

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2026.02.010

# 苏州新区浒东污水处理厂二期扩建及提标改造工程

姜正凌<sup>1</sup>, 郭庆英<sup>2</sup>, 王 阳<sup>2</sup>, 张 宇<sup>2</sup>, 秦少波<sup>2</sup>

(1. 苏州高新水质净化有限公司, 江苏 苏州 215000; 2. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381)

**摘 要:** 为响应苏州市相关政策要求,苏州新区浒东污水处理厂实施二期扩建及提标改造工程,扩建后总规模8.0万 m<sup>3</sup>/d,设计出水水质执行苏州市特别排放限值标准(2018年9月),相当于地表水Ⅳ类。该厂污水含部分工业废水,难生物降解COD较高,提标改造工艺流程采用Bardenpho生物池+周进周出二沉池+芬顿催化氧化+高密度沉淀池+浅层高效滤池+紫外线消毒。投产运行后,各项出水指标均能稳定达标,可供类似工程参考。

**关键词:** 市政污水处理厂; 提标改造; 扩建; 工业废水; Bardenpho生物池; 芬顿催化氧化; 浅层高效滤池

中图分类号: TU992 文献标识码: B 文章编号: 1000-4602(2026)02-0063-05

## Xudong Sewage Treatment Plant Phase II Expansion and Upgrading Project in Suzhou New Area

JIANG Zhengling<sup>1</sup>, GUO Qingying<sup>2</sup>, WANG Yang<sup>2</sup>, ZHANG Yu<sup>2</sup>, QIN Shaobo<sup>2</sup>

(1. Suzhou Gaoxin Water Purification Co. Ltd., Suzhou 215000, China; 2. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China)

**Abstract:** In response to relevant policy requirements in Suzhou, the Xudong sewage treatment plant in Suzhou new area implemented the phase II expansion and upgrading project, with a total construction scale of 80 thousand m<sup>3</sup>/d after expansion. The design effluent quality met the requirements specified in Suzhou special emission limit standards (September 2018), which was equivalent to the quasi-Ⅳ surface water standard. As the sewage treatment plant received wastewater containing industrial components with a high proportion of non-biodegradable COD, the upgraded treatment process adopted Bardenpho biological tank+peripheral-inlet and peripheral-outlet secondary sedimentation tank+Fenton catalytic oxidation+high-density sedimentation tank+shallow high-efficiency filter+ultraviolet disinfection. Since commissioning, all effluent indicators have consistently met the stringent standards, providing a valuable reference for similar projects.

**Keywords:** municipal sewage treatment plant; upgrading; expansion; industrial wastewater; Bardenpho biological tank; Fenton catalytic oxidation; shallow high-efficiency filter

苏州新区浒东污水处理厂占地7.67 hm<sup>2</sup>,服务于浒关工业园等运河以东地区,服务面积约10 km<sup>2</sup>。

该厂一期工程规模4.0万 m<sup>3</sup>/d,于2007年初投产,处理对象包含生活污水及部分工业废水,出水执行《城

通信作者: 姜正凌 E-mail: 851653535@qq.com

镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)中的一级 A 标准。2018 年苏州市公布《关于高质量推进城乡生活污水治理三年行动计划实施意见》,其中明确污水处理厂出水执行苏州市特别排放限值标准,此限值标准相当于地表水Ⅳ类。随着浒关工业园污水量的逐年增长,进厂污水的瞬时流量时常接近设计规模,扩建已提上日程。因此,该项目确定实施二期规模扩建及整体水质提标改造工程。

## 1 一期工程工艺流程及水质

一期工程生物处理采用循环式活性污泥(CAST)工艺,深度处理采用混凝沉淀池+滤布滤池,消毒采用紫外线,污泥处理采用直接浓缩脱水,再外运卫生填埋处置。CAST 池 1 座 4 池,运行模式为进水 1.00 h、曝气 1.00~1.25 h、沉淀 1.50 h、滗水 1.50 h。实地踏勘发现,生物池出水水质不稳定,滗水后段悬浮物浓度较高,此次工程需对生物池进行

升级改造。一期工程工艺流程见图 1。

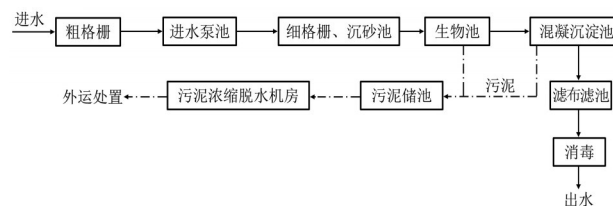


图 1 一期工程工艺流程

Fig.1 Process flow chart of phase I project

选取 2018 年—2019 年浒东污水处理厂最高日进水量,对一期工程进、出水水质进行分析。平均进水量 38 744 m<sup>3</sup>/d,其中工业废水 9 154 m<sup>3</sup>/d,占比约 23.6%,考虑到上游排污企业资料未完全收集,仍有少部分企业排污情况待明确,故设定进水工业废水占比约 30%。工业废水主要来自精密机械、材料科技、化学品制造等企业,其中不可生物降解 COD 浓度较高。表 1 为 2018 年—2019 年进、出水污染物不同涵盖率的统计数值。

表 1 2018 年—2019 年进、出水污染物不同涵盖率统计数值

Tab.1 Statistics of different coverage rates of influent and effluent pollutants from 2018 to 2019

| 时间            | 涵盖率/% | 进、出水污染物指标/(mg/L) |    |                  |    |     |    |                    |     |     |     |      |      |
|---------------|-------|------------------|----|------------------|----|-----|----|--------------------|-----|-----|-----|------|------|
|               |       | COD              |    | BOD <sub>5</sub> |    | SS  |    | NH <sub>3</sub> -N |     | TP  |     | TN   |      |
|               |       | 进水               | 出水 | 进水               | 出水 | 进水  | 出水 | 进水                 | 出水  | 进水  | 出水  | 进水   | 出水   |
| 2018 年        | 85    | 488              | 35 | 147              | 2  | 234 | 8  | 37.3               | 1.5 | 6.3 | 0.2 | 49.3 | 9.4  |
| 2019 年        |       | 538              | 34 | 159              | 2  | 258 | 8  | 34.9               | 1.3 | 6.5 | 0.3 | 47.1 | 7.5  |
| 2018 年        | 90    | 532              | 36 | 159              | 3  | 254 | 8  | 38.5               | 1.7 | 6.8 | 0.3 | 51.2 | 9.8  |
| 2019 年        |       | 569              | 36 | 171              | 2  | 289 | 8  | 36.2               | 1.5 | 7.0 | 0.3 | 48.3 | 7.9  |
| 2018 年        | 95    | 583              | 37 | 177              | 3  | 301 | 9  | 41.1               | 2.1 | 7.5 | 0.3 | 54.4 | 10.7 |
| 2019 年        |       | 619              | 37 | 188              | 2  | 314 | 9  | 38.0               | 1.7 | 8.7 | 0.3 | 51.1 | 8.6  |
| 2018 年—2019 年 | 85    | 515              | 35 | 154              | 2  | 249 | 8  | 36.3               | 1.4 | 6.4 | 0.3 | 48.3 | 8.9  |
|               | 90    | 557              | 36 | 167              | 2  | 274 | 8  | 37.6               | 1.6 | 7.0 | 0.3 | 50.2 | 9.3  |
|               | 95    | 611              | 37 | 183              | 3  | 308 | 9  | 39.3               | 1.9 | 8.1 | 0.3 | 53.0 | 10.0 |

## 2 二期扩建及提标改造设计水质、工艺方案

根据《苏州市污水专项规划(2017—2035)》,二期工程设计规模 4.0 万 m<sup>3</sup>/d,出水由一级 A 标准提高至苏州市特别排放限值标准(2018 年 9 月)。设计进、出水水质见表 2。

表 2 设计进、出水水质

Tab.2 Design influent and effluent quality mg/L

| 项目     | COD  | BOD <sub>5</sub> | SS   | NH <sub>3</sub> -N | TP   | TN  |
|--------|------|------------------|------|--------------------|------|-----|
| 一期设计进水 | ≤350 | ≤150             | ≤200 | ≤35                | ≤4   | ≤50 |
| 二期设计进水 | ≤560 | ≤170             | ≤280 | ≤40                | ≤7.0 | ≤55 |
| 二期设计出水 | ≤30  | ≤10              | ≤10  | ≤1.5(3)            | ≤0.3 | ≤10 |

注: 括号外数值为水温>12℃时的控制指标,括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。

由上述进、出水水质可知,去除 COD、TP 及 TN 是该工程设计的重点。针对以上任务,此次提标改造提出如下工艺设计思路:①为满足该工程对生物脱氮除磷的要求,应对现状 CAST 生物池进行脱氮除磷工艺改造,尽量挖掘现状生物系统的处理能力。②扩建部分生物处理形式,应结合处理效果及用地要求两个要素,综合考量。③为保障强化脱氮,提高反硝化效果,应酌情补充碳源。④深度处理需增加高级氧化法强化难生物降解 COD 的去除,保证出水 COD 的稳定达标<sup>[1]</sup>。⑤深度处理应保障 SS、TP 的稳定去除,增加化学除磷手段,在水质水量发生波动等不利情况下,保障出水 SS、TP 达标。综

上,扩建及提标改造工程污水处理工艺为:新建 Bardenpho 生物池/改造现状 CAST 生物池为 Bardenpho 生物池+周进周出二沉池+芬顿催化氧化+高密度沉淀池+浅层高效滤池+紫外线消毒。其中改造工程于二期新建工程实施后进行,改造过程中现状一期污水由二期工程承接处理。具体工艺流程见图2。

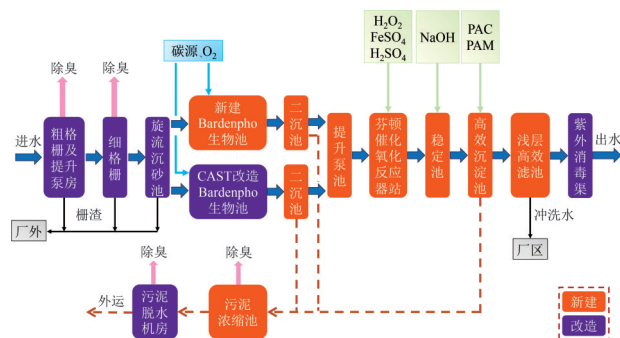


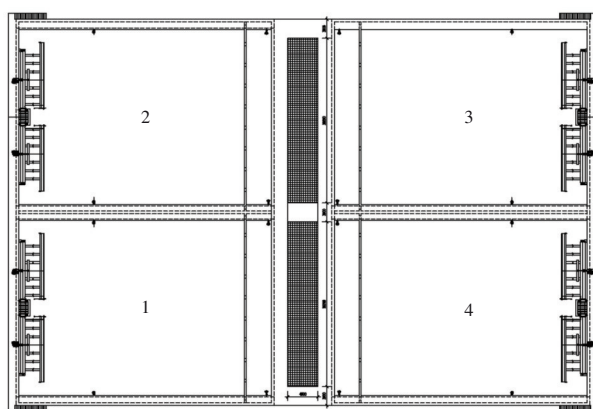
图2 扩建及提标改造工艺流程

Fig.2 Process flow chart of expansion and upgrading project

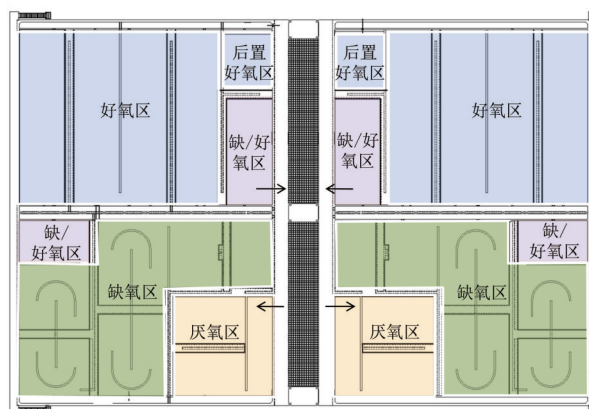
### 3 改造核心构筑物工艺设计参数

将 CAST 生物池改造为五段法 Bardenpho 生物

池。原 CAST 生物池由生物选择池和主反应池组成,分别为4格,生物选择池有效容积2 880 m<sup>3</sup>;主反应池有效容积25 920 m<sup>3</sup>,混合液污泥浓度4 g/L,有效水深6.0 m。因提标要求,经设计进、出水水质及工艺核算后进行降规模改造,CAST生物池处理规模由4.0万 m<sup>3</sup>/d降为3.5万 m<sup>3</sup>/d。改造后预缺氧池水力停留时间0.55 h,厌氧池水力停留时间1.05 h,缺氧池水力停留时间6.93 h,好氧池水力停留时间7.43 h,后置缺氧池水力停留时间1.02 h,后置好氧池水力停留时间0.52 h,总水力停留时间17.50 h。将原CAST生物池中1号和2号池体合并串联为单组生物池,3号和4号池体合并串联为另一组生物池。生物池改造前后对比见图3。改造后的 Bardenpho 生物池1座2组,单组平均流量0.231 m<sup>3</sup>/s,有效水深6.0 m,最低水温12℃;硝化泥龄7 d,总泥龄15 d,污泥浓度4 g/L,污泥产率0.548 kgVSS/kgBOD<sub>5</sub>,污泥负荷0.067 kgBOD<sub>5</sub>/(kgMLSS·d),污泥回流比100%,反硝化速率0.14 kgNO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N/kgBOD<sub>5</sub>;好氧池至缺氧池内回流比300%,供氧量6 071 kg/d。池顶采用反吊膜加盖,臭气统一收集处理。



a. 原 CAST 生物池



b. 改造后 Bardenpho 生物池

图3 生物池改造前后对比

Fig.3 Comparison of the biological tanks before and after upgrading

### 4 新建核心构筑物工艺设计参数

#### 4.1 生物池及污泥泵池

为节省占地,新建生物池与污泥泵池合建。该构筑物土建规模按照4.5万 m<sup>3</sup>/d设计,1座2组,有效水深为9.0 m,最低水温12℃;硝化泥龄7 d,总泥龄17.5 d,污泥浓度4.0 g/L,污泥产率0.618 kgVSS/kgBOD<sub>5</sub>,污泥负荷0.063 kgBOD<sub>5</sub>/(kgMLSS·d),污泥回流比100%;预缺氧池水力停留时间0.47 h,厌氧

池水力停留时间1.23 h,缺氧池水力停留时间7.00 h,好氧池水力停留时间8.65 h,脱氧区水力停留时间0.49 h,后置缺氧池水力停留时间0.97 h,后置好氧池水力停留时间0.48 h,总水力停留时间19.29 h;供氧量13 578 kg/d,设计空气量190 m<sup>3</sup>/min。

新建生物池的厌/缺氧池进行混凝土封顶,池顶覆土绿化;好氧池上设反吊膜加盖,臭气统一收集处理。

## 4.2 二沉池

采用矩形周进周出二沉池,与新建 Bardenpho 生物池合建。设1座6格,二期设备安装5格,单格平面尺寸43.0 m×12.0 m,有效水深5.0 m,污泥回流比100%,最大表面水力负荷 $1.32 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,平均表面水力负荷 $0.97 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

## 4.3 提升泵池

提升泵池将二沉池出水提升至深度处理工段进一步处理。该工程深度处理工段存在两种运行模式:①提升泵池→芬顿处理系统→分配井→高密度沉淀池→浅层高效滤池→紫外线消毒;②提升泵池→分配井→高密度沉淀池→浅层高效滤池→紫外线消毒。根据以上运行模式,提升泵池设置2组水泵,分别服务于不同的处理流程,以保证水泵选型合理。泵池尺寸12.0 m×11.0 m×7.0 m。

## 4.4 芬顿反应器站

污水经提升泵进入芬顿反应器站,进水管道的有加酸装置,调节pH至3~5,经双催化反应器实施预处理,再自流进入双氧化反应器进行催化氧化反应<sup>[2]</sup>。投加药剂包括硫酸、硫酸亚铁和双氧水。构筑物1座,设备基础尺寸12.5 m×10.5 m×0.5 m。双催化反应器和双氧化反应器分别为2套,规格均为 $\varnothing 3.5 \text{ m} \times 4.0 \text{ m}$ ;硫酸分配器2套,双氧水分配器1套,液碱分配器1套,材质均为SS316L。

## 4.5 稳定池

芬顿反应器站出水自流进入稳定池,池前端设置27.5%双氧水投加点,池底设有催化剂填料,进行催化氧化延续反应。池内设置曝气系统,使固定填料内部充分流化,加强催化作用;池内还设有消泡系统,去除因水质不同而可能产生的泡沫。池后端设置32%液碱投加点,将反应后的pH调至7~9,使投加的铁盐形成沉淀,便于后续固液分离,同时满足出水pH要求。该池土建规模8.0万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,1座2格,单格尺寸24.00 m×7.25 m×7.70 m。

## 4.6 高密度沉淀池

为提高出水水质保证率,设置高密度沉淀池,通过投加混凝剂、絮凝剂进行沉淀,以进一步降低TP、SS,同时沉淀经芬顿反应后产生的 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_2$ 。高密度沉淀池设置2座,土建规模按照8.0万 $\text{m}^3/\text{d}$ 设计,设备按照6.0万 $\text{m}^3/\text{d}$ 配置。该池扩建部分、改造部分各1座,每座2组,共计4组,该工程安装3组设备。其中,扩建部分设备全部安装,改

造部分安装1组设备。

① 混合区:使聚合氯化铝(PAC)迅速均匀分散到水中,有利于PAC水解,充分发挥其高电荷对水中胶体的电中和脱稳作用,使微小颗粒聚集。采用方形钢筋混凝土池,每组1池,单池平面尺寸3.0 m×3.0 m,有效水深5.0 m,混合时间2.45 min。

② 絮凝池:将聚丙烯酰胺(PAM)与污水慢慢搅拌混合,形成较大絮体,使水中的悬浮物质及胶体得到有效去除。采用方形钢筋混凝土池,每组1池,单池平面尺寸5.4 m×5.4 m,有效水深6.6 m,混合时间10.66 min。

③ 沉淀池:固液分离,清水从澄清区经出水槽后排至浅层高效滤池。絮凝体因重力下沉,由刮泥机收集至泥斗区,一部分污泥回流至絮凝池,另一部分作为剩余污泥排出系统。采用方形钢筋混凝土池,每组1池,单池平面尺寸16.0 m×16.0 m,表面水力负荷 $5.64 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,有效水深7.6 m。

## 4.7 浅层高效滤池

浅层高效滤池设2座,每座4格,共8格,配套的化学清洗系统及空气搅拌系统置于2座滤池之间的新建滤池设备间。单格过滤单元面积59.78  $\text{m}^2$ ,常规滤速为6.97 m/h,峰值滤速为9.47 m/h,强制滤速为8.36 m/h,反冲洗水洗强度 $29.2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 、水洗时间3.5 min,空气脉冲搅拌强度 $0.18 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

## 5 工艺设计特点

① 汴东污水处理厂接纳污水包含生活污水及工业废水,其中难生物降解COD较高,TP、TN高,为去除上述污染物,核心工艺采用生物活性污泥法+高级氧化确保最终稳定达标。

② 高级氧化采用第三代生物酶催化还原体系+多金属催化氧化体系的芬顿催化氧化技术<sup>[3]</sup>,它是在传统芬顿(均相催化氧化)与电化学等技术基础上的丰富和发展,以创新复合催化材料及反应器为核心,并耦合磁化工艺等装置系统。

③ 该工程利用原汴东污水处理厂现状厂区综合楼南侧、现状生物池南侧及东侧的空地布置二期新建的建(构)筑物,共计15座。二沉池采用周进周出矩形沉淀池,并与生物池贴合建设,节省占地面积,减少水力损失。此次二期扩建后污水处理厂总规模为8.0万 $\text{m}^3/\text{d}$ ,而占地面积为6.18  $\text{hm}^2$ ,占地指标约 $0.77 \text{ m}^2/(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$ ,在出水水质为地表水Ⅳ

类的情况下,比常规一级 A 出水还要节地 23%。

④ 该项目深度处理采用浅层高效滤池,其滤床深度仅 254 mm,池体浅,节省土建费用。采用单一粒径(约 0.45 mm)的细砂滤料,能够有效截留常规砂滤工艺可去除的较大粒径污染物。浅层高效滤池的反洗系统包括空气搅拌系统、脉冲搅拌系统、反冲洗系统,降低反洗能耗。

6 经济分析及运行效果

该工程建设采用工程总承包(EPC)模式,工程

费用约 3.754 亿元,满负荷运行时年处理水量 2 190 万 m<sup>3</sup>,经营成本 1.66 元/m<sup>3</sup>,总成本 2.43 元/m<sup>3</sup>。

自 2022 年 8 月 23 日起,原一期生化系统停运,污水处理厂进水全部由新建系统处理。至 2022 年 12 月 23 日,新建系统的总处理水量为 3 762 484 m<sup>3</sup>,平均处理量为 30 589 m<sup>3</sup>/d,出水各项指标的达标率均为 100%。

自 2022 年 8 月调试至 2023 年 12 月底,共计 17 个月的出水水质日均值见表 3。

表 3 二期扩建及提标改造运行后出水水质日均值

Tab.3 Daily average effluent quality after phase II expansion and upgrading

mg/L

| 时间                     | COD    |       | NH <sub>3</sub> -N |      | TP   |      | TN    |      |
|------------------------|--------|-------|--------------------|------|------|------|-------|------|
|                        | 进水     | 出水    | 进水                 | 出水   | 进水   | 出水   | 进水    | 出水   |
| 2022 年 8 月—2022 年 12 月 | 534.28 | 23.16 | 26.87              | 0.48 | 4.65 | 0.06 | 41.83 | 5.95 |
| 2023 年 1 月—2023 年 12 月 | 437.64 | 21.57 | 26.23              | 0.53 | 4.20 | 0.07 | 39.60 | 5.42 |

7 结论

① 该工程成功实施和运行后,出水水质稳定达标,证明采用 Bardenpho 生物池+周进周出二沉池+芬顿催化氧化+高密度沉淀池+浅层高效滤池+紫外线消毒的工艺是可行的。

② 该工程将 CAST 生物池改造为五段法 Bardenpho 生物池,合理划分各功能区并设定适宜的设计参数,改造效果良好。

③ 该工程采用芬顿催化氧化技术去除难生物降解 COD,效果良好,出水 COD 稳定在 30 mg/L 以下,满足地表水准Ⅳ类标准要求。

参考文献:

[ 1 ] 单威,王燕,郑凯凯,等. 高工业废水占比城镇污水处理厂 COD 提标技术比选与分析[J]. 环境工程, 2020, 38(7): 32-37, 24.  
SHAN W, WANG Y, ZHENG K K, et al. Technology comparison and analysis on COD removal upgrading of wastewater treatment plants for high proportion of industry wastewater [J]. Environmental Engineering,

2020, 38(7): 32-37, 24 (in Chinese).  
[ 2 ] 刘翊,曹安伟. 三相催化氧化工艺应用于工业园区污水深度处理[J]. 天津科技, 2019, 46(9): 55-56, 59.  
LIU Y, CAO A W. Application of three-phase catalytic oxidation process to advanced treatment of industrial park wastewater [J]. Tianjin Science & Technology, 2019, 46(9): 55-56, 59 (in Chinese).  
[ 3 ] 朱涛,黎艳葵. 芬顿+磁混凝沉淀+滤布滤池应用于园区综合废水升级改造[J]. 环境科技, 2017, 30(1): 31-34.  
ZHU T, LI Y K. Application of combined process on Fenton and coagulation sedimentation with magnetic powder and cloth media filter to upgrade industrial synthesis wastewater [J]. Environmental Science and Technology, 2017, 30(1): 31-34 (in Chinese).

作者简介:姜正凌(1972— ),男,江苏扬州人,本科,高级工程师,主要从事污水处理厂建设及运行工作。

E-mail:851653535@qq.com

收稿日期:2025-02-24

修回日期:2025-03-24

(编辑:沈靖怡)