城镇污水处理厂强化生物脱氮试验研究

邵辉煌[1] 张 韵[1] 方先金[1] 汞伟[2] 黄 晨[2] 盛铭军[2]

(1 北京市市政工程设计研究总院, 北京 100082; 2 苏州市排水管理处, 苏州 215001)

摘要 针对二级城镇污水处理厂提标改造时出水氮、磷指标很难同时达到一级A标准的实际情况, 提出通过优化工艺运行参数, 包括优先利用碳源进行生物脱氮、增加缺氧反硝化池容、降低回流混合液DO等方式, 进行强化生物脱氮, 首先使出水氮指标达到一级A标准, 然后在深度处理单元采用化学方法除磷, 使出水水质全面达到一级A标准。并通过生产性试验, 探讨了强化生物脱氮的效果。试验结果表明, 对于采用UNITANK工艺的污水处理厂, 经过强化生物脱氮, 出水氮指标能够稳定达到一级A的排放标准。

关键词 污水处理厂 提标改造 强化生物脱氮 运行参数 优化

Study on the enhanced bio-denitrification in municipal wastewater treatment plant

Shao Huihuang[1], Zhang Yun[1], Fang Xianjin[1], Ding Yongwei[2], Huang Chen[2], Sheng Mingjun[2]

(1. Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute, Beijing 100082, China; 2. Suzhou Municipal Drainage Administration, Suzhou 215001, China)

Abstract: According to the situation that the N and P indexes in the effluent of second grade municipal wastewater treatment plant can't meet the demands for advancing reconstruction, the optimized operation parameters are put forward, including bio-denitrification preferentially with carbon source, enlarging the anoxic denitrification tank, decrease the recycling flow DO, and so on, to enhance the bio-denitrification, so the N concentration in effluent can meet the first class A, then through chemical dephosphorization in advanced treatment the effluent water quality will satisfy the first class A entirely. Through industrial experimentation, the effects of enhanced bio-dephosphorization are also discussed. The experiment results show that the wastewater treatment plant with UNITANK process will meet the first class A of the N concentration in effluent through enhanced bio-denitrificaion.

Keywords: Wastewater treatment plant; Advancing reconstruction; Enhanced bio-denitrification; Operation parameters; Optimize

1 强化生物脱氮的提出

我国多数已建污水处理厂具备生物脱氮除磷的功能, 但是, 脱氮和除磷所要求的运行条件存在差异, 甚至是诸多矛盾: 生物脱氮要求延长泥龄, 减少系统污泥排放量, 生物除磷则要求缩短泥龄, 增大污泥排放量; 我国多数城市污水碳氮比偏低, 碳源往往不能同时满足生物脱氮除磷的需要; 许多已建污水处理厂缺氧池容积偏小、HRT偏短, 脱氮能力先天不足。因此出水N、P指标难于同时达到一级A标准。

由于除磷可以采用化学方法, 可供选用的处理技术较多, 而脱氮只能通过生物硝化和反硝化过程来实现, 如果在二级污水处理厂不能使出水N指标达到一级A标准, 在深度处理单元脱氮则需要投加碳源, 工艺流程冗长, 运行成本较高。据此, 提出在二级污水处理厂提标改造时进行强化生物脱氮: 当出水N、P指标不能同时达到一级A标准时, 通过优

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

化系统运行参数,创造有利于生物脱氮的条件,首先使二级出水 N 指标达到一级 A 标准,然后在深度处理单元进行化学除磷,并提高出水水质,使得提标改造后的出水水质全面达到一级 A 标准。

2 影响脱氮能力的主要因素

影响脱氮能力的因素众多,包括泥龄、碳源、缺氧池 HRT、溶解氧浓度、回流比、温度、pH 等,对于城镇污水处理厂而言,温度是不可控制的,pH 在污水处理过程中的波动不会对生物处理效果产生较大影响,在此,仅讨论泥龄、碳源、缺氧池 HRT、溶解氧浓度、回流比对脱氮能力的影响。

2.1 泥龄

生物脱氮是通过硝化和反硝化实现的,为达较好的脱氮效果,首先须完成硝化过程,由于硝化菌增殖速率慢、世代周期长,生物脱氮要求较长的泥龄。一般地,只要处理系统泥龄在 15~ 18 d 或者更长,硝化效果受泥龄影响较小,系统内硝化作用充分。

2.2 溶解氧浓度

硝化可在高溶解氧状态下进行,但好氧池溶解氧过高会对反硝化和厌氧、好氧除磷造成不利影响。在缺氧池,微生物优先利用回流液携带的溶解氧进行有氧呼吸,不仅占用了有限的缺氧池容积,而且消耗了进水中的优质碳源,进而降低系统的脱氮除磷能力。高溶解氧还抑制硝酸盐还原酶的合成和活性,因为有些反硝化菌必须在仅有 NO_3^- 存在的条件下,才能诱导合成硝酸盐还原酶。而且好氧池溶解氧浓度越高,能耗越高。

好氧池溶解氧太低会限制硝化菌的生长,当溶解氧由 2 mg/ L 下降到 0. 5 mg/ L 时,硝化速率由 0. 09 kgNH_3—N/ (kgMLSS · d) 下降到 0. 045 kgNH_3—N/ (kgMLSS · d)。溶解氧过低会导致在好氧池形成缺氧条件发生反硝化,使污泥上浮及磷的释放,影响系统正常运行。而且,溶解氧过低易导致丝状菌成为优势菌种,发生污泥膨胀。为保证系统的稳定运行和处理效果,好氧池溶解氧不宜过低。

由于好氧池溶解氧浓度对系统的处理效果和稳定运行影响较大,应注重调控好氧池溶解氧浓度,在保证系统稳定运行的同时,达到更好的处理效果。

2.3 回流比

混合液回流作用是向缺氧池提供硝酸盐,作为反硝化过程的电子受体,达到脱氮目的。混合液回流比的大小直接影响反硝化脱氮的效果。回流比偏小时,微生物的反硝化作用得不到充分发挥,系统脱氮效果差;回流比偏大时,混合液携带的溶解氧消耗更多的优质碳源,同样会降低脱氮效果。因此,在强化生物脱氮时,应适当提高回流比,但应将溶解氧含量较低的混合液回流至缺氧池。

2.4 碳源

在生物脱氮除磷系统中,反硝化、释磷和异养菌代谢都需要碳源,其中反硝化和释磷的反应速率与进水中易降解有机物,特别是挥发性脂肪酸(VFA) 的数量有很大关系,而城市污水中 VFA 含量较低,通常为几十 mg/ L。因此,当生物反硝化和释磷过程存在碳源不足的竞争矛盾,在强化生物脱氮时,应优先利用碳源进行生物脱氮。

2.5 缺氧池 HRT

总 HRT 是好氧池 HRT、缺氧池 HRT、厌氧池 HRT 之和。许多已建污水处理厂具备生物脱氮除磷能力,但缺氧池容积偏小、HRT 偏短,脱氮能力不足,在强化生物脱氮时,可考虑将厌氧池用于反硝化脱氮,增强系统的脱氮能力。

3 试验装置与方法

3.1 试验装置

强化生物脱氮生产性试验在苏州娄江污水处理厂进行,处理规模 6 万 m^3/ d,采用 UNITANK 工艺[2],UNITANK 处理单元共分 4 组,每组由 3 格相互连通的生化池(2 格边池和 1 格中池) 组成。每格边池 HRT = 5. 76 h,中池 HRT = 5. 14 h,总 HRT = 16. 66 h。选择其中的 1 组进行生产性试验。

3.2 试验方法

强化生物脱氮生产性试验前,娄江污水处理厂 UNITANK 工艺的运行周期为 12 h,运行工况为中池连续好氧,两边池交替好氧/ 沉淀(出水) ,边池半周期运行时序为好氧进水 5 h、沉淀 1 h。

污水处理厂进水水质及强化生物脱氮前出水水质见表 1。由表 1 可知,强化生物脱氮前,污水处理厂出水水质总体上接近一级 B 标准,没有达到一级 A 标准,主要问题是出水 NH_3—N、TN、TP、SS 偏高,因此,强化生物脱氮的主要任务是提高系统的硝化和反硝化能力,降低出水 NH_3—N 和 TN 浓度,使

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 1　强化生物脱氮试验原水及脱氮前水质

指标	COD_{Cr} / mg/L	BOD_5 / mg/L	SS / mg/L	TN / mg/L	NH_3—N / mg/L	TP / mg/L
原水水质	154~ 639	43~ 254	87~ 405	18~ 38	13~ 23	1.9~ 7
脱氮前水质	25.9~ 41.2	4.4~ 13	10~ 17	10.8~ 18	4.5~ 10.1	0.4~ 1.3

得出水 N 指标稳定地达到一级 A 标准。

针对污水处理厂出水 NH_3—N、TN 偏高的情况, 根据 UNITANK 工艺的基本原理, 采取如下措施强化生物脱氮: 延长泥龄、增加进水前期缺氧搅拌和沉淀前闷曝。运行工况为中池连续好氧, 两边池缺(厌)氧/好氧/闷曝/沉淀(出水), 边池半周期运行时序为缺氧搅拌 1 h、曝气 3.25 h、闷曝 0.75 h、沉淀 1 h。受污水处理厂供氧能力的限制, 泥龄的提高幅度较小, 由 14 d 提高至 16 d, 若进一步提高泥龄, 则会造成生化池溶解氧不足, 影响污水处理厂的处理效果。生产性试验组的运行条件为: 水温 19~ 22 ℃, 泥龄 16 d, 中池连续曝气, 边池缺氧搅拌 1 h, 曝气 3.25 h, 闷曝 0.75 h, 沉淀 1 h, 出水 6 h。

苏州娄江污水处理厂 UNITANK 池均装设了表曝机和搅拌器, 曝气时开启表曝机和搅拌器进行充氧。边池缺氧搅拌时关闭表曝机、开启搅拌器, 边池闷曝时中池进水、边池继续曝气, 边池沉淀时中池进水。从缺氧搅拌至好氧搅拌时, 边池进水。

延长泥龄的目的是提高系统中硝化菌的总量, 增强硝化效果, 降低出水 NH_3—N 浓度, 并为缺氧反硝化创造条件。增加边池沉淀前闷曝的目的是强化硝化作用: 通过闷曝, 对沉淀前进水中的 NH_3—N 进行充分的硝化, 降低出水 NH_3—N 浓度。边池进水前期增加缺氧搅拌的目的是强化系统的反硝化脱氮能力, 降低出水 TN 浓度: 由于沉淀前进行了闷曝, 进水前期 NO_3^-—N 浓度较高, 为此, 在进水前期不曝气, 以 NO_3^-—N 作为电子受体, 利用进水中的优质碳源, 提高系统的反硝化脱氮能力。

4　试验结果与分析

试验稳定运行了 12 d, 试验结果见图 1~ 图 4。

由图 1 和图 2 可知, 强化生物脱氮后, 出水 NH_3—N 0.22~ 5 mg/L、TN 7.39~ 14.7 mg/L, 均稳定达到了一级 A 放标准。

与强化生物脱氮前的出水水质比较可知, 通过

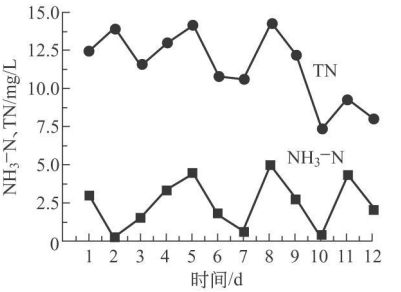

图 1　边池半周期出水前期 N 指标变化曲线

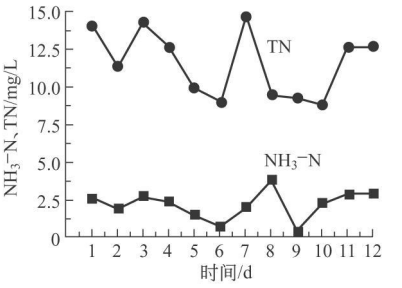

图 2　边池半周期出水后期 N 指标变化曲线

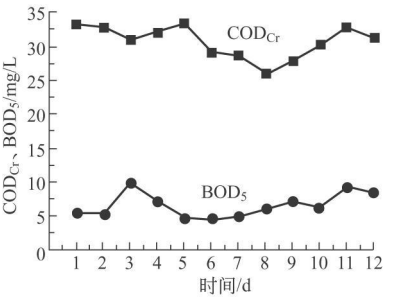

图 3　出水 COD_{Cr}、BOD_5 变化曲线

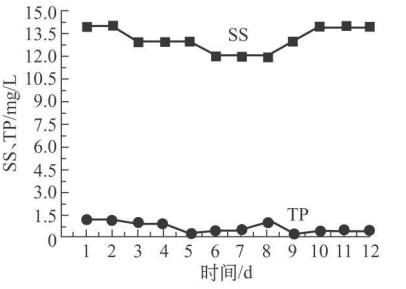

图 4　出水 SS 和 TP 变化曲线

提高泥龄、增加出水前闷曝和进水前期的缺氧搅拌, 系统的脱氮能力得到提高。出水 NH_3—N 和 TN 均有较大幅度降低, 出水 NH_3—N 从 4.5~ 10.1 mg/L 降至 0.22~ 5 mg/L, 下降约 5 mg/L; 出水 TN 从 10.8~ 18 mg/L 降至 7.39~ 14.7 mg/L, 下降约 4 mg/L, 出水 N 指标由一级 B 提高至一级 A 标准。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

WATER & WASTEWATER ENGINEERING

庆阳市反渗透苦咸水淡化工程介绍

王应平　雷进武　焦光联

(甘肃省膜科学技术研究院, 兰州　730020)

摘要　甘肃省庆阳市属于严重的干旱缺水地区, 该市原二水厂出水浊度、总硬度、硫酸盐、溶解性固体超标, 为此采用反渗透技术, 对二水厂 1.92 万 m^3/d 的出水进行深度处理, 再将反渗透系统出水与 V 型滤池滤后水进行勾兑, 形成了 3.8 万 m^3/d 的生产规模。工程中采用了反渗透浓水回收装置, 使水的回收率达到 85% 以上。系统运行数据表明, 各项技术指标达到了设计要求, 水质经检验达到国家《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。

关键词　苦咸水淡化　反渗透　浓水回收　勾兑水

1　项目概述

庆阳市地处黄土残塬沟壑区, 总人口 256 万, 是甘肃省干旱缺水地区之一。在有限的水资源中, 由于马莲河上游约 2 500 万 m^3 的苦水汇入河道, 加之下游排污, 使整个干流 4.75 亿 m^3 的水不能利用。

根据《城市给水工程规划规范》(GB 50282—1998) 有关规定, 结合当地的实际情况, 城市单位人口综合供水量指标近期按 200 L/(人·d), 远期按 350 L/(人·d) 规划。城市用水量按综合用水量指标和城区近远期人口(非农业人口) 规模估算, 则中心城市用水量近期为 5 万 m^3/d, 远期为 12.25 万 m^3/d。变化系数取 1.4, 则全年用水量近期为 1 304 万 m^3, 远期为 3 200 万 m^3。

庆阳现状供水能力: 一水厂供水能力为 1 万 m^3/d, 二水厂设计供水能力为 4.32 万 m^3/d, 三水厂应急供水能力为 0.5 万 m^3/d。而占全市日供水量 70% 的二水厂出水水质现状不达标, 需对该水厂进行深度处理以满足用户需求。

经调研和论证, 决定采用反渗透技术, 对二水厂 1.92 万 m^3/d 的出水进行深度处理, 建设 1.632 万 m^3/d 苦咸水淡化装置。主要技术指标为: 淡化水产量 1.632 万 m^3/d; 反渗透系统回收率 ≥85%; 单位耗电量 ≤2.2 kW·h/m^3 淡水; 淡化水水质符合《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006)。

UNITANK 工艺的特点是周期性运行, 出水水质呈现周期性变化[3,4], 影响污水处理厂的处理效果, 特别是 N 指标: 半周期内出水 NH_3—N 先高后低, 出水 NO_3^-—N、TN 先低后高, 其余水质指标包括 TP、COD_{Cr}、BOD_5 等则比较平稳。由图 1 和图 2 可知, 经过强化生物脱氮, 在半周期内, 出水前期 NH_3—N 为 0.22~5 mg/L, 出水后期 NH_3—N 为 0.34~3.89 mg/L, 两者差距较小, 表明出水前的闷曝对边池沉淀前进水中 NH_3—N 的硝化作用比较充分, 降低了出水前期的 NH_3—N, 缩短了出水前期和后期之间的差距。出水前期 TN 为 7.39~14.3 mg/L, 出水后期 TN 为 8.83~14.7 mg/L, 出水后期略高, 但总体上比较平稳, 表明在闷曝降低出水前期 NH_3—N 浓度的基础上, 进水前的缺氧搅拌降低了系统的 NO_3^-—N 浓度, 使得半周期出水 NH_3—N、NO_3^-—N 的波动减小, 进而降低了出水 TN 的波动性, 出水水质稳定。

由图 3 可知, 经过强化生物脱氮, 出水 COD_{Cr} 为 28~33.4 mg/L, BOD_5 为 4.4~10 mg/L, 达到了一级 A 标准。与强化生物脱氮前比较, 系统去除有机物的能力略有提高, 但变化较小。

由图 4 可知, 经过强化生物脱氮, 出水 SS 为 12~14 mg/L, TP 为 0.3~1.27 mg/L, 没有达到一级 A 标准, 因此, 需要对强化生物脱氮出水进行深度处理, 进一步降低出水中的 SS 和 TP, 使得出水水质全面达到一级 A 标准。与强化生物脱氮前比较, 出水 TP 变化较小, 表明对于 UNITANK 工艺, 强化生物脱氮没有明显影响系统的生物除磷能力。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2 工程设计

在工艺设计、设备选用方面力求做到技术先进、工艺可靠、设备美观、性能优越、占地面积小、操作简单、维护方便。

2.1 设计指标

产水量 1.632 万 m^3/d; 产水水质符合国家《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006) 和世界卫生组织饮水准则; RO 脱盐率 98%, 系统回收率 85%; 进水量 1.92 万 m^3/d; 进水温度 8 ℃; 运行方式为连续运行。

2.2 原水水质

原水取自二水厂经消毒处理后的出水, 部分原水水质指标见表 1。

表 1 二水厂原出水水质

总硬度(以碳酸钙计) / mg/L	硫酸盐 / mg/L	溶解性总固体 / mg/L	浊度 / NTU
540	400	1 500	5

从表 1 可知二水厂原出水水质浊度、总硬度、硫酸盐、溶解性总固体超标, 达不到国家《生活饮用水卫生标准》(GB 5749—2006) 要求。

2.3 工艺流程

根据对二水厂出水水质、产水量、水回收率、勾兑水水量等因素考虑, 设计深度处理工艺流程如下。

2.3.1 预处理主单元

预处理主单元采用 V 型滤池, 滤池进水为 4.32 万 m^3/d, 反冲洗耗水占 5%, 产水为 4.1 万 m^3/d。该池为均质瓷石滤料气水反冲洗滤池, 滤池分 2 组共 4 格, 单排布置, 单格过滤面积63 m^2。采用全自动节水型过滤与气水反冲系统, 全部过程由 PLC 进行调整与控制。

主要技术指标为:

平均滤速 7 m/h, 气冲强度 15 L/(s·m^2), 水冲强度 4 L/(s·m^2), 总冲洗历时 12 min, 滤料粒径 0.95~1.35 mm, 滤料厚度 1.3 m。

2.3.2 反冲洗泵房

V 型滤池反冲洗采用气冲和水冲系统, 系统配置主要由鼓风机、反冲洗泵和保安过滤器增压泵组成, 工作状态均由 PLC 控制。

主要配置: 反冲洗水泵 3 台(2 用 1 备), Q= 480 m^3/h, H= 10 m, N= 22kW; 鼓风机 3 台(2 用 1 备), Q= 32.7 m^3/min, P= 44.1 kPa, N= 37 kW; 保安过滤器增压泵 4 台, Q= 220 m^3/h, H= 30 m, N= 30 kW。

2.3.3 反渗透处理系统

为防止膜面结垢, 抑制细菌增长, 保持 RO 进水水质要求, 需要对进水加药处理; 设盐酸、还原剂、阻垢剂加药装置。

保安过滤器采用聚丙烯纤维缠绕成的蜂房式滤元, 过滤精度 5 μm, 滤除水中颗粒较小或呈胶体状的粘泥、SiO_2, 防止膜面堵塞。

RO 系统由两部分组成, 一部分为生水反渗透系

5 结论

(1) 经过强化生物脱氮, 采用 UNITANK 工艺的二级污水处理厂的硝化、脱氮能力明显提高, 出水 N 指标由一级 B 标准提高至一级 A 标准。

(2) 影响二级污水处理厂硝化、脱氮能力的因素较多, 包括泥龄、溶解氧、回流比、碳源、缺氧池 HRT 等。通过优化运行参数, 能够提升污水处理厂的脱氮能力, 强化生物脱氮是可行的。

(3) 强化生物脱氮对污水处理厂去除有机物的能力略有提高, 出水 COD_{Cr}、BOD_5 指标能够稳定达到一级 A 标准。

(4) 强化生物脱氮对污水处理厂去除 TP、SS 的效果影响较小, 为实现污水处理厂出水全面达到一级 A 标准, 应采用深度处理工艺进一步去除 TP、SS, 使得出水水质全面达到一级 A 标准。

参考文献

1 GB 18918—2002 城镇污水处理厂污染物排放标准

2 戈军, 荆肇乾, 吕锡武, 等. 交替活性污泥工艺发展类型及研究方向. 安全与环境工程, 2006, 13(4): 59~62

3 雷明. UNITANK 工艺处理城市污水生物除磷生产性试验研究: [学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2005

4 陈运进. 猎德污水处理厂 UNITANK 工艺的运行效果. 中国给水排水, 2006, 22(2): 93~95

& 通讯处: 100082 北京西直门北大街 32 号 3 号楼

E-mail: shaohuihuang@tsinghua.org.cn

收稿日期: 2009-11-18

修回日期: 2010-01-30

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net