



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106908368 B

(45)授权公告日 2020.03.17

(21)申请号 201710148263.0

(22)申请日 2017.03.14

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 106908368 A

(43)申请公布日 2017.06.30

(73)专利权人 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 李玉成 刘冠麟 雷铭远
杨洋

(74)专利代理机构 上海德昭知识产权代理有限公司 31204

代理人 郁旦蓉

(51)Int.Cl.
G01N 15/08(2006.01)

(56)对比文件

- CN 104458529 A, 2015.03.25,
- CN 102890047 A, 2013.01.23,
- CN 104819925 A, 2015.08.05,
- CN 106226489 A, 2016.12.14,
- CN 103308438 A, 2013.09.18,
- CN 103604734 B, 2015.08.12,
- CN 205353078 U, 2016.06.29,
- CN 106198341 A, 2016.12.07,
- CN 205562537 U, 2016.09.07,
- CN 106018229 A, 2016.10.12,

审查员 苏会珍

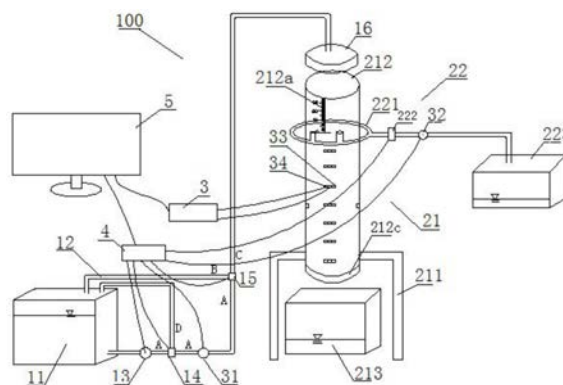
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

模拟降雨土柱入渗试验系统

(57)摘要

本发明提供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,其特征在于,具有: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,包括设置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;数据采集装置,包括设置在水流回路单元中的给水流量计、设置在径流排水单元中的排水流量计、分别设置在土柱筒单元上用于采集降雨土柱入渗数据的多个传感器单元;控制系统,用于对水流回路单元的给水量和径流排水单元的排水进行控制;数据分析装置,用于接收数据采集装置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。



1. 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,其特征在于,具有:

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,包括设置在所述喷淋构件下方竖直设置的多个土柱筒单元、设置在该土柱筒单元外侧的径流排水单元;

数据采集装置,用于进行数据采集,包括设置在所述水流回路单元中的给水流量计、设置在所述径流排水单元中的排水流量计、分别设置在所述土柱筒单元上用于采集降雨土柱入渗数据的多个传感器单元;

控制系统,用于对所述水流回路单元的给水量和所述径流排水单元的排水进行控制;以及

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该数据进行分析,得到降水在非饱和土中的入渗规律,

其中,所述水流回路单元包括水管、进水端通过水管与所述储水箱连接的水泵、第一电磁阀和第二电磁阀,

所述第一电磁阀和所述第二电磁阀均分别具有一个进水口和两个出水口,

所述第一电磁阀的进水口通过水管与所述水泵的输出端连通,所述第一电磁阀的一个出水口通过水管与所述储水箱连通,

所述第二电磁阀的进水口通过水管与所述第一电磁阀的另一个出水口连通,所述第二电磁阀的一个出水口通过水管与所述储水箱连通,

所述喷淋构件包括与所述第二电磁阀的另一个出水口连接的喷头、设置在该喷头内的降雨均分器,

所述降雨均分器有两个,均呈圆形,水平地安装在所述喷头内,该两个降雨均分器的圆心位于所述喷头的中心轴线上,

两个所述降雨均分器中一个为打孔均匀分布的降雨均分器,另一个为打孔中间分散周边密集分布的降雨均分器、打孔一半密集一半分散分布的降雨均分器、打孔中间密集周边分散分布的降雨均分器中的一种,或者两个所述降雨均分器都为打孔均匀分布的降雨均分器,

所述土柱筒单元中,最上方的所述土柱筒的外壁上从上往下沿径向设置有尺寸刻度,并且离上端30cm处沿水平面均匀设置有六个排水孔,

所述土柱筒单元中,最下方的所述土柱筒的底部设置有渗滤排水层,

所述径流排水单元包括与所述排水孔连通的环形的径流排水管、该径流排水管连通的第二排水箱、设置在所述径流排水管与所述第二排水箱之间的第三电磁阀。

2. 根据权利要求1所述的模拟降雨土柱入渗试验系统,其特征在于:

其中,所述降雨均分器具有多孔结构,用于使水分散形成模拟雨滴。

3. 根据权利要求1所述的模拟降雨土柱入渗试验系统,其特征在于:

其中,所述土柱筒单元包括土柱筒支架、设置在该土柱筒支架上的多个从上至下依次叠放的盛有土柱模型的土柱筒以及设置在所述土柱筒支架下方的第一排水箱。

4. 根据权利要求3所述的模拟降雨土柱入渗试验系统,其特征在于:

其中,所述传感器单元包括多个张力计和多个土壤水分传感器,
所述张力计沿径向均匀设置在所述土柱筒的外壁内侧上,用于测量降雨时土层的基质吸力,

所述土壤水分传感器对应所述张力计设置在外壁内侧上,用于测量土层的含水量。

5.根据权利要求3所述的模拟降雨土柱入渗试验系统,其特征在于:

其中,所述土柱筒的材质采用透明钢化玻璃。

6.根据权利要求1所述的模拟降雨土柱入渗试验系统,其特征在于:

其中,所述给水流量计设置在所述第一电磁阀和所述第二电磁阀之间,

所述排水流量计设置在所述第三电磁阀与所述第二排水箱之间。

模拟降雨土柱入渗试验系统

技术领域

[0001] 本发明属于土壤水环境试验测试领域,涉及一种模拟降雨土柱入渗试验系统。

背景技术

[0002] 城市垃圾成分主要包括煤灰,有机类(厨余垃圾、纸类),无机类(玻璃、建筑垃圾)。由于城市生活垃圾成分的复杂多样性带来处理与利用上的困难。目前垃圾处理方式主要有卫生填埋处理、堆肥处理与焚烧等,且卫生填埋是主要方式,且很多卫生填埋场正面临封场,因此,研究城市固体废弃物填埋场封顶覆盖层的组成具有十分重要的意义。

[0003] 土是自然环境中耐久性最好的土工材料。土质覆盖层被广泛应用于垃圾堆场、固废堆场及尾矿中,主要用以防止大气降水进入下层废弃物中,从而避免对周围环境造成污染。目前土质覆盖层已被成功应用于干旱及半干旱地区,而在湿润气候下土质覆盖层是否适用,还有待进一步的研究。目前主要采用理论分析和数值模拟方法对降雨时土层入渗的规律进行研究,利用模拟降雨装置或者试验平台得到试验数据。

[0004] 现有的模拟降雨装置,有的试验平台为长方体,里面的的水箱水压为定水头,模拟降雨的雨型单一、降雨强度单一。有的没有考虑到土柱面地表水的压力作用,未设置地表径流排水口。总之现有的模拟降雨装置没有考虑时间、空间变化和模型表面径流的影响,在试验过程中,不能连续的测量降雨的雨量,降雨的强度和降雨的类型单一,且不能连续测量断续的降雨情况,不能真实模拟降雨,得不到真实降雨时的土层入渗的规律。

发明内容

[0005] 为解决上述问题,本发明采用了如下技术方案:

[0006] 本发明提供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,其特征在于,具有: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,包括设置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;数据采集装置,用于进行数据采集,包括设置在水流回路单元中的给水流量计、设置在径流排水单元中的排水流量计、分别设置在土柱筒单元上用于采集降雨土柱入渗数据的多个传感器单元;控制系统,用于对水流回路单元的给水量和径流排水单元的排水进行控制;以及数据分析装置,用于接收数据采集装置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。

[0007] 本发明提供的模拟降雨土柱入渗试验系统,还可以具有这样的特征:其中,水流回路给水单元包括水管、进水端通过该水管与储水箱连接的水泵、第一电磁阀和第二电磁阀,第一电磁阀和第二电磁阀均分别具有一个进水口和两个出水口,第一电磁阀的进水口通过水管与水泵的输出端连通,第一电磁阀的一个出水口通过水管与储水箱连通,第二电磁阀的进水口通过水管与第一电磁阀的另一个出水口连通,第二电磁阀的一个出水口通过水管与储水箱连通。

[0008] 本发明提供的模拟降雨土柱入渗试验系统,还可以具有这样的特征:其中,喷淋构

件包括与第二电磁阀的另一个出水口连接的喷头、设置在该喷头内的降雨均分器,降雨均分器具有多孔结构,用于使水分散形成模拟雨滴。

[0009] 本发明提供的模拟降雨土柱入渗试验系统,还可以具有这样的特征:其中,土柱筒单元包括土柱筒支架、设置在该土柱筒支架上的多个从上至下依次叠放的盛有土柱模型的土柱筒以及设置在土柱筒支架下方的第一排水箱。

[0010] 本发明提供的模拟降雨土柱入渗试验系统,还可以具有这样的特征:其中,土柱筒单元中,最下方的土柱筒的底部设置有渗滤排水层。

[0011] 本发明提供的模拟降雨土柱入渗试验系统,还可以具有这样的特征:其中,传感器单元包括多个张力计和多个土壤水分传感器,张力计沿径向均匀设置在土柱筒的外壁内侧上,用于测量降雨时土层的基质吸力,土壤水分传感器对应张力计设置在外壁内侧上,用于测量土层的含水量。

[0012] 本发明提供的模拟降雨土柱入渗试验系统,还可以具有这样的特征:其中,土柱筒的材质采用透明钢化玻璃。

[0013] 本发明提供的模拟降雨土柱入渗试验系统,还可以具有这样的特征:其中,土柱筒单元中,最上方的土柱筒上沿径向设置有尺寸刻度。

[0014] 本发明提供的模拟降雨土柱入渗试验系统,还可以具有这样的特征:其中,土柱筒单元中,最上方的土柱筒的外壁上沿水平面均匀设置有多个排水孔,径流排水单元包括与排水孔连通的环形的径流排水管、该径流排水管连通的第二排水箱、设置在径流排水管与第二排水箱之间的第三电磁阀。

[0015] 本发明提供的模拟降雨土柱入渗试验系统,还可以具有这样的特征:其中,给水流量计设置在第一电磁阀和第二电磁阀之间,排水流量计设置在第三电磁阀与第二排水箱之间。

[0016] 发明作用与效果

[0017] 根据本发明提供的模拟降雨土柱入渗试验系统,由于采用通过控制系统控制的水流回路单元,可以控制降雨强度;由于采用降雨均分器,可以模拟不同空间分布的降雨;由于采用径流排水单元,可以实现有无地表径流对试验结果的影响;由于采用数据采集装置、控制系统和数据分析装置,可以使本发明的模拟降雨土柱入渗试验系统自动化程度高。

附图说明

[0018] 图1是本发明实施例的模拟降雨土柱入渗试验系统示意图;

[0019] 图2是本发明实施例的模拟降雨土柱入渗试验系统喷淋构件结构示意图;

[0020] 图3是本发明实施例的模拟降雨土柱入渗试验系统土柱筒单元结构示意图;

[0021] 图4是图3的E-E剖视示意图;

[0022] 图5是本发明实施例的模拟降雨土柱入渗试验系统传感器单元设置示意图。

具体实施方式

[0023] 以下结合附图及实施例来说明本发明的具体实施方式。

[0024] <实施例>

[0025] 图1是本发明实施例的模拟降雨土柱入渗试验系统示意图。

[0026] 如图1所示,本实施例的模拟降雨土柱入渗试验系统(以下简称试验系统)100包括模拟降雨装置1、受雨装置2、数据采集装置3、控制系统4、数据分析装置5。

[0027] 如图1所示,模拟降雨装置1包括储水箱11、水管12、水泵13、第一电磁阀14、第二电磁阀15、喷淋构件16。

[0028] 水泵13的进水端通过水管12与储水箱11连接。

[0029] 第一电磁阀14和第二电磁阀15均分别具有一个进水口和两个出水口,第一电磁阀14的进水口通过水管12与水泵13的输出端连通,第一电磁阀14的一个出水口通过水管12与储水箱11连通。第二电磁阀15的进水口通过水管12与第一电磁阀14的另一个出水口连通,第二电磁阀15的一个出水口通过水管12与储水箱11连通。

[0030] 相互连通的水管12、水泵13、第一电磁阀14、第二电磁阀15组成水流回路单元用于给水和控制给水水量。

[0031] 图2是本发明实施例的模拟降雨土柱入渗试验系统喷淋构件结构示意图。

[0032] 如图1、图2所示,喷淋构件16包括喷头161、降雨均分器162。

[0033] 圆形的喷头161通过水管12与第二电磁阀15的另一个出水口连通。

[0034] 本实施例的降雨均分器162有两个,均呈圆形,水平地安装在喷头161内,该两个降雨均分器162的圆心位于喷头161的中心轴线上。

[0035] 两个降雨均分器162中一个为打孔均匀分布的降雨均分器162a,另一个为打孔中间分散周边密集分布的降雨均分器162b、打孔一半密集一半分散分布的降雨均分器162c、打孔中间密集周边分散分布的降雨均分器162d中的任意一个,或者两个都为降雨均分器162a。可根据具体实验需要进行组合,使降雨更均匀,更符合实际情况。

[0036] 图3是本发明实施例的模拟降雨土柱入渗试验系统土柱筒单元结构示意图。

[0037] 如图1、图3所示,受雨装置2包括土柱筒单元21、径流排水单元22。

[0038] 土柱筒单元21包括土柱筒支架211、土柱筒212、第一排水箱213。

[0039] 两个从上至下依次叠放的盛有土柱模型的土柱筒212安装在土柱筒支架上211,第一排水箱213放置在土柱筒支架211的下方。

[0040] 本实施例的土柱筒212的材质采用透明钢化玻璃,便于观测试验结果。

[0041] 两层土柱筒212位于喷头161的正下方,上方的土柱筒212的上端离喷头161为2cm。并且土柱筒212的大小与喷头161一致,以保证土柱面降雨均匀,减少实验误差。

[0042] 图4是图3的E-E剖视示意图。

[0043] 如图3、图4所示,上方的土柱筒212的外壁上从上端往下沿径向设置有尺寸刻度212a,并且离上端30cm处沿水平面均匀设置有六个排水孔212b。

[0044] 如图1所示,下方的土柱筒212的底部设置有渗滤排水层212c,使排水流到正下方的第一排水箱213中。

[0045] 如图1、图4所示,径流排水单元22包括径流排水管221、第三电磁阀222、第二排水箱223。

[0046] 环形的径流排水管221与排水孔212b连通,第三电磁阀222通过排水管与径流排水管221连通,第二排水箱223通过排水管与该第三电磁阀222连通。

[0047] 如图1所示,数据采集装置3包括给水流量计31、排水流量计32、张力计33、土壤水分传感器34。

[0048] 给水流量计31设置在水流回路单元中第一电磁阀14和第二电磁阀15之间,采集给水流量。

[0049] 排水流量计32设置在径流排水单元22中第三电磁阀222与第二排水箱223之间,采集径流排水流量。

[0050] 图5是本发明实施例的模拟降雨土柱入渗试验系统传感器单元设置示意图。

[0051] 如图1、图5所示,张力计33、土壤水分传感器34组成传感器单元,用于采集降雨土柱入渗数据。

[0052] 七个张力计33沿径向均匀设置在两个土柱筒212外壁内侧上,用于测量降雨时土层的基质吸力。

[0053] 七个土壤水分传感器34对应张力计33设置在外壁内侧上,用于测量土层的含水量。

[0054] 如图1所示,控制系统4控制第一电磁阀14和第二电磁阀15,控制水流回路单元的给水量。控制系统4控制第三电磁阀222,对径流排水单元22的排水进行控制。

[0055] 数据分析装置5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。

[0056] 以下结合附图说明本实施例的模拟降雨土柱入渗试验系统100的工作过程。

[0057] 根据实验需要选择降雨均分器162a与降雨均分器162a、162b、162c、162d其中的一个进行组合,来满足实验的需要。

[0058] 制作土柱模型盛于土柱筒212内,分两层制作,下层沙土,上层粉土,厚度均为30cm。然后将两个土柱筒212上下安置于土柱筒支架211上。

[0059] 储水箱11中加入适量的水,用控制系统4控制第一电磁阀14到最大值,开启第二电磁阀15至A-B方向。此时打开水泵13,水流从储水箱11流出沿A-A、A-B方向流动,然后通过控制系统4调节第一电磁阀14的大小来控制水流量。此时水管12中部分水由A-A分流到A-D然后回流到储水箱11,可通过给水流量计31来看出A-A流向的水流量大小。当给水流量计31显示值到达规定值后,第二电磁阀15开启方向由A-B调整到A-C方向,水流流向喷头161。通过降雨均分器组件162使水流分散,进行喷淋模拟降雨,开始试验。

[0060] 透过透明钢化玻璃制成的土柱筒212观察实验中土柱的湿润锋走向。

[0061] 试验中,控制系统4控制第三电磁阀222开关,控制径流排水管221的排水,排水流量计32采集径流排水的水流量。

[0062] 七个张力计33测量降雨时不同位置土层的基质吸力,七个土壤水分传感器34测量不同位置土层的含水量。

[0063] 数据分析装置5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。

[0064] 实施例作用与效果

[0065] 根据本实施例提供的模拟降雨土柱入渗试验系统,由于采用通过控制系统控制的水流回路单元,可以控制降雨强度;由于采用降雨均分器不同组合,可以模拟不同空间分布的降雨;由于采用径流排水单元,可以实现有无地表径流对试验结果的影响;由于采用数据采集装置、控制系统和数据分析装置,可以使本发明的模拟降雨土柱入渗试验系统自动化程度高。

[0066] 总之本实施例的模拟降雨土柱入渗试验系统,具有测试数据持续性好、测试精度高、使用操作简单、自动化程度高的优点,能对雨量、降雨强度、降雨历时和降雨类型与土柱土层的入渗规律的研究提供有效的试验数据。

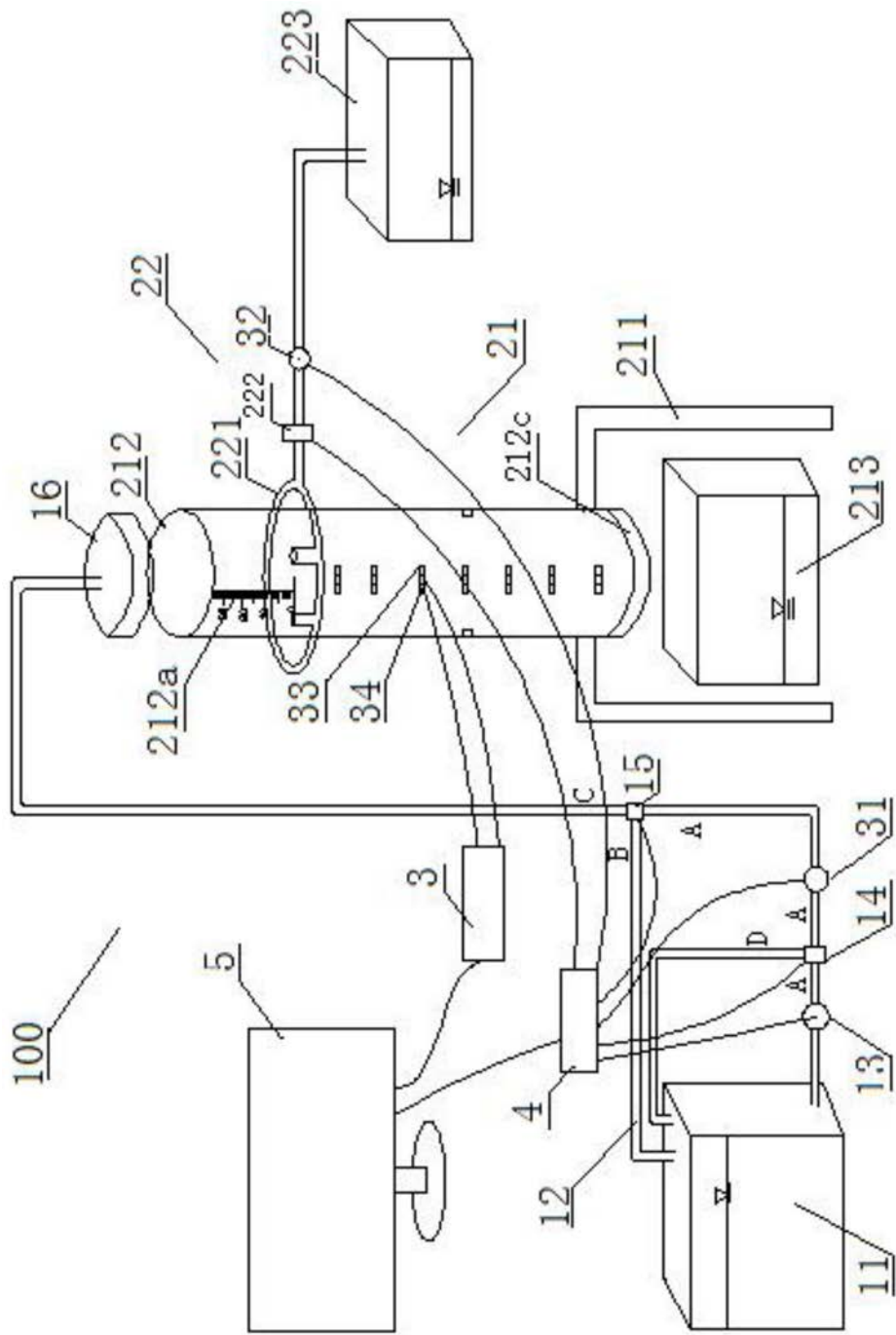


图1

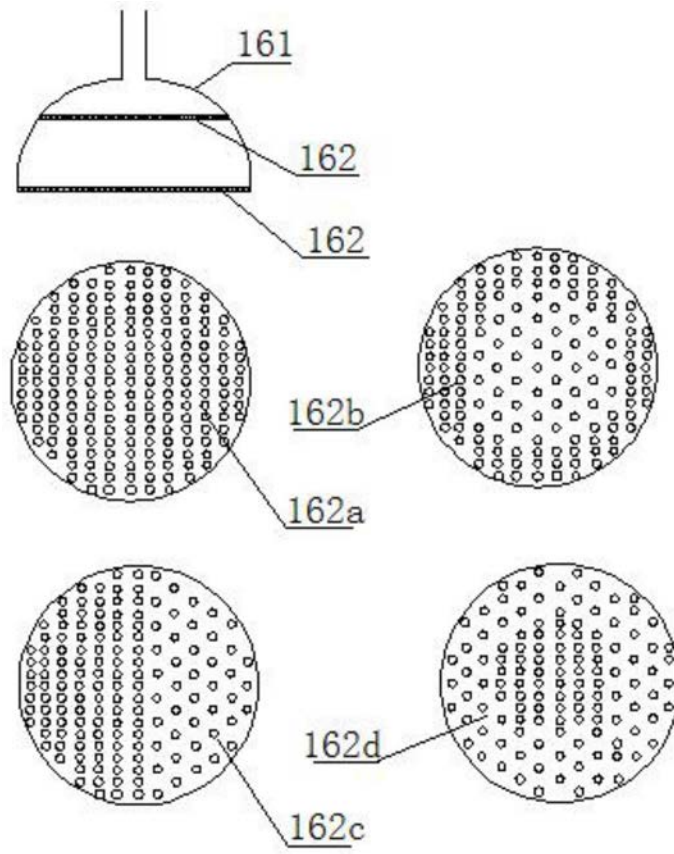


图2

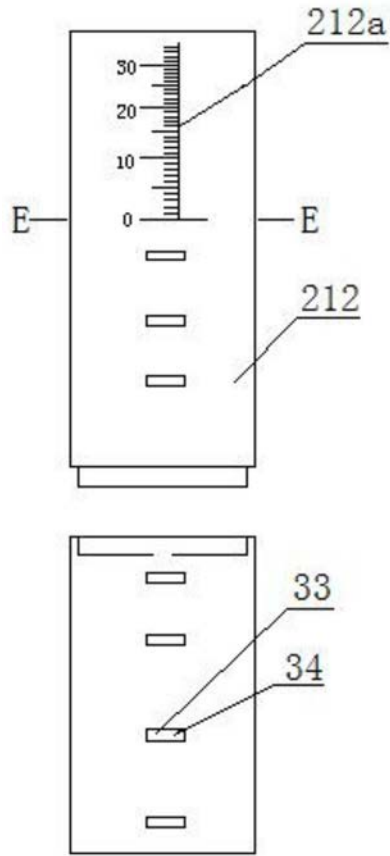


图3

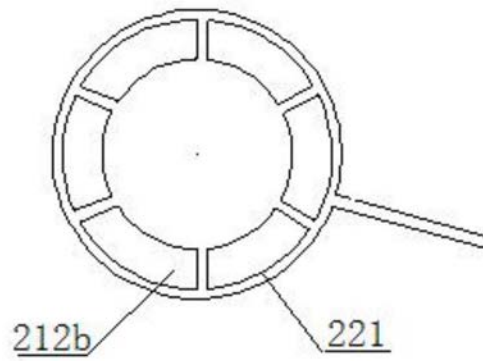


图4

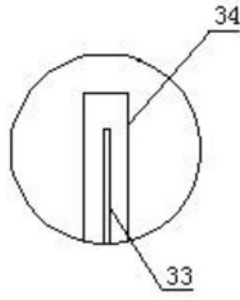


图5