

设计经验

倒置 AAO 工艺的设计特点与运行参数

傅 钢, 董 滨, 周增炎, 高廷耀

(同济大学 环境科学与工程学院, 上海 200092)

摘 要: 概述了城市污水生物脱氮除磷倒置 AAO 工艺的设计特点, 介绍了国内一些工程实例。通过总结这些工程实例的运行经验及十多年来的研究成果, 提出了倒置 AAO 工艺适宜的生产运行参数。

关键词: 城市污水处理; 倒置 AAO 工艺; 设计特点

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2004)09-0053-03

Design Characteristics and Operating Parameters of Inverted AAO Process

FU Gang, DONG Bin, ZHOU Zeng-yan, GAO Ting-yao

(School of Environmental Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: The design characteristics of inverted AAO process for phosphorus and nitrogen removal from urban wastewater were described, and some project cases in China were introduced. By summarizing the operating experiences with these projects and research results for more than 10 years, operating parameters appropriate for the inverted AAO process was presented.

Key words: urban wastewater treatment; inverted AAO process; design characteristics

现有城市污水脱氮除磷技术主要有以下三大类: A^2/O 工艺、氧化沟法和 SBR 法, 其中 A^2/O 脱氮除磷工艺是应用较为广泛的一类, 近十年来出现了倒置 AAO 工艺^[1-3]、 $A + A^2/O$ 工艺、Trizon 工艺等改良型 A^2/O 工艺。

1 倒置 AAO 工艺的设计特点

与常规 A^2/O 工艺相比, 倒置 AAO 工艺省去了混合液内回流, 适当加大了污泥回流比, 其工艺流程如图 1 所示。

根据进水水质不同, 通过缩短初沉时间或者取消初沉池(由超越管实现)来满足倒置 AAO 工艺的需要: 初沉时间的缩短, 一方面使得沉砂池出水中的

微生物和部分或全部有机物直接进入生化反应系统, 增加了反应池进水的有机物总量, 保证了脱氮除磷新工艺对碳源的需要, 提高了生化反应系统对氮、磷的去除效率; 另一方面为微生物提供了良好的栖息场所, 使系统的生物种类和数量都大幅度提高。

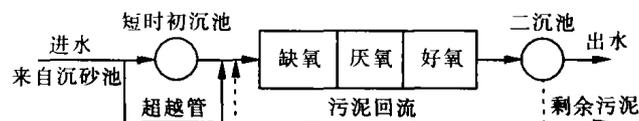


图 1 倒置 AAO 工艺流程

Fig. 1 Flow chart of inverted AAO process

缺氧池、厌氧池配有搅拌设备, 好氧池通过曝

气维持供氧。三个工艺段的作用如下:缺氧段,微生物利用进水中有机物为碳源,使得回流污泥带来的硝态氮反硝化,形成 N_2 或 N_2O , 逸至大气中,达到脱氮目的;厌氧段,水中溶解氧和硝态氮结合氧均已消耗完毕处于厌氧状态,聚磷微生物利用胞内聚磷分解产生的能量吸收污水中的易降解 COD,同时释放磷酸盐;好氧段前段主要降解污水中的有机质并过量吸磷,到好氧区后段则 BOD 大幅度降低,BOD/TKN 值较低利于硝化菌的生长,主要进行硝化反应。缺氧段、厌氧段并无严格的界限,主要取决于工艺构筑物采用的形式和前置反硝化的效果。生化反应池较高的污泥浓度不仅从固定的生化反应池容积中争取到好氧池硝化所需要的反应容积,而且活性污泥絮体内部的缺氧微环境使得硝化和反硝化过程在曝气时段内就同步进行,从而为进一步提高系统的脱氮效率创造了条件。

倒置 AAO 工艺具有以下特点^[4]:①缺氧区位于工艺系统首端,优先满足反硝化碳源需求,强化了处理系统的脱氮功能;②所有的回流污泥全部经过完整的厌氧释磷与好氧吸磷过程,具有“群体效应”,同时聚磷菌经过厌氧释磷后直接进入生化效率较高的好氧环境,其在厌氧状态下形成的吸磷动力可以得到充分利用,提高了处理系统的除磷能力;③通过取消初沉池或缩短初沉池停留时间,不仅增加了系统脱氮除磷所需的碳源,而且提高了处理系统内的污泥浓度,强化了好氧区内的同步反硝化作用,进一步缓解了处理系统内的碳源矛盾,提高了处理系统的脱氮除磷效率;④将常规 A^2/O 工艺的混合液回流系统与污泥回流系统合二为一组成了唯一的污泥回流系统,工艺流程简捷,运行管理方便,占地面积减少;⑤与常规 A^2/O 工艺相比,倒置 AAO 工艺的流程形式和规模要求与传统法工艺更为接近,在老厂改造方面更具推广优势。

但倒置 AAO 新工艺还存在以下不足:首先存在活性污泥法的一些通病,如低温条件下系统硝化功能将大幅度降低、C/N 与 C/P 值过低时除磷脱氮效果将受到影响、有毒有害废水会大大影响工艺的处理效果等;其次,有关脱氮除磷泥龄矛盾、好氧段同步硝化反硝化作用及其对系统除磷脱氮的影响^[5]、污泥回流比的选择对实际污水厂改造的影响以及改造前后系统能耗变化等方面的研究都还有待深入^[6]。

2 应用实例

2.1 常州城北、清潭、丽华污水厂

常州市城北污水厂处理设计总规模已达 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,共分三期完成。一期原采用活性污泥工艺,二期原采用 A^2/O 工艺,后均改为倒置 AAO 工艺。目前城北污水厂实际进水量为 $(11 \sim 12) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,出水水质良好,达到设计标准。城北污水厂所接纳的污水中约 30% 为工业废水。二期工程的运行参数如下:进水流量为 $41\ 700 \text{ m}^3/\text{d}$,平均水力停留时间为 13.4 h,COD 污泥负荷为 $0.17 \text{ kgCOD}/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$,泥龄为 9.0 d,MLSS 为 3.15 g/L ,好氧段 DO 为 2.6 mg/L ,污泥回流比为 75%。运行结果表明,各项出水指标都达到了城镇污水处理厂污染物排放新标准(GB 18918—2002)一级标准的要求。

常州市清潭污水厂始建于 1981 年,处理总规模为 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,进水中工业废水占 30% 左右。原三期处理工艺为鼓风曝气活性污泥法,现改造为倒置 AAO 工艺,运行参数如下:进水流量为 $4\ 320 \sim 4\ 800 \text{ m}^3/\text{d}$,BOD 污泥负荷为 $0.15 \sim 0.2 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$,泥龄为 12.1 d,MLSS 为 5.2 g/L ,好氧段 DO 为 $1.5 \sim 4.5 \text{ mg/L}$,污泥回流比为 150%。四期工程的处理规模为 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,原为常规 A^2/O 工艺,现改造为倒置 AAO 工艺,运行参数如下:进水流量为 $13\ 200 \sim 14\ 880 \text{ m}^3/\text{d}$,BOD 污泥负荷为 $0.08 \sim 0.15 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$,泥龄为 17.0 d,MLSS 为 3.8 g/L ,好氧段 DO 为 $1.0 \sim 2.0 \text{ mg/L}$,污泥回流比为 100%。

丽华污水厂总处理规模为 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,目前实际进水量为 $(1.7 \sim 1.8) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。现有一、二、三期工程都采用倒置 AAO 工艺。一、二期工程原为传统活性污泥工艺,三期工程原为 A^2/O 工艺,改造后运行参数如下:进水流量为 $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 左右,BOD 污泥负荷为 $0.056 \sim 0.12 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$,泥龄为 15.0 d,MLSS 为 4.0 g/L ,污泥回流比为 100%。

监测结果表明,清潭、丽华污水厂的处理效果与城北污水厂一致。

2.2 青岛李村河污水厂

青岛市李村河污水厂设计总规模为 $17 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其中一期工程规模为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,现实际处理规模为 $4.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。该厂按脱氮除磷 VIP 工

艺进行设计,也可按 A/O 或 A²/O 不同工艺运行。李村河污水厂所接纳的污水中约 70% 为工业废水。2000 年 5 月—2002 年 12 月通过取消内回流的办法改为倒置 AAO 工艺,运行参数如下:进水流量为 $4.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 左右,水力停留时间为 16.74 ~ 20 h, COD 污泥负荷为 0.182 ~ 0.269 kgCOD/(kgMLSS · d),泥龄为 8 ~ 20 d, MLSS 为 3.886 ~ 4.512 g/L, 污泥回流比为 175% ~ 212%, 缺氧区、厌氧区进水分配比为 3:1 或全部从缺氧区进水。

从李村河污水厂的实际运行情况看,倒置 AAO 工艺同样适用于以工业废水为主的高浓度城市污水脱氮除磷处理。该工艺在各种不同环境条件下均可保持稳定运行,同时对有机物、氮、磷具有较高的去除能力(李村河污水厂的 COD、TP 去除率分别达到了 90%、85% 以上)。但倒置 AAO 工艺与其他生物脱氮除磷工艺一样容易受低温影响,会导致脱氮效率下降。在常温条件下,倒置 AAO 工艺的脱氮效率可以达到 85% 以上;在低温条件下(水温 < 15 °C),通过调整工艺运行条件可使脱氮效率达到 65% ~ 75%。另据该厂的统计,倒置 AAO 工艺的运行能耗比 VIP/UCT 工艺的低 11.9%,同时曝气系统能耗也降低 12.3%。

2.3 青岛团岛污水厂

团岛污水厂设计规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,但目前实际进水量仅为 $(4 \sim 6) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。进水中 80% 以上为生活污水。该厂原采用改良 A²/O 工艺(即 A + A²/O 工艺),后调整为倒置 AAO 工艺。原回流污泥反硝化池和厌氧池变成了缺氧池,原缺氧池变成了厌氧池,好氧池不变。运行参数如下:水力停留时间为 23 h, BOD 污泥负荷为 0.10 kgBOD₅/(kgMLVSS · d),泥龄为 15 ~ 20 d, MLSS 为 4.0 g/L, 污泥回流比为 100% ~ 200%。

该厂的 COD、TP 去除率分别达到了 90%、85% 以上。另外,在冬季低温条件下其硝化反硝化功能也受到一定的影响,但通过适当调整运行条件,脱氮效率达到 75% 以上。

3 运行参数探讨

通过总结各工程实例的运行经验及课题组多年来的研究成果,提出了倒置 AAO 工艺适宜的生产运行参数(见表 1)。

表 1 中推荐的倒置 AAO 工艺运行参数可以用

于指导新建污水厂的设计和老污水厂的改造,但应视不同地域的不同污水水质和工艺处理要求作出合理调整。如该工艺用于处理高浓度城市污水时,设计水力停留时间可较长(如青岛李村河、团岛污水厂为 16 ~ 20 h),而处理低浓度城市污水时则较短(如常州城北、清潭、丽华污水厂为 10 ~ 12 h)。又如污泥浓度的设计,应用于传统活性污泥法工艺老厂改造时取 5 ~ 7 g/L,而应用于常规 A²/O 工艺的改造或者脱氮除磷功能污水厂的新建时则取 4.0 g/L。

表 1 倒置 AAO 工艺的主要运行参数

Tab. 1 Main operating parameters of inverted AAO process

运行参数		取值
缺氧区水力停留时间(h)		2.0 ~ 4.0
厌氧区水力停留时间(h)		2.0 ~ 4.0
好氧区水力停留时间(h)		6.0 ~ 10.0
污泥回流比 R		1.5 ~ 2.5
泥龄 SRT(d)		8 ~ 20
缺氧区、厌氧区进水分配比		3:1
好氧区溶解氧 DO(mg/L)		1.5 ~ 2.0
污泥负荷 [kgBOD ₅ /(kgMLSS · d)]	常温	< 0.15
	低温	< 0.10
污泥浓度 (g/L)	传统活性污泥法老厂改造	5 ~ 7
	常规 A ² /O 工艺污水厂改造	4.0
	新建污水厂	4.0

参考文献:

- [1] 张波,高廷耀.倒置 AAO 工艺的原理与特点研究[J].中国给水排水,2000,16(3):11-15.
- [2] 张波.短时厌氧区生化特性及其对聚磷菌除磷行为的影响[J].青岛建筑工程学院学报,1997,18(4):26-31.
- [3] 高廷耀,周增炎.无脱氮除磷功能废水处理厂的改造——简易改造城市污水厂的三种脱氮除磷新工艺[J].同济大学学报(自科版),2000,28(3):324-327.
- [4] 张波,高廷耀.生物脱氮除磷工艺厌氧/缺氧环境倒置效应[J].中国给水排水,1997,13(3):7-10.
- [5] 金有祥,张万勤.改良型 A²/O 工艺综述[J].科技交流,2002,32(2):75-78.
- [6] 万年红.A²/O 工艺的改良与设计应用[J].中国给水排水,2003,19(8):81-83.

电话:(021)65986268

E-mail:fgconna@sina.com

收稿日期:2004-04-26