

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



# [12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710097295.9

[51] Int. Cl.

C02F 1/461 (2006.01)

C02F 1/74 (2006.01)

C02F 101/16 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009 年 7 月 1 日

[11] 授权公告号 CN 100506714C

[22] 申请日 2007.4.30

[21] 申请号 200710097295.9

[73] 专利权人 北京市环境保护科学研究院

地址 100037 北京市西城区阜外大街北营  
房中街 59 号

[72] 发明人 杜 兵 孙艳玲 刘 寅 曹建平  
何 然

[56] 参考文献

KR20030084526A 2003.11.1

CN2711150Y 2005.7.20

JP2006239506A 2006.9.14

CN2498143Y 2002.7.3

CN2839255Y 2006.11.22

铁内电解法与生物法耦合脱氮工艺的研究.  
支霞辉. 中国优秀博硕士学位论文全文数据库  
(博士) 工程科技 I 辑, 第 2 期. 2007

铁炭微电解法废水处理技术研究. 张春  
永. 中国优秀博硕士学位论文全文数据库(硕  
士) 工程科技 I 辑, 第 2 期. 2005

铁炭微电解深度处理焦化废水的研究. 赖  
鹏等. 环境工程学报, 第 1 卷第 3 期. 2007

铁屑内电解法对苧麻废水的预处理研究.  
詹燕. 中国优秀博硕士学位论文全文数据库(硕  
士) 工程科技 I 辑, 第 2 期. 2003

审查员 胡俊超

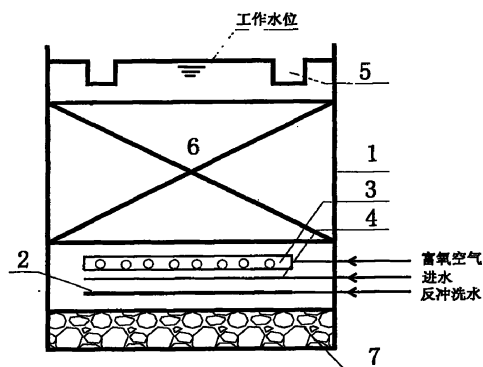
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 4 页

[54] 发明名称

铁碳亚硝化硝化方法及应用此方法的反应器和污水脱氮方法

[57] 摘要

本发明公开了铁碳亚硝化硝化方法及应用此方法的反应器和污水脱氮方法。将铁屑与活性炭分层或混合装入反应器中, 将含有氨氮的水用泵送入反应器, 并对反应器鼓入富氧空气, 仅有无机的铁碳在曝气的条件下, 实现氨氮稳定转化成亚硝酸盐和硝酸盐。此反应器由承托层、反冲洗装置、进水布水装置、空气扩散装置、铁/碳复合材料、收水装置、床体构成, 在其中含氨污水在铁碳氧作用下完成亚硝化或硝化反应。上述反应器与反硝化反应器、厌氧氨氧化反应器组合, 或将此反应器作为生物填料的曝气生物滤池, 完成含氮污水的脱氮过程。该反应器性能稳定、效率高, 动力费用低、维护简单。应用本反应器形成完整脱氮工艺, 提高了全流程脱氮效率。



1. 一种铁碳亚硝化硝化反应器, 由下到上依次在反应器床体(1)中布置承托层(7)、反冲洗装置(2)、进水布水装置(4)、空气扩散装置(3)、铁碳复合材料(6)、收水装置(5), 其特征在于:

所述的铁碳复合材料(6)由80%~90%体积的铁屑/碳混合物和20%~10%体积的填充剂构成, 其中铁屑为无油碳素钢、不规则形态、 $\Phi 5\text{mm} \sim \Phi 70\text{mm}$ ; 碳为直径为 $\Phi 0.5\text{mm} \sim \Phi 3.0\text{mm}$ 的水处理用煤质颗粒活性碳或5~40目的不规则果壳碳或直径为 $\Phi 40\text{mm}$ 焦碳; 填充剂为页岩陶粒;

所述的铁碳复合材料(6)的铁屑与碳均匀混合, 铁屑与碳的体积比为0.25~4:1或重量比为0.5~8:1; 所述页岩陶粒粒径为 $\Phi 2\text{mm} \sim \Phi 5\text{mm}$ ; 所述页岩陶粒与铁碳复合材料分层放置, 各层页岩陶粒厚度不小于15cm。

2. 一种铁碳亚硝化硝化反应器, 由下到上依次在反应器床体(1)中布置承托层(7)、收水装置(5)、反冲洗装置(2)、空气扩散装置(3)、铁碳复合材料(6)、进水布水装置(4), 其特征在于:

所述的铁碳复合材料(6)由80%~90%体积的铁屑/碳混合物和20%~10%体积的填充剂构成, 其中铁屑为无油碳素钢、不规则形态、 $\Phi 5\text{mm} \sim \Phi 70\text{mm}$ ; 碳为直径为 $\Phi 0.5\text{mm} \sim \Phi 3.0\text{mm}$ 的水处理用煤质颗粒活性碳或5~40目的不规则果壳碳或直径为 $\Phi 40\text{mm}$ 焦碳; 填充剂为页岩陶粒;

所述的铁碳复合材料(6)的铁屑与碳均匀混合, 铁屑与碳的体积比为0.25~4:1或重量比为0.5~8:1; 所述页岩陶粒粒径为 $\Phi 2\text{mm} \sim \Phi 5\text{mm}$ ; 所述页岩陶粒与铁碳复合材料分层放置, 各层陶粒厚度不小于15cm。

3. 根据权利要求1或2所述的铁碳亚硝化硝化反应器, 其特征在于承托层(7)采用 $\Phi 32\text{mm} \sim \Phi 2\text{mm}$ 级配卵石或滤板; 空气扩散装置(3)为穿孔管或曝气头, 反冲洗装置(2)为穿孔管或滤头。

4. 一种使用铁碳复合材料对含氨污水进行亚硝化硝化处理的方法, 该方法包括在权利要求1-2中任一项所述的反应器中, 将含有氨氮的水用泵送入所述的反应器, 并对反应器鼓入富氧空气, 控制反应器的不同的pH及溶解氧, 在没有微生物参与的情况下, 仅有无机的铁碳在曝气的条件下, 实现氨氮稳定转化成亚硝酸盐和硝酸盐, 其中亚硝化要求反应中pH值为7~9.5, 硝化反应pH值为5~7.5,  $\text{SS} < 100\text{mg/l}$ ,  $0 < \text{氨态氮的氧化负荷} \leq 10\text{kgNH}_4^+-\text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ , 空塔上升或下降流速为0.1~0.5m/h, 水力停留时间为0.4~2h, 反应器中溶解氧浓度大于0.5mg/l。

5、一种使用铁碳复合材料对含氨污水进行亚硝化硝化处理的方法，该方法包括：在权利要求3所述的反应器中，将含有氨氮的水用泵送入所述的反应器，并对反应器鼓入富氧空气，控制反应器的不同的pH及溶解氧，在没有微生物参与的情况下，仅有无机的铁碳在曝气的条件下，实现氨氮稳定转化成亚硝酸盐和硝酸盐，其中亚硝化要求反应中pH值为7~9.5，硝化反应pH值为5~7.5， $SS < 100\text{mg/l}$ ， $0 < \text{氨态氮的氧化负荷} \leq 10\text{kgNH}_4^+-\text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ，空塔上升或下降流速为0.1~0.5m/h，水力停留时间为0.4~2h，反应器中溶解氧浓度大于0.5mg/l。

6、一种应用权利要求3所述的反应器的污水脱氮方法，它依次包括以下步骤：

a、含氨污水通过进水布水装置均匀进入所述的亚硝化硝化反应器；

b、进入所述亚硝化硝化反应器的含氨污水均速通过铁碳复合材料，其中亚硝化要求反应中pH值为7~9.5，硝化反应pH值为5~7.5， $SS < 100\text{mg/l}$ ， $0 < \text{氨态氮的氧化负荷} \leq 10\text{kgNH}_4^+-\text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ，空塔上升或下降流速为0.1~0.5m/h，水力停留时间为0.4~2h，反应器中溶解氧浓度大于0.5mg/l，在此经铁、碳、氧的协同作用，发生化学亚硝化硝化反应，使污水中的氨部分或全部转化成亚硝酸盐或硝酸盐；

c、经化学反应生成的含有一定比例氨氮、亚硝酸盐及硝酸盐的处理水，经收水装置汇集，并排出所述反应器；

d、步骤c出水进入反硝化反应器，完成脱氮过程，最终产物为安全的氮气；

e、定期对所述亚硝化硝化反应器进行反冲洗或药洗。

7、权利要求6所述的污水脱氮方法，其特征在于所述步骤d中的反硝化反应器是生物反硝化反应器或电解反硝化反应器。

8、一种应用权利要求3所述的亚硝化硝化反应器的污水脱氮方法，它依次包括以下步骤：

a、含氨污水通过进水布水装置均匀进入所述的亚硝化硝化反应器；

b、进入所述亚硝化硝化反应器的含氨污水均速通过铁碳复合材料，其中亚硝化要求反应中pH值为7~9.5，硝化反应pH值为5~7.5， $SS < 100\text{mg/l}$ ， $0 < \text{氨态氮的氧化负荷} \leq 10\text{kgNH}_4^+-\text{N}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ ，空塔上升或下降流速为0.1~0.5m/h，水力停留时间为0.4~2h，反应器中溶解氧浓度大于0.5mg/l，在此经铁、碳、氧的协同作用，发生化学亚硝化硝化反应，将氨氮部分转化成亚硝酸盐，形成氨氮、亚硝酸盐混合出水，使出水中 $\text{NH}_4^+-\text{N}:\text{NO}_2^--\text{N}=0.8\sim 1:1\sim 0.8$ ；

c、经化学反应生成的含有一定比例氨氮、亚硝酸盐的处理水，经收水装置汇集，并排出所述亚硝化硝化反应器；

d、步骤c出水进入消氧反应器，消除出水中溶氧后进入厌氧氨氧化反应器，再利用厌氧氨氧化脱氮菌对含氨氮、亚硝酸盐污水进行生物脱氮，最终产物为安全的氮气；

---

e、定期对所述亚硝化硝化反应器进行反冲洗或药洗。

## 铁碳亚硝化硝化方法及应用此方法的反应器和污水脱氮方法

## 技术领域

本发明属于污水脱氮处理领域，涉及铁碳在污水处理中用于亚硝化硝化方法、应用此方法的亚硝化硝化反应器以及应用此方法和所述反应器的污水脱氮方法。

## 背景技术

同济大学硕士学位论文（2006.7）中，作者为支霞辉的《铁内电解法与生物法耦合脱氮工艺的研究》一文中，披露了铁内电解法与生物法耦合脱氮工艺。该工艺在 SBR 反应器内部设置铁内电解反应装置，通过化学与生物降解的耦合反应，实现短程硝化反硝化脱氮。但其脱氮机理是：耦合短程脱氮仅是在生物铁活性污泥生化反应作用下的结果，铁的作用通过对硝化过程中硝化菌活性的影响而实现。即真正在短程硝化反硝化过程中起作用的是硝化菌，铁只是起到了催化剂的作用。

目前较常用的氨氮废水的脱氮方法主要分为物理法、化学法、生物法。目前较常应用的脱氮方法中，仅有电解法涉及铁的应用，其他均与铁碳无关。但电解法需外加电源。现有物理化学脱氮方法普遍存在能耗高、加药量大、对设备要求高、产物易造成二次污染等问题，使用受限，一般仅用于小水量含氨废水、或特殊水质的含氨废水处理。

目前国内现有的亚硝化过程和技术（ $\text{NH}_4^+-\text{N}$  转化为  $\text{NO}_2^--\text{N}$  的过程），均局限于生物法脱氮过程中，均基于亚硝化微生物的作用来完成的，其原理是通过对微生物生长条件的控制，如：DO、pH、温度等影响因素，对氨氧化菌和亚硝酸盐氧化菌进行选择抑制，使反应器内氨氧化菌占优，从而使硝化阶段产物主要为亚硝酸盐。硝化过程的原理是亚硝酸菌和硝酸菌的生物氧化作用，将氨氮氧化成硝酸盐。生物法是目前应用最为广泛的脱氮方法。但其根本是依赖微生物自身的生命活动实现废水中氮的去除，由于微生物的多样性、生长条件的复杂性，导致反应过程复杂、影响因素多、难于控制。

## 发明内容

为解决上述问题，本发明首次提出一种铁碳复合材料用于含氨污水的亚硝化硝化方法，将铁屑与活性碳分层或混合装入反应器中，将含有氨氮的水用泵送入反应器，并对反应器鼓入富氧空气，控制反应器的不同的 pH 值及溶解氧，在没有微生物参与的情况下，仅有无机的

铁碳在曝气的条件下,实现氨氮稳定转化成亚硝酸盐和硝酸盐,其中亚硝化要求反应中 pH 值为 7~9.5,硝化反应 pH 值为 5~7.5,SS<100mg/l,氨态氮的氧化负荷为 0~10kgNH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N/(m<sup>3</sup>.d),空塔上升或下降流速为 0.1~0.5m/h,水力停留时间为 0.4~2h,反应器中溶解氧浓度大于 0.5mg/l。

本发明首次提出了非生物氧化氨氮为硝态氮的技术方法,完全通过化学过程在一般环境条件下完成氨氮转换为亚硝酸盐(亚硝化)或硝酸盐(硝化)的过程,它是氨氮向硝态氮转化的全新技术。该方法将复杂、难于控制的生物化学过程变为简单的化学反应过程。该过程稳定、反应程度易于控制,并且基本不受温度和水质条件变化影响。

#### 铁碳氧三系亚硝化硝化原理

铁碳亚硝化硝化反应器内一方面由于电化学和一般化学过程的作用,会产生很多新生态的氧化物质如: [H·]、[OH·]、[Fe<sup>++</sup>·]等,这些氧化态物质能氧化氨氮为亚硝酸盐或硝酸盐;另一方面,氧在铁/碳反应产物的催化作用下,可以完成氨氮氧化为亚硝酸盐或硝酸盐的过程。上述两个方面的共同作用,是铁碳亚硝化硝化反应器实现氨氮亚硝化或硝化的基本原因。

本发明又提供了一种利用上述反应原理的亚硝化硝化反应器,该反应器可采用上向流和下向流两种方式。上向流反应器的结构由下到上依次为承托层 7、反冲洗装置 2、进水布水装置 4、空气扩散装置 3、铁碳复合材料 6、收水装置 5 布置在床体(1)中。

下向流反应器的结构由下到上依次为承托层(7)、收水装置(5)、反冲洗装置(2)、空气扩散装置(3)、铁碳复合材料(6)、进水布水装置(4)布置在反应器床体(1)中。

在上向流反应器或下向流反应器中所述的铁碳复合材料由 80%~90%(体积)的铁屑/碳混合物和 20%~10%(体积)的填充剂构成,其中铁屑为直径是 Φ5mm~Φ70mm 无油碳素钢、不规则形态、;碳为直径为 Φ0.5mm~Φ3.0mm 的水处理用煤质颗粒活性炭或 5~40 目的不规则果壳碳或直径为 Φ40mm 焦碳;填充剂为页岩陶粒或其他无机烧结材料;

所述的铁碳复合材料的铁屑与碳均匀混合,铁屑与碳的体积比为 0.25~4:1 或重量比为 0.5~8:1。陶粒粒径为 Φ2mm~Φ5mm。陶粒与铁碳复合材料分层放置,各层陶粒厚度不小于 15cm。

该反应器可以代替传统的生物反应器完成亚硝化或硝化过程,且启动时间短、性能稳定、效率高,使用条件宽广,影响因素少,动力费用低、维护简单。它可以与多种形式生物反应器或电解反应器灵活组合,无缝串联拼接,而形成完整脱氮工艺,提高全流程脱氮效率。

本发明还提供了应用上述反应器与反硝化反应器组合的含氮污水脱氮方法,它依次包括以下步骤:

a、含氨污水通过进水布水装置均匀进入所述的亚硝化硝化反应器；

b、进入所述亚硝化硝化反应器的含氨污水均速通过铁碳复合材料，在此经铁、碳、氧的协同作用，发生化学亚硝化硝化反应，使污水中的氨部分或全部转化成亚硝酸盐或硝酸盐；

c、经化学反应生成的含有一定比例氨氮、亚硝酸盐及硝酸盐的处理水，经收水装置汇集，并排出所述反应器；

d、步骤 c 出水进入反硝化反应器，完成脱氮过程，最终产物为安全的氮气；

e、定期对所述亚硝化硝化反应器进行反冲洗或药洗。

本发明还提供了应用上述反应器与厌氧氨氧化反应器组合的含氨污水脱氮方法，

它依次包括以下步骤：

a、含氨污水通过进水布水装置均匀进入所述的亚硝化硝化反应器；

b、进入所述亚硝化硝化反应器的含氨污水均速通过铁碳复合材料，控制反应条件，使来水中氨氮部分氧化成亚硝酸，在此经铁、碳、氧的协同作用，发生化学亚硝化反应，将氨氮部分转化成亚硝酸盐，形成氨氮、亚硝酸盐混合出水，使出水中  $\text{NH}_4^+-\text{N}:\text{NO}_2^--\text{N}=(0.8\sim1):(1\sim0.8)$ ；

c、经化学反应生成的含有一定比例氨氮、亚硝酸盐的处理水，经收水装置汇集，并排出铁碳氧反应器；

d、步骤 c 出水进入消氧反应器，消除出水中溶氧后进入厌氧氨氧化反应器，再利用厌氧氨氧化脱氮菌对含氨氮、亚硝酸盐污水进行生物脱氮，最终产物为安全的氮气；

e、定期对所述亚硝化硝化反应器进行反冲洗或药洗。

本发明还提供了应用上述反应器的另一种含氨污水的脱氮方法，它依次包括以下步骤：

a、含氨污水通过进水布水装置均匀进入所述的亚硝化硝化反应器，该工艺流程是将铁碳亚硝化硝化反应器作为生物填料的曝气生物滤池，在该反应器中能够实现同时硝化反硝化生物脱氮，最终产物为安全的氮气；

b、定期对所述亚硝化硝化反应器进行反冲洗或药洗。

本发明重大的贡献在于发明了一种替代传统的污水脱氮过程中的生物亚硝化或硝化过程的全新技术。本发明所描述的化学亚硝化硝化过程不受生物过程中的关键敏感因子如微生物活性、微生物量、温度、pH 值等影响，可以方便地控制过程和反应速度。化学亚硝化硝化容积负荷可达到  $3 \text{ kg NO}_2^--\text{N}(\text{生成})/\text{m}^3\cdot\text{d}$  以上，远高于传统生物过程的  $(0.1\sim2 \text{ kg NO}_2^--\text{N}(\text{生成})/(\text{m}^3\cdot\text{d}))$ ，本发明所实现的亚硝化硝化反应出水可以与传统的生物处理过程无缝连接，不对后续生物处理构成影响。

## 附图说明

- 图 1 铁碳亚硝化工艺流程图；
- 图 2 铁碳硝化/亚硝化反应器进出水水质图；
- 图 3 上流式铁碳亚硝化硝化反应器结构图；
- 图 4 下流式铁碳亚硝化硝化反应器结构图；
- 图 5 铁碳亚硝化——生物反硝化脱氮工艺流程图；
- 图 6 铁碳亚硝化——生物反硝化脱氮工艺脱氮效果图；
- 图 7 铁碳亚硝化——厌氧氨氧化脱氮工艺流程图；
- 图 8 铁碳亚硝化——厌氧氨氧化脱氮工艺脱氮效果；
- 图 9 铁碳亚硝化——电解反硝化脱氮工艺流程图；
- 图 10 铁碳亚硝化——电解反硝化脱氮效果图；
- 图 11 铁碳同时生物硝化反硝化组合工艺流程图；
- 图 12 铁碳同时生物硝化反硝化脱氮效果图。

## 具体实施方式

以下结合附图通过实例对本发明作以详细说明。

### 实施例 1：

#### 铁碳亚硝化硝化工艺

本发明是将铁屑与活性炭分层或混合装入反应器中，将含有氨氮的水用泵送入反应器，并对反应器鼓入富氧空气，控制反应器的不同的 pH 及溶解氧，此反应的运行条件为亚硝化要求反应中 pH 值为 7~9.5，硝化反应 pH 值为 5~7.5，SS<100mg/l， $\text{NH}_4^+\text{-N}$  的氧化负荷为 0~10kg $\text{NH}_4^+\text{-N}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，空塔上升（或下降）流速为 0.1~0.5m/h，水力停留时间为 0.4~2h，反应器中溶解氧浓度大于 0.5mg/l。铁、碳、氧三系协同作用，与氨发生电化学亚硝化硝化反应，生成一定量的亚硝酸盐或硝酸盐，形成含有一定比例氨氮、亚硝酸盐（ $\text{NH}_4^+\text{-N}:\text{NO}_2^-\text{-N}=0:100\%\sim 50\%:50\%$ ）、或硝酸盐的处理水。该工艺就能稳定实现亚硝化或硝化反应。工艺流程见图 1，进出水水质见图 2。

含氨污水经过铁碳亚硝化硝化反应器，在合适的 pH 和溶解氧条件下，可以稳定的实现亚硝化硝化反应。该发明成功的实现了在没有微生物参与的条件下，仅有无机的铁碳在曝气的条件下，实现氨氮稳定转化成亚硝酸盐和硝酸盐。铁碳亚硝化硝化反应器可以为方形池、圆形池等，也可以是上流式或是下流式等。



## 实施例 2

利用上述反应原理的亚硝化硝化反应器，该反应器可采用上向流和下向流两种方式。上向流反应器的结构如图 3 所示，由下到上依次为承托层 7、反冲洗装置 2、进水布水装置 4、空气扩散装置 3、铁碳复合材料 6、收水装置 5 布置在床体 1 中。

下向流反应器的结构如图 4 所示，由下到上依次为承托层 7、收水装置 5、反冲洗装置 2、空气扩散装置 3、铁碳复合材料 6、进水布水装置 4 布置在反应器床体 1 中。

在上向流反应器或下向流反应器中所述的铁碳复合材料由 80%~90%体积的铁屑/碳混合物和 20%~10%体积的填充剂构成，其中铁屑为直径是  $\Phi 5\text{mm} \sim \Phi 70\text{mm}$  无油碳素钢、不规则形态、；碳为直径为  $\Phi 0.5\text{mm} \sim \Phi 3.0\text{mm}$  的水处理用煤质颗粒活性碳或 80~40 目的不规则果壳碳或直径为  $\Phi 40\text{mm}$  焦碳；填充剂为页岩陶粒或其他无机烧结材料；

所述的铁碳复合材料的铁屑与碳均匀混合，铁屑与碳的体积比为 0.25~4:1 或重量比为 0.5~8:1。陶粒粒径为  $\Phi 2\text{mm} \sim \Phi 5\text{mm}$ 。陶粒与铁碳复合材料分层放置，各层陶粒厚度不小于 15cm。

富氧空气扩散装置 3 为穿孔管或曝气头，反冲洗装置 2 为穿孔管或滤头。

铁碳氧三系亚硝化硝化反应器的运行过程如下：

a、氨污（废）水通过进水布水装置 4 均匀进入铁碳氧亚硝化硝化反应器；

b、进入铁碳氧三系亚硝化硝化反应器的含氨污水均速通过由铁碳复合材料 6，富氧空气扩散装置 3 鼓入适量空气（氧含量 21%）或加氧空气（氧含量>21%），在此经铁、碳、氧的协同作用，发生化学亚硝化或硝化反应，使污水中的氨部分或全部转化成亚硝酸盐或硝酸盐。经化学反应生成含有一定比例氨氮、亚硝酸盐（ $\text{NH}_4^+-\text{N}:\text{NO}_2^--\text{N}=0:100\%\sim 50\%:50\%$ ）、或硝酸盐的处理水，经收水装置 5 汇集，并排出铁碳亚硝化硝化反应器。

## 实施例 3

### 铁碳亚硝化——传统生物反硝化组合工艺

本发明是将铁碳亚硝化工艺与传统生物反硝化工艺组合成一个完整的新型脱氮工艺，工艺流程见图 5，组合工艺脱氮效果见图 6。含氨污废水经过铁碳亚硝化硝化反应器后，控制合适的 pH 值及适量的溶解氧，将氨氮转化成亚硝酸盐，然后再利用传统的反硝化菌对含亚硝酸盐污废水进行生物反硝化脱氮，通过该流程成功实现对含氨氮污废水的脱氮处理，该工艺流程是铁碳亚硝化工艺与生物反硝化工艺有机的结合。

## 实施例 4

### 铁碳亚硝化——厌氧氨氧化（ANAMMOX）组合工艺

本发明是将铁碳亚硝化工艺与厌氧氨氧化（ANAMMOX）组合成一个完整的新型脱氮工艺，工艺流程见图 7，出水水质见图 8。含氮污水经过铁碳亚硝化硝化反应器后，将氨氮部分转化成亚硝酸盐，形成氨氮、亚硝酸盐混合出水、经过生物脱氮反应器消除出水中溶氧后进入厌氧氨氧化反应器。再利用厌氧氨氧化（ANAMMOX）脱氮菌对含亚硝酸盐污水进行生物脱氮，通过该流程成功实现对含氮污水的脱氮处理，该工艺流程是铁碳亚硝化工艺与厌氧氨氧化（ANAMMOX）工艺有机的结合。

### 实施例 5

#### 铁碳亚硝化——电解反硝化组合工艺

本发明是将铁碳亚硝化工艺与电解反硝化工艺组合成一个完整的新型脱氮工艺，工艺流程见图 9，出水水质见图 10。含氮污水经过铁碳亚硝化硝化反应器后，将氨氮转化成亚硝酸盐，然后再利用传统的反硝化菌对含亚硝酸盐污水进行生物反硝化脱氮，通过该流程是利用电化学原理，成功实现对含氮污水的脱氮处理，该工艺流程是铁碳亚硝化工艺与电解反硝化工艺有机的结合。

### 实施例 6

#### 铁碳同时生物硝化反硝化组合工艺

该工艺流程是将铁碳作为生物填料的曝气生物滤池，在该反应器中能成功实现同时硝化反硝化生物脱氮。与其它反应器相比，用铁碳作为载体的反应器，其反应速率与脱氮效率大幅度提高，并能长期稳定的实现同时硝化反硝化脱氮。工艺流程图见图 11，脱氮效果见图 12。

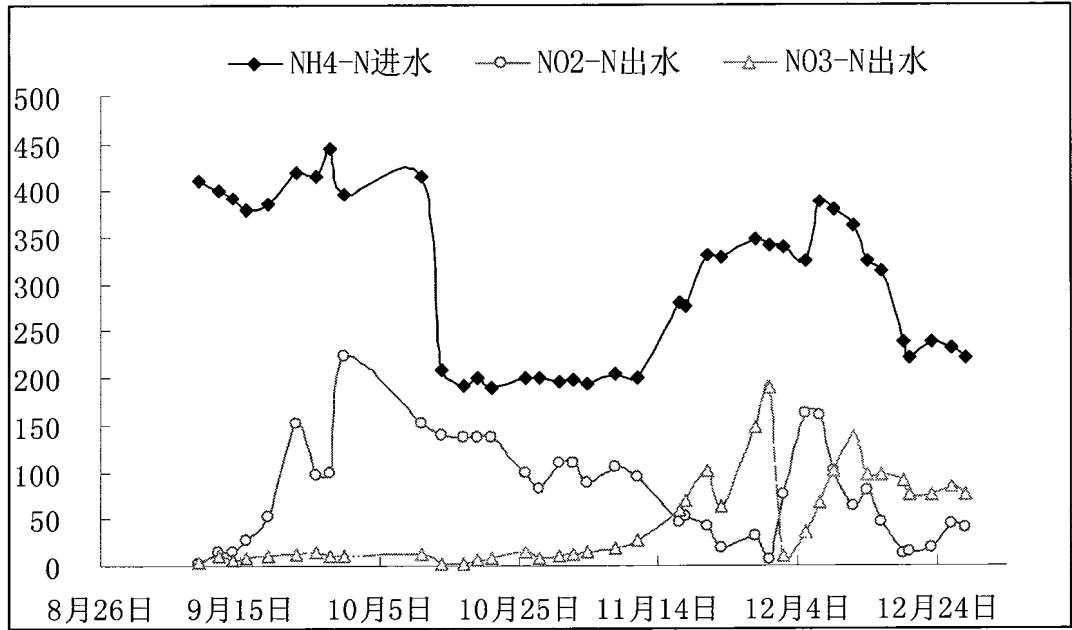
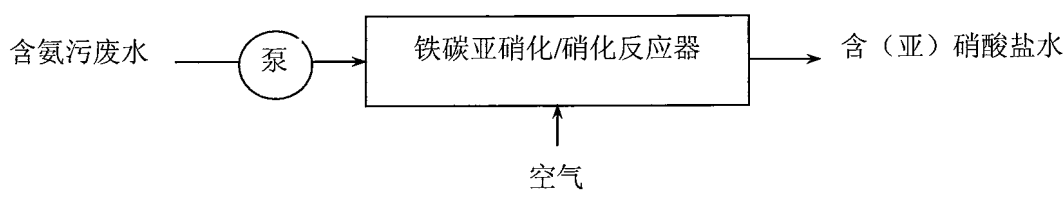


图 2

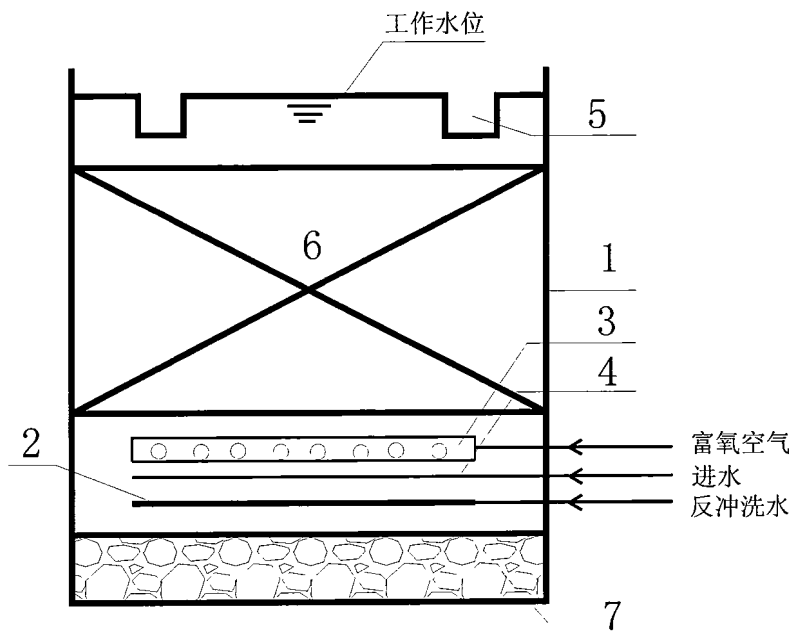


图 3

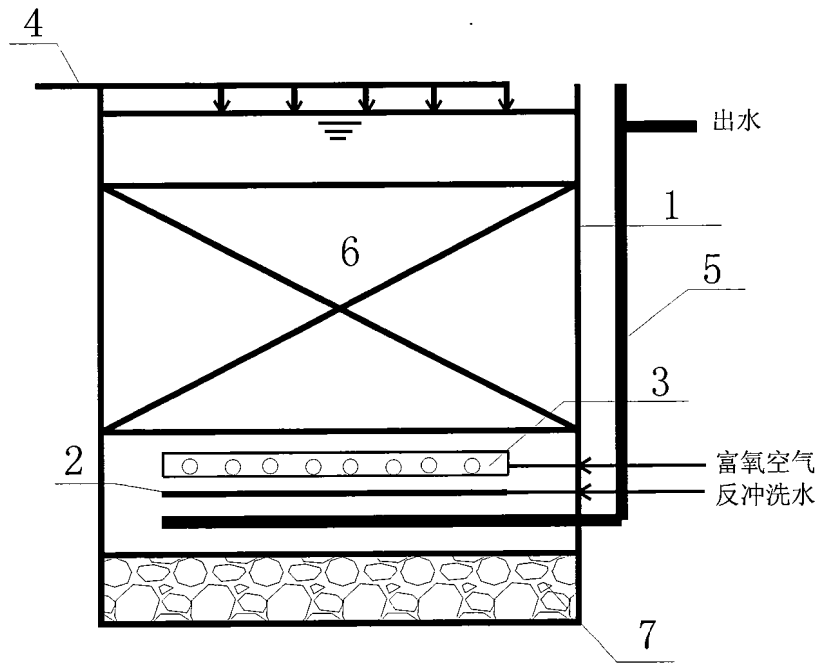


图 4

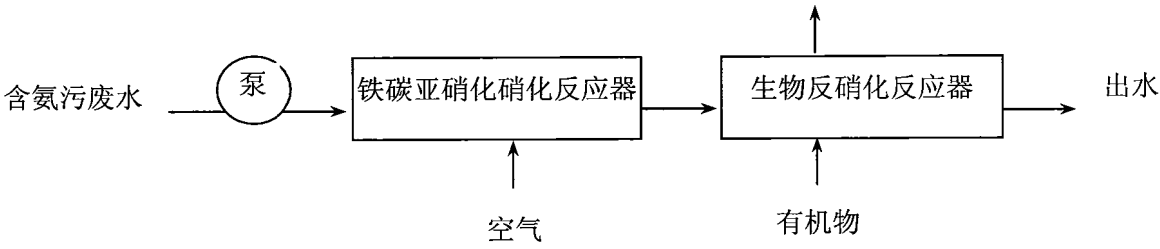


图 5

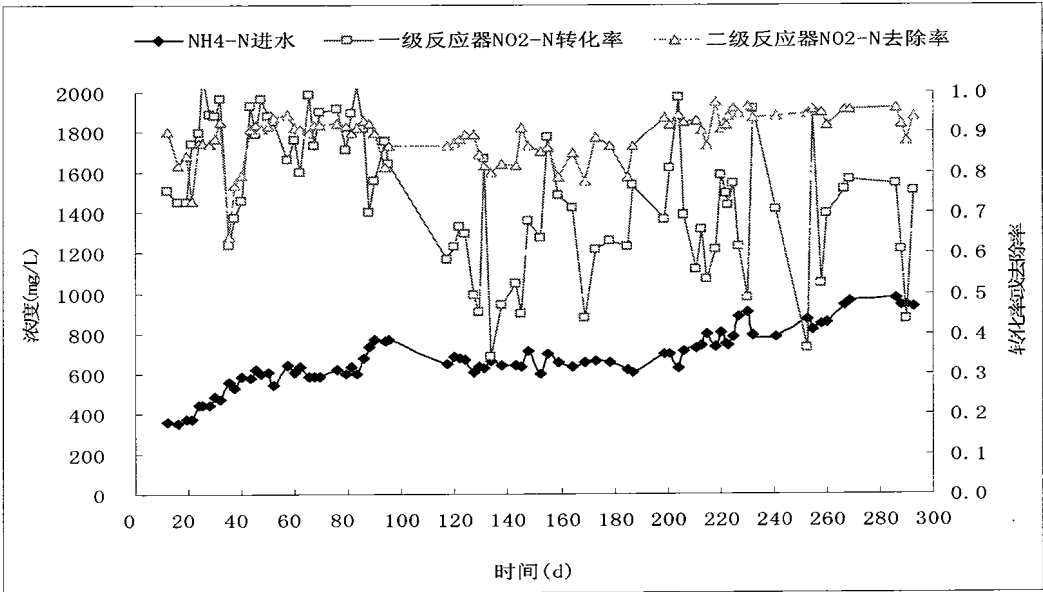


图 6

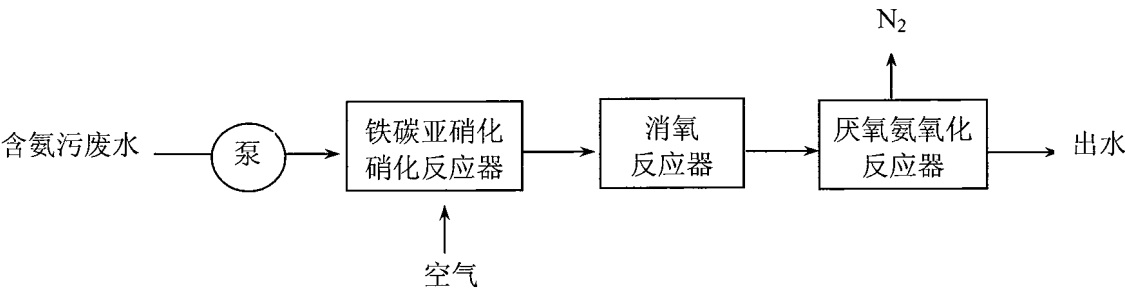


图 7

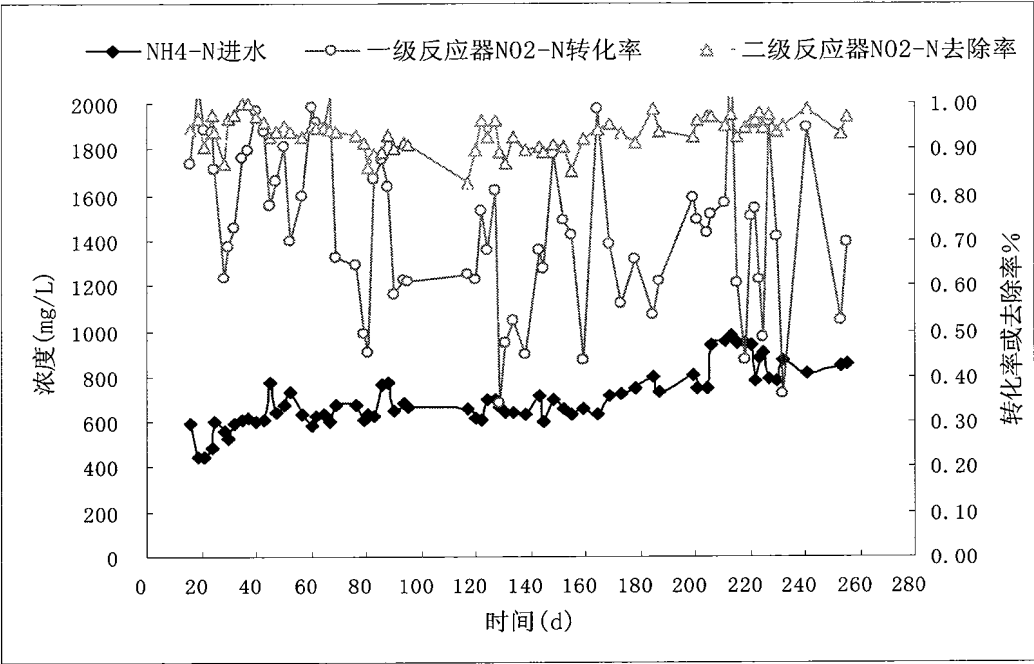


图 8

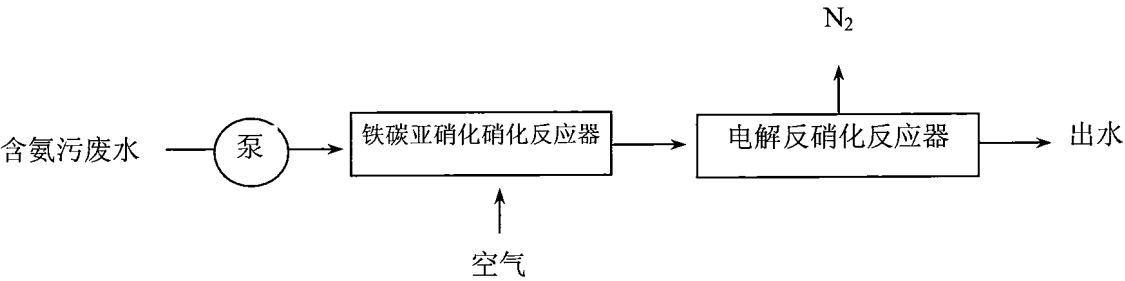


图 9

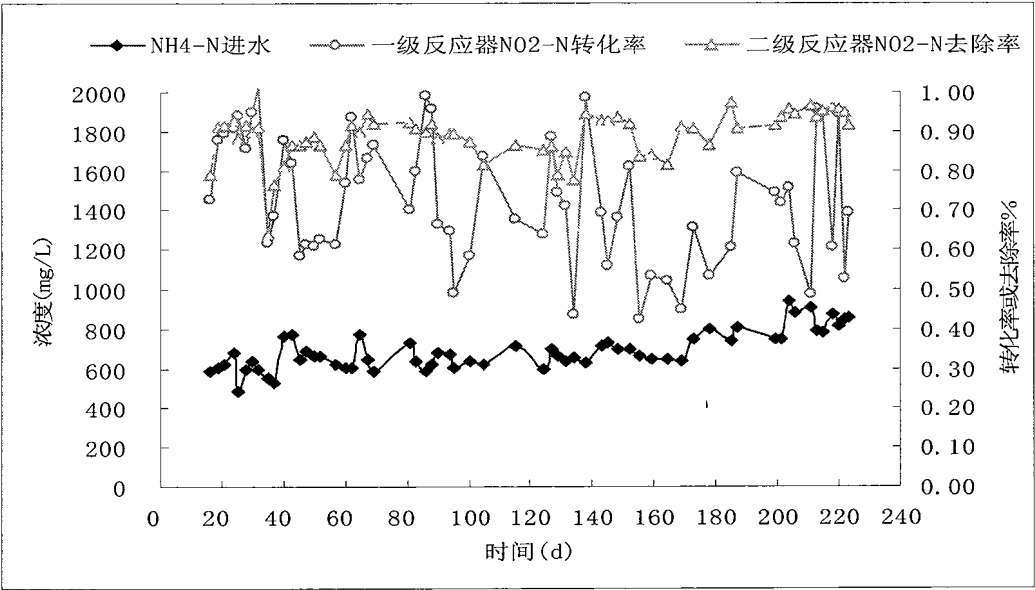


图 10

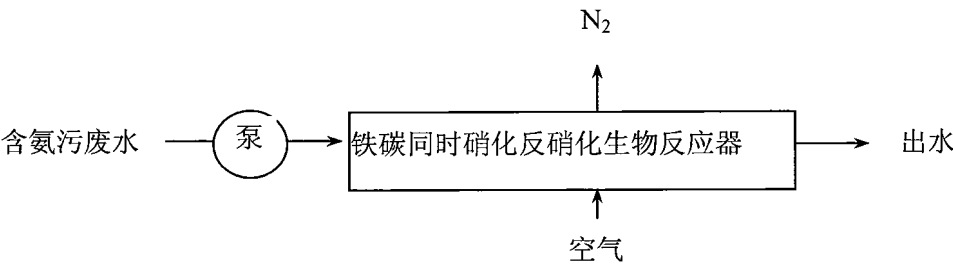


图 11

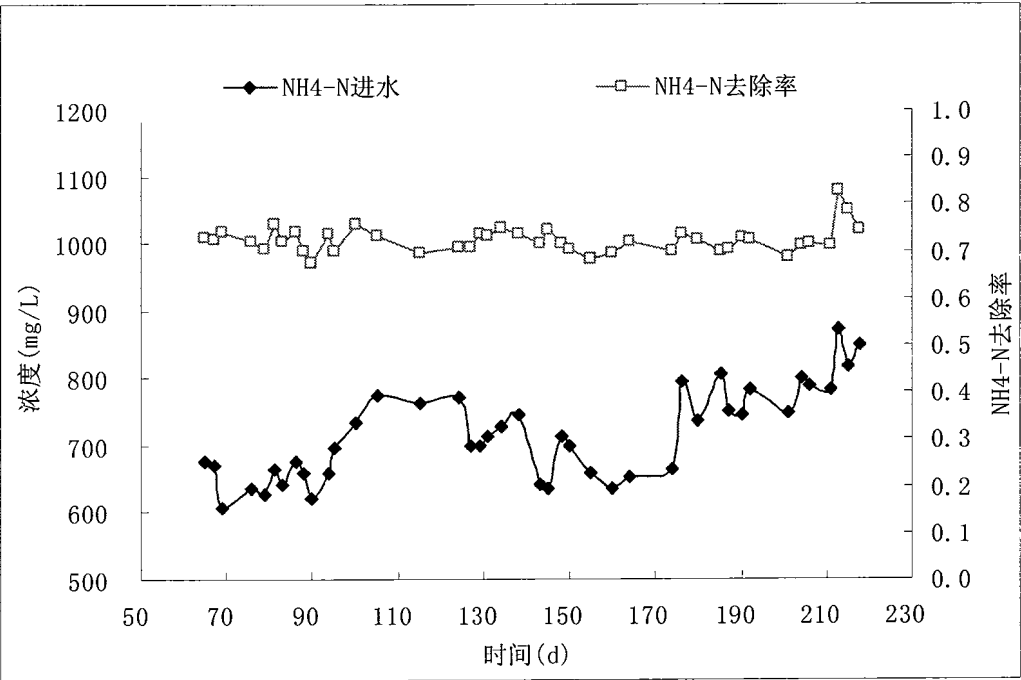


图 12