



# 环境科学研究

Research of Environmental Sciences

## 京津冀区域生态状况、问题与研究需求

何萍 全占军 侯利萍 徐杰 王德旺 艾亚敬

### Ecological Status, Problems, and Research Imperatives in the Beijing-Tianjin-Hebei Region

HE Ping, QUAN Zhanjun, HOU Liping, XU Jie, WANG Dewang, AI Yajing

在线阅读 View online: <https://www.hjkxyj.org.cn/article/doi/10.13198/j.issn.1001-6929.2025.03.21>

## 您可能感兴趣的其他文章

### Articles you may be interested in

#### 基于系统动力学的京津冀区域减污降碳政策仿真研究

Simulation Study on Pollution Reduction and Carbon Reduction Policies in Beijing-Tianjin-Hebei Region Based on System Dynamics

环境科学研究. 2023, 36(11): 2210-2220. <https://doi.org/10.13198/j.issn.1001-6929.2023.09.11>

#### 生态保护修复视角下京津冀地区社会经济-生态环境系统耦合关系及影响机制

Coupling Relationship and Influence Mechanism of Socio-Economic and Eco-Environment System in Beijing-Tianjin-Hebei Region under the Perspective of Ecological Protection and Restoration

环境科学研究. 2024, 37(12): 2824-2835. <https://doi.org/10.13198/j.issn.1001-6929.2024.09.04>

#### 京津冀陆地生态系统碳储量估算与空间格局分析

Carbon Storage Estimation and Spatial Pattern Analysis of Terrestrial Ecosystems in the Beijing-Tianjin-Hebei Region

环境科学研究. 2023, 36(11): 2065-2073. <https://doi.org/10.13198/j.issn.1001-6929.2023.10.09>

#### 京津冀典型区域地下水污染风险评价方法研究

Groundwater Pollution Risk Assessment Method in a Typical Area of Beijing-Tianjin-Hebei Region

环境科学研究. 2020, 33(6): 1315-1321. <https://doi.org/10.13198/j.issn.1001-6929.2020.05.29>

#### 生态带共建视域下京津冀地区减污降碳协同效应研究

Synergistic Effects of Carbon-Pollutant Reduction in Beijing-Tianjin-Hebei Region under Ecological Belt Co-Construction

环境科学研究. 2024, 37(7): 1458-1469. <https://doi.org/10.13198/j.issn.1001-6929.2024.04.04>

#### 京津冀及周边地区大气污染综合立体观测网支撑作用

Supporting Role of the Comprehensive Observation Network of Air Pollution in Beijing-Tianjin-Hebei and Its Surrounding Areas

环境科学研究. 2021, 34(1): 11-19. <https://doi.org/10.13198/j.issn.1001-6929.2020.12.10>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

## 【作者简介】



本文责任作者, 全占军, 中国环境科学研究院副院长、研究员, 生态环境部区域生态过程与功能评估重点实验室主任, 中国环境科学学会理事、生态农业专业委员会主任委员、生态环境复杂系统协同治理专业委员会副主任委员, 北京生态学会副理事长, 国际山地综合发展中心中国委员会副主席, 《环境科学研究》编委, 《环境生态学》副主编。主要从事人地耦合社会-生态系统监测与评估、区域生态环境风险预警与管控、生态保护修复监管等方面研究和管理支撑。先后主持国家重点研发计划, 生态环境部全国生物多样性调查评估、全国生态环境调查评估, 全球环境基金, 中国-挪威国际合作等研究项目 30 余项。制修订生态环境标准与技术指南 10 余项, 授权发明专利 10 余项, 发表中英文学术论文 80 余篇, 出版专著 3 部。



本文第一作者, 何萍, 博士, 研究员, 硕士研究生导师, 研究方向为区域、流域和水生态, 任中国灾害防御学会理事、北京生态修复学会理事及其水生生态专委会副主任委员, 获国家科技进步二等奖、环境保护科技进步一等奖、华夏建设科学技术二等奖各 1 项。在京津冀区域和海河流域有长期研究基础: 博士论文为《海河流域生态修复研究》; 2000 年开始, 先后承担国家科技攻关和中意环保合作海河流域典型区调查评估; 负责全球环境基金 (GEF) 项目“海河流域河流、湿地、水生态系统保护战略研究”, 海河流域水专项关于河岸带植被、白洋淀水生态系统、海河流域河流生态完整性和滨海湿地生态完整性 4 项子课题; 生态环境部生物多样性保护重大工程“大清河 (白洋淀) 流域水生生物多样性调查”以及河北省水生生物多样性调查。本文基于近 30 年研究经历对海河流域和京津冀地区生态环境变化趋势和问题的理解, 结合区域协调和美丽京津冀建设目标以及复杂系统科学发展的需求, 提出未来科学研究建议。

## 京津冀区域生态状况、问题与研究需求

何 萍<sup>1,2,3</sup>, 全占军<sup>1,2,3\*</sup>, 侯利萍<sup>1,2,3</sup>, 徐 杰<sup>1,2,3</sup>, 王德旺<sup>1,2,3</sup>, 艾亚敬<sup>1,2,3</sup>

1. 中国环境科学研究院, 北京 100012
2. 生态环境部区域生态过程与功能评估重点实验室, 北京 100012
3. 环境基准标准与风险管控全国重点实验室, 北京 100012

**摘要:** 京津冀是我国人口经济密集的区域, 但是生态环境状况与国内外其他特大城市群相比仍有较大的差距。为了识别京津冀区域生态环境改善面临的挑战和科学研究需求, 本文依据各类公开数据和文献资料, 按照区域地理分异, 分坝上高原、燕山-太行山山地丘陵、海河平原和海岸带 4 个区, 剖析了生态环境状况、演变趋势和存在问题, 提出重点研究主题建议。结果表明, 近 10 年来京津冀区域生态环境稳定好转, 呈现系统性、转折性变化, 但是累积的问题依然存在, 新的问题凸显: 坝上高原区地下水止降但仍面临湿地萎缩与水资源开发的矛盾; 燕山-太行山山地丘陵区植被恢复伴生蒸散增加致径流衰减, 生境破碎化与矿山治理压力并存; 海河平原区河流水质水量双提升, 水文阻隔上升为水生态恢复的主要约束, 地下水位整体回升而盐渍化等次生灾害风险加大; 海岸带开发强度虽有减弱, 但海洋灾害风险仍处高位, 天津市近岸海域水质改善压力依然较大; 另外, 流域入侵生物物种持续增加但防控措施缺乏。鉴于此, 建议构建“分区治理-系统协同”研究框架: 坝上高原区重点攻关气候变化与湿地生态系统韧性, 构建遥感 ET 监测管理体系, 协调农业与生态用水矛盾; 燕山-太行山山地丘陵区重点研究生态系统服务权衡对策以及生境连通优化与困难立地植被修复技术; 海河平原区聚焦水文-水质-水生态模型、汛期水污染防治技术、河湖生态水文调度技术以及地下水位生态安全预警技术; 海岸带研究构建海岸建筑退缩线和海陆协同治污体系。同时, 各子流域筛选确定历史本土洄游鱼类作为山-海生态过程恢复的标志性行动目标。建议区域整体研究应贯穿系统论思想, 从生态域一体化、区域平衡发展、生态要素整合、生态-经济-社会协同等方面创新突破, 支撑美丽中国先行区建设。

**关键词:** 京津冀; 海河流域; 地理分区; 生态问题; 一体化管理

收稿日期: 2025-01-20 修订日期: 2025-03-26

作者简介: 何萍(1968-), 女(满族), 辽宁凌海人, 研究员, 博士, 主要从事区域生态、流域生态、水生态研究, [972900901@qq.com](mailto:972900901@qq.com)

\* 责任作者: 全占军(1979-), 男, 河北张家口人, 研究员, 博士, 主要从事区域生态研究, [quanzj@craes.org.cn](mailto:quanzj@craes.org.cn)

基金项目: 生态环境部 2024 年度部门预算项目“全国生态状况调查与评估”

Supported by 2024 Budget Project of the Ministry of Ecology and Environment 'National Ecological State Survey and Assessment'

中图分类号: X171.1

文章编号: 1001-6929(2025)05-0941-16

文献标志码: A

DOI: 10.13198/j.issn.1001-6929.2025.03.21

## Ecological Status, Problems, and Research Imperatives in the Beijing-Tianjin-Hebei Region

HE Ping<sup>1,2,3</sup>, QUAN Zhanjun<sup>1,2,3\*</sup>, HOU Liping<sup>1,2,3</sup>, XU Jie<sup>1,2,3</sup>, WANG Dewang<sup>1,2,3</sup>, AI Yajing<sup>1,2,3</sup>

1. Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

2. Key Laboratory of Regional Eco-Process and Function Assessment, Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100012, China

3. State Key Laboratory of Environment Criteria and Risk Assessment, Beijing 100012, China

**Abstract:** Beijing-Tianjin-Hebei is a densely populated and economically developed region in China, but its ecological environment level still lags behind other megagglomerations at home and abroad. In order to identify the challenges and scientific research needs for improving the ecological environment in this region, this paper analyzes bulletin data and literature, and divides the region into four areas based on geographical differences: the Bashang Plateau, the Yanshan-Taihang mountains and hills, the Haihe plain, and the coastal zone. It analyzes the ecological environment status, evolution trend, and existing problems, and proposes key research topics. The results show that the ecological environment in the Beijing-Tianjin-Hebei region has improved steadily in the past decade, showing systematic and turning changes, but the accumulated problems still exist, and new problems are prominent. The groundwater in the Bashang Plateau has been stabilized, but it still faces the contradiction between wetland shrinkage and development. In mountainous and hilly areas, vegetation restoration has led to increased evapotranspiration, resulting in runoff attenuation, and habitat fragmentation coexists with mine management pressure. Both water quality and quantity in the plain area have improved, but hydrological barriers are the main constraint. The overall rise of groundwater level may cause secondary disasters such as salinization. The development intensity of coastal zone has weakened, but the risk of marine disasters is high. Improving water quality in Tianjin's coastal waters is a great challenge. Moreover, invasive species continue to increase in the basin, but prevention and control measures are insufficient. It is recommended to establish a research framework of 'regional governance and system collaboration'. In the plateau area, focus on tackling climate change and wetland resilience, build a remote sensing evapotranspiration (ET) monitoring and management system, and coordinate the conflict between agricultural and ecological water use. In mountainous and hilly areas, the trade-offs of ecosystem services should be studied, and technologies for habitat connectivity optimization and vegetation restoration on difficult sites should be developed. In the plain area, the focus should be on the study of hydrology-water quality-water ecology models and water pollution control technologies, ecohydrological regulation of sluices and early warning of groundwater safety. Research on coastal building setback lines and coordinated sea and land pollution control systems should be conducted in coastal zones. The long-term action plans should be formulated based on each sub-basin and take local migratory fish as the landmark target for the restoration of ecological process from mountains to sea. The overall regional research should run through the idea of system theory, and innovative breakthroughs should be achieved in ecological domain integration, regional balanced development, integration of ecological elements, and eco-economic-social coordination, so as to support the construction of the pilot zone of beautiful China.

**Keywords:** Beijing-Tianjin-Hebei Region; Hai River Basin; geographical zone; ecological problem; integrated management

京津冀是我国乃至世界人口经济最密集的区域之一,以全国 1/9 的人均水资源量和 2.2% 的国土面积支撑了 7.8%(超 1 亿)的人口和 8.3% 的 GDP,但其所在的海河流域水环境状况长期落后于长江、珠江、黄河等重点流域,区域内经济社会发展不平衡问题比较严重。2014 年 2 月 26 日,习近平总书记专题听取京津冀协同发展工作汇报,明确提出“实现京津冀协同发展是一个重大国家战略”。2015 年 2 月《京津冀协同发展规划纲要》(中发〔2015〕16 号)发布,核心是有序疏解北京非首都功能,要在京津冀交通一体化、

生态环境保护、产业升级转移等重点领域率先取得突破。习近平总书记在 2019 年 1 月北京市召开的京津冀协同发展座谈会上提出“强化生态环境联防联控”;在 2023 年 5 月河北省召开的深入推进京津冀协同发展座谈会上又提出“努力使京津冀成为中国式现代化建设的先行区、示范区”。2015 年 12 月,京津冀环境保护部门签署《京津冀区域环境保护率先突破合作框架协议》,明确以大气、水、土壤污染防治为重点,以联合立法、统一规划等 10 个方面为突破口,联防联控,解决区域环境治理和生态建设的重点

难点问题。经过10年不懈地努力,在区域大气污染联防联控、跨省域重点流域联保共治、构筑京津冀生态安全屏障、协同抓好首都“两翼”生态保护、建立健全生态协同工作机制五个方面取得显著成绩<sup>[1]</sup>。

通过植被修复、水污染治理、外调水支撑以及产业节水等措施,京津冀区域生态环境改善成效显著。2009—2023年,区域森林覆盖率显著提升,北京市从31.72%增至44.9%,天津市从8.24%增至12.1%,河北省从22.29%增至26.78%。海河流域I~Ⅲ类水质断面占比从2006年的22%提高至2023年的79.30%;劣V类水质断面于2022年全面消除;生态补水从无到有,2023年达到总用水量的20.6%;入海水量从2005年的 $24.86 \times 10^8 \text{ m}^3$ 增至2023年的 $130.66 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;地下水水源供水量占比从2001年的68.3%降至2023年的34.67%,华北平原地下水位在经历40余年的持续下降后,实现了由下降幅度趋缓到局部回升、再到总体回升的持续好转。

京津冀区域生态环境质量虽然显著好转,但与长三角、珠三角等我国其他城市群相比仍有较大差距<sup>[2]</sup>,资源环境承载力基础薄弱的本质没有改变:外调水占总供水量的27.9%,水生态系统严重依赖外调水维持;平原地下水超采区还有 $10.33 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,仍是全球地下水严重缺乏地区之一<sup>[3]</sup>;气候变化导致的洪涝灾害频发,汛期水环境污染压力较大,入海河流与近岸海域水质改善压力巨大<sup>[4]</sup>;水利工程阻隔上升为水生态系统恢复的关键约束因素。京津冀生态环境问题的复杂性前所未有,形势依然十分严峻,必须通过科技创新应对京津冀面临的生态问题和战略目标的挑战。

京津冀区域与海河流域覆盖范围重合度较高,北京市、天津市全部以及河北省90.96%的国土面积属于海河流域,仅坝上高原与承德北部局地位于海河流域外;海河流域62.78%的面积属京津冀区域。本文选用京津冀和海河流域多年相关统计数据 and 文献资料,系统分析生态环境状况、演变趋势和存在的主要问题,提出京津冀生态环境保护科学研究方向和主题建议,以期为京津冀生态环境专项的设立和研究提供参考。

## 1 京津冀生态环境状况与演变趋势

按照坝上高原、燕山-太行山山地丘陵、海河平原、海岸带四大地理分区<sup>[5]</sup>(见图1)分析区域生态环境现状与问题。

### 1.1 坝上高原

坝上是指内蒙古高原南缘地区,属浑善达克沙地,是中温带和半湿润-半干旱过渡的农牧交错区,包括

河北省张家口和承德部分地区,面积约 $1.8 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。由于持续推进草原生态修复治理和休耕种草工作,2000—2020年坝上高原生态质量改善面积比例达76.16%<sup>[9]</sup>。农业用水量占地下水取水量的80%<sup>[10]</sup>,近年来开展农业种植结构调整和节水灌溉,地下水位下降趋势得到逆转。根据《河北省地下水超采区地下水位监测情况通报》,尚义县(张家口唯一的地下水位监测点)浅层地下水位2020年1月31日比2018年同期回升了1 m(见图2)。

### 1.2 燕山-太行山山地丘陵

#### 1.2.1 植被覆盖度缓慢升高

燕山-太行山山地丘陵是京津冀重要的生态屏障区,其生态修复与保护成效对华北生态安全格局具有重要意义。京津冀区域范围内的燕山-太行山山地丘陵总面积约 $10.12 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占京津冀区域总面积的46.85%。Yan等<sup>[11]</sup>的研究结果显示,燕山-太行山山地丘陵区植被覆盖度呈“西北高、东南低”的空间格局,2000—2021年呈缓慢波动上升趋势,平均增长率为0.02/(10 a);51.26%的区域植被覆盖度有所提升,主要分布在燕山中北部和太行山中西部。

#### 1.2.2 水土流失面积、强度总体降低

海河流域水土流失分布主要集中在永定河上游的黄土丘陵区、太行山土石山区、冀北燕山石质山区和燕山北部坝上风沙区等区域<sup>[12]</sup>。根据《中国水土保持公报》,2019—2023年,海河流域风蚀、水蚀面积占比和不同强度水土流失面积(见图3),以及太行山和永定河上游国家级水土流失重点治理区水土流失面积和强度(见图4)均显著下降。

### 1.3 海河平原

#### 1.3.1 供用水结构发生巨大变化

根据《海河流域水资源公报》,1998—2023年海河流域降水量和水资源总量呈增加趋势(见图5),供用水结构也发生了显著变化。

在供水端(见图6),通过全力推进引江、引黄外调水骨干及配套工程和重点水源工程建设,跨流域调水量自南水北调中线2014年底通水以来快速增长,目前增长将近一倍,与本地地表水供水量相当;地下水水源供水占比大幅降低,从2001年的68.30%逐步降至2023年的34.67%;非常规水源用量稳步增长,占比达到11.69%。

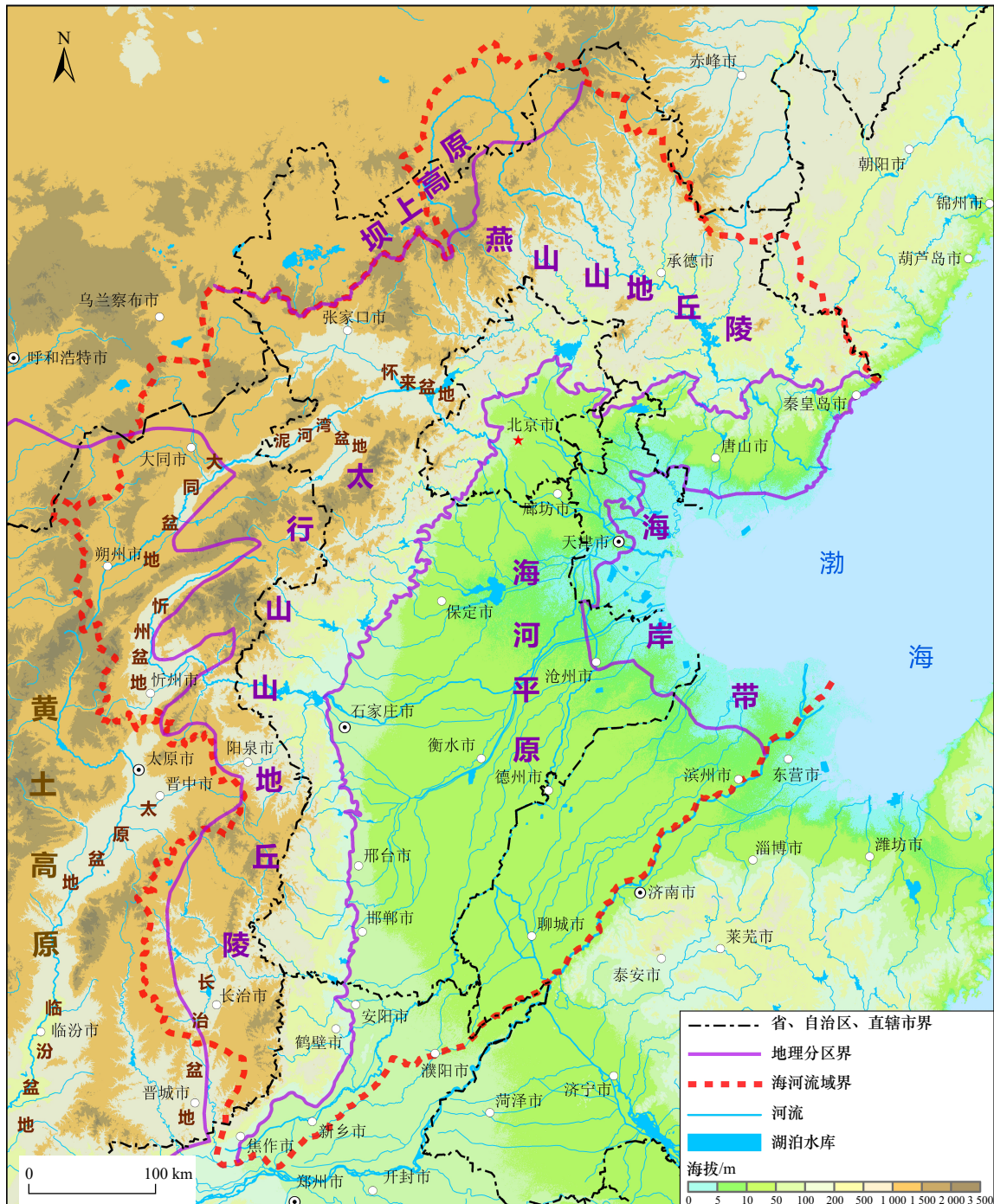
在用水端(见图7),农业用水量显著下降,从1998年的 $293.70 \times 10^8 \text{ m}^3$ 降至2023年的 $184.88 \times 10^8 \text{ m}^3$ ;生态环境用水量大幅增长,从2003年的 $1.90 \times 10^8 \text{ m}^3$ 增至2023年的 $76.99 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,占比也相应从0.50%增

至 20.67%。除人均生活用水量和人均用水量略高于黄河流域外,用水效率指标均明显优于其他流域片区,处于全国领先水平(见图 8)。

### 1.3.2 平原河湖生态水量显著增加

2022 年 7 月水利部出台《母亲河复苏行动方案(2022—2025 年)》,海河流域多处河湖被纳入行动

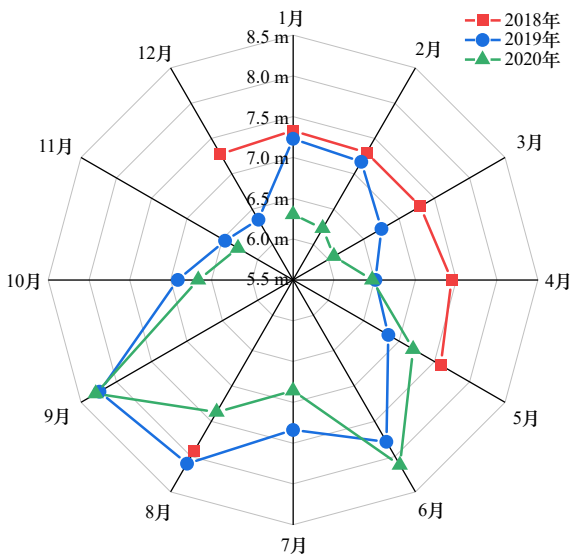
方案。根据遥感监测<sup>[13]</sup>,2021 年 4 月—2024 年 4 月,复苏行动后,海河流域的 38 条河流有水河长和水面面积分别增加了 595.3 km 和 105.2 km<sup>2</sup>,湖泊水面面积增加了 22.6 km<sup>2</sup>。2024 年以来,永定河、桑干河、洋河持续优化调度,保持全线有水;京杭大运河首次实现全线有水超 100 天;漳河(含清漳河、浊漳河)



注:海岸带陆向边界参考文献 [6];海河平原与燕山-太行山山地丘陵界线为海拔 100 m 等高线;坝上高原南缘边界参考文献 [7];太行山脉与黄土高原界线参考文献 [8]。

图 1 京津冀/海河流域地理区

Fig.1 Geographical zones of the Beijing-Tianjin-Hebei Region and the Haihe River Basin



注:数据来源于2018年1月—2020年11月《河北省地下水超采区地下水位监测情况通报》。

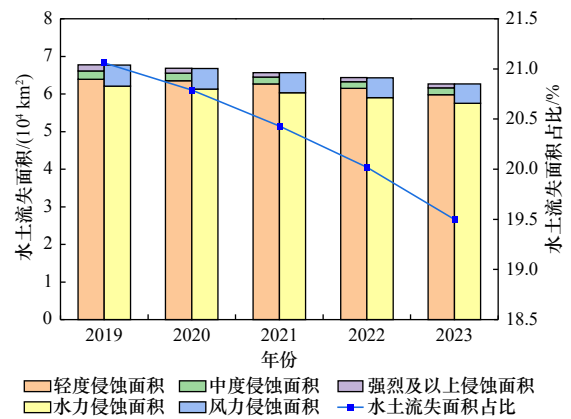
图2 张家口市尚义县2018年1月—2020年11月逐月浅层地下水水位变化

Fig.2 Monthly shallow groundwater level in Shangyi County, Zhangjiakou City from January 2018 to November 2020

经漳卫新河贯通入海;滹沱河、潮白河、滦河全线贯通<sup>[14]</sup>。

### 1.3.3 河湖水质好转

根据《中国生态环境状况公报》,2006—2023年,海河流域河湖水质稳步好转(见图9),I~III类水比例从2006年的22%提高到2023年的79.30%;IV、V类占比主要在20%~30%之间波动;劣V类水2022



注:数据来源于2019—2023年《中国水土保持公报》。

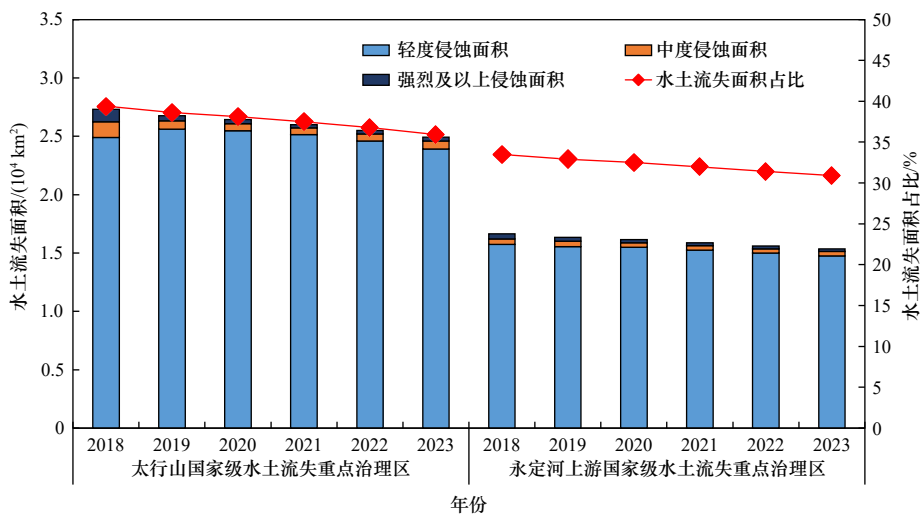
图3 海河流域2019—2023年不同类型、强度水土流失面积以及区域面积占比

Fig.3 The area of soil and water loss of different types, intensity and the proportion of regional area in Haihe River Basin from 2019 to 2023

年全面清零。

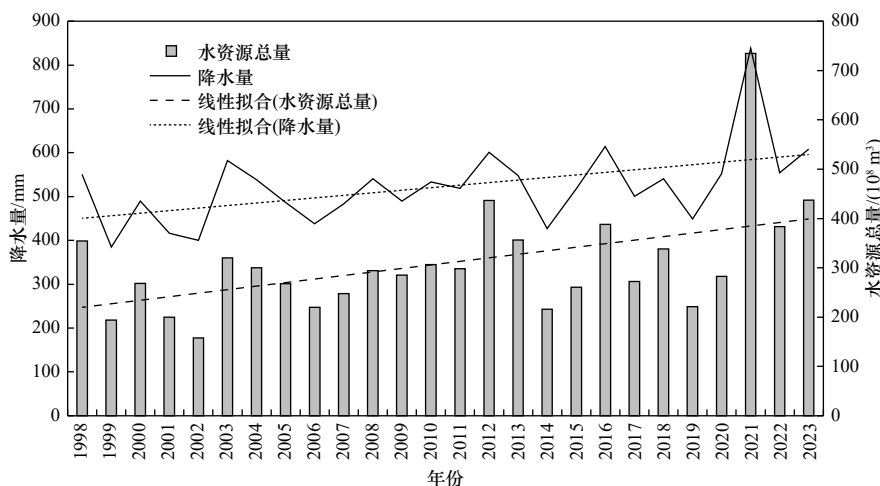
### 1.3.4 水生态复苏

近年来,随着海河流域水质好转以及生态补水等措施的推进,鱼类多样性出现恢复的迹象。根据《北京市生态环境状况公报》,2023年调查发现鱼类44种,其中宽鳍鱲(*Zacco platypus*)、马口鱼(*Opsariichthys bidens*)、黑鳍鲈(*Sarcocheilichthys nigripinnis*)等北京市二级保护鱼类已有较为广泛的分布。白洋淀野生鱼类恢复至48种,较雄安新区设立前增加了21种,新发现北方花鳅(*Cobitis granoei*)和中华多刺鱼(*Pungitius sinensis*)两种野生鱼类<sup>[15]</sup>。



注:数据来源于2018—2023年《中国水土保持公报》。

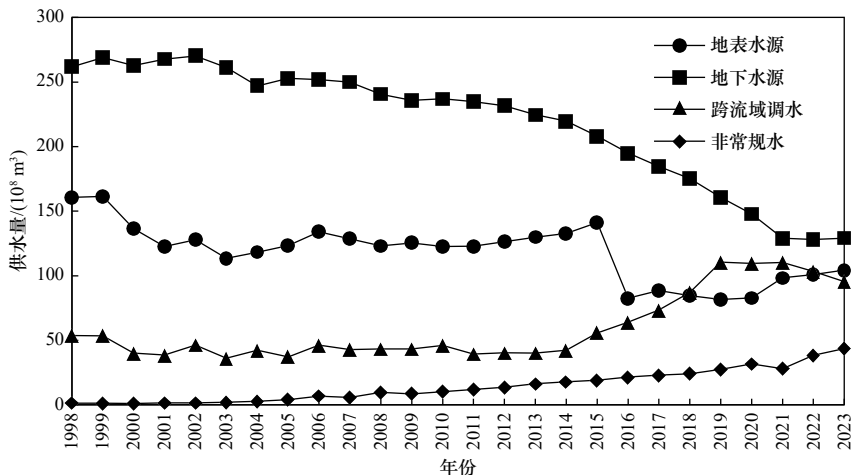
图4 太行山和永定河上游国家级水土流失重点治理区水土流失面积及占比  
Fig.4 The area and proportion of soil and water loss in National Key Soil Erosion Control Area of Taihang Mountain and the upper reaches of Yongding River



注: 数据来源于1998—2023年《海河流域水资源公报》。

图5 海河流域1998—2023年降水量和水资源总量

Fig.5 Total precipitation and water resources in Haihe River Basin from 1998 to 2023



注: 数据来源于1998—2023年《海河流域水资源公报》。

图6 海河流域1998—2023年供水结构

Fig.6 Water supply composition in Haihe River Basin from 1998 to 2023

### 1.3.5 地下水止跌回升

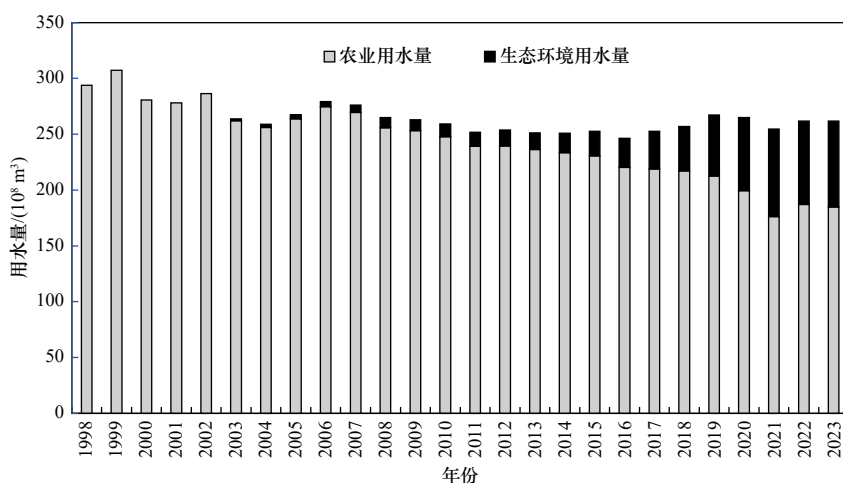
南水北调中线一期工程通水以来, 沿线地方政府通过水源置换、压减地下水开采以及封停自备井等措施, 加大水环境和生态治理, 尤其是2019年以来区域地下水止跌回升。依据水利部和自然资源部国家地下水监测工程监测数据(《地下水动态月报》), 2020年7月以来, 海河平原浅层地下水埋深逐年回升(见图10), 地下水埋深小于30 m的面积占比逐年增加(见图11)。自2019年1月《华北地区地下水超采综合治理行动方案》实施以来, 与2018年相比, 2022年京津冀地下水治理区浅层地下水、深层承压水回升和稳定面积占比分别达92%、97%, 水位平均回升分别为2.25 m和6.72 m<sup>[16]</sup>, 约90%的区域初步实现地下水采补平衡。河北省超采区深、浅层地下

水位平均降幅分别从2014年的6.33 m、0.8 m减少至2019年的1.5 m、0.54 m, 降幅明显减缓; 2023年底比2019年底分别回升9.67 m、3.72 m, 整体保持回升态势, 实现止跌回升的历史性转折<sup>[17]</sup>。北京市平原区地下水位2015年以来已连续9年实现回升, 累计回升13.39 m, 增加储量 $70 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 地下水严重超采区全部清零<sup>[18]</sup>。

## 1.4 海岸带

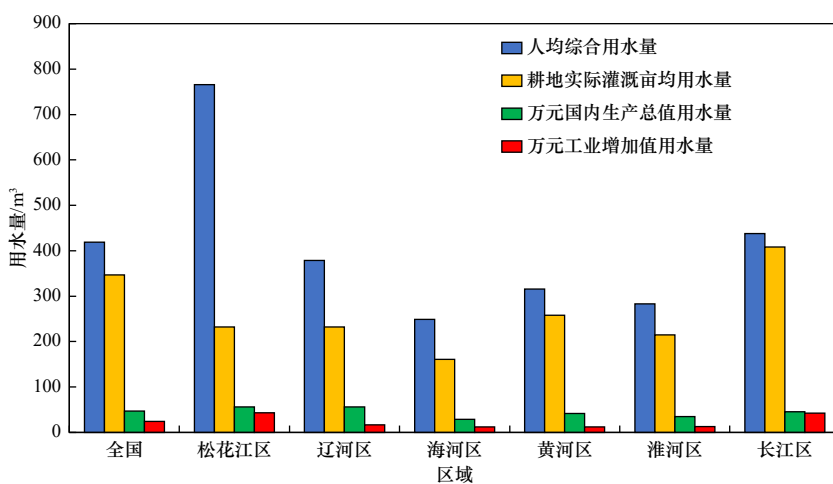
### 1.4.1 海岸带土地开发趋于低稳

河北省和天津市海岸线长度分别为487 km和153 km, 海洋生态保护红线划定的自然岸线比例分别为20.05%和12.18%, 自北向南依次为基岩岸线、沙质岸线和淤泥质岸线。根据1980—2018年遥感影像<sup>[19]</sup>, 津、冀近40年内沿海区县土地利用方式变化



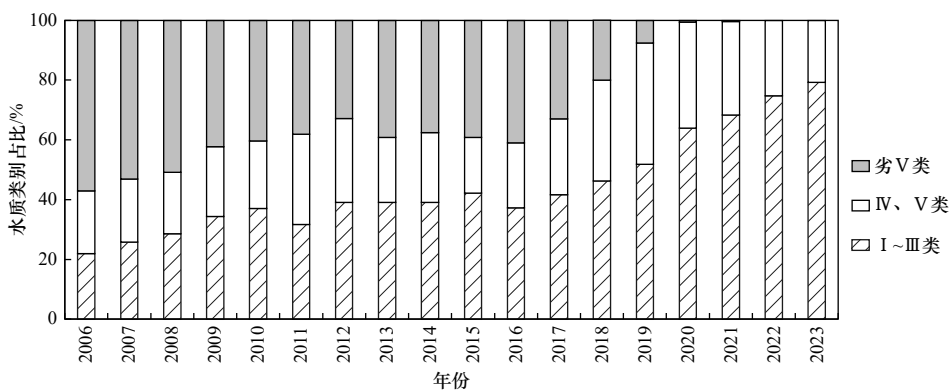
注:数据来源于 1998—2023 年《海河流域水资源公报》。

图 7 海河流域 1998—2023 年农业用水量和生态环境用水量  
Fig.7 Water consumption for agriculture and ecological environment in Haihe River Basin from 1998 to 2023



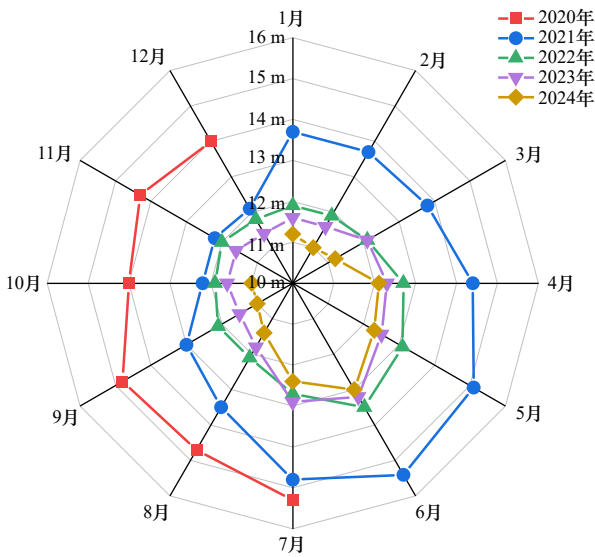
注:数据来源于 2023 年《中国水资源公报》。

图 8 2023 年我国水资源一级区主要用水指标  
Fig.8 The main water consumption index of the national water resources zones in 2023



注:数据来源于 2006—2023 年《中国生态环境状况公报》。

图 9 海河流域 2006—2023 年水质状况  
Fig.9 Water quality in Haihe River Basin from 2006 to 2023



注: 数据来源于2020年7月—2024年10月水利部《地下水动态月报》。

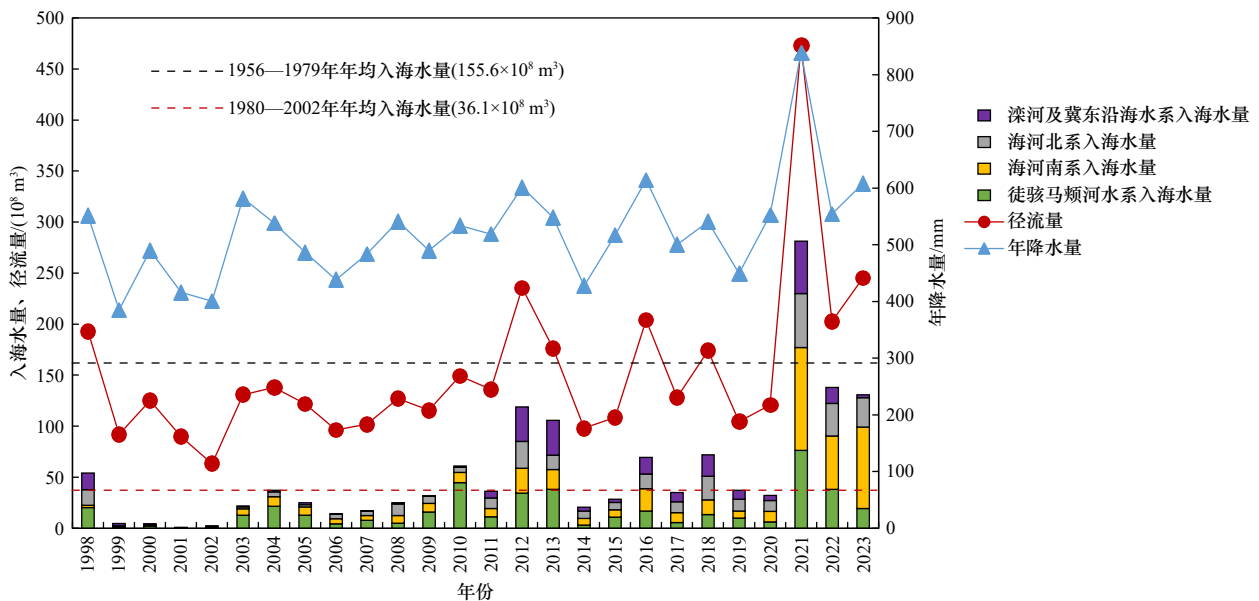
图10 2020年7月—2024年10月海河平原浅层地下水平均埋深

Fig.10 Average depth of shallow groundwater in Haihe River Plain from July 2020 to October 2024

率为18.22%;显著变化的时段为2000—2010年,变化率为8.22%,主要分布在黄骅市、滨海新区、曹妃甸围填海区域及乐亭沿海陆域;而2010年以来,基本农田保护制度、滨海湿地保护和严禁围填海的政策有效减缓了耕地和滩涂面积的下降趋势。

### 1.4.2 入海水量总体增加

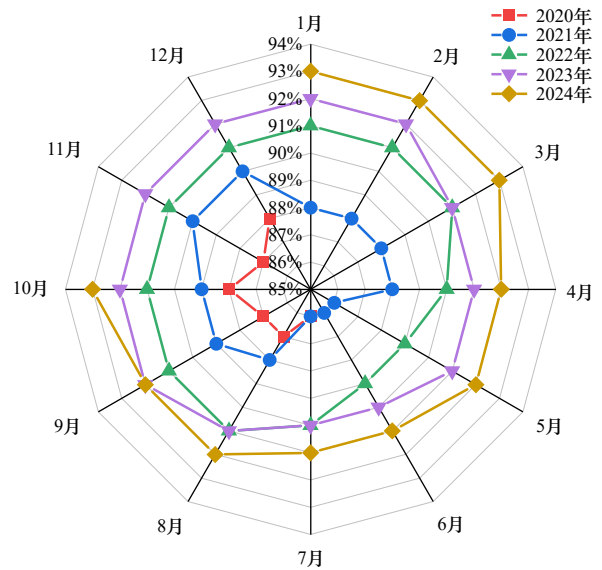
近70年来,海河流域入海水量呈现波动式变化



注: 数据来源于1998—2023年《海河流域水资源公报》。

图12 1998—2023年海河流域降水量、径流量与入海水量变化

Fig.12 Precipitation, runoff and runoff into the sea in Haihe River Basin from 1998 to 2023



注: 数据来源于2020年7月—2024年10月水利部《地下水动态月报》。

图11 2020年7月—2024年10月海河平原地下水埋深小于30 m的面积占比

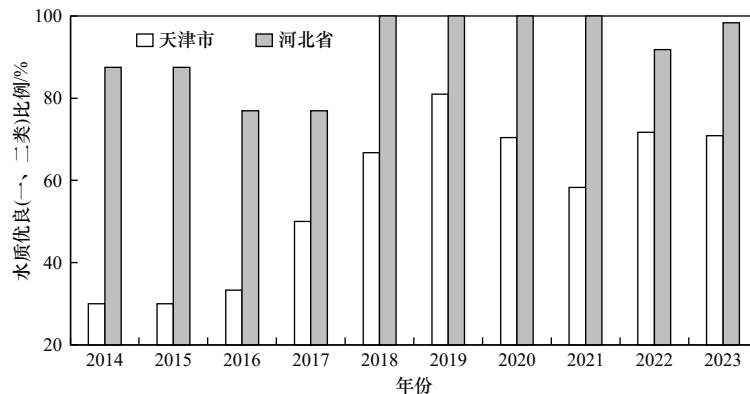
Fig.11 The proportion of area with groundwater depth less than 30 m in Haihe River Plain from July 2020 to October 2024

(见图12)。1956—1979年年均值为 $155.6 \times 10^8 \text{ m}^3$ , 1980—2002年,由于气候变化以及人类活动对下垫面的影响加剧,入海水量显著减少,年均值仅 $36.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2001年达到 $0.82 \times 10^8 \text{ m}^3$ 的历史极低值。2003—2013年,入海水量开始增加,年均值达 $44.77 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,尤其是2012年,由于流域降水量激增,

入海水量达到  $118.88 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。2014—2020年,流域入海水量有所回落。2021年北方地区降水量达到历史第二多,流域入海水量高达  $281.2 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,使得2014—2023年入海水量年均值增至  $84.37 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。流域入海水量还与降水均匀性有关,2012年发生流域性洪水,虽然降水总量与2016年近似,但是入海水量却大幅增加。

#### 1.4.3 近岸海域水环境质量明显改善并维持基本稳定

近10年来,通过开展陆海统筹、环境风险防控、美丽海湾建设等措施,天津市、河北省近岸海域水环境质量明显提升并基本稳定(见图13)。天津市2014—2019年近岸海域水质优良(一、二类)点位比例呈逐渐上升趋势,2019年达到最高(81%),2022年以来保持在70%以上。河北省近岸海域水质优良点位比例2018—2021年连续4年保持100%,2022年、2023年水质优良海域面积比例分别为91.8%和98.3%。



注:数据来源于2014—2023《天津市生态环境状况公报》和《河北省生态环境状况公报》。除河北省2022年、2023年为面积比例外,其余均为监测点位数量比例。

图13 天津市、河北省2014—2023年近岸海域水质优良(一、二类)比例

Fig.13 The proportion of good water quality (Class I and II) in coastal waters of Tianjin and Hebei Province from 2014 to 2023

#### 1.4.4 近岸海域重要生境面积增加

河北省无挡潮闸的通海河口洄游鱼类已有恢复。2022—2023年连续两年在滦河口发现松江鲈(*Trachidermus fasciatus*)<sup>[20]</sup>;2023年在沧州市南排水河、北排水河以及南运河均发现刀鲚(*Japanese Grenadier*) (未发表)。根据《2023年河北省海洋环境状况公报》,曹妃甸龙岛附近鳗草海草床面积43.83 km<sup>2</sup>,为国内现存已知温带海域面积最大的海草床;国家二级保护动物青岛文昌鱼(*Branchiostoma tsingdauertse*)平均栖息密度和平均生物量均较上年有所增加;滦河口—北戴河、戴河口、涧河口和南排河口以及7个重要湿地的生态系统质量保持稳定,处于亚健康水平。根据《2023年天津市生态环境状况公报》,天津市近岸海域生态系统整体呈亚健康状态。

## 2 京津冀生态环境问题

### 2.1 坝上高原湿地萎缩,滩地有被逐步占用的趋势

1990—2020年的30年间张家口坝上地区湿地面积减少了29.39%,约290.79 km<sup>2</sup><sup>[21]</sup>。作为华北地区最大的内陆湖,安固里淖2003年曾有水面面积

30.36 km<sup>2</sup>,2004年开始干涸<sup>[7]</sup>,周边土地盐碱化严重<sup>[22]</sup>。根据现场调查,安固里淖存在开渠导水、疏干滩涂并在其上规模化建设太阳能光伏板和耕垦的情况。沽源县光伏建设也大都布局在湿地萎缩后形成的盐碱地上。

### 2.2 山区植被水源涵养服务下降,生境破碎化加剧,矿山迹地遗存量依然较大

植被在保持土壤、固碳、维持生物多样性等多种生态系统服务与产水服务之间存在协同和权衡的复杂关系<sup>[23]</sup>。近几十年来大规模恢复的山区植被,成为海河流域水资源衰减的主要因素。过去60多年,海河流域地表水资源衰减幅度高达58%<sup>[24]</sup>,1956—1979年地表水资源量为  $288 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,1980—2000年减少为  $171 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,2001—2016年进一步衰减到  $122 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。归因研究<sup>[24]</sup>认为,第一次衰减,降水变化对地表水资源量的贡献为  $70 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,占比为59%;第二次衰减,山区植被增加是主导因素,占比为56%,而且受大规模植被恢复耗水增加的影响,山区地表水资源仍在持续衰减。Xu等<sup>[25]</sup>研究了海河流域33个山区子流域

1956—2005年径流变化,发现年均径流量减少43.0 mm,气候变化和植被覆盖变化对径流减少的平均贡献率分别为26.9%和73.1%。海河流域山区植被叶面积指数每增加0.1,蒸散发量将增加10.8 mm<sup>[24]</sup>;每增加1%覆盖率的森林、草地、耕地农作物,减少径流量分别为1.46、1.21、1.22 mm<sup>[26]</sup>。2002—2016年的15年间,海河流域平均降水量(514.7 mm)和蒸散发量(ET)(512.3 mm)基本持平;在降水量大于510 mm的年份,ET才低于降水量<sup>[27]</sup>。

太行山自古就有“太行八陉”,连接山西高原与华北平原。“陉”是指山脉中断的地方。高速公路等现代交通也多取八陉所在的东西向天然通道开发。近10年,京津冀交通一体化的规划建设以及山西省对接京津冀,尤其是南北纵横于太行山东麓长680 km的河北太行山高速公路的建设,使得山区路网密度进一步加大。根据《太行山旅游业发展规划(2020—2035)》(发改社会[2020]1572号),太行山旅游交通网络还将进一步发展。山区景观破碎化将导致大型哺乳动物种群维持和扩散压力进一步加大。

山区矿山迹地遗存量依然较大。截至2023年5月,河北省<sup>[28]</sup>共有7547个矿山迹地,其中责任主体矿山3217个、责任主体灭失矿山迹地(简称“主体灭失迹地”)4330处,损毁土地超30万亩。在众多的主体灭失迹地中,铁矿约占总量的49%,其次为建筑石材和石灰岩矿等矿山迹地,约占总量的44%,煤矿和其他金属矿迹地仅占总量的4%和2%。这些主体灭失迹地主要分布在山区,平原较少。保定市主体灭失迹地的数量最多,约占河北省总数的25%,其次为唐山市和张家口市。北京市<sup>[29]</sup>2023年遥感核查到《北京市矿山修复“十四五”规划(2021—2025年)》中图斑未治理面积149.20 hm<sup>2</sup>。天津市<sup>[30]</sup>2021年遥感解译结果显示,历史遗留废弃矿山608个,矿山损毁土地面积约123.25 km<sup>2</sup>,仅有少部分完成了生态修复工作。矿山生态环境问题主要有地形地貌植被破坏、水土流失和次生地质灾害等。

### 2.3 西北生态涵养区绿色发展和生态补偿制度仍不充分

我国2015年印发的《京津冀协同发展规划纲要》将坝上高原和燕山-太行山山地划为西北生态涵养区,而曾于2005年划入环首都贫困带的32个县区内有6个位于坝上高原,19个位于燕山-太行山深山区<sup>[31]</sup>。经过脱贫攻坚和京津冀协同发展10年的努力,河北省环首都贫困带的经济发展经历了显著变化,但是生态与发展矛盾的挑战依然存在。西北生态涵养区由

于部分区域限制工业发展,传统产业退出后替代产业尚未形成规模,生态补偿标准偏低难以弥补地方财政损失等原因,与平原地区经济差距仍很显著,乡村振兴发展、“两山”转化模式探索以及生态补偿制度和绿色金融保障仍不充分,相关科技支撑以及成果应用不足。

### 2.4 水文连通性不足已上升为水生生物多样性恢复的主要约束

海河流域在20世纪60年代初“以蓄为主”以及60年代中期以来“上蓄、中疏、下排、适当地滞”治理方针下,山区建成大中型水库1900多座,总库容264×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>,控制流域面积比例为83%;其中,漳河、滹沱河、永定河等山区水库控制流域面积比例在98%以上。海河流域水系连续性指数[水网长度(km)/闸坝数量(座)]为2.08~16.56<sup>[32]</sup>,平均每公里一个闸坝。

闸坝阻隔是鱼类洄游的直接障碍。白洋淀鱼类早期消失的就是河淀洄游型鱼类[鳊(*Elopichthys bambusa*)、青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、赤眼鳟(*Squaliobarbus curriculus*)]以及淀海洄游鱼类[鳗鲡(*Anguilla japonica*)、银鱼(*Salangidae sp.*)、梭鱼(*Liza haematocheila*)]<sup>[33]</sup>。秦皇岛大石河河海洄游的香鱼(*Plecoglossus altivelis*)种群也因挡潮闸建设而衰退<sup>[34]</sup>。而未建挡潮闸的滦河,仍维持国家二级保护的洄游鱼类松江鲈种群<sup>[20]</sup>。恢复河流水文连通性成为水生生物多样性恢复的重要前提。

目前,河北平原拥有引黄、上游水库下泄以及南水北调中线、东线四大生态补水渠道,但是前两者都是根据水资源情况相机补水,通常异于自然水文节律。冬季引黄造成白洋淀水位错季上升,对沉水植物<sup>[35]</sup>、挺水植物<sup>[36]</sup>发育造成了显著的负面影响。研究生态水文节律需求,提高补水的科学性和精准性十分必要。

### 2.5 河流污染沿程累积,汛期污染问题突出

海河流域水质虽然总体好转,但是在空间上仍表现为平原区下游沿程污染加重的规律。汇水末端天津入海河水质2020年才消劣。大清河水系平原河流初始来水基本为出山口饮用水源地水库和南水北调中线的清水,但是沿程污染逐步累加,2023年河北省进入天津国控断面的来水均为Ⅳ类(中度污染),天津市入海河流均为Ⅴ类,支流是主要污染贡献者<sup>[37]</sup>。

汛期污染问题更为突出。以白洋淀流域为例,汛期(8月)入淀河流污染(见表1)对白洋淀水质达标形成压力。受海河“23·7”流域性特大洪水的影响,永定河和大清河水系2023年8—9月优良水体比例

明显降低且降幅高于同期,部分污染物浓度明显升高,直到11月洪水的不利影响才基本消除<sup>[4]</sup>。汛期城市

雨污合流、农业面源污染和城镇污水处理厂运营能力不足等是主要原因<sup>[37-38]</sup>。

表1 白洋淀主要入淀河流国、省控断面月际水质等级

Table 1 Inter-monthly water quality grade of national and provincial controlled sections on the main rivers that enter Baiyangdian

断面名称	2019年水质等级					2020年水质等级							
	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
孝义河思乡桥	V	V	IV	IV	IV	IV	劣V	IV	IV	III	III	III	III
瀑河任庄	V	III	II	II		III	II	III	IV	IV	IV	III	V
府河膳马庙村北	劣V	IV	III	III	III	IV	III	III	III	IV	IV	IV	劣V
漕河迪城	劣V	IV	III	III	III		III	III	III	V	IV	IV	劣V
小清河郎庄村	V	III	III	III	III	IV	III	III	III	IV	IV	IV	IV

注:数据来源于2019年8月—2020年8月《保定市国、省控断面水环境质量月报》。瀑河任庄断面2019年12月因断流无水质数据,漕河迪城断面2020年1月因冰冻无水质数据。

2.6 华北平原仍为我国乃至全球主要地下水漏斗区

虽然华北平原地下水治理区水位逐步回升,但是多项调查评估表明,华北平原仍是我国乃至全球的主要漏斗区。杨会峰等<sup>[39]</sup>基于华北平原2019—2020年高密度地下水位统测数据及历史水位资料,系统分析了1980—2020年40年间地下水位变化特征,发现华北平原东、西部浅层地下水位呈现差异化发展,20世纪80年代至2014年,平原西部浅层地下水位持续快速下降,累计降幅为20~60 m;2014年南水北调工程供水后,西部山前主要城市水位止跌回升。平原中东部地区浅层水位呈现自然波动状态,深层地下水2014年前总体呈下降趋势,累计降幅40~90 m;2014年后城区水位回升明显,周边农业区仍呈快速下降趋势。根据美国国家航空航天局(NASA)和美国内布拉斯加大学林肯分校2020年3月30日发布的基于GRACE重力卫星的浅层地下水干旱指数图<sup>[3]</sup>,华北平原是全球地下水干旱指数最高的区域之一。

华北平原地下水位下降带来的地面沉降依然十分严重。北京大学研究团队<sup>[40]</sup>利用星载合成孔径雷达干涉测量技术对2015—2022年中国所有主要城市的地面沉降进行了系统评估,在沉降速度大于3 mm/a和10 mm/a的面积比例以及所有像元第5%分位沉降速度方面,北京市(47%、30%和-37 mm/a)和天津市(90%、66%和-52 mm/a)劣于所调查城市的平均水平(45%、12%和-22 mm/a)。

地下水回升带来的次生盐渍化和地下水污染风险需要警惕。河北省盐碱化土地主要分布在东南低平原区、滨海平原区和坝上高原区<sup>[41]</sup>。河北省东南部的黑龙港地区,由于地势低洼以及地下存在庞大盐水体,历史上就是高盐碱地区和盐碱化重点治理区<sup>[42-43]</sup>。20世纪80年代中后期,该区盐渍化土壤面积共3 934 km<sup>2</sup>,占土地面积的10.39%,占耕地面积

的16.33%<sup>[41]</sup>,但是随着区域地下水位持续下降,盐碱化问题得到缓解<sup>[44]</sup>。潜水埋深是支配盐分上行积存或下行淋出的重要杠杆,据试验,返盐、积盐的地下水位临界深度一般在2.0~2.3 m,小于1.5 m则返盐强度明显增大,大于2.5 m则甚为安全<sup>[43]</sup>;当潜水埋深2.75 m时就难以测出蒸发量<sup>[44]</sup>。在潜水埋深小于3 m的地区,汛期地下水位都可能上升到临界深度以上,丰水年甚至超过一般作物防渍最小埋深要求。因此,控制地下水位是治理旱涝碱的关键性措施,而地下水位回升则可能使盐碱化问题重现。另外,地下水位回升,可能对地下基础设施造成影响,如北京市地下水回升已引发了地铁隧道漏水<sup>[45]</sup>;水位抬升触及地下垃圾填埋场也具有潜在地下水污染风险<sup>[46]</sup>。

2.7 海岸带海洋灾害风险高发,天津近岸海域水质改善压力大、生物多样性下降

根据全国海洋灾害综合风险评估结果<sup>[47]</sup>,渤海湾底部是我国海洋灾害高风险区之一,受风暴潮灾害影响较大,天津市受海平面上升影响不容忽视。贾娇等<sup>[48]</sup>系统研究了海洋对陆地的影响范围,渤海湾海平面上升速度为3.5 mm/a,海平面上升0.5 m时天津市将被淹没850 km<sup>2</sup>;唐山市、沧州市、黄骅市沿海土壤盐渍化宽度33~42 km;天津市、河北省海水入侵宽度20~38 km,沧州市南排河达42 km;天津市地下水咸化/半咸化分布区向陆延伸38.8~84.3 km,面积为5 767 km<sup>2</sup>,占天津市陆域面积的49%。

天津市近岸海域水质虽有好转但仍然相对较差。2023年,天津市近岸海域水质优良面积比例为70.9%,夏季最低,为67.3%,远低于南北相邻的河北省近岸海域水质(优良面积率为98.3%)。根据《2023年全国海洋生态环境状况公报》,天津市是仍然存在劣四类海域的少数几个省份之一,在2022—2023年沿海各省份近岸海域优良水质面积比例排名中,天津市倒数第三。

据调查<sup>[49]</sup>显示,2015—2020年,天津市渤海湾渔业资源量与生物多样性均呈下降趋势,且鱼类种群由过去的以重要经济种类为主转变为目前的以低值型浅海小型鱼类为主,资源退化现象较为明显。而受水质和海陆水文连通阻隔的共同影响,天津市河口历史存在的洄游鱼类尚未恢复。

**2.8 流域整体性保护缺乏制度保障**

京津冀实施国家区域协同发展政策,但是生态环境问题需要考虑完整生态过程。现有的制度体系难以支撑从山到海的流域整体性保护。

a) 流域一体化管理制度需要推广。永定河流域有限公司的设立以及制度创新,有效推动永定河自2021年以来连续5年实现全线流动。但是这一制度尚未推广,海河流域其他子流域仍为行政区分治状态。例如,白洋淀流域涉及山西省、河北省和北京市的面积比例分别为12.3%、80.4%和7.3%。雄安新区设立后,针对白洋淀的保护,河北省委、省政府印发了《白洋淀(大清河)流域生态环境保护规划(2019—2035年)》,规划范围为河北省境内白洋淀流域和大清河流域;大

同市人民政府和忻州市人民政府共同印发了《山西省大清河流域(唐河、沙河)生态修复与保护规划(2017—2030年)》。从山到海的系统保护范围应包括山西省、北京市的大清河流域片区和下游独流减河及其河口海域。

b) 近岸海域污染治理压力未传递到整体流域。当前京津冀跨省域横向生态补偿机制主要针对密云水库、官厅水库、于桥水库等大型饮用水源地上游水质保护,下游省份被动接受上游省份污染压力难以获得经济补偿。天津市以海河流域16.64%的海岸线长度(153.67 km)承接了54.87%流域面积的来水(含北三河、永定河、大清河、子牙河流域)(见图14),北京市与河北省的石家庄市、保定市、邢台市、邯郸市、衡水市,甚至山西省的几个主要城市均在集水范围。天津市无法以一己之力改善所辖海域水质,协同入海河流上下游共同治理缺乏制度支持。

c) 水管理制度底层逻辑缺陷导致上下游逆序治理。在水系河流编码和排序上,国际上常以河源、支流到干流的顺流排序,而我国的河流编码和排序则从

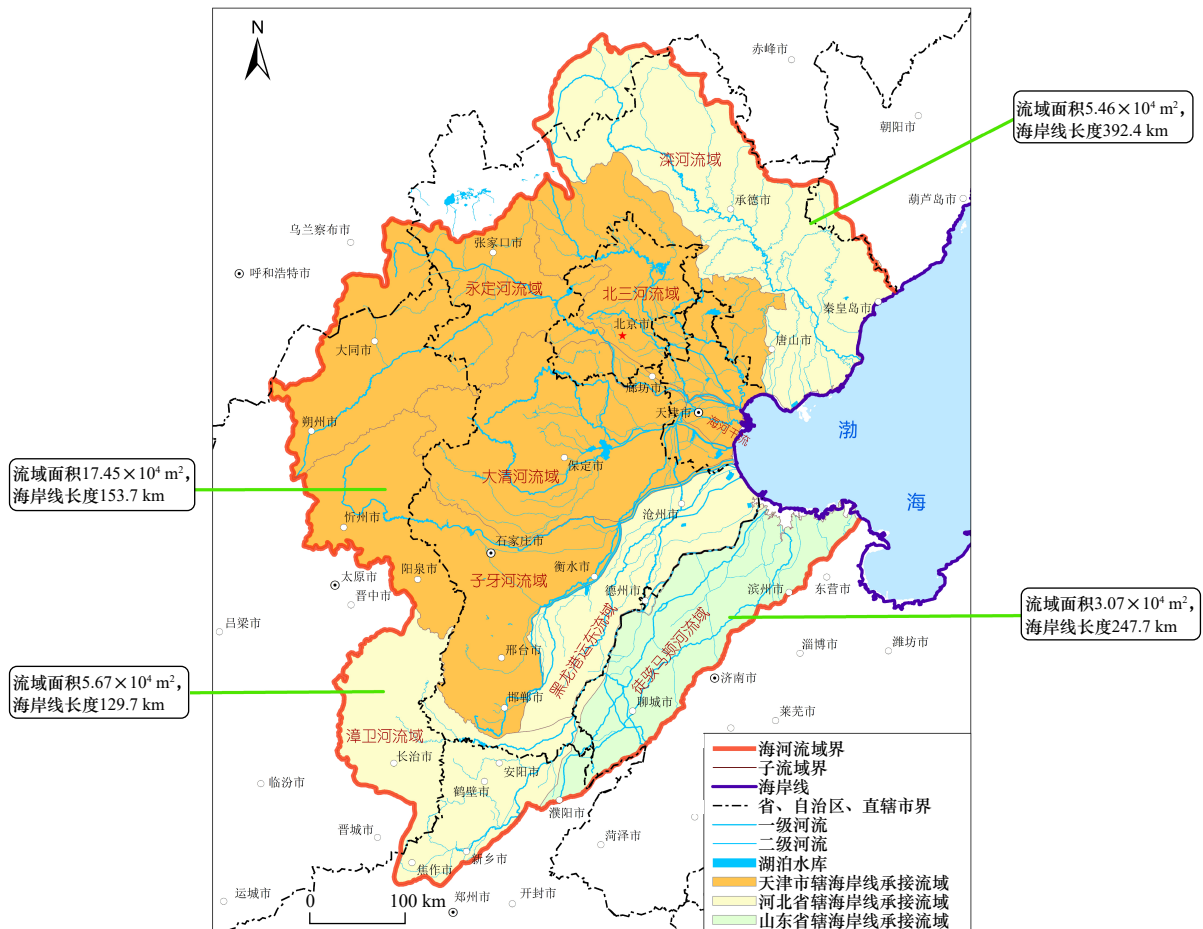


图 14 海河流域沿海省辖海岸线集水范围

Fig.14 Catchment area corresponding to the coastline of coastal provinces in Haihe River Basin

干流到支流逆流排序;国家、省级和地方水质考核断面设置也是从大河到小河;河长制也是依官员行政等级对大小河流配置河长。这种制度体系下,考核评估重视国控断面,水污染治理资金优先供给大河和干流,而污染严重的源头小河和支流治理滞后,导致下游反复污染、反复投资,事倍功半。如果不从根本上扭转逆序治水的体制,水污染治理歼灭战很难打赢。

### 2.9 跨流域生物入侵防控迫在眉睫

据不完全统计,京津冀区域目前约有20种外来入侵水生生物<sup>[50-51]</sup>,包括被列入《中国外来入侵物种名单》的尼罗罗非鱼(*Oreochromis niloticus*)、克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)、福寿螺(*Pomacea canaliculate*)、凤眼莲(*Eichhornia crassipes*),以及中国水产学会科学放鱼科普专家团队发布的《不适宜开展增殖放流(放生)的水生生物物种》名单中的虹鳟(*Oncorhynchus mykiss*)、蓝鳃太阳鱼(*Lepomis macrochirus*)、绿太阳鱼(*Lepomis cyanellus*)、团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)等入侵性的物种。滨岸带植物外来入侵种类更多<sup>[52]</sup>。外来物种一旦形成入侵态势,不仅降低当地的水生生物多样性,还有可能给社会经济带来严重影响与巨大损失,必须采取紧急治理手段降低其种群数量并阻控传播。作为南水北调中线工程的受水区,京津冀区域面临的外来水生生物入侵风险不可忽视<sup>[53]</sup>,但是目前仍未出台区域统一防控的政策和措施。

## 3 京津冀生态安全科技研发主题建议

### 3.1 坝上内流区社会-生态系统韧性提升路径

研究长时间系列气候变化与人口经济活动压力下的坝上高原湿地生态演替过程,构建湿地流域韧性评估技术方法,严格管控湿地滩涂开发和永久占用。研究构建遥感ET监测管理体系,提出湿地生态用水与流域地表、地下水和农业用水统筹调控方案并开展管理示范。研究遗鸥(*Larus relictus*)等鸟类的湿地生境需求以及盐碱性湿地自然植被修复技术并实施示范。

### 3.2 燕山-太行山植被生态水文功能协同与生境优化技术

在燕山-太行山山地丘陵区,探索困难立地和矿山迹地土壤-微生物-植物协同演化机理和近自然植被修复技术;构建系统生态水文模型,研究植被恢复对生态系统服务功能权衡与协同影响;研究植被质量提升和景观格局优化对策;筛选多种生物类群及其关键物种,研究生物多样性受威胁成因;研究跨区域和跨行政区大型生态廊道构建和景观格局优化技术以

及多类群生物栖息地协同保护与修复技术,提升生态系统复杂性和完整性。研究碳汇监测、自然资源与生态系统服务核算等技术,以乡村全面振兴为载体,推动生态补偿和绿色金融在生态涵养区充分实施以及生态产品的价值实现。

### 3.3 平原区构建防洪-治污-生态安全一体化治理体系

协同水资源、水环境、水生态目标,利用流域水质好转、补水保障增强的形势以及海河“23·7”流域性特大洪水后蓄滞洪区重启和扩建的机遇,针对防洪安全、汛期污染以及水网连通带来的生物入侵风险等问题,研究水文-水动力-水环境-水生态模拟预测预警模型、汛期面源污染防治技术、河湖生态系统韧性提升技术、山-海闸坝多水源水文连通和多目标科学精准生态调度技术、洄游鱼类种群恢复与智能跟踪监测技术、外来物种入侵智能化监测与防控技术等,针对地下水位回升可能带来的土壤盐渍化和地下水污染等次生灾害风险,研究地下水临界水位;研究基于多元遥感信息的土壤水、盐和地下水埋深监测技术,构建次生灾害风险预警和防控体系。

### 3.4 海岸带生态安全屏障构建技术

依据生态交错区理念,研究人类活动向海(淡水和污染物输入)和海岸带向陆(海水入侵、海平面上升、风暴潮增水等)的影响范围,科学划定海岸带自然地理边界和长期调查监管范围。开展近岸海域陆源污染物迁移转化路径模拟预测研究。研发河口与近岸海域生物多样性及敏感生境修复技术。

### 3.5 京津冀区域生态安全一体化管控制度体系

从生态域一体化、区域平衡发展、生态要素整合、生态-经济-社会协同4个方面全方位推进京津冀生态安全一体化系统化治理研究。

a) 生态域一体化治理。以生态过程为依据,突破行政区边界,在流域、风域等生态域以及生态系统服务的供受体范围研究生态问题和治理对策,研究生态系统服务空间转移模拟和评估方法。借鉴永定河流域投资有限公司制度创新经验,以子流域为整体开展山海一体化治理研究,重视从河源、污染源和支流顺流而治,创新流域生态环境治理投资一体化决策运行体系。

b) 统筹平衡治理水平。针对生态背景功能定位不同和长期行政分治形成的问题,在监测能力、数据平台、标准、政策、制度、决策预警、治理行动方面开展一体化整合研究。

c) 生态要素系统整合。突破传统地表水与地下水、海洋与陆地空间、水土气生等要素割裂研究和多

部门分别管理的局面,强调水循环、土壤、气候变化等多学科与生态要素在多尺度上的融合研究。

d) 生态-经济-社会综合治理。从产业结构调整、生态补偿、绿色金融、多元化社会参与等角度研究协同解决生态问题的有效模式。

#### 4 结束语

a) 京津冀区域水环境、水资源和植被状况总体好转,但也面临累积问题和新问题的双重挑战。京津冀区域主体位于海河流域,总体呈现坝上高原、燕山-太行山山地丘陵、海河平原以及海岸带的地理分异。遵循自然地理分异,各分区的突出问题 and 研究建议分别是:①坝上地区湿地面积近30年间减少了近30%,农业用水与生态需水冲突,建议研究湿地对气候和人类活动干扰韧性,协调农业生态方式和用水强度。②过去60多年,海河流域地表水资源衰减幅度高达58%,山区植被水源涵养服务与其他功能需要权衡;山区生境破碎化,困难立地和矿山迹地存量依然较大,需要研究近自然生境恢复和生物廊道连通构建技术。③平原地区水动力成为水生态系统进一步改善的约束,汛期污染是水质达标面临的痛点,需要构建水文-水质-水生态模型,总体提供防洪、治污和恢复生态的多目标解决方案;地下水回升可能带来的盐渍化等次生风险需要关注。④天津市以海河流域16.64%的海岸线长度承接了54.87%面积的来水,近岸海域水质改善需要协调上中游进一步减污。⑤流域人类活动引入、外调水等带来的生物入侵风险不断加大,需要研究智能监管技术和一体化阻控措施。

b) 协调各种关系,实现生态环境保护研究创新。突破传统研究范式,从还原论上升到系统论,强化生态系统多功能、多要素流域上下游协同、多部门协同以及生态-经济-社会系统统筹,强化复杂系统模拟预测研究,探索综合解决京津冀生态环境问题的新路径,做名副其实的先行区和示范区。

c) 将陆-海洄游鱼类旗舰物种恢复作为美丽京津冀的关键目标。洄游鱼类是流域山海过程、水陆关系、“三水”统筹的综合体现,海河流域各子流域应研究制定本土洄游鱼类恢复行动计划。借鉴欧洲树立“鲑鱼重返莱茵河”目标并在系统性思维、国际合作与法律机制、工程技术科技与公众参与、长期规划等方面积累的经验,率先在水资源配置条件较好的大清河流域推动洄游鱼类恢复探索和示范。

#### 参考文献 (References):

- [1] 河北省生态环境厅. 瓣瓣同心 向绿而行 京津冀协同发展生态协同十年成果 [EB/OL]. 石家庄:河北生态环境发布,(2024-06-12) [2025-01-14]. [https://mp.weixin.qq.com/s?\\_\\_biz=Mzg3MTc2NTU0Nw==&mid=2247552524&idx=1&sn=e5dca9a4672e6c24909a5a7527c9ba6b](https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=Mzg3MTc2NTU0Nw==&mid=2247552524&idx=1&sn=e5dca9a4672e6c24909a5a7527c9ba6b).
- [2] 云河都市研究院. 中国城市群的环境品质和挑战:中国城市综合发展指标 2022 环境大项 [J]. 新型城镇化,2024(1):40-43.
- [3] NASA Grace. GRACE-based shallow groundwater drought indicator [EB/OL]. Nebraska-Lincoln: NASA Grace,(2020-03-30) [2025-02-21]. [https://nasagrace.unl.edu/globaldata/20200330/GRACE\\_GWS\\_GLOBAL\\_20200330.pdf](https://nasagrace.unl.edu/globaldata/20200330/GRACE_GWS_GLOBAL_20200330.pdf).
- [4] 刘琦,朱龙基,薛静,等. 海河“23·7”流域性特大洪水对流域海域水环境质量的影响和对策研究 [J]. 环境保护,2024,52(增刊2):23-29.  
LIU Q, ZHU L J, XUE J, et al. Study on the impact and countermeasures of Haihe River ‘23·7’ basin-wide catastrophic flood to water environment quality of basin and sea area [J]. Environmental Protection, 2024, 52 (Suppl 2): 23-29.
- [5] 何萍,王家骥,苏德毕力格,等. 海河流域生态功能区划分研究 [J]. 海河水利,2002(2):8-11.
- [6] 贾俊艳. 海岸带生态屏障划定研究 [D]. 石家庄:河北师范大学,2013.
- [7] 揭文辉. 基于长时间序列遥感数据的坝上高原湿地变化监测及驱动因子分析 [D]. 抚州:东华理工大学,2020.
- [8] 尤联元,杨景春. 中国地貌 [M]. 北京:科学出版社,2013.
- [9] 武爱彬,陈辅国,赵艳霞,等. 北方农牧交错区生态环境质量动态评价及影响因素分析:以河北坝上地区为例 [J]. 山西农业大学学报(自然科学版),2024,44(6):12-24.  
WU A B, CHEN F G, ZHAO Y X, et al. Dynamic evaluation of ecological environment quality and analysis of influencing factors in the northern agro-pastoral ecotone: a case study of Bashang area in Hebei Province [J]. Journal of Shanxi Agricultural University (Natural Science Edition), 2024, 44(6): 12-24.
- [10] 李恒超,邓英尔,史振环,等. 基于模糊评判的坝上地区水资源承载力评价 [J]. 地下水,2022,44(1):206-209.  
LI H C, DENG Y E, SHI Z H, et al. Evaluation of water resources carrying capacity in Bashang area based on fuzzy comprehensive model [J]. Ground Water, 2022, 44(1): 206-209.
- [11] YAN F, GUO X Y, ZHANG Y W, et al. Analysis of the multiple drivers of vegetation cover evolution in the Taihangshan-Yanshan region [J]. Scientific Reports, 2024, 14(1): 15306.
- [12] 李子轩,曹文华. 海河流域水土流失空间分布特征及防治对策 [J]. 海河水利,2024(6):8-13.  
LI Z X, CAO W H. Spatial distribution characteristics and prevention-control measures of soil and water loss in Haihe River Basin [J]. Haihe Water Resources, 2024(6): 8-13.
- [13] 王世岩,杜飞,姜志,等. 母亲河复苏行动河湖遥感监测分析 [J]. 中国水利,2024(13):11-16.  
WANG S Y, DU F, JIANG Z, et al. Analysis of river and lake remote sensing monitoring for the Mother Rivers Recovery Action [J]. China Water Resources, 2024(13): 11-16.
- [14] 薛程,王丽叶. 海委:流域重点母亲河全部实现全线贯通 [EB/OL]. 北京:中国水利网站,(2024-08-16) [2025-01-13]. <http://www.>

- chinawater.com.cn/ly/hh\_19461/202408/t20240816\_1055515.html.
- [15] 刘光昱,白洋淀新发现两种野生鱼类 [N].石家庄:河北日报,2024-01-08(2).
- [16] 陈晨,孙智蒲.“五”管齐下,华北地下水水位回升了 [N].北京:光明日报,2023-03-02(10).
- [17] 苑立立.2023年底,超采区深、浅层地下水位比2019年底分别回升9.67米、3.72米 河北基本实现地下水采补平衡 [EB/OL].石家庄:河北新闻网,(2024-03-23)[2025-01-13].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1794271834798986159&wfr=spider&for=pc>.
- [18] 张艺.北京:四招持续破解“大城市病”中的水问题 [N/OL].北京:北京青年报客户端,(2024-12-27)[2025-01-13].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1819594472944653168&wfr=spider&for=pc>.
- [19] 程林,田海兰,武爱彬,等.近四十年来冀津海岸带土地利用时空变化及驱动因素 [J].海洋科学,2021,45(6):135-146.  
CHENG L,TIAN H L,WU A B,et al.Spatiotemporal changes and the drivers of coastal land use in Hebei and Tianjin in recent 40 years [J].Marine Sciences,2021,45(6):135-146.
- [20] 何萍,田晨,王德旺,等.河北滦河口连续二年发现松江鲈 [J].动物学杂志,2024,59(3):429-437.  
HE P,TIAN C,WANG D W,et al.Roughskin sculpin *Trachidermus fasciatus* found in Luanhe River Estuary for two consecutive years, Hebei,China [J].Chinese Journal of Zoology,2024,59(3):429-437.
- [21] 庄秋雨,王洁,蒲晓,等.张家口坝上地区湿地退化特征及风险评价 [J].环境科学与技术,2024,47(7):196-205.  
ZHUANG Q Y,WANG J,PU X,et al.Wetland degradation characteristics and risk assessment in Bashang Region of Zhangjiakou [J].Environmental Science & Technology (China), 2024,47(7):196-205.
- [22] 卓昭君,柯樱海,洪剑明,等.2000年以来张家口坝上高原生态系统服务价值及其变化 [J].湿地科学,2022,20(2):162-175.  
ZHUO Z J,KE Y H,HONG J M,et al.Ecosystem service values and their changes of Bashang Plateau,Zhangjiakou since 2000 [J].Wetland Science,2022,20(2):162-175.
- [23] LI T,LÜ Y H,FU B J,et al.Bundling ecosystem services for detecting their interactions driven by large-scale vegetation restoration:enhanced services while depressed synergies [J].Ecological Indicators,2019,99:332-342.
- [24] 王庆明,赵勇,王浩,等.海河流域地表水资源衰减归因与规律 [J].中国科学:地球科学,2024,54(5):1573-1587.  
WANG Q M,ZHAO Y,WANG H,et al.Surface water resource attenuation attribution and patterns in Hai River Basin [J].Science China Earth Sciences,2024,54(5):1573-1587.
- [25] XU X Y,YANG D W,YANG H B,et al.Attribution analysis based on the Budyko hypothesis for detecting the dominant cause of runoff decline in Haihe basin [J].Journal of Hydrology,2014,510:530-540.
- [26] 王贺年.海河山区流域生态水文演变规律研究 [D].北京:北京林业大学,2015.
- [27] 马欢,高建文,宋秋波,等.近15年海河流域水资源变化及基于耗水理念的流域节水管理建议 [J].中国水利,2019(7):21-25.  
MA H,GAO J W,SONG Q B,et al.Inter-annual variety of water resources of last 15 years in Haihe Basin and water-saving measures recommendations based on consumption [J].China Water Resources,2019(7):21-25.
- [28] 夏冬,邵国梁,李小光,等.河北省责任主体灭失矿山迹地生态修复现状、存在问题及修复对策 [J].金属矿山,2024(6):1-13.  
XIA D,SHAO G L,LI X G,et al.Current situation,existing problems and restoration countermeasures of ecological restoration of mine sites lost by responsible subjects in Hebei Province [J].Metal Mine,2024(6):1-13.
- [29] 张志壮.北京市矿山生态环境监测系统助力首都韧性城市建设 [J].城市地质,2024,19(3):281-290.  
ZHANG Z Z.Mining ecological environment monitoring system facilitates Beijing resilient city construction [J].Urban Geology, 2024,19(3):281-290.
- [30] 王国琦,张逐月,董卫宏,等.天津市蓟州区废弃矿山修复治理建议 [J].吉林地质,2024,43(3):122-127.  
WANG G Q,ZHANG Z Y,DONG W H,et al.Suggestions for the restoration and management of abandoned mines in Jizhou District, Tianjin City [J].Jilin Geology,2024,43(3):122-127.
- [31] 王静丽,吴开.环首都贫困带建设存在的问题及相应对策 [J].中国发展,2016,16(4):62-69.  
WANG J L,WU K.Research on construction of the poor belt around the capital [J].China Development,2016,16(4):62-69.
- [32] 丁越岩,张洪,单保庆.海河流域河流空间分布特征及演变趋势 [J].环境科学学报,2016,36(1):47-54.  
DING Y K,ZHANG H,SHAN B Q.The spatial distribution and evolution trend of rivers in Hai River Basin [J].Acta Scientiae Circumstantiae,2016,36(1):47-54.
- [33] 陈龙,谢高地,鲁春霞,等.水利工程对鱼类生存环境的影响:以近50年白洋淀鱼类变化为例 [J].资源科学,2011,33(8):1475-1480.  
CHEN L,XIE G D,LU C X,et al.Impacts of hydropower projects on fishes:a case study of Baiyangdian Lake over the recent 50 years [J].Resources Science,2011,33(8):1475-1480.
- [34] 王所安,王志敏,李国良,等.河北动物志:鱼类 [M].石家庄:河北科学技术出版社,2001.
- [35] 徐杰,何萍,刘存歧,等.白洋淀沉水植物群落时空变化及影响因素 [J].环境科学研究,2022,35(7):1658-1669.  
XU J,HE P,LIU C Q,et al.Spatial-temporal variations of submersed macrophyte communities and their influencing factors in Lake Baiyangdian [J].Research of Environmental Sciences, 2022,35(7):1658-1669.
- [36] 唐彩红,陈东明,易雨君,等.生态补水对白洋淀湿地植被格局的影响 [J].湖泊科学,2022,34(4):1197-1207.  
TANG C H,CHEN D M,YI Y J,et al.Effects of ecological water supplement on vegetation dynamics in Lake Baiyangdian wetland [J].Journal of Lake Sciences,2022,34(4):1197-1207.
- [37] 刘宇晨.天津市独流减河水质提升探讨 [J].海河水利,2020(2):23-25.
- [38] 武亚林,凌文翠,刘桂中.北京市河流不同水期水质特征及汛期水质改善对策研究 [J].环境科学与管理,2023,48(9):83-87.  
WU Y L,LING W C,LIU G Z.Water quality characteristics of

- different water periods in Beijing rivers and countermeasures on water quality improvement in flood season[J].*Environmental Science and Management*,2023,48(9):83-87.
- [39] 杨会峰,曹文庚,支传顺,等.近40年来华北平原地下水位演变研究及其超采治理建议[J].*中国地质*,2021,48(4):1142-1155.  
YANG H F,CAO W G,ZHI C S,et al.Evolution of groundwater level in the North China Plain in the past 40 years and suggestions on its overexploitation treatment[J].*Geology in China*,2021,48(4):1142-1155.
- [40] AO Z R,HU X M,TAO S L,et al.A national-scale assessment of land subsidence in China's major cities[J].*Science*,2024,384(6693):301-306.
- [41] 冯伟,刘忠宽,刘振宇,等.河北省盐碱地分布成因及改良利用技术研究[J].*河北农业科学*,2015,19(1):56-60.  
FENG W,LIU Z K,LIU Z Y,et al.Study on the distribution,causes and improvement technology of saline-alkali land in Hebei Province[J].*Journal of Hebei Agricultural Sciences*,2015,19(1):56-60.
- [42] 文焕然,汪安球.北魏以来河北省南部盐碱土的分布和改良利用初探[J].*土壤学报*,1964,1(3):346-357.
- [43] 田济马,毛任钊,松本聪,等.黑龙江地区盐碱地演变的研究[J].*土壤学报*,1995,32(2):228-234.
- [44] 高辛.黑龙江地区旱涝碱综合治理必须控制地下水位[J].*河北农学报*,1981(1):68-72.
- [45] 北京市水科学技术研究院.局领导主持召开地下水水位上升对地铁等地下建筑物的影响专家咨询会 [EB/OL].北京:北京市水科学技术研究院,(2024-05-08)[2025-01-18].<https://www.bwsti.com/Articleshow.aspx?lmid=Articleshow.aspx&cid=4383>.
- [46] 何俊,范瑛.地下水位对垃圾填埋场衬垫性能的影响[J].*水利水电科技进展*,2008,28(1):31-34.  
HE J,FAN Y.Effect of groundwater table on performance of liners in waste landfill[J].*Advances in Science and Technology of Water Resources*,2008,28(1):31-34.
- [47] 自然资源部海洋减灾中心.全国海洋灾害综合风险图 V2.0 发布 [EB/OL].北京:自然全媒体,(2023-06-28)[2025-01-13].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1769914580875180919&wfr=spider&for=pc>.
- [48] 贾娇,何萍,徐杰,等.基于海洋对陆地影响的海岸带陆侧边界确定方法[J].*环境工程技术学报*,2019,9(4):421-430.  
JIA J,HE P,XU J,et al.A method for determining the landward boundary of coastal zone based on the influence of ocean on land [J].*Journal of Environmental Engineering Technology*,2019,9(4):421-430.
- [49] 孙万胜,白明,于洁,等.天津渤海湾渔业生物资源状况及变化分析[J].*河北渔业*,2022(4):29-33.
- [50] 沈梅,郭宁宁,罗遵兰,等.基于 eDNA metabarcoding 探究北京市主要河流鱼类分布及影响因素[J].*生物多样性*,2022,30(7):134-145.  
SHEN M,GUO N N,LUO Z L,et al.Explore the distribution and influencing factors of fish in major rivers in Beijing with eDNA metabarcoding technology[J].*Biodiversity Science*,2022,30(7):134-145.
- [51] 周绪申,胡振,孟宪智,等.海河流域大清河水系的鱼类多样性[J].*水生态学杂志*,2022,43(4):85-94.  
ZHOU X S,HU Z,MENG X Z,et al.Fish community diversity in the Daqing River system of Haihe River Basin[J].*Journal of Hydroecology*,2022,43(4):85-94.
- [52] 任颖,何萍,侯利萍.海河流域河流滨岸带入侵植物等级与分布特征[J].*环境科学研究*,2015,28(9):1430-1438.  
REN Y,HE P,HOU L P.Grading and distribution patterns of invasive plants in riparian area of Hai basin[J].*Research of Environmental Sciences*,2015,28(9):1430-1438.
- [53] 李雪健,唐文乔,赵亚辉.南水北调中线工程对海河流域鱼类入侵风险分析[J].*生物多样性*,2021,29(10):1336-1347.  
LI X J,TANG W Q,ZHAO Y H.Risk analysis of fish invasion in Haihe River Basin caused by the central route of the South-to-North Water Diversion Project[J].*Biodiversity Science*,2021,29(10):1336-1347.

(责任编辑:周巧富)