



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110221036 A

(43)申请公布日 2019.09.10

(21)申请号 201810170151.X

(22)申请日 2018.03.01

(71)申请人 中国矿业大学

地址 221116 江苏省徐州市铜山区大学路1号

(72)发明人 马立强 郭金帅 张东升 刘玉

(74)专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 楼高潮

(51)Int.Cl.

G01N 33/24(2006.01)

权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验系统

(57)摘要

本发明公开了一种带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验系统,包括实验模具、双向加载系统、渗流测试系统、声发射监测系统、红外监测系统和数据采集系统,模拟现场实际地层情况制作模型,通过对模型轴向和侧向加压和前后侧固定约束,还原煤层开采时的三向应力状态,渗流测试系统对模型注水模拟采动覆岩中水的渗流特征,声发射监测系统能够监测模拟地层破裂过程中的声发射信号,红外监测系统能够监测实验过程中模型表面温度变化,数据采集系统能够对实验过程中的压力、位移、流量、声发射振铃数以及温度等数据进行实时记录。本发明可以直接观测采动全过程中覆岩及隔水层的裂隙发育及渗流特征,可为研究保水开采及隔水层再造提供基础。

1. 一种带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验系统,其特征在于,包括实验模具(33)、双向加载系统、渗流测试系统、声发射监测系统、红外监测系统和数据采集系统(36);

所述实验模具(33)为箱体结构用于盛装试验材料,实验模具(33)顶部设有进水口(14),底端设有集水槽(10),所述集水槽(10)设有出水口(22),所述进水口(14)和出水口(22)分别与渗流测试系统相连;

所述双向加载系统包括轴向加载系统和侧向加载系统,向实验模具(34)提供轴向压力和侧向压力;

所述声发射监测系统包括声发射探头(37)和信号放大器(38),所述声发射探头(37)设置在实验模具后侧并与信号放大器(38)连接;

所述红外监测系统包括支架(35)和红外热像仪(34),所述红外热像仪(34)通过支架(35)安装在实验模具前侧;

所述数据采集系统(36)用于将双向加载系统、渗流测试系统、声发射监测系统、红外监测系统收集的数据进行记录与分析。

2. 根据权利要求1所述的一种带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验系统,其特征在于,所述实验模具(34)的箱体结构由顶部密封盖(3)、侧面钢板(24)、后侧钢板(25)、前侧高强度透明玻璃板(7)和底部渗透板(9)围成,所述后侧钢板(25)设有孔槽,所述实验模具设置在底座(13)上,所述集水槽(10)设置在底部渗透板(9)与底座(13)之间,所述底部渗透板(9)设有漏水孔,所述进水口(14)设置在顶部密封盖(3)上,出水口(22)设在集水槽(10)上,所述进水口(14)和出水口(22)分别与渗流测试系统相连,所述底座(13)为凹形槽结构,底座(13)内设有底部荷载传感器(12)。

3. 根据权利要求2所述的一种带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验系统,其特征在于,所述实验模具(33)各个侧面的接触面设有密封圈(11)并通过螺栓(8)连接。

4. 根据权利要求1所述的一种带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验系统,其特征在于,所述轴向加载系统设置在实验模具(33)上侧,侧向加载系统对称设置在实验模具(33)两侧,所述轴向加载系统包括轴向伺服加载压力机(1)、轴向压头(2)和顶部渗透加压板(4),所述顶部渗透加压板(4)设有透水孔,所述侧向加载系统从实验模具(33)外侧到实验模具(33)内侧依次设有气/油压泵(18)、气/油压计(17)、气/油压阀(16)、进气口(15)、矩形气/油囊(5)和侧向加压板(6),所述矩形气/油囊(5)和侧向加压板(6)设置在实验模具(33)内侧。

5. 根据权利要求1所述的一种带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验系统,其特征在于,所述流渗测试系统包括水箱(23)、柱塞泵(21)、溢流阀(20)、进水口流量计(19)、进水口水压力传感器(26)、出水口水压力传感器(27)和出水口流量计(28),所述柱塞泵(21)、溢流阀(20)、进水口流量计(19)、进水口水压力传感器(26)依次相连并与进水口(14)和水箱(23)相连,所述出水口水压力传感器(27)、出水口流量计(28)依次相连并与出水口(22)和水箱(23)相连。

6. 一种带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验方法,其特征在于,该方法基于权利要求1-5所述的一种带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验系统,包括以下步骤:

步骤一:根据研究区域的地质条件确定合理的相似比,将从现场采集的岩(煤)或采用相似模拟材料制作成适合实验模具(33)尺寸;

步骤二:组装、调试实验系统,检测各系统和设备是否工作正常,将红外热像仪(35)固定到合适高度,并对实验模具(33)进行密封性测试;

步骤三:制作模型,在实验模具(33)内表面均匀涂上一层润滑油,将已经制作好的岩(煤)样按照研究区域的地层结构,隔水层(29)、岩层(30),煤层(31)、采空区(32)依次铺设到实验模具(33)中;

步骤四:调节轴向压头(2)与顶部渗透加压板(4)接触,不施加载荷,调节侧向压力板(6)与前述步骤三中制作好的模型侧面接触,不施加载荷;

步骤五:施加稳定水压力和流量,打开柱塞泵(21),控制溢流阀(20)设置所需的水压力和流量,渗流及水压稳定后,测试未加载时模型初始渗流量;

步骤六:按照研究区域的实际地质条件计算出水平应力,调节气/油压泵(18)对矩形气/油囊(5)供气对模型施压,按照实验要求模拟采动应力路径输入到轴向伺服加载系统,施加轴向压力;

步骤七:通过前侧高强度透明玻璃板(7)观察实验过程中覆岩的裂隙发育规律及渗流特征,监测加载过程中的压力、位移、渗流量等数据变化;

步骤八:利用声发射探头(37)和红外热像仪(34)分别实时监测实验过程中声发射振铃数和温度变化;

步骤九:数据采集,通过数据采集系统(36)采集轴向压力、侧向压力、温度以及不同时刻的渗流量,保证各组采集数据相互对应;

步骤十:数据分析,将实验过程中采集的数据进行对比分析,研究煤层开采全过程中覆岩及隔水层的裂隙发育规律及渗流演变特征。

带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验系统

技术领域

[0001] 本发明涉及煤炭开采技术领域,具体涉及一种带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验系统。

背景技术

[0002] 保水开采理念是在开采煤炭资源的同时对水资源进行有意识的保护,使煤炭开采对矿区水文环境的扰动量小于区域水文环境容量。经过多年的研究,保水开采取得了一定的成效,初步形成了以保护生态水位为目标的保水开采技术体系。

[0003] 然而目前对保水开采的研究多侧重于理论研究,这主要是因为实验室缺少相应保水开采模拟实验仪器,而现场观测成本高、难度大。因此为深入研究保水开采技术,有必要研发一套保水开采实验系统。

[0004] 传统的保水开采实验系统多是对普通的二维物理相似模拟实验架进行改造,如专利 CN201510864468.X中提出一种采动覆岩固液两相运移可视化模拟装置及其方法,主要是利用沙子、石膏等材料按照不同的比例来模拟不同的岩层岩性,通过向模型架中注入加入荧光剂的水来观测煤层开采后水的渗流规律,通过水位变化监测水的漏失情况。然而实际岩层的岩性要比配的材料复杂的多,不能真实反映实际生产条件下岩层的裂隙发育情况。而且物理相似模拟实验中材料饱水性与实际岩层相差较大,一旦水量控制不好,容易造成材料强度下降引起模型垮塌。且物理相似模拟工程量较大,不易开展大批量对比实验。而且该实验架不能进行轴向加载,不能还原原有地应力状态。

[0005] 保水开采的核心问题是研究煤层开采后覆岩及隔水岩组导水裂隙发育规律以及渗透性演变特征。目前的关于裂隙、渗流问题的实验系统主要是针对单个煤(岩)体试样及单个或简单组合裂隙,如专利CN201710051509.2中提出一种采动断裂岩体裂隙动态闭合渗流模拟试验装置及方法,只能模拟单个煤(岩)体试样的单个裂隙不同开度、倾角在加载过程中裂隙演化及渗流规律;专利CN201610486665.7中提出一种单裂隙岩体流固耦合实验系统及试验方法,只能模拟单裂隙岩体在不同法向载荷下的剪切-渗流耦合实验。然而,实际情况中岩层中裂隙分布是错综复杂的,是一个裂隙场,因此只是研究单个裂隙的渗流特征并不能反映现场的实际条件。

[0006] 同时,目前实验室还常用的渗流实验系统主要是针对破碎煤(岩)体,如专利

[0007] CN201110034933.9中提出了一种破碎岩样蠕变渗透全程耦合实验系统,只能模拟不同粒径的破碎岩体在压缩下蠕变、渗流耦合实验。专利201610335382.2中提出了一种破碎岩体水沙渗流实验系统,只能模拟破碎岩体的水沙渗流情况。然而,煤层开采后只有直接顶或者部分覆岩呈破碎状态,覆岩及高位岩层中多为裂隙发育,因此仅仅研究破碎岩体的渗流特征有局限性。

[0008] 且上述实验系统都是从监测流量或渗透率变化的角度去研究采动覆岩渗流特征,缺乏多元化的表征手段(如声发射、红外)。而在实际工程中渗透率又难以实时监测,因此采用与煤岩渗透性密切相关的第三方表征参数去反演渗透率的变化是比较可行的。

发明内容

[0009] 解决的技术问题:针对现有煤岩体裂隙渗流模拟实验系统只能测试单个试样、单向加载以及表征手段单一等问题,本发明提出带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验系统,能够模拟现场地层组合结构、实现双向加载、三维约束,并且通过声发射和红外数据表征采动覆岩裂隙发育规律,目的在于通过该实验系统认识和揭示煤层开采全过程中覆岩及隔水层裂隙发育规律及渗流演变特征,为深入研究保水开采及揭示隔水层再造提供理论基础。

[0010] 技术方案:一种带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验系统,包括实验模具、双向加载系统、渗流测试系统、声发射监测系统、红外监测系统和数据采集系统;

[0011] 实验模具为箱体结构用于盛装试验材料,实验模具顶部设有进水口,底端设有集水槽,集水槽设有出水口,进水口和出水口分别与渗流测试系统相连;

[0012] 双向加载系统包括轴向加载系统和侧向加载系统,向实验模具提供轴向压力和侧向压力;

[0013] 声发射监测系统包括声发射探头和信号放大器,声发射探头设置在实验模具后侧并与信号放大器连接,能够对实验模具内模拟地层破裂过程中声发射信号进行实时监测;

[0014] 红外监测系统包括支架和红外热像仪,红外热像仪通过支架安装在实验模具前侧,支架能够调节红外热像仪在不同的高度,使红外热像仪能够对实验过程中模型表面温度进行监测。

[0015] 数据采集系统用于将双向加载系统、渗流测试系统、声发射监测系统、红外监测系统收集的应力、位移、流量、声发射振铃数以及温度等数据进行记录与分析,用于研究煤层开采全过程覆岩及隔水层裂隙发育规律和渗流演变特征,为后续的分析提供基础。

[0016] 进一步的,实验模具的箱体结构由顶部密封盖、侧面钢板、后侧钢板、前侧玻璃板和底部渗透板围成,后侧钢板设有孔槽,实验模具设置在底座上,集水槽设置在底部渗透板与底座之间,底部渗透板设有漏水孔,进水口设置在顶部密封盖上,出水口设在集水槽上,进水口和出水口分别与渗流测试系统相连,底座为凹形槽结构,底座内设有底部荷载传感器。实验模具中可以铺设完整岩(煤)样、裂隙岩(煤)样、破碎岩(煤)样组合或相似模拟材料来模拟煤层开采前、开采中、开采后不同阶段的地层结构并进行三维约束,同时还能够透过前侧玻璃板实时观测实验过程中覆岩的运移情况及裂隙发育情况。

[0017] 进一步的,实验模具各个侧面的接触面设有密封圈并通过螺栓连接。

[0018] 进一步的,轴向加载系统设置在实验模具上侧,侧向加载系统对称设置在实验模具两侧,轴向加载系统包括轴向伺服加载压力机、轴向压头和顶部渗透加压板,顶部渗透加压板设有透水孔,侧向加载系统从实验模具外侧到实验模具内侧依次设有气/油压泵、气/油压计、气/油压阀、进气口、矩形气/油囊和侧向加压板,矩形气/油囊和侧向加压板设置在实验模具内侧。双向加载系统可以实现分级加(卸)载等多种复杂加载方式组合,还原煤层开采前的原始地应力状态,开采中的卸荷以及开采后的应力恢复阶段的荷载情况。

[0019] 进一步的,流渗测试系统包括水箱、柱塞泵、溢流阀、进水口流量计、进水口水压力传感器、出水口水压力传感器和出水口流量计,柱塞泵、溢流阀、进水口流量计、进水口水压力传感器依次相连并与进水口和水箱相连,出水口水压力传感器、出水口流量计(依次相连

并与出水口和水箱相连。渗流测试系统通过进水口对模型进行注水,观察采动覆岩中水的渗流特征,水流可以通过在实验模具的底部渗透板上的漏水孔排到集水槽内,然后通过集水槽一侧的排水口排到集水箱,实现水的循环利用。

[0020] 有益效果:本发明提供的一种带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验系统,有以下有益效果:1、采用真实的岩(煤)样或相似模拟材料模拟现场的地层结构,可以采用完整、裂隙、破碎岩样组合模拟不同开采阶段地层结构进行测试或相似模拟实验,通过轴向伺服加载系统和侧向加载系统实现对实验模具的双向加载,实验模具通过采用高强度有机玻璃板和钢板约束模拟原始的三维应力状态,同时通过不同加(卸)载方式的组合实现对煤层开采前、开采中、开采后不同阶段的地应力场的模拟;2、能够实时对实验过程中压力、位移流量、声发射振铃数以及温度等数据进行采集并记录;3、本发明能够有效认识和揭示采动全过程中覆岩及隔水层的裂隙发育及渗流特征,为研究保水开采及隔水层再造提供基础。

附图说明

[0021] 图1为本发明实验系统整体结构示意图;

[0022] 图2为本发明实验模具及系统示意图;

[0023] 图3为本发明实验模具整体侧视图;

[0024] 图4为本发明实验模具组合示意图。

[0025] 其中:1-轴向伺服加载系统;2-轴向压头;3-顶部密封盖;4-顶部渗透加压板;5-矩形气/油囊;6-侧向加压板;7-前侧高强度透明玻璃板;8-螺栓;9-底部渗透板;10-集水槽;11-密封圈;12-底部荷载传感器;13-底座;14-进水口;15-进气口;16-气/油压阀;17-气/油压计;18-气/油压泵;19-进水口流量计;20-溢流阀;21-柱塞泵;22-出水口;23-水箱;24-侧面钢板;25-后侧钢板;26-进水口压力传感器;27-出水口压力传感器;28-出水口流量计;29-隔水层;30-岩层;31-煤层;32-采空区;33-实验模具;34-红外热像仪;35-支架;36-数据采集系统;37-声发射探头;38-信号放大器。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图对本发明作进一步说明。

[0027] 如附图所示,本发明提供的一种带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验系统,包括实验模具、双向加载系统、渗流测试系统、声发射监测系统、红外监测系统和数据采集系统;

[0028] 实验模具33由顶部密封盖3、侧面钢板24、后侧钢板25、前侧玻璃板7和底部渗透板9围成的箱体结构,后侧钢板25设有孔槽,用于安装声发射探头37,前侧玻璃板7采用高强度高透射率的玻璃板,实验模具33设置在底座13上,集水槽10设置在底部渗透板9与底座13之间,底部渗透板9设有漏水孔,进水口14设置在顶部密封盖3上,出水口22设在集水槽10上,进水口14和出水口22分别与渗流测试系统相连,底座13为凹形槽结构,底座13内设有底部荷载传感器12,实验模具33各个侧面的接触面设有密封圈11并通过螺栓8连接;

[0029] 双向加载系统包括轴向加载系统和侧向加载系统,向实验模具33提供轴向压力和侧向压力,轴向加载系统设置在实验模具33上侧,侧向加载系统对称设置在实验模具33两

侧,轴向加载系统包括轴向伺服加载压力机1、轴向压头2和顶部渗透加压板4,顶部渗透加压板4设有透水孔,侧向加载系统从实验模具33外侧到实验模具33内侧依次设有气/油压泵18、气/油压计17、气/油压阀16、进气口15、矩形气/油囊5和侧向加压板6,矩形气/油囊5和侧向加压板6设置在实验模具33内侧;

[0030] 流渗测试系统包括水箱23、柱塞泵21、溢流阀20、进水口流量计19、进水口水压力传感器26、出水口水压力传感器27和出水口流量计28,柱塞泵21、溢流阀20、进水口流量计19、进水口水压力传感器26依次相连并与进水口14和水箱23相连,出水口水压力传感器27、出水口流量计28依次相连并与出水口22和水箱23相连;

[0031] 声发射监测系统包括声发射探头37和信号放大器38,声发射探头37设置在实验模具33后侧并与信号放大器38连接;

[0032] 红外监测系统包括支架35和红外热像仪34,红外热像仪34通过支架35安装在实验模具33前侧;

[0033] 数据采集系统36用于将双向加载系统、渗流测试系统、声发射监测系统、红外监测系统收集的数据进行记录与分析,用于研究煤层开采全过程覆岩及隔水层裂隙发育规律和渗流演变特征。

[0034] 一种带渗流装置的保水开采“声发射-红外辐射”实验方法,包括以下步骤:

[0035] 步骤一:根据研究区域的地质条件确定合理的相似比,将从现场采集的岩(煤)或采用相似模拟材料制作成适合实验模具33尺寸;

[0036] 步骤二:组装、调试实验系统,检测各系统和设备是否工作正常,将红外热像仪35固定到合适高度,并对实验模具33进行密封性测试;

[0037] 步骤三:制作模型,在实验模具33内表面均匀涂上一层润滑油,将已经制作好的岩(煤)样按照研究区域的地层结构(隔水层29、岩层30、煤层31、采空区32)依次铺设到实验模具33中;

[0038] 步骤四:调节轴向压头2与顶部渗透加压板4接触,不施加载荷,调节侧向压力板6与步骤三中制作好的模型侧面接触,不施加荷载;

[0039] 步骤五:施加稳定水压力和流量,打开柱塞泵21,控制溢流阀20设置所需的水压力和流量,渗流及水压稳定后,测试未加载时模型初始渗流量;

[0040] 步骤六:按照研究区域的实际地质条件计算出水平应力,调节气/油压泵18对矩形气/油囊5供气对模型施压,按照实验要求模拟采动应力路径输入到轴向伺服加载系统,施加轴向压力;

[0041] 步骤七:通过前侧玻璃板7观察实验过程中覆岩的裂隙发育规律及渗流特征,监测加载过程中的压力、位移、渗流量等数据变化;

[0042] 步骤八:利用声发射探头37和红外热像仪34分别实时监测实验过程中声发射振铃数和温度变化;

[0043] 步骤九:数据采集,通过数据采集系统36采集轴向压力、侧向压力、温度以及不同时刻的渗流量,保证各组采集数据相互对应;

[0044] 步骤十:数据分析,将实验过程中采集的数据进行对比分析,研究煤层开采全过程中覆岩及隔水层的裂隙发育规律及渗流演变特征。

[0045] 以上所述,仅为本发明的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何

熟悉本领域的技术人员在本发明所揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内,因此,本发明的保护范围应该以权利要求所限定的保护范围为准。

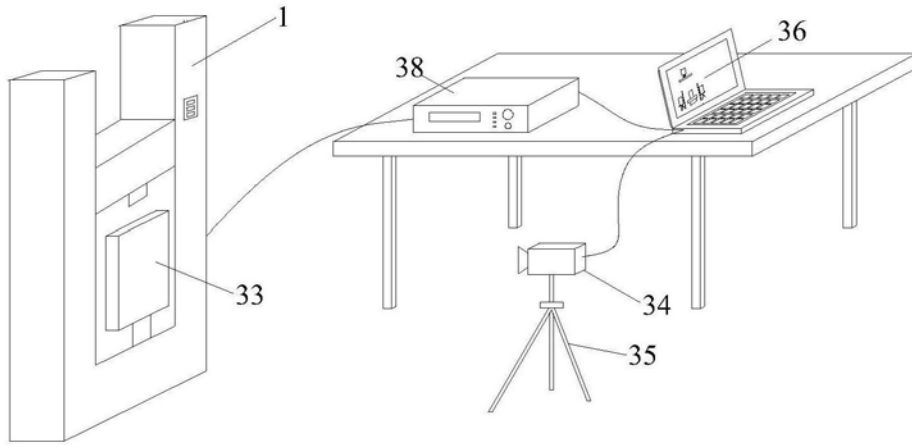


图1

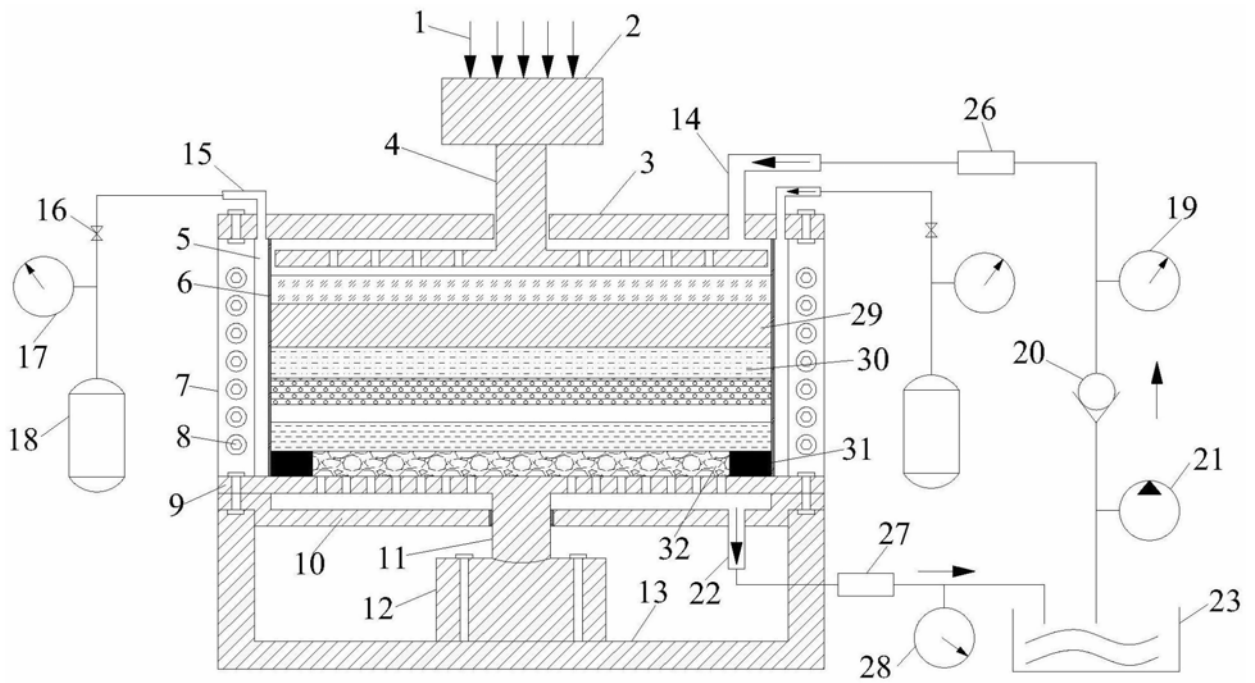


图2

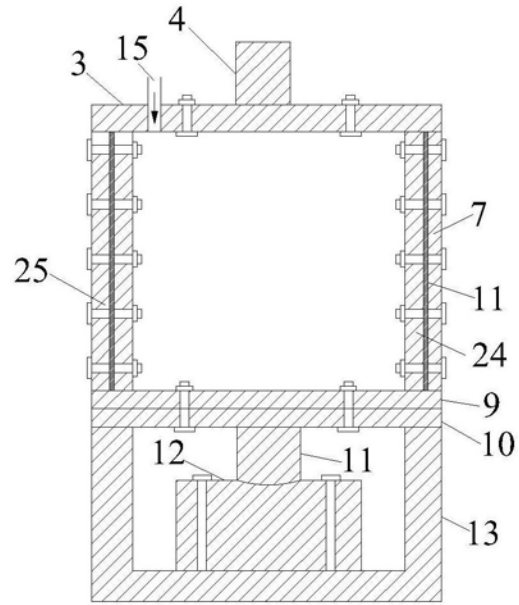
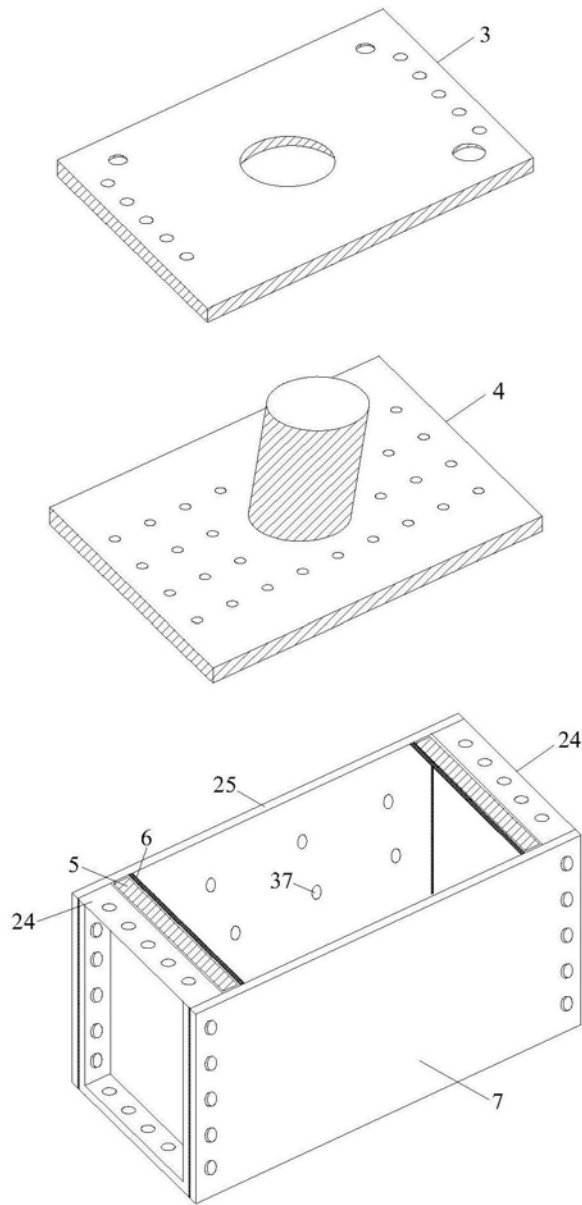


图3



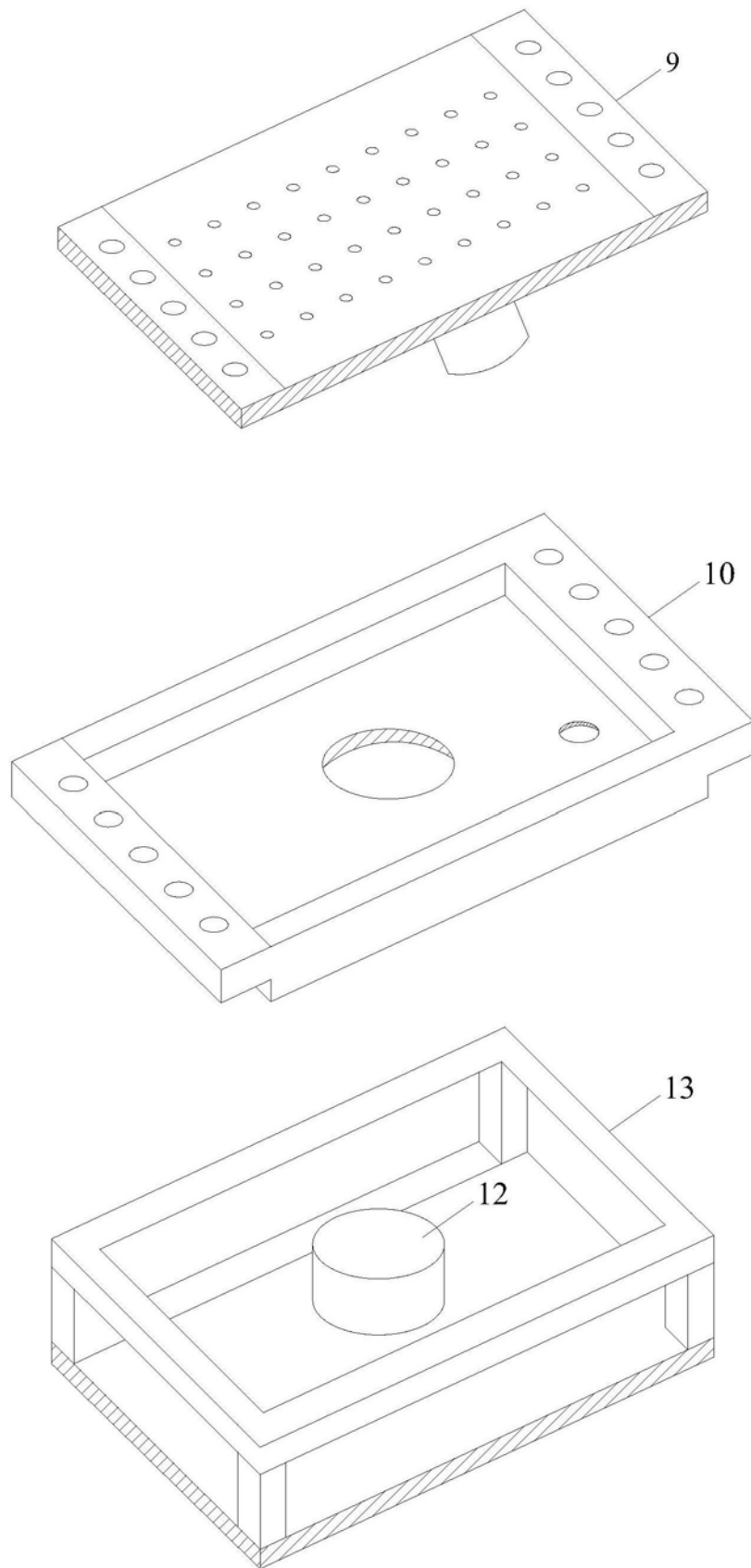


图4