

污水处理厂 A/O 工艺设计及除磷效能

刘智晓¹, 秦姝兰², 杨蛟云³, 张 明², 张辉国¹

(1 国中 <秦皇岛> 污水处理有限公司, 河北 秦皇岛 066000; 2 国中爱华 <天津> 市政环境有限公司, 天津 300060; 3 天津大学 环境科学与工程学院, 天津 300072)

摘 要: 国中(秦皇岛)污水处理厂为 BOT 项目, 处理规模为 $12 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 采用取消初沉池的 A/O 除磷工艺, 介绍了主要设计参数及各单元控制过程, 总结了系统对有机物及磷的处理效果, 分析了影响 A/O 工艺生物除磷的主要因素。

关键词: 污水厂; BOT 项目; 工艺设计; 生物除磷

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2005)09-0080-03

A/O Process Design and Phosphorus Removal Efficiency in Wastewater Treatment Plant

LIU Zhi-xiao¹, QIN Shu-lan², YANG Jiao-yun³, ZHANG Ming²,
ZHANG Hui-guo¹

(1. InterChina <Qinhuangdao> Wastewater Treatment Co., Ltd., Qinhuangdao 066000, China; 2. InterChina Aihua <Tianjin> Municipal & Environmental Engineering Co., Ltd., Tianjin 300060, China; 3. School of Environmental Science and Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: InterChina (Qinhuangdao) Wastewater Treatment Plant was built and operated in BOT mode. It had treatment capacity of $12 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, and adopted A/O process without primary clarifier for phosphorus removal. The main design parameters and control process of each unit were introduced and the efficiency of removal of organic matters and phosphorus was summarized. The key factors affecting the A/O process for phosphorus removal were analyzed.

Key words: wastewater treatment plant; BOT project; process design; biological phosphorus removal

国中(秦皇岛)污水处理厂采用 BOT 形式建设, 处理规模为 $12 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 工程总投资为 1.2 亿元, 建设期为 1.5 年, 运营期为 20 年。该污水厂于 2003 年 3 月开工建设, 2004 年 8 月 10 日投入试运行。

1 设计进、出水水质及工艺流程

该工程占地 6.28 hm^2 , 主要设备均为进口, 采用取消初沉池的 A/O 除磷工艺, 污泥处理采用机械浓

缩后直接脱水、外运填埋。国中(秦皇岛)污水处理厂设计进、出水水质见表 1。工艺流程见图 1。

表 1 设计进、出水水质

Tab 1 Design influent and effluent quality

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项目	COD	BOD ₅	SS	TN	NH ₃ -N	TP
进水	350	150	150	40	28	3
出水	≤60	≤20	≤20		≤25	≤1

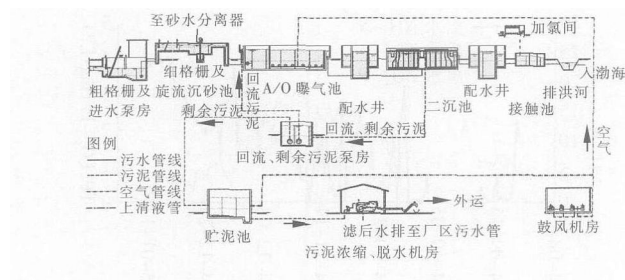


图 1 污水处理厂工艺流程

Fig 1 Diagram of treatment process of wastewater treatment plant

2 工艺设计

① 粗格栅及进水泵房

粗格栅与进水泵房合建,粗格栅井分 2 格,采用 2 台回转式粗格栅,设计流量为 $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$,过栅流速为 0.62 m/s ,格栅间隙为 20 mm ,格栅宽度为 1.4 m 。进水泵采用 4 台 (3 用 1 备) 离心潜污泵,单台 $Q = 930 \text{ L/s}$, $H = 154 \text{ kPa}$, $P = 108.7 \text{ kW}$ 。格栅的自动控制采用水位差和时间控制两种模式,自控系统根据吸水井的水位值自动控制污水提升泵的启动和台数,同时自动累积水泵运行时间及自动轮值,保证水泵总是处在最佳运行状态。

② 细格栅及旋流沉砂池

设计流量为 $1.8 \text{ m}^3/\text{s}$,过栅流速为 0.702 m/s ,格栅间隙为 5 mm ,格栅宽度为 2.0 m ,安装角度为 35° ,采用 2 台转鼓式机械细格栅,包括栅渣收集、输送设备。设 2 座旋流沉砂池,直径为 5.48 m ,设计表面负荷为 $140 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。采用 Vistex 旋流沉砂设备,与其他同类型旋流除砂设备相比,Vistex 旋流除砂设备不仅具有很高的除砂效率,而且具有很高的有机物分离效率。污水中的有机物和砂粒在沉砂池中得到三次有效的分离,砂粒吸附的有机物分离率可达 90% 以上。

③ A/O 生物池及鼓风机房

根据原水水质特点,考虑有机物对生物除磷的影响,未设初沉池,沉砂池出水直接进入 A/O 池进行有机物降解、厌氧释磷及好氧吸磷工艺过程。A/O 池设计流量为 $1.57 \text{ m}^3/\text{s}$,分 2 池,厌氧段采用氧化沟池型,好氧段采用廊道式。单池尺寸 ($L \times B \times H$) 为 $77 \text{ m} \times 51 \text{ m} \times 6.3 \text{ m}$,污泥负荷为 $0.147 \text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$;总泥龄为 8 d (好氧泥龄为 6 d ,厌氧泥龄为 2 d);MLSS 为 3500 mg/L ,HRT 为 9 h ,产泥率为 $0.90 \text{ kgDS/kgBOD}_5$ 。采用球形刚玉微

孔 ($\Phi 178 \text{ mm}$) 曝气头 12 188 个,充氧能力为 $0.19 \sim 0.437 \text{ kg/h}$;厌氧池采用 8 台下搅拌器,其功率为 14 kW ,直径为 2.5 m 。

根据进水 BOD_5 和 TN 负荷,计算标准状态下最大需氧量为 $52632 \text{ kgO}_2/\text{d}$,实际空气量为 $28500 \text{ m}^3/\text{h}$,采用 4 台 (3 用 1 备) 多级离心鼓风机,单机额定流量为 $9500 \text{ m}^3/\text{h}$,风压为 65 kPa ,功率为 262 kW 。

曝气量的控制:在各个曝气池空气支管设置空气流量计,与溶解氧组成曝气量串级自动调节系统,通过压力变送器检测空气总管的压力,根据设定的压力值控制鼓风机的运转台数和变频控制鼓风机转速。

④ 二沉池、剩余及回流污泥泵房

生物池出水经过配水井均匀分配到 4 座辐流式二沉池,设置 4 台全桥式刮吸泥机,单池设计流量为 $1625 \text{ m}^3/\text{h}$,直径为 48 m ,有效水深为 3.3 m ,设计停留时间为 3.6 h ,最大流量表面负荷为 $0.90 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。A/O 池最大回流比为 100%,设置 5 台回流泵 (4 用 1 备),单泵流量为 475 L/s ,扬程为 90 kPa ,功率为 30 kW ;设 3 台剩余污泥泵,单泵流量为 $42 \text{ m}^3/\text{h}$,扬程为 90 kPa ,功率为 7.5 kW 。回流污泥量的控制采用比例控制,根据生物池进水量、回流污泥浓度控制回流污泥泵的运转台数及运行时间,以保证曝气池 MLSS 维持在一定范围内。

⑤ 污泥处理

经计算,生物降解产生泥量为 14040 kg/d ,若剩余污泥含水率按 99.3% 计,则剩余污泥体积为 $2006 \text{ m}^3/\text{d}$ 。沉淀后的剩余污泥通过泵排至贮泥池,在贮泥池内采用空气搅拌,而空气来自鼓风机房。贮泥池设计停留时间为 80 h ,体积为 631 m^3 (直径为 12.5 m)。采用 3 套浓缩脱水一体机 ($B = 1.6 \text{ m}$, $Q = 42 \text{ m}^3/\text{h}$),并配有投泥螺杆泵、絮凝剂智能投加系统。

⑥ 污泥消毒

采用加氯消毒工艺,单机加氯能力为 20 kg/h ,最大投量为 5 mg/L 。根据进水流量控制加氯机按比例自动加氯,并根据出水余氯值进一步修正加氯量,使加氯量始终处于最佳值。接触池的尺寸 ($L \times B \times H$) = $34 \text{ m} \times 15 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ 。

3 运行情况

3.1 对有机物及 SS 的去除

A/O 工艺运行稳定,对 BOD_5 、COD 具有较高的去除率,且具有较强的抗冲击性能;出水水质优于设

计标准, $\text{COD} \leq 30 \text{ mg/L}$, $\text{BOD}_5 \leq 12 \text{ mg/L}$ 。同时 A/O 工艺对 SS 也具有较好的去除效果, 进水 SS 为 $60 \sim 240 \text{ mg/L}$ 时, 出水 $\text{SS} < 10 \text{ mg/L}$ 。

3.2 对 TP 及 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 的去除

A/O 工艺对 TP 及 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 的去除分别见图 2、3。

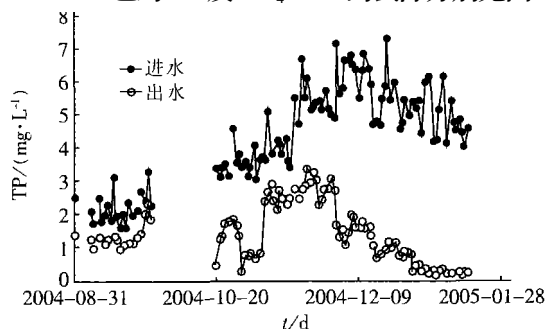


图 2 A/O 工艺对 TP 的去除

Fig 2 TP removal efficiency by A/O process

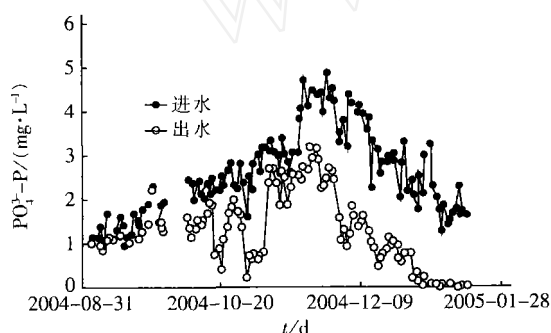


图 3 A/O 工艺对 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 的去除

Fig 3 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ removal efficiency by A/O process

可以看出, 运行前 3 个月, 系统对 TP、 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 处理效果不够稳定, 出水 TP 难于达到 1 mg/L , $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 也很难低于 1 mg/L 。分析原因如下:

① 系统运行初期, 由于没有排放剩余污泥, 致使污泥龄过长, 硝化菌得以在系统累积, 导致曝气池发生了严重硝化, 曝气池出水 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 一度低于 1 mg/L , 回流污泥 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 最高达到 12 mg/L , 并携带大量 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 到厌氧区, 对厌氧释磷产生抑制, 系统出水磷难于达标; 待系统排泥逐渐正常, 生物池污泥龄逐步降低, 同时进入冬季后, 随着水温逐步降低, 硝化作用得到有效控制后, 出水 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 逐步回升, 回流污泥中的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 也日趋减少, A/O 工艺除磷效果逐步得到改善, 出水 TP、 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 低于 1 mg/L , 12 月下旬后出水 $\text{TP} < 0.5 \text{ mg/L}$ (见图 4)。

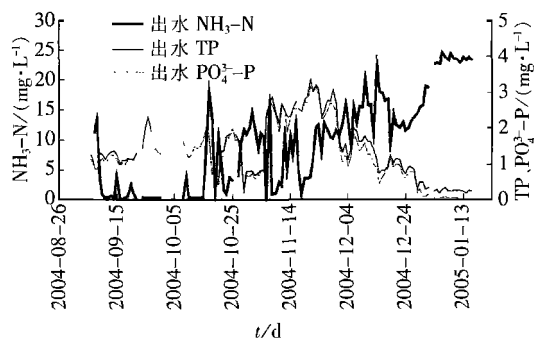


图 4 A/O 生物池出水 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 与 $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ 、TP 关系

Fig 4 Relation between $\text{NH}_3 - \text{N}$ and $\text{PO}_4^{3-} - \text{P}$ in A/O biological tank

② 系统进水 TP 高于设计标准且波动大, 也是导致系统除磷不稳定的因素, 12 月进水 TP 平均为 5.756 mg/L , 最高值达到 7.28 mg/L 。

③ 污泥负荷设计值为 $0.144 \text{ kgBOD}_5 / (\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$, 此值值得商榷。对于 A/O 生物除磷工艺, 研究及实践表明^[1~3], 低污泥负荷是不利于除磷的, 即污泥负荷不能低于 $0.2 \sim 0.7 \text{ kgBOD}_5 / (\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$ 。加之系统运行初期, 实际进水量低于设计流量, 使得 A/O 池实际运行污泥负荷更低, 泥龄偏长, 聚磷菌活性弱^[4], 系统硝化作用也难以控制, 同时较长时间的低负荷运行会导致延时曝气, 使聚磷菌细胞内的存储物质 (PHB、糖原、聚磷) 含量下降, 最终导致生物系统除磷效果的降低^[5]。另外, BOD_5 负荷直接与剩余污泥量有关, 污泥有机负荷高有利于磷的去除^[3,5]。

参考文献:

- [1] 丛广治, 白羽, 陈立学, 等. 大连开发区污水厂的生物除磷实践 [J]. 中国给水排水, 2004, 20 (1): 74 - 77.
- [2] 荣宏伟, 陈志强, 吕炳南. 有机碳源对生物除磷的影响 [J]. 南京理工大学学报, 2004, 28 (4): 440 - 443.
- [3] 谢有奎, 颜强. 污泥负荷对污水生物去除氮、磷和有机物的影响 [J]. 重庆建筑大学学报, 2004, 26 (3): 63 - 65.
- [4] 李勇, 黄勇, 潘杨. 泥龄对生物除磷效率影响的分析 [J]. 苏州城建环保学院学报, 2001, 14 (1): 16 - 18.
- [5] 毕学军, 张波, 高廷耀. 低负荷运行对城市污水生物除磷的影响 [J]. 上海环境科学, 2002, 21 (2): 93 - 96.

电话: (022) 23545810 (0335) 3165366

E-mail: liuzhixiao@163.com

收稿日期: 2005 - 03 - 03