

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.02.007

# 污水处理提质增效“一厂一策”方案的编制思考

张 伟, 潘 芳, 张海行, 王焱森

(中国市政工程华北设计研究总院有限公司 北京分公司, 北京 100081)

**摘 要:** 污水处理提质增效是加快补齐城镇污水收集和处理设施短板的重要内容,“一厂一策”系统化整治方案是有效指导污水处理提质增效的顶层技术方案。对“一厂一策”系统化整治方案的定位、特点、技术方法和编制思路等内容进行了一定的思考与总结。“一厂一策”整治方案的编制坚持系统治理总体思路,通过水量、水质、水位定量监测与分析,以及管网结构性和功能性缺陷检测等技术手段,科学评估污水系统收集处理能力和运行效率,构建“收污水、挤外水”系统整治方案。同时,针对目前“一厂一策”系统化整治方案编制存在的普遍问题进行了阐述,以期为高质量地编制“一厂一策”系统化整治方案提供技术支持。

**关键词:** 污水处理; 提质增效; 一厂一策

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2023)02-0032-06

## Reflection on the Compilation of “One Plant, One Policy” Scheme for Quality and Efficiency Improvement of Sewage Treatment

ZHANG Wei, PAN Fang, ZHANG Hai-xing, WANG Yao-sen

(Beijing Branch of North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd.,  
Beijing 100081, China)

**Abstract:** The quality and efficiency improvement of sewage treatment is an important aspect of improving the collection and treatment facilities of urban sewage. The systematic treatment scheme of “one plant, one police”, as the top-level technical scheme, effectively guides the improvement of quality and efficiency of the sewage treatment. In this paper, the systematic treatment scheme of “one plant, one policy” are discussed and summarized, including the positioning, characteristics, technical methods and compilation ideas. The overall idea of “one plant, one policy” compilation adheres to the system governance concept. Through quantitative monitoring and analysis of water quantity, water quality and water level, and the detection of structural and functional defects of pipe network, the collection and treatment capacity and operation efficiency of sewage system are scientifically evaluated. The remediation plan of “collecting sewage and squeezing external water” is constructed. Furthermore, the common problems existing during the compilation of the systematic treatment scheme of “one plant, one policy” are explained in details, which provides the technical support for the compilation with high quality.

**Key words:** sewage treatment; quality and efficiency improvement; one plant, one policy

### 1 背景

近些年,我国城镇化进程不断加快,城市市政基础设施建设也发生了较大的改变,城市污水处理

设施逐年完善,标准也逐步提高。但随着国家对水环境治理要求的逐步提高,城镇污水收集和处理短板也日益凸显。目前,污水收集和处理系统比较突

出的问题主要表现在两个方面:一是污水收集系统不完善,生活污水集中收集率有待提高。城市中仍有部分区域无污水管网覆盖,导致污水无法收集,也就是常说的管网空白区;此外,在污水管网覆盖的区域,仍存在污水直排现象,使得污水没有进入收集系统。二是污水处理厂进水污染物浓度低,处理能耗高。城市污水处理厂进水 $BOD_5$ 浓度设计标准一般为 $150 \sim 300 \text{ mg/L}$ ,但不少城市污水处理厂进水 $BOD_5 < 100 \text{ mg/L}$ ,为了维持污水处理厂的正常运行,需要增加额外的能耗。

针对污水收集和处理系统存在的问题,国家越来越重视基础设施补短板。《中共中央 国务院关于全面加强生态环境保护 坚决打好污染防治攻坚战的意见》提出实施城镇污水处理“提质增效”三年行动,加快补齐城镇污水收集和处理设施短板,尽快实现污水管网全覆盖、全收集、全处理。《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》(以下简称《方案》),提出了污水处理提质增效的主要目标,明确要求城市污水处理厂进水 $BOD_5$ 浓度低于 $100 \text{ mg/L}$ 的,要围绕服务片区管网制定“一厂一策”系统化整治方案,明确整治目标和措施。

目前,国内对污水处理提质增效已逐步开展了相应的研究,孙永利<sup>[1]</sup>针对城镇生活污水集中收集率偏低、污水厂进水浓度偏低等问题提出了城镇污水处理提质增效的内涵与思路;唐建国等<sup>[2]</sup>针对排水系统存在的问题,提出了城镇排水系统提质增效的方法与措施;陈玮等<sup>[3]</sup>依据全国城镇污水处理厂的运行数据,基于产污系数法测算了城镇污水处理厂提标到地表准Ⅳ类水和改善污水收集管网两种情形下的污染物削减效能提升潜力;戴永康等<sup>[4]</sup>结合东莞市部分城镇污水处理厂和污水管网运行情况,对东莞市城镇污水处理提质增效潜力进行了详细分析。污水处理提质增效有很多内容值得深入研究和探索,因此结合实际工作,提出了“一厂一策”系统化整治方案的主要技术方法和整体编制思路,为城市污水处理提质增效提供技术支撑。

## 2 “一厂一策”系统化整治方案整体认知

### 2.1 定位

“一厂一策”系统化整治方案是以污水处理厂服务范围为边界,按照污水处理提质增效的目标,科学制定技术对策和管理对策。技术对策主要包

括通过对污水处理厂服务范围内的污水处理系统的详细调研与分析,识别管网空白区,确定区域污水产生量,明确外来水类别与占比,分析未收集污水去向与产生的原因,确定提质增效总体目标,科学构建“收污水、挤外水”系统化整治技术方案,合理安排项目实施时序,有效评估提质增效目标的可达性。管理对策主要包括严格制定排水管理机制,规范河道和污水管网运行养护方式,建立排污排水许可发放、常态化巡查和联合执法工作机制,建立和完善城市排水管网地理信息系统,制定管网系统监测检测评估机制,加强排水设施监督管理力度,建立健全排水管理长效机制。

### 2.2 目标

《方案》中明确工作整体目标是“三个消除,一个提升”,即基本消除生活污水直排口,基本消除城中村、老旧城区和城乡接合部生活污水收集处理设施空白区,基本消除黑臭水体,城市生活污水集中收集效能显著提高。“一厂一策”系统化整治方案应坚持问题导向与目标导向相结合,以顶层技术体系为核心,通过系统的“收污水、挤外水”技术方案,消除污水直排口,消除管网空白区,提高污水厂进水污染物浓度,提高生活污水集中收集率,通过工程及非工程措施,使管网系统满足设计的水位及流速要求,提升污水处理系统整体运行效率。结合城市黑臭水体综合治理方案,实现消除黑臭水体的目标。

### 2.3 特点

① 系统性。“一厂一策”是以污水处理厂服务范围为边界,涉及管网(包括地块及市政)、泵站、排口、污水处理设施等污水收集和处理系统,包括污水产生、污水转输、污水处理等全过程内容。

② 科学性。污水处理提质增效主要涉及地下设施问题,需要运用科学的技术手段和方法让这些问题“看得见,摸得清”。通过水质、水量、水位定量监测与分析,掌握污水系统的浓度和水量变化规律;通过管网系统梳理与检测,确定存在的系统问题和结构及功能缺陷;通过科学的模拟计算,分析管网运行水位和流速变化,评估排水系统的排水能力和运行效率。

③ 项目可实施性。“一厂一策”系统化整治方案有别于传统的涉水规划,一般以规划用地布局为基础,规划未来的目标及涉水基础设施,但城市发展涉及土地出让、土地开发建设、资金保障等多个

条件,短时间内很难按照规划用地全部落实。“一厂一策”系统化整治方案从本底实际情况出发,以已经落地或即将落地的项目为基石,制定近期切实可行的实施方案,指导项目落地可实施。

④ 目标可达性。“一厂一策”系统化整治方案为实现污水处理提质增效目标而服务。通过构建系统的治理方案,避免工程碎片化、单一化实施,结合科学的评估方法,保障目标的可达性。

### 3 “一厂一策”系统化整治方案的技术方法

#### 3.1 数据监测

数据监测是污水系统定量、定质分析的基础。管网问题诊断难度较大,主要体现在三个方面:一是管网隐蔽性强,管网系统埋于地表之下,常规的调查方法难以发现问题所在;二是排水波动性大,管道运行情况在24 h内具有波动性,通过某一时刻的数据采集难以反映管网系统的正常运行情况;三是排水管网贯穿城市建成区范围,从小区管网到市政管网,分布范围广,数量庞大。

监测体系能够有效发现排水系统存在的问题,监测对象包括污水处理设施、排水泵站、管网主干管及干管节点、过河管段、源头地块、排口等主体,监测内容包括流量、水质(TN、COD、BOD<sub>5</sub>)、流速、液位等信息。流量、流速、液位可采用在线监测仪测定,数据连续;水质可根据需求采用分时段检测。通过排水系统定量监测,能够科学分析和评估排水系统真实的运行情况,掌握不同时段、不同降雨情况下的排水规律;此外,通过水量、水质等变化规律进行数据分析,识别问题区域,可为管网科学检测提供重要的数据支撑。排水系统流量、水质监测体系构建如图1所示。



图1 排水系统流量、水质监测体系构建示意

Fig.1 Construction of flow and water quality monitoring system of drainage system

#### 3.2 管网检测

管网检测是确定污水管网问题位置的重要技

术支撑。为了避免地毯式排查,降低管网排查成本,科学确定管网检测范围是重点探索的技术方向。借助管网数据监测,筛选出问题区域,缩小排查范围,有针对性地开展管网检测,是一条有效的实施路径。

根据数据异常区域,结合管道管径、水位、淤堵情况等,选择性地采用闭路电视系统、管道潜望镜、声波探测、蛙人探测等方式进行管网检测。管网检测可以通过可视化的结果,探明排水管网布局、管井连接、管道标高起伏、断头点、混错接等情况,确定管井缺陷的类型、点位,以及缺陷等级,从而分析管网病害和外水入渗、污水流失、管道高水位运行之间的因果对应关系,确定污水收集处理系统效能低的根本原因,为科学制定“收污水、挤外水”系统整治方案提供依据。

根据水量、水质的变化特点,可针对性地进行检测。针对旱天管网污染物浓度偏低的区域,应重点对管道的结构性缺陷进行检测,核查是否因为脱节、破损等造成地下水入渗或河湖水入渗;针对区域监测水量比理论产污量明显偏小的区域,应重点对管道的功能性缺陷以及管道走向进行检测,核查是否因为上游堵塞造成排水不畅或管道污水通过其他途径进行排放,如接入雨水管道或者通过管道破损渗漏;针对管道流速低、水位高的区域,应重点检测管道淤堵、障碍物等功能性缺陷。

在某南方城市的方案制定过程中,污水处理厂服务范围为未完全开发区域,仅有少量的新建小区,周边较多坑塘、水塘、湖泊,在该区域主干管的上、下游两个节点对其水量和水质进行了检测,发现上、下游水量分别为 $0.21 \times 10^4$ 、 $1.18 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,上、下游COD分别为77 mg/L和20 mg/L。而两个节点之间基本无污水支管接入,因此初步推断该段管网可能存在结构性缺陷混入大量外水,继而对该段管网采取内窥镜检测,发现该管段脱节、起伏等结构性缺陷严重。

#### 3.3 模型分析

对污水系统建模并模拟计算,可进行传统计算方法无法评估的工作,包括污水系统整体纳污能力分析、管网流速及水位分析、泵站运行调度对污水系统的影响、降雨期间污水系统的水量和水质变化分析等。

基于排水管网数据、污水泵站、合流泵站、生活



污水等基础数据,构建纳污范围内的排水系统模型,并以管网、排口、渠道的监测数据及污水厂进水量、水质数据为基础,对模型参数进行设置与校核,保障排水系统模型的准确性及科学性。在排水系统模型构建过程中,应系统梳理排水系统(管网类别、管网拓扑检查、连接性检查、入渗与漏损点位等),明确人口密度、生活污水、工业废水、相关水质指标等参数,科学、合理地进行参数率定与验证。

在监测数据分析的基础上,通过模型模拟评估能够科学判断污水管网能力是否满足污水管网设计标准,排水管网是否存在高水位、低流速运行等情况,泵站规模及运行工况是否满足排水系统运行要求,污水管网系统内水量、水质变化是否正常。此外,在不同降雨工况下的模型模拟,能够评价降雨对污水系统水量、水质、水位、流速的影响,为核算进入污水系统的雨水量、初期径流所含污染物总量以及溢流量提供数据支撑。

根据模型模拟评估结果,结合监测数据、管网普查数据、管网诊断结果因地制宜施策。对管网排水能力不达标段进行改造;对导致高水位运行的大管接小管、倒坡逆坡、淤积等管段进行改造;对泵站运行调度规则进行优化;同时追溯雨水进入污水系统的路径,降低雨水对污水系统的影响。

以南方某城市为例,选取InfoWorks ICM软件构建污水处理厂纳污范围内的排水系统模型,在城市污水、城市污水+河道水、城市污水+地下水、城市污水+河道水+地下水等四种工况下进行模拟。结果显示,在外水(河道水、地下水)共同作用下,纳污范围内高水位运行主要集中在四条污水主干管的纳污区域,四条主干管高水位运行主要是由泵前池水位过高、泵站排水能力不足及管网倒坡逆坡造成的。该模拟结果可为后期解决管网高水位运行提供数据支撑。

#### 4 “一厂一策”系统化整治方案编制思路

结合对“一厂一策”系统化整治方案的认知,根据国家污水处理提质增效的相应要求,“一厂一策”系统化整治方案编制的总体思路如下:

① 熟悉现状,摸清本底。充分调研污水处理厂服务范围内用地、人口、排水系统(管网、泵站、污水处理设施、排口)、河流水系等基本情况,尤其是对排水系统、水质、水量数据进行详细梳理与分析,

掌握污水处理系统的真实情况。

② 结合诊断,定量分析。结合区域人口及用水情况,对实际产污量进行合理核算。根据管网诊断得到的水量、水质、液位等检测数据,进行污水处理厂的水质、水量平衡计算。

③ 识别问题,明确重点。通过水质、水量变化规律,确定问题重点区域;通过水质、水量平衡计算,确定区域内外水的来源与水量、流失的污水去向及水量;通过管网检测,确定问题的具体位置。

④ 明确目标,控制指标。根据现状问题分析,结合国家政策要求,科学确定污水提质增效的整体目标和阶段性目标,制定消除生活污水收集处理设施空白区、消除污水直排口、生活污水集中收集率、污水处理厂进水BOD<sub>5</sub>浓度等具体指标。

⑤ 问题导向,分类施策。针对管网系统存在的污水直排、设施空缺、雨污水管线混错接、外水进入、高水位低流速运行等问题,结合管网诊断,对具体问题进行定量和定位,坚持系统治理思维,因地制宜地确定解决方案,精准施策。

⑥ 完善系统,收集污水。通过完善市政管网系统,将断头管道、无出路管道、直排管道进行连通与接驳,修复破损管道,实现污水的全收集、全处理。

⑦ 修复缺陷,挤排外水。管网缺陷通过管网检测进行甄别,对于地下水及河湖水的入渗,通过修复管道、检查井、化粪池破裂等结构性缺陷,阻断外水与污水的连通管道。采用增加排口防倒灌设施、改造排口上游混错接等措施,避免河水倒灌。对于城区渠道排口因涉及相关保护区(饮用水源保护区、锦鲤保护区等)无法直接排放而进入污水厂的问题,应恢复其正常河道功能,并寻找合适出路进行排放。

⑧ 优化运行,综合提升。通过管道清淤修复,优化泵站调度运行方式,降低管道运行水位,提高排水管道流速,增加管道的排水空间,减少污水在管道内的停留时间,降低污染物在管道内的降解速度,减少淤泥沉积,综合提升排水系统效能。

⑨ 划定分区,分区指引。按照排水管网划定排水分区单元,根据不同分区问题分析各自问题特点,并提出针对性的解决方案和分区指引。分区指引坚持先主后次、先易后难、先目标贡献率高后目标贡献率低等原则。

⑩ 模型辅助,校核目标。借助排水模型,对方案实施效果进行分区、分阶段评估,尤其是对旱、雨天进厂BOD<sub>5</sub>浓度的评估,校核能否达到各阶段确定的目标和指标。

⑪ 制度支撑,长效管理。加强项目效果评估制度,针对源头清污分流项目,通过监测旱季和雨季的雨污水管线的流量和水质情况来辅助进行项目验收,比如旱季雨水管无污水,污水管 COD 达到一定浓度,雨季污水管流量和水质不发生明显变化

等;针对片区改造项目,通过分区管理来强化建设效果。加强长期定点监测体系建设,通过实时监测排水系统关键节点的流速、水位等管网运行特征来判断污水系统运行效能,进而为管网长效运维提供帮助,同时为泵站运行调度提供科学支撑。此外,还要加强排水排污许可管理、管网运维绩效考核制度、管网周期检查制度等长效机制建设。

“一厂一策”系统化实施方案编制技术路线见图2。

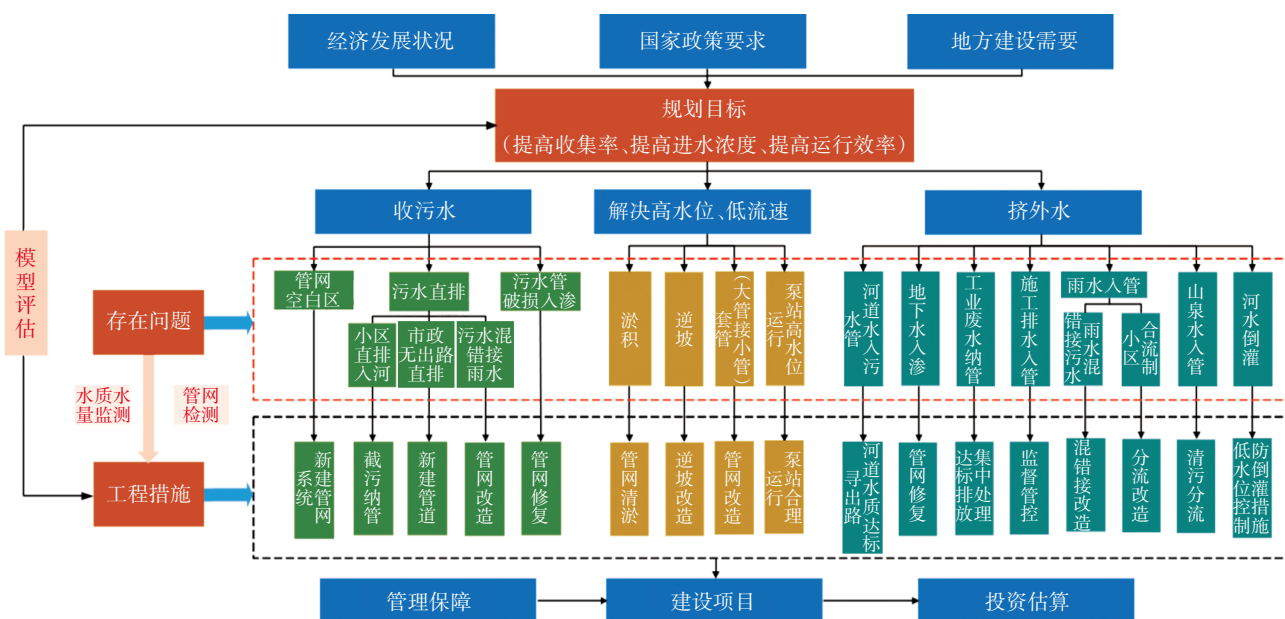


图2 “一厂一策”系统化实施方案编制技术路线

**Fig.2 Technical roadmap for compilation of systematic implementation plan of “one plant, one policy”**

## 5 “一厂一策”系统化整治方案阶段性成效

某南方城市污水处理厂规模为  $20 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 提质增效开展前进厂  $\text{BOD}_5$  平均浓度为  $55 \text{ mg/L}$ 。通过管网问题诊断发现: 污水厂服务范围内清污不分, 大量渠道水、地下水等低浓度外水通过截流、混错接管道、破损管道进入污水系统, 导致污水厂负荷增大的同时, 大大降低了进厂污水浓度。该厂的“一厂一策”系统化整治方案以挤外水和收污水为主要思路, 通过修建截污管网、改造管网混错接, 增加污水进厂量; 通过管道修复减少地下水入侵量; 通过逐步实现雨污分流改造, 进一步减少雨水、外水进入污水系统。经过一年多的整治, 进厂  $\text{BOD}_5$  平均浓度提升至  $64 \text{ mg/L}$ , 提质增效工作取得了阶段性的成效, 目前该厂提质增效的大部分项目仍在实施过程中。

## 6 “一厂一策”系统化整治方案的常见问题

① 管网底数不清晰。城市本底基础资料,尤其是管网资料是科学判定问题的基础。目前大多数城市管网资料以2015年—2017年间开展的管网普查资料为主,但管网普查以管网类型、权属、走向及高程等属性普查为主,针对管网的系统性是否合理没有进行评估。此外,近几年的新建、改建管网信息没有及时更新,导致资料与现实情况存在偏差。因此,详实、真实的管网数据是开展污水处理提质增效的基础。

② 源头污染物浓度易被忽略。针对进水  $\text{BOD}_5 < 100 \text{ mg/L}$  的污水处理厂开展“一厂一策”系统化整治方案,污染物浓度和管道水量的变化规律是判断系统问题的重要支撑。在实际工作中,大部分工作量集中于污水管网系统分析,很容易忽略小区

出水污染物浓度。根据实际调查,部分区域小区出水 $BOD_5 < 100 \text{ mg/L}$ ,此种情况下提升进厂污染物浓度的重要举措应该在源头小区,而非过程管网系统。分析其原因,一方面可能是由于小区内部的地下水入渗等稀释了污染物浓度,另一方面污水经化粪池过滤沉淀后,上清液浓度确实很低,导致进入市政污水管网的浓度偏低。

③ 管网检测针对性不强。管网检测的主要目的是评估管网的结构性和功能性缺陷,是确定外来水入渗和污水流失位置的重要手段。各地在开展管网检测时,有的是对主要干管进行检测,有的是全覆盖进行检测。部分管段检测有可能发现不了问题的主要位置点,全面检测则需要高额的检测成本。目前比较科学的做法是,首先通过管网系统的水量和水质监测,评估水量和水质的变化规律,发现关键问题片区,然后有针对性地对问题片区开展管网检测,实现检测效益的最大化。

④ 技术方案变“行动计划”。“一厂一策”系统化整治方案是指导污水处理提质增效的系统技术方案,强调以技术体系为核心。目前,大部分“一厂一策”系统化整治方案由于本底资料不详实、科学定量定位分析缺失、系统体系无支撑,最终形成的整治方案仅局限于问题定性描述和工作计划任务分工,不足以指导后续污水提质增效工作。

## 7 结语

污水处理提质增效是加快补齐城镇污水收集和处理设施短板的重要内容。“一厂一策”系统化整治方案是指导污水处理提质增效的顶层技术方案,通过详细的本底调查与分析,识别外来水类别与占比以及未收集污水的去向和原因,明确污水处理提质增效总体目标,科学构建“收污水、挤外水”系统化整治技术方案。

“一厂一策”系统化整治方案强调科学分析、系统治理、工程可实施以及目标可达。通过水质、水量、水位定量监测,管网结构性和功能性缺陷检测,借助科学的模型分析方法,针对性地发现问题和解决问题,确保构建的系统工程得以落地实施,保障阶段性的目标得以实现。

“一厂一策”系统化整治方案技术体系要求较

高,在方案编制过程中,一定要以详细的基础资料为基础,以监测、检测等科学的技术方法为支撑,系统性地构建污水处理提质增效整治方案,因地制宜地确定建设工程内容,避免无技术体系支撑的“一厂一策”方案编制。

## 参考文献:

- [1] 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).
- [2] 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):31-39.  
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):31-39(in Chinese).
- [3] 陈玮,徐慧玮,高伟,等. 基于产污系数法测算城镇污水处理系统的主要污染物削减效能提升潜力[J]. 给水排水, 2018, 44(7):24-29.  
CHEN Wei, XU Huiwei, GAO Wei, et al. Calculating potential in enhancing major pollutants' removal efficiency in urban wastewater treatment system based on pollutants producing coefficient [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(7):24-29(in Chinese).
- [4] 戴永康,罗锋,温巧贤. 东莞市城镇污水处理提质增效潜力分析[J]. 中国给水排水, 2020, 36(4):1-5, 12.  
DAI Yongkang, LUO Feng, WEN Qiaoxian. Potential analysis of quality and efficiency improvement of municipal wastewater treatment in Dongguan [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(4):1-5, 12(in Chinese).

**作者简介:**张伟(1987-),男,河南商丘人,硕士,高级工程师,主要从事市政工程规划设计、海绵城市建设、水环境综合治理、污水处理提质增效等领域的相关工作。

**E-mail:**weizhang\_66@163.com

**收稿日期:**2021-01-28

**修回日期:**2021-06-18

(编辑:丁彩娟)