



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204789256 U

(45) 授权公告日 2015. 11. 18

(21) 申请号 201520297203. 1

(22) 申请日 2015. 05. 08

(73) 专利权人 山东科技大学

地址 266000 山东省青岛市经济技术开发区
前湾港路 579 号

(72) 发明人 高宗军 于晨 冯建国 王敏
孟祥旭 张洪英 田红

(51) Int. Cl.

G01N 15/08(2006. 01)

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

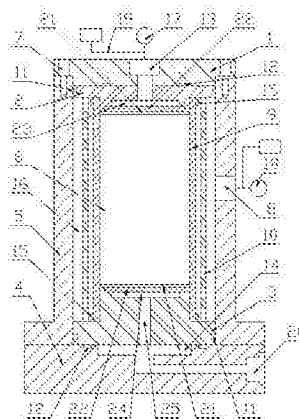
权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54) 实用新型名称

假三轴高压渗透试验仪

(57) 摘要

本实用新型提供一种假三轴高压渗透试验仪,属于岩土工程技术领域,其适用于固结与非固结岩土、特别是非固结塑性粘性原状土样的渗透与滤盐能力测试。本实用新型以原状土样为试验土样,利用假三轴原理,通过在原状土样外套设柔性硅胶套管,并在柔性硅胶套管外侧套设用于支撑原状土样的有孔套筒,通过开设在侧壁的围压孔对原状土样施加围压,围压大于轴压时,高压水流只从原状土样内部通过而不是从原状土样与密封材料的接合面上渗漏,从而在高压下达到密封效果;上顶盖和下底座与侧壁之间通过螺丝连接,可避免原状土样装填或放置过程造成形变。本实用新型结构简单,可对地下含水系统的实际状况进行模拟,有效解决了高压原状土样渗透性能测试的问题。



1. 假三轴高压渗透试验仪,其特征在于,包括上顶盖、下底座、以及连接上顶盖和下底座的侧壁,上顶盖、下底座与侧壁围成密闭空腔,该密闭空腔内安置有内顶盖、内底座、用于包覆原状土样的柔性硅胶套管、以及有孔套筒,侧壁中部开设有围压孔,围压孔外接围压压力表,围压加压装置通过围压孔给原状土样施加围压以模拟地层围压作用;

所述内顶盖安装在上顶盖下方,并在其底部设有向下突出的周向凸缘,内顶盖和上顶盖内设有相贯通的进水通道,进水通道外接轴压压力表;所述内底座安装在下底座上方,并在其顶部设有向上突出的周向凸缘,内底座内设有出水通道,下底座内设有储水腔,储水腔上开设与外界相连通的测压出水孔;所述内顶盖的底面和内底座的顶面分别开设有放置滤水板的槽,滤水板、内顶盖、内底座与侧壁之间围成原状土样渗透腔,上述进水通道、渗透腔、出水通道、储水腔和测压出水孔依次连通;

所述柔性硅胶套管紧贴套设在内顶盖和内底座周向凸缘的外侧,柔性硅胶套管外侧套设有有孔套筒,有孔套筒安置在内顶盖和内底座之间,有孔套筒与柔性硅胶套管之间预留有空隙形成围压腔。

2. 根据权利要求1所述的假三轴高压渗透试验仪,其特征在於,所述柔性硅胶套管与内顶盖和内底座周向凸缘的外侧采用固封钢卡加固密封。

3. 根据权利要求2所述的假三轴高压渗透试验仪,其特征在於,所述有孔套筒上下开设有用于松紧固封钢卡的凹槽。

4. 根据权利要求1或2或3所述的假三轴高压渗透试验仪,其特征在於,所述进水通道与滤水板之间设有顶内腔,出水通道与滤水板之间设有底内腔。

5. 根据权利要求1或2或3所述的假三轴高压渗透试验仪,其特征在於,所述滤水板与原状土样上下接触面之间设有钢纱网。

6. 根据权利要求1或2或3所述的假三轴高压渗透试验仪,其特征在於,所述内底座和内顶盖分别通过密封胶圈与侧壁相接触。

7. 根据权利要求1或2或3所述的假三轴高压渗透试验仪,其特征在於,所述内顶盖上端面通过内密封胶圈与上顶盖相接触。

8. 根据权利要求1或2或3所述的假三轴高压渗透试验仪,其特征在於,所述内底座下端面通过内密封圈与下底座相接触。

9. 根据权利要求1或2或3所述的假三轴高压渗透试验仪,其特征在於,所述上顶盖和下底座分别通过螺丝固定于侧壁上下端面。

10. 根据权利要求1或2或3所述的假三轴高压渗透试验仪,其特征在於,所述原状土样为固结的坚硬岩土或非固结岩土。

假三轴高压渗透试验仪

技术领域

[0001] 本实用新型涉及岩土工程技术领域,具体地说是一种适用于固结与非固结岩土、特别是针对非固结塑性粘性原状土样的渗透与滤盐能力测试的假三轴高压渗透试验仪。

背景技术

[0002] 当不同浓度的溶液分置半透膜两侧时,发生化学渗透,水分子通过半透膜从低浓度的溶液进入高浓度的溶液中。如果在高浓度的一侧施加一定压力,可以使水分子的渗透向相反方向进行,从而将溶质截留在高浓度一侧,并形成一浓度增长带,这就是反渗透膜滤盐的基本原理。

[0003] 在地下含水系统中,弱透水层两侧形成一定水头差的情况比较常见。我国东部华北平原地区,咸淡水层互层,随着深层淡水资源的大量开采,在深、浅含水层之间形成较大的水头差。浅部的高度矿化咸水经下伏弱透水层越流补给给深部淡水含水层后,并没有因为咸水的越流补给而发生明显的“咸化”,或者深部淡水层受到咸化的程度,没有预想的那么严重。是否由于弱透水层在较大的水头差驱使下,在透过水的同时,把咸水的盐分挡住了呢?或者是咸水的盐分被吸附(储存)在弱透水层里了呢?显然,盐分被挡在咸水层或被储存在弱透水层中,使透过弱透水层的水得以淡化的过程,叫做“滤盐”。

[0004] 鉴于这样的考虑,对弱透水层膜效应和滤盐功能的探究,将使得华北地区的水资源评价及其开发利用改变预期的前景。为了验证弱透水层的膜效应和滤盐效应,需要进行渗透实验。

[0005] 弱透水层的主要组成物质为粘性土,土中粘土矿物以蒙脱石、伊利石、高岭石为主。现有渗透测试设备主要为达西试验仪,但达西试验仪仅适用于低压或微压。通常的高压渗透设备只适用于固结的坚硬岩石。市面上流行的三轴压力计虽然可以测高压,但只适用于固结的坚硬岩石,不适用于粘性土样,特别是不适用于针对非固结的、松散松软的粘性土样原状条件下的测试,且只能做压力破坏试验,有时可兼做渗透试验,但是不能够做滤盐(把粘性土样作为渗透膜)试验。利用粘性原状土样与止水密封材料作为填充剂所设计的渗透测试设备,其在高压下止水效果不好,主要原因在于以下几个方面:

[0006] 1、粘性土样的渗透能力很差,土样与其它止水密封材料不易结合;

[0007] 2、社会上通用的止水密封材料,如玻璃胶、堵漏灵等强度不够,稍加压即失效;以商用粘土作为止水密封材料,其与土样间不能够粘合,尤其是水分减少后易开裂,水分饱和后强度会降低;尽管水泥的止水效果与强度均满足条件,但是与粘性土样间间隙无法去除,液体顺裂隙流过;

[0008] 3、上述四种止水密封材料所产生的围压均小于粘性土样的轴压。

[0009] 因此,如何让高压水流只从粘性原状土样内部通过而不是从土样与止水密封材料的接合面上渗漏是研制高压渗透试验仪成败的关键。

发明内容

[0010] 本实用新型的技术任务是针对现有技术的不足,提供一种利用假三轴原理测试原状土样的专用测试设备——假三轴高压渗透试验仪,通过将原状土样包覆在柔性硅胶套管中密封,采用加围压挤压柔性壁的方法解决土样周壁的密封问题。

[0011] 本实用新型解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0012] 假三轴高压渗透试验仪,其特征在于,包括上顶盖、下底座、以及连接上顶盖和下底座的侧壁,上顶盖、下底座与侧壁围成密闭空腔,该密闭空腔内安置有内顶盖、内底座、用于包覆原状土样的柔性硅胶套管、以及有孔套筒,侧壁中部开设有围压孔,围压孔外接围压压力表,围压加压装置通过围压孔给原状土样施加围压以模拟地层围压作用;

[0013] 所述内顶盖安装在上顶盖下方,并在其底部设有向下突出的周向凸缘,内顶盖和上顶盖内设有相贯通的进水通道,进水通道外接轴压压力表;所述内底座安装在下底座上方,并在其顶部设有向上突出的周向凸缘,内底座内设有出水通道,下底座内设有储水腔,储水腔上开设与外界相连通的测压出水孔;所述内顶盖的底面和内底座的顶面分别开设有放置滤水板的槽,滤水板、内顶盖、内底座与侧壁之间围成原状土样渗透腔,上述进水通道、渗透腔、出水通道、储水腔和测压出水孔依次连通;

[0014] 所述柔性硅胶套管紧贴套设在内顶盖和内底座周向凸缘的外侧,柔性硅胶套管外侧套设有孔套筒,有孔套筒安置在内顶盖和内底座之间,有孔套筒与柔性硅胶套管之间预留有空隙形成围压腔。

[0015] 所述柔性硅胶套管与内顶盖和内底座周向凸缘的外侧采用固封钢卡加固密封。

[0016] 所述有孔套筒上下开设有用于松紧固封钢卡的凹槽。

[0017] 所述进水通道与滤水板之间设有顶内腔,出水通道与滤水板之间设有底内腔。

[0018] 所述滤水板与原状土样上下接触面之间设有钢纱网。

[0019] 所述内底座和内顶盖分别通过密封胶圈与侧壁相接触。

[0020] 所述内顶盖上端面通过内密封胶圈与上顶盖相接触。

[0021] 所述内底座下端面通过内密封圈与下底座相接触。

[0022] 所述上顶盖和下底座分别通过螺丝固定于侧壁上下端面。

[0023] 所述原状土样为固结的坚硬岩土或非固结岩土。

[0024] 本实用新型的假三轴高压渗透试验仪与现有技术相比,所产生的有益效果是,

[0025] 1、利用假三轴原理,在原状土样外套设柔性硅胶套管,通过围压孔对粘性土样施加围压,围压大于轴压时,高压水流只从原状土样内部通过而不是从原状土样与密封材料的接合面上渗漏,从而在高压下达到密封效果;

[0026] 2、柔性硅胶套管外侧套有孔套筒,对原状土样起到支撑作用,上顶盖和下底座与侧壁之间通过螺丝连接而不采用螺纹,这样的设计可避免原状土样装填或放置过程因上顶盖或下底座旋钮而造成形变;

[0027] 3、用固封钢卡将柔性硅胶套管箍紧内顶盖和内底座,这样的设计可有效解决原状土样的密封问题;

[0028] 4、内顶盖,内底座与外壁之间加密封胶圈,内顶盖与上顶盖之间、内底座与下底座之间加内密封胶圈,这样的设计可有效解决围压腔的密封问题;

[0029] 5、渗透腔上下分别放置滤水板和钢纱网,有利于高压水流束在原状土样上均匀施压,并防止高压水流束将原状土样(特别是非固结粘性土样)击穿;

[0030] 6、进水通道与滤水板之间设有顶内腔,出水通道与滤水板之间设有底内腔,这样的设计可以使高压水流在整个滤水板上分布均匀;

[0031] 综上,本实用新型的假三轴高压渗透试验仪,以原状土样为试验土样,利用假三轴原理,对地下含水系统的实际状况进行模拟,其结构简单,操作和使用方便,可适用于固结与非固结岩土、尤其是针对非固结塑性粘性原状土样的渗透与滤盐能力测试,可有效解决高压原状土样渗透性能测试的问题。

附图说明

[0032] 附图 1 为本实用新型假三轴高压渗透试验仪的结构示意图;

[0033] 附图 2 为本实用新型 1# 实验轴压、围压及渗滤液体积随时间的变化曲线;

[0034] 附图 3 为本实用新型 2# 实验轴压、围压及渗滤液体积随时间的变化曲线。

[0035] 图中,1、上顶盖,2、内顶盖,3、内底座,4、下底座,5、侧壁,6、渗透腔,7、螺丝,8、围压孔,9、柔性硅胶套管,10、有孔套筒,11、密封胶圈,12、内密封胶圈,13、进水通道,14、储水腔,15、固封钢卡,16、围压腔,17 轴压压力表,18、围压压力表,19、连接管,20、测压出水孔,21、钢纱网,22、滤水板,23、顶内腔,24、底内腔,25、出水通道。

具体实施方式

[0036] 下面结合附图 1-3 对本实用新型的假三轴高压渗透试验仪作以下详细地说明。

[0037] 如附图 1 所示,本实用新型的假三轴高压渗透试验仪,其结构包括上顶盖 1、下底座 4、以及连接上顶盖 1 和下底座 4 的侧壁 5,上顶盖 1 通过螺丝 7 固定于侧壁 5 上端面,下底座 4 通过螺丝 7 固定于侧壁 5 下端面,侧壁 5 中部开设有围压孔 8,围压加压装置通过围压孔 8 给粘性土样施加围压以模拟地层围压作用,围压孔 8 通过连接管 19 外接围压压力表 18。

[0038] 所述上顶盖 1、下底座 4 与侧壁 5 围成密闭空腔,该密闭空腔内安置有内顶盖 2、内底座 3、用于包覆原状土样的柔性硅胶套管 9、以及有孔套筒 10,内底座 3 和内顶盖 2 分别通过密封胶圈 11 与侧壁 5 相接触,所述内顶盖 2 上端面通过内密封胶圈 12 与上顶盖 1 相接触,内底座 3 下端面通过内密封胶圈 12 与底座 4 相接触。

[0039] 所述内顶盖 2 安装在上顶盖 1 下方,并在其底部设有向下突出的周向凸缘,内顶盖 2 和上顶盖 1 内设有相贯通的进水通道 13,进水通道 13 通过连接管 19 外接轴压压力表 17;所述内底座 3 安装在下底座 4 上方,并在其顶部设有向上突出的周向凸缘,内底座 3 内设有出水通道 25,下底座 4 内设有储水腔 14,储水腔 14 上开设与外界相连通的测压出水孔 20;内顶盖 2 的底面和内底座 3 的顶面分别开设有放置滤水板 22 的槽,进水通道 13 与滤水板 22 之间设有顶内腔 23,出水通道 25 与滤水板 22 之间设有底内腔 24,滤水板 22 与原状土样上下接触面之间设有钢纱网 21,滤水板 22、内顶盖 2、内底座 3 与侧壁 5 之间围成原状土样渗透腔 6,上述进水通道 13、渗透腔 6、出水通道 25、储水腔 14 和测压出水孔 20 依次连通;所述柔性硅胶套管 9 紧贴套设在内顶盖 2 和内底座 3 周向凸缘的外侧,并采用固封钢卡 15 加固密封,柔性硅胶套管 9 外侧套设有孔套筒 10,有孔套筒 10 安置在内顶盖 2 和内底座 3 之间,有孔套筒 10 与柔性硅胶套管 9 之间预留有空隙形成围压腔 16,有孔套筒 10 上下开设有用于松紧固封钢卡 15 的凹槽。

[0040] 本实用新型的假三轴高压渗透试验仪,所述原状土样可以为固结岩土或非固结岩土(尤其针对非固结塑性粘性原状土样)。本实施例以粘性土样为例,说明其具体的工作流程:

[0041] 1、制样:将粘性土样加工成精确尺寸的圆柱形试样;

[0042] 2、放样密封:

[0043] 1) 柔性硅胶套管 9 卡入已放置好滤水板 22 和钢纱网 21 的内底座 3,柔性硅胶套管 9 下侧采用固封钢卡 15 固定;

[0044] 2) 将试样放入柔性硅胶套管 9 中;

[0045] 3) 将有孔套筒 10 套在柔性硅胶套管 9 外侧,置于内底座 3 上;

[0046] 4) 将未拧紧的固封钢卡 15 套在柔性硅胶套管 9 上侧;

[0047] 5) 将试样上方的钢纱网 21 和滤水板 22 放置好,内顶盖 2 卡入柔性硅胶套管 9,将上侧固封钢卡 15 拧紧;

[0048] 6) 将以上整体摆放到下底座 4 上,把侧壁 5 套上,将侧壁 5 与下底座 4 固定,围压腔 16 内充满水;

[0049] 7) 将上顶盖 1 盖好,并与侧壁 5 固定好。

[0050] 3、实验:加围压、注水,实验(注水轴压小于围压)水从测压出水孔 20 流出,接取渗滤液。

[0051] 1) 1# 实验试样及条件

[0052] 用采样器采集原状土样,取样位置为任丘,取样深度 90.60~90.90 m,岩性为粘土,将其加工成直径 85 mm、高度 100 mm 的圆柱形试样,轴压:0.150~0.450 Mpa,围压:0.310~0.575 Mpa,室温 11.0℃,水温 15.9℃,NaCl 溶液浓度:10 g/L;

[0053] 2) 1# 实验情况

[0054] 2015 年 1 月 29 日 16:10 开机实验,每 5 min 观察记录轴压压力表和围压压力表的数值变化及测压出水孔 20 出水情况,20:30 开始将观察时间间隔加大为 10 min,实验过程中,轴压、围压缓慢上升,次日 00:00 渗滤液开始流出,之后每一小时取样测量,每 9 小时为一批次收集。实验时间历时 2980 分钟,约 50 小时,最终得到总体积为 162.5ml 的渗滤液。

[0055] 轴压、围压及渗滤液体积相关关系见图 2。

[0056] 由图 2 可见,7:50 后开始出现渗滤液,围压压力值随轴压压力变化而变化,轴压越大,围压越大,流量也与压力增减具有较密切相关关系。

[0057] 本次实验共取得 5 个批次的水样,以便验证不同时间段的渗滤液含盐量。采用硝酸银滴定法测定 NaCl 浓度。详情见下表 1。

[0058] 渗透系数 $K=7.12E-08$ cm/s, NaCl 去除率约为 0.25。

[0059] 表 1. 1# 实验 NaCl 浓度测定

[0060]

水样	起始刻度 (mL)	终点刻度 (mL)	滴定体积 (mL)	NaCl 溶液浓度 (g/L)	NaCl 溶液真实浓度平均值 (g/L)
10 g/L NaCl 标样	10.2	25.5	15.3	8.92	8.87
	9.3	24.4	15.1	8.81	
原溶液	6	21	15	8.75	8.54
	21.3	35.6	14.3	8.34	
渗滤液 1	8.9	21.2	12.3	7.17	6.85
	21.2	32.4	11.2	6.53	
渗滤液 2	5.6	17	11.4	6.65	6.59
	17	28.2	11.2	6.53	
渗滤液 3	6.7	18.7	12	7	6.65
	18.7	29.5	10.8	6.3	
渗滤液 4	5.5	16.7	11.2	6.53	6.5
	16.9	28	11.1	6.47	
渗滤液 5	8	18.4	10.4	6.07	6.53
	18.4	30.4	12	7	

[0061] 3) 2# 实验试样及条件

[0062] 用采样器采集原状土样, 取样位置为任丘南五里铺村, 取样深度 119.5~119.8 m, 岩性为砂质粘土, 将其加工成直径 79 mm、高度 100 mm 的圆柱形试样, 轴压 :0.330~0.6150 Mpa, 围压 :0.480~0.618 Mpa, 室温 14.0℃, 水温 16℃, NaCl 溶液浓度 :10 g/L ;

[0063] 4) 2# 实验情况

[0064] 2015年2月3日 21:00 开机实验, 每 5 min 观察记录轴压压力表和围压压力表的数值变化及测压出水孔 20 出水情况。00:30 开始将观察记录时间间隔加大为 10 分钟。实验过程中, 轴压、围压缓慢上升。次日 03:40 渗滤液开始流出, 之后每隔 1 小时取样测量, 每 8 小时为一批次收集。实验时间历时 3700 分钟, 约 61 小时 40 分, 最终得到总体积为 200.05ml 的渗滤液。

[0065] 轴压、围压及渗滤液体积相关关系见图 3。

[0066] 由图 3 可知, 围压压力值随轴压压力变化而变化, 轴压越大, 围压越大, 实验开始加压 6 小时 40 分钟后初次出现出水 ; 出水量与压力增减相关关系不大。

[0067] 本次实验共取得 7 个批次的水样, 以便验证不同时间段的渗滤液含盐量。采用硝酸银滴定法测定 NaCl 浓度。详见表 2。

[0068] 渗透系数 $K=3.71E-08$ cm/s, NaCl 去除率约为 0.2 。

[0069] 表 2. 2# 实验 NaCl 浓度测定

[0070]

水样	起始刻度 (mL)	终点刻度 (mL)	滴定体积 (mL)	NaCl 溶液浓度 (g/L)	NaCl 溶液真实浓度平均值 (g/L)
10 g/L NaCl 标样	10.4	26	15.6	9.1	9.18
	7.4	23.2	15.8	9.22	
	12.3	28.1	15.8	9.22	
原溶液	0.7	16.3	15.6	9.1	9.27
	16.3	32.5	16.2	9.45	
渗滤液 1	17.7	25.7	8	4.67	4.75
	28	11.1	8.3	4.84	
渗滤液 2	11.1	21.5	10.4	6.07	6.71
	11.8	24.4	12.6	7.35	
渗滤液 3	21.5	32.6	11.1	6.47	6.56
	25.4	36.8	11.4	6.65	
渗滤液 4	3	14.8	11.8	6.88	6.97
	24.3	36.4	12.1	7.06	
渗滤液 5	2.4	14.4	12	7	7
渗滤液 6	14.4	26.6	12.2	7.12	7.12
渗滤液 7	21.6	34.5	12.9	7.52	7.52

[0071] 4、实验结束后,通过上顶盖 1 上两个用于辅助开启上顶盖 1 的螺丝 7 将上顶盖 1 打开,将粘性土样取出,进行保存。

[0072] 本实用新型的假三轴高压渗透试验仪其加工制作简单方便,按说明书附图所示加工制作即可。

[0073] 除说明书所述的技术特征外,均为本专业技术人员的已知技术。

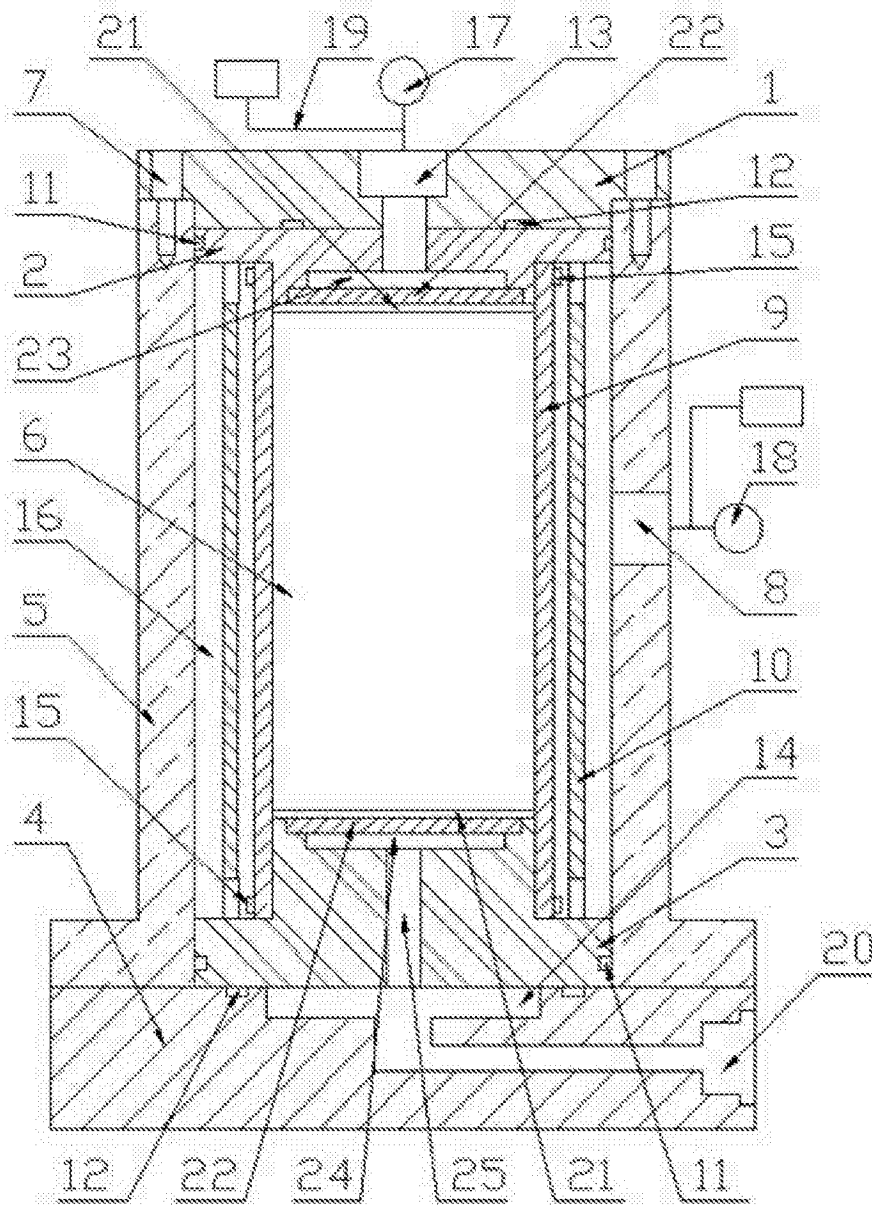


图 1

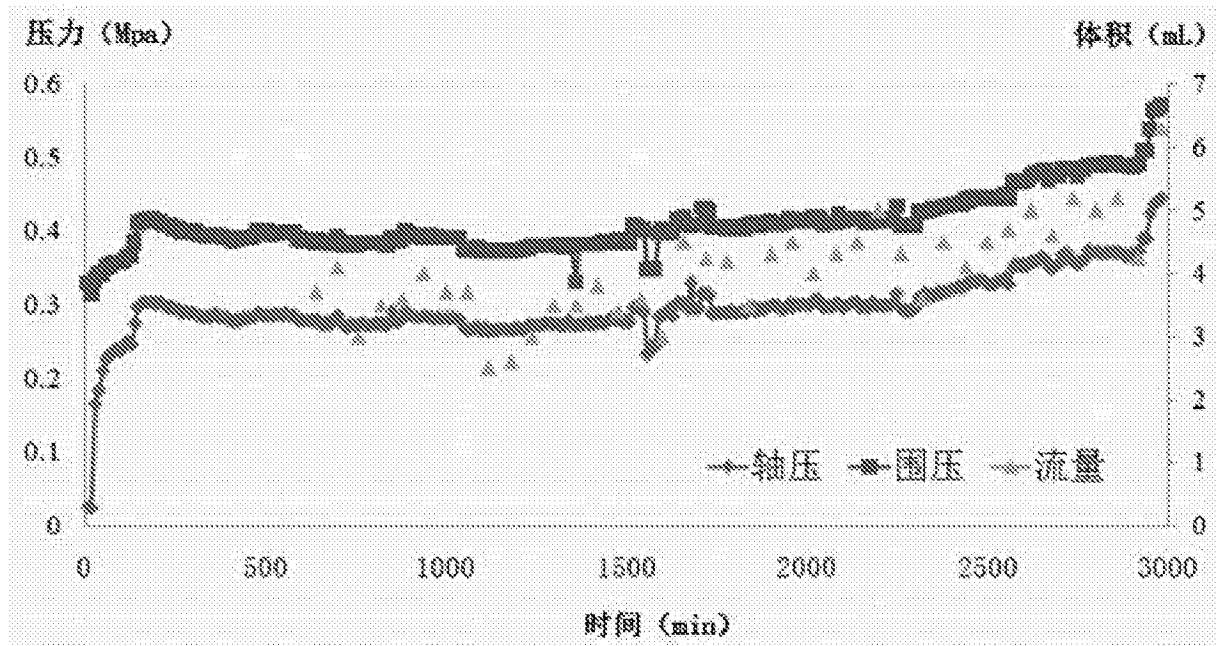


图 2

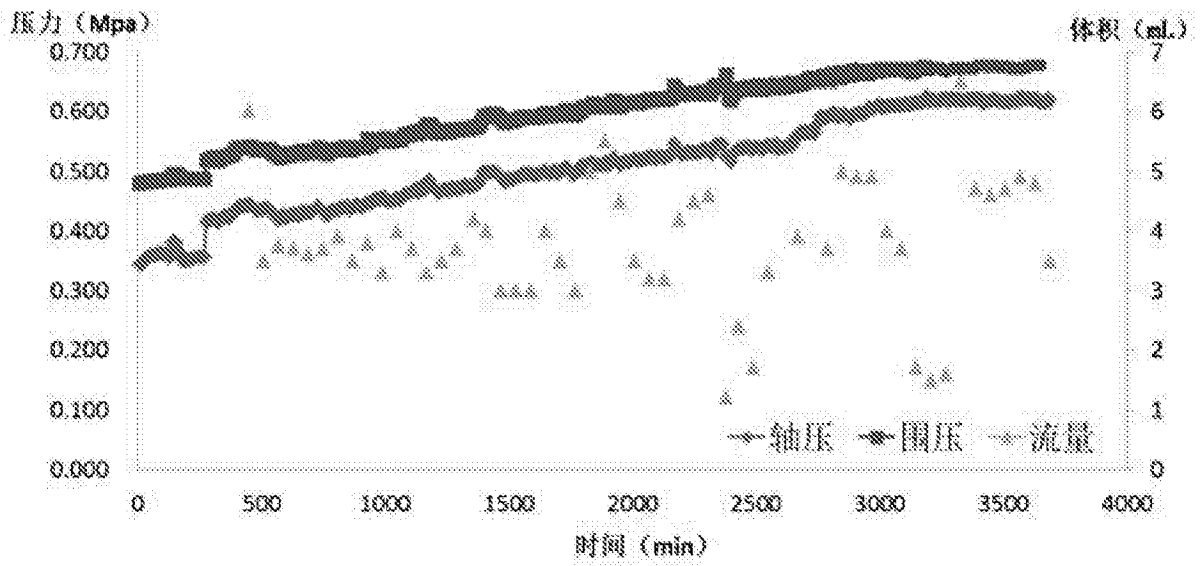


图 3