



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110456023 A

(43)申请公布日 2019.11.15

(21)申请号 201910745297.7

(22)申请日 2019.08.13

(71)申请人 安徽理工大学

地址 232000 安徽省淮南市田家庵区

(72)发明人 刘会虎

(74)专利代理机构 合肥东信智谷知识产权代理
事务所(普通合伙) 34143

代理人 凌云

(51)Int.Cl.

G01N 33/22(2006.01)

G01N 15/08(2006.01)

E21B 43/00(2006.01)

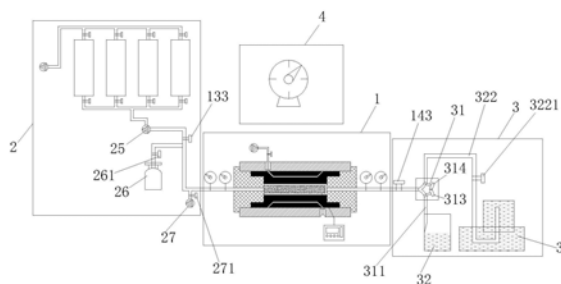
权利要求书5页 说明书12页 附图2页

(54)发明名称

一种动态监测煤储层敏感性和排采控制模拟试验方法

(57)摘要

本发明公开了一种动态监测煤储层敏感性和排采控制模拟试验方法,主要包括I煤样装载、管路冲洗和系统抽真空、II煤样初始渗透率测试、III煤储层水敏模拟试验、IV煤储层速敏性模拟试验、V煤储层贾敏模拟试验、VI煤储层应力敏感性试验、VII煤储层三敏(速敏、贾敏、应力敏感)的耦合模拟试验、VIII煤储层化学敏感性(酸敏或碱性)模拟试验等步骤。本试验方法能通过实时动态监测原位煤层气排采时煤储层产生敏感性过程中的渗透率变化,并实现煤层气井排采的有效管控,可控程度高,易于安装、安全可靠。



1. 一种动态监测煤储层敏感性和排采控制模拟试验方法,其特征在于,包括以下步骤:

I 煤样装载、管路冲洗和系统抽真空

a煤样装载:将制备好的煤柱样品装入到样品装载腔中,旋紧两端的旋紧塞,按照附图说明中图1所示组装试验系统的各个器件,组装完毕,并做好接口的密封;

b管路冲洗:高压气瓶中承装气,设三通阀控制液体出口的部分为下控制阀、控制气体出口的部分为上控制阀;关闭出口控制阀,关闭气体控制阀,关闭第二气液控制阀,关闭三通阀的下控制阀,依次打开第一气液控制阀、第三气液控制阀、三通阀的上控制阀、单向气体控制阀,最后打开气体控制阀,利用高压气瓶中的He气对整个管路进行冲洗,待He气冲满整个管路时(以进口压力计和出口压力计读数一致及气体收集装置中出现排水作为判别依据),依次关闭单向气体控制阀、三通阀的上控制阀、第三气液控制阀、第一气液控制阀、气体控制阀,管路冲洗完毕;

c系统抽真空:打开第一气液控制阀、第三气液控制阀、三通阀中的上控制阀,最后打开第二气液控制阀并同时启动真空泵给试验系统管线通道抽真空,待进口压力计和出口压力计读数均显示为0时,关闭第一气液控制阀、气液控制阀、三通阀的上控制阀,最后关闭第二气液控制阀并同时停止运行真空泵,抽真空完毕;

II 煤样初始渗透率测试

高压容器内盛放硅油,打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、第三气液控制阀及三通阀的下控制阀,启动高压驱替泵和恒流泵,将硅油送入样品装载腔内,等装载在样品装载腔内的煤柱样品的硅油完全饱和(以下控制阀相连的排液管有硅油流入量筒为判别依据)时打开气体控制阀和单向气体控制阀,采用He气驱替管路中硅油;待试验系统稳定时记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;重复试验数次,试验完毕关闭所有控制阀并停止高压驱替泵和恒流泵;根据达西定律计算煤柱样品的平均初始渗透率;

III 煤储层水敏模拟试验

在完成煤样的初始渗透率测试后,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作,排净管路中硅油;高压容器内盛放去离子水,依次打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、第三气液控制阀、三通阀的下控制阀,启动高压驱替泵和恒流泵,驱替去离子水使进入到样品装载腔内的煤柱样品中,并达到完全饱和(以与下控制阀相连的排液管有水流入量筒为判别依据);此后,打开气体控制阀和单向气体控制阀,采用He气驱替管路中去离子水;待试验系统稳定时记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;关闭所有控制阀并停止高压驱替泵和恒流泵;改变气体流量,重复实验数次;根据达西定律计算不同气体流量条件(气相流体压力条件下)煤柱样品发生水敏后的渗透率,结合煤样初始渗透率并依据国标评价煤储层水敏伤害程度;

IV 煤储层速敏性模拟试验

在完成煤储层水敏模拟试验后,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作,排净管路中去离子水,高压容器中盛放含固相地层水;依次打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、第三气液控制阀、三通阀的下控制阀,启动高压驱替泵和恒流泵,驱替含固相地层水进入到样品装载腔内的煤柱样品中,并达到完全饱和(以与下控制阀相连的排液管有水流入量筒为判别依据);此后,打开气体控制阀和单向气体控制阀,采用He气驱替管路

中含固相地层水;动态记录固相物质在煤样中产生速敏效应过程中的进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;关闭所有控制阀并停止高压驱替泵和恒流泵;改变气体流量,重复实验数次,观测记录速敏效应形成及打破过程中气液流量、进出口压力,根据达西定律计算不同气体流量条件(气相流体压力条件下)煤柱样品产生速敏过程及速敏消失过程的渗透率,结合发生水敏后的煤样渗透率,并依据国标评价煤储层速敏伤害程度,分析速敏发生及消失的排采发生条件控制条件;

注意事项:整个试验过程中,驱替的He气不能进入到样品装载腔内的煤柱样品中;为了方便观察气柱,驱替管线通道采用透明可视化通道,进而可从可视化的驱替管线通道中的气柱进行判别,防止He气进入到样品装载腔内的煤柱样品中。

V 煤储层贾敏模拟试验

在完成煤储层速敏模拟试验后,打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、第三气液控制阀、三通阀的下控制阀,并启动高压驱替泵和恒流泵驱替去离子水冲洗管路,待管路流入量筒的水变清澈时,记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;之后打开三通阀的上控制阀、单向气体控制阀、气体控制阀,通过调节高压驱替泵功率大小、进口控制阀开口大小、出口控制阀开口大小及气体控制阀大小控制气液流量大小,观测气柱在管路中流动情况,记录气柱在管路中正常流动至不流动(煤柱样品产生贾敏)时进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;改变气体流量,观测记录气柱在管路中从不流动到正常流动时进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;试验完毕关闭所有控制阀并停止高压驱替泵和恒流泵,根据达西定律计算不同气体流量条件(气相流体压力不同条件下)煤柱样品产生贾敏过程及贾敏消失过程的渗透率,结合煤柱样品发生速敏后的煤渗透率,并依据国标评价煤储层贾敏伤害程度,分析贾敏发生及消失的排采发生条件控制条件,;

VI 煤储层应力敏感性试验

取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开围压流体控制阀并启动围压泵,并打开气体控制阀、第三气液控制阀、三通阀的上控制阀、单向气体控制阀,记录围压控制器监测到围压变化(从0到最高恒定围压)过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;通过围压出口逐渐排放围压流体调节围压,观测记录回压过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;重复围压增加与回压试验过程,并记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;改变气体流量,重复整个试验过程,并记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数,试验完毕关闭所有控制阀并停止运行围压泵,根据达西定律计算煤柱样品在不同应力条件下应力敏感发生过程(围压增加和回压)中的渗透率,计算不同气体流量条件(气相流体压力不同条件下)煤柱样品产生应力敏感性时的渗透率,结合煤样的初始渗透率,并依据国标评价煤储层贾敏伤害程度,分析应力敏感从发生、增强及回压降低过程中的排采发生条件控制条件;

VII 煤储层三敏(速敏、贾敏、应力敏感)的耦合模拟试验

① 煤储层速敏与贾敏耦合模拟试验

取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、并启动高压驱替泵和恒流泵,驱替含固相地层水进入到样品装

载腔内的煤柱样品中,待含固相地层水完全饱和(以与下控制阀相连的排液管有水流入量筒为判别依据);打开气体控制阀,驱替He气进入样品装载腔内的煤柱样品中,观测记录煤柱样品中发生两次堵塞(首次为速敏产生的固相物质堵塞,后为贾敏效应产生的气柱堵塞)过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;加大气体流量,观测煤柱样品中流体流动改善情况,并记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;试验完毕关闭所有控制阀,根据达西定律计算煤柱样品在发生速敏和贾敏耦合伤害时的渗透率,计算不同气体流量条件(气相流体压力条件下)煤柱样品产生速敏和贾敏时的渗透率,结合煤样初始渗透率,并依据国标评价煤储层敏感伤害程度,分析速敏和贾敏形成及减弱过程中的排采发生条件控制条件;

②煤储层速敏与应力敏感耦合模拟试验

取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、并启动高压驱替泵和恒流泵,驱替含固相地层水进入到样品装载腔内的煤柱样品中,待水完全饱和(以与下控制阀相连的排液管有水流入量筒为判别依据);打开围压流体控制阀并启动围压泵,并打开气体控制阀、第三气液控制阀、三通阀的上控制阀、单向气体控制阀,记录围压增加背景下(从0到最高恒定围压)含固相地层水在煤柱样品中发生速敏过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;等围压达到最高恒定围压后逐步降低围压,并记录回压过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数,试验完毕关闭所有控制阀并停止运行高压驱替泵、围压泵,改变含固相地层水流量,重复整个试验过程,并记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数,根据达西定律计算煤柱样品在应力敏感发生过程(围压增加和回压)和速敏产生过程中的渗透率,计算不同含固相地层水流量条件(流体压力条件下)煤柱样品产生应力敏感和速敏耦合伤害时的渗透率,并依据国标评价煤储层敏感性伤害程度,分析应力敏感和速敏耦合伤害过程中的排采发生条件控制条件;

③煤储层贾敏与应力敏感耦合模拟试验

取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、并启动高压驱替泵和恒流泵,驱替去离子水进入到样品装载腔内的煤柱样品中,待煤柱样品中水完全饱和(以与下控制阀相连的排液管有水流入量筒为判别依据),关闭进口控制阀、出口控制阀,并停止高压驱替泵和恒流泵;打开围压流体控制阀并启动围压泵,并打开气体控制阀、第三气液控制阀、三通阀的上控制阀、单向气体控制阀,记录围压增加背景下(从0到最高恒定围压,最高恒定围压为预先设定数值)煤柱样品中发生贾敏过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;保持围压恒定加大气体流量,观测记录贾敏消失过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;此后将最高恒定围压逐步回调,并记录回压过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数,改变最高恒压条件,重复整个试验过程,并记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数,试验完毕关闭所有控制阀并停止运行围压泵,根据达西定律计算煤柱样品在应力敏感发生过程(围压增加和回压)和贾敏产生过程中的渗透率,计算不同气体流量条件(气相流体压力条件下)、不同围压下煤样产生应力敏感性速敏耦合伤害时的渗透率,并依据国标评价煤储层敏感性伤害程度,分析应力敏感和速敏耦合伤害过程中的排采发生条件控制条件;

④煤储层速敏、贾敏与应力敏感耦合模拟试验

取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、并启动高压驱替泵和恒流泵,驱替含固相地层水进入到样品装载腔内的煤柱样品中,待煤柱样品中水完全饱和(以与下控制阀相连的排液管有水流入量筒为判别依据);打开围压流体控制阀并启动围压泵,并打开气体控制阀、第三气液控制阀、三通阀的上控制阀、单向气体控制阀,记录围压增加背景下(从0到最高恒定围压)煤柱样品中先后发生速敏、贾敏过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;保持围压恒定加大气体流量,观测记录贾敏消失及速敏减弱过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;此后将最高恒定围压逐步回调,并记录回压过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数,改变最高恒压条件,重复整个试验过程,并记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数。试验完毕关闭所有控制阀并停止运行高压驱替泵和恒流泵和围压泵,根据达西定律计算煤柱样品在应力敏感发生过程(围压增加和回压)和速敏、贾敏产生过程中的渗透率,计算不同气体流量条件(气相流体压力条件下)、不同围压下煤柱样品产生应力敏感性、速敏及贾敏耦合伤害时的渗透率,并依据国标评价煤储层敏感性伤害程度,分析应力敏感性、速敏和贾敏耦合伤害过程中的排采发生条件控制条件;

VIII煤储层化学敏感性(酸敏或碱性)模拟试验

取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、第三气液控制阀及三通阀的下控制阀,并启动高压驱替泵和恒流泵,驱替酸液或碱液进入到样品装载腔内的煤柱样品中,使煤柱样品达到饱和状态(以与下控制阀相连的排液管有酸液或碱液流入量筒为判别依据),持续驱替待系统稳定(进口压力计和出口压力计读数稳定),记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数,试验完毕关闭所有控制阀并停止运行高压驱替泵和恒流泵,根据达西定律计算煤柱样品在酸敏(或者碱性)发生过程煤样的渗透率,并依据国标评价煤储层的酸敏或碱性伤害程度。

2. 一种用于如权利要求1所述模拟试验方法的模拟实验系统,其特征在于,包括:

样品装载、围压加载及压力测量模块,用于装载试验用样品、试验过程中对试验样品施加围压以及测量记录试验过程中的压力数据;

气液流体驱替注入模块,和样品装载、围压加载及压力测量模块连接,用于试验管路冲洗、试验系统抽真空以及将试验用气液流体注入样品装载、围压加载及压力测量模块内;

气液收集及测量模块,和样品装载、围压加载及压力测量模块连接,用于收集样品装载、围压加载及压力测量模块中流出的气体和液体,并测量所收集的气体 and 液体量。

3. 根据权利要求2所述的一种模拟试验系统,其特征在于:所述样品装载、围压加载及压力测量模块包括夹持器筒体和胶筒;

所述夹持器筒体和胶筒都为圆筒状,且所述胶筒同轴设置于夹持器筒体内部;所述胶筒的内腔为样品装载腔;所述胶筒的内壁安装有压力传感器;所述样品装载腔的两端口处都安装有旋紧塞,用于密封样品装载腔;其中一个所述旋紧塞上安装有驱替管线通道,另一个所述旋紧塞上安装有出口管路;所述驱替管线通道上安装有进口压力计和进口气液流量计;所述出口管路上安装有出口压力计和出口气液流量计;

所述胶筒的侧壁上安装有承压套筒；所述承压套筒和胶筒同轴设置；所述承压套筒和胶筒之间形成环形承压腔；所述环形承压腔上设置围压进口和围压出口；所述围压进口上安装有围压进口管；所述围压进口管上安装有围压泵和围压流体控制阀；所述夹持器筒体上安装有围压控制器；所述压力传感器、围压泵以及围压流体控制阀都和围压控制器电连接。

4. 根据权利要求3所述的一种模拟试验系统，其特征在于：所述气液流体驱替注入模块包括高压驱替泵、高压容器、恒流泵以及高压气瓶；

所述高压容器为四个且并联设置；四个所述高压容器上都安装有高压进口管和高压出口管；所述高压进口管上设置进口控制阀；所述高压出口管上设置出口控制阀；所述高压进口管远离高压容器的一端和高压驱替泵连接；所述高压出口管远离高压容器的一端和恒流泵进口连接；所述驱替管线通道远离旋紧塞的一端和恒流泵出口连接；所述高压气瓶安装在驱替管线通道上；所述高压气瓶上安装有气体控制阀；所述驱替管线通道上还安装有真空泵；所述真空泵位于高压气瓶和旋紧塞之间。

5. 根据权利要求4所述的一种模拟试验系统，其特征在于：所述气液收集及测量模块包括三通阀、量筒和气体收集装置；

所述三通阀安装在出口管路远离旋紧塞的一端；所述三通阀上安装有排液管和排气管；所述排液管伸入至量筒内；所述排气管伸入至气体收集装置内；所述的排气管上安装有单向气体控制阀。

6. 根据权利要求5所述的一种模拟试验系统，其特征在于：所述驱替管线通道上安装有第一气液控制阀；所述第一气液控制阀位于恒流泵和高压气瓶之间；所述真空泵上安装有第二气液控制阀；所述出口管路上安装有第三气液控制阀。

7. 根据权利要求2-6任一项所述的一种模拟试验系统，其特征在于：所述模拟试验系统还包括计时模块；所述计时模块单独设置，用于在试验时定时计时；所述计时模块为计时器。

8. 根据权利要求5所述的一种模拟试验系统，其特征在于：所述气体收集装置为排水集气装置。

一种动态监测煤储层敏感性和排采控制模拟试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及煤层气开采技术领域,尤其涉及一种动态监测煤储层敏感性和排采控制模拟试验方法。

背景技术

[0002] 受常规油气形势紧张影响,煤炭作为主要能源构成与供应形式仍不会改变,而采煤过程中大量瓦斯的排放会使温室效应更加严重,会威胁到整个自然的生态安全。人类对新型、清洁的能源需求越来越大,因而煤层中的甲煤气作为一种新型、清洁能源的开采利用仍然受到了广泛关注。

[0003] 我国具有丰富的煤层气(瓦斯)资源,煤层气开发及瓦斯的抽采得用对缓解我国油气资源紧张现状、减轻矿井灾害程度、减少温室气体排放等均具有重要意义。如何有效地开采煤层中的富量煤层气,其核心在于降低储层敏感性对煤储层渗透率伤害的影响,实现煤层气井的高效排采。目前现有的煤层气储层敏感性评价试验方法孤立地测定了不同储层敏感性下煤储层的渗透率,评价了不同储层敏感性对煤储层渗透率的伤害程度,现有的煤储层渗透率测试方法仅能测试煤储层的静态渗透率,不能动态测试煤层气井排采过程中煤储层的渗透率。目前的储层敏感性试验方法没有考量煤层气排采过程,不能联合实现煤层气井排采过程中不同储层伤害类型的耦合分析,且实验耗时长、装置密封性差,因而已知文献和专利的报道中的煤储层敏感性评价试验方法和渗透率测试方法,对实现原位煤层气排采储层敏感性发生过程、耦合效应及排采管控制未见研究和报道。原位煤层气排采储层敏感性模拟试验方法通过实时动态监测储层渗透率的变化,并实现储层敏感性发生的排采条件研究、不同储层敏感性耦合效应的发生条件及对渗透率的影响研究,有效控制煤层气井排采储层敏感性伤害程度对提高煤层气井产能与优化煤层气排采管控制度尤为关键。

[0004] 鉴于此,为实现实时动态评价煤层气井排采储层敏感性时的渗透率变化,并提高煤层气井产能和实现煤层气井排采优化管控,设计一种可用于指导煤层气井现场生产的实时动态监测煤层气排采储层敏感性和排采控制模拟试验方法,是提高煤层气生产开发区块亟待解决的一项课题。而现有试验方法并不能有效评估煤层气排采储层敏感性的排采发生条件、耦合效应,且无法实现煤层气井排采的高效优化管控。

发明内容

[0005] 本发明针对现有技术的不足,提供一种可用于指导煤层气井现场生产的实时动态监测煤层气排采储层敏感性和排采控制模拟试验方法。

[0006] 本发明通过以下技术手段实现解决上述技术问题的:

[0007] 一种动态监测煤储层敏感性和排采控制模拟试验方法,包括以下步骤:

[0008] I煤样装载、管路冲洗和系统抽真空

[0009] a煤样装载:将制备好的煤柱样品装入到样品装载腔中,旋紧两端的旋紧塞,按照附图说明中图1所示组装试验系统的各个器件,组装完毕,并做好接口的密封;

[0010] b管路冲洗:高压气瓶中承装气,设三通阀控制液体出口的部分为下控制阀、控制气体出口的部分为上控制阀;关闭出口控制阀,关闭气体控制阀,关闭第二气液控制阀,关闭三通阀的下控制阀,依次打开第一气液控制阀、第三气液控制阀、三通阀的上控制阀、单向气体控制阀,最后打开气体控制阀,利用高压气瓶中的He气对整个管路进行冲洗,待He气冲满整个管路时(以进口压力计和出口压力计读数一致及气体收集装置中出现排水作为判别依据),依次关闭单向气体控制阀、三通阀的上控制阀、第三气液控制阀、第一气液控制阀、气体控制阀,管路冲洗完毕;

[0011] c系统抽真空:打开第一气液控制阀、第三气液控制阀、三通阀中的上控制阀,最后打开第二气液控制阀并同时启动真空泵给试验系统管线通道抽真空,待进口压力计和出口压力计读数均显示为0时,关闭第一气液控制阀、气液控制阀、三通阀的上控制阀,最后关闭第二气液控制阀并同时停止运行真空泵,抽真空完毕;

[0012] II 煤样初始渗透率测试

[0013] 高压容器内盛放硅油,打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、第三气液控制阀及三通阀的下控制阀,启动高压驱替泵和恒流泵,将硅油送入样品装载腔内,等装载在样品装载腔内的煤柱样品的硅油完全饱和(以下控制阀相连的排液管有硅油流入量筒为判别依据)时打开气体控制阀和单向气体控制阀,采用He气驱替管路中硅油;待试验系统稳定时记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;重复试验数次,试验完毕关闭所有控制阀并停止高压驱替泵和恒流泵;根据达西定律计算煤柱样品的平均初始渗透率;

[0014] III 煤储层水敏模拟试验

[0015] 在完成煤样的初始渗透率测试后,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作,排净管路中硅油;高压容器内盛放去离子水,依次打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、第三气液控制阀、三通阀的下控制阀,启动高压驱替泵和恒流泵,驱替去离子水使进入到样品装载腔内的煤柱样品中,并达到完全饱和(与下控制阀相连的排液管有水流入量筒为判别依据);此后,打开气体控制阀和单向气体控制阀,采用He气驱替管路中去离子水;待试验系统稳定时记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;关闭所有控制阀并停止高压驱替泵和恒流泵;改变气体流量,重复实验数次;根据达西定律计算不同气体流量条件(气相流体压力条件下)煤柱样品发生水敏后的渗透率,结合煤样初始渗透率并依据国标评价煤储层水敏伤害程度;

[0016] IV 煤储层速敏性模拟试验

[0017] 在完成煤储层水敏模拟试验后,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作,排净管路中去离子水,高压容器中盛放含固相地层水;依次打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、第三气液控制阀、三通阀的下控制阀,启动高压驱替泵和恒流泵,驱替含固相地层水进入到样品装载腔内的煤柱样品中,并达到完全饱和(与下控制阀相连的排液管有水流入量筒为判别依据);此后,打开气体控制阀和单向气体控制阀,采用He气驱替管路中含固相地层水;动态记录固相物质在煤样中产生速敏效应过程中的进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;关闭所有控制阀并停止高压驱替泵和恒流泵;改变气体流量,重复实验数次,观测记录速敏效应形成及打破过程中气液流量、进出口压力,根据达西定律计算不同气体流量条件(气相流体压力条件下)煤柱样品产生速

敏过程及速敏消失过程的渗透率,结合发生水敏后的煤样渗透率,并依据国标评价煤储层速敏伤害程度,分析速敏发生及消失的排采发生条件控制条件;

[0018] 注意事项:整个试验过程中,驱替的He气不能进入到样品装载腔内的煤柱样品中;为了方便观察气柱,驱替管线通道采用透明可视化通道,进而可从可视化的驱替管线通道中的气柱进行判别,防止He气进入到样品装载腔内的煤柱样品中。

[0019] V煤储层贾敏模拟试验

[0020] 在完成煤储层速敏模拟试验后,打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、第三气液控制阀、三通阀的下控制阀,并启动高压驱替泵和恒流泵驱替去离子水冲洗管路,待管路流入量筒的水变清澈时,记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;之后打开三通阀的上控制阀、单向气体控制阀、气体控制阀,通过调节高压驱替泵功率大小、进口控制阀开口大小、出口控制阀开口大小及气体控制阀大小控制气液流量大小,观测气柱在管路中流动情况,记录气柱在管路中正常流动至不流动(煤柱样品产生贾敏)时进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;改变气体流量,观测记录气柱在管路中从不流动到正常流动时进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;试验完毕关闭所有控制阀并停止高压驱替泵和恒流泵,根据达西定律计算不同气体流量条件(气相流体压力不同条件下)煤柱样品产生贾敏过程及贾敏消失过程的渗透率,结合煤柱样品发生速敏后的煤渗透率,并依据国标评价煤储层贾敏伤害程度,分析贾敏发生及消失的排采发生条件控制条件,;

[0021] VI煤储层应力敏感性试验

[0022] 取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开围压流体控制阀并启动围压泵,并打开气体控制阀、第三气液控制阀、三通阀的上控制阀、单向气体控制阀,记录围压控制器监测到围压变化(从0到最高恒定围压)过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;通过围压出口逐渐排放围压流体调节围压,观测记录回压过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;重复围压增加与回压试验过程,并记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;改变气体流量,重复整个试验过程,并记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数,试验完毕关闭所有控制阀并停止运行围压泵,根据达西定律计算煤柱样品在不同应力条件下应力敏感发生过程(围压增加和回压)中的渗透率,计算不同气体流量条件(气相流体压力不同条件下)煤柱样品产生应力敏感性时的渗透率,结合煤样的初始渗透率,并依据国标评价煤储层贾敏伤害程度,分析应力敏感从发生、增强及回压降低过程中的排采发生条件控制条件;

[0023] VII煤储层三敏(速敏、贾敏、应力敏感)的耦合模拟试验

[0024] ①煤储层速敏与贾敏耦合模拟试验

[0025] 取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、并启动高压驱替泵和恒流泵,驱替含固相地层水进入到样品装载腔内的煤柱样品中,待含固相地层水完全饱和(与下控制阀相连的排液管有水流入量筒为判别依据);打开气体控制阀,驱替He气进入样品装载腔内的煤柱样品中,观测记录煤柱样品中发生两次堵塞(首次为速敏产生的固相物质堵塞,后为贾敏效应产生的气柱堵塞)过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;加大气

体流量,观测煤柱样品中流体流动改善情况,并记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;试验完毕关闭所有控制阀,根据达西定律计算煤柱样品在发生速敏和贾敏耦合伤害时的渗透率,计算不同气体流量条件(气相流体压力条件下)煤柱样品产生速敏和贾敏时的渗透率,结合煤样初始渗透率,并依据国标评价煤储层敏感伤害程度,分析速敏和贾敏形成及减弱过程中的排采发生条件控制条件;

[0026] ②煤储层速敏与应力敏感耦合模拟试验

[0027] 取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、并启动高压驱替泵和恒流泵,驱替含固相地层水进入到样品装载腔内的煤柱样品中,待水完全饱和(以与下控制阀相连的排液管有水流入量筒为判别依据);打开围压流体控制阀并启动围压泵,并打开气体控制阀、第三气液控制阀、三通阀的上控制阀、单向气体控制阀,记录围压增加背景下(从0到最高恒定围压)含固相地层水在煤柱样品中发生速敏过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;等围压达到最高恒定围压后逐步降低围压,并记录回压过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数,试验完毕关闭所有控制阀并停止运行高压驱替泵、围压泵,改变含固相地层水流量,重复整个试验过程,并记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数,根据达西定律计算煤柱样品在应力敏感发生过程(围压增加和回压)和速敏产生过程中的渗透率,计算不同含固相地层水流量条件(流体压力条件下)煤柱样品产生应力敏感和速敏耦合伤害时的渗透率,并依据国标评价煤储层敏感性伤害程度,分析应力敏感和速敏耦合伤害过程中的排采发生条件控制条件;

[0028] ③煤储层贾敏与应力敏感耦合模拟试验

[0029] 取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、并启动高压驱替泵和恒流泵,驱替去离子水进入到样品装载腔内的煤柱样品中,待煤柱样品中水完全饱和(以与下控制阀相连的排液管有水流入量筒为判别依据),关闭进口控制阀、出口控制阀,并停止高压驱替泵和恒流泵;打开围压流体控制阀并启动围压泵,并打开气体控制阀、第三气液控制阀、三通阀的上控制阀、单向气体控制阀,记录围压增加背景下(从0到最高恒定围压,最高恒定围压为预先设定的数值)煤柱样品中发生贾敏过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;保持围压恒定加大气体流量,观测记录贾敏消失过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;此后将最高恒定围压逐步回调,并记录回压过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数,改变最高恒压大小,重复整个试验过程,并记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数,试验完毕关闭所有控制阀并停止运行围压泵,根据达西定律计算煤柱样品在应力敏感发生过程(围压增加和回压)和贾敏产生过程中的渗透率,计算不同气体流量条件(气相流体压力条件下)、不同围压下煤样产生应力敏感性速敏耦合伤害时的渗透率,并依据国标评价煤储层敏感性伤害程度,分析应力敏感和速敏耦合伤害过程中的排采发生条件控制条件;

[0030] ④煤储层速敏、贾敏与应力敏感耦合模拟试验

[0031] 取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、并启动高压驱替泵和恒流泵,驱替含固相地层水进入到样品装载腔内的煤柱样品中,待煤柱样品中水完全饱和(以与下控制阀相连的排液管有水

流入量筒为判别依据);打开围压流体控制阀并启动围压泵,并打开气体控制阀、第三气液控制阀、三通阀的上控制阀、单向气体控制阀,记录围压增加背景下(从0到最高恒定围压)煤柱样品中先后发生速敏、贾敏过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;保持围压恒定加大气体流量,观测记录贾敏消失及速敏减弱过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数;此后将最高恒定围压逐步回调,并记录回压过程中进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数,改变最高恒压条件,重复整个试验过程,并记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数。试验完毕关闭所有控制阀并停止运行高压驱替泵和恒流泵和围压泵,根据达西定律计算煤柱样品在应力敏感发生过程(围压增加和回压)和速敏、贾敏产生过程中的渗透率,计算不同气体流量条件(气相流体压力条件下)、不同围压下煤柱样品产生应力敏感性、速敏及贾敏耦合伤害时的渗透率,并依据国标评价煤储层敏感性伤害程度,分析应力敏感性、速敏和贾敏耦合伤害过程中的排采发生条件控制条件;

[0032] VIII煤储层化学敏感性(酸敏或碱性)模拟试验

[0033] 取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀、出口控制阀、第一气液控制阀、第三气液控制阀及三通阀的下控制阀,并启动高压驱替泵和恒流泵,驱替酸液或碱液进入到样品装载腔内的煤柱样品中,使煤柱样品达到饱和状态(以与下控制阀相连的排液管有酸液或碱液流入量筒为判别依据),持续驱替待系统稳定(进口压力计和出口压力计读数稳定),记录进口气液流量计、进口压力计、出口压力计、出口气液流量计的读数,试验完毕关闭所有控制阀并停止运行高压驱替泵和恒流泵,根据达西定律计算煤柱样品在酸敏(或者碱性)发生过程煤样的渗透率,并依据国标评价煤储层的酸敏或碱性伤害程度。

[0034] 一种用于上述模拟试验方法的模拟实验系统,包括:

[0035] 样品装载、围压加载及压力测量模块,用于装载试验用样品、试验过程中对试验样品施加围压以及测量记录试验过程中的压力数据;

[0036] 气液流体驱替注入模块,和样品装载、围压加载及压力测量模块连接,用于试验管路冲洗、试验系统抽真空以及将试验用气液流体注入样品装载、围压加载及压力测量模块内;

[0037] 气液收集及测量模块,和样品装载、围压加载及压力测量模块连接,用于收集样品装载、围压加载及压力测量模块中流出的气体和液体,并测量所收集的气体 and 液体量。

[0038] 优选的,所述样品装载、围压加载及压力测量模块包括夹持器筒体和胶筒;

[0039] 所述夹持器筒体和胶筒都为圆筒状,且所述胶筒同轴设置于夹持器筒体内部;所述胶筒的内腔为样品装载腔;所述胶筒的内壁安装有压力传感器;所述样品装载腔的两端口处都安装有旋紧塞,用于密封样品装载腔;其中一个所述旋紧塞上安装有驱替管线通道,另一个所述旋紧塞上安装有出口管路;所述驱替管线通道上安装有进口压力计和进口气液流量计;所述出口管路上安装有出口压力计和出口气液流量计;

[0040] 所述胶筒的侧壁上安装有承压套筒;所述承压套筒和胶筒同轴设置;所述承压套筒和胶筒之间形成环形承压腔;所述环形承压腔上设置围压进口和围压出口;所述围压进口上安装有围压进口管;所述围压进口管上安装有围压泵和围压流体控制阀;所述夹持器筒体上安装有围压控制器;所述压力传感器、围压泵以及围压流体控制阀都和围压控制器

电连接。

[0041] 优选的,所述气液流体驱替注入模块包括高压驱替泵、高压容器、恒流泵以及高压气瓶;

[0042] 所述高压容器为四个且并联设置;四个所述高压容器上都安装有高压进口管和高压出口管;所述高压进口管上设置进口控制阀;所述高压出口管上设置出口控制阀;所述高压进口管远离高压容器的一端和高压驱替泵连接;所述高压出口管远离高压容器的一端和恒流泵进口连接;所述驱替管线通道远离旋紧塞的一端和恒流泵出口连接;所述高压气瓶安装在驱替管线通道上;所述高压气瓶上安装有气体控制阀;所述驱替管线通道上还安装有真空泵;所述真空泵位于高压气瓶和旋紧塞之间。

[0043] 优选的,所述气液收集及测量模块包括三通阀、量筒和气体收集装置;

[0044] 所述三通阀安装在出口管路远离旋紧塞的一端;所述三通阀上安装有排液管和排气管;所述排液管伸入至量筒内;所述排气管伸入至气体收集装置内;所述的排气管上安装有单向气体控制阀。

[0045] 优选的,所述驱替管线通道上安装有第一气液控制阀;所述第一气液控制阀位于恒流泵和高压气瓶之间;所述真空泵上安装有第二气液控制阀;所述出口管路上安装有第三气液控制阀。

[0046] 优选的,所述模拟试验系统还包括计时模块;所述计时模块单独设置,用于在试验时定时计时;所述计时模块为计时器。

[0047] 优选的,所述气体收集装置为排水集气装置。

[0048] 本发明的优点在于:本试验方法能通过实时动态监测原位煤层气排采时煤储层产生敏感性过程中的渗透率变化,并实现煤层气井排采的有效管控,可控程度高,易于安装、安全可靠;通过建立系模拟试验方法实时动态监测储层渗透率的变化,并实现对储层敏感性发生的排采条件、不同储层敏感性耦合效应的发生条件及对渗透率的影响开展研究,能有效控制煤层气井排采储层敏感性伤害程度,对提高煤层气井产能与优化煤层气排采管控制度尤为关键。

[0049] 该试验方法能够在试验室内模拟煤层气排采过程,并实时动态监测多种储层敏感性发生过程中渗透率的变化,开展煤层气排采过程的储层模拟研究,耦合分析多种储层敏感性伤害的排采发生条件、实现煤层气排采管控的优化调控。

附图说明

[0050] 图1为本发明的结构示意图。

[0051] 图2为本发明样品装载、围压加载及压力测量模块的结构示意图。

[0052] 图3为本发明四个高压容器并联连接示意图。

具体实施方式

[0053] 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中的附图,对本发明实施例中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一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0054] 一种动态监测煤储层敏感性和排采控制模拟试验方法,包括以下步骤:

[0055] I煤样装载、管路冲洗和系统抽真空

[0056] a煤样装载:将制备好的煤柱样品5装入到样品装载腔121中,旋紧两端的旋紧塞123,按照附图说明中图1所示组装试验系统的各个器件,组装完毕,并做好接口的密封;

[0057] b管路冲洗:高压气瓶26中承装He气,设三通阀31控制液体出口的部分为下控制阀313、控制气体出口的部分为上控制阀314;关闭出口控制阀(2411、2412、2413、2414),关闭气体控制阀261,关闭第二气液控制阀271,关闭三通阀31的下控制阀313,依次打开第一气液控制阀133、第三气液控制阀143、三通阀31的上控制阀314、单向气体控制阀3221,最后打开气体控制阀261,利用高压气瓶26中的He气对整个管路进行冲洗,待He气冲满整个管路时(以进口压力计131和出口压力计141读数一致及气体收集装置33中出现排水作为判别依据),依次关闭单向气体控制阀3221、三通阀31的上控制阀314、第三气液控制阀143、第一气液控制阀133、气体控制阀261,管路冲洗完毕;

[0058] 采用He气对管路进行冲洗,驱替管路中的空气及其他气体,避免后续抽真空后残留气体对试验产生影响;

[0059] c系统抽真空:打开第一气液控制阀133、第三气液控制阀143、三通阀31中的上控制阀314,最后打开第二气液控制阀271并同时启动真空泵27给试验系统管线通道抽真空,待进口压力计131和出口压力计141读数均显示为0时,关闭第一气液控制阀133、气液控制阀13、三通阀31的上控制阀314,最后关闭第二气液控制阀271并同时停止运行真空泵27,抽真空完毕;

[0060] 对系统管路进行抽真空,试验过程在真空环境下进行,避免管路中的气体压力对试验产生影响;

[0061] II煤样初始渗透率测试

[0062] 高压容器221内盛放硅油,打开进口控制阀2311、出口控制阀2411、第一气液控制阀133、第三气液控制阀143及三通阀31的下控制阀313,启动高压驱替泵21和恒流泵25,将硅油送入样品装载腔121内,等装载在样品装载腔121内的煤柱样品5的硅油完全饱和(以下控制阀313相连的排液管311有硅油流入量筒32为判别依据)时打开气体控制阀261和单向气体控制阀3221,采用He气驱替管路中硅油;待试验系统稳定时记录进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;重复试验数次,试验完毕关闭所有控制阀并停止高压驱替泵21和恒流泵25;根据达西定律计算煤柱样品5的平均初始渗透率;

[0063] III煤储层水敏模拟试验

[0064] 在完成煤样的初始渗透率测试后,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作,排净管路中硅油;高压容器222内盛放去离子水,依次打开进口控制阀2312、出口控制阀2412、第一气液控制阀133、第三气液控制阀143、三通阀31的下控制阀313,启动高压驱替泵21和恒流泵25,驱替去离子水使进入到样品装载腔121内的煤柱样品5中,并达到完全饱和(与下控制阀313相连的排液管311有水流入量筒32为判别依据);此后,打开气体控制阀261和单向气体控制阀3221,采用He气驱替管路中去离子水;待试验系统稳定时记录进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;关闭所有控制阀并停止高压驱替泵21和恒流泵25;改变气体流量,重复实验数次;根据达西定律计算不同

气体流量条件(气相流体压力条件下)煤柱样品5发生水敏后的渗透率,结合煤样初始渗透率并依据国标评价煤储层水敏伤害程度;

[0065] IV煤储层速敏性模拟试验

[0066] 在完成煤储层水敏模拟试验后,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作,排净管路中去离子水,高压容器224中盛放含固相地层水;依次打开进口控制阀2314、出口控制阀2414、第一气液控制阀133、第三气液控制阀143、三通阀31的下控制阀313,启动高压驱替泵21和恒流泵25,驱替含固相地层水进入到样品装载腔121内的煤柱样品5中,并达到完全饱和(以与下控制阀313相连的排液管311有水流入量筒32为判别依据);此后,打开气体控制阀261和单向气体控制阀3221,采用He气驱替管路中含固相地层水;动态记录固相物质在煤样中产生速敏效应过程中的进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;关闭所有控制阀并停止高压驱替泵21和恒流泵25;改变气体流量,重复实验数次,观测记录速敏效应形成及打破过程中气液流量、进出口压力,根据达西定律计算不同气体流量条件(气相流体压力条件下)煤柱样品5产生速敏过程及速敏消失过程的渗透率,结合发生水敏后的煤样渗透率,并依据国标评价煤储层速敏伤害程度,分析速敏发生及消失的排采发生条件控制条件;

[0067] 注意事项:整个试验过程中,驱替的He气不能进入到样品装载腔121内的煤柱样品5中;为了方便观察气柱,驱替管线通道13采用透明可视化通道,进而可从可视化的驱替管线通道13中的气柱进行判别,防止He气进入到样品装载腔121内的煤柱样品5中。

[0068] V煤储层贾敏模拟试验

[0069] 在完成煤储层速敏模拟试验后,打开进口控制阀2312、出口控制阀2412、第一气液控制阀133、第三气液控制阀143、三通阀31的下控制阀313,并启动高压驱替泵21和恒流泵25驱替去离子水冲洗管路,待管路流入量筒32的水变清澈时,记录进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;之后打开三通阀31的上控制阀314、单向气体控制阀3221、气体控制阀261,通过调节高压驱替泵21功率大小、进口控制阀2312开口大小、出口控制阀2412开口大小及气体控制阀261大小控制气液流量大小,观测气柱在管路中流动情况,记录气柱在管路中正常流动至不流动(煤柱样品产生贾敏)时进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;改变气体流量,观测记录气柱在管路中从不流动到正常流动时进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;试验完毕关闭所有控制阀并停止高压驱替泵21和恒流泵25,根据达西定律计算不同气体流量条件(气相流体压力不同条件下)煤柱样品5产生贾敏过程及贾敏消失过程的渗透率,结合煤柱样品5发生速敏后的煤渗透率,并依据国标评价煤储层贾敏伤害程度,分析贾敏发生及消失的排采发生条件控制条件,;

[0070] VI煤储层应力敏感性试验

[0071] 取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开围压流体控制阀1255并启动围压泵1254,并打开气体控制阀261、第三气液控制阀143、三通阀31的上控制阀314、单向气体控制阀3221,记录围压控制器111监测到围压变化(从0到最高恒定围压,最高围压为预选设定数值,下同)过程中进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;通过围压出口1252逐渐排放围压流体调节围压,观测记录回压过程中进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的

读数;重复围压增加与回压试验过程,并记录进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;改变气体流量,重复整个试验过程,并记录进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数,试验完毕关闭所有控制阀并停止运行围压泵1254,根据达西定律计算煤柱样品5在不同应力条件下应力敏感发生过程(围压增加和回压)中的渗透率,计算不同气体流量条件(气相流体压力不同条件下)煤柱样品5产生应力敏感性时的渗透率,结合煤样的初始渗透率,并依据国标评价煤储层贾敏伤害程度,分析应力敏感从发生、增强及回压降低过程中的排采发生条件控制条件;

[0072] VII煤储层三敏(速敏、贾敏、应力敏感)的耦合模拟试验

[0073] ①煤储层速敏与贾敏耦合模拟试验

[0074] 取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀2314、出口控制阀2414、第一气液控制阀133、并启动高压驱替泵21和恒流泵25,驱替含固相地层水进入到样品装载腔121内的煤柱样品5中,待含固相地层水完全饱和(与下控制阀313相连的排液管311有水流入量筒32为判别依据);打开气体控制阀261,驱替He气进入样品装载腔121内的煤柱样品5中,观测记录煤柱样品中发生两次堵塞(首次为速敏产生的固相物质堵塞,后为贾敏效应产生的气柱堵塞)过程中进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;加大气体流量,观测煤柱样品中流体流动改善情况,并记录进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;试验完毕关闭所有控制阀,根据达西定律计算煤柱样品5在发生速敏和贾敏耦合伤害时的渗透率,计算不同气体流量条件(气相流体压力条件下)煤柱样品5产生速敏和贾敏时的渗透率,结合煤样初始渗透率,并依据国标评价煤储层敏感伤害程度,分析速敏和贾敏形成及减弱过程中的排采发生条件控制条件;

[0075] ②煤储层速敏与应力敏感耦合模拟试验

[0076] 取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀2314、出口控制阀2414、第一气液控制阀133、并启动高压驱替泵21和恒流泵25,驱替含固相地层水进入到样品装载腔121内的煤柱样品5中,待水完全饱和(与下控制阀313相连的排液管311有水流入量筒32为判别依据);打开围压流体控制阀1255并启动围压泵1254,并打开气体控制阀261、第三气液控制阀143、三通阀31的上控制阀314、单向气体控制阀3221,记录围压增加背景下(从0到最高恒定围压)含固相地层水在煤柱样品中发生速敏过程中进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;等围压达到最高恒定围压后逐步降低围压,并记录回压过程中进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数,试验完毕关闭所有控制阀并停止运行高压驱替泵21、围压泵1254,改变含固相地层水流量,重复整个试验过程,并记录进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数,根据达西定律计算煤柱样品5在应力敏感发生过程(围压增加和回压)和速敏产生过程中的渗透率,计算不同含固相地层水流量条件(流体压力条件下)煤柱样品5产生应力敏感和速敏耦合伤害时的渗透率,并依据国标评价煤储层敏感性伤害程度,分析应力敏感和速敏耦合伤害过程中的排采发生条件控制条件;

[0077] ③煤储层贾敏与应力敏感耦合模拟试验

[0078] 取备用煤柱样品,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀2312、出口控制阀2412、第一气液控制阀133、并启动高压驱替泵21和恒流泵25,驱替去离子水进入到样品装载腔121内的煤柱样品5中,待煤柱样品5中水完全饱和(与下控制阀313相连的排液管311有水流入量筒32为判别依据),关闭进口控制阀2312、出口控制阀2412,并停止高压驱替泵21和恒流泵25;打开围压流体控制阀1255并启动围压泵1254,并打开气体控制阀261、第三气液控制阀143、三通阀31的上控制阀314、单向气体控制阀3221,记录围压增加背景下(从0到最高恒定围压,最高恒定围压为人为设定)煤柱样品5中发生贾敏过程中进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;保持围压恒定加大气体流量,观测记录贾敏消失过程中进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;此后将最高恒定围压逐步回调,并记录回压过程中进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数,改变最高恒压条件,重复整个试验过程,并记录进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数,试验完毕关闭所有控制阀并停止运行围压泵1254,根据达西定律计算煤柱样品5在应力敏感发生过程(围压增加和回压)和贾敏产生过程中的渗透率,计算不同气体流量条件(气相流体压力条件下)、不同围压下煤样产生应力敏感性速敏耦合伤害时的渗透率,并依据国标评价煤储层敏感性伤害程度,分析应力敏感和速敏耦合伤害过程中的排采发生条件控制条件;

[0079] ④煤储层速敏、贾敏与应力敏感耦合模拟试验

[0080] 取备用煤柱样品5,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀2314、出口控制阀2414、第一气液控制阀133、并启动高压驱替泵21和恒流泵25,驱替含固相地层水进入到样品装载腔121内的煤柱样品5中,待煤柱样品5中水完全饱和(与下控制阀313相连的排液管311有水流入量筒32为判别依据);打开围压流体控制阀1255并启动围压泵1254,并打开气体控制阀261、第三气液控制阀143、三通阀31的上控制阀314、单向气体控制阀3221,记录围压增加背景下(从0到最高恒定围压)煤柱样品5中先后发生速敏、贾敏过程中进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;保持围压恒定加大气体流量,观测记录贾敏消失及速敏减弱过程中进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数;此后将最高恒定围压逐步回调,并记录回压过程中进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数,改变最高恒压条件,重复整个试验过程,并记录进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数。试验完毕关闭所有控制阀并停止运行高压驱替泵21和恒流泵25和围压泵1254,根据达西定律计算煤柱样品5在应力敏感发生过程(围压增加和回压)和速敏、贾敏产生过程中的渗透率,计算不同气体流量条件(气相流体压力条件下)、不同围压下煤柱样品5产生应力敏感性、速敏及贾敏耦合伤害时的渗透率,并依据国标评价煤储层敏感性伤害程度,分析应力敏感性、速敏和贾敏耦合伤害过程中的排采发生条件控制条件;

[0081] VIII煤储层化学敏感性(酸敏或碱性)模拟试验

[0082] 取备用煤柱样品5,重复I中煤样装载、管路冲洗和系统抽真空操作;打开进口控制阀2313、出口控制阀2413、第一气液控制阀133、第三气液控制阀143及三通阀31的下控制阀313,并启动高压驱替泵21和恒流泵25,驱替酸液或碱液进入到样品装载腔121内的煤柱样

品5中,使煤柱样品5达到饱和状态(以与下控制阀313相连的排液管311有酸液或碱液流入量筒32为判别依据),持续驱替待系统稳定(进口压力计和出口压力计读数稳定),记录进口气液流量计132、进口压力计131、出口压力计141、出口气液流量计142的读数,试验完毕关闭所有控制阀并停止运行高压驱替泵21和恒流泵25,根据达西定律计算煤柱样品5在酸敏(或者碱性)发生过程煤样的渗透率,并依据国标评价煤储层的酸敏或碱性伤害程度;

[0083] 上述试验方法能够在试验室内模拟煤层气排采过程,并实时动态监测多种储层敏感性发生过程中渗透率的变化,开展煤层气排采过程的储层模拟研究,耦合分析多种储层敏感性伤害的排采发生条件、实现煤层气排采管控的优化调控。

[0084] 一种用于上述模拟试验方法的模拟实验系统,包括:

[0085] 样品装载、围压加载及压力测量模块1,用于装载试验用样品、试验过程中对试验样品施加围压以及测量记录试验过程中的压力数据;

[0086] 气液流体驱替注入模块2,和样品装载、围压加载及压力测量模块1连接,用于试验管路冲洗、试验系统抽真空以及将试验用气液流体注入样品装载、围压加载及压力测量模块1内;

[0087] 气液收集及测量模块3,和样品装载、围压加载及压力测量模块1连接,用于收集样品装载、围压加载及压力测量模块1中流出的气体和液体,并测量所收集的气体 and 液体量。

[0088] 上述试验系统能通过实时动态监测原位煤层气排采时煤储层产生敏感性过程中的渗透率变化,并实现煤层气井排采的有效管控,可控程度高,易于安装、安全可靠;通过实时动态监测储层渗透率的变化,并实现储层敏感性发生的排采条件研究、不同储层敏感性耦合效应的发生条件及对渗透率的影响研究,有效控制煤层气井排采储层敏感性伤害程度对提高煤层气井产能与优化煤层气排采管控制度尤为关键。

[0089] 优选的,所述样品装载、围压加载及压力测量模块1包括夹持器筒体11和胶筒12;

[0090] 所述夹持器筒体11和胶筒12都为圆筒状,且所述胶筒12同轴设置于夹持器筒体11内部;所述胶筒12的内腔为样品装载腔121;所述胶筒12的内壁安装有压力传感器122;所述样品装载腔121的两端口处都安装有旋紧塞123,用于密封样品装载腔121;其中一个所述旋紧塞123上安装有驱替管线通道13,另一个所述旋紧塞123上安装有出口管路14;所述驱替管线通道13上安装有进口压力计131和进口气液流量计132;所述出口管路14上安装有出口压力计141和出口气液流量计142;

[0091] 所述胶筒12的侧壁上安装有承压套筒124;所述承压套筒124和胶筒12同轴设置;所述承压套筒124和胶筒12之间形成环形承压腔125;所述环形承压腔125上设置围压进口1251和围压出口1252;所述围压进口1251上安装有围压进口管1253;所述围压进口管1253上安装有围压泵1254和围压流体控制阀1255;所述夹持器筒体11上安装有围压控制器111;所述压力传感器122、围压泵1254以及围压流体控制阀1255都和围压控制器111电连接。

[0092] 优选的,所述气液流体驱替注入模块2包括高压驱替泵21、高压容器22、恒流泵25以及高压气瓶26;

[0093] 所述高压容器22为四个(分别设为221、222、223、224)且并联设置;四个所述高压容器22上都安装有高压进口管(231、232、233、234)和高压出口管(241、242、243、244);所述高压进口管(231、232、233、234)上设置进口控制阀(2311、2312、2313、2314);所述高压出口管(241、242、243、244)上设置出口控制阀(2411、2412、2413、2414);所述高压进口管(231、

232、233、234) 远离高压容器 (221、222、223、224) 的一端和高压驱替泵21连接;所述高压出口管 (241、242、243、244) 远离高压容器 (221、222、223、224) 的一端和恒流泵25进口连接;所述驱替管线通道13远离旋紧塞123的一端和恒流泵25出口连接;所述高压气瓶26安装在驱替管线通道13上;所述高压气瓶26上安装有气体控制阀261;所述驱替管线通道13上还安装有真空泵27;所述真空泵27位于高压气瓶26和旋紧塞123之间。

[0094] 优选的,所述气液收集及测量模块3包括三通阀31、量筒32和气体收集装置33;

[0095] 所述三通阀31安装在出口管路14远离旋紧塞123的一端;所述三通阀31上安装有排液管311和排气管322;所述排液管311伸入至量筒32内;所述排气管322伸入至气体收集装置33内;所述的排气管322上安装有单向气体控制阀3221。

[0096] 优选的,所述驱替管线通道13上安装有第一气液控制阀133;所述第一气液控制阀133位于恒流泵25和高压气瓶26之间;所述真空泵27上安装有第二气液控制阀271;所述出口管路14上安装有第三气液控制阀143。

[0097] 优选的,所述模拟试验系统还包括计时模块4;所述计时模块4单独设置,用于在试验时定时计时;所述计时模块4为计时器。

[0098] 优选的,所述气体收集装置33为排水集气装置。

[0099] 需要说明的是,在本文中,如若存在第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0100] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

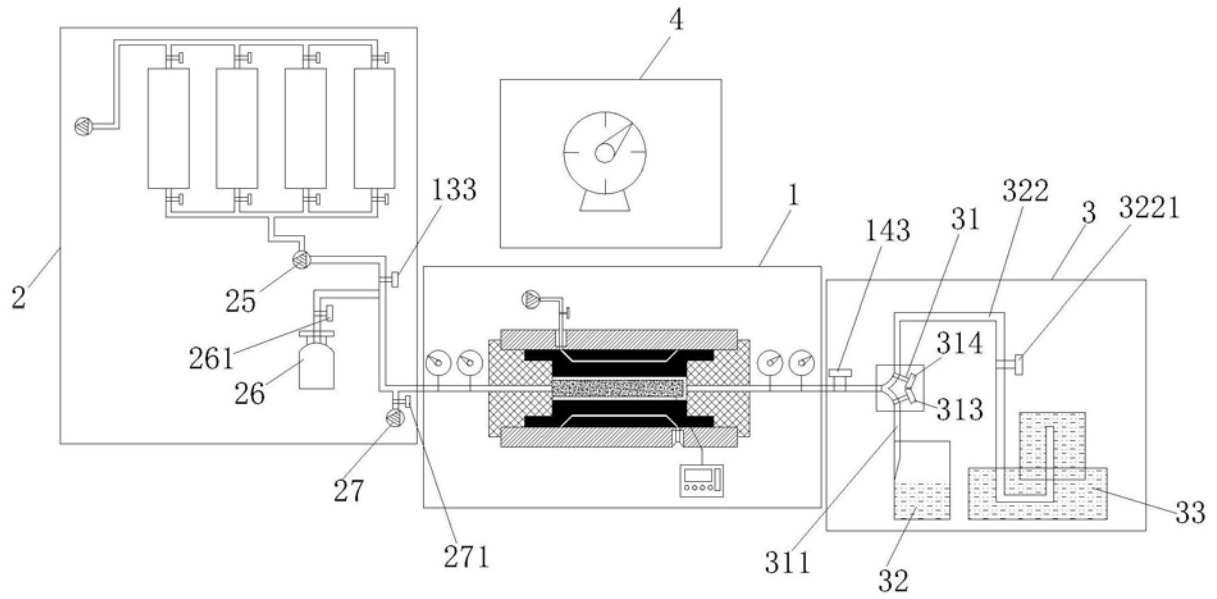


图1

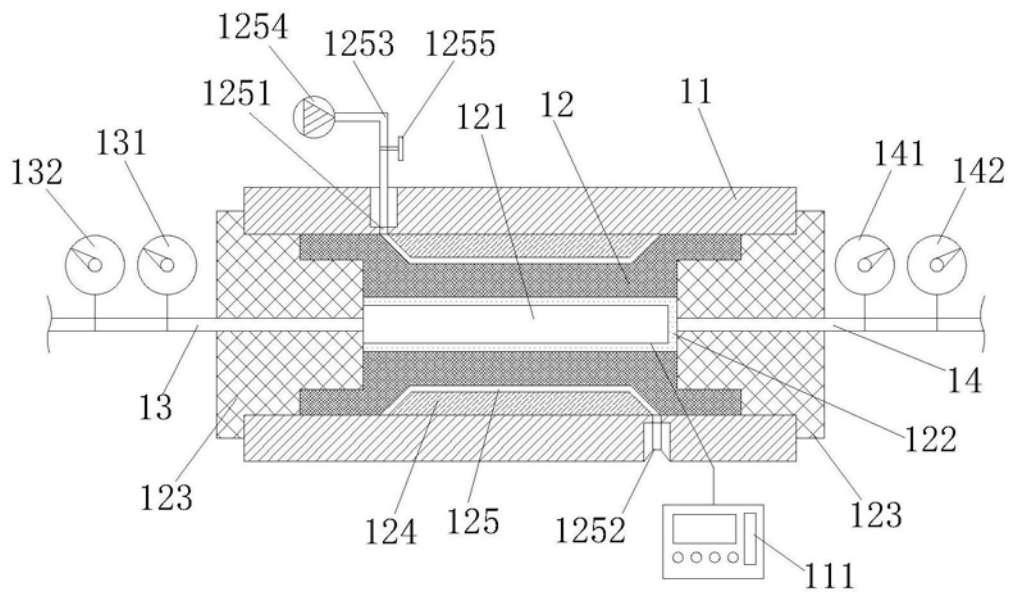


图2

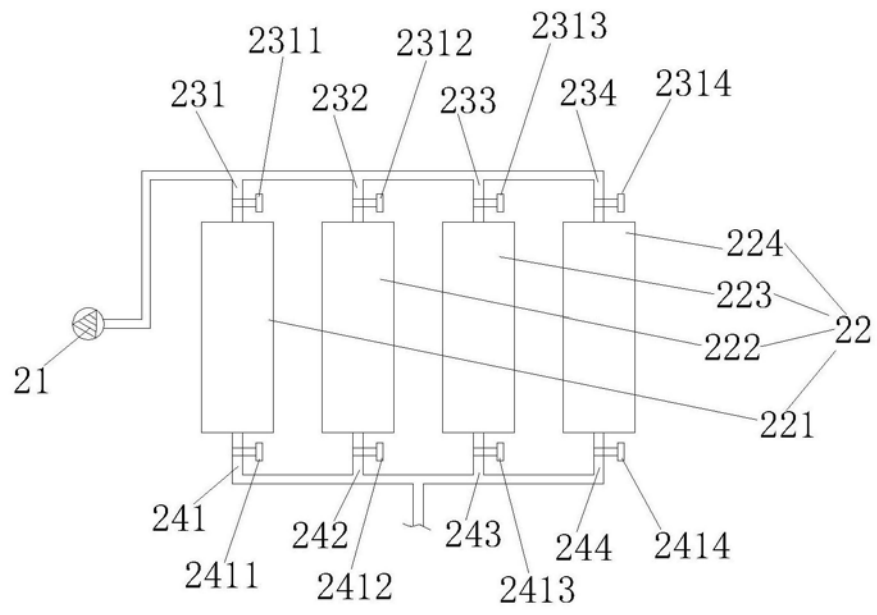


图3