

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.12.024

# CAST 工艺的脱氮除磷强化改造

俞 勇, 喻盛华, 陈达钢, 倪黄蕾, 廖礼胜  
(浙江富春紫光环保股份有限公司, 浙江 杭州 310012)

**摘 要:** 浙江某城镇污水处理厂对上游工业园区的工业废水进行纳管后,工业废水比例增大,进水的污染物比例发生变化,碳、氮、磷营养比例失调,造成污水处理厂在运行过程中出水 TN 和 TP 不能稳定达标,为此采取改造缺氧池、曝气系统、混合液回流系统和优化运行模式等措施对污水处理厂进行脱氮除磷强化。改造后运行结果表明,出水 TN 和 TP 分别为 3.43 ~ 14.47 mg/L 和 0.004 ~ 0.481 mg/L,稳定达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级 A 标准。

**关键词:** 工业废水; CAST 工艺; 脱氮除磷

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)12-0125-04

## Improvement of Nitrogen and Phosphorus Removal in CAST Process

YU Yong, YU Sheng-hua, CHEN Da-gang, NI Huang-lei, LIAO Li-sheng  
(Zhejiang Fuchun Ziguang Environmental Protection Co. Ltd., Hangzhou 310012, China)

**Abstract:** After the industrial wastewater of an upstream industrial park enters a municipal wastewater treatment plant in Zhejiang, the increasing proportion of industrial wastewater causes the variation of influent pollutants ratio, imbalance of carbon to nutrients ratio, and unstable compliance of effluent TN and TP. Thus wastewater treatment plant was retrofitted through the transformation of anoxic tank, aeration system, mixing liquid reflux system and the optimization of operation mode to enhance phosphorus and nitrogen removal. The operation results after reconstruction showed that the effluent TN and TP were 3.43 – 14.47 mg/L and 0.004 – 0.481 mg/L, which stably reached the first level A requirements of *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 – 2002).

**Key words:** industrial wastewater; CAST process; nitrogen and phosphorus removal

浙江某城镇污水处理厂设计处理规模为  $2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,主体工艺采用 CAST 工艺,主要处理城镇生活污水,出水水质执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)的一级 A 标准。2017 年,根据浙江省“五水共治”行动的推进要求,该污水处理厂在处理水量有富余的情况下,对上游某工业园区的工业废水进行纳管处理。纳管实施后,污水处理厂进水中工业废水占比增加,水质发生变化,

碳、氮、磷营养比例失调,加上工业园区中的企业排水周期存在波动,从而导致该污水处理厂的运行过程不稳定,出水 TN 和 TP 出现超标情况。为实现 TN 和 TP 的稳定达标排放,根据实际进水水量和水质,对该污水处理厂实施了脱氮除磷强化改造。

### 1 现状工艺流程

该城镇污水处理厂建于 2006 年,2013 年实施一级 A 提标改造,当前的主要工艺流程见图 1。

基金项目:浙江省科技厅 2018 年度重点研发计划项目(2018C03006)

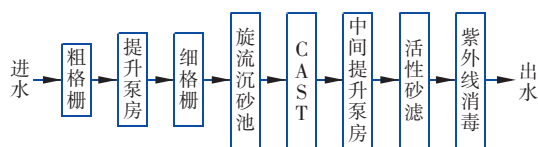


图1 废水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

表1 进、出水水质指标

Tab. 1 Influent and effluent quality

项目	pH 值	COD/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	BOD <sub>5</sub> / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	NH <sub>3</sub> - N/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TN/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TP/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
设计进水	6~9	340	170	25	35	4
实际进水	6.4~8.2	89.5~398	40~218	14.7~38	19.9~54.2	2.2~7.6
平均进水	7.3	127.6	53.5	21.3	26.6	3.8
设计出水	6~9	50	10	5	15	0.5
实际出水	6.2~7.9	8.5~32.7	0.6~6.8	未检出~1.3	7.6~19.4	0.2~0.8

注: pH 值、COD、BOD<sub>5</sub>、NH<sub>3</sub> - N 的达标率均为 100%, TN 达标率为 94.9%, TP 达标率为 96.2%。

从表1可以看出,该污水处理厂对工业废水进行纳管后,进水 COD 偶尔会超出设计标准,但3个月的平均值仍仅为 127.6 mg/L,整体上仍表现为南方城镇污水厂进水有机物负荷普遍较低的特点<sup>[1]</sup>。废水 B/C > 0.3,说明可生化性较好;进水 NH<sub>3</sub> - N、TN 和 TP 等污染物指标超标次数较多,指标平均值较高,分别为 21.3、26.6 和 3.8 mg/L,进水碳、氮、磷比例存在失调的情况。对 COD、NH<sub>3</sub> - N 等处理效果较好,但是出水 TN 和 TP 波动较大,不能稳定达标。根据监测数据,出水 TN 和 TP 的超标率分别为 5.1% 和 3.8%。

## 2.2 运行分析

该污水处理厂现有4座 CAST 池,每座 CAST 池分为缺氧池和好氧池,池容比为 1:4,其中缺氧池为 780 m<sup>3</sup>,有效水深为 5 m。实际运行中污泥混合液的回流比为 25%,CAST 的运行排水比为 25%,每个运行周期为 4 h,运行时序见图2。

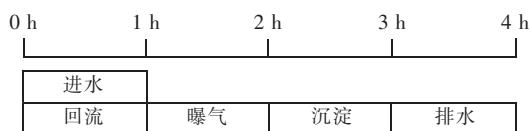


图2 CAST 运行时序

Fig. 2 Running time sequence of CAST

由于污水处理厂进水的有机物负荷较低,风机能力远远超过实际需求,且设备使用多年,风量调节范围较小。因此,在运行过程除碳源不足、污泥浓度难以提升以外,还存在曝气过量、溶解氧上升过快、

## 2 现状工艺分析

### 2.1 水质分析

工业园区废水进入该污水处理厂后,由于进水成分复杂且水质水量波动较大,出水 TN、TP 随进水变化波动较大,不能稳定达标。2017 年 4 月—6 月进、出水水质见表1。

污泥回流不足等问题,CAST 工艺的反硝化脱氮、同步硝化反硝化、厌氧释磷等功能受到影响,脱氮除磷效果不足。当前污水处理厂的的实际处理水量为  $(1.5 \sim 1.8) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,进水水质呈现随着水量发生变化的特点,随着进水量的减少,有机物、氮、磷污染物指标均呈上升趋势,CAST 工艺在运行时序上有优化空间。

## 3 工艺改造和优化

### 3.1 工艺改造方案

#### ① 缺氧池

CAST 缺氧池的停留时间约为 1 h,采用出水堰溢流出水,缺氧池中存在水力短流情况。根据实际情况,对缺氧池进行了改造,增加隔墙和搅拌设备,分隔出了厌氧生物选择池,池容占原缺氧池的 1/4,进水和回流的混合液在生物选择池中进行混合,底物浓度提高,污泥厌氧释磷效果改善。同时将原长 20 m 的出水堰,用不锈钢堰板整体抬高 25 cm,生物选择池污水进入缺氧池后,从预留的一个过水孔进入好氧池,消除了原先的水力短流。

#### ② 曝气系统

针对主反应区曝气风机存在过量曝气的问题,对曝气风机进行改造,将原 75 kW 曝气风机改成相同风压的 45 kW 曝气风机,45 kW 风机的风量为 22.5 m<sup>3</sup>/min,比原有 75 kW 曝气风机的 46.38 m<sup>3</sup>/min 风量下降了 51.5%,更适应当前有机物低负荷进水的点,可以对主反应区实施限制性的阶梯曝气,控制溶解氧浓度,在好氧池营造反硝化环境,

提高脱氮效果。原 75 kW 曝气风机作为两台 45 kW 风机的备用,可以应对污水处理厂异常进水时有机物负荷较高的情况。

### ③ 混合液回流系统

根据目前实际进水中 TN 和 TP 有明显提高的情况,CAST 原有混合液的回流量存在不足,回流携带的污泥量无法满足现有进水 TN 和 TP 的去除需要。因此,根据实际运行数据,对回流比进行优化,将原有的混合液回流系统进行改造,主要对回流泵和回流管道进行改造,回流比从原 25% 提高到 60%,提高了缺氧池脱氮除磷的效果。

## 3.2 运行方式优化

工艺改造完成后,根据当前进水水质特点,对 CAST 的运行模式进行优化,调整后的运行模式在进水和曝气阶段采取了限制性曝气和非限制性曝气相结合的方式,延长了混合液回流时间。通过在进水阶段限制性曝气,解决了进水阶段的回流混合液污泥浓度不均的问题,并且好氧池溶解氧得到控制,有利于在好氧池内营造缺氧环境,提高反硝化脱氮效果。曝气阶段进行限制性曝气,改善了原曝气过量导致池内溶解氧过高、混合液不能回流的问题,延长了混合液的回流时间。再加上回流系统的改造,污泥回流量有效增加,提高了厌氧释磷和反硝化脱氮的效果。水中溶解氧从低到高的梯次增加,也有利于产生同步硝化反硝化<sup>[2]</sup>。

## 4 改造和优化效果

该污水处理厂 4 座 CAST 池于 2017 年 9 月—12 月分阶段改造完成。经过运行调试,2018 年 1 月—3 月该污水厂实际进、出水水质分别如图 3、4 所示。

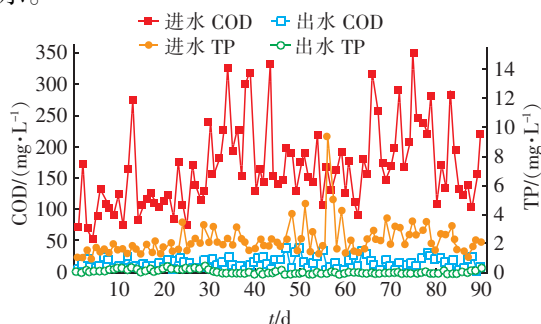


图 3 2018 年 1 月—3 月的进、出水 COD 和 TP 变化

Fig. 3 Influent and effluent quality of COD and TP during Jan. to Mar. 2018

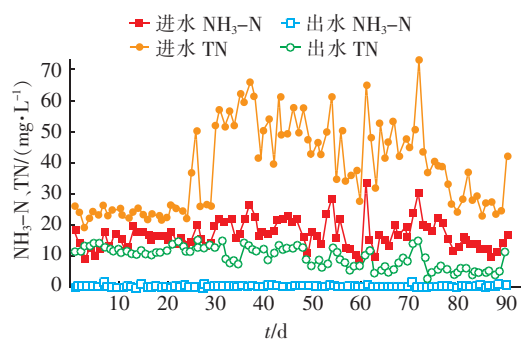


图 4 2018 年 1 月—3 月的进、出水  $\text{NH}_3\text{-N}$  和 TN 变化

Fig. 4 Influent and effluent quality of  $\text{NH}_3\text{-N}$  and TN during Jan. to Mar. 2018

由图 3 和图 4 可见,污水处理厂出水的所有污染物指标均达到了一级 A 标准,CAST 工艺对 TN 和 TP 的去除效果明显提高,实际出水 TN 和 TP 指标达标率为 100%。尤其是 2018 年 2 月,在污水处理厂上游生活污水明显减量、工业废水占比增加和污染物浓度提高的情况下,CAST 工艺对 TN 和 TP 的去除率最高时能够达到 90% 以上。为了保证对 TN 的处理稳定性,在 CAST 工艺的主反应区安装了硝酸盐氮在线监测仪,实时监控 CAST 的反硝化处理情况,根据在线数据调整运行时序,有效保证了改造后的处理效果。

在运行过程中出水 COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  也保持了较低的水平,主要原因是进水平均污染物负荷不高,CAST 采用限制性和非限制性曝气结合方式不影响对 COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  的处理效果,当进水出现 COD 和  $\text{NH}_3\text{-N}$  异常升高时,通过进水水质预警,在非限制性曝气阶段开启原有 75 kW 风机进行曝气,通过曝气时间、溶解氧等工艺参数的调整,能够有效保证出水指标。运行中发现,在前期限限制性曝气和回流时,好氧池溶解氧可以保持在 0.5 mg/L 以下,但是  $\text{NH}_3\text{-N}$  仍有较快的降解速率,溶解氧曲线上有明显的标志氨氮降解完成的跃升特征点,推测其间除了硝化作用,还可能存在同步硝化反硝化。

改造后第 1 个月,发现 CAST 的污泥指数(SVI)从 50 mL/g 左右上升到 120 mL/g 以上,污泥的沉降性有变差的趋势。通过提高生物选择池的底物浓度<sup>[3]</sup>,低频曝气时间根据硝酸盐氮的降解情况缩短,高频曝气时好氧池溶解氧提到 2 mg/L 以上,加大排泥保持适度污泥浓度等措施,从第 2 个月起,SVI 回落到 80 ~ 100 mL/g,未发生污泥膨胀。

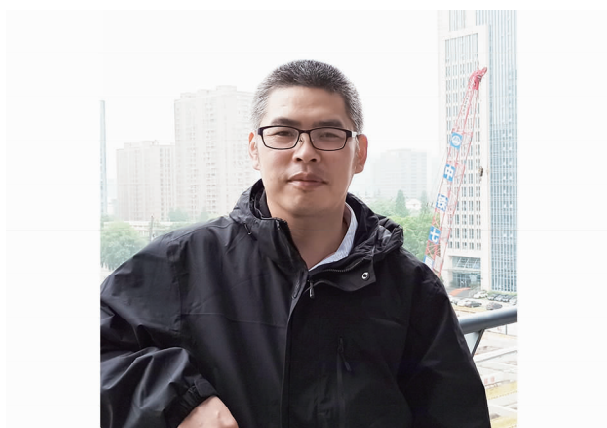


## 5 结论

浙江省某城镇污水处理厂进水水质发生变化后,对CAST进行强化改造和优化运行,将限制性曝气和非限制性曝气结合运行,实际运行效果表明,强化改造和优化运行可以明显提高CAST工艺对TN和TP的去除效果,污水处理厂出水水质能够满足《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18919—2002)一级A标准。其中,TN的去除率从原先的65%左右提升到最高时90%以上,出水TP达标也得到保证。同时,曝气风机的能耗降低1/3,除磷药剂吨水成本降低,可为其他CAST的运行改造提供参考。

## 参考文献:

- [1] 樊玲凤,胡家忠,欧亮. 城市污水处理厂进水浓度偏低原因分析及对策研究[J]. 环境科学与管理, 2016,41(3):132-135.  
Fan Lingfeng, Hu Jiazhong, Ou Liang. Research on low inlet concentration of urban sewage treatment plant and countermeasures [J]. Environmental Science and Management, 2016,41(3):132-135 (in Chinese).
- [2] 马娟,张伟,宋相蕊,等. 改良型CAST工艺短程生物脱氮的实现与破坏[J]. 中国给水排水, 2016,32(1):11-16.  
Ma Juan, Zhang Wei, Song Xiangrui, et al. Realization and destruction of shortcut biological nitrogen removal in a modified CAST process[J]. China Water & Wastewater, 2016,32(1):11-16 (in Chinese).
- [3] 潘杨,赵印举,余同. 基于污泥转移的SBR工艺污泥膨胀原因及控制[J]. 中国给水排水, 2012,28(23):29-33.  
Pan Yang, Zhao Yinju, Yu Tong. Cause analysis and control of sludge bulking in sludge shifting SBR process [J]. China Water & Wastewater, 2012,28(23):29-33 (in Chinese).



作者简介:俞勇(1979—),男,浙江杭州人,大学本科,高级工程师,主要从事环境工程和技术工作。

E-mail: yuy@zze.com.cn

收稿日期:2019-05-09

(上接第124页)

- Comparison between AAO and OAO processes for coking wastewater treatment [J]. Industrial Water & Wastewater, 2016,47(3):31-35 (in Chinese).
- [4] 王怀林,云金明,关晓琳,等. A<sup>2</sup>O-MBR组合工艺深度处理液晶TFT-LCD废水的试验研究[J]. 膜科学与技术, 2015,35(5):97-101.  
Wang Huailin, Yun Jinming, Guan Xiaolin, et al. Experimental study on advanced treatment of liquid crystal TFT-LCD wastewater with A<sup>2</sup>O-MBR combined process[J]. Membrane Science and Technology, 2015,35(5):97-101 (in Chinese).
- [5] 贾志宇,魏宏斌,刘远,等. 叠片展开式悬浮生物载体用于微污染源水的预处理[J]. 中国给水排水, 2009,25(9):63-65.  
Jia Zhiyu, Wei Hongbin, Liu Yuan, et al. Application of overlap-blade suspended biological carrier to pretreatment of micro-polluted source water [J]. China Water &

Wastewater, 2009,25(9):63-65 (in Chinese).



作者简介:童波(1995—),男,湖北恩施人,硕士研究生在读,主要研究方向为污水处理。

E-mail: tongbo817@163.com

收稿日期:2020-04-09