



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106018236 A

(43)申请公布日 2016.10.12

(21)申请号 201610353587.3

(22)申请日 2016.05.25

(71)申请人 河海大学

地址 210000 江苏省南京市鼓楼区西康路1号

(72)发明人 康金昌 刘艺召 周庆 尹江珊  
刘星星 詹美礼 罗玉龙 何淑媛

(74)专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限公司 32224

代理人 薛海霞 董建林

(51)Int.Cl.

G01N 15/08(2006.01)

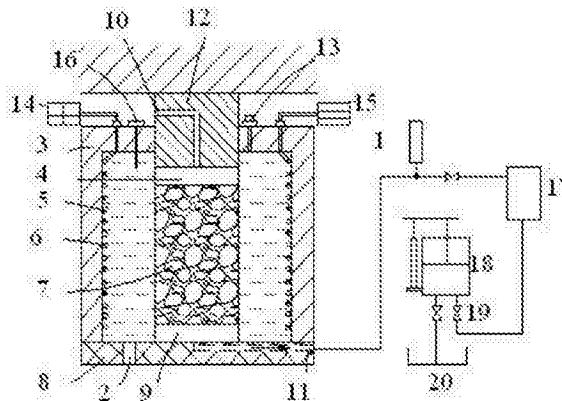
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室及试验方法

(57)摘要

本发明属于渗透实验仪器领域,具体涉及岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室及试验方法,包括压力室体、位于压力室底部的压力室底座、位于压力室顶部的压力室盖,其特征在于,还包括位于压力室底部的围压进油孔和渗流出口、靠近压力室顶部的渗流入口、位于压力室底座外侧且与压力室底座连接的压力室锁帽、设置于压力室顶部的提升油缸、位于压力室体内的顺序设置的上压头、上渗透板、试件、下渗透板、下压头,所述的渗流出口与冷却水箱、体积变化量测量仪顺序连接。本发明提供了一种具有高安全性、自动化、多功能的压力室及试验方法,避免操作复杂、存在安全隐患,适用于研究复杂的温度-渗流-应力-化学(THMC)耦合作用下的岩石三轴耦合渗透试验。



1. 岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,包括压力室体、位于压力室底部的压力室底座、位于压力室顶部的压力室盖,其特征在于,还包括位于压力室底部的围压进油孔和渗流出口、靠近压力室顶部的渗流入口、位于压力室底座外侧且与压力室底座连接的压力室锁帽、设置于压力室顶部的提升油缸、位于压力室体内壁的加温管和冷却管、位于压力室体内的顺序设置的上压头、上渗透板、试件、下渗透板、下压头以及安装于压力室顶部的温度传感器,所述的渗流出口与冷却水箱、体积变化量测量仪顺序连接;所述的上压头和下压头与试件接触的端面上设有环形槽,上、下渗透板分别放入环形槽内。

2. 根据权利要求1所述的岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,其特征在于,所述的压力室体相当于压力室筒,其作为压力室的外壳且不包含压力室底座结构;所述的压力室锁帽使压力室体和压力室底座紧密连接。

3. 根据权利要求1所述的岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,其特征在于,所述的渗流入口位于传力杆顶部且与压力室体内连通,传力杆的底部与上压头直接接触,下压头与压力室底座直接接触,且压力室底座下方连接千斤顶。

4. 根据权利要求1所述的岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,其特征在于,所述的压力室顶部预留伸入压力室体内的杆式凹槽,温度传感器安装杆插入杆式凹槽内,温度传感器安装于温度传感器安装杆上。

5. 根据权利要求1所述的岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,其特征在于,还包括位于压力室体外的保温壳;所述的试样外均匀涂抹硅橡胶并套上热缩套管;所述的提升油缸用于打开或关闭压力室盖。

6. 根据权利要求1所述的岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,其特征在于,还包括计算机伺服控制系统、控温系统、液压系统、化学溶液系统、测量系统,所述的控温系统包括所述的加温管和冷却管以及固定于压力室外且对蓄水箱的渗透水加热或制冷的加热控制器和制冷器;所述的液压系统提供轴压围压;系统对控制系统、液压系统、化学溶液系统、测量系统、压力室进行控制;所述的测量系统包括所述的冷却水箱、体积变化量测量仪以及在渗流出口后端的流量计;所述的化学溶液系统将溶液存放器皿中预先配好的溶液,通过单向阀流入压力转换装置中,打开高压或低压渗透阀,通过计算机控制面板加载相应的渗透水压力,并通过改变溶液存放器皿中的化学溶液,来加载及改变化学场,渗透水溶液充满整个压力室体内部,使试样与化学溶液充分接触。

7. 根据权利要求1所述的岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,其特征在于,所述的压力室体采用四柱式承力架,增大轴向加载范围;压力室采用高强度合金钢制作,并作防水处理,扩大围压加载上限。

8. 根据权利要求1所述的岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,其特征在于,在压力室底座上预留接口,径向应变计的信号从压力室内部传输到外部,从而实现对岩石试件的横向变化实时测量;围压进油孔连通压力室体内且围压油位于试样两侧。

9. 岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室的试验方法,包括如下步骤:

(1)将硅橡胶均匀涂抹于圆柱体岩石试样侧表面,并在试样外套入薄壁热缩管;

(2)通过提升油缸将压力室顶盖打开,将制作好的试样放入压力室,再通过提升油缸将压力室盖闭合,最后确认压力室是否有漏气现象;

(3)加载围压,液压系统中的液压油通过承压油缸进入围压室;加载轴压,向轴向油缸

注油,试样通过轴向立柱、上传力柱和下传力柱产生轴压,通过计算机伺服系统及液压系统配合完成,通过高压传感器及流量计获得压力和流量数据,并通过计算机伺服系统进行反馈,调节,记录操作;

(4)渗透压力及化学场加载,将溶液存放器皿中预先配好的溶液,通过单向阀流入压力转换装置中,打开高压或低压渗透阀,通过计算机控制面板加载相应的渗透水压力,并通过改变溶液存放器皿中的化学溶液,来加载及改变化学场,渗透水只通过试件内部,压力室桶内部充满围压油;

(5)加载温度场,控温系统分为加温和制冷两种控制温度方式,并对渗透水和围压油分别加热;

渗透水:打开电源后,加热控制器或制冷器对蓄水箱中的水进行加热或制冷,并对蓄水箱内的水温实时监测;渗透水用于流入渗流入口;

围压油:加热控制器、制冷器分别通过加温管、冷却管控制围压室内的温度,利用加热管或冷却管对压力室内的围压油进行加热或制冷,通过预加入压力室中的温度传感器对围压油进行温度实时测量监控,直至达到预设温度;

(6)数据测量:渗出水体经渗流出口进入冷却水箱将渗出的高温水或放出蒸汽变为低温水以进行真实测量,再由体积变化量测量仪测得冷却水箱中的水位变化值,计算机伺服系统根据检测的水位变化值计算得到精确的渗出水体积量,以此渗出水变化量研究应力-渗流-温度-化学四场耦合作用下裂隙岩石的渗透特性。

## 岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室及试验方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于渗透实验仪器领域,具体涉及一种温度-渗流-应力-化学(THMC)耦合作用下岩石三轴耦合渗透试验仪器中使用的多功能整体压帽压力室及试验方法。

### 背景技术

[0002] 水利水电工程、核废料深埋处置、非常规能源开采等工程均需解决复杂环境中深部岩石的渗透特性和力学行为。深部岩石处在高地应力、高地温、高渗透水压力以及水化学环境中,会发生极其复杂的温度-渗流-应力-化学(THMC)耦合作用。对于岩石THMC耦合作用的试验研究目前还处于理论研究阶段中,以后还会有很大的改善空间,其中耦合渗透仪器的压力室设计决定整个试验所能承受的三向压力、渗透压力、温度、渗透流体的pH值的范围,以及能否实时监测岩石的变化情况。目前,现有的设备采用压力室与底座的多螺钉联接方式,使得压力室在高压环境下存在安全隐患。若是要求岩石试件在较高的温度、应力、渗流应力等复杂条件下进行试验,则压力室体积需要设计成体积很大、体壁厚而重,这种情况下采用人工操作费力麻烦不说,容易因不小心碰撞而破坏仪器的精密性。由于传统的加压方式导致试件在现有的压力室环境下工作,不方便添加试验需要的设备,比如温度测量设备、横向位移测量设备等,造成不适用于复杂的温度、应力、渗流、化学耦合条件下的岩石渗透试验研究。

[0003] 随着经济的发展,环境污染问题越来越突出,固弃物、核废料等的处置甚至危及岩土体所处的地下环境。例如,由于受核废料释放热量的影响使得地下岩层内部应力、温度及化学反应发生改变,导致岩石的渗透特性以及力学变形性质均有别于常温岩土体,因此深部岩石周围条件的改变对于研究岩土体的渗透性变化是有很大大意义的,对岩土体的深入研究不仅可以为解决地下环境问题提供理论依据,还可以为地热资源利用、石油开采等实际工程提供应用价值。同时,岩土体环境作为一个场的性质存在能够影响地下水渗流场、应力场、水化学反应过程,使得岩土体,特别是裂隙岩体时时处于多因素构成的动态平衡体系中。而温度、应力、化学、渗流同时共同作用下岩石的渗透特性和力学特性受到很大的影响,其中渗透率和岩石强度会发生很大的变化,忽略周围环境因素研究得到的岩石性质会有很大误差,难以满足实际工程需要,而本发明的实验装置可针对岩石所处的地应力条件,可真实模拟高应力、高孔隙水压力、中高温~低温、大水力梯度等复杂条件下的各种岩石渗透特性、力学特性试验研究。

### 发明内容

[0004] 为了克服上述现有技术的不足,本发明提供了一种具有高安全性、自动化、多功能的岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室及试验方法,避免操作复杂、存在安全隐患,适用于研究复杂的温度-渗流-应力-化学(THMC)耦合作用下的岩石三轴耦合渗透试验。

[0005] 为了实现上述发明目的,本发明所采取的技术方案为:岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,包括压力室体、位于压力室底部的压力室底座、位于压力室顶部的压

力室盖,其特征在于,还包括位于压力室底部的围压进油孔和渗流出口、靠近压力室顶部的渗流入口、位于压力室底座外侧且与压力室底座连接的压力室锁帽、设置于压力室顶部的提升油缸、位于压力室体内壁的加温管和冷却管、位于压力室体内的顺序设置的上压头、上渗透板、试件、下渗透板、下压头以及安装于压力室顶部的温度传感器,所述的渗流出口与冷却水箱、体积变化量测量仪顺序连接;所述的上压头和下压头与试件接触的端面上设有环形槽,上、下渗透板分别放入环形槽内。

[0006] 前述的岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,所述的压力室体相当于压力室筒,其作为压力室的外壳且不包含压力室底座结构。所述的压力室锁帽使压力室体和压力室底座紧密连接。

[0007] 前述的岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,所述的渗流入口位于传力杆顶部且与压力室体内连通,传力杆的底部与上压头直接接触,下压头与压力室底座直接接触,且压力室底座下方连接千斤顶。

[0008] 前述的岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,所述的压力室顶部预留伸入压力室体内的杆式凹槽,温度传感器安装杆插入杆式凹槽内,温度传感器安装于温度传感器安装杆上。

[0009] 前述的岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,还包括位于压力室体外的保温壳;所述的试样外均匀涂抹硅橡胶并套上热缩套管;所述的提升油缸用于打开或关闭压力室盖。

[0010] 前述的岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,还包括计算机伺服控制系统、控温系统、液压系统、化学溶液系统、测量系统,所述的控温系统包括所述的加温管和冷却管以及固定于压力室外且对蓄水箱的渗透水加热或制冷的加热控制器和制冷器;所述的液压系统提供轴压围压;所述的计算机伺服控制系统对控制系统、液压系统、化学溶液系统、测量系统、压力室进行控制;所述的测量系统包括所述的冷却水箱、体积变化量测量仪以及在渗流出口后端的流量计;所述的化学溶液系统将溶液存放器皿中预先配好的溶液,通过单向阀流入压力转换装置中,打开高压或低压渗透阀,通过计算机控制面板加载相应的渗透水压力,并通过改变溶液存放器皿中的化学溶液,来加载及改变化学场,渗透水溶液充满整个压力室体内部,使试样与化学溶液充分接触。围压进油孔连通压力室体内且围压油位于试样两侧。

[0011] 岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室的试验方法,包括如下步骤:

[0012] (1)将硅橡胶均匀涂抹于圆柱体岩石试样侧表面,并在试样外套入薄壁热缩管;

[0013] (2)通过提升油缸将压力室顶盖打开,将制作好的试样放入压力室,再通过提升油缸将压力室盖闭合,最后确认压力室是否有漏气现象;

[0014] (3)加载围压,液压系统中的液压油通过承压油缸进入围压室;加载轴压,向轴向油缸注油,试样通过轴向立柱、上传力柱和下传力柱产生轴压,通过计算机伺服系统及液压系统配合完成,通过高压传感器及流量计获得压力和流量数据,并通过计算机伺服系统进行反馈,调节,记录操作;

[0015] (4)渗透压力及化学场加载,将溶液存放器皿中预先配好的溶液,通过单向阀流入压力转换装置中,打开高压或低压渗透阀,通过计算机控制面板加载相应的渗透水压力,并通过改变溶液存放器皿中的化学溶液,来加载及改变化学场,渗透水只通过试件内部,压力

室桶内部充满围压油；

[0016] (5)加载温度场,控温系统分为加温和制冷两种控制温度方式,并对渗透水和围压油分别加热；

[0017] 渗透水:打开电源后,加热控制器或制冷器对蓄水箱中的水进行加热或制冷,并对蓄水箱内的水温实时监测;渗透水用于流入渗流入口；

[0018] 围压油:加热控制器、制冷器分别通过加温管、冷却管控制围压室内的温度,利用加热管或冷却管对压力室内的围压油进行加热或制冷,通过预加入压力室中的温度传感器对围压油进行温度实时测量监控,直至达到预设温度；

[0019] (6)数据测量:渗出水体经渗流出口进入冷却水箱将渗出的高温水或放出蒸汽变为低温水以进行真实测量,再由体积变化量测量仪测得冷却水箱中的水位变化值,计算机伺服系统根据检测的水位变化值计算得到精确的渗出水体积量,以此渗出水变化量研究应力-渗流-温度-化学四场耦合作用下裂隙岩石的渗透特性。

[0020] 压力室体与压力室底座的方式采用大锁帽(即压力室锁帽)的连接方式,使得压力室体与底座紧密连接。所述的压力室体采用四柱式承力架,增大轴向加载范围;压力室组件均采用高强度合金钢制作,并作防水处理,扩大围压加载上限。

[0021] 为避免挪动笨重的压力室,在压力室顶设计提升油缸,在纵向上升降,实现机械化。

[0022] 在压力室上设计一个温度传感器安装杆,方便插入温度传感器。在压力室底座上预留接口,径向应变计的信号能从压力室内部传输到外部,从而实现对岩石试件的横向变化实时测量。整个腔体内部设计成较大的空间,方便在压力室内壁安装温度控制设备,以便增加温度或冷却试件。

[0023] 本实验仪器采用精确度量渗出水体积的变化进行流量测定,这里简称“体变量法”对渗进水量及渗出水流量进行准确计量。在压力室渗透水出口处,安置流量计,以便实验者随时观察渗透水流量变化,若渗透流量突然增大,则说明所测试样可能发生损坏,方便实验者第一时间暂停实验。

[0024] 为满足不同尺寸试样的实验要求,加工制作了不同规格的传力柱系统,可针对多种不同规格的标准试样进行力学和渗透性试验研究。对于高度小于相应规格尺寸的试样,可内接中传力柱。

[0025] 根据实验过程需要,压力室和上下承力柱外加有保温壳,以减少水温变化,保证实际水温更接近试验温度,保温壳体采用分体结构,由左右两部分组成,便于拆卸,不需要温控时,可卸除保温装置,在类似实验装置中尚属首例。

[0026] 传力柱要刻有环形水槽,确保使其与试样充分接触,保证渗透发生在试样的整个端面,上压头与传力杆采用耐高温O形圈加聚四氟乙烯高弹密封圈密封,下压头与底座密封也是如此。

[0027] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:

[0028] 1、机械化使得试件拆装方便。

[0029] 2、封闭性好,防止用于施加围压的液体外泄。

[0030] 3、安全性能提高,可以在高温高压的环境下安全地进行试验。

[0031] 4、扩容性增强,方便安装温度控制设备、插入温度传感器和安装径向应变计,使

得该仪器的运用领域增多。

[0032] 5、对围压的补充量、退出量进行精确测量。

[0033] 6、通过外加保温壳,水温更加准确,温度场的影响更为显著。

[0034] 7、渗出水体流出围压室进入冷却水箱,应用体变测量仪精确测量渗出水体积的微小变化,以此来测量渗流量比较精确的具体数值,由此使渗透实验时间大大缩短,测量精度明显提高。

[0035] 8、该装置可进行高温及低温高压下不同尺寸试样在不同应力条件下的渗透试验研究,针对岩石所处的地应力条件,可真实模拟高孔隙水压、小水利梯度条件下的各种渗透性、力学特性试验研究。

[0036] 9、可对轴压、围压、渗透压和轴向位移进行精确控制,并可采用全自动、半自动和手动三种控制模式。在全自动模式下,试验可长期连续运行。

#### 附图说明:

[0037] 图1为压力室、控温系统及渗出水测量系统示意图;

[0038]

1传感器	2围压进油孔	3压力室体
4上传力柱	5加温管	6冷却管
7试件	8压力室底座	9下传力柱
10渗流入口	11渗流出口	12轴向立柱
13围压室出气孔道	14加热控制器	15制冷器
16温度传感器	17冷却水箱	18体积变化量测量仪
19手动调速阀	20水槽	

[0039] 图2为试验装置原理示意图;

[0040] 21计算机伺服控制系统,22控温系统,23液压系统,24化学溶液系统,25压力室系统,26测量系统;

[0041] 图3为压力室内部结构图;

[0042]

27保温壳	28温度传感器	29压力室筒	30压力室锁帽
31上渗透板	32试件	33下渗透板	34提升油缸
35压力室底座	36千斤顶		

[0043] 图4为压力室工作示意图;

[0044]

37 渗透水进口	38 传力杆	39 压力室盖	40 温度传感器安装杆
41 上压头	42 压力室筒	43 下压头	44 压力室锁帽
45 压力室底座	46 渗透水出口		

[0045] 图5为试样组合安装示意图,其中47中传立柱,48密封圈,49热缩套管。

## 具体实施方式

[0046] 下面结合附图和实施例对本发明的具体实施方式进行说明。

[0047] 根据图1至图5,岩石耦合渗透试验中多功能整体压帽式压力室,包括压力室体3、位于压力室底部的压力室底座8(也为35)、位于压力室顶部的压力室盖39,还包括位于压力室底部的围压进油孔2和渗流出口11(也为渗透水出口46)、靠近压力室顶部的渗流入口10(也为渗透水进口37)、位于压力室底座外侧且与压力室底座连接的压力室锁帽44(也为31)、设置于压力室顶部的提升油缸28、位于压力室内壁上的加温管5和冷却管6、位于压力室内的由上至下顺序设置的上压头41(即上传力柱4)、上渗透板31、试件32(也为7)、下渗透板33、下压头43(也即下传立柱)以及安装于压力室顶部的温度传感器16(也为28),所述的渗流出口与冷却水箱17、体积变化量测量仪18顺序连接;所述的上压头和下压头与试件接触的端面上分别设有环形槽,上、下渗透板分别放入环形槽内。

[0048] 所述的压力室体3相当于压力室筒29,其作为压力室的外壳且不包含压力室底座结构;所述的压力室锁帽使压力室体和压力室底座紧密连接。所述的渗流入口位于传力杆38顶部且与压力室内连通,传力杆的底部与上压头直接接触,下压头与压力室底座直接接触,且压力室底座下方连接千斤顶36。所述的压力室顶部预留伸入压力室内的杆式凹槽,温度传感器安装杆40插入杆式凹槽内,温度传感器安装于温度传感器安装杆上。还包括位于压力室体外的保温壳27;所述的试样外均匀涂抹硅橡胶并套上热缩套管49;所述的提升油缸用于打开或关闭压力室盖。压力室外壁还设有围压室出气孔道13,围压室出气孔道与围压室相通,围压室位于压力室内,内部放入试样,试样由薄壁热缩管保护,试样周围充满围压油。

[0049] 还包括计算机伺服控制系统21、控温系统22、液压系统23、化学溶液系统24、测量系统26、压力室系统25(即压力室组件),所述的控温系统包括所述的加温管和冷却管以及固定于压力室外且对蓄水箱的渗透水加热或制冷的加热控制器14和制冷器15,蓄水箱位于压力室外且连通渗流入口10;所述的液压系统提供轴压围压;所述的计算机伺服控制系统对控制系统、液压系统、化学溶液系统、测量系统、压力室进行控制;所述的测量系统包括所述的冷却水箱、体积变化量测量仪以及在渗流出口后端的流量计和传感器1;所述的化学溶液系统将溶液存放器皿中预先配好的溶液,通过单向阀流入压力转换装置中,打开高压或低压渗透阀,通过计算机控制面板加载相应的渗透水压力,并通过改变溶液存放器皿中的化学溶液,来加载及改变化学场,渗透水溶液充满整个压力室体内部,使试样与化学溶液充分接触。所述的测量系统还包括水槽20(用于接收体积变化量测量仪的水)、以及手动调速阀19。

[0050] 所述的压力室体采用四柱式承力架,增大轴向加载范围;压力室采用高强度合金钢制作,并作防水处理,扩大围压加载上限。在压力室底座上预留接口,径向应变计的信号从压力室内部传输到外部,从而实现对岩石试件的横向变化实时测量;围压进油孔连通压力室内且围压油位于试样两侧。

[0051] 压力室顶部对称设置两个提升油缸,由调节开关来控制压力室体的整体升降,实现自动化;将圆柱压力室外套一压力室锁帽,锁帽内侧面以及底座侧面加工成螺纹状,便于锁帽旋紧时压力室与底座紧密地组成压力室体;锁帽外部径向对称预留一对小圆柱孔,以



便用榔头插入,方便轻松地旋紧锁帽,精密地封闭压力室体,并方便拆卸试件;压力室顶部靠圆柱的地方预留一个伸入压力室体的杆式凹槽,方便插入温度传感器测量试件周围的温度;底座边上设计三个电路接口,方便在压力室体里放入径向应变计时,信号能够连通道外界;上压头与传力杆采用耐高温O形圈加聚四氟乙烯高弹密封圈48密封,下压头与底座密封也是如此,上下压头与试件接触的端面上有环形槽,之间贴入上下渗透板,起到过滤作用,可更好的将渗透水均匀的分布在试件的表面上,上下压头本身起到保护和固定试样的作用。

[0052] 本发明所述的裂隙岩石高应力高水压温度化学耦合渗透试验多功能可控整体压帽压力室装置,实验步骤如下

[0053] 1、将硅橡胶均匀涂抹于圆柱体岩石试样侧表面,并在试样外套入薄壁热缩套管,以上操作可使围压油与试样隔离开来。试验时要选用弹性较好的热缩套管,使其对试样围压的影响忽略不计。

[0054] 2、通过自动提升缸,将压力室顶盖打开,将制作好的试样放入压力室,对于高度小于相应规格尺寸的试样,要加入中传力柱47,再通过自动提升缸将压力室盖闭合,最后确认压力室是否有漏气现象,经此操作后则可对试样进行下一步渗透性试验。

[0055] 3、加载轴压围压,此步骤是通过计算机伺服系统及液压系统等置配合完成,通过高压传感器及流量计获得相关数据,并通过计算机伺服系统进行反馈,调节,记录等操作。

[0056] 4、渗透压力及化学场加载,将溶液存放器皿中预先配好的溶液,通过单向阀,流入压力转换装置中,打开高压或低压渗透阀,通过计算机控制面板加载相应的渗透水压力,并通过改变溶液存放器皿中的化学溶液,来加载及改变化学场,渗透水只通过试件内部,压力室桶内部充满围压油。

[0057] 5、加载温度场,本试验装置配套的控温系统分为加温和制冷两种控制温度方式,并对渗透水和围压油分别加热,以保证试验温度准确。

[0058] 渗透水:打开电源后,加热控制器(或制冷器)可对蓄水箱中的水进行加热(或制冷),并对蓄水箱内的水温实时监测。

[0059] 围压油:打开温度控制器,利用加热管或冷却管对压力室内的围压油进行加热(或制冷),通过预加入压力室中的温度传感器对围压油进行温度实时测量监控,直至达到预设温度。

[0060] 6、数据测量:如图所示,渗出水体经渗流出口进入冷却水箱将渗出的高温水或放出蒸汽变为低温水以便进行真实测量,再由体变测量仪测得冷却水箱中的水位变化值,计算机即可根据检测的水位变化值计算得到精确的渗出水体积量,以此渗出水变化量研究应力-渗流-温度-化学四场耦合作用下裂隙岩石的渗透特性。

[0061] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出:对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

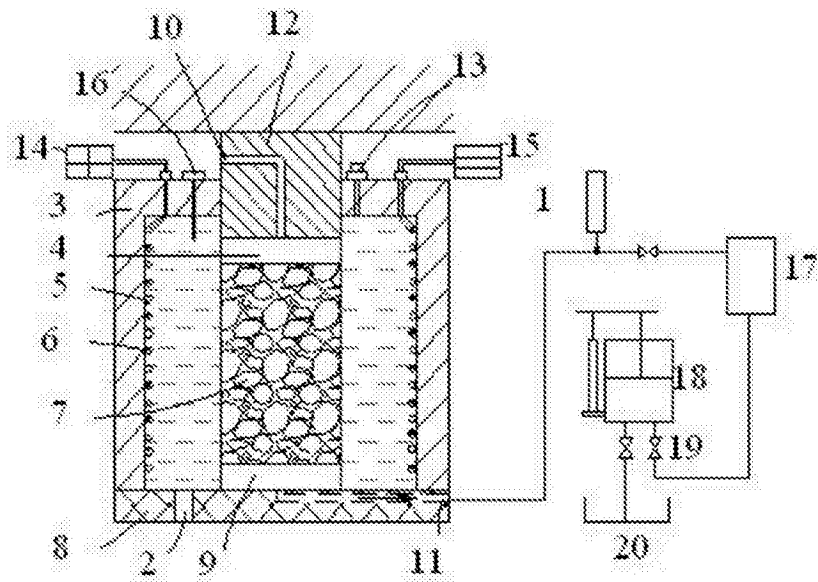


图1

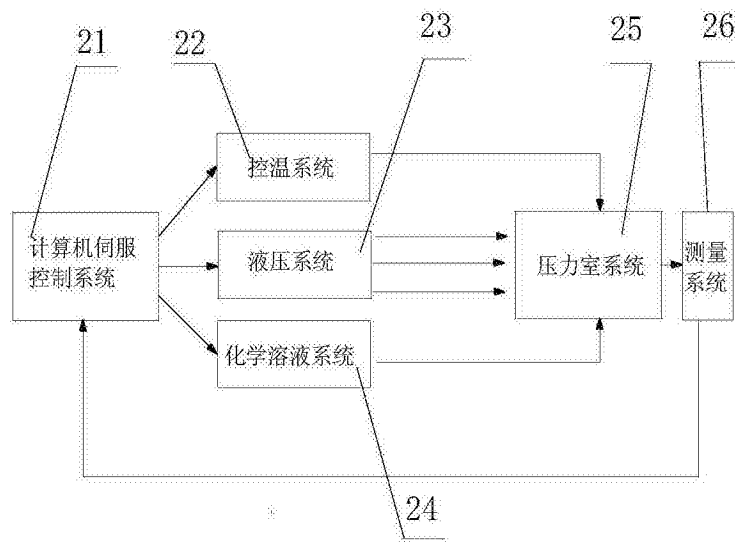


图2

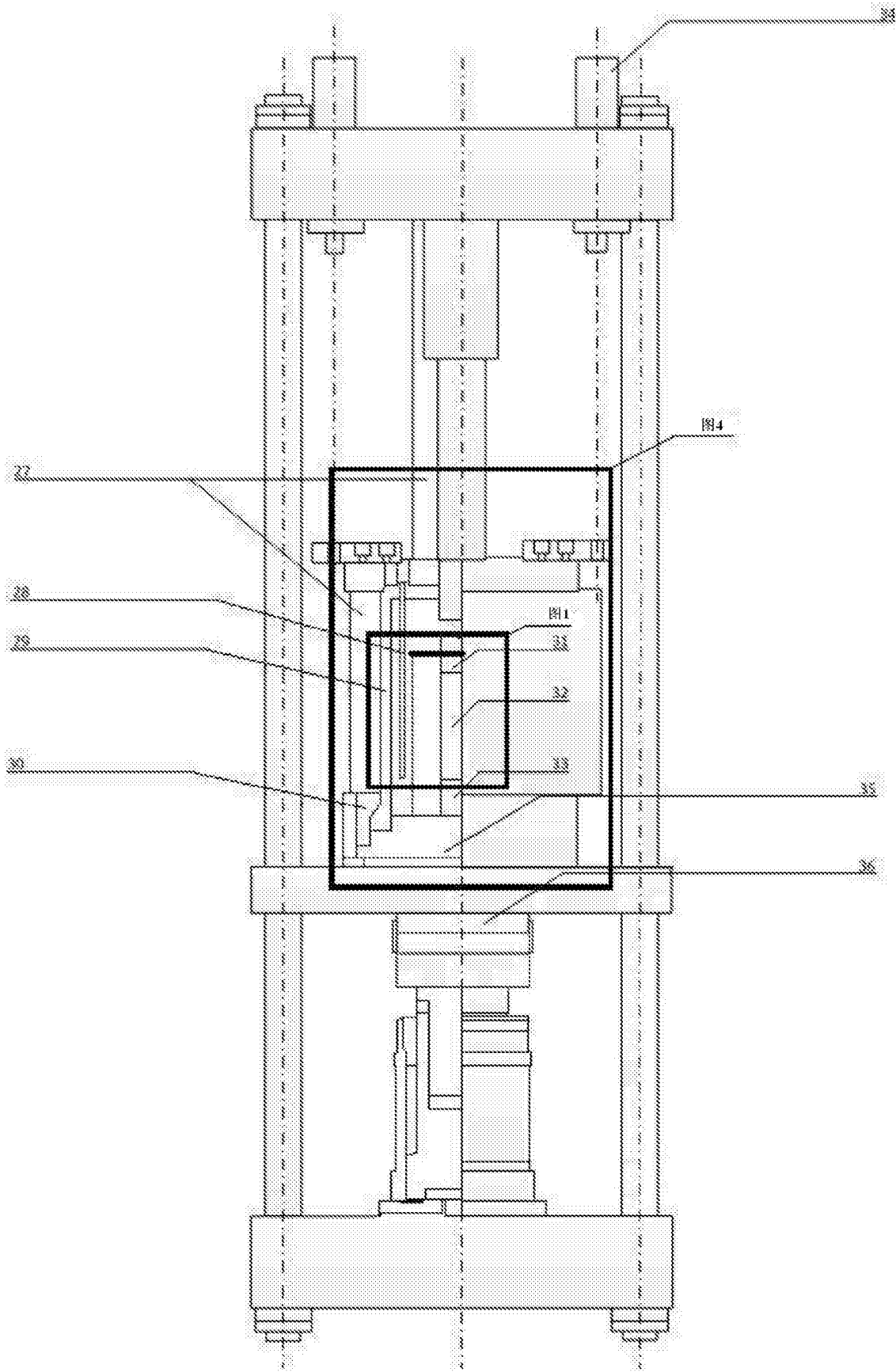


图3

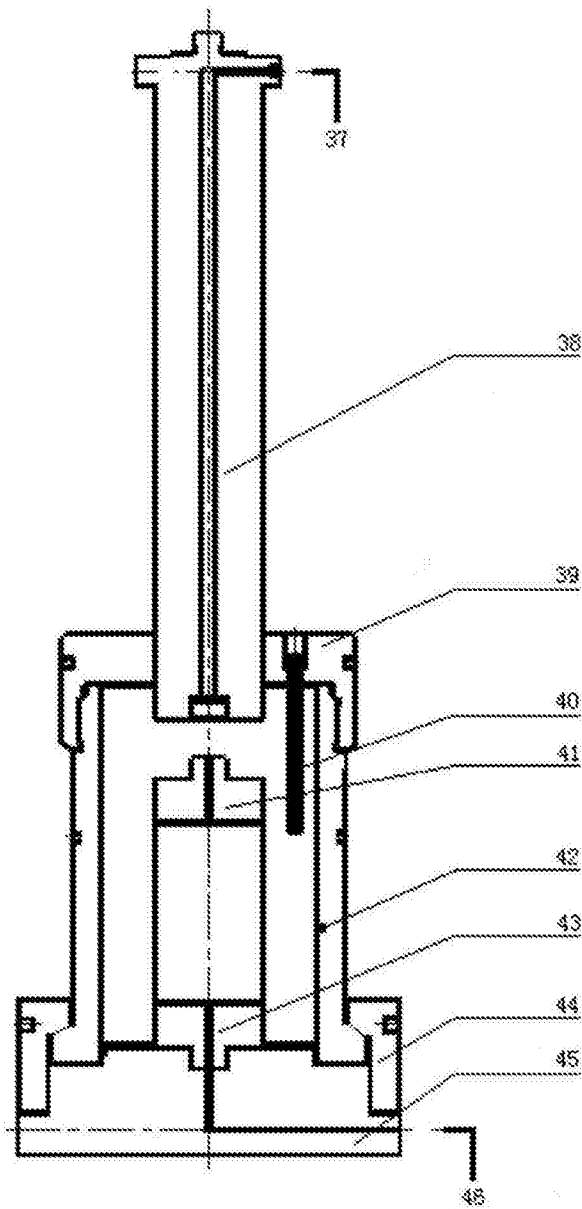


图4

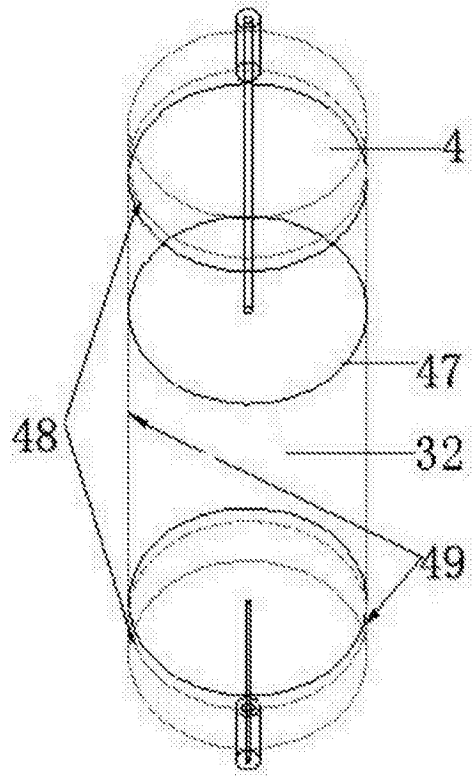


图5