

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.16.012

晋中市某污水处理厂扩建及再生水回用工程设计

王艳芳¹, 陈 龙², 张宏伟¹

(1. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381; 2. 南通经济技术开发区
富民港排水有限公司, 江苏 南通 226000)

摘 要: 晋中市某污水处理厂扩建及再生水回用工程处理规模为 $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$, 其中污泥低温碳化工程规模为100 t/d, 粪便处理工程规模为 $140\text{ m}^3/\text{d}$, 再生水回用工程规模为 $8\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ 。污水处理采用多模式改良AAO+混凝沉淀+过滤工艺, 污泥处理采用重力浓缩+污泥低温碳化+机械脱水工艺, 污泥含水率 $\leq 40\%$; 粪便处理采用机械脱水工艺。设计出水水质执行地表水Ⅴ类标准, 碳化污泥作为焚烧炉燃料。实际运行结果表明, 该工程出水水质可稳定达标, 污水处理单位经营成本为 $0.78\text{ 元}/\text{m}^3$, 吨水能耗均值约 $0.42\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$, 再生水经营成本为 $1.32\text{ 元}/\text{m}^3$, 污泥碳化处理单位经营成本为 $202\text{ 元}/\text{t}$, 粪便协同处置经营成本为 $77.65\text{ 元}/\text{m}^3$ 。

关键词: 废物资源化; 粪便; 机械脱水; 低温碳化; 再生水

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)16-0071-06

Design of a Sewage Treatment Plant Expansion and Reclaimed Water Reuse Project in Jinzhong

WANG Yan-fang¹, CHEN Long², ZHANG Hong-wei¹

(1. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China; 2. Nantong Economic and Technological Development Zone Fumingang Drainage Co. Ltd., Nantong 226000, China)

Abstract: The capacity of a sewage treatment plant expansion and reclaimed water reuse project in Jinzhong is $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$, consisting of 100 t/d of low temperature sludge carbonization project, $140\text{ m}^3/\text{d}$ of feces treatment project, and $8\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$ of the reclaimed water reuse project. The multi-mode improvement AAO, coagulation sedimentation, filtration process is adopted for sewage treatment, and the gravity concentration, low temperature sludge carbonization, and mechanical dehydration process is adopted for sludge treatment with sludge water content no more than 40%. The manure is treated by mechanical dewatering process. The effluent quality is designed to meet level V in *Environmental Quality Standard for Surface Water* (GB 3838-2002), and the carbonized sludge is used as the fuel of the incinerator. The actual operation results show that the effluent quality can satisfy the criteria stably. The unit operating cost of sewage treatment is $0.78\text{ yuan}/\text{m}^3$ and the average energy consumption is about $0.42\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$. The operating cost of reclaimed water is $1.32\text{ yuan}/\text{m}^3$. The unit operating cost of sludge carbonization treatment is $202\text{ yuan}/\text{t}$. The feces collaborative disposal cost is $77.65\text{ yuan}/\text{m}^3$.

Key words: waste recycling; feces; mechanical dewatering; low temperature carbonization; reclaimed water

1 工程概况

晋中市某污水处理厂扩建及再生水回用工程污水设计处理规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 扩建完成后总规模达到 $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$; 再生水回用设计规模为 $8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$; 污泥低温碳化工程设计规模 $100 \text{ t}/\text{d}$, 扩建完成后总规模达到 $200 \text{ t}/\text{d}$; 粪便处理工程设计规模为 $140 \text{ m}^3/\text{d}$ 。该工程进水为市政污水, 出水 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 需达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 的 V 类标准, 其余指标要求达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002) 的一级 A 标准, 出水将回用于电厂、工业园区和高校园区。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/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_3\text{-N}$ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	pH
进水	550	220	220	55	62	7	6~9
出水	40	10	10	2	15	0.4	6.5~8.5

1.1 工程重、难点分析

① 出水标准高

该工程出水水质执行标准高(优于一级 A 标准), 其中 COD、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 、TP 指标需达到《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002) 的 V 类标准(分别为 40、2、0.4 mg/L), 因此选择合理的污水处理和再生水回用工艺是扩建工程的关键^[1]。

② 涉及面广、技术难点多

该工程内容涵盖污水处理、再生水回用、污泥处理与处置、粪便处理(为国内首座协同粪便处理系统的污水处理厂)、恶臭气体处理等, 规模大、内容繁杂、涉及面广、技术难点多, 因此需合理优化技术路线, 实现废物资源化循环利用。

③ 用地紧张、不规则

该工程先期已建设污水处理规模 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 扩建工程用地仅为厂区北部和东部两块不规则三角地, 约 44 369 m^2 。为确保扩建工程的用地要求, 总图布置应合理优化构筑物布局, 采用构筑物贴建和辅助生产建筑物与构筑物叠建的布置方式。污水处理厂平面布置见图 1(红色区域为扩建工程用地)。



图 1 污水处理厂平面布置

Fig.1 Plan layout of the wastewater treatment plant

1.2 技术路线

污水处理工艺流程见图 2。

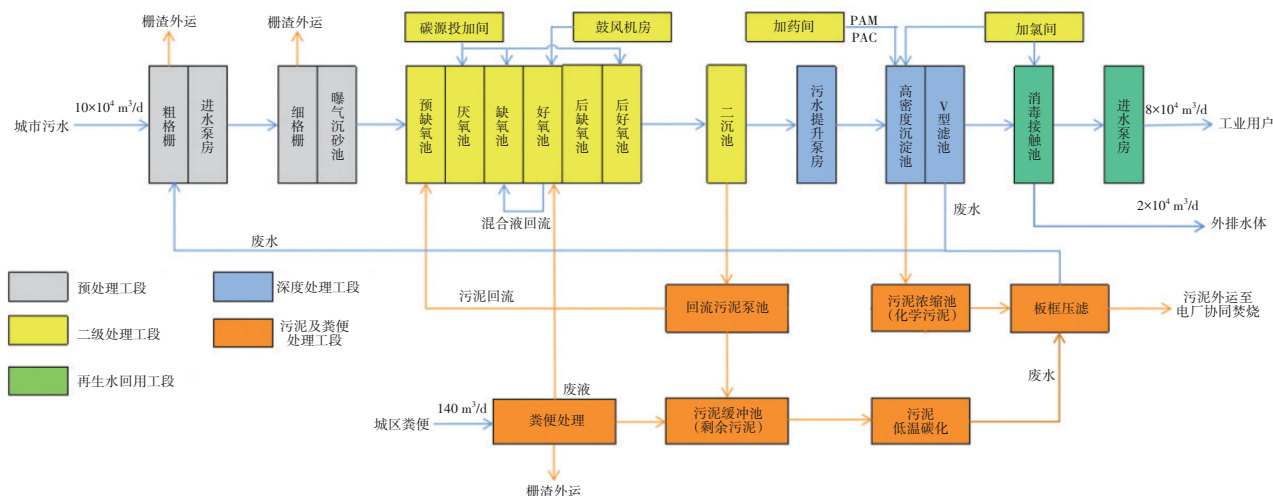


图 2 污水处理厂工艺流程

Fig.2 Process flow chart of the sewage treatment plant

该工程进水为生活污水, $BOD_5/COD=0.4>0.3$, $BOD/TN=3.55<4$, 说明污水中没有足够的碳源供反硝化菌利用, 需设置外加碳源系统; $BOD_5/TP=31.43$, 满足生物除磷对碳源的需求, 在生物段设置厌氧池, 可以有效地进行磷释放, 并在曝气段进行充分吸收, 从而保证对TP的去除率, 因此, 污水处理选择“预处理+AAO生物池+二沉池+高密度沉淀池+V型滤池+消毒”工艺。该工程对污泥含水率要求较为严格(脱水污泥含水率 $<40\%$), 传统的脱水工艺无法满足设计要求, 因此污泥处置选择低温碳化+板框脱水工艺。

该工程对出水COD、 NH_3-N 和TN的要求较为严格, 需重点考虑除碳和脱氮。生化池考虑选用具有延时曝气特点的池型, 以强化对有机物的氧化能力。同时城区粪便分离液有机质含量较高, 可直接回用于生化池厌氧段进行碳源的补充, 提高TN的去除效果。为尽量将脱氮控制在二级处理段完成, 选用多模式改良AAO池型。生物污泥经浓缩脱水至含水率达到90%后再进入低温碳化工艺, 将污泥碳化至含水率低于40%后, 送至导热油炉焚烧以回收热值。

2 主要单体设计

2.1 污水处理系统

① 粗格栅及进水泵房(设计规模 $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$)。粗格栅及进水泵房集约化合建于室内, 平面尺寸 $\varnothing 18.0\text{ m}\times 11.5\text{ m}$ 。粗格栅采用3台(3用)回转式固液分离机, 栅条间隙20 mm, 渠道宽1.3 m, 栅前水深0.8 m。进水泵采用5台(4用1备)潜水离心泵, 其中2台变频, 单台 $Q=1\,625\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=145\text{ kPa}$ 、 $N=90\text{ kW}$ 。

② 细格栅站及曝气沉砂池(设计规模 $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$)。细格栅站及曝气沉砂池合建, 细格栅间上部建筑尺寸 $22.5\text{ m}\times 12.0\text{ m}\times 9.5\text{ m}$ 。采用3台(3用)内进流细格栅, 栅条间隙5 mm, 渠道宽1.8 m, 栅前水深1.8 m。曝气沉砂池尺寸 $30.4\text{ m}\times 9.5\text{ m}\times 4.5\text{ m}$, 水平流速0.1 m/s, 停留时间5 min。

③ 多模式改良AAO池(设计规模 $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$)。新建多模式改良AAO池2座, 单座规模 $5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$, 分为2组并联运行。构筑物尺寸 $108.0\text{ m}\times 86.0\text{ m}\times 6.8\text{ m}$, 有效水深6.0 m, 分为预缺氧段、厌氧段、缺氧段、好氧段、后缺氧段和后好氧段。污泥负荷为

$0.077\text{ kgBOD}_5/(\text{kgMLSS}\cdot\text{d})$, 混合液浓度为 $3\,000\sim 4\,000\text{ mg/L}$, 总水力停留时间为25.52 h。在预缺氧区前端、厌氧区前端和缺氧区前端各设置1处进水点和回流污泥进泥点, 并在厌氧区、缺氧区、后好氧区设置碳源投加点, 可根据不同水质情况合理分配进水量和回流污泥量, 同时满足脱氮和除磷对碳源的需求^[2]。单座生化池配置内回流泵, 采用5台(4用1冷备)潜水轴流泵, 单台 $Q=2\,500\sim 3\,750\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=15\text{ kPa}$ 、 $N=18.5\text{ kW}$; 预缺氧区设置潜水搅拌器5台(4用1冷备), 单台 $N=3.3\text{ kW}$; 厌氧区设置潜水推进器5台(4用1冷备), 单台 $N=5.3\text{ kW}$; 前段缺氧区设置潜水推进器17台(16用1冷备), 单台 $N=3.1\text{ kW}$; 后段缺氧区设置潜水推进器9台(8用1冷备), 单台 $N=3.1\text{ kW}$; 好氧区设置桨板式微孔曝气器3188套, $\varnothing 90\text{ mm}$, $L=1\text{ m}$, $Q=8\sim 12\text{ m}^3/(\text{m}\cdot\text{h})$ 。

④ 二沉池(设计规模 $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$)。新建辐流式周进周出二沉池4座, 单座设计规模为 $2.5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$, 池内径 $D=42\text{ m}$, 周边水深4.5 m, 表面负荷 $1.02\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$ 。单座二沉池配置中心传动单管吸泥机 $\varnothing 42\text{ m}$, $N=0.55\text{ kW}$ 。

⑤ 高密度沉淀池(设计规模 $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$)。新建高密度沉淀池2座, 单座设计规模 $5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$, 1座分2格, 并联运行。该池型将混凝、絮凝、沉淀和污泥浓缩功能集于一体, 并进行污泥回流, 可有效去除污水中COD、SS、TP和色度。单座平面尺寸 $27.2\text{ m}\times 23.0\text{ m}$, 混合时间95.74 s, 絮凝反应时间12.46 min, 斜管沉淀区液面负荷 $12.5\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 污泥回流比5%。单座高密度沉淀池配置混合池搅拌器4套, $N=3\text{ kW}$, 变频控制; 絮凝反应池搅拌器2套, $N=15\text{ kW}$, 变频控制; 中心驱动刮泥机2套, 规格 $\varnothing 42\text{ m}$, $N=15\text{ kW}$; 回流污泥泵采用转子泵形式, 3台(2用1冷备), 单台 $Q=60\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=200\text{ kPa}$ 、 $N=15\text{ kW}$; 剩余污泥泵采用管道泵形式, 3台(2用1冷备), 单台 $Q=60\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=200\text{ kPa}$ 、 $N=15\text{ kW}$ 。

⑥ V型滤池(设计规模 $10\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$)。新建V型滤池2座, 单座设计规模 $5\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$, 1座2格, 并联运行, 平均滤速5.21 m/h, 最大滤速6.77 m/h, 总过滤面积960 m^2 , 滤池共12池, 单池面积80 m^2 。反洗时, 空气反冲洗强度 $60\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 持续2 min; 气水同时反冲洗时, 气冲强度 $60\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 持续4 min, 气冲强度 $20\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 持续5 min; 表面扫洗时, 水冲强度 $5.64\text{ m}^3/(\text{m}^2\cdot\text{h})$, 持续5 min; 反冲洗周

期12~24 h。单座V型滤池配置滤板6套,共480 m²;石英砂滤料 $d=(0.9\pm0.03)\text{mm}$, $K_{80}<1.2\sim1.4$,共624 m³;粗砂承托层2~6 mm,共48 m³;反冲洗废水池内置卧式双吸离心泵3台(2用1备),单台 $Q=880\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=100\text{ kPa}$ 、 $N=37\text{ kW}$;反冲洗风机房内罗茨鼓风机3台(2用1备,1台变频),单台 $Q=40\text{ m}^3/\text{min}$ 、 $H=53.9\text{ kPa}$ 、 $N=55\text{ kW}$ 。

⑦ 消毒接触池(设计规模 $10\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$)。新建消毒接触池1座,构筑物尺寸 $47.0\text{ m}\times29.0\text{ m}\times5.0\text{ m}$,有效水深4.5 m,接触时间 $\geq30\text{ min}$ 。采用次氯酸钠消毒方式,加氯量5~8 mg/L,用于出水的消毒及脱色。

2.2 再生水回用系统

① 送水泵房(设计规模 $8\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$)。新建送水泵房平面尺寸 $12.0\text{ m}\times42.0\text{ m}$ 。提升泵采用干式离心泵(4用1备),其中2台变频,单台 $Q=825\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=1\text{ MPa}$ 、 $N=315\text{ kW}$ 。

② 再生水管网(设计规模 $8\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$)。新建再生水管网58.36 km,与现状再生水管网共同服务电厂、工业园区和高校园区以及城市杂用水。再生水管网布置见图3。

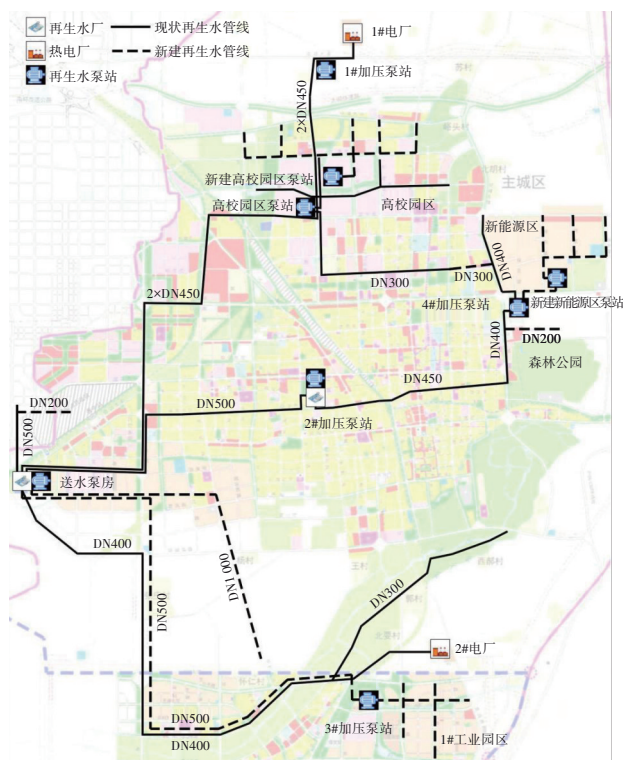


图3 再生水管网平面布置

Fig.3 Layout of reclaimed water pipe network

新建3#加压泵站,平面尺寸 $20.0\text{ m}\times9.0\text{ m}$ 。提升泵采用干式离心泵(1用1备),变频,单台 $Q=400\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=300\text{ kPa}$ 、 $N=25\text{ kW}$ 。

2.3 污泥处理系统

二沉池的剩余污泥和高密度沉淀池的化学污泥首先进行浓缩,含水率从99.2%降至90%,污泥体积减小。随后浓缩污泥中的剩余污泥送至新建污泥低温碳化车间,经碳化裂解处理后,污泥脱水性能大大提高,裂解液送回污泥浓缩脱水机房和浓缩后的化学污泥一并进行脱水处理,脱水后泥饼含水率达到40%以下,外运至电厂进行协同焚烧处置。

① 污泥低温碳化车间

污泥低温碳化是利用高温高压提高污泥脱水性能,利用机械脱水脱除大部分水分,节省污泥水分蒸发消耗的汽化潜热。由于水的汽化潜热远高于污泥加热升温增加的热焓值,所以污泥低温碳化工艺所消耗的热量远小于污泥干化工艺^[3]。

系统中污泥低温碳化车间设计规模为100 t/d,内含污泥加压输送系统、污泥碳化系统、污泥干燥脱水系统及除臭系统。低温碳化车间内置阻垢器加药箱1台, $V=4\text{ m}^3$ 、 $N=3\text{ kW}$ 。阻垢器药剂自动制备装置1台,制备能力 $Q=2\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $N=3\text{ kW}$ 。阻垢器药剂投加泵1台,单台 $Q=0.7\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=300\text{ kPa}$ 、 $N=0.5\text{ kW}$ 。高压柱塞泵2台(1用1备),单台 $Q=10\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=1\text{ MPa}$ 、 $N=90\text{ kW}$ 。磁力搅拌式预热器12台,设计温度 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 $N=3\text{ kW}$ 。列管式加热器4台,设计温度 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。搅拌式反应釜1台, $V=2\text{ m}^3$,设计压力10 MPa,设计温度 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。列管式冷却器1台,设计压力10 MPa,设计温度 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$,进料温度 $80\text{ }^{\circ}\text{C}$,出料温度 $\leq50\text{ }^{\circ}\text{C}$;导热油炉1台,额定热功率1200 kW,设计压力1.0 MPa,负荷调节范围30%~110%,导热油炉出口设计温度 $280\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、回流温度 $260\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

② 污泥脱水机房(设计规模 $20\times10^4\text{ m}^3/\text{d}$)

污泥脱水机房内置3台板框脱水机,过滤面积450 m²,过滤压力1.6 MPa,隔膜压榨压力2.0 MPa。设低压进泥泵3台,单台 $Q=80\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=600\text{ kPa}$ 、 $N=22\text{ kW}$;高压进泥泵3台,单台 $Q=35\text{ m}^3/\text{h}$ 、 $H=1.8\text{ MPa}$ 、 $N=15\text{ kW}$ 。板框出泥后由皮带机传送至料仓后落车运走,实现污泥外运不落地。脱水后污泥外运至电厂进行协同焚烧,为电厂提供有效热值,节约能耗,实现废物资源化有效利用。

污泥处理工艺流程见图4。

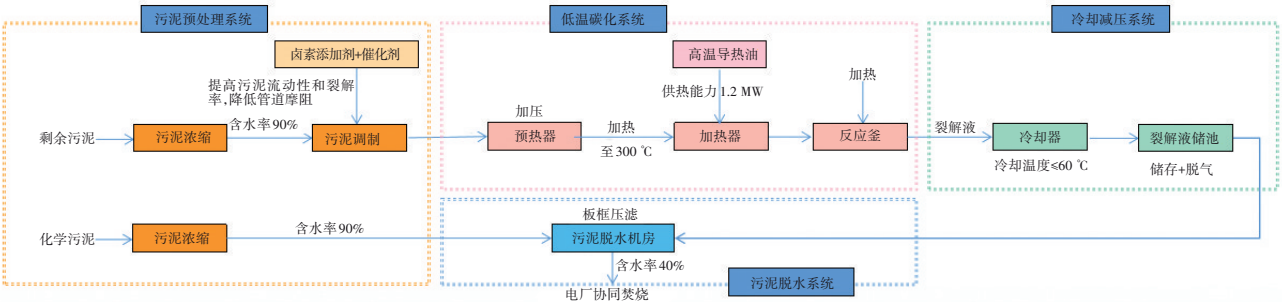


图4 污泥处理工艺流程

Fig.4 Flow chart of the sludge treatment process

2.4 粪便处理系统(设计规模 140 m³/d)

新建粪便处理间平面尺寸 11.3 m×7.5 m。粪便处理系统包含卸粪系统、固液分离系统和粗渣收集系统。收集城区水厕及早厕的粪便,由密封罐装运输车送至厂区粪便处理间,经计量称重后进入卸料间,采用密闭对接的方式卸粪,以减少卸粪过程中的空气污染。粪液进入固液分离机,粪便固液分离设备的处理能力为 1.7 m³/min,冲击接受能力为 3 m³/min。设备将粪便杂物中粒径≥10 mm 的固体物去除。经处理后的滤液中含固量低于 5%,分离出的固体物含水率为 55%~70%。经固液分离后的滤液进入粪液调节池,进行均质调节后进入污水处理厂的生化池作为碳源补充;固液分离产生的粗渣采用封闭出渣,密闭运至垃圾填埋场处理。各处理车间产生的臭气通过臭气收集管道由引风机引至臭气处理系统,处理达标后排入大气。粪便处理间内置粪便处理机 1 台, Q=100 m³/h, 滤栅间隙 10 mm, N=2.2 kW。排砂螺杆直径 D=273 mm, N=1.1 kW。压榨出料含固率 35%,排砂出料含固率 20%。

2.5 臭气处理系统

预处理和污泥处理区设离子除臭,其中粗格栅和细格栅采用 1 套离子除臭设备,处理风量 5 000 m³/h, L×B×H=3.0 m×1.5 m×1.3 m, N=4.2 kW。污泥处理区包括污泥缓冲池、污泥浓缩池、低温碳化系统的裂解液储池和裂解废液池、污泥浓缩脱水机房。采用 1 套化学洗涤+离子除臭设备,总处理风量为 60 000 m³/h,其中离子除臭设备 Q=60 000 m³/h, L×B×H=5.0 m×2.1 m×1.5 m, N=129.4 kW; PP 喷淋塔 2 座, D×H=4.3 m×1.8 m; 喷淋泵 2 台,单台 Q=1.71 m³/min、H=320 kPa、N=22 kW; 高压玻璃钢风机 1 台, Q=60 000 m³/h, P=2.5 MPa, N=55 kW; 喷淋塔保温加热系统 2 套, N=30 kW。

3 运行效果及经济分析

3.1 运行效果

该工程自 2023 年运行以来,各项出水指标均能稳定达到且优于设计出水水质标准(见表 2)。分析原因是粪便处理的滤后水 B/N 比值提高,有助于生化反应的高效进行,尤其是对 COD 和 TN 有很好的去除效果。污泥碳化效果稳定,碳化后污泥含水率稳定在 40% 以下。

表 2 2023 年实际进、出水水质

Tab.2 Actual influent and effluent quality in 2023

项目	COD/ (mg· L ⁻¹)	BOD ₅ / (mg· L ⁻¹)	SS/ (mg· L ⁻¹)	NH ₃ -N/ (mg·L ⁻¹)	TP/ (mg· L ⁻¹)	TN/ (mg· L ⁻¹)	pH
进水均值	349.3	164.5	253.4	45.1	5.7	50.2	7.6
出水均值	24.1	3.3	4.3	0.3	0.2	8.3	7.0

3.2 经济分析

该工程总投资 51 654.63 万元,其中第一部分工程费用中污水处理厂约 35 125.69 万元,再生水管网约 7 727 万元。污水处理单位经营成本约 0.78 元/m³,吨水能耗均值约 0.42 kW·h/m³,再生水经营成本约 1.32 元/m³,污泥碳化处理单位经营成本约 202 元/t,粪便协同处置经营成本约 77.65 元/m³。再生水收益约 4 380 万元/a,粪便协同处置收益约 271.6 万元/a。

4 结语

① 在用地较为紧张和不规则的情况下,该污水处理厂扩建工程与已建工程紧密结合,采用多模式改良 AAO+混凝沉淀+过滤处理工艺,出水水质满足再生水要求,可回用于工业用户,达到污水资源化利用的目的。

② 生化池采用多点进水、多点回流的运行模

式,通过闸门的开启程度在预缺氧池、厌氧池、缺氧池等不同点位进行合理分配,同时引入粪便处理的滤后水,具有较好的脱氮除磷效果。在水质波动大、水量冲击力强的情况下,具有较好的处理效果。

③ 厂内采用先进高效、节能的磁悬浮离心风机以及污水源热泵供暖等节能措施,实际运行吨水电耗均值约 $0.42\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^3$,效率提高 $5\%\sim 10\%$,节电 $2.2\times 10^6\text{ kW}\cdot\text{h}/\text{a}$ 。

④ 采用高精度的计量仪表和加药设备,使加药量处于最佳值,以节省药剂消耗。药耗:PAM为 $0.001\text{ kg}/\text{m}^3$,10%浓度液体PAC为 $0.1\text{ kg}/\text{m}^3$,乙酸钠为 $0.0005\text{ kg}/\text{m}^3$ 。

⑤ 污泥处理采用低温碳化工艺,处理后的污泥含水率低于 40% ,污泥干基热值为 $10\,500\sim 14\,700\text{ kJ}/\text{kgDS}$,投入电厂流化床焚烧炉回收热值,降低电厂能耗,可节约标准煤 $2\,820\text{ t}/\text{a}$,减少硫排放 $1\,540\text{ t}/\text{a}$,减少污泥排放量 $40\,200\text{ t}/\text{a}$,实现了污泥资源化目标。

该工程充分体现了节能环保、以废治废和废物资源化的循环经济理念,提供了污水处理可持续发展、循环利用的新思路,具有可移植、可复制的特点,对类似工程具有一定的借鉴价值。

参考文献:

[1] 刘浩,臧海龙,耿安锋,等. 青岛李村河污水处理厂类

IV类标准提标扩建工程设计[J]. 中国给水排水, 2023,39(2): 52-57.

LIU Hao, ZANG Hailong, GENG Anfeng, *et al.* Design of quasi class IV discharge standard upgrading and expansion project in Qingdao Licunhe wastewater treatment plant[J]. China Water & Wastewater, 2023, 39(2): 52-57(in Chinese).

[2] 冯成军,冯仕训. 改良型倒置AAO工艺在某污水厂的应用[J]. 中国给水排水,2019,35(24): 62-65.

FENG Chengjun, FENG Shixun. Application of modified inverted AAO process in a wastewater treatment plant [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(24): 62-65(in Chinese).

[3] 林蔓,张宏伟,孙鹏. 晋中市中心城区第二污水处理厂工艺设计及运行[J]. 中国给水排水, 2014, 30(2): 48-50.

LIN Man, ZHANG Hongwei, SUN Peng. Design and operation of second municipal wastewater treatment plant in Jinzhong City [J]. China Water & Wastewater, 2014, 30(2): 48-50(in Chinese).

作者简介:王艳芳(1991-),女,天津人,硕士,高级工程师,注册设备工程师(给排水方向),主要从事传统市政污水厂、水环境治理及人工湿地的研究和设计工作。

E-mail:1342616399@qq.com

收稿日期:2024-01-24

修回日期:2024-04-10

(编辑:衣春敏)

加快推进重要生态系统保护和修复重大工程