



(12)发明专利申请



(10)申请公布号 CN 108458962 A

(43)申请公布日 2018.08.28

(21)申请号 201810592306.9

(22)申请日 2018.06.11

(71)申请人 辽宁工程技术大学

地址 123000 辽宁省阜新市细河区中华路
47号

(72)发明人 梁冰 姜云 孙维吉 赵航

(74)专利代理机构 沈阳东大知识产权代理有限公司

公司 21109

代理人 梁焱 范象瑞

(51) Int. GI

G01N 15/08(2006.01)

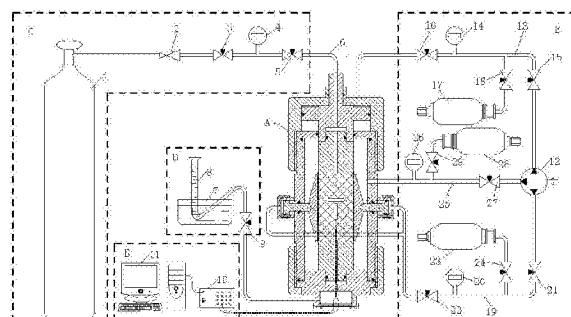
权利要求书3页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

一种用于测试煤岩渗透率的装置及方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于测试煤岩渗透率的装置及方法，其装置包括吸附渗流装置、真三轴应力加载装置、孔隙压力加载装置、流量测试装置及煤样变形测试装置。利用该装置测试煤岩渗透率时先测试煤岩在无吸附性气体渗流下的渗透率，再测试煤岩在吸附性气体渗流下的渗透率，最后计算吸附变形对煤岩渗透率的影响值。本发明通过真三轴应力加载装置和孔隙压力加载装置对煤样进行加载，并考虑到煤岩吸附瓦斯后变形对煤岩渗透率的影响，可真实地模拟煤炭开采过程中煤岩所受应力及瓦斯压力不断变化的实际情况，测试结果更加准确可靠。



1. 一种用于测试煤岩渗透率的装置,包括吸附渗流装置、真三轴应力加载装置、孔隙压力加载装置、流量测试装置及煤样变形测试装置;其特征在于:

所述吸附渗流装置包括圆形套筒(30),套筒的上端有与套筒螺纹连接的上螺帽(31),套筒的下端有与套筒螺纹连接的下螺帽(32);所述上螺帽内有与上螺帽内壁密封滑动连接的活塞(33),活塞的下端置于与其密封滑动连接的环形隔板(35)内,环形隔板固定于上螺帽的内台阶与套筒的顶面之间,活塞的底面有圆形凹槽,该圆形凹槽与凸形上压头(34)的上部密封嵌接;所述套筒的下端有与套筒密封连接、可配合上压头夹持煤样(40)的倒凸形下压头(36),下压头的下端与底盖(37)上部的圆形凹槽密封嵌接,底盖固定于所述下螺帽的台阶与套筒的底面之间,底盖与套筒之间密封,底盖的下部有凹槽,该凹槽由密封板(47)封闭,侧壁上开有排气孔(51),密封板的中心安装有供导线(46)相接的航空插头(49),密封板的由与底盖底部螺纹连接的小螺帽(48)固定;沿所述活塞、上压头、下压头和底盖的中心轴线分别设有上下相互对应、供气体及导线(46)通过的气孔(39);套筒的侧壁上开设有供液压油进入的周压油孔(50)和对应煤样相对安装的两个可对煤样施加侧压的侧压加压装置,侧压加压装置包括置于套筒外壁上的侧压油缸(43)、与套筒侧壁孔道密封滑动连接的侧压活塞(44)、与侧压活塞前端固定连接可对煤样两侧面施压的侧压板(42);

所述真三轴应力加载装置包括液压泵(12),液压泵分流为1号管路、2号管路和3号管路;所述1号管路与所述上螺帽顶部的轴压油孔(52)相接,1号管路上设有2号压力表(14),2号压力表与液压泵之间设有4号针型阀(15),2号压力表与活塞之间设有5号针型阀(16),2号压力表与4号针型阀之间设有1号蓄能器(17),1号蓄能器通过6号针型阀(18)控制开关;液压泵通过1号管路与上螺帽的轴压油孔可对活塞施加轴向压力;

所述2号管路分别连接于所述套筒外壁上的两个侧压油缸,2号管路上设有3号压力表(20),3号压力表与液压泵之间设有7号针型阀(21),3号压力表与侧压油缸之间设有8号针型阀(22),3号压力表与所述7号针型阀之间设有2号蓄能器(23),2号蓄能器通过9号针型阀(24)控制开关;液压泵通过侧压油缸、侧压活塞和侧压板对煤样施加侧向压力;

所述3号管路与所述套筒侧壁上开设的周压油孔(50)相接,3号管路上设有4号压力表(26),4号压力表与液压泵之间设有10号针型阀(27),10号针型阀与4号压力表之间设有3号蓄能器(28),3号蓄能器通过11号针型阀(29)控制开关;液压泵通过3号管路对煤样施加周向压力;

所述孔隙压力加载装置包括高压气瓶(1),高压气瓶通过高压管线(6)与所述吸附渗流装置中活塞的气孔(39)相接,高压管线上依次设有减压阀(2)、1号针型阀(3)、1号压力表(4)和2号针型阀(5),高压气瓶通过所述高压管线、活塞和上压头中的气孔可向煤样加载孔隙压力;

所述流量测试装置包括水槽(7)和下端置于水槽内的量筒(30),量筒通过管路和3号针型阀(9)与所述吸附渗流装置中底盖下部的排气孔(51)相接;

所述煤样变形测试装置包括粘贴在用热缩管(41)包裹的煤样上的应变片(45),应变片通过导线(46)和所述安装在密封板上的航空插座与数据采集仪(10)相接,数据采集仪与计算机(11)相接,数据采集仪采集煤样的变形量并通过计算机读取分析。

2. 使用权利要求所述用于测试煤岩渗透率的装置测试煤岩渗透率的方法,包括以下步骤:

步骤1:检测装置的气密性和制作及安装试样

(1) 打开1号针型阀和2号针型阀,调节减压阀,若1号压力表在一定时间内读数保持稳定则装置气密性良好;

(2) 将采样煤块加工成标准圆柱体煤样,其轴向与煤层层理方向平行,径向与煤层层理方向垂直;将煤样夹持在上压头与下压头之间,并用热缩管将煤样及上压头和下压头封装成一体,置于吸附渗流装置中,装配好吸附渗流装置;

步骤2:通过液压泵向煤样施加轴向压力为 σ_1 、侧向压力 σ_2 及周向压力 σ_3 ,通过压力表监测轴向压力为 σ_1 、侧向压力 σ_2 及周向压力 σ_3 稳定状态;

步骤3:煤样无吸附性气体渗流过程渗透率测试

(1) 通过孔隙压力加载装置,向煤样通入压力值为 P_1 的无吸附性气体,立即打开3号针型阀,使无吸附性气体在煤样中渗流,利用流量测试装置,用排水法测得一定时间的气体流量,然后关闭3号针形阀,维持无吸附性气体压力为 P_1 ,读取量筒的排水量 $V_{\text{gas}-P_1}$ 和秒表记录的气体渗流时间 t ,

按以下公式计算出压力值为 P_1 的无吸附性气体通入煤样后煤样的渗透率

$$K_{\text{gas}-P_1} = \frac{2(V_{\text{gas}-P_1}/t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)}$$

其中: K_{gas} —渗透率, m^2

P, P_b —出口端气体压力(大气压力), Pa

$V_{\text{gas}-P_1}$ —气体渗流体积, cm^3

t —气体渗流时间, s

L —试样长度, cm

μ —无吸附性气体动力粘度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$

P_1 —通入煤样的无吸附性气体压力, Pa

A —试样横截面积, mm^2

(2) 12h后,打开3号针型阀,使无吸附性气体在煤样中渗流,利用流量测试装置,用排水法测得一定时间的气体流量,然后关闭第三针形阀,维持无吸附性气体压力为 P_1 ,读取量筒的排水量 $V_{\text{gas}-P_1-12}$ 和秒表记录的气体渗流时间 t ,

按以下公式计算出压力值为 P_1 的无吸附性气体通入煤样12h后煤样的渗透率

$$K_{\text{gas}-P_1-12} = \frac{2(V_{\text{gas}-P_1-12}/t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)}$$

(3) 24h后,打开3号针型阀,使无吸附性气体在煤样中渗流,直至气体压力降为0MPa,利用流量测试装置,用排水法测得气体的流量,读取量筒的排水量 $V_{\text{gas}-P_1-24}$ 和秒表记录的气体压力降为0MPa时的渗流时间 t ,

按以下公式计算出压力值为 P_1 的无吸附性气体通入煤样24h后煤样的渗透率

$$K_{\text{gas}-P_1-24} = \frac{2(V_{\text{gas}-P_1-24}/t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)} ;$$

步骤4:煤样吸附性气体渗流过程渗透率测试

(1) 通过孔隙压力加载装置,向煤样通入压力值为 P_1 的吸附性气体,与步骤3(1)操作方法相同,通过流量测试装置,用排水法测得一定时间的气体流量,读取量筒的排水量

$V_{\text{adsorption-}p_1}$ 和秒表记录的气体渗流时间t,

按一下公式计算出压力值为 P_1 的吸附性气体通入煤样后煤样的渗透率:

$$K_{\text{adsorption-}p_1} = \frac{2(V_{\text{adsorption-}p_1}/t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)}$$

其中: $K_{\text{adsorption-}p_1}$ —渗透率, m^2

$V_{\text{adsorption-}p_1}$ —气体渗流体积, cm^3

μ —吸附性气动力粘度, $\text{Pa} \cdot \text{s}$

P_1 —通入煤样的吸附性气体压力, Pa

(2) 12h后,打开3号针型阀,使吸附性气体在煤样中渗流,与步骤3(2)操作方法相同,通过流量测试装置,用排水法测得一定时间的气体流量,读取量筒的排水量 $V_{\text{adsorption-}p_1-12}$ 和秒表记录的气体渗流时间t,

按以下公式计算出压力值为 P_1 的吸附性气体通入煤样12h后煤样的渗透率:

$$K_{\text{adsorption-}p_1-12} = \frac{2(V_{\text{adsorption-}p_1-12}/t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)} ;$$

(3) 24h后,与步骤3(3)操作方法相同,利用流量测试装置,用排水法测得气体压力降为0MPa时的气体流量,读取量筒的排水量 $V_{\text{adsorption-}p_1-24}$ 和秒表记录的气体压力降为0MPa的渗流时间t,

按以下公式计算出压力值为 P_1 的吸附性气体通入煤样24h后煤样的渗透率

$$K_{\text{adsorption-}p_1-24} = \frac{2(V_{\text{adsorption-}p_1-24}/t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)} ;$$

步骤5:计算煤样受吸附变形影响的渗透率变化值

(1) 煤样受吸附变形影响的初始渗透率降低值K:

$$K = K_{\text{gas-}p_1} - K_{\text{adsorption-}p_1} ;$$

(2) 煤样受吸附变形影响12h后的渗透率降低值 K_{12} :

$$K_{12} = K_{\text{gas-}p_1-12} - K_{\text{adsorption-}p_1-12}$$

(3) 煤样受吸附变形影响24h后的渗透率差 K_{24} :

$$K_{24} = K_{\text{gas-}p_1-24} - K_{\text{adsorption-}p_1-24} ;$$

步骤6:通过孔隙压力加载装置中的调压阀调节气体压力在 P_1 的基础上以压力梯度 P_0 递增,气体压力每增加一个压力梯度,重复步骤3至步骤5操作,分别得到煤样通入压力为 P_i (i为气体压力递增次数,i≥3)的无吸附性气体和吸附性气体的渗透率和煤样吸附压力为 P_i 的吸附性气体后渗透率的变化值;

步骤7:通过液压泵保持煤样所受轴向压力为 σ_1 不变,调节煤样所受侧向压力及周向压力,压力值是在侧向压力 σ_2 和周向压力 σ_3 基础上,以压力梯度 σ_0 增加,侧向压力及周向压力每增加一个梯度,重复步骤3至步骤6操作,分别得到煤样所受轴向压力为 σ_1 、侧向压力及周向压力为 σ_i (i为侧向压力及周向压力递增次数,i≥4)情况下无吸附性气体和吸附性气体的渗透率和煤样吸附吸附性气体后渗透率的变化值。

一种用于测试煤岩渗透率的装置及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及岩石工程,特别是一种用于测试煤岩渗透率的装置及方法。

背景技术

[0002] 煤与瓦斯在煤层原有体系中保持稳定状态。煤炭开采过程中,煤层中局部范围煤体结构和瓦斯之间的平衡状态遭到破坏,导致整个煤层失稳,煤体产生形变,煤体变形使得煤体结构发生变化,使瓦斯在煤体中流动。瓦斯在煤体中流动时,部分被煤体吸附,导致煤体骨架膨胀变形,膨胀变形使煤体中的孔隙和裂隙闭合,煤体渗透率降低;同时,未被吸收的瓦斯在煤体的孔隙和裂隙中运移,形成孔隙压力,又使孔隙和裂隙张开,煤体渗透率增加。这是一个复杂的过程。

[0003] 研究煤岩吸附瓦斯后变形对煤岩渗透率的影响,对煤层气开采和防止煤岩发生瓦斯动力灾害具有重要意义。

[0004] 现有测试煤岩渗透率的装置和方法均不考虑有效应力及煤岩吸附瓦斯变形对煤岩渗透率的影响,与煤炭开采过程中煤岩所受应力及瓦斯压力不断变化的实际情况不符,导致测试结果不够准确。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种用于测试煤岩渗透率的装置及方法,以克服现有测试煤岩渗透率的装置和方法存在的缺陷。

[0006] 为实现上述目的,本发明提供的用于测试煤岩渗透率的装置,包括吸附渗流装置、真三轴应力加载装置、孔隙压力加载装置、流量测试装置及煤样变形测试装置;

[0007] 所述吸附渗流装置包括圆形套筒,套筒的上端有与套筒螺纹连接的上螺帽,套筒的下端有与套筒螺纹连接的下螺帽;所述上螺帽内有与上螺帽内壁密封滑动连接的活塞,活塞的下端置于与其密封滑动连接的环形隔板内,环形隔板固定于上螺帽的内台阶与套筒的顶面之间,活塞的底面有圆形凹槽,该圆形凹槽与凸形上压头的上部密封嵌接;所述套筒的下端有与套筒密封连接、可配合上压头夹持煤样的倒凸形下压头,下压头的下端与底盖上部的圆形凹槽密封嵌接,底盖固定于所述下螺帽的台阶与套筒的底面之间,底盖与套筒之间密封,底盖的下部有凹槽,该凹槽由密封板封闭,侧壁上开有排气孔,密封板的中心安装有供导线相接的航空插头,密封板的由与底盖底部螺纹连接的小螺帽固定;沿所述活塞、上压头、下压头和底盖的中心轴线分别设有上下相互对应、供气体及导线通过的气孔;套筒的侧壁上开设有供液压油进入的周压油孔和对应煤样相对安装的两个可对煤样施加侧压的侧压加压装置,侧压加压装置包括置于套筒外壁上的侧压油缸、与套筒侧壁孔道密封滑动连接的侧压活塞、与侧压活塞前端固定连接可对煤样两侧面施压的侧压板;

[0008] 所述真三轴应力加载装置包括液压泵,液压泵分流为1号管路、2号管路和3号管路;

[0009] 所述1号管路与所述上螺帽顶部的轴压油孔相接,1号管路上设有2号压力表,2号

压力表与液压泵之间设有4号针型阀，2号压力表与活塞之间设有5号针型阀，2号压力表与4号针型阀之间设有1号蓄能器，1号蓄能器通过6号针型阀控制开关；液压泵通过1号管路与上螺帽的轴压油孔可对活塞施加轴向压力；

[0010] 所述2号管路分别连接于所述套筒外壁上的两个侧压油缸，2号管路上设有3号压力表，3号压力表与液压泵之间设有7号针型阀，3号压力表与侧压油缸之间设有8号针型阀，3号压力表与所述7号针型阀之间设有2号蓄能器，2号蓄能器通过9号针型阀控制开关；液压泵通过侧压油缸、侧压活塞和侧压板对煤样施加侧向压力；

[0011] 所述3号管路与所述套筒侧壁上开设的周压油孔相接，3号管路上设有4号压力表，4号压力表与液压泵之间设有10号针型阀，10号针型阀与4号压力表之间设有3号蓄能器，3号蓄能器通过11号针型阀控制开关；液压泵通过3号管路对煤样施加周向压力；

[0012] 所述孔隙压力加载装置包括高压气瓶，高压气瓶通过高压管线与所述吸附渗流装置中活塞的气孔相接，高压管线上依次设有减压阀、1号针型阀、1号压力表和2号针型阀，高压气瓶通过所述高压管线、活塞和上压头中的气孔可向煤样加载孔隙压力；

[0013] 所述流量测试装置包括水槽和下端置于水槽内的量筒，量筒通过管路和3号针型阀与所述吸附渗流装置中底盖下部的排气孔相接；

[0014] 所述煤样变形测试装置包括粘贴在用热缩管包裹的煤样上的应变片，应变片通过导线和所述安装在密封板上的航空插座与数据采集仪相接，数据采集仪与计算机相接，数据采集仪采集煤样的变形量并通过计算机读取分析。

[0015] 使用上述装置测试煤岩渗透率的方法，包括以下步骤：

[0016] 步骤1：检测装置的气密性和制作及安装试样

[0017] (1) 打开1号针型阀和2号针型阀，调节减压阀，若1号压力表在一定时间内读数保持稳定则装置气密性良好；

[0018] (2) 将采样煤块加工成标准圆柱体煤样，其轴向与煤层层理方向平行，径向与煤层层理方向垂直；将煤样夹持在上压头与下压头之间，并用热缩管将煤样及上压头和下压头封装成一体，置于吸附渗流装置中，装配好吸附渗流装置；

[0019] 步骤2：通过液压泵向煤样施加轴向压力为 σ_1 、侧向压力 σ_2 及周向压力 σ_3 ，通过压力表监测轴向压力为 σ_1 、侧向压力 σ_2 及周向压力 σ_3 稳定状态；

[0020] 步骤3：煤样无吸附性气体渗流过程渗透率测试

[0021] (1) 通过孔隙压力加载装置，向煤样通入压力值为 P_1 的无吸附性气体，立即打开3号针型阀，使无吸附性气体在煤样中渗流，利用流量测试装置，用排水法测得一定时间的气体流量，然后关闭3号针形阀，维持无吸附性气体压力为 P_1 ，读取量筒的排水量 $V_{\text{gas-p}_1}$ 和秒表记录的气体渗流时间 t ，

[0022] 按以下公式计算出压力值为 P_1 的无吸附性气体通入煤样后煤样的渗透率

$$K_{\text{gas-p}_1} = \frac{2(V_{\text{gas-p}_1}/t) PL\mu}{A(P^2 - P_b^2)}$$

[0024] 其中： $K_{\text{gas-p}_1}$ —渗透率， m^2

[0025] P , P_b —出口端气体压力(大气压力), Pa

[0026] $V_{\text{gas-p}_1}$ —气体渗流体积, cm^3

[0027] t —气体渗流时间, s

[0028] L—试样长度, cm

[0029] μ —无吸附性气体动力粘度, Pa • s

[0030] P_1 —通入煤样的无吸附性气体压力, Pa

[0031] A—试样横截面积, mm^2

[0032] (2) 12h后, 打开3号针型阀, 使无吸附性气体在煤样中渗流, 利用流量测试装置, 用排水法测得一定时间的气体流量, 然后关闭第三针形阀, 维持无吸附性气体压力为 P_1 , 读取量筒的排水量 $V_{\text{gas}-p_1-12}$ 和秒表记录的气体渗流时间t,

[0033] 按以下公式计算出压力值为 P_1 的无吸附性气体通入煤样12h后煤样的渗透率

$$[0034] K_{\text{gas}-p_1-12} = \frac{2(V_{\text{gas}-p_1-12} / t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)}$$

[0035] (3) 24h后, 打开3号针型阀, 使无吸附性气体在煤样中渗流, 直至气体压力降为0MPa, 利用流量测试装置, 用排水法测得气体的流量, 读取量筒的排水量 $V_{\text{gas}-p_1-24}$ 和秒表记录的气体压力降为0MPa时的渗流时间t,

[0036] 按以下公式计算出压力值为 P_1 的无吸附性气体通入煤样24h后煤样的渗透率

$$[0037] K_{\text{gas}-p_1-24} = \frac{2(V_{\text{gas}-p_1-24} / t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)} ;$$

[0038] 步骤4: 煤样吸附性气体渗透过程渗透率测试

[0039] (1) 通过孔隙压力加载装置, 向煤样通入压力值为 P_1 的吸附性气体, 与步骤3(1)操作方法相同, 通过流量测试装置, 用排水法测得一定时间的气体流量, 读取量筒的排水量 $V_{\text{adsorption}-p_1}$ 和秒表记录的气体渗流时间t,

[0040] 按一下公式计算出压力值为 P_1 的吸附性气体通入煤样后煤样的渗透率:

$$[0041] K_{\text{adsorption}-p_1} = \frac{2(V_{\text{adsorption}-p_1} / t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)}$$

[0042] 其中: $K_{\text{adsorption}-p_1}$ —渗透率, m^2

[0043] $V_{\text{adsorption}-p_1}$ —气体渗流体积, cm^3

[0044] μ —吸附性气动力粘度, Pa • s

[0045] P_1 —通入煤样的吸附性气体压力, Pa

[0046] (2) 12h后, 打开3号针型阀, 使吸附性气体在煤样中渗流, 与步骤3(2)操作方法相同, 通过流量测试装置, 用排水法测得一定时间的气体流量, 读取量筒的排水量 $V_{\text{adsorption}-p_1-12}$ 和秒表记录的气体渗流时间t,

[0047] 按以下公式计算出压力值为 P_1 的吸附性气体通入煤样12h后煤样的渗透率:

$$[0048] K_{\text{adsorption}-p_1-12} = \frac{2(V_{\text{adsorption}-p_1-12} / t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)} ;$$

[0049] (3) 24h后, 与步骤3(3)操作方法相同, 利用流量测试装置, 用排水法测得气体压力降为0MPa时的气体流量, 读取量筒的排水量 $V_{\text{adsorption}-p_1-24}$ 和秒表记录的气体压力降为0MPa的渗流时间t,

[0050] 按以下公式计算出压力值为 P_1 的吸附性气体通入煤样24h后煤样的渗透率

$$[0051] K_{\text{adsorption}-p_1-24} = \frac{2(V_{\text{adsorption}-p_1-24} / t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)} ;$$

[0052] 步骤5:计算煤样受吸附变形影响的渗透率变化值

[0053] (1) 煤样受吸附变形影响的初始渗透率降低值K:

$$K = K_{\text{gas}-p_i} - K_{\text{adsorption}-p_i} ;$$

[0055] (2) 煤样受吸附变形影响12h后的渗透率降低值K₁₂:

$$K_{12} = K_{\text{gas}-p_i-12} - K_{\text{adsorption}-p_i-12}$$

[0057] (3) 煤样受吸附变形影响24h后的渗透率差K₂₄:

$$K_{24} = K_{\text{gas}-p_i-24} - K_{\text{adsorption}-p_i-24} ;$$

[0059] 步骤6:通过孔隙压力加载装置中的调压阀调节气体压力在P₁的基础上以压力梯度P₀递增,气体压力每增加一个压力梯度,重复步骤3至步骤5操作,分别得到煤样通入压力为P_i(i为气体压力递增次数,i≥3)的无吸附性气体和吸附性气体的渗透率和煤样吸附压力为P_i的吸附性气体后渗透率的变化值;

[0060] 步骤7:通过液压泵保持煤样所受轴向压力为σ₁不变,调节煤样所受侧向压力及周向压力,压力值是在侧向压力σ₂和周向压力σ₃基础上,以压力梯度σ₀增加,侧向压力及周向压力每增加一个梯度,重复步骤3至步骤6操作,分别得到煤样所受轴向压力为σ₁、侧向压力及周向压力为σ_i(i为侧向压力及周向压力递增次数,i≥4)情况下无吸附性气体和吸附性气体的渗透率和煤样吸附吸附性气体后渗透率的变化值。

[0061] 本发明通过真三轴应力加载装置和孔隙压力加载装置对煤样进行加载,并考虑到煤岩吸附瓦斯后变形对煤岩渗透率的影响,可真实地模拟煤炭开采过程中煤岩所受应力及瓦斯压力不断变化的实际情况,测试结果更加准确可靠,为开展煤层气开采和防止煤岩发生瓦斯动力灾害的研究提供理论依据。

附图说明

[0062] 附图为本发明实施例的结构示意图,其中:

[0063] 图1为本发明实施例的整体结构示意图;

[0064] 图2为图1中吸附渗流装置的结构示意图。

[0065] 图中,1—高压气瓶、2—减压阀、3—1号针型阀、4—1号压力表、5—2号针型阀、6—高压管线、7—水槽、8—量筒、9—3号针型阀、10—数据采集仪、11—计算机、12—液压泵、13—1号管路、14—2号压力表、15—4号针型阀、16—5号针型阀、17—1号蓄能器、18—6号针型阀、19—2号管路、20—3号压力表、21—7号针型阀、22—8号针型阀、23—2号蓄能器、24—9号针型阀、25—3号管路、26—4号压力表、27—10号针型阀、28—3号蓄能器、29—11号针型阀、30—一套筒、31—上螺帽、32—下螺帽、33—活塞、34—上压头、35—环形隔板、36—下压头、37—底盖、38—密封圈、39—气孔、40—煤样、41—热缩管、42—侧压板、43—侧压油缸、44—侧压活塞、45—应变片、46—导线、47—密封板、48—小螺帽、49—航空插头、50—周压油孔、51—排气孔、52—轴压油孔。

具体实施方式

[0066] 以下结合实施例及其附图对本发明作进一步说明。

[0067] 结合图1,本实施例实验装置包括吸附渗流装置(图1中A)、真三轴应力加载装置

(图1中B框内所示部分)、孔隙压力加载装置(图1中C框内所示部分)、流量测试装置(图1中D框内所示部分)及煤样变形测试装置(图1中E框内所示部分)。

[0068] 结合图1和图2,所述吸附渗流装置包括圆形套筒30,套筒的上端有与套筒螺纹连接的上螺帽31,套筒的下端有与套筒螺纹连接的下螺帽32;上螺帽内有上端与上螺帽内壁密封滑动连接的活塞33,活塞的下端卡设于环形隔板35内,环形隔板设于上螺帽的内台阶与套筒的顶面之间,活塞的底面有圆形凹槽,该圆形凹槽与凸形上压头34的上部密封嵌接;所述套筒的下端有与套筒密封连接、可配合上压头夹持煤样40的倒凸形下压头36,下压头的下端与底盖37上部的圆形凹槽密封嵌接,底盖固定于所述下螺帽的台阶与套筒的底面之间,底盖与套筒之间密封,底盖的下部有圆形凹槽,该圆形凹槽由密封板47封闭,在侧壁上开有排气孔51,密封板的中心安装有供导线46相接的航空插头49,本实施例中的航空插头为高压航空插头,可耐最大气压差为6MPa,密封板由与底盖底部螺纹连接的小螺帽48固定;沿所述活塞、上压头、下压头及底盖的中心轴线分别设有上下相互对应、供气体及导线通过的气孔39;套筒的侧壁上开设有供液压油进入的周压油孔50和对应煤样相对安装的两个可对煤样施加侧压的侧压加压装置,侧压加压装置包括焊接在套筒外壁上的侧压油缸43,侧压油缸内设有侧压活塞44,侧压活塞穿过套筒与侧压板42连接,侧压板压在煤样相对的两个侧面上,用于对煤样施加侧向压力,侧压活塞与套筒之间采用密封圈密封,图中38为密封圈。

[0069] 结合图1,所述真三轴应力加载装置包括液压泵12,液压泵分流为1号管路13、2号管路19和3号管路25。

[0070] 1号管路与上螺帽顶部开设的轴压油孔52相接,1号管路上设有2号压力表14,用于测试1号管路的压力,2号压力表与液压泵之间设有4号针型阀15,2号压力表与活塞之间设有5号针型阀16,2号压力表与4号针型阀之间设有用于稳压的1号蓄能器17,1号蓄能器通过6号针型阀18控制开关;液压泵通过1号管路与上螺帽上的轴压油孔可对活塞施加轴向压力;

[0071] 2号管路分别连接于所述套筒外壁上的两个侧压油缸43,2号管路上设有3号压力表20,3号压力表与液压泵之间设有7号针型阀21,3号压力表与侧压油缸之间设有8号针型阀22,3号压力表与所述7号针型阀之间设有用于稳压的2号蓄能器23,2号蓄能器通过9号针型阀24控制开关;液压泵通过侧压油缸、侧压活塞和侧压板对煤样施加侧向压力;

[0072] 3号管路与所述套筒侧壁上开设的轴压油孔50相接,3号管路上设有4号压力表26,4号压力表与液压泵之间设有10号针型阀27,10号针型阀与4号压力表之间设有用于稳压的3号蓄能器28,3号蓄能器通过11号针型阀29控制开关;液压泵通过3号管路对煤样施加周向压力;

[0073] 液压泵通过三个管路分别向煤样加载三轴压力,模拟煤样实际受应力状态。

[0074] 结合图1,所述孔隙压力加载装置包括高压气瓶1,高压气瓶通过高压管线6与所述吸附渗流装置中活塞的气孔39相接,将高压气体输送至吸附渗流装置内,高压管线上依次设有减压阀2、1号针型阀3、1号压力表4和2号针型阀5,高压气瓶通过减压阀调节向煤样施加的孔隙压力,并由1号压力表显示孔隙压力值。

[0075] 结合图1,所述流量测试装置包括水槽7和置于水槽内的量筒8,量筒通过管路和3号针型阀9与所述吸附渗流装置中底盖下部的排气孔相接,吸附渗流装置中煤样渗流出的

气体通过管路进入水槽内,用排水集气法测试气体的流量。

[0076] 结合图1和图2,所述煤样变形测试装置包括粘贴在用热缩管41包裹的圆柱形煤样40上的应变片45。应变片为“T”形,通过导线46和密封板上的航空插头与数据采集仪10相接,数据采集仪与计算机11相接,数据采集仪采集煤样的变形量并通过计算机读取分析。

[0077] 本发明实施例中减压阀2采用的是TESCOM牌型号44-41800系列,高压管线6采用的是φ3mm无缝不锈钢管,蓄能器采用型号为NXQA-4131.5-L-Y囊式蓄能器,压力表采用威创牌型号为CWYQ100,量筒8采用的是500mL计量体积的量筒,液压泵12是海安仪牌型号DJB-80A型手动。

[0078] 以下为使用上述装置测试煤岩渗透率的实施例,采取逐级升高三轴应力和注入气体压力的方式进行,具体操作步骤如下:

[0079] 步骤1:检测装置气密性和制作安装试样

[0080] (1)关闭试验装置的所有针型阀,打开1号针型阀3和2号针型阀5,调节减压阀2,使1号压力表5读数为4MPa,1号压力表在一定时间内读数保持稳定则气密性良好;

[0081] (2)将采样煤块加工成标准圆柱形煤样,其轴向与煤层层理方向平行,径向与煤层层理方向垂直,然后将煤样夹持在上压头34与下压头36之间,并用热缩管41将煤样与上压头及下压头封装成一体,装于吸附渗流装置中,将上压头与活塞装配,下压头与底盖装配,拧紧下螺帽32,然后装配好吸附渗流装置;

[0082] 步骤2:通过液压泵向煤样施加轴向压力为10MPa、侧向压力为3MPa,周向压力为3MPa,调节轴向压力的操作为:打开4号针型阀15、5号针型阀16、6号针型阀18,启动液压泵12给煤样施加轴向压力,通过液压泵12改变轴压大小,通过2号压力表14显示压力值,达到所需压力后关闭4号针型阀;调节侧向压力的操作为:打开7号针型阀、8号针型阀、9号针型阀,启动液压泵给两个侧压油缸加压,侧压油缸通过侧压活塞和侧压板42给煤样施加侧向压力,通过调节液压泵改变侧压大小,通过3号压力表显示压力值,达到所需压力后关闭7号针型阀;调节周向压力的操作为:打开10号针型阀27和11号针型阀29,启动液压泵向煤样周围的空间内注入柔性液压油,向煤样施加液压油柔性加载,通过调节液压泵改变周向压力,通过4号压力表显示压力值,达到所需压力后关闭10号针型阀,三轴应力加载结束,通过2号压力表14监测轴向压力保持为10MPa,通过3号压力表监测侧向压力保持为3MPa,通过4号压力表监测周向压力保持为3MPa。

[0083] 步骤3:测试煤样无吸附性气体渗流过程渗透率

[0084] (1)通过孔隙压力加载装置向煤样通入压力值为0.5MPa的氦气,打开3号针型阀9,使氦气在煤样中渗流。施加孔隙压力时,打开1号针型阀3和2号针型阀5,调节减压阀2,调整施加给煤样的孔隙压力,通过1号压力表4显示压力值。在本步骤中高压气瓶内的气体为氦气,通过流量测试装置,用排水法测得一定时间的气体流量,读取量筒8的排水量V_{gas-p1}为12.9Ml,秒表记录的气体渗流时间t为50.09s,关闭3号针形阀9,维持氦气气体压力为0.5MPa。

[0085] 压力值为0.5MPa的氦气气体通入煤样后煤样的渗透率:

$$K_{gas-p1} = \frac{2(V_{gas-p1}/t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)} = 0.209$$

[0087] 其中:P,P_b—出口端气体压力(大气压力),Pa

[0088] L—试样长度,100.05mm

[0089] μ —氦气动力粘度, 18.9×10^{-5} Pa · s

[0090] P_1 —通入煤样的无吸附性气体压力,Pa

[0091] A—试样横截面积,1935.121mm²

[0092] (2) 12h后,打开3号针型阀9,使氦气在煤样中渗流,通过流量测试装置,用排水法测得一段时间的气体流量,读取量筒的排水量 $V_{\text{gas}-p_1-12}$ 为13.0mL,秒表记录的气体渗流时间t为51.50s,关闭3号针形阀,维持氦气气体压力为0.5MPa,

[0093] 压力值为0.5MPa的氦气气体通入煤样12h后煤样的渗透率:

$$[0094] K_{\text{gas}-p_1-12} = \frac{2(V_{\text{gas}-p_1-12}/t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)} = 0.205$$

[0095] (3) 24h后打开3号针型阀9,使氦气在煤样中渗流,通过流量测试装置,用排水法测得一定时间的气体流量,读取量筒的排水量 $V_{\text{gas}-p_1-24}$ 为12.8mL,秒表记录的气体渗流时间t为51.2s,调节减压阀调整施加给煤样的孔隙压力为0MPa,

[0096] 压力值为0.5MPa的氦气气体通入煤样24h后煤样的渗透率:

$$[0097] K_{\text{gas}-p_1-24} = \frac{2(V_{\text{gas}-p_1-24}/t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)} = 0.203$$

[0098] 步骤4:测试煤样吸附性气体渗透过程渗透率

[0099] (1) 通过孔隙压力加载装置向煤样通入压力值为0.5MPa的甲烷,操作方法与第三步相同,在本步骤中高压气瓶内的气体为甲烷,打开3号针型阀,使甲烷在煤样中渗流,通过流量测试装置,用排水法测得一定时间的气体流量,读取量筒的排水量 $V_{\text{gas}-p_1}$ 为13.0mL,秒表记录的气体渗流时间t为52.0s,关闭3号针形阀,维持甲烷气体压力为0.5MPa。

[0100] 压力值为0.5MPa的甲烷气体通入煤样后煤样的渗透率:

$$[0101] K_{\text{adsorption}-p_1} = \frac{2(V_{\text{adsorption}-p_1}/t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)} = 0.119$$

[0102] 其中: μ —甲烷动力粘度, 11.067×10^{-5} Pa · s

[0103] (2) 12h后打开3号针型阀9,使甲烷在煤样中渗流,通过流量测试装置,用排水法测得一定时间的气体流量,读取量筒的排水量 $V_{\text{adsorption}-p_1-12}$ 为12.8mL,秒表记录的气体渗流时间t为55.1s,关闭3号针形阀9,维持甲烷气体压力为0.5MPa,

[0104] 压力值为0.5MPa的甲烷气体通入煤样12h后,煤样的渗透率:

$$[0105] K_{\text{adsorption}-p_1-12} = \frac{2(V_{\text{adsorption}-p_1-12}/t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)} = 0.111$$

[0106] (3) 24h后打开3号针型阀9,使甲烷在煤样中渗流,直至煤样的孔隙压力为0MPa,通过流量测试装置,用排水法测得一定时间的气体流量,读取量筒的排水量 $V_{\text{adsorption}-p_1-24}$ 为13.0mL,秒表记录的气体渗流时间t为60.05s,

[0107] 吸附性气体通入煤样24h后煤样的渗透率:

$$[0108] K_{\text{adsorption}-p_1-24} = \frac{2(V_{\text{adsorption}-p_1-24}/t) PL\mu}{A(P_1^2 - P_b^2)} = 0.103$$

[0109] 步骤4:计算煤样受吸附变形影响的渗透率变化值

[0110] (1) 煤样受吸附变形影响的初始渗透率降低值K:

[0111] $K = K_{\text{gas}-p_i} - K_{\text{adsorption}-p_i} = 0.091$

[0112] (2) 煤样受吸附变形影响12h后的渗透率降低值 K_{12} :

[0113] $K_{12} = K_{\text{gas}-p_i-12} - K_{\text{adsorption}-p_i-12} = 0.093$

[0114] (3) 煤样受吸附变形影响24h后的渗透率降低值 K_{24} :

[0115] $K_{24} = K_{\text{gas}-p_i-24} - K_{\text{adsorption}-p_i-24} = 0.102$

[0116] 步骤6:通过孔隙压力加载装置中的调压阀2调节通入煤样的氦气和甲烷的压力,压力值是在气体压力0.5MPa的基础上,以压力梯度0.5Mpa增加,直至气体压力为 P_i , $i \geq 3$,并重复步骤3、4、5操作,得到在不同甲烷压力 P_i 下煤样的渗透率;

[0117] 气体压力值为 P_i 时,煤样受吸附变形影响的初始渗透率的降低值

[0118] $K = K_{\text{gas}-p_i} - K_{\text{adsorption}-p_i}$

[0119] 气体压力值为 P_i 时,煤样受吸附变形影响12h后渗透率的降低值

[0120] $K_{12} = K_{\text{gas}-p_i-12} - K_{\text{adsorption}-p_i-12}$

[0121] 气体压力值为 P_i 时,煤样受吸附变形影响24h后渗透率的降低值

[0122] $K_{24} = K_{\text{gas}-p_i-24} - K_{\text{adsorption}-p_i-24}$

[0123] 步骤7:按以下表1方案进行煤岩渗透率测试:液压泵保持煤样所受轴向压力为10MPa不变,调节煤样所受侧向压力及周向压力,压力值在侧向压力为3MPa和周向压力为3MPa的基础上,以压力梯度1MPa递增,侧向压力及周向压力每增加1MPa,重复步骤3至步骤6操作,分别得到每次煤样所受轴向压力为10MPa、侧向压力及周向压力为 σ_i 情况下无吸附性气体和吸附性气体的渗透率和煤样吸附吸附性气体后渗透率的变化值。

[0124] 表1考虑吸附变形影响的煤岩渗透率测试方案

[0125]

试验编号	轴向压力/MPa	侧向压力/MPa	围向压力/MPa	孔隙压力/MPa
1		3	3	{0.5-2.5}
2		4	4	{0.5-2.5}
3	10	5	5	{0.5-2.5}
4		6	6	{0.5-2.5}
5		7	7	{0.5-2.5}
6		8	8	{0.5-2.5}

[0126] 根据试验所测数据进行计算,其中考虑吸附变形影响的煤样在轴压10MPa、侧向压力和围向压力3MPa下的渗透率见表2。

[0127] 表2考虑吸附变形影响的煤样渗透率降低值

[0128]

P _i /MPa	K/mD	K ₁₂ /mD	K ₂₄ /mD
0.5	0.091	0.093	0.102
1.0	0.095	0.108	0.119
1.5	0.099	0.112	0.126
2.0	0.108	0.122	0.135
2.5	0.120	0.131	0.155

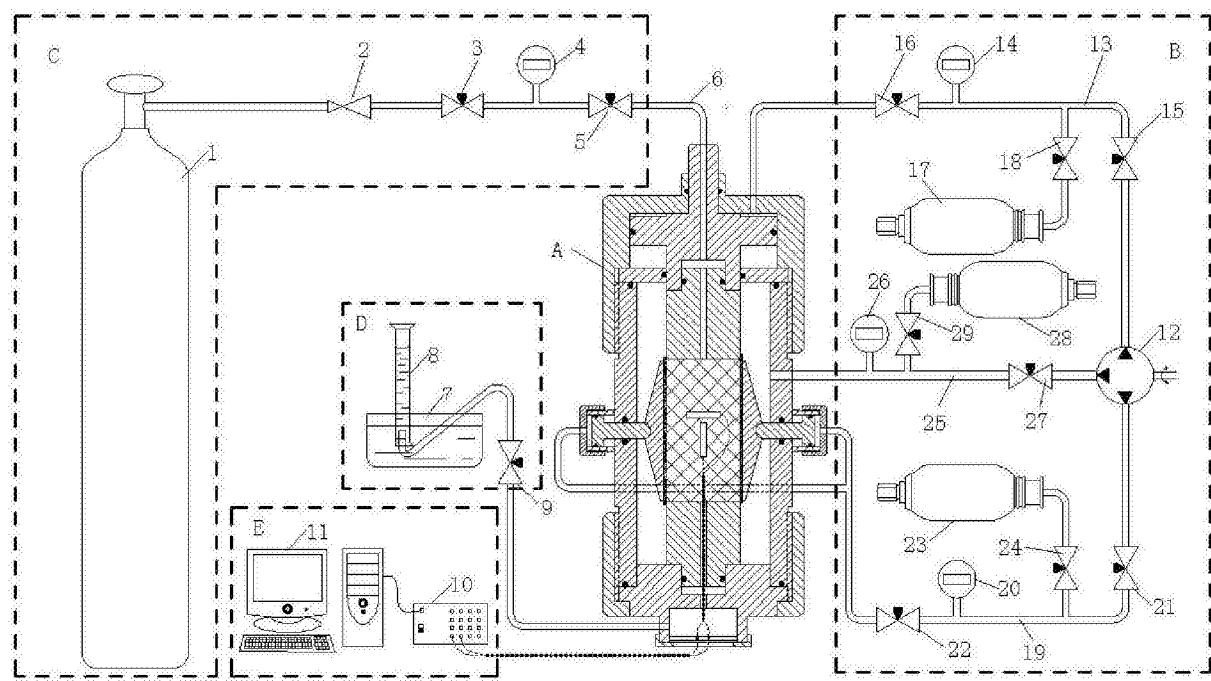


图1

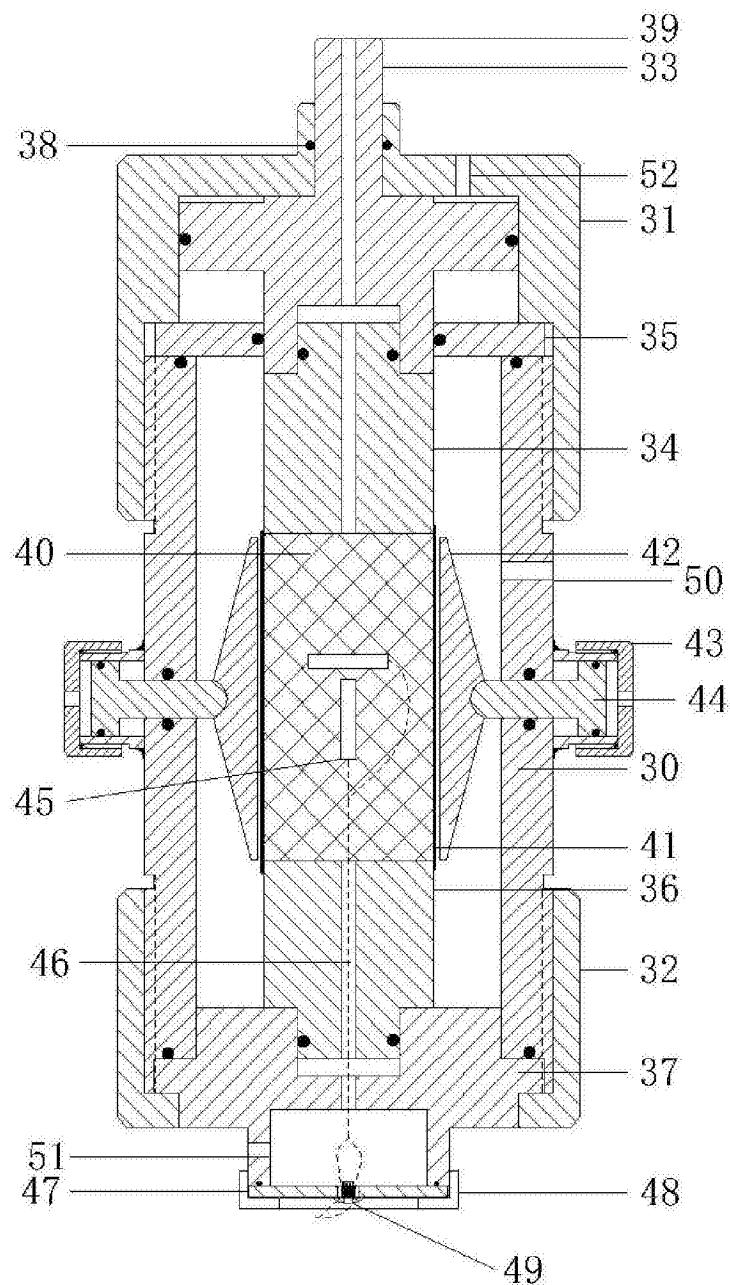


图2