



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 204594804 U

(45) 授权公告日 2015. 08. 26

(21) 申请号 201520357590. 3

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2015. 05. 28

G01N 3/10(2006. 01)

(73) 专利权人 中国石油化工股份有限公司胜利  
油田分公司石油工程技术研究院

(ESM) 同样的发明创造已同日申请发明专利

地址 257000 山东省东营市东营区西三路  
306 号

专利权人 中国石油大学(华东)

(72) 发明人 李明 俞然刚 任占春 黄波  
陈鹏 田勇 王昊 王朝贝 王华  
卢娜娜 苏权生

(74) 专利代理机构 济南金迪知识产权代理有限  
公司 37219

代理人 杨磊

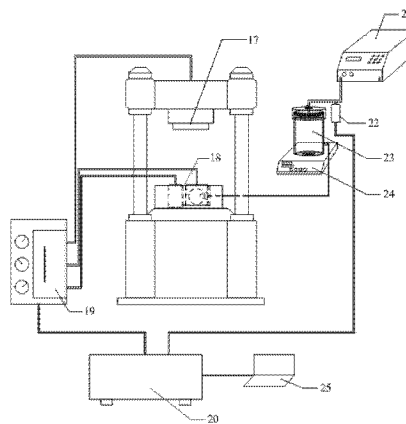
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 实用新型名称

转向剂效果评价真三轴试验机

(57) 摘要

本实用新型涉及转向剂效果评价真三轴试验机,包括压力加载系统、转向剂注入系统和数据采集控制系统;压力加载系统包括压力室、油压稳压源和垂向加载装置,压力室外设有压力室外壁,内部设有岩样和扁千斤顶,岩样设有人造裂缝,扁千斤顶设在岩样相邻的侧面上;垂向加载装置正对岩样的顶面,垂向加载装置和扁千斤顶与油压稳压源连接;转向剂注入系统包括平流泵、注液容器和进液管,平流泵与注液容器连接,注液容器通过进液管与人造裂缝连接;数据采集控制系统包括伺服控制器、计算机和传感器,传感器设在平流泵和注液容器之间并与伺服控制器连接;油压稳压源和计算机分别与伺服控制器连接。本实用新型可有效实现压裂过程转向剂施工参数的优选。



1. 一种转向剂效果评价真三轴试验机,其特征在于,该试验机包括压力加载系统、转向剂注入系统和数据采集控制系统;

所述的压力加载系统包括压力室、油压稳压源和垂向加载装置,所述的压力室外部设置有压力室外壁,所述的压力室内部设置有岩样和两个扁千斤顶,所述的岩样为正方体腔室结构并且设置有人造裂缝,所述的两个扁千斤顶设置在所述岩样的两个相邻的侧面上;所述的垂向加载装置正对所述的岩样的顶面,所述的垂向加载装置和两个扁千斤顶分别与所述的油压稳压源连接;

所述的转向剂注入系统包括平流泵、注液容器和进液管,所述的平流泵与注液容器连接,所述的注液容器通过进液管与人造裂缝连接;

所述的数据采集控制系统包括伺服控制器、计算机和传感器,所述的传感器设置在平流泵和注液容器之间并且与伺服控制器连接;所述的油压稳压源和计算机分别与伺服控制器连接。

2. 根据权利要求 1 所述的转向剂效果评价真三轴试验机,其特征在于,所述的垂向加载装置为液压机。

3. 根据权利要求 1 所述的转向剂效果评价真三轴试验机,其特征在于,所述的岩样的顶面和侧面均设置有橡胶垫和钢垫板,所述的岩样的底面设置有底橡胶垫和底钢垫板。

4. 根据权利要求 1 所述的转向剂效果评价真三轴试验机,其特征在于,所述的压力室为圆筒结构,压力室外径为 40cm,内径为 28cm。

5. 根据权利要求 3 所述的转向剂效果评价真三轴试验机,其特征在于,所述的岩样尺寸为 100mm×100mm×100mm;

所述的橡胶垫的尺寸为 100mm×100mm×2mm,所述的钢垫板的尺寸为 100mm×100mm×10mm,所述的底橡胶垫的尺寸为 126mm×126mm×2mm,所述的底钢垫板的尺寸为 126mm×126mm×10mm。

6. 根据权利要求 1 所述的转向剂效果评价真三轴试验机,其特征在于,所述的注液容器包括注液容器进液口、注液容器帽、推进活塞、注液容器杯身和注液容器出液口,所述的推进活塞可沿注液容器杯身往复运动,所述的注液容器进液口与平流泵连接,所述的注液容器出液口与进液管连接。

7. 根据权利要求 6 所述的转向剂效果评价真三轴试验机,其特征在于,所述的转向剂注入系统还包括磁力搅拌机和搅拌转子,所述的磁力搅拌机设置在注液容器的下面,所述的搅拌转子设置在注液容器杯身底部。

8. 根据权利要求 6 所述的转向剂效果评价真三轴试验机,其特征在于,所述的注液容器杯身高 20cm,外径为  $\Phi 12\text{cm}$ ,内径为  $\Phi 10\text{cm}$ ,杯底厚 8mm。

9. 根据权利要求 6 所述的转向剂效果评价真三轴试验机,其特征在于,所述的推进活塞的尺寸为  $\Phi 10\text{cm}\times 4\text{cm}$ ,在距推进活塞上下底面各 1cm 处分别设置  $\Phi 2\text{mm}$  的半圆环凹槽,在凹槽内分别设置有  $\Phi 2\text{mm}$  的橡胶圈。

10. 根据权利要求 6 所述的转向剂效果评价真三轴试验机,其特征在于,所述的注液容器帽的外径为  $\Phi 14\text{cm}$ ,内径为  $\Phi 12\text{cm}$ ,高为 6cm,厚为 2cm。

## 转向剂效果评价真三轴试验机

### 技术领域

[0001] 本实用新型属于油气开采领域,具体涉及一种转向剂效果评价真三轴试验机。

### 背景技术

[0002] 在油气田开采发展过程中,水力压裂作为一种高效的增产措施得到了广泛的应用。水力压裂就是通过向地层钻孔,采用高压泵组以超过地层滤失的排量向指定地层注入粘性流体,进而引发井孔周围产生裂缝,同时随着裂缝的不断延伸在裂缝中注入支撑剂,在停止泵注后形成一条具有一定长度、高度和宽度的高导流能力的填砂裂缝的技术方法。

[0003] 在油气田开发的水力压裂过程中水力裂缝的扩展与岩石的力学性质、地层分层应力的分布有着重要的关系,特别对于油气田岩性的差异导致了层间应力的差异,从而使得水力裂缝的发展具有潜在的复杂性。

[0004] 对于水力压裂形成的垂直裂缝而言,裂缝能否上下延伸穿透界面至盖、底层(遮挡层)与许多因素有关,如地层应力差,岩石物质特性,裂缝上下末端阻抗值。其中,地层应力差及岩石物质特性都由地质结构本身所决定,不易改变,只有裂缝上下末端阻抗值可以改变,其中目前广泛采用的方法是在前置液中加入转向剂,转向剂上浮或下沉聚集在新生裂缝的顶部或底部,形成一压实的低渗区,从而增加裂缝末端阻抗值,将裂缝尖端钝化,阻挡缝内流体压力向上/下部地层传递,遏制裂缝纵向增长,提高压裂效率,促进裂缝向水平方向扩展。随着不同转向剂在水力压裂中的不断应用,有效评价不同转向剂在不同地质条件下的作用效果已经势在必行。

[0005] 然而,目前还没有完整的转向剂作用效果室内模拟系统对地层条件进行模拟,进而来分析不同转向剂作用效果的影响因素。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术的不足,本实用新型提供一种转向剂效果评价真三轴试验机。该试验机针对油田压裂施工现场对不同转向剂优选的客观要求,通过对油田现场压裂过程的模拟,分析浓度、排量、围压以及停泵时间等因素对不同转向剂作用效果的影响,进而实现不同地质条件下转向剂的优选,提高压裂效果,达到增产增注的目的。

[0007] 本实用新型采用的技术方案如下:

[0008] 一种转向剂效果评价真三轴试验机,包括压力加载系统、转向剂注入系统和数据采集控制系统;

[0009] 所述的压力加载系统包括压力室、油压稳压源和垂向加载装置,所述的压力室外部设置有压力室外壁,所述的压力室内部设置有岩样和两个扁千斤顶,所述的岩样为正方体腔室结构并且设置有人造裂缝,所述的两个扁千斤顶设置在所述岩样的两个相邻的侧面上;所述的垂向加载装置正对所述的岩样的顶面,所述的垂向加载装置和两个扁千斤顶分别与所述的油压稳压源连接;

[0010] 所述的转向剂注入系统包括平流泵、注液容器和进液管,所述的平流泵与注液容

器连接,所述的注液容器通过进液管与人造裂缝连接;

[0011] 所述的数据采集控制系统包括伺服控制器、计算机和传感器,所述的传感器设置在平流泵和注液容器之间并且与伺服控制器连接;所述的油压稳压源和计算机分别与伺服控制器连接。

[0012] 根据本实用新型,优选的,所述的垂向加载装置为液压机。

[0013] 根据本实用新型,优选的,所述的油压稳压源提供的最大围压为 100MPa,最大轴压为 1000KN,精度为 1%。

[0014] 根据本实用新型,优选的,所述的岩样的顶面和侧面均设置有橡胶垫和钢垫板,所述的岩样的底面设置有底橡胶垫和底钢垫板。

[0015] 根据本实用新型,优选的,所述的压力室为圆筒结构,压力室外径为 40cm,内径为 28cm。

[0016] 根据本实用新型,优选的,所述的岩样尺寸为 100mm×100mm×100mm;

[0017] 优选的,所述的橡胶垫的尺寸为 100mm×100mm×2mm,所述的钢垫板的尺寸为 100mm×100mm×10mm,所述的底橡胶垫的尺寸为 126mm×126mm×2mm,所述的底钢垫板的尺寸为 126mm×126mm×10mm。

[0018] 根据本实用新型,优选的,所述的人造裂缝为半椭球体缝隙,人造裂缝沿半椭球大半径向岩样内部延伸。

[0019] 根据本实用新型,优选的,所述的注液容器包括注液容器进液口、注液容器帽、推进活塞、注液容器杯身和注液容器出液口,所述的推进活塞可沿注液容器杯身往复运动,所述的注液容器进液口与平流泵连接,所述的注液容器出液口与进液管连接。

[0020] 根据本实用新型,优选的,所述的转向剂注入系统还包括磁力搅拌机和搅拌转子,所述的磁力搅拌机设置在注液容器的下面,所述的搅拌转子设置在注液容器杯身底部。磁力搅拌机和搅拌转子共同作用可对注液容器杯身内的液体进行搅拌。

[0021] 根据本实用新型,优选的,所述的注液容器杯身高 20cm,外径为  $\Phi 12\text{cm}$ ,内径为  $\Phi 10\text{cm}$ ,杯底厚 8mm;

[0022] 优选的,所述的推进活塞的尺寸为  $\Phi 10\text{cm}\times 4\text{cm}$ ,在距推进活塞上下底面各 1cm 处分别设置  $\Phi 2\text{mm}$  的半圆环凹槽,在凹槽内分别设置有  $\Phi 2\text{mm}$  的橡胶圈;

[0023] 优选的,所述的注液容器帽的外径为  $\Phi 14\text{cm}$ ,内径为  $\Phi 12\text{cm}$ ,高为 6cm,厚为 2cm。

[0024] 根据本实用新型,优选的,所述的平流泵的流量范围为 0.1 ~ 9.99ml/min,工作压力为 0 ~ 40MPa,重复精度为 1%,流量精度为 3%。

[0025] 根据本实用新型,优选的,所述的压力室、注液容器和进液管均采用 Q235-A 钢材。

[0026] 本实用新型中,压力室内部水平向通过扁千斤顶传递水平力,压力室内部垂直向通过垂向加载装置传递竖直方向的压力。橡胶垫和钢垫板以及底橡胶垫和底钢垫板用于密封压力室并且保护压力室防止压力过大而损坏。油压稳压源用于稳定和调整垂向加载装置和扁千斤顶的压力。可将转向剂等装入注液容器中,通过平流泵推动推进活塞向岩样注入液体,磁力搅拌机实现转向剂颗粒的均匀注入,并通过调整垂向加载装置和扁千斤顶的压力模拟地层应力。伺服控制器控制油压稳压源和平流泵并根据传感器将数据通过伺服控制器传输到计算机中。通过计算机可读取压力室水平方向和竖直方向的压力,以及转向剂溶液的排量和注入压力。随着平流泵不断将转向剂溶液向压力室中注入,注入压力不断上升,

当压力骤降时说明模拟裂缝破裂,破裂时的压力成为破裂压力,破裂压力越高,说明转向剂的性能越好。通过本实用新型的转向剂效果评价真三轴试验机可以模拟地层裂缝相关参数,并且通过破裂压力的大小确认转向剂的性能,实现转向剂效果的评价。

[0027] 本实用新型的有益效果是:

[0028] 本实用新型通过转向剂效果评价真三轴试验机更加真实地模拟了不同地层条件下转向剂的作用过程,在试验过程中利用平流泵提供液压,利用注液容器中放置的搅拌转子实现整个试验过程转向剂的均匀注入,利用岩样中的人造裂缝作为转向剂作用地层场所,使试验过程与现场压裂施工过程更加相符,并且在压裂过程中充分考虑浓度、排量、围压以及停泵时间等因素对转向剂作用效果的影响,进而优选出压裂过程中影响转向剂作用效果的变量参数,为现场压裂施工提供指导。

### 附图说明

[0029] 图 1 是本实用新型的主体结构示意图;

[0030] 图 2a 是本实用新型的注液系统中注液容器正视图;

[0031] 图 2b 是本实用新型的注液系统中注液容器俯视图;

[0032] 图 3 是本实用新型的注液容器中推进活塞正视图;

[0033] 图 4a 是本实用新型的加载系统中压力室的俯视图;

[0034] 图 4b 是本实用新型的加载系统中压力室的正视图;

[0035] 图 5a 是本实用新型的加载系统岩样、橡胶垫和钢垫板的俯视图;

[0036] 图 5b 是本实用新型的加载系统岩样、橡胶垫和钢垫板的正视图;

[0037] 图中:1、注液容器进液口,2、注液容器帽,3、推进活塞,4、注液容器杯身,5、注液容器出液口,6、搅拌转子,7、橡胶圈,8、压力室外壁,9、扁千斤顶,10、橡胶垫,11、钢垫板,12、岩样,13、进液管,14、人造裂缝,15、底橡胶垫,16、底钢垫板,17、垂向加载装置,18、压力室,19、油压稳压源,20、伺服控制器,21、平流泵,22、传感器,23、注液容器,24、磁力搅拌机,25、计算机。

### 具体实施方式

[0038] 下面通过具体实施例并结合附图对本实用新型做进一步说明,但不限于此。

[0039] 实施例 1

[0040] 如图 1,图 2a,图 2b,图 3,图 4a,图 4b,图 5a,图 5b 所示,一种转向剂效果评价真三轴试验机,包括压力加载系统、转向剂注入系统和数据采集控制系统;

[0041] 所述的压力加载系统包括压力室 18、油压稳压源 19 和垂向加载装置 17,所述的压力室 18 外部设置有压力室外壁 8,所述的压力室 18 内部设置有岩样 12 和两个扁千斤顶 9,所述的岩样 12 为正方体腔室结构并且设置有人造裂缝 14,所述的两个扁千斤顶 9 设置在所述岩样 12 的两个相邻的侧面上;所述的垂向加载装置 17 正对所述的岩样 12 的顶面,所述的垂向加载装置 17 和两个扁千斤顶 9 分别与所述的油压稳压源 19 连接;

[0042] 所述的转向剂注入系统包括平流泵 21、注液容器 23 和进液管 13,所述的平流泵 21 与注液容器 23 连接,所述的注液容器 23 通过进液管 13 与人造裂缝 14 连接;

[0043] 所述的数据采集控制系统包括伺服控制器 20、计算机 25 和传感器 22,所述的传感

器 22 设置在平流泵 21 和注液容器 23 之间并且与伺服控制器 20 连接 ;所述的油压稳压源 19 和计算机 25 分别与伺服控制器 20 连接 ;

[0044] 所述的垂向加载装置 17 为液压机 ;

[0045] 所述的油压稳压源 19 提供的最大围压为 100MPa,最大轴压为 1000KN,精度为 1% ;

[0046] 所述的岩样 12 的顶面和侧面均设置有橡胶垫 10 和钢垫板 11,所述的岩样 12 的底面设置有底橡胶垫 15 和底钢垫板 16 ;

[0047] 所述的压力室 18 为圆筒结构,压力室 18 外径为 40cm,内径为 28cm ;

[0048] 所述的岩样 12 尺寸为 100mm×100mm×100mm ;

[0049] 所述的橡胶垫 10 的尺寸为 100mm×100mm×2mm,所述的钢垫板 11 的尺寸为 100mm×100mm×10mm,所述的底橡胶垫 15 的尺寸为 126mm×126mm×2mm,所述的底钢垫板 16 的尺寸为 126mm×126mm×10mm ;

[0050] 所述的人造裂缝 14 为半椭球体缝隙,人造裂缝 14 沿半椭球大半径向岩样 12 内部延伸 ;

[0051] 所述的注液容器 23 包括注液容器进液口 1、注液容器帽 2、推进活塞 3、注液容器杯身 4 和注液容器出液口 5,所述的推进活塞 3 可沿注液容器杯身 4 往复运动,所述的注液容器进液口 1 与平流泵 21 连接,所述的注液容器出液口 5 与进液管 13 连接 ;

[0052] 所述的转向剂注入系统还包括磁力搅拌机 24 和搅拌转子 6,所述的磁力搅拌机 24 设置

[0053] 在注液容器 23 的下面,所述的搅拌转子 6 设置在注液容器杯身 4 底部 ;所述的搅拌转子 6 采用聚四氟搅拌转子,直径为 16mm,长度为 50mm ;

[0054] 所述的注液容器杯身 4 高 20cm,外径为  $\Phi 12\text{cm}$ ,内径为  $\Phi 10\text{cm}$ ,杯底厚 8mm ;

[0055] 所述的推进活塞 3 的尺寸为  $\Phi 10\text{cm}\times 4\text{cm}$ ,在距推进活塞 3 上下底面各 1cm 处分别设置  $\Phi 2\text{mm}$  的半圆环凹槽,在凹槽内分别设置有  $\Phi 2\text{mm}$  的橡胶圈 7 ;

[0056] 所述的注液容器帽 2 的外径为  $\Phi 14\text{cm}$ ,内径为  $\Phi 12\text{cm}$ ,高为 6cm,厚为 2cm ;

[0057] 所述的平流泵 21 的流量范围为 0.1 ~ 9.99ml/min,工作压力为 0 ~ 40MPa,重复精度为 1%,流量精度为 3%。

[0058] 本实施例的转向剂效果评价真三轴试验机使用时,通过平流泵 21 提供的水压使推进活塞 3 在注液容器杯身 4 内向下移动,挤压转向剂溶液使其通过注液容器出液口 5 进入岩样 12 的人造裂缝 13 内,在注液过程同时,将注液容器 23 放置于磁力搅拌机 24 上,并将搅拌转子 6 置于注液容器杯身 4 底部,实现搅拌与注液同时进行。转向剂溶液通过进液管 13 向人造裂缝 14 的注入。

[0059] 计算机 25 连接伺服控制器 20 来控制油压稳压源 19,实现三向压力的调整 ;在平流泵 21 与注液容器 23 之间设置的传感器 22 实现任一瞬时人造缝隙 14 内压力的采集。

[0060] 利用本实施例的转向剂效果评价真三轴试验机模拟现场地质条件和压裂过程,充分考虑转向剂浓度、排量以及停泵时间等因素的影响,通过分析对比,可以有效地实现压裂过程转向剂施工参数的优选,进一步为现场压裂提供指导。

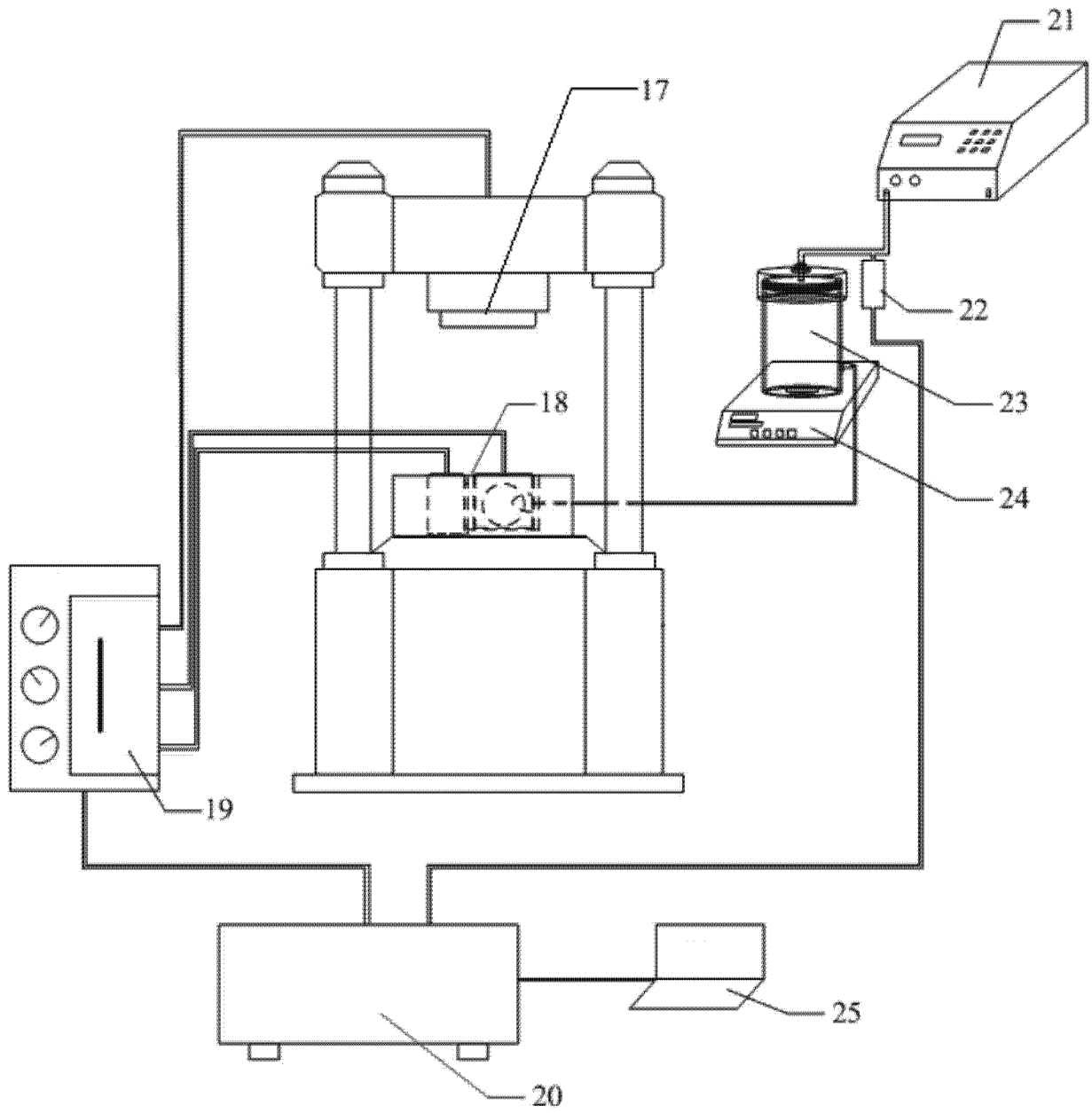


图 1

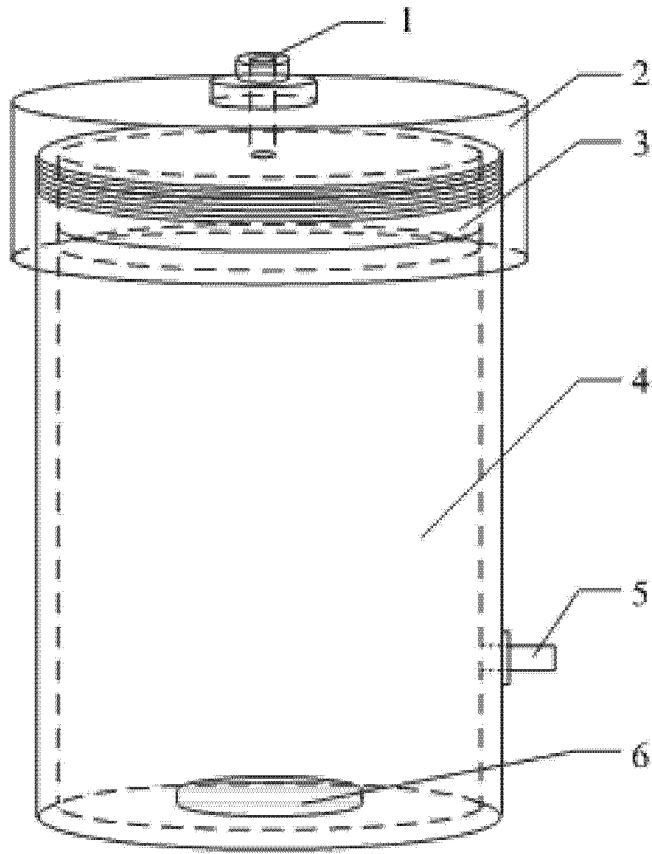


图 2a

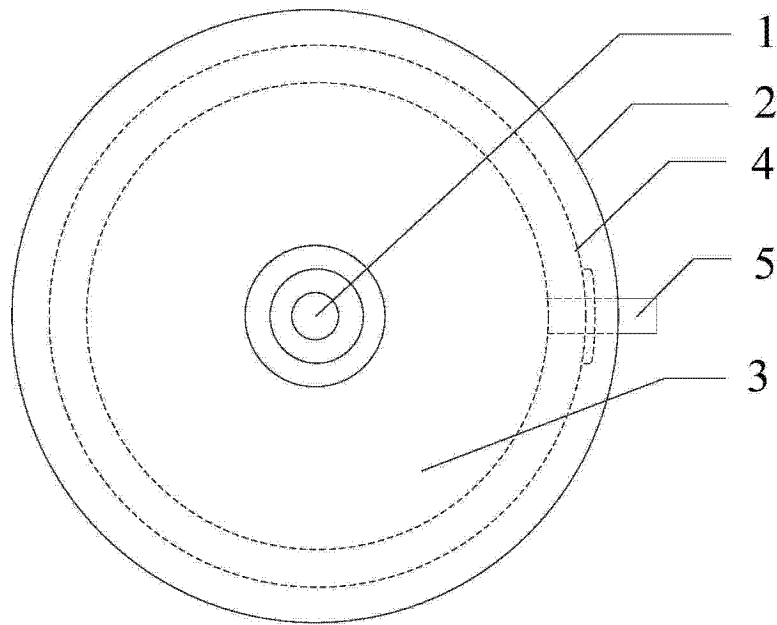


图 2b



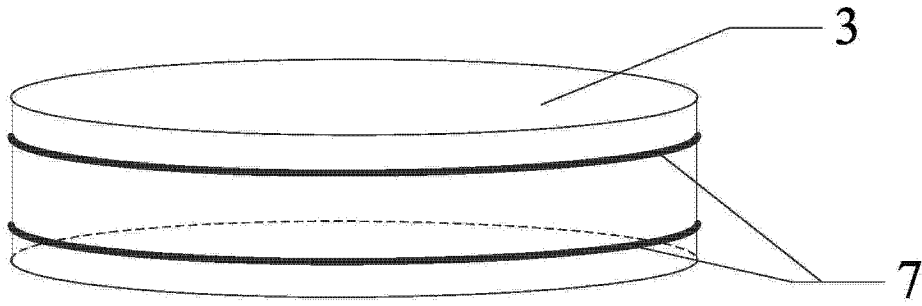


图 3

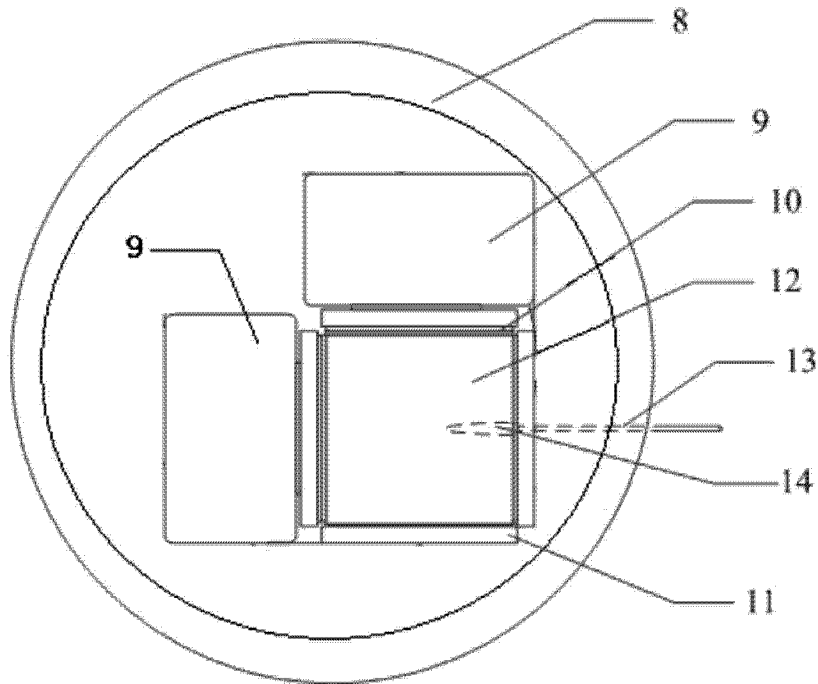


图 4a

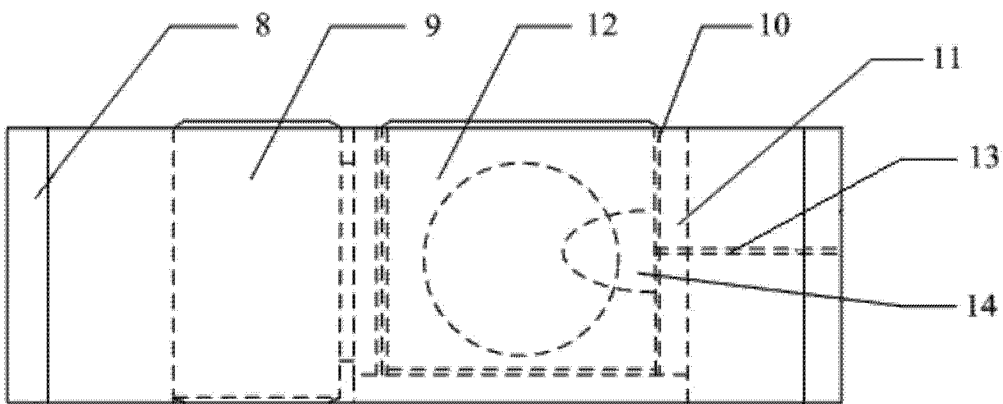


图 4b

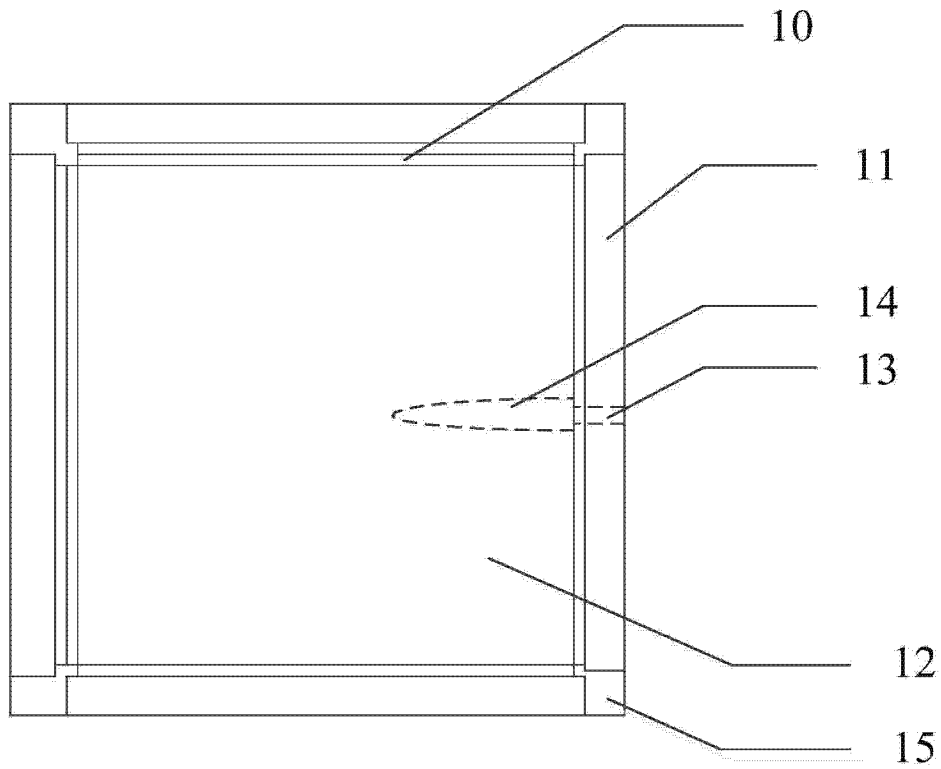


图 5a

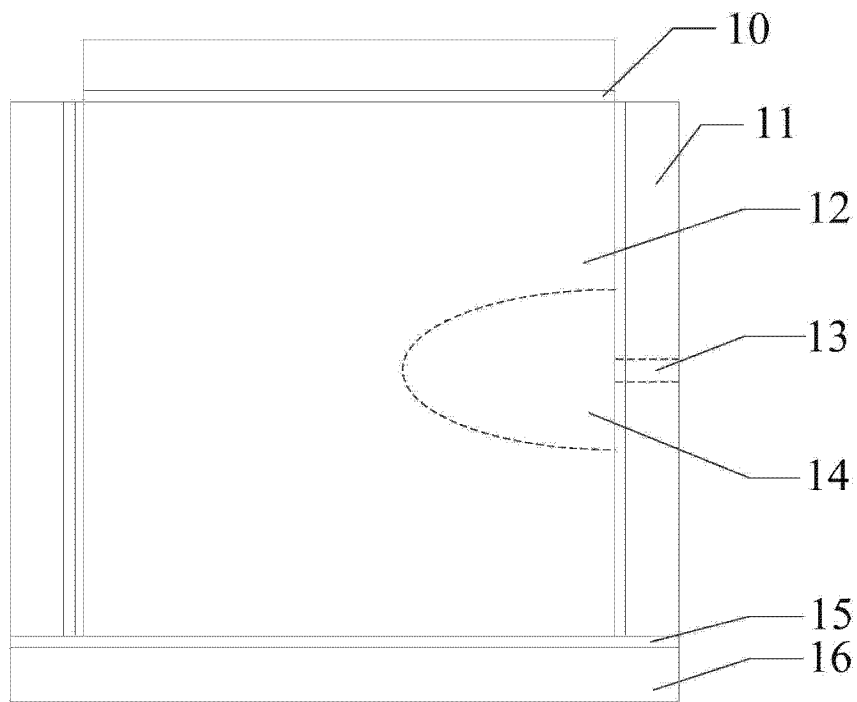


图 5b