



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114320249 B

(45) 授权公告日 2023. 11. 07

(21) 申请号 202111625574.4

E21B 41/00 (2006.01)

(22) 申请日 2021.12.28

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 106761607 A, 2017.05.31

申请公布号 CN 114320249 A

CN 108868736 A, 2018.11.23

CN 209687475 U, 2019.11.26

(43) 申请公布日 2022.04.12

CN 112431581 A, 2021.03.02

(73) 专利权人 中国科学院广州能源研究所

US 2015129230 A1, 2015.05.14

地址 510640 广东省广州市天河区五山能

US 2012292026 A1, 2012.11.22

源路2号

审查员 刘紫艳

(72) 发明人 李栋梁 李祥 卢富勤 梁德青

周雪冰 卢静生

(74) 专利代理机构 广州科粤专利商标代理有限

公司 44001

专利代理师 劳剑东 莫瑶江

(51) Int. Cl.

E21B 43/16 (2006.01)

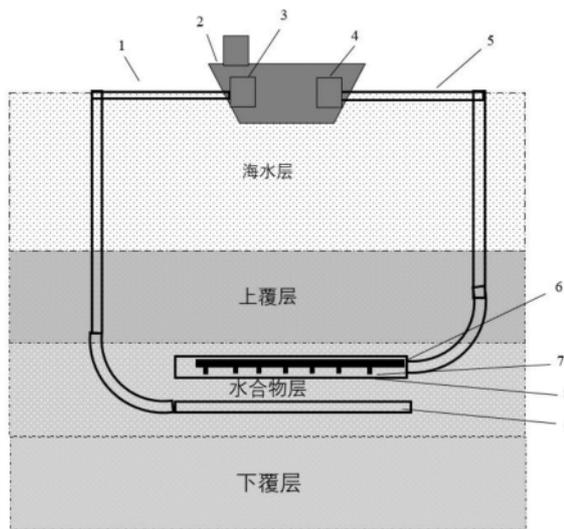
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称

一种水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置及开采方法

(57) 摘要

本发明公开了一种水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置及开采方法,涉及能源开采技术领域,其包括:海上平台、天然气处理单元和增压单元,采气管在水合物层的部分设置有注气水平井,注气水平井内设有混合气射流单元和喷嘴组合体,混合气射流单元用于将氮气和二氧化碳混合后,通过喷嘴组合体分散注入水合物层的水合物沉积层,氮气和二氧化碳的混合气体置换出水合物沉积层的甲烷气体,采气管在水合物层的部分设置有采气水平井,采气水平井用于收集甲烷气体并输送到天然气处理单元。本发明能实现混合气间隙喷射,保证置换气体通道畅通,提高二氧化碳置换甲烷的效率。



1. 一种水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置,用于水合物开采过程,其特征在于,包括:

海上平台;

天然气处理单元,其设置于所述海上平台上且所述天然气处理单元通过采气管深入到天然气储层的水合物层;

增压单元,其设置于所述海上平台上且所述增压单元通过注气管深入到天然气储层的水合物层,其中,

所述采气管在所述水合物层的部分设置有注气水平井,所述注气水平井内设有混合气射流单元和喷嘴组合体,所述混合气射流单元用于将氮气和二氧化碳混合后,通过所述喷嘴组合体分散注入所述水合物层的水合物沉积层,射流状态的氮气和二氧化碳的混合气体冲击水合物沉积层,以使得注气水平井的下方的水合物沉积层压裂出裂缝,氮气和二氧化碳的混合气体置换出水合物沉积层的甲烷气体,所述采气管在所述水合物层的部分设置有采气水平井,所述采气水平井用于收集所述甲烷气体并输送到所述天然气处理单元;所述混合气射流单元包括若干圆柱体件串联组成;每个所述圆柱体件包括高压隔水仓和高压注气仓,其中,所述高压注气仓作为氮气和二氧化碳的混合气体的气体通道,所述高压隔水仓用于将所述高压注气仓与外界隔离;相邻两所述高压隔水仓通过铰链活动连接,相邻两所述高压注气仓通过软连接连接;每个所述圆柱体件上设有至少一所述喷嘴组合体,所述喷嘴组合体包括电磁阀和喷嘴,其中,所述喷嘴用于向所述水合物层的水合物沉积层注入氮气和二氧化碳的混合气体,所述电磁阀用于控制所述喷嘴的启闭;每个所述圆柱体件上设有电缆接口和辅助导轮,其中,所述电缆接口包括强电电缆接口和弱电电缆接口,所述强电电缆与辅助导轮电性连接,以控制混合气射流单元左右移动;所述弱电电缆与所述电磁阀电性连接,以控制所述电磁阀的启闭。

2. 根据权利要求1所述的水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置,其特征在于,所述注气水平井和所述采气水平井均为水平设置,且所述注气水平井的注气口朝向所述采气水平井的采气口。

3. 根据权利要求1所述的水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置,其特征在于,所述铰链由耐压抗腐蚀性材料制成,所述软连接为耐高压耐腐蚀软管,左右端有内螺纹管接头,用于连接高压注气仓。

4. 一种利用氮气二氧化碳混合气进行水合物开采的方法,其特征在于,利用如权利要求1-3任一所述的装置,包括:

利用增压单元将氮气和二氧化碳的混合气体加压至设定气压值以上,通过注气管向注气水平井,其中,注气水平井的混合气射流单元将氮气和二氧化碳混合后,通过喷嘴组合体分散喷出射流状态的氮气和二氧化碳的混合气体;

射流状态的氮气和二氧化碳的混合气体冲击水合物沉积层,以使得注气水平井的下方的水合物沉积层压裂出裂缝,同时二氧化碳置换出甲烷气体;

随着注气过程推进,在注气水平井的管周也置换出甲烷气体,裂缝向外延展导致注气水平井周围的渗透率的增加,以致水合物沉积层的解离面积的扩大,甲烷气体通过采气水平井输送至天然气处理单元。

5. 根据权利要求4所述的利用氮气二氧化碳混合气进行水合物开采的方法,其特征在

于,随着注气过程推进,通过电磁阀关闭喷嘴注气后,利用辅助导轮控制混合气射流单元左右移动,以改变混合气体注入的位置。

## 一种水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置及开采方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及能源开采技术领域,具体涉及一种水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置及开采方法。

### 背景技术

[0002] 天然气水合物是一种由天然气与水在低温高压下形成的结晶物质,外形似冰,可燃烧,俗称“可燃冰”,广泛存在于永久冻土和海底。据估计,自然界天然气水合物中的碳含量为其他化石能源碳含量总量的2倍,是一种潜在的能源资源。

[0003] 当前天然气水合物开采技术大多处于实验室研究阶段,只有极个别应用于水合物试采,如中国地质调查局的流体抽取法和中海油的天然气水合物固态流化试采方案。在这些试采方案中,除了2017年中国天然气水合物试采过程中,为进一步改善储层的渗透性来提高产能,采用了近井筒的储层改造方法外,国际上已有的现场开采试验均未进行储层改造,其结果是试开采获得的单井产气量和产气周期均很不理想,完全达不到商业开采的要求。

### 发明内容

[0004] 针对现有技术中的不足,本发明提供一种水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置及开采方法,通过射流状态的氮气和二氧化碳的混合气体冲击水合物沉积层,以使得注气水平井的下方的水合物沉积层压裂出裂缝,同时二氧化碳置换出甲烷气体,实现水合物的开采。

[0005] 为实现上述目的,本发明可以采取以下技术方案:

[0006] 一种水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置,用于水合物开采过程,其包括:

[0007] 海上平台;

[0008] 天然气处理单元,其设置于所述海上平台上且所述天然气处理单元通过采气管深入到天然气储层的水合物层;

[0009] 增压单元,其设置于所述海上平台上且所述增压单元通过注气管深入到天然气储层的水合物层,其中,

[0010] 所述采气管在所述水合物层的部分设置有注气水平井,所述注气水平井内设有混合气射流单元和喷嘴组合体,所述混合气射流单元用于将氮气和二氧化碳混合后,通过所述喷嘴组合体分散注入所述水合物层的水合物沉积层,氮气和二氧化碳的混合气体置换出水合物沉积层的甲烷气体,所述采气管在所述水合物层的部分设置有采气水平井,所述采气水平井用于收集所述甲烷气体并输送到所述天然气处理单元。

[0011] 如上所述的水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置,进一步地,所述混合气射流单元包括若干圆柱体件串联组成。

[0012] 如上所述的水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置,进一步地,每个所述圆柱体件包括高压隔水仓和高压注气仓,其中,所述高压注气仓作为氮气和二氧化碳的混合气体

的气体通道,所述高压隔水仓用于将所述高压注气仓与外界隔离。

[0013] 如上所述的水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置,进一步地,相邻两所述高压隔水仓通过铰链活动连接,相邻两所述高压注气仓通过软连接连接。

[0014] 如上所述的水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置,进一步地,每个所述圆柱体件上设有至少一所述喷嘴组合体,所述喷嘴组合体包括电磁阀和喷嘴,其中,所述喷嘴用于向所述水合物层的水合物沉积层注入氮气和二氧化碳的混合气体,所述电磁阀用于控制所述喷嘴的启闭。

[0015] 如上所述的水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置,进一步地,每个所述圆柱体件上设有电缆接口和辅助导轮,其中,所述电缆接口包括强电电缆接口和弱电电缆接口,所述强电电缆与辅助导轮电性连接,以控制主体装置左右移动;所述弱电电缆与所述电磁阀电性连接,以控制所述电磁阀的启闭。

[0016] 如上所述的水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置,进一步地,所述注气水平井和所述采气水平井均为水平设置,且所述注气水平井的注气口朝向所述采气水平井的采气口。

[0017] 如上所述的水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置,进一步地,所述铰链由耐压抗腐蚀性材料制成,所述软连接为耐高压耐腐蚀软管,左右端有内螺纹管接头,用于连接高压注气仓。

[0018] 一种利用氮气二氧化碳混合气进行水合物开采的方法,其利用如上所述的装置,包括:

[0019] 利用增压单元将氮气和二氧化碳的混合气体加压至设定气压值以上,通过注气管向注气水平井,其中,注气水平井的混合气射流单元将氮气和二氧化碳混合后,通过喷嘴组合体分散喷出射流状态的氮气和二氧化碳的混合气体;

[0020] 射流状态的氮气和二氧化碳的混合气体冲击水合物沉积层,以使得注气水平井的下方的水合物沉积层压裂出裂缝,同时二氧化碳置换出甲烷气体;

[0021] 随着注气过程推进,在注气水平井的管周也置换出甲烷气体,裂缝向外延展导致注气水平井周围的渗透率的增加,以致水合物沉积层的解离面积的扩大,甲烷气体通过采气水平井的输送至天然气处理单元。

[0022] 如上所述的利用氮气二氧化碳混合气进行水合物开采的方法,进一步地,随着注气过程推进,通过电磁阀关闭喷嘴注气后,利用辅助导轮控制混合气射流单元左右移动,以改变混合气体注入的位置。

[0023] 本发明与现有技术相比,其有益效果在于:

[0024] (1) 本发明能实现混合气间隙喷射,保证置换气体通道畅通,提高二氧化碳置换甲烷的效率;

[0025] (2) 本发明可以更换注入介质,用于注热和注化学剂开采天然气水合物,实用性强。

## 附图说明

[0026] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图进行简单的介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例,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获得其他的附图。

[0027] 图1为本发明实施例中的水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置的结构示意图;

[0028] 图2是本发明实施例中的注气水平井的结构示意图;

[0029] 图3是本发明实施例中的利用射流状态的混合气体压裂水合物沉积层的实验效果图。

[0030] 图中附图标记含义:1、采气管;2、海上平台;3、天然气处理单元;4、增压单元;5、注气管;6、混合气射流单元;7、喷嘴组合体;8、注气水平井;9、采气水平井;10、辅助导轮;11、强电电缆接口;12、高压隔水仓;13、高压注气仓;14、弱电电缆接口;15、软连接;16、电磁阀;17、喷嘴;18、铰链。

### 具体实施方式

[0031] 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、完整的描述,显然,所描述的实施例仅是本申请一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本申请保护的范围。

[0032] 实施例:

[0033] 需要说明的是,本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“第一”、“第二”等是用于区别类似的对象,而不必用于描述特定的顺序或先后次序。应该理解这样使用的数据在适当情况下可以互换,以便这里描述的本发明的实施例能够以除了在这里图示或描述的那些以外的顺序实施。此外,本发明实施例的术语“包括”和“具有”以及他们的任何变形,意图在于覆盖不排他的包含,例如,包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元,而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0034] 需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”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。

[0035] 在本发明的描述中,“多个”的含义是至少两个,例如两个、三个等,除非另有明确具体的限定。此外,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“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,可以是两个元件内部的连通。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。

[0036] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触,或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0037] 为更好理解本发明的技术构思,需要对本发明的技术背景进行阐述。

[0038] 如何创新天然气水合物开采工艺、降低开采成本、提高开采过程的能效比(采出气携带的能量和开采过程消耗的能量之比)是实现天然气水合物大规模安全经济开采的关键。注热水、注含CO<sub>2</sub>烟道气被认为是强化水合物分解较为可行的手段,可以与降压法联用提高天然气水合物的开采效率,而且已经被应用于水合物试开采当中。当前的重点工作主要针对注热水和注CO<sub>2</sub>混合气展开提高开采能效的相关研究:(1)开展注热水开采水合物实验模拟研究,以高能效比为目标,优化注热水的量与温度,并建立其与储层特征参数之间的关系,在实验的基础上形成模拟软件;(2)研发适合水合物开采的热泵技术,合理利用海水和地层水的热能,为注热开采提供廉价热源;(3)研发注热水和降压排水工艺和装备,提高热采(4)开展注CO<sub>2</sub>混合气开采水合物实验模拟研究,以提高产气率和降低采出气分离成本为目标,优化注入气组成和温/压条件;(5)开发注-采-分离-回注循环工艺和技术装备,显著提高水合物开采效率和能效。

[0039] 含CO<sub>2</sub>烟道气的主要成分为氮气和二氧化碳,因此,研发二氧化碳注采装备对天然气水合物开采非常重要,也可以取得不错的经济效益。

[0040] 参见图1至图3,图1为本发明实施例中的水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置的结构示意图;图2是本发明实施例中的注气水平井的结构示意图;图3是本发明实施例中的利用射流状态的混合气体压裂水合物沉积层的实验效果图。本发明提供一种水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置及开采方法,通过射流状态的氮气和二氧化碳的混合气体冲击水合物沉积层,以使得注气水平井的下方的水合物沉积层压裂出裂缝,同时二氧化碳置换出甲烷气体,实现水合物的开采。

[0041] 需要说明的是,天然气储层包括海水层、上覆层、水合物层和下覆层。

[0042] 一种水平井内氮气二氧化碳混合气射流装置,用于水合物开采过程,其包括:海上平台2、天然气处理单元3和增压单元4,天然气处理单元3设置于所述海上平台2上且所述天然气处理单元3通过采气管1深入到天然气储层的水合物层;增压单元4设置于所述海上平台2上且所述增压单元4通过注气管5深入到天然气储层的水合物层,其中,所述采气管1在所述水合物层的部分设置有注气水平井8,所述注气水平井8内设有混合气射流单元6和喷嘴组合体7,所述混合气射流单元6用于将氮气和二氧化碳混合后,通过所述喷嘴组合体7分散注入所述水合物层的水合物沉积层,氮气和二氧化碳的混合气体置换出水合物沉积层的甲烷气体,所述采气管1在所述水合物层的部分设置有采气水平井9,所述采气水平井9用于收集所述甲烷气体并输送到所述天然气处理单元3。本发明还可以更换注入介质,用于注热和注化学剂开采天然气水合物,实用性强。

[0043] 作为一种可选的实施方式,在某些实施例中,所述混合气射流单元6包括若干圆柱体件串联组成,通过圆柱体件串联的形式,可以根据水合物开采的需要组合适合的长度的混合气射流单元6以及适应从垂直到水平的过渡需求。

[0044] 作为一种可选的实施方式,在某些实施例中,每个所述圆柱体件包括高压隔水仓12和高压注气仓13,其中,所述高压注气仓13作为氮气和二氧化碳的混合气体的气体通道,所述高压隔水仓12用于将所述高压注气仓13与外界隔离。

[0045] 作为一种可选的实施方式,在某些实施例中,相邻两所述高压隔水仓12通过铰链18活动连接,相邻两所述高压注气仓13通过软连接15连接。进一步地,所述铰链18由耐压抗

腐蚀性材料制成,所述软连接15为耐高压耐腐蚀软管,左右端有内螺纹管接头,用于连接高压注气仓13。

[0046] 作为一种可选的实施方式,在某些实施例中,每个所述圆柱体件上设有至少一所述喷嘴组合体7,所述喷嘴组合体7包括电磁阀16和喷嘴17,其中,所述喷嘴17用于向所述水合物层的水合物沉积层注入氮气和二氧化碳的混合气体,所述电磁阀16用于控制所述喷嘴17的启闭,实现混合气间隙喷射,保证置换气体通道畅通,提高二氧化碳置换甲烷的效率。

[0047] 作为一种可选的实施方式,在某些实施例中,每个所述圆柱体件上设有电缆接口和辅助导轮10,其中,所述电缆接口包括强电电缆接口11和弱电电缆接口14,所述强电电缆与辅助导轮10电性连接,以控制主体装置左右移动;所述弱电电缆与所述电磁阀16电性连接,以控制所述电磁阀16的启闭。

[0048] 作为一种可选的实施方式,在某些实施例中,所述注气水平井8和所述采气水平井9均为水平设置,且所述注气水平井8的注气口朝向所述采气水平井9的采气口。

[0049] 一种利用氮气二氧化碳混合气进行水合物开采的方法,其利用如上所述的装置,包括:

[0050] 利用增压单元4将氮气和二氧化碳的混合气体加压至设定气压值以上,通过注气管5向注气水平井8,其中,注气水平井8的混合气射流单元6将氮气和二氧化碳混合后,通过喷嘴组合体7分散喷出射流状态的氮气和二氧化碳的混合气体;

[0051] 射流状态的氮气和二氧化碳的混合气体冲击水合物沉积层,以使得注气水平井8的下方的水合物沉积层压裂出裂缝,同时二氧化碳置换出甲烷气体;

[0052] 随着注气过程推进,在注气水平井8的管周也置换出甲烷气体,裂缝向外延展导致注气水平井8周围的渗透率的增加,以致水合物沉积层的解离面积的扩大,甲烷气体通过采气水平井9的输送至天然气处理单元3。

[0053] 作为一种可选的实施方式,在某些实施例中,随着注气过程推进,通过电磁阀16关闭喷嘴17注气后,利用辅助导轮10控制混合气射流单元6左右移动,以改变混合气体注入的位置。

[0054] 以下为一个具体实施例:

[0055] 在本实施例中水深1200m,地层压力约为13MPa,开采井水平段200m,射流段60m,共10个氮气二氧化碳混合气射流单元单元串联成混合气射流单元,并保证能够通过垂直井到注气水平井的过渡段。混合气射流单元6的主体长度30cm,软连接长度30cm,铰链长度30cm,暴露在海水中的部件均采用防腐蚀材料制成。

[0056] 本实施例具体包括以下步骤:

[0057] (1) 在氮气二氧化碳混合气(烟气)增压单元4中将混合气加压至18MPa以上,通过注气管5泵入氮气二氧化碳混合气射流单元6中;

[0058] (2) 高压氮气二氧化碳混合气进入混合射流装置6后,喷嘴7喷出的高压氮气二氧化碳射流,高压混合气射流冲击水合物沉积物,将注气水平井8下方水合物沉积层压裂出裂缝,同时二氧化碳置换出甲烷气体,注气后通过控制电磁阀16关闭电磁阀,停止注气,控制辅助导轮,左右移动射流装置,改变射流位置,重复上述操作,射流压裂的实验效果如附图3所示;

[0059] (3) 在注气水平井8管周氮气二氧化碳混合气置换出甲烷气体,同时高压混合气射

流导致的微裂缝增加注气水平井8周围的渗透率提高水合物解离面积,甲烷气通过天然气采气水平井9输送至天然气处理单元3,完成水合物的开采。

[0060] 本发明有益效果在于:本发明可以使用主要成分为氮气和二氧化碳的烟道气,通过增压系统增压,通过氮气二氧化碳混合射流装置的喷嘴射流,对水合物沉积层进行压裂和高效置换,通过分离采气管和注气管,能实现混合气间隙喷射,保证置换气体通道畅通,提高二氧化碳置换甲烷的效率并且可以更换注入介质,用于注热和注化学剂开采天然气水合物,其使用的装置结构简单,实用性强。

[0061] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0062] 上述实施例只是为了说明本发明的技术构思及特点,其目的是在于让本领域内的普通技术人员能够了解本发明的内容并据以实施,并不能以此限制本发明的保护范围。凡是根据本发明内容的实质所做出的等效的变化或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围内。

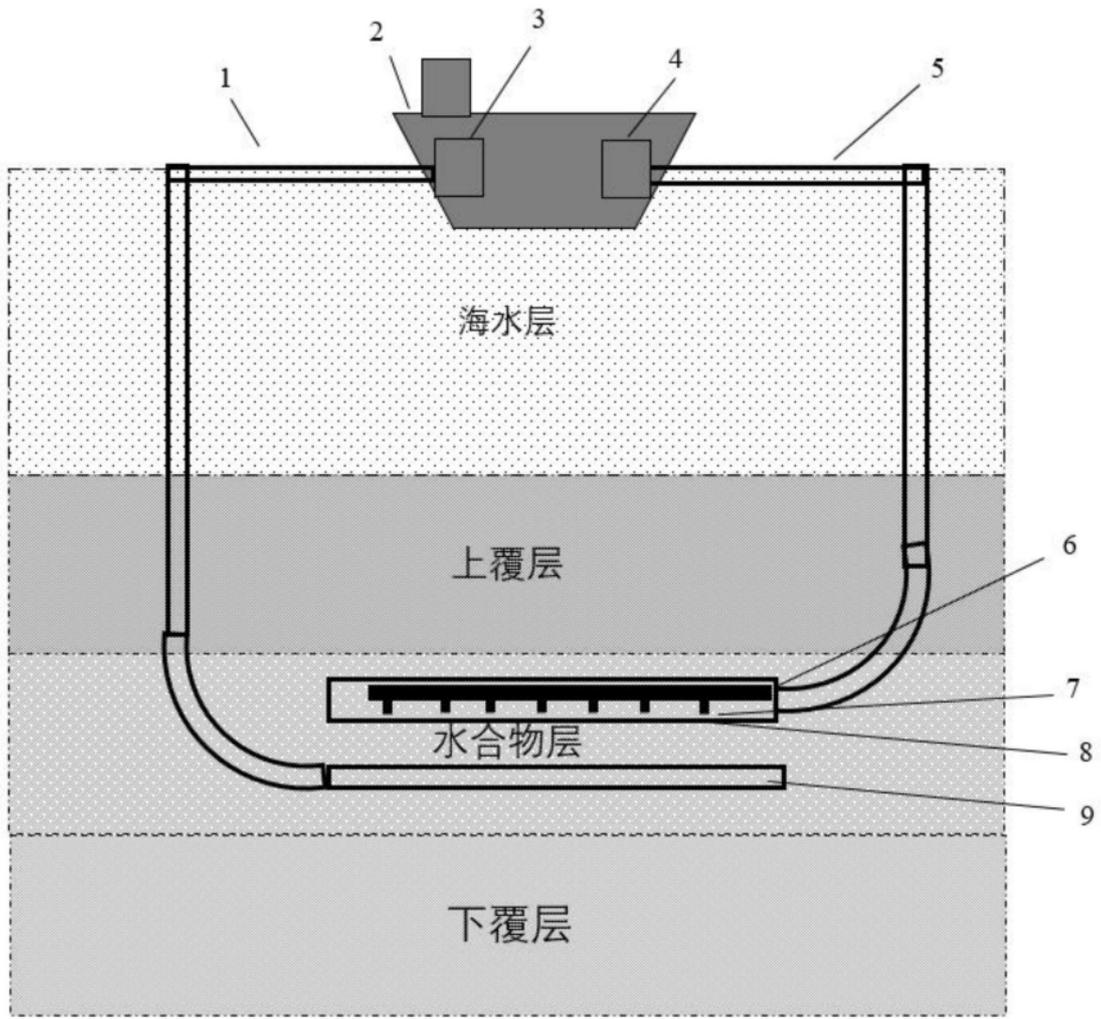


图1

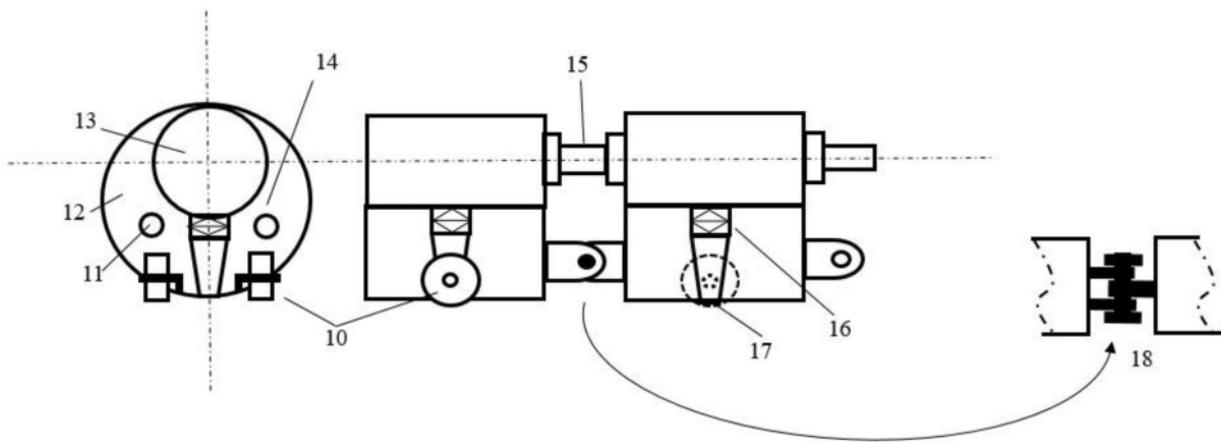


图2

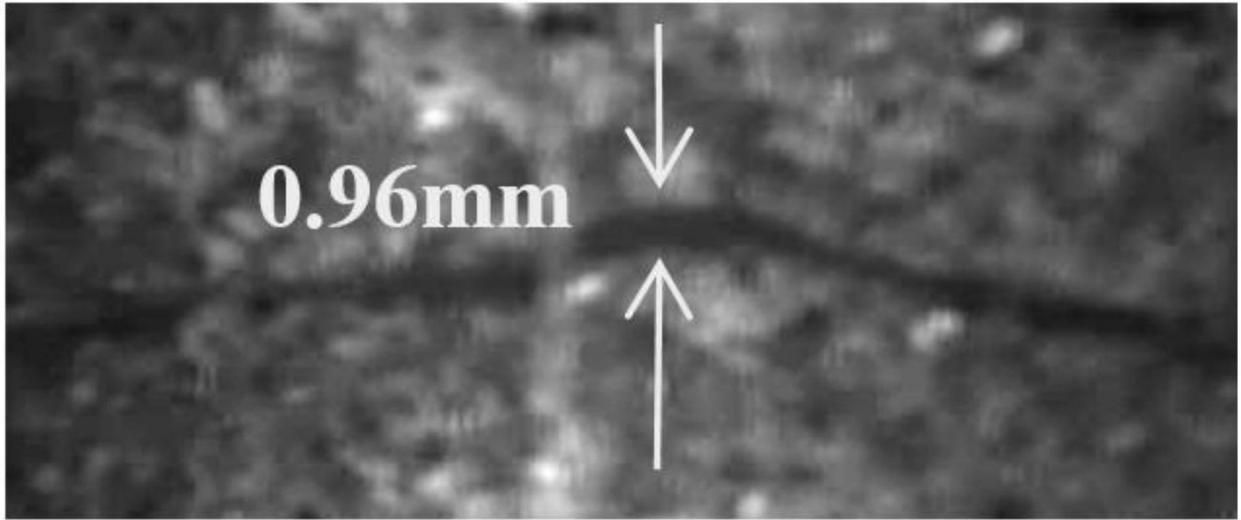


图3