

吴伟龙, 杨中超, 李其宸, 等. 厂网联排对某污水处理厂设计进水参数优化分析[J]. 净水技术, 2023, 42(4):144-150.

WU W L, YANG Z C, LI Q C, et al. Optimized analysis of influent parameters design of a WWTP under combined drainage system of plant-network[J].

Water Purification Technology, 2023, 42(4):144-150.

厂网联排对某污水处理厂设计进水参数优化分析

吴伟龙^{1,*}, 杨中超², 李其宸², 曹业始¹, 熊发¹, 高志永¹

(1. 中持水务股份有限公司, 北京 100192; 2. 北京首创生态环保集团股份有限公司, 北京 100044)

摘要 厂网联排是厂网一体化新形势下污水处理厂进水设计的重要条件。苏北某市开发区新建污水处理厂同厂外新建污水主干管网和改建现状污水管网同步实施, 污水厂近期规模为 5 万 m³/d, 出水执行一级 A 标准。因现状纳污范围含有工业排放尾水(B/C 值约为 0.35), 设计通过新建污水泵站、互联互通管网、现状泵站改造等手段协同调度污水水量, 不同组合工况下可实现工业尾水最高比例由 >85.0% 降低至 30.9%, 增强进水水质均匀度, 最不利条件下进水 COD_{Cr} 质量浓度变化幅度由 414.88 mg/L 降低至 128.61 mg/L, 氨氮质量浓度变化幅度由 18.21 mg/L 降低至 5.65 mg/L, 最大收窄幅度达 69%。厂网联排下优化进水量和水质可为不适用于分质处理的污水收集处理项目提供设计参考。

关键词 厂网联排 均匀水质 组合工况 工业尾水 工艺预留

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-0177(2023)04-0144-07

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2023.04.018

Optimized Analysis of Influent Parameters Design of a WWTP under Combined Drainage System of Plant-Network

WU Weilong^{1,*}, YANG Zhongchao², LI Qichen², CAO Yeshi¹, XIONG Fa¹, GAO Zhiyong¹

(1. CSD Water Service Co., Ltd., Beijing 100192, China;

2. Beijing Capital Eco-Environment Protection Group Co., Ltd., Beijing 100044, China)

Abstract Combined drainage system of plant-network is an important condition for influent design of wastewater treatment plant (WWTP) under the new situation of plant-network integration. The WWTP to be built in Northern Jiangsu Province is implemented simultaneously with the newly-built wastewater main pipe network outside the WWTP and the reconstructed existing wastewater pipe network. The recent scale of the WWTP is 50 000 m³/d, and the effluent is subject to first class A criteria. Due to industrial discharge water within the current receiving range (B/C value was about 0.35). It was designed to enhance the uniformity of influent quality by new built pump stations, interconnected pipe networks, reconstruction of existing pump stations and other means. The proportion of industrial tail water could be reduced from over 85% to 30.9% under different combined working conditions, enhancing the uniformity of influent quality. Under the most unfavorable conditions, the variation range of influent COD_{Cr} can be reduced from 414.88 mg/L to 128.61 mg/L, ammonia nitrogen could be reduced from 18.21 mg/L to 5.65 mg/L, with a max decrease up to 69%. The optimization of influent quantity and quality under the condition of combined plant-network drainage could provide design reference for sewage collection and treatment projects that are not suitable for quality-based wastewater treatment.

Keywords combined drainage system of plant-network uniform water quality combined working condition industrial wastewater process reservation

[收稿日期] 2022-06-22

[基金项目] 住房和城乡建设部科技计划项目(2020-R-027)

[通信作者] 吴伟龙(1988—), 男, 硕士, 高级工程师, 研究方向为流域水环境综合治理, E-mail: wuweilong319@sina.com。

1 研究概况

厂网联排是城市多分区污水系统化治理的重要基础, 在国内已广泛开展相关实践。例如, 上海市基于干线和污水处理厂处理能力评估、瓶颈分析和多方案模拟, 提出了干线及污水处理厂平稳输送的联

动调度方案^[1];北京市提出城镇排水系统厂网一体化运营的水质保障、水量均衡、水位预调3种基本模式,并分析了相应的实现途径^[2]。此背景下,以往常规污水处理厂设计中缺少考虑厂网联排条件下,相对实际情况设计进水水质易偏高,水量偏大,造成污水处理厂长期低负荷运行。因此,在厂网一体化建设、运营的趋势下,厂网联排需作为新建及改扩建污水处理厂进水论证的重要条件,特别是面对不同纳污片区内用地性质差异较大或局部集中存在不必分质处理的大排水用户的情况,联排条件下的分析可有效缓解污水厂进水不均衡问题,并合理减少构筑物规模,节省投资^[3]。

2 项目背景

苏北某开发区需新建 JK 污水处理厂(简称“JK 厂”)缓解片区污水处理压力。拟建 JK 厂总设计规模为 10.0 万 m³/d,近期规模为 5 万 m³/d,设计出水执行一级 A 标准,区域内新建主干污水管网及现状污水管网改造同污水厂一并纳入项目统一实施,其中新建 JK 厂设计需统筹考虑片区污水联排基础条件。

污水片区划分情况如图 1 所示,因新建 JK 厂,需根据排水专项规划对片区污水系统分区进行调整:将原有的河西、苏宿和耿车 3 个污水分区划分为河西东区、河西西区、苏宿和耿车 4 个污水分区,把原河西污水分区分为东、西 2 个分区。河西西区为本项目 JK 厂纳污范围,河西东区维持现状进入河西污水处理厂(简称“河西厂”)。JK 厂纳污范围内分布 7 家工业排水大户,其主要产品为太阳能电池及食品调料等,排水经用户初步处理后尾水实际浓度较低,但最高可达到下水道排放标准。

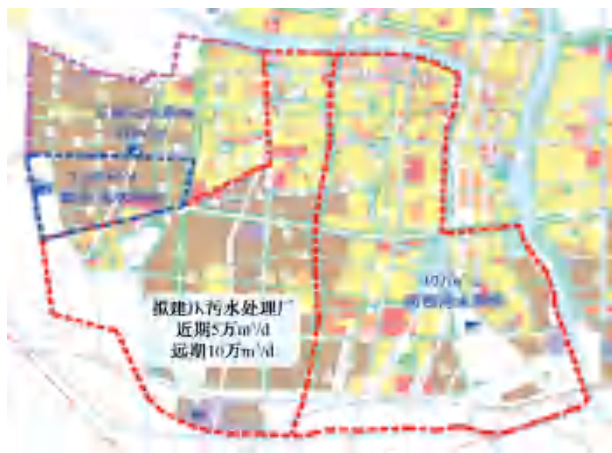


图 1 片区污水系统划分

Fig. 1 Division of Wastewater System in the Area

按照《江苏省水污染防治条例》(2021)要求,污水可生化性、重金属及有机毒性物质含量等符合纳管条件下,工业尾水及生活污水可由污水处理厂处理达标后排放。

3 厂网联排基础条件解析

新建 JK 厂进水水量调配及水质优化需在片区内统筹调配实现。联排系统布置如图 2 所示,JK 厂污水分区内通过新建及存量污水管组成污水主干管网,依托部分污水提升泵站节点实现 JK 厂与河西厂污水系统的互联互通。主要工业排水大户主要分布在 JK 厂污水分区内,各排水户尾水主要污染物、现状及近期拟增加排水量,如表 1 所示。



图 2 厂网联排系统布置

Fig. 2 Layout of Combined Drainage System of Plant-Network

3.1 联排范围内水质水量预测

3.1.1 水量预测基础情况

设计近期年限为 2025 年,污水量进行预测包括 3 个部分,具体如表 2 所示。

①污水系统分区优化调整后,JK 厂+河西厂纳污范围内现状收集污水量约为 10.0 万 m³/d[即现状河西厂污水处理量(8.5 万 m³/d)+外排至耿车污水处理厂(1.5 万 m³/d)],其中包括工业用水(1.73 万 m³/d)。

②根据现状河道排口调研,入河污水量约为 0.5 万 m³/d,经排水管网系统改造后纳入 JK 厂污水收集系统。

表 1 主要工业用户排水调研

Tab. 1 Drainage Investigation of Main Industrial Users

序号	工厂名称	产品	环评批复主要污染物	现状排水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	2022 年年底增加量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)
1	天合光能	太阳能电池	COD _{Cr} 、氨氮、TP、SS、氯化物	8 000	8 000
2	德华纺织	织物面料	COD _{Cr} 、氨氮、TP、SS、石油类	4 000	/
3	聚灿光电	外延片/芯片	COD _{Cr} 、氨氮、TP、SS、氯化物	1 500	2 500
4	海天调味	食品调料	COD _{Cr} 、氨氮、TP、SS、氯化物	1 200	/
5	龙恒新能源	太阳能电池	COD _{Cr} 、氨氮、TN、TP、SS、氯化物、 氟化物、动植物油、表面活性剂	/	5 000+6 000
6	蒙牛乳业	牛奶	/	1 800	/
7	东贝机电	压缩机	/	800	/

注:现状排水量合计为 17 300 m^3/d ,2022 年年底增加量合计为 21 500 m^3/d 。

表 2 两厂水量现状及近期预测结果

Tab. 2 Current Situation and Recent Prediction Results of Water Capacity of Two WWTPs

时间	JK 污水处理厂/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	河西污水处理厂/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	工业尾水/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	生活污水/($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)
现状 2022 年		河西厂 8.50 万*	1.73 万	6.77 万
近期 2025 年 (按纳污范围)	5.12 万(取 5.00 万)	10.00 万	4.64 万** JK 厂(4.26 万)+河西厂(0.38 万)	10.48 万(取 10.36 万***) JK 厂(1.88 万)+河西厂(8.48 万)

注:*表示不含去往耿车污水处理厂的 1.50 万 m^3/d 污水;**表示该数据含表 1 已确定工业用户尾水的 3.88 万 m^3/d ,工业尾水近期增加水量为 0.76 万 m^3/d (4.64 万 m^3/d -3.88 万 m^3/d),按两厂范围等量分配各 0.38 万 m^3/d ;;***表示生活污水近期增加水量为 2.09 万 m^3/d (10.36 万 m^3/d -6.77 万 m^3/d -1.50 万 m^3/d),按两厂纳污范围内现状生活污水量按比例分配增加量,JK 厂范围增加 0.38 万 m^3/d ,河西厂范围增加 1.71 万 m^3/d 。

③根据大排水企业用户排水量调查(表 1),2022 年年底增加工业尾水量约为 2.15 万 m^3/d 。

根据调查,两厂范围内 2022 年污水将达到 12.65 万 m^3/d [含生活污水(8.77 万 m^3/d)+工业尾水(3.88 万 m^3/d)。2030 年按照综合生活用水量指标法+工业用地指标法预测污水量为 19.26 万 m^3/d ,采用内插法预测 2025 年污水量为 15.12 万 m^3/d [含生活污水(10.48 万 m^3/d)+工业尾水(4.64 万 m^3/d)。河西污水厂规模维持 10 万 m^3/d ,则 JK

污水处理厂近期设计处理规模取 5 万 m^3/d 。

3.1.2 水质数据基础情况

参照规范及行业案例^[4-5],实测生活污水及工业尾水水质。在片区内设置生活污水 20 个采样点并进行水质检测,求其均值;对片区内 7 家工业大用户尾水进行连续 20 d 出水水质检测,计算加权值。同时,将现况河西厂的实测进水水质作为背景参考,对河西厂 2020 年 1 月—2020 年 12 月的实测进水水质进行分析,取 90%涵盖率值。具体数据如表 3 所示。

表 3 现状污水水质数据

Tab. 3 Current Wastewater Quality Data

水质	COD _{Cr} / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	氨氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
1-1 生活污水实测平均值	287.75	92.25	34.09	53.72	48.40	8.90
1-2 工业尾水实测加权平均值	85.12	30.03	42.39	31.64	26.79	0.19
2-1 工业尾水最不利排放值(纳管标准)	500.00	350.00	400.00	70.00	45.00	8.00
3-1 背景值-河西厂现状进水浓度值	347.20	170.40	436.70	46.60	34.60	5.80

3.2 联排适用性分析

(1)工业尾水具有较好生化特征

表 3 数据表明 JK 厂纳污范围的工业尾水实测

浓度较低,COD_{Cr} 平均质量浓度为 85.12 mg/L ,生化性较好(B/C 值约为 0.35),按照环评批复排放至现状排水系统。当前接纳该尾水的河西厂,采用

AAO+高效沉淀+纤维转盘处理工艺,出水能够稳定达到一级 A 排放标准,现状工业尾水对于常规处理工艺运行影响较小。

(2) 泵站系统具有充分污水转输能力

JK 厂及河西厂纳污范围内共有 12 座污水泵站,泵站提升转输能力最大可达 31 万 m^3/d ,结合泵站的改扩建及远期智慧化改造,可为污水联排提供有效支撑。

(3) 可缓解污水处理及管网输送压力

经管网普查,因河西厂现状进水已达到设计峰值,其主干网系统普遍管道存在高水位现象,水厂和泵站联动调节能力较差,加剧了污水管网淤积和渗漏等现象。联排能够有效减少现状管网压力,应对水量冲击,为管网清淤和污水厂应急检修预留条件。

3.3 联排可利用工况条件分析

原河西厂纳污范围内北部片区及东南部片区多为居住和商业区,南部多为工业用地。因主要工业排水用户大部分在 JK 厂纳污范围内,JK 厂承担的工业尾水比例远大于河西厂。在保障 JK 厂及河西厂稳定运行的原则下,最大程度实现进水量均衡和水质均匀,结合图 2,设置 4 种联排工况条件。

(1) 工况 a: 保障 JK 厂生活污水来源

1 号黄海污水泵站及 2 号南海污水泵站承担了新建 JK 厂纳污范围内的主要生活污水,现状为统一经过 2 号南海路污水泵站(1.50 万 m^3/d)压力输送至耿车污水处理厂,在现状管道设置截止阀门并将 2 号污水泵站出路进行改造,出水调整至 JK 厂新建截污干管。

(2) 工况 b: 强化 JK 厂与河西厂联排

JK 厂新建污水干管系统实现了独立成网,为提高两厂污水系统效率及稳定性,对 5 号发展大道污水泵站(规模为 6 万 m^3/d)进行改造,沿 4~5 号泵站线路南侧绿化带内新建 DN1000 污水压力管道与西侧新建 4 号东吴路污水泵站(设计规模为 5 万 m^3/d)连通,管长约为 3.2 km。该工况将工业用户 Δ 远期尾水及 $\Delta\Delta\Delta\Delta$ 全部尾水与河西厂上游生活污水进行联排,可实现 0~2 万 m^3/d 的可变水量调配。

(3) 工况 c: 保障部分工业尾水双出路排放

近期在 6 号通达路污水泵站(规模为 1 万 m^3/d)出水管设置三通管,分别连接 JK 厂新建污水收集主

干管和现状河西厂污水收集干管。近期最大可压力提升 Δ 天合光能厂近期 8 000 m^3/d 尾水后,重力流接纳并输送 Δ 龙恒新能源厂 1.1 万 m^3/d 及 Δ 东贝机电厂 800 m^3/d 尾水至河西厂,降低近期工业水比例过重带来的风险。

(4) 工况 d: 保留部分现状管道和泵站

JK 厂和河西厂南北向干管之间存在少量污水管道及转输泵站(3 号洋大河污水泵站),受截污干管新建和改造的工序影响,此部分污水管道近期保留排向河西厂污水管网。

4 联排组合工况下水质水量优化探讨

4.1 组合工况下水量配置分析

如表 4 所示,将纳污范围内现状可收集污水作为实施前工况 N_0 ,项目实施后纳污范围内可收集污水作为实施后的初始工况(N_1)。因 JK 厂范围工业尾水及生活污水超出近期设计水量,需设置简单基础组合工况 1(N_1+a+c_1),通过组合工况 1 执行 1.14 万 m^3/d 排向河西厂,实现两厂按设计负荷运行。为进一步降低 JK 厂工业尾水水量,设置均匀尾水水量组合工况 2($N_1+a+b_{2-1}+c_{2-1}$)及 2(备)($N_1+a+b_{2-2}+c_{2-2}$),通过工况 2 或 2(备)工况实现两厂各自承担 2.32 万 m^3/d 工业尾水,其中组合工况 2 受上游生活污水影响较小,相比工况 2(备)较优。为充分均匀两厂进水,设置均匀水质组合工况 3($N_1+a+b_3+c_3$),通过工况 3 实现工业尾水与生活污水的充分均匀。不同组合工况的具体执行情况如表 4 所示,相较 N_1 与组合工况 3,JK 厂工业尾水比例由大于 85.0%降低至 30.9%,同时河西厂工业尾水比例仅由 20.4%提高至 30.9%。

4.2 组合工况下水质均匀度分析

不同组合工况水量调配的基础上,生活污水水质按照实测平均值取值,工业尾水则分为按实测水质及最不利水质(纳管标准)进行预测,具体水质均匀情况预测如表 5 所示。尾水按照实测水质条件下,JK 厂进水 COD_{Cr} 质量浓度的变化幅度能够实现由 161.31 mg/L 提高至 224.93 mg/L ;尾水按照最不利水质条件下, COD_{Cr} 质量浓度的变化幅度能够实现由 420.19 mg/L 降低至 353.55 mg/L 。预测 JK 厂进水浓度变化的同时,变化幅度也明显收窄,如图 3 所示,以工况 N_1 变化幅度为基准,组合工况 1~3 条件下,进水 COD_{Cr} 质量浓度变化幅度逐步缩窄至

258.88、192.50、128.61 mg/L, 最大收窄幅度达 69%, 有效减缓进水的水质冲击影响。

表 4 两厂近期联排工况及对应水量

Tab. 4 Recent Combined Discharge Conditions and Corresponding Water Capacity of Two WWTPs

两厂组合工况	工况说明	JK 污水处理厂		河西污水处理厂	
		工业尾水+生活污水/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	尾水 比例	工业尾水+生活污水/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	尾水 比例
实施前工况(N_0)	仅河西厂运行	/	/	1.73 万+6.77 万	20.4%
实施后初始工况(N_1)	接纳污范围,且不改变工况 a 现状	4.26 万(3.88 万+0.38 万)+少量生活污水	>85.0%	0.38 万 ^[2] +8.48 万	<5%
简单基础组合工况 1 (N_1+a+c_1)	工况 a 完全执行; 工况 c 执行 1.14 万 m^3/d 排向河西厂	3.12 万+1.88 万	62.4%	1.52 万+8.48 万	15.2%
均匀尾水水量组合工 况 2 ($N_1+a+b_{2-1}+c_{2-1}$)	工况 a 完全执行; 工况 b 执行 0.80 万 m^3/d 由⑤号排向④号 泵站; 工况 c 执行 1.94 万 m^3/d (4.26 万 m^3/d - 2.32 万 m^3/d)排向河西厂	2.32 万+2.68 万	46.4%	2.32 万+7.68 万	23.2%
均匀尾水水量组合工 况 2(备) ($N_1+a+b_{2-2}+c_{2-2}$)	工况 a 完全执行; 工况 b 执行④号排向⑤号泵站 1.94 万 m^3/d , 执行⑤号排向④号泵站 0.80 万 m^3/d ; 工况 c 执行全部排向 JK 厂	2.32 万+2.68 万	46.4%	2.32 万+7.68 万	23.2%
均匀水质组合工况 3 ($N_1+a+b_3+c_3$)	工况 a 完全执行; 工况 b 执行 0.73 万 m^3/d ④号排向⑤号泵 站,执行 1.57 万 m^3/d ⑤号排向④号泵站; 工况 c 执行 1.98 万 m^3/d (最大值)排向河 西厂	1.55 万+3.45 万	30.9%	3.10 万+6.90 万	30.9%

表 5 组合工况下 JK 厂进水水质均匀

Tab. 5 Uniformity of Influent Quality of WWTP JK under Combined Working Conditions

两厂组合工况	加权条件*	JK 厂进水水质					
		COD _{Cr} / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	BOD ₅ / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SS/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TN/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	氨氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TP/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
简单基础组合工况 1	尾水按实测水质	161.31	53.42	39.27	39.94	34.92	3.46
	尾水按最不利水质	420.19	253.09	262.42	63.88	46.28	8.34
均匀尾水水量组合工 况 2	尾水按实测水质	193.73	63.38	37.94	43.47	38.37	4.86
	尾水按最不利水质	386.23	211.85	203.87	61.27	46.82	8.48
均匀水质组合工况 3	尾水按实测水质	224.93	72.96	36.66	46.88	41.70	6.20
	尾水按最不利水质	353.55	172.15	147.52	58.77	47.35	8.62

注:*表示不同组合工况下工业尾水及生活污水水量按表 4 取值;生活污水水质及主要工业用户尾水水质按表 3 取值。

5 厂内工艺设计及预留保障

5.1 工艺流程设计

JK 厂采用预处理+多段 AO 生物池+高效沉淀池+砂滤池组合工艺,预留精细格栅、水解酸化池、粉炭投加间用地,工艺流程如图 4 所示。污水由排水管网收集进入污水厂后先经粗格栅截留大颗粒固体悬浮物,由提升泵房提升进入细格栅、曝气沉砂池进一步去除颗粒物及非溶解性 COD_{Cr},进入多级 AO 生物池去除有机物同时兼顾脱氮除磷,生物池出水经二沉池泥水分离后的上清液由中间泵房提升至深度处理单元。深度处理首先由高效沉淀池进一步去

除水中 SS、COD_{Cr}、TP,再经 V 型滤池过滤及次氯酸钠消毒后排放。

5.2 预留保障措施

为避免远期增加工业尾水带来的不确定性影响,在工艺流程中预留精细格栅及水解酸化单元工艺段及活性炭投加条件。若经联排联调后,实际进水中溶解性难生物降解 COD_{Cr} 质量浓度持续高于 30 mg/L 时,需进行增加水解酸化及投加粉炭^[6]工艺技术升级,通过水解酸化功能原位开发内碳源提高溶解性 COD_{Cr} 浓度^[7],具体需通过试验确定技术路线和相关工艺参数。

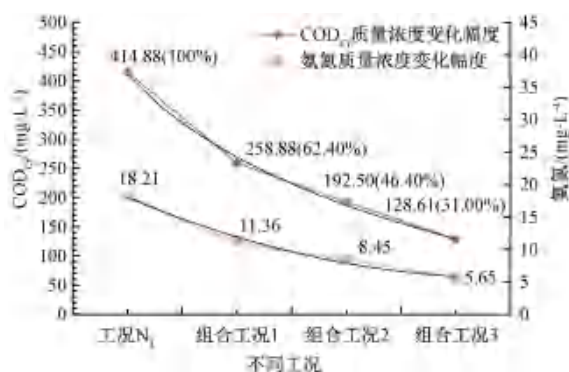


图3 不同工况下JK厂进水水质变化

Fig. 3 Changes of Influent Quality of WWTP JK under Different Working Conditions

6 结论及建议

(1) JK厂纳污范围工业尾水占比较高且成分简单,结合充分的传输条件,实施不同组合工况下的厂网联排,降低了JK厂的水量冲击负荷,同时进水水质变化幅度大幅收窄,进水COD_{Cr}质量浓度变化幅度收窄至128.61 mg/L,有效保障了工艺稳定,降低初期投资建设成本和长期运营成本。

(2) JK厂范围内工业尾水的实际浓度较低,宜考虑不同组合工况的调度费用和污水处理厂的投资及运行优化成本,选择合理组合工况常态化运行。当工业尾水生化性下降或新增影响生化系统污染物时,若强化联排不能保障出水稳定达标,需有条件限



图4 JK厂工艺流程

Fig. 4 Process Flow of WWTP JK

制联排运行,按照预留保障措施开展JK厂技术升级改造。

(3)在“厂网一体化”趋势下,以厂网联排作为污水处理厂设计进水优化条件是从源头实现污水处理“降本增效”的重要举措。目前相关报道案例较少,JK厂跳出固定污水来源限制,为行业内类似项目进水设计在基础条件解析、联排工况组合及预留保障措施方面,提供应对新趋势下的新思路。因联排涉及范围更广,建议设计单位与政府主管部门、排水设施产权及管理部门等共同明确关键边界条件及组合工况的可实施性,确保系统功能实现。

参考文献

[1] 廖青桃, 谭琼, 时珍宝, 等. 城市污水处理厂厂网联动平稳输送运行优化研究[J]. 给水排水, 2016, 52(12): 20-24.
LIAO Q T, TAN Q, SHI Z B, et al. Study on the optimization of stable transmission operation of urban sewage treatment plant network[J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 52(12): 20-24.

[2] 郑江. 城镇排水系统厂网一体化运营模式的研究与实践[J]. 给水排水, 2016, 52(10): 47-51.
ZHENG J. Research and practice on integrated operation mode of urban drainage system[J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 52(10): 47-51.

[3] 王寒涛, 韦德权. 城市污水处理厂群联合调度模式的探讨[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2018, 36(4): 520-523.
WANG H T, WEI D Q. Discussion on the combined dispatching mode of municipal sewage treatment plant cluster[J]. Journal of Shihezi University (Natural Science), 2018, 36(4): 520-523.

[4] 罗亭, 付朝晖, 陈洪洪. 污水厂群应急联合调度——珠海香洲区污水系统规划案例[J]. 中国给水排水, 2021, 37(6): 17-22.
LUO T, FU Z H, CHEN H H. Emergency joint dispatching for sewage treatment plants: A case study on the sewage system planning in Xiangzhou District, Zhuhai [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(6): 17-22.

[5] 吕博, 宋德安, 杨磊, 等. 青岛市居民生活区与工业区污水处理厂进水水质分析[J]. 给水排水, 2018, 44(1): 76-81.
LÜ B, SONG D A, YANG L, et al. Analysis of influent water

- quality of sewage treatment plants in residential and industrial areas of Qingdao [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2018, 44(1): 76–81.
- [6] 陈晓难, 赵文秀, 李诚. 粉末活性炭在污水处理厂深度处理中的应用[J]. *净水技术*, 2020, 39(s1): 129–132.
CHEN X N, ZHAO W X, LI C. Application of powdered activated carbon in advanced treatment of WWTP [J]. *Water Purification Technology*, 2020, 39(s1): 129–132.
- [7] 陈显峰, 黄开, 赵荣, 等. 基于碳减排理念的 Q 市某污水再生处理厂提标设计与运行[J]. *净水技术*. 2022, 41(9): 150–155, 161.
CHEN X F, HUANG K, ZHAO R, et al. Design and operation of upgrading and reconstruction of a wastewater reclamation treatment plant in Q City based on the concept of carbon emission reduction[J]. *Water Purification Technology*, 2022, 41(9): 150–155, 161.
- (上接第 30 页)
- [28] CHEUNG P K, FOK L. Characterisation of plastic microbeads in facial scrubs and their estimated emissions in Mainland China [J]. *Water Research*, 2017, 122: 53–61. DOI: 10.1016/j.watres.2017.05.053.
- [29] ANAGONSTI L, VARVARESOU A, PAVLOUS P, et al. Worldwide actions against plastic pollution from microbeads and microplastics in cosmetics focusing on European policies. Has the issue been handled effectively? [J]. *Marine Pollution Bulletin*, 2021, 162: 111883. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2020.111883.
- [30] DING N, AN D, YIN X, et al. Detection and evaluation of microbeads and other microplastics in wastewater treatment plant samples [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 27(13): 15878–15887.
- [31] KALČIKOVA G, LI B C, SKALAR T, et al. Wastewater treatment plant effluents as source of cosmetic polyethylene microbeads to freshwater [J]. *Chemosphere*, 2017, 188: 25–31. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2017.08.131.
- [32] TIAN Y J, CHEN Z, ZHANG J Y, et al. An innovative evaluation method based on polymermass detection to evaluate the contribution of microfibers from laundry process to municipal wastewater [J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2020, 12: 4861. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.124861.
- [33] VELZEBOER I, KWADIJK C J A F, KOELMANS A A. Strong sorption of PCBs to nanoplastics, microplastics, carbon nanotubes, and fullerenes [J]. *Environmental Science & Technology*, 2014, 48(9): 4869–4876. DOI: 10.1021/es405721v.
- [34] FALCO F D, GULLO M P, GENTILE G, et al. Evaluation of microplastic release caused by textile washing processes of synthetic fabrics [J]. *Environmental Pollution*, 2018, 236: 916–925. DOI: 10.1016/j.envpol.2017.10.057.
- [35] CARNEY A B M, ASTROM L, ROSLUND S, et al. Quantifying shedding of synthetic fibers from textiles; A source of microplastics released into the environment [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, 25(2): 1191–1199.
- [36] BROWNE M A, CRUMP P, NIVEN S J, et al. Accumulation of microplastic on shorelines worldwide; Sources and sinks [J]. *Environmental Science & Technology*, 2011, 45(21): 9175–9179. DOI: 10.1021/es201811s.
- [37] STARK M, 李娜. 微塑料和纺织纤维研究综述 [J]. *国际纺织导报*, 2018, 46(2): 6–8.
STARK M, LI N. Review of research on microplastics and textile fibers [J]. *Melliand China*, 2018, 46(2): 6–8.
- [38] MASURA J, BAKER J, FOSTER G, et al. Laboratory methods for the analysis of microplastics recommendations for quantifying synthetic particles in waters and sediments [EB/OL]. (2015–07–01) [2022–06–25]. <https://repository.library.noaa.gov/view/noaa/10296>.
- [39] KOLE P J, LOHER A J, VAN B F, et al. Wear and tear of tyres; A stealthy source of microplastics in the environment [J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017, 14(10): 1265. DOI: 10.3390/ijerph14101265.
- [40] SIEGFRIED M, KOELMANS A A, BESSELING E, et al. Export of microplastics from land to sea. A modelling approach [J]. *Water Research*, 2017, 127: 249–257. DOI: 10.1016/j.watres.2017.10.011.
- [41] LI X, CHEN L, JI Y, et al. Effects of chemical pretreatments on microplastic extraction in sewage sludge and their physicochemical characteristics [J]. *Water Research*, 2019, 171: 115379. DOI: 10.1016/j.watres.2019.115379.
- [42] MAGNI S, BINELLI A, PITTURA L, et al. The fate of microplastics in an Italian wastewater treatment plant [J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 652: 602–610. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.10.269.
- [43] VERSIE M. Emissieschattingen diffuse bronnen emissieregistratie-bandenslijtage wegverkeer [EB/OL]. [2022–06–25]. <https://adoc.pub/emissieschattingen-diffuse-bronnen-emissieregistratie-versie.html>.