



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 203249841 U

(45) 授权公告日 2013. 10. 23

(21) 申请号 201320302086. 4

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

(22) 申请日 2013. 05. 29

(73) 专利权人 武汉大学

地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山武汉大学

(72) 发明人 陈益峰 胡少华 魏凯 胡冉 周创兵

(74) 专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务所 (特殊普通合伙) 42222

代理人 鲁力

(51) Int. Cl.

G01N 7/00 (2006. 01)

G01N 15/08 (2006. 01)

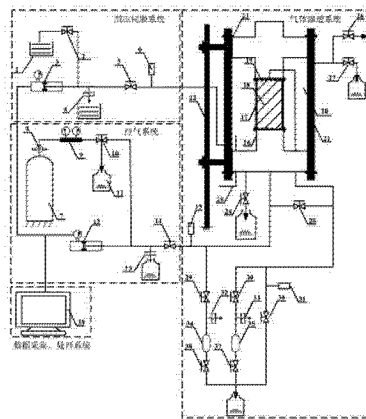
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54) 实用新型名称

低渗岩石瞬态气压脉冲渗透率测量装置

(57) 摘要

本实用新型涉及低渗岩石瞬态气压脉冲渗透率测量装置, 该装置包括围压伺服系统、气压伺服系统、数据采集处理系统; 其中, 围压伺服系统可以在低渗岩石试样侧向施加 0~60MPa 围压; 气压伺服系统由注气系统和气体渗透系统组成, 注气系统可提供 0. 1~10MPa 的高纯氮气, 气体渗透系统可进行管道回路和钢瓶回路两个不同量程的气体渗透试验; 数据采集系统能实时采集岩石试样在进、出口回路的压力, 同时绘制进、出口回路的压力-时间曲线并自动计算岩石试样的渗透率, 进行存储及显示。该测量装置可完成岩石材料特别是低渗岩石在不同围压下的渗透率测试试验, 试验过程操作简单, 结果可靠, 并可直观显示结果。



1. 一种低渗岩石瞬态气压脉冲渗透率测量装置,其特征在于,包括围压伺服系统、注气系统、气体渗透系统;以及数据采集、处理装置;所述气体渗透系统分别与围压伺服系统、注气系统相连;所述数据采集、处理装置分别与围压伺服系统、注气系统、气体渗透系统连接。

2. 根据权利要求1所述的低渗岩石瞬态气压脉冲渗透率测量装置,其特征在于,所述围压伺服系统包括高压油箱(1)、第一液压阀门(2)、第一高精度液压泵(3)、第一安全片(4)、第二液压阀门(5)以及围压传感器(6);所述第一高精度液压泵(3)、第一安全片(4)、第二液压阀门(5)依次连接后接围压传感器(6);第一液压阀门(2)一端与高压油箱(1)连接,另一端分别与第二液压阀门(5)和接围压传感器(6)连接;所述第一高精度液压泵(3)还与注气系统连接;所述围压传感器(6)还与气体渗透系统连接。

3. 根据权利要求2所述的低渗岩石瞬态气压脉冲渗透率测量装置,其特征在于,所述注气系统包括高压氮气(7)及与之相连的气阀(8),所述气阀(8)还依次连接气体减压阀(9)、第三液压阀门(10);所述第三液压阀门(10)上接一废气收集容器(11)后分别接与第二安全片(13)和第四液压阀门(14)连接;所述第二安全片(13)前与第二高精度液压泵(12)相连后与上述第一高精度液压泵(3)连接,后与第四液压阀门(14)相连后与气体渗透系统相连。

4. 根据权利要求3所述的低渗岩石瞬态气压脉冲渗透率测量装置,其特征在于,所述气体渗透系统包括进口端、试样及试样密封系统、压力室及支撑装置、以及出口端;其中进口端包括进口端压力传感器(15)、第五液压阀门(29)、第三安全片(32)、进口端钢瓶(34)、第六液压阀门(38);所述第三安全片(32)前与第五液压阀门(29)相连,后与进口端钢瓶(34)、第六液压阀门(38)依此相连;试样及试样密封系统包括试样(18)、封气箍(16)、橡皮套(17)、渗透活塞(19);压力室及支撑装置包括压力室(20)、固定压力室(20)的支架(21)、与支架(21)通过紧固螺帽(23)连接固定的支柱(22)、与压力室相连的温度计(25)、置于压力室(20)左下端连通高压油箱(1)的第七液压阀门(24)、置于压力室(20)右上端连通大气的第八液压阀门(26)以及连通高压油箱(1)的第九液压阀门(27);出口端包括出口端压力传感器(31)、分别与出口端压力传感器(31)相连的第十液压阀门(30)和第十一液压阀门(36)、第四安全片(33)、出口端钢瓶(35)、第十二液压阀门(37);第四安全片(33)前与第十一液压阀门(36)连接,后与出口端钢瓶(35)、第十二液压阀门(37)依此相连;进口端与出口端由第十三液压阀门(28)相连通;所述围压伺服系统的第二液压阀门(5)与气体渗透系统的压力室(20)相连;所述围压伺服系统的第二液压阀门(5)与气体渗透系统的压力室(20)相连;注气系统的第四液压阀门(14)与气体渗透系统的进口端压力传感器(15)相连;围压伺服系统的第一高精度液压泵(3)与采集、处理装置由计算机(39)相连,注气系统第二高精度液压泵(12)与采集、处理装置由计算机(39)相连。

5. 根据权利要求4所述的低渗岩石瞬态气压脉冲渗透率测量装置,其特征在于,所述数据采集、处理装置包括一个计算机(39)。

低渗岩石瞬态气压脉冲渗透率测量装置

技术领域

[0001] 本实用新型属于岩体渗流与渗流-应力耦合技术领域,特别涉及适用于不同围压条件下的低渗岩石瞬态气压脉冲渗透率测量装置。

背景技术

[0002] 低渗岩石的渗透性研究对低渗透油气田开发、地下能源储存、温室气体地下封存、高瓦斯矿井瓦斯抽放、放射性废物地质处置等领域都具有非常重要的意义。然而,由于低渗岩石的渗透性试验时间长、密封难度大、精度要求高以及易受环境影响等特点,目前国内外针对低渗透岩石的试验研究还远远未能满足工程建设与安全评估需求。岩石渗透率测试的室内试验方法可分为稳态流量法、瞬态压力脉冲法和压力振荡波法。其中,瞬态压力脉冲法因其理论成熟、测量精度可达 10^{-22}m^2 而被广泛采用;渗透流体可以选用水、气体(如氮气、氦气)或煤油,由于气体具有粘滞性小、不易与岩样发生物理化学反应等特点,因此低渗岩石渗透率测试多以气体作为渗透流体。然而,国内目前尚未具备研究不同围压条件下低渗岩石渗透率测量的瞬态压力脉冲法气体渗透装置。

实用新型内容

[0003] 一种适用于不同围压条件下低渗岩石瞬态气压脉冲渗透率测量装置及试验方法,并给出了该装置的试验方法。

[0004] 本实用新型装置包括围压伺服系统、气压伺服系统和数据采集处理系统。其中,围压伺服系统可以在低渗岩石试样侧向施加 $0 \sim 60 \text{MPa}$ 围压;气压伺服系统由注气系统和气体渗透系统组成,注气系统可提供 $0.1 \sim 10 \text{MPa}$ 的高纯氮气,气体渗透系统可进行管道回路和钢瓶回路两个不同量程的气体渗透试验;数据采集系统能实时采集岩石试样在进、出口回路的压力,同时绘制进、出口回路的压力-时间曲线并自动计算岩石试样的渗透率,进行存储及显示。各系统详细介绍如下:

[0005] 1、围压伺服系统

[0006] 围压伺服系统采用三轴流变仪围压伺服系统。该系统是专为岩石和混凝土类材料进行力学性能试验而设计的,操作方便,自动化程度高,试验完全在计算机控制下进行。围压伺服系统可以施加侧向 $0 \sim 60 \text{MPa}$ 围压,控制精度为 0.01MPa ,可在两个月内保持稳定,误差不超过 1%。

[0007] 围压伺服系统包括高压油箱、第一液压阀门、第一高精度液压泵、第一安全片、第二液压阀门以及围压传感器;所述第一高精度液压泵、第一安全片、第二液压阀门依次连接后接围压传感器;第一液压阀门一端与高压油箱连接,另一端分别与第二液压阀门和接围压传感器连接;所述第一高精度液压泵还与注气系统连接;所述围压传感器还与气体渗透系统连接。

[0008] 2、气压伺服系统

[0009] 气体渗透系统由注气系统和气体渗透系统组成,其关键是气体渗透系统的密封

性。

[0010] (1) 注气系统包括高压氮气、气阀、气体减压阀及连通管道。高压氮气最大进气压力为 20MPa, 气体减压阀可以提供 0.1~10MPa 的出气压力。

[0011] 注气系统包括高压氮气及与之相连的气阀, 所述气阀还依次连接气体减压阀、第三液压阀门; 所述第三液压阀门上接一废气收集容器后分别接与第二安全片和第四液压阀门连接; 所述第二安全片前与第二高精度液压泵相连后与上述第一高精度液压泵连接, 后与第四液压阀门相连后与气体渗透系统相连。

[0012] (2) 气体渗透系统可进行管道回路和钢瓶回路两个不同量程的气体渗透试验。管道回路可进行 $10^{-16} \sim 10^{-22} \text{m}^2$ 量程的气体渗透试验, 由进口管道、试样、出口管道组成, 进口管道与出口管道由气阀连接; 钢瓶回路可进行 $10^{-12} \sim 10^{-18} \text{m}^2$ 量程的气体渗透试验, 由进口管道、进口钢瓶、试样、出口钢瓶、出口管道组成。两个回路在量程上有两个量级的交集, 可以对试验结果进行验证。

[0013] 气体渗透系统包括进口端、试样及试样密封系统、压力室及支撑装置、以及出口端; 其中进口端包括进口端压力传感器、第五液压阀门、第三安全片、进口端钢瓶、第六液压阀门; 所述第三安全片前与第五液压阀门相连, 后与进口端钢瓶、第六液压阀门依此相连; 试样及试样密封系统包括试样、封气箍、橡皮套、渗透活塞; 压力室及支撑装置包括压力室、固定压力室的支架、与支架通过紧固螺帽连接固定的支柱、与压力室相连的温度计、置于压力室左下端连通高压油箱的第七液压阀门、置于压力室右上端连通大气的第八液压阀门以及连通高压油箱的第九液压阀门; 出口端包括出口端压力传感器、分别与出口端压力传感器相连的第十液压阀门和第十一液压阀门、第四安全片、出口端钢瓶、第十二液压阀门; 第四安全片前与第十一液压阀门连接, 后与出口端钢瓶、第十二液压阀门依此相连; 进口端与出口端由第十三液压阀门相连通; 所述围压伺服系统的第二液压阀门与气体渗透系统的压力室相连; 所述围压伺服系统的第二液压阀门与气体渗透系统的压力室相连; 注气系统的第四液压阀门与气体渗透系统的进口端压力传感器相连; 围压伺服系统的第一高精度液压泵与采集、处理装置由计算机相连, 注气系统第二高精度液压泵与采集、处理装置由计算机相连。

[0014] (3) 气体渗透系统的密封性主要由管道液压阀门的密封和试样的密封组成。液压阀门采用液压螺纹插装阀, 该阀门气密性非常好; 试样放在高性能橡胶套中并在进出口段放置金属垫片, 在垫片和试样交接部分用封气箍密封。

[0015] 3、数据采集处理系统

[0016] (1) 数据采集处理系统包括进出口气体压力数据采集处理系统、围压数据采集处理系统、轴向 LVDT 以及环向应变计、高性能数据采集板等组成。

[0017] (2) 数据采集控制系统能实时采集岩石试样在进、出口回路的压力, 同时绘制进、出口回路的压力-时间曲线并计算岩石试样渗透率, 进行存储及显示, 可根据计算机显示的结果对试验过程进行自动控制。

[0018] 因此, 本实用新型具有如下优点: 本实用新型可完成岩石材料特别是低渗岩石在不同围压下的渗透率测试试验, 测量过程操作简单, 结果可靠, 并可直观显示结果。

附图说明

- [0019] 附图 1 为低渗岩石瞬态气压脉冲渗透率测量装置示意图。
- [0020] 附图 2 为低渗岩石试样装样及密封示意图。
- [0021] 附图 3 为气体渗透管道回路示意图。
- [0022] 附图 4 为气体渗透钢瓶回路示意图。

具体实施方式

[0023] 为了更加清楚明白的解释本实用新型的目的、技术方案和优点,下面结合附图和实施例对本实用新型进行进一步的说明,图中:高压油箱 1、第一液压阀门 2、第一高精度液压泵 3、第一安全片 4、第二液压阀门 5、围压传感器 6、高压氮气 7、气阀 8、气体减压阀 9、第三液压阀门 10、废气收集容器 11、第二高精度液压泵 12、第二安全片 13、第四液压阀门 14、进口端压力传感器 15、封气箍 16、橡皮套 17、试样 18、渗透活塞 19、压力室 20、支架 21、支柱 22、紧固螺帽 23、第七液压阀门 24、温度计 25、第八液压阀门 26、第九液压阀门 27、第十三液压阀门 28、第五液压阀门 29、第十液压阀门 30、出口端压力传感器 31、第三安全片 32、第四安全片 33、进口端钢瓶 34、出口端钢瓶 35、第十一液压阀门 36、第十二液压阀门 37、第六液压阀门 38、计算机 39。

[0024] 本实用新型的具体结构如下:

[0025] 本实用新型装置包括围压伺服系统、注气系统、气体渗透系统;以及数据采集、处理装置;所述气体渗透系统分别与围压伺服系统、注气系统相连;所述数据采集、处理装置分别与围压伺服系统、注气系统、气体渗透系统连接。其中,围压伺服系统可以在低渗岩石试样侧向施加 0~60MPa 围压;气压伺服系统由注气系统和气体渗透系统组成,注气系统可提供 0.1~10MPa 的高纯氮气,气体渗透系统可进行管道回路和钢瓶回路两个不同量程的气体渗透试验;数据采集系统能实时采集岩石试样在进、出口回路的压力,同时绘制进、出口回路的压力-时间曲线并自动计算岩石试样的渗透率,进行存储及显示。各系统详细介绍如下:

[0026] 1、围压伺服系统。

[0027] 围压伺服系统采用三轴流变仪围压伺服系统。该系统是专为岩石和混凝土类材料进行力学性能试验而设计的,操作方便,自动化程度高,试验完全在计算机控制下进行。围压伺服系统可以施加侧向 0~60MPa 围压,控制精度为 0.01MPa,可在两个月内保持稳定,误差不超过 1%。

[0028] 围压伺服系统包括高压油箱 1、第一液压阀门 2、第一高精度液压泵 3、第一安全片 4、第二液压阀门 5 以及围压传感器 6,;所述第一高精度液压泵 3、第一安全片 4、第二液压阀门 5 依次连接后接围压传感器 6;第一液压阀门 2 一端与高压油箱 1 连接,另一端分别与第二液压阀门 5 和接围压传感器 6 连接;所述第一高精度液压泵 3 还与注气系统连接;所述围压传感器 6 还与气体渗透系统连接。

[0029] 2、气压伺服系统。

[0030] 气体渗透系统由注气系统和气体渗透系统组成,其关键是气体渗透系统的密封性。

[0031] (1) 注气系统包括高压氮气、气阀、气体减压阀及连通管道。高压氮气最大进气压力为 20MPa,气体减压阀可以提供 0.1~10MPa 的出气压力。

[0032] 注气系统包括高压氮气 7 及与之相连的气阀 8, 所述气阀 8 还依次连接气体减压阀 9、第三液压阀门 10; 所述第三液压阀门 10 上接一废气收集容器 11 后分别接与第二安全片 13 和第四液压阀门 14 连接; 所述第二安全片 13 前与第二高精度液压泵 12 相连后与上述第一高精度液压泵 3 连接, 后与第四液压阀门 14 相连后与气体渗透系统相连。

[0033] (2) 气体渗透系统可进行管道回路和钢瓶回路两个不同量程的气体渗透试验。管道回路可进行 $10^{-16} \sim 10^{-22} \text{m}^2$ 量程的气体渗透试验, 由进口管道、试样、出口管道组成, 进口管道与出口管道由气阀连接; 钢瓶回路可进行 $10^{-12} \sim 10^{-18} \text{m}^2$ 量程的气体渗透试验, 由进口管道、进口钢瓶、试样、出口钢瓶、出口管道组成。两个回路在量程上有两个量级的交集, 可以对试验结果进行验证。

[0034] 气体渗透系统包括进口端、试样及试样密封系统、压力室及支撑装置、以及出口端; 其中进口端包括进口端压力传感器 15、第五液压阀门 29、第三安全片 32、进口端钢瓶 34、第六液压阀门 38; 所述第三安全片 32 前与第五液压阀门 29 相连, 后与进口端钢瓶 34、第六液压阀门 38 依此相连; 试样及试样密封系统包括试样 18、封气箍 16、橡皮套 17、渗透活塞 19; 压力室及支撑装置包括压力室 20、固定压力室 20 的支架 21、与支架 21 通过紧固螺帽 23 连接固定的支柱 22、与压力室相连的温度计 25、置于压力室 20 左下端连通高压油箱 1 的第七液压阀门 24、置于压力室 20 右上端连通大气的第八液压阀门 26 以及连通高压油箱 1 的第九液压阀门 27; 出口端包括出口端压力传感器 31、分别与出口端压力传感器 31 相连的第十液压阀门 30 和第十一液压阀门 36、第四安全片 33、出口端钢瓶 35、第十二液压阀门 37; 第四安全片 33 前与第十一液压阀门 36 连接, 后与出口端钢瓶 35、第十二液压阀门 37 依此相连; 进口端与出口端由第十三液压阀门 28 相连通; 所述围压伺服系统的第二液压阀门 5 与气体渗透系统的压力室 20 相连; 所述围压伺服系统的第二液压阀门 5 与气体渗透系统的压力室 20 相连; 注气系统的第四液压阀门 14 与气体渗透系统的进口端压力传感器 15 相连; 围压伺服系统的第一高精度液压泵 3 与采集、处理装置由计算机 39 相连, 注气系统第二高精度液压泵 12 与采集、处理装置由计算机 39 相连。

[0035] (3) 气体渗透系统的密封性主要由管道液压阀门的密封和试样的密封组成。液压阀门采用液压螺纹插装阀, 该阀门气密性非常好; 试样放在高性能橡胶套中并在进出口段放置金属垫片, 在垫片和试样交接部分用封气箍密封。

[0036] 3、数据采集处理系统。

[0037] (1) 数据采集处理系统包括进出口气体压力数据采集处理系统、围压数据采集处理系统、轴向 LVDT 以及环向应变计、高性能数据采集板等组成。

[0038] (2) 数据采集控制系统能实时采集岩石试样在进、出口回路的压力, 同时绘制进、出口回路的压力 - 时间曲线并计算岩石试样渗透率, 进行存储及显示, 可根据计算机显示的结果对试验过程进行自动控制。

[0039] 本实用新型的测量过程如下:

[0040] 步骤 1, 取样装样。钻取 $50\text{mm} \times 100\text{mm}$ 标准岩石试样, 在 105° 烘箱中连续烘烤 24 小时, 然后在真空冷却塔中冷置 24 小时。之后即可放入橡胶套 17 装样, 为了保证装样的密封性, 装样具体如图 2 所示。

[0041] 步骤 2, 施加围压。装样完成后, 依次关闭第二液压阀门 5、第七液压阀门 24、第八液压阀门 26, 然后依次打开第一液压阀门 2、第九液压阀门 27, 给压力室 39 充液压油, 以驱

赶压力室 39 里面的空气。液压油通过管道回路回到高压油箱 1,说明压力室 39 已经充满,此时依此关闭第九液压阀门 27、第一液压阀门 2。打开第一高精度液压泵 3,打开第二液压阀门 5,施加围压至预定值,围压值通过围压传感器 6 实时采集。

[0042] 步骤 3,试样饱和。依次关闭第四液压阀门 14、第十三液压阀门 28、第五液压阀门 29、第十液压阀门 30,然后打开高压氮气 7 的气阀 8,使气体减压阀出气压力 9 达到设定值,打开第四液压阀门 14,打开第二高精度液压泵 3,给进口管道充气直到压力达到设定值。关闭第四液压阀门 14,通过附图 3 所示回路对试样充气饱和,在饱和过程中进出口端的压力值由进出口端压力传感器 15、31 实时采集。待进出口段压力值相等并保持恒定后,打开第十三液压阀门 28。

[0043] 步骤 4,管道回路气体渗透。管道回路气体渗透示意图如图 3 所示,关闭第十三液压阀门 28,打开第四液压阀门 14,打开第二高精度液压泵 12,瞬间提高进口段压力值至预定值,压力增量不要超过基准压力值的 10%,然后关闭打开第一高精度液压泵 3,进行管道回路气体渗透试验。进出口端的压力值由进出口端压力传感器 15、31 实时采集,计算机实时对数据进行存储及显示,并计算岩石试样的渗透率。待进出口段压力值相等并保持恒定后,打开第十三液压阀门 28。

[0044] 步骤 5,钢瓶回路气体渗透。管道回路气体渗透示意图如图 4 所示,依次关闭液压阀第十三液压阀门 28、第十一液压阀门 36、第十二液压阀门 37、第六液压阀门 38,依次打开第五液压阀门 29、第十液压阀门 30、第四液压阀门 14,瞬间提高进口段压力值至预定值,然后关闭第四液压阀门 14,进行钢瓶回路气体渗透试验。进出口钢瓶回路压力时程变化曲线由进出口端压力传感器 15、31 实时采集,计算机实时对数据进行存储及显示,并计算岩石试样的渗透率。待进出口段压力值相等并保持恒定后,打开第十三液压阀门 28。

[0045] 步骤 6,卸压拆样。关闭气阀 8,第十三液压阀门 28、第十一液压阀门 36、第十二液压阀门 37、第六液压阀门 38,将气体排出直到压力显示为管道残余值;通过控制软件卸除围压至管道残余值后关闭第一液压阀门 2,打开第七液压阀门 24、第九液压阀门 27,排出压力室 20 的液压油,油排净后关闭液压阀第七液压阀门 24、第九液压阀门 27,打开试样拆除,试验完毕。

[0046] 本文中所描述的具体实施例仅仅是对本实用新型精神作举例说明。本实用新型所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代,但并不会偏离本实用新型的精神或者超越所附权利要求书所定义的范围。

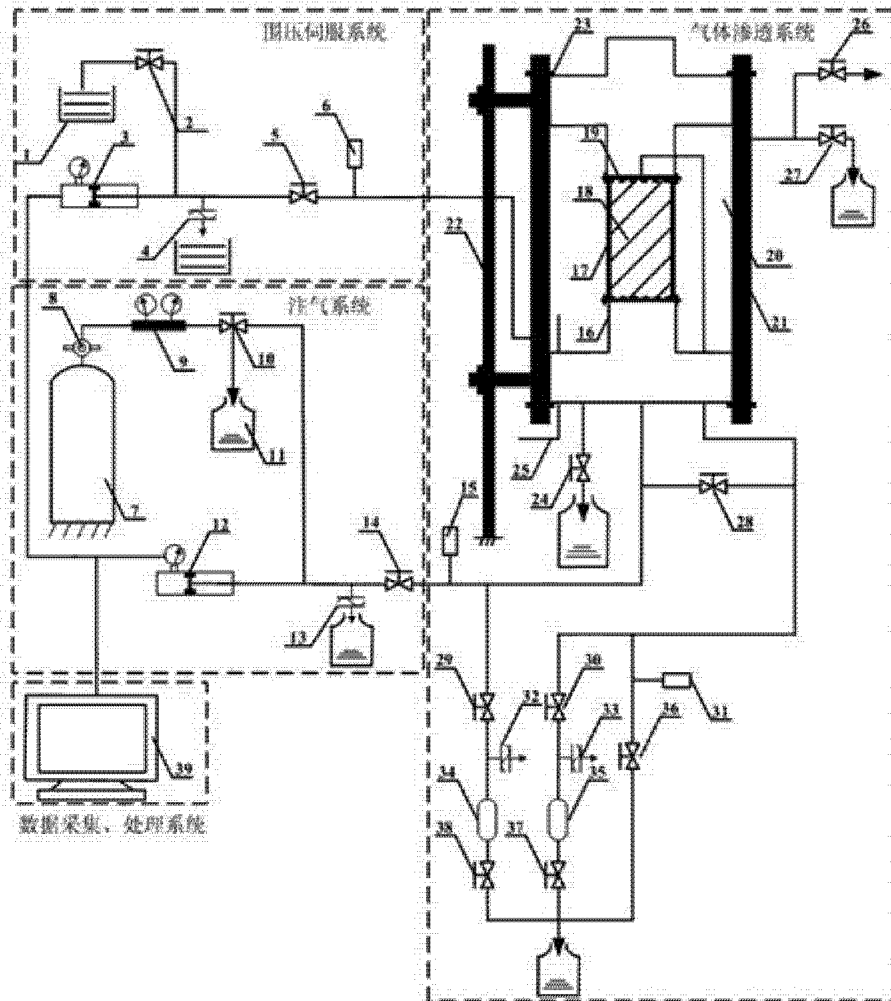


图 1

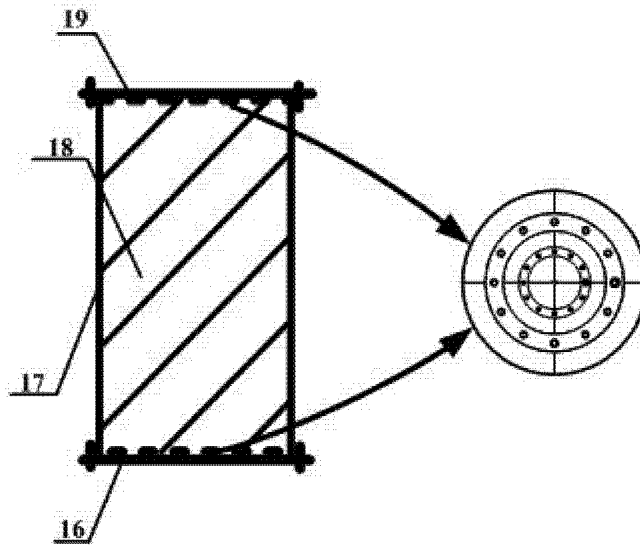


图 2

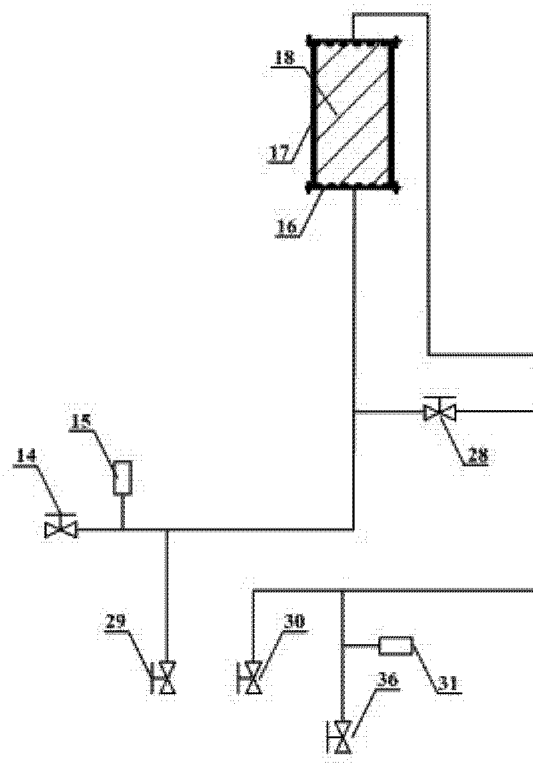


图 3

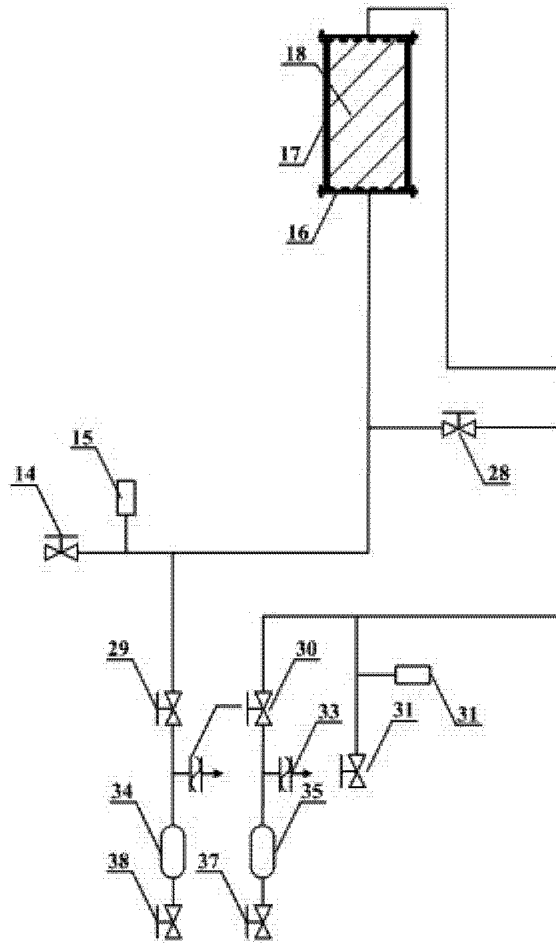


图 4