



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103359893 B

(45) 授权公告日 2015. 02. 18

(21) 申请号 201310338203. 7

(22) 申请日 2013. 08. 06

(73) 专利权人 山东建筑大学

地址 250101 山东省济南市临港开发区凤鸣路 1000 号

(72) 发明人 张彦浩 马征 张志斌 孙翠珍

(74) 专利代理机构 济南日新专利代理事务所 37224

代理人 王书刚

(51) Int. Cl.

C02F 9/14 (2006. 01)

审查员 黄翠芳

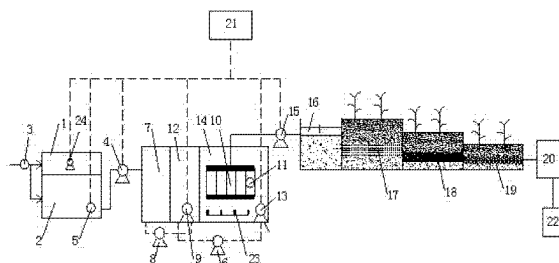
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

景观节能型小区污水处理及中水回用耦合系统

(57) 摘要

一种景观节能型小区污水处理及中水回用耦合系统,包括 PLC 控制器以及依次连接的调节池、膜生物处理系统、配水池、跌水人工湿地系统、消毒池和清水池;调节池进水处和出水处均设有水质检测仪,膜生物处理系统包括依次连接的厌氧池、缺氧池和好氧池,好氧池内设置 MBR 反应器,MBR 反应器内设置水质检测仪,好氧池与缺氧池之间设置有第一套内回流管路,缺氧池与厌氧池之间设置有第二套内回流管路,回流管路上设置回流泵;配水池内设置平面格网,格网下放置多孔球形填料;各处水质检测仪及各个泵均与 PLC 控制器连接。本发明实现了污水处理自动化控制,实现了中水回用、节能和美观的统一,可有效提高小区污水处理效果、提高中水资源回用能力。



1. 一种景观节能型小区污水处理及中水回用耦合系统,包括 PLC 控制器以及依次连接的调节池、膜生物处理系统、配水池、跌水人工湿地系统、消毒池和清水池;其特征是:

调节池内设置独立的碳源贮存池和常态调节池,调节池的进水处和常态调节池的出水处均设有水质检测仪,碳源贮存池内设置有与常态调节池连接的计量泵;膜生物处理系统包括依次连接的厌氧池、缺氧池和好氧池,厌氧池与常态调节池之间设置潜污泵,缺氧池和好氧池内均设置有排泥泵,好氧池内设置 MBR 反应器,MBR 反应器内设置水质检测仪,好氧池的底部设置曝气装置,好氧池与缺氧池之间设置有第一套内回流管路,该回流管路上设置第一回流泵,缺氧池与厌氧池之间设置有第二套内回流管路,该回流管路上设置第二回流泵;MBR 反应器与配水池的连接管路上设置有水泵;配水池设置在跌水人工湿地系统的前端,配水池的池体内设置平面格网,格网下放置多孔球形填料,填料填充率为 50%,格网上部安装有人工喷泉装置;跌水人工湿地系统包括依次相连的第一跌水区、第二跌水区和第三跌水区,三个区的高度依次降低,前后跌水区高度差为 10cm-30cm,第一跌水区内自上至下依次设置土壤、粗砂、多孔填料和粗砂四层填料,各层填料的厚度比为 1:1:2-3:1,第二跌水区内自上至下依次设置土壤、粗砂、陶粒和粗砂四层填料,各层填料的厚度比为 1:1:2-3:1,第三跌水区内自上至下依次设置土壤、粗砂、活性炭和粗砂四层填料,各层填料的厚度比为 1:1:2-3:1,各个跌水区的土壤层上均种植植物;各处水质检测仪及各个计量泵、潜污泵、排泥泵、水泵、第一回流泵和第二回流泵均与 PLC 控制器连接;

上述系统通过 PLC 控制器自动运行,小区的生活污水和生活废水由小区管网收集后进入调节池的常态调节池,当进水处的水质检测仪检测到进水 COD 浓度大于 900mg/L 时,则进入到碳源贮存池;经调节池酸化处理的污水在厌氧池内停留 1.5 小时-2.0 小时,随后进入缺氧池与由好氧池回流的污水混合,进行脱氮反应,在缺氧池内停留 2.0 小时-2.5 小时,最后进入好氧段,经由 MBR 反应器进一步去除 BOD,PLC 控制器控制好氧段内的排泥泵间歇启动,将好氧段内的剩余污泥排入跌水人工湿地系统做肥料;通过常态调节池出水处的水质检测仪检测膜生物处理系统的进水水质总氮含量,通过 MBR 反应器内的水质检测仪检测膜生物处理系统出水水质总氮含量,并通过 PLC 控制器实时监测脱氮效率,当进出水脱氮效率降低至 60-70% 时,将第一套内回流管路的回流比控制在 300-400%,以通过加大回流比,提高脱氮效率;当进出水脱氮效率为 70-80% 时,将第一套内回流管路的回流比控制至 200-300%;当进出水脱氮效率在 80% 以上时,将第一套内回流管路的回流比控制在 150-200%;第二套内回流管路的回流比通过 PLC 控制器自动控制:当厌氧池中硝态氮浓度大于 4mg/L 时,控制第二套内回流管路的回流比为 100-130%,硝态氮浓度在 2-4mg/L 时,控制第二套内回流管路的回流比为 130-170%,硝态氮浓度小于 2mg/L 时,控制回流比为 170-200%;此外,PLC 控制器还控制对膜生物处理系统碳源的自动补给,通过常态调节池出水处的水质检测仪实时监测缺氧池进水的 BOD、TN 及 TP,当进水 BOD 与 TN 之比小于 4 或 BOD 与 TP 之比小于 17 时,PLC 控制器控制碳源贮存池内的计量泵启动,将碳源贮存池内污水泵入常态调节池,提高常态调节池内污水的 BOD 浓度,当常态调节池内污水的 BOD 与 TN 之比大于 8 且 BOD 与 TP 之比大于 22 时,计量泵自行关闭;MBR 反应器的出水泵入配水池,配水池内在其内填料上形成生物膜系统,利用生物膜系统的食物链,进一步净化膜生物反应系统难以净化的有机物,利用配水池内的人工喷泉进行水气交换,增加溶解氧,满足填料生物膜生物降解的需要,同时也有利于跌水人工湿地系统根系及土壤好氧微生物更好地发挥生

物净化作用；跌水人工湿地系统中前后跌水区形成跌水，既增加水体中的溶解氧含量，又形成了小瀑布景观；利用第一跌水区对进水中大有机颗粒物进行初步截留，截留有机物在此区逐步水解成小分子有机物，同时上部的植物根系吸收水体中溶解态无机氮及磷，通过第二跌水区去除第一跌水区出水中的小分子有机物及溶解态有机物，同时上部的植物根系吸收水体中溶解态无机氮及磷，通过第三跌水区进一步吸附和降解未去除的进水中的溶解性有机物；跌水人工湿地系统的出水进入消毒池消毒后排入清水池中。

## 景观节能型小区污水处理及中水回用耦合系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种适用于居民小区生活污水处理和中水回用的综合系统,具有节能和景观效果,属于污水处理技术领域。

### 背景技术

[0002] 水是人类社会赖以生存的最重要物质条件之一,我国作为一个水资源紧缺的国家,人均水资源占有量为 273 立方米,仅为世界人均占有量的 1/4,水资源紧缺已成为制约我国城市可持续发展的重要因素。小区是城市居民日常生活和休闲的主要场所,小区内不断产生大量的生活污水,如何有效地处理这些污水,已经成为一个重要的研究议题。

[0003] 目前,小区污水处理及中水回用的主要技术有生物法、物理化学法及膜分离法。其中生物法是利用水中微生物吸附、氧化分解污水中的有机物,包括好氧和厌氧微生物处理,一般采用多种工艺相结合的办法;物理化学处理法以混凝沉淀(气浮)技术及活性炭吸附相结合为基本方式,提高出水水质;膜分离法一般采用超滤(微滤)或反渗透膜处理。但单纯的物理化学处理法,往往需要投加化学药剂,处理成本高,存在二次污染问题。

[0004] 中国专利文献专利 CN1159234C 公开了一种《居住小区污水湿地生态处理方法》,其主要处理包括好氧生物法初步处理和湿地的深度处理,其中用作好氧处理的主要设备是密闭式曝气生物滤池,其前设初沉池、后设二沉池,处理后的水经水堰板溢流至湿地;该方法存在处理流程复杂,占地面积大等问题。CN101863585B 公开了一种《针对小区污水处理的物化处理 and 人工湿地组合处理系统》,具有一个物化处理装置和一个人工湿地处理装置,两者形成一个组合式的污水处理系统;小区污水的进水口设在物化处理装置前,物化处理装置的出水接人工湿地处理装置;该处理系统虽然发挥了人工湿地工艺的优势,受水质影响小,但存在脱氮除磷不充分、占地面积大、破坏小区环境美观等问题。

### 发明内容

[0005] 本发明针对现有小区污水处理及回用技术存在的氮磷去除效率低、处理费用高、与小区原有景观协调性差的问题,提供一种可有效提高小区污水处理效果、提高中水资源回用能力的景观节能型小区污水处理及中水回用耦合系统。

[0006] 本发明的景观节能型小区污水处理及中水回用耦合系统,采用以下技术方案:

[0007] 该系统,包括 PLC 控制器以及依次连接的调节池、膜生物处理系统、配水池、跌水人工湿地系统、消毒池和清水池;调节池内设置独立的碳源贮存池和常态调节池,调节池的进水处和常态调节池的出水处均设有水质检测仪,碳源贮存池内设置有与常态调节池连接的计量泵;膜生物处理系统包括依次连接的厌氧池、缺氧池和好氧池,厌氧池与常态调节池之间设置潜污泵,缺氧池和好氧池内均设置有排泥泵,好氧池内设置 MBR 反应器,MBR 反应器内设置水质检测仪,好氧池的底部设置曝气装置,好氧池与缺氧池之间设置有第一套内回流管路,该回流管路上设置第一回流泵,缺氧池与厌氧池之间设置有第二套内回流管路,该回流管路上设置第二回流泵;MBR 反应器与配水池的连接管路上设置有水泵;配水

池设置在跌水人工湿地系统的前端,配水池的池体内设置平面格网,格网下放置多孔球形填料,填料填充率为 50%,格网上部安装有喷泉装置;跌水人工湿地系统包括依次相连的第一跌水区、第二跌水区和第三跌水区,三个区的高度依次降低,前后跌水区高度差为 10cm-30cm,第一跌水区内自上至下依次设置土壤、粗砂、多孔填料和粗砂四层填料,各层填料的厚度比为 1:1:2-3:1,第二跌水区内自上至下依次设置土壤、粗砂、陶粒和粗砂四层填料,各层填料的厚度比为 1:1:2-3:1,第三跌水区内自上至下依次设置土壤、粗砂、活性炭和粗砂四层填料,各层填料的厚度比为 1:1:2-3:1,各个跌水区的土壤层上均种植植物;各处水质检测仪及各个计量泵、潜污泵、排泥泵、水泵、第一回流泵和第二回流泵均与 PLC 控制器连接;

[0008] 上述系统通过 PLC 控制器自动运行,小区的生活污水和生活废水由小区管网收集后进入调节池的常态调节池,当进水处的水质检测仪检测到进水的 COD (化学需氧量) 浓度大于 900mg/L 时,则进入到碳源贮存池;经调节池酸化处理的污水在厌氧池内停留 1.5-2.0 小时,随后进入缺氧池与由好氧池回流的污水混合,进行脱氮反应,在缺氧池内停留 2.0-2.5 小时,最后进入好氧段,经由 MBR 反应器进一步去除 BOD (生化需氧量),PLC 控制器控制好氧段内的排泥泵间歇启动,将好氧段内的剩余污泥排入跌水人工湿地系统做肥料;通过常态调节池出水处的水质检测仪检测膜生物处理系统的进水总氮含量,通过 MBR 反应器内的水质检测仪检测膜生物处理系统出水总氮含量,并通过 PLC 控制器实时监测脱氮效率,当进出水脱氮效率降低至 60-70% 时,将第一套内回流管路的回流比控制在 300-400%,以通过加大回流比,提高脱氮效率;当进出水脱氮效率为 70-80% 时,将第一套内回流管路的回流比控制至 200-300%;当进出水脱氮效率在 80% 以上时,将第一套内回流管路的回流比控制在 150-200%;第二套内回流管路的回流比通过 PLC 控制器自动控制:当厌氧池中硝态氮浓度大于 4mg/L 时,控制第二套内回流管路的回流比为 100-130%,硝态氮浓度在 2-4mg/L 时,控制第二套内回流管路的回流比为 130-170%,硝态氮浓度小于 2mg/L 时,控制回流比为 170-200%;此外,PLC 控制器还控制对膜生物处理系统碳源的自动补给,通过常态调节池出水处的水质检测仪实时监测缺氧池进水的 BOD、TN (总氮) 及 TP (总磷),当进水 BOD 与 TN 之比小于 4 或 BOD 与 TP 之比小于 17 时,PLC 控制器控制碳源贮存池内的计量泵启动,将碳源贮存池内污水泵入常态调节池,提高常态调节池内污水的 BOD 浓度,当常态调节池内污水的 BOD 与 TN 之比大于 8 且 BOD 与 TP 之比大于 22 时,计量泵自行关闭;MBR 反应器的出水泵入配水池,配水池内在其内填料上形成生物膜系统,利用生物膜系统的食物链,进一步净化膜生物反应系统难以净化的有机物,利用配水池内的人工喷泉进行水气交换,增加溶解氧,满足填料生物膜生物降解的需要,同时也有利于跌水人工湿地系统根系及土壤好氧微生物更好地发挥生物净化作用;跌水人工湿地系统中前后跌水区的形成,既增加水体中的溶解氧含量,又形成了小瀑布景观;利用第一跌水区对进水中大有机颗粒物进行初步截留,截留有机物在此区逐步水解成小分子有机物,同时上部的植物根系吸收水体中溶解态无机氮及磷,通过第二跌水区去除第一跌水区出水中的小分子有机物及溶解态有机物,同时上部的植物根系吸收水体中溶解态无机氮及磷,通过第三跌水区进一步吸附和降解未去除的进水中的溶解性有机物;跌水人工湿地系统的出水进入消毒池消毒后排入清水池中。

[0009] 本发明实现了污水处理自动化控制,将 A/A/O 工艺、膜生物反应器工艺、人工湿地

系统和人造景观进行有机耦合,通过节能调控实现系统的自动节能调控,实现了中水回用、节能和美观的统一,具有占地面积小、工艺设备集中、出水水质优良等优点,可有效提高小区污水处理效果、提高中水资源回用能力。

### 附图说明

[0010] 图 1 是本发明景观节能型小区污水处理及中水回用耦合系统的结构原理示意图。

[0011] 图中:1、碳源贮存池,2、常态调节池,3、水质检测仪,4、潜污泵,5、水质检测仪,6、第一回流泵,7、厌氧池,8、第二回流泵,9、排泥泵,10、MBR 反应器,11、水质检测仪,12、缺氧池,13、排泥泵,14、好氧池,15、水泵,16、配水池,17、跌水第一区,18、跌水第二区,19、跌水第三区,20、消毒池,21、PLC 控制器,22、清水池,23、曝气装置,24、计量泵。

### 具体实施方式

[0012] 如图 1 所示,本发明的景观节能型小区污水处理及中水回用耦合系统,主要包括 PLC 控制器 21 和由前至后依次连接的调节池、膜生物处理系统、配水池、跌水人工湿地系统、消毒池 20 和清水池 22。调节池与膜生物处理系统之间的连接管路上设置潜污泵 4,膜生物处理系统与配水池 16 的连接管路上设置水泵 15,潜污泵 4 和水泵 15 均与 PLC 控制器 21 连接。

[0013] (1) 通过调节池进行水质水量调节

[0014] 调节池内设置独立的碳源贮存池 1 和常态调节池 2,调节池的进水处设有水质检测仪 3,常态调节池 2 的出水处设有水质检测仪 5,碳源贮存池 1 内设置有与常态调节池 2 连接的计量泵 24,水质检测仪 3、水质检测仪 5 和计量泵 24 均与 PLC 控制器 21 连接,PLC 控制器 21 根据检测的水质情况控制计量泵 24 的启动与关闭。小区的生活污水和生活废水由小区管网收集后,进入调节池,一般情况下,小区排水经管网流入常态调节池 2。当水质检测仪 3 检测到进水有机物含量处于高峰浓度(COD 浓度大于 900mg/L)时,使废水进入到碳源贮存池 1。

[0015] (2) 在调节池后建立膜生物处理系统

[0016] 该膜生物处理系统采用串联的厌氧池 7、缺氧池 12 和好氧池 14 三个处理反应工段,缺氧池 12 和好氧池 14 内分别设置有排泥泵 9 和排泥泵 13,在好氧池 14 内设置 MBR 反应器(膜生物反应器) 10,在 MBR 反应器 10 内设置水质检测仪 11,好氧池 14 的底部设置曝气装置 23。MBR 反应器 10 内的膜组件采用 PVC 或 PE 等塑料中空纤维膜组件。经调节池酸化处理的污水首先通过潜污泵 4 抽送进入厌氧池 7。在厌氧池 7,流入的污水以及由缺氧池 12 回流的污水混合液进行以微生物释磷为主的反应,污水停留时间为 1.5-2.0 小时;随后进入缺氧池 12 和由好氧池 14 回流的污水混合,进行脱氮反应,停留时间为 2.0-2.5 小时;最后进入好氧段 14,经由 MBR 反应器 10 进一步去除 BOD,由于此阶段产生少量的剩余污泥,且剩余污泥已腐化,有机肥分含量高,可由 PLC 控制器 21 根据好氧池 14 内 MLSS 含量检测数据,启动间歇排泥泵 13,排入人工湿地做肥料,解决了系统剩余污泥问题。此过程存在两套内回流管路:①第一套内回流管路,即好氧池 14 到缺氧池 12 的内回流管路,该管路上设置第一回流泵 6,第一回流泵 6 与 PLC 控制器 21 连接。这样做是为了把好氧池 14 硝化作用产生的硝态氮和一部分 BOD 回流至缺氧池 12,满足缺氧池 12 缺氧环境及进行反硝化脱

氮反应。通过水质检测仪 5 检测膜生物处理系统的进水水质总氮含量,通过水质检测仪 11 检测膜生物处理系统出水水质总氮含量,并通过 PLC 控制器 21 实时监测脱氮效率,当进出水脱氮效率降低至 60-70% 时,将第一套内回流管路的回流比控制在 300-400%,以通过加大回流比,提高脱氮效率的目的;当进出水脱氮效率在 70-80% 之间时,将第一套内回流的回流比控制至 200-300%;当进出水脱氮效率在 80% 以上时,将第一套内回流的回流比控制在 150-200%;通过 PLC 控制器 21 对第一套内回流实时调控,可以达到即满足较高的脱氮效率又达到节省能耗的目的。②第二套内回流管路,即缺氧池 12 到厌氧池 7 的内回流管路,该管路上设置第二回流泵 8,第二回流泵 8 与 PLC 控制器 21 连接。不直接从好氧池 14 回流至厌氧池 7 的目的是为了保证维持厌氧池 7 内微生物浓度的前提下,减少厌氧池 7 内污水硝酸盐浓度,从而增加了除磷能量,该回流管路的回流比是通过 PLC 控制器 21 自动控制:当厌氧池中硝态氮浓度  $> 4\text{mg/L}$  时,控制回流比为 100-130%;硝态氮浓度在  $2-4\text{mg/L}$  时,控制回流比为 130-170%;硝态氮浓度  $< 2\text{mg/L}$  时,控制回流比为 170-200%。此外,PLC 控制器 21 还可以完成对膜生物系统的碳源自动补给,PLC 控制器 21 通过实时监测缺氧池 7 进水的 BOD、TN (总氮) 及 TP (总磷),当进水 BOD/TN 低于 4 或 BOD/TP 低于 17 时,启动碳源贮存池 1 内的计量泵 24,将碳源贮存池 1 内污水泵入常态调节池 2,并根据 PLC 控制器 21 监测调节池的 BOD、TN 及 TP 反馈数据,提高常态调节池 2 内 BOD 浓度,当常态调节池 2 内 BOD/TN 大于 8 且 BOD/TP 大于 22 时,计量泵 24 自行关闭。MBR 反应器 10 的出水经水泵 15 泵入配水池 16。

[0017] (3) MBR 反应器 10 的出水进入跌水人工湿地系统前端的增氧型配水池 16,此配水池 16 的池体常水位深度  $2/3$  处设孔径为  $1\text{cm}$  的尼龙平面格网,格网下放置 PVC 塑料多孔球形填料,填料填充率为 50%,形成简易的生物膜系统,利用生物膜系统的较长食物链,进一步净化膜生物反应系统难以净化的有机物。在格网上部安装喷泉装置,利用格网上部的清水形成喷泉。人工喷泉可以提高小区的景观品质,还可以利用水气交换,增加溶解氧,满足填料生物膜生物降解的需要,同时也有利于人工湿地系统根系及土壤好氧微生物更好地发挥生物净化作用。

[0018] (4) 配水池 16 的出水通过跌水进入跌水人工湿地系统。该湿地系统在水流方向上分为三格,分别为跌水第一区 17、跌水第二区 18 和跌水第三区 19,从进水至出水整个人工湿地呈阶梯分布,高度依次降低,前后跌水区高度差为  $10-30\text{cm}$ ,前后跌水区形成跌水,既增加水体中的溶解氧含量,又可以形成小瀑布景观。跌水系统提高了湿地进水的溶解氧含量,利于各区湿地进水端系统好氧微生物的增长,增加湿地系统的微生物量。为了更好的发挥人工湿地对氮、磷、COD 的去除,跌水第一区 17 内自上至下依次设置土壤、粗砂、塑料多孔填料和粗砂四层填料,各层填料的厚度比为  $1:1:2-3:1$ ,利用多孔塑料填料的截留作用对进水中大有机颗粒物进行初步截留,截留有机物在此区逐步水解成小分子有机物,同时上部的植物根系吸收水体中溶解态无机氮及磷。跌水第二区 18 内自上至下依次设置土壤、粗砂、陶粒、粗砂四层填料,各层填料的厚度比为  $1:1:2-3:1$ ,陶粒比表面积大、微孔多、截污能力强,利用其截留能力及表面形成生物膜系统,去除跌水第一区 17 出水中的小分子有机物及溶解态有机物,同时上部的植物根系吸收水体中溶解态无机氮及磷。跌水第三区 19 内自上至下依次设置土壤、粗砂、活性炭和粗砂四层填料,各层填料的厚度比为  $1:1:2-3:1$ ,活性炭比表面积更大,孔隙率更高,利用该特性可以将前两区未去除进水中的生物膜残渣及胞外

分泌物等溶解性有机物吸附,并进一步降解掉。

[0019] (5)跌水人工湿地系统出水进入消毒池 20 消毒后再排入清水池 22 中,采用氯气消毒,清水池 22 中的水一方面形成小型的景观池塘,另一方面用于建筑中便器的冲洗、绿化浇洒以及消防等用水水源。

[0020] 本发明出水水质满足 GB/T18920-2002《城市污水再生利用城市杂用水水质》和《城市景观用水水质标准》要求。可以用于景观、绿化、消防、冲厕等用水水源。



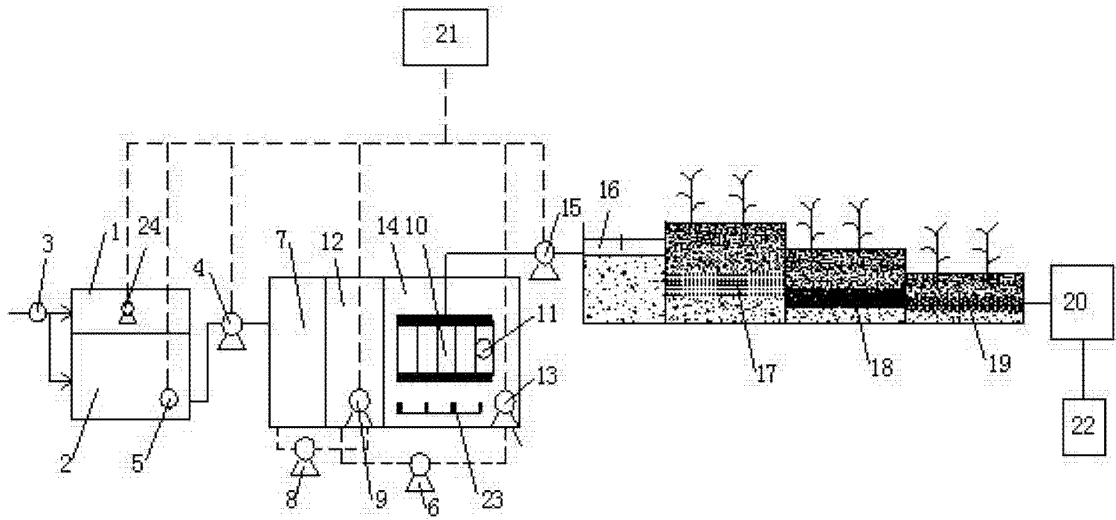


图 1