



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110514533 B

(45) 授权公告日 2023. 12. 05

(21) 申请号 201910764217.2

(22) 申请日 2019.08.19

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 110514533 A

(43) 申请公布日 2019.11.29

(73) 专利权人 浙江工业大学  
地址 310014 浙江省杭州市下城区潮王路  
18号

(72) 发明人 王哲 方笛竹 许四法 倪达  
王启湘 魏伟伟 张腾遥 陈景榜  
郑文豪 金磊 陆柯颖 赵伟阳

(74) 专利代理机构 杭州天正专利事务所有限公  
司 33201  
专利代理师 黄美娟 王兵

(51) Int.Cl.

G01N 3/24 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 211122358 U, 2020.07.28

CN 106680131 A, 2017.05.17

CN 104833579 A, 2015.08.12

CN 104964878 A, 2015.10.07

CN 103091173 A, 2013.05.08

CN 104596852 A, 2015.05.06

审查员 顾裕丰

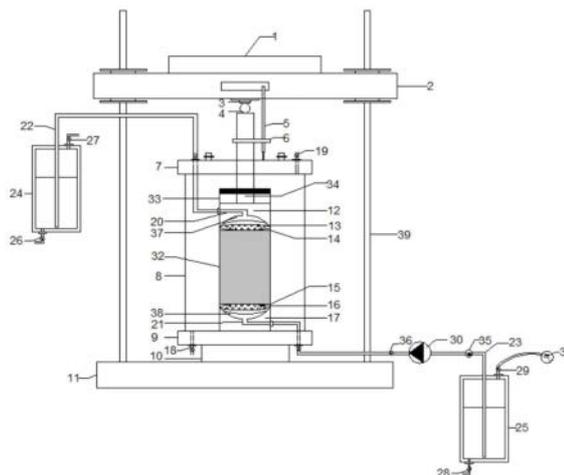
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

## (54) 发明名称

一种适用于测试土体在水循环渗透作用下力学特性的三轴装置及使用方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种适用于测试土体在水循环渗透作用下力学特性的三轴装置及使用方法,所述的装置包括三轴压力室、上部横梁、水平仪、底座、底部控制器及螺纹支撑杆;所述的上部横梁上设有水平仪,所述的上部横梁通过螺纹支撑杆与底部控制器固定连接;所述的上部横梁可根据水平仪通过调节螺纹支撑杆来控制平衡与接触;所述的底部控制器上设有底座,所述的底部控制器可控制底座的升降;所述的三轴压力室包括测试系统和土样的水循环系统;所述的三轴压力室整体呈气密封,所述的装置可以对待测土样进行水循环,然后测定水循环之后土样的力学性能。本发明结构简单、操作方便,试验结果真实可靠。



1. 一种适用于测试土体在水循环渗透作用下力学特性的三轴装置,包括三轴压力室、上部横梁(2)、水平仪(1)、底座(10)、底部控制器(11)及螺纹支撑杆(39);所述的上部横梁(2)上设有水平仪(1),所述的上部横梁(2)通过螺纹支撑杆(39)与底部控制器(11)固定连接;所述的上部横梁(2)可根据水平仪(1)通过调节螺纹支撑杆(39)来控制平衡与接触;所述的底部控制器(11)上设有底座(10),所述的底部控制器(11)可控制底座(10)的升降;其特征在于:所述的三轴压力室由两端开口内部中空的压力室外筒(8)、压力室底板(9)和压力室顶盖(7)构成,所述的压力室顶盖(7)上设有排气口一(19),所述的压力室底板(9)上设有进液口一(18);所述的三轴压力室内对称布置有上试样帽(12)和下试样帽(17),所述的上试样帽(12)和下试样帽(17)之间构成待测土样(32)的容置空间;所述的上试样帽(12)与所述的待测土样(32)之间布置有滤网一(14),所述的下试样帽(17)与所述的待测土样(32)之间布置有滤网二(15),所述的滤网一(14)和滤网二(15)的孔径小于待测土样(32)的直径;所述的上试样帽(12)上设有进水口一(20)和流通通道一(37),所述的下试样帽(17)上设有进水口二(21)和流通通道二(38),所述的上试样帽(12)和下试样帽(17)相对的端面分别设有喷孔一(13)和喷孔二(16);所述的喷孔一(13)通过流通通道一(37)与进水口一(20)连通,所述的进水口一(20)通过外接上水管(22)与上水箱(24)连通,所述的上水箱(24)底部设有出液口二(26),顶部设有排气口二(27);所述的喷孔二(16)通过流通通道二(38)与进水口二(21)连通,所述的进水口二(21)通过外接下水管(23)与下水箱(25)连通,所述的下水管(23)与所述的下水箱(25)之间依次设有流量阀门(36)、抽水泵(30)及流量计(35),所述的下水箱(25)底部设有进液口三(28),所述的下水箱(25)顶部设有排气口三(29),所述的排气口三(29)外接抽气泵(31);所述的上试样帽(12)上设有试样盖(33),所述的上部横梁(2)和所述的上试样帽(12)之间设有压力传感器(34),所述的上部横梁(2)底部自上而下依次固定有垫块(3)和顶珠(4),所述的压力传感器(34)与所述的顶珠(4)对中接触,所述的压力传感器(34)贯穿所述的压力室顶盖(7)和试样盖(33)与所述的上试样帽(12)接触;所述的上部横梁(2)与所述的压力传感器(34)之间设有位移传感器(5),所述的位移传感器(5)一端固定在所述的上部横梁(2)上,另一端与所述的压力传感器(34)固接;所述的三轴压力室整体呈气密闭。

2. 如权利要求1所述的适用于测试土体在水循环渗透作用下力学特性的三轴装置的使用方法,其特征在于:所述的使用方法按照如下步骤进行:

S1:在所述的三轴压力室中自下而上依次布置有滤网二(15)、下试样帽(17)、用橡胶膜包裹的待测土样(32)、滤网一(14)及上试样帽(12),并保证所述上试样帽(12)的喷孔一(13)与所述下试样帽(17)的喷孔二(16)相对,且通过橡胶膜将上试样膜及下试样膜构成的整体密封,绑好牛筋;然后安装好整个三轴装置,确保三轴压力室整体呈气密闭,并通过水平仪(1)进行调平;

S2:打开下水箱(25)的排气口三(29),通过进液口三(28)向所述的下水箱(25)中注满水,然后关闭进液口三(28);关闭上水箱(24)的出液口二(26),打开排气口二(27);

S3:开启抽水泵(30),调节流量阀门(36)控制水流量至所需实验参数值,水通过下试样帽(17)从待测土样(32)下部流向土样上部并进入上水箱(24)中;待下水箱(25)的水抽完,关闭抽水泵(30),打开抽气泵(31),水从上水箱(24)中流出依次通过上试样帽(12)和下试样帽(17)流入到下水箱(25)中直至下水箱(25)的水位不再增加即完成待测土样(32)的1次

水循环；

S4:重复步骤S3的操作n次即完成n+1次循环,然后关闭三轴压力室的所有阀门,保证整体呈气密闭,然后打开进液口一(18),向所述的三轴压力室内通水至实验要求的围压,然后通过底部控制器(11)设定底座(10)的应变速率,底座(10)就会上移会给土样施加竖向的荷载,当压力传感器(34)监测到的力满足要求时,手动暂停;最后在围压和竖向力的作用下,产生剪切应变,计算机绘制出摩尔圆,测出水循环后土的粘聚力和摩擦角,得到土体的强度;

即:①通过计算机改变不同的围压,测出单元体在空间应力状态下的轴向应力 $\sigma_1$ ,轴向应变 $\epsilon$ ,即可得到弹性模量E,公式如下:

$$\sigma_1 = E\epsilon$$

得到不同围压下弹性模量的曲线拟合,得到土体的轴向弹性模量;

②排水条件下,通过排水量,判断土体的体应变,从而判断土体是体胀还是体缩;

③通过测出的单元体三个方向的应力 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ ,根据这三个应力,画出摩尔应力圆,圆的半径为这三个应力中最大应力与最小应力差值的一半;即可得到最大剪应力 $\tau_{\max}$ ,根据不同的围压画出的摩尔应力圆,画出圆上切线,切线斜率即是摩擦角 $\phi$ ,与剪应力坐标轴相交的数值即是粘聚力C;

$$\tau_{\max} = C + \sigma \tan \phi。$$

## 一种适用于测试土体在水循环渗透作用下力学特性的三轴装置及使用方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于岩土工程土壤性质测试装置领域,具体涉及一种适用于测试土体在水循环渗透作用下力学特性的改进三轴装置。

### 背景技术

[0002] 海砂因受到海浪拍打和回退作用,造成土体内颗粒迁移,导致土体内部结构发生改变,从而影响土体的力学性能。而这样的侵蚀作用会造成一些地质灾害,如滑坡,天坑。因此对于在海工建筑物而言,研究土壤在水循环渗透作用下的侵蚀作用显得尤为重要。

[0003] 三轴装置是目前岩土工程界测量各类土力学剪切性质的主流装置。而现有的三轴装置不适用于模拟水循环作用,且不能将土样受到水循环渗透作用和测量土样的力学性质整合起来。那么亟需一种改进的三轴装置来测试水循环作用对不同级配的天然砂的强度和变形特性的影响。

### 发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明旨在提出一种适用于测试土体在水循环渗透作用下力学特性的改进三轴装置,以解决上述技术问题。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0006] 一种适用于测试土体在水循环渗透作用下力学特性的三轴装置,包括三轴压力室、上部横梁、水平仪、底座、底部控制器及螺纹支撑杆;所述的上部横梁上设有水平仪,所述的上部横梁通过螺纹支撑杆与底部控制器固定连接;所述的上部横梁可根据水平仪通过调节螺纹支撑杆来控制平衡与接触;所述的底部控制器上设有底座,所述的底部控制器可控制底座的升降;所述的三轴压力室由两端开口内部中空的压力室外筒、压力室底板和压力室顶盖构成,所述的压力室顶盖上设有排气口一,所述的压力室底板上设有进液口一;所述的三轴压力室内对称布置有上试样帽和下试样帽,所述的上试样帽和下试样帽之间构成待测土样的容置空间;所述的上试样帽上设有进水口一和流通通道一,所述的下试样帽上设有进水口二和流通通道二,所述的上试样帽和下试样帽相对的端面分别设有喷孔一和喷孔二;所述的喷孔一通过流通通道一与进水口一连通,所述的进水口一通过外接上水管与上水箱连通,所述的上水箱底部设有出液口二,顶部设有排气口二;所述的喷孔二通过流通通道二与进水口二连通,所述的进水口二通过外接下水管与下水箱连通,所述的下水管与所述的下水箱之间依次设有流量阀门、抽水泵及流量计,所述的下水箱上设有进液口三和排气口三,所述的排气口三外接抽气泵;所述的上试样管上设有试样盖,所述的上部横梁和所述的上试样管之间设有压力传感器,所述的压力传感器贯穿所述的压力室顶盖和试样盖与所述的上试样帽接触;所述的上部横梁与所述的压力传感器之间设有位移传感器,所述的位移传感器一端固定在所述的上部横梁上,另一端与所述的压力传感器固接;所述的三轴压力室整体呈启气密闭。

[0007] 进一步,所述的上部横梁底部自上而下依次固定有垫块和顶珠,所述的压力传感器与所述的顶珠对中接触。

[0008] 进一步,所述的上试样帽与所述的待测土样之间设有滤网一,所述的下试样帽与所述的待测土样之间设有滤网二,所述的滤网一和滤网二的孔径小于待测土样的直径。

[0009] 本发明还提供了一种适用于测试土体在水循环渗透作用下力学特性的三轴装置的使用方法,具体步骤如下:

[0010] S1:在所述的三轴压力室中自下而上依次布置有滤网二、下试样帽、用橡胶膜包裹的待测土样、滤网一及上试样帽,并保证所述上试样帽的喷孔一与所述下试样帽的喷孔二相对,且通过橡胶膜将上试样膜及下试样膜构成的整体密封,绑好牛筋;然后安装好整个三轴装置,确保三轴压力室整体呈气密闭,并通过水平仪进行调平;

[0011] S2:打开下水箱排气口三,通过进液口三向所述的下水箱中注满水,然后关闭进液口;关闭上水箱的出液口二,打开排气口二;

[0012] S3:开启抽水泵,调节流量阀门控制水流量至所需参数值,水通过下试样帽从土样下部流向土样上部并进入上水箱中;待下水箱的水抽完,关闭抽水泵,打开抽气泵,水从上水箱中流出依次通过上试样帽和下试样帽流入到下水箱中直至下水箱的水位不再增加即完成待测土样的一次水循环;;

[0013] S4:重复步骤S3的操作n次即完成n+1次循环,然后关闭三轴压力室的所有阀门,保证整体呈气密闭,然后打开进液口一,向所述的三室内通水至实验要求的围压,然后通过控制器设定底座的应变速率,底座就会上移会给土样施加竖向的荷载,当压力传感器监测到的力满足要求时,手动暂停;最后在围压和竖向力的作用下,产生剪切应变,计算机可以绘制出摩尔圆,测出水循环后土的粘聚力和摩擦角,就可以得到土体的强度,具体为:(1)通过计算机改变不同的围压,测出单元体在空间应力状态下的轴向应力 $\sigma_1$ ,轴向应变 $\epsilon$ ,即可得到弹性模量E,公式如下:

$$[0014] \quad \sigma_1 = E\epsilon$$

[0015] 得到不同围压下弹性模量的曲线拟合,得到土体的轴向弹性模量。

[0016] (2)排水条件下,通过排水量,可以知道土体的体应变,就可以知道土体是体胀还是体缩。

[0017] (3)通过测出的单元体三个方向的应力 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 。根据这三个应力,可以画出摩尔应力圆,圆的半径为这三个应力中最大应力与最小应力差值的一半。即可得到最大剪应力 $\tau_{\max}$ ,根据不同的围压画出的摩尔应力圆,画出圆上切线,切线斜率即是摩擦角 $\varphi$ ,与剪应力坐标轴相交的数值即是粘聚力C。

$$[0018] \quad \tau_{\max} = C + \sigma \tan \varphi$$

[0019] 相对于现有技术,本发明的有益效果在于:

[0020] 本发明结构简单、操作方便,模拟真实可靠。将受水循环渗透作用与测试结合起来,避免了二次制样土的扰动性,有利于试验结果的真实可靠。

## 附图说明

[0021] 图1为本发明的结构示意图;

[0022] 图2为本发明的下水箱结构图;

[0023] 图3为本发明的上试样帽结构图。

### 具体实施方式

[0024] 下面将参考附图并结合具体实施例进一步说明本发明的技术方案。

[0025] 如图1~3所示,图中,1、水平仪,2、上部横梁,3、垫块,4、顶珠,5、位移传感器,6、固定夹,7、压力室顶盖,8、压力室外筒,9、压力室底板,10、底座,11、底部控制器,12、上试样帽,13、喷孔一,14、滤网一,15、滤网二,16、喷孔二,17、下试样帽,18、进液口一,19、排气口一,20、进水口一,21、进水口二,22、上水管,23、下水管,24、上水箱,25、下水箱,26、出液口二,27、出气口二,28、进液口三,29、排气口三,30、抽水泵,31、抽气泵,32、待测土样,33、试样盖,34、压力传感器,35、流量计,36、流量阀门,37、流通通道一,38、流通通道二,39、螺纹支撑杆。

[0026] 一种适用于测试土体在水循环渗透作用下力学特性的三轴装置,包括三轴压力室、上部横梁2、水平仪1、底座10、底部控制器11及螺纹支撑杆;所述的上部横梁2上设有水平仪1,所述的上部横梁2通过螺纹支撑杆与底部控制器11固定连接;所述的上部横梁2可根据水平仪1通过调节螺纹支撑杆来控制平衡与接触;所述的底部控制器11上设有底座10,所述的底部控制器11可控制底座10的升降;所述的三轴压力室由两端开口内部中空的压力室外筒8、压力室底板9和压力室顶盖7构成,所述的压力室顶盖7上设有排气口一19,所述的压力室底板9上设有进液口一18;所述的三轴压力室内对称布置有上试样帽12和下试样帽17,所述的上试样帽12和下试样帽17之间构成待测土样32的容置空间;所述的上试样帽与所述的待测土样32之间布置有滤网一14,所述的下试样帽17与所述的待测土样32之间布置有滤网二15,所述的滤网一14和滤网二15的孔径小于待测土样32的直径;所述的上试样帽12上设有进水口一20和流通通道一37,所述的下试样帽17上设有进水口二21和流通通道二38,所述的上试样帽12和下试样帽17相对的端面分别设有喷孔一13和喷孔二16;所述的进水口一20通过外接上水管22与上水箱24连通,所述的上水箱24底部设有出液口二26,顶部设有排气口二27;所述的喷孔二16通过流通通道二38与进水口二21连通,所述的进水口二21通过外接下水管23与下水箱25连通,所述的下水管23与所述的下水箱25之间依次设有流量阀门36、抽水泵30及流量计35,所述的下水箱25上设有进液口三28和排气口三29,所述的排气口三29外接抽气泵31;所述的上试样管上设有试样盖33,所述的上部横梁2和所述的上试样管之间设有压力传感器34,所述的上部横梁2底部自上而下依次固定有垫块3和顶珠4,所述的压力传感器34与所述的顶珠4对中接触,所述的压力传感器34贯穿所述的压力室顶盖7和试样盖33与所述的上试样帽12接触;所述的上部横梁2上固定有位移传感器5,所述的位移传感器5的另一端通过固定夹6与所述的压力传感器34固接;所述的三轴压力室整体呈气密闭。

[0027] 本发明还提供了一种适用于测试土体在水循环渗透作用下力学特性的三轴装置的使用方法,具体步骤如下:

[0028] S1:在所述的三轴压力室中自下而上依次布置有滤网二15、下试样帽17、用橡胶膜包裹的待测土样32、滤网一14及上试样帽12,并保证所述上试样帽12的喷孔一13与所述下试样帽17的喷孔二16相对,且通过橡胶膜将上试样膜及下试样膜构成的整体密封,绑好牛筋;然后安装好整个三轴装置,确保三轴压力室整体呈气密闭,并通过水平仪1进行调平;

[0029] S2:打开下水箱25排气口三,通过进液口三28向所述的下水箱25中注满水,然后关闭进液口;然后关闭上水箱24的出液口二26,打开排气口二;

[0030] S3:开启抽水泵30,调节流量阀门36控制水流量至所需参数值,水通过下试样帽17从土样下部流向土样上部并进入上水箱24中;待下水箱25的水抽完,关闭抽水泵30,打开抽气泵31,水从上水箱24中流出依次通过上试样帽12和下试样帽17流入到下水箱25中直至下水箱25的水位不再增加即完成1次循环;

[0031] S4:重复步骤S3的操作n次即完成n+1次循环,然后关闭三轴压力室的所有阀门,保证整体呈气密闭,然后打开进液口一18,向所述的三室内通水至实验要求的围压,然后通过底部控制器11设定底座10的应变速率,底座10就会上移会给土样施加竖向的荷载,当压力传感器34监测到的力满足要求时,手动暂停;最后在围压和竖向力的作用下,产生剪切应变,计算机可以绘制出摩尔圆,测出水循环后土的粘聚力和摩擦角,就可以得到土体的强度;

[0032] 具体为①通过计算机改变不同的围压,测出单元体在空间应力状态下的轴向应力 $\sigma_1$ ,轴向应变 $\epsilon$ ,即可得到弹性模量E,公式如下:

$$[0033] \quad \sigma_1 = E\epsilon$$

[0034] 得到不同围压下弹性模量的曲线拟合,得到土体的轴向弹性模量;

[0035] ②排水条件下,通过排水量,可以知道土体的体应变,就可以知道土体是体胀还是体缩;

[0036] ③通过测出的单元体三个方向的应力 $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ 。根据这三个应力,可以画出摩尔应力圆,圆的半径为这三个应力中最大应力与最小应力差值的一半。即可得到最大剪应力 $\tau_{\max}$ ,根据不同的围压画出的摩尔应力圆,画出圆上切线,切线斜率即是摩擦角 $\varphi$ ,与剪应力坐标轴相交的数值即是粘聚力C;

$$[0037] \quad \tau_{\max} = C + \sigma \tan \varphi。$$

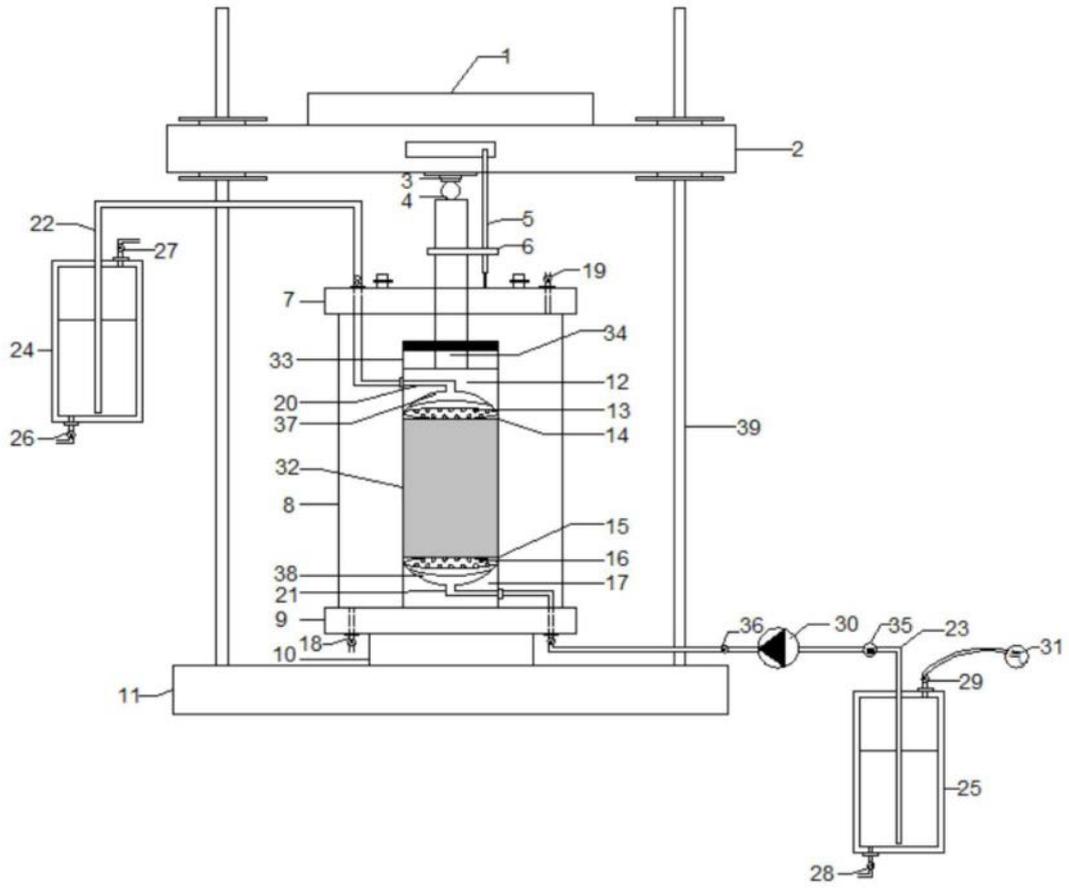


图1

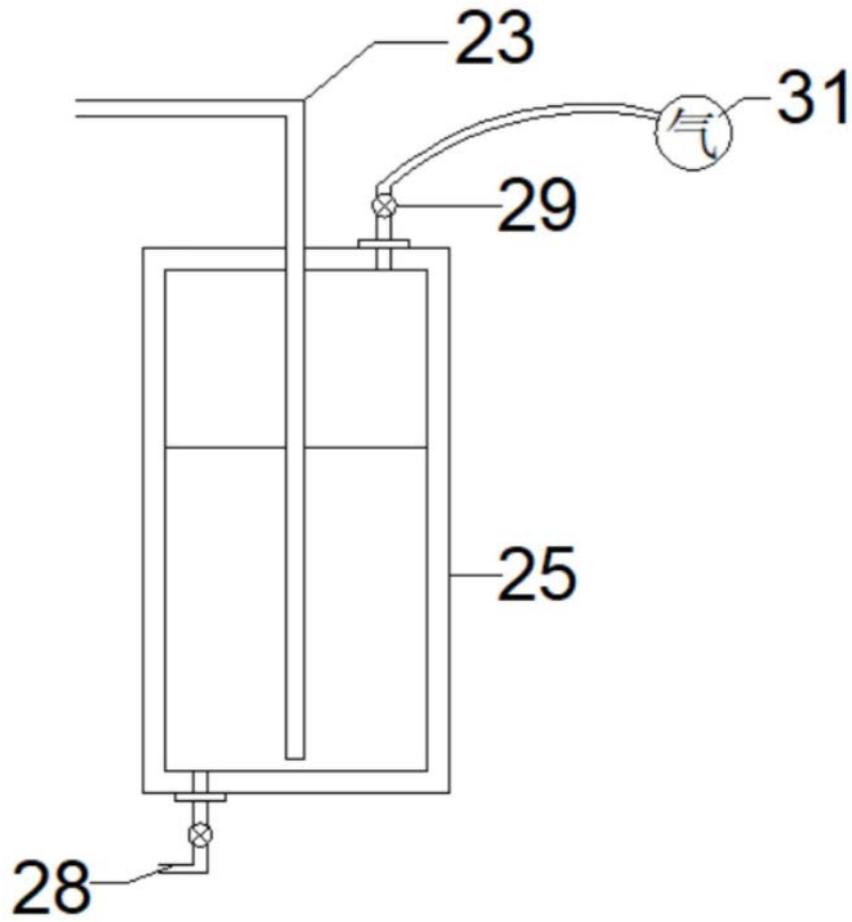


图2

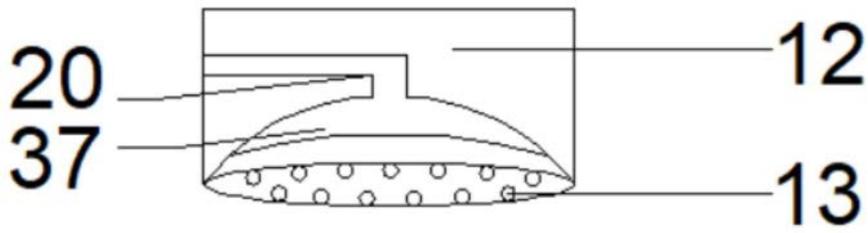


图3