



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104250058 B

(45) 授权公告日 2016. 01. 20

(21) 申请号 201410472686. 4

CN 103981220 A, 2014. 08. 13, 全文.

(22) 申请日 2014. 09. 16

US 8252183 B1, 2012. 08. 28, 全文.

(73) 专利权人 中国农业大学

地址 100193 北京市海淀区圆明园西路 2 号

专利权人 山东民和生物科技有限公司

程海翔. 一株栅藻的分离培养及其应用于养猪废水处理的潜力研究.《中国优秀博士学位论文全文数据库工程科技 I 辑》. 2014, (第 1 期), 第 48 页第 3. 2. 1 节、第 92 页第 6. 2 节 - 第 112 页第 6. 4 节.

(72) 发明人 卢海凤 李保明 张婷婷 张源辉

董泰丽 张东明 王新峰

审查员 杨子

(74) 专利代理机构 北京路浩知识产权代理有限公司

公司 11002

代理人 王文君

(51) Int. Cl.

C02F 9/14(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 101148306 A, 2008. 03. 26, 全文.

CN 102161550 A, 2011. 08. 24, 全文.

CN 102292140 A, 2011. 12. 21, 全文.

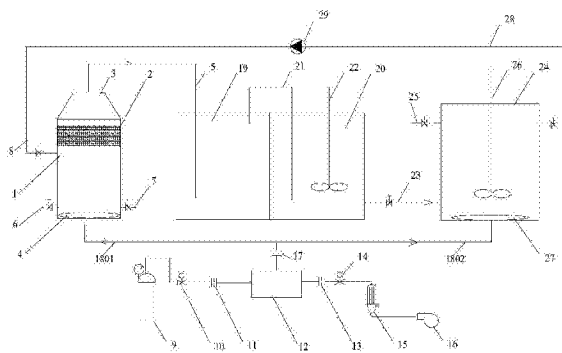
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 1 页

(54) 发明名称

禽粪发酵液生产水溶肥的废水综合处理方法

(57) 摘要

本发明属于废水处理领域, 提供一种禽粪发酵液生产水溶肥废水的综合处理方法, 包括步骤: 1) 向禽粪发酵液制作水溶肥过程中产生的废水中吹入空气, 用吹脱的方式进行氨氮气体的脱除, 2) 将脱除的氨氮气体用硫酸溶液吸收; 3) 吹脱后的废水调节 pH 值; 4) 向调节 pH 值后的废水中接种处于对数生长期的小球藻, 通入 CO<sub>2</sub> 与空气混合气体, 培养微藻。本发明提出的综合处理方法, 既可以实现废水达标排放, 又可以做到氨氮的回收以及生物质原料的生产, 起到环境保护与资源生产的双重功效。本发明提出的吹脱微藻养殖系统可以同时实现氨氮的吹脱与微藻废水养殖, 将可以单独分离的四个反应器分别合并为两个反应器, 减少了占地面积, 节约了经济成本。



1. 一种禽粪发酵液生产水溶肥的废水综合处理方法,其特征在于,包括步骤:

1) 向禽粪发酵液生产水溶肥所产生的废水中吹入空气以脱除废水中氨氮,吹脱最终使得废水中氨氮浓度为 100 ~ 300mg/L;再吹入 CO<sub>2</sub>调节剩余废水的 pH 值至 7.0 ~ 7.2;

2) 将吹脱出的氨氮气体用硫酸溶液吸收,用于生产铵肥与微藻液体培养基;利用产生的硫酸铵溶液,进行微藻液体培养基的配制,并进行微藻的培养,使用的微藻为小球藻;

3) 向步骤 1) 吹脱后的废水中接种处于对数生长期的的小球藻,接种量为 0.2g 干重/L 至 0.4g 干重/L;白天与夜间都通入 CO<sub>2</sub>与空气混合气体,培养小球藻;连续培养 5 ~ 8 天,使小球藻的生长到达平台期;

所述的废水综合处理方法采用的设备包括反应器主体、氨氮气液吸收单元、微藻种子培养器、进气单元;

所述反应器主体设置有禽粪发酵液生产水溶肥的废水进水口,反应器主体底部与进气单元连接,反应器主体上部与所述微藻种子培养器连接,反应器主体的顶部连接出气管;

所述氨氮气液吸收单元为密封的容器,容器内用隔板分为液体防倒吸室和氨氮气-液吸收室,所述出气管插入液体防倒吸室底部,所述液体防倒吸室和氨氮气-液吸收室之间有导气管连通;

所述微藻种子培养器与所述氨氮气-液吸收室通过出水管连接;所述微藻种子培养器内设置有搅拌装置,所述微藻种子培养器通过微藻流出管连接所述反应器主体;

所述进气单元包括混合气室、CO<sub>2</sub>进气管路和空气进气管路,CO<sub>2</sub>进气管路和空气进气管路汇集于混合气室,所述混合气室通过混合气路分别与反应器主体和微藻种子培养器的底部连接。

2. 根据权利要求 1 所述的废水综合处理方法,其特征在于,所述禽粪为鸡粪或鸽粪,所述禽粪发酵液生产水溶肥所产生的废水中 COD 为 70-90mg/L, NH<sub>3</sub>-N 浓度为 2000-2100mg/L, TP 浓度 3.7-5.0mg/L, pH 值为 11.3-11.6, 钾元素浓度为 1400-1600mg/L, 钙元素浓度为 0.050-0.090mg/L, 铁元素浓度为 0.09-0.18mg/L。

3. 根据权利要求 1 所述的废水综合处理方法,其特征在于,所述步骤 1) 中,吹脱采用的空气为热空气,温度为 40 ~ 60℃,空气流量为 2 ~ 6L/min,吹脱时间为 3 ~ 6h。

4. 根据权利要求 1 所述的废水综合处理方法,其特征在于,所述步骤 2) 中硫酸溶液的浓度为 0.5 ~ 1.0mol/L。

5. 根据权利要求 1 ~ 4 任一所述的废水综合处理方法,其特征在于,所述步骤 1) 吹脱之后,再吹入 CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>流量为 0.05 ~ 0.1L/min,最终使得废水中 pH 值为 7.0 ~ 7.2。

6. 根据权利要求 1 ~ 4 任一所述的废水综合处理方法,其特征在于,所述步骤 3) 中,废水培养小球藻所采用的通气方法为白天与夜间都通入空气与 CO<sub>2</sub>混合气体的方式,其中白天通入的混合气体中,CO<sub>2</sub>占空气体积的 6 ~ 10%,混合气体流量范围为 0.2 ~ 0.4L/min,为小球藻生长补充碳源并保持废水 pH 值在 7.0 ~ 7.5;夜间通入的混合气体中,CO<sub>2</sub>占空气体积的 1 ~ 3%,混合气体的流量范围为 0.1 ~ 0.3L/min,保持废水 pH 值在 7.0 ~ 7.5。

7. 根据权利要求 1 ~ 4 任一所述的废水综合处理方法,其特征在于,步骤 2) 产生的硫酸铵溶液作为微藻液体培养基中氮元素的来源,所述微藻液体培养基的配制除了氮元素外,根据 BG-11 标准培养基的配方,添加相应的碳元素,磷元素以及其它微量元素,以实现微藻生长,节约氮元素。

8. 根据权利要求 1 所述的废水综合处理方法,其特征在于,所述进气单元中,CO<sub>2</sub>进气管路连接有 CO<sub>2</sub>储气罐,所述空气进气管路连接有风机,所述空气进气管路上设置有空气加热装置,所述空气加热装置为水浴加热装置。

## 禽粪发酵液生产水溶肥的废水综合处理方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于废水处理领域,具体涉及一种利用微生物的废水处理方法及其设备。

### 背景技术

[0002] 禽粪发酵液废水为禽粪厌氧发酵后的残余物,营养成分丰富,既含有氮、磷、钾等常量元素,又含有多种微量元素,水解酶,氨基酸,有机酸,生长素等生物活性物质。这些都证明了禽粪发酵液可以作为一种优良的肥料,尽管由于禽粪发酵液中营养成分浓度较低,但经过膜浓缩处理,含量大大提高。目前使用膜浓缩的方式生产水溶肥已经成为趋势。然而,在使用膜浓缩方式生产水溶肥的过程中,其出水水质中氨氮浓度含量仍然很高,无法达标排放,另外,由于通过膜滤浓缩的方式,经过膜处理后的出水中有机物含碳化合物浓度含量较低,含磷化合物浓度较低, pH 值较高,盐度较高,属于高氨氮与高盐度废水。碳氮磷比例失调以及较高的 pH 值与盐度致使传统的污水生物处理方法难以正常运行。

[0003] 目前高氨氮废水的处理方法有鸟粪石沉淀法,混凝沉淀法,电化学加氯折点法,硝化反硝化法等。其中鸟粪石沉淀法、混凝沉淀法消耗大量化学试剂,容易造成环境的二次污染,电化学加氯折点法投资费用较高,且容易形成氯胺等致癌物,生物化学法中的硝化与反硝化法耐受的初始有机污染物负荷较低,且运行耗时较长。吹脱是目前工业高氨氮废水中较为有效的处理方法,通过吹脱,可将氨氮降低至一定水平。但是吹脱法对于废水的 pH 值要求较高,必须大于 9.0 以上,因此,一般在处理普通高氨氮废水前,需要将废水的 pH 调整到 9.0 以上。

[0004] 微藻是一种分布广,适应性强的生物,能在海水,污水,盐碱地中生长;其生长速度快、生长周期短,且所需养分不多,同时还能去除污水中的氮磷,很早就被用于处理污水。微藻光合作用效率高,利用光合作用生长繁殖,吸收了二氧化碳,可缓解温室效应。藻类对氨氮的吸收利用效果较好,且不需要大量的有机碳化合物与含磷化合物,因此,在本系统中,基于微藻较强的光合作用,去除废水中所含的氨氮,同时通过光合作用由光能转化成了微藻的自身的生物质化学能,生成的物质又可以进行厌氧发酵,投入厌氧发酵系统中,既可以做到废水中污染物的回收利用,产生的生物量又可以作为发酵与生产生物原油的原料,实现了污水的处理与资源化利用。

### 发明内容

[0005] 针对本领域的不足之处,本发明的目的是提出一种禽粪发酵液生产水溶肥的废水综合处理方法。

[0006] 实现本发明上述目的技术方案为:

[0007] 一种禽粪发酵液生产水溶肥的废水综合处理方法,包括步骤:

[0008] 1) 向禽粪发酵液生产水溶肥过程中所产生的废水中吹入空气以脱除废水中氨氮,吹脱最终使得废水中氨氮浓度为 100 ~ 300mg/L;再吹入 CO<sub>2</sub>调节剩余废水的 pH 值至 7.0 ~ 7.2;即,调节剩余废水的 pH 值至微藻生长适宜范围内;

[0009] 2) 将吹脱出的氨氮气体用硫酸溶液吸收,用于生产铵肥与微藻液体纯培养基;利用产生的硫酸铵溶液,进行微藻纯液体培养基的配制,并进行微藻的培养。

[0010] 3) 向步骤 1) 吹脱后的废水中接种处于对数生长期的小球藻,接种量为 0.2g/L 至 0.4g/L 干重。

[0011] 白天与夜间都通入 CO<sub>2</sub>与空气混合气体,培养微藻;连续培养 5~8 天,使得微藻的生长到达平台期。此时,将微藻收获,以便用于生物原油的制取。

[0012] 本发明使用的微藻为小球藻 *Chlorella* sp., 为 *Chlorella* 属,藻株编号:FACHB-1067,购自中科院水生所(地址:武汉珞珈山东湖南路 7 号中科院水生生物研究所淡水藻种库)。

[0013] 其中,所述禽粪发酵液生产水溶肥过程中产生的废水为低有机物,高氨氮,高 pH 值,高盐度废水。所述禽粪为鸡粪或鸽粪,所述禽粪发酵液生产水溶肥所产生的废水中 COD 为 70~90mg/L, NH<sub>3</sub>-N 浓度为 2000~2100mg/L, TP 浓度 3.7~5.0mg/L, pH 值为 11.3~11.6, 钾元素浓度为 1400~1600mg/L, 钙元素浓度为 0.050~0.090mg/L, 铁元素浓度为 0.09~0.18mg/L。禽粪发酵液生产水溶肥过程中产生的废水性质较为特殊,其中氨氮浓度含量高,有机污染物少,pH 值较高,由此带来了处理成本高,资源化程度低,污染严重等问题。

[0014] 本工艺分为三个部分,一部分将废水中氨氮进行吹脱,去除废水中大部分氨氮;一部分将吹脱出的氨氮吸收,作为微藻纯培养的培养基中氨氮的主要来源,还可以用于制作铵肥;另外一部分利用吹脱后废水中剩余的氨氮培养微藻,用微藻吸收废水中氨氮,使废水达标排放的同时实现微藻生物量的生产,用于返回发酵工程,或者通过热化学的技术手段生产生物原油。通过以上三部分的运作,实现废水的减排与氮资源的循环利用。

[0015] 其中,所述步骤 1) 中,铵肥原料与微藻液体培养基的获取采用吹脱并稀硫酸吸收的方式获得。其中吹脱采用的空气为热空气,温度为 40~60℃,空气气体流量为 2~6L/min,吹脱时间为 3~6h。优选地,所述步骤 2) 中硫酸溶液的浓度为 0.5~1.0mol/L。

[0016] 其中,所述步骤 1) 吹脱之后,再吹入 CO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>流量为 0.05~0.1L/min,最终使得废水中 pH 值为 7.0~7.2。

[0017] 进一步优选地,所述步骤 3) 中,废水培养微藻所采用的通气方法为白天与夜间都通入空气与 CO<sub>2</sub>混合气体的方式。其中白天通入的混合气体中,CO<sub>2</sub>占空气体积的 6~10%,混合气体流量范围为 0.2~0.4L/min,为微藻生长补充碳源并保持废水的 pH 值在 7.0~7.5;夜间通入的混合气体中,CO<sub>2</sub>占空气体积的 1~3%,混合气体流量范围为 0.1~0.3L/min,保持 pH 值在 7.0~7.5。其中,步骤 2) 产生的硫酸铵溶液作为微藻液体培养基中氮元素的来源,所述微藻液体培养基的配制除了氮元素外,根据 BG-11 标准培养基的配方,添加相应的碳元素,磷元素以及其它微量元素,以实现微藻生长,节约氮元素。

[0018] 用于本发明所述的综合处理方法的设备,包括反应器主体、氨氮气液吸收单元、微藻种子培养器、进气单元;

[0019] 所述反应器主体设置有禽粪发酵液生产水溶肥废水的废水进水口,反应器主体底部与进气单元连接,反应器主体上部与所述微藻种子培养器连接,反应器主体的顶部连接出气管;

[0020] 所述氨氮气液吸收单元为密封的容器,容器内用隔板分为液体防倒吸室和氨氮

气-液吸收室,所述出气管插入液体防倒吸室底部,所述液体防倒吸室和氨氮气-液吸收室之间有导气管连通;

[0021] 所述微藻种子培养器与所述氨氮气-液吸收室通过出水管连接;所述微藻种子培养器内设置有搅拌装置,所述微藻种子培养器通过微藻流出管连接所述反应器主体;

[0022] 所述进气单元包括混合气室、CO<sub>2</sub>进气管路和空气进气管路,CO<sub>2</sub>进气管路和空气进气管路汇集于混合气室,所述混合气室通过混合气路分别与反应器主体和微藻种子培养器的底部连接。

[0023] 进一步地,所述进气单元中,CO<sub>2</sub>进气管路连接有CO<sub>2</sub>储气罐,所述空气进气管路连接有风机,所述空气进气管路上设置有空气加热装置,所述空气加热装置为水浴加热装置。

[0024] 具体地,所述的方法,可通过以下步骤来完成的:

[0025] 一、通过水泵,由废水进水口向反应器主体中泵入鸡粪发酵液水溶肥生产废水至反应器主体的二分之一体积;

[0026] 二、开启空气压缩机与空气加热系统,空气压力控制阀门,调节空气流量计,使空气加热到一定温度后,通过混合气室,以及气体曝气头进入反应器主体,将废水中的氨氮进行吹脱,最终废水中氨氮浓度停留在微藻适宜生长的范围内;

[0027] 三、关闭空气压缩机,气体加热系统与压力阀门,关闭空气气路系统。

[0028] 四、开启CO<sub>2</sub>气路系统。打开CO<sub>2</sub>压力控制阀门,调节CO<sub>2</sub>流量计,向反应器内通入CO<sub>2</sub>,调节废水中pH值至7.0-7.2;

[0029] 五、关闭CO<sub>2</sub>压力控制阀门,关闭CO<sub>2</sub>气路系统;

[0030] 六、打开藻液进口,向反应器主体中投入新鲜微藻种子藻液,约占废水体积的1/5;

[0031] 七、开启CO<sub>2</sub>气路系统与空气气路系统,控制CO<sub>2</sub>与空气一定比例,调节混合气体流量计,将混合气体通过混合气路通入到气体曝气头中,生成气泡,进行微藻的废水培养;

[0032] 八、在通入混合气体的条件下,连续培养6天后,藻液经由藻水出水口排出反应器主体,做后续的藻水分离。

[0033] 九、经过吹脱后的氨氮经由集气罩,出气管进入液体防倒吸室,再经过导气管进入氨氮气-液吸收室,开启电机,使螺旋桨转动,形成均匀的硫酸铵溶液;待吹脱完毕之后,继续搅拌硫酸铵溶液;

[0034] 十、打开阀门,将硫酸铵溶液注入到微藻种子培养器中,打开进水管,进行相应比例的稀释,同时加入微藻培养基所需的其他元素并调节培养基pH值,开启螺旋桨,进行微藻培养基的配制;

[0035] 十一、培养基配制完毕之后,向微藻种子培养器开口处按照一定体积比投入微藻种子,并打开气路单元,通入与步骤七同样的CO<sub>2</sub>与空气的混合气体,混合气体通过混合气路由气体曝气头进入微藻种子培养器中,将微藻培养6天。

[0036] 十二、将培养后的微藻种子液经由微藻流出管流出,通过水泵泵入到反应器主体中进行废水的氨氮吸收与微藻的废水养殖。

[0037] 本发明的有益效果在于:

[0038] 本发明提出了禽粪发酵液生产水溶肥的废水处理与综合利用方法,是将微藻处理与氨氮回收利用相结合的废水处理与资源化的方法,既可以实现废水达标排放,又可以做

到氨氮的回收以及生物质原料的生产,且废水中的氨氮回收可达 98% 以上,起到了环境保护、资源生产以及循环重复利用的多重功效。

[0039] 本发明将氨氮吹脱与微藻养殖并入同一反应器,微藻培养基配制与微藻种子培养并入同一反应器,大大减少了占地面积,节约了经济成本。本发明采用的通气步骤与气路系统,可以分步实现氨氮吹脱与微藻养殖,同时实现废水养藻与微藻纯培养;通过改变气路中气体的供给种类、供给配比与供给量,满足了氨氮吹脱与微藻养殖所需要的空气与 CO<sub>2</sub>,灵活多变。

[0040] 另外,本发明所采用的微藻废水培养过程中采用了通入 CO<sub>2</sub>而非传统的添加化学试剂的方式调节废水 pH 值的方法,在解决了吹脱后废水 pH 值过高不利于养殖微藻的问题的同时,避免了化学试剂的添加造成的废水中盐度升高,不利于微藻生长,以及可能产生的二次污染等问题,具有安全、高效、经济节约的功效。

### 附图说明

[0041] 图 1 为本发明禽粪发酵液生产水溶肥的废水处理设备结构简图。

[0042] 图中,编号和部件名称对应关系为:

[0043]

1 反应器主体	2 气泡消除装置	3 集气罩
4 气体曝气头	5 出气管	6 废水进水口
7 藻水出水口	8 藻液进口	9 CO <sub>2</sub> 储气罐
10 CO <sub>2</sub> 压力控制阀门	11 CO <sub>2</sub> 气体流量计	12 混合气室
13 空气气体流量计	14 空气压力控制阀门	15 空气加热装置
16 空气压缩机	17 混合气体流量计	1801 连接反应器主体的混合气路
1802 连接微藻种子培养	19 液体防倒吸室	20 氨氮气-液吸收室

[0044]

器的混合气路		
21 导气管	22 气液吸收螺旋桨	23 出水管
24 微藻种子培养器	25 进水管	26 微藻种子培养器螺旋桨
27 微藻种子培养曝气头	28 种子微藻流出管	29 水泵

### 具体实施方式

[0045] 下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。

[0046] 如未特别说明,具体实施方式中所采用的手段均为本领域常规的技术手段。

[0047] 实施例 1

[0048] 本实施例中,处理的鸡粪发酵液生产水溶肥过程中生产的废水,其 COD 为 80mg/L,  $\text{NH}_3\text{-N}$  浓度为 2012.1mg/L, TP 浓度 3.9mg/L, pH 值为 11.3, 钾元素浓度为 1428.0mg/L, 钙元素浓度为 0.061mg/L, 铁元素浓度为 0.12mg/L。如图 1, 进行禽粪发酵液生产水溶肥的废水综合处理, 采用以下设备: 其包括反应器主体 1、氨氮气液吸收单元、微藻种子培养器 24、进气单元;

[0049] 所述反应器主体 1 为罐状设备, 设置有禽粪发酵液生产水溶肥废水的废水进水口 6, 反应器主体 1 底部与进气单元连接, 反应器主体 1 上部与所述微藻种子培养器 24 连接, 反应器主体 1 的顶部连接出气管 5。反应器主体 1 上部设置有气泡消除装置 2, 气泡消除装置 2 为四个平行放置的消泡网。所述消泡网为厚度 0.5cm 的网格圆盘, 其直径与反应器内径大小相等, 每个消泡网间距 5cm, 网格为正方形, 边长为 1~3cm。气泡消除装置 2 上方为集气罩 3。反应器主体 1 底部设置有用于通入混合气体的气体曝气头 4。底部距离曝气头上 5~10cm 设置废水进水口 6 与藻水出水口 7, 且两者呈轴对称分布; 主体反应器 1 顶部距离气泡消除装置 2 下方 5~10cm 设置藻液进口。

[0050] 所述氨氮气液吸收单元为密封的容器, 容器内用隔板分为液体防倒吸室 19 和氨氮气-液吸收室 20, 出气管 5 插入液体防倒吸室底部, 液体防倒吸室和氨氮气-液吸收室 20 之间有导气管 21 连通; 氨氮气-液吸收室 20 内设置有气液吸收螺旋桨 22。

[0051] 距离氨氮气-液吸收室底端向上 5cm 处连接出水管 23。微藻种子培养器 24 与氨氮气-液吸收室 20 通过出水管 23 连接。微藻种子培养器 24 内设置有微藻种子培养器螺旋桨 26, 微藻种子培养器 24 通过种子微藻流出管 28 连接反应器主体 1; 微藻种子培养器 24 底部均设置有用于通入混合气体的微藻种子培养曝气头 27。

[0052] 所述进气单元包括混合气室 12、 $\text{CO}_2$ 进气管路和空气进气管路,  $\text{CO}_2$ 进气管路和空气进气管路汇集于混合气室 12, 混合气室 12 通过连接反应器主体的混合气路 1801 与反应器主体 1 的底部连接; 混合气室 12 通过连接微藻种子培养器的混合气路 1802 与微藻种子培养器 24 的底部连接。

[0053] 其中, 所述导气管 21 在液体防倒吸室 19 的一端位于氨氮气-液吸收室 20 内盛有的吸收液所形成的一定高度的液面上方, 而在氨氮气-液吸收室 20 的一端插入吸收液液面以下, 这样可以导出气体并保证氨氮气-液吸收室 20 的液体不会倒吸入反应器主体 1。

[0054] 其中, 所述进气单元中,  $\text{CO}_2$ 进气管路连接有  $\text{CO}_2$ 储气罐 9, 所述  $\text{CO}_2$ 进气管路上设置有  $\text{CO}_2$ 压力控制阀门 10 和  $\text{CO}_2$ 气体流量计 11;

[0055] 空气进气管路连接有空气压缩机 16, 所述空气进气管路上设置有空气加热装置 15、空气压力控制阀门 14 和空气气体流量计 13。所述空气加热装置为水浴加热装置。

[0056] 综合处理步骤:

[0057] 一、通过水泵, 由废水进水口 6 向反应器主体 1 中泵入鸡粪发酵液水溶肥生产废水至反应器主体 1 的二分之一体积;

[0058] 二、开启空气压缩机 16 与空气加热系统 15, 空气压力控制阀门 14, 调节空气气体流量计 13, 使空气加热到温度  $50^\circ\text{C}$  后, 通过混合气室 12, 以及气体曝气头 4 进入反应器主体 1, 将废水中的氨氮进行吹脱, 控制空气流量为 5L/min, 吹脱时间为 5h。吹脱最终使得废水中氨氮浓度为 240.0mg/L。



[0059] 三、关闭空气压缩机 16, 空气加热装置 15 与空气压力阀门 14, 关闭空气气路系统。

[0060] 四、开启 CO<sub>2</sub> 气路系统。打开 CO<sub>2</sub> 压力控制阀门 10, 调节 CO<sub>2</sub> 流量为 0.05L/min, 通入时间为 20min, 向反应器内通入 CO<sub>2</sub>, 调节废水中 pH 值至 7.0;

[0061] 五、关闭 CO<sub>2</sub> 压力控制阀门 10, 关闭 CO<sub>2</sub> 气路系统;

[0062] 六、打开藻液进口 8, 向反应器主体 1 中投入新鲜微藻种子藻液, 约占废水体积的 1/5, 相当于接种量为 0.4g/L 干重。

[0063] 七、开启 CO<sub>2</sub> 气路系统与空气气路系统, 通入混合气体。白天通入的混合气体中, CO<sub>2</sub> 占空气体积的 8%, 混合气体流量为 0.4L/min, 夜间通入的混合气体中, CO<sub>2</sub> 占空气体积的 2%, 混合气体的流量为 0.2L/min, 保持藻水混合液的 pH 值在 7.0 ~ 7.5。控制 CO<sub>2</sub> 与空气比例, 调节混合气体流量计 17, 将混合气体通过混合气路通入到气体曝气头 4 中, 生成气泡, 进行微藻的废水培养;

[0064] 八、在通入混合气体的条件下, 连续培养 6 天后, 藻液经由藻水出水口 7 排出反应器主体 1, 做后续的藻水分离。

[0065] 九、经过吹脱后的氨氮经由集气罩 3, 出气管 5 进入液体防倒吸室 19, 再经过导气管 21 进入氨氮气 - 液吸收室 20, 开启电机, 使气液吸收螺旋桨 22 转动, 形成均匀的硫酸铵溶液; 待吹脱完毕之后, 继续搅拌硫酸铵溶液;

[0066] 十、打开阀门, 将硫酸铵溶液注入到微藻种子培养器 24 中, 打开进水管 25, 进行相应比例的稀释, 同时加入微藻培养基所需的其他元素并调节培养基的 pH 值, 开启微藻种子培养器螺旋桨 26, 进行微藻培养基的配制;

[0067] 十一、培养基配制完毕之后, 向微藻种子培养器 24 开口处按照一定体积比投入微藻种子, 并打开气路系统, 通入与步骤七同样的 CO<sub>2</sub> 与空气的混合气体, 混合气体通过混合气路由微藻种子培养曝气头 27 进入微藻种子培养器 24 中, 将微藻培养 6 天。

[0068] 十二、将培养后的微藻种子液经由微藻流出管 28 流出, 通过水泵 29 泵入到反应器主体 1 中进行废水的氨氮吸收与微藻的废水养殖。

[0069] 经过吹脱步骤后, 废水中氨氮浓度为 240.0mg/L, 通过稀硫酸溶液吸收后, 氨氮回收率达到 100%; 主体反应器 1 中出水 COD 为 10.0mg/L, 氨氮浓度为 4.0mg/L, 总磷浓度为 0.2mg/L, 达到国家排放标准; 微藻种子培养器中氨氮吸收率达到 99%, 整个工艺的氨氮回收利用率达到 98% 以上。

[0070] 实施例 2

[0071] 本实施例处理的鸡粪发酵液水溶肥生产废水的 COD 为 86mg/L, NH<sub>3</sub>-N 浓度为 2100.0mg/L, TP 浓度 4.6mg/L, pH 值为 11.5, 钾元素浓度为 1320.0mg/L, 钙元素浓度为 0.079mg/L, 铁元素浓度为 0.16mg/L。

[0072] 采用和实施例 1 相同的设备, 综合处理步骤:

[0073] 一、通过水泵, 由废水进水口 6 向反应器主体 1 中泵入鸡粪发酵液水溶肥生产废水至反应器主体 1 的二分之一体积;

[0074] 二、开启空气压缩机 16 与空气加热装置 15, 空气压力控制阀门 14, 调节空气气体流量计 13, 使空气加热到温度 60°C 后, 通过混合气室 12, 以及气体曝气头 4 进入反应器主体 1, 将废水中的氨氮进行吹脱, 通入的空气气体流量为 4L/min, 吹脱时间为 5h。吹脱最终使得废水中氨氮浓度为 171.0mg/L。

[0075] 三、关闭空气压缩机 16, 空气加热装置 15 与空气压力控制阀门 14, 关闭空气气路系统。

[0076] 四、开启 CO<sub>2</sub>气路系统。打开 CO<sub>2</sub>压力控制阀门 10, 调节 CO<sub>2</sub>流量为 0.05L/min, 向反应器内通入 CO<sub>2</sub>15min, 调节废水中 pH 值至 7.2;

[0077] 五、关闭 CO<sub>2</sub>压力控制阀门 10, 关闭 CO<sub>2</sub>气路系统;

[0078] 六、打开藻液进口 8, 向反应器主体 1 中投入新鲜微藻种子藻液, 约占废水体积的 1/5, 相当于接种量为 0.3g/L 干重。

[0079] 七、开启 CO<sub>2</sub>气路系统与空气气路系统, 通入混合气体。白天通入的混合气体中, CO<sub>2</sub>占空气体积的 8%, 混合气体流量为 0.4L/min, 夜间通入的混合气体中, CO<sub>2</sub>占空气体积的 2%, 混合气体流量为 0.2L/min, 保持 pH 值在 7.0 ~ 7.5。控制 CO<sub>2</sub>与空气比例, 调节混合气体流量计 17, 将混合气体通过混合气路通入到气体曝气头 4 中, 生成气泡, 进行微藻的废水培养;

[0080] 八、在通入混合气体的条件下, 连续培养 6 天后, 藻液经由藻水出水口 7 排出反应器主体 1, 做后续的藻水分离。

[0081] 九、经过吹脱后的氨氮经由集气罩 3, 出气管 5 进入液体防倒吸室 19, 再经过导气管 21 进入氨氮气-液吸收室 20, 开启电机, 使气液吸收螺旋桨 22 转动, 形成均匀的硫酸铵溶液; 待吹脱完毕之后, 继续搅拌硫酸铵溶液;

[0082] 十、打开阀门, 将硫酸铵溶液注入到微藻种子培养器 24 中, 打开进水管 25, 进行相应比例的稀释, 同时加入微藻培养基所需的其他元素并调节培养基的 pH 值, 开启微藻种子培养器螺旋桨 26, 进行微藻培养基的配制;

[0083] 十一、培养基配制完毕之后, 向微藻种子培养器 24 开口处按照一定体积比投入微藻种子, 并打开气路系统, 通入与步骤七同样的 CO<sub>2</sub>与空气的混合气体, 混合气体通过混合气路由微藻种子培养曝气头 27 进入微藻种子培养器 24 中, 将微藻培养 6 天。

[0084] 十二、将培养后的微藻种子液经由种子微藻流出管 28 流出, 通过水泵 29 泵入到反应器主体 1 中进行废水的氨氮吸收与微藻的废水养殖。

[0085] 经过吹脱步骤后, 废水中氨氮浓度为 171.0mg/L, 通过稀硫酸溶液吸收, 氨氮吸收率达到 100%; 主体反应器中出水 COD 为 6.9mg/L, 氨氮浓度为 6.2mg/L, 总磷浓度为 0.14mg/L, 达到国家排放标准; 微藻种子培养器中氨氮吸收率达到 99%, 整个工艺的氨氮回收利用率达到 97.9%。

[0086] 以上所述仅是本发明的优选实施方式, 应当指出, 对于本技术领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明技术原理的前提下, 还可以做出若干改进和替换, 这些改进和替换也应视为本发明的保护范围。

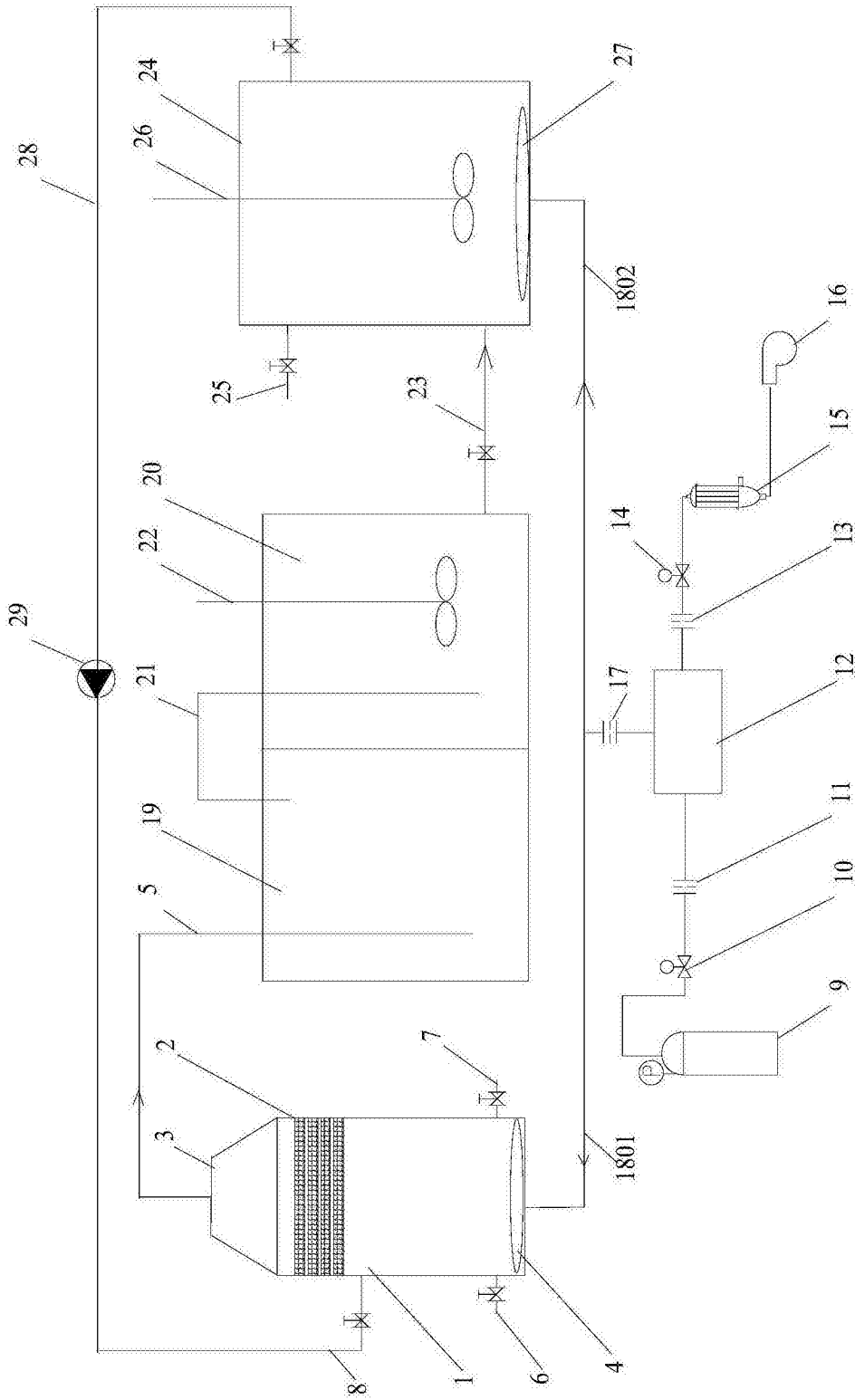


图 1