



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103435157 B

(45) 授权公告日 2015. 03. 18

(21) 申请号 201310219102. 8

审查员 邹聪慧

(22) 申请日 2013. 06. 04

(73) 专利权人 深圳地大水务工程有限公司

地址 518000 广东省深圳市南山区科技园北区朗山路9号东江环保大楼8楼东804

专利权人 深圳市地大东江环境研究院

(72) 发明人 彭云龙 曾贤桂 陈兆勇 王域  
罗秘兰 欧阳少华

(74) 专利代理机构 深圳市合道英联专利事务所  
(普通合伙) 44309

代理人 廉红果

(51) Int. Cl.

C02F 3/30(2006. 01)

C02F 3/32(2006. 01)

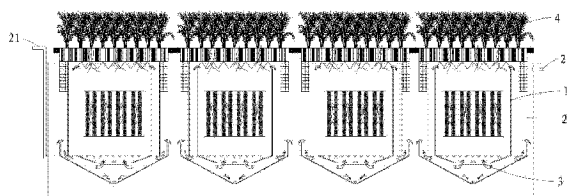
权利要求书2页 说明书20页 附图8页

### (54) 发明名称

智能化立体生态内循环硝化方法及装置

### (57) 摘要

用于污水处理系统升级改造的智能化立体生态内循环硝化方法及装置,是将污水处理的接触氧化池改造成沉淀池,并设置太阳能发电装置和风力发电机,为系统运行提供能源;沉淀池内设至少一立体生态内循环硝化处理单元,各单元自上而下分为生态除臭区和循环硝化反应区,各反应区自内而外分为好氧区和兼氧沉降区,好氧区设曝气元件,控制池内污水处理时的流量、溶解氧、温度及污泥浓度,使污水在好氧区和兼氧沉降区之间多次内循环流动,形成消耗内源性碳源的短程硝化、反硝化,上清液最后由出水口流出。本发明通过曝气动力使污水在各个区域循环流动实现循环硝化,有效脱除污染物,达到城市污水厂升级改造中对除臭除磷脱氮及总氮等指标达标排放。



1. 智能化立体生态内循环硝化方法,用于污水处理系统升级改造中,其特征在于,是将污水处理的接触氧化池改造成沉淀池,并在该沉淀池上方设置屋顶太阳能发电装置,周边设置风力发电机,以发电给整个污水处理系统运行;于所述沉淀池池内,设置至少一立体生态内循环硝化处理单元,各立体生态内循环处理单元根据应用场地成行、成列或呈阵列形式排列,并在各所述立体生态内循环硝化单元自上而下设置生态除臭区和循环硝化反应区,所述生态除臭区设置有植物篮,位于所述循环硝化反应区上方;所述循环硝化反应区设置于一循环兼氧箱内,将该循环兼氧箱自内而外分为好氧区和兼氧沉降区,所述循环兼氧箱的中心区域为所述好氧区,所述好氧区内设置曝气元件,其上部与所述兼氧沉降区连通,下部设有内循环入水口;于所述循环兼氧箱内之上部垂直设置有导流隔板,该导流隔板上端固定于所述植物篮底端,下端延伸至所述兼氧沉降区位置且与所述曝气元件处于同一水平位置;引入控制器控制池内的污水处理时的流量、溶解氧的含量、池内的温度及污泥浓度,将污水通过进水管引入所述好氧区,然后通过曝气元件的曝气作用使所述好氧区液体密度低于所述兼氧沉降区,以形成两者区间的密度差,使位于两个区之间的液体产生流动,使好氧区的液体向兼氧沉降区迁移,污水经过好氧、兼氧反应后再次被曝气元件的卷吸作用重新进入好氧区,使多个立体生态内循环硝化单元在连续运行状态下,可以在循环兼氧箱内实现溶解氧的梯度分布,形成消耗内源性碳源的短程硝化、反硝化反应,硝化反应后的污水流出内循环硝化处理单元外的沉淀池,上清液最后由出水口流出。

2. 根据权利要求1所述的智能化立体生态内循环硝化方法,其特征在于,所述好氧区与兼氧沉降区的容积比为1-2.5:0.4-1,其运行参数为:好氧区反应时间为4-6h;混合液悬浮固体浓度控制在2500—7000mg/L;好氧区溶解氧为2—5mg/L,兼氧沉降区溶解氧为0.3—1.0mg/L,循环硝化反应区pH值为7—7.8。

3. 采用权利要求1或2所述方法设计的智能化立体生态内循环硝化装置,其特征在于,是将污水处理的接触氧化池改造成沉淀池,并在该沉淀池上方设置有屋顶太阳能发电装置以及该沉淀池周边设置风力发电机,通过总控制器控制;所述沉淀池内设置有至少一立体生态内循环硝化单元,各立体生态内循环处理单元根据应用场地成行、成列或呈阵列形式排列,且各所述处理单元立体生态内循环硝化单元自上而下分为生态除臭区和循环硝化反应区,所述循环硝化反应区自内而外分为好氧区和兼氧沉降区,所述生态除臭区设置有植物篮,位于所述循环硝化反应区上方,所述植物篮内栽种有水养植物;所述循环硝化反应区设置于一循环兼氧箱内,该循环兼氧箱中心区域为所述好氧区,所述好氧区内设有曝气元件,上部与所述兼氧沉降区连通,下部设有内循环入水口,所述循环兼氧箱内上部具有垂直设置的导流隔板,该导流隔板上端固定于所述植物篮底端,下端延伸至所述兼氧沉降区位置且与所述曝气元件处于同一水平位置;所述兼氧沉降区环绕设于所述好氧区以外的区域,所述循环兼氧箱下部设有污泥导流管;所述总控制器还电连接有流量控制器、溶氧控制器、温度控制器和污泥浓度控制器。

4. 根据权利要求3所述的智能化立体生态内循环硝化装置,其特征在于,所述循环兼氧箱固定于所述沉淀池内,位于所述植物篮底端且与该植物篮连接固定,所述水养植物根部延伸于所述循环兼氧箱内部。

5. 根据权利要求3所述的智能化立体生态内循环硝化装置,其特征在于,所述循环兼氧箱悬浮设置于所述沉淀池内,位于所述植物篮底端且与该植物篮连接固定,所述水养

植物根部延伸于所述循环兼氧箱内部。

6. 根据权利要求 5 所述的智能化立体生态内循环硝化装置,其特征在于,设置一悬浮器,连接所述植物篮底端及所述循环兼氧箱上端的周边,使所述植物篮及所述循环兼氧箱悬浮设置于所述沉淀池内。

7. 根据权利要求 3-6 任一项所述的智能化立体生态内循环硝化装置,其特征在于,所述循环兼氧箱内设置有生物填料,通过填料固定架固定且在所述循环兼氧箱内,形成所述好氧区。

8. 根据权利要求 4-6 任一项所述的智能化立体生态内循环硝化装置,其特征在于,所述植物篮上端设置可使各立体生态内循环硝化单元相互连接的单元连接卡槽。

9. 根据权利要求 4-6 任一项所述的智能化立体生态内循环硝化装置,其特征在于,所述植物篮内设置有助于支撑水养植物的根茎且可吸附、降解微生物、吸附臭气的除臭填料。

## 智能化立体生态内循环硝化方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及废水处理领域,具体涉及用于污水处理系统的升级改造,尤其是用于城市污水厂升级改造中对除臭除磷脱氮及总氮等排放指标严格的生态净化处理方法及采用该方法设计的装置。

### 背景技术

[0002] 2008 年重点流域水污染考核结果显示,重点流域氨氮超过 V 类标准值的断面比例为 18.9% 和 22.1%,氨氮已超过化学需氧量 (COD) 而成为影响地表水水环境质量的首要指标。国家“十二五”的环保规划中,将增加对主要污染物实行总量控制的种类。“十二五”期间,在继续推进化学需氧量 (COD) 污染减排工作的同时,有必要将氨氮纳入全国主要水污染物排放约束性控制目标,通过污水处理系统升级改造,提高生活源氨氮去除效率,同时抓住化工、造纸、食品加工等重点行业,辅以农业源污染防治,可以有效控制氨氮排放总量。

[0003] 城市污水处理系统是防治这些污染的主要措施之一,已有上百年的发展历史。城市污水处理工艺也经历了三个发展时期:污水一级处理、污水二级处理、污水三级处理。污水处理设施中臭气的来源主要是污水前处理部分(格栅井、提升泵房集水池、沉砂池、缺氧池和好氧池)和污泥处理部分(贮泥池、脱水间等),是除臭的重点。

[0004] 具体至城市污水处理工艺技术主要有以下几种技术具有复合可持续发展的特点:

[0005] (一) 厌氧氨氧化;(二) 同步硝化·反硝化;(三) 短程硝化·反硝化;(四) 反硝化聚磷;(五) 消耗内源性碳源同时硝化一反硝化(SND);等等。

[0006] 根据水体污染物的性质及在脱除过程中的特点,我们通常将生活污水中的污染物分为三类:有机碳类污染物,含氮污染物,含磷污染物;相应的污染物脱除过程通常采用有机碳的生物矿化(将有机碳转变成二氧化碳),硝化与反硝化(将含氮化合物转变成氮气)和生物脱磷(将含磷化合物转变成不溶性无机磷酸盐沉淀)。由于上述三个过程的生物种类不同,生物学特性不同,采用的工艺设备及过程都不相同。最早人们考虑各段生物学特性的差异,采用多段多设备分别控制的处理工艺,如:好氧(脱除含碳有机物)一好氧(硝化)一厌氧(反硝化),该工艺虽然便于控制,能够使微生物处于最佳生长状态,但由于厌氧反硝化时需要补充新碳源而增加了处理成本,同时因处理工艺较长而投资较大;为此人们又开发了后置硝化工艺:厌氧(反硝化)一好氧(脱有机碳)一好氧(硝化)一回流至厌氧段(部分排放),该工艺利用污水中原有的碳源作为反硝化的能源,省去了需要补加的新碳源,但是面临回流的问题,其一是增加了动力消耗,二是降低了脱氮率,因为脱氮率与回流率直接相关,要达到 90% 的脱氮率就需要 9 倍回流量,动力消耗和设备容积都大大增加,投资与运行费用并没有按照预期的目标降低;为了克服分段分设备实施上述三种工艺过程的缺点,序批式活性污泥法 SBR 工艺得到普遍关注,它简化了工艺过程和设备,在一个单体设备中通过控制不同的操作参数完成上述三个过程,但是,它牺牲了微生物生长的最佳条件及其稳定性因素,实际上使各种微生物生长在一个单体设备中,不同的时间使某一类快速

生长而另几类受到抑制,依次交替运行,总的生物学效率并未达到良好状态。同时为了实现污水处理工艺的连续性,不得不采用多个单体设备交替进水周期性运行,其设备利用率较低,占地面积和投资加大,其中生物学未达到优化状态也是造成设备容积负荷不高,需要较大设备容积的重要原因之一。能否在一个单体设备中实现连续的脱有机碳,脱氮,脱磷一直是人们研究的热点问题。

[0007] M. Ros 和 J. Vrtovsek 研究了一种厌氧-缺氧-好氧一体化污水处理设备,其主体实验设备为一圆柱形填料塔反应器,一个塔体由于供氧位置及回流量的控制实现三个氧特性分区:底部 1/4 为厌氧段(空塔),中部 1/4 为缺氧段(有填料),上部 1/2 为好氧段(有填料);污水从底部进入反应器,首先通过厌氧区,厌氧区上部有回流口将部分厌氧处理后的污水返回到进水区;厌氧处理后的污水则向上进入到缺氧区,缺氧区微量溶解氧的来源是通过将好氧区出水部分回流到缺氧区底部而实现的;经过缺氧区处理后的污水则向上进入到好氧区,好氧区的溶解氧来源于设在好氧区底部的给氧设备。在该反应器中,底部相当于 UASB,没有设置填料,依靠厌氧颗粒污泥实现酸化水解脱出有机碳污染物,颗粒的悬浮通过厌氧段本身的回流量来控制。缺氧段主要功能是反硝化,其碳源可以方便的由厌氧段水解产生的小分子化合物来提供,而硝化过程则在好氧段完成,通过回流引入到缺氧段,其基本过程类似于前面所述的前置式生物脱氮工艺。该工艺虽然实现了连续化单体设备厌氧-缺氧-好氧污水处理过程,但厌氧段的自身回流需要动力驱动,好氧段向缺氧段的回流也消耗动力,同时前置式反硝化对高回流比的要求并未消除。而高回流比必将带来高溶解氧,使缺氧段操作参数控制不易稳定。

[0008] s. H. Chuang, etc. 开发了另外一种厌氧-缺氧-好氧一体化污水处理设备,其主体设备为水平放置的彼此相邻的三个槽子,第一槽为厌氧槽,第二槽为缺氧槽,第三槽为好氧槽,污水从厌氧槽进入反应器,并依次向后溢流,厌氧槽及缺氧槽均设置搅拌以强化传质过程,厌氧槽靠空气给氧及实现搅拌过程,好氧槽还设置了气动生物转盘,以提高处理效率,同时,其反硝化过程仍然依靠好氧槽出水回流到缺氧槽来实现。该反应器并未从根本上克服前述反应器的缺陷,相反,厌氧及缺氧槽的搅拌又增加了动力消耗,反硝化率仍然靠回流量控制,而回流量对溶解氧的影响依然存在。

[0009] 除了在反应器结构上尽可能组成一体化设备之外,在分离设备中研究优化的反应条件也是降低污水处理设备造价,节约运行费用的重要方面。Ruey. Fang Yu, etc. 研究了在连续流 SBR 系统中实施在线控制来强化污水处理效率的可行性,其选定的控制参数包括氧化还原电位(OPR),酸碱度(OH),溶解氧(DO),污泥浓度(MLSS),并用计算机进行数据处理与控制。上述四种参数对优化生物生长条件,控制各种生化反应过程具有非常重要的意义,尤其是基于神经网络的控制系統,可以大大减少水力停留时间和好氧动力消耗:停留时间好氧节省 45%,缺氧节省 15.5%,总停留时间节约 23.75%,好氧节能高达 45%。

[0010] 大量研究与工程实践表明,实现厌氧-缺氧-好氧三种状态及脱碳-脱氮-脱磷三种无害化过程,液体回流是不可避免的环节,同时给氧曝气也是必不可少的过程,两者都需要动力的消耗,能否将两者结合起来是节能的关键问题。气升式生物反应器是近年来在生物发酵中广为应用的生化反应器,同时也在好氧污水处理工艺中获得应用(流化床污水处理生化反应器)。

[0011] Guo-Qing Li. etc. 研究了黏性非牛顿流体在内循环气升式生物反应器中的传质

及气液循环问题,测定了气液氧传递速率常数 $K_{La}$ 及其他动力学参数。Taku Fujiwara, ete. 研究了折流管式反应器中各种参数(譬如内外管直径比,液体循环速度等)对生活污水处理中的有机碳(TOC),总氮(TN),溶解氮(DN)的脱除率的影响。上述研究工作的重点在于强化气液传质效果,提高单级处理效率,但对于综合动力效率及厌氧、缺氧过程并未涉及。

[0012] 目前国内城镇污水处理系统所采用的处理工艺,氨氮、总氮去除效率偏低,特别是总氮,去除率效率普遍低于80%,为了满足国家“十二五”的环保要求,对市政污水处理系统升级改造势在必行,而污水处理系统升级改造面临两种途径,一是对污水处理系统扩容,二是需开发高效新型脱氮材料及对除臭除磷脱氮及总氮等非常高效的工艺,但这样需要一定的时间和较高的人力物力成本。

## 发明内容

[0013] 本发明的目的在于克服现有技术缺陷,提供了一种可综合我国不同地域,不同类型的中小城镇污水排放特点,针对除臭除磷脱氮及总氮等排放指标不达标而设计的用于污水处理系统升级改造过程中的立体生态内循环硝化方法及采用该方法设计的立体生态内循环硝化装置。

[0014] 本发明提出的污水处理系统升级改造的智能化立体生态内循环硝化方法是將污水处理的接触氧化池改造成沉淀池,并在该沉淀池上方设置屋顶太阳能发电装置,周边设置风力发电机,以发电给整个污水处理系统运行;于所述沉淀池池内,设置至少一立体生态内循环硝化处理单元,各立体生态内循环处理单元根据应用场地成行、成列或呈阵列形式排列,并在各所述立体生态内循环硝化单元自上而下设置生态除臭区和循环硝化反应区,所述生态除臭区设置有植物篮,位于所述循环硝化反应区上方;所述循环硝化反应区设置于一循环兼氧箱内,将该循环兼氧箱自内而外分为好氧区和兼氧沉降区,所述循环兼氧箱的中心区域为所述好氧区,所述好氧区内设置曝气元件,其上部与所述兼氧沉降区连通,下部设有内循环入水口;于所述循环兼氧箱内之上部垂直设置有导流隔板,该导流隔板上端固定于所述植物篮底端,下端延伸至所述兼氧沉降区位置且与所述曝气元件处于同一水平位置,引入控制器控制池内的污水处理时的流量、溶解氧的含量、池内的温度及污泥浓度,将污水通过进水管引入所述好氧区,然后通过曝气元件的曝气作用使所述好氧区液体密度低于所述兼氧沉降区,以形成两者区间的密度差,使位于两个区之间的液体产生流动,通过曝气元件的提升作用使好氧区液体密度低于兼氧沉降区,形成两者区间的密度差,使好氧区的液体进入兼氧沉降区后再次被曝气元件的卷吸作用重新进入好氧区,使多个立体生态内循环硝化单元在连续运行状态下,可以在循环兼氧箱内实现溶解氧的梯度分布,形成消耗内源性碳源的短程硝化、反硝化反应,硝化反应后的污水流出内循环硝化处理单元外的沉淀池,上清液最后由出水口流出。

[0015] 本发明提出的污水处理系统智能化立体生态内循环硝化装置是將污水处理的接触氧化池改造成沉淀池,并在该沉淀池上方设置有屋顶太阳能发电装置以及该沉淀池周边设置风力发电机,通过总控制器控制;所述沉淀池内设置有至少一立体生态内循环硝化单元,各立体生态内循环处理单元根据应用场地成行、成列或呈阵列形式排列,且各所述处理单元立体生态内循环硝化单元自上而下分为生态除臭区和循环硝化反应区,所述循环硝化反应区自内而外分为好氧区和兼氧沉降区,所述生态除臭区设置有植物篮,位于所述循环

硝化反应区上方,所述植物篮内栽种有水养植物;所述循环硝化反应区设置于一循环兼氧箱内,该循环兼氧箱中心区域为所述好氧区,所述好氧区内设有曝气元件,上部与所述兼氧沉降区连通,下部设有内循环入水口,所述循环兼氧箱内上部具有垂直设置的导流隔板,该导流隔板上端固定于所述植物篮底端,下端延伸至所述兼氧沉降区位置且与所述曝气元件处于同一水平位置;所述兼氧沉降区环绕设于所述好氧区以外的区域,所述循环兼氧箱下部设有污泥导流管;所述总控制器还电连接有流量控制器、溶氧控制器、温度控制器和及污泥浓度控制器。

[0016] 本发明提供的低能耗、智能化立体生态内循环硝化方法中,通过吸收太阳能和利用自然的风力,为整个污水处理系统运行提供了能源,使之不需要外接电源,且资源丰富,既可免费使用,又无需运输,对环境无任何污染,其在沉淀池中设置的多个立体生态内循环硝化单元在连续运行状态下,可以在循环兼氧箱内实现溶解氧的梯度分布,且在各处理单元中设置不同区域,培养硝化细菌和反硝化细菌,并通过密度差和曝气动力使污水在各个区域循环流动,使污泥实现无限量回流,从而达到脱除有机污染物,脱氮的目的。同时,通过控制装置控制池内的污水处理时的流量、溶解氧的含量、池内的温度及污泥浓度,在处理池设置的立体生态内循环硝化装置在序批式或连续式运行条件下,都能在好氧区培养硝化细菌、兼氧沉降区培养反硝化聚磷菌,进而完成污水处理的低能耗、智能化控制厌氧释磷、好氧硝化和兼氧反硝化聚磷的工艺过程,最终实现脱除有机污染物、脱氮和除磷的目的。

[0017] 本发明所提出的低能耗、智能化立体生态内循环硝化装置正是在前述各种研究工作的基础上,综合我国不同地域,不同类型的中小城镇污水排放特点,克服现有技术对除臭除磷脱氮及总氮等排放指标不达标的缺点,提出了一种新型的生态污水处理技术,在污水厂升级改造过程中,可不新增工程用地、不新增运行成本、达到高效,节能,低投资,低成本,方便管理与操作,适用地域广泛的目标;目的在于既能除臭又能将总磷、氨氮及总氮等提升到优于一级 A 的排放指标。其高效性将体现在单位容积的有机物脱除负荷高,脱氮能力强,脱磷能力强;其节能性将体现在仅靠给氧动力完成各种水回流过程,使常规给氧过程的动力效率不仅体现在氧传递效率上,而且体现在推动液体回流上,特别可以将通过自动控制系统达到为生物脱氮目标,使污泥实现无限量回流;其低投资将体现在脱除不同污染物(不同反应条件)的过程在一个单元中完成,设备紧凑,占地面积小,一次性投资小,减少了许多回流设备能耗,降低了设备投资费用;其低成本将体现在动力消耗降低后电费减少,设备维修费减少,人工操作费减少;其智能化优势将体现在诸多参数的自动检测与反馈控制,使各反应过程都在相应的区域,相应的最佳条件,相对稳定的运行;其操作管理的方便性将体现在处理过程本身简化,自动检测水平较高,人工操作的失误等可以降到最小。

#### 附图说明

[0018] 图 1 为本发明整体布局示意图;

[0019] 图 2 为本发明装置实施例一正面剖视图;

[0020] 图 3 为本发明装置俯视图;

[0021] 图 4 为本发明装置立体生态内循环硝化单元实施例一结构正面剖视图;

[0022] 图 5 为本发明装置立体生态内循环硝化单元实施例一之悬浮装置一侧安装侧视图;

- [0023] 图 6 为本发明装置立体生态内循环硝化单元实施例一之悬浮装置另一侧安装侧视图；
- [0024] 图 7 为本发明装置立体生态内循环硝化单元实施例一之俯视图；
- [0025] 图 8 为本发明装置立体生态内循环硝化单元中植物篮结构俯视图。
- [0026] 图 9 为本发明装置立体生态内循环硝化单元实施例二结构正面剖视图；
- [0027] 图 10 为本发明装置应用于城市污水处理工艺流程图；
- [0028] 图 11 为本发明装置应用于工业废水处理工艺流程图；
- [0029] 图 12 为本发明装置与传统工艺的比较。

### 具体实施方式

[0030] 下面结合实施例对本发明作进一步的详述。应当理解，此处所描述的具体实施例，仅仅用于解释本发明，并不用于限定本发明。

[0031] 本发明首先提供了一种用于污水处理系统升级改造的低能耗、智能化立体生态内循环硝化方法，是将污水处理的接触氧化池改造成沉淀池，并在该沉淀池上方设置屋顶太阳能装置，周边设置风力发电机，以发电给整个污水处理系统运行；于所述沉淀池池内设置至少一立体生态内循环处理单元，各立体生态内循环处理单元可根据应用场地成行、成列或呈阵列形式排列，各所述立体生态内循环处理单元自上而下分别设置有生态除臭区和循环硝化反应区，其中循环硝化反应区设置于一循环兼氧箱内，自内而外分为好氧区和兼氧沉降区，同时为好氧区设置曝气元件，并引入控制器控制池内的污水处理时的流量、溶解氧的含量、池内的温度及污泥浓度。当污水通过进水管 21 引入所述好氧区，通过曝气元件的提升作用使污水由好氧区（上升区）带动上升，流经到接近水面 50-500mm 时，流化态活性污泥与液体会经设置在好氧区上部的敞开的出水口流向兼氧沉降区（下降区），由于好氧区（上升区）曝气后含有气泡，密度比兼氧沉降区（下降区）低，因而会产生上升区和下降区间的密度差，使二区之间液体从密度高的地方流动到密度低的地方，使兼氧沉降区（下降区）内活性污泥与液体向下流动，从好氧区设置的内循环入水口又进入好氧区（上升区），这时，进入好氧区的活性污泥与液体又通过曝气元件的作用上升，使活性污泥与液体在上升区内再次通过好氧区上部的敞开的出水口重新进入循环兼氧箱内的兼氧沉降区（下降区），开始下一个循环，完成污水生态硝化过程，通过多次循环硝化反应的上清液，最后由所述沉淀池上的出水口流出。这样，通过吸收太阳能和利用自然的风力，为整个污水处理系统运行提供了能源，使之不需要外接电源，且资源丰富，既可免费使用，又无需运输，对环境无任何污染，同时，通过控制装置控制池内的污水处理时的流量、溶解氧的含量、池内的温度及污泥浓度，使位于好氧区与兼氧沉降区的污水在不断的流动过程中产生的臭气通过生态除臭区的填料和植物根茎充分吸附并分解，同时在上、下及内、外循环过程中在好氧区充分供氧和适当温度、营养条件下，使投放于该区域内好氧性微生物大量繁殖，培养硝化细菌，在兼氧沉降区培养反硝化聚磷菌，并利用其将污水中的有机物氧化分解，由此以往，不断使污水进入其内循环，进而可完成污水处理的低能耗、智能化控制的厌氧释磷、好氧硝化和兼氧反硝化聚磷的工艺过程。

[0032] 上述方法中，所述好氧区与兼氧沉降区的容积比选取 1-2.5:0.4-1；在生活污水处理系统应用时，其新建工程指标为：工程占地面积为 0.3-0.4m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>，其运行参数为：好氧



区反应时间为 4-6h ;混合液悬浮固体浓度 (MLSS) 控制在 2500—7000mg/L ;好氧区溶解氧 (DO) 取 2—5mg/L,兼氧沉降区溶解氧 (DO) 取 0.3—1.0mg/L, pH 值为 7—7.8。

[0033] 参见图 1- 图 3, 依据上述方法, 本发明还提供了一种新建城市污水厂及城市污水处理厂处理系统升级改造的低能耗、智能化立体生态内循环硝化装置, 其包括原污水处理系统处理中的接触氧化池改造成沉淀池 2, 并在该沉淀池 2 的上方设置屋顶太阳能发电装置 50, 太阳能发电装置 50 包括多个太阳能电板 501, 该沉淀池 2 周边, 还设置风力发电机 60, 太阳能发电装置 50 和风力发电机 60 还通过逆变器控制器 80 连接一蓄电池组 70, 可使太阳能发电装置 50 和风力发电机 60 产生的直流电经过逆变器控制器 80 转换成符合电网要求的交流电, 并通过蓄电池组 70, 在有光照时将太阳能电板 501 所发出的电能储存起来, 到需要的时候再释放出来, 太阳能发电装置 50、风力发电机 60、逆变器控制器 80 及蓄电池组 70, 均通过总控制器 90 控制; 在该沉淀池 2 内设置有至少一内循环处理单元 1, 图 3、图 4 所示沉淀池 2 内横向排列有 4 个内循环处理单元 1, 可以在沉淀池 2 实现污水沉淀和上清液水平方向流出, 沉淀池 2 上设有出水口 22。参见图 2、图 4、图 9, 各所述处理单元 1 从上自下分别设置有生态除臭区 A 和循环硝化反应区, 其中循环硝化反应区设置于一循环兼氧箱 104 内, 循环兼氧箱 104 于沉淀池 2 内横向排列布置。所述生态除臭区 A 位于循环兼氧箱 104 上方, 栽有水养植物 4, 水养植物 4 支撑茎位于生态除臭区 A, 其上部的枝叶 41 显露于沉淀池 2 内污水上面, 其下之根部 42 置于所述循环兼氧箱 104 的内部; 所述循环硝化反应区分为兼氧沉降区 B(下降区) 和好氧区 C(上升区), 其中好氧区 C 位于循环兼氧箱 104 中心区域区域, 所述循环兼氧箱 104 设有可与沉淀池 2 内污水连通的内循环入水口 112, 下部设有污泥导流管 105; 于所述好氧区 C 内, 设有内循环入水口 112, 与进水管 21 连通, 好氧区 C 还设置有曝气元件 108, 该曝气元件 108 设于好氧区 C 底部, 可通过设置于沉淀池 2 底部的曝气管 3 为各好氧区 C 内设置的曝气元件 108 充氧, 曝气管 3 连接鼓风机 400, 为曝气元件 108 提供氧气。上述装置中, 各内循环处理单元在不同区域培养硝化细菌和反硝化细菌, 并通过曝气动力, 将好氧区 C(上升区) 内的流化态活性污泥与液体在好氧区 C 带动上升, 流经到接近水面 50-500mm 时, 污水处理液 117 经好氧区 C 上部的敞开的出水口流向环绕好氧区 C 周边以外的兼氧沉降区 B(下降区) 内, 由于好氧区 C 含有气泡, 密度比兼氧沉降区 B 低, 形成两区间的密度差, 因此, 污水处理液 117 便在该兼氧沉降区 B 消泡及泥水混合液下降, 降至兼氧沉降区 B 底部区域时, 由于好氧区 C 曝气元件 108 的卷吸作用, 且由于好氧区 C 密度比兼氧沉降区 B 低, 污水处理液 117 通过内循环入水口 112 重新被吸入好氧区 C 内, 再次循环。这样, 污水处理液 117 在各个区域不断从内向外且从上至下循环流动, 使泥水混合液实现无限量回流, 从而达到脱除有机污染物, 脱氮的目的。本发明在连续运行状态下, 可以在循环兼氧箱 104 内的好氧区 C 与兼氧沉降区 B 实现溶解氧的梯度分布, 各单元经内循环硝化处理后的污水在沉淀池 2 内沉淀, 最后通过多次循环硝化反应的上清液 106 通过沉淀池出水口 22 流出, 兼氧沉降区 B 内沉淀下来的污泥 109 由循环兼氧箱 104 底部的污泥导流管 105 排出, 并通过污泥抽吸泵 300 导入到缺氧池或污泥浓缩池 (见图 10、图 11)。上述循环过程中, 污水通过进水泵 200 由进水管 21 导入沉淀池 2 内, 其流量由流量控制器 91 控制; 由溶氧控制器 92 控制曝气元件 108 曝气量, 以控制污水处理液 117 中溶解氧的含量, 沉淀池 2 内污水处理液 117 的温度由温度控制器 93 控制, 沉淀下来排出的污泥 109 浓度由浓度控制器 94 控制, 形成整个系统智能化控制过程。

[0034] 需要说明的是,上述循环后上清液 106 还可在总控制器 90 的控制下,通过循环泵 100,重新引入沉淀池 2 内,再次进行短程硝化、反硝化过程,以彻底保证除臭除磷脱氮及总氮等指标的达标。

[0035] 下面结合附图对本发明装置中立体生态内循环硝化单元 1 具体结构做进一步详述。

[0036] 实施例一:

[0037] 参见图 4,作为发明装置立体生态内循环硝化单元实施例一结构,所述循环兼氧箱 104 悬浮设置于沉淀池 2 内,顶端设有矩形植物篮 116,所述水养植物 4 种植于该植物篮 116 内。具体参见图 5- 图 8,植物篮 116 通过植物篮支架 115 固定,两端设有植物篮提手 1161,而植物篮支架 115 四个角分别设有单元连接卡槽 101,可通过连接件将各内处理单元于接触氧化池 2 中连接于一体,植物篮支架 115 固定于一悬浮器 114 上,该悬浮器 114 是在植物篮支架 115 底端设置可在水中悬浮的元件,通过压板 1141 和紧固件 1142,使之紧箍于循环兼氧箱 104 上端的周边,既可用于支承植物篮支架 115、植物篮 116 及种植于该植物篮 116 内的水养植物 4 悬浮于沉淀池 2 水面上,又可使整个循环兼氧箱 104 悬浮于沉淀池 2 水中。

[0038] 具体地,所述的水养植物 4 可选用根茎发达、具有除磷脱氮效果的挺水植物。植物净光合速率与溶解氧分布、总氮和氨氮去除率显著正相关,而植物蒸腾速率与氨氮去除率显著相关。适当增加植物种植密度有利于提高污水处理工艺中的脱氮效果,但种植过密对提高溶解氧水平和总氮去除率反而不利。植物生长周期与脱氮影响显著,采用不收割植物可使得地上茎既不破坏植物根区微环境。植物的类型对脱氮除磷的效果也有很大的影响。研究发现,种植水烛和灯心草的立体生态装置基质中氮、磷分别比无植物的对照基质中低 18%~28%和 20%~31%,可见水烛和灯心草吸收利用了污水中部分的氮和磷。通过对照实验本发明装置对污水氮的净化效果,结果发现石菖蒲、灯心草和蝴蝶花 3 个有植物系统的总氮平均去除率为 77.7%、71.2%和 66.4%,而无植物系统的去除率仅为 55.8%。对污水磷的净化效果,结果发现 3 个有植物系统的去除率分别为 61%、65%和 59%,而无植物系统的去除率仅为 28%。通过研究了 8 种水生植物净化污水的能力,结果发现:气温高的夏季水生植物去除氮的效果优劣次序为:风眼莲、水浮莲、水鳖、浮萍、槐叶萍、紫萍、水筛;而在气温低的冬季则依次为水鳖、风眼莲、浮萍、水浮莲、紫萍、槐叶萍、水筛。

[0039] 本发明装置中所种植的挺水植物具有适合在好氧或少氧条件下生存的结构与特征,包括茎肥大,茎和根的中心具有较大的组织,茎中空,具深根系等。植物的这种特殊结构,有利于氧在其体内的传输并能传递到根区,不仅满足了植物在缺氧环境的呼吸作用,而且还可以促进根区的氧化还原反应与好氧微生物的活动,释放洁净空气去除异味。在光合作用下产生的氧传递到根区,在根区的还原态的介质中形成氧化的微环境,根区有氧区域与缺氧区域的共同存在为根区的好氧、兼氧和厌氧微生物提供了各自的小生境,使不同微生物都能发挥各自的作用。氧在植物根部的释放主要取决于植物内部氧的浓度、周围基质的需氧量以及植物根壁的渗透性。植物通过吸收而在根部释放氧是由其本身的结构所决定的,植物的结构阻止了其在径向的泄露,并努力使释放到根区的氧的损失减少到最小。氧的释放率一般在根的亚顶端区域最高,并随距离根尖的增大而降低。水生植物具有对流型通气组织,其根区和根部都具有较高的内部氧的浓度,这种对流型的气体的流动明显增加了可供氧根的长度,同时还可以通过氧化和脱毒减少根部一些潜在的有害物质。除了根系可

以释放氧外,根系还可以释放其它物质。故而所述挺水植物优选为花叶芦竹、海芋、香海芋、马蹄莲、美人蕉、龟背竹、鹤望兰、鹅掌柴、旱金莲、蜘蛛抱蛋、长叶刺葵、薜荔、玉簪、沼泽莎草、水菖蒲等一百多种挺水植物,上述植物收割和整理非常容易。

[0040] 可以理解地,上述水养植物 4 还可以是水养的花卉或蔬菜。设于小区的本发明装置可在生态除臭区 A 内养殖花卉,既可吸收污水处理时的臭气,给小区提供清新的花卉香气,同时还可对小区进行美化,可谓一举两得。在生态除臭区 A 养殖蔬菜,可将设置于污水处理系统的本发明装置变成蔬菜的栽种基地,同样可达到多重效果。

[0041] 在所述植物篮 116 内,设置有可用于支撑水养植物 4 的根茎且可吸附、降解微生物、吸附臭气的除臭填料 102。进一步地,支撑所述水养植物 4 根茎的除臭填料 102 为活性炭、陶粒或光触媒复合新型碳材料。当然,也可以是其他填料。本发明优选光触媒复合新型碳材料。所述光触媒复合新型碳材料有棕红色、白色和黑色三种,是由炭、陶土、光触媒剂和高温黏结剂等复合烧制而成。生产中可按需求实现粒径大小、微孔率和吸水率多小进行调整,成品的孔径在 0.06-6 微米之间,重量可调至 0.6-2.7g/cm<sup>3</sup> 之间,比表面积可达 1.2×10<sup>4</sup>cm<sup>2</sup>/g 左右。在合成过程中使其孔壁玻璃相和晶体交织生长成高强度机械性能的三重结构,内部微孔极为发达且呈梯度分布,具有良好的吸附和解吸附的能力。与传统的活性炭相比,光触媒复合新型碳材料大大提高了吸附污染颗粒物种类,提高了吸附效率和饱和容量,其吸附效率是普通活性炭的 2-4 倍,并且克服了使用活性炭会产生粉末和黑色污染的缺点。在环境应用中,因其具有强烈的吸附能力和耐冲刷、抗磨损、耐高温、耐腐蚀等特性可代替活性炭和陶粒用作空气和水净化的高速过滤材料;因其具有超轻体重的悬浮性和耐冲刷、抗磨损、耐高温、耐腐蚀等特性可代替传统填料。用作工业废气净化的高速滤料时,因为光触媒复合新型碳材料的比表面积达到 1.2×10<sup>4</sup>cm<sup>2</sup>/g 左右,且内部贯通微孔呈梯度分布,材质超轻,物理和化学性质稳定,耐酸耐碱性能优越,且由于颗粒间的范德华力、库仑力和表面张力使悬浮物或废气迁移并被吸附,吸附能力极强,速度极快,通过专有的紫外光源的光触媒技术,可实现边吸附边分解的功能。

[0042] 在兼氧沉降区 B 内设置于植物蓝支架 115 上的植物蓝 116 内的水养植物 4 悬浮于兼氧沉降区 B 水面,其强大的根茎体系形成生态填料全部悬浮生长在污水中,利用水生植物庞大的根系,和设置于植物蓝 116 内的支撑根茎和除臭的除臭填料 102 对废水中微生物及系统处理时产生的臭气进行吸附、降解,另一方面在臭气向上溢出时,通过水生植物茂盛的枝叶形成一可吸附臭气、防止臭气向外扩散的隔离层,从而实现废水的脱氮除磷除臭处理。

[0043] 本发明装置实施例中,还可将支撑根茎的除臭填料 102 置于植物蓝 116 中作为载体——类似于植物的土壤,使水养植物 4 根系 42 固定于污水中,反应过程中臭气同时与支撑根茎的除臭填料 102 上的微生物接触,进一步吸附并分解臭气,并通过其强大的根茎体系对废水进行净化。

[0044] 请再参见图 4,本发明立体生态内循环硝化单元 1 实施例一中,所述循环兼氧箱 104 内设置有生物填料 110,通过填料固定架 113 固定且在循环兼氧箱 104 中心区域,填料固定架 113 与植物蓝 116 相连,且悬浮于循环兼氧箱 104 中心,形成所述好氧区 C。好氧区 C 中的生物填料 110 呈环状的空心筒状布置,作为好氧生物载体,悬浮在循环兼氧箱 104 中,填料内部生长厌氧菌,产生反硝化作用可以脱氮;外部生长好氧菌,可去除有机物,整个处

理过程中同时存在硝化与反硝化过程。所述循环兼氧箱 104 上部,且位于好氧区 C 上部开口以外的区域,具有多个垂直设置的导流隔板 111,各导流隔板 111 顶端固定在植物篮支架 115 之底部,下端延伸至兼氧沉降区 B。各导流隔板 111 中,最长的隔板与曝气元件 108 处于同一水平位置,还可作为填料固定架 113 的安装构件。循环兼氧箱 104 下部呈收缩状,便于污泥的 109 下落,其底部设有污泥导流管 105,沉淀下落的污泥 109 可从该管排出到缺氧池或污泥浓缩池(见图 10、图 11)。

[0045] 本发明装置实施例一结构,是在污水处理系统中的沉淀池 2 内,将多个立体生态内循环硝化单元 1 悬浮于池内,以原污水处理系统处理中的沉淀池 2 增加气提升立体生态内循环硝化处理单元为主,植物净化有机物为辅一种原生态低成本的处理结构。沉淀池 2 内,因为悬浮器 114 能承载的排水量达到 900 公斤,故能将总量为 600 公斤的循环兼氧箱 104、植物篮 116、除臭填料 102 及水养植物 4 悬浮于沉淀池 2 内。同时,设置于好氧区 C 内的曝气元件 108 中曝气管曝气,将沉淀池 2 内的流化态污水处理液 117 在好氧区 C 带动竖直上升,流经到接近水面 50-500mm 时,因为遇到生态除臭区 A 的阻挡流向由好氧区 C 上部的开口向外横向流动,进入循环兼氧箱 104 内之兼氧沉降区 B(下降区)内。为了进一步规范流向,循环兼氧箱 104 内垂直设置的导流隔板 111 下端延伸至兼氧沉降区 B 时可与曝气元件 108 处于同一水平位置,约束流化态活性污水处理液 117 通过导流隔板 111 强制进入兼氧沉降区 B(下降区),由于好氧区 C(上升区)含有气泡,密度比兼氧沉降区 B(下降区)低,产生了上升区和下降区间的密度差,使二区之间液体产生循环,同时在曝气后的好氧区 C 底部,由于存在曝气的卷吸作用,导流下降的兼氧沉降区 B 的污水处理液 117 便重新通过好氧区 C 底部设置的内循环入水口 112 吸入,再进入好氧区 C,上升后通过其上部敞开的口部向外再次进入兼氧沉降区 B,因此形成从内到外循环硝化过程,最后通过多次循环硝化反应的兼氧沉降区 B 上清液 106 可从位于导流隔板 111 外部的出水口流向沉淀池 2,经沉淀池 2 沉淀后的上清液由沉淀池出水口 22 流出。兼氧沉降区 B 下落的污泥 109 由循环兼氧箱 104 下端的污泥导流管 105 排出。本实施例适应于污水处理系统不停车改造。

[0046] 实施例二:

[0047] 参见图 9,本实施例与实施例一基本相同,所不同的是,所述循环兼氧箱 104 固定设置于接触氧化池 2 内,顶端设有矩形植物篮 116,所述水养植物 4 种植于该植物篮 116 内。同实施例一,植物篮 116 通过植物篮支架 115 固定,两端设有植物篮提手 1161,而植物篮支架 115 四个角分别设有单元连接卡槽 101,可通过连接件将各内处理单元 1 于沉淀池池 2 中连接于一体,植物篮支架 115 通过支撑板 103 与循环兼氧箱 104 连接固定,循环兼氧箱 104 则通过支撑脚架 107 固定在沉淀池 2 内。同实施例一,本实施例是在污水处理系统中的沉淀池 2 内,将多个立体生态内循环硝化单元 1 固定于池内,以原污水处理系统处理中的沉淀池 2 增加气提升立体生态内循环硝化处理单元为主,植物净化有机物为辅一种原生态低成本的处理结构。沉淀池 2 内,设置于好氧区 C 内的曝气元件 108 曝气,将沉淀池 2 内的流化态污水处理液 117 在好氧区 C 带动上升,流经到接近水面 50mm 时,因为遇到生态除臭区 A 的阻挡流向由好氧区 C 上部的开口向外横向流动,进入循环兼氧箱 104 内之兼氧沉降区 B(下降区)内。循环兼氧箱 104 内垂直设置的导流隔板 111 下端延伸至兼氧沉降区 B 时可与曝气元件 108 处于同一水平位置,约束流化态活性污水处理液 117 通过导流隔板 111 强制进入兼氧沉降区 B(下降区),由于好氧区 C(上升区)含有气泡,密度比兼氧沉降区 B(下降

区)低,产生了上升区和下降区间的密度差,因此,含有气泡的污水在兼氧沉降区消泡后其泥水混合液在二区之间液体产生循环,同时在曝气后的好氧区 C 底部,由于存在曝气的卷吸作用,导流下降的兼氧沉降区 B 的污水处理液 117 便重新通过好氧区 C 底部设置的内循环入水口 112 吸入,再进入好氧区 C,上升后通过其上部敞开的口部向外再次进入兼氧沉降区 B,因此形成从内到外循环硝化过程,最后通过多次循环硝化反应的兼氧沉降区 B 上清液 106 可从导流隔板 111 外部的出水口流向沉淀池 2,经沉淀池 2 沉淀后上清液由沉淀池出水口 22 流出。兼氧沉降区 B 下落的污泥 109 由循环兼氧箱 104 下端的污泥导流管 105 排出到缺氧池或污泥浓缩池(见图 10、图 11)。本实施例适应于污水处理系统新建或停车改造。

[0048] 本发明装置适用于城市污水处理系统升级改造,在实际工程应用中采用动力学模型和参数的建立和设计:

[0049] 立体生态内循环硝化单元 1 中,兼氧沉降区 B 的生化动力学模型和参数的建立可根据小试过程的运行和操作系统,确定间歇操作与连续操作的生化动力学中的反应速率、反应时间和反应器有效体积等参数,为今后的实际工程应用提供参考依据。

[0050] 1. 本发明应用的总体要求

[0051] (1) 本发明方法宜用于小型城镇污水和工业废水处理工程,其单套污水处理量宜小于  $150\text{m}^3/\text{d}$ ,当处理水量大于  $150\text{m}^3/\text{d}$  时,宜采用多套立体生态循环硝化装置联合运行的方式。

[0052] (2) 本发明装置的进水应符合下列条件:

[0053] 1) 水温宜为  $10^\circ\text{C} \sim 37^\circ\text{C}$ 、pH 宜为  $6.0 \sim 9.0$ 、 $\text{BOD}_5/\text{COD}_{\text{Cr}}$  值宜大于 0.3、营养组合比 ( $\text{BOD}_5$ :氮:磷) 宜为  $100:5:1$ 、进水  $\text{COD}_{\text{Cr}}$  浓度宜低于  $1000\text{mg/L}$ ;

[0054] 2) 有去除氨氮要求时,进水总碱度(以  $\text{CaCO}_3$  计)/氨氮值宜  $\geq 7.14$ ,不满足时应补充碱度;

[0055] 3) 有脱除总氮要求时,反硝化要求进水的碳源  $\text{BOD}_5$ /总氮值宜  $\geq 4.0$ ,总碱度(以  $\text{CaCO}_3$  计)/氨氮值宜  $\geq 3.6$ ,不满足时应补充碳源或碱度;

[0056] 4) 有除磷要求时,污水中的五日生化需氧量 ( $\text{BOD}_5$ )/总磷的比值宜大于  $17:1$ ;

[0057] 5) 要求同时除磷、脱氮时,宜同时满足 3) 和 4) 的要求。

[0058] (3) 本发明方法出水直接排放时,应符合国家或地方排放标准要求;排入下一级处理单元时,应符合下一级处理单元的进水要求。

[0059] (4) 根据脱氮除磷要求,宜在立体生态循环硝化工艺中前置缺氧池。

[0060] (5) 当进水水质不符合 (2) 规定的条件时,应根据进水水质采取适当的前处理和预处理工艺。

[0061] (6) 酸碱药剂、碳源药剂和除磷药剂储存罐容量应按理论加药量的  $4\text{d} \sim 7\text{d}$  的投加量设计,加药系统不宜少于 2 个,宜采用计量泵投加。

[0062] 2. 应用本发明装置时,城市污水处理宜采用图 9 所示流程,工业废水处理时宜采用图 10 所示流程。

[0063] 3. 预处理和前处理(见图 10、图 11)

[0064] 1) 进水系统前应设置格栅。进水泵房及格栅设计应符合 GB 50014 的相关规定。

[0065] 2) 流化床工艺应在格栅后设置沉砂池,沉砂池的设计应符合 GB 50014 的相关规定。

[0066] 3) 当进水悬浮物 (SS) 高于 200mg/L 时,宜在循环硝化装置前设置初沉池,初沉池的设计应符合 GB 50014 的相关规定。

[0067] 4) 当水质或水量的日变化最大值为最小值的两倍或两倍以上时,应设置调节池。调节池的设计应满足以下要求:

[0068] a) 调节池容量应根据废水流量变化曲线确定;没有流量变化曲线时,调节池的停留时间宜为 6h ~ 12h;

[0069] b) 调节池内宜设置搅拌装置,宜采用搅拌机或曝气搅拌方式;

[0070] c) 调节池出水端应设置去除浮渣装置,池底宜设置除砂和排泥装置。

[0071] 5) pH 调节应符合下列规定:

[0072] a) 当进水 pH<6.0 或 pH>9.0 时,应及时补充适量酸碱药剂;

[0073] b) 药剂种类、剂量和投加点宜通过现场试验确定;

[0074] c) 酸碱药剂可采用稀盐酸、稀硫酸、石灰或碳酸钠等;

[0075] d) 接触酸碱腐蚀性物质的设备和管道应采取防腐蚀措施。

[0076] 6) 碳源调节应符合下列规定:

[0077] a) 当进水碳源  $BOD_5$ /总氮值 <4.0 时,应及时补充适量碳源;

[0078] b) 药剂种类、剂量和投加点宜通过现场试验确定;

[0079] c) 碳源药剂可采用甲醇、乙酸或食物酿造厂等排放的高浓度有机废水;

[0080] d) 存储和使用甲醇作为碳源时,应做相应的防毒保护;

[0081] e) 接触乙酸腐蚀性物质的设备和管道应采取防腐蚀措施;

[0082] f) 碳源投加量宜按下式计算:

[0083]  $BOD_5 = 2.86 \times (N_1 - N_0) \times Q \cdots \cdots (1)$

[0084] 式中:

[0085]  $BOD_5$ ——投加的碳源对应的  $BOD_5$  量, mg/L;

[0086]  $N_1$ ——氨氮达标情况下,未补充碳源时,处理出水的总氮浓度, mg/L;

[0087]  $N_0$ ——标准要求的出水总氮浓度, mg/L;

[0088]  $Q$ ——污水设计流量,  $m^3/d$ 。

[0089] 4. 本发明装置的设计参数

[0090] (1) 好氧反应区容积确定

[0091] 1) 根据循环硝化装置的容积负荷来确定好氧反应区容积时,应按下式计算:

[0092]  $V_1 = Q(S_0 - S_e)/N_v \cdots \cdots (2)$

[0093] 式中:

[0094]  $V_1$ ——循环硝化装置好氧反应区容积,  $m^3$ ;

[0095]  $Q$ ——污水设计流量,  $m^3/d$ ;

[0096]  $S_0$ ——循环硝化装置进水化学需氧量, mg/L;

[0097]  $S_e$ ——循环硝化装置出水化学需氧量, mg/L;

[0098]  $N_v$ ——容积负荷,  $kgCOD/(m^3d)$ 。

[0099] 2) 容积负荷 ( $N_v$ ) 应根据试验或同类污水的设计参数确定,如无其它资料时,可参考如下经验数据:

[0100] a) 当废水  $BOD_5/COD_{Cr} > 0.4$  时,  $N_v$  可取  $3kgCOD/(m^3d) \sim 5kgCOD/(m^3d)$ ;

[0101] b) 当废水中  $0.3 < \text{BOD}_5/\text{CODcr} < 0.4$  时,  $N_v$  可取  $1\text{kgCOD}/(\text{m}^3\text{d}) \sim 3\text{kgCOD}/(\text{m}^3\text{d})$  ;

[0102] c) 当废水中  $\text{BOD}_5/\text{CODcr} < 0.3$  时, 应通过预处理和前处理提高  $\text{BOD}_5/\text{CODcr}$  的值使其大于 0.3。

[0103] 3) 根据水力停留时间  $\theta$  来确定好氧反应区容积时, 应按下式计算:

$$[0104] \quad V_1 = Q \cdot \theta \dots\dots\dots (3)$$

[0105] 式中:

[0106]  $V_1$ ——循环硝化装置好氧反应区容积,  $\text{m}^3$ ;

[0107]  $Q$ ——污水设计流量,  $\text{m}^3/\text{d}$ ;

[0108]  $\theta$ ——水力停留时间, h。

[0109] 4) 对于生活污水, 公式 (3) 中的  $\theta$  可取  $4\text{h} \sim 6\text{h}$ , 对于工业废水可取  $5\text{h} \sim 8\text{h}$  或视其可生化性确定。求出  $V_1$  后应按公式 (2) 校核。

[0110] (2) 兼氧沉降区容积确定

[0111] 1) 好氧反应区与兼氧沉降区的容积比设计为  $(1 \sim 2.5) : 0.4 \sim 1$ 。

[0112] 2) 缺氧反应区容积应按下式计算:

$$[0113] \quad V_2 = \frac{V_1 D_1^2}{D_1^2 - D_2^2} \dots\dots\dots (4)$$

[0114] 式中:

[0115]  $V_2$ ——缺氧反应区容积,  $\text{m}^3$ ;  $V_1$ ——循环硝化装置好氧反应区容积,  $\text{m}^3$ ;

[0116]  $D_1$ ——循环硝化装置面积,  $\text{m}^2$ ;  $D_2$ ——缺氧反应区面积,  $\text{m}^2$ 。

[0117] (3) 立体生态循环硝化装置的供氧量的确定

[0118] 1) 立体生态循环硝化装置采用鼓风曝气供氧, 曝气器应设在正对升流区的循环硝化装置底部, 宜采用均布的中微孔曝气头或穿孔管曝气。污水需氧量应按下式计算:

[0119]

$$O_2 = 0.001aQ(S_o - S_e) - c\Delta X_{vss} + b[0.001Q(N_k - N_{ke}) - 0.12\Delta X_{vss}] - 0.62b[0.001Q(N_t - N_{te} - N_{oe}) - 0.12\Delta X_{vss}] \dots\dots\dots (5)$$

[0120] 式中:

[0121]  $O_2$ ——污水需氧量,  $\text{kgO}_2/\text{d}$ ;  $Q$ ——污水设计流量,  $\text{m}^3/\text{d}$ ;

[0122]  $S_o$ ——进水五日生化需氧量,  $\text{mg/L}$ ;  $S_e$ ——出水五日生化需氧量,  $\text{mg/L}$ ;

[0123]  $X_{vss}$ ——排出系统的微生物量,  $\text{kg/d}$ ;  $N_k$ ——进水总凯氏氮浓度,  $\text{mg/L}$ ;

[0124]  $N_{ke}$ ——出水总凯氏氮浓度,  $\text{mg/L}$ ;  $N_t$ ——进水总氮浓度,  $\text{mg/L}$ ;

[0125]  $N_{te}$ ——出水总氮浓度,  $\text{mg/L}$ ;  $N_{oe}$ ——出水硝态氮浓度,  $\text{mg/L}$ ;

[0126]  $a$ ——碳的氧当量, 当含碳物质以五日生化需氧量计时, 取 1.47;

[0127]  $b$ ——氧化每公斤氨氮所需氧量 ( $\text{kgO}_2/\text{kgN}$ ), 取 4.57;

[0128]  $c$ ——细菌细胞的氧当量, 取 1.42。

[0129] 2) 去除含碳污染物时, 循环硝化装置污水需氧量宜取  $0.7\text{kgO}_2/\text{kg BOD}_5 \sim 1.2\text{kgO}_2/\text{kg BOD}_5$ 。

[0130] 3) 立体生态循环硝化工艺选用鼓风曝气装置和设备时,应根据不同的鼓风设备、曝气装置、位于水面下的深度、水温、在污水中氧总转移特性、当地的海拔高度以及预期生物流化床中溶解氧浓度等因素,将计算的污水需氧量换算为标准状态下污水需氧量。

[0131] 4) 标准状态 (0.1MPa, 20℃) 下污水需氧量应按下式计算:

$$[0132] \quad O_s = K_o \cdot O_2 \dots\dots\dots (6)$$

$$[0133] \quad K_o = \frac{C_{s(20)}}{\alpha(\beta \cdot \rho \cdot C_{sb(T)} - C_o) \times 1.024^{(T-20)} \times F} \dots\dots\dots (7)$$

$$[0134] \quad C_{sb(T)} = C_{s(T)} \left( \frac{P_b}{2.026 \times 10^5} + \frac{O_t}{42} \right) \dots\dots\dots (8)$$

$$[0135] \quad P_b = P + 9.8 \times 10^3 H \dots\dots\dots (9)$$

$$[0136] \quad \rho = \frac{P_1}{1.013 \times 10^5} \dots\dots\dots (10)$$

$$[0137] \quad O_t = \frac{21(1 - E_A)}{79 + 21(1 - E_A)} \times 100\% \dots\dots\dots (11)$$

[0138] 式中:

[0139]  $O_s$ ——标准状态下污水需氧量,  $\text{kgO}_2/\text{d}$ ;

[0140]  $K_o$ ——需氧量修正系数;

[0141]  $O_2$ ——污水需氧量,  $\text{kgO}_2/\text{d}$ ;

[0142]  $C_{s(20)}$ ——标准条件下清水中饱和溶解氧浓度,取 9.2mg/L;

[0143]  $C_{sb(T)}$ ——在  $T^\circ\text{C}$ 、大气压条件下,循环硝化装置内混合液饱和溶解氧浓度的平均值, mg/L;

[0144]  $C_{s(T)}$ ——在  $T^\circ\text{C}$ 、大气压条件下,清水表面饱和溶解氧浓度值, mg/L;

[0145]  $C_o$ ——混合液剩余溶解氧,一般取 2mg/L;

[0146]  $\alpha$ ——混合液中总传氧系数与清水中总传氧系数之比,一般取 0.8 ~ 0.85;

[0147]  $\beta$ ——混合液的饱和溶解氧值与清水中的饱和溶解氧值之比,一般取 0.9 ~ 0.97;

[0148]  $F$ ——曝气扩散设备堵塞系数,一般取 0.65 ~ 0.9;

[0149]  $\rho$ ——压力修正系数;

[0150]  $P_1$ ——所在地区实际压力, Pa;

[0151]  $T$ ——设计水温,  $^\circ\text{C}$ ;

[0152]  $P_b$ ——空气扩散装置出口处的绝对压力, Pa;

[0153]  $H$ ——空气扩散装置的安装深度, m;

[0154]  $P$ ——大气压力,  $P = 1.013 \times 10^5 \text{Pa}$ ;

[0155]  $E_A$ ——空气扩散装置的氧利用率,一般由厂商提供;

[0156]  $O_t$ ——曝气后本发明装置水面逸出气体中氧的体积百分比。

[0157] 5) 标准状态下鼓风曝气供气量按下式计算:



$$[0158] \quad E_A = \frac{O_s}{S} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$[0159] \quad S = G_s \times 0.21 \times 1.331 = 0.28G_s \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$[0160] \quad G_s = \frac{O_s}{0.28} E_A \quad \dots\dots\dots (14)$$

[0161] 式中：

[0162]  $E_A$ ——空气扩散装置的氧利用率，一般由厂商提供；

[0163]  $O_s$ ——标准状态下污水需氧量， $\text{kgO}_2/\text{d}$ ；

[0164]  $S$ ——供氧量， $\text{kgO}_2/\text{h}$ ；

[0165] 0.21——氧在空气中所占百分比；

[0166] 1.331—— $20^\circ\text{C}$ 时，氧的密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ ；

[0167]  $G_s$ ——标准状态下的供气量， $\text{m}^3/\text{h}$ 。

[0168] 6) 本发明装置宜设置一套备用的鼓风曝气设备。

[0169] 7) 应选用低噪声的鼓风机，鼓风机房应采取隔音降噪措施，并符合 GB 12523 的规定。

[0170] 8) 单级高速曝气离心鼓风机应符合 HJ/T 278 的规定；罗茨鼓风机应符合 HJ/T 251 的规定；微孔曝气器应符合 HJ/T 252 的规定。

[0171] 5. 间歇进水的本发明装置生化动力学中的反应速率

[0172] 小试的本发明装置中兼氧沉降区内的活性污泥为分批培养物。分批培养物的细菌不能连续不断地增殖。当细菌平衡生长时，其化学组成是恒定的。这简化了细菌培养物增殖率的测定工作，因为测定细菌培养物中任何一种成分的增长率就足以代表细菌的增殖率。

[0173] 因此，平衡生长的细菌培养物的增殖率可以用下式来表示：

$$[0174] \quad \frac{dx}{dt} = \mu x \quad \dots\dots\dots (15)$$

[0175] 式中， $\mu$ ——增殖率常数，或称比增殖率， $\text{h}^{-1}$ ；

[0176]  $x$ ——细菌浓度， $\text{mg}/\text{L}$ 。

[0177]  $t$ ——反应时间， $\text{h}$ 。

[0178] 采用混合液的固体浓度 MLSS 来代替上式中的活细菌浓度  $x$ ，并用大写  $X$  表示，单位为  $\text{mg}/\text{L}$ 。即：

$$[0179] \quad \frac{dX}{dt} = \mu X \quad \dots\dots\dots (16)$$

[0180] 此外，细菌的增殖率公式满足 Monod 方程：

$$[0181] \quad \mu = \frac{\mu_{\max} C}{K_s + C} \quad \dots\dots\dots (17)$$

[0182] 式中， $\mu_{\max}$ ——最大增殖率常数，或称最大比增殖率， $\text{h}^{-1}$

[0183]  $K_s$ ——饱和常数,  $\mu = \frac{1}{2} \mu_{\max}$  时的浓度 C 值;

[0184] C——有机物浓度, mg/L。

[0185] 从式 (17) 可得出, 当营养物浓度很低时,  $\mu$  值降低, 因而细菌的生长速率随之下降。随营养物浓度的增加,  $\mu$  值增大, 生长速率也就上升, 并得到更大的菌体量。但细菌的生长速率也缓慢下来。小试结果表明, 在温度约为 30℃ 时, 本发明装置中兼氧沉降区的最低总有机物浓度, 即营养物浓度, 为 150mg/L 左右。在指数生长阶段, 细菌的增殖速率  $dX/dt$  与限制营养物的减少速率  $dC/dt$  之间存在下列正比例关系:

$$[0186] \quad \frac{dX}{dt} = -Y \frac{dC}{dt} \quad \dots\dots\dots (18)$$

[0187] 式中, Y 为产率因数 (yield factor), 它的涵义在下式中表出:

[0188]

$$\frac{\text{细菌浓度增值}}{\text{时间}} = -Y \frac{\text{限制营养物浓度消耗值}}{\text{时间}}$$

[0189] 从上式看出, Y 代表每克营养物所产生的细菌质量。

[0190] 将式 (17) 代入式 (18), 可得:

$$[0191] \quad r_c = -\frac{dC}{dt} = \frac{1}{Y} \frac{dX}{dt} = \frac{1}{Y} \frac{\mu_{\max} C}{K_s + C} X \quad \dots\dots\dots (19)$$

[0192] 式中,  $r_c$  一生化动力学中的反应速率, mg/(Lh)。

[0193] 当基质浓度很小时:

$$[0194] \quad r_c = \frac{1}{Y} \frac{\mu_{\max}}{K_s} CX \quad \dots\dots\dots (20)$$

[0195] 设常数  $k = \frac{1}{Y} \frac{\mu_{\max}}{K_s}$  (单位为 L/(mgh)), 则可得到低浓度生活污水条件下的本发

明装置中兼氧沉降区内的生化反应速率  $r_c$  表达式:

$$[0196] \quad r_c = -\frac{dC}{dt} = kCX \quad \dots\dots\dots (21)$$

[0197] (2) 反应时间的确定

[0198] 对本发明装置做物料衡算时, 应掌握其两个主要特征: 一是在反应进行过程中无物料的输入和输出; 二是由于气流搅拌的作用, 好氧区内物料充分混合, 浓度均一, 而且反应物系的浓度仅随反应时间而变化。因此可以对整个装置做物料平衡。

[0199] 对生化反应, 衡算的组分可选底物和产物, 也可以做细菌的衡算。如对反应基质和产物做物料衡算, 其基本关系式为:

[0200] 【组分进入该体积单元的量】=【组分流入该体积单元的量】+【体积单元内组分转

化的量】+【体积单元内组分累积量】

[0201] 根据上式,对间歇操作的立体生态循环硝化装置,其物料衡算式应为:

[0202] 反应组分转化速率=反应组分的累积速率

[0203] 即

$$[0204] \quad V_R r_C = -\frac{dN_C}{dt} \dots\dots\dots (22)$$

[0205] 由上式可得:

$$[0206] \quad r_C = -\frac{1}{V_R} \frac{dN_C}{dt} \dots\dots\dots (23)$$

[0207] 式中,  $V_R$ ——反应器有效体积, L;

[0208]  $N_C$ ——基质的量, mg。

[0209] 对液相反应:

$$[0210] \quad r_C = -\frac{dC}{dt} \dots\dots\dots (24)$$

[0211] 若令  $t = 0, C = C_0$ ;  $t = t, C = C_t$ , 由式 (24) 分离变量积分, 得到:

$$[0212] \quad t = -\int_{C_0}^{C_t} \frac{dC}{r_C} \dots\dots\dots (25)$$

[0213] 将式 (21) 代入式 (25), 可得到低浓度生活污水条件下的立体生态循环硝化装置的反应时间  $t$  的表达式:

$$[0214] \quad t = -\int_{C_0}^{C_t} \frac{dC}{r_C} = -\frac{1}{kX} \ln \frac{C_t}{C_0} \dots\dots\dots (26)$$

[0215] 由小试的装置模型的反应时间  $T = 24$ , 可分别求得不同温度下反应器处理生活污水的  $k$  值: 温度为  $11^\circ\text{C}$  时,  $K = 5.3 \times 10^{-5} \text{L/mgh}$ , 温度为  $30^\circ\text{C}$  时,  $K = 1.3 \times 10^{-4} \text{L/mgh}$ 。

[0216] 上述数据表明: 在进水基质浓度低的条件下, 温度对小试反应装置模型内的兼氧生物的动力学速率有较大影响。温度越高, 生化反应速率越快。

[0217] (3) 本发明装置有效体积

[0218] 对间歇操作的本发明装置, 反应物要达到一定的反应程度, 或细菌要达到一定浓度所需要的反应时间, 仅与过程的速率有关, 而与装置大小无关。对间歇操作的本发明装置, 其有效体积大小是由反应物料的处理量来确定的。设间歇操作本发明装置的一个操作周期的时间为  $T$ , 则有:

$$[0219] \quad T = t + t_b \dots\dots\dots (27)$$

[0220] 式中,  $t$ ——反应时间, h;

[0221]  $t_b$ ——辅助操作时间, h。

[0222] 根据规定的生产任务, 要求该装置在单位时间内所应处理的物料体积为  $V_0$ , 单位

为 L/h,则该装置的有效体积为:

$$[0223] \quad V_R = V_0(t+t_b) \dots\dots\dots (28)$$

[0224] 式中,  $V_R$ ——装置有效体积, L。

[0225] 故,应考虑辅助操作时间  $t_b$  的大小,进而更加合理地确定装置的有效体积。

[0226] 6. 连续操作的本发明装置反应速率

[0227] (1) 装置的水力停留时间

[0228] 对基质(有机物)做衡算,则有:输入+循环=消耗+输出

[0229] 即:

$$[0230] \quad QC_0 + RQC_t = V_R r_c + Q(1+R)C_t \dots\dots\dots (29)$$

[0231] 式中,  $Q$ ——反应液的流量, m;

[0232]  $R$ ——回流比,即物料循环比或体积比;

[0233]  $C_0$ ——进水中基质的浓度, mg/L;

[0234]  $C_t$ ——回流液和出水中基质的浓度, mg/L;

[0235]  $V_R$ ——装置的有效体积, L;

[0236]  $r_c$ ——生化动力学中的反应速率, mg/(Lh)。

[0237] 由上式可得:

$$[0238] \quad r_c = \frac{Q(C_0 - C_t)}{V_R} \dots\dots\dots (30)$$

[0239] 若令水力停留时间(HRT)为  $\tau = \frac{V_R}{Q}$ , 式中的  $T$  只代表物料在装置内的水力停留时

间,而不代表某一微元体的真实停留时间,单位为 h,将式(21)代入式(30),可得到装置的水力停留时间  $T$  的表达式:

$$[0240] \quad \tau = \frac{Q(C_0 - C_t)}{kcX \cdot Q} = \frac{C_0 - C_t}{kcX} \dots\dots\dots (31)$$

[0241] (2) 装置有效体积

[0242] 由式(30)和式(21)可得本发明装置有效体积  $V_R$  为:

$$[0243] \quad V_R = \frac{Q(C_0 - C_t)}{kCX} \dots\dots\dots (32)$$

[0244] 式中,  $V_R$ ——装置有效体积, L。

[0245] (3) 回流比

[0246] 设回流比为  $R$ ,则回流污泥流量为  $RQ$ 。在稳态条件下,对装置做细菌的衡算:

[0247] 输入量+循环量+生长量=输出量

[0248] 即:

$$[0249] \quad QX_0 + RQX_t = Q(1+R)X_t \dots\dots\dots (33)$$

[0250] 式中,  $Q$ ——反应液流量, L;

[0251]  $X_0$ ——进水中细菌浓度, mg/L ;

[0252]  $X_r$ ——回流液中细菌浓度, mg/L ;

[0253]  $R$ ——细菌生长速率, mg/(L·h) ;

[0254]  $X_1$ ——装置出水中细菌浓度, mg/L。

$$[0255] \quad R = \frac{X_1}{X_r - X_1} \dots\dots\dots (34)$$

[0256] 可见,装置内细菌浓度(污泥浓度)与回流比、有效容积和污泥浓缩系数的取值密切相关。故在设计过程中选取合适的回流比至关重要。

[0257] 7. 本发明装置应用于同步脱氮脱磷试验中

[0258] 循环硝化反应区 B 在运行参数为反应时间为 4-6h, MLSS 控制在 2500—7000mg/L 的范围内, 好氧区 C(上升区) DO 处于 2—5mg/L, 兼氧沉降区(下降区) DO 处于 0.3—1.0mg/L, 循环硝化反应区 B 之 pH 值为 7—7.8, 回流比为 2.5-5。基本实现了对有机污染物、氨氮和磷的脱除。

[0259] 其特性为:循环硝化反应区 B 在运行参数为反应时间为 4-6h 运行条件下连续进水运行, (1) 当进水 COD 为 300mg/L 左右时, 出水的 COD 可以降低到 13mg/L, COD 的去除率可以达到 95%左右, (2) 当进水的氨氮为 118.7mg/L 时, 出水的氨氮浓度为 5-15mg/L, 氨氮的去除率达到 93%以上; (3) 当进水的磷酸盐浓度为 10.5mg/L 左右时时, 出水的磷酸盐浓度也在 2.7mg/L 左右, 磷酸盐去除率平均为 73.8%。分别采用 SEM 和光学显微镜对系统中生物颗粒和悬浮微生物进行生物相观察, 发现系统中的微生物组分复杂且长势良好, 多种微生物相互共存。厌氧区存在大量的链球菌、短杆菌和少量的丝状菌, 好氧区存在大量的长杆菌, 丝状菌和少量的球菌, 在悬浮污泥中还有不少的纤毛虫、线虫等原生动物后生动物存在。

[0260] 本发明装置对 SS、BOD<sub>5</sub>、COD<sub>cr</sub>、氨氮、总氮和磷的去除:

[0261] (1) SS 的去除

[0262] 污水厂出水中悬浮物浓度不仅涉及到出水 SS 指标, 出水中的 BOD<sub>5</sub>、COD<sub>cr</sub>、TP 等指标也与之有关。因为组成出水悬浮物的主要成分是活性污泥絮体, 其本身的有机成份就高, 而有机物本身含磷, 因此较高的出水悬浮物含量会使得出水的 BOD<sub>5</sub>、COD<sub>cr</sub> 和 TP 增加。故而控制污水厂出水的 SS 指标是最基本的, 也是很关键的。在处理方案选用恰当、工艺参数取值合理和优化单体构筑物设计的条件下, 完全能够使出水 SS 指标满足国家标准的要求。本发明装置以植物强大的根茎体系及生态填料完成废水的除臭除磷脱氮处理, 静止沉淀相比连续沉淀的方式, 可保证更低浓度出水的 SS。

[0263] (2) BOD<sub>5</sub> 的去除

[0264] 污水中 BOD<sub>5</sub> 的去除是靠微生物的吸附作用和代谢作用, 对 BOD<sub>5</sub> 降解, 利用 BOD<sub>5</sub> 合成新细胞, 然后对污泥与水进行分离, 从而完成 BOD<sub>5</sub> 的去除。活性污泥中的微生物在有氧的条件下, 将污水中的一部分有机物用于合成新的细胞, 将另一部分有机物进行分解代谢以便获得细胞合成所需的能量, 其最终产物是 CO<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O 等稳定物质。在合成代谢与分解代谢过程中, 溶解性有机物(如低分子有机酸等)直接进入细胞内部被利用, 而非溶解有机物则首先被吸附在微生物表面, 然后被胞外酶水解后进入细胞内部被利用。由此可见, 微生物

的好氧代谢作用对污水中的溶解性有机物和非溶解性有机物都起作用,并且代谢产物是无害的稳定物质,因此,可以使处理后污水中的残余  $BOD_5$  浓度很低。

[0265] 本发明装置中,通过活性生物菌群消化有机污染物质,提高了自然净化能力,以达到净化水质的目的。除了在传统活性污泥系统中所发现的细菌外,还接种有其它 2000-3000 种植物、动物和微生物。所接种的有机体具有自我合成和吸收太阳能的能力,这种能力保证了污染物得到最大限度的生物降解。

[0266] (3)  $COD_{Cr}$  的去除

[0267] 污水中  $COD_{Cr}$  去除的原理与  $BOD_5$  基本相同。

[0268] 污水厂  $COD_{Cr}$  的去除率,取决于进水的可生化性,它污水的组成有关。对于生活污水,其  $BOD_5/COD_{Cr} \geq 0.5$ ,污水的可生化性较好,出水  $COD_{Cr}$  值可以控制在较低的水平,能够满足要求。

[0269] 本发明处理的污水主要以生活污水为主,其  $BOD_5/COD_{Cr}$  值为 0.5,污水具有较好的可生化性,采用二级处理工艺能满足要求。

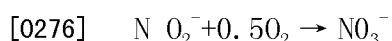
[0270] (4) 氨氮的去除

[0271] 污水去除氨氮方法主要有物理化学法和生物法两大类,在生活污水处理行业中生物法去除氨氮是主流,也是生活污水处理中经济和常用的方法。

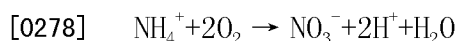
[0272] 氮是蛋白质不可缺少的组成部分,因此广泛存在于生活污水之中。在原污水中,氮以  $NH_4^+-N$  及有机氮的形式存在,这两种形式的氮合在一起称之为凯氏氮,用 TKN 表示。而原污水中的  $NO_x-N$  (包括亚硝酸盐和硝酸盐在内) 含量很少,几乎为零。这些不同形式的氮统称为总氮 (TN)。

[0273] 氮也是构成微生物的元素之一,一部分进入细胞体内的氮将随剩余污泥一起从水中去除。这部分氮量约为所去除的  $BOD_5$  的 5%,为微生物重量的 12%,约占污水处理系统剩余活性污泥量的 4%。

[0274] 在有机物被氧化的同时,污水中的有机氮也被氧化成氨氮,在溶解氧充足、负荷较低、泥龄较长的情况下,进一步被氧化成亚硝酸盐和硝酸盐,通常称之为硝化过程。其反应方程式如下:



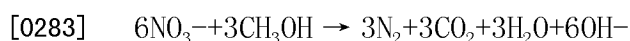
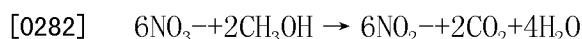
[0277] 第一步反应靠亚硝酸菌完成,第二步反应靠硝化菌完成,总的反应为:



[0279] 因此,采用发达根茎的植物吸收氨氮,去除率极高。

[0280] (5) 总氮的去除

[0281] 废水中的氨氮经过硝化作用被氧化成硝酸盐,尽管氨氮的浓度降低,但废水中的总氮被没有降低,为降低总氮,就必须去除废水中的硝酸盐氮。目前最成熟的工艺是反硝化,即在缺氧条件下,在兼性脱氮菌(反硝化菌)的作用下,将硝酸盐氮还原成氮气逸出,从而降低废水中的总氮。以甲醇作碳源为例,其反应方程式如下:



[0284] 本发明装置通过在接触氧化池 2 中设置多组水养植物 4,以植物发达根茎吸收氨

氮,从而提高总氮的去除率。

[0285] (6) 磷的去除

[0286] 生物除磷是污水中的聚磷菌在厌氧条件下,受到压抑而释放出体内的磷酸盐,产生能量用以吸收快速降解有机物,并转化为 PHB(聚  $\beta$  羟丁酸)储存起来。当这些聚磷菌进入好氧条件下时就降解体内储存的 PHB 产生能量,用于细胞的合成和吸磷,形成高浓度的含磷污泥,随剩余污泥一起排出系统,从而达到除磷的目的。

[0287] 本发明装置利用水养植物 4 发达的根茎吸收磷,运行过程中无电能消耗,完全避免化学物质的使用,维护费用仅为植物的养护费用和破碎填料的更换添加费用。

[0288] 若对污泥脱水间进行封闭除臭,会增加投资,且管理也不方便。因本发明装置不设初沉池,没有生污泥,污泥在污泥池内停留时间短,且进行好氧消化,并封闭处理,散发的臭味会有所减弱。污泥脱水间和运泥间单独设置,平时注意加强管理,产生的污泥及时压干外运,臭味的影响可以控制在承受的范围内。若能采用封闭式的离心式脱水机,则更会减弱臭味的散发。

[0289] 本发明装置中,通过植物作用脱臭效果明显,且可改善景观效果。通过生态除臭区 A 处理后的污水臭味大大降低。

[0290] 采用本发明装置改造或新建的污水处理系统外型景观漂亮。外部还可建有温室,温室采用轻钢骨架结构玻璃室;系统内为生态景观,内置立体生态外循环硝化装置除臭;温室可以确保植物和其它有机物在适宜环境温度下保持旺盛的活力,这一生态污水处理设施,可不必建在偏远地区,可应用于要求严格的高档社区,且对各社区环保具有积极意义。

[0291] 8. 污水处理系统升级改造中应用本发明装置与传统工艺的比较

[0292] 参见图 12,本发明与 MBR 工艺、接触氧化工艺比较,无论是出水水质、出水水质稳定性、脱氮除磷效果、除臭减碳效果、剩余污泥指标还是其他相关指标,运行费用,都优于另外两种工艺。由此可见,采用本发明装置处理后的废水出水水质好,可稳定达到国家一级 A 标准,满足绿化、冲厕等中水回用要求,也可作为生态景观补充水。同时,特别是具有极优的脱氮效果,出水氨氮可达到地表水 II 类要求,克服了其他工艺脱氮效果低的缺陷。其具有良好生态净化环境,耐负荷冲击能力强,出水水质稳定,剩余污泥少。而且,不仅出水水质好,而且外型景观漂亮,操作自动化程度高,基本可实现无人值守。

[0293] 本发明装置采用集成技术,设施布置紧凑,可根据需要选择合适的单元数量来布局占地面积,由于集成设置,工程投资和运行管理费用较低。

[0294] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

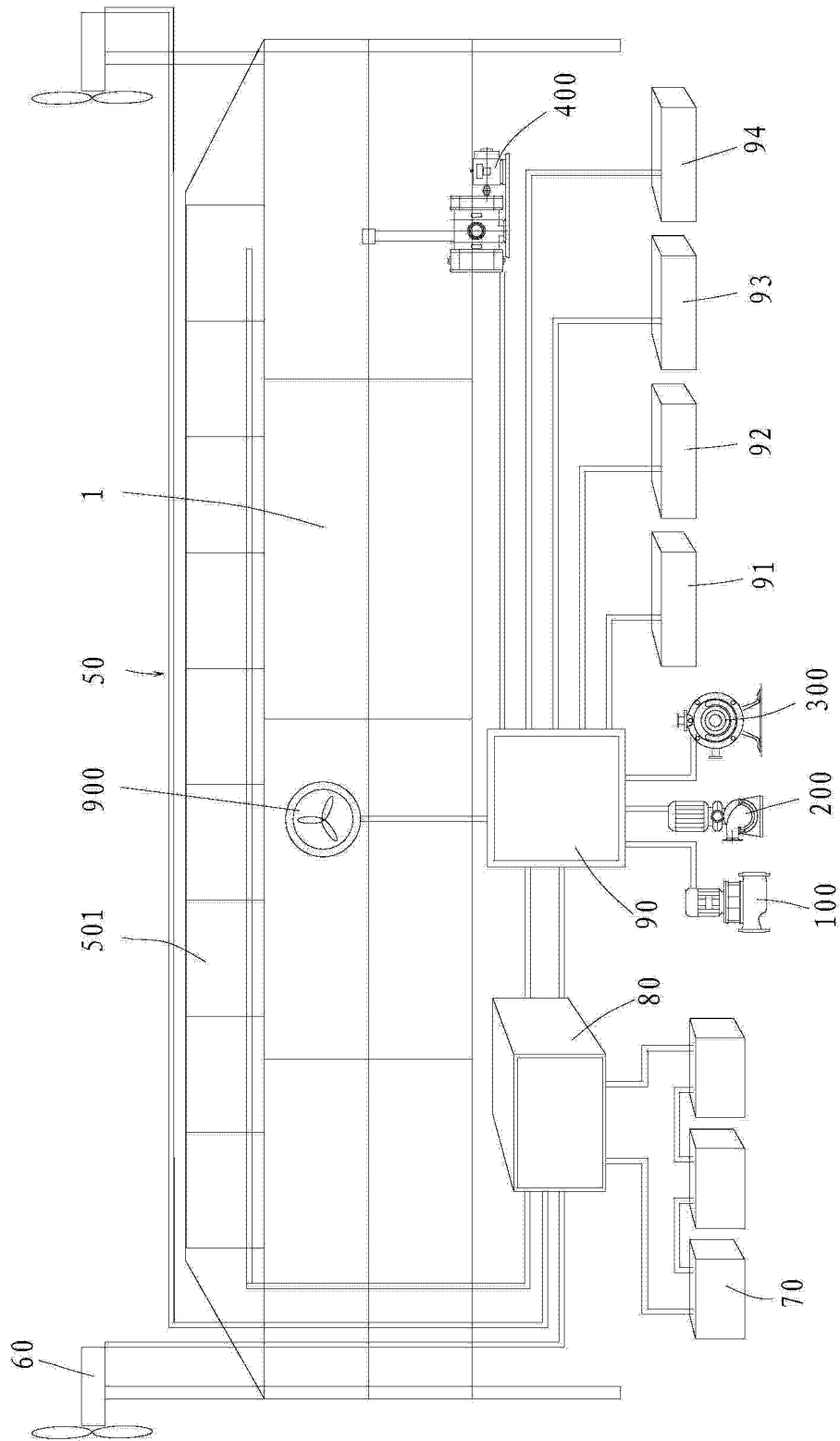


图 1



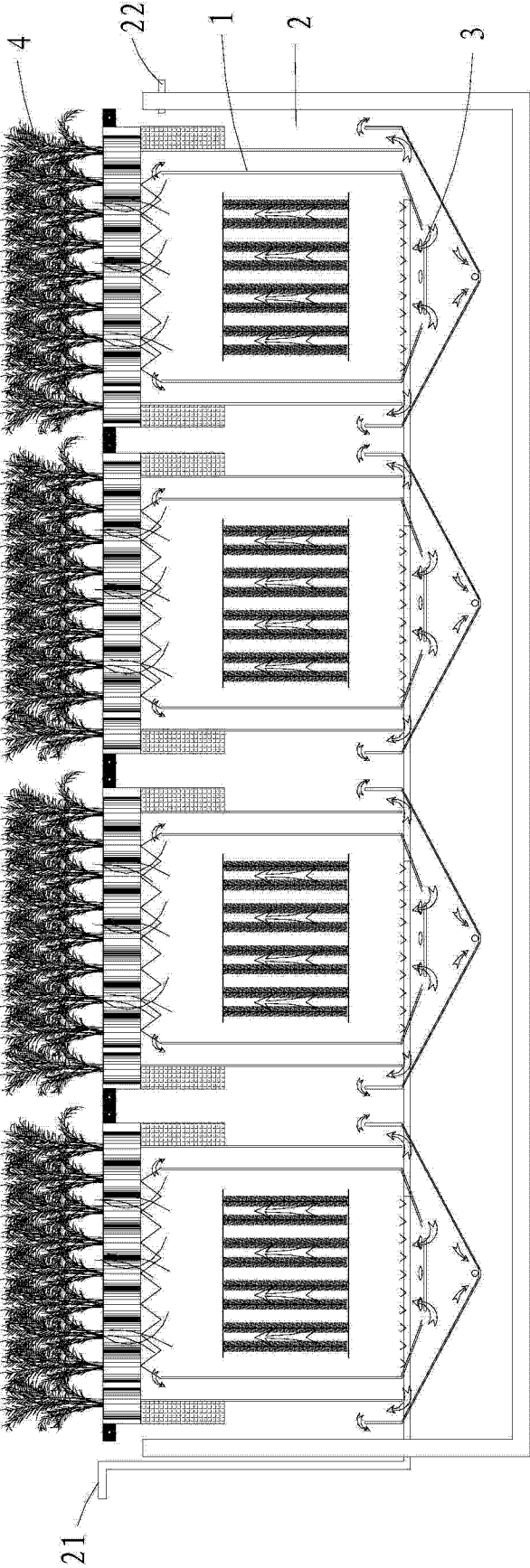


图 2

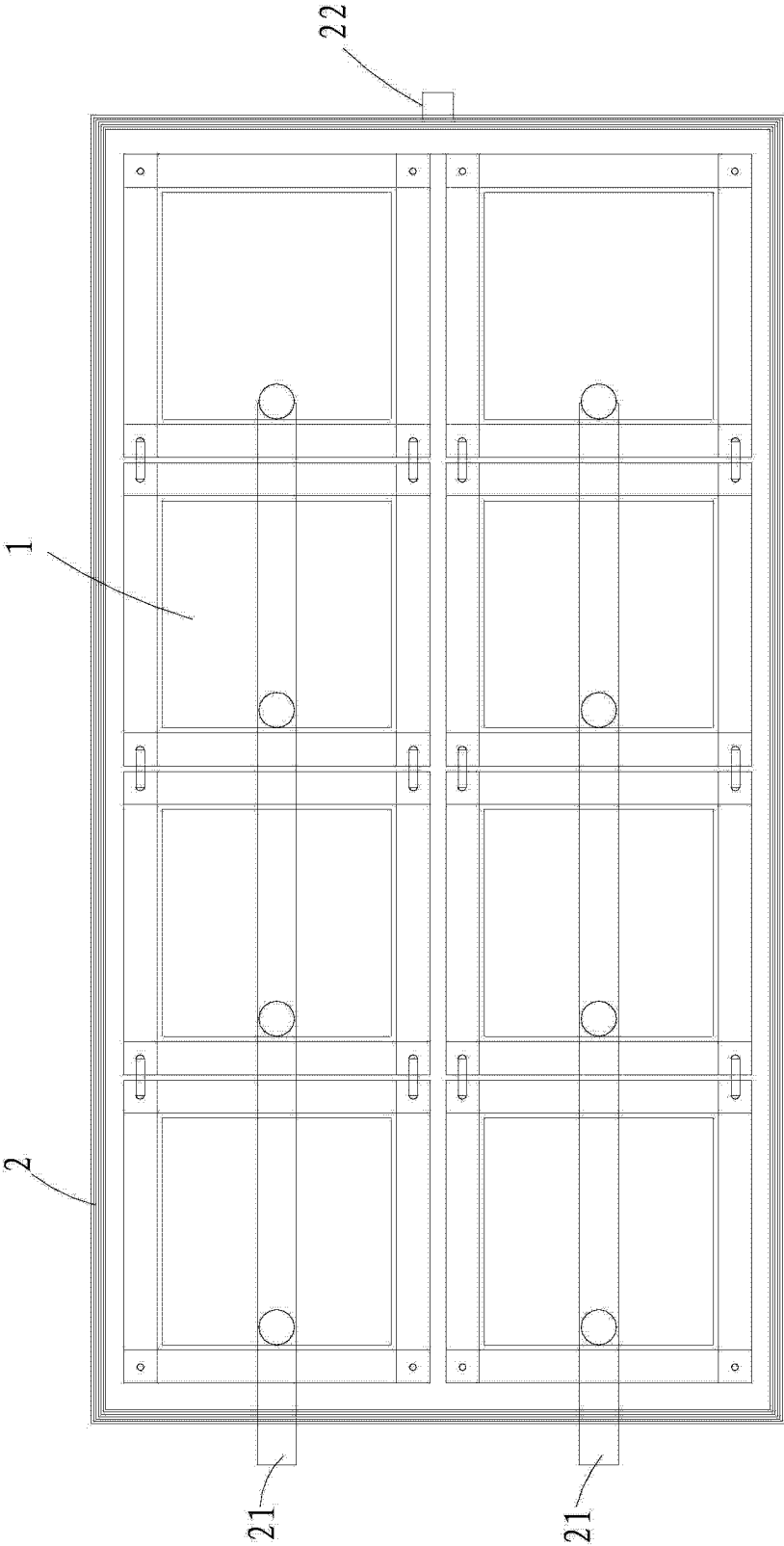


图 3

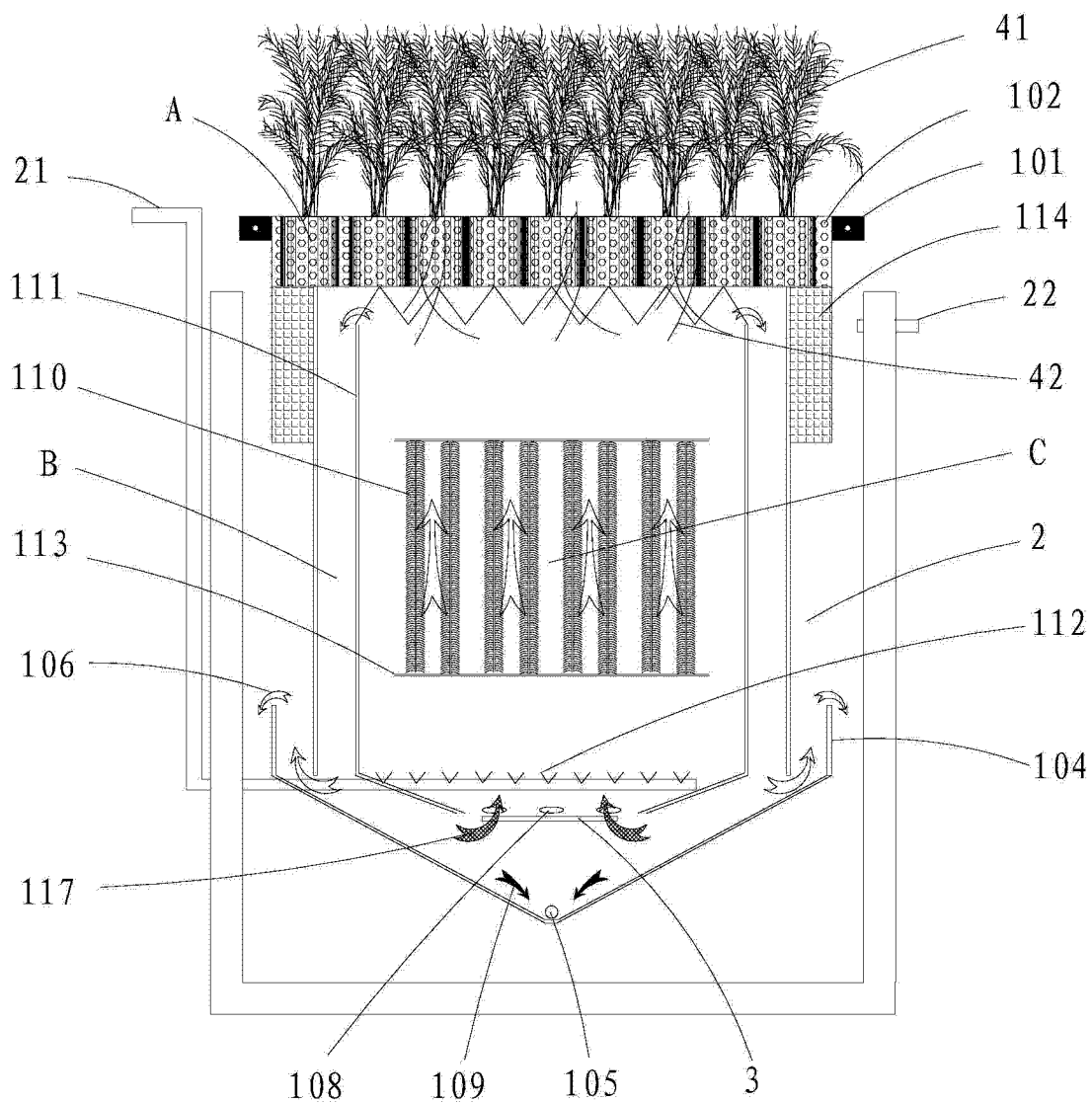


图 4

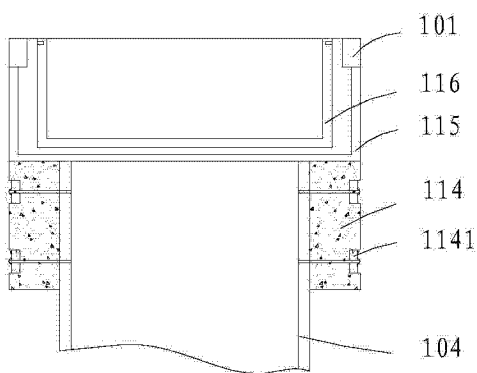


图 5

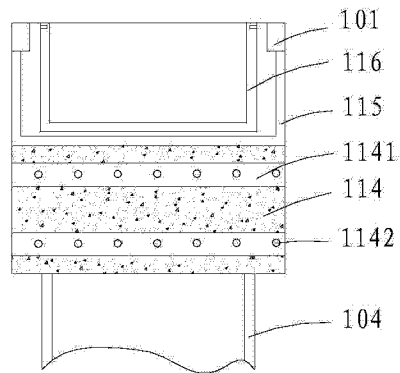


图 6

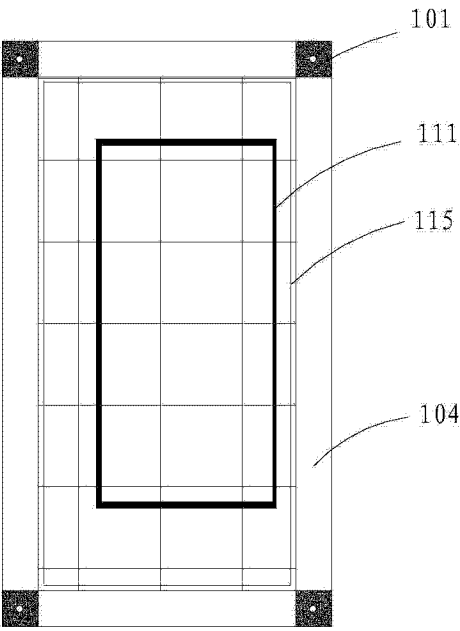


图 7

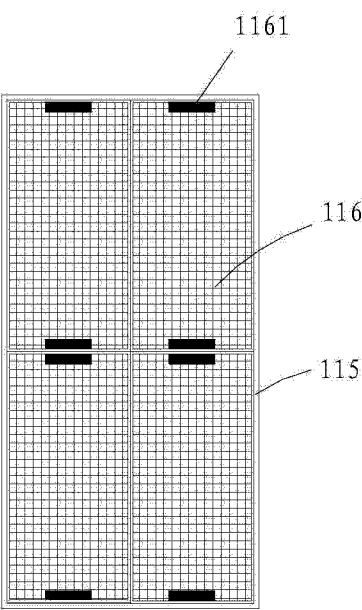


图 8

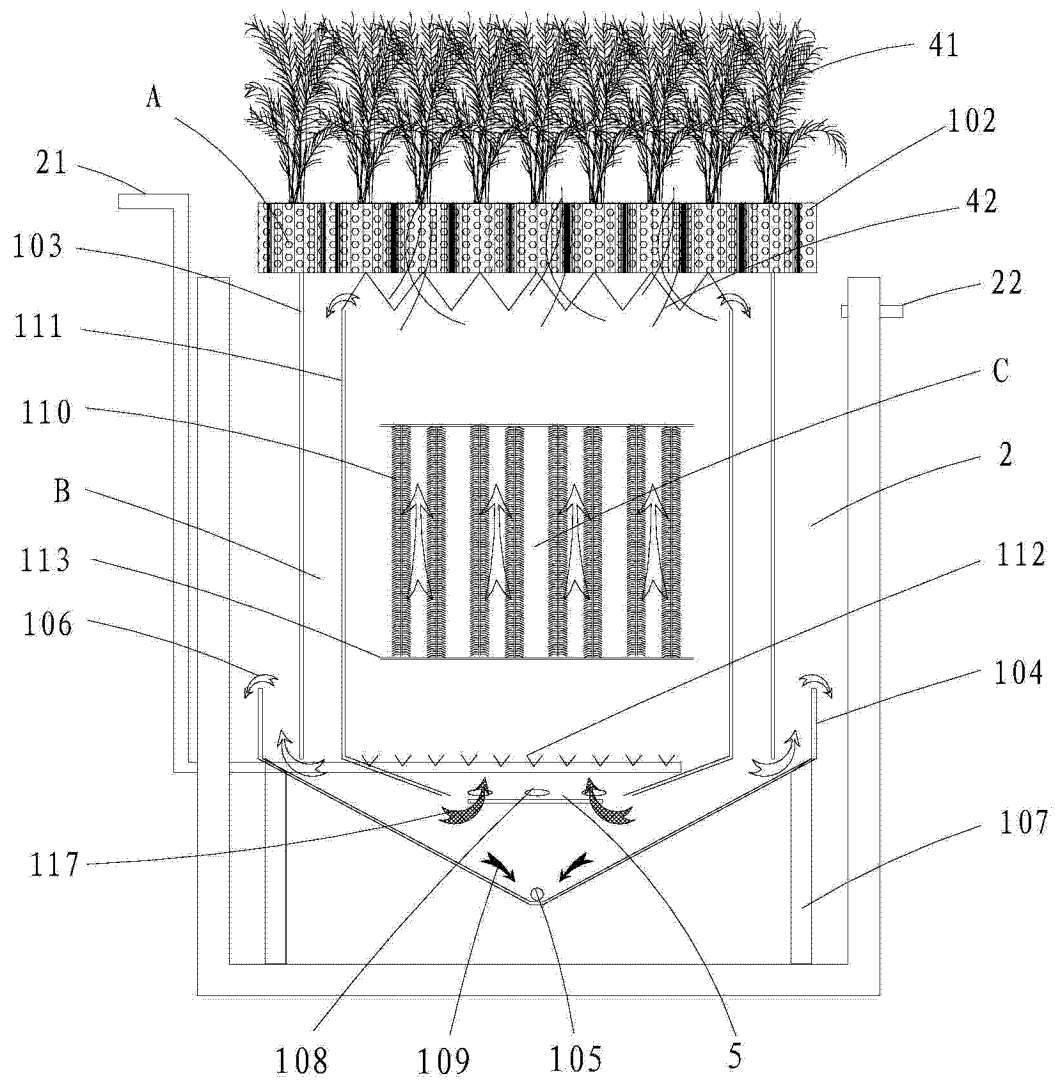


图 9

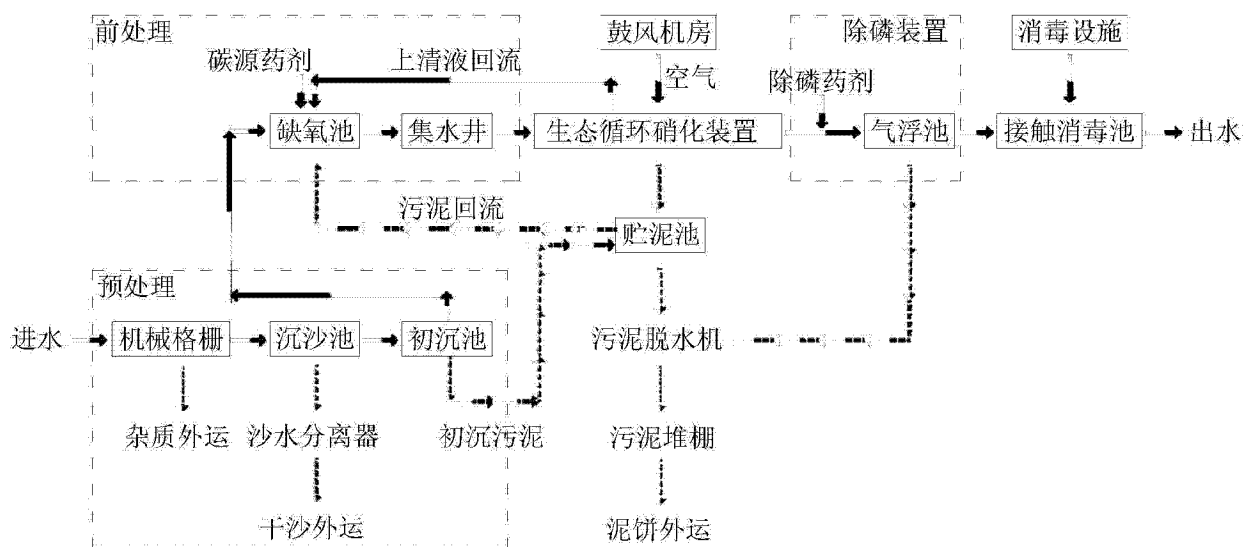


图 10

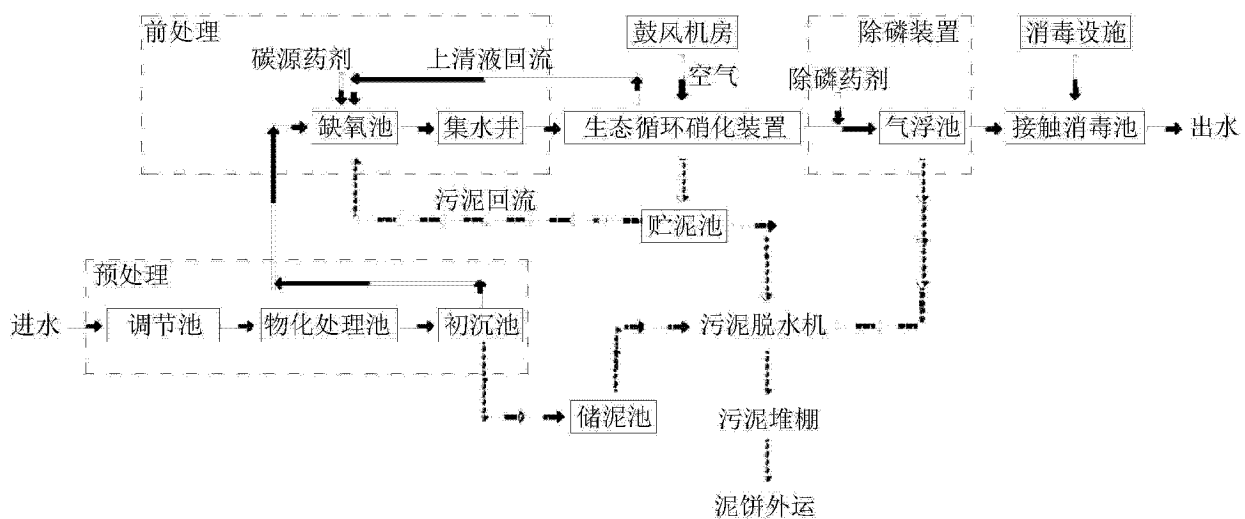


图 11

比较项目		立体生态外循环硝化 (TET 工艺)	MBR 工艺	接触氧化工艺
出水水质		优于一级 A 标准	优于一级 A 标准	不易达到一级 A 标准
出水水质稳定性		符合欧盟标准，达标率 100%，稳定性最好。	达标率 95%，稳定性一般。	达标率 80%，稳定性一般。
脱氮除磷		低能耗泥水混合液内循环无限量回流，具有优良的生物脱氮除磷性能	生物膜法，无污泥回流，无法进行生物脱氮除磷，总氮无法去除，除磷只能依靠化学方法	生物膜法，无污泥回流，无法进行生物脱氮除磷，总氮无法去除，除磷只能依靠化学方法
剩余污泥		较少	较多	多
除臭减碳		良好	无	无
冬季保温		良好	一般	一般
可靠性		植物根系、寿命长	有机膜、寿命短	纤维材料、寿命较短
景观建筑		优美	普通	普通
自动化程度		高	较高	一般
占地面积		0.4-0.5m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	0.4-0.6m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>	0.8-1.1m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup>
升级改造新增用地		否	否	需要
升级改造工程造价		≤1000 m <sup>3</sup> /d	≥1800 m <sup>3</sup> /d	≥1500 m <sup>3</sup> /d
运行费用	电费	0.3-0.5kwh/m <sup>3</sup>	0.8-1kwh/m <sup>3</sup>	0.5-0.7kwh/m <sup>3</sup>
	药费	0.05 元/m <sup>3</sup>	0.06 元/m <sup>3</sup>	0.10 元/m <sup>3</sup>
	维护费	低	高	较低
	人工费	低	低	低
	折旧费	低	高	较高

图 12