

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01N 7/10 (2006.01)

G01N 15/08 (2006.01)



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200720300514.4

[45] 授权公告日 2008 年 10 月 15 日

[11] 授权公告号 CN 201133888Y

[22] 申请日 2007.12.28

[21] 申请号 200720300514.4

[73] 专利权人 中国科学院武汉岩土力学研究所

地址 430071 湖北省武汉市武昌区小洪山

[72] 发明人 王颖 李小春 魏宁

[74] 专利代理机构 武汉宇晨专利事务所

代理人 黄瑞棠

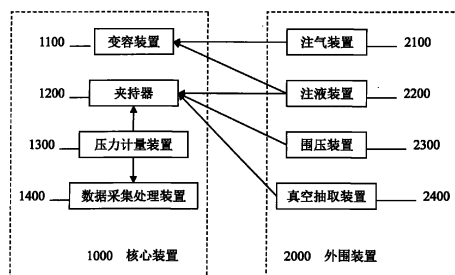
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 4 页

[54] 实用新型名称

一种基于变容的材料渗透系数测量仪器

[57] 摘要

本实用新型公开了一种基于变容的材料渗透系数测量仪器，涉及一种材料渗透系数测量仪器。本实用新型由核心装置(1000)和外围装置(2000)两部分组成：核心装置(1000)，包括变容装置(1100)、岩芯夹持器(1200)、压力计量装置(1300)和数据采集处理装置(1400)；外围装置(2000)包括注气装置(2100)、注液装置(2200)、围压装置(2300)和真空抽取装置(2400)。本实用新型因其成本低廉、操作简单、测量速度快、测量范围广、且测量精度高，使其具有重大的室内实验和工程应用价值。



1、一种基于变容的材料渗透系数测量仪器，其特征在于：

由核心装置（1000）和外围装置（2000）两部分组成：

核心装置（1000），包括变容装置（1100）、岩芯夹持器（1200）、压力计量装置（1300）和数据采集处理装置（1400）；

外围装置（2000）包括注气装置（2100）、注液装置（2200）、围压装置（2300）和真空抽取装置（2400）；

核心装置（1000）与外围装置（2000）有两种连接方式：

变容装置（1100）分别连接注气装置（2100）和注液装置（2200）；岩芯夹持器（1200）分别连接注液装置（2200）、围压装置（2300）、真空抽取装置（2400）和压力计量装置（1300）；压力计量装置（1300）连接数据采集处理装置（1400）；

变容装置（1100）分别连接注气装置（2100）、注液装置（2200）和真空抽取装置（2400）；岩芯夹持器（1200）分别连接注液装置（2200）、围压装置（2300）和压力计量装置（1300）；压力计量装置（1300）连接数据采集处理装置（1400）。

2、按权利要求1所述的基于变容的材料渗透系数测量仪器，其特征在于：

变容装置（1100）包括结构相同的第1变容装置（1110）和第2变容装置（1120）；

第1变容装置（1110）包括第1变容容器（1111）、第1分隔膜（1112）、第1排液筒（1113）；第1分隔膜（1112）夹在第1变容容器（1111）内；第1排液筒（1113）接收第1变容容器（1111）排出的液体。

一种基于变容的材料渗透系数测量仪器

技术领域

本实用新型涉及一种材料渗透系数测量仪器，尤其涉及一种快速、宽幅的基于变容的材料渗透系数测量仪器。

背景技术

天然岩石的渗透系数分布范围超过 10 个数量级。特别是，由于近年来油气田的开发、放射性物质的地下处置以及温室气体的地质封存等工程的安全性评价和施工设计，迫切需要测量与这些工程相关的材料在外力、温度和化学作用下，其渗透性能的变化规律。在这种情况下，同一块材料的渗透系数可能大幅度变化达好几个数量级——从小于 $1\mu\text{D}$ （达西）到 1D 。

目前，常用的各种渗透系数测量仪器所能测量的范围一般在 2~3 个数量级；国内外尚无采用变容压力脉冲法测量渗透系数的仪器；国际上主要用来测量低渗材料渗透系数的测量方法（例如传统压力脉冲法、恒流泵法等），其主要理论依据和部分技术指标与本实用新型相当，但具体的仪器设计、求解方法和本实用新型不一样，且成本也非常昂贵。

发明内容

本实用新型的目的是为了满足测量上述材料在外力、温度或化学作用下，其渗透系数大幅度变化的要求，提供一种基于变容的材料渗透系数测量仪器。

本实用新型的目的是这样实现的：

一、设计思路

- 1、利用试压泵，通过合理控制阀门和压力表，获得设计所需要的压力脉冲。
- 2、设计有综合压缩性可以改变的变容装置，通过合理调节变容容器内气液体积比，从而获得跨越六个数量级以上的综合压缩性。

3、设计有采集被测试件两端的压差-时间曲线的数据采集处理装置。

4、设计有针对本实用新型而编制的反分析计算软件，拟和采集的压差-时间曲线图，自动生成被测试件及仪器各参数值。（另案申请国家计算机软件著作权登记）

二、设计方案

如图 1.1、1.2，本实用新型由核心装置（1000）和外围装置（2000）两部分组成：

核心装置（1000），包括变容装置（1100）、岩芯夹持器（1200）、压力计量装置（1300）和数据采集处理装置（1400）；

外围装置（2000）包括注气装置（2100）、注液装置（2200）、围压装置（2300）和真空抽取装置（2400）。

核心装置（1000）与外围装置（2000）有两种连接方式；

连接方式一：如图 1.1，变容装置（1100）分别连接注气装置（2100）和注液装置（2200）；岩芯夹持器（1200）分别连接注液装置（2200）、围压装置（2300）、真空抽取装置（2400）和压力计量装置（1300）；压力计量装置（1300）连接数据采集处理装置（1400）；

连接方式二：如图 1.2，变容装置（1100）分别连接注气装置（2100）、注液装置（2200）和真空抽取装置（2400）；岩芯夹持器（1200）分别连接注液装置（2200）、围压装置（2300）和压力计量装置（1300）；压力计量装置（1300）连接数据采集处理装置（1400）。

本实用新型的工作原理是：

外围装置（2000）是建立起连接核心装置（1000）的外围辅助设备，通过施加围压、注气检漏、抽取真空、注液加压和释放脉冲，做好测量准备工作，然后由核心装置（1000）完成脉冲衰减、压差-时间数据采集及处理等测量主要工作，获得最终测量结果。

本实用新型可实现双向测量，即压力脉冲可从夹持器（1200）两端中任意一端释放，可根据试验时的具体情况来简便操作，亦可提高测量的精度。

主要是设计被测试件（W）、变容装置（1100）和数据采集处理装置（1400）之间的相互关系。变容装置（1100）可在仪器设计范围内自由调节，来改变其综

合压缩性（即容水量）的大小，关键是根据被测试件（W），调节第1、2变容容器（1111、1121）内气体体积的大小，达到试验设计值进行试验，再由数据采集处理装置（1400）自动生成被测试件（W）及仪器各参数值。

本实用新型的核心装置（1000）有以下特点：

1、设计精巧，结构对称，泄漏降到最低，误差减到最小，如：

(a) 利用高质量钢管、阀门、联合接头，获得极低泄漏率、高稳定性的极佳效果；

(b) 采用结构相同的第1、2变容装置（1110、1120），对称连接，保证了核心装置（1000）整体结构的对称性，以减小误差；

(c) 利用弹性和密封性较好的天然胶乳材料制成的分隔膜来完成变容容器内气液分隔的效果，自由改变气液体积比，调节简单，性能稳定，效果好。

2、自主设计变容装置（1100），经过严格推理计算，设计其尺寸、选材、加工工艺以及装配等，使其性能稳定、效果可靠、操作方便，且保证了测量精度。

3、自主设计优化夹持器（1300），将其改装为己所用，确保试验的合理性，尽可能多地减少误差来源。

4、所测量的压力信号先经数据采集卡（1410）采集成电压信号，然后在终端设备（1420）中进行转换成压力信号，获得压差-时间曲线图，再导入针对本实用新型而编制的反分析计算软件，自动生成本测量仪器的相关参数，即本仪器所需要的测量结果。

本实用新型具有以下优点和积极效果：

1、由于是快速（小于30分钟）、宽幅（6个量级）的室内渗透系数测量仪器，本实用新型特别适用于测量在外力、温度或化学作用下，其渗透系数大幅度变化的材料。快速测量可减少因长时间测量引起的仪器泄漏或温度波动引起的系统误差等；宽幅测量可扩大其应用范围，亦可减少试验过程中因需改换多套装置而引起的系统泄漏以及操作复杂等问题，亦可避免试验成本过于昂贵，因此本实用新型的测量结果更精确，操作更方便，成本更低廉。

2、整个仪器中每一个装置以及零部件的完美设计、精工制作、专业装配等特点，有利于减少误差来源、降低误差大小，以及对测量结果的高效处理，使得本实用新型更具发展前途和其它潜在应用前景。

3、外围装置的部件均采用了市场成熟产品，且拆装简便、灵活。在其完成试验准备工作之后，可拆卸作它用，降低成本，简化仪器，方便携带，为本实用新型以后的自动化和市场化提供了有力的支持。

4、本实用新型的测量精度和测程范围，及其具有多种连接方式的结构，已占据国际同类产品的领先地位，更具有能够为油气田的开发、放射性物质的地下处置以及温室气体的地质封存等工程的安全性评价和施工设计提供特殊测量手段和便利服务。

5、本实用新型开发出的大量程渗透仪已在试验室内得到验证，为本实用新型的应用及推广开辟了广阔的天地。

总之，本实用新型因其成本低廉、操作简单、测量速度快、测量范围广、且测量精度高，使其具有重大的室内实验和工程应用价值。

经检测，本实用新型具有以下基本性能指标：

- 1、量程：渗透系数 $1 \mu D \sim 1D$ ；
- 2、时间：5~30 分钟；
- 3、精度：5%以内。

附图说明

图 1.1 是本实用新型连接方式一的结构方框图；

图 1.2 是本实用新型连接方式二的结构方框图；

图 2 是变容装置结构示意图；

图 3 是本实用新型的核心装置结构示意图；

图 4 是本实用新型连接方式二的总体结构示意图。

(图中的实线代表管路，虚线代表电路。)

其中：

1000—核心装置，

1100—变容装置，

1110—第 1 变容装置，

1111—第 1 变容容器，1112—第 1 分隔膜，1113—第 1 排液筒，

1120—第 2 变容装置，

1121—第2变容容器, 1122—第2分隔膜, 1123—第2排液筒;
1200—夹持器;
1300—压力计量装置,
1310—差压计, 1321—第1压力传感器, 1322—第2压力传感器;
1400—数据采集处理装置,
1410—数据采集卡, 1420—终端设备。
2000—外围装置,
2100—注气装置, 2200—注液装置, 2300—围压装置, 2400—真空抽取装置。
W—被测试件; F—阀门; P—压力表。

具体实施方式

本实用新型在渗透系数 $1 \mu D \sim 1D$ 的测量范围内, 实现快速、宽幅的精确测量, 采用了综合压缩性可变的变容装置 (1100)。

根据被测试件(W)渗透系数的不同, 调节变容装置 (1100) 的综合压缩性, 确定合适的气液体积比, 用加压和减压功能灵活稳定的试压泵给仪器施加初始基压和压力脉冲, 通过仔细、合理地加压以达到所设计的压力脉冲大小, 使压力计量装置 (1300) 采集到均衡可靠的电压信号, 再传输到数据采集处理装置 (1400) 中进行转换计算, 生成本实用新型及被测试件 (W) 的相关参数。数据采集卡输出则利用高频来完成采集与压差对应的电压信号, 保证精确反映被测试件(W) 两端压差随时间的变化规律, 在终端设备上生成压差-时间曲线图, 并严格记录下各采集时间点的压力信号数据, 获得高准确性、高稳定性的测量结果。视需要可接入压力传感器记录被测点各采集时刻的压力值大小, 以便生成更多试验相关参数, 更加方便对试验数据的处理及讨论。针对本实用新型编制的反分析计算软件 (另案申请国家计算机软件著作权登记) 进行数据处理时, 会对所测量的压差-时间曲线图选择合理的曲线段及配合误差修正, 确保试验结果真实可靠。

下面结合附图和实施例对有关功能部件详细说明:

一、核心装置 (1000)

如图 1.1、1.2, 核心装置 (1000) 包括四个部分: 变容装置 (1100)、夹持器 (1200)、压力计量装置 (1300) 和数据采集处理装置 (1400)。

1、变容装置 (1100)

参见实用新型专利申请《基于流体综合压缩性可变的变容水量容器》(申请人:中国科学院武汉岩土力学研究所;发明人:李小春、王颖、魏宁;申请日:2007年10月18日,申请号:200720087599.2。)

如图2,变容装置(1100),自主设计、选材、定做、加工及装配,使其综合压缩性在一个宽幅范围内可以自由调节,以使第1、2变容容器(1111、1121)内流体综合压缩性达6个数量级。

变容装置(1100)包括结构相同的第1变容装置(1110)和第2变容装置(1120);

第1变容装置(1110)包括第1变容容器(1111)、第1分隔膜(1112)、第1排液筒(1113);第1分隔膜(1112)夹在第1变容容器(1111)内;第1排液筒(1113)接收第1变容容器(1111)排出的液体;

变容装置(1100)连接注气装置(2100)和注液装置(2200);

第1、2变容容器(1111、1121)内分别通过第1、2分隔膜(1112、1122)将气液分隔开,第1、2分隔膜(1112、1122)可膨胀或收缩,以达到变容目的,且试验过程中,第1、2分隔膜(1112、1122)上下压力保持平衡;

第1、2分隔膜(1112、1122)膨胀时,可分别将第1、2变容容器(1111、1121)内液体排出,分别由第1、2排液筒(1113、1123)接收。

第1、2变容容器(1111、1121)内流体综合压缩性的计量公式为:

$$C_s = (C_w \times V_w + C_r V_r + C_g V_g) / V_s \quad (1)$$

$$V_s = V_w + V_r + V_g \quad (2)$$

其中:

C_s —流体综合压缩系数;

C_w —液体压缩系数;

C_r —分隔膜压缩系数

C_g —气体压缩系数;

V_s —容器体积；

V_w —液体体积；

V_f —分隔膜体积；

V_g —气体体积。

第 1、2 变容容器（1111、1121）体积已知，通过注气排液，量测第 1、2 排液筒（1113、1123）内排出液体的质量 M_w ，再按下列公式将 M_w 换算成注入气体的体积 V_g 即可：

$$V_g = M_w / \rho_w \quad (3)$$

其中：

V_g —第 1、2 变容容器（1111、1121）内气体体积；

M_w —第 1、2 排液筒（1113、1123）内排出液体质量；

ρ_w —液体密度。

2、如图 3，压力计量装置（1300）包括差压计（1310）和第 1、2 压力传感器（1321、1322）；

差压计（1310）、第 1、2 压力传感器（1321、1322）为标准件，选用精度及采集频率较高的产品；仪器中所用阀门（F）及压力表（P）均为标准件；夹持器（1200）为标准件改装。

3、核心装置（1000），试验数据的记录启用了数据采集处理装置（1400），所有的测试数据得以数字化，自行编制了专门用于变容压力脉冲试验的数据处理软件。利用此反分析计算软件来拟合试验所测得的压差-时间曲线图，自动生成被测试件（W）及仪器各相关参数值。

二、外围装置（2000）

1、如图 1.1、图 1.2，外围装置（2000）包括四个部分：注气装置（2100）、注液装置（2200）、围压装置（2300）和真空抽取装置（2400）；外围装置（2000）与核心装置（1000）之间连接有两种连接方式。

2、如图 4，注气装置（2100）、注液装置（2200）、围压装置（2300）、真空抽取装置（2400）均为标准件；

3、外围装置（2000）与核心装置（1000）是分开工作的，时间上是前后工作的；当核心装置（1000）开始试验时，外围装置（2000）可以全部拆卸下来，用做它用，从而可以充分利用、节约成本。

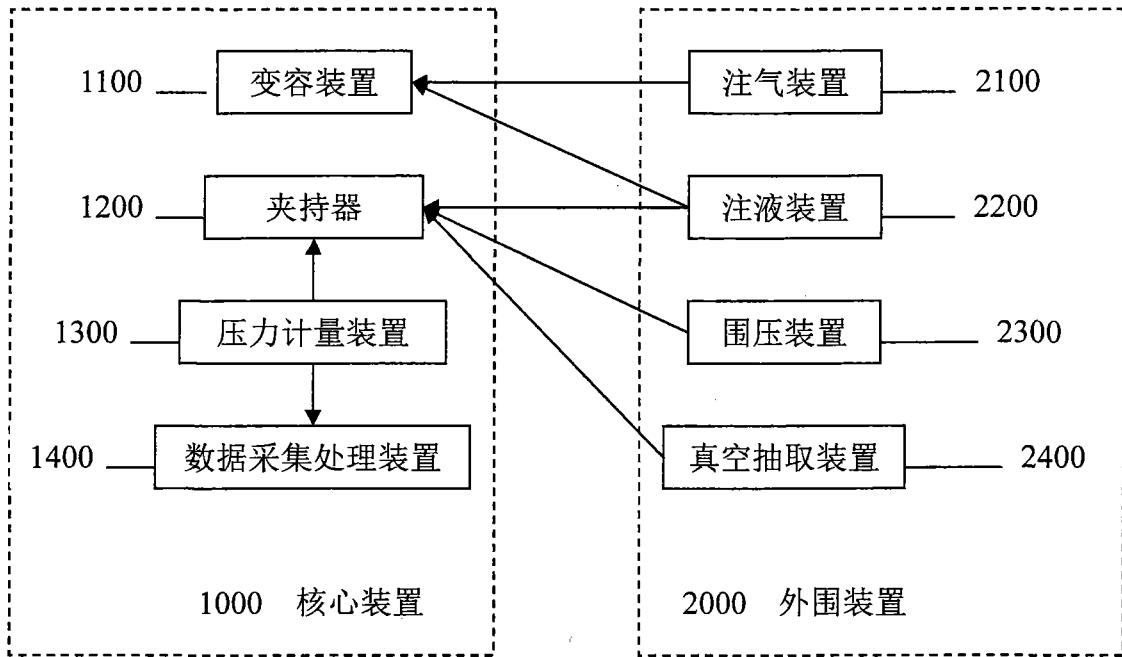


图 1.1

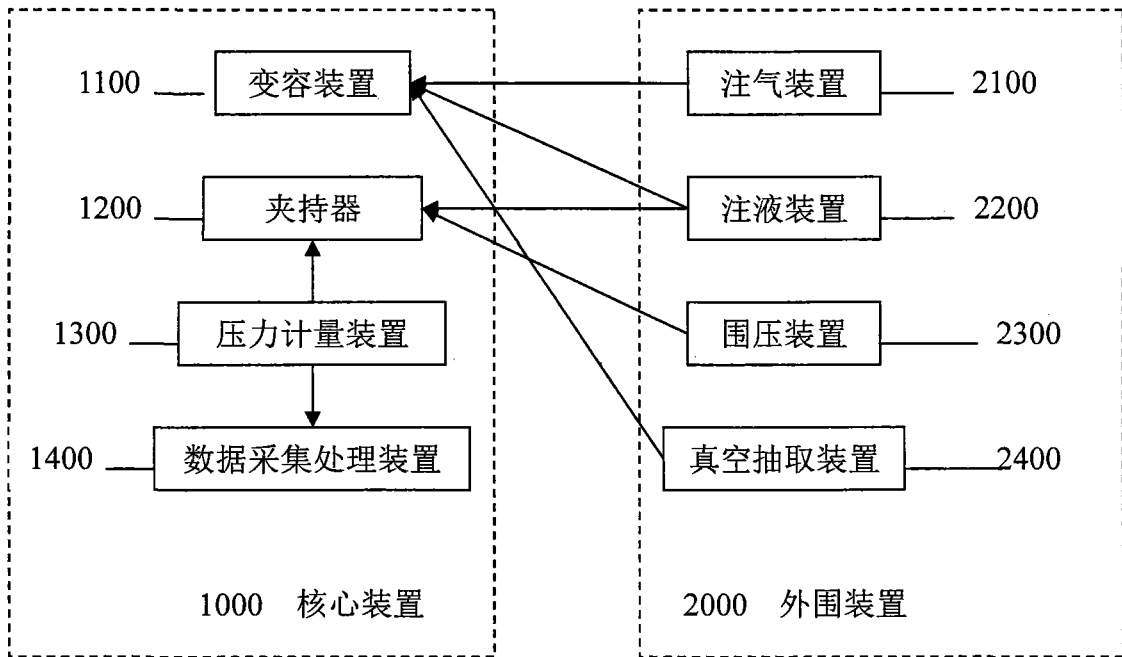


图 1.2

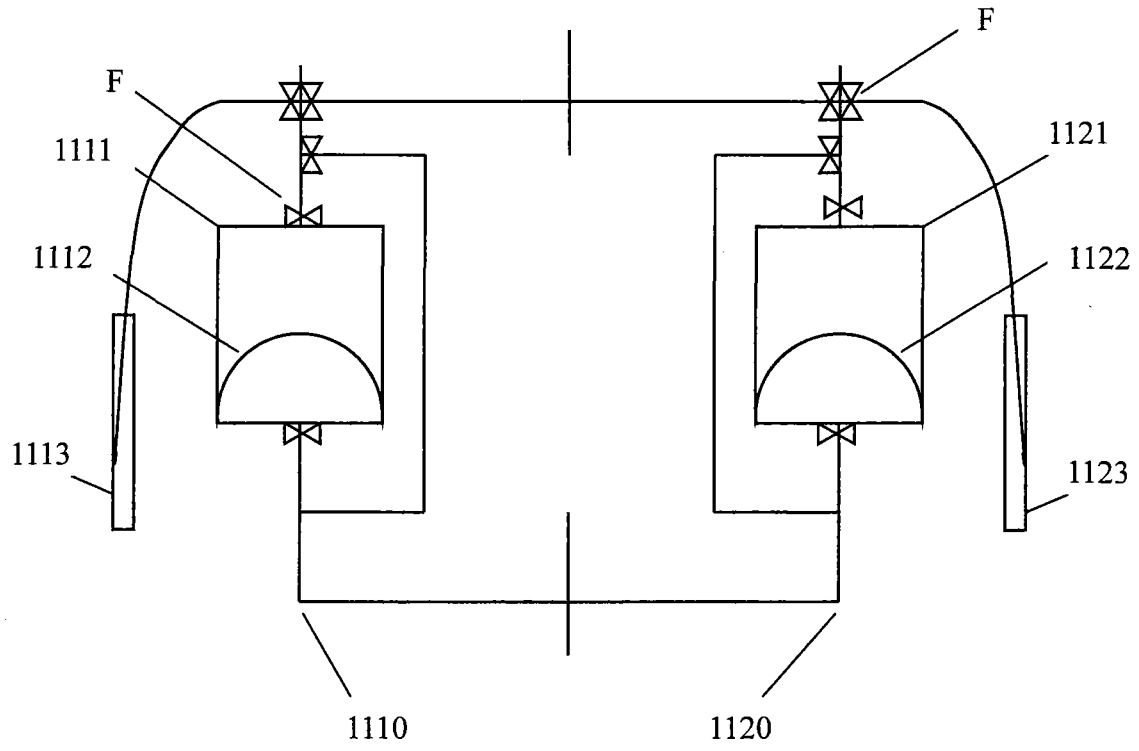


图 2

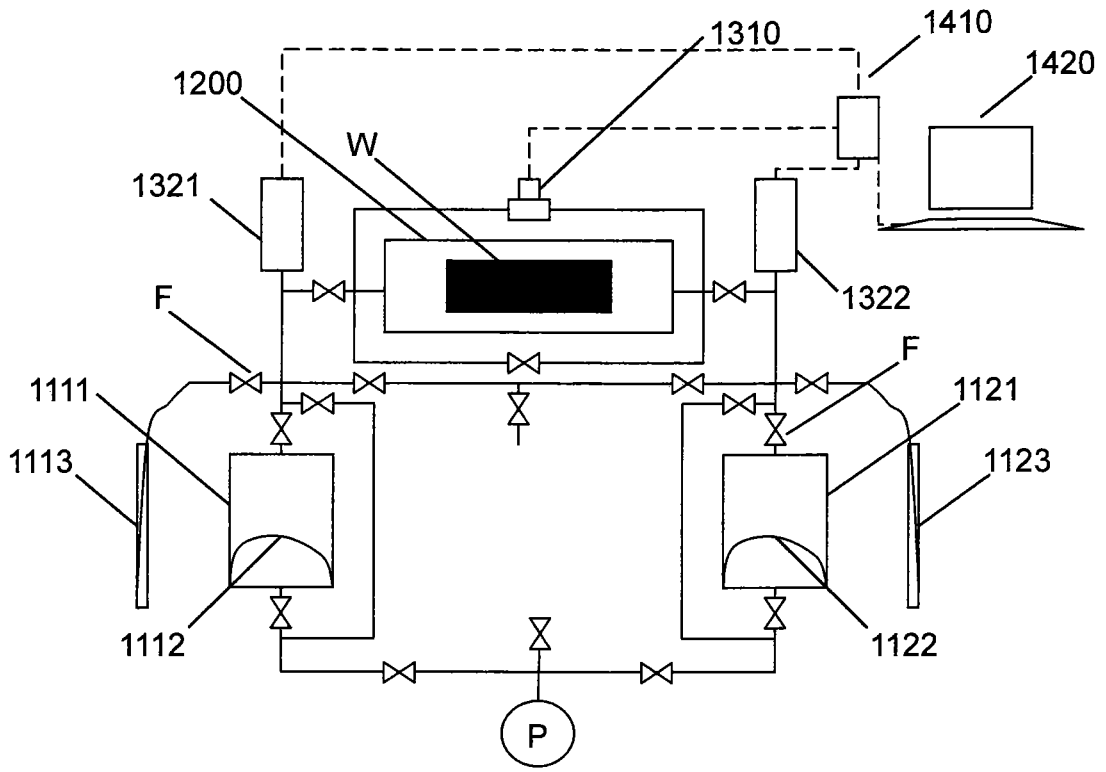


图 3

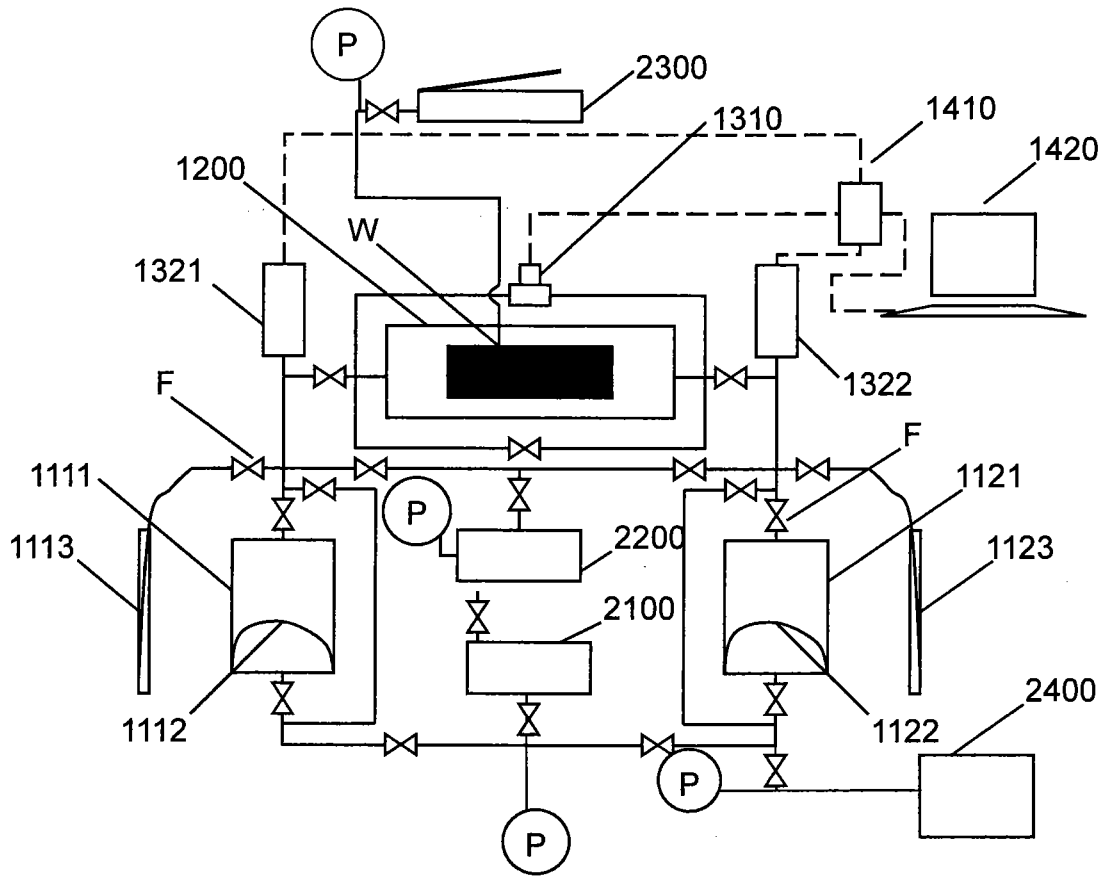


图 4