

## 污水处理与回用

邵军峰, 安振源, 王羽中, 等. 郑州市污水厂群应急联合调度的优化布局与实现[J]. 净水技术, 2024, 43(7): 92-99.

SHAO J F, AN Z Y, WANG Y Z, et al. Optimal layout and implementation of joint emergency operation of WWTPs group in Zhengzhou City [J]. Water Purification Technology, 2024, 43(7): 92-99.

## 郑州市污水厂群应急联合调度的优化布局与实现

邵军峰<sup>1,\*</sup>, 安振源<sup>1</sup>, 王羽中<sup>1</sup>, 胡以松<sup>2</sup>

(1. 郑州市市政工程勘测设计研究院有限公司, 河南郑州 450046; 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** 为提升污水系统弹性和韧性, 文章分析了郑州市污水系统存在的问题, 提出了郑州市污水厂群应急联合调度布局。这种布局能有效应对污水厂应急污水出路问题, 提升运行安全保障, 同时最重要的是通过跨区域调配实现了未饱和污水厂和超负荷污水之间的有效调度, 使郑州市各污水厂高效节能运行。联合调度是未来城市污水系统运营模式的发展趋势, 有利于城市的可持续发展, 通过实施了郑州市污水厂群应急联合调度, 为平原地区污水互联互通建设提供了切合可行的实例。

**关键词** 联合调度 互联互通 污水管网 污水管网布局 厂网一体化

中图分类号: TU992 文献标识码: A 文章编号: 1009-0177(2024)07-0092-08

DOI: 10.15890/j.cnki.jsjs.2024.07.011

## Optimal Layout and Implementation of Joint Emergency Operation of WWTPs Group in Zhengzhou City

SHAO Junfeng<sup>1,\*</sup>, AN Zhenyuan<sup>1</sup>, WANG Yuzhong<sup>1</sup>, HU Yisong<sup>2</sup>

(1. Zhengzhou Municipal Engineering Survey Design & Research Institute Co., Ltd., Zhengzhou 450046, China;

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

**Abstract** In order to improve the elasticity and toughness of the wastewater system, this paper analyzed the existing problems of the wastewater system in Zhengzhou City, and put forward the emergency joint dispatching layout of the wastewater treatment plant (WWTP) group in Zhengzhou City. This layout can not only effectively cope with the emergency sewage outlet of the WWTP, improve the operation safety guarantee, but also, most importantly, realize the effective scheduling between the unsaturated WWTP and the overloaded wastewater through cross-regional deployment, so that the WWTPs in Zhengzhou City can operate efficiently and energy-saving. Joint dispatching is the future development trend of urban wastewater system operation mode, which is conducive to the sustainable development of the city. Through the implementation of the emergency joint dispatching of Zhengzhou WWTP group, it provides a feasible example for the construction of wastewater interconnection in plain area.

**Keywords** joint controlling interconnectivity wastewater pipelines network wastewater network layout integrated plants and networks

城市水环境质量关乎人民群众的切身利益, 关

乎全面建设小康社会, 关乎实现中华民族伟大复兴的中国梦。城市水环境污染不仅给群众带来了极差的感官体验, 还会直接对社会经济的可持续发展造成负面影响<sup>[1]</sup>。为了降低城市水环境污染风险, 提高污水收集及处理的安全可靠性, 需构建高质量、高标准的韧性污水系统, 使其超前于城市规划建设, 为

[收稿日期] 2023-01-12

[基金项目] 国家自然科学基金青年项目(51508450); 陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2022JM-237)

[通信作者] 邵军峰(1982—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要从事市政设计和研究方面的工作, E-mail: 402570711@qq.com。

城市及污水系统发展预留弹性空间,并制定合理的运行调配机制与方案,加强污水系统的综合服务及应急能力<sup>[2]</sup>。但现有的城市污水系统在运行管理过程中存在一些问题,如应急状态下污水系统的污水出路问题;污水厂的处理能力与管网的收集能力不匹配;城市现状排水系统中出现区域污水负荷不均衡现象,“部分吃不饱,部分吃不了”成为国内污水厂普遍存在的问题,然而因现状排水系统的转输调度能力不足,无法均衡各污水厂的进水量,致使不同的污水厂运行负荷差异较大<sup>[3]</sup>。针对管网和污水厂问题,国内已有很多学者从管网的监测、运营平台的功能和厂网一体化等角度进行了研究<sup>[4-5]</sup>,重点分析了云平台系统的架构、智慧管网污水的监测等方面情况,但往往忽视了污水系统末端(污水厂)出现故障检修,导致污水事故溢流污染问题和污水厂负荷不均衡现象。大部分城市的污水管网呈枝状分布,各污水系统之间相对独立,在水量变化时各系统之间难以协调,降低了污水管网安全保障性及应急

处理能力,本文针对郑州市城市污水系统存在的问题,提出污水厂群应急联合调度方案及运营新模式,合理分配污水处理任务,提升流域污水厂群的应急服务能力,对缓解水环境污染、改善流域水质具有重要意义。

## 1 郑州市污水系统的概况及联合调度的思考

### 1.1 郑州市污水系统的概况

根据《郑州市国土空间总体规划(2021—2035年)》,郑州定位为国家中心城市、国际创新智造基地,国际综合枢纽城市和内陆地区对外开放门户,建立一流宜居品质的国际大都市。郑州市主城区污水系统按照地形和污水最终流向,以污水处理厂为基础,共分为五龙口污水处理系统、王新庄与新区污水处理系统、马头岗污水处理系统、陈三桥污水处理系统、马寨污水处理系统、南三环污水处理系统、双桥污水处理系统、南曹污水处理系统 8 个污水系统(图 1),覆盖范围约为 1 400 km<sup>2</sup>。

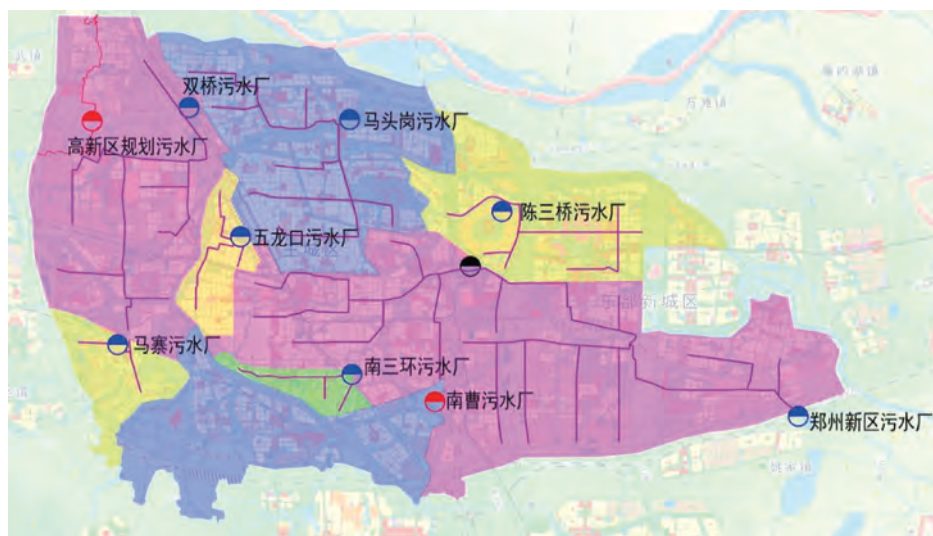


图 1 污水系统分布

Fig. 1 Distribution of Municipal Sewage System

郑州市主城区实际产生污水量为 207.5 万 m<sup>3</sup>/d,现状总设计规模为 205 万 m<sup>3</sup>/d(由于王新庄污水厂近期搬迁,目前实际处理水量为 5 万 m<sup>3</sup>/d,按王新庄废除考虑),实际水量与设计规模相当,但夏季峰值流量为 248.5 万 m<sup>3</sup>/d,远超设计规模。各污水处理厂处理水量如表 1 所示。

### 1.2 污水系统主要问题及产生的原因

由表 1 可知,郑州市污水负荷不均衡,存在的主

要问题如下:①出现“部分污水厂吃不饱,部分水厂吃不了”的现象;②部分污水厂超负荷,造成污水管网高位运行,不仅影响污水管网正常的安全运行,还对污水处理厂的安全稳定性构成威胁;③造成资源利用缺乏合理性,部分污水厂存在设施浪费或过度消耗的情况。

出现以上情况的原因归结如下。

(1)郑州市功能区性质的调整导致污水量发生

表 1 污水厂现状处理水量  
Tab. 1 Existing Treatment Capacity of WWTPs

单位:  $\text{m}^3/\text{d}$

污水厂名称	远期规模	现状设计规模	实际处理水量	夏季峰值流量	实际与设计差	峰值与设计差	备注
马头岗污水处理厂	60 万	60 万	61 万	68 万	+1 万	+8 万	
王新庄污水处理厂	/	10 万(一个系列)	5.3 万	8.9 万	-4.7 万	-1.1 万	规模为 40 万 $\text{m}^3/\text{d}$ , 近期废除
郑州新区污水厂	100 万	65 万	88 万	105 万	+23 万	+40 万	二期规模为 35 万 $\text{m}^3/\text{d}$ , 于 2023 年底建成通水
南三环污水处理厂	10 万	10 万	7.5 万	8 万	-2.5 万	-2 万	
陈三桥污水处理厂	25 万	25 万	13.2 万	16 万	-11.8 万	-9 万	
马寨污水处理厂	10 万	5 万	3 万	3.6 万	-2 万	-1.4 万	
五龙口污水处理厂	20 万	20 万	11.5 万	18.0 万	-8.5 万	-2 万	
双桥污水处理厂	60 万	20 万	18 万	21 万	-2 万	+1 万	
南曹污水处理厂	25 万	/	/	/	/	/	一期规模为 10 万 $\text{m}^3/\text{d}$ , 于 2023 年底建成通水
合计	310 万	215 万	207.5 万	248.5 万	-7.5 万	+33.5 万	

注:“-”代表调出,“+”代表调入,下同。

变化。随着郑州部分功能区性质改变和产业结构调整,原有工业区改造为商业住宅区,造成生活污水排放量发生巨大变化;或由于拆迁,污水厂服务范围内人口锐减,造成污水量的减少。

(2)雨污分流的改造,污水管网的完善。雨污彻底分流,造成合流管网水量减少,污水量相应变化;同时郑州污水管网系统日益完善,有效控制了管道偷排漏排以及漏损等问题,从而提升了污水厂服务范围内的污水收集率,增加污水处理的负荷。

(3)部分区域的迅速发展导致污水量增加。虽然城市地块性质没有明显变化,但服务区域内人口数量增长情况较为突出,其污水厂进水量可能超过污水厂的设计处理量,使得污水厂超负荷运行。

(4)污水厂服务内支干管的改变。污水厂服务范围内新建污水管网,由于下游污水系统没修建,为解决道路周边污水出路,污水管网临时接入相邻污水系统,造成污水厂服务范围发生小部分变化,使得污水量相应改变。

从污水厂实际处理水量可以看出,郑州市污水厂运行负荷不均衡的情况较为严重。因此,郑州市中心城区亟需对区域内的污水厂群进行联合调度,从而近期解决各污水厂运行负荷不均衡的问题。各污水管网系统间的运输调度不仅是补充和完善现状污水管网的有效措施,还是均衡各污水厂的进水量、提升污水的处理效率,增强出水水量和水质稳定性

的重要举措<sup>[6]</sup>。远期污水厂群联合调度可解决污水处理厂运行故障和厂内关键设备的计划性维护的事故风险。

### 1.3 联合调度的设想

在郑州市污水系统规划的基础上,按远期规划规模分析各污水厂的应急外调需求,评估各污水厂的应急服务能力;近期解决各污水厂水量不均衡问题,促进污水厂安全、高效运行。结合工程措施的经济性和可实施性,充分利用规划和现状污水泵站、污水主干系统,打通污水系统厂群间的调水通道,确定合理的调度路径,形成科学的厂群调度系统。同时,完善污水厂间的调水机制,形成厂群联合调度模式,实现事故应急状态下和现状水量平衡下的厂群联合调度,避免因故障导致污水厂污水外溢,造成水环境污染,最大限度削减入河污染负荷,降低并控制事故风险。

### 1.4 城市污水处理联合调度重要性

韧性污水系统主要是指建立高质量、高标准的污水收集及处理系统,使其超前于城市规划建设,为城市及污水管网系统发展预留弹性空间,同时确定合理的运输调度机制与方案,提高现状污水系统的综合服务及应急能力<sup>[3]</sup>。污水处理厂群的联合调度能大大提升污水处理系统的韧性,降低污水系统应急溢流和超负荷运行风险,降低低负荷水厂的能耗,提高水环境质量。

随着城市的不断发展以及人们对美好生活的向往更加强烈,保障污水处理安全高效、防范水体污染是排水相关单位的重要责任和奋斗目标。因此,构建完善的污水转输调度系统和合理科学的调度方案,确保污水管网和污水厂安全稳定运行,进而降低环境污染风险,具有重要的现实意义。

## 2 污水厂群联通调度布局的提出

结合郑州市城市地形特点和实际情况,以郑州

市厂网一体化、污水收集及处理实时监控、科学调度、智能运行为目标,针对近期水量不均衡,远期提高污水系统运行安全韧性,郑州市就如何布局厂网间调度措施进行了多次论证,提出了多种方案:方案一为敷设专用泵站或污水传输管道,污水系统建立互联互通方案;方案二为扩建超负荷的污水厂,污水管网保持不变,负荷低的污水厂分系列运行;方案三调整污水收集流域。3种方案如表2所示。

表2 联合调度方案对比

Tab. 2 Comparisons of Joint Controlling Schemes

项目	方案一	方案二	方案三
模式	敷设专用泵站或污水传输管道方案,污水系统建立互联互通方案	扩建超负荷的污水厂,污水管网保持不变	调整污水管网的收集范围,根据污水厂的实际处理能力划分收水范围
优点	①能够实现系统及子系统间的污水转输调度,实现管网系统整体的水量均衡; ②能够提高污水管网的应急能力,增强系统的安全运行可靠性	工作牵扯面较小,具体至一两个污水处理厂	该方案仅需分析污水管网系统的实际服务面积,将调整的流域内主干管与相邻流域内的现状主干管相连接,便可完成污水的转输调度
缺点	调配复杂,局部实施难度较大	牵扯新征地问题,近期可解决问题,远期水厂闲置,资源浪费,不能解决水厂应临时检修、故障时污水出路问题,污染环境	系统复杂,牵扯面较大,重新划分流域后,由于产业结构变化,会出现新的不均问题,灵活性差,不能解决水厂临时检修、故障时污水出路问题,污染环境
实施难度	实施难度大,牵扯面广	相对简单	相对较小
灵活性	高	差	差
投资	高	低	低

通过对比,方案二、三仅解决当前污水厂的超负荷问题,降低运行风险,为“脚疼医脚,头疼医头”形式,不能从根本上解决问题,无法应对后期区域内污水量的再次变化,远期不能解决水厂周期性检修和设备故障时污水的出路,出现问题时只能溢流,污染环境。方案三:调配工程简单,造价相对较低,但调配灵活性较差,会增加相邻下游污水管的负荷,出现高水位运行现象。方案一建立污水厂群联合调度措施,即互联互通方案,可保障污水厂检修和故障时污水的出路,提高污水系统的安全韧性,近期解决各个污水厂水量不均问题,郑州市污水厂群应急联合调度采用方案一。

## 3 郑州市污水厂群联合调度的建立

### 3.1 污水处理厂应急状态下的调度需求分析

#### (1) 工况确定

郑州市污水厂群联合调度,一是解决规划期末污水厂满负荷运行状态下检修和事故时应急调配需求,按每座污水厂最大一期运行故障时需调出水量,当水厂不分期建设,按一半系列调配水量,二是兼顾

近期水量不均衡调配需求,使现状污水厂高效安全节能运行。

#### (2) 联合调度规模分析

借鉴罗亭等<sup>[7]</sup>的研究成果,规划期末应急状态下,污水厂最大一期外调污水量一部分通过非满管流污水管道进行短时调蓄,管网调蓄量为30%事故污水负荷,污水厂最大一期剩余70%需调配到水厂相邻一期和厂外调度进行平衡;近期按平衡水量进行外调。

超产能力(超过污水厂设计规模处理水量),综合考量污水处理厂设计时综合变化系数一般不小于1.3,同时根据苏平<sup>[8]</sup>在北京地区大型污水干管抢修等应急状态下,目标污水厂实际处理水量可达到设计处理能力的1.36倍,本研究考虑污水厂运行安全性留有富裕,应急状态下超产能力为设计规模的25%。

在确定关键参数的基础上,以郑州新区污水厂为例测算事故外调水量,郑州新区污水处理厂远期规划规模为100万m<sup>3</sup>/d,分两期建成,最大一期规模为65万m<sup>3</sup>/d,则最不利工况下应急处理规模为

45.5 万 m<sup>3</sup>/d。一期故障时,剩余二期的超产能力为 8.75 万 m<sup>3</sup>/d,事故外调规模为 36.75 万 m<sup>3</sup>/d。现状规模 65 万 m<sup>3</sup>/d,实际处理水量 88 万 t/d,近期

需外调水量为 23 万 m<sup>3</sup>/d(88 万-65 万 m<sup>3</sup>/d),各污水厂需外调的应急调度规模推测计算结果如表 3 所示。

表 3 污水厂调水规模测算结果

Tab. 3 Calculation Results of Water Diversion Scale of WWTP

单位:m<sup>3</sup>/d

污水厂名称	各期规模			现状 污水量	超产规模(超 产系数 0.25)	最不利工况 应急需求(0.7)	远期运行事故 外调水量	近期水量 平衡配水量	调度规模
	一期	二期	总规模						
郑州新区污水处理厂	65 万	35 万	100 万	88 万	8.75 万	45.5 万	36.75 万	-23 万	36.75 万
五龙口污水处理厂	10 万	10 万	20 万	11.5 万	2.5 万	7 万	4.5 万	+8.5 万	8.5 万
马头岗污水处理厂	30 万	30 万	60 万	68 万	7.5 万	21 万	13.5 万	-8 万	13.5 万
陈三桥污水处理厂	10 万	15 万	25 万	13.2 万	2 万	10.5 万	8.5 万	+11.8 万	8.5 万
双桥污水处理厂	20 万	40 万	60 万	18 万	5 万	28 万	23 万	+2 万	23 万
马寨污水处理厂	5 万	5 万	10 万	3 万	1.25 万	3.5 万	2.25 万	+2 万	2.25 万
南三环污水处理厂	10 万	0	10 万	7.5 万	1.25 万	3.5 万	2.25 万	+2.5 万	2.5 万
南曹污水处理厂	10 万	15 万	25 万	-	2.5 万	10.5 万	8 万	-	8 万

### 3.2 污水厂应急调度服务能力评估

污水处理厂对外服务能力规划期末为污水处理厂设计超产规模(25%),近期为满负荷运行不足水量。以陈三桥污水处理厂为例,测算设计应急调度服

务能力,陈三桥污水厂规模为 25 万 m<sup>3</sup>/d,远期超产规模为 6.25 万 m<sup>3</sup>/d,现状处理水量为 13.2 万 m<sup>3</sup>/d,近期能接受的外来污水量为 11.8 万 m<sup>3</sup>/d。各污水厂的应急调度服务能力测算结果如表 4 所示。

表 4 污水厂应急调度服务能力

Tab. 4 WWTP Emergency Controlling Service Capacity

单位:m<sup>3</sup>/d

污水厂名称	现状 污水量	近期 规模	近期超 产规模	近期设计 富余规模	近期应急调 度服务能力	远期 规模	远期超产 规模(25%)	远期应急调 度服务能力
郑州新区污水处理厂	88 万	65 万	16.25 万	-23 万	-6.75 万	100 万	25 万	25 万
五龙口污水处理厂	11.5 万	20 万	5 万	8.5 万	13.5 万	20 万	5 万	5 万
马头岗污水处理厂	68 万	60 万	15 万	-8 万	7 万	60 万	15 万	15 万
陈三桥污水处理厂	13.2 万	25 万	6.25 万	11.8 万	18.05 万	25 万	6.25 万	6.25 万
双桥污水处理厂	18 万	20 万	5 万	2 万	7 万	60 万	15 万	15 万
马寨污水处理厂	3 万	5 万	1.25 万	2 万	3.25 万	10 万	2.5 万	2.5 万
南三环污水处理厂	7.5 万	10 万	2.5 万	2.5 万	5 万	10 万	2.5 万	2.5 万
南曹污水处理厂	-	-	-	-	-	25 万	6.25 万	6.25 万

### 3.3 污水厂应急调度方案及模式

#### 3.3.1 污水厂应急调度方案

根据各污水厂及污水干管的规划布局,按经济合理、线路可行,在平衡各污水厂运行负荷及提高污水厂对外应急调度服务能力的基础上,制定各污水处理厂最大调配水量方案(表 5)。

#### 3.3.2 应急调度模式

郑州市要打造厂网一体化运行,使污水厂和污水管网相互协调,以确保污水系统安全及高效运行,其中统筹建设为厂网一体化运行的前提,协调运营

为其核心<sup>[1]</sup>。郑州市污水厂群联合调度主要措施是通过调整流域内现有干管系统和泵站的布局,将部分现状泵站改造为双向泵站,并在两座污水厂流域内的干管之间增加连通管道,将事故或超负荷污水厂局部服务流域内的污水,通过提升或重力自流转输到相邻污水厂的管网系统,形成网-网调度模式,充分发挥其均衡进厂水量、调整污水厂运行负荷的作用,保证污水厂和污水管网的高效、稳定运行。郑州市共建立了郑州新区与陈三桥、郑州新区与南三环、马头岗与郑州新区、五龙口与郑州新区、双桥

表5 各污水处理厂群间最大调度能力  
Tab. 5 Maximum Controlling Capacity of Each WWTPs Group

单位:  $m^3/d$

污水厂名称	调度服务能力	调度规模	郑州新区污水处理厂	五龙口污水处理厂	马头岗污水处理厂	陈三桥污水处理厂	双桥污水处理厂	马寨污水处理厂	南三环污水处理厂	南曹污水处理厂	最大调配量	
											调入	调出
郑州新区污水处理厂	25万	36.75万	-	-5万	-10万	-9万/ +8.5万	-	-	-5万/ +10万	+10万	28.5万	29万
五龙口污水处理厂	13.5万	8.5万	+5万	-	-	-	-5万/ +8万	-	-	-	13万	5万
马头岗污水处理厂	15万	13.5万	+15万	-	-	-10万	+2.7万	-	-	-	17.7万	10万
陈三桥污水处理厂	18.05万	8.5万	+9万/ -8.5万	-	-	+10万	-	-	-	-	19万	8.5万
双桥污水处理厂	15万	23万	-	+5万/ -8万	-2.7万	-	-	-5万/ +5万	-	-	13万	10万
马寨污水处理厂	3.25万	2.25万	-	-	-	-	+5万/ -5万	-	-	-	5万	5万
南三环污水处理厂	5万	2.5万	+5万/ -10万	-	-	-	-	-	-	-	5万	10万
南曹污水处理厂	6.25万	8万	-10万	-	-	-	-	-	-	-	-	10万

与马寨、马头岗与陈三桥、双桥与五龙口、双桥与马头岗、南曹与郑州新区九大调度系统,主要采用网-网调度模式,其中郑州新区与南三环、双桥与马寨、双桥与五龙口可实现双向调水。

### 3.3.3 应急调度方案

各调水通道涉及污水泵站的改造、扩容,并同步

完善下游连通枢纽干管<sup>[9]</sup>。根据各污水系统的污水干管布局、污水厂规划布局,在调度方向和调度水量的基础上制定了郑州市应急调度方案,其调度系统布局如图2所示。

①五龙口污水厂调水方案。五龙口污水厂目前低负荷运行,一期、二期检修或故障可自行消纳;远



图2 污水厂应急联合调度干管布局

Fig. 2 Layout of Joint Emergency Operation for Main Pipes of WWTPs

期满负荷运行时,可外调水量 5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,通过南阳寨泵站实现外调入双桥污水处理厂,改造南阳寨泵站为双向泵站可实现其功能。近期水量不足可通过郑州新区干管调入配水量 5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。

②马头岗污水厂调水方案。马头岗污水厂应急工况下设计厂外调水规模为 13.5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,马头岗污水厂应急状态下外调目标水厂为陈三桥污水厂。在马头岗污水厂中州大道污水干管魏河处设置泵站一座,规模为 10 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,出水沿魏河北岸敷设 d1500 污水管,重力流进入陈三桥污水厂。

③陈三桥污水厂调水方案。陈三桥污水厂目前二期进厂干管未实施完成,未通水,近期应急工况下不需要外调。远期满负荷运行时,需外调水量为 9 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。陈三桥污水处理厂相对独立,很难实现跨区域外调,可通过陈三桥二期服务郑州新区范围内 9 万  $\text{m}^3/\text{d}$  不进水,水量自行进入郑州新区污水厂。近期二期水量不足,可通过新区污水厂调配进入陈三桥污水厂,最大调配水量为 17.5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,此工程正在实施。

④南三环污水厂调水方案。远期满负荷运行时应急工况下外调水规模为 2.5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,通过其进厂 d1200 干管末端闸门井排入郑州新区污水厂中州大道干管系统。

⑤马寨污水厂调水方案。马寨污水厂满负荷应急工况下设计厂外调水规模为 2.25 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,应急状态下厂外调水目标为双桥污水厂,通过现状西四环泵站来实现。

⑥郑州新区污水厂调水方案。郑州新区污水厂远期应急工况下设计厂外调水规模为 36.75 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,近期需外水水量为 23 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,郑州新区污水厂外调水目标为五龙口污水处理厂 5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 、南三环污水处理厂 5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 、马头岗污水处理厂 15 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 、陈三桥污水处理厂 9 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,总的最大外调能力为 34 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,能满足近期超负荷和远期应急工况下的调度。往五龙口污水厂调水,通过郑州新区贾鲁河 d1100 截污管干管截留,设置泵站 5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,出水压力管沿纱厂明沟、嵩山北路敷设 DN800 钢管进入五龙口污水厂二期。往南三环污水厂调水,在郑州新区长江路 d1200 支干管末端截留,沿紫辰路敷设 d1200 污水管,重力流进入南三环污水厂进厂干管,最大调配能力为 5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,此方案正在实施。新区污水处理厂调配到马头岗污水处理厂,措施一:

利用现状张庄泵站,改造为 10 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,把新区污水厂郑汴路干管污水截留进入马头岗污水厂,泵站出水 DN1000 压力管,沿熊耳河东岸敷设,提升后进入马头岗中州大道 d1800 进厂干管。措施二:利用农业路泵站,规模为 5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,出水压力管沿龙湖外环路绿化带敷设,进入马头岗中州大道 d1800 进厂干管;新区污水处理厂调配进入陈三桥污水处理厂,在新区污水厂 d3000 进厂干管截留,沿京港澳高速辅道西侧、京港澳高速东侧敷设 d1650 钢筋混凝土管,重力流进入陈三桥污水处理厂二期,调配水量为 9 万  $\text{t}/\text{d}$ 。通过以上措施可实现郑州新区污水厂向各个污水厂分阶段联合调度。

⑦双桥污水厂调水方案。污水厂远期应急工况下厂外调水设计规模为 23 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,应急状态下设计向马寨污水处理厂调度污水 5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,改造现状西三环泵站为双向泵站,规模为 10 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,出水压力管 DN800 沿西四环绿地敷设进入马寨污水处理厂;双桥污水处理厂往五龙口污水处理厂调水可实现 8 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,通过南阳寨泵站,把高新区郁香路干管的污水调配入五龙口污水厂;利用双桥污水厂服务范围内江山路泵站,出水切改进入马头岗污水系统,实现双桥应急工况下往马头岗调水 2.7 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。但远期 3 个接纳水厂服务能力为 10.2 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,不能完全满足双桥水厂最大一期应急工况,只能加强污水厂管理,允许水厂一个系列检修,采用质量寿命较长的设备来弥补。

⑧南曹污水厂调水方案。南曹污水厂应急工况下设计厂外调水规模为 8 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。应急状态下,厂外调水设计目标为南三环和郑州新区污水厂。通过南曹中州大道泵站,出水切改到南三环中州大道污水干管,进入南三环污水处理厂,超过南三环污水厂服务能力的污水可通过中州大道连通闸门进入郑州新区污水厂中州大道污水干管,实现南曹、南三环、郑州新区污水厂的互联互通。调配组合为:南三环 2.5 万  $\text{m}^3/\text{d}$  和新区 5.5 万  $\text{m}^3/\text{d}$ ,或者全部进入新区污水处理厂。

### 3.4 联合调度管理的系统

郑州污水厂厂群联合调水方案的实施需要同步构建并完善污水厂与管网系统之间的联合调度机制<sup>[8]</sup>。建立一个厂群管理系统,由郑州市主管部门搭建厂网一体化运营平台,但联合调度系统所涉及的泵站、管网、污水厂的管理和运营部门往往是不同

的,这种管理机制的分散性将对实现污水厂间互联互通产生不利影响<sup>[3]</sup>。因此,需在联合调度系统上引进更完善的联合调度机制,协调相关的污水管理及运营单位,明确调度规则、调度任务和相应时间。当污水厂和管网发生事故预警时,其运营单位需要及时在平台上发起污水调度申请,在主管部门接到申请后,根据应急预案快速响应调度程序,增强污水系统韧性,降低环境污染风险。

#### 4 结语

城市污水系统联合调度,关系到一个城市污水系统韧性安全和可持续发展战略,是每座城市发展必须慎重考虑的问题。本研究以郑州市污水厂群联合调度为例,结合郑州市平原城市特点,以期科学指导后续污水系统规划和建设。

(1)污水厂群应急联合调度的建立可以有效解决污水厂负荷不均衡现象,提高设施利用率;解决污水系统应急状态溢流污染,提高污水系统韧性。

(2)污水厂应急状态为规划期末最大一期运行状态外调水量,通过管网 30% 进行短时调蓄,剩余 70% 调配到相邻污水处理厂;污水厂超产能力(接受外来污水)为设计规模的 25%。

(3)在现状污水系统基础上,结合现状地形,采用重力调水和优先利用现状泵站达到线路最优、投资节省、运行费用最低的特点,提出郑州市污水厂群应急调度模式和调度措施。

联合调度工程的实现提高了污水处理厂应对突发事件的韧性,通过厂群联合调度机制,各污水系统协同合作处理污水,实现部分污水跨流域调配,均衡各污水厂的运行负荷,以达到降低污水厂的超负荷运行压力,增强应急服务能力,防范化解城市污水系统运行风险的目的。

#### 参考文献

- [ 1 ] 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 J. Research and practice on integrated operation mode of plant network of urban drainage system[J]. Water & Wastewater engineering, 2016, 42(10): 47-51.
- [ 2 ] 陈锦全, 汤钟. 韧性城市背景下构建区域韧性污水系统的探索与实践[J]. 净水技术, 2021, 40(8): 120-125.  
CHEN J Q, TANG Z. Exploration and practice on construction of regional resilient wastewater system under the background of resilient city[J]. Water Purification Technology, 2021, 40(8): 120-125.
- [ 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, 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, 2018, 36(4): 520-523.
- [ 4 ] 梁向锋, 黄飞, 孙希法, 等. 智慧排水系统建设创新思考[J]. 河南科技, 2021(1): 89-91.  
LIANG X F, HUANG F, SUN X F, et al. Innovative thinking on the construction of intelligent drainage system [ J ]. Henan Science and Technology, 2021(1): 89-91.
- [ 5 ] 赵印, 姜涛, 陈兵. 智慧城市排水管网云服务系统设计与实现[J]. 中国给水排水, 2017, 33(5): 99-103.  
ZHAO Y, JIANG T, CHEN B. Design and implementation of cloud management system for smart city drainage system [ J ]. China Water & Wastewater, 2017, 33(5): 99-103.
- [ 6 ] 侯良洁, 李慧颖, 袁玉霞, 等. 应对污水量不均衡与变化的污水管网运行措施[J]. 给水排水, 2011, 37(3): 96-99.  
HOU L J, LI H Y, YUAN Y X, et al. Draingare pipe network operation measuirs to cope with unbalanced and variable sewerage quantity [ J ]. Water & Wastewater Engineering, 2011, 37(3): 96-99.
- [ 7 ] 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): 17-23.  
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): 17-23.
- [ 8 ] 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 P. Upgrading and reconstruction of existing wastewater traatment plant and optimization of production and operation control during the construction [ J ]. Water Purification Technology, 2017, 36(8): 105-109.
- [ 9 ] 王强, 文字立, 叶维丽, 等. 我国污水处理设施的发展现状及存在问题研究[J]. 环境保护科学, 2015, 41(6): 9-14.  
WANG Q, WEN Y L, YE W L, et al. Research of the status and problems of sewage treatment facility development in China [ J ]. Environmental Protection Science, 2015, 41(6): 9-14.