(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103058383 B
(45)授权公告日 2017.12.19

(21)申请号 201310014353.2

(22)申请日 2013.01.16

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 103058383 A

(43)申请公布日 2013.04.24

(73)专利权人 中国环境科学研究院
地址 100012 北京市朝阳区北苑大羊坊8号

(72)发明人 彭剑峰 宋永会 高红杰 肖书虎 袁鹏 张茉莉 任兆勇 唐小雨

(51)Int.Cl.
C02F 3/32(2006.01)

(56)对比文件
CN 102219339 A,2011.10.19,
GB 2489037 A,2012.09.19,
WO 2011/065740 A2,2011.06.03,
CN 103058383 A,2013.04.24,
赵广胜 等.“一种水体修复设施——拼接组合式水生植物浮岛”.《园林绿化》.2008,(第10期),第46-47页.

审查员 胡萍

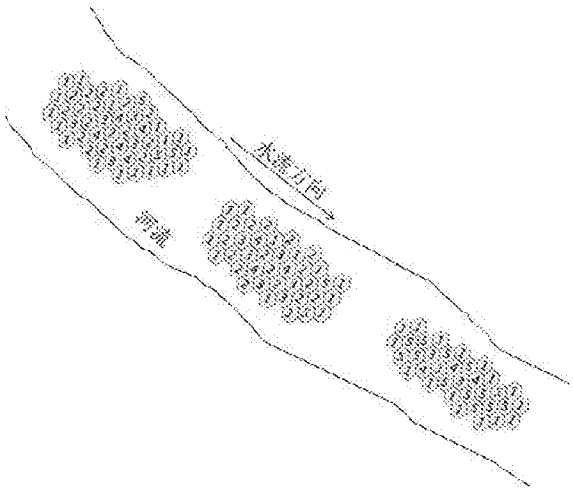
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种用于受污染河湖原位修复的多功能模块化浮岛

(57)摘要

本发明涉及一种用于受污染河湖原位修复的多功能模块化浮岛系统。该浮岛由水景浮岛模块、柔性填料浮岛模块、曝气浮岛模块、动力供应浮岛模块和功能填料浮岛模块5类功能模块组成。每类功能模块均采用外形及大小相同的浮床构成,浮床上分别搭配不同的功能组件以形成上述功能模块。根据受污染河湖水系水质差异及面积负荷,按比例选取2~5种不同功能模块进行优化组合,沿水流方向形成不同的微环境,强化河流及湖泊的自净能力,可实现受污染水体COD和氨氮均都达到地表水Ⅴ类标准。该技术解决了传统植物浮岛结构功能单一、适用性差、水质改善效率低的问题,实现了重污染河湖水系的原位高效水质改善。



CN 103058383 B

1.一种用于受污染河湖原位修复的多功能模块化浮岛，其特征在于，所述多功能模块化浮岛由水景浮岛模块、柔性填料浮岛模块、曝气浮岛模块、动力供应浮岛模块和功能填料浮岛模块五类功能模块组成；每类功能模块均采用外形及大小相同的浮床构成，浮床上分别搭配不同的功能组件以形成上述功能模块，浮床间设置连接插块；

水景浮岛模块由浮床、景观水生植物组成；柔性填料浮岛模块由浮床、景观水生植物和柔性功能填料组成，填料表面固定化高效微生物工程菌；曝气浮岛模块由浮床、自控装置、小型曝气机、太阳能电板、微孔曝气管、溶解氧探头和蓄电池组成；动力供应浮岛模块由浮床、蓄电池、控制设备、太阳能电板和柔性功能填料组成；功能填料浮岛模块由浮床、景观植物、功能填料和填料筐组成；

当河流特征污染物为COD、N和P时，从上游到下游依次布设柔性填料浮岛模块、曝气浮岛模块、动力供应浮岛模块、功能填料浮岛模块，浮岛群四周及内部搭配水景浮岛模块，其布设比例为(4～5)：(0.5～1.5)：(1～2)：(2.5～5)：(3～6)；

当水体以COD或氨氮为特征污染物时，从上游到下游依次布设柔性填料浮岛模块、曝气浮岛模块、动力供应浮岛模块，浮岛群四周及内部搭配水景浮岛模块，其布设比例为(4～6)：1：1：(2～4)；

当水体以磷酸盐为特征污染物时，从上游到下游依次布设功能填料浮岛模块、柔性填料浮岛模块，浮岛群四周及内部搭配水景浮岛模块，其布设比例为4：2：4；

当水体中以重金属和微污染物为特征污染物时，仅布设功能填料浮岛模块和水景浮岛模块，布设比例为(5-8)：(2～5)；

当水体中溶解氧<2mg/L时，仅布设动力供应浮岛模块和曝气浮岛模块，搭配水景浮岛模块。

2.根据权利要求1所述的一种用于受污染河湖原位修复的多功能模块化浮岛，其特征在于：水景浮岛模块、柔性填料浮岛模块及功能填料浮岛模块均种植景观水生植物，其中水景浮岛模块种植景观水生植物，芦苇、千屈菜、芦竹或睡莲；柔性填料浮岛模块及功能填料浮岛模块种植水生植物，芦苇、菖蒲或水葱。

3.根据权利要求1所述的一种用于受污染河湖原位修复的多功能模块化浮岛，其特征在于：各浮岛浮床的尺寸为(0.3～2.0)m×(0.3～2.0)m，外形为圆形、矩形或六边形。

4.根据权利要求1所述的一种用于受污染河湖原位修复的多功能模块化浮岛，其特征在于：依据河流污染程度，沿水流方向设置若干个浮岛群，每个浮岛群包括2～5类功能浮岛，浮岛面积与同长度水面面积比例控制在30～80％。

一种用于受污染河湖原位修复的多功能模块化浮岛

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于受污染河湖原位修复的多功能模块化浮岛，属于水环境污染治理技术领域。

背景技术

[0002] 近几十年来，随着我国社会经济快速发展，城市作为一个有机整体排放的污染物日益增多，导致作为污染物主要受纳水体及输送“血管”的城市河流及湖泊污染加剧，大部分城市河流及湖泊丧失供水功能，成为城市“静脉”水系。由于长期受到各类污染物的冲击，城市静脉河流原有生态系统被完全破坏，河湖内常滋生大量藻类、水体发黑变臭、蚊蝇滋生，严重威胁城市静脉水系周边的生存环境及周边居民身体健康。针对城市静脉水系国内外采取各类措施强化水质改善。例如，投加生物菌剂提高污染物的代谢效率；建设河道湿地，依靠植物吸收提升对氮磷营养物的净化效率；建设异位水体净化工程实现水质快速改善。而浮岛作为一种传统的河流中污染物的原位修复措施，具有使用方便、应用灵活、便于拆卸等优势因而也得到了广泛的应用。

[0003] 传统浮岛多采用植物浮岛的形式，主要通过植物的吸收过程实现污染物的去除。浮岛一般采用浮床载体式，由浮岛框架、浮体或者载体、植物及浮岛固定件等部分组成，生物浮岛的浮体多采用泡沫板，并人为地在泡沫板上钻出若干个小孔，将植物栽种在小孔里面。中国专利200620071112.7公开了“一种多功能真空提水面水生植物种植浮床”，这种浮岛具有结构简单，可任意组合的优点。但单个浮体面积小，仅由植物吸收净化效果受限，浮岛水下部分长期运行后会进入缺氧状态，影响水质净化效果。中国专利201220077889.X公开了一种“组合式景观浮岛”，该浮岛设置了基质槽，景观效果好且组装拆卸方便，但是仍以植物吸收作用为主。中国专利201210156670.3公开了一种“采用电化学结合生物生态治理黑臭河道的方法”，该方法将浮岛作为整个河流综合整治中的一个重要环节，延长河道生物链，增加水体生物多样性，提高河道水体自净能力，但是该专利将河道作为污水处理的反应器，生物接触氧化、电化学处理、增氧曝气反应过程均直接在河道内完成。总之，传统浮岛主要采取单一结构，通过植物吸收实现污染物的去除，具有功能单一、净化效率低的缺点，无法满足不同污染特征城市静脉水系水质修复需求。

[0004] 因此，针对普遍存在的COD污染、氮磷污染、微污染物污染等不同城市静脉水系污染类型，亟需提供一种应用灵活、移动便捷、组合方便、净化效率高的多功能、模块化静脉水系原位修复工艺。浮岛作为一种不受水位及水深限制、运输灵活的水处理工艺，在城市静脉水系治理中应发挥更大作用。

发明内容

[0005] 本发明针对城市静脉水系不同类型的污染特征，研发出一种用于城市静脉水系水体原位修复的多功能模块化浮岛。通过不同结构及功能的浮岛模块的优化组合，沿水流方向形成不同的微环境，强化河流的自净能力，实现不同类型污染物的强化净化。该技术解决

了传统植物浮岛结构功能单一、适用性差、处理效率低的问题，实现了重污染静脉水系的原位高效处理。

[0006] 本发明的技术方案

[0007] 一种用于受污染河湖水体原位修复的多功能模块化浮岛，其特征是由水景浮岛模块、柔性填料浮岛模块、曝气浮岛模块、动力供应浮岛模块和功能填料浮岛模块等五类功能模块组成，实现不同的功能；每类功能模块均采用外形及大小相同的浮床构成，但分别搭配不同的功能组件，浮床间设置连接插块。

[0008] 如上所述的多功能模块化浮岛中，水景浮岛模块由浮床、景观水生植物组成，植物根系深入水中，实现对水体中氮磷污染物的吸收；柔性填料浮岛模块由浮床、景观水生植物和柔性功能填料组成，填料表面固定化高效微生物工程菌；曝气浮岛模块由浮床、自控装置、小型曝气机、太阳能电板、微孔曝气管(如，纳米及微米曝气管)、溶解氧探头和蓄电池构成，平常采用太阳能供电，太阳能不足时采用外接电源；动力供应模块由浮床、蓄电池、控制设备、太阳能电板(或风力、水力发电设备)和柔性功能填料组成，一方面为曝气设备提供电力，另一方面也通过提供生物生存介质提升对污染物的去除效果；功能填料模块由浮床、景观植物、功能填料和填料筐组成，依靠改性沸石、改性硅藻土等功能填料的吸附作用，实现静脉水体中磷酸盐、重金属及微量有毒有害污染物的去除。

[0009] 如上所述的多功能模块化浮岛中，根据城市静脉水系水质差异，按比例选取2~5种不同功能模块依次布设，根据不同功能模块面积负荷选取不同数量的同类功能模块进行组合；当河流中COD、N和P均需要控制时，从上游到下游依次布设柔性填料浮岛模块、曝气浮岛模块、动力供应浮岛模块、功能填料浮岛模块，浮岛群四周及内部搭配水景浮岛模块，其布设比例为(4~5)：(0.5~1.5)：(1~2)：(2.5~5)：(3~6)；当水体中COD和氨氮为特征污染物时，从上游到下游依次布置柔性填料浮岛模块、曝气浮岛模块和动力供应浮岛模块，四周搭配水景模块，各类浮岛布设比例可控制在(4~6)：1：1：(2~4)左右；当水体中磷酸盐为特征污染物时，从上游到下游布设功能填料模块和水景模块，辅以柔性填料模块，各部分布设比例可控制在4：4：2左右；当水体中含有重金属和微污染物时，河内布设吸附功能填料浮岛模块(如沸石或高岭土改性材料)和水景浮岛模块，各部分布设比例可控制在(5-8)：(2~5)；当水体中溶解氧(DO)平均小于2 mg/L时，河道内布设动力供应浮岛模块和曝气浮岛模块，搭配水景浮岛模块。

[0010] 如上所述的多功能模块化浮岛中，其中水景浮岛模块、柔性填料浮岛模块及功能填料浮岛模块均种植景观水生植物，其中水景浮岛模块种植景观水生植物，如芦苇、千屈菜、芦竹、睡莲等；柔性填料浮岛模块及功能填料浮岛模块种植挺水植物，如芦苇、菖蒲、水葱等。如上所述的多功能模块化浮岛中，各浮岛浮床的外形及大小均统一，尺寸为(0.3~2.0) m×(0.3~2.0) m，外形为圆形、矩形和六边形。

[0011] 浮岛群是指在多功能模块化浮岛应用中，通过对具有不同结构、功能的模块化浮岛进行优化组合，形成浮岛模块分布相对集中，且具有污染物高效去除功能的浮岛的组合体。如上所述的多功能模块化浮岛中，依据河流污染程度，可沿水流方向可设置几个浮岛群，每个浮岛群包括1~5类功能浮岛；浮岛面积与水面面积的覆盖比例在40~80%。

[0012] 本发明与现有技术相比具有以下优点：

[0013] 1、本发明将生物浮岛分成5种不同的功能模块，每类模块具有不同的功能。可以根

据河流水质需求，选取不同类型的模块，并采用相应的搭配方式，组合成不同的污水处理工艺，如“厌氧→好氧→植物吸收工艺”、“厌氧→缺氧→好氧工艺”、“功能填料吸附→植物吸收工艺”、曝气→吸附/吸收工艺”等，这就克服了传统浮岛处理效能单一、污染物去除率低等问题，提高了浮岛工艺的市场推广性。

[0014] 2、水景浮岛模块、柔性填料浮岛模块及功能填料浮岛模块均种植景观水生植物，这就保持了该类浮岛的景观效果。柔性填料浮岛模块及功能填料浮岛模块底部根据需求设置了不同的填料。因而在水景浮岛模块底部可形成植物根系格栅，实现对悬浮物的有效截留；在柔性填料浮岛模块底部设置了柔性填料，上面采取固定化或自然富集的方式生长了大量的好氧、厌氧或兼氧微生物，如产甲烷菌、产氢菌、硝化菌、反硝化菌、聚磷菌等，有助于提高水体对有机物、氨氮的去除效率。功能填料浮岛底部设置填料筐，里面排列了大量硬性功能填料，可实现对水体中磷酸盐、石油类、重金属、POPs、多环芳烃等污染物的去除。例如，功能填料采用改性钙型斜发沸石填料可实现对水体中磷的去除。

[0015] 3、曝气浮岛模块和动力供应浮岛模块表面均设置太阳能电板、水力发电装置或风力发电装置，能够实现浮岛系统所需能源的自给，进一步降低浮岛系统的运行成本。动力供应浮岛模块作为曝气浮岛模块的辅助组件，可根据城市静脉水系水质条件及气候特征，选用1~2种不同类型的清洁能源供给方式。

[0016] 4、采用该多功能模块化浮岛处理受污染水体，其对COD和氨氮的去除率分别可达50%和52%，出水COD和氨氮浓度可达到地表水Ⅴ类标准，实现了高效低耗处理城市静脉水体。

附图说明

[0017] 图1 用于受污染河湖水体原位修复的多功能模块化浮岛布置图

[0018] 图2 水景浮岛模块结构图

[0019] 图3 柔性填料浮岛模块结构图

[0020] 图4 曝气浮岛模块结构图

[0021] 图5 动力供应浮岛模块结构图

[0022] 图6 硬性功能填料模块结构图

[0023] 附图中的标号说明如下：

[0024] 1-水景浮岛模块、2-柔性填料浮岛模块、3-曝气浮岛模块、4-动力供应浮岛模块、5-功能填料浮岛模块、6-浮床、7-水生植物、8-柔性功能填料、9-自控装置、10-小型曝气机、11-太阳能电板、12-微孔曝气管、13-溶解氧探头、14-蓄电池、15-硬性功能填料、16-填料筐。

具体实施方式

[0025] 为实现城市静脉水系内COD、氨氮、磷酸盐和微污染物的持续去除，河流内可设置若干浮岛群。为了详尽描述具体实施方式，结合附图1中三个浮岛群的情况进行实施方式说明，左侧浮岛群主要用于去除水体中的COD和氨氮，沿水流方向浮岛群基本按照水景浮岛模块1，柔性填料浮岛模块2，曝气浮岛模块3和动力供应浮岛模块4，以及功能填料浮岛模块5依次排列。柔性填料浮岛模块2数量占浮岛群的主体；水景浮岛模块1分布在整个浮岛群周

边及内部，以增强整个浮岛群的景观效果。这样沿水流方向，整个浮岛群内部形成“厌氧→好氧→兼氧→吸附/吸收”依次演替的微环境，能够实现水体中COD的厌氧及好氧降解，以及氨氮的亚硝化→硝化→反硝化过程。

[0026] 中间浮岛群主要用于强化去除水体中的氨氮及COD，尤其是促进水体中氨氮的硝化过程。因而沿水流方向浮岛群布置规则保持不变，依然基本按照水景浮岛模块1，柔性填料浮岛模块2，曝气浮岛模块3和动力供应浮岛模块4，以及功能填料浮岛模块5依次排列；且水景浮岛模块1分布在整个浮岛群周边及内部。只是曝气浮岛模块3和动力供应浮岛模块4在整个浮岛群中所占比例显著增大。这样沿水流方向，整个浮岛群内部形成“兼氧→好氧”依次演替的微环境，这有利于进一步提升水体内局部区域DO的浓度，促进硝化菌、亚硝化菌和好氧菌的富集，加快亚硝化及硝化反应进程。此外，这也有利于水体内臭味物质的快速氧化，降低水体内臭味物质富集导致的水体变臭问题。

[0027] 右侧浮岛群主要用于去除水体中的磷酸盐及微污染物。因而沿水流方向浮岛群基本按照水景浮岛模块1，功能填料浮岛模块5，曝气浮岛模块3和动力供应浮岛模块4，以及功能填料浮岛模块5、水景浮岛模块1依次排列。功能填料浮岛模块5在整个浮岛群中占主体；水景浮岛模块1分布在整个浮岛群周边及内部；曝气浮岛模块3和动力供应浮岛模块4分布在整个浮岛群中部。这样沿水流方向，水体能够充分与功能填料浮岛模块5充分接触。功能填料模块采用可吸附磷酸根的高效改性沸石或吸附微量有机物的功能材料等，能够实现对水体中磷酸根或有机物的有效去除。

[0028] 经过三个浮岛群充分处理，静脉水体内COD、氨氮、磷酸根和有机微污染物均能得到有效去除。

具体实施方式

[0029] 实施例一

[0030] 以辽宁某河流为例进行实验研究，该河全长140 km，河宽平均19 m，河深1.3 m。此河流上游原有一个化工园区，工业污水直排入河流。现在工业园区进行了搬迁，仅个别企业还在往该河中排放污水。河流下游有农村生活排水，以及个别小企业排水，水体内COD和总磷浓度分别为64.5~82.1 mg/L和2.69~3.56 mg/L。实验河段为该河流的一条旁路系统，长度约1.3km。在受污染河道内采用水体原位修复的多功能模块化浮岛，从河流上游到下游大致依次布设水景浮岛模块、柔性填料浮岛模块、曝气浮岛模块、动力浮岛模块、功能填料浮岛模块、水景浮岛模块，这些模块间设置连接插块。河道内浮岛覆盖率达60-80%；工程共采用约1100块模块化浮岛，尺寸为0.8*0.8 m^2，其中动力浮岛模块、曝气浮岛模块、功能填料浮岛模块及水景浮岛模块个数分别约为125块、60块、305块和610块，其所占面积比例为2:1:5:10。河流内受污染河水经过不同模块时被依次去除。受污染河水经上游柔性填料浮岛模块时，填料表面附着生长了大量兼氧及厌氧微生物，实现了水体中COD的有效去除；当DO探头监测结果表明河水内DO<2 mg/L时，河水经过曝气浮岛模块时，小型曝气泵通过微孔膜曝气，提升氧气的溶解效率，提升水体内DO水平，有助于COD的进一步降解以及氨氮转化为亚硝态氮；动力浮岛模块为曝气浮岛模块提供电力；河水经过下游柔性填料浮岛模块时，水体内DO略高，填料表面固定生长了大量的好氧菌及硝化菌，氨氮的硝化作用及有机物的好氧降解作用进一步加强，水体中氨氮和有机物得到有效去除。水景浮岛浮岛搭配在整个组

合浮岛内，形成良好的景观效果。这样的12个组合浮岛群依次布置，每个间隔为50 m。净化后出水中COD和氨氮的浓度为36.7 mg/L和1.5 mg/L，其对应去除率分别为50.0%和52.0%，出水COD和氨氮浓度都达到地表水Ⅴ类标准。

[0031] 实施例二

[0032] 以某河流为例进行效果验证，该支流河长6 km，河宽平均4 m，河深0.6 m。此河流上游有几家养殖场，部分养殖废水直接排入河内。河水内NH_3-N在55.8～88.3 mg/L、磷酸根在10 mg/l、COD始终50~110 mg/L之间变化，水体内DO接近于0 mg/L，水体发黑变臭。在受污染河道下游设置溢流堰，保持上游水位稳定。在上游受污染河道内依次采用柔性填料浮岛模块、曝气浮岛模块、动力浮岛模块(外接电源)、功能填料浮岛模块，搭配水景浮岛模块，，这些模块间设置连接插块，构成一个组合浮岛群。功能填料模块浮岛中功能填料采用10~30 mm的改性斜发沸石颗粒。每个组合浮岛群长50 m，宽3.2 m，共有6个浮岛群。工程共采用1500个模块化浮岛(尺寸为0.8*0.8 m^2)，其中柔性填料浮岛模块、功能填料浮岛模块、水景浮岛模块、曝气浮岛模块和动力浮岛模块个数分别为650块、400块、400块、40块和10块。受污染河水流经上游柔性浮岛区时，COD得到有效去除；流经下游功能填料浮岛区时，水体内的氨氮和磷酸盐能够得到有效去除。水景浮岛均匀分布在整个组合浮岛内，形成良好的水景景观效果，并实现对水体中氮和磷的持续去除。采用该模块化浮岛组合处理工艺，处理工艺出水能达到国家城镇污水处理厂污染物排放标准(GB18918-2002)。

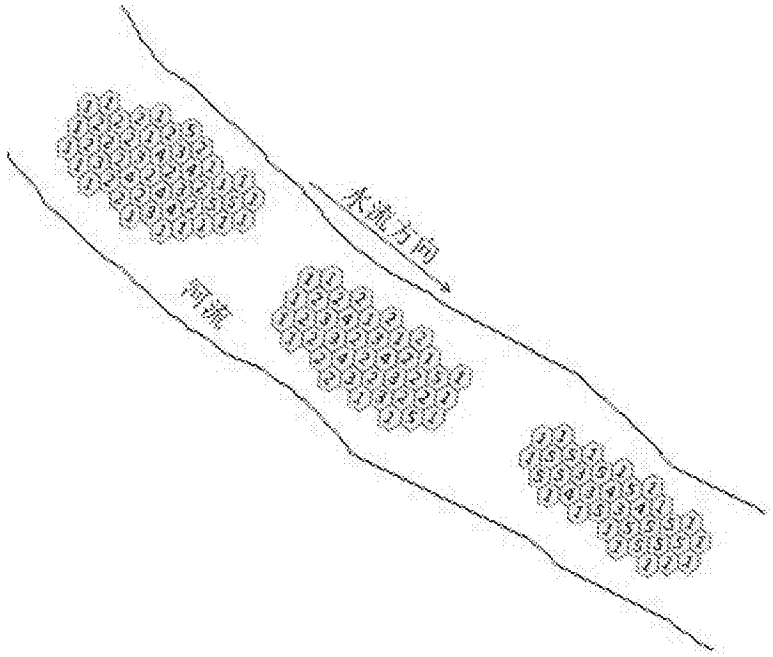


图1

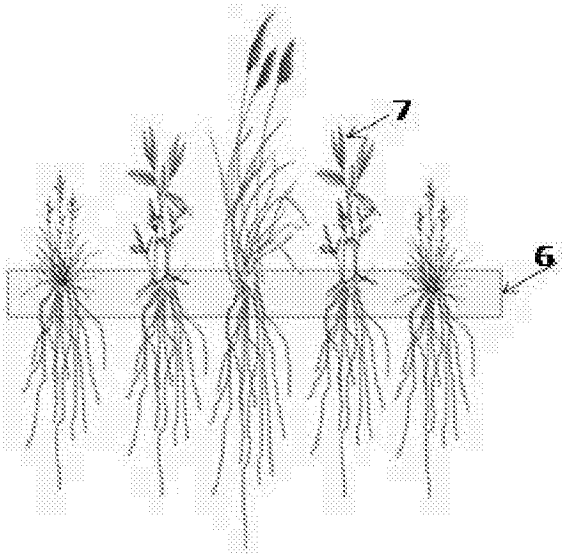


图2

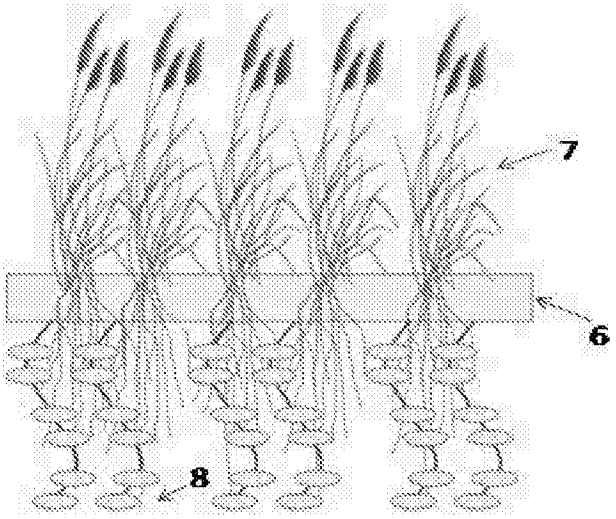


图3

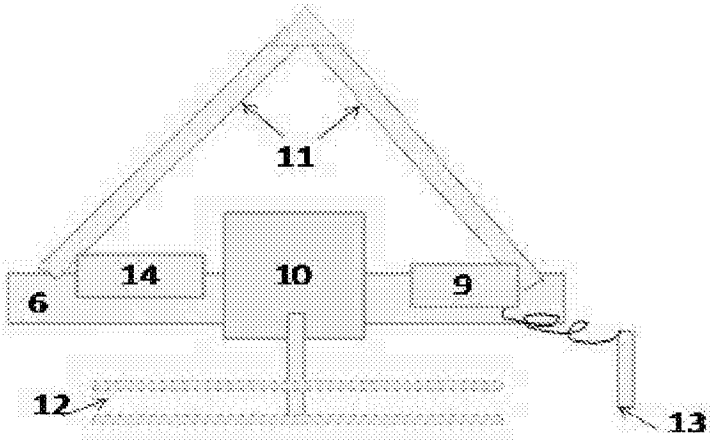


图4

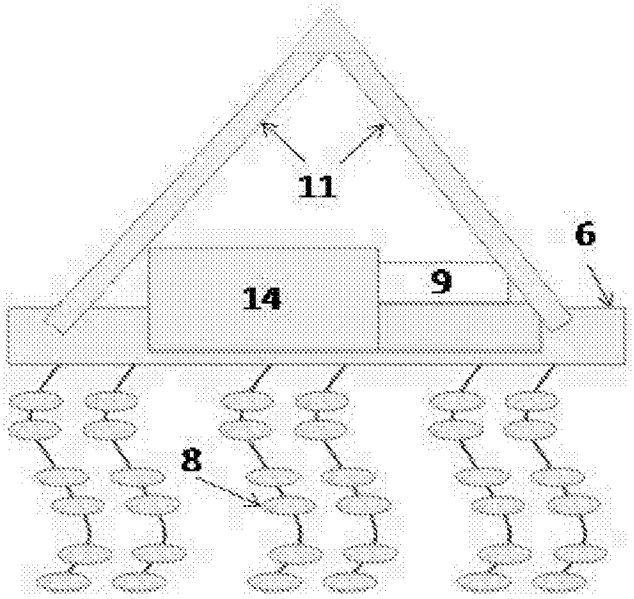


图5

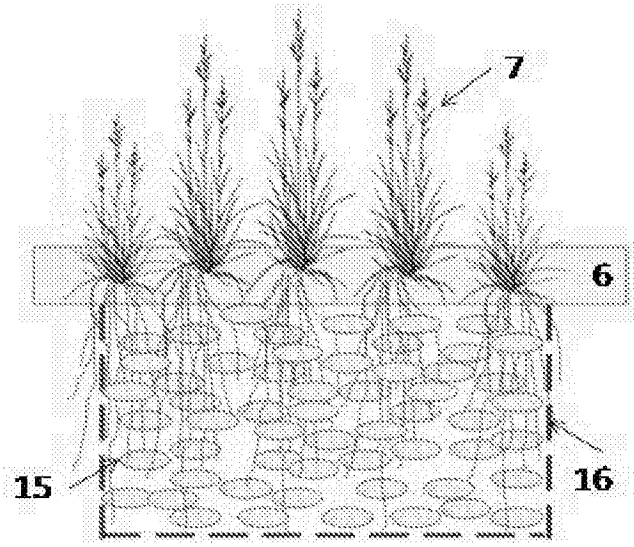


图6