



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710019066.5

[45] 授权公告日 2009 年 12 月 23 日

[11] 授权公告号 CN 100573095C

[22] 申请日 2007. 11. 15

[21] 申请号 200710019066.5

[73] 专利权人 西安理工大学

地址 710048 陕西省西安市金花南路 5 号

[72] 发明人 邵生俊 吴利言 罗爱忠 陶 虎

[56] 参考文献

CN2795844Y 2006. 7. 12

JP2000 - 81378A 2000. 3. 21

CN1945268A 2007. 4. 11

US3673862A 1972. 7. 4

CN2096063U 1992. 2. 12

软土的真三轴试验研究. 孙红等. 水利学报, 第 12 期. 2002

审查员 刘文颖

[74] 专利代理机构 西安弘理专利事务所
代理人 罗 笛

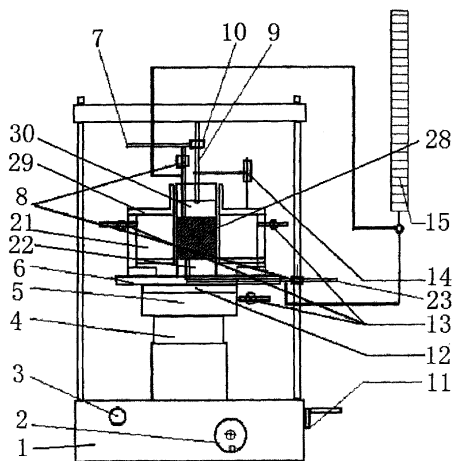
权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图 3 页

[54] 发明名称

一种三向独立加载压力室结构的真三轴仪

[57] 摘要

本发明公开了一种三向独立加载压力室结构的真三轴仪, 其中主机部分的轴向压力腔通过液压导管与轴向的压力源压力缸连接, 在试样底座的四边侧压力腔都放置有一个液压囊, 每个液压囊通过侧压进口导管与侧向的压力源压力缸连接; 液压载荷控制部分和测信号采集及控制部分由控制装置统一控制。本发明的真三轴仪改进了现有的真三轴仪加荷时三个主应力不能完全分离及三个主应力相互影响的缺陷, 具有模拟静应力条件下各种工程条件的试验的优点, 使得测试条件更加符合工程实际, 并且还具有制造成本低的优点。



1、一种三向独立加载压力室结构的真三轴仪，包括主机部分、液压载荷控制部分、量测信号采集及处理部分，其特征在于：

所述的主机部分包括由压力室底板（6）、压力室顶盖（29）及侧壁构成的压力室，压力室底板（6）的下端连接有轴向压力活塞（12），轴向压力活塞（12）的下端连接有轴向压力腔（5），轴向压力腔（5）通过液压导管与轴向的压力源压力缸（34）连接，压力室底板（6）开有下排水通道（23），在压力室底板（6）上设置有包裹试样的橡皮膜；所述的压力室顶盖（29）的中间开口，开口设置试样帽（30），试样帽（30）上设置有一个上排水通道（7），试样帽（30）的上表面通过轴向传力杆（9）与主机支架连接，轴向传力杆（9）上设置有轴向压力传感器（10），在轴向传力杆（9）上还连接有轴向位移传感器（14）；所述的压力室内对称设置有四个侧压力腔（21），每个侧压力腔（21）都放置一个液压囊（20），每个液压囊（20）都与侧向的压力源压力缸（34）连接，在相邻的液压囊（20）之间设置有侧压力腔（21）的挡板（16）；

所述的液压载荷控制部分包括两个侧向步进电机执行机构和一个轴向步进电机执行机构，每个步进电机执行机构接受量测信号采集及处理部分的控制，并与各自的压力缸连接，即轴向的压力源压力缸（34）与压力室的轴向压力腔（5）连接，侧向的压力源压力缸（34）与各自方向的液压囊（20）连接。

2、如权利要求1所述的三向独立加载压力室结构的真三轴仪，其特征在于：所述的轴向步进电机执行机构包括轴向的步进电机（37），轴向的步进电机（37）通过轴向的连轴器（33）与轴向的滚珠丝杠（36）连接，轴向的滚珠丝杠（36）穿过安装在支架上的轴向的丝母（35）与轴向的丝杠活塞（31）

连接，轴向的丝杠活塞（31）与轴向的压力源压力缸（34）连接。

3、如权利要求1所述的三向独立加载压力室结构的真三轴仪，其特征在于：所述的每组侧向步进电机执行机构包括一个步进电机（37），步进电机（37）通过连轴器（33）与滚珠丝杠（36）连接，滚珠丝杠（36）穿过安装在支架上的丝母（35）与侧向的丝杠活塞（31）连接，侧向的丝杠活塞（31）与一个侧向的压力源压力缸（34）连接，该压力源压力缸（34）的出口管路上安装有侧向压力传感器（38），在滚珠丝杠（36）上设置有侧向位移传感器（32）。

4、如权利要求1所述的三向独立加载压力室结构的真三轴仪，其特征在于：所述的量测信号采集及控制部分包括程控放大器（39），程控放大器（39）和定时与逻辑控制器（43）的输入端同时与轴向压力传感器（10）、轴向位移传感器（14）、两个侧向位移传感器（32）、两个侧向压力传感器（38）连接，程控放大器（39）的输出端与采样保持器（40）和定时与逻辑控制器（43）的输入端连接，采样保持器（40）与A/D转换器（41）连接，A/D转换器（41）与计算机（42）连接，定时与逻辑控制器（43）也与计算机（42）连接。

5、如权利要求1所述的三向独立加载压力室结构的真三轴仪，其特征在于：所述的上排水通道（7）和下排水通道（23）与内体变量测量筒（15）连接，所述的上排水通道（7）和下排水通道（23）上分别设置有一个孔压传感器（8）。

6、如权利要求1所述的三向独立加载压力室结构的真三轴仪，其特征在于：所述的挡板（16）与挡板伸缩弹簧（17）连接，挡板伸缩弹簧（17）与挡板调节螺栓（27）连接，挡板调节螺栓（27）与挡板调节弹簧（26）连接，挡板调节弹簧（26）与安装在侧压力腔（21）外表面上的挡板调节弹簧固定螺栓（24）连接。

一种三向独立加载压力室结构的真三轴仪

技术领域

本发明属于岩土工程测试设备技术领域，涉及一种用于真三轴复杂应力条件下土力学性质测试的装置，具体涉及一种三向独立加载压力室结构的真三轴仪。

背景技术

目前现有的土力学性质测试设备主要有直剪仪、常规三轴仪、平面应变三轴仪、真三轴仪。其中直剪仪只是模拟给定剪切面上的法向应力和切向应力，可测试剪切面上的剪应力和剪应变，但不能够控制排水条件；常规三轴仪只能模拟轴对称应力条件，不能实现一般应力条件；平面应变三轴仪尽管可以控制三向主应力不同，但其中一个轴向的应变为零，亦不能模拟一般的应力条件；真三轴仪可以实现三个轴向分别施加不同大小的主应力，三轴轴向产生应变，能够模拟土体中一般的应力条件。

为了实现三个轴向施加主应力，真三轴试样一般为一个立方体。现有的真三轴仪一般采用三向平板加载或两向平板加载、一向流体压力加载，加载平板一般为钢板，刚性大。相对于土样，加载平板可视为刚性板。当试样发生变形后，与试样接触的刚性板必然产生相互接触而制约它们的运动，这就影响了三个轴向的加载和变形。除此之外，当试样发生变形后，必然产生试样与刚性板之间的相对运动，在刚性板与试样的接触面上将产生剪应力，不能保证接触面上只有正应力，即为主应力作用面，从而影响了真三轴试验测试结果。因此，改善真三轴试样加载机构，消除现有真三轴仪三向加载刚性

板或双向刚性板之间的相互制约及刚性板对试样变形的约束影响，使得试样沿三个轴向独立变形，不仅可以克服现有真三轴仪存在的问题，而且使模拟的应力与变形条件更加符合实际。

发明内容

本发明的目的在于提供一种三向独立加载压力室结构的真三轴仪，解决了现有的土力学性质测试设备加载平板为刚性板，加载时与试样之间的相互制约及刚性板对试样变形产生约束的问题。

本发明所采用的技术方案是，一种三向独立加载压力室结构的真三轴仪，包括主机部分、液压载荷控制部分、量测信号采集及处理部分，其特点是，所述的主机部分包括由压力室底板、压力室顶盖及侧壁构成的压力室，在压力室底板的下端连接有轴向压力活塞，轴向压力活塞的下端连接有轴向压力腔，轴向压力腔通过液压导管与轴向的压力源连接，压力室底板开有下排水通道，在压力室底板上设置有包裹试样的橡皮膜；所述的压力室顶盖的中间开口，开口设置试样帽，试样帽上设置有一个上排水通道，试样帽的上表面通过轴向传力杆与主机支架连接，轴向传力杆上设置有轴向压力传感器，在轴向传力杆上还连接有轴向位移传感器；压力室内对称设置有四个侧压力腔，每个侧压力腔都放置一个液压囊，每个液压囊都与侧向的压力源连接，在相邻的液压囊之间设置有侧压力腔的挡板；所述的液压载荷控制部分包括两个侧向步进电机执行机构和一个轴向步进电机执行机构，每个步进电机执行机构接受量测信号采集及处理部分的控制，并与各自的压力源压力缸连接，轴向压力源压力缸与压力室的轴向压力腔连接，侧向的压力源压力缸与各自方向的液压囊连接。

轴向步进电机执行机构包括步进电机，步进电机通过连轴器与滚珠丝杠

连接，滚珠丝杠穿过安装在支架上的丝母与丝杠活塞连接，丝杠活塞与压力源压力缸连接。

侧向步进电机执行机构包括步进电机，步进电机通过连轴器与滚珠丝杠连接，滚珠丝杠穿过安装在支架上的丝母与丝杠活塞连接，丝杠活塞与压力源压力缸连接，压力源压力缸的出口管路上安装有侧向压力传感器，在滚珠丝杠上还设置有侧向位移传感器。

量测信号采集及控制部分包括程控放大器，程控放大器和定时与逻辑控制器的输入端同时与轴向压力传感器、轴向位移传感器、两个侧向位移传感器、两个侧向压力传感器连接，程控放大器的输出端与采样保持器和定时与逻辑控制器的输入端连接，采样保持器与 A/D 转换器连接，A/D 转换器与计算机连接，定时与逻辑控制器也与计算机连接。

上排水通道和下排水通道与内体变量测量筒连接，在上排水通道和下排水通道上分别设置有一个孔压传感器。

挡板与挡板伸缩弹簧连接，挡板伸缩弹簧与挡板调节螺栓连接，挡板调节螺栓与挡板调节弹簧连接，挡板调节弹簧与安装在压力腔外壳上的挡板调节弹簧固定螺栓连接。

本发明的有益效果是，实现了实际工程中一般应力条件下三个轴向正应力独立施加，三个轴向独立量测变形，侧向变形关于竖向轴线对称的模拟手段，能够测试包括主应力主轴偏转、应力路径旋转等复杂应力条件下土的力性状反应，提高了土力性质测试技术水平。

附图说明

图 1 是本发明的主机部分结构示意图；

图 2 是本发明实施例的压力室的水平剖面示意图，其中 σ_2 为中主应力，

σ_3 为小主应力；

图 3 是本发明实施例的压力室竖向剖面示意图；

图 4 是本发明实施例的步进电机执行机构示意图；

图 5 是本发明实施例的量测信号采集及处理示意图；

图 6 是本发明仪器中试样受荷应力状态示意图。

图中，1、主机底座，2、细调手柄，3、粗细调开关，4、轴向调节活塞，5、轴向压力腔，6、压力室底板，7、上排水通道，8、孔压传感器，9、轴向传力杆，10、轴向压力传感器，11、粗调手柄，12、轴向压力活塞，13、开关阀，14、轴向位移传感器，15、内体变量测量筒，16、挡板，17、挡板伸缩弹簧，18、试样橡皮膜固定螺栓，19、侧压进口导管，20、液压囊，21、侧压力腔，22、试样底座，23、下排水通道，24、挡板调节弹簧固定螺栓，25、底板固定螺栓，26、挡板调节弹簧，27、挡板调节螺栓，28、试样，29、压力室顶盖，30、试样帽，31、丝杠活塞，32、侧向位移传感器，33、联轴器，34、压力源压力缸，35、丝母，36、滚珠丝杠，37、步进电机，38、侧向压力传感器，39、程控放大器，40、采样保持器，41、A/D 转换器，42、计算机，43、定时与逻辑控制器。

具体实施方式

下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

本发明包括主机部分、液压载荷控制部分、量测信号采集及处理部分。其中主机是实现对方体试样施加应力和控制排水条件的核心；液压载荷控制部分通过步进电机驱动加压系统机构施加荷载；量测信号采集及处理部分对信号输入以及传感器量测信号的输出进行自动控制，能够自动控制竖向应力和侧向应力。

如图 1 所示,是本发明实施例的主机部分结构示意图。包括安装在主机底座 1 上的细调手柄 2 和粗调手柄 11,细调手柄 2 和粗调手柄 11 通过传动机构与轴向调节活塞 4 连接,细调手柄 2 和粗调手柄 11 同时与粗细调开关 3 连接,由粗细调开关 3 控制轴向调节活塞 4 的细调或粗调。轴向调节活塞 4 的上端连接有轴向压力腔 5,轴向压力腔 5 通过液压导管与轴向的压力源压力缸 34 连接,轴向压力腔 5 的上端设置有轴向压力活塞 12,轴向压力活塞 12 的上端连接有压力室底板 6,压力室底板 6 的上端连接有试样底座 22,压力室底板 6 开有下排水通道 23,下排水通道 23 与内体变量测量筒 15 连接,压力室底板 6 与压力室顶盖 29 及侧壁构成压力室,压力室顶盖 29 的中间开口,开口设置试样帽 30,试样帽 30 上设置有一个上排水通道 7,上排水通道 7 也与内体变量测量筒 15 连接,上述两个排水通道上各设置有一个孔压传感器 8,可以得到试样的水饱和数据。试样帽 30 的上表面通过轴向传力杆 9 与主机支架连接,轴向传力杆 9 上设置有轴向压力传感器 10,在轴向传力杆 9 上还连接有轴向位移传感器 14,轴向位移传感器 14 的传感触角与压力室顶盖 29 的上表面连接。

试验时打开开关阀 13,液体通过管道流入轴向压力腔 5,当轴向压力活塞 12 向上运动时,轴向力通过轴向传力杆 9 将力施加到压力室的试样帽 30 上,从而通过试样帽 30 将轴向压力均匀的施加到试样 28 的轴向上。

如图 2 所示,是本发明实施例中压力室水平剖面示意图;如图 3 所示,是本发明中压力室竖向剖面示意图。在压力室底板 6 上安装有试样橡皮膜固定螺栓 18 和底板固定螺栓 25,在试样底座 22 的四边各设置有一个侧压力腔 21,每个侧压力腔 21 都放置有一个液压囊 20,每个液压囊 20 通过侧压进口导管 19 与侧向的压力源压力缸 34 连接,在轴向和侧向的压力源压力缸 34

的出口均设置有一个开关阀 13，在相邻的液压囊 20 之间设置有侧压力腔的挡板 16，挡板 16 与挡板伸缩弹簧 17 连接，挡板伸缩弹簧 17 与挡板调节螺栓 27 连接，挡板调节螺栓 27 与挡板调节弹簧 26 连接，挡板调节弹簧 26 与安装在压力腔外壳上的挡板调节弹簧固定螺栓 24 连接。

试验时，液压源通过四周的侧压进口 19 进入内置于四个侧压力腔 21 内的液压囊 20，从而通过液压囊 20 施加到试样 28 的侧向上。其中挡板 16 起到隔离四个侧压力腔 21 的内置液压囊 20 互相影响的作用。进行试验侧向压缩或膨胀时，通过挡板调节弹簧 26 调节挡板 16 的伸缩，挡板调节弹簧 26 还起到调节四个液压囊 20 不向某个方向偏离的作用，当试验过程中试样 28 在某个方向膨胀时，瞬间会造成挡板向另外一个侧向的压力腔 21 偏离，此时通过挡板调节弹簧 26 调节其位置。

图 4 为本发明实施例提供压力源的步进电机执行机构结构示意图。该步进电机执行机构一共有三套，分别提供垂直方向的轴向压力和水平方向的两个侧向压力。侧向步进电机执行机构包括步进电机 37，步进电机 37 通过联轴器 33 与滚珠丝杠 36 连接，滚珠丝杠 36 穿过安装在支架上的丝母 35 与丝杠活塞 31 连接，丝杠活塞 31 与压力源压力缸 34 连接，在压力源压力缸 34 的出口管路上安装有侧向压力传感器 38，在滚珠丝杠 36 上设置有侧向位移传感器 32；在轴向步进电机执行机构中没有安装侧向位移传感器 32 和侧向压力传感器 38。

试验室工作使用时，量测信号采集及控制部分通过步进电机 37 的执行代码，推动步进电机执行机构的滚珠丝杠 36 向前或向后运动，进而推动丝杠活塞 31 的运动，使得压力源压力缸 34 内的液体向压力室四边的液压囊 20 内做流入充压或回流减压，当丝杠活塞 31 向前运动时，压力源压力缸 34 的

液体进入液压囊 20，从而将侧向压力施加到试样 28 上；当丝杠活塞 31 向后运动时，液体从液压囊 20 回流进入压力源压力缸 34，从而能使得试样侧面上所受到的应力减少到某一数值。

如图 5 所示，是本发明实施例量测信号采集及控制部分结构示意图。程控放大器 39 和定时与逻辑控制器 43 的输入端同时与轴向压力传感器 10、轴向位移传感器 14、两个侧向位移传感器 32、两个侧向压力传感器 38 连接，程控放大器 39 的输出端与采样保持器 40 和定时与逻辑控制器 43 的输入端连接，采样保持器 40 与 A/D 转换器 41 连接，A/D 转换器 41 与计算机 42 连接，定时与逻辑控制器 43 也与计算机 42 连接，计算机 42 还与两个侧向步进电机执行机构和一个轴向步进电机执行机构连接。

如图 6 所示，为立方体试样的六个实验面受荷应力状态示意图。其中 σ_1 为轴向应力， σ_2 为中主应力， σ_3 为小主应力。

本发明的工作原理是，压力室由外筒、压力室顶盖 29 和压力室底板 6 组成，其材料都采用防锈钢材；压力室内夹置土质试样的下刚性试样底座 22 和上刚性顶板试样帽 30 也由防锈钢材制成；轴向传力杆 9 也由防锈钢材料制成。在压力室内四角同时安装有四块隔板 16，使得侧向分为四个不同的梯形部分，它们能使得小主应力和中主应力的施加互不干扰，并且在试样变形时隔板还能实现伸缩和旋转。三套步进电机执行机构提供压力源，通过导管将压力输入到轴向压力活塞 12 和四个液压囊 20 中，从而使得试样 28 受到六个方向的正向应力，再通过信号采集和处理部分的工作，得到各种数据。另外，通过计算机还可以控制各应力的变化和蠕变，将得到更多的试样性能数据。本发明还可以使用内体变量测量筒 15 进行饱和性实验测试，对计算机的信息进行辅助测试，互相配合。

在真三轴试验中，试样 28 的中主应力和小主应力由两对对称的压力腔中液压囊 20 提供，两对柔性液压囊 20 放置于四块隔板 16 之间，具体形状见图 2。试验时，液压囊 20 内充满液体，两对侧向压力是由步进电机 37 驱动活塞加压的液压源通过管道传递施加到试样 28 上的。柔性液压囊 20 是侧压力腔 21 的主要组成部分，它是由乳胶膜制成的，在垂直于试样 28 的方向上有足够的变形量，以便能跟踪试样 28 在侧向上的变形，同时也使中主应力和小主应力能够均匀地施加到试样 28 表面上。乳胶膜在平行于试样 28 表面高度方向的尺寸略大于试样 28 的尺寸，在宽度方向上等于试样 28 的尺寸，这样可使试样 28 的橡皮套在试验过程中始终与乳胶膜接触，从而尽可能的消除边角应力的影响。成型的乳胶膜的尺寸依据方形试样 28 尺寸及压力腔尺寸确定。压力腔呈梯形截面的棱柱形，乳胶膜的形状与压力腔相似，乳胶膜的横截面略小于压力腔的横截面，乳胶膜的高度略大于试样 28 的高度。

本发明的真三轴仪，能够根据试验要求，对立方体试样 28 进行轴向加载、侧向加载，自动集成控制系统及饱和土孔隙水压力量测数据采集控制时，通过轴向荷载传感器、侧向液压传感器、轴向位移传感器、侧向液压活塞位移传感器及内体变量测量筒 15(孔隙水压力计)可以测试得到试样轴向应力、侧向中轴应力、侧向小轴应力、轴向应变和侧向应变；并通过 A/D 和 D/A 实施测试量采集和输出量控制。在本发明的真三轴仪试验中三个方向的固结应力互不干扰和影响，并且通过三个方向的固结应力的调节，可以真实模拟实际的固结应力条件。

本发明提高了土力性质测试技术水平，通过真三轴试验可以得到三向主应力、三向主应变、饱和土三向有效主应力的技术数据；通过流变试验还可以得到不同应力条件下三向主应变随时间的变化发展技术数据；通过孔隙水

压力和孔隙气压力的量测技术能够在复杂应力条件下研究非饱和土的力学特性及强度变形变化机理。本发明不但能够实现常规应力应变加载，还能实现蠕变加载及简单循环应力加载，大大提高了本发明仪器的使用功能和范围，使得测试条件更加符合工程实际，制造成本低。

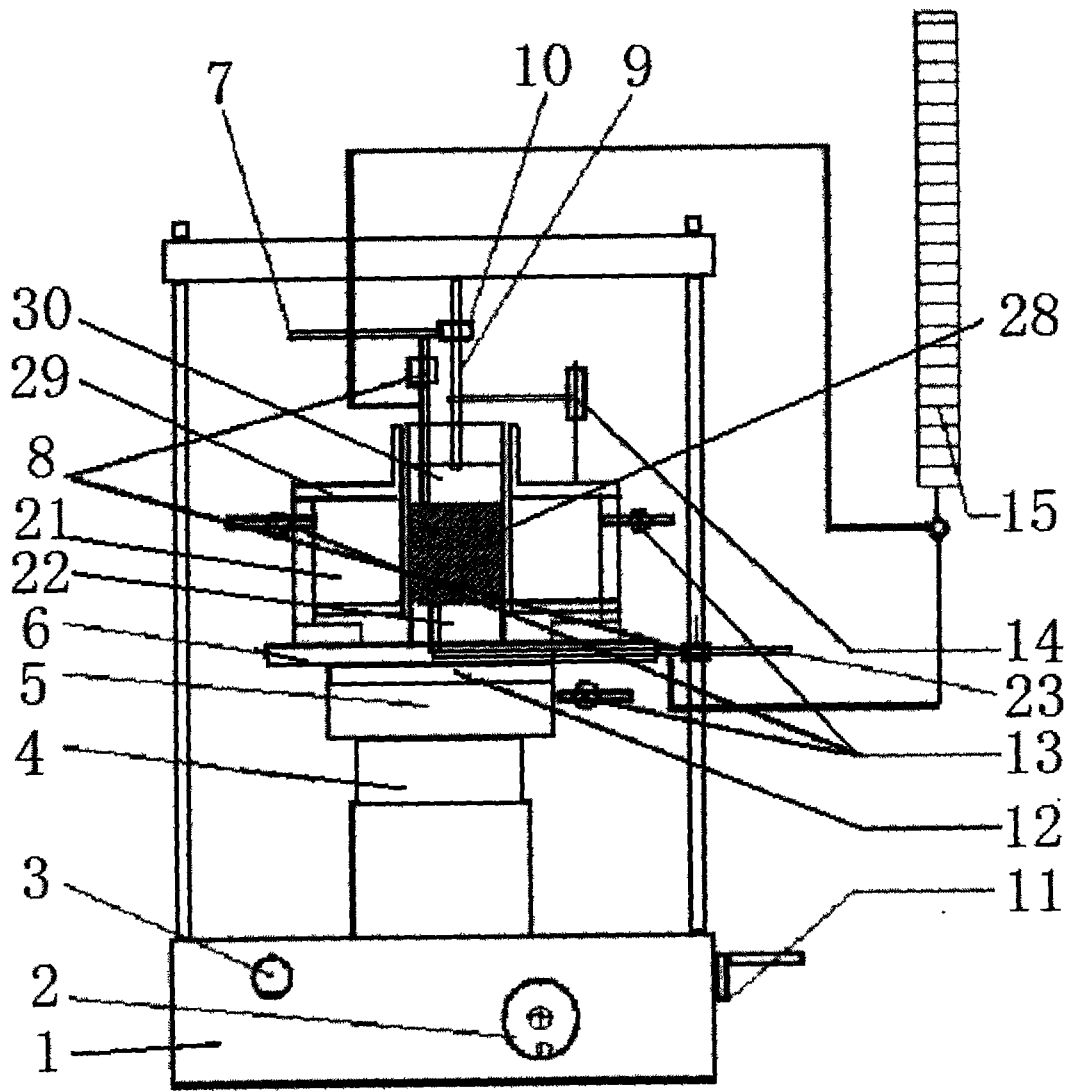


图 1

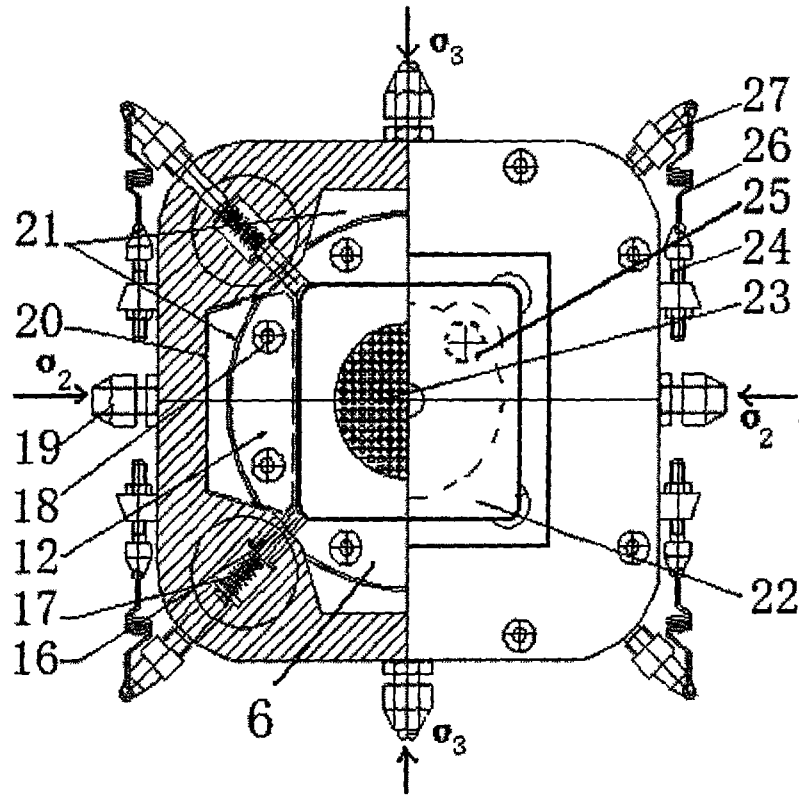


图 2

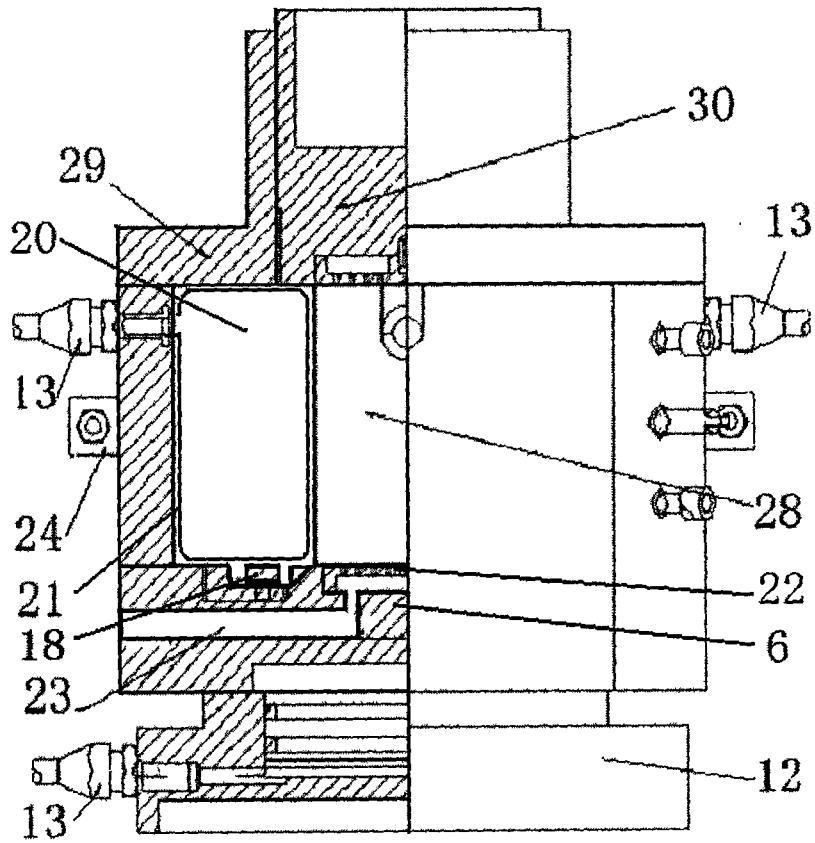


图 3

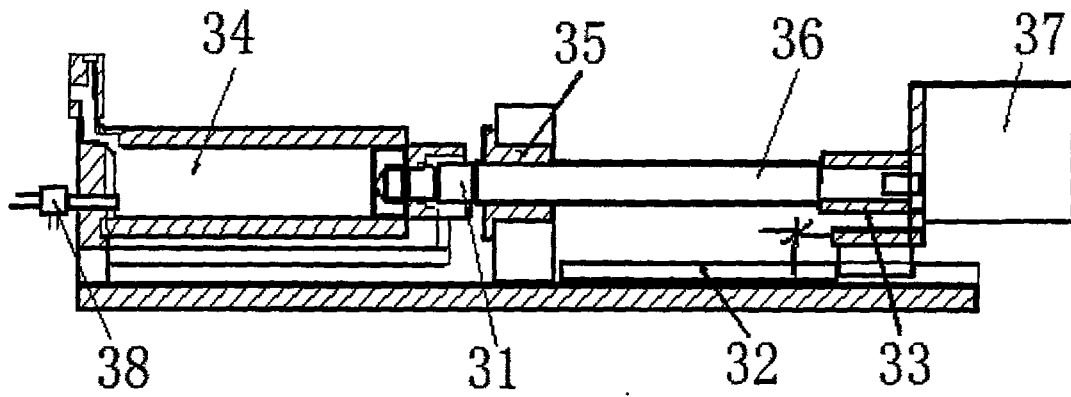


图 4

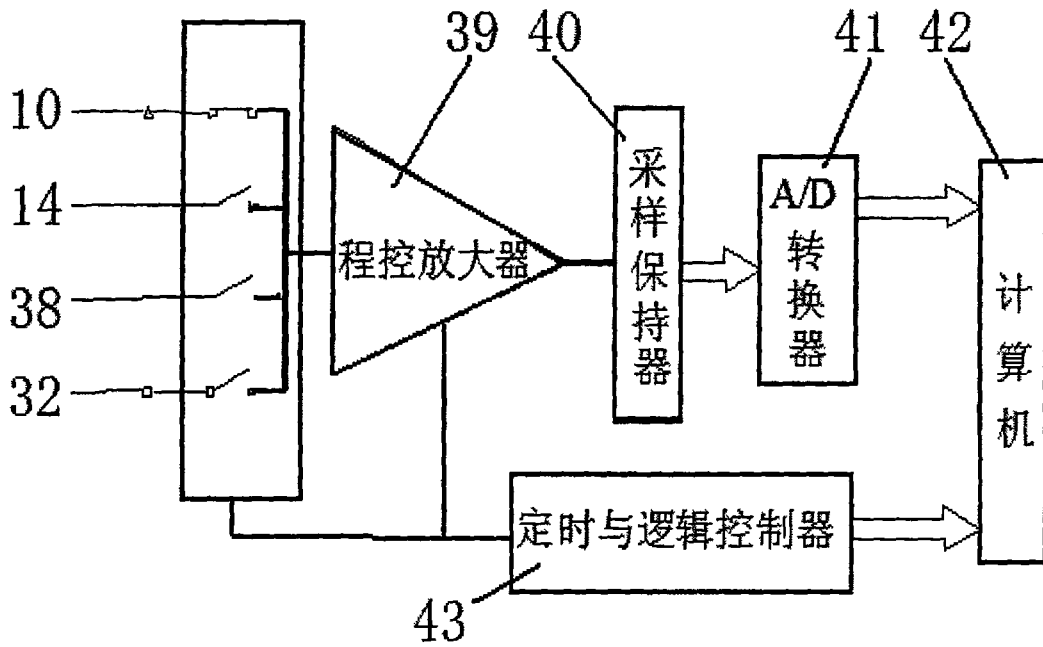


图 5

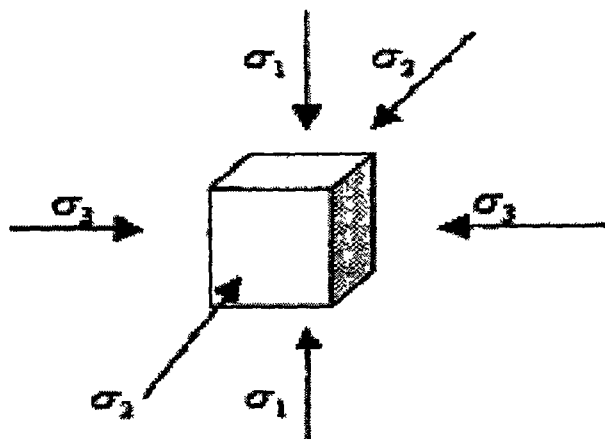


图 6