



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102358660 B

(45) 授权公告日 2014. 10. 15

(21) 申请号 201110268749. 0

(22) 申请日 2011. 09. 13

(73) 专利权人 中国水产科学研究院黄海水产研究所

地址 266000 山东省青岛市市南区南京路 106 号

(72) 发明人 崔正国 陈聚法 曲克明 马绍赛 徐宝莹 张海耿

(51) Int. Cl.

C02F 9/14 (2006. 01)

C02F 11/04 (2006. 01)

C05F 7/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1868926 A, 2006. 11. 29, 参见说明书第 7 页倒数第 1 段、图 3.

潘璠等. 一种实用型工厂化养殖水处理技术报告. 《淡水渔业》. 2007, 第 37 卷 (第 5 期), 第 64-66 页.

审查员 尹玮

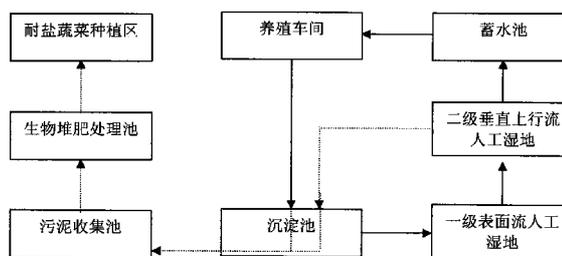
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用系统与amp;方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用的系统与方法,该系统与方法将两级人工湿地串联起来处理海水养殖外排水,并将污水、污泥无害化处理后进行循环利用。养殖外排水首先经沉淀池预处理后进入一级表面流、二级上行垂直流人工湿地,经净化处理后进入蓄水池并进行回用。污泥由沉淀池进入污泥收集池,经生物堆肥处理后用来种植耐盐蔬菜。同时利用反冲洗原理不定时对人工湿地的基质堵塞进行恢复。与现有的海水养殖外排水处理方法相比,本发明加强了脱氮除磷的效果,且投资与运行费用低,具有高效、生态、环保、经济的特点,便于推广应用。



1. 一种基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用系统,其特征在于:包括与养殖车间(1)的排水系统相连接的沉淀池(3),养殖车间(1)与沉淀池(3)之间设有跌水曝气台阶(2),沉淀池(3)通过排水管线与一级表面流人工湿地(4)连接,一级表面流人工湿地(4)与二级垂直上行流人工湿地(5)的底部连接,使得经一级表面流人工湿地(4)处理的外排水自底部进入二级垂直上行流人工湿地(5),二级垂直上行流人工湿地(5)与蓄水池(6)连接,蓄水池(6)通过水渠(7)与养殖车间(1)的回水系统相连接;还包括蔬菜种植区(10),种植耐盐蔬菜碱蓬、番茄、芹菜、辣椒中的一种或几种;所述的二级垂直上行流人工湿地(5)还通过排泥管(13)与沉淀池(3)连接,沉淀池(3)通过排泥管连接污泥收集池(8),污泥收集池(8)连接生物堆肥处理池(9),所述的二级垂直上行流人工湿地(5)填充的基质材料由下到上分别为20cm砾石层(15)、20cm沸石层(16)、20cm高炉矿渣层(17)、10cm中等砂砾层(18);所述的一级表面流人工湿地(4)和二级垂直上行流人工湿地(5)上种植经驯化的耐盐植物,包括芦苇、香蒲、大米草、互花米草中的一种或几种;所述的砾石层(15)的砾石粒径为5~8cm,所述的沸石层(16)的沸石粒径为3~5cm,所述的高炉矿渣层(17)的高炉矿渣粒径为1~3cm,所述的中等砂砾层(18)的中等砂砾粒径为0.5~1cm;所述的一级表面流人工湿地(4)与二级垂直上行流人工湿地(5)的坡度均为0.3%~2%;所述的排泥管(13)直径为160mm~250mm,二级垂直上行流人工湿地(5)的排泥管与沉淀池(3)的排泥管相串联,并且分别呈“++”的形状设置;在排泥管(13)左上方、上方和右上方留有3排直径为20mm,间距为100mm的排泥口(21)。

## 基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用系统与方 法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种水产养殖外排水处理方法,尤其是涉及一种利用人工湿地处理海水养殖外排水的系统与方法。

### 背景技术

[0002] 近 20 年来,我国的水产养殖业得到迅猛发展。据统计,2006 年我国水产养殖产量已达 3597 万吨,占我国渔业总产量的 68%,占世界水产品养殖总产量的 70%以上,是目前唯一养殖产量超过捕捞产量的国家。目前我国工厂化养殖水体已达 500 万  $m^2$ ,预计今后还会有一个更大发展。因而,由于养殖规模不断扩大、集约化程度加深,以及环境保护措施滞后而导致的养殖外排水排放,不仅导致外部环境的破坏,还直接影响着养殖水体自身环境的安全。目前,海水养殖外排水的处理方法很多。物理方法有沉淀、吸附、过滤、磁分离、泡沫分离、紫外照射等;化学方法有絮凝、中和、络合、化学消毒等,生物方法有投加光和细菌、植物滤器、活性污泥和生物膜。然而单一的物理、化学和生物方法或几个方法的简单组合已不能满足高密度的工厂化养殖的需要,迫切需要一种集物理、化学、生物于一体的综合的水处理方式。

[0003] 人工湿地净化技术作为一个综合的处理手段目前已在废水处理领域显示出良好的应用前景。人工湿地处理污水的理论研究始于 1953 年德国的 MaxPlank 研究所。1972 年, Seidel 和 Kichuth 合作提出了根区理论,标志着人工湿地作为一种新型的污水处理技术正式进入了水污染控制领域。此后,人工湿地净水技术不断完善,并于 20 世纪 80、90 年代在欧洲、美国、加拿大、日本等地得到了广泛的应用。目前,人工湿地技术应用更加广泛,据不完全统计,截止 2006 年,欧洲建有一万多座人工湿地,北美有近两万座人工湿地,亚洲、澳洲、拉丁美洲也有越来越多的人工湿地处理系统建成和投入使用(王世和,2007)。我国人工湿地污水处理技术的研究始于“七五”期间。1990 年国家环保总局华南环保所在深圳建造的白泥坑人工湿地日处理污水 3100 $m^3$ ,可以看作是首次真正实践。尽管人工湿地净水技术研究在我国起步较晚,但发展迅速。目前,人工湿地净水技术已在以下几个方面取得重要进展:(1) 应用对象不断扩大。起初人工湿地主要用于城市生活污水,后来逐渐应用纺织、造纸、食品、电镀、石油化工等各种工业废水的二级处理以及特殊类型的废水,如垃圾渗滤液、暴雨径流等。(2) 设计规模不断扩大。美国 David 等(2002)在墨西哥湾沿岸建立的对虾养殖废水人工湿地处理系统占地 7.7ha,日处理废水 13600 $m^3$ 。我国的北京奥林匹克公园人工湿地占地 6 万  $m^2$ ,日处理能力 3 万  $m^3$ 。(3) 净水效果不断提高。Summerfelts 等(1999)利用人工湿地对养殖水体总悬浮物的去除率在 96%,凯氏氮为 82-93%。Liu 等(2007)利用人工湿地净化重金属,Cd、Pb、Zn 的去除率均在 90%以上。Molleda 等(2008)的研究表明人工湿地对病原微生物的去除率为 97.0-100%。闻岳等(2007)利用水平潜流人工湿地处理污水中的有机物,系统出水 COD 均小于 30mg/L。

[0004] 尽管,人工湿地技术为海水养殖外排水的处理提供了可能,但仍存在以下有待解

决的关键技术：(1) 需建立针对耐盐的人工湿地处理系统，包括耐盐植物和微生物的选择、培育。(2) 需加强人工湿地脱氮除磷的效果，尤其是低浓度下氮磷的深度处理问题。(3) 人工湿地基质堵塞的预防和恢复对策。

[0005] 因而，本发明是针对目前工厂化海水养殖外排水净水技术现状，并结合人工湿地技术在应用中存在的问题而提出的。

## 发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种净水效果好、投资与运行费用低、操作简单方便，可实现经济效益、社会效益与生态效益统一的工厂化海水养殖外排水循环利用系统与方法；基于人工湿地并通过技术发明、改造克服其耐盐能力弱、脱氮除磷效果差、基质易堵塞等不足。

[0007] 本发明的技术方案如下：一种基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用系统，包括与养殖车间的排水系统相连接的沉淀池，养殖车间与沉淀池之间设有跌水曝气台阶，沉淀池通过排水管线与一级表面流人工湿地连接，一级表面流人工湿地与二级垂直上行流人工湿地的底部连接，使得经一级表面流人工湿地处理的外排水自底部进入二级垂直上行流人工湿地，二级垂直上行流人工湿地与蓄水池连接，蓄水池通过水渠与养殖车间的回水系统相连接；所述的二级垂直上行流人工湿地还通过排泥管与沉淀池连接，沉淀池通过排泥管连接污泥收集池，污泥收集池连接生物堆肥处理池。

[0008] 进一步，如上所述的一种基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用系统，其中，所述的二级垂直上行流人工湿地填充的基质材料由下到上分别为 20cm 砾石层、20cm 沸石层、20cm 高炉矿渣层、10cm 中等砂砾层。

[0009] 更进一步，如上所述的一种基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用系统，其中，所述的砾石层的砾石粒径为 5 ~ 8cm，所述的沸石层的沸石粒径为 3 ~ 5cm，所述的高炉矿渣层的高炉矿渣粒径为 1 ~ 3cm，所述的中等砂砾层的中等砂砾粒径为 0.5 ~ 1cm。

[0010] 进一步，如上所述的一种基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用系统，其中，所述的一级表面流人工湿地与二级垂直上行流人工湿地的坡度均为 0.3% ~ 2%。

[0011] 更进一步，如上所述的一种基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用系统，其中，所述的一级表面流人工湿地和二级垂直上行流人工湿地上种植经驯化的耐盐植物，包括芦苇、香蒲、大米草、互花米草中的一种或几种。

[0012] 进一步，如上所述的一种基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用系统，其中，所述的排泥管直径为 160mm ~ 250mm，二级垂直上行流人工湿地的排泥管与沉淀池的排泥管相串联，并且分别呈“++”的形状设置；在排泥管左上方、上方和右上方留有 3 排直径为 20mm，间距为 100mm 的排泥口。

[0013] 进一步，如上所述的一种基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用系统，其中，还包括蔬菜种植区，种植耐盐蔬菜碱蓬、番茄、芹菜、辣椒中的一种或几种。

[0014] 一种基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用方法，养殖外排水由养殖车间排出，在重力作用下经跌水曝气台阶充氧后自由流入沉淀池；经沉降去除悬浮颗粒物质后依次进入一级表面流人工湿地、二级垂直上行流人工湿地；经净化处理后再进入蓄水池

通过水渠引入养殖车间回用；沉降的悬浮颗粒物则在水的压力作用下由排泥管进入污泥收集池，经再沉降、脱水后转移入生物堆肥处理池，经氧化、发酵制成有机肥料后在蔬菜种植区使用。

[0015] 进一步，如上所述的基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用方法，其中，在一级表面流人工湿地和二级垂直上行流人工湿地添加经驯化的耐盐微生物。

[0016] 进一步，如上所述的基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用方法，其中，在沉淀池中养殖泥螺。

[0017] 本发明与现有技术相比，有如下优点：

[0018] (1) 高效。可有效去除悬浮物、COD、氮、磷等污染物，尤其是与单一的表面流人工湿地或垂直流人工湿地相比加强了脱氮除磷的效果。

[0019] (2) 经济。本技术工程投资成本低，运行过程中不需要电耗，基本不需要维护费用。每平方米人工湿地每年可实现 300 立方水体的循环利用，年可节约成本 1000 余元。

[0020] (3) 环保。本技术对养殖外排水进行处理，并循环利用，实现了完全的“零排放”。

[0021] (4) 减缓和恢复堵塞。采用间歇进水的方式减缓基质堵塞，并采用反冲洗工艺恢复基质堵塞。

[0022] (5) 生态。人工湿地植物不仅起着净化水体的作用，同时具有一定的绿化观赏价值。同时可作为饲料或有机肥料的原材料。

#### 附图说明

[0023] 图 1 为基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用工艺流程图；

[0024] 图 2 为基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用系统平面图；

[0025] 图 3 为二级垂直上行流人工湿地剖面图；

[0026] 图 4 为二级垂直上行流人工湿地、沉淀池排泥管俯视图；

[0027] 图 5 为排泥管剖面图。

[0028] 图中：1- 养殖车间；2- 跌水曝气台阶；3- 沉淀池；4- 一级表面流人工湿地；5- 二级垂直上行流人工湿地；6- 蓄水池；7- 水渠；8- 污泥收集池；9- 生物堆肥处理池；10- 蔬菜养殖区；11- 阀门；12- 水泵；13- 排泥管；14- 进水口；15- 砾石；16- 沸石；17- 高率矿渣；18- 中等砂砾；19- 出水口；20- 芦苇；21- 排泥口。

#### 具体实施方式

[0029] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细描述。

[0030] 如图 1 所示，本发明所提供的一种基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用的系统，依据地形、地势设计，包括养殖车间、沉淀池、一级表面流人工湿地、二级垂直上行流人工湿地、蓄水池、污泥收集池、生物堆肥处理池和蔬菜种植区等，其中沉淀池、一级表面流人工湿地、二级垂直上行流人工湿地、蓄水池依次串联并与养殖车间组成外排水的循环利用系统；二级垂直上行流人工湿地、沉淀池、生物堆肥处理池和蔬菜种植区依次串联组成剩余污泥的循环利用系统。

[0031] 养殖外排水由养殖车间排出，在重力作用下经跌水曝气台阶充氧后自由流入沉淀池；经沉降去除悬浮颗粒物后依次进入一级表面流人工湿地、二级垂直上行流人工湿地；

经净化处理后再进入蓄水池通过水渠引入养殖车间回用；沉降的悬浮颗粒物则在水的压力作用下由排泥管进入污泥收集池，经再沉降、脱水后转移入生物堆肥处理池，经氧化、发酵制成有机肥料后在蔬菜种植区使用。

[0032] 本发明的系统结构组成如图 2 所示，包括与养殖车间 1 的排水系统相连接的沉淀池 3，养殖车间 1 与沉淀池 3 之间设有跌水曝气台阶 2，沉淀池 3 通过排水管线与一级表面流人工湿地 4 连接，一级表面流人工湿地 4 与二级垂直上行流人工湿地 5 的底部连接，使得经一级表面流人工湿地 4 处理的外排水自底部进入二级垂直上行流人工湿地 5，二级垂直上行流人工湿地 5 与蓄水池 6 连接，蓄水池 6 通过水渠 7 与养殖车间 1 的回水系统相连接；所述的二级垂直上行流人工湿地 5 还通过排泥管 13 与沉淀池 3 连接，沉淀池 3 通过排泥管连接污泥收集池 8，污泥收集池 8 连接生物堆肥处理池 9，经氧化、发酵制成有机肥料后在蔬菜种植区 10 使用。上述系统各组成部分的功能和结构特征如下：

[0033] 养殖车间 1：用来进行工厂化海水养殖。

[0034] 沉淀池 3：可实现海水养殖外排水泥、水的分离，去除大部分悬浮颗粒物和有机物质；沉淀池中养殖滤食性的泥螺，并铺设排泥的管道与污泥收集池、二级垂直流人工湿地相连接。

[0035] 一级表面流人工湿地 4：一级表面流人工湿地底部是土壤基质，不填充任何其他基质材料，上面种植经驯化的耐盐植物，芦苇、香蒲、大米草、互花米草中一种或几种。

[0036] 二级垂直上行流人工湿地 5：二级垂直上行流人工湿地填充的基质材料由下到上分别为厚度为 20cm 的砾石（5～8cm）、厚度为 20cm 的沸石（3～5cm）、厚度为 20cm 的高炉矿渣（1～3cm）、厚度为 10cm 的中等砂砾（0.5～1cm）。上面种植经驯化的耐盐植物，芦苇、香蒲、大米草、互花米草中一种或几种。

[0037] 蓄水池 6：用来存储处理过的养殖外排水。

[0038] 污泥收集池 8：可实现泥水分离。

[0039] 生物堆肥处理池 9：污泥经生物堆肥处理池氧化、发酵制成有机肥料。

[0040] 蔬菜种植区 10：实现有机肥料的循环利用，并种植耐盐蔬菜碱蓬、番茄、芹菜、辣椒中的一种或几种。

[0041] 下面结合具体实施例，对本发明进行详细的描述。

[0042] 实施例

[0043] 如图 2 所示，基于人工湿地的工厂化海水养殖外排水循环利用系统，包括与养殖车间 1 的排水系统相连接的沉淀池 3，养殖车间 1 与沉淀池 3 之间设有跌水曝气台阶 2，在沉淀池 3 中养殖泥螺。沉淀池 3 通过排水管线与一级表面流人工湿地 4 连接，一级表面流人工湿地 4 与二级垂直上行流人工湿地 5 的底部连接，一级表面流人工湿地 4 与二级垂直上行流人工湿地 5 的坡度均为 0.3%～2%（指水平距离每 100 米，垂直方向上升或下降 0.3～2 米），使得经一级表面流人工湿地 4 处理的外排水自底部进入二级垂直上行流人工湿地 5。一级表面流人工湿地 4 和二级垂直上行流人工湿地 5 上种植经驯化的耐盐植物，包括芦苇、香蒲、大米草、互花米草中的一种或几种。一级表面流人工湿地 4 和二级垂直上行流人工湿地 5 中微生物一方面来源于系统自然繁殖的耐盐微生物，另一方面来源于添加的经驯化的耐盐微生物。二级垂直上行流人工湿地 5 与蓄水池 6 连接，蓄水池 6 通过水渠 7 与养殖车间 1 的回水系统相连接。所述的二级垂直上行流人工湿地 5 还通过排泥管 13 与

沉淀池 3 连接,沉淀池 3 通过排泥管连接污泥收集池 8,污泥收集池 8 连接生物堆肥处理池 9。经氧化、发酵制成有机肥料后在蔬菜种植区 10 使用,蔬菜种植区种植耐盐蔬菜碱蓬、番茄、芹菜、辣椒中的一种或几种。

[0044] 如图 3 所示,二级垂直上行流人工湿地填充的基质材料由下到上分别为厚度为 20cm 的砾石层 15、厚度为 20cm 的沸石层 16、厚度为 20cm 的高炉矿渣层 17、厚度为 10cm 的中等砂砾层 18。砾石层 15 的砾石粒径为 5~8cm,所述的沸石层 16 的沸石粒径为 3~5cm,所述的高炉矿渣层 17 的高炉矿渣粒径为 1~3cm,所述的中等砂砾层 18 的中等砂砾粒径为 0.5~1cm。湿地上种有芦苇 20,湿地的出水口 19 位于中等砂砾层 18 以上。在砾石层 15 的底部设有排泥管 13。排泥管 13 直径为 160mm~250mm。

[0045] 如图 4 所示,二级垂直上行流人工湿地 5 底部的排泥管 13 与沉淀池 3 底部的排泥管 13 相串联,两套排泥管 13 并且分别呈“+++”的形状设置。在串联的排泥管路上设有阀门 11。两套排泥管 13 分别由两个阀门 11 单独控制,不定时排泥。如图 5 所示,排泥管 13 左上方、上方和右上方留有 3 排直径为 20mm,间距为 100mm 的排泥口 21。

[0046] 海水养殖外排水由养殖车间 1 排出,在重力作用下经跌水曝气充氧后自由流入沉淀池 3 实现泥水分离;外排水进入一级表面流人工湿地 4 经过耐盐植物的吸收、基质吸附以及微生物降解进行一级处理;经一级表面流人工湿地 4 处理的外排水自底部进入二级垂直上行流人工湿地 5 经过基质过滤、吸附,植物吸收,微生物降解进行深度的处理;处理后的水流入蓄水池 6;蓄水池的水可通过水泵 12 回用至养殖车间 1。

[0047] 在沉淀池 3 产生的剩余污泥可以通过底部的排泥管 13 不定时排入污泥收集池 6,通过再次沉降、脱水后转移到生物堆肥处理池 9,经氧化、发酵制成有机肥料后在蔬菜种植区 10 使用。二级垂直上行流人工湿地 5 底部安装排泥管 13 并与沉淀池 4 相连,通过反冲洗原理不定时排泥。

[0048] 本系统可有效去除悬浮物、COD、氮、磷等污染物,对氮、磷的去除率分别高达 88% 和 90% 以上。

[0049] 显然,本领域的技术人员可以对本发明进行各种改动和变型而不脱离本发明的精神和范围。这样,倘若对本发明的这些修改和变型属于本发明权利要求及其同等技术的范围之内,则本发明也意图包含这些改动和变型在内。

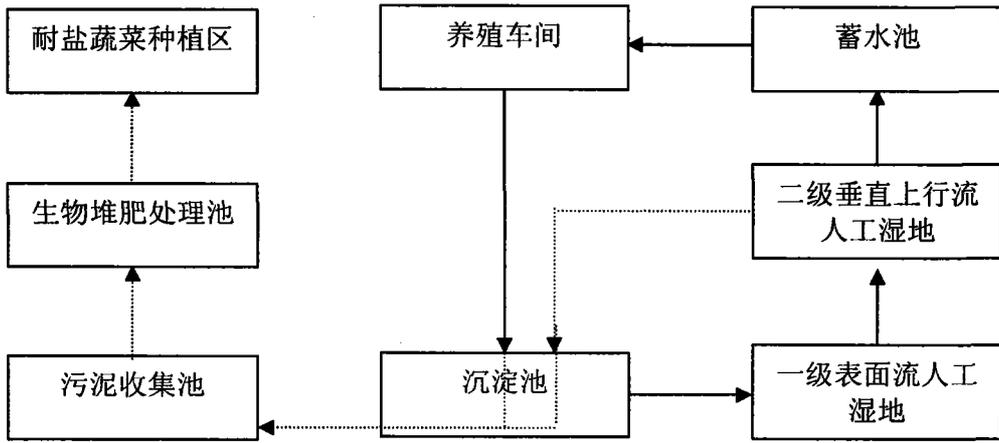


图 1

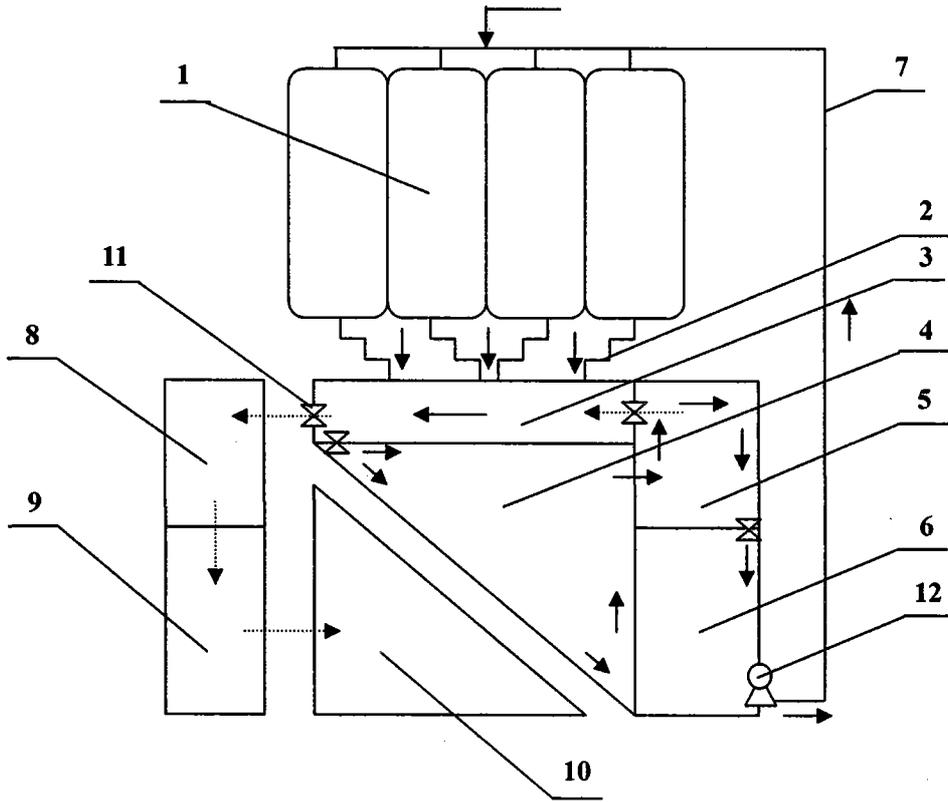


图 2

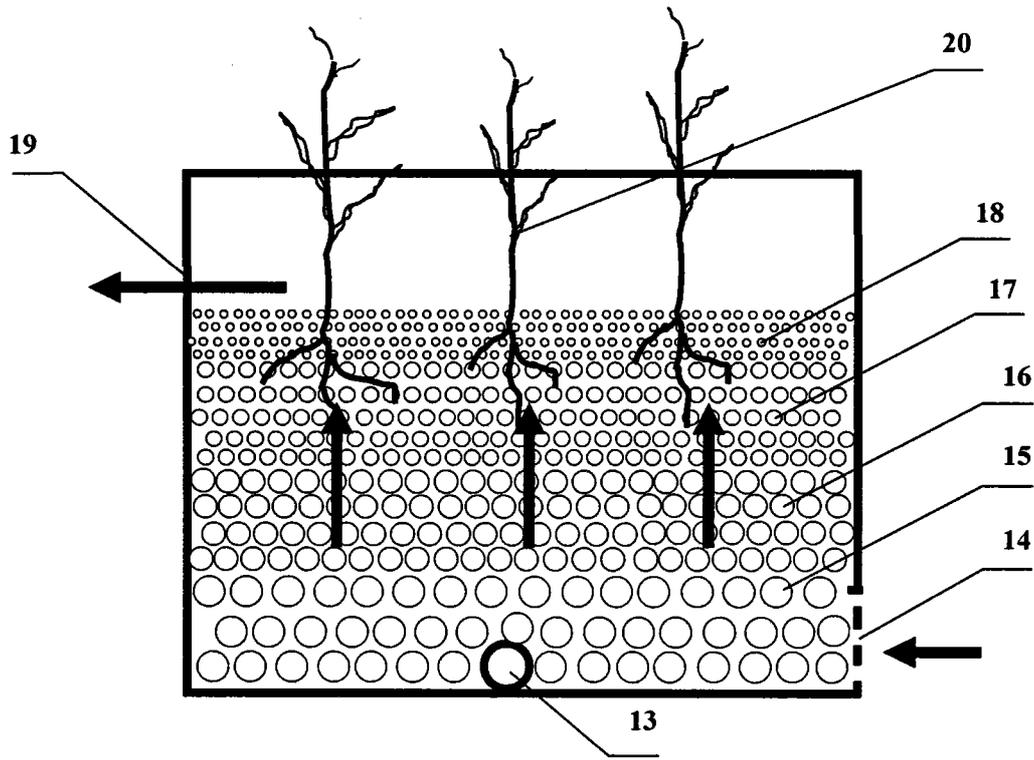


图 3

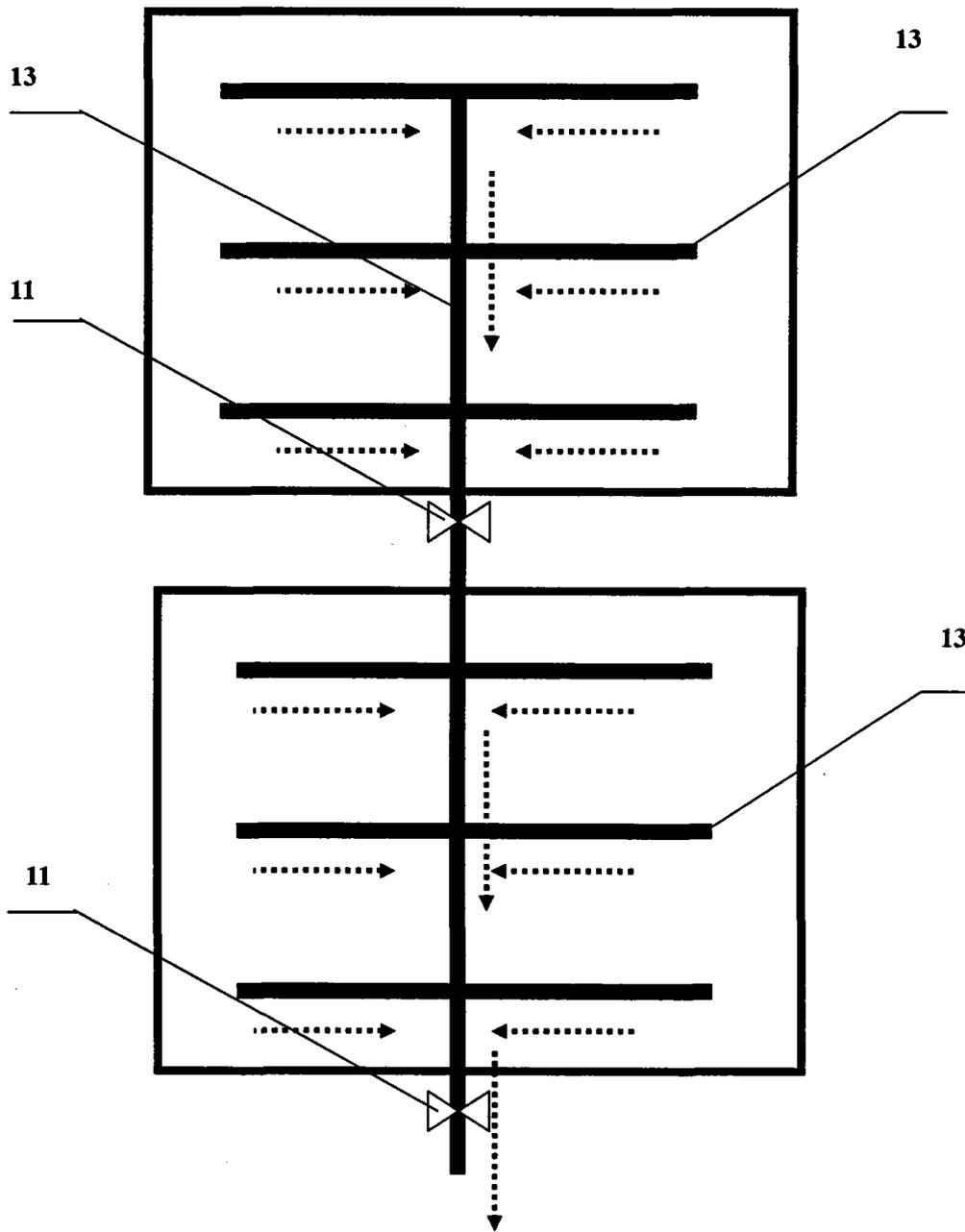


图 4

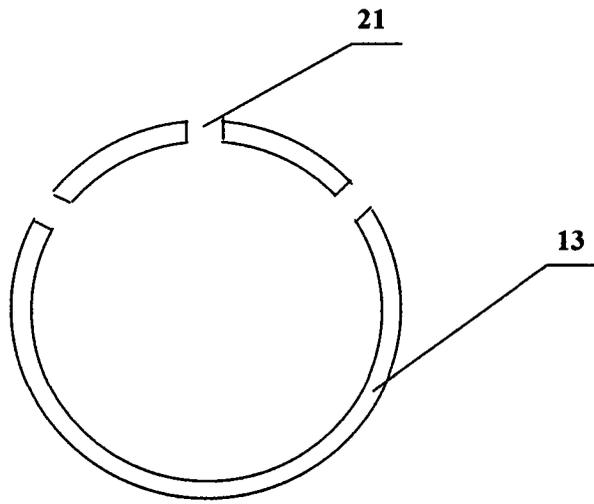


图 5