

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

C02F 3/30 (2006.01)

G05B 19/418 (2006.01)



# [12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200820123774.3

[45] 授权公告日 2009年8月19日

[11] 授权公告号 CN 201292289Y

[22] 申请日 2008.11.21

[21] 申请号 200820123774.3

[73] 专利权人 北京华利嘉环境工程技术有限公司  
地址 100020 北京市朝阳区东三环南路 98 号  
盛鸿大厦 9 层

共同专利权人 北京工业大学

[72] 发明人 马宁平 马娟 刘洋 彭永臻  
王丽

[74] 专利代理机构 北京思海天达知识产权代理有限公司  
代理人 张慧

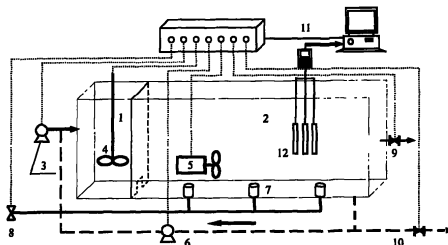
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 1 页

## [54] 实用新型名称

CAST 分段进水强化脱氮过程控制系统

## [57] 摘要

本实用新型是 CAST 分段进水强化脱氮过程控制系统，适用于含氮工业废水处理和城镇污水强化处理。包括选择器、主反应区、进水泵、搅拌器、潜水搅拌器、回流污泥泵、主反应区底部所设曝气器、连接在曝气器上的空气压缩机、排水阀、用于排放主反应区内剩余污泥的排泥阀和与计算机相连接的 ORP、pH 传感器和在线控制系统。在线控制系统与连接在进水泵、搅拌器、潜水搅拌器、回流污泥泵、空气压缩机、排水阀和排泥阀上的时间继电器相连。本实用新型采用在线控制策略控制生物脱氮过程中的好氧曝气和缺氧搅拌时间，解决了曝气或搅拌时间不足所引起的硝化或反硝化不完全和曝气或搅拌时间过长所带来的运行成本的提高和能源的浪费。



1、CAST 分段进水强化脱氮过程控制系统，包括有选择器（1）、主反应区（2）、将原污水打入选择器（1）内的进水泵（3）、设置在选择器（1）内的搅拌器（4）、设置在主反应区（2）内的潜水搅拌器（5）、用于将污泥从主反应区（2）回流至选择器（1）的回流污泥泵（6）、主反应区（2）底部所设曝气器（7）、连接在曝气器（7）上的空气压缩机（8）、用于将处理出水从主反应区（2）排出的排水阀（9）、用于排放主反应区（2）内剩余污泥的排泥阀（10）和与计算机相连接的 DO、ORP、pH 传感器（12）；其特征在于：还包括在线控制系统（11），在线控制系统（11）与连接在进水泵（3）、搅拌器（4）、潜水搅拌器（5）、回流污泥泵（6）、空气压缩机（8）、排水阀（9）和排泥阀（10）上的时间继电器相连；在线控制系统（11）还与计算机相连。

## CAST 分段进水强化脱氮过程控制系统

### 技术领域

本实用新型涉及 CAST（循环式活性污泥法）分段进水强化脱氮过程控制系统，适用于含氮工业废水处理和城镇污水强化处理，属于 SBR（序批式活性污泥法）及其变型工艺污水生物脱氮技术领域。

### 背景技术

富营养化问题是当今世界各国面临的最主要的水污染问题之一，近年来尽管我国城市污水的处理率不断提高，但是由氮、磷污染引起的水体富营养化问题没有得到根本的解决，甚至有日益严重的趋势。我国的大型淡水湖泊和近岸海域均达中度或重度的富营养污染。我国在 2002 年新颁布的《城镇污水处理厂污染物排放标准》中增加了总氮、总磷最高允许排放浓度，同时也对出水氨氮提出了更严格的要求，可见污水处理的主要矛盾已逐渐由有机污染物的去除转变为氮磷污染物的去除。污水中的磷通常可以通过投加混凝剂去除，但由于氮化合物（如  $\text{NH}_4^+$  及  $\text{NO}_3^-$ ）的分子量比较小，无法通过投加药剂去除；另外，如果利用膜技术来去除氮化合物，仅反渗透膜技术是最有效的，但该方法成本过于昂贵，难以推广应用；而其它的膜处理技术，如纳滤、微滤等方法均无法有效去除污水中的氮化合物，因此氮的去除是污水深度处理的难点和重点，只有利用生物脱氮技术才能彻底去除。

生物脱氮过程主要分为两部分，即通过硝化作用将氨氮转化为硝酸盐氮，再通过反硝化作用将硝酸盐氮转化为氮气从水中逸出。传统的污水生物脱氮技术如 A/O、 $\text{A}^2/\text{O}$  工艺，其运行过程的可控性较差，且氮的去除率很难达到 80% 以上。

CAST 是 SBR 法的一种变形工艺，在 SBR 的基础上增设一个生物选择器，以期取得抑制丝状菌污泥膨胀发生和良好脱氮除磷效果，然而在实践中该工艺的脱氮除磷效果多不理想。

在现有的 CAST 工艺中，进水-反应、沉淀、排水各阶段的时间是固定不变的，例如一个典型的运行周期包括 4 个小时，其中 2 小时为进水-曝气阶段，

1 小时为沉淀阶段，另外 1 小时为排水阶段，这样的运行方式是针对原水的平均水质而确定的。而原水水质是波动变化并不是固定不变的，显然这种固定的运行方式不是一种优化的方式。例如，当进水中污染物浓度比平均浓度增高时，如果 2 个小时的进水时间不变，同时曝气量也不变，那么 2 个小时的曝气反应时间就不足；同样，当进水中污染物浓度降低时，那么 2 个小时的曝气反应时间就过多而浪费。而且，2 个小时的曝气反应时间尽管可能满足硝化反应的需要，但由于没有足够的缺氧反硝化时间，总氮的去除效率会受到影响。因此，为了实现节能降耗，并保证工艺出水水质，需要一种可根据原水水质调节各阶段时间的优化运行方式。

### 实用新型内容

本实用新型目的是提供一种 CAST 分段进水强化脱氮在线控制系统，该系统不仅能够提高处理效率、降低了运行成本，而且在进水污染物浓度发生较大变化时，由于采用了在线过程控制仍能准确地控制交替缺氧/好氧时间，使整个系统的抗冲击负荷能力大大提高。

本实用新型采用分多次进水的运行方式与在线控制系统的集成，并充分利用了原污水中的有机碳源，同时科学合理的分配每一阶段硝化、反硝化的时间。增加缺氧搅拌阶段，并采用变时长缺氧/好氧的方式运行，而控制好氧曝气和缺氧搅拌的时间由在线控制策略来实现。

本实用新型采取了如下技术方案。本实用新型包括有选择器、主反应区、将原污水打入选择器内的进水泵、设置在选择器内的搅拌器、设置在主反应区内的潜水搅拌器、用于将污泥从主反应区回流至选择器的回流污泥泵、主反应区底部所设曝气器、连接在曝气器上的空气压缩机、用于将处理出水从主反应区排出的排水阀、用于排放主反应区内剩余污泥的排泥阀、在线控制系统，与在线控制系统相连接的 DO（溶解氧）、ORP（氧化还原电位）、pH 传感器。所述的在线控制系统用于控制包括连接在进水泵、搅拌器、潜水搅拌器、回流污泥泵、空气压缩机、排水阀以及排泥阀的时间继电器、计算机以及连接在计算机上的数据采集卡。

采用上述装置对污水进行脱氮处理时，包括以下步骤：

1) 进水 通过在线控制系统打开进水泵并开启选择器内搅拌器；进水的同时开启回流污泥泵，在预先设定的回流量下，污泥由主反应区末端回流至选择器；

2) 进水/搅拌 同时边进水边开启主反应区内潜水搅拌器，系统进行缺氧反硝化脱氮过程，反硝化进程由 DO、ORP、pH 在线传感器监控，并通过数据采集卡实时将所获得的数据信息传输到计算机进行处理，最终达到对进水和搅拌时间的控制，当 pH 值曲线上出现极大值，同时 ORP 曲线上出现拐点，表明反硝化过程结束，此时关闭进水泵及潜水搅拌器，停止进水搅拌；

3) 曝气 停止进水搅拌后，由在线控制系统开启空气压缩机，由空气压缩机提供的压缩空气进入曝气器，向主反应区混合液中供氧，进行有机物的降解和含氮化合物的硝化作用。整个过程由 DO、ORP、pH 传感器监控，并通过数据采集卡实时将所获得的数据传输到计算机实施曝气时间的在线控制，当 pH 值曲线上出现极小值，同时 ORP 曲线上出现平台，表明硝化过程结束，此时关闭空气压缩机，停止曝气，然后系统进入下一道工序。

4) 重复加原污水反硝化及后曝气 重复步骤 2)、步骤 3) 两步，重复的次数随原污水水质及处理水量要求变化；

5) 沉淀 曝气工序结束时，由在线控制系统中的时间继电器根据预先设定的时间控制沉淀时间，此时进水泵、搅拌器、潜水搅拌器、回流污泥泵、空气压缩机、排水阀和排泥阀均处于关闭状态；

6) 排水 沉淀阶段结束后，通过在线控制系统调节，将处理后水经排水阀排出，排水时间由连接在排水阀上的时间继电器控制；

7) 闲置 在在线控制系统调节下，整个反应系统内的所有阀门、继电器和计量泵均关闭，反应器既不进水也不排水，处于待机状态；

8) 系统依次重复步骤 1) ~ 步骤 7)，根据原水水质或水量变化自动调节各步骤时长，整个系统交替经历厌氧、缺氧、好氧状态，分段进水和间歇出水，并在每个周期结束时经由排泥阀定期排放剩余的活性污泥。

本实用新型的工作原理及过程：

(1) 投加原污水，使其中含有的可被反硝化菌利用的有机碳源的量刚好

满足系统内上一个周期所残留的硝态氮反硝化的要求。反硝化过程硝态氮不断被还原为氮气，使得反应系统内氧化态物质不断减少，因此 ORP 值不断下降，当反硝化完全结束后，由于进入了厌氧状态，ORP 下降速率加快，ORP 曲线出现拐点。同时反硝化过程由于不断产生碱度，所以 pH 值会持续上升，当反硝化结束时，由于进入厌氧发酵产酸阶段，所以 pH 值会由上升变为下降，出现转折点。根据以上特征点，我们可以精确判断反硝化反应的进程，反硝化结束时，停止搅拌。

(2) 启动空气压缩机进行曝气，好氧去除水中有机物，然后将水中氨氮氧化为硝态氮，即进行硝化反应。曝气过程中产生的气泡使得污水和活性污泥充分接触，起到了搅拌混合的作用。活性污泥氧化水中有机物及氨氮是好氧过程，因此当有机物降解完全、硝化反应结束时，水中溶解氧将不再被微生物利用，因此 DO 值会出现跃升，水中氧化态物质也不再增加，ORP 值出现平台。同时硝化反应是一个产酸的反应，因此当硝化反应结束时，pH 值会由下降变为上升。根据以上特征点，我们可以精确了解系统中的反应进程，当硝化反应结束时，停止曝气，避免了过度曝气而浪费的能源。

(3) 投加适量原污水，使其中含有的可被反硝化菌利用的有机碳源的量刚好满足曝气阶段产生的硝态氮反硝化的要求。根据 pH 和 ORP 曲线上的特征点对反硝化反应的进程加以控制，反硝化结束时，停止搅拌。

(4) 再进行曝气，使投加原污水而带入系统的氨氮全部转化为硝态氮，反应进程仍然依据 DO、ORP、pH 值的变化点来进行控制。

(5) 重复投加适量原污水进行反硝化和后曝气的过程 (n 次)。反应的全部过程均在线检测 DO、ORP、pH 值，根据在线控制系统的控制策略来识别在线参数的特征点，对反应的每一步进程进行过程控制。

(6) 反应过程结束后，依次进入沉淀、排水、闲置阶段，并以一定的周期依次重复以上步骤，并根据污泥龄定期排放污泥。

本实用新型具有下列优点：

1) 采用在线控制策略控制生物脱氮过程中的好氧曝气和缺氧搅拌时间，从根本上解决了曝气或搅拌时间不足所引起的硝化或反硝化不完全和曝气或

搅拌时间过长所带来的运行成本的提高和能源的浪费。并且能够根据原水水质水量的变化在线控制各个生化反应所需的原水投加量、反应时间，实现具有智能化的控制。

2) 整个工艺由在线控制系统完成，具有管理操作方便，费用低、耐冲击负荷强和不易发生污泥膨胀。

本实用新型可广泛应用于中小城镇城市污水或有机物、氮素含量变化较大的工业废水的处理，特别适用于已采用 CAST 工艺的污水处理厂或准备采用 CAST 工艺的污水处理厂。

### 附图说明

图 1 是本实用新型操作的工序示意图

图 2 是本实用新型装置结构示意图

图中：1. 选择器；2. 主反应区；3. 进水泵；4. 搅拌器；5. 潜水搅拌机；6. 回流污泥泵；7. 曝气器；8. 空气压缩机；9. 排水阀；10. 排泥阀；11. 在线控制系统；12. DO、ORP、pH 传感器。

### 具体实施方式

下面结合附图及实施例详细说明本实用新型：

本实用新型提供的装置如图 2 所示：包括长方体反应池（池体分为两部分，前端为选择器 1，后端为主反应区 2）、将原污水打入选择器 1 内的进水泵 3、设置在选择器 1 内的搅拌器 4、设置在主反应区 2 内的潜水搅拌机 5、用于将污泥从主反应区 2 回流至选择器 1 的回流污泥泵 6、主反应区 2 底部所设曝气器 7、连接在曝气器 7 上的空气压缩机 8、用于将处理出水从主反应区 2 排出的排水阀 9、用于排放主反应区 2 内剩余污泥的排泥阀 10、在线控制系统 11，与在线控制系统 11 相连接的 DO（溶解氧）、ORP（氧化还原电位）、pH 传感器 12。所述的在线控制系统 11 用于控制包括连接在进水泵 3、搅拌器 4、潜水搅拌机 5、回流污泥泵 6、空气压缩机 8、排水阀 9 以及排泥阀 10 的时间继电器、计算机以及连接在计算机上的数据采集卡。

本实施例中的 CAST 分段进水深度脱氮的过程控制步骤如图 1 所示，包括以下工序：

I 进水 本实用新型所提供的 CAST 分段进水生物脱氮工艺的运行操作工序如图 1 所示，首先通过在线控制系统 11 启动进水泵 3 及回流污泥泵 6 将待处理的废水注入 CAST 反应器的选择器 1 并将主反应区 2 混合液回流至选择器 1，开启选择器 1 内搅拌器 4 使污泥与原污水充分混合。

II 进水/搅拌 同时边进水边开启主反应区 2 内潜水搅拌器 5，系统进行缺氧反硝化脱氮过程，反硝化进程由 DO、ORP、pH 在线传感器 12 监控，并通过数据采集卡实时将所获得的数据信息传输到计算机进行处理，最终实现由在线控制系统 11 对进水和搅拌时间的控制，使原污水中的碳源满足反硝化上一个周期残留的硝态氮的要求，当 pH 值曲线上出现极大值，同时 ORP 曲线上出现拐点，表明反硝化过程结束，此时关闭进水泵 3 及潜水搅拌器 5，停止进水搅拌，进入第 III 道工序。

III 曝气 启动空气压缩机 8，调节至适量的曝气量对反应系统进行曝气，由空气压缩机 8 提供的压缩空气由进气管进入曝气器 7，以微小气泡的形式向活性污泥混合液高效供氧，并且使污水和活性污泥充分接触，整个过程由在线控制系统 11 实施控制，主要根据反应池内所安置的 DO、ORP、pH 传感器 12 在反应过程中所表现出的特征点来间接获取反应进程的信息，并再通过数据采集卡实时将所获得的数据信息传输到计算机进行处理，最终达到对曝气时间的控制，当在线控制系统 11 得到表征硝化完成的信号后，关闭空气压缩机 8，停止曝气，然后系统进入第 IV 道工序。

IV 重复加原污水反硝化及后曝气 重复投加适量原污水进行反硝化和后曝气的过程，重复的次数随原污水水质、处理水量及出水要求变化，操作步骤同 II、III。

V 沉淀 曝气硝化工序结束时，由在线控制系统 11 中的时间继电器根据预先设定的时间控制沉淀时间，此时进水泵 3、搅拌器 4、潜水搅拌器 5、回流污泥泵 6、空气压缩机 8、排水阀 9 和排泥阀 10 均处于关闭状态。

VI 排水 沉淀工序结束后，排水工序启动（第 VI 道工序）。通过在线控制系统 11 调节，将处理后水经排水阀 9 排出，排水时间由连接在排水阀 9 上的时间继电器控制。



VII 闲置 排水结束到下一个周期开始定义为闲置期（第VII道工序）。根据需要，设定闲置时间，在在线控制系统 11 调节下，整个反应系统内的所有阀门、继电器和计量泵均关闭，反应池即不进水也不排水，处于待机状态。

VIII 整个系统由在线控制系统 11 控制顺次重复进水/搅拌、曝气、沉淀、排水和闲置 5 个工序，使整个系统始终处于厌氧、缺氧、好氧交替的状态，分段进水和出水，并在每个周期结束时打开排泥阀 10 经由排泥管定期排放剩余的活性污泥。

本实用新型可广泛应用于中小城镇城市污水的处理，特别适用于已采用 CAST 工艺的污水处理厂或准备采用 CAST 工艺的污水处理厂。首先应具备 DO、ORP 和 pH 值在线检测设备，待系统稳定运行之后，观测 DO、ORP 和 pH 值在去除有机物、硝化与反硝化生化反应过程中的变化规律，根据参数变化的特征规律，将在线控制的软件、硬件系统与 DO、ORP、pH 值在线检测相结合，并根据实际运行情况调整某些参数和控制规则，例如回流比、沉淀时间等，以取得理想的出水水质。

实施例：

以某大学家属区排放的实际生活污水作为实验对象（pH=6.5~7.8，COD=260~350 mg/L，TN=60~85mg/L，TP=3.5~6.8mg/L）。所选择的 CAST 反应器有效容积 18L，反应器内初始 MLSS 在 3.5~4.0 g/L，曝气量恒定在 0.25 m<sup>3</sup>/h，泥龄维持在 10 d 左右，反应温度 23℃。利用 CAST 分段进水强化脱氮过程控制系统，处理水量 6L，分段次数为 3 次，COD 去除率达 85%以上，总氮去除率超过 90%，总磷去除率大于 90%最终出水中 COD 小于 50 mg/L、总氮小于 10 mg/L，低于国家一级排放标准所要求的总氮浓度。

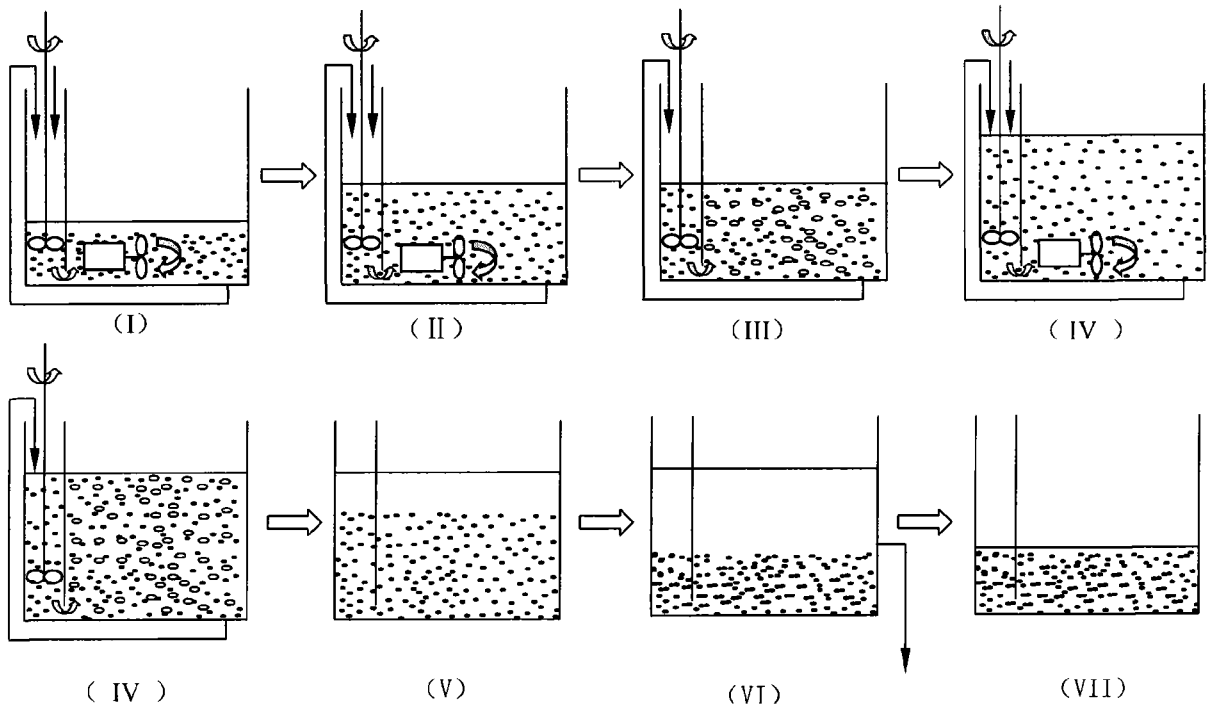


图 1

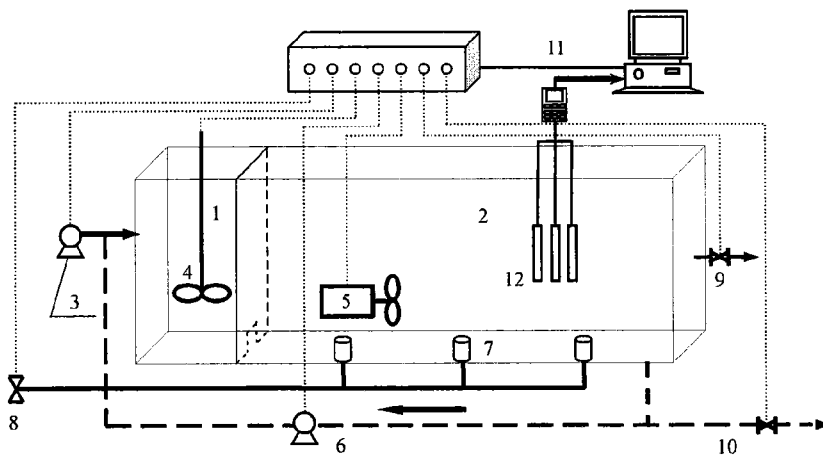


图 2