

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.14.006

长江大保护城市排水管家模式探索研究

叶文飞, 陈祖军

(中国长江三峡集团有限公司 上海勘测设计研究院有限公司, 上海 200233)

摘要: 城市排水系统是城市水系统的重要组成部分,是城市的生命线。基于长江大保护工作形势,首先系统分析了长江经济带城市排水行业现状、问题与需求;继而统筹新时期“十六字”治水方针、长江大保护社会第三方服务市场化趋势和城市排水系统治理的需求,提出了城市排水管家的概念、特征及其模式的框架结构体系;最后结合相关实践探索提出了长江大保护城市排水管家的实施路径建议。

关键词: 长江大保护; 城市排水管家; 框架结构体系; 实施路径

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2023)14-0038-09

Study on the Service Mode of Urban Drainage System Stewardship in Yangtze River Protection Work

YE Wen-fei, CHEN Zu-jun

(Shanghai Investigation, Design & Research Institute Co. Ltd., China Three Gorges Corporation, Shanghai 200233, China)

Abstract: As an important part of the water system, the urban drainage system is also the lifeline of the city. Firstly, this paper analyzes the present situation, problems and demand of urban drainage industry in the Yangtze River economic belt. We have comprehensively integrated the “Sixteen-Character” water control policy in the new period, the marketization trend of third-party services for the Yangtze River Protection and the needs of urban drainage system management. Therefore, the concept, characteristics and frame structure system of urban drainage system stewardship are put forward. Finally, this paper puts forward some suggestions on the implementation of urban drainage system stewardship based on relevant practical exploration.

Key words: Yangtze River Protection; urban drainage system stewardship; framework system; implementation approach

城市排水系统包括城市雨水排水、污水排水、污水再生利用、污泥处理处置等子系统,内容庞杂,且关联着城市排涝安全、水环境治理、水生态与水资源保护,其在城市安全运行与发展中发挥着至关重要的作用。2018年以来,中国长江三峡集团等社

会第三方单位积极响应国家号召,致力于长江经济带城市排水系统建设或水环境综合治理相关工作(程),并取得明显成效,在长江大保护中发挥着应有作用。尽管如此,长江经济带城市的排水系统,在规划、设计、投融资、建设、运维管理等全生命周

基金项目: 中国长江三峡集团有限公司科技创新基金项目(202003137)

通信作者: 陈祖军 E-mail: chen_zujun@126.com

期相关环节仍存在不同程度的短板或问题^[1-4],影响着长江大保护工作的整体成效。近年来,《关于构建现代环境治理体系的指导意见》等系列文件要求构建政府主导、企业主体、社会组织和公众共同参与的现代环境或水治理体系,由此为各类所有制企业、市场主体或社会资本平等参与环境或水治理的投资、建设、运行等创造法定条件和依据。在国家相关政策和市场化机制双重因素影响下,企业作为第三方主体若要在长江大保护事业中积极作为,需要不断创新服务模式,以系统思维统筹城市排水系统在全生命周期相关环节的各项工,有效整合行业资源,以促进行业难点、痛点问题的解决和城市排水系统的健康发展,进而有力促进长江大保护城市水环境治理成效。基于此,提出长江大保护城市排水第三方服务——“城市排水管家”概念并对其服务模式进行探索。

1 长江经济带城市排水行业现状

1.1 城市排水基础设施建设状况

多年来,长江经济带城市雨水排水、污水排水、污泥处理处置等专项规划在指导城市排水系统建设及相关痛点和难点问题中发挥了巨大作用和功效^[5]。近年来,随着我国城市排水系统提质增效工作的推进,长江经济带城市排水系统效能也得以进一步提升。根据2019年城市建设年鉴相关资料分析(见图1),长江经济带城市排水系统状况总体如下:①11个省市污水处理率均超过95%,湖北最高为100%,四川省最低为95.29%。②下游城市人均污水日处理量分别高于中、上游城市,对应最低的省市分别为安徽、江西、重庆。③下游城市建成区排水管网密度最高,中游和上游城市相差不大,对应最低的省份分别为安徽、湖南、贵州。④在厂网建设方面,11省市的排水管道总长度达到 34.26×10^4 km,污水处理厂数量为1 023座,日处理能力达到 7.43×10^7 m³/d(占全国日处理能力的42%)。

另外,2017年的相关资料表明,长江经济带存在城市生活污水集中收集率偏低和污水厂进水COD浓度较低的现象。其中,仅上海和浙江的城市生活污水集中收集率达到70%以上,分别为82.4%和70.4%;江苏、重庆、云南均约为56%,湖南与湖北均达到40%以上,分别为42.6%和40.2%;贵州仅

29.1%。进水COD<150 mg/L的污水处理厂有764座,占所在长江流域内污水处理厂总数的62.7%。

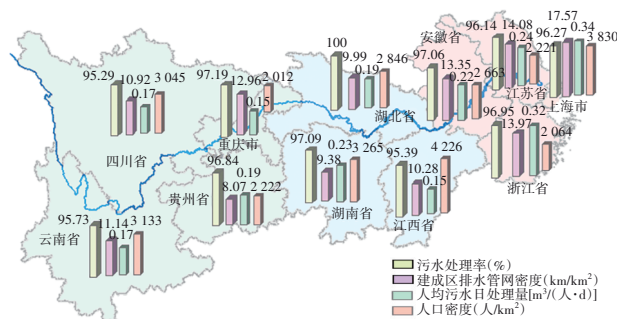


图1 2019年长江经济带城市排水设施能力状况

Fig.1 Drainage data in the Yangtze River economic belt in 2019

1.2 城市排水行业投融资状况

近年来,在市政基础设施市场化政策的支持下,社会资本积极参与了长江经济带城市水环境治理尤其是城市排水系统建设,促进了投资主体和融资渠道的多元化。例如,城镇污水处理设施通过BOT、TOT、BT等投融资模式,广泛引入社会资本参与设施的建设和运维;近几年PPP模式推进中逐渐将雨污管网、水环境治理纳入项目包,在一定程度上促进了城市排水行业的发展。根据国家PPP项目库公开信息,自2018年以来长江经济带11省市排水相关的PPP项目总投资额达3 600亿元。

1.3 城市排水系统运维管理状况

长江经济带城市排水系统的运维管理已逐渐迈向市场化、专业化、信息化,且借助智慧排水或水务平台从厂网分离向厂网一体、厂网河(湖)一体化转变^[6-8]。例如,九江市中心城区水环境系统综合治理项目采用了智慧水务管理平台,其包含3个一(“一张网”“一中心”“一朵云”)、2体系(技术标准体系、制度保障体系)和N项业务应用(包含综合展示一张图、监测预警、排水管理、决策支持、绩效考评等方面)。

1.4 城市排水相关技术发展状况

目前,长江经济带城市的城镇污水处理厂以AAO及其变形工艺为主,且受用地条件等限制,污水处理厂提标改造中MBBR和MBR工艺得到一定的应用。例如,无锡芦村、桐乡崇福、宁波新周、泰州海陵污水厂通过投加填料将原工艺改造为AAO+MBBR复合工艺,在池容不变的情况下达到了提高污水处理能力的目的;长沙、十堰、成都、资阳、内江

等地污水处理厂则应用MBR进行提标改造,效果良好。同时,污泥产量也逐年上升,截至2019年底,长江经济带城市干污泥产量为 378.6×10^4 t/a,约占全国的34%,可见城市污泥处理处置已成为长江大保护工作至关重要的一环,而厌氧消化、好氧发酵、干化焚烧、热解等技术发挥了重要作用,有力地促进了产业快速发展^[2]。

2 长江经济带城市排水行业存在问题和需求

① 行业或专业规划方面

目前城市排水相关规划多缺乏整体性和系统性,各专项规划之间的协调性不够^[5],亟需立足新发展阶段,贯彻新发展理念,加强排水系统的多规统筹协调与顶层设计,充分发挥规划对新发展格局的引领作用,实现雨污协调、泥水并重、内涝与外洪相衔接,促进排水系统与行业高质量发展。

② 基础设施建设方面

雨污错接混接现象较普遍;管网覆盖率低,除上海为 17.57 km/km^2 外,其余为 $8 \sim 14 \text{ km/km}^2$ (见图1),普遍低于美国(15 km/km^2)和日本(25 km/km^2);污水处理厂进水污染物浓度低;生活污水集中收集率不高。因此,亟需加强长江经济带城市排水症结追根溯源,加快源厂网河一体化统筹,促进城市排水系统治理。

③ 运营管理方面

目前,城市排水系统碎片化管理模式普遍存在,导致统筹与协调难度大^[1],难以发挥整体效能;同时,智能化、信息化程度普遍不高,智慧水务决策支持不足。因而亟需建立健全智慧水务体系,以实现源厂网河一体化管理,提升预测预警、一体化调度等决策支持能力,提高应急防范水平。

④ 投融资方面

大多数城市地方财力有限,而污水处理资金整体偏低,难以覆盖排水设施的基本建设和运维费用而导致入不敷出局面,尤其是排水管网多因投入不足而难以为继。因而亟待加快和完善排水行业投融资模式的多元化与市场化。

⑤ 技术支撑与保障方面

在新发展阶段国家“双碳”工作背景下,有待加快开发城市排水系统碳减排的潜力,创新优化污水处理工艺及污泥资源化利用、尾水利用、清洁能源使用等技术。

综上所述,长江大保护工作需要探索和创新城市排水第三方服务模式,系统性解决行业痛点难点问题,全面统筹城市排水行业规划、设计、投资、建设、运营管理工作,实施行业资源有效整合,实现城市排水系统高质量发展。

3 城市排水管家的概念和特征

3.1 概念

2016年环境保护部正式发文,推行“环保管家”作为第三方为工业园区提供一体化环保服务和解决方案,自此环保管家作为一种新的服务模式,在城市、工业园区、乡镇、企业不同范畴进行了广泛探索与应用^[9]。同时,在工程建设领域,近年来为避免传统咨询行业的碎片化服务影响项目建设的效率和质量弊端,全过程工程咨询(第三方服务)也开始盛行,其整合项目决策、实施和运营各专项服务为一体,旨在为建设方提供局部或整体解决方案及管理服务^[10]。基于长江经济带城市排水行业发展中存在的问题和需求,鉴于新发展理念和新时期“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”十六字治水方针,综合考虑排水系统及相关工程在全生命周期的系统性和整体性,并统筹环保管家和全过程工程咨询服务的理念和实践经验,从安全性、经济性、高效性、智慧性(“四性”)目标出发,提出长江大保护城市排水第三方服务模式——“城市排水管家”,即对某城市的人民政府或主管部门(一般为水务行政主管部门)、水业(务)公司或其他企事业单位所委托的全部或部分(含单项)排水系统达到所约定的某种服务标的而提供的系统性、综合性、一站式、一条龙经营或托管服务及其相关的咨询/服务行为。城市排水管家中排水系统边界如图2所示。

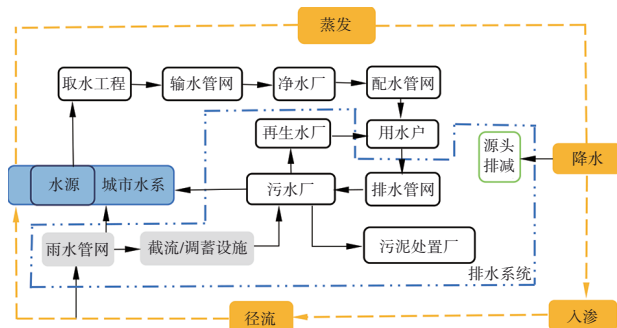


图2 城市水循环系统和排水系统示意

Fig.2 Schematic diagram of urban water cycle and drainage system

3.2 基本特征

① 系统性解决问题

从流域框架、水循环系统、水城关系等宏观角度去考虑问题和解决方案,从顶层设计进行多规合一,源厂网河一体化(与水利、水环境协同)统筹,系统治理,泥水共治。

② 全生命周期统筹

以一个主体全面统筹区域内排水领域规划、设计、投融资、建设、运营管理工作,解决产业链分割、碎片化管理的问题,实现区域内统一规划、统一设计、统筹建设、统一运营、统一调度。

③ 行业资源有效整合

从业务、技术、资金、人才等方面实现行业资源和产业链的整合,充分发挥行业协同作用,提供从发现问题、诊断问题到解决问题的综合服务。

4 城市排水管家模式的框架结构体系

城市排水管家模式的框架结构体系见图3。

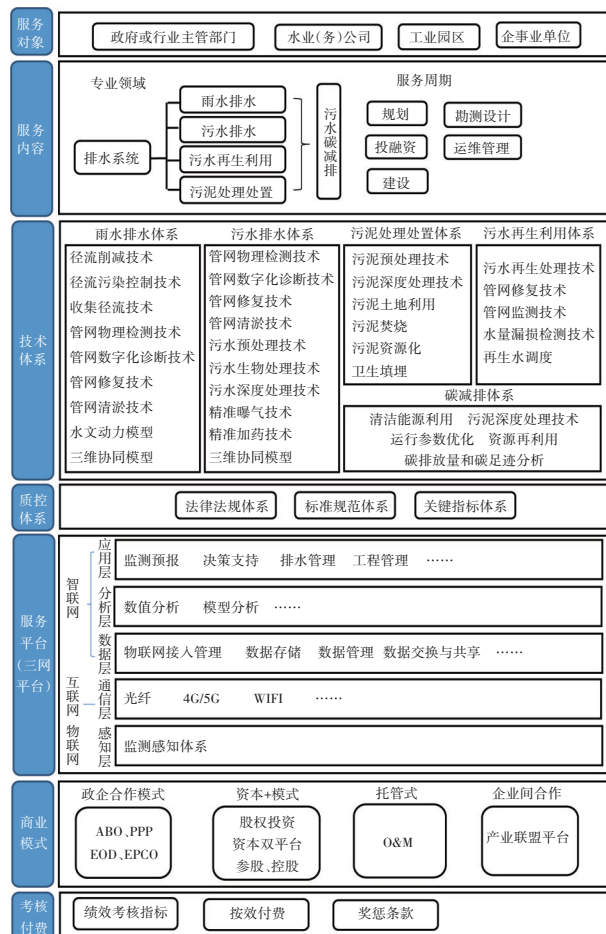


图3 城市排水管家模式的框架结构体系

Fig.3 Framework of urban drainage system stewardship

城市排水管家模式自上而下由7个层次构成,即根据服务对象(第1层)的需求,以技术体系(第3层)为核心,以质控体系(第4层)为保障,依托服务平台(第5层)及相关商业模式(第6层),按照绩效考核和按效付费方式获得回报(第7层),为委托方提供不同专业领域和服务周期的服务内容或标的(第2层)。

4.1 服务对象

服务对象主要包括:政府或行业行政主管部门(如水务、住建、环保等)、水业(务)公司、工业园区或企事业单位等。

4.2 服务内容

按专业领域分,服务内容可包括城市或某一区域的雨水排水系统、污水排水系统、污水再生利用系统、污泥处理处置系统,以及贯穿全系统的碳减排系统。

① 雨水排水系统

借鉴国外经验(如新加坡的ABC计划^[11-12]、美国的LID雨水管理体系^[12]),结合国内海绵城市理念,融合灰绿蓝体系,建立和完善城市防涝体系,并与城市防洪相衔接,提高城市的复原能力和韧性;借鉴灰绿设施结合方法控制合流制溢流(Combined Sewer Overflows, CSO)污染的经验^[13]如规划指引,借助技术经济分析、模型模拟和分析等方法进行方案评估和比选;实施项目后评估制,适时调整和优化控制策略。

② 污水排水系统

按照“一城一策”的要求,从源厂网系统梳理城市排水问题,“补短板、强弱项”,提升污水收集和治理能力,提高城市排水系统的整体效能。而管网的提质增效是重点内容,根据管网排查结果,对管网进行修复、改造(混接错接、雨污分流改造),同步建立GIS一张图。污水处理厂逐步从增量建设向存量优化转变,通过工艺优化、节能降耗、能源回收等方法,实现低碳绿色运行。

③ 污水再生利用系统

以城镇生活污水的再生利用为切入点,根据丰水地区和缺水地区的不同用水需求,明确再生水的用途和水质,进行统筹规划并科学布局,选择成熟且经济的再生水利用工艺,提高水资源的有效利用率。

④ 污泥处理处置系统

遵循因地制宜的原则,结合城市水系统近远期建设发展规划,合理规划城市污泥处理处置与资源化,整合污泥全过程产业链,开发碳减排潜力。

⑤ 城市污水碳减排系统^[14-16]

- a. 采用清洁能源,如光伏发电等;
- b. 污泥的资源化利用;
- c. 尾水利用;
- d. 节能降耗;

- e. 概念污水处理厂;
- f. 碳排放量和碳足迹分析计算。

4.3 服务技术支撑体系

根据所涉技术领域和需求,研究形成城市排水管家技术服务工具包,具体内容如表 1 所示。该工具包分为四个层级,第一级为专业领域,第二级为细分专业类别,第三级为技术门类,第四级为主要技术。

表 1 城市排水管家技术服务工具包

Tab.1 Technical service kit for urban drainage system stewardship

一级	二级	三级	四级(主要技术)
雨水排水系统	源头排减	径流削减技术	绿色屋顶、透水地面、绿化滞留等
		径流污染控制技术	人工湿地、生物滞留等
		收集径流技术	雨水调蓄等
	雨水管渠	管网物理检测技术	潜望镜检测、CCTV 检测、声呐检测、电磁检测等
		管网数字化诊断技术	基于水质特征因子的管网混接诊断方法
		管网修复技术	开挖修复技术;非开挖修复技术:穿插法、不锈钢套筒法、原位固化法、机械制螺旋管内衬法、缩径内衬法、折叠内衬法、点状原位固化法等
		管网清淤技术	绞车清淤技术、高压水射流清淤技术、水冲刷清淤技术、机器人清淤技术等
	模型工具	水文动力模型	MIKE、InfoWorks、SWMM、MOUSE
		三维协同模型	GIS、BIM
污水排水系统	污水管网	同雨水管渠	同雨水管渠
	污水处理	预处理技术	旋流沉砂、曝气沉砂、沉淀、磁混凝等
		生物处理技术	活性污泥法:A ² O、SBR、氧化沟、MBR 等;生物膜法:曝气生物滤池、生物接触氧化法、MBBR 等
		深度处理技术	混凝沉淀、气浮、膜分离、臭氧氧化、滤布滤池、深床滤池、硝化反硝化滤池等
	模型工具	精准曝气技术	
		精准加药技术	
		工艺仿真技术	ASM1 模型、ASM2 模型、ASM3 模型、Andrews 模型、Monod 模型等活性污泥生化反应动力学模型
		三维协同模型	GIS、BIM
污水再生利用系统	污水再生处理	再生处理技术	混凝沉淀、滤布滤池、深床滤池、硝化反硝化滤池、膜分离、活性炭吸附、气浮、臭氧氧化、消毒
	再生水配水管网	管网修复技术	开挖修复技术;非开挖修复技术:原位固化法等
		管网监测技术	水质监测仪、流量计、水压计
		水量漏损检测技术	音听检漏法、漏水声自动监测仪、探地雷达检测法、瞬变流检测法、分区管理法(District Metered Area,DMA)等
		再生水调度	SCADA 系统、GIS、MIKE 模型
污泥处理处置系统	污泥处理	污泥预处理技术	浓缩、脱水
		污泥深度处理技术	厌氧消化、污泥热解、污泥干化、污泥好氧发酵
	污泥处置	污泥焚烧	
		污泥资源化	建材利用、污泥土地利用(农田利用、园林绿化等)
		卫生填埋	
碳减排系统	源头节能	清洁能源利用	光伏发电等
	过程控制	运行参数优化	精确曝气、精确加药等
	末端回收利用	资源再利用	营养盐回收、尾水余热利用、沼气利用等
	分析计算	碳排放量和碳足迹	IPCC 推荐法、UNFCCC 推荐法、CDM 方法学

4.4 服务质量控制体系

4.4.1 法律法规

排水行业相关法律法规是城市排水管家服务的准绳。基于我国法律法规体系对长江经济带 11 省市排水相关法律法规进行梳理。

4.4.2 标准规范体系

标准规范体系是城市排水管家开展服务的基础和指南,是服务质量控制体系的核心。借鉴上海市水务标准体系^[17],结合城市排水管家的服务内容和特点,构建三维框架结构,见图 4。

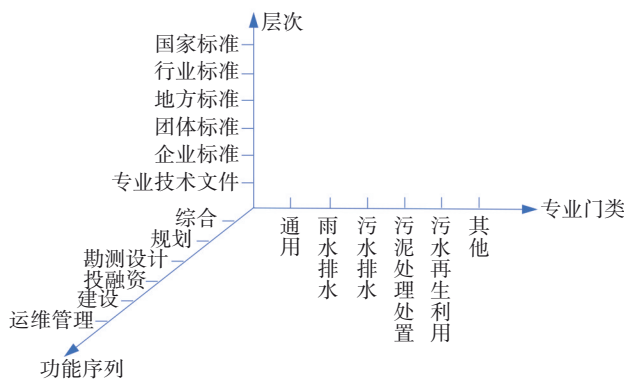


图 4 标准规范体系

Fig.4 Standard and specification system

经系统梳理,现有排水行业标准规范共计 173 部,见表 2。

表 2 城市排水管家标准规范统计(专业-功能)

Tab.2 Statistical summary of standard and specification for urban drainage system stewardship(specialty-function)

功能序列	标准规范数量						合计
	通用	雨水排水	污水排水	污泥处理处置	污水再生利用	其他	
综合	14	3	20	27	9	2	75
规划	2	0	1	0	1	0	4
勘测设计	12	8	28	0	2	4	54
投融资	3	0	0	0	0	0	3
建设(监理)	5	1	10	0	1	0	17
运维管理	3	1	14	0	2	0	20

4.4.3 关键指标体系

以系统性、层次性、可操作性、定性和定量相结合的原则,采用理论分析法、频度统计法、专家咨询法进行指标的初选和优化完善^[18],构建专业类别-目标层-要素层-指标层的多层次指标体系。如全生命周期规划阶段的关键指标体系(见表 3),其他阶段的指标体系可按照同样的原则和方法构建(本文从略)。

表 3 城市排水管家关键指标体系(规划阶段)

Tab.3 Critical indexes system for planning stage of urban drainage system stewardship

专业门类	目标层	要素层	指标层	目标值
通用	经济性	经济效益	净现值	≥ 0
			内部收益率	高于行业基准收益率
			效益费用比	
雨水排水	安全性	水量	内涝防治设计重现期 雨水管渠设计重现期	符合《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)要求 符合《室外排水设计标准》(GB 50014—2021)要求
		污染控制	雨水径流污染控制 CSO	符合《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345—2018)要求 旱季不溢流,雨季年溢流次数和控制率符合《海绵城市建设评价标准》(GB/T 51345—2018)规定
		水质	径流污染控制截流倍数 污水集中收集率	2~5 根据当地现状本底值和需求确定或 2025 年达到 70%
污水排水	安全性	水质	水体纳污能力(水环境容量) 排水水质	按《水域纳污能力计算规程》(GB/T 25173—2010)计算水域纳污能力及符合“三线一单”中水环境质量底线要求 符合《城镇污水处理厂污染物排放标准》(GB 18918—2002)要求
		污泥安全处理处置	污泥含水率 污泥处置出路 污泥安全处置率	$\leq 80\%$ 根据当地实际决定,减量化、稳定化、无害化 100%
		水质	再生水水质	根据用途分类符合相应规范要求
污水再生利用	安全性	水量	再生水利用率 再生水设施设计规模	25% 最高日供水量
		水压	再生水管网服务压力	符合《城镇污水再生利用工程设计规范》(GB 50335—2016)规定

4.5 服务平台(“三网”平台)

依托智能感知、大数据、云计算等新技术与排

水管理系统的融合发展,构建信息共享、应用协同、基础支撑、应急响应和科学决策的排水信息化

体系——城市排水管家“三网”服务平台(物联网、互联网、智联网),支撑智能感知、智慧仿真、智慧预警、智慧调度和智慧决策等服务,全面提升城市排水调度、应急管控、风险防控等能力。

4.6 商业模式

商业模式有政企合作、托管服务(Operation & Maintenance, O&M)、资本+、企业共建模式。政企合作模式主要有 ABO(Authorize-Build-Operation)、PPP(Public Private Partnership)、EOD(Ecology-Oriented Development)、EPCO 等模式。资本+模式以股权投资方式盘活存量资产,对存量资产进行运维管理,逐步建立市场化机制。企业共建模式通过构建产业联盟平台,整合市场资源,协同发展,促进产业链融合,推动行业发展。

4.7 服务绩效考核与付费

4.7.1 绩效考核

绩效考核须由委托方或涉水行业主管部门与城市排水管家根据服务标的洽谈确定及考核。如建设期关键绩效考核指标可为综合管理、组织管理、质量管理、进度管理、成本控制、安全管理、生态影响、社会影响;运营期关键绩效考核指标可为污水处理厂进水污染物浓度、重点污染物削减量、污水处理厂出水达标排放、溢流污染控制率和年溢流次数、初期雨水污染控制、污泥安全处理处置率、资源利用率等。

4.7.2 服务付费

城市排水管家服务一般实行按效付费方式,且其服务费按照成本并合理盈利的方式确定,成本中要考虑污水处理和污泥处置设施的建设和运营成本^[16];付费与绩效考核挂钩,设置奖惩激励条款,以促进服务质量的保障。

5 长江大保护城市排水管家模式实施路径

5.1 实施路径建议

借鉴国内外城市水业发展中诸多 PPP 项目和武汉市三峡光谷水环境投资有限公司 ABO 模式实施的经验,建议城市排水管家模式的实施路径如下:

① 现状问题识别与诊断

分析城市或区域自然与经济社会发展等基础条件;调研城市排水设施的运行管理状况;盘查排水设施存量资产;通过资料分析、实地调查、模型分析等方式对城市排水系统问题进行识别和诊断。

② 编制服务方案

根据问题识别与诊断,结合城市发展和环境保护的需求,明确城市排水管家的目标,并提出服务方案,确保目标可达性。

③ 组建平台公司

筹划以独资或合资、控股地方水务企业的方式组建城市排水管家平台公司,或者根据需求,与其他涉水行业协同(如供水、水利、水环境)组建水务平台公司。此平台公司作为服务的实施主体。

④ 构建服务体系

构建的服务体系应包括运作机制(建设、运营权获得方式、范围、内容等)、保障机制、投融资方式、智慧排水管理平台、责任划分、绩效考核、付费方式等。

⑤ 盘活存量资产

在全面开展排水设施存量资产盘查和评估的基础上,将分散的存量资产进行整合。城市排水管家平台公司以特许经营权方式获得存量资产的运营权。对于权属不明晰或无法回购的资产,可考虑以托管方式进行运营。

⑥ 智慧化运营

采用三网平台进行智慧化运营,实现资产管理、预测预警决策支持、厂网河联合调度等业务应用。建立各项运营管理制度和标准、应急体系等。

⑦ 带动增量项目

编制项目实施方案,将项目实施及管理流程化和制度化,统一建设标准,并推动新项目的策划和实施。

5.2 问题与思考

① 存量资产盘活及与政府方合作方式问题

针对存量资产的权属关系,可采取不同的方案:对于政府对存量资产控制权集中的情况(大部分或全部的资产在地方水投/水务公司),平台公司可以采用股权收购的方式对地方水投/水务公司进行控股,并明确双方的权、责、利;而对于存量资产由其他社会资本方运维管理,暂无法回购的情况,可分步实施,在过渡期间可协商采用 O&M 的方式委托平台公司进行统一的运维管理;对于需要进行人员安置的情况,协商稳妥的安置方案,可进行专业培训后纳入运维队伍。

② 投融资模式和资金来源问题

污水处理费偏低,地方财政紧张,无法覆盖排水管网运营维护费用,在PPP模式空间缩减的情况下,资金成为重要的制约因素。结合发改委所提出的价格机制改革,探索价格机制改革,测算排水管网成本,逐步推进。

6 结语

城市排水管家模式是当前长江大保护相关工作进展中城市水环境综合治理所涉城市排水第三方服务模式的探索与创新,其为三峡集团城市水管家的组成部分,其框架结构体系及实施路径可为类似第三方服务示范应用提供理论支撑,同时该模式后期仍需在实践中不断丰富完善,以期助力实现我国新发展阶段城市排水行业的绿色、低碳、可持续发展愿景。

参考文献:

- [1] 冯斌,张沈生.我国城镇水务供排污一体化管理的思考[J].建筑与预算,2019(2):51-54
FENG Bin, ZHANG Shensheng. Thoughts on integrated management of water supply and drainage in China's towns[J]. Construction and Budget, 2019(2): 51-54 (in Chinese).
- [2] 覃思宇,王丹丹.关于我国城镇污水处理厂污泥处理处置的现状分析[J].化工管理,2020(15):49-50.
QIN Siyu, WANG Dandan. Status analysis of sludge treatment in urban sewage treatment plant in China[J]. Chemical Enterprise Management, 2020(15): 49-50 (in Chinese).
- [3] 王先恺,董滨,高勇,等.污泥生物处理技术在长江大保护中的应用前景[J].环境科学研究,2020,33(5):1241-1246.
WANG Xiankai, DONG Bin, GAO Yong, et al. Application prospect of biological treatment technology of sewage sludge in Yangtze River Protection [J]. Research of Environmental Sciences, 2020, 33(5): 1241-1246(in Chinese).
- [4] 胡维杰.我国污水处理厂污泥处理处置需关注的若干内容[J].给水排水,2019,45(3):35-41.
HU Weijie. Some contents of concern for sludge treatment and disposal of wastewater treatment plants in China[J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(3):35-41(in Chinese).
- [5] 莫耀,龚道孝,高均海,等.城市水系统从理念、方法到规划实践[J].给水排水,2021,47(1):77-83.
MO Li, GONG Daoxiao, GAO Junhai, et al. Urban water system from conception, methods to planning practice [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(1): 77-83(in Chinese).
- [6] 鄢琳,荣宏伟,谭锦欣,等.“源—网—厂—河”一体化智慧排水系统的构建设计[J].给水排水,2021,47(3):150-154.
YAN Lin, RONG Hongwei, TAN Jinxin, et al. Construction and design of pollution source—drainage pipe network—sewage treatment plant—urban river integrated intelligent drainage system [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(3): 150-154 (in Chinese).
- [7] 时珍宝.浅析上海市智慧排水信息化系统规划与建设[J].净水技术,2020,39(z1):235-238.
SHI Zhenbao. Brief analysis of the planning and construction of intelligent drainage information system in Shanghai [J]. Water Purification Technology, 2020, 39(z1): 235-238(in Chinese).
- [8] 郑春华,翁献明,姜恺,等.温州市从“数字排水”到“智慧排水”的思考与实践[J].中国给水排水,2017,33(12):30-35.
ZHENG Chunhua, WENG Xianming, JIANG Kai, et al. Thinking and practice of transition from “digital drainage” to “intelligent drainage” in Wenzhou City [J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(12): 30-35 (in Chinese).
- [9] 中国环境保护产业协会环境影响评价行业分会.“环保管家”服务案例选编[M].北京:中国环境出版集团,2018.
China Association for Environmental Impact Assessment. Selected Service Cases of “Environmental Stewardship” [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2018(in Chinese).
- [10] 陈金海.建设项目全过程工程咨询指南[M].北京:中国建筑工业出版社,2018.
CHEN Jinhai. Consultation Guide for the Whole Process of Construction Project [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2018(in Chinese).
- [11] The Public Utilities Board. Active, Beautiful, Clean Waters Design Guidelines [M]. Singapore: The Public Utilities Board, 2009.
- [12] 周昕怡,孙宏扬.国外生态雨洪管理理念对我国海绵城市建设管控的启示与借鉴[J].净水技术,2021,40(1):367-371.
ZHOU Xinyi, SUN Hongyang. Enlightenment and

- reference of foreign ecological stormwater management concepts to China's sponge city construction and control [J]. *Water Purification Technology*, 2021, 40(1): 367-371 (in Chinese).
- [13] 赵泽坤, 车伍, 赵杨, 等. 美国合流制溢流污染控制灰绿设施结合的经验[J]. *中国给水排水*, 2018, 34(20): 36-41.
- ZHAO Zekun, CHE Wu, ZHAO Yang, *et al.* Experiences of combination of gray-green infrastructures for combined sewer overflow control in the United States [J]. *China Water & Wastewater*, 2018, 34(20): 36-41 (in Chinese).
- [14] 刘洪涛, 陈同斌, 杭世珩, 等. 不同污泥处理与处置工艺的碳排放分析[J]. *中国给水排水*, 2010, 26(17): 106-108.
- LIU Hongtao, CHEN Tongbin, HANG Shijun, *et al.* Analysis on carbon emission from different sewage sludge treatment and disposal processes [J]. *China Water & Wastewater*, 2010, 26(17): 106-108 (in Chinese).
- [15] 杭世珩, 关春雨. 污泥厌氧消化工艺运行阶段的碳减排量分析[J]. *给水排水*, 2013, 39(4): 44-50.
- HANG Shijun, GUAN Chunyu. Analysis on carbon emission reduction in the sludge anaerobic digestion process [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2013, 39(4): 44-50 (in Chinese).
- [16] 宋宝木, 秦华鹏, 马共强. 污水处理厂运行阶段碳排放动态变化分析: 以深圳某污水处理厂为例[J]. *环境科学与技术*, 2015, 38(10): 204-209.
- SONG Baomu, QIN Huapeng, MA Gongqiang. Analysis for dynamic changes of wastewater treatment plant carbon emissions in operation phase: with a wastewater treatment plant in Shenzhen as an example [J]. *Environment Science & Technology*, 2015, 38(10): 204-209 (in Chinese).
- [17] 黄剑, 张睿. 上海水务标准体系框架解析[J]. *水资源开发与管理*, 2017(1): 7-12.
- HUANG Jian, ZHANG Rui. Analysis on water affair standard system framework in Shanghai [J]. *Water Resources Development and Management*, 2017(1): 7-12 (in Chinese).
- [18] 叶浩恒. 我国城市污水处理厂绩效评估指标研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2019.
- YE Haoheng. Research on Performance Evaluation Index of Urban Wastewater Treatment Plants in China [D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2019 (in Chinese).

作者简介: 叶文飞(1983-), 女, 福建闽侯人, 硕士, 工程师, 研究方向为市政给排水。

E-mail: 294459472@qq.com

收稿日期: 2021-09-23

修回日期: 2022-01-12

(编辑: 丁彩娟)

像保护眼睛一样保护生态环境,
像对待生命一样对待生态环境