

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.08.001

城市级水环境治理技术组织管理的思考与展望

许申来¹, 王浩正², 刘龙志², 刘智晓³, 蔡然³, 韩冠宇²

(1. 长江生态环保集团有限公司, 湖北 武汉 430062; 2. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300074; 3. 北京首创股份有限公司, 北京 100044)

摘要: 城市级水环境技术组织管理是一个长期、连续、协调的系统工作,其内在运行规律要求水环境治理决策者对各环节、各子系统、各相关方具备全过程的技术协调、集成与优化能力。然而,由于缺乏基于水力流程的信息复核机制和技术工具使用规范,缺乏有效的规划设计模式应对系统的复杂性与外部不确定性,缺乏具备技术协调与绩效管控能力的技术监督主体,缺乏基于特定业务场景下信息与业务融合管理平台,导致城市级水环境治理局部管理效能较好,而系统整体效能不高。鉴于此,提出了城市级水环境治理技术组织管理范式,以技术协调与绩效管控服务组为主体,建立基于水力流程的信息复核机制及技术工具使用规范,构建基于“数据、特征、模型”场景的业务管理平台,推进实施基于系统协同性与绩效评估的规划设计与运行管理,配合治理决策者协调治理系统各环节、各子系统与各相关方的技术生产关系,实现城市级水环境治理目标可持续达标。

关键词: 城市级水环境; 技术组织管理范式; 基于水力流程的信息复核机制; 技术工具规范; 技术协调与项目绩效管控服务组

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2021)08-0001-07

Thinking and Prospect of Technical Integrated Management of Urban Water System

XU Shen-lai¹, WANG Hao-zheng², LIU Long-zhi², LIU Zhi-xiao³, CAI Ran³,
HAN Guan-yu²

(1. Yangtze Ecology and Environment Co. Ltd., Wuhan 430062, China; 2. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300074, China; 3. Beijing Capital Co. Ltd., Beijing 100044, China)

Abstract: The technical integrated management of urban water system is a long-term, continuous, coordinated work. It requires capabilities of technical coordination, integration and optimization of planning-design-operation in project life cycle of subsystems among multiple agencies. However, in term of urban water management efficiency, part of it is better than the whole. This may be due to the lack of powerful team with capabilities of technical coordination and project performance evaluation, the shortage of mechanism of reviewing data based on hydraulic flow chart and technical tool specification, the scarcity of integration management platform based on scenarios as well as the lack of planning-design framework

which can be adapted to uncertainty and complexity of urban water environment system. In view of this, this paper puts forward the framework of technical organization and management of urban water system to realize successful collaboration for integrated management among subsystem, parts, and agencies, and achieve the sustainable productivity of urban water system; take technical coordination & performance control task team as main body, establish review mechanism of integrated data based on hydraulic flow chart and technical tool specification, build scenario operational control platform for integrated management based on data-characteristic-model, and advance the implementation of planning-design framework based on coordination among subsystems and project performance evaluation.

Key words: urban water system; framework of technical organization and management; mechanism of reviewing data based on hydraulic flow chart; technical tool specification; technical coordination & performance control task team

1 研究背景

城市级水环境系统由相互作用和相互依赖的若干子系统组成,其本身受到外部影响较大,并从属于社会经济系统^[1-2]。因此,城市级水环境的治理既要考虑内部系统的复杂性和外部的不确定性,也要考虑治理的社会经济可承受性。目前,在城市级水环境治理领域已经形成了“源头治理、截污调蓄、联合调度、基流调控、提升品质、持续达标、经济可行”的治理共识,这对治理能力提出了更高要求。由于缺乏科学的技术组织管理模式,水环境治理往往缺乏可持续性,进而进入治理效能下降、社会经济投入产出比不高的窘境^[3]。随着系统复杂性和不确定性的进一步增加,目前的技术组织管理模式面临巨大挑战,规划系统性不足、工程设计不协调、工程实施顺序不科学、工程技术评判与筛选能力不足等问题愈发突出。

为了解决上述问题,保证城市水环境治理的弹性和可持续性^[4],对城市级水环境治理中数据的管理需求匹配性、技术工具的使用管理规范性、规划设计的管理协同性、工作技术平台业务适应性等方面的问题和原因进行剖析,尝试从技术信息与工具管理、适应性规划设计范式、技术组织管理职能、基于场景需求的业务平台建设等方面,构建城市级水环境治理技术组织管理新范式,为城市级水环境治理全过程技术管理服务提供一种新思路。

2 问题与原因分析

2.1 技术评估流于形式

由于缺乏基于水力流程的信息复核机制与技术工具使用规范,导致技术评估流于形式。绘制精准水力流程图和正确应用水环境模型是规划设计决策

与效能评估的重要手段,从数据管理方面来看,绘制和应用精准的水力流程图需要高精度长序列气象数据、与设计工况匹配的下垫面数据、土壤渗透性数据、高精度污染源排放数据、精准管网空间属性数据、河道水质水文动态监测数据、动态排水系统流量和液位数据、动态管网病害数据、地下水位波动情况等基础数据,这些基础数据的准确度和精度会对水力流程图绘制和规划设计评估结果产生重要影响。但是,目前对水力监测方案审查和关键信息准确度复核工作重视不足,对规划工程设计工况与数据精度需求的复核重视不足,对外界条件(施工降水、施工进度、管道状况)影响监测数据准确度的重视不足,导致城市排水区尺度上的精准水力流程图缺失,规划设计决策的泛化以及与实际情况偏差较大,造成规划设计预期效果很难保障,项目施工过程中变更、洽商、签证较多,建设成本难以控制。

从模型应用管理方面来看,国内城市级水环境模型法规化制度尚是空白,技术工具应用缺乏规范管理,缺少城市水环境模型应用目的、适用范围、选择依据、参数率定、模型校验、精度评价等行业标准或技术指南^[5]。同时,缺乏已建模型参数与实际工况的校核,输入数据准确度不高、建模工作周期不足,技术模型无法真正反映系统真实情况,无法有效支持项目规划设计方案的评估工作。

从国外水环境治理的实践经验来看,流域水环境模型已在流域水污染防治和环境规划、污染物总量减排方案等具有法律效力的文件编制和实施过程中得到广泛应用^[6]。例如,针对最大日负荷总量(TMDL),美国 EPA 开展了 TMDL 模型评估与研究需求项目,通过评估表格的形式对 TMDL 中可选用

的60多种模型的适用范围、适用性和模拟能力等进行了详细对比。美国EPA在2009年发布了《环境模型开发、评估及应用指南》,详细描述了模型评估的方法、目标及流程等信息。实际上,模型工具使用不规范,将导致模型机理与现实匹配度不高,模型使用无法满足规划设计需求,进一步扩大了数据输入偏差带来的效果预测偏差与建设成本偏差,导致城市级水环境项目治理效率大幅下降。

2.2 无法应对水环境系统的复杂性与不确定性

城市水环境系统面临的不确定性越来越受到重视^[4,7],其发生的条件和概率很难通过历史经验来判断与预测,外部不确定性对水环境治理系统效能的影响巨大^[8]。传统规划设计范式指导外部条件稳态下的增量治理效果较好,但是对外部不确定性状态下的存量优化与增量治理的协同,往往面临困境,仅治症状而非病根。具体表现在:①以城市化和气候变化为驱动的城市水环境系统物质流和信息流存在不确定性,传统规划方案对子系统之间协同与匹配性考虑不足;②缺乏对水量、污染物在各环节、各系统、各工程界面实时流动规律的全流程模拟能力,缺乏水安全与水环境措施在空间和时间上的协同性考量,工程措施实施次序关系缺乏科学决策;③缺乏对技术工艺的适应工况和外部性评估,缺少技术工艺物耗、能耗的全生命周期及全产业链的碳足迹计算,导致某些技术在解决系统内环境问题的同时,带来了更多的外部性环境问题,总的环境成本较高,碳排放较高。

为了克服上述规划设计不足,国外往往将复杂水系统问题分解到控制单元,并进行动态规划设计与评估,为治理目标落实、任务分解、总量控制等提供基础^[9-10]。然而我国水质标准衔接不完善、基础数据缺乏、模型工具使用不规范,导致目前无法将TMDL计划管理模式直接用于城市级水环境治理的规划、设计与建设动态评估中。另外,国外将规模适度冗余设计、不同空间属性的设施功能提升、各类设施之间的运行调度进行有效耦合,增强水系统的整体弹性,以应对外部的不确定性,取得了较好效果,而目前我国在这方面仍处于起步阶段。

2.3 缺乏具备全过程技术统筹能力的责任主体

根据布雷顿的最优区域配置理论,外部性影响越大的水污染问题,应由越高级别的机构进行管理,理想的水质管理是将排水分区(依据水的自然单元

和社会单元划分)作为整体,统筹协调整个区域、专业、子系统、环节、各方主体关系,保障天然水体化学、物理和生物的完整性。然而,无论是政府主管部门,还是项目公司,都不具备对区域、专业、子系统、各环节、各要素的技术协调管理能力;同时,设计、建设、工程监理等单位无法单方面解决规划设计理念落实、规划设计评估与动态调整、建设与运营相互协同等关键问题。尤其是对不同界面相互影响的识别与管控能力不足,无法协调局部治理与整体达标、空间分割与时间同步、条块治理与综合治理、偏差识别与过程修正之间的关系,无法从源头修正“数据偏差和技术工具不规范使用”和“方案偏差”的影响,导致这些影响从规划、设计、施工到运维逐级传递,从而使整体无法达到预期效果。因此,在城市级水环境治理过程中,亟待建立一支具备全流程技术协调管理能力的团队,保证整个治理统筹区域、专业、子系统、环节、要素之间的技术生产关系适应城市级水环境治理效能提升需求。

2.4 缺乏基于特定业务场景的管理平台

由于智慧水务缺乏顶层设计,脱离技术适应场景需求的考量,目前绝大多数智慧水务平台仅仅用于水务信息收集、处理与展示,由于缺少准确数据和适宜性模型开发,缺乏基于场景式业务服务的数据采集与分析,导致某一工作场景的业务决策数据与技术支撑能力明显不足,无法应对城市水系统治理效率提升的需求,因此基于传统规划范式构建的智慧水务系统将面临缺乏业务场景应用的尴尬。建立特定业务场景下的数据信息与业务融合管理平台,辅助完成项目风险识别与预警、规划设计与建设项目监督、项目实施效果评估、项目运行优化等工作,将有助于减少复杂水环境系统治理决策中资源错配与浪费的情况。

3 思考与探索

城市级水环境治理不但需要系统性的顶层设计,更加需要全流程技术组织管理。城市级水环境治理全流程技术组织管理模式是以技术协调与绩效管控服务组为主体,负责城市级水环境治理项目各个阶段的协调和控制,通过建立城市级基础信息复核机制与技术工具规范,搭建基于业务场景工作管理平台,开展系统协同性与绩效评估,修正治理过程中发生的偏差,实现各环节、各界面与各相关方的有效协调,实现水环境目标可持续达标。

3.1 建立基线信息复核机制与技术工具使用规范

水力流程的空间属性数据、设施属性和水力特性

① 根据规划设计工作深度,开展基于不同系 数据复核工作(见表1)。

表1 基于不同系统水力流程的数据复核工作清单

Tab.1 List of reviewing data based on hydraulic flow chart of systems

系统	设施类别	数据类别	数据复核要点
地块系统		空间属性	①分流制系统、合流制系统及合改分过渡性系统范围;②涉水设施服务范围;③汇水面积、径流系数、用地类型、人口密度;④空间属性信息的假设条件和不确定性分析
		设施属性	①地块出水口位置与出水管底标高信息;②混接点位置和管底标高信息;③排水管道材料与建设年限;④管道功能性和结构性病害;⑤现状和规划管道的管底标高;⑥新建小区或改造小区排水管线与市政管网系统连接信息;⑦设施属性信息的假设条件和不确定性分析
		水力特性	①绘制不同类型地块降雨-径流-污染物浓度曲线;②排水设施水力流向和流量;③人均排污系数;④不同类型地块径流参数;⑤土壤渗透系数;⑥工业园区入驻企业排水量和水质等;⑦水力特性信息的假设条件和不确定性分析
市政系统	排水管网	空间属性	①分流制系统、合流制系统及合改分过渡性系统区域;②模型自动化划分汇水区范围(规划阶段);③通过地块现场探勘、地面竖向与排水管线实际情况划分汇水区范围(方案设计阶段);④绘制立交桥等低洼地区不同工况下的汇水区范围(设计阶段);⑤淹没范围、汇水面积、径流系数、用地类型、人口密度;⑥不同汇水区之间的管网界面位置;⑦识别与其他项目(地铁、热力、自来水、燃气项目)的交界面;⑧出水口的标高、河流和湖泊的水位和河底标高;⑨设计洪水位与城市区域对应汇水区地面的最低点标高;⑩空间属性信息的假设条件和不确定性分析
		设施属性	①管道材料与建设年限;②庭院与市政管网连接、市政管网内部所有连接的情况;③管道功能性和结构性病害;④混接点位置和管线坡度;⑤排水口位置、标高;⑥溢流口位置、标高;⑦现状及新建污水、雨水管道标高;⑧市政道路雨水系统衔接的检查井是否根据运维要求进行专项设施设计和布置;⑨合流制泵站是否按照污水和雨水泵站分别设置;⑩设施属性信息的假设条件和不确定性分析
		水力特性	①关键节点(污水厂前端、泵站)雨季、旱季的水量、液位和水质同步监测数据;②管网运维记录;③泵站运行和运维记录;④泵站流量、扬程、集水池容积、泵站前管道流量、紧急溢流量和去向;⑤水力特性信息的假设条件和不确定性分析
	CSO调蓄设施	设施属性	①数量、位置、类型(调蓄/调蓄+处理)、服务面积;②进水和出水管管底标高及管径;③预处理设施及处理标准;④设施属性信息的假设条件和不确定性分析
		水力特性	①进水流量、出水流量、所在区域地下水位、蓄水量、停留时间、调节容积;②上游管线输送能力;③下游污水厂处理能力和场次降雨、连续降雨条件下管网溢流污染量;⑤运行规则和运维记录;⑥水力特性信息的假设条件和不确定性分析
	雨水调蓄设施	设施属性	①雨水停留或处理的现状设施数量、位置、类型(停留/处理工艺)、汇水区域面积、地表径流系数;②进水和出水管底高程、管径、连接/溢流到下游排水系统位置;③预处理设施安装情况;④设施属性信息的假设条件和不确定性分析
		水力特性	①进水流量、出水流量、所在区域地下水位、蓄水量、停留时间、调节容积;②上游管线输送能力;③下游管线排水能力;④运行规则和运维记录;⑤水力特性信息的假设条件和不确定性分析
	污水厂	设施属性	①污水厂设施和管线位置及规模;②设备状况与维修记录、台账等;③设施属性信息的假设条件和不确定性分析
		水力特性	①水池数量及其具体的蓄水量和/或预处理量;②设计最大进水流量,有效的平均进水流量;③泵输送能力、运行工况、运行时间、排水量;④溢流按天、月和年的监测结果;⑤城市污水处理厂旱季、雨季进水生化需氧量浓度;⑥污水厂旱季、雨季出水水质;⑦污水厂人口前位置的溢流情况;⑧水力特性信息的假设条件和不确定性分析
外来水		设施属性	①流入排水系统的河流、小溪或沟渠位置;②管网漏损点位置;③地下水位;④设施属性信息的假设条件和不确定性分析
		水力特性	①开展入流渗透监测和特征因子识别,形成入流渗透分区报告;②水力特性信息的假设条件和不确定性分析
河湖水体		设施属性	①核实并更新进入水体的市政排水系统中的所有出水口和溢流口,包括:位置、数量、溢流构筑物的类型、接纳水体、排入水的来源、溢流构筑物的堰顶标高、出水口底部标高和接纳水体的水位;②设施属性信息的假设条件和不确定性分析
		水力特性	①流量、流速、流向、河道水位、排水口旱季流量和雨季流量;②河湖水体设计洪水位、雨水口标高、雨水口上游汇水区地面标高;③湖泊中磷净沉淀率和释放率;④水力特性信息的假设条件和不确定性分析

② 依据合流制溢流(CSO)监测规范、海绵城市监测规范、水环境质量监测数据质量管控规范等,将城市水环境资产数据普查方案、运行数据监测方案 and 项目建设效果评估过程文件作为规划设计方案审查强制性内容,将关键性基础信息数据和模型率定文件列入工程竣工验收档案。

③ 建立城市级水环境技术工具使用规范,制定城市级水环境各子系统不同类型、不同机理技术工具使用手册,聘请第三方机构对技术工具使用规范性进行定期评估,包括适用范围、选择依据、参数率定与校验、精度评价等内容。

3.2 建立适应性平衡的规划设计与运行管理范式

城市级水环境治理要实现可靠性、弹性和可持续性治理目标,必须关注治理过程中的动态调整和适应性平衡^[11]。鉴于此,城市级水环境治理应建立动态调整、适应平衡的规划设计与运行范式,主要包括以下几方面:

① 构建适应性的水系统综合模型。将基于实测数据与技术模型的绩效评估融入规划设计与运营方案编制的始终。

② 基于“数据+模型”系统协同性与绩效评估。具体包括:设施空间属性对系统性能的影响评估;重点排水设施对污水系统、雨水系统影响评估;规模冗余条件下系统运行和调度对系统效能的评估;不同类型措施贡献度、优先级、费效比与运效比评估;技术工艺对边界条件变化的敏感性评估,技术工艺环境性、经济性、资源性和社会性评估。

③ 规划设计评估与动态调整方案。包括:规划整体架构完整性评估、规划设计理念评估、规划设计目标实现下的经济分析与时间可行性评估、雨污分流的效果及彻底性评估、城市地块更新与水环境治理工程合理衔接评估。污水和排水系统布局合理性评估与调整方案、重点设施设计评估与调整方案、工程实施顺序评估与调整方案。

3.3 建立全过程技术协调与绩效管控服务组

全过程技术协调与项目绩效管控服务组是城市级水环境治理的技术组织管理范式的执行主体,其按照水环境治理的目标来协调各项治理活动,并且随着不断出现的新情况调整原来的计划,为不同层面的实施主体提供技术指导和支撑,确保水环境治理理念、措施、工程、质量标准得到严格遵循,并与其他专业规划、项目进行协调,统筹实现水环境改善。

城市级水环境治理的技术组织管理范式如图1所示。

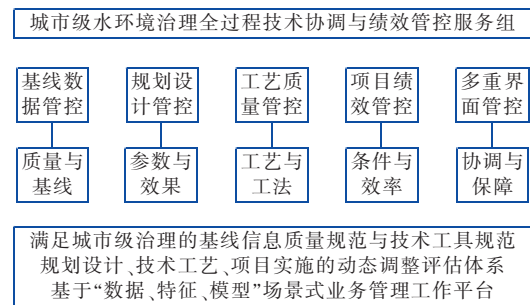


图1 城市级水环境治理的技术组织管理范式

Fig.1 Framework of technical organization and management of urban water system

① 基线数据管控。规划设计前期,开展基于水力流程图绘制需求的基线数据质量复核与评估。重点包括:对详细降雨特征、设计降雨条件、降雨-径流-污染过程曲线等水系统模型所需数据进行复核,对关键性技术工艺数据进行试验复核。

② 规划设计管控。规划设计阶段,调蓄设施、泵站、污水厂等重要设施空间属性与设施属性参数对系统性能的影响评估;海绵设施、排水管道、泵站设施、雨水调蓄设施、CSO调蓄设施设计参数对污水系统、雨水系统影响评估;海绵设施、管网完善、CSO调蓄池、人工湿地、河道底泥清淤等工程贡献度与优先级评估;面向可持续运维的专项设计评估,确保运维辅助设施的设计满足运维设备可操作和运维人员操作安全。

③ 工艺质量管控。初步设计阶段,分析工艺适应性工况条件,评估达标技术工艺经济可行性和时间可达性;从环境绩效、经济性、资源性、社会性等方面,对关键性技术工艺进行综合评估和比选,必要时采取小试、中试进行验证;完善技术工艺实施中质量达标验收标准。

④ 项目绩效管控。项目建设运营后,基于实测数据,开展不同外部条件下,不同类型项目费效比与运效比评估,并反馈到规划设计工作中。

⑤ 多重界面管控。建立地块、管网、污水厂、河道系统界面工作协调机制,建立规划、设计、施工技术界面工作协调机制,建立水环境治理项目与其他类型(地铁、道路/铁路、城市改造施工)工程界面的工作协调机制,以界面监测数据为工作协调机制的决策基础,保障系统之间、环节之间与工程之间相

互有效衔接。

3.4 构建基于“数据、特征、模型”场景式管理平台

构建基于“数据、特征、模型”场景式服务的业

务管理平台(见图2),推进治理组织管理方式变革,实现组织管理优化和治理资源合理分配,实现成本节约、效率提升和价值发现。

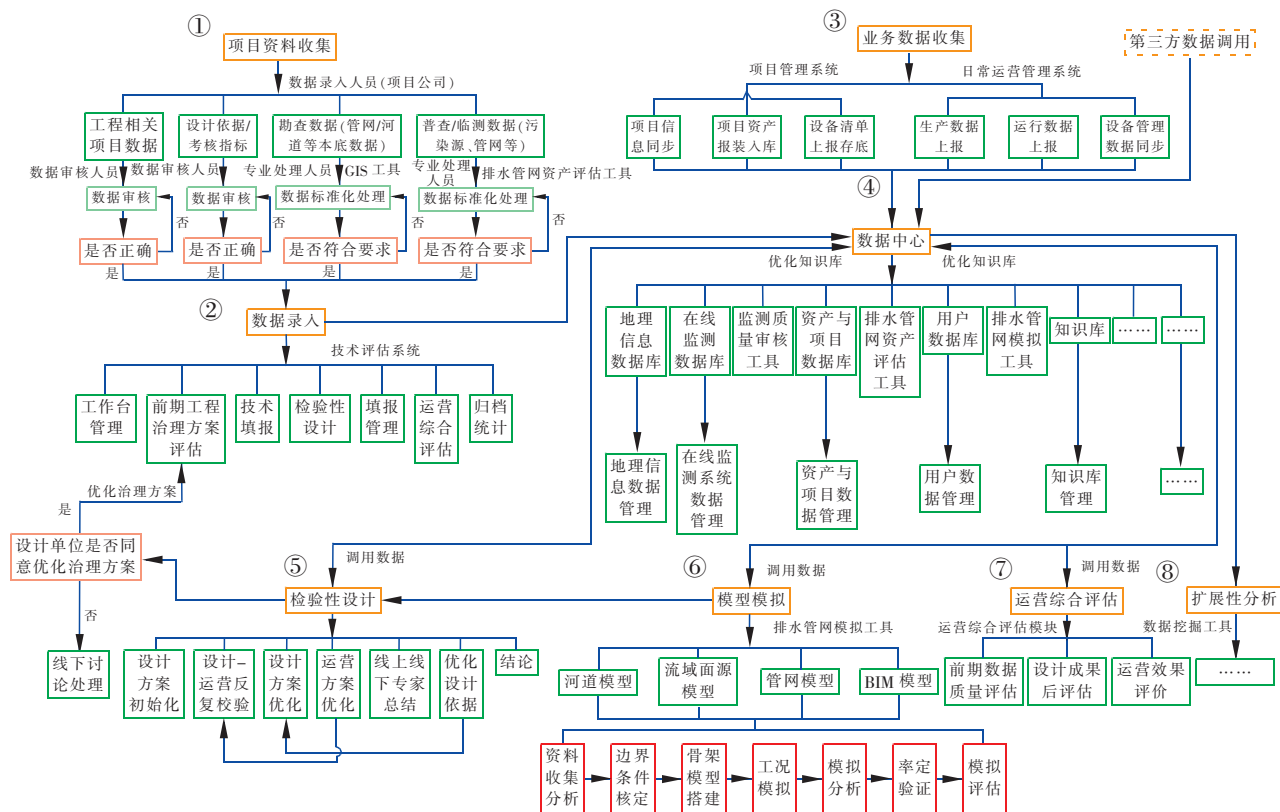


图2 基于“数据、特征、模型”场景式业务管理平台结构框架

Fig. 2 General framework of scenario operational control platform for integrated management based on data-characteristic-model

第一阶段实现系统感知与行为反馈,完善项目数据与业务数据协同与反馈。主要工作包括:基于模型需求导向的数据采集与质量评价;基于可持续运营的业务数据信息采集;基于不同业务场景的适应性模型校验设计与原始模型技术工具开发。

第二阶段实现成本节约和效率提升,完善治理过程中人、财、物投入与协调计划。主要工作包括:基于数据中心,建立不同业务场景下数据库、信息库、技术库、模型库、设施参数库、技术工艺库、项目库和工作界面库;建立不同业务场景下的运营效能定额管理系统,制定不同业务成本与效能基准线。

第三阶段实现财务改善与价值发现,完善治理过程技术协调与绩效管控计划。主要工作包括:建立基于运营绩效导向的资源分配管控平台。

4 总结与展望

局部的技术性措施无法解决城市水环境系统整体效能提升与可持续达标问题,通过建立城市级水

环境治理技术协调与绩效管控的监督主体,推进实施城市级水环境治理技术组织管理新范式,才有可能有效协调各环节、各系统、各相关方之间的关系,促进治理从被动应对转变为主动预防,在问题发生前,以较低的环境成本,提供高效的解决方案,达到持续的治理效果。从目前城市级水环境治理来看,大部分城市依然处于设施达标与系统水质达标的治理阶段,未来应更多关注管理体系、技术体系、工程体系以及运维体系中的低碳可持续治理模式,而治理要素的数字化、要素流动的模型化、治理流程的数字化协同将成为构建低碳可持续治理模式的关键。

参考文献:

- [1] 程娟. 流域治理投资战略理论与应用研究[D]. 南京:河海大学,2005.
- CHENG Juan. Study on the Theory and Application of Investment Strategy of River Basin Management [D].

- Nanjing:Hohai University,2005(in Chinese).
- [2] 朱记伟,解建仓,马斌.流域治理项目建设管理体制研究[J].科技进步与对策,2010,27(9):93-97.
ZHU Jiwei, XIE Jiancang, MA Bin. Construction management mechanism of river-managing project[J]. Science & Technology Progress and Policy, 2010, 27(9):93-97(in Chinese).
- [3] 姚柳杨,赵敏娟,徐涛.经济理性还是生态理性?农户耕地保护的行为逻辑研究[J].南京农业大学学报(社会科学版),2016,16(5):86-95.
YAO Liuyang, ZHAO Minjuan, XU Tao. Economic rationality or ecological rationality? A study on the behavior logic of farmers' cultivated land protection[J]. Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition), 2016, 16(5):86-95(in Chinese).
- [4] CASAL-CAMPOS A, SADR S M K, FU G, *et al.* Reliable, resilient and sustainable urban drainage systems: an analysis of robustness under deep uncertainty[J]. Environmental Science & Technology, 2018, 52(16):9008-9021.
- [5] 赵琰鑫,赵翠平,陈岩.国内外流域水环境模型法规化建设现状和对比研究[J].环境污染与防治,2016,38(7):82-87.
ZHAO Yanxin, ZHAO Cuiping, CHEN Yan. A comparative study of regulatory construction of the watershed environment models system in China and abroad[J]. Environmental Pollution and Control, 2016, 38(7):82-87(in Chinese).
- [6] WANG Q G, LI S B, PENG J, *et al.* A review of surface water quality models[J]. The Scientific World Journal, 2013(3):231768.
- [7] MENG F L, FU G T, BUTLER D. Regulatory implications of integrated real-time control technology under environmental uncertainty [J]. Environmental Science & Technology, 2020, 54(3):1314-1325.
- [8] 杨敏行,黄波,崔翀,等.基于韧性城市理论的灾害防治研究回顾与展望[J].城市规划学刊,2016(1):48-55.
YANG Minxing, HUANG Bo, CUI Chong, *et al.* Review and prospect: urban disaster resilience [J]. Urban Planning Forum, 2016(1):48-55(in Chinese).
- [9] 雷坤,孟伟,乔飞,等.控制单元水质目标管理技术及应用案例研究[J].中国工程科学,2013,15(3):62-69.
LEI Kun, MENG Wei, QIAO Fei, *et al.* Study and application of the technology on water quality target management for control unit[J]. Engineering Science, 2013, 15(3):62-69(in Chinese).
- [10] 王东,王雅竹,谢阳村,等.面向流域水环境管理的控制单元划分技术与应用[J].应用基础与工程科学学报,2012,20(增刊):30-37.
WANG Dong, WANG Yazhu, XIE Yangcun, *et al.* Methodology and its application of control-unit division served for watershed environment management [J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2012, 20(S):30-37(in Chinese).
- [11] 刘堃,仝德,金珊,等.韧性规划·区间控制·动态组织——深圳市弹性规划经验总结与方法提炼[J].规划师,2012,28(5):36-41.
LIU Kun, TONG De, JIN Shan, *et al.* Tenacious planning, inter-zone control, dynamic organization: Shenzhen flexible planning experiences and methods [J]. Planners, 2012, 28(5):36-41(in Chinese).

作者简介:许申来(1980-),男,内蒙古通辽人,博士,高级工程师,主要从事流域综合治理、城市黑臭水体治理、海绵城市建设方面的研究与规划工作,主持和参与30多项国家和地方流域、城市水环境治理与海绵城市建设项目。发表SCI论文1篇,发表核心期刊论文20余篇,主编专著3本,专利4项,获得国家级规划设计三等奖1项、省级规划设计一等奖3项。

E-mail: xushenlai@163.com

收稿日期: 2020-06-28

修回日期: 2020-08-22

(编辑:丁彩娟)