



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104829059 B

(45)授权公告日 2016.08.31

(21)申请号 201510234631.4

(22)申请日 2015.05.08

(73)专利权人 武汉大学

地址 430072 湖北省武汉市武昌区珞珈山  
武汉大学

(72)发明人 邹磊 夏军 张利平 余敦先  
万蕙 王强

(74)专利代理机构 武汉科皓知识产权代理事务  
所(特殊普通合伙) 42222

代理人 温珊珊

(51)Int.Cl.

G02F 9/14(2006.01)

G01N 33/18(2006.01)

(56)对比文件

CN 102757155 A,2012.10.31,

CN 204644072 U,2015.09.16,

CN 101793890 A,2010.08.04,

CN 201637735 U,2010.11.17,

CN 102262149 A,2011.11.30,

CN 102721800 A,2012.10.10,

CN 102583888 A,2012.07.18,

KR 100810556 B1,2008.03.18,

KR 100922895 B1,2009.10.22,

US 8002985 B1,2011.08.23,

审查员 林燕华

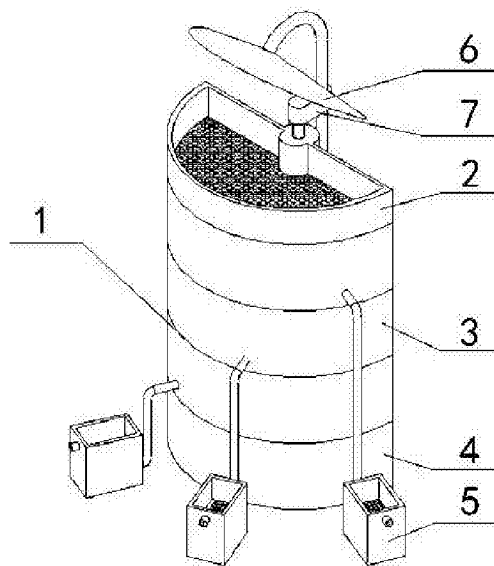
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

城市降雨径流水质多介质分级渗滤净化模拟系统

(57)摘要

本发明公开了一种城市降雨径流水质多介质分级渗滤净化模拟系统,包括装置主体(1),所述装置主体(1)为多个同轴连接的半径相同的半圆柱形无盖框体,装置主体(1)的转轴中心位于半圆圆心处,装置主体(1)的顶层设有组合式植被层(2)、中部设有多个旋转式多介质渗滤层(3)、底层设有原位土壤层(4),每个旋转式多介质渗滤层(3)分别通过柔性管与沉淀池(5)相连接;装置主体(1)的转轴顶端与支撑架(7)相连,支撑架(7)上设置有降雨模拟装置(6)。本发明建立了一个具有复合功能的水质分级净化生态景观系统,以满足不同水质排放要求与城市景观需求,同时装置结构简单紧凑、易于实现、使用方便、效率高。



1. 一种城市降雨径流水质多介质分级渗滤净化模拟系统,其特征在于:包括装置主体(1),所述装置主体(1)为多个同轴连接的半径相同的半圆柱形无盖框体,装置主体(1)的转轴中心位于半圆圆心处,装置主体(1)的顶层设有组合式植被层(2)、中部设有多个旋转式多介质渗滤层(3)、底层设有原位土壤层(4),每个旋转式多介质渗滤层(3)分别通过柔性管与沉淀池(5)相连通;装置主体(1)的转轴顶端与支撑架(7)相连,支撑架(7)上设置有降雨模拟装置(6);

所述旋转式多介质渗滤层(3)包括多个旋转槽体(3-1),用于存放不同的填充物;旋转槽体(3-1)的半圆柱形外壁上开有排水口(3-3),旋转槽体(3-1)的后壁上设置有销钉座(3-4),所述多个旋转槽体(3-1)之间通过定位销钉(3-6)进行固定;每个旋转槽体(3-1)的底部为一薄层多孔透水隔板(3-5);每个旋转槽体(3-1)中均设置有横截面为扇形的集流槽(3-2),集流槽(3-2)上表面开有渗流孔(3-7),集流槽(3-2)外壁上设有与旋转槽体排水口(3-3)同高度的出水口(3-8);所述出水口(3-8)与排水口(3-3)通过柔性管(3-9)相连;

令旋转槽体(3-1)的个数与集流槽(3-2)个数均为N,每个集流槽(3-2)对应的圆心角度数为 $180^\circ/N$ ;以旋转槽体(3-1)的一侧为起始,第一个旋转槽体(3-1)中的集流槽(3-2)放置在第一个圆心角度数对应的位置上,第二个旋转槽体(3-1)中的集流槽(3-2)放置在第二个圆心角度数对应的位置上,以此类推,使得集流槽(3-2)立体错位放置在旋转槽体(3-1)中,每一竖直剖面中仅有一集流槽(3-2)的纵断面。

2. 如权利要求1所述的系统,其特征在于:所述组合式植被层(2)内设植被生长土壤层(2-4),植被生长土壤层(2-4)上设有透水铺装薄层(2-3),植被生长土壤层(2-4)内种植有小乔木(2-1)和低矮灌木(2-2)。

3. 如权利要求1所述的系统,其特征在于:所述原位土壤层(4)底部内设水平放置的薄层多孔透水隔板(4-1)和倾斜放置的活动淌水板(4-2),原位土壤层(4)外壁上以转轴为中心对称开有排水口(4-3),后壁上设置有销钉座(4-4);所述排水口(4-3)通过柔性管(4-5)与滤液收集槽连接。

4. 如权利要求1所述的系统,其特征在于:所述沉淀池(5)为单厢式,设有进水口(5-1)、出水口(5-2)、垂直设置的减力隔板(5-3)和水平设置的滤网薄板(5-4);所述滤网薄板(5-4)上开有滤孔(5-5);所述沉淀池(5)通过柔性管与旋转槽体(3-1)外壁上的排水口(3-3)连接。

5. 如权利要求1所述的系统,其特征在于:所述降雨模拟装置(6)包括降雨喷头(6-1)和输水导管(6-2);所述降雨喷头(6-1)表面有喷淋孔(6-3);所述输水导管(6-2)外接水泵或简易供水装置。

6. 如权利要求1所述的系统,其特征在于:所述支撑架(7)包括支撑杆(7-1)和连接装置(7-2),用于连接降雨模拟装置(6)和装置主体(1)。

7. 如权利要求3所述的系统,其特征在于:所述活动淌水板(4-2)为可伸缩固定的组合板。

## 城市降雨径流水质多介质分级渗滤净化模拟系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及城市水体生态净化处理工程技术领域,尤其是一种城市降雨径流水质多介质分级渗滤净化模拟系统,可快速模拟不同组合的渗滤净化方案,为城市雨水净化装置的制造和应用提供一定的科学依据。

### 背景技术

[0002] 近年来,随着社会经济的发展,城市化进程加快,不仅转变了产业结构和人口职业,更改变了土地利用和区域空间,森林、农田、湿地等不断转化成居住地、工业用地或商业用地,使得城市不透水区域面积所占比重急剧加大,造成蒸散发、降水、径流特征变化,改变了城市水循环的过程,导致径流系数和径流量增加,极端降水事件增多,城市暴雨洪涝风险加大。

[0003] 城市降雨径流污染是指地表沉积物与大气沉降物等在降雨冲刷作用下进入水体,造成城市水环境质量下降的过程。城市径流大量的营养物质随着地面径流输送到河流或者湖泊中,会导致水体中营养物质的浓度增高,引起藻类和其他水生植物的大量繁殖,破坏水体溶解氧平衡,使水体感官症状恶化,最终会给整个生态环境带来很大的危害。同时,快速城市化导致城市工业废水和生活污水增多,城市的河道结构趋向简单化和渠道化,加之城市土地利用改变,使得城市河流水系减少,河道淤积或消失,降低了河流蓄水排涝和纳污自净的能力,导致雨天尤其是暴雨天气产生的大量径流只能通过管道排放到接纳水体,对水环境的影响凸显。此外,城市降雨径流污染由于其随机性、不稳定性及城市地表的复杂性,已经成为城市接纳水体水质下降及城市河口污染的重要来源,其控制与治理问题也成为了改善水环境的重点和难点。

[0004] 目前,国内外城市降雨径流污染物研究以悬浮物质、富营养物质、需氧量物质、重金属及其它有毒污染物作为主要污染源,污染物来源广泛,地域分布差异性较大,很难采用某种固定的技术及装置针对不同区域,不同环境条件下降雨径流的水质进行净化处理;城市具有特殊的水文结构,针对城市降雨径流污染过程的控制技术就具有独特性。国内外现有城市降雨径流污染过程的控制技术以径流污染的处理为突破点,主要包括建立沉淀池,蓄水池,采用人工湿地及水体生态修复技术等,但功能性较为单一化且净化效率较低,尤其是对径流复合污染的处理尚显不足,迫切需要结合实验对降雨径流的控制技术进行深入研究,掌握降雨径流污染在各净化方案下水量水质的动态变化过程;室外现场实验及监测过程仅能反映出某一特定条件或方案下的雨水净化效果,不能反映出不同气候条件下、不同雨强、不同植物类型、多样的介质填充成分、不同时间和空间等因素对雨水渗滤净化的影响,且室外实验装置大多存在占地广,易对环境造成二次污染,生产成本高等问题;现有相关雨水净化模拟实验装置大多仅有单一主体,需要外连其余装置进行配套,方可完成降雨径流水质净化的模拟实验,操作复杂,不便于组合装机及运输。

### 发明内容

[0005] 针对现有技术的不足,本发明提供一种城市降雨径流水质多介质分级渗滤净化模拟系统,该系统依靠城市降雨的自然流动来完成对水质的分级净化,通过旋转置换模拟装置各介质层中的填充物,可制定出不同组合的渗滤净化方案,进行渗滤系统不同填装比例及方法的模拟,并对下渗径流分层出水的水质进行监测,方便掌握各介质层的净化情况,同时装置结构简单紧凑、易于实现、使用方便、效率高、便于组合装机和运输。

[0006] 本发明是通过以下的技术方案实现的:

[0007] 一种城市降雨径流水质多介质分级渗滤净化模拟系统,包括装置主体1,所述装置主体1为多个同轴连接的半径相同的半圆柱形无盖框体,装置主体1的转轴中心位于半圆圆心处,装置主体1的顶层设有组合式植被层2、中部设有多个旋转式多介质渗滤层3、底层设有原位土壤层4,每个旋转式多介质渗滤层3分别通过柔性管与沉淀池5相通;装置主体1的转轴顶端与支撑架7相连,支撑架7上设置有降雨模拟装置6。

[0008] 所述组合式植被层2内设植被生长土壤层2-4,植被生长土壤层2-4上设有透水铺装薄层2-3,植被生长土壤层2-4内种植有小乔木2-1和低矮灌木2-2。

[0009] 所述旋转式多介质渗滤层3包括多个旋转槽体3-1,用于存放不同的填充物;旋转槽体3-1的半圆柱形外壁上开有排水口3-3,旋转槽体3-1的后壁上设置有销钉座3-4,所述多个旋转槽体3-1之间通过定位销钉3-6进行固定;每个旋转槽体3-1的底部为一薄层多孔透水隔板3-5;每个旋转槽体3-1中均设置有横截面为扇形的集流槽3-2,集流槽3-2上表面开有渗流孔3-7,集流槽3-2外壁上设有与旋转槽体排水口3-3同高度的出水口3-8;所述出水口3-8与排水口3-3通过柔性管3-9相连。

[0010] 所述原位土壤层4底部内设水平放置的薄层多孔透水隔板4-1和倾斜放置的活动淌水板4-2,原位土壤层4外壁上以转轴为中心对称开有排水口4-3,后壁上设置有销钉座4-4;所述排水口4-3通过柔性管4-5与滤液收集槽连接。所述活动淌水板4-2为可伸缩固定的组合板,针对模拟降雨强度的大小及原位土壤层底部渗滤液的容纳空间可实时调节组合板长度来改变淌水板的倾斜角度,增大或减小渗滤液流动速度。

[0011] 所述沉淀池5为单厢式,设有进水口5-1、出水口5-2、垂直设置的减力隔板5-3和水平设置的滤网薄板5-4;所述滤网薄板5-4上开有滤孔5-5;所述沉淀池5通过柔性管与旋转槽体3-1外壁上的排水口3-3连接。

[0012] 所述沉淀池的尺寸可以依据区域特点进行设计,主要根据水利水电工程沉沙池设计规范(SL 269-2001)进行,矩形单厢式沉淀池主要确定工作长度、工作宽度以及工作深度即可定出沉淀池的基本尺寸。

[0013] 所述降雨模拟装置6包括降雨喷头6-1和输水导管6-2;所述降雨喷头6-1表面有喷淋孔6-3;所述输水导管6-2外接水泵或简易供水装置。

[0014] 所述支撑架7包括支撑杆7-1和连接装置7-2,用于连接降雨模拟装置6和装置主体1。

[0015] 令旋转槽体3-1的个数与集流槽3-2个数均为N,每个集流槽3-2对应的圆心角度数为 $180^\circ/N$ ;以旋转槽体3-1的一侧为起始,第一个旋转槽体3-1中的集流槽3-2放置在第一个圆心角度数对应的位置上,第二个旋转槽体3-1中的集流槽3-2放置在第二个圆心角度数对应的位置上,以此类推,使得集流槽3-2立体错位放置在旋转槽体3-1中,每一竖直剖面中仅有一集流槽3-2的纵断面。上述做法使得集流槽收集到的降雨径流下渗的样品都是经过一

整层填充物净化之后得到的,体现了装置模拟实验的准确性和严谨性。

[0016] 与现有技术相比,本发明获得如下有益效果:

[0017] 1、本发明巧妙的将降雨模拟装置、分层净化模拟装置及沉淀池有机结合在一起构成复合系统,有利于进行降雨径流污染控制技术的深入研究,各装置之间的固定连接采用通用连接,方便组合,装置材质选择范围广泛,金属、有机玻璃或铝合金皆可。

[0018] 2、本发明设置的结构不需要任何额外的动力进行辅助,整套系统的模拟实验完全基于降雨径流的自然流动,进而实现降雨径流的分层净化处理,结构简单,操作方便,能够有效模拟出不同净化方案下城市降雨径流水量水质的变化过程。

[0019] 3、本发明切实考虑城市独特的水文结构,设置有可以融入城市景观要素的组合式植被层,不仅充分发挥了植被自然生态的净化作用,而且达到了美化城市景观的效果,有利于降雨径流复合污染的研究。

[0020] 4、本发明设置的降雨模拟装置通过支撑架与分层净化模拟装置主体相连,外接水泵及水箱,可使用调速水泵或调整水箱阀门的开度对流量进行调节,进而提供不同强度的降雨,有利于变化环境下降雨径流污染控制技术的研究。

[0021] 5、本发明设置独特的分层式旋转槽体,在未用定位销钉固定前,各槽体可围绕中心轴做360度旋转,活动范围广,灵活性强;未添加旋转轴支撑杆时,装置主体成分离状态,各旋转槽体自成单体,装置主体占用空间骤减,方便运输,使得模拟装置在不同区域空间上的移植性增强,有利于降雨径流污染净化处理技术的区域性研究。

[0022] 6、本发明通过支撑杆将各旋转槽体组合在一起,为避免实验过程中外界因素造成旋转槽体移位而影响实验结果,各旋转槽体上特别设置了销钉座,并用定位销钉对旋转槽体进行二次固定。

[0023] 7、本发明在旋转槽体内设置特有的集流槽,以旋转槽体半圆柱形的构造为依托,将集流槽的结构巧妙地构造成扇形体,便于依据旋转槽体的个数给定扇形体的位置。

[0024] 8、本发明中集流槽的底部为弧形,不仅增加了出水量,而且便于出水口的引流进而获取实验测试样品。

[0025] 9、本发明中使用的沉淀池有独特构造,内设减力隔板和滤网薄板。减力隔板可削减水流的冲击力,有利于沉淀。滤网隔板使得样品进行深层次的过滤静置,避免杂质对实验所用上清液样品的影响。

[0026] 10、测定水质相应指标时往往需要将样品静置,取上清液进行实验。鉴于上述原因,本发明巧妙地设置矩形单厢式沉淀池与装置主体相连,用于降雨径流分层净化处理样品的沉淀,拓展了模拟装置的功能,集模拟实验与样品初步处理于一身,方便快捷。

## 附图说明

[0027] 图1为本发明的整体结构示意图。

[0028] 图2为组合式植被层的纵断面示意图。

[0029] 图3为旋转式多介质渗滤层背面的结构示意图。

[0030] 图4为旋转式多介质渗滤层的结构示意图。

[0031] 图5为集流槽的结构示意图。

[0032] 图6为原位土壤层的结构示意图。

- [0033] 图7a为原位土壤层的主视图。
- [0034] 图7b为图7a的A-A向剖面图；
- [0035] 图8为沉淀池的结构示意图。
- [0036] 图9a为沉淀池的侧视图；
- [0037] 图9b为图9a的B-B向剖面图。
- [0038] 图10a为降雨模拟装置的结构示意图；
- [0039] 图10b为图10a的局部放大图。
- [0040] 图11为支撑架的结构示意图。
- [0041] 图中,1为装置主体,2为组合式植被层,2-1为小乔木,2-2为低矮灌木,2-3为透水铺装薄层,2-4为植被生长土壤层；
- [0042] 3为旋转式多介质渗滤层,3-1为旋转槽体,3-2为集流槽,3-3为排水口,3-4为销钉座,3-5为薄层多孔透水隔板,3-6为定位销钉,3-7为渗流孔,3-8为出水口,3-9为柔性管；
- [0043] 4为原位土壤层,4-1为薄层多孔透水隔板,4-2为活动滴水板,4-3为排水口,4-4为销钉座,4-5为柔性管；
- [0044] 5为沉淀池,5-1为进水口,5-2为出水口,5-3为减力隔板,5-4为滤网薄板,5-5为滤孔；
- [0045] 6为降雨模拟装置,6-1为降雨喷头,6-2为输水导管,6-3为喷淋孔；
- [0046] 7为支撑架,7-1为支撑杆,7-2为连接装置。

### 具体实施方式

[0047] 如图1-11所示,本发明是一种人工降雨条件下城市降雨径流水质多介质分级渗滤净化模拟系统,它包括装置主体、组合式植被层、旋转式多介质渗滤层、原位土壤层、沉淀池、降雨模拟装置及支撑架。

[0048] 图2至图11为本发明各部分的结构示意图。其中,图2所示组合式植被层中的实验样本需针对研究区域进行调整更换,组合式植被层纵断面结构依次由上及下为小乔木植物层、低矮灌木层、透水铺装层、植被生长土壤层。所述小乔木植物层和低矮灌木层皆为均匀铺设,与研究区域实际植被各层分布比例相一致;所述透水铺装层采用草皮或砖层,尽量移植研究区域真实铺装层材质,确保实验的真实性和准确性;所述植被生长土壤层的铺垫高度为5-10cm,根据选定植物根系的发达程度决定。

[0049] 图3至图5为旋转式多介质层的示意图。如图所示,旋转式多介质层包含多个相同的旋转槽体。本发明提供一种渗滤净化方案,填充物从上至下依次为2:7:1的沸石、麦饭石与细砾,粗砂和细砂,碎石。

[0050] 本发明提供一种渗滤净化方案,其中所述细砾填料具有很高的吸附降解性能,原料便宜并且简单易取,与沸石、麦饭石混合使用,既充分利用了空间,又提高了滤层的净化效果,此层的铺垫厚度为15cm。

[0051] 本发明提供一种渗滤净化方案,其中所述的粗砂和细砂的铺垫高度皆为10cm。

[0052] 本发明提供一种渗滤净化方案,其中所述的碎石层铺垫高度为15cm。

[0053] 图6和图7a、图7b为原位土壤层的示意图。本发明提供一种渗滤净化方案,所述原位土壤层的铺垫高度为20cm。

[0054] 为进一步说明本发明,结合以下实施例具体说明:

[0055] 首先,按照本发明提供的渗滤净化方案进行旋转式多介质层及原位土壤层的铺装,铺装时确保分层单独铺装,并保证均匀压实,铺装完成后按照自上而下的顺序摆放。其次,用支撑架将介质层和原位土壤层进行一次固定,并转动各层确保其可围绕中心轴旋转,转动完成后使用定位销钉对各层进行二次固定,固定完成后各层则不能转动。最后,通过柔性管将沉淀池与旋转式多介质层相连,并将降雨模拟装置通过支撑架固定在装置主体上。上述步骤结束后,本发明提出的一种渗滤净化模拟装置则装配完成。

[0056] 本发明提出的一种城市降雨径流水质多介质分级渗滤净化模拟系统,降雨模拟装置中输水导管根据实验研究区域条件选择外接水泵或简易的供水装置。当实验地点选定室外时,可外接潜水泵,抽取河水进入储水箱中;当实验条件选定市内时,可直接利用配置好的能表征研究区域自然降雨条件下地表径流水质平均水平的人工雨水。

[0057] 实施例:

[0058] 采用室内实验方式,将配置好的人工雨水放置在储水箱中,连接降雨装置的输水导管,实施例中采用的实验装置尺寸较小,因此供试组合式植被层选用香樟树苗、小叶女贞、透水砖层、原位土壤层。装置组合完成后,试验填料的2:7:1的沸石、麦饭石与细砾层厚度为15cm,粗砂层厚度为10cm,细砂层厚度为10cm,碎石层厚度为15cm,原位土壤层厚度为20cm。

[0059] 打开储水箱阀门,调节阀门开度控制流速,进而完成自动模拟人工降雨的过程。人工雨水渗过装置主体,经过截流、下渗、蒸发、植物吸收,土壤吸附等作用,减小了降雨径流量并去除了人工雨水中的部分污染物。渗过各层的雨水通过沉淀池采样,用于实验及后期分析。通过对储水箱中以及各沉淀池所得样品中总氮(TN)、总磷(TP)、化学需氧量(COD)含量的测定,可得不同介质层填料对污染物的去除效率以及装置主体组合方案的综合净化能力。

[0060] 本实施例的研究中采用以下方法针对样品中TN、TP、COD的含量进行测定:TN—碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法(GB/T 11894-89);TP—钼酸铵分光光度法(GB/T 11893-89);COD:重铬酸盐法(GB/T 11914-89)。

[0061] 以上所述的实施例仅仅是对本发明的优选实施方式进行了描述,并非对本发明的范围进行限定,在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域普通工程技术人员对本发明的技术方案作出的各种变形和改进,均应落入本发明的权利要求书确定的保护范围内。

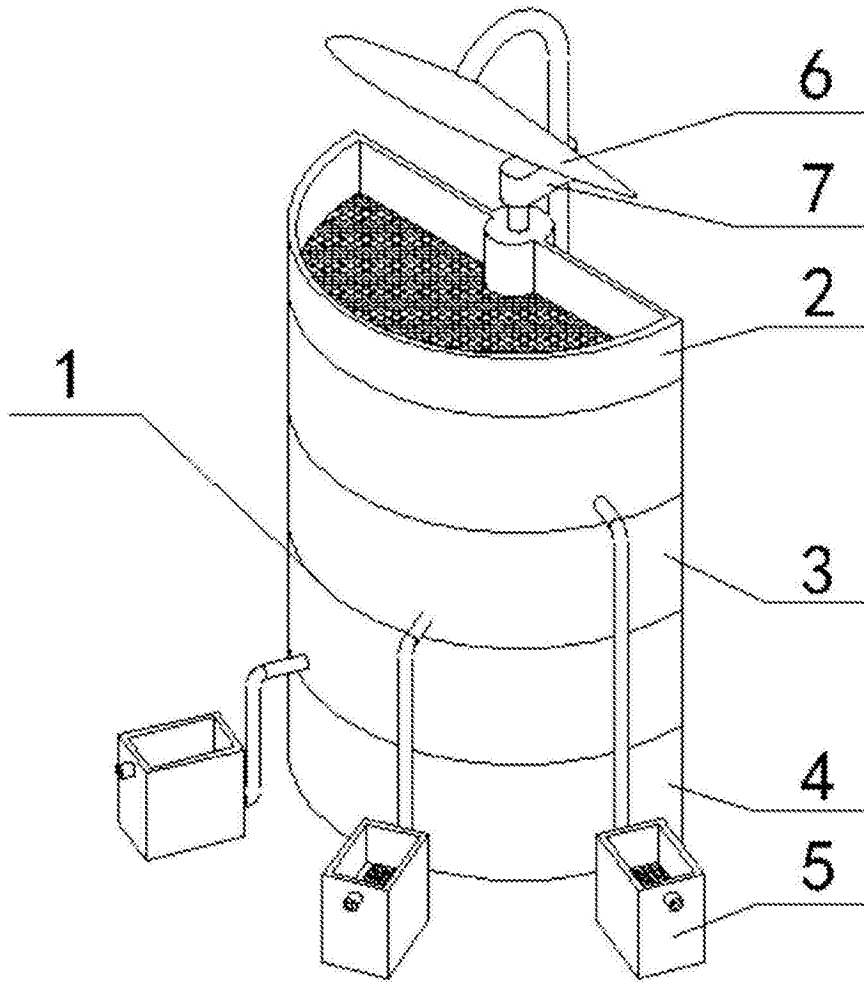


图1

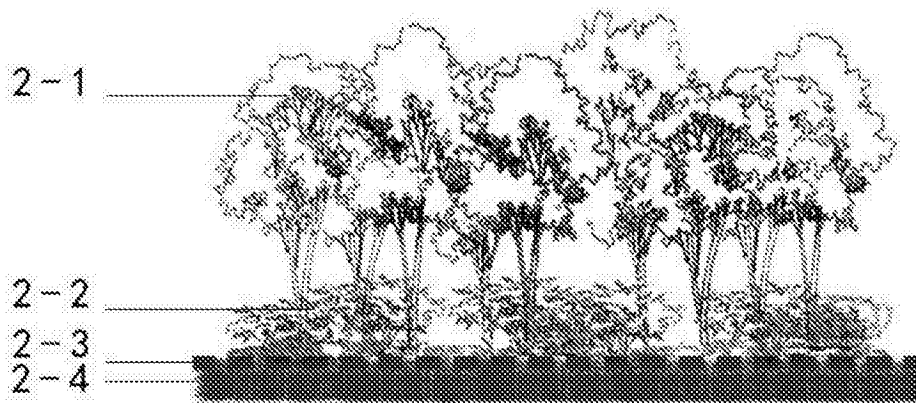


图2



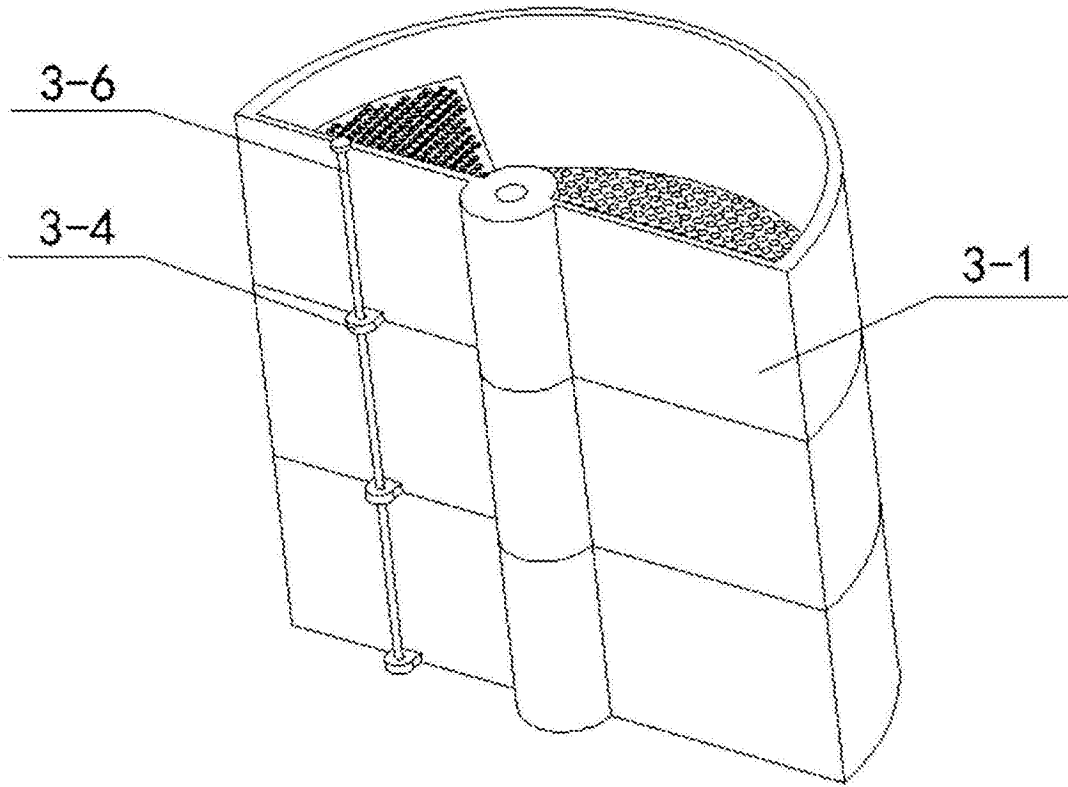


图3

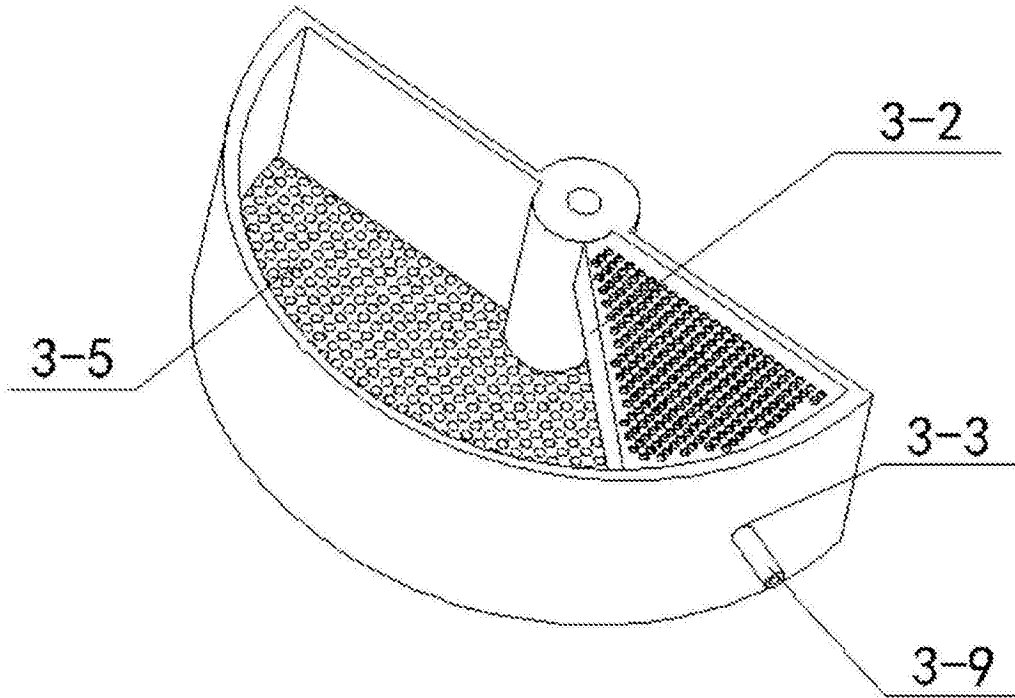


图4

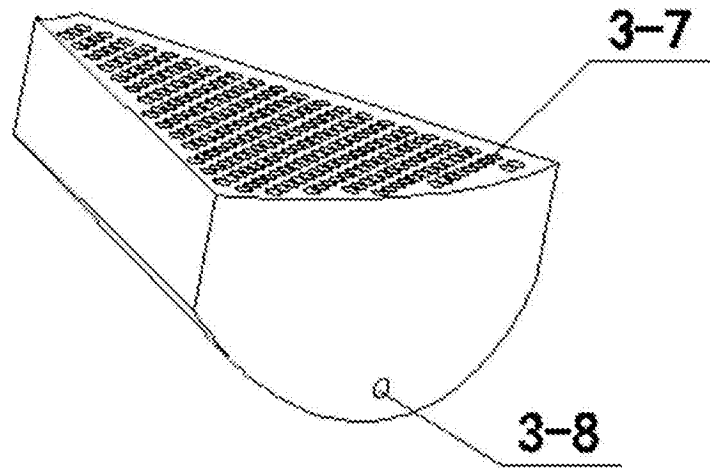


图5

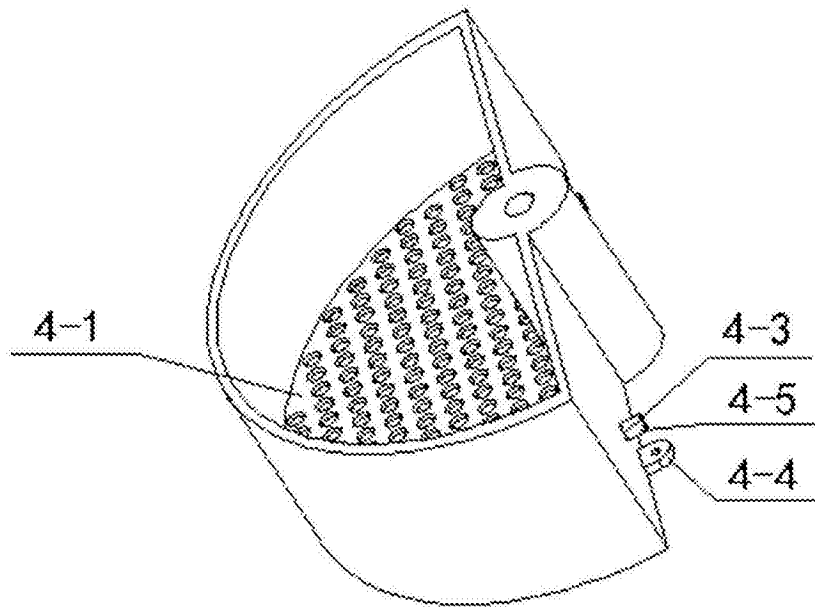


图6

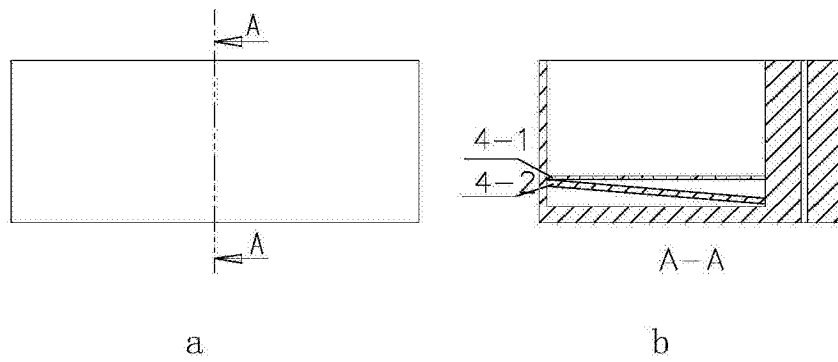


图7

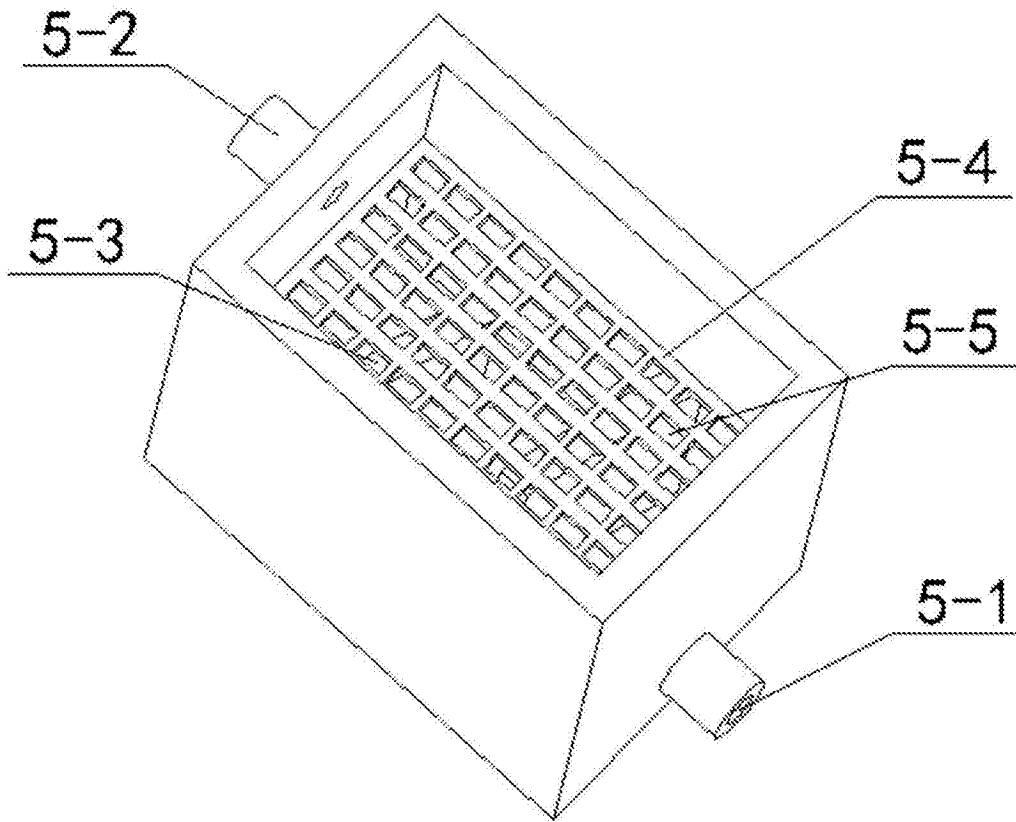


图8

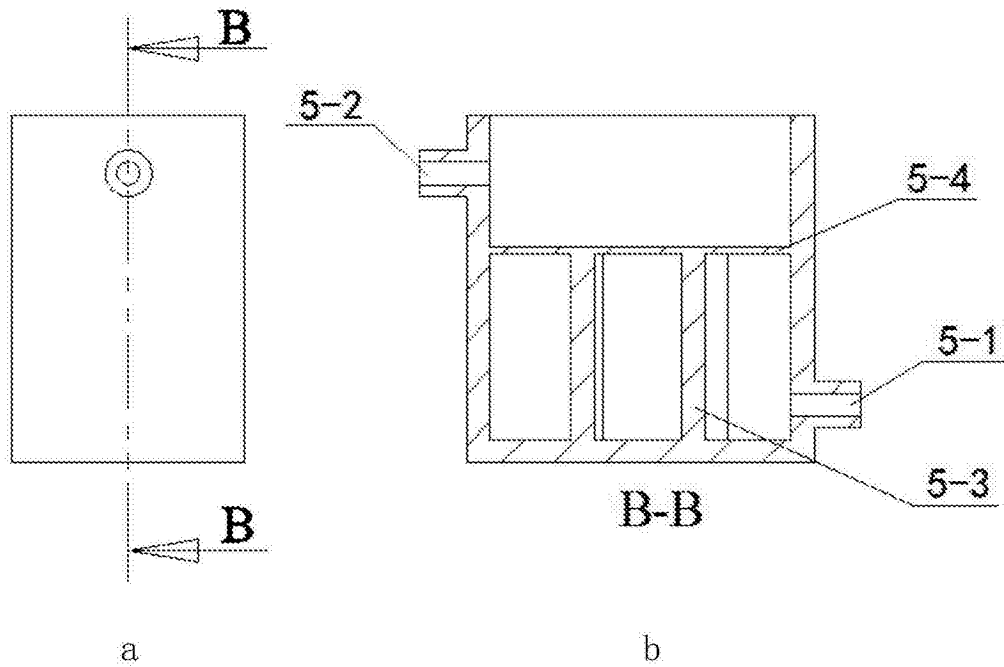


图9

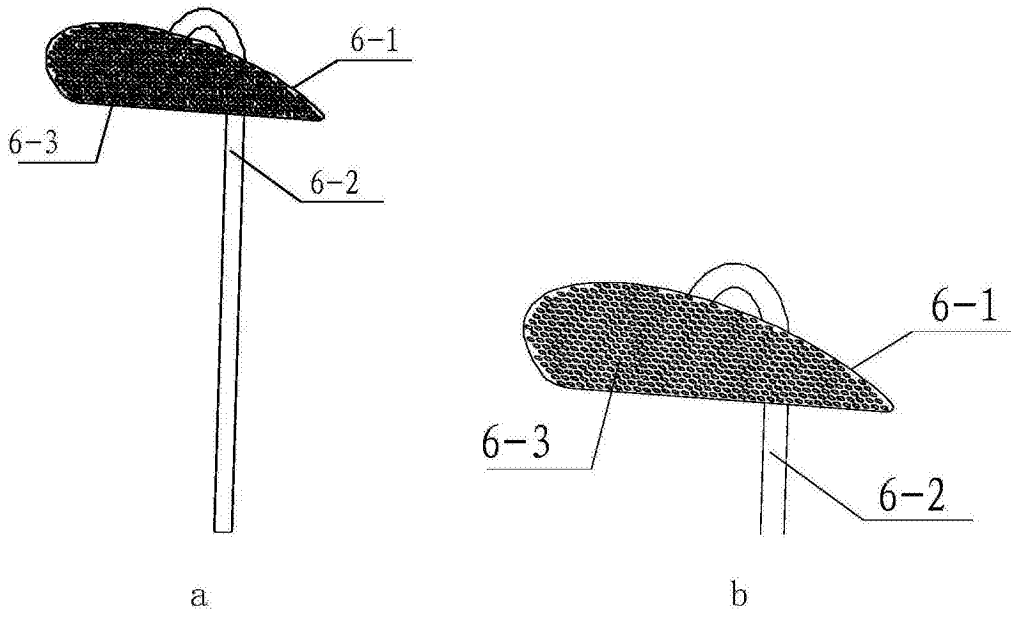


图10

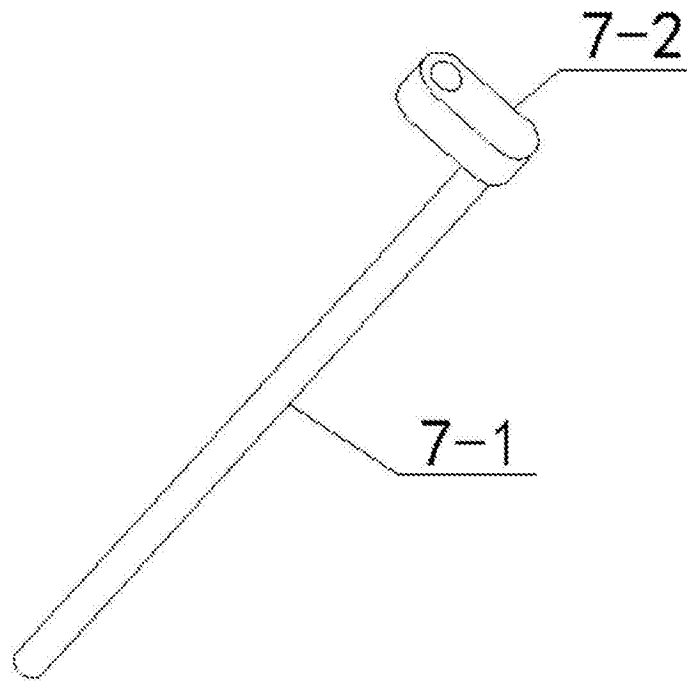


图11