

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

B01D 17/035 (2006.01)

C02F 1/40 (2006.01)



# [12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200720305624. X

[45] 授权公告日 2008 年 12 月 3 日

[11] 授权公告号 CN 201157703 Y

[22] 申请日 2007. 11. 28

[21] 申请号 200720305624. X

[73] 专利权人 北京石油化工学院

地址 102617 北京市大兴区清源北路 19 号

[72] 发明人 陈家庆 王 波

[74] 专利代理机构 小松专利事务所

代理人 陈祚龄

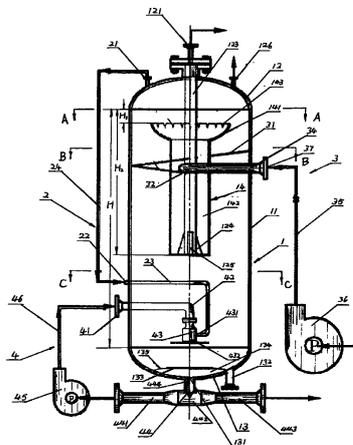
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 5 页

## [54] 实用新型名称

含油废水处理用紧凑型旋流气浮分离设备

## [57] 摘要

一种含油废水处理用紧凑型旋流气浮分离设备，主要由旋流气浮组合罐(1)、循环气体组件(2)、气液混合组件(3)和循环回流水组件(4)组成，其中，旋流气浮组合罐(1)为关键部件，它由圆柱形外筒体(11)，椭圆形上封头(12)和椭圆形下封头(13)组成，其中主要设置有内筒(14)、入口导片(31)，并与切向入口管(34)衔接，底部设置有筒内气体循环管路(23)、筒内回流水管路(42)、气浮喷射器(43)、气浮挡板(432)和水平圆板(133)。圆柱形外筒体(11)与循环气体组件(2)、气液混合组件(3)和循环回流水组件(4)连接组成本实用新型总体。本实用新型结构紧凑、简单，工作效率高，占地小，造价低廉，使用维护修理简易，特别适用于含有微小分散油滴含油废水的净化处理。



- 1、一种含油废水处理用紧凑型旋流气浮分离设备，主要由旋流气浮组合罐（1），循环气体组件（2），气液混合组件（3）和循环回流水组件（4）组成，其特征在于：由圆柱形外筒体（11），椭圆形上封头（12）和椭圆形下封头（13）组成旋流气浮组合罐（1）的罐体，其中在上封头（12）上安装有循环气体出口（21）、出油口法兰（121）和气体安全阀（126），出油口法兰（121）与内筒（14）中的内悬管（123）连接，其内悬管（123）的尾部设置有固定片（124）和出油槽（125），外筒体（11）的底部装设有循环回流水入口（41），并与筒内回流水管路（42）连接，其筒内回流水管路（42）的端部与气浮喷射器（43）连接，气浮喷射器（43）的中上部设置有喷射器进气口（431），下方设置有圆盘状气浮挡板（432），距离气浮喷射器（43）下端面（5-10）mm，在外筒体（11）的下封头（13）内，下封头出水口（131）的上方设置一水平圆板（133），并与下封头（13）之间形成一个圆环状水流通通道（134），水平圆板（133）的四周设置有滤网（135），在下封头（13）上还安装有油泥出口（132）；内筒（14）由球冠状撇油槽（141）与圆柱状油筒（142）组成，其球冠状撇油槽（141）的上端制成锯齿状溢流堰（143），内筒（14）的底部与内悬管（123）固接，圆柱状外筒体（11）的上边缘与球冠状撇油槽（141）上边缘之间的距离  $H_1=50\text{mm}$ ，内筒（14）底部边缘距外筒体（11）的上边缘距离  $H_2=(1/2-2/3)H$ ；气体循环管路（24）与循环气体出口（21）、循环气体入口（22）、筒内气循环管路（23）连接，且筒内气循环管路（23）与气浮喷射器（43）的进气口（431）连接共同组成循环气体组件（2）；在外筒体（11）的上部，设置有入口导片（31）环绕内筒（14）固定在外筒体（11）的内壁上，其导片起始端（32）与切向入口管（34）的入口管末端光滑过度连接，入口导片（31）沿筒壁圆周方向螺旋状设置，入口导片（31）沿筒壁圆周方向螺旋环状设置，入口导片（31）与内筒（14）的外表面之间应留有一定的径向间隙，切向入口管（34）的入口（37）通过管路（35）与气液混合泵（36）连接，从而入口导片（31）、切向入口管（34）、管路（35）和气液混合泵（36）共同组成气液混合组件（3）；由进水管（441），三通管（442）和排水管（443）连接构成进排水管（44），并且通过进排水管（44）的进水口（444）与下封头出水口（131）连接，循环回流水泵（45）通过筒外回流水管路（46）与循环回流水入口（41）连接，气浮喷射器（43）、气浮挡板（432）、筒内回流水管路（42）、循环水入口（41）、筒外回流水管路（46）、循环回流水泵（45）和进排水管（44）共同组成循环回流水组件（4）。

- 2、根据权利要求 1 所述的含油废水处理用紧凑型旋流气浮分离设备，其特征在于：入口导片的螺旋升角为  $5^{\circ}$  - $15^{\circ}$ ，入口导片 (31) 与外筒体 (11) 内壁相交线在水平面上的投影的圆周角为  $210^{\circ}$  - $330^{\circ}$ 。
- 3、根据权利要求 1 所述的含油废水处理用紧凑型旋流气浮分离设备，其特征在于：气浮喷射器 (43)，主要由圆筒段 (433)、吸气口 (434)、收缩段 (435)、吸气腔 (436)、喉部 (437) 和扩散段 (438) 组成，其中气浮喷射器 (43) 的顶部通过法兰与筒内回流水管路 (42) 相连接，吸气口 (434) 与筒内气体循环管路 (23) 连接。
- 4、根据权利要求 1 所述的含油废水处理用紧凑型旋流气浮分离设备，其特征在于：外筒体 (11) 的体外下部侧向设置两个气浮喷射器 (43)，通过筒外回流水管路 (46) 与循环回流水泵 (45) 连接。

## 含油废水处理用紧凑型旋流气浮分离设备

### 技术领域

本实用新型涉及一种含油废水中油、气、水多相分离处理的设备，尤其是含有微小分散油滴的含油废水的净化处理分离设备。

### 背景技术

含油废水在石油石化工业生产、城市生活中经常遇到，实施油水分离以去除其中的油分往往是面临的首要处理任务。油水分离的方法很多，常用的处理方法有重力沉降法、离心沉降法、气浮法、过滤法、吸附法、膜分离法等。

各种处理方法都有各自的优缺点和特定的适用范围。气浮法工艺成熟、成本低廉、处理量大，目前已被广泛应用于油田、石油化工、食品油生产等废水的处理中。其主要缺点是浮油难处理，浮选停留时间较长；在处理量大的时候，必须建造大型的气浮设备，占地面积大，投资费用高。基于水力旋流器的旋流分离技术自20世纪90年代以来在含油废水处理中得到了越来越广泛的应用，利用油、水两相的密度差由旋流器产生离心力将油、水分离，具有结构紧凑、占地面积小、运行维护简单等优点，但该法能够去除的油珠粒径范围不低于 $20\mu\text{m}$ 。

为了克服传统气浮和旋流的缺点，进一步强化气浮法的油水分离效果，近年来不少研究人员甚至是相关水处理设备生产厂家都提出了将气浮分离技术与旋流分离技术相结合的观点，取得了一些实质性的研究成果。

目前国内的旋流气浮组合技术仅仅局限于将气浮分离技术与液-液分离用水力旋流器单体相结合来进行油水分离，正处于实验室探索阶段。由于水力旋流器单体的处理能力非常有限，当需要将多根单体并联并在适当部位注入气体时，就显得非常麻烦，因此束缚了其工业化应用。

国外近年来推出了几种气浮与低强度旋流离心力场的组合技术，该技术不仅克服了国内研究存在的处理能力低等缺陷，而且在石油工业含油废水的处理应用方面取得了一定成效。因此，在未来一段时期内，气浮与低强度旋流离心力场的组合技术将主导着气浮旋流组合处理技术的发展方向。

在挪威M-I Epcon公司申请的美国专利US7144503中阐述了一种脱气浮选组合罐，罐内有一个圆柱状内筒和一个螺旋状入口导片，含油废水从罐上部的切向入口进入罐中形成旋流，同时气泡从水中析出。气泡和油滴在旋流的作用下被压

至内筒壁，二者结合粘附后上升到罐顶，通过罐顶的油气出口排出。据专利权人的报道，此装置对含油废水的处理效果较好，并且成本及维护费用很低，比较适用于海上作业的石油生产平台或者浮式生产储卸油轮(FPSO)等空间要求比较严格的领域使用。但从该专利所附的结构图上来看，上升到罐内顶部的油和气泡浮渣的外排存在着一些问题。尤其海上作业的石油生产平台或FPSO会因波、浪、流的作用而处于晃动状态，此时罐内部的液面难以保持稳定，从而致使该装置外排油和气泡浮渣中的含水量过高，从而严重影响了分离效果。

在美国Natco集团申请的美国专利US7157007中阐述了一种油、气、水三相分离装置，该装置为一个立式气浮分离罐，主要分为上、中、下三层，分别利用了旋流分离、粗粒化和气浮分离技术。位于罐上部的中间位置安装有一个内筒，含油废水从切向入口进入到内筒中产生旋流，在内筒中进行油水分离，油相直接进入撇油斗。从内筒底部流出的水流经过位于罐中部的聚结层时，分散的油滴在此聚集长大。部分大颗粒油滴会在浮力作用下，克服自身重力和主体相的下向流动而开始向上浮升，从而又去除了一部分油。在罐下部安装有喷射器，利用罐内顶部的气体和回流净化水在喷射器内剪切混合后，产生微小气泡，对从聚结层流下来的含油废水进行气浮处理。但聚结层的定期清理问题非常麻烦，同时整套设备的内部结构非常复杂，加工制造的成本较高。

鉴于上述原因，有必要进一步研制开发新型的紧凑型气浮旋流分离系统来克服上述油水分离装置的不足。

#### 发明内容

根据背景技术所述，本实用新型的目的在于避免上述缺点，提供一种将旋流和气浮两种油水分离的单元技术有机结合起来，使水中的分散油滴能够高效分离，达到净化处理目的的含油废水处理用紧凑型旋流气浮分离设备。

为了实现上述目的，本实用新型是通过以下技术方案来实现的：

一种含油废水处理用紧凑型旋流气浮分离设备，主要由旋流气浮组合罐(1)，循环气体组件(2)、气液混合组件(3)和循环回流水组件(4)组成，其中：由圆柱形外筒体(11)、椭圆形上封头(12)和椭圆形下封头(13)组成旋流气浮组合罐(1)的罐体，其中在上封头(12)上安装有循环气体出口(21)、出油口法兰(121)和气体安全阀(126)，出油口法兰(121)与内筒(14)中的内悬管(123)连接，其内悬管(123)的尾部设置有固定片(124)和出油槽(125)，外筒体(11)的底部装设有循环回流水入口(41)，并与筒内回流水管路(42)连接，其筒内回流水管路(42)的端部与气浮喷射器(43)连接，气浮喷射器(43)的中上部设

置有喷射器进气口(431),下方设置有圆盘状气浮挡板(432),距离气浮喷射器(43)的下端面(5~10)mm,在外筒体(11)的下封头(13)内,下封头出水口(131)的上方设置一水平圆板(133),并与下封头(13)之间形成一个圆环状水流通通道(134),水平圆板(133)的四周设置有滤网(135),在下封头(13)上还安装有油泥出口(132);

内筒(14)由球冠状撇油槽(141)与圆柱状油筒(142)组成,其球冠状撇油槽(141)的上端制成锯齿状溢流堰(143),内筒(14)的底部与内悬管(123)固接,圆柱状外筒体(11)的上边缘与球冠状撇油槽(141)上边缘之间的距离 $H_1=50\text{mm}$ ,内筒(14)底部边缘距外筒体(11)的上边缘距离 $H_2=(1/3\sim 3/5)H$ ;

循环气体管路(24)与循环气体出口(21)、循环气体入口(22)、筒内气循环管路(23)连接,且筒内气体循环管路(23)与气浮喷射器(43)的进气口(431)连接共同组成循环气体组件(2);

在外筒体(11)的上部,设置有入口导片(31)环绕内筒(14)固定在外筒体(11)的内壁上,其导片起始端(32)与切向入口管(34)的入口管末端光滑过渡连接,入口导片(31)沿筒壁圆周方向螺旋状设置,螺旋升角为 $5^\circ\sim 15^\circ$ ,入口导片(31)与外筒体(11)内壁相交线在水平面上投影的圆周角为 $210^\circ\sim 330^\circ$ ,入口导片(31)与内筒(14)的外表面之间应留有一定的径向间隙,切向入口管(34)的入口(37)通过管路(35)与气液混合泵(36)连接,从而入口导片(31)、切向入口管(34)、管路(35)和气液混合泵(36)共同组成气液混合组件(3);

由进水管(441),三通管(442)和排水管(443)连接构成进排水管(44),并且通过进排水管(44)的进水口(444)与下封头出水口(131)连接,循环回流水泵(45)通过筒外回流水管路(46)与循环回流水入口(41)连接,气浮喷射器(43)、圆盘状气浮挡板(432)、筒内回流水管路(42)、循环回流水入口(41)、筒外回流水管路(46)、循环回流水泵(45)和进排水管(44)共同组成循环回流水组件(4)。

由于采用了上述技术方案,本实用新型具有如下优点和效果:

1、本发明成功地实现了旋流和气浮两种油水分离单元技术的有机结合,能够分离微小油滴,工作效率大大提高,设备结构形体紧凑、简单,结构形式精巧,特别适用于含有微小分散油滴的含油废水的净化处理。

2、本发明对处理流量及其内含油、含气量波动的适应性较强,具有较大的操作弹性。

3、本发明结构造价低廉，使用安装维护修理简易。

附图说明

图 1 为本发明结构总体剖视示意图

图 2 为本发明图 1 的 A-A 剖视示意图

图 3 为本发明图 1 的 B-B 剖视示意图

图 4 为本发明图 1 的 C-C 剖视示意图

图 5 为本发明气浮喷射器剖视示意图

图 6 为本发明另一实施例总体结构剖视示意图

图 7 为本发明旋流气浮组合罐串联方式结构示意图

图 8 为本发明旋流气浮组合罐并联方式结构示意图

具体实施方式

由图 1 至图 4 示出本发明的一种含油废水处理用紧凑型旋流气浮分离设备，主要由旋流气浮组合罐 1、循环气体组件 2、气液混合组件 3 和循环回流水组件 4 组成，其中：由圆柱形外筒体 11、椭圆形上封头 12 和椭圆形下封头 13 组成旋流气浮组合罐 1 的罐体，其中在上封头 12 上安装有循环气体出口 21、出油口法兰 121 和气体安全阀 126，出油口法兰 121 与内筒 14 中的内悬管 123 连接，其内悬管 123 的尾部设置有固定片 124 和出油槽 125，外筒体 11 的底部装设有循环回流水入口 41，并与筒内回流水管路 42 连接，筒内回流水管路 42 的端部与气浮喷射器 43 连接，气浮喷射器 43 的中上部设置有喷射器进气口 431，下方设置有圆盘状气浮挡板 432，距离气浮喷射器 43 下端 5~10mm，在外筒体 11 的下封头 13 内，下封头出水口 131 的上方设置一水平圆板 133，并与下封头 13 之间形成一个圆环状水流通通道 134，水平圆板 133 的四周设置有滤网 135，在下封头 13 上还安装有油泥出口 132；

内筒 14 由球冠状撇油槽 141 与圆柱状油筒 142 组成，其球冠状撇油槽 141 的上端制成锯齿状溢流堰 143，内筒 14 的底部与内悬管 123 固接，圆柱状外筒体 11 的上边缘与球冠状撇油槽 141 上边缘之间的距离  $H_1=50\text{mm}$ ，内筒 14 底部边缘距外筒体 11 的上边缘距离  $H_2=(1/3\sim 3/5)H$ ；

循环气体管路 24 与循环气体出口 21、循环气体入口 22、筒内气体循环管路 23 连接，且筒内气体循环管路 23 与气浮喷射器 43 的进气口 431 连接共同组成循环气体组件 2；

在外筒体 11 的上部，设置有入口导片 31 环绕内筒 14 固定在外筒体 11 的内壁上，其导片起始端 32 与切向入口管 34 的入口管末端光滑过渡连接，入口导片

31 沿筒壁圆周方向螺旋状设置,螺旋升角为  $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ , 入口导片 31 与外筒体 11 内壁相交线在水平面上投影的圆周角为  $210^{\circ} \sim 330^{\circ}$ , 入口导片 31 与内筒 14 的外表面之间应留有一定的径向间隙,切向入口管 34 的入口 37 通过管路 35 与气液混合泵 36 连接,从而入口导片 31、切向入口管 34、管路 35 和气液混合泵 36 共同组成气液混合组件 3;

由进水管 441,三通管 442 和排水管 443 连接构成进排水管 44,并且通过进排水管 44 的进水口 444 与下封头出水口 131 连接,循环回流水泵 45 通过筒外回流水管路 46 与循环回流水入口 41 连接,气浮喷射器 43、圆盘状气浮挡板 432、筒内回流水管路 42、循环回流水入口 41、筒外回流水管路 46、循环回流水泵 45 和进排水管 44 共同组成循环回流水组件 4。

又知,气-液混合物在旋流气浮组合罐 1 内产生的旋流离心强度对分离性能的影响也非常大,理想的离心强度范围为 15~30。

旋流气浮组合罐 1 内的气体含量也要保持在一个合适的范围,理想的气液比为 9%~18%。

一般要求气浮喷射器 43 产生的气泡直径范围为  $100\mu\text{m} \sim 300\mu\text{m}$ 。

另知,首先利用气液混合泵 36 边抽水,边吸气,在泵内将含油废水与气体剧烈搅拌,剪切混合成含油废水-微小气泡的均匀混合物,增加了分散油滴与微小气泡的粘附机会,然后再通过切向入口管 34 进入外筒体 11 中,经由入口导片 31 在罐内形成螺旋向上的旋流。

气液混合流体在罐内旋转而产生离心力,密度较大的水相向罐内壁移动,而油滴、粘附有油滴的微小气泡等轻组分则向罐中间发生径向相对迁移,到达罐内内筒 14 的外壁附近区域。在此过程中由于分散油滴与微小气泡的径向迁移速度存在差异,微小气泡的径向内迁移速度相对较大,从而增加了二者接触的机会,提高了微小气泡与微小油滴的粘附速度。由于气泡-油滴粘附体的密度远远低于水的密度,因此已经位于罐内内筒 14 外壁附近的气泡-油滴粘附体会慢慢上浮。而大部分的气-液混合流体则会边旋转、边向下流动,同时旋转离心效应逐渐减弱,在该过程中仍然会有部分气泡-油滴粘附体慢慢上浮。为了进一步增强气浮分离效果,通过罐内下部中心位置安装的气浮喷射器 43,循环回流水泵 45 将一部分净化水循环回流到气浮喷射器的中上部,与此同时气浮喷射器 43 从罐顶吸入气体,气体在气浮喷射器 43 内被剪切破碎成微小气泡,在圆盘状气浮挡板 432 的配合作用下,气浮喷射器 43 出口的含气泡净化水被均匀分布在气浮喷射器 43 的周围区域,从而形成了一个完整的气浮强化分离区。罐内下部废水中残余的微小油滴通

过与气泡粘附，再次形成气泡-油滴粘附体而向罐顶部上浮。通过前、后两次气浮过程，最终在罐内液面上部产生一层油水乳化液和气泡浮渣，这些气浮产物最终通过锯齿形的溢流堰 142 汇集到内筒 14 中，通过出油口法兰 121 连续不断地被排除到罐外。罐中的气相一部分混合在气泡浮渣中，随着油水乳化液一起从出油口法兰 121 排出罐外，一部分上升至罐顶，上升至罐顶的这部分气体又分为两种排出方式，一部分从气体安全阀 126 排出，另一部分从循环气体出口 21 被吸入，再次进入罐中作为气源被循环利用。经过处理的水沿着罐壁流向罐的底部，经水平圆板 133 缓流后，从罐底部的出水口 131 排出。此外，沙子和其他较重颗粒将下落到罐底，通过滤网 135 收集后以油泥的形式由罐底部的油泥出口 132 排出。

由图 5 示出本发明气浮喷射器的剖视示意图，由图可见气浮喷射器 43 实为一文丘里喷嘴，主要由圆筒段 433，吸气口 434，收缩段 435，吸气腔 436，喉部 437 和扩散段 438 组成，其中气浮喷射器 43 的顶部通过法兰与筒内管路 42 相连接，通过循环回流水泵 45 从下封头出水口 131 导入已处理的净化水，吸气口 434 与筒内气体循环管路 23 连接，以便从循环气体出口 21 吸入气体。

由图 6 示出本发明另一实施例，主要是循环回流水组件 4 的喷射器安装位置有所不同，循环回流水泵 45 从下封头出水口 131 抽出一部分已处理的净化水，位于外筒体 11 体外下部侧向设置的两个喷射器 43 通过筒外回流水管路 46 与循环回流水泵 45 连接，向罐中切向喷射入含有微小气泡的水流，其中气体由外筒体 11 的循环气体出口 21 沿着循环气体管路 24，从进气孔 47 进入到吸气腔 436 中被剪切成微小气泡，吸气腔 436 内为真空低压区，切向进入的气液混合物在罐中螺旋转动，对含油废水进行旋流、气浮组合处理。

本实用新型的紧凑型旋流气浮组合罐 1，可以根据工作流量等不同的性能需求采取串联或并联的工作方式。

图 7 示出 3 个紧凑型旋流气浮组合罐串联的工作方式，前一个组合罐的出水口作为下一个组合罐的入水口，出油口排出的油汇集到同一管路中，这种工作方式可以提高紧凑型旋流气浮组合罐的分离效率。

图 8 示出 2 个紧凑型旋流气浮组合罐并联的工作方式，二者分别独立进行含油废水的净化处理，出油口排出的油与出水口排出的水分别汇集到同一管路中，这种工作方式可以提高紧凑型旋流气浮组合罐的处理能力。

综上所述，含油废水的气液混合物从罐体上部的切向入口进入罐中，在罐内形成旋流。同时，在气液混合泵作用下均匀分布在含油废水中的气泡在罐中析出，对罐中的含油废水进行气浮处理。因此，粘附有油滴的气泡等较轻物质向罐顶移

动；水流以及固相颗粒等较重物质向罐底移动，到达组合罐下部的喷射气浮区域时，由喷射器对含油废水进行二次气浮处理。所以，含油废水相当于在罐内进行了一次旋流分离与两次气浮分离，可以达到满意的处理效果。

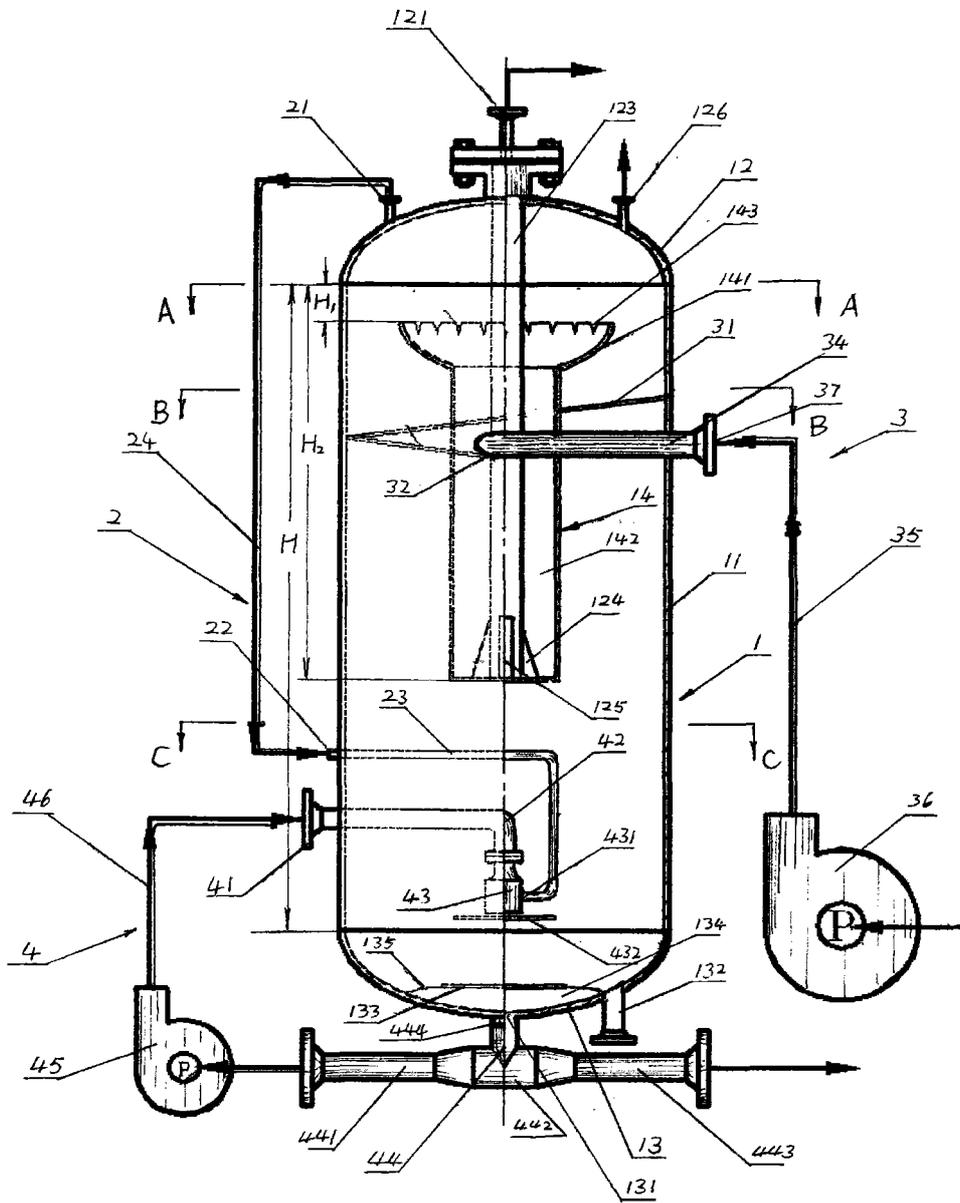


图 1

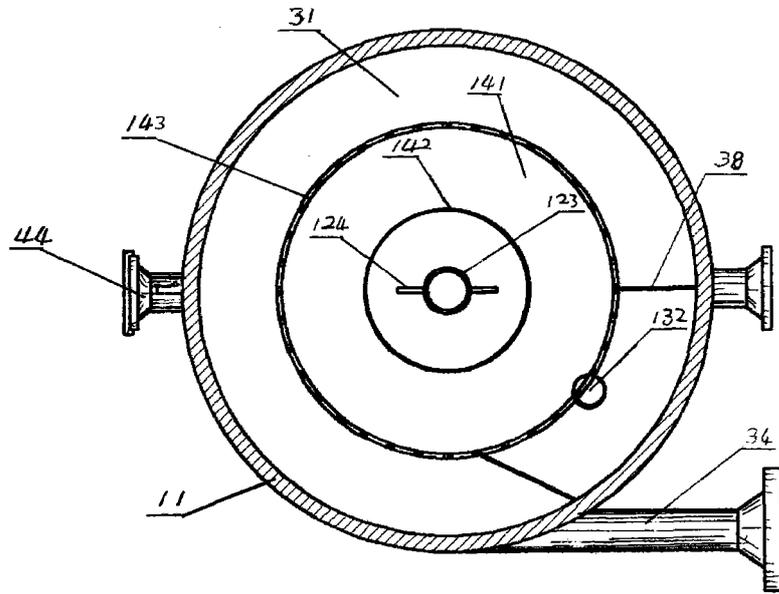


图 2

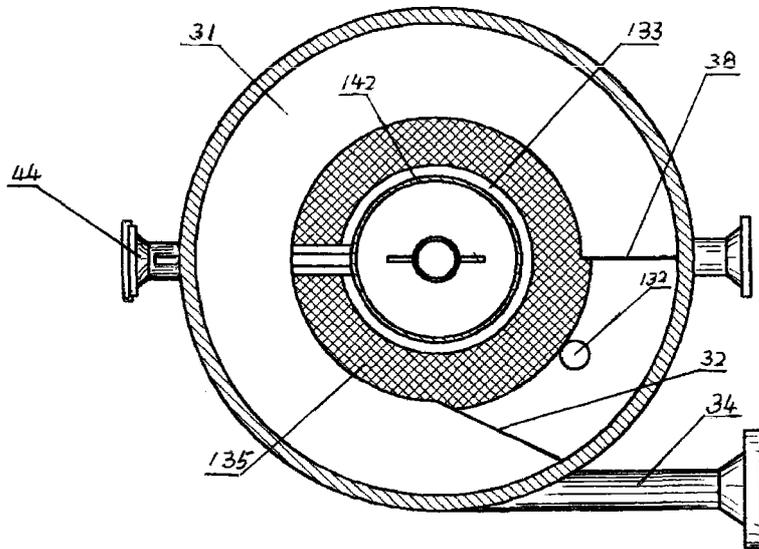


图 3

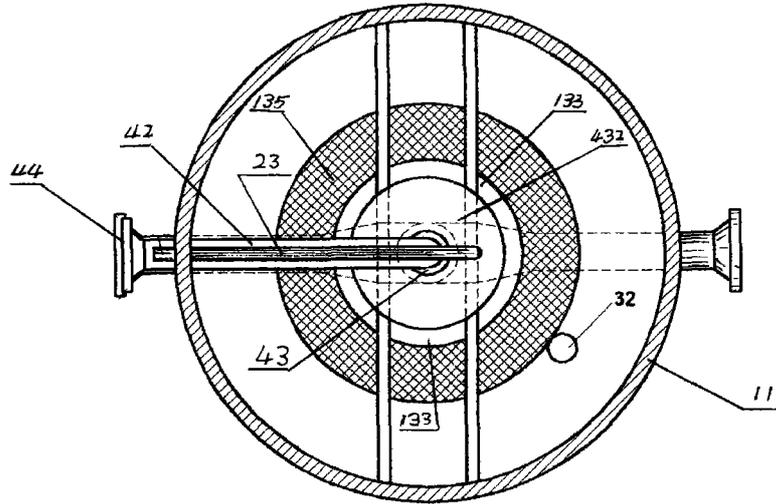


图 4

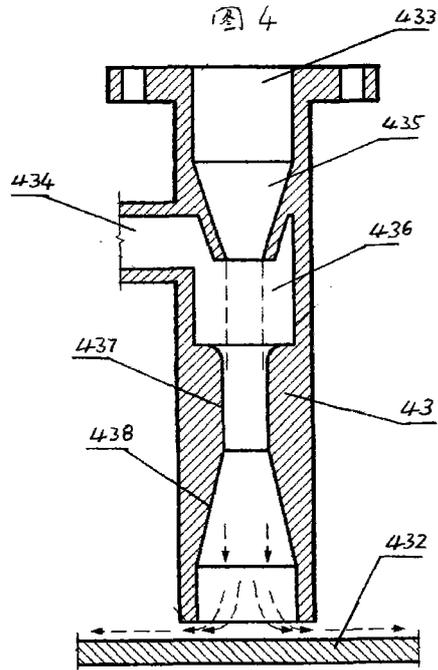


图 5

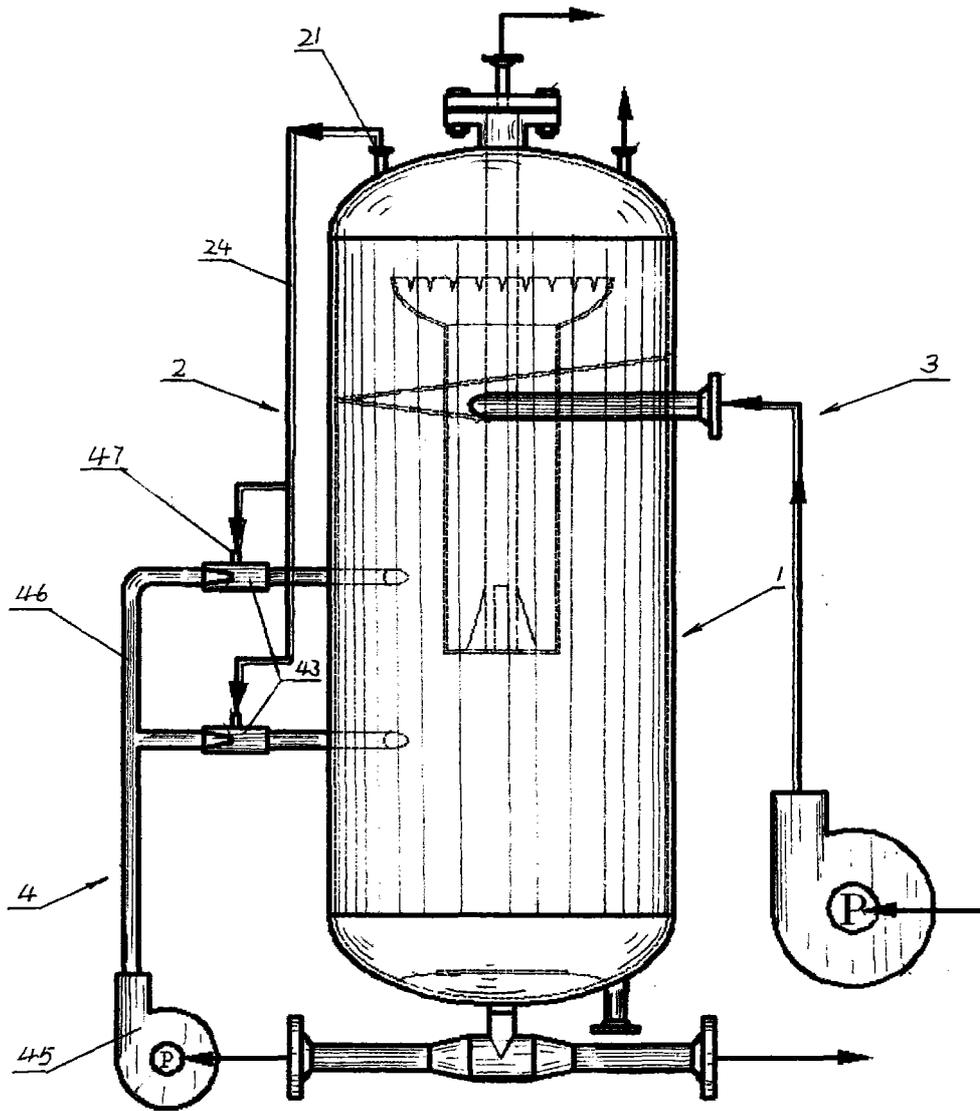


图 6

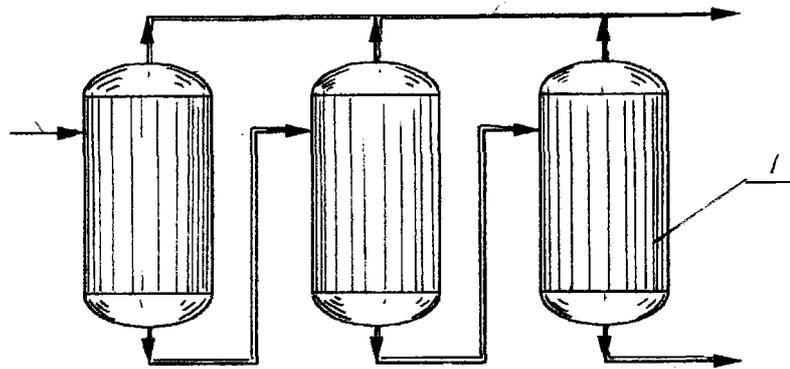


图 7

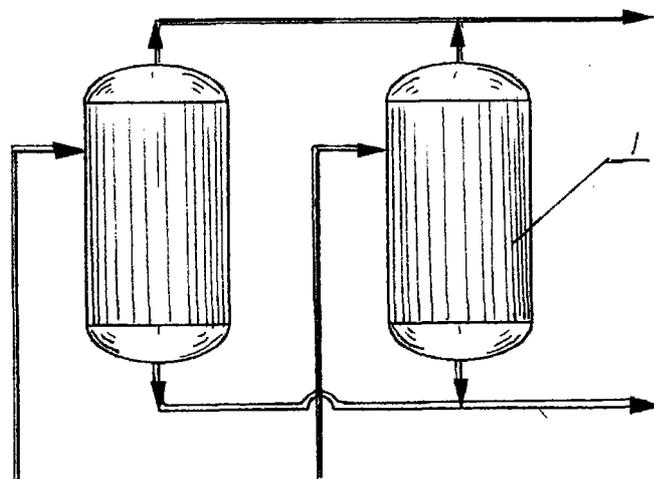


图 8