(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 119797608 A
(43)申请公布日 2025.04.11

(21)申请号 202510204802.2

(22)申请日 2025.02.24

(71)申请人 中铁二院工程集团有限责任公司
地址 610031 四川省成都市金牛区通锦路三号

(72)发明人 赵子成 张红伟 罗庆 牛建青 汪锋华 单广平 韩长生 李龙 叶红平 杨利 宋辰昱

(74)专利代理机构 四川力久律师事务所 51221
专利代理师 胥莹

(51)Int.Cl.
C02F 3/32(2023.01)
C02F 3/34(2023.01)
C02F 3/10(2023.01)
G16C 20/40(2019.01)
C02F 3/00(2023.01)
C02F 101/16(2006.01)
C02F 101/38(2006.01)
C02F 101/10(2006.01)
C02F 101/30(2006.01)

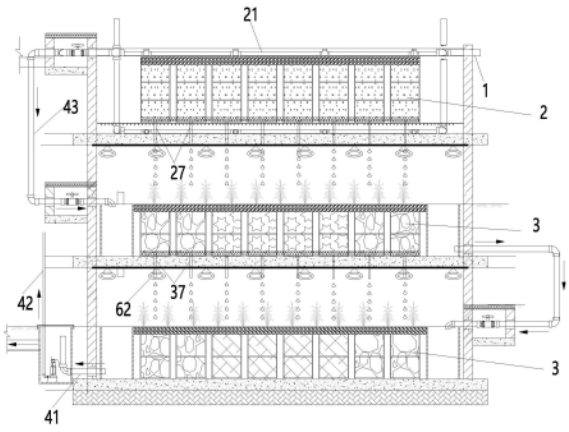
权利要求书2页 说明书10页 附图5页

(54)发明名称

一种多层次绿色生态污水处理系统

(57)摘要

本发明属于污水处理技术领域,公开了一种多层次绿色生态污水处理系统,包括地下竖向立体设置的曝气垂直流人工湿地、至少一层水平潜流人工湿地;曝气垂直流人工湿地包括从上到下设置的第一细砾石层、至少两层第一湿地框层,第一湿地框层设置有多个第一湿地框,第一湿地框内设有第一湿地填料,最底层的第一湿地框层的底部或下方设有曝气管,曝气管上连接有若干曝气器;水平潜流人工湿地包括依次连通的第一储水池、填料床、第二储水池,填料床包括从上到下设置的第二细砾石层、至少两层第二湿地框层。本发明能够有效对污水进行处理,经过处理后的水CODCr、氨氮、TN、TP、SS全面达标,水质能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》一级A标准。



CN 119797608 A

1.一种多层次绿色生态污水处理系统,其特征在于,包括地下竖向立体设置的曝气垂直流人工湿地(2)、至少一层水平潜流人工湿地(3);

所述曝气垂直流人工湿地(2)包括从上到下设置的第一细砾石层(22)、至少两层第一湿地框层,所述第一湿地框层设置有多个第一湿地框(23),所述第一湿地框(23)内设有第一湿地填料(24),最底层的所述第一湿地框层的底部或下方设有曝气管(25),所述曝气管(25)上连接有若干曝气器;

所述水平潜流人工湿地(3)包括依次连通的第一储水池(31)、填料床、第二储水池(35),所述填料床包括从上到下设置的第二细砾石层(32)、至少两层第二湿地框层,所述第二湿地框层设置有多个第二湿地框(33),所述第二湿地框(33)内设有第二湿地填料(34),所述第二细砾石层(32)上设置有第一种植层,所述曝气垂直流人工湿地(2)与所述水平潜流人工湿地(3)之间通过第一输水管进行连接。

2.根据权利要求1所述的一种多层次绿色生态污水处理系统,其特征在于,所述第一湿地填料(24)和/或所述第二湿地填料(34)为沸石、页岩、石灰石、火山岩滤料、陶粒、煤渣、高炉矿渣和活性炭等中的至少一种,所述第一湿地填料(24)和/或所述第二湿地填料(34)的孔隙率为30%～50%。

3.根据权利要求1所述的一种多层次绿色生态污水处理系统,其特征在于,所述污水处理系统包括从上到下设置的至少一层所述水平潜流人工湿地(3)、所述曝气垂直流人工湿地(2)。

4.根据权利要求1所述的一种多层次绿色生态污水处理系统,其特征在于,所述污水处理系统包括从上到下设置的所述曝气垂直流人工湿地(2)、至少一层所述水平潜流人工湿地(3)。

5.根据权利要求4所述的一种多层次绿色生态污水处理系统,其特征在于,所述水平潜流人工湿地(3)设置有两层,包括从上到下设置的第一水平潜流人工湿地和第二水平潜流人工湿地,所述第一水平潜流人工湿地和所述第二水平潜流人工湿地之间通过第二输水管(36)进行连接。

6.根据权利要求5所述的一种多层次绿色生态污水处理系统,其特征在于,第一湿地填料(24)的粒径范围为20～30mm,所述第一水平潜流人工湿地中第二湿地填料(34)的粒径范围为10～20mm,所述第二水平潜流人工湿地中第二湿地填料(34)的粒径范围为5～15mm。

7.根据权利要求5所述的一种多层次绿色生态污水处理系统,其特征在于,所述曝气垂直流人工湿地(2)与第一水平潜流人工湿地之间连接的第一输水管为多根第一滴水管(27),所述第一水平潜流人工湿地与所述第二水平潜流人工湿地之间连接设置有多根第二滴水管(37),所述第一滴水管(27)和所述第二滴水管(37)用于向下运输污水。

8.根据权利要求7所述的一种多层次绿色生态污水处理系统,其特征在于,所述第一滴水管(27)或所述第二滴水管(37)的数量和滴水管直径根据以下公式计算:

$$Q = 1890nK^{-\frac{1}{6}}\alpha^{\frac{5}{3}}d^{\frac{8}{3}}$$

式中Q为滴水管总排水流量;n为滴水管数量;K为滴水管粗糙度高度;α为充水率;d为滴水管直径。

9.根据权利要求1-8任意一项所述的一种多层次绿色生态污水处理系统,其特征在于,

所述污水处理系统的污水进管(1)内布置管道水平潜流湿地,所述管道水平潜流湿地包括从上到下设置的第三细砾石层(51)、第三湿地框层,所述第三湿地框层设置有多个第三湿地框(52),所述第三湿地框(52)内设有第三湿地填料(53),所述第三细砾石层(51)上种植有第三湿地植物。

10.根据权利要求1-8任意一项所述的一种多层次绿色生态污水处理系统,其特征在于,所述污水处理系统还设置有循环回路管(42),用于将经过处理的水输送到所述污水处理系统中污水进入的起始环节,所述循环回路管(42)上设置有阀门。

一种多层次绿色生态污水处理系统

技术领域

[0001] 本发明涉及污水处理技术领域,特别涉及一种多层次绿色生态污水处理系统。

背景技术

[0002] 随着全球工业化进程的加速,污水处理已成为环境保护和可持续发展的重要议题。现有的污水处理技术主要包括物理处理、化学处理和生物处理三大类。物理处理方法如沉淀、过滤等,主要去除污水中的悬浮物和部分杂质,但对溶解性有机物和营养物质的去除效果有限。化学处理方法如氧化、还原、絮凝等,能够有效去除污水中的污染物,但往往需要添加化学药剂,运行成本较高,且可能产生二次污染。生物处理方法如活性污泥法、生物膜法等,利用微生物的代谢作用降解污水中的有机物,具有处理效果好、运行成本低等优点,但对营养物质的去除效率仍有待提高,且占地面积较大,对环境条件要求较高。近年来,人工湿地处理技术作为一种新型的污水处理方法。人工湿地通过模拟自然湿地的生态系统,利用植物、基质和微生物的协同作用,对污水进行净化处理。与传统污水处理技术相比,人工湿地具有投资和运行成本低、处理效果好、易于维护管理等优点。同时,人工湿地还能够有效去除污水中的氮、磷等营养物质,对难降解有机物和重金属也有一定的去除能力。此外,人工湿地还可以与传统污水处理工艺相结合,如A2/O工艺,通过增设人工湿地对出水进行深度净化,进一步提高污水处理效果。因此,人工湿地处理技术在污水处理领域具有广阔的应用前景。

[0003] 人工湿地有别于自然湿地,是一种通过人工设计、改造而成的生态型污水处理系统,人工湿地主要由基质、植物和微生物三部分组成,通过生态系统中基质,水生植物和微生物的相互作用实现的三重协同作用达到高效处理作用,具有美学吸引力的绿色空间和野生动物栖息地。低功耗或零功耗以及长寿命的人工湿地系统经过验证和可持续发展,可增强景观。人工湿地对污水的去除机制包括沉降,过滤,生物和化学作用,遏制和植物吸收,可以降低可溶性有机物,悬浮固体,氨,病原体,碳氢化合物和金属的含量。目前,人工湿地已逐步成为全球主流生态废水处理技术。

[0004] 专利文献CN117228817A公开了一种耦合微生物电化学的可自动再生人工湿地,包括湿地框架以及太阳能供电机构,湿地框架的内腔安装有分隔板,湿地框架的内腔通过分隔板分隔为第一处理室以及第二处理室,人工湿地通过第一模块以及第二模块的配合使用,有效应对冲击负荷且利用微生物再生可使沸石填料高效精准控制原位再生和重复使用,湿地易于维护。专利文献CN113149219A公开了一种污水厂尾水的净化处理系统,包括配水井和人工湿地,配水井内设有曝气装置和潜污泵,潜污泵的输出端连接有第一配水管,第一配水管通向人工湿地,人工湿地底部设有花管,花管与集水井相连通,集水井上部连接有出水管,出水管上设有控制阀,水质检测设备设在出水管上控制阀前端,集水井内设有潜水泵,潜水泵的输出端连接有第二配水管,人工湿地上方设有喷头,喷头与第二配水管相连,控制阀和潜水泵分别与水质检测设备相连。根据上述可知,现有人工湿地能有效地对污水进行净化处理,但目前人工湿地存在占地大、气味重、易堵塞、冬季污水处理效率低的问题,

且出水水质要求高已经成为制约人工湿地发展的关键制约因素,亟需找到有效的技术措施进行彻底解决。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于解决现有污水处理存在的占地大、气味重、易堵塞、冬季污水处理效率低的问题,提供一种多层次绿色生态污水处理系统。

[0006] 为了实现上述发明目的,本发明提供了以下技术方案:

[0007] 一种多层次绿色生态污水处理系统,包括地下竖向立体设置的曝气垂直流人工湿地、至少一层水平潜流人工湿地;

[0008] 所述曝气垂直流人工湿地包括从上到下设置的第一细砾石层、至少两层第一湿地框层,所述第一湿地框层设置有多个第一湿地框,所述第一湿地框内设有第一湿地填料,最底层的所述第一湿地框层的底部或下方设有曝气管,所述曝气管上连接有若干曝气器,所述曝气管的进气口连接曝气风机的输出管道;

[0009] 所述水平潜流人工湿地包括依次连通的第一储水池、填料床、第二储水池,所述填料床包括从上到下设置的第二细砾石层、至少两层第二湿地框层,所述第二湿地框层设置有多个第二湿地框,所述第二湿地框内设有第二湿地填料,所述第二细砾石层上设置有第一种植层,所述曝气垂直流人工湿地与所述水平潜流人工湿地之间通过第一输水管进行连接。

[0010] 在本发明的技术方案中,污水处理系统采用地下立体分层结构,即在地下按照竖直方向进行多层次的设置,形成立体结构,包括曝气垂直流人工湿地形成的人工湿地层和水平潜流人工湿地形成的至少一人工湿地层,得到不同的水流方向,对污水进行处理;曝气垂直流人工湿地中曝气可以提供充足的溶解氧,促进好氧微生物的生长和繁殖,加速待处理污水中有机物的分解,同时,曝气垂直流人工湿地的结构中污水从表面垂直向下通过第一细砾石层、第一湿地填料,曝气以增加氧气供应使得污水与第一湿地填料充分接触,增加微生物的附着面积,促进微生物代谢活动,有利于有机物的吸附和降解,提高有机物和氮的去除效率;水平潜流人工湿地通过让污水水平流动通过填料床,这样的水流方式可以使污水在填料床中水力停留时间更长,增加微生物与污水的接触时间,同时利用微生物分解、植物吸收和填料吸附等作用,降低污水中的污染物含量,有利于微生物的反硝化作用(将硝酸盐还原为氮气),从而去除污水中的硝酸盐氮。

[0011] 通过上述的技术方案,曝气垂直流人工湿地能够有效去除污水中的大部分有机物,同时对氨氮有一定的硝化作用,为后续处理提供更好的水质基础,水平潜流人工湿地对于脱氮效果较好,同时也有助于进一步去除污水中的部分有机物和磷。针对现有人工湿地占地较大的问题,曝气垂直流人工湿地、水平潜流人工湿地采用竖向立体设置,节约土地,埋深在3m以上,处理完后水可以重力流入坡地或者沟渠,土石方挖方不大,增加投资也不多,若利用天然的凹陷坑,将会节省土石方的投资,更加经济。同时,冬季温度较低时传统人工湿地处理效果欠佳,而地下竖向立体设置的人工湿地具有保温功能,可以提高处理效果。同时在地下竖向立体设置解决了气味重的问题,不同湿地填料的设置不易造成堵塞问题。地下竖向立体设置的污水处理系统根据污水水质和出水要求,通过不同层级的组合,利用不同的水流形式和处理方式,来满足不同的污水处理需求。

[0012] 作为本发明的优选方案,所述第一湿地填料和/或所述第二湿地填料为沸石、页岩、石灰石、火山岩滤料、陶粒、煤渣、高炉矿渣和活性炭等中的至少一种,所述第一湿地填料和/或所述第二湿地填料的孔隙率控制在30%～50%。

[0013] 在上述的技术方案中,多层次绿色生态污水处理系统将水平潜流人工湿地设置在最底层,曝气垂直流人工湿地设置在最上层,上到下依次设置的曝气垂直流人工湿地和至少一层水平潜流人工湿地。这种设计通过不同层级的协同作用,实现高效的污水处理,同时兼顾生态友好性和臭气控制。

[0014] 作为本发明的优选方案,第一细砾石层的粒径范围16～32mm。

[0015] 作为本发明的优选方案,所述污水处理系统包括从上到下设置的至少一层所述水平潜流人工湿地、所述曝气垂直流人工湿地。

[0016] 作为本发明的优选方案,所述污水处理系统包括从上到下设置的所述曝气垂直流人工湿地、至少一层所述水平潜流人工湿地。

[0017] 在上述的技术方案中,当环境对臭气排放要求较高时,多层次绿色生态污水处理系统将曝气垂直流人工湿地设置在最底层,水平潜流人工湿地设置在曝气垂直流人工湿地之上,这是因为曝气垂直流人工湿地曝气过程中会产生大量气体,其中可能包含氨、硫化氢等臭气成分。将曝气垂直流置于最底层,可以使这些气体在地下环境中被有效控制,减少直接散发到大气中的可能性;水平潜流人工湿地放置在上层,可以作为一道物理屏障,起到物理隔离的作用,阻挡底层产生的臭气直接散发到环境中。同时,水平潜流中的填料和植物可以对臭气进行吸附和吸收,进一步降低臭气浓度。

[0018] 作为本发明的优选方案,所述水平潜流人工湿地设置有两层,包括从上到下设置的第一水平潜流人工湿地和第二水平潜流人工湿地,所述第一水平潜流人工湿地和所述第二水平潜流人工湿地之间通过第二输水管进行连接。

[0019] 在上述的技术方案中,多层次绿色生态污水处理系统最上层采用曝气垂直流人工湿地,中间层采用第一水平潜流人工湿地,最下层采用第二水平潜流人工湿地的形式,在污水通过曝气垂直流人工湿地之后,污水会进入第一水平潜流人工湿地,通过让污水水平流动通过填料床,利用微生物分解、植物吸收和填料吸附等作用进一步降低污水中的污染物含量。最下层采用第二水平潜流人工湿地,进一步处理经过前两级处理后的污水,确保出水水质达到更高的标准。多级水平潜流人工湿地可以提高污染物的去除效率,尤其是在氮、磷等营养盐的去除上。

[0020] 作为本发明的更优选方案,第一湿地填料的粒径范围为20～30mm,第一水平潜流人工湿地中第二湿地填料的粒径范围为10～20mm,第二水平潜流人工湿地中第二湿地填料的粒径范围为5～15mm。

[0021] 作为本发明的优选方案,所述曝气垂直流人工湿地的顶部或上方设置有布水管,用于实现均匀布水进入曝气垂直流人工湿地,曝气垂直流人工湿地的底部或下方设置有第一集水管,用于收集经过曝气垂直流人工湿地处理后的污水。

[0022] 作为本发明的优选方案,所述曝气垂直流人工湿地与第一水平潜流人工湿地之间连接的第一输水管为多根第一滴水管,所述第一水平潜流人工湿地与所述第二水平潜流人工湿地之间连接设置有多根第二滴水管,所述第一滴水管和所述第二滴水管用于向下运输污水。

[0023] 在上述的技术方案中,当对脱氮除磷要求较高时,污水处理系统采用水流自下而上的布置方式,水流方向可以使污水从下层向上流动,经过三级水平潜流、二级水平潜流,最后到达一级曝气垂直流。这种逆向流动可以增加污水与各层处理单元的接触时间,使微生物和植物能够更充分地吸附和分解污水中的污染物。优势:可以进一步提高脱氮除磷的效果,尤其是在处理高浓度污水时,能够更有效地去除污水中的氮和磷。水流交换:各层单位之间可以相互交换水流方向,例如在不同阶段采用不同的水流方向,或者在某些特定的处理单元中采用逆向流动,以增加系统的灵活性和处理效果。

[0024] 作为本发明的优选方案,所述第一滴水管或所述第二滴水管的数量和滴水管直径根据以下公式计算:

[0025] $$Q = 1890nK^{-\frac{1}{6}}\alpha^{\frac{5}{3}}d^{\frac{8}{3}}$$

[0026] 式中Q为滴水管总排水流量;n为滴水管数量;K为滴水管粗糙度高度;α为充水率;d为滴水管直径。

[0027] 作为本发明的优选方案,所述污水处理系统的进水管端的污水进管内布置管道水平潜流湿地,所述管道水平潜流湿地包括从上到下设置的第三细砾石层、第三湿地框层,所述第三湿地框层设置有多个第三湿地框,所述第三湿地框内设有第三湿地填料,所述第三细砾石层上种植有第三湿地植物。

[0028] 在上述的技术方案中,污水处理系统的进水管端污水进管内还布置有管道水平潜流湿地,由于地下管道埋置在地下,一般管道均较长,管道水平潜流湿地的设置不需要征地,可以节省大量占地和臭气环境污染问题,同时可以大幅度增加污水在污水处理系统的水力停留时间,提高湿地处理的水质,同时可以减少后续人工湿地的征地面积,当管道水平潜流湿地堵塞需要更换填料时,可以从检查口吊出,进一步解决堵塞问题。

[0029] 作为本发明的优选方案,所述污水处理系统还设置有循环回路管,用于将经过处理的水输送到所述污水处理系统中污水进入的起始环节,再次对水进行处理,所述循环回路管上设置有阀门。

[0030] 与现有技术相比,本发明的有益效果:

[0031] 1、本发明提供一种多层次绿色生态污水处理系统,污水处理系统在地下按照竖直方向进行多层次的设置,包括曝气垂直流人工湿地、至少一层水平潜流人工湿地,曝气垂直流人工湿地能够有效去除污水中的大部分有机物,同时对氨氮有一定的硝化作用,为后续处理提供更好的水质基础,水平潜流人工湿地对于脱氮效果较好,同时也有助于进一步去除污水中的部分有机物和磷。针对现有人工湿地占地较大的问题,曝气垂直流人工湿地、水平潜流人工湿地采用竖向立体设置,节约土地,埋深在3m以上,处理完后水可以重力流入坡地或者沟渠,土石方挖方不大,增加投资也不多,若利用天然的凹陷坑,将会节省土石方的投资,更加经济。同时,冬季温度较低时传统人工湿地处理效果欠佳,而地下竖向立体设置的人工湿地具有保温功能,可以提高处理效果。同时在地下竖向立体设置解决了气味重的问题,不同湿地填料的设置不易造成堵塞问题。地下竖向立体设置的污水处理系统根据污水水质和出水要求,通过不同层级的组合,利用不同的水流形式和处理方式,来满足不同的污水处理需求。

[0032] 2、本发明提供污水处理系统通过不同层级的处理单元,逐步降低污水中的污染物

浓度,最终达到净化水质的目的,每一级都针对特定的污染物或处理需求,通过物理、化学和生物作用的综合作用,实现高效的污水处理。这种工艺特别适用于农村生活污水治理项目,能够有效地处理和净化污水,减少对环境的影响。

[0033] 3、本发明的污水处理系统能够有效对污水进行处理,经过处理后的水CODCr、氨氮、TN、TP、SS等全面达标,水质能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准。

附图说明

[0034] 图1为实施例2中多层次绿色生态污水处理系统的结构示意图;

[0035] 图2为实施例3中多层次绿色生态污水处理系统的结构示意图;

[0036] 图3为实施例3中曝气垂直流人工湿地的结构示意图;

[0037] 图4为实施例3中水平潜流人工湿地的结构示意图;

[0038] 图5为实施例5中管道水平潜流湿地的结构示意图;

[0039] 图中标记:1-污水进管,2-曝气垂直流人工湿地,21-布水管,22-第一细砾石层,23-第一湿地框,24-第一湿地填料,25-曝气管,26-第一集水管,27-第一滴水管,3-水平潜流人工湿地,31-第一储水池,32-第二细砾石层,33-第二湿地框,34-第二湿地填料,35-第二储水池,36-第二输水管,37-第二滴水管,41-出水管,42-循环回路管,43-系统转化管,44-通风管,51-第三细砾石层,52-第三湿地框,53-第三湿地填料,54-污泥坑,61-采光装置,62-导投光装置,63-太阳能光伏板,64-太阳能电能存储器,65-通风亭,7-地面。

具体实施方式

[0040] 为了更加清楚的描述本发明的具体实施案例中的发明目的、技术方案和技术效果优势所在,下面将结合本发明的说明书附图对具体实施例中的方案做详细说明。以下具体实施例所涉及的具体技术方案仅仅是为了对本发明的创新技术方案进行清楚、完整地描述,其本身仅仅是本发明可以采用的具体实施方案中的一部分,不是全部的实施例,不应理解为对于本发明创新方案的限制。任何采用本发明相同发明构思的方案都应当纳入本发明的保护范围当中。

[0041] 其次,本发明具体实施例中涉及附图的相关描述,仅仅是为了便于技术人员理解本发明方案,附图中部分细节展示是为了方便清楚呈现技术方案,不应当认为附图中的全部技术特征都必须纳入具体实施案例当中,更不可以将附图中的细节特征认定成对于本发明创新技术方案的额外限定。附图中描述和展现的各个实施例中的组件,可以按照不同的配置来组合排列,这些组合排列的变化都应当认定成本发明创新方案的全部实施例中的一部分,并纳入本发明要保护的范围内。

[0042] 需要说明的是,在没有特别说明的情况下,在本发明具体实施例的描述中,出现“上”“下”“左”“右”“中心”“内”“外”...等指示的方位或位置关系的表述术语,都是基于附图所示的方位或位置关系的表达,或者是该发明产品/设备/装置惯常使用时,摆放的方位或位置关系。这些方位或位置关系的术语,仅仅是为了便于描述本发明方案或简化具体实施例中的描述,便于技术人员快速理解方案,而不是指示或暗示特定的装置/部件/元件必须具有特定的方位,或以特定的位置关系进行构造和操作,因此不能理解为对本发明的限

制。

[0043] 此外,若出现术语“水平”“竖直”“悬垂”...等术语并不表示要求相应的装置/部件/元件绝对水平或竖直或悬垂,而是可以稍微倾斜。如“水平”仅仅是指其方向相对“竖直”而言更加水平,并不是表示该结构一定要完全水平,而是可以稍微倾斜。或者,可以简化理解为相应的装置/部件/元件,处于“水平”“竖直”“悬垂”...等特定方向设置,能够相对于相应的方向设置具有±10%的误差/偏差,更优选±8%以内的误差/偏差,更优选±6%以内的误差/偏差,更优选±5%以内的误差/偏差,更优选±4%以内的误差/偏差。只要相应的装置/部件/元件在误差/偏差范围内,依然能够实现其在本发明方案中的作用即可。

[0044] 此外,术语中出现“第一”“第二”“第三”...等表述,仅仅是用于区分相同或相似部件的描述,而不应理解为强调或暗示特定部件的相对重要性。

[0045] 此外,在本发明实施例的描述中,“几个”“多个”“若干个”代表至少2个。可以是3个、4个、5个、6个、7个、8个、9个等任意情况,甚至可以是超过9个的情况。

[0046] 此外,在本发明技术方案的描述中,除非另有明确的规定/限定/限制,出现术语“设置”“安装”“相连”“连接”的地方应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接,可以是焊接、铆接、栓接、螺纹连接等本领域常用的连接手段。这种连接可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介物进行间接相连,可以是两个元件内部的连通。

[0047] 实施例1

[0048] 本实施例提供一种多层次绿色生态污水处理系统,包括地下竖向立体设置的曝气垂直流人工湿地2、至少一层水平潜流人工湿地3;曝气垂直流人工湿地2包括从上到下设置的第一细砾石层22、至少两层第一湿地框23层,第一湿地框23层设置有多个第一湿地框23,第一湿地框23内设有第一湿地填料24,最底层的第一湿地框23层的底部或下方设有曝气管25,曝气管25上连接有若干曝气器,曝气管25的进气口连接曝气风机的输出管道;水平潜流人工湿地3包括依次连通的第一储水池31、填料床、第二储水池35,填料床包括从上到下设置的第二细砾石层32、至少两层第二湿地框33层,第二湿地框33层设置有多个第二湿地框33,第二湿地框33内设有第二湿地填料34,第二细砾石层32上设置有第一种植层,曝气垂直流人工湿地2与水平潜流人工湿地3之间通过第一输水管进行连接。

[0049] 同一纵列的不同层湿地框之间相互连通,曝气垂直流人工湿地2或水平潜流人工湿地3中上层湿地框下面开孔,通过开孔设计,使污水以水滴的形式从上层湿地框传输到下层湿地框,作用是可以增加和空气的接触增加水质耗氧量,第二个是大大缩短水力路径,缩短时间,补水更加均匀,缓解前端堵塞问题。

[0050] 第一湿地填料24和第二湿地填料34提供微生物附着的表面,具有良好的吸附性和过滤性,促进污水中污染物的降解和去除,在一些实施例中第一湿地填料24和/或第二湿地填料34为沸石、页岩、石灰石、火山岩滤料、陶粒、煤渣、麦饭石、高炉矿渣和活性炭等中的至少一种,第一湿地填料24和/或第二湿地填料34的孔隙率控制在30%~50%。

[0051] 在本实施例中,第一湿地框23、第二湿地框33的结构、材质、大小可以相同或不同,本实施例中湿地框是由底板和外框板构成的带有上开口的正方体模块箱,框体采用轻质材料组装,底板和外框板均匀开孔,便于系统内外之间的水体交换。

[0052] 在一些实施例中,污水处理系统还设置有循环回路管42,用于将经过处理的水输

送到污水处理系统中污水进入的起始环节,再次对水进行处理,循环回路管42上设置有阀门。

[0053] 实施例2

[0054] 本实施例提供一种多层次绿色生态污水处理系统,污水处理系统在实施例1的基础上,污水处理系统包括从上到下设置的曝气垂直流人工湿地2、至少一层水平潜流人工湿地3,通过将水平潜流人工湿地3设置在最底层,曝气垂直流人工湿地2设置在最上层,如图1,通过不同人工湿地层级的协同作用,实现高效的污水处理,同时兼顾生态友好性和臭气控制。

[0055] 实施例3

[0056] 本实施例提供一种多层次绿色生态污水处理系统,污水处理系统在实施例2的基础上,水平潜流人工湿地3设置有两层,包括从上到下设置的第一水平潜流人工湿地和第二水平潜流人工湿地,第一水平潜流人工湿地和第二水平潜流人工湿地之间通过第二输水管36进行连接。生态污水处理系统采用三层立体式上下结构布置,大大增加水力坡度(每层进、出水高差大),处理效率变大,极大缓解堵塞频率,当采用三层以上时,可以大大节约土地66%以上,同时埋深约等于4.5m,保温功能,可以提高处理效果。每层内部处理单元采用模块化装配式,方便更换。在本实施例中的污水处理系统设置地下,如图2所示,旁边设置有通风亭65,通风亭65用于供平时通风使用、人员出入口以及提供更换填料和植物通道,通风亭65设置有用于地下风循环的进风孔和出风孔,在第一水平潜流人工湿地和第二水平潜流人工湿地之间通过通风管44连通,使风在处理系统内循环,在本实施例中,风在第一水平潜流人工湿地和第二水平潜流人工湿地之间循环。若设置有循环回路管42,循环回路管42将出水管41的水输送到污水处理系统中污水进入的起始环节曝气垂直流人工湿地2中。

[0057] 曝气垂直流人工湿地2中曝气所需曝气风机进气管采用地下二层第一水平潜流人工湿地和地下三层第二水平潜流人工湿地的空气(含大量氧气),使得空气进行有效循环利用。地下二层和地下三层的空气经过曝气垂直流和水平潜流的处理,含有大量的氧气。这些氧气可以通过气泵进气管输送到地面7层的曝气系统中,进一步提高曝气效率,同时减少对额外氧气供应的需求,从而降低了能源消耗和运行成本。

[0058] 曝气垂直流人工湿地2、第一水平潜流人工湿地、第二水平潜流人工湿地是装配式结构,通过预制混凝土或钢结构制作而成,本实施例中曝气垂直流人工湿地2或水平潜流人工湿地3采用150mm混凝土垫层形成,提供稳定的支撑和承载力,防止下层结构受到地下水或土壤的侵蚀;在曝气垂直流人工湿地2底部的混凝土垫层上设置有不透水土工布,再设置支撑板,支撑上层的湿地框和填料,确保结构的稳定性和完整性。如图3,在曝气垂直流人工湿地2的顶部或上方设置有布水管21,用于实现均匀布水进入曝气垂直流人工湿地2;布水管21与污水进管1连通,布水管21设计为分布均匀,通常采用穿孔管或喷头形式,以实现均匀布水。曝气垂直流人工湿地2的底部或下方设置有第一集水管26,用于收集经过曝气垂直流人工湿地2处理后的污水。布水管21、第一集水管26采用给水硬聚氯乙烯(PVC-U)管,管材承压不小于0.8MPa,连接方式采用粘接。第一集水管26(上面有小孔)设置有无纺布,起到过滤作用,防止泥沙等杂质进入集水总管,影响排水效果,保持排水通畅。无纺布质量要求:重量大于或等于250g/m^2;抗拉强度:纵向大于或等于30N/5cm,横向大于或等于300N/5cm;垂直渗透系数:$K>2.0\times10^{-4}$/m/s。无纺布铺设应平顺,松紧适度,不得绷拉过紧,搭接叠压长

度不得小于300mm。

[0059] 第一细砾石层22作为第一层过滤层,去除污水中的悬浮固体和杂质,厚度为100mm,由细砾石组成,第一细砾石层22中细砾石的粒径范围为16～32mm,具有良好的过滤性能。在一些实施例中,第一细砾石层22上设置有种植层,种植层中有湿地植物。污水处理系统还设置有相互连接的采光装置61、导投光装置62,采光装置61包括传感器、微电脑、驱动器、微电机、传动系统、透镜组阵列等,通过设置在地面7上的传感器感知太阳方位,微电脑发出指令驱动透镜组精准跟踪太阳,将阳光汇聚一万多倍,耦合进入光纤中,系统每天自动唤醒、跟踪、复位,完全不需人为干预。导投光系统包括光缆室内固定或转向机构、投射照具等,以起到安全和美观的作用。投射照具设置在水平潜流人工湿地3内壁的顶部,可以对植物层中的植物进行照明,给植物提供阳光进行光合作用,净化水平潜流人工湿地3内的空气。投射照具还可以通过地面7上的太阳能光伏板63进行供电,太阳能光伏板63将光转化为把电能存储在太阳能电能存储器64,以晚上用或者白天光照不强的时间作为补充使用。

[0060] 如图4所示,水平潜流人工湿地3的底部为150mm混凝土垫层,混凝土垫层上湿地包裹物,用于用于保护湿地内部结构,水平潜流人工湿地3包括依次水平连接的第一储水池31,第一填料床、第二储水池35,第二细砾石层32的厚度为100mm,第二细砾石层32中细砾石的粒径范围为10～25mm,第二细砾石层32上设置有第一种植层,第一种植层中有湿地植物。在本实施例中,第二水平潜流人工湿地的下部为地基,通过素土夯实再使用混凝土垫层。

[0061] 曝气垂直流人工湿地2与水平潜流人工湿地3之间通过第一输水管进行连接,在本实施例中,第一输水管为多根第一滴水管27,多根第一滴水管27均匀分布在曝气垂直流人工湿地2与第一水平潜流人工湿地之间。

[0062] 在一些实施例中,第一水平潜流人工湿地和第二水平潜流人工湿地之间除了通过第二输水管36进行连接,还设置有多根第二滴水管37,在本实施例中,多根第二滴水管37竖直设置在第一水平潜流人工湿地和第二水平潜流人工湿地之间,如图4所示,通过第二滴水管的设置使得第一水平潜流人工湿地可以采用垂直水流方式和水平流动方式进行处理,第二水平潜流人工湿地采用水平流动方式进行处理。第一滴水管27和第二滴水管37的设置使得各层之间在每个湿地框下面设置滴水孔形式向下运输污水,极大缩短了路径,滴水过程中增加污水含氧量,形成好氧、缺氧、缺氧梯队。为防止湿地框内污水向下滴落的过程中出现滴水孔,可以控制风速,会在风向的影响下,水滴左右飘落,从而避免出现滴水孔。第二水平潜流人工湿地的第二储水池35与出水管41连接,将处理后的水排出。

[0063] 第一滴水管或第二滴水管的数量和滴水管直径根据以下公式计算:

[0064] $$Q = 1890nK^{-\frac{1}{6}}\alpha^{\frac{5}{3}}d^{\frac{8}{3}}$$

[0065] 式中Q为滴水管总排水流量,单位为L/s;Q为污水进管进水量和循环水量之和;n为滴水管数量;K为滴水管粗糙度高度,单位为m,当滴水管为塑料管时K为$15*10^{-6}$m,当滴水管为铸铁管时K为$25*10^{-5}$m;α为充水率,当滴水管为塑料管时α为0.3,当滴水管为铸铁管时α为0.35;d为滴水管直径,计算为管道的内径,单位为m;为防止堵塞,计算后的滴水管直径需要大于堵塞污染物颗粒的5倍。为了方便计算,将第一滴水管的数量设置为10,总排水流量Q＝0.1L/s,使用滴水管为塑料管,因此K＝$15*10^{-6}$m,α＝0.3,通过上述公式计算得到d＝0.01m,其中堵塞污染物颗粒直径小于0.002m,满足条件,因此第一滴水管设计为10个0.01m直径的

塑料管,采用同样的方法进行第二滴水管的设计。

[0066] 第一湿地填料24的粒径范围为20～30mm,第一水平潜流人工湿地中第二湿地填料34的粒径范围为10～20mm,第二水平潜流人工湿地中第二湿地填料34的粒径范围为5～15mm。

[0067] 在一些实施例中,污水处理系统还设置有系统转化管43,系统转化管43的一端与污水进管1连接,另一端与水平潜流人工湿地3连接,系统转化管43路上设置有阀门,用于将污水进管1中的污水引入水平潜流人工湿地3中,实现不同污水处理系统的转化。

[0068] 在一些实施例中,当对脱氮除磷要求较高时,污水处理系统采用水流自下而上的布置方式,水流方向可以使污水从下层向上流动,经过三级水平潜流、二级水平潜流,最后到达一级曝气垂直流。这种逆向流动可以增加污水与各层处理单元的接触时间,使微生物和植物能够更充分地吸附和分解污水中的污染物。优势:可以进一步提高脱氮除磷的效果,尤其是在处理高浓度污水时,能够更有效地去除污水中的氮和磷。水流交换:各层单位之间可以相互交换水流方向,例如在不同阶段采用不同的水流方向,或者在某些特定的处理单元中采用逆向流动,以增加系统的灵活性和处理效果。

[0069] 污水从污水进管1进入污水处理系统,从布水管21流入曝气垂直流人工湿地2,从第一集水管26流出曝气垂直流人工湿地2,经第一滴水管27进入第一水平潜流人工湿地,或部分污水从系统转化管43路进入第一水平潜流人工湿地,然后经过第一水平潜流人工湿地处理后收集在第二储水池35,从第二输水管36进入第二水平潜流人工湿地的第一储水池31,经第二水平潜流人工湿地处理后收集在第二储水池35,从出水管41流出。

[0070] 本实施例的污水处理系统最上层采用曝气垂直流人工湿地2,中间层采用第一水平潜流人工湿地,最下层采用第二水平潜流人工湿地的形式,经过处理后的水经测试后结果如表,从表这个数据数据可以看到,经过处理后的水CODCr、氨氮、TN、TP、SS等全面达标,水质能达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB18918-2002)一级A标准,这表明本发明的污水处理系统能持续去除有机物及氮磷,不仅可以节省投资、减少运行成本,占地少、节能环保、处理效率高,更换方便,同时保证了整个处理系统的运行稳定性。

[0071] 表1污水处理系统的测试结果

[0072]

项目	进水	出水	去除率(%)
CODCr(mg/L)	564	46	91.8
NH_3-N(mg/L)	45	2.3	94.9
TN(mg/L)	48	4	91.7
TP(mg/L)	6	0.3	95.0
SS(mg/L)	264	10	96.2

[0073] 实施例4

[0074] 本实施例提供一种多层次绿色生态污水处理系统,污水处理系统在实施例1的基础上,污水处理系统包括从上到下设置的至少一层水平潜流人工湿地3、曝气垂直流人工湿地2。

[0075] 当环境对臭气排放要求较高时,多层次绿色生态污水处理系统将曝气垂直流人工湿地2设置在最底层,水平潜流人工湿地3设置在曝气垂直流人工湿地2之上,底层的曝气垂直流人工湿地2可以方便地与臭气收集系统连接,通过管道将产生的臭气集中收集并进行

处理,如采用生物滤池、化学吸收等方法,进一步减少臭气排放;水平潜流人工湿地3放置在上层,可以作为一道物理屏障,起到物理隔离的作用,阻挡底层产生的臭气直接散发到环境中。同时,水平潜流中的填料和植物可以对臭气进行吸附和吸收,进一步降低臭气浓度。地面7层的水平潜流通常种植有各种水生植物,这些植物具有吸收和分解臭气成分的能力。例如,芦苇、香蒲等植物可以通过根系吸收氨、硫化氢等臭气物质,并将其转化为无害的物质,从而起到净化空气的作用,这种设计可以有效避免臭气的污染问题。

[0076] 实施例5

[0077] 本实施例提供一种多层次绿色生态污水处理系统,污水处理系统在实施例1的基础上,污水处理系统的进水管端污水进管1内布置管道水平潜流湿地,如图5所示,管道水平潜流湿地包括从上到下设置的第三细砾石层51、第三湿地框52层,第三湿地框52层设置有多个第三湿地框52,第三湿地框52内设有第三湿地填料53,第三细砾石层51上设置有第二种植层。

[0078] 污水处理系统的进水管端污水进管1内还布置有管道水平潜流湿地,由于地下管道埋置在地下,一般管道均较长,管道水平潜流湿地的设置不需要征地,可以节省大量占地和臭气环境污染问题,同时可以大幅度增加污水在污水处理系统的水力停留时间,提高湿地处理的水质,同时可以减少后续人工湿地的征地面7积,当管道水平潜流湿地堵塞需要更换填料时,可以从检查口吊出,进一步解决堵塞问题。

[0079] 进水管端的污水进管1中水为预处理后的污水,管道水平潜流湿地设置在检查井之间,在本实施例中在起始检查井、中间检查井、末端检查井,采用DN≥500mm的污水排水管或排水渠,其中污水排水管或排水渠的底部设置有污泥坑54,污水排水管或排水渠倾斜设置,坡度为3%-5%,低的一端朝向污泥坑54,污泥坑54大小等于一个固定框),产生的污泥通向污泥坑54,定期清理污泥,可以固定湿地框,防止滑动。污水排水管内或者排水渠上布置第三湿地框52,第三湿地框52下设滑轮,滑轮下设水平轨道,当第三湿地框52堵塞需要更换时,移动第三湿地框52,从两侧检查井吊出即可,方便更换。第三湿地框52与第一湿地框23、第二湿地框33的结构、材质、大小可以相同或不同。

[0080] 在一些实施例中,在管道水平潜流湿地的顶部设置有纤维束绳,中心绳采用尼龙网或其他。纤维束绳上有软性纤维填料,填料上面长污水微生物。形成纤维填料接触氧化、植物、轻质填料过滤、底部排泥纵向一体化联合去除污染物体系。

[0081] 对于本领域技术人员而言,在理解本发明具体实施例描述的方案时,可以参考本领域常规技术手册,同时对于出现上述术语的地方,可以参考性的作出适当的理解或调整,在不付出创造性劳动的情况下,推导得出相同或相似的技术方案实现情况。

[0082] 以上实施例描述的仅仅是本发明的基本原理、主要特征和/或优点,本领域技术人员应该了解,本发明不限于上述实施例,上述实施例和说明书发明内容部分描述的只是本发明的原理或具体案例,在不脱离本发明创新思想实质的情况下,本发明创新方案还有各种变化和改进,这些变化和改进都落入本发明要求保护的范围内。

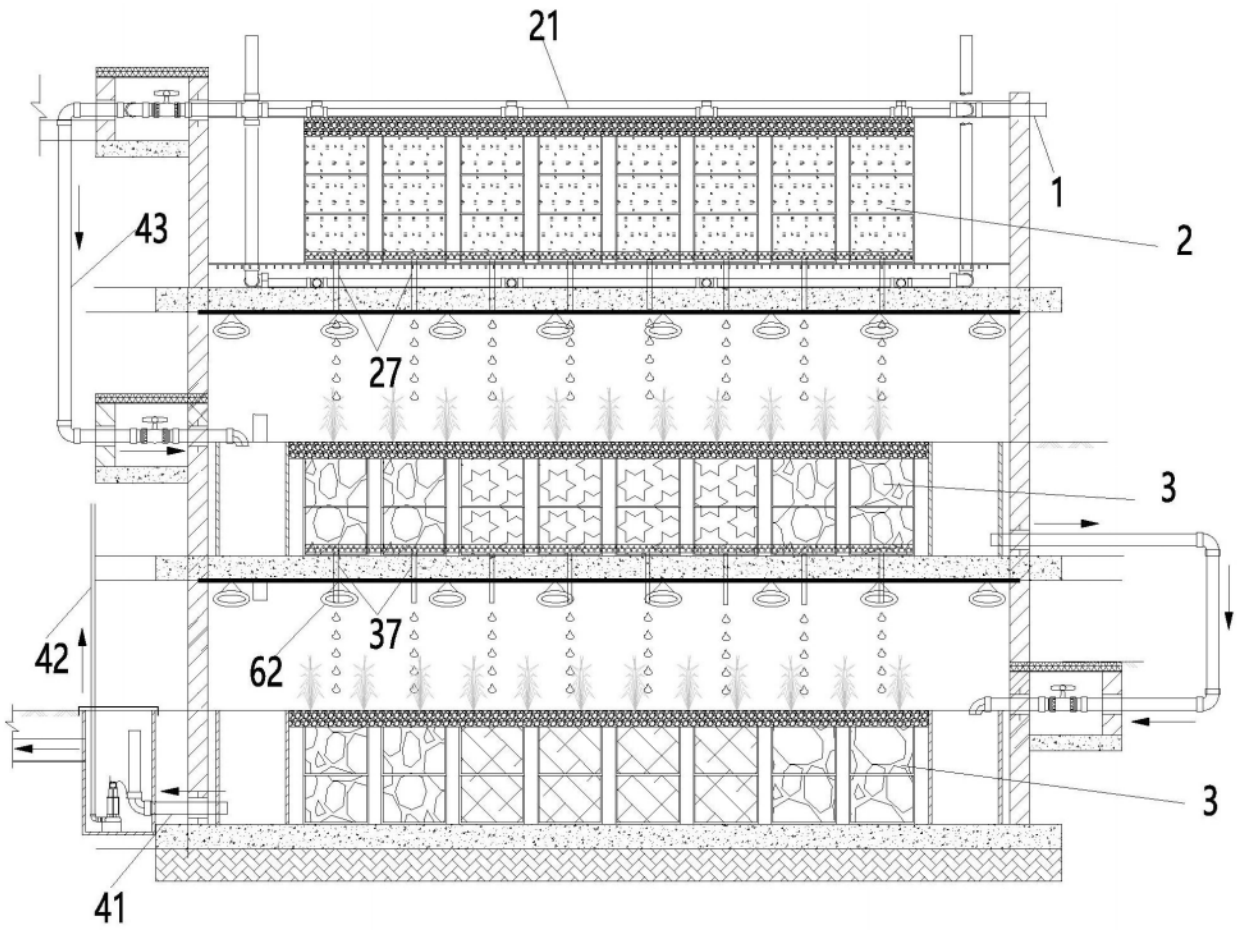


图1

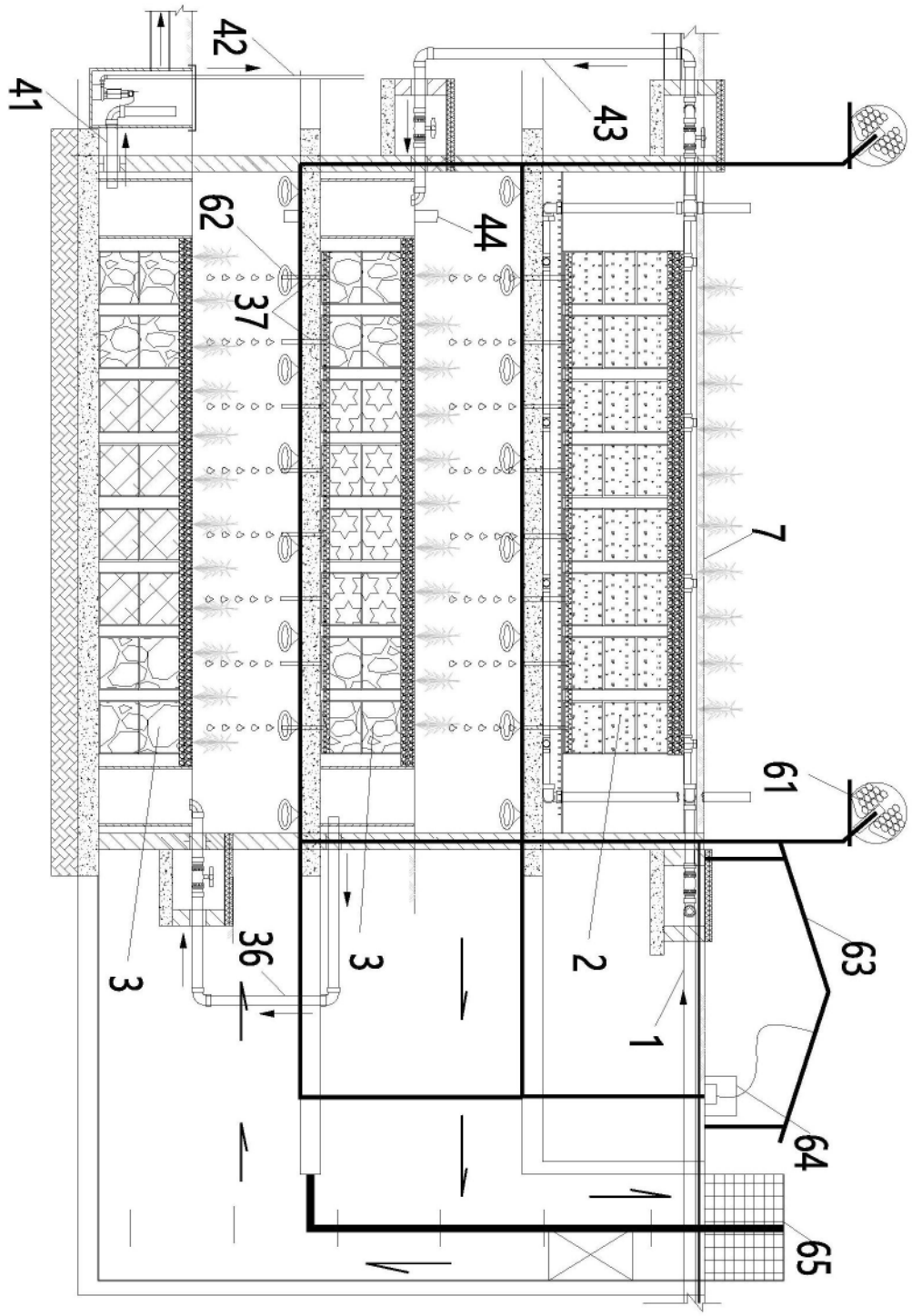


图2

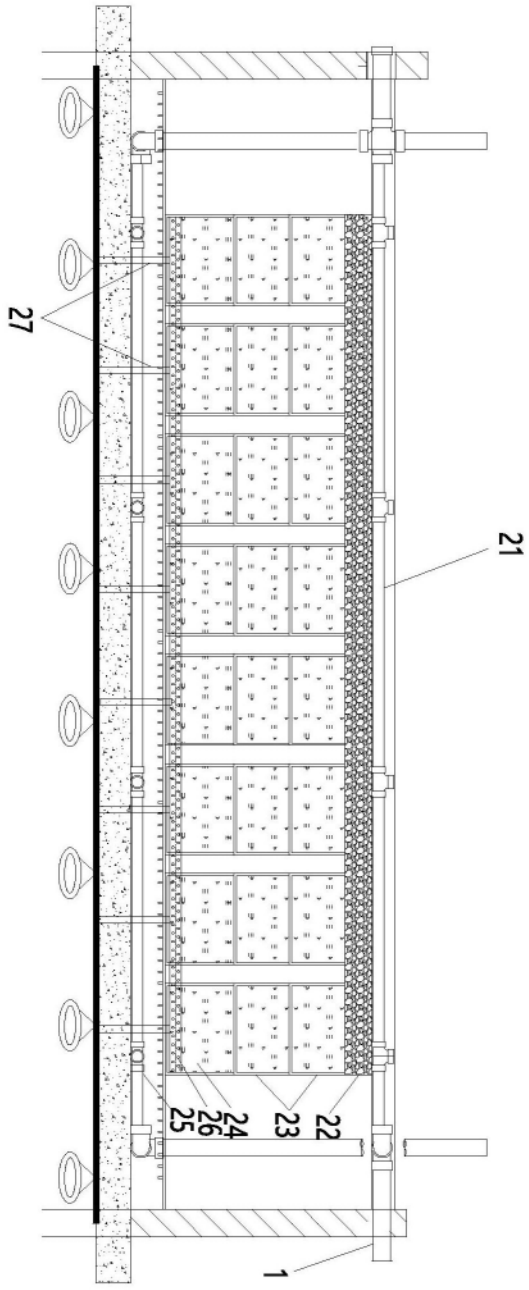


图3

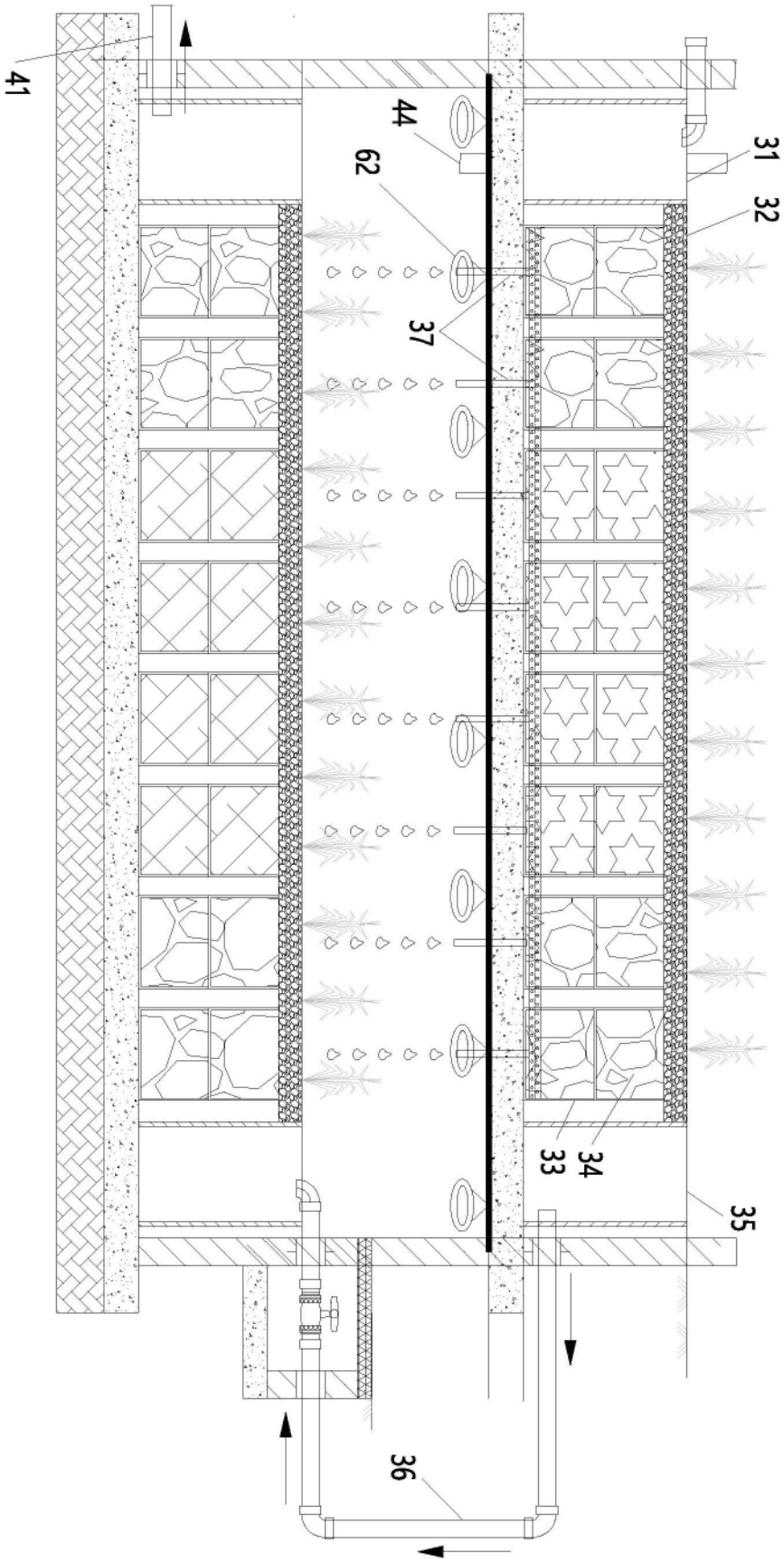


图4

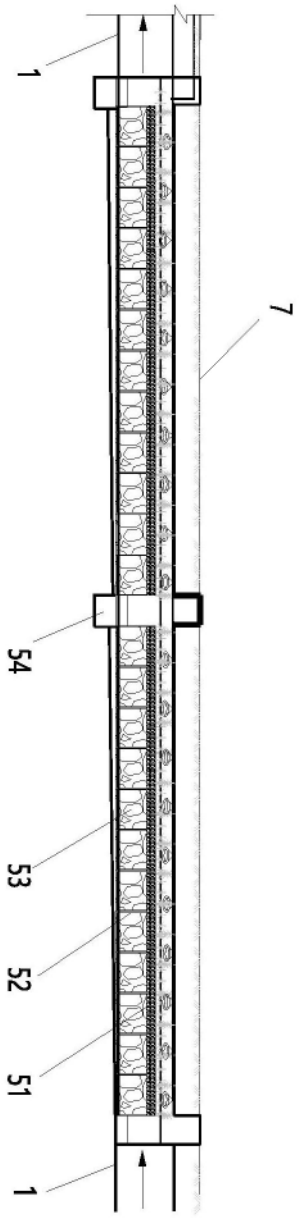


图5