



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113236159 B

(45) 授权公告日 2022. 12. 06

(21) 申请号 202110489030.3

(22) 申请日 2021.04.30

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 113236159 A

(43) 申请公布日 2021.08.10

(73) 专利权人 南方海洋科学与工程广东省实验室(湛江)

地址 524006 广东省湛江市霞山区文体路  
一号

专利权人 西南石油大学

(72) 发明人 吕志宇 李绪深 王国荣 方小宇  
钟林 刘清友 周守为 龚彦  
李清平 苟如意 唐洋 何玉发  
刘和兴 李炎军

(74) 专利代理机构 深圳市世纪恒程知识产权代  
理事务所 44287

专利代理师 胡拥军

(51) Int.Cl.  
E21B 21/08 (2006.01)  
E21B 47/00 (2012.01)  
E21B 47/06 (2012.01)

审查员 肖茵

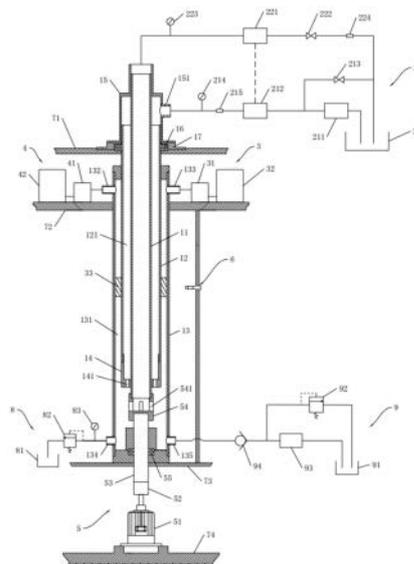
权利要求书3页 说明书13页 附图3页

## (54) 发明名称

一种双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置及测试方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置及测试方法,其中,该实验装置包括:井筒主体,井筒主体包括纵向设置的内管、外管和透明管,外管套设于内管上并形成第一空腔;透明管密封套设于外管上并形成与第一空腔、内管内腔相连通的第二空腔;透明管的表面设有标尺且其底部设有压力检测单元;钻井液供应控制系统,用于向井筒主体循环供应钻井液并控制钻井液的输入输出参数;隔离液供应装置,用于向第二空腔注入隔离液;上层流体供应装置,用于向第二空腔注入上层流体;双层管驱动装置,用于驱动内管与外管共同转动。该实验装置可测试不同的钻井液输入/输出参数对井底压力的调控效果的影响。



1. 一种双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置,其特征在于,包括:

井筒主体,所述井筒主体包括纵向设置的内管、外管以及纵向固定设置的透明管,所述外管套设于所述内管上,且所述外管的内壁与所述内管的外壁之间存在间隔并形成第一空腔;所述透明管密封套设于所述外管上,且所述透明管的内壁与所述外管的外壁之间存在间隔并形成第二空腔,所述第二空腔分别与所述第一空腔、所述内管的内腔相连通;所述透明管的外周表面上设有纵向布置的刻度线或标尺;

钻井液供应控制系统,所述钻井液供应控制系统包括钻井液泵送控制装置、泵送压力与流量检测模块、钻井液回流控制装置、回流压力与流量检测模块以及可用于存储钻井液的浆液池;其中,所述浆液池分别与所述第一空腔、所述内管的内腔相连通,所述钻井液泵送控制装置和所述泵送压力与流量检测模块串联连接在所述浆液池与所述第一空腔之间的通路上,所述钻井液回流控制装置和所述回流压力与流量检测模块串联连接在所述浆液池与所述内管的内腔之间的通路上;

隔离液供应装置,所述隔离液供应装置与所述第二空腔相连通,用于向所述第二空腔注入隔离液;

上层流体供应装置,所述上层流体供应装置与所述第二空腔相连通,用于向所述第二空腔注入上层流体;其中,所述上层流体的密度小于所述隔离液的密度,所述隔离液的密度小于所述钻井液的密度;

双层管驱动装置,所述双层管驱动装置与所述内管的下端或者所述外管的下端相连接,用于驱动所述内管与所述外管共同转动;所述双层管驱动装置包括驱动电机、联轴器,以及与所述内管同轴设置的传动轴和管道接头;所述驱动电机的输出轴通过所述联轴器与所述传动轴的一端相连接,所述传动轴的另一端穿过所述透明管的下端后与所述管道接头的一端相连接,所述管道接头的另一端与所述内管的下端相连接,且所述管道接头的内腔与所述内管的内腔相连通;所述管道接头的外周表面上开设有若干个开孔,所述第二空腔通过若干个所述开孔与所述管道接头的内腔相连通;

压力检测单元,所述压力检测单元设置于所述透明管的底部上,用于检测所述第二空腔的底部压力。

2. 根据权利要求1所述的双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置,其特征在于,所述钻井液泵送控制装置包括钻井泵、涡轮电机和第一流量阀,所述泵送压力与流量检测模块包括第一压力表和第一流量计,所述钻井液回流控制装置包括举升泵和第二流量阀,所述回流压力与流量检测模块包括第二压力表和第二流量计;

所述钻井泵与所述第一流量阀相并联,且所述浆液池分别通过所述钻井泵、所述第一流量阀与所述涡轮电机的进液口相连通,所述涡轮电机的出液口依次经过所述第一流量计、所述第一压力表后与所述第一空腔的顶部相连通,所述涡轮电机的输出轴与所述举升泵的输入轴相连接;

所述内管的内腔顶部依次经过所述第二压力表、所述举升泵、所述第二流量阀、所述第二流量计后与所述浆液池相连通。

3. 根据权利要求1所述的双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置,其特征在于,所述隔离液供应装置包括第一压力泵和存储有所述隔离液的第一存储箱,所述第一压力泵的进液口与所述第一存储箱相连通,所述第一压力泵的出液口与所述第二空腔的顶部相连通;

且/或,所述上层流体供应装置包括第二压力泵和存储有所述上层流体的第二存储箱,所述第二压力泵的入口与所述第二存储箱相连通,所述第二压力泵的出口与所述第二空腔的顶部相连通。

4. 根据权利要求1所述的双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置,其特征在于,所述井筒主体还包括与所述内管同轴设置的内外管接头,所述内外管接头的上端与所述外管的下端相配合,所述内外管接头的下端套设于所述内管上,且所述内外管接头的内腔与所述第一空腔相连通,所述内外管接头的表面上开设有若干个通孔,所述第二空腔通过若干个所述通孔与所述内外管接头的内腔相连通;

且/或,所述井筒主体还包括与所述内管同轴设置的内外管端盖,所述内外管端盖具有同轴设置的第一管道部和第二管道部,所述第一管道部套设于所述内管的上端且所述第一管道部的内腔与所述内管的内腔相连通,所述第二管道部套设于所述外管的上端且所述第二管道部的内腔与所述第一空腔相连通,所述第二管道部的外周表面上设置有第一接头,所述第一接头的一端与所述第二管道部的内腔相连通,所述第一接头的另一端与所述浆液池相连通,所述第一管道部的内腔与所述浆液池相连通;

且/或,所述双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置还包括支架,所述支架具有由上至下依次间隔设置的第一支撑台、第二支撑台、第三支撑台和第四支撑台,所述双层管驱动装置至少部分安装于所述第四支撑台上,所述透明管的下端放置于所述第三支撑台上,所述透明管的上端穿过所述第二支撑台并与所述第二支撑台相固定,所述外管的上端穿过所述第一支撑台并与所述第一支撑台转动配合。

5. 根据权利要求4所述的双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置,其特征在于,所述双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置还包括:

隔离液位置监测系统,所述隔离液位置监测系统朝向所述透明管的外周表面设置,用于当所述第二空腔内注入有隔离液时,监测所述隔离液的位置变化;

所述隔离液供应装置、所述上层流体供应装置均位于所述第二支撑台上;所述隔离液位置监测系统位于所述第二支撑台与所述第三支撑台之间。

6. 根据权利要求5所述的双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置,其特征在于,所述隔离液位置监测系统包括摄像机和升降机构,所述摄像机安装于所述升降机构上并朝向所述透明管的外周表面设置;所述升降机构用于对所述摄像机进行升降,以监测所述隔离液的位置变化。

7. 根据权利要求6所述的双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置,其特征在于,所述升降机构包括齿轮齿条升降装置、滚珠丝杆升降装置中的任意一种;其中,

所述齿轮齿条升降装置包括纵向设置的第一导轨、滑动配合于所述第一导轨上的第一滑块、安装于所述第一滑块上的第一电机以及套设于所述第一电机的输出轴上的齿轮,所述第一导轨背向所述第一滑块的一侧上固定有纵向设置的齿条,所述齿条与所述齿轮相啮合,所述摄像机安装于所述第一滑块上,且所述摄像机与所述第一电机信号连接;

所述滚珠丝杆升降装置包括第二电机、纵向设置的丝杆、纵向设置的第二导轨以及螺纹套设于所述丝杆上的第二滑块,所述第二滑块与所述第二导轨滑动配合,所述摄像机安装于所述第二滑块上,且所述摄像机与所述第二电机信号连接。

8. 根据权利要求1至7中任一项所述的双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置,其特

征在于,所述双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置还包括:

井漏工况模拟系统,所述井漏工况模拟系统包括第三压力表、第一溢流阀以及可用于收容所述钻井液的井漏罐,所述第二空腔的底部依次经过所述第三压力表、所述第一溢流阀后与所述井漏罐相连通;

且/或,

溢流工况模拟系统,所述溢流工况模拟系统包括单向阀、第二溢流阀、溢流泵以及可用于存储所述钻井液的溢流罐,所述第二溢流阀与所述溢流泵相并联,且所述溢流罐分别通过所述第二溢流阀、所述溢流泵与所述单向阀的进液口相连通,所述单向阀的出液口与所述第二空腔的底部相连通。

9. 一种如权利要求1至8中任一项所述的双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置的测试方法,其特征在于,所述测试方法包括以下步骤:

通过所述钻井液泵送控制装置将所述浆液池中的钻井液泵送至所述第一空腔中,直至所述第一空腔、所述第二空腔和所述内管的内腔均充满所述钻井液时,关闭所述钻井液泵送控制装置;

通过所述隔离液供应装置向填充有所述钻井液的所述第二空腔中注入定量的隔离液,注入完成后,关闭所述隔离液供应装置;

通过所述上层流体供应装置向填充有所述钻井液和所述隔离液的所述第二空腔中注入定量的上层流体,直至将所述隔离液的位置调节到指定位置时,关闭所述上层流体供应装置;

分别开启所述钻井液泵送控制装置、所述钻井液回流控制装置和所述双层管驱动装置;

调节所述钻井液泵送控制装置和/或所述钻井液回流控制装置,以改变泵送至所述井筒主体内的所述钻井液的泵送流量和/或回流至所述浆液池的所述钻井液的回流流量;

在所述泵送流量和/或所述回流流量发生改变的情况下,通过隔离液位置监测系统监测并记录所述隔离液的位置偏移量、通过所述泵送压力与流量检测模块记录所述钻井液的泵送压力和所述泵送流量,以及通过所述回流压力与流量检测模块记录所述钻井液的回流压力和所述回流流量。

## 一种双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置及测试方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于石油与天然气工程技术领域,具体涉及一种双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置及测试方法。

### 背景技术

[0002] 随着我国经济社会的高速发展,油气的需求逐年增加,供需矛盾也日益突出,因此寻找新的油气资源是国家重要战略需求,除页岩气等非常规资源外,开发深水油气资源是保障国家能源安全的迫切需要,也是缓解目前供需矛盾的重大举措。

[0003] 在深水油气开采领域,如何解决深水钻井中所存在的安全密度窗口狭窄、井控难度大等问题,一直是本领域技术人员的研究课题,例如,针对深水油气开发安全钻井的窄密度窗口和高风险问题,相关技术人员提出了一种基于双层管的双梯度钻井方案:采用双层管,增加井下举升泵将钻井液从双层管内举升至水面,泥线上下环空形成双梯度静液柱,基于泥线井口隔离液压力变化,通过调控泵入钻井液和井下举升泵泵出钻井液的流量以及井下举升泵扬程和排量,实现泥线环空井底压力的调控,以降低地层漏失。其中,井底压力的调控是保证此类钻井系统(即双层管双梯度钻井系统)钻井安全的关键因素,而泵入钻井液和井下举升泵泵出钻井液的流量的调控优化对井底压力的调控效果起到了至为重要的作用,但是现场开展大规模试验来优化钻井液的输入/输出参数是不现实的,因此开展双层管双梯度钻井压力调控的物理模拟试验就显得尤为重要了。

[0004] 然而,现有技术中缺少相关研究所需的试验设备,研究的开展受到限制。

### 发明内容

[0005] 为了克服现有技术的上述缺点,本发明的目的在于提供一种双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置,旨在为开展双层管双梯度钻井压力调控的物理模拟试验提供设备支撑,以测试不同的钻井液输入/输出参数对井底压力的调控效果的影响。

[0006] 本发明为达到其目的,所采用的技术方案如下:

[0007] 一种双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置,该双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置包括:

[0008] 井筒主体,所述井筒主体包括纵向设置的内管、外管以及纵向固定设置的透明管,所述外管套设于所述内管上,且所述外管的内壁与所述内管的外壁之间存在间隔并形成第一空腔;所述透明管密封套设于所述外管上,且所述透明管的内壁与所述外管的外壁之间存在间隔并形成第二空腔,所述第二空腔分别与所述第一空腔、所述内管的内腔相连通;所述透明管的外周表面上设有纵向布置的刻度线或标尺;

[0009] 钻井液供应控制系统,所述钻井液供应控制系统包括钻井液泵送控制装置、泵送压力与流量检测模块、钻井液回流控制装置、回流压力与流量检测模块以及可用于存储钻井液的浆液池;其中,所述浆液池分别与所述第一空腔、所述内管的内腔相连通,所述钻井液泵送控制装置和所述泵送压力与流量检测模块串联连接在所述浆液池与所述第一空腔

之间的通路上,所述钻井液回流控制装置和所述回流压力与流量检测模块串联连接在所述浆液池与所述内管的内腔之间的通路上;

[0010] 隔离液供应装置,所述隔离液供应装置与所述第二空腔相连通,用于向所述第二空腔注入隔离液;

[0011] 上层流体供应装置,所述上层流体供应装置与所述第二空腔相连通,用于向所述第二空腔注入上层流体;其中,所述上层流体的密度小于所述隔离液的密度,所述隔离液的密度小于所述钻井液的密度;

[0012] 双层管驱动装置,所述双层管驱动装置与所述内管的下端或者所述外管的下端相连接,用于驱动所述内管与所述外管共同转动;

[0013] 压力检测单元,所述压力检测单元设置于所述透明管的底部上,用于检测所述第二空腔的底部压力。

[0014] 进一步地,所述钻井液泵送控制装置包括钻井泵、涡轮电机和第一流量阀,所述泵送压力与流量检测模块包括第一压力表和第一流量计,所述钻井液回流控制装置包括举升泵和第二流量阀,所述回流压力与流量检测模块包括第二压力表和第二流量计;

[0015] 所述钻井泵与所述第一流量阀相并联,且所述浆液池分别通过所述钻井泵、所述第一流量阀与所述涡轮电机的进液口相连通,所述涡轮电机的出液口依次经过所述第一流量计、所述第一压力表后与所述第一空腔的顶部相连通,所述涡轮电机的输出轴与所述举升泵的输入轴相连接;

[0016] 所述内管的内腔顶部依次经过所述第二压力表、所述举升泵、所述第二流量阀、所述第二流量计后与所述浆液池相连通。

[0017] 进一步地,所述隔离液供应装置包括第一压力泵和存储有所述隔离液的第一存储箱,所述第一压力泵的进液口与所述第一存储箱相连通,所述第一压力泵的出液口与所述第二空腔的顶部相连通。

[0018] 进一步地,所述上层流体供应装置包括第二压力泵和存储有所述上层流体的第二存储箱,所述第二压力泵的入口与所述第二存储箱相连通,所述第二压力泵的出口与所述第二空腔的顶部相连通。

[0019] 进一步地,所述双层管驱动装置包括驱动电机、联轴器,以及与所述内管同轴设置的传动轴和管道接头;所述驱动电机的输出轴通过所述联轴器与所述传动轴的一端相连接,所述传动轴的另一端穿过所述透明管的下端后与所述管道接头的一端相连接,所述管道接头的另一端与所述内管的下端相连接,且所述管道接头的内腔与所述内管的内腔相连通;所述管道接头的外周表面上开设有若干个开孔,所述第二空腔通过若干个所述开孔与所述管道接头的内腔相连通。

[0020] 进一步地,所述双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置还包括:

[0021] 隔离液位置监测系统,所述隔离液位置监测系统朝向所述透明管的外周表面设置,用于当所述第二空腔内注入有隔离液时,监测所述隔离液的位置变化。

[0022] 进一步地,所述隔离液位置监测系统包括摄像机和升降机构,所述摄像机安装于所述升降机构上并朝向所述透明管的外周表面设置;所述升降机构用于对所述摄像机进行升降,以监测所述隔离液的位置变化。

[0023] 进一步地,所述升降机构包括齿轮齿条升降装置、滚珠丝杆升降装置中的任意一

种;其中,

[0024] 所述齿轮齿条升降装置包括纵向设置的第一导轨、滑动配合于所述第一导轨上的第一滑块、安装于所述第一滑块上的第一电机以及套设于所述第一电机的输出轴上的齿轮,所述第一导轨背向所述第一滑块的一侧上固定有纵向设置的齿条,所述齿条与所述齿轮相啮合,所述摄像机安装于所述第一滑块上,且所述摄像机与所述第一电机信号连接;

[0025] 所述滚珠丝杆升降装置包括第二电机、纵向设置的丝杆、纵向设置的第二导轨以及螺纹套设于所述丝杆上的第二滑块,所述第二滑块与所述第二导轨滑动配合,所述摄像机安装于所述第二滑块上,且所述摄像机与所述第二电机信号连接。

[0026] 进一步地,所述井筒主体还包括与所述内管同轴设置的内外管接头,所述内外管接头的上端与所述外管的下端相配合,所述内外管接头的下端套设于所述内管上,且所述内外管接头的内腔与所述第一空腔相连通,所述内外管接头的表面上开设有若干个通孔,所述第二空腔通过若干个所述通孔与所述内外管接头的内腔相连通。

[0027] 进一步地,所述井筒主体还包括与所述内管同轴设置的内外管端盖,所述内外管端盖具有同轴设置的第一管道部和第二管道部,所述第一管道部套设于所述内管的上端且所述第一管道部的内腔与所述内管的内腔相连通,所述第二管道部套设于所述外管的上端且所述第二管道部的内腔与所述第一空腔相连通,所述第二管道部的外周表面上设置有第一接头,所述第一接头的一端与所述第二管道部的内腔相连通,所述第一接头的另一端与所述浆液池相连通,所述第一管道部的内腔与所述浆液池相连通。

[0028] 进一步地,所述双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置还包括支架,所述支架具有由上至下依次间隔设置的第一支撑台、第二支撑台、第三支撑台和第四支撑台,所述双层管驱动装置至少部分安装于所述第四支撑台上,所述透明管的下端放置于所述第三支撑台上,所述透明管的上端穿过所述第二支撑台并与所述第二支撑台相固定,所述外管的上端穿过所述第一支撑台并与所述第一支撑台转动配合,所述隔离液供应装置、所述上层流体供应装置均位于所述第二支撑台上,所述隔离液位置监测系统位于所述第二支撑台与所述第三支撑台之间。

[0029] 进一步地,所述双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置还包括:

[0030] 井漏工况模拟系统,所述井漏工况模拟系统包括第三压力表、第一溢流阀以及可用于收容所述钻井液的井漏罐,所述第二空腔的底部依次经过所述第三压力表、所述第一溢流阀后与所述井漏罐相连通。

[0031] 进一步地,所述双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置还包括:

[0032] 溢流工况模拟系统,所述溢流工况模拟系统包括单向阀、第二溢流阀、溢流泵以及可用于存储所述钻井液的溢流罐,所述第二溢流阀与所述溢流泵相并联,且所述溢流罐分别通过所述第二溢流阀、所述溢流泵与所述单向阀的进液口相连通,所述单向阀的出液口与所述第二空腔的底部相连通。

[0033] 对应地,本发明还提出一种前述的双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置的测试方法,该测试方法包括以下步骤:

[0034] 通过所述钻井液泵送控制装置将所述浆液池中的钻井液泵送至所述第一空腔中,直至所述第一空腔、所述第二空腔和所述内管的内腔均充满所述钻井液时,关闭所述钻井液泵送控制装置;

[0035] 通过所述隔离液供应装置向填充有所述钻井液的所述第二空腔中注入定量的隔离液,注入完成后,关闭所述隔离液供应装置;

[0036] 通过所述上层流体供应装置向填充有所述钻井液和所述隔离液的所述第二空腔中注入定量的上层流体,直至将所述隔离液的位置调节到指定位置时,关闭所述上层流体供应装置,其中,所述隔离液位置监测系统朝向所述隔离液设置;

[0037] 分别开启所述钻井液泵送控制装置、所述钻井液回流控制装置和所述双层管驱动装置;

[0038] 调节所述钻井液泵送控制装置和/或所述钻井液回流控制装置,以改变泵送至所述井筒主体内的所述钻井液的泵送流量和/或回流至所述浆液池的所述钻井液的回流流量;

[0039] 在所述泵送流量和/或所述回流流量发生改变的状况下,通过所述隔离液位置监测系统监测并记录所述隔离液的位置偏移量、通过所述泵送压力与流量检测模块记录所述钻井液的泵送压力和所述泵送流量,以及通过所述回流压力与流量检测模块记录所述钻井液的回流压力和所述回流流量。

[0040] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0041] 本发明提出的双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置,通过设置钻井液供应控制系统用以向井筒主体循环供应钻井液、设置隔离液供应装置用以向井筒主体提供实验所需的隔离液、设置上层液体供应装置用以向井筒主体提供实验所需的上层流体以及设置双层管驱动装置用以驱动双层管旋转,如此,可以真实地模拟双层管双梯度钻井系统的钻井过程;同时在进行模拟实验的过程中,可以根据实验需求,通过改变钻井液泵送控制装置的泵入压力、泵入流量等钻井液输入参数,和/或改变钻井液回流控制装置的回流压力和回流流量等钻井液输出参数,来实现对隔离液位置和井底压力的调控,而且在隔离液位置和井底压力进行调控的过程中,可通过泵送压力与流量检测模块获取钻井液的泵入压力、泵入流量等输入参数,通过回流压力与流量检测模块获取钻井液的回流压力、回流流量等输出参数,通过位于透明管底部的压力检测单元获取调控后的井底压力,以及通过透明管上的刻度线或标尺获取隔离液的位置变化,从而可测试出不同的钻井液输入/输出参数对井底压力的调控效果的影响,以及钻井液输入/输出参数、井底压力和隔离液位置变化这三方面之间的对应关系。如此,不仅可为开展双层管双梯度钻井压力调控的物理模拟试验提供设备支撑,而且可为实际的双层管双梯度钻井压力调控现场提供科学的实验数据,提高钻井的安全性。

## 附图说明

[0042] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图示出的结构获得其他的附图。

[0043] 图1为本发明一实施例中双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置的结构示意图;

[0044] 图2为本发明一实施例中隔离液位置监测系统的结构原理图;

[0045] 图3为本发明另一实施例中隔离液位置监测系统的结构原理图。

[0046] 附图标记说明：

[0047] 11-内管,12-外管,121-第一空腔,13-透明管,131-第二空腔,132-第二接头,133-第三接头,134-第四接头,135-第五接头,14-内外管接头,141-通孔,15-内外管端盖,151-第一接头,16-第一轴承,17-第一轴承端盖；

[0048] 2-钻井液供应控制系统,211-钻井泵,212-涡轮电机,213-第一流量阀,214-第一压力表,215-第一流量计,221-举升泵,222-第二流量阀,223-第二压力表,224-第二流量计,23-浆液池；

[0049] 3-隔离液供应装置,31-第一压力泵,32-第一存储箱,33-隔离液；

[0050] 4-上层流体供应装置,41-第二压力泵,42-第二存储箱；

[0051] 5-双层管驱动装置,51-驱动电机,52-联轴器,53-传动轴,54-管道接头,541-开孔,55-第二轴承；

[0052] 6-隔离液位置监测系统,61-摄像机,621-第一导轨,622-第一滑块,623-第一电机,624-齿轮,625-齿条；626-第二电机,627-丝杆,628-第二滑块,629-第二导轨；

[0053] 71-第一支撑台,72-第二支撑台,73-第三支撑台,74-第四支撑台；

[0054] 8-井漏工况模拟系统,81-井漏罐,82-第一溢流阀,83-第三压力表；

[0055] 9-溢流工况模拟系统,91-溢流罐,92-第二溢流阀,93-溢流泵,94-单向阀。

[0056] 本发明目的的实现、功能特点及优点将结合实施例,参照附图做进一步说明。

## 具体实施方式

[0057] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0058] 参照图1,本发明一实施例提供一种双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置,该双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置包括：

[0059] 井筒主体,井筒主体包括纵向设置的内管11、外管12以及纵向固定设置的透明管13,外管12套设于内管11上,且外管12的内壁与内管11的外壁之间存在间隔并形成第一空腔121；透明管13密封套设于外管12上(具体地,透明管13的上下两端可通过“端盖+环形密封圈”的方式实现密封,其中,透明管13上端处的端盖与外管12之间可通过环形密封圈等方式进行密封),且透明管13的内壁与外管12的外壁之间存在间隔并形成第二空腔131,第二空腔131分别与第一空腔121、内管11的内腔相连通；透明管13的外周表面上设有纵向布置的刻度线或标尺；

[0060] 钻井液供应控制系统2,钻井液供应控制系统2包括钻井液泵送控制装置、泵送压力与流量检测模块、钻井液回流控制装置、回流压力与流量检测模块以及可用于存储钻井液的浆液池23；其中,浆液池23分别与第一空腔121、内管11的内腔相连通,钻井液泵送控制装置和泵送压力与流量检测模块串联连接在浆液池23与第一空腔121之间的通路上,钻井液回流控制装置和回流压力与流量检测模块串联连接在浆液池23与内管11的内腔之间的通路上；

[0061] 隔离液供应装置33,隔离液供应装置33与第二空腔131相连通,用于向第二空腔131注入隔离液33;

[0062] 上层流体供应装置4,上层流体供应装置4与第二空腔131相连通,用于向第二空腔131注入上层流体;其中,上层流体的密度小于隔离液33的密度,隔离液33的密度小于钻井液的密度;

[0063] 双层管驱动装置5,双层管驱动装置5与内管11的下端或者外管12的下端相连接,用于驱动内管11与外管12共同转动;

[0064] 压力检测单元,压力检测单元设置于透明管13的底部上,用于检测第二空腔131的底部压力(相当于实际钻井现场的井底压力)。

[0065] 在本实施例中,需要说明的是,浆液池23与第一空腔121之间以及浆液池23与内管11的内腔之间可通过管道等方式实现连通,上述隔离液33为石油领域通用的材料,其具体组分已为本领域所公知,此处不再赘述。此外,上述上层流体可以是空气、水等流体,只要密度比隔离液33低即可,本实施例对此不作具体的限定。

[0066] 本实施例的双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置在进行模拟实验时,可通过纯人工操作的方式进行,也可以通过搭配计算机系统来实现半自动化或全自动化控制的方式进行,本实施例对此不作具体的限定,为方便理解和说明,本实施例以纯人工操作的方式进行模拟实验为例阐述该实验装置的使用原理,具体如下:

[0067] 模拟实验正式开始前,启动井液泵送控制装置,将浆液池23中的钻井液泵送到井筒主体中,当第二空腔131中的钻井液高度达到所需高度(例如处于透明管13的中部位置)时,关闭井液泵送控制装置;接着通过隔离液供应装置33向填充有部分钻井液的第二空腔131中注入定量(具体的量可根据实验需求灵活选定)的隔离液33,注入完成后关闭隔离液供应装置33;紧接着通过上层流体供应装置4向填充有隔离液33的第二空腔131中注入上层流体,直至隔离液33上方充满上层流体后关闭上层流体供应装置4;然后再次启动井液泵送控制装置,直至钻井液充满第一空腔121、第二空腔131和内管11的内腔均充满钻井液时,关闭井液泵送控制装置;此时,可通过透明管13上的刻度线或标尺记录隔离液33的初始位置。

[0068] 前期准备工作完成后,正式开始模拟实验:

[0069] (1) 分别启动井液泵送控制装置、井液回流控制装置和双层管驱动装置5,使得一边向井筒主体内泵入钻井液,一边从井筒主体内抽出钻井液,同时驱动内管11和外管12同时旋转,如此,可以真实地模拟双层管双梯度钻井系统的钻井过程,此时,可记录下隔离液33的当前液位位置、压力检测单元所检测到的井底压力参数、泵送压力与流量检测模块所检测到的泵入到井筒内的钻井液的泵入压力和泵入流量,以及回流压力与流量检测模块所检测到的从井筒内抽出的钻井液的回流压力和回流流量。

[0070] (2) 保持钻井液的回流压力和回流流量不变,同时对井液泵送控制装置进行调节,以改变钻井液的泵入压力和泵入流量(具体地,可将钻井液的泵入压力和泵入流量调大或调小至所需数值),然后再次记录下隔离液33的当前液位位置、压力检测单元所检测到的井底压力参数、泵送压力与流量检测模块所检测到的泵入到井筒内的钻井液的泵入压力和泵入流量,以及回流压力与流量检测模块所检测到的从井筒内抽出的钻井液的回流压力和回流流量。

[0071] (3) 保持钻井液的泵入压力和泵入流量不变,同时对井液回流控制装置进行调节,

以改变钻井液的回流压力和回流流量(具体地,可将钻井液的回流压力和回流流量调大或调小至所需数值),然后再次记录下隔离液33的当前液位位置、压力检测单元所检测到的井底压力参数、泵送压力与流量检测模块所检测到的泵入到井筒内的钻井液的泵入压力和泵入流量,以及回流压力与流量检测模块所检测到的从井筒内抽出的钻井液的回流压力和回流流量。

[0072] (4)同时对井液泵送控制装置和井液回流控制装置进行调节,以改变(调大或调小)钻井液的泵入压力、泵入流量、回流压力和回流流量,然后再次记录下隔离液33的当前液位位置、压力检测单元所检测到的井底压力参数、泵送压力与流量检测模块所检测到的泵入到井筒内的钻井液的泵入压力和泵入流量,以及回流压力与流量检测模块所检测到的从井筒内抽出的钻井液的回流压力和回流流量。

[0073] 由此可见,本实施例提供的双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置,通过设置钻井液供应控制系统2用以向井筒主体循环供应钻井液、设置隔离液供应装置33用以向井筒主体提供实验所需的隔离液33、设置上层液体供应装置用以向井筒主体提供实验所需的上层流体以及设置双层管驱动装置5用以驱动双层管旋转,如此,可以真实地模拟双层管双梯度钻井系统的钻井过程;同时在进行模拟实验的过程中,可以根据实验需求,通过改变钻井液泵送控制装置的泵入压力、泵入流量等钻井液输入参数,和/或改变钻井液回流控制装置的回流压力和回流流量等钻井液输出参数,来实现对隔离液33位置和井底压力的调控,而且在对隔离液33位置和井底压力进行调控的过程中,可通过泵送压力与流量检测模块获取钻井液的泵入压力、泵入流量等输入参数,通过回流压力与流量检测模块获取钻井液的回流压力、回流流量等输出参数,通过位于透明管13底部的压力检测单元获取调控后的井底压力,以及通过透明管13上的刻度线或标尺获取隔离液33的位置变化,从而可测试出不同的钻井液输入/输出参数对井底压力的调控效果的影响,以及钻井液输入/输出参数、井底压力和隔离液33位置变化这三方面之间的对应关系。如此,不仅可为开展双层管双梯度钻井压力调控的物理模拟试验提供设备支撑,而且可为实际的双层管双梯度钻井压力调控现场提供科学的实验数据,提高钻井的安全性。

[0074] 进一步地,参照图1,在一个示例性的实施例中,钻井液泵送控制装置包括钻井泵211、涡轮电机212和第一流量阀213(用以同步调节钻井液的泵入压力和泵入流量),泵送压力与流量检测模块包括第一压力表214(用以测量钻井液的泵入压力)和第一流量计215(用以测量钻井液的泵入流量),钻井液回流控制装置包括举升泵221和第二流量阀222(用以同步调节钻井液的回流压力和回流流量),回流压力与流量检测模块包括第二压力表223(用以测量钻井液的回流压力)和第二流量计224(用以测量钻井液的回流流量);钻井泵211与第一流量阀213相并联,且浆液池23分别通过钻井泵211、第一流量阀213与涡轮电机212的进液口相连通,涡轮电机212的出液口依次经过第一流量计215、第一压力表214后与第一空腔121的顶部相连通,涡轮电机212的输出轴与举升泵221的输入轴相连接;内管11的内腔顶部依次经过第二压力表223、举升泵221、第二流量阀222、第二流量计224后与浆液池23相连通。

[0075] 在本实施例中,该钻井液供应控制系统2的工作原理如下:

[0076] 钻井泵211启动后,钻井泵211将钻井液从浆液池23中泵入到涡轮电机212中,其中,利用第一流量阀213可旁路调节泵入涡轮电机212中的钻井液流量;涡轮电机212在泵入

流量的驱动下转动,进而同步驱动举升泵221转动,其中,利用第二流量阀222可调节回流至浆液池23的钻井液流量;如此,使得钻井泵211、涡轮电机212和举升泵221可实现同步运转,最终使得一方面浆液池23中的钻井液可先后经过钻井泵211、涡轮电机212、第一流量计215和第一压力表214后被泵入到第一空腔121中,另一方面内管11内腔中的钻井液可先后经过第二压力表223、举升泵221、第二流量阀222和第二流量计224后被抽回浆液池23中,从而实现钻井液的循环供应。

[0077] 由此可见,本实施例的钻井液供应控制系统2基于上述结构设计,不仅可控制钻井液的循环供应,而且钻井泵211、涡轮电机212和举升泵221可实现同步运转,从而有利于提高了设备操作的便利性以及钻井液循环供应的连续性。

[0078] 进一步地,参照图1,在一个示例性的实施例中,隔离液供应装置33包括第一压力泵31和存储有隔离液33的第一存储箱32,第一压力泵31的进液口与第一存储箱32相连通(如通过管道进行连通),第一压力泵31的出液口与第二空腔131的顶部相连通(如通过管道进行连通)。图示性地,透明管13的顶部设有与第二空腔131相连通的第二接头132,如此,可便于通过管道的方式将第一压力泵31的出液口与第二空腔131的顶部进行连通。

[0079] 在本实施例中,基于上述结构设计,使得在进行实验的前期准备工作时,不仅可通过第一压力泵31将存储在第一存储箱32中的隔离液33注入到第二空腔131中,而且在一些使用场景中,即便第二空腔131中充满了钻井液,也可以通过第一压力泵31的压力作用将隔离液33注入到第二空腔131中(此时,位于内管11内腔顶部的部分钻井液会被挤出来),如此在后续往第二空腔131中注入上层流体时可便于调节隔离液33在第二空腔131中的初始位置。此处需要说明的是,在一些具体的应用场景中,还可以在第二空腔131的出液口与第二空腔131的顶部之间的通路上增设流量计用以实现隔离液33的定量注入;此外,在另一些使用场景中,亦可去掉第一压力泵31而改用开关阀来控制隔离液33的注入(即,在第一压力泵31的出液口与第二空腔131的顶部之间的通路上设置开关阀,打开开关阀后,通过重力作用将第一存储箱32中的隔离液33注入到填充有部分钻井液的第二空腔131中),此处不再赘述。

[0080] 进一步地,参照图1,在一个示例性的实施例中,上层流体供应装置4包括第二压力泵41和存储有上层流体的第二存储箱42,第二压力泵41的入口与第二存储箱42相连通(如通过管道进行连通),第二压力泵41的出口与第二空腔131的顶部相连通(如通过管道进行连通)。图示性地,透明管13的顶部设有与第二空腔131相连通的第三接头133,如此,可便于通过管道的方式将第二压力泵41的出液口与第二空腔131的顶部进行连通。

[0081] 在本实施例中,基于上述结构设计,使得在进行实验的前期准备工作时,不仅可通过第二压力泵41将存储在第二存储箱42中的上层流体(例如水)注入到第二空腔131中,而且在一些使用场景中,即便第二空腔131中充满了钻井液,也可以通过第二压力泵41的压力作用将上层流体注入到第二空腔131中(此时,位于内管11内腔顶部的部分钻井液会被挤出来),如此可便于调节隔离液33在第二空腔131中的初始位置(例如将隔离液33调节至透明管13的中部位置)。此处需要说明的是,在一些具体的应用场景中,还可以在第二空腔131的出液口与第二空腔131的顶部之间的通路上增设流量计用以实现上层流体的定量注入;此外,在另一些使用场景中,亦可去掉第二压力泵41而改用开关阀来控制上层流体的注入(即,在第二压力泵41的出液口与第二空腔131的顶部之间的通路上设置开关阀,打开开关

阀后,通过重力作用将第二存储箱42中的上层流体注入到填充有部分钻井液和隔离液33的第二空腔131中),此处不再赘述。

[0082] 进一步地,参照图1,在一个示例性的实施例中,双层管驱动装置5包括驱动电机51、联轴器52,以及与内管11同轴设置的传动轴53和管道接头54;驱动电机51的输出轴通过联轴器52与传动轴53的一端相连接,传动轴53的另一端穿过透明管13的下端后与管道接头54的一端相连接(具体地,管道接头54的一端与传动轴53的另一端之间可通过螺纹配合等方式实现连接),管道接头54的另一端与内管11的下端相连接(具体地,管道接头54的另一端与内管11的下端之间可通过螺纹配合等方式实现连接),且管道接头54的内腔与内管11的内腔相通;管道接头54的外周表面上开设有若干个开孔541,第二空腔131通过若干个开孔541与管道接头54的内腔相通。

[0083] 在本实施例中,基于上述结构设计,不仅可通过电机驱动内管11和外管12同时转动,用以模拟实际现场中钻头钻井的过程,而且通过设计专门的管道接头54,不仅可起到部件之间的连接作用,而且可巧妙地将第二空腔131与内管11的内腔进行导通,使得在举升泵221的作用下,第二空腔131中的钻井液可流进内管11的内腔中,以实现钻井液的回流。其中,在具体实施时,为提高传动的稳定性,可在传动轴53上套设第二轴承55,图示性地,第二轴承55安装于透明管13下端处的端盖(图中未标示出)上并通过第二轴承55端盖(图中未标示出)进行遮盖。

[0084] 进一步地,参照图1,在一个示例性的实施例中,双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置还包括:隔离液位置监测系统6,隔离液位置监测系统6朝向透明管13的外周表面设置,用于当第二空腔131内注入有隔离液33时,监测隔离液33的位置变化。

[0085] 在本实施例中,基于上述结构设计,通过设置隔离液位置监测系统6用以实时监测并记录实验过程中隔离液33的液位变化,可替代人工观察和记录的方式,从而可有效提高实验操作的便利性和时效性。

[0086] 进一步地,参照图1,在一个示例性的实施例中,隔离液位置监测系统6包括摄像机61和升降机构,摄像机61安装于升降机构上并朝向透明管13的外周表面设置;升降机构用于对摄像机61进行升降,以监测隔离液33的位置变化。

[0087] 在本实施例中,具体地,在进行实验的前期准备工作时,可将摄像机61朝向隔离液33的所在位置设置,在进行模拟实验的过程中,当井底压力升高(或降低)某个压力值时,隔离液33在压力作用下会向上(或向下)移动一定的距离,当摄像机61监测到隔离液33的位置发生移动时,升降机构驱动摄像机61同步上升,从而实现对隔离液33的位置跟踪,此外,在摄像机61对隔离液33的位置进行同步追踪的过程中,摄像机61通过实时对隔离液33的位置进行拍照和/或录像(在一些具体的应用场景中,摄像机61所采集到的图像信息和/或视频信息可上传至计算机系统中进行展示和/或保存),从而可记录实验过程中隔离液33的液位变化,如此,通过一边对隔离液33的位置进行跟踪,一边对隔离液33的位置进行记录,从而实现对隔离液33的位置变化的实时监测,有效提高了实验操作的便利性和时效性。此处需要说明的是,在一些应用场景中,升降机构的控制可通过计算机系统来实现,在另一些应用场景中,也可以通过摄像机61中的控制芯片来实现(具体地,当摄像机61监测到隔离液33的位置发生移动时,摄像机61中的控制芯片会向升降机构发送相应的控制信号,以使升降机构驱动摄像机61上升或下降),本实施例对此不作具体的限制。此处需要说明的是,在本实

施例中,摄像机61实现移动追踪功能需要搭配软件来实现,由于摄像机61软件层面的移动跟踪技术已是本领域非常成熟的技术,因此此处不作赘述。

[0088] 进一步地,参照图1和图2,在一个示例性的实施例中,升降机构包括齿轮624齿条625升降装置,该齿轮624齿条625升降装置包括纵向设置的第一导轨621、滑动配合于第一导轨621上的第一滑块622、安装于第一滑块622上的第一电机623以及套设于第一电机623的输出轴上的齿轮624,第一导轨621背向第一滑块622的一侧上固定有纵向设置的齿条625,齿条625与齿轮624相啮合,摄像机61安装于第一滑块622上,且摄像机61与第一电机623信号连接(具体地,摄像机61与第一电机623之间可通过有线(如导线等)或无线(如蓝牙等)的方式实现信号连接)。

[0089] 在本实施例中,具体地,在一些应用场景中,当第一电机623接收到摄像机61发送的控制信号时,第一电机623驱动齿轮624进行转动,使得齿轮624与齿条625之间可发生相互作用,而由于齿条625是固定设置的,因此齿轮624施加于齿条625上的驱动力会反作用于齿轮624上,最终使得第一滑块622可沿着第一导轨621向上或向下滑动,进而使得安装于第一滑块622上的摄像机61可向上或向下移动,从而实现对隔离液33的位置追踪。

[0090] 进一步地,参照图1和图3,在另一个示例性的实施例中,升降机构包括滚珠丝杆627升降装置,该滚珠丝杆627升降装置包括第二电机626、纵向设置的丝杆627、纵向设置的第二导轨629以及螺纹套设于丝杆627上的第二滑块628,第二滑块628的表面与第二导轨629滑动配合,摄像机61安装于第二滑块628上,且摄像机61与第二电机626信号连接(具体地,摄像机61与第二电机626之间可通过有线(如导线等)或无线(如蓝牙等)的方式实现信号连接)。

[0091] 在本实施例中,具体地,在一些应用场景中,当第二电机626接收到摄像机61发送的控制信号时,第二电机626驱动丝杆627进行旋转,由于第二滑块628是通过螺纹配合的方式套设于丝杆627上的,因此在丝杆627进行旋转的过程中,丝杆627可驱动第二滑块628沿着第二导轨629向上或向下滑动,进而使得安装于第二滑块628上的摄像机61可向上或向下移动,从而实现对隔离液33的位置追踪。

[0092] 进一步地,参照图1,在一个示例性的实施例中,井筒主体还包括与内管11同轴设置的内外管接头14,内外管接头14的上端与外管12的下端相配合(具体地,内外管接头14的上端与外管12的下端螺纹配合),内外管接头14的下端套设于内管11上(具体地,内外管接头14的下端通过螺纹配合的方式套设于内管11上),且内外管接头14的内腔与第一空腔121相通,内外管接头14的表面上开设有若干个通孔141,第二空腔131通过若干个通孔141与内外管接头14的内腔相通。

[0093] 在本实施例中,基于上述结构设计,通过设置设计专门的内外管接头14,不仅可便于内管11与外管12之间的连接,而且可便于第一空腔121与第二空腔131之间的连通。

[0094] 进一步地,参照图1,在一个示例性的实施例中,井筒主体还包括与内管11同轴设置的内外管端盖15,内外管端盖15具有同轴设置的第一管道部和第二管道部,第一管道部套设于内管11的上端且第一管道部的内腔与内管11的内腔相通,第二管道部套设于外管12的上端且第二管道部的内腔与第一空腔121相通,第二管道部的外周表面上设置有第一接头151,第一接头151的一端与第二管道部的内腔相通,第一接头151的另一端与浆液池23相通(具体地,第一接头151的另一端与浆液池23之间可通过管道等方式进行连通),

第一管道部的内腔与浆液池23相连通。

[0095] 在本实施例中,基于上述结构设计,通过设置设计专门的内外管端盖15,可便于同时将浆液池23与第一空腔121、内管11的内腔进行连通。

[0096] 进一步地,参照图1,在一个示例性的实施例中,双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置还包括支架,支架具有由上至下依次间隔设置的第一支撑台71、第二支撑台72、第三支撑台73和第四支撑台74,双层管驱动装置5至少部分安装于第四支撑台74上(具体地,驱动电机51安装于第四支撑台74上),透明管13的下端放置于第三支撑台73上,透明管13的上端穿过第二支撑台72并与第二支撑台72相固定,外管12的上端穿过第一支撑台71并与第一支撑台71转动配合(具体地,外管12的顶部设置有环形轴肩(图中未标示出)以及套设有第一轴承16,第一支撑台71上设置有可容纳第一轴承16的凹槽,其中,第一轴承16位于凹槽与环形轴肩之间,内外管端盖15与环形轴肩之间安装有用于对环形轴肩和第一轴承16进行遮盖的第一轴承端盖17),隔离液供应装置33、上层流体供应装置4均位于第二支撑台72上,隔离液位置监测系统6位于第二支撑台72与第三支撑台73之间。

[0097] 在本实施例中,基于上述结构设计,通过设置具有多个支撑台的支架,可为相关零部件的安装提供支撑载体,有利于提高零部件组装的便利性。

[0098] 进一步地,参照图1,在一个示例性的实施例中,双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置还包括:井漏工况模拟系统8,井漏工况模拟系统8包括第三压力表83、第一溢流阀82以及可用于收容钻井液的井漏罐81,第二空腔131的底部依次经过第三压力表83、第一溢流阀82后与井漏罐81相连通。其中,在具体实施时,第三压力表83可作为上述压力检测单元,用以检测第二空腔131的底部压力;透明管13的底部上设置有第四接头134,以便于通过管道的方式将第二空腔131的底部与井漏罐81之间进行连通。

[0099] 在本实施例中,具体地,当井底压力超出第一溢流阀82的预定压力阈值,第一溢流阀82打开,透明管13底部的钻井液流出至井漏罐81中,从而可模拟井漏工况对隔离液33波动及井底压力的影响,进而通过调节钻井液的输入/输出参数,并记录调节后的井底压力值和隔离液33的位置变化,如此,可研究出在井漏工况下钻井液的输入/输出参数对井底压力和隔离液33位置的调控能力,即,通过实验可获取消除井漏现象的相关调节参数(相关调节参数包括钻井液的泵入压力、泵入流量、回流压力和回流流量),从而可为实际的现场作业提供科学的数据指导,以便现场发生井漏现象时,可及时对井底压力进行调控,避免安全事故的发生。

[0100] 进一步地,参照图1,在一个示例性的实施例中,双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置还包括:溢流工况模拟系统9,溢流工况模拟系统9包括单向阀94、第二溢流阀92、溢流泵93以及可用于存储钻井液的溢流罐91,第二溢流阀92与溢流泵93相并联,且溢流罐91分别通过第二溢流阀92、溢流泵93与单向阀94的进液口相连通,单向阀94的出液口与第二空腔131的底部相连通。透明管13的底部上还设置有第五接头135,以便于通过管道的方式将第二空腔131的底部与溢流罐91之间进行连通。

[0101] 在本实施例中,具体地,当井底压力低于第二溢流阀92的预定压力阈值,第二溢流阀92关闭,单向阀94打开,溢流泵93将溢流罐91中的钻井液泵入第二空腔131中,从而可模拟溢流工况对隔离液33波动及井底压力的影响,进而通过调节钻井液的输入/输出参数,并记录调节后的井底压力值和隔离液33的位置变化,如此,可研究出在溢流工况下钻井液的

输入/输出参数对井底压力和隔离液33位置的调控能力,即,通过实验可获取消除溢流现象的相关调节参数(相关调节参数包括钻井液的泵入压力、泵入流量、回流压力和回流流量),从而可为实际的现场作业提供科学的数据指导,以便现场发生溢流现象时,可及时对井底压力进行调控,避免安全事故的发生。

[0102] 对应地,本发明实施例还提供一种应用于上述任一实施例中的双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置的测试方法,该测试方法可应用于计算机系统中,计算机系统通过有线(如导线等)或无线(如蓝牙、WiFi等)的方式与相关电子元器件信号连接,具体地,该测试方法包括以下步骤:

[0103] 步骤S1,通过钻井液泵送控制装置将浆液池23中的钻井液泵送至第一空腔121中,直至第一空腔121、第二空腔131和内管11的内腔均充满钻井液时,关闭钻井液泵送控制装置;

[0104] 步骤S2,通过隔离液供应装置33向填充有钻井液的第二空腔131中注入定量的隔离液33,注入完成后,关闭隔离液供应装置33;

[0105] 步骤S3,通过上层流体供应装置4向填充有钻井液和隔离液33的第二空腔131中注入定量的上层流体,直至将隔离液33的位置调节到指定位置时,关闭上层流体供应装置4,其中,隔离液位置监测系统6朝向隔离液33设置;

[0106] 步骤S4,分别开启钻井液泵送控制装置、钻井液回流控制装置和双层管驱动装置5;

[0107] 步骤S5,调节钻井液泵送控制装置和/或钻井液回流控制装置,以改变泵送至井筒主体内的钻井液的泵送流量和/或回流至浆液池23的钻井液的回流流量;

[0108] 步骤S6,在泵送流量和/或回流流量发生改变的状况下,通过隔离液位置监测系统6监测并记录隔离液33的位置偏移量、通过泵送压力与流量检测模块记录钻井液的泵送压力和泵送流量,以及通过回流压力与流量检测模块记录钻井液的回流压力和回流流量。

[0109] 在上述步骤S1中,具体地,控制钻井泵211开启,直至第二空腔131、第一空腔121和内管11的内腔先后充满钻井液后,控制钻井泵211关闭。

[0110] 在上述步骤S2中,具体地,控制第一压力泵31开启,直至将第一存储箱32中的隔离液33泵入第二空腔131后(隔离液33泵入的量可根据需要而定,具体可通过设置流量计来控制隔离液33的泵入量),控制第一压力泵31关闭,此时,隔离液33位于第二空腔131的顶部上。

[0111] 在上述步骤S3中,具体地,控制第二压力泵41开启,将第二存储箱42中的上层流体泵入第二空腔131中,并通过控制上层流体的泵入量(上层流体的泵入量可根据需要而定,具体可通过设置流量计来控制上层流体的泵入量)来调节隔离液33的位置,直至隔离液33的位置到达所需位置时(例如透明管13的中部位置),控制第二压力泵41关闭,此时摄像机61朝向隔离液33的所在位置设置。

[0112] 在上述步骤S4中,具体地,分别控制钻井泵211、驱动电机51开启,开始进行模拟实验;此时钻井泵211、涡轮电机212、举升泵221和驱动电机51均处于运转状态,从而可以真实地模拟双层管双梯度钻井系统的钻井过程。

[0113] 在上述步骤S5中,具体地,通过调节第一流量阀213,可改变泵送至井筒主体内的钻井液的泵送流量和泵送压力;通过调节第二流量阀222,可改变回流至浆液池23的钻井液

的回流流量和回流压力。

[0114] 在上述步骤S6中,具体调控情况包括以下三个方面:

[0115] (1) 保持钻井液的回流压力和回流流量不变,同时改变钻井液的泵入压力和泵入流量(具体地,可将钻井液的泵入压力和泵入流量调大或调小至所需数值),然后计算机系统获取在此状态下,摄像机61所记录下的隔离液33的位置变化信息、第三压力表83的压力数值变化、第一压力的压力数值变化、第一流量计215的流量数值变化、第二压力的压力数值变化、第二流量计224的流量数值变化。

[0116] (2) 保持钻井液的泵入压力和泵入流量不变,同时改变钻井液的回流压力和回流流量(具体地,可将钻井液的回流压力和回流流量调大或调小至所需数值),然后计算机系统获取在此状态下,摄像机61所记录下的隔离液33的位置变化信息、第三压力表83的压力数值变化、第一压力的压力数值变化、第一流量计215的流量数值变化、第二压力的压力数值变化、第二流量计224的流量数值变化。

[0117] (3) 同时改变钻井液的泵入压力、泵入流量、回流压力和回流流量,然后计算机系统获取在此状态下,摄像机61所记录下的隔离液33的位置变化信息、第三压力表83的压力数值变化、第一压力的压力数值变化、第一流量计215的流量数值变化、第二压力的压力数值变化、第二流量计224的流量数值变化。

[0118] 在本实施例中,基于上述步骤,不仅可实现与上述双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置相同的技术效果,而且提高了实验装置的智能化,使得实验人员更加方便快捷地进行模拟实验,与纯人工操作的方式相比,可大大提高实验的效率。

[0119] 需要说明的是,本发明公开的双层管双梯度钻井压力调控模拟实验装置及测试方法的其它内容可参见现有技术,在此不再赘述。

[0120] 另外,需要说明的是,若本发明实施例中有涉及方向性指示(诸如上、下、左、右、前、后……),则该方向性指示仅用于解释在某一特定姿态(如附图所示)下各部件之间的相对位置关系、运动情况等,如果该特定姿态发生改变时,则该方向性指示也相应地随之改变。

[0121] 另外,还需要说明的是,在本发明中涉及“第一”、“第二”等的描述仅用于描述目的,而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。由此,限定有“第一”、“第二”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,当技术方案的结合出现相互矛盾或无法实现时应当认为这种技术方案的结合不存在,也不在本发明要求的保护范围之内。

[0122] 以上所述仅为本发明的可选实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是在本发明的构思下,利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构变换,或直接/间接运用在其他相关的技术领域均包括在本发明的专利保护范围内。

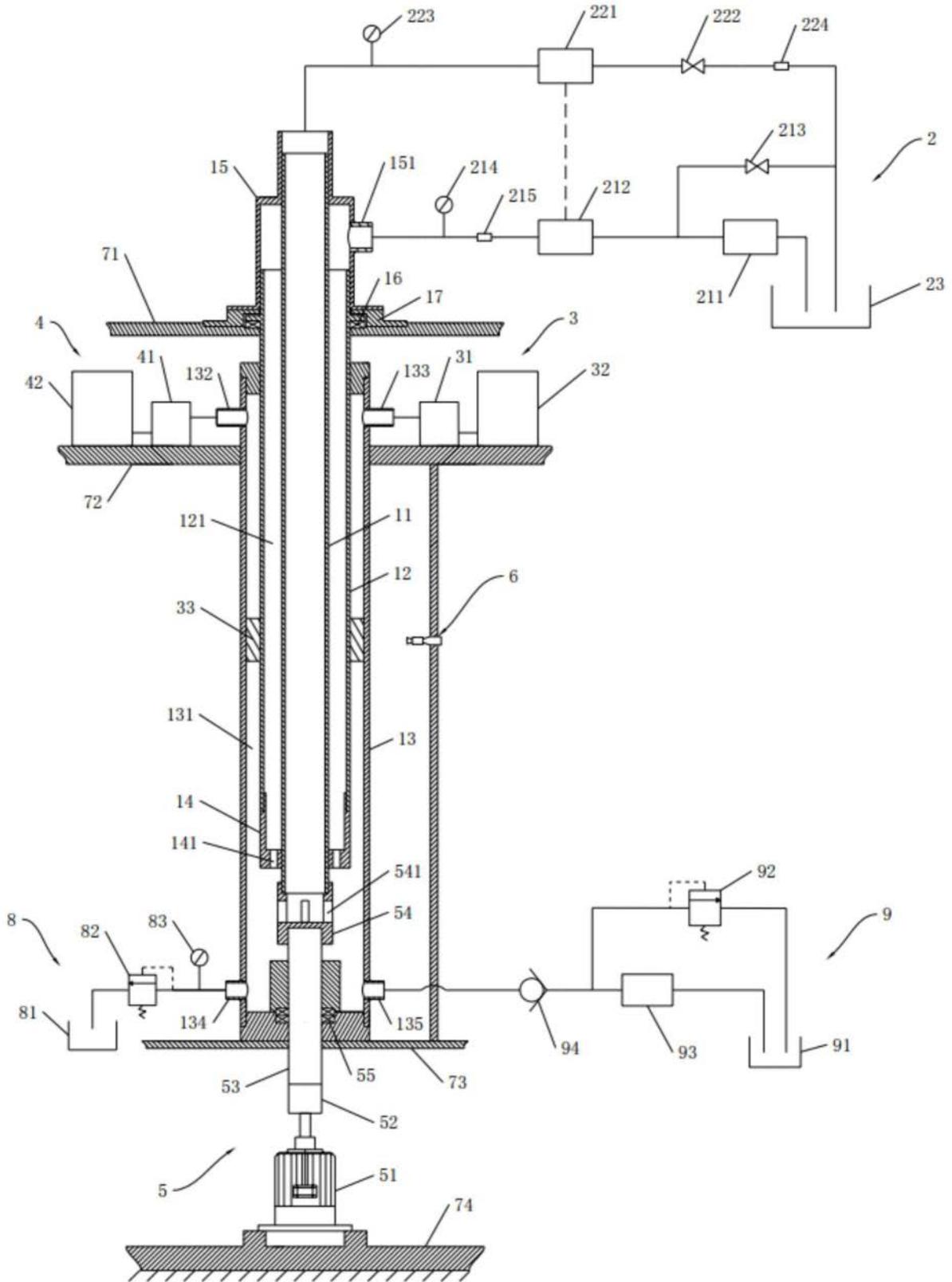


图1

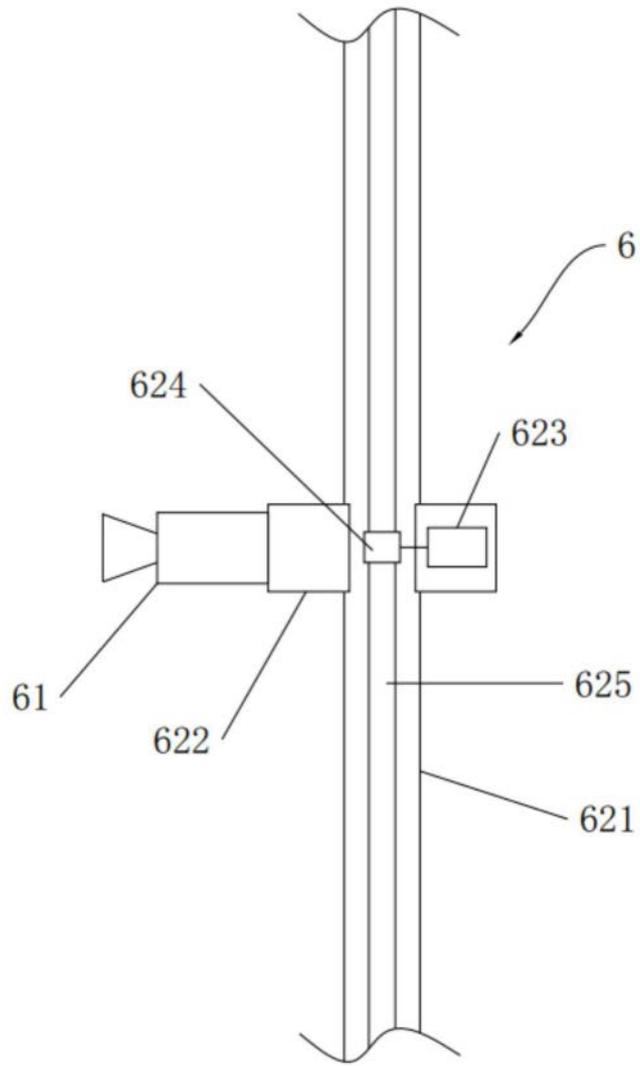


图2

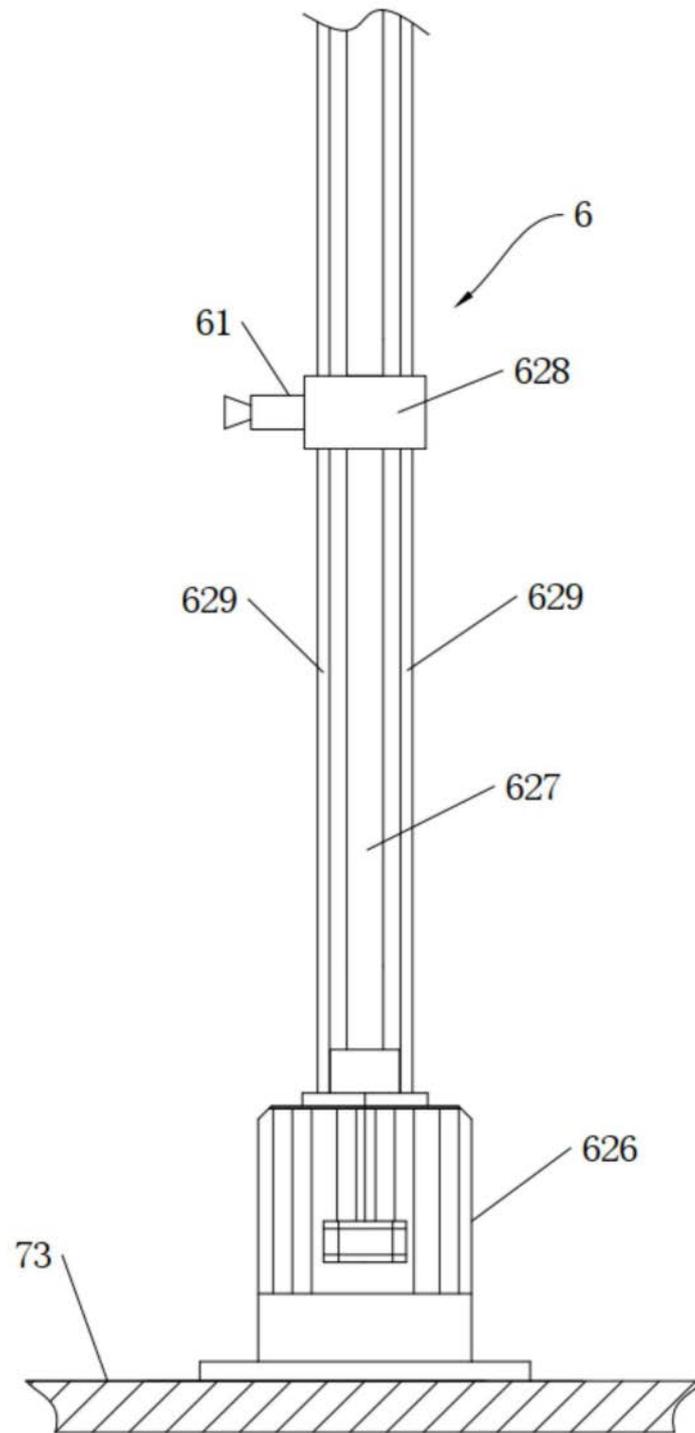


图3