



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108104716 B

(45)授权公告日 2019.05.21

(21)申请号 201711330064.8

(22)申请日 2017.12.13

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 108104716 A

(43)申请公布日 2018.06.01

(73)专利权人 中国石油大学(华东)
地址 266580 山东省青岛市黄岛区长江西
路66号

专利权人 中集海洋工程研究院有限公司

(72)发明人 王志远 廖友强 孙宝江 刘大辉
滕瑶 陈昱

(74)专利代理机构 北京润平知识产权代理有限
公司 11283

代理人 陆文超 肖冰滨

(51)Int.Cl.

E21B 7/00(2006.01)

E21B 47/00(2012.01)

(56)对比文件

CN 204024635 U,2014.12.17,全文.

CN 104110221 A,2014.10.22,全文.

CN 103835707 A,2014.06.04,全文.

CN 104500031 A,2015.04.08,全文.

CN 106837177 A,2017.06.13,全文.

JP 2003082372 A,2003.03.19,全文.

US 2006041411 A1,2006.02.23,全文.

审查员 雷文杰

权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

模拟冻土地带钻井的装置

(57)摘要

本发明提供模拟冻土地带钻井的装置,属于
钻井领域。该装置包括:模拟实验装置,用于模拟
冻土地带钻井,模拟实验装置包括模拟冻土、模
拟井部、模拟钻柱和模拟钻头,模拟井部形成于
所述模拟冻土中,当模拟钻柱和模拟钻头被布置
于模拟井部中时,与模拟钻柱与模拟井部的井壁
之间留有空隙,并且模拟井部能够向下移动;热
水循环注入装置,用于向模拟钻柱中注入钻井液
并控制钻井液的温度,并使钻井液在模拟钻柱、
模拟钻头、空隙以及热水循环注入装置中循环;
数据采集分析装置,用于采集模拟井部向下移动
过程中的参数,并确定参数随模拟井部向下移动
的变化规律。该装置能够模拟出冻土地带钻井时
井部下沉的规律,从而为实际钻井提供可靠参
考。



1. 一种模拟冻土地带钻井的装置,其特征在于,该装置包括:

模拟实验装置,用于模拟冻土地带钻井,所述模拟实验装置包括模拟冻土、模拟井部、模拟钻柱和模拟钻头,所述模拟井部形成于所述模拟冻土中,当所述模拟钻柱和模拟钻头被布置于所述模拟井部中时,所述模拟钻柱与所述模拟井部的井壁之间留有空隙,并且所述模拟井部能够向下移动;

热水循环注入装置,用于向所述模拟钻柱中注入钻井液并控制所述钻井液的温度,并且使所述钻井液在所述模拟钻柱、所述模拟钻头、所述空隙以及所述热水循环注入装置中循环;以及

数据采集分析装置,用于采集所述模拟井部向下移动过程中的参数,并确定所述参数随所述模拟井部向下移动的变化规律。

2. 根据权利要求1的装置,其特征在于,所述模拟实验装置包括:

拉力施加装置,用于向所述模拟井部施加向下的拉力,以模拟所述模拟井部被施加的载荷。

3. 根据权利要求1的装置,其特征在于,所述模拟井部包括:

模拟套管和水泥环,其中,所述水泥环形成于冻土壁和所述模拟套管之间,用于将所述模拟套管固定于所述模拟冻土的冻土壁内,所述模拟套管为所述模拟井部的井壁。

4. 根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述模拟实验装置还包括:

支撑力施加装置,用于在冻土和水泥环被形成之前向所述模拟井部施加支撑力,以支撑所述模拟井部。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的装置,其特征在于,所述数据采集分析装置包括:以下中的至少一者:

冻土温度检测模块,用于检测所述冻土的温度;

钻井液温度检测模块,用于检测所述钻井液的温度;

位移检测模块,用于检测所述模拟井部的位移;

拉力检测模块,用于检测所述拉力;及

注液排量检测模块,用于检测单位时间内从所述空隙中排出的所述钻井液的排出量,以及

分析模块,用于根据所述冻土的温度确定所述冻土的融化区域,并用于分析所述冻土的温度、所述钻井液的温度、所述模拟井部的位移、所述融化区域、所述拉力和/或所述排出量随所述模拟井部向下移动的变化规律。

6. 根据权利要求5所述的装置,其特征在于,所述冻土温度检测模块被安装于所述模拟冻土中位于所述模拟井部一侧半径区域的位置。

7. 根据权利要求1-4中任一项所述的装置,其特征在于,该装置还包括:

制冷装置,用于对所述模拟冻土进行制冷处理,以使所述冻土维持冻土状态。

8. 根据权利要求7所述的装置,其特征在于,所述模拟实验装置还包括:

滑轨,用于使所述模拟实验装置滑进或滑出所述制冷装置。

9. 根据权利要求7所述的装置,其特征在于,所述制冷装置包括:

低温油循环装置,所述低温油循环装置能够容纳所述模拟实验装置,从而利用低温油对所述模拟冻土进行制冷处理。

10. 根据权利要求1-4中任一项所述的装置,其特征在于,所述热水循环注入装置包括:
恒温加热箱,用于将所述钻井液加热至预定温度;以及
注液泵,用于提供使所述钻井液在所述模拟钻柱、所述模拟钻头、所述空隙以及所述恒温加热箱中循环的动力。

模拟冻土地带钻井的装置

技术领域

[0001] 本发明涉及钻井领域,具体地涉及模拟冻土地带钻井的装置。

背景技术

[0002] 从进入21世纪开始,世界各国对石油与天然气资源的需求呈直线上升,但随着常规地区油气资源的不断减少,世界范围内油气资源的开发逐渐向深海以及极地冻土带等地发展。2009年美国地质调查局发布报告称,北极地区未探明石油储量和天然气储量分别占常规地区石油和天然气储量的13%和30%,极地地区可能成为继海洋之后又一个油气开发的核心区。俄罗斯、挪威、美国和加拿大等国的石油公司都对极地油气资源产生了浓厚的兴趣,并投入大量的资金进行油气勘探开发的基础研究。

[0003] 虽然极地冻土带存在丰富的油气资源,但其外部极其恶劣的自然环境给钻井造成了诸多困难。同时,由于极地地区浅表层存在冻土带,深部地层上返的温度较高的钻井液会使冻土带冰层融化,使冻土带岩层强度变低,引起地层沉降,进而可能引起井口塌陷。具体地,在钻井过程中,钻井液经钻柱到达井底,并从环空中返出。由于钻井液自身温度较高,同时地层深处温度更高,钻井液从深部高温地层中获得能量,温度进而升高,当上返至浅表层冻土带时,由于高的钻井液温度使冻土温度升高,冰随之融化。冰融化成水后,体积减小,储层强度以及对套管的侧阻力也会随之降低,在上覆岩层重力以及井口载荷的作用下引起地层沉降,进而造成井口下沉,严重时甚至可能引起井口塌陷。

[0004] 井口沉降问题是极地冻土带钻井过程中面临的首要问题,很多学者都对其进行了深入的研究,也提出了一些对应的防止井口沉降的措施。但对于极地冻土带钻井过程中井口沉降的内在机理、相关重要参数,如冻土强度、侧阻力系数等随冻土融化的变化规律以及防沉装置的效果评价还需进一步的深入研究。同时,由于极地地区恶劣的地理环境,很难实现经济有效的在现场开展一系列复杂实验,因此,亟需一种针对极地冻土带钻井过程中井口沉降问题的模拟装置。

发明内容

[0005] 本发明实施例的目的是提供一种模拟冻土地带钻井的装置,该模拟冻土地带钻井的装置能够模拟出冻土地带钻井时井部下沉的规律,从而为实际钻井提供可靠的参考。

[0006] 为了实现上述目的,本发明实施例提供一种模拟冻土地带钻井的装置,该装置包括:模拟实验装置,用于模拟冻土地带钻井,所述模拟实验装置包括模拟冻土、模拟井部、模拟钻柱和模拟钻头,所述模拟井部形成于所述模拟冻土中,当所述模拟钻柱和模拟钻头被布置于所述模拟井部中时,与所述模拟钻柱与所述模拟井部的井壁套管之间留有空隙,并且所述模拟井部能够向下移动;热水循环注入装置,用于向所述模拟钻柱中注入钻井液并控制所述钻井液的温度,并且使所述钻井液在所述模拟钻柱、所述模拟钻头、所述空隙以及所述热水循环注入装置中循环;以及数据采集分析装置,用于采集所述模拟井部向下移动过程中的参数,并确定所述参数随所述模拟井部向下移动的变化规律。

[0007] 其中,所述模拟实验装置可以包括:拉力施加装置,用于向所述模拟井部施加向下的拉力,以模拟所述模拟井部被施加的载荷。

[0008] 其中,所述模拟井部可以包括:模拟套管和水泥环,其中,所述水泥环形成于冻土壁和所述模拟套管之间,用于将所述模拟套管固定于所述模拟冻土的冻土壁内,所述模拟套管为所述模拟井部的井壁。

[0009] 其中,所述模拟实验装置还可以包括:支撑力施加装置,用于在冻土和水泥环被形成之前向所述模拟井部施加支撑力,以支撑所述模拟井部。

[0010] 其中,所述数据采集分析装置可以包括以下中的至少一者:冻土温度检测模块,用于检测所述冻土的温度;钻井液温度检测模块,用于检测所述钻井液的温度;位移检测模块,用于检测所述模拟井部的位移;拉力检测模块,用于检测所述拉力;及注液排量检测模块,用于检测单位时间内从所述空隙中排出的所述钻井液的排出量。所述数据采集分析装置还可以包括分析模块,用于根据所述冻土的温度确定所述冻土的融化区域,并用于分析所述冻土的温度、所述钻井液的温度、所述模拟井部的位移、所述融化区域、所述拉力和/或所述排出量随所述模拟井部向下移动的变化规律。

[0011] 其中,所述冻土温度检测模块优选为被安装于所述模拟冻土中位于所述模拟井部一侧半径区域的位置。

[0012] 其中,该装置还可以包括:制冷装置包括,用于对所述模拟冻土进行制冷处理,以使所述冻土维持冻土状态。

[0013] 其中,所述模拟实验装置还可以包括:滑轨,用于使所述模拟实验装置滑进或滑出所述制冷装置。

[0014] 其中,所述制冷装置可以包括:低温油循环装置,所述低温油循环装置能够容纳所述模拟实验装置,从而利用低温油对所述模拟冻土进行制冷处理。

[0015] 其中,所述热水循环注入装置可以包括:恒温加热箱,用于将所述钻井液加热至预定温度;以及注液泵,用于提供使所述钻井液在所述模拟钻柱、所述模拟钻头、所述空隙以及所述恒温加热箱中循环的动力。

[0016] 通过上述技术方案,利用模拟实验装置模拟冻土地带钻井环境,从而模拟因钻井液的热量而导致井部下沉过程中各参数的变化规律,该变化规律可以在实际过程中作为参考,在实际钻井时可根据该变化规律预先设计出应对方案,以实现精确、稳定且安全高效的钻井作业。

[0017] 本发明实施例的其它特征和优点将在随后的具体实施方式部分予以详细说明。

附图说明

[0018] 附图是用来提供对本发明实施例的进一步理解,并且构成说明书的一部分,与下面的具体实施方式一起用于解释本发明实施例,但并不构成对本发明实施例的限制。在附图中:

[0019] 图1是根据本发明一实施例的模拟冻土地带钻井的装置的结构框图;

[0020] 图2是根据本发明另一实施例的模拟冻土地带钻井的装置的结构图;以及

[0021] 图3是根据本发明另一实施例的模拟冻土地带钻井的装置中,水泥环的形成过程示意图。

[0022]	附图标记说明	
[0023]	1:低温油浴箱	2:冻土模拟容器
[0024]	3:低温油液面	5:管线接头
[0025]	6:热水循环管线	7:普通水箱
[0026]	9:循环泵	10:注液泵
[0027]	11:恒温加热箱	12:低温油循环管线
[0028]	13:水泥环	14:砂土
[0029]	16:数据传输线	17:支撑底座
[0030]	18:滑轨	20:拉力施加装置
[0031]	21:模拟钻头	22:模拟钻柱
[0032]	23:模拟套管	24:上位机
[0033]	25:大直径套管	26:防冻结涂层
[0034]	27:下推杆	28:水泥塞
[0035]	29:排出孔	30:密封圈。
[0036]	100:模拟实验装置	200:热水循环注入装置
[0037]	300:数据采集分析装置	S:位移传感器
[0038]	T:温度传感器	Q:流量传感器

具体实施方式

[0039] 以下结合附图对本发明实施例的具体实施方式进行详细说明。应当理解的是,此处所描述的具体实施方式仅用于说明和解释本发明实施例,并不用于限制本发明实施例。

[0040] 图1是根据本发明一实施例的模拟冻土地带钻井的装置的结构框图。如图1所示,该装置包括:模拟实验装置100,用于模拟冻土地带钻井,所述模拟实验装置包括模拟冻土、模拟井部、模拟钻柱和模拟钻头,所述模拟井部形成于所述模拟冻土中,当所述模拟钻柱和模拟钻头被布置于所述模拟井部中时,与所述模拟钻柱与所述模拟井部的井壁之间留有空隙,并且所述模拟井部能够向下移动;热水循环注入装置200,用于向所述模拟钻柱中注入钻井液并控制所述钻井液的温度,并且使所述钻井液在所述模拟钻柱、所述模拟钻头、所述空隙以及所述热水循环注入装置中循环;以及数据采集分析装置300,用于采集所述模拟井部向下移动过程中的参数,并确定所述参数随所述模拟井部向下移动的变化规律。

[0041] 其中,该装置还可以包括:制冷装置包括,用于对所述模拟冻土进行制冷处理,以使所述冻土维持冻土状态。

[0042] 模拟实验装置的准备过程以及模拟钻井的过程详细说明如下。

[0043] 将大直径套管25置于冻土模拟容器2的中心位置,或者任意远离冻土模拟容器2的容器壁的位置,在冻土模拟容器2中填充与极地冻土带性质基本相同的砂土14,并向其中加适量的含矿物质水,填充于砂土14孔隙中。利用制冷装置对上述已填充有砂土14的冻土模拟容器2进行制冷处理,以使砂土14形成冻土。制冷装置优选为低温油循环装置,如图2所示,低温油循环装置包括低温油浴箱1和低温油循环管线12,通过低温油循环管线12能够在低温油循环装置中建立制冷循环。在制冷处理时,将冻土模拟装置2置于低温油浴箱1中,注入适量的低温油,使低温油液面3高于砂土14,利用循环低温油使砂土14冷冻以形成冻土。

在模拟钻井过程中,可以通过设置在低温油中的温度传感器T来检测油温,还可以通过调节循环管线的排量以及低温油温度使油浴箱中的温度与极地冻土带的环境温度一致。

[0044] 在另一实施例中,模拟实验装置100还可以包括滑轨18,以能够方便地移动,例如可通过滑轨18使模拟实验装置从低温油浴箱1中滑进或滑出。如图2所示,模拟实验装置还可以包括安装在底部的支撑底座17,以支撑模拟实验装置。

[0045] 大直径套管25用于在砂土14形成冻土时形成模拟井部,待模拟井部形成后可以利用大直径套管25作为模拟井部的井壁,即大直径套管可以作为模拟实际钻井时使用的套管。但为了使模拟井部的井壁更接近于真实钻井时的井壁,优选为去除大直径套管25,并在去除大直径套管25后在模拟井部布置模拟实际钻井时使用的套管的模拟套管23,并在模拟套管23和冻土壁之间形成水泥环13,水泥环13在将模拟套管23固定在冻土壁上的同时,也使模拟套管23中的热量向冻土传导的过程更接近于真实的钻井过程。如图3中左侧部分所示,大直径套管25的表面可以涂有防冻结涂层26,由此在冻土形成过程中其不会被冻结在冻土上,从而在砂土冻结后能容易地将其取出。

[0046] 因此,所述模拟井部可以由大直径套管25形成,也可以包括模拟套管23和水泥环13,其中,所述水泥环13形成于冻土壁和所述模拟套管之间,用于将所述模拟套管固定于所述模拟冻土的冻土壁内,在该情况下,所述模拟套管为所述模拟井部的井壁。需要说明的是,此处的模拟井部的井壁与实际钻井时的裸眼井壁是不同的概念,模拟井部的井壁例如可以是相当于在实际钻井时的套管结构。

[0047] 以下参考图3说明水泥环13的形成过程。

[0048] 将模拟套管23布置于去除大直径套管25后的模拟井部时,使模拟套管23与冻土壁之间形成有预定的空隙,该空隙优选为均匀的环空部31,其中模拟套管23的直接小于大直径套管25的直径。模拟套管23的底部形成为与所述环空部31连通,可在模拟套管23的底部形成有如图3所示的排出孔29。然后可以在模拟套管23中注入相当于所述环空部的体积的水泥,通过下推杆27和水泥塞28和模拟套管底部的排出孔29将水泥从模拟套管23压入环空部31,水泥全部从模拟套管排出后取出下推杆27和水泥塞28。图3中的箭头指示水泥的流动方向。

[0049] 被注入所述环空部31的水泥的体积为:

$$[0050] \quad V = \frac{1}{4} \pi (D_1^2 - D_2^2) H \quad (1)$$

[0051] 其中,中 D_1 、 D_2 分别指大直径套管25和模拟套管23的直径; H 指模拟套管23的长度,或模拟冻土带的深度。

[0052] 需要说明的是,为了使模拟井部能够向下移动,以模拟实际钻井时的井部下沉,在冻土模拟容器2的底部形成有对应于所述模拟井部的下端的开口。因此,在注入水泥以形成水泥环时,需要如图3所示利用密封圈30密封底部的开口,以防止水泥漏出,水泥凝固形成水泥环后再将密封圈30去除。所述开口可以预先形成于冻土模拟容器2的底部,此时,由于冻土还未形成,砂土较松软,侧阻力系数较小,不足支撑固定大直径套管25、模拟套管23、水泥环13的重力,因此优选为在所述开口部设置支撑力施加装置,用于在冻土和水泥环被形成之前向所述模拟井部施加支撑力,以支撑所述模拟井部,即,提供向上的支撑力,使大直径套管25、模拟套管23、水泥环13不会下沉。支撑力施加装置可以单独设置,图2中的拉力施

加装置可同时兼用作支撑力施加装置。当砂土14充分冻结而形成冻土且水泥环13形成后,模拟套管23、水泥环均已被稳固地固定于冻土壁时,可去除支撑力施加装置施加的支撑力。冻土模拟容器底部的开口还可以在形成了模拟井部之后形成。

[0053] 进一步地,在模拟套管23中安装模拟钻头21和模拟钻柱22,并连接热水循环注入装置200。如图2所示,热水循环注入装置200可以包括:恒温加热箱11,用于将所述钻井液加热至预定温度;以及注液泵10,用于提供使所述钻井液在所述模拟钻柱、所述模拟钻头、所述空隙以及所述恒温加热箱中循环的动力。此外,为了进一步使钻井液顺利地循环,还可以额外配置循环泵9。

[0054] 钻井液被注入模拟钻柱22后,经过模拟钻头21被注入模拟钻柱22与模拟套管之间的空隙,然后经过热水循环管线6、普通水箱7、循环泵9回到恒温加热箱11。普通水箱7用于储存和缓冲钻井液,并不是必要组成要素。图2中未说明的附图标记5为管线接头。图2中的箭头表示钻井液的流动方向。

[0055] 模拟套管23中的钻井液的热量通过模拟套管23的管壁、水泥环被传导至冻土,导致冻土融化而变得松软,此时模拟井部(模拟套管23和水泥环13)下沉,由此可模拟在冻土地带钻井过程中的井部下沉。

[0056] 为了更准确地模拟井部下沉,所述模拟实验装置还可以包括拉力施加装置20,用于向所述模拟井部施加向下的拉力,以模拟所述模拟井部被施加的载荷。由于在实际钻井时,需要设置井口装置等装置,这些装置本身的重量会对模拟井部施加一定的载荷,这样的载荷使井下沉。因此,为了准确模拟上述载荷,本发明利用拉力施加装置向模拟井部施加向下的拉力。拉力施加装置可以对模拟套管或水泥环施加拉力。

[0057] 如上所述,拉力施加装置20也可兼用作对套管等装置施加支撑力的支撑力施加装置。优选地,在去除支撑力时,通过据分析软件校正拉力传感器F的“零点”,以提高施加拉力的精确性。

[0058] 为了在模拟井部因冻土融化而自然下沉或因施加向下的拉力而下沉时,获取相关参数,模拟冻土地带钻井的装置还可以包括:位移检测模块,检测模拟井部的位移,位移检测模块可以包括如图2所示的位移传感器;钻井液温度检测模块,用于检测所述钻井液的温度,例如,如图2所示,在恒温加热箱中设置温度传感器T以获取钻井液的温度;拉力检测模块,用于检测所述拉力,可以包括图2所示的拉力传感器F;及注液排量检测模块,用于检测单位时间内从所述空隙中排出的所述钻井液的排出量,注液排量检测模块可以包括如图2所示设置在注液排管上的流量传感器,以实时获取注入钻柱的钻井液的量,钻井液的注入液可看作是注液排量;冻土温度检测模块,用于检测冻土温度,如图2所示,冻土温度检测模块可以包括被安装于所述模拟冻土中位于所述模拟井部一侧半径区域的位置的温度传感器T,由于在模拟井部周围的冻土总体上是对称的,因此不必在模拟井部周围的冻土都安装温度传感器,而通过一侧半径区域的温度即可获知另一侧的温度。

[0059] 图2中未说明的附图标记16为数据传输线,数据传输线16用于传输在本发明中检测的各种参数。

[0060] 所述数据采集分析装置还可以包括分析模块(例如,图2所示的上位机24),用于根据所述冻土的温度确定所述冻土的融化区域,并用于分析所述冻土的温度、所述钻井液的温度、所述模拟井部的位移、所述融化区域、所述拉力和/或所述排出量随所述模拟井部向

下移动的变化规律。

[0061] 上述参数随模拟井部向下移动的变化规律可以在实际钻井过程中作为参考,从而预先根据实际钻井情况预先设计应对方案,以提高钻井过程的安全性、稳定性和钻井效率。

[0062] 以上结合附图详细描述了本发明实施例的可选实施方式,但是,本发明实施例并不限于上述实施方式中的具体细节,在本发明实施例的技术构思范围内,可以对本发明实施例的技术方案进行多种简单变型,这些简单变型均属于本发明实施例的保护范围。

[0063] 另外需要说明的是,在上述具体实施方式中所描述的各个具体技术特征,在不矛盾的情况下,可以通过任何合适的方式进行组合。为了避免不必要的重复,本发明实施例对各种可能的组合方式不再另行说明。

[0064] 本领域技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分步骤是可以通过程序来指令相关的硬件来完成,该程序存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得单片机、芯片或处理器(processor)执行本申请各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM,Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM,Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0065] 此外,本发明实施例的各种不同的实施方式之间也可以进行任意组合,只要其不违背本发明实施例的思想,其同样应当视为本发明实施例所公开的内容。



图1

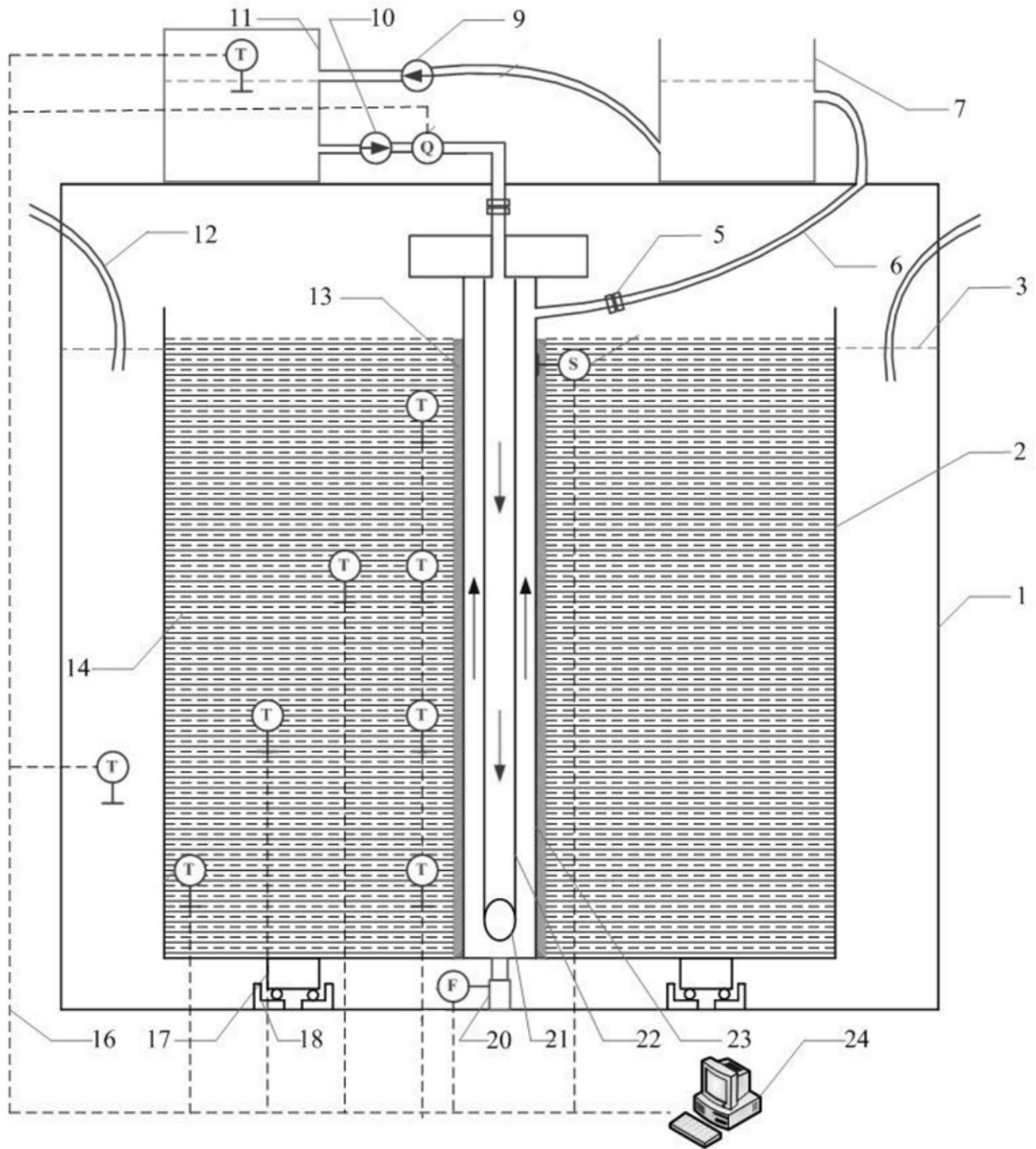


图2

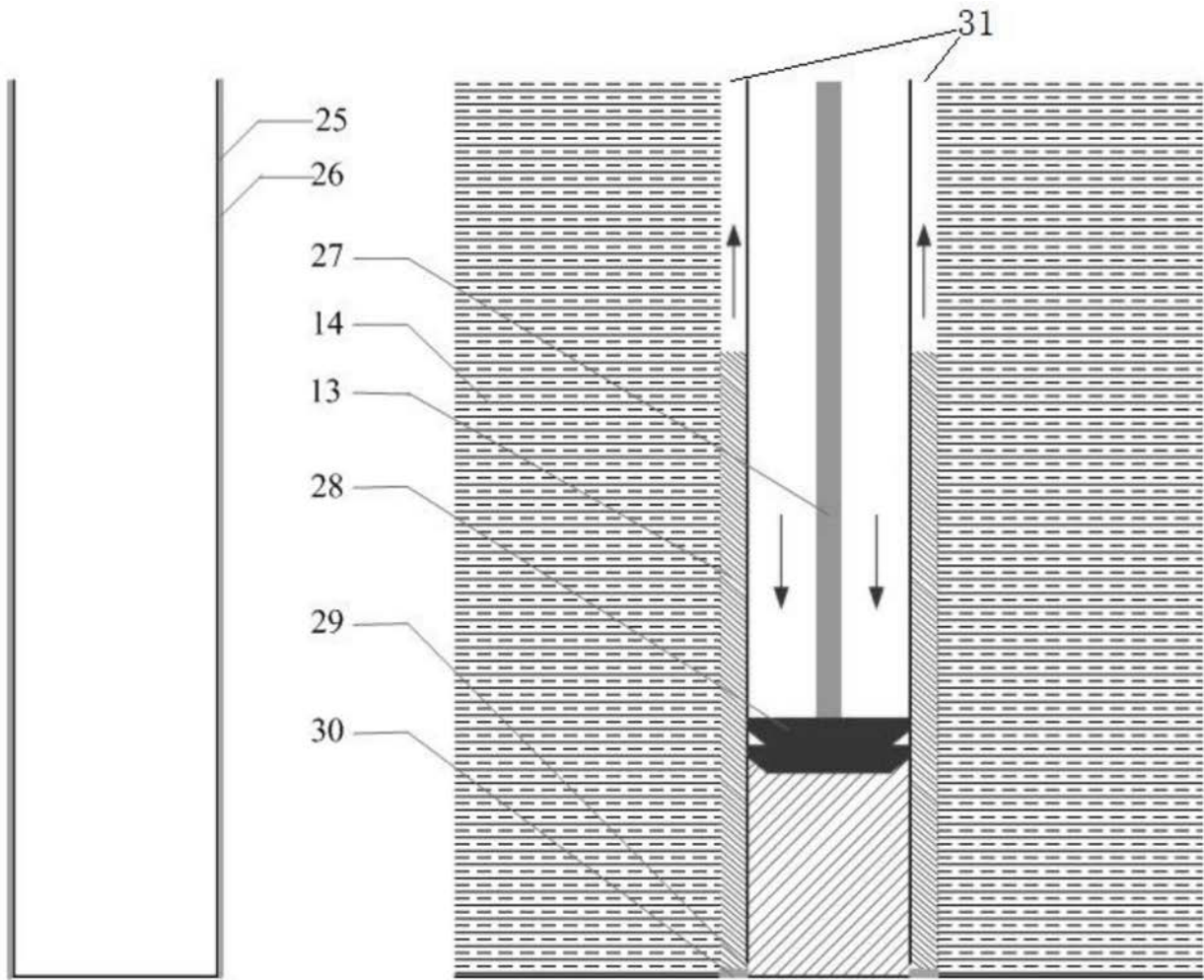


图3