



DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.02.001

海绵城市理念下流域协同治理策略思考与探索

许申来^{1,2}, 周影烈³, 李王锋^{1,4}, 韩志刚⁵, 薛祥山^{1,4}, 赵轩^{1,4},
曲直^{1,4}, 孟婷婷¹

(1. 北京清控人居环境研究院有限公司, 北京 100083; 2. 长江生态环保集团有限公司, 湖北武汉 430062; 3. 北京壹墨工程设计咨询有限公司, 北京 101300; 4. 北京清华同衡规划设计研究院有限公司, 北京 100085; 5. 中国交通建设股份有限公司, 北京 100088)

摘要: 近些年来,随着流域治理目标从局部的工程达标向整体的水质达标的转变,工程思维下治理模式面临巨大的挑战,无法可持续达标,究其原因在于忽略了工程性措施与非工程性措施之间的协同关系,如河道空间利用与保护的关系、污染物治理与利用的关系、工程建设与良性运维的关系、治理措施与机制体制的关系、治理需求与技术能力的关系。海绵城市试点建设为优化工程性措施与非工程性措施关系提供了宝贵的实践场地,也取得了较好效果。鉴于此,总结了海绵城市理念下流域治理的经验与教训,提出海绵城市理念下流域协同治理的六大策略,包括河道生态缓冲空间的划定与保护,流域节水、雨水利用、污染物资源化协同推进,治理工程提质增效和良性运维并重,跨行政区协调机制与体制完善,基于监测与模型的项目绩效动态评估机制建立,流域信息共享与技术支撑能力提升。

关键词: 海绵城市; 流域协同治理; 河道生态缓冲空间

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2021)02-0001-06

Exploration and Thought on the Strategy of Basin Coordinated Management under the Concept of Sponge City

XU Shen-lai^{1,2}, ZHOU Ying-lie³, LI Wang-feng^{1,4}, HAN Zhi-gang⁵, XUE Xiang-shan^{1,4},
ZHAO Xuan^{1,4}, QU Zhi^{1,4}, MENG Ting-ting¹

(1. *Tsinghua Holdings Human Settlements Environment Institute Co. Ltd., Beijing 100083, China*;
2. *Yangtze Ecology and Environment Co. Ltd., Wuhan 430062, China*; 3. *Beijing Yimo Engineering Consult Co. Ltd., Beijing 101300, China*; 4. *Beijing Tsinghua Tongheng Planning and Design Research Institute Co. Ltd., Beijing 100085, China*; 5. *China Communications Construction Company Ltd., Beijing 100088, China*)

Abstract: In recent years, with the transfer of the river basin governance objectives from local to overall, engineering governance is facing great challenges and the goal is difficult to sustain. The reason lies in the neglect of the collaborative relationship between engineering measures and non-engineering measures, including the relationship between river space utilization and protection, the relationship

between pollutant treatment and utilization, the relationship between construction and maintenance, the relationship between governance measures and mechanism system, the relationship between governance needs and technical capabilities. The pilot construction of sponge city provides a valuable practice site to optimize the relationship between engineering measures and non-engineering measures, and obtains prospective results. In view of this, this paper attempts to summarize the experience and lessons of watershed governance under the concept of sponge city, and puts forward six strategies, including: ① protection of river ecological buffer space; ② collaborative promotion of water-saving, rainwater utilization and pollutant recycling; ③ improvement of quality and efficiency of engineering construction and maintenance; ④ improvement of the coordination mechanism and system across administrative regions; ⑤ establishment of project performance dynamic evaluation mechanism based on monitoring and modeling; ⑥ improvement of basin information sharing mechanism and technical support capacity.

Key words: sponge city; basin coordinated management; river ecological buffer space

我国绝大多数流域经历了一个先破坏后治理的过程,虽然取得了明显成效,但是流域治理也进入了瓶颈期,传统流域治理模式面临前所未有的挑战,主要表现在:流域“四水三泥”(雨水、污水、地下水、河水、管道污泥、污水厂污泥以及河道淤泥)本底精细化解析不充分;流域治理目标的综合性、河道保护空间、措施的系统性、管理体制、技术支撑工具使用之间协同性不足。从国外流域治理历程来看,流域治理往往由单要素治理转变为多要素协同治理,包括水资源、水环境、水生态、水安全、水文化等多方面,如欧洲莱茵河流域的治理考虑了污染源控制与水环境治理、水生态保护(鲑鱼产卵与洄游)、水资源利用以及防洪减灾等多方面内容。

2015年以来,海绵城市理念的提出为流域治理提供了一个新的思维模式,从治理协同性的角度,对流域水生态、水安全、水环境、水资源等方面提出了明确的治理目标,并为空间保护和利用与治理措施协同、建设与运维协同、管理体制与治理需求协同、精准治理与技术支撑协同提供了基础性思维框架。从近年来30多个海绵城市试点建设的经验来看,治理目标、保护空间、治理措施、技术支撑和管理机制在流域尺度上协同是实现流域治理目标可持续的关键。为此,从协同性角度分析目前流域治理面临的困境,并总结提炼海绵理念下的流域协同治理策略。

1 传统理念下流域治理面临的问题

1.1 河道空间保护与利用不协同

随着城镇化的快速发展,城市建设用地挤占流域生态空间的现象普遍存在,流域内河道水系密度显著下降,许多河道支流变窄甚至消失,致使流域应

对极端气候条件下的外力冲击时失去了“生态弹性”,集中体现在:河道的过流能力大幅下降,河道水位上升对排水系统顶托严重,内涝风险不断加大;河道生态恢复的空间丧失;同时,由于河道两侧自然的生态缓冲区受到挤压,生物栖息空间面积不足,直接导致河道生态系统多样性的下降,河道生态功能不断退化,流域的生态功能也随之退化。

1.2 资源节约与污染治理不协同

在过去相当长的时间里,流域治理更多关注污染物的末端处理,很少从资源(水资源、物质)节约、雨水再利用协同和资源循环利用的角度思考污染物的去除问题。实际上,节水、雨水再利用与污染物协同性去除潜力巨大。通过分析,笔者发现,某流域城镇综合节水潜力占现状污水处理量的27%,实施雨水利用后进入合流制管网的雨水削减量占污水厂处理量的26%,按照污水厂一级A排放标准,通过节水和雨水利用措施,该流域产生的污染物总磷协同减排量将分别占其排入环境污染负荷的28%和10%。另外,对于流域来讲,污染物本身也是放错了地方的“资源”,该流域城市污水处理产生的氮和磷分别占同期农业氮肥和磷肥需求的86%和28%,如果将这些氮磷作为农业肥料进行循环利用,将极大减少化肥施用带来的农业面源污染;反之,流域城市的营养物质不能回到农业生产,将导致流域内农业面源污染的输入额外增加,破坏流域原有的营养物质循环,增大整个流域的外来污染输入。

1.3 工程施工与运行维护不协同

流域城市排水系统的施工建设及运营维护缺乏定期的维护,直接导致城市排水系统管网结构性和

功能性缺陷严重,严重影响了城市排水系统效能的发挥。日常维护管理不到位带来的污染物在管网内的累积,不但影响了其设计过流能力,而且在雨季冲刷下,常年累积的污染物一次性从溢流口排出,是造成有些河道治理项目“旱季见成效”和“雨季无成效”交替反弹的重要原因。同时,由于管网接口材料脱落、管网破裂,导致地下水埋深较浅的地区大量地下水、河水进入排水系统,生活污水处理厂进水COD、BOD₅浓度大幅下降,远远小于设计进水水质,严重影响了污水厂处理效率。由于流域治理重施工、轻运维,存量排水系统长期处于病害和高水位运行状态,导致规划设计中常用面源控制率、截流倍数概念适用场景发生变化,LID设施工程、管网改造工程、初期雨水调蓄工程、CSO调蓄池工程、河湖底泥清淤工程的规划、设计、建设所遵循的常用规则需要因地制宜地进行调整,目前治理中往往忽略这些问题,导致投入较高而治理效率较低。

1.4 管理体制与治理需求不协同

由于流域管理部门的职能设置缺乏流域水系统“产-汇-排-控-河-湖”的因果关系考量,涉水部门职能设置交叉与错配,导致规划目标和措施的协同性无法保障;各部门在规划执行和项目设置时,往往出现“重复”或“真空地带”。另一方面,水系统空间连续性被行政区空间隔断,市-区-乡镇纵向层级制与流域-汇水区-控制单元流域空间上无法匹配,治理目标在流域尺度空间分解不足,流域治理措施时间空间不同步。因此,无论从目前流域管理体制还是从流域治理的需求来看,建立跨部门、跨行政区的流域管理治理体制是必然选择。从世界各国流域综合治理历程来看,也都经历了部门各自治理向跨部门、跨地区综合治理的转变^[1]。现有水污染管理中,管理体制存在缺陷是水污染难以得到有效控制的重要原因^[2]。理想的水质管理机构是将水的自然单元作为整体,能够统筹整个流域水质管理的各个要素,不受地方政府干扰,保障天然水体化学、物理和生物的完整性。

1.5 局部管理与全程管控不协同

流域治理是一个长期、连续、协调、反馈与完善的系统工程,污染解析、治理目标、规划措施、项目设计、建设运营彼此之间动态关联、相互影响,这种动态性和关联性客观上需要动态的项目评估机制。但是,目前流域项目管理评估机制属于局部静态评估

机制,仅关注项目财务执行和项目建设完成情况,并未考虑项目的动态性、与其他项目的关联性及对整个系统全局性治理的贡献,缺乏规划设计、建设以及运营对流域治理效果影响的评估和动态调整机制。

1.6 技术支撑与精准治理不协同

流域治理所需要的水资源、水环境、水安全和水生态方面的基础数据往往分散于多个涉水部门,由于流域管理条块分割,管理部门间缺乏有效的沟通协调机制,使得各个部门的数据信息资源分散,信息化程度和数据标准不同,造成信息利用率低、数据之间逻辑性较差等问题。流域基础数据信息精度质量、模型等技术工具使用规范性与治理需求仍有差距,不支撑流域和城市雨水、污水、地下水、河水、管网污泥、水厂污泥以及河道淤泥“四水三泥”复杂关系的精细化解析,针对性强的系统性、综合性流域治理方案缺乏数据与技术支撑。同时,由于数据精度和质量问题,设计施工过程中变更、洽商、签证较多,往往带来不必要的投资增加。随着流域治理规划、方案和设计文件的编制、实施和评估等工作对科学性、定量化和精细化要求日益提高,亟需与现实情况匹配度较高的流域水环境模型的支持^[3]。但是,目前缺少对流域水环境模型的适用范围、选择依据、模型校验、精度评价等进行规范的行业标准或技术指南,导致水环境模型应用过程实际上一种“黑箱”模式,其精准度完全取决于模型使用者对于模型的认知和理解能力,对于模型不确定带来的规划设计的不确定估计不足,对于模型校验缺乏客观的评估,处于“自圆其说”状态。

2 海绵城市理念下流域协同治理策略

2.1 划定河道生态缓冲区空间,提高流域生态弹性

河道作为流域生态功能的生命线,实施流域河道水系的保护将对流域生态功能保障具有重要意义,而河道水系两侧生态缓冲区的保护是河道水系保护的核心。流域需要更大的生态空间来消除建设空间扩展给流域带来的负面效应,扩大河道两侧生态缓冲区的保护空间,将有效增加流域空间的“生态弹性”。划定河道生态缓冲区空间将有效控制建设用地扩张过程中河流生态功能的退化,同时为流域生态功能恢复工程预留空间。对于水生态、水安全敏感的流域,建议将流域内河道最高水位线作为起始线,依据河道生态恢复的需要,合理划定外扩的生态缓冲区空间;从根本上改变过去“取消、填埋、

明变暗”的河道治理模式。

2.2 节约用水、雨水再利用、资源再利用协同推进

以海绵理念为指导,将治理重点从系统末端转移到系统前端,优先推进节水与资源(污染元素)循环利用,将雨水、再生水利用作为流域第二水源,将污染物作为流域农业第二化肥来源。加快城市节水与雨水再利用工程协同推进;对于新建地区,确保开发后地块外排径流总量不增加;对于改造区域,确保改造后的综合径流系数不超过改造前,不能增加既有排水防涝设施的额外负担。因地制宜优化治污体系;在新建公共建筑和新建居民小区排水系统强制实施源分离工程,并在源分离工程基础上,实施氮磷资源再利用工程,将城市生活氮磷、污水厂无害化污泥以肥料的形式回用于农业。加大流域污染协同利用的力度,注重存量,提质增效;制定流域级“四水三泥”协同治理方案,有效应对雨水、污水、地下水、河水、管道污泥、污水厂污泥以及河道淤泥的处理处置与协同治理。

2.3 增量建设转向存量工程提质增效和良性运维

开展排水系统普查,建立基于监测评估的排水系统运维机制。注重运维数据的收集,寻求最佳运维解决路径;建立分类分级维护计划,强化对关键排水设施的维护;增加排水系统检查频率,对排水设施进行预防性检查和修复;建立快速响应机制,出现问题立即解决,延迟解决需要更多的成本。对于城市排水系统,优先存量修复工程,后增量优化。对于存量工程,必须建立“管道清淤-管道清洗-管道监测-管道监测评估-管道修复设计-管道施工”工程技术体系,维持排水系统处于设计标准状态,减少地下水及河水的入流入渗,提高污水厂进水浓度。对于增量,重视截污工程施工材料的选择,尤其沿河截污工程,建议采用球墨铸铁管代替原有管材,避免管道出现渗漏的情况,有条件地区(排水系统存在一定冗余度)实施泵站、调蓄池、排水管网和污水厂联合调度,将尽可能多的雨污混合污水进行有效收集和处理。在环境敏感区,根据受纳水体的环境质量要求,确定城镇污水处理厂的出水水质标准。

2.4 推进与流域治理需求相协调的机制体制建设

行政区管理与流域管理相结合的管理体制是实施流域水环境管理必要且有效的方式^[4]。但是,目前流域治理管理存在诸多问题,体系内部机构数量过多、类型庞杂,体系外部缺乏协调,且地域性不强

和编制周期与环境要素的自然规律周期不一致。因此,近期从保证流域治理技术逻辑合理性的角度,通过体制机制设计,协调流域规划、设计、建设、运营等要素与流域供给产品利益分配模式之间的关系,保证流域目标可持续实现。近期,重点推进水环境敏感流域供水(包括雨水、再生水、自来水)、排水一体化经营,建立中长期流域治理供给产品价格(水价)与流域治理成本联动调节机制,形成流域治理目标可持续达标的“经济闭环”。远期,建立行政区管理与流域治理相结合的实体机构——流域综合管理委员会(见图1)。将流域管理委员会列为法定行政主体,列入行政序列。依据授权,统筹管理流域水、土和资源开发及空间布局等重大事宜,拥有与流域综合管理事权相匹配的财权。由该行政区的最高行政长官兼任委员会主任,副主任由流域内下辖行政区县最高行政长官兼任。

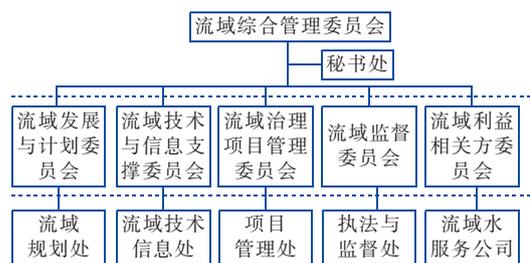


图1 流域综合管理委员会实体机构架构

Fig.1 Framework of integrated watershed management committee

流域综合管理委员会下设各委员会的主要职责:①保证流域利益相关方充分参与决策;②流域空间布局、土地资源开发、水资源保护与利用等重大问题决策;③流域取水、节水、供水、排水、水处理标准制定,以及水价等政策制定;④流域内水资源开发、利用、节约、保护、治理项目决策。

不同委员会下设部门的具体工作如下:①流域规划处负责制定流域空间开发与土地利用规划、水资源规划、水环境保护规划,协调城市总体规划与各专项规划。②流域技术信息处负责流域内所有水信息收集、监测、统计及公开与通报,负责流域信息处理、挖掘、模拟与共享,管理流域模型信息库。③项目管理处负责流域内涉水项目立项、审批、评估、调整与监控工作。④执法与监督处负责流域内水政、渔业、航政、土地、规划、水环境保护、林政、排水管理等方面的行政处罚权。⑤水服务公司负责流域节

水、供水、排水与水处理项目实施、运行与管理。

2.5 建立事前预测、事中监测、事后评估机制

① 建立流域治理动态评估流程

事前规划设计方案评估:规划设计动态评估是决定其合理性重要依据。规划设计评估必须建立在满足绩效考核指标要求、落地可行性及最佳投效比基础上,同时应结合工程技术、经济、生态环境和社会各方面因素综合评价,选定最佳方案。对于规划方案来讲,重点关注投资成本、管网水位、进厂浓度、出水水质和河道水质等问题。对于设计方案,重点关注道路之间、管网与河道之间、海绵设施之间的竖向控制问题。

事中建设实施方案评估:在流域治理过程中,加强项目涉及各部门之间的协作,共享项目建设过程中的变更、洽商、签证、进度、质量、环境和社会影响、措施费等方面的信息,加强项目实时、动态、高效的事中管理。对可能形成偏差的关键性活动,及时作出判断、发出预警,更早地发现项目实施中存在的困难和问题,及早采取调整措施,防止问题恶化,确保流域治理项目按照计划目标和方向发展。

事后运行跟踪评估:在流域治理项目建成投产或投入使用后的一定时期,对项目的运行进行全面评价,将项目决策初期效果与项目实施后的终期实际结果进行全面、科学、综合的对比考核,对流域治理项目投资产生的生态、环境、社会和经济等方面的效益与影响进行客观、科学、公正的评估。

流域治理动态评估技术流程见图2,流域治理项目评估管理流程见图3。

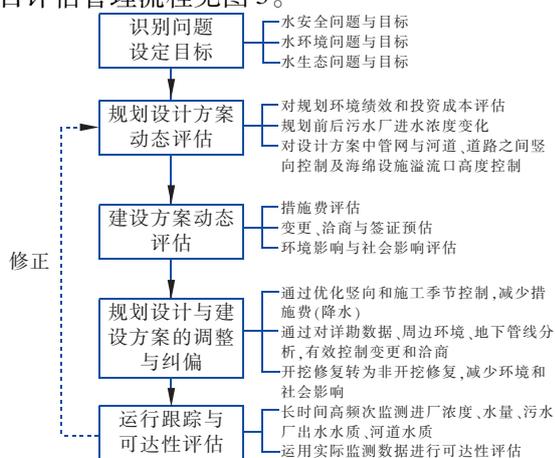


图2 流域治理动态评估技术流程

Fig.2 Technical flow chart for dynamic assessment of watershed governance

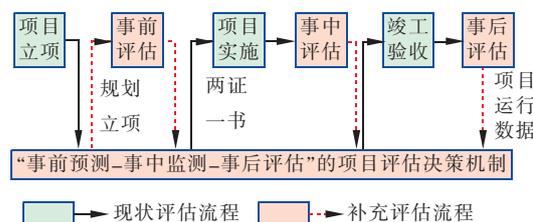


图3 流域治理项目评估管理流程

Fig.3 Flow chart of assessment and management of watershed management project

② 建立项目动态评估管理的多元协作机制

建立流域管理委员会与技术服务单位的协作机制。流域管理委员会委托独立的第三方中介机构对流域治理方案开展评估工作,第三方中介机构应确保评估结论的独立、客观、公正,不得对评估工作施加倾向性影响。

建立技术服务单位与职能部门的协作机制。在相关职能部门关于流域治理规划设计方案管理工作中,增加技术服务单位的会签程序,未征得技术服务单位同意的,相关部门不予批准。

建立技术服务单位与项目建设单位协作机制。建立技术服务单位对流域治理方案实施效果进行的监督检查和评估,评估结果对于项目建设单位应具有强制约束力。一方面,项目建设单位须无条件配合评估工作人员的工作,及时提交真实数据与材料;另一方面,通过评估与项目建设单位及时沟通,便于及时调整决策,并采取措施改进项目建设方案,促进项目建设管理水平的提高和考核目标的实现。

建立流域管理委员会与社会公众的协作机制。公众作为流域治理项目的利益相关方,应该全程参与方案的评估。流域管理委员会通过各种制度建设增加公众参与渠道,健全并实行项目信息公开制度。建立项目公示和听证制度,形成一套规范、可操作的公示和听证程序,并使之成为项目决策程序的一个必要环节。

2.6 流域精准治理信息管理与技术支撑能力提升

从过去流域信息分散隔离,走向未来流域信息共享,构建流域治理基础数据库与信息共享平台。包括:基础空间数据库共享平台、社会经济数据库共享平台、环境监测数据库共享平台和模型参数数据库共享平台。流域治理基础数据库与信息共享平台的各个数据库部分在物理上分开,但在逻辑上紧密相关,尤其模型参数数据库与环境监测数据库在逻辑

辑上进行有效关联,以保持数据一致性。通过流域治理基础数据库与信息共享平台建设实现全要素、多过程的综合耦合模拟,为水问题诊断、措施优选以及效果评估提供支撑,是流域综合治理定量综合模拟技术的发展趋势^[5]。同时,针对技术支撑工具规范使用,应加快模型的规范化、标准化制度建设,建立模型评估与管理专业机构、发布模型应用指南手册和说明书。针对多种模型的模拟能力、适用性和适用范围等进行了详细的评估对比,指导具体流域规划中模型的筛选和使用,通过第三方开展检验流域水环境模型的输入数据质量,模型参数率定与校验、精度评价工作,保证模型规范使用,提升支撑精准治理的能力。加强工业级离线水环境机理模型软件研发与在线神经网络算法支撑运行调度的技术模型研发。在城市尺度上,以“四水三泥”为主线,进行统一监测、采集、分析、管理和动态评估;同时,加强技术工具使用的规范性制定,提高流域项目治理效果模拟和预测的准确性,通过信息共享共治,建立流域“规划、设计、施工与运维”全周期治理成本核算管理平台,为流域治理决策提供必要支撑。

3 结论

分析表明,新形势下的流域治理必须将治理目标、治理措施、工程建设运营等“显性”因素和管理体制机制、技术支撑等非工程的“隐性”因素有机结合,才能实现流域治理目标的可持续达标。

① 流域发展必须为河道保护留出足够的生态的“弹性空间”,确保流域生态功能。

② 流域治理必须构建水资源和营养资源的良性循环体系,通过优先节水,充分利用流域雨水和再生水资源,从源头减少污水量排放,实现流域水资源自给自足;同时,通过控制流域外的营养元素(氮、磷)输入,流域产生营养性污染物通过回用农业,实现流域内营养元素(氮、磷)循环利用。

③ 加强对水环境治理体系相关基础设施日常维护和修复,确保排水系统和处理设施处于良性设计标准状态。

④ 优化管理体制机制,建立跨行政区的流域内水资源、水环境、土地资源统一管理体制。

⑤ 实施“事前预测-事中监测-事后评估”

的项目评估决策机制。

⑥ 建立基于流域治理需求的信息数据库共享平台,强化流域模型模拟规范性和标准化能力建设。

参考文献:

- [1] 杨朝晖,褚俊英,陈宁,等. 国外典型流域水资源综合管理的经验与启示[J]. 水资源保护,2016,32(3): 33-37.
YANG Zhaohui, CHU Junying, CHEN Ning, et al. Experiences and lessons of integrated water resources management in typical watersheds abroad [J]. Water Resources Protection, 2016, 32 (3): 33 - 37 (in Chinese).
- [2] 宋国君,韩冬梅. 中国水污染管理体制改革的建议[J]. 行政管理改革,2012(5):13-17.
SONG Guojun, HAN Dongmei. Suggestions on reform of water pollution management system in China [J]. Administration Reform,2012(5):13-17(in Chinese).
- [3] 包存宽,王金南. 基于生态文明的环境规划理论架构[J]. 复旦学报(自然科学版),2014,53(3):425-434.
BAO Cunkuan, WANG Jinnan. Based on ecological civilization to build environmental planning theory structure and system [J]. Journal of Fudan University (Natural Science), 2014, 53 (3): 425 - 434 (in Chinese).
- [4] 应力文,刘燕,戴星翼,等. 国内外流域管理体制综述[J]. 中国人口·资源与环境,2014,24(3):175-179.
YING Liwen, LIU Yan, DAI Xingyi, et al. A review of watershed management system at home and abroad [J]. China Population Resources and Environment, 2014, 24 (3):175-179(in Chinese).
- [5] LEE J G, SELVAKUMAR A, ALVI K, et al. A watershed scale design optimization model for stormwater best management practices [J]. Environmental Modelling & Software,2012,37:6-18.

作者简介:许申来(1980-),男,内蒙古通辽人,博士,高级工程师,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。

E-mail:13264285124@163.com

收稿日期:2019-09-10

修回日期:2019-12-19

(编辑:丁彩娟)