



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119118448 A

(43) 申请公布日 2024. 12. 13

(21) 申请号 202411541659.8

C02F 1/66 (2023.01)

(22) 申请日 2024.10.31

C02F 101/30 (2006.01)

C02F 103/06 (2006.01)

(71) 申请人 轩昂生态环境建设有限公司

地址 102209 北京市昌平区北七家镇宏翔

鸿企业孵化基地B座办公楼三层349室

(72) 发明人 赵义武

(74) 专利代理机构 北京易捷胜知识产权代理有

限公司 11613

专利代理师 孙进华

(51) Int. Cl.

C02F 9/00 (2023.01)

C02F 1/52 (2023.01)

C02F 1/00 (2023.01)

C02F 1/78 (2023.01)

C02F 1/72 (2023.01)

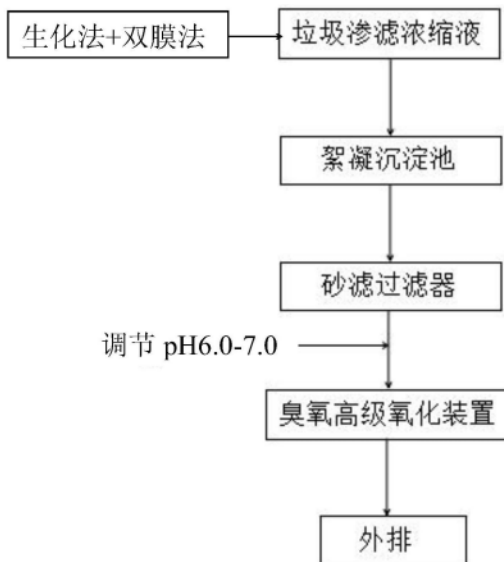
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

一种绿色低碳垃圾渗滤液浓缩液的处理系统
及方法

(57) 摘要

本发明涉及一种绿色低碳垃圾渗滤液浓缩液的处理系统,包括依次连接的絮凝沉淀池、砂滤过滤器和臭氧高级氧化装置;垃圾渗滤液的浓缩液首先进入絮凝沉淀池,通过加药絮凝沉降后,上清液进入砂滤过滤器,砂滤过滤器的出水进入臭氧高级氧化装置处理后排放;臭氧高级氧化装置包括氧化反应塔,塔内设有雾化喷淋装置,在雾化喷淋装置下方设有挂膜催化装置;雾化喷淋装置将进水以雾状液滴的形式向下喷洒,与连续相臭氧反应,挂膜催化装置包含多根催化棒,各催化棒表面覆有臭氧催化剂涂层,下落的水滴在催化棒上形成液膜并进一步被催化降解。本发明使用连续的臭氧气相与不连续的废水液滴相接触,提高气液传质系数和氧化效率,提升臭氧利用率和氧化效果。



1. 一种绿色低碳垃圾渗滤液浓缩液的处理系统,其特征在于,包括依次连接的絮凝沉淀池、砂滤过滤器和臭氧高级氧化装置;垃圾渗滤液的浓缩液首先进入絮凝沉淀池,通过加药絮凝沉降后,上清液进入砂滤过滤器,砂滤过滤器的出水进入臭氧高级氧化装置处理后排放;

所述臭氧高级氧化装置包括氧化反应塔;在氧化反应塔内设有至少一组挂膜催化装置,且每组挂膜催化装置上方间隔一定距离设有一组雾化喷淋装置;在氧化反应塔靠近塔顶的位置设有气液分离装置;氧化反应塔的塔顶连接气体回收管路,气体回收管路将从塔顶回收的臭氧从塔底的臭氧入口通入;在氧化反应塔的塔底还设有汇水槽,汇水槽中设有出水管,出水管连接循环主管和外排水管,所述循环主管连通若干组循环支管,各组循环支管分别对应连接一组所述雾化喷淋装置;所述循环主管还与进水相连通;臭氧入口在氧化反应塔内的位置高于汇水槽的液面且低于最下层的挂膜催化装置;

其中,雾化喷淋装置用于将待臭氧处理的废水以雾状液滴的形式向下喷洒;所述挂膜催化装置包含多根催化棒,各催化棒表面覆有臭氧催化剂涂层;所述多根催化棒排列以形成所述挂膜催化装置。

2. 根据权利要求1所述的处理系统,其特征在于,所述雾化喷淋装置包含雾化喷嘴,所述雾化喷嘴为实心锥形喷嘴,能将废水处理成直径在100-1000 μm 的液滴;所述催化棒的截面呈圆形、椭圆形、葫芦形或液滴形,每根催化棒的等效直径为1-5cm;截面为椭圆形的催化棒,其截面长轴方向沿竖直方向设置。

3. 根据权利要求1或2所述的处理系统,其特征在于,所述挂膜催化装置的催化棒分成两层或两层以上进行布置且具有层间距;单层催化棒平行排列且两个催化棒之间形成棒间距;相邻两层催化棒交错排列,使一层催化棒恰好位于另一层催化棒的棒间距内;或者相邻两层催化棒交叉排列,使一层催化棒恰好与另一层催化棒形成交叉。

4. 根据权利要求3所述的处理系统,其特征在于,在所述氧化反应塔内从下至上设有三组挂膜催化装置和三组雾化喷淋装置;所述挂膜催化装置各催化棒安装固定在氧化反应塔内壁的安装托架上;单组挂膜催化装置的最上层催化棒与其上方对应的一组雾化喷淋装置的雾化喷嘴下沿的垂直距离为15cm-30cm;单层催化棒平行排列且两个催化棒之间的棒间距为3-10倍催化棒直径;两层催化棒的层间距为1-3根催化棒直径。

5. 根据权利要求2所述的处理系统,其特征在于,在至少一组雾化喷淋装置和挂膜催化装置之间还设有一组微型鼓泡反应组件;微型鼓泡反应组件包括一个安装在氧化反应塔内壁的多孔支撑网,多孔支撑网上设置鼓泡管,鼓泡管的两端为扩口且中间设为喉管;鼓泡管的上端开口朝向雾化喷淋装置的雾化喷嘴,下端开口朝向挂膜催化装置;鼓泡管内壁涂覆有机物捕捉涂层和臭氧催化涂层;两种涂层以斑点形式交替设置,鼓泡管与鼓泡管之间为镂空;鼓泡管的喉管直径为0.5-3cm,喉管长度为5-20cm。

6. 根据权利要求3所述的处理系统,其特征在于,每一组循环支管包含两根或两根以上循环支管,每根循环支管连接至少三个雾化喷嘴;单个雾化喷嘴的流量10-30L/min,运行压力0.5-1bar;雾化喷嘴沿氧化反应塔的宽度方向分布。

7. 根据权利要求1所述的处理系统,其特征在于,所述气液分离装置由一组倾斜安装的波纹板构成,相邻波纹板之间的间距为1-10mm,所述波纹板上涂覆有臭氧催化剂涂层。

8. 根据权利要求1所述的处理系统,其特征在于,所述臭氧高级氧化装置还包括臭氧发

生器,所述臭氧发生器位于氧化反应塔外部;在所述气体回收管路上臭氧在线检测仪;所述臭氧在线检测仪与臭氧发生器的控制器连通;当臭氧在线检测仪检测到气体回收管路中臭氧浓度不足时,控制臭氧发生器开启以补充新的臭氧至氧化反应塔内;或者在氧化反应塔的塔身中间位置设置臭氧在线检测仪,所述臭氧在线检测仪与臭氧发生器的控制器连通,当检测到氧化反应塔内的臭氧浓度不足时,控制臭氧发生器开启以补充新的臭氧至氧化反应塔内。

9. 根据权利要求1所述的处理系统,其特征在于,所述出水管以三通管连接所述循环主管和外排水管,循环主管与进水连接,进水连续通入待处理的废水,外排水管连续外排处理后的废水;汇水槽中的一部分水通过循环主管和进水混合后经循环支管及雾化喷淋装置喷洒至氧化反应塔中,汇水槽的另一部分水则通过外排水管外排出去。

10. 一种绿色低碳垃圾渗滤液浓缩液的处理方法,其特征在于,采用权利要求1-9任一项所述的处理系统对垃圾渗滤液浓缩液进行处理,包括:

将垃圾渗滤液的浓缩液进行絮凝沉淀、砂滤和臭氧高级氧化处理;垃圾渗滤液的浓缩液首先进入絮凝沉淀池,通过加药絮凝沉降后,上清液进入砂滤过滤器,砂滤过滤器的出水进入臭氧高级氧化装置处理后排放;其中,将进入氧化反应塔的废水pH调节至6.0-7.0,控制氧化反应塔内臭氧浓度为5-10mg/L,氧化反应塔内的压力为0.1mPa-1.0mPa。

一种绿色低碳垃圾渗滤液浓缩液的处理系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及环境保护技术领域,具体涉及一种绿色低碳垃圾渗滤液浓缩液的处理系统及方法。

背景技术

[0002] 生活垃圾在填埋、焚烧、及其他处理过程中会产生大量的渗滤液,当前垃圾渗滤液处理一般采取前端生化与后端双膜法处理的技术模式,后端处理过程中会产生一定量的浓缩液(纳滤浓缩液和反渗透浓缩液),这部分浓缩液有待进一步处理。然而,垃圾渗滤液的浓缩液仍是一种高含盐、高有机物含量、并且难降解的污染废水,难以用生化及普通的物化方法处理,已经成为当前垃圾处置过程中的一大难题。标准状态下臭氧具有较高的氧化电位(2.07V),是一种常见的氧化剂;另外,臭氧在水中分解后产生比臭氧更强的氧化性物质,如羟基自由基($\cdot\text{OH}$)等,可以有效地去除水中有机污染物。羟基自由基($\cdot\text{OH}$)作为一种无选择性的强氧化剂,氧化电位2.8V,与有机物分子氧化反应的反应速率常数可达 $10^6\text{--}10^9\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$,许多难生化降解的有机污染物均可通过 $\cdot\text{OH}$ 的氧化作用有效去除。尽管臭氧高级氧化技术应用较普遍,具有应用方便、无二次污染、氧化效果较好等优势;但在实践应用过程中,仍然存在着臭氧利用率低与废水氧化效果不佳的技术问题。

[0003] 臭氧气体与废水中污染物的反应属于气液两相反应体系。目前,鼓泡反应塔(鼓泡反应池)、填料反应器是两类主要的臭氧氧化反应器,这类反应器主要通过控制臭氧气体气泡的大小,选择合适的填料,促进气液传质与反应的效果。但是,受限于污染物质在连续性液相内传质速率不高的缺陷,现有的反应器反应效能进一步提升的空间有限,需要探索新型反应接触方式,以期在传质速率上取得提升突破,并在此基础上研发新型高效反应器,进一步发挥臭氧氧化效能,而这将对整个垃圾渗滤液处理工艺处理效果的提升具有关键意义。

发明内容

[0004] (一)要解决的技术问题

[0005] 鉴于现有技术的上述缺点、不足,本发明提供一种绿色低碳垃圾渗滤液浓缩液的处理系统及方法,其包含臭氧高级氧化装置,通过改变气液接触方式,提高气液传质系数和臭氧对有机物的氧化效率,解决现有技术对垃圾渗滤液进行臭氧氧化的氧化效果不佳的技术问题。

[0006] (二)技术方案

[0007] 第一方面,本发明提供一种绿色低碳垃圾渗滤液浓缩液的处理系统,其包括依次连接的絮凝沉淀池、砂滤过滤器和臭氧高级氧化装置;垃圾渗滤液的浓缩液首先进入絮凝沉淀池,通过加药絮凝沉降后,上清液进入砂滤过滤器,砂滤过滤器的出水进入臭氧高级氧化装置处理后排放;

[0008] 所述臭氧高级氧化装置包括氧化反应塔;在氧化反应塔内设有至少一组挂膜催化

装置,且每组挂膜催化装置上方间隔一定距离设有一组雾化喷淋装置;在氧化反应塔靠近塔顶的位置设有气液分离装置;氧化反应塔的塔顶连接气体回收管路,气体回收管路将从塔顶回收的臭氧从塔底的臭氧入口通入;在氧化反应塔的塔底还设有汇水槽,汇水槽中设有出水管,出水管连接循环主管和外排水管,所述循环主管连通若干组循环支管,各组循环支管分别对应连接一组所述雾化喷淋装置;所述循环主管还与进水相连通;臭氧入口在氧化反应塔内的位置高于汇水槽的液面且低于最下层的挂膜催化装置;

[0009] 其中,雾化喷淋装置用于将待臭氧处理的废水以雾状液滴的形式向下喷洒;所述挂膜催化装置包含多根催化棒,各催化棒表面覆有臭氧催化剂涂层;所述多根催化棒排列以形成所述挂膜催化装置。

[0010] 根据本发明的较佳实施例,所述雾化喷淋装置包含若干雾化喷嘴,雾化喷嘴为实心锥形喷嘴,可将废水处理成直径在100-1000 μm 的液滴;催化棒的截面呈圆形、椭圆形、葫芦形或液滴形,每根催化棒的等效直径为1-5cm;截面为椭圆形的催化棒,其截面长轴方向沿竖直方向设置。

[0011] 根据本发明的较佳实施例,所述挂膜催化装置的催化棒分成两层或两层以上进行布置且具有层间距;单层催化棒平行排列且两个催化棒之间形成棒间距;相邻两层催化棒交错排列,使一层催化棒恰好位于另一层催化棒的棒间距内;或者相邻两层催化棒交叉排列,使一层催化棒恰好与另一层催化棒形成交叉。交叉角不做限制,优选为15-90度,更优选为45-90度。

[0012] 根据本发明的较佳实施例,在所述氧化反应塔内从下至上设有三组挂膜催化装置和三组雾化喷淋装置;所述挂膜催化装置各催化棒安装固定在氧化反应塔内壁的安装托架上。优选地,单组挂膜催化装置的最上层催化棒与其上方对应的一组雾化喷淋装置的雾化喷嘴下沿的垂直距离为15cm-30cm;单层催化棒平行排列且两个催化棒之间的棒间距为3-10倍(优选为4倍)催化棒直径;两层催化棒的层间距为1-3根催化棒直径。优选地,所述催化棒为不锈钢或塑料材质,其表面的臭氧催化剂涂层为 MnO_2 。

[0013] 根据本发明的较佳实施例,在至少一组雾化喷淋装置和挂膜催化装置之间还设有一组微型鼓泡反应组件,微型鼓泡反应组件包括一个安装在氧化反应塔内壁的多孔支撑网,多孔支撑网上设置鼓泡管,鼓泡管的两端为扩口且中间设为喉管;鼓泡管的上端开口朝向雾化喷淋装置的雾化喷嘴,下端开口朝向挂膜催化装置;鼓泡管内壁涂覆有机物捕捉涂层和臭氧催化涂层;两种涂层以斑点形式交替设置,鼓泡管与鼓泡管之间为镂空。从氧化反应塔底部通入的臭氧从镂空位置到达雾化喷嘴下方形成臭氧连续相,鼓泡管内部形成强化氧化场所。优选地,鼓泡管的上端距离雾化喷淋装置的雾化喷嘴下沿5-10cm,下沿距离单组挂膜催化装置的最上层催化棒上沿1-4cm;鼓泡管的喉管直径介于0.5-3cm,喉管长度为5-20cm。

[0014] 根据本发明的较佳实施例,每一组循环支管包含两根或两根以上循环支管,每根循环支管连接至少三个雾化喷嘴。优选地,单个雾化喷嘴的流量10-30L/min(优选为20L/min),运行压力0.5-1bar(优选为0.7bar)。优选地,每组循环支管包含两根循环支管,两根循环支管平行设置,且每根循环支管上设有3个雾化喷嘴,其沿氧化反应塔的宽度方向分布。

[0015] 根据本发明的较佳实施例,所述气液分离装置由一组倾斜安装的波纹板构成,相

邻波纹板之间的间距为1-10mm,优选为1.5-3mm;所述波纹板上涂覆有臭氧催化剂涂层。优选地,波纹板为塑料或不锈钢材质,其表面的臭氧催化剂涂层为 MnO_2 。波纹板表面的臭氧催化剂涂层具有臭氧催化效果和亲水性效果,提高气水分离效果和有机物降解效率。

[0016] 根据本发明的较佳实施例,所述气液分离装置的底部到最上层的雾化喷淋装置的雾化喷嘴上沿的距离为10-15cm,气液分离装置顶部到氧化反应塔顶部的距离为25-30cm。

[0017] 根据本发明的较佳实施例,所述臭氧高级氧化装置还包括臭氧发生器,所述臭氧发生器位于氧化反应塔外部;在所述气体回收管路上臭氧在线检测仪;所述臭氧在线检测仪与臭氧发生器的控制器连通;当臭氧在线检测仪检测到气体回收管路中臭氧浓度不足时,控制臭氧发生器开启以补充新的臭氧至氧化反应塔内。

[0018] 根据本发明的较佳实施例,所述气体回收管路上连接有排气扇和压缩机,臭氧在线检测仪位于压缩机的前端,排气扇用于将氧化反应塔的顶部收集的臭氧气体抽出,然后经压缩机处理后再从氧化反应塔的底部臭氧入口通入;所述臭氧发生器通过透气管向氧化反应塔通入臭氧或者与压缩机压缩后的气体汇合后一同向氧化反应塔通入。此外,也可在氧化反应塔的塔身中间位置设置臭氧在线检测仪,所述臭氧在线检测仪与臭氧发生器的控制器连通,当检测到氧化反应塔内的臭氧浓度不足时,控制臭氧发生器开启以补充新的臭氧至氧化反应塔内。

[0019] 根据本发明的较佳实施例,所述出水管以三通管连接所述循环主管和外排水管,循环主管与进水连接,进水连续通入待处理的废水,外排水管连续外排处理后的废水;汇水槽中的一部分水通过循环主管和进水混合后经循环支管及雾化喷淋装置喷洒至氧化反应塔中,汇水槽的另一部分水则通过外排水管外排出去。

[0020] 其中,所述循环主管上设有压力表,所述循环主管与各组循环支管的连接处设有独立的控制阀,由此可以自动化地根据待处理的废水水质(主要是进水的COD)来控制氧化反应塔中全部或部分的雾化喷淋装置进行工作。

[0021] 根据本发明的较佳实施例,所述氧化反应塔顶部设有减压阀和压力表,在氧化反应塔的压力超过设定值时通过减压阀进行泄压。

[0022] 根据本发明的较佳实施例,所述氧化反应塔壳体材质为塑料或者不锈钢或玻璃钢材质;或者所述氧化反应塔壳体为混凝土构筑体。优选地,所述氧化反应塔的底部为锥形底部以构成所述汇水槽。

[0023] 第二方面,本发明提供一种绿色低碳垃圾渗滤液浓缩液的处理方法,其包括采用上述系统对垃圾渗滤液浓缩液进行处理,包括:

[0024] 将垃圾渗滤液的浓缩液进行絮凝沉淀、砂滤和臭氧高级氧化处理;垃圾渗滤液的浓缩液首先进入絮凝沉淀池,通过加药絮凝沉降后,上清液进入砂滤过滤器,砂滤过滤器的出水进入臭氧高级氧化装置处理后排放;

[0025] 其中,将进入氧化反应塔的废水pH调节至6.0-7.0,控制氧化反应塔内臭氧浓度为5-10mg/L,优选为5mg/L、6mg/L、7mg/L、8mg/L、9mg/L或10mg/L;氧化反应塔内的压力为0.1mPa-1.0mPa;优选为0.1mPa、0.2mPa、0.3mPa、0.4mPa、0.5mPa或1.0mPa。

[0026] 适度增加氧化反应塔内部的压力,可有效提升降解反应的速率。当压力超标时,通过氧化反应塔顶部的减压阀进行减压,以维持氧化反应塔安全运行。

[0027] (三)有益效果

[0028] 本发明的技术效果如下：

[0029] 1、目前常用的气液接触方式为：臭氧气体向废水中鼓泡，废水液相为连续相而臭氧气体为非连续相。本发明通过设置雾化喷淋装置和塔底通入臭氧的方式，相较于现有的鼓泡反应塔（鼓泡反应池）和填料反应器，本发明改变了传统的臭氧氧化的气液接触方式，将臭氧设为连续相而废水为非连续相，利用雾化喷淋装置将废水分散为小颗粒形态（小液滴），分散于连续的臭氧气体中；通过分散措施降低废水颗粒的粒径，缩短液相中的污染物分子向气液界面扩散路径，提升气液界面液膜侧的表现传质速率。尽管相比较于目前传统的气液接触方式，对于臭氧来说其侧扩散路径要整体变大，但是由于气相内分子扩散速率要远大于液相内分子扩散速率，因此本发明的氧化过程其气液表现传质速率相较于传统的气液接触方式会有明显提升。本发明以气相为连续相，同时尽量降低废水颗粒的粒径（降低液相内部污染物分子向气液界面扩散的路径长度），大大提升气液传质系数、气液界面面积，进而提高臭氧分子与液相中污染物的接触几率，最终实现氧化反应速率增加的目标。

[0030] 2、本发明进一步在雾化喷淋装置下方设有挂膜催化装置，挂膜催化装置由若干表面设有臭氧催化涂层的催化棒所组成，利用这些催化棒表面的曲面，使液滴附着在催化棒表面形成铺展的液膜，缩短了臭氧分子向液膜中有机分子的扩散的路径，并借助催化棒表面的臭氧催化剂涂层（ MnO_2 ），对废水中的有机分子进行催化降解，提升催化效率，有利于对难降解的有机物分子进行降解。

[0031] 本发明进一步通过设置臭氧在氧化反应塔内的气体浓度和氧化反应塔内的气压强度，提升臭氧分子的传质速率及在水溶液中的溶解度，进而增加氧化反应速率。

[0032] 3、进一步地，本发明在氧化反应塔设有气液分离装置，其由一组倾斜间隔排列的波纹板所组成，波纹板上设有臭氧催化剂涂层；利用臭氧催化剂涂层的亲水性，使废水在表面附着并汇成大液滴，实现了气液的有效分离，将回收的臭氧循环从氧化反应塔底部通入，实现对臭氧的高效利用，避免臭氧浪费。在回收臭氧过程中监测回收管路中臭氧浓度，在浓度下降时可开启臭氧发生器来补充新的臭氧气体，以维持氧化反应塔内臭氧气体的浓度和压力。

[0033] 4、进一步地，本发明在雾化喷淋装置和挂膜催化装置还设有一组微型鼓泡反应组件，可减慢废水向下移动的速度，雾化喷淋装置喷出细小液滴（100-1000 μm ），液滴与连续相的臭氧发生反应，其中有机物被部分降解，未被降解的有机物和液滴一起落入到鼓泡管中；从鼓泡管底部向上移动的臭氧气体分子与向下移动的废水在喉管内相遇并发生鼓泡，在臭氧催化涂层的催化作用下强化降解有机物；对于一些难降解的较大分子的有机物，经过喉管时废水流速大大减慢，使较大分子的有机物被喉管内的有机物捕捉涂层所吸附，经过较长时间的臭氧鼓泡作用下发生强化降解。本发明结合了连续气相臭氧/雾状废水和微型鼓泡等两种传质方式，大大提升的臭氧利用效率和臭氧对废水中有机物的降解效果。

附图说明

[0034] 图1为本发明的一种绿色低碳垃圾渗滤液浓缩液的处理流程图。

[0035] 图2为实施例1的臭氧高级氧化装置的整体结构示意图。

[0036] 图3为实施例1的臭氧高级氧化装置中挂膜催化装置和循环支管的示意图。

[0037] 图4为实施例1的臭氧高级氧化装置中循环支管的示意图。

[0038] 图5为实施例2的臭氧高级氧化装置的结构示意图。

具体实施方式

[0039] 为了更好的解释本发明,以便于理解,下面结合附图,通过具体实施方式,对本发明作详细描述。

[0040] 实施例1

[0041] 如图1所示,为本发明的一种绿色低碳垃圾渗滤液浓缩液的处理流程图。垃圾渗滤液浓缩液来自前端生化与后端双膜法处理所得到的浓缩液,包括纳滤浓缩液和反渗透浓缩液。首先,将垃圾渗滤液浓缩液进入絮凝沉淀池,通过加药絮凝沉降后,上清液进入砂滤过滤器,砂滤过滤器的出水进入臭氧高级氧化装置,经高级氧化处理后达到外排标准。

[0042] 结合图2所示,为本发明较佳实施例的臭氧高级氧化装置的示意图,所述臭氧高级氧化装置包括氧化反应塔,其整体为长方体形(也可设为圆柱体形),底部为四面锥以形成汇水槽(也可设为圆锥体)。汇水槽高度0.5m,汇水槽的锥角为90度。氧化反应塔体总高设为3.5m,长度为1.5m,宽度为1m。氧化反应塔整体为封闭,塔体顶部安装有减压阀9和压力表11-1。氧化反应塔的材质为塑料(在其他实施例中可为不锈钢或混凝土构筑)。氧化反应塔设有三组挂膜催化装置2,三组挂膜催化装置2在高度方向上间隔设置,在每组挂膜催化装置2上方间隔一定距离设有雾化喷淋装置1,在氧化反应塔内一共设有三组雾化喷淋装置1。雾化喷淋装置1包括若干雾化喷嘴101,单个雾化喷嘴101的流量为20L/min,运行压力为0.7bar,雾化喷嘴101为实心锥形喷嘴,能将废水处理成直径在100-1000 μ m的液滴。

[0043] 雾化喷淋装置1连接位于氧化反应塔外部的循环支管,循环支管连接循环主管,循环主管下端连接三通阀4,三通阀4一端连接外排水管41,另一端连接氧化反应塔的出水管42,出水管42上设有循环泵3,出水管42连接在氧化反应塔底部汇水槽的出水口。其中,出水管42、外排水管41、循环泵3、循环主管、循环支管等构成了废水进出水及循环装置。循环主管还与待处理的进水连通,使进水和氧化反应塔底部的循环水汇合后一同通过循环支管输送到雾化喷淋装置1。在循环主管上设有压力表11-2,循环主管与各组循环支管的连接处设有单独的控制阀门,利用这些控制阀门可以调节氧化反应塔内进行工作的雾化喷淋装置1的组数。出水管42以三通阀4连接循环主管和外排水管41,循环主管与进水连接,进水连续通入待处理的废水,外排水管41连续外排处理后的废水;氧化反应塔汇水槽中的一部分水通过循环主管和进水混合后经循环支管及雾化喷淋装置1喷洒至氧化反应塔中,汇水槽的另一部分水则通过外排水管41外排出去,如此即形成了连续进水/出水的臭氧高级氧化。

[0044] 挂膜催化装置2包括若干根催化棒21,催化棒21的截面呈圆形、椭圆形、葫芦形或液滴形,若截面为椭圆形的催化棒,其截面长轴方向沿竖直方向设置。如图3所示,在本实施例中,催化棒21的截面呈直径5cm的圆形。每个挂膜催化装置2中的催化棒21呈多层分布,每一层包含若干根催化棒21,其材质为不锈钢材质,如图3所示,最上面一层有5根、第二层是6根、第三层是5根。单层催化棒均匀排列,棒间距约为4倍的催化棒直径大小;相邻层间的催化棒21为交错排列,层间距为2倍的催化棒直径大小。交错排列是指如图3所示,一层催化棒恰好位于另一层催化棒的棒间距内。在催化棒21表面涂覆一层 MnO_2 ,该涂层具有臭氧催化活性。催化棒21安装固定于氧化反应塔内壁的安装托架10上。在本实施例的氧化反应塔内设有三组催化棒,每组催化棒构成一个挂膜催化装置2。挂膜催化装置2的最上层催化棒与

其上部雾化喷嘴101下沿的距离为18cm。雾化喷淋装置1喷出的液滴下落的过程中会顺着曲面的催化棒21滑动,并在催化棒21表面形成一层液膜。该液膜与连续的臭氧气相接触,且由于催化棒21表面具有 MnO_2 ,可催化臭氧对废水中有机物的氧化速度和氧化强度。

[0045] 结合图4所示,由于雾化喷淋装置1的设置组数为3组,本实施例中循环支管的设置组数也为3组,且每组循环支管分别又包含2根循环支管,每根循环支管上设有3个雾化喷嘴101。3组循环支管在高度上间隔配制,每一组循环支管包含2根循环支管,一根循环支管上安装3个雾化喷嘴101,6个雾化喷嘴101组成了一个雾化喷淋装置1。本实施例中,雾化喷嘴101的数量为18个。每组循环支管上设有独立的阀门,可分别对各循环支管的进水流量进行调节。

[0046] 在氧化反应塔靠近顶部的位置设有气液分离装置6,气液分离装置6由一组倾斜安装的波纹板构成,波纹板材质为塑料,相邻两个波纹板之间的间隙为2mm。如图2所示,以波纹板的波纹延伸方向与波纹板倾斜方向相一致的方式进行安装。波纹板上涂覆一层催化剂材料,催化剂为 MnO_2 。气液分离装置6的底部到最上层雾化喷嘴101上沿的距离为10cm,气液分离装置6顶部到氧化反应塔顶部的距离为25cm。

[0047] 氧化反应塔顶部且位于气液分离装置6上方设有气体回收管路71,在气体回收管路71上有排气扇7,用于将汇集到氧化反应塔顶部的臭氧进行循环回收利用。气体回收管路71下部连接压缩机8,将回收的臭氧加压浓缩后回输到氧化反应塔底部的臭氧入口81,经过臭氧入口81通入到氧化反应塔中。臭氧入口81在氧化反应塔内的位置高于汇水槽的液面且低于最下层的挂膜催化装置2。在气体回收管路71上且位于压缩机8的前端还设有臭氧在线检测仪12,其用于检测气体回收管路71中臭氧浓度,在臭氧浓度较低时,则需向氧化反应塔内补充新的臭氧。

[0048] 具体地,在氧化反应塔外部还设有臭氧发生器5,其通过通气管51与氧化反应塔底部连接,通气管51在氧化反应塔内部的位置位于汇水槽液面与最底层的催化挂膜装置2之间。所述气体回收管路71上的臭氧在线检测仪12信号连接臭氧发生器5的控制器,控制器根据臭氧在线检测仪12的检测数值(浓度),结合氧化反应塔的体积和设定的臭氧浓度值等,对需要补充的新鲜臭氧量进行计算,依据计算结果来控制臭氧发生器5进行工作并产生需要量的臭氧,产生的臭氧通过通气管51被送入氧化反应塔内部,或者可将产生的新臭氧与气体回收管路71连通,将新臭氧与回收的臭氧汇合后一同经过压缩机8进行压缩,提高浓度后再从臭氧入口81通入到氧化反应塔中。

[0049] 本实施例的臭氧高级氧化装置的处理过程如下:

[0050] 将砂滤过滤器的出水的pH值调节至6.0-7.0之间,通过连接循环主管与来自汇水槽的循环废水汇合,经循环支管进入氧化反应塔,并通过雾化喷淋装置1离散形成直径100-1000 μm 的微小液滴,液滴在自身重力及上升气体的双重作用下,整体上呈下降趋势,下降过程中,液滴首先与连续的臭氧气氛接触,液滴中的污染物与臭氧分子及衍生的羟基自由基发生氧化反应实现降解;同时大量液滴在下降过程中,会附着在催化挂膜装置2的各催化棒21表面以形成薄薄的液膜,液膜中的污染物与臭氧分子在催化棒21表面与臭氧催化剂 MnO_2 接触,在催化剂催化作用下进一步发生氧化,实现污染物进一步降解。液滴最终落入氧化反应塔底部的汇水槽内,在循环泵3作用下循环被喷成水雾和经臭氧氧化。出水管4连接循环泵3,循环泵3的出口端连接三通阀4,三通阀4连接循环主管,循环主管还连接进水,三通阀4

还连接外排水管41。进水不断输入调节pH至6.0-7.0的水,外排水管41不断外排。汇水槽的水部分被外排,部分将进水稀释后被循环支管、雾化喷淋装置1以雾状液滴喷洒到氧化反应塔内。

[0051] 臭氧发生器5产生的臭氧气体由氧化反应塔底部通入,臭氧通入流量可调,臭氧从氧化反应塔底部开始上升,上升过程中与废水液滴及催化棒21表面的液膜进行接触,废水中的污染物与臭氧分子及羟基自由基等衍生氧化物发生反应,实现有机物降解。气体在上升过程中会夹带部分液滴,夹带液滴的气体最后通过气液分离装置6实现了气液分离,分离后的水相沿波纹板表面向下回流,气体继续上升,回流的液相废水在波纹板表面接触催化剂 MnO_2 和臭氧,进一步发生氧化使有机物降解。

[0052] 氧化反应塔顶部分离出来的含臭氧气体,通过气体回收管路71、排气扇7和压缩机8等重新进入氧化反应塔底部,实现臭氧气体的循环利用,提高臭氧利用率。排气扇7和压缩机8的流量规格为 $10\text{m}^3/\text{min}$ 。气体回收管路71上安装有臭氧在线检测仪12,臭氧在线检测仪12设在压缩机8的前端,对回收的臭氧浓度实时监测;臭氧在线检测仪12同时还与臭氧发生器5的控制器连接,根据检测到的臭氧浓度,实时控制臭氧发生器5的启停,维持氧化反应塔内部的臭氧气体在设定的水平,如 5mg/L - 10mg/L 。氧化反应塔运行过程中,过量气体经其顶部的减压阀9外排,将氧化反应塔内部的气体压力维持在 0.1mPa - 1.0mPa 。

[0053] 相较于常规的鼓泡式臭氧氧化反应以废水为连续相,以臭氧为分散相的气液接触模式,本实施例改成以臭氧为连续相以废水为分散相,同时设置了以催化棒21阵列所组成的挂膜催化装置2,氧化反应塔内部形成了气液固三相反应体系。

[0054] 本实施例的臭氧高级氧化装置可对废水中的污染物实现高效降解。本发明通过雾化喷淋装置1,将废水处理成微小液滴,减小污染物在液相中的传质路径,增加气液接触界面的面积,提高臭氧分子及其氧化衍生物与污染物接触的几率,从而增加气液表观传质速率。挂膜催化装置2的各催化棒21对污染物降解反应起到了非均相催化作用。催化棒21的表面能够提供较大气液接触面,增加气液传质速率与反应速率。最后,气液分离装置6不仅能实现气液分离,其表面的 MnO_2 不仅具有亲水性,可供废水液滴附着和汇流成大液滴,改善气液分离效率,同时还能进一步利用其表面的催化剂对附着的废水及污染物起到催化降解的作用。在臭氧高级氧化装置运行过程中,适度增加氧化反应塔内部的压力(如 0.1mPa - 1.0mPa),可进一步提升降解反应的速率。利用气体回收管路及排气扇和压缩机等组件,可提升臭氧利用率,避免臭氧浪费。通过在气体回收管路上设置臭氧在线检测仪12,将其与臭氧发生器5进行自动联动控制,可节省臭氧制备成本,并使氧化反应塔内维持较高的臭氧浓度,将臭氧浓度维持在设定值范围内,保证废水中有机物的降解效果。

[0055] 实施例2

[0056] 本实施例为在实施例1基础上对臭氧高级氧化装置进一步改进,如图5所示,在靠下的两组雾化喷淋装置1和挂膜催化装置2之间还设有一组微型鼓泡反应组件13。微型鼓泡反应组件13包括一个安装在氧化反应塔内壁的多孔支撑网131,多孔支撑网的部分孔中安装有鼓泡管132,对应雾化喷嘴101的数量,每一层设置6个鼓泡管,鼓泡管132的两端为扩口且中间设为喉管。鼓泡管的上端开口朝向雾化喷淋装置1的雾化喷嘴101,下端开口朝向挂膜催化装置2。鼓泡管132内壁涂覆有机物捕捉涂层和臭氧催化涂层,两种涂层以斑点形式交替设置,鼓泡管132与鼓泡管132之间为镂空,可供臭氧从下方向雾化喷淋装置1一侧移

动。从氧化反应塔底部通入的臭氧从镂空位置到达雾化喷嘴101下方形成臭氧连续相,鼓泡管132内部形成强化氧化场所。鼓泡管132的上端距离雾化喷淋装置的雾化喷嘴101下沿5cm,下沿距离单组挂膜催化装置的最上层催化棒上沿2cm;鼓泡管的喉管直径为2cm,喉管长度为7cm。其中臭氧催化涂层可以是 MnO_2 ,有机物捕捉涂层可以是疏水性的硅烷偶联剂(氨基丙基三乙氧基硅烷,APTES)涂层;硅烷偶联剂以 $0.5-1\text{cm}^2$ 的不规则斑点形式喷涂在 MnO_2 涂层表面,两种涂层的裸露面分别占鼓泡管132内壁面的50%左右。硅烷偶联剂的亲水性一端与 MnO_2 连接,硅烷偶联剂疏水性的基团一端朝外,它们能捕捉水中的有机物分子,使废水中的有机分子被滞留。本实施例通过设置微型鼓泡反应组件13,将连续臭氧气相与不连续废水的接触方式与传统鼓泡反应接触方式进行有机结合,避免难降解的有机物分子随水滴快速下落至汇水槽,鼓泡管132内壁涂覆有机物捕捉涂层,将难降解有机物进行滞留,可进一步提升废水经一次循环时有机物的降解率。本实施例的臭氧高级氧化装置,能在更短时间内将废水的COD降低至设定值。

[0057] 应用例1

[0058] 使用实施例1的系统处理垃圾渗滤液的反渗透浓液,进入臭氧高级氧化装置的水质条件为:CODcr,450mg/L; $\text{NH}_4\text{-N}$ (氨氮)15mg/L;盐分15g/L。

[0059] 设定处理条件为:进水流量 $2\text{m}^3/\text{h}$,调节其pH值6.5;臭氧发生器气体流量 $20\text{L}/\text{min}$,臭氧浓度5mg/L,控制废水循环流量 $20\text{m}^3/\text{h}$,循环气体流量 $5\text{m}^3/\text{min}$,控制氧化反应塔内臭氧浓度为10mg/L。使用实施例1中臭氧高级氧化装置进行连续氧化降解处理,控制氧化反应塔内部气体压力为0.1mPa、0.2mPa、0.4mPa、0.5mPa、1.0mPa。在不同压力条件下,分别对出水进行取样检测。连续运行1个月,每日采样1次检测取平均值。

[0060] 表1:不同气体压力下高级氧化出水CODcr检测值

[0061]	反应压力/mPa	0.1	0.2	0.4	0.5	1.0
	出水CODcr/mg/L	70	58	48	43	40

[0062] 由表1可知,其出水CODcr获得很好的去除效果,出水CODcr能够达到《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准;当控制反应塔压力大于0.4mPa时,出水CODcr能够满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A的标准。

[0063] 应用例2

[0064] 在应用例1的基础上将使用实施例2中臭氧高级氧化装置进行连续氧化降解处理,控制氧化反应塔内部气体压力为0.1mPa、0.2mPa、0.4mPa、0.5mPa、1.0mPa。进水水质和设定处理条件与应用例1相同。在不同压力条件下,分别对出水进行取样检测。连续运行1个月,每日采样1次检测取平均值。

[0065] 表2:不同气体压力下高级氧化出水CODcr检测值

[0066]	反应压力/mPa	0.1	0.2	0.4	0.5	1.0
	出水CODcr/mg/L	67	55	44	40	36

[0067] 由表2可知,其出水CODcr获得很好的去除效果,出水CODcr能够达到《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准;当控制反应塔压力大于0.4mPa时,出水CODcr能够满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A的标准。

[0068] 应用例3

[0069] 使用实施例1的系统处理垃圾渗滤液的反渗透浓液,进入臭氧高级氧化装置的水

质条件为:COD_{Cr},450mg/L;NH₄-N(氨氮) 15mg/L;盐分15g/L。

[0070] 设定处理条件为:进水流量2m³/h,调节其pH值6.5;臭氧发生器气体流量20L/min,控制废水循环流量20m³/h,循环气体流量5m³/min,控制氧化反应塔内气压压力为0.5mPa。使用实施例1中臭氧高级氧化装置进行连续氧化降解处理,控制氧化反应塔内臭氧浓度为5mg/L、7.5mg/L、10mg/L。在不同臭氧浓度条件下,分别对出水进行取样检测。连续运行1个月,每日采样1次检测取平均值。

[0071] 表3:不同臭氧浓度下高级氧化出水COD_{Cr}检测值

[0072]	反应塔内臭氧浓度mg/L	5	7.5	10
	出水COD _{Cr} /mg/L	75	49	45

[0073] 由表3可知,其出水COD_{Cr}获得很好的去除效果,出水COD_{Cr}能够达到《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准;当控制反应塔内臭氧浓度大于7.5mg/L时,出水COD_{Cr}能够满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918-2002)一级A的标准。

[0074] 综上所述,本发明的臭氧高级氧化装置具备传质效能高、臭氧循环利用率高、可实现反应体系内各物相浓度及反应条件的精准控制等优势,由此对含有机物的废水实现高效处理,具有绿色低碳环保的特点。

[0075] 最后应说明的是:以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

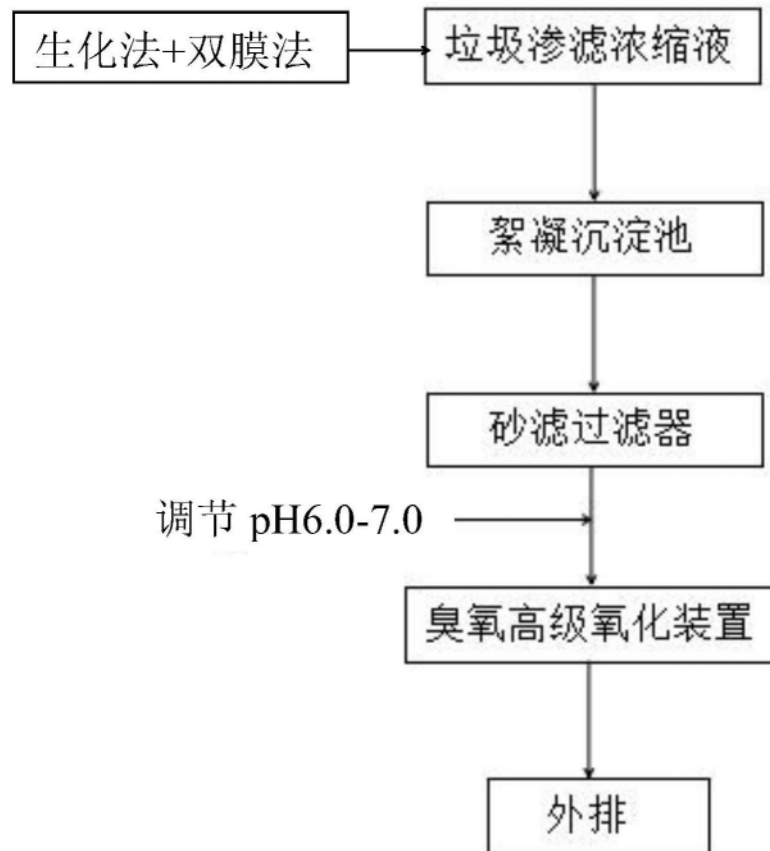


图1

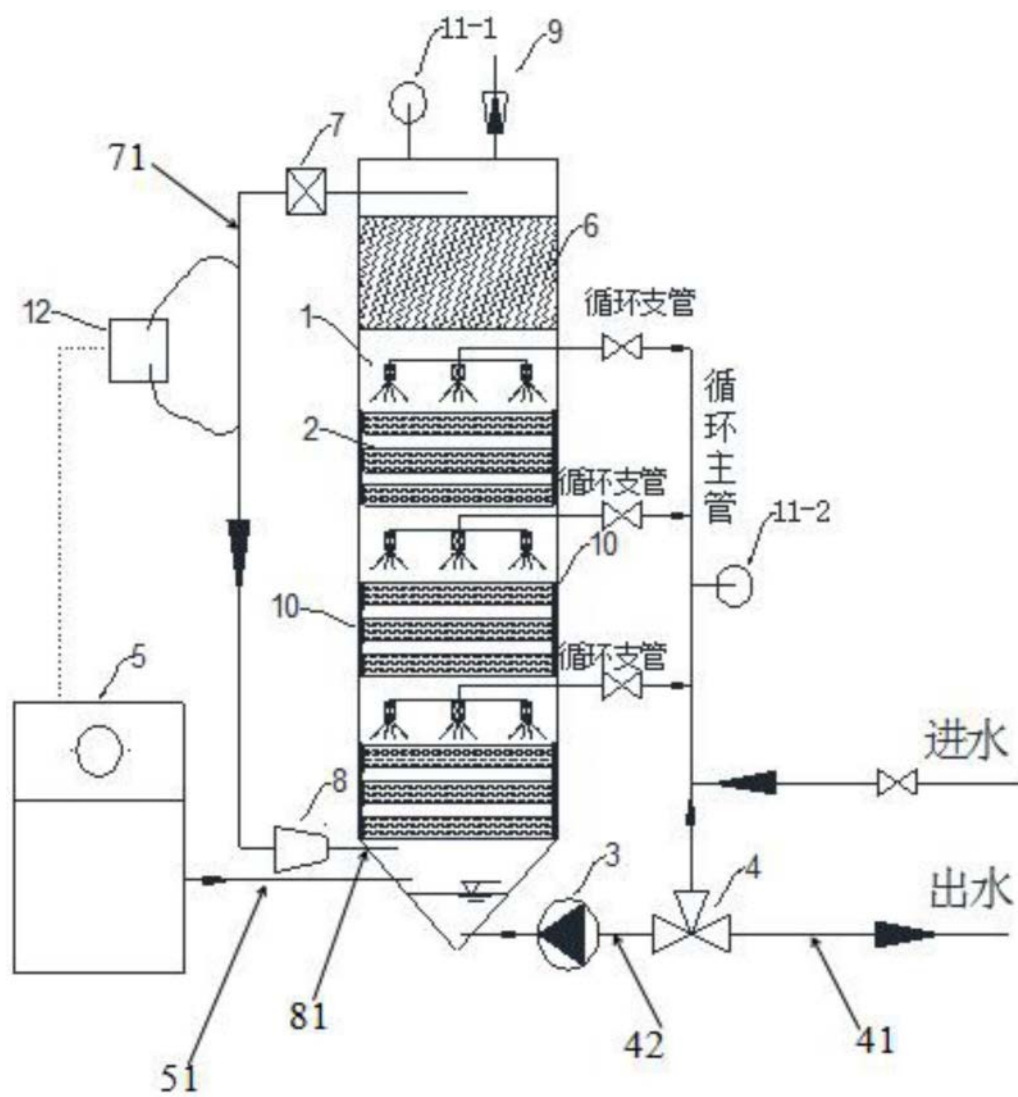


图2

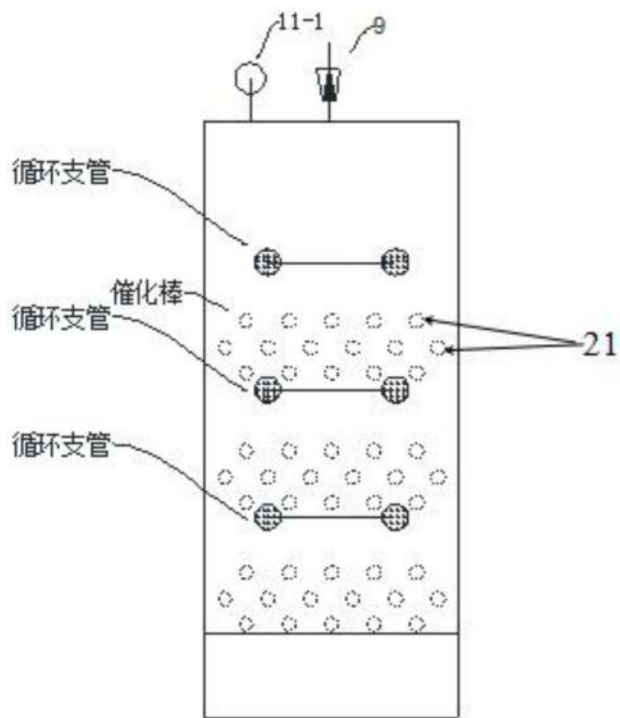


图3

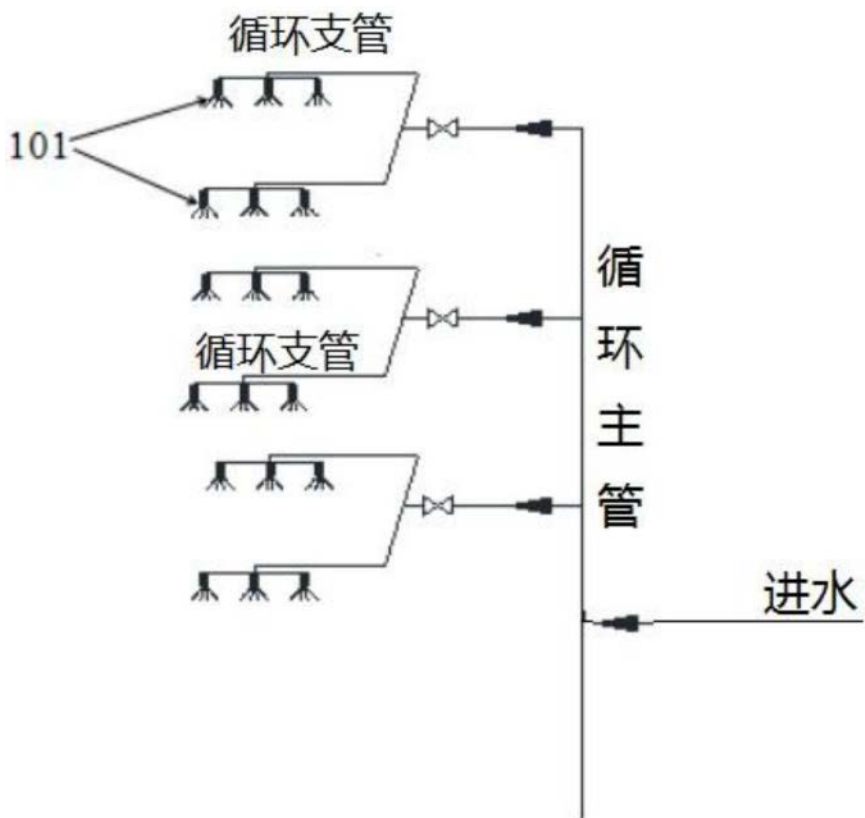


图4

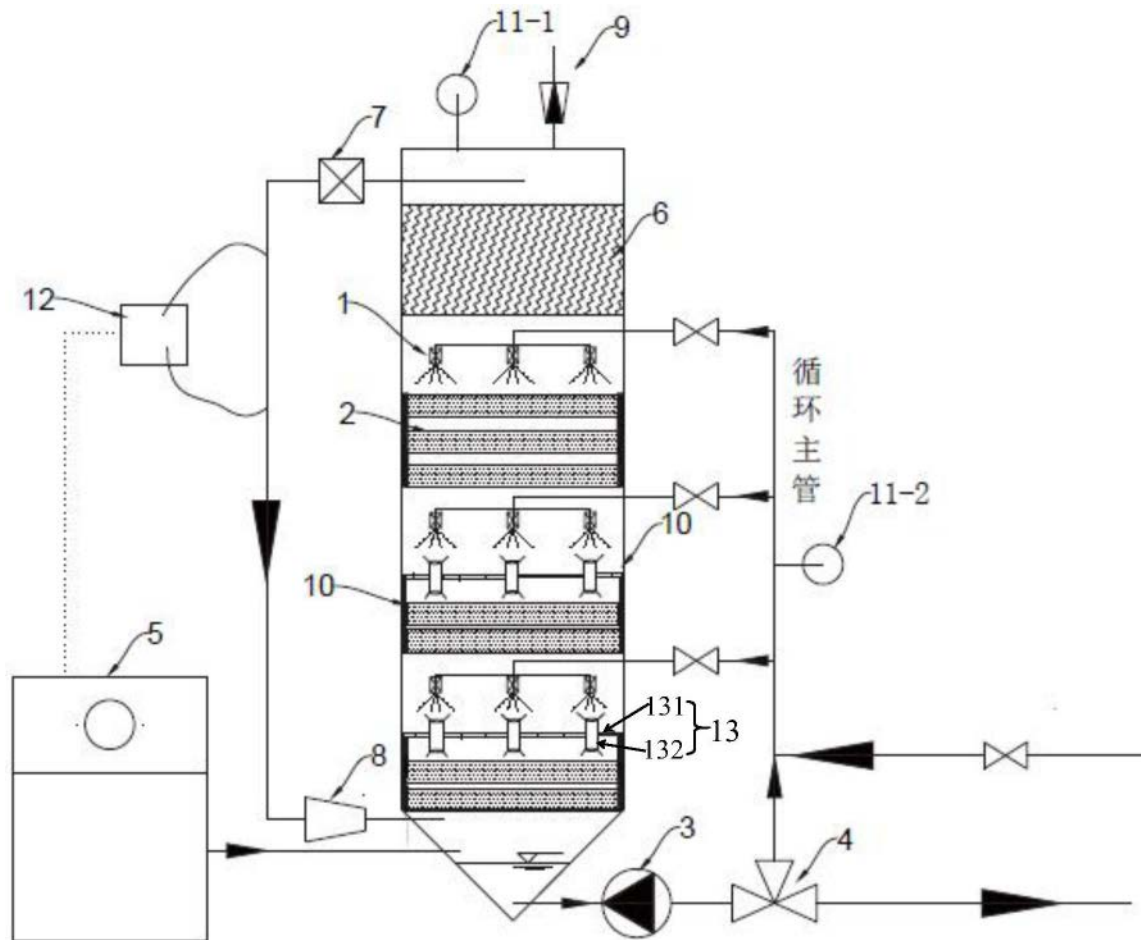


图5