



[12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200720072895.5

[45] 授权公告日 2009 年 5 月 13 日

[11] 授权公告号 CN 201237591Y

[22] 申请日 2007.7.25

[21] 申请号 200720072895.5

[73] 专利权人 同济大学

地址 200092 上海市杨浦区四平路 1239 号

[72] 发明人 夏才初 王伟 蔡永昌 赵旭
李宏哲 杜良平

[74] 专利代理机构 上海光华专利事务所

代理人 余明伟

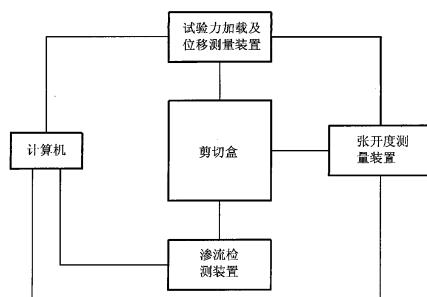
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 4 页

[54] 实用新型名称

岩石节理剪切 - 渗流耦合试验系统

[57] 摘要

本实用新型公开了一种岩石节理剪切 - 渗流耦合试验系统，包括一剪切盒、一试验力加载及位移测量装置、一张开度测量装置和一计算机，所述剪切盒有一进水通道和一出水通道，其特征在于，还包括一渗流检测装置，该渗流检测装置包括一进水装置和一出水流量测量装置，该进水装置联通剪切盒的进水通道的进水口，出水流量测量装置联通剪切盒的出水通道的出水口。使用本实用新型进行岩石节理剪切 - 渗流耦合试验，可以任意改变切向力、法向力和水压的数值大小和变化方式，同时获得张开度变化、切向位移和流量大小，所获得的数据更能真实反映实际受力状态，数据更真实。同时，无需多套设备，使试验设备的成本降低，大大节省了试验时间和后期数据的处理时间，提高了工作效率。



1、一种岩石节理剪切—渗流耦合试验系统，包括一剪切盒，一试验力加载及位移测量装置，一张开度测量装置和一计算机，所述剪切盒有一进水通道和一出水通道，其特征在于，还包括一渗流检测装置，该渗流检测装置包括一进水装置和一出水流量测量装置，该进水装置联通剪切盒的进水通道的进水口，出水流量测量装置联通剪切盒的出水通道的出水口。

2、根据权利要求 1 所述的岩石节理剪切—渗流耦合试验系统，其特征在于，所述出水流量测量装置包括一集水箱、一第二流量计；第二流量计连接在剪切盒的出水口和集水箱之间，第二流量计与计算机相连。

3、根据权利要求 2 所述的岩石节理剪切—渗流耦合试验系统，其特征在于，所述出水流量测量装置还包括一反压加载装置、一第二液压传感器和一控制器，第二液压传感器安装在出水管上，与控制器电连接，控制器与反压加载装置电连接，控制出水管的出水压力，保证进水管与出水管的压力差；反压加载装置安装在第二流量计和第二液压传感器之间，控制器由计算机伺服控制。

4、根据权利要求 2 或 3 所述的岩石节理剪切—渗流耦合试验系统，其特征在于，所述出水流量测量装置还包括一压力感应器，压力感应器安装在第二流量计和集水箱之间，与计算机相连。

5、根据权利要求 1、2 或 3 所述的岩石节理剪切—渗流耦合试验系统，其特征在于，所述进水装置包括一储水箱、一水压加载装置、一第一液压传感器；第一液压传感器安装在进水管上，与控制器电连接，水压加载装置安装在第一液压传感器和储水箱之间，控制器由计算机伺服控制。

6、根据权利要求 4 所述的岩石节理剪切—渗流耦合试验系统，其特征在于，所述进水装置包括一储水箱、一水压加载装置、一第一液压传感器；第一液压传感器安装在进水管上，与控制器电连接，水压加载装置安装在第一液压传感器和储水箱之间，控制器由计算机伺服控制。

7、根据权利要求 5 所述的岩石节理剪切—渗流耦合试验系统，其特征在于，所述进水装置还包括一第一流量计，第一流量计安装在储水箱和水压加载装置之间，第一流量计与计算机相连。

8、根据权利要求 6 所述的岩石节理剪切—渗流耦合试验系统，其特征在于，所述进水装置还包括一第一流量计，第一流量计安装在储水箱和水压加载装置之间，第一流量计与计算机相连。

9、根据权利要求 5 所述的岩石节理剪切—渗流耦合试验系统，其特征在于，所述出水流量测量装置的集水箱为一密闭容器，该集水箱有一个有开关控制的出口，通往进水装置的储水箱。

10、根据权利要求 6 所述的岩石节理剪切—渗流耦合试验系统，其特征在于，所述出水流量测量装置的集水箱为一密闭容器，该集水箱有一个有开关控制的出口，通往进水装置的储水箱。

岩石节理剪切—渗流耦合试验系统

技术领域

本实用新型涉及一种进行岩石节理剪切—渗流耦合试验的试验系统。

背景技术

自然界中的岩体受到外力作用时，会产生节理和裂隙等结构面，某个区域的完整岩石受到外力作用破裂时，会形成一对节理面。国内外进行岩石节理的剪切—渗流耦合试验，多存在两个方面的问题：渗透水压值过小和辐射状的水流方式。渗透水压值过小，水头高度只有 2m 多，低渗透压力下，剪切盒的密封较容易实现，而实际工程中的最大水头高度甚至超过 1000m，很难对剪切盒做密封；而辐射流的渗流方式，即从节理面中心钻孔注水向四周流动，这种渗流方式，只要能满足连续的水流方式，对剪切盒可以不做密封，但这与实际情况也是不相符的，自然界水在节理中的流动方式应该为单面流，即从节理面的一端流向另一端。

由于前述难题的存在，可进行岩石节理的剪切—渗流耦合试验的试验机发展缓慢，目前，国内外进行岩石节理的剪切渗流耦合试验，大多是将岩石节理装入经独特设计的密封剪切盒内，并安装到直剪试验机上，通过直剪试验机在岩石上分别施加不同的切向力和法向力，通过位移传感器测量岩石节理的开度变化和切向位移。要测量水在岩石节理中渗流的流量，必须使用另外的专用试验设备来进行。无法形成一体化的集合试验力加载装置、水压加载流量测量装置、密封剪切盒和张开度测量装置的岩石节理剪切—渗流耦合试验系统，从而实现在稳态水压或瞬态水压渗流状态下的岩石节理剪切试验，并对竖向力和水平力、张开度和水平位移以及流量同时做出精确测量。

因此，如何解决现有技术存在的诸多缺点实已成为本领域技术人员亟待解决的技术课题。

实用新型内容

本实用新型的目的在于提供一种岩石节理剪切—渗流耦合试验系统，能进行岩石节理剪切—渗流耦合试验，在进行加载的同时可获得节理张开度、水平位移、流量的变化值。

为实现上述目的，本实用新型提供一种岩石节理剪切—渗流耦合试验系统，包括一剪切盒、一试验力加载及位移测量装置，一张开度测量装置和一计算机，所述剪切盒有一进水通道和一出水通道，其特征在于，还包括一渗流检测装置，该渗流检测装置包括一进水装置和一出水流量测量装置，该进水装置联通剪切盒的进水通道的进水口，出水流量测量装置联通剪切盒的出水通道的出水口。

其中，所述出水流量测量装置包括一集水箱、一第二流量计；第二流量计连接在剪切盒的出水口和集水箱之间，第二流量计与计算机相连。

其中，所述出水流量测量装置还包括一反压加载装置、一第二液压传感器和一控制器，第二液压传感器安装在出水管上，与控制器电连接，控制器与反压加载装置电连接，控制出水管的出水压力，保证进水管与出水管的压力差；反压加载装置安装在第二流量计和第二液压传感器之间，控制器由计算机伺服控制。

其中，所述出水流量测量装置还包括一压力感应器，压力感应器安装在第二流量计和集水箱之间，与计算机相连。

优选地是，所述进水装置包括一储水箱、一水压加载装置、一第一液压传感器；第一液压传感器安装在进水管上，与控制器电连接，水压加载装置安装在第一液压传感器和储水箱之间，控制器由计算机伺服控制。

更优选地是，所述进水装置还包括一第一流量计，第一流量计安装在储水箱和水压加载装置之间，第一流量计与计算机相连。

更优选地是，所述出水流量测量装置的集水箱为一密封容器，该密闭容器有一个有开关控制的出口，通往进水装置的储水箱。

使用本实用新型，可以在岩石节理剪切的基础上，进行剪切—渗流耦合试验，在试验过程中可以任意改变竖向力、水平力、水压值，并可同时获得张开度、剪切位移和流量变化值；试验过程中，水流可以模拟自然流动状态，因此，获得的试验结果更能真实有效地用于指导实际工程。同时，使用本系统，一次获得所需数据，

无需多套设备，降低了试验成本，节约了试验时间和后期数据的处理时间，提高了工作效率，操作更人性化。

附图说明

图 1 为本实用新型的岩石节理剪切—渗流耦合试验系统的结构方框图

图 2a 为本实用新型中的剪切盒的纵剖视图；

图 2b 为图 2a 沿 B—B 线的剖视图；

图 2c 为图 2a 沿 A—A 线的剖视图；

图 3 是本实用新型中的渗流检测装置的工作原理图；

图 4 为是本实用新型中的试验力加载及位移测量装置的工作原理图；

图 5 为本实用新型中的引伸计安装示意图。

具体实施方式

下面结合附图和具体实施方式对本实用新型的岩石节理剪切—渗流耦合试验系统作进一步的说明。

如图 1 所示，本实用新型的岩石节理剪切—渗流耦合试验装系统包括一剪切盒，一试验力加载及位移测量装置，一张开度测量装置，一渗流检测装置和一计算机。

剪切盒

如图 2a~2c 所示，剪切盒 1 由下盒 3、上盒 4、进水管 5、出水管 6 组成，构成剪切盒 1 的壁板均由钢板制成。

下盒 3 由前壁板 31、后壁板 32、左壁板 33、34、右壁板 35、36 和下壁板 37 组成：前壁板 31 与后壁板 32 为大小、厚度均相同的两块钢板，对称布置；左壁板 33、34 和右壁板 35、36 分别对称，左壁板 33 和右壁板 35、左壁板 34 和右壁板 36 为大小相同、厚度不同的钢板，通过螺栓连接而成；

上盒 4 由前壁板 41、后壁板 42、左壁板 43、44、右壁板 45、46 和上壁板 47 组成：前 41 壁板与后壁板 42 为大小、厚度均相同的两块钢板，对称布置；左壁板

43、44 和右壁板 45、46 分别对称，左壁板 43 和右壁板 45、左壁板 44 和右壁板 46 为大小相同、厚度不同的钢板，通过螺栓连接而成；

上盒的前壁板 41 与下盒的前壁板 31 厚度相同，上盒的后壁板 42 与下盒的后壁板 32 厚度相同，上盒的左壁板 43、44 与下盒的左壁板 33、34 厚度相同，上盒的右壁板 45、46 与下盒的右壁板 35、36 厚度相同，上盒的上壁板 47 与下盒的下壁板 37 大小、厚度均相同。

在前壁板 31 和前壁板 41 接触面之间、后壁板 32 和后壁板 42 接触面之间安装减摩板 51，在左壁板 33、左壁板 43、右壁板 35 和右壁板 45 预留的槽内压入隔水密封圈 52。

上盒 4 与下盒 3 可沿水流的左右方向相对水平滑动，沿垂直方向相对上下滑动。

进水管 5 和出水管 6 呈梳状对称嵌平安装在左壁板 34 和右壁板 36 的上端面内侧，进水管 5 的梳状出水口伸入两节理面组成的空腔内，出水管 14 的梳状进水口亦伸入空腔内，进水管 5 的进水口和出水管 6 的出水口穿出后壁板 32。

试验之前，用密封材料 53 封住剪缝，仅留出进水口和出水口的通道，并在试件外部包裹隔水层 54。

渗流检测装置

渗流检测装置主要用于控制水压加载并测量水的流量，为一套闭环控制系统。

如图 3 所示，渗流检测装置包括一进水装置、一出水流量测量装置。进水装置包括一储水箱、一第一流量计、一水压加载装置、一第一液压传感器和一控制器。第一液压传感器安装剪切盒的进水管路上，与控制器电连接，控制器由计算机伺服控制。第一流量计安装在水压加载装置和储水箱之间。出水流量测量装置包括一集水箱、一压力感应器、一第二流量计、一反压加载装置、一第二液压传感器和一控制器。第二液压传感器安装在剪切盒 1 的出水管路上，与控制器电连接，反压加载装置安装在第二液压传感器和第二流量计之间，控制器与反压加载装置电连接，压力感应器安装在第二流量计和集水箱之间。集水箱为一密闭的容器，该集水箱有一个出口，通往储水箱，在试验中，出口关闭。当流量较小、第二流量计无法识别流量时，可以通过压力感应器获得出水口处的流量数据；测流量的第一流量计、第二流量计、

压力传感器与计算机相连，实时采集，可随时获取数据。

试验时，首先由计算机输出指令到控制器，控制器分别输出一路信号到水压加载装置的压力传动器，输出一路信号到反压加载装置的反压传动器，压力传动器推动水压加载装置的水压加载器，储水箱里的水在一定的压力作用下流入剪切盒进水口，通过岩石节理面从出水口流出，经反压加载装置，流向集水箱，同时，反压加载装置的反压传动器，推动反压加载器，产生一定的反压，使得进水口和出水口的压差保持一定数值；根据试验要求，可分别实现稳态法和瞬态法加载；当不需使用反压加载装置时，可将反压数值设为 0 将其屏蔽；在水压加载装置和剪切盒进水口之间安装第一液压传感器，在剪切盒出水口和反压加载器之间也安装第二液压传感器，用于测量试验过程中的加载的水压和反压，并与控制器连接，控制器与计算机相连接，随时获取数据，及时调整，控制水压，实现闭环控制；出水口处的集水箱为一密闭容器，该集水箱有一个有开关控制的出口，通往储水箱，可以根据试验情况和试验要求控制。

可以通过进水流量和出水流量的对比来检查本装置是否有渗漏。

试验力加载及位移测量测量装置

试验力加载及位移测量装置为现有技术，如图 4 所示，包括一法向试验力加载及位移测量装置和一切向试验力加载及位移测量装置。

法向试验力加载及位移测量装置包括法向控制器、法向油缸、法向加载头、法向负荷传感器、两个法向变形传感器和法向位移传感器。计算机发出指令到法向控制器，法向控制器控制油缸的移动进行加载和卸载，荷载通过加载头作用在剪切盒上；在加载或卸载的同时，附着在加载头上的法向变形传感器和法向负荷传感器测出法向变形和负荷的数据，将数据反馈到法向控制器，以检验和校核加载的数值；在加载或卸载的同时，将法向位移传感器固定在剪切盒上，测量法向位移；试验过程中测得的数据通过控制器传输到计算机。

切向试验力及位移测量装置包括切向控制器、切向油缸、切向加载头、切向负荷传感器、两个切向变形传感器和切向位移传感器。计算机发出指令到切向控制器，切向控制器控制油缸的移动进行加载和卸载，荷载通过加载头作用在剪切盒上；在加载或卸载的同时，附着在加载头上的切向变形传感器和切向负荷传感器测出切向

变形和负荷的数据，将数据反馈到切向控制器，以检验和校核加载的谬误；在加载或卸载的同时，将切向位移传感器固定在剪切盒上，测量切向位移；试验过程中测得的数据通过控制器传输到计算机。

所述的试验力加载及位移测量装置，由计算机伺服控制；所述的水平位移测量装置测量出的位移由计算机自动采集。

张开度测量装置

张开度的变化，反应在试验中，指的是上下两节理面相对距离的变化，由于剪切盒是完全密封的，试验过程中的张开度无法直接测得，要用引伸计将位移引出。将引伸计安装在上下剪切盒壁上，测量引伸计沿节理面法向的相对位移，由于剪切盒为刚性，故引伸计即为节理面平均张开度的变化值。考虑节理面的不规则性，试件在剪切过程中，不同位置会出现不同程度的位移，如滑移、爬坡、翻转等，故可以在剪切盒的四个角分别设置引伸计 7，张开度变化取四角的平均值。见图 4。

将引伸计用磁性表座 8 固定在上、下剪切盒壁板上，测量两磁性表座之间的相对位移即可获得两节理面的张开度变化。

岩石节理剪切一渗流耦合试验的具体步骤如下：

- (1) 在密封剪切盒内安装岩石节理试件；
- (2) 试验力加载及位移测量，采用法向试验力加载及位移测量装置和切向试验力加载及位移测量装置，分别对剪切盒进行加载并测量法向位移和切向位移，并将结果实时反馈到计算机。
- (3) 使用引伸计测量试验过程中上下节理面之间张开度的变化，引伸计安装在剪切盒的四个角处，引伸计与计算机连接，可将结果实时传输到计算机。
- (4) 用渗流检测装置控制水压并测量水的流量。

使用本实用新型，可以在岩石节理剪切的基础上，进行剪切一渗流耦合试验，在试验过程中可以任意改变竖向力、水平力、水压值，并测量张开度、剪切位移和流量变化；试验过程中，水流可以模拟自然流动状态，因此，获得的试验结果更能真实有效地用于指导实际工程。同时，使用本系统，一次获得所需数据，无需多套设备，降低了试验成本，节约了试验时间和后期数据的处理时间，提高了工作效率，操作更人性化。

根据本实用新型的实施例已对本实用新型进行了说明性而非限制性的描述，但应理解，在不脱离由权利要求所限定的相关保护范围的情况下，本领域的技术人员可以做出变更和/或修改。

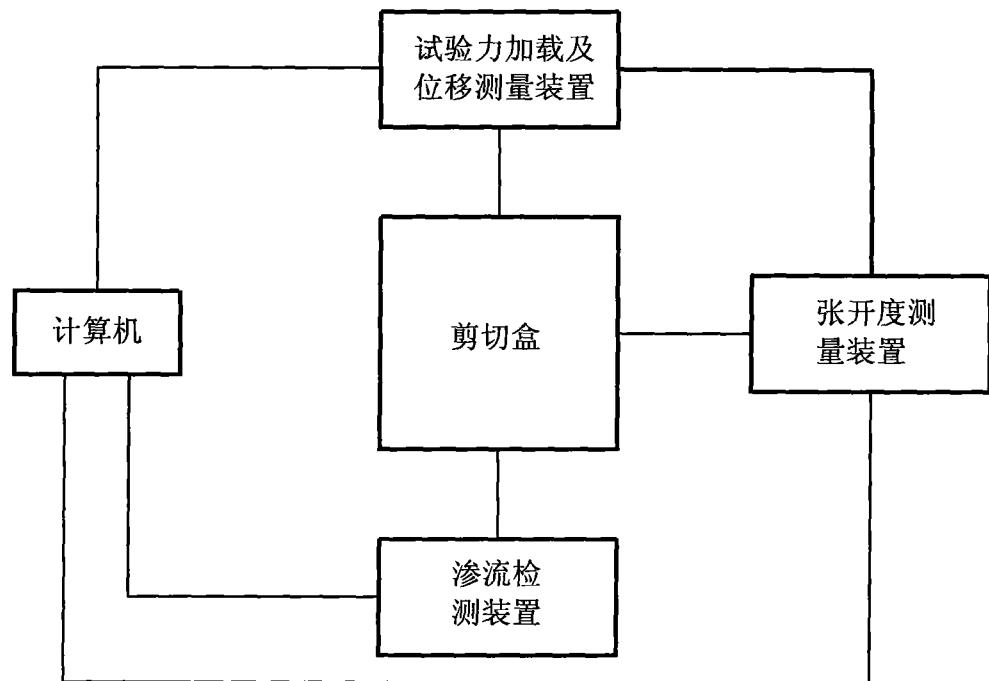


图 1

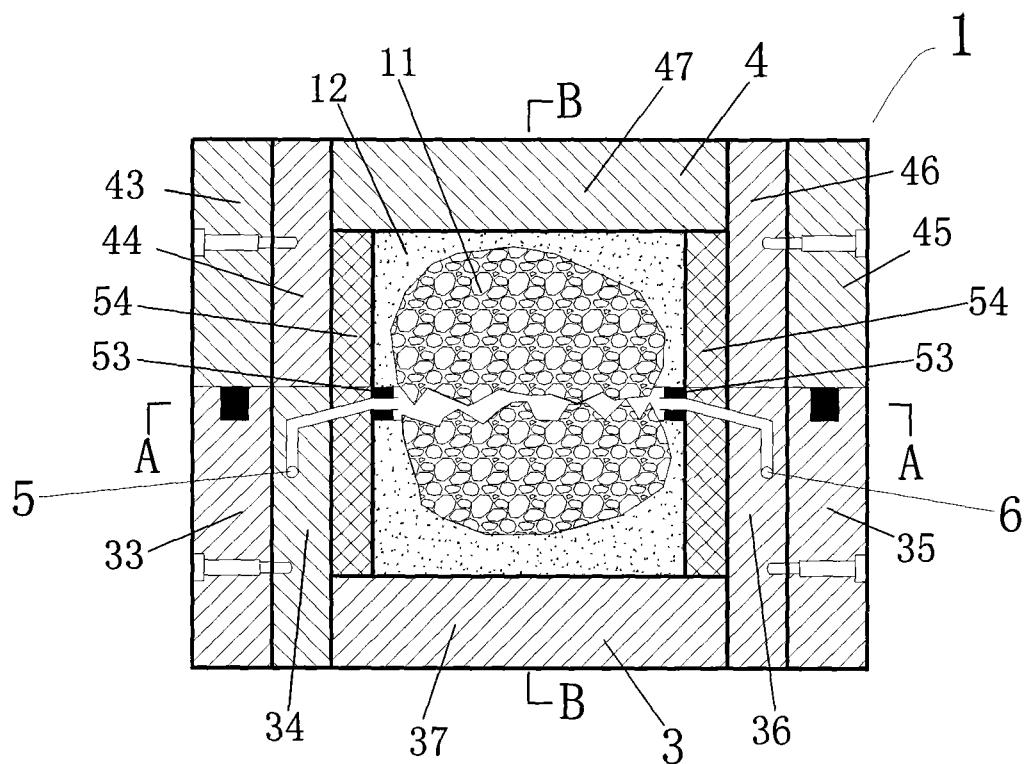


图 2a

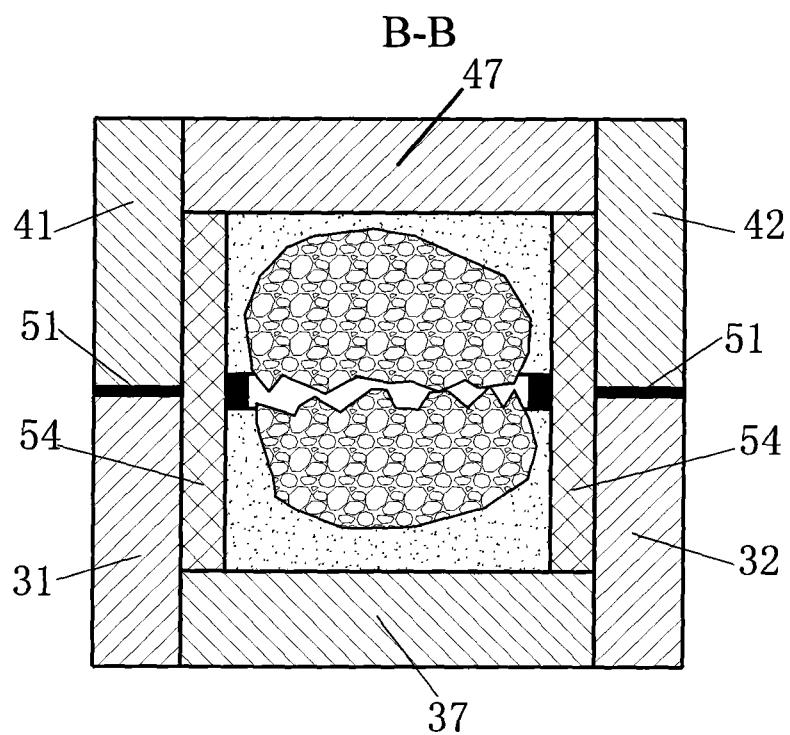


图 2b

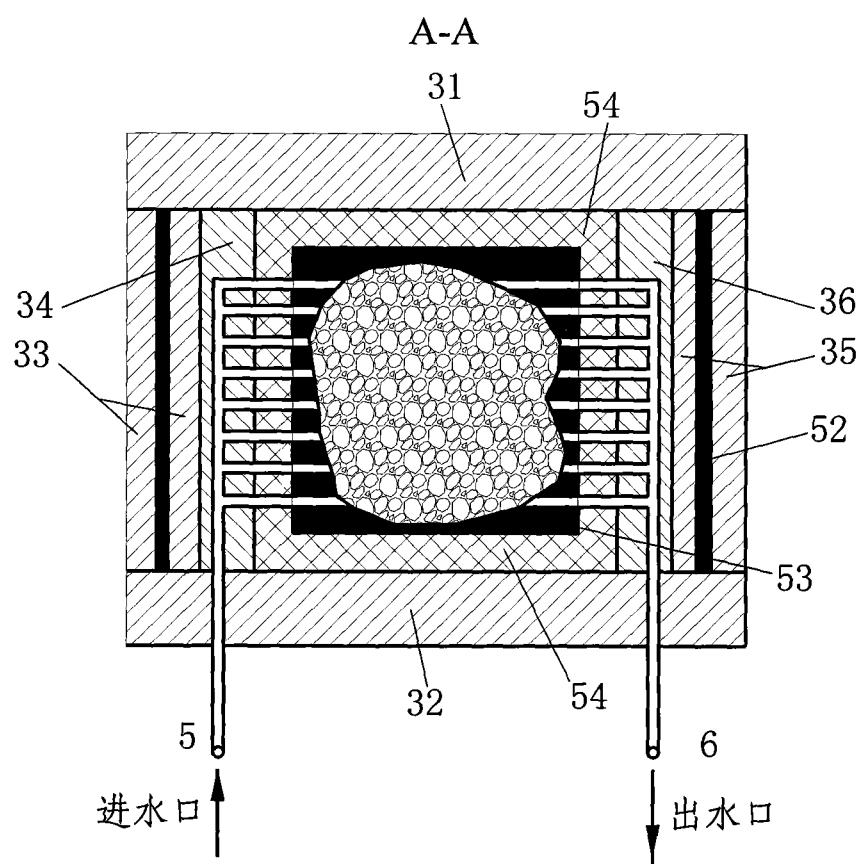


图 2c

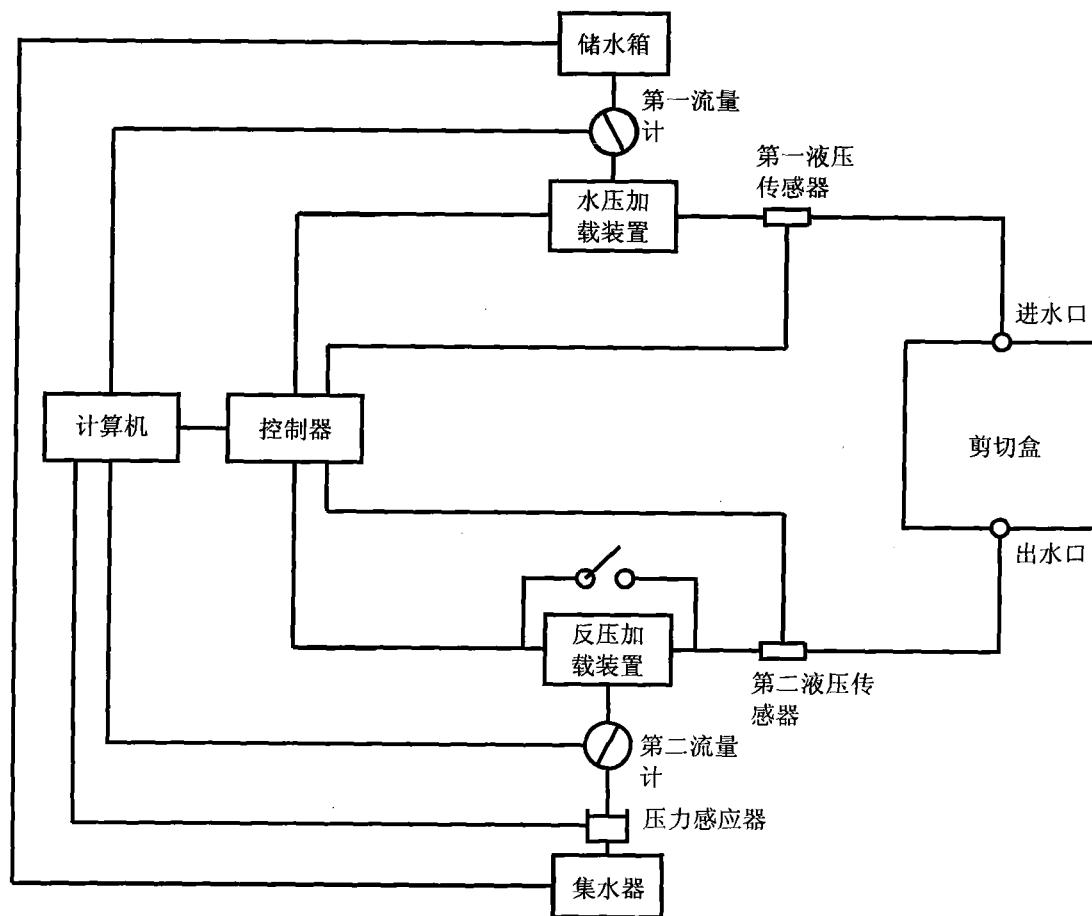


图 3

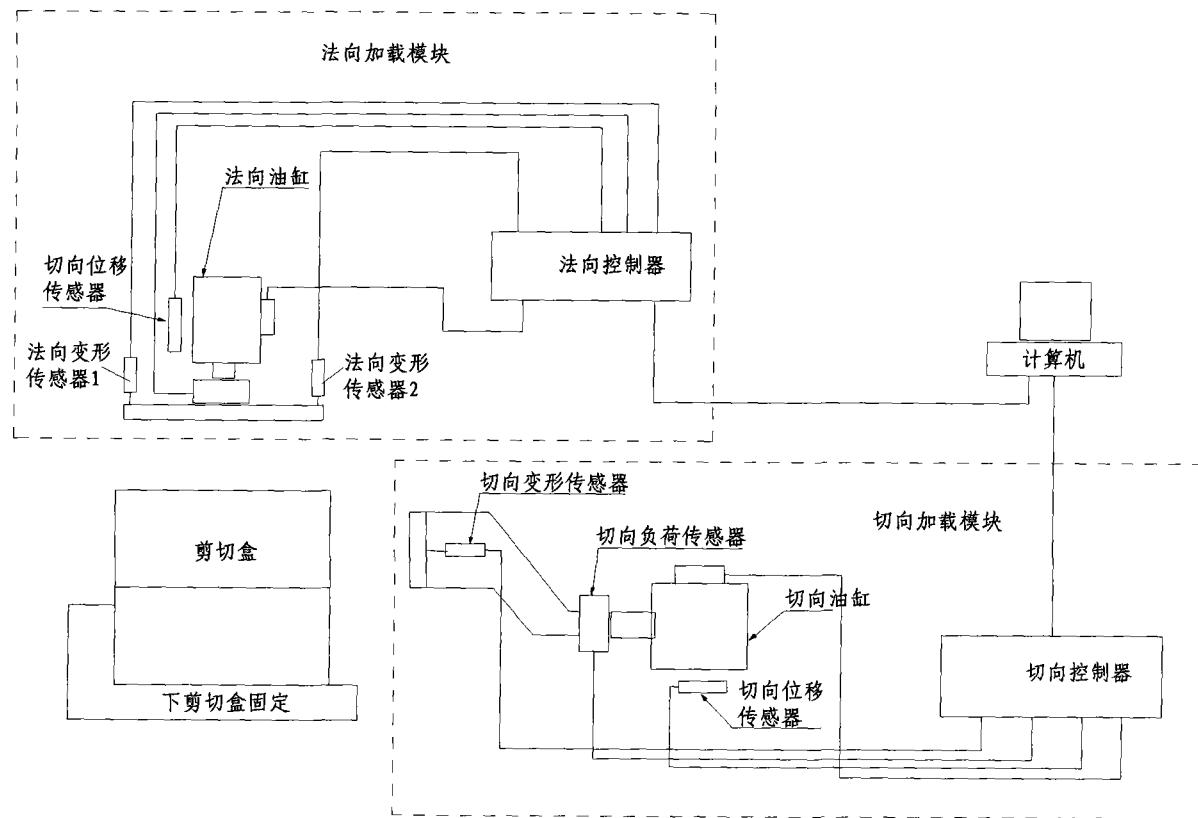


图 4

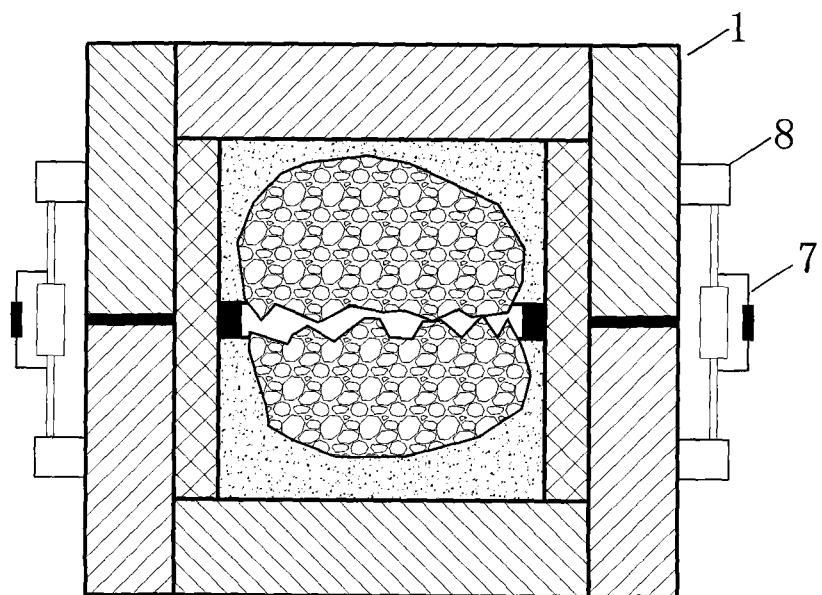


图 5