



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105735981 A

(43)申请公布日 2016.07.06

(21)申请号 201610282206.7

(22)申请日 2016.04.29

(71)申请人 中国石油大学(北京)

地址 102249 北京市昌平区府学路18号

(72)发明人 李军 孟胡

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司

公司 11127

代理人 朱坤鹏

(51) Int. Cl.

E21B 49/00(2006.01)

E21B 47/10(2012.01)

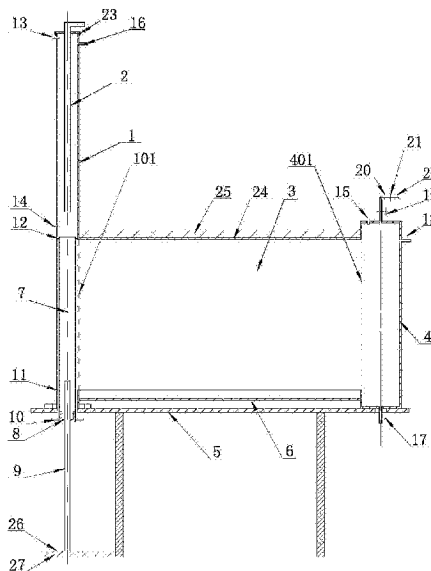
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

裂缝性地层复杂工况模拟实验装置

(57)摘要

本发明提供了一种裂缝性地层复杂工况模拟实验装置,其包括模拟井简单元、模拟裂缝单元和模拟地层单元,模拟井简单元的侧壁设有井筒通孔,模拟地层单元的侧壁设有地层通孔,井筒通孔和地层通孔通过模拟裂缝单元连通;所述裂缝性地层复杂工况模拟实验装置还包括用于调节井筒通孔的过流面积的调节件。本发明通过调节井筒通孔的过流面积,能够模拟裂缝性地层的裂缝逐渐被钻开的过程,从而使实验能够为裂缝性地层的井漏、气侵、气液重力置换工况提供可靠的理论数据,以便制定出合理的解决方案。



1. 一种裂缝性地层复杂工况模拟实验装置,其特征在于,所述裂缝性地层复杂工况模拟实验装置包括模拟井筒单元(1)、模拟裂缝单元(3)和模拟地层单元(4),模拟井筒单元(1)的侧壁设有井筒通孔(101),模拟地层单元(4)的侧壁设有地层通孔(401),井筒通孔(101)和地层通孔(401)通过模拟裂缝单元(3)连通;所述裂缝性地层复杂工况模拟实验装置还包括用于调节井筒通孔(101)的过流面积的调节件。

2. 根据权利要求1所述的裂缝性地层复杂工况模拟实验装置,其特征在于,所述调节件为活塞(7),模拟井筒单元(1)为竖直设置的筒形结构,活塞(7)密封套设于模拟井筒单元(1)内且活塞(7)能够密封井筒通孔(101),当活塞(7)的顶部位于井筒通孔(101)的顶部和井筒通孔(101)的底部之间时,井筒通孔(101)的过流面积随着活塞(7)向下移动而逐渐增大。

3. 根据权利要求2所述的裂缝性地层复杂工况模拟实验装置,其特征在于,在竖直方向上,活塞(7)的长度大于井筒通孔(101)的长度,活塞(7)为顶端封闭且底端开放的筒状结构,活塞(7)的底部设有用于驱动活塞(7)上下移动的驱动部件。

4. 根据权利要求3所述的裂缝性地层复杂工况模拟实验装置,其特征在于,所述驱动部件包括底座(8)和螺杆(9),底座(8)固定于活塞(7)的底部,底座(8)设有能与螺杆(9)螺纹连接的中心孔,底座(8)的中心线、螺杆(9)的中心线与活塞(7)的中心线重合设置,底座(8)的底部外设有用于驱动底座(8)相对于螺杆(9)转动的手柄(10)。

5. 根据权利要求3或4所述的裂缝性地层复杂工况模拟实验装置,其特征在于,模拟井筒单元(1)、模拟裂缝单元(3)和模拟地层单元(4)由左至右依次设置于实验台架(5)上,井筒通孔(101)的顶部与地层通孔(401)的顶部位于同一水平面,井筒通孔(101)的底部与地层通孔(401)的底部位于同一水平面;模拟井筒单元(1)和模拟地层单元(4)之间设置有连杆(6),连杆(6)的一端固定连接于模拟井筒单元(1)的侧壁,连杆(6)的另一端固定连接于模拟地层单元(4)的侧壁;实验台架(5)设有支腿,且螺杆(9)的下端与实验台架(5)的支腿固定连接。

6. 根据权利要求5所述的裂缝性地层复杂工况模拟实验装置,其特征在于,模拟裂缝单元(3)包括两块沿左右方向竖直设置的透明板,两块所述透明板相互平行,两块所述透明板的底部由底板固定密封,两块所述透明板的顶部设有盖板(25),盖板(25)与两块所述透明板可拆卸密封连接,两块所述透明板之间形成密封空腔,所述密封空腔的左右两端分别与井筒通孔(101)和地层通孔(401)密封连接,在两块所述透明板之间能够被插入不同厚度的调节板体。

7. 根据权利要求2所述的裂缝性地层复杂工况模拟实验装置,其特征在于,模拟井筒单元(1)的内壁在井筒通孔(101)的下方设置有下密封凹槽,所述下密封凹槽内设置有下密封圈(11);模拟井筒单元(1)的内壁在井筒通孔(101)的上方设置有上密封凹槽,所述上密封凹槽内设置有上密封圈(12),当活塞(7)位于上极限位置时,活塞(7)与下密封圈(11)和上密封圈(12)密封连接。

8. 根据权利要求1所述的裂缝性地层复杂工况模拟实验装置,其特征在于,模拟井筒单元(1)为竖直设置的圆筒状透明管体,且模拟井筒单元(1)的顶部设置有法兰(23),法兰(23)上设置有通孔,所述通孔内套设有与所述通孔相匹配的内管(2),内管(2)为透明管体,内管(2)的下端设置于模拟井筒单元(1)内,内管(2)的上端设置于模拟井筒单元(1)外。

9. 根据权利要求1所述的裂缝性地层复杂工况模拟实验装置,其特征在于,模拟井筒单元(1)的上部侧壁上设置有回压阀(16)和能连接第一传感器(13)的压力传感器接头,模拟井筒单元(1)的中部侧壁上设置有能连接第二传感器(14)的压力传感器接头。

10. 根据权利要求1所述的裂缝性地层复杂工况模拟实验装置,其特征在于,模拟地层单元(4)为竖直设置的透明圆筒体,模拟地层单元(4)的顶部设有能连接第三传感器(15)的压力传感器接头及气源入口,所述气源入口外依次设有进气阀(19)、气量调节剂(20)、减压阀(21)和气量调节阀(22),模拟地层单元(4)的顶部设有放气阀(18),模拟地层单元(4)的底部设有放液阀(17)。

裂缝性地层复杂工况模拟实验装置

技术领域

[0001] 本发明涉及石油钻井领域的一种模拟实验装置,特别是一种能获取井下复杂工况相关参数的裂缝性地层复杂工况模拟实验装置。

背景技术

[0002] 随着我国勘探开发的不断深入,今后的开发重点将以海相碳酸盐岩地层为主的深部油气资源。该类地层裂缝、溶洞发育,在钻井过程中,由于裂缝的高导流能力,钻井液安全泥浆密度窗口较窄,井底会出现漏失、重力置换、溢流等井下复杂工况,目前在实际钻井过程中对于这类事故也主要是根据经验进行处理,缺乏相应的理论研究。同时由于钻井的特殊性,地层中的流动不能够进行直观观察,而目前现有的一些实验装置仅能观察到井筒中的流体流动,对实际钻井的指导作用较小。

发明内容

[0003] 为了克服现有技术的实验装置仅能观察到井筒中的流体流动导致实验中获取的参数对实际钻井指导作用较小的问题,本发明提供一种裂缝性地层复杂工况模拟实验装置,能够模拟裂缝性地层的裂缝逐渐被钻开的过程,从而使实验能够为裂缝性地层的井漏、气侵、气液重力置换工况提供可靠的理论数据,以便制定出合理的解决方案。

[0004] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:一种裂缝性地层复杂工况模拟实验装置,其包括模拟井简单元、模拟裂缝单元和模拟地层单元,模拟井简单元的侧壁设有井筒通孔,模拟地层单元的侧壁设有地层通孔,井筒通孔和地层通孔通过模拟裂缝单元连通;所述裂缝性地层复杂工况模拟实验装置还包括用于调节井筒通孔的过流面积的调节件。

[0005] 所述调节件为活塞,模拟井简单元为竖直设置的筒形结构,活塞密封套设于模拟井简单元内且活塞能够密封井筒通孔,当活塞的顶部位于井筒通孔的顶部和井筒通孔的底部之间时,井筒通孔的过流面积随着活塞向下移动而逐渐增大。

[0006] 在竖直方向上,活塞的长度大于井筒通孔的长度,活塞为顶端封闭且底端开放的筒状结构,活塞的底部设有用于驱动活塞上下移动的驱动部件。

[0007] 所述驱动部件包括底座和螺杆,底座固定于活塞的底部,底座设有能与螺杆螺纹连接的中心孔,底座的中心线、螺杆的中心线与活塞的中心线重合设置,底座的底部外设有用于驱动底座相对于螺杆转动的手柄。

[0008] 模拟井简单元、模拟裂缝单元和模拟地层单元由左至右依次设置于实验台架上,井筒通孔的顶部与地层通孔的顶部位于同一水平面,井筒通孔的底部与地层通孔的底部位于同一水平面;模拟井简单元和模拟地层单元之间设置有连杆,连杆的一端固定连接于模拟井简单元的侧壁,连杆的另一端固定连接于模拟地层单元的侧壁;实验台架设有支腿,且螺杆的下端与实验台架的支腿固定连接。

[0009] 模拟裂缝单元包括两块沿左右方向竖直设置的透明板,两块所述透明板相互平行,两块所述透明板的底部由底板固定密封,两块所述透明板的顶部设有盖板,盖板与两块

所述透明板可拆卸密封连接,两块所述透明板之间形成密封空腔,所述密封空腔的左右两端分别与井筒通孔和地层通孔密封连接,在两块所述透明板之间能够被插入不同厚度的调节板体。

[0010] 模拟井简单元的内壁在井筒通孔的下方设置有下密封凹槽,所述下密封凹槽内设置有下密封圈;模拟井简单元的内壁在井筒通孔的上方设置有上密封凹槽,所述上密封凹槽内设置有上密封圈,当活塞位于上极限位置时,活塞与下密封圈和上密封圈密封连接。

[0011] 模拟井简单元为竖直设置的圆筒状透明管体,且模拟井简单元的顶部设置有法兰,法兰上设置有通孔,所述通孔内套设有与所述通孔相匹配的内管,内管为透明管体,内管的下端设置于模拟井简单元内,内管的上端设置于模拟井简单元外。

[0012] 模拟井简单元的上部侧壁上设置有回压阀和能连接第一传感器的压力传感器接头,模拟井简单元的中部侧壁上设置有能连接第二传感器的压力传感器接头。

[0013] 模拟地层单元为竖直设置的透明圆筒体,模拟地层单元的顶部设有能连接第三传感器的压力传感器接头及气源入口,所述气源入口外依次设有进气阀、气量调节剂、减压阀和气量调节阀,模拟地层单元的顶部设有放气阀,模拟地层单元的底部设有放液阀。

[0014] 本发明的有益效果是,通过调节所述井筒通孔的过流面积,能够模拟裂缝性地层的裂缝逐渐被钻开的过程,从而使实验能够为裂缝性地层的井漏、气侵、气液重力置换工况提供可靠的理论数据,以便制定出合理的解决方案。

附图说明

[0015] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步说明。

[0016] 图1是本发明的裂缝性地层复杂工况模拟实验装置的结构示意图。

[0017] 附图标记说明:

[0018] 1.模拟井简单元,101.井筒通孔,2.内管,3.模拟裂缝单元,4.模拟地层单元,401.地层通孔,5.实验台架,6.连杆,7.活塞,8.底座,9.螺杆,10.手柄,11.下密封圈,12.上密封圈,13.第一传感器,14.第二传感器,15.第三传感器,16.回压阀,17.放液阀,18.放气阀,19.进气阀,20.气体流量计,21.减压阀,22.气量调节阀,23.法兰,24.裂缝顶部密封圈,25.盖板,26.底座,27.固定板。

具体实施方式

[0019] 为了对本发明的技术特征、目的和效果有更加清楚的理解,现对照附图说明本发明的具体实施方式。

[0020] 如图1所示,本发明提供了一种裂缝性地层复杂工况模拟实验装置,其包括模拟井简单元1、模拟裂缝单元3和模拟地层单元4,模拟井简单元1的侧壁设有井筒通孔101,模拟地层单元4的侧壁设有地层通孔401,井筒通孔101和地层通孔401通过模拟裂缝单元3连通;所述裂缝性地层复杂工况模拟实验装置还包括用于调节井筒通孔101的过流面积的调节件。

[0021] 本发明的裂缝性地层复杂工况模拟实验装置通过模拟井简单元1、模拟裂缝单元3和模拟地层单元4分别模拟钻井过程中的井筒、裂缝和地层,利用所述调节件调整模拟井简单元1的井筒通孔101的过流面积由小到大,用以模拟裂缝性地层的裂缝逐渐被钻开的过

程,使实验能够为裂缝性地层的井漏、气侵、气液重力置换工况提供可靠的理论数据,以便于在实际钻井时能够依靠这些理论数据制定出合理的解决方案。

[0022] 模拟井简单元1为竖直设置的筒形结构,为了实现对井筒通孔101过流面积的调节,所述调节件需能够密封井筒通孔101,且能够沿着模拟井简单元1的轴向下行。所述调节件设置在模拟井简单元1的内部。在一个具体的实施例中,所述调节件选用活塞7,活塞7密封套设于模拟井简单元1内以密封井筒通孔101。在实验开始之前,活塞7的顶部应当位于井筒通孔101的顶部的上方或者与井筒通孔101的顶部齐平,此时,井筒通孔101的过流面积为零。实验开始后,活塞7向下移动,当活塞7的顶部位于井筒通孔101的顶部和井筒通孔101的底部之间时,井筒通孔101的过流面积随着活塞7向下移动而逐渐增大。这个过程与裂缝在钻井时被逐渐钻开的过程是极其相似的,因此,井筒通孔101的过流面积逐渐增大的过程能够模拟裂缝被打开的过程,从而为实际钻井提供可靠的理论数据,并根据这些数据制定出合理的解决方案,对实际钻井起到指导作用。

[0023] 具体的是,活塞7为顶端封闭且底端开放的筒状结构,且在活塞7的底部设有用于驱动活塞7上下移动的驱动部件;另外,在竖直方向上,活塞7的长度大于井筒通孔101的长度,以便活塞7密封井筒通孔101。

[0024] 为了便于驱动活塞7,所述驱动部件包括底座8和螺杆9,底座8固定于活塞7的底部,底座8为U型结构,且底座8的底端面设有能与螺杆9螺纹连接的中心孔,底座8的中心线、螺杆9的中心线与活塞7的中心线重合设置,底座8的底部外设有用于驱动底座8相对于螺杆9转动的手柄10。转动手柄10时,活塞7被手柄10带动绕活塞7的中心线旋转并沿着螺杆9向下移动,通过所述中心孔与螺杆9的螺纹连接,活塞7沿螺杆9的轴向移动。随着活塞7相对于螺杆9绕活塞7的中心线向下旋转,活塞7向下移动,直至活塞7的顶部与井筒通孔101的顶部齐平,然后,继续转动手柄10,活塞7继续向下移动,井筒通孔101的过流面积随着活塞7向下移动而逐渐增大。

[0025] 在一个可行的实施方式中,模拟井简单元1、模拟裂缝单元3和模拟地层单元4由左至右依次设置于实验台架5上,井筒通孔101与地层通孔401相对设置,即井筒通孔101的顶部与地层通孔401的顶部位于同一水平面,井筒通孔101的底部与地层通孔401的底部位于同一水平面;具体如图1所示,井筒通孔101的顶部设置于模拟井简单元1的中部,井筒通孔101的底部设置于模拟井简单元1的下部。地层通孔401的顶部设置于模拟地层单元4的上部,地层通孔401的底部设置于模拟地层单元4的下部。模拟井简单元1和模拟地层单元4之间设置有连杆6,连杆6的一端固定连接于模拟井简单元1的侧壁,连杆6的另一端固定连接于模拟地层单元4的侧壁,用以固定模拟井简单元1和模拟地层单元4;另外,连杆6的一端也可以连接井筒通孔101上方的模拟井简单元1的侧壁,同时,连杆6的另一端连接地层通孔401上方的模拟地层单元4的侧壁;或者,连杆6的一端也可以连接井筒通孔101下方的模拟井简单元1的侧壁,同时,连杆6的另一端连接地层通孔401下方的模拟地层单元4的侧壁。实验台架5设有台架和支腿,所述台架在对应模拟井简单元1的位置设有通孔,活塞7通过该通孔穿过所述台架进入模拟井简单元1,活塞7的长度大于所述支腿的长度;螺杆9的底端固定于底座26上,邻近螺杆9的所述支腿的底端连接有固定板27,底座26固定于固定板27上,从而使得螺杆9的下端固定连接于实验台架5的支腿。

[0026] 为了使活塞7能够密封井筒通孔101,模拟井简单元1的内壁在井筒通孔101的下方

设置有下密封凹槽,所述下密封凹槽内设置有下密封圈11;模拟井筒单元1的内壁在井筒通孔101的上方设置有上密封凹槽,所述上密封凹槽内设置有上密封圈12;当活塞7位于上极限位置时,活塞7与下密封圈11和上密封圈12密封连接,模拟井筒单元1的内部与模拟裂缝单元3的内部不连通。

[0027] 在一个具体的实施方式中,模拟井筒单元1为竖直设置的圆筒状透明管体,且模拟井筒单元1的顶部设置有法兰23,法兰23上设置有通孔,所述通孔内套设有与所述通孔相匹配的内管2,内管2为透明管体,内管2的下端设置于模拟井筒单元1内,内管2的上端设置于模拟井筒单元1外。通过内管2向模拟井筒单元1内注入钻井流体,用以模拟生产时井筒承受的压力;模拟井筒单元1和内管2为圆筒状透明有机玻璃管体,可以直观观察钻井流体在模拟井筒单元1内的流动。

[0028] 而且,在模拟井筒单元1的上部侧壁上设置有回压阀16和能连接第一传感器13的压力传感器接头,模拟井筒单元1的中部侧壁上设置有能连接第二传感器14的压力传感器接头。这样,既能够直观观测模拟井筒单元1内流体的流动及相关反应、又能够对相关的参数进行直观测量,从而对实际钻井起到指导作用。

[0029] 另外,模拟裂缝单元3包括两块沿左右方向竖直设置的透明板,两块所述透明板相互平行,两块所述透明板的底部由底板(图中未示)固定密封,两块所述透明板的顶部设有盖板25,盖板25通过裂缝顶部密封圈24与两块所述透明板可拆卸密封连接,两块所述透明板之间形成密封空腔,所述密封空腔的左右两端分别与井筒通孔101和地层通孔401密封连接,在两块所述玻璃板之间能够被插入不同厚度的调节板体,所述调节板体用于调节模拟裂缝单元3所模拟的裂缝的宽度。当打开盖板25向两块所述有机透明板之间置入不同厚度的调节板体时,模拟裂缝单元3所模拟的裂缝的宽度随着所述调节板体厚度的改变而改变。由于两块有机透明板之间的气压,置入的所述调节板体在气压的作用下与井筒通孔101的侧面和地层通孔401的侧面紧密接触。

[0030] 再者,模拟地层单元4为竖直设置的透明圆筒体,模拟地层单元4的顶部设有能连接第三传感器15的压力传感器接头及气源入口,所述气源入口外依次设有进气阀19、气量调节剂20、减压阀21和气量调节阀22,模拟地层单元4的顶部设有放气阀18,模拟地层单元4的底部设有放液阀17。进气阀19用于向模拟地层单元4提供气源,通过进气阀19向模拟地层单元4注入气体,为模拟裂缝单元3提供气体,而且,模拟地层单元4也可以模拟洞穴,用于缝-洞耦合性地层相关模拟;模拟地层单元4底部的放液阀17能够对模拟井筒单元1进入模拟裂缝单元3的流体进行计量;模拟地层单元4顶部的气源入口处设置的气体流量计20可以计量进入模拟井筒单元1内的气量;气量调节阀22能够调节气量,而减压阀21可以调节模拟地层单元4的压力。至此,不仅能够对模拟地层单元4内的流动进行直观的观察,而且还能够对相关的参数进行直观测量,从而对实际钻井起到指导作用。

[0031] 下面以图1为例说明本发明的工作原理。

[0032] 在实验过程中,进入模拟地层单元4的高压气通过模拟裂缝单元3进入模拟井筒单元1,模拟井筒单元1中的钻井流体通过模拟裂缝单元3进入模拟地层单元4;若为过平衡钻井(井筒压力大于地层压力,即:模拟的钻井液压力大于模拟地层单元4的压力),钻井流体从模拟裂缝单元3流出进入模拟地层单元4;若为欠平衡钻井(井筒压力小于地层压力,即:模拟的钻井液压力小于模拟地层单元4的压力),气体从模拟裂缝单元3流出进入模拟井筒

单元1;若为气液重力置换(井筒底部压力大于地层压力,同时井筒上部压力小于地层压力,即:模拟的钻井液井底压力大于模拟地层单元4的压力,同时模拟的钻井液上部压力小于模拟地层单元4的压力),气体从模拟裂缝单元3的上部流出进入模拟井简单元1,同时钻井流体从模拟裂缝单元3的下部流出进入模拟地层单元4;进气阀19与高压气源的气管相连,通过调节减压阀21控制模拟地层单元4的压力,通过控制模拟井简单元1和模拟地层单元4之间的压差,从而模拟各种井下工况,为提高钻井成功率提供室内试验数据。

[0033] 本发明的裂缝性地层复杂工况模拟实验装置具有以下优点:

[0034] 1. 模拟井简单元1及模拟地层单元4带有压力调节装置,能模拟井底欠平衡、过平衡及气液重力置换过程中的参数变化,总结出合理钻井的规律,给制定合理钻井方案提供可靠的依据。

[0035] 2. 控制钻井过程中钻井液流量、钻井液压力、井口回压的大小和地层压力的大小,压力参数的采集都是通过计算机过程控制,实验数据准确。

[0036] 3. 模拟试验数据可用来解决井下复杂钻井工况,为节约钻井成本,提高钻井效率提供依据。

[0037] 综上所述,本发明的裂缝性地层复杂工况模拟实验装置通过在有机玻璃管内插入内管以模拟真实井筒及钻杆,利用有机玻璃板模拟裂缝及调节缝宽,并分别采用压力传感器测量压力分布、量筒测量液体流量、气体流量计测量气量,模拟现场钻井流程,达到了有效模拟井下复杂工况的效果,为裂缝性地层井下复杂工况的预防和处理提供决策依据。

[0038] 以上所述仅为本发明示意性的具体实施方式,并非用以限定本发明的范围。任何本领域的技术人员,在不脱离本发明的构思和原则的前提下所作的等同变化与修改,均应属于本发明保护的范畴。而且需要说明的是,本发明的各组成部分并不仅限于上述整体应用,本发明的说明书中描述的各项技术特征可以根据实际需要选择一项单独采用或选择多项组合起来使用,因此,本发明理所应当地涵盖了与本案创新点有关的其他组合及具体应用。

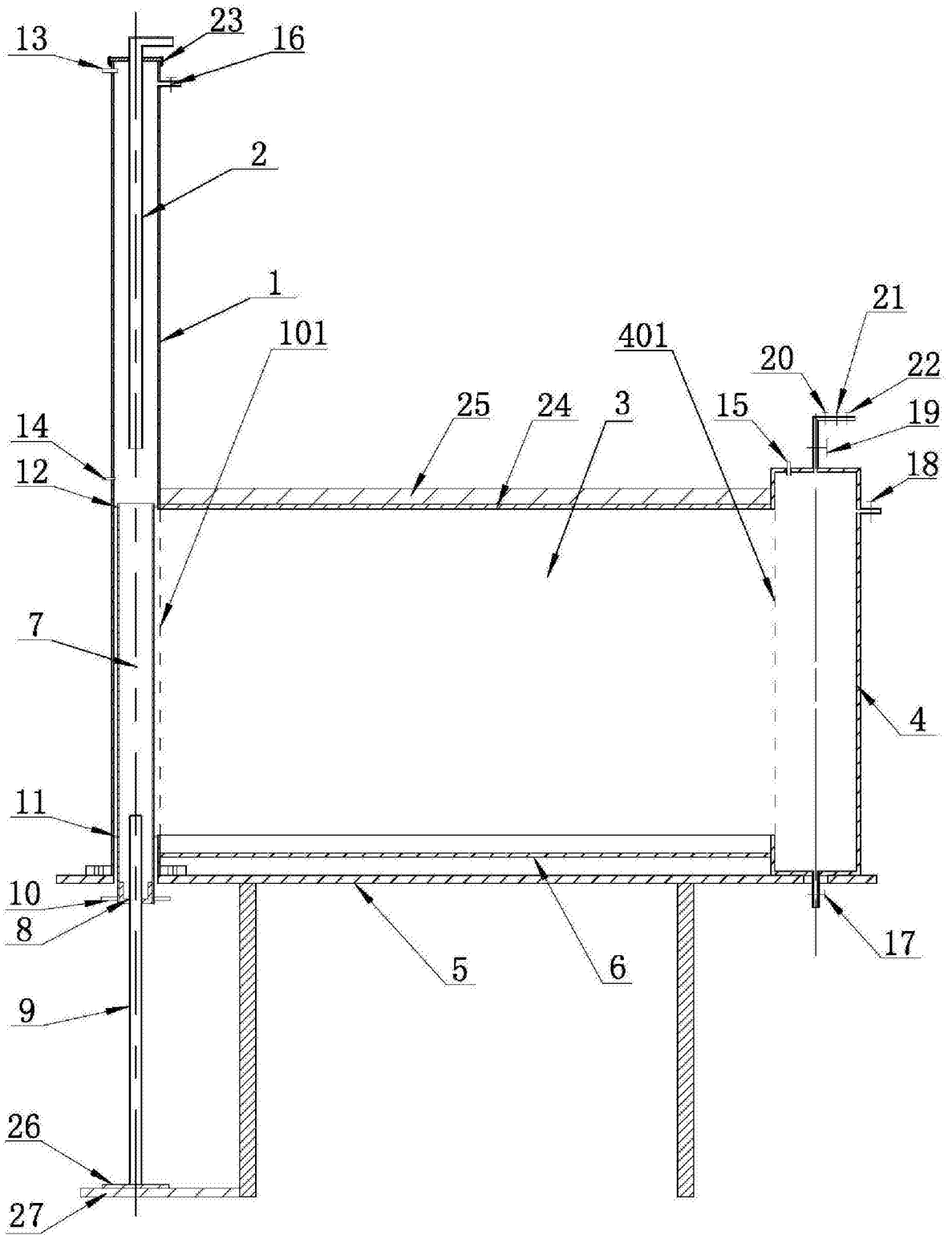


图1