



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109516578 B

(45) 授权公告日 2021.09.07

(21) 申请号 201910047045.7

(56) 对比文件

(22) 申请日 2019.01.18

CN 204981362 U, 2016.01.20

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 205850620 U, 2017.01.04

申请公布号 CN 109516578 A

CN 101781030 A, 2010.07.21

(43) 申请公布日 2019.03.26

审查员 朱凯

(73) 专利权人 中国科学院上海高等研究院

地址 201210 上海市浦东新区海科路99号

(72) 发明人 杨庆峰

(74) 专利代理机构 上海硕力知识产权代理事务

所(普通合伙) 31251

代理人 刘红梅

(51) Int. Cl.

G02F 7/00 (2006.01)

G02F 3/02 (2006.01)

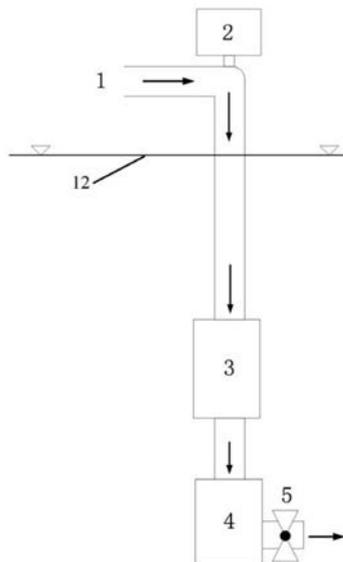
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种气泡悬浮及气泡细化的高效曝气充氧方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种气泡悬浮及气泡细化的高效曝气充氧方法与装置,该方法为:在水面之上将进水与空气或氧气等气体沿竖直管道下行进行混合,形成的气液混合物沿管道继续下行先后通过水面之下的悬浮气泡群发生器和气泡细化器,然后通过出口阀门沿水平方向在水底排出,最后出口气泡沿斜向上的路径对水体进行曝气充氧。本发明方法使得气液接触面积增大,气泡直径变小,气泡停留时间大幅延长,增大了溶氧效率和氧气利用率,实现了对水体的高效曝气充氧。本发明方法与传统微孔曝气法相比,全程采用大口径管道产生的微气泡曝气,彻底解决了传统曝气头污堵维护难题。本发明方法无需风机和送风管道,设备投资成本低,安装维护简单。本发明适用于污水处理、黑臭河体治理、水库湖泊水生态修复、水产养殖等。



1. 一种气泡悬浮及气泡细化的高效曝气充氧方法,该方法为:在水体液面之上将进水与气体沿管道进行混合,形成的气液混合物沿管道下行先后通过位于水体液面之下的悬浮气泡群发生器和气泡细化器,然后通过出口阀门沿水平方向在水底排出出口气泡,最后出口气泡沿斜向上的路径对水体进行曝气充氧;所述悬浮气泡群发生器为长型椭圆体,该长型椭圆体由上到下其横截面积先由小变大,然后由大变小;气液混物流经悬浮气泡群发生器时,流速先由大变小从而使气泡呈悬浮状态,形成悬浮气泡群;然后流经长型椭圆体缓慢收缩的下部,从而减小管道流体阻力损失;所述气泡细化器由切向进入的管道和圆环状的流道组成,气液混合物在气泡细化器内做旋流运动,气泡继续被流体切割变小;所述气泡细化器背部中心处设有增强部件,该增强部件上的阀门可用于在低浓度曝气充氧时,使水体由于旋流的负压作用而吸入气泡细化器内,增强气泡的细化作用。

2. 如权利要求1所述的高效曝气充氧方法,其特征在于:所述气体为空气或氧气。

3. 如权利要求1所述的高效曝气充氧方法,其特征在于:所述气液混合物在管道内的流速为0.5-3m/s,经气泡细化器细化后的气泡直径小于1mm,所述气泡与水的总接触时间为2-5分钟。

4. 如权利要求1所述的高效曝气充氧方法,其特征在于:所述方法可采用纯氧通过调节出口阀门使管道内的压力维持在0.2-0.3 Mpa,对水体进行高浓度充氧。

5. 一种气泡悬浮及气泡细化的高效曝气充氧装置,该装置包括:进水管、气体引发器、悬浮气泡群发生器、气泡细化器和出口阀门,各部件通过管道连接,进水管和气体引发器位于水体液面之上,悬浮气泡群发生器、气泡细化器和出口阀门位于水体液面之下;其中悬浮气泡群发生器包括长型椭圆体、进口管和出口管;气泡细化器由切向进口管和圆环体组成;

所述气体引发器安装于进水管上,用于向进水管内引入气体;

所述悬浮气泡群发生器安装于水体液面之下的竖直下行管道下部;

所述气泡细化器安装于悬浮气泡群发生器下方;

所述出口阀门安装于气泡细化器之后的水平出口管道上;所述气泡细化器还包括增强部件,增强部件由带阀门的细管组成;所述增强部件安装于气泡细化器背面中心处,以进一步增强低浓度曝气充氧时气泡细化程度。

6. 如权利要求5所述的气泡悬浮及气泡细化的高效曝气充氧装置,其特征在于:所述的高效曝气充氧装置采用纯氧高浓度充氧时,出口处气泡水含氧量为70mg/L以上。

一种气泡悬浮及气泡细化的高效曝气充氧方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及水处理技术领域,具体涉及高效曝气充氧方法及装置。

背景技术

[0002] 在污水处理、黑臭水体治理、水库湖泊水生态修复、水产养殖等过程中,常常需要向水体中曝气以充入氧气。曝气是水和空气充分接触以交换气态物质和去除水中挥发性物质的水处理方法,或使气体从水中逸出,如去除水的臭味或二氧化碳和硫化氢等有害气体;或使氧气溶入水中,以提高溶解氧浓度,达到除铁、除锰或促进需氧微生物降解有机物的目的。

[0003] 曝气作为污水好氧生化处理系统的一个重要工艺环节,它的作用是向反应器内充氧,保证微生物生化作用所需之溶解氧,并保持反应器内微生物、底物、溶解氧,即泥、水、气三者的充分混合,为微生物降解有机物提供有利的生化反应条件。同时,曝气也是污水好氧生化处理系统中运转费用最高的工艺环节,曝气充氧电耗一般占总动力消耗的60%~70%,因此优选能耗少、造价低的曝气装置具有重要意义。

[0004] 鼓风机曝气是污水处理厂目前广泛采用的一种曝气方式,它使用具有一定风量和压力的鼓风机以及连接输送管道。为了提高曝气过程中的氧转移效率,目前污水处理厂普遍采用微孔曝气系统。将空气通过微孔散气盘(或微孔散气管)强制加入到污水池中,使池内污水与空气充分接触。与大中气泡的曝气系统相比,微孔曝气系统能节约50%左右的能耗。尽管如此,其曝气过程的氧利用率也仅在20%~30%,气泡在污水池中的停留时间很短仅有15秒左右。

[0005] 此外,曝气充氧还有射流法(采用射流器)和微纳米气泡法(采用溶气泵或微纳米气泡发生器等),但以上这些方法的能耗都较目前普遍采用的微孔曝气法高,对于大规模水体曝气充氧会造成能源的大量浪费。

[0006] 因此,为提高曝气充氧效率,降低能耗,需要从气液传质的基本理论入手来寻找高效节能的新方法。

[0007] 我们知道,气体溶解度受温度、压力、水含盐量等影响,服从亨利定律,该定律给出了在给定条件下,单位体积水中能溶解气体的最大数值。若水中该气体实际含量小于该值,则有气体从气相迁移溶进水中,溶进数量为最大量与实际量之差,但亨利定律不能指明迁移溶解速率。而溶解速率问题,目前公认可用所谓“双膜理论”来描述。这一理论认为,在气-液界面两侧,分别存在相对稳定的气膜和液膜,气体溶解速率主要决定于通过气膜、液膜的速率。由于溶解气体在两膜界面处成平衡状态,因此,它在两相主体之间的浓度差,等于它在两膜中浓度差之和。显然,双膜越厚,对迁移的阻力也越大,气体溶解速率下降愈明显。气体溶解速率 $V=dc/dt=k_L \cdot a(C_s-C)$,主要受三方面因素的影响:(1)溶解气体的不饱和程度 (C_s-C) , (2)气-液间比表面积 $a=A/V$ 的大小, (3)气-液界面的运动更新情况,可用液膜中气体分子传质系数 $k_L=D/xf$ 表示。若气体较难溶于水时(如氧气,氮气等气体),则液膜阻力是基本控制因素,因此,搅动液体增大气液接触面积,更新表面提高传质系数 k_L ,减小液膜

厚度 x_f ,对加速溶解更为有利。

[0008] 因此,从上述基本气液传质理论入手,开发高效曝气充氧新技术以达到节约过程能耗并提高氧气利用率的目的,对于实际大规模水处理应用具有重要意义。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于,提供一种气泡悬浮及气泡细化的高效曝气充氧方法及装置。提供了新的适合水体大规模曝气充氧的低能耗方法,实现了氧气的高效溶解利用。

[0010] 为了实现上述目的,本发明采用的技术方案如下:

[0011] 一种气泡悬浮及气泡细化的高效曝气充氧方法,该方法为:在水体液面之上将进水与空气或氧气等气体沿垂直管道下行进行混合,形成的气液混合物沿管道继续下行先后通过水面之下的悬浮气泡群发生器和气泡细化器,然后通过出口阀门沿水平方向在水底排出,最后出口气泡沿斜向上的路径对水体进行曝气充氧。

[0012] 其中进水可由外来进水管或本地设置的动力泵提供,气体可自吸导入或由压力气体供给。悬浮气泡群发生器为长型椭圆柱体,该长型椭圆柱体的上部横截面积由小变大,可使下行气液混合物的流速由大变小从而使气泡呈悬浮状态,形成悬浮气泡群,不仅延长了气泡停留时间,而且该悬浮气泡群内气液接触面积很大,液膜很薄且气液界面更新速度很快,故氧气溶解效率很高。此后,气液混物流经长型椭圆柱体缓慢收缩的下部,可减小管道流体阻力损失。

[0013] 气泡细化器可进一步使下行气泡直径变小,它由切向进入的管道和圆环状的流道组成,气液混合物在气泡细化器内做旋流运动,气泡继续被流体切割而变小,然后通过出口阀门水平排出。

[0014] 所述气泡细化器背部中心处设有增强部件,该增强部件上的阀门可用于在低浓度曝气充氧时,使水体由于旋流的负压作用而吸入气泡细化器内,增强气泡的细化作用。

[0015] 当需要向水体进行高浓度充氧时,进水由压力泵提供,气体由带压力的纯氧提供,此时调节管路出口阀门使管内升至一定压力并关闭气泡细化器背部增强部件上的阀门,可在出口处得到高浓度含氧气泡水。

[0016] 当需要低浓度充氧时,气体(空气或纯氧)可自吸引入,气泡细化器背部的增强部件上的阀门和出口阀门全开。

[0017] 本发明是根据气液传质理论,开发出的高效曝气充氧方法。在气体溶解时使气泡悬浮形成悬浮气泡群,增大气液接触面积、使液膜变薄和提高气液界面更新速度,然后使气泡直径进一步细化变小增大气液接触面积,最后出口产生的微小气泡沿水平方向斜向上对水体进行曝气充氧,气泡运动路径有别于传统微孔曝气从水底直接向上的情形,因而过程气泡停留时间得到延长,增大了溶氧效率和氧气利用率。

[0018] 优选地,所述气液混合物在管道内的流速为0.5-3m/s。

[0019] 优选地,经气泡细化器细化后气泡直径小于1mm。

[0020] 优选地,所述气泡与水的总接触时间为2-5分钟。

[0021] 优选地,所述高浓度充氧时通过调节出口阀门,使管道内的压力维持在0.2-0.3MPa。

[0022] 优选地,所述气泡细化器背部的增强部件上的阀门可用于在低浓度曝气充氧时,

使水体由于旋流的负压作用而吸入细化器内,增强气泡的细化作用。

[0023] 本发明还提供一种气泡悬浮及气泡细化的高效曝气充氧装置,该装置包括:进水管、气体引发器、悬浮气泡群发生器、气泡细化器和出口阀门,各部件通过管道连接,进水管和气体引发器位于水体液面之上,悬浮气泡群发生器、气泡细化器和出口阀门位于水体液面之下。其中悬浮气泡群发生器包括长型椭圆体、进口管和出口管。气泡细化器由切向进口管和圆环体组成;

[0024] 所述气体引发器安装于进水管上,用于向进水管内引入气体;

[0025] 所述悬浮气泡群发生器安装于水体液面之下的垂直下行管道下部;

[0026] 所述气泡细化器安装于悬浮气泡群发生器下方;

[0027] 所述出口阀门安装于气泡细化器之后的水平出口管道上。

[0028] 优选地,所述气泡细化器还包括增强部件,增强部件由带阀门的细管组成;所述增强部件安装于气泡细化器背面中心处,以进一步增强低浓度曝气充氧时气泡细化程度。

[0029] 优选地,所述高效曝气充氧装置采用纯氧高浓度充氧时,出口处气泡水含氧量为70mg/L以上。

[0030] 所述高效曝气充氧装置在利用空气曝气充氧时,氧气利用率为50%-80%。所述高效曝气充氧装置在利用空气曝气充氧时,理论动力效率为20-30kgO₂/kwh。所述高效曝气充氧装置在利用空气曝气充氧时,与传统微孔曝气相比,可节电30-50%以上。

[0031] 上述装置对水体高效曝气充氧的具体实施步骤如下:

[0032] 第一步、在水面上的进水管上安装气体引发器,在水面下的垂直下行管下部安装悬浮气泡群发生器,在悬浮气泡群发生器下面安装气泡细化器,并在气泡细化器背部中心处安装带阀门的细管增强部件,在气泡细化器之后的水平出口管上安装出口阀门;

[0033] 第二步、将进水(由外来进水管引入或本地设置的动力泵引入)输入垂直下行管中,在下行管上部由气体引发器将气体自吸(空气或纯氧)引入,气体由水流剪切成小气泡沿管下行,生成的气液混合物在管内的流速为0.5-3m/s。气液混物流经悬浮气泡群发生器,在该发生器内进行高效的气液传质作用,然后气液混合物继续下行至气泡细化器,在气泡细化器内气泡被剪切成更小直径的气泡。打开气泡细化器背部的增强部件上的阀门及出口阀门,使水体由于旋流的负压作用而吸入细化器内,增强气泡的细化作用。细化后气泡直径小于1mm。最后气泡经出口阀门水平排出管外,对水体进行曝气充氧。气泡与水的总接触时间为2-5分钟。高效曝气充氧装置在利用空气曝气充氧时,氧气利用率为50%-80%,理论动力效率为20-30kgO₂/kwh,节电30-50%以上;

[0034] 第三步、当需要对水体进行高浓度充氧时,气体引发器采用带压力的氧气将气体引入,进水采用带压力的动力泵引入下行管内。关闭气泡细化器背部增强部件上的阀门,同时调节出口阀门,使管道内的压力维持在0.2-0.3MPa。出口处气泡水含氧量可达70mg/L以上。

[0035] 与现有技术相比,本发明的有益效果为:

[0036] 1,本发明采用的高效曝气充氧方法,与传统空气微孔曝气相比(氧气利用率为20%-30%,理论动力效率为6kgO₂/kwh),由于气泡在下行过程中经历了气泡群悬浮和气泡细化过程,以及随后在水体中水平斜向上的运动路径,气泡停留时间大幅延长,曝气效率得到大幅提升,氧气利用率为50%-80%,理论动力效率为20-30kgO₂/kwh,可节电30-50%以

上。

[0037] 2,本发明方法与传统微孔曝气相比,全程采用大口径管道产生的微气泡曝气,彻底解决了传统曝气头污堵维护难题。无需风机和送风管道,设备投资成本低,安装维护简单。适用于污水处理、黑臭河体治理、水库湖泊水生态修复、水产养殖等。

附图说明

[0038] 图1为本发明气泡悬浮及气泡细化高效曝气充氧装置的结构示意图。

[0039] 图2为本发明悬浮气泡群发生器的结构示意图。

[0040] 图3为本发明气泡细化器的结构示意图。

具体实施方式

[0041] 下面结合附图和具体实施例来说明本发明的技术方案。

[0042] 参见图1,该图为本发明气泡悬浮及气泡细化高效曝气充氧装置的结构示意图,以下实施例中涉及的高效曝气充氧采用该装置。如图1所示,该装置包括:进水管1、气体引发器2、悬浮气泡群发生器3、气泡细化器4和出口阀门5。其中进水管1和气体引发器2安装于水体液面12之上,悬浮气泡群发生器3、气泡细化器4和出口阀门5均安装在水体液面12之下。悬浮气泡群发生器3安装于下行管下部,气泡细化器4安装于悬浮气泡群发生器3下方,出口阀门5安装于气泡细化器之后的水平出口管之上。

[0043] 悬浮气泡群发生器3的结构如图2所示,由长型椭圆体7、进口管6和出口管8组成。

[0044] 气泡细化器4的结构如图3所示,由切向进口管9、圆环体10和增强部件11组成,增强部件11由安装于气泡细化器背面中心处的带阀门的细管组成。

[0045] 实施例1

[0046] 本实施例针对低流速自吸空气进行曝气充氧的情况进行。

[0047] 在位于水面之上的进水管上安装气体引发器,同时在位于水面之下的竖直进水管下部安装悬浮气泡群发生器,在悬浮气泡群发生器下面安装气泡细化器,并在气泡细化器背部中心处安装带阀门的细管增强部件,在气泡细化器之后的水平出口管上安装出口阀门。

[0048] 将由外来进水管引入的进水输入竖直下行管中,在下行管上部由气体引发器将空气自吸引入,空气由水流剪切成小气泡沿管下行,生成的气液混合物在管内的流速为0.5m/s。气液混合物流经悬浮气泡群发生器,在该发生器内进行高效的气液传质作用,然后气液混合物继续下行至气泡细化器,在气泡细化器内气泡被剪切成更小直径的气泡。打开气泡细化器背部的增强部件上的阀门及出口阀门,使水体由于旋流的负压作用而吸入细化器内,增强气泡的细化作用,细化后气泡直径约0.5mm。最后气泡经出口阀门水平排出管外,对水体进行曝气充氧。气泡与水的总接触时间为2分钟。测定氧气利用率为50%,理论动力效率为20kgO₂/kwh。

[0049] 本实施例表明,采用自吸空气进行曝气充氧,可获得高的氧气利用率和理论动力效率。

[0050] 实施例2

[0051] 本实施例针对提高进水流速自吸空气进行曝气充氧的情况进行。

[0052] 在位于水面之上的进水管上安装气体引发器,同时在位于水面之下的竖直进水管下部安装悬浮气泡群发生器,在悬浮气泡群发生器下面安装气泡细化器,并在气泡细化器背部中心处安装带阀门的细管增强部件,在气泡细化器之后的水平出口管上安装出口阀门。

[0053] 将由本地设置的动力泵引入的进水输入竖直下行管中,在下行管上部由气体引发器将空气自吸引入,空气由水流剪切成小气泡沿管下行,生成的气液混合物在管内的流速为3m/s。气液混物流经悬浮气泡群发生器,在该发生器内进行高效的气液传质作用,然后气液混合物继续下行至气泡细化器,在气泡细化器内气泡被剪切成更小直径的气泡。打开气泡细化器背部的增强部件上的阀门及出口阀门,使水体由于旋流的负压作用而吸入细化器内,增强气泡的细化作用。细化后气泡直径约0.4mm。最后气泡经出口阀门水平排出管外,对水体进行曝气充氧。气泡与水的总接触时间为5分钟。测定氧气利用率为80%,理论动力效率为30kgO₂/kwh,与相同条件下传统微孔曝气相比节电50%。

[0054] 本实施例表明,采用提高的进水流速自吸空气进行曝气充氧,可获得高的氧气利用率和理论动力效率。

[0055] 实施例3

[0056] 本实施例针对采用纯氧高浓度曝气充氧的情况进行。

[0057] 在位于水面之上的进水管上安装气体引发器,同时在位于水面之下的竖直进水管下部安装悬浮气泡群发生器,在悬浮气泡群发生器下面安装气泡细化器,并在气泡细化器背部中心处安装带阀门的细管增强部件,在气泡细化器之后的水平出口管上安装出口阀门。

[0058] 将由本地设置的动力泵引入的进水输入竖直下行管中,在下行管上部由气体引发器将纯氧气体在0.25MPa压力下引入,氧气由水流剪切成小气泡沿管下行,生成的气液混合物在管内的流速为3m/s。气液混物流经悬浮气泡群发生器,在该发生器内进行高效的气液传质作用,然后气液混合物继续下行至气泡细化器,在气泡细化器内气泡被剪切成更小直径的气泡。打开气泡细化器背部的增强部件上的阀门及出口阀门,使水体由于旋流的负压作用而吸入细化器内,增强气泡的细化作用。细化后气泡直径约0.4mm。最后气泡经出口阀门水平排出管外,对水体进行曝气充氧。气泡与水的总接触时间为5分钟。测定出口处气泡水含氧量达82mg/L。

[0059] 本实施例表明,采用纯氧气体在压力下进行曝气充氧,可获得较高的含氧量气泡水。

[0060] 实施例4

[0061] 本实施例针对一般流速自吸空气进行曝气充氧的情况进行。

[0062] 在位于水面之上的进水管上安装气体引发器,同时在位于水面之下的竖直进水管下部安装悬浮气泡群发生器,在悬浮气泡群发生器下面安装气泡细化器,并在气泡细化器背部中心处安装带阀门的细管增强部件,在气泡细化器之后的水平出口管上安装出口阀门。

[0063] 将由本地设置的动力泵引入的进水输入竖直下行管中,在下行管上部由气体引发器将空气自吸引入,空气由水流剪切成小气泡沿管下行,生成的气液混合物在管内的流速为1.5m/s。气液混物流经悬浮气泡群发生器,在该发生器内进行高效的气液传质作用,然

后气液混合物继续下行至气泡细化器,在气泡细化器内气泡被剪切成更小直径的气泡。打开气泡细化器背部的增强部件上的阀门及出口阀门,使水体由于旋流的负压作用而吸入细化器内,增强气泡的细化作用。细化后气泡直径约0.6mm。最后气泡经出口阀门水平排出管外,对水体进行曝气充氧。气泡与水的总接触时间为3.5分钟。测定氧气利用率为65%,理论动力效率为26kgO₂/kwh,与相同条件下传统微孔曝气相比节电30%。

[0064] 本实施例表明,采用一般流速自吸空气进行曝气充氧,可获得高的氧气利用率和理论动力效率。

[0065] 上述仅为本发明的优选实施例,本发明并不仅限于实施例的内容。对于本领域中的技术人员来说,在本发明的技术方案范围内可以有各种变化和更改,所作的任何变化和更改,均在本发明保护范围之内。

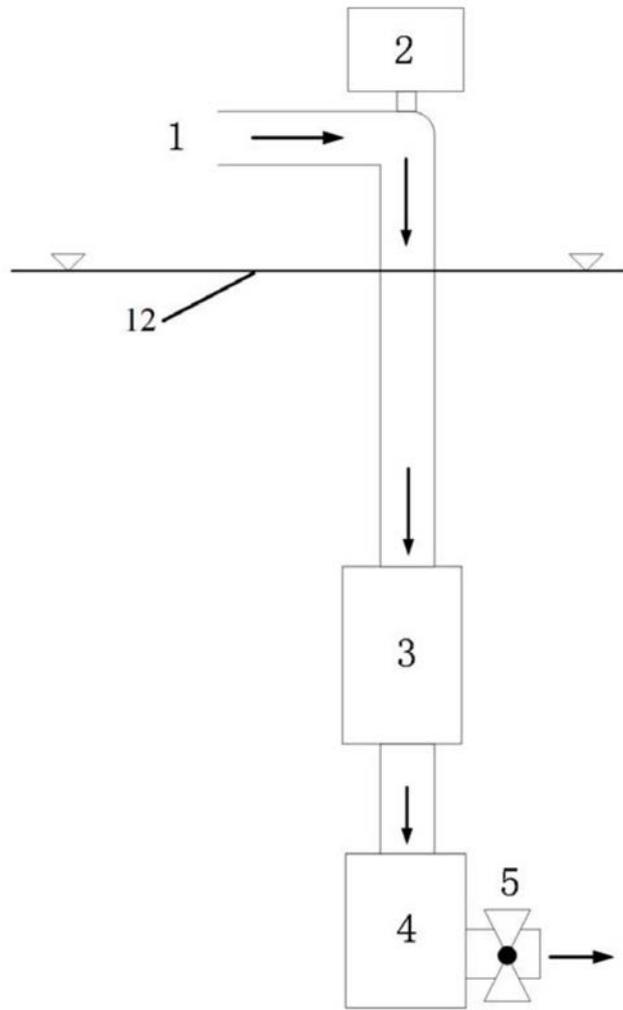


图1



图2

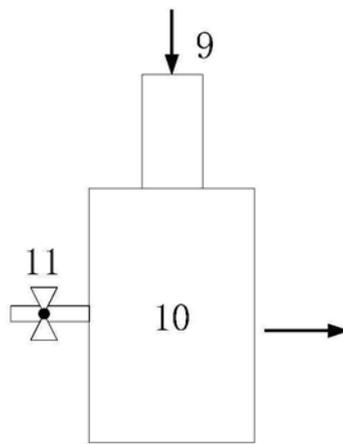


图3