



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104726321 B

(45)授权公告日 2017.06.06

(21)申请号 201510179009.8

C12M 1/00(2006.01)

(22)申请日 2015.04.15

C12R 1/89(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104726321 A

(43)申请公布日 2015.06.24

(73)专利权人 中国海洋大学

地址 266003 山东省青岛市崂山区松岭路  
238号

(72)发明人 王巧晗 高燕琦 宫庆礼

(56)对比文件

CN 101870950 A,2010.10.27,

CN 202322801 U,2012.07.11,

CN 103627632 A,2014.03.12,

WO 2014039823 A1,2014.03.13,

JP H05184347 A,1993.07.27,

KR 100679989 B1,2007.02.08,

审查员 吴漾

(74)专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务  
所(普通合伙) 11350

代理人 汤东风

(51)Int.Cl.

C12M 1/04(2006.01)

C12M 1/02(2006.01)

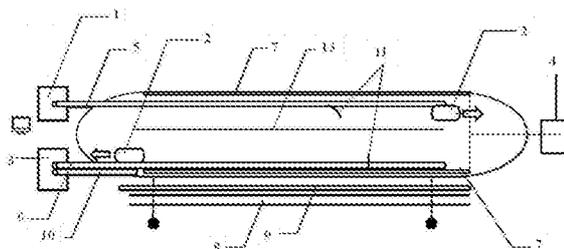
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)发明名称

一种适用于阳光工厂化的跑道式生物反应器

(57)摘要

本发明公开了一种适用于阳光工厂化的跑道式生物反应器,用于球等鞭金藻、三角褐指藻、纤细角毛藻、牟氏角毛藻、雨生红球藻规模化培养。包括呈封闭式跑道池形状的培养装置主体,跑道池内部侧壁具有营养盐补充管和注入水补充管,分别与自动化流加营养盐补充装置、热交换器水处理装置相连;内底两侧各具一根CO<sub>2</sub>补气管,与气体CO<sub>2</sub>气体供应装置相连,内部拐弯处具有两个螺杆泵机械推进装置,内部中央设有隔板,两外侧各设有卡扣。跑道池外底设有不锈钢支架,支架上安有辅助光源LED灯;跑道池还具有双面跑道清洁装置。本发明装置增加了培养池中藻液的光照表面积体积比,改善了反应器的光照利用率,提高了培养密度,有利于提高工厂化微藻培养效率。



1. 一种适用于阳光工厂化的跑道式生物反应器,包括培养装置主体,位于主体外部的自动化流加营养盐补充装置(1)、热交换器水处理装置(3)和CO<sub>2</sub>气体供应装置(4),以及位于主体内部拐弯处的两个螺杆泵机械推进装置(2);其特征在于,所述的培养装置主体为封闭式跑道池,跑道池的外底部设置有不锈钢支架(8),在不锈钢支架上、跑道池外底部安装有辅助光源LED灯(9);所述的跑道池内部中央设有隔板(13),跑道池内部两侧壁分别安装有营养盐补充管(5)和注入水补充管(6),营养盐补充管(5)与自动化流加营养盐补充装置(1)相连,注入水补充管(6)与热交换器水处理装置(3)相连;所述的跑道池内底两侧各具有一根CO<sub>2</sub>补气管(7),与CO<sub>2</sub>气体供应装置相连;

所述的培养装置主体的材质为透明亚克力PC材料;

所述的助光源LED灯为红色LED冷光灯、蓝色LED冷光灯和白色LED冷光灯;

所述的热交换器水处理装置(3)为跑道式生物反应器提供水源,热交换器水处理装置通过位于跑道池拐弯处的初始注水管(10)为其提供初始水源,随后,通过注入水补充管(6)上的8-10根注入管(11)为跑道池提供补充注水;

所述的自动化流加营养盐补充装置(1)根据电脑设定程序,通过营养盐补充管(5)上的8-10根注入管(11)为跑道池提供营养盐;

所述的跑道式生物反应器还具有双面跑道清洁装置,包括清洁池内片(14)和清洁池外片(15),二者密实地置于跑道池内外;

所述的CO<sub>2</sub>补气管(7)每隔0.1m设一开口,开口方向为斜向上,CO<sub>2</sub>通气量为1-3%V:V,雷诺数为 $2 \times 10^3 - 2 \times 10^5$ ;

所述的不锈钢支架高0.5-1m,支架下方安装有若干可动轮及其驻动装置;

所述的跑道式生物反应器,主要用于球等鞭金藻、三角褐指藻、纤细角毛藻、牟氏角毛藻、雨生红球藻的规模化培养。

2. 根据权利要求1所述的跑道式生物反应器,其特征在于,所述的跑道池规格为:长50m,单侧宽0.5m、总宽度1m,池高0.4m;所述的隔板(13)长49m,距离池两侧均为0.5m,隔板高0.3m,注水水深0.15-0.25m,营养盐补充管(5)和注入水补充管(6)距离池底0.15m以下;跑道池厚度均一,均为3mm;跑道池总体积为20m<sup>3</sup>,总占地为50m<sup>2</sup>;所述的跑道池,在池高0.3m处,池两外侧各设有卡扣(12)。

## 一种适用于阳光工厂化的跑道式生物反应器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种培养藻类的生物反应器,具体涉及一种适用于阳光工厂化的跑道式生物反应器,该反应器适用于球等鞭金藻、三角褐指藻、纤细角毛藻、牟氏角毛藻、雨生红球藻等各种微藻的规模化培养。

### 背景技术

[0002] 微藻能有效利用光能、CO<sub>2</sub>和无机盐类合成蛋白质、脂肪、碳水化合物以及多种高附加值生物活性物质,可以通过微藻培养来生产保健食品、食品添加剂、饲料、生物肥料、化妆品及其他天然产品。另外,近年来利用藻类为宿主的基因产物的生产也日益受到关注。微藻生物资源的开发对于减缓土地、环境、能源和人口危机,弥补传统农作物的不足与局限,以及促进传统农业向工业化生产过渡都具有重要的意义。随着人类对微藻的认识不断加深,开发和研制新型高效光生物反应器及其在微藻的高密度培养方面的应用研究已成为微藻生物技术的一个重要组成部分。目前,微藻培养装置主要有开放式和封闭式两种光生物反应器。

[0003] 开放式光生物反应器已普遍应用于商业化微藻大规模培养中,它具有投资少、成本低、技术要求简单等优点,主要有四种类型:浅水池、循环池、跑道池式、池塘。其中最典型、最常用的开放池培养系统是Oswald设计的跑道池反应器(race-way photobioreactor),占地面积小、污染少,以自然光为光源和热源,提高了藻体细胞的光能利用率,在螺旋藻、小球藻和盐藻的大规模培养中取得良好的效果;但是,开放式光生物反应器容易受外界环境影响,难以保持较适宜的温度与光照;并且,会受到灰尘、昆虫及杂菌的污染,不易保持高质量的单藻培养;此外,光能及CO<sub>2</sub>利用率不高,无法实现高密度培养。

[0004] 美国Solix公司开发了一种水浮薄膜吊袋式微藻培养系统,是一种封闭式光生物反应器,将数百米长的吊袋悬浮于水池中,一方面借助水的浮力来减轻塑料膜的承压,另一方面也可利用水池中的水来实现吊袋培养系统的温度缓冲;然而塑料膜的承压强度低,导致此类塑料膜光反应器难于放大。此外,传统的封闭式生物反应器也存在成本昂贵、投资大,采用人工内置光源和热源、耗能高,可培育藻种单一,培养后期由于细胞浓度的升高限制光的穿透从而降低光照效率,在培养过程中由于水压增加使细胞受到损伤等缺点。

### 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是针对现有技术中存在的不足,而提供一种适用于阳光工厂化的跑道式生物反应器,该生物反应器可以有效解决水泥池占地面积过大、开放池容易污染、光照利用不充分、养殖过程中藻体损伤严重、养殖成本过高等技术缺陷。

[0006] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 一种适用于阳光工厂化的跑道式生物反应器,包括培养装置主体,位于主体外部的自动化流加营养盐补充装置、热交换器水处理装置和CO<sub>2</sub>气体供应装置,以及位于主体内部拐弯处的两个螺杆泵机械推进装置;所述的培养装置主体为封闭式跑道池,跑道池的外

底部设置有不锈钢支架,在不锈钢支架上、跑道池外底部安装有辅助光源LED灯;所述的跑道池内部中央设有隔板,跑道池内部两侧壁分别安装有营养盐补充管和注入水补充管,营养盐补充管与自动化流加营养盐补充装置相连,注入水补充管与热交换器水处理装置相连;所述的跑道池内底两侧各具有一根CO<sub>2</sub>补气管,与气体CO<sub>2</sub>气体供应装置相连。

[0008] 进一步的,所述的跑道池规格为:长50m,单侧宽0.5m、总宽度1m,池高0.4m;所述的隔板长49m,距离池两侧均为0.5m,隔板高0.3m,注水水深0.15-0.25m,营养盐补充管和注入水补充管距离池底0.15m以下;跑道池厚度均一,均为3mm;跑道池总体积为20m<sup>3</sup>,总占地为50m<sup>2</sup>,与现有的开放式水泥池相比,本发明清洁、环保,能有效提高土地重复使用率,避免污染土地;所述的跑道池,在池高0.3m处,池两外侧各设有卡扣,卡扣可开启两侧跑道池,当培养藻类时外侧可用卡扣密封。

[0009] 进一步的,所述的跑道式生物反应器还具有双面跑道清洁装置,包括清洁池内片和清洁池外片,二者密实地置于跑道池内外,利用异性磁极的吸引作用可使里面的一片跟着外面一片运动,由于微藻的挂壁发生在池内表面,所以无论是采取人工还是自动化清洁都很方便。

[0010] 进一步的,所述的热交换器水处理装置为跑道式生物反应器提供水源,热交换器水处理装置通过位于跑道池拐弯处的初始注水管为其提供初始水源,随后,通过注入水补充管上的8-10根注入管为跑道池提供补充注水。

[0011] 进一步的,所述的自动化流加营养盐补充装置根据电脑设定程序,通过营养盐补充管上的8-10根注入管为跑道池提供营养盐。

[0012] 进一步的,所述的CO<sub>2</sub>补气管每隔0.1m设一开口,开口方向为斜向上,以防止藻体沉淀,使藻体于培养液中混合均匀,防止污染;CO<sub>2</sub>通气量为1-3%V:V,雷诺数为 $2 \times 10^3 - 2 \times 10^5$ ,以避免培养液pH值下降及微藻细胞因充气剪切力过大而破损且能够满足微藻碳源的补充。

[0013] 进一步的,所述的培养装置主体的材质为透明亚克力PC材料;封闭式亚克力PC材料,能有效避免培养过程中培养环境对藻类的污染,且透明的材料极大地增加了培养池中藻液的光照表面积体积比,改善了反应器的光照利用率,提高了反应器的培养密度,从而提高生产率;与塑料膜光反应器相比,承压强度高,可重复利用,更适于工厂化生产。

[0014] 进一步的,所述的不锈钢支架高0.5-1m,支架下方安装有若干可动轮及其驻动装置,使装置最大限度的节省土地占用面积,避免土地资源污染。

[0015] 进一步的,辅助光源LED灯为红色LED冷光灯、蓝色LED冷光灯和白色LED冷光灯;相较单一的人工光源热源,能大幅节约资源,避免资源浪费;且水温保持微藻生长所需最适温度、光照,在如阴、雨天不良天气条件下及夜晚无自然光时,可于池体上方覆盖可卷动的塑料透光薄膜采用辅助光源,促进微藻生长,缩短微藻培养周期。

[0016] 本发明结构简单,操作方便,极大地增加了培养池中藻液的光照表面积体积比,改善了光生物反应器的光照利用率,提高了开放式光生物反应器的培养密度,大幅提高生产率,节省了生产成本,节约了资源消费,降低了劳动强度,提高了土地的重复使用率,符合农业可持续发展的战略。特别有利于提升现有情况下工厂化微藻培养的效率。

[0017] 本发明所述的阳光工厂化的跑道式生物反应器,主要适用于球等鞭金藻、三角褐指藻、纤细角毛藻、牟氏角毛藻、雨生红球藻的规模化培养。

## 附图说明

[0018] 图1:本发明跑道式生物反应器的整体结构示意图;

[0019] 图2:本发明跑道式生物反应器的CO<sub>2</sub>补气管位置、及充气方向示意图;

[0020] 图3:本发明跑道式生物反应器的双面磁力清洁装置位置示意图;

[0021] 图4:本发明跑道式生物反应器的卡扣及隔板结构示意图;

[0022] 其中:1、自动化流加营养盐补充装置,2、螺杆泵机械推进装置,3、热交换器水处理装置,4、CO<sub>2</sub>气体供应装置,5、营养盐补充管,6、注入水补充管,7、CO<sub>2</sub>补气管,8、不锈钢支架,9、辅助光源LED灯,10、初始注水管,11、注入管,12、卡扣,13、隔板,14、双面跑道清洁装置的清洁池内片,15、双面跑道清洁装置的清洁池外片。

## 具体实施方式

[0023] 下面结合附图对本发明的跑道式生物反应器进的结构进行详细的描述。

[0024] 一种适用于阳光工厂化的跑道式生物反应器,如图1所示,包括培养装置主体,位于主体外部的自动化流加营养盐补充装置1、热交换器水处理装置3和CO<sub>2</sub>气体供应装置4,以及位于主体内部拐弯处的两个螺杆泵机械推进装置2。培养装置主体为封闭式跑道池,跑道池的外底部设置有不锈钢支架8,在不锈钢支架上、跑道池外底部安装有辅助光源LED灯9,不锈钢支架高0.5-1m,支架下方安装有若干可动轮及其驻动装置。跑道池内部中央设有隔板13,池两外侧各设有卡扣12(如图4所示)。跑道池内部两侧壁分别安装有营养盐补充管5和注入水补充管6,营养盐补充管5与自动化流加营养盐补充装置1相连,注入水补充管6与热交换器水处理装置3相连;热交换器水处理装置通过位于跑道池拐弯处的初始注水管10为其提供初始水源,随后,通过注入水补充管6上的8-10根注入管11为跑道池提供补充注水;自动化流加营养盐补充装置1根据电脑设定程序,通过营养盐补充管5上的8-10根注入管(11)为跑道池提供营养盐。跑道池内底两侧各具有一根CO<sub>2</sub>补气管7,与气体CO<sub>2</sub>气体供应装置相连(如图2所示),CO<sub>2</sub>补气管7每隔0.1m设一开口,开口方向为斜向上。

[0025] 如图3所示,跑道式生物反应器还具有双面跑道清洁装置,包括清洁池内片14和清洁池外片15。

[0026] 跑道池规格优选为:长50m,单侧宽0.5m、总宽度1m,池高0.4m;隔板13长49m,距离池两侧均为0.5m,隔板高0.3m,注水水深0.15-0.25m,营养盐补充管5和注入水补充管6距离池底0.15m以下;跑道池厚度均一,均为3mm;跑道池总体积为20m<sup>3</sup>,总占地为50m<sup>2</sup>;卡扣12位于池高0.3m处。培养装置主体的材质优选为透明亚克力PC材料,辅助光源LED灯9优选为红色LED冷光灯、蓝色LED冷光灯和白色LED冷光灯。

[0027] 下面结合实施例来对本发明装置的运行方式进行具体的描述:

[0028] 实施例1:雨生红球藻(*Haematococcus pluvialis*)培养

[0029] (1) 实验装置准备:两个长为5m,宽为1m的椭圆形跑道池,实验组为本发明装置,对照组为水泥开放跑道池;

[0030] (2) 接种:第1天在实验组、对照组接种雨生红球藻藻液,使细胞接种密度为 $2.5 \times 10^4$  cells/ml;并且池内均添加MCM培养液,培养液高度0.15m(装液量750L);培养期间的平均气温和光照强度:8:00时13℃,130μmol/m<sup>2</sup>/s,13:00时25℃,380μmol/m<sup>2</sup>/s,17:00时13℃,

150 $\mu$ mol/m<sup>2</sup>/s;

[0031] (3) 对照管理: 对照组采用叶轮搅拌使培养液于池内混合、循环, 整个培养周期中转速为30r/min, 无二氧化碳补充体系; 实验组螺杆泵机械推进装置的螺旋泵推动使培养液于池内混合、循环, 螺旋泵流量最大为100m<sup>3</sup>/h, 扬程为120m, 转速500r/min, 培养过程中补充空气/CO<sub>2</sub>的混合气体(1-3%CO<sub>2</sub>, v/v), 雷诺数为2 $\times$ 10<sup>3</sup>-2 $\times$ 10<sup>5</sup>。

[0032] (4) 结果比较: 培养10天后, 实验组雨生红球藻细胞密度达2.5 $\times$ 10<sup>5</sup>cells/ml, 对照组雨生红球藻细胞密度达1.6 $\times$ 10<sup>5</sup>cells/ml; 实验组相对于对照组, 细胞培养浓度提高了56.3%。

[0033] 实施例2: 球等鞭金藻(*Isochrysis galbana*) 培养

[0034] 方法与实施例1相同, 所不同的是, 步骤2中, 细胞接种密度为2 $\times$ 10<sup>4</sup>cells/ml; 培养10天后, 实验组球等鞭金藻细胞密度达1.9 $\times$ 10<sup>5</sup>cells/ml, 对照组球等鞭金藻细胞密度达1.1 $\times$ 10<sup>5</sup>cells/ml。实验组相对于对照组, 细胞培养浓度提高了72.7%。

[0035] 实施例3: 三角褐指藻(*Phaeodactylum tricornutum* Bohlin) 培养

[0036] 方法与实施例1相同, 所不同的是, 步骤2中, 细胞接种密度为1.5 $\times$ 10<sup>4</sup>cells/ml; 培养10天后, 实验组三角褐指藻细胞密度达1.7 $\times$ 10<sup>5</sup>cells/ml, 对照组三角褐指藻细胞密度达1.1 $\times$ 10<sup>5</sup>cells/ml。实验组相对于对照组, 细胞培养浓度提高了54.5%。

[0037] 实施例4: 牟氏角毛藻(*Chaetoceros muelleri*) 培养方法与实施例1相同, 所不同的是, 步骤2中, 细胞接种密度为2.0 $\times$ 10<sup>4</sup>cells/ml; 培养10天后, 实验组牟氏角毛藻细胞密度达2.1 $\times$ 10<sup>5</sup>cells/ml, 对照组牟氏角毛藻细胞密度达1.3 $\times$ 10<sup>5</sup>cells/ml。实验组相对于对照组, 细胞培养浓度提高了61.5%。

[0038] 上述实例只是为说明本发明的技术构思以及技术特点, 并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明的实质所做的等效变换或修饰, 都应该涵盖在本发明的保护范围之内。

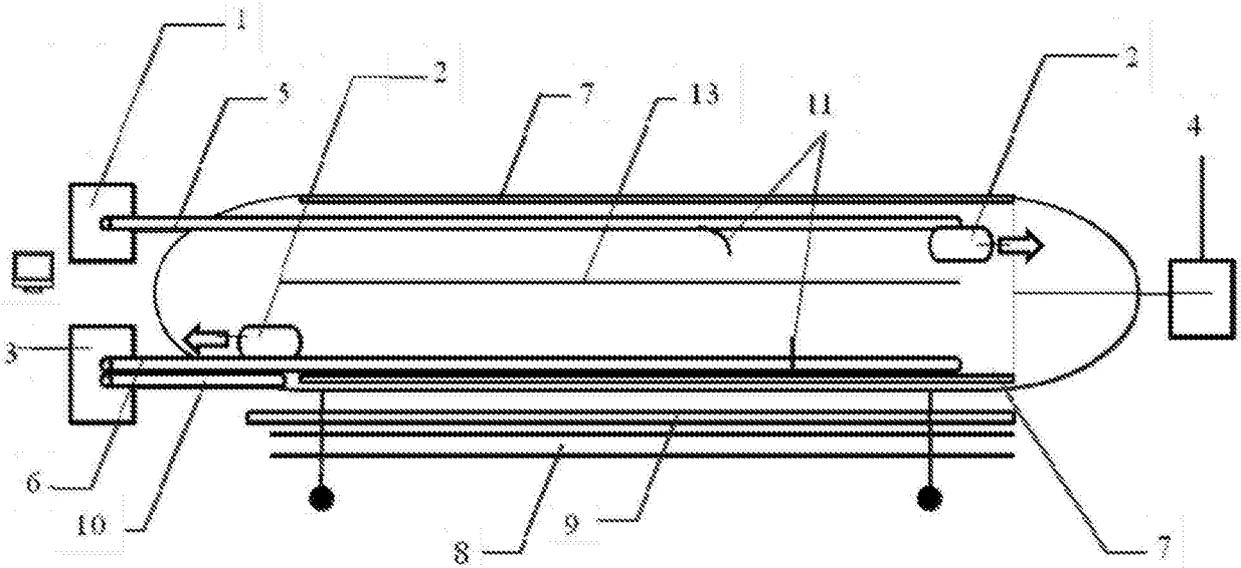


图1

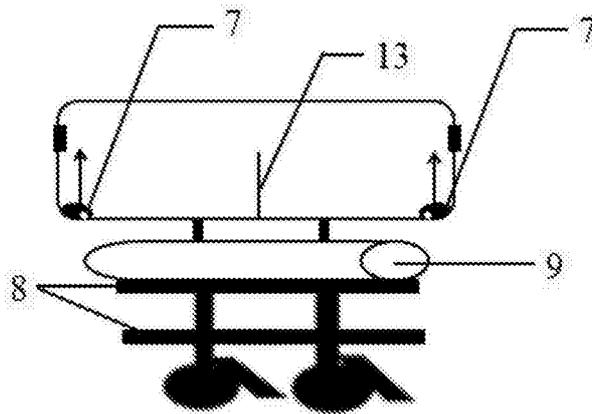


图2

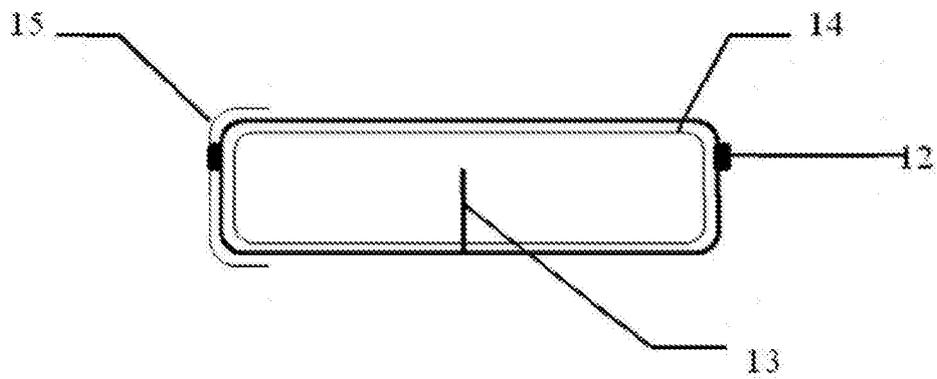


图3

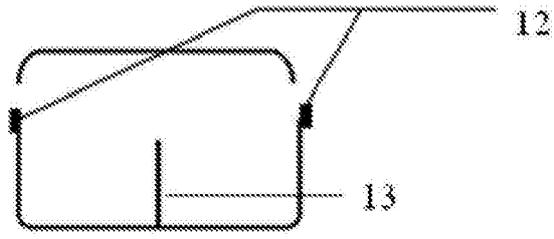


图4