

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.12.007

全域理念下的宿迁市中心西南片区水环境治理

孙广东¹, 田川¹, 王以超², 周川³, 陈登祥², 孙跃²,
付晓旭², 赵伟业³

(1. 中国城市规划设计研究院, 北京 100044; 2. 宿迁市住房和城乡建设局, 江苏 宿迁 223800; 3. 北京市市政工程设计研究总院有限公司, 北京 100082)

摘要: 为提高宿迁市中心西南片区水环境质量,在已有黑臭水体治理经验的基础上,转变被动治水思维,对西南片区流域水环境开展系统化治理。在“全域规划、全域设计、全域配套、全域修复、全域清流”的“五全理念”指引下,以问题、目标双导向,对片区河道污染负荷量及纳污能力进行测算,制定水质达标策略;通过河道生态需水量供需平衡调度研究,布局活水循环方案。从河道水系和排水管网等两大系统着手,积极开展了水环境综合整治的宿迁实践。

关键词: 水环境综合整治; 河道纳污能力; 生态基流; 活水循环

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)12-0042-06

Water Environment Governance in Suqian Southwest Area under the Whole Basin Concept

SUN Guang-dong¹, TIAN Chuan¹, WANG Yi-chao², ZHOU Chuan³,
CHEN Deng-xiang², SUN Yue², FU Xiao-xu², ZHAO Wei-ye³

(1. China Academy of Urban Planning & Design, Beijing 100044, China; 2. Suqian Housing and Urban-Rural Development Bureau, Suqian 223800, China; 3. Beijing General Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Beijing 100082, China)

Abstract: In order to improve the water environment quality in the southwest area of central Suqian, based on the experience of black and odorous water body treatment, systematical treatment was carried out in place of the passive water management thought. Guided by the “five whole concept” of “whole basin planning, design, support, restoration, and clean flow” and orientated dually by problems and goals, the pollution load of the river channels and the river carrying capacity is calculated, and the water quality compliance strategy is formed. Though research on the balance of supply and demand for river ecological water demand, the plan for the circulation of flowing water is laid out. Starting from the two major systems of river and the drainage pipe network, the practice of comprehensive water environment governance has been actively carried out in Suqian.

Key words: water environment comprehensive governance; river carrying capacity; ecological base flow; flowing water cycle

在区域社会经济发展中,为优先保障生产生活用水,环境用水往往被挤占,同时存在取水排污行为,导致出现水生态基流不足、水环境变差等一系列

水环境问题^[1]。《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》等文件出台以来,我国地级及以上城市建成区基本实现黑臭水体消除,城市水环

境质量得到有效改善。在“绿水青山就是金山银山”的生态文明思想指导下,应巩固既有水环境治理成果,进一步弥补城市水环境与居民的期望之间的差距。城市流域水环境综合治理成为保障城市高质量发展的重要举措。

宿迁作为南水北调节点城市,城区水环境质量直接关系到国家“一泓清水北上”的大局。作为全国第二批黑臭水体治理示范城市,宿迁有着丰富的黑臭水体治理经验。为进一步提升中心城市水环境质量,当地于2020年主动谋划了西南片区流域水环境系统综合治理工作。从流域视角,梳理了西南片区水环境综合整治思路,定量分析了水环境达标、保持改善的实施路径,总结了水环境治理推进模式,可为其他地区流域水环境治理提供借鉴。

1 区域基础条件分析

1.1 区域基本概况

宿迁市中心西南片区北靠骆马湖,东临中运河,共有西民便河、东沙河、清水河等26条水系,总长约236 km。片区水系密度为1 km/km²,水面率为4.26%。

近年来,随着皂河干渠、七堡枢纽、船行干渠等调水工程的相继实施,形成骆马湖、中运河两大水源补给格局。其中,由七堡枢纽将骆马湖水向古黄河、西民便河补水,年均补水量约4 200×10⁴ m³/a;由皂河电灌站将中运河水向古黄河、九支沟补水,年均补水量约2 100×10⁴ m³/a;由船行干渠将中运河水向古黄河、船行灌溉支渠引水,用于灌溉、生态补水,取水指标约16 851×10⁴ m³/a。

1.2 现状问题分析

① 河道外源污染持续

污水入河现象仍持续存在。西南片区已全面消除污水管网空白区,但由于管网私搭乱接、混错接等原因,经摸查沿河550余处排口,约115处排口旱天有污水冒出,占排口的20%。其污染物主要来源于企业排污、居民生活污水等。通过对河道水质监测发现:除皂河干渠、船行干渠、古黄河等3条河道外,其他河道在枯水季节COD、氨氮等主要水质指标为劣V类,距2025年稳定达到V类水的目标还存在一定差距。

污水收集处理能力需进一步提升。现状城市生活污水集中收集率约50.7%,达到2021年既定的

40%目标,且在苏北地区领先周边城市,但与江苏南部的苏州、南通、镇江等城市现状70%~94%的污水集中收集率相比仍有较大差距。随着西南片区的发展以及污水收集率的提高,污水处理量将持续增长。3座现状污水处理厂原位扩建已无用地,需规划布局新的污水处理厂,同时对现有的“3厂15站+9横12纵污水主干管道”系统进行优化。

② 河道生态水量不足

来水可靠性较低。现状河道水源有骆马湖、中运河,但受水位高差影响,当骆马湖水水位低于21.83 m时,七堡枢纽引水困难,无法向古黄河、西民便河补水;受非灌溉季节限制,皂河干渠无法向古黄河补水,导致现状水源可用不可靠、保障率不高。同时,中心城市西民便河、九支沟、为民河等河道流域面积较小,本地产水少,河道天然来水量不足。

水资源约束趋紧。根据最严格水资源管理制度要求,2020年全市用水量不超过30.03×10⁸ m³,2030年不超过30.83×10⁸ m³。根据宿迁市2020年水资源公报,全市供水总量24.04×10⁸ m³,全市总用水量已接近上限值。西南片区非常规水源利用量较低,再生水回用量不足10%。

③ 河道生态系统退化

局部河段淤积严重。西南片区河道均存在不同程度淤积,平均淤泥深度为0.2~0.7 m。城市河道淤泥含有氮磷营养盐、重金属、有机物以及复合污染物等,对河道水质影响较大^[2-3]。部分河道淤积严重,导致水系连通性差,水源补水不畅,同时对汛期河道排涝也有着重要影响。

河道自我修复能力变差。当前建成区的河道驳岸以人工刚性驳岸为主,部分区段分布人工生态驳岸;自然生态驳岸主要分布在城区外围。健康的河流生态系统有较强的自我调节修复能力^[4]。随着城市建设的发展,区域对河流生态系统的支撑和影响因素处于不断的变化之中,城区段河道对外界的抗干扰能力也随之变弱。

2 流域水环境综合整治策略

2.1 总体整治思路

当前水环境问题越发呈现流域性、结构性、复合性和长期性特点,尤其是宿迁这种城市快速发展的平原河网地区^[5-7],因此,需要遵循水文循环和污染物迁移转化的客观规律,以流域为单元,按照

污染外源控制、水质改善提标、生态自净恢复等水环境治理步骤,进行系统性综合治理。

基于对流域污染物负荷、水体纳污能力及河道生态基流量等测算分析,结合宿迁地域水情特征,针对识别出的关键性污染因子,从水环境、水资源、水生态、水安全等角度出发,制定流域系统性综合治理方案(见图1)。其中,水资源重点考虑生态补水,水环境重点考虑截污治理,水生态重点考虑河道生态系统构建,水安全重点考虑河道排涝疏浚。

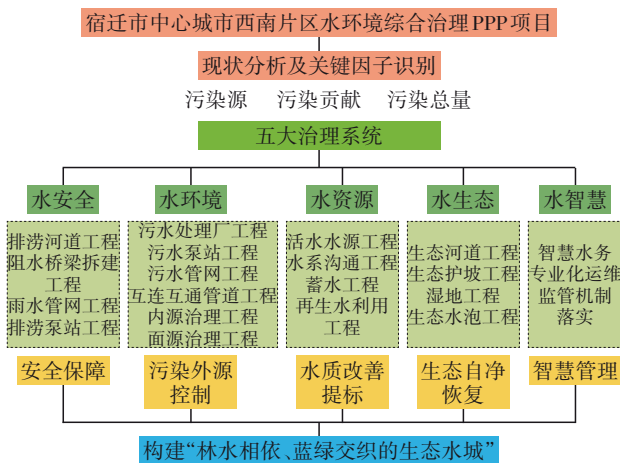


图1 西南片区水环境综合治理技术路线

Fig.1 Technology roadmap for comprehensive water environment management in the southwest area

2.2 水环境达标保持论证

2.2.1 水质达标分析

基于污染物排放与受纳水体水质有一定响应关系,按照污染物排放总量控制原则,对西南片区水体纳污能力进行测算,并以此作为水体达标治理的参考依据^[8]。水体纳污能力大小由水功能区水质目标、来水情况、河流断面类型、综合衰减系数以及污染物入河方式等因素共同决定^[9]。计算公式包含零维、一维和二维数学模型^[10]。根据西南片区河道宽度与不均匀系数等情况,选择一维水质模型进行纳污能力计算。采用对水环境质量影响较为重要的COD、氨氮作为水体污染物的控制指标。经计算,西南片区河道COD允许纳污能力总量约为3 889.47 t/a,氨氮允许纳污能力总量约为180.43 t/a。

将西南片区河道水质影响因素分为散排入河污水、污水厂尾水、农业面源污染、初期雨水径流污染、河道内源污染等类型,对入河污染负荷量进行测算。经计算,西南片区入河COD污染负荷量约为

4 626.08 t/a,氨氮污染负荷量约为430.51 t/a。可见,COD超出河道纳污能力约736.61 t/a,氨氮超出河道纳污能力约250.08 t/a(见表1)。

表1 整治前西南片区河道纳污能力测算

Tab.1 Calculation of the pollution carrying capacity of the river in the southwest area before renovation $t \cdot a^{-1}$

项 目	污染负荷量	
	COD	氨氮
散排点源污染	625.26	71.65
污水厂点源污染	1 916.25	191.63
农业面源污染	137.58	27.52
雨水径流污染	1 768.60	123.80
河道内源污染	178.39	15.91
以上合计	4 626.08	430.51
现状河道纳污能力	3 889.47	180.43
超河道纳污能力	736.61	250.08

按照水体水质主要指标(COD、氨氮)达到V类水标准,对河道纳污能力进行计算,西南片区河道COD允许纳污能力总量约3 889.47 t/a,氨氮允许纳污能力总量约180.43 t/a。根据污染物类型与特征,需分类制定污染削减控制工程。

以入河问题排口为溯源点,将所服务的排水分区作为重点普查对象,溯源排查有关小区/企业等接入市政关系的排放点。完善西南片区污水收集、处理系统,新建污水处理厂1座,并配套污水管网主干管,优化形成“4厂17站+10横14纵污水主干管网”系统。

污水处理厂对解决和缓解城市水污染问题发挥了积极的作用,但由于其自身的特殊性,污水处理厂在改善城市环境的同时,又对周边水环境造成不同程度的影响^[11]。建设污水处理厂尾水生态净化湿地,将新建的经开区污水厂尾水水质提升至地表IV类水标准,进而减轻污水处理厂出水对河道水质的影响。

对河道内源底泥进行清运以及护岸疏浚、生态化改造,河道综合整治约60 km,占西南片区水系长度的25%。在削减内源污染的同时,提升河道排涝能力,增强对沿线初期雨水径流污染物的削减效果。

经过控源截污、再生水回用、河道生态海绵化建设、底泥疏浚等一系列整治工程,西南片区入河COD污染负荷量约1 445.57 t/a,氨氮污染负荷量约87.08 t/a,通过对河道纳污能力复核,入河污染负荷

量在排放限值内(见表2)。

表2 整治后的西南片区河道纳污能力测算

Tab.2 Calculation of the pollution carrying capacity of the river in the southwest area after renovation

项 目	污染负荷量	
	COD	氨氮
散排点源污染	0	0
污水厂点源污染	821.25	24.64
农业面源污染	137.58	27.52
雨水径流污染	442.15	30.95
河道内源污染	44.59	3.97
以上合计	1 445.57	87.08
现状河道纳污能力	3 889.47	180.43
超河道纳污能力	-2 443.90	-93.35

2.2.2 水质保持方案

加强流域内的水资源合理利用,借助河道上下游联合调度,确保河道生态蓄水量满足,是保障水生态环境的重要举措。西南片区内河道基流外来补水水源主要包括降雨径流、中运河、骆马湖、再生水回用水等。生态基流的计算方法一般可分为水文学法、水力学法、生境模拟法和整体法四大类^[12]。根据《河湖生态需水评估导则(试行)》(SL/Z 479—2010),参考水文学、水力学等方法,考虑到西南片区为平原河网地区,具体采用 Tennant 法、生态水深—流速法、面积类比法、换水率法等方法测算河流生态需水量,测算结果分别为 $3\,801\times 10^4$ 、 $10\,563\times 10^4$ 、 $14\,595\times 10^4$ 、 $12\,600\times 10^4\text{ m}^3/\text{a}$,则西南片区生态需水量取平均值为 $10\,389\times 10^4\text{ m}^3/\text{a}$ 。

在降雨径流上,综合考虑降雨对径流、蒸发、入渗等方面的影响,对河道可作为基流补水的降雨利用量按日降雨量大于 10 mm 考虑。对宿迁闸雨量站 2011 年—2015 年的数据进行统计,平均每年降雨天数为 86 d,日降雨量大于 10 mm 的天数占 26%,则补充河道水量约为 $1\,235 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

在调水工程上,皂河灌区、七堡枢纽对西南片区河道现状补水量为 $6\,300 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。由于以上水源引水指标受总额约束,原路线的调水工程规模扩建意义不大。随着节水型社会的建设,在《宿迁市生态河湖行动计划(2018—2020年)》等系列节水文件中,提出近期当地灌溉水利用系数将由 0.55 提高至 0.60。现有的船行灌区调水工程设计灌溉面积为 $21\,333.3 \text{ hm}^2$ (32 万亩),一般干旱年农田毛灌溉

定额为 $12\,450\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ($830\text{ m}^3/\text{亩}$), 则船行灌区灌溉可减少用水量 $4\,024\times 10^4\text{ m}^3/\text{a}$, 灌区节约水量可优先用于生活、工业用水, 生态补水按灌区节约水量 25% 考虑, 可供水量为 $1\,006\times 10^4\text{ m}^3/\text{a}$ 。

为解决西南片区的河道生态基流不足的问题,加强对城市污水资源化的研究与再利用,在《宿迁市中心城市再生水利用专项规划(2016—2030)》中,已将城南、城北污水处理厂尾水规划用于古黄河生态补水,规模分别为 2.0×10^4 、 $1.5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。由于新建的经开区污水厂的尾水湿地净化水量规模为 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,则年均生态补水量为 $3.102 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。

通过以上测算,西南片区年引水、活水水量可达 $11\,643 \times 10^4 \text{ m}^3$,满足所测算的生态需水量平均值。

中心城市西南片区地势西高东低、北高南低,河道单次补水后,大部分汇入西民便河,排入洪泽湖,水资源利用率不高。为进一步加强西南片区水质保障,在西民便河下游城外刘桥闸处建设生态蓄水工程,配套建设提升泵站,将西民便河蓄水提升至古黄河。利用古黄河地势比周边地块高、多级控制蓄水的特点,在上游通过连通河道向西民便河、十支沟、为民河补水,实现城区水系内循环。

在以上水源工程以及水系连通工程的布局下,最终形成如图2所示的调水布局。



图2 宿迁市中心城市西南片区水系调水布局

Fig.2 Distribution of water diversion system in the southwest area of Suqian

主要包括:①以皂河灌区、七堡枢纽、船行灌区调水以及再生水作为河道生态基流的水源;②以西民便河、十支沟、为民河为补水通道,向城区横向河

道补水;③西民便河至古黄河、古黄河至城区的水系内循环。

为使河道生态系统趋于稳定,通过河道多维空间优化、柔性河岸设计、多功能生境构建以及恢复植被和动物区系等人工辅助手段,同时融入海绵城市理念,恢复河岸生境异质性和生物多样性,利用生态自组织能力,增强河道自净能力。

3 水环境综合整治的再思考

3.1 规划引领,系统施策

在水环境整治之初,首先开展片区管网的摸底普查,找准管网混错接点位、管网破损段,为河道的控源截污、片区污水提质增效做好前期铺垫。其次,系统编制专项规划,发挥规划的引领作用。论证污水系统优化方案,编制了排水系统专项规划;优化河道蓄水位方案,提升排水防涝体系,编制了河道水系统专项规划;为提升河道品质,构建城市生态绿廊,编制了水环境综合整治规划。

在以上工作的基础上,以解决西南片区治污、治涝等突出问题为导向,综合各规划的治理方案,编制了水环境综合整治项目可行性研究报告,从河道水系和排水管网两大系统着手,推进整治项目的落地实施。

3.2 流域打包,统筹推进

在项目设计层面,按照“全域规划、全域设计、全域配套、全域修复、全域清流”的“五全理念”,系统化全域协同推进示范项目建设,统筹推进城市水环境治理、污水处理提质增效、排水防涝能力提升、海绵城市建设等工作。

在项目实施层面,将河道排口截污整治、护岸生态化打造、河道清淤疏浚、节点调度设施的建设工程,以河道为整体,对实施工程综合打包。

3.3 政企联动,融资建设

一般河道综合整治范围广、实施项目多、建设时间紧张、投资预算额度大,在财政收入有限的条件下,难以集中调配所需全部资金,通过PPP融资模式,引进外地资本雄厚、技术力量卓越、国企身份保障的水务公司,构建当地政府与外地社会资本合作共赢平台。

以水务公司、设计单位、建设单位组成联合体的形式进场,对项目整体的投资、设计、建设、运维采用一次性招标,以减少交易环节,降低交易

成本。

3.4 绩效监管,跟踪运维

以水环境、水生态、水安全目标为导向,对引进的资本方进行绩效考核,从而保证工程项目实施效果始终不偏离水环境综合整治的主线。

为了确保市政管网基础设施“有人管、有钱管”,逐步分期,将管网、河道、污水处理厂等市政基础设施移交给资本方的专业运维团队管理。在运维期间,对发现的局部路段管网塌陷、混错接、内涝积水等问题,按照即知即改的原则,制定改造方案,为实现全市“厂-网-河一体化”运营奠定了坚实基础。

4 结论

在全域理念推动下,从河道水环境的源头出发,遵循水文循环和污染物质迁移转化的客观规律,以流域为单元实施宿迁市中心西南片区水环境综合整治项目,为宿迁市高质量发展奠定基础,也为其他地区流域水环境治理提供参考。

① 找准污染外源控制是水环境巩固的前提。首先,选择适宜于西南片区河道的一维水质模型,对片区水环境纳污能力进行计算;其次,识别出散排点源污染、污水厂点源污染、河道内源污染等关键性污染因素,并对其污染贡献度进行测算;最后,在入河污染物排放总量控制原则下,以控源截污、再生水回用、河道生态海绵化建设、底泥疏浚等措施加强对入河污染外源控制,使得片区水质达标迈出重要一步。

② 加强河道基流保障是水环境改善的重点。首先,通过水文学、水力学等生态基流计算方法,对片区河流生态需水量进行测算;其次,在供需平衡原则下,对降雨径流、再生水回用水、灌区补水等外来水源量进行分析与规划调度,确保河道生态蓄水量满足;最后,基于片区河道水系布局特点,构建城区水系内循环通道,同步加强河道生态自净恢复,使得片区水质保持得到良好巩固。

③ 系统化协同建设是治理成果见效的关键。首先,开展片区管网、水系等系统研究,发挥规划引领作用;其次,以流域河道打包形式,统筹推进项目设计、施工;最后,积极与水务公司合作,借助社会资本与专业能力,使得片区水环境治理工作得到高效开展。

参考文献:

- [1] 胡洪营,孙迎雪,陈卓,等. 城市水环境治理面临的课题与长效治理模式[J]. 环境工程, 2019, 37(10): 6-15.
HU Hongying, SUN Yingxue, CHEN Zhuo, *et al.* Topics and long-term governance model of urban water environment governance [J]. Environmental Engineering, 2019, 37(10): 6-15 (in Chinese).
- [2] 林莉,李青云,吴敏. 河湖疏浚底泥无害化处理和资源化利用研究进展[J]. 长江科学院院报, 2014, 31(10): 80-88.
LIN Li, LI Qingyun, WU Min. Advance in research on harmless treatment and resource utilization of dredged sediment of rivers and lakes [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2014, 31(10): 80-88 (in Chinese).
- [3] 文国来,马永志,王婷. 河道清淤及淤泥制混凝土砌块技术——以深圳坪山河综合整治工程为例[J]. 环境工程, 2018, 36(12): 34-37, 42.
WEN Guolai, MA Yongzhi, WANG Ting. Urban river dredging and sludge-cement blocks making: a case study in Shenzhen Pingshan River [J]. Environmental Engineering, 2018, 36(12): 34-37, 42 (in Chinese).
- [4] 康丽娟. 典型河道生态修复工程探析[J]. 环境生态学, 2021, 3(2): 43-46, 52.
KANG Lijuan. Analysis of typical river ecological restoration project [J]. Environmental Ecology, 2021, 3(2): 43-46, 52 (in Chinese).
- [5] 崔海波. 流域水环境安全防控评价指标体系[D]. 济南: 山东大学, 2015.
CUI Haibo. The Assessment Index System of the Prevention and Control System of the Basin Water Environment Security [D]. Jinan: Shandong University, 2015 (in Chinese).
- [6] 钟胜财,胡婷,郑小燕,等. 生态文明背景下平原地区中小流域水系生态修复实践应用[J]. 环境生态学, 2021, 3(7): 49-55.
ZHONG Shengcai, HU Ting, ZHENG Xiaoyan, *et al.* Practice and application to ecological restoration of river networks in medium and small catchments in plain area under the background of ecological civilization [J]. Environmental Ecology, 2021, 3(7): 49-55 (in Chinese).
- [7] 刘翔,李森,周方,等. 城市水环境综合整治工程原理与系统方法[J]. 环境工程, 2019, 37(10): 1-5, 15.
LIU Xiang, LI Miao, ZHOU Fang, *et al.* Principles and systematic methods of urban water environment comprehensive treatment projects [J]. Environmental Engineering, 2019, 37(10): 1-5, 15 (in Chinese).
- [8] 韩文辉,党晋华,赵颖,等. 流域水质目标管理技术研究概述[J]. 环境与可持续发展, 2020, 45(5): 133-137.
HAN Wenhui, DANG Jinhua, ZHAO Ying, *et al.* Research summary on the basin water quality target management technique [J]. Environment and Sustainable Development, 2020, 45(5): 133-137 (in Chinese).
- [9] 孟冲. 基于水环境纳污能力的流域污染物总量控制研究[D]. 北京: 华北电力大学, 2018.
MENG Chong. Research on Toal Waste Load Control Based on Water Environment Capacity [D]. Beijing: North China Electric Power University, 2018 (in Chinese).
- [10] 董飞,彭文启,刘晓波,等. 河流流域水环境容量计算研究[J]. 水利水电技术, 2012, 43(12): 9-14, 31.
DONG Fei, PENG Wenqi, LIU Xiaobo, *et al.* Study on calculation of water environmental capacity of river basin [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2012, 43(12): 9-14, 31 (in Chinese).
- [11] 桂红艳. 城市污水处理厂对周边环境污染防治初步研究[D]. 广州: 中国科学院研究生院(广州地球化学研究所), 2007.
GUI Hongyan. Study on Pollution and Remediation of Circumjacent Environment of Municipal Wastewater Treatment Plant [D]. Guangzhou: University of Chinese Academy of Sciences (Guangzhou Institute of Geochemistry), 2007 (in Chinese).
- [12] 徐宗学,李鹏,侯昕玥. 河道生态基流理论基础与计算方法研究[J]. 人民黄河, 2019, 41(10): 119-127.
XU Zongxue, LI Peng, HOU Xinyue. Theoretical basis and estimation method for ecological base-flow [J]. Yellow River, 2019, 41(10): 119-127 (in Chinese).

作者简介: 孙广东(1993-),男,山东滕州人,硕士,工程师,主要研究方向为水环境治理、防洪排涝、海绵城市、污水提质增效等。

E-mail: 1228433155@qq.com

收稿日期: 2022-04-29

修回日期: 2022-05-04

(编辑: 衣春敏)