(19)国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 115453084 B
(45)授权公告日 2024.09.20

(21)申请号 202210921696.6
(22)申请日 2022.08.02
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115453084 A
(43)申请公布日 2022.12.09
(73)专利权人 山东大学
地址 250061 山东省济南市历下区经十路17923号
(72)发明人 王汉鹏 王粟 袁亮 李梦天 张冰 于欣平
(74)专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221
专利代理师 刘天柱
(51)Int.Cl.
G01N 33/24(2006.01)
G01N 25/00(2006.01)
G01D 21/02(2006.01)
(56)对比文件
CN 110779805 A,2020.02.11
CN 111208015 A,2020.05.29
CN 111929221 A,2020.11.13
审查员 刘欢

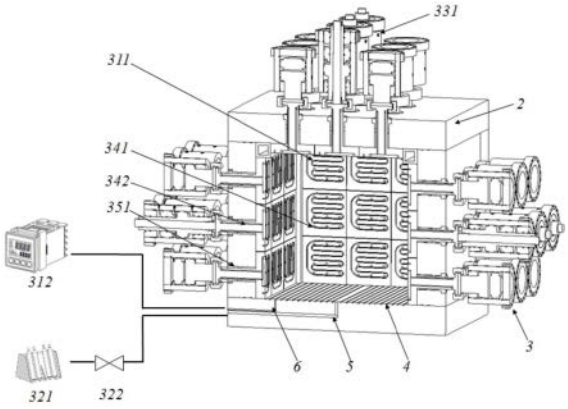
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置及试验方法

(57)摘要

本发明涉及模拟试验装置技术领域,特别涉及可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置及试验方法,包括反力框架,其内部设有密封的多场模型箱体,用于提供向所述多场模型箱体施加荷载的反力;若干力热流加载单元,阵列布置在所述多场模型箱体除底面的任何一面上,各所述力热流加载单元包括应力加载模块、渗流模块和加热模块;其中,所述应力加载模块的加载端具有设定加载面积的加载板,所述加热模块包括嵌在所述加载板上加热组件,所述渗流模块包括穿过所述加载板的气流通道,通过所述加载板组合对模型分区力热流多场耦合加载;本发明可做到真正的力热流耦合施加,能模拟复杂深部地质环境。



CN 115453084 B

1.可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置,其特征在于,包括:

反力框架,其内部设有密封的多场模型箱体,用于提供向所述多场模型箱体施加荷载的反力;

若干力热流加载单元,阵列布置在所述多场模型箱体除底面的任何一面上,各所述力热流加载单元包括应力加载模块、渗流模块和加热模块;

其中,所述应力加载模块的加载端具有设定加载面积的加载板,所述加热模块包括嵌在所述加载板上的加热组件,所述渗流模块包括穿过所述加载板的气流通道,通过所述加载板组合对模型分区力热流多场耦合加载;

所述加载板均布有第一凹槽,所述加热组件内嵌在所述第一凹槽中且不凸出所述加载板表面;

所述加载板设有安装传感器的第二凹槽,通过所述传感器反馈的多物理量施加面的参数信息以调节应力、温度以及渗压的施加。

2.如权利要求1所述的可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置,其特征在于,所述加热组件与所述加载板表面平齐。

3.如权利要求1所述的可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置,其特征在于,所述应力加载模块还包括动静复合加载装置,以及将荷载传递给所述加载板的传导组件。

4.如权利要求3所述的可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置,其特征在于,所述传导组件与所述多场模型箱体之间设有动密封结构。

5.如权利要求1所述的可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置,其特征在于,所述多场模型箱体底部设置底部加热模块和底部渗流模块。

6.如权利要求5所述的可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置,其特征在于,所述底部加热模块包括内嵌在所述多场模型箱体底部的底部加热组件,所述底部渗流模块包括穿过所述多场模型箱体底部的底部气流通道。

7.如权利要求1所述的可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置,其特征在于,各所述渗流模块单独配置阀门。

8.根据如权利要求1-7任一项所述的可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置的试验方法,其特征在于,包括以下内容:

制作试验模型并将其放入多场模型箱体内,编制模拟试验控制方案,设定不同力热流加载单元的应力加载模块、渗流模块和加热模块的加载参数,不同的力热流加载单元按照设定的参数分区加载,实现对模型的分区力热流多场耦合试验。

可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置及试验方法

技术领域

[0001] 本发明涉及模拟试验装置技术领域,特别涉及可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置及试验方法。

背景技术

[0002] 在深地采掘过程中,冲击地压、岩爆、煤与瓦斯突出等煤岩动力灾害发生频发、突然、猛烈,具有极大的破坏性,其防治已成世界性难题。其根本原因是深地高地应力、高瓦斯压力、高地温等多场多相孕灾环境与断层滑移、岩层破断冲击、爆破振动等外部动载扰动耦合演化过程复杂,物理模型试验是煤与瓦斯突出、冲击地压等多相多场耦合煤岩动力灾害的重要研究手段。而深地工程物理模型试验必然会涉及到力热流耦合问题,这些问题能否得到解决是模型试验成功与否的关键。

[0003] 目前,针对模拟试验中多场多相耦合模拟,已开展了相关的研究工作:

[0004] 公开号为CN111208015A的中国发明专利,公开了一种复杂条件下大埋深隧洞围岩稳定与支护模型试验系统,该系统由高压水密封模型试验舱、内嵌式高液压伺服加载系统、高地温调控系统、高渗透水压加载系统、以及自密封高精度测试系统组成,可实现高地应力、高水压、高地温施加。但是该试验系统无法施加冲击扰动荷载;高地温调控系统需预埋在模型体内部,为点加热,加热效果较弱;测试系统放置于模型体内部,无法监测模型边界处各项参数。

[0005] 公告号为CN211122341U的中国实用新型专利,公开了一种多功能岩土三维模型试验装置,该装置可以用于制样,也可以用于加载,不仅能够模拟平面双轴应力状态或三维应力状态,还可以进行温度场、渗流场、应力场的耦合试验,测定在多物理场作用下的土体的物理状态、力学行为、渗流特性和温度分布。但是该装置的加热测温管预埋在模型内部,无法做到模型整体的均匀加热。

[0006] 公开号为CN108226440A的中国发明专利,公开了一种煤与瓦斯突出模拟试验用大流量高压气体充填系统及试验方法,该装置可实现突出模拟试验中大流量、高压力气体的高效、均匀、自动化充填,但是该装置只能在没有加载面的情况下进行水气施加。

[0007] 综上,现有物理模拟试验装置还存在以下不足之处:

[0008] (1)现有的多场耦合大型物理模拟试验装置温度模拟系统多预埋在模型内部,或采用局部加热的方式,由于试验模型较大,加热效果不理想;

[0009] (2)现有的模型试验装置水气一般只能在装置无加载面施加,无法做到真正的力热流耦合施加,更无法模拟复杂深部地质环境。

发明内容

[0010] 本发明的目的是提供可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置及试验方法,以解决现有技术中存在的上述问题。为了实现上述目的,本发明通过如下的技术方案来解决:

[0011] 第一方面,本发明提供了可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置,包括:

[0012] 反力框架,其内部设有密封的多场模型箱体,用于提供向所述多场模型箱体施加荷载的反力;

[0013] 若干力热流加载单元,阵列布置在所述多场模型箱体除底面的任何一面上,各所述力热流加载单元包括应力加载模块、渗流模块和加热模块;

[0014] 其中,所述应力加载模块的加载端具有设定加载面积的加载板,所述加热模块包括嵌在所述加载板上加热组件,所述渗流模块包括穿过所述加载板的气流通道,通过所述加载板组合对模型分区力热流多场耦合加载。

[0015] 作为进一步的技术方案,所述加载板均布有第一凹槽,所述加热组件内嵌在所述第一凹槽中且不凸出所述加载板表面。

[0016] 作为进一步的技术方案,所述加热组件与所述加载板表面平齐。

[0017] 作为进一步的技术方案,所述加载板设有安装传感器的第二凹槽,通过所述传感器反馈的多物理量施加面的参数信息以调节应力、温度以及渗压的施加。

[0018] 作为进一步的技术方案,所述应力加载模块还包括动静复合加载装置,以及将荷载传递给所述加载板的传导组件。

[0019] 作为进一步的技术方案,所述传导组件与所述多场模型箱体之间设有动密封结构。

[0020] 作为进一步的技术方案,所述多场模型箱体底部设置底部加热模块和底部渗流模块。

[0021] 作为进一步的技术方案,所述底部加热模块包括内嵌在所述多场模型箱体底部的底部加热组件,所述底部渗流模块包括穿过所述多场模型箱体底部的底部气流通道。

[0022] 作为进一步的技术方案,各所述渗流模块单独配置阀门。

[0023] 第二方面,本发明提供了根据第一方面所述的可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置的试验方法,包括以下内容:

[0024] 制作试验模型并将其放入多场模型箱体内,编制模拟试验控制方案,设定不同力热流加载单元的应力加载模块、渗流模块和加热模块的加载参数,不同的力热流加载单元按照设定的参数分区加载,实现对模型的分区力热流多场耦合试验。

[0025] 上述本发明的有益效果如下:

[0026] (1)本发明力热流加载单元设有应力加载模块、渗流模块和加热模块,能够制造应力场、渗流场以温度场的模拟环境,并且各力热流加载单元可独立动作,能够实现分区施加力热流,从而能够模拟复杂深部地质环境。

[0027] (2)本发明渗流模块的气流通道以及加热模块的加热组件设置应力加载模块的加载板上,在施加应力场的同时,加载面上可以同时施加温度场和渗流场,可以做到真正的力热流耦合施加,可以更加真实的模拟地质环境。

[0028] (3)本发明的加热组件嵌在加载板上,且不凸出所述加载板表面,在正常加载的过程中,加热组件与试验模型互不影响,且能起到很好的加热效果。

[0029] (4)本发明加载板上嵌入声发射、压力传感器、温度传感器等多物理量传感器,可及时反馈施加面的参数信息以调节应力、温度以及渗压的施加。

附图说明

[0030] 构成本发明的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的限定。还应当理解,这些附图是为了简化和清楚而示出的,并且不一定按比例绘制。现在将通过使用附图以附加的特征和细节来描述和解释本发明,其中:

[0031] 图1示出了本发明实施例中多场模型箱体半剖结构示意图;

[0032] 图2示出了本发明实施例中试验装置整体结构示意图;

[0033] 图3示出了本发明实施例中力热流加载单元示意图。

[0034] 图中:1、反力框架;2、多场模型箱体;3、力热流加载单元;311、加热组件;312、温控系统;321、气流源;322、阀门;323、气流通道;331、动静复合加载油缸;332、导杆;333、加载板;334、冲击杆;341、第二凹槽;342、引线通道;351、密封套筒;352、密封圈;4、底部加热组件;5、底部气流通道;6、底部引线通道。

具体实施方式

[0035] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明典型实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。

[0036] 实施例1

[0037] 如图1、图2和图3所示,本实施例提供了可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置,包括:

[0038] 反力框架1,其内部设有密封的多场模型箱体2,用于提供向多场模型箱体2施加荷载的反力;

[0039] 若干力热流加载单元3,阵列布置在多场模型箱体2除底面的任何一面上,各力热流加载单元3包括应力加载模块、渗流模块和加热模块;

[0040] 其中,应力加载模块的加载端具有设定加载面积的加载板333,加热模块包括嵌在加载板333上加热组件311,渗流模块包括穿过所述加载板的气流通道323,通过加载板333组合对模型分区力热流多场耦合加载。

[0041] 力热流加载单元设有应力加载模块、渗流模块和加热模块,能够制造应力场、渗流场以温度场的模拟环境,并且各力热流加载单元可独立动作,能够实现分区施加力热流,从而能够模拟复杂深部地质环境。

[0042] 渗流模块的气流通道以及加热模块的加热组件设置应力加载模块的加载板上,在施加应力场的同时,加载面上可以同时施加温度场和渗流场,可以做到真正的力热流耦合施加,可以更加真实的模拟地质环境。

[0043] 如图2所示,多场模型箱体2位于反力框架1的内部,反力框架1可以提供向多场模型箱体2施加荷载的反力,其结构属于现有技术,此处不再详细赘述。

[0044] 如图1所示,多场模型箱体2分为上中下三部分,通过多道密封结构实现整体密封。不难理解,多场模型箱体2具有顶面、底面以及四个侧面,由于反力框架1的结构限制,力热流加载单元3并没有设置在多场模型箱体2的底面上,仅设置在了侧面以及顶面上。

[0045] 在本实施例中,为了提高模拟的真实性,多场模型箱体2底部设置底部加热模块和底部渗流模块。虽然没有设置力加载的模块,但可以通过顶部的力热流加载单元3进行施

加。

[0046] 加载板333均布有第一凹槽,加热组件311内嵌在第一凹槽中且不凸出加载板333表面。本实施例中,加热组件311为加热条,加热条适配第一凹槽,并内嵌其中,第一凹槽均布在加载板333上,以整块加载板333温度均匀为宜,加热条高度与加载板333表面平齐,不影响加载板333表面平整以及应力的施加。

[0047] 底部加热模块包括内嵌在多场模型箱体2底部的底部加热组件4,底部加热组件4同样为加热条,同理为了不影响应力的施加,在多场模型箱体2底部同样设置凹槽,加热条的高度与多场模型箱体内表面平齐,凹槽均匀分布,以整个底部温度均匀为宜。

[0048] 应力加载模块可实现试验模型表面真三维多应变率动静荷载耦合施加及煤岩弹性能快速释放模拟。应力加载模块除加载板333外还包括动静复合加载装置,以及将荷载传递给加载板333的传导组件,本实施例中的传导组件包括导杆332和冲击杆334。其中,导杆332传递静荷载,冲击杆334传递动荷载。动静复合加载装置包括动静复合加载油缸以及动载施加系统,冲击杆334连接摆锤、落锤、霍布金森杆等动载施加系统,可以实现冲击荷载的定量施加。具体的结构设计方案可以参见公告号为CN112763581B的中国发明专利,其公开了巷道保压掘进过程多应变率扰动致突模拟试验系统与方法。因此,对于其具体的结构,此处将不再赘述。

[0049] 传导组件与多场模型箱体2之间设有动密封结构。具体的,如图3所示,导杆332通过密封套筒351以及密封圈352实现动密封,满足强扰动下的气液密封。

[0050] 渗流模块包括穿过加载板333的气流通道323,从气流通道323排出的气体或水在第一凹槽的作用,形成面式充填。

[0051] 各渗流模块单独配置阀门322,即气流通道323单独配置阀门,可独立控制流量和压力。渗流模块还包括气流源321,需要注意的是,其指代的不是一种储存设备,而是两种,分别为气源和水源,根据试验需求可以选择气源和水源进行渗流试验。

[0052] 本实施例采用力流耦合施加面式充填技术,箱体内部与加载板部位均可实现气体或水面式充填,模拟试验原型煤层远场瓦斯气体的持续供给,实现对模型煤层特定部位的抽真空和大流量高压气体均匀充填,气源输送具体实现方案见公开号为CN108226440A的中国发明专利,其公开了煤与瓦斯突出模拟试验用大流量高压气体充填系统及试验方法。

[0053] 底部渗流模块包括穿过多场模型箱体2底部的底部气流通道5,实现气体的面式充填。

[0054] 加载板333设有安装传感器的第二凹槽341,通过传感器反馈的多物理量施加面的参数信息以调节应力、温度以及渗压的施加。传感器的类型包括声发射(监测模型裂隙)、相控阵雷达(监测模型裂隙)、热电偶(监测温度)、渗压传感器(监测渗透压力)、压力传感器(监测加载压力)等无损监测探头,可保证监测探头直接接触试验模型,降低大型物理模型试验过程中周围金属台架对试验结果的影响。

[0055] 力热流加载单元3上的加热条电源线及传感器连接线可通过引线通道342引出,多场模型箱体2底部的加热条电源线及传感器连接线通过底部引线通道6引出,通过在引线通道342以及底部引线通道6灌胶实现试验装置的引线密封。

[0056] 加热条连接温控系统312,温控系统312为高精度多通道温度智能控制系统,可实现温度平滑调节,实时反馈并分别调节各个加热条的温度,实现加载过程中温度分区施加,

保证试验过程中的试件整体温度恒定。

[0057] 实施例2

[0058] 本实施例提供了根据如实施例1的可实现分区力热流感知施加的多场耦合装置的试验方法,包括以下内容:

[0059] 制作试验模型并将其放入多场模型箱体2内,编制模拟试验控制方案,设定不同力热流加载单元3的应力加载模块、渗流模块和加热模块的加载参数,不同的力热流加载单元3按照设定的参数分区加载,实现对模型的分区力热流多场耦合试验。

[0060] 本发明虽然已以较佳实施例公开如上,但其并不是用来限定本发明,任何本领域技术人员在不脱离本发明的精神和范围内,都可以利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出可能的变动和修改,因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化及修饰,均属于本发明技术方案的保护范围。

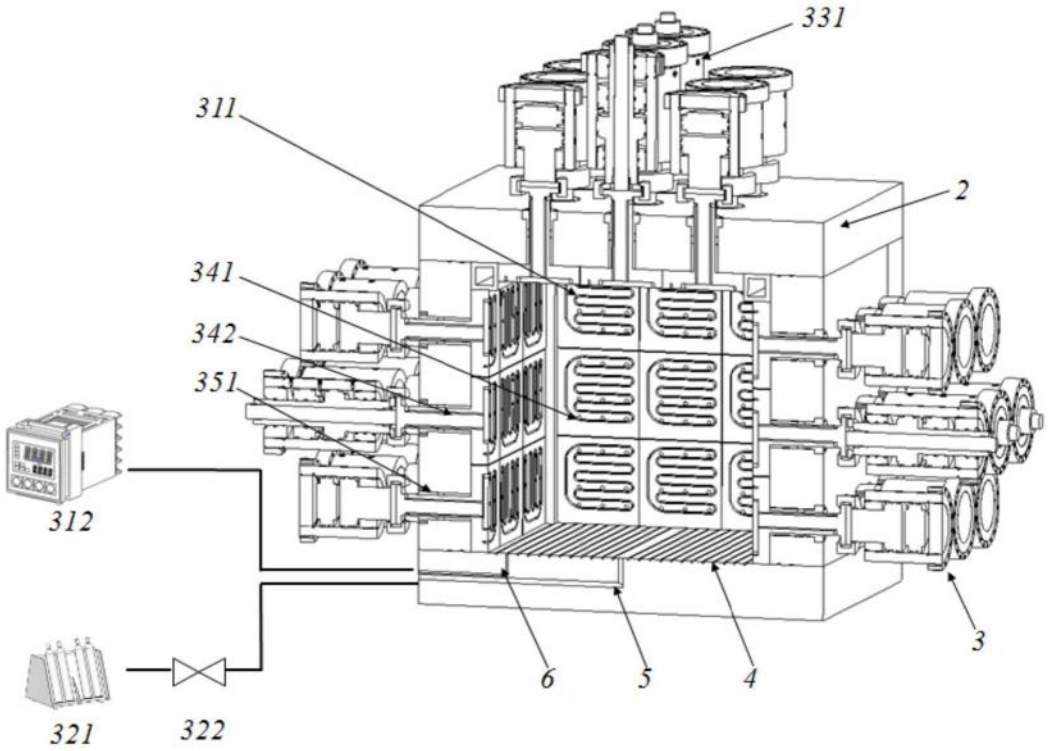


图1

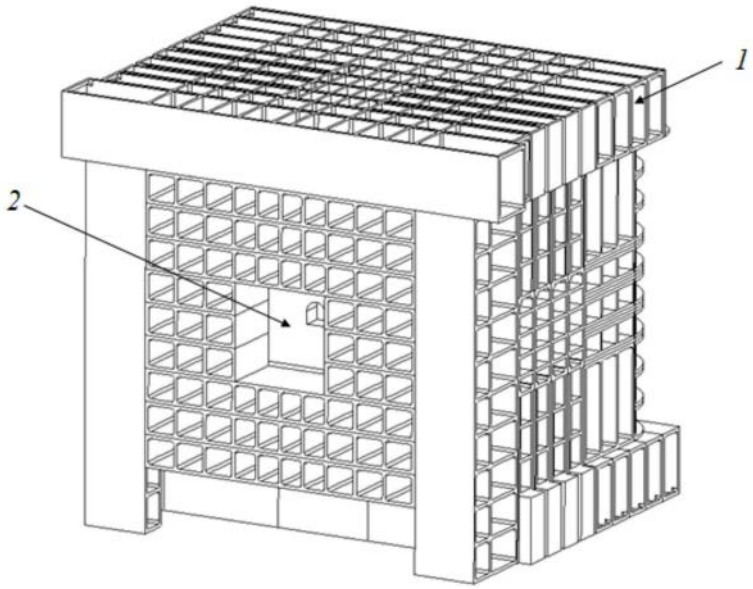


图2

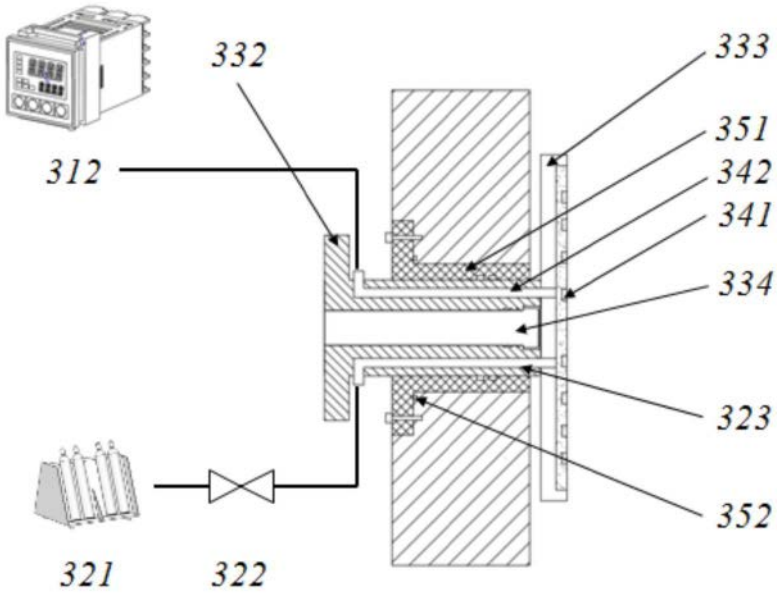


图3