



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112047576 A

(43) 申请公布日 2020.12.08

(21) 申请号 202010945961.5

(22) 申请日 2020.09.10

(71) 申请人 河海大学

地址 211100 江苏省南京市江宁区佛城西路8号

(72) 发明人 赵子龙 邵孝候 毛欣宇 陈丽娜

(74) 专利代理机构 南京经纬专利商标代理有限公司 32200

代理人 曹翠珍

(51) Int.Cl.

C02F 9/14 (2006.01)

C02F 103/20 (2006.01)

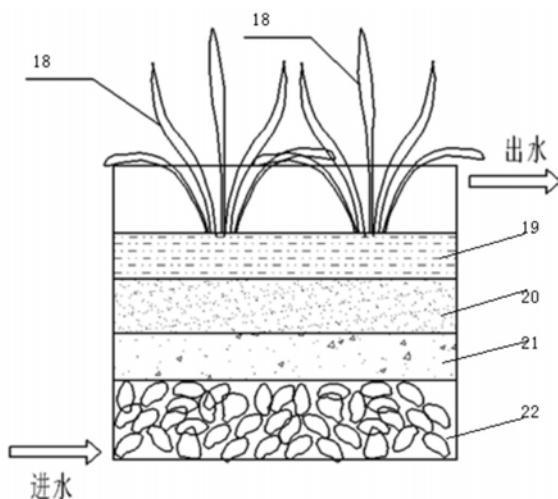
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种用于去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置及其运行工艺

(57) 摘要

本发明提供了一种用于去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置及其运行工艺，该装置包括依次连接的进水部分、铁炭预处理池、生化处理池、二级沉淀池、人工湿地。主要通过干湿分离-格栅拦截-铁炭微电解预处理-微生物菌剂强化生物处理-Fenton氧化工艺-二次沉淀-人工湿地对畜禽养殖场动物粪液和尿液进行处理，有效地去除污水中的抗性基因和脱氮除磷，降低畜禽养殖场日常的污染物排放对周围环境的危害，特别是对水体环境的影响。



1. 一种用于去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置，其特征在于，包括依次连接的进水部分、铁炭预处理池、生化处理池、二级沉淀池、人工湿地；

其中，进水部分包括固液分离机，尿液收集管道，进水管道。进水管道连接至铁炭预处理池；

铁炭预处理池包括拦污格栅、铁炭填料，曝气设备，排污口，其中排污口设置在铁炭预处理池的底部，铁炭填料填充在铁炭预处理池内，曝气设备设置在铁炭预处理池的顶部；

人工湿地包括基质(16)，在基质上种植湿地植物，上部侧壁设置出水管道(17)。

2. 根据权利要求1所述的用于去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置，其特征在于，生化处理池包括并排设置的厌氧反应室和好氧反应室，所述的厌氧反应室(9)的顶部设置微生物菌剂投加系统(10)，所述的好氧反应室(12)的底部设置曝气系统(13)。

3. 根据权利要求1所述的用于去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置，其特征在于，二级沉淀池的顶部设置H₂O₂投加系统(14)，底部连接污泥流泵(15)，回流泵连的输出管道接至到厌氧反应室(9)，二次沉淀池中的污泥通过回流泵回流到厌氧反应室中。

4. 根据权利要求1所述的用于去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置，其特征在于，所述的铁炭填料为铁屑及生物炭按质量比为4~5:1的混合物；所述的微生物菌剂由枯草芽孢杆菌、EM菌种、葡萄糖、氯化钠、蛋白胨、碳酸钙、磷酸二氢钾配合而成，每1L水含枯草芽孢杆菌种10g，EM菌种10g，葡萄糖10g，氯化钠0.5g，蛋白胨1.0g、碳酸钙3g、磷酸二氢钾0.5g。

5. 基于权利要求1所述的用于去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置的运行工艺，其特征在于，步骤如下：

(1) 在进水部分，通过固液分离机(1)将收集到的粪液与来自尿液收集管道(2)的废水汇集到进水管道(3)中，流入铁炭预处理池中；

(2) 在铁炭预处理池中，进水首先流经拦污格栅(4)，将污水中的残渣以及大的悬浮物截留下来，然后从铁炭预处理池的底部向上流入，随着水位的上升流经铁炭填料，通过曝气设备(7)的曝气和铁炭填料(5)的铁炭微电解作用，分解有机物，降低COD，污水在铁炭预处理池中的流向为从下向上，从前到后，随后从高水位出水进入到生化反应池中；

(3) 在生化反应池中，水流首先进入到厌氧反应池中，通过微生物菌剂投加系统(10)添加微生物菌剂，加强生物处理效果，进一步去除污水中大分子有机物；经过厌氧室反应后的污水进入到好氧反应室(12)，通过底部曝气系统(13)的曝气加快微生物硝化作用，去除氨氮；好氧反应室的污水从高水位出水后进入到二次沉淀池中；

(4) 在二次沉淀池中，通过添加H₂O₂和太阳光照射发生Fenton反应，产生具有高度氧化性的自由基，氧化杀灭细菌，去除污水中的抗性基因；同时二次沉淀池中的污泥通过回流泵回流到厌氧反应室(9)中，利用厌氧菌的反硝化作用，去除硝化作用产生的硝氮；最后二次沉淀池中的上层清液从上部进入到垂直潜流人工湿地中；

(5) 在人工湿地中，经过基质吸附、湿地植物吸收，进一步净化水质，去除游离在水体中的抗性基因。

6. 根据权利要求5所述的用于去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置的运行工艺，其特征在于，人工湿地的基质由下到上分别为鹅卵石层、中砾石层、细砾石层、砂石层，湿地植物为芦苇和香蒲。

7.根据权利要求5所述的用于去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置的运行工艺,其特征在于,进水管道中的污水流量根据下式确定:

$$Q=V/(t \cdot T)$$

其中,V为每天要处理的污水量/ m^3 ,t为每天处理时间/h,T为水力停留时间/h,且T=40min~1h。

8.根据权利要求5所述的用于去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置的运行工艺,其特征在于,所述厌氧反应室(9)与好氧反应室(12)之间的隔墙上的阀门在没有处理污水时关闭,保持厌氧室缺氧条件。

一种用于去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置 及其运行工艺

技术领域

[0001] 本发明属于水处理环境技术领域,更具体涉及一种去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置及其运行工艺。

背景技术

[0002] 出于防治病菌及促进动物发育的需要,一般会在饲料中添加抗生素,未被生物代谢残留在生物体内的抗生素会不断地积累,随生物排泄出的抗生素以及未被生物利用的饵料中的抗生素会随着尿液和粪便被排出。这些排泄物如果不经过妥善处理而排放到环境中去,会导致环境中微生物对抗生素产生耐药性,抗性基因通过多种水平转移机制,包括结合、转导、和自然转化等,从而在生态环境,特别是在水环境中传播,这将对公共安全和食品健康构成威胁。

[0003] 随着我国畜牧业集约化、规模化、工厂化的发展,每天所产生粪便和尿液的规模都是相当惊人,但是发展存在着区域性差异和个体差异,一部分的养殖场缺乏完善的污水处理工艺和设施,管理落后、效率低下,出水水质无法满足基本要求。这与人员意识、经济投入、技术水平都有关系。现行的部分养殖场处理废水的方法主要通过传统工艺处理污水,这些工艺措施并不能有效地控制抗性基因的传播反而有加剧抗性基因在环境中的扩散、传播的风险。根据养殖场污水的特点,处理工艺需要保持去除废水中高浓度COD和氮、磷污染物的同时还需要采用灭菌的方式保证出水中抗性基因的去除效果,整套工艺必须实现安全性、简单性、可操作性和经济性。

[0004] CN201710310838.4公开了一种去除畜禽养殖废水中抗生素抗性基因的方法,该方法通过混凝沉淀—自由基氧化联用工艺对畜禽养殖废水中的抗生素抗性基因(ARGS)进行去除。首先向畜禽养殖废水中投加混凝剂进行混凝操作,混凝结束后进行沉淀,分离出畜禽养殖废水的上清液;然后向上清液中加入Fe和过二硫酸盐或过一硫酸盐激发自由基,该自由基对水样中的抗性基因进行氧化去除;混凝沉淀和自由基氧化联用工艺对畜禽养殖废水中ARGS的去除率可达1~6log单位。该方法操作简单,经济成本较低,可对畜禽养殖废水中抗生素抗性基因进行有效的去除。该发明在混凝沉淀后续处理中没有明确是否对氮磷、COD、BOD等的处理,不能保证废水排放的国家标准,容易污染环境。

[0005] CN201210086161.8该发明消毒处理中采用的过氧乙酸具有一定的毒性和很强的腐蚀性,对皮肤和眼睛有强烈的刺激性,对皮肤可发生严重灼伤,有操作危险性,同时对金属器材有腐蚀性。高压CO₂、纳米二氧化钛等材料和装置的成本昂贵、耗能大,不利于推广应用。

发明内容

[0006] 为了实现上述的目的,本发明提供了一种去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置和方法,能有效去除传统的有机污染物、氮、磷,也能有效去除抗性基因,保护周

围水体生态环境。

[0007] 一种去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置,通过干湿分离-格栅拦截-铁炭微电解预处理-微生物菌剂强化生物处理-Fenton氧化工艺-二次沉淀-人工湿地一套流程工艺对畜禽养殖场动物粪液和尿液进行处理,有效地去除污水中的抗性基因和脱氮除磷,降低畜禽养殖场日常的污染物排放对周围环境的危害,特别是对水体环境的影响。

[0008] 具体来说,包括依次连接的进水部分、铁炭预处理池、生化处理池、二级沉淀池、人工湿地。

[0009] 其中,进水部分包括固液分离机,尿液收集管道,进水管道。进水管道连接至铁炭预处理池;

[0010] 铁炭预处理池包括拦污格栅、铁炭填料,曝气设备,排污口,其中排污口设置在铁炭预处理池的底部,铁炭填料填充在铁炭预处理池内,曝气设备设置在铁炭预处理池的顶部。

[0011] 生化处理池包括并排设置的厌氧反应室和好氧反应室,所述的厌氧反应室9的顶部设置微生物菌剂投加系统,所述的好氧反应室12 的底部设置曝气系统;

[0012] 二级沉淀池的顶部设置H₂O₂投加系统,底部连接污泥流泵,回流泵连的输出管道接至到厌氧反应室,二次沉淀池中的污泥通过回流泵回流到厌氧反应室中。

[0013] 人工湿地E包括基质,在基质上种植湿地植物,上部侧壁设置出水管道。

[0014] 一种去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置的运行工艺,步骤如下:

[0015] (1) 在进水部分,通过固液分离机将收集到的粪液与来自尿液收集管道2的废水汇集到进水管道中,流入铁炭预处理池中。

[0016] (2) 在铁炭预处理池中,进水首先流经拦污格栅,将污水中的残渣以及大的悬浮物截留下来,然后从铁炭预处理池的底部向上流入,随着水位的上升流经铁炭填料,通过曝气设备的曝气和铁炭填料 5的铁炭微电解作用,分解有机物,降低COD,污水在铁炭预处理池中的流向为从下向上,从前到后,随后从高水位出水进入到生化反应池中。

[0017] (3) 在生化反应池中,水流首先进入到厌氧反应池中,通过微生物菌剂投加系统添加微生物菌剂,加强生物处理效果,进一步去除污水中大分子有机物,厌氧反应室与好氧反应室之间的隔墙上的阀门在没有处理污水时关闭,保持厌氧室缺氧条件。经过厌氧室反应后的污水进入到好氧反应室,通过底部曝气系统的曝气加快微生物硝化作用,去除氨氮。好氧反应室的污水从高水位出水后进入到二次沉淀池中。

[0018] (4) 在二次沉淀池中,通过添加H₂O₂和太阳光照射发生Fenton 反应,产生具有高度氧化性的自由基,氧化杀灭细菌,去除污水中的抗性基因。同时二次沉淀池中的污泥通过回流泵回流到厌氧反应室9 中,利用厌氧菌的反硝化作用,去除硝化作用产生的硝氮。最后二次沉淀池中的上层清液从上部进入到垂直潜流人工湿地中。

[0019] (5) 在人工湿地中,经过基质吸附、湿地植物吸收,进一步净化水质,去除游离在水体中的抗性基因。

[0020] 所述的人工湿地的基质由下到上分别为鹅卵石层、中砾石层、细砾石层、砂石层,由不同的多孔介质材料组成,包括碳酸盐、火成岩、沸石和铝土矿;湿地种植了2种植物,为芦苇和香蒲

[0021] 本发明的有益技术效果是:

[0022] (1) 将传统污水处理工艺与高级氧化工艺结合起来,既能够去除传统的有机污染物、氮、磷等,保证出水能满足国家污水处理排放标准,有能够去除新型污染物—抗性基因,保护周围水体生态环境。

[0023] (2) 处理流程合理、处理效率高、建造方便、经济适中,操作管理简单、运行稳定,适用于农村养殖场生态环境和管理运行模式。

附图说明

[0024] 为了更直观清楚地说明本发明实施例或工艺流程和技术方案,以下将对描述本发明所需要的附图作简单说明:本发明结构采用的均为 C30钢筋混凝土材料,保证结构稳定性和耐用性;各处理单元的实际尺寸需要根据养殖场污水处理规模、地环境形等现场确定,本发明只提供一般性的结构示意图;各处理单元间通过钢管或钢筋混凝土管连接,图示中没有画出,连接管尺寸需根据前述各处理单元的实际尺寸相应确定,管口连接部分采用承插口,并做好止水措施。上述的施工及操作流程需遵守《混凝土结构工程施工质量验收规范 GB50204— 2002》。

[0025] 图1是本发明的工艺流程和结构示意图。

[0026] 图2是人工湿地的结构示意图。

[0027] 其中,进水部分-A、铁炭预处理池-B、生化处理池-C、二级沉淀池-D、人工湿地-E。固液分离机-1,尿液收集管道-2,进水管道-3、拦污格栅-4、铁炭填料-5,曝气设备7,排污口-8、厌氧反应室-9、好氧反应室-12、微生物菌剂投加系统-10、曝气系统13、H₂O₂投加系统-14、污泥流泵-15、基质-16,出水管道-17,湿地植物-18、砂石层-19、细砾石层20、中砾石层21、鹅卵石层22。

具体实施方式

[0028] 下面结合实施例对本发明的技术方案进行详尽描述,但是本发明并不局限于所给出的实施例。

[0029] 图1是本发明的工艺流程示意图。图2是人工湿地的结构示意图。参照图1-2所示,一种去除畜禽养殖场废水中抗性基因及脱氮除磷的装置,包括依次连接的进水部分A、铁炭预处理池B、生化处理池C、二级沉淀池D、人工湿地E。

[0030] 其中,进水部分A,包括固液分离机1,尿液收集管道2,进水管道3。

[0031] 铁炭预处理池B,包括拦污格栅4、铁炭填料5,曝气设备7,排污口8,其中排污口8设置在铁炭预处理池B的底部,铁炭填料5填充在铁炭预处理池内,曝气设备7设置在铁炭预处理池的顶部。拦污格栅材质采用耐腐蚀材质,网眼规格大小应符合拦截进水中的残渣和大的悬浮颗粒的要求。

[0032] 生化处理池C,包括并排设置的厌氧反应室9和好氧反应室12,所述的厌氧反应室9的顶部设置微生物菌剂投加系统10,所述的好氧反应室12的底部设置曝气系统13。

[0033] 二级沉淀池D的顶部设置H₂O₂投加系统(14),底部连接污泥流泵15,回流泵连的输出管道接至到厌氧反应室9,二次沉淀池中的污泥通过回流泵回流到厌氧反应室9中。

[0034] 人工湿地E包括基质16,在基质16上种植湿地植物18,上部侧壁设置出水管道(17)。

[0035] 运行工艺是：

[0036] (1) 在进水部分A,通过固液分离机1将收集到的粪液与来自尿液收集管道2的废水汇集到进水管道3中,流入铁炭预处理池B中。

[0037] (2) 在铁炭预处理池B中,进水首先流经拦污格栅4,将污水中的残渣以及大的悬浮物截留下来,然后从铁炭预处理池的底部向上流入,随着水位的上升流经铁炭填料,通过曝气设备7的曝气和铁炭填料5的铁炭微电解作用,分解有机物,降低COD,污水在铁炭预处理池中的流向为从下向上,从前到后,随后从高水位出水进入到生化反应池中。

[0038] 所述铁炭填料包括铁屑废料和生物炭,铁炭的质量比为4~5:1,所述铁屑废料在初次使用时都在10%NaOH溶液和5%H₂SO₄溶液中浸泡 1h,再用清水洗净,所述生物炭为当地农业废弃物经高温裂解所得,呈圆柱形颗粒状,横截面直径在1~2cm,长度在3~5cm之间;装置(7) 为曝气设备,曝气方式为持续性曝气,曝气时间为系统每天处理时间;装置(8) 为排污口,根据污泥产生效率定期排污。

[0039] (3) 在生化反应池中,水流首先进入到厌氧反应池中,通过微生物菌剂投加系统10添加微生物菌剂,加强生物处理效果,进一步去除污水中大分子有机物,厌氧反应室9与好氧反应室12之间的隔墙上的阀门11在没有处理污水时关闭,保持厌氧室缺氧条件。经过厌氧室反应后的污水进入到好氧反应室12,通过底部曝气系统13的曝气加快微生物硝化作用,去除氨氮。好氧反应室的污水从高水位出水后进入到二次沉淀池中。

[0040] 曝气装置13进行间歇性曝气,所述的曝气方式为每1h曝气一次,持续1h。

[0041] (4) 在二次沉淀池D中,通过添加H₂O₂和太阳光照射发生Fenton 反应,产生具有高度氧化性的自由基,氧化杀灭细菌,去除污水中的抗性基因。同时二次沉淀池中的污泥通过回流泵回流到厌氧反应室9 中,利用厌氧菌的反硝化作用,去除硝化作用产生的硝氮。最后二次沉淀池中的上层清液从上部进入到垂直潜流人工湿地中。

[0042] (5) 在人工湿地E中,湿地采用垂直潜流型,经过基质16吸附、湿地植物18吸收,进一步净化水质,去除游离在水体中的抗性基因,最后得到的出水可以达标排放。

[0043] 实施例1

[0044] 在江苏南京某一养殖场中按照本发明建设了一套完备的污水处理设施,对牛粪液和尿液进行无害化、安全化处理。现养殖场的每天处理的污水规模为200m³,污水中的COD,氨氮(NH₄⁺-N),总磷(TP),悬浮物(SS)较高,具体水质如表1所示(平均值,mg·L⁻¹) :

[0045] 表1

[0046]	pH	COD	SS	NH ₄ ⁺ -N	BOD ₅	TP
[0047]	5. 1	11000	6800	546	2700	315

[0048] 该养殖场所用的抗生素类型为四环素(tet) 和磺胺类(sul) 抗生素,通过实时荧光定量PCR技术检测出的抗性基因结果如表2:

[0049] 表2

种类	tetA	tetC	tetG	tetM	tetX	Sul1	Sul2	Sul3
丰度 copies/ml	6.1× 10^6	7.3× 10^6	1.2× 10^4	5.7× 10^3	2.8× 10^2	4.3× 10^6	5.7× 10^6	3.5× 10^3

[0051] 该处理工艺涉及的主要构筑物及涉及参数如表3所示:

[0052] 表3

序号	名称	规格型号	数量
1	固液分离机	台	1
2	钢筋砼管	Φ80	总长10m
3	铁炭预处理池	—	20m ³
4	A/O生化池	—	50m ³
5	二级沉淀池	—	20m ³
6	人工湿地	—	25m ³

[0054] (1) 在进水部分,通过固液分离机收集到的粪液与尿液收集管道的废水汇集到进水管道中,因为每天要处理的污水量为200m³,每天处理时间定为12h,水力停留时间为1h,因此汇集进水管道3中的污水流量根据下式确定:

$$[0055] Q = V / (t \cdot T) = 200\text{m}^3 \div (12\text{h} \times 1\text{h}) = 16.67\text{m}^3/\text{h}.$$

[0056] 随后流入铁炭预处理池中。

[0057] (2) 进水首先流经拦污格栅,将污水中的残渣以及大的悬浮物截留下来,然后从铁炭预处理池的底部开始流入,随着水位的上升流经铁炭填料,通过曝气和铁炭微电解作用,分解有机物,降低COD,污水在铁炭预处理池中的流向为从下向上,从前到后,随后从高水位出水进入到生化反应池中,所述铁炭填料包括铁屑废料和生物炭,铁炭的质量比为4~5:1,所述铁屑废料在初次使用时都在10%NaOH溶液和5%H₂SO₄溶液中浸泡1h,再用清水洗净,所述生物炭为当地农业废弃物如秸秆等经高温裂解所得,呈圆柱形颗粒状,横截面直径在1~2cm,长度在3~5cm之间。

[0058] (3) 经过铁炭预处理后的污水首先进入到厌氧反应池中,通过添加微生物菌剂,加强生物处理效果,进一步去除污水中大分子有机物,隔墙上的阀门在没有处理污水时关闭,保持厌氧室缺氧条件。经过厌氧室反应后的污水进入到好氧反应室,通过曝气加快微生物硝化作用,去除氨氮。所述的微生物菌剂由枯草芽孢杆菌、EM菌种、葡萄糖、氯化钠、蛋白胨、碳酸钙、磷酸二氢钾配合而成,每1L水含枯草芽孢杆菌种10g,EM菌种10g,葡萄糖10g,氯化钠0.5g,蛋白胨1.0g、碳酸钙3g、磷酸二氢钾0.5g。

[0059] (4) 好氧反应室的污水从高水位出水后进入到二次沉淀池中,通过添加H₂O₂和太阳光照射下发生Fenton反应,产生具有高度氧化性的自由基,氧化杀灭细菌,去除污水中的抗性基因。同时二次沉淀池中的污泥通过回流泵回流到厌氧反应室中,利用厌氧菌的反硝化作用,去除硝化作用产生的硝氮。

[0060] (5) 二次沉淀池中的上层清液从上部出口流入到垂直潜流人工湿地中,经过基质吸附、植物吸收,进一步净化水质,去除游离在水体中的抗性基因。

[0061] 如图2所示,人工湿地的基质由下到上分别为鹅卵石层、中砾石层、细砾石层、砂石

层,由不同的多孔介质材料组成,包括碳酸盐、火成岩、沸石和铝土矿;湿地种植了2种植物,为芦苇和香蒲。

[0062] 对人工湿地出水进行检测,其水质指标和抗性基因丰度结果如表 4和表5:

[0063] 表4

[0064]

指标 ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	pH	COD	SS	$\text{NH}_4^+ \text{-N}$	BOD_5	TP
排放口	6.78	256	11	34.8	105	5.63
排放标准	—	400	200	80	130	8

[0065]

表5

种类	tetA	tetC	tetG	tetM	tetX	Sul1	Sul2	Sul3
丰度 Copies/ml	1.07×10^6	1.0×10^6	1.3×10^3	4.4×10^2	6.7×10	1.27×10^6	1.5×10^6	7.2×10^2
去除率 %	82.4	86.3	89.3	92.3	76.2	70.5	73.4	79.4

[0067] 以上为本发明的一个实用案例,仅以说明本发明发明的工艺流程和技术方案,并不用以限制本发明;凡在本发明的精神和原则之内作的修改、替换、改进等,都应该包含在本发明的保护范围之内。

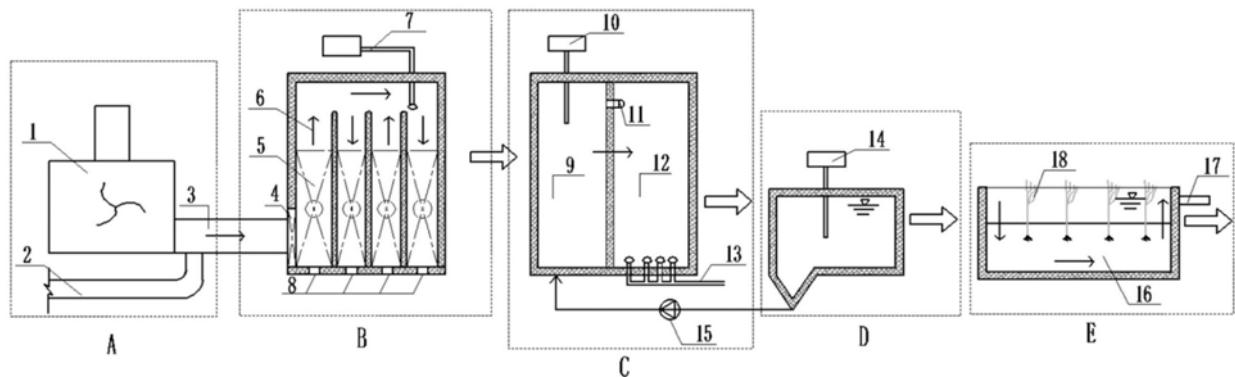


图1

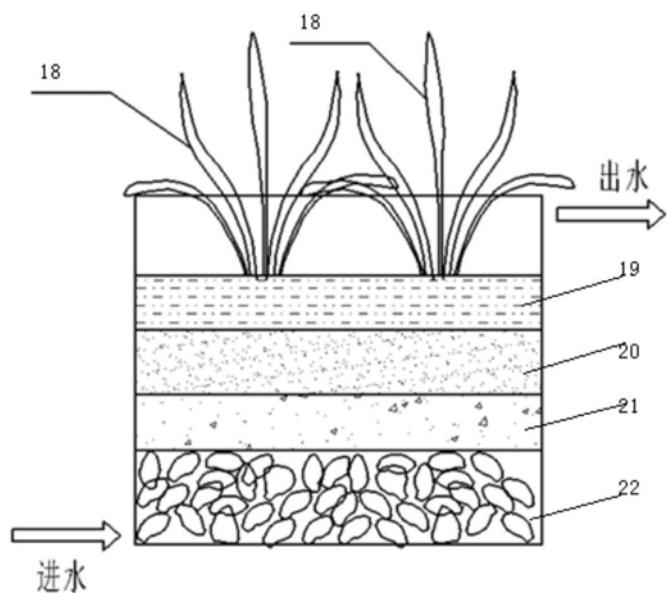


图2