

述评与讨论

DOI: 10. 19853/j. zgjsps. 1000-4602. 2025. 18. 001

基于按效付费的污水管网可持续投资模式研究与实践

杨庆华¹, 颜莹莹¹, 程杰¹, 罗姣姣¹, 姚婷¹, 任俊¹,
谢向向^{1,2}, 陈雨柔¹, 李刚¹, 丁一凡^{1,2}, 曹燕^{1,2}

(1. 中国长江三峡集团有限公司, 湖北 武汉 430014; 2. 长江经济带生态环境国家工程
研究中心, 湖北 武汉 430014)

摘要: 针对城市污水管网密度不足和发展不均衡,以及管网收集效能存在明显短板的问题,对城市污水管网可持续投资模式进行了研究,旨在解决污水基础设施建设与运维中存在的资金短缺问题。目前,污水管网的建设和运维主要依赖政府财政资金,但这种模式不可持续,为此提出基于按效付费的污水管网可持续投资模式,包括完善全成本化的污水价格形成机制和创新的按效付费机制。以C市主城区的管网攻坚战项目为例,通过厘清涉水资产情况和找准排水管网现状问题,实施了排水管网可持续投资模式改革,将管网建设、运维成本纳入污水处理费,并建立按效付费机制,以提高资金使用效率。C市的经验表明,通过市场化的价格机制改革,可以建立长效的污水治理机制,改善排水管网,促进资源优化配置,并增强公众的环保意识。

关键词: 污水管网; 可持续投资; 按效付费

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2025)18-0001-07

Research and Practice on Sustainable Investment Model of Sewage Pipeline Network Based on Pay for Performance

YANG Qing-hua¹, YAN Ying-ying¹, CHENG Jie¹, LUO Jiao-jiao¹, YAO Ting¹,
REN Jun¹, XIE Xiang-xiang^{1,2}, CHEN Yu-rou¹, LI Gang¹, DING Yi-fan^{1,2},
CAO Yan^{1,2}

(1. China Three Gorges Corporation, Wuhan 430014, China; 2. National Engineering Research
Center of Eco-Environment in the Yangtze River Economic Belt, Wuhan 430014, China)

Abstract: This study focuses on developing a sustainable investment model for China's urban sewage pipeline network, aiming to solve the funding shortages in sewage infrastructure construction and operation. The research highlights issues such as insufficient pipeline density, uneven development, and low collection efficiency. Currently, the construction and operation of sewage pipeline network mainly rely on government financial support, a model that proves unsustainable. This study proposes a sustainable investment model for sewage pipeline network based on pay for performance, including improving the fully cost based sewage price formation mechanism and innovating the pay for performance mechanism. The sewage pipeline network project in the main urban area of C city serves as a practical case study. By

基金项目: 中国长江三峡集团有限公司项目(NBWL202300014)

通信作者: 颜莹莹 E-mail: yanyingying2018@163.com

clarifying the current water-related assets and identifying issues in the drainage pipeline network, the sustainable investment model reform of the drainage pipeline network has been implemented. The reform includes incorporating the construction and operation costs of the pipeline network into the sewage treatment fee, and establishing a pay for performance mechanism to improve the efficiency of fund utilization. The experience of C city shows that through market-oriented pricing reforms, a long-term sewage treatment framework can be established, the drainage network can be improved, resources can be optimized, and public environmental awareness can be enhanced.

Key words: sewage pipeline network; sustainable investment; pay for performance

1 我国城市污水管网问题分析

1.1 密度不高,发展不均

城市污水系统由污水收集和污水净化处理两个环节构成,由于长期存在“重厂轻网”现象,即过度重视污水处理厂(终端处理设施)的建设与升级,却忽视污水管网(前端收集系统)的规划、建设与维护,故收集系统与处理系统脱节,成为制约水环境治理成效的瓶颈。根据《2023年中国城市建设状况公报》统计,截至2023年底,全国城市污水处理厂处理能力达到 $2.27 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{d}$,全国城市污水处理率从2014年的90.18%快速增长到2023年的98.69%,表明我国在污水处理方面已经达到较高的污水管网覆盖率和污水处理效率。

作为污水系统的另一重要组成部分,污水管网是城市的“毛细血管”,其建设与运行效能直接影响水环境质量与居民生活品质。我国污水管网建设起步较晚、基础较差,根据城乡建设统计年鉴的数据,虽然全国城市建成区污水管道密度已经从2014年的 $9.48 \text{ km}/\text{km}^2$ 增长至2023年的 $12.67 \text{ km}/\text{km}^2$,但是与日本(2004年为 $20 \sim 30 \text{ km}/\text{km}^2$)、美国(2002年为 $15 \text{ km}/\text{km}^2$)等发达国家的差距明显,部分城区还存在大量管网空白区。

在管道密度整体偏低的情况下,污水管网还存在发展不均衡的问题。根据城乡建设统计年鉴数据,2023年,天津的污水管网密度最高,达到 $19.4 \text{ km}/\text{km}^2$,已经接近发达国家的水平($20 \text{ km}/\text{km}^2$),但排名最末的西藏自治区仅为 $3.3 \text{ km}/\text{km}^2$,为全国平均值($12.67 \text{ km}/\text{km}^2$)的26%,仅为天津的17%。

1.2 排水管网收集效能尚存明显短板

基于长江大保护合作城市的排查数据,发现沿江城市的排水管网收集效能主要存在以下短板^[1]:

① 现状管网缺陷多。在沿江省市排查排水

管网 $2.46 \times 10^4 \text{ km}$,共发现各类管道缺陷67.58万处,平均约27处/ km ,管网混错接点4.3万处,平均约2处/ km ^[2]。

② 老旧管网比例高。我国许多城市的排水系统建设年代久远,管网老化严重,且存在设计标准偏低、施工质量不高等问题。在排查污水管网中,10年以上的占比达到42%,15年以上的占比达到28%。

③ 污染物收集效能提升缓慢。尽管污水管网建设的目的是提高污水处理效率,但实际污水处理厂的进水浓度并未如预期那样上升,反而出现下降的趋势。根据城乡建设统计年鉴,全国城市污水处理厂数量从2014年的1 807座上升到2023年的2 967座,增长64%;年污水处理量从2014年的 $402 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$ 升至2023年的 $652 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{a}$,增长62%,但污水处理厂进水COD浓度反而从2013年的 $280 \text{ mg}/\text{L}$ 以上下降至2023年的不足 $240 \text{ mg}/\text{L}$,下降比例达到14.3%。

2 污水管网建设运维缺乏可持续资金来源

针对污水管网覆盖不足、雨污分流不彻底、管网病害多等问题,政府出台了一系列政策^[3],问题清晰、目标明确,但资金来源一直是困扰城市排水管理者的难题。按造价350万元/ km 计算,完成“十四五”规划 $8 \times 10^4 \text{ km}$ 管网建设修复目标需投入2 800亿元;城市管网多只维修、不维护,年运维资金缺口超40亿元。初步估算,“十四五”期间管网建设运维资金需求达3 000亿元^[4]。

2.1 现行污水处理费价格传导机制不完善

我国污水收集处理系统价格机制主要指污水处理费的征收和使用,其传导机制不完善主要体现在成本监审端、收费端、付费端的割裂,这也直接导致污水收集处理成本不能有效传导,并长期由政府

财政兜底的局面。

在成本监审端,按我国现行法律法规(见表1),污水处理费应当用于城镇污水集中处理设施的建设运行和污泥处理处置,不得挪作他用。也就是说,现行污水处理费收费标准仅涵盖污水处理和污泥处置,未包含污水收集输送环节。

表 1 我国部分现行法律法规关于污水处理费的规定
Tab.1 Provisions on sewage treatment fees in some current laws and regulations in China

法律法规	年份	具体要求
《中华人民共和国水污染防治法》	2008	收取的污水处理费应用于城镇污水集中处理设施建设和运行,不得挪作他用
《城镇排水与污水处理条例》	2013	污水处理费应当纳入地方财政预算管理,专项用于城镇污水处理设施建设和运行,不得挪作他用
《污水处理费征收使用管理办法》	2014	第二十一条污水处理费专项用于城镇污水处理设施建设和运行和污泥处理处置,以及污水处理费的代征手续费支出,不得挪作他用

在污水收集处理全成本中,污水收集成本占50%~60%、污水处理成本占30%~40%,污泥处理处置成本占5%~10%^[5]。目前,收费标准仅涵盖污水处理和污泥处理处置成本,占全成本的50%左右,污水收集成本占比最高,但并未涵盖在污水处理费的征收适用范围之内。

反观其他民生领域的市政基础设施建设运维,基本都已经形成成本端(开展成本监审)、定价端和收费端的相关行业规范(见表2),形成了覆盖全部成本、由使用者付费承担的市场化价格机制。

在收费端,国内污水处理费征收标准的调整多

依赖行政指令,既没有固定周期也没有固定水平。据统计,目前国内仅有两次全国范围的集中调整,具体如表3所示。

表 2 市政基础设施领域形成的成本监审办法
Tab.2 Cost monitoring and review methods formed in the field of municipal infrastructure

市政基础设施领域	年份	监审办法
供水	2021	城镇供水定价成本监审办法
水利	2022	水利工程供水定价成本监审办法
天然气	2021	天然气管道运输定价成本监审办法(试行)
供热	2021	城镇集中供热定价成本监审办法(征求意见稿)

表 3 关于污水处理费征收标准的国家层面文件要求
Tab.3 National level document requirements on sewage treatment fee collection standards

文件名称	年份	具体要求
国务院《关于印发节能减排综合性工作方案的通知》	2007	全面开征城市污水处理费并提高收费标准,吨水平均收费标准原则上不低于0.8元
国家发展改革委、财政部、住建部《关于制定和调整污水处理收费标准等有关问题的通知》	2015	2016年底前,设市城市污水处理收费标准原则上每吨应调整至居民不低于0.95元

以2023年安徽省16个地级市的数据(见表4)为例,该省在供水方面已经形成城市差异化的基本水费标准,但在污水处理费方面,有14个城市统一使用国家发展改革委、财政部、住建部等三部委在2015年要求的最低标准(0.95元/m³),其余两个城市则更低,分别为宿州(0.80元/m³)和黄山(0.85元/m³)。

表 4 2023 年安徽省 16 个地级市的居民基本水费和污水处理费标准情况

Tab.4 Basic water and sewage treatment fee standards for residents in 16 prefecture level cities in Anhui Province in 2023

城市	合肥	蚌埠	马鞍山	淮南	滁州	池州	芜湖	铜陵	淮北	安庆	亳州	宿州	阜阳	六安	宣城	黄山
基本水费(居民一级)	1.78	1.65	1.60	1.58	1.53	1.53	1.47	1.36	1.35	1.32	1.30	1.30	1.3	1.28	1.20	1.12
污水处理费	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.80	0.95	0.95	0.95	0.85

在付费端,由于我国污水处理费实行“收支两条线”模式,地方自来水公司向排水单位和个人代征污水处理费后全额上交财政,财政再通过政府购买服务的方式向污水处理企业支付污水处理服务费。对于污水处理厂,目前普遍采用按水量计费的模式;对于污水管网,在实践中较为复杂,一般采用

按长度计费的模式。

2.2 现行污水处理费价格水平偏低

根据搜索结果,经济合作与发展组织(OECD)国家的污水处理费中位数为1.5美元/m³,而我国的平均水平为1元/m³。此外,程小文等^[6]研究结果表明,我国北京、上海和广州的污水处理费在居民水

价中的占比平均约为35%,而纽约、伦敦、东京的污水处理费占比高达46%~63%,远高于我国。

2.3 传统依靠政府财政的模式难以持续

排水管网系统具有有限非竞争性和非排他性的准公共产品属性^[7],在我国通常认定为公益性领域,应由政府出资建设,财政补贴经营^[8]。2023年全国城市排水市政公用设施固定资产投资1 964亿元,主要来自中央和地方财政拨款,运营资金也主要依靠财政补贴。近年来,排水管网系统通过与污水处理厂等经营性资产打包采用PPP模式实施,但本质上还是财政付费。

为了避免政府隐性债务增加,2023年11月国务院办公厅转发国家发展改革委、财政部《关于规范实施政府和社会资本合作新机制的指导意见》的通知,指导意见聚焦使用者付费项目,明确政府付费只能按规定补贴运营、不能补贴建设成本,且不得通过可行性缺口补助等任何方式,使用财政资金弥补项目建设和运营成本。这意味着污水管网建设运维不能再像过去一样依赖政府财政来覆盖建设和大部分运营成本,需要通过使用者付费来实现项目的资金平衡,传统依靠政府财政的模式被打破。

叠加当前政府财政压力大、收入增长有限的背景情况,传统依靠政府财政的方式不可持续。政府的财政收入主要来源于税收、土地出让金等。近年来,经济增速放缓,税收增长面临一定压力。同时,土地出让金收入也受到房地产市场调控等因素的影响,难以保持高速增长。在财政收入增长有限的情况下,政府需要在教育、医疗、社会保障等多个领域进行资金投入,能够用于污水管网建设运维的资金相对有限。

3 基于按效付费的污水管网可持续投资模式

综合以上分析,解决当前国内污水管网底子薄、任务重、建设运维资金缺乏问题的关键是实现两个转变:一是加速污水管网建设运维的成本端、定价端和收费端的贯通,实现污水管网建设运维成本付费主体由“政府兜底”向“使用者付费”转变,促进排水管网领域向真正的市场化方向转型,形成可持续发展局面;二是为了精准调整污水处理费,降低对社会生活生产成本的冲击,付费模式需要由粗放的按量计费向更精细化的按效付费转变,现行按量付费模式不能有效衡量治水效果,与进水浓度、

污染物削减量关系较小,资金使用效率低,而按效付费模式与污染物收集量、削减量有关,将引导资金配置向管网倾斜,建立厂网收益共享机制,提高资金使用效率。

基于以上分析,中国长江三峡集团有限公司积极与沿江城市洽谈,优先选择有共同意愿的城市,先行启动“管网攻坚战”项目并开展配套价格机制改革探索。

3.1 政企联动完善全成本化的污水价格形成机制

推动地方政府完善《污水处理费征收使用管理办法》等配套政策文件,明确污水处理费可以用于污水管网的建设运营,同时推动政府在污水处理费定价成本监审中纳入污水管网的折旧摊销、运行维护费等。

在定价阶段,将管网建设、运维成本纳入污水处理费定价成本,从保障民生的角度出发,充分设置过渡期(缓慢调价),逐步调增污水处理费进行覆盖。重要的是通过价格机制改革,赋予管网经营属性,实现3个方面的作用:一是盘活地方存量资产,缓解财政压力,以存量带动增量,形成良性投资循环;二是赋予管网价格属性,打破管网融资难的困境,打通管网资产发行不动产投资信托基金(REITs)、上市等资本运作渠道;三是借鉴污水厂站经营属性,推动管网走向使用者付费,推动行业长效发展,吸引广大社会资本,共同参与长江大保护。污水价格形成机制改革示意如图1所示。

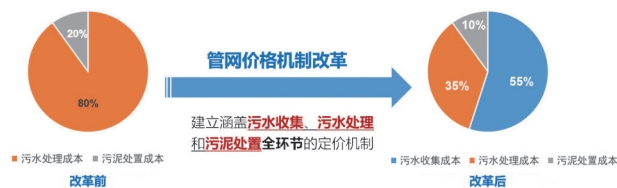


图1 污水价格形成机制改革示意

Fig.1 Schematic diagram of the reform of the sewage treatment price formation mechanism

3.2 创新“按效付费”机制

现行付费模式不能有效衡量治水效果,主要按污水处理量付费,污水处理厂出水达标后就可“旱涝保收”,“清水进清水出”现象频发^[9]。管网付费基本与管网工程实施后的效果无直接关系,更缺少有效计量标准,导致资金使用效率较低。

通过建立按效付费机制,将传统按管网长度和

处理水量付费方式转变为按照污染物收集量、削减量付费方式,引导资金的配置向管网倾斜,建立厂网收益共享机制,提高资金使用效率。以典型污染物COD削减总量为导向的按效付费模式如图2所示。

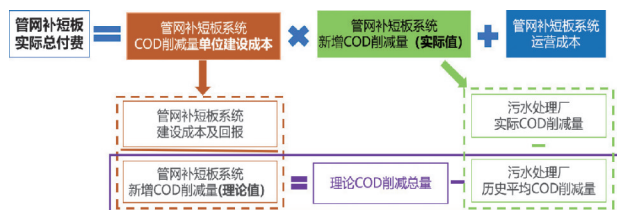


图2 以COD削减量为导向的按效付费模式

Fig.2 Overview of pay for performance model guided by COD reduction

建立按效付费机制,改变传统按照污水处理量计量的付费模式,根据补齐污水管网短板后新增的污染物有效收集量和污水厂进水浓度提升结果向管网投资主体付费,达到预期收集量和浓度效果则正常支付,否则扣减相应费用,实现污水治理从按量付费向按效付费转变。

4 C市主城区管网攻坚战项目实践

4.1 C市主城区涉水资产总体情况

C市地处长江上游与中游的结合部,人口约150万人。在供水方面,目前该市主城区规模在 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 及以上的供水厂有7座,供水设计规模约 $62 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,分属5方运营,供水规模占比分别为58%、13%、13%、8%、8%。在污水方面,主城区污水处理厂共9座,设计处理规模总计 $55.9 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,分属5方运营,污水规模占比分别为54%、23%、11%、7%、5%。在排水管网方面,主城区排水管网总长1389 km,其中合流制管网329.5 km,雨水管网677.3 km,污水管网382.2 km。

4.2 C市主城区排水管网现状

基于对C市排水管网开展的系统性排查,梳理出主城区排水管网目前的短板问题:①合流制管网较多,且未实现管网全覆盖。C市主城区的合流制管网占比达到24%,部分区域仍存在管网空白区。②污水处理厂进水浓度低,源头地块雨污分流亟待解决。城区污水处理厂进水 $\text{BOD}_5 < 100 \text{ mg/L}$,源头地块的雨污分流和管网修复覆盖率不足,管网“最后一公里”未彻底打通,“毛细血管”有待补齐。③市政存量管网缺陷多,破损严重,外水入流入渗严

重,管网缺陷修复有待补足。④管道淤积严重,尤其是截流井内普遍淤积10~25 cm,对污水的收集效能造成了影响。

4.3 污水管网可持续投资模式探索的必要性

① 补齐污水收集处理设施短板的现实需要

C市仍存在管网密度不足、源头收集及雨污分流不完善导致污水集中收集率不高等问题,需实施管网攻坚项目对城区范围内未实施的污水管网进行全面修复、改造和建设,进一步补齐城市污水收集处理设施短板,打通治污“最后一公里”。

② 利于拓展污水管网建设资金渠道

目前C市财政承受能力已近10%红线,加之PPP模式面临规范整改,传统模式难以为继,实施管网攻坚项目,结合项目试点推进管网价格机制改革,实现污水管网建设、运营由政府付费向使用者付费转变,为C市城区管网建设运营提供稳定的资金来源。

③ 污水处理费调价具有可行性

C市居民和非居民现行污水处理费执行2016年全国最低标准,至今未进行过调整。初步测算,27年后污水处理费将调整到位,每年每人约增加支出70元,居民年综合水费支出占年人均可支配收入的比重不高于0.5%,且调价幅度较平缓,与居民消费价格指数基本适应。

④ C市政府支持管网价格机制改革试点

C市政府多次组织专题研究调价方案和试点合作方案,并对配套政策文件出台做出具体安排,对价格机制改革试点持支持态度。

4.4 率先落地排水管网按效付费模式

为解决补齐排水管网短板和财政资金紧张的矛盾,C市政府于2022年计划新增20亿元投资开展管网攻坚战,设定目标为:实现“十四五”末C市主城区的污水集中收集率提升至70%,污水处理厂进水 BOD_5 提升至 80 mg/L ,入江污染物削减70%以上。项目采用特许经营模式,合作期50年,通过赋予管网经营属性,有序建立市场化回报机制,实现“使用者付费”。

同时,C市印发《污水收集系统按效付费实施办法(试行)》,第一次明确将管网建设、运营成本纳入污水处理费,并在排水管网领域建立按效付费机制,污水处理费(M)按以下公式计算:

$$M = P(S - S_0) \times 0.7 + P(S_1 - S_0) \times 0.3J + W \quad (1)$$

$$P=I_0/(S-S_0) \quad (2)$$

$$J=0.5F_{\text{COD}}+0.5F_{\text{BOD}_5} \quad (3)$$

式中: P 为收集污染物测算单价,元/t; S 为污染物目标收集量,t; S_0 为污染物基准收集量(项目投入运营前),t; S_1 为污染物实际收集量,t; J 为浓度系数,用于评价污水收集系统新增投资对进水污染物浓度的贡献,按照《污水收集系统按效付费实施办法(试行)》规定方法计算; W 为经核定的运维费用,元; I_0 为污水收集系统年建设投资及回报; F_{COD} 为年度进水COD得分系数,取值见表5; F_{BOD_5} 为年度进水BOD₅得分系数,取值见表5。

表5 进水水质浓度梯度得分系数

Tab.5 Score coefficient for concentration gradient of influent quality

年度进水 COD/ (mg·L ⁻¹)	F_{COD}	年度进水 BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	F_{BOD_5}
>260	1.2	>100	1.2
[210,260]	1.0	[80,100]	1.0
<210	0.8	<80	0.8

基于《污水收集系统按效付费实施办法(试行)》,C市政府办印发《城区污水处理费征收使用管理办法》,率先开展污水治理市场化探索,将污水处理费用于管网建设运维,建立涵盖污水收集、处理、污泥处置全过程的定价、动态调整和费用保障机制。

C市管网攻坚战项目已开展实施,并按照进水浓度提升结果和新增的污染物削减量向管网投资主体付费,实现污水治理从按量付费向按效付费转变,保障污水治理成效。

管网攻坚战项目充分考虑民生保障,设定精准补贴平稳过渡机制,坚持综合水费支出占人均可支配收入的比重基本维持不变,在长周期的平稳调价过渡的同时,对特殊困难群体、管网投资主体进行精准合理补贴,降低改革阻力。具体做法如下:

① 延长合作期限,降低调价幅度。合作期延长至50年,历经24年5次调价,首次调价0.1元/m³,后续每次调增0.2~0.3元/m³,累计调增1.105元/m³;价格水平涨幅与居民消费价格指数上涨水平基本一致;24年后,每年每人增加支出70元(按人均生活用水量为176 L/d计),居民年综合水费支出占年人均可支配收入的比重不高于0.5%。

② 制定免征、减征和补助措施。针对贫困建

档人员、低保群体和福利院、敬老院等公益性服务群体,制定免征和减征措施。

5 结语

水环境治理的关键和薄弱环节是排水管网,而排水管网问题的关键在于可持续的商业模式。管网攻坚战既是包含管网工程本身的技术攻坚,更是商业模式、管网建设运维评价体系的改革攻坚。C市的创新性实践探索得到国家发展改革委的充分认可,认为对探索污水处理可持续发展道路、破解污水处理设施短板问题具有引领意义。

① 市场化价改示范,建立长效发展机制。建立价格机制后,污水管网运维将具有稳定的使用者付费来源,逐步摆脱对政府财政的依赖,实现可持续城镇污水治理市场化机制的建立。

② 根本性改善排水管网,营造优美社会环境。建立管网价格机制后,管网攻坚战项目将得以落地实施,主要污水处理厂进水污染物浓度得到有效提升,城区雨天溢流污染大幅减少,有效解决水环境污染治理根源问题,保障人民生命财产安全,拉动经济增长。

③ 规范化考核付费,促进资源优化配置。通过创建一套可行的付费计价体系,实现项目付费与工程实施效果高度关联,并与成熟的建设运营绩效考核体系有效衔接,使资金支付具有可衡量的标准。

④ 内部化治污成本,增强环保节约意识。通过价格杠杆作用,引导全体公民认识到资源利用和环境保护的极端重要性,树立“低碳、节约”的生活理念和科学的消费观念。

参考文献:

- [1] 黄钰铃,莫晶,骆辉煌,等. 长江大保护试点城市水环境治理模式及成效[J]. 环境工程学报,2024,18(1): 286-297.
HUANG Yuling, MO Jing, LUO Huihuang, et al. Practice model and effectiveness of water environment improvement in pilot cities for Yangtze River conservation [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2024, 18(1): 286-297 (in Chinese).
- [2] 卢纯. “共抓长江大保护”若干重大关键问题的思考[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2019, 47(4): 283-295.
LU Chun. Reflection on several key issues regarding the “Making Efforts to Protect the Yangtze River Together”

- project [J]. Journal of Hohai University (Natural Sciences), 2019, 47(4): 283-295 (in Chinese).
- [3] 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).
- [4] 罗姣姣, 杨庆华, 程杰, 等. 完善污水收集系统价格机制研究[J]. 长江技术经济, 2023, 7(2): 87-92, 123.
- LUO Jiaojiao, YANG Qinghua, CHENG Jie, et al. Improving the pricing mechanism of sewage collection system [J]. Technology and Economy of Changjiang, 2023, 7(2): 87-92, 123 (in Chinese).
- [5] 谭雪, 石磊, 陈卓琨, 等. 基于全国227个样本的城镇污水处理厂治理全成本分析[J]. 给水排水, 2015, 41(5): 30-34.
- TAN Xue, SHI Lei, CHEN Zhuokun, et al. Cost analysis of the municipal wastewater treatment plant operation based on 227 samples in China [J]. Water & Wastewater Engineering, 2015, 41(5): 30-34 (in Chinese).
- [6] 程小文, 周广宇, 尤学一. 国内外大城市居民生活水价对比研究 [J]. 中国给水排水, 2021, 37(10): 56-60.
- CHENG Xiaowen, ZHOU Guangyu, YOU Xueyi. Comparative study of urban residential water price in domestic and foreign cities [J]. China Water & Wastewater, 2021, 37(10): 56-60 (in Chinese).
- [7] 陈志勇. 试论水务行业特性[J]. 厦门科技, 2010(5): 41-44.
- CHEN Zhiyong. On the characteristics of the water industry [J]. Xiamen Science & Technology, 2010(5): 41-44 (in Chinese).
- [8] 李江峰, 李克江. 城市排水管网项目经济评价效益分析[J]. 中国新技术新产品, 2009(17): 72.
- LI Jiangfeng, LI Kejiang. Economic evaluation and benefit analysis of urban drainage network projects [J]. New Technologies and Products of China, 2009(17): 72 (in Chinese).
- [9] 刘康, 李涛, 马中. 中国污水处理费政策分析与改革研究——基于污染者付费原则视角[J]. 价格月刊, 2021(12): 1-9.
- LIU Kang, LI Tao, MA Zhong. Research on policy analysis and reform of the expense of sewage processing in China—based on the perspective of the polluter-pay principle [J]. Price Monthly, 2021(12): 1-9 (in Chinese).

作者简介: 杨庆华(1976—), 男, 湖北五峰人, 硕士, 高级会计师, 主要研究方向为财务管理与市政基础设施投融资。

E-mail: yanyingying2018@163.com

收稿日期: 2024-09-18

修回日期: 2024-10-27

(编辑: 丁彩娟)

维护河流健康生命, 实现人与河流和谐共生