本公开内容的系统和方法(1)提供了来自用于异养藻

类生长的光合作用的游离氧源;和(2)提供了来自用于自养藻类生长的异养碳氧化的游离二氧化碳源。该共生降低能量需求且增加藻类生产。

[0046] 与现有封闭系统(光生物反应器,PBR)藻类生产技术不同,由于通过异养生物体对于碳氧化施加的需氧量,本公开内容的系统和方法降低或阻止氧的有毒累积。

[0047] 此处显示用于废水处理应用和藻类生产应用的图1的系统100,包括膜110和外部透明壁120。膜110限定内室,其主要预期用于异养呼吸(通过活性污泥或异养藻类),并且是异养生物反应器112。外部透明壁120和膜110限定外室,其主要预期用于光合自养光合作用(主要通过自养藻类),并且是自养生物反应器122。输入物130(含有有机碳废物和废营养素、已经历初级处理的废水(初级流出物),含有制造的有机碳底物和制造的营养素的生产原料,或其一些组合)进料至内室/异养生物反应器112,且转移至分离且回收异养生物的过程(例如使用类似于在浸没式膜生物反应器(MBR)中使用的那种)。异养生物反应器112中的生物体114产生二氧化碳116。膜110、工艺操作和/或反应器几何形状配置为:允许二氧化碳116和营养素118从异养生物反应器112经过膜传递到光养生物反应器122。光(例如目光)140经过透明外壁120传递到自养藻类124。自养藻类124产生氧126。膜110、工艺操作或反应器几何形状配置为:允许氧126从自养生物反应器122传递到异养生物反应器112。来自输入物130的营养素118还经过膜110传递到自养生物反应器122。

[0048] 因此,异养和自养群体包含在不同室中,其中两个生物体群体通过一个或多个膜(例如片膜或管膜)彼此分开。

[0049] 尽管所述实施例包括在管结构内的管,但室112、122可替代地可为叠加的,使得自养生物反应器122面对光源(例如太阳),且定位于异养生物反应器112和光源之间。

[0050] 异养生物反应器112和自养生物反应器122的长度可为相同的或不同的。在一些实施例中,异养生物反应器112的长度为至少约2英尺,包括约1英尺至约100英尺和约10英尺至约50英尺。在一些实施例中,自养生物反应器的长度为至少约2英尺,包括约1英尺至约100英尺和约10英尺至约50英尺。

[0051] 在管实施例内的管中,异养生物反应器可具有约1英寸至约5英尺的内径,包括约6英寸至约3英尺和约1英寸至约2英尺的内径。

[0052] 自养生物反应器122可具有约2英寸至约6英尺的内径,包括约6英寸至约3英尺和约1英寸至约2英尺的内径。

[0053] 透明外壁可具有约0.1英寸至约1英寸的厚度,包括约0.25英寸至约0.75英寸和约0.3英寸至约0.6英寸的厚度。透明外壁可对可见光($\sim 400-800\text{nm}$)波长完全或部分透明,因为这些是在光合作用期间由藻类使用的波长。

[0054] 膜110可为复合膜,包括锚定或结合至基层的主膜层或不含基层的主膜层。主膜层可含有含氟聚合物(例如聚偏氟乙烯或PVDF)。基层可含有聚烯烃(例如聚乙烯)或含氟聚合物。主膜层和基层的含氟聚合物可为相同的或不同的。膜可为疏水的、亲水的或其一些组合。膜可为相对于外壁并行的、有棱纹的、弯曲的、褶皱的、球根状的、螺旋状的或锥形的。

[0055] 膜110可包括直径约 $0.0001\mu\text{m}$ 至 $10\mu\text{m}$,包括 $0.1\mu\text{m}$ 至约 $1\mu\text{m}$ 和约 $0.01\mu\text{m}$ 至 $0.1\mu\text{m}$ 的孔。

[0056] 透明外壁120一般可由具有足够的机械性能的任何透明材料制成。非限制性例子

包括聚碳酸酯,丙烯酸类聚合物(例如聚(甲基丙烯酸甲酯))、丙烯腈-丁二烯-苯乙烯三元共聚物、和聚苯乙烯(例如高抗冲聚苯乙烯)或玻璃。在一些实施例中,这些组分中的一种或多种可掺和和/或共聚合在一起。外壁可为相对于膜有棱纹的、弯曲的、褶皱的、球根状的、螺旋状的或锥形的。

[0057] 尽管具体公开了废水处理和藻类生产,但应当理解还考虑了使用本公开内容的系统和仪器来代谢其他输入物的方法。在废水处理方法中,输入物可包括废有机底物和废营养素,并且废水可为城市废水、工业废水、食品加工废水或农业(例如奶牛场、猪舍和饲养场)废水。在藻类生产方法中,输入物可包括制造的有机底物和制造的营养素。还应当指出本公开内容的系统和方法可同时用于废水处理和藻类生产两者。

[0058] 本公开内容的系统和方法可用于现有废水处理设施(即改造)或新建筑(绿地)中,可用作唯一的次级处理过程,和/或可用于补充其他次级处理过程。

[0059] 本公开内容的系统和方法可安装或固定到现有基础设施之上或现有基础设施上方,例如在屋顶上、在停车场上方、在高速公路边或上述现有废水处理基础设施(例如曝气槽或净化器)中。

[0060] 本公开内容的系统和方法可主要由在双室生物反应器系统的两个室中的藻类组成,用于生成生物燃料的原料的唯一目的。异养生物反应器可含有异养藻类,其使用氧来氧化有机碳且生成更多异养藻类和二氧化碳,而外室可含有自养藻类,其使用二氧化碳和光来产生更多自养藻类和氧。溶质和气体跨越膜的运输允许通过另一者的一个代谢产物群体的有益使用,同时使群体隔离以确保各自的最佳生长和功能。

[0061] 本公开内容的系统和方法允许两个不同类型的生物体混合或纯培养物的最佳共生,用于废水处理、藻类生产或两者。

[0062] 本公开内容的系统和方法可用于处理家庭废水、市政废水、工业废水或农业废水。

[0063] 本公开内容的系统和方法可唯一地依赖自然光(目光照射),部分依赖自然光且部分依赖人工光,或唯一地依赖人工光。

[0064] 当主要目的是藻类生产时,本公开内容的系统和方法可完全或部分依赖制造的底物、电子供体和受体和/或营养素。

[0065] 当目的是废水处理或藻类生产时,本公开内容的系统和方法可完全或部分依赖废底物、电子供体和受体和/或营养素。

[0066] 如果无机碳生成(经由异养呼吸)或跨越膜的运输不足以用于足够的自养生长,则本公开内容的系统和方法可包括供应补充性无机碳(例如二氧化碳)的手段。此类手段可包括在自养生物反应器和异养生物反应器两者中的溶解的无机碳监控,以及自动化无机碳递送机构。

[0067] 如果氧生成(经由自养光合作用)或跨越膜的氧运输不足以用于足够的碳氧化和异养生长,则本公开内容的系统和方法可包括供应补充性氧的手段。此类手段可包括在自养生物反应器和异养生物反应器两者中的溶解的氧监控,以及自动化氧递送机构。

[0068] 本公开内容的系统和方法可包括控制气体或溶质跨越膜的运输的手段。此类手段可包括控制异养和自养生物反应器的再循环流量,意图是发展跨越膜的压力差(压力降)。在一些实施例中,阀用于控制且改变压力差。此类压力差随后驱动液体流动(气体和溶质的运载体)跨越膜从更高压力的区域到更低压力的区域。流速通过压力降而不是实际压力驱

动。取决于压力方案,这可促进从异养生物反应器到自养生物反应器的运输,或从自养生物反应器到异养生物反应器的运输。足够高的压力降确保如各种生物反应所需的足够运输。再循环流动可为逆流或并流,以影响这些压力差。压力差还可通过使模块串联或平行连接而发展,并且对于相同模块的异养和自养生物反应器部件(例如异养生物反应器室可串联连接,而自养生物反应器室可平行连接),在模块之间可为相同的或不同的。除氧补充或无机碳补充速率之外,藻类生物反应器和异养生物反应器两者中的溶解的氧或二氧化碳监控还可用作验证下述的手段:溶解的氧和/或溶解的无机碳有利地被运输跨越膜,且降低在其他方面分别为异养生物的碳氧化或自养生物的生长所需的氧或无机碳量。再循环流动可增加直至无机碳或氧补充速率停止变化(或全部一起停止),从而表明跨越膜的产物运输的最大速率。

[0069] 本公开内容的系统和方法可包括控制气体和/或溶质跨越膜的运输的手段。此类手段可包括掺入疏水和亲水区域的新型膜,或其中一些模块含有亲水膜并且一些模块含有疏水膜的模块系统。亲水膜允许流体、溶质和气体跨越膜的运输,而疏水膜仅允许气体跨越膜的运输。驱动流体、溶质或气体运输需要建立压力降,其可通过改变关于亲水膜实施例的再循环速率而得到控制。

[0070] 本公开内容的系统和方法可包括控制气体和/或溶质跨越膜的运输的手段。此类手段可包括新型反应器几何形状,通过产生起因于反应器几何形状的局部压力降,其迫使跨越膜的来回流动。实施例将是具有平行但波形顶部和底部的板反应器配置。使自养生物反应器与异养生物反应器分开的膜将是平坦的。因此每个生物反应器室的横截面将增加和减少,伴随另一个生物反应器室的相应减少和增加。以这种方式,流动被迫跨越膜来回。

[0071] 本公开内容的系统和方法可完全或部分依赖渗透作用,用于气体和/或溶质跨越膜的运输。

[0072] 本公开内容的系统和方法可包括控制自养生物反应器和异养生物反应器中的pH和碱度的手段。此类手段将包括在自养生物反应器和异养生物反应器两者中的pH和碱度监控,以及自动化化学品配料机构。

[0073] 本公开内容的系统和方法可包括将自养生物反应器的曝光控制至适度光合作用和氧产生的手段。此类手段可包括光强度监控,以及控制曝光的能力,例如使用百叶窗、窗帘、罩、不透明套管或其他遮光装置。此类控制手段还可包括根据需要供应人工光的能力。

[0074] 此处显示用于废水处理应用的图2的系统200包括两个双室生物反应器模块202连同最终的膜204,在特点和功能中类似于现有膜生物反应器(MBR)技术,通过使活性污泥与经处理的流出物分开,用于产生来自废水230的清洁流出物292。本文提出的最终的膜虽然类似于在现有MBR技术中使用的那种,但可能不是具有相应设计元素(固体停留时间、处理体积等)的整个MBR过程,如同它提供MBR的相同处理水平。此处膜可简单地适当外壳中的膜。系统200还产生来自自养生物反应器294的过量生物体,以及来自异养生物反应器296的过量生物体。如果最终的膜具有平坦嵌板或浸没/淹没类型,则最终的膜可具有平坦嵌板配置或空心纤维配置,其中这些配置各自包括药筒的浸没/淹没的盒。在一些实施例中,最终的膜类似于在Siemens Zeeweed MBR或Kubota平坦嵌板淹没式膜单元(SMU)中的那种。如果具有侧流类型,则最终的膜可具有管状配置。在一些实施例中,最终的膜为Porex TMF横向流管状膜模块。

[0075] 此处显示用于废水处理应用的图3的系统300包括内膜310、外膜311和透明外壁320。外膜311对可见光足够透明,以允许光合作用发生。任选地,该系统还包括一个或多个光源313和/或一个或多个光聚集器315。在一些实施例中,光聚集器315是抛物面聚集器。内膜310限定内室/异养生物反应器312。内膜310和外膜311限定第二室/自养生物反应器322。外膜311是最终的膜,从而放弃关于MBR作为图2中所示的最终的膜204的需要。透明外壁320和外膜311限定用于清洁水的通道321。膜310、工艺操作和/或反应器几何形状可配置为:允许二氧化碳316和营养素318从异养生物反应器312传递到自养生物反应器322,且允许氧326从自养生物反应器322传递到异养生物反应器312。

[0076] 在此处显示用于废水处理应用的另一个实施例中,图4A的嵌板型反应器模块400包括使第一室/异养生物反应器412与第二室/自养生物反应器422分开的膜410。模块400还包括透明外壁420。任选地,清洁的经处理的水经由定位于自养生物反应器内部的膜管411去除,从而放弃关于最终的膜例如图2中所示的MBR 204的需要。外壳体423可由任何材料制成,所述材料具有足够特性以阻止泄露且必须是不透明的。在一些实施例中,外壳体423由不锈钢制成。膜410、工艺操作和/或反应器几何形状可配置为,例如通过调节如上文对于先前实施例描述的压力降,允许二氧化碳416和营养素418从异养生物反应器412传递到自养生物反应器422,且允许氧426从自养生物反应器422传递到异养生物反应器412。图4B的模块400类似于图4A的模块,但具有基本上圆柱形的配置代替嵌板型配置。

[0077] 图5的系统500包括两个嵌板型反应器模块502,类似于图4A中所示的配置。废水530进料给系统500,并且回收清洁水532。还可回收过量异养生长536和过量自养生长534。

[0078] 在一些实施例中,当应用是废水处理时,废水中的碳:氮:磷(C:N:P)比率对于最大的藻类生产并非最佳的,并且如果目的是使藻类生产达到最大,或经由细胞生长的同化作用使营养素去除达到最大,则加入另外的无机碳(例如经由通过已知过程例如通过生物气燃烧的电和热的废热发电,注入富含二氧化碳的烟道气),以增加自养生长。

[0079] 在其他实施例中,当应用是废水处理时,如果目的仅是从废水中去除有机物,且完成硝化作用和一些营养素去除,则本公开内容的系统和方法不需要另外的无机碳。

[0080] 在一些废水处理实施例中,当异养群体是活性污泥时,有机碳可加入异养生物反应器中,以改善当氧耗尽时硝酸盐至氮气的还原(反硝化作用)。

[0081] 在一些废水处理实施例中,如果经由细胞生长的同化作用的磷摄取不足以满足流出物营养素标准,则金属盐(三价金属离子例如氯化铁、硫酸铝)可加入自养或异养生物反应器中,以改善正磷酸盐的去除。

[0082] 在一些废水处理实施例中,该系统和方法允许消除外部输入,包括能量。过量自养和异养生长的组合可用于增加现场厌氧消化器中的生物气产量,以达到能量积极性。

[0083] 在藻类生产实施例中,自养群体和异养群体可为单一菌株的纯培养物、主要为相同菌株的富集培养物、或不同生物体菌株的混合培养物。

[0084] 在一些实施例中,藻类经由生物吸收去除来自废水的重金属及其他污染物。当去除过量藻类生长时,累积的重金属从系统中去除。

[0085] 在一些实施例中,藻类光合作用生物反应器内容物可再循环用于混合且增强扩散。氧从藻类光合作用生物反应器扩散到活性污泥生物反应器可依赖渗透压。

[0086] 使自养群体和异养群体分开产生工艺控制中的灵活性,其允许无论是否用于废水

处理,过量自养生物生产或过量异养生物生产的工艺优化。此类分离允许环境条件(例如pH、温度、压力、通量率、盐度、碱度、固体停留时间、不同群体的浓度、水力停留时间等)的最佳控制。

[0087] 使自养群体和异养群体分开使自养生物体免于被异养生物体捕食。

[0088] 生物反应器之间的相对体积关系、每个生物反应器内的再循环速率和通过系统的理想流量,取决于使用的群体(异养生物类型和自养生物类型)的动力学和化学计量关系、异养碳源是废物还是原料、以及预期应用(废水处理、藻类生产或两者)。可用过程模型探究碳源、电子供体、电子受体、pH和碱度之间的复杂性和动态关系。经过一天过程,使用在异养生物反应器中的活性污泥和自养生物反应器中的自养藻类,用于废水处理应用的这些变量之间估计的关系通过图6的曲线550示出,如通过光强度552、氨浓度556、硝酸盐浓度558、pH 562、细菌生长速率564和藻类生长速率566显示的。存在用于废水工艺设计和评估的商购可得的模拟器(例如BioWin, GPS-X)。模型是基于Monod型动力学和关系的偏微分方程的汇编。关于活性污泥生物反应器的通常固体停留时间可为2至20天,其中固体浓度为2,000至20,000mg/L。关于藻类生物反应器的通常固体停留时间可为2至20天,其中固体浓度为1,000至8,000mg/L。每个系统的再循环速率可为0.2x-5x进水流量。藻类生物反应器的相对体积可为0.5x-5x活性污泥生物反应器体积。

[0089] 一般地,使膜中的孔径降低导致增加的压头损失,更大的抽泵需求和更低的通量率。在本公开内容的系统和方法中使用的膜可类似于平坦嵌板膜(例如Kubota的浸没式膜单元或SMU)或类似于管状膜(例如Porex TMF横向流管状膜模块)。Kubota的SMU微量过滤嵌板药筒具有0.4 μ m的额定孔隙,足以保留活性污泥和藻类两者。当以10,000mg/L的MLSS操作时,药筒设计为以15gpd/sf的通量率和0.7-2psig的通常跨膜压操作。虽然跨膜压是跨越膜的压力中的相对差异,但膜系统的操作压力是泵可见的那种且在计算操作成本中是重要的。在废水处理中使用的通常微量过滤MBR具有20-40psi的操作压力。本公开内容的系统和方法中的膜(例如限定活性污泥生物反应器的管状膜)可具有跨膜的1-10psi的操作压力。通过该膜的净流量可小于进水流量的5%。跨越该膜的估计流量可为通过通常浸没式MBR膜的流量的约15%。

[0090] 膜可为反渗透膜、纳米过滤膜、超滤膜和/或微量过滤膜。这些类型的膜的特性在下表中由水环境联合会实践手册(Water Environment Federation Manual of Practice)#8提供。

[0091]

参数	反渗透	纳米过滤	超滤	微量过滤
分子量截断 (MWCO), Da	< 100	100-1,000	1,000-100,000	> 100,000
孔径, 平均范围, μ m	< 0.0001	0.0001-0.001	0.001-0.01	0.1-0.5

[0092]

参数	反渗透	纳米过滤	超滤	微量过滤
处理/去除水平	TDS	硬度, 部分 TDS	病毒	悬浮固体、 细菌、病原 体
拒绝/去除%	高达 99.7% TDS	高达 50% TDS、>80% 硬度	高达 99.9999% 颗 粒、高达 99.99%病原 体和病毒	高达 99.9999% 颗 粒、高达 99.99%病原 体和高达 99%病毒
膜形状/类型	缠绕式	缠绕式	空心纤维、 平坦片层	空心纤维、 平坦片层
膜材料	TFC、 聚砜 (PSF)、 乙酸纤 维素 (CA)	TFC、CA	PVDF、PSF 、聚四氟乙 烯(PTFE)、 聚醚砜(PES)	PVDF、PSF 、PTFE、 PES、聚丙 烯、尼龙

[0093] 本公开内容的系统和方法可使用用于膜清洁的清洁装置或方法。在废水工业中的目前膜清洁方法包括间歇式回复脉冲、化学原位清洁过程和间歇式空气冲刷。在一些实施例中,清洁方法可包括间歇式回复脉冲或化学原位清洁。最常见的膜清洁技术涉及间歇式空气冲刷(膜通气),其需要与提供空气和氧用于膜生物反应器应用的生物过程(生物过程通气)几乎一样多的能量。在一些实施例中,清洁方法可包括使用空气或废烟道气的间歇式洗刷,其还可提供用于藻类光合作用的补充性无机碳。

[0094] 在一些实施例中,清洁装置包括磁性活化元件(例如磁力启动刷),其永久定位于系统中(例如膜的一侧或两侧上)。外部固定的磁体可接合刷,且可行进活性污泥生物反应器的长度,从而在间歇或连续基础上将刷拉动和/或使刷旋转,来清洁内膜表面和/或外膜表面。在一些实施例中,另外的刷可配置为清洁透明外壁的内表面,以便降低生物污垢。

[0095] 图7A和7B示出了具有清洁装置的系统600的示例性实施例。系统600包括通过膜610与外室622分开的内室612。清洁装置包括用于清洁膜610的内表面的内部磁刷650,以及用于清洁膜610的外表面的外部磁刷652。系统600还包括透明外壁620和行进磁体660,用于接合且旋转磁刷650、652。在一些实施例中,行进磁体660通过太阳能供电。

[0096] 图17A-C示出了反应器模块900的三个非限制性例子。每个反应器模块包括在异养

生物反应器912和自养生物反应器922之间延伸的膜910。在图17A中,模块900具有基本上圆柱形的配置。在图17B中,模块900具有嵌板型配置。在图17C中,模块900具有S形或波形配置,并且是反应器几何形状可如何用于增强跨越膜910的来回运输的例子。

[0097] 在其中异养生物反应器含有活性污泥的废水处理实施例中,并且如果在异养生物反应器中的固体停留时间足够长,则缓慢生长、好氧、自养硝化细菌(亚硝化单胞菌属(Nitrosomonas)和硝化菌属(Nitrobacter))作为活性污泥群落的部分增殖,并且可完成硝化作用。取决于进水氮负荷(作为总Kjedahl氮(TKN)和/或氨),通过使生物体硝化来完成硝化作用施加的需氧量高达废水处理系统的总需氧量的40%。以更长的固体停留时间操作系统的异养生物反应器侧的益处在于:发生更多的活性污泥的内源呼吸,从而产生更多的二氧化碳,其随后可用于驱动藻类生长。当分别考虑维持在低至15至8摄氏度下的充气生物反应器中的固体质量时,在美国用于设计处理城市废水的硝化活性污泥过程的通常固体停留时间范围可为7至14天。这通常足以阻止硝化生物体在美国冬季可见的废水温度下的洗出。维持硝化作用所需的操作SRT在冬季和寒冷气候下更低。

[0098] 在夜间,藻类是失活的(当光源为太阳时),并且不产生氧。在该时间期间,反硝化作用可在用于其中异养生物反应器含有活性污泥的废水处理的实施例中完成。未被同化用于细菌或藻类生长的氨被氧化为硝酸盐(硝化作用),当不存在氧时,所述硝酸盐为用于代替碳氧化的氧的电子受体。因此,昼夜循环产生交替的好氧和厌氧条件时期,从而提供连续的碳氧化以及交替的硝化作用和反硝化作用,足以满足处理目的和排放要求。

[0099] 初步估计提示在化学计量学上,靠在异养废水处理期间释放的二氧化碳的藻类生长将是碳限制的,并且在光合作用期间将存在过量的氧产生。在异养、好氧碳氧化期间使用后剩余的氧将小于常规藻类光生物反应器中。在一些实施例中,异养生物反应器中的异养碳氧化减轻自养生物反应器中的藻类的氧中毒。

[0100] 图8是通常废水处理设施的工艺流程图解。即使具有厌氧消化器和废热发电/热电联产设施(CHP)的有效设施也可能仅将能量需求抵消50%。经由鼓风机供应空气的能量可构成设施的60%电需求。

[0101] 图9和10是用于废水处理的实施例的系统和方法实施例的工艺流程图解,其中异养生物反应器含有活性污泥,并且自养生物反应器含有藻类。该系统和方法包括上文描述的膜分开的异养生物反应器和自养生物反应器。除该生物反应器配置之外,该图解还包括藻类脱水系统,其获取来自自养生物反应器的过量藻类团块,并且将其以增加的浓度递送至现场厌氧消化器或异地生物燃料精炼厂。在图9中,过量藻类用于现场热电联产。在图10中,过量藻类用于异地生物燃料精炼厂。图10还包括碳捕获和烟道气824对自养生物反应器的再循环,作为无机碳源用于藻类生长和改善的营养素去除。

[0102] 在图9的过程和系统700中,将筛选的废水701进料给初级净化器702。初级净化器702对异养生物反应器704提供初级流出物703。异养生物反应器704通过膜与自养生物反应器705分开,使得二氧化碳和营养素可从异养生物反应器704传递到自养生物反应器705,并且氧可从自养生物反应器705传递到异养生物反应器704。光(例如日光)706穿过自养生物反应器705的透明壁,以允许光合作用。将异养生物物质707进料给最终的膜708,并且产生经处理的流出物709。还产生最终的膜返回流710,且再循环至异养生物反应器704。来自自养生物反应器705的过量自养生物物质711可首先提供给增稠台712,或可直接流动至厌氧消化

器台715(箭头未示出)。从增稠台712开始,上清液流713可再循环至反应器台,并且增稠流714可提供给厌氧消化器台715。过量异养生物物质716还可提供给来自最终的膜708的消化器台715。另外,来自初级净化器的初级污泥717可提供给厌氧消化器715。消化的污泥718可从厌氧消化器回收用于土地应用/肥料。消化物719可提供给活性污泥生物反应器704。在厌氧消化器715中生成的生物气720可提供给热电联产废热发电台721。废热发电台721生成热722、电723和二氧化碳724。热722可现场使用(例如用于预热厌氧消化器715或当前实施例(704和705(箭头未示出)))。

[0103] 在图10的过程和系统800中,将筛选的废水801提供给初级净化器802。将来自初级净化器802的初级流出物803提供给异养生物反应器804。来自初级净化器的初级污泥817可提供给厌氧消化器815。异养生物反应器804通过膜与自养生物反应器805分开,使得二氧化碳和营养素可从异养生物反应器804传递到自养生物反应器805,并且氧可从自养生物反应器805传递到异养生物反应器804。光(例如日光)806通过自养生物反应器805的透明壁提供,以允许光合作用。在自养生物反应器805中产生的过量自养生物物质811可提供给增稠台812。在其中产生的增稠的自养生物物质814可提供给现场或异地生物燃料精炼厂825,以产生生物燃料826。异养生物物质807可提供给最终的膜808,以产生经处理的流出物809。还产生最终的膜返回流810,且再循环至异养生物反应器804。过量异养生物物质816还可提供给来自最终的膜808的消化器台815。厌氧消化器815可产生可用于土地应用/肥料的消化的污泥818、可再循环至反应器台的消化物819、以及可提供给热电联产废热发电台821的生物气820。废热发电台821可产生电823、可提供给系统815的热822(例如用于预热厌氧消化器)、以及可提供给自养生物反应器805的二氧化碳824。

[0104] 在预期用于废水处理的实施例的图18的工艺和系统900中,其用相应的箭头厚度显示压力和流动的相对量级,初级流出物Q1连接再循环的异养生物物质Q4,且进入异养生物反应器。自养生物物质以等价但逆流流量Q6再循环通过自养生物反应器。所得到的压力降(值得注意的是P1-P6和P3-P4)驱动在相反方向跨越膜的流动,从高压区域到低压区域。过量自养生物物质Q7和过量异养生物物质Q5从系统中取出,且送往厌氧消化器。清洁的流出物Q3从最终的膜中排放。

[0105] 当进水废水流量为Q时,自养和异养再循环速率可为约0.5Q至约5Q的范围内,包括约1.5Q。在一些实施例中,Q为1,000至100,000,000加仑/天。

[0106] 计算作为用于废水处理实施例的概念证明练习而执行,其中自养生物反应器含有光合作用藻类,并且异养生物反应器含有活性污泥。使用公布的细菌和藻类动力学和化学计量值,来测定关于碳、氮和磷的质量平衡,同时通过使用本公开内容的系统设计假设的废水处理设施,掺入标准过程改造设计方程来确定概念证明。图11显示了藻类生长的化学计量关系。图12显示了活性污泥(细菌)生长的化学计量关系。基于分子量,将平衡方程转换为质量。图13显示了来自具有Menlo Park, California大小的假设城镇的废水特征。Menlo Park城市产生约10,000m³废水/天,或约265万加仑/天(mgd),且用于示例系统中。

[0107] 下表首先呈现用于测定进水碳的氧化和二氧化碳的产生、在细菌细胞合成中使用的氮和磷量、以及所需的氧量的计算。接下来,产生的藻类量基于来自先前步骤的二氧化碳数量进行计算,假定光合作用仅发生约6小时/天。还计算在藻类细胞的合成中使用的氮和磷量。随后,测定由光合作用生成的氧数量。这与碳氧化和硝化作用所需的氧总和相比较,

且测定为超过足够的。

[0108] 部分A:用于异养生物反应器的设计系统

[0109] 常数

[0110]

动力学参数	值
合成产量(生物质C:底物C), Y	0.64
C在细菌生物质中的摩尔比	0.53
最大生长速率/天, $\mu_{\max}$	3.2
内源衰变 (g-C/g-C*天), k_d	0.1

[0111] 步骤1. 计算关于异养生物反应器的洗出SRT

[0112]
$$\frac{1}{SRT_{\min}} = \mu_{\max} \left(1 - \frac{k_d}{\mu_{\max}} \right)$$

[0113]

参数	值	单位
洗出固体停留时间	0.323	天
安全系数	2.5	
设计固体停留时间	10.0	天
设计活性污泥生物质浓度, 作为 VSS	7000	mg/L VSS

[0114]

设计活性污泥生物质浓度, 作为 C	3716	mg/L-C
设计活性污泥生物质浓度, 作为 TSS	10000	mg/L TSS

[0115] 步骤2. 计算异养生物反应器的体积

[0116]
$$V = \left(\frac{Q}{X} \right) \frac{Y \times SRT \times (S_i - S_e)}{1 + k_d \times SRT}$$

[0117]

参数	值	单位
流量, Q	10000	m ³ /天
底物碳, S	118	mg/L 作为 C
需要的总反应器体积, V	1008	m ³

[0118] 步骤3. 计算过量异养生物质生产

[0119]
$$P_x = \frac{X \times V}{SRT}$$

	参数	值	单位
[0120]	过量活性污泥生物质生产, 作为 kg-C, P_X	375	kg C/天
	过量活性污泥生物质生产, 作为 m^3 /天	101	m^3 /天

[0121] 部分B.用于自养生物反应器的设计系统

[0122] 常数

[0123]

动力学参数	值	注释
合成产量(生物质C:底物C), Y	1.00	体积计算使用C的单位
C在藻类生物质中的摩尔比	0.36	
最大生长速率/天, μ_{max}	1.74	
衰变, g-C/g-C*天, k_d	0.0684	

[0124] 步骤4. 计算关于自养生物反应器的洗出SRT

[0125]
$$\frac{1}{SRT_{min}} \approx \mu_{max} - k_d$$

[0126]

参数	值	单位	注释
洗出固体停留时间	0.6	天	
光可用系数	0.25	小时/天%	假定仅6小时的可用日光
设计固体停留时间	6.0	天	
设计藻类生物质浓度	2000	mg/L VSS	
设计藻类生物质浓度, 作为 C	717	mg/L C	体积计算使用 C 的单位

[0127] 步骤5. 计算自养生物反应器的体积

[0128]
$$V = \left(\frac{Q}{X} \right) \frac{Y \times SRT \times (S_i - S_e)}{1 + k_d \times SRT}$$

[0129]

参数	值	单位
流量, Q	10000	m^3 /天
底物(碳)浓度, S	66	mg/L C
需要的总反应器体积, V	1944	m^3

[0130] 步骤6. 计算过量藻类生产

[0131]
$$P_x = \frac{X \times V}{SRT}$$

[0132]

参数	值	单位
过量藻类生物质生产, 作为 m^3 /天	325	m^3 /天
藻类生物质生产, 作为 $kg-C, P_x$	466	$kg C$ /天
藻类生物质生产/单位自养生物反应器表面积	134	g/m^2 /天

[0133] 步骤7. 计算关于藻类系统和细菌系统的 CO_2 、 O_2 、 N 、 P

参数	值	单位	注释
由活性污泥生物质产生的 CO_2-C	657	$kg-C$	
由藻类生物质同化的 CO_2-C	645	$kg-C$	在 6 小时的光合作用活性中
C 平衡	12	$kg-C$	
C 亏损?	否		
由藻类生物质产生的 O_2	2179	$kg-O_2$	在 6 小时的光合作用活性中
硝化作用所需的 O_2	701	$kg-O_2$	$4.5 kg O_2/kg NH_4-N$
碳氧化所需的 O_2	1180	$kg-O_2$	
O_2 平衡	298	$kg-O_2$	
O_2 亏损?	否		
可用的总 N	300	$kg-N$	
细菌生长所需的 N	62	$kg-N$	
藻类生长所需的 N	82	$kg-N$	
需要硝化作用的剩余 NH_4-N	156	$kg-N$	
N 平衡	156	$kg-N$	
N 亏损?	否		
在夜间可用于碳氧化的硝酸盐-N	15.6	$mg/L-N$	(硝酸盐-N 反硝化为氮气)
可用的 P	80	$kg-P$	
细菌生长所需的 P	8	$kg-P$	
藻类生长所需的 P	11	$kg-P$	
P 平衡	61	$kg-P$	
P 亏损?	否		
流出物磷, mg/L	2.1	$mg/L P$	假定来自初级流出物的 50% P 是微粒且由最终的膜捕获

[0135] 步骤8.在管实施例内的工艺大小、管

[0136]

参数	值	单位	注释
异养生物反应器（膜）体积	1008	m ³	
异养生物反应器（膜）直径	0.15	m	
异养生物反应器（膜）表面积	26,891	m ²	
自养生物反应器（外管）体积	3888	m ³	
自养生物反应器（外管）直径	0.33	m	
自养生物反应器（外管）表面积	58,780	m ²	
系统总长度	57,532	m	
水力停留时间	11.8	小时	
模块长度	2	M	
模块#	28,532	#	
平行腿部#	17	#	
速度/腿部	0.05	m/s	
通过异养生物反应器系统的压头损失	0.71	psi	
通过自养生物反应器系统的压头损失	1.42	psi	
堆叠高度	5	#	垂直叠中的生物反应器
另外的过程占地面积	50%	%	关于生物反应器的叠之间和周围的空间
总占地面积	5613	m ²	
占地面积/处理的单位体积	0.56	m ² /m ³	对于初级净化器下游的当前实施例
通常占地面积/处理的单位体积	0.128	m ² /m ³	对于初级净化器下游的生物反应器和净化器
大小关系	4.4		是常规次级处理几倍

[0137]

参数	值	单位	注释
			的占地面积

[0138] 基于确保在10摄氏度下的完全硝化作用的固体停留时间,来计算过量异养生物质的数量。随后,如图15中所示计算由初级污泥、过量自养生物质和过量异养生物质的厌氧消化生成的电力,连同供应所提议系统的抽泵的保守估计的电力需求。图16比较采用本公开内容的示例性实施例的工厂和常规工厂的电力需求/过程。

[0139] 对于预期用于废水处理的实施例,其中异养生物反应器含有活性污泥,并且自养生物反应器含有光合作用藻类,藻类可被好氧消化以产生甲烷,尽管与过量的活性污泥或由废水处理设施收集的初级固体相比较,产量降低(在产生的L CH₄/kg消化的藻类VSS的基础上,大致少10-30%)。产生的藻类数量(和因此生物气生产潜力)将是足够和有益的。示例练习提示可生成与在每单位废水的基础上通常由初级固体和过量活性污泥回收几乎一样的藻类质量。这导致与常规废水处理过程相比较时,由公开的系统 and 过程产生的多约80%的生物气。

[0140] 伴随当今的经济和技术局限性,厌氧消化和CHP过程在较大型的废水处理工厂是符合成本效益的(理论上在容量上低至1mgd,但通常在容量上大于5mgd)。现有设施可能能够经由共消化容易地容纳藻类生物质。通过增加消化物中的藻类生物质增加(可能至3-4kWh/m³)潜在的能量产生/单位的处理废水,将降低处理设施容量突破点,在其下厌氧消化随后为CHP变得符合成本效益(例如从1mgd到0.5mgd),从而扩展消化器/CHP市场。

[0141] 使用由公开的系统和方法收获的藻类生物质用于在现有厌氧消化器中的共消化用于CHP生产而不是生物燃料生产,至少最初,可为用于使靠废水生长的藻类利益达到最大的最精简和有效的方法,因为目前的经济分析已指示,使用藻类生物质的小规模生产和分散的生物燃料生产并非符合成本效益的。对消化器的另外有机负荷导致更多的生物气,其可用于加热以确保在寒冷气候的冬季期间的稳定操作-例如作为加热的反应器或反应器的外壳(温室)。

[0142] 所提议的双室生物反应器系统允许在封闭系统中通过共享膜分开的异养群体和自养群体的理想共生,获得用于废水处理和藻类生产两者的优点。

[0143] 依照呈现的教导用于废水处理的方面包括:

[0144] ●降低或消除关于去除来自废水的有机物质的氧补充需要;

[0145] ●降低来自排放至接纳水体的流出物的营养素(例如氮和磷);

[0146] ●降低来自排放到接纳水体内的流出物的金属(例如铬、铜和锌);

[0147] ●降低能量使用、产生能量来抵消处理的能量使用、或产生比处理所需更多的能量;

[0148] ●降低或消除废水中的氨硝化的补充供氧需要;

[0149] ●降低或消除通过异养呼吸的温室气体释放;和

[0150] ●增加生物气产生/单位体积的处理废水。

[0151] 依照呈现的教导用于藻类生产的方面包括:

[0152] ●降低或消除关于自养藻类生产的碳补充需要;

- [0153] ●降低或消除关于异养藻类生产的氧补充需要；
- [0154] ●降低或消除关于异养和自养藻类生产的营养素补充需要，和
- [0155] ●降低或消除有毒的氧累积。

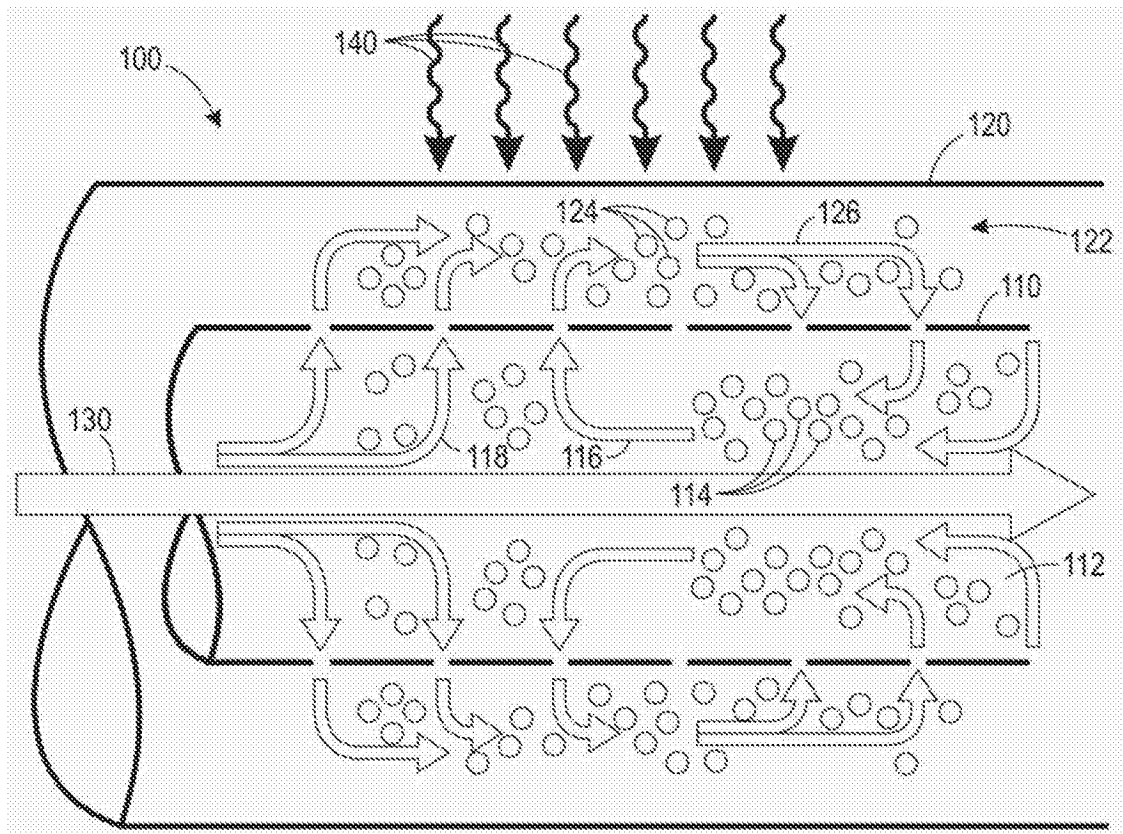


图1

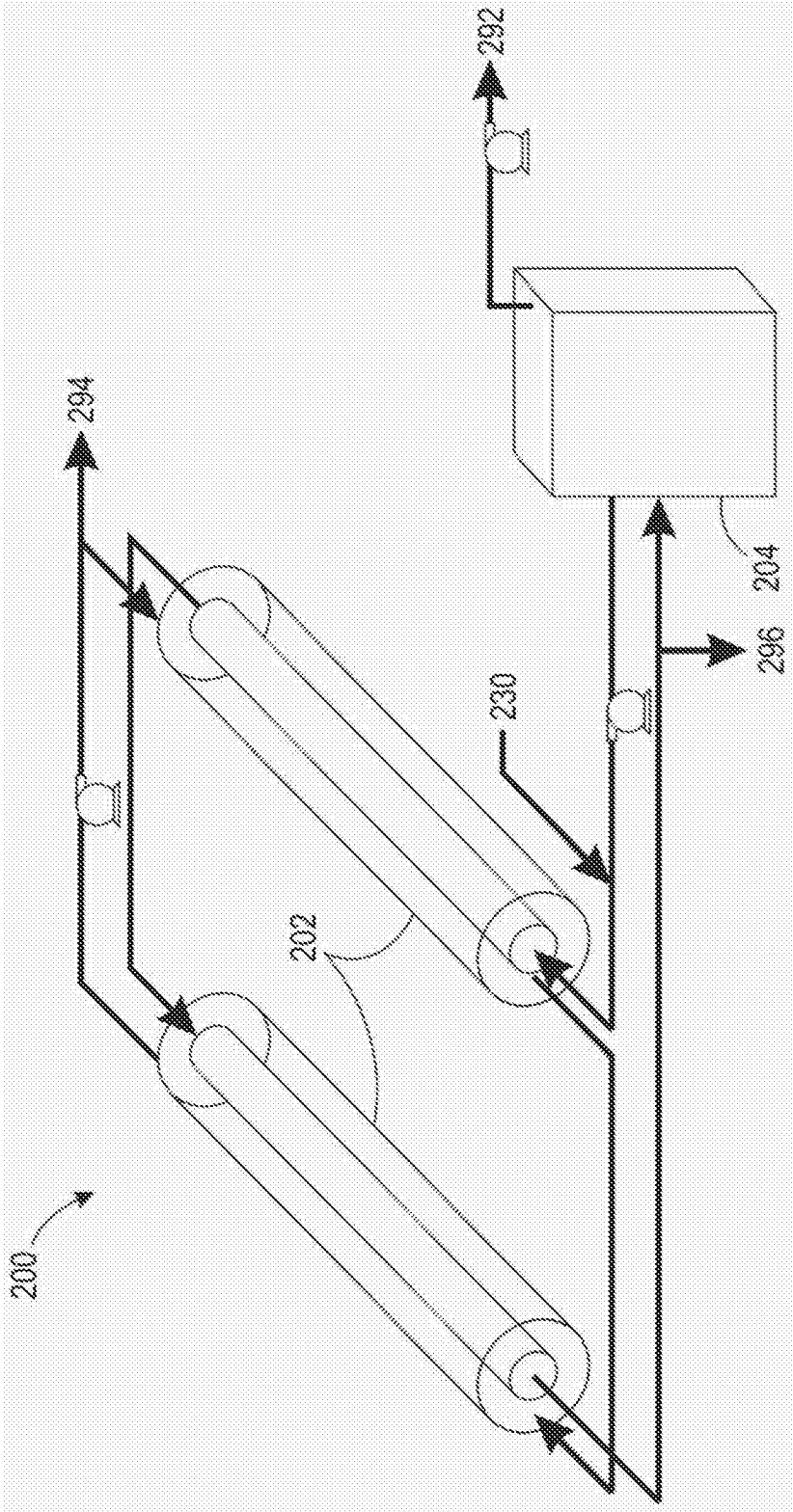


图2

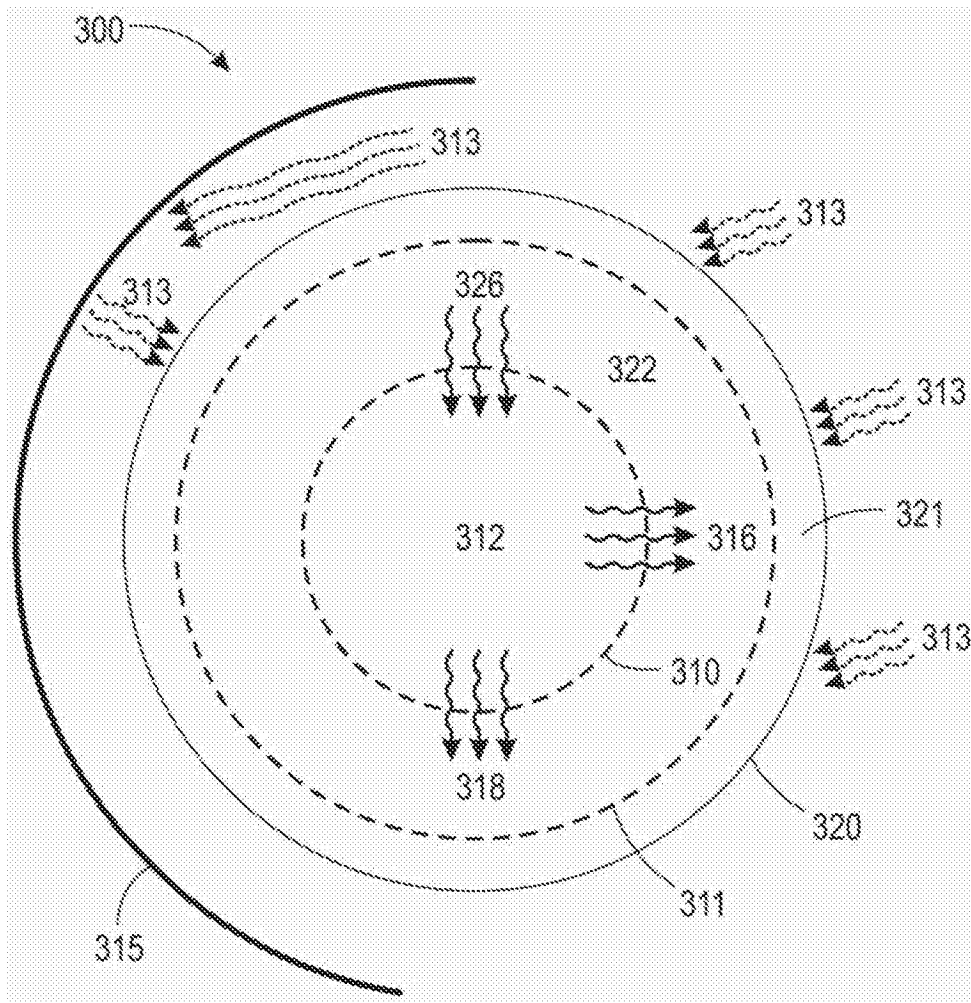


图3

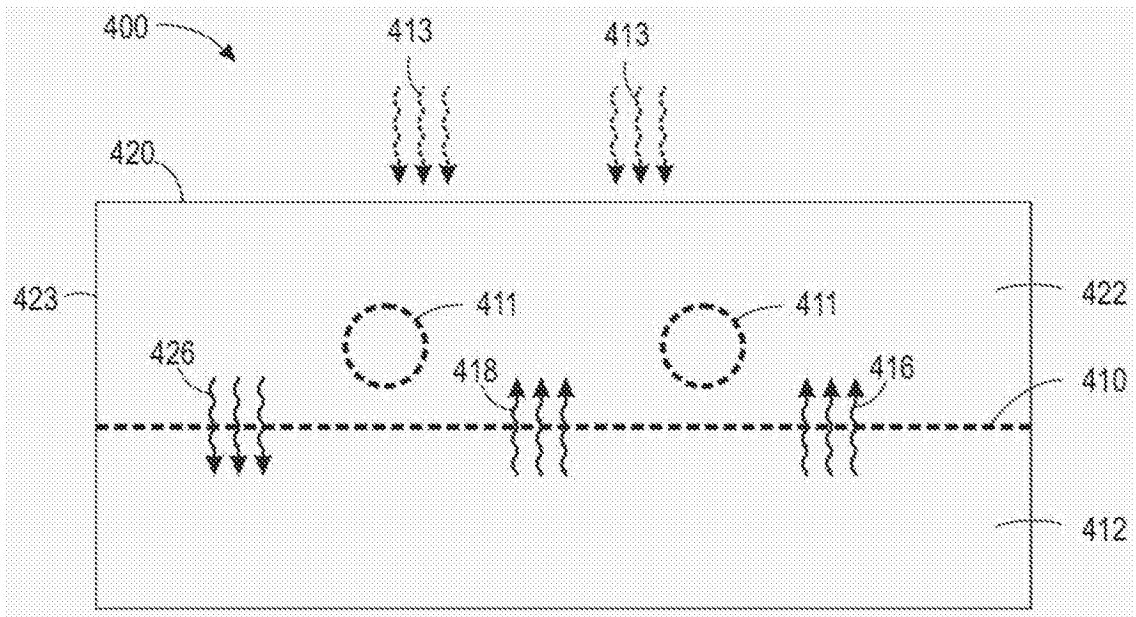


图4A

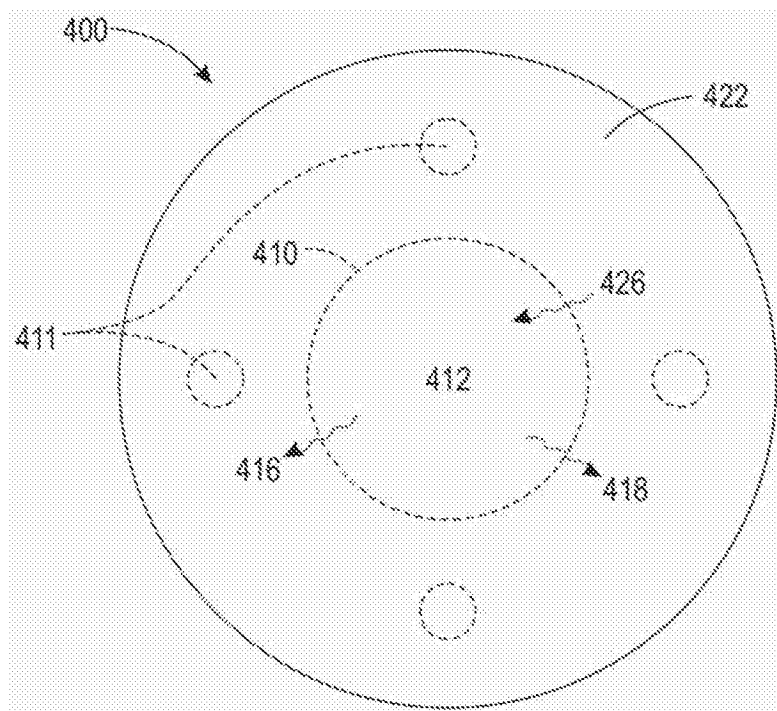


图4B

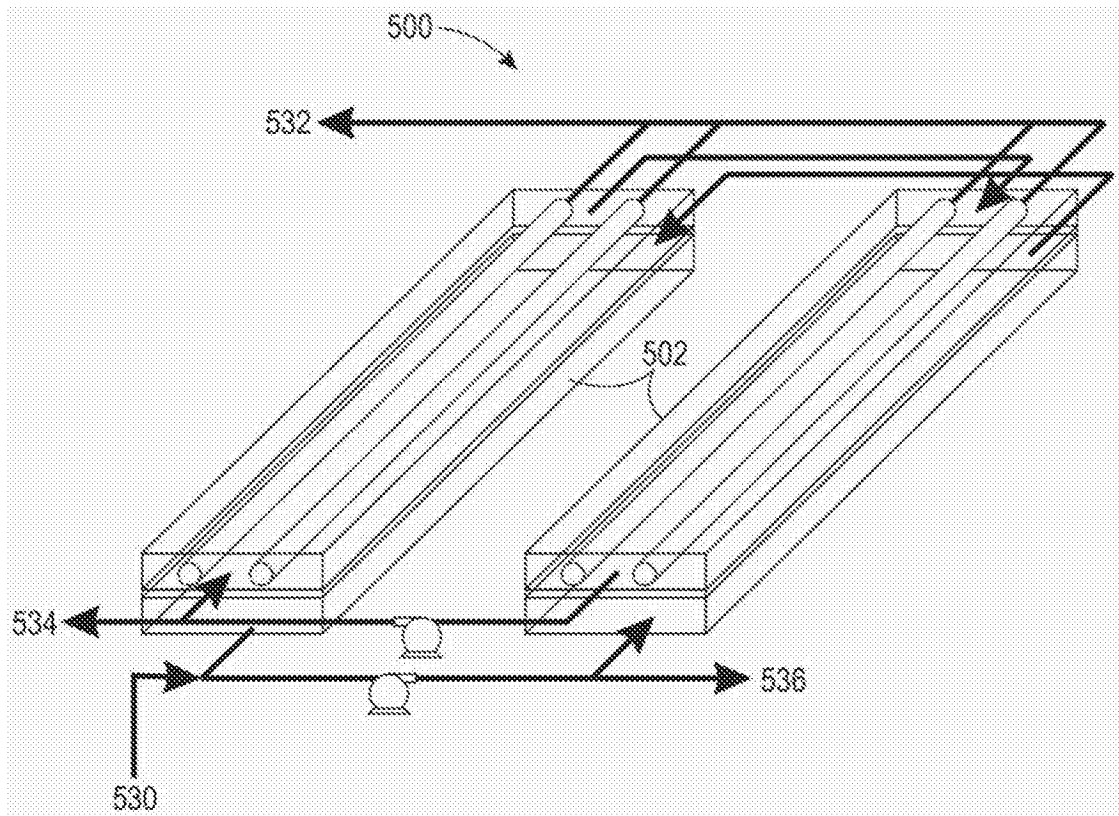


图5

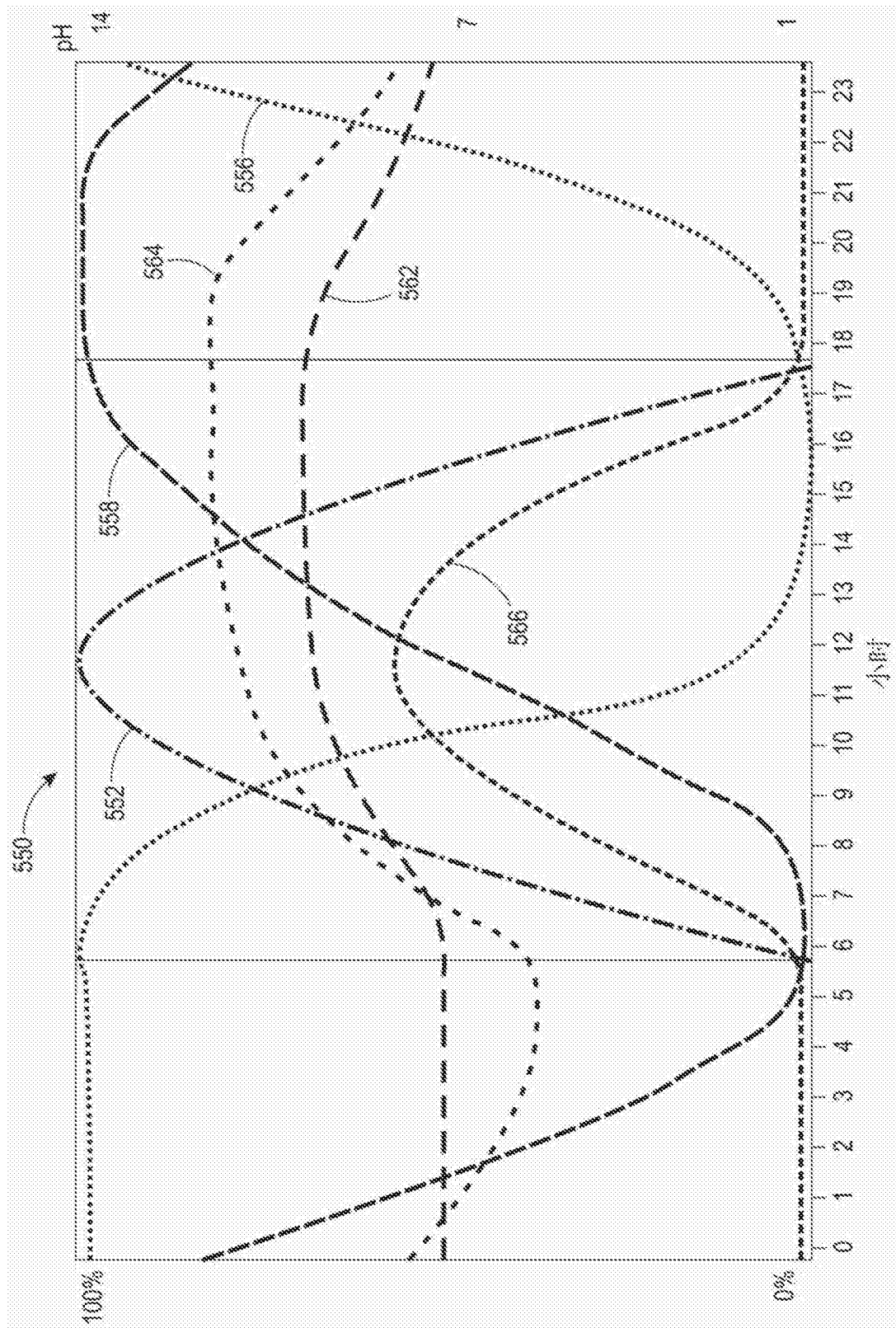


图6

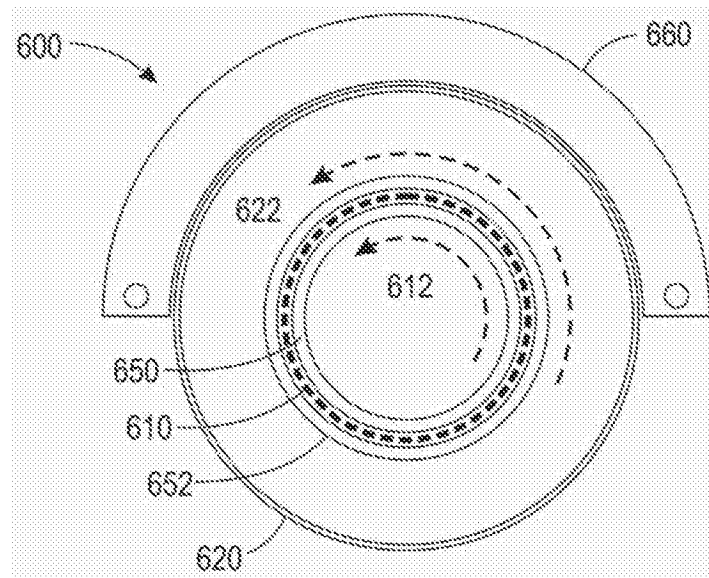


图7A

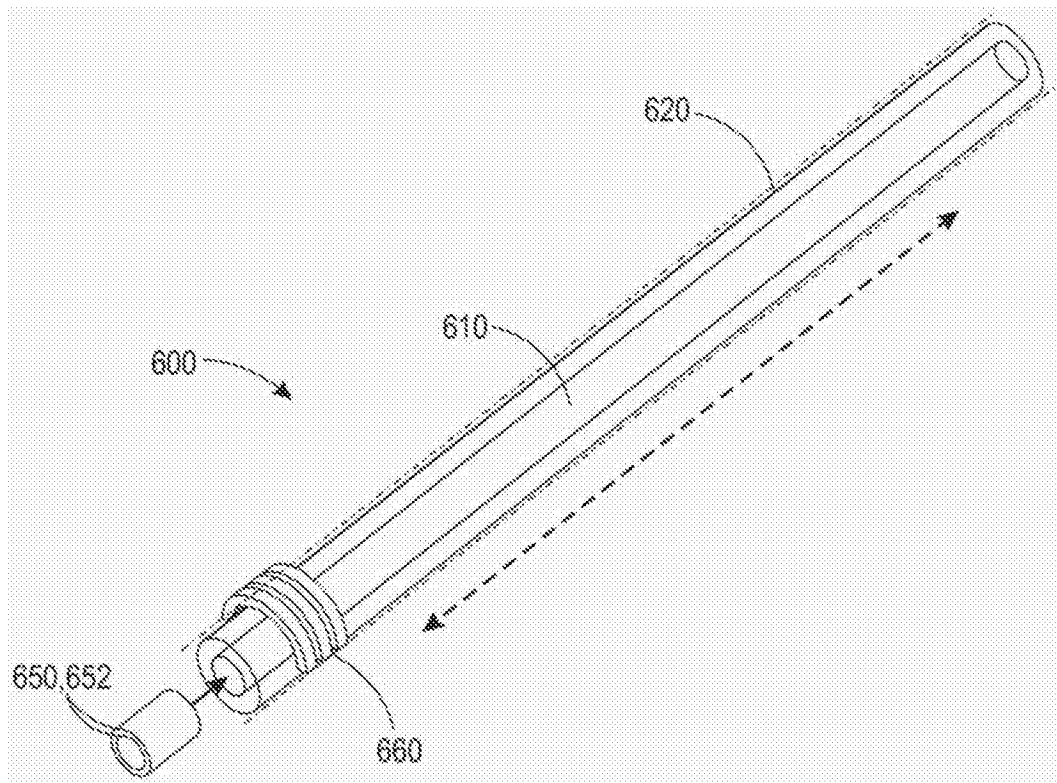


图7B

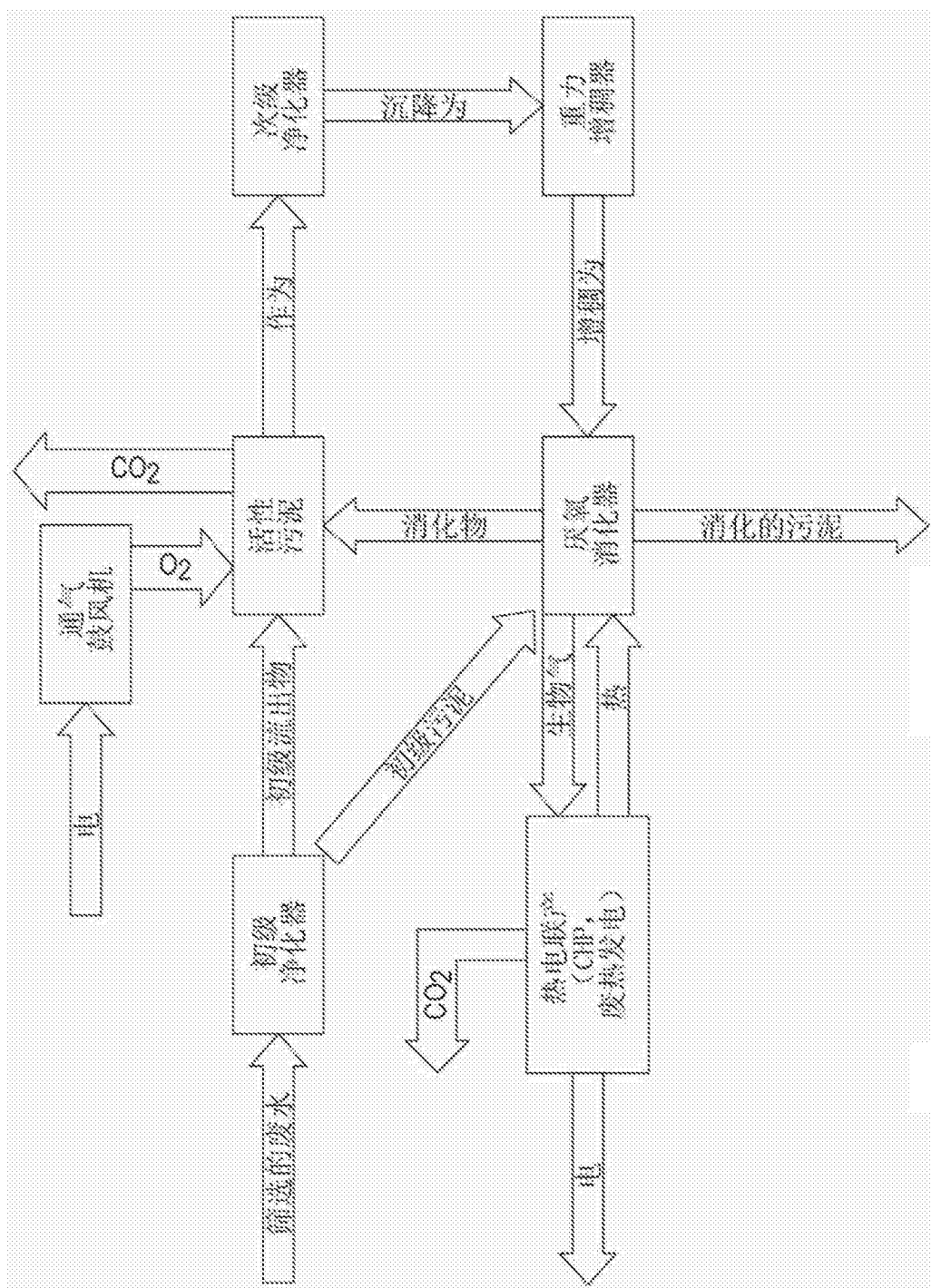


图8

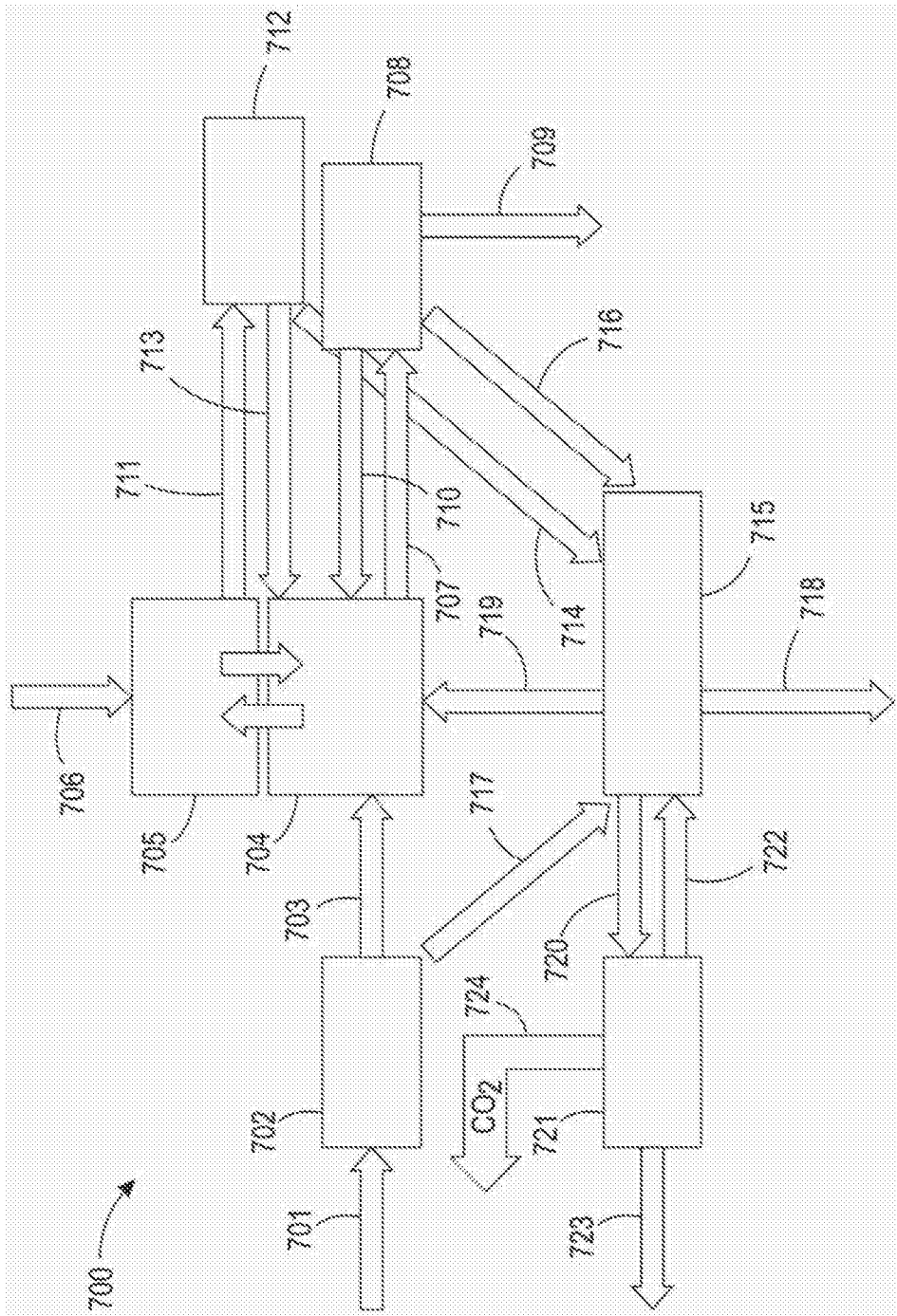


图9

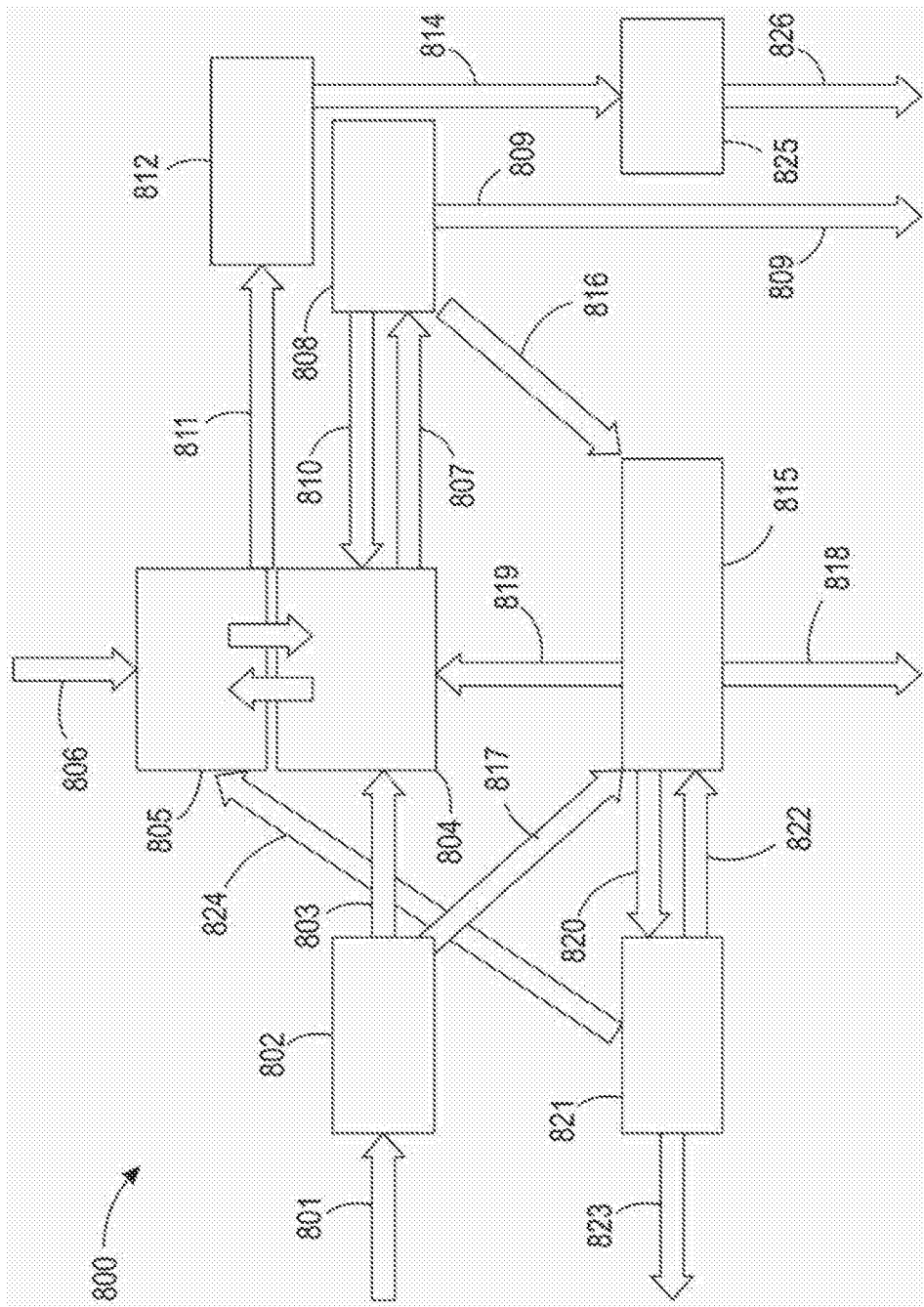


图10

摩尔	1	CH ₂ O	+0.142	NH ₄ ⁺	+0.29	O ₂	+0.142HCO ₃ ⁻	→	0.142	C ₅ H ₇ O ₂ N	+ 0.43	CO ₂	+0.858H ₂ O
摩尔	7.0	CH ₂ O	+ 1.0	NH ₄ ⁺	+ 2.0	O ₂	+ 1.0 HCO ₃ ⁻	→	1.0	C ₅ H ₇ O ₂ N	+ 3.0	CO ₂	+ 6.0 H ₂ O
C 质量	211	CH ₂ O	+ 18	NH ₄ ⁺	+ 55	O ₂	+ 61 HCO ₃ ⁻	→	113	C ₅ H ₇ O ₂ N	+ 133	CO ₂	+ 109 H ₂ O
	85	作为质量C	14	作为质量N	65	作为质量O ₂			60	作为质量C	36	作为质量C	
									14	作为质量N			

图12

废水特征	参数	值	单位
	参数	值	单位
		37793	PE (群体当量)
		70	加仑/人
	流量	10000	m ³ /天
	流量	2,645,503	gpd
		2.65	mgd
	生物可降解的COD	300	mg/L
	TKN - N	30	mg/L
	PO4 - P	8	mg/L
	ISS	0	mg/L
元素浓度	参数	值	单位
	参数	值	单位
	C	118	mg/L
	N	30	mg/L
	P	8	mg/L
元素负荷	参数	值	单位
	参数	值	单位
	C	1176	kg/天
	N	300	kg/天
	P	80	kg/天

图13

假设	
VSS破坏	60%
生物气产量, 初级污泥 (ft ³ 生物气/lb消化的VSS) =	15
生物气产量, 活性污泥 (ft ³ 生物气/lb消化的VSS) =	14
生物气产量, 藻类 (ft ³ 生物气/lb消化的VSS) =	13
生物气%甲烷	65%
BTU/ft ³ 甲烷	1000
BTU/kWh	3412
kW/cfm甲烷	17.6
kW/cfm生物气	11.4
微型燃气轮机效率	0.26
微型燃气轮机电力产量 (kW/cfm) =	2.97
生物气能量利用 =	0.9
电成本/kWh =	\$0.10
每MGD	
初级污泥的VSS (lbs/mg/d)	800
来自活性污泥的VSS (lbs/mg/d)	588
来自藻类的VSS (lbs/mg/d)	1084
总生物气生产 (ft ³ /d/mgd) =	20,598
生物气生产率 (cfm/mgd) =	14.3
发电潜力 (kW/mgd) =	43
kWh/mgd	1020
每年电力抵消 (kW-hr/mgd) =	335,130
电收入 (\$/mgd/年) =	33,513
用于消化的总VSS负荷 (lbs/d/mgd)	2,472
例如	
工厂进水流量, m ³ /d	10,000
来自电的总收入	\$88,659

图15

(kWh/天, 10,000 m ³ /d TFF)	使用常规活性污泥过程的废水处理设施	使用所提议的双室生物反应器过程的废水处理设施
筛选	1	1
充气砂砾	36	36
初级净化器	41	41
用于碳氧化的通气	1410	不需要
用于生物硝化的通气	913	不需要
返回污泥抽泵	135	不需要
次级净化器	41	不需要
滤器进料抽泵	218	不需要
过滤	86	不需要
重力增稠 (用于第一污泥)	7	7
溶解的空气漂浮 (用于第二污泥)	536	不需要
厌氧消化	451	802
带式压滤机 (用于消化的污泥)	121	216
氯化	7	7
照明与建筑	212	212
流出物渗透和用于所提议的双室生物反应器过程的两个再循环抽泵系统		756
需要的总能量 (-)	4213	2082
由生物气燃烧回收的能量 (+)	1593	2703
净差异	-2620	621

图16

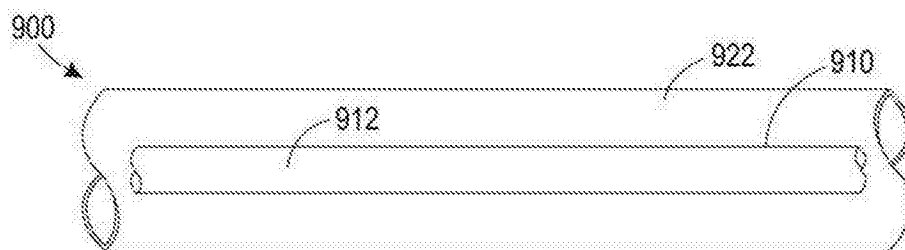


图17A

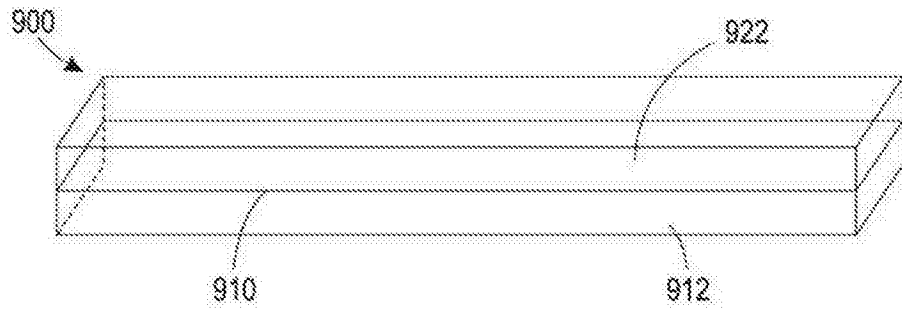


图17B

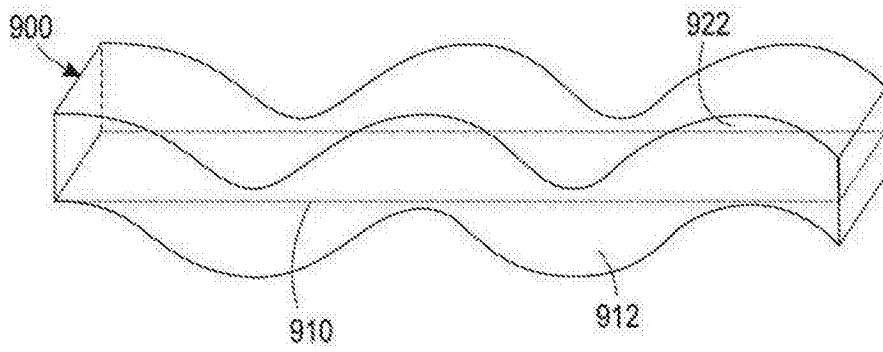


图17C

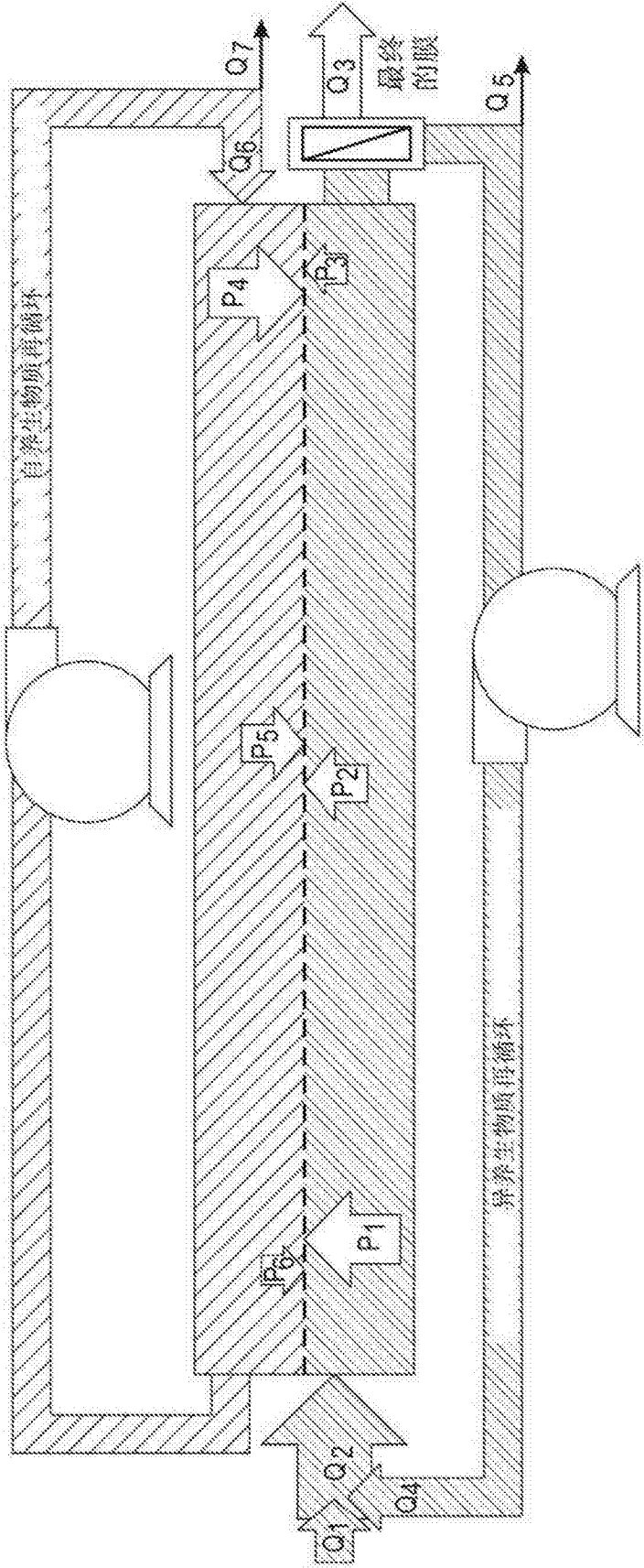


图18