



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109374494 A

(43)申请公布日 2019. 02. 22

(21)申请号 201811179110.3

(22)申请日 2018.10.10

(71)申请人 上海理工大学

地址 200093 上海市杨浦区军工路516号

(72)发明人 李宁 赫建勇 赵秋义 唐炜

(74)专利代理机构 上海科盛知识产权代理有限公司 31225

代理人 赵志远

(51)Int.Cl.

G01N 15/08(2006.01)

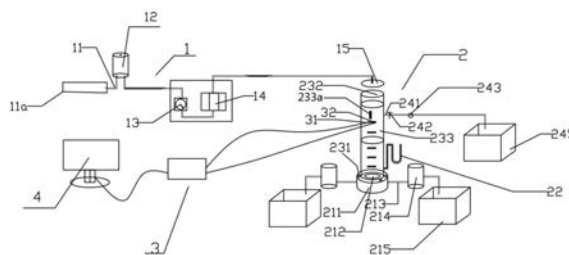
权利要求书1页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统

(57)摘要

本发明涉及一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统,包括模拟降雨装置、标准土柱实验装置、数据采集装置和数据分析装置;其中,模拟降雨装置包括流量控制构件和喷淋构件;所述流量控制构件包括管道连接的集气瓶、减压阀和转子流量计,集气瓶与水龙头管道连接,转子流量计与喷淋构件连接;标准土柱实验装置包括设置在所述喷淋构件下方的若干个分层土柱筒、底部渗滤排水构件和设置在分层土柱筒外侧的径流排水构件;分层土柱筒上设有气相检测口,该检测口与压力测试装置连接;底部渗滤排水构件包括底座,所述底座的出水口与渗透水位调节部件连接。与现有技术相比,本发明具有测试数据持续性好,测试精度高,模拟适用性强,操作简单,自动化程度高等优点。



1. 一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统,包括模拟降雨装置(1)、标准土柱实验装置(2)、数据采集装置(3)和数据分析装置(4);

所述模拟降雨装置(1)包括流量控制构件和喷淋构件(15);

所述标准土柱实验装置(2)包括设置在所述喷淋构件(15)下方的若干个分层土柱筒(233)、底部渗滤排水构件和设置在分层土柱筒(233)外侧的径流排水构件;

所述数据采集装置(3)包括设置在径流排水单元中的径流排水流量计(243)、分别设置在所述分层土柱筒(233)上的测量单元;

其特征在于,

所述流量控制构件包括管道连接的集气瓶(12)、减压阀(13)和转子流量计(14);所述集气瓶(12)上设有进水口、出水口和排气孔;所述集气瓶(12)上的进水口与所述水龙头(11a)管道连接,所述集气瓶(12)上的出水口与所述减压阀(13)的进水口管道连接;所述转子流量计(14)的出水口与所述喷淋构件(15)的进水口连接。

2. 根据权利要求1所述的一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统,其特征在于,所述分层土柱筒(233)上设有气相检测口,该检测口与压力测试装置连接。

3. 根据权利要求2所述的一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统,其特征在于,所述压力测试装置安装于所述分层土柱筒(233)中的底部土柱筒(231)上。

4. 根据权利要求2或3所述的一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统,其特征在于,所述压力测试装置为气相压力传感器(22)。

5. 根据权利要求1所述的一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统,其特征在于,所述底部渗滤排水构件包括底座(211)和渗透水位调节部件(214),所述底座(211)的出水口与渗透水位调节部件(214)的进水口管道连接,所述渗透水位调节部件(214)的出水口与集水箱管道连接,所述管道为形状可变的软管。

6. 根据权利要求1所述的一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统,其特征在于,所述喷淋构件(15)和最上方的所述分层土柱筒(233)之间设有降雨均分器(232),所述降雨均分器(232)内设有针孔板(232a)。

7. 根据权利要求1所述的一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统,其特征在于,所述分层土柱筒(233)中的底部土柱筒(231)的底部设有透水石(212),所述透水石(212)内嵌于所述底座(211)中心。

8. 根据权利要求7所述的一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统,其特征在于,所述底部土柱筒(231)的底部设有凸版,该凸版与所述底座(211)固定连接,并设有密封圈密封。

9. 根据权利要求1所述的一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统,其特征在于,所述测量单元包括若干个张力计(31)和若干个土壤水分仪(32),所述张力计(31)沿径向设置在所述分层土柱筒(233)上;所述土壤水分仪(32)对应所述张力计(31)位置设置在所述分层土柱筒(233)的相应位置上;所述测量单元与传感器元件连接。

10. 根据权利要求1所述的一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统,其特征在于,最上方的所述分层土柱筒(233)沿轴向设置有尺寸刻度(233a);

所述径流排水孔(241)与排水阀门(242)、径流排水管流量计(243)及集水箱依次连接。

一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种土柱入渗试验系统,尤其是涉及一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统,属于水环境试验测试领域。

背景技术

[0002] 我国的城市化进程加快,城市数量和规模不断扩大,产生的垃圾数量与日俱增。目前,我国的垃圾处理方法主要包括卫生焚烧法、堆肥处理法和填埋法等。焚烧法虽能够有效地处理垃圾,但是成本较高,投资也较大。堆肥法是把垃圾进行资源化利用的有效方法,但是,处理量因市场的需求而定,处理量也很难消化掉城市中产生的垃圾。因此填埋法作为一种垃圾的最终处理方法,适用土地资源相对丰富的地区,从我国目前的经济发展水平来看,在今后相当长一段时间内,卫生填埋仍是大部份城市处理垃圾的重要方法。

[0003] 土柱试验广泛应用于地质、土木、环境农林业等领域。应用土柱实验可在实验室内模拟土壤水分及污染物的迁移。当前土柱试验,一般均存在以下问题:①土柱试验装土构件单节长度大,土柱安装困难,同时对仪器清洗也不方便。②监测设备安装频繁,设备安装便捷性差。③检测设备一般为人工观测,实验精度低,人为性强。④模拟降雨一般只模拟恒定降雨强度,不能控制降雨雨型。⑤未考虑气相条件。⑥降雨入渗边界条件单一。

[0004] 非饱和渗透系数与含水量或基质势的关系是描述非饱和土壤中水分运移和溶质输送的重要函数关系之一,是分析降水条件下土坡稳定性、固体废物填埋场、地下污水的迁移和填土工程等问题的重要参数。室内实验的优点是可在设定的水力边界条件下测试原状试样和重塑试样的非饱和渗透性能,同时与原位实测相比,室内实验周期短、经济且更成熟。但通常由于非饱和土的成分、结构以及赋存环境的差异,导致了室内实验所用小试件难以代表真正土体的实际情况。

[0005] 中国专利CN106908368A公布了一种模拟降雨土柱入渗试验系统,用于研究降水在非饱和土中的入渗规律,该系统包括模拟降雨装置、受雨装置、数据采集装置、控制系统和数据分析装置;其中模拟降雨装置包括储水箱、与该储水箱连接的水流回路单元、与该水流回路单元连接的用于模拟降雨的喷淋构件;受雨装置包括在喷淋构件下方的多个土柱筒单元,设置在该土柱筒单元外侧的径流排水单元。该实验系统可以调节降雨流量、并且考虑了无地表径流的影响。该发明中采用泵输送水,用水流回路单元控制水流量,该方式容易通过泵将水中气泡等气体抽进入水管,会影响实际水流量的准确性,同时需要配备一个比较大的储水箱,并且需要定时向储水箱中注水,而本设备通过排气件将流量控制阀与水管直接连接,既排出了水中空气,保证了流量的稳定,又不需要对入水管进行补水操作。为了进一步提高实验的精度,还需要考虑气相耦合和不同初始边界条件对测试结果的影响,在降雨入渗过程中,孔隙气的存在将对水流的运动产生不可忽略的影响;另外,降雨入渗是水流在下渗的过程中驱替空气的水-气二相过程,在求解渗流问题中,考虑气压变化的影响是十分必要的;大量学者进行土柱入渗实验采取的实验底部边界条件为将土柱底面直接连接空气排水口或使水位差等于0,通过连通器原理,使出水口水位差为0,本设备可同时模拟以上两

种边界条件进行实验,同时,通水位调节装置,可使水位达到土柱顶部,使砂土饱和进行相关实验。增加设备用途。

发明内容

[0006] 本发明的目的就是为了解决上述现有技术存在的缺陷而提供一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统。

[0007] 本发明的目的可以通过以下技术方案来实现:

[0008] 一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统,包括模拟降雨装置、标准土柱实验装置、数据采集装置和数据分析装置;

[0009] 所述模拟降雨装置包括流量控制构件和喷淋构件;

[0010] 所述流量控制构件为管道依次连接的集气瓶、减压阀和转子流量计,所述集气瓶上设有进水口、出水口和排气孔;所述减压阀和转子流量计均具有一个进水口和一个出水口;所述集气瓶上的进水口与所述水龙头管道连接,所述集气瓶上的出水口与所述减压阀的进水口管道连接;所述转子流量计的出水口与所述喷淋构件的进水口连接。

[0011] 所述标准土柱实验装置包括设置在所述喷淋构件下方的若干个分层土柱筒、底部渗滤排水构件和设置在分层土柱筒外侧的径流排水构件;所述分层土柱筒上设有气相检测口,该检测口与检测装置连接,用于测量气相耦合。

[0012] 所述压力测试装置安装于所述分层土柱筒中的底部土柱筒上。

[0013] 所述压力测试装置可以为U型管或者气相压力传感器,其中优选为气相压力传感器。

[0014] 所述气相压力传感器安装于所述分层土柱筒中的底部土柱筒上;气相压力传感器的出口处设置防水透气膜,可以用于测量气相特征。数据采集装置采集气相压力,气相压力是衡量非饱和带内气体受水流压缩作用程度的重要指标,也是影响水-气二相流运动的重要因素,实验收集的测量参数是非饱和带内气体与当地大气压的压力差,若测得的气相压力为正,说明非饱和带内气压大于大气压,否则说明非饱和带内气压小于大气压。气体受压缩作用时,气压会增大,在压力达到临界值而释放后,压力会减小,这时压力可能会小于当地大气压而呈现负值。

[0015] 所述底部渗滤排水构件包括底座和渗透水位调节部件,所述底座的出水口与渗透水位调节部件的进水口管道连接,所述渗透水位调节部件的出水口与集水箱管道连接,所述管道为形状可变的软管。

[0016] 通过与底座排水管连接的渗透水位调节部件,可以设置多种初始边界条件,通过调整渗透水位调节部件的安装高度,还可调整初始土柱内水位高度。通过连通器原理可知,渗透水位调节部件里的液位面与土柱筒里相持平,通过调节渗透水位调节部件的安装高度可以调节土柱筒内水位高度。软管连接方式使得在不拆卸渗透水位调节部件的进出水口连接管道的情况下,通过上下移动渗透水位的安装高度,则可调节土柱筒里的液面高度。

[0017] 所述数据采集装置包括设置在径流排水单元中的径流排水流量计、分别设置在所述分层土柱筒上的用于采集降雨土柱入渗数据的测量单元;

[0018] 所述数据分析装置,用于接收所述数据采集装置采集的数据并对数据进行分析。

[0019] 所述的模拟降雨装置还包括集气瓶,所述集气瓶上设有一个进水口、一个出水口

和一个排气孔；所述集气瓶上的进水口与所述水龙头管道连接，所述集气上的出水口与所述减压阀的进水口管道连接，集气瓶为防止气泡进入流量计，减小误差的单元；在进行试验过程中，排气孔保持关闭，当收集气泡较多时，可打开阀门排气。

[0020] 通过减压阀稳定水压力的水进入转子流量计，通过调节流量计，控制模拟降雨强度，再与喷淋构件连接，喷淋构件具有多孔结构，用于使水分散模拟形成雨滴。

[0021] 所述喷淋构件和最上方的所述分层土柱筒之间设有降雨均分器，所述降雨均分器内设有针孔板，通过喷淋构件的雨滴再次淋到针孔板，使其水分更加分散均匀。

[0022] 所述分层土柱筒中的底部土柱筒的底部设有透水石，所述透水石内嵌于底座中心；具体地，底座由铝合金制作，底座内设置排水槽及透水石槽以及排水通道。排水通道对称开孔。

[0023] 所述底部土柱筒的底部设有凸版，该凸版与所述底座通过密封圈连接，并用螺栓固定。

[0024] 所述测量单元包括若干个张力计和若干个土壤水分仪，所述张力计沿径向设置在所述分层土柱筒上，于测量降雨时土层的基质吸力；所述土壤水分仪对应所述张力计位置设置在所述分层土柱筒的相应位置上，用于测量该层土壤含水率；张力计和土壤水分仪安装处涂抹硅脂防止漏气；所述测量单元通过传感器元件与所述数据采集装置信号连接，测量得到数据通过传感器传送到数据采集的主体装置。

[0025] 所述分层土柱筒的材质为亚克力，可随时观测土壤湿润锋的渐曲线。

[0026] 最上方的所述分层土柱筒沿轴向设置有尺寸刻度，用于观测土柱筒内土壤沉降。

[0027] 最上方的所述分层土柱筒上设有径流排水孔，该径流排水孔的设置位置距离该跟层土柱筒的顶部100mm；所述径流排水孔与径流排水水管、径流排水管流量计及集水箱依次连接。

[0028] 本发明提供的模拟降雨土柱入渗实验系统，还可以具有这样的特征：土柱筒支架由角钢制作，保持支架表面水平。

[0029] 与现有技术相比，本发明提供的模拟降雨土柱入渗实验系统，通过采用减压阀及转子流量计控制系统水流量，可无极调节并稳定降雨强度并模拟不同形式的降雨情况。通过采用降雨喷淋装置及针孔板组合，可模拟均匀的降雨；由于使用径流排水单元，可以实现最大程度降低径流对实验结果的影响；由于设置了气相压力传感器采集气相特征，可测量考虑水气相耦合的实验测量；由于设置渗透水排水调节装置，可模拟多种初始边界条件下的渗透实验，可实现模拟多种边界条件实验，以及调整土著内水位高度；由于土柱筒为分层结构，可改变土柱高度并且便于清洗；由于采用数据采集装置及数据分析装置，使得本发明的模拟降雨土柱入渗实验系统自动化。

[0030] 本发明具有测试数据持续性好，测试精度高。模拟适用性强，操作简单，自动化程度高等优点，能对降雨强度、降雨形式，水气相耦合、不同初始水位边界条件与土柱土层入渗规律研究提供有效实验数据。

附图说明

[0031] 图1为本发明的示意图；

[0032] 图2为本发明中集气瓶的主视结构示意图；

- [0033] 图3为本发明中集气瓶的俯视结构示意图；
- [0034] 图4为本发明中流量控制构件的主视结构示意图；
- [0035] 图5为本发明中流量控制构件的俯视结构示意图；
- [0036] 图6为本发明中喷淋构件的主视结构示意图；
- [0037] 图7为本发明中喷淋构件的俯视结构示意图；
- [0038] 图8为本发明中降雨均布器的结构示意图；
- [0039] 图9为本发明中针孔板的结构示意图；
- [0040] 图10为本发明中土柱简单单元的结构示意图；
- [0041] 图11为本发明中底座的主视结构示意图；
- [0042] 图12为本发明中底座的俯视结构示意图；
- [0043] 图13为本发明中测量单元的结构示意图；
- [0044] 图中,1为模拟降雨装置,2为标准土柱实验装置,3为数据采集装置,4为数据分析装置,11a为水龙头,11为水管,12集气瓶,13为减压阀,14为转子流量计,15为喷淋构件,211为底座,212为透水石,213为渗透水出水管,214为渗透水调节部件,215为第二集水箱,22为气相压力传感器,231为底部土柱筒,232为降雨均分器,232a为针孔板,233为分层式土柱筒,233a为尺寸刻度,241为径流排水孔,242为排水阀门,243为径流水排水流量计,245为第一集水箱,31为张力计,32为土壤水分仪。

具体实施方式

[0045] 下面结合具体实施例对本发明进行详细说明。以下实施例将有助于本领域的技术人员进一步理解本发明,但不以任何形式限制本发明。应当指出的是,对本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干变形和改进。这些都属于本发明的保护范围。

[0046] 实施例

[0047] 一种可改变模拟降雨形式的土柱入渗试验系统,其结构如图1所示,包括模拟降雨装置1、标准土柱实验装置2、数据采集装置3和数据分析装置4。

[0048] 模拟降雨装置1包括用水管11依次连接的水龙头11a、集气瓶12、减压阀13、转子流量计14和喷淋构件15;图2和图3为是本发明中用于排除水中气泡的集气瓶示意图,如图所示,将水龙头11a与集气瓶进水管连接;图4和图5为本发明中降压控制流量的构件示意图;通过集气瓶12将水管中气体收集,避免水中气泡影响转子流量计14准确度,再通过水管11将集气瓶12出水口与减压阀13进水口连接;通过减压阀13作用,将水压稳定,通过水管11将减压阀13出水口与转子流量计14入口连接,通过转子流量计14作用,将出水流量稳定,并通过水管与喷淋构件15连接。图6和图7为喷淋构件15示意图,喷淋构件15内设有多孔结构,将管内水分散,通过多孔水管圈,将水分散,使降雨更均匀。本发明中的模拟降雨装置将水龙头11a与降雨模拟装置1连接,通过调节减压阀13稳定水压,再通过调节转子流量计14,无极调节水流量大小,控制所需流量并便于模拟多种降雨形式的实验。

[0049] 图10为土柱简单单元结构示意图,标准土柱实验装置2包括设置在喷淋构件15下方的降雨均分器232、若干个分层土柱筒233、底部渗滤排水构件和设置在分层土柱筒外侧的径流排水构件;其中降雨均分器232内设有针孔板232a,用于使降雨更加均匀,并保证喷淋

构件15所有降雨均进入土柱筒内。其结构如图8和图9所示；底部渗滤排水构件包括底座211,渗透水位调节部件214和第二集水箱215,底座211的出水口与渗透水位调节部件214的下端口管道连接,底座的结构如图11和图12所示；土柱筒底座211放置在支座上,保持水平；底部土柱筒231的底部设有凸版,该凸版与底座211通过螺栓固定,并且底部土柱筒231与底座211之间垫密封圈密封；底部土柱筒231的底部设有透水石212用于底部渗透,透水石212内嵌于底座211中心。

[0050] 渗透水位调节部件214设有进水口和出水口,进水口与底座211的出水口通过渗透水出水管213连接,出水口与第二集水箱215管道连接,用于收集渗透水,管道为形状可变的软管,方便在不拆卸渗透水和管道接口的情况下,调节渗透水调节部件214的安装高度。

[0051] 在若干个分层土柱筒233中,最上方的分层土柱筒233沿轴向设置有尺寸刻度233a用于观测土壤沉降；最上方的分层土柱筒233上设有径流排水孔241,该径流排水孔241的设置距离该分层土柱筒的顶部100mm处,径流排水孔241与排水阀门242、径流排水管流量计243及第一集水箱245依次连接,用于收集径流排水。底部土柱筒231上安装有气相压力传感器22；气相压力传感器22用于测量气相特征,出口处设置防水透气膜,防止水通过出口流出；分层土柱筒233和底部土柱筒231、降雨均布器232和渗透水位调节部件214的材质均为亚克力,便于观测。

[0052] 数据采集装置3包括设置在径流排水单元中的径流排水流量计243用于测量径流排水量、分别设置在分层土柱筒233上的用于采集降雨土柱入渗数据的测量单元；测量单元包括若干个张力计31和若干个土壤水分仪32用于采集降雨不同位置土柱入渗数据,安装位置如图13所示,张力计31沿径向设置在分层土柱筒233上；土壤水分仪32对应张力计31位置设置在分层土柱筒233的相应位置上。张力计31安装数量及位置可根据实验需要,沿径向均匀设置在土柱筒上,用于测量降雨时土层的基质吸力,本实施例中设置七个张力计31；对应地,七个土壤水分仪传感器32对应张力计31设置在土柱上,用于测量土层的含水率。测量单元连接有传感器,测量得到的数据通过传感器传送至数据采集装置的主体上。

[0053] 数据分析装置4用于接收数据采集装置采集的数据并对数据进行分析；在本实施例中为计算机,用于接收数据采集装置3采集的数据并对该数据进行分析,得到降水在非饱和土中的入渗规律。

[0054] 本试验系统的工作过程为：

[0055] 将透水石放置在土柱筒底座211上,再将底部土柱筒231固定在底座211上；然后制作土柱模型分层盛于底部土柱筒231以及其上面的其他分层土柱筒233内；将第一集水箱245,第二集水箱215与渗透水调节部件214通过渗透水出水管213如图所示连接好,并调整水位调节装置至合适位置；将张力计31及土壤水分仪32使用密封圈安装在相应位置,测量不同位置土层基质吸力及含水率,并涂抹硅脂防止漏气；气相压力传感器22用于测量气相特征,出口处设置防水透气膜,防止水通过出口流出。

[0056] 将水龙头11a与降雨模拟装置连接,通过调节减压阀13稳定水压,再通过调节转子流量计14,无极调节水流量大小,控制所需流量并便于模拟多种降雨形式的实验。经过喷淋构件15,使水流分散流入针孔板,进行模拟降雨,开始试验。

[0057] 通过亚克力土柱筒233观测试验中土著的湿润锋走向。

[0058] 数据分析装置5接受数据采集装置3采集的数据并对该数据进行分析,得到降水在

非饱和土中的入渗规律。

[0059] 根据本实施例提供的模拟降雨入渗实验系统,由于采用减压阀与转子流量计,可以稳定准确的控制降雨强度;模拟不同形式的降雨。采用径流排水单元,可以实现无地表径流对实验结果的影响,由于土柱筒可分层分离,降低了土柱装载于拆卸清洗的工作量;由于设置了气相压力传感器采集气相特征,可测量考虑水气相耦合的实验测量;由于设置透水排水调节装置,可模拟多种初始边界条件下的渗透实验,由于采用数据采集系统,提高了本发明的模拟降雨入渗实验系统自动化程度,降低了人为影响。

[0060] 总之,本实施例模拟降雨土柱实验,具有测试数据持续性好,测试精度高。模拟适用性强,操作简单,自动化程度高等优点,能对降雨强度、降雨形式,水气相耦合、不同初始水位边界条件与土柱土层入渗规律研究提供有效实验数据。

[0061] 以上对本发明的具体实施例进行了描述。需要理解的是,本发明并不局限于上述特定实施方式,本领域技术人员可以在权利要求的范围内做出各种变形或修改,这并不影响本发明的实质内容。

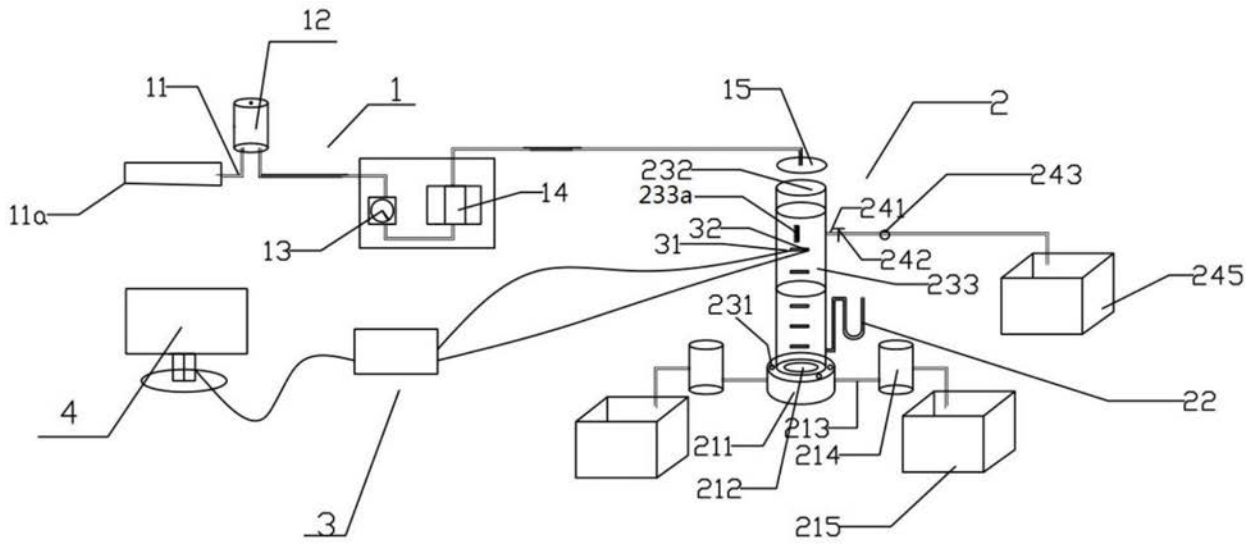


图1

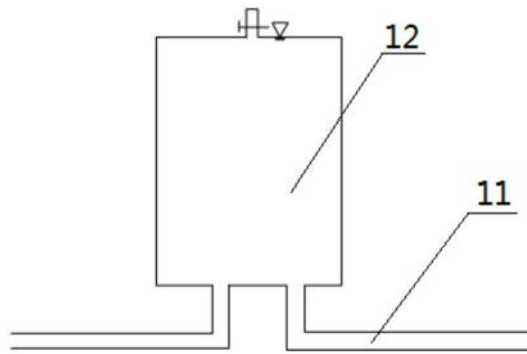


图2

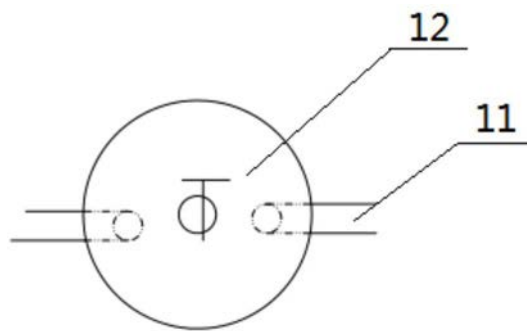


图3

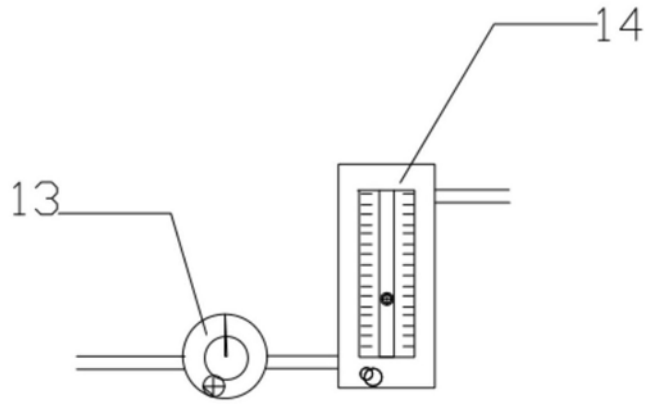


图4

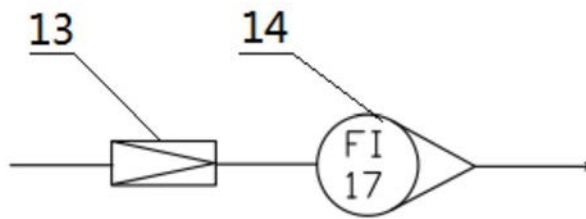


图5

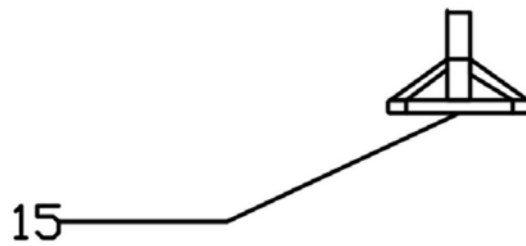


图6

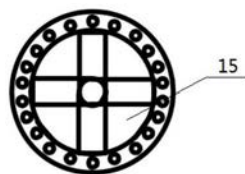


图7

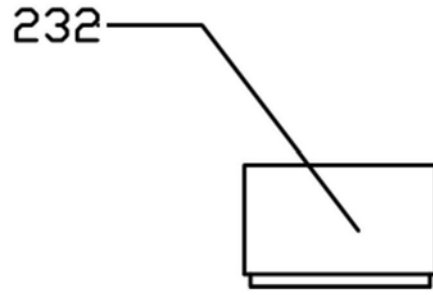


图8

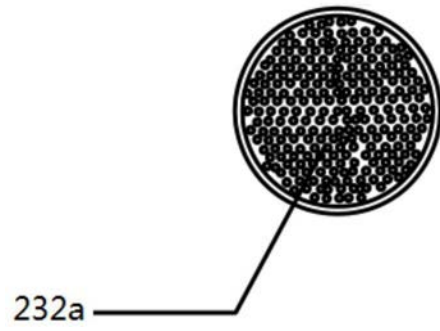


图9

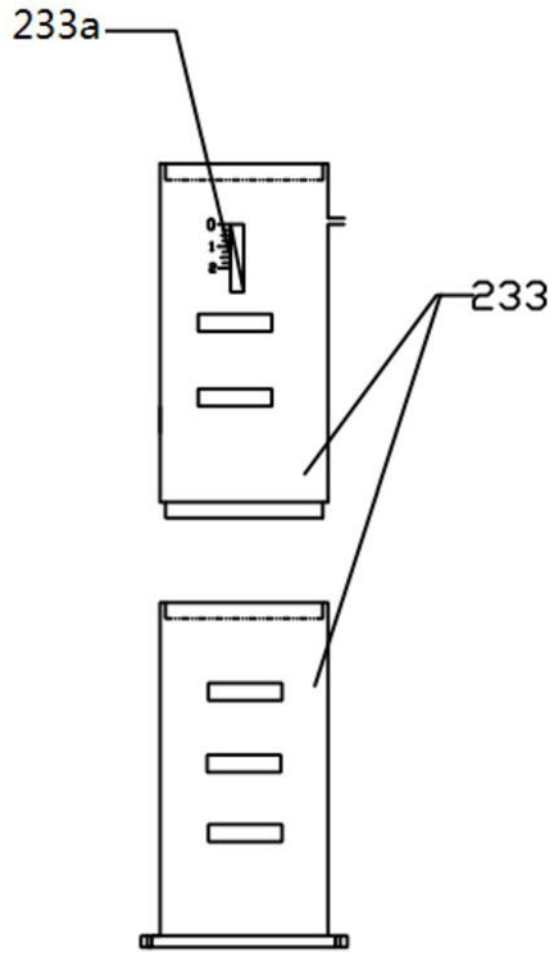


图10

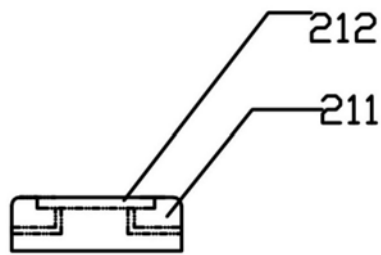


图11

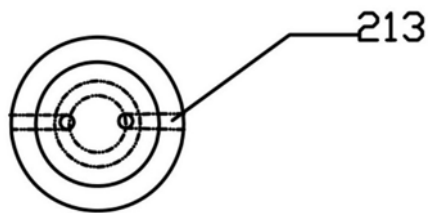


图12

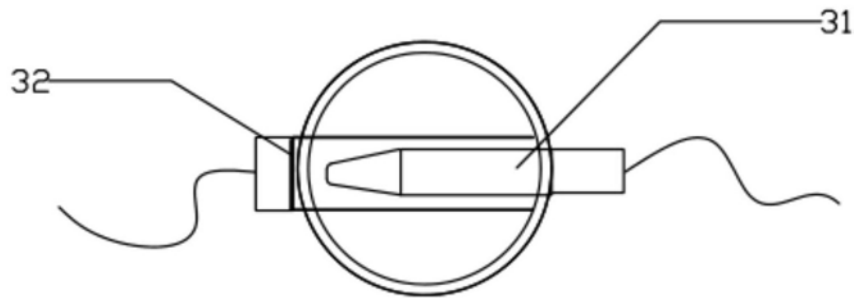


图13