



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102507871 B

(45) 授权公告日 2014. 03. 05

(21) 申请号 201110340685. 0

(22) 申请日 2011. 11. 02

(73) 专利权人 西南石油大学

地址 610500 四川省成都市新都区新都大都 8 号

(72) 发明人 谭晓华 白杨 刘建仪 王琦
张广东 李丽 唐娟

(51) Int. Cl.

G01N 33/00 (2006. 01)

G01N 15/04 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 2003050221 A, 2003. 02. 21, 全文 .

JP 2009046656 A, 2009. 03. 05, 全文 .

CN 101458245 A, 2009. 06. 17, 全文 .

CN 102226499 A, 2011. 10. 26, 全文 .

CN 101718710 A, 2010. 06. 02, 全文 .

刘建仪 . 新型水合物动力学抑制剂评价及应用 . 《开发工程》. 2011, 65 - 69.

刘建仪 . 气流量对水合物堵塞影响的试验研究 . 《石油天然气学报 (江汉石油学院学报)》. 2011, 155 - 158.

王武昌 . HCFC-141b 水合物在管道中形成及堵塞实验研究 . 《西安交通大学学报》. 2008, 602 - 606.

Annie Fidel-Dufour. Rheology of methane hydrate slurries during their crystallization in a water in dodecane emulsion under flowing. 《Chemical Engineering Science》. 2006, 505 - 515.

黄强 . 水合物浆液流动特性研究 . 《油气储运》. 2007, 16 - 23.

审查员 叶晓燕

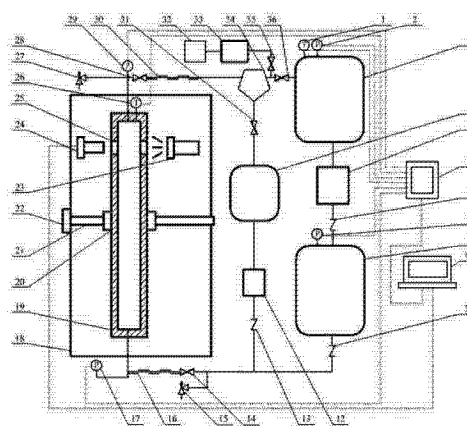
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

气体水合物管道沉积可视化动态模拟装置

(57) 摘要

本发明涉及用于模拟气体水合物在高压高速气流中生成、运移与沉积的气体水合物管道沉积可视化动态模拟装置。能总结管道气固相的高速运动特征、运移机理和沉积规律。其技术方案是：低压储气罐顶端安有温度传感器与压力传感器，出口端联接高压气泵，再联高压储气罐，高压储气罐顶端安装压力传感器；储液罐出口端连接计量泵，气液分离器上端联真空泵及尾气处理装置；高压反应筒顶端联接出口电加热保温管线，底端安有压力传感器及入口电加热保温管线；由数据采集卡、计算机、冷光源和高速相机构成数据采集系统，另设置有管道温度姿态控制系统。本装置能真实模拟管道内高压高速气流中气体水合物的生成、运移与沉积过程，用于气体水合物抑制剂的评价。



CN 102507871 B

1. 气体水合物管道沉积可视化动态模拟装置,由气液循环系统、反应系统、数据采集系统、管道温度姿态控制系统组成,其特征是:气液循环系统由低压储气罐(3)、储液罐(4)、高压气泵(5)、高压储气罐(9)、计量泵(12)和气液分离器(34)构成,低压储气罐(3)顶端安装有第一温度传感器(1)与第一压力传感器(2),低压储气罐(3)的入口端接第三截止阀(36),出口端接高压气泵(5);高压气泵(5)的出口端连接在高压储气罐(9)的入口端,高压气泵(5)与高压储气罐(9)间安装有第一止回阀(7);高压储气罐(9)顶端安装第二压力传感器(8),高压储气罐(9)的出口端连接第二止回阀(11);储液罐(4)的入口端连接第一截止阀(31),出口接计量泵(12),计量泵(12)的出口端再与第三止回阀(13)连接;第二止回阀(11)和第三止回阀(13)接出管线汇合后一支管线连接第一安全阀(15),另一支管线与第一稳压阀(14)联接,第一稳压阀(14)的出口端再连接入口电加热保温管线(16);气液分离器(34)的入口端联接出口电加热保温管线(30)的末端,气液分离器(34)的下端出口联接第一截止阀(31),上端出口一支管线联接第三截止阀(36),另一支管线联接第二截止阀(35),第二截止阀(35)再接真空泵(33),真空泵(33)尾端接尾气处理装置(32);反应系统由高压反应筒(19)、观察窗(25)构成,高压反应筒(19)顶端与第二稳压阀(28)联接,第二稳压阀(28)的出口端联接出口电加热保温管线(30),第二稳压阀(28)的另一出口联接第二安全阀(27),两个观察窗(25)分别安装在高压反应筒(19)靠顶端附近的筒壁两侧,高压反应筒(19)顶端安装有第二温度传感器(26)和第四压力传感器(29),高压反应筒(19)底端安装第三压力传感器(17),另一支管线联接入口电加热保温管线(16);数据采集系统由数据采集卡(6)、计算机(10)、LED冷光源(23)与高速相机(24)构成,LED冷光源(23)与高速相机(24)分别固定在两个观察窗(25)的外部,高速相机(24)用电缆与计算机(10)相连接,计算机(10)再联接数据采集卡(6),温度传感器(1, 26)和压力传感器(2, 8, 17, 29)分别用数据线与数据采集卡(6)相连接;管道温度姿态控制系统由恒温箱(18)、夹持器(20)、旋转轴(21)、角度盘(22)构成,恒温箱(18)安装在整个反应系统的外部,包裹反应系统,旋转轴(21)安装在恒温箱(18)箱壁上,旋转轴(21)一端连接角度盘(22)、另一端连接夹持器(20),两端夹持器(20)与高压反应筒(19)紧紧接触。

2. 根据权利要求1所述可视化动态模拟装置,其特征是:上述气液循环系统所用零部件是耐腐蚀耐高温高压管材构成;上述反应系统所用高压反应筒(19)是由耐腐蚀耐高温高压钢材构成,观察窗(25)是用抗压蓝宝石玻璃构成。

气体水合物管道沉积可视化动态模拟装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于模拟多组分气体水合物在高压高速气流中生成、运移与沉积的过程,观测各种角度管道内气流与气体水合物颗粒、气体水合物颗粒之间的相互作用的气体水合物管道沉积可视化动态模拟装置。

背景技术

[0002] 在天然气开采、运输过程中,天然气水合物的生成使气井和地面管线经常堵塞。由于天然气处于高压时,即使在常温也能形成水合物。天然气运输过程中,由于地形起伏会导致管线凹处积液、形成局部节流,会加剧天然气水合物的形成。在生产设施中的天然气水合物沉积,大大降低了生产管线的利用率,导致气井产量下降,甚至停产,严重影响生产平稳运行。

[0003] 目前,实验室多采用静态实验装置来模拟气体水合物的形成与分解。例如通过透明高压釜或带视窗的反应釜来进行实验,这类实验装置属于静态装置。在中国专利号 01130148.1 《一种制备天然气水合物的方法及装置》中,侧重的是一种制备天然气水合物的方法,将化学促进剂与水配制成水溶液,在一定温度压力下,天然气与水作用,形成天然气水合物浆,并把多余的水分离,更注重的是水合物的生产方法。专利申请号为 200710026942.7 的专利申请《天然气水合物相平衡模拟实验装置》公开了一种天然气水合物相平衡模拟实验装置,其反应釜容积可变,并可以对不同化学药剂存在下的水合物以及多孔介质中水合物的相平衡条件进行测定。该发明属于静态天然气水合物实验装置,而且没有实现可视化功能。专利申请号为 200710172024.5 的专利申请《蓄冷用制冷剂水合物可视化相平衡实验装置及其应用》可以非常方便地观察气体水合物在静态法或是磁力搅拌促晶法在一定温度条件下的生成过程,是一种可用观察法和定容法较为准确测量制冷剂水合物相平衡参数的可视化研究装置。该发明属于静态气体水合物实验装置。同样,专利申请号为 200410017183.4 的专利申请《内置换热式气体水合物蓄/释冷过程可视化研究装置》也属于静态气体水合物实验装置。专利申请号为 201010603010.6 的专利申请《一种可视化气体水合物实验装置》可实现气体水合物快速、高效生成,还能实现在线实时观测水合物形成/分解过程中水合物晶体解构、形貌,并通过图像处理软件进行分析。原理为微小气泡在充满液体的管柱中运移,无法模拟管道中气体水合物在高压高速下生成的实际情况,也无法分析气体流动对水合物形成与分解的影响。发表于《石油天然气学报(江油石油学院学报)》(第 33 卷第 10 期 155 ~ 158 页,2011 年 10 月)上的《气流量对水合物堵塞影响的试验研究》,公开一种气流量对水合物堵塞影响的试验研究,并具体公开了一种动态试验装置,其主要由高低温恒温箱、驱替系统、压力采集系统等组成,并在装置结构流程图中公开了自动泵 A、自动泵 B、气箱、水箱、阀 1、阀 2、传感器、计算机采集系统、低温烘箱、回压阀,气水计量计。高压恒速恒压全自动泵 A 和 B 为流动试验提供不同的稳定流速或压力;耐 70MPa 的中间容器用来盛装高压的气和水;管线是光滑细管,为气、水两相提供流动途径及水合物生成环境;高低温烘箱控制管道环境温度;回压阀控制管道出口压力;气水计量计用来收集

气水并处理。但该装置没有实现可视化功能。

[0004] 本发明用于研究管道内多组分气体水合物在高压高速气流中的沉积,可以模拟气体水合物在高压高速气流中析出、运移与沉积的过程,直接观测各种角度管道内气流与气体水合物颗粒、气体水合物颗粒之间的相互作用,给出管道气固相的高速流动特征、运移机理和沉积规律,并可用于气体水合物抑制剂的评价。

[0005] 经文献调研,在模拟管道内多组分气体水合物在高压高速气流中生成、运移与沉积的方面未发现与气体水合物管道沉积可视化动态模拟装置相关的思路、产品、工艺设计方法和理论基础研究的报道。

发明内容

[0006] 本发明的目的是:为了模拟天然气在开采、运输过程中,管道内多组分气体水合物在高压高速气流中生成、运移与沉积的现象,直接观测各种角度管道内气流与气体水合物颗粒、气体水合物颗粒之间的相互作用,特提供气体水合物管道沉积可视化动态模拟装置。

[0007] 为达到上述目的,本发明采用以下技术方案:气体水合物管道沉积可视化动态模拟装置,由气液循环系统、反应系统、数据采集系统、管道温度姿态控制系统组成,其结构特征是:气液循环系统由低压储气罐,储液罐,高压气泵,高压储气罐,计量泵,气液分离器构成,低压储气罐顶端安装第一温度传感器与第一压力传感器,低压储气罐的入口接第三截止阀,出口接高压气泵;高压气泵的出口端连接在高压储气罐的入口端,高压气泵与高压储气罐间安装有第一止回阀;高压储气罐顶端安装第二压力传感器,出口端连接第二止回阀;储液罐入口接第一截止阀,出口接计量泵,计量泵出口与第三止回阀相连;第二止回阀和第三止回阀接出管线汇合后一支管线与第一稳压阀相接,第一稳压阀出口端接入口电加热保温管线,第一稳压阀入口处另一支管线接第一安全阀,入口电加热保温管线接高压反应筒底端;气液分离器的入口端联接出口电加热保温管线的末端,气液分离器的下端出口联接第一截止阀,上端出口一支管线联接第三截止阀,另一支管线联接第二截止阀,第二截止阀再接真空泵,真空泵尾端联接尾气处理装置;反应系统由高压反应筒、观察窗构成,高压反应筒顶端与第二稳压阀联接,第二稳压阀出口端联接出口电加热保温管线,第二稳压阀的另一出口联接第二安全阀,两个观察窗分别安装在高压反应筒靠顶端附近的筒壁两侧,高压反应筒顶端安装有第二温度传感器和第四压力传感器,高压反应筒底端安装有第三压力传感器,另一支管线联接入口加热保温管线。

[0008] 数据采集系统由数据采集卡,计算机,LED冷光源,高速相机构成。LED冷光源与高速相机分别固定于两个观察窗的外部,高速相机用电缆与计算机相连接,计算机再联接数据采集卡,各温度传感器和压力传感器用数据线与数据采集卡相连。管道温度姿态控制系统由恒温箱,夹持器,旋转轴,角度盘构成。恒温箱安装在整个反应系统的外部,包裹反应系统,旋转轴安装在恒温箱箱壁上,一端连接角度盘,另一端连接夹持器,两端夹持器与高压反应筒紧紧接触。

[0009] 本发明的结构特征是:由气液循环系统、反应系统、数据采集系统、管道温度姿态控制系统组成。气液循环系统所用零部件是由耐腐蚀耐高温高压管材构成,系统内使用两个稳压阀来恒定高压反应筒出入口压力,同时保证高压反应筒气体流速恒定可控。系统内使用低压储气罐、高压储气罐、储液罐和气液分离器,实现了将气液混合后送入高压反应

筒,再将高压反应筒流出的混合物分离,将分离的气液循环利用,节约了实验气液体,降低了实验成本,保护环境。反应系统所用高压反应筒是由耐腐蚀耐高温高压钢材构成,高压反应筒筒壁两侧安装有抗高压观察窗,抗高压观察窗是用蓝宝石玻璃构成,可以实现在高压高速气流下,对气体水合物生成、运移与沉积的可视化观测。管道温度姿态控制系统使用了夹持器,旋转轴和角度盘。通过调整角度盘能使高压反应筒与地面呈任意夹角,方便对不同姿态的管道进行模拟。

[0010] 本发明的工作原理是:低压储气罐用于储存压力较低气体,其顶端安装的压力传感器及温度传感器用于监视其内部的压力温度变化。高压气泵将低压储气罐内的气体增压后泵入高压储气罐,止回阀防止气体回流。高压储气罐顶端安装的压力传感器用于监视其内部的压力变化。计量泵将储液罐中的液体泵入循环管线,与管线中的气体混合,两个止回阀分别防止气体、液体的回流。气液混合物经过稳压阀,流入高压反应筒内,稳压阀用于保持高压反应筒流入压力恒定。入口电加热保温管线用于防止稳压阀因节流作用造成循环管线冻堵,安全阀的作用是在稳压阀附近出现冻堵的情况下,防止循环管线因压力过高而损坏。高压反应筒顶端安装的压力传感器及温度传感器和底端安装的压力传感器用于监测其内部的压力温度变化,高速相机透过观察窗观察气流与气体水合物颗粒、气体水合物颗粒之间的相互作用,LED冷光源为观察提供背景光源。夹持器,旋转轴为高压反应筒提供支撑,调整角度盘能使高压反应筒与地面呈任意夹角。恒温箱能使高压反应筒始终保持在某一恒定温度。从高压反应筒流出的气液混合物经过稳压阀,流入气液分离器,稳压阀用于保持高压反应筒流出压力恒定。出口电加热保温管线用于防止稳压阀因节流作用造成循环管线冻堵,安全阀的作用是在稳压阀附近出现冻堵的情况下,防止循环管线因压力过高而损坏。气液分离器用于将气液分离,分离后分别气液分别注入低压储气罐和储液罐。真空泵的作用是在装置正常工作前抽取循环管线内的空气,装置使用完毕,尾气处理装置处理管线内的实验气体,保持环境清洁。各传感器通过数据线与数据采集卡相连,数据采集卡将各传感器输入的模拟信号转化为数字信号,再输入计算机。高速相机所拍摄到的图像,直接以数字信号的方式传入计算机。

[0011] 本发明的具体操作步骤是:启动设备前,检查设备软硬件无误,打开计算机,调节角度盘,使高压反应筒与地面倾角达到实验要求。关闭所有阀门,调节稳压阀的打开压力。分别向低压储气罐与高压储气罐注入实验气体,使低压储气罐与高压储气罐达到一定的压力。向储液罐内注入一定量的水或者混有水合物抑制剂的液体。开启真空泵,开启真空泵入口阀门,使高压反应筒和循环管线内达到所需的真空度。关闭真空泵和真空泵入口阀门,开启高压气泵、计量泵、计量泵出口阀门和高压储气罐出口阀门,并持续向低压储气罐注入实验气体以保持其内部压力。当循环管线内压力达到稳压阀所设定的打开压力时,打开储液罐入口阀门和低压储气罐入口阀门,停止向低压储气罐注入实验气体。调节恒温箱温度,打开LED冷光源,开始模拟气体水合物管道沉积。模拟过程中,通过调节高压气泵功率,保持循环管线各点压力稳定。计算机记录实验开始至结束时间段内各个传感器测量到的循环管线各点压力温度值,实时采集高速相机观测到的图像,通过图像处理软件分析气体水合物气流与气体水合物颗粒、气体水合物颗粒之间的相互作用。实验完毕后,关闭高压气泵与计量泵,排空储液罐,低压储气罐、高压储气罐与循环管线内气体经尾气处理装置处理后排出。

[0012] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:(1)真实模拟管道内高压高速气流中气体水合物生成、运移与沉积的过程;(2)直接观测各种角度管道内气流与气体水合物颗粒、气体水合物颗粒之间的相互作用;(3)实现了实验气液体的循环利用,节约了实验气液体,降低了实验成本,保护环境;(4)模拟过程全数字化监测并记录,能总结出管道气固相的高速流动特征、运移机理和沉积规律;(5)可用于气体水合物抑制剂的评价。

附图说明

[0013] 图1为本发明气体水合物管道沉积可视化动态模拟装置的结构示意图。

[0014] 图中:1、第一温度传感器,2、第一压力传感器,3、低压储气罐,4、储液罐,5、高压气泵,6、数据采集卡,7、第一止回阀,8、第二压力传感器,9、高压储气罐,10、计算机,11、第二止回阀,12、计量泵,13、第三止回阀,14、第一稳压阀,15、第一安全阀,16、入口电加热保温管线,17、第三压力传感器,18、恒温箱,19、高压反应筒,20、夹持器,21、旋转轴,22、角度盘,23、LED冷光源,24、高速相机,25、观察窗,26、第二温度传感器,27、第二安全阀,28、第二稳压阀,29、第四压力传感器,30、出口电加热保温管线,31、第一截止阀,32、尾气处理装置,33、真空泵,34、气液分离器,35、第二截止阀,36、第三截止阀。

具体实施方式

[0015] 以模拟与水平方向呈 5° 夹角、管线内径20mm的输气管线的装置为例,结合附图对本发明作进一步说明。其模拟的管线输气量为每天2万方、管线压力10MPa、环境温度 10°C 。

[0016] 参阅图1。气体水合物管道沉积可视化动态模拟装置,由气液循环系统、反应系统、数据采集系统、管道温度姿态控制系统组成。气液循环系统由低压储气罐3,储液罐4,高压气泵5,高压储气罐9,计量泵12,气液分离器34构成。低压储气罐3顶端安装第一温度传感器1与第一压力传感器2,入口接第三截止阀36,出口接高压气泵5。高压气泵5的出口端连接在高压储气罐9的入口端,高压气泵5与高压储气罐9间安装有第一止回阀7。高压储气罐9顶端安装第二压力传感器8,出口端连接第二止回阀11。储液罐4入口接第一截止阀31,出口接计量泵12,计量泵12出口与第三止回阀13相连。第二止回阀11和第三止回阀13接出管线汇合后与第一稳压阀14相接,第一稳压阀14出口端接入口电加热保温管线16,第一稳压阀14入口处另接第一安全阀15,入口电加热保温管线16接高压反应筒19底端。高压反应筒19顶端与第二稳压阀28相接,第二稳压阀28出口端接出口电加热保温管线30,第二稳压阀28入口处另接第二安全阀27,出口电加热保温管线30末端接气液分离器34,气液分离器34的出口上下端分别接第二截止阀36、第一截止阀31,气液分离器34的出口端与第二截止阀36间另接第三截止阀35,再接真空泵33,真空泵33尾端接尾气处理装置32。反应系统由高压反应筒19,观察窗25构成。两个观察窗25分别安装在高压反应筒19靠顶端附近的筒壁两侧。高压反应筒19顶端安装第二温度传感器26与第四压力传感器28,底端安装第三压力传感器17。高压反应筒19下端有气液流入口,与气液循环系统的入口电加热保温管线16相接,上端有气液流出口与出口电加热保温管线30相接。高压反应筒19中部被夹持器20夹持。数据采集系统由数据采集卡6,计算机10,LED冷光源23,高速相机24构成。LED冷光源23与高速相机24分别固定于两个观察窗25的外部,高

速相机 24 通过电缆与计算机 10 相连接,各传感器通过数据线与数据采集卡 6 相连,数据采集卡 6 与计算机 10 连接。管道温度姿态控制系统由恒温箱 18,夹持器 20,旋转轴 21,角度盘 22 构成。恒温箱 18 安装在整个反应系统的外部,包裹反应系统、LED 冷光源 23 和高速相机 24,旋转轴 21 贯穿恒温箱 18 箱壁,一端连接角度盘 22,夹持器 20 安装在旋转轴 21 上,夹持高压反应筒 19。

[0017] 启动设备前,检查设备软硬件无误,打开计算机 10,调节角度盘 22,使高压反应筒 19 与地面倾角达到实验要求。关闭所有阀门,调节第一稳压阀 14、第二稳压阀 28 打开压力。分别向低压储气罐 3 与高压储气罐 9 注入实验气体,使低压储气罐 3 与高压储气罐 9 达到一定的压力。向储液罐 4 内注入一定量的去离子水。开启真空泵 33,开启第三截止阀 35,使高压反应筒 19 和循环管线内达到所需的真空度。关闭真空泵 33 和第三截止阀 35,开启高压气泵 5、计量泵 12、第一止回阀 8、第二止回阀 11、第三止回阀 13,并持续向低压储气罐 3 注入实验气体以保持其内部压力。当循环管线内压力达到第一稳压阀 14、第二稳压阀 28 所设定的打开压力时,打开第一截止阀 31、第二截止阀 36,停止向低压储气罐 3 注入实验气体。调节恒温箱 18 温度,打开 LED 冷光源 23,开始模拟气体水合物管道沉积。模拟过程中,通过调节高压气泵 5 功率,保持循环管线各点压力稳定。计算机 10 记录实验开始至结束时间段内各个传感器测量到的循环管线各点压力温度值,实时采集高速相机观测到的图像,通过图像处理软件分析气体水合物气流与气体水合物颗粒、气体水合物颗粒之间的相互作用。实验完毕后,关闭高压气泵 5 与计量泵 12,排空储液罐 4,低压储气罐 3、高压储气罐 9 与循环管线内气体经尾气处理装置 32 处理后排出。

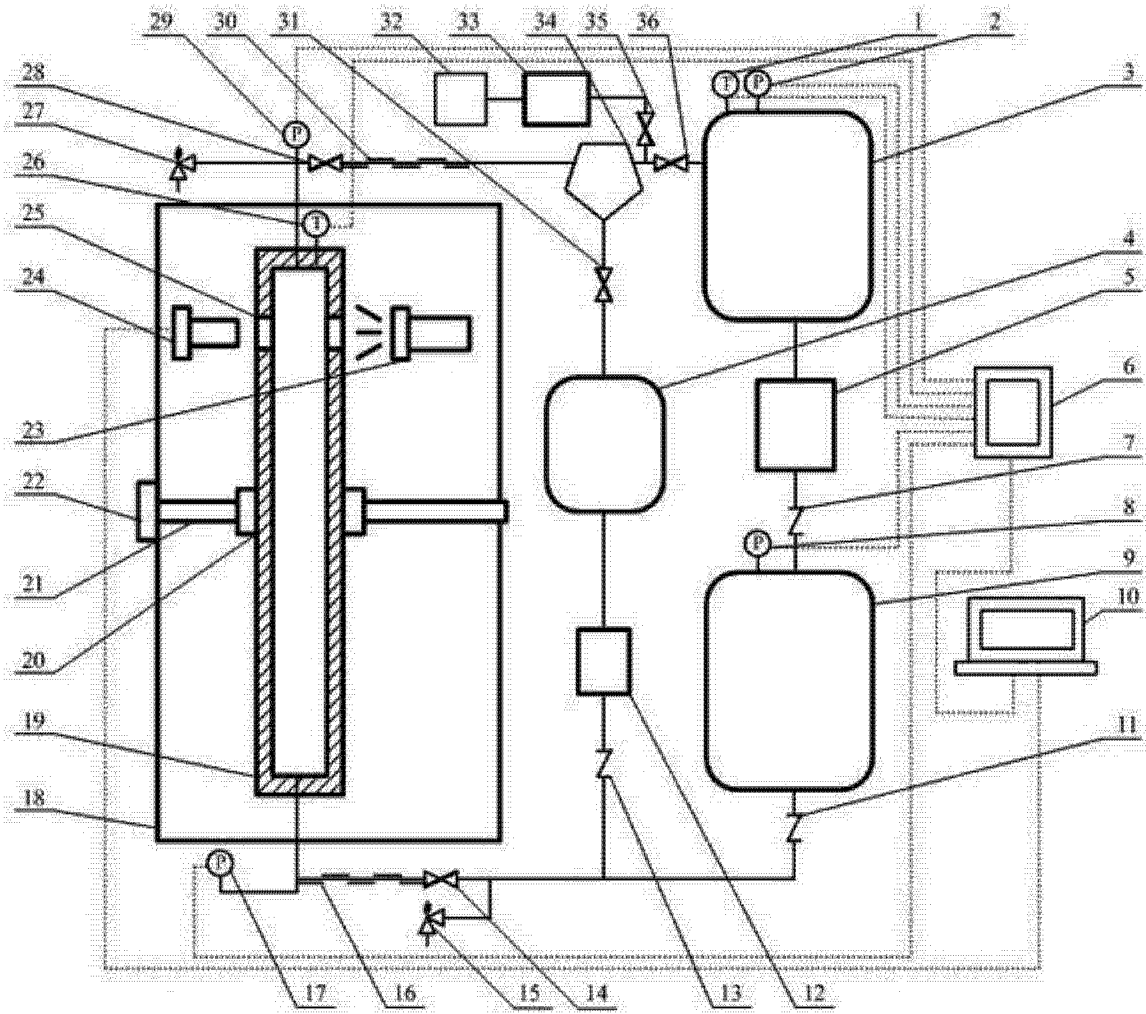


图 1