(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108285859 A
(43)申请公布日 2018.07.17

(21)申请号 201810295528.4

(22)申请日 2018.03.30

(71)申请人 中南林业科技大学
地址 410007 湖南省长沙市雨花区韶山南路498号

(72)发明人 韩文军

(74)专利代理机构 长沙新裕知识产权代理有限公司 43210
代理人 赵登高

(51)Int.Cl.
C12M 1/04(2006.01)
C12M 1/02(2006.01)
C12M 1/00(2006.01)
C12R 1/01(2006.01)

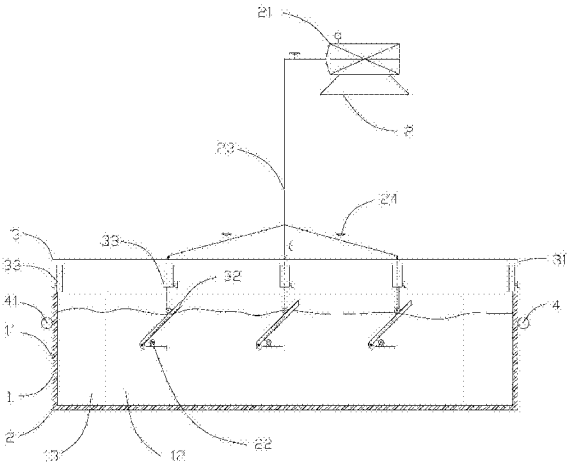
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

一种新型气动式念珠藻属藻类跑道池培养系统

(57)摘要

本发明公开了一种新型气动式念珠藻属藻类跑道池培养系统，包括跑道池、空气动力系统、垂吊式导流系统、光源强化单元；所述跑道池包括主体跑道池、固定在主体跑道池底部的U型隔板、设置在U型隔板开口处的片状隔板，使主体跑道池内形成S型循环跑道；所述空气动力系统包括气泵，设置在述L型导流板拐角内的气头，两端分别与气泵、气头连接的气管；所述垂吊式导流系统包括安装在主体跑道池上可拆卸和调节垂直高度的支架，安装在支架下方、可调节垂直高度的L型导流板；所述L型导流板刚好可容置在S型循环跑道内、且所述L型导流板的“L”型拐角通过合页连接；所述光源强化单元包括设置在主体跑道池池壁上的发光单元。本发明跑道池培养系统可用于葛仙米、地木耳等念珠藻属藻类的高效、优质、规模化培养。



CN 108285859 A

1.一种新型气动式念珠藻属藻类跑道池培养系统，包括跑道池(1)、空气动力系统(2)，其特征在于还包括垂吊式导流系统(3)、光源强化单元(4)；

所述跑道池(1)包括主体跑道池(11)、固定在主体跑道池(11)底部的U型隔板(12)、设置在U型隔板(12)开口处的片状隔板(13)，使主体跑道池(11)内形成S型的循环跑道(14)；

所述空气动力系统包括气泵(21)，设置在述L型导流板(32)拐角内的气头(22)，两端分别与气泵(21)、气头(22)连接的气管(23)；

所述垂吊式导流系统(3)包括安装在主体跑道池(11)上可拆卸和调节垂直高度的支架(31)，安装在支架(31)下方、可调节垂直高度的L型导流板(32)；所述L型导流板(32)刚好可容置在循环跑道(11)内、且所述L型导流板(32)的“L”型拐角通过合页连接；

所述光源强化单元(4)包括设置在主体跑道池(11)池壁上的发光单元(41)。

2.如权利要求1所述的跑道池培养系统，其特征在于所述循环跑道(14)的拐角处设置为弧形。

3.如权利要求1所述的跑道池培养系统，其特征在于所述主体跑道池(11)的制作材料包括玻璃、聚苯乙烯、ABS塑料、苯乙烯丙烯睛、聚氯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸脂。

4.如权利要求1所述的跑道池培养系统，其特征在于所述支架(31)通过伸缩套筒(33)安装在主体跑道池(11)上，实现可拆卸和调节垂直高度；所述L型导流板(32)通过伸缩套筒(33)安装在支架(31)下方，实现可调节垂直高度。

5.如权利要求1所述的跑道池培养系统，其特征在于所述L型导流板(32)的顶端与伸缩套筒(33)的底端铰接连接。

6.如权利要求1所述的跑道池培养系统，其特征在于所述气管(23)上设置有阀门(24)。

7.如权利要求1所述的跑道池培养系统，其特征在于所述气头(22)为多孔曝气头、曝气盘、曝气石中的一种或多种的组合。

8.如权利要求1所述的跑道池培养系统，其特征在于所述L型导流板(32)采用钢化玻璃板或有机玻璃板或聚碳酸酯板制成。

9.如权利要求1所述的跑道池培养系统，其特征在于所述发光单元(41)为LED灯带或防水日光灯管。

10.如权利要求1所述的跑道池培养系统，其特征在于所述发光单元(41)的光源波长范围为550-650nm、光强范围为800-8000Lx。

一种新型气动式念珠藻属藻类跑道池培养系统

技术领域

[0001] 本发明属于生物技术领域，具体属于念珠藻属藻类培养系统，特别是一种新型气动式念珠藻属藻类跑道池培养系统。

背景技术

[0002] 葛仙米学名“拟球状念珠藻”(Nostoc sphaeroids kuz)，是我国湖北鹤峰走马镇特产的一种珍稀药食两用淡水蓝藻，与地木耳(Nostoc commune vanch.)、发菜(N.flagelliforme)同属属蓝藻门(Cyanophyta)蓝藻纲(Cyanophyceae)段殖藻目(Hormogonales)念珠藻科(Nostocaceae)念珠藻属(Nostoc)。

[0003] 葛仙米有极高的营养价值，现代实验分析结果表明：葛仙米含18种氨基酸，其中含人体必需的八种氨基酸；葛仙米干物质中各种成份含量为总蛋白高达56％左右(其中10％为具可抗癌防癌功能的藻蓝蛋白)，总糖为24.19％(其中8-12％为可抗辐射抗癌的活性多糖)，粗脂肪8.11％，碳水化合物12.69％，灰分10.88％，叶绿素30.98mg/g；抗坏血酸5.5mg/g，维生素C含量接近鲜枣，比山楂高5倍多；维生素B1、B2高于一般菌藻类；含矿物质15种，最丰富的有磷、硫、钙、钾、铁等，较少的有铅、硅、镁、钡、锗等，微量元素有锌、铜、锰，还有淀粉和糖类，其含钙量高于一般蔬菜，是一种极好的天然富钙营养食品。由于葛仙米具有食疗、保健、滋补之功效，其营养成份组成比例非常符合人体需要，被世界卫生组织推荐为“最佳保健食品”。

[0004] 由于葛仙米具有美味、食疗、保健、滋补等特殊功效，近年来一些商家对其进行了大力推介，使葛仙米得到越来越多人们的认可，市场需求量越来越大，价格也越来越高。据中科院水生所黎尚豪院士考证，葛仙米对生长环境的要求极为苛刻，生长范围很窄，除湖北省鹤峰县走马镇尚有一万多亩外，仅在非洲有极少量的分布。由于其天然分布窄，产量低，以往主要作为贡品、御膳供皇家及达官显贵所享用。近年来随着农药、化肥的大量使用，再加上环境污染日益严重，葛仙米的生长环境受到极大破坏，适宜葛仙米生长的田地越来越少，产量越来越低，其天然年产量不足五吨，资源已经濒临枯竭。

[0005] 近年来许多研究人员投入大量人力物力对葛仙米的人工培养方法进行了研究，有关葛仙米藻种的人工培养方法已有研究报道：中国专利文献(公开号CN1294190)中公开的培养方法包括培养液配制、藻种制备、通气培养、硬化处理、筛选收获及干燥等环节，培养容器为玻璃缸或跑道池。中国专利文献(公开号CN1528127)中公开的方法包括培养液配制、藻种制备、生物反应器通气培养、硬化处理、筛选收获等环节。中国专利文献(公开号CN101792716)采用半封闭的室内水池实现了葛仙米规模化生产，并公开了水池的结构原理和培养葛仙米7个基本要素的优化条件。中国专利文献(公开号CN201424471)公开了一种用于葛仙米培养的气升装置及葛仙米人工培养装置，在培养过程中产生的高度分散小气泡扩散于培养液中，使葛仙米在生长过程形成有规律的上升下降运动。

[0006] 扩大到整个微藻培养产业来看，目前，用于微藻培养的生物反应器开发发展为有开放式和封闭式两种类型。封闭式光生物反应器具有不易污染、培养条件易于控制、比表面

积高、光能和利用率较高等优点，但其投资和操作成本大、规模放大困难，限制了它在微藻规模化培养中的广泛应用。敞开式光生物反应器具有结构简单、放大容易和成本低等优点，已普遍应用于微藻的大规模培养中。最典型的开放式培养系统是由Oswald(1969)设计的跑道池光生物反应器，该反应器以自然光为光源，依靠桨轮的转动，使培养液在池内混合、循环，防止藻细胞沉淀并提高其光能利用率。通常情况下，跑道池光生物反应器是由水泥砌成且内表面光滑的椭圆形浅池。常见的跑道池仅有一条弯道，也有公司为了增加培养体积，将跑道池改为多条弯道，多弯道会减缓跑道池水流动速度，影响藻液的循环。跑道池中培养液的深度一般为15-25cm，池高约40-50cm。池底通常具有一定坡度(100米的跑道池，落差为10厘米)，以方便跑道池的清洗。

[0007] 综上所述，封闭式培养的反应器主要有柱式、板式和管式光生物反应器，其优点为光能利用率高、不易污染、培养密度高等。但是密闭式反应器都存在一定缺陷，如管式反应器存在着较严重的混合不均匀和溶氧脱气问题，板式和罐式生物反应器光路长度较窄，大大限制了反应器的放人潜力，且设备成本高，投资大。除此之外，封闭式培养的投资和操作成本较高、吨级放大不稳定、清洗消毒较困难等缺点已成为共性问题。

[0008] 开放式培养的代表性反应器为跑道式培养池，作为开发最早和应用最广的培养方式，有构建简单、投资成本低、吨级放大简单、清洗消毒便捷等优点。跑道池的核心组成部分是动力循环系统，它的主要作用有:1.保障培养液与藻体的充分接触，使藻细胞在培养液各位置都能得到充足的营养供应;2.保障充分的气体交换，使大气或专用的CO_2气罐的CO_2在藻液中充分溶解以保障光合作用的顺利进行;3.保证藻液在培养池内循环流动，避免藻细胞的聚集沉降，使微藻均匀的分布在培养液均匀受光，提高光能利用率。

[0009] 目前的跑道池反应器多采用电机带动浆轮进行搅拌作为动力，且桨轮搅拌系统大多为定速搅拌，而调速电机虽然可以达到调节输出转速的目的，但一方面成本太高，另一方面无法满足藻类培养的低转速要求(5-50转/min)。如:张成武等的“一种实现微藻规模化培养的跑道池光生物反应器”(中国专利，公开号CN102304462A)公开了搅拌系统和外置喷淋系统以加快藻液循环流动，进行藻株培养。“一种跑道池光生物反应器”(中国专利，公开号CN103627632A)在跑道池中设置变速搅拌系统和二氧化碳补给系统，将可变的液压搅拌系统引入反应器设计，但设计太过于复杂，技术要求高，同样面临成本高昂，难以普及的问题。桨轮搅拌系统在微藻培养中的主要缺陷有:(1)无法解决微藻不同生长阶段、生长条件与相应的搅拌频率之间的矛盾。例如在微藻的生长初期，多需要较低的扰动和水流速率，高的搅拌频率对部分微藻存在抑制作用;在生长后期，为保障更好的气体交换和避免高密度藻细胞的聚集下沉则需要较高的搅拌频率;(2)浆轮搅拌产生较强的机械剪切力，仅适用于机械抗性较强的藻株培养(小球藻、螺旋藻等)，对于机械抗性较弱的藻株和对球体形状要求较高的藻种(念珠藻等)培养则存在限制;(3)电机运行过程中能耗较高，增加了跑道池结构的复杂性和投资成本，不利于扩大规模和实现产业化。

[0010] 此外，有少数专利报道了在跑道池培养过程中通入气体作为循环动力推动培养液的微循环，如蔡志武的“气推式光生物反应器”(中国专利，公开号CN101294132A)在培养池中排布大量的L型进气管，借助支管上微孔喷气形成的微小气流作为推动力，但在实际操作中发现气流喷出方向虽然为水平向前，但气体喷出后会迅速向上溢出水面，使藻液上下层进行交换，一定范围内产生上下方向的卷吸混合，造成液流紊乱，循环不畅，并不能很好的

实现培养液在整个培养池中的循环往复流动。此外，整个系统管路复杂，能耗大，不适合大规模放大。

[0011] 具体到本发明中对念珠藻属藻类的培养，以葛仙米为例，葛仙米的培养过程具有生长周期长、光照和气体条件要求高等特点，且市场对葛仙米产品的需求以鲜品为主，对外观品相要求高，因此要开发一种成功的念珠藻属藻类的培养系统，均应遵循下列原则：(1)可提供稳定、平缓的培养液循环方式；(2)较高的气体交换效率；(3)最适光源；(4)较易实现培养条件的优化控制；(5)尽量降低制造成本。可以预见，成本低、容积大、设计更为合理的培养系统应是开发的重点和发展方向。

发明内容

[0012] 结合念珠藻属藻类自身的培养需求和培养现状，本发明的提供了一种新型气动式念珠藻属藻类跑道池培养系统，用以葛仙米、地木耳等念珠藻属藻类的高效、优质规模化培养。

[0013] 为实现上述目的，本发明所采用的技术方案如下。

[0014] 一种新型气动式念珠藻属藻类跑道池培养系统，包括跑道池、空气动力系统，其特征在于还包括垂吊式导流系统、光源强化单元；

[0015] 所述跑道池包括主体跑道池、固定在主体跑道池底部的U型隔板、设置在U型隔板开口处的片状隔板，使主体跑道池内形成S型的循环跑道；

[0016] 所述空气动力系统包括气泵，设置在述L型导流板拐角内的气头，两端分别与气泵、气头连接的气管；

[0017] 所述垂吊式导流系统包括安装在主体跑道池上可拆卸和调节垂直高度的支架，安装在支架下方、可调节垂直高度的L型导流板；所述L型导流板刚好可容置在循环跑道内、且所述L型导流板的“L”型拐角通过合页连接；

[0018] 所述光源强化单元包括设置在主体跑道池池壁上的发光单元；

[0019] 由于采取气动驱动时，需要在跑道池中布置多个气头，气头喷出的气流方向虽然为水平向前，但气体喷出后会迅速向上溢出水面，使培养液上下层进行交换，一定范围内产生上下方向的卷吸混合，造成液流紊乱，循环不畅，并不能很好的实现培养液在整个培养池中的循环，从而降低了驱动效率；本发明上述结构中，气头安装于L型导流板拐角内，避免了导流板下部的气流扰动，从而使培养液在水平方向的流动不会受到阻挡；另外，L型导流板与气头协同工作，促使气流与导流板的导流作用形成合力，将气流方向由垂直向上逸出水面改变为由斜上方逸出水面，从而产生一个水平方向的持续推力，使跑道池底部形成一个驱动培养液和藻体循环流动的暗流；同时，由于垂吊式导流系统整体和单个L型导流板均可以自由调整高度，因此可根据跑道池内藻体的数量或所需的培养条件，合理灵活的调整L型导流板在培养液中的位置，形成不同的驱动效果；例如，念珠藻属藻类在培养过程不断生长，其体积和重量持续增加，使得跑到池内空间受限，此时可以添加培养液，并将垂吊式导流系统整体或L型导流板上移，使L型导流板的顶端高于培养液的液面和保证L型导流板下方有充足的培养空间；再如，在念珠藻属藻类培养初期，可将垂吊式导流系统整体或L型导流板上移，以驱动形成较低的培养液流速和产生较低的扰动；在念珠藻属藻类生长后期，可将垂吊式导流系统整体或L型导流板下移，同时增加通气量，以驱动形成较高的培养液流

速，以防止藻类聚集下沉相互聚集；此外，实际使用当中可用一台气泵驱动多个跑道池内的气头，驭动培养液在跑道池内循环流动。

[0020] 作为优选技术方案，所述主体跑道池为长方形水池，尺寸为长度1-5m、宽度0.5-3m、高度为15-50cm；所述循环跑道的宽度为30-60cm，培养液深度通常为15-45cm；所述的L型导流板的高度为30-60cm，宽度与循环跑道的宽度尺寸相同，同一跑道中相邻导流板的间距为50-120cm。

[0021] 作为优选技术方案，所述循环跑道的拐角处设置为弧形，可以降低培养液和藻体流动时的阻力。

[0022] 作为优选技术方案，所述主体跑道池的制作材料包括玻璃、聚苯乙烯、ABS塑料、苯乙烯丙烯睛、聚氯乙烯、聚甲基丙烯酸甲酯、聚碳酸脂。

[0023] 作为优选技术方案，所述支架通过伸缩套筒安装在主体跑道池上，实现可拆卸和调节垂直高度；所述L型导流板通过伸缩套筒安装在支架下方，实现可调节垂直高度。

[0024] 作为优选技术方案，所述L型导流板的顶端与伸缩套筒的底端铰接连接，这样L型导流板可以整体调整角度，以形成不同的驱动效果。

[0025] 作为优选技术方案，所述气管上设置有阀门，这样可以灵活控制气头的气流大小。

[0026] 作为优选技术方案，所述气头为多孔曝气头、曝气盘、曝气石中的一种或多种的组合。

[0027] 作为优选技术方案，所述L型导流板采用钢化玻璃板或有机玻璃板或聚碳酸酯板制成。

[0028] 作为优选技术方案，所述发光单元为LED灯带或防水日光灯管；实际使用当中，可以根据主体跑道池是否透光，而安装于主体跑道池侧壁内或者侧壁外。

[0029] 作为优选技术方案，所述发光单元的光源波长范围为550-650nm、光强范围为800-8000Lx；可根据藻种的不同生长期选择不同波长进行光源强化，促进藻体生长。

[0030] 本发明的有益效果：

[0031] 与现有技术相比，本发明提出一种用以念珠藻属藻类培养的新型跑道池的设计方案，从而实现念珠藻属藻类特别是葛仙米、地木耳等的低成本高密度规模化培养。具体而言，与传统使用叶轮或气泵及自然光源相比，本发明采用分布式空气动力系统与垂吊式L型导流板相结合，配合光源强化单元的使用，具有以下优点：

[0032] 1.一台总气泵可分支出多个不同排气量的气头，根据生产需要驱动多个跑道池，规模化应用可大大降低投资成本和运行能耗。

[0033] 2.将L型导流板引入跑道池中，配合气头的安置，通过导流板角度和高度的调节，使导流板下部无气流扰动，再通过气量大小的调节，促使气流与导流板的导流作用形成合力，从而产生一个水平方向的平稳、缓和的持续推力，驭动培养液在主体跑道池内循环流动，避免藻珠破损，提高产品得率。

[0034] 3.空气动力系统一方面能作为动力保证培养液在跑道池内循环流动，使培养液中藻体与营养成分充分接触，使藻细胞在培养液各位置都能得到充足的营养供应，提高产率。另一方面，空气的通入又可保障充足的CO_2通入量，促进培养液与外界的气体交换，同时避免藻细胞的聚集沉降，实现藻体均匀的分布在培养液中，提高光能利用率；

[0035] 4.特有的光源强化单元，根据不同生理状态下藻体对光源的不同需求进行光源强

化，提高藻体生长速度，提升产品得率。

附图说明

[0036] 图1为本发明跑道池培养系统的结构示意图；

[0037] 图2为本发明跑道池培养系统的俯视图(省略了空气动力系统)；

[0038] 图3为本发明跑道池培养系统中跑道池的俯视图；

[0039] 图4为本发明跑道池培养系统中垂吊式导流系统的俯视图；

[0040] 图5为本发明跑道池培养系统中垂吊式导流系统的主视图；

[0041] 图6为本发明跑道池培养系统中垂吊式导流系统的右视图；

[0042] 图7为本发明跑道池培养系统一台气泵驱动多个跑道池的示意图；

[0043] 图8为本发明跑道池培养系统中跑道池内藻体的流动示意图；

[0044] 上述图中各标记的含义为：

[0045] 1-跑道池，11-主体跑道池，12-U型隔板，13-片状隔板，14-循环跑道；

[0046] 2-空气动力系统，21-气泵，22-气头，23-气管；

[0047] 3-垂吊式导流系统，31-支架，32-L型导流板，33-伸缩套筒；

[0048] 4-光源强化单元，41-发光单元；

[0049] 5-气泡；

[0050] 6-藻体；

[0051] 7-水流方向；

[0052] 8-气流浮力(总力)，81-水平推力(分力)。

具体实施方式

[0053] 下面结合实施例对本发明做进一步的说明。

[0054] 实施例1

[0055] 一种新型气动式念珠藻属藻类跑道池培养系统，请参阅图1、图2，包括跑道池1、空气动力系统2、垂吊式导流系统3、光源强化单元4；

[0056] 请参阅图1、图2、图3，跑道池1包括主体跑道池11、固定在主体跑道池11底部的U型隔板12、设置在U型隔板12开口处的片状隔板13，使主体跑道池11内形成S型的循环跑道14；其中，循环跑道14的拐角处设置为弧形，以降低培养液和藻体流动时的阻力；主体跑道池11由聚碳酸酯材料制成，主体跑道池长5m、宽3m、高50cm；透明的主体跑道池11可人工补充光源以应对不利天气或控制光照条件；

[0057] 请参阅图1，空气动力系统包括气泵21，设置在L型导流板32拐角内的气头22，两端分别与气泵21、气头22连接的气管23；其中，气头22为多孔曝气头、曝气盘、曝气石中的一种或多种的组合；气管23为透明软管，其通过支架31外部引入L型导流板32的拐角内侧与气头22连接；请参阅图8，气头22与L型导流板32配合使用，促使气流与导流板的导流作用形成合力，可以改变气流运动方向，将气流由垂直向上逸出水面改变为由斜上方逸出水面，从而产生一个水平方向的持续推力，推动跑道池中水流水平向前运动；同时导流板下部无气流扰动，从而使培养液在水平方向的流动不会受到阻挡，实现培养液在主体跑道池内循环流动；此外，气管23上设置有阀门24，可根据培养物实际情况单独调节通气量大小，实现培养过程

的精细化调节；

[0058] 请参阅图1、图2、图4、图5、图6，垂吊式导流系统3包括通过伸缩套筒33安装在主体跑道池11上的支架31，通过伸缩套筒33安装在支架31下方的L型导流板32，使垂吊式导流系统3整体和(或)L型导流板32可上下垂直调整高度；其中，L型导流板32刚好可容置在循环跑道11内、且L型导流板32的L型拐角通过合页连接；L型导流板32采用厚度0.5cm、宽30cm的聚碳酸酯板制成，伸缩套筒33高度调节范围为0-30cm；伸缩套筒33上端固定于支架31上，伸缩套筒33下端与L型导流板32的顶端铰接连接，使L型导流板32处于悬空垂吊状态；支架31采用不锈钢金属框架，外部尺寸为长5m、宽3m、高0.4m。

[0059] 光源强化单元4包括设置在主体跑道池11池壁上的发光单元41；发光单元41为光源波长范围为550-650nm、光强范围为800-8000Lx的LED灯带，可根据不同生理状态的藻体对光源的不同需求进行光源强化，提高藻体生长速度，提升产品得率。

[0060] 请参照图7，实际使用当中可用一台气泵驱动多个跑道池内的气头，驭动培养液在跑道池内循环流动。

[0061] 实施例2

[0062] 为了显示本发明的培养系统的有益技术效果，以下以葛仙米的培养为例，用实施例1所述新型气动式念珠藻属藻类跑道池培养系统进行培养，具体包括：

[0063] 培养场地和设备：以玻璃温室或塑料大棚温室为培养场地，将实施例1的培养系统置于培养场地内。

[0064] 光源：葛仙米生长所需光强为800-8000Lx，当光强过高时，需通过遮阳网降低光强；当自然光光强不满足此条件时，可以不用人工光源，即采用设置在主体跑道池池壁上的发光单元，以维持藻体能获得800-8000Lx光强的照射。

[0065] 温度：葛仙米的生长温度范围为12-35℃，最佳温度在15-25℃左右。当自然温度在此温度范围内时，只需打开温室侧膜及顶膜进行通风换气即可；温度太低或太高时，需通过地热源温度调节系统调节培养物保持适宜的温度。

[0066] 藻种制备：葛仙米藻种分一级和二级两种。其中一级藻种制备时，先用蒸馏水配制培养液，然后分装到50-1000mL玻璃三角瓶或试剂瓶，封口后经高压121℃灭菌20分钟，冷却备用；然后挑选生长旺盛、形状好、弹性好且无污染的葛仙米球体，在实验室中在严格无菌条件下进行消毒、匀浆后接种到制备好的培养基，通入过滤空气进行通气培养；培养时温度控制在20-25℃，光照控制在2000-5000Lx，并添加适量红光。当藻体培养到直径0.5-1mm时，转接到10-20L大玻璃瓶中，进行扩大培养，培养条件同上；当藻体直径长到2mm左右时，检查生长状态好、无污染即可作为二级藻种生产种。

[0067] 接种及培养：于实施例1的培养系统中加入培养液至约40cm深，将通过以上方法制备的优质生产种接入跑道池培养系统中，接种的密度控制在0.3g/cm^2-1g/cm^2，之后开通空气动力系统的气泵，调节跑道池中气头的通气量，调节L型导流板和(或)垂吊式导流系统的高度，使培养液在跑道池中温和稳定地循环流动。同时将培养液温度控制在20-25℃，在光照过强或不足时应通过遮阳或通过人工光源补充光照使其符合培养条件。培养过程中，可根据葛仙米颗粒的直径大小和生长状态对气头的通气量，L型导流板和(或)垂吊式导流系统的高度进一步实时调整，实现跑道池内培养物的循环流动。

[0068] 产品检测：经统计，该培养系统葛仙米藻种生长速度快，在培养过程中鲜重日均增

重可达8%以上。通过观察，从培养开始至产品收获，葛仙米藻珠鲜有破裂现象出现，球体完整率高达99%以上。耗能与人力成本方面，经测算该培养系统可实现单位质量葛仙米成品成本降低37%。

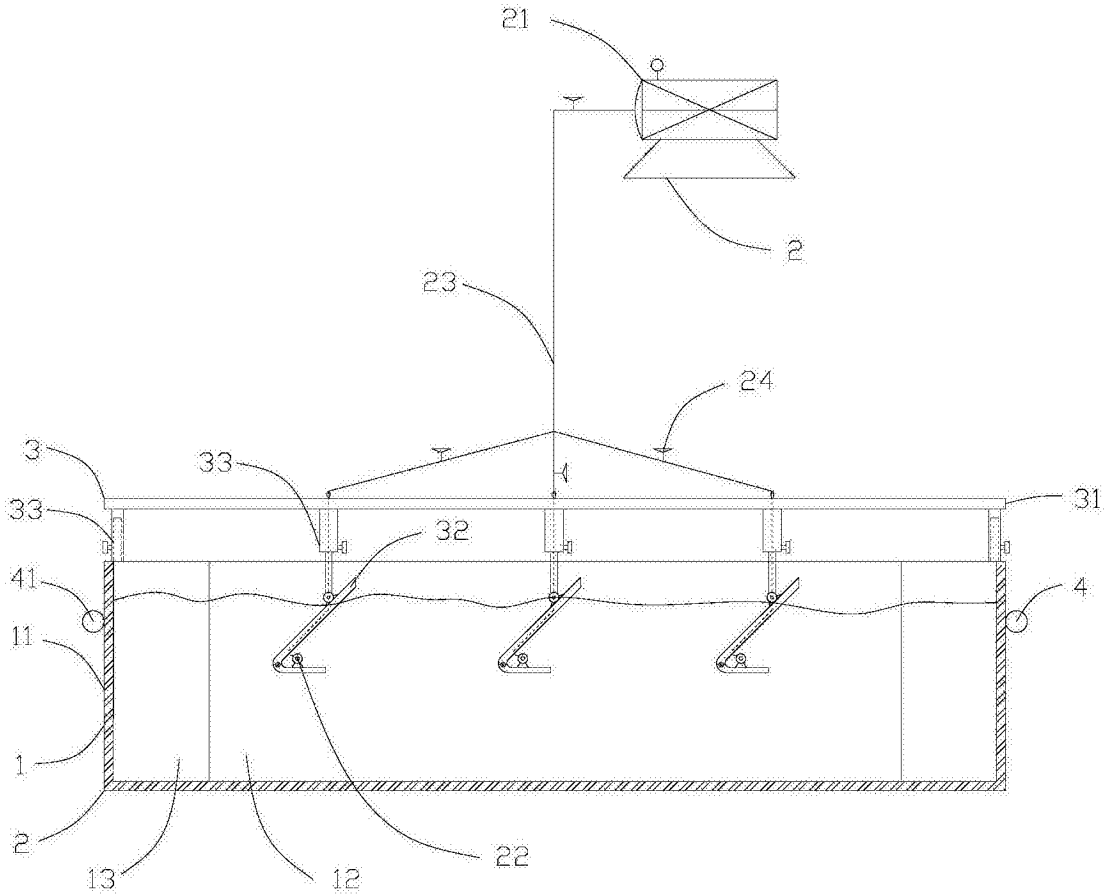

21
2
23
24
3
33
33
31
32
41
4
11
1
2
13
12
22

图1

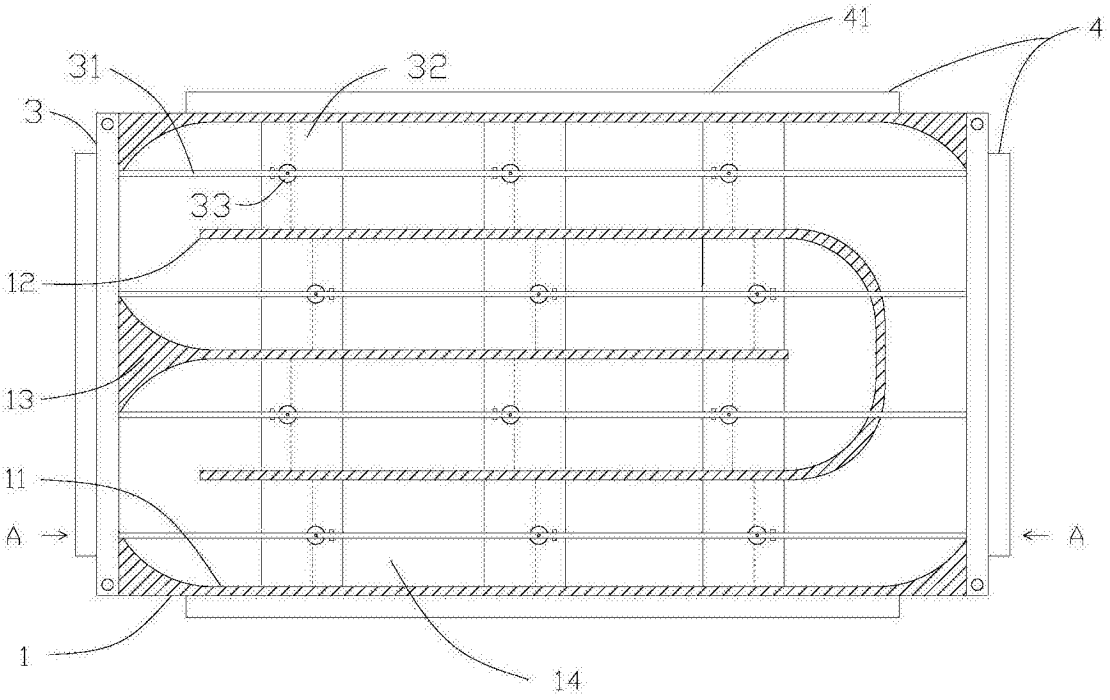

41
4
31
32
3
33
12
13
11
A
A
1
14

图2

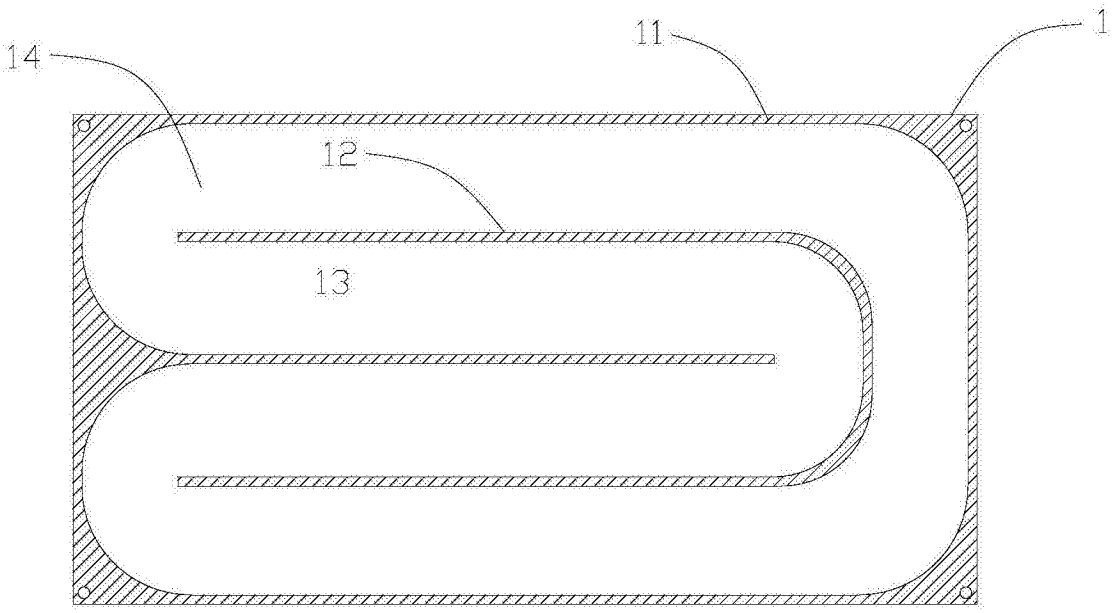


图3

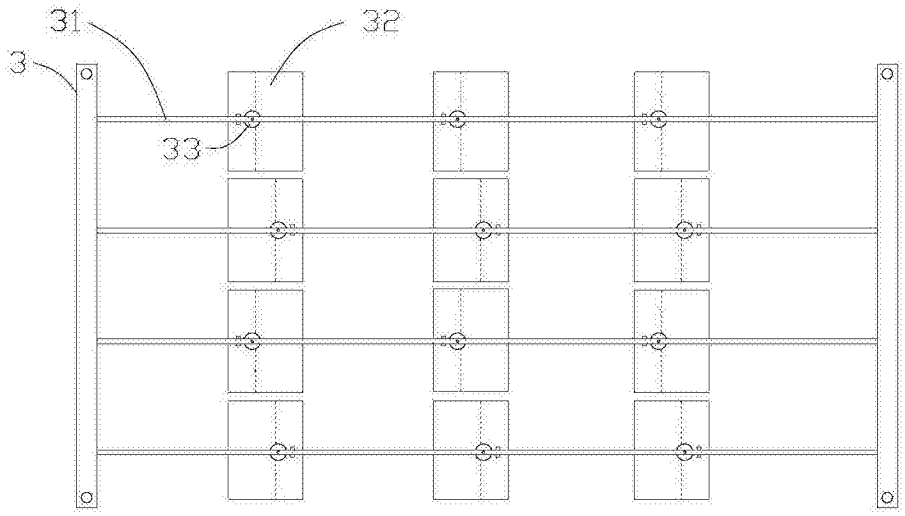


图4

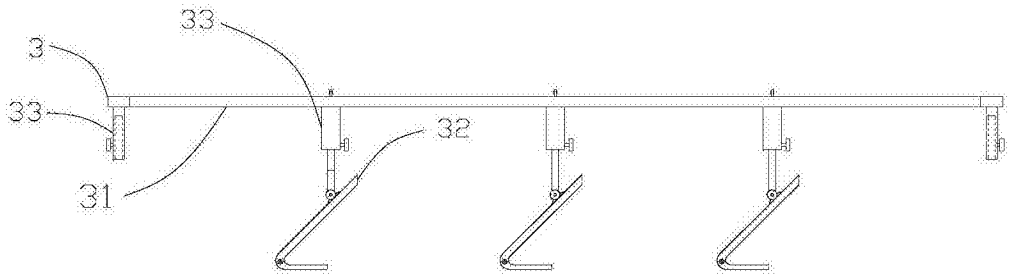


图5

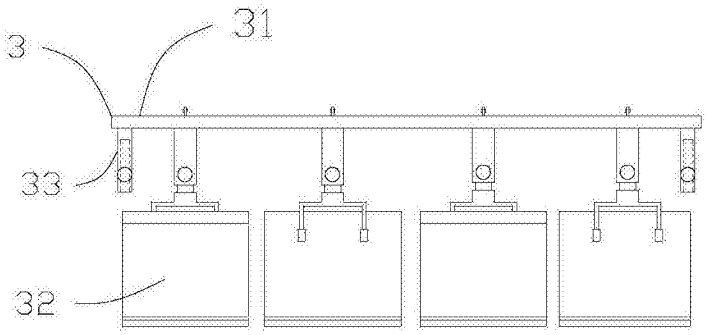


图6

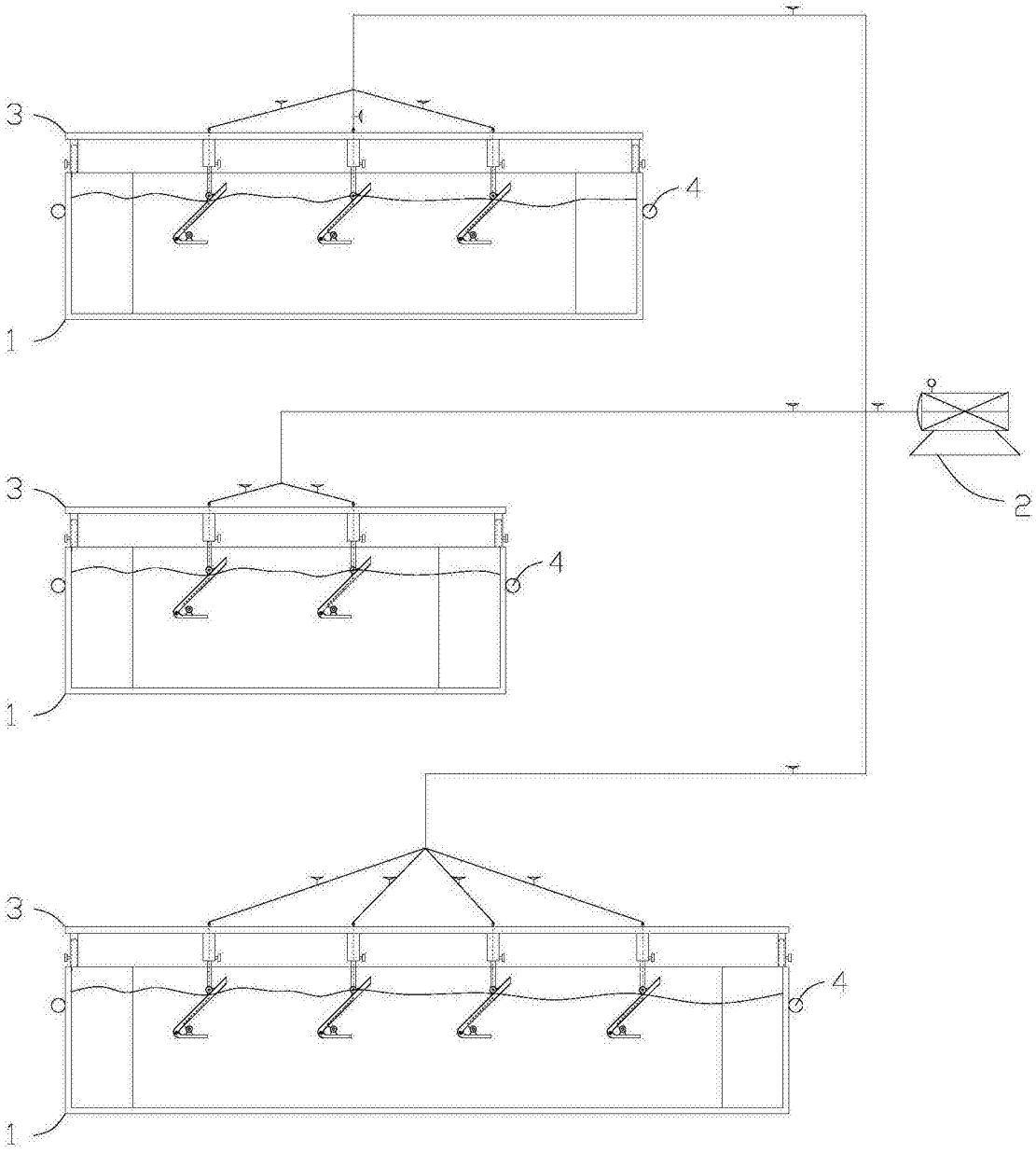


图7

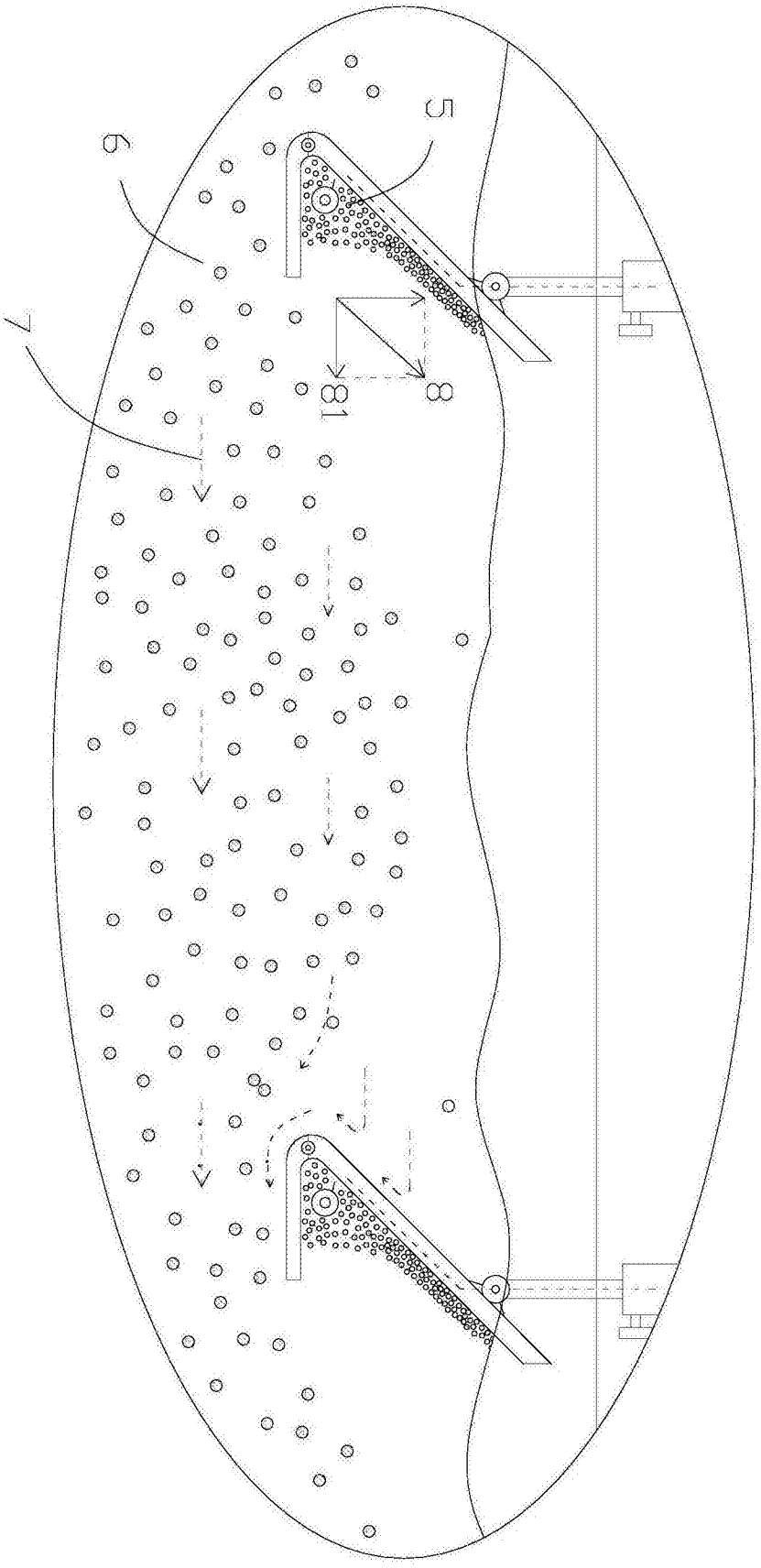


图8