



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107311401 A

(43)申请公布日 2017.11.03

(21)申请号 201710670709.6

(22)申请日 2017.08.08

(83)生物保藏信息

CGMCC No. 6630 2012.09.27

(71)申请人 中国科学院生态环境研究中心

地址 100085 北京市海淀区双清路18号

(72)发明人 柏耀辉 常洋洋 菅之舆 梁金松

曲久辉

(74)专利代理机构 北京瑞盛铭杰知识产权代理

事务所(普通合伙) 11617

代理人 栗华楠

(51)Int.Cl.

C02F 9/14(2006.01)

C12N 1/36(2006.01)

C12R 1/40(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种去除水中有机物的方法

(57)摘要

本发明属于水处理技术领域,具体涉及一种去除水中有机物的方法。将含有污染物的原水首先经过高锰酸钾预氧化,将经过高锰酸钾预氧化的含有酪氨酸以及 $Mn^{2+}$ 的余液中加入到含保藏号为CGMCC No.6630锰氧化菌的生物滤池中,该生物滤池在挂膜驯化阶段通过添加BP-4,提高了生物滤池中锰氧化细菌活力及锰氧化能力。在后续的生物滤池运行中,驯化后的锰氧化细菌能够在利用Tyr的同时,将可溶性 $Mn^{2+}$ 转化为不可溶的 $Mn^{4+}$ 氧化物,同时通过 $Mn^{4+}$ 氧化物与锰氧化细菌结合所产生的生物氧化锰继续吸附BP-4,操作简单,能够有效提高生物滤池处理效果。

1. 一种锰氧化细菌的挂膜驯化方法,其特征在于,具体如下:将待处理污水泵入曝气生物滤池中的填料表面生成生物膜,再将锰氧化菌菌液与待处理的污水交替泵入生物滤池中填料的表面进行驯化,驯化过程中加入3-5.5mg/L  $Mn^{2+}$ 、300-500 $\mu$ g/L BP-4,待出水检测到 $Mn^{2+}$ 低于0.05mg/L,且滤料红褐色明显时即完成驯化。

2. 一种采用权利要求1所述方法去除水中有机物的方法,其特征在于,具体如下:

(1) 高锰酸钾预氧化

将高锰酸钾投加至待处理水中进行预氧化,高锰酸钾投加浓度范围为0.5-2.5mg/L,待处理水预氧化5min及以上得预氧化水;

(2) 生物滤池挂膜与锰氧化细菌的驯化

①将待处理水泵入曝气生物滤池装置的进水管中循环至曝气生物滤池中的填料表面生成生物膜;

②通过对锰氧化菌恶臭假单胞菌进行扩大培养,得锰氧化细菌菌液;

③在待处理水中添加3-5.5mg/L的 $Mn^{2+}$ 与300-500 $\mu$ g/L BP-4,将步骤②所得菌液与含3-5.5mg/L  $Mn^{2+}$ 、300-500 $\mu$ g/L BP-4的待处理水交替泵入生物滤池中填料的表面,监测生物滤池中的滤料变为红褐色并监测出水水质,待出水检测到 $Mn^{2+}$ 低于0.05mg/L且滤料红褐色明显时即完成驯化;

(3) 去除待处理水中Tyr、 $Mn^{2+}$ 、BP-4

当生物滤池完成挂膜与驯化后,将步骤(1)经过预氧化的预氧化水通入曝气生物滤池中,水力停留时间为20h-40h,10-35 $^{\circ}$ C,pH 6.5-8.5,最终达到Tyr、 $Mn^{2+}$ 、BP-4的一站式去除。

3. 权利要求1或2所述的一种锰氧化细菌的挂膜驯化方法,其特征在于,所述锰氧化细菌具体为恶臭假单胞菌(*Pseudomonas putida*) QJX-1,保藏编号CGMCC No.6630。

4. 如权利要求3所述的一种锰氧化细菌的挂膜驯化方法,其特征在于,所述锰氧化细菌扩大培养方法如下:

采用PYG培养基:蛋白胨0.25g/L、葡萄糖0.25g/L、酵母膏0.25g/L,  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$  8mg/L,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  0.5g/L,  $MnCl_2$  100 $\mu$ M,补水至1L,pH7.5,121 $^{\circ}$ C灭菌15min;30 $^{\circ}$ C,170rpm培养48h。

5. 权利要求1或2所述的一种锰氧化细菌的挂膜驯化方法的应用。

## 一种去除水中有机物的方法

### 技术领域：

[0001] 本发明属于水处理技术领域，具体涉及一种通过提高生物滤池中锰氧化细菌驯化效果达到去除水中有机物的方法。

### 背景技术：

[0002] 在世界范围内，越来越多的淡水系统受到成千上万种工业和天然有机物的污染，这是人类目前所面临的重要环境问题之一。尽管大多数的有机污染物在水体中含量很低，但同样会造成不容小视的饮用水水质风险。其中一个重要的原因是，在饮用水处理过程中，部分天然有机物及人工合成有机物在消毒过程中会与氯发生反应，生成具遗传效应、致突变和致癌活性的消毒副产物(DBPs)。Tyr是一种芳香族天然氨基酸，其结构简单，存在于多种多肽、蛋白质、藻类当中。在污水处理厂进水检测中，Tyr最高含量可达27.4 $\mu\text{g}/\text{L}$ ，是天然有机物的一种代表物质。BP-4是一种常用的二苯甲酮类紫外防晒剂，其生产量大，使用范围广，随着人类的广泛使用，大量进入自然水体中，是一种典型的医药和个人护理用品类新型环境污染物。

[0003] 目前，化学预氧化法是去除水中有机污染物并控制饮用水中DBPs生成的一种常规方法。高锰酸钾是饮用水厂中较为常见的预氧化试剂。高锰酸钾作为氧化剂可去除饮用水中的微量有机污染物、致突变物质、氯仿前质。但高锰酸钾在与水中有机物发生氧化还原的同时，会生成具有遗传毒性效应的二价锰离子。生物锰氧化是利用微生物对有机物的降解以及所形成的生物氧化锰对不易降解的污染物进行氧化吸附，达到二次去除的效果，能够有效去除水体中有机物、无机物等。但是其需要足够的C源、N源、合适的pH范围等条件使锰氧化细菌正常生长，且需要适量浓度 $\text{Mn}^{2+}$ ，使得产生足够的生物氧化锰对难降解物质进行二次去除。其中含锰氧化细菌的生物滤池驯化是此类水处理中的关键步骤。良好的驯化可以使生物滤池中锰氧化细菌保持较高的生物活性，使得该工艺具有更高的水利负荷和容积负荷。

### 发明内容：

[0004] 本发明将提供一种去除水中有机物的方法，该方法将含天然及人工合成有机物废水经过高锰酸钾预氧化后，其余液再次加入锰氧化细菌进行生物锰氧化以达到二次去除效果。其中，通过BP-4进行驯化，可有效促进锰氧化细菌的生长，提高其降解有机物污染物的能力。

[0005] 一种锰氧化细菌的挂膜驯化方法，具体如下：

[0006] 将待处理污水泵入曝气生物滤池中的填料表面生成生物膜，再将锰氧化菌菌液与待处理的污水交替泵入生物滤池中填料的表面进行驯化，驯化过程中加入3-5.5 $\text{mg}/\text{L}$   $\text{Mn}^{2+}$ 、300-500 $\mu\text{g}/\text{L}$  BP-4，待出水检测到 $\text{Mn}^{2+}$ 低于0.05 $\text{mg}/\text{L}$ ，且滤料红褐色明显时即完成驯化。

[0007] 一种采用上述驯化方法去除水中有机物的方法，具体如下：

[0008] (1) 高锰酸钾预氧化

[0009] 将高锰酸钾投加至待处理水中进行预氧化,高锰酸钾投加浓度范围为0.5-2.5mg/L,待处理水预氧化5min及以上得预氧化水;

[0010] 高锰酸钾在预氧化过程中氧化Tyr及其他有机物并产生 $Mn^{2+}$ ;

[0011] (2) 生物滤池挂膜与锰氧化细菌的驯化

[0012] ①将待处理水泵入曝气生物滤池装置的进水管中循环至曝气生物滤池中的填料表面生成生物膜;

[0013] ②通过对锰氧化菌恶臭假单胞菌进行扩大培养,得锰氧化细菌菌液;

[0014] ③在待处理水中添加3-5.5mg/L的 $Mn^{2+}$ 与300-500 $\mu$ g/L BP-4,将步骤②所得菌液与含3-5.5mg/L  $Mn^{2+}$ 、300-500 $\mu$ g/L BP-4的待处理水交替泵入生物滤池中填料的表面,监测生物滤池中的滤料变为红褐色并监测出水水质,待出水检测到 $Mn^{2+}$ 低于0.05mg/L且滤料红褐色明显时即完成驯化;

[0015] (3) 去除待处理水中Tyr、 $Mn^{2+}$ 、BP-4

[0016] 当生物滤池完成挂膜与驯化后,将步骤(1)经过预氧化的预氧化水通入曝气生物滤池中,水力停留时间为20h-40h,10-35 $^{\circ}$ C,pH 6.5-8.5,锰氧化细菌在生物滤池中降解Tyr及其他有机物并利用前期预氧化所产生的 $Mn^{2+}$ 形成生物锰氧化物,形成的生物锰氧化物可以有效的氧化吸附BP-4,最终达到Tyr、 $Mn^{2+}$ 、BP-4的一站式去除。

[0017] 所述锰氧化菌具体为恶臭假单胞菌(*Pseudomonas putida*) QJX-1,该菌株于2012年9月27日保藏于中国微生物菌种保藏管理委员会普通微生物中心(CGMCC,中国北京市朝阳区北辰西路1号院3号中国科学院微生物研究所,邮编:100101),其相应的保藏号为CGMCC No.6630。

[0018] 所述锰氧化菌恶臭假单胞菌扩大培养的方法如下:

[0019] 采用PYG培养基:蛋白胨0.25g/L、葡萄糖0.25g/L、酵母膏0.25g/L,CaCl<sub>2</sub>·2H<sub>2</sub>O 8mg/L,MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.5g/L,MnCl<sub>2</sub> 100 $\mu$ M,补水至1L,pH7.5,121 $^{\circ}$ C灭菌15min;30 $^{\circ}$ C,170rpm培养48h。

[0020] 本发明首先将待处理的水泵入曝气生物滤池装置的进水管中循环至曝气生物滤池中的填料表面生成生物膜。将锰氧化菌恶臭假单胞菌QJX-1菌液与待处理的水交替泵入生物滤池中填料的表面,在驯化过程中加入500 $\mu$ g/L BP-4,定期对配水箱进行曝气,完成驯化,二苯甲酮(BP-4)加入到生物滤池当中,能加强生物滤池中锰氧化细菌活性与锰氧化能力,加快生物滤池挂膜速度并提高生物滤池处理效果;

[0021] 之后将含有污染物的原水首先经过高锰酸钾预氧化,将经过高锰酸钾预氧化的含有酪氨酸以及 $Mn^{2+}$ 的余液通入到已经挂膜驯化完成的生物滤池当中。在生物滤池中,锰氧化细菌QJX-1能够利用酪氨酸,在余液中正常生长,将高锰酸钾预氧化所产生的可溶性 $Mn^{2+}$ 转化为不可溶的 $Mn^{4+}$ 氧化物,同时通过 $Mn^{4+}$ 氧化物与锰氧化细菌结合所产生的生物氧化锰继续吸附BP-4,其操作温度(10-35 $^{\circ}$ C)在常温范围,pH值(6.5-8.5)在中性范围,操作简单,能够有效的一站式去除可溶性 $Mn^{2+}$ 、酪氨酸、BP-4等有机物。

[0022] 有益效果:

[0023] 1、本发明提供的锰氧化细菌驯化的方法在生物滤池挂膜阶段,加入300-500 $\mu$ g/L BP-4后,锰氧化细菌QJX-1细菌菌密度得到极大的增加,活细菌数量提高了25%-35%。QJX-1活细胞个数随着BP-4的加入而显著地增加,而死细胞的数量很少;同时随着生物滤池中

BP-4的加入,锰离子浓度降低速率加快,表明BP-4的存在加速了 $Mn^{2+}$ 转化为生物锰氧化物的速率。

[0024] 2、本发明提供的去除水中有机物的方法,在20℃,pH值为7的条件下,进行挂膜,随后投加5.95g/L的锰氧化细菌QJX-1菌液和500 $\mu$ g/L BP-4进行驯化。生物滤池稳定启动后通入前期预氧化后污水,在20h内将浓度为21 $\mu$ g/L的Tyr降至0 $\mu$ g/L,去除率100%;40h内将0.44mg/L可溶性 $Mn^{2+}$ 降至0.03mg/L,去除率93.2%;40h内将49 $\mu$ g/L BP-4降至15 $\mu$ g/L,去除率64.9%。

[0025] 3、本发明提供的提高生物滤池中锰氧化细菌驯化效果的方法,可在1.5周左右完成挂膜-驯化,能加快生物滤池启动时间,提高生物滤池内锰氧化细菌活性及锰氧化能力。操作简单,环保,高效,无二次污染,适于在生物滤池水处理领域广泛推广。

#### 附图说明:

[0026] 图1为BP-4对细菌QJX-1生长和锰氧化能力的影响

[0027] 其中,a-QJX-1的吸光度(OD<sub>600</sub>);b-活细菌和死细菌数;c-剩余酪氨酸浓度;d-剩余锰离子浓度。

#### 具体实施方式:

[0028] 下面参照具体的实施例进一步描述本发明,但是本领域技术人员应该理解,本发明并不限于这些具体的实施例。

[0029] 下述实施例中的方法,如无特别说明,均为常规方法,其中所用的试剂,如无特别说明,均为常规市售试剂。

[0030] 本发明实施例所用锰氧化细菌均为恶臭假单胞菌(*Pseudomonas putida*) QJX-1,保藏编号CGMCC No.6630。

[0031] 实施例1、BP-4促进QJX-1生长及锰氧化机理分析

[0032] 在工业化应用之前,首先验证本发明所述BP-4能够促进锰氧化细菌QJX-1生长及锰氧化。

[0033] 1、BP-4对假单胞菌QJX-1的生长和功能的影响

[0034] 将QJX-1与不同浓度的BP-4(0、5、50、500和5000 $\mu$ g/L)在含5.5mg/L  $Mn^{2+}$ 的176mg/L酪氨酸溶液中于30℃下混合振荡培养(170rpm)。不同时间点取样,测定细菌的吸光度(OD<sub>600</sub>),并通过流式细胞仪定量活细胞数和死细胞数。与此同时,分别测量了各样品中剩余的 $Mn^{2+}$ 浓度和酪氨酸浓度,来确定BP-4对QJX-1锰氧化能力和生长代谢的影响。

[0035] 结果显示QJX-1的OD<sub>600</sub>随着BP-4浓度的增加而显著增加(图1a),表明BP-4的存在促进了QJX-1生长。为了进一步证实这一点,通过流式细胞仪活细胞和死细胞进行直接计数(图1b),结果显示活细胞个数随着BP-4浓度的增加而显著地增加,而死细胞的数量很少,进一步证明了BP-4对QJX-1没有毒害作用,反而促进了细菌的生长。

[0036] 根据剩余酪氨酸浓度随BP-4浓度升高而降低的结果(图1c),推断BP-4的加入刺激了酪氨酸的代谢通路,加快了锰氧化细菌对酪氨酸的利用速率,从而导致细菌的加速增长。

[0037] 同时剩余锰离子浓度测定发现(图1d),随着反应体系中BP-4浓度的增加,剩余锰离子浓度降低,这表明了BP-4的存在加速了 $Mn^{2+}$ 转化为到生物锰氧化物(BMO)。

[0038] 实施例2:一种经BP-4驯化后生物滤池去除除水中有机物及 $Mn^{2+}$ 的方法

[0039] 采用本发明所述方法去除地表水中的有机物、 $Mn^{2+}$ ,处理前,待处理水中Tyr浓度为 $23\mu\text{g/L}$ 、 $Mn^{2+}$ 浓度为 $0.44\text{mg/L}$ 、BP-4浓度为 $41\mu\text{g/L}$ ;

[0040] (1) 高锰酸钾预氧化

[0041] 将高锰酸钾投加至待处理水中,高锰酸钾投加浓度为 $0.5\text{mg/L}$ ,待处理水预氧化 $5\text{min}$ 得预氧化水,污水中Tyr浓度由 $23\mu\text{g/L}$ 降低到 $11\mu\text{g/L}$ ,并产生 $0.07\text{mg/L}$ 可溶性 $Mn^{2+}$ ,BP-4由于不能被高锰酸钾氧化,浓度不变;

[0042] (2) 生物滤池挂膜与锰氧化细菌的驯化

[0043] ①将待处理水泵入曝气生物滤池装置的进水管中循环至曝气生物滤池中的填料表面生成生物膜;

[0044] ②通过对锰氧化菌恶臭假单胞菌进行扩大培养,得锰氧化细菌菌液;

[0045] 所述锰氧化菌恶臭假单胞菌扩大培养的方法如下:

[0046] 采用PYG培养基:蛋白胨 $0.25\text{g/L}$ 、葡萄糖 $0.25\text{g/L}$ 、酵母膏 $0.25\text{g/L}$ 、 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$   $8\text{mg/L}$ 、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$   $0.5\text{g/L}$ 、 $\text{MnCl}_2$   $100\mu\text{M}$ ,补水至 $1\text{L}$ , $\text{pH}7.5$ , $121^\circ\text{C}$ 灭菌 $15\text{min}$ ;  $30^\circ\text{C}$ , $170\text{rpm}$ 培养 $48\text{h}$ ;

[0047] ③在待处理水中添加 $5.5\text{mg/L}$ 的 $Mn^{2+}$ 与 $300\mu\text{g/L}$  BP-4,将步骤②所得菌液与含 $5.5\text{mg/L}$   $Mn^{2+}$ 和 $300\mu\text{g/L}$  BP-4的待处理水交替泵入生物滤池中填料的表面,监测生物滤池中的滤料变为红褐色并监测出水水质,待出水检测到 $Mn^{2+}$ 低于 $0.05\text{mg/L}$ 且滤料红褐色明显时即完成驯化;

[0048] (3) 去除待处理水中Tyr、 $Mn^{2+}$ 、BP-4

[0049] 当生物滤池完成挂膜与驯化后,将步骤(1)经过预氧化的预氧化水通入曝气生物滤池中,在 $10^\circ\text{C}$ 、 $\text{pH}6.5$ 环境下,水力停留时间为 $40\text{h}$ ,锰氧化细菌在生物滤池中降解Tyr及其他有机物并利用前期预氧化所产生的 $Mn^{2+}$ 转化为不可溶的 $Mn^{4+}$ 氧化物形成生物锰氧化物,形成的生物锰氧化物可以有效的氧化吸附BP-4,最终达到Tyr、 $Mn^{2+}$ 、BP-4的一站式去除,经测定 $40\text{h}$ 后,Tyr、 $Mn^{2+}$ 、BP-4的浓度分别为 $0\mu\text{g/L}$ 、 $0.03\text{mg/L}$ 、 $13\mu\text{g/L}$ 。

[0050] 实施例3:一种高锰酸钾预氧化-生物锰氧化联合去除水中有机物的方法

[0051] 采用本发明所述方法去除生活污水中的有机物,处理前,待处理水中Tyr浓度为 $21\mu\text{g/L}$ 、 $Mn^{2+}$ 浓度为 $0.11\text{mg/L}$ 、BP-4浓度为 $49\mu\text{g/L}$ ;

[0052] (1) 高锰酸钾预氧化

[0053] 将高锰酸钾投加至待处理水中,高锰酸钾投加浓度为 $2.5\text{mg/L}$ ,待处理水预氧化 $7\text{min}$ 得预氧化水,污水中Tyr浓度由 $21\mu\text{g/L}$ 降低到 $9\mu\text{g/L}$ ,并产生 $0.33\text{mg/L}$ 可溶性 $Mn^{2+}$ ,BP-4由于不能被高锰酸钾氧化,浓度不变;

[0054] 高锰酸钾在预氧化过程中氧化Tyr及其他有机物并产生 $Mn^{2+}$ ;

[0055] (2) 生物滤池挂膜与锰氧化细菌的驯化

[0056] ①将待处理水泵入曝气生物滤池装置的进水管中循环至曝气生物滤池中的填料表面生成生物膜;

[0057] ②通过对锰氧化菌恶臭假单胞菌进行扩大培养,得锰氧化细菌菌液;

[0058] 所述锰氧化菌恶臭假单胞菌扩大培养的方法如下:

[0059] 采用PYG培养基:蛋白胨 $0.25\text{g/L}$ 、葡萄糖 $0.25\text{g/L}$ 、酵母膏 $0.25\text{g/L}$ 、 $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

8mg/L,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  0.5g/L,  $MnCl_2$  100 $\mu$ M, 补水至1L, pH7.5, 121 $^{\circ}C$ 灭菌15min; 30 $^{\circ}C$ , 170rpm 培养48h;

[0060] ③在待处理水中添加5mg/L的 $Mn^{2+}$ 与500 $\mu$ g/L BP-4, 将步骤②所得菌液与含5mg/L  $Mn^{2+}$ 和500 $\mu$ g/L BP-4的待处理水交替泵入生物滤池中填料的表面, 监测生物滤池中的滤料变为红褐色并监测出水水质, 待出水检测到 $Mn^{2+}$ 低于0.05mg/L且滤料红褐色明显时即完成驯化;

[0061] (3) 去除待处理水中Tyr、 $Mn^{2+}$ 、BP-4

[0062] 当生物滤池完成挂膜与驯化后, 将步骤(1)经过预氧化的预氧化水通入曝气生物滤池中, 水力停留时间为20h, 35 $^{\circ}C$ , pH 8.5, 锰氧化细菌在生物滤池中降解Tyr及其他有机物并利用前期预氧化所产生的 $Mn^{2+}$ 转化为不可溶的 $Mn^{4+}$ 氧化物形成生物锰氧化物, 形成的生物锰氧化物可以有效的氧化吸附BP-4, 最终达到Tyr、 $Mn^{2+}$ 、BP-4的一站式去除, 经测定在20h内Tyr降至0 $\mu$ g/L, 20h后,  $Mn^{2+}$ 的浓度为0.02mg/L, BP-4浓度为15 $\mu$ g/L。

[0063] 实施例4: 一种高锰酸钾预氧化-生物锰氧化联合去除水中有机物的方法

[0064] 采用本发明所述方法去除地下水中的有机物, 处理前, 待处理水中Tyr浓度为12 $\mu$ g/L、 $Mn^{2+}$ 浓度为0.41mg/L、BP-4浓度为38 $\mu$ g/L;

[0065] (1) 高锰酸钾预氧化

[0066] 将高锰酸钾投加至待处理水中, 高锰酸钾投加浓度为2mg/L, 待处理水预氧化6min得预氧化水, 污水中Tyr浓度由12 $\mu$ g/L降低到5 $\mu$ g/L, 并产生0.25mg/L可溶性 $Mn^{2+}$ ;

[0067] 高锰酸钾在预氧化过程中氧化Tyr及其他有机物并产生 $Mn^{2+}$ ;

[0068] (2) 生物滤池挂膜与锰氧化细菌的驯化

[0069] ①将待处理水泵入曝气生物滤池装置的进水管中循环至曝气生物滤池中的填料表面生成生物膜;

[0070] ②通过对锰氧化菌恶臭假单胞菌进行扩大培养, 得锰氧化细菌菌液;

[0071] 所述锰氧化菌恶臭假单胞菌扩大培养的方法如下:

[0072] 采用PYG培养基: 蛋白胨0.25g/L、葡萄糖0.25g/L、酵母膏0.25g/L,  $CaCl_2 \cdot 2H_2O$  8mg/L,  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  0.5g/L,  $MnCl_2$  100 $\mu$ M, 补水至1L, pH7.5, 121 $^{\circ}C$ 灭菌15min; 30 $^{\circ}C$ , 170rpm 培养48h;

[0073] ③在待处理水中添加3mg/L的 $Mn^{2+}$ 与500 $\mu$ g/L BP-4, 将步骤②所得菌液与含3mg/L  $Mn^{2+}$ 和500 $\mu$ g/L BP-4的待处理水交替泵入生物滤池中填料的表面, 监测生物滤池中的滤料变为红褐色并监测出水水质, 待出水检测到 $Mn^{2+}$ 低于0.05mg/L且滤料红褐色明显时即完成驯化;

[0074] (3) 去除待处理水中Tyr、 $Mn^{2+}$ 、BP-4

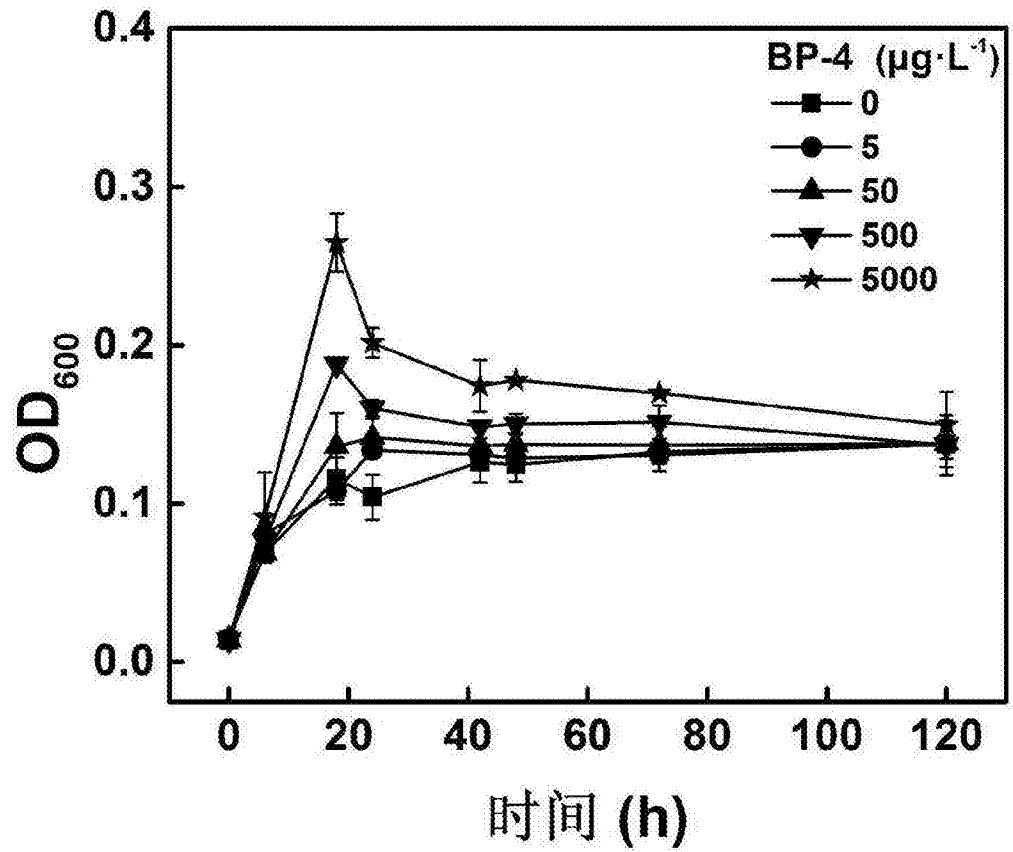
[0075] 当生物滤池完成挂膜与驯化后, 将步骤(1)经过预氧化的预氧化水通入曝气生物滤池中, 水力停留时间为36h, 20 $^{\circ}C$ , pH 7, 锰氧化细菌在生物滤池中降解Tyr及其他有机物并利用前期预氧化所产生的 $Mn^{2+}$ 转化为不可溶的 $Mn^{4+}$ 氧化物形成生物锰氧化物, 形成的生物锰氧化物可以有效的氧化吸附BP-4, 最终达到Tyr、 $Mn^{2+}$ 的一站式去除, 经测定在36h后, Tyr、 $Mn^{2+}$ 、BP-4的浓度分别为0 $\mu$ g/L、0.04mg/L、15 $\mu$ g/L。

[0076] 应该理解, 尽管参考其示例性的实施方案, 已经对本发明进行具体地显示和描述, 但是本领域的普通技术人员应该理解, 在不背离由权利要求书所定义的本发明的精神和范

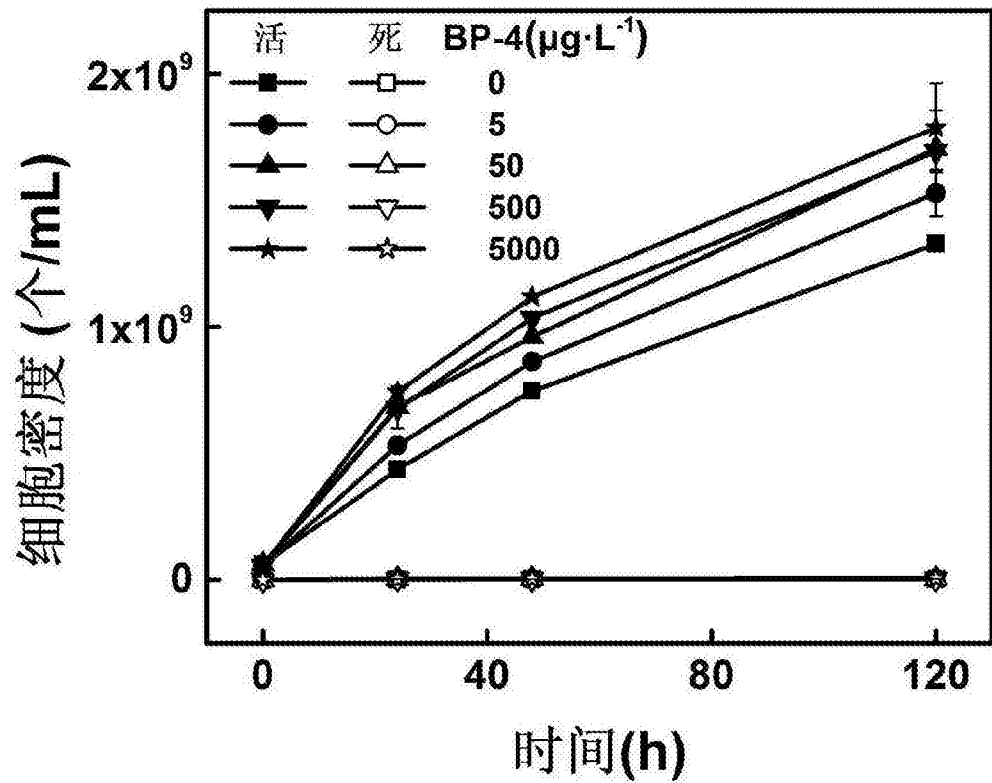
---

围的条件下,可以在其中进行各种形式和细节的变化,可以进行各种实施方案的任意组合。

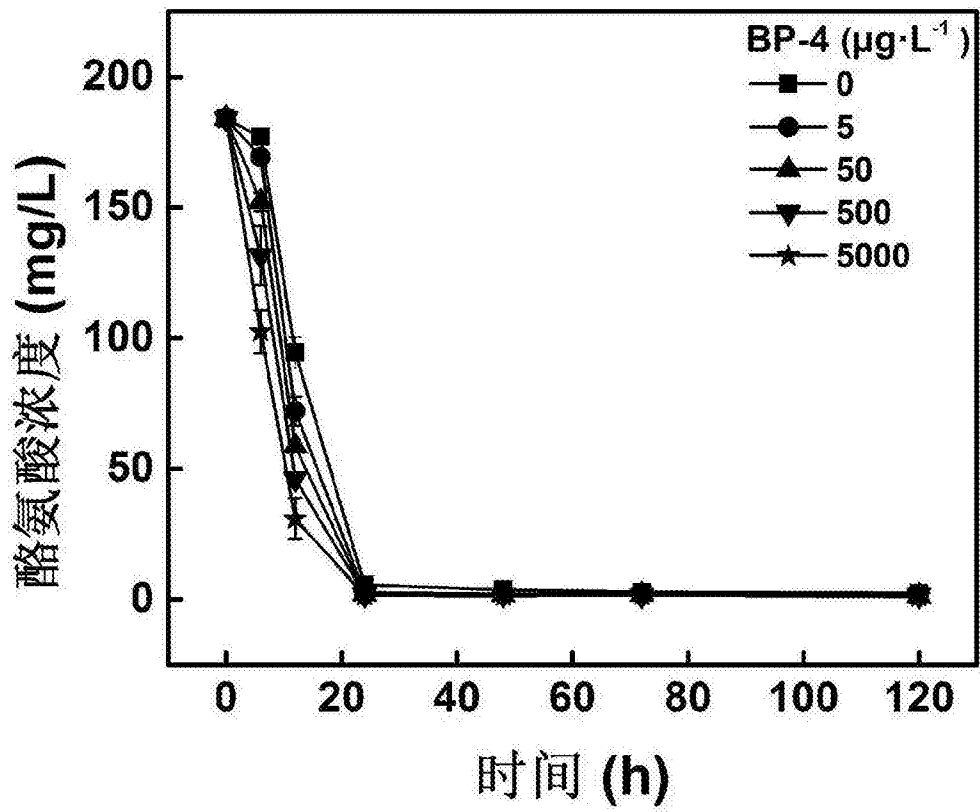




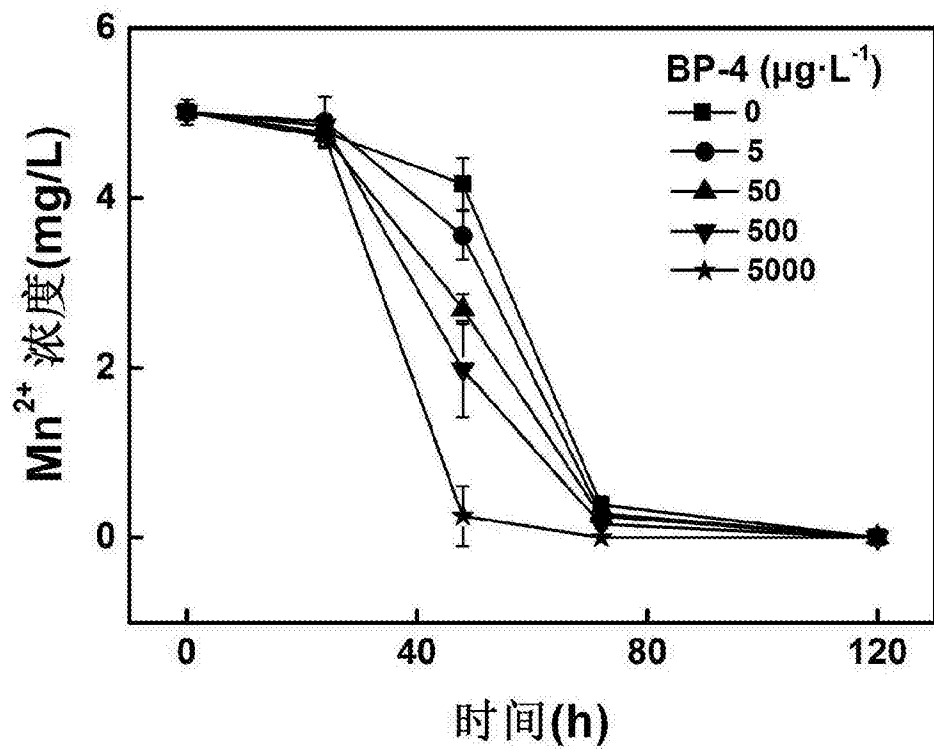
(a)



(b)



(c)



(d)

图1