

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.24.013

污水处理厂约翰内斯堡(JHB)工艺应用实例

宋田翼

(山东省城建设计院, 山东 济南 250000)

摘要: 河南省孟州市污水处理厂二期扩建工程规模为 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 生化处理单元采用约翰内斯堡工艺(Johannesburg 工艺, 简称 JHB 工艺), 该工艺属于改良 AAO 工艺的一种。二沉池污泥回流至预缺氧池, 既可以优先利用进水中优质碳源进行反硝化除氮, 还可以减轻传统 AAO 工艺中硝酸盐对厌氧段释磷的影响。为强化除磷脱氮效果, 同时采取多点布水设计、加大缺氧池反应时间、提高硝化液回流比、投加外部碳源等措施, 实现了比一期工程更好的除磷脱氮效果, 出水水质明显优于一期工程氧化沟工艺。深度处理采用机械混凝、斜板沉淀及纤维转盘过滤工艺, 运行效果良好, 各出水指标均稳定达到《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: JHB 工艺; 多点布水; 除磷脱氮

中图分类号: TU992.3 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)24-0074-04

A Case of Johannesburg(JHB) Process in a Wastewater Treatment Plant

SONG Tian-yi

(Shandong Urban Construction Design Institute, Jinan 250000, China)

Abstract: The design scale of the phase II expansion project of Mengzhou wastewater treatment plant in Henan Province is $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$. The Johannesburg process (JHB), which is one of the modified AAO process, is adopted in the biochemical treatment unit. When the sludge from the secondary sedimentation tank is returned to the pre-anoxic tank, the high-quality carbon source in the influent can be preferentially used for denitrification, and the influence of nitrate on phosphorus release in the anaerobic section in the traditional AAO process can be alleviated. The measures such as design of multi-point water distribution, increasing the reaction time of the anoxic tank, increasing the nitrification liquid reflux ratio, adding external carbon source were adopted to enhance the phosphorus and nitrogen removal efficiency. The phosphorus and nitrogen removal performance of the phase II expansion project was better than that of the phase I project, and the effluent quality was obviously better than that of the oxidation ditch process of the phase I project. The advanced treatment system adopts the mechanical coagulation, inclined plate precipitation and fiber rotary filter processes, and the treatment performance is good. The effluent indicators all stably meet the requirements of the first level A criteria specified in *Discharge Standard of Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (GB 18918 - 2002).

Key words: JHB process; multi-point water distribution; phosphorus and nitrogen removal

1 工程背景

河南省孟州市污水处理厂服务范围为孟州市东部主城区(西环路以东、潞河以西、北环路以南、南

环路以北)。一期工程规模为 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 于 2005 年建成使用。污水处理流程为: 污水→粗格栅及提升泵站→细格栅及旋流沉砂池→厌氧池→氧化

沟→二沉池→消毒,出水水质执行二级排放标准,污泥处理采用带式压滤机脱水。2010年增加了深度处理工程,采用絮凝池→斜管沉淀池→虹吸滤池工艺,最终出水标准提高至一级A标准后排入老滂河。随着城市建设与发展,污水厂进水量逐渐增加,2016年全年平均进水量达到 $2.65 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,最大

进水量超过 $3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,故2017年8月开始进行二期扩建工程设计,出水执行《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准。

2 一期工程实际运行存在的问题

一期工程已投产运行超过10年,2016年实际进、出水水质与设计水质见表1。

表1 一期工程设计水质与实际进、出水水质

Tab.1 Design and actual influent and effluent quality of phase I project

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

项 目	COD	BOD	SS	$\text{NH}_3 - \text{N}$	TN	TP	
设计进水	400	180	200	30	35	3	
实际进水	最高值	574.82	253.84	399	59.16	81.10	27.27
	最低值	59.90	33.20	11	7.26	13.00	0.53
	平均值	227.70	101.06	150.34	34.39	40.76	3.45
	90% 概率	370.20	165.56	189.28	37.84	48.05	4.56
实际出水	最高值	57.62	8.19	20	16.62	24.58	0.97
	最低值	7.98	1.29	4	0.07	7.36	0.05
	平均值	34.22	4.43	9.51	0.83	15.26	0.37
	90% 概率	45.30	7.57	19	5.2	18.60	0.55
设计出水(一级A标准)	50	10	10	5(8)	15	0.5	

由表1可知,实际进水 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、TN、TP超出当初设计值,导致核心处理系统氧化沟运行负荷较大,不能发挥出相应功能。对一期工程原有处理系统运行情况进行了梳理分析,发现生化池采用形式及设计参数存在一定的问题。生化池采用厌氧池+氧化沟形式,由于氧化沟中水流形态为完全混合式,好氧区与缺氧区各自的分区和溶解氧浓度很难准确地加以控制,而且没有专门的硝化液回流设施,导致脱氮效果受到影响。且实际进水碳氮比相对不足, $\text{BOD}_5/\text{TN} = 2.5$,反硝化碳源不足,又加重了脱氮效率较低的问题。平均脱氮率约为62.5%,仍有进一步提升的潜力。污泥回流形式为二沉池污泥回流至氧化沟前端的厌氧池,其中的硝酸盐对厌氧段释磷产生影响,又影响了最终生物除磷效果。

3 二期扩建工程工艺设计

3.1 工艺措施

针对一期工程存在的问题,二期扩建工程提出以下解决措施:

① 根据一期实际进水情况重新调整二期工程设计进水水质参数。二期扩建工程将设计进水 $\text{NH}_3 - \text{N}$ 、TN、TP分别提高到40、50、5.0 mg/L 。

② 为更好地发挥生化系统同步脱氮除磷效果,二期扩建工程生化系统采用约翰内斯堡(Johannesburg)工艺^[1-2],该工艺首先由南非约翰内

斯堡大学创立,简称JHB工艺,为改良AAO工艺中的一种。与传统AAO工艺相比,在厌氧池前端增加了预缺氧池,二沉池污泥回流至预缺氧池,既可以优先利用进水中优质碳源进行反硝化除氮,还可减轻硝酸盐对厌氧段释磷的影响,有利于系统的除磷。设计采用多点布水的进水形式,沿布水渠设置了4套插板闸门,按照水流先后顺序分别进入第1格预缺氧池、第2格预缺氧池、厌氧池、缺氧池,进水流量占总水量的比值分别为20%、20%、50%、10%,并可根据实际进水水质灵活调整运行方式,提高系统脱氮除磷能力。

为强化脱氮效果,同时采取加大缺氧池反应时间、于好氧池内设置专门的硝化液回流设施、提高硝化液回流比、向污水中投加外部碳源等措施。好氧段采用推流廊道式池型,采用微孔曝气,梯度布置,效率高,无推流器,节能效果理想。

深度处理采用机械混凝、斜板沉淀、纤维转盘过滤工艺。

3.2 工艺流程及规模

二期扩建工程污水处理工艺流程见图1。

二期扩建工程规模为 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,总变化系数按照扩建后厂区总规模 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 取值, $Kz = 1.38$ 。

新建污泥处理系统考虑脱水后污泥含水率 \leq

60%，一期工程带式压滤机不能满足要求，二期扩建 工程按照总规模 $5.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 设计。

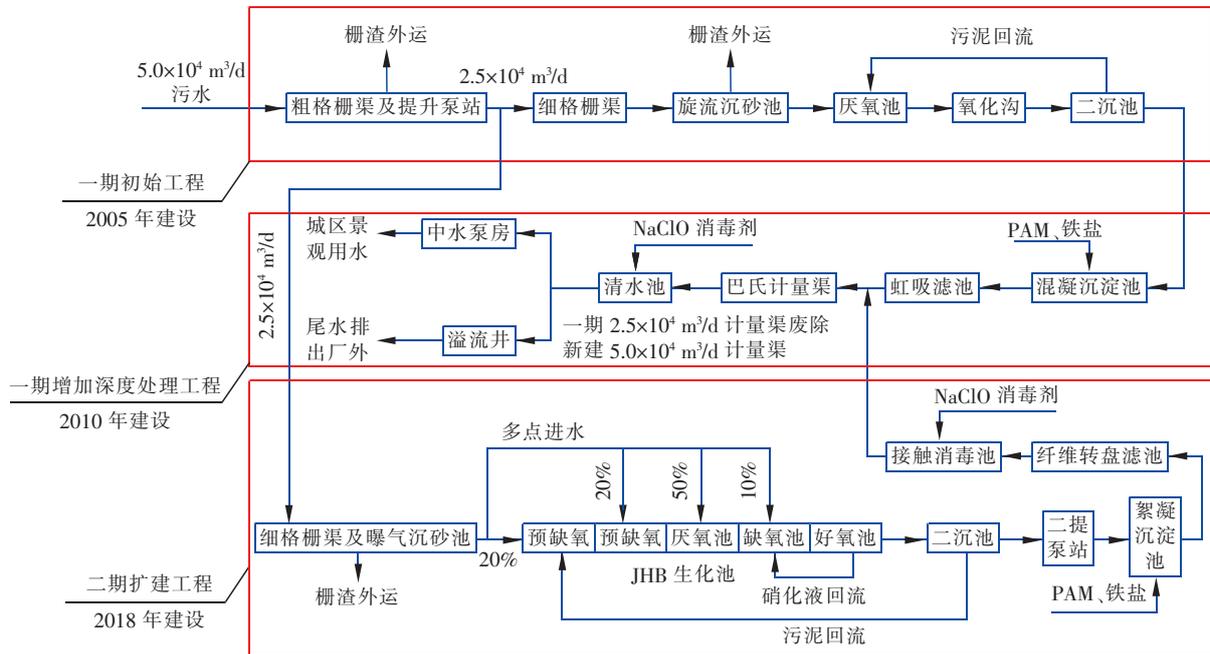


图 1 污水处理工艺流程

Fig. 1 Flow chart of wastewater treatment process

3.3 构筑物设计参数

① 细格栅及曝气沉砂池:1 座 2 组,细格栅单条渠宽 1 000 mm,沉砂池单组尺寸 9 m × 2.8 m × 3.2 m。设置旋转细格栅 2 台,单台宽度 1 000 mm、栅缝 5 mm、功率 1.1 kW;桁车式吸砂机 1 套,设备净宽 5.90 m、驱动功率 1.5 kW;配套吸砂泵 2 台,单台流量 22 m³/h、扬程 80 kPa、功率 1.5 kW;螺旋砂水分离器 1 套,处理量 17 L/s、螺旋槽直径 350 mm、功率 0.75 kW;沉砂池下方设三叶罗茨鼓风机 2 台(1 用 1 备),单台风量 5 m³/min、风压 34.3 kPa、功率 7.5 kW。1 m³ 污水的曝气量为 0.2 m³ 空气。曝气沉砂池设计水力停留时间为 4 min。

② JHB 生化池:1 座 2 组,池体总尺寸为 65 m × 46 m × 7.5 m,有效水深 6.5 m,水力停留时间 17.5 h。设计污泥浓度 MLSS = 3 500 mg/L,污泥负荷 $F_w = 0.08 \text{ kgBOD}_5 / (\text{kgMLSS} \cdot \text{d})$,污泥龄 21 d,污泥回流比为 80%,硝化液回流比 300%,最大气水比 6 : 1。池内分区及设备情况如下:

预缺氧区:2 组,单组尺寸 15 m × 8 m × 7.5 m,停留时间 1.5 h。内设中速潜水搅拌机 2 台,单台叶轮直径 620 mm、转速 480 r/min、功率 4.0 kW,平均搅拌功率 5.1 W/m³。

厌氧区:2 组,单组尺寸 15 m × 8 m × 7.5 m,停留时间 1.5 h。内设中速潜水搅拌机 2 台,单台叶轮直径 620 mm、转速 480 r/min、功率 4.0 kW,平均搅拌功率 5.1 W/m³。

缺氧区:2 组,单组尺寸 30 m × 15 m × 7.5 m,停留时间 5.5 h。内设低速潜水推进器 6 台,单台叶轮直径 2 500 mm、转速 63 r/min、功率 7.5 kW,平均搅拌功率 7.8 W/m³。

好氧区:2 组,单组尺寸 30 m × 24 m × 7.5 m,停留时间 9.0 h。内设管式微孔曝气器 1 300 根,单根长度 1 000 mm;PP 回流泵 2 台,单台流量 480 L/s、扬程 10 kPa、功率 11 kW。

③ 二沉池:2 座,中进周出辐流式,单座尺寸 $\varnothing 30 \text{ m} \times 4.5 \text{ m}$,表面水力负荷为 $0.74 \text{ m}^3 / (\text{m}^2 \cdot \text{h})$,设置全桥刮吸泥机 2 套,单台排泥量 750 m³/h、周边线速 1.0 ~ 2.0 m/min、功率 1.5 kW。

④ 混凝沉淀池:1 座,尺寸 36.5 m × 16.0 m × 5.5 m。池内分区情况如下:

机械混合池:2 组,单组尺寸 2.0 m × 2.0 m × 4.3 m。混合搅拌时间 70 s,内设混合搅拌机 2 台,单台桨叶外径 600 mm、转速 125 r/min、功率 2.2 kW。

机械絮凝池:2组,单组串联3格,单格尺寸3.5 m×3.5 m×4.0 m。反应搅拌时间10.8 min,单组串联设置絮凝搅拌机3台,功率分别为0.75、1.1、1.5 kW。

斜板沉淀池:2组,单组尺寸27 m×7.3 m×4.9 m。表面水力负荷 $3.65 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$,内设PVC材质斜板填料 394.20 m^2 、长度1 m,安装角度 60° 。

⑤ 纤维转盘滤池:1座2组,尺寸8.6 m×5.5 m×3.5 m,设计平均滤速 $^{[3]}7.6 \text{ m/h}$ 。单组设纤维滤布转盘12片,单片直径2 000 mm;反洗泵2台,单台流量 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程90 kPa、功率2.2 kW。

⑥ 接触消毒池:1座,尺寸20 m×9.0 m×4.9 m,有效水深4.5 m,消毒时间30 min。

⑦ 加氯加药间:1座,框架结构,尺寸19.3 m×7.7 m×4.80 m。设置药剂溶液储罐3个,单个体积 20 m^3 ,储存介质分别为铁盐溶液、次氯酸钠溶液、乙酸钠溶液;一体化PAM加药装置1台,最大溶药量 $20 \text{ m}^3/\text{d}$ (0.2%水溶液计),功率3 kW;管道式卸药泵3台,单台流量 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ 、扬程150 kPa、功率3.0 kW,过流介质分别为铁盐溶液、次氯酸钠溶液、乙酸钠溶液;隔膜加药计量泵8台(4用4备),投加介质分别为PAM溶液、铁盐溶液、次氯酸钠溶液、乙酸钠溶液,单台流量0~1 000 L/h、扬程300 kPa、功率0.75 kW。

4 运行效果及经济分析

该工程自2018年12月运行至今,出水水质一直稳定达标,且优于一期工程。2020年全年出水水质见表2。

表2 实际出水水质

Tab.2 Actual effluent quality $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$

项 目	COD	BOD ₅	SS	氨氮	TN	TP
原一期工程出水(90%概率)	45.30	7.57	9	5.20	18.60	0.55
二期扩建工程总出水(90%概率)	40.27	5.23	7	3.96	13.35	0.38

二期扩建工程布置紧凑,总占地约 1.47 hm^2 ,远低于《城市排水工程规划规范》(GB 50318—2017)中的规划用地指标。工程竣工决算总投资为5 328.5万元。运行后总成本约 $1.09 \text{ 元}/\text{m}^3$,其中固定成本 $0.51 \text{ 元}/\text{m}^3$,可变成本 $0.58 \text{ 元}/\text{m}^3$ 。处理单位污水电耗为 $0.36 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{m}^3$,较为节能。

5 结论

孟州市污水处理厂二期扩建工程设计采用JHB工艺,二沉池污泥回流至预缺氧池,既可以优先利用进水中优质碳源进行反硝化除氮,还可以减轻传统AAO工艺中硝酸盐对厌氧段释磷的影响。同时采取多点布水设计、加大缺氧池反应时间、提高硝化液回流比、投加外部碳源等措施,实现了比一期工程更好的脱氮除磷效果,出水指标稳定达到一级A标准。

参考文献:

- [1] 何国钢,陈长松,王凯. JHB工艺在通辽污水处理厂的应用[J]. 中国给水排水,2012,28(22):70-74.
HE Guogang, CHEN Changsong, WANG Kai. Application of JHB process in Tongliao wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2012, 28(22): 70-74 (in Chinese).
- [2] 刘小英,王社平,彭党聪. 约翰内斯堡工艺在邓家村污水处理厂的运行效果分析[J]. 中国给水排水,2009,25(20):90-92,105.
LIU Xiaoying, WANG Sheping, PENG Dangcong. Analysis on operation efficiency of Johannesburg process in Dengjiacun WWTP [J]. China Water & Wastewater, 2009, 25(20): 90-92, 105 (in Chinese).
- [3] 陈淑芳,张修奎,杨松. A²O/纤维转盘滤池用于污水处理厂的设计与运行[J]. 中国给水排水,2018,34(12):57-60.
CHEN Shufang, ZHANG Xiukui, YANG Song. Design and operation of A²O/rotary fibre-plate filter for wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(12): 57-60 (in Chinese).

作者简介:宋田翼(1986—),男,山东兖州人,本科,高级工程师,国家注册公用设备工程师(给水排水),国家注册咨询工程师(投资),主要从事市政给水排水工程的设计及咨询工作,曾获国家优秀勘察设计成果奖三等奖1项,山东省优秀勘察设计成果奖一等奖2项、二等奖4项、三等奖2项,山东省优秀咨询成果奖三等奖2项,济南市优秀勘察设计成果奖一等奖1项、二等奖2项、三等奖2项。

E-mail: sty860115@163.com

收稿日期:2021-04-07

修回日期:2021-05-06

(编辑:孔红春)