



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110952958 A

(43)申请公布日 2020.04.03

(21)申请号 201911319829.7

(22)申请日 2019.12.19

(71)申请人 中国科学院广州能源研究所
地址 510640 广东省广州市天河区五山能源路2号

(72)发明人 卢静生 梁德青 李栋梁 何勇 史伶俐

(74)专利代理机构 广州科粤专利商标代理有限公司 44001
代理人 周友元 莫瑶江

(51)Int.Cl.
E21B 43/01(2006.01)
E21B 49/00(2006.01)
E21B 47/00(2012.01)

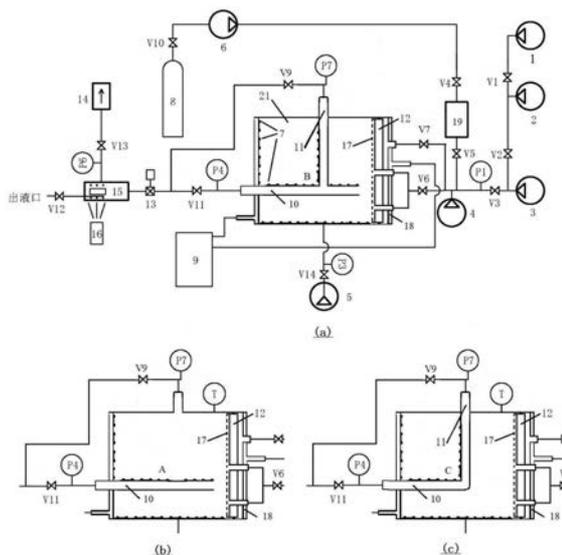
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

一种天然气水合物水平井均衡排液测试装置及方法

(57)摘要

本发明公开了一种天然气水合物水平井均衡排液测试装置,包括模拟储层室、压力控制系统和数据采集处理系统;所述的模拟储层室包括水平布置的反应釜、布设在反应釜内的水平井以及包裹在反应釜外部的水浴夹套;所述的压力控制系统包括水泵、平流泵、恒速恒压泵、真空泵、气源、气体增压泵、气体缓冲罐、电动阀、背压气体流量计和气液固分离罐;所述的数据采集处理系统,与模拟储层室和压力控制系统的感应元件电连接,以采集和处理各感应元件的感应信号。本发明还公开了一种天然气水合物水平井均衡排液测试方法。本发明可以对水平井水合物储层进行排液测试,并对水平井均衡排液设计提供支持 and 验证。



1. 一种天然气水合物水平井均衡排液测试装置,其特征在于:包括模拟储层室、压力控制系统和数据采集处理系统;

所述的模拟储层室包括水平布置的反应釜,反应釜内设置有靠近一侧的活塞,将反应釜内腔分隔为样品腔和围压腔,水平井布设在样品腔中,至少包括一水平段,且水平段的一端伸出反应釜远离活塞的另一侧;反应釜外部包裹有水浴夹套;反应釜样品腔及水平井井筒内设置有多组电阻、温度和压力探头;

所述的压力控制系统包括水泵、平流泵、恒速恒压泵、真空泵、气源、气体增压泵、气体缓冲罐、电动阀、背压气体流量计和气液固分离罐;恒速恒压泵的进口分为二路,一路经平流泵与水泵相连,另一路经气体缓冲罐、气体增压泵与气源相连;恒速恒压泵的出口也分为二路,一路与围压腔连通,另一路穿过围压腔、活塞与样品腔连通;真空泵与样品腔底部连通;水平井水平段伸出反应釜的一端经电动阀与气液固分离罐的入口相连,气液固分离罐的气体出口与背压气体流量计相连;

所述的数据采集处理系统,与模拟储层室和压力控制系统的感应元件电连接,以采集和处理各感应元件的感应信号。

2. 根据权利要求1所述的一种天然气水合物水平井均衡排液测试装置,其特征在于:所述的水平井还包括竖直段,竖直段的下端与水平段连通,上端伸出反应釜后经电动阀与气液固分离罐的入口相连。

3. 根据权利要求1或2所述的一种天然气水合物水平井均衡排液测试装置,其特征在于:所述的气液固分离罐为可视化气液固分离罐,还包括摄像系统,用于记录可视化气液固分离罐的气液固产出情况。

4. 根据权利要求1或2所述的一种天然气水合物水平井均衡排液测试装置,其特征在于:所述的活塞位于样品腔的一侧还设置有透水透气孔板。

5. 一种天然气水合物水平井均衡排液测试方法,基于权利要求1-3之一所述的测试装置实现,其特征在于:包括以下步骤:

步骤一:填装含水沉积物样品于反应釜样品腔,密封后用真空泵抽真空,同时通过压力控制系统推动活塞将样品压实并保持;

步骤二:通过气体增压泵、气体缓冲罐和恒速恒压泵向样品腔注入高压天然气,通过水浴夹套控制反应釜温度,生成天然气水合物;

步骤三:水合物生成完成后,通过水泵、平流泵和恒速恒压泵向样品腔注水,并排出自由气,得到饱水条件的水合物储层样品;

步骤四:开启电动阀门,样品腔内的流体经井筒喷嘴流入水平井,用背压气体流量计调节产气速率和产气压力,通过气液固分离罐配套的计量系统获取气液固产出情况,通过水合物储层和井筒内布置的电阻、温度和压力探头实时采集电阻、温度和压力数据;

步骤五:分析上述的压力、温度和电阻数据,得到水平井排液和井筒堵塞情况,并通过优化井筒喷嘴的大小、方向、布设方式,实现水平井均衡排液。

一种天然气水合物水平井均衡排液测试装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及水平井开采技术领域,具体涉及一种天然气水合物水平井均衡排液测试装置及方法。

背景技术

[0002] 天然气水合物是广泛分布于深海沉积物或陆域冻土中类冰状固体,具有丰富的气体和水储量,其天然气储量是全球常规燃料总碳量的2倍。天然气水合物储层结构复杂、低渗、矿物成分复杂、温压复杂等情况导致产能较低,而水平井开采天然气水合物是增加产能的重要手段。

[0003] 目前,天然气水合物储层含水率较高,且存在底水,在水平井开采过程中易出现底水脊进(如图5所示)以及井筒中复杂气液固流体非均衡流动,导致堵塞井筒等问题,制约了水平井开发的经济效益。

[0004] 常规油气中水平井均衡排液技术能够降低非均衡流动干扰,但常规油气水平井均衡排液技术还不能完全适应水合物储层开发的需要。

发明内容

[0005] 本发明的目的之一在于提供一种天然气水合物水平井均衡排液测试装置。

[0006] 为实现以上目的,本发明采取的技术方案是:

[0007] 一种天然气水合物水平井均衡排液测试装置,包括模拟储层室、压力控制系统和数据采集处理系统;

[0008] 所述的模拟储层室包括水平布置的反应釜,反应釜内设置有靠近一侧的活塞,将反应釜内腔分隔为样品腔和围压腔,水平井布设在样品腔中,至少包括一水平段,且水平段的一端伸出反应釜远离活塞的另一侧;反应釜外部包裹有水浴夹套;反应釜样品腔及水平井井筒内设置有多组电阻、温度和压力探头;

[0009] 所述的压力控制系统包括水泵、平流泵、恒速恒压泵、真空泵、气源、气体增压泵、气体缓冲罐、电动阀、背压气体流量计和气液固分离罐;恒速恒压泵的进口分为二路,一路经平流泵与水泵相连,另一路经气体缓冲罐、气体增压泵与气源相连;恒速恒压泵的出口也分为二路,一路与围压腔连通,另一路穿过围压腔、活塞与样品腔连通;真空泵与样品腔底部连通;水平井水平段伸出反应釜的一端经电动阀与气液固分离罐的入口相连,气液固分离罐的气体出口与背压气体流量计相连;

[0010] 所述的数据采集处理系统,与模拟储层室和压力控制系统的感应元件电连接,以采集和处理各感应元件的感应信号。

[0011] 作为本发明的一种改进,所述的水平井还包括竖直段,竖直段的下端与水平段连通,上端伸出反应釜后经电动阀与气液固分离罐的入口相连。

[0012] 作为本发明的一种改进,所述的气液固分离罐为可视化气液固分离罐,还包括摄像系统,用于记录可视化气液固分离罐的气液固产出情况。

[0013] 作为本发明的一种改进,所述的活塞位于样品腔的一侧还设置有透水透气孔板。可防止防止沉积物样品堵塞管道。

[0014] 本发明的另一个目的在于提供一种天然气水合物水平井均衡排液测试方法,基于上述的测试装置实现,包括以下步骤:

[0015] 步骤一:填装含水沉积物样品于反应釜样品腔,密封后用真空泵抽真空,同时通过压力控制系统推动活塞将样品压实并保持;

[0016] 步骤二:通过气体增压泵、气体缓冲罐和恒速恒压泵向样品腔注入高压天然气,通过水浴夹套控制反应釜温度,生成天然气水合物;

[0017] 步骤三:水合物生成完成后,通过水泵、平流泵和恒速恒压泵向样品腔注水,并排出自由气,得到饱水条件的水合物储层样品;

[0018] 步骤四:开启电动阀门,样品腔内的流体经井筒喷嘴流入水平井,用背压气体流量计调节产气速率和产气压力,通过气液固分离罐配套的计量系统获取气液固产出情况,通过水合物储层和井筒内布设的电阻、温度和压力探头实时采集电阻、温度和压力数据;

[0019] 步骤五:分析上述的压力、温度和电阻数据,得到水平井排液和井筒堵塞情况,并通过优化井筒喷嘴的大小、方向、布设方式,实现水平井均衡排液。

[0020] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

[0021] 1、本发明能够实现水平井水合物储层在围压条件下原位合成,并监测其合成过程中的温度和压力变化。

[0022] 2、本发明可以对水平井水合物储层进行排液测试,并对水平井均衡排液设计提供支持和验证。

附图说明

[0023] 图1(a)、(b)、(c)为本发明测试装置的结构示意图,其中,(b)和(c)示出了水平井的另外二种布设方式;

[0024] 图2是本发明的模拟储层室的侧视图;

[0025] 图3是本发明的水平井井筒的结构示意图;

[0026] 图4是本发明的工作流程图;

[0027] 图5是水平井底水脊进示意图;

[0028] 附图标记说明:1-水泵;2-平流泵;3-手动泵;4-恒速恒压泵;5-真空泵;6-气体增压泵;7-电阻、温度和压力探头;8-气源;9-温度控制设备;10-水平段;11-竖直段;12-活塞;13-电动阀;14-背压气体流量计;15-可视化气液固分离罐;16-摄像系统;17-透水透气孔板;18-水浴夹套;19-气体缓冲罐;20-井筒喷嘴;21-反应釜;V1~V14-阀门;P1~P7-压力表。

具体实施方式

[0029] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0030] 如图1至图3所示,一种天然气水合物水平井均衡排液测试装置,包括模拟储层室、压力控制系统、数据采集处理系统、以及连接各部件的管道、阀门及控制系统。模拟储层室

用于模拟天然气水合物的原位生成和开采。压力控制系统用于控制模拟储层室在整个实验过程的压力和气液固流动状态。二者结合,可模拟真实水合物的赋存情况,模拟真实条件下水合物开采过程中水平井排液。数据采集处理系统用于采集实验过程中各感应元件的感应信号,获得具体的实验参数,再通过配套的计算分析软件,分析水平井排液和井筒堵塞情况,对水平井参数进行优化,实现均衡排液。

[0031] 模拟储层室包括水平布置的反应釜21和布设在反应釜内21的水平井。水平井常见的布井方式有3种,分别为图1 (b) 中的单水平井A、图1 (a) 中的多分支水平井B以及图1 (c) 中的竖直段水平井C。下面以图1 (a) 中的多分支水平井B为例进行说明。

[0032] 反应釜21呈圆柱形,水平放置,两侧设置有可拆卸的侧盖,可通过O型圈和螺栓进行密封。反应釜21内靠近右侧盖的一侧设有活塞12,将反应釜21内腔分隔为样品腔和围压腔,其中,右侧盖与活塞12之间构成围压腔。活塞12位于样品腔的一侧设置有透水透气孔板17,在向反应釜21样品腔注水或注气的时候,可防止沉积物样品进入管道造成堵塞。反应釜21外部包裹有水浴夹套18,水浴夹套18与温度控制设备9相连,用于控制反应釜21中的天然气水合物生成以及开采过程的温度。

[0033] 水平井布设在反应釜21样品腔中,包括水平段10和竖直段11,各段的井筒上间隔设置有井筒喷嘴20。水平段10的左端从反应釜21左侧伸出。竖直段11的下端与水平段10相连通,上端也伸出反应釜21。

[0034] 反应釜21样品腔内部及水平井的井筒内设置有多组电阻、温度和压力探头7,具体布置方式根据实验需要设计,分别与外部的电阻仪、温度传感器和压力传感器通过数据线电连接,获取水合物储层的分层电阻、温度和压力,获取水平井井筒分段电阻、温度和压力。优选的,还可在水平井的井筒内设置分段式流量计,以获取各井筒喷嘴20的流量。

[0035] 压力控制系统可分为三个模块,分别为抽真空模块、进口压力控制模块和出口压力控制模块。抽真空模块包括真空泵5、压力表P3和阀门V14,真空泵5经阀门V14、压力表P3与反应釜21样品腔的底部连通。

[0036] 进口压力控制模块包括水泵1、平流泵2、手动泵3、压力表P1、恒速恒压泵4、气源8、气体增压泵6、气体缓冲罐19以及配套的阀门。恒速恒压泵4的进口分为二路,一路经压力表P1、阀门V3、手动泵3、平流泵2与水泵1相连,水泵1用于泵取去离子水或仿储层溶液;另一路经压力表P1、阀门V5、气体缓冲罐19、气体增压泵6与气源8相连。恒速恒压泵4的出口也分为二路,一路经阀门V7与围压腔连通,另一路经阀门V6穿过围压腔、活塞12与透水透气孔板17连通。可见,围压腔与反应釜21的样品腔一样既可通入天然气增压,也可通入去离子水或溶液增压。

[0037] 出口压力控制模块包括压力表P4、电动阀13、可视化气液固分离罐15、摄像系统16、压力表P6、背压气体流量计14、压力表P7、以及配套的阀门。水平井的水平段10伸出反应釜21左侧的一端经压力表P4、阀门V11、电动阀13与可视化气液固分离罐15的入口相连;水平井的竖直段11伸出反应釜21的上端经压力表P7、阀门V9、电动阀13与可视化气液固分离罐15的入口相连;可视化气液固分离罐15的气体出口经压力表P6、阀门V13与背压气体流量计14相连;可视化气液固分离罐15产出的液固流体经阀门V12流入后续的分离计量系统,以获取具体的液、固产出量。摄像系统16设置在可视化气液固分离罐15旁侧,以影像的方式记录可视化气液固分离罐15气液固产出情况。背压气体流量计14除了可以记录气体产出量,

还用来调节产气速率和产气压力。

[0038] 数据采集处理系统可以包括数据采集仪、数据处理工作站和显示设备。数据采集仪与上述两个系统的感应元件电连接,用于采集中水合物储层和水平井井筒内的电阻、温度和压力,用于采集各压力表P1~P7的压力值、用于采集可视化气液固分离罐15分离出来的气、液、固三相的产量,以及其他的用于控制和测量的感应元件,以获取实验参数。数据处理工作站根据采集的实验参数,采用软件分析水平井和水合物储层的压力、温度和电阻数据,推导出水平井排液和井筒堵塞情况,并通过优化井筒喷嘴20的大小、方向、布设方式等参数,实现水平井均衡排液。

[0039] 如图4所示,下面结合测试装置的工作过程,进一步描述天然气水合物水平井均衡排液测试方法,主要包括以下步骤:

[0040] (1) 样品合成:向反应釜21样品腔中加入含水沉积物样品,关闭反应釜21侧盖,并通过O型圈和螺栓进行密封,关闭所有阀门。开启阀门V14用真空泵5抽真空,同时打开阀门V7对活塞12增压,提供围压压实储层并保持。随后关闭真空泵5和阀门V14,气源8经过气体增压泵6、阀门V4、气体缓冲罐19、阀门V5、恒压恒速泵4、阀门V6、透水透气孔板17注入反应釜21样品腔。关闭阀门V4,启动温度控制设备9,冷媒介质通过管路流入水浴夹套18进行温度控制,生成水合物样品。水合物样品合成好后,通过水泵1经平流泵2、阀门V3、恒速恒压泵4向反应釜21样品腔注入高压流体(压力表P1测试注入压力P1),出口处压力表P4测试出口压力P4,压力表P3和P7分别实时测试样品上下压力P3和P7,在软件中根据达西公式实时计算模拟储层室的渗透率变化,实现饱水条件的水合物储层样品。

[0041] 需要说明的是,当向反应釜21加入的是烘干沉积物时,则在通过气源8注入天然气的同时,需通过水泵1注入去离子水。

[0042] (2) 水平井排液:同时打开阀门V11、阀门V9、电动阀门13和阀门V13,流体从水合物储层经井筒喷嘴20流入水平井;采用摄像系统16记录可视化气液固分离罐15气液固产出情况,并用背压气体流量计14调节产气速率和产气压力。通过阀门V12及配套的计量系统采集产出的液固流体。通过水合物储层和井筒内布设的电阻、温度和压力探头7实时采集电阻、温度和压力数据。

[0043] (3) 分析计算:根据采集的数据,采用软件分析水平井和水合物储层内的压力、温度和电阻数据,推导出水平井排液和井筒堵塞情况,通过优化井筒喷嘴20的大小、方向、布设方式等参数,实现水平井均衡排液。

[0044] 综上,本发明可以对水平井开采水合物的排液情况进行测试,虽然主要用于水合物水平井均衡排液设计及测试,但也能够适用于常规油气水的水平井均衡排液设计和测试。

[0045] 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。

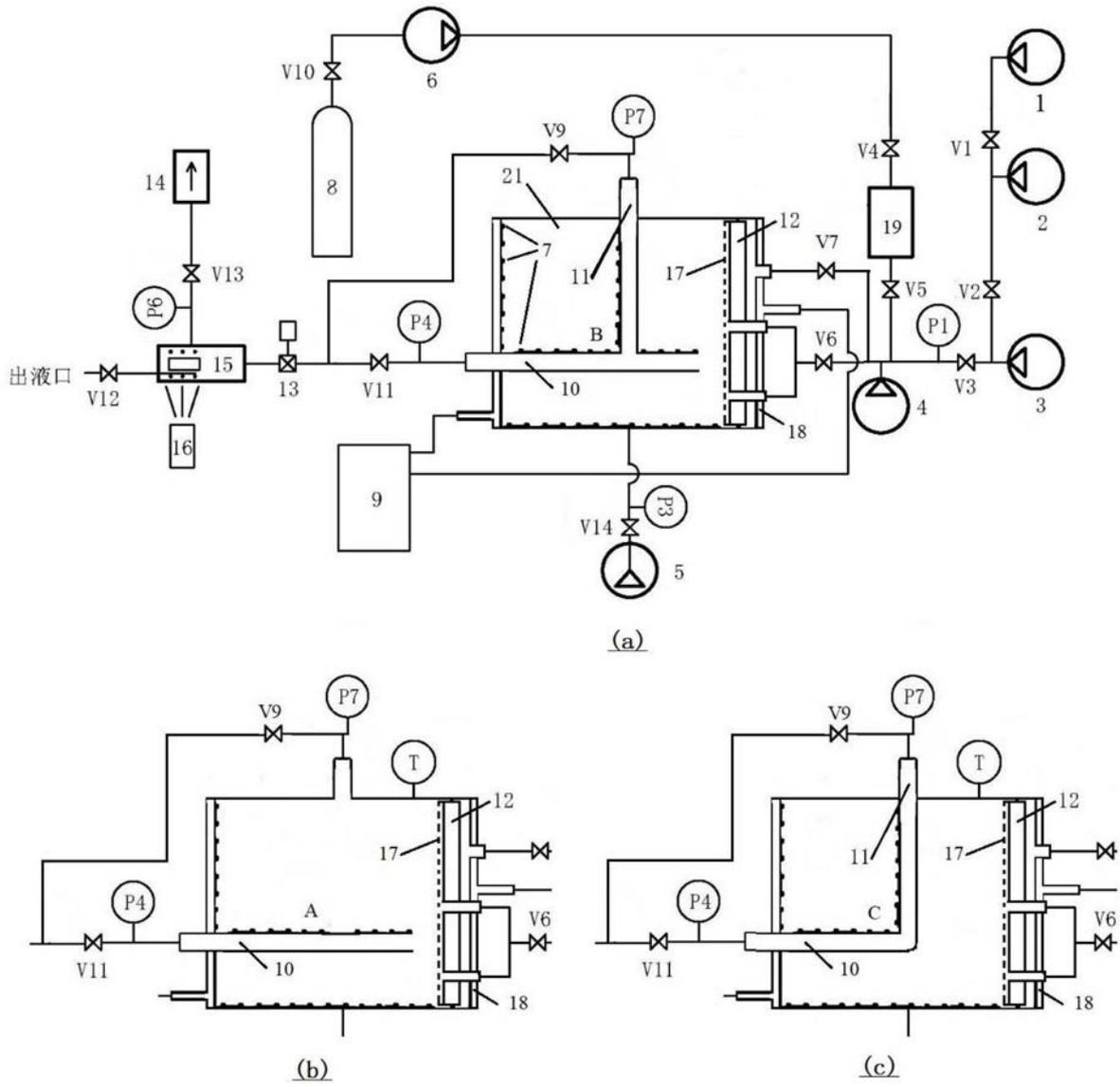


图1

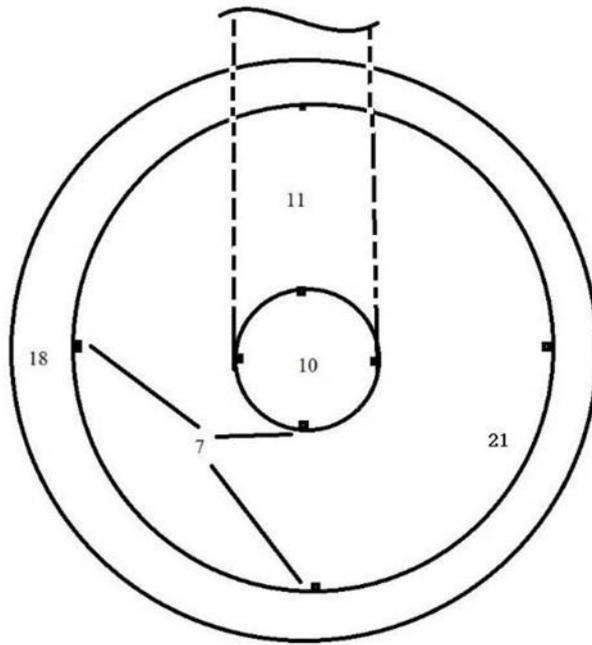


图2

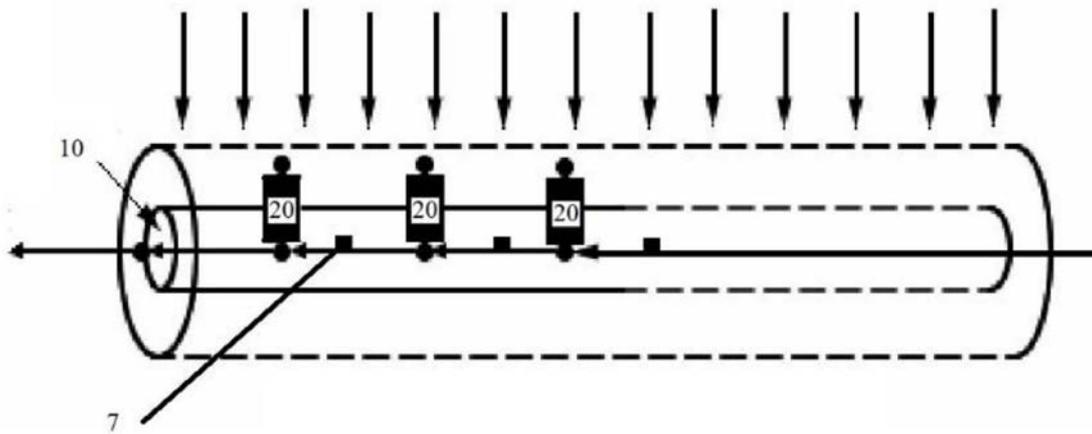


图3

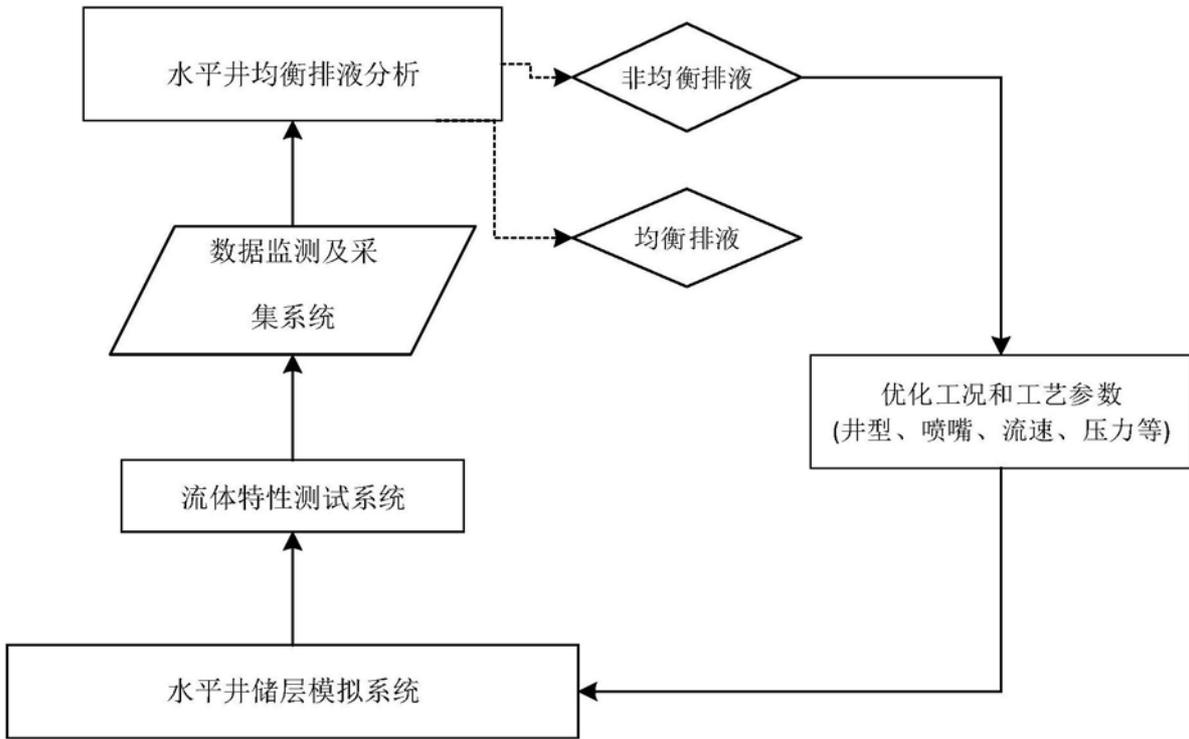


图4

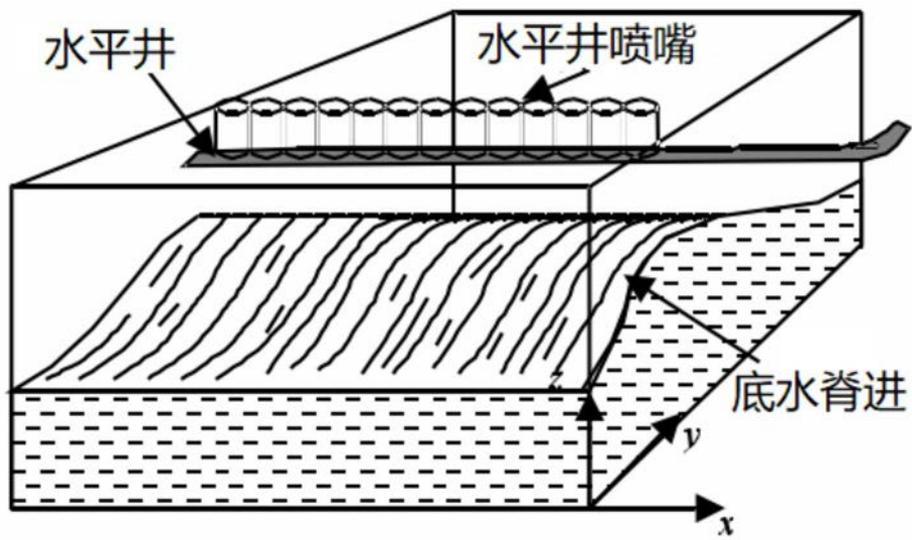


图5