



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104535426 B

(45)授权公告日 2017. 11. 28

(21)申请号 201410734403.9

G01N 15/08(2006.01)

(22)申请日 2014.12.04

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号

CN 203534910 U, 2014.04.09, 说明书第15-21段, 图1.

申请公布号 CN 104535426 A

CN 203965229 U, 2014.11.26, 说明书第24-43段, 图1-2.

(43)申请公布日 2015.04.22

CN 203965256 U, 2014.11.26, 说明书第30-45段, 图1-2.

(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水果湖街小洪山2号

审查员 黄俞

(72)发明人 胡大伟 周辉 张传庆 杨凡杰 卢景

(74)专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

代理人 陈家安

(51) Int. Cl.

G01N 3/12(2006.01)

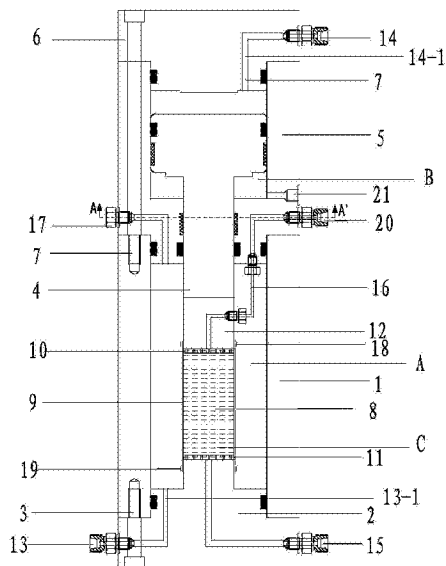
权利要求书2页 说明书4页 附图6页

(54)发明名称

CT实时扫描的三轴应力、渗流、化学耦合流变试验系统

(57)摘要

本发明CT实时扫描的三轴应力、渗流、化学耦合流变试验系统,包括围压室(A),轴压室(B)和测试室(C),所述的围压室(A)包括围压室缸筒(1)和围压缸底座(2),所述的围压室缸筒(1)和围压缸底座(2)通过底部螺杆(3)固定并密封;所述的轴压室(B)包括轴向活塞(4)、轴压缸筒(5)和轴压缸顶盖(6),渗流部分、三轴应力闭环部分和化学耦合部分。本发明试验系统的三轴压力室尺寸较小,解决了目前三轴压力室尺寸大的问题;并且采用三台闭环伺服计量泵分别精确控制围压、轴压和渗透压,能够为MHC耦合流变试验提供压力源,解决了目前液压站不适合长时间工作的问题,测试数据合理、准确。



1. CT实时扫描的三轴应力、渗流、化学耦合流变试验系统,包括围压室(A),轴压室(B)和测试室(C),

所述的围压室(A)包括围压室缸筒(1)和围压缸底座(2),所述的围压室缸筒(1)和围压缸底座(2)通过底部螺杆(3)固定并密封;

所述的轴压室(B)包括轴向活塞(4)、轴压缸筒(5)和轴压缸顶盖(6),所述的轴向活塞(4)位于轴压缸筒(5)内,在所述的轴压缸筒(5)上端为轴压缸顶盖(6);有顶部螺杆(7)依次穿过所述的轴压缸顶盖(6)和轴压缸筒(5)并固定在围压室缸筒(1)上;

所述的测试室(C)位于所述围压室缸筒(1)内,有上压头(12)位于测试室(C)和轴向活塞(4)之间;

所述的渗流部分包括在所述测试室(C)内的上透水垫板(10)和下透水垫板(11),所述的下透水垫板(11)位于围压缸底座(2)上,在所述的轴向活塞(4)和上透水垫板(10)之间设置有上压头(12),在所述的上压头(12)和围压缸底座(2)之间设置有橡胶套(9),所述的橡胶套(9)通过上卡箍(18)和下卡箍(19)锁紧密封;

其特征在于:还包括三轴应力闭环部分和化学耦合部分;

所述的三轴应力闭环部分由围压闭环伺服计量泵、轴压闭环伺服计量泵和渗透压闭环伺服计量泵组成;

所述的围压闭环伺服计量泵、轴压闭环伺服计量泵和渗透压闭环伺服计量泵的结构相同均由泵体(22)、泵活塞(23)、压力传感器(24)、伺服控制模块(25)和伺服电机(26)组成;所述的压力传感器(24)与伺服控制模块(25)连接,所述的伺服控制模块(25)与伺服电机(26)连接,所述的伺服电机(26)与泵活塞(23)连接,泵活塞(23)位于泵体(22)内;

所述的泵体(22)包括围压泵体、轴压泵体和渗透压泵体;

所述的围压泵接口(27)采用高压软管与围压缸底座(2)上的围压管路接口(13)连接,所述的围压管路接口(13)通过围压内部管路(13-1)通入围压室缸筒(1)内,在所述的围压室缸筒(1)的上端通过围压内部管路(13-1)连接围压缸排气口(17);

所述的轴压泵接口(28)采用高压软管与轴压缸顶盖(6)上的轴压管路接口(14)连接,所述轴压管路接口(14)通过轴压内部管路(14-1)通入轴压缸筒(5)内,轴压缸筒(5)的下端有轴压泵排气口(21);

所述的渗透压泵接口(29)采用高压软管与围压缸底座(2)上的渗透压管路接口(15)连接,所述的渗透压管路接口(15)通过渗透压内部管路(16)连接下透水垫板(11),所述的上透水垫板(10)通过渗透压内部管路(16)连接渗透压管路出口(20),所述的渗透压管路出口(20)位于轴压缸筒(5)上;

所述的化学耦合部分为位于测试室(C)内有化学耦合剂;

所述化学耦合剂选自下列的组份:HCl溶液、NaOH溶液、NaCl溶液、H₂CO₃溶液和NH₄NO₃溶液;

三轴压力室直径为试样直径的三倍。

2. 根据权利要求1所述的CT实时扫描的三轴应力、渗流、化学耦合流变试验系统,其特征在于所述的测试室(C)由橡胶套(9),上透水垫板(10),下透水垫板(11),上卡箍(18),下卡箍(19)组成,所述的橡胶套(9)位于上压头(12)和围压缸底座(2)之间,所述上卡箍(18)固定在上透水垫板(10)上方的上压头(12)上,所述的下卡箍(19)位于下透水垫板(11)下方

的围压缸底座(2)上。

3. 根据权利要求1或2所述的CT实时扫描的三轴应力、渗流、化学耦合流变试验系统,其特征在于所述的围压缸底座(2)为三层的圆台形结构。

4. 根据权利要求3所述的CT实时扫描的三轴应力、渗流、化学耦合流变试验系统,其特征在于所述顶部螺杆(7)有6-16个,均匀间隔布置在轴压缸顶盖(6)上。

5. 根据权利要求4所述的CT实时扫描的三轴应力、渗流、化学耦合流变试验系统,其特征在于所述底部螺杆(3)有6-16个,均匀间隔布置在围压缸底座(2)上。

CT实时扫描的三轴应力、渗流、化学耦合流变试验系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种CT三轴应力流变试验系统,更具体地说它是一种CT实时扫描的三轴应力、渗流、化学耦合流变试验系统。

背景技术

[0002] 自20世纪80年代以来,水利水电、地热开发及石油、天然气开采和地下储存等工程建设呈现出前所未有的发展势头,同时也出现了一些更具挑战性的特殊工程(如放射性废物地质处置、二氧化碳地质封存等)。出于这些重大岩土工程设计、建设及其对环境影响评价的需要,岩土介质中的应力-渗流-化学(MHC)耦合问题越来越受到人们的关注。目前,关于岩土介质中MHC耦合的研究已经成为国际岩土力学和工程领域的热点和最前沿的课题。人们通常采用三轴压力机对圆柱形试样施加围压和轴压进行三轴压缩试验,并在试样两个端部注入化学溶液,在试样内部形成渗透压差,使化学溶液在试样内部流动并与岩土介质发生化学反应,即MHC耦合。由于化学反应耗时较长,因此需要进行MHC耦合流变试验,才能获得MHC耦合长期作用下岩土介质力学、渗透率和孔隙率等特性的演化规律。

[0003] 然而,目前的试验技术存在如下问题:1)目前大部分试验设备仅能获得一些宏观现象,如变形、渗透率、孔隙率和溶解/沉积等,然而这些宏观现象由岩土介质的微细观孔隙/裂隙结构所决定,少数设备尝试将微焦计算机x-射线扫描技术(Micro-CT)配合三轴压力室使用(如公开号为CN103487319A),试图从细观尺度获取岩石微观结构,但是该设备的尺寸仍然较大,需要采用大型CT机;且若采用千斤顶施加轴向压力,装配时容易出现侧压,影响轴向压力的精度。2)由于MHC耦合试验耗时较长(以月为单位),目前的试验设备多采用液压站提供压力源,然而液压站工作发热量较大,且需要消耗大量的电能和冷却水,不适宜于长期工作,无法为MHC耦合流变试验提供压力源,从而造成测试的不准确。

发明内容

[0004] 针对现有试验技术存在的上述问题,本发明的目的是在于提供了一种用于CT实时扫描的三轴应力-渗流-化学耦合流变试验系统,该试验系统解决了目前三轴压力室尺寸大的问题,并且解决了目前液压站不适合长时间工作的问题。

[0005] 本发明的目的是通过如下措施来达到的:CT实时扫描的三轴应力、渗流、化学耦合流变试验系统,包括围压室,轴压室和测试室,

[0006] 所述的围压室包括围压室缸筒和围压缸底座,所述的围压室缸筒和围压缸底座通过底部螺杆固定并密封;

[0007] 所述的轴压室包括轴向活塞、轴压缸筒和轴压缸顶盖,所述的轴向活塞位于轴压缸筒内,在所述的轴压缸筒上端为轴压缸顶盖;有顶部螺杆依次穿过所述的轴压缸顶盖和轴压缸筒并固定在围压室缸筒上;

[0008] 所述的测试室位于所述围压室缸筒内,有上压头位于测试室和轴向活塞之间;

[0009] 其特征在于:还包括渗流部分、三轴应力闭环部分和化学耦合部分;

[0010] 所述的渗流部分包括在所述测试室内的上透水垫板和下透水垫板,所述的下透水垫板位于围压缸底座上,在所述的轴向活塞和上透水垫板之间设置有上压头,在所述的上压头和围压缸底座之间设置有橡胶套,所述的橡胶套通过上卡箍和下卡箍锁紧密封;

[0011] 所述的三轴应力闭环部分由围压闭环伺服计量泵、轴压闭环伺服计量泵和渗透压闭环伺服计量泵组成;

[0012] 所述的围压闭环伺服计量泵、轴压闭环伺服计量泵和渗透压闭环伺服计量泵的结构相同均由泵体、泵活塞、压力传感器、伺服控制模块和伺服电机组成;所述的压力传感器与伺服控制模块连接,所述的伺服控制模块与伺服电机连接,所述的伺服电机与泵活塞连接,泵活塞位于泵体内;

[0013] 所述的泵体包括围压泵体、轴压泵体和渗透压泵体;

[0014] 所述的围压泵接口采用高压软管与围压缸底座上的围压管路接口连接,所述的围压管路接口通过围压内部管路通入围压室缸筒内,在所述的围压室缸筒的上端通过围压内部管路连接围压缸排气口;

[0015] 所述的轴压泵接口采用高压软管与轴压缸顶盖上的轴压管路接口连接,所述轴压管路接口通过轴压内部管路通入轴压缸筒内,轴压缸筒的下端有轴压泵排气口;

[0016] 所述的渗透压泵接口采用高压软管与围压缸底座上的渗透压管路接口连接,所述的渗透压管路接口通过渗透压内部管路连接下透水垫板,所述的上透水垫板通过渗透压内部管路连接渗透压管路出口,所述的渗透压管路出口位于轴压缸筒上;

[0017] 所述的化学耦合部分为位于测试室内有化学耦合物;

[0018] 所述化学耦合物选自下列的组份:HCl溶液、NaOH溶液、NaCl溶液、 H_2CO_3 溶液和 NH_4NO_3 溶液。

[0019] 在上述技术方案中,所述的测试室由橡胶套,上透水垫板,下透水垫板,上卡箍,下卡箍组成,所述的橡胶套位于上压头和围压缸底座之间,所述上卡箍固定在上透水垫板上方的上压头上,所述的下卡箍位于下透水垫板下方的围压缸底座上。

[0020] 在上述技术方案中,所述的围压缸底座为三层的圆台形结构。

[0021] 在上述技术方案中,所述顶部螺杆有6至16个,均匀间隔布置在轴压缸顶盖上。

[0022] 在上述技术方案中,所述底部螺杆有6至16个,均匀间隔布置在围压缸底座上。

[0023] 本发明试验系统的三轴压力室尺寸较小(三轴压力室直径仅为试样直径的三倍),解决了目前三轴压力室尺寸大的问题;并且采用三台闭环伺服计量泵分别精确控制围压、轴压和渗透压,能够为MHC耦合流变试验长期提供压力源,解决了目前液压站不适合长时间工作的问题,测试数据合理、准确。

附图说明

[0024] 图1为本发明的结构示意图;

[0025] 图2为图1的A-A'剖视图;

[0026] 图3为图1的俯视图;

[0027] 图4为本发明中闭环伺服计量泵的结构示意图。

[0028] 图5-1、图5-2、图5-3、图5-4分别为0小时试样、100小时试样、200小时试样、300小时试样CT扫描照片(围压10MPa、轴压30MPa、pH=4的HCl溶液渗透压1MPa)。

[0029] 图6为渗透率随时间演化曲线图。

[0030] 图中:1、围压室缸筒;2、围压缸底座;3、底部螺杆;4、轴向活塞;5、轴压缸筒;6、轴压缸顶盖;7、顶部螺杆;8、试样;9、橡胶套;10、上透水垫板;11、下透水垫板;12、上压头;13、围压管路接口;13-1、围压内部管路;14、轴压管路接口;14-1、轴压内部管路;15、渗透压管路接口;16、渗透压内部管路;17、围压缸排气口;18、上卡箍;19、下卡箍;20、渗透压管路出口;21、轴压缸排气口;22、泵体;23、泵活塞;24、压力传感器;25、伺服控制模块;26、伺服电机;27、围压泵接口;28、轴压泵接口;29、渗透压泵接口;A、围压室;B、轴压室;C、测试室。

具体实施方式

[0031] 下面结合附图详细说明本发明的实施情况,但它们并不构成对本发明的限定,仅作举例而已。同时通过说明本发明的优点将变得更加清楚和容易理解。

[0032] 参阅附图可知:本发明CT实时扫描的三轴应力、渗流、化学耦合流变试验系统,包括围压室A,轴压室B和测试室C,

[0033] 所述的围压室A包括围压室缸筒1和围压缸底座2,所述的围压室缸筒1和围压缸底座2通过底部螺杆3固定并密封;

[0034] 所述的轴压室B包括轴向活塞4、轴压缸筒5和轴压缸顶盖6,所述的轴向活塞4位于轴压缸筒5内,在所述的轴压缸筒5上端为轴压缸顶盖6;有顶部螺杆7依次穿过所述的轴压缸顶盖6和轴压缸筒5并固定在围压室缸筒1上;

[0035] 所述的测试室C位于所述围压室缸筒1内,有上压头12位于测试室C和轴向活塞4之间(如图1所示);

[0036] 其特征在于:还包括渗流部分、三轴应力闭环部分和化学耦合部分;

[0037] 所述的渗流部分包括在所述测试室C内的上透水垫板10和下透水垫板11,所述的下透水垫板11位于围压缸底座2上,在所述的轴向活塞4和上透水垫板10之间设置有上压头12,在所述的上压头12和围压缸底座2之间设置有橡胶套9,所述的橡胶套9通过上卡箍18和下卡箍19锁紧密封(如图1所示);

[0038] 所述的三轴应力闭环部分由围压闭环伺服计量泵、轴压闭环伺服计量泵和渗透压闭环伺服计量泵组成;

[0039] 所述的围压闭环伺服计量泵、轴压闭环伺服计量泵和渗透压闭环伺服计量泵的结构相同均由泵体22、泵活塞23、压力传感器24、伺服控制模块25和伺服电机26组成;所述的压力传感器24与伺服控制模块25连接,所述的伺服控制模块25与伺服电机26连接,所述的伺服电机26与泵活塞23连接,泵活塞23位于泵体22内(如图4所示);

[0040] 所述的泵体22包括围压泵体、轴压泵体和渗透压泵体;

[0041] 所述的围压泵接口27与围压缸底座2上的围压管路接口13连接,所述的围压管路接口13通过围压内部管路13-1通入围压室缸筒1内,在所述的围压室缸筒1的上端通过围压内部管路13-1连接围压缸排气口17;

[0042] 所述的轴压泵接口28与轴压缸顶盖6上的轴压管路接口14连接,所述轴压管路接口14通过轴压内部管路14-1通入轴压缸筒5内,轴压缸筒5的下端有轴压泵排气口21;

[0043] 所述的渗透压泵接口29与围压缸底座2上的渗透压管路接口15连接,所述的渗透压管路接口15通过渗透压内部管路16连接下透水垫板11,所述的上透水垫板10通过渗透压

内部管路16连接渗透压管路出口20,所述的渗透压管路出口20位于轴压缸筒5上;

[0044] 所述的化学耦合部分为位于测试室C内有化学耦合物;

[0045] 所述化学耦合物选自下列的组份:HCl溶液、NaOH溶液、NaCl溶液、 H_2CO_3 溶液和 NH_4NO_3 溶液。以上化学耦合物仅取参考作用,实际试验时可根据试样类型选取化学耦合物。

[0046] 所述的测试室C由橡胶套9,上透水垫板10,下透水垫板11,上卡箍18,下卡箍19组成,所述的橡胶套9位于上压头12和围压缸底座2之间,所述上卡箍18固定在上透水垫板10上方的上压头12上,所述的下卡箍19位于下透水垫板11下方的围压缸底座2上。

[0047] 所述的围压缸底座2为三层的圆台形结构(如图1所示)。

[0048] 所述顶部螺杆7有6-16个,均匀间隔布置在轴压缸顶盖6上(如图2、图3所示)。

[0049] 所述底部螺杆3有6-16个,均匀间隔布置在围压缸底座2上(如图2、图3所示)。

[0050] 参阅图5-1,5-2,5-3,5-4图中白色部分为孔隙,黑色部分为岩石,该图说明石灰岩在应力、渗流和化学(围压10MPa、轴压30MPa、 $pH=4$ 的HCl溶液渗透压1MPa)长期作用下孔隙率演化。可以发现,随着时间的增加,注入端的孔隙率急剧增加,而出口孔隙变化较为缓慢。由此可见本试验系统能够较好地实现CT实时扫描的三轴应力、渗流、化学耦合流变试验。

[0051] 参阅图6可知:随着时间的增加,石灰岩的渗透率逐步增大,但在0-150小时之内,石灰岩的渗透率变化不大,由此可见若测试的时间较短,石灰岩的渗透率的数据可能不准确。

[0052] 其它未详细说明的部分均属于现有技术。

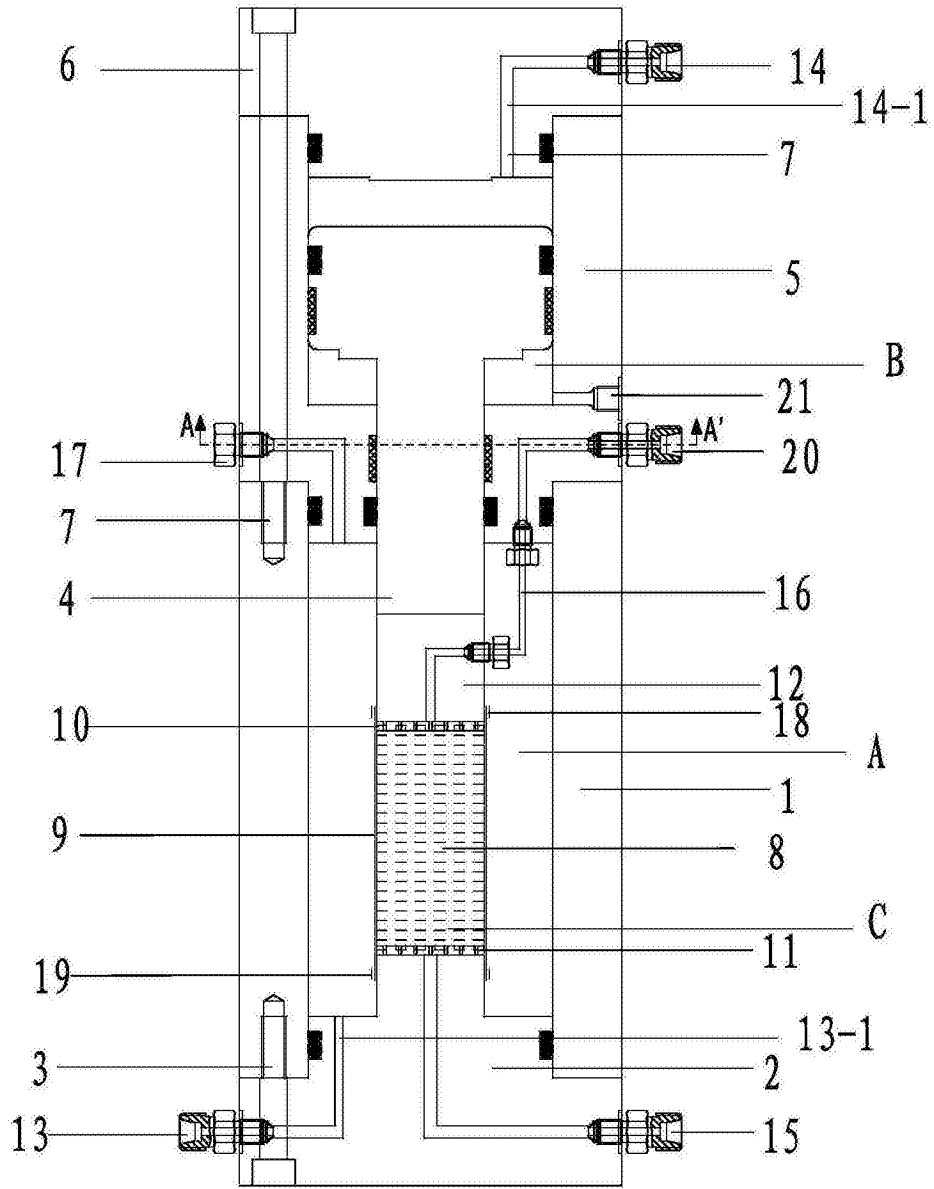


图1

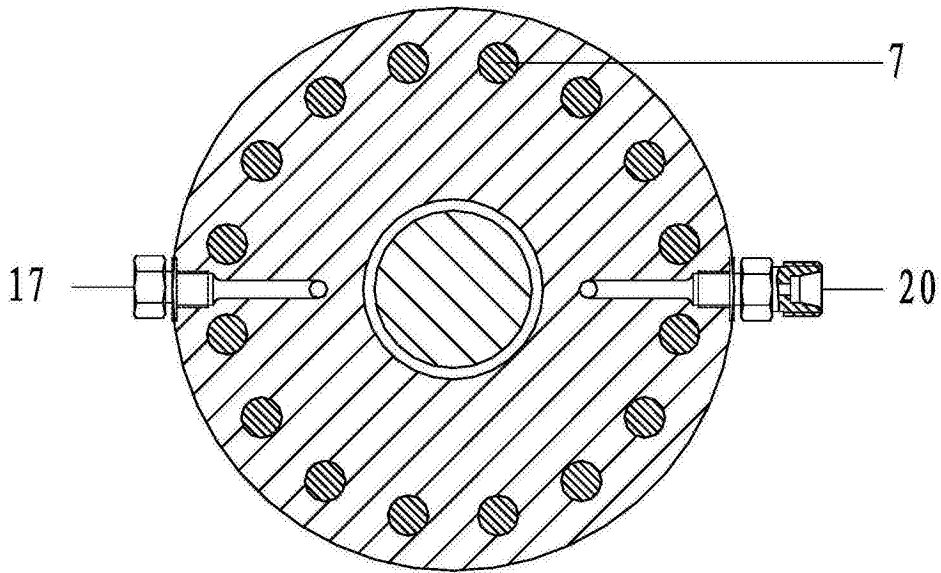


图2

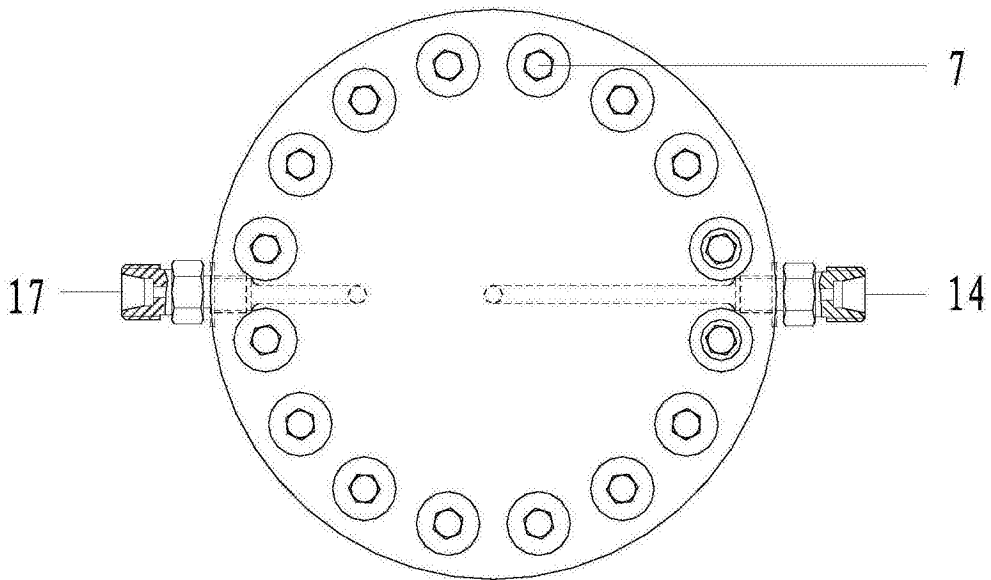


图3

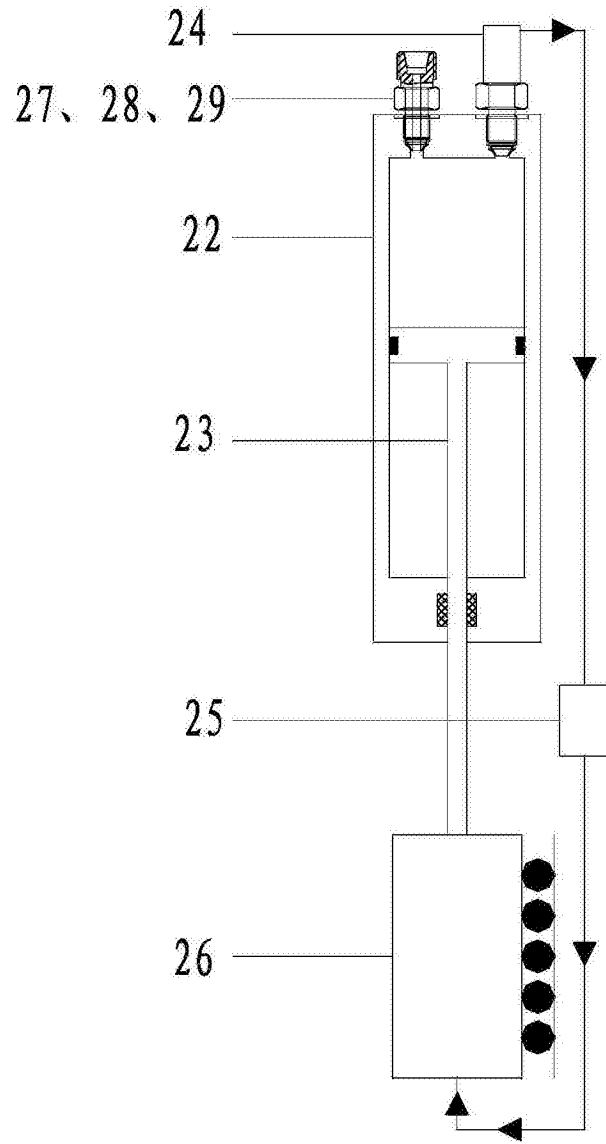


图4

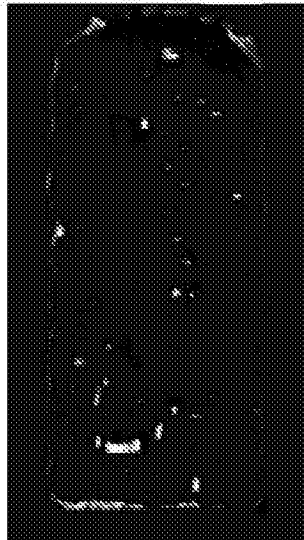


图5-1

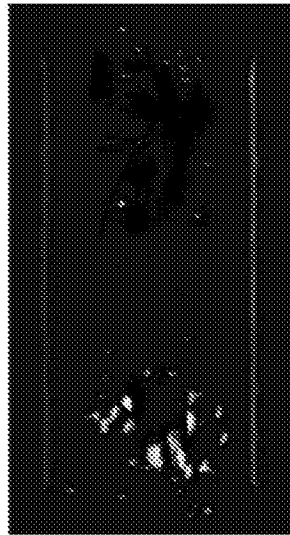


图5-2

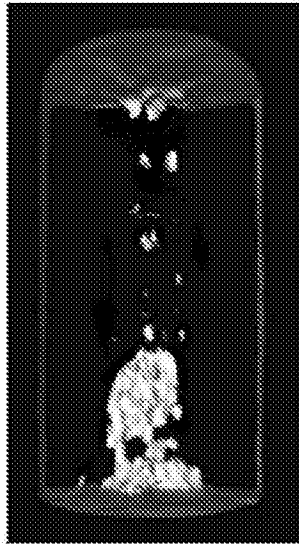


图5-3



图5-4

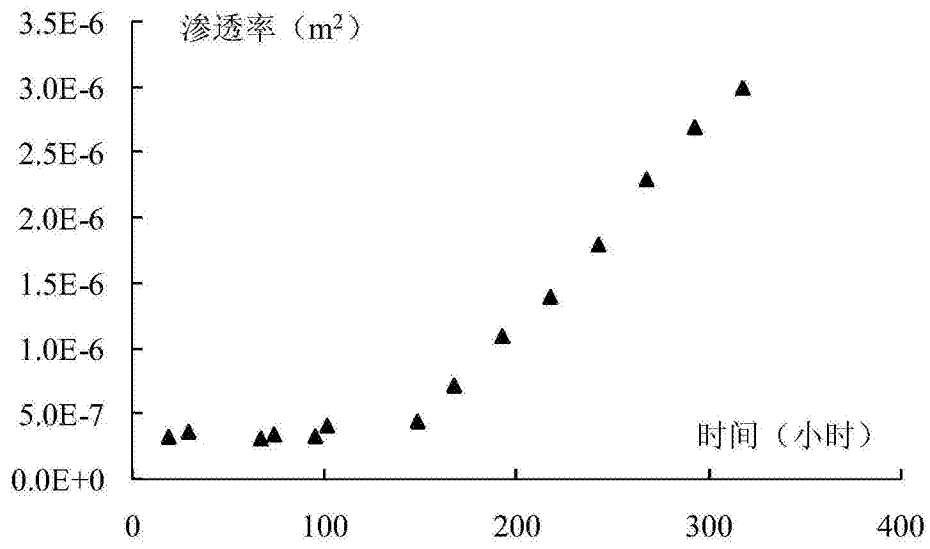


图6