



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118564217 B

(45) 授权公告日 2024.10.15

(21) 申请号 202411059677.2

E21B 7/18 (2006.01)

(22) 申请日 2024.08.05

E21B 7/12 (2006.01)

E21C 50/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 118564217 A

(56) 对比文件

CN 102637886 A, 2012.08.15

CN 116291462 A, 2023.06.23

(43) 申请公布日 2024.08.30

(73) 专利权人 中国海洋大学

审查员 袁继平

地址 266000 山东省青岛市崂山区松岭路  
238号

(72) 发明人 刘茜茜 郭玲莉 陈旭光 李三忠

孙国栋 马宁 张弦

(74) 专利代理机构 青岛天宸智诚专利代理事务

所(普通合伙) 37489

专利代理师 张晶

(51) Int. Cl.

E21B 43/01 (2006.01)

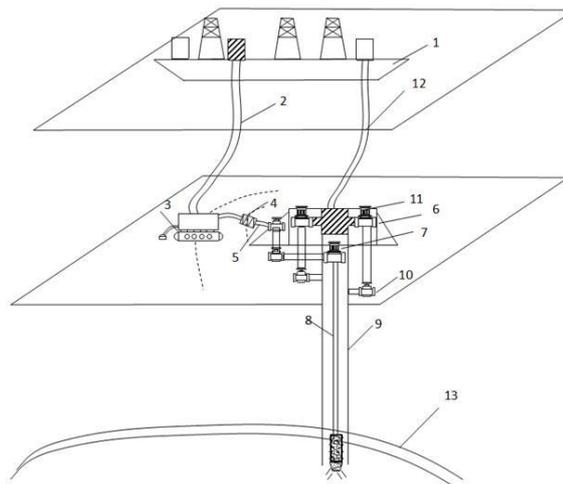
权利要求书2页 说明书6页 附图8页

(54) 发明名称

一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开  
采方法及系统

(57) 摘要

本发明提供了一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开采方法及系统,属于深海岩石气体开采技术领域。本发明利用二氧化碳实现深海矿石与氢气绿色开采方法及系统通过将多金属结核开采过程中产生的开采尾水进行收集,利用开采尾水与氢气开采平台结核进行深海氢气的开采,并将剩余的开采尾水引入海床面以下进行利用与岩石反应,引入的二氧化碳相比于传统水射流具有增渗增裂及催化加速氢气产生效果,相比传统多金属结核开采模式避免了开采尾水直接排放对海洋环境产生的不利影响,将二氧化碳引入海床面以下与岩层发生反应产生氢气具有碳利用及封存功能,实现了深海采矿的绿色开采及能源的合理利用。



1. 一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开采系统,其特征在于:包括母船(1)、使用液态二氧化碳作为射流流体进行金属结核矿粒采集的采矿车(3)以及氢气开采作业平台(6),所述采矿车(3)以氢气开采作业平台(6)为中心,采用不同距离的半环形路径,进行多金属结核开采,所述采矿车(3)以及氢气开采作业平台(6)之间设置有尾水收集中继站(4);所述氢气开采作业平台(6)包括作业平台坐底框架(61)、多功能多接口采气树(62)和水下密封管路接口阀(63);

所述尾水收集中继站(4)用于收集二氧化碳尾水并输送至氢气开采作业平台(6)底部的射流钻探系统,所述射流钻探系统通过将超临界二氧化碳尾水射流冲击橄榄岩,进行橄榄岩破碎与催化反应,开采的氢气通过环绕射流钻探系统垂直设置的采气井(9)进行回收;

所述尾水收集中继站(4)入口处与采矿车(3)由管道连接,所述尾水收集中继站(4)内安装有过滤网(41),所述过滤网(41)将尾水收集中继站(4)的入水口和出水口隔离成两个空间部分,出水口空间内安装有抽吸泵(42);采矿车(3)中的尾水在开采后由其内部的动力结构随管道输送至尾水收集中继站(4)内,尾水经由多金属结核及底栖生物、藻类过滤网过滤后,由抽吸泵(42)输送至柔性管道(5)后接入氢气开采作业平台(6)。

2. 如权利要求1所述的一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开采系统,其特征在于:所述尾水收集中继站(4)由浮体材料控制,与采矿车保持随动。

3. 如权利要求1所述的一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开采系统,其特征在于:所述射流钻探系统包括二氧化碳射流动力泵(7)以及设置于氢气开采作业平台(6)底部的开采尾水钻探系统(8);所述开采尾水钻探系统(8)包括钻探管道(81)、螺纹钻探头(82)、侧壁射流孔(83)和底部射流头(84),所述二氧化碳尾水通过侧壁射流孔(83)和底部射流头(84)进行射流喷射;所述射流钻探系统还用于打井作业。

4. 如权利要求1所述的一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开采系统,其特征在于:所述采气井(9)的侧壁上连通设置有多组气动阀气体管路(10),所述气动阀气体管路(10)上设置有气体回收井抽吸泵(11),所述气体回收井抽吸泵(11)连接氢气开采作业平台(6)上设置的多功能多接口采气树(62),所述多功能多接口采气树(62)连接氢气输送管(12),采集的氢气通过氢气输送管(12)输送到母船(1),并进行水、二氧化碳、氢气分离。

5. 如权利要求1所述的一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开采系统,其特征在于:所述使用液态二氧化碳作为射流流体,其中二氧化碳由陆地及母船(1)的尾气获取。

6. 一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开采方法,基于使用液态二氧化碳作为射流流体进行金属结核矿粒采集的采矿系统,其特征在于:应用于如权利要求1至5任意一项所述的一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开采系统;

将射出后的液态二氧化碳作为尾水进行收集,并传送至氢气开采作业系统;

氢气开采作业系统使用液态二氧化碳尾水作为射流冲击海底橄榄岩进行橄榄岩破碎与催化反应,进行氢气开采的同时封存二氧化碳;

产生的氢气、二氧化碳及水的混合液通过采气树进行收集,并输送至终端进行氢气分离。

7. 如权利要求6所述的一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开采方法,其特征在于:所述氢气开采作业系统在使用钻头进行打井作业时,将一部分二氧化碳尾水通过钻头射出,搅动深部海床进行打井作业,在打井作业过程中,采气井外在液压系统下向下沉陷,直

至跨越土层到达橄榄岩层。

## 一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开采方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明属于深海岩石气体开采技术领域,特别涉及一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开采方法及系统。

### 背景技术

[0002] 陆域橄榄岩产氢是一种司空见惯的地质现象,近年来,深海海底被发现存在着大量的橄榄岩,通过水和橄榄岩就能产生大量的氢气。其中,增加二氧化碳等物质,可加速产氢速度,如公式所示。但是,深海的海底氢气至今未被当做能源进行大面积开采,据近年来大量科学评估,深海海底氢能远超地球上石油、天然气和水合物资源,储量巨大。深海采氢具有显著的开发利用价值,产业前景光明,是“深海开发”的最优对象;

[0003] 橄榄石+水 $\rightarrow$ 蛇纹石+水镁石+磁铁矿+氢气

[0004] 橄榄石+二氧化碳+ $2Ca^{2+}$ +水 $\rightarrow$ 白云石+石英+ $4H^+$

[0005] 深海海底氢能源开发涉及到深海6000米级以深的管道输送、提升等庞大的技术开发体系。海底氢能的开采平台,可基于海底油气资源开采平台进行改进,开采平台系统组成的复杂性、功能的完备性和环境的特殊性决定了平台的能源消耗很高,这对深远海氢能开采是一个挑战。另外,不同储层结构和水深对钻井平台的要求不同。对于洋中脊、转换断层、俯冲带或深海洋盆地区,水深基本大于4000 m,此时基础固定于海底的开采平台,如塔架式平台或顺应塔平台,无法满足开采条件。半潜式钻井平台或钻井船漂浮于水面,通过动力定位系统进行定位,目前虽适应于3000多m的水深环境,通过改进升级,是否满足深海氢气的开采未有定论。

[0006] 根据相关地质研究发现,在深海海底多金属结核与氢气源存在大量的能源赋存重合区,具有较好的联合采集条件。但如何将多金属开采与海底氢气资源开采进行装备联合利用,增强海底装备通用型功能,并解决多金属结核开采对海洋环境产生的不利影响是一个亟需解决的课题。

### 发明内容

[0007] 为了解决背景技术中的问题,本发明第一方面提供了一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开采系统,包括母船、使用液态二氧化碳作为射流流体进行金属结核矿粒采集的采矿车以及氢气开采作业平台,所述采矿车以氢气开采作业平台为中心,采用不同距离的半环形路径,进行多金属结核开采,所述采矿车以及氢气开采作业平台之间设置有尾水收集中继站;

[0008] 所述尾水收集中继站用于收集二氧化碳尾水并输送至氢气开采作业平台底部的射流钻探系统,所述射流钻探系统通过将超临界二氧化碳尾水射流冲击橄榄岩,进行橄榄岩破碎与催化反应,开采的氢气通过环绕射流钻探系统垂直设置的采气井进行回收。

[0009] 进一步的,所述尾水收集中继站由浮体材料控制,与采矿车保持随动。

[0010] 进一步的,所述射流钻探系统包括二氧化碳射流动力泵以及设置于氢气开采作业

平台底部的开采尾水钻探系统;所述开采尾水钻探管道包括钻探管道、螺纹钻探头、侧壁射流孔和底部射流头,所述二氧化碳尾水通过侧壁射流孔和底部射流头进行射流喷射;所述射流钻探系统还用于打井作业。

[0011] 进一步的,所述采气井的侧壁上连通设置有多组气动阀气体管路,所述气动阀气体管路上设置有气体回收井抽吸泵,所述气体回收井抽吸泵连接氢气开采作业平台上设置的多功能多接口采气树,所述多功能多接口采气树连接氢气输送管,采集的氢气通过氢气输送管输送到母船,并进行水、二氧化碳、氢气分离。

[0012] 进一步的,所述尾水收集中继站入口处与采矿车由管道连接,所述尾水收集中继站内安装有过滤网,所述过滤网将尾水收集中继站的入水口和出水口隔离成两个空间部分,所述出水口空间内安装有抽吸泵;采矿车中的尾水在开采后由其内部的动力结构随管道输送至尾水中继站内,尾水经由多金属结核及底栖生物、藻类过滤网过滤后,由抽吸泵输送至柔性管道后接入氢气开采作业平台。

[0013] 进一步的,所述使用液态二氧化碳作为射流流体,其中二氧化碳由陆地及母船的尾气获取。

[0014] 进一步的,所述进行水、二氧化碳、氢气分离,是在母船通过气液膜分离的方法进行水与气体分离,通过多级吸附塔进行二氧化碳与氢气分离,最终对氢气进行回收。

[0015] 本发明第二方面提供了一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开采方法,基于使用液态二氧化碳作为射流流体进行金属结核矿粒采集的采矿系统:

[0016] 将射出后的液态二氧化碳作为尾水进行收集,并传送至氢气开采作业系统;

[0017] 氢气开采作业系统使用液态二氧化碳尾水作为射流冲击海底橄榄岩进行橄榄岩破碎与催化反应,进行氢气开采的同时封存二氧化碳;

[0018] 产生的氢气、二氧化碳及水的混合液通过采气树进行收集,并输送至终端进行氢气分离。

[0019] 进一步的,所述采矿系统的采矿车以氢气开采作业系统为中心,采用不同距离的半环形路径,进行多金属结核开采,采矿车与氢气开采作业系统之间设置尾水收集中继站;二氧化碳尾水通过尾水收集中继站进行收集,并传送给氢气开采作业系统;尾水收集中继站由浮体材料控制,与采矿车保持随动。

[0020] 进一步的,开采的氢气通过环绕射流钻探系统垂直设置的采气井进行回收,采气井的侧壁上连通设置多组气动阀气体管路,所述气动阀气体管路上设置有气体回收井抽吸泵,所述气体回收井抽吸泵连接氢气开采作业平台上设置的多功能多接口采气树,所述多功能多接口采气树连接氢气输送管,采集的氢气通过氢气输送管输送到母船。

[0021] 进一步的,所述氢气开采作业系统在使用钻头进行打井作业时,将一部分二氧化碳尾水通过钻头射出,搅动深部海床进行打井作业,在打井作业过程中,采气井外在液压系统下向下沉陷,直至跨越土层到达橄榄岩层。

[0022] 与现有技术相比,本发明具有以下优点和有益效果:

[0023] 本发明基于液态二氧化碳作为射流流体进行金属结核矿粒采集的研究,创造性的提出了使用其尾水应用到海底氢气开采的思路,并设计了一种可实现结构。具体效果如下:

[0024] 1. 本发明利用二氧化碳实现深海矿石与氢气绿色开采方法及系统通过将多金属结核开采过程中产生的开采尾水进行收集,利用开采尾水与氢气开采平台结核进行深海氢

气的开采,显著降低了氢气在深海开采的上部结构建造费用及建造难度,增强了海底氢气大规模开发的可行性且海底作业装备的通用性使用功能;

[0025] 2.本发明引入的二氧化碳相比于传统水射流具有增渗增裂及催化加速氢气产生效果,显著降低了整体作业系统能耗并增强其作业效率。本发明将剩余的开采尾水引入海床面以下进行利用与岩石反应,相比传统多金属结核开采模式避免了开采尾水直接排放对海洋环境产生的不利影响,从源头上解决环境影响问题,对改善传统海底采矿作业的环境影响问题具有明显优势;

[0026] 3.本发明将二氧化碳引入海床面以下与岩层发生反应产生氢气具有碳利用及封存功能,实现了深海采矿的绿色开采及能源的合理利用。

## 附图说明

[0027] 为了更清楚地说明本发明或现有技术的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图做简单的介绍,显而易见地,下面描述的仅仅是本发明的一个实施例,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附图。

[0028] 图1是一定压力下二氧化碳与水的粘度比对图。

[0029] 图2是一定压力下二氧化碳与水的密度比对图。

[0030] 图3是本发明利用二氧化碳实现深海矿石与氢气绿色开采系统氢气开采体系示意图。

[0031] 图4是本发明多金属结核采矿车与氢气开采平台联合作业时采矿车开采路径示意图。

[0032] 图5是本发明利用二氧化碳实现深海矿石与氢气绿色开采系统氢气开采作业平台结构示意图。

[0033] 图6是本发明尾水收集中继站内部结构示意图。

[0034] 图7是是本发明利用二氧化碳实现深海矿石与氢气绿色开采系统氢气开采的射流破岩钻头结构示意图。

[0035] 图8是不同温度压力下二氧化碳相态图。

[0036] 图9是本发明利用二氧化碳实现深海矿石与氢气绿色开采系统的联合氢气回收路径示意图。

[0037] 图中,母船(1)、多金属结核开采动力输送管道(2)、采矿车(3)、第一半径(31)、第二半径(32)、第三半径(33)、尾水收集中继站(4)、过滤网(41)、抽水泵(42)、柔性管道(5)、氢气开采作业平台(6)、作业平台坐底框架(61)、多功能多接口采气树(62)、水下密封管路接口阀(63)、二氧化碳射流动力泵(7)、开采尾水钻探系统(8)、管道本体(81)、螺纹钻探头(82)、侧壁射流孔(83)、底部射流头(84)、采气井(9)、气动阀气体管路(10)、气体回收井抽吸泵(11)、氢气输送管(12)、橄榄岩层(13)。

## 具体实施方式

[0038] 下面结合本发明中的附图,对本发明具体实施例中的技术方案进行清楚、完整的描述。

[0039] 根据相关地质研究发现,在深海海底多金属结核与氢气源存在大量的能源赋存重合区,具有较好的联合采集条件。目前,深海海底多金属结核开采,具有成熟的开采体系设计理念及国外具有较为成熟的开采示范性案例,其中采用二氧化碳进行多金属结核开采并具有碳封存功能,在ZL202310586820.2专利中已被认可。其专利明确提出在康达效应下,液态二氧化碳替代现有的水射流,能够维持高速射流状态从而在低压区产生更大的吸力,保证采集效率稳定性和高效性的原理。

[0040] 如图1和图2所示,在40MPa以上,液态二氧化碳密度略大于水,粘度仅有水的0.1-0.2倍,在流动过程中,液态二氧化碳所受阻力远小于水,导致在相同的射流距离内,液态二氧化碳的流速大于水海底矿区所在区域的压力值一般在40mpa-60mpa。由于康达效应是由流体高速流动产生的,流体流速越大沿曲面壁的偏转幅度也越大,根据牛顿第三定律,物体施与流体一个偏转的力,则流体也必定要施与物体一个反向偏转的力,因此二氧化碳在负压区引起的升力也大于水。稳流体系能量平衡方程的射流出口流速可写成:

$$[0041] \quad u_2 = \sqrt{2(H_1 - H_2)};$$

[0042] 上式中 $u_2$ 为喷嘴出口流速, $H_1$ 为流体的初始焓, $H_2$ 为流体的最终焓。液态二氧化碳在流动过程中的焓变大于水,所以 $u_2$ 更大。

[0043] 采用液态二氧化碳射流代替水射流,在有效减小流体阻力,提高射流效率的同时,也能起到碳封存的效果。二氧化碳排入深海中,二氧化碳分子会包含自由水和饱和水,二氧化碳水合物是指在一定压力和温度高于水的冰点温度,海底矿区所在区域的温度值一般在0-4℃的条件下,二氧化碳中的水与二氧化碳构成的结晶状复合物。而深海中的压力和温度恰好有利于水合物的生成。

[0044] 根据以上情况可知,若将深海采矿车及其体系作为陆域能源及二氧化碳输送体系,海底采矿车作为氢气开采的海底作业装备进行海床表面钻探平台建设,将多金属开采尾水作为海底橄榄岩的反应物质,将从开采体系复杂性、动力来源方面显著降低海底氢气开采体系的开发难度。

[0045] 本发明提供了利用二氧化碳实现深海矿石与氢气绿色开采方法及系统。主要包括利用二氧化碳的深海多金属结核开采系统、深海氢气开采系统,上述深海多金属结核开采系统和深海氢气开采系统利用的是现在已经应用的开采系统。实现绿色联合开采,主要原理是将多金属结核开采系统产生的包含陆域水、二氧化碳和羽流的开采尾水进行处理的同时能够进行合理的能源利用。

[0046] 开采深海6000米水深处海床表面以下3000-6000米的橄榄岩所产生的天然氢气,橄榄岩位于地幔层,属于高温高压环境,通过注入水实现高温高压下水岩反应,产生氢气。若在水中加入二氧化碳,则会加速水岩产生氢气的过程。同时,二氧化碳在地幔层高温高压下处于超临界状态,具有增渗增压效果,相比传统水射流破岩效果更强。基于此原理,通过收集深海多金属结核开采系统中的开采尾水,并进一步将此开采尾水输送至深海氢气开采管道,并能将其中的二氧化碳进行充分利用加速产氢。过剩的多金属结核开采尾水待氢气开采完成后,排放至海床面以下。

[0047] 基于上述原理,本发明提出了一种基于二氧化碳深海采矿的氢气绿色开采方法,将射出后的液态二氧化碳作为尾水进行收集,并传送至氢气开采作业系统;氢气开采作业

系统使用液态二氧化碳尾水作为射流冲击海底橄榄岩进行橄榄岩破碎与催化反应,进行氢气开采的同时封存二氧化碳;产生的氢气、二氧化碳及水的混合液通过采气树进行收集,并输送至终端进行氢气分离。其中,采矿系统的采矿车以氢气开采作业系统为中心,采用不同距离的半环形路径,进行多金属结核开采,采矿车与氢气开采作业系统之间设置尾水收集中继站;二氧化碳尾水通过尾水收集中继站进行收集,并传送给氢气开采作业系统。开采的氢气通过环绕射流钻探系统垂直设置的采气井进行回收,气体回收井抽吸泵连接氢气开采作业平台上设置采气树,采集的氢气通过氢气输送管输送到母船。

[0048] 本发明的一种具体实现结构如图3所示。系统包括母船1、使用液态二氧化碳作为射流流体进行金属结核矿粒采集的采矿车3以及氢气开采作业平台6,采矿车3以氢气开采作业平台6为中心,采用不同距离的半环形路径,进行多金属结核开采,如图4所示,包括第一半径31、第二半径32和第三半径33;采矿车3以及氢气开采作业平台6之间设置有尾水收集中继站4;尾水收集中继站4用于收集二氧化碳尾水并输送至氢气开采作业平台6底部的射流钻探系统,射流钻探系统通过将超临界二氧化碳尾水射流冲击橄榄岩,进行橄榄岩破碎与催化反应,开采的氢气通过环绕射流钻探系统7垂直设置的采气井9进行回收。

[0049] 采矿车3的输入端通过多金属结核开采动力输送管道2与采矿母船1连接,将深海采矿车与深海氢气开采作业平台通过柔性管道进行连接,随深海采矿布放系统,与深海采矿车同时布放至海底,将采矿母船1上的二氧化碳和水输送到采矿车3上进行射流采矿,二氧化碳由陆地及母船1的尾气获取。采矿车3的开采尾水输出端与开采尾水收集中继站4连通,将开采尾水进行收集,避免直接排放对海洋环境产生的不利影响。开采尾水收集中继站4通过尾水输送柔性管道5与氢气开采作业平台6连通。

[0050] 其中,射流钻探系统包括二氧化碳射流动力泵7以及设置于氢气开采作业平台6底部的开采尾水钻探系统8;开采尾水钻探管道8如图7所示,包括钻探管道81、螺纹钻探头82、侧壁射流孔83和底部射流头84,二氧化碳尾水通过侧壁射流孔83和底部射流头84进行射流喷射;所述射流钻探系统还用于打井作业。

[0051] 其中,采气井9的侧壁上连通设置有多组气动阀气体管路10,所述气动阀气体管路10上设置有气体回收井抽吸泵11,所述气体回收井抽吸泵11连接氢气开采作业平台6上设置的多功能多接口采气树62,如图5所示,还包括作业平台坐底框架61和水下密封管路接口阀63,多功能多接口采气树62连接氢气输送管12,采集的氢气通过氢气输送管12输送到母船1,并进行水、二氧化碳、氢气分离。其中,一种可实现分离方式为,在母船通过气液膜分离的方法进行水与气体分离,通过多级吸附塔进行二氧化碳与氢气分离,最终对氢气进行回收。

[0052] 其中,尾水收集中继站4由浮体材料控制,与采矿车保持随动;尾水收集中继站4的一种可实现方式如图6所示:尾水收集中继站4入口处与采矿车3由管道连接,尾水收集中继站4内安装有过滤网41,过滤网41将尾水收集中继站4的入水口和出水口隔离成两个空间部分,所述出水口空间内安装有抽吸泵42;采矿车3中的尾水在开采后由其内部的动力结构随管道输送至尾水中继站4内,尾水经由多金属结核及底栖生物、藻类过滤网过滤后,由抽吸泵42输送至柔性管道5后接入氢气开采作业平台6。

[0053] 基于上述系统,本发明的具体实现方法如下:

[0054] 将深海采矿车3与尾水收集中继站4间进行刚性连接,尾水收集中继站与深海氢气

开采作业平台6间通过柔性管道5进行连接,氢气开采作业平台内置钻头、动力系统、钻井等设备,随深海采矿布放系统,与深海采矿车同时布放至海底,通过脐带缆向采矿车及氢气开采作业平台进行供电;

[0055] 将陆域二氧化碳及船舶尾气排放的二氧化碳,将其通过船面输送系统输送至海底,作为多金属结核射流开采的射流介质,采矿车以氢气开采作业平台为中心,采用不同距离的半环形路径,进行多金属结核开采;

[0056] 采矿车内收集利用二氧化碳进行深海多金属结核开采后的含二氧化碳及沉积物开采尾水;

[0057] 将深海多金属结核开采后的尾水通过羽流柔性管道收集至尾水中继站4,此中继站由浮体材料控制,与采矿车保持随动;

[0058] 将收集的尾水,通过中继站动力系统输送至氢气开采作业平台6;

[0059] 二氧化碳尾水输送至二氧化碳射流动力泵7以及设置于氢气开采作业平台6底部的开采尾水钻探系统8,钻头在液态及超临界态混合态的二氧化碳射流作用下搅动深部海床进行打井作业,在打井作业过程中,采气井9外在液压系统下向下沉陷,直至跨越土层到达橄榄岩层;

[0060] 钻探及布井作业结束后,将含有二氧化碳混合液的开采尾水送至海底橄榄岩层13,在此过程中,由于温度、压力梯度的变化,二氧化碳从海床表面液态状态变为超临界状态,如图8所示;通过超临界二氧化碳射流冲击岩石,进行深部橄榄岩破碎与催化反应,实现通过二氧化碳开采氢气及二氧化碳利用与封存;

[0061] 产生的氢气通设置在开采作业平台内的抽吸装置,通过垂直布置的采气井9进行氢气捕捉与采集;如图9所示。

[0062] 采集的氢气,在射流的上反射流场及顶部吸力泵的作用下,沿管壁输送氢气开采平台,接入采气树后,流动至输送管12,进行长距离输送,输送至母船1后进行水、二氧化碳、氢气分离。

[0063] 本发明中的术语“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“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文和简化描述,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。在本文的描述中,除非另有规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是机械连接或电连接,也可以是两个元件内部的连通,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的具体含义。本发明中,除非另有说明,术语“多个”表示两个或两个以上。

[0064] 以上所述仅为本申请的优选实施例而已,并不用于限制本申请,对于本领域的技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化,所属领域技术人员应该明白,在本申请的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形或等同替换等,均应包含在本申请的保护范围之内。

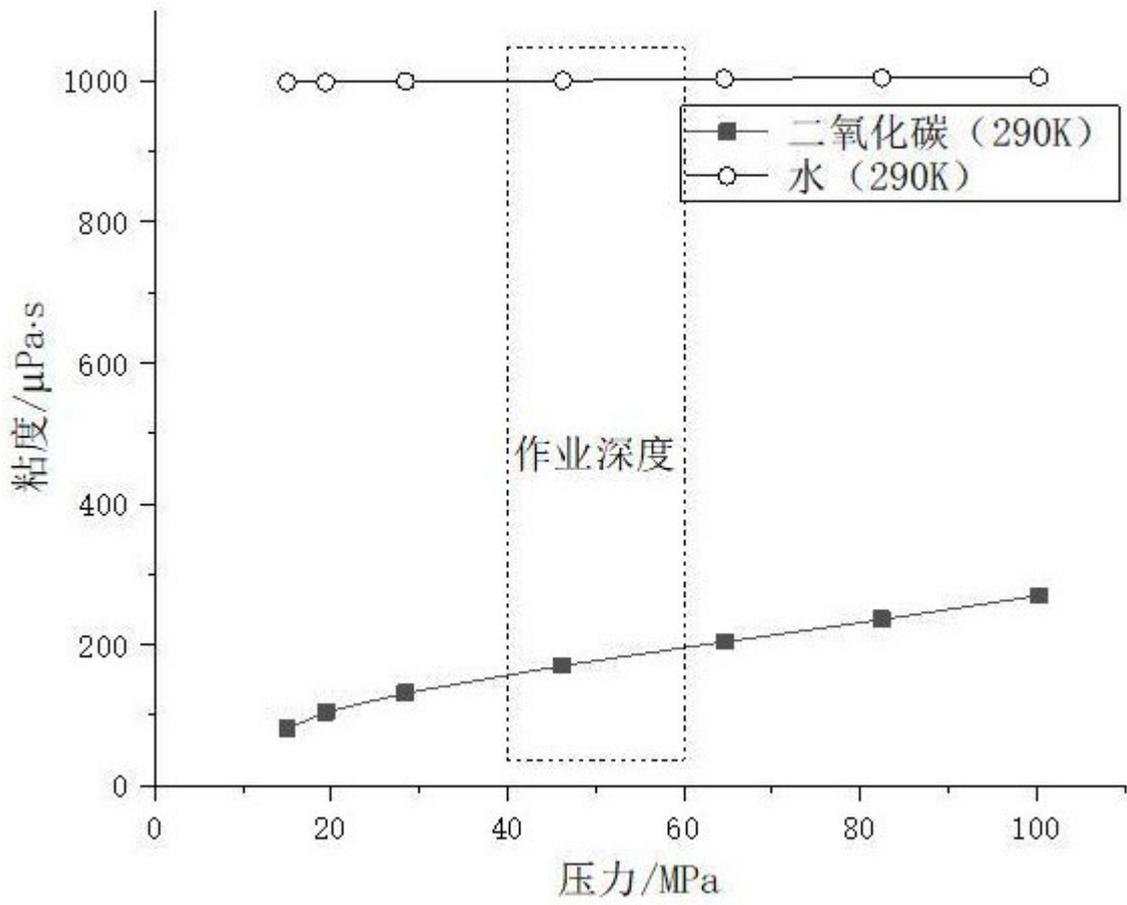


图 1

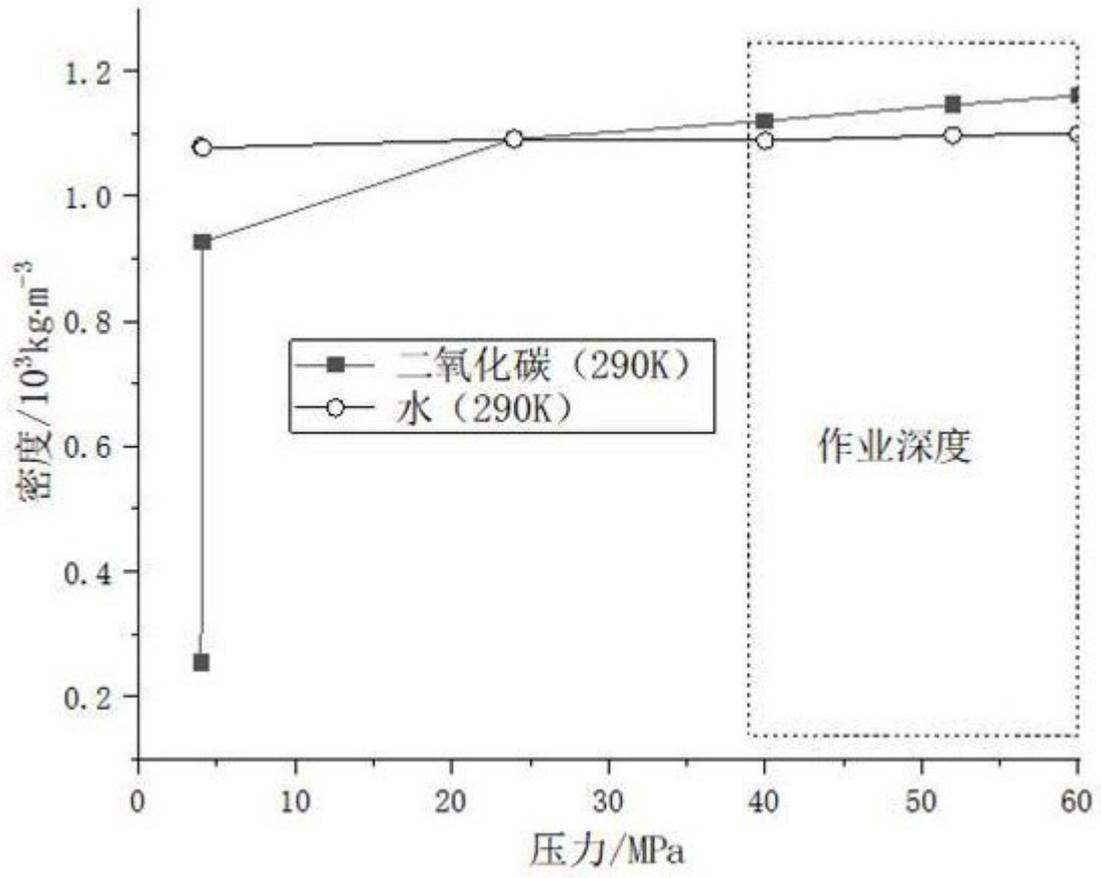


图 2

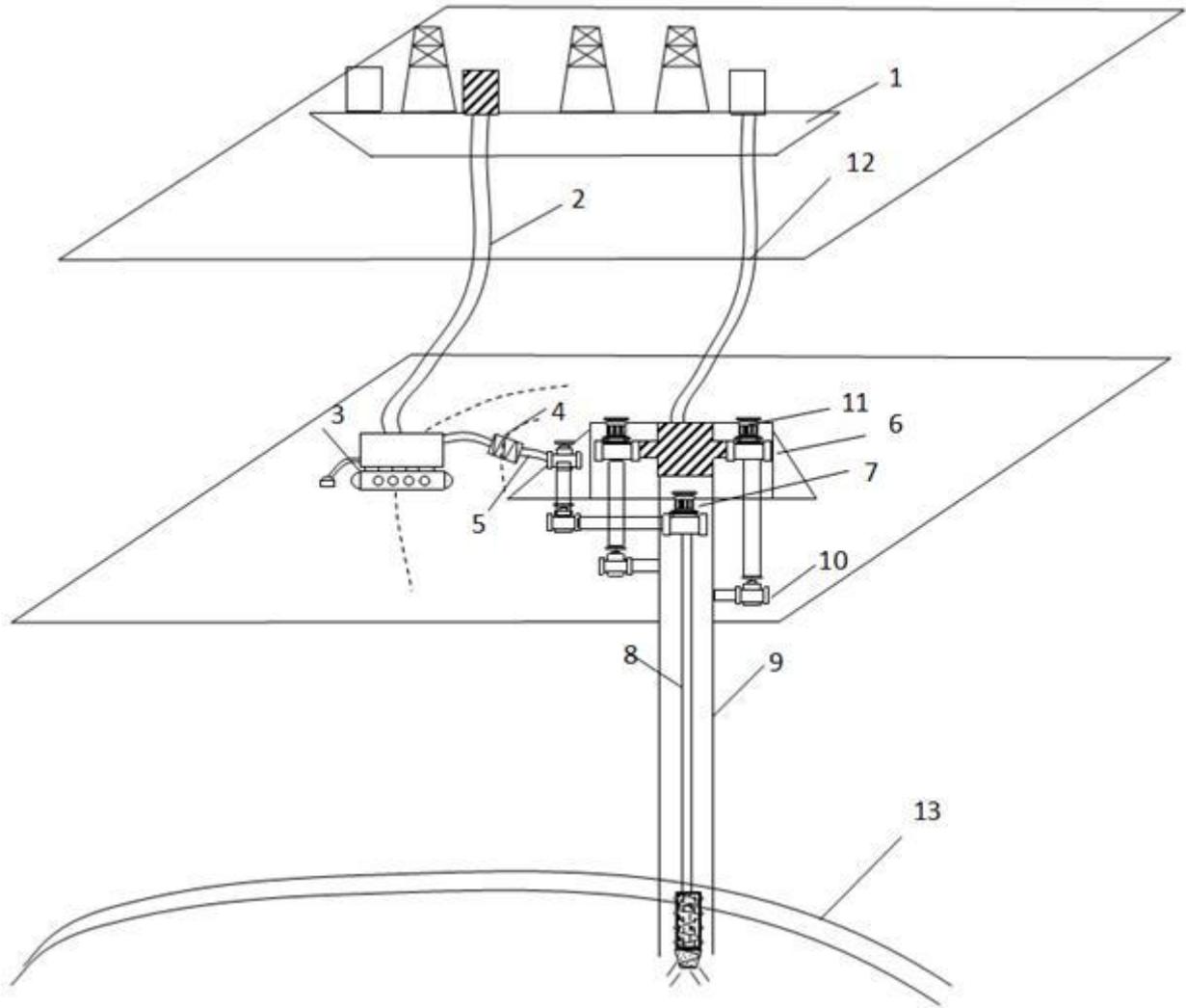


图 3

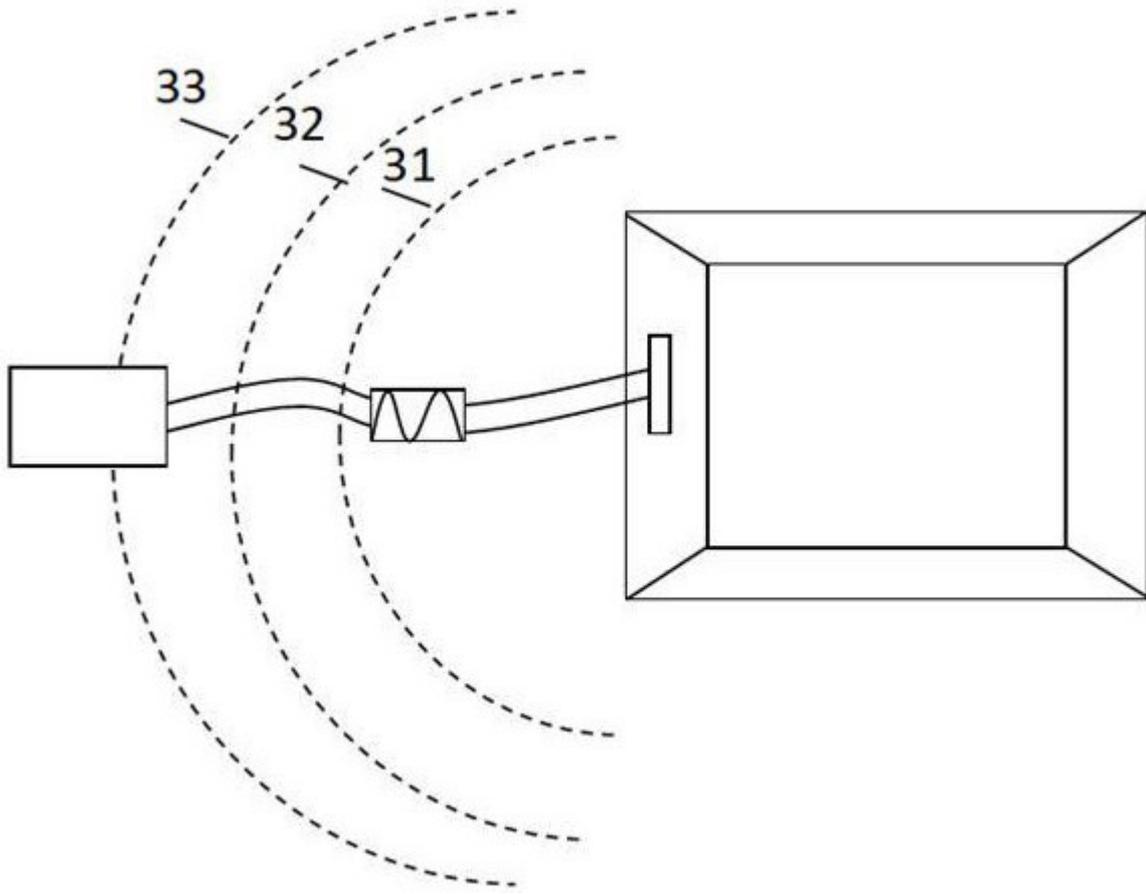


图 4

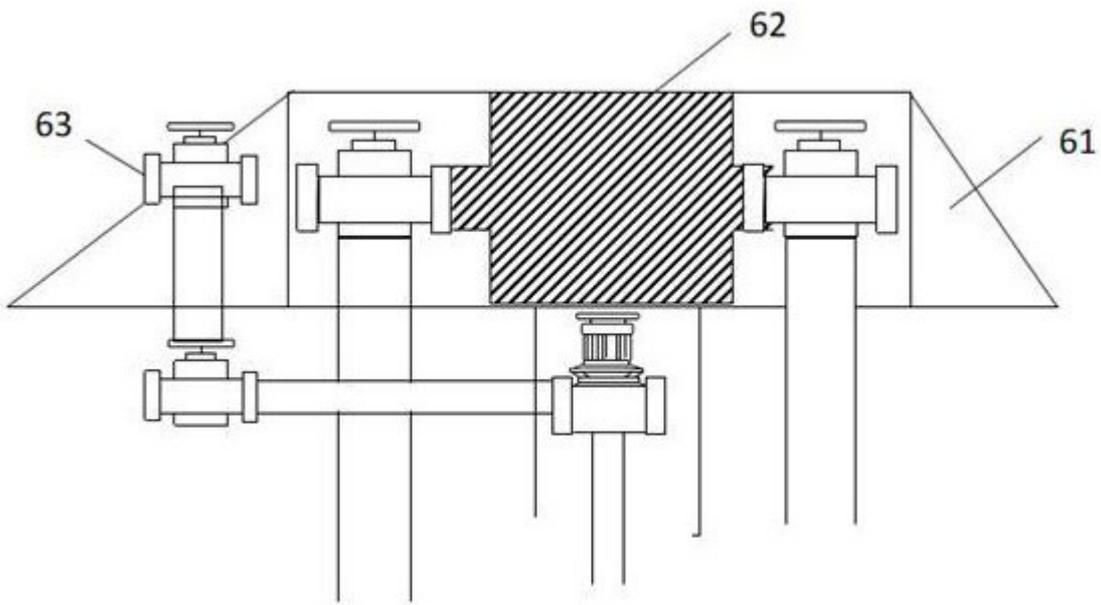


图 5

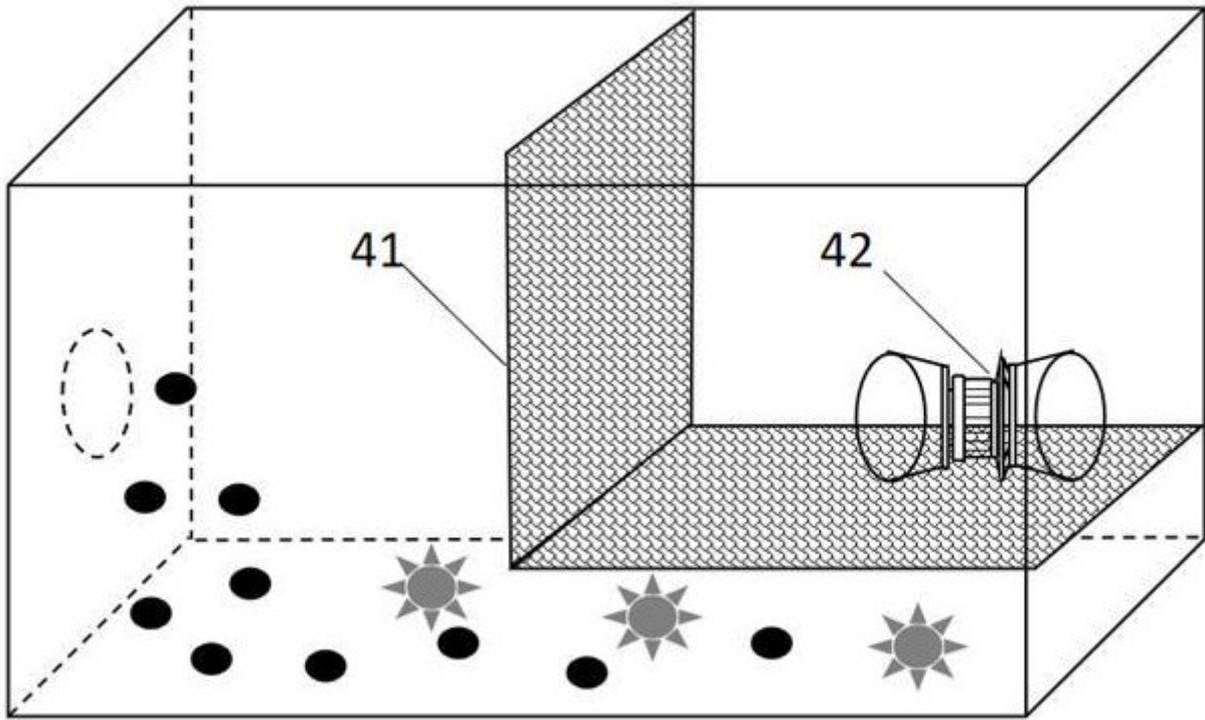


图 6

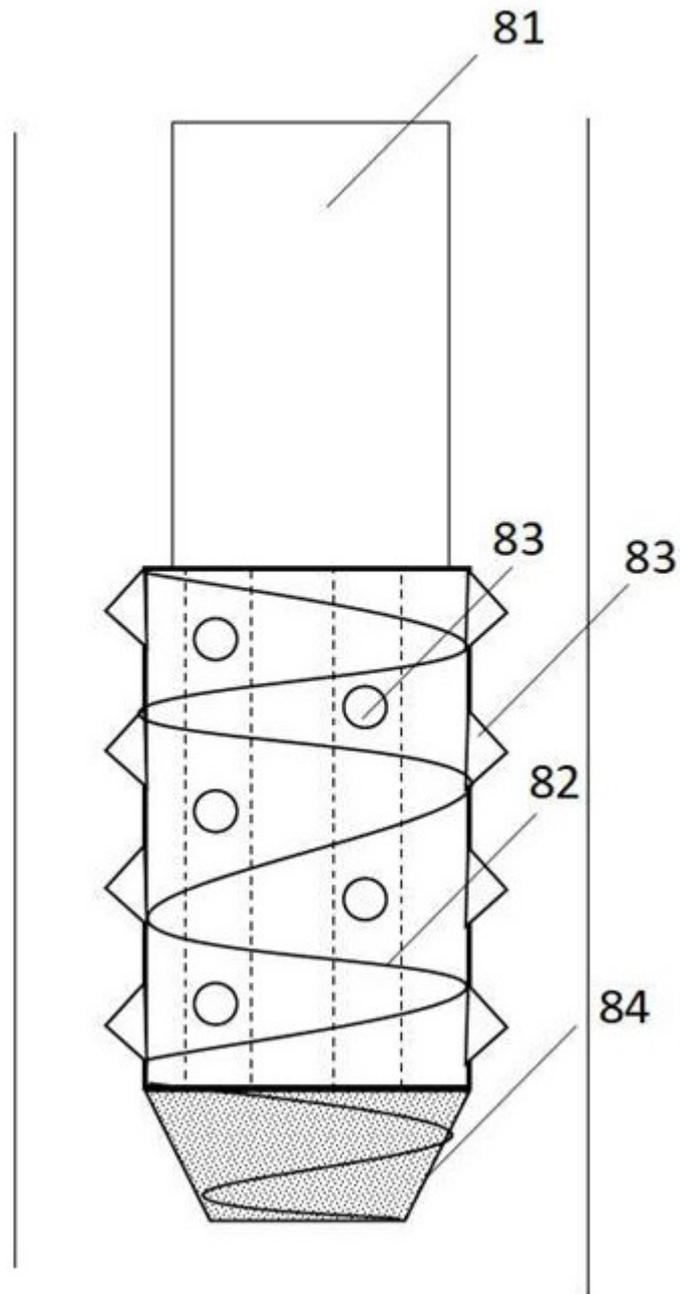


图 7

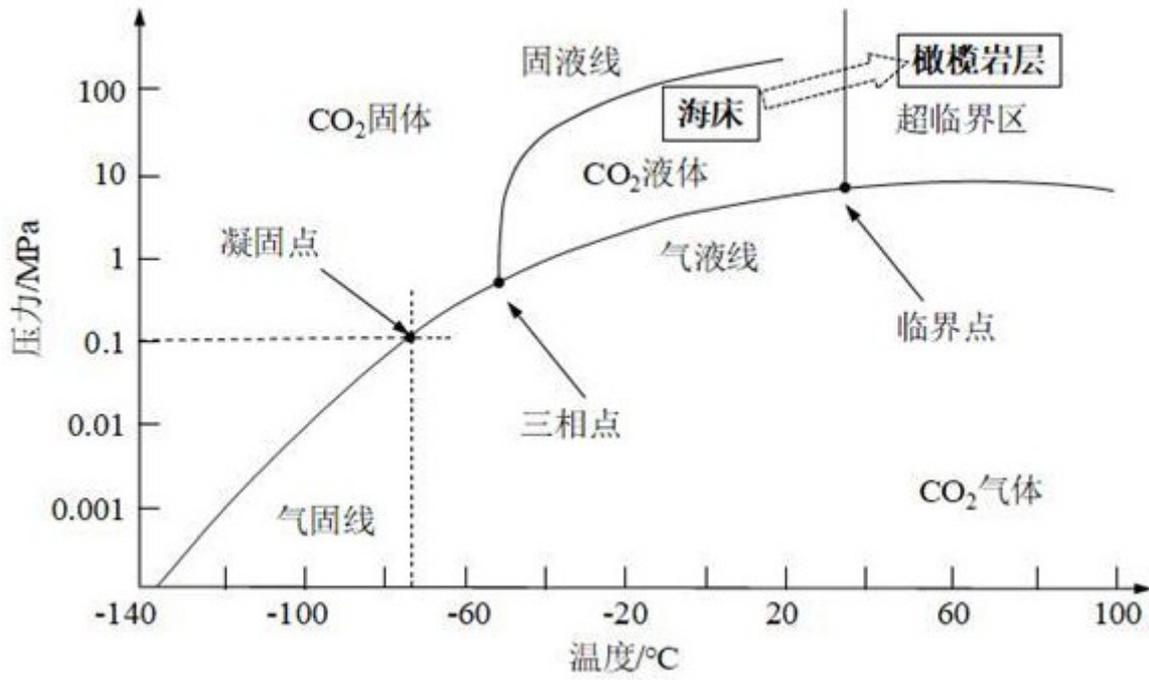


图 8

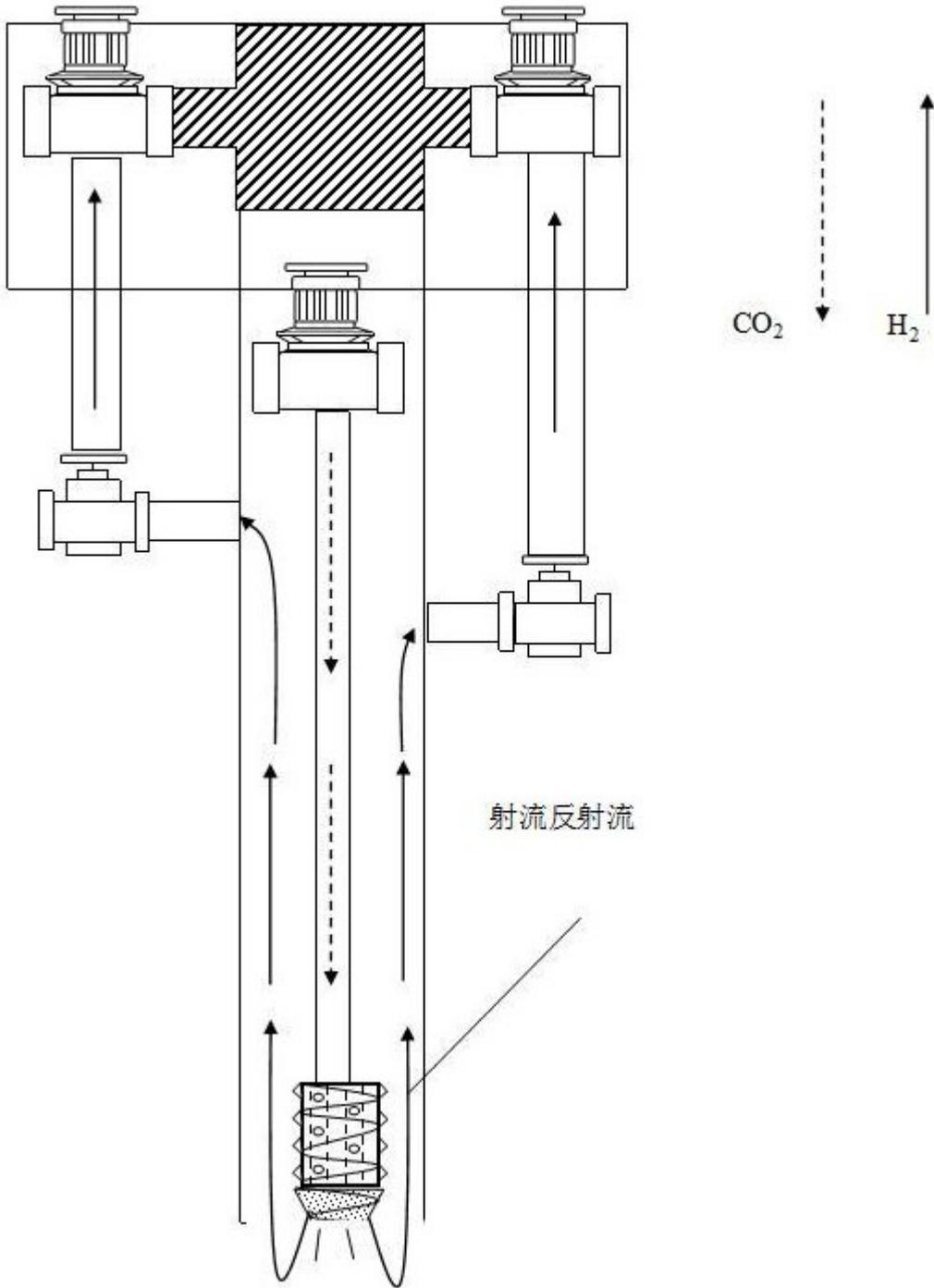


图 9