

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C02F 9/14 (2006.01)

C02F 3/30 (2006.01)

C02F 1/52 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810114889.0

[43] 公开日 2008 年 10 月 22 日

[11] 公开号 CN 101289264A

[22] 申请日 2008.6.13

[21] 申请号 200810114889.0

[71] 申请人 北京城市排水集团有限责任公司

地址 100022 北京市朝阳区高碑店村甲 1 号
研发中心

[72] 发明人 张树军 甘一萍 王 琦 王洪臣
彭永臻 孟凡能 刘秀红 周 军
赵 颖 马富国

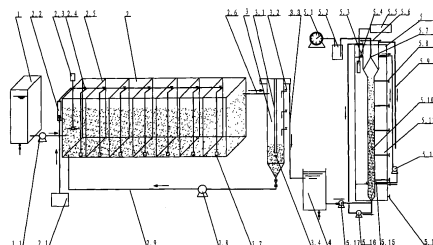
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

[54] 发明名称

污泥消化液短程硝化与厌氧氨氧化组合脱氮的装置和方法

[57] 摘要

本发明公开了一种污泥消化液的 A/O 短程硝化与颗粒污泥厌氧氨氧化组合自养脱氮的装置和方法，该装置设有消化液水池、A/O 短程硝化池、沉淀池、中间水池、厌氧氨氧化池；消化液水池通过 A/O 短程硝化池的进水泵与 A/O 短程硝化池的作为缺氧区的第 1 格室相连通，沉淀池设有中心管，沉淀池上部通过水管与中间水池连通；厌氧氨氧化池设有水浴套和颗粒污泥床；所述方法包括以下步骤：启动 A/O 短程硝化池、启动颗粒污泥厌氧氨氧化池、A/O 短程硝化池与厌氧氨氧化池分别完成启动后，该自养生物脱氮系统串联运行。本发明的装置和方法适用于污水处理厂的污泥消化液的短程硝化和脱氮处理，工艺先进，装置结构简单，操作方便，水净化处理效果好。



1、一种污泥消化液短程硝化与厌氧氨氧化组合脱氮的装置，其特征在于：设有消化液水池（1）、A/O 短程硝化池（2）、沉淀池（3）、中间水池（4）、厌氧氨氧化池（5）；

消化液水池通过 A/O 短程硝化池的进水泵（1.1）与 A/O 短程硝化池的作为缺氧区的第 1 格室相连通，该格室安装搅拌器（2.3），A/O 短程硝化池用上下交错设置过水孔的隔板（2.5）分成为 5—10 个格室；该格室底部设有曝气头（2.7），曝气气泵（2.1）通过气体流量计（2.2）、空气调节阀（2.4）与曝气头连通；A/O 短程硝化池通过出水管（2.6）与沉淀池（3）连通，沉淀池底部通过污泥回流泵（2.8）、污泥回流管（2.9）与硝化池缺氧区即第一格室连通，沉淀池设有中心管（3.1），在中心管下方设有锥形反射板（3.4）；沉淀池自上而下设置取样阀门（3.2），沉淀池上部通过水管（3.3）与中间水池（4）连通；

另外还设有厌氧氨氧化池（5），该池设有圆柱体形水浴套（5.11）和圆筒形颗粒污泥床（5.10），污泥床设在水浴套中间，污泥床上部设有三相分离器（5.7）和顶部密封板（5.6），该分离器的上部与碱液瓶（5.2）、气体流量计（5.1）和排气管连通；污泥床上部上清液通过污泥床出水回流泵（5.16）进入到污泥床底部进行循环；所述水浴套上部设有穿孔吸水管（5.3），该吸水管通过水浴循环泵（5.12）与设在下部的穿孔布水管（5.15）连通，水浴套上部还设有电加热器（5.4）、温度控制器（5.5），水浴套底部设有放水阀（5.14）；中间水池通过厌氧氨氧化池的进水泵（5.17）与厌氧氨氧化池的颗粒污泥床底部连通，污泥床顶部溢出水通过出水管（5.9）排放，厌氧氨氧化池外部设有连通污泥床的数个取样阀（5.8）。

2、利用权利要求 1 所述的污泥消化液短程硝化与厌氧氨氧化组合脱氮的装置进行脱氮的方法，其特征在于：包括以下步骤：

1) 启动 A/O 短程硝化池：用城市污水厂的厌氧污泥消化液贮满消化液水池，同时将取自城市污水厂曝气池中的活性污泥注入到 A/O 短程硝化池，接种后的污泥浓度 $MLSS=2.5\sim3.5\text{ kg MLSS/m}^3$ ，而后启动曝气系统进行污泥消化液中高氨氮 NH_4^+-N 的硝化反应，维持溶解氧 $DO=0.5\sim1.5\text{ mg/L}$ 。进水 pH 值应在 7.2~7.8 之间，如果 $pH<7.2$ ，则投加 $NaHCO_3$ 使 pH 值在上述范围内，同时维持进水 NH_4^+-N 负荷 $ALR=0.4\sim1.0\text{ kg } NH_4^+-N/m^3\text{ d}$ ，通过保持 pH 值和 ALR 在上述范围内变化，使 A/O 短程硝化池中的平均游离氨 FA 浓度 $>4\text{ mg/L}$ 。在上述条件下运行 A/O 短程硝化池，当出水亚硝酸氮 NO_2^--N 累积率大于 50%，并且出水 $NH_4^+-N : NO_2^--N$ 比值在 1 : 1 左右时，A/O 短程硝化得以实现和维持，具备了厌氧氨氧化池的进水水质要求；

2) 启动颗粒污泥厌氧氨氧化池：将 A/O 短程硝化池的剩余污泥和处理城市污水的氧化沟工艺中的活性污泥，按照 2: 1 的质量比投加到颗粒污泥厌氧氨氧化池，接种后的污

泥浓度 $MLSS=10\sim15\text{ kg MLSS/m}^3$ 。将厌氧氨氧化池水浴套的温度设定并控制在 30°C ，将 A/O 短程硝化池出水 NH_4^+-N 与 NO_2^--N 浓度用自来水稀释到 $50\sim80\text{mg/L}$ 之间，将稀释后的上述混合水按照 30L/d 的流量泵入到厌氧氨氧化池，同时开启厌氧氨氧化池出水回流泵，回流比为 2: 1。当厌氧氨氧化池出水 NH_4^+-N 与 NO_2^--N 浓度均小于 15mg/L ，厌氧氨氧化反应得以实现和维持；

3) A/O 短程硝化池与厌氧氨氧化池分别完成启动后，该自养生物脱氮系统串联运行：即消化液水池中的污泥消化液经进水泵进入到 A/O 短程硝化反应器的缺氧区，同时沉淀池中的污泥通过污泥回流泵按照 50%的比例回流到缺氧区，而后缺氧区中的混合液进入到好氧曝气区完成短程硝化，A/O 短程硝化池中混合液进入到沉淀池中进行泥水分离，上清液进入到中间水池中。中间水池中的硝化液含有 NH_4^+-N 与 NO_2^--N ，其浓度比应控制在 1 : 1 左右，为达到上述比例要求，当 $\text{NH}_4^+-\text{N} / \text{NO}_2^--\text{N} > 1.1$ 时，适当降低 A/O 短程硝化池的进水氨氮负荷直到该比例达到 1: 1 左右，而当 $\text{NH}_4^+-\text{N} / \text{NO}_2^--\text{N} < 0.8$ 时，适当提高 A/O 短程硝化池的进水氨氮负荷直到该比例达到 1: 1 左右。 $\text{NH}_4^+-\text{N} / \text{NO}_2^--\text{N}$ 比值约为 1:1 的硝化液经厌氧氨氧化池进水泵进入到厌氧氨氧化池中的颗粒污泥床区完成厌氧氨氧化反应；当厌氧氨氧化池总氮负荷达到 $1.0\text{ kg TN/m}^3\text{ d}$ 以上，而且系统出水中 NH_4^+-N 与 NO_2^--N 去除率均大于 85%，系统完成了污泥消化液的全程自养脱氮过程。

污泥消化液短程硝化与厌氧氨氧化组合脱氮的装置和方法

技术领域

本发明属于低碳氮（C/N）比高浓度氨氮废水生物脱氮技术领域，具体是一种首先通过动态控制实现城市污水厂富含氨氮污泥消化液短程硝化反应，而后在无需有机碳源存在的条件下，通过厌氧氨氧化反应（ANAMMOX, Anaerobic Ammonia Oxidation）去除消化液中的氮素完成自养生物脱氮，适用于污泥消化液、晚期垃圾渗滤液及焦化废水等低 C/N 比的高氨氮废水的生物脱氮。

背景技术

我国的水污染不断加剧，由于氮磷在自然水体中过度累积导致的富营养化现象不断爆发，同时我国的水资源短缺的状况也日趋严重，水污染和水资源短缺的双重压力制约了中国经济社会发展。因而提高城市污水脱氮效率，是污水处理和再生回用的关键所在。

在城市污水生化处理过程中，微生物降解有机物的同时自身增殖，产生了大量剩余污泥，这些污泥和初沉污泥通常在消化池中进行厌氧处理。厌氧消化时由于有机氮的厌氧氨化作用，污水系统中生物合成消耗的氨氮 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 大部分转移到污泥消化液中，结果消化液的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 高达 800-1500mg/L，使得污泥消化液成为典型的高 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 低 C/N 废水，所含 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 占城市污水处理厂总氮负荷的 15%-25%。现有的生化处理工艺将污泥消化液回流与污水一并处理，这大大增加了污水处理的氮负荷，导致脱氮除磷效率难以提高。污泥厌氧消化的代谢特征和污泥消化液直接回流到污水系统的传统工艺，是许多污水处理厂脱氮效率低的一个主要但经常被忽略的症结。对于低 C/N 的污泥消化液而言，有机碳源的严重缺乏是其脱氮效率无法提高的屏障，而外加有机碳源会大幅度的增加污水脱氮的费用。因此，需要提出更为有效的脱氮的装置和方法。

发明内容

本发明的目的是为了解决上述技术问题，提出一种污泥消化液短程硝化与厌氧氨氧化组合脱氮的装置和方法，即首先实现城市污水厂消化液中高浓度 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的短程硝化反应，而后再实现厌氧氨氧化反应，最终实现经济高效的污泥消化液自养脱氮的装置与方法。

本发明的目的是通过以下技术方案来实现的：

污泥消化液短程硝化与厌氧氨氧化组合脱氮的装置，其特征在于：设有消化液水池、A/O 短程硝化池、沉淀池、中间水池、厌氧氨氧化；

消化液水池通过 A/O 短程硝化池的进水泵与 A/O 短程硝化池的作为缺氧区的第 1 格

室相连通，该格室安装搅拌器，A/O 短程硝化池用上下交错设置过水孔的隔板分成为 5—10 个格室；该格室底部设有曝气头，曝气气泵通过气体流量计、空气调节阀与曝气头连通；A/O 短程硝化池通过出水管与沉淀池连通，沉淀池底部通过污泥回流泵、污泥回流管与硝化池缺氧区即第一格室连通，沉淀池设有中心管，在中心管下方设有锥形反射板；沉淀池自上而下设置取样阀门，沉淀池上部通过水管与中间水池连通；

另外还设有厌氧氨氧化池，该池设有圆柱体形水浴套和圆筒形颗粒污泥床，污泥床设在水浴套中间，污泥床上部设有三相分离器和顶部密封板，该分离器的上部与碱液瓶、气体流量计和排气管连通；污泥床上部上清液通过污泥床出水回流泵进入到污泥床底部进行循环；所述水浴套上部设有穿孔吸水管，该吸水管通过水浴循环泵与设在下部的穿孔布水管连通，水浴套上部还设有电加热器、温度控制器，水浴套底部设有放水阀；中间水池通过厌氧氨氧化池的进水泵与厌氧氨氧化池的颗粒污泥床底部连通，污泥床顶部溢出水通过出水管排放，厌氧氨氧化池外部设有连通污泥床的数个取样阀。

利用上述装置实现污泥消化液短程硝化与厌氧氨氧化组合脱氮的方法，其特征在于包括以下步骤：

1) 启动 A/O 短程硝化池：用城市污水厂的厌氧污泥消化液贮满消化液水池，同时将取自城市污水厂曝气池中的活性污泥注入到 A/O 短程硝化池，接种后的污泥浓度 $MLSS=2.5\sim3.5\text{ kg MLSS/m}^3$ ，而后启动曝气系统进行污泥消化液中高氨氮 NH_4^+-N 的硝化反应，维持溶解氧 $DO=0.5\sim1.5\text{ mg/L}$ ；进水 pH 值应在 7.2~7.8 之间，如果 $pH<7.2$ ，则投加 $NaHCO_3$ 使 pH 值在上述范围内，同时维持进水 NH_4^+-N 负荷 $ALR=0.4\sim1.0\text{ kg } NH_4^+-N/m^3\text{ d}$ ，通过保持 pH 值和 ALR 在上述范围内变化，使 A/O 短程硝化池中的平均游离氨 FA 浓度 $>4\text{ mg/L}$ ；在上述条件下运行 A/O 短程硝化池，当出水亚硝酸氮 NO_2^--N 累积率大于 50%，并且出水 $NH_4^+-N : NO_2^--N$ 比值在 1 : 1 左右时，A/O 短程硝化得以实现和维持，具备了厌氧氨氧化池的进水水质要求；

2) 启动厌氧氨氧化池：将 A/O 短程硝化池的剩余污泥和处理城市污水的氧化沟工艺中的活性污泥，按照 2: 1 的质量比投加到厌氧氨氧化池，接种后的污泥浓度 $MLSS=10\sim15\text{ kg MLSS/m}^3$ ，将厌氧氨氧化池水浴套的温度设定并控制在 30°C ，将 A/O 短程硝化池出水 NH_4^+-N 与 NO_2^--N 浓度用自来水稀释到 $50\sim80\text{ mg/L}$ 之间，将稀释后的上述混合水按照 30 L/d 的流量泵入到厌氧氨氧化池，同时开启厌氧氨氧化池出水回流泵，回流比为 2: 1；当厌氧氨氧化池出水 NH_4^+-N 与 NO_2^--N 浓度均小于 15 mg/L ，厌氧氨氧化反应得以实现和维持；

3) A/O 短程硝化池与厌氧氨氧化池分别完成启动后，该污泥消化液短程硝化与厌氧氨氧化组合脱氮系统串联运行：即消化液水池中的污泥消化液经进水泵进入到 A/O 短程

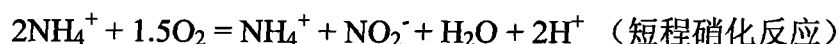
硝化反应器的缺氧区，同时沉淀池中的污泥通过污泥回流泵按照 50%的比例回流到缺氧区，而后缺氧区中的混合液进入到好氧曝气区完成短程硝化，A/O 短程硝化池中混合液进入到沉淀池中进行泥水分离，上清液进入到中间水池中；中间水池中的硝化液含有 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 与 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ ，其浓度比应控制在 1 : 1 左右，为达到上述比例要求，当 $\text{NH}_4^+\text{-N} / \text{NO}_2^-\text{-N} > 1.1$ 时，适当降低 A/O 短程硝化池的进水氨氮负荷直到该比例达到 1: 1 左右，而当 $\text{NH}_4^+\text{-N} / \text{NO}_2^-\text{-N} < 0.8$ 时，适当提高 A/O 短程硝化池的进水氨氮负荷直到该比例达到 1: 1 左右。 $\text{NH}_4^+\text{-N} / \text{NO}_2^-\text{-N}$ 比值约为 1:1 的硝化液经厌氧氨氧化池进水泵进入到厌氧氨氧化池中的颗粒污泥床区完成厌氧氨氧化反应；当厌氧氨氧化池总氮负荷达到 $1.0 \text{ kg TN/m}^3\text{d}$ 以上，而且系统出水中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 与 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 去除率均大于 85%，系统完成了污泥消化液的全程自养脱氮过程。

技术原理：

污水生物脱氮通过硝化将 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 转化为 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ ，再通过反硝化将 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 转化为氮气从水中逸出。反硝化阶段以 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 为电子受体，有机物作为电子供体，将 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 转化为氮气完成生物脱氮。但对于高 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 污泥消化液脱氮而言，其 C/N 比仅在 1 左右，由于有机碳源严重不足，导致传统生物脱氮效率只能达到 10%左右。

在本发明的装置中，低 C/N 比高氨氮的污泥消化液首先在 A/O 短程硝化反应器中，通过动态控制，维持反应器中适宜的游离氨 FA 浓度，使其仅抑制亚硝酸氧化菌 NOB，但不抑制氨氮氧化菌 AOB，从而实现和维持高 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 累积率的短程硝化，同时硝化只需进行到 50%左右的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 被氧化，即 A/O 反应器的出水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 与 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 的浓度比在 1: 1 左右。A/O 短程硝化反应器的出水，在厌氧氨氧化反应器中，在不需有机碳源的条件下， $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 与 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 通过厌氧氨氧化反应转化为氮气，最终完成全程自养生物脱氮。而实现污泥消化液单独脱氮即旁侧脱氮后，再回流到主流区会大大提高城市污水厂的脱氮除磷效率。

厌氧氨氧化反应是九十年代后期正式确认发现的、全新的氨氮生物氧化代谢途径和模式。厌氧氨氧化菌可以在没有有机碳源存在的情况下，通过如下奇特的方式达到高效脱氮的效果：



对低 C/N 比高氨氮的污泥消化液而言，实现厌氧氨氧化反应是其脱氮的最佳途径，同时也是与其水质特点最为适合的脱氮技术。

本发明的污泥消化液短程硝化与厌氧氨氧化组合脱氮的装置和方法与现有技术相比，具有下列优点：

1) 无需外加有机碳源完成污泥消化液的高效生物脱氮, 解决高 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 低 C/N 比废水脱氮效率难以提高的难题, 可较大幅度降低污水脱氮的建设和运行费用;

2) 只需氧化进水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的 50%, 并且只需氧化到 $\text{NO}_2^-\text{-N}$, 而不必氧化到 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 阶段, 大大减小了反应器的容积和曝气费用, 同时降低了硝化的碱度需求;

3) 厌氧氨氧化反应器的总氮负荷可以达到 $1.0 \text{ kg TN/m}^3\text{d}$ 以上, 而且温室气体 CO_2 的产生量很低;

4) 应用该技术后, 污泥消化液的脱氮效率提高, 回流到污水处理厂的主流区后, 大大降低了主流区的氮负荷, 提高了脱氮除磷效率, 有利于污水的再生利用, 防止水体富营养化的发生。

附图说明

图 1 为污泥消化液短程硝化与厌氧氨氧化组合脱氮的装置结构示意图。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本申请专利作进一步的说明: 实施例: 如图 1 所示, 污泥消化液短程硝化与厌氧氨氧化组合脱氮的装置和方法, 由消化液水池、A/O 短程硝化池、沉淀池、中间水池、厌氧氨氧化池。消化液水池的有效容积为 500L, A/O 短程硝化池与厌氧氨氧化池的有效容积分别为 20L、8L, 中间水池的有效容积为 40L, 沉淀池的有效容积分别为 15L。A/O 短程硝化池的尺寸为 $L \times B \times H = 40\text{cm} \times 10\text{cm} \times 55\text{cm}$, 平均分为 4 个格室, 第 1 格室为缺氧搅拌区。厌氧氨氧化池尺寸为 $\Phi \times H = 40\text{cm} \times 190\text{cm}$, 中间颗粒污泥床的尺寸为 $\Phi \times H = 8\text{cm} \times 200\text{cm}$, 水浴套筒的容积为 100L。

本实施例中使用的污泥消化液取自北京市高碑店污水处理厂的污泥处置区, 该污泥消化液的 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 平均浓度为 350mg/L , $\text{COD}/\text{NH}_4^+\text{-N} = 0.7$, 为典型的污泥消化液。

具体的操作过程如下:

- 1) 启动 A/O 短程硝化池: 用城市污水厂的厌氧污泥消化液贮满消化液水池, 同时将取自城市污水厂曝气池中的活性污泥注入到 A/O 短程硝化池, 接种后的污泥浓度 $\text{MLSS} = 3.0 \text{ kg MLSS/m}^3$, 而后启动曝气系统进行污泥消化液中高氨氮 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 的硝化反应, 维持溶解氧 $\text{DO} = 0.5 \sim 1.5\text{mg/L}$ 。进水 pH 值在 7.5 左右, 同时维持进水 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 负荷 $\text{ALR} = 0.4 \sim 1.0 \text{ kg NH}_4^+\text{-N/m}^3\text{d}$, 通过保持 pH 值和 ALR 在上述范围内变化, 使 A/O 短程硝化池中的平均游离氨 FA 浓度 $> 4\text{mg/L}$ 。在上述条件下运行 A/O 短程硝化池, 当出水亚硝酸氮 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ 累积率大于 50%, 并且出水 $\text{NH}_4^+\text{-N} : \text{NO}_2^-\text{-N}$ 比值在 1 : 1 左右时, A/O 短程硝化得以实现和维持, 具备了厌氧氨氧化池的进水水质要求;
- 2) 启动厌氧氨氧化池: 将 A/O 短程硝化池的剩余污泥和处理城市污水的氧化沟工艺中的活性污泥, 按照 2: 1 的质量比投加到厌氧氨氧化池, 接种后的污泥浓度 $\text{MLSS} = 15$

kg MLSS/m³。将厌氧氨氧化池水浴套的温度设定并控制在 30℃，将 A/O 短程硝化池出水 NH₄⁺-N 与 NO₂⁻-N 浓度用自来水稀释到 60~80mg/L 之间，将稀释后的上述混合水按照 30L/d 的流量泵入到厌氧氨氧化池，同时开启厌氧氨氧化池出水回流泵，回流比为 2: 1。当厌氧氨氧化池出水 NH₄⁺-N 与 NO₂⁻-N 浓度均小于 15mg/L，厌氧氨氧化反应得以实现和维持；

- 3) A/O 短程硝化池与厌氧氨氧化池分别完成启动后，该自养生物脱氮系统串联运行：即消化液水池中的污泥消化液经进水泵进入到 A/O 短程硝化反应器的缺氧区，同时沉淀池中的污泥通过污泥回流泵按照 50%的比例回流到缺氧区，而后缺氧区中的混合液进入到好氧曝气区完成短程硝化，A/O 短程硝化池中混合液进入到沉淀池中进行泥水分离，上清液进入到中间水池中。中间水池中的硝化液含有 NH₄⁺-N 与 NO₂⁻-N，其浓度比应控制在 1 : 1 左右，为达到上述比例要求，当 NH₄⁺-N /NO₂⁻-N >1.1 时，适当降低 A/O 短程硝化池的进水氨氮负荷直到该比例达到 1: 1 左右，而当 NH₄⁺-N /NO₂⁻-N <0.8 时，适当提高 A/O 短程硝化池的进水氨氮负荷直到该比例达到 1: 1 左右。NH₄⁺-N /NO₂⁻-N 比值约为 1:1 的硝化液经厌氧氨氧化池进水泵进入到厌氧氨氧化池中的颗粒污泥床区完成厌氧氨氧化反应；当厌氧氨氧化池总氮负荷达到 1.0 kg TN/m³ d 以上，而且系统出水中 NH₄⁺-N 与 NO₂⁻-N 去除率均大于 85%，系统完成了污泥消化液的全程自养脱氮过程。

连续试验结果表明：

A/O 短程硝化池在室温条件下运行 (15℃~30℃)，厌氧氨氧化池的运行温度为 30℃。A/O 短程硝化池的污泥浓度 MLSS 为 3.0 Kg/m³，消化液 NH₄⁺-N 平均浓度为 350mg/L，COD/NH₄⁺-N=0.7 的条件下，稳定运行 6 个月的试验结果表明：A/O 短程硝化池 NO₂⁻-N 累积率为 70~85%，系统出水的总氮 TN<40mg/L，TN 去除率大于 86%，出水 NH₄⁺-N 与 NO₂⁻-N 均小于 10mg/L，厌氧氨氧化池的总氮负荷为 1.0~2.5 Kg TN/m³。厌氧氨氧化池生物气的气相色谱检测结果表明，生物气的主要成分为 N₂，N₂ 含量为 99%，而 CH₄ 等其它气体含量可以忽略，系统成功实现了完全自养脱氮。

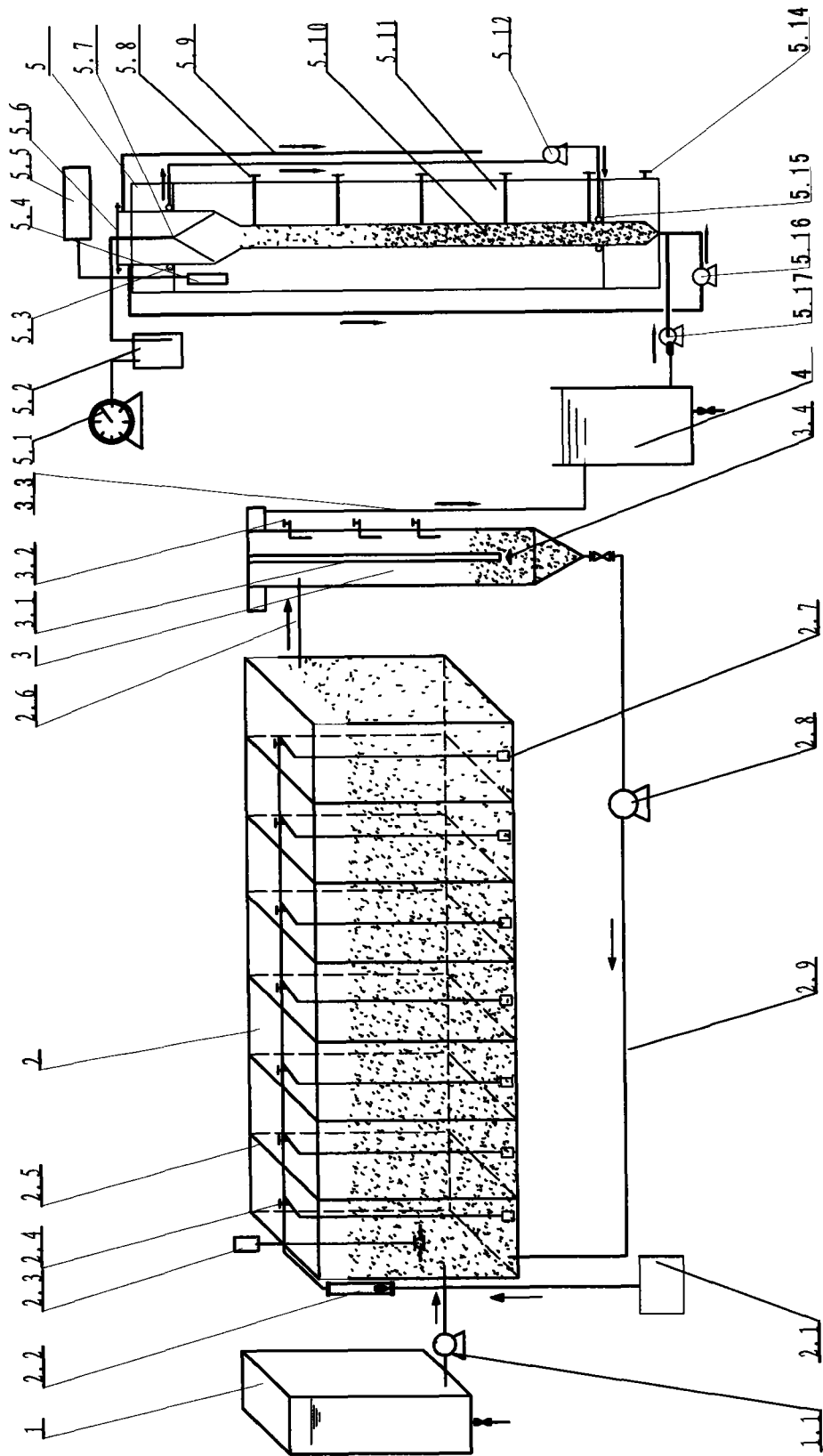


图 1