

(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
2021 年 2 月 4 日 (04.02.2021)



(10) 国际公布号
WO 2021/017366 A1

(51) 国际专利分类号:
C02F 9/14 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/124744

(22) 国际申请日: 2019 年 12 月 12 日 (12.12.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910702353.9 2019 年 7 月 31 日 (31.07.2019) CN

(71) 申请人: 华南理工大学 (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。

(72) 发明人: 雷利荣 (LEI, Lirong); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。
蔡方瑞 (CAI, Fangrui); 中国广东省广州市天河

区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。 李友明 (LI, Youming); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号, Guangdong 510640 (CN)。

(74) 代理人: 广州市华学知识产权代理有限公司 (GUANGZHOU HUAXUE INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国广东省广州市天河区五山路 381 号物资大楼首层, Guangdong 510640 (CN)。

(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,

(54) Title: ADVANCED WASTEWATER TREATMENT DEVICE BASED ON OZONE REACTOR AND BIOMEMBRANE GRANULAR SLUDGE REACTOR

(54) 发明名称: 基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置

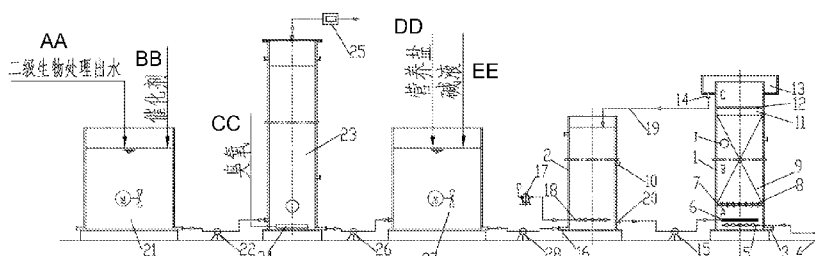


图 1

AA Secondary biological treatment effluent
BB Catalyst
CC Ozone
DD Nutrients
EE Alkali liquor

(57) Abstract: An advanced wastewater treatment device based on an ozone reactor (23) and a biomembrane granular sludge reactor, comprising a water collection tank (21), an ozone reactor (23), a balance adjusting tank (27), a first water pump (22), a second water pump (26), a third water pump (28), a sequencing batch biomembrane granular sludge expanded bed reactor, and a wastewater reuse treatment device. The water collection tank (21) is connected to the ozone reactor (23) by means of the first water pump (22). The ozone reactor (23) is connected to the balance adjusting tank (27) by means of the second water pump (26). The balance adjusting tank (27) is connected to the sequencing batch biomembrane granular sludge expanded bed reactor by means of the third water pump (28). The wastewater reuse treatment device comprises a first water tank (31), a second water tank (34), a third water tank (37), a fourth water tank (32), a fifth water tank (35), a sixth water tank (38), a multi-medium filter (33), an ultrafiltration membrane system (36), and a reverse osmosis membrane system (39). By using the synergistic effect of ozone catalytic oxidation and biological treatment of the biomembrane granular sludge reactor, the device enhances the effect of degrading and removing degradation-resistant organic pollutants in wastewater, the processing costs are reduced, and the efficiency of advanced wastewater treatment is improved.

SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, 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)。

根据细则4.17的声明:

- 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置, 包括: 集水池(21)、臭氧反应器(23)、均衡调节池(27)、第一水泵(22)、第二水泵(26)、第三水泵(28)、序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器以及废水回用处理装置; 集水池(21)通过第一水泵(22)与臭氧反应器(23)连接, 臭氧反应器(23)通过第二水泵(26)与均衡调节池(27)连接, 均衡调节池(27)通过第三水泵(28)与序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器连接; 废水回用处理装置包括: 第一水池(31)、第二水池(34)、第三水池(37)、第四水池(32)、第五水池(35)、第六水池(38)、多介质过滤器(33)、超滤膜系统(36)和反渗透膜系统(39); 该装置利用臭氧催化氧化和生物膜颗粒污泥反应器生物处理的协同效应, 增强了对废水中难降解有机污染物的降解去除效果, 降低了处理成本, 提高了废水深度处理的效率。

基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置

技术领域

本发明涉及废水深度处理技术领域，具体涉及一种基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置。

背景技术

随着环境保护标准的不断提高，在现代工业废水处理工艺流程中，很多工业废水经二级生物处理后不能达到排放标准，必须进行进一步的深度处理，例如，造纸废水中因含有一定浓度的木素降解产物，经二级生物处理后仍然含有较高浓度的有机污染物，不能达到国家的排放标准，必须进行进一步的处理，以减轻对环境的影响。

Fenton 氧化技术是当前降解去除废水中难降解有机物的有效途径之一，首先在酸性条件下亚铁离子催化过氧化氢分解产生羟基自由基，通过羟基自由基氧化降解、矿化废水中的有机污染物；然后调节反应体系的 pH 值至中、碱性，铁离子生成铁盐沉淀絮体，通过吸附、混凝、沉淀的方式去除废水中的有机污染物、悬浮物和其他污染物。但是 Fenton 氧化技术存在着化学品用量大、处理成本高的问题，且处理过程中产生了大量的含铁化学污泥，成为 Fenton 氧化技术进一步推广应用的障碍。另一方面，非过程离子是工业废水循环回用的另一个障碍，需要寻找一种分离去除废水中可溶性离子、有机物、细菌、胶体粒子、微粒及其他污染物的有效方法，使废水达到回用水的要求。

发明内容

为了克服现有技术存在的缺陷与不足，本发明提供一种基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置，本发明增强了对废水中难降解有机污染物的降解去除效果，显著降低了处理成本，有效提高了废水深度处理的效率。

为了达到上述目的，本发明采用以下技术方案：

本发明提供一种基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置，包括：集水池、臭氧反应器、均衡调节池、第一水泵、第二水泵、第三水泵和序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器；

所述集水池的出水口通过第一水泵与臭氧反应器的进水口连接，所述臭氧反应器的出水口通过第二水泵与均衡调节池的进水口连接，所述均衡调节池的出水口通过第三水泵与序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器进水口连接。

作为优选的技术方案，所述序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器设有：进水口、支撑板、生物载体床、限位板、布水系统、布气系统、布水器、曝气系统、第一鼓风机、第二鼓风机、循环进水泵和循环出水口；

所述进水口与第三水泵的出水口连接，所述生物载体床设置在支撑板上，所述生物载体床设置有生物载体，生物载体床与限位板的间隔形成膨胀空间，所述布气系统与第一鼓风机连接，所述布水器安装在支撑板上，所述曝气系统与第二鼓风机连接，所述循环出水口与循环进水泵的进水口连接，所述布水系统与循环进水泵的出水口连接。

作为优选的技术方案，所述膨胀空间的容积设置为生物载体床容积的 $1/50-1/20$ 。

作为优选的技术方案，所述生物载体内圈设有颗粒污泥，外圈设有生物膜，内圈内设有分隔条。

作为优选的技术方案，所述生物载体采用密度小于 1 g/cm^3 、比表面积大于 $500\text{ m}^2/\text{m}^3$ 和孔隙率介于 60%和 85%之间的中空颗粒填料。

作为优选的技术方案，所述支撑板采用多孔板，所述支撑板的通孔上均匀分布设置布水器，废水经布水器后沿水流垂直的截面均匀分布并通过生物膜颗粒污泥反应区，所述生物膜颗粒污泥反应区设有生物载体，所述限位板采用多孔板，废水经限位板上的通孔从生物膜颗粒污泥反应区进入循环回流区，限位

板上的通孔尺寸小于所述生物载体的尺寸。

作为优选的技术方案，所述序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器还设有循环曝气池和出水槽，所述出水槽设置有循环回流口，所述循环回流口与循环曝气池连接，所述曝气系统设置在循环曝气池内，所述循环出水口设置在循环曝气池上。

作为优选的技术方案，还设置有废水回用处理装置，包括：第一水池、第二水池、第三水池、第四水泵、第五水泵、第六水泵、多介质过滤器、超滤膜系统和反渗透系统；

所述序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器设置有排水口，所述排水口与第一水池的进水口连接，所述第一水池的出水口通过第四水泵与多介质过滤器的进水口连接，所述多介质过滤器的出水口与第二水池的进水口连接，所述第二水池的出水口通过第五水泵与超滤膜系统的进水口连接，所述超滤膜系统的出水口与第三水池的进水口连接，所述第三水池的出水口通过第六水泵与反渗透系统连接。

作为优选的技术方案，所述第三水池设置有搅拌装置、阻垢剂和抗氧化剂投入口，所述超滤膜处理系统和反渗透膜处理系统均设置有清洗液入口。

作为优选的技术方案，所述集水池设有催化剂投入口，所述均衡调节池设有营养盐和碱液投入口，所述集水池和均衡调节池均设置有搅拌装置，所述臭氧反应器设置有气体分散器和臭氧破坏器，所述气体分散器设置在臭氧反应器底部并与气体入口连接，所述臭氧破坏器设置在臭氧反应器尾气出口。

本发明与现有技术相比，具有如下优点和有益效果：

(1) 本发明利用臭氧催化氧化和生物膜颗粒污泥反应器生物处理的协同效应，大大增强了对废水中难降解有机污染物的降解去除效果，显著降低了处理

成本，有效提高了废水深度处理的效率。

(2) 本发明的序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器污泥浓度高，生物膜颗粒污泥反应器生物载体床污泥浓度 (TSS) 达到 20-45 g/L，高于目前常用的活性污泥法和生物膜法的污泥浓度，保证废水处理获得良好的效果。

(3) 本发明的生物载体内圈设有颗粒污泥，外圈设有生物膜，内圈内设有分隔条，颗粒污泥的形成是反应器具有高污泥浓度的主要原因，反应器中高浓度的颗粒污泥和生物膜保证了良好的废水处理效果。

(4) 本发明将生物处理的曝气系统设置在单独的循环曝气池中，解决了生物处理系统普遍存在的曝气系统容易堵塞的问题，且曝气系统维护方便，同时，循环曝气池具有稀释、均衡水质的作用，有利于提高废水处理效率。

(5) 本发明的序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器简洁紧凑、高效灵活、适应性强。

(6) 本发明的序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器设置了膨胀空间，使废水处理过程中生物载体床中的生物载体处于微膨胀化状态，有利于废水在生物膜颗粒污泥反应区的均匀分布，受到均匀的处理，有效提高了废水处理的效率。

附图说明

图 1 为本实施例 1 的基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置结构示意图；

图 2 为图 1 中 I 处生物载体床的局部放大图；

图 3 为本实施例 1 的生物载体结构示意图；

图 4 为本实施例 2 的废水回用处理装置结构示意图；

图 5 为本实施例 3 的生物膜颗粒污泥反应器的结构示意图。

其中，1-生物膜颗粒污泥反应器，2-循环曝气池，3-反冲洗排水口，4-第一鼓风机，5-布气系统，6-布水系统，7-支撑板，8-布水器，9-生物载体床，10-排水口，11-膨胀空间，12-限位板，13-出水槽，14-循环回流口，15-循环进水泵，16-进水口，17-第二鼓风机，18-曝气系统，19-管道，20-循环出水口，21-集水池，22-第一水泵，23-臭氧反应器，24-气体分散器，25-臭氧破坏器，26-第二水泵，27-均衡调节池，28-第三水泵，29-颗粒污泥，30-生物膜，31-第一水池，32-第四水泵，33-多介质过滤器，34-第二水池，35-第五水泵，36-超滤膜系统，37-第三水池，38-第六水泵，39-反渗透膜系统。

具体实施方式

为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本发明，并不用于限定本发明。

实施例 1

如图 1 所示，本实施例提供一种基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置，包括：集水池 21、臭氧反应器 23、均衡调节池 27 和序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器，序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器包括生物膜颗粒污泥反应器 1 和循环曝气池 2；

在本实施例中，集水池 21 的出水口通过第一水泵 22 与臭氧反应器 23 的进水口连接，臭氧反应器 23 的出水口通过第二水泵 26 与均衡调节池 27 的进水口连接，臭氧反应器 23 设置有气体分散器 24，在尾气管道上设有臭氧破坏器 25；

在本实施例中，集水池和均衡调节池均设置有搅拌装置，均衡调节池 27 的出水口通过第三水泵 28 与循环曝气池 2 的进水口 16 连接；

在本实施例中，生物膜颗粒污泥反应器 1 沿废水流动方向设置有布水布气区 A、生物膜颗粒污泥反应区 B 和循环回流区 C；布水布气区 A 设有布水系统 6、布气系统 5、安装在支撑板 7 上的布水器 8，所述布气系统 5 通过管道和第一鼓风机 4 连接；所述生物膜颗粒污泥反应区 B 包括支撑板 7、设置在支撑板 7 上面的生物载体床 9、限位板 12、位于生物载体床 9 与限位板 12 之间的膨胀空间 11；所述循环回流区 C 设置有出水槽 13，出水槽 13 设置有循环回流口 14，循环回流口 14 通过管道 19 与循环曝气池 2 连接；

在本实施例中，支撑板 7 采用多孔板，支撑板 7 的通孔上设置布水器 8，使废水沿水流垂直的截面均匀分布并通过生物膜颗粒污泥反应区；限位板 12 采用多孔板，废水经限位板 12 上的通孔从生物膜颗粒污泥反应区进入循环回流区，限位板 12 上的通孔尺寸小于生物膜颗粒污泥反应区中的生物载体的尺寸；

在本实施例中，循环曝气池 2 设置有曝气系统 18 和循环出水口 20，曝气系统 18 通过管道和第二鼓风机 17 连接，循环出水口 20 通过管道与循环进水泵 15 的进水口连接，循环进水泵 15 的出水口与布水系统 6 连接；

在本实施例中，生物膜颗粒污泥反应器 1 上还设置有反冲洗排水口 3；循环曝气池 2 上还设置有进水口 16 和排水口 10，循环曝气池 2 设置的进水口 16 通过管道与第三水泵 28 的出水口连接；

在本实施例中，膨胀空间 11 的最小容积为 0，膨胀空间 11 的最大容积是生物载体床 9 容积的 1/10；本实施例膨胀空间 11 的容积优选设置为生物载体床 9 容积的 1/50-1/20；

在本实施例中，废水通过生物载体床 9 时维持一定的流速，使生物载体床 9 中的生物载体处于微膨胀化状态，生物载体膨胀可以充满包括生物载体床 9 和膨胀空间 11 的整个空间，优选流速为 1.5-15 mm/s，生物载体采用密度小于 1

g/cm³、比表面积大于 500 m²/m³和孔隙率介于 60%和 85%之间的中空颗粒填料。

如图 2 所示,生物载体在废水处理过程中处于微膨胀化状态,无规律分布在生物膜颗粒污泥反应区 B 内;如图 3 所示,生物载体内圈设有颗粒污泥 29,外圈形成生物膜 30,内圈内设有分隔条,反应器同时形成了颗粒污泥和生物膜,颗粒污泥和生物膜同时存在好氧、兼氧和厌氧微生物群落;当反应器污泥驯化完成后,生物载体中产生了颗粒污泥,而载体表面形成了生物膜,颗粒污泥的形成是反应器具有高污泥浓度的主要原因,反应器中高浓度的颗粒污泥和生物膜保证了良好的废水处理效果。

本实施例基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置的废水深度处理方法为:

S1: 臭氧预氧化处理:

向集水池 21 中加入过氧化氢作为臭氧催化剂,并启动集水池 21 的搅拌装置搅拌均匀,接着集水池 21 中的二级生物处理出水(投加催化剂的废水)通过第一水泵 22 进入臭氧反应器 23,到达一定液位后停止进水;接着,来自臭氧发生系统的臭氧/氧气混合气体通过气体分散器 24 分散进入臭氧反应器 23,对臭氧反应器 23 中的废水进行臭氧预氧化处理,臭氧氧化处理 20 min 后,停止向臭氧反应器 23 供应臭氧/氧气混合气体;

在本实施例中,过氧化氢的投加量为 0.20 mmol/L,废水采用造纸涂布废水二级生物处理出水,废水 COD 为 147 mg/L,色度为 67 C.U.,SS 为 41 mg/L,臭氧投加量为 120 mg/L,催化臭氧氧化处理 20 min 后,停止向臭氧反应器 23 供应臭氧/氧气混合气体;

S2: 废水的均衡调节:

经过臭氧预氧化处理的废水通过第二水泵 26 进入均衡调节池 27,同时向均

衡调节池 27 加入生物处理所需补充的营养盐和碱液,并通过搅拌装置混合均匀;

S3: 均衡调节池 27 的废水进行生物化学氧化处理:

1) 进水

均衡调节池 27 中的废水通过第三水泵 28 从进水口 16 进入循环曝气池 2,同时启动循环进水泵 15,循环曝气池 2 中的废水通过循环出水口 20 经循环进水泵 15 输送到布水系统 6,进入生物膜颗粒污泥反应器 1,当生物膜颗粒污泥反应器 1 充满废水且循环曝气池 2 中废水到达一定水位后停止进水;

2) 废水的处理和循环

进水完成后,启动第二鼓风机 17 通过曝气系统 18 对循环曝气池 2 中的废水进行曝气;

循环曝气池 2 中的废水通过循环出水口 20 经循环进水泵 15 输送到生物膜颗粒污泥反应器 1 的布水布气区 A 的布水系统 6,进入布水布气区 A,布水布气区 A 的废水通过支撑板 7 上的布水器 8,进入生物膜颗粒污泥反应区 B 的生物载体床 9;废水在生物载体床 9 进行生物化学氧化处理,然后通过限位板 12 进入循环回流区 C;

循环回流区 C 中的废水通过设置在出水槽 13 的循环回流口 14 后经管道 19 进入循环曝气池 2,循环曝气池 2 中的废水再次经循环进水泵 15 依次通过生物膜颗粒污泥反应器 1 的布水布气区 A、生物膜颗粒污泥反应区 B 和循环回流区 C,进行废水的处理和循环;

在本实施例中,生物膜颗粒污泥反应器 1 的膨胀空间 11 的容积设置为生物载体床 9 容积的 $1/20$,废水在生物载体床的流速为 15 mm/s ,废水一个处理周期为 6h,其中曝气运行时间为 4h,缺氧运行时间为 1h,曝气运行时生物膜颗粒污泥反应区 B 溶解氧浓度为 $4\text{--}5\text{mg/L}$;

在本实施例中，废水的处理和循环过程中，停止第二鼓风机 17 向循环曝气池 2 供气一段时间，使废水在缺氧状态下处理和循环；

3) 排水

废水在处理一定时间后，停止循环进水泵 15 和第二鼓风机 17 运行，通过排水口 10 将生物膜颗粒污泥反应器 1 和循环曝气池 2 中占废水总量的 30%的水排出反应器，经处理后废水 COD、SS 和色度分别为 67 mg/L、12 mg/L 和 15 C.U.。

在本实施例中，处理废水一段时间后，可以通过第一鼓风机 4 和布气系统 5 对生物载体进行反冲洗，通过反冲洗排水口 3 将反冲洗后的废水排出反应器。

在本实施例中，通过改变废水特性、膨胀空间 11 的容积、废水在生物载体床的流速、曝气运行时间和缺氧运行时间等参数，可以得到不同的废水处理效果，具体如下所述：

需处理废水的 COD 为 165 mg/L，色度为 90 C.U.，SS 为 31 mg/L，以废水体积计，过氧化氢加入量为 0.2 mmol/L，臭氧投加量为 120 mg/L，处理时间为 20 min；生物膜颗粒污泥反应器 1 的膨胀空间 11 的容积为生物载体床 9 容积的 1/40，废水在生物载体床的流速为 8 mm/s，废水一个处理周期为 6h，其中曝气运行时间为 4h，缺氧运行时间为 1h，曝气运行时生物膜颗粒污泥反应区 B 溶解氧浓度为 4-5mg/L，经处理后废水 COD、SS 和色度分别为 52mg/L、14mg/L 和 18 C.U.；

需处理废水的 COD 为 165 mg/L，色度为 90 C.U.，SS 为 31 mg/L，以废水体积计，过氧化氢加入量为 0.2 mmol/L，臭氧投加量为 120 mg/L，处理时间为 20 min；生物膜颗粒污泥反应器 1 的膨胀空间 11 的容积为生物载体床 9 容积的 1/50，废水在生物载体床的流速为 1.5 mm/s，废水一个处理周期为 6h，其中曝气运行时间为 4.5h，缺氧运行时间为 0.5h，曝气运行时生物膜颗粒污泥反应区

B 溶解氧浓度为 4-5mg/L, 经处理后废水 COD、SS 和色度分别为 42 mg/L、10 mg/L 和 12 C.U.。

本实施例中废水首先通过臭氧/催化臭氧预氧化, 显著改善二级生物处理出水中难降解污染物的生物降解性, 然后废水进行生物处理, 通过生物化学氧化进一步降解去除废水中的污染物, 本实施例采用具有污泥浓度高、污泥产率低等优点的序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器, 大大提高了废水生物处理的效率, 同时减少了处理成本。

实施例 2

本实施例 2 的技术方案除了下述技术特征外, 其它技术方案与实施例 1 相同:

本实施例提供一种基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置, 在序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器的排水口还连接有废水回用处理装置, 经过废水回用处理装置的处理, 能进一步去除废水中的非过程离子和其他污染物, 使废水达到回用水的要求;

如图 4 所示, 在本实施例中, 废水回用处理装置包括: 第一水池, 多介质过滤器、第二水池、超滤膜系统、第三水池和反渗透系统, 第三水池 37 设置有搅拌装置, 超滤膜处理系统 36 和反渗透膜处理系统 39 均设置有清洗系统, 采用酸、碱、杀菌剂等进行定期清洗。

在本实施例中, 循环曝气池 2 设置的排水口 10 通过管道与第一水池 31 连接, 多介质过滤器 33 设置有进水口和排水口; 多介质过滤器 33 设置的进水口通过管道与第四水泵 32 的出水口连接, 第四水泵 32 的进水口通过管道与第一水池 31 连接, 多介质过滤器 33 设置的排水口通过管道与第二水池 34 连接;

在本实施例中，第二水池 34 通过管道与第五水泵 35 的进水口连接，所述第五水泵 35 的出水口通过管道与超滤膜系统 36 的进水口连接，所述超滤膜系统 36 的滤过液出水口通过管道与第三水池 37 连接；

在本实施例中，第三水池 37 通过管道与第六水泵 38 的进水口连接，所述第六水泵 38 的出水口通过管道与反渗透膜系统 39 的进水口连接，所述反渗透膜系统 39 的滤过液送回用水池，回用于生产过程；

本实施例基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置的废水处理方法为：

S1：臭氧预氧化处理；

S2：废水的均衡调节：经臭氧预氧化处理的废水进入均衡调节池 27，同时向均衡调节池 27 加入生物处理所需补充的营养物和碱液，并通过搅拌混合均匀；

S3：均衡调节池 27 的废水进行生物化学氧化处理；

S4：多介质过滤：第一水池 31 中的废水通过第四水泵 32 输送进入多介质过滤器 33，经多介质过滤器 33 处理后的废水进入第二水池 34；

S5：超滤膜处理：第二水池 34 中的废水通过第五水泵 35 输送进入超滤膜系统 36，经超滤膜系统 36 处理的滤过液进入第三水池 37，超滤膜处理系统 36 的浓液送回集水池 21，和二级生物处理出水混合进行深度处理；

S6：反渗透膜处理：第三水池 37 中的废水与投加的阻垢剂和抗氧化剂混合均匀后，通过第六水泵 38 输送进入反渗透膜系统 39，经反渗透膜系统 39 处理的滤过液送回用水池，回用于生产过程，反渗透膜处理系统 39 的浓液送到反渗透浓液处理系统，经处理后达标排放，经反渗透膜处理后滤过液 COD、SS 和色度分别为 12 mg/L、3 mg/L 和 0 C.U.。

在本实施例中，通过改变过氧化氢加入量、臭氧投加量、生物膜颗粒污泥

反应器膨胀空间的容积、废水在生物载体床的流速、曝气运行时间和缺氧运行时间等参数，可以得到不同的废水处理效果，具体如下所述：

废水 COD 为 115 mg/L，色度为 25 C.U.，SS 为 28 mg/L，以废水体积计，过氧化氢加入量为 0.35 mmol/L，臭氧投加量为 120 mg/L，处理时间为 20 min，生物膜颗粒污泥反应器 1 的膨胀空间 11 的容积为生物载体床 9 容积的 1/50，废水在生物载体床的流速为 1.5 mm/s，废水一个处理周期为 6h，其中曝气运行时间为 4.5h，缺氧运行时间为 0.5h，曝气运行时生物膜颗粒污泥反应区 B 溶解氧浓度为 4-5mg/L，经处理后反渗透膜滤过液 COD、SS 和色度分别为 7 mg/L、1 mg/L 和 0 C.U.；

废水 COD 为 165 mg/L，色度为 90 C.U.，SS 为 31 mg/L，以废水体积计，过氧化氢加入量为 0.5 mmol/L，臭氧投加量为 180 mg/L，处理时间为 20 min，生物膜颗粒污泥反应器 1 的膨胀空间 11 的容积为生物载体床 9 容积的 1/40，废水在生物载体床的流速为 8 mm/s，废水一个处理周期为 6h，其中曝气运行时间为 4h，缺氧运行时间为 1h，曝气运行时生物膜颗粒污泥反应区 B 溶解氧浓度为 4-5mg/L，经处理后反渗透膜滤过液 COD、SS 和色度分别为 15 mg/L、4 mg/L 和 0 C.U.。

在本实施例中，废水首先通过臭氧/催化臭氧预氧化，显著改善二级生物处理出水中难降解污染物的生物降解性，然后废水进行生物处理，通过生物化学氧化进一步降解去除废水中的有机污染物，接着，废水经过多介质过滤器、超滤膜系统和反渗透膜系统的处理，进一步去除废水中的非过程离子和其他污染物，使废水达到回用水的要求。

实施例 3

本实施例 3 的技术方案除了下述技术特征外，其它技术方案与实施例 1 相同：

如图 5 所示，生物膜颗粒污泥反应器也可以采用一体式结构，并且将曝气系统单独设置在循环回流区 C，也能达到方便维护的目的。

本实施例的生物膜颗粒污泥反应器沿废水处理流向上依次设置有布水布气区、生物膜颗粒污泥反应区和循环回流区；

其中，生物膜颗粒污泥反应区包括支撑板 7、生物载体床 9、限位板 12 和膨胀空间 11，生物载体床 9 设置在支撑板 7 上，生物载体床 9 与限位板 12 的间隔形成膨胀空间 11；布水布气区设置有布水系统 6、布气系统 5、布水器 8 和第一鼓风机 4，布气系统 5 与第一鼓风机 4 连接，布水器 8 安装在支撑板 7 上；循环回流区设置有曝气系统 18、第二鼓风机 17、循环进水泵 15 和循环出水口 20，循环出水口 20 与循环进水泵 15 的进水口连接，布水系统 6 与循环进水泵 15 的出水口连接，曝气系统 18 与第二鼓风机 17 连接。

本实施例的生物膜颗粒污泥反应器上还设置有进水口 16、排水口 10 和反冲洗排水口 3，本实施例进水口 16 设在循环回流区 C，进水口 16 与第三水泵 28 连接，排水口设在生物膜颗粒污泥反应区 B，反冲洗排水口设在布水布气区 A。

上述实施例为本发明较佳的实施方式，但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制，其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化，均应为等效的置换方式，都包含在本发明的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1、一种基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置，其特征在于，包括：集水池、臭氧反应器、均衡调节池、第一水泵、第二水泵、第三水泵和序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器；

所述集水池的出水口通过第一水泵与臭氧反应器的进水口连接，所述臭氧反应器的出水口通过第二水泵与均衡调节池的进水口连接，所述均衡调节池的出水口通过第三水泵与序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器进水口连接。

2、根据权利要求1所述的基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置，其特征在于，所述序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器设有：进水口、支撑板、生物载体床、限位板、布水系统、布气系统、布水器、曝气系统、第一鼓风机、第二鼓风机、循环进水泵和循环出水口；

所述进水口与第三水泵的出水口连接，所述生物载体床设置在支撑板上，所述生物载体床设置有生物载体，所述生物载体无规律分散布置，所述生物载体床与限位板的间隔形成膨胀空间，所述布气系统与第一鼓风机连接，所述布水器安装在支撑板上，所述曝气系统与第二鼓风机连接，所述循环出水口与循环进水泵的进水口连接，所述布水系统与循环进水泵的出水口连接。

3、根据权利要求2所述的基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置，其特征在于，所述膨胀空间的容积设置为生物载体床容积的 $1/50-1/20$ 。

4、根据权利要求2所述的基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置，其特征在于，所述生物载体内圈设有颗粒污泥，外圈设有生物膜，内圈内设有分隔条。

5、根据权利要求2或4所述的基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置，其特征在于，所述生物载体采用密度小于 1 g/cm^3 、比表面积大于 $500\text{ m}^2/\text{m}^3$ 和孔隙率介于 60%和 85%之间的中空颗粒填料。

6、根据权利要求2所述的基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置，其特征在于，所述支撑板采用多孔板，所述支撑板的通孔上均匀分布

设置布水器，废水经布水器后沿水流垂直的截面均匀分布并通过生物膜颗粒污泥反应区，所述限位板采用多孔板，废水经限位板上的通孔从生物膜颗粒污泥反应区进入循环回流区，限位板上的通孔尺寸小于所述生物载体的尺寸。

7、根据权利要求 2 所述的基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置，其特征在于，所述序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器还设有循环曝气池和出水槽，所述出水槽设置有循环回流口，所述循环回流口与循环曝气池连接，所述曝气系统设置在循环曝气池内，所述循环出水口设置在循环曝气池上。

8、根据权利要求 1 所述的基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置，其特征在于，还设置有废水回用处理装置，包括：第一水池，第二水池、第三水池、第四水泵、第五水泵、第六水泵、多介质过滤器、超滤膜系统和反渗透系统；

所述序批式生物膜颗粒污泥膨胀床反应器设置有排水口，所述排水口与第一水池的进水口连接，所述第一水池的出水口通过第四水泵与多介质过滤器的进水口连接，所述多介质过滤器的出水口与第二水池的进水口连接，所述第二水池的出水口通过第五水泵与超滤膜系统的进水口连接，所述超滤膜系统的出水口与第三水池的进水口连接，所述第三水池的出水口通过第六水泵与反渗透系统连接。

9、根据权利要求 8 所述的基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置，其特征在于，所述第三水池设置有搅拌装置、阻垢剂和抗氧化剂投入口，所述超滤膜处理系统和反渗透膜处理系统均设置有清洗液入口。

10、根据权利要求 1 所述的基于臭氧和生物膜颗粒污泥反应器的废水深度处理装置，其特征在于，所述集水池设有催化剂投入口，所述均衡调节池设有营养盐和碱液投入口，所述集水池和均衡调节池均设置有搅拌装置，所述臭氧反应器设置有气体分散器和臭氧破坏器，所述气体分散器设置在臭氧反应器底

部并与气体入口连接，所述臭氧破坏器设置在臭氧反应器尾气出口。

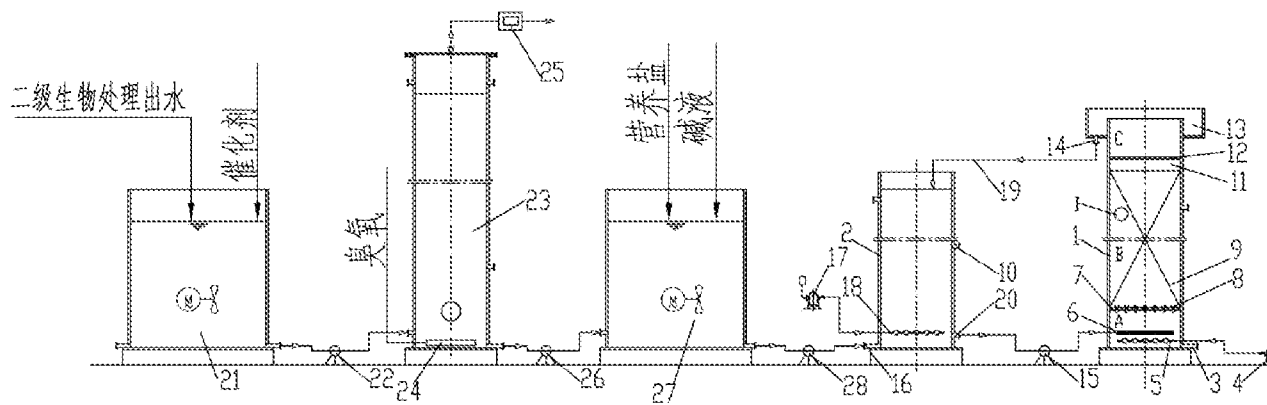


图 1

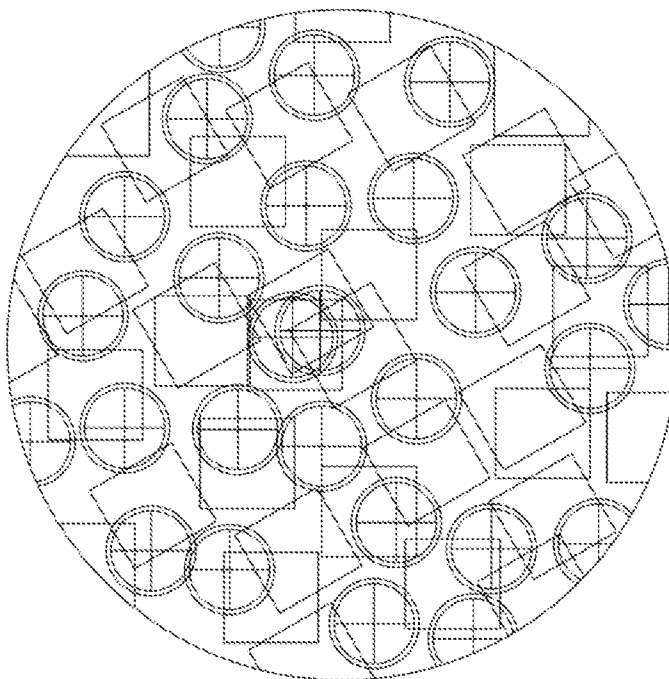


图 2

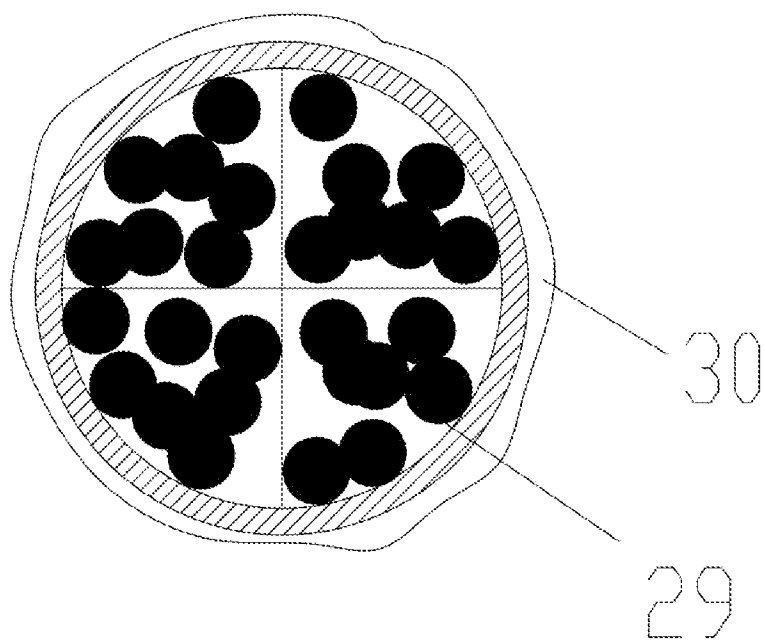


图 3

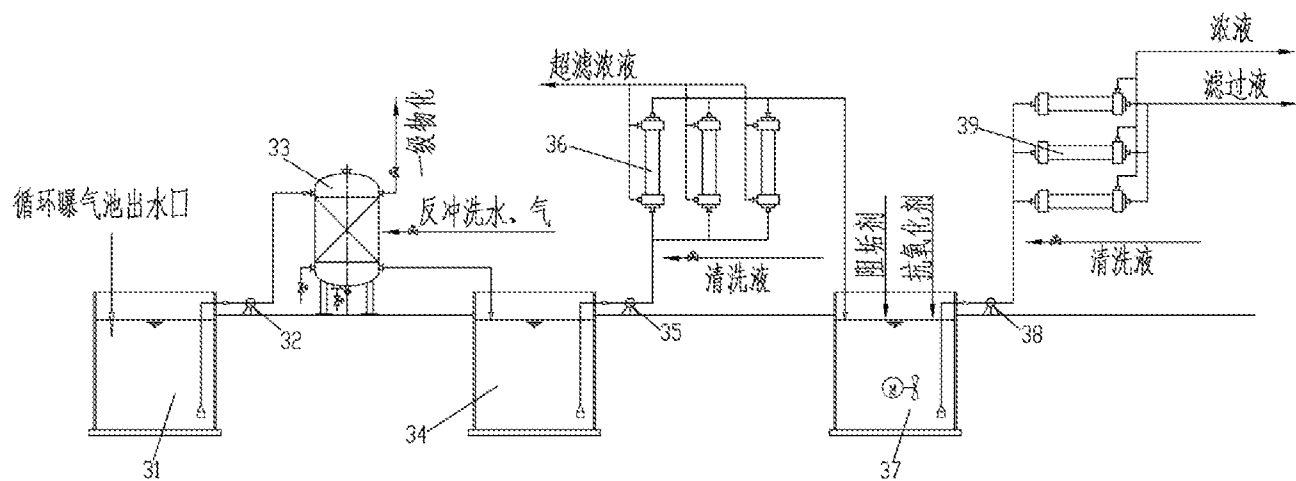


图 4

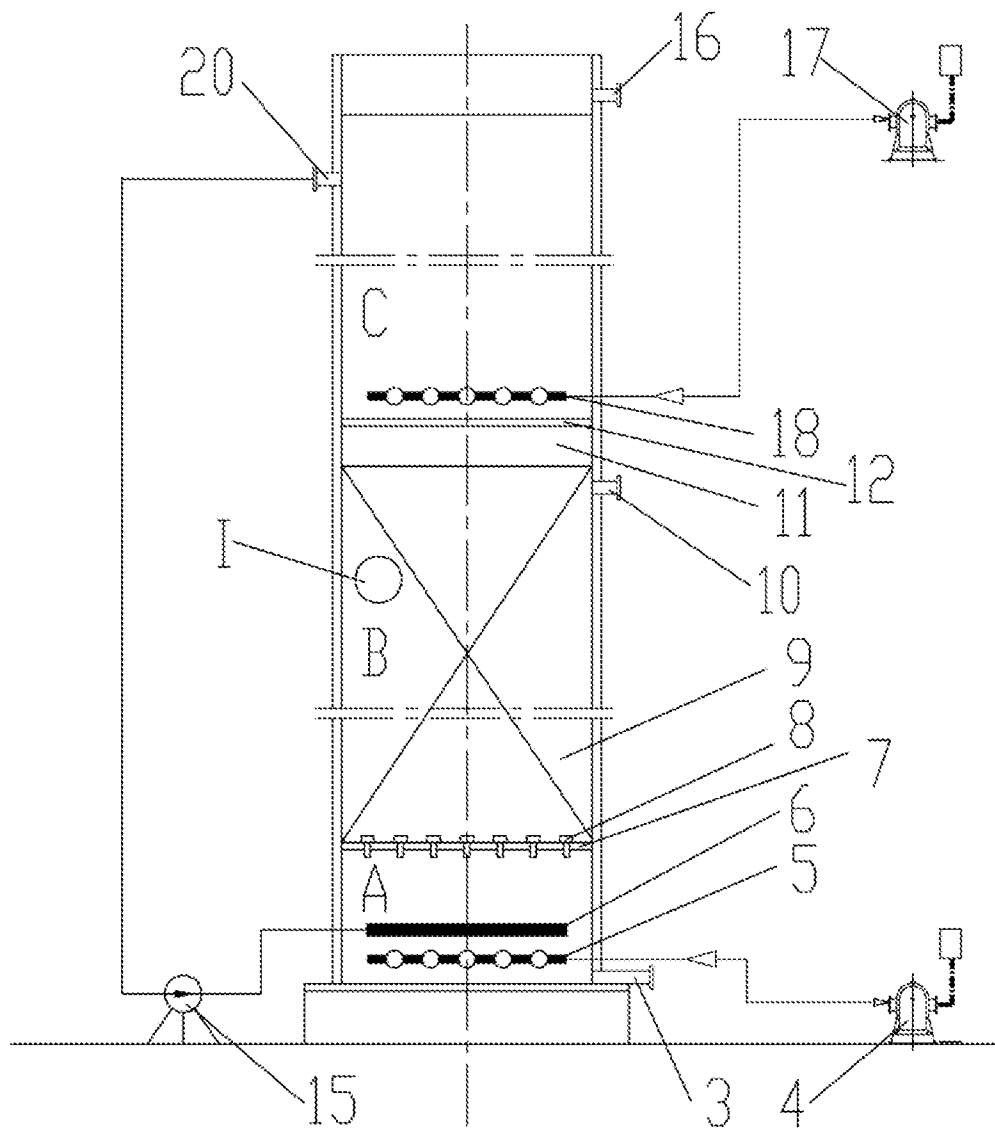


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/124744

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C02F 9/14(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)

DWPI, SIPOABS, CNABS, CNTXT, CNKI, USTXT, EPTXT, STN: 华南理工, 雷利荣, 蔡方瑞, 李友明, 臭氧, 生物膜, 活性污泥, 颗粒, 污泥, 填料, 载体, 序批式, 流化, 膨胀, 移动, 悬浮, 氧化, 内圈, 内环, 外圈, 外环, 密度, 比表面积, 回流, 曝气, 过滤, 超滤, 反渗透, SBR, ozone, biofilm? , biomembrane, activated w sludge, particle? , filling? , packing? , carrier? , suspen+, fluidized, reflux+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 105693006 A (PETROCHINA CO., LTD.) 22 June 2016 (2016-06-22) description, paragraphs 0038-0054	1-10
Y	CN 101913732 A (OCEAN UNIVERSITY OF CHINA) 15 December 2010 (2010-12-15) description, paragraphs 0008-0018	1-10
PX	CN 110451718 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 15 November 2019 (2019-11-15) claims 1-10	1-10
PX	CN 110407410 A (SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 05 November 2019 (2019-11-05) claims 1-10	1-10
A	CN 104150590 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 19 November 2014 (2014-11-19) description, paragraph 0024, figures 1-2	1-10
A	CN 103547535 A (VEOLIA WATER SOLUTIONS & TECH) 29 January 2014 (2014-01-29) description, specific embodiment	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ 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

10 April 2020

Date of mailing of the international search report

23 April 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/124744**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104003590 A (SHANGHAI ENVIRONMENTAL SANITATION ENGINEERING DESIGN INSTITUTE et al.) 27 August 2014 (2014-08-27) description, specific embodiment	1-10
A	CN 102372362 A (NORTHEAST FORESTRY UNIVERSITY) 14 March 2012 (2012-03-14) description, specific embodiment	1-10
A	CN 104193007 A (SHANGHAI HUNTS ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY CO., LTD.) 10 December 2014 (2014-12-10) description, specific embodiment	1-10
A	DE 102008007530 A1 (MULTI UMWELTECHNOLOGIE AG.) 06 August 2009 (2009-08-06) description, specific embodiment	1-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/124744

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	105693006	A	22 June 2016	None			
CN	101913732	A	15 December 2010	CN	101913732	B	21 March 2012
CN	110451718	A	15 November 2019	None			
CN	110407410	A	05 November 2019	None			
CN	104150590	A	19 November 2014	CN	104150590	B	06 January 2016
CN	103547535	A	29 January 2014	ES	2546763	T3	28 September 2015
				JP	6038119	B2	07 December 2016
				RU	2606435	C2	10 January 2017
				US	10308535	B2	04 June 2019
				EP	2508488	B1	10 June 2015
				AU	2012238719	A1	31 October 2013
				WO	2012136654	A1	11 October 2012
				PT	2508488	E	12 October 2015
				RU	2013148772	A	10 May 2015
				EP	2712355	B1	14 September 2016
				AU	2012238719	B2	16 February 2017
				JP	2014509940	A	24 April 2014
				PT	2712355	T	23 January 2017
				CN	103547535	B	07 December 2016
				EP	2508488	A1	10 October 2012
				DK	2712355	T3	09 January 2017
				MX	346250	B	13 March 2017
				KR	20140022049	A	21 February 2014
				CA	2815778	A1	11 October 2012
				US	2014083941	A1	27 March 2014
				ES	2610965	T3	04 May 2017
				BR	112013025756	A2	24 April 2018
				EP	2712355	A1	02 April 2014
				AR	085937	A1	06 November 2013
				DK	2508488	T3	14 September 2015
				MX	2013011328	A	01 November 2013
CN	104003590	A	27 August 2014	CN	104003590	B	12 August 2015
CN	102372362	A	14 March 2012	None			
CN	104193007	A	10 December 2014	None			
DE	102008007530	A1	06 August 2009	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/124744

A. 主题的分类

C02F 9/14 (2006.01) i

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

B. 检索领域

检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)

C02F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

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))

DWPI, SIPOABS, CNABS, CNTXT, CNKI, USTXT, EPTXT, STN: 华南理工, 雷利荣, 蔡方瑞, 李友明, 臭氧, 生物膜, 活性污泥, 颗粒, 污泥, 填料, 载体, 序批式, 流化, 膨胀, 移动, 悬浮, 氧化, 内圈, 内环, 外圈, 外环, 密度, 比表面积, 回流, 曝气, 过滤, 超滤, 反渗透, SBR, ozone, biofilm?, biomembrane, activated w sludge, particle?, filling?, packing?, carrier?, suspen+, fluidized, reflux+

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
Y	CN 105693006 A (中国石油天然气股份有限公司) 2016年 6月 22日 (2016 - 06 - 22) 说明书第0038-0054段	1-10
Y	CN 101913732 A (中国海洋大学) 2010年 12月 15日 (2010 - 12 - 15) 说明书第0008-0018段	1-10
PX	CN 110451718 A (华南理工大学) 2019年 11月 15日 (2019 - 11 - 15) 权利要求1-10	1-10
PX	CN 110407410 A (华南理工大学) 2019年 11月 5日 (2019 - 11 - 05) 权利要求1-10	1-10
A	CN 104150590 A (浙江大学) 2014年 11月 19日 (2014 - 11 - 19) 说明书第0024段, 附图1-2	1-10
A	CN 103547535 A (威立雅水务解决方案与技术支持公司) 2014年 1月 29日 (2014 - 01 - 29) 具体实施方式	1-10
A	CN 104003590 A (上海环境卫生工程设计院 等) 2014年 8月 27日 (2014 - 08 - 27) 具体实施方式	1-10

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“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)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“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

“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

“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

“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

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2020年 4月 10日

国际检索报告邮寄日期

2020年 4月 23日

ISA/CN的名称和邮寄地址

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

传真号 (86-10)62019451

受权官员

温媚

电话号码 86-(10)-53962785

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 102372362 A (东北林业大学) 2012年 3月 14日 (2012 - 03 - 14) 具体实施方式	1-10
A	CN 104193007 A (上海恒致环境科技有限公司) 2014年 12月 10日 (2014 - 12 - 10) 具体实施方式	1-10
A	DE 102008007530 A1 (MULTI UMWELTTECHNOLOGIE AG.) 2009年 8月 6日 (2009 - 08 - 06) 具体实施方式	1-10

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/124744

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	105693006	A	2016年 6月 22日	无			
CN	101913732	A	2010年 12月 15日	CN	101913732	B	2012年 3月 21日
CN	110451718	A	2019年 11月 15日	无			
CN	110407410	A	2019年 11月 5日	无			
CN	104150590	A	2014年 11月 19日	CN	104150590	B	2016年 1月 6日
CN	103547535	A	2014年 1月 29日	ES	2546763	T3	2015年 9月 28日
				JP	6038119	B2	2016年 12月 7日
				RU	2606435	C2	2017年 1月 10日
				US	10308535	B2	2019年 6月 4日
				EP	2508488	B1	2015年 6月 10日
				AU	2012238719	A1	2013年 10月 31日
				WO	2012136654	A1	2012年 10月 11日
				PT	2508488	E	2015年 10月 12日
				RU	2013148772	A	2015年 5月 10日
				EP	2712355	B1	2016年 9月 14日
				AU	2012238719	B2	2017年 2月 16日
				JP	2014509940	A	2014年 4月 24日
				PT	2712355	T	2017年 1月 23日
				CN	103547535	B	2016年 12月 7日
				EP	2508488	A1	2012年 10月 10日
				DK	2712355	T3	2017年 1月 9日
				MX	346250	B	2017年 3月 13日
				KR	20140022049	A	2014年 2月 21日
				CA	2815778	A1	2012年 10月 11日
				US	2014083941	A1	2014年 3月 27日
				ES	2610965	T3	2017年 5月 4日
				BR	112013025756	A2	2018年 4月 24日
				EP	2712355	A1	2014年 4月 2日
				AR	085937	A1	2013年 11月 6日
				DK	2508488	T3	2015年 9月 14日
				MX	2013011328	A	2013年 11月 1日
CN	104003590	A	2014年 8月 27日	CN	104003590	B	2015年 8月 12日
CN	102372362	A	2012年 3月 14日	无			
CN	104193007	A	2014年 12月 10日	无			
DE	102008007530	A1	2009年 8月 6日	无			