



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113526614 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 12

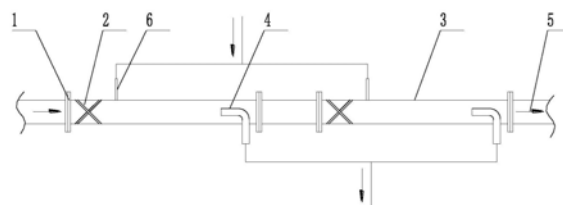
(21) 申请号 202110778498.4  
 (22) 申请日 2021.07.09  
 (65) 同一申请的已公布的文献号  
 申请公布号 CN 113526614 A  
 (43) 申请公布日 2021.10.22  
 (73) 专利权人 中国科学院力学研究所  
 地址 100190 北京市海淀区北四环西路15号  
 (72) 发明人 武云龙 马荣 黄宪春 尹立平  
 钟兴福 林黎明 张军  
 (74) 专利代理机构 北京和信华成知识产权代理  
 事务所(普通合伙) 11390  
 代理人 焦海峰  
 (51) Int. Cl.  
 B01D 45/00 (2006.01)

(56) 对比文件  
 CN 102626560 A, 2012.08.08  
 CN 204022509 U, 2014.12.17  
 CN 201932927 U, 2011.08.17  
 CN 203382540 U, 2014.01.08  
 CN 103303992 A, 2013.09.18  
 CN 110433571 A, 2019.11.12  
 CN 200981025 Y, 2007.11.28  
 CN 102626561 A, 2012.08.08  
 CN 102198984 A, 2011.09.28  
 CN 105753098 A, 2016.07.13  
 张军等. 管道式分离技术及其在油气行业混合介质分离中的应用.《环境工程学报》.2021,第15卷(第3期),第782-790页.  
 审查员 黄思琪

权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称  
 一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置及方法

(57) 摘要  
 本发明涉及原油生产、炼化、生活污水等领域的油水两相混合液的分离处理,特别针对低浓度含油污水的快速分离处理技术,具体涉及一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置及方法,包括输送管道、导流片和气引入口,输送管道的进液端、出液端分别设置为含油污水入口和出水口;输送管道的进液端设置有导流片;输送管道在旋流初始段的管壁上安装有一个或多个气引入口;在靠近出水口的输送管道的轴心位置设置有排油管。本发明的装置结构简单,体积小,处理效率高。相比单纯的低强度管道旋流,除油效率可以提高30%,比单纯气浮,除油效率可提高15%,同时可以大大降低成本,提高安全性。



1. 一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置,其特征在于,包括输送管道,以及沿输送管道自前向后依次设置为旋流初始段、旋流分离段、旋流稳定段,

沿着来流方向自前向后排布设置有导流片和气引入口,所述气引入口沿输送管道内壁的切向方向引入,气引入口距导流片小于2倍管直径的距离范围内设置为旋流初始段;

通过导流片在旋流初始段形成旋流紊流发散区域,将气引入口引入的气流打碎成细小气泡,并与来流中的分散油滴接触吸附;

输送管道中心沿着中轴线自旋流分离段向旋流稳定段过渡形成气油混合腔,气泡和分散油滴沿着气油混合腔聚合为含油浓度较高的油气水混合液;输送管道内壁沿着气油混合腔的外侧形成环形水腔,水沿着环形水腔内聚合。

2. 根据权利要求1所述一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置,其特征在于,所述输送管道的旋流初始段设置为缩径结构,所述缩径结构的最小直径设置为输送管道的管直径的30-70%,通过缩径结构控制气泡均匀分布。

3. 根据权利要求2所述一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置,其特征在于,所述旋流初始段的缩径结构后设置有扩径结构,扩径结构沿着缩径结构的后端依次外扩还原为原输送管道的管直径。

4. 根据权利要求1所述一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置,其特征在于,所述输送管道的进液端、出液端分别设置为含油污水入口和出水口;

所述输送管道的旋流初始段沿着来流方向的起点和终点分别设置为导流片、气引入口,沿着输送管道的进液端设置有导流片,通过导流片控制来流形成沿轴向旋转的流动;

所述输送管道在旋流初始段的管壁上安装有一个或多个气引入口,通过气引入口通入气体或气水混合液。

5. 根据权利要求1或4所述一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置,其特征在于,所述输送管道的旋流稳定段的轴心位置设置有排油管,排油管设置为轴对称结构,通过排油管的左侧右侧同时排油将汇聚在管道中心的含油浓度较高的油气水混合液排出。

6. 根据权利要求5所述一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置,其特征在于,所述排油管内套设一根同轴的排气管,通过排气管和排油管的协同配合结构实现油气水同时分离,分离出的气通过加压后再引入气引入口。

7. 根据权利要求1所述一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置,其特征在于,所述导流片设置为螺旋片或其它起旋结构,导流片设置为2-6片半圆形螺旋片,其与输送管道的轴向呈20-60度夹角进行安装。

8. 一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离方法,采用权利要求1-7任意一项所述一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置,其特征在于,具体包括如下步骤:

(1) 含油污水通过含油污水入口进入输送管道,通过输送管道进液端的导流片控制来流形成沿轴向旋转的流动;

(2) 通过气引入口通入气体或气水混合液,在旋流剪切作用力下与含油污水混合形成油、气、水混合物;

(3) 在旋流分离段,气泡与分散在水体中的细小油滴粘附,在离心力作用下向输送管道中心汇聚,聚并成大气泡和大的油滴;

(4) 在旋流分离段,密度较大的水在离心力作用下甩向输送管道内壁,含油率降低;

(5) 在旋流稳定段,通过安装在轴心位置的排油管将汇聚在输送管道中心的含油浓度较高的油气水混合液排出;

(6) 通过输送管道轴向出水口流出含油率降低的污水。

## 一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置及方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及原油生产、炼化、生活污水等领域的油水两相混合液的分离处理,特别针对低浓度含油污水的快速分离处理技术,具体涉及一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置及方法。

### 背景技术

[0002] 含油污水一般是伴随着原油生产而产生的,通常污水中的含油率低于5000ppm,这种含油污水若不经处理直接回注地层,则其中的油珠会堵塞油层毛细通道,降低油层渗透率。此外,如果不经处理直接排放到江河湖海等,将严重影响周围生态环境。污水深度处理的方法主要包括:重力法、离心分离法、气浮法、过滤法、吸附法、膜分离等。

[0003] 其中,在需要对大量的两相混合流体进行快速分离的时候,重力沉降和过滤技术都是有效的分离技术手段,但上述两种技术处理速度相对较慢,而且为提高分离效果、增加停留时间造成设备复杂、庞大。而离心原理设计的分离器是通过起旋装置,使流入旋流器内部的油水两相混合物形成旋转流动,在旋流场中由于两相密度差异的存在,造成所受离心力的不同,使密度较大的水向分离器的边壁区域迁移,而密度较小的油向旋流器中心汇聚,此类分离器具有分离效率高、结构紧凑、适用范围宽泛等优点,因此成为研究最多的分离技术,并已经发展出众多实用性的分离器。气浮除油技术是向污水中溶入一定量的气体,产生大量微小气泡,利用吸附作用使气泡与污水中的细小油粒相结合,在浮力作用下快速上升到液面,达到油水两相分离目的。近年发展起来的紧凑型气浮旋流装置(CFU)有效的利用了气浮与低强度旋流离心场的协同作用,使气泡与油滴的碰撞聚并几率增加,停留时间有效减少,分离效率提高。

[0004] 发明专利ZL201310245879.1提出了一种旋流气浮分离装置,形成弱旋流的主要原理是在罐体内均匀分布的周向导流弯头喷射和通向第二个罐体的切向入口与螺旋导流片共同作用,气浮采用气泡发生器和溶气泵方式,整套工艺和结构比较复杂。实用新型专利CN203382540U采用油水混合液切向进入和导流槽结构,在罐体内形成旋流,气泡采用液引射气的方式产生,并采用复杂的控制方式控制罐内液位平衡。

[0005] 在石化、生活、环保等领域,通常都需要对密度不同的两相混合流体进行分离,从而满足环保排放等技术要求。因此,如何研发一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置及方法,提高水资源和油组分的回收利用率,增加社会和经济效益,具有重要的现实意义。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术中存在的工艺、结构复杂,液位调控繁琐等缺点,本发明的目的在于提供一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置及方法,特别针对低浓度含油污水的快速分离处理技术,例如油田原油沉降罐排放的污水处理。相对于传统的重力沉降分离和其它分离技术,本发明的装置结构简单,体积小,处理效率高。

[0007] 本发明采取的技术方案为：

[0008] 一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置，包括输送管道，以及沿输送管道自前向后依次设置为旋流初始段、旋流分离段、旋流稳定段，

[0009] 沿着来流方向自前向后排布设置有导流片和气引入口，气引入口距导流片小于2倍管直径的距离范围内设置为旋流初始段；

[0010] 通过导流片在旋流初始段形成旋流紊流发散区域，将气引入口引入的气流打碎成细小气泡，并与来流中的分散油滴接触吸附。

[0011] 进一步的，输送管道中心沿着中轴线自旋流分离段向旋流稳定段过渡形成气油混合腔，气泡和分散油滴沿着气油混合腔聚合为含油浓度较高的油气水混合液；输送管道内壁沿着气油混合腔的外侧形成环形水腔，水沿着环形水腔内聚合。

[0012] 进一步的，所述输送管道的旋流初始段设置为缩径结构，所述缩径结构的最小直径设置为输送管道的管直径的30-70%，通过缩径结构控制气泡均匀分布。

[0013] 更进一步的，所述旋流初始段的缩径结构后设置有扩径结构，扩径结构沿着缩径结构的后端依次外扩还原为原输送管道的管直径。

[0014] 进一步的，所述气引入口沿输送管道内壁的切向方向引入。

[0015] 进一步的，所述输送管道的进液端、出液端分别设置为含油污水入口和出水口；

[0016] 所述输送管道的旋流初始段沿着来流方向的起点和终点分别设置为导流片、气引入口，沿着输送管道的进液端设置有导流片，通过导流片控制来流形成沿轴向旋转的流动；

[0017] 所述输送管道在旋流初始段的管壁上安装有一个或多个气引入口，通过气引入口通入气体或气水混合液。

[0018] 进一步的，所述输送管道的旋流稳定段的轴心位置设置有排油管，排油管设置为轴对称结构，通过排油管的左侧右侧同时排油将汇聚在管道中心的含油浓度较高的油气水混合液排出，减轻对轴向旋流的影响。

[0019] 更进一步的，所述排油管内套设一根同轴的排气管，利用旋流分层，气芯在最中心，外层是油层，最外层是水层，通过排气管和排油管的协同配合结构实现油气水同时分离，分离出的气通过加压后再引入气引入口。

[0020] 更进一步的，所述导流片设置为螺旋片或其它起旋结构，导流片设置为2-6片半圆形螺旋片，其与输送管道的轴向呈20-60度夹角进行安装。

[0021] 一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离方法，采用所述一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置，具体包括如下步骤：

[0022] (1) 含油污水通过含油污水入口进入输送管道，通过输送管道进液端的导流片控制来流形成沿轴向旋转的流动；

[0023] (2) 通过气引入口通入气体或气水混合液，在旋流剪切作用力下与含油污水混合形成油、气、水混合物；

[0024] (3) 在旋流分离段，气泡与分散在水体中的细小油滴粘附，在离心力作用下向输送管道中心汇聚，聚并成大气泡和大的油滴；

[0025] (4) 在旋流分离段，密度较大的水在离心力作用下甩向输送管道内壁，含油率降低；

[0026] (5) 在旋流稳定段，通过安装在轴心位置的排油管将汇聚在输送管道中心的含油

浓度较高的油气水混合液排出；

[0027] (6)通过输送管道轴向出水口流出含油率降低的污水。

[0028] 本发明的有益效果为：

[0029] 本发明提出一种结构、控制简单、体积小的管道式加气旋流分离装置，使油水分离过程在管道输送过程中完成，不依赖罐体这种压力容器，在安全性上也具有优势。

[0030] 该技术和装置可以应用在污水输送管道上，该结构引起的压降损失在0.1-0.3MPa，可以沿流动方向垂直向上、水平或任意角度安装，但应避免沿流动方向向下安装。当入口污水含油浓度在150ppm时，通过管道加气旋流分离，水出口含油浓度可以降低到30ppm以下，相比单纯的低强度管道旋流，除油效率可以提高30%，比单纯气浮，除油效率可提高15%。相比目前已取得应用的CFU技术，结构简单，体积小，可以大大降低成本。

### 附图说明

[0031] 图1为本发明中水平安装的处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置的整体结构示意图。

[0032] 图2为本发明中垂直安装的处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置的整体结构示意图。

[0033] 图3为本发明中两级管道式的处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置的整体结构示意图。

[0034] 图4为本发明中水平安装的含缩径结构和扩径结构的管道加气旋流聚结分离装置的整体结构示意图。

[0035] 图5为本发明中垂直安装的含缩径结构和扩径结构的管道加气旋流聚结分离装置的整体结构示意图。

[0036] 图6为本发明中含轴对称排油管的管道加气旋流聚结分离装置的整体结构示意图。

[0037] 图7为本发明中排油管内套设排气管的管道加气旋流聚结分离装置的整体结构示意图。

[0038] 其中，1、含油污水入口；2、导流片；3、输送管道；4、排油管；41、排气管；5、出水口；6、气入口；61、气入口a；62、气入口b。

### 具体实施方式

[0039] 下面结合附图进一步说明本发明。

[0040] 实施例1

[0041] 如图1-图3所示，一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置，包括输送管道3，以及沿输送管道3自前向后依次设置为旋流初始段、旋流分离段、旋流稳定段，

[0042] 沿着来流方向自前向后排布设置有导流片2和气入口6，气入口6距导流片2小于2倍管直径的距离范围内设置为旋流初始段；

[0043] 通过导流片2在旋流初始段形成旋流紊流发散区域，将气入口6引入的气流打碎成细小气泡，并与来流中的分散油滴接触吸附。

[0044] 作用原理如下：

[0045] 含油污水在导流片2作用下,形成N股(N等于导流片2数量)分支,沿轴向螺旋前进。在导流片2后 $2D$ ( $D$ 为管直径)长度范围内,导流片2对来液的分散作用强于旋流聚集作用,因此在这段范围内引入用于气浮除油的气体,可以加速气体在来流中的破碎和分散,增加小气泡与分散油滴粘附的机会。在导流片2后 $2D-8D$ 范围内,离心分离逐渐起作用,密度大的水相被甩向管道内壁,而密度小的气相(泡)、油相(滴)被挤向管道轴心汇聚。油气水三相密度差越大,这种分离作用越明显。当气泡表面粘附油滴后,带动油滴向中心运动的速度加快。

[0046] 常用的气浮装置占地面积大,气泡上升速度慢速,气泡的上升速度决定了油水分离速度。本发明在导流片2旋流作用下,旋流引起的离心加速度可以控制为几倍至几十倍的重力加速度,加快了气液分离,提高了油水分离效率。

[0047] 常见的气浮装置只能在垂直方向上发生油水分离过程,本发明可以垂直、水平或任意角度安装,同样具有油水分离功能。

[0048] 实施例2

[0049] 如图1-图3所示,在实施例1的基础上,输送管道3中心沿着中轴线自旋流分离段向旋流稳定段过渡形成气油混合腔,气泡和分散油滴沿着气油混合腔聚合为含油浓度较高的油气水混合液;输送管道3内壁沿着气油混合腔的外侧形成环形水腔,水沿着环形水腔内聚合。

[0050] 实施例3

[0051] 如图4、图5所示,在实施例1和实施例2的基础上,输送管道3的旋流初始段设置为缩径结构,所述缩径结构的最小直径设置为输送管道3的管直径的30-70%,通过缩径结构控制气泡均匀分布。

[0052] 流初始段的缩径结构后设置有扩径结构,扩径结构沿着缩径结构的后端依次外扩还原为原输送管道3的管直径。

[0053] 气引入口6沿输送管道3内壁的切向方向引入。

[0054] 缩径结构可以增加轴向和切向流速,更好的加强气泡破碎和分散作用。切向入口方式,接近边壁处的流速最高,当气体入口方向与来流旋流方向一致时,对来流速度影响最小。导流片2后的缩径-扩径结构对比实施例1中的通径结构,除油率可以进一步提高,增加低含油来液的除油率。

[0055] 实施例4

[0056] 如图1-图5所示,在上述实施例的基础上,本发明的又一实施例,输送管道3的进液端、出液端分别设置为含油污水入口1和出水口5;

[0057] 所述输送管道3的旋流初始段沿着来流方向的起点和终点分别设置为导流片2、气引入口6,沿着输送管道3的进液端设置有导流片2,通过导流片2控制来流形成沿轴向旋转的流动;

[0058] 所述输送管道3在旋流初始段的管壁上安装有一个或多个气引入口6,通过气引入口6通入气体或气水混合液。

[0059] 所述输送管道3的旋流稳定段的轴心位置设置有排油管4,通过排油管4将汇聚在管道中心的含油浓度较高的油气水混合液排出。

[0060] 实施例5

[0061] 如图6所示,在实施例4的基础上,本发明的又一实施例,所述输送管道3的旋流稳

定段的轴心位置设置有排油管4,排油管4设置为轴对称结构,通过排油管4的左侧右侧同时排油将汇聚在管道中心的含油浓度较高的油气水混合液排出,减轻对轴向旋流的影响。

[0062] 实施例6

[0063] 如图7所示,在实施例4和实施例5的基础上,本发明的又一实施例,所述排油管4内套设一根同轴的排气管41,利用旋流分层,气芯在最中心,外层是油层,最外层是水层,通过排气管41和排油管4的协同配合结构实现油气水同时分离,分离出的气通过加压后再引入气入口6。

[0064] 实施例7

[0065] 如图2和图4所示,该管道加气旋流聚结分离装置垂直安装,流向向上,在入口和出口采用法兰连接,安装在污水输送管线上,导流片2采用2片半圆形,与轴向呈45度夹角,安装位置在入口法兰1.5D高度(D为管直径),采用两个气入口6,气入口a61和气入口b62可沿管道内壁的切向方向引入,利用导流片2后特定区域范围内引起的旋流紊流发散区域打碎成细小气泡,并与分散油滴接触吸附;气入口6距导流片2小于2D范围内,是旋流初始段,排油管4开口位于导流片2后8D位置。

[0066] 导流片2设置为螺旋片或其它起旋结构。

[0067] 实施例8

[0068] 如图3所示,导流片2设置为螺旋片或其它起旋结构,导流片2设置为2-6片半圆形螺旋片,其与输送管道3的轴向呈20-60度夹角进行安装。

[0069] 本实施例采用两级管道式加气旋流聚结分离除油,在工艺允许的压降条件下得到含油率更低的水质。经测试,入口150ppm,水出口含油率可以降到10ppm以下。

[0070] 实施例9

[0071] 本发明的又一实施例,一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离方法,采用所述一种处理含油污水的管道加气旋流聚结分离装置,具体包括如下步骤:

[0072] (1) 含油污水通过含油污水入口1进入输送管道3,通过输送管道3进液端的导流片2控制来流形成沿轴向旋转的流动;

[0073] (2) 通过气入口6通入气体或气水混合液,在旋流剪切作用力下与含油污水混合形成油、气、水混合物;

[0074] (3) 在旋流分离段,气泡与分散在水体中的细小油滴粘附,在离心力作用下向输送管道3中心汇聚,聚并成大气泡和大的油滴;

[0075] (4) 在旋流分离段,密度较大的水在离心力作用下甩向输送管道3内壁,含油率降低;

[0076] (5) 在旋流稳定段,通过安装在轴心位置的排油管4将汇聚在输送管道3中心的含油浓度较高的油气水混合液排出;

[0077] (6) 通过输送管道3轴向出水口5流出含油率降低的污水。

[0078] 以上所述并非是对本发明的限制,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明实质范围的前提下,还可以做出若干变化、改型、添加或替换,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。



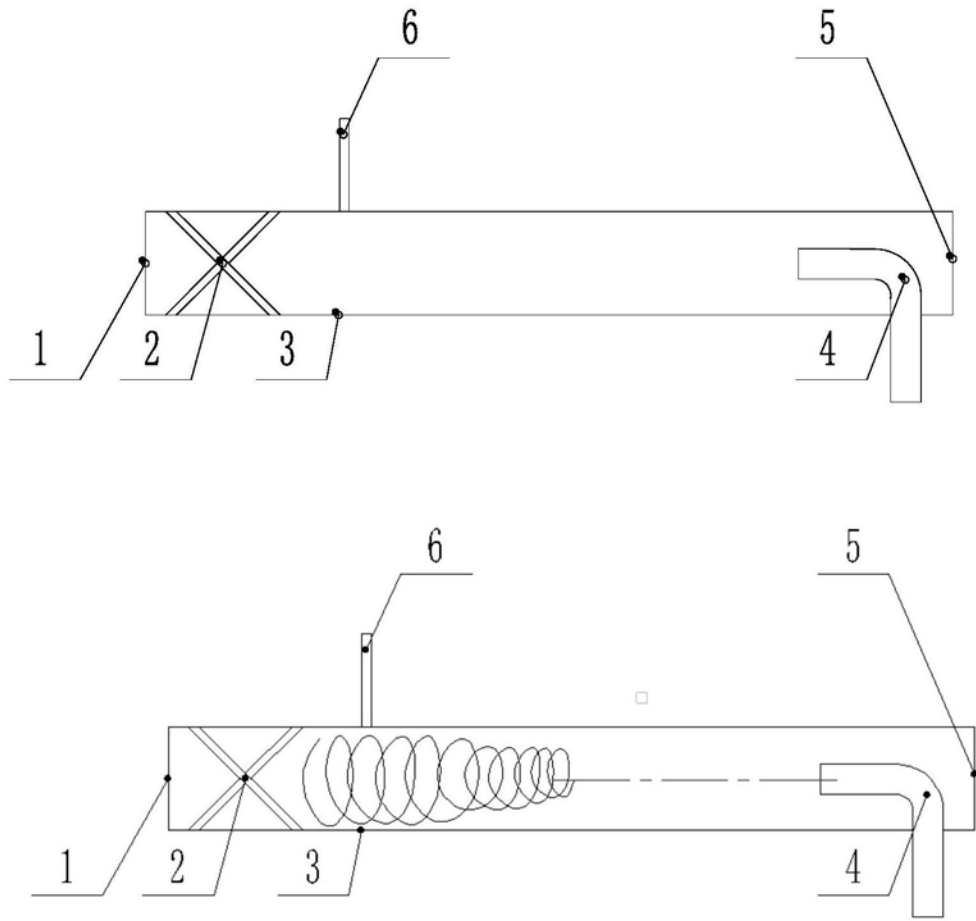


图1

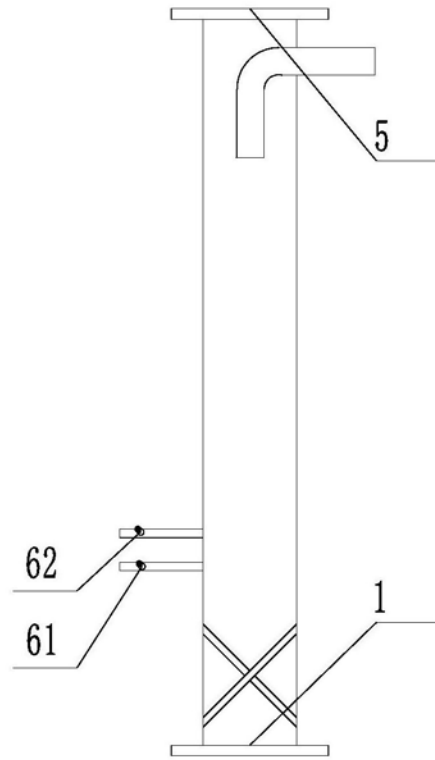


图2

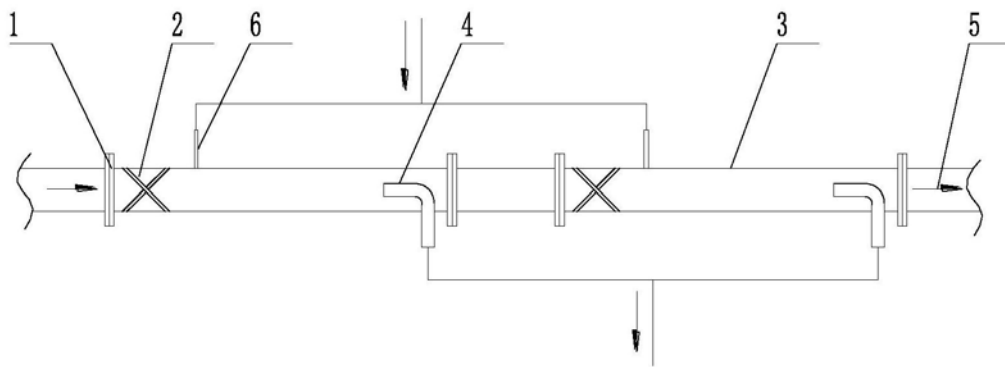


图3

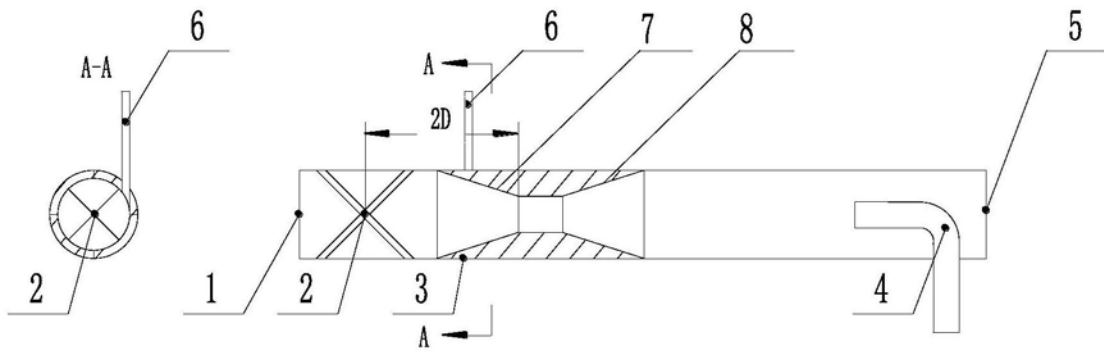


图4

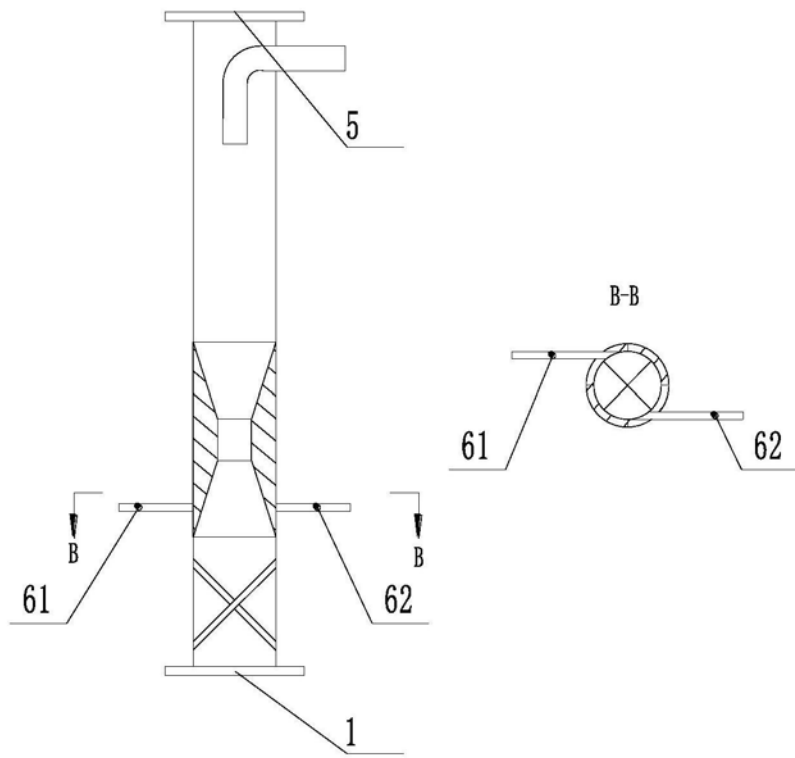


图5

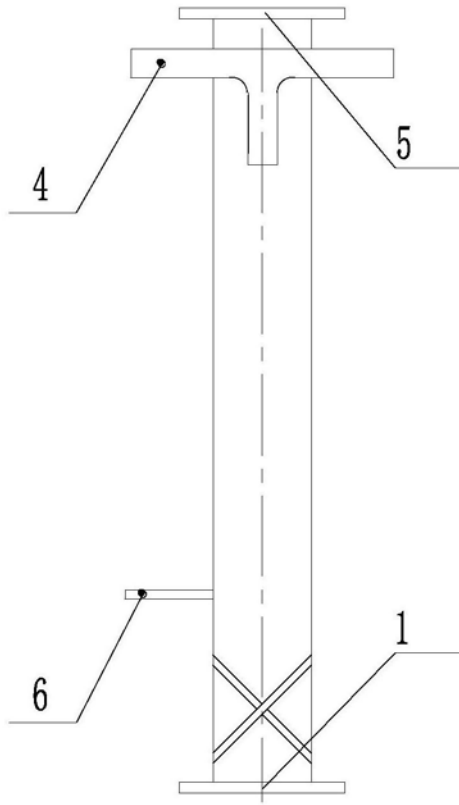


图6

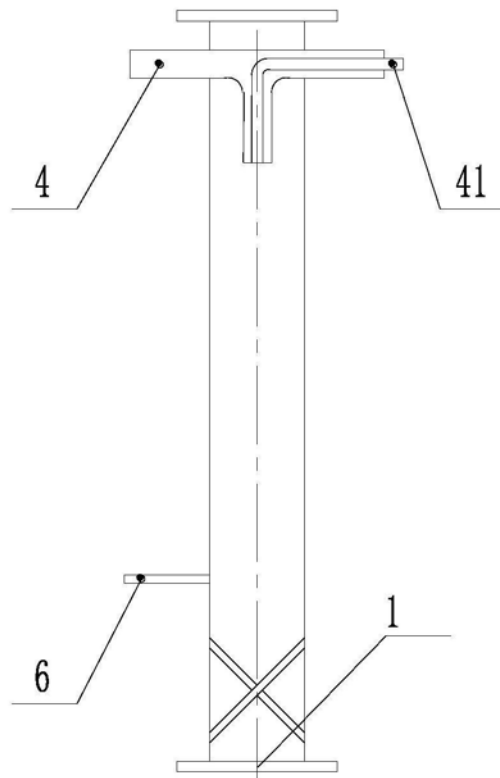


图7