



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104865176 A

(43) 申请公布日 2015. 08. 26

(21) 申请号 201510276798. 7

(22) 申请日 2015. 05. 27

(71) 申请人 河南理工大学

地址 454003 河南省焦作市高新区世纪大道
2001 号

(72) 发明人 王登科 魏建平 刘勇 夏玉玲
姚邦华 付启超 彭明 王洪磊

(74) 专利代理机构 郑州联科专利事务所(普通
合伙) 41104

代理人 王聚才 杨海霞

(51) Int. Cl.

G01N 15/08(2006. 01)

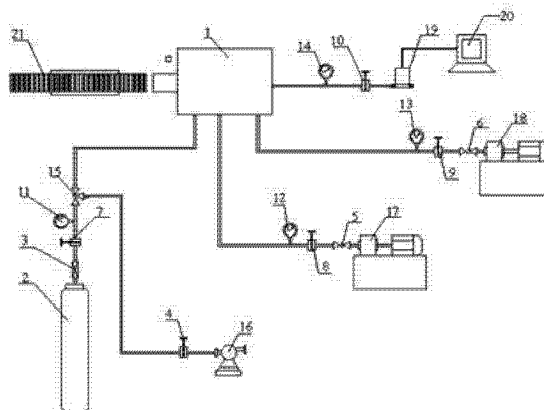
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验系统和
方法

(57) 摘要

本发明公开了一种冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验系统,其包括煤样固定装置、冲击载荷加载装置和与煤样固定装置相连接的高压气源装置、轴压加载装置、围压加载装置、抽真空装置以及计量和数据采集装置;所述冲击载荷加载装置为分离式霍普金森压杆装置。本发明采用分离式霍普金森压杆装置施加冲击载荷来模拟冲击地压,通过施加不同的轴向应力和径向应力,可以模拟煤矿井下煤岩体三维受载条件,成功进行了三维应力状态下煤样在冲击载荷作用下的渗流实验,在理论和实践上都具有比较重要的意义。



1. 一种冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验系统,其特征在于,包括煤样固定装置、冲击载荷加载装置和与煤样固定装置相连接的高压气源装置、轴压加载装置、围压加载装置、抽真空装置以及计量和数据采集装置;所述冲击载荷加载装置为分离式霍普金森压杆装置;所述高压气源装置由顺次连接的高压瓦斯罐、减压阀、第一阀门、第一气压表和三通阀组成,三通阀的另外两端通过管路分别连接抽真空装置和煤样固定装置的气体入口;所述轴压加载装置由顺次连接的轴压油泵、第一压力调节阀、第二阀门和第一液压表组成,所述第一液压表通过管路与煤样固定装置的轴压注油口相连接;所述围压加载装置由顺次连接的围压油泵、第二压力调节阀、第三阀门和第二液压表组成,所述第二液压表通过管路与煤样固定装置的围压注油口相连接;所述计量和数据采集装置由顺次连接的数据采集系统、气体体积流量计、第四阀门和第二气压表组成,所述第二气压表与煤样固定装置的气体出口相连接。

2. 如权利要求 1 所述的冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验系统,其特征在于,所述煤样固定装置由煤样室和固定于煤样室上方的轴压缸体组成;所述轴压缸体内设有带压力传感器的轴向加载杆,轴向加载杆的一端伸出轴压缸体外且与分离式霍普金森压杆装置处于同一水平面,另一端伸入煤样室内,轴向加载杆的中部设有与轴向加载杆相垂直的密封板,密封板的两端通过密封圈与轴压缸体的内壁密封连接;所述轴压缸体上方设有位移传感器,轴压缸体的侧壁设有两个轴压注油口,两个轴压注油口分别位于密封板的上、下方,轴压缸体的侧壁还开设有气体入口;所述煤样室包括位于煤样室底部的可拆卸承压挡板和位于煤样室内部设有中空煤样型腔的密封胶套,密封胶套外侧壁开设有凹槽且该凹槽与煤样室内侧壁形成环形围压油腔,煤样置于密封胶套的中空煤样型腔内且与环形围压油腔相隔离,密封胶套的下方设置密封垫;煤样型腔的顶部设有第一多孔板,煤样型腔的底部设有第二多孔板,轴压缸体的气体入口通过轴向加载杆内部的气体管路与煤样型腔顶部的第一多孔板相连通,伸入煤样室的轴向加载杆的端部与第一多孔板压接;煤样室侧壁设有围压注油口和气体出口,煤样室的气体出口通过承压挡板内部的气体管路与煤样型腔底部的第二多孔板相连通。

3. 如权利要求 1 所述的冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验系统,其特征在于,所述抽真空装置由顺次连接的真空泵和第五阀门组成。

4. 使用权利要求 1 所述系统进行冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验的方法,其特征在于,包括如下步骤:

- 1) 连接好实验系统,并检测实验系统的气密性;
- 2) 实验准备:将煤样放入干燥箱中恒温干燥处理,取出、冷却后备用;
- 3) 固定煤样:将准备好的煤样装入煤样固定装置;
- 4) 真空脱气:在保证系统连接正确、气密性良好的情况下,打开抽真空装置对煤样进行真空脱气处理;
- 5) 提供三维应力环境:真空脱气处理完成后,对煤样施加预定的轴压和围压;
- 6) 冲击渗流过程:向煤样中充入预定压力的瓦斯气体,同时开启计量和数据采集装置,稳定后利用分离式霍普金森压杆装置对煤样固定装置施加冲击载荷,同时计量并采集数据;
- 7) 实验数据处理:利用拟压法评估实验过程中含瓦斯煤渗流渗透率大小,公式具体如

下：

$$K_g = \frac{2Q_0 p_0 L(\bar{\mu} \bar{Z}) T}{A(p_1^2 - p_e^2) T_0} \quad (1)$$

式中： K_g 为气体渗透率； Q_0 为标准状况下的气体体积流量； $\bar{\mu}$ 和 \bar{Z} 分别为平均气体动力黏度和平均压缩因子； L 为多孔介质渗流长度； A 为多孔介质横截面积； p_0 为标准状况下的气体压力； p_1 为煤样固定装置的气体入口端压力； p_e 为煤样固定装置的气体出口端压力； T 为实验环境绝对温度； T_0 为标准状况下绝对温度；

8) 通过改变实验过程中的围压、轴压、瓦斯压力和冲击载荷的大小、冲击速度可以得出不同实验条件下的含瓦斯煤渗流特性及其规律。

冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验系统和方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于不同轴压、不同围压、不同冲击载荷作用条件下的含瓦斯煤渗流特性的实验系统和方法,用于模拟和研究煤矿井下发生煤岩动力灾害条件的含瓦斯煤在冲击载荷作用下的渗流特性。

背景技术

[0002] 冲击地压又称岩爆,是指煤矿井巷或回采工作面周围处于高地应力条件下的煤岩体受到覆岩垮落或爆破扰动发生破坏,并在破坏过程中受到围岩的进一步快速挤压作用,从而产生的弹性变形能瞬时释放出巨大的能量而产生破坏的矿井动力现象,在此过程中煤层的力学性质会产生巨大变化,甚至导致煤与瓦斯突出等煤岩动力灾害。

[0003] 煤层除了受煤层瓦斯压力、地应力、煤体物理力学性质、围岩结构、地下水和地温等诸多因素影响外,还在很大程度上受到煤矿开采过程中机械振动、爆破、地震以及冲击地压产生的冲击载荷的影响,从而使煤体的渗流特性产生不同程度的变化,影响煤矿井下正常的回采作业。以往的相似实验系统还没有对含瓦斯煤在施加冲击载荷前后渗流特性的变化进行实验研究。

发明内容

[0004] 本发明目的在于克服现有技术缺陷,提供一种冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验系统和方法。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

一种冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验系统,其包括煤样固定装置、冲击载荷加载装置和与煤样固定装置相连接的高压气源装置、轴压加载装置、围压加载装置、抽真空装置以及计量和数据采集装置;所述冲击载荷加载装置为分离式霍普金森压杆装置;所述高压气源装置由顺次连接的高压瓦斯罐、减压阀、第一阀门、第一气压表和三通阀组成,三通阀的另外两端通过管路分别连接抽真空装置和煤样固定装置的气体入口;所述轴压加载装置由顺次连接的轴压油泵、第一压力调节阀、第二阀门和第一液压表组成,所述第一液压表通过管路与煤样固定装置的轴压注油口相连接;所述围压加载装置由顺次连接的围压油泵、第二压力调节阀、第三阀门和第二液压表组成,所述第二液压表通过管路与煤样固定装置的围压注油口相连接;所述计量和数据采集装置由顺次连接的数据采集系统、气体体积流量计、第四阀门和第二气压表组成,所述第二气压表与煤样固定装置的气体出口相连接。

[0006] 具体的,所述煤样固定装置由煤样室和固定于煤样室上方的轴压缸体组成;所述轴压缸体内设有带压力传感器的轴向加载杆,轴向加载杆的一端伸出轴压缸体外且与分离式霍普金森压杆装置处于同一水平面,另一端伸入煤样室内,轴向加载杆的中部设有与轴向加载杆相垂直的密封板,密封板的两端通过密封圈与轴压缸体的内壁密封连接;所述轴压缸体上方设有位移传感器,轴压缸体的侧壁设有两个轴压注油口,两个轴压注油口分别位于密封板的上、下方,轴压缸体的侧壁还开设有气体入口;所述煤样室包括位于煤样室底

部的可拆卸承压挡板和位于煤样室内部设有中空煤样型腔的密封胶套,密封胶套外侧壁开设有凹槽且该凹槽与煤样室内侧壁形成环形围压油腔,煤样置于密封胶套的中空煤样型腔内且与环形围压油腔相隔离,密封胶套的下方设置密封垫;煤样型腔的顶部设有第一多孔板,煤样型腔的底部设有第二多孔板,轴压缸体的气体入口通过轴向加载杆内部的气体管路与煤样型腔顶部的第一多孔板相连通,伸入煤样室的轴向加载杆的端部与第一多孔板压接;煤样室侧壁设有围压注油口和气体出口,煤样室的气体出口通过承压挡板内部的气体管路与煤样型腔底部的第二多孔板相连通。具体的,所述抽真空装置由顺次连接的真空泵和第五阀门组成。

[0007] 使用上述系统进行冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验的方法,其包括如下步骤:

- 1) 连接好实验系统,并检测实验系统的气密性;
- 2) 实验准备:将煤样放入干燥箱中恒温干燥处理,取出、冷却后备用;
- 3) 固定煤样:将准备好的煤样装入煤样固定装置;
- 4) 真空脱气:在保证系统连接正确、气密性良好的情况下,打开抽真空装置对煤样进行真空脱气处理;
- 5) 提供三维应力环境:真空脱气处理完成后,对煤样施加预定的轴压和围压;
- 6) 冲击渗流过程:向煤样中充入预定压力的瓦斯气体,同时开启计量和数据采集装置,稳定后利用分离式霍普金森压杆装置对煤样固定装置施加冲击载荷,同时计量并采集数据;
- 7) 实验数据处理:利用拟压法评估实验过程中含瓦斯煤渗流渗透率大小,公式具体如下:

$$K_g = \frac{2Q_0 p_0 L(\bar{\mu}\bar{Z}) T}{A(p_i^2 - p_e^2) T_0} \quad (1)$$

式中: K_g 为气体渗透率; Q_0 为标准状况下的气体体积流量; $\bar{\mu}$ 和 \bar{Z} 分别为平均气体动力黏度和平均压缩因子(即偏差因子); L 为多孔介质渗流长度; A 为多孔介质横截面积; p_0 为标准状况下的气体压力; p_i 为煤样固定装置的气体入口端压力; p_e 为煤样固定装置的气体出口端压力; T 为实验环境绝对温度; T_0 为标准状况下绝对温度;

8) 通过改变实验过程中的围压、轴压、瓦斯压力和冲击载荷的大小、冲击速度等条件可以得出不同实验条件下的含瓦斯煤渗流特性及其规律。

[0008] 本发明克服目前现有实验技术手段的不足,提供一种冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验系统和方法,通过施加不同的轴向应力和径向应力,可以模拟煤矿井下煤岩体三维受载条件,同时通过施加冲击载荷,实现含瓦斯煤在冲击载荷作用下的渗流特性的实验研究。本发明实验系统中,煤样固定装置用于固定和密封煤样,使之处于合适的实验环境;高压气源装置用于提供不同压力的瓦斯气体;冲击载荷加载装置(即分离式霍普金森压杆装置)用于提供冲击载荷;轴压加载装置用于提供不同大小的轴向压力;围压加载装置用于给煤样施加预定的围压;抽真空装置用于对煤样进行抽真空,排除实验过程中杂质气体等对实验结果可能造成的干扰;计量和数据采集装置用于对实验过程中的应力、位移、瓦斯压力以及瓦斯气体的流量等数据进行计量和实时监测。

[0009] 对煤样同时施加围压和轴向压力,能对在不同轴压和不同围压条件下含瓦斯煤在施加冲击载荷之后渗流特性的变化进行模拟实验,主要用于模拟研究井下冲击地压的作用

条件下含瓦斯煤孔隙率和瓦斯气体在煤中的渗流特性的变化,为煤矿瓦斯灾害防治提供实验研究手段。该实验系统采用分离式霍普金森压杆装置对含瓦斯煤样施加冲击载荷模拟冲击地压,实现冲击载荷作用下含瓦斯煤的渗透行为的模拟,同时通过数据实时连续采集装置,可以准确观测到含瓦斯煤样渗透率的变化发展趋势,

本发明的实验系统既考虑了含瓦斯煤的三维应力受载环境,同时也考虑了施加冲击载荷前后含瓦斯煤渗透特性的变化关系,通过数据的采集和处理可以得到各种组合实验条件下准确的实验数据和结果。借助本发明所述的冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验系统不仅能够研究冲击载荷作用下含瓦斯煤的渗流特性变化规律,还可以用于不同三维应力环境下煤在冲击载荷作用下的裂隙和孔隙等变化的研究。本发明实验系统具有结构合理、操作简便、测量准确、实用性强等优点。本发明丰富了对冲击载荷作用条件含瓦斯煤样渗流特性的实验研究技术和方法。

附图说明

[0010] 图 1 为本发明所述含瓦斯煤渗流实验系统的结构示意图,

图中,1 为煤样固定装置;2 为高压瓦斯罐;3 为减压阀;4 为第五阀门;5 为第一压力调节阀;6 为第二压力调节阀;7 为第一阀门;8 为第二阀门;9 为第三阀门;10 为第四阀门;11 为第一气压表;12 为第一液压表;13 为第二液压表;14 为第二气压表;15 为三通阀;16 为真空泵;17 为轴压油泵;18 为围压油泵;19 为气体体积流量计;20 为数据采集系统;21 为分离式霍普金森压杆装置;

图 2 为图 1 中的煤样固定装置顺时针旋转 90 度的结构示意图,

图中,1-1 为轴向加载杆;1-2 为压力传感器;1-3 为位移传感器;1-4 为轴压缸体;1-5 为密封圈;1-6 为气体入口;1-7 为密封板;1-8 为第一多孔板;1-9 为密封胶套;1-10 为实验煤样;1-11 为第二多孔板;1-12 为气体出口;1-13 为密封垫;1-14 为承压挡板;1-15 为轴压注油口;1-16 为煤样室;1-17 为围压注油口。

具体实施方式

[0011] 以下结合实施例对本发明的技术方案作进一步地详细介绍,但本发明的保护范围并不局限于此。

[0012] 实施例 1

如图 1 和 2 所示,一种冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验系统,其包括煤样固定装置 1、冲击载荷加载装置和与煤样固定装置 1 相连接的高压气源装置、轴压加载装置、围压加载装置、抽真空装置以及计量和数据采集装置;所述冲击载荷加载装置为分离式霍普金森压杆装置 21;所述高压气源装置由顺次连接的高压瓦斯罐 2、减压阀 3、第一阀门 7、第一气压表 11 和三通阀 15 组成,三通阀 15 的另外两端通过管路分别连接抽真空装置和煤样固定装置 1 的气体入口 1-6;所述轴压加载装置由顺次连接的轴压油泵 17、第一压力调节阀 5、第二阀门 8 和第一液压表 12 组成,所述第一液压表 12 通过管路与煤样固定装置 1 的轴压注油口 1-15 相连接;所述围压加载装置由顺次连接的围压油泵 18、第二压力调节阀 6、第三阀门 9 和第二液压表 13 组成,所述第二液压表 13 通过管路与煤样固定装置 1 的围压注油口 1-17 相连接;所述计量和数据采集装置由顺次连接的数据采集系统 20、气体体积流量计

19、第四阀门 10 和第二气压表 14 组成,所述第二气压表 14 与煤样固定装置 1 的气体出口 1-12 相连接。

[0013] 所述煤样固定装置 1 由煤样室 1-16 和通过螺栓固定于煤样室 1-16 上方的轴压缸体 1-4 组成;所述轴压缸体 1-4 内设有带压力传感器 1-2 的轴向加载杆 1-1,轴向加载杆 1-1 的一端伸出轴压缸体 1-4 外且与分离式霍普金森压杆装置 21 处于同一水平面,另一端伸入煤样室 1-16 内,轴向加载杆 1-1 的中部设有与轴向加载杆 1-1 相垂直的密封板 1-7,密封板 1-7 的两端通过密封圈 1-5 与轴压缸体 1-4 的内壁密封连接;所述轴压缸体 1-4 上方设有位移传感器 1-3,轴压缸体 1-4 的侧壁设有两个轴压注油口 1-15,两个轴压注油口 1-15 分别位于密封板 1-7 的上、下方,轴压缸体 1-4 的侧壁还开设有气体入口 1-6。

[0014] 所述煤样室 1-16 包括位于煤样室 1-16 底部的可拆卸承压挡板 1-14 和位于煤样室 1-16 内部设有中空煤样型腔的密封胶套 1-9,密封胶套 1-9 外侧壁开设有凹槽且该凹槽与煤样室内侧壁形成环形围压油腔,煤样 1-10 置于密封胶套 1-9 的中空煤样型腔内且与环形围压油腔相隔离,密封胶套 1-9 的下方设置密封垫 1-13;煤样型腔的顶部设有第一多孔板 1-8,煤样型腔的底部设有第二多孔板 1-11,轴压缸体 1-4 的气体入口 1-6 通过轴向加载杆内部的气体管路与煤样型腔顶部的第一多孔板 1-8 相连通,伸入煤样室 1-16 的轴向加载杆 1-1 的端部与第一多孔板 1-8 压接;煤样室 1-16 侧壁开设有围压注油口 1-17 和气体出口 1-12,煤样室 1-16 的气体出口 1-12 通过承压挡板内部的气体管路与煤样型腔底部的第二多孔板 1-11 相连通。所述抽真空装置由顺次连接的真空泵 16 和第五阀门 4 组成。

[0015] 本发明的试验系统中,高压瓦斯罐 2 中的瓦斯经过解压后进入到煤样固定装置 1 中为实验提供瓦斯气源。分离式霍普金森压杆装置 21 中的霍普金森压杆提供冲击载荷模拟冲击地压,作用于含瓦斯煤样的轴向方向。轴压加载装置用以对煤样提供恒定轴向压力条件。围压加载装置用以对煤样提供恒定径向压力条件。煤样固定装置 1 能提供的三维应力环境是该装置的关键所在,其作用是放置且固定煤样,同时提供实验所需应力环境,既可以实现对煤样施加围压,又可以实现对煤样施加轴压。抽真空装置用于对煤样进行抽真空操作,排除杂质气体等对实验可能造成的影响。计量和数据采集装置中的气体体积流量计 19 用于计量渗流的瓦斯气体流量大小。计量和数据采集装置用于对整个实验过程的数据变化进行监控和采集。

[0016] 本发明提供的实验系统能实现如下主要实验功能:

- (1) 不同三维应力状态下含瓦斯煤渗流实验;
- (2) 冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验;
- (3) 冲击载荷作用下含瓦斯煤力学实验。

[0017] 使用上述系统进行冲击载荷作用下含瓦斯煤渗流实验的方法,其包括如下步骤:

1) 连接好实验系统,并检测实验系统的气密性检测;具体为:关闭第五阀门 4、第一阀门 7、第四阀门 10,将三通阀 15 接通高压气源装置和煤样固定装置 1。打开第二阀门 8、第三阀门 9,给实验系统施加一个较小的轴压和围压(大小相同),防止充气过程中,密封胶套与缸体存在空隙导致漏气。然后打开第一阀门 7,调节减压阀 3,向管道内充入一定压力的瓦斯气体后记录此时第一气压表 11、第二气压表 14 和第一液压表 12、第二液压表 13 的读数,同时关闭第一阀门 7 并放置 24 小时,观察各表的读数是否发生变化。若压力表读数一致且不下降,表明系统气密性良好,否则进行调试,直到系统气密性良好为止。

[0018] 2) 实验准备:取一准备好的实验煤样 1-10 (尺寸在 $\Phi 50 \times 50\text{mm}$ 左右),放入干燥箱中恒温干燥处理,以消除水分对实验结果造成的影响。取出、冷却后对煤样进行测量和称重记录。

[0019] 3) 固定煤样:旋下煤样固定装置 1 中的承压挡板 1-14 和密封垫 1-13,将准备好的实验煤样 1-10 放入密封胶套 1-9 内,然后安装好煤样固定装置 1。

[0020] 4) 真空脱气:在保证系统连接正确,气密性良好的情况下,打开抽真空装置对煤样进行真空脱气处理,以排除煤样和系统中其它气体对实验结果可能造成的影响。具体为:关闭第一阀门 7、第四阀门 10,将三通阀 15 接通抽真空装置和煤样固定装置 1。打开第二阀门 8、第三阀门 9,给实验系统施加一个较小的轴压和围压(大小相同),防止抽真空过程中,密封胶套与缸体存在空隙导致漏气。然后打开第五阀门 4 和真空泵 16,对整个实验系统进行抽真空操作,直到实验系统内部达到要求的负压(小于 50Pa)时,关闭第五阀门 4,将三通阀 15 接通高压气源装置和煤样固定装置 1,然后关闭真空泵 16。关闭真空泵 16 后实验系统真空度在 3 小时内一直保持稳定,即完成真空脱气。

[0021] 5) 提供三维应力环境:真空脱气处理完成后,打开第二阀门 8 和第三阀门 9,调节第一压力调节阀 5 和第二压力调节阀 6,利用轴压油泵 17、围压油泵 18 通过轴压注油口 1-15 和围压注油口 1-17 对煤样施加预定的轴压和围压,加载完成后关闭第二阀门 8 和第三阀门 9。

[0022] 6) 冲击渗流过程:向煤样中充入预定压力的瓦斯气体,同时开启计量和数据采集装置,稳定后利用分离式霍普金森压杆装置 21 对煤样固定装置施加冲击载荷,同时计量并采集数据;

打开第一阀门 7,调节减压阀 3 向实验煤样 1-10 中充入预定压力的瓦斯气体,同时打开第四阀门 10 计量并采集数据。稳定以后利用分离式霍普金森压杆装置 21 对煤样固定装置施加冲击载荷(即用霍普金森压杆撞击轴向加载杆 1-1),同时利用压力传感器 1-2 和位移传感器 1-3 测得此时的冲击压力和煤样发生的轴向位移,计量并采集数据。

[0023] 7) 实验数据处理:利用拟压法评估实验过程中含瓦斯煤渗流渗透率大小,公式具体如下:

$$K_g = \frac{2Q_0 p_0 L (\bar{\mu} \bar{Z}) T}{A(p_i^2 - p_e^2) T_0} \quad (1)$$

式中: K_g 为气体渗透率; Q_0 为标准状况下的气体体积流量; $\bar{\mu}$ 和 \bar{Z} 分别为平均气体动力黏度和平均压缩因子(即偏差因子); L 为多孔介质渗流长度; A 为多孔介质横截面积; p_0 为标准状况下的气体压力; p_i 为煤样固定装置的气体入口端压力; p_e 为煤样固定装置的气体出口端压力; T 为实验环境绝对温度; T_0 为标准状况下绝对温度;

8) 通过改变实验过程中的围压、轴压、瓦斯压力和冲击载荷的大小、冲击速度等条件可以得出不同实验条件下的含瓦斯煤渗流特性及其规律。

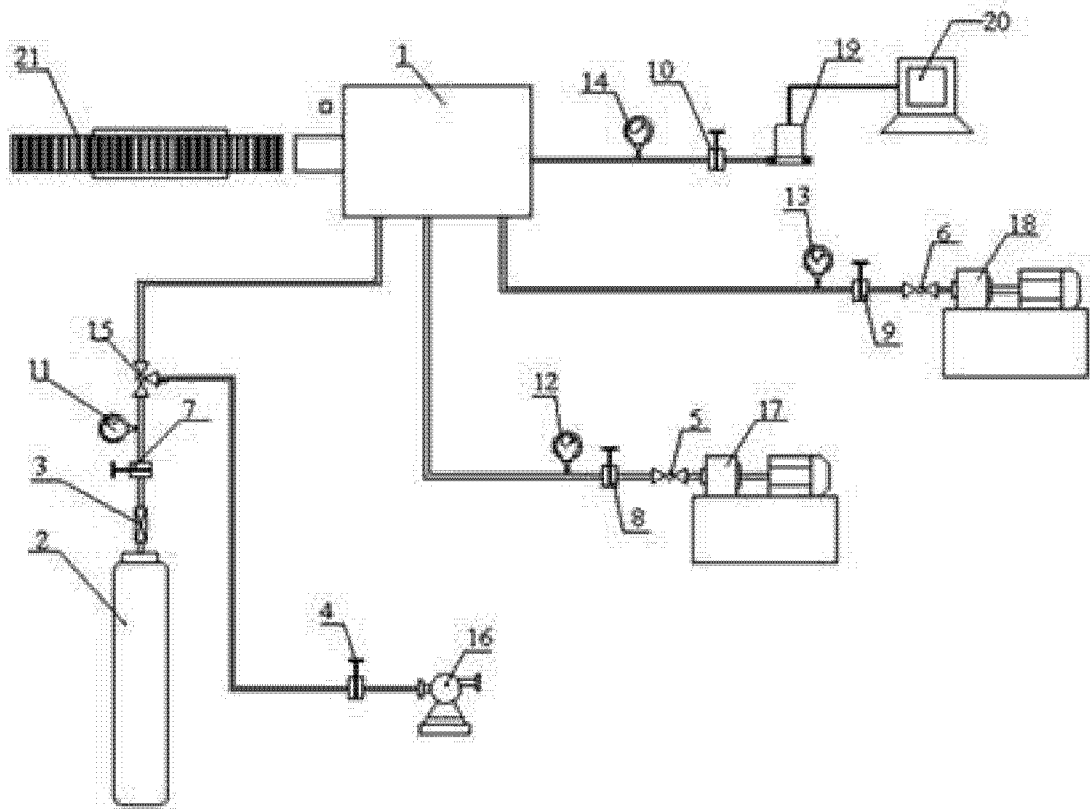


图 1

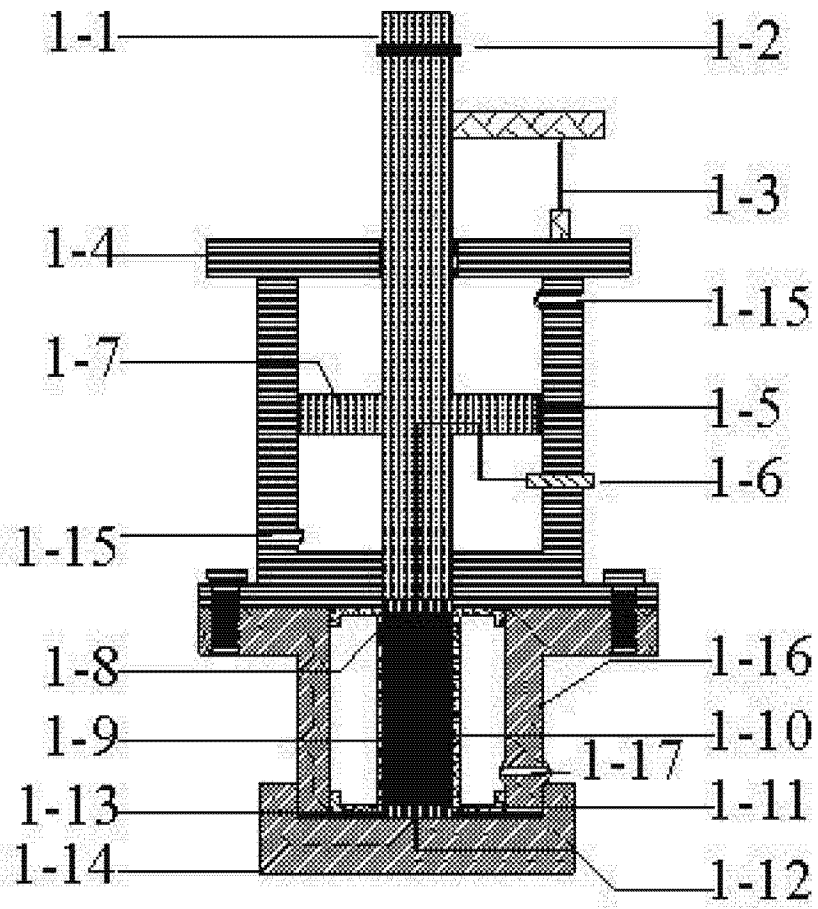


图 2