



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102653775 B

(45) 授权公告日 2014. 06. 25

(21) 申请号 201210153277. 9

审查员 杨光

(22) 申请日 2012. 05. 16

(73) 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

(72) 发明人 靳强

(74) 专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 蒋亮珠

(51) Int. Cl.

C12P 5/02(2006. 01)

C12N 1/12(2006. 01)

C02F 3/32(2006. 01)

C05F 5/00(2006. 01)

C12R 1/89(2006. 01)

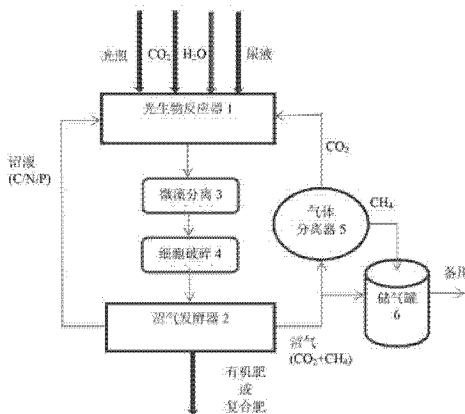
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种尿液资源化和能源化的处理方法

(57) 摘要

本发明涉及一种尿液资源化和能源化的处理方法，该方法包括以下步骤：将尿液投入接种有微藻的光生物反应器中，在该光生物反应器中微藻在尿液的作用下快速生长，当微藻的浓度达到0.5g/L ~ 50g/L时，将微藻从光生物反应器中分离出来，并置于沼气发酵器中，发酵3~45天，生成沼气、沼液和沼渣。沼气作为能源利用，沼液返回光生物反应器回收，沼渣用作有机肥或复合肥。与现有技术相比，本发明采用尿液作为整个系统唯一的营养物质来源，无需其它任何营养源即可良好地运行，持续地生长微藻，并稳定地产生沼气和有机肥或复合肥。尿液就地取料，不需搜集，不需运输，作为系统唯一的人工进料，也不需购买，完全免费，结构简单，成本低廉，易于制造和安装。



1. 一种尿液资源化和能源化的处理方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:将尿液投入接种有微藻的光生物反应器中,在该光生物反应器中微藻在尿液的作用下快速生长,当微藻的浓度达到 $0.5\text{g/L} \sim 50\text{g/L}$ 时,将微藻从光生物反应器中分离出来,并置于沼气发酵器中,发酵3-45天,生成沼气、沼液和沼渣;

所述的沼气全部直接进入储气罐,或者通过气体分离器分离出 CO_2 后再输入储气罐,分离出的 CO_2 通入光生物反应器增加水中 CO_2 的浓度,促进微藻生长;

所述的沼渣用作有机肥,尿液过量时为有机无机复合肥,促进农作物或其它植物生长。

2. 根据权利要求1所述的一种尿液资源化和能源化的处理方法,其特征在于,所述的尿液投入光生物反应器中的量为:在微藻稳定培养阶段添加尿液的体积分数为 $1/50 \sim 1/2000$,在微藻驯化阶段添加尿液的体积分数根据微藻生长速度的加快逐渐增加,但最终不超过稳定培养阶段时的体积分数。

3. 根据权利要求1所述的一种尿液资源化和能源化的处理方法,其特征在于,所述的光生物反应器中的微藻直接取自各类含藻水体,或者直接购买藻种。

4. 根据权利要求1所述的一种尿液资源化和能源化的处理方法,其特征在于,所述的光生物反应器中设有水,该水为纯水、自来水、雨水或河水。

5. 根据权利要求1所述的一种尿液资源化和能源化的处理方法,其特征在于,所述的微藻从光生物反应器中分离采用离心、过滤或絮凝中的任何一种分离手段。

6. 根据权利要求1所述的一种尿液资源化和能源化的处理方法,其特征在于,所述的微藻从光生物反应器中分离出来后采用传统的超声波法对微藻细胞进行破碎后,再进入沼气发酵器中。

7. 根据权利要求1所述的一种尿液资源化和能源化的处理方法,其特征在于,所述的沼气发酵器的温度为 $35 \sim 40^\circ\text{C}$, pH值范围取 $6.8 \sim 7.5$ 。

8. 根据权利要求1所述的一种尿液资源化和能源化的处理方法,其特征在于,所述的沼液回流至光生物反应器,作为微藻生长补充营养物质,并且自身也得到净化。

一种尿液资源化和能源化的处理方法

技术领域

[0001] 本发明涉及环境、农业和能源领域，尤其是涉及一种尿液资源化和能源化的处理方法。

背景技术

[0002] 氮(N)和磷(P)是引起湖泊、河流和近海富营养化现象的重要原因，同时也是重要的农业资源。从生活污水中去除并回收氮、磷，既可以达到保护环境的目的，又能作为资源回收利用。一般情况下，生活污水中的氮、磷浓度通常较低，直接从中回收比较困难而且也不经济，所以目前对污水中氮、磷的控制技术大都不回收利用，仅以去除处理为目的，即将氨氮通过硝化反硝化技术转化为氮气(N_2)后直接排放到大气中，而磷则通过生物除磷或化学沉淀技术转化为污泥后作为固体垃圾处理。生活污水中的氮和磷营养物质主要来源于尿液，根据瑞士环境科学和技术联邦委员会(The Swiss Federal Institute for Environmental Science and Technology, EAWAG)的统计，人类尿液中氮和磷分别占生活污水中氮、磷负荷的80%和50%左右。然而，尿液的体积还不到生活污水总体积的百分之一，因此，尿液具有富含氮磷等营养物质的特点，在尿液排入下水道之前对尿液进行分离和处理，相当于从高浓缩的溶液中对提取和分离营养物质，能够显著降低成本。

[0003] 专利CN102167434A公开了一种尿液处理及营养元素回收的一种化学方法，特指一种回收尿液中氮、磷的方法。首先，新鲜的尿液收集后应自然加盖贮存，根据季节及环境温度不同，约10天左右pH可上升到9，贮存过程以pH监测为准，达到9以上即可进行回收氮、磷的操作；取样检测 NH_4^+-N 和 $PO_4^{3-}-P$ 浓度，按摩尔比n(Mg)：n(P)：n(N)=1.3：1：1投加 Na_2HPO_4 和 $MgCl_2$ ，控制搅拌速度为100r/min，反应时间为10min，沉淀1小时后即可分离上清液得到磷酸铵镁(MAP，又称为鸟粪石)沉淀物。根据尿液水解后所含 NH_4^+-N 和 $PO_4^{3-}-P$ 浓度，按一定摩尔比投加磷酸盐和镁盐，通过合理控制反应条件，使得氮、磷最大限度地以MAP沉淀物的形式回收，使得氮、磷均大幅度降低，氮、磷回收率高达95%左右。虽然该方法不仅处理了尿液还回收了氮和磷，但是，该方法有如下缺点：需添加磷酸盐和镁盐，这显然需要成本；得到的是携带尿液中其它成分的无机物沉淀，易沉淀意味着难于被农作物或植物利用。

发明内容

[0004] 本发明的目的就是为了克服上述现有技术存在的缺陷而提供一种效率高、简单方便的尿液资源化和能源化的处理方法。

[0005] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现：一种尿液资源化和能源化的处理方法，其特征在于，该方法包括以下步骤：将尿液投入接种有微藻的光生物反应器中，在该光生物反应器中微藻在阳光、空气、水和尿液的作用下快速生长，当微藻的浓度达到0.5g/L~50g/L时，将微藻从光生物反应器中分离出来，并置于沼气发酵器中，发酵3~45天，生成沼气、沼液和沼渣。

[0006] 所述的尿液投入光生物反应器中的量为：在微藻稳定培养阶段添加尿液的体积分数为 1/50 ~ 1/2000，在微藻驯化阶段添加尿液的体积分数根据微藻生长速度的加快逐渐增加，但最终不超过稳定培养阶段时的体积分数。

[0007] 所述的光生物反应器中的微藻直接取自各类含藻水体，或者直接购买藻种。

[0008] 所述的光生物反应器中的水为纯水、自来水、雨水或河水。

[0009] 所述的微藻从光生物反应器中分离采用离心、过滤或絮凝中的任何一种分离手段或者其他分离方式。

[0010] 所述的微藻从光生物反应器中分离出来后采用传统的超声波法对微藻细胞进行破碎后，再进入沼气发酵器中，也可采用其他破碎方法。

[0011] 所述的沼气发酵器的温度为 35 ~ 40℃，pH 值范围取 6.8 ~ 7.5，也可以在四季的自然条件下进行，不进行温度和 pH 值控制，这样可以减少人工干预以及降低温度和 pH 值的控制成本。

[0012] 所述的沼液回流至光生物反应器，作为微藻生长补充营养物质，并且自身也得到净化。

[0013] 所述的沼渣用作有机肥，尿液过量时为有机无机复合肥，促进农作物或其它植物生长。

[0014] 所述的沼气全部直接进入储气罐，或者通过气体分离器分离出 CO₂ 后再输入储气罐，分离出的 CO₂ 通入光生物反应器增加水中 CO₂ 的浓度，促进微藻生长。

[0015] 在光生物反应器中放入适量水后接种微藻，采用尿液在阳光的自然照射下对其进行驯化和培养。尿液是一种污水，排入水体会造成严重的污染，但是它含有微藻生长所需要的丰富且全面的营养物质。在阳光的自然照射下，微藻吸收大气中无机碳形态的二氧化碳 (CO₂)，通过光合作用将其转化和增殖为自身的有机质。尿液是整个系统的唯一的营养源，当加入尿液时，尿液会促进微藻的生长，生物量会迅速增加，从而高效地完成光能转化为生物质能的过程。当生物量达到一定浓度时从水中分离出微藻，并对其进行细胞破碎，然后进行沼气发酵处理。为了降低运行成本，也可以不进行细胞破碎，微藻分离后直接进行沼气发酵器。沼气发酵产物分为三部分：沼气、沼液、沼渣。沼液中含有低分子有机碳和丰富的营养物质，回流补充至光生物反应器中，促进微藻生长。沼气的主要成分为甲烷 (CH₄) 和 CO₂，其中 CO₂ 从沼气中分离出来并通入光生物反应器中，以增加水中无机碳源的浓度，促进微藻的生长。分离后的剩余沼气主要成分是甲烷，通入储气罐作为可再生能源备用，从而实现能源化的目的。为了降低成本，也可以不对沼气进行分离，全部通入储气罐作为可再生能源备用，从而实现能源化的目的。沼渣中含有丰富的低分子有机质和植物生长所需的丰富的营养物质，可作有机肥使用，当尿液过量时，可作无机有机复合肥使用，从而实现资源化的目的。在整个过程中尿液同时作为污水实现了净化处理。

[0016] 与现有技术相比，本发明具有以下优点：

[0017] (1) 提供了一种处理尿液污水的高效方法，可以用于家庭厕所废水、公厕废水和养殖业废水的处理，推广后可大大降低了生活污水处理厂脱氧除磷的生产负荷，并大幅减少水体富营养化的程度和水华发生的可能性。

[0018] (2) 不仅处理了尿液，而将其转化成了高效的有机肥或无机有机复合肥，从而实现了污水资源化的目的。

[0019] (3) 在处理尿液过程中还产生了沼气，沼气是一种可再生能源，从沼气中可分离出 CO₂ 供微藻培养，沼气脱除 CO₂ 后 CH₄ 的含量比一般沼气要高，即单位体积的能值高，因此本发明还同时高质量地实现了尿液能源化的目的。也可以认为，在尿液的作用下，整个工艺实现了太阳能转化微藻生物质能，再由生物质能转化为可方便使用的甲烷形态的化学能，只有二步转换，简单高效且使用方便。

[0020] (4) 尿液由于含有丰富和全面的营养物质，且营养物质以微藻易于吸收的形态存在，从而大大促进了微藻的生长，大幅度提高了太阳能转化为化学能的能量转换效率。而且，尿液中含有磷酸盐，是良好的 pH 缓冲剂，能够防止沼气发酵时 pH 值过度降低，维持产甲烷菌代谢的最佳 pH 值，提高其生产效率。因此，尿液是一种优良的微藻生长高效促进剂，也是一种优良的系统进料。

[0021] (5) 尿液是整个系统唯一的营养物质来源，无需其它任何营养源（包括任何含有营养物质的任何形式的生物质及其衍生肥）即可良好地运行，持续地生长微藻，并稳定地产生沼气和有机肥或复合肥。尿液产生于家庭、公厕或养殖厂内，就地取料，不需搜集，不需运输，作为系统唯一的人工进料，也不需购买，完全免费。并且，系统另外所需的阳光和 CO₂ 无需人工加入，完全免费，因此，整个系统实际上构成了一个零原料成本的小型能源化工厂和污水处理厂。

[0022] (6) 尿液中过量的营养物质经过沼气发酵阶段处理后，与沼渣不是一个简单的混合关系，而是形成了肥效更为优越的具有协同作用的复配关系，更加有效地促进植物的生长。

[0023] (7) 从工艺上来看，光生物反应器为沼气发酵器提供了唯一的原料微藻，沼气发酵器为光生物反应器提供了沼液和沼气，又强化了微藻培养，同时光生物反应器处理了沼气发酵器的废液和废气，从而系统内部形成了自耦合机制。从系统外部来看，整个系统有一个尿液污水进料和二个有用的能源和肥料出料，没有其它新污染产生。

[0024] (8) 整个系统非常简单，所需材料成本低廉，易于制造和安装，可在家庭内、公厕边或养殖厂内尤其是农户中推广使用。运行时除了简单地添加尿液外可以不需要人工干预，也不需要人工添加任何无机物和有机物（包括含有营养物质的任何形式的生物质及其衍生肥），从而免去了搜集所需物料的人力，也免去了购买系统所需物料的资金。

[0025] (9) 本发明采用尿液作为整个系统唯一的营养物质来源，因其营养全面，不需要添加其他物质，节约成本，操作简单。而且，本发明采用尿液在光生物反应器中反应后所得的产物作为沼气发酵器的原料，生产新的能源和资源，同时还处理了污水尿液。

附图说明

[0026] 图 1 为本发明的工艺路线图。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图和具体实施例对本发明进行详细说明。

[0028] 如图 1 所示，本发明的工艺过程如下：

[0029] (1) 微藻的接种：微藻在水体中广泛存在，接种微藻可以直接取自各类含藻水体，也可以直接购买藻种。在光生物反应器 1 中，接种微藻浓度不限；

[0030] (2) 微藻的驯化和培养:微藻的驯化和培养在光生物反应器1中完成。微藻生长需要阳光、CO₂ 和 H₂O, 阳光采用自然条件下的阳光, H₂O 可以是任何形式的水(包括纯水、自来水、雨水和河水)。从图1工艺路线图看出, CO₂ 是无机碳, 来自大气和沼气分离出来的 CO₂, 由于沼气中的 CO₂ 来自于微藻自身沼气发酵, 因此大气是微藻驯化和培养所需 CO₂ 的唯一的最终来源。CO₂ 可以通过空气曝气、沼气 CO₂ 曝气和自然扰动的方式, 实现空气中的 CO₂ 溶解水中并供微藻利用。阳光和 CO₂ 无需人工加入, 而且完全免费, 补充进入光生物反应器中的水主要用于微藻同化和自然蒸发, 可以自动加入。从图1工艺路线图看出, 微藻驯化和培养所需的营养物质来自于尿液和从沼气发酵器回流到光生物反应器的沼液, 但沼液中的营养物质全部来源于微藻, 因此, 尿液是驯化和培养微藻的唯一的营养物质最终来源。而且, 从图1工艺路线图还看出, 尿液也是整个工艺系统唯一的营养物质来源, 无需其它任何营养源(包括含有营养物质的任何形式的生物质及其衍生有机肥)整个系统即可持续稳定地处理尿液、培养微藻和生产有机肥或复合肥、沼气。当尿液过量时, 沼渣为无机有机复合肥。在光生物反应器中, 稳定培养阶段添加尿液的体积分数分别为为 1/50 ~ 1/2000, 驯化阶段添加尿液的体积分数根据微藻生长速度逐渐增加, 但最终不应超过稳定培养阶段时的体积分数。

[0031] 尿液在微藻培养和沼气发酵过程中具有独特的作用。尿液是经过人体组织过滤形成的, 是无菌的液体, 因此与其它营养源相比不存在对微藻的生物入侵而造成微藻减产的问题。其次, 尿液含有 100 多种微量活性物质, 无机物质有钠、钾、氯、硫酸盐、磷酸盐、铵盐、钙离子等, 有机物质主要有尿素、尿酸、尿激酶等活性物质, 因此尿液可以为微藻的生长提供了全面的营养物质, 而且这些营养物质具有易于微藻吸收的性质, 这是其它营养源(包括木质素及其衍生有机肥)所不具备的。第三, 沼气发酵适宜的碳氮比以 10 ~ 30 : 1, 而微藻的碳氮比一般大于 60 : 1, 通过改变尿液添加量能够很方便地调节微藻在沼气发酵阶段的 C/N 比, 使沼气工况处于最佳状态。第四, 当尿液添加量多于微藻生长所需时, 多余的尿液营养物质在沼气发酵阶段随沼渣排出, 此时沼渣实际上形成了肥力更高的无机有机复合肥。尿液中过量的营养物质经过沼气发酵阶段处理后, 与沼渣不是一个简单的混合关系, 而是形成了肥效更为优越的具有协同作用的复配关系, 更加有效地促进植物的生长。第五, 尿液中磷酸盐具有酸碱缓冲功能, 这有利于维持沼气发酵的重要操作因素 pH 值有积极意义。总之, 尿液具有上述区别于其它营养源的诸多独特性质, 从而使得尿液与其它营养源相比, 在微藻培养阶段和沼气发酵阶段均能够显著提高生化效率, 提高微藻、沼气和有机肥或无机有机复合肥的产量。

[0032] (3) 微藻分离 3:当微藻浓度在 0.5g/L ~ 50g/L 时, 将微藻从水中分离出来, 并置于沼气发酵器中。可采用离心、过滤和絮凝中的任何一种分离手段。

[0033] (4) 微藻破碎 4:微藻破碎相当于沼气发酵的预处理, 目的是灭活微藻并破碎微藻细胞, 从而减少微藻在沼气发酵器中的停留时间, 提高沼气发酵的生产效率。采用传统的超声波法对微藻细胞进行破碎。为了减少操作成本, 微藻可不进行破碎处理, 直接进入沼气发酵器 2。

[0034] (5) 沼气发酵:按传统方式进行沼气发酵。为了获得较高的沼气产率, 温度范围取 35 ~ 40℃, pH 值范围取 6.8 ~ 7.5。也可以在四季的自然条件下进行, 不进行温度和 pH 值控制, 这样可以减少人工干预以及降低温度和 pH 值的控制成本。微藻在沼气发酵器中的停

留时间为3~45天之间,发酵产物分为三部分:沼气、沼液、沼渣。沼液回流至光生物反应器,为微藻生长补充营养物质,并且自身也得到净化。沼渣用作有机肥,尿液过量时为有机无机复合肥,促进农作物或其它植物生长。

[0035] (6) 气体分离:采取传统变压分离的方式,将沼气输入气体分离器5中分离,从沼气中分离出CO₂,通入光生物反应器1增加水中CO₂的浓度,促进微藻生长。也可以采用不分离的方式,厌氧后的沼气全部直接进入储气罐6,虽然沼气中的CO₂没有被光生物反应器中的微藻重新利用,但大大减少了整个系统的固定成本和运行成本。

[0036] 实施例1

[0037] 一种用于尿液资源化和能源化的方法,该方法包括以下步骤:(1)在光生物反应器中放入1000m³水,取1m³泛绿的河水接种微藻,倒入光生物反应器中(2)取200L尿液添加入生物反应器,在阳光的自然照射下对其进行驯化,每天增加200L尿液,10天后驯化完成。此后按每天2L尿液稳定添加至光生物反应器,进入稳定培养阶段,此时生物量为5g/L。(3)采用过滤的办法分离出微藻,经超声波破碎后投入沼气发酵器。(4)微藻在沼气发酵器停留时间10天,40%转变成沼气,30%转变沼液,30%成为沼渣。沼气进入储气罐备用,沼液回流至光生物反应器,沼渣作为肥料备用。本实施例实施效果:完成了每天2L尿液污水的处理,不需要尿液以外的任何营养源实现了微藻培养和沼气发酵的自耦合过程,将太阳能转化为沼气能,高效地同时实现了尿液处理、能源制造和有机肥生产三个目标。

[0038] 实施例2

[0039] 一种用于尿液资源化和能源化的方法,该方法包括以下步骤:(1)在光生物反应器中放入1m³水,取1L泛绿的河水接种微藻,倒入光生物反应器中。(2)取50mL尿液添加入生物反应器,在阳光的自然照射下对其进行驯化,每天增加50mL尿液,10天后驯化完成。此后按每天500mL尿液稳定添加至光生物反应器,进入稳定培养阶段,此时生物量为0.5g/L。(3)采用过滤的办法分离出微藻,经超声波破碎后投入沼气发酵器。(4)微藻在沼气发酵器停留时间3天,40%转变成沼气,40%转变沼液,20%成为沼渣。沼气进入储气罐备用,沼液回流至光生物反应器,沼渣作为肥料备用。本实施例实施效果:完成了每天500mL尿液污水的处理,不需要尿液以外的任何营养源实现了微藻培养和沼气发酵的自耦合过程,将太阳能转化为沼气能,高效地同时实现了尿液处理、有机肥生产和能源制造三个目标。

[0040] 实施例3

[0041] 一种用于尿液资源化和能源化的方法,该方法包括以下步骤:(1)在光生物反应器中放入5m³水,购买小球藻(Chlorella),扩培后接种至光生物反应器中。(2)取10L尿液添加入生物反应器,在阳光的自然照射下对其进行增生培养,每天增加10L尿液,10天后完成。此后按每天100L尿液稳定添加至光生物反应器,进入稳定培养阶段,此时生物量为50g/L。(3)采用过滤的办法分离出微藻,直接投入沼气发酵器。(4)微藻在沼气发酵器停留时间45天,50%转变成沼气,30%转变沼液,20%成为沼渣。沼气进入储气罐备用,沼液回流至光生物反应器,沼渣作为肥料备用。本实施例实施效果:完成了每天100L尿液污水的处理,不需要尿液以外的任何营养源实现了微藻培养和沼气发酵的自耦合过程,将太阳能转化为沼气能,高效地同时实现了尿液处理、能源制造和高效的无机有机复合肥料生产三个目标。

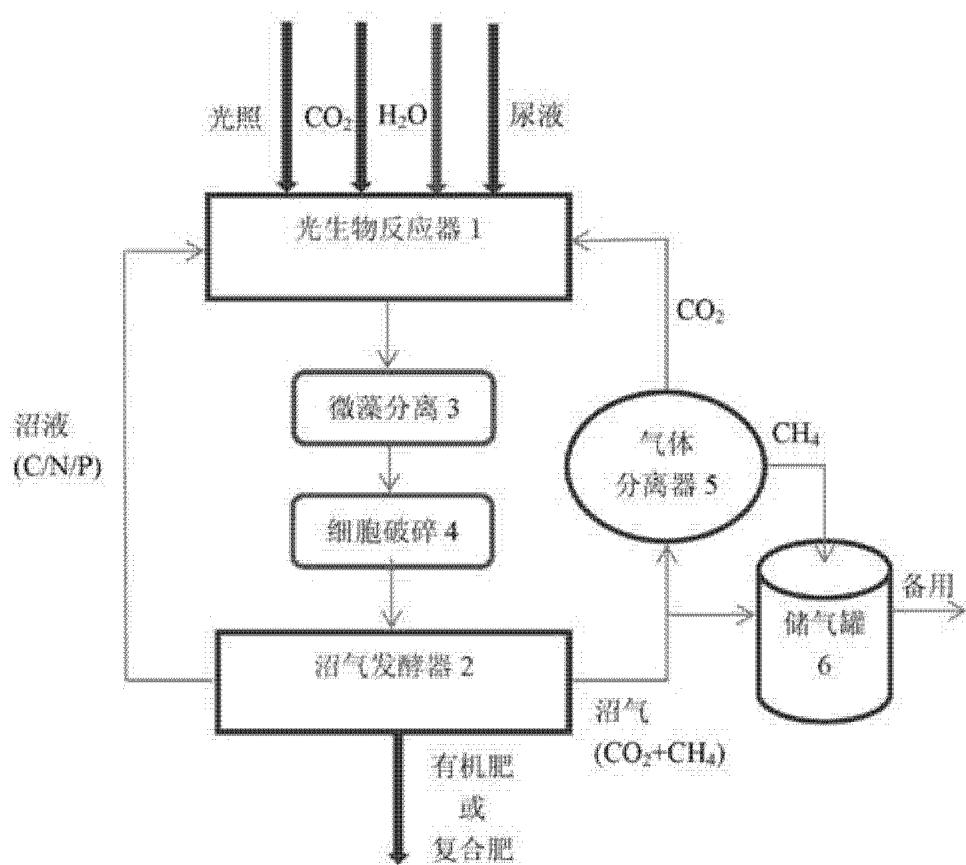


图 1