

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2025.18.002

长江大保护背景下中小城市污水处理提质增效的思考

罗 坤^{1,2}, 吴从林^{1,2}

(1. 流域水安全保障湖北省重点实验室, 湖北 武汉 430010; 2. 长江勘测规划设计研究
有限责任公司, 湖北 武汉 430010)

摘 要: 推进污水处理提质增效, 实现生活污水“全覆盖、全收集、全处理”是改善长江流域生态环境质量的重要举措, 也是共抓长江大保护的重要内容。通过回顾长江经济带多个中小城市污水处理提质增效和水环境治理工程实践, 对项目工程目标、本底调查、方案制定、质量管控、运维管理等方面的关键点进行了总结和思考。研究认为, 实现污水处理提质增效不仅需要各参建方在工程全阶段做好本职工作, 更需要地方政府高位推进、靠前指挥, 在合理制定工程目标的基础上, 系统考虑工程建设内容和工程施工时序, 建立排查、设计、施工的正向反馈机制, 严格工程质量的检测和验收。

关键词: 长江经济带; 污水处理; 提质增效; 城市生活污水集中收集率

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2025)18-0008-06

Reflections on the Quality and Efficiency Improvement of Municipal Wastewater Treatment in Small and Medium-sized Cities under the Background of Yangtze River Protection

LUO Kun^{1,2}, WU Cong-lin^{1,2}

(1. Hubei Key Laboratory of Basin Water Security, Wuhan 430010, China; 2. Changjiang Survey, Planning, Design and Research Co. Ltd., Wuhan 430010, China)

Abstract: Promoting the quality and efficiency improvement of municipal wastewater treatment to achieve “full coverage, full collection, and full treatment” of municipal wastewater is not only an important measure to improve the ecological environment quality of the Yangtze River basin but also a crucial component of the Yangtze River protection. By reviewing the practice of quality and efficiency improvement of municipal wastewater treatment and water environment treatment projects in multiple small and medium-sized cities within the Yangtze River economic belt, key points such as project objectives, wastewater pipe network investigation, plan formulation, quality control, and maintenance management were summarized and reflected upon. The quality and efficiency improvement of municipal wastewater treatment requires not only all participating parties to perform their roles effectively throughout the entire project stage, but also necessitates high-level promotion and coordination by local governments. On the basis of reasonably setting project goals, it was important to consider the construction content and timing of the project systematically, and establish a coordinated positive

基金项目: 长江生态环境保护修复联合研究资助项目(2022-LHYJ-02-0302)

通信作者: 吴从林 E-mail: wuconglin@cjwsjy.com.cn

feedback mechanism for investigation, design, and construction, and strictly monitor and acceptance check for the project quality.

Key words: Yangtze River economic belt; wastewater treatment; quality and efficiency improvement; centralized collection rate of municipal wastewater

推进城镇污水处理提质增效、实现生活污水“全覆盖、全收集、全处理”是改善长江流域生态环境质量的重要举措,也是共抓长江大保护的重要内容。截至2021年,我国设市城市污水管道和雨水管道长度分别增至 $36.68 \times 10^4 \text{ km}$ 和 $33.48 \times 10^4 \text{ km}$,建成区管网密度达到 12 km/km^2 。然而,污水管网的快速建设并未带来效能的显著提升,尤其是中小城市,由于其在治理目标、建设时序、资金安排和工程措施上缺乏系统性认识,污水处理提质增效的整体效果有限,大量污水处理厂进水 BOD_5 仍不足 100 mg/L ,水体返黑返臭的问题也时有发生^[1-2]。基于笔者近年来在荆州、钟祥、南昌经开区、江阴、六安、芜湖等中小城市(城市新区)和长江大保护试点城市开展的污水处理提质增效和水环境治理工程实践,对中小城市污水处理提质增效的要点进行了系统性总结和思考,以期污水处理提质增效和水环境治理工程提供借鉴。

1 中小城市污水处理提质增效的主要问题

1.1 资金投入与治理目标要求不协调

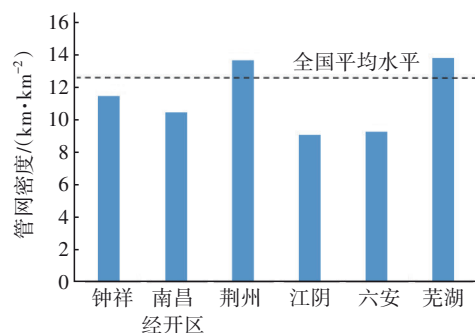
自《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》印发以来,排水行业逐步实现了由污水处理向污水收集、由水量处理向污染物处理的转变,城镇生活污水集中收集率和污水处理厂进水污染物浓度成为各方关注的焦点^[1]。在此背景下,长江经济带各省市也针对污水收集处理提出了较高的要求,其中污水集中收集率达到70%和进水 $\text{BOD}_5 > 100 \text{ mg/L}$ 成为考核的关键性指标。

然而,自2014年政府和社会资本合作(PPP)实施以来,大部分中小城市PPP项目财政支出占比已达到或濒临10%的控制红线;2023年,PPP模式的暂停进一步加剧了水环境项目的资金困境。根据笔者对钟祥、南昌经开区、荆州、江阴等城市污水处理提质增效项目投资强度的统计,中小城市中心城区单位面积投资强度仅为 $0.07 \sim 0.15 \text{ 亿元/km}^2$,远低于大中城市同类项目投资强度,导致中小城市实际资金投入与政策要求治理目标不协调。

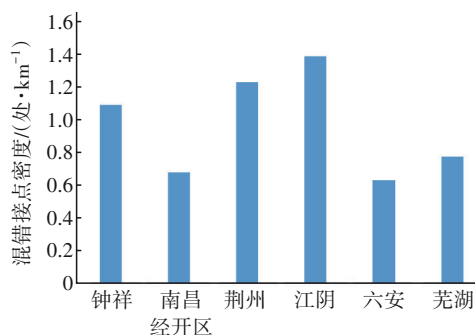
1.2 管道底数和运行情况不清

排水管网的排查与检测是污水系统提质增效的前提,完整的管网拓扑关系和精准的管道问题诊断对科学制定提质增效系统方案至关重要^[3]。我国大部分城市尤其是中小城市的排水管网建设年代久远,排水管网运行管理水平普遍较低,仍然沿用传统的依靠图纸甚至老工人记忆和经验的管理模式,对管道底数和运行情况并不掌握,亟须广泛开展管网排查与检测,建立准确反映设施现状的“一张图”^[2]。

对长江沿线钟祥、荆州、南昌经开区、江阴等中小城市(城市新区)以及六安、芜湖等长江大保护试点城市的污水管网本底情况进行了调查,结果见图1。可以发现,长江沿线中小城市管网密度虽然与全国平均水平无显著差异,但在管道混错接点密度、管道缺陷密度和三、四级缺陷占比方面普遍高于六安、芜湖等长江大保护试点城市,表明中小城市管网系统本底调查和整治难度更大。



a. 管网密度



b. 混错接点密度

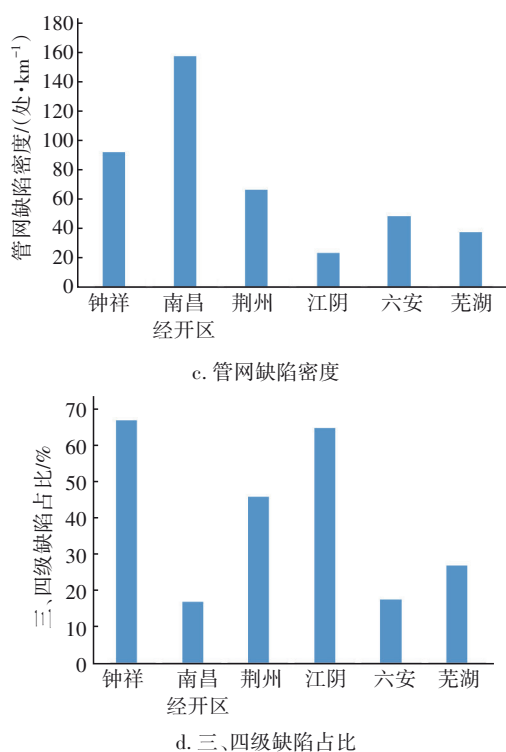


图1 长江沿线部分中小城市(城市新区)管网概况

Fig.1 Pipe network in some small and medium-sized cities (urban new area) along the Yangtze River

1.3 工程治水向系统治水思路转变不到位

排水管网不完善、设施运行维护不规范、污水处理设施能力不足和效能低是城市水体黑臭的最重要原因,也是城市市政基础设施补短板的核心内容^[2]。理论上,实施污水处理提质增效,实现污水管网全覆盖、全收集、全处理,消除污水直排,大幅降低入河污染负荷,可有效解决水体黑臭问题。实际上,随着环保政策的密集出台,环保要求越来越高,很多城市面临的环保督察压力也越来越大,面对黑臭水体首先考虑“一截了之”,对水体沿线排放口或可能的污水排放行为直接截流至市政污水管网,导致下游管网或污水处理厂前溢流。

目前,国内大多数中小城市受到考核目标与资金条件的限制,在践行提质增效过程中普遍缺乏源头-过程-末端的系统治理思维,部分城市以雨污分流改造为重点,部分城市聚焦末端截污,部分城市着力解决外水入渗/倒灌问题,虽然取得了一定成效,但整体效果有限^[4]。

1.4 管网施工质量难以保障

施工质量控制是污水处理提质增效工程的最后环节。管网项目具有点多面广线长、隐蔽工程

多、工期短、环节转换快等特点,传统的“人盯人”方式易造成现场监理和施工人员难以兼顾每个作业面,普遍存在过程和工序验收走过场、管理效率低、施工质量难以保证等问题。同时,建筑行业新建和存量管网所用管材品类繁多,管材质量参差不齐,也给工程建设质量带来一定的影响。据调查,近15年来我国中小城市建设运行的排水管道有很大一部分存在严重的质量问题^[5]。当前,相关设计规范只规定了管材的最低要求,如果仅按规范要求设计可能出现不经济或不合理的情况,只有选择符合项目功能需求和区域地质条件的管材,才能降低工程建设质量的长期风险隐患。

1.5 运维管理缺乏长效机制,管理机构庞杂

目前,我国大多数城市的污水处理厂与排水管网仍由不同单位运营管理,极大制约了污水处理提质增效工程的实施和推进。对长江经济带部分中小城市排水系统权属单位和管理单位进行统计,结果表明中小城市城镇排水系统从源头到末端的权属单位、管理单位和养护单位涉及多个不同政府部门和主体,部分城市甚至雨水管网与污水管网都分属不同部门管理,造成厂网难以统筹建设,污水收集与处理能力长期不匹配。

2 中小城市污水处理提质增效工作建议

2.1 目标层面:科学合理地确定工程目标

根据城市生活污水集中收集率的计算公式,在污水处理厂进水量、进水污染物浓度、城区用水总人口已知的条件下,人均日生活污染物排放量的取值对于污水集中收集率的判定至关重要。目前,国内并无广泛认可的可表征城镇居民生活污水污染物产生量的数据,现有国标《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)以BOD₅计确定的人均日生活污染物排放量为45 g/(人·d),但数据取值合理性有待进一步验证^[1,6]。研究^[6-8]显示,由于不同地域用水差异,各城市居民人均污染物排放量差异显著,且与《室外排水设计标准》推荐数值相差较大。基于此,实施城镇污水提质增效首先应分析城市生活污水产排特征,调查当地典型生活污水浓度。对于中小城市,由于经济水平有限,管网本底条件较差,排水体制更加复杂,不仅需要分析分流制地块居民用水和排污数据,更应统筹考虑老城区合流/混流等无法改造地块的居民污染物排放情况,做好出户管数

据监测,合理制定工程目标。

笔者在负责安徽省某地级市中心城区污水处理提质增效 PPP 项目期间,为了科学论证工程目标,在前期开展了 171 个源头地块(包括新建小区、事业单位、老小区、城中村、工业企业)的水量和水质检测,摸清了城区地块出流 COD 平均浓度(232 mg/L),并基于当地的社会经济、水文气象、河流水系、管网排查及相关设施运行资料,建立了管网-河道水量水质耦合模型,系统分析不同建设内容及投资规模条件下污水处理厂进水污染物浓度提升和排口溢流污染削减效果,得出在最优方案下污水处理厂晴天 COD 可达 204 mg/L,最终确定工程目标为污水处理厂进水 COD 达到 200 mg/L,为指导项目实施和资金安排提供了重要依据。因此,提质增效目标的制定应充分考虑当地实际,在摸清本底条件(当地用水习惯、污水出户管的污水浓度)和项目实施边界的基础上科学评估后确定。

2.2 组织层面:做好排查、设计、施工三方协同

城镇污水系统提质增效涉及排查、设计、施工、运维等多个方面,其中,管网排查是工程设计和施工建设的基础,成果的准确性直接决定设计的质量,并间接影响施工返工频次和工期进度。目前,国内常见的管网排查工作包括管网测绘和管道检测两部分,其中管网测绘主要通过开井查看确定管道连通性和污水流向,管道检测则依靠管道闭路电视(CCTV)检测、潜望镜(QV)检测及人工检测查找管道混错接和缺陷问题。需要说明的是,排水管网调查不仅需要识别排水管道缺陷,分析整个系统存在的问题,还要给出整改方案建议^[9]。

在工程实践中,管网排查及检测对操作人员和技术手段的要求较高,尤其是面对高水位、大埋深、连续暗井管段和暗涵排查,不同排查队伍对检测结果的判断可能存在较大偏差,进而降低对工程设计和施工的指导性。例如,笔者负责的湖北省某市中心城区水环境综合治理工程曾多次出现管线探测精度与实际不符,导致管线混错接改造重复设计和施工返工。因此,为保障排查与设计、施工之间的有效衔接,解决管网排查队伍人员素质和技术水平参差不齐的问题,建议由设计单位牵头管网排查工作,通过制定详细的排查范围、工作内容和技术要求,并及时跟进、校核和共同确认排查成果,形成排查与设计的正向反馈机制,避免排查、设计“两张

皮”,相互推诿。

管网排查与检测贯穿提质增效全过程,保障排查人员队伍的一致性和稳定性对工程顺利推进也至关重要。同时,在项目前期应充分考虑排查的难度和预计费用,尤其是高水位、大埋深箱涵的清淤检测费用会较高,以免后期项目实施过程中因费用问题导致工作难以开展、频繁变更实施范围,影响整体工程效果。

2.3 实施层面:分区分片推进管网改造

自 2019 年城镇污水处理提质增效的要求提出以来,国内学者结合工程实践提出了系列方法及方案。唐建国等^[5]提出排水系统提质增效的 8 个对策要点,包括做准问题排查、做细截污工程、做巧排口防倒灌、做好地下水入渗封堵、做对初期雨水截流、做强溢流污染削减、做好源头混接改造及做严质量控制;孙永利^[10]认为全面恢复市政污水管网旱季流速、降低清水入渗入流量、推进降雨污染控制是根治现阶段我国特有城镇水环境问题的最现实、有效的途径;徐祖信等^[2]指出实现城市排水管网对污水的全收集、全输送,不仅要加快城市排水管网的全覆盖,更要保障排水管网的健康运行。

对于中小城市而言,由于排水系统本底条件较差,治理资金有限,推进以排水分区为单元的管网系统改造,确保排水分区内部小区与市政管网雨污分流、混错接改造及缺陷修复全覆盖和同步实施,争取干一片、成一片,避免“全面铺开摊子大、遇到困难就甩项”,以真正解决问题。尤其在面临环保督察压力时,保持清醒头脑,坚持分区分片系统治理,更加考验地方主管单位的决心和意志。在具体操作层面,从项目前期策划阶段就应系统考虑,避免项目建设内容碎片化。例如,笔者在负责南昌市某片区污水处理提质增效工程中,采用排水单元水质水量监测发现,低浓度工业废水和公管公服地块生活污水是限制整个片区晴天污水污染物浓度提升的主要因素,因该片区项目实施范围仅涵盖市政道路管网整治,故片区污水处理厂进水污染物浓度难以提升,后期通过及时调整项目建设内容,推进片区 202 个排水单元达标创建,实现了旱季污水处理厂进水污染物浓度的大幅提升。

2.4 验收层面:推广管道 CCTV 检测验收

根据《给水排水管道工程施工及验收规范》(GB 50268—2008),新建管网工程质量验收仅需开

展闭水试验,检测管道密闭性,缺乏对管道变形、渗漏、错口等缺陷状况的检测和评估。目前,上海、深圳等城市已经实行管道CCTV检测验收,由建设单位组织专业检测单位对新建雨、污水管道施工质量进行核验,如检测过程中发现管道破损或管道接口不满足规范要求,则及时通知施工单位返场解决^[9]。长江沿线九江、岳阳、芜湖等长江大保护试点城市在管网建设与运维过程中,也建立了管网CCTV分层分级检测验收机制和质量约谈控制标准,通过倒逼参建各方严格落实管网质量管理措施,大幅提升了管网施工质量。根据相关数据统计,自推行管网CCTV分层分级检测验收以来,九江、岳阳、芜湖等长江大保护试点城市新建管网管段平均缺陷密度由25.10个/km降至2.52个/km,三、四级缺陷密度由4.50个/km降至0.33个/km,缺陷密度总体由30~40个/km大幅降至3~5个/km,逐年下降趋势明显,具体对比如图2所示。

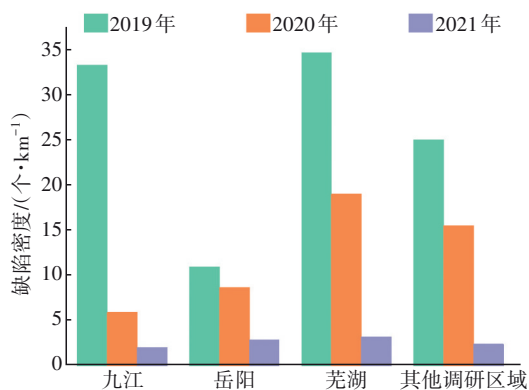


图2 长江沿线部分城市2019年—2021年新建管网CCTV检测缺陷密度对比

Fig.2 Comparison of CCTV detection defect density for newly built pipeline networks in some cities along the Yangtze River from 2019 to 2021

2.5 运维层面:做好厂网一体化建设运营

城镇排水系统由排水管网和污水处理厂串联组成,需要两者统筹建设和协调运行,才能完整发挥其水环境保障功能。2017年,住房和城乡建设部提出污水处理厂网一体化建设运营,并将“鼓励厂网一体、站网一体、收集处理一体、建设养护一体”的要求写入《全国城市市政基础设施建设“十三五”规划》进行全面推广。目前,北京、广州、苏州等城市在推行污水处理“厂网一体”建设运营方面已经探索出成功的经验,通过成立市级排水公司,统一

管理服务范围内的污水处理厂和污水管网等设施,统筹拨付污水处理运营服务费和污水管网运维费用,实现厂网一体运维。三峡集团提出的城市“水管家”模式,以供排水为切入点,统筹城市涉水系统治理目标和管理责任,对城市供水、排水、管网、防洪排涝、河湖等涉水设施统一规划、统一建设、统一运营、统一管理和统一调度,实现了城市“九龙治水”向政府监督下的“水管家”统一治水转变,为提升城镇排水系统运维管理水平提供了新思路,也在长江大保护工程中取得显著成效^[11]。

目前,我国大部分城市特别是中小城市排水管网运行基本上由各级政府下属的城市投资建设集团的子公司运营,专业化运营维护水平不高。探索引进专业化的运行管理队伍,建立基于智慧水务技术的城市厂网一体化综合调度和管理平台,实现管网实时监测数据和厂站运行监测监控数据汇聚管理,成为未来排水系统运营管理的重要趋势^[2]。

3 结语

推进污水处理提质增效对改善城市水环境具有重要意义,也是长江大保护的重要举措。当前,长江经济带各省份污水处理已实现“规模增长、标准提升”的目标要求,污水处理率由2012年的87.30%提升至2022年的97.89%,但“质量不佳、效能不高”的问题依然突出,与新时代城镇排水系统的建设要求仍有不小差距。中小城市经济发展水平有限,排水设施建设滞后,城中村、新旧小区交错分布,已成为污水处理提质增效的重点区域,对于打好城市黑臭水体治理攻坚战至关重要。随着我国水污染防治逐渐进入长效保持阶段,如何保障中小城市排水管网的健康运行,是政府、企业以及社会公众需要共同面对的课题。实现中小城市污水处理提质增效不仅需要各参建方在工程全部阶段做好本职工作,更需要地方政府高位推进、靠前指挥,在合理制定工程目标的基础上,系统考虑工程建设内容和工程施工时序,建立排查、设计、施工的协调正向反馈机制,做好工程质量的检测和验收,建立厂网一体化运维机制,真正实现城镇污水处理“质量提升”和“效益提升”。

参考文献:

- [1] 孙永利,吴凡松,李文秋,等. 城市生活污水集中收集率和污水处理厂进水污染物浓度问题的思考[J]. 给

- 水排水,2023,49(1):41-46.
- SUN Yongli, WU Fansong, LI Wenqiu, *et al.* Reflections on the centralized collection rate of municipal sewage pollutants and the influent concentration of wastewater treatment plants [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2023, 49 (1) : 41-46 (in Chinese).
- [2] 徐祖信,徐晋,金伟,等. 我国城市黑臭水体治理面临的挑战与机遇[J]. 给水排水,2019,45(3):1-5,77.
- XU Zuxin, XU Jin, JIN Wei, *et al.* Challenges and opportunities of black and odorous water body in the cities of China [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2019,45(3):1-5,77(in Chinese).
- [3] 崔诺,鲁梅,胡馨月,等. 提质增效背景下排水管网检测技术的应用与总结[J]. 中国给水排水,2023,39(6):33-40.
- CUI Nuo, LU Mei, HU Xinyue, *et al.* Summary and application of drainage network detection technology under the background of quality and efficiency improvement[J]. *China Water & Wastewater*, 2023,39(6):33-40(in Chinese).
- [4] 王殿常,赵云鹏,陈亚松,等. 我国城市水环境治理的现状与困境分析[J]. 给水排水,2023,49(11):25-31.
- WANG Dianchang, ZHAO Yunpeng, CHEN Yasong, *et al.* Analysis of present situation and dilemma for treatment of urban water environment of China [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2023, 49(11) : 25-31(in Chinese).
- [5] 唐建国,张悦,梅晓洁. 城镇排水系统提质增效的方法与措施[J]. 给水排水,2019,45(4):30-38.
- TANG Jianguo, ZHANG Yue, MEI Xiaojie. Strategies and methods for improving the quality and efficiency of the urban drainage system [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2019,45(4):30-38(in Chinese).
- [6] 张维,孙永利,郑兴灿,等. 城镇居民生活污水污染物产生量测定技术难点与启示[J]. 给水排水,2021,47(5):52-57.
- ZHANG Wei, SUN Yongli, ZHENG Xingcan, *et al.* Technical difficulties and inspiration in testing of domestic sewage pollutant production of urban residents [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2021, 47 (5) : 52-57(in Chinese).
- [7] 刘战广. 城镇居住小区人均污水污染物产生量测算方法与应用[J]. 净水技术,2021,40(4):90-95,138.
- LIU Zhanguang. Measurement and analysis of domestic wastewater pollutant production per capita in urban residential quarters [J]. *Water Purification Technology*, 2021,40(4):90-95,138(in Chinese).
- [8] 伍彬,张鸣,李一平,等. 华南地区城镇居民生活污水排放规律及污染物排放量[J]. 环境工程,2022,40(12):196-201,280.
- WU Bin, ZHANG Ming, LI Yiping, *et al.* Discharge law of domestic wastewater and pollutants discharge of urban residents in South China [J]. *Environmental Engineering*, 2022,40(12):196-201,280(in Chinese).
- [9] 刘天顺,黄泽方. 南方某城市正本清源工程建设与思考[J]. 中国给水排水,2019,35(24):16-20.
- LIU Tianshun, HUANG Zefang. Practice and consideration of the thorough remediation project in a southern city [J]. *China Water & Wastewater*, 2019,35(24):16-20(in Chinese).
- [10] 孙永利. 城镇污水处理提质增效的内涵与思路[J]. 中国给水排水,2020,36(2):1-6.
- SUN Yongli. Connotation and way of quality and efficiency improvement of municipal wastewater treatment [J]. *China Water & Wastewater*, 2020, 36(2):1-6(in Chinese).
- [11] 王殿常,陈亚松,赵云鹏,等. 面向城市水环境治理的智慧水管家模式[J]. 环境工程学报,2023,17(7):2109-2117.
- WANG Dianchang, CHEN Yasong, ZHAO Yunpeng, *et al.* Smart water housekeeper model for treatment of urban water environment [J]. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 2023, 17(7) : 2109-2117 (in Chinese).

作者简介:罗坤(1990-),男,湖北天门人,博士,高级工程师,主要研究方向为流域水环境治理与保护。

E-mail:luokun@cjwsjy.com.cn

收稿日期:2023-09-27

修回日期:2024-03-21

(编辑:丁彩娟)