



文章栏目：工程创新与行业动态

DOI 10.12030/j.cjee.202104208

中图分类号 X703.1

文献标识码 A

王国亮, 刘劫, 孙红芳, 等. 西安市第十污水处理厂准 IV 类水提标改造方案的工艺比选及实施建议[J]. 环境工程学报, 2021, 15(10): 3428-3436.

WANG Guoliang, LIU Jie, SUN Hongfang, et al. Selection and implementation of the technical route of upgrading and reconstructing No. 10 wastewater treatment plant in Xi'an[J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2021, 15(10): 3428-3436.

## 西安市第十污水处理厂准 IV 类水提标改造方案的工艺比选及实施建议

王国亮<sup>1</sup>, 刘劫<sup>2,✉</sup>, 孙红芳<sup>3</sup>, 孟令八<sup>3</sup>, 高航<sup>4</sup>

1. 中国市政工程西北设计研究院有限公司, 兰州 730000

2. 上海市工程设计研究总院集团有限公司第十市政设计院有限公司, 兰州 730000

3. 西安市污水处理有限责任公司, 西安 710000

4. 西安排水集团有限公司, 西安 710000

第一作者: 王国亮(1987—), 男, 大学本科, 工程师。研究方向: 城市生活污水处理。E-mail: 478533899@qq.com

✉通信作者: 刘劫(1971—), 男, 大学本科, 高级工程师。研究方向: 城市生活污水处理。E-mail: liujie@smedi.com

**摘要** 西安市第十污水处理厂原设计规模为  $8.0 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ , 采用“粗格栅提升泵房+细格栅曝气沉砂池+生化反应池+二沉池+转盘滤池”的污水处理工艺, 设计出水水质为一级 A 标准。根据当地保护环境政策要求, 须对污水厂进行准 IV 水提标改造。经分析污水处理厂原工艺的特点, 结合提标改造的目标, 并梳理改造中的重点和难点, 提出了以改造现状生化反应池和末端增加高效沉淀池和 V 型滤池为主的较低成本的工艺路线, 即采用高效反硝化深床滤池工艺, 以实现生化反应池的改造增效。通过比选, 确定了改造工艺方案, 并提出对施工过程、施工方案的建议, 以期为类似污水处理厂提标改造提供参考。

**关键词** 污水处理厂; 提标改造; 工艺路线

水环境保护事关人民群众切身利益。2018 年, 西安市出台了《西安市城镇污水处理厂再生水化提标改造和加盖除臭工程三年行动方案(2018—2020 年)》。在此背景下, 西安市第十污水处理厂提标改造方案展开实施。目前, 国内污水处理厂提标改造主要针对 TN、TP 和难生物降解有机物的质量浓度(以 COD 计), 使用较多的主流工艺路线为在现状污水厂末端增加高效沉淀池和反硝化深床滤池。此工艺路线对 TN 和 TP 的去除效果较好, 保障率较高, 且高效沉淀池和反硝化深床滤池均为成熟工艺, 工艺路线比较稳妥, 但工程造价和后期运行维护费用偏高<sup>[1-5]</sup>。

本研究分析了西安第十污水处理厂原工艺的特点, 结合提标改造的目标, 梳理了改造中的重难点, 提出以改造现状生化反应池和末端增加高效沉淀池和 V 型滤池为主的较低成本的工艺路线, 即采用高效反硝化深床滤池工艺, 以实现生化反应池的改造增效。通过对比不同的工艺改造方案, 确定了提标改造的工艺路线, 并提出对施工过程的建议, 以期为类似污水处理厂提标改造提供参考。

收稿日期: 2021-04-29; 录用日期: 2021-08-13

## 1 提标改造项目概述

### 1.1 项目概况

西安市第十污水处理厂设计总规模为  $8.0 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ，为分期建设，出水执行一级 A 标准。一期工程于 2011 年 12 月建成试运行，并于 2012 年 5 月完成了一级 A 的升级改造，处理规模为  $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ，主要采用微孔曝气氧化沟工艺；二期工程在一期的基础上进行扩建，于 2015 年投入运行，主要工艺为 A<sup>2</sup>/O 工艺，扩建规模为  $4.0 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ，出水执行一级 A 标准。

### 1.2 项目目标

本次提标改造的设计出水水质须达到地表水环境质量准IV类标准(TN除外)，出水水质要求具体按《西安市城镇污水处理厂再生水化提标改造和加盖除臭工程三年行动方案(2018—2020年)》中规定的要求执行(见表1)。

表 1 提标改造工程设计出水水质指标

Table 1 Designed effluent quality of the reconstruction project

耗氧有机物/(mg·L <sup>-1</sup> )		悬浮物和氮磷/(mg·L <sup>-1</sup> )				pH	粪大肠杆菌/(cfu·L <sup>-1</sup> )
COD	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP		
30	6	10	1.5	12	0.3	6~9	1 000

### 1.3 水质概况

第十污水厂实际进水水质总体略高于原设计值。COD、SS 高于原设计值，TN 和 NH<sub>3</sub>-N 略高于原设计值，BOD<sub>5</sub>、TP 与设计值偏差不大。根据西安第十污水厂进水水质分析，参考一二期设计进水水质，本次提标改造对原设计进水水质稍作调整，如表2所示。

表 2 提标改造工程设计进水水质

Table 2 Designed influent water quality of the reconstruction project

mg·L <sup>-1</sup>					
COD	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
500	200	300	50	55	6.0

## 2 污水厂水质分析及基本对策

### 2.1 改造前进出水水质分析

通过对 2018 年 1 月至 12 月污水厂全年进出水水质指标的汇总和统计分析，以核算分析改造后工艺的实际运行工况、评估运行效果等，统计分析结果见表3和表4。

西安市第十污水处理厂服务范围内存在部分雨污合流，部分收集管道处于新建或者在建中，SS 值受雨季影响较大。由表3可知，进水平均 BOD<sub>5</sub>/TN 仅 3.0，存在碳源不足的情况，水质波动

表 3 2018 年 1 月至 12 月的实际进水水质

Table 3 Actual influent water quality from January 2018 to December 2018

统计值	耗氧有机物/(mg·L <sup>-1</sup> )		悬浮物和氮磷/(mg·L <sup>-1</sup> )				BOD <sub>5</sub> /TN	BOD <sub>5</sub> /TP
	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP		
最大值	829.0	390.0	730.0	57.3	63.6	8.7	7.1	98.6
最小值	133.0	62.0	95.0	20.5	25.2	2.1	1.1	7.5
平均值	341.3	144.2	265.5	38.5	45.2	4.4	3.0	33.8
90%保证率	478	206	405	47.76	53.6	5.58	4.38	50.12

注：1) 出水TP为采用化学除磷后的数据，化学除磷投加点在终沉池配水井内；2) 一、二期合用一个消毒池，出水水质取自消毒池后端巴氏计量槽出水；3) “90%保证率”指的是将全年365 d进水水质指标由低到高排列，在90%的天数里可达到的最高值。

时需考虑补充碳源的措施。进水 BOD<sub>5</sub>/TP 平均值为 33.8, 满足生物除磷的要求, 但在出水标准较严格的情况下, 仍需要考虑保障措施。

出水水质中 TN、SS、TP 均难以稳定达到一级 A 标准, 出现超标情况。出水 TN 受季节影响较明显, 出水 SS、TP 波动可能是由于现状滤布滤池的运行情况不佳。按照新的出水标准, 需强化对耗氧有机物(以 BOD<sub>5</sub> 计)、氨氮(NH<sub>3</sub>-N)、TN、悬浮固体(SS)、TP 的去除, 以保证稳定达标。

表 4 2018 年 1 月至 12 月实际出水水质

Table 4 Actual effluent water quality from January 2018 to December 2018 mg·L<sup>-1</sup>

统计值	耗氧有机物		悬浮物和氮磷			
	COD	BOD <sub>5</sub>	SS	NH <sub>3</sub> -N	TN	TP
最大值	34.0	9.0	25.0	3.7	16.1	0.7
最小值	13.0	5.0	4.0	0.2	6.5	0.1
平均值	20.4	7.0	7.5	0.8	10.3	0.2
90%保证率	25	8	10	1.524	12.6	0.287

## 2.2 改造前进出水难达标的原因

对污水厂提供的 2020 年 3 月 26 日—2020 年 4 月 1 日的耗氧有机物含量(以 COD 和 BOD<sub>5</sub> 计)实际进、出水水质数据进行统计分析的结果见表 5。

表 5 进水出水的 COD 和 BOD<sub>5</sub> 数据

Table 5 COD and BOD<sub>5</sub> at the inlet and outlet

取样日期	进水		出水		进水溶解性难生物降解 COD所占比例/%	出水溶解性难生物 降解COD/(mg·L <sup>-1</sup> )
	COD(滤后)/ (mg·L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> (滤前)/ (mg·L <sup>-1</sup> )	COD(滤后)/ (mg·L <sup>-1</sup> )	BOD <sub>5</sub> (滤前)/ (mg·L <sup>-1</sup> )		
2020-03-26	73	55	17	2	25	15
2020-03-27	90	65	13	2	28	11
2020-03-30	77	56	14	3	27	11
2020-03-31	62	48	42	10	23	32
2020-04-01	77	55	16	4	29	12

由表 3 数据可知, 在统计时段内, 由于目前污水厂出水中溶解性难生物降解有机物的质量浓度(以 COD 计)超过 30 mg·L<sup>-1</sup> 的情况。因此, 为保证出水水质瞬时达标的要求, 仍需要考虑对溶解性难生物降解有机物的质量浓度(以 COD 计)的去除措施。

## 2.3 项目实施过程中的重难点

本次提标改造的重难点有如下 4 点。1) 污水厂出水 TN 由 15 mg·L<sup>-1</sup> 降至 12 mg·L<sup>-1</sup>, 出水 TN 降低幅度较小; 2) 污水厂进水 SS 波动很大, 进水普遍偏高, 局部时段甚至达到 2 000~5 000 mg·L<sup>-1</sup>; 3) 出水中难生物降解有机物的质量浓度(以 COD 计)存在大于 30 mg·L<sup>-1</sup> 的情况; 4) 污水厂原设计存在不足, 如配水问题导致的二期生化反应池进水憋水曝气问题, 氧化沟设计处理效果较差问题等; 5) 污水厂建成后水质波动较大, 尤其 SS 较高, 原设计未设置初沉池, 高 SS 给后续运行带来较大影响。

## 2.4 提标改造的基本策略及总体路线

1) 由于 TN 提标标准并不高、进水 SS 较高且波动较大, TN 通过挖潜改造生化反应池工艺, 将生化反应池改为改良 Bardenpho 工艺。同时, 保留 A/A/O 工艺的运行模式, 使 TN 在二级生物处理段能稳定达标, 故不在深度处理段新增反硝化深床滤池, 从而降低建设和运行成本。

2) 改造前深度处理工艺以一级 A 为出水水质目标，提标后水质标准趋严，TP 的排放标准由  $0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  降至  $0.3 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，故考虑在深度处理段采用沉淀过滤等化学除磷措施，以确保 TP 和 SS 的稳定达标。

3) 采用臭氧氧化等深度处理工艺，强化对溶解性难生物降解有机物的质量浓度(以 COD 计) 的去 除。

4) 新增初沉池以解决进水 SS 较高、存在较大波动的问题。

5) 根据以上策略，工程采用改造生物反应池强化生物除磷脱氮、新增深度处理工艺段的工艺路线。

### 3 污水厂生化反应池复核及针对 TN 的提标方案

#### 3.1 生化反应池池容复核

##### 3.1.1 对一期生化反应池的复核

一期生化反应池设计规模  $4.0\times 10^4 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ ，分为 2 组，每组  $2.0\times 10^4 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ ，按照最低设计水温  $13\text{ }^\circ\text{C}$ ，脱氮速率(以每天单位 MLSS 的  $\text{NO}_3^- \text{-N}$  的测定值计)  $K_{\text{de}(20)}$  为  $0.040 \text{ kg}\cdot(\text{kg}\cdot\text{d})^{-1}$ 、污泥总产率系数(以每千克  $\text{BOD}_5$  的 SS 测定值计)  $Y_1$  为  $0.80 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、好氧区污泥龄  $\theta_{\text{CO}}$  为  $11.0 \text{ d}$ 、污泥的质量浓度(以 MLSS 质量计) 分别  $4.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $8.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  进行校核。目前，污泥浓度实际运行值约为  $(6.0\sim 8.0) \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。厌氧段、缺氧段、好氧段各分段的停留时间复核如表 6 所示。

表 6 一期生化反应池设计池容及复核计算

Table 6 Pool capacity review calculation for the first phase of the bioreaction tank

数值类型	最低设计水温/ $^\circ\text{C}$	污泥浓度/ $(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	厌氧段水力停留时间/h	缺氧段水力停留时间/h	好氧段水力停留时间/h	出水水质执行标准
设计值	13	4	1.58	5.27	14.18	一级A
实际值	13	8.0~10.0	1.51	5.05	13.59	一级A
实际运行工况校核值	13	8	1.51	4.38	4.89	一级A
设计工况校核值	13	4	1.51	8.34	8.96	准IV类

经复核，在现状运行工况下，一期生化反应池池容满足原设计要求，出水水质可达到一级 A 标准。在设计工况下，按照新的出水标准，一期生化反应池存在缺氧段池容不足问题。

##### 3.1.2 对二期生化反应池的复核

二期生化反应池设计规模  $4.0\times 10^4 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ ，分为 2 组，单组  $2.0\times 10^4 \text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ ，按照最低设计水温  $13\text{ }^\circ\text{C}$ ，脱氮速率(以每天单位 MLSS 的  $\text{NO}_3^- \text{-N}$  的测定值计)  $K_{\text{de}(20)}$  为  $0.040 \text{ kg}\cdot(\text{kg}\cdot\text{d})^{-1}$ 、污泥总产率系数(以每千克  $\text{BOD}_5$  的 SS 测定值计)  $Y_1$  为  $0.80 \text{ kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、好氧区污泥龄  $\theta_{\text{CO}}$  为  $11.0 \text{ d}$ 、污泥的质量浓度(以 MLSS 质量计) 分别  $4.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  和  $8.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$  进行校核。目前，污泥质量浓度实际运行值约为  $(6.0\sim 8.0) \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。厌氧段、缺氧段、好氧段各分段的停留时间复核如表 7 所示。

表 7 二期生化反应池设计池容及复核计算

Table 7 Pool capacity review calculation for the second phase of the bioreaction tank

数值类型	最低设计水温/ $^\circ\text{C}$	污泥质量浓度/ $(\text{g}\cdot\text{L}^{-1})$	厌氧段水力停留时间/h	缺氧段水力停留时间/h	好氧段水力停留时间/h	出水水质执行标准
设计值	13	4	3	8.34	13.25	一级A
实际值	13	8.0~10.0	3	8.34	13.25	一级A
实际运行工况校核值	13	8	3	4.38	4.89	一级A
设计工况校核值	13	4	3	8.34	8.96	准IV类

经复核,在现状运行工况下,二期生化反应池池容满足原设计要求,出水水质可达到一级A标准。在设计工况下,按照新的出水标准,二期生化反应池池容也满足新的池容要求,但由于出水对TN指标要求增加。

### 3.2 针对TN的提标方案

改造方案的设计进水水质TN指标为 $55\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,出水TN指标为 $12\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,核算按进水TN为 $60\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,出水 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ,要求其去除率83.3%。已基本达到了A/A/O工艺TN去除率上限,且为了达到此上限需要很高的混合液回流比,从能耗、脱氮环境的控制以及脱氮达标的稳定性可行性不高。

根据以上对生化反应池的复核计算结果可看出,一期生化反应池缺氧区的池容不足,且需对二期生化反应池各段池容进行优化。因此,为实现TN出水在生化反应池即稳定达标,提出了如下3个方案。

1) 方案一。在总池容不变的情况下,改造生化反应池工艺,将一、二期生化反应池改造为改良Bardenpho工艺,同时保留其运行A/A/O工艺的能力。在以改良Bardenpho工艺运行时,一段缺氧池脱氮率控制在60%~70%,二段缺氧池脱氮率控制在15%~25%,理论出水控制在 $10\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 。在较低TN进水工况下( $40\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ),可运行A/A/O工艺,TN去除率75%左右。

2) 方案二。针对现有一期生化反应池缺氧段池容不足,保持原生化反应池不做改动,通过新建综合池(综合池容积约 $12\,500\text{ m}^3$ ),将一期、二期生化反应池缺氧段HRT增加至约3.0 h,以提升脱氮效果;采用反硝化缺氧工艺可充分利用进水碳源,克服采用外加碳源从而增加运行成本且处理后出水水质不稳定的缺点。

3) 方案三。原生化反应池不做改动,在深度处理段新建反硝化深床滤池,以提升脱氮效果。

## 4 提标改造工艺方案的选择

### 4.1 提标改造工艺方案比选

经分析各组合方案的综合效能,结合技术成熟、稳定可靠、建设时限、改造工程量及投资、运行维护难易及处理成本等多方面因素,进行了3种组合方案的具体工艺比选。

1) 方案一。该方案的工艺流程为:细格栅(改造)+曝气沉砂池+初沉池(新建)+一期/二期生化反应池(改造为改良Bardenpho工艺)+二沉池(现状)+高效沉淀池(新建)+V型滤池(新建)+臭氧接触氧化池(新建)。

该方案通过增设初沉池,并完善和优化其配水功能,既解决进水SS波动较大和进水SS过高的问题,同时也解决了一二期配水问题,从而彻底解决二期生物反应池为了分配数量,其进水采用憋水产生的喷射现象,进而改善二期生反池厌氧环境,提高二期生物除磷效果。改造一二期生化反应池为改良五段Bardenpho工艺。通过优化流态,重新划分缺氧/好氧分区,强化一期、二期生物反应池生物脱氮除磷效果。深度处理区新增“高效沉淀池+V型滤池+臭氧接触氧化”工艺,强化对COD、TP、SS等指标的去除,以满足新的出水标准。

2) 方案二。该方案工艺流程为:细格栅(改造)+曝气沉砂池+初沉池(新建)+综合池(新建)+一期生化反应池/二期生化反应池+二沉池(现状)+高效沉淀池(新建)+V型滤池(新建)/滤布滤池(现状,减量运行)+臭氧接触氧化池(新建)。

该方案中现状预处理区、二级处理区设施保留利用,不做改造,增加初沉池1座,综合池1座(与V型滤池合建),深度处理区新增“高效沉淀池+V型滤池+臭氧接触氧化”工艺,现状滤布滤池保留利用,其他设施均保留利用。

3) 方案三。该方案工艺流程为:细格栅(改造)+曝气沉砂池+初沉池(新建)+一期/二期AAO生

化反应池 (现状)+二沉池 (现状)+高效沉淀池 (新建)+反硝化深床滤池 (新建)+臭氧接触氧化池 (新建)。

该方案中现状预处理区、二级处理区设施保留利用，不做改造，增加初沉池一座，深度处理区新增“高效沉淀池+反硝化深床滤池+臭氧接触氧化”工艺，利用深床滤池的反硝化功能进一步去除二级生化段出水中的 TN。对各方案的综合比较。结合技术成熟、稳定可靠、建设时限、改造工程量及投资、运行维护难易及处理成本等多方面因素，对 3 种组合方案进行综合比较，结果见表 8。

表 8 方案综合对比表  
Table 8 Comprehensive comparison of different strategies

方案编号	改造内容	实施难度	达标稳定性	改造对生产运行的影响	改造对厂区布局的影响	改造后的运行管理强度	直接运行费用(增量)/(元·t <sup>-1</sup> )	建设工期	预计费用	优势	缺点	综合比较
方案一	对一期生化反应池设备进行改造,需进行管线翻排、改接	中	强化优化生化反应池缺氧段、好氧段的处理效果,运行方式灵活,能保证运行效果	较小。改造过程无需停水;一期生化反应池改造分组进行;管线改接可选择水量较低的夜间进行	一般。维持原厂区总平面功能分区,在空地内实施	较小。高效沉淀池、V型滤池、臭氧接触氧化池运行自动化程度较高,运行维护简单	约0.59	约6个月	约1.5亿元	可最大程度利用碳源,降低碳源投加量,减少药剂费;最大程度发挥了生物反应系统的潜能,TN在生物反应段降低,效果稳定	改造工期相对较长	优
方案二	设施不用改造,需进行管线翻排、改接	低	通过增加池容,强化生化处理段,运行效果相对稳定	较小。改造中无需停水,管线改接可选择水量较低的夜间进行	一般。维持原厂区总平面功能分区,在空地内实施	一般。配水及回流较多,运行维护复杂	约0.62	约7个月	约2.0亿元	TN在生化段削减,后续碳源投加量小,可减少药剂消耗;保留利用现有设施,充分发挥处理效能	管线改造量大,运行管理复杂	差
方案三	设施不用改造,需进行管线翻排、改接	低	反硝化深床滤池可在生化池强化的基础上进一步削减TN,但效果有限。在生化段脱氮效果不理想的情况下,存在风险	较小。新建设施施工过程中现状设施无需停水,管线改接可选择水量较低的夜间进行	一般。维持原厂区总平面功能分区,在空地内实施	较小。高效沉淀池、反硝化深床滤池自动化运行程度较高,维护简单	约0.66	约7个月	约2.0亿元	改造量少;深度处理段对TN仍有削减作用,TN出水有保证	运行费用相对较高	中

## 4.2 提标改造工艺方案的确定

方案二虽然施工周期短,但运行管理较复杂;方案三投资及运行成本较高;方案一主要考虑深度处理段施工完成调试运行后,再进行生化反应池的改造,也可同时进行,降低改造期间对运行的影响,因此总体时间相对较长,其新建设施的工期与方案二、方案三基本一致,但方案一可通过优化改造反应设备,可深入挖掘现有设施的效能,亦可节省改造和运行费用,故推荐采用方案一(流程见图1)。

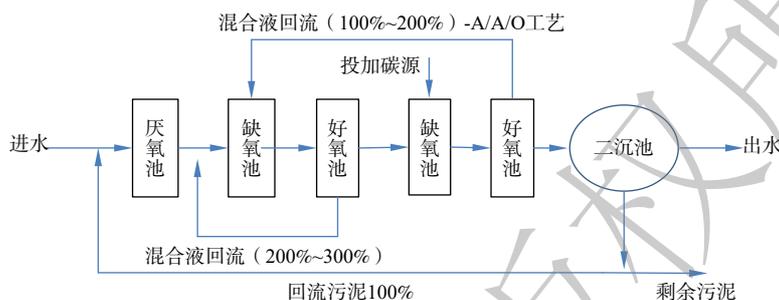


图1 生物反应池改造后的工艺流程

Fig. 1 Process flow chart after bioreactor upgrade

## 4.3 提标改造工艺流程

根据以上现状分析、工艺比选及提标改造工艺方案的提出,并结合污水厂现状处理工艺、现状平面布置分析,确定第十污水处理厂提标改造工程总工艺流程见图2。

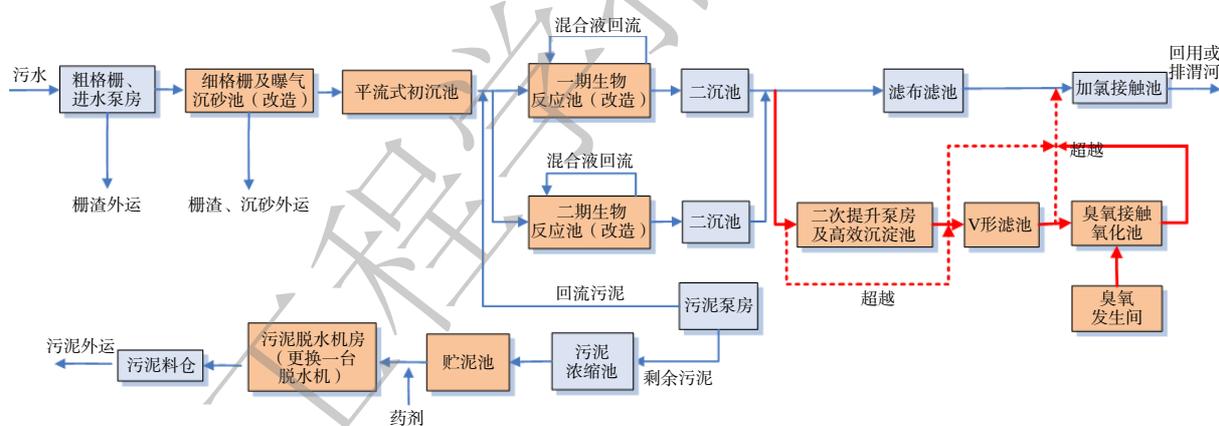


图2 提标改造后工艺流程图

Fig. 2 Process flow chart after the upgrade and reconstruction

## 4.4 施工时序及不停产施工方案建议

### 4.4.1 施工时序建议

- 1) 时序1: 在厂区预留深度处理区域,进行深度处理系统场平及土建施工,同步进行配水井和碳源投加间施工;同步进行贮泥池拆除、原除臭滤池拆除,同步进行臭氧储存系统施工。
- 2) 时序2: 待贮泥池拆除、原除臭滤池拆除,此区域物探工作完成后同步进行进行初沉池施工。
- 3) 时序3: 对时序1和时序2实施内容的厂区总图进行初步管线碰接,待施工完成后,原滤布滤池进水总管需改接至二次提升泵房进水端,臭氧接触氧化池出水管需接至加氯接触池进水管,这2处需进行新老管线割接。
- 4) 时序4: 在7—9月期间择期进行生化反应池改造施工。
- 5) 时序5: 进行厂区剩余总图施工。待2组池子改造完成后,再进行一期进水总管的老新管线

割接。

#### 4.4.2 施工过程中的注意事项

1) 由于污水厂现状已满负荷运行，一、二期生化反应池改造，宜采用分期分组进行改造，改造期间单组  $2 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$  停水，会导致另外 3 组负荷增加。

2) 对于新老管线割接，建议合理安排施工顺序，尽量选在水量较低的时段进行，几处节点同时进行，一次完成，减少因施工造成的停水。

#### 4.4.3 不停产(或极短时间停产)方案建议

不停产或极短时间停产的关键在于改造期间不能影响生化反应池的正常生产，因此，对生化反应池的改造，宜采用分期分组进行，尽量选在温度较高的时段进行，并相应提高污泥浓度。此外，在 1 组改造期间，其余 3 组分摊改造组水量，使其余 3 组超负荷运行，改造期间池容复核见表 9。

1) 建议先进行一期生化反应池改造，改造期间将二期生化反应池水量增加至  $5.5 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ，另一组一期生化反应池水量增加至  $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ，同时辅助外加碳源等措施，以保障出水水质。

2) 待一期生化反应池改造完成试运行结束后再进行二期生化反应池改造。改造期间将一期生化反应池水量增加至  $5.25 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ，另一组二期生化反应池水量增加至  $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ ，同时辅助外加碳源等措施，以保障出水水质。

表 9 一、二期生物反应池改造期间池容复核

Table 9 Pool capacity review during the first and second phase bioreaction tank reconstruction

运行工况	工艺段	进水量/ $\text{m}^3$	厌氧区停留时间/h	缺氧区停留时间/h	好氧区停留时间/h	污泥质量浓度/ $(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	污泥龄/d	BOD污泥负荷/ $(\text{kg} \cdot (\text{kg} \cdot \text{d})^{-1})$	供气量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1})$
正常	一期	20 000 (2座)	1.58	7.86	11.5	40 000	18.1	0.052	174
	二期	40 000	3	8.34	13.25	4 000	20.6	0.047	174
改造期间	一期	25 000	1.3	5.24	9.2	4 600	14.5	0.06	109
	二期	55 000	2.27	6.02	9.63	4 600	15.9	0.056	218

注：BOD污泥负荷以每日单位MLSS的BOD<sub>5</sub>测定值计。

## 5 结语

本案例通过对西安市第十污水处理厂的现状分析、进出水水质分析及运行情况的分析，从工程实际、工程经验以及工程理论的角度，对提标改造工艺方案的路线进行了分析论述，最后以工程实践为基础，结合工程经验和理论计算确定西安市第十污水处理厂提标改造工艺路线确定为细格栅(改造)+初沉池(新建)+一期/二期生化反应池(改造)/+二沉池(现状)+高效沉淀池(新建)+V型滤池(新建)+臭氧接触氧化池(新建)。改造策略不同于常规“高效沉淀池+反硝化滤池”的主流提标工艺路线，而是通过生化反应池的效能提升、优化及改造使总氮达标，具有工程投资省、运行费用低的特点，可为类似污水处理厂的提标改造项目提供参考。

## 参考文献

- [1] 李莹雪, 吕贞, 李耀中, 等. 城镇污水处理厂一级A提标改造工艺策略探讨[J]. 建设科技, 2018(24): 37-41.
- [2] 王阿华. 城镇污水处理厂提标改造技术路线探讨[J]. 中国建设信息(水工业市场), 2010(9): 8-11.
- [3] 蒋岚岚, 吴伟, 沈晓铃, 等. 无锡市城镇污水处理厂升级改造技术路线综述[J]. 中国给水排水, 2010, 26(12): 33-35.
- [4] 郑兴灿, 尚巍, 孙永利, 等. 城镇污水处理厂一级A稳定达标的工艺流程分析与建议[J]. 给水排水, 2009, 35(5): 24-28.

- [5] 温爱东. 海沧污水处理厂升级改造工程设计探讨[J]. 给水排水, 2015, (责任编辑: 靳炜)  
51(2): 36-39.

## Selection and implementation of the technical route of upgrading and reconstructing No. 10 wastewater treatment plant in Xi'an

WANG Guoliang<sup>1</sup>, LIU Jie<sup>2,\*</sup>, SUN Hongfang<sup>3</sup>, MENG Lingba<sup>3</sup>, GAO Hang<sup>4</sup>

1. CSCEC AECOM CONSULTANTS Co., Ltd., Lanzhou 730000, China

2. Shanghai Municipal Engineering Design and Research Institute Group Tenth Municipal Design Institute Co., Ltd., Lanzhou 730000, China

3. Xi'an Sewage Treatment Co., Ltd., Xi'an 710000, China

4. Xi'an Drainage Group Co., Ltd., Xi'an 710000, China

\*Corresponding author, E-mail: liujie@smedi.com

**Abstract** The current design scale of No. 10 sewage treatment plant in Xi'an is  $80\ 000\ \text{m}^3\cdot\text{d}^{-1}$  and the treatment process of coarse grille and lifting pump + fine grille and aeration grit tank + bioreaction tank + secondary settling tank + rotary filter tank is adopted. The designed effluent water quality meets the Class 1A standard. According to the local requirements of environmental protection, the wastewater treatment plant needs to be upgraded to meet the quasi class IV standard of the Environmental Quality Standard for Surface Water. The selection of the new treatment process routes is carried out according to the analysis of the current process, the target of the upgrade and reconstruction, and the combing of focal and difficult points in the upgrade. The final solution is to adopt a relatively low-cost strategy by upgrading the bioreaction tank by adoption of a high-efficiency denitrification deep bed filter and adding a high-efficiency sedimentation tank and V-shaped filter tank at the end of the process. Suggestions are also made on the construction work of the upgrade. This study can provide reference for the upgrade and reconstruction of similar treatment plants.

**Keywords** sewage treatment plant; upgrade and reconstruction; treatment process route