

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2016年5月26日 (26.05.2016)



(10) 国际公布号  
WO 2016/078165 A 1

- (51) 国际分类号 :  
E21B 47/00 (2012.01) E21B 21/00 (2006.01)  
E21B 49/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号 : PCT/CN2014/093238
- (22) 国际申请日 : 2014年12月8日 (08.12.2014)
- (25) 申报语言 : 中文
- (26) 公布语言 : 中文
- (30) 优先权 :  
2014 10675849.9 2014年11月20日 (20.11.2014) CN
- (71) 申请人 : 中国科学院广州能源研究所 (GUANG-ZHOU INSTITUTE OF ENERGY CONVERSION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) [CN/CN]; 中国广东省广州市天河区五山能源路2号, Guangdong 510640 (CN)。
- (72) 发明人 : 李小森 (LI, Xiaosen); 中国广东省广州市天河区五山能源路2号, Guangdong 510640 (CN)。张郁 (ZHANG, Yu); 中国广东省广州市天河区五山能源路2号, Guangdong 510640 (CN)。王力 (WANG,

Yi); 中国广东省广州市天河区五山能源路2号, Guangdong 510640 (CN)。李刚 (LI, Gang); 中国广东省广州市天河区五山能源路2号, Guangdong 510640 (CN)。陈轻阳 (CHEN, Zhaoyang); 中国广东省广州市天河区五山能源路2号, Guangdong 510640 (CN)。黄宁生 (HUANG, Ningsheng); 中国广东省广州市天河区五山能源路2号, Guangdong 510640 (CN)。

(74) 代理人 : 广州科粤专利商标代理有限公司 (GUANGZHOU KEYUE LP. LAW OFFICE); 中国广东省广州市越秀区先烈中路100号大院23-1栋616室, Guangdong 510070 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, ML, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,

[见续页]

(54) Title: SIMULATION APPARATUS FOR NATURAL GAS HYDRATE FORMATION DRILLING

(54) 发明名称 : 天然气水合物地层钻井模拟装置

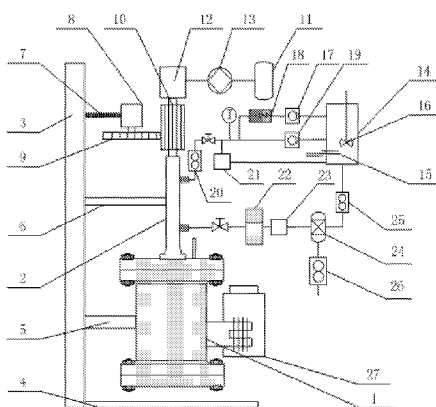


图1 / Fig. 1

(57) Abstract: A simulation apparatus for natural gas hydrate formation drilling, comprising a hydrate core simulation system, a drilling system, a drilling fluid injection system, and a drilling fluid treatment system; the hydrate core simulation system comprises a hydrate formation simulation borehole, an artificial core, a water bath clamping sleeve, and a low-temperature water bath; the drilling system comprises a frame, a high-pressure rotary coupling apparatus, a hydraulic apparatus, and a drilling apparatus; the drilling fluid injection system comprises a slurry tank, a drilling fluid flowmeter, a slurry pump, and an overflow valve; and the drilling fluid treatment system comprises a high-pressure desander, a backpressure and overflow control system, a gas-liquid separator, a drying device, a gas flowmeter, a liquid flowmeter, and a slurry treatment tank. The present simulation apparatus can implement simulation experiments corresponding to various downhole operating environments, is easy to operate and has a simple structure, and thus provides laboratory experiment data for the evaluation of natural gas hydrate drilling safety controls and the formulation of drilling solutions.

(57) 摘要 :

[见续页]



WO 2016/078165 A1



SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,  
VC, VN, ZA, ZM, ZW。

- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区  
保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ,  
NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚  
(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT,  
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,

HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO,  
PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,  
CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE,  
SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

一种天然气水合物钻井模拟装置, 包括水合物岩心模拟系统、钻进系统、钻井液注入系统、钻井液处理系统; 其中: 所述水合物岩心模拟系统包括水合物地层模拟井筒、人造岩心、水浴夹套、低温水浴; 所述钻井系统包括支架、高压转联装置、液压装置、钻进装置, 所述钻井液注入系统包括泥浆罐、钻井液流量计、泥浆泵、溢流阀; 所述钻井液处理系统包括高压除砂器、背压及溢流控制系统、气液分离器、干燥器、气体流量计、液体流量计、泥浆处理池。所述模拟装置可以对多种井下工况环境进行相关模拟试验, 具有操作便捷和结构简单的特点, 从而为评估天然气水合物钻井安全控制、钻井方案制定提供室内试验数据。

## 天然气水合物地层钻井模拟装置

### 技术领域

本发明涉及一种钻井模拟装置,特别是涉及一种模拟不同工况下天然气水合物地层钻井过程的实验模拟装置。

### 背景技术

天然气水合物 (Natural Gas Hydrate, NGH) 具有储量大、分布广、能量密度高、清洁环保等优点,被认为是 21 世纪最重要的清洁替代能源,展开 NGH 研究具有重大的科学和现实意义。

NGH 研究包括资源调查与评价、开采技术、安全与环境影响等方面。在资源调查研究的基础上,经济、高效和安全的 NGH 开采技术是实现 NGH 资源开发的决定性因素。NGH 开采技术研究涉及的内容主要有钻井、分解、采气、环境影响等。其中 NGH 钻井技术是实现 NGH 开采的基础和前提。目前,有关 NGH 钻井方面的模拟研究报道极少。虽然已开展了一定的冻土区及海洋 NGH 现场勘探取样钻井和少量的试开采钻井工作,但 NGH 勘探取样钻井和生产性开采钻井存在较大的区别,因此,开展 NGH 开采钻井技术研究对 NGH 资源开发利用至关重要。

由于天然气水合物是一种受环境约束非常强的物质,它的形成和稳定需要非常特殊的高压低温环境,在进行 NGH 钻井过程中,钻头切削岩石的过程、井底钻具与井壁和岩心的摩擦会产生大量的热能,以及井壁和井底附近地层应力释放,这些都会造成 NGH 的分解产生气体和分解水。NGH 的分解会对钻井质量、钻井速度、设备等造成严重危害。一方面,气体进入钻井液后,与钻井液一起循环,使钻井液密度降低,导致井底静水压力降低,加速了 NGH 的分解,并表现为恶性循环,最终导致井底大量水合物分解,造成井径严重扩大、井喷、井塌、套管变形及地面沉降等事故。另一方面,在深海和温度很低冻土地区钻井时,在井身内一定位置或地面管路中具有气体重新形成 NGH 的温度和压力条件,这样,在钻井液中就很可能形成 NGH,而这就会造成钻井液循环(类似于油气输送管道中形成的天然气水合物堵塞)或钻井系统的其他管路的堵塞,从而导致一系列

井内恶性事故。因此，能否控制钻井过程中井底热（温度）、压力和 NGH 分解，是关系到 NGH 资源开发利用的关键性问题。此外，由于海底 NGH 均赋存于浅层沉积物中，水合物储层地质力学性能弱，破裂压力低，若采用太高的钻井压力则会导致地层破裂，造成钻井液漏失。因此，NGH 钻井与常规的油气开采钻井相比，在钻井速度，钻井液配比、压力变化及循环流速，井底压力控制方法等方面有很大的不同。在没有研究建立成熟系统的 NGH 地层钻井理论和相关技术之前，如贸然采用常规油气开采钻井技术进行钻井，可能会引发难以预测和控制的安全事故。

NGH 开采钻井研究方法可分为实验室模拟、数值模拟和现场试验三类，其中，现场试验耗资巨大，成本高昂，且只适合于已发现 NGH 实物样品的国家；数值模拟虽然成本低，但必须有实验模拟所获得基础数据及基本规律为基础；而实验模拟是通过在实验室建立实验模拟仪器及设备，通过控制模拟设备的温度、压力及介质等条件来近似模拟自然界 NGH 藏环境，并研究其生成、钻井过程的规律和影响机制。由于实验模拟研究成本较低，且是其它研究的基础，因此，NGH 钻井实验模拟研究就成为当前 NGH 钻井技术研究最为可行的研究方法。

目前制约 NGH 钻井实验模拟研究发展的瓶颈问题在于缺乏在高压低温下实时、原位、快速、精确测定钻井过程中 NGH 相态变化及赋存特征的探测方法和实验仪器，这主要是由于 NGH 地层条件（高压、低温）苛刻、实验介质复杂，导致现有的油气钻井模拟装置与探测仪器不能应用于 NGH 钻井模拟研究，必须重新设计制造，使其既耐高压又有高的测试精度。

## 发明内容

基于此，有必要针对现有技术对天然气水合物钻井模拟过程存在的问题，提供一种天然气水合物钻井模拟研究模拟装置，可以实现低温高压下天然气水合物地层钻井过程模拟，进行不同地层条件与工况条件下的钻井实验与钻井参数测定，从而对钻头、钻压、转速以及钻井液类型优选，对钻井过程风险进行评估与控制。

一种天然气水合物钻井模拟装置，包括水合物岩心模拟系统、钻进系统、钻井液注入系统、钻井液处理系统；其中：

所述水合物岩心模拟系统包括水合物地层模拟井筒、人造岩心、水浴夹套、低温水浴；所述人造岩心填充于水合物地层模拟井筒的内腔中，所述水浴夹套包裹在水合物地层模拟井筒的外侧，低温水浴与水浴夹套连接，用于控制水合物地层模拟井筒内部环境的温度；

5 所述钻井系统包括支架、高压转联装置、液压装置、钻进装置，其中，所述高压转联装置为固定安装于水合物地层模拟井筒上侧的中空结构，该中空结构与水合物地层模拟井筒的内腔相通；所述支架包括底座、立柱、井筒固定支架、转联器固定支架、电机平台，所述立柱安装在底座的一侧，井筒固定支架、转联器固定支架以及电机平台的一侧均固定连接在立柱上，它们的另一侧分别与水合物地层模拟井筒、高压转联装置以及钻进装置固定连接，所述钻进装置包括钻杆，  
10 所述钻杆伸入高压转联装置的中空结构中并延伸至水合物地层模拟井筒的内腔；所述液压装置与钻杆连接，用于为钻杆提供所需的下压力；

所述钻井液注入系统包括泥浆罐、泥浆冷却装置、搅拌装置、第一泥浆泵、加热器、第二泥浆泵、钻井液流量计、溢流阀。第一泥浆泵和第二泥浆泵的入口  
15 管线均与泥浆罐连接，第一泥浆泵的出口管线与加热器相连，第二泥浆泵出口管线与加热器出口管线通过三通接头汇合，三通接头出口设有温度传感器用于测量泥浆温度。混合后的泥浆连接后通过三通接头分成两路，一路通过管路经钻井液流量计与泥浆入口相连，一路通过溢流阀与泥浆罐相连。所述泥浆罐带有泥浆冷却装置、搅拌装置。实验时首先启动第二泥浆泵，提供输入泥浆压力和泥浆流量  
20 两个参数；其次调节溢流阀开度，控制模拟井底压力值。钻井液通过泥浆泵注入到钻杆的中，经由单向阀从钻头流出，从钻杆与井眼间的环空由泥浆出口流出。实验过程中，利用第二泥浆泵与溢流阀控制泥浆流量，通过低速流量泵与加热器控制泥浆温度。

所述钻井液处理系统包括高压除砂器、背压及溢流控制系统、气液分离器、  
25 气体流量计、液体流量计；所述高压除砂器的入口通过管路与高压转联装置上设置的泥浆出口相连，高压除砂器的出口经背压及溢流控制系统与气液分离器相连，气液分离器流出的气体通过气体流量计计量，气液分离器流出的液体返回到泥浆罐中。

所述水合物地层模拟井筒的内腔为180mmx180mmx180mm 的立方体，其耐

压范围为0~30MPa。

所述水合物地层模拟井筒包括筒体、上法兰、和下法兰，所述上法兰、和下法兰分别固定于筒体的上、下两侧；高压转联装置与上法兰固定，所述下法兰和上法兰上分别设置有与水合物地层模拟井筒内腔相连通的气液入口和气液出口。

5 气液入口可外接注气注液设备与抽真空装置。下法兰同时设有温度压力测量接口、应力测量接口。

所述的液压装置由油箱、液压油缸和液压泵组成，液压泵一端通过油管 and 油箱连接，另一端与液压油缸相连接，液压油缸提供钻井所需的下压力。

10 所述钻进装置进一步包括伺服电机、第一齿轮、第二齿轮、钻头，伺服电机安装在电机平台上，伺服电机的旋转轴连接第一齿轮，与第一齿轮相啮合的第二齿轮固定套接于钻杆上；钻杆的输出端与钻头连接，钻杆为空腔结构，在所述空腔中安装有单向阀，钻杆的外径小于高压转联装置中空结构的内径，钻杆的表面开孔用于钻井液通过泥浆入口注入钻杆的空腔内。

15 所述钻头在人造岩心中的最大钻进距离为150mm，钻头的直径为25mm，钻杆的直径为16mm。

20 所述高压转联装置由压盖、上导套、第一复合动密封圈、转联器筒体、下导套、第二复合动密封圈、下压套、卡环、高压球阀、泥浆入口与泥浆出口组成，所述上导套固定于高压转联装置的上端，第一复合动密封圈和第二复合动密封圈均设置于高压转联装置中空结构与钻杆之间的空隙处，且第一复合动密封圈位于泥浆入口的上侧并与上导套固定，第二复合动密封圈位于泥浆入口和泥浆出口之间，所述下压套的上端与第二复合动密封圈固定，用于压紧该第二复合动密封圈，同时通过卡环固定于下压套的上端的外侧，所述下压套的下端通过螺栓与上法兰固定。

25 所述高压转联装置中空结构的底部位于与水合物地层模拟井筒的连接处设有高压球阀，在钻井过程开始前，高压球阀呈关闭状态。

所述人造岩心由石英砂混合环氧树脂压制而成，人造岩心的大小与水合物地层模拟井筒内腔大小一致，人造岩心内部布置有温度压力测点，水合物地层模拟井筒一侧的内壁上布置有应力测点，所述温度压力测点和应力测点对应的传感器并通过引线通过下法兰上的测量接口引出至水合物地层模拟井筒外。

所述人造岩心内部沿水合物地层模拟井筒的高度方向设置三个检测层,分别为对应水合物层内部的上层检测层、中层检测层和下层检测层;所述3个检测层将水合物地层模拟井筒的内腔分为4等分;每个检测层平面被划分成上36mmx36mm的网格,且每个网格节点处均设置一个温度测量传感器和一个压力传感器。

水合物地层模拟井筒一侧的内壁上分布有九个应力测点,该九个应力测点采用3x3的分布方式均匀分布与所述内壁上。

该天然气水合物钻井模拟装置还包括检测系统,该检测系统主要由钻进参数检测系统和岩心参数检测系统组成,其中钻进参数检测系统主要由钻压传感器、扭矩传感器、转速传感器、进尺传感器、组成,岩心参数检测系统主要由压力传感器、温度传感器、应力传感器组成。其他测量参数还包括钻井液流量、气体流量等。测量获得的数据可通过数据采集仪与计算机采集记录。

综上所述,本发明的优点是:

本发明天然气水合物钻井模拟装置中的可实时测量钻井过程中水合物模拟层温度压力变化与分布。通过本实验装置可检测钻进过程水合物层应力变化情况。在模拟实验后,可将岩心取出分析井壁与岩心破坏情况。

本发明天然气水合物钻井模拟装置可以模拟不同的水合物岩心条件、不同钻井速度、不同钻井液配比条件,可实时对钻井过程中钻井液流速与温度进行控制,满足不同工况的需要,可对水合物地层钻井过程进行综合评估。

本发明天然气水合物钻井模拟装置可以对多种井下工况环境进行相关模拟试验,具有操作便捷和结构简单的特点,从而为评估天然气水合物钻井安全控制、钻井方案制定提供室内试验数据。

## 附图说明

图1是本发明天然气水合物钻井模拟装置实施例的结构示意图;

图2是本发明实施例中水合物地层模拟井筒与高压转联装置的剖面结构示意图;

图3是图2中的B层向剖面结构示意图。

附图标记说明:

1、水合物地层模拟井筒；2、高压转联装置；3、立柱；4、底座；5、井筒固定支架；6、转联器固定支架；7、电机平台；8、伺服电机；9、齿轮；10、齿轮；11、油箱；12、液压油缸；13、液压泵；14、泥浆罐；15、泥浆冷却装置；16、搅拌装置；17、泥浆泵；18、加热器；19、泥浆泵；20、钻井液流量计；21、溢流阀；22、高压除砂器；23、背压及溢流控制系统；24、气液分离器；25、液体流量计；26、气体流量计；27、低温水浴；28、气液入口；29、温压测量导管；30、水浴夹套；31、上法兰；32、筒体；33、下法兰；34、气液出口；35、人造岩心；36、压盖；37、上导套；38、复合动密封圈；39、转联器筒体；40、下导套；41、复合动密封圈；42、下压套；43、卡环；44、泥浆入口；45、泥浆出口；46、钻杆；47、钻头；48、单向阀；49、高压球阀。

### 具体实施方式

为了更好地理解本发明，下面结合附图对本发明作进一步的描述，但本发明的实施方式不限于此。

#### 实施例

本发明的天然气水合物钻井模拟装置可以进行不同岩心特性、水合物饱和度、不同钻井工况下天然气水合物地层钻井过程模拟实验，对钻井条件进行优化并对钻井过程风险控制进行综合评估。

请参见图 1-3 所示，天然气水合物钻井模拟装置，包括水合物岩心模拟系统、钻进系统、钻井液注入系统、钻井液处理系统、检测系统。

水合物岩心模拟系统包括水合物地层模拟井筒 1、人造岩心 35、水浴夹套 30、低温水浴 27。水合物地层模拟井筒 1 内部为 180mmx180mmx 180mm 的立方体，耐压范围一般为 0~30MPa。水合物地层模拟井筒 1 由上法兰 31、筒体 32 和下法兰 33 通过若干螺栓固定密封而形成内腔。下法兰 33 中部设置气液入口 28，上法兰 31 布置有气液出口 34，气液入口 28 可外接注气注液设备与抽真空装置。下法兰 33 同时设有温度压力测量接口、应力测量接口，其中温度压力测量接口对应设置有温压测量导管 29，用于连接温压测点处的温度或压力传感器引线到水合物地层模拟井筒 1 外，同理，应力测量接口设置应力测量导管。

人造岩心 35 由石英砂混合环氧树脂压制而成，大小与水合物地层模拟井筒



1 内腔大小一致，人造岩心 35 内部布置有温度压力测点，水合物地层模拟井筒 1 内壁一侧布置有应力测点，并通过引线通过下法兰 33 上的测量接口引出水合物地层模拟井筒 1 外。天然气和工作液被注入人造岩心 35 后，在腔内形成水合物层。为对腔内水合物层各位置的状态进行采集，将水合物层沿深度方向分为 3 个检测层，分别为对应水合物层内部的上层检测层、中层检测层和下层检测层。3 个检测层将模拟腔分为 4 等分；每个检测层平面上分别设置 16 个温度压力测点；每个检测层平面被划分为 36mmx36mm 的网格，每个测点位于网格节点处。水合物地层模拟井筒 1 内壁一侧分布有 9 个应力测点，采用 3x3 的分布方式均匀分布于内壁上。

10 水浴夹套 30 包裹在水合物地层模拟井筒外侧，水浴夹套 30 与低温水浴 27 连接，用于控制水合物地层模拟井筒 1 内部环境的温度。整个实验装置同时放置于低温室中，用于增加系统运行温度的稳定性。

钻井系统包括支架、高压转联装置 2、液压装置、钻进装置，支架包括底座 4、立柱 3、井筒固定支架 5、转联器固定支架 6、电机平台 7，立柱 3 安装在底座 4 两侧，井筒固定支架 5、转联器固定支架 6 与电机平台 7 安装在立柱 3 上。

15 高压转联装置 2 由压盖 36、上导套 37、复合动密封圈 38、转联器筒体 39、下导套 40、复合动密封圈 41、下压套 42、卡环 43、高压球阀 49、泥浆入口 44 与泥浆出口 45 组成。上导套 37 固定于高压转联装置 2 的上端，复合动密封圈 38 和复合动密封圈 41 均设置于高压转联装置 2 中空结构与钻杆 46 之间的空隙处，且复合动密封圈 38 位于泥浆入口 44 的上侧并与上导套 37 固定，复合动密封圈 41 位于泥浆入口 44 和泥浆出口 45 之间，泥浆从泥浆罐 14 经泥浆入口 44 进入复合动密封圈 38 和复合动密封圈 41 之间的高压转联装置 2 的中空结构中，并通过钻杆 46 相应位置的表面开孔进入至钻杆 46 的空腔，然后通过单向阀 48 流至钻头 47，下压套 42 的上端与复合动密封圈 41 固定，用于压紧该复合动密封圈 41，同时通过卡环 43 固定于下压套 42 的上端的外侧，下压套 42 的下端通过螺栓与上法兰 31 固定，高压转联装置 2 中空结构的底部位于与水合物地层模拟井筒 1 的连接处设有高压球阀 49，在钻井过程开始前，高压球阀 49 呈关闭状态。液压装置由油箱 11、液压油缸 12 和液压泵 13 组成，液压泵 13 一端通过油管和油箱 11 连接，另一端与液压油缸 12 相连接，液压油缸 12 提供钻井所需的

下压力。

钻进装置由伺服电机 8、齿轮 9、齿轮 10、钻杆 46、钻头 47 组成，钻进装置进一步包括伺服电机 8、齿轮 9、齿轮 10、钻头 47，伺服电机 8 安装在电机平台 7 上，伺服电机 8 的旋转轴连接齿轮 9，与齿轮 9 相啮合的齿轮 10 固定套接于钻杆 46 上；钻杆 46 的输出端与钻头 47 连接，钻杆 46 为空腔结构，在空腔中安装有单向阀 48，钻杆 46 的外径小于高压转联装置 2 中空结构的内径，钻杆 46 的表面开孔用于钻井液通过泥浆入口 44 注入钻杆 46 的空腔内。钻头 47 在岩心中的最大钻进距离为 150mm，钻头直径 25mm，钻杆 46 直径 16mm。

钻井液注入系统包括泥浆罐 14、泥浆冷却装置 15、搅拌装置 16、低速的泥浆泵 17、加热器 18、高速的泥浆泵 19、钻井液流量计 20、溢流阀 21。泥浆泵 17 和泥浆泵 19 的入口管线与泥浆罐 14 连接，泥浆泵 17 的出口管线与加热器 18 的入口管线相连。三通接头包括一个入口和二出口，其中，其入口汇合泥浆泵 19 出口管线与加热器 18 出口管线，即泥浆罐 14 通过泥浆泵 17 和泥浆泵 19 输送的泥浆混合输出给三通接头的入口，混合后的泥浆通过三通接头的二出口被分成两路，一路通过管路经钻井液流量计 20 与泥浆入口 44 相连，一路通过溢流阀 21 与泥浆罐 14 相连。三通接头的出口（当然也可以是三通接头的入口）设有温度传感器用于测量泥浆温度。泥浆罐 14 带有泥浆冷却装置 15、搅拌装置 16。实验时首先启动泥浆泵 19，提供输入泥浆压力和泥浆流量两个参数；其次调节溢流阀 21 开度，控制模拟井底压力值。钻井液通过泥浆泵 19 注入到钻杆 46 的中，经由单向阀 48 从钻头 47 流出，从钻杆 46 与井眼间的环空由泥浆出口 45 流出。实验过程中，利用泥浆泵 19 与溢流阀控制泥浆流量，通过泥浆泵 17 与加热器 18 控制泥浆温度。

钻井液处理系统包括高压除砂器 22、背压及溢流控制系统 23、气液分离器 24、液体流量计 25、气体流量计 26。高压除砂器 22 入口通过管路与高压转联装置 2 上的泥浆出口 45 相连，高压除砂器 22 出口与背压及溢流控制系统 23、气液分离器 24 相连。气液分离器 24 流出的气体通过气体流量计 26 计量，液体经过液体流量计 25 返回到泥浆罐 14 中。

检测系统主要由钻进参数检测系统和岩心参数检测系统组成，其中钻进参数检测系统主要由钻压传感器、扭矩传感器、转速传感器、进尺传感器、组成，岩

心参数检测系统主要由压力传感器、温度传感器、应力传感器组成。其他测量参数还包括钻井液流量、气体流量等。测量获得的数据可通过数据采集仪与计算机采集记录。

应当理解的是，本发明的应用不限于上述的举例，对本领域普通技术人员来说，可以根据上述说明加以改进或变换，所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

权利要求书

1. 一种天然气水合物钻井模拟装置，其特征在于，包括水合物岩心模拟系统、钻进系统、钻井液注入系统、钻井液处理系统；其中：

5 所述水合物岩心模拟系统包括水合物地层模拟井筒（1）、人造岩心（35）、水浴夹套（30）、低温水浴（27）；所述人造岩心（35）填充于水合物地层模拟井筒（1）的内腔中，所述水浴夹套（30）包裹在水合物地层模拟井筒（1）的外侧，低温水浴（27）与水浴夹套（30）连接，用于控制水合物地层模拟井筒（1）内部环境的温度；

10 所述钻井系统包括支架、高压转联装置（2）、液压装置、钻进装置，其中，所述高压转联装置（2）为固定安装于水合物地层模拟井筒（1）上侧的中空结构，该中空结构与水合物地层模拟井筒（1）的内腔相连通；所述支架包括底座（4）、立柱（3）、井筒固定支架（5）、转联器固定支架（6）、电机平台（7），所述立柱（3）安装在底座（4）的一侧，井筒固定支架（5）、转联器固定支架（6）以及  
15 电机平台（7）的一侧均固定连接在立柱（3）上，它们的另一侧分别与水合物地层模拟井筒（1）、高压转联装置（2）以及钻进装置固定连接，所述钻进装置包括钻杆（46），所述钻杆（46）伸入高压转联装置（2）的中空结构中并延伸至水合物地层模拟井筒（1）的内腔；所述液压装置与钻杆（46）连接，用于为钻杆（46）提供所需的下压力；

20 所述钻井液注入系统包括泥浆罐（14）、泥浆冷却装置（15）、搅拌装置（16）、第一泥浆泵（17）、加热器（18）、第二泥浆泵（19）、钻井液流量计（20）、溢流阀（21）；第一泥浆泵（17）和第二泥浆泵（19）的入口管线均与泥浆罐（14）连接，第一泥浆泵（17）的出口管线与加热器（18）的入口管线相连，第二泥浆泵（19）出口管线与加热器（18）出口管线通过三通接头汇合，三通接头出口设  
25 有温度传感器用于测量泥浆温度；混合后的泥浆连接后通过三通接头分成两路，一路通过管路经钻井液流量计（20）与泥浆入口（44）相连，一路通过溢流阀（21）与泥浆罐（14）相连，泥浆冷却装置（15）、搅拌装置（16）设置于泥浆罐（14）中；

所述钻井液处理系统包括高压除砂器（22）、背压及溢流控制系统（23）、气

液分离器 (24)、液体流量计 (25)、气体流量计 (26); 所述高压除砂器 (22) 的入口通过管路与高压转联装置 (2) 上设置的泥浆出口 (45) 相连, 高压除砂器 (22) 的出口经背压及溢流控制系统 (23) 与气液分离器 (24) 相连, 气液分离器 (24) 流出的气体通过气体流量计 (26) 计量, 气液分离器 (24) 流出的液体经过液体流量计 (25) 返回到泥浆罐 (14) 中。

2. 根据权利要求 1 所述的天然气水合物钻井模拟装置, 其特征在于, 所述水合物地层模拟井筒 (1) 的内腔为 180mmx180mmx 180mm 的立方体, 其耐压范围为 0~30MPa。

3. 根据权利要求 2 所述的天然气水合物钻井模拟装置, 其特征在于, 所述水合物地层模拟井筒 (1) 包括筒体 (32)、上法兰 (31)、和下法兰 (33), 所述上法兰 (31)、和下法兰 (33) 分别固定于筒体 (32) 的上、下两侧; 高压转联装置 (2) 与上法兰 (31) 固定, 所述下法兰 (33) 和上法兰 (31) 上分别设置有与水合物地层模拟井筒 (1) 内腔相连通的气液入口 (28) 和气液出口 (34)。

4. 根据权利要求 3 所述的天然气水合物钻井模拟装置, 其特征在于, 所述钻进装置进一步包括伺服电机 (8)、第一齿轮 (9)、第二齿轮 (10)、钻头 (47), 伺服电机 (8) 安装在电机平台 (7) 上, 伺服电机 (8) 的旋转轴连接第一齿轮 (9), 与第一齿轮 (9) 相啮合的第二齿轮 (10) 固定套接于钻杆 (46) 上; 钻杆 (46) 的输出端与钻头 (47) 连接, 钻杆 (46) 为空腔结构, 在所述空腔中安装有单向阀 (48), 钻杆 (46) 的外径小于高压转联装置 (2) 中空结构的内径, 钻杆 (46) 的表面开孔用于钻井液通过泥浆入口 (44) 注入钻杆 (46) 的空腔内。

5. 根据权利要求 4 所述的天然气水合物钻井模拟装置, 其特征在于, 所述钻头 (47) 在人造岩心 (35) 中的最大钻进距离为 150mm, 钻头 (47) 的直径为 25mm, 钻杆 (46) 的直径为 16mm。

6. 根据权利要求 4 所述的天然气水合物钻井模拟装置, 其特征在于, 所述高压转联装置 (2) 由压盖 (36)、上导套 (37)、第一复合动密封圈 (38)、转联器筒体 (39)、下导套 (40)、第二复合动密封圈 (41)、下压套 (42)、卡环 (43)、高压球阀 (49)、泥浆入口 (44) 与泥浆出口 (45) 组成, 所述上导套 (37) 固定于高压转联装置 (2) 的上端, 第一复合动密封圈 (38) 和第二复合动密封圈 (41) 均设置于高压转联装置 (2) 中空结构与钻杆 (46) 之间的空隙处, 且第

一复合动密封圈 (38) 位于泥浆入口 (44) 的上侧并与上导套 (37) 固定, 第二复合动密封圈 (41) 位于泥浆入口 (44) 和泥浆出口 (45) 之间, 所述下压套 (42) 的上端与第二复合动密封圈 (41) 固定, 用于压紧该第二复合动密封圈 (41), 同时通过卡环 (43) 固定于下压套 (42) 的上端的外侧, 所述下压套 (42) 的下端通过螺栓与上法兰 (31) 固定。

7. 根据权利要求 6 所述的天然气水合物钻井模拟装置, 其特征在于, 所述高压转联装置 (2) 中空结构的底部位于与水合物地层模拟井筒 (1) 的连接处设有高压球阀 (49), 在钻井过程开始前, 高压球阀 (49) 呈关闭状态。

8. 根据权利要求 2 所述的天然气水合物钻井模拟装置, 其特征在于, 所述人造岩心 (35) 由石英砂混合环氧树脂压制而成, 人造岩心 (35) 的大小与水合物地层模拟井筒 (1) 内腔大小一致, 人造岩心 (35) 内部布置有温度压力测点, 水合物地层模拟井筒 (1) 一侧的内壁上布置有应力测点, 所述温度压力测点和应力测点对应的传感器并通过引线通过下法兰 (33) 上的测量接口引出至水合物地层模拟井筒 (1) 外。

9. 根据权利要求 8 所述的天然气水合物钻井模拟装置, 其特征在于, 所述人造岩心内部沿水合物地层模拟井筒 (1) 的高度方向设置三个检测层, 分别为对应水合物层内部的上层检测层、中层检测层和下层检测层; 所述 3 个检测层将水合物地层模拟井筒 (1) 的内腔分为 4 等分; 每个检测层平面被划分成上 36mmx36mm 的网格, 且每个网格节点处均设置一个温度测量传感器和一个压力传感器。

10. 根据权利要求 8 所述的天然气水合物钻井模拟装置, 其特征在于, 水合物地层模拟井筒 (1) 一侧的内壁上分布有九个应力测点, 该九个应力测点采用 3x3 的分布方式均匀分布与所述内壁上。

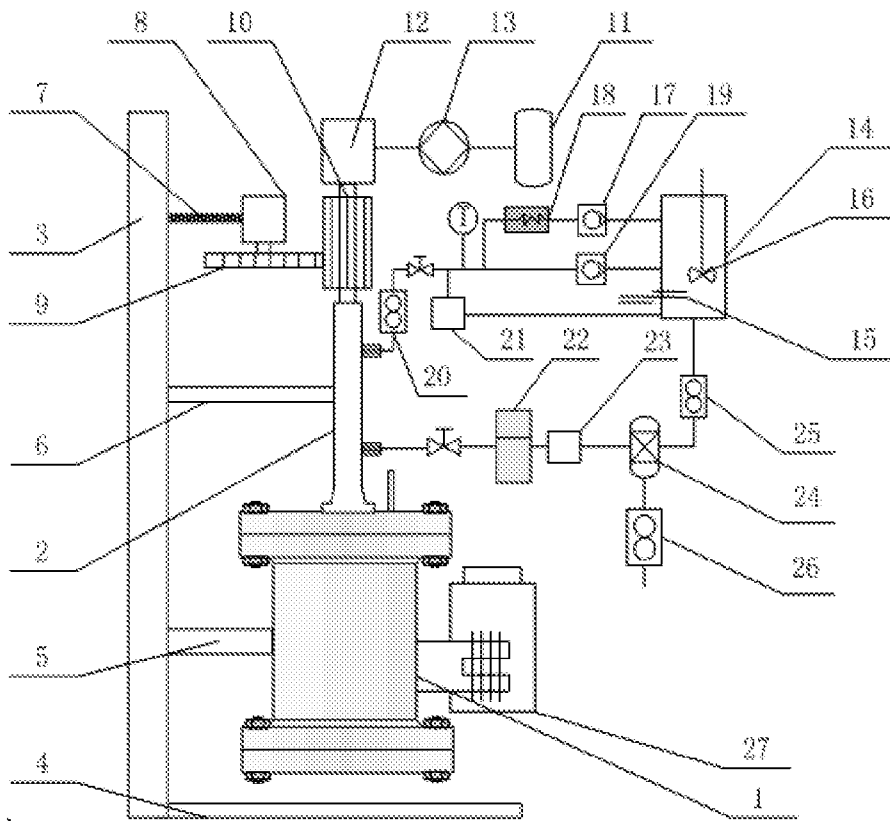


图 1

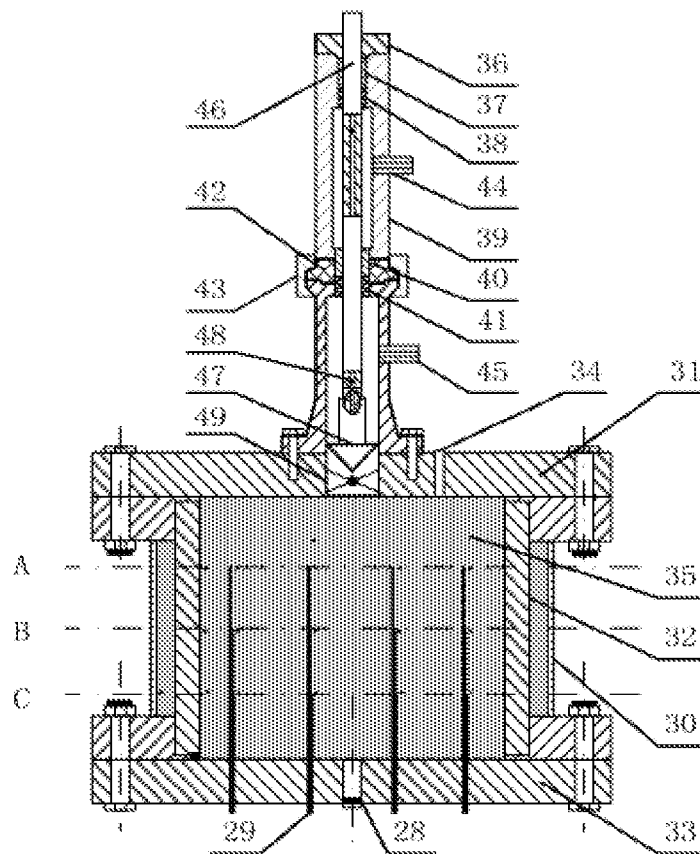


图 2

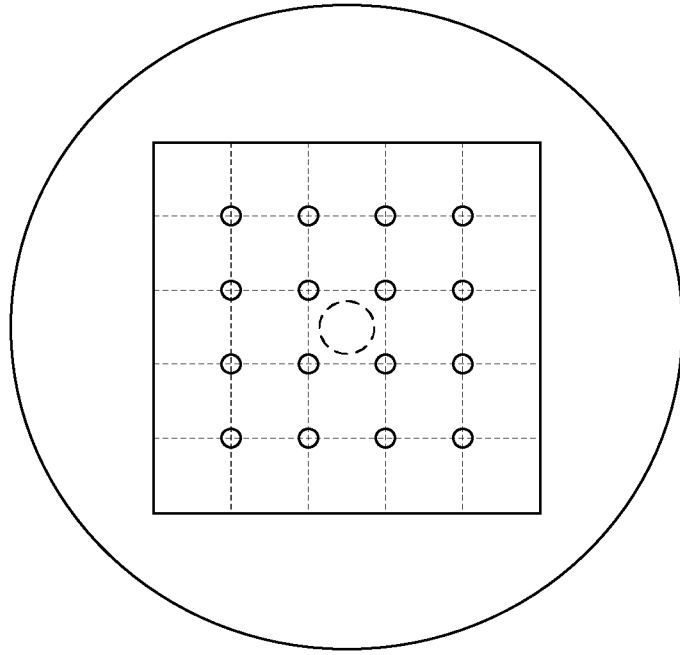


图 3



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2014/093238

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
E21B 47/00 (2012.01) i; E21B 49/00 (2006.01) i; E21B 21/00 (2006.01) i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
E21B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
WPI, EPODOC, CNKI, DWPI: gas hydrate, drill+, simulat+, core simulation system, drilling system, drilling fluid		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 203214043 U (SINOPEC CORP. et al.), 25 September 2013 (25.09.2013), description, paragraphs 0007-0012, and figures 1-2	1-10
A	CN 203758981 U (CHINA NATIONAL OFFSHORE OIL CORPORATION et al.), 06 August 2014 (06.08.2014), description, paragraphs 0019-0023, and figures 1-3	1-10
A	CN 101016841 A (GUANGZHOU INSTITUTE OF ENERGY CONVERSION, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES), 15 August 2007 (15.08.2007), description, page 6, last paragraph to page 8, paragraph 1, and figures 1-2	1-10
A	US 2013275047 A I (SELMAN AND ASSOCIATES LTD.), 17 October 2013 (17.10.2013), description, paragraphs 0020-0124, and figures 1-3	1-10
A	WO 2012002936 A I (SCIENTIFIC DRILLING INTERNATIONAL INC.), 05 January 2012 (05.01.2012), description, paragraphs 0021-0028, and figures 1-3	1-10
A	WO 2007072172 A I (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V. et al.), 28 June 2007 (28.06.2007), description, page 4, line 15 to page 8, line 6, and figures 1-5	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
20 July 2015 (20.07.2015)	05 August 2015 (05.08.2015)	
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer  FENG, Ji  Telephone No.: (86-10) 62413920	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2014/093238

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 203214043 U	25 September 2013	None	
CN 203758981 U	06 August 2014	None	
CN 101016841 A	15 August 2007	CN 100587227 C	03 February 2010
US 2013275047 A I	17 October 2013	CA 2812587 A I	17 October 2013
WO 2012002936 A I	05 January 2012	US 2013168152 A I	04 July 2013
WO 2007072172 A I	28 June 2007	US 8448704 B 2	28 May 2013
		US 2012120769 A I	17 May 2012
		US 7530392 B 2	12 May 2009
		CA 2633746 A I	28 June 2007
		US 2011120703 A I	26 May 2011
		WO 2007072172 B I	25 October 2007
		CA 2633746 C	08 April 2014
		US 2007144738 A I	28 June 2007
		US 8127841 B 2	06 March 2012

A. 主题的分类		
E21B 47/00 (2012. 01) i; E21B 49/00 (2006. 01) i; E21B 21/00 (2006. 01) i		
按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域		
检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)		
E21B		
包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献		
在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))		
WPI ;EPODOC ;CNKI ;DWPI ;天然气水合物, 钻井, 模拟, 岩心模拟系统, 钻进系统, 钻井液, gas hydrate, drill+, simulat +, core simulation system, drilling system, drilling fluid		
C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 203214043 U (中国石油化工股份有限公司等) 2013 年 9 月 25 日 (2013 - 09 - 25) 说明书第 0007-0012 段及图 1-2	1-10
A	CN 203758981 U (中国海洋石油总公司等) 2014 年 8 月 6 日 (2014 - 08 - 06) 说明书第 0019-0023 段及图 1-3	1-10
A	CN 101016841 A (中国科学院广州能源研究所) 2007 年 8 月 15 日 (2007 - 08 - 15) 说明书第 6 页最后 1 段 - 第 8 页第 1 段及图 1-2	1-10
A	US 2013275047 AI (SELMAN AND ASSOCIATES LTD.) 2013 年 10 月 17 日 (2013 - 10 - 17) 说明书第 0020-0124 段及图 1-3	1-10
A	WO 2012002936 AI (SCIENTIFIC DRILLING INTERNATIONAL INC.) 2012 年 1 月 5 日 (2012 - 01 - 05) 说明书第 0021-0028 段及图 1-3	1-10
A	WO 2007072172 AI (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY B.V. 等) 2007 年 6 月 28 日 (2007 - 06 - 28) 说明书第 4 页第 15 行 - 第 8 页第 6 行及图 1-5	1-10
<input type="checkbox"/> 其余文件在 c 栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型:		
“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件	“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件	
“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利	“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性	
“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)	“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性	
“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件	“&” 同族专利的文件	
“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件		
国际检索实际完成的日期	国际检索报告邮寄日期	
2015 年 7 月 20 日	2015 年 8 月 5 日	
ISA/CN 的名称和邮寄地址	授权官员	
中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 100088 中国	冯吉	
传真号 (86-10) 62019451	电话号码 (86-10) 62413920	

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/093238

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	203214043	U	2013年9月25日	无	
CN	203758981	U	2014年8月6日	无	
CN	101016841	A	2007年8月15日	CN	100587227 C 2010年2月3日
US	2013275047	AI	2013年10月17日	CA	2812587 AI 2013年10月17日
Wo	2012002936	AI	2012年1月5日	US	2013168152 AI 2013年7月4日
Wo	2007072172	AI	2007年6月28日	US	8448704 B2 2013年5月28日
				US	2012120769 AI 2012年5月17日
				US	7530392 B2 2009年5月12日
				CA	2633746 AI 2007年6月28日
				US	2011120703 AI 2011年5月26日
				Wo	2007072172 BI 2007年10月25日
				CA	2633746 C 2014年4月8日
				US	2007144738 AI 2007年6月28日
				US	8127841 B2 2012年3月6日