



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116263084 A

(43) 申请公布日 2023. 06. 16

(21) 申请号 202111560972.2

E21B 7/18 (2006.01)

(22) 申请日 2021.12.14

E21B 43/16 (2006.01)

(71) 申请人 中国石油化工股份有限公司

E21B 43/36 (2006.01)

地址 100028 北京市朝阳区朝阳门北大街  
22号

E21B 43/40 (2006.01)

申请人 中国石油化工股份有限公司石油工  
程技术研究院

(72) 发明人 王磊 张辉 李莅临 柯珂

侯绪田 臧艳彬 衣相霖

(74) 专利代理机构 北京知舟专利事务所(普通  
合伙) 11550

专利代理师 郭韞

(51) Int.Cl.

E21B 43/01 (2006.01)

E21B 41/00 (2006.01)

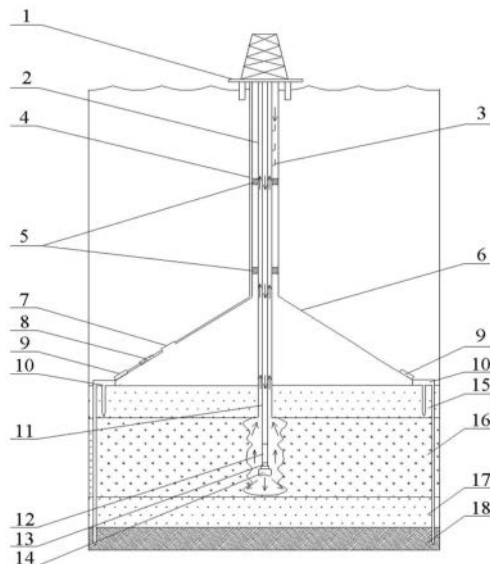
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种海上天然气水合物开发的钻采系统及  
方法

(57) 摘要

本发明提供了一种海上天然气水合物开发的钻采系统及方法,属于水合物资源开发技术领域。该系统包括:地面设备、水下设备;所述水下设备包括:套管、油管和封盖;所述套管、油管、封盖的上端分别与地面设备连接;所述油管穿过套管的内腔,所述套管穿过封盖的内腔;在所述套管与封盖之间的环空中设置有气举阀。本发明利用气体钻井技术增加CO<sub>2</sub>置换反应的置换面积,有利于进一步增加CO<sub>2</sub>的置换率,有效地增加了CO<sub>2</sub>置换法的开采效率,且有效地解决了天然气水合物常规开采方法容易造成的井筒及储层坍塌、开采设备被埋等生产风险,同时也解决了天然气水合物分解出的天然气逸出污染环境的问题。



1. 一种海上天然气水合物开发的钻采系统,其特征在于:所述系统包括:地面设备、水下设备;

所述水下设备包括:套管、油管 and 封盖;所述套管、油管、封盖的上端分别与地面设备连接;

所述油管穿过套管的内腔,所述套管穿过封盖的内腔;

在所述套管与封盖之间的环空中设置有气举阀。

2. 根据权利要求1所述的海上天然气水合物开发的钻采系统,其特征在于:所述封盖为倒漏斗状结构,包括连通管和锥形壳体;

所述锥形壳体的小径端位于大径端的上方,大径端为开口端;小径端的直径小于大径端的直径,且在小径端开有中心通孔,该中心通孔与连通管的下端连通;

在所述锥形壳体上开有多个孔,在孔内分别安装有卸压阀、压力监测器、排水泵;

在所述封盖的外部设置有电缆,电缆沿连通管的外壁一直延伸到锥形壳体上,电缆为压力监测器、排水泵供电。

3. 根据权利要求2所述的海上天然气水合物开发的钻采系统,其特征在于:在所述锥形壳体的大径端的边缘设置有多在圆周上均布的锚定装置;

每个所述锚定装置均包括:大头端、长锚定杆和短锚定杆;

所述长锚定杆、短锚定杆均为下端为尖锐端的杆状结构;长锚定杆的长度大于短锚定杆的长度,两者平行设置,并均与大头端垂直;所述长锚定杆、短锚定杆的上端均与大头端的下表面固定连接。

4. 根据权利要求3所述的海上天然气水合物开发的钻采系统,其特征在于:在所述封盖的锥形壳体上设置有两个排水泵,且两个排水泵均安装在锚定装置的上方,两个排水泵对称安装,在其中一个排水泵的上方安装有压力监测器与卸压阀。

5. 根据权利要求3所述的海上天然气水合物开发的钻采系统,其特征在于:在连通管与套管之间的环空中设置有所述气举阀和多个封隔器;

所述气举阀安装在最顶端的封隔器的上方。

6. 根据权利要求5所述的海上天然气水合物开发的钻采系统,其特征在于:所述地面设备包括:第二增压泵组,以及与其通过管路连接的甲烷储气罐;

连通管与套管之间的环空通过管路与第二增压泵组连接,在该管路上设置有平板阀。

7. 根据权利要求6所述的海上天然气水合物开发的钻采系统,其特征在于:所述地面设备包括:第一增压泵组,以及分别与其通过管路连接的二氧化碳储气罐、氮气储气罐;

油管的上端与旋转防喷器连接,旋转防喷器通过管路与第一增压泵组连接;

在第一增压泵组与旋转防喷器之间的管路上、二氧化碳储气罐与第一增压泵组之间的管路上、氮气储气罐与第一增压泵组之间的管路上分别设置有平板阀。

8. 根据权利要求7所述的海上天然气水合物开发的钻采系统,其特征在于:所述地上设备包括:除砂模块、脱水分离模块;

所述套管的上端与钻井双通连接,钻井双通与除砂模块的一端连接,除砂模块的另一端与脱水分离模块连接。

9. 一种海上天然气水合物开发的钻采方法,其特征在于:所述方法包括:

(1) 下入封盖并排出封盖内部的海水;

- (2) 下入油套管柱结构;
- (3) 钻井施工;
- (4) 天然气水合物储层钻井施工;
- (5) 天然气水合物开采;
- (6) 平台后处理;
- (7) 泥沙回填;
- (8) 回收封盖。

10. 根据权利要求9所述的海上天然气水合物开发的钻采方法,其特征在于:所述步骤(1)的操作包括:

将封盖压入天然气水合物储层,并将锚定装置上的短锚定杆、长锚定杆分别锚入天然气水合物储层的上覆层、下伏层;

打开排水泵,将封盖内部的海水排出。

11. 根据权利要求9所述的海上天然气水合物开发的钻采方法,其特征在于:所述步骤(3)的操作包括:

当钻头到达上覆层后,打开氮气储气罐处的平板阀,利用第一增压泵组将高压氮气泵入油管中,高压氮气从钻头喷射出,对天然气水合物上覆层进行破碎作业,在此过程中套管随钻逐步下入,当钻至天然气水合物层上部时,先停钻,然后关闭氮气储气罐处的平板阀,将套管进行旋转,利用安装在其外部的封隔器进行坐封。

12. 根据权利要求11所述的海上天然气水合物开发的钻采方法,其特征在于:所述步骤(4)的操作包括:

打开二氧化碳储气罐处的平板阀,将高压二氧化碳气体泵入油管中,继续向下进行钻进作业;

当钻至游离气水层时,停止钻进,同时通过钻头持续向天然气水合物层注入二氧化碳气体。

13. 根据权利要求12所述的海上天然气水合物开发的钻采方法,其特征在于:所述步骤(5)的操作包括:

在通过钻头持续向天然气水合物层注入二氧化碳气体的过程中,利用第二增压泵对甲烷储气罐中的甲烷进行增压后,注入到连通管与套管之间的环空中,气举阀被打开,环空中的甲烷通过气举阀进入油套环空中,与油套环空中的二氧化碳、天然气以及部分游离水混合,形成混合物,混合物通过油套环空举升上来。

14. 根据权利要求13所述的海上天然气水合物开发的钻采方法,其特征在于:所述步骤(6)的操作包括:

对通过油套环空举升上来的混合物进行滤砂处理和膜分离脱水处理后得到甲烷气体。

15. 根据权利要求9所述的海上天然气水合物开发的钻采方法,其特征在于:所述步骤(7)的操作包括:

上提油管,通过套管向井眼中注入被采出的泥沙和海水,实现泥沙在开采层处的回填;旋转套管,解封封隔器,将套管起出。

## 一种海上天然气水合物开发的钻采系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于水合物资源开发技术领域,具体涉及一种海上天然气水合物开发的钻采系统及方法,特别是基于CO<sub>2</sub>气体钻井技术以及CO<sub>2</sub>置换法对天然气水合物的钻采方法及系统。

### 背景技术

[0002] 天然气水合物是一种高效、环保的新型能源,目前,各国均在开展关于天然气水合物的相关研究,随着研究的不断深入,人们发现天然气水合物在开采过程中存在着一系列问题,如开采效率低下、水合物二次生成、出砂等,针对诸多问题前人们也提出了各种开采方式,其中CO<sub>2</sub>置换法开采不仅可以将天然气水合物利用CO<sub>2</sub>置换出来,并且可以将CO<sub>2</sub>以水合物的方式封存在海底,同时维持海底的骨架结构保持稳定,预防了井筒及储层坍塌、开采设备被埋等生产风险,所以该方法极具前景。

[0003] 中国专利公开文献CN111119799A公开了一种天然气水合物开采装置及方法,其采用螺杆泵举升及固液气分离结合的技术手段,将天然气、水和极细砂混合物共同举升,然后分离储存,实现不防砂开采天然气水合物;具有结构简单,操作方便,提高产能的特点。

[0004] 中国专利公开文献CN108086959A公开了一种水流侵蚀法海洋天然气水合物开采方法,其针对目前天然气水合物开采技术的不足,基于水流动对水合物稳定存在的影响,在水合物相平衡之上,利用水流动过程中引起的水合物相与环境水相之间的化学势差所导致的水合物的分解,以及水流动对储层内传热传质的促进作用,提供了一种水流侵蚀法海洋天然气水合物开采技术。利用水流动过程的驱替作用,实现对开采天然气的高效收集。稳定高效的开采过程同时保证了储层存在的稳定性,本发明同时提出了水流侵蚀法与降压开采法以及注热开采法等各种组合方法。

[0005] 中国专利公开文献CN108278100A公开了一种天然气水合物开采采气方法及系统,其利用天然气水合物分解释放的甲烷气的气举作用,将开采井井底的气水混合物通过海洋立管输送至海面平台,实现海洋天然气水合物的可控自喷开采。

[0006] 中国专利公开文献CN109915084A公开了一种深水天然气水合物开采系统和深水天然气水合物开采方法,其系统包括:能够设在浅水的钻采平台;和大位移井,根据本发明实施例的深水天然气水合物开采系统具有产量高、建设成本低、风险小的优点。

[0007] 但是,现有的CO<sub>2</sub>置换法存在着各种不足,其中最主要的问题是该法的置换率不高、开采效率低下,所以迫切需要一种在CO<sub>2</sub>置换法的基础上提高置换率、增大开采效率的开采方式来解决开采天然气水合物上所面临的严峻问题。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的在于解决上述现有技术中存在的难题,提供一种海上天然气水合物开发的钻采系统及方法,基于CO<sub>2</sub>气体钻井技术及CO<sub>2</sub>置换法进行海上天然气水合物开发,克服CO<sub>2</sub>置换法置换效率低下的开采难题。

- [0009] 本发明是通过以下技术方案实现的：
- [0010] 本发明的第一个方面，提供了一种海上天然气水合物开发的钻采系统，所述系统包括：地面设备、水下设备；
- [0011] 所述水下设备包括：套管、油管 and 封盖；所述套管、油管、封盖的上端分别与地面设备连接；
- [0012] 所述油管穿过套管的内腔，所述套管穿过封盖的内腔；
- [0013] 在所述套管与封盖之间的环空中设置有气举阀。
- [0014] 本发明的进一步改进在于：
- [0015] 所述封盖为倒漏斗状结构，包括连通管和锥形壳体；
- [0016] 所述锥形壳体的小径端位于大径端的上方，大径端为开口端；小径端的直径小于大径端的直径，且在小径端开有中心通孔，该中心通孔与连通管的下端连通；
- [0017] 在所述锥形壳体上开有多个孔，在孔内分别安装有卸压阀、压力监测器、排水泵；
- [0018] 在所述封盖的外部设置有电缆，电缆沿连通管的外壁一直延伸到锥形壳体上，电缆为压力监测器、排水泵供电。
- [0019] 本发明的进一步改进在于：
- [0020] 在所述锥形壳体的大径端的边缘设置有多多个在圆周上均布的锚定装置；
- [0021] 每个所述锚定装置均包括：大头端、长锚定杆和短锚定杆；
- [0022] 所述长锚定杆、短锚定杆均为下端为尖锐端的杆状结构，长锚定杆的长度大于短锚定杆的长度，两者平行设置，并均与大头端垂直；所述长锚定杆、短锚定杆的上端均与大头端的下表面固定连接。
- [0023] 优选的，在所述封盖的锥形壳体上设置有两个排水泵，且两个排水泵均安装在锚定装置的上方，两个排水泵对称安装，在其中一个排水泵的上方安装有压力监测器与卸压阀。
- [0024] 本发明的进一步改进在于：
- [0025] 在连通管与套管之间的环空中设置有所述气举阀和多个封隔器；
- [0026] 所述气举阀安装在最顶端的封隔器的上方。
- [0027] 本发明的进一步改进在于：
- [0028] 所述地面设备包括：第二增压泵组，以及与其通过管路连接的甲烷储气罐；
- [0029] 连通管与套管之间的环空通过管路与第二增压泵组连接，在该管路上设置有平板阀。
- [0030] 本发明的进一步改进在于：
- [0031] 所述地面设备包括：第一增压泵组，以及分别与其通过管路连接的二氧化碳储气罐、氮气储气罐；
- [0032] 油管的上端与旋转防喷器连接，旋转防喷器通过管路与第一增压泵组连接；
- [0033] 在第一增压泵组与旋转防喷器之间的管路上、二氧化碳储气罐与第一增压泵组之间的管路上、氮气储气罐与第一增压泵组之间的管路上分别设置有平板阀。
- [0034] 本发明的进一步改进在于：
- [0035] 所述地上设备包括：除砂模块、脱水分离模块；
- [0036] 所述套管的上端与钻井双通连接，钻井双通与除砂模块的一端连接，除砂模块的

另一端与脱水分离模块连接。

[0037] 本发明的第二个方面,提供了一种利用上述系统进行海上天然气水合物开发的方法,所述方法包括:

[0038] (1) 下入封盖并排出封盖内部的海水;

[0039] (2) 下入油套管柱结构;

[0040] (3) 钻井施工;

[0041] (4) 天然气水合物储层钻井施工;

[0042] (5) 天然气水合物开采;

[0043] (6) 平台后处理;

[0044] (7) 泥沙回填;

[0045] (8) 回收封盖。

[0046] 本发明的进一步改进在于:

[0047] 所述步骤(1)的操作包括:

[0048] 将封盖压入天然气水合物储层,并将锚定装置上的短锚定杆、长锚定杆分别锚入天然气水合物储层的上覆层、下伏层;

[0049] 打开排水泵,将封盖内部的海水排出。

[0050] 本发明的进一步改进在于:

[0051] 所述步骤(3)的操作包括:

[0052] 当钻头到达上覆层后,打开氮气储气罐处的平板阀,利用第一增压泵组将高压氮气泵入油管中,高压氮气从钻头喷射出,对天然气水合物上覆层进行破碎作业,在此过程中套管随钻逐步下入,当钻至天然气水合物层上部时,先停钻,然后关闭氮气储气罐处的平板阀,将套管进行旋转,利用安装在其外部的封隔器进行坐封。

[0053] 本发明的进一步改进在于:

[0054] 所述步骤(4)的操作包括:

[0055] 打开二氧化碳储气罐处的平板阀,将高压二氧化碳气体泵入油管中,继续向下进行钻进作业;

[0056] 当钻至游离气水层时,停止钻进,同时通过钻头持续向天然气水合层注入二氧化碳气体。

[0057] 本发明的进一步改进在于:

[0058] 所述步骤(5)的操作包括:

[0059] 在通过钻头持续向天然气水合物层注入二氧化碳气体的过程中,利用第二增压泵对甲烷储气罐中的甲烷进行增压后,注入到连通管与套管之间的环空中,气举阀被打开,环空中的甲烷通过气举阀进入油套环空中,与油套环空中的二氧化碳、天然气以及部分游离水混合,形成混合物,混合物通过油套环空举升上来。

[0060] 本发明的进一步改进在于:

[0061] 所述步骤(6)的操作包括:

[0062] 对通过油套环空举升上来的混合物进行滤砂处理和膜分离脱水处理后得到甲烷气体。

[0063] 本发明的进一步改进在于:

[0064] 所述步骤(7)的操作包括:

[0065] 上提油管,通过套管向井眼中注入被采出的泥沙和海水,实现泥沙在开采层处的回填;

[0066] 旋转套管,解封封隔器,将套管起出。

[0067] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0068] 本发明适用于海上天然气水合物开发,利用气体钻井技术增加CO<sub>2</sub>置换反应的置换面积,且由于钻开上覆层利用的是小分子气体N<sub>2</sub>,有利于进一步增加CO<sub>2</sub>的置换率,有效地增加了CO<sub>2</sub>置换法的开采效率,且本发明的泥沙回填方式有效地解决了天然气水合物常规开采方法容易造成的井筒及储层坍塌、开采设备被埋等生产风险,同时封盖的设计也解决了天然气水合物分解出的天然气逸出污染环境的问题,使用本发明的方法,能够实现天然气水合物绿色环保、高效、安全、经济的开发。

## 附图说明

[0069] 图1是本发明系统中的水下设备的结构示意图;

[0070] 图2是本发明系统中的地面设备的结构示意图。

[0071] 附图标注说明:

[0072] 1-海上平台、2-套管、3-气举阀、4-电缆、5-封隔器、6-封盖、7-卸压阀、8-压力监测器、9-排水泵、10-锚定装置、11-油管、12-钻铤、13-钻头接头、14-钻头、15-上覆层、16-天然气水合物层、17-游离气水层、18-下伏层、19-旋转防喷器控制总成、20-旋转防喷器、21-环形防喷器顶盖、22-环形防喷器、23-半封闸板、24-双闸板防喷器、25-全封闸板、26-钻井双通、27-平板阀、28-第一增压泵组、29-二氧化碳储气罐、30-氮气储气罐、31-甲烷储气罐、32-第二增压泵组、33-除砂模块、34-脱水分离模块。

## 具体实施方式

[0073] 下面结合附图对本发明作进一步详细描述:

[0074] 如图1和图2所示,本发明提供的海上天然气水合物开发的钻采系统包括:地面设备、水下设备,具体如下:

[0075] 如图2所示,所述地面设备包括:从上至下依次连接的旋转防喷器控制总成19、旋转防喷器20、环形防喷器顶盖21、环形防喷器22、半封闸板23、双闸板防喷器24、全封闸板25、钻井双通26,这些地面设备均是现有产品,在此不在赘述。

[0076] 所述水下设备包括:套管2、油管11、气举阀3、电缆4、封隔器5、封盖6、卸压阀7、压力监测器8、排水泵9、锚定装置10、钻铤12、钻头接头13、钻头14。其中,钻头14与钻头接头13,钻头接头13与钻铤12连接,钻铤12与油管11的下端连接。

[0077] 所述地面设备安装在海上平台1上,海上平台1浮在海面上。高压气体通过油管11到达钻头14处进行喷射破碎作业,采出的甲烷气体通过油管11与套管2之间的环空采收上来。所述油管11的上端通过海上平台1处的井架悬挂,油管11的下端依次穿过图2中的旋转防喷器控制总成19、旋转防喷器20、环形防喷器顶盖21、环形防喷器22、半封闸板23、双闸板防喷器24、全封闸板25、钻井双通26后,穿过套管2的内腔,然后与钻铤12连接,而且在油管11位于旋转防喷器20中的位置处设置有开口,该开口通过旋转防喷器20与第一增压泵组连

接,第一增压泵组与二氧化碳储气罐连接。这些均是现有钻采系统已有的设备,对其结构和连接方式不再赘述。

[0078] 本发明在现有钻采系统上增加了气举阀3、封隔器5、电缆4、封盖6、卸压阀7、压力监测器8、排水泵9、锚定装置10、氮气储气罐、第二增压泵组、甲烷储气罐等。当封盖6通过锚定装置10锚定完成后,在封盖6中下入套管2,油管11位于套管2的内部,油管11与套管2之间的环空为油套环空,在套管2的外部由上至下依次安装有气举阀3与封隔器5,当钻至天然气水合物层16时,旋转套管2,封隔器5坐封,将套管2固定。

[0079] 所述系统的实施例如下:

[0080] **【实施例一】**

[0081] 所述封盖6为倒漏斗状结构,包括连通管和与其下端连接的锥形壳体,所述锥形壳体的小径端位于大径端的上方,大径端为开口端。小径端的直径小于大径端的直径,且在小径端开有中心通孔,该中心通孔与连通管的下端连通。

[0082] 在所述锥形壳体上开有多个孔,在孔内分别安装有卸压阀7、压力监测器8、排水泵9。在所述锥形壳体大径端的边缘设置有多个锚定装置10。在所述封盖6的外部设置有电缆4,电缆4沿着连通管的外壁一直延伸到锥形壳体上,为压力监测器8、排水泵9等供电。

[0083] 所述封盖6的连通管的上端依次与海上平台1的固定装置(现有装置,在图1、图2中未画出)相连,并通过第二增压泵组连通甲烷储气罐,使得可以利用甲烷气体在连通管与套管的环空中进行气举举升工艺。套管2的下端依次穿过连通管、锥形壳体后插入到海底。

[0084] 优选的,在所述封盖6的锥形壳体上设置有两个排水泵9,且两个排水泵9均安装在锚定装置10的上方,两个排水泵9对称安装,在其中一个排水泵9的上方安装有1组压力监测器8与卸压阀7,电缆4与压力监测器8以及排水泵9相连。所述排水泵9能够连通封盖6的内部与外部的海水,所述卸压阀7用于卸掉封盖6内部的压力,所述压力监测器8用于监测封盖6内部的压力。

[0085] 所述气举阀3、封隔器5均安装在封盖6的连通管与套管2之间的环空中,可通过在海上平台1上旋转套管2进行坐封,还可根据钻进速度的不同,在环空中加装封隔器5,增加套管2的稳定性。具体的,在套管2上的最顶端的封隔器5的上方安装有气举阀3,可通过海上平台1在连通管与套管2之间的环空中注入一定压力的天然气(甲烷)来打开气举阀3,进而降低油套环空中的混合气的压力梯度,提升举升效率。

[0086] 封盖6上设置的压力监测器、卸压阀、锚定装置、排水泵能够进行水下协同作业。

[0087] **【实施例二】**

[0088] 所述锚定装置10共有4个,均匀围绕封盖6的底部进行安装,例如可以在封盖的外边缘采用焊接的方式将锚定装置固定连接在锥形壳体大径端的边缘处,且多个锚定装置10在封盖6的底端边缘的圆周上均布。

[0089] 具体的,每个所述锚定装置10包括大头端以及与其连接的长锚定杆和短锚定杆,长锚定杆、短锚定杆均为下端为尖锐端的杆状结构,长锚定杆的长度大于短锚定杆的长度,两者平行设置,且两者均与大头端垂直,两者的上端均与大头端的下表面固定连接,大头端与封盖6的下端边缘固定连接。

[0090] 当下入封盖6时,位于封盖6下端的锚定装置10的短锚定杆的下端能够锚入天然气水合物储层的上覆层15,长锚定杆的下端能够锚入天然气水合物储层的下伏层18。



**[0091] 【实施例三】**

[0092] 进一步的,地上设备还包括:第一增压泵组28以及分别与其通过管路连接的二氧化碳储气罐29、氮气储气罐30。同时,油管11的上端与旋转防喷器20连接,旋转防喷器20通过管路与第一增压泵组的出口端连接。

[0093] 在第一增压泵组与旋转防喷器20之间的管路上、二氧化碳储气罐与第一增压泵组之间的管路上、氮气储气罐与第一增压泵组之间的管路上分别设置有平板阀27。

**[0094] 【实施例四】**

[0095] 地上设备还包括:第二增压泵组32以及与其连接的甲烷储气罐31,所述第二增压泵组通过管路与封盖6的连通管与套管2之间的环空连通,利用该环空空间进行气举辅助举升,在该管路上安装有平板阀27。

**[0096] 【实施例五】**

[0097] 地上设备还包括:依次连接的除砂模块33、脱水分离模块34。所述套管2的上端与钻井双通26连接,钻井双通26与除砂模块的一端连接,这样油管11与套管2之间的环空与除砂模块连通,除砂模块的另一端与脱水分离模块连接。从海底采出的甲烷通过油套环空进入到除砂模块,经过除砂模块处理后进入脱水分离模块,经过脱水分离模块后得到甲烷气体、二氧化碳和水,进而实现了海上天然气水合物开发。

[0098] 本发明还提供了一种利用上述系统进行海上天然气水合物开发的方法,综合了小分子气体混合CO<sub>2</sub>置换法、降压法、气举法的优点,克服了原有单一开采方法的不足。

[0099] 所述方法的实施例如下:

**[0100] 【实施例六】**

[0101] 所述方法包括:

[0102] (1) 下入封盖并排出封盖内部的海水:从海上平台1下入封盖6,将封盖6压入天然气水合物储层(可以利用现有的浮吊船上自由悬挂的液压打桩锤将封盖6进行下压,现有装置,在此不再赘述。),利用封盖6上的锚定装置10分别锚入天然气水合物储层的上覆层15以及下伏层18,锚定完成后打开位于封盖6上的排水泵9排出封盖6内部的海水。

[0103] (2) 下入油套管柱结构:当封盖6内部的海水排出后(当安装在封盖上的压力监测器8的数值变化趋于稳定,此时可以判定封盖内部的海水已排尽),在封盖6内下入外部带有封隔器5以及气举阀3的套管2,在套管2内部设有油管11,油管11下部依次连接有钻铤12、钻头接头13以及钻头14,封隔器5以及气举阀3位于油管与封盖的连通管之间的环空中,套管、油管的下端一直伸出到封盖的下方。

[0104] 利用封盖排出海水的目的如下:

[0105] 1. 当对天然气水合物进行开采时,由于储层内的天然气水合物进行分解,有部分气体会通过上覆层溢出至封盖内部,如不排水,安装在封盖上的卸压阀由于液相的存在卸压效率将会变慢,可能将会无法及时卸压,当封盖内部压力增大至一定数值且没有及时进行卸压后,易造成开采事故;

[0106] 2. 从储层溢出的甲烷气体与水结合将急剧增加封盖的腐蚀效率,因此将海水排出后,能够减小对封盖的腐蚀。

[0107] (3) 钻井施工:当钻头14到达上覆层15时(在未进行开采施工作业前,需对开采区域的海底地层进行探测,以获得各个层位的各类资料,例如层深等数据,根据该资料,结合

钻头下入深度,可得知其已钻入至哪个层位,下面步骤中判断是否钻至某层位的方法与此相同。),打开位于海上平台1上的氮气储气罐处的平板阀27,利用海上平台1的第一增压泵组将高压 $N_2$ 气泵入油管11中,高压 $N_2$ 气从钻头14处的喷嘴喷射出,对天然气水合物上覆层15进行破碎作业,在此过程中套管2随钻逐步下入,当钻至天然气水合物层16上部时,先停钻,然后关闭位于氮气储气罐处的平板阀27,将套管2进行旋转,利用安装在其外部的封隔器5进行坐封。

[0108] (4) 天然气水合物储层钻井施工:打开位于二氧化碳储气罐处的平板阀27,将高压 $CO_2$ 气体泵入油管11中,继续向下进行钻进作业,当钻至游离气水层17时,停止钻进,同时通过钻头14处的喷嘴持续向天然气水合物层16注入 $CO_2$ 气体。

[0109] (5) 天然气水合物开采:由于海上平台1通过钻头14持续向天然气水合物层16中注入 $CO_2$ 气体,且 $CO_2$ 水合物与天然气水合物的形成条件有一定的温度与压力差,所以 $CO_2$ 将置换出天然气水合物中的甲烷气体并生成 $CO_2$ 水合物,在此过程中,甲烷储气罐中的甲烷通过第二增压泵增压后注入到封盖6的连通管与套管2之间的环空中,由于连通管与套管之间的环空中设有封隔器5,所以在注入甲烷的过程中该环空中的压力将不断增大,当环空的压力增大到一定程度后,位于套管2外部的举升阀3将会打开,环空中的甲烷通过举升阀3进入油套环空中,与油套环空中的 $CO_2$ 、天然气以及部分游离水混合,形成混合物,混合物通过油套环空被举升上来。

[0110] 通过向连通管与套管之间的环空中注入高压甲烷,降低了油套环空中的压力梯度(因为举升阀安装在套管的外部,其连通封盖6的连通管与套管之间的环空,由于平台注入的甲烷气体与开采出的流体相互混合,降低了开采出的流体的密度,从而降低了压力梯度,提升了举升效率),有利于增加开采效率,同时由于油套环空中的压力小于天然气水合物层16的储层压力,该开采方式也会逐步降低天然气水合物层16处的压力,促进开采效率的提升(由于天然气水合物在低温高压的环境下才可形成,所以降低压力以及提升温度皆有利于天然气水合物进行分解)。

[0111] (6) 平台后处理:通过油套环空举升上来的混合物(包括混合气以及游离水等)首先要在除砂模块进行滤砂处理,处理后的混合气及游离水进入脱水分离模块,在脱水分离模块中进行膜分离脱水,当气体流经膜表面时,其所含的 $CO_2$ 以及水会优先透过分离膜而被脱除,得到甲烷气体,最终完成整个天然气水合物的开采流程。

[0112] (7) 泥沙回填:在开采末期时,上提带有钻头14的油管11,由于生成的 $CO_2$ 水合物已部分填入底层,但若要维持海底骨架结构的强度,还需要通过套管2向井眼中注入被采出的泥沙和海水(泥沙回填所用的设备为现有设备,因此在图2中没有画出),在井底处形成一定的超压,实现泥沙在开采层处的回填,同时旋转套管2,解封封隔器5,向上缓慢拖动下入的管柱,将套管起出,完成整个泥沙回填过程;

[0113] (8) 回收封盖:在泥沙回填后,海上平台1将锚定的封盖6提起,对其进行回收。

[0114] 本发明是一种适用于海上天然气水合物钻采的开采方式,利用气体钻井技术增加 $CO_2$ 置换反应的置换面积(利用气体钻井技术相比于传统的 $CO_2$ 置换法中直接注 $CO_2$ 更有利于 $CO_2$ 在天然气储层中的扩散,可以与更多的天然气水合物进行置换反应,生成 $CO_2$ 水合物,置换出甲烷气体,因此增加了 $CO_2$ 置换反应的置换面积),且由于钻开上覆层利用的是小分子气体( $N_2$ ),有利于进一步增加 $CO_2$ 的置换率(研究表明:相比于单一注入 $CO_2$ 气体进行置换反

应,将CO<sub>2</sub>气体与小分子气体进行混合后注入其置换效率更高,效果更好),有效的增加了CO<sub>2</sub>置换法的开采效率,同时通过油套环空逐步降低了天然气水合物储层的压力,再次提升开采效率,促进天然气水合物的分解,该技术利用CO<sub>2</sub>水合物以及泥沙回填方式有效地解决了天然气水合物常规开采方法容易造成的井筒及储层坍塌、开采设备被埋等生产风险,同时封盖的设计也解决了天然气水合物分解出的天然气逸出污染环境的问题,使用本发明的方法,能够实现天然气水合物绿色环保、高效、安全、经济的开发。

[0115] 本发明解决了天然气水合物CO<sub>2</sub>置换法置换率不高、开采效率低下、井筒及储层坍塌、开采过程中天然气泄漏等一系列问题,对海上天然气水合物的开采具有重要意义。

[0116] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。在本发明中各个零件的具体连接方式均采用现有技术中成熟的螺栓、铆钉、焊接等常规手段,机械、零件和设备均采用现有技术中常规的型号,加上连接采用现有技术中常规的连接方式,在此不再详述

[0117] 在本发明的描述中,除非另有说明,术语“上”、“下”、“左”、“右”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0118] 最后应说明的是,上述技术方案只是本发明的一种实施方式,对于本领域内的技术人员而言,在本发明公开了应用方法和原理的基础上,很容易做出各种类型的改进或变形,而不仅限于本发明上述具体实施方式所描述的方法,因此前面描述的方式只是优选的,而并不具有限制性的意义。

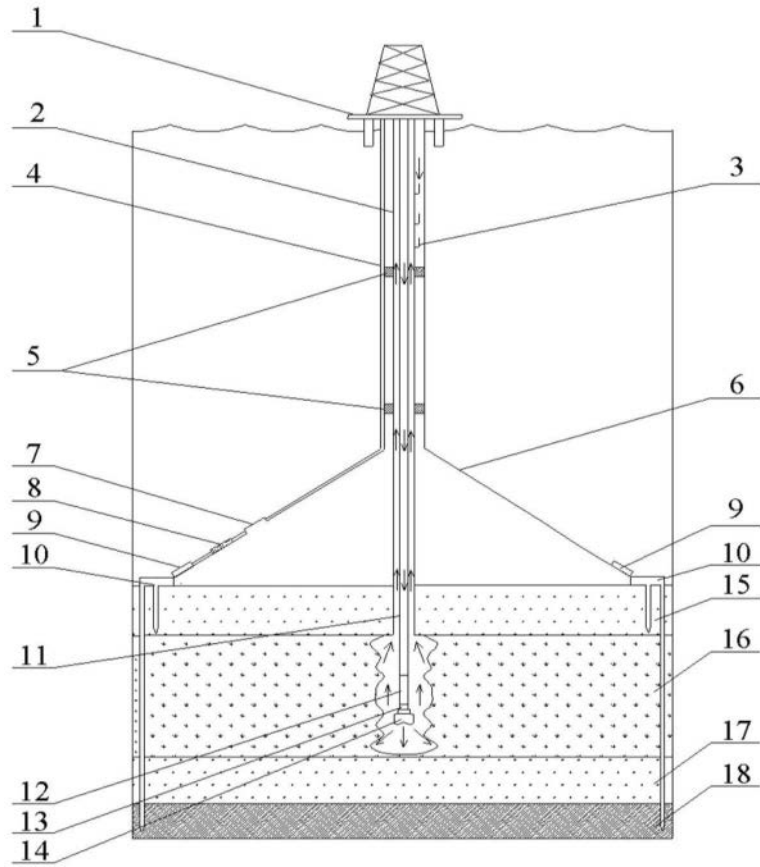


图1

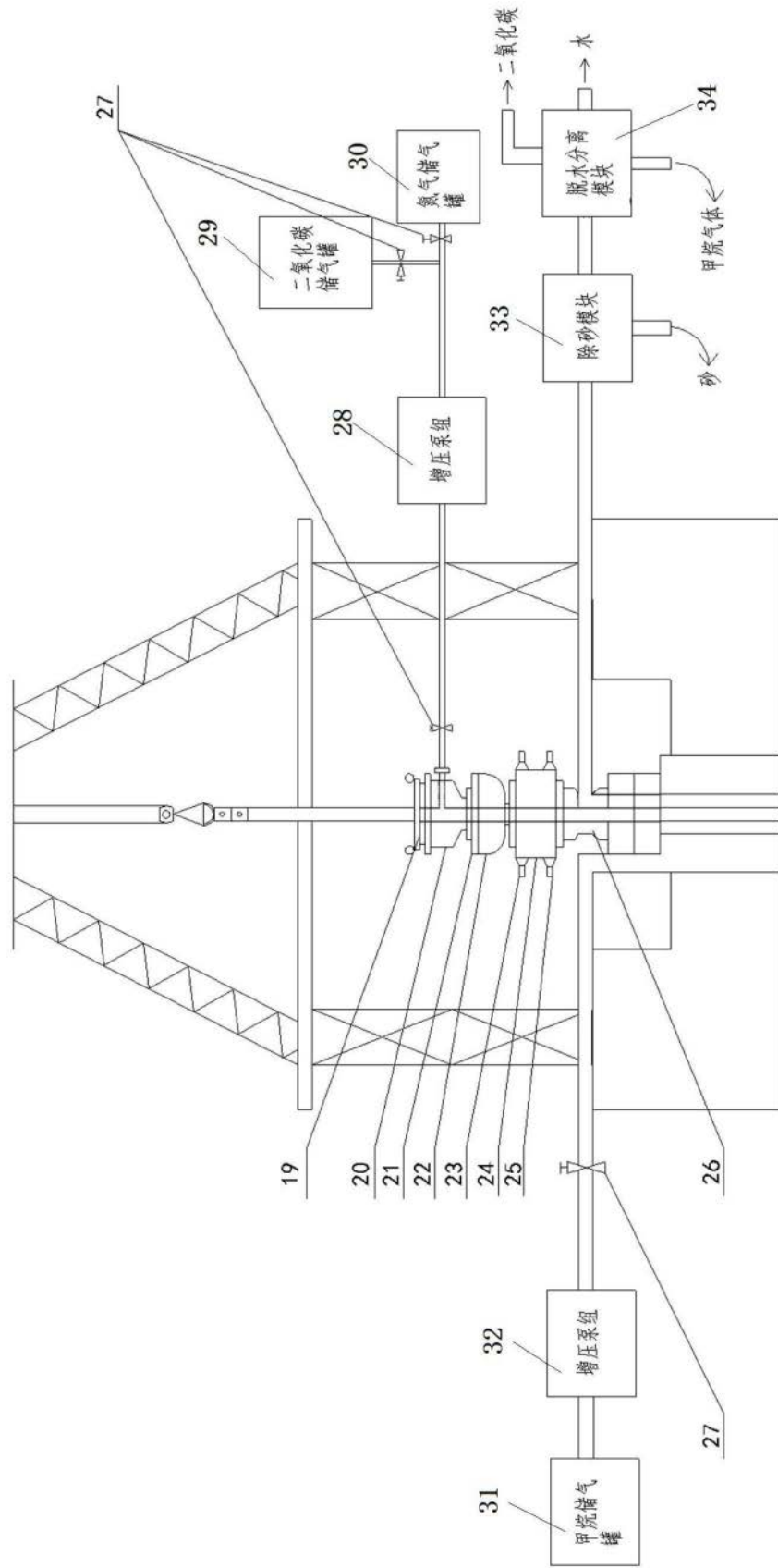


图2