



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103896402 B

(45) 授权公告日 2016. 05. 18

(21) 申请号 201410079176. 0

[0011]-[0012] 段、附图 1.

(22) 申请日 2014. 03. 06

CN 202164172 U, 2012. 03. 14, 说明书第

(73) 专利权人 徐州工程学院

[0008]、[0012]-[0013] 段、图 1.

地址 221111 江苏省徐州市新城区丽水路 1 号

CN 101525184 A, 2009. 09. 09, 说明书实施例 1-3.

(72) 发明人 曹文平

审查员 李欣

(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 李纪昌 唐循文

(51) Int. Cl.

C02F 3/32(2006. 01)

C02F 3/30(2006. 01)

C02F 3/34(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 203256023 U, 2013. 10. 30, 说明书第

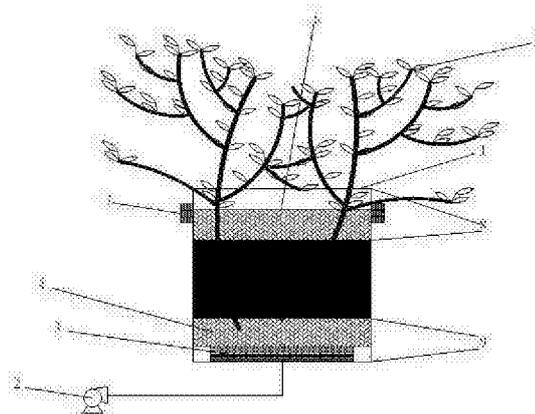
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

曝气强化型湿地式稻草基质生态浮床装置及应用

(57) 摘要

曝气强化型湿地式稻草基质生态浮床装置及应用, 曝气强化型湿地式稻草基质生态浮床装置, 包括湿地槽、曝气机、穿孔管曝气装置、稻草基质、大型水生植物、丝网和浮体, 其中, 所述湿地槽顶端敞口, 底面设有过水孔, 穿孔管曝气装置铺设于湿地槽底部并与曝气机连接, 稻草基质平铺于穿孔管曝气装置上, 大型水生植物均匀种植在稻草基质中, 丝网覆盖在稻草基质上, 浮体安装于湿地槽侧壁顶部, 湿地槽侧壁自上而下依次为第一过水区域、不过水区域和第二过水区域; 所述稻草基质为稻草秸秆。本发明结构合理, 有效提高了生态浮床系统与待修复水体的交换频率以及浮床对水体中颗粒物、藻类的截留效果, 对富营养水体有优良的脱氮效果。



1. 曝气强化型湿地式稻草基质生态浮床装置,其特征在於,包括湿地槽(1)、曝气机(2)、穿孔管曝气装置(3)、稻草基质(4)、大型水生植物(5)、丝网(6)和浮体(7),其中,所述湿地槽(1)顶端敞口,底面设有过水孔,穿孔管曝气装置(3)铺设于湿地槽(1)底部并与曝气机(2)连接,稻草基质(4)平铺于穿孔管曝气装置(3)上,大型水生植物(5)均匀种植在稻草基质(4)中,丝网(6)覆盖在稻草基质(4)上,浮体(7)安装于湿地槽(1)侧壁顶部,湿地槽(1)侧壁自上而下依次为第一过水区域(8)、不过水区域和第二过水区域(9);所述稻草基质(4)为稻草秸秆;所述湿地槽(1)为圆柱体或长方体塑料筐体,筐体高度 $\geq 30\text{cm}$,筐侧壁的过水区域布有过水孔,筐底和过水区域的过水孔的直径小于稻草秸秆的直径;所述稻草基质(4)是将稻草秸秆剪成2-3cm的小段,并将稻草小段用质量浓度为5%-10%氢氧化钠水溶液连续浸泡10-15天,每天更换氢氧化钠水溶液,浸泡完成后用自来水或蒸馏水反复清洗3-5次,干燥后将稻草秸秆小段单层平铺,在240-270nm波长的紫外灯光下距离紫外灯10-15cm内进行紫外照射15-40min。

2. 根据权利要求1所述的曝气强化型湿地式稻草基质生态浮床装置,其特征在於,所述第一过水区域(8)高度为5cm、不过水区域高度为20cm、第二过水区域(9)高度为5cm。

3. 根据权利要求1所述的曝气强化型湿地式稻草基质生态浮床装置,其特征在於,所述大型水生植物(5)为挺水植物。

4. 根据权利要求3所述的曝气强化型湿地式稻草基质生态浮床装置,其特征在於,所述挺水植物为美人蕉、菖蒲、水竹、水芹或空心菜。

5. 如权利要求1所述的曝气强化型湿地式稻草基质生态浮床装置在修复富营养水体中的应用。

曝气强化型湿地式稻草基质生态浮床装置及应用

技术领域

[0001] 本发明属于富营养化水体修复装置和应用领域,具体涉及一种曝气强化型湿地式稻草基质生态浮床装置及应用。

背景技术

[0002] 由于人口剧增、工业化发展和城市化进程加快,一些流经城市的河流、城市周边的湖泊都呈现富营养化或超富营养化。资料显示,中国已经有超过66%和22%的江河湖库呈现出富营养化和超富营养化,目前并无好转趋势。这些水质恶化的不利后果:①生态破坏和退化;②饮用水和工业用水遭受严重挑战;③社会矛盾增多等。而且这些富营养化水体中氮素污染物主要形态是氨氮和硝态氮,其中氨氮是可以通过改善水体的富氧状态经过硝化过程转化为硝态氮。而硝态氮转化为氮气必须满足两个必要条件:①厌氧环境;②反硝化碳源。第②反硝化碳源是硝态氮反硝化的限制因素之一。为了防止水体的富营养化问题,20世纪80年代-90年代,我国就从点源和面源进行了污染治理和立法以及对富营养化水体底泥疏浚、种植大型水生植物等系统方法。

[0003] 水环境污染修复专家基于生态学、环境学等原理和成本考虑开发出许多原位和异位水环境污染修复和改善的方法、工艺。其中生态浮床是一种重要的类别,并得到大量的研究和工程应用。

[0004] 值得注意的是,传统的生态浮床都利用大型水生植物同化作用和浸入水中并悬浮于水体中的根系、茎叶表面微生物膜的吸附、氧化分解作用达到脱氮等过程,但是仅利用大型水生植物的作用存在一定的缺陷:①由于生物量有限导致脱氮过程较慢;②低温条件下适合生长且有一定脱氮效果能力的植物种类少;③氮素污染物被植物同化吸收后不迅速收割会造成二次污染;④悬浮于水体中的根系往往无法获得充足的微量元素使其生长状态不佳,影响同化效果;而且根系往往会被鱼类等破坏。经过近几十年的发展和应用,生态浮床都得到长足的发展和更新。对于生态浮床而言,东南大学李先宁教授利用生物链加环技术提高系统的稳定性,和增加系统中生物量,提高系统的净化修复效果,其做法是:将滤食性鱼类、贝类和人工合成填料引入生态浮床系统中而组建复合式生态浮床,在一定程度上强化生态浮床的脱氮效果。中山大学孙连鹏教授通过强化生物反硝化菌种(固定化技术)也在一定程度上强化了生态浮床的脱氮效果,为生态浮床的脱氮效果的强化提供了很好的支撑。但是也有一定的问题,目前各种技术都集中在如何提高生态浮床系统内的生物持有量以提高生态浮床的净化效果,虽然提高生物量在一定程度上可以提高生态浮床内“生态场”的强度及生态浮床的净化效果。但是不可否认的是,地表水体中的碳源缺乏也是生态浮床系统脱氮效果较差的主要原因之一。如果能从生物量的强化和碳源缺乏问题两方面解决对生态浮床脱氮系统的人工调控无疑是极其有价值的。

[0005] 通过补充人工合成填料(组合式填料、弹性立体填料)以增加生态浮床中的生物持有量以提高生态浮床系统的脱氮效果其实也存在一定缺陷,因为地表水体中富营养化水体相对于生活污水、高浓度工业废水来说,其浓度仍然较低。人工合成填料由于其材质是人工

合成,所以其生物亲和性和亲水性都较差,再加上是修复浓度较低的地表水体,所以人工合成填料修复富营养化水体时可能会存在生物膜形成困难,生物膜量较少等问题。选择一些容易在富营养化水体挂膜的填料对提高生态浮床的修复效果也是值得研究的。另外对于缺乏碳源而导致水体脱氮效果不佳的情况,补充碳源是提高水体脱氮的必由之路,但是增加一些液体碳源(如:甲醇、葡萄糖等)对于大面积富营养化湖库几乎工程化和应用化,不仅有二次污染的风险,而且补充量无法计算。基于近些年来“固相反硝化”技术而被广泛应用的固相碳源既可以作为碳源,同时又是固体界面因而也能作为生物载体。这些固相碳源表面能形成数量众多、种群复杂的反硝化微生物进行生物反硝化脱氮,与此同时,在自然筛选的条件这些固相碳源表面可以形成能够分解这些碳源的微生物,将这些复杂的碳源分解成生物反硝化脱氮过程需要的低分子简单有机物(电子供体),实现生物反硝化和生物载体双层作用。在这些固相碳源中天然纤维素物质因来源广、价格低廉、无二次污染被广泛采用。

[0006] 综合以上思路,将“固相反硝化”原理移入“组合式生态浮床”中,这样的优势有:(1)固相碳源将植物根系埋入其中,并作为植物生长介质,改善了植物生长的环境和效果,也等于提高了同化作用,而且保护了植物的根系生长;(2)只要可作为固体碳源物质,也可被微生物利用,其生物亲和性和亲水性良好,其表面生物膜的形成效果和生物量将明显优于目前组合式生态浮床中使用的人工合成高聚物填料,有利于强化生态浮床“生态场”的场强度和生态修复效果;(3)固体碳源可以根据生物反硝化过程中所需要的碳源“按需供给”而调节碳源供给的速率,不会出现二次污染问题。而且价格低廉。目前相关的研究未见文献报道,具有良好的研究前景。

发明内容

[0007] 解决的技术问题:本发明克服现有技术的不足提供一种曝气强化型湿地式稻草基质生态浮床装置及应用。

[0008] 本发明的技术方案:

[0009] 曝气强化型湿地式稻草基质生态浮床装置,包括湿地槽、曝气机、穿孔管曝气装置、稻草基质、大型水生植物、丝网和浮体,其中,所述湿地槽顶端敞口,底面设有过水孔,穿孔管曝气装置铺设于湿地槽底部并与曝气机连接,稻草基质平铺于穿孔管曝气装置上,大型水生植物均匀种植在稻草基质中,丝网覆盖在稻草基质上,浮体安装于湿地槽侧壁顶部,湿地槽侧壁自上而下依次为第一过水区域、不过水区域和第二过水区域;所述稻草基质为稻草秸秆。

[0010] 所述湿地槽为圆柱体或长方体塑料筐体,筐体高度 $\geq 30\text{cm}$,筐侧壁的过水区域布有过水孔,筐底和过水区域的过水孔的直径小于稻草秸秆的直径。

[0011] 所述第一过水区域高度为 5cm 、不过水区域高度为 20cm 、第二过水区域高度为 5cm 。

[0012] 所述稻草基质是将稻草秸秆剪成 $2\text{-}3\text{cm}$ 的小段,并将稻草小段用质量浓度为 $5\%\text{-}10\%$ 氢氧化钠水溶液连续浸泡 $10\text{-}15$ 天,每天更换氢氧化钠水溶液,浸泡完成后用自来水或蒸馏水反复清洗 $3\text{-}5$ 次,后经风干、晾干、或在温度不超过 60°C 的鼓风干燥箱烘干后将稻草秸秆小段单层平铺,在 $240\text{-}270\text{nm}$ 波长的紫外灯光下距离紫外灯 $10\text{-}15\text{cm}$ 内进行紫外照射 $15\text{-}40\text{min}$ 。

[0013] 所述大型水生植物为挺水植物。

[0014] 所述挺水植物为美人蕉、菖蒲、水竹、水芹或空心菜。

[0015] 所述的曝气强化型湿地式稻草基质生态浮床装置在修复富营养水体中的应用。

[0016] 本发明所提供的曝气型湿地式稻草基质生态浮床,将生态浮床、生物接触氧化、固相反硝化和人工湿地工艺合理地结合起来,从而使得稻草基质表面和植物根系表面微生物膜内的生物反硝化菌可使硝酸盐转化为氮气,稻草基质表面的微生物在充氧条件下也有利于氨氮转化为硝酸盐,此外,稻草基质表面也容易形成纤维素分解菌能够将稻草基质分解为生物反硝化菌提供碳源(电子供体)。

[0017] 有益效果

[0018] 第一,本发明生态浮床结构合理,有效提高了生态浮床系统与待修复水体的交换频率以及浮床对水体中颗粒物、藻类的截留效果,有利于水体净化;此外,稻草基质表面容易形成较厚的生物膜,较厚生物膜提供了好氧、缺氧和厌氧膜结构,有利于硝化-反硝化作用的实现,而且厌氧膜结构有利于将待修复水体中的残留性有机物转化为低分子有机物,转化后的低分子有机物可以供生物反硝化使用,因此本发明生态浮床对富营养水体有优良的脱氮效果;

[0019] 第二,本发明生态浮床中的大型水生植物布局合理且在净化水体的过程中生长状况良好,不仅可美化环境,还有效提高了整个浮床系统对富营养水体的降解作用;

[0020] 第三,基于“固相反硝化”技术原理和生态浮床“加环”思路以及生态浮床“生态场”的概念,考虑到稻草秸秆大量焚烧是目前我国中东部、东北部“雾霾”主要因子之一,将稻草秸秆切割为一定长度的小段,使用前用自来水浸泡处理10-15天,每天换水1次,以去除稻草秸秆组织中的水溶性物质,防止其大量释放而污染待修复水体;预处理后的稻草秸秆小段加入安装有浮体的塑料筐内作为植物生长基质,其优势是:(1)稻草是一种常见的天然纤维素物质,和其他纤维素物质一样,能在脱氮过程中释放出碳源,而且作为天然材质的固体界面,其表面形成生物膜的效果和生物膜数量具有较好保障,是一种不错的选择;(2)稻草生长过程中吸收的各种微量元素在稻草作为基质的过程中可以逐步释放出来,可改善传统植物生长效果,满足其对微量元素的需要;(3)稻草秸秆资源化利用是目前国内外研究的热点问题,将稻草秸秆资源化利用可以减少秸秆焚烧的可能性,另外还能为其他农业废弃物秸秆资源化利用提供参考。

附图说明

[0021] 图1为曝气强化型湿地式稻草基质生态浮床示意图,其中,1-湿地槽,2-曝气机,3-穿孔管曝气装置,4-稻草基质,5-大型水生植物,6-丝网,7-浮体,8-第一过水区域,9-第二过水区域。

具体实施方式

[0022] 将一个四周和底部有数量众多小孔,顶部敞开的塑料材质筐,筐底和筐侧壁过水区域上的小孔尺寸小于稻草秸秆直径,防止稻草秸秆从小孔中漂出,首先,将穿孔管曝气装置均匀铺设在塑料筐底,供氧;然后,将预处理后的稻草秸秆小段先平铺在筐底3-5cm厚,再将曝气水培好的大型水生植物根系放在稻草秸秆小段上面,并用其他的预处理过的稻草秸秆小段将根系全部埋好,埋设的深度不少于30cm厚,大型水生植物的栽种间距可根据大型

水生植物枝叶茂盛程度决定;最后用丝网覆盖防止稻草秸秆小段从顶部漂出,安装适当数量的浮体,并将筐底曝气装置与外界供气装置连接好。在本发明中所述湿地槽内部的稻草基质表面、大型水生植物根系表面通过自然刷选形成以异养反硝化菌为主、硝化菌和异养去除有机物菌为辅,多种菌种共存的环境;本发明所述的大型水生植物购自市场,为了提高植物根系的丰富程度和根系长度,将大型水生放置在清水中进行水培,并用砂芯曝气头进行曝气。其中,大型水生植物可为美人蕉、菖蒲、水竹、水芹或空心菜,湿地槽的高度不小于30cm,可根据不同水体情况具体选择不同高度的湿地槽。

[0023] 本发明通过水泵提升进水,在湿地槽底部穿孔管曝气作用下使待修复水体在湿地槽内外形成上向流和下向流,经过水生植物根系、稻草基质表面生物膜的氧化,密集的关系、稻草基质截留作用,稻草基质分解后供碳源作用和生长良好的植物的同化作用。

[0024] 实施例1:修复轻度富营养化水体

[0025] 将稻草秸秆剪成2-3cm的小段,并将稻草小段用质量浓度为5%氢氧化钠水溶液连续浸泡15天,每天更换氢氧化钠水溶液,浸泡完成后用自来水或蒸馏水反复清洗3-5次,干燥后将稻草秸秆小段单层平铺,在240nm波长的紫外灯光下距离紫外灯10cm内进行紫外照射40min后得稻草基质;取圆柱体或长方体塑料筐,筐高为40cm,筐侧壁自上而下依次为10cm高的过水区域、20cm高的不过水区域及10cm高的过水区域,筐底和过水区域布有过水孔,孔的直径小于稻草秸秆的直径,以防止稻草秸秆从孔中漂出,将穿孔管曝气装置均匀铺设在塑料筐底并与曝气机连接,曝气机位于塑料筐外部,后将处理好的稻草基质平铺于穿孔管曝气装置上,将通过曝气水培10天的美人蕉按照间距为8cm的行间距均匀种植在稻草基质中,丝网覆盖在稻草基质上,浮体安装于湿地槽侧壁顶部,后充氧曝气。

[0026] 将浮床放入待修复水体中,在待修复水体中自然挂膜,在40天培养时间下生物膜形成,系统内稻草基质表面和根系形成稳定的生物膜,再配合生长良好的大型水生植物,并进入实验阶段;当覆盖率为35%,水体交换时间7天时,水温在4.5℃条件下,进水总氮、硝态氮、亚硝态氮、氨氮、叶绿素a分别为 $1.89\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.65\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.09\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.73\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $55.8\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,出水水质分别为 $0.35\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.09\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.18\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$;溶解氧(DO)、pH值分别从 $4.67\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、7.45上升到 $7.88\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、8.13。其中美人蕉能在此过程中很好的生存下来,不会枯萎和死亡。

[0027] 实施例2:修复轻度富营养化水体

[0028] 将稻草秸秆剪成2-3cm的小段,并将稻草小段用质量浓度为10%氢氧化钠水溶液连续浸泡10天,每天更换氢氧化钠水溶液,浸泡完成后用自来水或蒸馏水反复清洗3-5次,干燥后将稻草秸秆小段单层平铺,在270nm波长的紫外灯光下距离紫外灯15cm内进行紫外照射15min后得稻草基质;取圆柱体或长方体塑料筐,筐高为30cm,筐侧壁自上而下依次为5cm高的过水区域、20cm高的不过水区域及5cm高的过水区域,筐底和过水区域布有过水孔,孔的直径小于稻草秸秆的直径,以防止稻草秸秆从孔中漂出,将穿孔管曝气装置均匀铺设在塑料筐底并与曝气机连接,曝气机位于塑料筐外部,后将处理好的稻草基质平铺于穿孔管曝气装置上,将通过曝气水培15天的美人蕉按照间距为12cm的行间距均匀种植在稻草基质中,丝网覆盖在稻草基质上,浮体安装于湿地槽侧壁顶部,后充氧曝气。

[0029] 将浮床放入待修复水体中,在待修复水体中自然挂膜,在40天培养时间下生物膜形成,系统内稻草基质表面和根系形成稳定的生物膜,再配合生长良好的大型水生植物,并

进入实验阶段;当覆盖率为40%,水体交换时间5天时,水温在11.3°C条件下,进水总氮、硝态氮、亚硝态氮、氨氮、叶绿素a分别为 $2.45\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $1.12\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.23\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.98\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $390.6\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,出水水质分别为 $0.55\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.14\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.09\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.31\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $41.85\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$;溶解氧(DO)、pH值分别从 $6.52\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、7.89上升到 $8.76\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、9.99。其中美人蕉能在此过程中很好的生存下来,不会枯萎和死亡。

[0030] 实施例3:修复轻度富营养化水体

[0031] 将稻草秸秆剪成2-3cm的小段,并将稻草小段用质量浓度为8%氢氧化钠水溶液连续浸泡12天,每天更换氢氧化钠水溶液,浸泡完成后用自来水或蒸馏水反复清洗3-5次,干燥后将稻草秸秆小段单层平铺,在260nm波长的紫外灯光下距离紫外灯12cm内进行紫外照射30min后得稻草基质;取圆柱体或长方体塑料筐,筐高为30cm,筐侧壁自上而下依次为5cm高的过水区域、20cm高的不过水区域及5cm高的过水区域,筐底和过水区域布有过水孔,孔的直径小于稻草秸秆的直径,以防止稻草秸秆从孔中漂出,将穿孔管曝气装置均匀铺设在塑料筐底并与曝气机连接,曝气机位于塑料筐外部,后将处理好的稻草基质平铺于穿孔管曝气装置上,将通过曝气水培12天的美人蕉按照间距为10cm的行间距均匀种植在稻草基质中,丝网覆盖在稻草基质上,浮体安装于湿地槽侧壁顶部,后充氧曝气。

[0032] 将浮床放入待修复水体中,在待修复水体中自然挂膜,在40天培养时间下生物膜形成,系统内稻草基质表面和根系形成稳定的生物膜,再配合生长良好的大型水生植物,并进入实验阶段;当覆盖率为38%,水体交换时间6天时,水温在11.3°C条件下,进水总氮、硝态氮、亚硝态氮、氨氮、叶绿素a分别为 $2.15\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.95\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.14\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.86\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $190.6\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,出水水质分别为 $0.45\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.12\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.06\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.27\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $31.85\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$;溶解氧(DO)、pH值分别从 $5.52\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、7.69上升到 $8.46\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、9.39。其中美人蕉能在此过程中很好的生存下来,不会枯萎和死亡。

[0033] 实施例4:修复超富营养水体

[0034] 将稻草秸秆剪成2-3cm的小段,并将稻草小段用质量浓度为10%氢氧化钠水溶液连续浸泡15天,每天更换氢氧化钠水溶液,浸泡完成后用自来水或蒸馏水反复清洗3-5次,干燥后将稻草秸秆小段单层平铺,在260nm波长的紫外灯光下距离紫外灯12cm内进行紫外照射30min后得稻草基质;取圆柱体或长方体塑料筐,筐高为60cm,筐侧壁自上而下依次为15cm高的过水区域、30cm高的不过水区域及15cm高的过水区域,筐底和过水区域布有过水孔,孔的直径小于稻草秸秆的直径,以防止稻草秸秆从孔中漂出,将穿孔管曝气装置均匀铺设在塑料筐底并与曝气机连接,曝气机位于塑料筐外部,后将处理好的稻草基质平铺于穿孔管曝气装置上,将通过曝气水培10天的美人蕉和菖蒲按照间距为10cm相间均匀种植在稻草基质中,丝网覆盖在稻草基质上,浮体安装于湿地槽侧壁顶部。

[0035] 将浮床放入盛有待修复水体的生物膜培养槽中,充氧曝气,在22天时即可在稻草基质表面形成稳定的生物膜,植物生长良好,在培养时间下,系统内稻草基质表面和根系形成稳定的生物膜,美人蕉和菖蒲生长良好,当覆盖率为40%,水体交换时间2天及水温为15°C时,进水总氮、硝态氮、氨氮分别为 $12\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $7\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $5\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$;出水水质分别为 $0.85\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.2\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $0.07\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,出水亚硝酸盐浓度 $0.04\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。同时美人蕉日平均增长率为 $1.47\text{cm}\cdot\text{d}^{-1}$,菖蒲日平均增长率达到 $1.25\text{cm}\cdot\text{d}^{-1}$ 。

[0036] 实施例5:修复超富营养水体

[0037] 将稻草秸秆剪成2-3cm的小段,并将稻草小段用质量浓度为10%的氢氧化钠水溶液连续浸泡10-15天,每天更换氢氧化钠水溶液,浸泡完成后用自来水或蒸馏水反复清洗3-5次,干燥后将稻草秸秆小段单层平铺,在270nm波长的紫外灯光下距离紫外灯10cm内进行紫外照射40min后得稻草基质;取圆柱体或长方体塑料筐,筐高为30cm,筐侧壁自上而下依次为5cm高的过水区域、20cm高的不过水区域及5cm高的过水区域,筐底和过水区域布有过水孔,孔的直径小于稻草秸秆的直径,以防止稻草秸秆从孔中漂出,将穿孔管曝气装置均匀铺设在塑料筐底并与曝气机连接,曝气机位于塑料筐外部,后将处理好的稻草基质平铺于穿孔管曝气装置上,将通过曝气水培15天的美人蕉和菖蒲按照间距为15cm相间均匀种植在稻草基质中,丝网覆盖在稻草基质上,浮体安装于湿地槽侧壁顶部。

[0038] 将浮床放入盛有待修复水体的生物膜培养槽中,充氧曝气,在28天即可在稻草基质表面形成稳定的生物膜,植物生长良好,在培养时间下,系统内稻草基质表面和根系形成稳定的生物膜,美人蕉和菖蒲生长良好,当覆盖率为45%,水体交换时间4天及水温为25℃时,进水总氮、硝态氮、氨氮分别为17mg.L⁻¹、11mg.L⁻¹、6mg.L⁻¹;出水水质分别为1.25mg.L⁻¹、0.56mg.L⁻¹、0.11mg.L⁻¹,出水亚硝酸盐浓度0.09mg.L⁻¹。同时美人蕉日平均增长率为2.31cm.d⁻¹,菖蒲日平均增长率达到1.75cm.d⁻¹。

[0039] 实施例6:修复超富营养水体

[0040] 将稻草秸秆剪成2-3cm的小段,并将稻草小段用质量浓度为5%氢氧化钠水溶液连续浸泡10-15天,每天更换氢氧化钠水溶液,浸泡完成后用自来水或蒸馏水反复清洗3-5次,干燥后将稻草秸秆小段单层平铺,在270nm波长的紫外灯光下距离紫外灯10cm内进行紫外照射15min后得稻草基质;取圆柱体或长方体塑料筐,筐高为30cm,筐侧壁自上而下依次为5cm高的过水区域、20cm高的不过水区域及5cm高的过水区域,筐底和过水区域布有过水孔,孔的直径小于稻草秸秆的直径,以防止稻草秸秆从孔中漂出,将穿孔管曝气装置均匀铺设在塑料筐底并与曝气机连接,曝气机位于塑料筐外部,后将处理好的稻草基质平铺于穿孔管曝气装置上,将通过曝气水培12天的美人蕉和菖蒲按照间距为12cm相间均匀种植在稻草基质中,丝网覆盖在稻草基质上,浮体安装于湿地槽侧壁顶部。

[0041] 将浮床放入盛有待修复水体的生物膜培养槽中,充氧曝气,在25天即可在稻草基质表面形成稳定的生物膜,植物生长良好,在培养时间下,系统内稻草基质表面和根系形成稳定的生物膜,美人蕉和菖蒲生长良好,当覆盖率为44%,水体交换时间3天及水温为20℃时,进水总氮、硝态氮、氨氮分别为16mg.L⁻¹、9mg.L⁻¹、5mg.L⁻¹;出水水质分别为1.05mg.L⁻¹、0.36mg.L⁻¹、0.09mg.L⁻¹,出水亚硝酸盐浓度0.06mg.L⁻¹。同时美人蕉日平均增长率为1.98cm.d⁻¹,菖蒲日平均增长率达到1.45cm.d⁻¹。

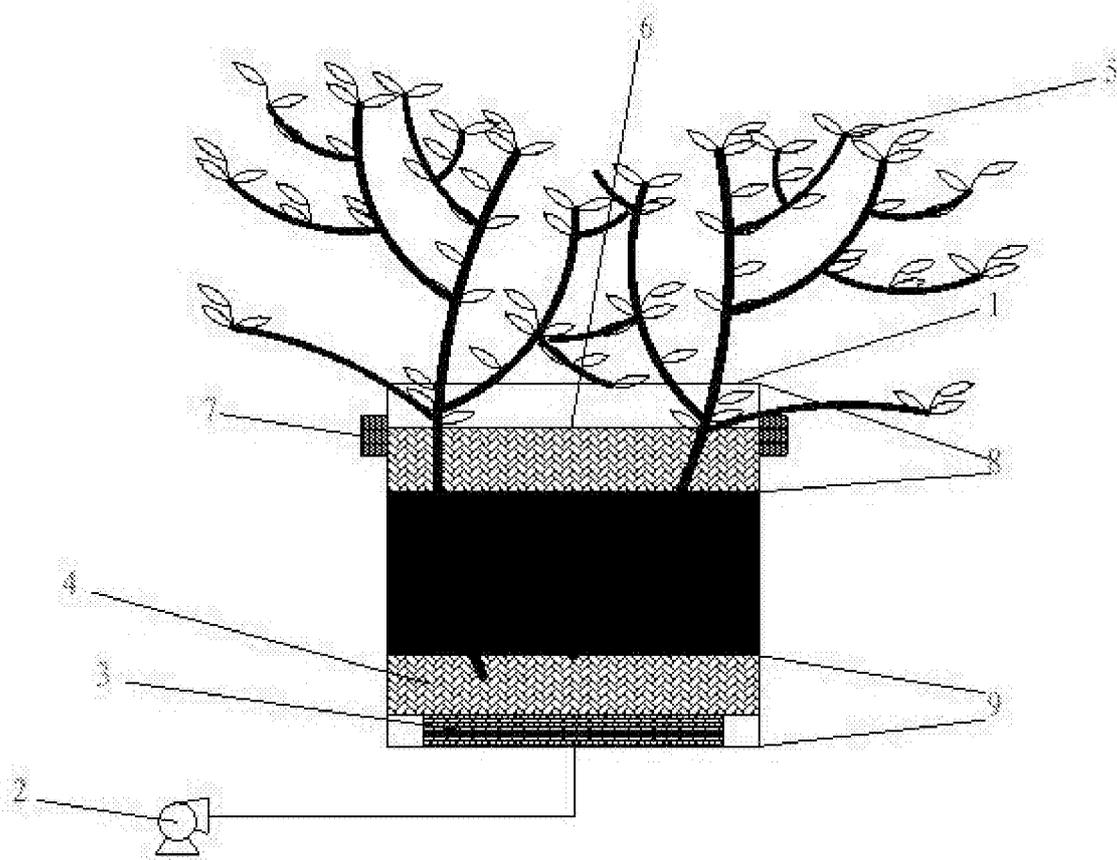


图1