

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.06.004

污水厂群应急联合调度——珠海香洲区污水系统规划案例

罗 亭, 付朝晖, 陈洪洪

(珠海市规划设计研究院, 广东 珠海 519000)

摘 要: 市政污水系统中单座污水处理厂流域内的管网、泵站等设施相对独立, 普遍未建立应急状态下厂群间的联合调度体系, 厂网系统效能未得到充分发挥。以珠海香洲区污水系统规划为例, 分析应急状态下各污水处理厂的调度需求, 评估污水处理厂的应急服务能力, 通过优化调整污水干管及泵站等枢纽设施布局, 提出污水工程规划中应急状态下污水处理厂群联合调度方案, 以平衡事故水量, 提升运行安全保障, 减小事故水环境污染风险。

关键词: 污水系统规划; 应急状态; 厂群联合调度; 环境污染风险

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2021)06-0017-07

Emergency Joint Dispatching for Sewage Treatment Plants: A Case Study on the Sewage System Planning in Xiangzhou District, Zhuhai

LUO Ting, FU Zhao-hui, CHEN Hong-hong

(Zhuhai Institute of Urban Planning & Design, Zhuhai 519000, China)

Abstract: In a sewage system, the pipe networks, pumping stations and other facilities in the basin of a single sewage treatment plant are relatively independent, and the joint dispatching system of plants under emergencies has not been established, and the efficiency of the plant-network system has not been brought into full play. Taking the sewage system planning in Xiangzhou District of Zhuhai as an example, the dispatching demand of each sewage treatment plant under emergency conditions is analyzed, and the emergency service capacity of sewage treatment plant is evaluated. By optimizing and adjusting the layout of sewage main pipes, pump stations and other hub facilities, the joint dispatching scheme of sewage treatment plants under emergency conditions is proposed to balance the accident water volume, improve the operation safety and reduce the risks of water environmental pollution.

Key words: sewage system planning; emergency conditions; joint dispatching for the sewage treatment plants; the risks of water environmental pollution

在决胜决战水污染防治攻坚战的大背景下, 如何充分发挥污水系统收集处理效能, 提高污水系统运行安全保障, 减少污水系统运行事故产生的各类环境风险是近期污水系统规划及建设的研究重点。污水处理厂运行故障或厂内关键设备计划性维护是

污水系统末端影响较大的一类事故风险, 一旦出现故障抢修, 且缺乏必要的应急调度预案及联调机制, 可能导致污水事故溢流排放, 直接污染下游水体环境^[1-2]。因此, 有必要在规划阶段提出应急状态下的污水处理厂联合调度方案, 其规划思路可为其他

城市和地区污水处理厂群联合调度方案的制定提供参考借鉴。

1 珠海香洲区污水系统规划研究思路

1.1 概况

香洲区位于珠海市东部,总面积 107.12 km²。由于山体、水域分隔,现状污水系统总体可划分为 4 个相对独立的子系统(见图 1):前山-拱北污水系统、香洲污水系统、吉大污水系统及南区污水系统,区内共设 5 座污水厂,现状污水处理厂总设计能力为 $52.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。根据售水数据测算香洲区纯污水产量为 $35.98 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,小于实际进厂污水量 ($46.3 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$),说明污水系统内存在一定量 的外水,各污水厂处理缺口分析详见表 1。



图 1 现状污水系统分布

Fig. 1 Distribution of current municipal sewage system

表 1 污水处理厂现状水量分析

Tab. 1 Analysis of current water quantity of sewage treatment plants

污水系统	污水厂	设计能力/ ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	实际进厂污 水量/($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	理论纯污水 量/($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	理论污水量 (含外水)/ ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	现状理论 缺口/($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	服务范围
前山-拱北系统	拱北污水厂	20.5	16.71	16.21	22.70	-7.8	上冲片区、前山片区、拱北片区、南屏科技园
	前山污水厂	10.0	7.79				
香洲系统	香洲污水厂	8.0	8.5	7.51	10.82	2.82	新老香洲片区
吉大系统	吉大污水厂	4.8	5.2	2.96	4.14	-0.66	吉大片区
南区系统	南区污水厂(一期)	5.0	5.3	6.64	9.29	4.29	南湾片区(除南屏科技园)
	南区污水厂(二期)	4.0	2.8	2.66	3.73	-0.27	横琴新区

根据污水厂实际进厂水质、水量及流域污水水质、水量分析,推算香洲区外水入流系数约为 40%,旱天入流外水分别为倒灌河渠水、山水、地下水等。加上外水,香洲区服务范围内旱天理论污水产量为 $50.68 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,小于污水处理厂总的设计能力。但是针对单个污水系统进行水量平衡分析,发现香洲污水厂以及南区污水厂(一期)现状处理能力不能满足系统内的理论服务需求,缺口分别为 2.82×10^4 、 $4.29 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,而前山-拱北系统存在一定富余($7.8 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)。由于各系统间污水处理厂尚未建成联合调水通道,不能通过各污水处理厂间调度来均衡各污水系统间的污水负荷,现状污水处理厂存在“部分吃不饱,部分吃不了”的情况,系统效能未能得到充分发挥。近期仅能通过扩建香洲污水厂以及南区污水厂(一期)以保证污水处理需求。

考虑香洲区为成熟建成区,干管骨架系统基本成型,因此,污水系统规划总体维持香洲区现状“四片五厂”污水系统格局(系统分布见图 2)。在此基

础上,结合污水处理厂控制用地规模,调整香洲污水厂服务范围,调整局部转输干管布局,将超出香洲污水厂承载力的污水负荷转输至其余具备富余能力的系统进行消化,以解决香洲污水厂处理能力缺口。香洲区各污水处理厂远期规划规模详见表 2。



图 2 规划污水系统分布

Fig. 2 Distribution of planning sewage system

表 2 污水处理厂远期规划规模

Tab.2 Long-term planning scale of sewage treatment plants

项 目	规划规模/ ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	服务范围规划 污水量(含外水)/ ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	服务范围	备注
前山污水厂	25.0	43.04	前山片区、南屏科技园、拱北片区、 新香洲部分片区	香洲污水厂系统调入 $2.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$
拱北污水厂	20.5			
香洲污水厂	13.0	12.00	新老香洲以及银坑片区	
吉大污水厂	7.0	5.93	吉大片区	
南区污水厂	30.0	27.13	南湾城区(除南屏科技园)	
合计	95.5	88.10		

注: 规划水产量预测过程中,已考虑一定的外水入流系数(25%),外水包含入渗地下水等。

香洲区规划污水管网系统包含 540 km 污水管网、21 座污水泵站,主要干管节点概化示意如图 3 所示(其中 17[#]泵站隶属于高新区)。从干管系统布局可以看出,各污水处理厂服务范围内规划干管体系仍然相对独立,除了拱北污水厂、前山污水厂通过干管单向连通外,剩余污水处理厂之间缺少必要的联调通道,不具备跨厂调水功能。该系统一方面不能灵活应对不同时期各系统间污水处理厂负荷的不均衡,另一方面不能有效缓解污水处理厂应急状态下的污水处理需求,不利于控制事故环境风险。总体看来,污水系统末端的污水处理安全保障有待进一步提升,系统韧性有待进一步加强。

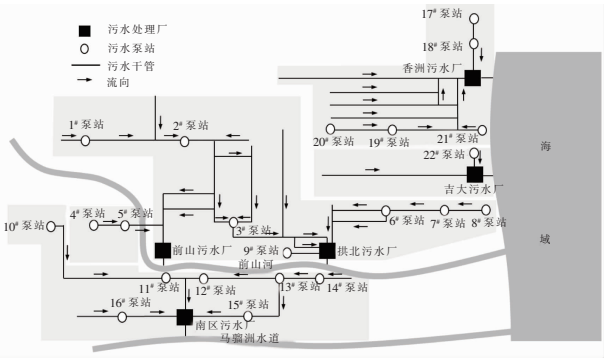


图 3 污水干管节点概化示意

Fig.3 Generalized schematic diagram of sewage main nodes

1.2 研究思路

在香洲区污水系统规划的基础上,按远期规划规模分析各污水处理厂应急调度需求,评估污水处理厂应急服务能力,充分利用规划污水枢纽泵站,确定调度路径。通过优化设置污水泵站及干管(如枢纽泵站和连通管线)布局,扩建现状污水干管,打通厂群间的调水通道,形成科学的厂群调度系统,同时完善厂间调水机制,建立厂群联合调度模式,实现事

故状态下的厂群联合调度,避免污水处理厂因故障导致污水外溢污染水环境,最大限度削减入河污染负荷,控制事故风险^[3-4]。

2 污水处理厂应急调度方案

2.1 污水处理厂应急状态下的调度需求分析

① 应急状态下最不利工况分析

以各系统污水厂故障不同时发生为前提,在规划期末污水厂满负荷状态下分析各污水厂的应急调水需求。为提高系统安全保障,设定每座污水厂最不利事故工况为规模最大一期出现运行故障情况。

② 调节途径与污水厂应急调度规模

根据污水系统厂网联动的特点,最大一期事故时的污水负荷可通过两种途径进行调节,一部分污水负荷可利用管网空间进行短时调蓄,剩余污水负荷可以通过厂内挖潜及厂群联合调度进行调节。

市政污水管网的设计充满度为 55%~75%,管网的剩余空间为 25%~45%,可按 30% 考虑,则管网空间可调蓄 30% 事故污水负荷。污水处理厂应急联合调度需求为剩余的 70%,该部分污水中的一部分可以通过厂内富余设计规模、厂内其余各期超产规模进行消化,剩余污水负荷需通过厂外调度进行平衡,厂外调度负荷即为该厂设计应急调度规模。由于污水处理厂每期构筑物的设计流量为最高日最大时设计流量(在设计规模的基础上考虑总变化系数 K_z , K_z 一般不小于 1.3),因此相对于设计规模,污水处理厂各构筑物具备一定的超产能力。另外,污水处理厂构筑物在设计过程中,通过水力停留时间的冗余使污水处理厂具备一定的抗冲击能力。北京地区在大型干管抢修等应急状态下,通过防汛车将污水调至应急污水处理厂,目标污水厂应急状态下污水处理量可达到设计处理能力的 1.36 倍^[5],即

超产36%。因此可以利用污水处理厂的峰值超产规模来平衡应急处理需求,但由于尚需进一步研究应急状态与目标污水处理厂进厂峰值水量相遇的特殊工况,考虑污水厂超产系数取15%。

在确定关键参数的基础上,以前山污水厂为例测算设计应急调度规模。前山污水厂远期规划规模 $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,初步确定分三期建成,最大一期规模为 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,则最不利工况下应急处理需求为

$7 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。根据规划测算的污水处理厂服务范围内污水量,确定前山污水厂富余设计规模 $1.88 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,一期故障时其余两期超产能力(按照15%超产系数)为 $2.25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,前山污水厂内消化规模合计 $4.13 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,事故外调需求为 $2.87 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,考虑一定的安全系数(1.1),确定前山污水厂设计应急调度规模为 $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。其余各厂的应急调度需求测算结果见表3。

表3 各污水处理厂调水需求测算

Tab.3 Calculation of dispatching demand for each sewage treatment plant

$10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$

污水厂名称	各期规模				服务范围污水规模	设计富余规模	最不利工况应急处理需求	厂内消化规模	事故外调水量	设计应急调度规模
	1期	2期	3期	4期						
前山污水厂	10.0	10.0	5.0	—	23.12	1.88	7.0	4.13	2.87	3.0
拱北污水厂	5.5	8.0	7.0	—	19.92	0.58	5.6	2.45	3.15	3.5
香洲污水厂	3.0	5.0	5.0	—	12.00	1.00	3.5	2.20	1.30	1.4
吉大污水厂	1.8	3.0	2.2	—	5.93	1.07	2.1	1.67	0.43	0.5
南区污水厂	5.0	4.0	10.0	11	27.13	2.87	7.7	5.72	1.98	2.2

2.2 污水厂应急调度服务能力评估

污水处理厂对外的应急服务能力包括两部分:一部分为污水处理厂设计富余能力,另一部分为污水处理厂设计超产规模(超产系数取15%)。仍以前山污水厂为例,测算设计应急调度服务能力,前山

污水厂设计能力富余 $1.88 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,三期最大超产规模共 $3.75 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,合计应急状态下对外最大服务能力 $5.63 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。

其余各污水厂的应急调度服务能力测算结果详见表4。

表4 各污水处理厂对外富余处理能力测算

Tab.4 Calculation of surplus service capability for each sewage treatment plant

$10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$

污水厂名称	服务范围污水量	远期规划规模	设计富余规模	最大超产规模	应急调度服务能力
前山污水厂	23.12	25.0	1.88	3.75	5.63
拱北污水厂	19.92	20.5	0.58	3.08	3.66
香洲污水厂	12.00	13.0	1.00	1.95	2.95
吉大污水厂	5.93	7.0	1.07	1.05	2.12
南区污水厂	27.13	30.0	2.87	4.50	7.37

2.3 污水厂应急调度方案及模式

2.3.1 污水厂应急联调方案

根据各污水处理厂的规划布局、污水干管布局,在平衡各污水处理厂调度需求及目标污水处理厂对外应急调度服务能力的基础上,制定各污水处理厂应急联调方案。

① 香洲污水厂相对独立,规划除了服务于新香洲片区外,尚需处理行政区外高新区银坑片区污水,市级专项规划方案已规划于银坑片区新增至北区污水厂的输水管道,形成双向调水路径,当香洲污水厂出现故障时,可以通过调配银坑片区污水至北区污水厂,减轻香洲污水厂服务压力。

② 前山污水厂规划服务范围包含位于南湾片

区的南屏科技园,该片区相对独立,污水集中收集后通过5[#]泵站跨河提升至前山污水厂处理,南屏科技园片区临靠南区污水厂输水干管,通过打通5[#]泵站、4[#]泵站至南区污水厂转输干管,建立前山污水厂同南区污水厂间的连通关系,实现应急状况下该片区的污水调配。

③ 拱北污水厂、前山污水厂通过3[#]泵站进行连通,3[#]泵站规划为双向泵站,拱北污水厂应急状态下,可以调整3[#]泵站为单向泵站,将3[#]泵站上游污水全部转输至前山污水厂方向,实现应急调度。

④ 吉大污水厂距离拱北污水厂较近,可以通过打通吉大污水厂至拱北污水厂干管系统调水通道,转输吉大污水厂污水至拱北污水厂进行应急

处理。

⑤ 南区污水厂与横琴新区一水相隔,现状横琴新区无污水处理厂,横琴新区现状污水经集中收集后通过调水泵站经一条跨河压力管提升至南区污水厂处理,规划横琴污水厂位于现状调水泵站,规划可保留该压力管,作为两厂间的应急调水通道。

2.3.2 应急调度模式

① 网-网调度

该种调度方式适用于两座污水处理厂流域内管网相邻,两个流域可以通过关键的泵站节点、干管实现厂外连通的情况。通过调整污水处理厂流域内泵站及干管系统的布局及功能,将部分泵站调整为双向泵站,同时增加连通干管,将事故污水处理厂局部流域污水通过管网转输至目标污水处理厂管网系统,形成网-网的调度模式。前山污水厂至南区污水厂、拱北污水厂至前山污水厂、吉大污水厂至拱北污水厂以及香洲污水厂至高新区北区污水厂的应急调度主要采用网-网调度模式。

② 厂-厂调度

该种调度方式适用于两座污水处理厂相邻,但两座污水处理厂管网系统相对疏离的情况。通过建立污水处理厂至外部污水系统的调度通道,将污水从事故污水处理厂直接调往目标污水处理厂,实现厂间互调,形成厂-厂的调度模式,南区污水厂至横琴污水厂的应急调度主要采用厂-厂调度模式。

2.3.3 应急调水方案

各调水通道涉及污水泵站需进行改造、扩容,同时需要完善下游连通枢纽干管^[1]。香洲区污水处理

厂群调度系统干管优化方案详见图 4、5,涉及枢纽设施改造、建设方案详见表 5。

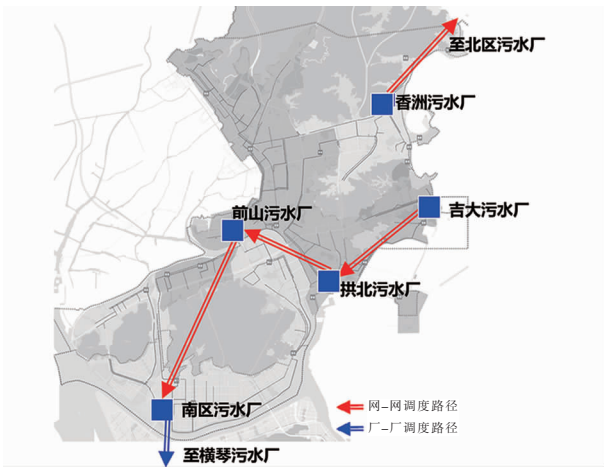


图 4 污水处理厂应急联合调度示意

Fig. 4 Emergency combined dispatch of sewage treatment plants

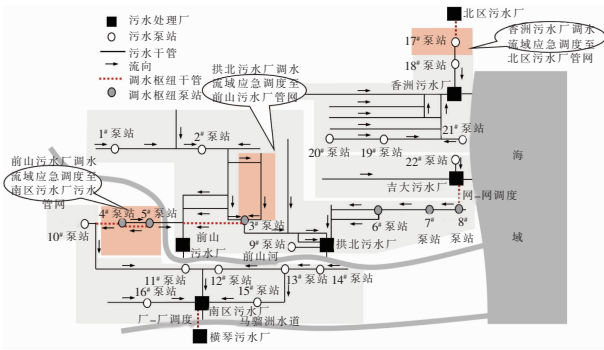


图 5 污水处理厂应急联合调度干管系统示意

Fig. 5 Trunk sewer system of emergency joint dispatching for sewage treatment plants

表 5 各污水处理厂调水方案

Tab. 5 Water diversion of each municipal sewage treatment plant

污水厂名称	目标污水厂	设计应急调度规模/ (10 ⁴ m ³ · d ⁻¹)	目标污水厂 应急调度服 务能力/(10 ⁴ m ³ · d ⁻¹)	枢纽泵站				枢纽干管
				泵站名称	正常状态 规划规模/ (10 ⁴ m ³ · d ⁻¹)	应急状态 规划规模/ (10 ⁴ m ³ · d ⁻¹)	改造 方案	
前山污水厂	南区污水厂	3.0	7.37	5 [#] 泵站	5.5	5.5	改向	新增 2.5 km 污水压力管
				4 [#] 泵站	5.5	5.5	改向	
拱北污水厂	前山污水厂	3.5	5.63	3 [#] 泵站	6.5	6.5	改向	新增 0.6 km 污水干管
香洲污水厂	北区污水厂 (区外)	1.4	4.52	17 [#] 泵站	1.2	1.2	改向	新增 2 km 污水压力管
吉大污水厂	拱北污水厂	0.5	3.66	8 [#] 泵站	2.0	3.0	扩容	新增 0.9 km 污水干管
				7 [#] 泵站	3.5	4.5	扩容	
				6 [#] 泵站	5.5	6.5	扩容	
南区污水厂	横琴污水厂 (区外)	2.2	3.82	厂内调水 泵站	3.0	3.0	改为双向 调度	利用现状 压力管

① 前山污水处理厂应急工况下调水方案。前山污水厂应急工况下设计厂外调水规模为 $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 设计前山污水厂应急状态下厂外调水目标为南区污水厂。考虑调整4[#]、5[#]泵站为双向泵站, 打通5[#]泵站、4[#]泵站至南区污水厂干管系统调水通道, 新增5[#]泵站至4[#]泵站压力管以及4[#]泵站至南区污水厂干管压力管, 可在前山污水厂应急工况下将5[#]泵站服务范围内污水调至南区污水厂进行处理。南区污水厂最大超产状态下对外服务能力为 $7.37 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 满足前山污水厂的应急调度需求。按照事故流量对于南区污水厂系统内承接转输污水的干管进行校核, 以保证事故工况转输需求。

② 拱北污水处理厂应急工况下调水方案。拱北污水厂应急工况下设计厂外调水规模为 $3.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 设计拱北污水厂应急状态下厂外调水目标为前山污水厂。现状前山-拱北系统虽通过干管系统连通, 但仅能实现前山污水厂上游污水调至拱北污水厂系统, 反向调度难以实现。为保证拱北污水厂应急状态的调水需求, 规划新增3[#]泵站至前山污水厂的调水通道, 改造3[#]泵站为双向调水泵站, 正常状态下, 分别向拱北污水厂、前山污水厂方向转输 3.5×10^4 、 $3.0 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 拱北污水厂应急状态下, 3[#]泵站上游 $6.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 全部转输往前山污水厂方向。该方案除了改造泵站及厂内干管外, 需要新增3[#]泵站至前山污水厂方向的干管系统。

③ 香洲污水处理厂应急工况下调水方案。香洲污水厂应急工况下设计厂外调水规模为 $1.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 香洲污水厂相对独立, 较难形成同香洲区其余各厂间的跨系统调度, 因此仅考虑应急状态下将香洲污水厂服务范围内高新区银坑片区(17[#]泵站服务范围内, 污水规模 $1.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$) 污水调度至高新区北区污水处理厂系统, 规划建议新增17[#]泵站至北区污水厂转输通道, 应急状态下可将17[#]泵站上游污水转输至北区污水厂进行处理, 转输规模虽然小于设计需求, 但可以一定程度上缓解香洲污水厂应急状态下的污水处理压力。

④ 吉大污水处理厂应急工况下调水方案。吉大污水厂应急工况下设计厂外调水规模为 $0.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 设计吉大污水厂应急状态下厂外调水目标为拱北污水厂。规划打通吉大污水厂内至8[#]泵站调水通道, 通过新增吉大污水厂至8[#]泵站压力管, 同时扩容下游6[#]、7[#]泵站以及转输干管, 保障吉

大污水厂的污水转输需求。

⑤ 南区污水厂应急工况下调水方案。南区污水厂应急工况下设计厂外调水规模 $2.2 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 设计南区污水厂应急状态下厂外调水目标为香洲区外的横琴污水厂。规划保留现状由横琴片区调水泵站至南区污水厂的调水压力管, 横琴新区规划于现状调水泵站位置新建横琴污水厂, 在应急状态下, 可以通过该压力管, 实现南区污水厂、横琴污水厂的互联互通。

2.4 运行调度机制

污水处理厂群联合调水方案的实施需要同步建立、健全污水处理厂与管网系统之间的联合调度机制。由香洲区主管部门搭建厂网一体化管控平台^[6], 统筹污水处理厂不同运营主体以及污水管网养护单位, 整合厂、站、网资源, 制定每座污水厂事故应急预案, 应急预案中明确各方主体的调度任务及响应规则。在污水厂事故预警时, 由事故污水厂运营单位在平台上提出跨厂调度申请, 主管部门接到申请后, 通过研判分析, 适时启动应急预案, 各相关主体根据应急预案快速响应调度安排, 完成厂、站、网调度任务, 以实现污水处理厂群之间互相调配, 减少事故环境风险。

3 结语

本研究从提升污水系统末端的安全运行保障入手, 以珠海香洲区污水系统规划为例, 从规划层面提出应急状态下污水处理厂群间联合调度的系统方案, 以科学指导后续污水系统的建设。

① 污水处理厂调度需求分析: 以远期规划最大一期工艺运行故障为设计工况, 事故保障水量按70%控制。应急状态下污水处理厂设计调度污水量一部分可以通过厂内富余设计规模、其余各期设计峰值超产规模(峰值系数取15%)进行消化, 剩余污水规模需通过厂间调度进行平衡, 即为厂外调度需求。

② 污水处理厂对外服务能力分析: 目标污水处理厂对外的富余能力包括两部分, 一部分为污水处理厂设计富余能力, 另一部分为污水处理厂设计超产规模(超产系数取15%)。

③ 污水处理厂应急联合调水方案: 在平衡各厂应急调度需求、对外服务能力的基础上, 通过优化系统间枢纽泵站、干管的功能及布局, 校核设施规模, 以确定各污水处理厂应急联调方案。

④ 污水处理厂群联动系统的建立不仅可以有效对应急状态下的事故风险,还可以进一步提升流域污水厂群的调控能力,通过厂群协同合作处理污水,将部分污水跨厂(流域)调配,调整各厂的运行负荷,可以缓解不同阶段污水处理厂的超负荷运行压力,有效解决城市发展过程中污水动态变化的难题。

参考文献:

- [1] 王强,文字立,叶维丽,等. 我国污水处理设施的发展现状与存在问题研究[J]. 环境保护科学,2015,41(6):9-14.
WANG Qiang, WEN Yuli, YE Weili, *et al.* Research of the status and problems of sewage treatment facility development in China [J]. Environmental Protection Science, 2015, 41(6):9-14 (in Chinese).
- [2] 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 Hantao, WEI Dequan. Discussion on the combined dispatching mode of municipal sewage treatment plant cluster[J]. Journal of Shihezi University (Natural Science), 2018, 36(4):520-523 (in Chinese).
- [3] 苏平. 现有污水处理厂提标升级改造与施工期间生产运行的调度控制优化[J]. 净水技术,2017,36(8):105-109.
SU Ping. Upgrading and reconstruction of existing wastewater treatment plant and optimization of production and operation control during the construction[J]. Water Purification Technology, 2017, 36(8):105-109 (in Chinese).
- [4] 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,2016,42(12):20-24.
LIAO Qingtao, TAN Qiong, SHI Zhenbao, *et al.* Optimization of cooperation between urban drainage trunk and wastewater treatment plant for smooth water transmission [J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42(12):20-24 (in Chinese).
- [5] 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,2016,42(10):47-51.
ZHENG Jiang. Research and practice on operation mode for the integration of urban drainage network - wastewater treatment plant [J]. Water & Wastewater Engineering, 2016, 42(10):47-51 (in Chinese).
- [6] 包正义,香宝,匡文慧,等. 流域污水处理厂群模拟调度系统设计与实现——以松花江为例[J]. 测绘地理信息,2018,43(3):79-83.
BAO Zhengyi, XIANG Bao, KUANG Wenhui, *et al.* Design and implementation of simulation disposal system for basin sewage treatment plants: a case study in Songhua River [J]. Journal of Geomatics, 2018, 43(3):79-83 (in Chinese).

作者简介:罗亭(1988-),女,四川内江人,硕士,工程师,从事水务规划设计工作。

E-mail:812029694@qq.com

收稿日期:2020-07-20

修回日期:2020-08-18

(编辑:丁彩娟)

贯彻《中华人民共和国防洪法》,
依法防御水旱灾害