

储层非均质综合模拟实验装置

申请号：[201310098490.9](#)

申请日：2013-03-26

申请(专利权)人 [中国石油大学\(华东\)](#)

地址 266580 山东省青岛市青岛经济技术开发区长江西路66号中国
石油大学(华东)工科楼C645

发明(设计)人 [林承焰](#) [李红南](#) [任丽华](#) [张宪国](#) [任怀强](#) [朱兆群](#)

主分类号 [E21B49/00\(2006.01\)I](#)

分类号 [E21B49/00\(2006.01\)I](#) [E21B47/002\(2012.01\)I](#)

公开(公告)号 103206209A

公开(公告)日 2013-07-17

专利代理机构

代理人



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103206209 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 17

(21) 申请号 201310098490. 9

(22) 申请日 2013. 03. 26

(71) 申请人 中国石油大学(华东)

地址 266580 山东省青岛市青岛经济技术开发区长江西路 66 号中国石油大学(华东)工科楼 C645

(72) 发明人 林承焰 李红南 任丽华 张宪国 任怀强 朱兆群

(51) Int. Cl.

E21B 49/00(2006. 01)

E21B 47/002(2012. 01)

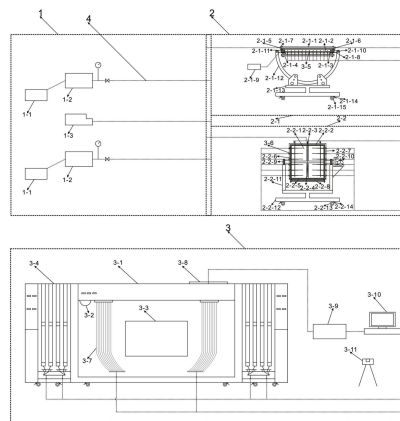
权利要求书2页 说明书5页 附图3页

(54) 发明名称

储层非均质综合模拟实验装置

(57) 摘要

本发明的名称是储层非均质综合模拟实验装置,属于石油地质和开发地质领域模拟实验装置。主要解决了以往模拟地质模型简单、模拟功能单一以及成藏和开发模拟脱节的问题。本实验装置特点是实现了油气成藏和开发过程的一体化模拟,特别是储层非均质性对油气成藏、注水开发及剩余油形成与分布的影响。本装置主要由流体注入系统、地质模型建立系统和实验采集及控制系统组成,每个系统内部及系统间都配有相应的连接装置。该实验装置系统全面,综合性强,同时设计灵活,结构合理,操作方便,自动化程度高,不但可以对油藏流体运动进行直接观察,还可以动态监测油藏各处流体的变化,因此可以实现多种实验功能,用途广泛。



1. 储层非均质综合模拟实验装置,其特征在于该装置是可以将油气的成藏和开发过程综合起来实现系统模拟的一体化实验装置,主要由流体注入系统(1)、地质模型建立系统(2)和实验采集及控制系统(3)组成,其中每个系统和系统间都配有一系列相应的连接装置(4),其中流体注入系统主要包括流体容器、恒流泵和真空机;地质模型建立系统主要包括二维的非均质平板模型设备和三维的非均质模拟箱模型设备;实验采集及控制系统主要包括恒温箱、油水自动计量装置、传感装置、数据收集转换装置、计算机装置和摄影录像装置。

2. 根据权利要求1所述的储层非均质综合模拟实验装置,其特征在于流体注入系统中的流体容器(1-1)与恒流泵(1-2)连接;恒流泵包括注水泵和注油泵,用来将容器中的流体注入到建立的地质模型中,恒流泵可以设定和显示流体注入流速和压力,并可以设置最高压力限制,避免压力过大造成安全事故;真空机(1-3)可以将地质模型抽真空,方便流体充注。

3. 根据权利要求1所述的储层非均质综合模拟实验装置,其特征在于地质模型建立系统中的二维非均质平板模型设备主要包括有模型本体、挤压装置和旋转移动装置,所述模型本体顶部为带有钢化玻璃的前面板(2-1-1),能够方便实验观察,前面板与下部的立体腔室之间有密封垫,可以实现螺栓密封,立体腔室的后面板(2-1-2)均匀开有测量孔,用以安装传感探头,后面板的下部为推板(2-1-3)和底面板(2-1-4),底面板与液压装置相连,可实现推板的上下移动,模型本体的两侧分别为流体的注入口(2-1-5)和流体的排出口(2-1-6),在注入口和排出口处安有控制流量的阀门(2-1-7);所述挤压装置主要包括与模型本体相连的液压活塞(2-1-8)和挤压泵(2-1-9),用来向模型中加压;所述旋转移动装置中在模型本体两侧连接有模型轴承(2-1-10),轴承上安有锁紧装置(2-1-11),可以实现模型按照一定的角度旋转并固定,模型轴承固定在弧形支架(2-1-12)的两端头,弧形支架通过与底座(2-1-13)相连,起到支撑作用,底座的底部连有滚轮(2-1-14),滚轮上安有制动装置(2-1-15),可实现模型装置的整体移动和固定。

4. 根据权利要求1所述的储层非均质综合模拟实验装置,其特征在于地质模型建立系统中的三维非均质模拟箱模型设备主要包括有模型本体、挤压装置和旋转移动装置,其中所述模型本体为三维正方体箱体,在立体腔室的前面和后面为带有钢化玻璃的面板(2-2-1),能够方便实验观察,前后面板与立体腔室之间有密封垫,可以实现螺栓密封,其他面板为法兰密封,在箱体的上面板(2-2-2)分布有垂直井孔(2-2-3),在井孔处可以插入有割槽和阀门的井管(2-2-4),实现控制流体的注入和排出以及不同注采关系的布置,模型箱体的底面板(2-2-5)与可移动活塞相连,可以实现上下移动,在箱体的左右两侧左面板(2-2-6)和右面板(2-2-7)上均匀开孔,用以安装传感探头;所述挤压装置主要包括与模型本体相连的可移动活塞(2-2-8),实现三维模型内部有效体积可变;所述旋转移动装置中模型轴承(2-2-9)与模型本体相连,轴承上安有锁紧装置(2-2-10),可以实现模型按照一定的角度旋转并固定,轴承固定在支架(2-2-11)上,支架与底座(2-2-12)相连,起到支撑作用,底座的底部连有滚轮(2-2-13),滚轮上安有制动装置(2-2-14),可实现模型装置的整体移动和固定。

5. 根据权利要求1所述的储层非均质综合模拟实验装置,其特征在于实验采集及控制系统中的恒温箱(3-1)可以放置建立好的地质模型设备,并设定一定的温度,加热实现高温环境,恒温箱内有照明装置(3-2),恒温箱前后面带有钢化玻璃(3-3),可以方便观察实验;

在恒温箱两侧为油水自动计量装置(3-4),与地质模型设备出水口相连,可以自动循环计量;传感装置主要为传感探头和传感探线,传感探头主要安装在地质模型的接口处,可以用来探测模型内的温度、压力以及电阻率,传感探头根据模型不同可分为二维模型探头(3-5)和三维模型探头(3-6),二维模型探头每个探头只有一个探针,而三维模型探头每个探头有三个探针,按照探针长短分为长探针、中探针和短探针,传感探线(3-7)位于恒温箱内,每根传感探线都有自己的标识号码,一端可与探针自由连接,一端与数据收集转换装置相连,起到传输信号的作用;系统中的数据收集转换装置主要包括采集控制面板和数字电桥装置,采集控制面板(3-8)位于恒温箱的顶部,与油水计量装置和传感探线相连,用来收集信息,数字电桥装置(3-9)可以将采集控制面板收集的模拟信号转为数字信号;计算机装置(3-10)与数字电桥装置相连,计算机内装有储层非均质模拟实验软件系统,能动态地控制整个实验过程,并进行实时数据的处理和分析;摄影录像装置(3-11)可以实现实验现象的观察和记录。

6. 根据权利要求1所述的储层非均质综合模拟实验装置,其特征在于可以实现油气成藏和油气开发过程的综合模拟,其主要的实验过程包括饱和水过程、油驱水过程和水驱油过程,同时所述储层非均质综合模拟实验装置设计灵活、组装方便,通过协调配置可以实现多种实验功能。

储层非均质综合模拟实验装置

技术领域：

[0001] 本发明涉及石油地质和开发地质领域，特别是综合模拟储层非均质对油气成藏、注水开发、水驱油及剩余油形成分布的影响。

背景技术：

[0002] 储层非均质是石油地质和开发地质领域里的一项重要研究内容，储层非均质对油气的成藏以及开采开发、水驱油、剩余油的形成和分布等都有重要的影响。在油气勘探和开发过程中，具有相似油源条件、构造背景的不同砂岩油气藏，含油气性却有很大差别，其原因很可能是由不同的储层非均质性所导致，油气成藏中的二次运移和聚集过程实际上是油驱替地层水的过程，这一过程在储层中进行，必然受到储层非均质性的影响。由于不同沉积环境中所形成的砂体其储层非均质性各有特点，从而影响到油气的成藏和分布，近年来，伴随着油气勘探实践的进行，针对复杂、隐蔽的岩性油气藏、构造-岩性油气藏的成藏机理研究有了较大发展，储层非均质性对油气成藏和油气分布的影响也逐渐引起人们的重视，越来越多的实例与研究表明，储层非均质性对油气成藏过程和油气富集特征有着不可忽视的控制作用。与此同时，储层非均质性研究也一直是油气储层评价研究和油藏描述的核心内容，储层非均质影响着流体和岩石之间的渗流和驱替过程、流体分布规律、波及系数和驱替效果、剩余油形成与分布、油田最终采收率以及开采方式等，因此研究储层非均质对在开发阶段寻找剩余油、提高采收率具有重要的作用。

[0003] 开展物理模拟一直是石油地质以及开发地质相关研究中的重要手段，一方面人们试图通过“微缩模型”去探索运移机理或者再现地质历史时期油气的运移过程，为勘探实践提供理论依据，另一方面随着油田开发的需要，人们也试图通过建立不同模型去探索在注水开发中油水的运动规律、剩余油的分布以及不同开发方案的效果等，为有效地进行油田开发提供服务。目前针对油气的运移聚集和水驱油过程设计过许多相关的物理模拟装置，但现有的技术手段多以单功能研究为主，只针对油气成藏或者油气开发某一方面的内容进行研究，无法实现系统多功能的实验，同时现有的技术手段在实验模型上较单一，对复杂的储层非均质表征能力较弱，在实验配置上不够先进，缺少科学的实时数据采集和分析功能，实验结果粗糙，自动化程度低。

发明内容：

[0004] 为了克服现有技术的不足，本发明主要从研究内容、模型设计、实验配置、实验过程采集控制等方面进行设计改进，将整个油气成藏、开发过程作为有机的统一体，通过优化实验结构，建立起一套系统完整的储层非均质综合模拟实验装置，具有多模型、多功能、实时分析及动态控制等方面的特点，可以通过实验深化和提升对储层非均质的认识和研究。

[0005] 储层非均质综合模拟实验装置，其特征在于该装置是可以将油气的成藏和开发过程综合起来实现系统模拟的一体化实验装置，主要由流体注入系统(1)、地质模型建立系统(2)和实验采集及控制系统(3)组成，其中流体注入系统主要包括流体容器、恒流泵和真空

机;地质模型建立系统主要包括二维的非均质平板模型设备(2-1)和三维的非均质模拟箱模型设备(2-2);实验采集及控制系统主要包括恒温箱、油水自动计量装置、传感装置、数据收集转换装置、计算机装置和摄影录像装置。

[0006] 所述的流体注入系统中流体容器(1-1)中盛有所需要注入的流体,与恒流泵(1-2)连接;恒流泵主要包括注水泵和注油泵,用来将容器中的流体注入到建立的地质模型中,恒流泵可以设定和显示流体注入流速和压力,并可以设置最高压力限制,避免压力过大造成安全事故;真空机(1-3)可以将地质模型抽真空,方便流体充注。

[0007] 所述的地质模型建立系统中的二维非均质平板模型设备主要包括有模型本体、挤压装置和旋转移动装置,所述模型本体顶部为带有钢化玻璃的前面板(2-1-1),能够方便实验观察,前面板与下部的立体腔室之间有密封垫,可以实现螺栓密封,立体腔室的后面板(2-1-2)均匀开有测量孔,用以安装传感探头,后面板的下部为推板(2-1-3)和底面板(2-1-4),底面板与液压装置相连,可实现推板的上下移动,模型本体的两侧存在多个流体的注入口(2-1-5)和流体的排出口(2-1-6),在注入口和排出口处安有控制流量的阀门(2-1-7),可以灵活控制流体的流入、流出和布置不同的注采关系;所述挤压装置主要包括与模型本体相连的液压活塞(2-1-8)和挤压泵(2-1-9),通过挤压泵向液压活塞中注入液体,推动活塞向上运动,带动底面板和推板向上移动,实现向模型中加压;所述旋转移动装置在模型本体的两侧连接有模型轴承(2-1-10),在轴承上安有锁紧装置(2-1-11),可以实现模型按照一定的角度旋转并固定,模型轴承固定在弧形支架(2-1-12)的两端头,弧形支架与底座(2-1-13)相连,起到支撑作用,底座的底部连有滚轮(2-1-14),滚轮上安有制动装置(2-1-15),可实现模型装置的整体移动和固定。

[0008] 所述的地质模型建立系统中的三维非均质模拟箱模型设备主要包括有模型本体、挤压装置和旋转移动装置,其中模型本体为三维正方体箱体,在立体腔室的前面和后面为带有钢化玻璃的面板(2-2-1),能够方便实验观察,前后面板与立体腔室之间有密封垫,可以实现螺栓密封,其他面板为法兰密封,在箱体的上面板(2-2-2)分布有垂直井孔(2-2-3),在井孔处可以插入有割槽和阀门的井管(2-2-4),实现控制流体的注入和排出以及不同注采关系的布置,模型箱体的底面板(2-2-5)与可移动活塞相连,可以实现上下移动,在箱体的左右两侧左面板(2-2-6)和右面板(2-2-7)上均匀开孔,用以安装传感探头;所述挤压装置主要包括与模型本体相连的可移动活塞(2-2-8),通过螺栓挤压推动模型底面板上下移动,实现三维模型内部有效体积可变,向模型中加压;所述旋转移动装置中模型轴承(2-2-9)与模型本体相连,轴承上安有锁紧装置(2-2-10),可以实现模型按照一定的角度旋转并固定,轴承固定在支架(2-2-11)上,支架与底座(2-2-12)相连,起到支撑作用,底座的底部连有滚轮(2-2-13),滚轮上安有制动装置(2-2-14),可实现模型装置的整体移动和固定。

[0009] 所述的实验采集及控制系统中的恒温箱(3-1)可以放置建立好的地质模型设备,并通过设定一定的温度,封闭加热实现高温环境,恒温箱内有照明装置(3-2),恒温箱前后面板带有钢化玻璃(3-3),可以方便观察实验;在恒温箱两侧为油水自动计量装置(3-4),与地质模型设备出水口相连,可以自动循环计量;传感装置主要为传感探头和传感探线,传感探头主要安装在地质模型的开口处,可以用来探测模型内的温度、压力以及电阻率,传感探头根据模型不同可分为二维模型探头(3-5)和三维模型探头(3-6),二维模型探头每个探

头只有一个探针,而三维模型探头每个探头有三个探针,按照探针长短分为长探针、中探针和短探针,可以实现三维立体分布,最大限度地增加探测范围,传感探线(3-7)位于恒温箱内,每根传感探线都有自己的标识号码,一端有接口可与探针自由连接,一端与数据收集转换装置相连,起到传输信号的作用;系统中的数据收集转换装置主要包括采集控制面板和数字电桥装置,采集控制面板(3-8)位于恒温箱的顶部,与油水计量装置和传感探线相连,用来收集采集的信息,数字电桥装置(3-9)可以将采集控制面板收集的模拟信号转为数字信号;计算机装置(3-10)与数字电桥装置相连,计算机内装有储层非均质模拟实验软件系统,能动态地控制整个实验过程,并进行实时数据的处理和分析,摄影录像装置(3-11)可以实现实验现象的观察和记录。

[0010] 所述的储层非均质综合模拟实验装置,可以实现油气成藏和油气开发过程的综合模拟,其主要的实验过程包括饱和水过程、油驱水过程和水驱油过程,基本的步骤为:

[0011] (1) 根据实验方案,安装和连接好实验设备,在模型本体中利用一定材料构造设计好的储层非均质地质模型,并进行密封。

[0012] (2) 利用挤压装置向地质模型中加压,将模型压实并实现模拟实验的高压条件。

[0013] (3) 将储层非均质地质模型放置恒温箱内,开启恒温箱,实现模拟实验的高温条件。

[0014] (4) 打开储层非均质模拟实验软件,进行相应操作,设置好参数,开启模拟实验。

[0015] (5) 利用流体注入系统以一定的方式向模型中注入模拟地层水,实现饱和地层水。

[0016] (6) 利用流体注入系统以一定的方式向模型中注入模拟石油,实现油驱水过程。

[0017] (7) 利用流体注入系统以一定的方式向模型中注入模拟地层水,实现水驱油过程。

[0018] (8) 实验过程中软件实时采集记录探测信息,并对结果进行处理分析,利用摄影录像装置实现实验现象的观察和记录。

[0019] 本发明建立起一套系统完整的实验设备装置,将油气成藏和开发过程有机结合起来,提供一个更加开放的系统,整体实验设备自动化程度高,可以实现实时跟踪、动态分析,同时实验结构合理,设计灵活、组装方便,可以实现多模型、多条件、多功能的模拟实验,例如可以开展不同圈闭类型、不同构造背景下的油气运移聚集模拟实验以及开展不同储层构型、不同注采关系下的驱替开发效果和剩余油分布模拟实验等,用途广泛。

附图说明:

[0020] 图1为本发明装置的结构流程示意图

[0021] 图2为二维非均质模型设备剖视结构示意图

[0022] 图3为三维非均质模型设备剖视结构示意图

具体实施方式:

[0023] 根据实验模型的不同,分别进一步描述本发明的实验结构和流程。

[0024] 实施例一:二维模型的储层非均质综合模拟实验

[0025] (1) 准备实验的相关物品,检测仪器,将二维模型平板置平,按照实验方案连接和安装实验设备,并在模型本体中的立体腔室内利用砂、粘土等实验材料构造具有不同岩性、物性、几何形态及组合关系的储层非均质二维地质模型,在完成后盖上密封垫和前面板

(2-1-1),实现螺栓密封。

[0026] (2) 利用挤压泵(2-1-9)向液压活塞(2-1-8)中注入液体,推动活塞向上运动,带动底面板(2-1-4)和推板(2-1-3)向上移动,向模型中进行加压,将模型压实并实现模拟实验所需要的高压条件。

[0027] (3) 将二维模型装置放置恒温箱内封闭,开启恒温箱(3-1)进行加热,设定一定的温度,实现模拟实验所需要的高温条件。

[0028] (4) 打开计算机(3-10)储层非均质模拟实验软件,选择平面模型,设置好参数并保存,进入流程,开启实验。

[0029] (5) 开启水恒流泵(1-2),设定一定的流速和流压,将水容器(1-1)中的模拟地层水注入到地质模型中,为方便实现饱和地层水,可以用真空机(1-3)将模型抽真空;在软件中选择饱和水过程,设置采样间隔,采集记录探头电阻率值;在实验中可以时时观察记录平面模型的实验现象并查看平面模型的电阻率值、电阻率的平面分布和流体的计量情况;至模型中饱和模拟地层水,探头电阻率值保持稳定,此时记录计算模型中最大电阻值和注入的饱和模拟地层水量。

[0030] (6) 结束注水过程,开启油恒流泵(1-2),设定一定的流速和流压,将油容器(1-1)中的模拟石油注入到地质模型中;在软件中选择饱和油过程,设置采样间隔,采集记录探头电阻率值;在实验中可以时时观察记录平面模型的实验现象并查看平面模型的电阻率值、电阻率的平面分布和流体的计量情况;至模型中饱和模拟石油,电阻率基本不变,油大量出来,此时记录计算模型中最小电阻值和注入的饱和模拟石油量。

[0031] (7) 结束注油过程,开启水恒流泵(1-2),设定一定的流速和流压,将水容器(1-1)中的模拟地层水注入到地质模型中;在软件中设置添加新介质参数,包括填入饱和水的情况下电阻率的最大值、饱和油情况下的含水饱和度和电阻率的最小值;填入模型中的油体积,选择水驱油过程,设置采样间隔,采集记录探头电阻率值,并计算相应的饱和度值,在实验中可以时时观察记录平面模型的实验现象并查看平面模型的电阻率值、饱和度值和电阻率、饱和度的平面分布以及流体的计量情况;至不出油时水驱油过程结束,导出数据结果,对实验结果进行处理分析。

[0032] 实施例二:三维模型的储层非均质综合模拟实验

[0033] (1) 准备实验的相关物品,检测仪器,将三维模型箱体置平,按照实验方案连接和安装实验设备,并在模型本体中的立体腔室内利用砂、粘土等实验材料构造具有不同岩性、物性、几何形态及组合关系的储层非均质三维地质模型,在完成后盖上密封垫和前面板,实现螺栓和法兰密封。

[0034] (2) 通过螺栓挤压可移动活塞(2-2-8)推动模型底面板(2-2-5)移动,向模型中进行加压,将模型压实并实现模拟实验所需要的高压条件。

[0035] (3) 将三维模型装置放置恒温箱内封闭,开启恒温箱(3-1)进行加热,设定一定的温度,实现模拟实验所需要的高温条件。

[0036] (4) 打开计算机储层非均质模拟实验软件,选择三维模型,设置好参数保存,进入流程,开启实验。

[0037] (5) 开启水恒流泵(1-2),设定一定的流速和流压,将水容器(1-1)中的模拟地层水注入到地质模型中,为方便实现饱和地层水,可以用真空机(1-3)将模型抽真空;在软件

中选择饱和水过程,设置采样间隔,采集记录探头电阻率值;在实验中可以时时观察记录三维面模型的实验现象并查看三维模型的电阻率值、电阻率的立体分布和流体的计量情况;至模型中饱和模拟地层水,探头电阻率值保持稳定,此时记录计算模型中最大电阻值和注入的饱和模拟地层水量。

[0038] (6) 结束注水过程,开启油恒流泵((1-2)),设定一定的流速和流压,将油容器(1-1)中的模拟石油注入到地质模型中;在软件中选择饱和油过程,设置采样间隔,采集记录探头电阻率值;在实验中可以时时观察记录三维模型的实验现象并查看三维模型的电阻率值、电阻率的立体分布和流体的计量情况;至模型中饱和模拟石油,电阻率基本不变,油大量出来,此时记录计算模型中最小电阻值和注入的饱和模拟石油量。

[0039] (7) 结束注油过程,开启水恒流泵(1-2),设定一定的流速和流压,将水容器(1-1)中的模拟地层水注入到地质模型中;在软件中设置添加新介质参数,包括填入饱和水的情况下电阻率的最大值、饱和油情况下的含水饱和度和电阻率的最小值;填入模型中的油体积,选择水驱油过程,设置采样间隔,采集记录探头电阻率值,并计算相应的饱和度值,在实验中可以时时观察记录三维模型的实验现象并查看三维模型的电阻率值、饱和度值和电阻率、饱和度的立体分布以及流体的计量情况;至不出油时水驱油过程结束,导出数据结果,对实验结果进行处理分析。

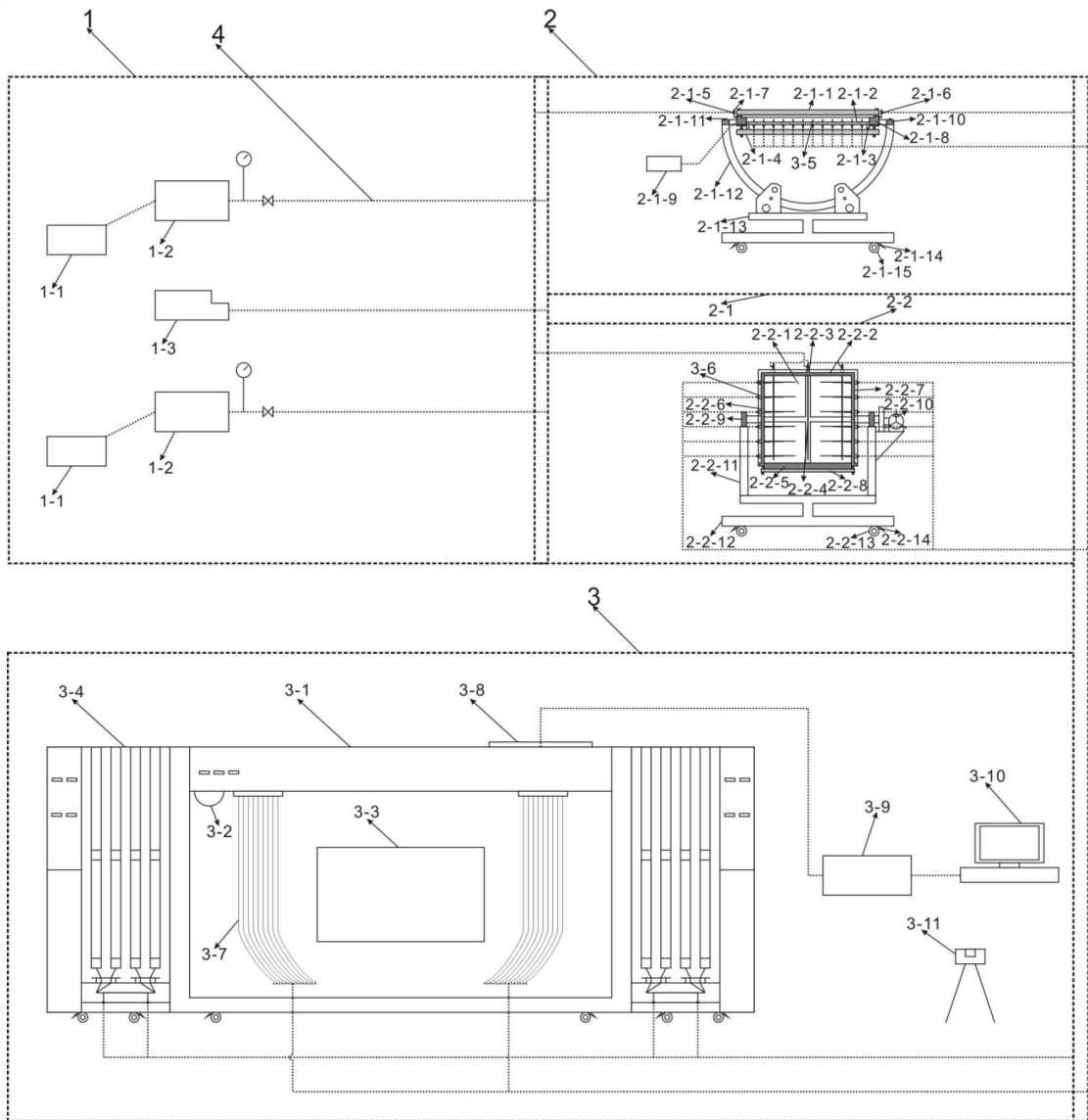


图 1

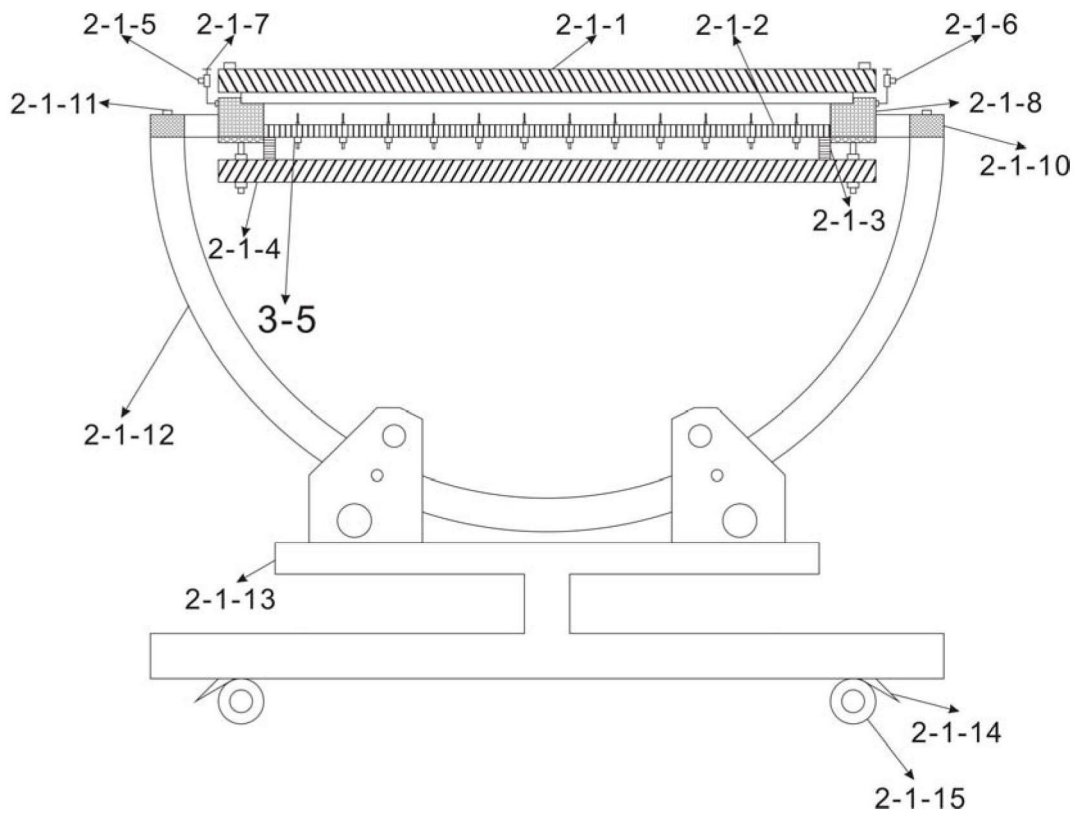


图 2

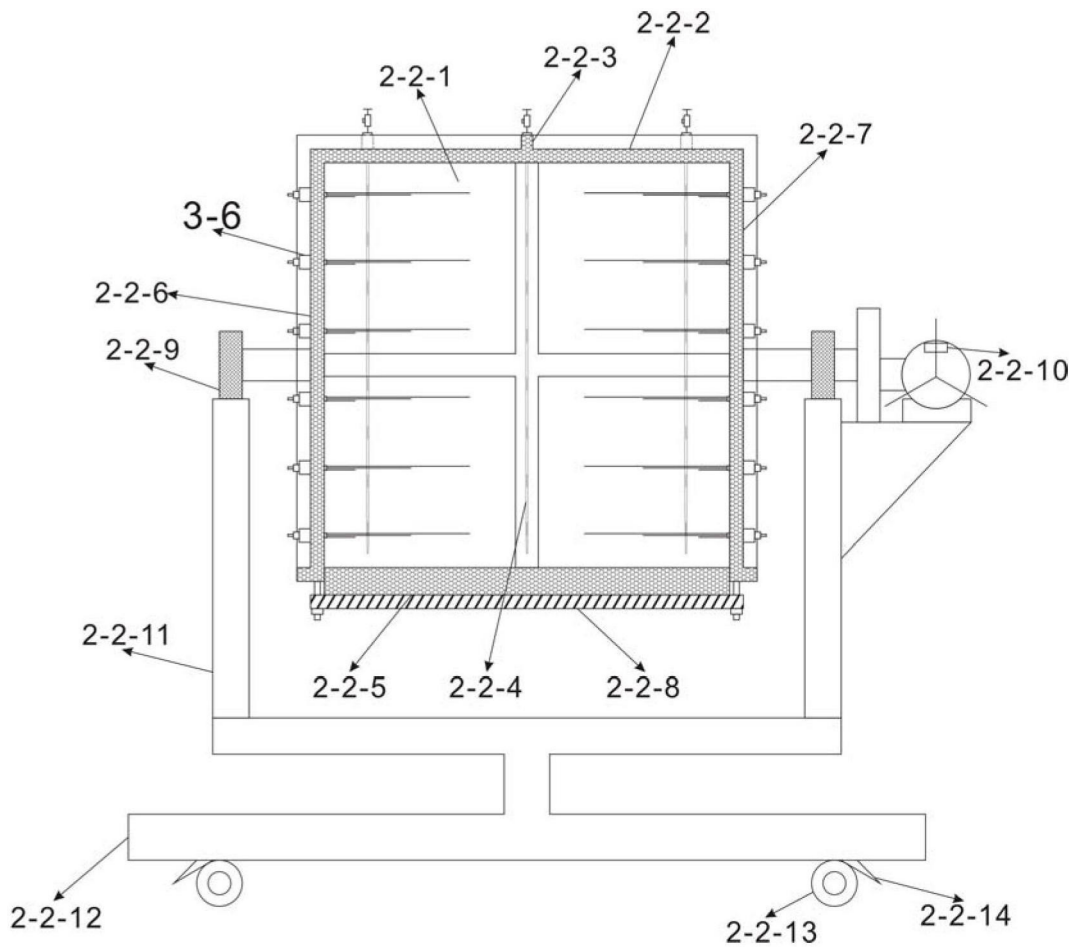


图 3