



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111442990 A

(43)申请公布日 2020.07.24

(21)申请号 202010166687.1

(22)申请日 2020.03.11

(71)申请人 中国地质大学(北京)

地址 100083 北京市海淀区学院路29号

(72)发明人 校文超 岳文 康嘉杰 孟德忠

(74)专利代理机构 北京知呱呱知识产权代理有限公司 11577

代理人 白袖龙

(51)Int.Cl.

G01N 3/12(2006.01)

G01N 3/18(2006.01)

G01N 3/06(2006.01)

B01J 3/06(2006.01)

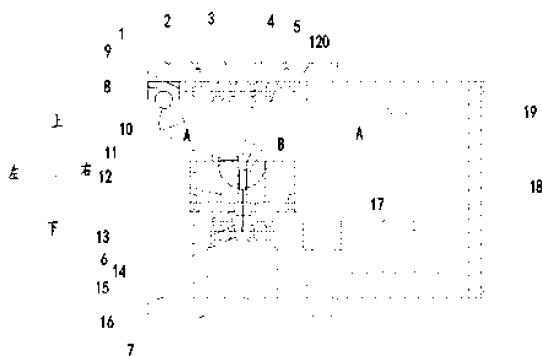
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种活塞圆筒装置及其实时测压方法

(57)摘要

本发明提供了一种活塞圆筒装置,包括底座组件、活塞和圆筒组件,所述底座组件上固定设置有摄像装置,所述摄像装置连接有处理器,所述活塞设置在圆筒组件内,并且与所述圆筒组件轴向相对运动,所述活塞和/或圆筒组件外表面喷涂有散斑标记,所述摄像装置实时采集所述散斑标记的图像并发送到处理器上,该活塞圆筒装置的实时测压方法为,在所述活塞和/或圆筒组件外表面喷涂有散斑标记,进行高温高压实验,在实验过程中应用所述摄像装置实时采集散斑标记的图像,处理器根据图像计算活塞和圆筒组件的应变,通过应变计算样品所受的静水压力,该发明可实现对活塞圆筒高温高压装置实验压力的实时高精度检测,从而提升现有装置的实验精度。



1. 一种活塞圆筒装置,包括底座组件、活塞和圆筒组件,其特征在于,所述底座组件上固定设置有摄像装置,所述摄像装置连接有处理器,所述活塞设置在圆筒组件内,并且与所述圆筒组件轴向相对运动,所述活塞和/或圆筒组件外表面喷涂有散斑标记,所述摄像装置实时采集所述散斑标记的图像并发送到处理器上。

2. 根据权利要求1所述的活塞圆筒装置,其特征在于,所述底座组件包括上底座、下底座和支杆,所述支杆连接上底座和下底座,所述摄像装置固定设置在上底座上,和/或下底座上,和/或支杆上。

3. 根据权利要求2所述的活塞圆筒装置,其特征在于,所述圆筒组件包括内筒和外筒,所述外筒套设在所述内筒外部,所述内筒内部设置有能够沿轴向移动的活塞,所述内筒上表面喷涂有所述散斑标记。

4. 根据权利要求3所述的活塞圆筒装置,其特征在于,所述活塞与所述内筒能够相对运动接触的外表面上喷涂有所述散斑标记。

5. 根据权利要求4所述的活塞圆筒装置,其特征在于,所述散斑标记为黑色或白色喷漆喷涂形成的图形。

6. 根据权利要求5所述的活塞圆筒装置,其特征在于,所述摄像装置设置有一个以上。

7. 一种活塞圆筒装置的实时测压方法,采用权利要求1~6任意一项所述的活塞圆筒装置,包括以下步骤:

步骤1:将样品设置在所述内筒的内部设置活塞的腔体内;

步骤2:在所述活塞外表面和所述内筒的上表面上喷涂所述散斑标记;

步骤3:开始进行高温高压实验,并在实验过程中,开启所述摄像装置对压力加载前后的所述散斑标记图像进行实时采集;

步骤4:将采集到的所述散斑标记图像输入处理器中;

步骤5:处理器根据所述散斑标记图像的变换计算所述样品受到的静水压力。

8. 根据权利要求7所述的活塞圆筒装置的实时测压方法,其特征在于,所述步骤5中处理器根据所述散斑标记图像的变换计算所述样品受到的静水压力的具体方法为:

步骤51:由计算机根据散斑点图像的变化计算所述活塞的轴向应变量及所述内筒的径向应变量;

步骤52:所述活塞的轴向应变量结合所述活塞的形状、材料属性,计算所述样品所受的静水压力,该值记为 σ_1 ;

步骤53:所述内筒的径向应变量结合所述内筒的形状、材料属性,计算所述样品所受的静水压力,该值记为 σ_2 ;

步骤54:计算 σ_1 与 σ_2 的偏差,当 σ_1 与 σ_2 偏差不超过2%时,取二者平均值 $\sigma = (\sigma_1 + \sigma_2) / 2$,进入步骤55;当 σ_1 与 σ_2 偏差超过2%,进入步骤56;

步骤55:计算 σ 与理论上静水压力P的偏差, σ 与P的偏差不超过5%, $\sigma = (\sigma_1 + \sigma_2) / 2$ 为最终结果, σ 与P的偏差超过5%,进入步骤56;

步骤56:排查所述活塞圆筒装置的误差来源。

9. 根据权利要求8所述的活塞圆筒装置的实时测压方法,其特征在于,所述步骤56中排查误差来源的方法为:

排查所述摄像装置及其线路连接是否存在故障、内筒是否产生缺陷、外筒是否产生缺

陷、所述活塞圆筒装置是否产生振动。

一种活塞圆筒装置及其实时测压方法

技术领域

[0001] 本发明涉及高温高压实验装置领域,具体涉及一种活塞圆筒装置及其实时测压方法。

背景技术

[0002] 活塞圆筒装置在物理、化学、地球科学等领域中是一种常用的实验装置。该装置由圆筒状的腔体与活塞构成,通过压机将数百吨的压力作用于活塞,进而作用于样品,实现样品内部的超高静水压,最高可达5~6GPa,同时圆筒腔体内模拟高温环境,使得样品同时处于高温高压状态。

[0003] 在现有实验装置中,对施加于样品的静水压力的测量通常采用理论计算的方法。即认为压机输出的压力全部作用于实验样品,静水压力 $P = \text{压机输出力} F / \text{活塞截面积} S$ 。在该测量方法下,实验过程中的压力误差为0.03GPa。误差的主要来源是压力机运动部件之间的摩擦,以及实验样品与活塞、圆筒之间的摩擦。该方法的优势在于测量方便,通过液压机输出油压即可计算得到样品所受压力;不足之处在于,实验误差略大,尤其是当更换样品仓材质配比时,摩擦状况的略微改变会产生不确定的压力损失,加大实验误差。

[0004] 因此,需要发明一种结构简单的活塞圆筒装置,能够实现高精度监测该活塞圆筒内部样品的实时压力。

发明内容

[0005] 有鉴于此,本发明旨在提出一种活塞圆筒装置及其实时测压方法,从而实现对活塞圆筒装置实验压力的实时高精度检测。

[0006] 为达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

[0007] 一种活塞圆筒装置,包括底座组件、活塞和圆筒组件,所述底座组件上固定设置有摄像装置,所述摄像装置连接有处理器,所述活塞设置在圆筒组件内,并且与所述圆筒组件轴向相对运动,所述活塞和/或圆筒组件外表面喷涂有散斑标记,所述摄像装置实时采集所述散斑标记的图像并发送到处理器上。

[0008] 进一步的,所述底座组件包括上底座、下底座和支杆,所述支杆连接上底座和下底座,所述摄像装置固定设置在上底座上,和/或下底座上,和/或支杆上。所述摄像装置的位置根据采集的需要进行设置,应便于采集散斑标记。

[0009] 进一步的,所述圆筒组件包括内筒和外筒,所述外筒包覆在所述内筒外部,所述内筒内部设置有能够沿轴向移动的活塞,所述内筒上表面喷涂有所述散斑标记。由于在压力作用下内筒产生径向变形,上表面喷涂散斑标记能够体现径向上的变形。

[0010] 进一步的,所述活塞与所述内筒能够轴向移动接触的外表面上喷涂有所述散斑标记。所述活塞在外表面喷涂散斑标记能够体现轴向上产生变形。

[0011] 进一步的,所述散斑标记为黑色或白色喷漆喷涂形成的图形。

[0012] 进一步的,所述摄像装置设置有一个以上。设置一个摄像装置即能满足采集需要,

设置多个能够保证采集精度以及提高采集速度。

[0013] 一种活塞圆筒装置的实时测压方法,采用上述一种活塞圆筒装置,包括以下步骤:

[0014] 步骤1:将样品设置在所述内筒的内部设置活塞的腔体内;

[0015] 步骤2:在所述活塞外表面和所述外筒的上表面喷涂所述散斑标记;

[0016] 步骤3:开始进行高温高压实验,并在实验过程中,开启所述摄像装置对压力加载前后的所述散斑标记图像进行实时采集;

[0017] 步骤4:将采集到的所述散斑标记图像输入处理器中;

[0018] 步骤5:处理器根据所述散斑标记图像的变换计算所述样品受到的静水压力。

[0019] 进一步的,所述步骤5中处理器根据所述散斑标记图像的变换计算所述样品受到的静水压力的具体方法为:

[0020] 步骤51:由计算机根据散斑点图像的变化计算所述活塞的轴向应变量及所述内筒的径向应变量;

[0021] 步骤52:所述活塞的轴向应变量结合所述活塞的形状、材料属性,计算所述样品所受的静水压力,该值记为 σ_1 ;

[0022] 步骤53:所述内筒的径向应变量结合所述内筒的形状、材料属性,计算所述样品所受的静水压力,该值记为 σ_2 ;

[0023] 步骤54:计算 σ_1 与 σ_2 的偏差,当 σ_1 与 σ_2 偏差不超过2%时,取二者平均值 $\sigma = (\sigma_1 + \sigma_2) / 2$,进入步骤55;当 σ_1 与 σ_2 偏差超过2%,进入步骤56;

[0024] 步骤55:计算 σ 与理论上静水压力P的偏差, σ 与P的偏差不超过5%, $\sigma = (\sigma_1 + \sigma_2) / 2$ 为最终结果, σ 与P的偏差超过5%,进入步骤56;

[0025] 步骤56:排查所述活塞圆筒装置的误差来源。

[0026] 进一步的,所述步骤56中排出误差来源的方法为:

[0027] 排查所述摄像装置及其线路连接是否存在故障、内筒是否产生缺陷、外筒是否产生缺陷、所述活塞圆筒装置是否产生振动;

[0028] 本发明所述的技术方案具有以下优势:

[0029] (1)本发明所述的一种活塞圆筒装置,安装有摄像装置,与处理器连接,去除了冗余复杂的压力传感系统,结构简单,便于操作;

[0030] (2)本发明所述的一种活塞圆筒装置的,并且可实时准确地测量放置样品的容纳腔内的超高静水压力,并且能够应用于高温高压条件下,对于提升活塞圆筒装置的实验精度具有重要意义;可以应用到其他需要测量超高实验压力的实验装置。

[0031] (3)本发明所述的一种活塞圆筒装置的实时测压方法,采用数字图像相关技术测量放置样品的容纳腔内压力,仅需摄像装置采集散斑图像以及处理器进行压力计算与校核,处理速度快,并且误差小,实现了高精度测量。

附图说明

[0032] 构成本发明的一部分的附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。在附图中:

[0033] 图1为本发明实施例一所述的活塞圆筒装置的示意图;

[0034] 图2为本发明图1中B处放大图;

[0035] 图3为本发明图1中A-A截面仰视图示意图；

[0036] 图4为本发明A-A截面仰视图的实施例二示意图。

[0037] 附图标记说明：

[0038] 1、上底座；2、垫板；3、支撑块；4、活塞；5、样品；6、支撑塞；7、下底座；8、摄像装置；9、支杆；10、散斑区；11、外筒；12、内筒；120、容纳腔；13、固定板；14、压力支撑板；15、压力分配板；16、主液压缸；17、滑块；18、卸荷液压缸；19、支撑架。

具体实施方式

[0039] 需要说明的是，在不冲突的情况下，本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0040] 在本发明中涉及“左”、“右”、“上”、“下”等的描述仅用于描述目的，不能理解为指示或暗示其相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量，且已在附图中标出。由此，限定有“左”、“右”、“上”、“下”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。另外，各个实施例之间的技术方案可以相互结合，但是必须是以本领域普通技术人员能够实现为基础，当实施例之间的技术方案能够实现结合的，均在本发明要求的保护范围之内。

[0041] 下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0042] 实施例一，如图1和图2所示，一种活塞圆筒装置，包括：包括底座组件、活塞4和圆筒组件，所述底座组件用于支撑活塞4和圆筒组件，所述底座组件包括上底座1、下底座7和支杆9，所述支杆9设置有两个以上，用于固定连接上底座1和下底座7，所述底座组件上固定设置有摄像装置8，所述摄像装置8固定设置在上底座1上，和/或下底座7上，和/或支杆9上，所述摄像装置8连接有处理器，在该实施例中，所述摄像装置8设置有一个，固定安装在上底座1与所述下底座7相对的一侧，所述上底座1与下底座7相对的一侧还通过螺栓固定设置有垫板2，所述垫板2上通过螺栓固定连接有支撑块3，能够与所述活塞4上部接触，并且对活塞4起到缓冲和支撑保护作用，所述活塞4设置在圆筒组件内，并且与所述圆筒组件轴向相对运动；所述圆筒组件包括内筒12和外筒11，所述内筒12和外筒11下部通过固定板13用螺栓固定在一起，所述外筒11套设在所述内筒12外部，起到保护内筒12的作用，并且能够起到隔热保温保压作用，所述内筒12内部设置有容纳腔120，容纳腔120内上部设置有做往复运动的活塞4，容纳腔120中部用于放置样品5，容纳腔120下部设置有支撑塞6，支撑塞6上端塞入容纳腔120中，下端通过压力支撑板14与滑块17的左端连接，滑块17右端套设在支撑架19上，并沿支撑架19上下滑动，压力支撑板14通过压力分配板15与主液压缸16连接，主液压缸16作用使得滑块17推动圆筒组件向上移动，直到活塞上部表面与支撑块3抵接，主液压缸16继续施加压力，支撑塞6为样品5提供向上的压力，活塞4在支撑块3抵接作用下产生形变，为样品5提供向下的压力，使得样品5在活塞4作用下进行高压实验，支撑架19连接在支杆9上，支撑架19下部设置有卸荷液压缸18，在卸荷液压缸18作用下能够顺利将样品5从内筒12中取出。

[0043] 进一步的，所述外筒11上表面喷涂有所述散斑标记，进一步的，所述活塞4与所述内筒12能够滑动接触的外表面上喷涂有所述散斑标记，所述散斑标记为黑色或白色喷漆喷涂形成的图形，所述摄像装置8实时采集所述散斑标记的图像并发送到处理器上。

[0044] 进一步的，所述摄像装置8能够360度旋转，并由处理器调节摄像装置8的角度，以

便于采集所述的散斑标记图像,所述摄像装置8内部设置有图像采集卡,能够保存采集的图像并以数字信号方式传输给处理器,所述摄像装置8通过有线或者无线方式连接到处理器上以传输散斑标记图像,摄像装置8通过螺栓固定或者粘接固定在上底座1上。

[0045] 在该实施例中,所述活塞4和所述内筒12表面涂黑的部分为散斑区10,散斑区10设置在与支撑架19相对的左侧方,摄像装置8设置方位与散斑区10一致,该设置避免与支撑架19干涉,避免影响图像采集,如图3所示,支杆9设置有三个,由于上底座1、下底座7为圆柱形,支杆9沿上底座1均布设置,固定有支撑架19的支杆9中心为C点,上底座1的中心为D点,优选的,摄像装置8设置有一个,设置在C点和D点连线向左侧的延长线上,该设置避免与支撑架19干涉,并能够保证摄像装置8能够采集到的活塞4和内筒12表面面积尽可能大,这样能保证散斑标记都被采集到,值得说明的是,摄像装置8的固定位置可根据散斑区10的位置改变,以便于采集为主,在其他实施例中,摄像装置8还能够设置在下底座7或者支杆9上。

[0046] 实施例二,如图4所示,支杆9设置有三个,由于上底座1、下底座7为圆柱形,支杆9沿上底座1均布设置,固定有支撑架19的支杆9中心为C点,上底座1的中心为D点,优选的,摄像装置8设置有两个,设置在C点和D点连线向左侧的延长线的两侧,该设置避免与支撑架19干涉,并能够保证摄像装置8能够采集到的活塞4和内筒12表面面积尽可能大,这样能保证散斑标记都被采集到,值得说明的是,摄像装置8的固定位置可根据散斑区10的位置改变,以便于采集为主,在其他实施例中,摄像装置8还能够设置在下底座7或者支杆9上,设置两个摄像装置8能够提高图像采集效率,并且提高采集精度,其他设置同实施例一。

[0047] 一种活塞4圆筒装置的实时测压方法,采用上述一种活塞4圆筒装置,包括以下步骤:

[0048] 步骤1:将样品5设置在所述内筒12的内部设置活塞4的腔体内;

[0049] 步骤2:在所述活塞4的外表面和所述外筒11的上表面上喷涂所述散斑标记;

[0050] 步骤3:开始进行高温高压实验,并在实验过程中,开启所述摄像装置8对压力加载前后的所述散斑标记图像进行实时采集;

[0051] 步骤4:将采集到的所述散斑标记图像输入处理器中;

[0052] 步骤5:处理器根据所述散斑标记图像的变换计算所述样品5受到的静水压力。进一步的,所述步骤5中处理器根据所述散斑标记图像的变换计算所述样品5受到的静水压力的具体方法为:

[0053] 步骤51:由处理器根据散斑标记点图像的变化计算所述活塞4的轴向应变量及所述内筒12的径向应变量;

[0054] 步骤52:所述活塞4的轴向应变量结合所述活塞4的形状、材料属性,计算所述样品5所受的静水压力,该值记为 σ_1 ;

[0055] 步骤53:所述内筒12的径向应变量结合所述内筒12的形状、材料属性,计算所述样品5所受的静水压力,该值记为 σ_2 ;

[0056] 步骤54:计算 σ_1 与 σ_2 的偏差,当 σ_1 与 σ_2 偏差不超过2%时,取二者平均值 $\sigma = (\sigma_1 + \sigma_2) / 2$,进入步骤55;当 σ_1 与 σ_2 偏差超过2%,进入步骤56;

[0057] 偏差计算方法为求取 σ_1 和 σ_2 差值的绝对值,再求取该绝对值与 σ_1 或 σ_2 比值的百分数,该处取 σ_1 和 σ_2 差值的绝对值与 σ_2 比值的百分数为 σ_1 与 σ_2 的偏差。

[0058] 步骤55:计算 σ 与理论上静水压力P的偏差, σ 与P的偏差不超过5%, $\sigma = (\sigma_1 + \sigma_2) / 2$ 为

最终结果, σ 与 P 的偏差超过 5%, 进入步骤 56;

[0059] σ 与理论上静水压力 P 的偏差计算方法为求取 σ 和 P 差值的绝对值, 再求取该绝对值与 P 比值的百分数。

[0060] 步骤 56: 排查所述活塞圆筒装置的误差来源。

[0061] 进一步的, 所述步骤 56 中排查误差来源的方法为:

[0062] 排查所述摄像装置 8 及其线路连接是否存在故障、内筒 12 是否产生缺陷、外筒 11 是否产生缺陷、所述活塞圆筒装置是否产生振动;

[0063] 实施例三, 活塞 4 圆筒装置结构尺寸如下: 与内筒 12 的容纳腔 120 接触的活塞 4 直径为 20mm, 液压缸 16 输出压力最高 100 吨。

[0064] 当液压缸 16 输出压力 32 吨时, 进行理论上的静水压力值计算, 即认为液压缸 16 输出的压力全部作用于样品 5, 根据公式计算 $P = F/S = 32 \text{ 吨} / (\pi * 10 * 10) \text{ mm}^2 = 999 \text{ MPa}$, 其中 P 为静水压力, F 为液压缸 16 的输出力, S 为活塞 4 插入内筒 12 部分的横截面积, 据美国 Depths of the Earth 公司测算, 该方法的误差为 30MPa, 占比 = $30/999 * 100\% = 3\%$ 。

[0065] 利用数字图像技术测量活塞 4 的应变, 测量精度可达 $10\mu\epsilon$ 。当液压缸 16 输出压力 32 吨时, 测得活塞 4 轴向方向产生压应变 $\epsilon_1 = 0.00167$, 根据应力计算公式 $\sigma_1 = E * \epsilon_1$, 其中 σ_1 为样品 5 根据压应变 ϵ_1 所受的压应力, 即静水压力, E 为活塞 4 的弹性模量, 活塞 4 材质为碳化钨, 其弹性模量 $E = 600 \text{ GPa}$ 。计算得 $\sigma_1 = 600 \text{ GPa} * 0.00167 = 1002 \text{ MPa}$ 。计算误差 = $600 \text{ GPa} * 10\mu\epsilon = 6 \text{ MPa}$, 占比 = $6/1002 * 100\% = 0.6\%$ 。

[0066] 类似的, 测得内筒 12 径向产生压应变 $\epsilon_2 = 0.00167$ 。 $\sigma_2 = E * \epsilon_2$, 其中 σ_2 为样品 5 根据压应变 ϵ_2 所受的压应力, 即静水压力, E 为活塞 4 的弹性模量, 活塞 4 材质为碳化钨, 其弹性模量 $E = 600 \text{ GPa}$ 。计算得 $\sigma_2 = 600 \text{ GPa} * 0.00167 = 1002 \text{ MPa}$ 。

[0067] 在该实施例中 $\sigma_1 = \sigma_2$, 则 $\sigma = \sigma_1 = \sigma_2 = 1002 \text{ MPa}$, 计算 σ 与理论上静水压力 P 的偏差, $|999 \text{ MPa} - 1002 \text{ MPa}| / 999 \text{ MPa} * 100\% = 0.3\%$, 偏差值小于 5%, 所以样品 5 所受静水压力最终结果为 1002MPa。

[0068] 通过内筒 12 应变测得应力值理论上应与通过活塞 4 应变计算所得值一样, 但在实际操作中, 难免由于测量偏差导致二者数值存在不一致。当通过活塞 4 与内筒 12 计算所得压力数值偏差不超过 2% 时, 取二者平均值为最终结果, 并与 $P = F/S$ 公式计算的理论结果进行偏差计算, 偏差不超过 5%, 超过 5% 排查误差来源, 当通过活塞 4 与内筒 12 计算所得压力数值偏差超过 2% 时, 应排查误差来源。

[0069] 虽然, 上文中已经用一般性说明及具体实施例对本发明作了详尽的描述, 但在本发明基础上, 可以对之作一些修改或改进, 这对本领域技术人员而言是显而易见的。因此, 在不偏离本发明精神的基础上所做的这些修改或改进, 均属于本发明要求保护的范畴。

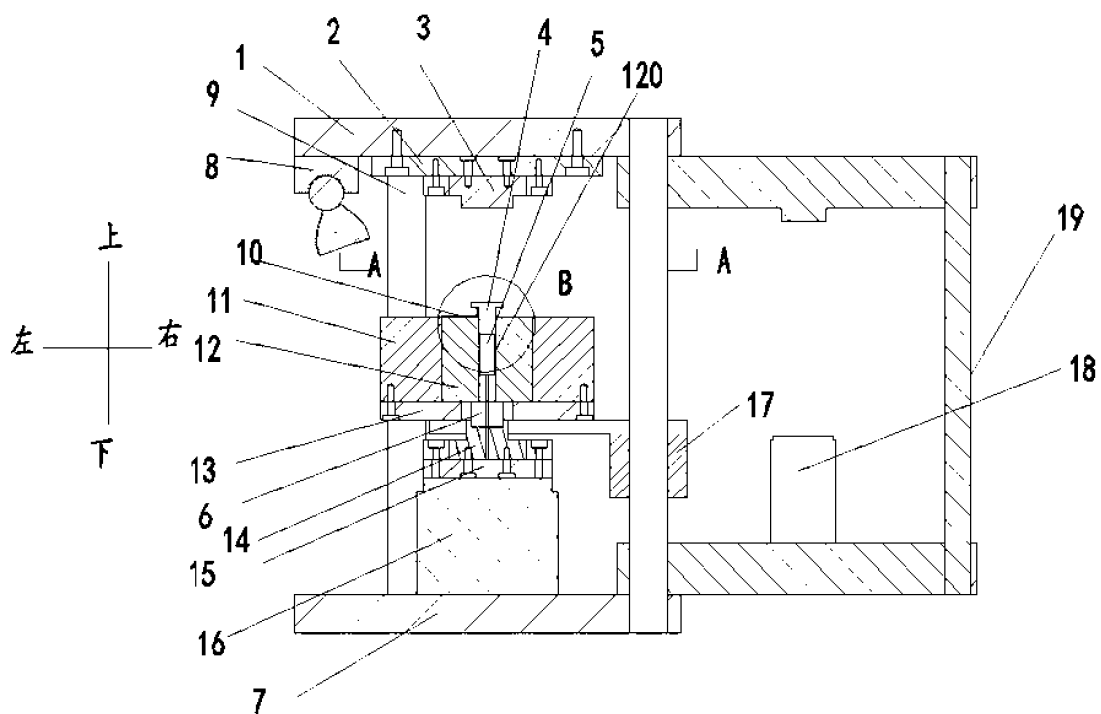


图1

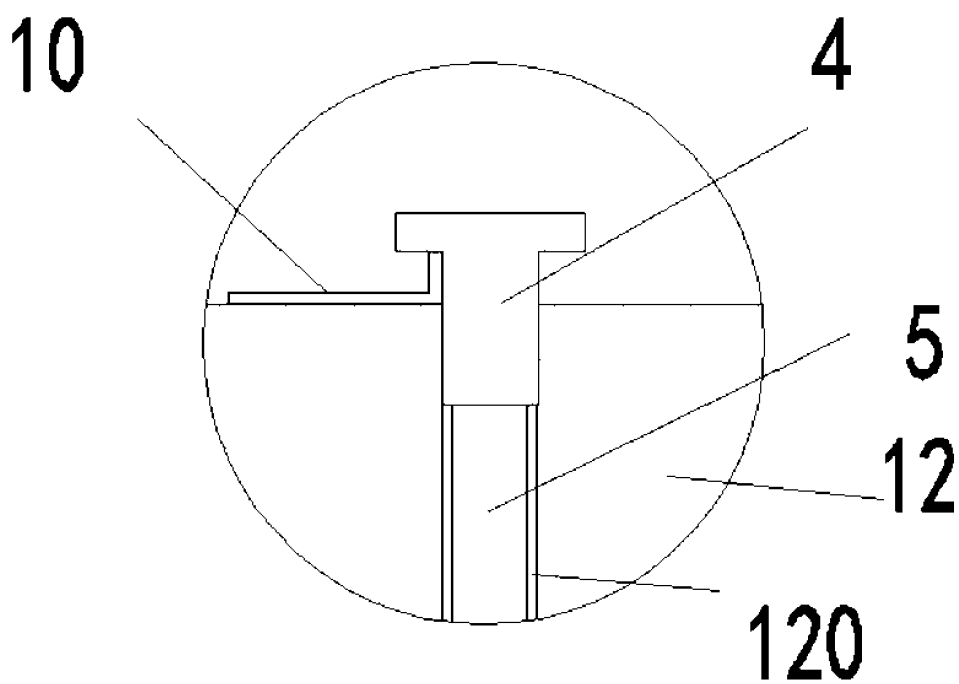


图2

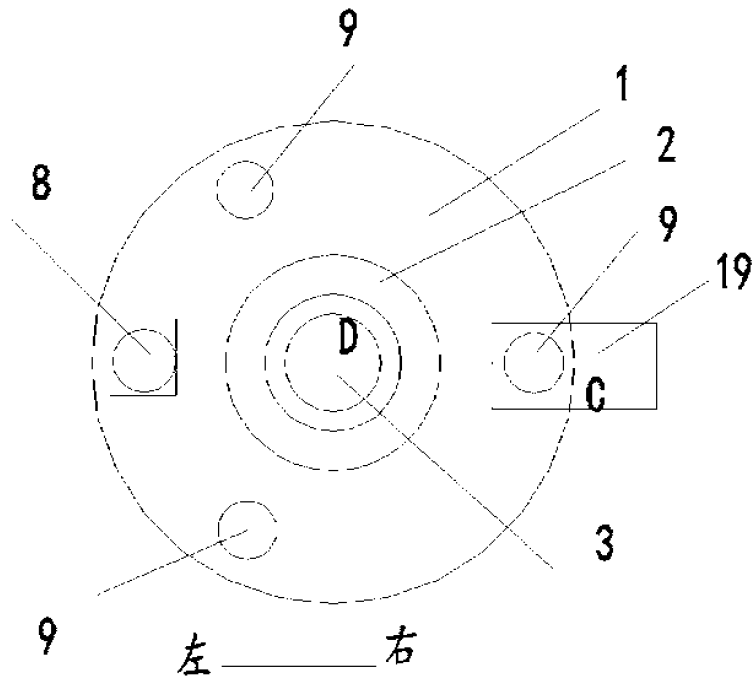


图3

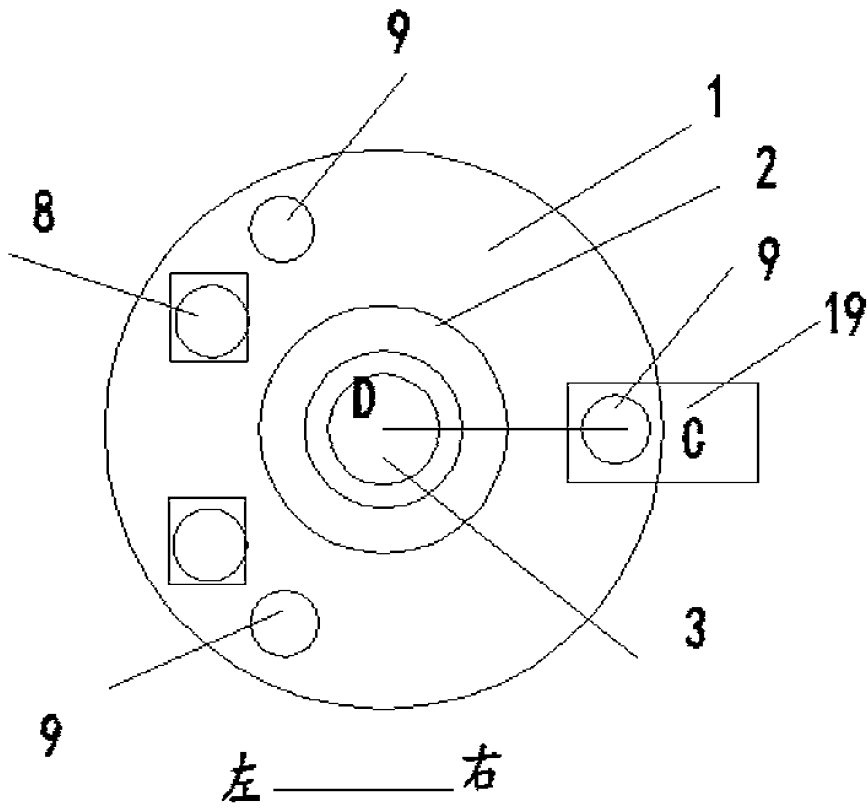


图4