



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104819914 B

(45)授权公告日 2017.06.30

(21)申请号 201510195877.5

G01N 15/08(2006.01)

(22)申请日 2015.04.22

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104819914 A

CN 103558136 A,2014.02.05,
CN 103336050 A,2013.10.02,
JP H09281092 A,1997.10.31,
CN 203785967 U,2014.08.20,

(43)申请公布日 2015.08.05

(73)专利权人 中国矿业大学
地址 221116 江苏省徐州市大学路1号中国
矿业大学南湖校区

刘路明.用于煤层气抽放实验的超声波发生器设计与实现.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技I辑》.2009,(第6期),

(72)发明人 秦勇 师庆民 申建 杨兆彪
吴财芳 陈义林 兰凤娟 屈争辉

审查员 阎良萍

(74)专利代理机构 徐州市三联专利事务所
32220

代理人 晏荣府

(51)Int.Cl.

G01N 13/04(2006.01)

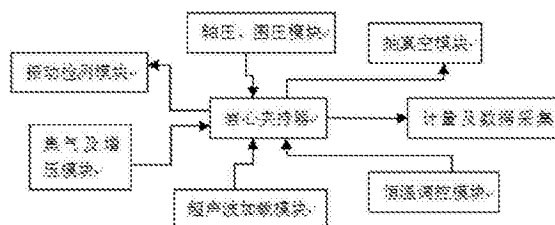
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

超声波促进气体渗流的实验装置

(57)摘要

本发明公开了一种超声波促进气体渗流的实验装置,包括岩心夹持器、恒温调控模块、轴压、围压模块;岩心夹持器中岩心连接有集气与增压模块、抽真空模块;在岩心夹持器周围布置有超声波加载模块,岩心夹持器连接有振动检测模块;实验装置还包括采集岩心轴压、围压和气体入口压力与速度的计量与数据采集模块。本装置模拟近井地带超声波加载下煤层气渗流规律的实验装置,能够提供不同的温度和三轴应力状态的实验条件,从垂直渗流方向、顺渗流方向、逆渗流方向分别加载不同频率、不同功率的超声波场,通过水浴恒温模块可分离超声波机械振动和热效应对气体渗流的影响,模拟单一因素机械振动或热效应对渗流的影响。



1. 一种超声波促进气体渗流的实验装置,其特征在于:包括用于放置岩心的岩心夹持器、为岩心夹持器提供恒温条件的恒温调控模块、为岩心夹持器中岩心提供轴压和围压的轴压、围压模块;所述岩心夹持器中岩心一端连接有提供气体渗流的集气与增压模块,岩心另一端连接有抽真空模块;在岩心夹持器周围布置有超声波加载模块,岩心夹持器连接有振动检测模块;所述实验装置还包括采集岩心轴压、围压和气体入口压力与速度的计量与数据采集模块;所述恒温调控模块包括封闭恒温箱(30)、水浴恒温箱(38)和连接封闭恒温箱(30)和水浴恒温箱(38)的循环导管(19);所述水浴恒温箱(38)内放置岩心夹持器;所述超声波加载模块包括超声波发生器(28)、多个超声波换能器(27)和连接在超声波发生器(28)和超声波换能器(27)之间的线路开关(29);所述多个超声波换能器(27)等距布置在水浴恒温箱(38)底部、左侧面、右侧面的外表面;所述振动检测模块包括示波器(20)及贴在岩心周面的应变片,所述止动柱塞(11)内安装有连接示波器(20)和贴在岩心周面的应变片的导线;所述计量与数据采集模块包括分别检测集气与增压模块的气体入口压力、气体渗流速度的压力传感器a(6)、流量计(35);还包括检测轴压、围压模块流体压力的压力传感器b(22)。

2. 根据权利要求1所述的超声波促进气体渗流的实验装置,其特征在于:所述岩心是柱状岩心(16);所述岩心夹持器包括缸体(7)和位于缸体(7)内用于放置柱状岩心(16)的胶筒(14),胶筒(14)周围和缸体(7)之间是围压压力腔(15);所述缸体(7)一端固定有止动柱塞(11),止动柱塞(11)一端配合插入胶筒(14)一端;所述缸体(7)另一端固定有轴压压力腔(9)和穿过轴压压力腔(9)的活动柱塞(8),活动柱塞(8)一端配合插入胶筒(14)的另一端,活动柱塞(8)上设有将轴压压力腔(9)分割成两部分的挡翅。

3. 根据权利要求2所述的超声波促进气体渗流的实验装置,其特征在于:所述轴压、围压模块包括手摇泵I(21);所述手摇泵I(21)出气口连接有阀门a(23)和阀门b(25),阀门a(23)连接至轴压压力腔(9),阀门b(25)连接至围压压力腔(15);在所述阀门a(23)至轴压压力腔(9)之间安装有放空阀a(24),在所述阀门b(25)至围压压力腔(15)之间安装有放空阀b(26)。

4. 根据权利要求2所述的超声波促进气体渗流的实验装置,其特征在于:所述集气与增压模块包括集气瓶(1),集气瓶(1)通过减压阀(2)连接有增压容器(3),增压容器(3)连接至活动柱塞(8),活动柱塞(8)上开有连通增压容器(3)至岩心(16)端部的气体通道;所述增压容器(3)至活动柱塞(8)之间安装有放空阀d(5);所述增压容器(3)连接有手摇泵II(4)。

5. 根据权利要求2所述的超声波促进气体渗流的实验装置,其特征在于:所述抽真空模块包括真空泵(31),真空泵(31)连接有缓冲罐(32)、负压表(37),然后通过放空阀c(34)和阀门c(33)连接至止动柱塞(11),止动柱塞(11)上开有连通阀门c(33)至岩心(16)端部的气体通道。

超声波促进气体渗流的实验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及煤层气勘探与开发技术领域,尤其涉及一种超声波促进气体渗流的实验装置。

背景技术

[0002] 目前传统的煤层气开发技术主要为水力压裂技术,但由于我国复杂的地质条件导致煤层气单井产量不高,煤层气开发技术与煤储层地质条件不相适应。同时,压裂液等注入煤层对煤储层造成永久性伤害,也是煤层气单井产量较低的重要原因。因此,发展新型开发技术手段成为突破煤层气开发“瓶颈”的又一发展方向。我国煤储层渗透率低,煤层气运移产出过程相对困难,煤粉、地应力等问题甚至导致煤孔裂隙堵塞,阻碍了气体渗流。

[0003] 煤层气渗流方面的研究已相对成熟,尤其对于克氏渗透率等的测试更为普遍。渗透率是提高煤层气产量的关键因素,工程上提高渗透率的手段包括人工造缝、表面活性剂、多元气体驱替等,这些技术手段都可能对煤储层造成一定的伤害,或对煤矿开采带来一定的安全隐患。

[0004] 超声波技术振动频率高,不向煤储层注入任何物质,具有成本低、无污染、操作简单的特点。超声波技术在油井中已经得到了探索性应用,利用其机械振动效应、热效应等可以提高储层渗透率,进而达到提高产量的目的。在煤层气领域,超声波技术也已经展开了探索性试验,认为超声波对煤层气具有解吸、增渗的效果。但目前没有较为完善的实验装置可以深入分析超声波技术改善煤储层条件的机理,制约了超声波技术在煤层气井中的应用。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种超声波促进气体渗流的实验装置,其可以模拟原始地层三轴应力场、温度等条件,能改变超声波作用方向、分离超声波机械振动和热效应等作用形式,旨在模拟原始地层条件下不同方向、作用形式的超声波对煤层气渗流的促进效果,以深化其作用机理。

[0006] 本发明的上述目的可采用下列技术方案来实现:一种超声波促进气体渗流的实验装置,包括用于放置岩心的岩心夹持器、为岩心夹持器提供恒温条件的恒温调控模块、为岩心夹持器中岩心提供轴压和围压的轴压、围压模块;所述岩心夹持器中岩心一端连接有提供气体渗流的集气与增压模块,岩心另一端连接有抽真空模块;在岩心夹持器周围布置有超声波加载模块,岩心夹持器连接有振动检测模块;所述实验装置还包括采集岩心轴压、围压和气体入口压力与速度的计量与数据采集模块。

[0007] 其进一步是:所述岩心是柱状岩心;所述岩心夹持器包括缸体和位于缸体内用于放置柱状岩心的胶筒,胶筒周围和缸体之间是围压压力腔;所述缸体一端固定有止动柱塞,止动柱塞一端配合插入胶筒一端;所述缸体另一端固定有轴压压力腔和穿过轴压压力腔的活动柱塞,活动柱塞一端配合插入胶筒的另一端,活动柱塞上设有将轴压压力腔分割成两部分的挡翅。

[0008] 所述轴压、围压模块包括手摇泵I；所述手摇泵I出气口连接有阀门a和阀门b，阀门a连接至轴压压力腔，阀门b连接至围压压力腔；在所述阀门a至轴压压力腔之间安装有放空阀a，在所述阀门b至围压压力腔之间安装有放空阀b。

[0009] 所述集气与增压模块包括集气瓶，集气瓶通过减压阀连接有增压容器，增压容器连接至活动柱塞，活动柱塞上开有连通增压容器至岩心端部的气体通道；所述增压容器至活动柱塞之间安装有放空阀d；所述增压容器连接有手摇泵II。

[0010] 所述抽真空模块包括真空泵，真空泵连接有缓冲罐、负压表，然后通过放空阀c和阀门c连接至止动柱塞，止动柱塞上开有连通阀门c至岩心端部的气体通道。

[0011] 所述恒温调控模块包括封闭恒温箱、水浴恒温箱和连接封闭恒温箱和水浴恒温箱的循环导管；所述水浴恒温箱内放置岩心夹持器。

[0012] 所述超声波加载模块包括超声波发生器、多个超声波换能器和连接在超声波发生器和超声波换能器之间的线路开关；所述多个超声波换能器等距布置在水浴恒温箱底部、左侧面、右侧面的外表面。

[0013] 所述振动检测模块包括示波器及贴在岩心周面的应变片，所述止动柱塞内安装有连接示波器和贴在岩心周面的应变片的导线。

[0014] 所述计量与数据采集模块包括分别检测集气与增压模块的气体入口压力、气体渗流速度的压力传感器a、流量计；还包括检测轴压、围压模块流体（气相或液相）的压力传感器b。

[0015] 本发明提供的超声波促进气体渗流的实验装置具有如下优点：

[0016] 模拟原始地层压力、温度条件；通过围压、轴压模块模拟一系列煤岩三轴应力状态的渗流特征以及超声波对其的影响规律；通过恒温循环系统模拟响应的地层温度。

[0017] 分离超声波机械振动效应和热效应；通过水浴恒温循环系统可以抵消超声波热效应的影响，进而利用振动检测模块仅分析振动对气体渗流的影响规律；关闭水浴恒温系统，通过监测超声波热效应对温度的提高效果，进而采用水浴恒温系统进行相应的模拟，从而达到分离机械振动效应与热效应的目的。

[0018] 提供三个方向的超声波作用；超声波频率高、方向性强，所以超声波作用方向对气体渗流具有不同的影响规律；通过布置三个方向的超声波换能器，调节三个方向的线路开关，实现不同方向的超声波场的影响。

[0019] 提供不同频率、功率的超声波加载条件；通过调节超声波发生装置，改变超声波的作用频率和作用功率，进而为气体渗流对超声波的敏感性研究奠定实验基础。

[0020] 超声波作用形式分离，提供不同超声波作用方向，提供不同超声波加载频率和功率的方法和原理同样可在超声波加载下煤层气解吸实验装置中得到应用。

[0021] 本发明能分析不同方向的超声波对煤层气渗流的作用效果，同时可以分离超声波机械作用、热效应，进行单因素分析超声波对煤层气增渗的机理，对超声波现场应用提供更有利的依据，优化煤层气开发技术手段，获取更大采收率。

附图说明

[0022] 图1是本发明实施例提供的超声波促进气体渗流的实验装置结构框图；

[0023] 图2是本发明实施例提供的一种超声波促进气体渗流的实验装置。

[0024] 图中:1、集气瓶;2、减压阀;3、增压容器;4、手摇泵Ⅱ;5、放空阀d;6、压力传感器a;7、缸体;8、手摇泵Ⅰ;9、轴压压力腔;10、左端盖;11、止动柱塞;12、右端盖;13、垫片;14、胶筒;15、围压压力腔;16、柱状岩心;17、支架;18、压盖;19、循环导管;20、示波器;21、手摇泵Ⅰ;22、压力传感器b;23、阀门a;24、放空阀a;25、阀门b;26、放空阀b;27、超声波换能器;28、超声波发生器;29、线路开关;30、封闭恒温箱;31、真空泵;32、缓冲罐;33、阀门c;34、放空阀c;35、流量计;36、阀门d;37、负压表;38、水浴恒温箱。

具体实施方式

[0025] 如图1所示,一种超声波促进气体渗流的实验装置,岩心夹持器用于放置岩心;恒温调控模块为岩心夹持器提供恒温条件,同时也可对岩心夹持器提供一个按预定温度变化的条件;集气与增压模块连通至岩心夹持器中岩心一端,岩心另一端连通抽真空模块;在岩心夹持器周围布置有超声波加载模块,岩心夹持器连接有振动检测模块;计量与数据采集模块用于采集岩心轴压、围压和气体入口压力与速度。

[0026] 以下结合图1和图2对本发明实施例提出的超声波促进气体渗流的实验装置的结构作进一步说明。

[0027] 岩心夹持器:包括缸体7、活动柱塞8、轴压压力腔9、左端盖10、止动柱塞11、右端盖12、垫片13、胶筒14;缸体7下固定有支架17。胶筒14位于缸体7内,柱状岩心16放置在胶筒14内,胶筒14与缸体7所围的环形空间为环形围压压力腔15;止动柱塞11通过右端盖12与缸体7右挡翅固定,止动柱塞11与缸体7径向接触部位由O型密封圈密封,止动柱塞11的内端配合插入胶筒14,右端盖12与缸体7螺纹连接;止动柱塞11内开有连通止动柱塞11内端和外端的气体流出通道和应变片连接线路;在胶筒14内、柱状岩心16和止动柱塞11内端面之间设有垫片13,垫片13用于弥补岩心过短的缺陷;轴压压力腔9置于缸体7左端,通过左端盖10与缸体7左挡翅固定,轴压压力腔9端部与缸体7径向接触部位由O型密封圈密封,左端盖10与缸体7为螺纹连接,可保证安全可靠;活动柱塞8置于轴压压力腔9中,并以胶圈密封,活动柱塞8挡翅将轴压压力腔9分割为左右两部分,活动柱塞8内端配合插入胶筒14,活动柱塞8上开有连通活动柱塞8内端和外端的进气通道。岩心夹持器用于固定岩心,是模拟气体渗流运移的场所。

[0028] 集气及增压模块:集气瓶1通过减压阀2连接至活动柱塞8进气通道;在减压阀2后的管路上连接有增压容器3,增压容器3连接一个手摇泵Ⅱ4;在增压容器3后的管路上连接有放空阀d5;在集气瓶压力可满足压力要求的情况下,增压容器3起到缓冲压力的作用;在集气瓶压力不足时,可利用手摇泵4向增压容器3泵入压力,使压力升高。卸压则打开放空阀5。集气与增压模块为气体渗流提供入口压力,压力可超过集气瓶压力。

[0029] 轴压、围压模块:手摇泵Ⅰ21出气口连接有阀门a23和阀门b25,阀门a23连接至轴压压力腔9,阀门b25连接至围压压力腔15;在阀门a23至轴压压力腔9之间安装有放空阀a24,在阀门b25至围压压力腔15之间安装有放空阀b26;在手摇泵Ⅰ21出气口连接压力传感器b22,分别监测增压过程中围压和轴压压力。具体操作为,打开阀门b25,关闭放空阀b26、阀门a23、放空阀a24,通过手摇泵Ⅰ21泵入压力值为设定值,关闭阀门b25;打开阀门a23,检查放空阀a24关紧,通过手摇泵Ⅰ21泵入设定压力值。卸压过程,首先打开放空阀d5解除气体入口压力,然后打开放空阀a24解除轴压压力,最后打开放空阀b26解除围压压力。轴压、围压

模块通过注入流体向岩心夹持器提供压力,模拟原始地层压力。

[0030] 抽真空模块:真空泵31连接缓冲罐32,缓冲罐32上安装负压表37,缓冲罐32通过放空阀c34和阀门c33连接至止动柱塞11的气体流出通道;抽真空模块将岩心夹持器内柱状岩心16进行抽真空,以保证实验气体与煤岩充分接触,保证实验数据的准确性。缓冲罐32的作用一方面可防止抽真空过程中岩心夹持器内杂质进入真空泵31,对其造成损坏;另一方面防止突然停泵时泵内机油返入岩心夹持器污染岩心及导管。负压表37可监测抽真空状态。抽真空结束后,关闭阀门c33,打开放空阀c34,对真空泵31进行及时卸压,然后进行气体注入等相关操作。抽真空模块于对煤样进行抽真空是气体充分与岩样接触,排除其他气体因素的干扰,使测量更精确。

[0031] 恒温调控模块:水浴恒温箱38用于放置岩心夹持器,为岩心夹持器提供设定的恒温环境;封闭恒温箱30通过循环导管19连接水浴恒温箱38;通过封闭恒温箱30及内部自带的循环泵将恒温液体流经循环导管19进入水浴恒温箱内的热交换管,通过热量传递保证水浴恒温箱内温度恒定。恒温调控模块主要为岩心夹持器提供设定的恒温环境,一方面可模拟系列地层压力,另一方面可抵消超声波热效应的影响,进而分离超声波机械振动和热效应两种作用形式。水浴恒温箱内液体及时与岩心夹持器内温度进行交换,以保证夹持器内恒温环境,从而抵消超声波热效应的影响,仅分析超声波机械振动这一单一因素或机械振动与三轴应力耦合因素对气体渗流的影响,实现对超声波机械振动与热效应进行分离的目的。超声波热效应对气体渗流的影响则首先监测超声波作用使温度增加幅度,然后在不打开超声波的基础上,利用恒温调控模块模拟相应温度环境。恒温调控模块,为水浴恒温箱,岩心夹持器放入其中,为实验提供所需的恒温环境,可模拟地层温度条件,可排除抵消超声波热效应的影响。

[0032] 超声波加载模块:超声波发生器28通过线路开关29连接多个超声波换能器27,多个超声波换能器27等距布置在水浴恒温箱38底部、左侧面、右侧面的外表面。超声波发生器28可调节不同频率、不同功率的超声波电信号,通过线路输送给超声波换能器27,将其转换为不同频率、不同功率的超声波机械信号并向外输出。超声波换能器27提供垂直渗流方向、顺渗流方向、逆渗流方向三个方向的超声波加载条件。通过调节线路开关29控制某个方向的超声波换能器是否工作,以达到加载不同振动方向超声波场的目的。超声波加载模块可从水浴恒温箱底部垂直渗流方向、顺渗流方向、逆渗流方向三个方向作用超声波场,可观察超声波不同振动方向条件下气体渗流特征;可提供不同超声频率、不同功率的超声波加载条件,进而可分析气体渗流对超声波加载条件的敏感性。

[0033] 振动检测模块:在柱状岩心16周面紧贴放置应变片,应变片连接有应变片连接线,应变片连接至止动柱塞11内的压盖18,最后连接到示波器20;压盖18分为两层,内层为塑胶材料,线路在该处剥去绝缘套穿过并用胶水封堵;外层为不锈钢材料,对塑胶穿线孔进行错位压盖;压盖18与止动柱塞之间由螺丝加紧固定。振动检测模块主要在抵消超声波热效应的基础上,提供可靠的超声波振动信号,来对超声波机械振动和渗流特征做准确有效的分析。振动检测模块用于检测穿透缸体作用于煤体的真实超声波振动信号,为准确描述超声波机械振动与气体渗流规律提供可靠依据。

[0034] 计量与数据采集模:包括连接在活动柱塞8进气通道处的压力传感器a6,止动柱塞11气体流出通道通过阀门d36连接一个流量计35,手摇泵I21出气口连接的压力传感器b22;

压力传感器6、压力传感器22和流量计35,分别监测入口压力、轴压和围压、气体渗流速度。结合超声波振动频率、功率和方向,分析超声波与气体渗流速度之间的关系以及气体渗流对超声波的敏感性。计量与数据采集模块用于将气体入口压力、轴压、围压、渗流速度等数据进行计量并采集,为实验提供可靠的数据和有效的实验条件。计量与数据采集模最终与数据采集箱相连,并传入计算机系统。

[0035] 具体使用方法:

[0036] 1. 柱状煤岩制备。利用水钻钻取 $\Phi 25 \times 50\text{mm}$ 柱状样品,应保证样品的完整性以及平整性,尤其对于上面、底面应尽量达到水平。

[0037] 2. 检测设备气密性。将标准的钢制柱状标件放入岩心夹持器,给定一定的轴压、围压,向其中注入一定压力的气体,恒温条件下,压力稳定后持续48小时保持密封,经密封检验合格开始正式实验。

[0038] 3. 将样品放入岩心夹持器,先利用手摇泵I21经阀门a23,提供一定轴压至夹紧即可;然后关闭阀门a23、阀门26b,打开阀门b25,利用手摇泵I21向环形围压腔15注入流体至设定压力,关闭阀门b25。

[0039] 4. 将水浴恒温箱设定值拟定温度。打开真空泵31对岩心夹持器抽真空至负压表稳定,关闭阀门c33、真空泵,打开放空阀c34进行卸压。

[0040] 5. 设定轴压至拟定压力,打开减压阀2至拟定入口压力,入口压力应至少小于围压0.5MPa,以保证设备安全。待压力稳定,通过计算机系统记录流量计35气体流量,以计算气体渗流速度。

[0041] 6. 打开超声波发生器28,调节至拟定频率和功率,通过线路开关29选择超声波振动方向,再次记录通过流量计35的气体流量,计算气体渗流速度。由于超声波通过水介质、缸体到达岩心存在一定衰减,因此,同时利用示波器20记录机械振动信号,以得到更为真实可靠的超声波振动。

[0042] 7. 关闭恒温调控模块,监测超声波振动下温度增幅特征。然后关闭超声波发生器28,再次打开恒温调控模块至增幅温度,观察此时通过流量计35的气体流量,计算相应气体渗流速度。

[0043] 8. 开展三个振动方向、系列频率、功率超声波加载条件的实验,辅以温度变化、三轴应力场变化,观察不同的耦合规律,对实验数据进行记录。

[0044] 9. 实验结束,首先解除入口气体压力,然后解除轴压,最后解除围压,以保证煤岩样品的完整性。

[0045] 以上所述仅为本发明最佳的实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所做的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

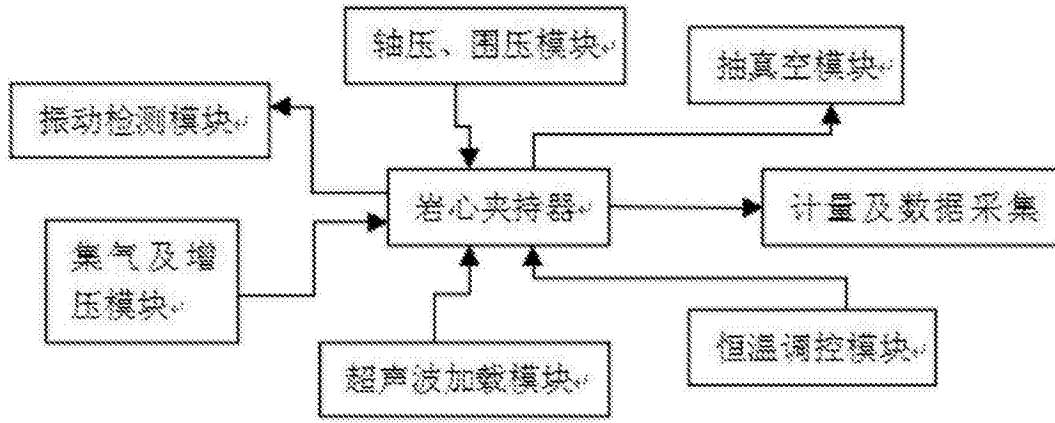


图1

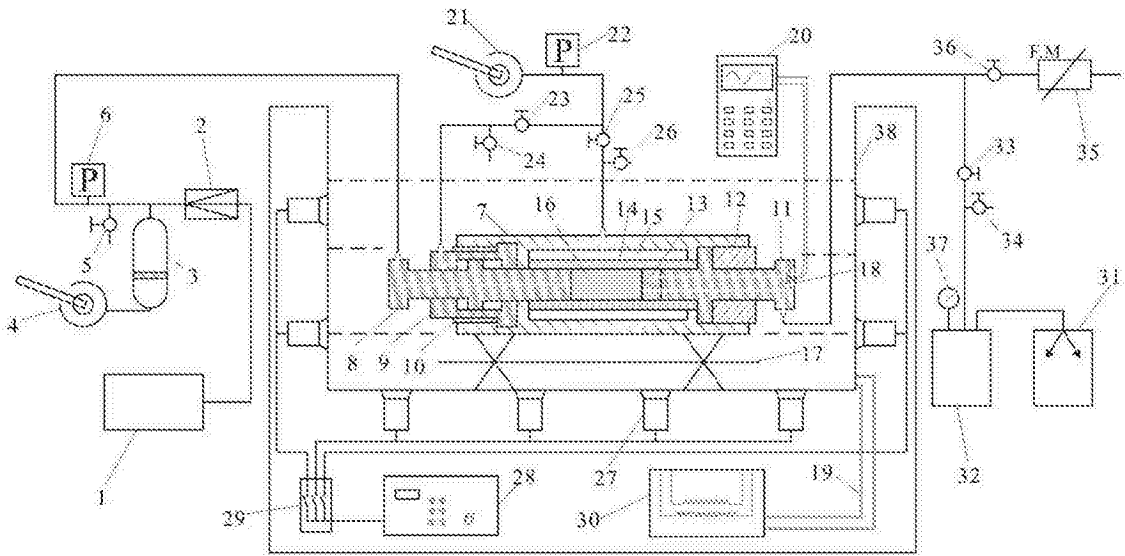


图2