



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103454164 A

(43) 申请公布日 2013. 12. 18

(21) 申请号 201310422175. 7

(22) 申请日 2013. 09. 13

(71) 申请人 安徽理工大学

地址 232001 安徽省淮南市田家庵区舜耕中
路 168 号

(72) 发明人 谢广祥 殷志强 王磊 胡祖祥

(74) 专利代理机构 北京双收知识产权代理有限
公司 11241

代理人 王菊珍

(51) Int. Cl.

G01N 3/30 (2006. 01)

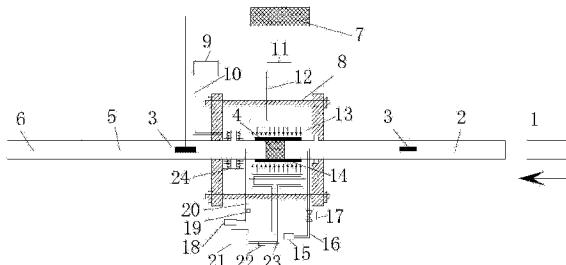
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

多场耦合煤岩冲击加载实验装置及实验方法

(57) 摘要

一种多场耦合状态煤岩冲击实验装置及其实验方法。所述实验装置包括轴向静压加载装置、轴向静压加载液压油泵、轴向静压输油管、围压加载液压油泵、围压加载输油管、径向围压加载装置、瓦斯气罐、瓦斯进气管、瓦斯压力调节阀、抽气泵、瓦斯传感器、瓦斯出气管、冷热两用压缩机、伺服油泵、冷热两用输油管。该实验装置和方法能实现煤岩试样处于多场耦合状态，保证煤岩试样处于轴向静载、径向围压静载、瓦斯压力、温度耦合状态，从而可以针对动态加载的情形开展实验。



1. 一种多场耦合状态冲击实验装置,包括轴向静压加载装置、轴向静压加载液压油泵、轴向静压输油管、围压加载液压油泵、围压加载输油管、径向围压加载装置、瓦斯气罐、瓦斯进气管、瓦斯压力调节阀、抽气泵、瓦斯传感器、瓦斯出气管、冷热两用压缩机、伺服油泵、冷热两用输油管,其特征是:

在煤岩试样的两端的应力波入射杆和透射杆之间设置所述轴向静压加载装置,在轴向静压加载装置中间试样位置设置所述径向围压加载装置;

在试样两端的入射杆和透射杆中心开设进气孔和出气孔,分别与瓦斯进气管和瓦斯出气管连接,瓦斯进气管通过瓦斯压力调节阀与瓦斯气罐连接,瓦斯出气管通过瓦斯传感器与抽气泵连接,实现实验过程试样处于瓦斯赋存环境;

在围压加载装置内设置冷热两用输油管,通过伺服油泵与冷热两用压缩机相连,实现对试样实验过程温度控制。

2. 根据权利要求1所述的实验装置,其特征是:所述轴向静压加载装置通过轴向静压输油管与轴向静压加载液压油泵相连,实现对试样的轴向静压加载;所述径向围压加载装置通过围压加载输油管与围压加载液压油泵相连,实现对试样的径向静态围压加载。

3. 根据权利要求1所述的实验装置,其特征是:还包括数据采集系统,其两端通过应变片分别与入射杆和透射杆连接,用于采集入射杆和透射杆中的应力波信号。

4. 根据权利要求1-3中任意一个所述的实验装置,其特征是:还包括热缩管橡胶套,将所述试样除两端头外四周涂抹硅胶置于热缩管橡胶套中,保证试样与围压液压油隔离,试样两端头分别与入射杆和透射杆轴心对齐。

5. 根据权利要求1-3中任意一个所述的实验装置,其特征是:还包括入射端轴向静压加载挡板、连杆、固定螺丝、轴向静压加载油仓密封圈、入射杆和透射杆上的固定接头,其中入射杆和透射杆上的固定接头成凸字型,入射杆上的突出部位与入射端轴向静压加载挡板中心部位的凹槽相连,透射杆上的突出部位与轴向静压加载油压仓相连,形成液压活塞,在所述的轴向静压加载油压仓与透射杆的接触处分别由轴向静压加载油仓密封圈进行密封,轴向静压加载油压仓与入射端轴向静压加载挡板通过两个连杆连接,在所述的连杆和轴向静压加载油压仓与入射端轴向静压加载挡板的连接处分别由固定螺丝进行固定,形成轴向静压加载过程的固定框架,通过轴向静压输油管与轴向静压加载液压油泵相连,实现对试样的轴向静压加载。

6. 一种试样多场耦合实验方法,包括如下步骤:

(1) 将试样除两端头外四周涂抹硅胶置于热缩管橡胶套中,试样两端头分别与入射杆和透射杆轴心对齐,使试样处于密封状态,保持与围压装置中的液压油隔绝;

(2) 将透射杆的轴向加载装置的轴向静压加载液压油泵打开,使试样施加一定轴向静压;

(3) 将围压加载液压油泵打开,使试样施加一定的径向围压;

(4) 将打开瓦斯气罐,调节瓦斯压力,使试样入射杆端部施加一定瓦斯压力,打开抽气泵,使试样投射杆端部产生一定负压,促使瓦斯流动,使试样处于瓦斯环境;

(5) 关闭抽气泵,使试样处于一定的瓦斯压力赋存条件,调节进气瓦斯压力调节阀使瓦斯气压在恒压状态下保持一段预设时间,直至煤岩试样处于富含瓦斯状态;

(6) 打开冷热两用压缩机,调节输出温度,打开伺服泵,使围压装置中的液压油及试样

处于设定温度状态；

- (7) 移动吸收杆，使其与透射杆紧密轴心对齐；
 - (8) 打开数据采集系统，采集入射杆和投射杆中的应力波信号；
 - (9) 关闭瓦斯压力调节阀，伺服泵；
 - (10) 发射冲头，冲头撞击入射杆产生应力波，应力波通过入射杆连接端头传入煤岩试样，并通过透射杆连接端头传入透射杆并传入吸收杆；
 - (11) 数据采集系统通过应变片采集到入射杆和透射杆上的应力波信号，将采集到的数据信号进行数据处理，得到该轴向静载、径向围压静载、瓦斯压力、温度多场耦合状态下煤岩的动力学特性曲线。
7. 根据权利要求 6 所述的实验方法，其特征是：当瓦斯出气管上的瓦斯传感器监测到恒定的瓦斯浓度和流量时，关闭抽气泵。
8. 根据权利要求 7 所述的实验方法，其特征是：所述数据采集系统为传统的 SHPB 设备。
9. 根据权利要求 6-8 中任意一个所述的实验方法，其特征是：所述轴向静压和径向围压都为 10MPa。
10. 根据权利要求 6-8 中任意一个所述的试验方法，其特征是：所述瓦斯压力为 1MPa，所述设定温度为 35 摄氏度。

多场耦合煤岩冲击加载实验装置及实验方法

技术领域

[0001] 本发明属于煤岩力学特性测试技术领域,更具体地,涉及一种用于模拟静应力、温度、瓦斯吸附多场耦合状态煤岩冲击加载实验装置及实验方法。

背景技术

[0002] 在地下煤炭资源的开采过程中,大量使用机械化综采割煤机对煤岩进行破碎、采空区顶板周期跨落、以及工作面附近岩巷的爆破开挖等工作对工作面煤岩体带来明显的冲击动力扰动,导致深部煤岩瓦斯动力灾害频繁,严重危害矿工生命安全,为深入研究深部煤岩瓦斯动力灾害的机理,需要探索煤岩受冲击加载的动态力学特性。这些动态力学特性通常是通过实验室开展各类冲击实验来获得,目前应用较广泛而且结果比较可靠的冲击实验系统是 SHPB (split Hopkinson pressure bar, 分离式霍普金森压杆) 装置,以及由此改进的各种变形装置。

[0003] 众多学者认为深部煤炭回采过程中的煤岩瓦斯动力灾害是由地应力、瓦斯、地温、开采扰动、煤岩的物理力学特性共同作用的结果。传统的 SHPB 实验中,所测试试样往往处于室温和暴露在空气之中,导致实验过程试样温度受实验季节变化而变化,同时煤岩中赋存的瓦斯暴露空气中将发生瓦斯解吸作用,导致煤岩试样内瓦斯气体脱离,试样内几乎不再含有瓦斯气体。然而,我国煤层大部分是含有丰富瓦斯(主要是甲烷 CH₄)的石炭二叠纪的煤层,随着煤炭资源回采深度的不断增加,煤岩体瓦斯含量也呈增加趋势,未开采煤体处于富含瓦斯状态,在地下深处的瓦斯压力可达 10MPa 以上,煤岩体内瓦斯含量远远高于传统实验试样中瓦斯含量;同时随煤炭资源开采深度的不断增加,地热温度以每 100 米 3 摄氏度的速度增加,以回采 1 千米深度的煤炭资源为例,其煤岩本身的温度可达 40 摄氏度,随开采深度的增加还将进一步增高,在瓦斯赋存及高温条件作用下煤岩的力学特性与传统实验结果有较大差别。因此,研制相应的多场耦合煤岩冲击加载装置,进行静应力、瓦斯赋存、温度场多场耦合条件下的冲击力学特性实验成了当前煤岩力学领域亟待开展的工作。

[0004] 现有对矿山深部资源回采过程中动力灾害研究的模拟实验装置,主要可分以下几种:(1) 动、静载应力耦合,如动静载组合加载实验装置,但该类实验装置,试样暴露在空气中,无法开展模拟瓦斯环境下煤岩体力学特性实验;(2) 气固环境耦合,瓦斯环境力学实验装置,该类实验装置,在静态试验机加载条件下,开展瓦斯气体在煤岩体静态准静态加载过程,吸附解吸及渗流特性实验。

[0005] 然而在深部煤炭开采过程中,煤岩体承受高地应力静载、开采过程的强动力扰动、高地温及高瓦斯压力共同作用,其受力模式不再是单独的静应力、动载荷、温度或瓦斯压力作用,而是多物理场耦合作用,这是现存实验装置与实验方法所没能考虑的。实现煤岩多物理场耦合冲击加载实验,不但能弥补现有煤岩力学实验方法,而且能为深部煤炭资源回采工程的动力灾害研究提供更为准确的煤岩特性参数。

发明内容

[0006] 本发明根据深部煤炭资源回采过程中煤岩赋存状态特点,针对现存煤岩力学实验方法和装置没能综合考虑应力耦合和气固耦合的缺陷,提供一种能实现煤岩试样在地应力、动力扰动、瓦斯赋存、地温的多场耦合条件,与工程实际更为符合的多场耦合冲击加载实验装置和方法。

[0007] 为解决上述技术问题,根据一方面,一种多场耦合状态冲击实验装置,包括轴向静压加载装置、轴向静压加载液压油泵、轴向静压输油管、围压加载液压油泵、围压加载输油管、径向围压加载装置、瓦斯气罐、瓦斯进气管、瓦斯压力调节阀、抽气泵、瓦斯传感器、瓦斯出气管、冷热两用压缩机、伺服油泵、冷热两用输油管,其特征是:在煤岩试样的两端的应力波入射杆和透射杆之间设置所述轴向静压加载装置,在轴向静压加载装置中间试样位置设置所述径向围压加载装置;在试样两端的入射杆和透射杆中心开设进气孔和出气孔,分别与瓦斯进气管和瓦斯出气管连接,瓦斯进气管通过瓦斯压力调节阀与瓦斯气罐连接,瓦斯出气管通过瓦斯传感器与抽气泵连接,实现实验过程试样处于瓦斯赋存环境;在围压加载装置内设置冷热两用输油管,通过伺服油泵与冷热两用压缩机相连,实现对试样实验过程温度控制。

[0008] 本发明的实验装置中的所述轴向静压加载装置通过轴向静压输油管与轴向静压加载液压油泵相连,实现对试样的轴向静压加载;所述径向围压加载装置通过围压加载输油管与围压加载液压油泵相连,实现对试样的径向静态围压加载。

[0009] 本发明的实验装置还包括数据采集系统,其两端通过应变片分别与入射杆和透射杆连接,用于采集入射杆和透射杆中的应力波信号。

[0010] 本发明的实验装置还包括热缩管橡胶套,将所述试样除两端头外四周涂抹硅胶置于热缩管橡胶套中,保证试样与围压液压油隔离,试样两端头分别与入射杆和透射杆轴心对齐。

[0011] 本发明的实验装置还包括热缩管橡胶套,将所述试样除两端头外四周涂抹硅胶置于热缩管橡胶套中,保证试样与围压液压油隔离,试样两端头分别与入射杆和透射杆轴心对齐。

[0012] 本发明的实验装置还包括入射端轴向静压加载挡板、连杆、固定螺丝、轴向静压加载油仓密封圈、入射杆和透射杆上的固定接头,其中入射杆和透射杆上的固定接头成凸字型,入射杆上的突出部位与入射端轴向静压加载挡板中心部位的凹槽相连,透射杆上的突出部位与轴向静压加载油压仓相连,形成液压活塞,在所述的轴向静压加载油压仓与透射杆的接触处分别由轴向静压加载油仓密封圈进行密封,轴向静压加载油压仓与入射端轴向静压加载挡板通过两个连杆连接,在所述的连杆和轴向静压加载油压仓与入射端轴向静压加载挡板的连接处分别由固定螺丝进行固定,形成轴向静压加载过程的固定框架,通过轴向静压输油管与轴向静压加载液压油泵相连,实现对试样的轴向静压加载。

[0013] 根据本发明的另一方面,提供了一种试样多场耦合实验方法,包括如下步骤:

[0014] (1) 将试样除两端头外四周涂抹硅胶置于热缩管橡胶套中,试样两端头分别与入射杆和透射杆轴心对齐,使试样处于密封状态,保持与围压装置中的液压油隔绝;

[0015] (2) 将透射杆的轴向加载装置的轴向静压加载液压油泵打开,使试样施加一定轴向静压;

[0016] (3) 将围压加载液压油泵打开,使试样施加一定的径向围压;

- [0017] (4) 将打开瓦斯气罐, 调节瓦斯压力, 使试样入射杆端部施加一定瓦斯压力, 打开抽气泵, 使试样投射杆端部产生一定负压, 促使瓦斯流动, 使试样处于瓦斯环境;
- [0018] (5) 关闭抽气泵, 使试样处于一定的瓦斯压力赋存条件, 调节进气瓦斯压力调节阀使瓦斯气压在恒压状态下保持一段预设时间, 直至煤岩试样处于富含瓦斯状态;
- [0019] (6) 打开冷热两用压缩机, 调节输出温度, 打开伺服泵, 使围压装置中的液压油及试样处于设定温度状态;
- [0020] (7) 移动吸收杆, 使其与透射杆紧密轴心对齐;
- [0021] (8) 打开数据采集系统, 采集入射杆和投射杆中的应力波信号;
- [0022] (9) 关闭瓦斯压力调节阀, 伺服泵;
- [0023] (10) 发射冲头, 冲头撞击入射杆产生应力波, 应力波通过入射杆连接端头传入煤岩试样, 并通过透射杆连接端头传入透射杆并传入吸收杆;
- [0024] (11) 数据采集系统通过应变片采集到入射杆和透射杆上的应力波信号, 将采集到的数据信号进行数据处理, 得到该轴向静载、径向围压静载、瓦斯压力、温度多场耦合状态下煤岩的动态力学特性曲线。
- [0025] 本发明的实验方法, 其中当瓦斯出气管上的瓦斯传感器监测到恒定的瓦斯浓度和流量时, 关闭抽气泵。
- [0026] 本发明的实验方法, 其中所述数据采集系统为传统的 SHPB 设备。
- [0027] 本发明的实验方法, 其中所述轴向静压和径向围压都为 10MPa。
- [0028] 本发明的实验方法, 其中所述瓦斯压力为 1Mpa, 所述设定温度为 35 摄氏度。
- [0029] 本发明具有如下有益效果: 采用上述技术方案的用多场耦合煤岩冲击实验装置, 通过轴向静载装置, 可使煤岩试样处于轴向静应力状态; 围压装置, 可使煤样试样处于径向围压静应力状态; 安装在试样两端入射杆和透射杆中的空孔, 分别与瓦斯气罐和抽气泵连接, 可使试样处于一定瓦斯赋存状态; 通过安装在围压装置内的冷热输油管与冷热两用压缩机连接, 可使试样处于预定的温度状态; 通过与 SHPB 装置相互结合, 可实现轴向静载、径向围压静载、瓦斯压力、温度多场耦合状态下冲击动态加载, 模拟多场耦合状态煤岩冲击应力波加载方式, 通过煤岩试样多场耦合特性可更为准确的再现地下煤炭回采现场煤岩体受动力加载的破坏特性。对进一步研究探索深部煤炭回采过程中, 采动扰动诱发煤与瓦斯动力灾害机理, 进而为深部煤炭资源安全、高效回采提供理论依据。
- [0030] 综上所述, 本发明是一种能实现实验过程煤岩试样处于多场耦合状态, 保证煤岩试样处于轴向静载、径向围压静载、瓦斯压力、温度耦合状态, 用于煤岩多场耦合状态的冲击实验装置。

附图说明

- [0031] 图 1 是传统的 SHPB 结构示意图。
- [0032] 图 2 是根据本发明的一个实施例的用于静应力、冲击扰动、瓦斯赋存、温度多场耦合状态煤岩冲击实验装置的结构示意图。
- [0033] 图 3 是轴向加载装置结构示意图。
- [0034] 图 4 是根据温度控制装置所测量的试样加热过程温度随时间的变化曲线。
- [0035] 图 5 是根据图 2 的实施例的数据采集系统采集到的信号。

[0036] 图 6 是根据图 2 的实施例得到的煤岩在轴向静载 10MPa、径向围压 10MPa、瓦斯气体 1MPa、温度 35 摄氏度下的动态应力应变曲线。

[0037] 图中标号：

[0038] 1—冲头；2—入射杆；3—应变片；4—试样；5—透射杆；6—吸收杆；7—数据采集系统；8—轴向静压加载装置；9—轴向静压加载液压油泵；10—轴向静压输油管；11—围压加载液压油泵；12—围压加载输油管；13—径向围压加载装置；14—热缩管橡胶套；15—瓦斯气罐；16—瓦斯进气管；17—瓦斯压力调节阀；18—抽气泵；19—瓦斯传感器；20—瓦斯出气管；21—冷热两用压缩机；22—伺服泵；23—冷热两用输液管；24—轴向静压加载油压仓；25—入射端轴向静压加载挡板；26—连杆；27—固定螺丝；28—轴向静压加载油仓密封圈 1；29—轴向静压加载油仓密封圈 2；30—入射杆和透射杆上的固定接头。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图对本发明的实施例作进一步的描述。

[0040] 参见图 2，示出了根据本发明的一个实施例的用于静应力、冲击扰动、瓦斯赋存、温度多场耦合状态煤岩冲击实验装置的结构示意图。相比图 1 所示的传统的 SHPB 结构示意图，图 2 是传统 SHPB 加载新装置后的设备示意图。

[0041] 图 2 中，冲头 1 向入射杆 2 运动，入射杆 2、透射杆 5、吸收杆 6 共线，入射杆 2 与透射杆 5 的透射杆之间设置有试样多场耦合实验装置中的轴向静压装置 8、径向围压装置 13，径向围压装置 13 内放置试样 4，且试样 4 与入射杆 2、透射杆 5、吸收杆 6 共线。入射杆 2、透射杆 5 内分别设置应变片 3，数据采集系统 7 的两端通过应变片 3 分别与入射杆 2 和透射杆 5 通过双绞线连接。轴向静压装置 8，其中入射杆 2 和透射杆 5 上靠近试样部位设置固定接头 30，固定接头 30 成凸字型，入射杆 2 上的固定接头 30 部位与入射端轴向静压加载挡板 25 中心部位的凹槽相连，透射杆 5 上的突固定接头 30 部位与轴向静压加载油压仓 24 相连，形成液压活塞，在所述的轴向静压加载油压仓 24 与透射杆 5 的接触处分别由轴向静压加载油仓密封圈 28 及 29 进行密封，轴向静压加载油压仓 24 与入射端轴向静压加载挡板 25 通过两个连杆 26 连接，在所述的连杆 26 和轴向静压加载油压仓 24 与入射端轴向静压加载挡板 25 的连接处分别由固定螺丝 27 进行固定，形成轴向静压加载过程的固定框架，通过轴向静压输油管 10 与轴向静压加载液压油泵 9 相连，实现对试样的轴向静压加载。径向围压装置 13 通过围压加载输油管 12 与围压加载液压油泵 11 相连，实现对试样的径向静态围压加载。在所述的入射杆 2 靠近试样 4 的部位，在入射杆 2 轴心开设空孔通过瓦斯进气管 16 与瓦斯压力调节阀 17 与瓦斯气罐 15 相连，在所述的透射杆 5 靠近试样 4 的部位，在透射杆 5 轴心开设空孔通过瓦斯出气管 20 与瓦斯传感器 19 与抽气泵 18 相连，实现试样实验过程处于瓦斯赋存状态。在所述的径向围压装置 13 内设置由冷热两用压缩机 21、伺服油泵 22、冷热两用输油管 23 构成的试样温度控制装置，在径向围压装置 13 内设置冷热两用输油管 23，通过伺服油泵 22 与冷热两用压缩机 21 相连，实现试样实验过程的温度控制。

[0042] 本发明的用于多场耦合状态煤岩冲击实验装置的实验方法如下：

[0043] 在多场耦合装置的 SHPB 装置上测试轴向静载 10MPa、径向围压 10MPa、瓦斯气体 1MPa、温度 35 摄氏度条件下煤岩的动态本构。当然，使用本发明的实验装置也可以测试其他轴向静载、径向围压、瓦斯气体压力和环境温度下的煤岩的力学特性。本发明的实验方法

的详细步骤如下：

[0044] (1) 将试样 4 除两端头外四周涂抹硅胶置于热缩管橡胶套 14 中, 试样 4 两端头分别与入射杆 2 和透射杆 5 轴心对齐, 使试样处于密封状态, 保持与径向围压装置 13 中的液压油隔绝;

[0045] (2) 将透射杆 5 的轴向加载装置 8 的轴向静压加载液压油泵 9 打开, 向轴向静压加载油压仓 24 中加入液压油, 推移透射杆 5 向试样 4 方向前进压紧试样 4, 当试样 4 承受 10MPa 的轴向静压时, 关闭轴向静压加载液压油泵 9, 保持试样 4 施加 10MPa 轴向静压;

[0046] (3) 将围压加载液压油泵 11 打开, 向径向围压加载装置 13 中加入液压油, 当试样 4 承受 10MPa 的径向围压时, 关闭围压加载液压油泵 11, 保持试样 4 施加 10MPa 径向围压;

[0047] (4) 将打开瓦斯气罐 14, 调节瓦斯压力调节阀 17, 使输出瓦斯气体压力为 1MPa, 使试样入射杆端部施加一定瓦斯压力, 打开抽气泵 18, 使试样投射杆端部产生一定负压, 促使瓦斯流动, 当瓦斯出气管 20 上的瓦斯传感器 19 监测到恒定的瓦斯浓度和流量时, 关闭抽气泵 18, 保持瓦斯进气管 16 中的瓦斯压力 1MPa, 使试样 4 充分吸附, 保证试样 4 处于饱和瓦斯赋存环境;

[0048] (5) 打开冷热两用压缩机 21, 调节输出温度 35 摄氏度, 打开伺服泵 22, 使冷热两用压缩机 21 中的热传递液经过使围压装置中冷热两用输液管 23 进行热交换循环, 保证径向围压加载装置 13 及试样 4 处于设定温度状态, 加热过程试样温度变化如图 4 所示。

[0049] (7) 移动吸收杆 6, 使其与透射杆 5 紧密轴心对齐;

[0050] (8) 打开数据采集系统 7, 该数据采集系统为传统的 SHPB 设备, 用于采集入射杆 3 和投射杆 5 中的应力波信号, 其结构对本领域技术人员是公知常识;

[0051] (9) 关闭瓦斯压力调节阀 17, 瓦斯气罐 15、伺服泵 22;

[0052] (10) 发射冲头 1, 冲头 1 撞击入射杆 2 产生应力波, 应力波通过入射杆 2 传入煤岩试样 4, 通过试样 4 传入透射杆 5 并传入吸收杆 6;

[0053] (11) 数据采集系统通过应变片 3 采集到入射杆 2 和透射杆上 5 的应力波信号, 如图例 5 所示, 通过采集到的数据信号进行数据处理, 得到该轴向静载、径向围压静载、瓦斯压力、温度多场耦合状态下煤岩的动力学特性曲线。例如图 6 示出的煤岩在 1MPa 瓦斯压力下的动态应力应变曲线。

[0054] 以上的各实施例仅仅是对本发明的优选实施方式进行描述, 并非对本发明的范围进行限定, 在不脱离本发明设计精神的前提下, 本领域普通工程技术人员对本发明的技术方案做出的各种变形和改进, 均应落入本发明的权利要求书确定的保护范围内。

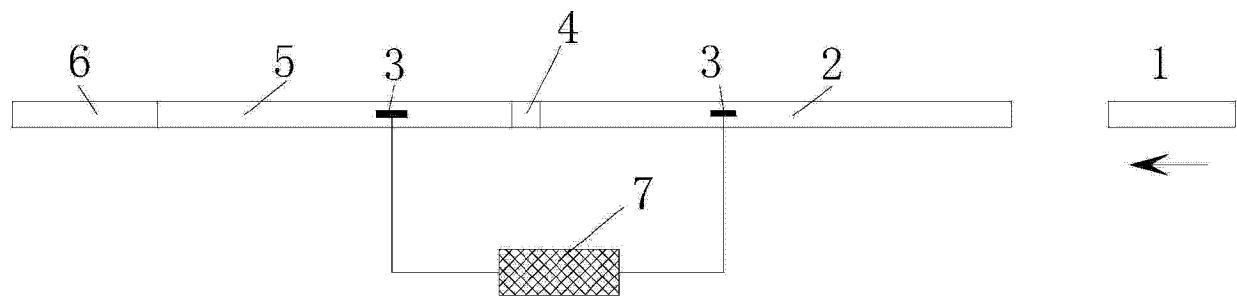


图 1

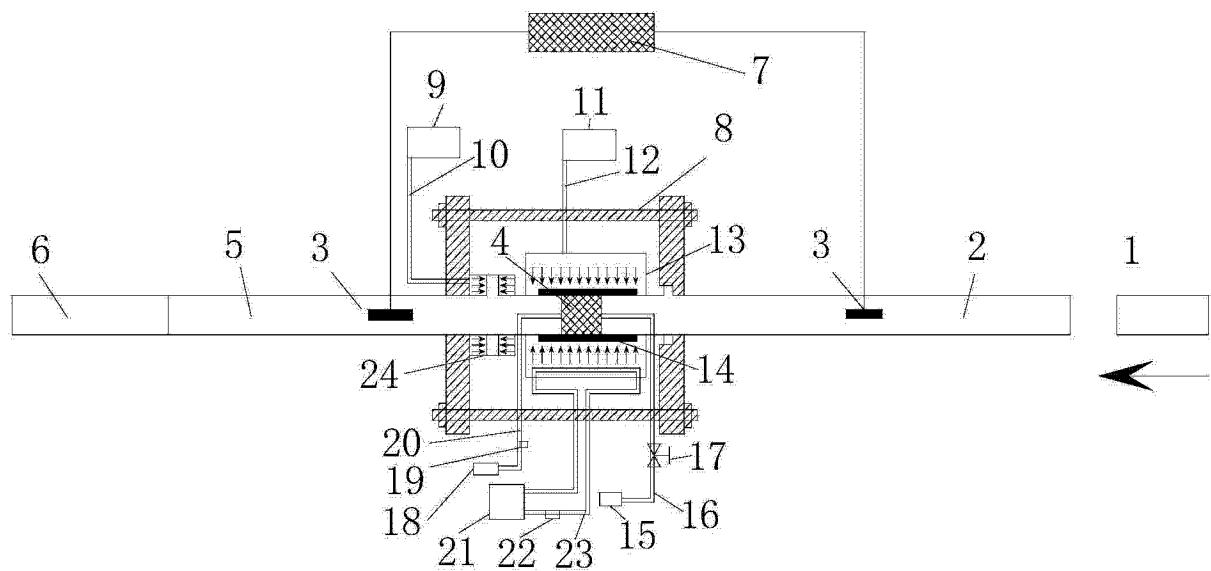


图 2

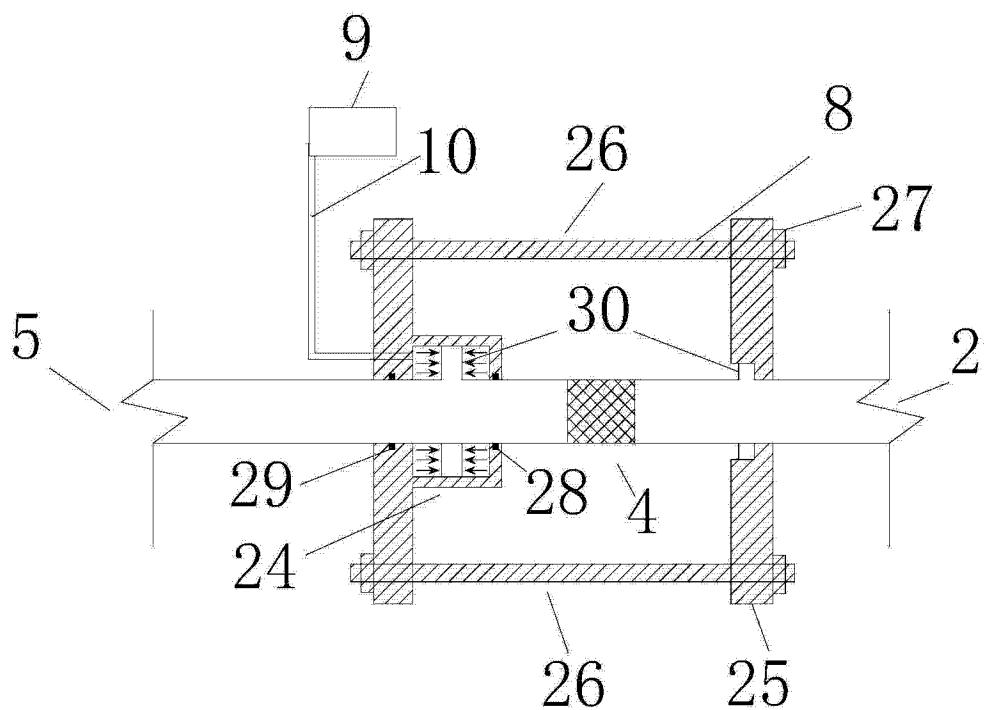


图 3

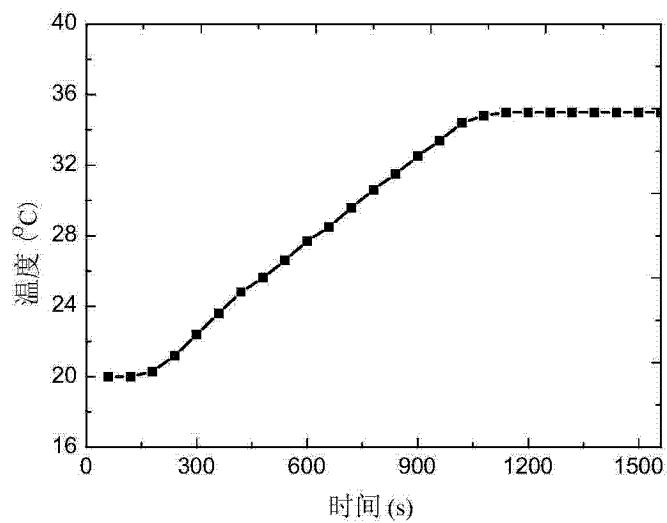


图 4

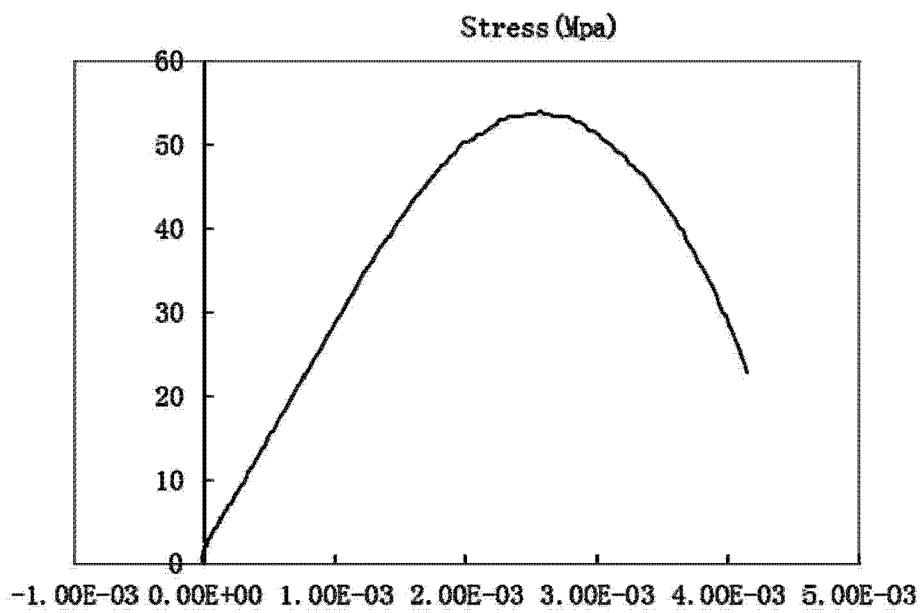
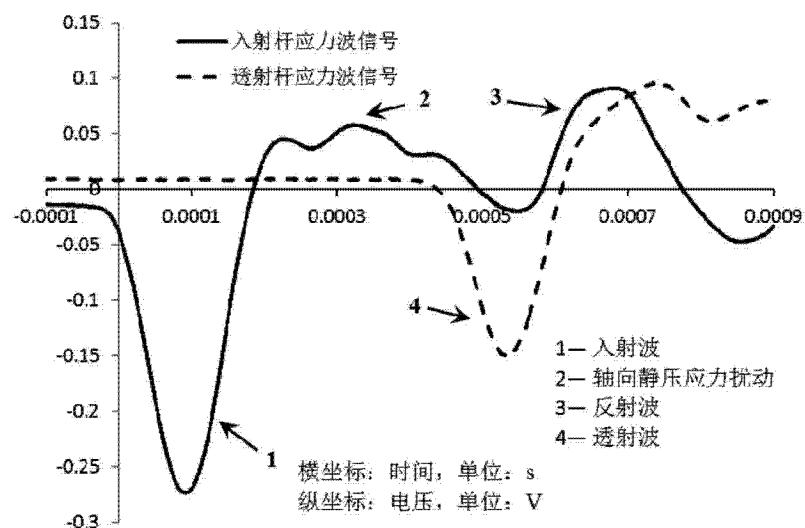


图 6