

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.08.010

# 基于立体生态处理工艺的“花园式”污水处理厂设计

闫苗苗<sup>1</sup>, 郭强<sup>1</sup>, 曹俊峰<sup>1</sup>, 杨永维<sup>1</sup>, 高荣宁<sup>1</sup>, 王社平<sup>1,2</sup>

(1. 西安市政设计研究院有限公司, 陕西 西安 710068; 2. 西安建筑科技大学 环境与市政工程学院, 陕西 西安 710055)

**摘要:** 西安市某污水处理厂设计总规模 $1.0\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,一期规模 $0.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ ,采用立体生态处理工艺,设计出水执行《陕西省黄河流域污水综合排放标准》(DB 61/224—2018)A标准。监测数据显示,经处理后出水COD、BOD<sub>5</sub>、SS、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TN和TP显著降低,平均浓度分别为20.05、2.08、1.48、0.24、8.01和0.16 mg/L。各项出水指标均稳定达标,表明立体生态处理工艺的处理效果显著,且不受进水水质波动影响。通过独特的景观特性及厂区设计过程中海绵城市理念的融入,打造了一座兼具美观性及功能性的“花园式”污水处理厂。此外,通过充分利用土地空间,将不同处理段构筑物集中布置,并将多组构筑物进行合建,在集约用地的同时也降低了水头损失,从而节约能耗。介绍了该污水处理厂详细的工艺流程及各工段关键设计参数,可为类似项目提供指导和借鉴。

**关键词:** 立体生态处理工艺; “花园式”污水处理厂; 合建

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2025)08-0059-06

## Design of “Garden Style” Wastewater Treatment Plant Based on Stereoscopic Ecological Treatment Process

YAN Miao-miao<sup>1</sup>, GUO Qiang<sup>1</sup>, CAO Jun-feng<sup>1</sup>, YANG Yong-wei<sup>1</sup>, GAO Rong-ning<sup>1</sup>,  
WANG She-ping<sup>1,2</sup>

(1. Xi'an Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Xi'an 710068, China;

2. School of Environmental and Municipal Engineering, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an 710055, China)

**Abstract:** A wastewater treatment plant in Xi'an has a total design capacity of  $1.0\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ , with the phase I project having a capacity of  $0.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ . The wastewater treatment plant utilizes stereoscopic ecological treatment process to ensure that the effluent complies with the class A limit specified in *Integrated Wastewater Discharge Standard of Yellow River Basin in Shaanxi Province* (DB 61/224-2018). After treatment, the COD, BOD<sub>5</sub>, SS, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, TN, and TP in the effluent were significantly reduced, and the average concentrations were 20.05 mg/L, 2.08 mg/L, 1.48 mg/L, 0.24 mg/L, 8.01 mg/L, and 0.16 mg/L, respectively. All effluent quality indicators remained stable and met the discharge standard, demonstrating the significant effectiveness of the stereoscopic ecological treatment process. In addition, this process showed no influence from fluctuations in influent quality. The distinctive landscape features of the process, along with the integration of the sponge city concept during the design phase of the plant, created a “garden style” wastewater treatment plant that being aesthetically pleasing while also functions effectively. In addition, structures in various treatment sections were centrally arranged, and multiple groups of structures were integrated constructed through the efficient utilization of land space. This

approach not only achieves intensive land use but also reduces head loss, thereby contributing to energy consumption savings. The detailed process flow and critical design parameters for each section of the wastewater treatment plant were systematically introduced, providing a valuable guideline and reference for similar projects.

**Key words:** stereoscopic ecological treatment process; “garden style” wastewater treatment plant; integrated construction

随着城市化进程的深入,城镇居住人口规模持续扩大,国家及地方层面正在不断提高污水处理标准。目前国内许多城镇污水处理厂的处理容量、出水标准均接近原有设计极限<sup>[1]</sup>,亟须引入新工艺进行提标改造。我国城镇污水处理厂常用的处理工艺主要是基于活性污泥法和生物膜法的一系列衍生技术<sup>[2]</sup>,但随着国家与地方标准的提高,传统的污水处理工艺已无法满足人们日益增长的环境需求。

立体生态处理工艺是一种将污水处理和生态景观相结合的先进工艺,基于其独特的食物链反应器,将植物根系和人工填料作为生物载体,构建了一个具有高度生物多样性的生态系统,通过生存于其中的微生物、水生植物和原生动物的生物降解及吸附作用,去除水中的污染物。该技术已成功应用于法国、土耳其等国家的污水处理项目,近年来国内的应用案例也逐渐增多<sup>[2-3]</sup>。立体生态处理工艺对市政污水及工业废水均具有良好的处理效果,且出水水质稳定,具有广阔的应用前景。

西安市某污水处理厂采用立体生态处理工艺,生态景观的引入使其外观形似一座花园,与传统污水处理工艺相比,立体生态处理工艺的技术优势明显,具有占地面积较小、能耗较低、剩余污泥量较少等优点。该工程于2019年11月建成投运,被授予全国第四批环保设施和城市污水垃圾处理设施向公众开放单位、陕西省环保设施和城市污水垃圾处理设施向公众开放优秀单位,其建设对改善城市生态及水环境、助力国家“双碳”目标的实现具有重要意义。

## 1 项目概况

### 1.1 设计规模

该污水处理厂设计总规模 $1.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,一期规模 $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,采用立体生态处理工艺,主要处理周边居民生活污水和部分工业废水,一期服务人口约3.1万人。该污水处理厂总占地 $2.52 \text{ hm}^2$ ,一期

占地 $1.43 \text{ hm}^2$ 。

### 1.2 设计进、出水水质

该污水处理厂的设计进水水质参考附近现状污水处理站及周边污水处理厂的进水水质,同时考虑区域长远发展来确定,设计出水执行《陕西省黄河流域污水综合排放标准》(DB 61/224—2018)A标准。

设计进、出水水质见表1。

表1 设计进、出水水质

Tab.1 Design influent and effluent quality

| 项目 | COD/<br>( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) | BOD <sub>5</sub> /<br>( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) | SS/<br>( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N/<br>( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) | TN/<br>( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) | TP/<br>( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) | pH  |
|----|---|---|--|---|--|--|-----|
| 进水 | ≤450  | ≤250  | ≤300                                       | ≤45   | ≤60  | ≤5   | 6~9 |
| 出水 | ≤30   | ≤6  | ≤10  | ≤1.5(3)   | ≤15  | ≤0.3                                       | 6~9 |

注: 括号内数值为水温≤12℃时的控制指标。

## 2 工艺比选

该工程进水主要由生活污水和部分工业废水组成,且出水水质要求高,根据确定的出水标准,结合设计规模、进水水质特性及当地的实际条件和要求,遵循处理效果稳定、投资经济、绿色环保等原则,择优选择处理工艺。基于此,选择了3种工艺进行比选,具体见表2。

基于高效低耗、占地面积小、绿色低碳且环境美观的考虑,该工程最终选用立体生态处理工艺。该工艺构成了一个高度集约的生态系统,通过引入生态技术,在水池上方种植芦苇、菖蒲、美人蕉、龟背竹、风车草、鹤望兰等水生植物,创造出有利于微生物生长繁殖的适宜环境,从而在这些植物根系及人工填料表面生长出大量生物膜,进而通过由此构建的微生态系统对污水中的污染物进行降解,最终实现净化水质的目的。

该工程的现场实景见图1,考虑到冬季气温较低,于生物池顶部设置阳光棚。

表2 不同工艺对比

Tab.2 Comparison of different processes

| 项目      | A <sup>3</sup> O 工艺 | MBBR 工艺    | 立体生态处理工艺     |
|---------|---------------------|------------|--------------|
| 技术方法    | 活性污泥法               | 生物膜法       | 活性污泥法与生物膜法结合 |
| 占地      | 大                   | 小          | 省            |
| 构筑物数量   | 较多                  | 较多         | 少            |
| 处理效果    | 处理效果好,运行稳定          | 处理效果好,运行稳定 | 处理效果佳,运行稳定   |
| 景观效果    | 一般                  | 一般         | 较好           |
| 耐水量冲击负荷 | 强                   | 强          | 强            |
| 耐水质冲击负荷 | 强                   | 强          | 强            |
| 剩余污泥量   | 较多                  | 较多         | 少            |
| 投资及运行费用 | 较高                  | 较高         | 较低           |



a. 生物池上部(一)      b. 生物池上部(二)

图1 立体生态处理工艺现场实景

Fig.1 Pictures of stereoscopic ecological treatment process

3 工程设计

3.1 工艺流程

该工程预处理采用粗格栅及提升泵房+细格栅及曝气沉砂池工艺,生物处理采用立体生态生物池+二沉池工艺,深度处理采用絮凝反应池+纤维转盘滤池工艺,消毒采用投加次氯酸钠消毒剂工艺,污泥处理采用机械浓缩+板框压滤脱水工艺,最终污泥含水率达到60%以下后外运集中处置。具体工艺流程见图2。

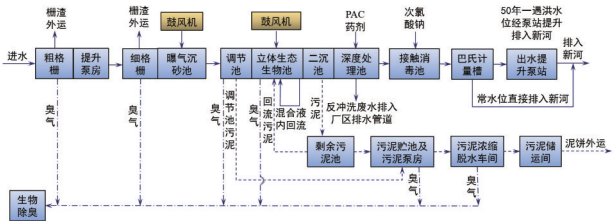


图2 污水处理厂工艺流程

Fig.2 Process flow of the wastewater treatment plant

3.2 主要构筑物及设计参数

3.2.1 预处理

该工程的预处理单元由粗格栅及提升泵房、细

格栅及曝气沉砂池构成,主要去除污水中的大颗粒漂浮物、悬浮物及砂砾等,将总进水井、粗格栅进水渠道及提升泵房进行合建。粗格栅设置2台回转式格栅除污机,栅条间隙20 mm,宽1.40 m,渠深10.45 m,安装倾角70°,单台格栅机 $N=2.2$  kW。栅渣输送机1台, $N=1.5$  kW。

设3台网板式细格栅,近期安装2台,网孔直径5 mm,过栅流速0.75 m/s,栅前水深0.55 m,最大过栅水头损失0.30 m,安装倾角70°,单台 $N=1.75$  kW,配套冲洗系统,栅渣压榨机1台。

曝气沉砂池分2格,平均停留时间12.96 min,供气量131.67 m<sup>3</sup>/h。采用桥式吸砂机, $N=4.34$  kW。设置2台回转式鼓风机(1用1备),单台 $Q=1.1$  m<sup>3</sup>/min、 $H=40$  kPa、 $N=2.2$  kW。设1台螺旋式砂水分离器,处理量5~12 L/s, $N=0.37$  kW。

3.2.2 调节池

调节池用于均衡水质及水量,与立体生态生物池、二沉池及深度处理池合建,总调节容积2 633 m<sup>3</sup>,分2格,单格尺寸39.18 m×6.40 m×5.60 m,有效水深5.25 m。调节池末端共设置4台潜污泵,2用2备,单台 $Q=120$  m<sup>3</sup>/h、 $H=70$  kPa、 $N=5.5$  kW,变频控制。为防止污泥沉积,在每格调节池内设置3台潜水搅拌机,单台叶轮直径≥370 mm, $N=2.5$  kW。在每格调节池的末端设置排泥槽,内设1台潜污泵, $Q=15$  m<sup>3</sup>/h、 $H=200$  kPa、 $N=2.2$  kW,定期将调节池内沉积污泥排至污泥贮池。

3.2.3 立体生态生物池

① 去除机理

立体生态生物池的本质是采用一种人工填料与植物根系联合形成高效集约化的生物接触氧化处理工艺,大量生物膜附着在水生植物根系及人工填料表面,构成一个聚集各种细菌、藻类、原生动物、后生动物、水生植物的小型生态系统,利用这些生物自身的新陈代谢作用增强对水体各种污染物的降解能力。

② 设计参数

立体生态生物池分2格,单格尺寸39.18 m×10.85 m×5.50 m,有效水深5.0 m。每格生物池均由厌氧区、缺氧区及好氧区构成,其有效容积分别为217、434和1 361 m<sup>3</sup>。生物池的总水力停留时间19.3 h,其中厌氧区、缺氧区及好氧区的水力停留时间分别为2.1、4.2和13.0 h。立体生态生物池的主



要设计参数见表3。

表3 立体生态生物池的主要设计参数

Tab.3 Main design parameters of the stereoscopic ecological biological tank

| 项目   | 数值     | 项目                                      | 数值      |
|--|--------|---|---------|
| 设计水温/ $^{\circ}\text{C}$                   | 12~30  | 水力停留时间/h                                | 19.3    |
| 生物模块表面积/ $\text{m}^2$                      | 31 387 | 污泥回流比/%                                 | 50~100  |
| 悬浮污泥浓度/ $(\text{mg}\cdot\text{L}^{-1})$    | 4 000  | 混合液回流比/%                                | 100~300 |
| 生物池剩余污泥干质量/ $(\text{t}\cdot\text{d}^{-1})$ | 1.28   | 标准供气量/ $(\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1})$ | 1 860   |
| 生物池剩余污泥量/ $(\text{m}^3\cdot\text{d}^{-1})$ | 171.9  | 气水比                                     | 8.93:1  |

厌氧区和缺氧区内设潜水搅拌机,用于充分搅拌混合进水和回流污泥,均匀污泥浓度,为聚磷菌和反硝化菌创造有利生长条件,并有效防止污泥沉降;好氧区底部设有管式微孔曝气系统,对污水进行曝气充氧,促进碳氧化、硝化及生物除磷等好氧生化反应,从而有效去除COD、BOD<sub>5</sub>、TN、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N和TP等污染物,且好氧区末端设置2台内回流泵,变频控制,用于将好氧区内的混合液输送至缺氧区进行反硝化反应,实现生物脱氮。

在厌氧区、缺氧区和好氧区的顶部均设有植物模块,好氧区还设有人工填料模块。

### 3.2.4 二沉池及深度处理池

二沉池及深度处理池包含二沉池、深度处理单元构筑物和其他构筑物,立体生态生物池的出水通过出水渠直接进入二沉池,而后进入深度处理单元进行处理。

#### ① 二沉池

二沉池采用辐流式沉淀池,分2组,池内径14 m,有效水深3.0 m,平均流量时表面负荷为0.68  $\text{m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ ,停留时间4.82 h。每组池内配置中心传动刮泥机1台, $N=0.55\text{ kW}$ 。

#### ② 深度处理单元构筑物

深度处理包括混合、絮凝、纤维转盘过滤、消毒,进一步去除水中残留的TP、SS及微生物等污染物。

絮凝反应池分2格,第1格尺寸1.2 m×1.5 m×4.5 m,有效水深2.76 m;第2格尺寸2.0 m×2.3 m×4.5 m,有效水深2.76 m。平均流量时停留时间5.8

min。池内共安装2台搅拌机,单台 $N=0.55\text{ kW}$ 。

过滤池采用纤维转盘滤池,分2组,单组尺寸3.0 m×3.7 m×2.26 m,每组配置盘式过滤器1台,盘片直径2 m,处理量152  $\text{m}^3/\text{h}$ , $N=6\text{ kW}$ 。单组盘式过滤器有效过滤面积16.7  $\text{m}^2$ ,平均滤速6.2  $\text{m}/\text{h}$ ,过滤精度10  $\mu\text{m}$ ,反冲洗水量7.5  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

接触消毒池尺寸5.15 m×13.35 m×4.13 m,有效水深3.0 m,有效容积134.15  $\text{m}^3$ ,接触时间38 min。

#### ③ 其他构筑物

二沉池及深度处理池的其他构筑物包括计量渠、回流及剩余污泥泵房。计量渠尺寸1.1 m×13.35 m×1.83 m,渠内安装巴氏计量槽,用于测量出水流量。回流及剩余污泥泵房尺寸5.60 m×3.65 m×6.60 m,有效水深4.26 m。二沉池的污泥排至回流及剩余污泥泵房后,一部分通过回流污泥泵回流至立体生态生物池,剩余污泥通过污泥排放泵排至污泥贮池,污泥回流比为100%。池内配置回流污泥泵2台(1用1备),单台 $Q=341\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=60\text{ kPa}$ 、 $N=9\text{ kW}$ ;污泥排放泵2台,单台 $Q=18\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=90\text{ kPa}$ 、 $N=1.2\text{ kW}$ 。回流及剩余污泥含水率为99.2%,剩余污泥量138  $\text{m}^3/\text{d}$ ,剩余污泥干质量1.38  $\text{t}/\text{d}$ 。

### 3.2.5 污泥贮池及污泥泵房

污泥贮池与污泥泵房合建。污泥贮池内设1台潜水搅拌机, $N=0.85\text{ kW}$ 。污泥泵房内设2台污泥螺杆泵,单台 $Q=30\sim50\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=300\text{ kPa}$ 、 $N=11\text{ kW}$ 。

### 3.2.6 污泥浓缩脱水车间

该车间内设置叠螺浓缩机2台,单台处理量190~540  $\text{kgDS}/\text{h}$ , $N=3.2\text{ kW}$ ,设计出泥含水率96%;配置高压板框压滤机2台,单台过滤面积60  $\text{m}^2$ , $N=15.8\text{ kW}$ ,配置2台进料泵,单台 $Q=25\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=1.2\text{ MPa}$ 、 $N=22\text{ kW}$ ,压滤后污泥含水率60%。

## 4 运行效果及经济分析

### 4.1 运行效果

2023年1月—12月,该污水处理厂的实际进、出水水质和污染物去除率见表4。进水COD、BOD<sub>5</sub>、SS、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TN和TP的平均浓度分别为171.42、40.25、209.60、20.26、31.55和3.43  $\text{mg}/\text{L}$ ,经处理后出水中各污染物显著减少,其平均浓度分别为20.05、2.08、1.48、0.24、8.01和0.16  $\text{mg}/\text{L}$ ,出水水质稳定达标且均优于DB 61/224—2018中A标准,

对 COD、BOD<sub>5</sub>、SS、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TN 和 TP 的平均去除率分别达到 86.79%、94.01%、99.27%、98.68%、73.21% 和 94.80%。结果表明,立体生态处理工艺对污染物的去除效果显著,且不受进水水质波动的干扰,抗冲击负荷能力强,可以很好地适应环境变化,从而使污水处理厂能够长期稳定运行。

表 4 实际进、出水水质及污染物去除率

Tab.4 Actual influent and effluent quality and pollutant removal rates

| 项目                           | COD              | BOD <sub>5</sub> | SS                | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N | TN              | TP              |
|------------------------------|------------------|------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------|-----------------|
| 进水/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | 70.55~<br>325.15 | 20.4~<br>76.07   | 131.10~<br>324.87 | 11.65~<br>39.39                 | 22.93~<br>52.23 | 2.10~<br>5.41   |
| 出水/<br>(mg·L <sup>-1</sup> ) | 11.17~<br>23.08  | 1.61~<br>3.12    | 1.14~<br>1.82     | 0.07~<br>0.74                   | 5.85~<br>10.24  | 0.10~<br>0.24   |
| 去除率/%                        | 78.65~<br>93.55  | 87.1~<br>97.74   | 98.84~<br>99.5    | 94.49~<br>99.66                 | 59.83~<br>84.63 | 89.06~<br>97.15 |

该工程中立体生态处理工艺对 COD、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TN 和 TP 的去除效果均较好,使其远低于设计出水的标准限值。该工艺显著的脱氮和去除 COD 的能力主要归功于其特殊构造——植物根系及人工填料,这为水处理微生物的生长繁殖创造了有利条件,能够促进硝化菌、亚硝化菌及其他能够降解水中有机物的微生物的增殖,从而显著提高该工艺系统净化污水的能力。对于参与硝化反应的硝化菌和亚硝化菌,其世代时间较长,在一般的活性污泥工艺中,由于生物固体停留时间较短,其生长繁殖受到一定限制,但在立体生态工艺系统中,二者能够附着在植物根系及人工填料表面生长,不会受水力停留时间影响,故立体生态工艺的脱氮能力更强<sup>[2]</sup>。

王家祥等<sup>[4]</sup>在对采用立体生态处理工艺的某中水站的调研中发现,该工艺的除磷效果不太稳定。分析认为主要原因在于污泥的泥龄较长,而污泥龄的长短直接影响聚磷菌的摄磷作用和剩余污泥的排放量,前者随着污泥龄的增长而降低,从而导致该系统除磷效果一般。但李谱等<sup>[5]</sup>研究发现,与传统 SBR 工艺相比,景观生态工艺的加入在污染物去除效能方面更优,尤其是对 TP 的去除,该工程中立体生态处理工艺呈现出较好的除磷效果,与其得出的结论一致。磷作为植物必需的营养元素,一方面,水生植物能够吸收水体中的含磷物质促进自身生长;另一方面,植物的光合作用和呼吸作用使得

水环境中的氧气浓度发生交替变化,这为聚磷菌的生长提供了有利条件,促进其发挥吸磷作用,进而降低水体中的 TP 浓度<sup>[5]</sup>。

在污水处理厂运行管理过程中,为保证立体生态处理工艺能够充分发挥作用,需注意立体生态生物池的保温效果,尤其在冬季运行期间,气温较低,为保证池内的植物生长不受影响,需实时监测温度,并做好保温工作,从而保证立体生态生物池的正常运行。此外,好氧微生物的活性及生物池的处理效率与水体中的溶解氧浓度密切相关,生物池内形成的生物膜能够在充足的溶解氧环境中保持较高的活性,这不仅可以增强生物膜内层的附着力,防止其脱落,也有利于系统对各项污染物的去除。故在冬季运行期间,也可通过适当增加曝气量来增强微生物的活性,从而保证生物池的处理效果。

4.2 经济分析

该工程内部收益率为 6.72%,投资回收期 12.25 年,盈亏平衡点为 62.38%,财务净现值为 1 159.08 万元,投资利润率 4.47%,主要技术经济指标见表 5。

表 5 主要技术经济指标

Tab.5 Main technical and economic indexes

| 项目            | 数值       | 项目                                | 数值     |
|---------------|----------|-----------------------------------|--------|
| 总投资/万元        | 7 461.17 | 固定成本/万元                           | 553.25 |
| 工程费用/万元       | 5 775.62 | 可变成本/万元                           | 101.24 |
| 其他费用/万元       | 1 229.64 | 全年平均经营成本/<br>万元                   | 327.58 |
| 基本预备费/<br>万元  | 420.32   | 单位水量总成本/<br>(元·m <sup>-3</sup> )  | 3.59   |
| 铺底流动资金/<br>万元 | 35.58    | 单位水量经营成本/<br>(元·m <sup>-3</sup> ) | 1.79   |
| 全年平均总成本/万元    | 654.49   |                                   |        |

5 设计亮点

① 该工程采用的立体生态处理技术是一种新型景观生态污水处理工艺,通过在生物池内加入植物景观系统,利用植物及微生物的降解作用,实现对污水中各类污染物的有效去除,且绿色植物的净化能力也使得污水处理过程中产生的臭气大幅减少。与传统的污水处理工艺相比,该技术以温室生态园式的绿色景观设施取代了传统污水处理厂的水泥建筑,不仅在视觉上给人以美的直观感

受,在提高景观性的同时也颠覆了人们对传统污水处理厂的刻板印象,而且其具有用地集约、能耗更低、剩余污泥量较少、工艺流程更优、处理时间较短且处理效率更高的优势,是未来污水处理厂的发展方向。

② 该工程将不同处理段构筑物进行集中布置,并将多组构筑物进行合建,如总进水井、粗格栅进水渠道及提升泵房合建,调节池与立体生态生物池、二沉池及深度处理池合建,污泥贮池和污泥泵房合建,不仅提高了污水处理厂的空间利用效率,也降低了工艺管道的沿程水头损失,节约了厂区的能耗及运行管理费用。此外,该工程还应用了BIM技术,在展示污水厂整体效果的同时,为现场施工及设备安装提供了精准且直观的指导,规避了传统设计过程中容易忽视的实际问题。

## 6 结语

① 将立体生态处理工艺应用于西安市某污水处理厂,处理效果显著且不受进水水质波动的影响,出水水质稳定达标并均优于DB 61/224—2018中A标准,对COD、BOD<sub>5</sub>、SS、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N、TN和TP的平均去除率分别达到86.79%、94.01%、99.27%、98.68%、73.21%和94.80%。立体生态处理工艺具有景观价值高、用地集约、能耗低、剩余污泥量少等优势,与我国当前提出的“建设污水处理绿色低碳标杆厂”及“双碳”目标的理念完美契合,是一种绿色低碳的新型景观生态治污技术,具有广阔的应用前景。

② 该工程充分利用土地空间,在设计过程中将不同处理段构筑物集中布置,并将多组构筑物合建,不仅节省了污水处理厂的占地面积,而且通过降低水头损失节约了能耗。在厂区设计中融入了海绵城市的理念,设置了传输型植草沟、生态滞留设施、雨水花园及绿色屋顶等海绵设施,在实现功能性的同时,也进一步增强了厂区的景观效果。此外,还引入了BIM技术,规避了传统设计过程中容易忽视的实际问题。

## 参考文献:

[1] 常尧枫,谢嘉玮,谢军祥,等.城镇污水处理厂提标

改造技术研究进展[J].中国给水排水,2022,38(6):20-28.

CHANG Yaofeng, XIE Jiawei, XIE Junxiang, *et al.* Research progress on upgrading and reconstruction technology of urban sewage treatment plants [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(6): 20-28 (in Chinese).

[2] 曹猛. FCR工艺在辽宁某城镇污水处理工程中的应用[J].中国给水排水,2022,38(4):71-75.

CAO Meng. Application of food chain reactor in an urban wastewater treatment project in Liaoning [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(4): 71-75 (in Chinese).

[3] 杨欣,谭周权. FCR技术在工业园污水处理工程中的应用[J].中国给水排水,2017,33(8):82-85.

YANG Xin, TAN Zhouquan. Industrial park wastewater treatment with FCR technology [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(8): 82-85 (in Chinese).

[4] 王家祥,朱兆亮,郝连杰,等.中水站高氨氮进水调研及FCR工艺处理效能分析[J].山东建筑大学学报,2023,38(5):127-134.

WANG Jiaxiang, ZHU Zhaoliang, HAO Lianjie, *et al.* Investigation of high ammonia nitrogen influent in reclaimed water station and analysis of FCR process treatment efficiency [J]. Journal of Shandong Jianzhu University, 2023, 38(5): 127-134 (in Chinese).

[5] 李谱,孙飞云,董文艺,等.景观生态-SBR复合工艺生活污水处理效能与污泥性状[J].环境工程学报,2015,9(12):5783-5787.

LI Pu, SUN Feiyun, DONG Wenyi, *et al.* Treatment efficiency and sludge characteristics of vegetation-sequencing batch bioreactor (V-SBR) process for domestic wastewater treatment [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2015, 9(12): 5783-5787 (in Chinese).

作者简介:闫苗苗(1994—),女,陕西榆林人,硕士,工程师,主要从事市政给排水工程设计工作。

E-mail:yanmm@xauat.edu.cn

收稿日期:2024-01-25

修回日期:2024-02-27

(编辑:沈靖怡)