



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112625891 A

(43) 申请公布日 2021.04.09

(21) 申请号 202011587848.0

(22) 申请日 2020.12.29

(71) 申请人 深圳大学

地址 518000 广东省深圳市南山区南海大道3688号

(72) 发明人 胡强 赵亮

(74) 专利代理机构 武汉聚信汇智知识产权代理有限公司 42258

代理人 刘丹

(51) Int.Cl.

C12M 1/34 (2006.01)

C12M 1/12 (2006.01)

C12M 1/04 (2006.01)

C12M 1/00 (2006.01)

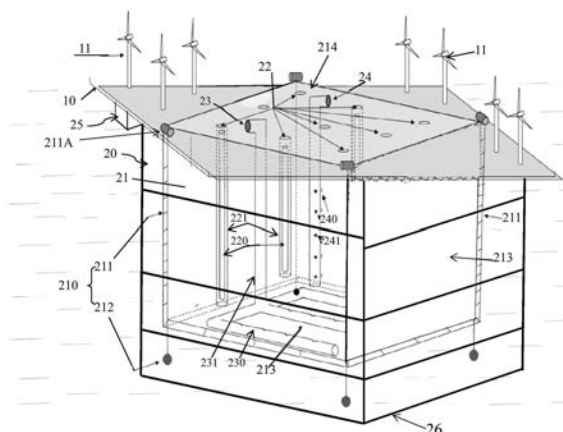
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

一种在宽广水域漂浮的大型光生物反应器

(57) 摘要

本发明涉及一种在宽广水域漂浮的大型光生物反应器,用于在海洋/湖泊等宽广水域中培养微藻,包括漂浮在水面的载物漂浮平台和悬挂在载物漂浮平台下方的微藻培养装置,微藻培养装置浸没在水中;微藻培养装置为顶面开放、四周和底部均为封闭膜的培养箱,微藻细胞被接种和培养在培养箱中;培养箱内设有光源和营养供给装置;载物漂浮平台上设有向营养供给装置提供营养的储槽。本发明的光生物反应器,不占用陆地面积、培养容积大、成本低、能耗低、光能利用率高,开拓了水上漂浮光生物反应器研发新方向。



1. 一种在宽广水域漂浮的大型光生物反应器,用于在海洋/湖泊/水库中培养微藻,其特征在于,其包括漂浮在水面的载物漂浮平台和悬挂在该载物漂浮平台下方的微藻培养装置,所述微藻培养装置浸没在水中;

微藻培养装置为顶面开放、四周和底部均为封闭膜的培养箱,微藻细胞被接种和培养在培养箱中;培养箱内设有人工光源和营养供给装置;载物漂浮平台上设有向营养供给装置提供营养的储槽。

2. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,所述载物漂浮平台上设有供电装置,该供电装置连接公共电网,所述供电装置向人工光源和营养供给装置提供电能;或者所述载物漂浮平台上设有电能储存装置,和风能发电装置、太阳能发电装置、波浪发电装置中的一种或几种发电装置;所述电能储存装置向人工光源和营养供给装置提供电能;所述人工光源、营养供给装置悬挂连接在所述载物漂浮平台下方。

3. 根据权利要求2所述的光生物反应器,其特征在于,所述培养箱内还设有二氧化碳供气装置,所述供电装置或所述电能储存装置向二氧化碳供气装置提供电能;二氧化碳供气装置悬挂连接在所述载物漂浮平台下方;所述二氧化碳供气装置包括二氧化碳分布器,其位于所述培养箱底部;所述二氧化碳分布器上设有若干气孔,所述二氧化碳分布器通过输气管道连接至载物漂浮平台上方的气源;所述输气管道在竖直方向上布置,所述二氧化碳分布器沿着所述培养箱底部横向设置;其中所述输气管道为可伸缩管道,从而调节二氧化碳分布器在水面以下的深度。

4. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,所述营养供给装置包括液体泵、营养输送管和设于该营养输送管上的开孔/喷头;所述营养输送管的数量为多根,分散地设在所述培养箱中靠中间的位置;所述喷头为旋转喷头/固定喷头,以分散营养供给装置所释放的营养物质;该营养输送管浸没在海水中的长度为可调。

5. 根据权利要求4所述的光生物反应器,其特征在于,所述营养供给装置还包括多个营养物质浓度检测器,分散地设在所述培养箱内的不同位置和深度;所述载物漂浮平台上设有控制器,所述控制器根据所述营养物质浓度检测器检测的营养物质浓度,启动或关闭所述营养供给装置的液体泵,以启动或关闭营养物质的释放。

6. 根据权利要求2所述的光生物反应器,其特征在于,所述人工光源包括发光组件和防水透光套管,所述防水透光套管套在该发光组件外部,所述人工光源包括若干根发光组件;所述发光组件连接至电能储存装置;所述人工光源产生的光强、波长、以及光照周期均为可调;在载物漂浮平台上设有智能光源调节器、在培养箱中不同深度设有光强感应器,借助光强感应器和智能光源调节器,可以自动调节人工光源的发光组件的发光强度、波长、光质、发光时长和光暗周期。

7. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,所述载物漂浮平台下方设有声呐装置,声呐装置浸没在水中,用于驱赶鱼群,避免鱼群破坏微藻培养装置的结构。

8. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,所述载物漂浮平台下方铰接若干根绳索,在绳索下方悬挂连接配重块,所述绳索和配重块组成了培养箱的骨架结构,以维持培养箱的体积和形状;或者所述载物漂浮平台下方铰接若干刚性材质的竖向支架,竖向支架之间连接横向支架组成培养箱的骨架结构,以维持培养箱的体积和形状;所述绳索的长度为可调节,所述封闭膜为无孔的柔性膜。

9. 根据权利要求1或8所述的光生物反应器,其特征在于,在所述培养箱外部还设有防护笼,避免鱼群或大型水生动物破坏微藻培养装置的结构;所述光生物反应器的培养箱为六面体形,其体积为长1-100m*宽1-100m*高1-100m或者等效体积与该六面体形相当的圆柱体形,椭圆体形或者等效体积与该六面体形相当的不规则几何体形。

10. 根据权利要求1所述的光生物反应器,其特征在于,所述载物漂浮平台上设有泵;当培养箱中微藻已生长成熟且培养箱中的营养物质已消耗完成时,所述泵被启动以将培养箱内的藻液泵入外部水体中喂养鱼类;或者所述载物漂浮平台上设有离心/过滤浓缩藻液的设备,将浓缩藻液泵入外部水体中喂养鱼类、贝类、虾类或浮游动物。

一种在宽广水域漂浮的大型光生物反应器

技术领域

[0001] 本发明涉及光生物反应器技术领域,尤其涉及一种海洋牧场式光生物反应器。

背景技术

[0002] 微藻能高效利用光能、二氧化碳和水进行光合作用,产生氧气并合成多种生物活性物质(如多糖、蛋白质、油脂、不饱和脂肪酸、天然色素、维生素及矿物质等),且具有生长速率快,培养周期短,可持续再生,不占用耕地等优势,被认为是新型生物质能源的重要原料来源,可广泛应用于食品饲料、医药保健、化妆品、水产动物及家禽牲畜养殖业等,具有非常广阔的应用前景。

[0003] 光生物反应器作为整个微藻产业链条的核心。目前,以商业应用为目的的微藻规模化培养多是在室内外的开放式培养系统和封闭式光生物反应器中进行的。开放池因具有更经济、更易建立和运作的优点,成为微藻规模化培养中应用最普遍的培养系统。但这种开放式的培养系统受环境影响较大,易被污染,加上培养条件不可控,水分蒸发量大,有效光照利用率低。相对而言,封闭式的光生物反应器对各种培养参数高度可控,使得微藻培养不易被污染,光能利用效率高,生物质浓度高,但本体造价成本昂贵,运行和维护成本高。目前,微藻光生物反应器都是陆地式,尚未研发出适用于海洋环境的大规模产业化微藻培养光生物反应器。对于陆地光生物反应器而言,主要存在以下一些技术问题:①开放式跑道池占地大、培养密度低、培养液循环能耗高、易受外界污染。②密闭式的透光容器造价高,尤其是玻璃容器,受限于玻璃加工工艺的特殊性和局限性,无法一次成型,制造成本、安装及维护成本都非常高;且同样存在细胞培养密度低,空间利用度不足,能耗高的问题。③固态培养光生物反应器,对于材质本身的依赖性很大、光利用效率低;而且适用性也比较受局限,其供液装置也是一种耗能装置,无法进一步降低培养成本。目前这些主流的微藻培养系统主要是在陆地上运行的,占用大量土地面积,同时设备折旧和能耗增加了微藻的培养成本,严重制约了微藻产业化的高速发展。

[0004] 虽然我国海域面积广阔、海洋资源丰富,但是受陆地和海岸养殖面积的限制,有关生物质能源和水产生物的养殖也正在向海洋拓展。因此,研发一种低成本、高效益、多用途的新型海洋光生物反应器具有重要的现实意义和巨大的应用前景。

[0005] 目前应用于户外开放水域中的微藻培养装置,主要有漂浮于水上的养殖筏架和水上围隔式的微藻培养装置,以及一种半潜式网笼用LED沉水灯培养装置。此外水上漂浮的透光薄膜袋等,很容易在风浪拉扯冲击下破碎。这些装置结构简陋、培养体积小、水底光照不足或者不见光、光能利用率低,结构易被鱼群破坏,培养中的微藻易被浮游动物和一些鱼类捕食;而且管理维护困难。直到到目前为止,仍然缺乏能在开放式水面,尤其是在海洋上可稳定地应用于微藻规模化培养的光生物反应器。

发明内容

[0006] (一)要解决的技术问题

[0007] 鉴于现有技术的上述缺点、不足,本发明提供一种在宽广水域漂浮的大型光生物反应器,其结合了各种反应器的优点与微藻生长的特点,解决当前陆地光生物反应器占地广、造价成本高、能耗高、难控温、光能利用率低、细胞增殖速度慢、生物量浓度低、易污染等问题,开拓了海洋光生物反应器研发新方向。

[0008] (二)技术方案

[0009] 为了达到上述目的,本发明采用的主要技术方案包括:

[0010] 本发明提供一种在宽广水域漂浮的大型光生物反应器,用于在湖泊/水库中(特别大型水库中)培养微藻,其包括漂浮在水面的载物漂浮平台和悬挂在该载物漂浮平台下方的微藻培养装置,所述微藻培养装置浸没在水中;

[0011] 微藻培养装置为顶面开放、四周和底部均为封闭膜的培养箱,微藻细胞被接种和培养在培养箱中;培养箱内设有有人工光源和营养供给装置;载物漂浮平台上设有向营养供给装置提供营养的储槽。

[0012] 营养供给装置可提供含碳酸盐或碳酸氢盐等营养液为藻细胞提供碳源,此时不必设置专门的二氧化碳供气装置,可利用营养供给装置向培养箱内提供。

[0013] 其中,培养箱的四周和底部为封闭膜,避免富营养物质流失到水体中造成严重水华或污染。

[0014] 根据本发明较佳实施例,所述载物漂浮平台上设有供电装置,该供电装置连接公共电网,所述供电装置向人工光源和营养供给装置提供电能,该供电装置包括变压、整流、稳压电路等,可直接利用市电电网供电;或者进一步优选地,载物漂浮平台上设有电能储存装置,和风能发电装置、太阳能发电装置、波浪发电装置中的一种或几种发电装置;这些发电装置产生的电能输送至电能储存装置中储存,由电能储存装置向人工光源和营养供给装置提供电能。由于载物漂浮平台漂浮在海洋、湖泊、宽广水面的水库上,没有遮挡物,可长时间接收太阳光和风能,因此优选采用光伏发电和风能发电联合生产清洁电能,向载物漂浮平台下的微藻培养装置提供其正常运转的电能。

[0015] 根据本发明较佳实施例,所述培养箱内还设有二氧化碳供气装置,所述供电装置或所述电能储存装置向二氧化碳供气装置提供电能。二氧化碳供气装置向培养箱内提供二氧化碳气体作为微藻光合作用所需的碳源,同时还可以利用气泡上浮对藻液起到搅拌作用。

[0016] 根据本发明较佳实施例,所述人工光源、营养供给装置、二氧化碳供气装置悬挂连接在所述载物漂浮平台下方,借以减轻对培养箱底部的压力,避免培养箱的结构受损。

[0017] 根据本发明较佳实施例,所述二氧化碳供气装置包括二氧化碳分布器,其位于所述培养箱底部;所述二氧化碳分布器上设有若干气孔,所述二氧化碳分布器通过输气管道连接至载物漂浮平台上方的气源,所述排气机构为排气孔为抽气风机,用于快速导出光合作用产生的氧气和多余的空气。所述气源为CO₂气罐或空气泵或CO₂气罐与空气泵的组合。

[0018] 其中,所述输气管道在竖直方向上布置,所述二氧化碳分布器沿着所述培养箱底部横向设置;其中所述输气管道为可伸缩管道,从而调节二氧化碳分布器在海面以下的深度。

[0019] 在一些实施例中,空气/CO₂按一定比例充分预混后从培养箱顶部通入,沿着输气管道向下流动,经处于培养箱底部的二氧化碳分布器的分布出来,既为藻细胞提供了生长所需的CO₂,又与海浪共同实现了藻液的充分搅拌和藻细胞的均匀分布。

[0020] 根据本发明较佳实施例,所述营养供给装置包括液体泵、营养输送管和设于该营养输送管上的开孔或喷头;所述营养输送管的数量为多根,分散地设在所述培养箱中靠中间的位置。该开孔可以直接向培养箱内释放营养液,但在较深的水面以下,水的压力较高,此时可以在该营养输送管上安装喷头,借助喷头将营养液以较大压力喷射到培养箱中,有助于营养物质的扩散和分布。

[0021] 更优选地,所述喷头为旋转喷头(更优选为360°旋转喷头)或固定喷头,以分散营养供给装置所释放的营养物质,该营养输送管浸没在海水中的长度为可调。所述营养物质主要是一些含N营养盐或无机营养盐,在未设置二氧化碳供气装置时,所述营养物质还包含碳酸盐或碳酸氢盐等。

[0022] 根据本发明较佳实施例,所述营养供给装置还包括多个营养物质浓度检测器,分散在所述培养箱内的不同位置和深度;所述载物漂浮平台上设有控制器,所述控制器根据所述营养物质浓度检测器检测的营养物质浓度,启动或关闭所述营养供给装置的液体泵,以启动或关闭营养物质的释放。

[0023] 其中,所述营养物质浓度检测器为检测所述营养供给装置所释放的营养液中某一种或几种特定成分的浓度,当检测到某个位置的营养物质浓度过低时,需要启动营养供给装置释放营养物质,否则关闭营养供给装置。在本实施例中,营养物质浓度检测器可以检测培养箱内的营养物质是否消耗完,以确定将收获的微藻导入外部水体中喂养鱼类(贝类、虾类或其他浮游动物)的时间。

[0024] 根据本发明较佳实施例,所述人工光源包括发光组件和防水透光套管,所述防水透光套管套在该发光组件外部。所述人工光源包括若干根发光组件。海水可对发光组件进行散热降温;所述发光组件连接至电能储存装置。

[0025] 优选地,人工光源产生的光强、波长、以及光照周期均可调节,较大程度地提高了光能利用率。在载物漂浮平台上设有智能光源调节器、在培养箱中不同深度设有光强感应器,借助光强感应器和智能光源调节器,可以自动调节人工光源的发光组件的发光强度、光质、波长、发光时长和光暗周期。

[0026] 其中,所述发光组件为日光灯管、LED灯带;所述防水透光套管为PC(聚苯乙烯)、PMMA(有机玻璃)、AS(亚克力)或PSU(聚碳酸酯)等中的一种或几种,具有良好的防水性和防腐性。

[0027] 根据本发明较佳实施例,所述发光组件和防水透光套管整体可相对该所述载物漂浮平台升降,以根据培养箱的容积大小和太阳光的强度调整人工光源在海面以下的深度。在太阳光强度变弱时,可适当将人工光源伸到培养箱中更深的位置。

[0028] 根据本发明较佳实施例,所述载物漂浮平台下方设有声呐装置,用于驱赶鱼群,避免鱼群破坏微藻培养装置的结构。

[0029] 根据本发明较佳实施例,所述载物漂浮平台下方铰接若干根绳索,在绳索下方悬挂连接配重块,所述绳索和配重块组成了培养箱的骨架结构,以维持培养箱的体积和形状。其中,所述配重块为混凝土块、表面镀有防腐涂层的铁块或铜块。或者,所述载物漂浮平台下方铰接若干刚性材质的竖向支架,竖向支架之间连接横向支架组成培养箱的骨架结构,以维持培养箱的体积和形状。

[0030] 根据本发明较佳实施例,所述绳索的长度为可调节,所述封闭膜为无孔的柔性膜。

借此,可通过所述绳索的长度调节培养箱的容积大小,实现培养箱容积的调节,绳索长度伸长可以扩大微藻的有效培养体积,绳索收卷可以用于缩小培养箱的体积以实现微藻生物质的快速收获。封闭膜的材质可为PC(聚苯乙烯)、PMMA(有机玻璃)、AS(亚克力)或PSU(聚碳酸酯)等中的一种或几种。

[0031] 根据本发明较佳实施例,在所述培养箱外部还设有防护笼,避免鱼群或大型水生动物破坏微藻培养装置的结构。防护笼和声呐装置联合起到保护培养箱的作用。由于培养箱的封闭膜为柔性材质制成,强度较低,因而在其外部设置刚性防护笼有助于防止培养箱损坏。

[0032] 根据本发明较佳实施例,所述光生物反应器的培养箱为六面体形,其体积为长1-100m*宽1-100m*高1-100m或者等效体积与该六面体形相当的圆柱体形,椭圆体形等规则几何体形或者等效体积与该六面体形相当的不规则几何体形。

[0033] 水面以下水温的变化幅度不大,因而为了兼顾考虑水下温度变化和培养规模及经济效益,其中培养箱优选为等效体积为5-50m*宽5-50m*高5-50m,更优选为10-30m*宽10-30m*高10-30m。

[0034] 根据本发明较佳实施例,所述载物漂浮平台上设有泵;当培养箱中微藻已生长成熟且培养箱中的营养物质已消耗完成(由分布在培养箱中多个营养物质浓度检测器检测)时,所述泵被启动以将培养箱内的藻液泵入外部水体中喂养鱼类、贝类、虾类或浮游动物;或者所述载物漂浮平台上设有离心/过滤浓缩藻液的设备,将浓缩藻液泵入外部水体中喂养鱼类、贝类、虾类或浮游动物。

[0035] 本发明上述方案中的整个光生物反应器的组件均具有防水,耐酸碱、抗高压和耐腐蚀的特点。本发明的光生物反应器优选是在湖泊或大型水库中使用,具有方便取用的丰富水资源、不占用陆地、保温性好(在微藻生长周期内温度较恒定)、可利用的太阳能及风能资源等各项优点。

[0036] (三)有益效果

[0037] 针对现有技术存在的问题,本发明研发出了一种造价成本低廉、零能耗、光利用效率高、细胞增殖速度快、生物量浓度高,不易污染、适用于海洋或湖泊等大型水体中、大规模产业化微藻培养的新型光合生物反应器。具体地,本发明技术效果还表现在以下几个方面:

[0038] (1) 本发明可在整体降低微藻培养成本的同时,带来良好的经济和环保效益;此新型反应器不仅克服了现有陆地光生物反应器普遍存在的设计缺陷,不占用土地(不与农争地),而且可以拓宽未来光生物反应器研发新领域。与传统水上漂浮的光生物反应器相比,本发明的光生物反应器具有极小的比表面积且巨大的培养体积,比表面积很小故高成本材质用量很少,造价相对较低,培养箱的体积是往水下延伸(培养箱容积可固定或者可根据绳索调节),水下风浪很小,具有实际运行可能性。

[0039] (2) 部分实施例中,光生物反应器由在水面上漂浮的载物漂浮平台和在水中浸没的微藻培养装置组成,载物漂浮平台上安装有若干太阳能/风能发电装置/波浪发电装置。因此,可利用太阳能/风能,波浪能等可再生自然能源为微藻培养装置提供电能,从而实现“零”能耗;天然湖水既可以为培养体系提供稳定的温度,又可冷却和吸收人工光源发光组件的热量,水吸收热量后可保持微藻培养装置内微藻适宜生长温度;利用湖泊波浪还可搅拌藻液,使藻细胞均匀分布。微藻养殖到一定程度之后,可用泵抽取部分到湖泊中作为新

鲜饵料对鱼类进行喂养。微藻培养装置在藻液与湖泊水体可实时进行水体交换,无废水收集和处理等问题。

[0040] (3) 本发明的培养箱的比表面积很小,单位体积造价低;培养箱的容积(高度)可通过调整绳索长短,在垂直方向上灵活增大或缩小藻类培养体积(从千吨级到百万吨级),从而可以根据需求扩大培养规模且便于收获微藻细胞。绳索和绳索下端连接的配重块,起到了拉伸和加固培养箱骨架的作用,其中配重块可以为镀有防腐涂层的铁块、铜块或石块或混凝土块。培养箱体积可由绳索长短调节,易于扩大培养体积和藻细胞收获。在湖泊中使用的光生物反应器,则顶面具有排气机构,底部或四周均为封闭膜构成,防止富营养物质进入到湖泊或水库中引起水华。

[0041] (4) 微藻培养装置的光源采用太阳光和浸没在水体中的人工光源,或者两者相结合,可以实现光强、波长、光质、照射时间、光暗周期的灵活(自动)调节,较大程度地提高了光能利用率。人工光源由发光组件和防水透光套管组成,通过海水吸热可对人工光源进行冷却降温。其中人工光源可以是日光灯管、LED灯带或者发光材料;其防水透光套管材质可由PC(聚苯乙烯)、PMMA(有机玻璃)、AS(亚克力)或PSU(聚碳酸酯)等防水、防腐蚀、高透光材料制成。人工光源的发光时间、光暗周期、光强等发光参数均可由位于载物漂浮平台上的控制器以及位于水下培养箱内的光强感应器自动调节控制,而人工光源的光质可由程序化进行设定控制,程序化设置是根据微藻培养的天数来调节光质。

[0042] (5) 二氧化碳供气装置通过位于培养箱底部的二氧化碳分布器进行分布,一方面为藻细胞提供了生长光合作用所需的碳源,另一方面,又与波浪的搅拌相结合,实现了培养藻液的充分搅拌和藻细胞的均匀分布。其中供给的气体可以是纯二氧化碳或者空气与二氧化碳按一定比例混合;气体分布器形状多样,比如多孔圆盘,带有气孔的迂回弯折的S形管道、并排的多孔管道等等。

[0043] (6) 营养供给装置处于反应器内部,包括液体泵、营养输送管及设于营养输送管上的喷头。其中,其营养输送管较佳是位于培养箱的靠中间的位置,使营养物质具有最大的释放路径,使营养物质在培养箱内分布更加均匀,使营养液在到达培养箱边缘位置时恰好可被基本被微藻消耗完,营养盐等通过旋转喷头(优选为360°旋转喷头,也可用固定喷头)喷出,通过调整压力,实现营养盐的最大化利用。由载物漂浮平台上的控制器,依据微藻细胞的不同生长阶段的需求,程序化调节营养释放装置的压力和调控培养箱的藻液中营养盐的浓度,从而实现营养盐最大化利用。

[0044] 此外,营养供给装置还包括多个营养物质浓度检测器,载物漂浮平台上设有控制器,控制器根据营养物质浓度的检测情况,启动或关闭营养供给装置的液体泵,以启动或关闭营养物质的释放,从而节省能耗和营养物质,避免浪费。

[0045] (7) 整个光生物反应器的组件均具有防水,耐酸碱、抗高压和耐腐蚀的特点;其中人工光源浸没在水面以下的深度为可调,输气管道的长度为可调,营养输送管的长度为可调,培养箱(培养箱)的体积为可调,可根据需要和自然环境、气候等调节微藻的培养规模。

附图说明

[0046] 图1为本发明实施例1的用于湖泊中培养微藻的光生物反应器的结构示意图。

具体实施方式

[0047] 为了更好的解释本发明,以便于理解,下面结合附图,通过具体实施方式,对本发明作详细描述。

[0048] 实施例1

[0049] 本发明提出一种在宽广水域漂浮的大型光生物反应器,用于在湖泊/水面宽广的水库中培养微藻,包括漂浮在水面的载物漂浮平台和悬挂在该载物漂浮平台下方的微藻培养装置,微藻培养装置浸没在水中。微藻培养装置悬浮在载物漂浮平台以下,提供微藻接种和培养的空间,而载物漂浮平台上主要设置风电发电装置/太阳能发电装置/海浪发电装置和储能装置、控制箱、二氧化碳气罐、空气泵、液体泵、人工光源的驱动电路板、人工光源控制器、工作人员的行走路基、营养液储槽、工作人员宿舍、办公室/监控室、化验室等设施。微藻培养装置主要由培养箱,位于培养箱内的人工光源、二氧化碳供气装置和营养供给装置、声呐装置、刚性防护笼(或使用强韧材质制成的柔性防护笼)等所组成。其中,载物漂浮平台上的电能储存装置向人工光源、二氧化碳供气装置和营养供给装置提供运转所需的电能。

[0050] 为了更好的理解上述技术方案,下面将参照图1更详细地描述本发明的示例性实施例。

[0051] 如图1所示,本发明一个较佳实施例的光生物反应器的结构示意图。上部为载物漂浮平台10,其漂浮在水面上。载物漂浮平台10下方固定设有微藻培养装置20,其包括培养箱21、人工光源22、二氧化碳供气装置23和营养供给装置24、声呐装置25、刚性防护笼26等组成。

[0052] 载物漂浮平台10上设有风能/太阳能/波浪发电装置11以及储能装置等,这些发电装置和储存装置为微藻培养装置20的运行提供全部能量。此外,微藻培养装置20也可以由公共电网提供电能。载物漂浮平台10的发电设备和电能储存装置等负载物应尽量均衡分布,避免载物漂浮平台10侧倾。

[0053] 微藻培养装置20的培养箱21包括骨架210、柔性封闭膜213等组件。其中,培养箱21的四周和底部为柔性封闭膜213、顶部为开口214(载物漂浮平台10的上方对应该开口214的位置设有钢架结构或钢架横梁,以便在钢架结构或钢架横梁下方悬挂人工光源22、二氧化碳供气装置23和营养供给装置24等设施,使其对应从开口214伸到培养箱21中),可直接受太阳光照射。柔性封闭膜213形成的培养箱21为微藻细胞提供了必须的生长繁殖空间,也可防止营养物质进入到外部水体中造成污染。培养箱21的骨架210包括可铰接在载物漂浮平台10下方的绳索211和连接在绳索211下端的配重块212所组成。绳索211的数量可为4根、6根、8根……20根等等,具体数量不做限制。在骨架210的底部和四周面都固定柔性封闭膜213,使培养箱21围成长方体、六边形柱体、八边形柱体、圆柱体、椭圆柱体等形状。柔性封闭膜213绑缚在绳索211上,具体是通过将柔性封闭膜213的下边沿固定在绳索211的下端,柔性封闭膜213的上边沿固定在绳索211的上端,中间再加固绑缚,使柔性封闭膜213尽可能伸展。柔性封闭膜213采用柔性材料制成,如PC(聚苯乙烯)、PMMA(有机玻璃)、AS(亚克力)或PSU(聚碳酸酯)等中的一种或几种。绳索211为可卷收的钢绳或尼龙绳等,其浸没在海水内的长度为可调。配重块212可为混凝土块、表面镀有防腐涂层的铁块或铜块。骨架210可以维持培养箱21的体积和形状,同时由于柔性封闭膜213为柔性封闭膜,绳索211为可卷收的绳索(载物漂浮平台10上有卷收器211A),因此,可通过伸长绳索211可以扩大培养箱21的

有效容积和养殖规模,或者收卷绳索211可收缩培养箱21的容积从而快速收获微藻细胞。

[0054] 微藻的收获方法包括对藻液进行离心、过滤、絮凝沉淀等方法,可在载物漂浮平台上设置初步收获的离心机、过滤器或絮凝池等设施,对收获的藻液做初步的浓缩处理,然后运输至加工厂进一步加工。

[0055] 其中,培养箱21为长方体时,其体积为长1-100m*宽1-100m*高1-100m,当为其他形状时,可为等效体积与该长方体相当的圆柱体形,椭圆体形等规则几何体形或者等效体积与该六面体形相当的不规则几何体形。

[0056] 人工光源22包括发光组件220和防水透光套管221。防水透光套管221套在发光组件220的外部。人工光源22包括若干根发光组件,分散间隔地设置在培养箱21中,且人工光源22主要在海水2米以下的位置,以补充自然光在海水以下强度的不足。海水可对发光组件进行散热降温;发光组件220连接至载物漂浮平台10上的电能储存装置。其中,人工光源产生的光强、波长、光质、以及光暗周期均可调节,最大程度地提高了光能利用率。在载物漂浮平台10上设有智能光源调节器、在培养箱21中不同深度设有光强感应器,借助光强感应器和智能光源调节器,可以自动地调节人工光源的发光组件220的发光强度、波长和发光时长。发光组件220为日光灯管、LED灯带等中的一种或几种的组合,而防水透光套管221为PC(聚苯乙烯)、PMMA(有机玻璃)、AS(亚克力)或PSU(聚碳酸酯)等中的一种或几种。发光组件220和防水透光套管221组成的灯柱结构,该灯柱整体可相对该载物漂浮平台10上下升降调节,以根据培养箱21的容积大小和太阳光的强度调整人工光源在海面以下的深度。在太阳光强度变弱时,可适当将人工光源22伸到培养箱中更深的位置。

[0057] 在一些实施例中,发光组件220可设为柔性且可卷收的发光带,而防水透光套管221为柔性的可卷收材料。如此,可以根据培养箱21的容积大小和太阳光的强度调整发光组件220在培养箱21中的发光长度和在海面以下的深度。在天气阴霾时,可释放更多的发光带到培养箱21中以增加光强。

[0058] 二氧化碳供气装置23包括二氧化碳分布器230,其位于培养箱21的底部。二氧化碳分布器230上设有若干气孔,二氧化碳分布器230连接输气管道231,输气管道231连接载物漂浮平台10上方的气源。气源为CO₂气罐或空气泵或CO₂气罐与空气泵的组合。气体分布器230的形状多样,可为多孔圆盘,带有气孔的迂回弯折的S形管道、并排的多孔管道等等。输气管道231在竖直方向上布置在培养箱21中,二氧化碳分布器230接近水平向设置在培养箱21的底部。优选地,输气管道231为可伸缩管道,从而调节二氧化碳分布器230在海面以下的深度。在一些实施例中,空气/CO₂按一定比例充分预混后从培养箱21顶部通入,沿着输气管道231向下流动,经处于培养箱21底部的二氧化碳分布器230的分布出来,既为藻细胞提供了生长所需的CO₂,又与海浪共同实现了藻液的充分搅拌和藻细胞的均匀分布。

[0059] 营养供给装置24包括液体泵(未绘示)、营养输送管240和设于该营养输送管240上的喷头241。营养输送管240较佳是竖直向设于培养箱21靠近中心的位置。优选地,营养输送管240位于培养箱21的中心轴线上,营养输送管240在径向设置多个分支管,而喷头241设在这些分支管上,喷头241为360°旋转喷头,喷头241以一定压力分散营养供给装置所释放的营养物质,该营养输送管240浸没在海水中的长度为可调,以调节营养物质的释放深度。营养物质主要是一些含N营养盐或无机营养盐等。将营养输送管240设置在培养箱21靠近中心的位置,可以使营养成分具有最大的释放路径,可尽可能让培养箱21内的营养物质均匀。

[0060] 优选地,营养供给装置24还包括多个营养物质浓度检测器242,分散在培养箱21内的不同位置和深度。载物漂浮平台10上设有控制器,控制器根据营养物质浓度检测器242检测的营养物质浓度,启动或关闭营养供给装置24的液体泵,以启动或关闭营养物质的释放。因此,在一些实施例中,营养供给装置24是间歇性工作的,是否启动营养物质的释放要通过营养物质浓度检测器242的检测结果来判断,从而避免营养物质的浪费。其中,营养物质浓度检测器242为检测营养供给装置所释放的营养液中某一种或几种特定成分的浓度,当检测到某个位置的营养物质浓度过低时,需要启动营养供给装置释放营养物质,否则关闭营养供给装置。

[0061] 声呐装置25可设于培养箱21的底部,也可以设于培养箱21内,用于发出声波,驱赶鱼群,避免鱼群破坏微藻培养装置的结构。

[0062] 刚性防护笼26设于培养箱21的外部,避免鱼群或大型水生动物(特别是海洋中的鲸、鲨、大型浮游动物等)冲撞或被长海藻缠绕损坏培养箱21的结构。刚性防护笼26可采用不锈钢材质焊接制成,固定在载物漂浮平台10下方,且连接处为铰接,以抗击一定的冲击力。刚性防护笼26和声呐装置25联合起到保护培养箱21的作用。

[0063] 进一步地,可在载物漂浮平台10上设置泵组件。当培养箱21中微藻已生长成熟且培养箱中的营养物质已消耗完(营养物质浓度检测器242检测的营养物质浓度)时,泵被启动以将培养箱内的藻液泵入外部水体中喂养鱼类、贝类、虾类或其他浮游动物;或者所述载物漂浮平台上设有离心/过滤浓缩藻液的设备,将浓缩藻液泵入外部水体中喂养鱼类、贝类、虾类或其他浮游动物。

[0064] (1) 用于培养微藻的培养箱21悬浮于水中上,不占陆地资源;培养箱21的比表面积很小,单位体积造价低;培养箱21可通过调整绳索211长短,在垂直方向上灵活增大或缩小藻类培养体积(从千吨级到百万吨级),从而可以根据需求扩大培养规模且便于收获微藻细胞;培养箱四周和底部封闭可防止对外部水体造成污染。

[0065] (2) 本发明的光生物反应器特别适合在宽广的湖面或水库上使用(静水),无遮挡物,风大且阳光充足,可利用太阳能/风能,波浪能等产生电能,还可以利用便利的水质资源。安装于水面载物漂浮平台的太阳能/风能/海浪发电装置11可为微藻培养装置提供电能,从而实现“零”能耗;湖水可为培养体系提供稳定的温度,又可以冷却和吸收人工光源发光组件的热量,水吸收热量后可保持微藻培养装置内微藻适宜生长温度;此外还利用波浪涌动搅拌藻液,使藻细胞和营养物质等都能均匀分布。

[0066] (3) 微藻培养装置的光源采用太阳光,内置人工光源22,或者两者相结合,可以实现光强、波长、光质、以及光照周期调节,较大程度地提高光能利用率,而且可以实现24小时不间断为藻细胞生长增殖提供光照,能高效地提高藻细胞产量并缩短生产周期。培养箱21内置智能光源调节器,可以自动根据太阳光照射的强度,调节人工光源的发光参数,节省能耗。载物漂浮平台10上设有控制器,该控制器根据微藻生长温度和天数,程序化调节人工光源的发光强度和波长、光质、以及光照周期等。

[0067] (4) 二氧化碳供气装置23既为藻细胞提供了微藻光合作用所需的二氧化碳,又与海流相偶联实现了藻液的充分搅拌和藻细胞的均匀分布。

[0068] (5) 依据微藻细胞的不同生长阶段的需求,通过调整营养供给装置24的压力,可以调控培养藻液中营养盐的浓度,从而实现营养盐最大化利用。水面以下较浅的位置营养输

送管上设置开孔即可,在较深的位置则需要借助喷头提高营养液的输送压力。

[0069] (6)收获培养的藻细胞时,通过调节光生物反应器的体积浓缩藻液,结合超滤技术和离心分离装置可以实现快速、高效的藻细胞分离和收集,该离心或过滤浓缩等装置设于该载物漂浮平台10上,对藻液经初步浓缩后运输到加工厂进一步加工,或释放到水库或湖中用作饲养鱼类、贝类、虾类或其他浮游动物的饵料。

[0070] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

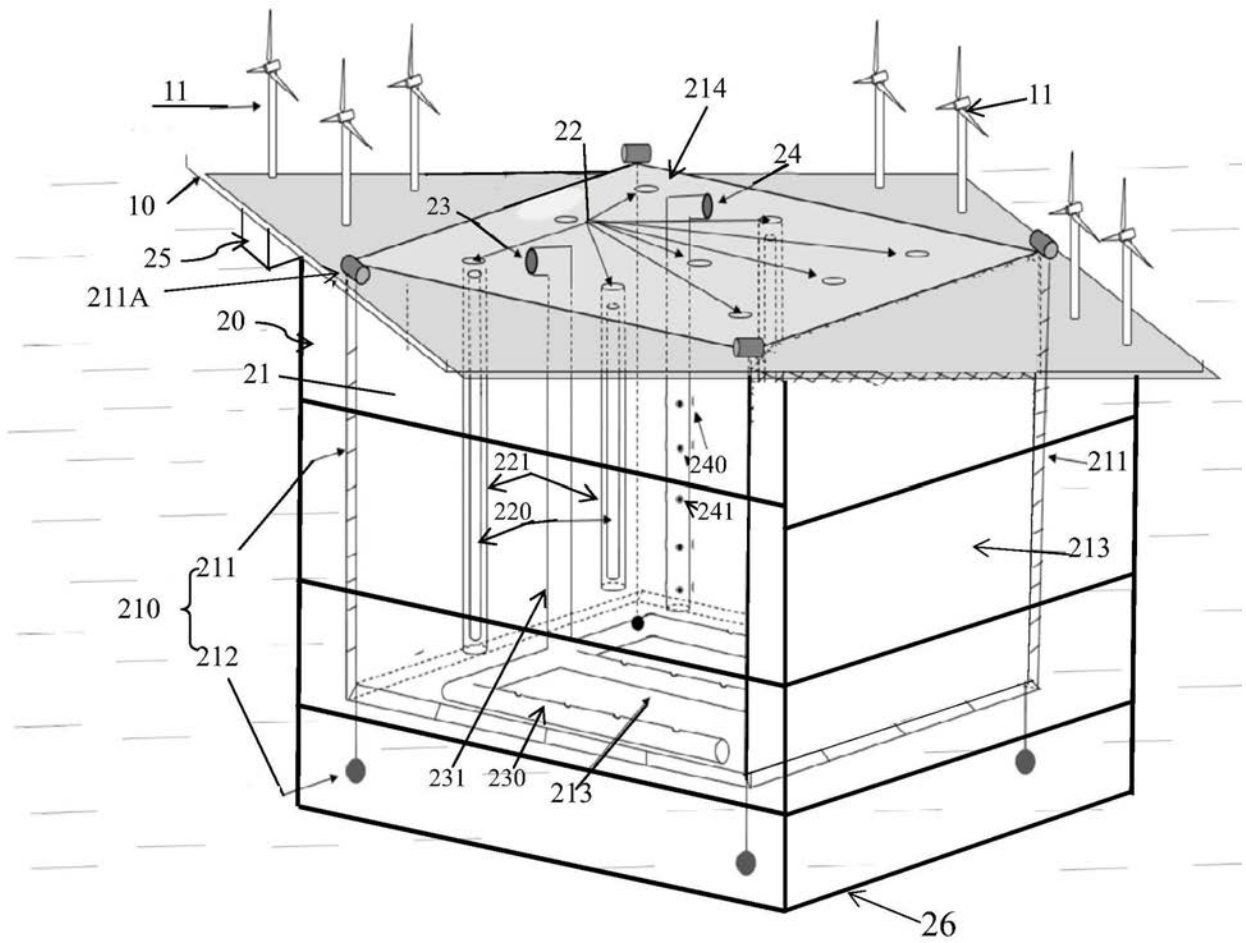


图1