



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101451985 B

(45) 授权公告日 2013. 01. 23

(21) 申请号 200810230358. 8

(22) 申请日 2008. 12. 24

(73) 专利权人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工路 2 号

(72) 发明人 宋永臣 杨明军 刘瑜 穆海林 刘卫国

(74) 专利代理机构 大连星海专利事务所 21208  
代理人 花向阳

(51) Int. Cl.

G01N 33/22(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101246117 A, 2008. 08. 20, 全文.

CN 101055276 A, 2007. 10. 17, 全文.

CN 1730627 A, 2006. 02. 08, 全文.

JP 2005-200555 A, 2005. 07. 28, 全文.

JP 2005-60957 A, 2005. 03. 10, 全文.

CN 1440832 A, 2003. 09. 10, 全文.

宋永臣 等. 天然气水合物生成与分解实验检测技术进展. 《天然气工业》. 2008, 第 28 卷 (第 8 期), 111-113.

周剑秋 等. 海洋天然气水合物模拟设备的开发及应用. 《石油机械》. 2006, 第 34 卷 (第 7 期), 22-24, 34.

Laura J. Rovetto et al.. Is gas hydrate formation thermodynamically promoted by hydrotrope molecules?. 《Fluid Phase Equilibria》. 2006, (第 247 期), 84-89.

万丽华 等. 热盐分解甲烷水合物试验研究. 《现代化工》. 2008, 第 28 卷 (第 7 期), 47-50.

郝永卯 等. 天然气水合物降压开采试验研究. 《石油勘探与开发》. 2006, 第 33 卷 (第 2 期), 217-220.

张卫东 等. 水合物沉积层声波速度模型. 《中国石油大学学报(自然科学版)》. 2008, 第 32 卷 (第 4 期), 60-63.

Michael Eaton et al.. A novel high-pressure apparatus to study hydrate-sediment interactions. 《Journal of Petroleum Science and Engineering》. 2007, (第 56 期), 101-107.

审查员 石剑平

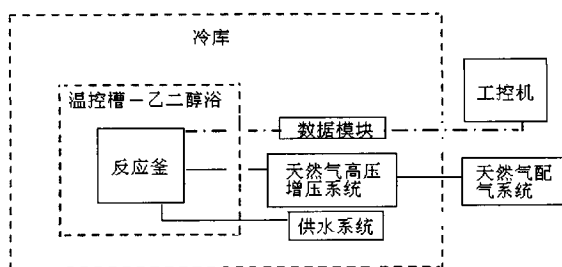
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

天然气水合物合成与分解的检测装置

(57) 摘要

一种天然气水合物合成与分解的检测装置, 其属天然气水合物基础物性测量领域。该检测装置包括反应釜、温控槽、冷库、天然气配气系统、天然气增压系统、供水系统和计算机数据采集系统, 温控槽、增压系统和供水系统设置在冷库中, 反应釜设置在温控槽中。配气系统配制要求组分的气体经增压系统增压后进入反应釜, 供水系统向反应釜供水, 用计算机数据采集系统采集检测数据。其优点是: 天然气配气系统能够迅速配置各种组分混合气体; 冷库及浴槽温控系统能够实现温度的快速和精确控制; 天然气增压系统增压和保压快速方便; 数据采集系统具备数据存储、实时数据和图像分析软件支持; 对冻土地域天然气水合物的储量预测、勘探起重要的指导作用。



1. 一种天然气水合物合成与分解的检测装置,其特征在于:它主要包括一个反应釜(1)、温控槽(2)、冷库(27)、天然气配气系统、天然气增压系统、供水系统和计算机数据采集系统,它还包括一个氮气瓶(8)、回收气囊(25)和第二真空泵(14a);所述温控槽(2)、天然气增压系统和供水系统设置在冷库(27)中,所述反应釜(1)设置在温控槽(2)中;所述反应釜(1)采用能承受高压的结构,在反应釜(1)轴线方向的外圆柱上设有5个等距离的热电偶(3),反应釜(1)的二个法兰盘堵头(29)上分别设有上、下管道接口,其中下管道接口(30)的管道与天然气增压系统和供水系统连接,并设置一个第二压力变送器(4a),上管道接口(31)的管道经第二止回阀(20a)和第二减压阀(17a)连接氮气瓶(8),还连接一个第二真空泵(14a)和回收气囊(25),并设置一个第一压力变送器(4),反应釜(1)两端的上、下管道接口的管道上还连接一个差压变送器(5);所述天然气配气系统配制要求组分的实验气体经天然气增压系统增压后进入反应釜(1),所述供水系统向反应釜(1)供给要求量的水,用计算机数据采集系统采集检测数据。

2. 根据权利要求1所述的天然气水合物合成与分解的检测装置,其特征在于:所述天然气配气系统主要包含一个天平(13)及一个置于天平(13)上的配气瓶(12)和一个用于配气瓶(12)抽真空的第一真空泵(14),一个经阀门分别连接甲烷气瓶(9)、乙烷气瓶(10)和丙烷气瓶(11)的第二气体增压泵(18a)向配气瓶(12)供给要求组分的气体。

3. 根据权利要求1所述的天然气水合物合成与分解的检测装置,其特征在于:所述天然气增压系统主要包含一个经第一减压阀(17)与配气瓶(12)连接的第一气体增压泵(18),第一气体增压泵(18)经流量计(19)和第一止回阀(20)与反应釜(1)的下管道接口(30)连接。

4. 根据权利要求1所述的天然气水合物合成与分解的检测装置,其特征在于:所述供水系统采用一个电动泵(22)和一个手动泵(21)并联连接,把蒸馏水罐(23)中的蒸馏水供给反应釜(1),一个泄水槽(24)经管道与反应釜(1)连接。

5. 根据权利要求1所述的天然气水合物合成与分解的检测装置,其特征在于:所述计算机数据采集系统主要包含一个与热电偶、压力变送器和差压变送器(5)采用电气连接的数据采集模块(6),并把采集的数据传给工控机(7)处理。

6. 根据权利要求1所述的天然气水合物合成与分解的检测装置,其特征在于:所述温控槽(2)设置在冷库(27)的空气浴中,所述反应釜(1)设置在温控槽(2)的乙二醇浴中。

## 天然气水合物合成与分解的检测装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种天然气水合物合成与分解的检测装置,其属天然气水合物基础性测量领域。

### 背景技术

[0002] 在全世界能源问题日益突出的今天,天然气水合物作为一种新型洁净能源受到了广泛的关注。天然气水合物是一种地球上分布广泛、矿藏规模大、能量密度高、清洁、埋藏浅、尚未开发的能源库,具有极其重要的能源价值和环境意义。天然气水合物被誉为 21 世纪新能源的桂冠,由此可见各国政府和科技专家对它的重视。我国虽然对天然气水合物的调查和研究起步比较晚,但是近年来中国地质调查局开展的海洋天然气水合物的调研取得了令人瞩目的进展。我国已经在南海取得了水合物试样,这为我国海域存在水合物矿藏提供了强有力的证据,另外青藏高原广泛分布多年冻土层,具备天然气水合物的生成和积累条件,根据其演化过程推测该地区很有可能大量赋存天然气水合物。天然气水合物模拟实验技术是天然气水合物勘查研究的一项基础技术,纵观美、日、德、加等国,在实施开发天然气水合物计划前或同时,都要进行天然气水合物的模拟实验研究。由于各国的地质条件不同、天然气水合物的成分不同、形成机制各异,所以模拟实验的研究仍是各国的首推实施方案。这样可以减少资金、少走弯路、直接指导勘查、模拟实验系统也在其中得到不断的完善。测试新技术的应用,也使各种设备可视化、精确化程度提高,从而大大提高实验成果的指导意义。在许多国家的天然气水合物研究发展计划中,都明确地提出模拟实验的研究目标和任务,可见模拟实验技术的重要性。

[0003] 根据我国冻土地域和海域已有的地化、地热、地貌等参数资料,我们可以在低温高压实验室中设计适合我国地域的模拟实验方案,这样得出的相平衡条件可直接指导勘探,把靶区范围尽量减小,更具经济性。在实验室里,我们可以模拟自然界中沉积物赋存天然气水合物的条件,天然气的通道,沉积物的孔隙被天然气水合物充填的条件和程度,这些都对天然气水合物的形成和储量评价具有显而易见的重要意义。近年来,我国许多研究机构都进行了天然气水合物的实验室模拟工作,设计制造了多套水合物实验室模拟设备,能够进行初步的水合物模拟。当前所用反应釜一般容积过小,在天然气水合物储气能力及热稳定性研究等方面应用较为困难,无法模拟真实冻土地域多孔介质中天然气水合物的形成和分解。另外小型反应釜无法实行快速开启,合成的水合物无法快速取出进行燃烧、分析或进一步研究。

### 发明内容

[0004] 为了克服上述现有技术中存在的问题,本发明提供一种天然气水合物合成与分解的检测装置,该检测装置应包含二级恒温系统,可以获得理想的环境温度和多孔介质温度,能够实现不同气体组分气体的迅速配置,对模拟冻土地域多孔介质中天然气水合物的形成和分解均能进行模拟合成与分解分析,对冻土地域天然气水合物的储量、勘探起重要的指

导作用。

[0005] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案是：一种天然气水合物合成与分解的检测装置主要包括一个反应釜、温控槽、冷库、天然气配气系统、天然气增压系统、供水系统和计算机数据采集系统，它还包括一个氮气瓶、回收气囊和第二真空泵；所述温控槽、天然气增压系统和供水系统设置在冷库中，所述反应釜设置在温控槽中；所述反应釜采用能承受高压的结构，在反应釜轴线方向的外圆柱上设有 5 个等距离的热电偶，反应釜的二个法兰盘堵头上分别设有上、下管道接口，其中下管道接口的管道与天然气增压系统和供水系统连接，并设置一个第二压力变送器，上管道接口的管道经第二止回阀和第二减压阀连接氮气瓶，还连接一个第二真空泵和回收气囊，并设置一个第一压力变送器，反应釜两端的上、下管道接口的管道上还连接一个差压变送器；所述天然气配气系统配制要求组分的实验气体经天然气增压系统增压后进入反应釜，所述供水系统向反应釜供给要求量的水，用计算机数据采集系统采集检测数据。

[0006] 所述天然气配气系统主要包含一个天平及一个置于天平上的配气瓶和一个用于配气瓶抽真空的第一真空泵，一个经阀门分别连接甲烷气瓶、乙烷气瓶和丙烷气瓶的第二气体增压泵向配气瓶供给要求组分的气体。

[0007] 所述天然气增压系统主要包含一个经第一减压阀与配气瓶连接的第一气体增压泵，第一气体增压泵经流量计和第一止回阀与反应釜的下管道接口连接。

[0008] 所述供水系统采用一个电动泵和一个手动泵并联连接，把蒸馏水罐中的蒸馏水供给反应釜，一个泄水槽经管道与反应釜连接。

[0009] 所述计算机数据采集系统主要包含一个与热电偶、压力变送器和差压变送器采用电气连接的数据采集模块，并把采集的数据传给工控机处理。

[0010] 所述温控槽设置在冷库的空气浴中，所述反应釜设置在温控槽的乙二醇浴中。

[0011] 本发明的有益效果是：这种天然气水合物合成与分解的检测装置主要包括一个反应釜、温控槽、冷库、天然气配气系统、天然气增压系统、供水系统和计算机数据采集系统，温控槽、天然气增压系统和供水系统设置在冷库中，反应釜设置在温控槽中。天然气配气系统配制要求组分的实验气体经天然气增压系统增压后进入反应釜，所述供水系统向反应釜供给要求量的水，用计算机数据采集系统采集检测数据。其优点是：

[0012] 1) 反应釜能承受 0-30Mpa 的压力和 253-303K，可以模拟冻土地域的压力和温度，同时在高压和孔隙水作用下不产生应力腐蚀；

[0013] 2) 利用系统的天然气配气系统能够迅速配置各种组分混合气体来模拟各种气体组分情况下的天然气水合物的形成和分解情况；

[0014] 3) 系统反应釜容积较大，可达 476ml，能模拟真实冻土地域多孔介质中天然气水合物的形成和分解；

[0015] 4) 冷库及浴槽温控系统能够实现温度的快速和精确控制，满足高精度实验要求；

[0016] 5) 合成的水合物能快速取出进行燃烧、分析或进一步研究；

[0017] 6) 天然气高压增压系统增压和保压快速方便；

[0018] 7) 数据采集系统具备数据存储、实时数据和图像分析软件支持；

[0019] 8) 系统造价相对较低；

[0020] 9) 对冻土地域多孔介质中天然气水合物的形成和分解均能进行模拟合成与分解

分析,对冻土地域天然气水合物的基础物性、储量预测、勘探起重要的指导作用。

### 附图说明

[0021] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

[0022] 图 1 是一种天然气水合物合成与分解的检测装置工作原理框图。

[0023] 图 2 是一种天然气水合物合成与分解的检测装置的系统图。

[0024] 图 3 是反应釜结构图。

[0025] 图中 :1、反应釜,2、温控槽,3、3a、3b、热电偶,4、第一压力变送器,4a、第二压力变送器,5、差压变送器,6、数据采集模块,7、工控机,8、氮气瓶,9、甲烷气瓶,9a、针阀,10、乙烷气瓶,10a、针阀,11、丙烷气瓶,11a、针阀,12、配气瓶,13、天平,14、第一真空泵,14a、第二真空泵,15、安全阀,16、16a、16b、16c、16d、16e、16f、针阀,17、第一减压阀,17a、第二减压阀,18、第一增压泵,18a、第二增压泵,19、流量计,20、第一止回阀,20a、第二止回阀,21、手动泵,22、电动泵,23、蒸馏水罐,24、水槽,25、回收气囊,25a 针阀,26、排水阀,27、冷库,28、热电偶接口,29、法兰盘堵头,30、下管道接口,31、上管道接口,32、过滤网,33、反应釜体,34、填料。

### 具体实施方式

[0026] 图 1 所示为检测装置工作原理框图,其工作过程为:气体经配气系统配气后得到实验模拟要求气体,由天然气增压系统增压后输入反应釜中,供水系统向反应釜供给蒸馏水,反应釜置于恒温浴槽温控系统的乙二醇浴槽中进行温控,反应过程中的工作参数如温度、压力信号均由计算机数据采集系统采集和实时分析。

[0027] 图 2 所示为检测装置的系统图,下面按图中所示系统加以说明:

[0028] (1) 冷库及乙二醇浴槽温控系统工作过程为:实验开始前首先用冷库 27 进行一级温控,提供合适的环境温度,制冷温度范围是  $20 \sim 0^{\circ}\text{C}$ ;然后用置于冷库 27 内的温控槽 2 进行二级温控,精确控制浸于温控槽 2 中反应釜 1 的温度。

[0029] (2) 天然气配气系统的配气过程如下:按图示配置,所有针阀均处于关闭状态,开启针阀 16d、16e、16f 利用第一真空泵 14 进行抽真空,达到真空要求后关闭第一真空泵 14、针阀 16e,开启针阀 11a、第二增压泵 18a 把丙烷气瓶 11 中的丙烷气体注入到位于天平 13 上的配气瓶 12 中,达到设定质量后关闭针阀 16f、针阀 11a、第二增压泵 18a;开启针阀 16e、第一真空泵 14 进行抽真空,然后关闭针阀 16e、第一真空泵 14,开启针阀 10a、第二增压泵 18a、针阀 16f,把乙烷气瓶 10 中的乙烷气体注入到位于天平 13 上的配气瓶 12 中,达到设定质量后关闭针阀 16f、针阀 10a、第二增压泵 18a;开启针阀 16e、第一真空泵 14 进行抽真空,然后关闭针阀 16e、第一真空泵 14,开启针阀 9a、第二增压泵 18a、针阀 16f,把甲烷气瓶 9 中的甲烷气体注入到位于天平 13 上的配气瓶 12 中,达到设定质量后关闭所有针阀完成气体配置。

[0030] (3) 天然气增压系统工作过程为:在气体配置完成后,开启第一减压阀 17、针阀 16c 利用第一增压泵 18 经流量计 19 和第一止回阀 20 向反应釜 1 注入气体达到设计压力值。

[0031] (4) 供水系统工作过程为:实验过程中需要用水饱和和多孔介质时,开启针阀 16b,

用电动泵 22 或手动泵 21 把蒸馏水罐 23 中的蒸馏水供给反应釜 1, 水槽 24 经排水阀 26 与反应釜 1 连接可进行排水操作。

[0032] (5) 计算机数据采集系统工作过程为: 热电偶 3b、3a、3、第一压力变送器 4、第二压力变送器 4a、差压变送器 5 采集得到冷库温度、乙二醇浴温度、釜内温度以及釜内压力等模拟信号, 这些信号被传输到数据采集模块 6 进行数据处理得到数字信号, 数字信号传入工控机 7 后由 MCGS 软件进行数据显示和存储。

[0033] (6) 其他工作系统:

[0034] a、氮气瓶经第二减压阀 17a、针阀 16 和第二止回阀 20a 可向整个系统供给检漏和扫气用气体。

[0035] b、回收气囊 25 经针阀 25a 与反应釜 1 连接, 并设有一个安全阀 15 和一个第二真空泵 14a。

[0036] 图 3 所示为反应釜结构图。先把一侧的法兰盘堵头 29 固定于反应釜体 33 上, 加入填料 34 后再把另一侧法兰盘堵头 29 固定于反应釜体 33 上, 在法兰盘堵头 29 的内侧设有防止填料 34 外漏的过滤网 32。通入氮气瓶 8 中气体检验法兰盘堵头 29 与反应釜体 33 之间是否存在泄漏, 确认密封完好后将反应釜 1 经下管道接口 30 和上管道接口 31 接入管道系统。

[0037] 上述检测装置进行了甲烷在玻璃砂中压力 (P) 一温度 (T) 条件的试验。实验所用的甲烷来源于大连光明特种气体有限公司, 纯度 99.9%。所用的水为蒸馏水。先将反应釜 1 用蒸馏水清洗干净, 利用玻璃砂和蒸馏水交替加入的方法加入一定粒径的玻璃砂后 (玻璃砂紧密的填充在反应釜 1 中), 将反应釜 1 竖直静止放置 3 小时以上, 使部分蒸馏水排出; 连接管路, 用氮气瓶 8 检查管路是否有泄漏并通入氮气进行扫气, 完毕后利用第二真空泵 14a 抽真空; 向反应釜 1 内通入已经配置好的配气瓶 12 中实验气体, 并利用第二增压泵 18a 将压力控制在实验设计压力; 保持系统温度 24 小时, 确定气体充分溶解。开启冷库 27 获得低温环境, 开启第一减压阀 17 对数据进行采集, 利用温控槽 2 冷却系统到实验设计温度。观察温度、压力的变化。温度出现明显升高时甲烷水合物开始生成, 压力不再变化时水合物生成结束, 保持 10h, 然后升高温度, 促使甲烷水合物分解, 然后再次生成水合物。获得均匀水合物分布后升温促使甲烷水合物分解, 得到相平衡点数据。实验数据与文献数据对比显示, 本系统工作状态良好。

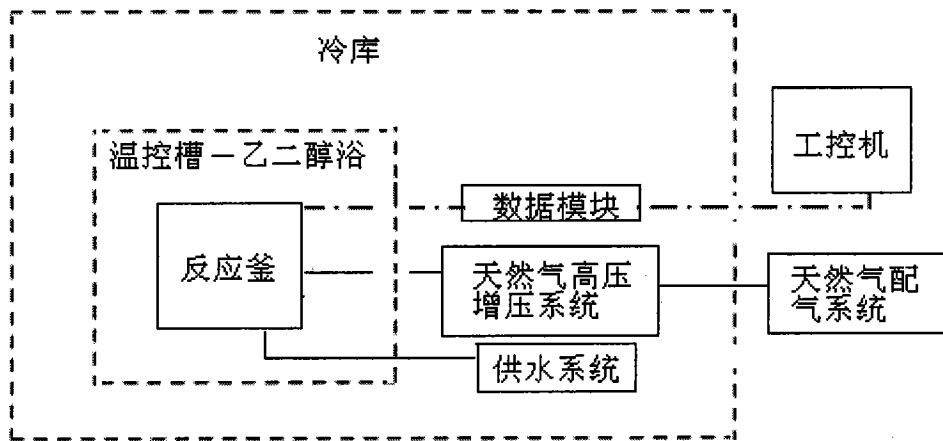


图 1

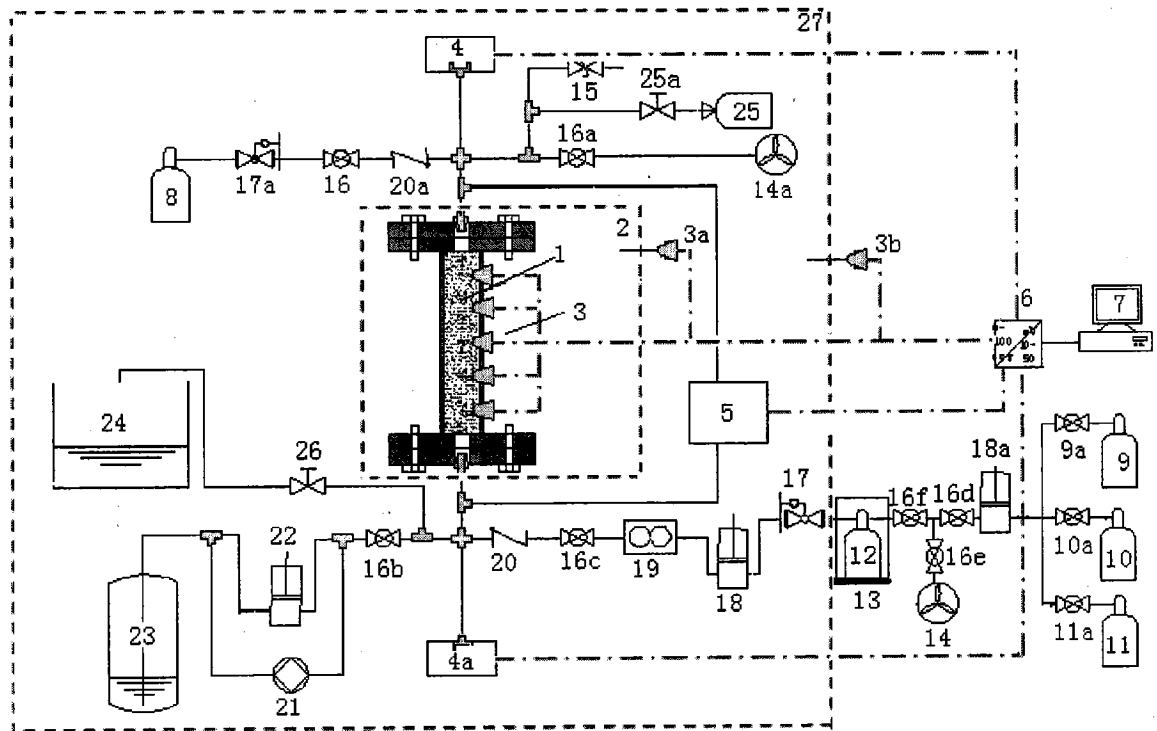


图 2

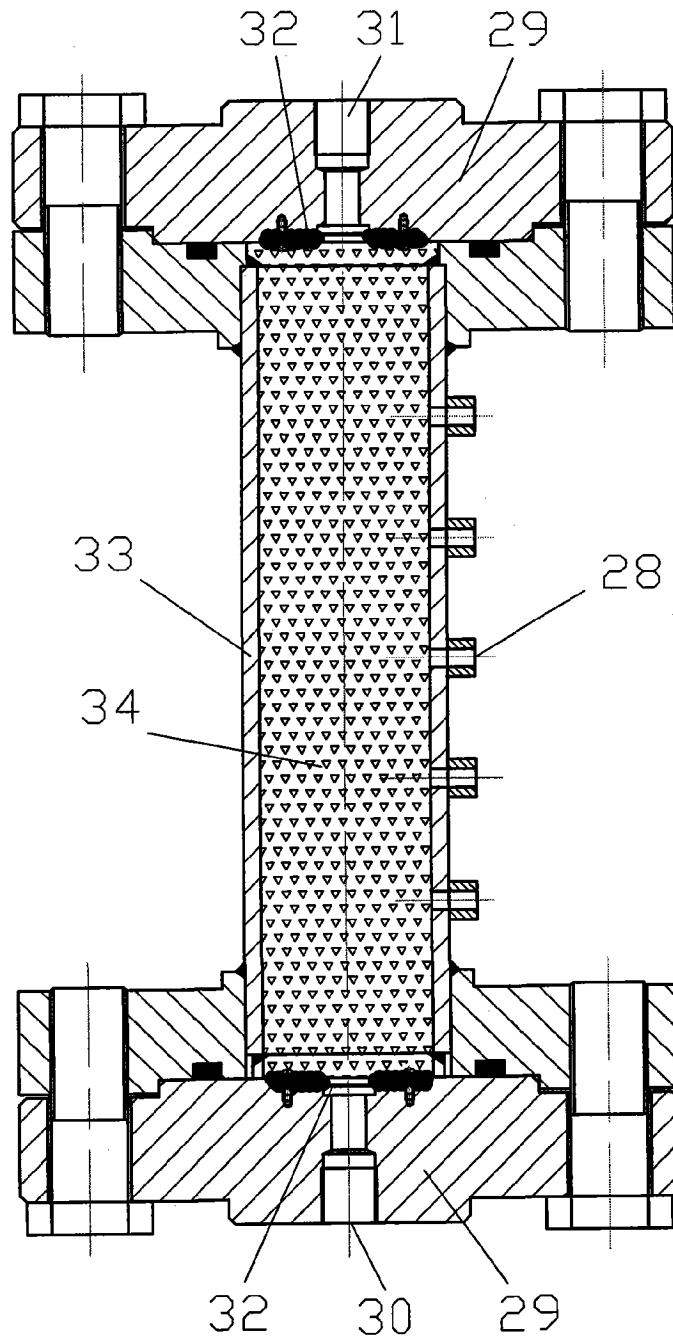


图 3