

运行与管理

城市污水处理厂出水总氮的强化调控

周 鹏, 吕 丹, 楚金喜, 胡广杰
(中原环保股份有限公司, 河南 郑州 450000)

摘 要: 为实现污水处理厂出水总氮稳定达标排放,某城市污水处理厂在现有改良氧化沟工艺基础上,不改变现有建(构)筑物,提出一系列强化调控措施,主要包括进水投加碳源、增大回流比、提高生物池污泥浓度、合理控制生物池溶解氧、调整进水配比等。多种总氮强化调控技术的组合使用,使该厂出水总氮稳定降至10 mg/L左右,取得了良好的处理效果。

关键词: 污水处理厂; 总氮; 调控技术

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2019)16-0119-04

Enhanced Regulation and Control Technology of Total Nitrogen in a Municipal Sewage Treatment Plant

ZHOU Peng, LÜ Dan, CHU Jin-xi, HU Guang-jie
(Central Plains Environmental Protection Co. Ltd., Zhengzhou 450000, China)

Abstract: In order to achieve the goal of stable discharge of total nitrogen from sewage treatment plant effluent, some suggestions were put forward on the basis of the existing improved oxidation ditch process in a municipal sewage treatment plant. Enhanced regulation and control technologies mainly included adding carbon source to influent, increasing reflux ratio, increasing sludge concentration in biological pond, reasonably controlling dissolved oxygen in biological pond, and adjusting influent proportion. The combined application of various enhanced control techniques of total nitrogen had resulted in a stable reduction of total nitrogen in effluent from the sewage treatment plant to about 10 mg/L, which achieved good treatment effect.

Key words: sewage treatment plant; total nitrogen; regulation and control technology

某市为坚决打好污染防治攻坚战,于2018年初发布了《关于确认全市排放总氮企业增装自动监控设施名单的通知》,要求城市污水处理厂和总氮污染物排放量较大的工业企业排放口要安装总氮污染物自动监控设施,形成全面监管、精准治理的水污染防治新局面。总氮在线设备的安装和运行,全天所有监测点总氮均要做到稳定达标,给城市污水处理厂的运营管理带来较大的压力,故对总氮强化调控技术的研究和实施已成为当务之急。

生物脱氮^[1-2]由于其成本较低,是广泛应用的污水脱氮技术。目前城市污水处理厂脱氮处理基本

依靠生物脱氮过程。

1 工程概况与存在的问题

1.1 工程概述

河南省中部某城市污水处理厂共分两期建成,各自独立运行。其中一期工程设计处理规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,于2004年建成投运,目前超负荷运行,实际处理水量为 $(10.5 \sim 11.0) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$;二期工程设计处理规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,于2009年建成投运,目前亦超负荷运行,实际处理水量为 $(10.5 \sim 11.5) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

一期和二期主体均采用改良氧化沟生物处理工

艺和混凝、沉淀、过滤、消毒的深度处理工艺,如图1所示。

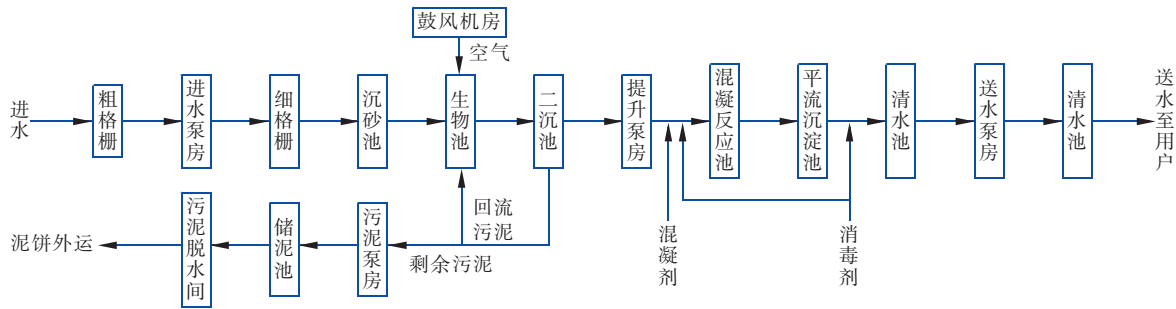


图1 污水处理工艺流程

Fig.1 Flow chart of sewage treatment process

1.2 主要工艺参数

一期工程共有3座改良氧化沟,每座设计进水量为 $3.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。改良氧化沟由前置反硝化池、厌氧池和氧化沟组成。其中厌氧池有效容积为 $2\,200 \text{ m}^3$,停留时间为 1.6 h ;前置反硝化池有效容积为 $1\,600 \text{ m}^3$,停留时间为 1.2 h ;氧化沟有效容积为 $28\,500 \text{ m}^3$,有效水深为 6.0 m ,设计污泥龄(SRT)为 14 d ,设计污泥负荷 $0.086 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$,设计水力停留时间为 16.8 h 。

1.3 进、出水水质

该污水处理厂2017年实际进、出水水质见表1。

表1 2017年实际进、出水水质

Tab.1 Actual influent and effluent quality

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$					
项目	COD	BOD_5	$\text{NH}_3 - \text{N}$	TN	TP
进水	284 ~ 665	123 ~ 326	38 ~ 51	51 ~ 65	4.6 ~ 7.7
出水	13 ~ 22	0.7 ~ 1.1	0.16 ~ 0.57	9.3 ~ 14.0	0.08 ~ 0.27

由表1可知,2017年该污水处理厂进水污染物浓度相对较高,部分月份进水的各项指标均超过设计进水值,但经过处理之后主要水质指标均可达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级A标准和河南省《贾鲁河流域水污染物排放标准》(DB 41/908—2014)。

1.4 存在的问题

该污水处理厂出水总氮虽能达标排放,但部分月份尤其是冬季(12月至次年2月)这段时间里,水温较低导致微生物活性较差,反硝化效率较低,出水总氮为 $12 \sim 14 \text{ mg/L}$,接近于出水标准的 15 mg/L ;在夏季7月—8月这段时间,进水碳氮比偏低(约为 $2 \sim 3$),进水碳源不充足导致生物脱氮效果变差,出水总氮为 $10 \sim 14 \text{ mg/L}$,且变化较大,接近于出水标

准的 15 mg/L 。该污水处理厂在不改变现有建(构)筑物的前提下,通过采取一系列的强化技术措施,使出水总氮稳定降至 10 mg/L 左右。

2 工艺调控过程及效果

主要采取进水投加碳源、增大回流比、提高生物池污泥浓度、合理控制生物池溶解氧等工艺调控措施,以提高生物脱氮效果。

2.1 投加碳源,改善进水碳氮比

一期工程共有3个系列改良氧化沟系统,系列1正常进水,系列2投加碳源,进行对比试验。控制系列1和系列2的进水量、溶解氧、回流比、污泥浓度、污泥龄均大致相同的条件下,系列2投加质量分数为25%的液体乙酸钠溶液,根据外部碳源投加量简易计算方法,必须投加的外部碳源量(以COD计)为需要用外部碳源反硝化去除的氮量的5倍,每天需要投加液体乙酸钠约 3.9 t ,即约 200 L/h ,预计去除 4 mg/L 的硝酸盐氮。

液体乙酸钠溶液投加点设在改良氧化沟系统的前置反硝化池。

通过连续 10 d 的乙酸钠运行投加试验可知(见图2),系列2的出水TN明显较系列1低,系列2相比系列1出水TN平均降低了 1.8 mg/L ,系列2相比系列1出水TN降低率为15%,取得了一定的效果。其中部分天数系列2与系列1出水TN基本持平,去除效果不明显;部分天数如第3天和第9天的监测结果,系列2与系列1出水TN分别降低了 3.1 mg/L 和 4.1 mg/L ,取得了较好的去除效果。但是试验未达到预期的TN降低 4 mg/L 的目标,分析原因是碳源投加后,被微生物同化消耗了一部分,未能全部被反硝化细菌利用,导致TN去除效果低于预期值。

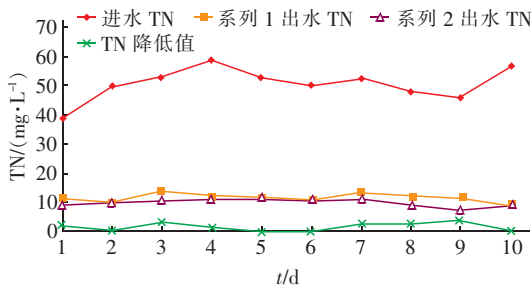


图 2 外加碳源对比试验结果

Fig. 2 Comparison of carbon source dosing test

2.2 增大污泥回流比,提升污泥浓度

不同时期总氮去除效果对比见图 3。

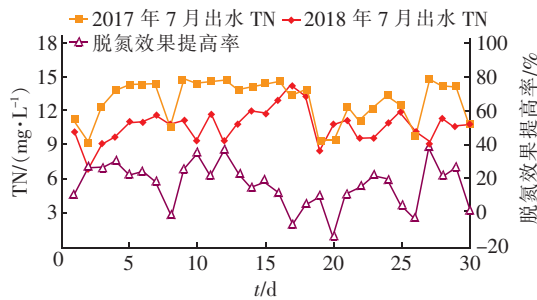


图 3 TN 去除效果运行对比结果

Fig. 3 Comparison of TN removal effect

2017 年 7 月该污水厂一期工程平均每个系列的进水量在 $1\,500\text{ m}^3/\text{h}$ 左右,改良氧化沟外回流比控制在 $50\% \sim 60\%$,平均每个系列的回流污泥量为 $750 \sim 900\text{ m}^3/\text{h}$,污泥浓度为 $3\,000 \sim 4\,000\text{ mg/L}$,出水 TN 为 $11 \sim 14\text{ mg/L}$,月均值为 12.91 mg/L 。

2018 年 7 月试验期间暂停碳源投加,控制一期工程平均每个系列的进水量与往年同期接近,约在 $1\,500\text{ m}^3/\text{h}$,改良氧化沟外回流比控制在 $75\% \sim 85\%$,平均每个系列的回流污泥量为 $1\,150 \sim 1\,300\text{ m}^3/\text{h}$,污泥浓度控制在 $4\,000 \sim 4\,500\text{ mg/L}$,一期工程出水 TN 为 $9 \sim 11\text{ mg/L}$,月均值为 10.66 mg/L 。相比 2017 年同期,系统的脱氮效果提升了约 18% 。通过增大污泥回流比、提升污泥浓度,TN 值降至 10 mg/L 左右,远低于出水标准 (15 mg/L),取得了良好的效果。

2.3 合理控制溶解氧和 ORP

反硝化脱氮需要在厌氧条件下进行,因此,合理控制出口溶解氧是氧化沟系统运行的关键。一方面,内回流混合液溶解氧过高,进入缺氧廊道后,则存在溶解氧过高、反硝化过程受到抑制的情况;另一方面,氧化沟每个廊道并非满布微孔曝气器,廊道部

分区域未布置微孔曝气器,因此在每个廊道的末端未曝气区域存在厌氧区和缺氧区,如果曝气区曝气量过大、溶解氧控制得过高,将会导致氧化沟整个廊道溶解氧均偏高,削弱了反硝化脱氮的部分进程。氧化沟平面布置见图 4。

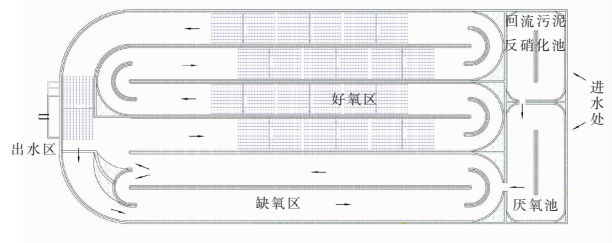


图 4 氧化沟平面布置

Fig. 4 Plan of improved oxidation ditch

如图 4 所示,一般控制出口溶解氧在 $1.5 \sim 3.0\text{ mg/L}$,适宜的溶解氧既保证了好氧微生物的新陈代谢、良好的 COD 去除和硝化过程,又不致于使回流到缺氧区的混合液溶解氧浓度过高,影响缺氧区反硝化效果,也实现了节能降耗。

不同 DO 条件下,改良氧化沟的 TN 处理效果如图 5 所示。在连续一周的试验周期内,控制一期工程系列 1 改良氧化沟出口 DO 日均值在 1.5 mg/L 以下,控制系列 2 出口 DO 为 $1.5 \sim 3.0\text{ mg/L}$,进水 TN 浓度均一致。TN 的去除效果出现明显差异,系列 1 控制在较低的 DO 范围时,TN 去除效果较好,出水 TN 均值约为 7.4 mg/L ,低 DO 有利于厌氧反硝化进程;系列 2 DO 控制在相对高的范围内,出水 TN 均值约为 9.8 mg/L ,TN 去除效果不如低 DO 控制条件下的效果。

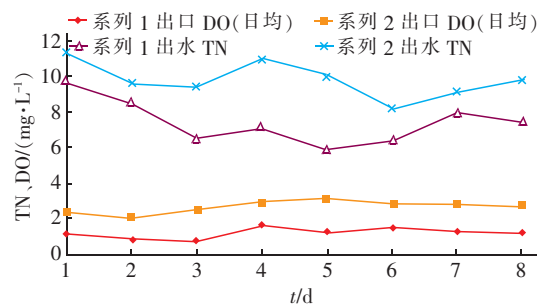


图 5 不同 DO 条件下改良氧化沟的 TN 处理效果

Fig. 5 Removal efficiency of TN under different DO concentration

不同 DO 浓度条件下改良氧化沟的氨氮 TP 处理效果见图 6。由图 6 可以看出,虽然系列 1 取得了更好的 TN 去除效果,但较低的 DO 控制条件下,

不利于氨氮和TP的去除,其间系列1出水氨氮均值为1.2 mg/L,TP为0.31 mg/L,氨氮值较高,存在较大的超标风险(地标氨氮 ≤ 3 mg/L)。系列2的出水氨氮、TP分别为0.33、0.18 mg/L,氨氮和TP在高DO控制条件下取得了较好的处理效果。因此,DO控制要综合考虑,氧化沟系统在氨氮和TP去除效果较好时,可以考虑控制低DO,提升系统反硝化效率,但是注意DO不能长时间控制在较低水平,否则存在氨氮、TP超标的风险。

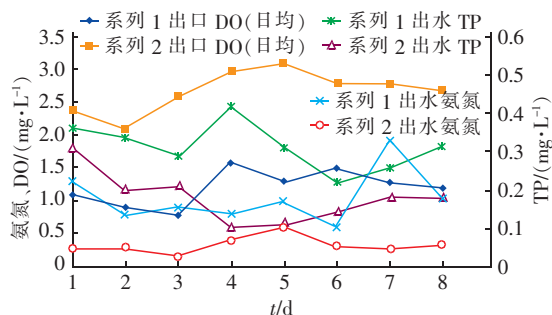


图6 不同DO浓度条件下改良氧化沟氨氮、TP处理效果

Fig.6 Removal efficiency of $\text{NH}_3\text{-N}$ and TP under different DO concentration conditions

在日常运行中,使用便携式ORP检测仪定期检测改良氧化沟的反硝化池、厌氧池、缺氧区和好氧区的氧化还原电位,控制反硝化池和缺氧区的氧化还原电位在 -50 mV左右,厌氧池的氧化还原电位在 -100 mV左右,好氧区的氧化还原电位在 $+50$ mV以上,改良氧化沟系统具有良好的脱氮除磷效果。

2.4 调整进水配比

该污水处理厂一期工程改良氧化沟设置为两点进水(见图4),即进水分别进入回流污泥反硝化池和厌氧池,两路进水管上均设有调节阀,可以调整进水量。为了提升改良氧化沟系统的脱氮效率,在脱氮效果不佳且有变差趋势的情形下,适当增大前端回流污泥反硝化池进水量、减少厌氧池的进水量,为反硝化池提供更多的碳源物质,厌氧反硝化脱氮进行得更为彻底。控制反硝化池出口处硝酸盐氮浓度在未检出状态,同时也避免了进入厌氧池的污水中含有 NO_3^- ,抑制聚磷微生物厌氧状态下释放磷。合理调整进水配比对于生物除磷同样意义重大。

2.5 多种调控技术的综合使用

根据该城市污水处理厂改良氧化沟运行的具体情况,进水投加碳源、增大回流比、增加生物池污泥

浓度、合理控制生物池溶解氧、调整进水配比等多种调控技术的综合使用,是提升系统脱氮效果的有效途径。工艺调控以节约成本、节能降耗为前提,应优先采取工艺调控的措施,投加碳源由于成本较高,一般情况下最后使用。

3 结论

该城市污水处理厂在现有改良氧化沟工艺基础上,不改变现有建(构)筑物,提出一系列强化调控技术,主要包括进水投加碳源、增大回流比、增加生物池污泥浓度、合理控制生物池溶解氧、调整进水配比等,出水总氮稳定降至 10 mg/L左右。

参考文献:

- [1] 廖建胜,林元昆,吴亨,等. 低碳源污水的奥贝尔氧化沟脱氮除磷影响因素分析[J]. 中国给水排水,2017,33(11):27-32.
Liao Jiansheng, Lin Yuankun, Wu Heng, et al. Analysis of TN and TP removal efficiency in Orbal oxidation ditch process with low carbon source [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(11): 27-32 (in Chinese).
- [2] 徐超,于淼,李冠华. 太湖流域污水处理厂低温生物脱氮运行模式研究[J]. 环境科学与管理,2017,42(8):63-66.
Xu Chao, Yu Miao, Li Guanhua. Operating conditions of low temperature biological nitrogen removal from wastewater treatment plant in Taihu Basin [J]. Environmental Science and Management, 2017, 42(8): 63-66 (in Chinese).



作者简介:周鹏(1984-),男,河南郑州人,硕士,工程师,主要从事城市污水处理运营管理工作。

E-mail:13838358823@126.com

收稿日期:2018-11-26