(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 210269442 U
(45)授权公告日 2020.04.07

(21)申请号 201920983780.4

(22)申请日 2019.06.27

(73)专利权人 西安科技大学
地址 710054 陕西省西安市雁塔中路58号

(72)发明人 邓广哲 郑锐

(74)专利代理机构 西安中科汇知识产权代理有限公司 61254
代理人 刘玲玲

(51)Int.Cl.
G01N 3/12(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

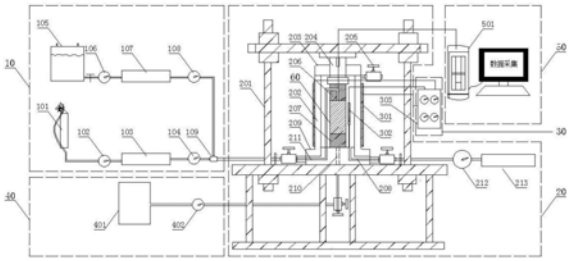
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)实用新型名称

一种三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置

(57)摘要

本实用新型公开了一种三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置，该实验装置包括：气液耦合溶液供液系统、应力加载系统、温度控制系统、回收系统和压裂过程监测系统，其中，气液耦合溶液供液系统包括：供气管路、供液管路和气液混合装置，供气管路和供液管路分别与气液混合装置的进气口、进液口连接。本实用新型的有益之处在于：可以模拟不同条件，实现了多场多相耦合压裂，为揭示多场多相耦合作用下煤岩力学特性创造了实验平台，为压裂技术改造升级提供了理论基础，对硬厚煤层开采，煤层气、页岩气与瓦斯抽采，以及CO_2封存等压裂机理研究与技术开发创造了条件，有利于加快压裂技术的改造升级，进一步提升压裂技术的工业价值。



CN 210269442 U

1.一种三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置，其特征在于，包括：气液耦合溶液供液系统(10)、应力加载系统(20)、温度控制系统(30)、回收系统(40)和压裂过程监测系统(50)，其中：

气液耦合溶液供液系统(10)包括：供气管路、供液管路和气液混合装置(109)，供气管路和供液管路分别与气液混合装置(109)的进气口、进液口连接；

应力加载系统(20)包括：套筒(202)、顶盖(203)、传压柱(204)、上压头(206)、下压头(207)、底座(209)、第三压力表(212)、手压泵(213)和若干连接管，底座(209)、套筒(202)和顶盖(203)组成压力室，套筒(202)的上部开有排气口，底座(209)上开有进油通道(208)、排液通道(210)和气液耦合溶液注入通道(211)，传压柱(204)穿过顶盖(203)且下端与上压头(206)连接、上端与三轴加载装置连接，上压头(206)与底座(209)上的气液耦合溶液注入通道(211)通过耐压管道连接，下压头(207)与底座(209)固定连接，手压泵(213)通过第六连接管与进油通道(208)连接，第三压力表(212)设置在该第六连接管上；

温度控制系统(30)包括：加热套(301)、温度传感器(302)和温度控制器(303)，加热套(301)包裹在套筒(202)的外壁上，温度传感器(302)设置在套筒(202)与待压裂煤岩试件(60)之间；

回收系统(40)包括：回收箱(401)，回收箱(401)通过第七连接管与排液通道(210)连接；

压裂过程监测系统(50)包括：应变片、压力传感器、声发射接头和数据采集器(501)，应变片、压力传感器和声发射接头均贴在待压裂煤岩试件(60)的中部。

2.根据权利要求1所述的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置，其特征在于，所述供气管路由气瓶(101)、第一流量计(102)、第一增压泵(103)、第一压力表(104)和若干连接管组成，其中：

气瓶(101)通过第一连接管与第一增压泵(103)的进气口连接，第一流量计(102)安装于该第一连接管上；

第一增压泵(103)的出气口上连接有第二连接管，第一压力表(104)安装于该第二连接管上，第二连接管的另一端与气液混合装置(109)的进气口连接。

3.根据权利要求1所述的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置，其特征在于，所述供液管路由水箱(105)、第二流量计(106)、第二增压泵(107)、第二压力表(108)和若干连接管组成，其中：

水箱(105)通过第三连接管与第二增压泵(107)的进液口连接，第二流量计(106)安装于该第三连接管上；

第二增压泵(107)的出液口上连接有第四连接管，第二压力表(108)安装于该第四连接管上，第四连接管的另一端与气液混合装置(109)的进液口连接。

4.根据权利要求1所述的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置，其特征在于，所述应力加载系统(20)还包括：加载平台(201)，底座(209)和三轴加载装置均固定在加载平台(201)上。

5.根据权利要求1所述的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置，其特征在于，所述进油通道(208)的入口、排液通道(210)的出口和气液耦合溶液注入通道(211)的入口均设置有控制阀。

6.根据权利要求1所述的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置，其特征在于，所述回收系统(40)还包括：第三流量计(402)，第三流量计(402)安装于第七连接管上。

一种三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种实验装置，具体涉及一种三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置，属于煤矿井下安全与开采技术领域。

背景技术

[0002] 我国煤矿主要采用井工开采，开采条件复杂，作业环境恶劣，致灾因子多，特别是高应力、低透气性和坚硬特厚煤岩的破碎、卸压增透及注水防尘等煤矿灾害防治实效有待提升。

[0003] 经过多年研究和实践，水压致裂技术是煤岩软化破碎与增透的有效途径，在一定程度上提高了煤层的透气性和破碎效率，但是其不能解决低渗煤岩的疏水性，对低渗煤岩的软化与增渗效果有待改善。

[0004] CO_2以其独特的物理化学性质，可以进入储层较小的微孔裂隙中，在储层发生破裂时有利于裂缝网络的形成，在石油、页岩气、煤层气等资源开发方面受到广泛关注，在驱气与增透方面取得显著效果。但以煤矿井下压裂开采为背景的研究还存在不足，其中，CO_2耦合作用及其特性以及多场多相耦合压裂机理还不清楚，而物理实验是揭示其作用规律的有效手段，目前，已有的压裂实验装置与实验方法都是针对石油开采或者页岩气开采的，针对煤矿开采的多场多相耦合压裂实验装置与实验方法暂且没有。

[0005] 现有的针对石油开采或者页岩气开采的压裂实验装置(包括：水力压裂实验装置和气体压裂实验装置)及实验方法，具有以下特点和不足：

[0006] (1)水力压裂实验装置多采用立方体试件，需要手动加压模拟应力场，监测精度不够，且无法实现多相耦合作用下的压裂实验；

[0007] (2)一般仅能开展液体(水力压裂实验装置)或气体(气体压裂实验装置)单一介质的压裂实验，不能满足多场多相耦合压裂机理研究的需要；

[0008] (3)常温常压条件下压裂液与煤岩的反应过程，不能模拟真实压裂过程中压裂液与煤岩之间的反应过程，且无法真实模拟多场多相耦合条件下的煤体力学破坏过程。

实用新型内容

[0009] 为解决现有水力压裂实验装置和气体压裂实验装置存在的不足，本实用新型的目的在于提供一种针对煤矿开采的、可以模拟不同条件的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置。

[0010] 为了实现上述目标，本实用新型采用如下的技术方案：

[0011] 一种三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置，其特征在于，包括：气液耦合溶液供液系统、应力加载系统、温度控制系统、回收系统和压裂过程监测系统，其中：

[0012] 气液耦合溶液供液系统包括：供气管路、供液管路和气液混合装置，供气管路和供液管路分别与气液混合装置的进气口、进液口连接；

[0013] 应力加载系统包括：套筒、顶盖、传压柱、上压头、下压头、底座、第三压力表、手压

泵和若干连接管，底座、套筒和顶盖组成压力室，套筒的上部开有排气口，底座上开有进油通道、排液通道和气液耦合溶液注入通道，传压柱穿过顶盖且下端与上压头连接、上端与三轴加载装置连接，上压头与底座上的气液耦合溶液注入通道通过耐压管道连接，下压头与底座固定连接，手压泵通过第六连接管与进油通道连接，第三压力表设置在该第六连接管上；

[0014] 温度控制系统包括：加热套、温度传感器和温度控制器，加热套包裹在套筒的外壁上，温度传感器设置在套筒与待压裂煤岩试件之间；

[0015] 回收系统包括：回收箱，回收箱通过第七连接管与排液通道连接；

[0016] 压裂过程监测系统包括：应变片、压力传感器、声发射接头和数据采集器，应变片、压力传感器和声发射接头均贴在待压裂煤岩试件的中部。

[0017] 前述的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置，其特征在于，前述供气管路由气瓶、第一流量计、第一增压泵、第一压力表和若干连接管组成，其中：

[0018] 气瓶通过第一连接管与第一增压泵的进气口连接，第一流量计安装于该第一连接管上；

[0019] 第一增压泵的出气口上连接有第二连接管，第一压力表安装于该第二连接管上，第二连接管的另一端与气液混合装置的进气口连接。

[0020] 前述的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置，其特征在于，前述供液管路由水箱、第二流量计、第二增压泵、第二压力表和若干连接管组成，其中：

[0021] 水箱通过第三连接管与第二增压泵的进液口连接，第二流量计安装于该第三连接管上；

[0022] 第二增压泵的出液口上连接有第四连接管，第二压力表安装于该第四连接管上，第四连接管的另一端与气液混合装置的进液口连接。

[0023] 前述的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置，其特征在于，前述应力加载系统还包括：加载平台，底座和三轴加载装置均固定在加载平台上。

[0024] 前述的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置，其特征在于，前述进油通道的入口、排液通道的出口和气液耦合溶液注入通道的入口均设置有控制阀。

[0025] 前述的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置，其特征在于，前述回收系统还包括：第三流量计，第三流量计安装于第七连接管上。

[0026] 本实用新型的有益之处在于：

[0027] (1)可以模拟不同条件，实现了多场多相耦合压裂，为揭示多场多相耦合作用下煤岩力学特性创造了实验平台，为压裂技术改造升级提供了理论基础，对硬厚煤层开采，煤层气、页岩气与瓦斯抽采，以及CO_2封存等压裂机理研究与技术开发创造了条件，有利于加快压裂技术的改造升级，进一步提升压裂技术的工业价值；

[0028] (2)解决了单一介质压裂(水力压裂或气体压裂)存在在的问题，如压裂前期准备成本高、设备要求高、影响作用环境等；

[0029] (3)基于水压致裂，具有水压致裂的优势。

附图说明

[0030] 图1是本实用新型提供的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置的组成示意图。

[0031] 图中附图标记的含义：

[0032] 10-气液耦合溶液供液系统；

[0033] 101-气瓶、102-第一流量计、103-第一增压泵、104-第一压力表、

[0034] 105-水箱、106-第二流量计、107-第二增压泵、108-第二压力表、

[0035] 109-气液混合装置；

[0036] 20-应力加载系统；

[0037] 201-加载平台、202-套筒、203-顶盖、204-传压柱、205-排气阀、

[0038] 206-上压头、207-下压头、208-进油通道、209-底座、

[0039] 210-排液通道、211-气液耦合溶液注入通道、212-第三压力表、

[0040] 213-手压泵；

[0041] 30-温度控制系统；

[0042] 301-加热套、302-温度传感器、303-温度控制器；

[0043] 40-回收系统；

[0044] 401-回收箱、402-第三流量计；

[0045] 50-压裂过程监测系统；

[0046] 501-数据采集器；

[0047] 60-待压裂煤岩试件。

具体实施方式

[0048] 第一部分：实验装置

[0049] 本实用新型提供的实验装置，适用于气态、液态、气液多相介质对煤岩三轴压裂实验以及多相耦合条件下煤岩三轴压裂试验，可以为煤层压裂技术开发提供试验依据。

[0050] 以下结合附图和具体实施例对本实用新型作具体的介绍。

[0051] 参照图1，本实用新型提供的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置包括：气液耦合溶液供液系统、应力加载系统、温度控制系统、回收系统和压裂过程监测系统。

[0052] 1、气液耦合溶液供液系统

[0053] 参照图1，气液耦合溶液供液系统10包括：供气管路、供液管路和气液混合装置109。

[0054] 供气管路包括：气瓶101、第一流量计102、第一增压泵103、第一压力表104和若干连接管，其中：

[0055] 气瓶101内装有CO_2气体或N_2气体或其他气体，气瓶101通过第一连接管与第一增压泵103的进气口连接，第一流量计102安装于该第一连接管上；

[0056] 第一增压泵103的出气口上连接有第二连接管，第一压力表104安装于该第二连接管上，第二连接管的另一端与气液混合装置109的进气口连接。

[0057] 供液管路包括：水箱105、第二流量计106、第二增压泵107、第二压力表108和若干连接管，其中：

[0058] 水箱105内装有活性水溶液，水箱105通过第三连接管与第二增压泵107的进液口连接，第二流量计106安装于该第三连接管上；

[0059] 第二增压泵107的出液口上连接有第四连接管，第二压力表108安装于该第四连接

管上，第四连接管的另一端与气液混合装置109的进液口连接。

[0060] 气液混合装置109的出口是整个气液耦合溶液供液系统10的出口，其通过第五连接管与应力加载系统20的气液耦合溶液注入通道211连接。

[0061] 本实用新型提供的气液耦合溶液供液系统，不仅能够提供气液多相介质，还能够提供单一的气态介质或单一的液态介质，具体的：

[0062] (1)当供气管路和供液管路同时打开时，可以提供气液多相介质——气液耦合溶液；

[0063] (2)当供气管路打开、供液管路关闭时，可以提供单一的气态介质——CO_2、N_2等；

[0064] (3)当供气管路关闭、供液管路打开时，可以提供单一的液态介质——活性水溶液。

[0065] 2、应力加载系统

[0066] 参照图1，应力加载系统20包括：加载平台201、套筒202、顶盖203、传压柱204、上压头206、下压头207、底座209、第三压力表212、手压泵213和若干连接管。

[0067] 底座209固定在加载平台201上，底座209、套筒202和顶盖203从下至上依次组装在一起，组装完毕后在内部形成压力室，套筒202的上部开有排气口，排气口处设置有排气阀205，底座209上开有进油通道208、排液通道210和气液耦合溶液注入通道211，进油通道208的入口、排液通道210的出口和气液耦合溶液注入通道211的入口均设置有控制阀，当排气阀205和三个控制阀都关闭时，压力室成为密封的压力室。

[0068] 传压柱204穿过顶盖203，与顶盖203密封连接，其下端与上压头206连接，上端与三轴加载装置(未示出)连接，三轴加载装置安装在加载平台201的顶部。

[0069] 上压头206与底座209上的气液耦合溶液注入通道211通过耐压管道连接。

[0070] 下压头207设置在压力室内，位于上压头206的正下方，与底座209固定连接。实验时，待压裂煤岩试件60固定装夹在上压头206和下压头207之间。

[0071] 手压泵213通过第六连接管与进油通道208连接，第三压力表212设置在该第六连接管上。

[0072] 3、温度控制系统

[0073] 参照图1，温度控制系统30包括：加热套301、温度传感器302和温度控制器303。

[0074] 加热套301包裹在应力加载系统20的套筒202的外壁上。

[0075] 温度传感器302设置在应力加载系统20的压力室中，位于待压裂煤岩试件60的侧方，也就是位于套筒202与待压裂煤岩试件60之间，与待压裂煤岩试件60和套筒202都有一定距离。

[0076] 温度控制器303与加热套301和温度传感器302连接，温度传感器302将检测到的压力室的温度数据传输给温度控制器303，温度控制器303根据接收到的温度数据对加热套301进行控制，具体的，当压力室的温度低于设定值时，温度控制器303启动加热套301，使其对压力室进行加热，直至压力室的温度达到设定值，温度控制器303关闭加热套301。

[0077] 温度控制系统30可以实现对煤岩体温度条件的模拟。

[0078] 4、回收系统

[0079] 参照图1，回收系统40包括：回收箱401、第三流量计402和连接管。

[0080] 回收箱401通过第七连接管与应力加载系统20的排液通道210连接，第三流量计

402安装于该第七连接管上。

[0081] 5、压裂过程监测系统

[0082] 参照图1，压裂过程监测系统50包括：应变片(未图示)、压力传感器(未图示)、声发射接头(未图示)和数据采集器501。

[0083] 应变片、压力传感器和声发射接头均贴在待压裂煤岩试件60的中部，并且均与数据采集器501信号连接。

[0084] 压裂过程监测系统50可以对待压裂煤岩试件60进行轴压加载监测以及压力与应变监测。

[0085] 第二部分：实验方法

[0086] 利用本实用新型提供的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置对待压裂煤岩试件进行多场多相耦合压裂的实验，参照图1，方法具体如下：

[0087] Step1：安装待压裂煤岩试件

[0088] 按照常规方法制备出待压裂煤岩试件60后，沿待压裂煤岩试件60的轴线钻出压裂钻孔，然后将待压裂煤岩试件60与上压头206密封连接、与下压头207固定。

[0089] Step2：布置监测装置

[0090] 在待压裂煤岩试件60的中部贴好应变片、压力传感器和声发射接头。

[0091] Step3：组装压力室

[0092] 将套筒202与顶盖203和底座209分别进行连接，检查压力室密封性。

[0093] Step4：调温

[0094] 在温度控制器303中设置温度，温度控制器303启动加热套301，使其对压力室进行加热，直至压力室的温度达到设定值，温度控制器303关闭加热套301。

[0095] Step5：加载轴压和围压

[0096] 先通过三轴加载装置，和传压柱204对待压裂煤岩试件60加载轴压，并将轴压恒定在设定值，然后通过手压泵213向压力室注入围压，并保持围压恒定。

[0097] Step6：加载气液耦合溶液

[0098] 按照设计要求配置活性水溶液，通过调节供气管路中气体的压力和流量以及调节供液管路中液体的压力和流量，在气液混合装置110的作用下，可以实现气体与液体混合，当气体与液体的混合达到设定的要求时，将气液耦合溶液供应系统10与应力加载系统20中的气液耦合溶液注入通道211连接，开始对压力室中的待压裂煤岩试件60进行压裂。

[0099] Step7：监测相关数据

[0100] 当气液耦合溶液供应系统10开始对压力室中的待压裂煤岩试件60进行压裂时，利用压裂过程监测系统50对压裂过程进行监测，获取压裂过程中的应力、应变、压力、声发射信号响应特征等相关数据。

[0101] Step8：回收

[0102] 实验结束后，打开应力加载系统20中的排液通道210，让废液流入回收系统40中。

[0103] 由此可见，本实用新型提供的三轴煤岩多场多相耦合压裂实验装置可以模拟不同条件，实现了多场多相耦合压裂，为揭示多场多相耦合作用下煤岩力学特性创造了实验平台，为压裂技术改造升级提供了理论基础，对硬厚煤层开采，煤层气、页岩气与瓦斯抽采，以及CO_2封存等压裂机理研究与技术开发创造了条件，有利于加快压裂技术的改造升级，进一

步提升压裂技术的工业价值。

[0104] 需要说明的是，上述实施例不以任何形式限制本实用新型，凡采用等同替换或等效变换的方式所获得的技术方案，均落在本实用新型的保护范围内。

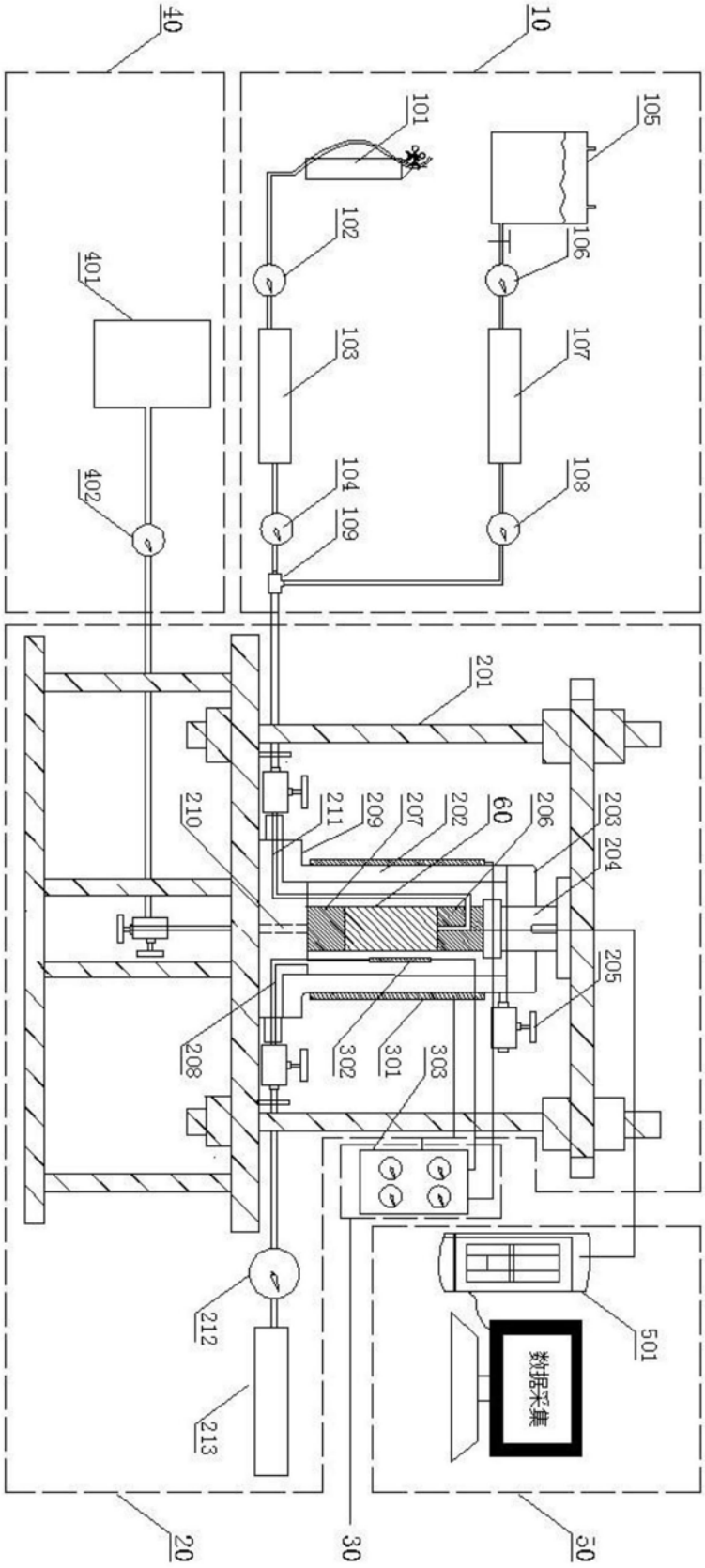

40
10
101
105
102
106
401
103
107
104
109
108
402
201
211
209
207
202
60
206
203
204
210
205
208
302
301
303
212
213
501
数据采集
20
30
50

图1