

1. 用于核磁共振检测的变温变压探头, 该探头能够同时或分别实现试验样品在加围压、加驱替压、变温情况下的核磁共振检测,

其特征在于包括核磁共振检测系统、加围压系统、加驱替压系统和变温系统;

所述核磁共振检测系统包括探头外壳套筒, 所述探头外壳套筒内设置有样品夹持器, 所述样品夹持器从试验样品的两端将其夹持住, 所述样品夹持器和试验样品的轴向四周由内到外依次为围压套筒和线圈支架套筒, 所述样品夹持器的两端对称设置有线圈支架管, 所述线圈支架管的轴向四周位于围压套筒和线圈支架套筒之间, 所述线圈支架管和围压套筒均为非封闭结构, 均留有允许流体通过的通道, 所述探头外壳套筒的前端设置有探头前端盖, 后端设置有探头后端盖, 所述探头前端盖与试验样品之间形成前空腔, 探头后端盖与试验样品之间形成后空腔, 所述探头外壳套筒的前端设置有探头信号转接头, 所述探头信号转接头贯穿探头前端盖, 且朝向前空腔的一端设置有信号连接器;

所述加围压系统包括围压前导管和围压后导管, 所述围压前导管贯穿探头前端盖, 延伸到前空腔, 所述围压后导管贯穿过探头后端盖, 延伸到后空腔,

所述加驱替压系统包括驱替压前导管、驱替压后导管和流体分配器, 所述流体分配器夹持在试验样品的两端, 流体分配器位于样品夹持器和试验样品之间, 所述流体分配器的轴向中心开设有导流管, 所述导流管从样品夹持器的中心穿过, 分别与驱替压前导管和驱替压后导管接通,

所述变温系统包括温度传感器和探头变温器件, 所述探头加热器位于探头外壳套筒四周。

2. 根据权利要求1所述的用于核磁共振检测的变温变压探头, 其特征在于所述试验样品、围压套筒、线圈支架管、探头前端盖、探头后端盖、探头变温器件、驱替压前导管、驱替压后导管和流体分配器均同轴设置, 所述围压前导管和探头信号转接头位于驱替压前导管的旁边, 所述围压后导管位于驱替压后导管旁边。

3. 根据权利要求1所述的用于核磁共振检测的变温变压探头, 其特征在于所述探头前端盖和探头后端盖分别内嵌螺纹连接设置在探头外壳套筒中, 所述探头前端盖和探头后端盖与探头外壳套筒的连接处设置有密封圈和垫片。

4. 根据权利要求1所述的用于核磁共振检测的变温变压探头, 其特征在于所述探头前端盖的端部螺纹套接设置有探头外壳前旋盖, 所述探头后端盖的端部螺纹套接设置有探头外壳后旋盖, 所述探头外壳前旋盖与探头前端盖之间以及探头外壳后旋盖与探头后端盖之间均设置有锁紧垫圈。

5. 根据权利要求1所述的用于核磁共振检测的变温变压探头, 其特征在于所述围压前导管、驱替压前导管与探头前端盖之间以及围压后导管、驱替压后导管与探头后端盖之间设置有对应的管加固机构。

6. 根据权利要求1所述的用于核磁共振检测的变温变压探头, 其特征在于所述探头变温器件包括加热器件和降温器件。

7. 根据权利要求1所述的用于核磁共振检测的变温变压探头, 其特征在于所述线圈支架管刻有多匝螺线型槽, 槽绕有线圈, 线圈支架套筒周围在线圈四周。

8. 根据权利要求1所述的用于核磁共振检测的变温变压探头, 其特征在于所述流体分配器与试验样品接触端面有若干个环状凹槽。

9. 核磁共振检测方法,该核磁共振检测方法基于上述任一权利要求所述的用于核磁共振检测的变温变压探头,其特征在于包括以下操作步骤:

步骤一:安装试验样品:将流体分配器和样品夹持器通过螺纹固定,样品置于两个流体分配器中间,通过围压套筒固定,固定好的样品放入线圈支架管中,装载探头后端盖,后旋盖通过螺纹将探头外壳套筒和探头后端盖固定;

步骤二:连接核磁检测电路:将装有样品的变温变压探头放入磁体工作间隙中,使得N级磁场和S级磁场位于变温变压探头的一组轴向相对面,变温变压探头通过信号转接头与外部的调谐匹配电路连接,调谐匹配电路连接核磁共振谱仪,核磁共振谱仪连接计算机;

步骤三:连接围压加压系统:给围压前导管接通液压泵,液压泵与围压前导管之间的管道连接阀门、活塞容器和压力表;围压后导管连接废气罐,围压后导管与废气罐之间的管道设置有阀门;

步骤四:连接驱替压加压系统:给驱替压前导管与后导管接通液压泵,液压泵与驱替压前导管之间的管道连接阀门、活塞容器和压力表;驱替压前导管与后导管的管道之间连接阀门和压力表;

步骤五:连接变温系统:温度传感器通过温控器连接继电器,继电器连接到变温器件;

步骤六:测试:先打开围压加压系统中的液压泵,液压泵通过阀门、活塞容器、阀门,经围压前导管给样品施加围压,压力表用于观察压强读数;样品施加围压过程中,由于液体加热产生的废气经过气体释放阀门排入废气罐;然后,打开驱替压加压系统中的液压泵,液压泵通过阀门、活塞容器、阀门和阀门,经驱替压前导管和后导管给样品施加驱替压,压力表和用于观察压强读数;样品施加驱替压过程中,通过控制阀门和阀门,使得压力表的压强读数高于压力表,样品中的废液经过针孔式阀门排入排液罐;最后,利用计算机控制核磁共振谱仪,对样品在高温高压条件下进行核磁共振检测;在测量过程中,利用变温系统,根据测量需要,借助温控器根据温度传感器的信息经继电器控制探头变温器件的通断,达到控制探头体温度的目的,进而控制样品的环境温度。

用于核磁共振检测的变温变压探头及核磁共振检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及用于核磁共振检测的变温变压探头,属于核磁共振技术领域。

背景技术

[0002] 核磁共振(Nuclear Magnetic Resonance,简称NMR)是指非零磁矩的原子核在静态磁场和射频场共同作用下,自旋能级发生塞曼分裂,原子核吸收射频能量的一种物理过程。核磁共振技术应用范围非常广,涵盖了生物医学、化学、食品、石油、材料等众多领域。

[0003] 在材料的多孔介质分析方面,需要将样品置于高温、高压条件下进行核磁共振检测。有时对环境温度的要求达到 $-30^{\circ}\text{C}\sim 150^{\circ}\text{C}$ 范围,压强要求100 Mpa以上。因此,需融合传统的核磁共振探头结构和变温变压结构,发明一种用于核磁共振检测的变温变压探头系统。然而现有的变温变压探头由于在结构设计上过于简单,缺乏对探头零部件相互之间配合关系的考虑,耐压值普遍不高,一般在20 Mpa以下,同时对样品的变温方案较为复杂,增加探头的成本。

发明内容

[0004] 为了解决上述耐压性能低和制造成本高等问题,本发明公开了用于核磁共振检测的变温变压探头,其具体技术方案如下:

用于核磁共振检测的变温变压探头,该探头能够同时或分别实现试验样品在加围压、加驱替压、变温情况下的核磁共振检测,

包括核磁共振检测系统、加围压系统、加驱替压系统和变温系统;

所述核磁共振检测系统包括探头外壳套筒,所述探头外壳套筒内设置有样品夹持器,所述样品夹持器从试验样品的两端将其夹持住,所述样品夹持器和试验样品的轴向四周由内到外依次为围压套筒和线圈支架套筒,所述样品夹持器的两端对称设置有线圈支架管,所述线圈支架管的轴向四周位于围压套筒和线圈支架套筒之间,所述线圈支架管和围压套筒均为非封闭结构,均留有允许流体通过的通道,所述探头外壳套筒的前端设置有探头前端盖,后端设置有探头后端盖,所述探头前端盖与试验样品之间形成前空腔,探头后端盖与试验样品之间形成后空腔,所述探头外壳套筒的前端设置有探头信号转接头,所述探头信号转接头贯穿探头前端盖,且朝向前空腔的一端设置有信号连接器;

所述加围压系统包括围压前导管和围压后导管,所述围压前导管贯穿探头前端盖,延伸到前空腔,所述围压后导管贯穿过探头后端盖,延伸到后空腔,

所述加驱替压系统包括驱替压前导管、驱替压后导管和流体分配器,所述流体分配器夹持在试验样品的两端,流体分配器位于样品夹持器和试验样品之间,所述流体分配器的轴向中心开设有导流管,所述导流管从样品夹持器的中心穿过,分别与驱替压前导管和驱替压后导管接通,

所述变温系统包括温度传感器和探头变温器件,所述探头加热器位于探头外壳套筒四周。

[0005] 所述试验样品、围压套管、线圈支架管、探头前端盖、探头后端盖、探头变温器件、驱替压前导管、驱替压后导管和流体分配器均同轴设置,所述围压前导管和探头信号转接头位于驱替压前导管的旁边,所述围压后导管位于驱替压后导管旁边。

[0006] 所述探头前端盖和探头后端盖分别内嵌螺纹连接设置在探头外壳套管中,所述探头前端盖和探头后端盖与探头外壳套管的连接处设置有密封圈和垫片。

[0007] 所述探头前端盖的端部螺纹套接设置有探头外壳前旋盖,所述探头后端盖的端部螺纹套接设置有探头外壳后旋盖,所述探头外壳前旋盖与探头前端盖之间以及探头外壳后旋盖与探头后端盖之间均设置有锁紧垫圈。

[0008] 所述围压前导管、驱替压前导管与探头前端盖之间以及围压后导管、驱替压后导管与探头后端盖之间设置有对应的管加固机构。

[0009] 所述探头变温器件包括加热器件和降温器件。

[0010] 所述线圈支架管刻有多匝螺线型槽,槽绕有线圈,线圈支架套筒周围在线圈四周。

[0011] 所述流体分配器与试验样品接触端面有若干个环状凹槽。

[0012] 核磁共振检测方法,该核磁共振检测方法基于上述用于核磁共振检测的变温变压探头,包括以下操作步骤:

步骤一:安装试验样品:将流体分配器和样品夹持器通过螺纹固定,样品置于两个流体分配器中间,通过围压套筒固定,固定好的样品放入线圈支架管中,装载探头后端盖,后旋盖通过螺纹将探头外壳套筒和探头后端盖固定;

步骤二:连接核磁检测电路:将装有样品的变温变压探头放入磁体工作间隙中,使得N级磁场和S级磁场位于变温变压探头的一组轴向相对面,变温变压探头通过信号转接头与外部的调谐匹配电路连接,调谐匹配电路连接核磁共振谱仪,核磁共振谱仪连接计算机;

步骤三:连接围压加压系统:给围压前导管接通液压泵,液压泵与围压前导管之间的管道连接阀门、活塞容器和压力表;围压后导管连接废气罐,围压后导管与废气罐之间的管道设置有阀门;

步骤四:连接驱替压加压系统:给驱替压前导管与后导管接通液压泵,液压泵与驱替压前导管之间的管道连接阀门、活塞容器和压力表;驱替压前导管与后导管的管道之间连接阀门和压力表;

步骤五:连接变温系统:温度传感器通过温控器连接继电器,继电器连接到变温器件;

步骤六:测试:先打开围压加压系统中的液压泵,液压泵通过阀门、活塞容器、阀门,经围压前导管给样品施加围压,压力表用于观察压强读数;样品施加围压过程中,由于液体加热产生的废气经过气体释放阀门排入废气罐;然后,打开驱替压加压系统中的液压泵,液压泵通过阀门、活塞容器、阀门和阀门,经驱替压前导管和后导管给样品施加驱替压,压力表和用于观察压强读数。样品施加驱替压过程中,通过控制阀门和阀门,使得压力表的压强读数高于压力表,样品中的废液经过针孔式阀门排入排液罐;最后,利用计算机控制核磁共振谱仪,对样品在高温高压条件下进行核磁共振检测;在测量过程中,利用变温系统,根据测量需要,借助温控器根据温度传感器的信息经继电器控制探头变温器件的通断,达到控制探头体温度的目的,进而控制样品的环境温度。

[0013] 本发明的有益效果是:

本发明保证了探头耐高压性能,耐压值可达100 Mpa以上。

[0014] 本发明探头变温器件位于探头外周,通过给探头体加热或制冷,将能量传递给探头内部液体,满足样品变温检测需求,降低了核磁共振变温变压检测系统的成本。

[0015] 通过本发明方法,可以测试样品在不同围压、驱替压和温度情况下的核磁共振信号变化情况,从而分析样品的物理属性,如孔隙率、孔隙分布、孔径大小、含油率等。

附图说明

[0016] 图1为本发明的结构示意图,

图2为本发明核磁共振检测原理示意图,

图3为本发明试验样品加围压工作原理示意图,

图4为本发明试验样品加驱替压工作原理示意图,

图5为本发明试验样品变温工作原理示意图,

图6为本发明探头前端盖示意图,

图7为本发明探头后端盖示意图,

图8为本发明探头外壳套筒示意图,

附图标记列表:101—探头信号转接头,102—温度传感器,103—围压前导管,104—围压后导管,105—驱替压前导管,106—驱替压后导管,107—探头加热器件,108—信号连接器,109—探头前端盖,110—探头后端盖,111—探头外壳前旋盖,112—探头外壳后旋盖,113—锁紧垫圈,114—垫片,115—密封圈,116—探头外壳套筒,117—线圈支架管,118—样品夹持器,119—流体分配器,120—试验样品,121—围压套筒,122—样品夹持器与围压套筒之间的密封圈,123—线圈支架套筒。

具体实施方式

[0017] 下面结合附图和具体实施方式,进一步阐明本发明。应理解下述具体实施方式仅用于说明本发明而不用于限制本发明的范围。

[0018] 图1为本发明的结构示意图,图2为本发明核磁共振检测原理示意图,图3为本发明试验样品加围压工作原理示意图,图4为本发明试验样品加驱替压工作原理示意图,图5为本发明试验样品变温工作原理示意图,图6为本发明探头前端盖示意图,图7为本发明探头后端盖示意图,图8为本发明探头外壳套筒示意图,附图标记部件名称依次:101—探头信号转接头,102—温度传感器,103—围压前导管,104—围压后导管,105—驱替压前导管,106—驱替压后导管,107—探头加热器件,108—信号连接器,109—探头前端盖,110—探头后端盖,111—探头外壳前旋盖,112—探头外壳后旋盖,113—锁紧垫圈,114—垫片,115—密封圈,116—探头外壳套筒,117—线圈支架管,118—样品夹持器,119—流体分配器,120—试验样品,121—围压套筒,122—样品夹持器与围压套筒之间的密封圈,123—线圈支架套筒。

[0019] 本用于核磁共振检测的变温变压探头,该探头包括核磁共振检测系统、加围压系统、加驱替压系统和变温系统;能够同时或分别实现试验样品在加围压、加驱替压、变温情况下的核磁共振检测。本发明能够改变核磁共振试验过程中的围压、驱替压以及温度参数,进行多种参数变化下的核磁共振效果。

[0020] 结合图1和图2可见,所述核磁共振检测系统包括探头外壳套筒,所述探头外壳套

筒内设置有样品夹持器,所述样品夹持器从试验样品的两端将其夹持住,所述样品夹持器和试验样品的轴向四周由内到外依次为围压套筒和线圈支架套筒,所述样品夹持器的两端对称设置有线圈支架管,所述线圈支架管的轴向四周位于围压套筒和线圈支架套筒之间,所述线圈支架管刻有多匝螺线型槽,槽绕有线圈,线圈支架套筒周围在线圈四周,所述探头外壳套管的前端设置有探头前端盖,后端设置有探头后端盖,所述探头前端盖与试验样品之间形成前空腔,探头后端盖与试验样品之间形成后空腔,所述探头外壳套管的前端设置有探头信号转接头,所述探头信号转接头贯穿探头前端盖,且朝向前空腔的一端设置有信号连接器。本发明探头通过探头信号转接头与外部调谐匹配电路连接203,利用计算机201控制核磁共振谱仪202,对试验样品120进行核磁共振检测。

[0021] 结合图3所示,所述加围压系统包括围压前导管和围压后导管,所述围压前导管贯穿探头前端盖,延伸到前空腔,所述围压后导管贯穿过探头后端盖,延伸到后空腔。液压泵301通过阀门302、活塞容器303、阀门304,经围压前导管103给试验样品120施加围压,压力表305用于观察压强读数。试验样品施加围压过程中,由于液体加热产生的废气经过气体释放阀门306排入废气罐307。

[0022] 结合图4所示,所述加驱替压系统包括驱替压前导管、驱替压后导管和流体分配器,所述流体分配器夹持在试验样品的两端,流体分配器位于样品夹持器和试验样品之间,所述流体分配器的轴向中心开设有导流管,所述导流管从样品夹持器的中心穿过,分别与驱替压前导管和驱替压后导管接通。液压泵401通过阀门402、活塞容器403、阀门404和阀门405,经驱替压前导管105和后导管106给样品120施加驱替压,压力表406和压力表407用于观察压强读数。试验样品施加驱替压过程中,试验样品中的废液经过针孔式阀门408排入排液罐409。

[0023] 所述流体分配器与试验样品接触端面有若干个环状凹槽。保证流体均匀加压在试验样品上。

[0024] 结合图5所示,所述变温系统包括温度传感器和探头变温器件,所述探头加热器位于探头外壳套管116四周。温控器501根据温度传感器102的信息经继电器502控制探头变温器件107的通断,达到控制探头体温度的目的,进而控制试验样品120的环境温度。

[0025] 所述探头变温器件包括加热器件和降温器件。加热器件选用覆盖在探头外周的加热膜、固定在探头外周的加热电阻或者固定在探头外周的加热环,给探头体加热,通过给探头体加热,将热量传递给探头内部液体,改变探头体内样品的环境温度。降温器件选用固定在探头外周的半导体制冷片,通过给探头体降温,将能量传递给探头内部液体,降低探头体内样品的环境温度。

[0026] 所述试验样品、围压套管、线圈支架管、探头前端盖、探头后端盖、探头变温器件、驱替压前导管、驱替压后导管和流体分配器均同轴设置,所述围压前导管和探头信号转接头位于驱替压前导管的旁边,所述围压后导管位于驱替压后导管旁边。

[0027] 所述探头前端盖和探头后端盖分别内嵌螺纹连接设置在探头外壳套管中,所述探头前端盖和探头后端盖与探头外壳套管的连接处设置有密封圈和垫片。

[0028] 所述探头前端盖的端部螺纹套接设置有探头外壳前旋盖,所述探头后端盖的端部螺纹套接设置有探头外壳后旋盖,所述探头外壳前旋盖与探头前端盖之间以及探头外壳后旋盖与探头后端盖之间均设置有锁紧垫圈。

[0029] 通过密封圈、垫片和锁紧垫圈增加本发明探头耐高压性能。

[0030] 所述围压前导管、驱替压前导管与探头前端盖之间以及围压后导管、驱替压后导管与探头后端盖之间通过对应的管加固机构,将其稳固固定连接。

[0031] 结合图6,探头前端盖以密封圈为界,密封圈前端盖上方直径 d_1 大于前端盖下方直径 d_2 ,起到挤压密封圈的作用,增加探头的耐压性能。

[0032] 结合图7,探头后端盖以密封圈为界,密封圈后端盖下方直径 d_1 大于后端盖上方直径 d_2 ,起到挤压密封圈的作用,增加探头的耐高压性能。

[0033] 探头前端盖和后端盖密封圈处有一个塑料垫片,起到挤压密封圈的作用,增强探头的密封性能。

[0034] 结合图8,探头外壳套筒为阶梯孔结构,直径 $d_1 > d_2 > d_3$,起到挤压两段密封圈的作用,增加探头的耐压性能。

[0035] 本发明方案所公开的技术手段不仅限于上述技术手段所公开的技术手段,还包括由以上技术特征任意组合所组成的技术方案。

[0036] 以上述依据本发明的理想实施例为启示,通过上述的说明内容,相关工作人员完全可以在不偏离本项发明技术思想的范围内,进行多样的变更以及修改。本项发明的技术性范围并不局限于说明书上的内容,必须要根据权利要求范围来确定其技术性范围。

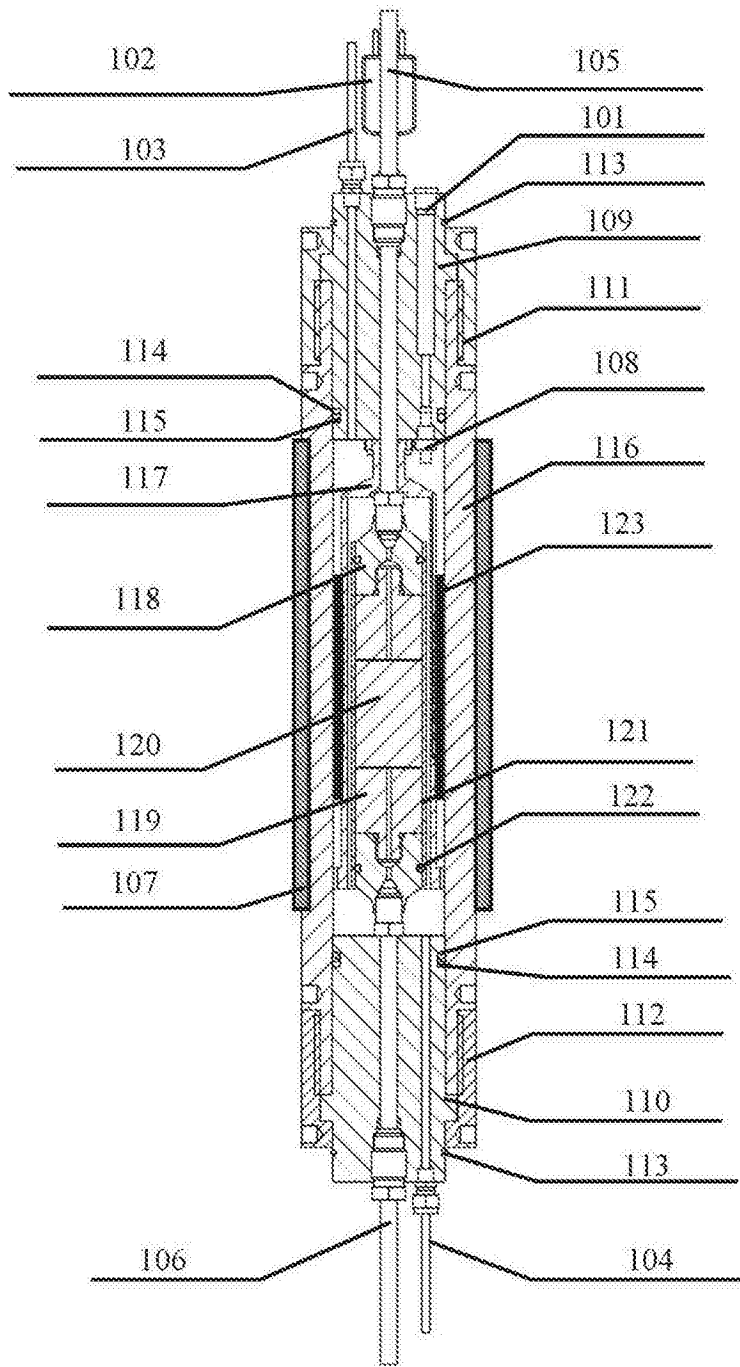


图1

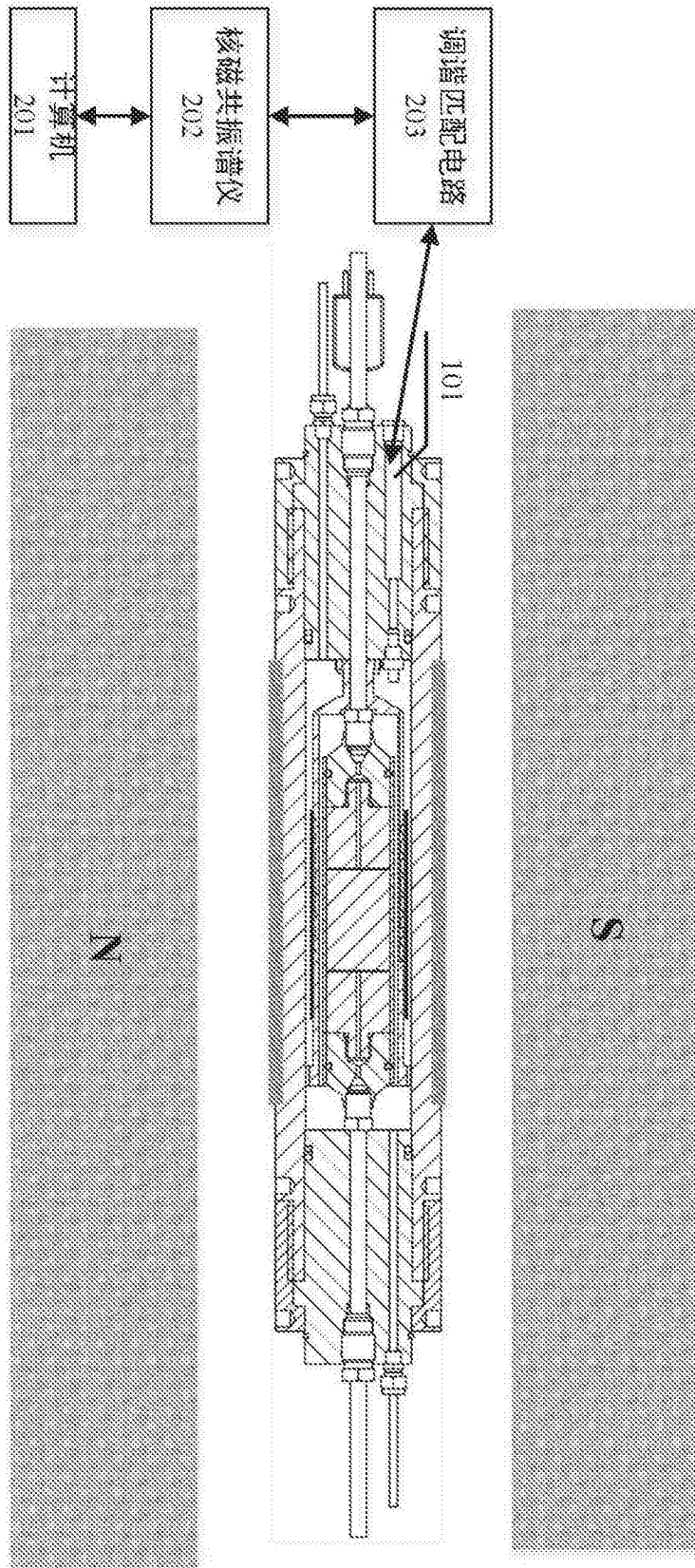


图2

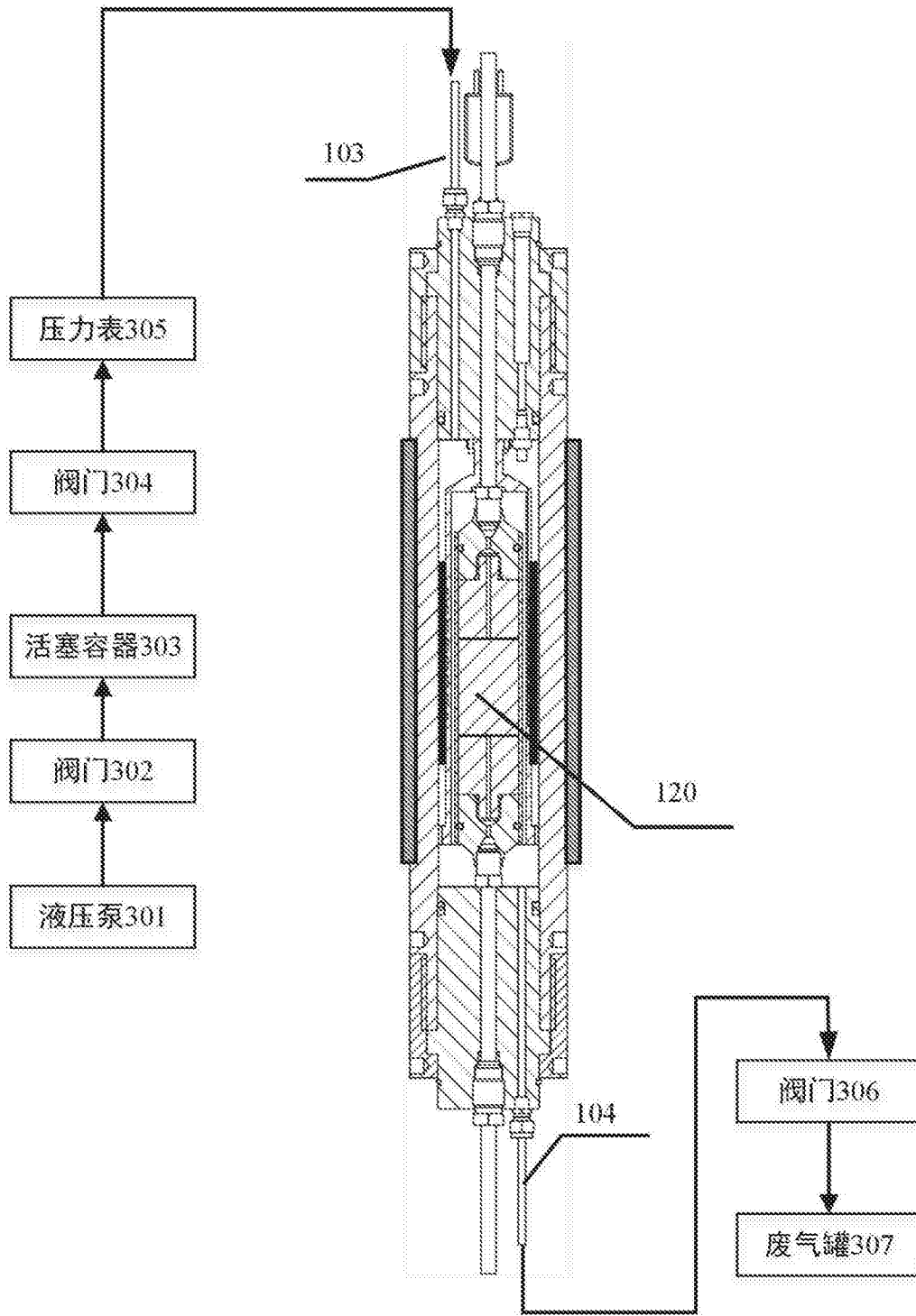


图3

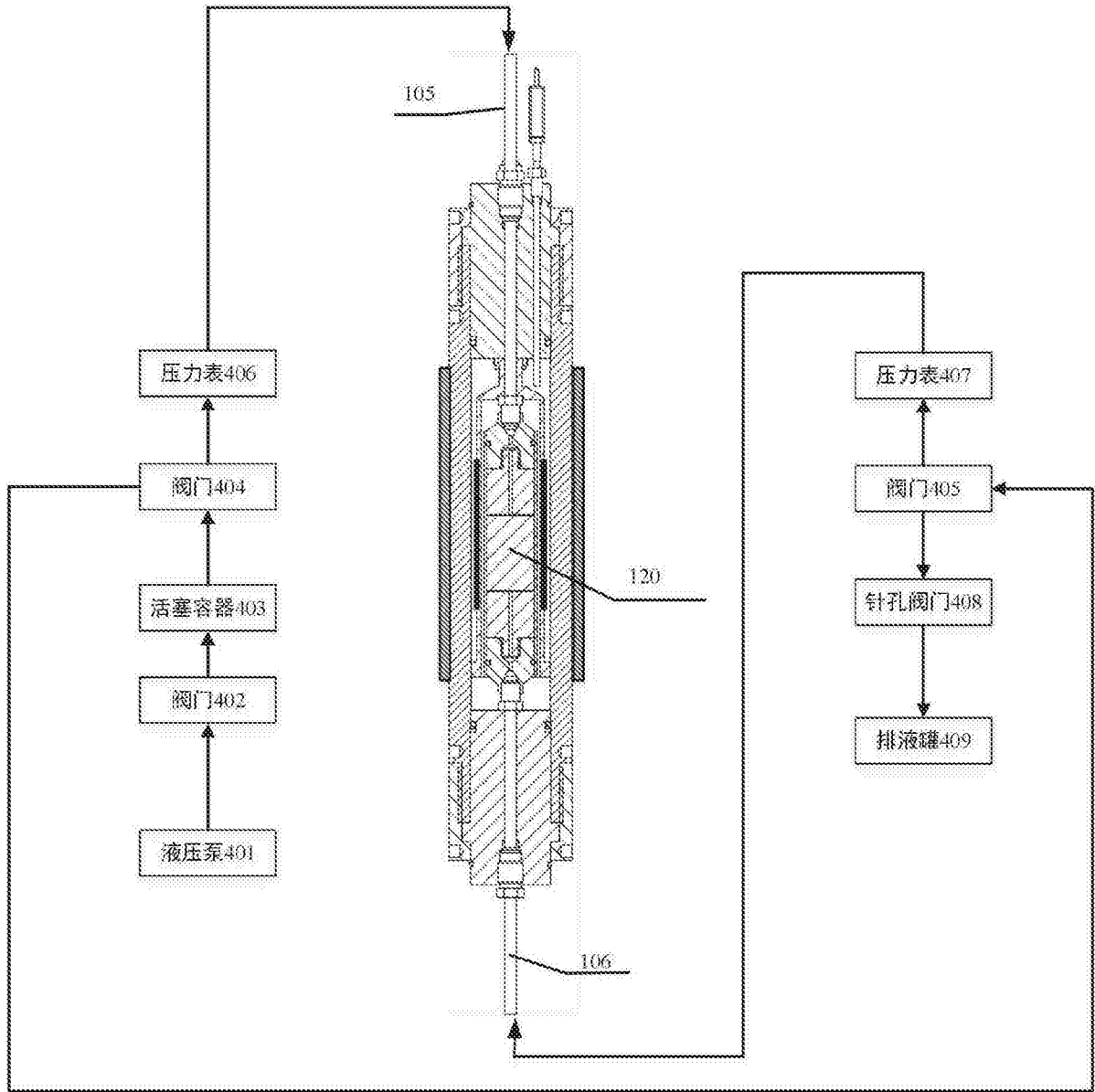


图4

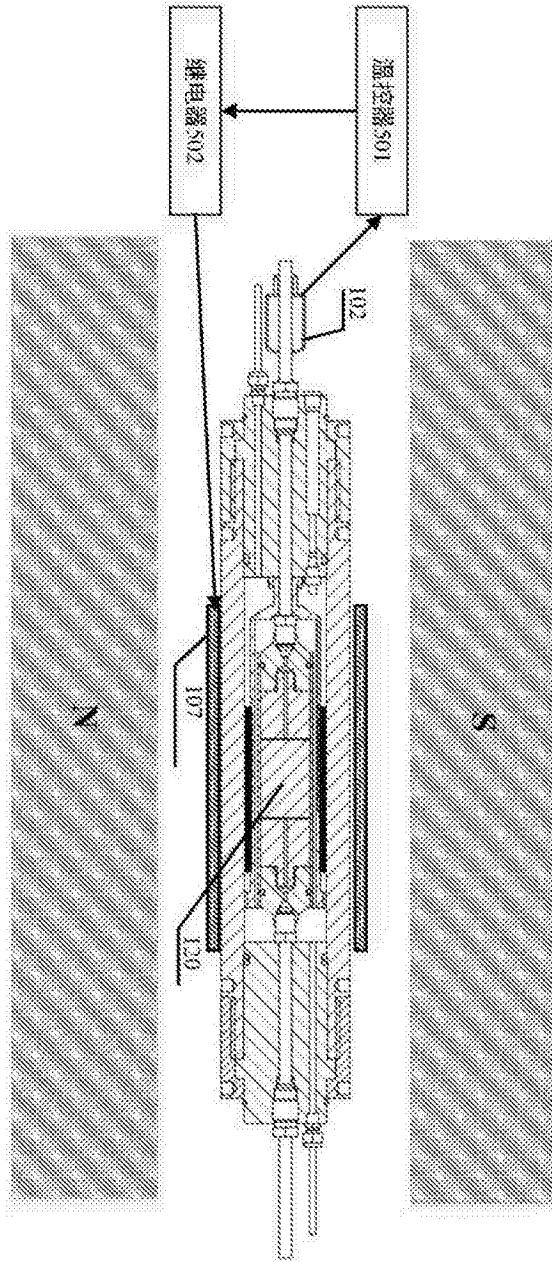


图5

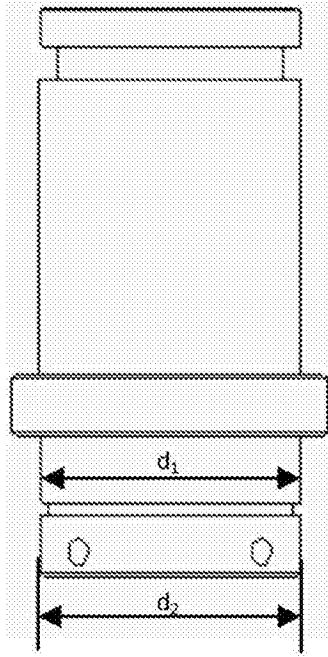


图6

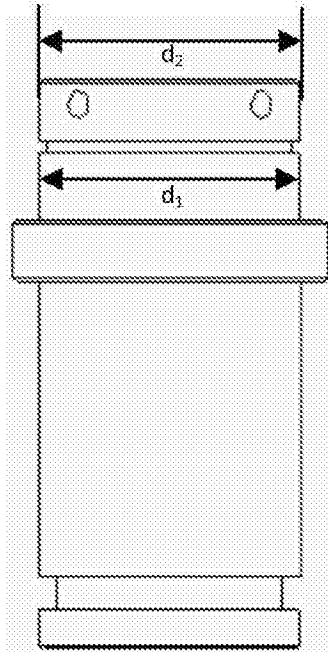


图7

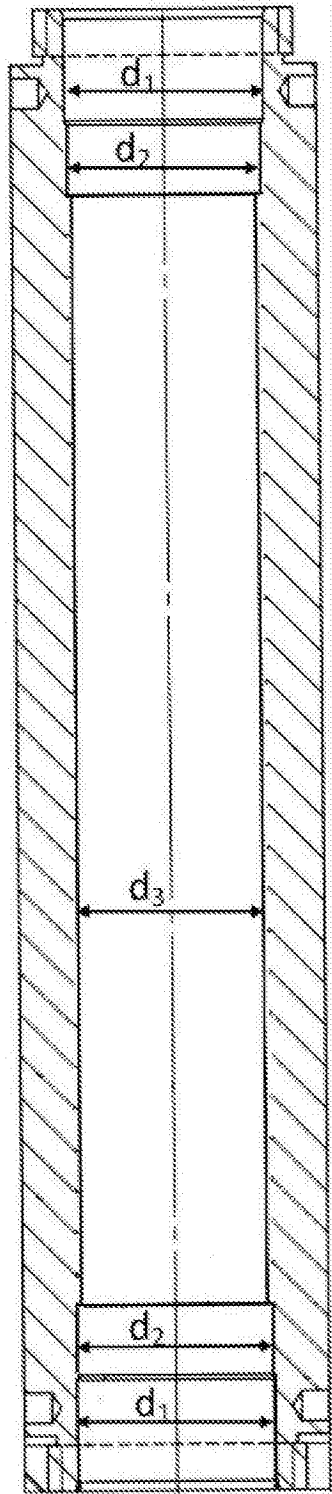


图8