



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102676391 A

(43) 申请公布日 2012. 09. 19

(21) 申请号 201210167773. X

(22) 申请日 2012. 05. 25

(71) 申请人 中国天辰工程有限公司

地址 300400 天津市北辰区京津公路 1 号

申请人 天津天辰绿色能源工程技术研发有  
限公司

(72) 发明人 耿萌 贾光伟 王军 高志辉

杜晓丹 陆峰

(74) 专利代理机构 天津滨海科纬知识产权代理

有限公司 12211

代理人 孙春玲

(51) Int. Cl.

C12N 1/12(2006. 01)

C12M 1/36(2006. 01)

C12M 1/12(2006. 01)

C12R 1/89(2006. 01)

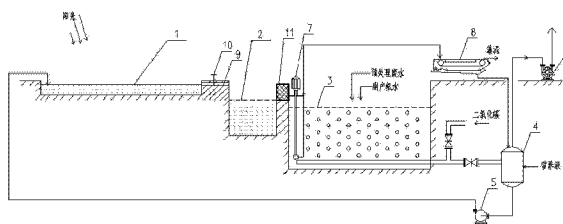
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种利用化工厂副产 CO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub> 及废水生产微藻的方法及装置

(57) 摘要

本发明提供一种利用化工厂副产 CO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub> 及废水生产微藻的方法及装置,该方法利用化工厂副产的 CO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub> 及排放的含 NH<sub>3</sub>-N 较高的工业废水作为原料生产微藻,获得微藻可用于生产生物柴油或作为动物饲料,同时解决了化工生产过程中大量温室气体及工业废水的排放问题。本发明还提供了一种用于上述微藻生产的装置。本发明的方法适合大规模、低成本养殖微藻,并且三级微藻收获的方法与其他收获方式相比,具有处理能力大,投资抵、消耗低的优点,本发明具有良好的社会效益。



1. 一种大规模连续化微藻生产方法,其特征在于:

(1) 在养殖池中添加微藻及微藻所需的培养液;所述培养液由如下方法制得:在  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度为 300-800mg/L、pH 值为 8-10 的工业废水以及化工厂的副产品氨水中,通入富含二氧化碳的工业废气得到  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液,以该  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液为主要原料,添加植物生长促进剂以及所选微藻生长所需的其他营养成分,配制成微藻生长过程中所需的培养液;

(2) 含有微藻的培养液在养殖池、过滤饱和池和滤液储罐之间循环流动,实现微藻生产的连续化操作;

(3) 在过滤饱和池中添加  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度为 300-800mg/L、pH 值为 8-10 的工业废水以及化工厂的副产品氨水,作为微藻生产过程的补水;

所述过滤饱和池的底部设有若干根过滤管,过滤管外壁过滤孔孔径为 0.01-1mm;

所述过滤管至少分为两组,两组交替进行过滤和通  $\text{CO}_2$  气体操作;

当藻液进入到过滤饱和池时 pH 值超出微藻的生长 pH 范围,富含二氧化碳的工业废气通过过滤管通入到过滤饱和池中,藻液的 pH 值降至微藻适宜生长的 pH 值范围;

当进行过滤时,过滤饱和池中的未成熟微藻伴随藻液流入滤液储罐,成熟微藻无法通过过滤孔而留在过滤饱和池中,藻液得到浓缩;

优选的,过滤管过滤藻液及通  $\text{CO}_2$  的交替操作由 PLC 控制系统进行自动控制;

优选的,所述过滤管还设置有自动反吹操作,过程的切换由 PLC 控制系统根据滤液流量计流量或操作时间进行自动调整;当二氧化碳气体无法对过滤管上的过滤孔完全反吹时,将二氧化碳气体切换成压缩空气,通入过滤管中;

优选的,所述过滤饱和池的宽度为 8-15 米,长度为 30-50 米,底部平行铺设若干根过滤管,管径为 DN25 ~ DN100;

优选的,所述过滤饱和池池底具有  $5^\circ$  的倾斜,并且在低点设计倾斜  $5^\circ$  的集液沟,保证全部浓缩藻液能够经浓缩藻液泵外送;

(4) 在滤液储罐的藻液中,补充此前消耗的微藻生长必须养料,然后由滤液泵加压后送至养殖池;

(5) 当过滤饱和池中的微藻浓度达到收获要求时,停止藻液进入过滤饱和池,同时使过滤管均进行过滤操作;最初滤液依靠重力进入滤液储罐,当观察到过滤饱和池液位下降缓慢时,对滤液储罐抽真空,当滤液储罐的入口管路上所设的滤液流量计流量降至设定值时,停止抽真空,此时过滤饱和池中的浓缩藻液由浓缩藻液泵加压后外送。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于:所述养殖池是池塘式养殖池或赛道式养殖池;优先选择赛道式养殖池,所述赛道式养殖池宽度为 1.5-2.8 米,长度为 80-200 米,养殖池平行排列,80-150 个构成一组,每组用溢流渠连接在一起,溢流渠中设置有闸门;所述溢流渠与沉砂池连通;更优选的,所述养殖池中设置扰流挡板,每组扰流挡板由一块下缺口扰流板和一块上缺口扰流板组成,板间距为 0.3-0.5 米,每隔 5-10 米设置一组扰流挡板。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于:在养殖池和过滤饱和池间还设有沉砂池,含有微藻的培养液在养殖池、沉砂池、过滤饱和池和滤液储罐之间循环流动,养殖池中的藻液先流入沉砂池中,通过沉砂池除去藻液中携带的泥沙后,藻液再流入过滤饱和池;优选的,所述沉砂池宽度为 3-5 米,长度为 4-6 米,沉砂池中设有溢流口,溢流口上设有滤网,藻液经过滤网过滤后流入过滤饱和池。

4. 根据权利要求 1-3 任一项所述的方法,其特征在于:当浓缩藻液需要制成藻粒时,浓缩藻液经浓缩藻液泵送至过真空过滤机中,经真空过滤得到藻泥,滤液流回滤液储罐,藻泥经过干燥制备得到藻粒。

5. 根据权利要求 1-4 任一项所述的方法,其特征在于:所述微藻类为绿藻、蓝藻、红藻或硅藻,优选含油量较高的藻类,更优选小球藻或葡萄藻。

6. 一种微藻收获方法,其特征在于:在用于容纳藻液以及培养藻液中微藻的过滤饱和池中设置过滤系统,藻液经过滤系统过滤后的滤液流向滤液储罐;当藻液中微藻浓度达到收获要求时,首先依靠过滤饱和池中藻液与滤液储罐的液位差,将藻液中的大部分水分过滤除去;然后通过对滤液储罐抽真空,利用压差对过滤饱和池内的藻液继续过滤,得到浓缩藻液;最后用真空过滤机对过滤饱和池内的浓缩藻液进一步过滤,得到藻泥,完成微藻收获。

7. 一种微藻养殖装置,其特征在于:包括 PLC 控制系统、依次连接的养殖池、沉砂池、过滤饱和池、滤液储罐和滤液泵;

所述过滤饱和池设有工业废水以及化工厂的副产品氨水的补水管路;所述过滤饱和池的底部平行铺设数根过滤管,管径为 DN25~DN100,过滤管外壁过滤孔孔径为 0.01-1mm;所述过滤管分为两组,依次相间隔连接到两根主管,所述主管分支成两根支管,其中一根支管上设有阀门,该支管分别与二氧化碳进气管路和压缩空气进气管路连接;另一支管上同样设有阀门,该支管通过滤液流量计与滤液储罐连接,所有阀门以及滤液流量计均与所述 PLC 控制系统电连接;

所述过滤饱和池还设有浓缩藻液泵,浓缩藻液泵的进料口探至过滤饱和池底部;

所述滤液储罐还连接有真空泵,滤液储罐通过滤液泵与养殖池连接;

优选的,还包括真空过滤机,所述真空过滤机与浓缩藻液泵相连;

优选的,所述过滤饱和池的宽度为 8-15 米,长度为 30-50 米;

优选的,所述过滤饱和池池底具有 5° 的倾斜,并且在低点设计倾斜 5° 的集液沟,浓缩藻液泵的进料口设于集液沟内。

8. 根据权利要求 7 所述的微藻养殖装置,其特征在于:所述养殖池是池塘式养殖池或赛道式养殖池;优选赛道式养殖池,所述赛道式养殖池宽度为 1.5-2.8 米,长度为 80-200 米,养殖池平行排列,80-150 个构成一组,每组用溢流渠连接在一起,所述溢流渠与沉砂池连通,溢流渠中设置有闸门;

优选的,所述养殖池中设置有扰流挡板,每组扰流挡板由一块下缺口扰流板和一块上缺口扰流板组成,板间距为 0.3-0.5 米,每隔 5-10 米设置一组扰流挡板。

9. 根据权利要求 7 或 8 所述的微藻养殖装置,其特征在于:所述沉砂池宽度为 3-5 米,长度为 4-6 米,沉砂池中设有溢流口,溢流口上设有滤网。

## 一种利用化工厂副产 CO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub> 及废水生产微藻的方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及微藻工业化养殖领域,尤其涉及一种利用化工厂副产 CO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub> 及废水生产微藻的方法及装置。

### 背景技术

[0002] 社会经济的发展需要消耗大量的化石能源,而化石能源的使用往往带来大量污染物及 CO<sub>2</sub> 的排放。在人类利用煤、石油、天然气等化石能源生产各种化工产品的过程中,伴随产生了大量的 CO<sub>2</sub> 及含 NH<sub>3</sub>-N 较高的工业废水排放。排放的大量 CO<sub>2</sub> 将导致全球气候变暖和对生态环境造成影响;排放的工业废水造成水源的富营养化,常常导致重大的环境灾难发生。

[0003] 微藻是一种微小生物,也是世界上生长繁殖速度最快,利用光合作用吸收二氧化碳最有效的植物。它们能够有效利用阳光,将水和二氧化碳转化为碳水化合物和油脂,微藻固碳产生的藻体可以用于生产食物、化学产品和生物质能源。此外,微藻在光自养培养过程中可利用废水中的氮、磷等营养成分,从而降低水体的富营养化,起到净化工厂排放废水的目的。

[0004] 目前的微藻养殖方法均无法达到工业化大规模养殖的要求。专利 CN101555455 提供了一种微藻的培养/收获方法和系统,它能有效提高微藻培养时对 CO<sub>2</sub> 的利用率,提高微藻产量,在微藻收获时减少了微藻的收获步骤和成本,但是它采用的生物光合反应器生产效率较低,无法做到大规模连续化生产,并且利用 CO<sub>2</sub> 时,仍旧是采用直接通入 CO<sub>2</sub> 气泡供微藻生长的方法,CO<sub>2</sub> 气泡不易扩散至水中,大部分无法被吸收即扩散至大气,因此 CO<sub>2</sub> 利用率仍不够理想,此外它采用的微藻收获方法需要添加 NaOH 溶液,适用范围较窄,只适用于部分种类藻类。而现有技术中,微藻的其他主要收获技术,如离心法、过滤法、絮凝法也存在诸多问题:离心法生产成本低,生产规模小,无法适用大规模工业生产;过滤法容易堵塞过滤网,操作人员劳动强度大,无法连续稳定生产;絮凝法需要使用絮凝剂,可能对微藻产生破坏,在后续加工过程中还要分离出絮凝剂,流程复杂。

### 发明内容

[0005] 化工厂尤其是以煤为原料的化工厂,在净化装置产生大量高浓度 CO<sub>2</sub> 气体,如不加以利用将直接排放大气。部分装置如煤气化装置、氨合成装置将生成氨水,经浓缩后产生浓度约 10-15% 的氨水,除用于锅炉的排放烟气脱硫处理外也无太多用途。同时全厂产生大量含 NH<sub>3</sub>-N 较高的工业废水,水中 NH<sub>3</sub>-N 浓度为 300-800mg/l, pH 值为 8-10,排放到环境当中将造成水源的富营养化。

[0006] 本发明要解决的问题是提供一种利用化工厂副产 CO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub> 及废水生产微藻的方法及装置,该方法利用化工厂副产的 CO<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub> 及排放的含 NH<sub>3</sub>-N 较高的工业废水作为原料生产微藻,解决微藻养殖的工业化生产技术,提高养殖效率,降低养殖成本,实现微藻生物能

源的产业化,获得微藻可用于生产生物柴油或作为动物饲料,同时解决了化工生产过程中大量温室气体及工业废水的排放问题,经济效益良好。

[0007] 此外,本发明还提供了一种微藻收获方法,与其他收获方式相比具有处理能力大,投资抵、消耗低的优点。

[0008] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种大规模连续化微藻生产方法,包括如下步骤:

[0009] (1) 在养殖池中添加微藻及微藻所需的培养液;所述培养液由如下方法制得:在  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度为 300-800mg/L、pH 值为 8-10 的工业废水以及化工厂的副产品氨水中,通入富含二氧化碳的工业废气得到  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液,以该  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液为主要原料,添加植物生长促进剂以及所选微藻生长所需的其他营养成分,配制成微藻生长过程中所需的培养液;

[0010] (2) 含有微藻的培养液在养殖池、过滤饱和池和滤液储罐之间循环流动,实现微藻生产的连续化操作;

[0011] (3) 在过滤饱和池中添加  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度为 300-800mg/L、pH 值为 8-10 的工业废水以及化工厂的副产品氨水,作为微藻生产过程的补水;

[0012] 所述过滤饱和池的底部设有若干根过滤管,过滤管外壁过滤孔孔径为 0.01-1mm;

[0013] 所述过滤管至少分为两组,两组交替进行过滤和通  $\text{CO}_2$  气体操作;

[0014] 当藻液进入到过滤饱和池时 pH 值超出微藻的生长 pH 范围,富含二氧化碳的工业废气通过过滤管通入到过滤饱和池中,藻液的 pH 值降至微藻适宜生长的 PH 值范围;

[0015] 当进行过滤时,过滤饱和池中的未成熟微藻伴随藻液流入滤液储罐,成熟微藻无法通过过滤孔而留在过滤饱和池中,藻液得到浓缩。

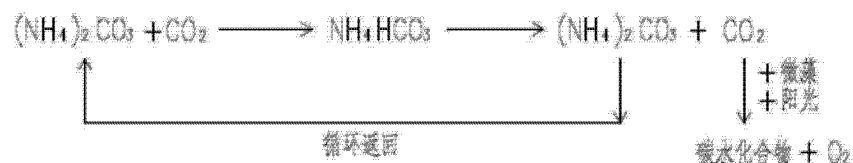
[0016] 优选的,过滤管过滤藻液及通  $\text{CO}_2$  的交替操作由 PLC 控制系统进行自动控制;

[0017] (4) 在滤液储罐的藻液中,补充此前消耗的微藻生长必须养料,然后由滤液泵加压后送至养殖池;

[0018] (5) 当过滤饱和池中的微藻浓度达到收获要求时,停止藻液进入过滤饱和池,同时使过滤管均进行过滤操作;最初滤液依靠重力进入滤液储罐,当观察到过滤饱和池液位下降缓慢时,对滤液储罐抽真空,当滤液储罐的入口管路上所设的滤液流量计流量降至设定值时,停止抽真空,此时过滤饱和池中的浓缩藻液由浓缩藻液泵加压后外送。

[0019] 本发明在工业废水、副产氨水中通入  $\text{CO}_2$  气体,使工业废水中的  $\text{NH}_3$  与  $\text{CO}_2$  反应形成  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液,同时添加植物生长促进剂、 $\text{K}_3\text{PO}_4$  等微藻生长必须的营养元素配制成培养液。使用该培养液养殖微藻,随着微藻不断进行光合作用消耗  $\text{CO}_2$ ,培养液中的  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  不断分解释放出  $\text{CO}_2$ ,维持培养液中较高的  $\text{CO}_2$  浓度。 $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  不断转化为  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,培养液的 pH 值逐渐升高不再适合藻类生长,此时将培养液返回再通  $\text{CO}_2$  气体使  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  转化为  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ,待 pH 值降低后可继续培养藻类。主要化学反应如下:

[0020]



[0021] 工业废水中的  $\text{NH}_3$  大大提高了培养液中的  $\text{CO}_2$  含量,促进了微藻对  $\text{CO}_2$  气体的吸收。以往生产方法均为直接通入  $\text{CO}_2$  气泡供微藻生长,  $\text{CO}_2$  气泡不易扩散至水中,大部分无法被

吸收即扩散至大气,因此 CO<sub>2</sub> 利用率较低。本发明 CO<sub>2</sub> 以离子形式存在于水中,性质稳定,利用化学平衡反应为微藻生长提供 CO<sub>2</sub>,易于被微藻吸收,因此大大提高了 CO<sub>2</sub> 的利用效率。

[0022] 本发明中的养殖池为池塘式养殖池、赛道式养殖池或其它类型的养殖池,在养殖池中,微藻凭借培养液中的 NH<sub>3</sub>、CO<sub>2</sub> 及其它营养物质通过光合作用不断进行生长、繁殖。为实现工业化养殖,优先选择赛道式养殖池,养殖池宽度为 1.5-2.8 米,长度为 80-200 米,养殖池平行排列,80-150 个构成一组,每组用溢流渠连接在一起,溢流渠中设置有闸门,可以通过闸门开、关控制不同养殖池的收获时间。

[0023] 优选的,为提高养殖池中微藻的光照强度,使微藻均匀接受阳光照射,本发明在养殖池中设置扰流挡板,使培养液在养殖池中流动的过程中不断上下扰动,使养殖池底层的微藻也能够浮于顶层接受阳光照射。每组扰流挡板由一块下缺口扰流板和一块上缺口扰流板组成,板间距为 0.3-0.5 米,每隔 5-10 米设置一组扰流挡板。

[0024] 优选的,为减少微藻产品中的灰分含量,在养殖池和过滤饱和池间还设有沉砂池,含有微藻的培养液(藻液)在养殖池、沉砂池、过滤饱和池和滤液储罐之间循环流动。

[0025] 养殖池中的藻液沿着溢流渠依靠重力自流进入沉砂池。溢流渠为连接一组养殖池与沉砂池之间的沟渠,宽度为 0.5-1 米。沉砂池宽度为 3-5 米,长度为 4-6 米,培养液中携带的泥沙将依靠重力沉降落到沉砂池底部,可以减少微藻产品中的灰分含量。当泥沙积累到一定深度后利用检修时间进行清理。沉砂池中的藻液可以溢流至过滤饱和池中,在溢流口设置滤网,过滤藻液中漂浮的落叶、杂草、塑料袋等杂物。溢流口设置 2-3 个,互为备用,当一个滤网堵塞后使用备用溢流口。对于密闭式养殖池,本发明中沉砂池可以省略。

[0026] 优选的,所述过滤饱和池的宽度为 8-15 米,长度为 30-50 米,底部平行铺设若干根过滤管,管径为 DN25 ~ DN100。

[0027] 本发明的过滤管可以为不锈钢管、塑胶管、PVC 管等,过滤管外壁过滤孔孔径为 0.01-1mm,根据养殖微藻种类不同选择不同孔径的过滤管。过滤管可以单层铺设也可多层铺设,根据需要处理的藻液量计算过滤管根数。本发明使用过滤管替代滤布,解决了大规模养殖过滤面积不足的问题,可通过增加过滤管的根数满足过滤面积的要求。

[0028] 过滤管依次相间隔连接到两根主管,两根主管交替通过滤液及 CO<sub>2</sub> 气体,完成过滤管过滤藻液及通 CO<sub>2</sub> 气体降低藻液 pH 值的过程。所述主管分支成两根支管,其中一根支管上设有阀门,该支管分别与二氧化碳进气管路和压缩空气进气管路连接;另一支管上同样设有阀门,该支管通过滤液流量计与滤液储罐连接,所有阀门以及滤液流量计均与所述 PLC 控制系统电连接。

[0029] 具体来说,一根主管分支成两根支管,其中一根支管上设有 V1 阀门,该支管分别与二氧化碳进气管路和压缩空气进气管路连接,另一支管上设有 V3 阀门,与滤液流量计连接。另一主管同样分支成两根支管,其中一根支管上设有 V2 阀门,该支管分别与二氧化碳进气管路和压缩空气进气管路连接,另一支管上设有 V4 阀门,与滤液流量计连接,所述 V1 阀门、V2 阀门、V3 阀门和 V4 阀门、滤液流量计均与所述 PLC 控制系统电连接。

[0030] 本发明的过滤管过滤藻液及通 CO<sub>2</sub> 气体降低藻液 pH 值的交替过程为自动控制过程,通过 PLC 编程控制阀门 V1、V2、V3、V4 的开启、关闭,过程的切换根据滤液流量计流量或操作时间进行自动调整。

[0031] 优选的,所述过滤管还设置有自动反吹操作,过程的切换由 PLC 控制系统根据滤

液流量计流量或操作时间进行自动调整；当二氧化碳气体无法对过滤管上的过滤孔完全反吹时，将二氧化碳气体切换成压缩空气，通入过滤管中。

[0032] 由于进入过滤饱和池中的藻液 pH 值较高，已经不适合藻类继续生长，此时通入  $\text{CO}_2$  气体以降低藻液的 pH 值，具体操作过程为：开启阀门 V4、V1，关闭阀门 V2、V3，在一根主管中通入  $\text{CO}_2$  气体， $\text{CO}_2$  气体从过滤管的过滤孔冒出，主要完成三个目的：第一，通  $\text{CO}_2$  气体使  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  转化为  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ，使 pH 值降低至合适数值；第二，通  $\text{CO}_2$  气体可对过滤孔进行反吹，将堵塞在过滤孔的灰尘颗粒吹出，为下一步过滤操作做好准备；第三，利用  $\text{CO}_2$  气泡表面的吸附作用，使藻液中的微藻被吸附在气泡表面并随气泡一起上升，降低底层藻液微藻含量，利于进行过滤操作。与此同时，在另一根主管中，藻液利用液位压差经过阀门 V4 流入滤液储罐中，液位差将滤液压入过滤管微孔，体积较大的成熟微藻无法通过过滤孔被留在过滤饱和池中，还没有成熟的微藻及生成的  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  将进入滤液储罐并最终返回养殖池。过滤过程中，藻液中的灰尘颗粒将不断堵塞过滤孔，滤液流量逐渐减少，当滤液流量计测得的流量降低至设定值时，对两根主管进行切换操作：关闭阀门 V4、V1，开启阀门 V2、V3，使用经过反吹操作的过滤管进行过滤，并对有所堵塞的过滤管进行反吹。

[0033] 以上两个步骤交替进行，实现了藻液的连续稳定过滤，并使藻液 pH 值降低至合适数值。经过一段时间后，过滤管的阻力降将有所增加，主要是因为  $\text{CO}_2$  气体压力较低，无法做到对过滤孔的完全反吹，仍有部分堵塞，此时切换压力更高的压缩空气，能够将堵塞过滤孔的残余灰尘吹除干净。

[0034] 本发明中含有未成熟微藻及  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  的滤液依靠重力作用进入滤液储罐，滤液储罐用于缓冲过滤管切换过程中滤液的波动，过滤饱和池中未成熟微藻随滤液返回养殖池进行光合作用继续生长，成熟微藻因无法通过过滤孔被留在过滤饱和池中，因此起到了藻液的提浓作用。

[0035] 当微藻浓度达到收获要求后，进行真空过滤操作。关闭溢流渠中的闸门，使藻液停止进入过滤饱和池中，关闭阀门 V1、V2，打开阀门 V3、V4，使所有过滤管进行过滤操作，滤液经滤液泵加压后送至养殖池。待过滤饱和池中液位下降缓慢时，仅依靠液位差已经不能继续过滤，此时开启真空泵对滤液储罐抽真空，利用大气压力对过滤饱和池中的藻液进行继续过滤。维持滤液储罐一定的真空度，当滤液流量计流量降低至设定值时关闭真空泵。此时，藻液浓度较高，已经可作为产品外送。

[0036] 优选的，当浓缩藻液需要制成藻粒时，使用真空过滤机进行最终的过滤。开启浓缩藻液泵及真空过滤机，浓缩藻液泵将过滤饱和池中的浓缩藻液送至真空过滤机，经真空过滤获得藻泥，滤液自流入滤液储罐。藻泥经过阳光照射或干燥机干燥后可制得藻粒。

[0037] 优选的，过滤饱和池池底具有  $5^\circ$  的倾斜，并且在低点设计倾斜  $5^\circ$  的集液沟，保证全部藻液能够经浓缩藻液泵外送。

[0038] 本发明中的微藻可以为各种藻类，可通过控制培养液中的  $\text{NH}_3\text{-N}$  含量为藻类生长提供合适的 pH 值。藻类可以为绿藻、蓝藻、红藻、硅藻等，优选含油量较高的藻类，如小球藻、葡萄藻等，用于生产生物柴油，具有较高的经济价值。

[0039] 本发明还提供了一种微藻收获方法，在用于容纳藻液以及培养藻液中微藻的过滤饱和池中设置过滤系统，藻液经过滤系统过滤后的滤液流向滤液储罐；当藻液中微藻浓度达到收获要求时，首先依靠过滤饱和池中藻液与滤液储罐的液位差，将藻液中的大部分水

分过滤除去；然后通过对滤液储罐抽真空，利用压差对过滤饱和池内的藻液继续过滤，得到浓缩藻液；最后用真空过滤器对过滤饱和池内的浓缩藻液进一步过滤，得到藻泥，完成微藻收获。

[0040] 本发明还提供了一种微藻养殖装置，包括 PLC 控制系统、依次连接的养殖池、沉砂池、过滤饱和池、滤液储罐和滤液泵。

[0041] 所述过滤饱和池设有工业废水以及化工厂的副产品氨水的补水管路；所述过滤饱和池的底部平行铺设数根过滤管，管径为 DN25 ~ DN100，过滤管外壁过滤孔孔径为 0.01-1mm；所述过滤管分为两组，依次相间隔连接到两根主管，所述主管分支成两根支管，其中一根支管上设有阀门，该支管分别与二氧化碳进气管路和压缩空气进气管路连接；另一支管上同样设有阀门，该支管通过滤液流量计与滤液储罐连接，所有阀门以及滤液流量计均与所述 PLC 控制系统电连接。

[0042] 所述 PLC 控制系统用于控制过滤管过滤藻液及通入 CO<sub>2</sub> 的交替操作；

[0043] 所述过滤饱和池还设有浓缩藻液泵，浓缩藻液泵的进料口探至过滤饱和池底部；

[0044] 所述滤液储罐还连接有真空泵，滤液储罐通过滤液泵与养殖池连接。

[0045] 优选的，还包括真空过滤器，所述真空过滤器与浓缩藻液泵相连。

[0046] 优选的，所述过滤饱和池的宽度为 8-15 米，长度为 30-50 米；

[0047] 优选的，所述过滤饱和池池底具有 5° 的倾斜，并且在低点设计倾斜 5° 的集液沟，浓缩藻液泵的进料口设于集液沟内。

[0048] 优选的，所述养殖池是池塘式养殖池或赛道式养殖池；优选赛道式养殖池，所述赛道式养殖池宽度为 1.5-2.8 米，长度为 80-200 米，养殖池平行排列，80-150 个构成一组，每组用溢流渠连接在一起，所述溢流渠与沉砂池连通，溢流渠中设置有闸门。

[0049] 优选的，所述养殖池中设置有扰流挡板，每组扰流挡板由一块下缺口扰流板和一块上缺口扰流板组成，板间距为 0.3-0.5 米，每隔 5-10 米设置一组扰流挡板。

[0050] 优选的，所述沉砂池宽度为 3-5 米，长度为 4-6 米，沉砂池中设有溢流口，溢流口上设有滤网。

[0051] 本发明的微藻生产方法适合大规模连续化生产，其优点在于以下几个方面：

[0052] 1、原料为化工厂副产品及排放废水，生产成本低。

[0053] 2、本发明微藻在光自养培养过程中可利用废水中的氮、磷等营养成分，从而降低水体的富营养化，起到净化工厂排放废水的目的。

[0054] 3、本发明在养殖池中设置扰流挡板，使培养液在养殖池中流动的过程中不断上下扰动，使养殖池底层的微藻也能够浮于顶层接受阳光照射。

[0055] 4、进一步的，本发明设置沉砂池，对于西部风沙较大地区能够有效减少藻液中的灰分，减小过滤操作时灰尘对过滤孔的堵塞。

[0056] 5、使用过滤管替代过滤布，大大提高了过滤能力。过滤管设置自动反吹操作，实现过滤操作的连续、稳定运行，减少操作人员的劳动强度。

[0057] 6、微藻收获方法采用三级过滤收获方式，首先采用重力过滤将大部分滤液除去，不需消耗能量；一级真空过滤利用过滤管的巨大过滤面积，处理能力大而消耗较低；二级真空过滤器过滤处理负荷已经大大减少，能够较好控制含水量得到浓度较高的藻泥。三级过滤收获方式只需要根据藻类大小选择具有合适孔径的过滤管，与其他收获方式相比具有



处理能力大,投资抵、消耗低的优点。

### 附图说明

[0058] 图 1 是本发明利用化工厂副产  $\text{CO}_2$ 、 $\text{NH}_3$  及废水生产微藻的流程示意图。

[0059] 图 2 是微藻生产装置的平面布置结构示意图。

[0060] 图 3 是过滤饱和池结构示意图。

[0061] 图 4 是赛道式养殖池扰流板结构示意图。

[0062] 图中：

[0063] 1、养殖池                      2、沉砂池                      3、过滤饱和池

[0064] 4、滤液储罐                      5、滤液泵                      6、真空泵

[0065] 7、浓缩藻液泵                      8、真空过滤机                      9、溢流渠

[0066] 10、闸门                      11、滤网                      12、集液沟

[0067] 13、过滤管                      14、滤液流量计                      15、PLC 控制系统

[0068] 16、V1 阀门                      17、V2 阀门                      18、V3 阀门

[0069] 19、V4 阀门                      20、V5 阀门                      21、V6 阀门

[0070] 22、下缺口扰流板                      23、上缺口扰流板

### 具体实施方式

[0071] 实施例 1

[0072] 如图 1- 图 4 所示,一种利用化工厂副产  $\text{CO}_2$ 、 $\text{NH}_3$  及废水生产微藻的养殖装置,包括养殖池 1、沉砂池 2、过滤饱和池 3、滤液储罐 4、滤液泵 5、真空泵 6、真空过滤机 8、浓缩藻液泵 7 和 PLC 控制系统 15;养殖池 1、沉砂池 2、过滤饱和池 3、滤液储罐 4 和滤液泵 5 依次连接。

[0073] 含有微藻的培养液在养殖池 1、沉砂池 2、过滤饱和池 3 和滤液储罐 4 之间循环流动,实现微藻生产的连续化操作。

[0074] 浓缩藻液泵 7 的进料口探至过滤饱和池 3 底部,所述真空过滤机 8 与浓缩藻液泵 7 相连;

[0075] 所述滤液储罐 4 的入口管路上设有滤液流量计 14,滤液流量计 14 与 PLC 控制系统 15 连接;

[0076] 所述滤液储罐 4 与真空泵 6 相连,滤液储罐 4 通过滤液泵 5 与养殖池 1 连接。

[0077] 所述养殖池 1 为赛道式养殖池。

[0078] 在养殖池 1 中添加微藻及微藻所需的培养液。所述培养液由如下方法制得:在  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度为 300-800mg/L、pH 值为 8-10 的工业废水以及化工厂的副产品氨水中,通入富含二氧化碳的工业废气得到  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液,以该  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  溶液为主要原料,添加植物生长促进剂以及所选微藻生长所需的其他营养成分,配制成微藻生长过程中所需的培养液。含有微藻的培养液在养殖池 1、沉砂池 2 和过滤饱和池 3 之间循环流动,实现微藻生产的连续化操作。

[0079] 所述过滤饱和池 3 设有工业废水以及化工厂的副产品氨水的补水管路。在过滤饱和池 3 中添加工业废水及副产氨水,水中  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度为 300-800mg/l, pH 值为 8-10,作为微藻生产过程的补水。自净化装置而来的  $\text{CO}_2$  气体经管道输送至微藻生产界区,通过过滤管

13 以鼓泡的形式通入到过滤饱和池 3 中,CO<sub>2</sub> 在上升的过程中与碱性培养液反应,被培养液所吸收,pH 值降低为 6-7。

[0080] 过滤饱和池 3 宽度为 10 米,长度为 40 米,深度 2 米,底部平行铺设 1000 根过滤管 13,过滤管 13 为 DN25 不锈钢管,过滤管 13 外壁过滤孔孔径为 0.01-0.5mm。

[0081] 过滤管 13 依次相间隔连接到两根主管,对两组交替进行过滤及通 CO<sub>2</sub> 气体操作。其中一根主管分支成两根支管,其中一根支管上设有 V1 阀门 16,该支管分别与二氧化碳进气管路和压缩空气进气管路连接,另一支管上设有 V3 阀门 18,与滤液流量计 14 连接;另一主管同样分支成两根支管,其中一根支管上设有 V2 阀门 17,该支管分别与二氧化碳进气管路和压缩空气进气管路连接,另一支管上设有 V4 阀门 19,与滤液流量计 14 连接,所述 V1 阀门 16、V2 阀门 17、V3 阀门 18 和 V4 阀门 19、滤液流量计 14 均与所述 PLC 控制系统 15 电连接。

[0082] 过滤管 13 过滤藻液及通 CO<sub>2</sub> 的交替操作由 PLC 控制系统 15 进行自动控制。通过 PLC 编程控制 V1 阀门 16、V2 阀门 17、V3 阀门 18、V4 阀门 19 的开启、关闭,过程的切换根据滤液流量计 14 流量进行自动调整。当一组过滤管 13 进行通 CO<sub>2</sub> 气体操作时,另一组进行过滤操作。过滤操作时,成熟微藻无法穿过过滤孔而留在过滤饱和池 3 中,起到了增加微藻浓度的作用。以上两个步骤交替进行,实现了藻液的连续稳定过滤,并使藻液 pH 值降低至合适数值。

[0083] 过滤过程中,藻液中的灰尘颗粒将不断堵塞过滤孔,滤液流量逐渐减少,当滤液流量计 14 测得的流量降低至设定值,即初始过滤流量的 80% 时,对两根主管进行切换操作:关闭 V4 阀门 19、V1 阀门 16,开启 V2 阀门 17、V3 阀门 18,使用经过反吹操作的过滤管 13 进行过滤,并对有所堵塞的过滤管 13 进行反吹。经过一段时间后,过滤管 13 的阻力将有所增加,主要是因为 CO<sub>2</sub> 气体压力较低,无法做到对过滤孔的完全反吹,仍有部分堵塞,此时切换压力更高的压缩空气,能够将堵塞过滤孔的残余灰尘吹除干净。二氧化碳进气管路和压缩空气进气管路切换由 PLC 编程通过设置在二氧化碳进气管路的 V5 阀门 20 和设置在压缩空气进气管路的 V6 阀门 21 进行控制。

[0084] 含有未成熟微藻及 NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> 的滤液依靠重力作用进入滤液储罐 4,滤液储罐 4 中,补充此前消耗的微藻生长必须养料,如氮肥、磷肥、钾肥等微藻生长所需要的营养液,配制成微藻生长所需的培养液,培养液经滤液泵 5 加压后送至养殖池 1 中,未成熟微藻在养殖池 1 中进行光合作用继续生长。

[0085] 每个养殖池 1 宽度为 2 米,长度为 200 米,深度为 0.5 米,养殖池 1 平行排列,120 个构成一组,每组用溢流渠 9 连接在一起,流渠中设置有闸门 10。在养殖池 1 中设置扰流挡板,每组扰流挡板由一块下缺口扰流板 22 和一块上缺口扰流板 23 组成,板间距为 0.3 米,每隔 6 米设置一组扰流挡板。培养液在养殖池 1 中流动的过程中,受扰流板作用不断上下扰动,使养殖池 1 底层的微藻也能够浮于顶层接受阳光照射。

[0086] 随着微藻不断进行光合作用消耗 CO<sub>2</sub>,培养液中的 NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> 不断分解释放出 CO<sub>2</sub>,维持培养液中较高的 CO<sub>2</sub> 浓度。NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub> 不断转化为 (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>,培养液的 pH 值逐渐升高不再适合藻类生长,离开养殖池 1 的藻液 pH 值升高为 8-9,沿着溢流渠 9 依靠重力自流进入沉砂池 2,溢流渠 9 宽度为 0.5 米,深度为 0.2 米。沉砂池 2 宽度为 5 米,长度为 6 米,培养液中携带的泥沙依靠重力沉降到沉砂池 2 底部。沉砂池 2 中的藻液溢流至过滤饱和池 3 中,在

溢流口设置滤网 11, 过滤藻液中漂浮的落叶、杂草、塑料袋等杂物, 滤网 11 为 40-60 目。溢流口设置 2-3 个, 互为备用, 当一个滤网 11 堵塞后使用备用溢流口。

[0087] 当藻液溢流至过滤饱和池 3 后就形成一个养殖微藻的循环系统。过滤饱和池 3 中未成熟微藻随滤液返回养殖池 1, 成熟微藻因无法通过过滤孔被留在过滤饱和池 3 中, 因此起到了藻液的提浓作用。24-48 小时后, 微藻浓度达到收获要求, 进行过滤操作。关闭溢流渠 9 中的闸门 10, 使藻液停止进入过滤饱和池 3 中, 关闭 V1 阀门 16、V2 阀门 17, 打开 V3 阀门 18、V4 阀门 19, 使所有过滤管 13 进行过滤操作, 滤液经滤液泵 5 加压后送至养殖池 1。待过滤饱和池 3 中液位下降缓慢时, 开启真空泵 6 对滤液储罐 4 抽真空, 利用大气压力对过滤饱和池 3 中的藻液进行继续过滤。维持滤液储罐 4 的真空度为 50-60kPa, 当滤液流量计 14 流量降低至  $5\text{m}^3/\text{h}$  时关闭真空泵 6。此时, 藻液浓度较高, 使用浓缩藻液泵 7 加压后作为产品外送。

#### [0088] 实施例 2

[0089] 微藻养殖及藻液浓缩过程与实施例 1 相同。如果需要制成藻粒产品, 开启浓缩藻液泵 7 及真空过滤机 8, 浓缩藻液泵 7 将过滤饱和池 3 中的浓缩藻液送至真空过滤机 8, 经真空过滤机 8 过滤获得藻泥, 滤液自流入滤液储罐 4。藻泥经过阳光照射或干燥机干燥后可制得藻粒。过滤饱和池 3 池底具有  $5^\circ$  的倾斜, 并且在低点设计倾斜  $5^\circ$  的集液沟 12, 浓缩藻液泵 7 的进料口设于集液沟 12 内, 保证全部藻液经浓缩藻液泵 7 送至真空过滤机 8 过滤。

[0090] 以上对本发明的较佳实施例进行了详细说明, 但所述内容仅为本发明的较佳实施例, 不能被用于限定本发明的实施范围。凡依本发明申请范围所作的均等变化与改进等, 均应仍归属于本发明的专利涵盖范围之内。

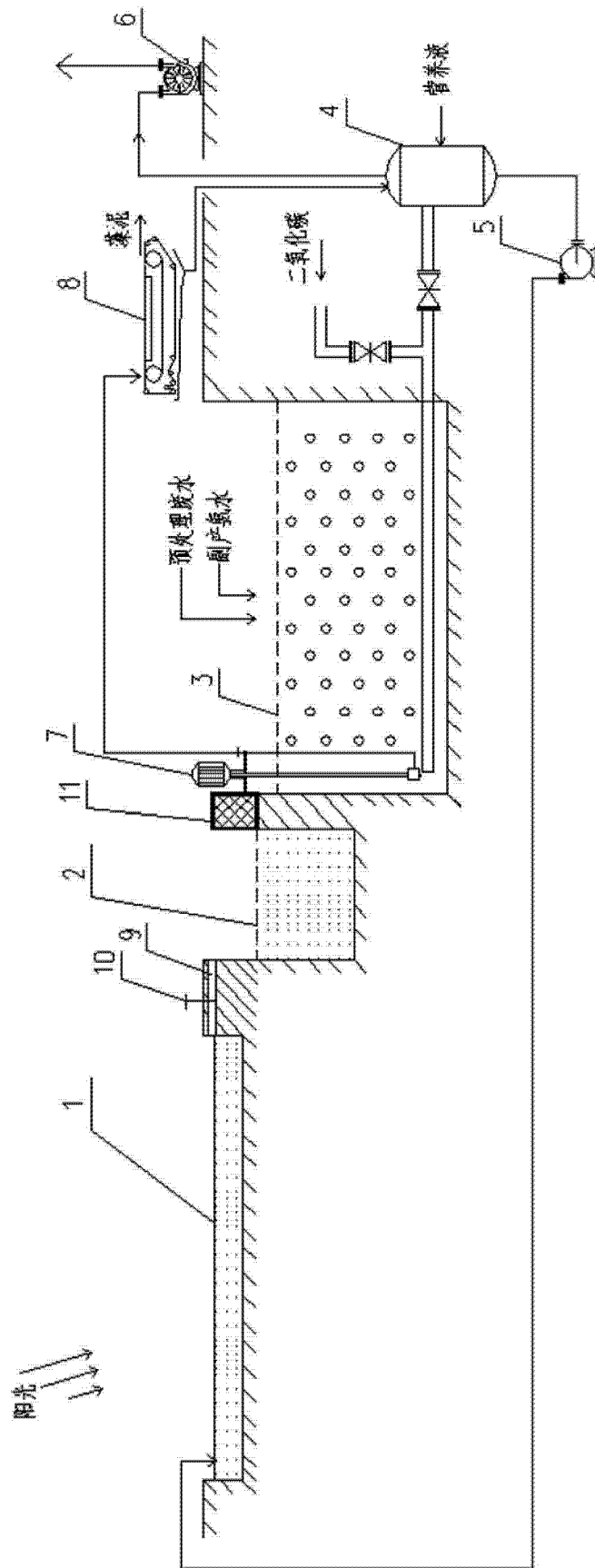


图 1

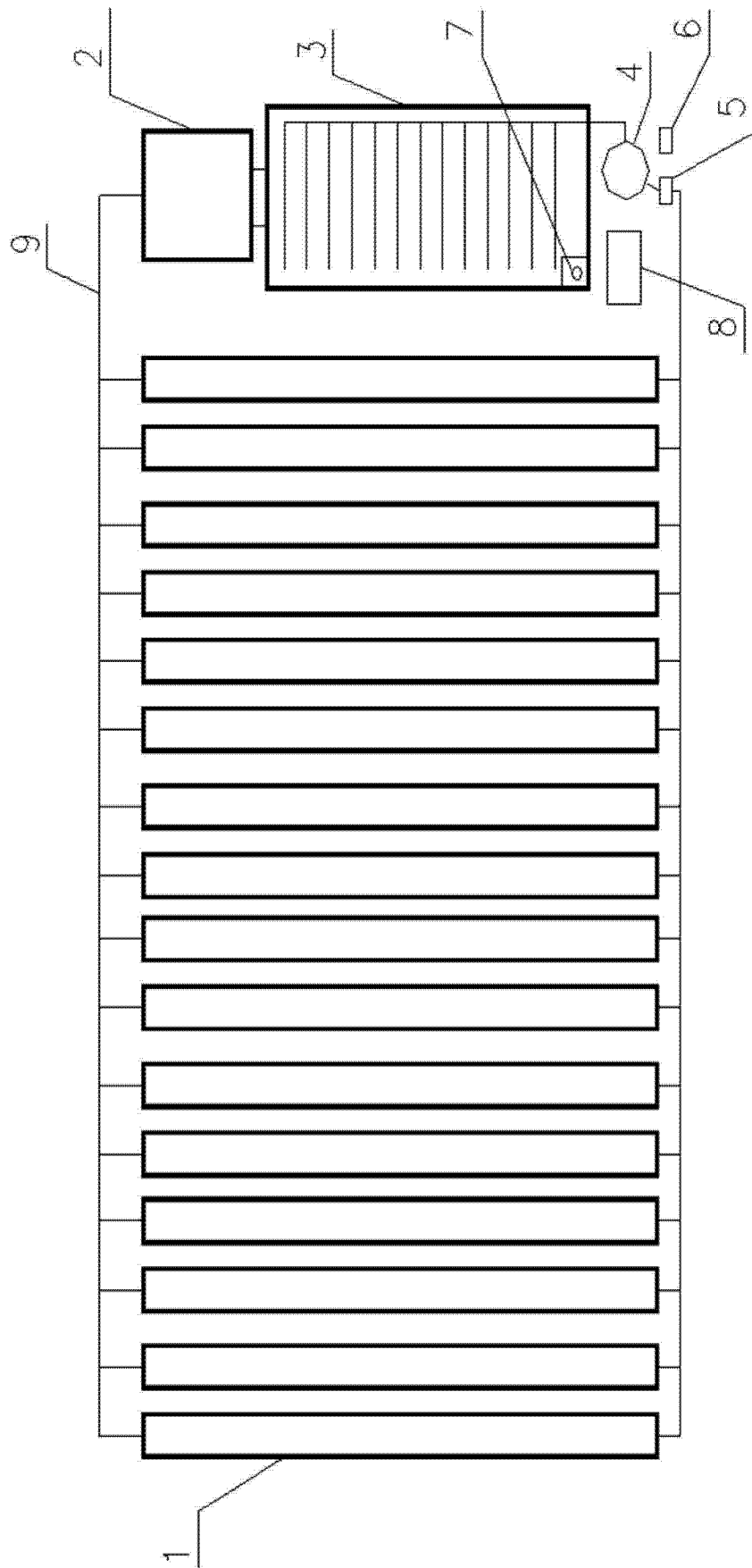


图 2

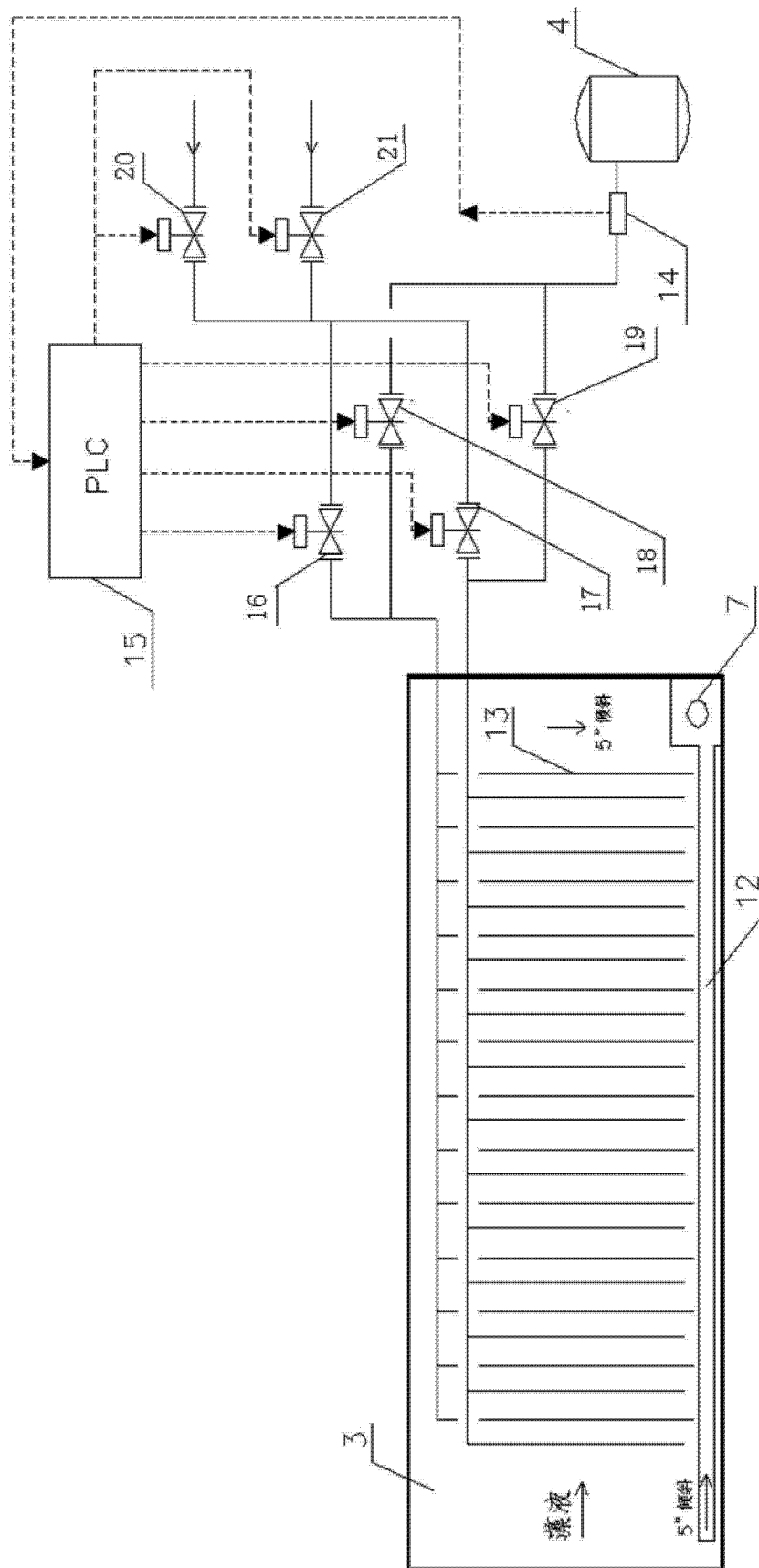


图 3

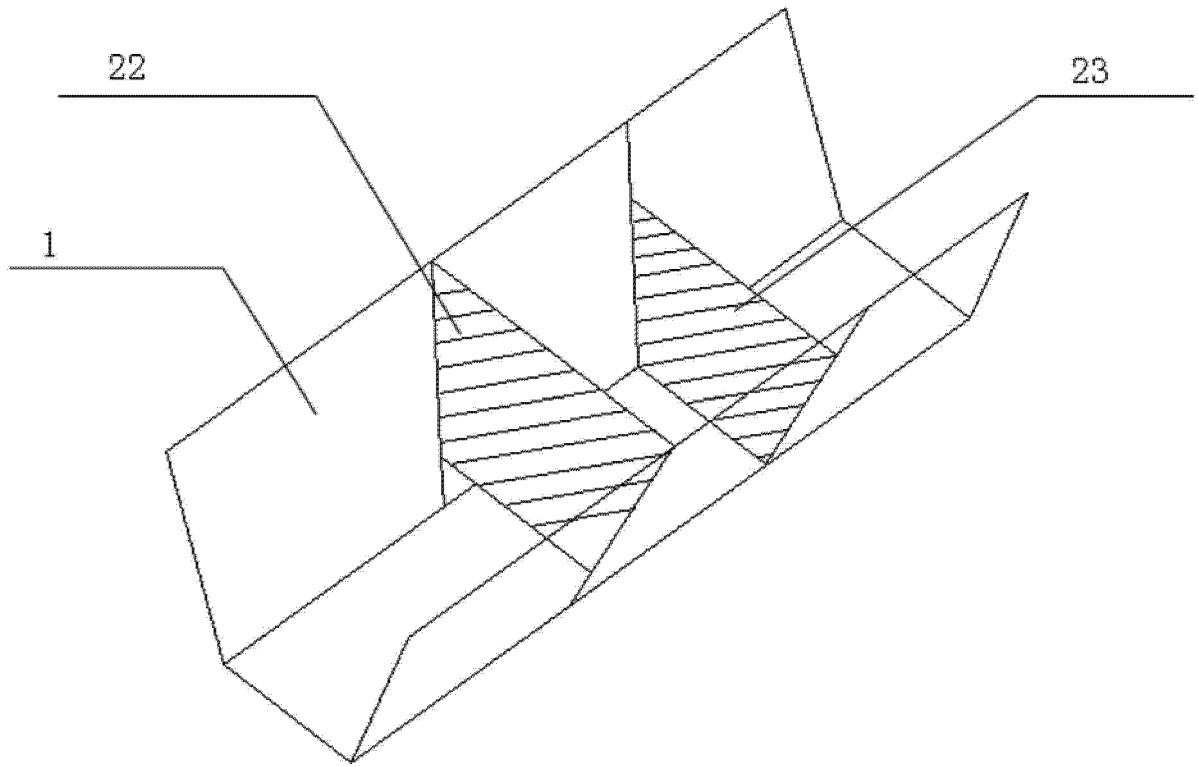


图 4