



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104326555 A

(43) 申请公布日 2015. 02. 04

(21) 申请号 201410616917. 4

(22) 申请日 2014. 11. 06

(71) 申请人 东北大学

地址 110819 辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

(72) 发明人 姜彬慧 胡筱敏 贾丽萍 赵鑫 王一迪 陈江伟

(74) 专利代理机构 沈阳东大知识产权代理有限公司 21109

代理人 梁焱

(51) Int. Cl.

C02F 3/12 (2006. 01)

C02F 3/30 (2006. 01)

C02F 3/32 (2006. 01)

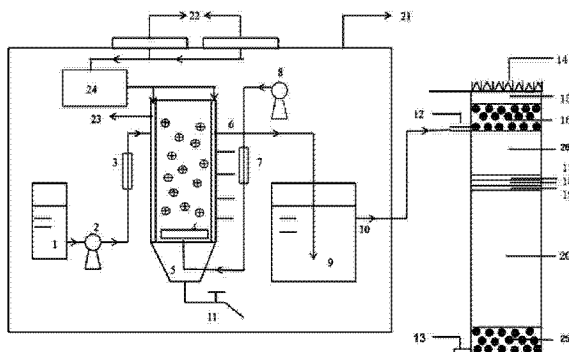
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种北方农村生活污水复合处理系统及方法

(57) 摘要

一种北方农村生活污水复合处理系统及方法,系统包括进水箱、生物移动床、调节池和地下渗滤系统;进水箱通过进水泵与生物移动床连通,生物移动床连接的出水管插入调节池底部,调节池与地下渗滤系统的进水口连通;进水箱、生物移动床和调节池设置在保温大棚内。方法为:(1)生物移动床内完成挂膜;(2)通入北方农村生活污水,通过气泵向生物移动床中的曝气头通空气,面源污水经过处理后通入到调节池;(3)调节池顶部的上层清水通入地下渗滤系统。本发明操作简单,整体占地面积小,投资少,对氨氮和总磷的处理率达 100%,COD 去除率达 95% 以上,便于日常维护和管理,应用前景广阔。



1. 一种北方农村生活污水复合处理系统,其特征在於该系统包括进水箱、生物移动床、调节池和地下渗滤系统;进水箱通过进水泵与生物移动床的进水口连通,生物移动床的出水口连接一个出水管,出水管插入调节池底部,调节池的出水口与地下渗滤系统的进水口连通;进水箱、生物移动床和调节池设置在保温大棚内;生物移动床内的曝气头通过管道与空气泵连接,曝气头下方的生物移动床底口连接排泥管。

2. 根据权利要求 1 所述的一种北方农村生活污水复合处理系统,其特征在於所述的保温大棚采用铝合金玻璃保温大棚或采用聚氯乙烯无滴膜保温大棚;保温大棚内设置有太阳能热水器。

3. 根据权利要求 1 所述的一种北方农村生活污水复合处理系统,其特征在於所述的地下渗滤系统采用砾石布水和出水,布水砾石层的上方和下方均为草炭土,布水砾石层上方的草炭土顶部种植日本结缕草;布水砾石层下方的草炭土底部依次为炉渣层、铁尾矿层、沸石层和混合基质,混合基质底部为出水砾石层;其中混合基质为草炭土、炉渣、铁尾矿和沸石按体积比 20:1:1:1 混合而成;炉渣、铁尾矿和沸石的粒径分别在  $0\sim 1\text{mm}$ 、 $1\sim 2\text{mm}$  和  $1\sim 2\text{mm}$ 。

4. 根据权利要求 3 所述的一种北方农村生活污水复合处理系统,其特征在於所述的地下渗滤系统的布水砾石层、上层草炭土、下层草炭土、炉渣层、铁尾矿层、沸石层、混合基质和出水砾石层的高度比例为  $1:(0.3\sim 0.5):(2\sim 4):(0.1\sim 0.3):(0.1\sim 0.3):(0.1\sim 0.3):(4\sim 6):1$ 。

5. 一种北方农村生活污水复合处理方法,其特征在於采用权利要求 1 所述的系统,按以下步骤进行:

(1) 向生物移动床内填入聚乙烯塑料填料、活性污泥和北方农村生活污水作为挂膜原料,聚乙烯塑料填料的填充比例按体积比为  $30\sim 45\%$ ,活性污泥的在北方农村生活污水中的浓度为  $4000\sim 6000\text{mg/L}$ ,采用排泥挂膜法培养出附着在填料上的微生物,排出活性污泥,完成挂膜;

(2) 将北方农村生活污水通入到完成挂膜的生物移动床中,通过气泵向生物移动床中的曝气头通空气,面源污水经过生物移动床的处理后,停止通入空气,产生的上层处理水通入到沉淀池中;其中北方农村生活污水每天通入量为通入挂膜原料体积的  $25\sim 50$  倍,分  $4\sim 8$  次通入;空气通入量为每立方米北方农村生活污水通入  $800\sim 900\text{ml/min}$ ;

(3) 将沉淀池顶部形成的上层清水通入到填充改性基质的地下渗滤系统中;通入量按每天平均分为  $8\sim 10$  次。

6. 根据权利要求 5 所述的一种北方农村生活污水复合处理方法,其特征在於当气温低于  $15^{\circ}\text{C}$  时,通过保温大棚内设置有太阳能热水器控制生物移动床及调节池的温度在  $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。

7. 根据权利要求 5 所述的一种北方农村生活污水复合处理方法,其特征在於所述的北方农村生活污水的氨氮含量为  $30\sim 50\text{mg/L}$ ,磷含量为  $5\sim 13\text{mg/L}$ ,COD 含量为  $350\sim 450\text{mg/L}$ 。

8. 根据权利要求 5 所述的一种北方农村生活污水复合处理方法,其特征在於所述的上层清水的氨氮含量为  $4\sim 17\text{mg/L}$ ,总氮含量为  $10\sim 24\text{mg/L}$ ,磷含量为  $1\sim 5\text{mg/L}$ ,COD 含量为  $20\sim 80\text{mg/L}$ 。

9. 根据权利要求 5 所述的一种北方农村生活污水复合处理方法,其特征在於地下渗滤系统出水口内水的氨氮含量为 0,总氮含量为  $8\sim 14\text{mg/L}$ ,磷含量为 0,COD 含量为  $35\sim 50\text{mg/L}$ 。

L。

## 一种北方农村生活污水复合处理系统及方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于环境保护技术领域,特别涉及一种北方农村生活污水复合处理系统及方法。

### 背景技术

[0002] 我国目前有 60 多万个行政村、250 多万个自然村,居住 2 亿多农户,近 8 亿人,所产生的污水亟待合理处理。农村生活污水主要包括 2 个方面:厨具炊事用水、淋浴、洗涤用水和冲厕所用水,主要含有有机物、氮和磷以及细菌、病毒、寄生虫等;农村居民的养殖及畜禽养殖产生的粪便、废水,主要含有氮、磷以及 BOD<sub>5</sub>、COD、悬浮物等污染物;由于人口居住比较分散,农村生活污水不便集中收集处理,加上各地财政收入有限,无力建设生活污水排水管网处理系统以及污水集中处理设施,使得农村生活污水未经处理就直接排放到河流、湖泊中去,不仅引起河流和湖泊水质的下降,同时也污染了土壤和地下水,严重影响农村地区的生态环境,并对人民的生活质量和身体健康构成了危害。

[0003] 我国对分散污水的治理从上世纪末才开始被认识并逐渐得到重视;近年,国内在分散性生活污水治理的技术研究及应用示范方面取得了较快的发展,农村生活污水一般分布较为分散、偏远、水量日/时变化系数较大,而集中铺设管网基建费用过高,且易造成二次污染,需对二次污染物进一步处理或处置;就地分散式处理模式能做到因地制宜地将污水资源化利用,有利于物质的自然循环,同时兼有美化环境的作用。目前,农村面源污染治理中必须遵守以下 4 个原则:总量削减与过程控制相结合;污染治理与养分再利用结合;技术研究与工程应用结合;污染物管理与生态文明建设结合;常用的工艺技术有地理式有/无动力厌氧处理技术、快速渗滤处理系统、净化槽技术、净化沼气池技术、蚯蚓生态滤池、高效藻类塘、膜生物反应器工艺、人工湿地(包括地表水、潜流、垂直流)技术、一体化处理装置和污水地下渗滤系统。

[0004] 生物移动床处理的工艺过程是将密度接近水的悬浮填料直接投加到反应器中,作为微生物生长附着的载体,在一定条件下进行挂膜,使填料上附着大量微生物,然后向反应器内连续通入污水和空气,并创造良好的混合接触条件,栖息在填料表面上的微生物不断摄取水中氧和有机物,从而达到净化污水的目的;生物移动床的生物膜活性高,有机物去除效率高,有较强的脱氮除磷功能,较少的剩余污泥产量;并且该工艺滤料不会阻塞,无需定期的反冲洗,无需污泥回流,操作简单。

[0005] 地下渗滤系统的工艺过程是当生活污水通过地下渗滤装置时,土壤颗粒截留废水中的悬浮物质,使微生物很快繁殖起来,这些微生物又进一步吸附水中的悬浮物质、胶体和溶解状态的物质,逐渐形成生物膜。对于不同的废水、气候情况和土层深度,生物膜上的微生物数量和种类也不同,生物膜具有很大的表面积,能够大量吸附废水中的有机物,在有机物被微生物降解的同时,土壤颗粒表面的生物膜由于新陈代谢而不断更新,因此能长期保持对污染物质的去除作用。

[0006] 目前现有的北方农村地区污水的处理由于气候和设备的原因,还没有形成高效、

环保的处理方法。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种北方农村生活污水复合处理系统及方法,通过将生物移动床与地下渗滤系统进行有机组合,并设置保温装置,在北方冬季较为寒冷的条件下提高农村面源污水的处理效率,防止系统运行故障,增强系统应用的普适性。

[0008] 本发明的北方农村生活污水复合处理系统包括进水箱、生物移动床、调节池和地下渗滤系统;进水箱通过进水泵与生物移动床的进水口连通,生物移动床的出水口连接一个出水管,出水管插入调节池底部,调节池的出水口与地下渗滤系统的进水口连通;进水箱、生物移动床和调节池设置在保温大棚内;生物移动床内的曝气头通过管道与空气泵连接,曝气头下方的生物移动床底口连接排泥管。

[0009] 上述装置中,保温大棚采用铝合金玻璃保温大棚或采用聚氯乙烯无滴膜保温大棚;保温大棚内设置有太阳能热水器。

[0010] 上述装置中,地下渗滤系统采用砾石布水和出水,布水砾石层的上方和下方均为草炭土,布水砾石层上方的草炭土顶部种植日本结缕草;布水砾石层下方的草炭土底部依次为炉渣层、铁尾矿层,沸石层和混合基质,混合基质底部为出水砾石层;其中混合基质为草炭土、炉渣、铁尾矿和沸石按体积比 20:1:1:1 混合而成;炉渣、铁尾矿和沸石的粒径分别在 0~1mm、1~2mm 和 1~2mm。

[0011] 上述装置中,布水砾石层、上层草炭土、下层草炭土、炉渣层、铁尾矿层、沸石层、混合基质和出水砾石层的高度比例为 1:(0.3~0.5):(2~4):(0.1~0.3):(0.1~0.3):(0.1~0.3):(4~6):1。

[0012] 本发明的北方农村生活污水复合处理方法是采用上述系统,按以下步骤进行:

1、向生物移动床内填入聚乙烯塑料填料、活性污泥和北方农村生活污水作为挂膜原料,聚乙烯塑料填料的填充比例按体积比为 30~45%,在北方农村生活污水中添加的活性污泥浓度为 4000~6000mg/L,采用排泥挂膜法培养出附着在填料上的微生物,完成挂膜后排出活性污泥;

2、将北方农村生活污水通入到完成挂膜的生物移动床中,然后通过气泵向生物移动床中的曝气头通空气,北方农村生活污水经过生物移动床的处理后,停止通入空气,产生的上层处理水通入到调节池中;其中北方农村生活污水每天通入量为通入挂膜原料体积的 25~50 倍,分 4~8 次通入;空气通入量为每立方米北方农村生活污水通入 800~900ml/min;

3、将调节池顶部形成的上层清水通入到填充改性基质的地下渗滤系统中;通入量按每天平均分为 8~10 次。

[0013] 上述方法中,当气温低于 15℃时,通过保温大棚内设置有太阳能热水器控制生物移动床及调节池的污水温度在 15~20℃。

[0014] 上述的北方农村生活污水的氨氮含量为 30~50mg/L,总氮含量为 30~50mg/L,磷含量为 5~13mg/L,COD 含量为 350~450mg/L。

[0015] 上述方法中,生物移动床内形成的下层污泥通过生物移动床底部的排泥管排出。

[0016] 上述的聚乙烯塑料填料为短管型填料。

[0017] 上述方法中,调节池中上层清水的氨氮含量为 4~17mg/L,总氮含量为 10~24mg/L,

磷含量为 1~5mg/L, COD 含量为 20~80mg/L。

[0018] 上述方法中, 地下渗滤系统出水口出水的氨氮含量为 0, 总氮含量为 8~14mg/L, 磷含量为 0, COD 含量为 35~50mg/L。

[0019] 本发明的技术采用的生物移动床工艺也称移动床生物膜反应器(Moving Bed Biofilm Reactor, 简称 MBBR), 由挪威 AnoxKaldes 公司发明(Alma Mašić<sup>1</sup>, Jessica Bengtsson, Magnus Christensson. Measuring and modeling the oxygen profile in a nitrifying Moving Bed Biofilm Reactor[J]. Mathematical Biosciences, 2010 (227): 1-11), 是目前国际上开始兴起的新型废(污)水生化处理技术, 属于生物膜法的范畴; 自 1989 年第一套生物移动床工艺装置建成以来, 已在多个国家建成市政和工业废(污)水处理设施, 取得了良好的效果。本发明采用的污水地下渗滤系统(Subsurface Wastewater Infiltration System, SWIS)是基于生态学原理, 集成厌氧、好氧处理工艺而形成的一种生态法处理技术(张克强, 李军幸, 张洪生, 等. 农村生活污水处理技术及工程模式探讨[C]// 全国农业面源污染与综合防治学术研讨会论文集, 2004: 223-225)。

[0020] 本发明的优点与效果是:

1、生物移动床较少剩余污泥产量, 填料不会阻塞, 无需污泥回流和反冲洗, 操作简单, 整体占地面积小, 便于日常维护和管理;

2、地下渗滤系统以草炭土和砾石为主要的填充物质, 管理简单、投资少、反应系统位于地下不破坏景观, 顶部植被利于绿化、没有臭味;

3、对污染物的去除率高, 处理后的出水污染物含量低, 有较大的处理效率和较高处理负荷;

4、有效的针对了北方寒冷冬季的现象进行保温, 使用于北方农村生活污水处理的复合工艺能够在冬季良好的运行;

5、预防了地下渗滤系统堵塞的问题, 使地下渗滤系统能够更长时间更高效的运行, 保证整体复合工艺的较大去除效率, 同时也节约的成本。

## 附图说明

[0021] 图 1 为本发明的北方农村生活污水复合处理系统结构示意图; 图中, 1、进水箱, 2、进水泵, 3、液体流量计, 4、曝气头, 5、污泥沉淀区, 6、生物移动床出水口, 7、气体流量计, 8、空气泵, 9、调节池, 10、调节池出水口, 11、排泥管, 12、地下渗滤系统进水口, 13、地下渗滤系统出水口, 14、日本结缕草, 15、上层草炭土, 16、布水砾石层, 17、炉渣层, 18、铁尾矿层, 19、沸石层, 20、混合基质, 21、保温大棚, 22、太阳能板, 23、保温层, 24、恒温水浴锅, 25、出水砾石层, 26、下层草炭土。

## 具体实施方式

[0022] 本发明实施例中采用的生物移动床反应器为高 450mm, 内层外径 150mm, 内径 140mm, 外层外径 200mm, 内径 190mm。反应器为有机玻璃材质, 有效容积为 5L, 到达有效容积时液面高 325mm。

[0023] 本发明实施例中选用的聚乙烯塑料填料为短管型填料, 直径为 10mm, 厚度为 0.7mm, 长度为 10mm, 孔隙率为 84%, 密度为 0.96~0.99%, 内比表面积和总比表面积分别为

614 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> 和 1100 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>。

[0024] 本发明实施例中保温大棚采用铝合金玻璃保温大棚或采用聚氯乙烯无滴膜保温大棚。

[0025] 本发明实施例中保温大棚外设置有太阳能板,太阳能板日发电 2 度,保温大棚内设置蓄电池电瓶,一端与太阳能板连接接收光能,另一端与电源插板连接,由电源插板输出的插头与进水泵(夏季)或恒温水浴锅连接(冬季),将 25 度热水输入生物移动床的保温层。

[0026] 本发明实施例中采用泵进水重力出水方式,自动开泵进水,时控器连接电磁阀控制出水时间及出水量。

[0027] 本发明实施例中控制进水有机负荷、干湿交替运行以及系统的改进等因素来预防地下渗滤系统防堵塞;其中进水有机负荷控制在 100mg/L 以下;启动期间干湿比为 3:1,稳定期间干湿比为 1:1,控制进水次数。

[0028] 本发明实施例中的铁尾矿产于河北柏泵,通过磁选选出,品位为 6,实验验证对微生物无放射作用;原矿的化学元素及含量百分比如下:12.51%TFe,7.29wt%FeO,40.23 wt %SiO<sub>2</sub>,11.98 wt %Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,8.88 wt %CaO,5.43 wt %MgO,2.29 wt %TiO<sub>2</sub>,1.25 wt %P,0.5% wt S。

[0029] 本发明实施例中的活性污泥为污水处理厂采用好氧生物工艺生产过程中形成的污泥,经沉淀后倒掉上清液,剩余底部污泥作为活性污泥。

[0030] 实施例 1

北方农村生活污水复合处理系统结构如图 1 所示,包括进水箱 1、生物移动床、调节池 9 和地下渗滤系统;进水箱 1 通过进水泵 2 与生物移动床的进水口连通,生物移动床的出水口 6 连接一个出水管,出水管插入调节池 9 底部,调节池出水口 10 与地下渗滤系统的进水口 12 连通;进水箱 1、生物移动床和调节池 9 设置在保温大棚 21 内;生物移动床内的曝气头 4 通过管道与空气泵 8 连接,曝气头 4 下方的生物移动床底口连接排泥管 11;

保温大棚上层覆盖双层草苫以及正面设置挡风草帘;保温大棚内设置有太阳能热水器;

生物移动床的曝气头 4 下方作为污泥沉淀区 5,曝气头 4 与空气泵 8 连接的管道上设有气体流量计 7;

生物移动床床体的外壁上设有保温层 23;保温层 23 的进水口和出水口分别与恒温水浴锅 24 的出水口和进水口连通,恒温水浴锅 24 的加热装置与太阳能板 22 装配在一起,恒温水浴锅 24 和太阳能板 22 构成太阳能热水器;

地下渗滤系统采用砾石布水和出水,布水砾石层 16 的上方和下方均为草炭土,布水砾石层 16 上方的上层草炭土 15 顶部种植日本结缕草 14;布水砾石层 16 下方的下层草炭土 26 底部依次为炉渣层 17、铁尾矿层 18,沸石层 19 和混合基质 20,混合基质 20 底部为出水砾石层 25;其中混合基质为草炭土、炉渣、铁尾矿和沸石按体积比 20:1:1:1 混合均匀而成;炉渣、铁尾矿和沸石的粒径分别在 0~1mm、1~2mm 和 1~2mm;

布水砾石层、上层草炭土、下层草炭土、炉渣层、铁尾矿层、沸石层、混合基质和出水砾石层的高度比例为 1:0.4: 3:0.2: 0.2: 0.2 :5:1;

北方农村生活污水复合处理方法是采用上述装置,按以下步骤进行:

向生物移动床内填入聚乙烯塑料填料、活性污泥和北方农村生活污水作为挂膜原料,

聚乙烯塑料填料的填充比例按体积比为 40%，活性污泥的在北方农村生活污水中的浓度为 5000mg/L，采用排泥挂膜法培养出附着在填料上的微生物，完成挂膜；

将北方农村生活污水通入到完成挂膜的生物移动床中，通过气泵向生物移动床中的曝气头通空气，面源污水经过生物移动床的处理后，停止通入空气，产生的上层处理水通入到沉淀池中；其中北方农村生活污水每天通入量为通入挂膜原料体积的 50 倍，分 8 次通入；空气通入量为每立方米北方农村生活污水通入 900ml/min；

将调节池顶部形成的上层清水通入到填充改性基质的地下渗滤系统中；通入量按每天平均分为 8 次；

当气温低于 15℃时，通过保温大棚内设置有太阳能热水器控制生物移动床及调节池的温度在 15~20℃；

生物移动床内形成的下层污泥通过生物移动床底部的排泥管排出；

北方农村生活污水的氨氮含量为 30~50mg/L，磷含量为 5~13mg/L，COD 含量为 350~450mg/L，悬浮物含量极少；

上层清水的氨氮含量为 4~17mg/L，总氮含量为 10~24mg/L，磷含量为 1~5mg/L，COD 含量为 20~80mg/L；

地下渗滤系统出水口内水的氨氮含量为 0，总氮含量为 8~14mg/L，磷含量为 0，COD 含量为 35~50mg/L；

运行 30 天氨氮去除率在 95% 以上，TN 的去除率在 30~68%，COD 的去除率在 92% 以上。

#### [0031] 实施例 2

北方农村生活污水复合处理系统结构同实施例 1；不同点在于：布水砾石层、上层草炭土、下层草炭土、炉渣层、铁尾矿层、沸石层、混合基质和出水砾石层的高度比例为 1:0.3:2:0.1:0.1:0.1:4:1；

北方农村生活污水复合处理方法同实施例 1；不同点在于：聚乙烯塑料填料的填充比例按体积比为 30%，活性污泥的在北方农村生活污水中的浓度为 4000mg/L，其中北方农村生活污水每天通入量为通入挂膜原料体积的 40 倍，分 6 次通入；空气通入量为每立方米北方农村生活污水通入 850ml/min；

将调节池顶部形成的上层清水通入到填充改性基质的地下渗滤系统中；通入量按每天平均分为 9 次；

运行 60 天氨氮和总磷完全去除，TN 的去除率在 40~72%，COD 的去除率在 95% 以上。

#### [0032] 实施例 3

北方农村生活污水复合处理系统结构同实施例 1；不同点在于：布水砾石层、上层草炭土、下层草炭土、炉渣层、铁尾矿层、沸石层、混合基质和出水砾石层的高度比例为 1:0.5:4:0.3:0.3:0.3:6:1；

北方农村生活污水复合处理方法同实施例 1；不同点在于：聚乙烯塑料填料的填充比例按体积比为 45%，活性污泥的在北方农村生活污水中的浓度为 6000mg/L，其中北方农村生活污水每天通入量为通入挂膜原料体积的 25 倍，分 4 次通入；空气通入量为每立方米北方农村生活污水通入 800ml/min；

将调节池顶部形成的上层清水通入到填充改性基质的地下渗滤系统中；通入量按每天平均分为 10 次；



运行 90 天氨氮和总磷完全去除, TN 的去除率在 42~73%, COD 的去除率在 97% 以上。

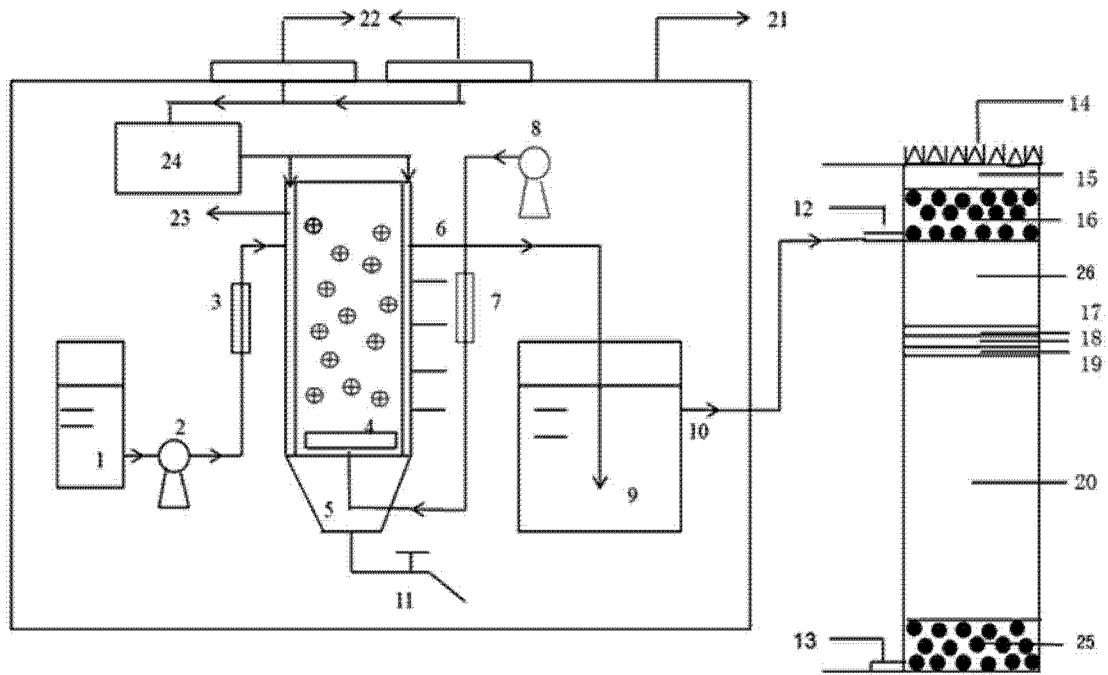


图 1