



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111579377 A

(43)申请公布日 2020.08.25

(21)申请号 202010504837.5

(22)申请日 2020.06.05

(71)申请人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市甘井子区凌工
路2号

(72)发明人 庞锐 季晓檬 周扬 徐斌
周晨光

(74)专利代理机构 大连理工大学专利中心
21200

代理人 李晓亮

(51)Int.Cl.

G01N 3/12(2006.01)

G01N 3/02(2006.01)

G01N 3/06(2006.01)

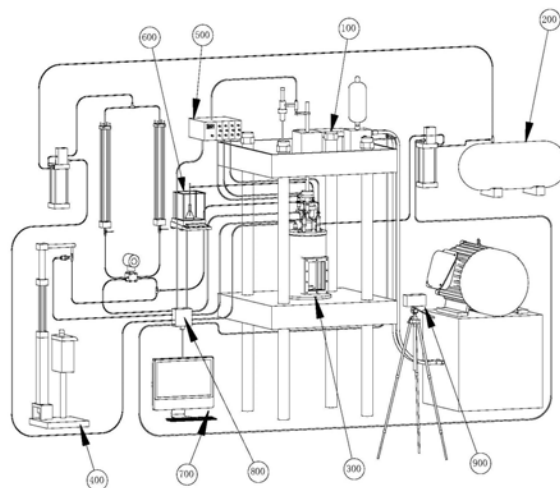
权利要求书3页 说明书8页 附图5页

(54)发明名称

一种可消除膜嵌入效应影响的动静态三轴
试验装置

(57)摘要

本发明公开了一种可消除膜嵌入效应影响的动静态三轴试验装置,属于土工试验技术领域。所述的动静态三轴试验装置可以对砂砾料三轴试样的膜嵌入量进行非接触全场测量,在固结过程中,图像采集装置采集砂砾料三轴试样变形前后图像,经图像处理软件处理后获取砂砾料三轴试样骨架体积变形,后结合高精度电子天平体积变形测量装置测得砂砾料三轴试样总体积变形,两者之差即求得砂砾料三轴试样随有效围压变化的膜嵌入量。该膜嵌入量测量过程,不会对砂砾料三轴试样产任何干扰,且测量过程完全与固结过程耦合,该试验装置准确且高效,且测量装置简单且操作方便。



1. 一种可消除膜嵌入效应影响的动静态三轴试验装置,其特征在于,所述的动静态三轴试验装置包括主体支座结构、液压轴向作动装置(100)、气动围压控制装置及气动膜嵌入量补偿控制装置(200)、压力室整体结构(300)、反压饱和装置(400)、动态电阻应变仪(500)、电子天平体积变形测量装置(600)、工控机(700)、多通道高频采集卡(800)和图像采集装置(900);

所述的主体支座结构包括上台(001)、下台(002)和立柱(003);所述的上台(001)和下台(002)为尺寸相同的金属板;所述的上台(001)和下台(002)通过立柱(003)固定连接;通过调节立柱(003)上旋转柱帽,使上台(001)和下台(002)处于水平方向;

所述的液压轴向作动装置(100)包括驱动电机及液压泵(101)、油箱(102)、油源压力传感器(103)、耐压胶皮进油管(104)、耐压胶皮回油管(105)、蓄能器(106)、电液伺服阀(107)、作控制用位移传感器(108)、低摩阻密封液压油缸(109)和连接轴(110);所述的低摩阻密封液压油缸(109)缸筒安装在上台(001)中心处,低摩阻密封液压油缸(109)活塞轴的运动方向为竖直方向;所述的上台(001)中心位置开有通孔,低摩阻密封液压油缸(109)的活塞轴穿过该通孔与连接轴(110)相连;所述的电液伺服阀(107)安装在低摩阻密封液压油缸(109)的缸筒侧壁;所述的作控制用位移传感器(108)安装在上台(001)上部,作控制用位移传感器(108)与动态电阻应变仪(500)通信连接;所述的蓄能器(106)安装在上台(001)上部,蓄能器(106)与低摩阻密封液压油缸(109)相连,蓄能器(106)的底座安装有油源压力传感器(103),用于检测液压油的压力;所述的耐压胶皮进油管(104)和耐压胶皮回油管(105)将油箱(102)与蓄能器(106)液压连接;所述的驱动电机及液压泵(101)用于给液压油提供动力;

所述的气动围压控制装置及气动膜嵌入量补偿控制装置(200)包括气动围压控制装置和气动膜嵌入补偿控制装置;所述的气动围压控制装置包括空气压缩机(201)、气缸A(202)和电气比例阀A(203);所述的空气压缩机(201)输出端通过耐压PE管与气缸A(202)输入端相连,气缸A(202)输出端与电气比例阀A(203)输入端相接,电气比例阀A(203)输出端与围压控制快插接口(313)相接;所述的电气比例阀A(203)数据接口与多通道高频采集卡(800)相连;所述的气动膜嵌入补偿控制装置包括T型三通接头A(204)、恒体积体变耐压管(205)、变体积体变耐压管(206)、电气比例阀B(207)、气缸B(208)、恒体积体变耐压管(205)、变体积体变耐压管(206)和液位压差传感器(211);所述的恒体积体变耐压管(205)和变体积体变耐压管(206)均竖直放置;所述的气缸B(208)输入端与空气压缩机(201)输出端相连,其输出端通过耐压PE管与电气比例阀B(207)输入端相接,电气比例阀B(207)输出端与T型三通接头A(204)的一个接口相接,T型三通接头A(204)另外两个接口分别与恒体积体变耐压管(205)上端和变体积体变耐压管(206)上端相接,电气比例阀B(207)数据接口与多通道高频采集卡(800)相连;所述的L型三通阀A(209)、L型三通阀B(210)共有三个接口,其一个接口作为输出接口,另两个接口作为输入接口;所述的恒体积体变耐压管(205)下端与L型三通阀A(209)输出接口相连,L型三通阀A(209)其中一个输入接口与液位压差传感器(211)左侧输入接口相连,L型三通阀A(209)另一个输入接口用于补给液体;所述的变体积体变耐压管(206)下端与L型三通阀B(210)输出端相连,L型三通阀B(210)其中一个输入端通过耐压PE管与液位压差传感器(211)右侧输入端相连,L型三通阀B(210)另一个输入接口用于补给液体;所述的L型三通阀C(212)包括两个输入端和一个输出端;所述的L型三通阀C(212)一

个输入端与液位压差传感器(211)的排水输出端相连,其另一个输入端与反压饱和装置(400)中T型三通接头B(401)的一个输入端相连,L型三通阀C(212)输出端与下排水口直通阀(309)输出端相连;所述的液位压差传感器(211)数据接口与多通道高频采集卡(800)相连;

所述的压力室整体结构(300)包括携可视化窗口压力室外罩(301)、压力室上盘(312)、压力室立柱(314)和压力室下盘(320);所述的压力室上盘(312)和压力室下盘(320)通过压力室柱(314)连接组成压力室主体结构,旋转柱帽调整压力室上盘(312)位置与压力室下盘(320)平行,且使压力室上盘(312)与压力室下盘(320)中心位置位于同一竖直线上;所述的携可视化窗口压力室外罩(301)安装在压力室上盘(312)和压力室下盘(320)之间,携可视化窗口压力室外罩(301)与压力室下盘(320)、压力室上盘(312)之间通过螺栓锚固;携可视化窗口压力室外罩(301)上通过可视化玻璃窗(302)安装耐压高钢化玻璃,在可视化玻璃窗(302)的外侧设置一圈LED灯排;所述的压力室整体结构(300)放置在下台(002)上,其中心轴线与低摩阻密封液压油缸(109)活塞轴轴线重合;直线轴承(306)安装压力室上盘(312)中心通孔处,加载轴(305)安装在直线轴承(306)内部,并穿过压力室上盘(312)通孔;所述的外置力传感器(303)和内置力传感器(315)上下端均设有法兰构件;所述的加载轴(305)上端与外置力传感器(303)下端法兰构件相连,外置力传感器(303)上端法兰构件与低摩阻密封液压油缸(109)的活塞轴相连;所述的加载轴(305)下端与内置力传感器(315)上端法兰构件相连,内置力传感器(315)下端法兰构件与三轴试样帽(316)相连;所述的压力室上盘(312)非中心位置处开有通孔,用于安装围压传感器(307)、围压控制快插接口(313)、上排水口直通阀(311)及下排水口直通阀(309);所述的围压控制快插接口(313)与气动围压控制装置相连;所述的上排水口直通阀(311)输出端侧边安装上孔压传感器(310),上排水口直通阀(311)输出端与电子天平体积变形测量装置(600)的储液器相连;所述的下孔压传感器(308)安装在下排水口直通阀(309),用于测量水压;所述的下排水口直通阀(309)输出端与气动膜嵌入补偿控制装置相连;所述的外置位移传感器(304)安装在压力室上盘(312)上部;所述的围压传感器(307)、上孔压传感器(310)、下孔压传感器(308)及外置位移传感器(304)数据接口均与多通道高频采集卡(800)通信连接;所述的三轴试样底座(318)安装在压力室下盘(320)中心位置处,用于放置砂砾料三轴试样,三轴试样底座(318)的中心位置处开有通孔;三轴试样帽(316)中心位置开孔,孔上端通过三轴试样顶部排水管(317)与上排水口直通阀(311)输入端相连;三轴试样底座(318)中心位置开孔,孔下端通过三轴试样底部排水管(319)与下排水口直通阀(309)输入端相连;

所述的反压饱和装置(400)包括T型三通接头B(401)、反压传感器(402)、液压缸(403)、法兰连接杆(404)、直推杆(406)、伺服电机(407)、电控柜(408)、法兰支座(409)和底座(410);所述的法兰支座(409)为II形板结构,由一个横板和两个竖板固连组成,法兰支座(409)的两个竖板安装在底座(410)上部;所述的直推杆(406)安装在法兰支座(409)横板的上表面;所述的伺服电机(407)安装在法兰支座(409)横板的下表面,其输出端穿过法兰支座(409)与直推杆(406)连接,用于驱动直推杆(406);所述的直推杆(406)上端通过法兰连接杆(404)与液压缸(403)的法兰固连,液压缸(403)的活塞与直推杆(406)内部的直线活塞轴(405)连接;所述的T型三通接头B(401)的三个接口分别连接反压传感器、下排水口直通阀(309)的输出端和液压缸(403)的液压出口;所述电控柜(408)安装在底座(410)上,用

于对反压饱和装置(400)供电;所述的反压传感器(402)和伺服电机(407)与电控柜(408)电连接,电控柜(408)与工控机(700)通信连接;

所述的动态电阻应变仪(500)用于力信号及位移信号变送;

所述的电子天平体积变形测量装置(600)包括电子天平和放置在电子天平上的储液器;

所述的多通道高频采集卡(800)用于传感器的信号的输入及控制程序信号输出,多通道高频采集卡(800)的输入端分别连接传感器及动态电阻应变仪(500),输出端分别连接电液伺服阀(107)、作控制用位移传感器(108)、电气比例阀A(203)、电气比例阀B(207)和液位压差传感器(211);多通道高频采集卡(800)数据接口与工控机(700)相连;

所述的图像采集装置(900)用于采集试验过程中砂砾料三轴试样变形前后的图像,与工控机(700)相连;工控机(700)针对图像采集装置(900)采集到的砂砾料三轴试样的变形进行分析,为气动膜嵌入量补偿控制装置提供控制信号。

一种可消除膜嵌入效应影响的动静态三轴试验装置

技术领域

[0001] 本发明属于土工试验技术领域,尤其涉及一种可消除膜嵌入效应影响的动静态三轴试验装置。

背景技术

[0002] 砂砾料因其在自然环境中大量存在,易于获取,因而在土工构筑物实际施工中广泛使用,常用作土石坝的垫层、反滤料和过度料,同样应用在高铁路基、人工填海和核电站防波堤等重大工程建设中。

[0003] 对于砂砾料力学特性的试验研究也越来越得到重视,目前针对砂砾料开展的室内试验研究主要依靠三轴试验仪器,三轴试验仪器构造相对简单,试验模拟工况与实际土体所处应力状态较为一致,因而得到广泛使用。利用三轴试验仪器可以测定砂砾料动-静态强度参数、动-静态应力应变关系和渗透系数等。

[0004] 相较于黏土与砂土,砂砾料颗粒尺寸有明显的增大,在常规三轴试验中,砂砾料三轴试样表面的孔隙较大,且试样平均粒径相较于试样外裹橡皮膜的厚度要大近一个量级,因而砂砾料三轴试样表面膜嵌入效应将会对试验结果产生重大的影响。在常规排水试验中,试样体排、吸水体积的测量将包含膜嵌入体积大小的影响;在常规不排水试验中,试样受到有效围压的变化将改变膜嵌入体积的大小,从而影响试样孔隙水压力的变化。若上述膜嵌入效应的影响无法消除,相关三轴试验结果可信度将得不到保证。目前针对膜嵌入效应的修正主要有三类方法,其一,试验后根据相关数值模拟方法的结果进行修正,该方法准确性得不到试验验证。其二,在试样与橡皮膜之间进行物质填充直接消除膜嵌入,该方法制样操作难度大,且在试验中引入不可预估的影响因素,试验结果准确性有待进一步验证。其三,预先测量膜嵌入量,后在试验过程中对膜嵌入量进行补偿,以达到消除膜嵌入效应的效果。目前,第三类方法准确性较高,且对后续试验过程不产生干扰,试验结果可信度高,但是该类方法的准确性基于膜嵌入量测量的准确性。

[0005] 由此,提出一种可消除膜嵌入效应的动静态三轴试验装置,实现膜嵌入量精准测量,且满足对于砂砾料力学特性进行精准测量的要求。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术、方法和设备的缺点和不足,提供一种可测量膜嵌入量且可消除膜嵌入效应的动静态三轴试验装置,该装置可以通过常规固结试验对砂砾料三轴试样表面膜嵌入量进行精准地测量,且在实际试验过程中对于膜嵌入效应进行实时补偿修正,以解决膜嵌入效应对于试验结果影响的问题。该装置具备功能完备,自动化程度高,试验操作难度低及试验结果准确等优点。

[0007] 为实现上述目的,本发明所采用的技术方案是:

[0008] 一种可消除膜嵌入效应影响的动静态三轴试验装置,用于对砂砾料进行力学特性等试验研究,所述的可消除膜嵌入效应影响的动静态三轴试验装置包括主体支座结构、液

压轴向作动装置100、气动围压控制装置及气动膜嵌入量补偿控制装置200、压力室整体结构300、反压饱和装置400、动态电阻应变仪500、电子天平体积变形测量装置600、工控机700、多通道高频采集卡800和图像采集装置900。

[0009] 所述的液压轴向作动装置100安置在主体支座结构的上台001上部中心位置处,液压轴向作动装置100用于对砂砾料三轴试样施加轴向荷载。

[0010] 所述的气动围压控制装置及气动膜嵌入量补偿控制装置200用于为砂砾料三轴试样提供与其所处实际应力环境相近的应力条件,同时消除膜嵌入效应引起的试验过程中的砂砾料三轴试样体积变化。

[0011] 所述的压力室整体结构300安置主体支座结构的下台002上部中心位置处,压力室整体结构为砂砾料三轴试样提供安装空间,同时为后续试验提供所需的应力环境。

[0012] 所述的反压饱和试验装置400用于提高砂砾料三轴试样饱和度。

[0013] 所述的动态电阻应变仪500主要用于力传感器及位移传感器信号变送,满足力和位移信号的高频采集。

[0014] 所述的电子天平体积变形测量装置600用于测量砂砾料三轴试样在试验过程中排出或者吸入的水体体积。

[0015] 所述的工控机700上安装试验控制软件、试验数据采集软件及图像处理软件等,试验数据采集软件主要负责各类数据信号的采集与保存,试验控制软件主要负责各类控制信号的输出,以调控设备平稳运行,图像处理软件主要负责针对图像采集装置900采集到的砂砾料三轴试样图像的变形进行分析,为气动膜嵌入量补偿控制装置提供控制信号。

[0016] 所述的多通道高频采集卡800用于各种传感器的信号的输入及控制程序信号的输出,多通道高频采集卡800集合输入端与输出端,输入端分别连接各类传感器及动态电阻应变仪等;输出端分别连接各类驱动器;多通道高频采集卡800数据接口与工控机700相连。

[0017] 所述的图像采集装置900用于采集试验过程中砂砾料三轴试样变形前后的图像。

[0018] 本发明的有益效果是:

[0019] A) 本动静态三轴试验装置,用于对砂砾料土样进行试验,该装置包括主体支座结构、液压轴向作动装置、气动围压控制装置及气动膜嵌入量补偿控制装置、压力室整体结构、反压饱和试验装置、动态电阻应变仪、电子天平体积变形测量装置、电脑、多通道高频采集卡及图像采集装置。

[0020] B) 主体支座结构主要用于安置液压轴向作动装置及压力室整体结构;液压轴向作动装置主要用于砂砾料三轴试样的加卸载;压力室整体结构主要用于安置砂砾料三轴试样及提供所需要的试验环境;气动围压控制装置主要用于为砂砾料三轴试样提供与实际相符的应力环境;气动膜嵌入量补偿控制装置主要用于补偿砂砾料三轴试样试验过程中由于膜嵌入变化引起的试样体体积变化;反压饱和试验装置主要用于提高砂砾料三轴试样饱和度,以达到可以进行后续加卸载试验的要求;动态电阻应变仪主要用于力传感器及位移传感器信号变送,满足力和位移信号的高频采集;采集卡主要用于各种传感器的信号的输入及控制程序信号的输出;电脑主要用于各类数据型号的采集及各类控制信号的输出。

[0021] C) 本动静态三轴试验装置可以针对砂砾料三轴试样的膜嵌入量进行非接触全场测量,在固结过程中,图像采集装置采集试样变形前后图像,经图像处理软件处理后获取试样骨架体积变形,后结合电子天平体积变形测量装置测得试样总体积变形,两者之差即求

得试样随围压变化的膜嵌入量。该膜嵌入量测量过程,不会对试样产任何干扰,且测量过程完全与固结过程耦合,该测量方法准确且高效,该测量装置简单且操作方便。

[0022] D) 本动静态三轴试验装置可以在准确测量膜嵌入量的前提下,进行后续动静三轴试验,包含排水试验及不排水试验,在上述各类型试验过程中,针对膜嵌入量随有效围压的变化进行实时补偿,修正膜嵌入效应对于试样体积变形或孔隙水压力变化的影响。

[0023] 综上所述,本发明装置结构简单精巧、布局合理、操作方便,实现了膜嵌入量的精准测量,同时消除了试验加卸载过程中膜嵌入效应对于三轴试样体积变形或孔隙水压力变化的影响。为土工试验和砂砾料本构关系研究的发展提供了更便利、更有效的试验手段,具有良好的推广价值。

附图说明

[0024] 图1为本发明动静态三轴试验装置整体示意图;

[0025] 图2为本发明动静态三轴试验装置中主体支座结构、液压轴向作动装置示意图;

[0026] 图3为本发明动静态三轴试验装置中气动围压控制装置及气动膜嵌入量补偿控制装置示意图;

[0027] 图4(a)为本发明动静态三轴试验装置中压力室整体结构示意图;

[0028] 图4(b)为本发明动静态三轴试验装置具备可视化窗口压力室外罩结构示意图;

[0029] 图4(c)为本发明动静态三轴试验装置压力室内部结构示意图;

[0030] 图5为本发明动静态三轴试验装置中反压饱和试验装置示意图。

[0031] 其中:100、液压轴向作动装置;200、气动围压控制装置及气动膜嵌入量补偿控制装置;300、压力室整体结构;400、反压饱和试验装置;500、动态电阻应变仪;600、电子天平体积变形测量装置;700、工控机;800、多通道高频采集卡;900、图像采集装置;

[0032] 001、上台;002、下台;003、立柱;

[0033] 100、液压轴向作动装置;101、驱动电机及液压泵;102、油箱;103、油源压力传感器;104、耐压胶皮进油管;105、耐压胶皮回油管;106、蓄能器;107、电液伺服阀;108、作控制用位移传感器;109、低摩阻密封液压油缸;110、连接轴;

[0034] 200、气动围压控制装置及气动膜嵌入量补偿控制装置;201、空气压缩机;202、气缸A;203、电气比例阀A;204、T型三通接头A;205、恒体积体变耐压管;206、变体积体变耐压管;207、电气比例阀B;208、气缸B;209、L型三通阀A;210、L型三通阀B;211、液位压差传感器;212、L型三通阀C;

[0035] 300、压力室整体结构;301、携可视化窗口压力室外罩;302、可视化玻璃窗;303、外置力传感器;304、外置位移传感器;305、加载轴;306、直线轴承;307、围压传感器;308、下孔压传感器;309、下排水口直通阀;310、上孔压传感器;311、上排水口直通阀;312、压力室上盘;313、围压控制快插接口;314、压力室立柱;315、内置力传感器;316、三轴试样帽;317、三轴试样顶部排水管;318、三轴试样底座;319、三轴试样底部排水管;320、压力室下盘;

[0036] 400、反压饱和装置;401、T型三通接头B;402、反压传感器;403、液压缸;404、法兰连接杆;405、直线活塞轴;406、直推杆;407、伺服电机;408、电控柜;409、法兰支座;410、底座;

[0037] 500、动态电阻应变仪;600、电子天平体积变形测量装置;700、工控机;800、多通道

高频采集卡;900、图像采集装置。

具体实施方式

[0038] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行详细且清晰地描述。所描述的具体实施例仅是本发明众多实施例中的一部分,并不代表全部实施例。一般地,附图所展示的本发明实施例的组件可以按照不同组合方式进行安装并实施。基于本发明所描述的具体实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0039] 在本发明的具体实施例中,应当注意的是,在下述附图中,部分构件功能相同,但使用了不同的编号,在进行文字描述时,在名称后用大写英文字母A.B.C加以区分,在具体实施过程中则不需要区别对待,因其功能及使用方法是完全相同的。

[0040] 在本发明的具体实施例中,应该明确说明的是,一些表示相对方向或者相对位置的术语,例如“上部”、“下部”、“一侧”、“中心”、“圆周”、“顶部”等,都是为了描述某一具体构件相对其他构件所处的方位或者位置关系。该方位或者位置的描述,仅仅是为了方便且清晰的描述具体实施例,并不代表实际实施工程中不一定被严格限定,可以根据各构件尺寸等实际信息加以改动。

[0041] 在本发明的具体实施例中,应该明确说明的是,“夹具”、“耐压PE管”、“螺栓”等辅助配件不作具体说明,不作标号,仅用实际名称代替,实际实施过程中根据所需尺寸或者功能进行选取。

[0042] 一种可消除膜嵌入效应影响的动静态三轴试验装置,用于对砂砾料进行力学特性等试验研究,所述的动静态三轴试验装置包括主体支座结构、液压轴向作动装置100、气动围压控制装置及气动膜嵌入量补偿控制装置200、压力室整体结构300、反压饱和装置400、动态电阻应变仪500、电子天平体积变形测量装置600、工控机700、多通道高频采集卡800和图像采集装置900。

[0043] 所述的主体支座结构包括上台001、下台002和多根立柱003;所述的上台001和下台002为尺寸相同的金属板;所述的上台001和下台002通过多根等间距设置在上台001和下台002边缘的立柱003固定连接,上台001位于立柱003的顶部,下台002位于上台001的下方;所述的上台001和下台002通过安装在立柱003上旋转柱帽的调节作用使上台001与下台002处于水平方向。

[0044] 所述的液压轴向作动装置100包括驱动电机及液压泵101、油箱102、油源压力传感器103、耐压胶皮进油管104、耐压胶皮回油管105、蓄能器106、电液伺服阀107、作控制用位移传感器108、低摩阻密封液压油缸109和连接轴110。所述的低摩阻密封液压油缸109缸筒安装在上台001中心处,低摩阻密封液压油缸109活塞轴的运动方向为竖直方向;所述的上台001中心位置开有通孔,低摩阻密封液压油缸109的活塞轴穿过该通孔与连接轴110相连。所述的电液伺服阀107安装在低摩阻密封液压油缸109的缸筒侧壁,用于动静态轴向力加载。所述的作控制用位移传感器108安装在上台001上部,作控制用位移传感器108与动态电阻应变仪500通信连接。所述的蓄能器106为耐压储罐,蓄能器106安装在上台001上部,蓄能器106与低摩阻密封液压油缸109通过耐压胶皮管相连,蓄能器106的底座安装有油源压力

传感器103,用于检测液压油的压力。所述的耐压胶皮进油管104和耐压胶皮回油管105将油箱102与蓄能器106液压连接。所述的驱动电机及液压泵101用于给液压油提供动力。

[0045] 所述的气动围压控制装置及气动膜嵌入量补偿控制装置200包括气动围压控制装置和气动膜嵌入补偿控制装置。所述的气动围压控制装置包括空气压缩机201、气缸A202和电气比例阀A203。所述的空气压缩机201输出端通过耐压PE管与气缸A202输入端相连,气缸A202输出端通过耐压PE管与电气比例阀A203输入端相接,电气比例阀A203输出端通过耐压PE管与围压控制快插接口313相接;所述的电气比例阀A203数据接口与多通道高频采集卡800相连。所述的气动膜嵌入补偿控制装置包括T型三通接头A204、恒体积体变耐压管205、变体积体变耐压管206、电气比例阀B207、气缸B208、恒体积体变耐压管205、变体积体变耐压管206和液位压差传感器211。所述的恒体积体变耐压管205和变体积体变耐压管206均垂直放置。所述的气缸B208输入端通过耐压PE管与空气压缩机201输出端相连,气缸B208输出端通过耐压PE管与电气比例阀B207输入端相接,电气比例阀B207输出端通过耐压PE管与T型三通接头A204的一个接口相接,T型三通接头A204另外两个接口分别与恒体积体变耐压管205上端和变体积体变耐压管206上端相接,电气比例阀B207数据接口与多通道高频采集卡800相连。所述的L型三通阀A209、L型三通阀B210共有三个接口,其一个接口作为输出接口,另两个接口作为输入接口;所述的恒体积体变耐压管205下端与L型三通阀A209输出接口相连,L型三通阀A209其中一个输入接口通过耐压PE管与液位压差传感器211左侧输入接口相连,L型三通阀A209另一个输入接口用于补给管内液体;所述的变体积体变耐压管206下端与L型三通阀B210输出端相连,L型三通阀B210其中一个输入端通过耐压PE管与液位压差传感器211右侧输入端相连,L型三通阀B210另一个输入接口用于补给管内液体;所述的L型三通阀C212包括两个输入端和一个输出端;所述的L型三通阀C212一个输入端通过耐压PE管与液位压差传感器211的排水输出端相连,L型三通阀C212另一个输入端通过耐压PE管与反压饱和装置400中T型三通接头B401的一个输入端相连,L型三通阀C212输出端通过耐压PE管与下排水口直通阀309输出端相连;所述的液位压差传感器211数据接口与多通道高频采集卡800相连。

[0046] 所述的压力室整体结构300包括携可视化窗口压力室外罩301、压力室上盘312、压力室立柱314和压力室下盘320。所述的压力室上盘312和压力室下盘320通过压力室柱314连接组成压力室主体结构,多根压力室立柱314沿圆周方向等间距垂直分布安装在压力室下盘320上,压力室上盘312安装在压力室立柱314顶部,旋转柱帽调整压力室上盘312位置与压力室下盘320平行,且使压力室上盘312与压力室下盘320中心位置位于同一竖直线上,所述的携可视化窗口压力室外罩301为圆筒形,安装在压力室上盘312和压力室下盘320之间;所述的携可视化窗口压力室外罩301与压力室下盘320之间通过沿边界均匀分布的螺栓进行锚固,并且二者之间设置环形密封圈;所述的携可视化窗口压力室外罩301与压力室上盘312之间通过沿边界均匀分布的螺栓进行锚固,并且二者之间设置环形密封圈;携可视化窗口压力室外罩301的上安装可视化玻璃窗302,可视化玻璃窗302上安装耐压高透钢化玻璃,在可视化玻璃窗302的外侧设置一圈LED灯排,LED灯排为试验过程中图像采集提供稳定可靠的光源环境。所述的压力室整体结构300放置在下台002上,压力室整体结构300中心轴线与低摩阻密封液压油缸109活塞轴轴线重合。所述的压力室上盘312中心位置处开有通孔,直线轴承306安装压力室上盘312中心处。所述的加载轴305安装在直线轴承306内部,并

穿过压力室上盘312的通孔；所述的外置力传感器303和内置力传感器315上下端均设有法兰构件；所述的加载轴305上端与外置力传感器303下端法兰构件相连，外置力传感器303上端法兰构件与低摩阻密封液压油缸109的活塞轴相连；所述的加载轴305下端与内置力传感器315上端法兰构件相连，内置力传感器315下端法兰构件与三轴试样帽316相连。所述的压力室上盘312非中心位置处开有通孔，用于安装围压传感器307、围压控制快插接口313、上排水口直通阀311及下排水口直通阀309。所述的围压控制快插接口313通过耐压PE管与气动围压控制装置相连；所述的上排水口直通阀311输出端侧边安装孔压传感器310，上排水口直通阀311输出端通过耐压PE管与电子天平体积变形测量装置600的储液器相连；所述的下孔压传感器308安装在下排水口直通阀309，用于测量水压。所述的下排水口直通阀309输出端通过耐压PE管与气动膜嵌入补偿控制装置相连。所述的外置位移传感器304安装在压力室上盘312上部。所述的围压传感器307、上孔压传感器310、下孔压传感器308及外置位移传感器304数据接口均与多通道高频采集卡800通信连接。所述的三轴试样底座318安装在压力室下盘320中心位置处，用于放置砂砾料三轴试样，三轴试样底座318的中心位置处开有通孔。三轴试样帽316中心位置开孔，孔洞上端通过三轴试样顶部排水管317与上排水口直通阀311输入端相连；三轴试样底座318中心位置开孔，孔洞下端通过三轴试样底部排水管319与下排水口直通阀309输入端相连。

[0047] 所述的反压饱和装置400包括T型三通接头B401、反压传感器402、液压缸403、法兰连接杆404、直推杆406、伺服电机407、电控柜408、法兰支座409和底座410。所述的法兰支座409为Π形板结构，由一个横板和两个竖板固定连接组成，法兰支座409的两个竖板安装在底座410上部；所述的直推杆406安装在法兰支座409横板的上表面；所述的伺服电机407安装在法兰支座409横板的下表面，伺服电机407的输出端穿过法兰支座409与直推杆406连接，伺服电机407用于驱动直推杆406。所述的直推杆406上端通过法兰连接杆404与液压缸403的法兰固定连接，液压缸403的活塞与直推杆406内部的直线活塞轴405连接。所述的T型三通接头B401具有三个接口，三个接口分别连接反压传感器、下排水口直通阀309的输出端和液压缸403的液压出口。所述电控柜408安装在底座410上，用于对反压饱和装置400供电。所述的反压传感器402和伺服电机407与电控柜408电连接，电控柜408与工控机700通信连接。

[0048] 所述的动态电阻应变仪500主要用于力及位移信号变送，满足力和位移信号的高频采集需求。

[0049] 所述的电子天平体积变形测量装置600包括电子天平和放置在电子天平上的储液器，电子天平精度优于0.0001g，储液器为窄口容器。

[0050] 所述的工控机700上安装试验控制软件、试验数据采集软件及图像处理软件等，试验数据采集软件主要用于各类数据信号的采集与保存，试验控制软件主要用于各类控制信号的输出，以调控设备平稳运行；图像处理软件主要用于针对图像采集装置900采集到的砂砾料三轴试样的变形进行分析，为气动膜嵌入量补偿控制装置提供控制信号。

[0051] 所述的多通道高频采集卡800用于各种传感器的信号的输入及控制程序信号的输出，多通道高频采集卡800集合输入端与输出端，输入端分别连接各类传感器及动态电阻应变仪(500)等；输出端分别连接电液伺服阀107、作控制用位移传感器108、电气比例阀A 203、电气比例阀B 207和液位压差传感器211；多通道高频采集卡800数据接口与工控机700

相连。

[0052] 所述的图像采集装置900包括三脚架和安装在三脚架上的高分辨率数码相机,数码相机通过采集数据线与工控机700相连。图像采集装置900用于采集试验过程中砂砾料三轴试样变形前后的图像。

[0053] 以砂砾料静力固结不排水加卸载试验为例,具体阐述如何利用本发明装置对膜嵌入量进行准确测量,进一步具体阐述在后续加卸载试验过程中如何利用本发明装置消除膜嵌入效应:

[0054] 首先,按照附图1、2、3、4(a)、4(b)、4(c)和5及上述说明完成各管路或线路连接及各类传感器安装,然后按照《土工试验规程SL237-1999》制备砂砾料三轴试样,并完成试样安装,待对砂砾料三轴试样进行试样饱和。

[0055] 进一步地,对砂砾料三轴试样进行饱和,先利用水头饱和法,为试样饱和度达到100%,进行反压饱和,调节L型三通阀C212使反压饱和装置400与下排水口直通阀309接通,操纵工控机700控制程序,控制气动围压控制装置调整压力室围压,后操纵工控机700控制程序,控制反压饱和装置400调整砂砾料三轴试样内部压力,始终保证压力室围压高于砂砾料三轴试样内部压力,围压传感器307测量压力室内围压,反压传感器402测量砂砾料三轴试样内部压力,按照上述步骤至砂砾料三轴试样内部压力等于设定反压值。测定砂砾料三轴试样饱和度,饱和度未达到100%继续提高设定的反压值,重复上述步骤至饱和度达到100%,完成试样饱和。

[0056] 详述反压装置工作原理:工控机700控制程序发送控制信号至电控柜,电控柜408控制伺服电机407转速与转动方向,伺服电机407转子带动直推杆406转子运动,直推杆406转子带动直线活塞轴405运动,直线活塞轴405带动液压缸403活塞运动,将液体推入或吸出砂砾料三轴试样内部以提高砂砾料三轴试样内部压力。反压饱和的原理:砂砾料三轴试样内部孔隙气体在水中的溶解度随着压力的增加而增加,提高实际所受压力从而提高砂砾料三轴试样饱和度。

[0057] 进一步地,对饱和砂砾料三轴试样进行固结试验,该过程中对膜嵌入量随有效围压的变化进行准确测量。操作工控机700控制程序,控制气动围压控制装置调整压力室围压,电子天平体积变形测量装置600测量砂砾料三轴试样各级围压下总体积变形;同时,图像采集装置900采集各级围压下砂砾料三轴试样图像,利用图像处理软件,实时分析砂砾料三轴试样当前围压下骨架体积变形;各级围压下砂砾料三轴试样总体积变形减去砂砾料三轴试样骨架体积变形即得当前围压下膜嵌入量。上述固结试验中测得的膜嵌入量随围压变化的关系曲线作为后续动静加卸载试验膜嵌入效应修正输入量。此时,排水口与大气接触,围压即为有效围压,上述膜嵌入量随围压变化的关系曲线即为膜嵌入量随有效围压变化的关系曲线。

[0058] 进一步地,切换反压饱和装置400与气动膜嵌入补偿控制装置,闭合上排水口直通阀311,调节L型三通阀A209使得变体积体变耐压管206与液位压差传感器输入端接通,调节L型三通阀B210与恒体积体变耐压管205相通,操纵工控机700控制程序,控制气动膜嵌入补偿控制装置,使变体积体变耐压管206与恒体积体变耐压管205内部压力值与反压控制装置内部压力值相同,调节L型三通阀C212使得气动膜嵌入量补偿控制装置与下排水口直通阀309接通。

[0059] 进一步地,进行砂砾料三轴试样静力不排水加载试验,操纵工控机700控制程序,设定加卸载控制方式,设定加卸载速率,控制液压轴向作动装置100,对砂砾料三轴试样进行静力加载,该实施例采用位移控制加卸载控制方式,作控制用位移传感器108作为控制信号源,外置位移传感器304作为砂砾料三轴试样实际轴向变形信号源。加载过程中,实时采集并保存内置力传感器315,外置力传感器303,外置位移传感器304,上孔压传感器310,下孔压传感器308,围压传感器307及液位压差传感器211数据;因是静力试验,上孔压与下孔压值是相同的即砂砾料三轴试样内部压力值;围压传感器测得围压值为实际围压值;有效围压值为实际围压值与砂砾料三轴试样内部压力值之差。根据实时有效围压值与膜嵌入量随有效围压变化的关系曲线,获得实时膜嵌入量,将实时膜嵌入量作为气动膜嵌入补偿控制装置的控制信号即将膜嵌入量转化为液位压差传感器控制量,调整变体体积变耐压管206体积,将变体体积变耐压管206内水体排入或者吸出砂砾料三轴试样,从而消除膜嵌入效应。控制及采集程序不断重复上述步骤至静力加卸载试验结束。

[0060] 以上砂砾料静力固结不排水加卸载试验仅为本发明优选实施例,但并不限制于本发明,对于本领域的其他实施例来说,本发明可以有各种更改和变化。

[0061] 综上所述,本动静态三轴试验装置可以针对砂砾料三轴试样的膜嵌入量进行非接触全场测量,在固结过程中,图像采集装置采集砂砾料三轴试样变形前后图像,经图像处理软件处理后获取砂砾料三轴试样骨架体积变形,后结合电子天平体积变形测量装置测得砂砾料三轴试样总体积变形,两者之差即求得砂砾料三轴试样随有效围压变化的膜嵌入量。该膜嵌入量测量过程,不会对砂砾料三轴试样产任何干扰,且测量过程完全与固结过程耦合,该测量方法准确且高效,该测量装置简单且操作方便。

[0062] 本动静态三轴试验装置可以在准确测量膜嵌入量的前提下,进行后续动静三轴试验,包含排水试验及不排水试验,在上述各类型试验过程中,针对膜嵌入量随有效围压的变化进行实时补偿,修正膜嵌入效应对于砂砾料三轴试样体积变形或孔隙水压力变化的影响。

[0063] 本发明装置结构简单精巧、布局合理、操作方便,实现了膜嵌入量随有效围压变化的精准测量,同时消除了试验加卸载过程中膜嵌入效应对于三轴砂砾料三轴试样体积变形或孔隙水压力变化的影响。为土工试验和砂砾料本构关系研究的发展提供了更便利、更有效的试验手段,具有良好的推广价值。

[0064] 以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

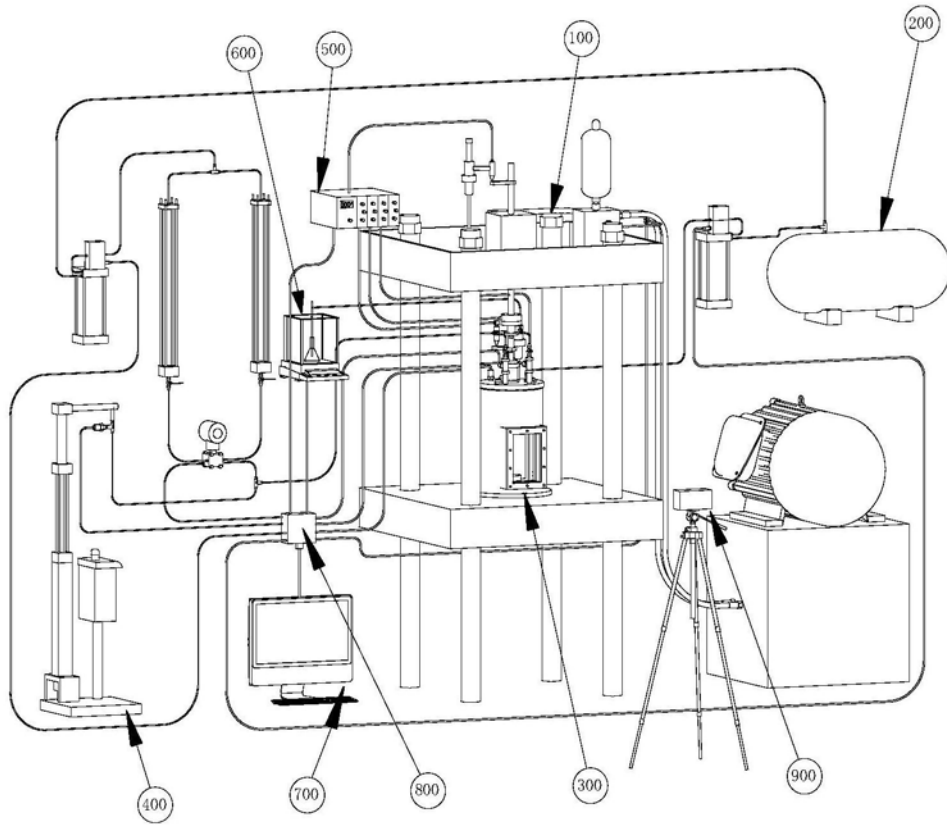


图1

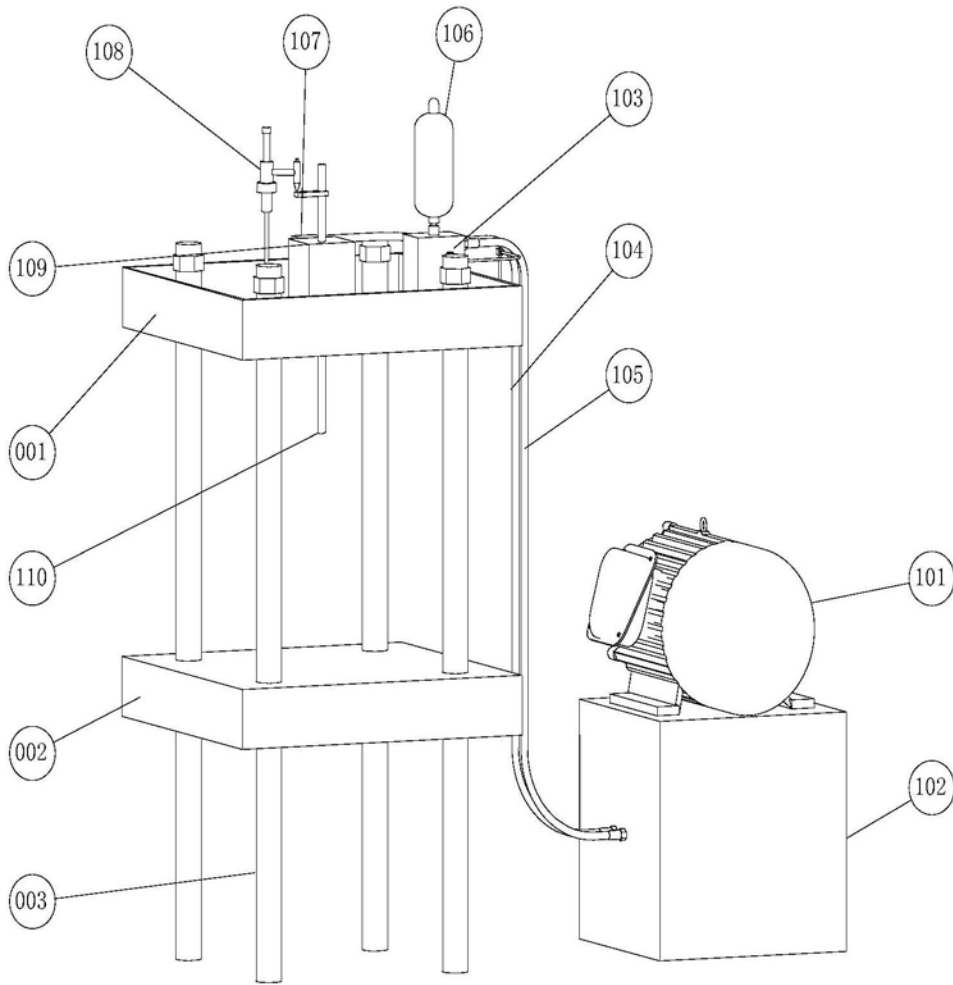


图2

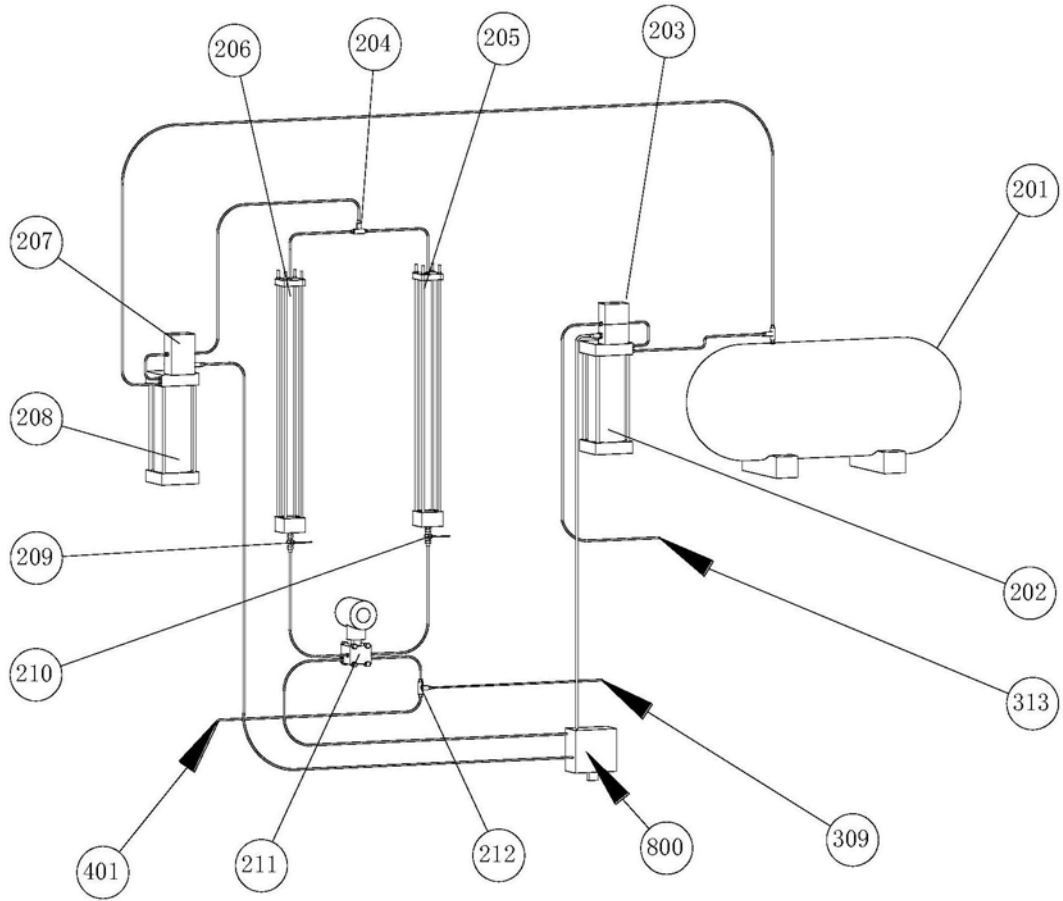
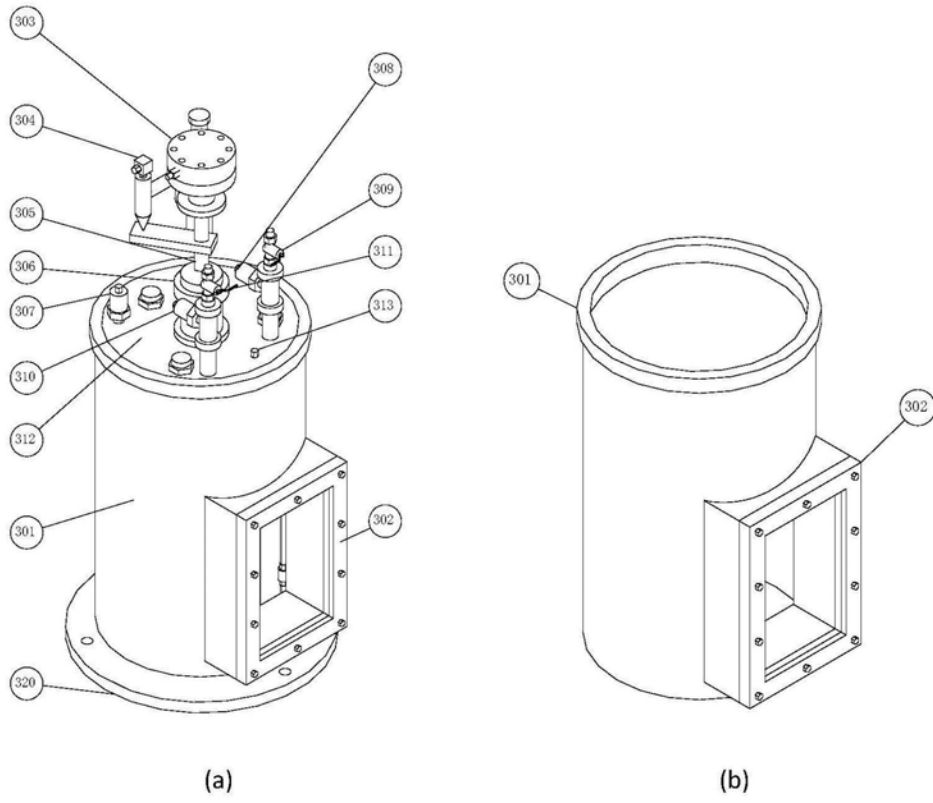
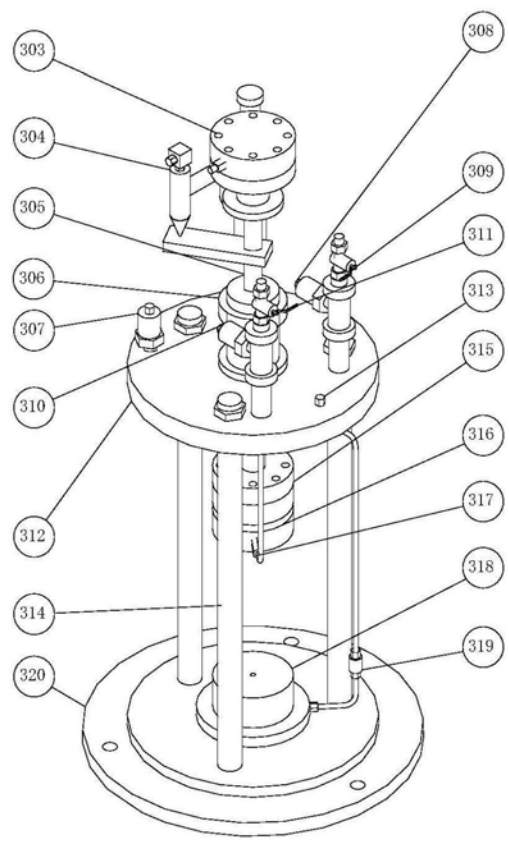


图3



(a)

(b)



(c)

图4

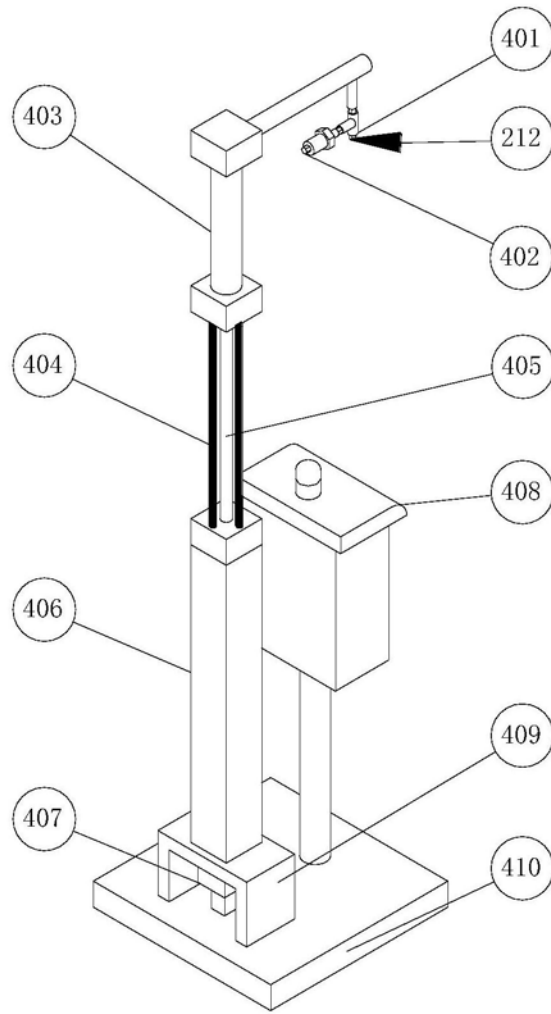


图5