



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105784507 B

(45)授权公告日 2019.07.23

(21)申请号 201610338124.X

G01N 3/02(2006.01)

(22)申请日 2016.05.19

(56)对比文件

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 105784507 A

- CN 105203410 A, 2015.12.30,
- CN 105203410 A, 2015.12.30,
- CN 204492109 U, 2015.07.22,
- CN 202083598 U, 2011.12.21,
- CN 203587450 U, 2014.05.07,
- CN 105043900 A, 2015.11.11,
- CN 104020055 A, 2014.09.03,
- CN 102607955 A, 2012.07.25,
- JP 5002827 B2, 2012.08.15,

(43)申请公布日 2016.07.20

(73)专利权人 中国地质大学(武汉)  
地址 430074 湖北省武汉市洪山区鲁磨路  
388号

(72)发明人 邹宗兴 唐辉明 苏爱军 熊承仁  
王菁莪 韩天骅 林成远

审查员 杜洋

(74)专利代理机构 武汉华旭知识产权事务所  
42214  
代理人 刘荣 周宗贵

(51)Int.Cl.  
G01N 3/24(2006.01)

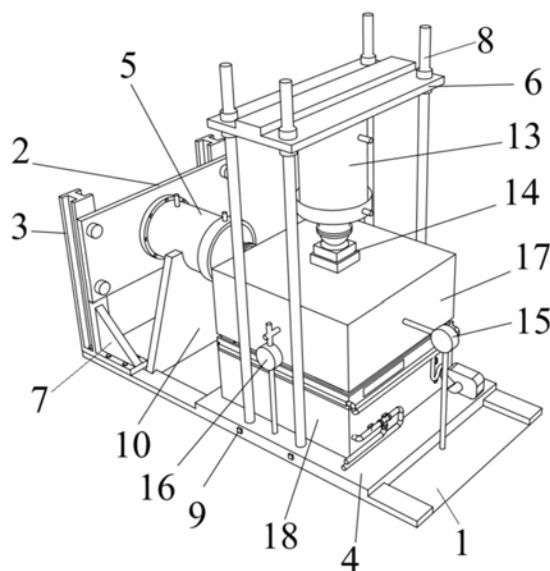
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

## (54)发明名称

一种岩体结构面干湿循环直剪仪

## (57)摘要

本发明提供了一种岩体结构面干湿循环直剪仪,至少包括机架、剪切盒单元和加载单元,所述剪切盒单元包括上剪切盒、下剪切盒、饱水组件和干燥组件,上剪切盒位于下剪切盒上方,上剪切盒和下剪切盒内均设有试样槽,饱水组件包括水槽、进水管、出水管、带管道开关A的连接管和带管道开关B的三通管,水槽位于下剪切盒中并且与试样槽连通,进水管、出水管和连接管分别与三通管的三个管口连通,连接管的另一端与水槽连通;干燥组件包括风机和通风管道,风机位于下剪切盒外并且通过通风管道与试样槽连通;该岩体结构面干湿循环直剪仪可实现结构面剪切过程中干燥与饱水环境的控制,最大程度地满足试验干湿循环条件的需要,实现真正意义上的干湿循环剪切。



1. 一种岩体结构面干湿循环直剪仪,至少包括机架、剪切盒单元、法向力加载装置和切向力加载装置,法向力加载装置和切向力加载装置均安装于机架上并且作用于剪切盒单元,其特征在于:

所述剪切盒单元包括上剪切盒、下剪切盒、饱水组件和干燥组件,上剪切盒位于下剪切盒上方,上剪切盒和下剪切盒内均设有用于放置结构面试样的试样槽,所述下剪切盒的顶面高于所述结构面试样的结构面;

所述饱水组件包括水槽、进水管、出水管、带管道开关A的连接管和带管道开关B的三通管,水槽位于下剪切盒中并且与试样槽连通,进水管、出水管和连接管分别与三通管的三个管口连通,连接管的另一端与水槽连通;

所述干燥组件包括风机和通风管道,风机位于下剪切盒外并且通过通风管道与试样槽连通。

2. 根据权利要求1所述的岩体结构面干湿循环直剪仪,其特征在于:所述下剪切盒中设有与试样槽连通的排式通风口,排式通风口环绕分布于下剪切盒开口处盒壁的内表面上,通风管道的出口与排式通风口连通。

3. 根据权利要求1所述的岩体结构面干湿循环直剪仪,其特征在于:所述通风管道由曲管段和直管段构成,直管段与试样槽连通、曲管段连接风机的出风口,所述曲管段为包含两个弯部的S型弯管,靠近风机出风口的弯部A位于靠近直管段的弯部B的上方。

4. 根据权利要求3所述的岩体结构面干湿循环直剪仪,其特征在于:所述通风管道曲管段的出风口处设有管道开关C,曲管段的弯部B上设有管道开关D。

5. 根据权利要求1所述的岩体结构面干湿循环直剪仪,其特征在于:所述下剪切盒上设有与试样槽连通的透明水位观察窗。

6. 根据权利要求1所述的岩体结构面干湿循环直剪仪,其特征在于:所述下剪切盒的盒底为斜面。

7. 根据权利要求1所述的岩体结构面干湿循环直剪仪,其特征在于:所述机架包括基座以及沿水平方向顺序安装于基座上的水平反力架、水平千斤顶导向支座和竖向反力架;基座的中部设有方形框架,下剪切盒固定于方形框架中;水平反力架包括水平向承压板、悬臂立柱和加强元件,悬臂立柱安装于基座上并且位于方形框架的一侧,加强元件位于悬臂立柱的底部并且分别与悬臂立柱和基座连接,水平向承压板安装于悬臂立柱的上部,切向力加载装置水平安装于水平向承压板和水平千斤顶导向支座上;竖向反力架包括反力横梁和3根以上立柱,立柱安装于基座上,反力横梁安装于立柱的顶端并且位于上剪切盒的正上方,法向力加载装置竖直安装于反力横梁的下表面上。

8. 根据权利要求1所述的岩体结构面干湿循环直剪仪,其特征在于:所述法向力加载装置和切向力加载装置均通过球座作用于上剪切盒,所述球座由球面压头和球面压座构成,球面压头固定于法向力加载装置和切向力加载装置活塞杆的前端,球面压座固定于上剪切盒上。

9. 根据权利要求1所述的岩体结构面干湿循环直剪仪,其特征在于:上剪切盒的与切向力加载装置相对的侧面上设有切向数显千分表,上剪切盒的与切向力加载装置垂直的侧面上设有法向数显千分表。

10. 根据权利要求1所述的岩体结构面干湿循环直剪仪,其特征在于:所述试样槽呈正

---

四棱柱形,上剪切盒与下剪切盒的试样槽构成正方体形槽。

## 一种岩体结构面干湿循环直剪仪

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种岩体结构面直剪仪,具体涉及一种岩体结构面干湿循环直剪仪,属于岩石力学测试技术领域。

### 背景技术

[0002] 水库运行过程中,库水位会发生长期周期性大幅涨落,如三峡水库库水位在145m~175m间周期性涨落(落差达30m),使得滑坡涉水变动带不断饱水与失水,呈现干湿循环交替现象,改变了滑坡尤其是软弱结构面力学性质。软弱结构面(软弱夹层)的剪切力学性质对滑坡演化发展具有重要的影响。据不完全统计,三峡库区干流283处大型崩塌滑坡中,约有90%的崩滑沿着层状地层结构中的软弱夹层发生破坏。由此可见,开展干湿循环条件下软弱结构面剪切力学特性试验研究对于库岸滑坡稳定性评价具有重要意义。

[0003] 然而目前开展岩体结构面干湿循环剪切试验的方法及手段存在诸多弊端。现有方法是通过将制好的岩样放入容器中浸泡,达到饱水状态;然后取出放入剪切装置中开展直剪试验;直剪后取出,待干燥后继续放入剪切装置中剪切,如此反复饱水、干燥测试岩体结构面的干湿循环剪切力学性质。采用该方法开展结构面干湿循环剪切试验存在如下问题:(1)虽然结构面在容器中浸泡达到了饱水状态,但从容器中取出后放入到剪切盒时,结构面试样所处的已非饱水环境,无法实现真正意义上地饱水剪切;(2)目前的方法只能一次性将试样剪切完后,从剪切盒中取出继续饱水或干燥,然后再次剪切,如此再次放回剪切盒剪切只能获取到试样的残余强度性质,无法获得试样从峰值强度过渡到残余强度中的干湿循环剪切力学性质;(3)试样反复从剪切盒中取出,试样的应力环境也经历了反复地加载与卸载过程,扰动甚大。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的在于克服现有直剪试验装置的弊端,并提供一种在直剪试验装置内即可实现饱水与干燥的直剪试验装置。

[0005] 实现本发明目的所采用的技术方案为,一种岩体结构面干湿循环直剪仪,至少包括机架、剪切盒单元、法向力加载装置和切向力加载装置,法向力加载装置和切向力加载装置均安装于机架上并且作用于剪切盒单元,所述剪切盒单元包括上剪切盒、下剪切盒、饱水组件和干燥组件,上剪切盒位于下剪切盒上方,上剪切盒和下剪切盒内均设有试样槽,所述饱水组件包括水槽、进水管、出水管、带管道开关A的连接管和带管道开关B的三通管,水槽位于下剪切盒中并且与试样槽连通,进水管、出水管和连接管分别与三通管的三个管口连通,连接管的另一端与水槽连通;所述干燥组件包括风机和通风管道,风机位于下剪切盒外并且通过通风管道与试样槽连通。

[0006] 所述下剪切盒中设有与试样槽连通的排式通风口,排式通风口环绕分布于下剪切盒开口处盒壁的内表面上,通风管道的出口与排式通风口连通。

[0007] 所述通风管道由曲管段和直管段构成,直管段与试样槽连通、曲管段连接风机的

出风口,所述曲管段为包含两个弯部的S型弯管,靠近风机出风口的弯部A位于靠近直管段的弯部B的上方。

[0008] 所述通风管道曲管段的出风口处设有管道开关C,曲管段的弯部B上设有管道开关D。

[0009] 所述下剪切盒上设有与试样槽连通的透明水位观察窗。

[0010] 所述下剪切盒的盒底为斜面。

[0011] 所述机架包括基座以及沿水平方向顺序安装于基座上的水平反力架、水平千斤顶导向支座和竖向反力架;基座的中部设有方形框架,下剪切盒固定于方形框架中;水平反力架包括水平向承压板、悬臂立柱和加强元件,悬臂立柱安装于基座上并且位于方形框架的一侧,加强元件位于悬臂立柱的底部并且分别与悬臂立柱和基座连接,水平向承压板安装于悬臂立柱的上部,切向力加载装置水平安装于水平向承压板和水平千斤顶导向支座上;竖向反力架包括反力横梁和3根以上立柱,立柱安装于基座上,反力横梁安装于立柱的顶端并且位于上剪切盒的正上方,法向力加载装置竖直安装于反力横梁的下表面上。

[0012] 所述法向力加载装置和切向力加载装置均通过球座作用于上剪切盒,所述球座由球面压头和球面压座构成,球面压头固定于法向力加载装置和切向力加载装置活塞杆的前端,球面压座固定于上剪切盒上。

[0013] 上剪切盒的与切向力加载装置相对的侧面上设有切向数显千分表,上剪切盒的与切向力加载装置垂直的侧面上设有法向数显千分表。

[0014] 所述试样槽呈正四棱柱形,上剪切盒与下剪切盒的试样槽构成正方体形槽。

[0015] 由上述技术方案可知,本发明提供的岩体结构面干湿循环直剪仪,主体包括机架、剪切盒单元和加载单元三个部分,1、机架为直剪仪整体的外部支撑,机架包括基座以及沿水平方向顺序安装于基座上的水平反力架、水平千斤顶导向支座和竖向反力架,基座位于直剪仪最底部,为剪切盒单元和加载单元的安装基础;水平反力架包括水平向承压板、悬臂立柱和加强元件,悬臂立柱安装于基座上并且通过加强元件提高连接稳定性,水平向承压板安装于悬臂立柱的上部,切向力加载装置水平安装于水平向承压板和水平千斤顶导向支座上,水平向承压板为切向力加载装置提供水平向反力,水平千斤顶导向支座辅助支撑切向力加载装置,确保切向力加载装置施加的切向力维持水平方向;竖向反力架包括反力横梁和立柱,立柱连接基座与反力横梁,法向力加载装置竖直安装于反力横梁的下表面上,反力横梁为法向力加载装置提供竖直向反力;2、剪切盒单元,剪切盒单元包括上剪切盒、下剪切盒、饱水组件和干燥组件,上剪切盒和下剪切盒内均设有试样槽,用于放置试样,下剪切盒的盒底为斜面,底面设置一定坡度,便于试样需要干燥时,剪切盒内的水可顺利汇入水槽内排出;饱水组件包括水槽、进水管、出水管、连接管和三通管,用于对试样进行饱水处理,进水管、出水管和连接管分别与三通管的三个管口连通,通过进水管和出水管调节试样槽中的水量,水槽位于下剪切盒中并且与试样槽连通,试样直接浸泡于水中,模拟地层结构面在水中浸泡的环境,连接管的另一端与水槽连通,连接管和三通管上均安装管道开关,便于选择水流流向并且在饱水处理后将水及时排出;干燥组件包括风机和通风管道,风机位于下剪切盒外并且通过通风管道与试样槽连通,风机通过通风管道将流动空气输入到试样槽内,从下剪切盒的排式通风口输出,排式通风口环绕分布于下剪切盒开口处盒壁的内表面上,全方位输送流动空气,加速试样的干燥,通风管道由曲管段和直管段构成,曲管段为包

含两个弯部的S型弯管,靠近风机出风口的弯部A位于靠近直管段的弯部B的上方,避免水从排式通风口倒灌进入风机中;3、加载单元包括法向力加载装置、切向力加载装置和球座,法向力加载装置和切向力加载装置均作用于上剪切盒上,分别用于提供法向力和切向力,球座实现力的传递,球座由球面压头和球面压座构成,球面压头和球面压座通过球面接触,将压力均匀的施加到上剪切盒的侧面和顶面,上剪切盒的侧面上安装切向数显千分表和法向数显千分表,分别用于显示上剪切盒的切向位移和法向位移。

[0016] 与现有技术相比,本发明提供的岩体结构面干湿循环直剪仪的优点如下:

[0017] 1、可实现结构面剪切全过程中干燥与饱水环境的控制,最大程度地满足试验干湿循环条件的需要,实现真正意义上的干湿循环剪切,装置结构设计合理、加工制作简单、各组件之间拆装方便、易于部件的更换与搬运;

[0018] 2、使用该直剪仪开展结构面干湿循环剪切试验时,由于试样干湿循环条件在剪切盒内即可实现,无需把结构面试样从剪切盒内取出,大大减少了对结构面试样的扰动;

[0019] 3、该直剪仪不仅可模拟干湿循环环境,对揭示干湿循环条件下软弱结构面的剪切力学性质具有十分重要的意义,还可推广用于测试复杂水力学环境下结构面的剪切力学性质,在岩石力学基础领域具有广阔的应用前景。

## 附图说明

[0020] 图1为本发明提供的岩体结构面干湿循环直剪仪的整体结构示意图。

[0021] 图2为岩体结构面干湿循环直剪仪的俯视图。

[0022] 图3为图2的AA向剖面图。

[0023] 图4为图2的BB向剖面图。

[0024] 图5为下剪切盒的结构示意图。

[0025] 其中:1-基座,2-水平向承压板,3-悬臂立柱,4-方形框架,5-切向力加载千斤顶,6-反力横梁,7-加强元件,8-立柱,9-插销,10-水平千斤顶导向支座,11-切向球面压头,12-切向球面压座,13-法向力加载千斤顶,14-法向球面压座,15-切向数显千分表,16-法向数显千分表,17-上剪切盒,18-下剪切盒,19-透明水位观察窗,20-水槽,21-进水管,22-出水管,23-连接管,24-三通管,25-管道开关A,26-管道开关B,27-风机,28-通风管道,281-直管段,282-曲管段,29-排式通风口,30-管道开关D,31-管道开关C,32-混凝土块,33-结构面试样。

## 具体实施方式

[0026] 下面结合附图和实施例对本发明进行详细具体说明,本发明的内容不局限于以下实施例。

[0027] 本发明提供的岩体结构面干湿循环直剪仪,其结构如图1所示,包括机架、剪切盒单元和加载单元;

[0028] 所述机架包括基座1以及沿水平方向顺序安装于基座1上的水平反力架、水平千斤顶导向支座10和竖向反力架;基座1的中部设有方形框架4,下剪切盒18固定于方形框架4中;水平反力架包括水平向承压板2、悬臂立柱3和加强元件7,悬臂立柱3截面呈“工”型,悬臂立柱安装于基座上并且位于方形框架的一侧,其底部两侧均通过连接螺栓安装加强元件

7,加强元件7为直角三角形板,两条直角边分别与悬臂立柱和基座连接,水平向承压板2安装于悬臂立柱3的上部,切向力加载千斤顶5水平安装于水平向承压板2和水平千斤顶导向支座10上;竖向反力架包括反力横梁6和4根立柱8,4根立柱8通过4个水平向布置并且横截面为矩形的插销9固定在基座的方形框架4上,反力横梁6的纵截面呈倒T型,反力横梁6安装于立柱8的顶端并且位于上剪切盒17的正上方,法向力加载千斤顶13竖直安装于反力横梁的下表面上;

[0029] 所述剪切盒单元包括上剪切盒17、下剪切盒18、饱水组件和干燥组件,上剪切盒17位于下剪切盒18上方,下剪切盒18的盒底为斜面,上剪切盒17和下剪切盒18内均设有正四棱柱形的试样槽,上剪切盒17与下剪切盒18的试样槽构成正方体形槽,如图3所示,结构面试样33经上下两块混凝土块32夹固后放置于正方体形槽中,上剪切盒17的与切向力加载千斤顶5相对的侧面上设有切向数显千分表15,上剪切盒17的与切向力加载千斤顶5垂直的侧面上设有法向数显千分表16;参见图4和图5,所述饱水组件包括水槽20、进水管21、出水管22、带管道开关A25的连接管23和带管道开关B26的三通管24,水槽20呈柱状、位于下剪切盒18中并且与试样槽连通,进水管21、出水管22和连接管23分别与三通管24的三个管口连通,连接管的另一端与水槽连通,下剪切盒18上设有与试样槽连通的透明水位观察窗19;所述干燥组件包括风机27和通风管道28,风机位于下剪切盒18外并且通过通风管道与试样槽连通,下剪切盒18中设有与试样槽连通的排式通风口29,排式通风口29环绕分布于下剪切盒18开口处盒壁的内表面上,所述通风管道由曲管段282和直管段281构成,直管段281与试样槽连通、曲管段连接风机的出风口,所述曲管段282为包含两个弯部的S型弯管,靠近风机出风口的弯部A位于靠近直管段的弯部B的上方,通风管道曲管段的弯部B上设有管道开关D30,管道开关D30保证剪切盒注水时水不进去到风机27内,曲管段的出风口处设有管道开关C31,确保即使水进入通风管道的曲管段282中也可顺利排出,不会对风机产生影响,通风管道的直管段281与排式通风口连通;

[0030] 参见图2和图3,所述加载单元包括法向力加载千斤顶13、切向力加载千斤顶5和两个球座,法向力加载千斤顶13通过由法向球面压头和法向球面压座14构成的法向球座作用于上剪切盒17的顶面,法向球面压头固定于法向力加载千斤顶13活塞杆的前端,切向力加载千斤顶5通过由切向球面压头11和切向球面压座12构成的切向球座作用于上剪切盒17的侧面,切向球面压头11固定于切向力加载千斤顶5活塞杆的前端。

[0031] 将上述岩体结构面干湿循环直剪仪应用于结构面干湿循环剪切力学性质测试时,操作步骤如下:

[0032] (一) 结构面试样制备

[0033] 1、试样切割:将从室外取回的结构面样品加工成形状10cm×10cm×10cm方形试件,其中上下块结构面的厚度分别为5cm,然后用钢丝绳绑紧上下两部分结构面。

[0034] 2、试样浇筑:在结构面制样盒的两侧涂油或是用纸垫上,然后在其中一侧注入混凝土砂浆,将捆绑的结构面试件的其中一部分放入制样盒的混凝土砂浆中。待该部分混凝土凝固后,在另一侧结构面制样盒内注入混凝土砂浆,将另一部分结构面试件放入。

[0035] 3、试样养护:养护试件2-3个星期后,混凝土达到长期强度时,将制样模具拆下。

[0036] (二) 试样安装

[0037] 1、法向力加载千斤顶卸落。首先取下四个螺帽,然后依次取下反力横梁、法向力加

载千斤顶以及上剪切盒。

[0038] 2、结构面试样放入。将制好的试样放入到下剪切盒内,并将先前在结构面上绑扎好的铁丝剪断取下。

[0039] 3、法向力加载千斤顶安装。将上剪切盒贴合结构面试验,依次安装法向力加载千斤顶、反力横梁,最后拧紧螺帽,通过调节反力横梁上下两侧的共8个螺帽调整法向力加载千斤顶的位置。

[0040] (三) 应力施加

[0041] 1、正应力施加

[0042] 采用法向力加载千斤顶施加预定的正应力,预设定的结构面正应力与油压千斤顶读数之间的关系为:

$$[0043] \quad P_n = \frac{\sigma_n A_s - G}{A_0}$$

[0044] 其中: $P_n$ 为法向力加载千斤顶压力读数(MPa); $\sigma_n$ 为结构面预设正应力值(MPa); $A_s$ 预估计结构面剪切面积( $\text{mm}^2$ ); $G$ 为上剪切盒、法向力加载千斤顶和试件的总重量(N); $A_0$ 为千斤顶活塞面积( $\text{mm}^2$ )。

[0045] 2、剪应力施加

[0046] 采用切向力加载千斤顶施加预定的剪应力,预设定的结构面剪应力与油压千斤顶读数之间的关系为:

$$[0047] \quad P_s = \frac{\sigma_\tau A_s}{A_0}$$

[0048] 其中: $P_s$ 为切向力加载千斤顶压力读数(MPa); $\sigma_\tau$ 为结构面预设剪切应力值(MPa); $A_s$ 预估计结构面剪切面积( $\text{mm}^2$ )。

[0049] 保持正应力恒定,逐级施加剪切应力,直至试样剪断破坏,剪断破坏的标志为:剪应力数值开始下降,或是剪切位移达到设定数值。

[0050] (四) 干湿循环剪切过程

[0051] 试样干湿循环的周期与循环次数根据具体试样方案确定。干湿循环剪切在恒定法向应力条件下,逐级加载剪切应力的过程中,不断改变结构面试样的水环境,具体通过交替饱和和试样与干燥试样,模拟结构面干湿循环环境。饱和过程与干燥过程操作分别如下:

[0052] 饱水过程:

[0053] 1、关闭通风管道的管道开关C,使下剪切盒保持密封,同时打开通风管道的管道开关D,确保剪切盒内的水不进入风机内;

[0054] 2、转动三通管上的管道开关B,使进水管与连接管连通,同时打开连接管上的管道开关A,使连接管又与水槽连通,此时,进水管与下剪切盒相通;

[0055] 3、从进水管中缓慢注水,并通过透明水位观察窗观测剪切盒内的水位上升情况,直至槽内的水将结构面试样的上半部分全部浸润为止,然后关闭管道开关A。

[0056] 干燥过程:

[0057] 1、转动三通管上的管道开关B,接通连接管与出水管,然后打开管道开关A,使得剪切盒内的水从出水管中排出;

[0058] 2、打开管道开关C,将通风管道内的积水从通风管中管道开关D位置处排出,然后

关闭管道开关D,使通风管道密封;

[0059] 3、打开风机,持续缓慢地通风,直至剪切盒内的结构面试样干燥。

[0060] (五) 数据分析

[0061] 1、试验结束后,取出结构面试样,采用透明纸素描或激光扫描等方法确定结构面实际剪切有效接触面积 $A'_s$ 。

[0062] 2、根据所测得的结构面有效接触面积,修正法向应力与切向应力。

[0063] 修正后的法向应力 $\sigma'_n$ 为

$$[0064] \quad \sigma'_n = \frac{P_n A_0 + G}{A'_s}$$

[0065] 修正后的切向应力 $\sigma'_\tau$ 为

$$[0066] \quad \sigma'_\tau = \frac{P_s A_0}{A'_s}$$

[0067] 3、根据修正后的数据,进一步分析干湿循环下的剪切应力应变曲线特征。

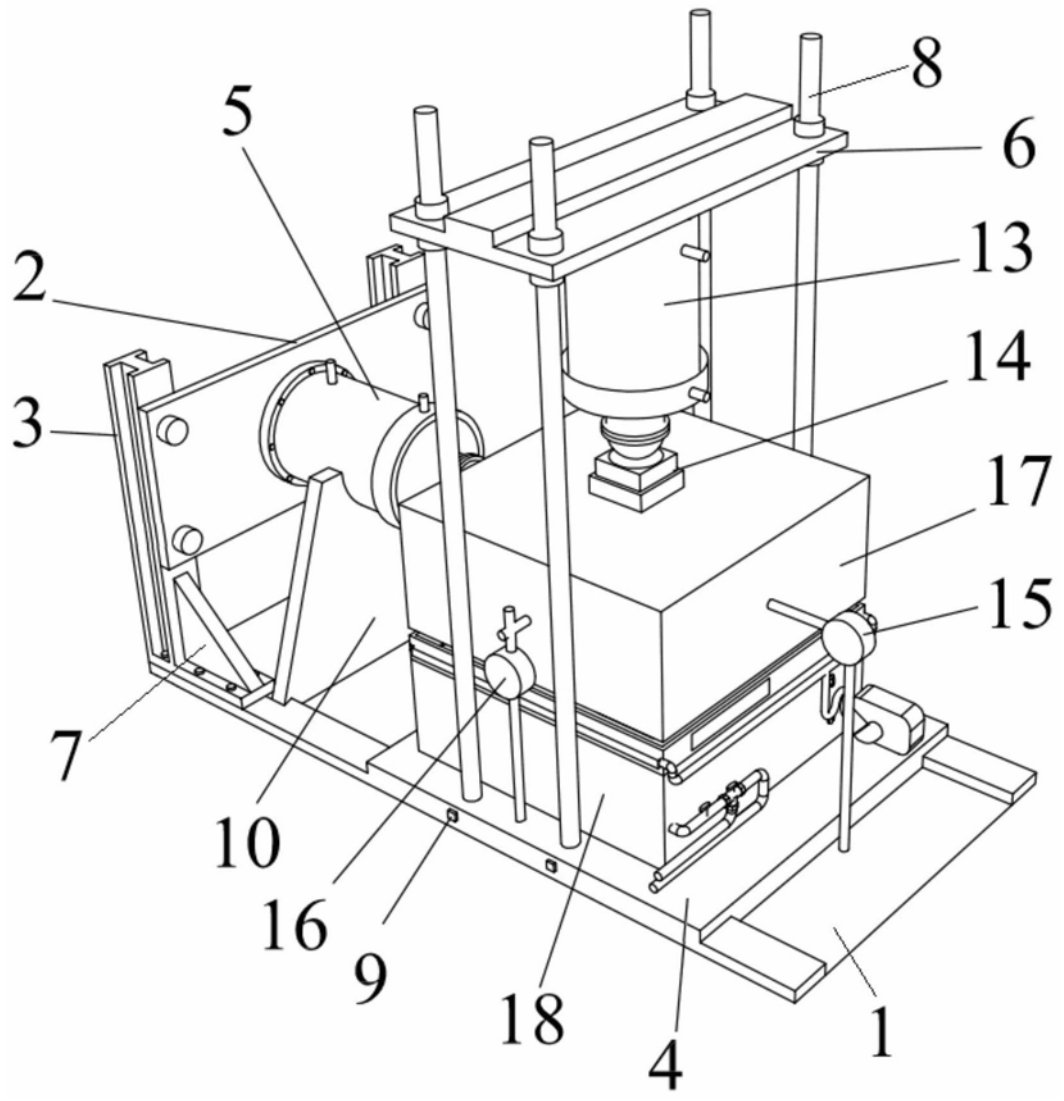


图1

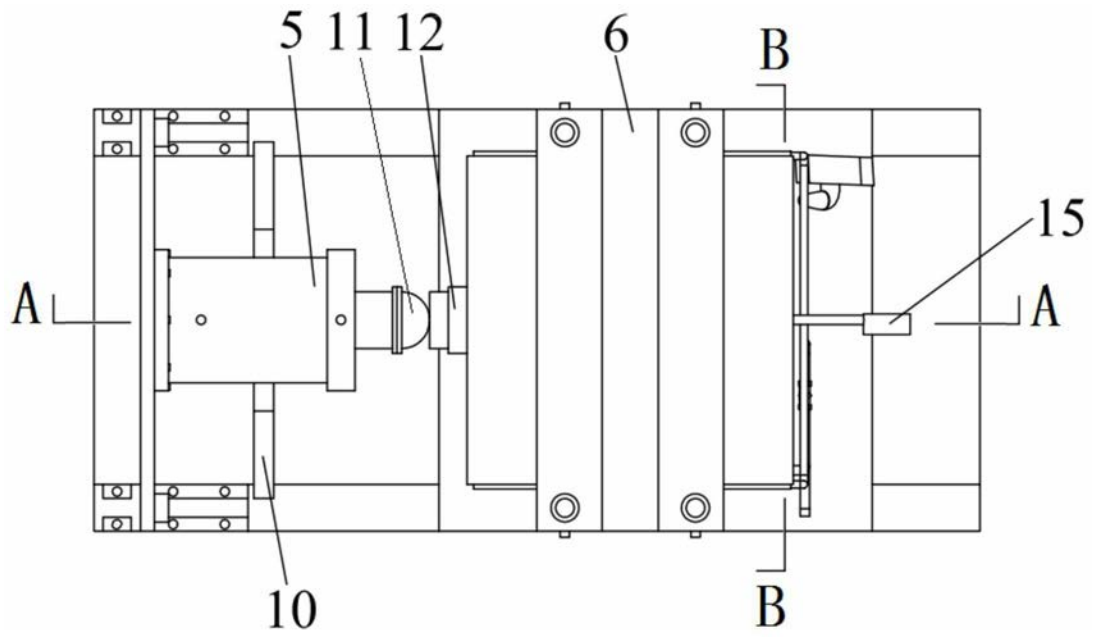


图2

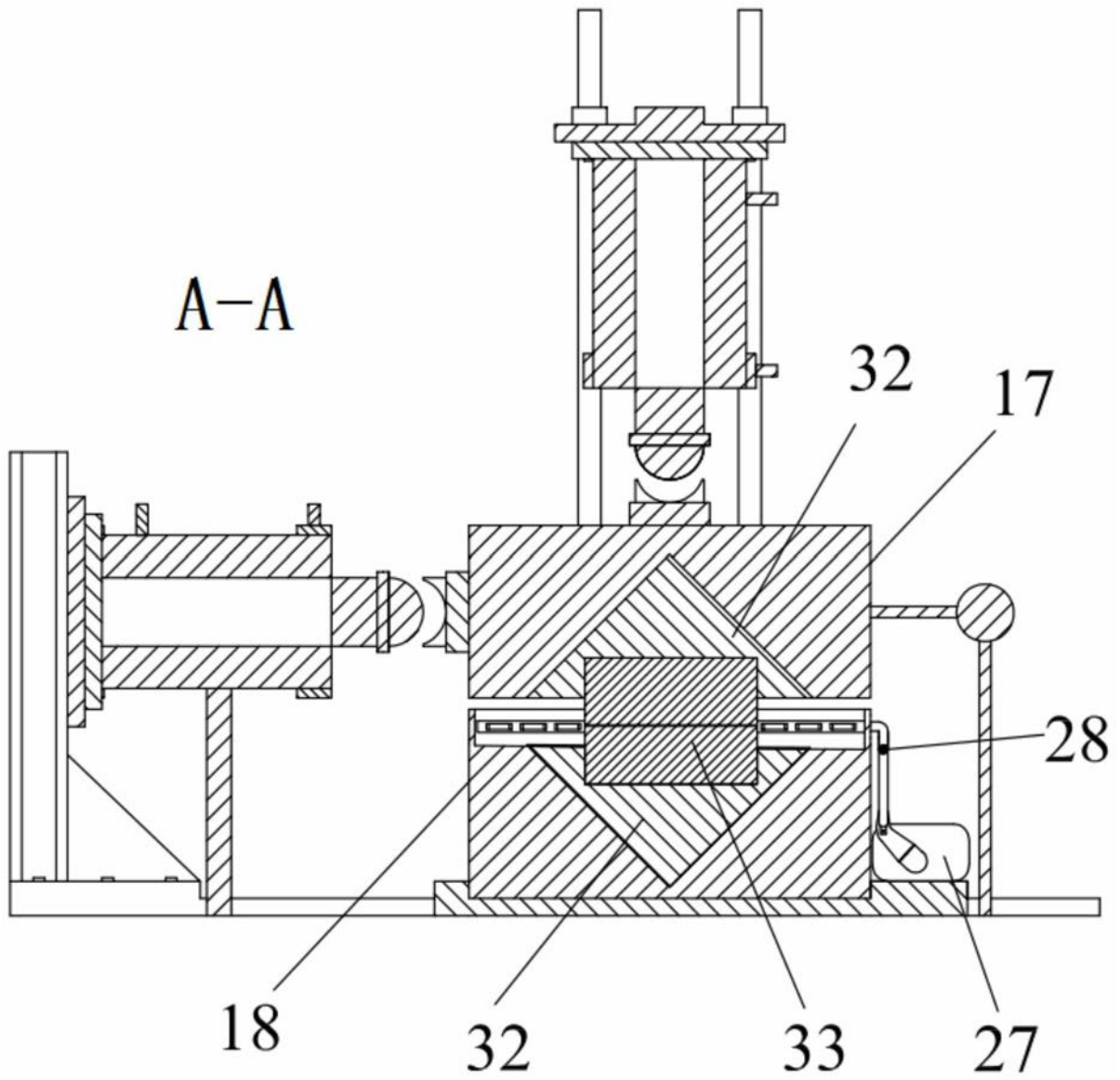


图3

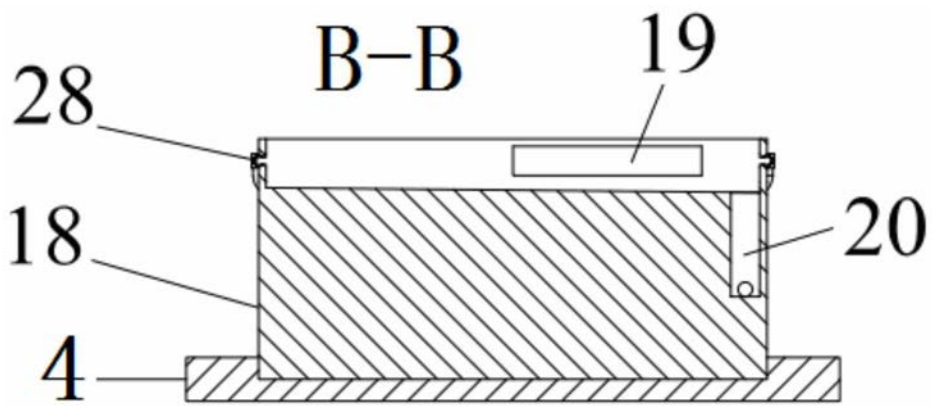


图4

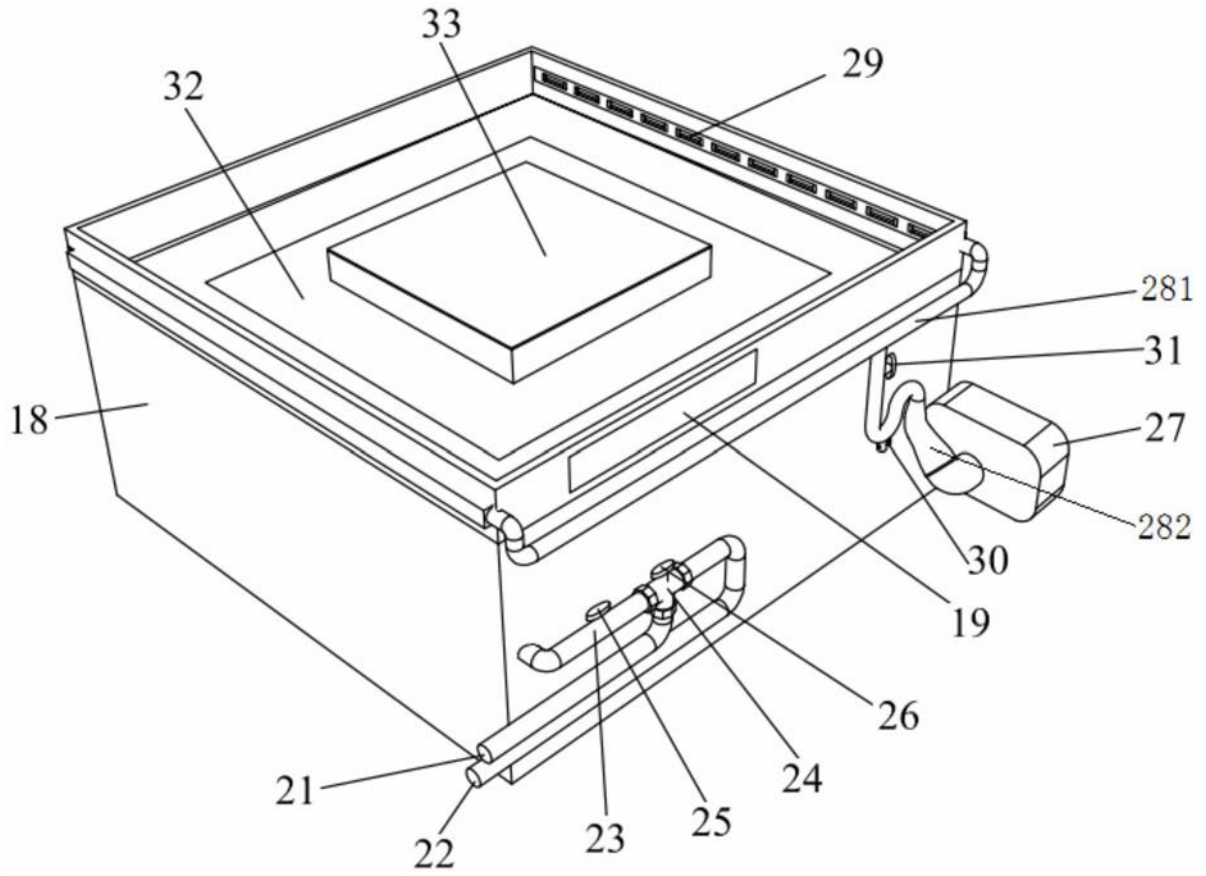


图5