

## 城镇给排水工程设计案例专栏

翁献明, 黄作闯, 李忠烈, 等. 循环经济产业园区污水处理厂的设计与运行策略[J]. 净水技术, 2025, 44(5): 180-186.

WENG X M, HUANG Z C, LI Z L, et al. Design and operation strategy for WWTP in circular economy industrial park [J]. Water Purification Technology, 2025, 44(5): 180-186.

## 循环经济产业园区污水处理厂的设计与运行策略

翁献明<sup>1</sup>, 黄作闯<sup>1,\*</sup>, 李忠烈<sup>1</sup>, 潘孝东<sup>1</sup>, 张天舒<sup>2</sup>, 任玉辉<sup>2</sup>

(1. 温州市环保科技集团有限公司, 浙江温州 325000; 2. 上海市市政工程设计研究总院<集团>有限公司, 上海 200092)

**摘要** 【目的】 龙港市工业发达, 工业发展中产生的垃圾和环境污染问题也成为制约发展的重要因素。【方法】 龙港市循环经济产业园集污水处理、绿植垃圾及一般工业固废处理、污水污泥处理、排水管渠污泥处理、固废焚烧发电、餐厨垃圾处理、建筑垃圾处理于一体, 其中再生水厂一期处理规模为  $1.2 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$ , 进水包含龙港市生活污水、工业废水和循环经济产业园的混合污水, 出水执行《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB33/2169—2018) 中的新建城镇污水处理厂排放限值。【结果】 文章介绍了龙港再生水厂的工艺流程、设计参数, 对其设计特点和运行策略进行了分析, 通过园区内供能自给、剩余污泥热能回收、再生水循环利用、绿色照明等措施, 年节约用电量约为  $7.884 \times 10^7 \text{ kW} \cdot \text{h}$ , 年节约用水量可达约为  $5.2 \times 10^5 \text{ t}$ , 半地下再生水厂每  $\text{m}^3$  经营成本可降低至为 0.73 元。【结论】 在龙港市循环经济产业园区中, 以两核、三链、七厂为设计理念, 实现能量循环利用, 提升能源利用效率, 推动能源结构转型, 是实现碳达峰、碳中和的重要途径, 再生水厂作为核心项目, 既解决了龙港市日益增长的市政污水量, 也实现了园区内的水循环, 能源的高效利用, 实现园区碳减排, 为类似工程建设提供参考。

**关键词** 循环经济产业园 污水处理厂 工程设计 协同处理 低碳

中图分类号: TU992 文献标志码: B 文章编号: 1009-0177(2025)05-0180-07

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2025.05.020

## Design and Operation Strategy for WWTP in Circular Economy Industrial Park

WENG Xianming<sup>1</sup>, HUANG Zuochuang<sup>1,\*</sup>, LI Zhonglie<sup>1</sup>, PAN Xiaodong<sup>1</sup>, ZHANG Tianshu<sup>2</sup>, REN Yuhui<sup>2</sup>

(1. Wenzhou Environmental Protection Technology Group Co., Ltd., Wenzhou 325000, China;

2. Shanghai Municipal Engineering Design Institute <Group> Co., Ltd., Shanghai 200092, China)

**Abstract** [Objective] Longgang City has developed industry, and the problems of waste and environmental pollution generated during industrial development have also become important factors restricting development. [Methods] Longgang City circular economy industrial park is a comprehensive environmental protection industrial park integrating wastewater treatment, green waste and general industrial solid waste treatment, wastewater sludge treatment, drainage canal sludge treatment, solid waste incineration and power generation, kitchen waste treatment and construction waste treatment. Among them, the treatment scale of the first phase of the reclaimed wastewater treatment plant (WWTP) is  $1.2 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$ . The influent includes domestic wastewater, industrial wastewater of Longgang City, and the mixed wastewater from the circular economy industrial park, and the effluent performs the discharge standard of the new urban WWTP in the *Discharge Standard of Major Water Pollutants for Municipal Wastewater Treatment Plant* (DB 33/2169—2018). [Results] This paper introduces the process flow and design parameters of Longgang reclaimed WWTP, analyzes its design features and operation strategies. By means of measures such as self-sufficient energy supply within the park, heat energy recovery from excess sludge, reclaimed water utilization, and green lighting, the annual saved electricity consumption is about  $7.884 \times 10^7 \text{ kW} \cdot \text{h}$ , and

[收稿日期] 2024-12-20

[基金项目] 上海市科技计划项目(23230730600)

[作者简介] 翁献明(1976—),男,高级工程师,研究方向为环保领域的项目投资、建设和行业相关管理,E-mail:460479005@qq.com。

[通信作者] 黄作闯(1984—),男,工程师,研究方向为给水排水设计、施工与管理,E-mail:21828944@qq.com。

the annual saved water consumption can reach about  $5.2 \times 10^5$  tons. The operating cost of the semi-underground reclaimed WWTP can be reduced to 0.73 yuan per cubic meter. [Conclusion] In the Longgang circular economy industrial park, the design concept of two cores, three chains, and seven plants is adopted to achieve energy recycling, improve energy utilization efficiency, and promote energy structure transformation, which is an important way to achieve carbon peak and carbon neutrality. The reclaimed WWTP, as the core project, not only solves the increasing municipal wastewater volume in Longgang City, but also realizes the water cycle and efficient utilization of energy in the park, carbon emissions in the park are reduced, providing a reference for the construction of similar projects.

**Keywords** circular economy industrial park wastewater treatment plant (WWTP) engineering design co-processing low carbon

我国力争在 2030 年前实现碳达峰, 2060 年前实现碳中和, 围绕实现“双碳”目标的能源利用、技术创新等已成为当前环保行业不容回避的热点问题, 实现碳达峰、碳中和, 需要对现行社会经济体系进行一场广泛而深刻的变革。相比而言, 污水处理行业能耗虽然没有发电、钢铁、化工等行业那么高, 但总能耗占比并不小, 也属于能耗大户。根据联合国数据<sup>[1]</sup>显示, 全球水处理行业碳排放量大约占全球碳排放量的 2%。

随着城镇污水收集处理率、污水年处理量、污水处理厂数量的增加, 污水处理过程释放出的温室气体量也随之增加<sup>[2]</sup>。污水处理系统节能减排和资源回收利用等相关研究对于实现我国“双碳”目标具有深远的影响<sup>[3]</sup>。龙港市工业发达, 工业发展中产生的垃圾和环境污染问题也成为制约发展的重要因素。

在城镇水系统的规划设计与运行管理过程中, 应以绿色低碳发展为导向, 增加能源节约和碳减排为目标, 为城市绿色发展提供源源不断的动力。文章选取了龙港市循环经济产业园的再生水厂, 介绍设计参数、处理工艺流程, 及其设计特点和运行策略, 以期类似工程建设提供参考。

## 1 工程概况

龙港市循环经济产业园是集污水处理、绿植垃圾及一般工业固废处理、污水污泥处理、排水管渠污泥处理、固废焚烧发电、餐厨垃圾处理、建筑垃圾处理于一体的综合性环保产业园。产业园区总体布局为两核、三链、七厂, 因地制宜, 以“资源循环利用、物质协同处理、能源梯级利用、信息互联互通”为理念, 打造高标准、高水平的循环经济环保产业园, 实现污水、污泥、绿植垃圾、一般工业固废、建筑垃圾和餐厨垃圾处理的“减量化、无害化、资源化”, 符合可持续发

展的模式。

“两核”即污水处理和固废焚烧为核心。以再生水厂尾水再生利用和固废焚烧厂绿植垃圾和工业固废等焚烧发电供热产能为核心业务, 形成龙港市循环经济产业园市政废弃物的处理模式。“三链”即水、电、热 3 条绿色循环链。通过再生水厂尾水再生利用、固废焚烧厂发电利用、固废焚烧厂余热再利用, 构建龙港市循环经济产业园绿色循环链。“七厂”即再生水厂、固废焚烧厂、餐厨垃圾处理厂、排水管渠污泥处理厂、污水污泥处理厂、建筑垃圾处理厂、绿植及一般工业固废处理厂。

## 2 产业园再生水厂方案介绍

产业园再生水厂, 近期设计规模为  $1.2 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$ , 占地面积为  $4.65 \times 10^4 \text{ m}^2$ , 远期设计规模为  $2.4 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$ , 总占地面积为  $7.56 \times 10^4 \text{ m}^2$ , 是处理龙港市城镇污水的核心片区, 同时为产业园固废焚烧厂、排水管渠和污水污泥处理厂提供工艺直流冷却水和再生水。

### 2.1 设计进出水水质

再生水厂的处理对象主要为龙港市生活污水、部分工业废水和循环经济产业园的混合污水, 设计进水水质如表 1 所示。根据实地调查, 龙港市印染产业园、人造革产业园和电镀产业园已建设专用的工业废水处理设施, 不排入市政污水管网。龙港市其余工业企业(主要为包装印刷类企业), 生产废水达到纳管标准[《污水排入城镇下水道水质标准》(GB/T 31962—2015)] A 级标准后, 排入市政污水管网, 汇入产业园再生水厂, 该部分工业废水量占再生水厂总进水量的约为 20%。

再生水厂的出水执行《城镇污水处理厂主要水污染物排放标准》(DB33/ 2169—2018) 中的新建城镇污水处理厂排放限值, 如表 2 所示。

表 1 再生水厂设计进水水质

Tab. 1 Design Influent Quality of Reclaimed WWTP

项目	水量/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ )	COD/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	BOD <sub>5</sub> / ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	SS/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TN/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	氨氮/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	TP/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
厂外生活污水	96 000	300.00	150.00	189.00	25	19	3.8
厂外工业废水	24 000	500.00	150.00	400.00	70.00	45.000	8.00
污泥处理厂脱水滤液	2 500	1 600.00	640.00	200.00	127.00	114.000	48.20
污泥处理厂干化废水	130	300.00	120.00	200.00	135.00	116.000	0.54
固废焚烧厂洗烟废水	140	210.00	84.00	200.00	20.00	7.200	0.47
餐厨垃圾处理厂沼液	100	13 500.00	9 000.00	200.00	3 000.00	2 350	5.00
上述加权平均	-	376.16	167.07	230.47	38.40	28.000	5.52
现状龙港污水处理厂实测进水水质	-	295.00	96.00	123.00	400.00	32.200	5.91
再生水厂设计进水水质	-	400.00	130.00	250.00	45.00	35.000	6.00

表 2 再生水厂设计出水水质

Tab. 2 Design Effluent Quality of Reclaimed WWTP

项目	限值/( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )
COD	$\leq 30$
BOD <sub>5</sub>	$\leq 10$
SS	$\leq 10$
TN	$\leq 10(12)$
氨氮	$\leq 1.5(3.0)$
TP	$\leq 0.3$

注:括号内数值为每年 11 月 1 日—次年 3 月 31 日执行。

## 2.2 工艺流程

再生水厂采用的主要工艺方案如下。

(1) 污水处理方案:采用“粗格栅+细格栅+曝气沉砂池+厌氧/缺氧/好氧(AAO)生物反应池+矩形二沉池+高效沉淀池+反硝化深床滤池+紫外线消毒+加氯消毒”工艺,如图 1 所示。

(2) 污泥处理方案:剩余污泥和化学污泥在污泥均质池均质后输送至污泥处理厂处理。

(3) 除臭方案:采用生物滤池除臭工艺。

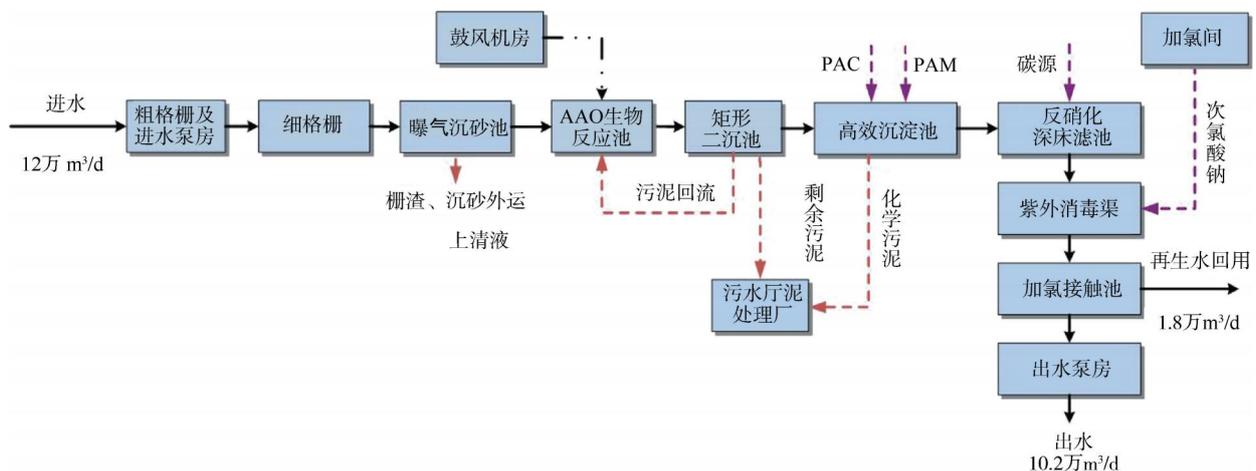


图 1 再生水厂污水、污泥处理处置工艺流程

Fig. 1 Process Flow of Wastewater and Sludge Treatment and Disposal in Reclaimed WWTP

## 2.3 箱体布置

再生水厂采用半地下式双层加盖建设形式。产业园综合管理区主体建筑布置于再生水厂深度处理区顶板上部,占地面积约为  $2.76 \times 10^3 \text{ m}^2$ ,主要建筑

包括综合楼 1 座及附属楼 1 座,建筑面积共为  $9 400 \text{ m}^2$ 。综合管理区于地面一层设置 1 座架空门厅,与再生水厂贴建,运管人员可通过门厅进入综合楼、附属楼及再生水厂箱体内。再生水厂顶板其他区域为二次开发预留,近期建设绿化公园,设置 1 条独立的

坡道与园区外部道路连接。

设置于再生水厂端部的产业园综合管理区,能够留给再生水厂箱体上最大化景观视角,南侧留出来的空间作为箱体顶部绿化公园,尽可能地向城市开放,两栋楼的北侧设置局部后花园,避免与对外的公园相互干扰。同时在两栋楼之间释放了更多的公共空间和灰空间。如图 2 所示。



图 2 再生水厂一期工程实景照片

Fig. 2 Real Photos of the First Phase Project of Reclaimed WWTP

## 2.4 构(建)筑物设计参数及设备配置

### (1) 进水闸门井

共 1 座,设计规模为  $2.4 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$ ,平面尺寸为  $6 \text{ m} \times 6 \text{ m}$ 。为控制再生水厂进水向一、二期箱体切换,在进水闸门井内设置电动闸门。主要设备为 2 台 DN1600 手电两用铸铁闸门。

### (2) 粗格栅及进水泵房

共 1 座,平面尺寸为  $26.5 \text{ m} \times 19.2 \text{ m}$ ,池深为  $10.1 \text{ m}$ ,粗格栅宽度为  $1.5 \text{ m}$ ,回转式格栅除污机 2 套,栅距为  $20 \text{ mm}$ 。机械粗格栅配备无轴螺旋输送机 1 台,输送栅渣。

进水泵房配泵 5 台,大泵 2 用 1 备,小泵 2 用,为适应各种进水工况,其中 1 台大泵和 2 采用变频控制。大泵单台流量为  $2167 \text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为  $11.8 \text{ m}$ ;小泵单台流量为  $1084 \text{ m}^3/\text{h}$ ,扬程为  $11.8 \text{ m}$ 。

### (3) 细格栅及曝气沉砂池

共 1 座,平面尺寸为  $44.48 \text{ m} \times 19.60 \text{ m}$ ,细格栅共 2 台,栅宽为  $2 \text{ m}$ ,栅条间隙为  $5 \text{ mm}$ ,安装角度为  $35^\circ$ 。

曝气沉砂池 1 座 2 池,有效水深为  $2.75 \text{ m}$ ,平均流量时停留时间为  $4.86 \text{ min}$ ,高峰流量时停留时间为  $3.74 \text{ min}$ 。池内设置 2 台吸砂机,2 机 2 槽,将

沉积于池底的沉积砂,用砂泵提升输送至砂水分离器,砂水分离后外运处置。空气管设于沉砂池中部,需空气量为  $1300 \text{ m}^3/\text{h}$ ,利用鼓风机房风机供气,鼓风机可变频调控。

### (4) 生物反应池

采用改良 Bardenpho 工艺,共 2 座,每座分 2 组,每组可独立运行。单座平面尺寸为  $68.4 \text{ m} \times 68.8 \text{ m}$ ,厌氧区停留时间为  $1.0 \text{ h}$ ,缺氧区停留时间为  $6.3 \text{ h}$ ,好氧区停留时间为  $7.0 \text{ h}$ ,后置缺氧池停留时间为  $1.4 \text{ h}$ ,后置好氧池停留时间为  $0.5 \text{ h}$ ,总水力停留时间为  $16.2 \text{ h}$ ,设计有效水深为  $9.0 \text{ m}$ ,高峰时供气量为  $32500 \text{ m}^3/\text{h}$ ,气水比  $6.5:1$ ,污泥外回流比为  $100\%$ ,混合液回流比为  $300\%$ 。

### (5) 二沉池

采用平流式二沉池,共 2 座,单座平面尺寸为  $68.4 \text{ m} \times 47.9 \text{ m}$ ,每座 8 池,有效水深为  $4.0 \text{ m}$ ,高峰表面负荷为  $1.14 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,平均表面负荷为  $0.88 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,沉淀时间为  $4.54 \text{ h}$ 。

### (6) 高效沉淀池

共 1 座,分为 2 池,单池处理流量为  $6 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,单个沉淀池平面尺寸为  $16 \text{ m} \times 16 \text{ m}$ ,总池深为  $8.40 \text{ m}$ ,有效水深为  $7.55 \text{ m}$ ,高峰表面负荷为  $16.17 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ ,平均表面负荷为  $12.44 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ 。

### (7) 反硝化深床滤池

共 1 座,分为 10 格。单格过滤面积为  $74 \text{ m}^2$ ,平均滤速为  $6.73 \text{ m}/\text{h}$ ,高峰滤速为  $8.75 \text{ m}/\text{h}$ 。反硝化容积负荷为  $0.35 \text{ kg 硝酸盐氮}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$ 。

滤池水头损失为  $2 \sim 2.5 \text{ m}$ 。配有 1 套反冲洗系统,采用气水反冲洗模式进行反冲洗,反冲洗泵设在清水池。反冲洗废水池同时作为箱体放空泵房,位于反硝化深床滤池西侧。

### (8) 紫外线消毒渠

共 1 座,分为 3 条渠道,其中 1 条作为超越用,内净尺寸为  $12.3 \text{ m} \times 6.7 \text{ m}$ ,最大流量为  $6500 \text{ m}^3/\text{h}$ ,焚烧工艺直流冷却水排放至紫外线消毒渠前池,前池容积为  $87 \text{ m}^3$ 。

2 条消毒渠分别安装 1 个模块组,单个模块组含有 125 个灯管,共 250 根灯管,接触时间为  $6.85 \text{ s}$ 。

### (9) 加氯接触池

共 1 座,平面尺寸为  $22.50 \text{ m} \times 5.85 \text{ m}$ ,有效水深为  $4.95 \text{ m}$ ,高峰流量氯接触时间为  $10.5 \text{ min}$ 。单

廊道宽度为 2.5 m,廊道长度为 30 m。

#### (10) 鼓风机房

共 1 座,平面尺寸为 19.54 m×13.44 m,鼓风机采用磁悬浮风机,共 5 台,单台供气量为 127 m<sup>3</sup>/min,出口风压为 10.3 m 的水柱。

#### (11) 加药间

共 1 座,平面尺寸为 20.2 m×13.4 m,投加混凝剂及助凝剂至高效沉淀池进行化学除磷。设计聚合氯化铝加药量为 89 mg/L,聚丙烯酰胺加药量为 0.8 mg/L。

#### (12) 次氯酸钠及碳源投加间

共 1 座,平面尺寸为 720.2 m×13.4 m,投加乙酸钠至高效沉淀池和生物反应池,补充碳源。投加次氯酸钠至加氯接触池消毒。碳源投加间内设乙酸钠加药泵 4 套及储罐,碳源投加量为 35 mg/L;次氯酸钠投加间内设次氯酸钠加药泵 2 套及储罐,次氯酸钠投加量为 8 mg/L。

#### (13) 污泥均质池

共 1 座,将剩余污泥、化学污泥均质后泵送至污

泥处理厂。平面尺寸为 33.5 m×8.6 m,分 4 格,每格平面净尺寸为 8.0 m×8.0 m,其中剩余污泥占 2 格,化学污泥占 1 格,还有 1 格为均质区。每格污泥均质池内均设置立式搅拌器,防止池底污泥沉积<sup>[4]</sup>。污泥总平均停留时间约为 9.07 h。剩余污泥量为 18 336 kg/d,化学污泥量为 3 162 kg/d。

### 3 产业园再生水厂设计运行策略分析

园区七大处理设施构建了固废、水、电、热绿色循环链,坚持资源循环利用和能量梯级利用,最大程度降低产业园对外来资源的依赖,并实现部分能源的外供,实现园区的碳减排。园区将城镇污水和各类固体废弃物转化为可再生能源(图 3),年节约用电量约为 7 884×10<sup>4</sup> kW·h,年节约用水量可达约为 5.2×10<sup>5</sup> t。城镇污水处理厂的建设和运行耗资比较大,并且受到多种因素的制约和影响。而循环产业园中的再生水厂工艺设计时考虑了上下游环节的融合,以突出经济循环与低运行能耗特点,达到节能降碳的目的。

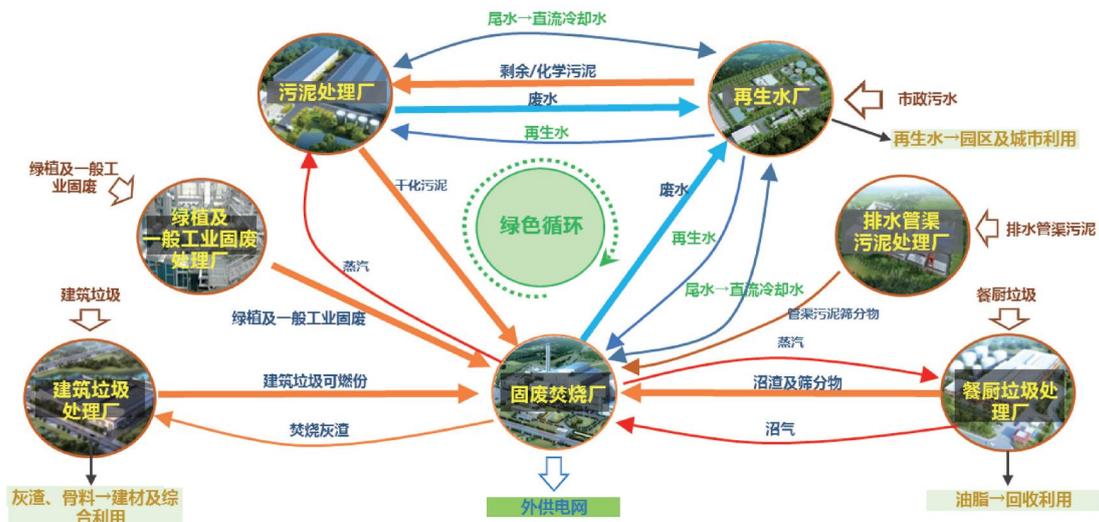


图 3 龙港市循环经济产业园循环策略

Fig. 3 Recycling Strategy of Circular Economy Industrial Park in Longgang City

#### (1) 园区内供能自给

污水处理厂的能源消耗包括水、电及药耗等,其中电耗占比最高<sup>[5]</sup>。在龙港市循环经济产业园内,固废焚烧厂将绿植垃圾和工业固废等焚烧发电,为再生水厂的污水处理供电,实现能量的循环,减少再生水厂对外界电力的需求。产业园所有用电负荷的装机容量为 13 838 kW,计算有功功率约为 8 947 kW,采用两路 20 kV 电源进线,用电量约为

1.78×10<sup>5</sup> kW·h/d,其中再生水厂用电量约为 5.4×10<sup>4</sup> kW·h/d。固废焚烧厂发电量约为 2.55×10<sup>5</sup> kW·h/d,扣除自身用电量及园区其他处理厂用电量,还可外供电量约为 7.7×10<sup>4</sup> kW·h/d。通过园区内固废焚烧厂供能,再生水厂每 m<sup>3</sup> 处理成本可降低至 1.73 元,每 m<sup>3</sup> 经营成本可降低至 0.73 元。

#### (2) 剩余污泥热能回收

将餐厨垃圾筛分垃圾和沼渣、通沟底泥筛分

垃圾、一般工业固废(限定成分)、建筑垃圾无用可燃烧材料、绿植垃圾等进行粉碎后与污水污泥混合制成可燃烧球状料(生物质燃料),然后和餐厨垃圾处理厂的脱水沼渣(含水率<60%)一同进入流化床焚烧炉焚烧处置。焚烧炉产生的蒸汽可供污泥处理厂污泥干化以及餐厨垃圾厂预处理蒸煮

加热,两者蒸汽需求量约为 102 t/d 和 12 t/d,占比为 5%。

(3)再生水循环利用

再生水厂一期工程尾水为  $1.2 \times 10^5 \text{ m}^3/\text{d}$ ,达到排放标准后再生水可回用于园区内多个单元,主要回用点如表 3 所示。

表 3 水循环利用基本情况

Tab. 3 Basic Conditions of Water Recycling and Reuse

功能	回用点	出路	用量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$
直流冷却水	固废焚烧厂	冷却水经换热升温( $\leq 5 \text{ }^\circ\text{C}$ )	$6.600 \times 10^4$
	排水管渠及污水污泥处理厂	后返回至再生水厂出水泵房	$1.100 \times 10^4$
	小计		$7.700 \times 10^4$
生产用水	固废焚烧厂	使用后的再生水经园区	$2.130 \times 10^2$
	排水管渠及污水污泥处理厂	污水管网排放至再生水厂	$2.400 \times 10^2$
	绿植及工业固废处理厂		5.000
	建筑垃圾处理厂		7.000
	餐厨垃圾处理厂		63.000
	除臭设施		422.000
冲洗及绿化用水	园区内各处理厂的车间冲洗用水及园区的绿化用水		95.000

注:上述用量总计约为  $1.045 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

由表 3 可知,约  $7.700 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$  再生水厂的尾水可作为固废焚烧厂和污泥处理厂的直流冷却水,利用冷媒水给相关设备降温,冷却水经换热升温( $\leq 5 \text{ }^\circ\text{C}$ )后返回至再生水厂出水泵房。另外还有约  $1.045 \times 10^3 \text{ m}^3/\text{d}$  的再生水可替代自来水回用于园区其他处理厂或设施,使用后的再生水经园区污水管网排放至再生水厂。园区水循环以再生水厂为核心,创新地采用再生水厂尾水作为固废焚烧厂和污泥处理厂的直流冷却水,充分体现了水资源循环利用的理念。

(4)绿色照明理念

再生水厂照明设计体现“绿色照明”的理念,正常照明采用智能照明系统与自然采光相结合的方式。在白天需要人员定期巡检维护的场合,考虑充分利用室外自然光线,利用光导照明装置将自然光均匀高效地导入室内作为人工照明光源的补充,从而达到节约能源的目的。照明设计均利用高效能,长寿命,光色好的发光二极管(LED)绿色照明光源,结合智能照明控制系统,使操作人员可在中控室实现单点、多点、区域以及多场景的控制,同时结合外界自然光等外在因素,最大限度地节约照明能耗,力

争为再生水厂营造出一个明亮整洁、舒适便利的工作环境,提高运行管理人员的工作效率。

4 结语

在龙港市循环经济产业园区中,以“两核、三链、七厂”为设计理念,实现能量循环利用,提升能源利用效率,推动能源结构转型,是实现碳达峰、碳中和的重要途径。

本产业园项目中,再生水厂作为核心项目,既解决了龙港市日益增长的市政污水量,也实现了园区内的水循环,能源的高效利用。再生水厂采用高效、节能、环保的处理工艺,实现再生水厂水、泥、气、声的同步高标准处理。以最大限度地利用进入系统的物质和能量,提高经济运行的质量和效益,大幅度减少废弃物排放。

参考文献

[ 1 ] 巢清尘,张永香,高翔等. 巴黎协定——全球气候治理的新起点[J]. 气候变化研究进展, 2016, 12(1): 61-67.  
CHAO Q C, ZHANG Y X, GAO X, et al. Paris agreement: A new start for global governance on climate [J]. Climate Change Research, 2016, 12(1): 61-67.

[ 2 ] 钱晓雍,胡静,李丹,等. 上海城镇污水处理厂温室气体排

- 放核算及其特征[J]. 中国给水排水, 2022, 38(21): 39-44.
- QIAN X Y, HU J, LI D, et al. Calculation and characteristics of greenhouse gas emission from urban wastewater treatment plants in shanghai [J]. *China Water & Wastewater*, 2022, 38(21): 39-44.
- [ 3 ] 张惠. 城镇污水处理行业低碳技术研究现状与发展趋势分析[J]. 净水技术, 2024, 43(7): 1-9.
- ZHANG H. Analysis on research status and development trend of low-carbon treatment and disposal technologies for urban sewage and sludge [J]. *Water Purification Technology*, 2024, 43(7): 1-9.
- [ 4 ] 方能峰. 类IV类出水水质污水处理厂的设计及运行效果分析[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2020.
- FANG N F. Design and operation performance analysis of wastewater treatment plant with water-quality near IV class effluent discharging standard [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2020.
- [ 5 ] 张羽就,席佳锐,陈玲,等. 中国城镇污水处理厂能耗统计与基准分析[J]. 中国给水排水,2021,37(8):8-17.
- ZHANG Y J, XI J R, CHEN L, et al. Energy consumption statistics and benchmarking analysis of urban wastewater treatment plants (WWTPs) in China [J]. *China Water & Wastewater*, 2021, 37(8): 8-17.
- 
- (上接第 68 页)
- [ 15 ] CERDA P, VAROQUAUX G, KÉGL B. Similarity encoding for learning with dirty categorical variables[J]. *Machine Learning*, 2018, 107(8): 1477-1494.
- [ 16 ] KRISTIANI E, LIN H, LIN J R, et al. Short-term prediction of PM<sub>2.5</sub> using LSTM deep learning methods [J]. *Sustainability*, 2022, 14: 2068. DOI: 10.3390/su14042068.
- [ 17 ] 张驰,郭媛,黎明. 神经网络模型发展及应用综述[J]. 计算机工程与应用, 2021, 57(11): 57-69.
- ZHANG C, GUO Y, LI M. Review of development and application of artificial neural network models [J]. *Computer Engineering and Application*, 2021, 57(11): 57-69.
- [ 18 ] HOCHREITER S, SCHMIDHUBER J. Long short-term memory [J]. *Neural Computation*, 1997, 9(8): 1735-1780.
- [ 19 ] AHMED D M, HASSAN M M, MSTAFA R J. A review on deep sequential models for forecasting time series data [J]. *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, 2022. DOI: 10.1155/2022/6596397.
- [ 20 ] HE K M, ZHANG X Y, REN S Q, et al. Delving deep into rectifiers: Surpassing human-level performance on imagenet classification [J]. *arXiv*, 2015: 01852. DOI: 10.48550/arXiv.1502.01852.
- [ 21 ] ZHANG J Z, HE T X, SRA S, et al. Why gradient clipping accelerates training: A theoretical justification for adaptivity [C]. Ethiopia: International Conference on Learning Representations, 2020.
- [ 22 ] KINGMA D P, BA J. Adam: A method for stochastic optimization [J]. *arXiv*, 2017: 6980. DOI: 10.48550/arXiv.1412.6980.
- [ 23 ] SONG C Y, ZHANG H P. Study on turbidity prediction method of reservoirs based on long short term memory neural network [J]. *Ecological Modelling*, 2020, 432: 109210. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2020.109210.
- [ 24 ] 黄惠明,姚佳辉,王义刚,等. 长江口北槽枯季混合与层化特征分析[J]. 河北工程大学学报, 2020, 37(1): 66-74.
- HUANG H M, YAO J H, WANG Y G, et al. Analysis of mixing and stratification in dry season of the north passage of the Yangtze River estuary [J]. *Journal of Hebei University of Engineering*, 2020, 37(1): 66-74.
- [ 25 ] ALZUBAIDI L, ZHANG J, HUMAIDI A J, et al. Review of deep learning: Concepts, CNN architectures, challenges, applications, future directions [J]. *Journal of Big Data*, 2021, 8(1): 53-53.