



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103940962 B

(45) 授权公告日 2016. 02. 24

(21) 申请号 201410150621. 8

(22) 申请日 2014. 04. 15

(73) 专利权人 西安科技大学

地址 710054 陕西省西安市雁塔路中段 58 号

(72) 发明人 张天军 任金虎 李树刚 于胜红 赵佩佩 宋爽 李伟 成小雨 崔巍 张磊

(74) 专利代理机构 西安创知专利事务所 61213 代理人 谭文琰

(51) Int. Cl.

G01N 33/00(2006. 01)

(56) 对比文件

JP 平 4-84732 A, 1992. 03. 18, WO 2010/004136 A2, 2010. 01. 14, CN 201724868 U, 2011. 01. 26,

CN 102031954 A, 2011. 04. 27, CN 103048431 A, 2013. 04. 17, CN 103196762 A, 2013. 07. 10, US 4539851 A, 1985. 09. 10, CN 102735547 A, 2012. 10. 17,

审查员 尹礼

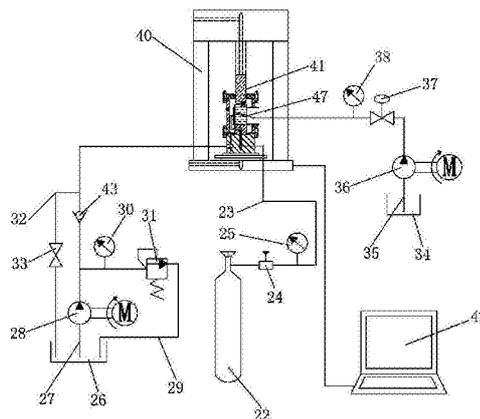
权利要求书4页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统及方法,其系统包括电子万能试验机、水力压裂条件模拟装置、气体压力系统、围压液压系统、水力压裂系统和计算机,水力压裂条件模拟装置由巷帮模拟机构和巷帮周围环境模拟机构组成,巷帮模拟机构包括挡板、透气板、煤岩样和顶卡套管,巷帮周围环境模拟机构包括底座、缸筒、筒盖、下压头、上半凹面压头、上半凸面压头和活塞;其方法包括步骤:一、组装煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统,二、给煤岩样加载轴压,三、给煤岩样加载围压,四、给煤岩样加载气体压力,五、在顶卡套管内露出的煤岩样处进行水力压裂实验。本发明能够依据不同矿井地质情况,真实模拟井下水力压裂条件,性能稳定可靠。



1. 一种煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统,其特征在于:包括电子万能试验机(40)、水力压裂条件模拟装置(41)、气体压力系统、围压液压系统、水力压裂系统和计算机(42),所述水力压裂条件模拟装置(41)对中放置在电子万能试验机(40)的底座上,所述电子万能试验机(40)与计算机(42)相接;

所述水力压裂条件模拟装置(41)由巷帮模拟机构和巷帮周围环境模拟机构组成,所述巷帮模拟机构包括依次对接的挡板(1)、透气板(2)、煤岩样(3)和顶卡套管(4),所述顶卡套管(4)的外壁上设置有刻度,所述挡板(1)、透气板(2)、煤岩样(3)和顶卡套管(4)通过电工胶带缠绕固定为一整体,所述挡板(1)中部设置有第一进气通道(5),所述透气板(2)中部设置有与第一进气通道(5)相连通的第二进气通道(6),所述透气板(2)上位于第二进气通道(6)的四周设置有辐射状的透气孔道(7);所述巷帮周围环境模拟机构包括底座(8)、固定连接在底座(8)顶部的缸筒(9)和固定连接在缸筒(9)顶部的筒盖(10),所述缸筒(9)中部侧壁上开有供巷帮模拟机构插入的巷帮模拟机构插入孔,所述底座(8)顶部中间位置处设置有凹槽,所述凹槽内放置有下压头(11),所述下压头(11)的正上方从下到上依次设置有上半凹面压头(39)、上半凸面压头(12)和活塞(13),所述活塞(13)向上穿出到筒盖(10)外部,且筒盖(10)的中间位置处设置有供活塞(13)穿过的通孔,所述活塞(13)的上端面位于电子万能试验机(40)的压头的正下方,所述巷帮模拟机构从所述巷帮模拟机构插入孔插入缸筒(9)内部,且煤岩样(3)对正位于下压头(11)的上端面与上半凹面压头(39)的下端面之间,顶卡套管(4)卡合连接在所述巷帮模拟机构插入孔内;所述底座(8)上设置有第三进气通道(14)和与第三进气通道(14)相连通的气体入口(15),所述下压头(11)上设置有与第三进气通道(14)相连通的第四进气通道(16),所述第四进气通道(16)通过第一气体传输管路(17)与第一进气通道(5)相连通;所述底座(8)上设置有与缸筒(9)内部空间相连通的围压液流入通道(18),所述底座(8)侧部设置有与围压液流入通道(18)相连通的围压液入口(19),所述缸筒(9)侧面设有排气口(20),所述排气口(20)上连接有排气口塞(21);

所述气体压力系统包括压缩气体罐(22),所述压缩气体罐(22)的出气口通过第二气体传输管路(23)与气体入口(15)连接,所述第二气体传输管路(23)上设置有减压阀(24)和气压表(25);

所述围压液压系统包括围压液箱(26)和一端与围压液箱(26)连接的围压液流入管(27),所述围压液流入管(27)的另一端与围压液入口(19)连接,所述围压液流入管(27)上连接有液压泵(28)和单向阀(43),位于液压泵(28)和单向阀(43)之间的一段围压液流入管(27)上连接有围压液溢流管(29),所述围压液溢流管(29)上连接有围压液压力表(30)和围压液溢流阀(31),位于单向阀(43)和围压液入口(19)之间的一段围压液流入管(27)上连接有围压液回流管(32),所述围压液回流管(32)上连接有围压液回流阀(33);

所述水力压裂系统包括水箱(34),所述水箱(34)通过输水管路(35)与对煤岩样(3)进行水力压裂实验时插入设置在煤岩样(3)上的钻孔中的钢管(47)连接,所述输水管路(35)上设置有水泵(36)、水阀(37)和水压表(38)。

2. 按照权利要求1所述的煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统,其特征在于:所述底座(8)与下压头(11)之间、底座(8)与缸筒(9)之间、缸筒(9)与筒盖(10)之间、上半凹面压头(39)与上半凸面压头(12)之间、顶卡套管(4)与缸筒(9)之间以及筒盖(10)与

活塞 (13) 之间均设置有密封圈 (44)。

3. 按照权利要求 1 所述的煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统,其特征在於:所述缸筒 (9) 通过第一螺栓 (45) 固定连接在底座 (8) 顶部,所述筒盖 (10) 通过第二螺栓 (46) 固定连接在缸筒 (9) 顶部。

4. 按照权利要求 1 所述的煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统,其特征在於:所述缸筒 (9) 外轮廓的形状、下压头 (11) 外轮廓的形状、煤岩样 (3) 外轮廓的形状、顶卡套管 (4) 外轮廓的形状和上半凹面压头 (39) 下部外轮廓的形状均为长方体形,所述煤岩样 (3) 的长度与下压头 (11) 的长度和上半凹面压头 (39) 下部的长度相等,所述煤岩样 (3) 的宽度与下压头 (11) 的宽度、顶卡套管 (4) 外轮廓的宽度和上半凹面压头 (39) 下部的宽度相等,所述煤岩样 (3) 的高度与顶卡套管 (4) 外轮廓的高度相等。

5. 按照权利要求 1 所述的煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统,其特征在於:所述第一气体传输管路 (17) 的一端通过第一快速接头与第一进气通道 (5) 相接,所述第一气体传输管路 (17) 的另一端通过第二快速接头与第四进气通道 (16) 相接。

6. 一种利用如权利要求 1 所述模拟系统进行煤矿井下水力压裂实验实验室模拟的方法,其特征在於该方法包括以下步骤:

步骤一、组装煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统,其具体过程为:

步骤 101、将依次对接的挡板 (1)、透气板 (2)、煤岩样 (3) 和顶卡套管 (4) 通过电工胶带缠绕固定为一整体,组合成巷帮模拟机构;

步骤 102、将下压头 (11) 放置在所述凹槽内,且使第四进气通道 (16) 与第三进气通道 (14) 相通,并将第一气体传输管路 (17) 的一端连接在第四进气通道 (16) 上;

步骤 103、将缸筒 (9) 固定连接在底座 (8) 顶部;

步骤 104、将所述巷帮模拟机构具有挡板 (1) 的一端插入所述巷帮模拟机构插入孔内,并通过观察设置在顶卡套管 (4) 外壁上的刻度,使煤岩样 (3) 对正位于下压头 (11) 的上端面上;

步骤 105、将第一气体传输管路 (17) 的另一端连接在第一进气通道 (5) 上;

步骤 106、将上半凹面压头 (39) 对正放置于煤岩样 (3) 的上端面上,并在上半凹面压头 (39) 的顶部放置上半凸面压头 (12);

步骤 107、将活塞 (13) 穿过设置在筒盖 (10) 中间位置处的通孔中,并将筒盖 (10) 固定连接在缸筒 (9) 顶部,同时保证活塞 (13) 的中心与上半凸面压头 (12) 的中心对正;

步骤 108、将第二气体传输管路 (23) 连接到气体入口 (15) 上;

步骤 109、将围压液流入管 (27) 连接到围压液入口 (19) 上;

步骤 1010、将电子万能试验机 (40) 与计算机 (42) 连接,并将步骤 101~步骤 107 组装完成的水力压裂条件模拟装置 (41) 对中放置在电子万能试验机 (40) 的底座上,且使活塞 (13) 的上端面位于所述电子万能试验机 (40) 的压头的正下方;

步骤二、给煤岩样 (3) 加载轴压:在计算机 (42) 上,打开预先安装好的电子万能试验机软件,操作电子万能试验机软件启动电子万能试验机 (40),并设定电子万能试验机 (40) 的压头下压活塞 (13) 的速度参数和压力参数,电子万能试验机 (40) 的压头根据设定的速度参数下压活塞 (13),直到显示在电子万能试验机软件中的压力参数达到设定的压力参数;

步骤三、给煤岩样 (3) 加载围压:取下连接在排气口 (20) 上的排气口塞 (21),打开排

气口 (20), 打开围压液溢流阀 (31) 的进液开关, 开启所述围压液压系统, 围压液箱 (26) 内的围压液经过第二液压泵 (37) 加压后经由围压液流入管 (27) 和围压液入口 (19) 流入缸筒 (9) 内, 当排气口 (20) 有围压液流出时, 将排气口塞 (21) 连接在排气口 (20) 上, 关闭排气口 (20);

步骤四、给煤岩样 (3) 加载气体压力: 打开减压阀 (24) 的开关, 开启所述气体压力系统, 压缩气体罐 (22) 内的气体通过减压阀 (24) 减压后经由第二气体传输管路 (23) 和气体入口 (15) 进入第一进气通道 (5) 和第二进气通道 (6) 内, 并进入透气孔道 (7) 内;

步骤五、在顶卡套管 (4) 内露出的煤岩样 (3) 处进行水力压裂实验, 其具体过程如下:

步骤 501、用钻头直径为 d 的电钻机在顶卡套管 (4) 内露出的煤岩样 (3) 上打出方位角为 α 、倾角为 β 、长度为 L 的钻孔;

步骤 502、在所述钻孔内插入钢管 (47);

步骤 503、用密封材料对所述钻孔进行封孔, 封孔长度为 n ; 其中, $n < L$;

步骤 504、将输水管路 (35) 连接在钢管 (47) 上;

步骤 505、打开水阀 (37), 开启所述水力压裂系统, 水箱 (34) 内的水通过水泵 (36) 加压后经由输水管路 (35) 进入钢管 (47) 中, 并打到煤岩样 (3) 上, 对煤岩样 (3) 进行水力压裂, 煤岩样 (3) 上形成了内部充满水的裂隙;

步骤 506、压裂时间段 t 后, 关闭水阀 (37), 关闭所述水力压裂系统, 将连接在钢管 (47) 上的输水管路 (35) 断开, 所述裂隙内的水逐渐流出;

步骤 507、待所述裂隙内的水排尽后, 用气体压力测量仪测量钢管 (47) 外露端口处的气体压力 P , 并用气体浓度测量仪测量钢管 (47) 外露端口处的气体浓度 ϕ ;

步骤 508、记录所述步骤二中设定的电子万能试验机 (40) 的压头下压活塞 (13) 的压力参数, 记录围压液压力表 (30) 上显示的步骤三中的围压, 记录气压表 (25) 上显示的步骤四中的气体压力, 记录所述步骤 501 中钻头的直径 d 以及钻孔的方位角为 α 、倾角为 β 和长度 L , 记录水压表 (38) 上显示的步骤 505 中的水力压裂压力, 记录所述步骤 506 中的压裂时间段 t , 并记录所述步骤 507 中测量得到的气体压力 P 和气体浓度 ϕ 。

7. 按照权利要求 6 所述的方法, 其特征在于: 所述步骤 502 之前还采用钻孔清洗液清洗所述钻孔。

8. 按照权利要求 6 所述的方法, 其特征在于: 所述步骤 102 中在将下压头 (11) 放置在所述凹槽内之前, 先在凹槽内放入密封圈 (44); 所述步骤 103 中在将缸筒 (9) 固定连接在底座 (8) 顶部之前, 先在底座 (8) 顶部放入密封圈 (44); 所述步骤 104 中在将所述巷帮模拟机构具有挡板 (1) 的一端插入所述巷帮模拟机构插入孔内之前, 先在所述巷帮模拟机构插入孔内放入密封圈 (44); 所述步骤 106 中在将上半凸面压头 (12) 放置在上半凹面压头 (39) 的顶部之前, 先在上半凹面压头 (39) 内放入密封圈 (44); 所述步骤 107 中在将活塞 (13) 穿过设置在筒盖 (10) 中间位置处的通孔中之前, 先在设置在筒盖 (10) 中间位置处的通孔中放入密封圈 (44); 所述步骤 107 中在将筒盖 (10) 固定连接在缸筒 (9) 顶部之前, 先在缸筒 (9) 顶部放入密封圈 (44)。

9. 按照权利要求 6 所述的方法, 其特征在于: 所述步骤 103 中将缸筒 (9) 固定连接在底座 (8) 顶部是采用第二螺栓 (45); 所述步骤 107 中将筒盖 (10) 固定连接在缸筒 (9) 顶部是采用第三螺栓 (46)。

10. 按照权利要求 6 所述的方法,其特征在于:所述步骤二中设定的电子万能试验机(40)的压头下压活塞(13)的速度参数为 $0.4\text{mm}/\text{min} \sim 0.6\text{mm}/\text{min}$,所述步骤二中设定的电子万能试验机(40)的压头下压活塞(13)的压力参数为 $3\text{MPa} \sim 5\text{MPa}$ 。

煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于煤矿井下水力压裂技术领域,具体涉及一种煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统及方法。

背景技术

[0002] 为了研究对井下煤岩体进行水力压裂后,瓦斯抽采的压力和含量的变化情况,国内外学者已经做了诸多的现场研究,总结起来,现场水力压裂分为两种:一种是井上水力压裂增透;另一种是井下水力压裂提高瓦斯抽采率。因现场的场地、现有的机械、井下的瓦斯环境和诸多实验仪器限制入井等因素的限制,现场研究未能充分对影响水力压裂效果的各个因素进行研究,故实验室模拟水力压裂实验得到了发展。但是,目前实验室模拟水力压裂实验多是模拟研究沿着轴向压力方向打钻的井上水力压裂增透,取得了诸多价值较高的结论和规律,而因井下压力条件难以模拟等因素,对沿着巷帮打孔的井下水力压裂实验实验室模拟系统和方法研究相对简单而且较少。如今,井下水力压裂已成为提高瓦斯抽采率的重要手段,研究轴压、围压、气体压力、钻孔方位角、钻孔倾角、钻头直径、钻孔长度、是否清洗钻孔、水力压裂压力和水力压裂时间等的井下水力压裂因素对提高瓦斯抽采率具有重要作用。

发明内容

[0003] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术中的不足,提供一种结构简单、实现方便、且使用操作简单、性能稳定可靠、实用性强的煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案是:一种煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统,其特征在于:包括电子万能试验机、水力压裂条件模拟装置、气体压力系统、围压液压系统、水力压裂系统和计算机,所述水力压裂条件模拟装置对中放置在电子万能试验机的底座上,所述电子万能试验机与计算机相接;

[0005] 所述水力压裂条件模拟装置由巷帮模拟机构和巷帮周围环境模拟机构组成,所述巷帮模拟机构包括依次对接的挡板、透气板、煤岩样和顶卡套管,所述顶卡套管的外壁上设置有刻度,所述挡板、透气板、煤岩样和顶卡套管通过电工胶带缠绕固定为一整体,所述挡板中部设置有第一进气通道,所述透气板中部设置有与第一进气通道相连通的第二进气通道,所述透气板上位于第二进气通道的四周设置有辐射状的透气孔道;所述巷帮周围环境模拟机构包括底座、固定连接在底座顶部的缸筒和固定连接在缸筒顶部的筒盖,所述缸筒中部侧壁上开有供巷帮模拟机构插入的巷帮模拟机构插入孔,所述底座顶部中间位置处设置有凹槽,所述凹槽内放置有下压头,所述下压头的正上方从下到上依次设置有上半凹面压头、上半凸面压头和活塞,所述活塞向上穿出到筒盖外部,且筒盖的中间位置处设置有供活塞穿过的通孔,所述活塞的上端面位于电子万能试验机的压头的正下方,所述巷帮模拟机构从所述巷帮模拟机构插入孔插入缸筒内部,且煤岩样对正位于下压头的上端面与上半

凹面压头的下端之间,顶卡套管卡合连接在所述巷帮模拟机构插入孔内;所述底座上设置有第三进气通道和与第三进气通道相连通的气体入口,所述下压头上设置有与第三进气通道相连通的第四进气通道,所述第四进气通道通过第一气体传输管路与第一进气通道相连通;所述底座上设置有与缸筒内部空间相连通的围压液流入通道,所述底座侧部设置有与围压液流入通道相连通的围压液入口,所述缸筒侧面设有排气口,所述排气口上连接有排气口塞;

[0006] 所述气体压力系统包括压缩气体罐,所述压缩气体罐的出气口通过第二气体传输管路与气体入口连接,所述第二气体传输管路上设置有减压阀和气压表;

[0007] 所述围压液系统包括围压液箱和一端与围压液箱连接的围压液流入管,所述围压液流入管的另一端与围压液入口连接,所述围压液流入管上连接有液压泵和单向阀,位于液压泵和单向阀之间的一段围压液流入管上连接有围压液溢流管,所述围压液溢流管上连接有围压液压力表和围压液溢流阀,位于单向阀和围压液入口之间的一段围压液流入管上连接有围压液回流管,所述围压液回流管上连接有围压液回流阀;

[0008] 所述水力压裂系统包括水箱,所述水箱通过输水管路与对煤岩样进行水力压裂实验时插入设置在煤岩样上的钻孔中的钢管连接,所述输水管路上设置有水泵、水阀和水压表。

[0009] 上述的煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统,其特征在于:所述底座与下压头之间、底座与缸筒之间、缸筒与筒盖之间、上半凹面压头与上半凸面压头之间、顶卡套管与缸筒之间以及筒盖与活塞之间均设置有密封圈。

[0010] 上述的煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统,其特征在于:所述缸筒通过第一螺栓固定连接在底座顶部,所述筒盖通过第二螺栓固定连接在缸筒顶部。

[0011] 上述的煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统,其特征在于:所述缸筒外轮廓的形状、下压头外轮廓的形状、煤岩样外轮廓的形状、顶卡套管外轮廓的形状和上半凹面压头下部外轮廓的形状均为长方体形,所述煤岩样的长度与下压头的长度和上半凹面压头下部的长度相等,所述煤岩样的宽度与下压头的宽度、顶卡套管外轮廓的宽度和上半凹面压头下部的宽度相等,所述煤岩样的高度与顶卡套管外轮廓的高度相等。

[0012] 上述的煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统,其特征在于:所述第一气体传输管路的一端通过第一快速接头与第一进气通道相接,所述第一气体传输管路的另一端通过第二快速接头与第四进气通道相接。

[0013] 本发明还提供了一种方法步骤简单、实现方便能够真实地模拟出煤矿井下煤岩体所受应力情况以及煤矿井下煤岩体内瓦斯自身含量和压力的煤矿井下水力压裂实验实验室模拟方法,其特征在于该方法包括以下步骤:

[0014] 步骤一、组装煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统,其具体过程为:

[0015] 步骤 101、将依次对接的挡板、透气板、煤岩样和顶卡套管通过电工胶带缠绕固定为一整体,组合成巷帮模拟机构;

[0016] 步骤 102、将下压头放置在所述凹槽内,且使第四进气通道与第三进气通道相连通,并将第一气体传输管路的一端连接在第四进气通道上;

[0017] 步骤 103、将缸筒固定连接在底座顶部;

[0018] 步骤 104、将所述巷帮模拟机构具有挡板的一端插入所述巷帮模拟机构插入孔内,

并通过观察设置在顶卡套管外壁上的刻度,使煤岩样对正位于下压头的上端面上;

[0019] 步骤 105、将第一气体传输管路的另一端连接在第一进气通道上;

[0020] 步骤 106、将上半凹面压头对正放置于煤岩样的上端面上,并在上半凹面压头的顶部放置上半凸面压头;

[0021] 步骤 107、将活塞穿过设置在筒盖中间位置处的通孔中,并将筒盖固定连接在缸筒顶部,同时保证活塞的中心与上半凸面压头的中心对正;

[0022] 步骤 108、将第二气体传输管路连接到气体入口上;

[0023] 步骤 109、将围压液流入管连接到围压液入口上;

[0024] 步骤 1010、将电子万能试验机与计算机连接,并将步骤 101 ~ 步骤 107 组装完成的水力压裂条件模拟装置对中放置在电子万能试验机的底座上,且使活塞的上端面位于所述电子万能试验机的压头的正下方;

[0025] 步骤二、给煤岩样加载轴压:在计算机上,打开预先安装好的电子万能试验机软件,操作电子万能试验机软件启动电子万能试验机,并设定电子万能试验机的压头下压活塞的速度参数和压力参数,电子万能试验机的压头根据设定的速度参数下压活塞,直到显示在电子万能试验机软件中的压力参数达到设定的压力参数;

[0026] 步骤三、给煤岩样加载围压:取下连接在排气口上的排气口塞,打开排气口,打开围压液溢流阀的进液开关,开启所述围压液系统,围压液箱内的围压液经过第二液压泵加压后经由围压液流入管和围压液入口流入缸筒内,当排气口有围压液流出时,将排气口塞连接在排气口上,关闭排气口;

[0027] 步骤四、给煤岩样加载气体压力:打开减压阀的开关,开启所述气体压力系统,压缩气体罐内的气体通过减压阀减压后经由第二气体传输管路和气体入口进入第一进气通道和第二进气通道内,并进入透气孔道内;

[0028] 步骤五、在顶卡套管内露出的煤岩样处进行水力压裂实验,其具体过程如下:

[0029] 步骤 501、用钻头直径为 d 的电钻机在顶卡套管内露出的煤岩样上打出方位角为 α 、倾角为 β 、长度为 L 的钻孔;

[0030] 步骤 502、在所述钻孔内插入钢管;

[0031] 步骤 503、用密封材料对所述钻孔进行封孔,封孔长度为 n ;其中, $n < L$;

[0032] 步骤 504、将输水管路连接在钢管上;

[0033] 步骤 505、打开水阀,开启所述水力压裂系统,水箱内的水通过水泵加压后经由输水管路进入钢管中,并打到煤岩样上,对煤岩样进行水力压裂,煤岩样上形成了内部充满水的裂隙;

[0034] 步骤 506、压裂时间段 t 后,关闭水阀,关闭所述水力压裂系统,将连接在钢管上的输水管路断开,所述裂隙内的水逐渐流出;

[0035] 步骤 507、待所述裂隙内的水排尽后,用气体压力测量仪测量钢管外露端口处的气体压力 P ,并用气体浓度测量仪测量钢管外露端口处的气体浓度 ϕ ;

[0036] 步骤 508、记录所述步骤二中设定的电子万能试验机的压头下压活塞的压力参数,记录围压液压力表上显示的步骤三中的围压,记录气压表上显示的步骤四中的气体压力,记录所述步骤 501 中钻头的直径 d 以及钻孔的方位角为 α 、倾角为 β 和长度 L ,记录水压表上显示的步骤 505 中的水力压裂压力,记录所述步骤 506 中的压裂时间段 t ,并记录所述

步骤 507 中测量得到的气体压力 P 和气体浓度 ϕ 。

[0037] 上述的方法,其特征在于:所述步骤 502 之前还采用钻孔清洗液清洗所述钻孔。

[0038] 上述的方法,其特征在于:所述步骤 102 中在将下压头放置在所述凹槽内之前,先在凹槽内放入密封圈;所述步骤 103 中在将缸筒固定连接在底座顶部之前,先在底座顶部放入密封圈;所述步骤 104 中在将所述巷帮模拟机构具有挡板的一端插入所述巷帮模拟机构插入孔内之前,先在所述巷帮模拟机构插入孔内放入密封圈;所述步骤 106 中在将上半凸面压头放置在上半凹面压头的顶部之前,先在上半凹面压头内放入密封圈;所述步骤 107 中在将活塞穿过设置在筒盖中间位置处的通孔中之前,先在设置在筒盖中间位置处的通孔中放入密封圈;所述步骤 107 中在将筒盖固定连接在缸筒顶部之前,先在缸筒顶部放入密封圈。

[0039] 上述的方法,其特征在于:所述步骤 103 中将缸筒固定连接在底座顶部是采用第二螺栓;所述步骤 107 中将筒盖固定连接在缸筒顶部是采用第三螺栓。

[0040] 上述的方法,其特征在于:所述步骤二中设定的电子万能试验机的压头下压活塞的速度参数为 $0.4\text{mm}/\text{min} \sim 0.6\text{mm}/\text{min}$,所述步骤二中设定的电子万能试验机的压头下压活塞的压力参数为 $3\text{MPa} \sim 5\text{MPa}$ 。

[0041] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0042] 1、本发明煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统的结构简单,实现方便,且使用操作简单。

[0043] 2、本发明煤矿井下水力压裂实验实验室模拟方法的方法步骤简单,实现方便。

[0044] 3、本发明能够实现对轴压和围压的调节,能够依据不同矿井煤岩体的地应力大小,真实地模拟出煤矿井下煤岩体所受地应力情况。

[0045] 4、本发明能够实现气体压力大小的调节,能够依据不同矿井的瓦斯储量和压力,真实模拟出煤矿井下煤岩体内瓦斯自身含量和压力。

[0046] 5、本发明能够测定原煤(即从矿井中直接采取的岩样)经过井下水力压裂后其瓦斯增透情况。

[0047] 6、本发明能够为工程技术人员提供研究数据,供工程技术人员研究轴压(即电子万能试验机的压头下压活塞的压力参数)、围压、气体压力、钻头的直径 d 、钻孔的方位角 α 、钻孔的倾角 β 、钻孔的长度 L 、水力压裂压力和压裂时间段 t 对煤岩样水力压裂后流出的气体压力 P 和气体浓度 ϕ 的影响规律,进而得到提高流出的气体浓度 ϕ 的方法,并最终提高瓦斯抽采率。

[0048] 7、本发明的实现成本低,性能稳定可靠,实用性强,便于推广使用。

[0049] 综上所述,本发明实现方便,能够依据不同矿井地质情况,真实地模拟井下水力压裂条件,能够测定轴压、围压、气体压力等参数对井下水力压裂增透效果的影响和规律,性能稳定可靠,有助于提高瓦斯抽采率,便于推广使用。

[0050] 下面通过附图和实施例,对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

附图说明

[0051] 图 1 为本发明的结构示意图。

[0052] 图 2 为本发明水力压裂条件模拟装置的结构示意图。

[0053] 附图标记说明：

- | | | | |
|--------|----------------|--------------|--------------|
| [0054] | 1—挡板； | 2—透气板； | 3—煤岩样； |
| [0055] | 4—顶卡套管； | 5—第一进气通道； | 6—第二进气通道； |
| [0056] | 7—透气孔道； | 8—底座； | 9—缸筒； |
| [0057] | 10—筒盖； | 11—下压头； | 12—上半凸面压头； |
| [0058] | 13—活塞； | 14—第三进气通道； | 15—气体入口； |
| [0059] | 16—第四进气通道； | 17—第一气体传输管路； | |
| [0060] | 18—围压液流入通道； | 19—围压液入口； | 20—排气口； |
| [0061] | 21—排气口塞； | 22—压缩气体罐； | 23—第二气体传输管路； |
| [0062] | 24—减压阀； | 25—气压表； | 26—围压液箱； |
| [0063] | 27—围压液流入管； | 28—液压泵； | 29—围压液溢流管； |
| [0064] | 30—围压液压力表； | 31—围压液溢流阀； | 32—围压液回流管； |
| [0065] | 33—围压液回流阀； | 34—水箱； | 35—输水管路； |
| [0066] | 36—水泵； | 37—水阀； | 38—水压表； |
| [0067] | 39—上半凹面压头； | 40—电子万能试验机； | |
| [0068] | 41—水力压裂条件模拟装置； | | 42—计算机； |
| [0069] | 43—单向阀； | 44—密封圈； | 45—第一螺栓； |
| [0070] | 46—第二螺栓； | 47—钢管。 | |

具体实施方式

[0071] 如图 1 和图 2 所示,本发明的煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统,包括电子万能试验机 40、水力压裂条件模拟装置 41、气体压力系统、围压液压系统、水力压裂系统和计算机 42,所述水力压裂条件模拟装置 41 对中放置在电子万能试验机 40 的底座上,所述电子万能试验机 40 与计算机 42 相接；

[0072] 所述水力压裂条件模拟装置 41 由巷帮模拟机构和巷帮周围环境模拟机构组成,所述巷帮模拟机构包括依次对接的挡板 1、透气板 2、煤岩样 3 和顶卡套管 4,所述顶卡套管 4 的外壁上设置有刻度,所述挡板 1、透气板 2、煤岩样 3 和顶卡套管 4 通过电工胶带缠绕固定为一整体,所述挡板 1 中部设置有第一进气通道 5,所述透气板 2 中部设置有与第一进气通道 5 相连通的第二进气通道 6,所述透气板 2 上位于第二进气通道 6 的四周设置有辐射状的透气孔道 7；所述巷帮周围环境模拟机构包括底座 8、固定连接在底座 8 顶部的缸筒 9 和固定连接在缸筒 9 顶部的筒盖 10,所述缸筒 9 中部侧壁上开有供巷帮模拟机构插入的巷帮模拟机构插入孔,所述底座 8 顶部中间位置处设置有凹槽,所述凹槽内放置有下压头 11,所述下压头 11 的正上方从下到上依次设置有上半凹面压头 39、上半凸面压头 12 和活塞 13,所述活塞 13 向上穿出到筒盖 10 外部,且筒盖 10 的中间位置处设置有供活塞 13 穿过的通孔,所述活塞 13 的上端面位于电子万能试验机 40 的压头的正下方,所述巷帮模拟机构从所述巷帮模拟机构插入孔插入缸筒 9 内部,且煤岩样 3 对正位于下压头 11 的上端面与上半凹面压头 39 的下端面之间,顶卡套管 4 卡合连接在所述巷帮模拟机构插入孔内；所述底座 8 上设置有第三进气通道 14 和与第三进气通道 14 相连通的气体入口 15,所述下压头 11 上设置有与第三进气通道 14 相连通的第四进气通道 16,所述第四进气通道 16 通过第一气体传

输管路 17 与第一进气通道 5 相连通；所述底座 8 上设置有与缸筒 9 内部空间相连通的围压液流入通道 18，所述底座 8 侧部设置有与围压液流入通道 18 相连通的围压液入口 19，所述缸筒 9 侧面设有排气口 20，所述排气口 20 上连接有排气口塞 21；

[0073] 所述气体压力系统包括压缩气体罐 22，所述压缩气体罐 22 的出气口通过第二气体传输管路 23 与气体入口 15 连接，所述第二气体传输管路 23 上设置有减压阀 24 和气压表 25；

[0074] 所述围压液压系统包括围压液箱 26 和一端与围压液箱 26 连接的围压液流入管 27，所述围压液流入管 27 的另一端与围压液入口 19 连接，所述围压液流入管 27 上连接有液压泵 28 和单向阀 43，位于液压泵 28 和单向阀 43 之间的一段围压液流入管 27 上连接有围压液溢流管 29，所述围压液溢流管 29 上连接有围压液压力表 30 和围压液溢流阀 31，位于单向阀 43 和围压液入口 19 之间的一段围压液流入管 27 上连接有围压液回流管 32，所述围压液回流管 32 上连接有围压液回流阀 33；

[0075] 所述水力压裂系统包括水箱 34，所述水箱 34 通过输水管路 35 与对煤岩样 3 进行水力压裂实验时插入设置在煤岩样 3 上的钻孔中的钢管 47 连接，所述输水管路 35 上设置有水泵 36、水阀 37 和水压表 38。

[0076] 如图 2 所示，本实施例中，所述底座 8 与下压头 11 之间、底座 8 与缸筒 9 之间、缸筒 9 与筒盖 10 之间、上半凹面压头 39 与上半凸面压头 12 之间、顶卡套管 4 与缸筒 9 之间以及筒盖 10 与活塞 13 之间均设置有密封圈 44。所述缸筒 9 通过第一螺栓 45 固定连接在底座 8 顶部，所述筒盖 10 通过第二螺栓 46 固定连接在缸筒 9 顶部。

[0077] 如图 2 所示，本实施例中，所述缸筒 9 外轮廓的形状、下压头 11 外轮廓的形状、煤岩样 3 外轮廓的形状、顶卡套管 4 外轮廓的形状和上半凹面压头 39 下部外轮廓的形状均为长方体形，所述煤岩样 3 的长度与下压头 11 的长度和上半凹面压头 39 下部的长度相等，所述煤岩样 3 的宽度与下压头 11 的宽度、顶卡套管 4 外轮廓的宽度和上半凹面压头 39 下部的宽度相等，所述煤岩样 3 的高度与顶卡套管 4 外轮廓的高度相等。

[0078] 如图 2 所示，本实施例中，所述第一气体传输管路 17 的一端通过第一快速接头与第一进气通道 5 相接，所述第一气体传输管路 17 的另一端通过第二快速接头与第四进气通道 16 相接。

[0079] 本发明的煤矿井下水力压裂实验实验室模拟方法，包括以下步骤：

[0080] 步骤一、组装煤矿井下水力压裂实验实验室模拟系统，其具体过程为：

[0081] 步骤 101、将依次对接的挡板 1、透气板 2、煤岩样 3 和顶卡套管 4 通过电工胶带缠绕固定为一整体，组合成巷帮模拟机构；

[0082] 步骤 102、将下压头 11 放置在所述凹槽内，且使第四进气通道 16 与第三进气通道 14 相连通，并将第一气体传输管路 17 的一端连接在第四进气通道 16 上；

[0083] 步骤 103、将缸筒 9 固定连接在底座 8 顶部；

[0084] 步骤 104、将所述巷帮模拟机构具有挡板 1 的一端插入所述巷帮模拟机构插入孔内，并通过观察设置在顶卡套管 4 外壁上的刻度，使煤岩样 3 对正位于下压头 11 的上端面上；具体实施时，已知底座 8 中心至缸筒 9 开有巷帮模拟机构插入孔的一侧侧面的距离为 l_1 ，且已知煤岩样 3 的长度的一半为 l_2 ，通过公式 $l = l_1 - l_2$ 就能够计算得到顶卡套管 4 伸入缸筒 9 内部的侧面至缸筒 9 开有巷帮模拟机构插入孔的一侧侧面的距离 l ，而该距离 l 能

够通过观察设置在顶卡套管 4 外壁上的刻度得知；

[0085] 步骤 105、将第一气体传输管路 17 的另一端连接在第一进气通道 5 上；

[0086] 步骤 106、将上半凹面压头 39 对正放置于煤岩样 3 的上端面上，并在上半凹面压头 39 的顶部放置上半凸面压头 12；

[0087] 步骤 107、将活塞 13 穿过设置在筒盖 10 中间位置处的通孔中，并将筒盖 10 固定连接在缸筒 9 顶部，同时保证活塞 13 的中心与上半凸面压头 12 的中心对正；

[0088] 步骤 108、将第二气体传输管路 23 连接到气体入口 15 上；

[0089] 步骤 109、将围压液流入管 27 连接到围压液入口 19 上；

[0090] 步骤 1010、将电子万能试验机 40 与计算机 42 连接，并将步骤 101～步骤 107 组装完成的水力压裂条件模拟装置 41 对中放置在电子万能试验机 40 的底座上，且使活塞 13 的上端面位于所述电子万能试验机 40 的压头的正下方；

[0091] 步骤二、给煤岩样 3 加载轴压：在计算机 42 上，打开预先安装好的电子万能试验机软件，操作电子万能试验机软件启动电子万能试验机 40，并设定电子万能试验机 40 的压头下压活塞 13 的速度参数和压力参数，电子万能试验机 40 的压头根据设定的速度参数下压活塞 13，直到显示在电子万能试验机软件中的压力参数达到设定的压力参数；

[0092] 步骤三、给煤岩样 3 加载围压：取下连接在排气口 20 上的排气口塞 21，打开排气口 20，打开围压液溢流阀 31 的进液开关，开启所述围压液系统，围压液箱 26 内的围压液经过第二液压泵 37 加压后经由围压液流入管 27 和围压液入口 19 流入缸筒 9 内，当排气口 20 有围压液流出时，将排气口塞 21 连接在排气口 20 上，关闭排气口 20；

[0093] 通过在步骤二中设置不同的电子万能试验机 40 的压头下压活塞 13 的压力参数，能够实现对轴压的调节；通过在步骤三中操作围压液溢流阀 31，能够实现对围压的调节；进而能够依据不同矿井煤岩体的地应力大小，真实地模拟出煤矿井下煤岩体所受地应力情况。

[0094] 步骤四、给煤岩样 3 加载气体压力：打开减压阀 24 的开关，开启所述气体压力系统，压缩气体罐 22 内的气体通过减压阀 24 减压后经由第二气体传输管路 23 和气体入口 15 进入第一进气通道 5 和第二进气通道 6 内，并进入透气孔道 7 内；

[0095] 通过在步骤四中操作减压阀 24，能够实现对气体压力大小的调节，能够依据不同矿井的瓦斯储量和压力，真实模拟出煤矿井下煤岩体内瓦斯自身含量和压力。

[0096] 步骤五、在顶卡套管 4 内露出的煤岩样 3 处进行水力压裂实验，其具体过程如下：

[0097] 步骤 501、用钻头直径为 d 的电钻机在顶卡套管 4 内露出的煤岩样 3 上打出方位角为 α 、倾角为 β 、长度为 L 的钻孔；

[0098] 步骤 502、在所述钻孔内插入钢管 47；具体实施时，钢管 47 的长度略小于钻孔的长度 L ，钢管 47 的直径略小于钻孔的直径，即钻头的直径 d ；

[0099] 步骤 503、用密封材料对所述钻孔进行封孔，封孔长度为 n ；其中， $n < L$ ；具体实施时，所述密封材料为环氧树脂胶；

[0100] 步骤 504、将输水管路 35 连接在钢管 47 上；

[0101] 步骤 505、打开水阀 37，开启所述水力压裂系统，水箱 34 内的水通过水泵 36 加压后经由输水管路 35 进入钢管 47 中，并打到煤岩样 3 上，对煤岩样 3 进行水力压裂，煤岩样 3 上形成了内部充满水的裂隙；

[0102] 步骤 506、压裂时间段 t 后,关闭水阀 37,关闭所述水力压裂系统,将连接在钢管 47 上的输水管路 35 断开,所述裂隙内的水逐渐流出;

[0103] 步骤 507、待所述裂隙内的水排尽后,用气体压力测量仪测量钢管 47 外露端口处的气体压力 P ,并用气体浓度测量仪测量钢管 47 外露端口处的气体浓度 ϕ ;

[0104] 步骤 508、记录所述步骤二中设定的电子万能试验机 40 的压头下压活塞 13 的压力参数,记录围压液压力表 30 上显示的步骤三中的围压,记录气压表 25 上显示的步骤四中的气体压力,记录所述步骤 501 中钻头的直径 d 以及钻孔的方位角为 α 、倾角为 β 和长度 L ,记录水压表 38 上显示的步骤 505 中的水力压裂压力,记录所述步骤 506 中的压裂时间段 t ,并记录所述步骤 507 中测量得到的气体压力 P 和气体浓度 ϕ 。将以上记录得到的数据提供给工程技术人员,工程技术人员能够研究轴压(即电子万能试验机 40 的压头下压活塞 13 的压力参数)、围压、气体压力、钻头的直径 d 、钻孔的方位角 α 、钻孔的倾角 β 、钻孔的长度 L 、水力压裂压力和压裂时间段 t 对煤岩样 3 水力压裂后流出的气体压力 P 和气体浓度 ϕ ,进而得到提高流出的气体浓度 ϕ 的方法,并最终提高瓦斯抽采率。

[0105] 本实施例中,所述步骤 502 之前还采用钻孔清洗液清洗所述钻孔。具体实施时,所述钻孔清洗液为丙酮或酒精。通过清洗所述钻孔,还能够供工程技术人员研究是否清洗钻孔对煤岩样 3 水力压裂后流出的气体压力 P 和气体浓度 ϕ 的影响。

[0106] 本实施例中,所述步骤 102 中在将下压头 11 放置在所述凹槽内之前,先在凹槽内放入密封圈 44;所述步骤 103 中在将缸筒 9 固定连接在底座 8 顶部之前,先在底座 8 顶部放入密封圈 44;所述步骤 104 中在将所述巷帮模拟机构具有挡板 1 的一端插入所述巷帮模拟机构插入孔内之前,先在所述巷帮模拟机构插入孔内放入密封圈 44;所述步骤 106 中在将上半凸面压头 12 放置在上半凹面压头 39 的顶部之前,先在上半凹面压头 39 内放入密封圈 44;所述步骤 107 中在将活塞 13 穿过设置在筒盖 10 中间位置处的通孔中之前,先在设置在筒盖 10 中间位置处的通孔中放入密封圈 44;所述步骤 107 中在将筒盖 10 固定连接在缸筒 9 顶部之前,先在缸筒 9 顶部放入密封圈 44。所述步骤 103 中将缸筒 9 固定连接在底座 8 顶部是采用第二螺栓 45;所述步骤 107 中将筒盖 10 固定连接在缸筒 9 顶部是采用第三螺栓 46。

[0107] 本实施例中,所述步骤二中设定的电子万能试验机 40 的压头下压活塞 13 的速度参数为 $0.4\text{mm}/\text{min} \sim 0.6\text{mm}/\text{min}$,所述步骤二中设定的电子万能试验机 40 的压头下压活塞 13 的压力参数为 $3\text{MPa} \sim 5\text{MPa}$ 。

[0108] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制,凡是根据本发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效结构变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

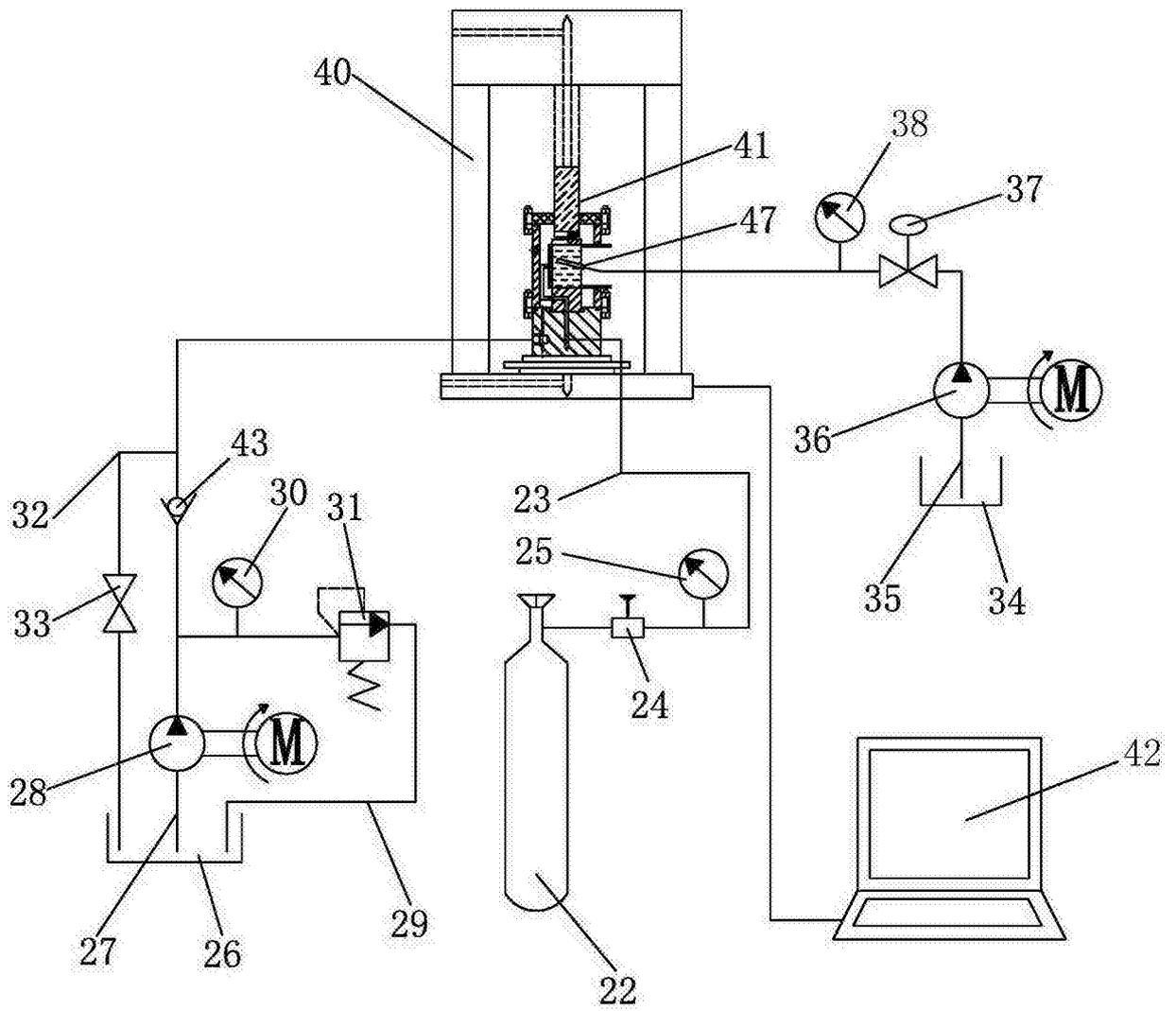


图 1

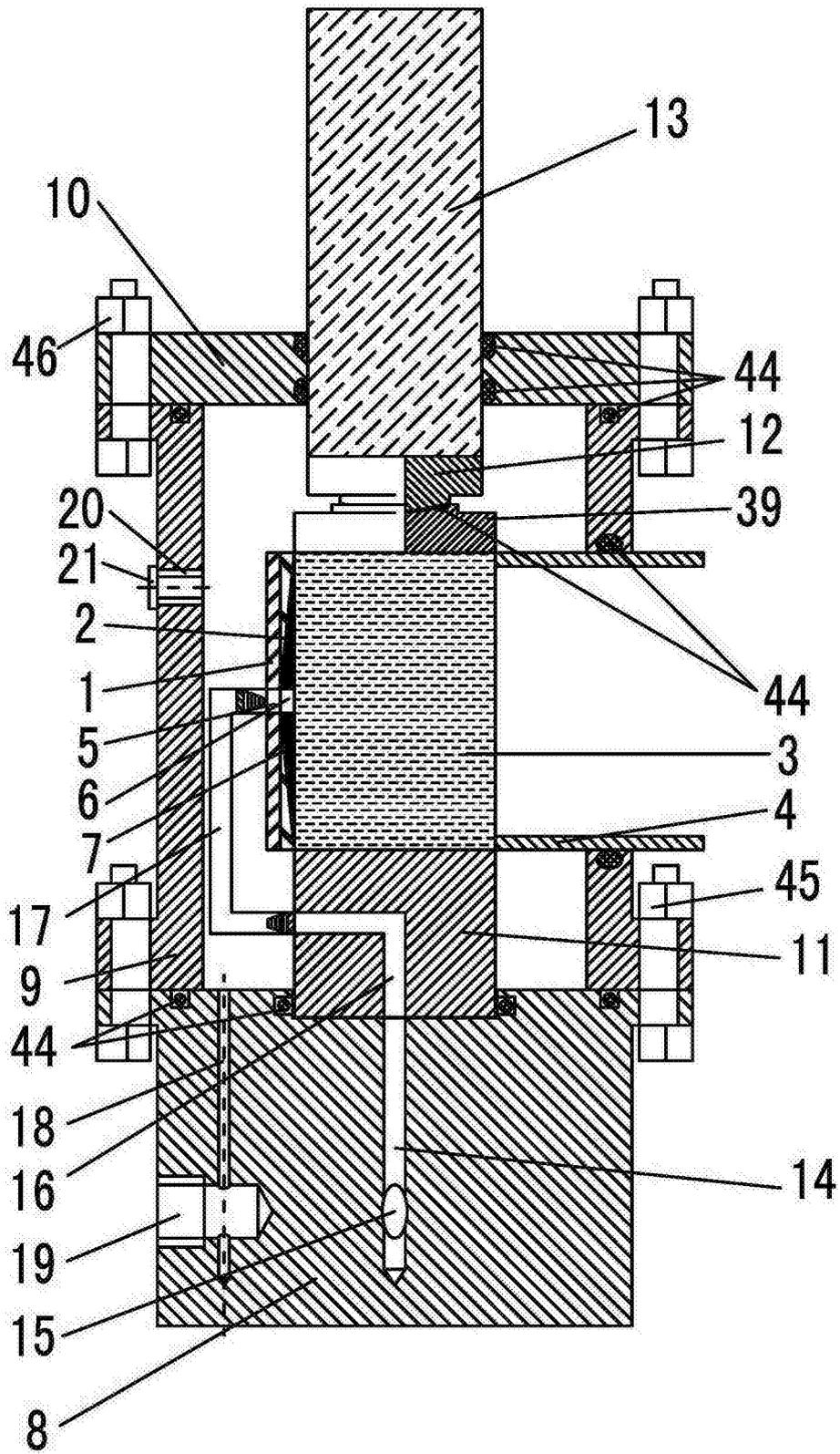


图 2