



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113123763 A

(43) 申请公布日 2021.07.16

(21) 申请号 202110395560.1

(22) 申请日 2021.04.13

(71) 申请人 上海万维亿通装备制造有限公司

地址 200000 上海市浦东新区中国(上海)
自由贸易试验区临港新片区丽正路
1628号9幢1层1室

(72) 发明人 张晓 曹溪 张朝纯 李松涛
张忠涛 林纯建 钟鸣 贺群
田华 李青青 孙振勇 邹强
金钊 王虎 田沛然 赵晓宇
张雁飞 张群通 郑海东 刘晶
耿娜 张荣涛

(74) 专利代理机构 上海宣宜专利代理事务所
(普通合伙) 31288

代理人 陈酩

(51) Int.Cl.

E21B 43/01 (2006.01)

E21B 43/12 (2006.01)

E21B 43/16 (2006.01)

E21B 43/34 (2006.01)

E21B 7/28 (2006.01)

E21B 7/18 (2006.01)

E21B 7/12 (2006.01)

E21B 43/18 (2006.01)

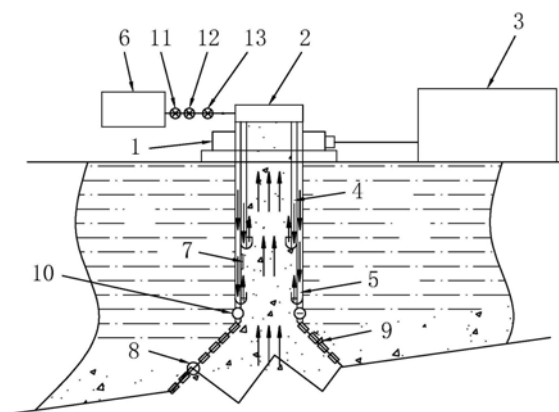
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种可燃冰开采系统及工艺

(57) 摘要

本发明公开了一种可燃冰开采系统及工艺,涉及可燃冰开采技术领域,包括管柱提升装置、气体分配器、一级举升管柱、二级举升管柱、分离储存库、氮气源、管内环境监测模组、采集口环境监测模组可调节补偿窗口以及电控阀门,系统间相互配合实现可燃冰开采。本发明还公开了一种可燃冰开采工艺。本发明通过向一级举升管柱和二级举升管柱内注入高压低温氮气,利用井内气液密度差产生引力,并采用欠平衡水马力扩孔以及过盈激降拉应力破冰,配合引力抽吸实现引力抽吸以实现固、液、气三相同采可燃冰的目的,实现了井内无各种形式机械泵的开采工艺,工艺简单,全面颠覆传统常规冲砂工艺,有助于推进可燃冰商业化开采与大规模利用的时代的到来。



1. 一种可燃冰开采系统,其特征在于,包括管柱提升装置、气体分配器、举升管柱以及分离储存库;

所述管柱提升装置,安装于地面上,连接所述举升管柱,用于实现举升管柱的提升;

所述举升管柱包括由内向外依次设置的一级举升管柱与二级举升管柱,所述一级举升管柱位于二级举升管柱上端;

所述气体分配器安装于举升管柱顶端,所述气体分配器连接氮气源,用于为举升管柱分配氮气;

所述举升管柱上端通过可燃冰输送管道连接可燃冰分离存储室。

2. 根据权利要求1所述的可燃冰开采系统,其特征在于,还包括管内环境监测模组以及采集口环境监测模组;

所述管内环境监测模组安装于所述举升管柱内,用于监测举升管柱管内开采数据;

所述采集口环境监测模组安装于所述举升管柱采集口,用于监测举升管柱采集口开采数据。

3. 根据权利要求2所述的可燃冰开采系统,其特征在于,还包括可调节补偿窗口,所述可调节补偿窗口安装于所述举升管柱采集口处,用于调节举升管柱内进水量。

4. 根据权利要求1所述的可燃冰开采系统,其特征在于,还包括角度补偿器,所述角度补偿器安装于所述举升管柱采集口处,用于调节举升管柱采集口角度。

5. 根据权利要求1所述的可燃冰开采系统,其特征在于,所述举升管柱采集口处还设有十字刀片。

6. 根据权利要求1所述的可燃冰开采系统,其特征在于,所述地面以及举升管柱下产层端还增设有高频脉冲式增压对撞机。

7. 根据权利要求1所述的可燃冰开采系统,其特征在于,所述气体分配器与所述氮气源之间连通管道上设有压力传感器、气体流量传感器与电控阀门。

8. 一种可燃冰开采工艺,其特征在于,包括以下步骤:

1) 利用拖船将可燃冰开采系统运送至可燃冰采集区域;

2) 利用管柱提升装置将举升管柱下放至海底,并通过角度补偿器调整举升管柱采集口角度,以使得举升管柱与海底契合;

3) 打开电控阀门,氮气源向气体分配器内输送氮气,氮气由气体分配器输送至一级举升管柱,以将举升管柱上部举通,并根据管内环境监测模组所监测到的数据,将氮气由气体分配器以脉冲形式输送至二级举升管柱,对举升管柱采集口进行引力抽吸,将可燃冰、淤泥、海水返出物经举升管柱输送至分离存储库;

4) 对进入分离存储库的返出物进行分离存储;

在所述步骤1) -4) 的可燃冰开采过程中,根据采集口环境监测模组所监测到的数据,调整海水经可调节补偿窗口进入举升管柱采集口的进水量,以及调整气体分配器对举升管柱的氮气输入量和脉冲频次。

9. 根据权利要求8所述的可燃冰开采系统及工艺,其特征在于,在所述步骤3) 中:当向储层中施加氮气时,氮气对储层加压后迅速放空,瞬间改变储层中压强,使储层表面真空形成负压,以产生拉应力,破碎可燃冰块,再经过引力抽吸将可燃冰开采至分离存储库。

10. 根据权利要求9所述的可燃冰开采系统及工艺,其特征在于,在所述步骤3) 过程中:

利用注入的氮气将储层中液体推走造成举升管柱内气体欠平衡状态,并在注入的氮气中加入体积含量为1%的液体,提供切割孔隙动力能,在高频脉冲式增压对撞机的配合工作下,通过引力抽吸,以进行二次扩孔。

一种可燃冰开采系统及工艺

技术领域

[0001] 本发明涉及可燃冰开采技术领域,更具体地说,它涉及一种可燃冰开采系统及工艺。

背景技术

[0002] 可燃冰,即天然气水合物,分子结构式为 $\text{CH}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$,是在一定条件下由水和天然气在中高压和低温条件下混合时结合形成的固体笼状结晶化合物,分布于深海海底或陆域的永久冻土中。因其外观象冰一样而且遇火即可燃烧,所以被称作“可燃冰”。可燃冰被西方学者称为“21世纪能源”或“未来新能源”。

[0003] 为了获取这种清洁能源,世界许多国家都在研究天然可燃冰的开采方法。传统常规开采可燃冰技术是通过在资源地域储层内,采用钻井手段,利用机械泵采把液体、气体开采到地面的过程。如储层中有细小颗粒进入井内产生堵塞,则只能通过液体(或气体)通过流体自身流量、粘度将固相物质返排到井外地面。这个清淤过程必须停止正常生产,下作业管柱,造成巨大的直接、间接经济损失,这也是开采成本上升的重要原因。

[0004] 基于上述问题,海底可燃冰还没完全掌握其商业化开采的有效手段。

发明内容

[0005] 针对实际运用中这一问题,本发明目的在于提出一种可燃冰开采系统及工艺,根据气液两相相对理论等自然科学基础理论在井内控化后产生的工程力学,利用引力抽吸、欠平衡水马力扩孔的方法,达到过盈激降拉应力破冰,实现固、液、气三相同采可燃冰的目的,具体方案如下:

[0006] 一种可燃冰开采系统,包括管柱提升装置、气体分配器、举升管柱以及分离储存库;

[0007] 所述管柱提升装置,安装于地面上,连接所述举升管柱,用于实现举升管柱的提升;

[0008] 所述举升管柱包括由内向外依次设置的一级举升管柱与二级举升管柱,所述一级举升管柱位于二级举升管柱上端;

[0009] 所述气体分配器安装于举升管柱顶端,所述气体分配器连接氮气源,用于为举升管柱分配氮气;

[0010] 所述举升管柱上端通过可燃冰输送管道连接可燃冰分离存储室。

[0011] 进一步的,还包括管内环境监测模组以及采集口环境监测模组;

[0012] 所述管内环境监测模组安装于所述举升管柱内,用于监测举升管柱管内开采数据;

[0013] 所述采集口环境监测模组安装于所述举升管柱采集口,用于监测举升管柱采集口开采数据。

[0014] 进一步的,还包括可调节补偿窗口,所述可调节补偿窗口安装于所述举升管柱采

集口处,用于调节举升管柱内进水量。

[0015] 进一步的,还包括角度补偿器,所述角度补偿器安装于所述举升管柱采集口处,用于调节举升管柱采集口角度。

[0016] 进一步的,所述举升管柱采集口处还设有十字刀片。

[0017] 进一步的,所述地面以及举升管柱下产层端还增设有高频脉冲式增压对撞机。

[0018] 进一步的,所述气体分配器与所述氮气源之间连通管道上设有压力传感器、气体流量传感器与电控阀门。

[0019] 一种可燃冰开采工艺,包括以下步骤:

[0020] 1) 利用拖船将可燃冰开采系统运送至可燃冰采集区域;

[0021] 2) 利用管柱提升装置将举升管柱下放至海底,并通过角度补偿器调整举升管柱采集口角度,以使得举升管柱与海底契合;

[0022] 3) 打开电控阀门,氮气源向气体分配器内输送氮气,氮气由气体分配器输送至一级举升管柱,以将举升管柱上部举通,并根据管内环境监测模组所监测到的数据,将氮气由气体分配器以脉冲形式输送至二级举升管柱,对举升管柱采集口进行引力抽吸,将可燃冰、淤泥、海水返出物经举升管柱输送至分离存储库;

[0023] 4) 对进入分离存储库的返出物进行分离存储;

[0024] 在所述步骤1)-4)的可燃冰开采过程中,根据采集口环境监测模组所监测到的数据,调整海水经可调节补偿窗口进入举升管柱采集口的进水量,以及调整气体分配器对举升管柱的氮气输入量和脉冲频次。

[0025] 进一步的,在所述步骤3)中:当向储层中施加氮气时,氮气对储层加压后迅速放空,瞬间改变储层中压强,使储层表面真空形成负压,以产生拉应力,破碎可燃冰块,再经过引力抽吸将可燃冰开采至分离存储库。

[0026] 进一步的,在所述步骤3)过程中:利用注入的氮气将储层中液体推走造成举升管柱内气体欠平衡状态,并在注入的氮气中加入体积含量为1%的液体,提供切割孔隙动力能,在高频脉冲式增压对撞机的配合工作下,通过引力抽吸,以进行二次扩孔。

[0027] 与现有技术相比,本发明的有益效果如下:本发明,通过管柱提升装置下放一级举升管柱与二级举升管柱至海底可燃冰,气体分配器依次向一级举升管柱和二级举升管柱内注入高压低温氮气,利用井内气液密度差产生引力,实现引力抽吸以实现固、液、气三相同采可燃冰的目的,并采用欠平衡水马力扩孔以及过盈激降拉应力破冰,配合引力抽吸实现持续开采,实现了井内无各种形式机械泵的开采工艺,工艺简单,全面颠覆传统常规冲砂工艺,有助于实现海底可燃冰的商业性开采,推进可燃冰商业化开采与大规模利用的时代。

附图说明

[0028] 图1为本发明的实施例的整体示意图。

[0029] 附图说明:1、管柱提升装置;2、气体分配器;3、分离存储库;4、一级举升管柱;5、二级举升管柱;6、氮气源;7、管内环境监测模组;8、采集口环境监测模组;9、可调节补偿窗口;10、角度补偿器;11、压力传感器;12、气体流量传感器;13、电控阀门。

具体实施方式

[0030] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例的附图,对本发明实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部的实施例。

[0031] 需要说明,本发明实施例中所有方向性指示(诸如上、下、左、右、前、后……)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。

[0032] 本发明利用井内气液密度差产生的引力,以实现可燃冰的开采,可实现液固气三相同时开采可燃冰。

[0033] 根据可燃冰特征,其固相即可产生液体又可挥发成气体,并且储藏在高压低温永冻的情况下,基本没有孔隙度成整体冰层,不同于煤、油、天然气等能源。根据性价比看,一个单位可燃冰可挥发168个单位气体甲烷,采固态可燃冰是性价比最高的。在本实施例中,以开采固相可燃冰为例,详细说明本实施例的实施方式。但是需要理解的是,本发明实施例的实施方式不仅限于开采固相可燃冰,同样可开采气液相可燃冰。

[0034] 本发明根据根据气液两相相对理论等自然科学基础理论在井内控化后产生的工程力学,利用引力抽吸、欠平衡水马力扩孔等方法,达到过盈激降拉应力破冰,实现可燃冰开采。

[0035] 具体地,在一个可能的实施例中,如图1所示,一种可燃冰开采系统,包括管柱提升装置1、气体分配器2、举升管柱、分离储存库、氮气源6、管内环境监测模组8、采集口环境监测模组9可调节补偿窗口10以及电控阀门14。

[0036] 管柱提升装置1,安装于地面上,连接举升管柱,用于实现举升管柱的提升。在可燃冰开采过程中,通过管柱提升装置1将举升管柱下方至海底,以及通过管柱提升装置1提升举升管柱以使得采集口脱离地面。

[0037] 举升管柱包括由内向外依次设置的一级举升管柱4与二级举升管柱5,主要由由外向内依次套设的井筒、套管以及内举升管组成,由井筒、套管以及内举升管由内向外形成一级举升管柱4以及二级举升管柱5。

[0038] 一级举升管柱4的长度小于二级举升管柱5,一级举升管柱4与二级举升管柱5的顶端持平,这样,使得一级举升管柱4位于二级举升管柱5上端。

[0039] 举升管柱采集口处还设有十字刀片。

[0040] 气体分配器2安装于举升管柱顶端,气体分配器2连接氮气源6,用于为举升管柱分配氮气。气体分配器调节气体所经通道、压力、流量、脉冲形式等。气体分配器2与氮气源6之间连通管道上设有压力传感器12、气体流量传感器13与电控阀门14。压力传感器用于输出氮气压力,气体流量传感器用于输出氮气流量,电控阀门作为氮气源总气源开关,打开电控阀门14,氮气进入气体分配器2。

[0041] 举升管柱上端通过可燃冰输送管道连接可燃冰分离存储室7。

[0042] 此外,管内环境监测模组8安装于举升管柱内,用于监测举升管柱管内开采数据,管内开采数据包括但不限于管内压力、流速、温度;采集口环境监测模组9安装于举升管柱采集口,用于监测举升管柱采集口开采数据,采集口开采数据包括但不限于采集口压力、流速、温度。

[0043] 可调节补偿窗口10安装于举升管柱采集口处,可调节补偿窗口10上设有电控阀门14,通过启闭电控阀门14来调节举升管柱内进水量。

[0044] 角度补偿器11安装于举升管柱采集口处,用于调节举升管柱采集口角度。

[0045] 本发明的可燃冰开采工艺,包括以下步骤:

[0046] 1) 利用拖船将可燃冰开采系统运送至可燃冰采集区域。

[0047] 2) 利用管柱提升装置1将举升管柱下放至海底,并通过角度补偿器11调整举升管柱采集口角度,以使得举升管柱与海底契合。

[0048] 3) 打开电控阀门14,氮气源6向气体分配器2内输送氮气,氮气由气体分配器2输送至一级举升管柱4,以将举升管柱上部举通,并根据管内环境监测模组8所监测到的数据,将氮气由气体分配器2以脉冲形式输送至二级举升管柱5,对举升管柱采集口进行引力抽吸,将可燃冰、淤泥、海水返出物经举升管柱输送至分离存储库3。

[0049] 此处形成引力抽吸的原理:根据气液两相相对理论,利用气体介质特性,可吞可吐、可压缩、可爆发,并且在压缩后密度小于清水密度3倍时,它的举升力没变,当液体发生运动时,可在气体体积当中出现大于地球自然引力过程。液体在内举升管上部,当氮气进入一级举升管柱4后,氮气从一级举升管柱4举升口从下向上举升,气体做推举力,内举升管内液体发生运动,形成引力抽吸;同理,当氮气进入二级举升管柱5后,二级举升管柱5内形成引力抽吸,从而实现对举升管柱采集口处可燃冰的抽吸。

[0050] 抽吸力与气体流量、流速、粘度、切力、沉没度无关,而与举升的液体流速、压力、密封度有关。

[0051] 由于液体时不可以压缩的,清水的密度是同体积被压缩气体密度的3倍(如水的密度是1000千克/立方米,而气体在被压到25兆帕时密度是300千克/立方米),当气体流量压力保持在密度小于液体密度3倍时,抽吸力及悬浮能力最佳,抽吸引力的强弱与举升液体的流速、气体逐步密度减小及气体产生的瞬间爆发力有关系,一般大于举升力5倍以上。

[0052] 因此,本发明中采用分级引力抽吸的方式,可有效提高套管上部的液体流速,从而提高井内抽吸力,提高可燃冰开采效率。

[0053] 采用引力抽吸的方式实现对海底内可燃冰的开采,可使井内无杆无泵,用套管采液即可实现液、固、气三相可同时开采。

[0054] 当液体自然压强不足时,可采用套内气体反向注入加压,以减少与套管水的摩擦阻力,更充分发挥引力抽吸力及气体的爆发力,提高采冰产量。

[0055] 最后,4) 对进入分离存储库3的返出物进行分离存储。分离存储库3内设有流量、压力、温度、气体检测等传感器,以实时监测开采上来的可燃冰,减少损耗。

[0056] 并且,在氮气的低温高压条件下,与固相可燃冰的保存条件相适应,可保持可燃冰所含甲烷不会产能分解,不会产生次生灾害,这样使得可燃冰在举升开采的过程中损耗较少,大大提高开采率。

[0057] 由于本实施例开采固相可燃冰,而由于井下储冰层基本成整体冰层,因此在可燃冰开采前,需要先对储冰层进行碎冰。本发明根据可燃冰特性以及引力抽吸理论,采用过盈激降拉应力破冰工艺。

[0058] 过盈激降拉应力破冰工艺:通过通过井筒向储层注入高压低温氮气,然后从套管注入一定量的液体,再通过油管底部注氮气,当向储层中施加氮气时,氮气对储层加压后迅

速放空,瞬间改变储层中压强,使储层表面真空形成负压,以产生拉应力,导致冰层由二维的韧性到三维压强的脆性,利用产生的拉应效果破碎可燃冰块,举升管柱的底端采集口处还设有十字刀片,在拉应力作用下,可燃冰与十字刀片碰撞,实现可燃冰的破碎,破碎效率高,最后再经过引力抽吸将破碎后的可燃冰开采至分离存储库3。在破碎可燃冰通过引力抽吸向上开采的过程中,砂岩颗粒也会同时被采出进行地面分离,相对于现有的可燃冰开采方式,避免了防砂措施。

[0059] 过盈激降拉应力破冰工艺适用于裸眼状态下的井下储冰层,但是海底沉积冰除外,如果开采海底沉积可燃冰,只有增风动(也叫气动)流量流速进流体引力虹吸破冰开采,可整流罩圈闭进行虹吸可以实现固相冰开采。

[0060] 举升管柱采集口可燃冰开采过程中,还同时需要考虑扩孔的问题,本发明实施例采用水马力欠平衡水马力对储层孔隙度扩孔,进行物性改造工艺。

[0061] 由于流体在静没流喷射时,压力、流量越大,液体的阻力就越大,即反作用力也成正比,而在气体环境中,水马力效果才能发挥最强(因为密度关系)。而气体、液体在同一过流面积孔隙度内通过流量相差1000倍。根据以上特征,具体地,在步骤3)过程中:利用注入的氮气将储层中液体推走造成举升管柱内气体欠平衡状态,并在注入的氮气中加入体积含量为1%的液体,提供切割孔隙动力能,为了提高切割效率,还可以在井下产层段及地面增加2台高频脉冲式增压对撞机,在高频脉冲式增压对撞机的配合工作下,然后根据气体可吞吐可爆发及引力抽吸原理,进行二次扩孔来改造储层物性,以实现增产增油,做到巨量采掘。

[0062] 此外,在步骤1)-4)的可燃冰开采过程中,根据采集口环境监测模组9所监测到的数据,调整海水经可调节补偿窗口10进入举升管柱采集口的进水量,以及调整气体分配器2对举升管柱的氮气输入量和脉冲频次,以保证正常数据范围内的引力抽吸,保证可燃冰的正常开采。

[0063] 在举升管柱采集口区域的可燃冰开采,可根据实际开采情况,采用管柱提升装置1适当下方举升管柱,以达到另一合适的可燃冰开采区域,继续进行开采。

[0064] 本发明的具体实施原理为:利用井内气液密度差产生的引力开采可燃冰,井内无各种形式机械泵的开采工艺,工艺简单,完全可以实现海下超深1万米大规模商业化开采,其开采量是现有的机械开采无法比拟的,因为井内无需保留液柱,并且利用地球引力可改变出液方向(液体向低流的自然规律),间断式引力抽吸实现了主动强力引力抽吸开采方式,而且不会造成井内液柱与地层压力的对冲以及避免了出现砂埋、卡泵、水锥、冲砂检泵等现象,全面颠覆传统常规冲砂工艺,有助于实现海底可燃冰的商业性开采,使得可燃冰开采进入实质性进展。

[0065] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,本发明的保护范围并不仅局限于上述实施例,凡属于本发明思路下的技术方案均属于本发明的保护范围。应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理前提下的若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

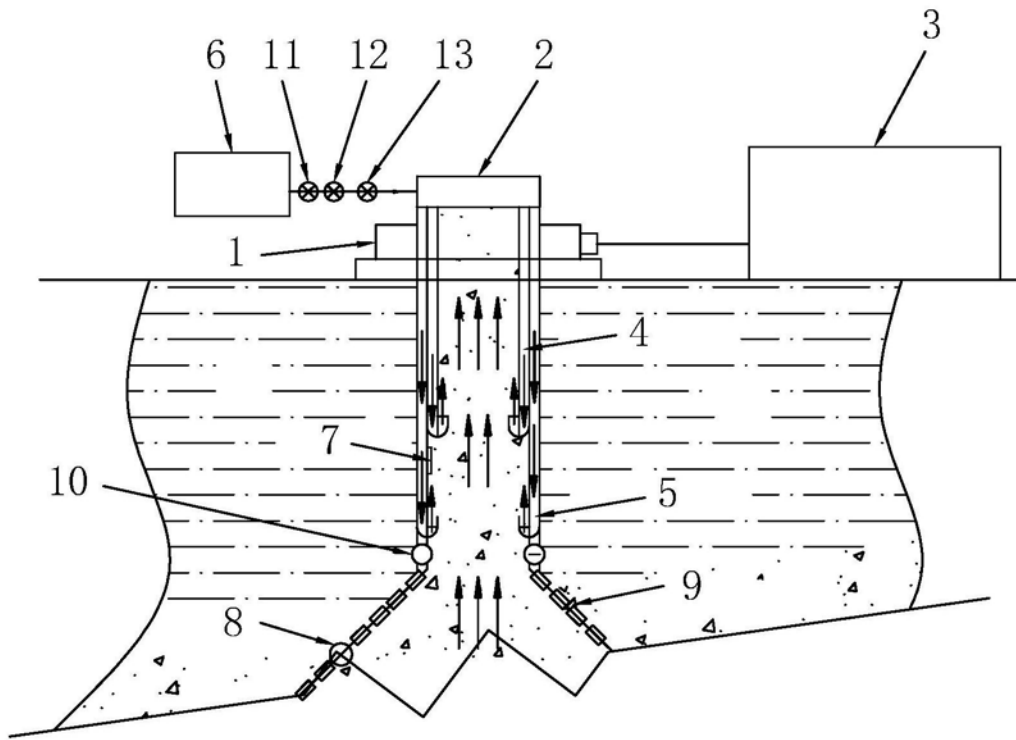


图1