



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112763581 B

(45) 授权公告日 2022. 04. 08

(21) 申请号 202011467105.X

(22) 申请日 2020.12.14

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112763581 A

(43) 申请公布日 2021.05.07

(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
专利权人 安徽理工大学

(72) 发明人 王汉鹏 袁亮 王伟 张冰 王粟
章冲 王鹏 郑瑞阶

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限
公司 37221
代理人 李圣梅

(51) Int. Cl.

G01N 29/14 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 103424308 A, 2013.12.04

CN 108827578 A, 2018.11.16

CN 104132844 A, 2014.11.05

CN 110953213 A, 2020.04.03

袁亮 等. 巷道掘进揭煤诱导煤与瓦斯突出
模拟试验系统.《中国矿业大学学报》.2020, 第49
卷(第2期), 205-214.

审查员 魏崑

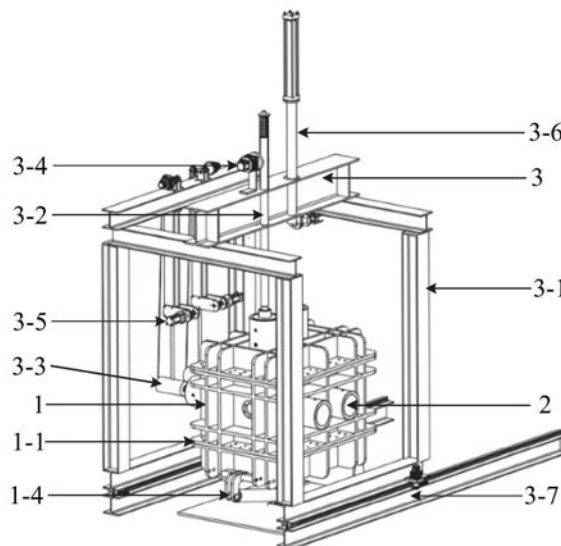
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

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

(57) 摘要

本公开提出了巷道保压掘进过程多应变率
扰动致突模拟试验系统及方法, 包括: 反力密封
系统, 其所形成的高压气体密封空间内布置有试
验模型, 被配置为提供加载的反力, 并对试验模
型高压气体充填保压及真三维地应力加载条件
下巷道掘进; 反力密封系统作为试验系统的主体
结构, 分别安装有动静复合加载油缸、动载施加
系统及声发射监测系统; 动静复合加载油缸, 被
配置为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; 动载
施加系统, 被配置为将多应变率扰动荷载定量施
加于所述动静复合加载油缸; 本公开技术方案可
在实现试验模型高压气充填和地应力加载的条
件下同时实现巷道保压掘进和多应变率动静耦
合加载。



1. 巷道保压掘进过程多应变率扰动致突模拟试验系统,其特征是,包括:

反力密封系统,其所形成的高压气体密封空间内布置有试验模型,被配置为提供加载的反力,并对试验模型高压气体充填保压及真三维地应力加载条件下巷道掘进;

所述反力密封系统作为试验系统的主体结构,分别安装有动静复合加载油缸、动载施加系统及声发射监测系统;

所述动静复合加载油缸,被配置为实现试验模型表面真三维多应变率动静荷载耦合施加及围岩弹性能快速释放模拟;所述动静复合加载油缸由缸体、中空活塞、补压活塞、冲击杆组成,所述中空活塞和所述补压活塞将所述缸体空间分为回程腔、油压腔及储能腔;所述动静复合加载油缸的冲击杆穿过中空活塞,贯穿整个所述动静复合加载油缸,在外部对所述冲击杆施加多种应变率的扰动荷载,进而传递于试验模型,实现动静耦合加载;

所述动载施加系统,被配置为将多应变率扰动荷载定量施加于所述动静复合加载油缸;

所述声发射监测系统,被配置为实现试验模型内部的三维声发射信号无损引出及获取;所述声发射监测系统由声发射探头、信号探针、安装法兰、螺栓、密封圈组成,信号探针穿过所述反力密封系统进入试验模型,所述信号探针与所述反力密封系统之间布置所述密封圈,实现气密封;所述信号探针通过所述安装法兰、所述密封圈及所述螺栓密封安装于所述反力密封系统,实现了试验模型内部的声发射信号无损引出。

2. 如权利要求1所述的巷道保压掘进过程多应变率扰动致突模拟试验系统,其特征是,所述动静复合加载油缸内设置有多道密封圈,隔离各腔室,实现动态密封;

所述回程腔通过液压油将中空活塞调整至指定位置。

3. 如权利要求1所述的巷道保压掘进过程多应变率扰动致突模拟试验系统,其特征是,所述油压腔内充入高压油,油压经所述中空活塞传递于试验模型;

所述储能腔内充入高压气体,高压气体经高压油进一步压缩可存储气体膨胀能,当试验模型破碎后,承载迅速下降,高压气体快速膨胀做功,通过所述补压活塞作用于所述油压腔,进而传递于试验模型,模拟弹性区围岩弹性能快速释放的过程。

4. 如权利要求1所述的巷道保压掘进过程多应变率扰动致突模拟试验系统,其特征是,所述动载施加系统包括动载框架、重锤、摆锤、重锤提升机构、摆锤抬升机构、霍普金森杆,所述动载框架为所述动载施加系统的主体结构,其余各机构均安装于所述动载框架;

所述动载框架安装于所述反力密封系统外围,所述动载框架上设置滑移装置,实现所述动载框架滑移。

5. 如权利要求4所述的巷道保压掘进过程多应变率扰动致突模拟试验系统,其特征是,所述重锤、所述摆锤和所述霍普金森杆均可对所述动静复合加载油缸施加扰动荷载,所述重锤提升机构将所述重锤提升至指定高度,所述摆锤抬升机构将摆锤抬升至指定高度,从而实现扰动荷载的定量施加。

6. 如权利要求1所述的巷道保压掘进过程多应变率扰动致突模拟试验系统,其特征是,所述信号探针为不锈钢密实材质,方便声发射信号无损传递。

7. 如权利要求1所述的巷道保压掘进过程多应变率扰动致突模拟试验系统,其特征是,所述声发射信号检测系统试验过程中布置于所述反力密封系统的多个面上,不同监测点形成三维空间,实现模型内部的声发射信号三维获取,进而可分析形成试验模型内部三维裂

隙场。

8. 一种如权利要求1-7所述巷道保压掘进过程多应变率扰动致突模拟试验系统的试验方法,其特征是,包括:

试验时,首先向所述回程腔内充入液压油,使所述中空活塞运动至指定位置,然后向所述储能腔内充入高压气体,然后再向所述油压腔内充入高压油,高压油的油压可作用于所述中空活塞,进而向外传递于所述反力密封系统内部的推力板,高压油的油压可对所述储能腔内的气体进一步压缩,提高气体积蓄的膨胀能;

在所述动静复合加载油缸外部,通过动载施加系统对所述冲击杆施加多种应变率的扰动荷载,并通过所述冲击杆传递于所述推力板,实现多应变率的动静耦合加载;

试验模型在动静耦合加载作用下发生破坏后,储能腔内的高压气体可迅速膨胀对所述补压活塞做功,进而将压力传递于所述油压腔及所述中空活塞,从而模拟地下工程弹性区围岩弹性能快速释放的过程。

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

技术领域

[0001] 本公开属于矿业工程安全技术领域,尤其涉及煤与瓦斯突出物理模拟试验中充气保压条件下巷道掘进过程多应变率动载扰动致突模拟试验系统。

背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提供了与本公开相关的背景技术信息,不必然构成在先技术。

[0003] 煤与瓦斯突出是地应力、瓦斯压力和煤的物理力学性质共同作用的结果,但各因素的作用机制尚处于探索研究阶段。研究煤与瓦斯突出机理的主要手段有理论分析、模拟试验、数值模拟和现场监测,因煤与瓦斯突出过程中多因素耦合作用机制及力学模型尚不明确,导致理论和数值计算停滞不前,现场监测信息较单一且又很难支撑科学研究,所以物理模拟试验是目前研究煤与瓦斯突出的主流手段。

[0004] 目前,针对煤与瓦斯突出模拟试验装置已开展大量的研究工作,研制了一系列模拟试验装置,主要研究现状如下:

[0005] (1) 专利号为CN201110187459的中国发明专利公开了一种构造煤卸压突出模拟实验装置,可用于模拟在顶板断裂的力学条件下,深部扰动卸压导致的煤与瓦斯突出过程,并对相关的瓦斯压力参数进行测定。使用时可调整压制煤样的煤粉粒径参数、气体加载压力、煤样的压制厚度、煤样的压制力以及不同的扰动力获得不同的试验结果。

[0006] (2) 专利号为CN201410398007的中国发明专利公开了一种动力扰动诱导煤与瓦斯突出模拟实验装置及实验方法,解决了现有技术诱导煤与瓦斯突出模拟实验装置没有考虑远场集中动荷载的扰动和复杂地质条件导致实验结果不准确,不能有效预防和治理瓦斯等问题。

[0007] (3) 专利号为CN201910281860的中国发明专利公开了一种动静荷载作用下金属骨架加固煤与瓦斯突出模拟试验方法,能实现煤岩体多种应力波的加载,相比传统的落锤与霍普金森杆两种动荷载施加方式,施加冲击载荷试验方法更加灵活,应力条件更加多样,结合含断层煤系岩层相似模型制备,以更好地模拟复杂应力条件下的含断层煤系岩层体力学特性。

[0008] 综合分析,上述物理模拟试验装置还存在以下不足之处:

[0009] (1) 无法在高压气体充填及地应力加载条件下同时实现多应变率动静耦合加载及巷道掘进揭煤;

[0010] (2) 只是能实现某一种动态荷载的施加,无法实现多种动态荷载定量自动化施加,试验功能相对单一;

[0011] (3) 现场实际工程中,地下工程表面围岩破坏后,深部弹性区围岩会迅速释放弹性能,促进突出过程。现有试验装置无法实现弹性能快速释放模拟;

[0012] (4) 声发射数据作为分析岩石材料破裂损伤的重要参量,对分析突出机理具有重要意义,但现有试验装置受限于高压恶劣环境和气密封要求,无法进行声发射信号三维

高精度获取。

发明内容

[0013] 为克服上述现有技术的不足,本公开提供了巷道保压掘进过程多应变率扰动致突模拟试验系统,能够实现高压气体充填及地应力加载条件下多应变率动静荷载耦合施加、动态扰动荷载定量控制、弹性能释放模拟及声发射信号高精度获取。

[0014] 为实现上述目的,本公开的一个或多个实施例提供了如下技术方案:

[0015] 第一方面,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,包括:

[0016] 反力密封系统,其所形成的高压气体密封空间内布置有试验模型,被配置为提供加载的反力,并对试验模型高压气体充填保压及真三维地应力加载条件下巷道掘进;

[0017] 所述反力密封系统作为试验系统的主体结构,分别安装有动静复合加载油缸、动载施加系统及声发射监测系统;

[0018] 所述动静复合加载油缸,被配置为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;

[0019] 所述动载施加系统,被配置为将多应变率扰动荷载定量施加于所述动静复合加载油缸;

[0020] 所述声发射监测系统,被配置为实现试验模型内部的三维声发射信号无损引出及获取。

[0021] 进一步的技术方案,所述动静复合加载油缸由缸体、中空活塞、补压活塞、冲击杆组成,所述中空活塞和所述补压活塞将所述缸体空间分为回程腔、油压腔及储能腔;

[0022] 优选的,所述冲击杆穿过所述中空活塞,贯穿整个所述动静复合加载油缸,在外部对所述冲击杆施加多种应变率的冲击荷载,进而传递于试验模型,实现动静耦合加载;

[0023] 优选的,所述动静复合加载油缸内设置有多道密封圈,隔离各腔室,实现动态密封;

[0024] 所述回程腔通过液压油将中空活塞调整至指定位置。

[0025] 所述油压腔内充入高压油,油压经所述中空活塞传递于试验模型;

[0026] 所述储能腔内充入高压气体,高压气体经高压油进一步压缩可存储气体膨胀能,当试验模型破碎后,承载迅速下降,高压气体快速膨胀做功,通过所述补压活塞作用于所述油压腔,进而传递于试验模型,模拟弹性区围岩弹性能快速释放的过程。

[0027] 进一步的技术方案,所述动载施加系统包括动载框架、重锤、摆锤、重锤提升机构、摆锤抬升机构、霍普金森杆,所述动载框架为所述动载施加系统的主体结构,其余各机构均安装于所述动载框架;

[0028] 所述动载框架安装于所述反力密封系统外围,所述动载框架上设置滑移装置,实现所述动载框架滑移;

[0029] 优选的,所述重锤、所述摆锤和所述霍普金森杆均可对所述动静复合加载油缸施加冲击荷载,所述重锤提升机构将所述重锤提升至指定高度,所述摆锤抬升机构将摆锤抬升至指定高度,从而实现冲击荷载的定量施加。

[0030] 进一步的技术方案,所述声发射监测系统用于实现试验模型内部的声发射信号无损引出,所述声发射监测系统由声发射探头、信号探针、安装法兰、螺栓、密封圈组成;

[0031] 所述信号探针穿过所述反力密封系统进入模型,所述信号探针与所述反力密封系统之间布置所述密封圈,实现气密封;

[0032] 优选的,所述信号探针通过所述安装法兰、所述密封圈及所述螺栓密封安装于所述反力密封系统;

[0033] 优选的,所述信号探针为不锈钢密实材质,方便声发射信号无损传递;

[0034] 所述声发射探头紧密贴合于所述信号探针外端,实现了声发射信号的高精度获取;

[0035] 优选的,所述声发射信号检测系统试验过程中布置于所述反力密封系统的多个面上,不同监测点形成三维空间,实现模型内部的声发射信号三维获取,进而可分析形成试验模型内部三维裂隙场。

[0036] 进一步的技术方案,所述反力密封系统包括反力装置、掘进装置及旋转油缸;

[0037] 所述反力装置自下而上分别为底板结构、中部回形结构、顶板结构,形成试验模型高压气体密封空间;

[0038] 所述底板结构底部安装所述旋转油缸,可将反力装置按照模型煤岩层的倾角旋转,以水平分层铺设倾斜煤岩层;

[0039] 所述掘进装置安装于所述反力装置前部,实现试验模型巷道保压掘进。

[0040] 进一步的技术方案,所述底板结构设置有充气孔及引线孔,所述充气孔用于向试验模型进行高压气体充填,所述引线孔用于试验模型内部多种传感器的信号线引出。

[0041] 进一步的技术方案,所述反力密封系统还设有多个加载孔,所述加载孔的内部对应布置推力板,所述加载孔的外部安装所述动静复合加载油缸,实现真三维地应力加载。

[0042] 进一步的技术方案,所述动载框架上设置有滑移装置,将所述动载框架移动至指定位置,所述重锤与所述动静复合加载油缸的所述冲击杆同心布置,所述摆锤在落下状态也与所述动静复合加载油缸的所述冲击杆同心布置。

[0043] 第二方面,公开了巷道保压掘进过程多应变率扰动致突模拟试验方法,包括:

[0044] 试验时,首先向所述回程腔内充入液压油,使所述中空活塞运动至指定位置,然后向所述储能腔内充入高压气体,然后再向所述油压腔内充入高压油,高压油的油压可作用于所述中空活塞,进而向外传递于所述反力密封系统内部的所述推力杆,高压油的油压可对所述蓄能腔内的气体进一步压缩,提高气体积蓄的膨胀能;

[0045] 在所述气液复合加载油缸外部,通过多种动载施加机构对所述冲击杆施加多种应变率的动态荷载,并通过所述冲击杆传递于所述推力板,实现多应变率的动静耦合加载;

[0046] 试验模型在动静耦合加载作用下发生破坏后,蓄能腔内的高压气体可迅速膨胀对所述补压活塞做功,进而将压力传递于所述油压腔及所述中空活塞,从而模拟地下工程弹性区围岩弹性能快速释放的过程。

[0047] 以上一个或多个技术方案存在以下有益效果:

[0048] 本公开技术方案通过上述结构实现了试验模型内部的声发射信号无损引出。所述声发射探头紧密贴合于所述信号探针外端,实现了声发射信号的高精度获取。所述声发射信号监测系统结构简单,方便安装。试验过程中所述声发射信号检测系统布置于所述反力密封系统的多个面上,不同监测点形成三维空间,实现模型内部的声发射信号三维获取,进而可分析形成试验模型内部三维裂隙场。

[0049] 本公开技术方案可在实现试验模型高压气体充填和地应力加载的条件下同时实现巷道保压掘进和多应变率动静耦合加载。

[0050] 本公开技术方案实现了多种应变率动静态荷载的耦合施加,具有丰富的试验功能。

[0051] 本公开技术方案可在试验模型发生破坏后,通过高压气体快速膨胀模拟深部地下工程弹性区围岩弹性能快速释放的过程,使模拟试验更加准确。

[0052] 本公开技术方案可在高压气体充填条件下高精度获取试验模型内部的三维声发射信号,并实现试验模型内部裂隙三维成像。

[0053] 本发明附加方面的优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0054] 构成本公开的一部分的说明书附图用来提供对本公开的进一步理解,本公开的示意性实施例及其说明用于解释本公开,并不构成对本公开的不当限定。

[0055] 图1是本发明实施例中试验装置整体立体图;

[0056] 图2是本发明实施例中试验装置整体侧视图;

[0057] 图3是本发明实施例中反力密封系统立体图;

[0058] 图4是本发明实施例中动静复合加载油缸剖视图;

[0059] 图5是本发明实施例中声发射监测系统平面图;

[0060] 其中:1、反力密封系统,1-1、反力装置,1-2、掘进装置,1-3、推力板,1-4、旋转油缸,1-5、底板结构,1-6、中部回形结构,1-7、顶板结构,1-8、加载孔,2、动静复合加载油缸,2-1、缸体,2-2、中空活塞,2-3、冲击杆,2-4、补压活塞,2-5、回程腔,2-6、油压腔,2-7、储能腔,2-8、密封圈,3、动载施加系统,3-1、动载框架,3-2、重锤,3-3、摆锤,3-4、重锤提升机构,3-5、摆锤抬升机构,3-6、霍普金森杆,3-7、滑移装置,4、声发射监测系统,4-1、声发射探头,4-2、信号探针,4-3、安装法兰,4-4、螺栓。

具体实施方式

[0061] 应该指出,以下详细说明都是示例性的,旨在对本公开提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本公开所属技术领域的普通技术人员通常理解相同含义。

[0062] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本公开的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0063] 在不冲突的情况下,本公开中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0064] 本公开技术方案解决了现有试验系统无法在地应力加载及高压气体充填条件下进行巷道掘进并施加多应变率动载扰动致突模拟的技术难题,具有多应变率动静荷载耦合施加、动态扰动荷载定量控制、弹性能释放模拟、声发射信号高精度获取的有益效果,其方案如下:巷道保压掘进过程多应变率扰动致突模拟试验系统,包括反力密封系统,用于形成

试验模型高压密封容腔,并提供加载的反力;动静复合加载油缸,用于实现多应变率动静荷载耦合施加及煤岩弹性能快速释放模拟;动载施加系统,用于自动化定量施加多应变率扰动荷载;声发射监测系统,实现模型内部的声发射信号无损引出及高精度获取。

[0065] 实施例一

[0066] 正如背景技术所介绍的,现有技术中存在的不足,为了解决如上的技术问题,本发明提出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。

[0067] 下面结合说明书附图,对本发明实施例进行详细阐述。

[0068] 如图1及图2所示,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包括反力密封系统1、动静复合加载油缸2、动载施加系统3、声发射监测系统4。反力密封系统1是试验装置的主体结构,内部布置试验模型,形成试验模型高压密封容腔,通过高强度螺栓将用于模型加载的动静复合加载油缸2安装在反力密封系统1上,动静复合加载油缸2通过活塞对模型表面加载,并通过螺栓将加载的反力传递到反力密封系统1,提供加载的反力,并对试验模型进行巷道保压掘进。

[0069] 具体的,对试验模型进行巷道保压掘进的前提是煤层气体保压,为此共设计三层气体保压装置,1、通过特种密封胶,整体包裹煤层;2、顶底板材料为低渗材料,降低气体渗透速率;3、反力密封系统整体设置多种密封结构,实现整体气密性。在此基础上,通过掘进装置开挖试验模型,从而实现巷道保压掘进。

[0070] 动静复合加载油缸2嵌入式安装于反力密封系统1,并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。动载施加系统3布置于反力密封系统1的外围,并自动化将多应变率扰动荷载定量施加于动静复合加载油缸2。声发射监测系统4密封安装于反力密封系统1,实现试验模型内部的三维声发射信号无损引出及高精度获取。

[0071] 如图1-3所示,反力密封系统1由反力装置1-1、掘进装置1-2、推力板1-3、旋转油缸1-4组成。其中反力装置1-1为反力密封系统1的结构,反力装置1-1自下而上分别为底板结构1-5、中部回形结构1-6、顶板结构1-7,顶板结构1-5、中部回形结构1-6及底板结构1-7通过高强螺栓和密封圈连接为一体,形成试验模型高压气体密封空间。反力装置1-1的底部两侧安装各安装一个旋转油缸1-4,可将反力装置1-1按照模型煤岩层的倾角旋转,以便水平分层铺设倾斜煤岩层,提高倾斜煤岩层模型制作的准确性和便利性。

[0072] 底板结构上表面、顶板结构下表面及中部回形结构上下表面都加工出密封槽,用于整体安装时放置密封圈。中部回形结构上下表面均为整体钢板加工而成,提高了装置的整体性和气密性。

[0073] 具体的,反力装置1-1的底板结构1-5设置有充气孔及引线孔,充气孔用于向试验模型进行高压气体充填,引线孔可用于试验模型内部多种传感器的信号线引出。反力装置1-1上设有多个加载孔1-8,加载孔1-8的内部对应布置推力板1-3,加载孔1-8的外部安装动静复合加载油缸2,实现真三维地应力加载。

[0074] 反力装置的中部回形结构及顶板结构设置加载孔,其中顶板结构上设置两个,中部回形结构的三个面上设置加载孔,中部回形结构的另一个面上设置开挖口。

[0075] 加载孔1-8的内部对应布置推力板1-3,对应布置即为一个加载孔对应布置一个加载板,二者同心布置,加载孔为反力装置上的开孔,加载板为放置于反力装置内部的机构。

[0076] 试验时,油缸的活塞通过加载孔伸入反力装置,并与加载板接触,将加载力传递于加载板。

[0077] 掘进装置1-2可实现试验模型巷道保压掘进。通过上述结构实现了试验模型高压气体充填保压及真三维地应力加载条件下巷道掘进。

[0078] 具体的,掘进装置安装于反力装置的中部回形结构位置,中部回形结构的三个面上设置加载孔,中部回形结构的另一个面上设置开挖口,开挖口外面对应安装掘进装置。

[0079] 反力密封系统1的具体设计方案可见论文“袁亮,王伟,王汉鹏.巷道掘进揭煤诱导煤与瓦斯突出模拟试验系统[J].中国矿业大学学报,2020,49(02):205-214”。

[0080] 如图4所示,动静复合加载油缸2嵌入式安装于反力密封系统1的加载孔1-8的外部,动静复合加载油缸2对应布置推力板1-3,用于对试验模型施加真三维地应力。

[0081] 动静复合加载油缸2由缸体2-1、中空活塞2-2、冲击杆2-3、补压活塞2-4组成,中空活塞2-2、补压活塞2-4将缸体2-1的内部空间分为回程腔2-5、油压腔2-6及储能腔2-7,回程腔2-5和油压腔2-6内充入液压油,储能腔2-7内充入高压气体。冲击杆2-3穿过中空活塞2-2,贯穿整个动静复合加载油缸2。冲击杆2-3的一端与中空活塞2-2的端部平齐,冲击杆2-3的另一端凸出于动静复合加载油缸2。动静复合加载油缸2内部设置多道密封圈2-8,隔离各腔室,实现动态密封。防止油气混合。所述冲击杆穿过所述中空活塞,可在外部对所述冲击杆施加多种应变率的冲击荷载,进而传递于试验模型,实现动静耦合加载。所述回程腔可通过液压油将所示中空活塞调整至指定位置。

[0082] 为防止试验过程中,反力装置内部的气体通过加载孔及动静复合加载油缸向外泄露,在动静复合加载油缸上设置多道密封圈,主要为:安装法兰、活塞杆、冲击杆。

[0083] 试验时,首先向回程腔2-5内充入液压油,使中空活塞2-2运动至指定位置,然后向储能腔2-7内充入高压气体,然后再向油压腔2-6内充入高压油,高压油的油压可作用于中空活塞2-2,进而向外传递于反力密封系统1内部的推力板1-3,高压油的油压可对蓄能腔2-7内的气体进一步压缩,提高气体积蓄的膨胀能。根据试验方案在气液复合加载油缸2的外部,通过多种动载施加机构对冲击杆2-3施加多种应变率的动态荷载,并通过冲击杆2-3传递于推力板1-3,从而实现了多应变率的动静耦合加载。

[0084] 上述油压腔内可充入高压油,油压经所述中空活塞传递于试验模型。所述储能腔内可充入高压气体,高压气体经高压油进一步压缩可存储气体膨胀能,当试验模型破碎后,承载迅速下降,高压气体快速膨胀做功,通过所述补压活塞作用于所述油压腔,进而传递于试验模型,模拟弹性区围岩弹性能快速释放的过程。

[0085] 如图4所示,试验模型在动静耦合加载作用下发生破坏后,试验模型承载力迅速下降。由于液压油的不可压缩性,造成油压腔2-6内的液压油无法快速补充,油压腔2-6内的油压将会下降,液压油输出的油压将无法保持恒定,推力板1-3会出现临空状态,影响试验精度。此时蓄能腔2-7内的高压气体可迅速膨胀做功,推动补压活塞2-4挤压油压腔2-6内的液压油,进而将压力传递于中空活塞2-2,从而模拟了地下工程弹性区围岩弹性能快速释放的过程。

[0086] 如图1-2所示,动载施加系统3布置于反力密封系统1的外围,动载施加系统3包括动载框架3-1、重锤3-2、摆锤3-3、重锤提升机构3-4、摆锤抬升机构3-5、霍普金森杆3-6,动载框架3-1为动载施加系统3的主体结构,其余各机构均安装于动载框架3-1。

[0087] 反力密封系统1如同一个方形机械机构,动载施加系统3为一个框架结构,反力密封系统位于动载施加系统的中间位置。

[0088] 动载框架3-1上设计滑移装置3-7,可自动化将动载框架3-1移动至指定位置。重锤3-2与位于反力密封系统1顶部的动静复合加载油缸2的冲击杆2-3同心布置,此处的同心布置是指当重锤下落后,与动静复合加载油缸接触,二者同心,只有二者同心布置,才能使冲击力更均匀、更准确的传递于动静复合加载油缸,防止重锤落下后,砸到别的位置。摆锤3-3在落下状态与位于反力密封系统1侧部的动静复合加载油缸2的冲击杆2-3同心布置,此处的同心布置是指当摆锤下落后,与动静复合加载油缸接触,二者同心,只有二者同心布置,才能使冲击力更均匀、更准确的传递于动静复合加载油缸,防止摆锤落下后,砸到别的位置。

[0089] 重锤提升机构3-4对应布置于重锤3-2旁边,摆锤抬升机构3-5对应布置于摆锤3-3旁边。重锤提升机构3-4可通过伺服电机、凸轮、钢丝绳等机构将重锤3-2自动化提升至指定高度,从而对安装于反力密封系统1顶部的动静复合加载油缸2施加定量冲击荷载。

[0090] 摆锤抬升机构3-5可通过伺服电机、钢丝绳等机构将摆锤3-3自动化抬升至指定角度,从而对安装于反力密封系统1侧部的动静复合加载油缸2施加定量冲击荷载。

[0091] 上述重锤、摆锤和所述霍普金森杆均可对所述动静复合加载油缸施加冲击荷载。所述重锤提升机构可自动化将所述重锤提升至指定高度,所述摆锤抬升机构可自动化将摆锤抬升至指定高度,从而实现冲击荷载的定量施加

[0092] 如图5所示,反力密封系统1的反力装置1-1的多个面上设置有声发射信号监测孔,声发射信号监测系统4安装于信号监测孔。

[0093] 为形成模型内部裂隙发育的三维云图,必须在至少三个面上布置声发射探头,为此,本装置上布置声发射探头的具体位置为:反力装置前部带有开挖口的面,反力装置的底板结构,以及反力装置中部回形结构上的后面(与开挖口面的背面)。

[0094] 声发射监测系统4由声发射探头4-1、信号探针4-2、安装法兰4-3、螺栓4-4、密封圈2-8组成。信号探针4-2由外到内穿过反力密封系统1进入试验模型内部,信号探针4-2为不锈钢密实材质,方便了声发射信号无损传递。信号探针4-2与反力密封系统1之间布置密封圈2-8,实现气密封。信号探针4-2通过安装法兰4-3、密封圈2-8及螺栓4-4密封安装于反力密封系统1。声发射探头4-1安装于信号探针4-2外端,二者通过乳胶连接。

[0095] 其中,信号探针穿过所述反力密封系统进入模型,所述信号探针与所述反力密封系统之间布置所述密封圈,实现气密封。所述信号探针通过所述安装法兰、所述密封圈及所述螺栓密封安装于所述反力密封系统。通过上述结构实现了试验模型内部的声发射信号无损引出。所述声发射探头紧密贴合于所述信号探针外端,实现了声发射信号的高精度获取。

[0096] 通过上述结构实现了试验模型内部的声发射信号无损引出。声发射探头4-1紧密贴合于信号探针4-2外端,实现了声发射信号的高精度获取。声发射信号监测系统结构简单,方便安装。试验过程中声发射信号检测系统布置于反力密封系统的多个面上,不同监测点形成三维空间,实现模型内部的声发射信号三维获取,进而可分析形成试验模型内部三维裂隙场。

[0097] 实施例二

[0098] 本实施例的目的是提供一种巷道保压掘进过程多应变率扰动致突模拟试验方法,

包括：

[0099] 试验时，首先向所述回程腔内充入液压油，使所述中空活塞运动至指定位置，然后向所述储能腔内充入高压气体，然后再向所述油压腔内充入高压油，高压油的油压可作用于所述中空活塞，进而向外传递于所述反力密封系统内部的所述推力杆，高压油的油压可对所述蓄能腔内的气体进一步压缩，提高气体积蓄的膨胀能；

[0100] 在所述气液复合加载油缸外部，通过多种动载施加机构对所述冲击杆施加多种应变率的动态荷载，并通过所述冲击杆传递于所述推力板，实现多应变率的动静耦合加载；

[0101] 试验模型在动静耦合加载作用下发生破坏后，蓄能腔内的高压气体可迅速膨胀对所述补压活塞做功，进而将压力传递于所述油压腔及所述中空活塞，从而模拟地下工程弹性区围岩弹性能快速释放的过程。

[0102] 以上所述仅为本公开的优选实施例而已，并不用于限制本公开，对于本领域的技术人员来说，本公开可以有各种更改和变化。凡在本公开的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本公开的保护范围之内。

[0103] 上述虽然结合附图对本公开的具体实施方式进行了描述，但并非对本公开保护范围的限制，所属领域技术人员应该明白，在本公开的技术方案的基础上，本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本公开的保护范围以内。

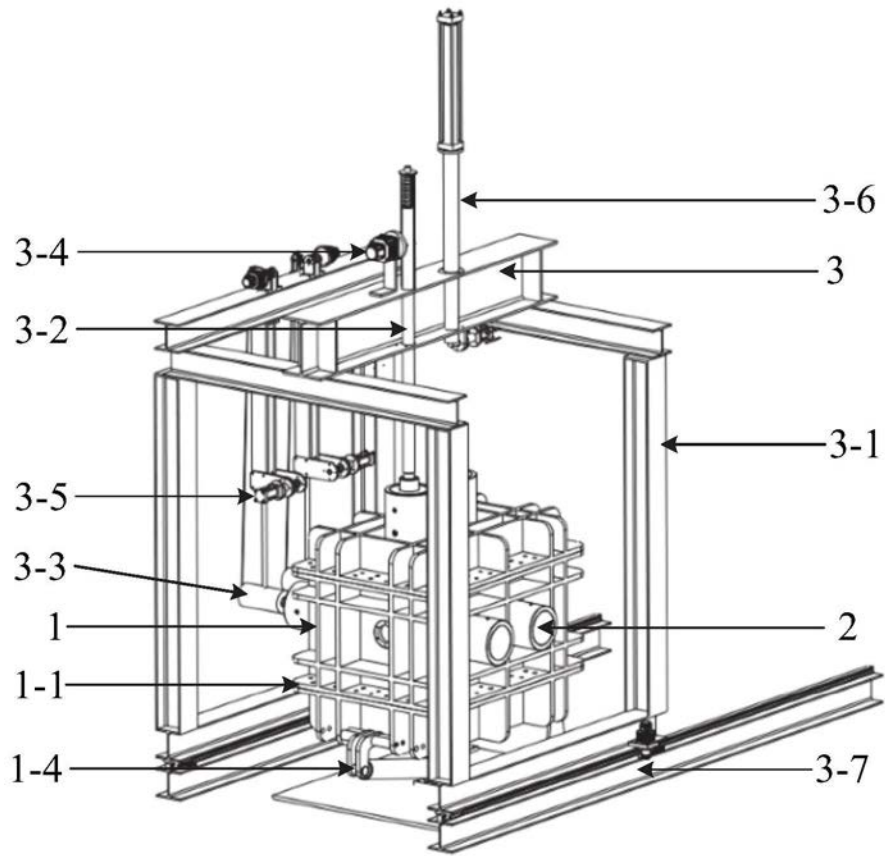


图1

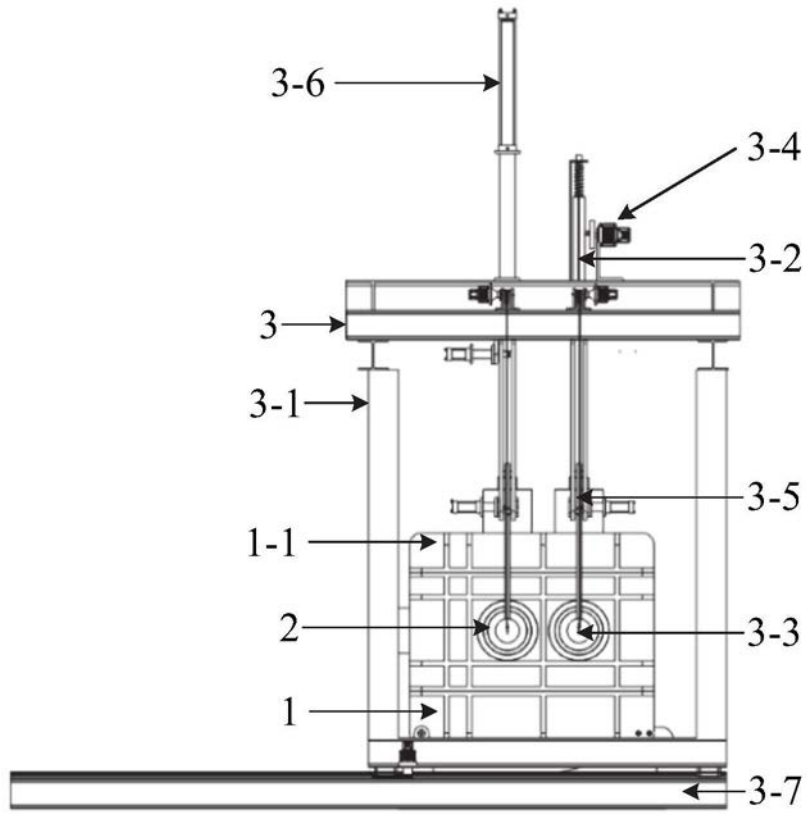


图2

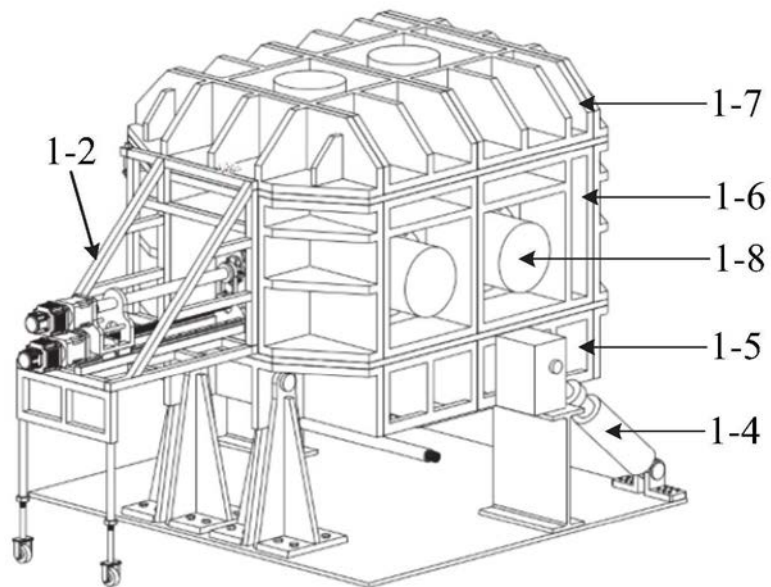


图3

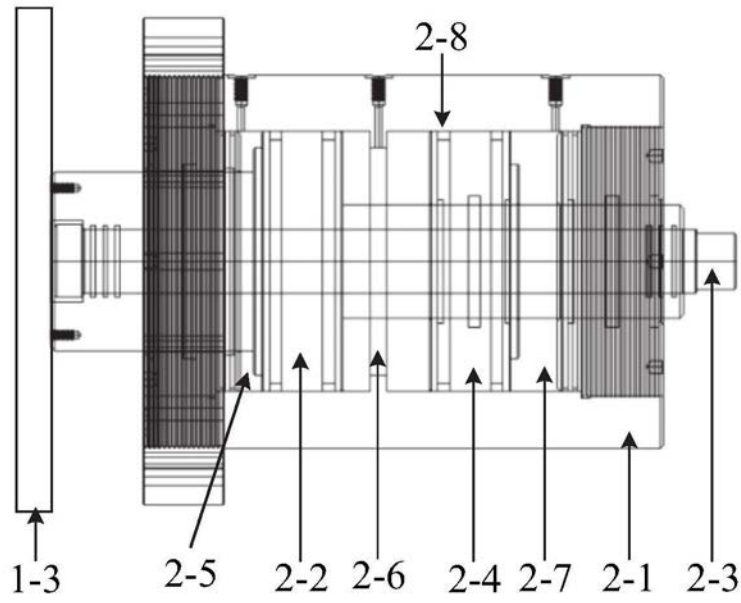


图4

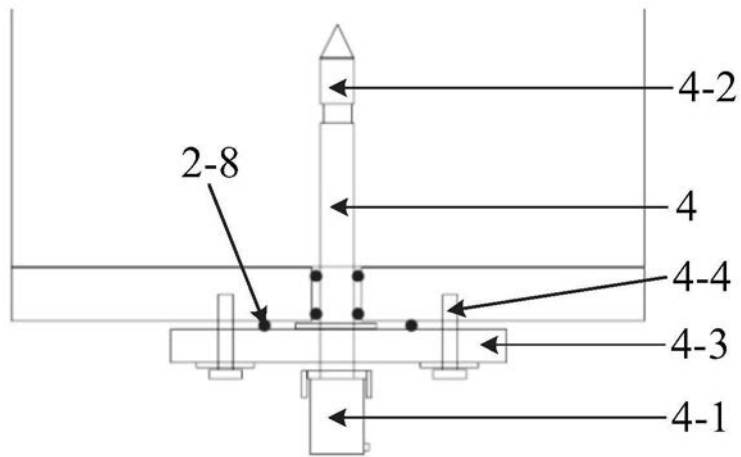


图5