



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111781328 A

(43) 申请公布日 2020.10.16

(21) 申请号 202010410513.5

G09B 25/00 (2006.01)

(22) 申请日 2020.05.14

(71) 申请人 中国海洋石油集团有限公司

地址 100010 北京市朝阳区朝阳门北大街  
25号

申请人 中海石油(中国)有限公司天津分公司

(72) 发明人 谢涛 林海 许杰 孙连坡

刘海龙 张磊 刘伟 谭强

邓金根 罗超

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司 11245

代理人 刘小娟

(51) Int. Cl.

G01N 33/24 (2006.01)

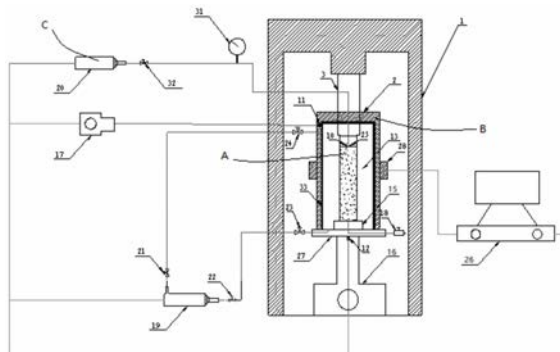
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种钻井液泥饼生成试验井筒模拟机构及系统

(57) 摘要

本发明涉及一种钻井液泥饼生成试验井筒模拟机构及系统。所述井筒模拟机构包括：填料，设置于试验岩样的周围，用于模拟油井周围地层；隔油套，设置在所述试验岩样和所述填料的最外围；顶部固定件，设置在所述试验岩样的顶部，所述顶部固定件上设有与试验岩样的钻井液容置腔相连通的上通道；底部固定件，设置在所述试验岩样的底部，所述底部固定件上设有与所述试验岩样的钻井液容置腔相连通的下通道。本发明能够较好的还原在钻井过程中钻井液发生滤失生成泥饼的过程，能够为探索井壁失稳问题提供有力的理论基础。



1. 一种钻井液泥饼生成试验井筒模拟机构,其特征在于,所述井筒模拟机构包括:  
填料,所述填料设置于试验岩样的周围,用于模拟油井周围地层;  
隔油套,所述隔油套设置于所述试验岩样和所述填料的最外围;  
顶部固定件,所述顶部固定件设置于所述试验岩样的顶部,所述顶部固定件上设有与所述试验岩样的钻井液容置腔相连通的上通道;  
底部固定件,所述底部固定件设置于所述试验岩样的底部,所述底部固定件上设有与所述试验岩样的钻井液容置腔相连通的下通道。
2. 根据权利要求1所述的钻井液泥饼生成试验井筒模拟机构,其特征在于,所述填料为陶粒;所述隔油套为绝缘隔油热缩套。
3. 根据权利要求1或2所述的钻井液泥饼生成试验井筒模拟机构,其特征在于,所述顶部固定件的上通道及所述底部固定件的下通道均与所述试验岩样的钻井液容置腔同轴设置。
4. 根据权利要求1或2所述的钻井液泥饼生成试验井筒模拟机构,其特征在于,所述机构还包括顶部垫片和/或底部垫片,其中  
所述顶部垫片设置在所述顶部固定件和所述试验岩样之间;  
所述底部垫片设置在所述底部固定件和所述试验岩样之间。
5. 根据权利要求1或2所述的钻井液泥饼生成试验井筒模拟机构,其特征在于,所述顶部固定件的下端位于所述隔油套内,所述底部固定件的上端位于所述隔油套内。
6. 一种钻井液泥饼生成试验系统,其特征在于,所述系统包括温压控制装置、钻井液作业装置和权利要求1至5任一项所述的井筒模拟机构,所述温压控制装置用于对所述井筒模拟机构内的试验岩样进行温度与压力的加载模拟,所述钻井液作业装置用于对所述井筒模拟机构内的试验岩样进行钻井液输送模拟。
7. 根据权利要求6所述的钻井液泥饼生成试验系统,其特征在于,所述温压控制装置包括:  
轴向压力加载模块,其加载端设置于所述井筒模拟机构的轴向,用于对所述井筒模拟机构的轴向施加压力;  
径向压力加载模块,其加载端设置于所述井筒模拟机构的径向,用于对所述井筒模拟机构的径向施加压力;  
围压加载模块,其加载端设置于所述井筒模拟机构的外围,用于对所述井筒模拟机构的外围施加压力;  
温度加载器,设置于所述井筒模拟机构的外围,用于对所述井筒模拟机构进行温度控制。
8. 根据权利要求7所述的钻井液泥饼生成试验系统,其特征在于,  
所述围压加载模块包括:  
围压筒,所述围压筒设置于所述井筒模拟机构的外围,所述围压筒与所述井筒模拟机构之间形成有围压容置腔;  
围压油泵,所述围压油泵通过流量管线连通所述围压容置腔;  
所述温度加载器为加热环,所述加热环设置在所述围压筒的外围。
9. 根据权利要求8所述的钻井液泥饼生成试验系统,其特征在于,

所述轴向压力加载模块包括：

轴向加载柱塞，所述轴向加载柱塞穿过所述围压筒的上端抵接设置在所述井筒模拟机构的顶部；

轴向加载柱塞泵，所述轴向加载柱塞泵设置在所述井筒模拟机构的底部，用于在所述底部对所述井筒模拟机构加载轴向应力；

所述径向压力加载模块包括：

径向加载柱塞泵，所述径向加载柱塞泵用于对所述围压筒的筒壁施加压力，以便向所述井筒模拟机构加载径向应力。

10. 根据权利要求8或9所述的钻井液泥饼生成试验系统，其特征在于，所述钻井液作业装置包括：

钻井液泵，所述钻井液泵通过流量管线连通所述钻井液容置腔；

溢流控制阀，所述溢流控制阀设置在所述钻井液泵所连通的所述钻井液容置腔的下游；

所述系统还包括数据采集机构，所述数据采集机构包括：

第一压力传感器，所述第一压力传感器设置在所述钻井液容置腔入口处，用于监测所述井筒模拟机构内的压力；

第二压力传感器，所述第二压力传感器设置在所述围压筒的内侧，用于监测所加径向应力的大小；

第三压力传感器，所述第三压力传感器设置在所述井筒模拟机构轴向加载底部外侧，用于监测所加轴向应力的大小；

温度传感器，所述温度传感器设置在所述井筒模拟机构的外侧，用于监测所述井筒模拟机构的温度。

## 一种钻井液泥饼生成试验井筒模拟机构及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及油气井钻井工程技术领域,具体涉及一种钻井液泥饼生成试验井筒模拟机构及系统。

### 背景技术

[0002] 在钻井过程中,由于井壁的渗透作用,钻井液会发生滤失,滤液进入地层。在钻井液滤失的过程中,井壁表面因钻井液中的固体颗粒的堆积产生一定厚度的泥饼,钻井液的泥饼对于控制钻井液滤失,维护井壁稳定及润滑起着极其重要的作用。井壁上形成滤饼后,渗透性减小,阻止或减慢了钻井液继续侵入地层。在钻井过程中钻井液的滤液损失是必然的,通过滤失可形成滤饼保护井壁。因此,泥饼的形成对于防止钻井液中水相侵入地层和维持井壁稳定具有十分重要的意义。

[0003] 钻井液的滤失量与地层的渗透率密切相关,渤海地区中深层硬脆性泥页岩基质渗透率极低,在泥页岩内分布有近水平的层理,众多的微裂缝为钻井液提供了渗流通道,钻井液中的水相以微裂缝为渗流通道进入地层,由于钻井液的渗流可能会导致钻井液在井壁上形成泥饼,从而阻止钻井液的渗流,防止钻井液中水相进入地层造成泥页岩地层发生水化,导致井壁失稳等复杂事故的发生。近年来,面对国内外油气资源勘探开发的需求,所钻遇的地层条件愈来愈复杂,泥页岩井壁失稳问题愈加复杂,然而对于含有微裂缝的硬脆性泥页岩井壁泥饼的评价缺乏深入的认识,目前尚无高效模拟真实地层泥饼状态的试验装置与方法。

[0004] 在钻井过程中,硬脆性泥页岩井壁失稳的机理一直是学术上备受争论的方面,因此有必要开展室内试验,为理论分析和数值模拟综合研究提供支持,尤其揭示硬脆性泥页岩井壁失稳的机理,为安全、快速钻井提供技术支持。

### 发明内容

[0005] 本发明旨在提供一种钻井液泥饼生成试验井筒模拟机构及系统,以模拟在钻井过程中泥饼的形成并进而可对泥饼进行评价,进而为深层裂缝硬脆性泥页岩钻井过程提供可靠的理论基础。

[0006] 本发明首先提出一种钻井液泥饼生成试验井筒模拟机构,所述井筒模拟机构包括:

[0007] 填料,所述填料设置于试验岩样的周围,用于模拟油井周围地层;

[0008] 隔油套,所述隔油套设置于所述试验岩样和所述填料的最外围;

[0009] 顶部固定件,所述顶部固定件设置于所述试验岩样的顶部,所述顶部固定件上设有与所述试验岩样的钻井液容置腔相连通的上通道;

[0010] 底部固定件,所述底部固定件设置于所述试验岩样的底部,所述底部固定件上设有与所述试验岩样的钻井液容置腔相连通的下通道。

[0011] 井筒模拟机构内装入试验岩样,即可对岩样进行压力或温度加载,并向试验岩样

的钻井液容置腔内注入钻井液,以便试验观察泥饼的形成。

[0012] 根据本发明的一种实施方式,所述填料为实心颗粒。

[0013] 根据本发明的一种实施方式,所述隔油套为绝缘隔油热缩套。

[0014] 根据本发明的一种实施方式,所述顶部固定件的上通道及所述底部固定件的下通道均与所述试验岩样的钻井液容置腔同轴设置。

[0015] 根据本发明的一种实施方式,所述机构还包括顶部垫片和/或底部垫片,其中

[0016] 所述顶部垫片设置在所述顶部固定件和所述试验岩样之间;

[0017] 所述底部垫片设置在所述底部固定件和所述试验岩样之间。

[0018] 垫片的设置为了在试验岩样的上下形成隔离密封。

[0019] 根据本发明的一种实施方式,所述顶部固定件的下端位于所述隔油套内,所述底部固定件的上端位于所述隔油套内。

[0020] 本发明还提出一种钻井液泥饼生成试验系统,所述系统包括温压控制装置、钻井液作业装置和所述的井筒模拟机构,所述温压控制装置用于对所述井筒模拟机构内的试验岩样进行温度与压力的加载模拟,所述钻井液作业装置用于对所述井筒模拟机构内的试验岩样进行钻井液输送模拟。

[0021] 根据本发明的一种实施方式,所述温压控制装置包括:

[0022] 轴向压力加载模块,其加载端设置于所述井筒模拟机构的轴向,用于对所述井筒模拟机构的轴向施加压力;

[0023] 径向压力加载模块,其加载端设置于所述井筒模拟机构的径向,用于对所述井筒模拟机构的径向施加压力;

[0024] 围压加载模块,其加载端设置于所述井筒模拟机构的外围,用于对所述井筒模拟机构的外围施加压力;

[0025] 温度加载器,设置于所述井筒模拟机构的外围,用于对所述井筒模拟机构进行温度控制。

[0026] 根据本发明的一种实施方式,所述围压加载模块包括:

[0027] 围压筒,所述围压筒设置于所述井筒模拟机构的外围,所述围压筒与所述井筒模拟机构之间形成有围压容置腔;

[0028] 围压油泵,所述围压油泵通过流量管线连通所述围压容置腔;

[0029] 所述温度加载器为加热环,所述加热环设置在所述围压筒的外围。

[0030] 根据本发明的一种实施方式,

[0031] 所述轴向压力加载模块包括:

[0032] 轴向加载柱塞,所述轴向加载柱塞穿过所述围压筒的上端抵接设置在所述井筒模拟机构的顶部;

[0033] 轴向加载柱塞泵,所述轴向加载柱塞泵设置在所述井筒模拟机构的底部,用于在所述底部对所述井筒模拟机构加载轴向应力;

[0034] 所述径向压力加载模块包括:

[0035] 径向加载柱塞泵,所述径向加载柱塞泵用于对所述围压筒内壁施加压力,使围压筒内壁产生径向移动,压缩围压容置腔内围压油产生径向应力,以便向所述井筒模拟机构加载径向应力。

- [0036] 根据本发明的一种实施方式,所述钻井液作业装置包括:
- [0037] 钻井液泵,所述钻井液泵通过流量管线连通所述钻井液容置腔;
- [0038] 溢流控制阀,所述溢流控制阀设置在所述钻井液泵所连通的所述钻井液容置腔的下游。
- [0039] 所述系统还可包括数据采集机构,所述数据采集机构包括:
- [0040] 第一压力传感器,所述第一压力传感器设置在所述钻井液容置腔入口处,用于监测所述井筒模拟机构内的压力;
- [0041] 第二压力传感器,所述第二压力传感器设置在所述围压筒的内侧,用于监测所加径向应力的大小;
- [0042] 第三压力传感器,所述第三压力传感器设置在所述井筒模拟机构轴向加载底部外侧,用于监测所加轴向应力的大小;
- [0043] 温度传感器,所述温度传感器设置在所述井筒模拟机构的外侧,用于监测所述井筒模拟机构的温度。
- [0044] 本发明的技术方案可以用作钻井液与地层相互作用的模拟试验,能够较好的还原在钻井过程中井壁形成泥饼的过程,能够较好的评价钻井液的封堵效果,为探索钻井液与地层相互作用而导致的井壁失稳问题提供了坚实的理论基础。本发明的井筒模拟机构能够较好地模拟油井的真实状况,本发明设置的温压控制装置能够较好地模拟真实工况,本发明形成的泥饼可以用来评价钻井液在地层造壁性能(专业术语)的特性。

## 附图说明

- [0045] 图1为本发明一实施例钻井液泥饼质量试验装置整体结构示意图;
- [0046] 图2是本发明一实施例井筒模拟机构结构示意图;
- [0047] 图3是图2本发明一实施例井筒模拟机构的俯视图;
- [0048] 附图标号:
- [0049] A井筒模拟机构、B温压控制装置、C钻井液作业装置,1支架,2围压筒,3轴向加载柱塞,4热缩套,5试验岩样,6陶粒,7容置腔,8密封垫片,9密封垫片,10压力传感器,11压力传感器,12压力传感器,13围压容置腔,15轴向加载底座,16轴向加载柱塞泵,17径向加载柱塞泵,18溢流控制阀,19围压油泵,20钻井液活塞泵,21流量控制阀,22流量控制阀,23流量控制阀,24流量控制阀,25温度传感器,26控制系统,27围压容置腔底座,28温度加载器,29底部固定件,30顶部固定件,31压力表,32流量控制阀,33围压筒内壁,34环空。

## 具体实施方式

- [0050] 以下将结合附图对本发明的较佳实施例进行详细说明,以便更清楚理解本发明的目的、特点和优点。应理解的是,附图所示的实施例并不是对本发明范围的限制,而只是为了说明本发明技术方案的实质精神。
- [0051] 本发明为开展室内试验,以揭示油井壁尤其是硬脆性泥页岩井壁失稳的机理,为理论分析和数值模拟综合研究提供支持,进一步为安全、快速钻井提供技术支持。
- [0052] 如图1所示,该系统主要由井筒模拟机构A、温压控制装置B和钻井液作业装置C组成。

[0053] 为了试验,准备试验岩样5,所述试验岩样5的内孔形成钻井液容置腔7。

[0054] 其中,如图2所示,为了尽可能真实模拟油井的地貌及虑失过程,本发明提出的所述井筒模拟机构A主要包括:

[0055] 地层模拟填料6,可同轴地设置在试验岩样5的外部,用于模拟远场地层,考虑到填料模拟地层情况,填料的抗压强度优选大于等于60MPa,同时为保证井筒模拟机构能够顺利进行,填料形状优选为球形,作为模拟地层填料的材料比如实心陶粒等材料。

[0056] 隔油套4,可同轴地设置在试验岩样5和地层模拟填料的最外侧,用于将外围的油液与井筒机构隔离,优选为绝缘隔油热缩套,热缩套便于固定岩样以及顶部和底部固定件。

[0057] 顶部固定件30可为垫块,所述顶部固定件可同轴地设置在试验岩样5的顶部;当然结构可不受此种方式限制。

[0058] 底部固定件29可为垫块式底座,所述底部固定件同轴地设置在试验岩样底部,用于固定实验岩样;

[0059] 顶部垫片9,可设置在顶部垫块30和试验岩样5之间;

[0060] 底部垫片8,可设置在底部固定件29和试验岩样5之间。

[0061] 顶部垫片9和底部垫片8中心都设有通孔,以便与上下固定件的内部通道连通。

[0062] 所述顶部垫片9和底部垫片8用于密封试验岩样顶部和底部,防止钻井液渗漏。

[0063] 当然上述部件不是都是必要设置,可根据需要变换。

[0064] 所述温压控制装置B主要包括:

[0065] 围压筒2,设置于所述井筒模拟机构的外围,所述围压筒与所述井筒模拟机构之间形成有围压容置腔,以便在围压容置腔内注入油液,以与井筒模拟机构内的压力形成压差,以便进行钻井液注入的模拟;

[0066] 温度加载器28可设置为加热环,所述加热环28设置在围压筒2外周上,用于对所述井筒模拟机构进行整体加热(热量可通过围压容置腔13内的油液传导);当然加热装置可不受此种方式限制;

[0067] 轴向加载柱塞泵16,所述轴向加载柱塞泵16设置在围压筒2底部,用于对井筒模拟机构加载轴向应力;

[0068] 围压油泵19,所述围压油泵19可通过流量管线分别在围压筒2的上下位置处连通所述围压筒2内部形成的围压容置腔13,可向微压腔13内注入油液,所述流量管线上可设置有流量控制阀21、22、23、24;

[0069] 径向加载柱塞泵17,所述径向加载柱塞泵17通过加压管线连通围压筒内壁33,通过挤压筒壁用以给井筒模拟机构加载径向应力。

[0070] 轴向加载柱塞3,所述轴向加载柱塞3抵接设置在围压筒2的顶部,用于和支架1相连接固定以便于加载轴向应力。

[0071] 围压筒底座27,所述围压筒底座27设置在轴向加载柱塞泵16上端,所述围压筒底座27内部设置有流量管线,且可通过轴向加载底座15与井筒模拟机构相连通;

[0072] 轴向加载底座15,可设置在围压筒底座27上部。

[0073] 围压筒可设计为上方有盖,盖上有连通口,下方敞口配备底座的形式,也可自身下方设有底部等形式,结构可作适当变换。

[0074] 支架1可用于支撑整个温压控制装置。

- [0075] 当然上述部件不是都是必要设置,可根据需要变换。
- [0076] 所述钻井液作业装置C可包括:
- [0077] 钻井液泵20,通过流量管线连通所述钻井液容置腔7;
- [0078] 溢流控制阀18,所述溢流控制阀18设置在钻井液泵20所连通的流量管线的尾部,也就是井筒模拟机构的下游,以便控制隔油筒内的压力;
- [0079] 流量控制阀32,所述流量控制阀32设置在钻井液泵20与钻井液容置腔7之间的流量管线上;
- [0080] 压力表31,所述流量控制阀31设置在钻井液泵20与钻井液容置腔7之间的流量管线上。
- [0081] 当然上述部件不是都是必要设置,可根据需要变换。
- [0082] 上述系统还可进一步包括数据采集机构,所述数据采集机构可包括:
- [0083] 压力传感器10,所述压力传感器10可布置在井筒模拟机构内钻井液容置腔的入口处,用于监测井筒模拟机构井筒内的压力;
- [0084] 压力传感器11,所述压力传感器11可布置在围压筒内侧,用于监测所加径向应力的的大小;
- [0085] 压力传感器12,所述压力传感器12可布置在轴向加载底座15外侧,用于监测所加轴向应力的的大小;
- [0086] 温度传感器25,所述温度传感器布置在井筒模拟机构的外侧,用于监测井筒模拟机构的温度;
- [0087] 所述压力传感器10与所述压力传感器11的压力差为钻井液发生滤失的压差。
- [0088] 顶部固定件30和底部固定件29可通过绝缘热缩套固定在试验岩样5的两端。
- [0089] 本发明中可通过改变模拟地层的填料的粒径的大小来改变远场地层渗透率的大小。
- [0090] 试验时,当所述压力表31显示有压力增加时,可关闭所述流量控制阀32,打开压力控制阀25,通过压力管线施加钻井液容置腔7中的钻井液压力。
- [0091] 所述流量控制阀21、22、23、24可用于控制围压油进入到围压容置腔内,当围压容置腔内充满围压油时,应该先关闭所述流量控制阀24,再关闭其余流量控制阀21、22、23。
- [0092] 实施例
- [0093] 如图1所示,本发明提供的评价硬脆性泥页岩地层钻井液泥饼质量模拟试验装置,主要由井筒模拟机构、温压控制装置和钻井液作业装置组成。
- [0094] 如图2、3所示,井筒模拟结构包括:与试验岩样5同轴的绝缘热缩套(即隔油套)4,试验岩样5与同轴热缩套(即隔油套)4之间环空填充的陶粒6,试验岩样顶端和低端的密封垫片9和密封垫片8,顶部固定件30和底部固定件29,用于固定试验岩样5。试验岩样5的内孔形成的钻井液容置腔7,该容置腔与上下固定件内的钻井液通道连通,以容纳钻井液。底部固定件29内部设有环空34。
- [0095] 温压控制机构包括:围压筒2,围压筒2内形成围压容置腔13,轴向加载柱塞3,围压容置腔底座27,轴向加载底座15,轴向加载柱塞泵16,径向压力加载柱塞泵17,围压油泵19,流量控制阀21,流量控制阀22,流量控制阀23,流量控制阀24,温度加载器28。支架1可为上下加载柱塞及柱塞泵提供支撑与安装定位。轴向加载柱塞3和轴向加载底座15分别在试验



岩样5的上下端抵接井筒模拟机构。

[0096] 其中围压容置腔13内注满围压油并通过流量控制阀23和流量控制阀24保证围压容置腔内流量质量不变,并通过径向压力柱塞泵17向试验岩样施加应力以模拟地层水平应力。通过轴向压力柱塞泵16向试验岩样施加垂向应力。

[0097] 如图1所示,钻井液作业装置包括:钻井液活塞泵20,溢流控制阀18,流量控制阀32,压力表31。

[0098] 其中通过钻井液泵20向试验岩样内孔钻井液容置腔7内注入钻井液,并通过钻井液泵20施加钻井液液柱压力,用以使井筒和地层形成压差。

[0099] 优选的,该装置还包括数据控制系统,所述数据控制系统包括:压力传感器和温度传感器。所述压力传感器包括轴向压力传感器与径向压力传感器,分别布置在所述围压筒底座和围压容置腔内侧;所述温度传感器通过管线连接在顶部垫块外侧。通过数据控制系统,精确地控制轴向加载应力、径向加载应力以及加载温度,以达到模拟地层的效果。

[0100] 优选的,所述地层模拟机构采用在试验岩样外部添加陶粒形成高渗透地层,用以存放钻井液滤液。

[0101] 优选的,所述井筒模拟机构在试验岩样顶部用绝缘垫片密封,用以防止钻井液从上部渗漏,确保钻井液在井筒内形成径向滤失。

[0102] 优选的,所述井筒模拟机构在试验岩样底部用绝缘垫片密封,用以防止钻井液从下部渗漏,确保钻井液在井筒内形成径向滤失。

[0103] 优选的,所述围压油泵与围压容置腔形成循环,用以监测围压容置腔内是否充满围压油。

[0104] 优选的,所述井筒与外界相隔绝,钻井液泵与井筒形成不了循环,通过溢流阀溢流,用以控制钻井液液柱压力,与围压容置腔形成内外压差,为钻井液滤失提供压力条件。

[0105] 优选的,所述轴向压力控制系统和径向压力控制系统通过支架和底座进行固定。

[0106] 需要说明的是,在本文中,诸如“第一”和“第二”等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0107] 上述各实施例仅用于说明本发明,其中实施例的各零部件、装置都是可以有所变化的,各实施方式都可根据需要进行组合或删减,附图中并非所有部件都是必要设置,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本申请的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本申请将不会被限制于本文所述的这些实施例,凡是在本发明技术方案的基础上进行的等同变换和改进,均不应排除在本发明的保护范围之外。

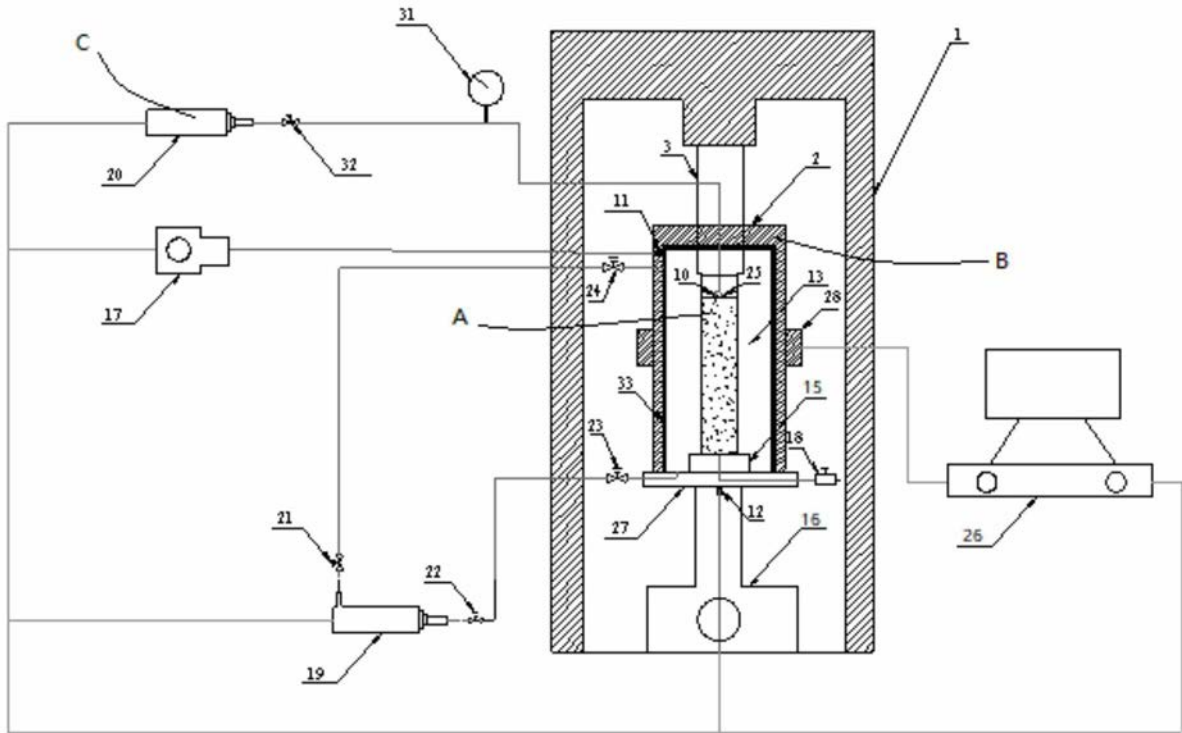


图1

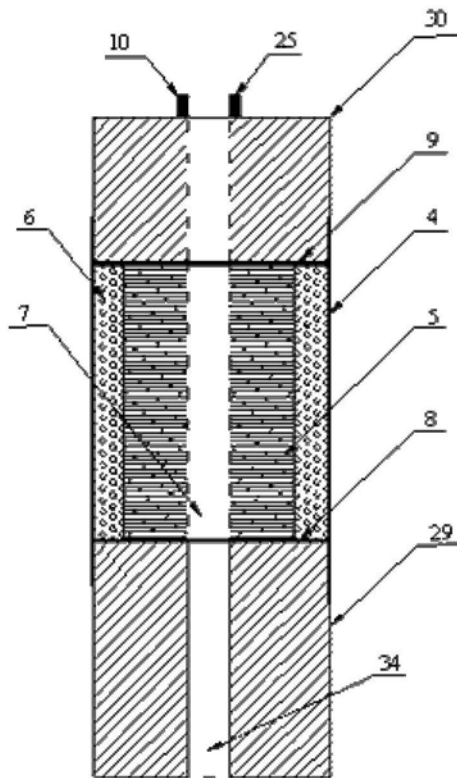


图2

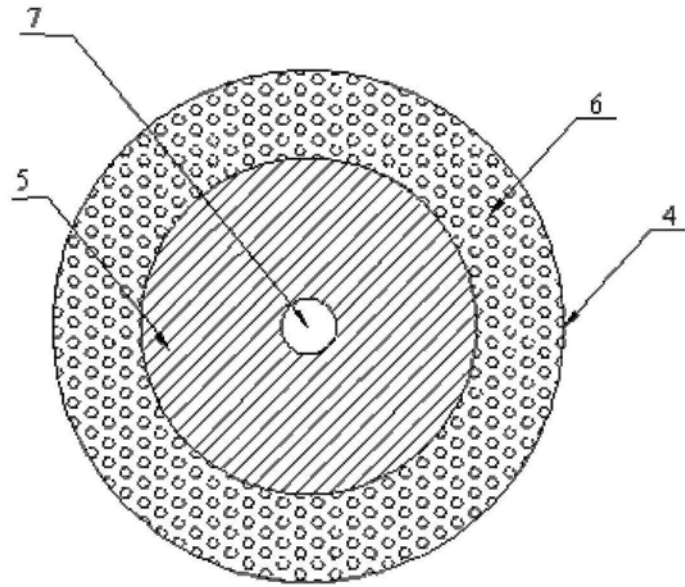


图3