



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104266913 B

(45)授权公告日 2017.02.08

(21)申请号 201410529007.2

(22)申请日 2014.10.10

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 104266913 A

(43)申请公布日 2015.01.07

(73)专利权人 山东科技大学
地址 266590 山东省青岛市经济技术开发区前湾港路579号
专利权人 西安科技大学

(72)发明人 肖乐乐 魏久传 牛超 尹会永
郭建斌 谢道雷 张伟杰

(74)专利代理机构 青岛高晓专利事务所 37104
代理人 黄晓敏

(51)Int.Cl.
G01N 3/12(2006.01)

(56)对比文件

CN 103018105 A,2013.04.03,说明书第007-0014段及附图1-5,8.

CN 101062182 A,2014.09.24,权利要求1及说明书附图1-3.

US 5677494 A,1997.10.14,全文.

CN 203365427 U,2013.12.25,全文.

CN 103018106 A,2013.04.03,全文.

审查员 王佳

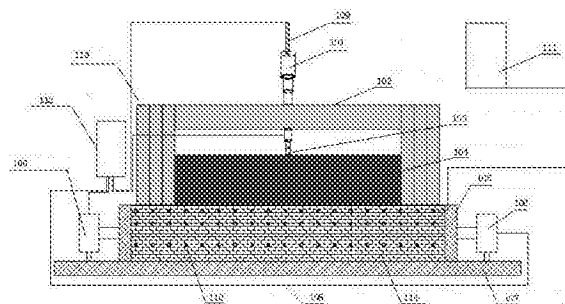
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种矿井工作面底板采动破坏模拟试验装置

(57)摘要

本发明属于煤矿工作面底板破坏模拟试验设备技术领域,涉及一种矿井工作面底板采动破坏模拟试验装置,平台底座两端制有与侧向固定板固定连接的侧向加载固定器;测试岩体同一深度水平方向均匀分布制有应力监测点;应力监测点与应力采集系统连接,测试岩体的上端固定安装制有卸载加载板,卸载加载板两侧分布安装制有可拆卸侧边,顶部加载体和卸载加载板之间设有液压伺服卸载加载器;顶部加载体上部安装制有主液压伺服加载器,主液压伺服加载器与顶部液压管路连通;液压控制伺服系统分别与主液压伺服加载器、液压伺服卸载加载器和侧向加载固定器连接;其结构简单,原理科学,维护方便,监测数据准确,操作方便。



1. 一种矿井工作面底板采动破坏模拟试验装置,其特征在于主体结构包括主液压伺服加载器、顶部加载体、液压伺服卸载加载器、卸载加载板、侧向固定板、侧向加载固定器、平台底座、液压管路、顶部液压管路、应力监测点、应力采集系统、液压伺服控制系统、可拆卸侧边和测试岩体;平台底座两端对称式固定制有侧向加载固定器,用以模拟侧向构造应力对地层的加载作用;侧向加载固定器与侧向固定板固定连接,侧向加载固定器工作时,侧向固定板与测试岩体接触加载;侧向加载固定器通过侧向固定板将测试岩体固定在平台底座上;测试岩体同一深度水平方向以每米两个的分布密度均匀分布制有均匀分布有应力监测点,应力监测点采用应力应变片式传感器,采集底板应力分布特征,;应力监测点与应力采集系统连接,应力采集系统自动采集测试岩体的应力应变数据;测试岩体的上端固定安装制有卸载加载板,卸载加载板两侧分布安装制有可拆卸侧边,可拆卸侧边在模拟试验中传递的应力是破坏底板的主要原因;顶部加载体和卸载加载板之间设有液压伺服卸载加载器,液压伺服卸载加载器由一组卸载加载器组成,卸载加载器的数量与卸载加载板的数量一致,并牢固连接,液压伺服卸载加载器模拟工作面煤层采出后对工作面底板的卸压作用,也模拟工作面顶板老空区内直接顶冒落后重新对底板进行恢复加载作用;顶部加载体上部安装制有主液压伺服加载器,主液压伺服加载器通过加载压力模拟垂直地应力,对试验初始阶段的总盈利加载,在工作面采动液压伺服卸载加载器卸压时,主液压伺服加载器仍保持原来状态,使总体压力一直存在;主液压伺服加载器与顶部液压管路连通;作为整个装置动力源和动力控制系统的液压控制伺服系统分别与主液压伺服加载器、液压伺服卸载加载器和侧向加载固定器连接;对矿井工作面底板采动破坏进行模拟试验的过程包括测试岩体的制备、矿井工作面底板采动底板破坏模拟试验测试和矿井工作面采动底板破坏机理分析三个步骤,具体工艺过程为:

(1)、测试岩体的制备:测试岩体有两种,一种为在矿井工作面巷道掘进时采集到的矿井工作面底板岩石,制备时矿井工作面底板岩石的平面要满足岩石力学试验所规定的标准;另一种为与矿井工作面底板岩石相似模拟材料制备的工作面底板,其制备材料配比以矿井工作面底板岩石力学试验参数为指导,岩石力学参数包括抗拉强度、抗压强度、抗剪强度、内聚力、内摩擦角、体积模量、剪切模量、泊松比、尺寸和密度;制备的测试岩体的长为55cm,宽为55cm,高为20cm,测试岩体采用工作面底板岩石岩样时,其平面要进行平整性测量;

(2)、矿井工作面底板采动破坏模拟试验测试:先通过侧向固定板和侧向加载固定器将测试岩体固定在平台底座上,同时加载侧向应力;再将主液压伺服加载器和顶部加载体下降并与测试岩体接触,加载垂直应力,加载时间为1~2天,测试岩体周围应力稳定后,调整液压伺服卸载加载器,开启液压伺服卸载加载器卸压模式,加载与卸载压力相同的垂直应力后开启重新加载模式,用以模拟煤层开采底板卸压和冒落带岩石压实的开采技术条件;试验进行过程中,开启应力监测系统,进行数据监测和采集;然后利用外部的声发射监测系统,对试验过程中的测试岩体裂隙发育进行监测;试验完成后,利用外部的超声波探测装置对破坏后的测试岩体进行探测,监测岩样裂隙发育深度及赋存特征;

(3)采动底板破坏机理分析:以测试岩体的力学性质为基础,采用FLAC-3D软件进行采动破坏数值模拟分析,计算采动底板应力分布特征,分析采动底板弹塑性分区,并与模拟试验采集的应力数据进行对比;分析采动底板破坏机理,同时对采动底板破坏深度进行研究,

以解决底板薄隔水层、高承压含水层采动突水难题。

一种矿井工作面底板采动破坏模拟试验装置

技术领域：

[0001] 本发明属于煤矿工作面底板破坏模拟试验设备技术领域，涉及一种矿井工作面底板采动破坏模拟试验装置。

背景技术：

[0002] 目前，随着煤层开采不断加深，地质构造及水文地质日趋复杂，矿山压力和采动应力对底板的破坏深度不断加大，开采下组煤时遇到的薄隔水层、高承压含水层采动突水问题越来越成为矿井水害主要威胁，我国在底板突水规律研究方面起始于60年代，当时注意到匈牙利底板相对隔水层理论在实践中的应用，在焦作矿区水文地质大会战中，以煤科总院西安勘探分院为代表，提出了采用突水系数作为预测预报底板突水与否的标准；在80年代初，由山东科技大学荆自刚在实践中提出“下三带”的理论观点，并由以李白英为代表的一批科研人员在实践中进行应用和发展；煤科总院北京开采所王作宇、刘鸿泉等人于上世纪90年代初提出原位张裂与零位破坏理论，煤科总院北京开采所刘天泉院士，张金才等于上世纪90年代提出了底板岩体“两带”的模型，中科院地质所提出于上世纪90年代提出“强渗通道”说；煤科院西安分院于上世纪90年代提出岩水应力关系”说。中国矿业大学钱鸣高院士、黎梁杰根据底板岩层的层状结构特征，于上世纪90年代中期建立了采场底板岩体的关键层理论。本世纪初由山东科技大学施龙青、宋振骥院士提出为开采煤层底板“下四带”理论的模型。上述底板突水及底板破坏研究主要以力学理论计算和数值软件模拟为主，而底板破坏深度探测以物探探测、钻孔注水及超声波探测为主。采场围岩运动中的顶板裂隙发育、运动可以利用室内相似模拟进行试验，但没有对采场底板破坏进行模拟试验；同时，目前煤层开采均为大型综采设备往返刀割落煤，冒落带岩石重新压实采空区底板，对这些开采技术条件也没用相似的模拟方法。因此，结合目前煤矿开采技术现状，开发一种矿井工作面底板采动破坏模拟试验装置，能够对底板受到的采动破坏行为进行试验模拟，结合岩石力学试验、损伤-断裂力学理论、数值模拟计算等手段，揭示底板采动破坏机理，解决目前受采动破坏底板突水难题。

发明内容：

[0003] 本发明的目的在于克服现有技术存在的缺点，寻求设计提供一种矿井工作面底板采动破坏模拟试验装置，开发矿井工作面底板采动破坏模拟试验平台。

[0004] 为了实现上述目的，本发明涉及的矿井工作面底板采动破坏模拟试验装置主体结构包括主液压伺服加载器、顶部加载体、液压伺服卸载加载器、卸载加载板、侧向固定板、侧向加载固定器、平台底座、液压管路、顶部液压管路、应力监测点、应力采集系统、液压伺服控制系统、可拆卸侧边和测试岩体；平台底座两端对称式固定制有侧向加载固定器，用以模拟侧向构造应力对地层的加载作用；侧向加载固定器与侧向固定板固定连接，侧向加载固定器工作时，侧向固定板与测试岩体接触加载；侧向加载固定器通过侧向固定板将测试岩体固定在平台底座上；测试岩体同一深度水平方向以每米两个的分布密度均匀分布制有应

力监测点,应力监测点采用应力应变片式传感器,采集底板应力分布特征;应力监测点与应力采集系统连接,应力采集系统自动采集测试岩体的应力应变数据;测试岩体的上端固定安装制有卸载加载板,卸载加载板两侧分布安装制有可拆卸侧边,可拆卸侧边在模拟试验中传递的应力是破坏底板的主要原因;顶部加载体和卸载加载板之间设有液压伺服卸载加载器,液压伺服卸载加载器由一组卸载加载器组成,卸载加载器的数量与卸载加载板的数量一致,并牢固连接,液压伺服卸载加载器模拟工作面煤层采出后对工作面底板的卸压作用,也模拟工作面顶板老空区内直接顶冒落后重新对底板进行恢复加载作用;顶部加载体上部安装制有主液压伺服加载器,主液压伺服加载器通过加载压力模拟垂直地应力,对试验初始阶段的总盈利加载,在工作面采动液压伺服卸载加载器卸压时,主液压伺服加载器仍保持原来状态,使总体压力一直存在;主液压伺服加载器与顶部液压管路连通;作为整个装置动力源和动力控制系统的液压控制伺服系统分别与主液压伺服加载器、液压伺服卸载加载器和侧向加载固定器连接。

[0005] 本发明对矿井工作面底板采动破坏进行模拟试验包括测试岩体的制备、矿井工作面底板采动底板破坏模拟试验测试和矿井工作面采动底板破坏机理分析三个步骤,具体工艺过程为:

[0006] (1)、测试岩体的制备:测试岩体有两种,一种为在矿井工作面巷道掘进时采集到的矿井工作面底板岩石,制备时矿井工作面底板岩石的平面要满足现有技术中岩石力学试验所规定的标准;另一种为与矿井工作面底板岩石相似模拟材料制备的工作面底板,其制备材料配比以矿井工作面底板岩石力学试验参数为指导,岩石力学参数包括抗拉强度(MPa)、抗压强度(MPa)、抗剪强度(MPa)、内聚力(MPa)、内摩擦角($^{\circ}$)、体积模量(GPa)、剪切模量(GPa)、泊松比、尺寸(m)、密度(kg/m^3);制备的测试岩体的长为55cm,宽为55cm,高为20cm,测试岩体采用工作面底板岩石岩样时,其平面要采用现有技术进行平整性测量;

[0007] (2)、矿井工作面底板采动破坏模拟试验测试:先通过侧向固定板和侧向加载固定器将测试岩体固定在平台底座上,同时加载侧向应力;再将主液压伺服加载器和顶部加载体下降并与测试岩体接触,加载垂直应力,加载时间为1~2天,测试岩体周围应力稳定后,调整液压伺服卸载加载器,开启液压伺服卸载加载器卸压模式,加载与卸载压力相同的垂直应力应力后开启重新加载模式,用以模拟煤层开采底板卸压和冒落带岩石压实的开采技术条件;试验进行过程中,开启应力监测系统,进行数据监测和采集;然后利用外部的现有声发射监测系统,对试验过程中的测试岩体裂隙发育进行监测;试验完成后,利用外部的现有超声波探测装置对破坏后的测试岩体进行探测,监测岩样裂隙发育深度及赋存特征;

[0008] (3)采动底板破坏机理分析:以测试岩体的力学性质为基础,进行采动破坏数值模拟分析,计算采动底板应力分布特征,分析采动底板弹塑性分区,并与模拟试验采集的应力数据进行对比;分析采动底板破坏机理,同时对采动底板破坏深度进行研究,以解决底板薄隔水层、高承压含水层采动突水难题。

[0009] 本发明所述数值模拟分析采用现有的FLAC-3D(Three Dimensional Fast Lagrangian Analysis of Continua)软件,FLAC-3D是美国Itasca Consulting Group Inc开发的三维快速拉格朗日分析程序,能较好地模拟地质材料在达到强度极限或屈服极限时发生的破坏或塑性流动的力学行为,特别适用于分析渐进破坏和失稳以及模拟大变形。

[0010] 本发明所述底板破坏机理是利用岩层底板采用应力分布特征、破坏特征,分析底

板在采动影响下的破坏规律,即通过构建底板岩层本构模型,建立破坏强度准则,分析底板岩层应力~应变关系,得到底板破坏后的弹塑性分布区域,底板破坏的发育深度、底板破坏与开采工艺、工作面尺寸、工作面标高、推采速度、顶底板岩性等开采参数的相关性,并推导底板破坏深度的数值计算公式、简化公式。

[0011] 本发明利用损伤-断裂力学理论,按照“模拟试验-数值模拟-理论分析”指导路线,分析矿井工作面底板采动裂隙发育规律,揭示目前矿井遇到的煤层底板薄隔水层高承压含水层突水机理,研究采动底板破坏机理关键技术。

[0012] 本发明与现有技术相比,具有以下优点:一是按照“模拟试验-数值模拟-理论分析”指导路线,分析矿井工作面底板采动裂隙发育规律,揭示目前矿井遇到的煤层底板薄隔水层高承压含水层突水机理,研究采动底板破坏机理关键技术;二是设计严谨,动力控制系统采用液压伺服装置,裂隙发育采用声发射装置,裂隙探测采用超声波探测装置,通过综合手段,提高了对采动底板破坏裂隙发育的研究精度,煤矿底板水害防治具有普遍指导意义;其结构简单,原理科学,维护方便,监测数据准确,操作方便,对矿井工作面底板采动破坏模拟,解决现有的矿井工作面采动破坏底板突水问题。

附图说明:

[0013] 图1为本发明的主体结构原理示意图。

[0014] 图2为本发明的主体结构三维侧视图。

具体实施方式:

[0015] 下面通过实施例并结合附图对本发明做进一步说明。

[0016] 实施例:

[0017] 本实施例涉及的矿井工作面底板采动破坏模拟试验装置包括主液压伺服加载器101、顶部加载体102、液压伺服卸载加载器103、卸载加载板104、侧向固定板105、侧向加载固定器106、平台底座107、液压管路108、顶部液压管路109、应力监测点110、应力采集系统111、液压伺服控制系统112、可拆卸侧边113和测试岩体114;平台底座107两端对称式固定制有侧向加载固定器106,用以模拟侧向构造应力对地层的加载作用;侧向加载固定器106与侧向固定板105固定连接,侧向加载固定器106工作时,侧向固定板105与测试岩体114接触加载;侧向加载固定器106通过侧向固定板105将测试岩体114固定在平台底座107上;测试岩体114同一深度水平方向以每米两个的分布密度均匀分布制有应力监测点110,应力监测点110为应力应变片式传感器,采集底板应力分布特征;应力监测点110与应力采集系统111连接,应力采集系统111自动采集测试岩体114的应力应变数据;测试岩体114的上端固定安装制有卸载加载板104,卸载加载板104两侧分布安装制有可拆卸侧边113,可拆卸侧边113在模拟试验中传递的应力是破坏底板的主要原因;顶部加载体102和卸载加载板104之间设有液压伺服卸载加载器103,液压伺服卸载加载器103由一组卸载加载器组成,卸载加载器的数量与卸载加载板104的数量一致,并牢固连接,液压伺服卸载加载器103模拟工作面煤层采出后对工作面底板的卸压作用,也模拟工作面顶板老空区内直接顶冒落后重新对底板进行恢复加载作用;顶部加载体102上部安装制有主液压伺服加载器101,主液压伺服加载器101通过加载压力模拟垂直地应力,对试验初始阶段的总盈利加载,在工作面采动液

压伺服卸载加载器103卸压时,主液压伺服加载器101仍保持原来状态,使总体压力一直存在;主液压伺服加载器101与顶部液压管路109连通;作为整个装置动力源和动力控制系统的液压控制伺服系统112分别与主液压伺服加载器101、液压伺服卸载加载器103和侧向加载固定器106连接。

[0018] 本发明采用矿井工作面底板采动破坏模拟试验装置对矿井工作面底板采动破坏进行模拟试验,包括测试岩体114的制备、矿井工作面底板采动底板破坏模拟试验测试和矿井工作面采动底板破坏机理分析三个步骤,具体工艺过程为:

[0019] (1)、测试岩体114的制备:测试岩体114有两种,一种为在矿井工作面巷道掘进时采集到的矿井工作面底板岩石,制备时矿井工作面底板岩石的平面要满足现有技术中岩石力学试验所规定的标准;另一种为与矿井工作面底板岩石相似模拟材料制备的工作面底板,其制备材料配比以矿井工作面底板岩石力学试验参数为指导,岩石力学参数包括抗拉强度(MPa)、抗压强度(MPa)、抗剪强度(MPa)、内聚力(MPa)、内摩擦角($^{\circ}$)、体积模量(GPa)、剪切模量(GPa)、泊松比、尺寸(m)、密度(kg/m^3);制备的测试岩体114的长为55cm,宽为55cm,高为20cm,测试岩体114采用工作面底板岩石岩样时,其平面要采用现有技术进行平整性测量;

[0020] (2)、矿井工作面底板采动破坏模拟试验测试:先通过侧向固定板105和侧向加载固定器106将测试岩体114固定在平台底座107上,同时加载侧向应力;再将主液压伺服加载器101和顶部加载体102下降并与测试岩体114接触,加载垂向应力,加载时间为1~2天,测试岩体周围应力稳定后,调整液压伺服卸载加载器103,开启液压伺服卸载加载器103卸压模式,加载与卸载应力相同的垂直应力后开启重新加载模式,用以模拟煤层开采底板卸压和冒落带岩石压实的开采技术条件;试验进行过程中,开启应力监测系统111,进行数据监测和采集;然后利用外部的现有声发射监测系统,对试验过程中的测试岩体114裂隙发育进行监测;试验完成后,利用外部的现有超声波探测装置对破坏后的测试岩体114进行探测,监测岩样裂隙发育深度及赋存特征;

[0021] (3)采动底板破坏机理分析:以测试岩体114的力学性质为基础,进行采动破坏数值模拟试验,计算采动底板应力分布特征,分析采动底板弹塑性分区,并与模拟试验采集的应力数据进行对比;分析采动底板破坏机理,同时对采动底板破坏深度进行研究,以解决底板薄隔水层、高承压含水层采动突水难题。

[0022] 本实施例所述数值模拟分析采用现有的FLAC-3D(Three Dimensional Fast Lagrangian Analysis of Continua)软件,FLAC-3D是美国Itasca Consulting Group Inc开发的三维快速拉格朗日分析程序,能较好地模拟地质材料在达到强度极限或屈服极限时发生的破坏或塑性流动的力学行为,特别适用于分析渐进破坏和失稳以及模拟大变形;根据井田内钻孔资料(钻孔揭露地层厚度、岩性、标高、抽水试验资料等),并结合岩石力学试验资料,采用其岩石力学参数;数值模拟模型的建立需要确定开采煤层、周围覆岩的标高、抗拉强度(MPa)、抗剪强度(MPa)、内聚力(MPa)、内摩擦角($^{\circ}$)、体积模量(GPa)、剪切模量(GPa)、泊松比、尺寸(m)、密度(kg/m^3),具体建模过程为:水平取400m,垂直取150m,由于是模拟下组煤层,加自重260m,工作面推进速度为8m/天,根据模拟结果进行分析,随着工作面的推进,底板有以下变化规律:

[0023] (1)当工作面推进20m时,底板开始受到扰动,出现拉应力破坏,主要为拉剪力破

坏,底板破坏深度为6m。由于支撑压力作用煤壁两端开始出现应力集中,最容易发生破坏,最大主应力值为-8MPa,形态为拱形,应力值由切眼处向外增大,说明越靠近工作面,岩层受压状态越明显;

[0024] (2)工作面开采至60m时,底板岩层最大主应力影响范围扩大,但其形态没有改变,主应力值最大为-8.8MPa,底板破坏主要为剪切破坏,底板破坏深度为20m。

[0025] (3)工作面开采至100m时,底板最大主应力继续向岩层深部发展,最大主应力内部平缓,主应力最大值为-8.1MPa,应力影响范围随工作面推进向前扩展;主要出现剪切破坏,底板破坏深度30m,其原因是随工作面推进,煤层底板前方处于支承压力的作用受到压缩。工作面推过后,应力释放,底板处于膨胀状态;在工作面不断推进的过程中,底板始终处于压缩—膨胀—再压缩的状态,因此在压缩与膨胀变形的过渡区,底板最易出现剪切塑变而发生破坏。

[0026] (4)煤层采动后,切眼附近应力集中,容易发生变形产生裂隙,因此在切眼处与煤壁前方底板的采动裂隙比较发育,容易形成突水点。

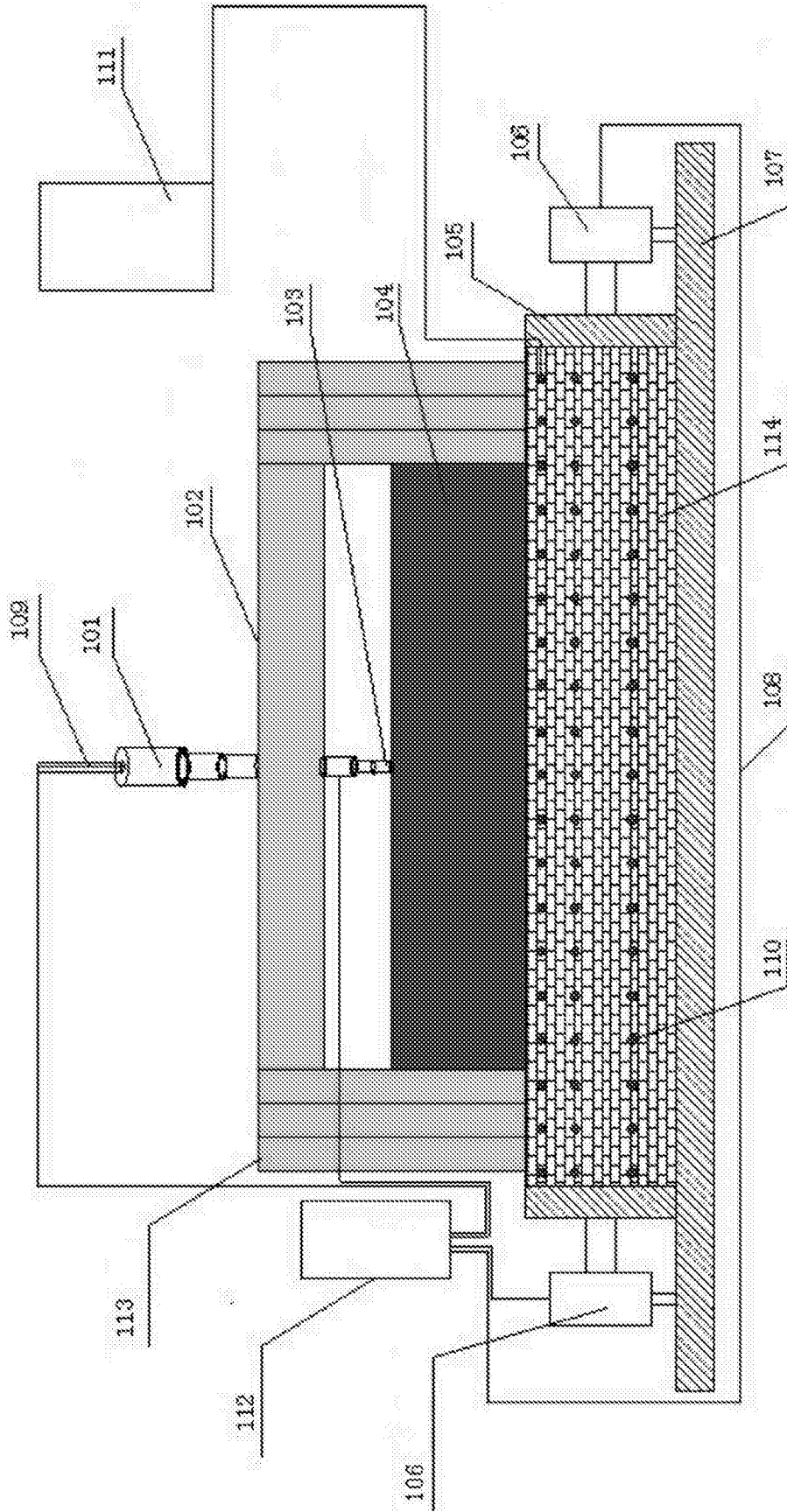


图1

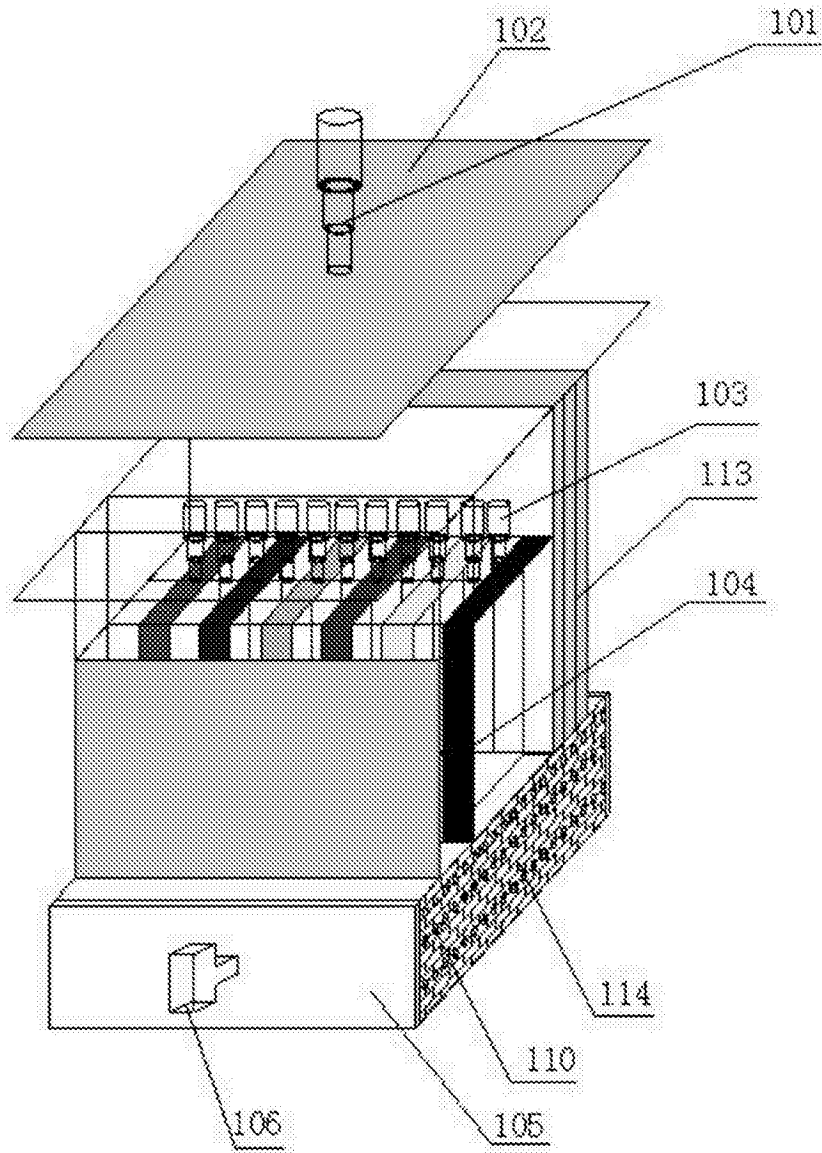


图2