

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局



(43) 国际公布日
2020年12月24日(24.12.2020)

(10) 国际公布号
WO 2020/253797 A1

- (51) 国际专利分类号:
C02F 11/02 (2006.01) C02F 3/32 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2020/096913
- (22) 国际申请日: 2020年6月19日(19.06.2020)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201910542919.6 2019年6月21日(21.06.2019) CN
- (71) 申请人 江南大学(JIANGNAN UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国江苏省无锡市滨湖区蠡湖大道1800号,Jiangsu 214122 (CN)。
- (72) 发明人:李祎飞(LI,Yifei); 中国江苏省无锡市滨湖区蠡湖大道1800号张勇,Jiangsu 214122 (CN)。

邹华(ZOU, Hua); 中国江苏省无锡市滨湖区蠡湖大道1800号张勇,Jiangsu 214122 (CN)。廉杰(LIAN, Jie); 中国江苏省无锡市滨湖区蠡湖大道1800号张勇,Jiangsu 214122 (CN)。丁剑楠(DING, Jiannan); 中国江苏省无锡市滨湖区蠡湖大道1800号张勇,Jiangsu 214122 (CN)。付善飞(FU, Shanfei); 中国江苏省无锡市滨湖区蠡湖大道1800号张勇,Jiangsu 214122 (CN)。王震宇(WANG, Zhenyu); 中国江苏省无锡市滨湖区蠡湖大道1800号张勇,Jiangsu 214122 (CN)。

(74) 代理人:哈尔滨市阳光惠远知识产权代理有限公司(HARBIN SHINEIP INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国黑龙江省哈尔滨市松北区科技一街99号18栋E区501张勇 Heilongjiang 150028 (CN)。

(54) Title :INTEGRATED SHORE ZONE SYSTEM FOR ON-SITE TREATMENT OF RIVER AND LAKE SLUDGE, AND USE THEREOF

(54) 发明名称:一种河湖淤泥就地处理的一体化滨岸带系统及其应用

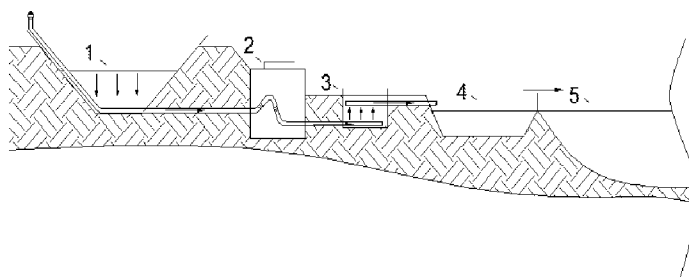


图1

(57) Abstract: Disclosed are an integrated shore zone system for the on-site treatment of river and lake sludge, and the use thereof, belonging to the technical field of sludge treatment. The integrated system is composed of three sub-systems, i.e. a sludge ecological treatment subsystem, a siphon drainage subsystem and a sludge leachate deep treatment subsystem, wherein the sludge ecological treatment system is provided, from top to bottom, with plants, a filler, an aeration pipe and a water collecting pipe, and a vent pipe is connected to the water collecting pipe; a siphon in the siphon drainage system is of a telescopic hump shape; and the sludge leachate deep treatment comprises a first-stage ecological treatment unit up-flow wetland and a second-stage ecological treatment unit surface-flow wetland. According to the present invention, by means of the transpiration and absorption effects of plants, the filtration and adsorption effects of a filler and the degradation effects of microorganisms, the dehydration of sludge and making same harmless, the deep treatment of sludge leachate, and the purification of some of river and lake water are effectively realized.

(57) 摘要: 本发明公开了一种河湖淤泥就地处理的一体化滨岸带系统及其应用,属于淤泥处理技术领域。该一体化系统由淤泥生态处理、虹吸排水和淤泥渗滤液深度处理三个子系统组成;淤泥生态处理系统自上而下设置植物、填料、曝气管和集水管,通气管与集水管相连;虹吸排水系统中的虹吸管为可伸缩式驼峰型;淤泥渗滤液深度处理包括第一级生态处理单元升流式湿地和第二级生态处理单元表面流湿地。本发明通过植物的蒸腾和吸收作用、填料的过滤和吸附作用及微生物的降解作用,有效实现淤泥的脱水和无害化、淤泥渗滤液的深度处理以及部分河/湖水的净化。

WO 2020/253797 A1

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护) : AE AG AL AM, AO, AT AU AZ BA, BB BG , BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU , CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB , GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU ,ID, IL, IN, IR ,IS , JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC ,LK , LR ,LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA ,NG ,NI, NO, NZ, OM, PA ,PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL , ST ,SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG ,US, UZ ,VC, VN, WS ZA ,ZM, ZW 。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW ,SD ,SL ,ST ,SZ ,TZ, UG, ZM, ZW) , 欧亚 (AM , AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE ,IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM ,TR), OAPI (BF ,BJ ,CF ,CG, CI, CM ,GA ,GN ,GQ, GW, KM, ML, MR, NE ,SN ,TD ,TG) 。

本国际公布 :

- 包括国际检索报告 (条约第21条 (3)) 。

一种河湖淤泥就地处理的一体化滨岸带系统及其应用

技术领域

本发明涉及一种河湖淤泥就地处理的一体化滨岸带系统及其应用，属于河湖淤泥处理技术领域。

背景技术

淤泥是一种在静水或缓慢的流水环境中经各种物理、化学和生物作用，逐渐沉降于水底底质表层的沉积物。淤泥天然含水率很高，压缩性强，常呈灰黑色，富含有机物、矿物质及重金属等物质。积累在河道和湖泊底部淤泥的氮、磷等营养物质，一方面可以被微生物直接摄入，进入食物链，参与水生生态系统的循环；另一方面在一定环境条件下，可以从底泥中释放出来重新进入水体，从而形成河湖的内源污染。河湖的淤泥过多往往会引起水体富营养化、水质黑臭、水生生物数量大规模减少等问题。针对这些问题，清淤是河湖治理中一个必不可少的环节，可以有效地控制内源污染。然而，由于淤泥的特性，从河湖清理出来的淤泥如何进行处理是一大难题。

目前，国内外处理淤泥的技术主要有：传统堆场法、水下抛泥法、真空预压法、物理脱水固结法、高温熔融烧结法和化学固化法等。传统堆场法的处理量大、施工工艺设备简单、造价较低，但其占地面积大、征地困难、很容易形成二次污染；水下抛泥法是将淤泥倾倒入海，会给海洋环境带来不良影响，随着海洋保护力度的加大，该方法的使用逐渐受到各方面的限制；真空预压法的施工机具和设备简单、易于操作，但其缺点也非常明显，需要大量堆场、占用时间长、易造成二次污染；物理脱水固结法只适用于小批量的淤泥处理，能耗大且成本高；高温熔融烧结法可将淤泥烧制成建筑材料，但其淤泥处理量低、能耗大、成本高；化学固化法虽然有比较成熟的工艺设备，可大批量处理，但是仍然需要大量堆场，并且淤泥的高含水率使处理代价很大。上述技术皆是先将淤泥进行外运，然后进行集中处理，不仅费时费力，而且易造成二次污染。因而，寻找一种可以将淤泥就地处理、成本低、对环境友好的技术具有重要的应用意义。

植物修复技术（如人工湿地、生态滤床）具有投资少、管理简单、运行费用低等优点，属于低碳、环保型的生态技术。植物修复技术被广泛用于处理污水，并且在河道和湖泊水质提升领域得到推广，然而，采用植物修复技术处理淤泥的应用很少。经过检索，目前有关淤泥植物修复技术的专利包括：1）一种湿地淤泥治理的方法（申请号 201710068301.1），该方法挖建回填池，采用水稻抛秧技术将湿生植物抛撒种植在回填池中，以营建植物群落实现淤

泥的治理，但回填池沥水区的水直接外排，易给环境带来二次污染；2) 淤泥净化调节处理系统（申请号 201610479546.9），采用淤泥填埋塘净化调节淤泥，可以消除淤泥填埋中易产生臭气的缺陷，但溢流井收集的淤泥渗滤液没有考虑进行深度处理，不利于直接外排或回用；3) 一种污泥（或淤泥）塘浮式绿化处理工艺结构（申请号 201710186061.5），提供了一种城市污泥（或淤泥）填埋形成的污泥（或淤泥）塘中种植植物的方法，可以在一定程度上实现淤泥的脱水和资源化，但对淤泥的处理并不彻底，不适于就地处理的推广。因此，需要找到一种能够充分利用植物修复技术的优势，就地处理淤泥，实现淤泥的脱水和无害化，并且可以对淤泥渗滤液进行深度处理的一体化系统。

发明内容

为解决上述问题，本发明基于植物修复技术，构建了一种就地处理河湖淤泥的一体化滨岸带系统。本发明可以根据河道、湖泊岸边的地形灵活地进行工程建设，通过植物的蒸腾和吸收作用、填料的过滤和吸附作用、及微生物的降解作用，有效实现淤泥的脱水和无害化、淤泥渗滤液的深度处理、以及部分河/湖水的净化。整个一体化滨岸带系统实现了河湖淤泥的就地处理，建设投资成本低、管理和运行简单且费用少、对环境友好且不易造成二次污染、干化后的淤泥可以作为有机肥回用于绿地或农田、渗滤液处理后的出水可以直接排入河道或湖泊。

本发明的第一个目的是提供一种就地处理河湖淤泥的一体化滨岸带系统，包括淤泥生态处理、虹吸排水、淤泥渗滤液深度处理三个子系统；所述淤泥生态处理系统自上而下设置植物、填料、曝气管和集水管，通气管与集水管相连；虹吸排水系统中的虹吸管为可伸缩式驼峰型；所述淤泥渗滤液深度处理包括第一级生态处理单元升流式湿地和第二级生态处理单元表面流湿地。

在本发明的一种实施方式中，淤泥生态处理系统的填料自下而上分层设置，包括排水层（厚度 10-30 cm，直径 10-30 mm 的砾石）、过渡层（厚度 5-20 cm，直径 4-15 mm 的砾石）、过滤层（厚度 15-45 cm，直径 0.5-5 mm 的砾石/沸石/砂/陶粒/火山石）、覆盖层（厚度 5-15 cm，直径 8-20 mm 的砾石），各层之间铺设透水性良好的土工布，防止曝气时各层填料相混合。

在本发明的一种实施方式中，淤泥生态处理系统底部坡度为 0.1%-0.3%，设置穿孔集水管，集水管与通气管相连，管道内径为 8-15 cm，通气管高出池体 15-30 cm；所述曝气管紧邻集水管并设置在其之上，用土工布分别将集水管与通气管包裹。

在本发明的一种实施方式中，虹吸排水系统的池体采用钢筋混凝土预制，虹吸管形状为驼峰型，上升段水平倾角为 30-45°，在驼峰顶部设置真空破坏阀，虹吸管设计成伸缩式，可

灵活调节虹吸管的高度为 15-50 cm，驼峰顶点高于淤泥生态处理系统集水管 15-35 cm，虹吸管出水水位低于集水管水位 20-40 cm，虹吸管内径为 8-15cm。

在本发明的一种实施方式中，淤泥渗滤液深度处理系统的第一级生态处理单元升流式湿地的填料自下而上分层设置，包括进水层（厚度 10-30 cm，直径 10-30 mm 的砾石）、过滤层（厚度 15-30 cm，直径 0.5-5 mm 的砾石/沸石/砂陶粒/火山石）和排水层（厚度 10-30 cm，直径 10-30 mm 的砾石）。

在本发明的一种实施方式中，升流式湿地的穿孔进水管和排水管分别设置在进水层和排水层内，管道内径为 8-15 cm，两管的水位差为 20-40 cm，进水管的水位低于虹吸管驼峰顶点 40-60 cm。

在本发明的一种实施方式中，淤泥渗滤液深度处理系统的第二级生态处理单元表面流湿地的水位与河道/湖泊相同，采用木桩相隔，处理后的出水可以直接外排进入河道湖泊，湿地水量不足时，河/湖水自动补充到表面流湿地中。

在本发明的一种实施方式中，淤泥生态处理系统和淤泥渗滤液深度处理系统的池底及池壁铺设 PE 防渗膜，各层填料之间铺设土工布。

本发明的第二个目的是应用上述一体化滨岸带系统进行淤泥处理的方法，所述方法为：

(1) 淤泥生态处理：淤泥生态处理系统的覆盖层种植植物，淤泥定期排入，淤泥生态处理系统内部配置通气管和曝气管，每隔一定周期曝气一次以加快污泥处理速度、保障氧气传递、并有效避免填料的堵塞；利用植物、填料及微生物的协同作用，实现淤泥的脱水和无害化；

(2) 淤泥生态处理系统底部铺设穿孔集水管，收集的渗滤液通过虹吸排水系统进入淤泥渗滤液深度处理系统，虹吸排水系统可以自动控制水位、实现间歇排水；

(3) 在淤泥渗滤液深度处理系统中，渗滤液依次经过升流式和表面流湿地的两级生态处理，出水可以达标排入河道或湖泊，水量不足时河/湖水可以进入表面流湿地，实现部分河/湖水的净化。

在本发明的一种实施方式中，所述步骤（1）淤泥为河道和湖泊含水率高于 70% 的淤泥，以 50-80 kg 干物质/(m² * a) 的负荷投加，分层平铺在淤泥生态处理系统的覆盖层之上，每隔 30-60 天投加一次，每次投加厚度不超过 15 cm，至池体填满为止，填充的最终高度为 0.5-1.2 m，含水率降至 50% 以下进行清除。

在本发明的一种实施方式中，曝气间隔周期为 15-30 天，曝气量为 50-100 mL/min，曝气时间为 1-2 天。

在本发明的一种实施方式中，淤泥生态处理系统种植挺水植物，淤泥渗滤液深度处理系统的升流式湿地种植挺水植物和湿生植物，表面流湿地种植挺水植物、浮叶植物和沉水植物。

本发明第三个目的是提供一种一体化滨岸带系统在淤泥处理领域的应用。

有益效果：

(1) 本发明的一体化滨岸带系统可以根据河道、湖泊岸边的地形灵活地进行工程建设，实现淤泥的就地处理，不需要将淤泥外运再进行集中处理，建设投资成本低；

(2) 一体化滨岸带系统中的淤泥生态处理系统可以有效实现淤泥的脱水和无害化，并将处理后的淤泥作为有机肥回用于周边绿地或农田，实现淤泥的资源化；

(3) 一体化滨岸带系统中的淤泥渗滤液深度处理系统将渗滤液处理达标后外排进入河道或湖泊，对环境友好不造成二次污染，并且还实现部分河/湖水的净化，改善河/湖水水质；

(4) 通过植物的蒸腾和吸收作用、填料的过滤和吸附作用、及微生物的降解作用，有效实现淤泥的脱水和无害化、淤泥渗滤液的深度处理、以及部分河/湖水的净化，本发明利用淤泥生态处理系统和淤泥渗滤液深度处理系统之间的协同作用，处理后淤泥的含水量由原来的90%降至45%，出水的COD、TN、TP、氨氮、铜、汞、砷等污染物浓度低，达到三类水质标准，可直接排入河道/湖泊中，且各污染物去除率皆达到70%以上；

(5) 一体化滨岸带系统的管理和运行简单，除了淤泥生态处理系统的曝气费用，虹吸排水系统和淤泥渗滤液深度处理系统无需电源，不产生动力费用，整个系统的管理运行费用低；

(6) 一体化滨岸带系统种植多种湿地植物，可以营造良好的景观效果，从而美化河道或湖泊的滨岸环境。

附图说明

图1是河道淤泥就地处理的一体化滨岸带系统示意图。

图2是河道淤泥生态处理系统示意图。

图3是河道虹吸排水系统示意图。

图4是河道淤泥渗滤液深度处理系统示意图。

图5是河道岸边淤泥填埋池示意图。

其中，1. 淤泥生态处理系统，2. 虹吸排水系统，3. 淤泥渗滤液深度处理系统-升流式湿地，4. 淤泥渗滤液深度处理系统-表面流湿地，5. 河道，6. 淤泥生态处理系统排水层，7. 淤泥生态处理系统过渡层，8. 淤泥生态处理系统过滤层，9. 淤泥生态处理系统覆盖层，10. 淤泥生态处理系统淤泥层，11. 淤泥生态处理系统曝气管，12. 淤泥生态处理系统通气管，13. 淤泥生态处理系统集水管，14. 虹吸管，15. 升流式湿地进水层，16. 升流式湿地过滤层，17. 升

流式湿地排水层，18. 淤泥填埋池排水层，19. 淤泥填埋池的集水井。

具体实施例式

本发明提供一种成本低、对环境友好的就地处理河湖淤泥的一体化滨岸带系统，下面结合附图对本发明作进一步的详细说明。

下述实施例和对比例中涉及到的检测方法如下：

1、淤泥含水率检测方法：依据 GB/T 24602-2009 《城镇污水处理 污泥处置 单独焚烧用泥质》推荐检测污泥含水率测定标准方法为 CJ/T221-2005 《城市污水处理厂污泥检验方法》中的重量法进行测定。

2、COD 检测方法：参照国标 GB 11914-89 重铬酸钾法进行测定。

3、TN 检测方法：参照国标 GB 11894-89 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法进行测定。

4、TP 检测方法：参照国标 GB 11893-89 钼酸铵分光光度法进行测定。

5、氨氮检测方法：参照国标 GB 7479-87 纳氏试剂分光光度法进行测定。

6、重金属铜检测方法：参照国标 GB/T7475-1987 原子吸收分光光度法进行测定。

7、重金属汞检测方法：参照国标 GB/T7468-1987 原子吸收分光光度法进行测定。

8、重金属砷检测方法：参照国标 GB/T7485-1987 二乙基二硫代氨基甲酸银分光光度法进行测定。

实施例 1:

在无锡某条河道岸边，设置本发明就地处理淤泥的一体化滨岸带系统（如图 1），该系统长 20 m，宽 16 m。从河道清淤出来的淤泥首先平铺在淤泥生态处理系统，收集的渗滤液经过虹吸排水系统进入淤泥渗滤液深度处理系统进行处理，出水最后排入河道。

淤泥生态处理系统如图 2 所示，该系统的剖面为梯形，下底长 2 m，上底长 4.6 m，淤泥最终高度可达 0.8 m。填料自下而上分层设置，包括排水层（厚度 15 cm，10-30 mm 直径的砾石）、过渡层（厚度 10 cm，4-15 mm 直径的砾石）、过滤层（厚度 25 cm，0.5-5 mm 直径的火山石）、覆盖层（厚度 10 cm，8-20 mm 直径的砾石），各层之间铺设土工布。底部坡度为 0.2%，设置穿孔集水管，与通气管相连，管道内径为 8 cm，通气管高出池体 15 cm，用土工布分别将集水管与通气管包裹。曝气管设置在集水管之上，曝气间隔周期为 15 天，曝气量为 80 mL/min，曝气时间为 2 天。池底及池壁采用 PE 防渗膜，植物混合种植芦苇、香蒲、菖蒲，种植密度为 15 株/m²。

虹吸排水系统如图 3 所示，虹吸管为伸缩式，形状为驼峰型，驼峰上升段的水平倾角为 45°，在驼峰顶点设计真空破坏阀。虹吸管顶点高于淤泥生态处理系统集水管 15 cm，虹吸

管可拉伸高度为 20 cm。虹吸管出水水位低于集水管水位 30 cm，虹吸管内径为 8 cm。

淤泥渗滤液深度处理系统如图 4 所示，两级生态处理单元的池底及池壁皆采用 PE 防渗膜。升流式湿地的填料自下而上分层设置，包括进水层（厚度 15 cm，10-30 mm 直径的砾石）、过滤层（厚度 20 cm，0.5-5 mm 直径的火山石）、和排水层（厚度 15 cm，10-30 mm 直径的砾石）。升流式湿地的穿孔进水管和排水管分别设置在进水层和排水层内，内径为 8 cm，两管水位差为 28 cm，进水管的水位低于虹吸管顶点 60 cm。表面流湿地的水位与河道/湖泊相同，采用木桩相隔。升流式和表面流湿地混种芦苇、菖蒲、美人蕉、灯心草等多种水生植物，表面流湿地点缀睡莲等浮叶植物，营造景观。

该一体化系统经过 6 个月的运行，淤泥的含水率由原来的 90% 降至 45%，淤泥渗滤液经深度处理后，出水的 COD、TN、TP、氨氮、铜、汞、砷等污染物的去除率皆达到 75% 以上，浓度分别为 14.5 mg/L、0.5 mg/L、0.13 mg/L、0.4 mg/L、0.9 mg/L、0.0008 mg/L、0.045 mg/L，达到三类水质标准，可直接排入河道中。

对比例 1:

未经处理的淤泥的含水率为 90%，渗滤液中的 COD、TN、TP、氨氮、铜、汞、砷等污染物的浓度见表 1，属于劣五类水，不能直接排放到河道中。

对比例 2:

在同样的河道岸边挖建一个尺寸和形状与淤泥生态处理系统相同的常规淤泥填埋池（图 5，没有植物、填料、曝气管和通气管），将淤泥平铺在淤泥填埋池中，每次填埋 15 cm。填埋池底部设置排水层（厚度 15 cm，20 mm 直径的砾石），排水层中铺设集水管道，内径为 8 cm，收集的淤泥渗滤液排入集水井中（自然处理的淤泥）。运行 6 个月后，淤泥的含水率由 90% 降至 79%，淤泥渗滤液中的 COD、TN、TP、氨氮、铜、汞、砷等污染物的浓度见表 1，属于劣五类水，不能直接排放到河道中。

对比例 3:

仅采用实施例 1 中的淤泥生态处理系统（不进行渗滤液深度处理），处理后淤泥的含水率为 47%，出水中的 COD、TN、TP、氨氮、铜、汞、砷等污染物的浓度见表 1，属于五类水，不能直接排放到河道中。

对比例 4:

采用对比例 2 的淤泥填埋池和渗滤液深度处理系统，其余操作步骤与实施例 1 相同，处理后淤泥的含水率为 79%，出水中的 COD、TN、TP、氨氮、铜、汞、砷等污染物的浓度见表 1，属于劣五类水，不能直接排放到河道中。

对比例 5:

与对比例 3 相比, 去掉淤泥生态处理系统的曝气装置, 处理后淤泥的含水率为 52%, 出水中的 COD、TN、TP、氨氮、铜、汞、砷等污染物的浓度见表 1, 属于五类水, 不能直接排放到河道中。

表 1 不同处理后的渗滤液中污染物浓度

渗滤液	实施例 1	对比例 1	对比例 2	对比例 3	对比例 4	对比例 5
COD 含量 (mg/L)	14.5	48.9	48.3	27	39.8	31
TN 含量 (mg/L)	0.5	4.7	4.3	2.1	3.4	2.4
TP 含量 (mg/L)	0.13	1.3	1.2	0.23	0.94	0.29
氨氮含量 (mg/L)	0.4	3.4	3.6	1.3	2.8	1.8
铜含量 (mg/L)	0.9	1.5	1.2	0.9	1.1	1.0
汞含量 (mg/L)	0.0008	0.0017	0.0012	0.0009	0.001	0.001
砷含量 (mg/L)	0.045	0.153	0.140	0.092	0.112	0.093
水质标准	三类水	劣五类水	劣五类水	五类水	劣五类水	五类水

将表 1 中实施例 1 和对比例 2-4 的数据进行换算, 得到不同单元单独处理对污染物的去除效果, 见表 2。

表 2 不同处理后的渗滤液中污染物的去除效果

渗滤液	实施例 1	对比例 3	对比例 4	对比例 3 和 4 的效果之和
COD 去除率 (%)	69.98%	44.10%	17.60%	61.70%
TN 去除率 (%)	88.37%	51.16%	20.93%	72.09%
TP 去除率 (%)	89.17%	80.83%	21.67%	102.50%
氨氮去除率 (%)	88.89%	63.89%	22.22%	86.11%
铜去除率 (%)	25.00%	25.00%	8.33%	33.33%
汞去除率 (%)	33.33%	25.00%	16.67%	41.67%
砷去除率 (%)	67.86%	34.29%	20.00%	54.29%

由表 1 和 2 可知, 对比例 3 中单独采用淤泥生态处理系统处理后的出水中污染物 COD、TN、氨氮和砷的含量分别为 27 mg/L、2.1 mg/L、1.3 mg/L 和 0.092 mg/L, 相对于对比例 2 中, COD、TN、氨氮和砷的去除率分别为 44.10%、51.16%、63.89% 和 34.29%; 对比例 4 中采用淤泥填埋池和渗滤液深度处理系统处理后的出水中污染物 COD、TN、氨氮和砷的含量分别为 39.8 mg/L、3.4 mg/L、2.8 mg/L 和 0.112 mg/L, 与对比例 2 相比, 即单独采用渗滤液

深度处理系统处理后污染物 COD、TN、氨氮和磷的去除率分别为 17.60%、20.93%、22.22% 和 20%。本发明实施例 1 采用淤泥生态处理系统和渗滤液深度处理系统联合处理的出水中污染物 COD、TN、氨氮和磷的含量分别为 14.5 mg/L、0.5 mg/L、0.4 mg/L 和 0.045 mg/L，相对于对比例 2 中，污染物 COD、TN、氨氮和磷的去除率分别达 69.98%、88.37%、88.89% 和 67.86%，较单独采用淤泥生态处理系统和单独采用渗滤液深度处理系统效果之和（分别为 61.70%、72.09%、86.11% 和 54.29%）更优越，说明添加淤泥生态处理系统和渗滤液深度处理系统在去除污染物 COD、TN、氨氮和磷方面相互支持。

由此可见，采用本发明的一体化系统处理河道淤泥，通过植物的蒸腾和吸收、填料的过滤和吸附、及微生物降解的协同作用，以及曝气充氧的辅助作用，可有效实现淤泥的脱水和无害化、淤泥渗滤液的深度处理、以及部分河/湖水的净化。

对比例 6：

参照《虹吸式出水断流形式在大型污水泵站中的应用》(文献)，虹吸管的充水流量 (Q) 为 $Q=g^{1/2}XD^{2.5}X$ (0.53-0.17 $\alpha/90^\circ$)，D 为管径 8 cm，a 为虹吸管上升段的水平角，实施例 1 考虑到占地的的问题，将水平角设置为 45° 。实施例 1 虹吸管的充水流量为 $0.0025\text{ m}^3/\text{s}$ ，在对比例 6 中将虹吸排水系统中的驼峰型虹吸管替换成 U 型，虹吸管的充水流量为 $0.0020\text{ m}^3/\text{s}$ 。实施例 1 虹吸管的充水流量要大于对比例 6，说明驼峰型虹吸管的虹吸效果更好。

虽然本发明已以较佳实施例公开如上，但其并非用以限定本发明，任何熟悉此技术的人，在不脱离本发明的精神和范围内，都可做各种的改动与修饰，因此本发明的保护范围应该以权利要求书所界定的为准。

1、一种河湖淤泥就地处理的一体化滨岸带系统，其特征在于，该一体化系统依次由淤泥生态处理、虹吸排水、淤泥渗滤液深度处理三个子系统组成；所述淤泥生态处理系统自上而下设置植物、填料、曝气管和集水管，通气管与集水管相连；虹吸排水系统中的虹吸管为可伸缩式驼峰型；所述淤泥渗滤液深度处理系统包括第一级生态处理单元升流式湿地和第二级生态处理单元表面流湿地；所述淤泥生态处理系统的填料自下而上分层设置，包括排水层、过渡层、过滤层和覆盖层；所述排水层为厚度 10-30 cm、直径 10-30 mm 的砾石；所述过渡层为厚度 5-20 cm、直径 4-15 mm 的砾石；所述过滤层为厚度 15-45 cm、直径 0.5-5 mm 的砾石或沸石或砂或陶粒或火山石中的一种；所述覆盖层为厚度 5-15 cm、直径 8-20 mm 的砾石；淤泥生态处理系统种植挺水植物，淤泥渗滤液深度处理系统的升流式湿地种植挺水植物和湿生植物，表面流湿地种植挺水植物、浮叶植物和沉水植物。

2、根据权利要求 1 所述的一体化系统，其特征在于，淤泥生态处理系统的填料各层之间铺设土工布。

3、根据权利要求 1 所述的一体化系统，其特征在于，淤泥生态处理系统底部坡度为 0.1%-0.3%；所述集水管为穿孔管，与通气管相连，管道内径为 8-15 cm，通气管高出池体 15-30 cm，用土工布分别将集水管与通气管包裹；所述曝气管紧邻集水管并设置在其之上。

4、根据权利要求 1 所述的一体化系统，其特征在于，虹吸排水系统中的虹吸管形状为驼峰型，上升段水平倾角为 30-45°；虹吸管设计成伸缩式，可灵活调节虹吸管的高度为 15-50 cm，驼峰顶点高于淤泥生态处理系统集水管 15-35 cm，虹吸管出水水位低于集水管水位 20-40 cm，虹吸管内径为 8-15 cm。

5、根据权利要求 1 所述的一体化系统，其特征在于，淤泥渗滤液深度处理系统的第一级生态处理单元升流式湿地的填料自下而上分层设置，包括进水层、过滤层和排水层；所述进水层为厚度 10-30 cm，10-30 mm 直径的砾石；所述过滤层为厚度 15-30 cm，0.5-5 mm 直径的砾石或沸石或砂或陶粒或火山石中的一种；所述排水层为厚度 10-30 cm，10-30 mm 直径的砾石。

6、根据权利要求 1 所述的一体化系统，其特征在于，升流式湿地的穿孔进水管和排水管分别设置在进水层和排水层内，管道内径为 8-15 cm，两管的水位差为 20-40 cm，进水管的水位低于虹吸管驼峰顶点 40-60 cm。

7、根据权利要求 1 所述的一体化系统，其特征在于，淤泥渗滤液深度处理系统的第二级生态处理单元表面流湿地的水位与河道/湖泊相同。

8、根据权利要求 1 所述的一体化系统，其特征在于，淤泥生态处理系统和淤泥渗滤液深度处理系统的池底及池壁铺设 PE 防渗膜，各层填料之间铺设土工布。

9、一种应用权利要求 1-8 任一所述一体化系统处理淤泥的方法，其特征在于，所述方法具体为：

(1) 淤泥生态处理：将河道和湖泊含水率高于 70% 的淤泥，以 50-80 kg 干物质/(m²·a) 的负荷投加，分层平铺在淤泥生态处理系统的覆盖层之上，每隔 30-60 天投加一次，每次投加厚度不超过 15 cm，至池体填满为止，填充的最终高度为 0.5-1.2 m，含水率降至 50% 以下进行清除，淤泥生态处理系统内部配置通气管和曝气管，曝气间隔周期为 15-30 天，曝气量为 50-100 mL/min，曝气时间为 1-2 天，实现淤泥的脱水和无害化；

(2) 通过虹吸排水系统将淤泥生态处理系统底部集水管收集的渗滤液排到淤泥渗滤液深度处理系统；

(3) 在淤泥渗滤液深度处理系统中，渗滤液依次经过升流式和表面流湿地的两级生态处理，出水可以达标排入河道或湖泊，水量不足时河/湖水可以进入表面流湿地，实现部分河/湖水的净化。

10、根据权利要求 9 所述的方法，其特征在于，淤泥生态处理系统种植挺水植物，淤泥渗滤液深度处理系统的升流式湿地种植挺水植物和湿生植物，表面流湿地种植挺水植物、浮叶植物和沉水植物。

11、权利要求 1-8 任一所述的一体化系统在淤泥处理中的应用。

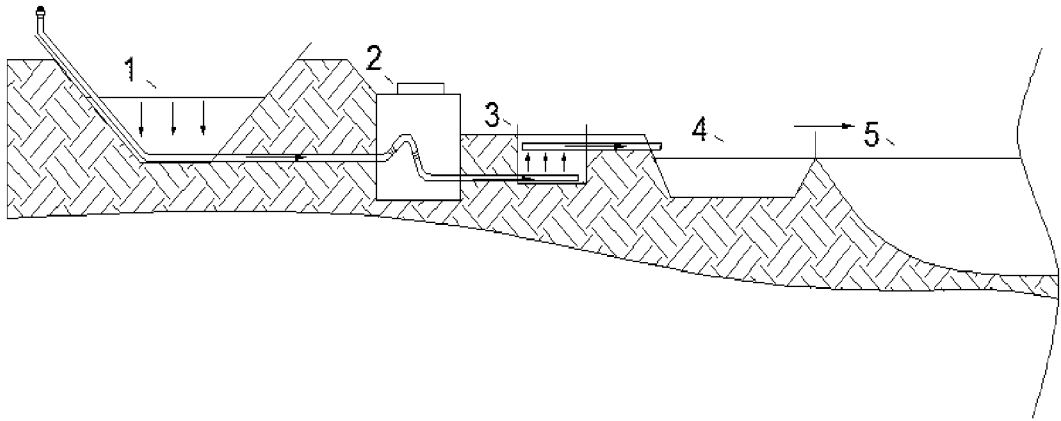


图 1

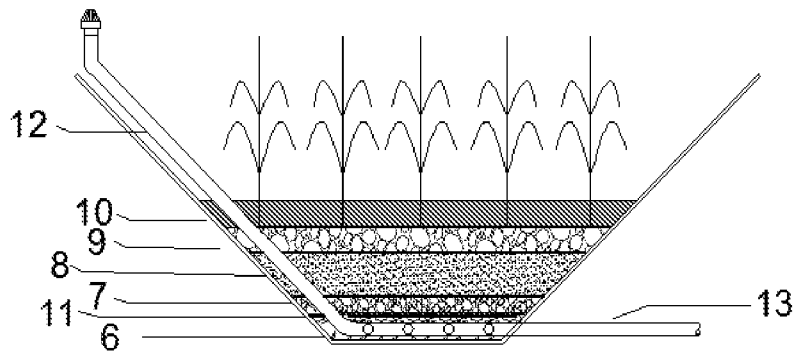


图 2

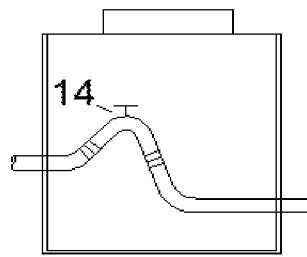


图 3

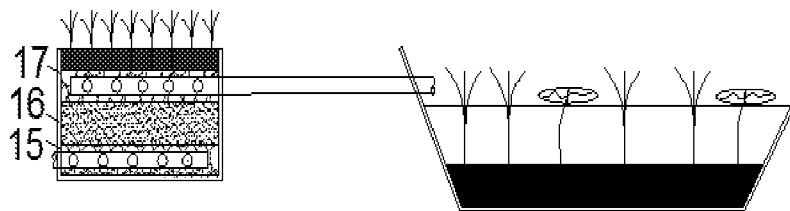


图 4

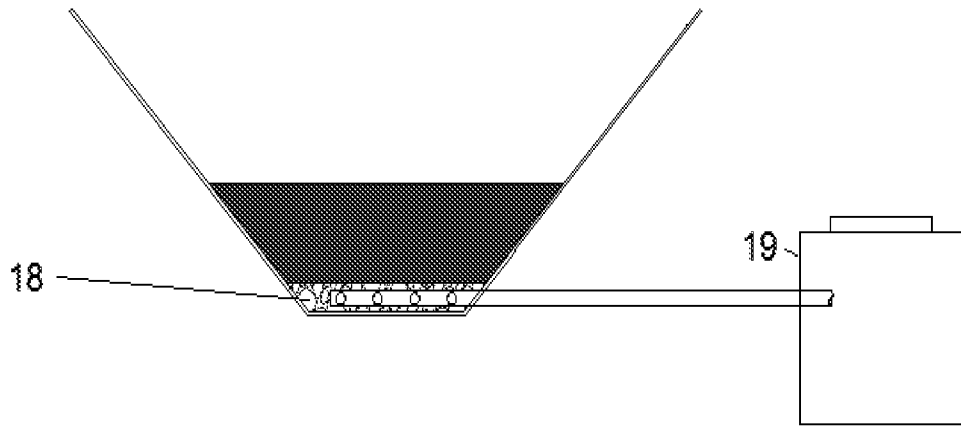


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/096913

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
C02F 11/02(2006.01)i ; C02F 3/32(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
C02F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNABS, CNTXT, VEN, WOTXT, USTXT, CNKI, CJFD, ELSEVIER, 超星读秀 ,SUPERSTAR DUXIU; 江南大学 ,李飞 ,邹华 ,廉杰 ,丁剑楠 ,付善飞 ,王震宇 ,淤泥 ,污泥 ,底泥 ,生态 ,排水 ,过滤 ,植物 ,曝气 ,滤料 ,填料 ,砾石 ,通气 ,湿地 ,上流 ,升流 ,上行流 ,上向流 ,表流 ,表面流 ,垂直流 ,虹吸 ,蛇峰 ,伸缩 ,sludge , slurry , ecological , drainage , filler , filtration , filter? , gravel , wetland? , aerat+ , up-flow , +upflow , vertical flow , siphon+ , syphon , +surface flow , hump+ , retract+ , extention-type , telescopic , flexible		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110171917 A (JIANGNAN UNIVERSITY) 27 August 2019 (2019-08-27) description, paragraphs [0005]-[0028], and figures 1-5	1-11
Y	CN 103342445 A (CHINA STATE CONSTRUCTION ENGINEERING CORPORATION LTD. et al.) 09 October 2013 (2013-10-09) description, paragraphs [0022]-[0027], and figure 2	1-11
Y	CN 101314512 A (SUZHOU DEHUA ECOLOGICAL ENVIRONMENT TECHNOLOGY CO., LTD.) 03 December 2008 (2008-12-03) description, page 5, paragraph 1 to the end of page 8, and figure 1	1-11
Y	compiled by QIU, Chuanxin. <i>泵站工程 (Non-official translation: Pumping Stations Engineering)</i> , 30 November 2001 (2001-11-30), page 300, figure 11-3-2(h)	1-11
Y	CN 105967475 A (SUZHOU GOLD MANTIS GREEN LANDSCAPE LTD COMPANY) 28 September 2016 (2016-09-28) description, paragraphs [0005]-[0022], and figure 1	1-11
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
14 August 2020		25 September 2020
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/ CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088 China		
Facsimile No. (86-10)62019451		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/096913

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 107365036 A (SUZHOU CLEAR ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 21 November 2017 (2017-11-21) description, paragraphs [0026]-[0035], and figures 1-3	1-11
A	CN 103058463 A (SOUTH CHINA INSTITUTE OF ENVIRONMENTAL SCIENCES. MEP) 24 April 2013 (2013-04-24) entire document	1-11
A	CN 201981061 U (SUZHOU DEHUA ECOLOGICAL ENVIRONMENT TECHNOLOGY CO., LTD.) 21 September 2011 (2011-09-21) entire document	1-11
A	JP 2008068211 A (NATIONAL AGRICULTURE & FOOD RESEARCH ORGANIZATION et al.) 27 March 2008 (2008-03-27) entire document	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/096913

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110171917	A	27 August 2019	None			
CN	103342445	A	09 October 2013	CN	103342445	B	04 February 2015
CN	101314512	A	03 December 2008	CN	101314512	B	03 November 2010
CN	105967475	A	28 September 2016	None			
CN	107365036	A	21 November 2017	None			
CN	103058463	A	24 April 2013	CN	103058463	B	16 July 2014
CN	201981061	U	21 September 2011	None			
JP	2008068211	A	27 March 2008	JP	4877546	B2	15 February 2012

<p>A. 主题的分类</p> <p>C02F 11/02 (2006.01)i; C02F 3/32 (2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																							
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>C02F</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNABS, CNTXT, VEN, WOTXT, USTXT, CNKI, CJFD, ELSEVIER, 超星读秀; 江南大学, 李飞, 邹华, 廉杰, 丁剑楠, 付善飞, 王震宇, 淤泥, 污泥, 底泥, 生态, 排水, 过滤, 植物, 曝气, 滤料, 填料, 砾石, 通气, 湿地, 上流, 升流, 上行流, 上向流, 表流, 表面流, 垂直流, 虹吸, 驼峰, 伸缩, sludge, slurry, ecological, drainage, filler, filtration, filter?, gravel, wetland?, aerat+, up-flow, upflow, vertical flow, siphon+, syphon, +surface flow, hump+, retract+, extention-type, tele-scopic, flexible</p>																							
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 110171917 A (江南大学) 2019年 8月 27日 (2019 - 08 - 27) 说明书第0005-0028段及图1-图5</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 103342445 A (中国建筑股份有限公司等) 2013年 10月 9日 (2013 - 10 - 09) 说明书第0022-0027段及图2</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 101314512 A (苏州德华生态环境科技有限公司) 2008年 12月 3日 (2008 - 12 - 03) 说明书第5页第1段至第8页末尾及图1</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>丘传忻编著. 《泵站工程》, 2001年 11月 30日 (2001 - 11 - 30), 第300页图11-3-2 (h)</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105967475 A (苏州金螳螂园林绿化景观有限公司) 2016年 9月 28日 (2016 - 09 - 28) 说明书第0005-0022段及图1</td> <td>1-11</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 107365036 A (苏州克莱尔环保科技有限公司) 2017年 11月 21日 (2017 - 11 - 21) 说明书第0026-0035段及图1-图3</td> <td>1-11</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 110171917 A (江南大学) 2019年 8月 27日 (2019 - 08 - 27) 说明书第0005-0028段及图1-图5	1-11	Y	CN 103342445 A (中国建筑股份有限公司等) 2013年 10月 9日 (2013 - 10 - 09) 说明书第0022-0027段及图2	1-11	Y	CN 101314512 A (苏州德华生态环境科技有限公司) 2008年 12月 3日 (2008 - 12 - 03) 说明书第5页第1段至第8页末尾及图1	1-11	Y	丘传忻编著. 《泵站工程》, 2001年 11月 30日 (2001 - 11 - 30), 第300页图11-3-2 (h)	1-11	Y	CN 105967475 A (苏州金螳螂园林绿化景观有限公司) 2016年 9月 28日 (2016 - 09 - 28) 说明书第0005-0022段及图1	1-11	Y	CN 107365036 A (苏州克莱尔环保科技有限公司) 2017年 11月 21日 (2017 - 11 - 21) 说明书第0026-0035段及图1-图3	1-11
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 110171917 A (江南大学) 2019年 8月 27日 (2019 - 08 - 27) 说明书第0005-0028段及图1-图5	1-11																					
Y	CN 103342445 A (中国建筑股份有限公司等) 2013年 10月 9日 (2013 - 10 - 09) 说明书第0022-0027段及图2	1-11																					
Y	CN 101314512 A (苏州德华生态环境科技有限公司) 2008年 12月 3日 (2008 - 12 - 03) 说明书第5页第1段至第8页末尾及图1	1-11																					
Y	丘传忻编著. 《泵站工程》, 2001年 11月 30日 (2001 - 11 - 30), 第300页图11-3-2 (h)	1-11																					
Y	CN 105967475 A (苏州金螳螂园林绿化景观有限公司) 2016年 9月 28日 (2016 - 09 - 28) 说明书第0005-0022段及图1	1-11																					
Y	CN 107365036 A (苏州克莱尔环保科技有限公司) 2017年 11月 21日 (2017 - 11 - 21) 说明书第0026-0035段及图1-图3	1-11																					
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p> <table border="0"> <tr> <td> <p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> </td> <td> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p> </td> </tr> </table>			<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p>	<p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																			
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p>	<p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&” 同族专利的文件</p>																						
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2020年 8月 14日</p>	<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2020年 9月 25日</p>																						
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>	<p>授权官员</p> <p>许金丽</p> <p>电话号码 (86-20)-28950667</p>																						

C. 相关文件		
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 103058463 A (环境保护部华南环境科学研究所) 2013年 4月 24日 (2013 - 04 - 24) 全文	1-11
A	CN 201981061 U (苏州德华生态环境科技有限公司) 2011年 9月 21日 (2011 - 09 - 21) 全文	1-11
A	JP 2008068211 A (NAT AGRICULTURE & FOOD RES ORG等) 2008年 3月 27日 (2008 - 03 - 27) 全文	1-11

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/096913

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	110171917	A	2019年 8月 27日	无			
CN	103342445	A	2013年 10月 9日	CN	103342445	B	2015年 2月 4日
CN	101314512	A	2008年 12月 3日	CN	101314512	B	2010年 11月 3日
CN	105967475	A	2016年 9月 28日	无			
CN	107365036	A	2017年 11月 21日	无			
CN	103058463	A	2013年 4月 24日	CN	103058463	B	2014年 7月 16日
CN	201981061	U	2011年 9月 21日	无			
JP	2008068211	A	2008年 3月 27日	JP	4877546	B2	2012年 2月 15日