

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2021.05.021

北京市水环境现状及流域综合治理措施

罗小林^{1,2}, 尹长文³, 张国新^{1,2}, 刘毅^{1,2}, 牛存稳^{1,2}, 韩峰⁴

(1. 中国水利水电科学研究院水电可持续发展研究中心, 北京 100038;

2. 流域水循环模拟与调控国家重点实验室, 北京 100038; 3. 山东省调水工程运行维护中心, 山东 济南 250100;

4. 南方科技大学环境科学与工程学院, 广东 深圳 518055)

摘要:从流域尺度研究北京市水环境时空特征, 综合分析流域水环境现状。研究结果表明:北京市流域水环境质量时空异质性显著, 上游流域地表水水质显著优于下游流域, 地表水体流经中心城区后, 水质开始恶化, 表明中心城区仍是流域污染的主要来源。2018—2019 年地表水水质类别月间波动明显, 表明地表水体并未持续改善, 为陆域非点源和点源污染输入、内源污染释放与河流生态环境用水严重不足等多重因素所致。提出加大流域污染源头整治力度、全面推进中心城区海绵城市建设、继续增加河流生态环境用水补给、探索水环境治理领域市场有效引入机制、强化流域水环境综合协同管理等北京市流域综合治理措施。

关键词:水环境; 水污染控制; 水利环保设施; 流域尺度; 北京市

中图分类号:TV122 **文献标志码:**A **文章编号:**1004-6933(2021)05-0140-07

Water environment status and comprehensive management measures of watershed in Beijing // LUO Xiaolin^{1,2}, YIN Changwen³, ZHANG Guoxin^{1,2}, LIU Yi^{1,2}, NIU Cunwen^{1,2}, HAN Feng⁴ (1. Department of Research Center for Sustainable Hydropower Development, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100038, China; 2. State key Laboratory of Simulation and Regulation of Water Cycle in River Basin, Beijing 100038, China; 3. Operation and Maintenance Center of Shandong Water Diversion Project, Jinan 250100, China; 4. School of Environmental Science and Engineering, Southern University of Science and Technology, Shenzhen 518055, China)

Abstract: Spatiotemporal characteristics of water environment in Beijing were studied at the watershed scale to comprehensively analyze the water environment status of the watershed. The results show a pronounced spatiotemporal heterogeneity of water environment quality in the Beijing watershed. The surface water quality in the upstream was significantly better than that in the downstream. After the surface water flowing through the central urban area, the water quality began to deteriorate, indicating that the central urban area was the main source of watershed pollution. The inter-month fluctuation of surface water quality categories from 2018 to 2019 was notable, which indicated that the surface water bodies had not continued to be improved. It was mainly caused by the combined factors of non-point and point source pollution input from upland area, the release of internal pollution as well as the lack of river ecological environment water. In the end, comprehensive management measures of watershed in Beijing were proposed including enhancing the source control of watershed, comprehensively promoting the construction of sponge city in central urban area, continuously increasing the supply of river ecological environment water, exploring effective introduction mechanism of water environment management market, intensifying comprehensive and collaborative management of the watershed water environment and so on.

Key words: water environment; water pollution control; water conservancy and environmental protection facilities; watershed scale; Beijing City

北京市城市化进程较快, 长期以来水资源消耗强度位居全国最高水平^[1], 面临着城市供水、水资

源短缺、水环境恶化、生态退化等诸多资源与环境问题。北京市水资源短缺的高度随机性归因于可用水

基金项目: 中国水利水电科学研究院基本科研业务费专项(SS0145B122020); 国家自然科学基金青年科学基金(41807164)

作者简介: 罗小林(1984—), 女, 高级工程师, 博士, 主要从事流域水资源与水环境、风险管理研究。E-mail: xiaolin.luo2008@gmail.com

通信作者: 张国新(1960—), 男, 正高级工程师, 博士, 主要从事水能资源高效利用等研究。E-mail: gx-zhang@iwhr.com

资源的多变性;人口驱动下水资源短缺趋势加剧;而由于产业结构升级,用水效率提高,再生水、外调水的使用以及家庭节水等措施,需求驱动下水资源短缺趋势则略有下降^[2]。2018年,北京市再生水供应量已占总供水量的27%,主要用于城市绿化,河湖补水所占比例较小。

近年来,北京城市河流污染已达临界水平。Peters等^[3]揭示了北京市2013年河流污染现状:丰水期和枯水期分别有28%和34%的河流水质为Ⅳ类及更差的类别。同位素分析表明,城市废水为北京城市河流主要污染源,城市污水对下游南部农村河流影响更大。2016年研究数据表明,生活污水是流域城市化程度最高的北运河子流域硝酸盐的最主要来源,丰水期和枯水期污染负荷高达77.59%和89.57%^[4]。

国家层面,2014年3月14日,习近平总书记首次提出“节水优先、空间均衡、系统治理、两手发力”新时期16字治水方针,指出治水领域市场和政府的作用都很重要。2019年10月16日,第20期《求是》发表了习近平总书记的重要文章《在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话》^[5],指出“黄河一直体弱多病……这些问题,表象在黄河,根子在流域”,强调治水应从流域整体出发,指明了治水方向。城市发展应遵循“以水定城、以水定地、以水定人、以水定产”的原则和要求,在全国水环境形势非常严峻的背景下,2015年,为切实加大水污染防治力度,国务院下发了《水污染防治行动计划》。

北京市非常重视水生态建设和水污染治理,2013年开始逐步执行更严格的污染物排放标准DB 11/307—2013《水污染综合排放标准》,处理后的污水排放浓度显著降低。2014年以来,北京市应用各类治水工程加大污水治理力度。如北运河水系的亮马河,2018年5月、6月的水质为Ⅲ类水体,7月水质急剧恶化为劣Ⅴ₁类水体。南水北调中线工程进京水为优质的Ⅱ类水体,能稀释河流的污染水体,促进河流恢复水体的自净功能。部分结余来水已用于河流生态环境补水,增加了北京市河流的水环境容量^[6],但目前尚未有研究揭示调水工程对北京市水环境具有整体提升作用。

北京市城市污水处理率高达93.4%,但污水总量基数大,污染排放负荷大,流域内仍残留大量的污染负荷^[7]。水环境治理的根源是流域综合治理,存在涉及范围广、所需资金大、治理要素多、治理任务重、治理周期长等客观困难,管理上是发展和改革委员会、财政、农业、水利、环保、园林绿化等多部门共

同承担,且流域治理过程监管严格,因此流域综合治理被认为是一个庞大的系统工程^[8-9]。当前,亟须全面客观评价北京市水环境质量变化,梳理北京市近两年来的水环境治理措施和行动,提出水环境治理的精准施策建议。本文从流域水文过程和污染物迁移的视角,运用河流空间信息叠加最新的水质监测数据,对北京市近两年的水环境质量开展综合评估。

1 研究区概况

1.1 流域自然属性

北京市位于39°23'N~41°05'N,115°20'E~117°32'E,流域总面积16410.54 km²。北京市地处华北平原西北部边缘,是平原与高原、山地的交接地带,山地和平原面积分别占总面积的61.9%和38.1%。北京市地处中纬度,属温带大陆性气候,春季干旱多风、夏季高温多雨、秋季秋高气爽、冬季寒冷晴燥。多年平均气温约为11.5℃,冬季、春季、夏季和秋季的平均气温分别为-3.1℃、13℃、24.5℃和11.4℃,多年平均降水量为540 mm。密云区降水量最多,顺义区最少。冬季盛行偏北风,夏季盛行偏南风。城市绿化方面,北京市从2012年起连续大力拓展绿色生态空间,受地貌影响和人类活动干扰,主要有发育针叶林、落叶阔叶林、落叶阔叶灌丛、灌草丛、草甸5种植被。2018年全市森林覆盖率达43.5%,森林蓄积量达1798万m³^[10]。

1.2 流域的生态空间布局

北京城市总体规划(2016—2035年)将空间布局设为六大功能区,划定总面积的26.1%为生态保护红线区域,生态目标分别为水源涵养、水土保持、生物多样性维护和重要河流湿地,空间格局呈“两屏两带”,即北部燕山生态屏障和西部太行山生态屏障,永定河沿线生态防护带、潮白河-古运河沿线生态保护带。北京有16个市辖区,空间布局划分出的一核、一主、一副、多点是人类活动最密集的城市空间:一主为中心城区,包括东城区、西城区、朝阳区、海淀区、丰台区、石景山区;一副为城市副中心通州新城区,是大城市病治理规划的关键区。

1.3 流域水资源概况

北京市属于海河流域,流域面积10 km²及以上河流共有425条;常年水面面积大于0.10 km²的湖泊有41个,水面总面积6.88 km²。大型水库有密云水库、官厅水库、怀柔水库、海子水库。北京市流域河系由西向东依次为:大清河系、永定河系、北运河系、潮白河系、蓟运河系五大水系,只有北运河发源于北京市,其他均为过境河流,河流总体走向是由西

北向东南,最终汇入渤海。北京市 2001—2017 年多年平均水资源总量为 25.1 亿 m³,其中地表水资源量为 9.1 亿 m³,地下水资源量为 17.0 亿 m³。

2 北京市流域地表水水环境现状及问题

2.1 黑臭水体现状

2015 年底北京市普查黑臭水体,调查发现全市共有 141 条段黑臭水体,总长度 664.77 km。2018 年北京市对建成区 57 条段黑臭水体、非建成区 84 条段黑臭水体整体整治并公示了整治结果,约 90% 的黑臭水体均向好改善,黑臭水体的治理取得了初步成效^[11]。

2.2 地表水环境的时空变化

从流域视角来看,北京市北部流域地表水水质显著优于南部地表水,西部地表水水质优于东部。流域内被划分为生态涵养区的地表水大部分为Ⅱ类水体,水质既能满足涵养区生态功能的要求,也保障了城市水源地的水质需求。但地表水流经中心城区后水质恶化,表明中心城区是流域水污染的主要来源。近年来,流域水体的时间变化趋势为 2018 年 1 月水质较差,7 月有所好转,11 月变差;2019 年 1 月水体继续恶化,7 月水质有所改善,11 月水质继续保持改善趋势。相较 2018 年,2019 年北京市地表水环境主要污染指标平均浓度降低,劣Ⅴ类水质明显减少,主要污染指标是氨氮、化学需氧量(COD)和生化需氧量(BOD),北京市地表水污染类型属有机污染。

北京市有 4 条河流从通州区出境,分别是潮白河、凤港减河、港沟河和北运河^[12]。根据《北京市地面水环境质量功能区划》,4 条出境河流水质均为Ⅴ类水体。根据 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》,基本项目的浓度值不能满足Ⅴ类水水质标准的称为劣Ⅴ类水,对劣Ⅴ类水体进一步细化为劣Ⅴ₁、劣Ⅴ₂、劣Ⅴ₃、劣Ⅴ₄类。2018—2019 年的达标情况(表 1)为:潮白河 2018 年 1—3 月、8 月,2019 年 1—2 月不达标,其他月份均达标;北运河 2018 年 1—2 月、5 月,2019 年 1 月和 4 月不达标,其他月份均达标;港沟河 2018 年 1 月、2 月、4 月、5 月、7 月、12 月,2019 年 1 月、3 月不达标;凤港减河 2018 年只有 7 月和 9 月达标,2019 年达标月份增加至 7 个月,自 4 月开始,水质开始有所改善。从出境河流达标的整体情况来看,2019 年较 2018 年有显著改善,凤港减河持续改善效果最显著。港沟河和凤港减河水质改善的重要原因是属地政府“河长+检长+警长”联手治理排污口,支流所在地区新建污水处理设置,以及启动了凤港减河、港沟河水质提升项目河道综合治理工程。

表 1 2018—2019 年 4 条出境河流水质达标情况

Table 1 Water quality compliance of 4 outbound rivers from 2018 to 2019

时间	潮白河	凤港减河	港沟河	北运河
2018 年 1 月	V ₁	V ₃	V ₃	V ₁
2018 年 2 月	V ₂	V ₁	V ₁	V ₁
2018 年 3 月	V ₁	V ₁	V	V
2018 年 4 月	V	V ₂	V ₁	V
2018 年 5 月	V	V ₁	V ₁	V ₁
2018 年 6 月	V	V ₂	Ⅳ	V
2018 年 7 月	V	V	V ₁	Ⅳ
2018 年 8 月	V ₁	V ₃	Ⅳ	V
2018 年 9 月	V	Ⅳ	Ⅳ	Ⅳ
2018 年 10 月	Ⅳ	V ₁	Ⅳ	Ⅳ
2018 年 11 月	V	V ₁	Ⅳ	Ⅳ
2018 年 12 月	V	V ₁	V ₁	Ⅳ
2019 年 1 月	V ₁	V ₁	V ₃	V ₁
2019 年 2 月	V ₁	V ₁	V	Ⅳ
2019 年 3 月	V	V ₁	V ₁	Ⅳ
2019 年 4 月	V	V	Ⅳ	V ₂
2019 年 5 月	V	V	V	V
2019 年 6 月	Ⅳ	V ₁	Ⅳ	Ⅳ
2019 年 7 月	V	V ₁	V	Ⅳ
2019 年 8 月	V	V	Ⅳ	V
2019 年 9 月	Ⅳ	V	V	V
2019 年 10 月	V	Ⅲ	Ⅳ	Ⅳ
2019 年 11 月	Ⅳ	V	Ⅳ	Ⅳ
2019 年 12 月	V	Ⅲ	Ⅲ	Ⅳ

2.3 地表水污染成因分析

自 2003 年以来,北京市工业用水总量逐年稳定降低^[7]。近几年来,随着北京市加大工业企业腾退进程,2015 年工业用水量急剧降低,工业污染源不再是流域水污染的主要来源。在城乡结合地区及农村地区,污水管网建设滞后,生活污水难以纳入市政管网,或生活污水处理能力难以匹配生活污水产生量,导致生活污水直排,生活污染逐渐成为流域地表水污染的主要来源。中心城区是流域下游水体的污染源,污染途径有面源、点源和河道内源污染。

研究表明,北京市水体中 COD 和总磷的面源负荷贡献超过了点源负荷,氨氮点源负荷贡献超过面源负荷^[13-14]。北京市流域降雨径流对总氮的输出负荷为 2 679 t/a,对总磷的输出负荷为 19.03 t/a。空间分布上,北运河子流域的面源负荷最高,该子流域降雨对总氮的输出负荷为 2 042 t/a,对总磷的输出负荷为 14.51 t/a,降雨对总氮和总磷的输出负荷均占全流域的 76%。输出负荷占比其次为潮白河及永定河^[15]。位于北运河流域下游的通州区,河流水体面源 COD 污染输入的贡献比为 69%,面源 TP 污染输入高达 74%,而点源 NH₃-N 污染输入的贡献比为 64%^[13]。由于水生态功能的破坏,入河污染物无法有效降解,沉降并富集于底泥中,当上层水体

水力条件改变,通过再悬浮、再溶解方式向水体逐步释放污染物,成为水体最直接的污染内源。河流长期资源性缺水,蒸发和渗透逐步消耗河道水量,缺少新鲜水量补给,内源污染加剧。在外源输入尚未得到根本遏制和内源污染加剧的双重压力下,河流生态系统短期内难以恢复,北京市流域地表水体治理仍是严峻的问题。如位于通州区的萧太后河已于2017年完成河道清淤、护岸拦污等综合治理工程,但2018年12月起,连续3个月水质恶化为Ⅴ₁类水体,2019年3月再生水补给河道,水质得到短暂改善且达标,但是同年5月,由于降雨径流面源污染输入,水质再度恶化为Ⅴ₁类水体,直到2019年8月,无降雨径流污染负荷的输入后,持续再生水补给,河流水质开始持续改善至Ⅲ类水体。

3 改善水环境的措施和行动

3.1 制定科学的治污策略

2019年是北京市落实第2个治污三年行动方案的最后一年,治污重点是北运河子流域,采取了截污纳管、雨污分流、污水处理厂升级改造、农村治污、加快上游流域水污染治理等工程手段。第3个三年行动方案已于2019年7月开始,治理区域将由城镇延伸到农村地区,治理对象从黑臭水体治理延伸到小微水体整治,治污模式从点源污染延伸到面源污染,工程措施转向运行管理^[16]。

3.2 稳步推进河湖长制

河湖长制是我国对治水提出的一项创新制度^[17-18],明确了自然资源管理的责任人,可以实现对水环境治理的定责、协调和监管。

a. 实现河湖长制的常态化。属地政府以实施河湖长制为契机,积极推动河湖长制的常态化。落实日常检查和常态工作,各级河湖长落实属地责任,加强监督巡河。加强对基层服务,基层有所呼,河湖长办公室有所应。明确责任分工,安排专人与专区、各流域进行工作对接,提高问题的解决效率。明察与暗访相结合,沉入基层,多到一线实地了解情况。

b. 推动河湖长制的精细化。提出“八率”要求,分别是“巡河效率、河道覆盖率、问题发现率、问题重合率、问题遗漏率、整改率、巩固率、反弹率”。属地政府组织加快编制“一河一策”方案:按规定时间节点完成任务;提高方案质量,内容全面,符合实际;对问题点位做好准确定位。

c. 夯实河湖长的民众基础。全面加强宣传工作:加强学校、机关、社区等对河湖长制的政策宣讲解读。号召群众通过微信公众号在线举报河湖问题。积极参与优美河湖评选;向市民展示2020年以

来北京市河湖治理成果,提升百姓的获得感。

d. 强化对河湖长的督查考核。在清河行动、清四乱工作中将相关信息报送到执法部门,针对被媒体曝光的排污行为进行分类、分区、分流域统计,每月通报,作为年底考核河湖长的依据。

3.3 完善落实区域联动管理机制

生态和环境问题根源于资源的外部性^[19-20],生态环境的潜在破坏是无法直接进行补偿的。流域上游若为维护流域环境的清洁,其经济行为和社会行为将受到约束或限制,流域下游则可从上游的清洁流域中获益。为协调流域上下游之间的利益,迫切需要构建一种公平、合理的流域生态补偿制度。近年来,探索流域生态环境的补偿是重点,也是难点,环境、法学、经济等领域的学者从各自的学术领域开展补偿标准、补偿权利和义务等方面的论证^[21]。水环境问题的实质是生态用水与社会经济用水的利益冲突引起的,实践证明以行政区为单位的环境治理方式并不能根治水环境问题,水环境治理倡导建立区域合作机制。北京市政府于2015年1月1日起试行《北京市水环境区域补偿办法(试行)》^[22]后,全市各区应缴纳的水环境区域补偿金总额逐年减少。该办法有效督促了属地政府开展治水工作,并取得了阶段性效果。京冀两省市合作,开展联防联控,共同划定官厅水库饮用水水源保护区,签订补偿协议,联合跨行政区的水环境专项执法行动和执法检查。

3.4 加快推进水利环保工程措施建设

水利环保工程措施在水环境治理中发挥了重要的作用。北京市近年来加快推进利用水利环保工程措施治理水环境,具体有:①提高污水处理能力。北京市2019年新建设污水管网200 km,升级改造原有污水处理厂,中心城区的污水处理率达到94%,再生水利用率达11.5亿m³。②继续推进雨污分流,完成36 km河流管线改造,完成中心城区756处雨污混节点治理。③建设村庄污水收集处置设施。④河道综合治理工程,包括河道治理、污染治理、生态绿化、农田灌溉,既有水利设施也有环保设施。如建设连通城市滨水游憩通道、提供水工建筑物景观设计、提升河岸绿化品质等工程。⑤推进海绵城市试点。北京市通州区自2016年4月25日入选全国第二批海绵城市试点以来,采用“渗、滞、蓄、净、用、排”等水利环保设施,消纳利用了70%以上的本地降雨。海绵城市建设即是对洪水资源化利用,建设水利环保工程设施需要考虑城市雨水径流中所含大量污染物的净化问题^[23-25]。

3.5 推动调水工程发挥生态效益

周文华等^[26]估算北京市城市河湖的河流生态需水量最小值为 10.45 亿 m^3 。2018 年北京市处理后的污水排向地表水体总量约为 8.82 亿 m^3 ,排放水质满足Ⅳ类或Ⅴ类地表水水质要求;当年未处理污水 1.33 亿 m^3 ,携带污染负荷极高。与北京市城市最小河湖生态需水量相比,水量缺口为 1.63 亿 m^3 ,污染物负荷超过水环境容量。再生水是北京市规模第二的供水水源,但 2014 年以来数据显示再生水供水增长极为缓慢,未来新增空间有限。92.1% 的再生水用于生态用水,但限于城市绿地浇灌,河湖补水比例很小,难以满足河湖生态环境需水的要求。研究表明,河湖生态环境需水量的确定首先要辨识城市河流的综合功能,再进一步开发适宜的河流生态环境水量模型^[27]。在控制断面采取分布式补水方式也可以提高水质改善效率^[28]。

作为国家重大的战略工程、民生工程、民心工程、生态工程,南水北调工程为受水区流域生态文明建设提供了强大外援,有效缓解了北京市资源型缺水的难题。南水北调中线一期工程于 2014 年 12 月全线通水,2019 年 12 月,北京市累计接收南水北调中线工程优质的Ⅱ类水体 52 亿 m^3 ^[29],部分优质调水存入北京市的大中型水库和应急水源地,补充了中心城区河湖的水量以及环境用水,北京市河流生态环境正逐步恢复。如截至 2019 年 8 月 25 日,累计对永定河生态补水 2.87 亿 m^3 ,卢沟桥闸累计向下游补水 5 956 万 m^3 ^[30]。永定河的多年平均径流量为 1.47 亿 m^3 ,若河流基础流量需水量取多年平均流量的 10%^[26],则永定河最小生态需水量为 1 470 万 m^3 。可以认为永定河的生态调水满足永定河最小生态需求量,对永定河生态恢复有显著贡献。2018—2019 年,永定河平原段监测断面水质相对稳定在Ⅲ类水体,可以认为永定河的生态补水效果非常显著。

4 水环境治理建议

4.1 加大流域污染源头整治力度

北京水环境治理持续性效果并不显著的根本原因是源头污染尚未得到有效遏制,造成考核断面只有部分月达标、水质反复恶化的现象,亟待加强污染源头的整治力度。流域内污染源具分散性、隐蔽性、不确定性、监测困难、治理周期长等特性,污染物迁移驱动力如降雨径流存在很大的不确定性,造成水体污染物指标上升、水环境改善的假象。汲取通州区萧太后河的经验,建议北京市流域治水加大流域污染源头控制的力度,点源污染做好长期强监管、面

源污染多部门统筹治理、内源污染加大清淤力度,长期跟踪流域污染源头整治,以河流断面持续达标为考核手段。

4.2 全面推进中心城区海绵城市建设

中心城市仍是流域水环境污染负荷的主要来源,北京市中心城市属于典型高密度老城区,建议将海绵城市建设由试点范围延伸到广泛的中心城区。鉴于老城区土地资源的稀缺性,应参考前人对高密度老城区海绵城市设计和实践的经验,在北京市中心城区设计修建不同类型的地下调蓄设施^[31-32]。此外,中心城市是河流水体有机有毒污染的主要来源,建议蓄水工程配套相应的水质净化环保设施,防止流域污染从陆域向水域转移。

4.3 继续增加河流生态环境用水的补给

北京市河流水体若要尽快恢复河流的基本功能、提升河流水环境容量,增加河流生态环境用水补给是关键和捷径。北京市生态环境用水的补给量和补给方式涉及的关键技术仍需科学研究作为技术支撑。建议北京市:①以问题为导向,面向水体功能,围绕研究流域综合治理的关键技术体系(包括辨识机理、定量综合模拟和优化决策等技术进行科研立项)^[27],研究不同河流生态环境用水的合理需求;②通过调水工程优质来水、新建蓄水工程、修建闸门等水利工程设施,设计环境调水补水实施方案,补给河道生态环境用水。

4.4 探索水环境治理领域有效市场引入机制

前期流域治理,政府占据绝对主导地位,市场尚未发挥重要作用。由于生态产品 and 环境治理的边际收益小于边际成本,市场主体在生态产品 and 环境治理中缺乏盈利空间,导致市场主体参与生态治理的自觉性和积极性不高。“谁污染,谁治理。谁开发,谁保护”的治理原则,难以明确界定水体污染的责任主体,仍只能由属地政府依法承担相关责任。实践表明,政府通过 PPP 模式引入社会资本在海绵城市建设和环保水利设施建设运行维护上仍存在诸多体制层面、监管层面或操作层面的问题^[33-34]。尽管北京市在水利环保措施建设上投入了大量资金,但从流域尺度看治理范围仍是局部的。面对庞大的水环境治理区域,投入建设资本和设施运行维护成本巨大,工程启动缓慢。建议北京市在开展水环境治理工作时,应充分借鉴其他地区、其他领域的投资、融资经验教训^[33-34],创新活化市场机制,激励社会资本在水环境治理中发挥主导作用,同时政府做好监督考核,形成政府和市场主体双赢格局。

4.5 强化流域水环境综合协同管理

水利部原部长鄂竟平指出,我国水问题已由过

去的同水旱灾害做斗争转向水资源短缺、水生态损害、水环境污染等常态问题。现有区域协同治水仍停留在小范围的试点区域,并未从流域层面统筹协调管控。建议:①基于属地政府经济社会发展的不平衡,水环境治理支付能力、支付意愿差异性,构建北京市与上下游行政区(河北、天津)污染控制和河流跨界断面的考核机制;②推进国家层面的重大机制改革,实现环保、水务等机构的垂直管理,打破流域分割治理的局面;③从流域整体对水环境保护的需求出发,聘请第三方监管机构监督属地落实水环境治理任务。

5 结 语

本文对北京市流域地表水水环境质量现状进行了定量分析,结果显示,中心城区是主要的污染源;通过污染途径的定性和定量分析,奠定了北京市政府污染治理手段的理论依据,对今后的污染治理具有重要的参考价值。

参考文献:

- [1] 邱凡,严婷婷,庞靖鹏,等.中国水资源消耗强度评价与聚类分析[J].水利水电技术,2019,50(4):32-38. (QIU Fan, YAN Tingting, PANG Jingpeng, et al. Assessment and cluster analysis of water resources consumption intensity in China[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2019, 50 (4) : 32-38. (in Chinese))
- [2] SUN Siao, FU Guangtao, BAO Chao, et al. Identifying hydro-climatic and socioeconomic forces of water scarcity through structural decomposition analysis: a case study of Beijing City[J]. Science of the Total Environment, 2019, 687:590-600.
- [3] PETERS M, GUO Qingjun, STRAUSS H, et al. Contamination patterns in river water from rural Beijing: a hydrochemical and multiple stable isotope study [J]. Science of the Total Environment, 2019, 654:226-236.
- [4] LIU Jin, SHEN Zhenyao, YAN Tiezhu, et al. Source identification and impact of landscape pattern on riverine nitrogen pollution in a typical urbanized watershed, Beijing, China [J]. Science of the Total Environment, 2018, 628/629:1296-1307.
- [5] 习近平.在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会上的讲话[N].求是,2019-10-16(20).
- [6] 张永良.水环境容量基本概念的发展[J].环境科学研究,1992,5(3):59-61. (ZHANG Yongliang. Development of basic concepts of water environmental capacity [J]. Research of Environmental Science, 1992, 5 (3) : 59-61. (in Chinese))
- [7] 北京市水资源公报[R].北京:北京市水务局,2018.
- [8] 褚俊英,王浩,周祖昊,等.流域综合治理方案制定的基本理论及技术框架[J],水资源保护,2020,36(1):18-24. (CHU Junying, WANG Hao, ZHOU Zuhao, et al. Basic theory and technical framework for formulation of integrated watershed management plan [J]. Water Resources Protection, 2020, 36 (1) : 18-24. (in Chinese))
- [9] 褚俊英,周祖昊,王浩,等.流域综合治理的多维嵌套理论与技术体系[J].水资源保护,2019,35(1):1-5. (CHU Junying, ZHOU Zuhao, WANG Hao, et al. Study on multi-dimensional nested theory and technological system for comprehensive watershed management [J]. Water Resources Protection, 2019, 35 (1) : 1-5. (in Chinese))
- [10] 北京市园林绿化局.2018年北京市森林资源情况[EB/OL]. (2019-04-04) [2020-04-29]. http://yllhj.beijing.gov.cn/zwgk/tjxx/201904/t20190404_531240.html.
- [11] 北京市人民政府.关于2018年第一季度北京市黑臭水体治理进展情况的公示[EB/OL]. (2018-05-14) [2020-04-29]. <http://www.beijing.gov.cn/ywdt/tujie/t1523671.htm>.
- [12] 北京市通州区人民政府.通州区水环境质量限期达标规划(2018—2020年)[EB/OL]. (2018-12-29) [2020-04-29]. <http://www.bjtz.gov.cn/lscs/c102870/201812/1194163.shtml>.
- [13] 范楚婷,彭定志,古玉,等.基于MIKE模型的北京副中心污染物减排方案模拟[J].北京师范大学学报(自然科学版),2019,10(5):656-661. (FAN Chuting, PENG Dingzhi, GU Yu, et al. Simulation of pollutant emission schemes based on MIKE in Beijing Sub-center [J]. Journal of Beijing Normal University (Natural Science), 2019, 10 (5) : 656-661. (in Chinese))
- [14] 代丹,于涛,雷坤,等.北京市清河水体非点源污染特征[J].环境科学研究,2018,31(6):1068-1077. (DAI Dan, YU Tao, LEI Kun, et al. Characteristics of non-point source pollution of Qinghe River in Beijing City [J]. Research of Environmental Sciences, 2018, 31 (6) : 1068-1077. (in Chinese))
- [15] 邢宝秀,陈贺.北京市农业面源污染负荷及入河系数估算[J].中国水土保持,2016(5):34-37. (XING Baoxiu, CHEN He. Estimation of agricultural non-point source pollution load and river influx coefficient in Beijing [J]. China Soil and Water Conservation, 2016 (5) : 34-37. (in Chinese))
- [16] 水利部.北京市第三个三年行动方案启动会[EB/OL]. (2019-12-23) [2020-04-29]. http://www.mwr.gov.cn/xw/dfss/201912/t20191223_1375675.html.
- [17] 鄂竟平.形成人与自然和谐发展的河湖生态新格局[J].中国水利,2018(16):1-2. (E Jingping. A new ecological pattern of rivers and lakes forming a harmonious development between man and nature [J]. China Water Resources, 2018 (16) : 1-2. (in Chinese))

- [18] 水利部. 水利部办公厅印发关于进一步强化河长湖长履职尽责的指导意的通知(河湖办〔2019〕267号)[EB/OL]. (2019-12-31)[2020-04-29]. http://www.mwr.gov.cn/zw/tzgg/tzgs/201912/t20191231_1384832.html.
- [19] 吴丹,曹思奇,康雪,等. 我国水治理现状评估与展望[J]. 水利水电科技进展,2019,39(1):7-14. (WU Dan, CHAO Siqi, KANG Xue, et al. Status evaluation and prospect of water governance in China[J]. Advances in Science and Technology of Water Resources,2019,39(1):7-14. (in Chinese))
- [20] 王金南,万军,张惠远. 关于我国生态补偿机制与政策的几点认识[J]. 环境保护,2006(19):24-28. (WANG Jinnan, WAN Jun, ZHANG Huiyuan. Understanding of China's ecological compensation mechanism and policies [J]. Environmental Protection, 2006 (19): 24-28. (in Chinese))
- [21] 严厚福. 流域生态补偿机制的合理构建[J]. 南京工业大学学报(社会科学版),2015(2):42-49. (YAN Houfu. Reasonable construction of watershed ecological compensation mechanism [J]. Journal of Nanjing University of Technology (Social Science), 2015 (2): 42-49. (in Chinese))
- [22] 北京市人民政府. 关于印发《北京市水环境区域补偿办法(试行)》的通知[EB/OL]. (2014-10-31)[2020-04-29]. http://www.beijing.gov.cn/zhengce/zfwj/zfwj/bgtwj/201905/t20190523_75349.html.
- [23] 罗小林,郑一,张巍,等. 城市降雨径流多环芳烃研究的进展与展望[J]. 环境科学与技术,2011,34(4):55-59. (LUO Xiaolin, ZHENG Yi, ZHANG Wei, et al. PAHs pollution of urban rainfall runoff: progress and prospects [J]. Environmental Science & Technology, 2011, 34 (4): 55-59. (in Chinese))
- [24] 李家科,张兆鑫,蒋春博,等. 海绵城市生物滞留设施关键技术研究进展[J]. 水资源保护,2020,36(1):1-17. (LI Jiake, ZHANG Zhaoxin, JIANG Chunbo, et al. Research progress on key technologies of bioretention facilities for sponge city construction[J]. Water Resources Protection,2020,36(1):1-17. (in Chinese))
- [25] SHAJIB M T, HANSEN H C, LIANG T, et al. Metals in surface specific urban runoff in Beijing[J]. Environmental Pollution,2019,248(5):584-598.
- [26] 周文华,张克锋,王如松. 城市水生态足迹研究:以北京市为例[J]. 环境科学学报,2006,26(9):1524-1531. (ZHOU Wenhua, ZHANG Kefeng, WANG Rusong. Urban water ecological foot print analysis: a case study in Beijing, China [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2006, 26(9):1524-1531. (in Chinese))
- [27] 褚俊英,严登华,周祖昊,等. 基于综合功能辨识的城市河湖生态流量计算模型及应用[J]. 水利学报,2018,49(11):1357-1368. (CHU Junying, YAN Denghua, ZHOU Zuhao, et al. Ecological flow calculation in urban rivers and lakes base on synthesized ecosystem service function identification: model and application [J]. Journal of Hydraulic Engineering, 2018, 49 (11): 1357-1368. (in Chinese))
- [28] 高学平,陈子溪,孙博闻. 非点源污染概化方式对城市水系补水模拟的影响[J]. 水利水电技术,2019,50(8):137-145. (GAO Xueping, CHEN Zixi, SUN Bowen. Influence of generalized mode of non-point source pollution on simulation of water supplement for urban water system [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2019, 50 (8): 137-145. (in Chinese))
- [29] 水利部. 北京市人民政府新闻办公室举行南水北调中线工程通水五周年新闻发布会[EB/OL]. (2019-12-23)[2020-04-29]. http://www.mwr.gov.cn/xw/dfss/201912/t20191223_1375673.html.
- [30] 北京市永定河管理处. 以治理和修复为重点实施精细化管理全力推进永定河各项工作[J]. 北京水务,2019(5):2-3. (Beijing Yongding River Management Office. Implement fine management with emphasis on governance and restoration, and make every effort to advance the work of the Yongding River [J]. Beijing Water Affairs, 2019 (5): 2-3. (in Chinese))
- [31] 刘家宏,王开博,徐多,等. 高密度老城区海绵城市径流控制研究[J]. 水利水电技术,2019,50(11):9-17. (LIU Jiahong, WANG Kaibo, XU Duo, et al. Study on runoff control for sponge city construction of high-density old urban district [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2019, 50 (11): 9-17. (in Chinese))
- [32] 车伍,鲍仁强,赵杨,等. 中美海绵城市建设中的树木管理比较[J]. 水资源保护,2019,35(3):7-13. (CHE Wu, BAO Renqiang, ZHAO Yang, et al. Comparison of tree management in sponge city construction between China and America [J]. Water Resources Protection, 2019, 35 (3): 7-13. (in Chinese))
- [33] 李香云,罗琳,王亚杰. 水利项目 PPP 模式实施现状、问题与对策建议[J]. 水利经济,2019,37(5):27-30. (LI Xiangyun, LUO Lin, WANG Yajie. Implementation status, problems and suggestions for PPP project of water conservancy [J]. Journal of Economics of Water Resources, 2019, 37 (5): 27-30. (in Chinese))
- [34] 李良松,徐多,黄宏丽,等. 海绵城市建设 PPP 项目委托代理契约分析[J]. 水利水电技术,2019,50(11):18-24. (LI Liangsong, XU Duo, HUANG Hongli, et al. Analysis of principal-agent contract for PPP project of sponge city construction [J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 2019, 50 (11): 18-24. (in Chinese))

(收稿日期:2020-01-17 编辑:胡新宇)