



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110529095 B

(45) 授权公告日 2021.08.20

(21) 申请号 201910832411.X

审查员 高思洋

(22) 申请日 2019.09.04

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110529095 A

(43) 申请公布日 2019.12.03

(73) 专利权人 中国石油大学(华东)

地址 266000 山东省青岛市黄岛区长江西路66号

(72) 发明人 张黎明 赵峻橙 王塞塞 张凯

(74) 专利代理机构 北京汇泽知识产权代理有限公司

11228

代理人 关宇辰

(51) Int. Cl.

E21B 43/40 (2006.01)

E21B 43/36 (2006.01)

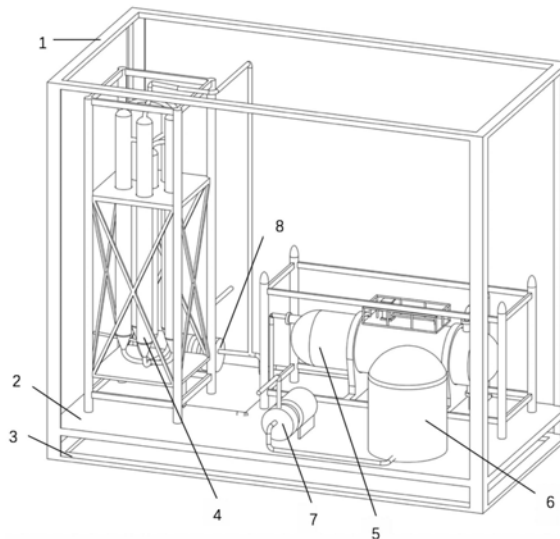
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

深海并联多相多级分离回注系统

(57) 摘要

本发明涉及一种深海并联多相多级分离回注系统,包括:底座平台、立式并联分离器、卧式重力分离器、缓冲罐、增压回注泵和增压回输泵;立式并联分离器、卧式重力分离器、缓冲罐、增压回注泵和增压回输泵固定安放在底座平台上;海底采油树的输送管线与立式并联分离器的混合物入口相连接,由混合物入口将采出液送入深海并联多级多相分离回注系统;卧式重力分离器入口与立式重力分离器液体出口相连;卧式分离器油相出口与输油管线连接双通增压回输泵相连,通过油通道输送到海上平台进行处理。本发明的深海并联多相多级分离回注系统安装于深海水下,对油井采出液直接进行近距离分离,不用先进行举升,避免了占用大量的海上平台面积,利于生产的稳定。



1. 一种深海并联多相多级分离回注系统,包括:底座平台、立式并联分离器、卧式重力分离器、缓冲罐、增压回注泵和增压回输泵;其特征在于:立式并联分离器、卧式重力分离器、缓冲罐、增压回注泵和增压回输泵固定安放在底座平台上;立式并联分离器设置混合物入口、立式重力分离器液体出口、立式重力分离器气体出口,海底采油树的输送管线与立式并联分离器的混合物入口相连接,由混合物入口将采出液送入深海并联多相多级分离回注系统;卧式重力分离器设置卧式重力分离器入口、卧式分离器油相出口、卧式分离器气体出口,卧式重力分离器入口与立式重力分离器液体出口相连;卧式分离器油相出口与输油管线连接双通增压回输泵相连,通过油通道输送到海上平台进行处理;卧式分离器气体出口通过平行于重力分离器轴线的输气管线同时汇集立式并联分离器的气体出口,最终通过管线与双通增压回输泵相连接,通过气通道将气体泵回海上平台。

2. 根据权利要求1所述的深海并联多相多级分离回注系统,其特征在于:立式并联分离器顶部的气相出口与卧式重力分离器顶部的气相出口管线通过平行于重力分离器轴线的输气管线在立式并联分离器、卧式重力分离器的中间区域交汇,并通过管线与双通增压回输泵相连接,通过气通道将气体泵回海上平台。

3. 根据权利要求2所述的深海并联多相多级分离回注系统,其特征在于:底部平台为矩形平板结构,上部支架、下部支架均为矩形框架结构,上部支架、下部支架位于底部平台的上下两侧,上部支架、底部平台、下部支架的四个角分别焊接在四条支架腿上形成支架整体结构,底部平台、下部支架的间距为1/10支腿高度。

4. 根据权利要求3所述的深海并联多相多级分离回注系统,其特征在于:立式并联分离器底部的液相出口与卧式重力分离器的混合物入口相连,靠近混合物入口的卧式重力分离器底部的水出口管线通过输送管线与缓冲罐相连接;缓冲罐则通过管线与增压回注泵7相连接经过增压处理后通过回注管线回注到地层中。

5. 根据权利要求4所述的深海并联多相多级分离回注系统,其特征在于:卧式重力分离器底部的油相出口通过输油管线双通增压回输泵的油通道输送到海上平台。

6. 根据权利要求5所述的深海并联多相多级分离回注系统,其特征在于:立式分离器位于上部平台的一侧,立式分离器包括均匀沿同一圆周相隔 $72^\circ$ 阵列分布的五根立式分离支管和中心管,五根立式分离支管和中心管底部平齐,中心管的高度低于立式分离支管的高度;五根立式分离支管的顶部和底部均伸出5条管道分别汇成气体出口管道和液体出口管,液体出口管通过连接管线与卧式分离器的入口相连,分离出来的油水混合物流入卧式分离器中进行下一步分离;气体出口管连接增压回输泵,通过气体出口管排出的分离气体通入增压回输泵增压后回输到海上平台;中心管管径与分离支管管径相同,中心管的管长为分离支管的管长的 $3/4$ ;中心管底部为并联立式分离器的入口与油井产出物的入口管道相连,中心管顶部伸出五个分支管接口分别连通五根分离支管的上部,五根立式分离支管和中心管共同组成并联整体结构;海底油井的产出液从分离器入口由下而上进入中心管,后从中心管顶端的五个分管接口均匀的流进五根分离支管中,五根立式分离支管内均设有一条围绕中心线的半开放螺旋管道。

7. 根据权利要求6所述的深海并联多相多级分离回注系统,其特征在于:卧式重力分离器,包括:分离器外壳,入口挡板,整流板,电极板,电极控制箱和堰板;外壳为两端带有半球壳体的卧式圆筒结构,在前端半球壳体的中上部设置分离器入口,位于分离器前端的入口

内部设置两个内径与壳体内径相同的半圆形挡板,两块半圆形挡板一块水平设置、一块竖直设置,且均圆周焊接在壳体内,竖直设置的半圆形挡板位于水平设置的半圆形挡板的上侧,水平设置的半圆形挡板设置系列圆孔,圆孔的孔径尺寸根据不同海域的不同油品由实际情况确定。

8. 根据权利要求7所述的深海并联多相多级分离回注系统,其特征在于:分离器前端形成的封闭腔内竖直设置整流板,整流板为一组相互平行且有一定宽度的圆形平板结构,整流板圆周相接于分离器内壁,圆形平板结构之间的间距根据不同海域的原油性质进行设定。

9. 根据权利要求8所述的深海并联多相多级分离回注系统,其特征在于:分离器的中部,设置电极板,电极板为一组相互平行的栅板结构,栅板结构垂直于来液方向,电极板的大小根据现场油品情况而定,每个电极板上均设置一根电极柱,所有电极柱统一连接在通电管线上,通电管线的两端伸出分离器的外壳,分离器外壳顶部设置电极控制电箱,电极控制电箱的四周设有带围栏的安置台。

10. 根据权利要求9所述的深海并联多相多级分离回注系统,其特征在于:壳体的后端焊接堰板,堰板竖直设置,堰板的直径与壳体内径相同,顶端部分切除,形成半封闭腔;水出口管线和油出口管线分别设置在堰板的前后两侧,水出口管线通过输送管线与缓冲罐相连接,而缓冲罐通过管线与增压回注泵相连,经过增压处理后的水通过出口管线回注到地层中去;卧式重力分离器底部的油相出口管线与输油管线双通增压回输泵相连,通过油通道将油输送到上部平台。

## 深海并联多相多级分离回注系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于深海油气田开发领域,具体地,涉及一种深海并联多相多级分离回注系统。

### 背景技术

[0002] 石油作为当今世界最重要的战略物资,在世界上各个国家都占据十分重要的地位。影响着经济和政治的发展。随着各个油田开采程度的加深,陆上油田已经进入开采中后期,开采的重心开始逐渐向储量丰富的海洋延伸。据有关统计显示,仅南海蕴藏的石油和天然气资源就相当于中国全部油气资源的三分之一。近年来,我国一直加强对深海油田钻探的研究,也预示着今后油气的产量将很大程度的依赖于深海油田。

[0003] 我国深海石油勘探领域起步较晚,但近年来随着海洋战略的实施,对深海领域的开发探索已经进入了发展的快车道。水下生产系统是海上石油勘探的关键。现行的海上油田开采工序是将海底油井采出物通过长距离的管线输送到海上平台,进行分离等后续处理,再进行到陆上的输送。但随着开采时间的增长,开采力度的加大,深海产出液含水率也会随之变高,长距离的输送处理再回注会产生大量能耗,增加生产成本,同时,管道的立压增高也会对整个生产系统产生严重的影响。

[0004] 深海并联多相多级分离回注系统的应用可以很好的解决上述问题,并且分离出的水还可直接用于海底地层回注,进而提高原油采收率。

[0005] 目前世界上各个国家对深海分离系统的研究都处于初步规划试验阶段。并且设备简单,分离处理量少且分离效率度。所以研制出合理高效的深海并联多相多级分离回注系统可以提高海上平台的生产效率,降低经济成本,解决目前海上油田开发面临的一系列问题,有较强的开发空间和应用价值。

[0006] 油气水分离回注是解决海洋石油开采分相输送和精确计量等问题的关键技术之一。虽然目前海底油气水三相分离技术已成功应用于常规水深环境,但在深水领域仍面临着巨大的难题。与常规水深相比较,深水环境下其外部条件发生了明显变化,油井产出液自身也存在明显变化。

[0007] 根据国内外油藏开发管理技术的发展状况来看,大多数深水油藏的油水井都进行了智能完井,能够实时搜集各层位的注采数据并控制注采量。

### 发明内容

[0008] 为克服海上油田开发现有技术的缺陷和技术空白,本发明设计了一种深海并联多相多级分离回注系统,可以对深海油井采出液进行油气水的分离并将分离出的水增压回注,节省平台空间并高效利用能源,降低经济成本。

[0009] 为实现上述目的,本发明采用下述方案:

[0010] 一种深海并联多相多级分离回注系统,包括:底座平台、立式并联分离器、卧式重力分离器、缓冲罐、增压回注泵和增压回输泵;其中:立式并联分离器、卧式重力分离器、缓

冲罐、增压回注泵和增压回输泵固定安放在底座平台上；立式并联分离器设置混合物入口、立式重力分离器液体出口、立式重力分离器气体出口，海底采油树的输送管线与立式并联分离器的混合物入口相连接，由混合物入口将采出液送入深海并联多相多级分离回注系统；卧式重力分离器设置卧式重力分离器入口、卧式分离器油相出口、卧式分离器气体出口，卧式重力分离器入口与立式重力分离器液体出口相连；卧式分离器油相出口与输油管线连接双通增压回输泵相连，通过油通道输送到海上平台进行处理；卧式分离器气体出口通过平行于重力分离器轴线的输气管线同时汇集立式并联分离器的气体出口，最终通过管线与双通增压回输泵相连接，通过气通道将气体泵回海上平台。

[0011] 相对于现有的技术，本发明的深海并联多相多级分离回注系统具有如下的有益效果：

[0012] 1、深海并联多相多级分离回注系统安装于深海水下，对油井采出液直接进行近距离分离，不用先进行举升，避免了占用大量的海上平台面积，对于位于海底上千米特别是含水量极高的油井来说节省了大量的能源，同时大大减低立管静压和井口背压，减少管道泄漏、变形等危险，利于生产的稳定。

[0013] 2、多相多级分离，立式分离器和卧式分离器的串联，可以对产出物进行气液，和油水的两次分离，最后得到油气水三相产物，较单一的分离器相比，分离效率给更高，程度更彻底。

[0014] 3、立式重力分离器部分采用多管并联结构，将通常分配给单一容器的分离容积分配到一系列圆周阵列的垂直管道中，与等效的单一分离容器相比，垂直管的直径和壁厚减小，减小分离器沉降部分的长度以及深水下的受压面积；并联多管道分离的另一优点是圆周五个分离管道同时进行分离，深海条件下，环境复杂，如遇到特殊情况某个分离立管发生堵塞或零件失灵，不会影响其他分离立管的分离工作，也降低了维修难度。可以根据产出液的量控制分离立管的打开个数，在处理量的时候可适当的对部分立管进行关闭。同时也可以根据不同海底油田的实际情况对立管的管径和长度进行设计，可以大量的对产出物进行分离，提高分离效率。

[0015] 4、卧式重力分离器中添加了分离电极板，和常规分离器相比，电分离的效率更高效果更好。分离器上部的电极控制箱可以对内部电极进行控制，根据不同海域的不同油品及含水率情况控制电极板的通电及工作的电极板个数。当处理的产出物含水量大时，可以依情况多开电极数量。

[0016] 5、分离过程为物理过程，不添加任何的化合物添加剂，因此分离的水可直接回注到地层以维持地层压力，既节能又防止出现海底地层坍塌等危险，同时减少了输送平台后水的后处理过程。

[0017] 6、考虑深水油藏开发特点，为实现经济有效开发，不依托措施方案，通过调控回注方法、优化注采关系实现间歇注水、调控注水的效果，提高油藏采收率；选用商业模拟软件作为计算内核，通过改进无梯度算法实现实时生产优化快速求解，可以解决大规模油藏优化应用的难题。

[0018] 7、各级分离器以及回注系统都安装在同一平台上，结构简单紧凑，安装时可整体下放至海底，避免了单独固定安放以及相互连接的步骤，检修时可整体吊起，大大简化了作业难度。同时，立式分离器和卧式分离器也有自己单独的支架，可以对其进行单独的分离检

修。

[0019] 8、能够较好的适用于此类油藏开发。并且可以实时分析和利用生产动态数据、降低油藏开发的不确定性和风险性因素、提高油田开发效果,能够有效地解决深水油水分离回注系统应用于油藏开发的难题。深水分离回注系统研究是一项新兴的、前瞻性的研究课题,对于实现油气田工程的信息化和智能化,提高油藏经营管理水平,具有重要的理论意义和实用价值。

### 附图说明

[0020] 图1为深海并联多相多级分离回注装置的主视示意图;

[0021] 图2为深海并联多相多级分离回注装置的俯视示意图;

[0022] 图3A为立式分离器内部结构示意图;

[0023] 图3B为立式分离器立管内螺旋管道示意图;

[0024] 图4为卧式重力分离器的内部结构示意图;

[0025] 图中:1、上部支架,2、底座平台,3、下部支架,4、立式并联分离器,5、卧式重力分离器,6、缓冲罐,7、增压回注泵,8、增压回输泵,400、立式重力分离器壳体,401、混合物入口,402、中心管,403、五分管接口,404、分离支管,405、螺旋轨道,406、立式重力分离器液体出口,407、立式重力分离器气体出口,500、卧式重力分离器外壳,501、卧式重力分离器入口,502、入口挡板,503、整流板,504、电极板,505、电极控制箱,506、堰板,507、水出口,508、卧式分离器油相出口,509、卧式分离器气体出口,510、通电管线,511、安全围栏,601、缓冲罐出口管线,701、回注管线。

### 具体实施方式

[0026] 如图1所示,深海并联多相多级分离回注系统,包括:底座平台2、立式并联分离器4、卧式重力分离器5、缓冲罐6、增压回注泵7和增压回输泵8;其中:立式并联分离器4、卧式重力分离器5、缓冲罐6、增压回注泵7和增压回输泵8固定安放在底座平台2上;立式并联分离器4设置混合物入口401、立式重力分离器液体出口406、立式重力分离器气体出口407,海底采油树的输送管线与立式并联分离器4的混合物入口401相连接,由混合物入口401将采出液送入深海并联多相多级分离回注系统;卧式重力分离器5设置卧式重力分离器入口501、卧式分离器油相出口508、卧式分离器气体出口509,卧式重力分离器入口501与立式重力分离器液体出口406相连;卧式分离器油相出口508与输油管线连接双通增压回输泵相连,通过油通道输送到海上平台进行处理;卧式分离器气体出口509通过平行于重力分离器轴线的输气管线同时汇集立式并联分离器4的气体出口407,最终通过管线9与双通增压回输泵8相连接,通过气通道将气体泵回海上平台。

[0027] 底部平台2为矩形平板结构,上部支架1、下部支架3均为矩形框架结构,上部支架1、下部支架3位于底部平台2的上下两侧,上部支架1、底部平台2、下部支架3的四个角分别焊接在四条支架腿上形成支架整体结构,底部平台2、下部支架3的间距为1/10支腿高度;下部支架3用于抬高深海并联多相多级分离回注系统的高度,以防安放在海底时遇淤泥下沉,避免深海淤泥中的大量的微生物和矿物质对框架和分离装置造成严重的腐蚀;上部支架1不但可以便于将整个分离回注系统安稳快捷的抬升与下放,利于施工,而且能够提高整个

系统的稳定性。

[0028] 立式并联分离器4顶部的气相出口407与卧式重力分离器5顶部的气相出口管线509通过平行于重力分离器轴线的输气管线11在立式并联分离器4、卧式重力分离器5的中间区域交汇,并通过管线9与双通增压回输泵8相连接,通过气通道将气体泵回海上平台。

[0029] 立式并联分离器4底部的液相出口406与卧式重力分离器5的混合物入口501相连,靠近混合物入口的卧式重力分离器5底部的水出口管线507通过输送管线与缓冲罐6相连接;缓冲罐6则通过管线10与增压回注泵7相连接经过增压处理后通过回注管线701回注到地层中去以实现维持地层压力的目的。

[0030] 卧式重力分离器5底部的油相出口508通过输油管线11双通增压回输泵的油通道输送到海上平台。

[0031] 如图3A所示,立式分离器4位于上部平台2的一侧,立式分离器包括均匀沿同一圆周(相隔 $72^\circ$ )阵列分布的五根立式分离支管404和中心管402,五根立式分离支管404和中心管402底部平齐,中心管402的高度低于立式分离支管404的高度;立式分离支管的数量依据现场油水比以及水压等环境条件的不同可进行调整,不限于五根。五根立式分离支管404的顶部和底部均伸出5条管道分别汇成气体出口管道407和液体出口管406,液体出口管406通过连接管线12与卧式分离器的入口501相连,分离出来的油水混合物流入卧式分离器5中进行下一步分离;气体出口管407连接增压回输泵,通过气体出口管407排出的分离气体通入增压回输泵增压后回输到海上平台;中心管402管径与分离支管404管径相同,中心管402的管长为分离支管404的管长的 $3/4$ ;中心管402底部为并联立式分离器的入口与油井产出物的入口管道401相连,中心管402顶部伸出五个分支管接口403分别连通五根分离支管404的上部,五根立式分离支管404和中心管402共同组成并联整体结构。海底油井的产出液从分离器入口401由下而上进入中心管402,后从中心管顶端的五个分管接口均匀的流进五根分离支管404中,如3B所示,五根立式分离支管404内均设有一条围绕中心线的半开放螺旋管道405,来液流经螺旋管道并沉降到管底,用来稳定液体界面防止在分离的过程中由于流速过快而产生冲击产生泡沫。

[0032] 如图4所示,卧式重力分离器5,包括:分离器外壳500,入口挡板502,整流板503,电极板504,电极控制箱505和堰板506;外壳500为两端带有半球壳体的卧式圆筒结构,在前端(入口端定义为卧式分离器的前端)半球壳体的中上部设置分离器入口501,用于接收立式分离器液体出口管406排出的油水混合物,位于分离器前端的入口内部设置两个内径与壳体内径相同的半圆形挡板502,两块半圆形挡板502一块水平设置、一块竖直设置,且均圆周焊接在壳体内,竖直设置的半圆形挡板位于水平设置的半圆形挡板502的上侧,水平设置的半圆形挡板502设置系列圆孔,圆孔的孔径尺寸根据不同海域的不同油品由实际情况确定。

[0033] 分离器前端形成的封闭腔内竖直设置整流板503,整流板503为一组相互平行且有一定宽度的圆形平板结构,整流板503圆周相接于分离器内壁,圆形平板结构之间的间距根据不同海域的原油性质进行设定。

[0034] 分离器的中部,设置电极板504,电极板504为一组相互平行的栅板结构,栅板结构位于垂直于来液方向,电极板504的大小根据现场油品情况而定,每个电极板上均设置一根电极柱,所有电极柱统一连接在通电管线510上,通电管线510的两端伸出分离器的外壳,分离器外壳500顶部设置电极控制电箱511,用于控制电极的通电时间和通电电极板的个数,

电极控制电箱的四周设有带围栏的安置台505,便于操作人员的安装和维修。

[0035] 壳体的后端焊接堰板506,堰板506竖直设置,堰板506的直径与壳体内径相同,顶端部分切除,形成半封闭腔;水出口管线507和油出口管线508分别设置在堰板506的前后两侧,堰板用于防止油水窜流,提高分离效率。水出口管线507通过输送管线与缓冲罐6相连接,而缓冲罐6通过管线10与增压回注泵7相连经过增压处理后通过出口管线701回注到地层中去以实现维持地层压力的目的。卧式重力分离器5底部的油相出口508通过输油管线11双通增压回输泵的油通道输送到上部平台。

[0036] 深海油气水三相分离回注的工艺流程为:海底油井产出物通过输油管线连接立式并联分离器中心管402底部的混合物入口管线401,进入分离器的中心管402内。液体在中心管内不断垂直上升,到达中心管顶部,然后流经五分支管接口管道403分别被分配流进分离器的五个立式分管404中,在立管404中多相流流经半开放的螺旋轨道405并沉降到管底,螺旋管道用来稳定液体界面防止在分离的过程中由于流速过快而产生冲击产生泡沫,增强整体分离效率。分离出的气体上升到立管的顶部,由顶部的管道汇总到气体出口407。407与后续二级分离器—卧式重力分离器5顶部的气相出口管线509通过一段平行于重力分离器轴线的输气管线11在两个分离器的中间区域交汇,并通过管线9与双通增压回输泵8相连接,泵的另一端连接海底立管,气体和原油举升到达海上平台或海面储油(储气)装置,之后外输到陆地进行进一步处理。分离出的液体在流动过程中由于重力下沉,沉降到立管的底部,由底部的液体出口管线汇总到液体出口406,通过连接管线12直接通入卧式分离器入口501中。

[0037] 分离出的液体通过卧式分离器入口501进入分离器,首先通过垂直结构的入口挡板502进行缓流,改变来液的流动方向为向下,避免流体由于流速过大而冲到分离器后段,产生死区。挡板中的孔板结构又有助于液体通过,防止挡板出聚结大量的液体产生旋流,不利于后续分离。液体继续流过聚结板,通过后能变为平稳流动,减小流场紊流,确保流场稳定。稳流后的来液流经分离电极504,分离器外部电机控制箱505控制电极板的通电情况和通电个数,可以根据现场不同的含水情况和液体处理量来进行调控。通过电极板释放的正负离子,使混合油水乳状液中的小液滴进行油水分离,加快分离速度,提高效率。经过分离器各个构件的处理后,原油流过堰板506通过离混合物入口较远且同样位于卧式重力分离器5底部的油相出口508流出分离器外,通过输油管线11双通增压回输泵的油通道输送到上部平台。分离出的水则沉降在分离器壳体底部,经过靠近混合物入口的卧式重力分离器5底部的水出口管线507排出。经过近似垂直于卧式分离器轴线的输送管线与缓冲罐6相连接。缓冲罐6可以防止由于分离出的水相流速不稳定导致的后续增压泵空转,还可避免水中含油量较高时,泵中叶轮高速剪切生成稳定乳化物。而缓冲罐6则通过近似平行于卧式分离器主轴线方向的管线10与增压回注泵7相连经过增压处理后通过出口管线701回注到地层中去以实现维持地层压力的目的。



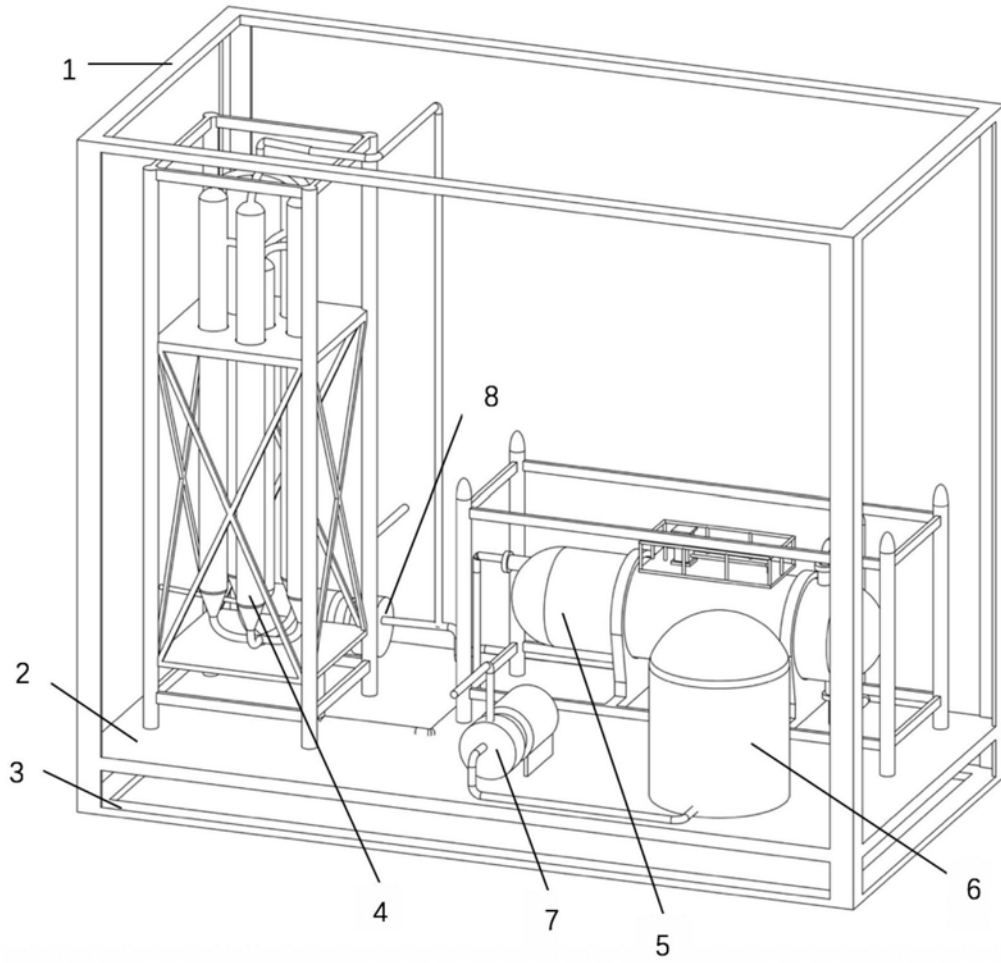


图1

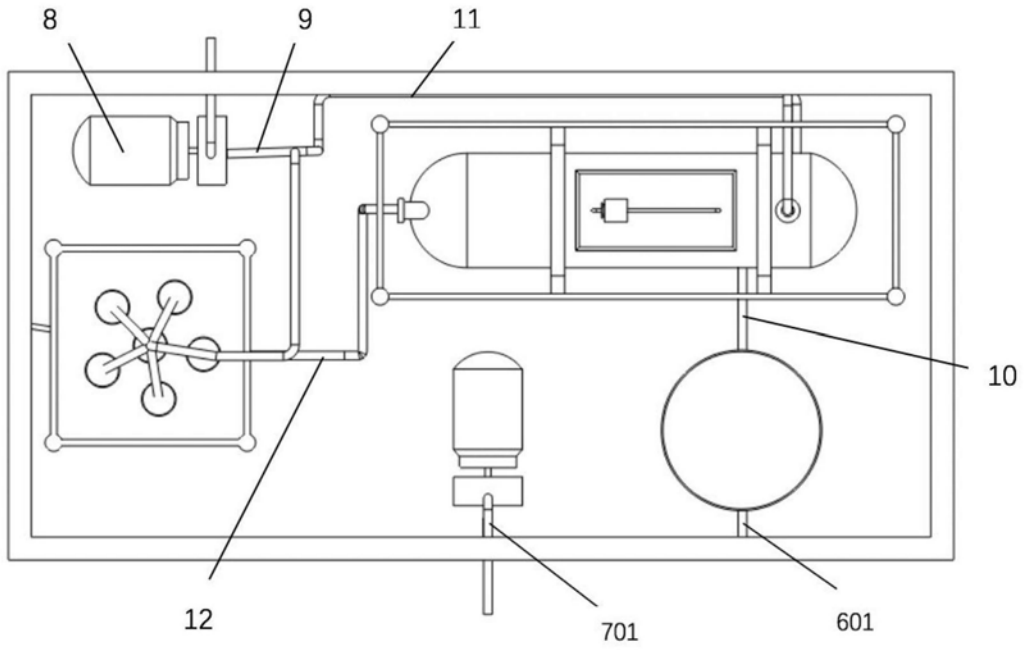


图2

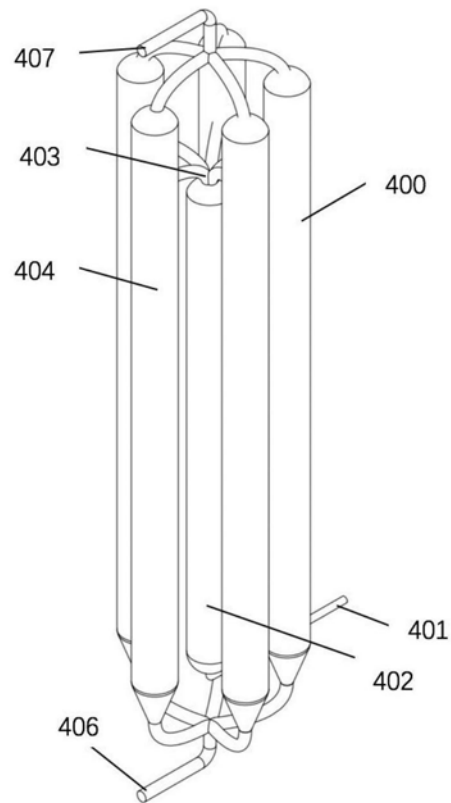


图3A



图3B

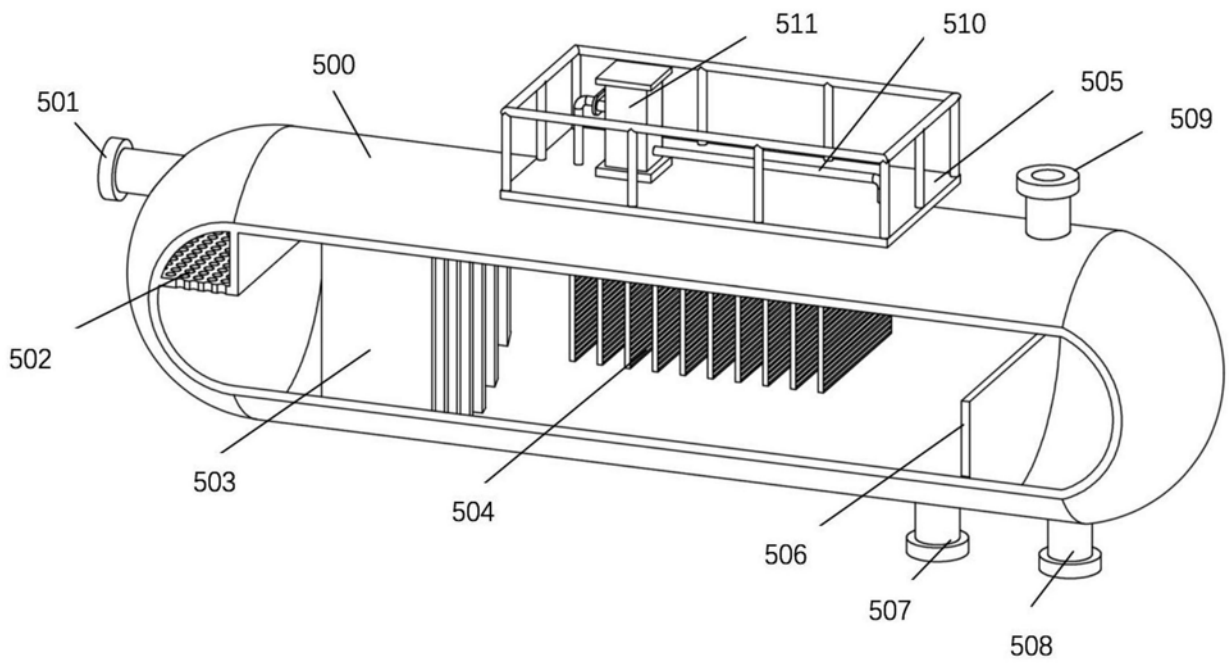


图4