

重大工程引领的黄河流域生态环境一体化治理战略研究

迟妍妍¹, 王夏晖^{1*}, 宝明涛², 张丽苹¹, 刘斯洋¹, 付乐¹, 许开鹏¹, 王晶晶¹

(1. 生态环境部环境规划院黄河生态文明研究中心, 北京 100012; 2. 中国工程院战略咨询中心, 北京 100088)

摘要: 黄河流域是我国重要的生态屏障, 生态环境敏感脆弱、部分地区局部支流生态环境问题突出, 为此, 系统谋划黄河流域生态环境治理工程, 着重解决突出问题, 是黄河流域“共同抓好大保护、协同推进大治理”的重要举措。为进一步推动黄河流域生态保护和高质量发展, 本文分析了黄河流域生态环境保护治理面临的主要挑战, 从生态环境治理工程投入、生态环境监测网络建设、生态环境治理能力现代化等方面分析了当前存在的主要问题, 据此提出了构建以重大工程为引领的黄河流域生态环境一体化治理战略体系框架。研究认为, 应充分考虑上中下游空间差异化, 坚持系统设计、突出重点, 因地制宜、分类施策, 统筹谋划、协同共治, 水陆联动、联防联控, 实施“山水林田湖草沙”一体化保护与修复重大工程、流域环境污染综合治理重大工程、流域生态环境治理现代化重大工程。从解决当前生态环境问题的紧迫性和必要性角度出发, 本文提出了建立国家黄河流域生态环境治理重大工程项目库、因地制宜分期分批实施重大工程、开展重大工程实施全过程监管与成效评估、强化重大工程实施的科技创新与支撑等措施建议。

关键词: 黄河流域; 生态环境; 重大工程; 一体化治理

中图分类号: X321 **文献标识码:** A

Integrated Governance of Ecological Environment in Yellow River Basin Led by Major Projects

Chi Yanyan¹, Wang Xiahui^{1*}, Bao Mingtao², Zhang Liping¹, Liu Siyang¹,
Fu Le¹, Xu Kaipeng¹, Wang Jingjing¹

(1. Center of Eco-Civilization of the Yellow River, Chinese Academy of Environmental Planning, Beijing 100012, China;
2. Center for Strategic Studies, Chinese Academy of Engineering, Beijing 100088, China)

Abstract: The Yellow River Basin is an important ecological barrier for China; the ecology there is sensitive and fragile and ecological problems are severe in some regions. Therefore, it is necessary to conduct a systematic planning of ecological management and address prominent problems for the basin. To further promote the ecological protection and high-quality development of the Yellow River Basin, this article analyzes the major challenges regarding ecological protection in the region and summarizes the major problems there from the aspects of investment in ecological management, construction of ecological monitoring networks, and modernization of ecological management capacities. Based on this, we propose a strategic system framework for integrated ecological governance in

收稿日期: 2021-11-20; **修回日期:** 2021-12-28

通讯作者: *王夏晖, 生态环境部环境规划院黄河生态文明研究中心主任、研究员, 研究方向为区域生态规划、生态保护修复工程技术与管理;

E-mail: wangxh@caep.org.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“黄河流域生态保护和高质量发展战略研究”(2020-ZD-18)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

the Yellow River Basin led by major projects. The integrated ecological governance should consider the spatial differentiation of upper, middle, and lower reaches and adhere to the principle of systematic design. Moreover, measures need to adapt to local conditions, and land and water should be linked for joint prevention and control. Additionally, major projects are required to lead the integrated governance, including mountain–river–forest–farmland–lake–grass–sand integrated protection, environmental pollution comprehensive control, and ecological management modernization projects. Considering the urgency and necessity of solving current ecological problems, we propose the following suggestions: (1) establishing an ecological management project library, (2) implementing major projects in stages and in batches, (3) conducting entire-process supervision and effectiveness evaluation of major projects, and (4) strengthening scientific and technological support for the major projects.

Keywords: the Yellow River Basin; ecological environment; major project; integrated governance

一、前言

黄河呈“几”字形流经青海、四川、甘肃、宁夏、内蒙古、山西、陕西、河南、山东 9 省（区），全长 5464 km，是我国第二长河和世界第五长河。黄河横跨我国东中西部三级阶梯，西接昆仑山、北抵阴山、南倚秦岭、东临渤海，是连接青藏高原、黄土高原、华北平原的生态廊道，是我国重要的生态屏障，具有重要的生态功能地位 [1]，同时黄河流域也是我国生态环境最为脆弱的地区之一 [2]。“十八大”以来，我国对黄河流域的保护治理工作进行了新的战略部署，黄河流域生态保护治理工作迎来了新的历史契机。2019 年 9 月，国家提出实施黄河流域生态保护和高质量发展重大国家战略 [3]；2020 年 1 月，国家提出要高度重视解决黄河流域生态保护和高质量发展的突出重大问题，实施生态系统修复工程以及水、大气、土壤等污染治理工程。

过去一段时间，国家先后实施了三江源自然保护区生态保护和建设 [4-6]、三北防护林建设 [7,8]、天然林保护 [9,10]、水土保持 [11,12] 等重大工程，开展了祁连山、黄土高原等“山水林田湖草”生态保护修复工程试点 [13]，对区域生态保护修复工作发挥了重要的指导作用。然而，当前黄河流域生态环境治理仍然缺乏系统性设计，缺少重大龙头项目支撑，一些地区的生态环境治理工程尚未有效解决当前主要问题，上、中、下游协同治理机制尚未建立。因此，亟需开展黄河流域生态环境一体化治理战略研究，建立以重大工程引领的生态环境一体化治理体系，深入推动黄河流域生态保护和高质量发展。

二、黄河流域生态环境保护治理面临的挑战

黄河流域以脆弱的生态支撑着多年来的快速

发展。1990—2019 年，虽然黄河流域整体生态环境质量呈现出快速变好向缓慢转好的演变趋势 [14]，但局部地区受人类生产活动影响导致生态环境恶化 [15]，且局部恶化的趋势未得到根本性转变 [16,17]，而这些问题表象在黄河，本质却在流域，生态环境保护任重道远。

（一）经济结构布局与资源环境承载能力的矛盾日益突出

一是黄河流域的经济发展与生态保护“争水”现象突出 [18]。黄河流域以占全国 2% 的水资源支撑了全国 12% 的人口用水和 15% 的耕地用水，水资源开发利用率高达 80%，远超 40% 的生态警戒线。二是流域内的农业种植规模与水资源条件不匹配，农业用水量过大，2018 年农业用水量占比达到 67.5% [19]。三是能源基地集中，我国 14 个大型煤炭基地中有 9 个煤炭基地分布在黄河流域 [20]，如蒙陕甘宁能源“金三角”的煤炭储量约占全国的 27%，但水资源量仅占 0.37% [21]。四是产业结构偏重，煤炭采选、煤化工、有色金属冶炼及压延加工等企业数量多，其中煤化工企业约占全国总量的 80%。此外，黄河干流及其主要支流 1 km 范围内存在近千个风险源，近些年来突发生态环境事件时有发生。

（二）流域生态退化问题突出

黄河流域超过 3/4 的区域属于中度以上脆弱区，高于全国平均水平，生态系统敏感脆弱。黄河干流人工化程度高，支流断流现象频发，水域生态环境破碎化加剧 [22]。上游地区天然草地退化严重，退化率为 60%~90%，沙化土地面积大，自然湿地萎缩，部分区域湿地面积减少近 70%，致使水源涵养和调蓄功能下降。中游地区水土流

失严重，仍有超过 $2 \times 10^5 \text{ km}^2$ 的水土流失地域亟待开展治理，且大部分为粗沙区，治理难度大。黄河三角洲自然湿地严重萎缩，1987—2017年自然湿地面积减少约 70% [23]，水生生物多样性持续降低。

(三) 部分支流水环境污染严重

2006—2019年，黄河流域国控断面中劣V类水体断面比例从 25.0% 下降到 8.8% [24]，仍高出全国平均水平 (5.4%)；汾河、渭河、涑水河等支流入河污染物严重超标，主要河段以约 37% 的纳污能力承载了流域约 91% 的入河污染负荷，如流域内 9 个劣V类断面中有 7 个位于汾河流域。2015—2019年，汾河流域水质均为重度污染 [25]，劣V类断面占比虽下降了 3.2 个百分点 (见图 1)，但仍高达 53.8%。饮用水安全保障尚有隐患，6.8% 的地级以上城市集中式饮用水水源地 (含备用水源) 水质不达标。2020年，汾河流域 I~III 类断面比例为 41.7%，无劣V类断面，水质轻度污染 [26]。“十四五”时期，将继续对水质断面进行调整，汾河、浍河、磁窑河、马莲河、石川河等支流仍面临水环境改善任务。

(四) 局部地区大气与土壤污染严重

黄河流域空气质量与全国平均水平有明显差距。2019年，黄河流域的 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度比全国平均值高 8.3%，空气质量优良天数比例比全国平均值低 5.5% [27]。其中，汾渭平原等区域大气污染防治形势堪忧 (见图 2)，2019 年的 $\text{PM}_{2.5}$ 平均浓度

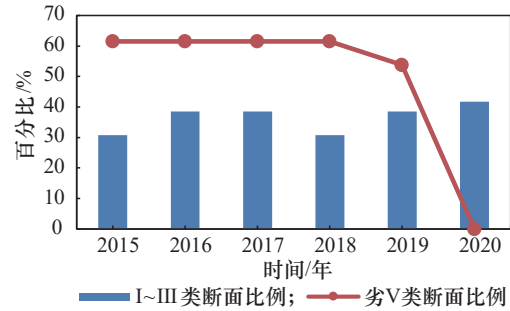


图 1 汾河流域水质情况 (2015—2020 年)

较 2018 年上升了 $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ，优良天数比例为 61.7%，同比下降了 2.2%；重污染天数比例达到 6.0%，显著高于其他地区及全国平均水平，超过“2+26”城市的 5.4%，且同比上升 1.8% [28]；2020 年，汾渭平原的空气质量较 2019 年有所改善，优良天数比例上升了 8.9%，重度及以上污染天数比例下降了 3.2% [26]。然而，汾渭平原产业结构偏重、能源结构偏煤、交通结构偏公路为主，大气环境质量改善任务依然艰巨。有色金属矿区周边农田污染问题较为突出，白银东大沟和河南省的三门峡、济源等地区土壤存在不同程度的镉、铅、砷、汞等重金属污染风险 [29]。

三、黄河流域生态环境保护治理面临的主要问题

(一) 生态环境治理工程投入结构有待完善

为落实黄河流域生态保护和高质量发展国家

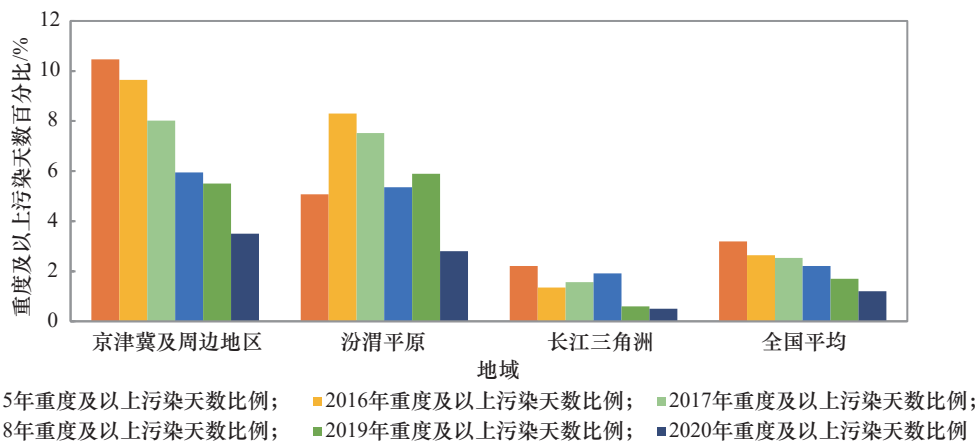


图 2 汾渭平原等重点地区重度及以上污染天数比例 (2015—2020 年)

战略,沿黄九省(区)都在积极谋划生态环境保护治理重点工程。当前,在黄河流域九省(区)计划投入的生态环境保护治理的重大工程以及水污染防治项目库中,关于流域水污染综合治理项目的资金投入最多,其次为农村环境整治、大气环境治理、生态保护修复项目,现代治理体系项目的资金投入最少。水污染综合治理类项目包括水环境治理、黑臭水体综合整治、污水处理系统提标改造及污水管网建设、人工湿地水质净化、地下水修复试点、饮用水水源地保护、再生水循环利用、入河排污口规范化建设等;农村环境整治类项目包括农村生活污水处理、农村生活垃圾处置处理、畜禽养殖污染防治等;大气环境治理类项目包括非电行业超低排放改造、清洁能源替代、挥发性有机污染物防治、工业污染源综合整治等;生态保护修复类项目包括水源涵养工程、水土流失治理、生物多样性调查与保护、退化草原治理、防洪治理与生态护岸、湿地保护修复、盐碱地改良与治理、生态廊道建设等;现代治理体系类项目包括基础调查与评估、生态环境监测网络建设、生态环境执法能力建设、生态环境预警及应急能力建设、生态环境基础能力建设等。

从空间布局上看,黄河流域上游地区存在天然草地退化、自然湿地萎缩,汾河等支流水环境污染严重,汾渭平原及流域下游城市大气环境治理形势严峻等,是黄河流域当前突出的生态环境问题,也是流域生态环境保护治理工程应考虑的重点。然而,青海、宁夏等上游地区的水源涵养提升重大引领工程仍有待加强,汾河水污染治理和汾渭平原大气污染治理等重大突破性工程储备不足,黄河流域生态环境治理缺少重大龙头项目支撑。

(二) 生态环境监测网络尚未实现全覆盖

生态环境监测是生态环境保护的基础,是实现生态环境现代化治理体系的重要内容。保护生态环境首先要摸清家底、掌握动态,要把建好用好生态环境监测网络这项基础工作做好[30]。目前,我国已在黄河干流、主要支流、重要水功能区和跨省市界设置国控地表水监测断面282个,已建国控水质自动监测站138个(包括16个水利部门划转省界水质自动监测站);设置国控城市环境空气监测站552个,地方建设空气自动监测站1168个,汾

渭平原已有11个城市开展颗粒物组分和手工自动监测;已设置由背景点、基础点和风险点构成的黄河流域国家土壤监测点位6880个。黄河流域国家地表水、环境空气和土壤监测点位设置相对完善。

然而,在天空地一体的生态监测网络、水生态监测、应急监测、信息化等方面仍存在短板。目前,我国各有关部门在黄河流域建有17个生态地面监测站,对相关生态系统结构和功能开展定期监测和评估,但这些生态地面监测站未能覆盖所有的重点生态功能区和黄河三角洲湿地。水生生物监测存在明显短板,目前仅在个别省份配备了显微镜、叶绿素测定仪等基础仪器设备,大部分地区尚未建设水生生物专业实验室,缺乏水生生物监测技术规范 and 评价标准体系[31]。流域跨区域应急监测能力不足,现场采样和检测设备配备不齐全,监测技术手段落后,机动性、灵活性差,难以满足跨区域重特大突发环境事件应急监测需求。黄河流域生态环境监测还面临多单位分管、分流域监测的局面,各级各类生态环境监测数据尚未实现有效共享,与自然资源、水利、应急等部门的监测数据共享机制尚未形成。黄河流域生态监测存在监测时效性不高,生态空间占用和生态功能降低无法主动预警等问题,尚未形成“天空地一体化”的生态环境监测网络。

(三) 生态环境治理能力现代化水平滞后

黄河流域的煤化工行业占比偏高,生态环境事件突发率与高发率高,然而现有的生态环境治理体系在应对突发生态环境事件时的预警、预判和应急能力薄弱,缺乏集成监控、评估、预警以及处置的预警系统,快速预测模拟和预警响应决策能力滞后,重点河段区域尤其是基层人员队伍和物资装备储备的数量、针对性、专业性不足。治污设施和技术、企业监管及沿河污染预警应急水平等尚不满足高质量发展的要求。另外,黄河中下游涉及省(区)普遍存在城镇污水处理能力不足、管网不健全、雨污未分流、污水处理厂超标排放,农村生活污水处理设施难以稳定有效发挥作用等问题,生态环境治理基础设施配备不到位。市场化、多元化、多要素的生态补偿机制建设进展缓慢,生态环境保护合作动力不足,多元化环境治理投融资机制尚未建立[32]。

四、黄河流域生态环境一体化治理策略

立足黄河流域的整体和长远利益，以维护黄河生态安全为目标，以解决流域上中下游突出生态环境问题为重点，统筹“山水林田湖草沙”系统生态保护修复，开展重点问题、重点区域和重点行业环境污染治理，实施重大工程引领的生态环境一体化治理，确保黄河流域生态功能稳定提升、环境质量综合改善、环境风险有效防控、生态环境现代治理体系逐步完善。为此，按照分区分类的原则，针对重点问题、重点区域和重点行业开展生态环境综合治理，因地制宜布局一体化治理工程，从生态、环境、治理体系3个方面分别实施黄河流域“山水林田湖草沙”一体化保护与修复、环境污染综合治理、生态环境治理现代化等重大工程（见图3）。

（一）实施“山水林田湖草沙”一体化保护与修复重大工程

按照上游稳固提升水源涵养功能和开展生态退

化区修复、中游抓好水土保持、下游实施河道和滩区生态治理、河口加强自然湿地保护的总体思路，实施“山水林田湖草沙”一体化保护与修复重大工程。以黄河流域沿岸生态环境脆弱地区与重点干支流为核心，实施覆盖全流域的小流域综合治理、干支流生态廊道建设、河道综合治理，维护流域生态系统完整性和联通性。统筹干支流防洪体系建设，加强湟水河、洮河、渭河、汾河等重点支流防洪安全，联防联控暴雨等引发的突发性洪水。

上游地区生态地位显著，应加强三江源河源区、祁连山、若尔盖高原湿地、甘南地区等重要生态地区实施水源涵养功能提升重大工程，大力营造流域水源涵养林、实施退化草原治理、河湖湿地保护修复等工程，配套重大龙头项目，保护上游重要水源补给地，提升源头区水源涵养能力；以青海湟水流域、三江源地区、白银沿黄地区、甘南山地、青铜峡库区等生物多样性保护功能区为重点开展生物多样性保护重大工程，强化推进天然湿地和土著鱼类栖息地保护与修复工程，提升流域生物多样性保护

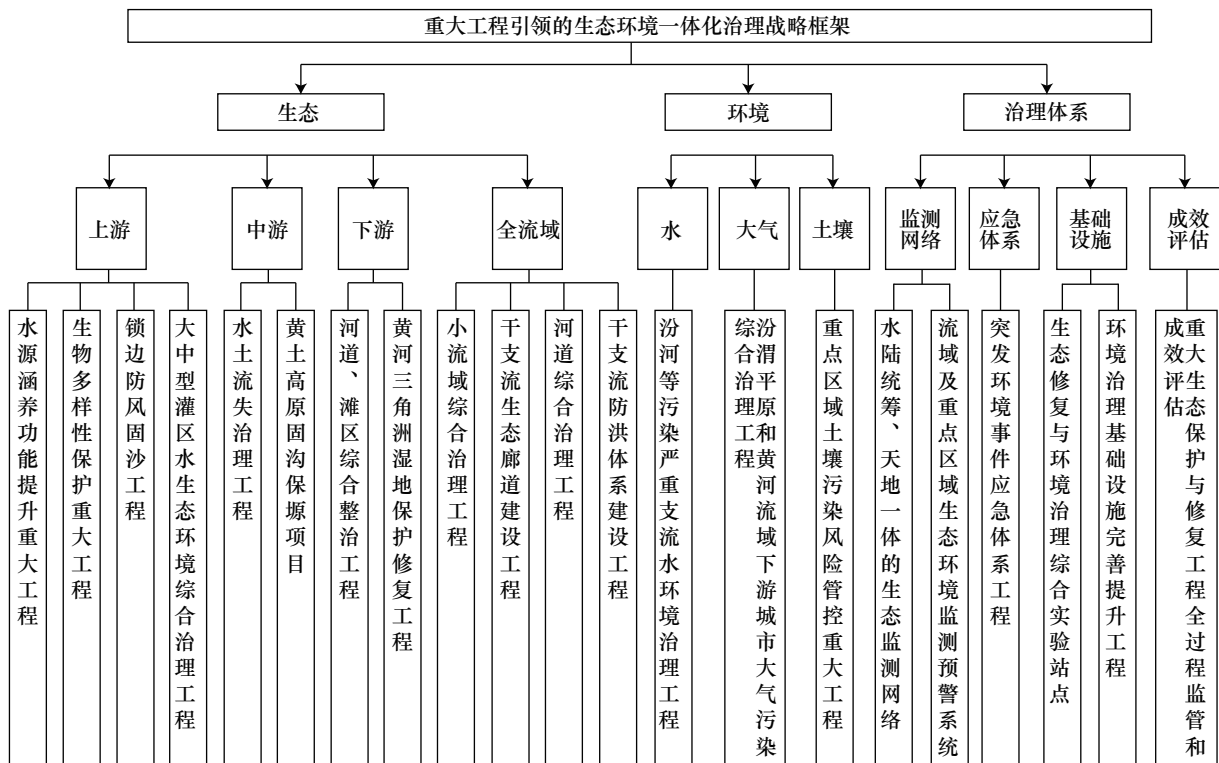


图 3 黄河流域重大工程引领的生态环境一体化治理战略框架

水平；加强推进内蒙古高原南缘、宁夏中部等重点区域的荒漠化治理工程，推广库布齐、乌兰布和等治沙经验，实施锁边防风固沙工程；实施内蒙古乌梁素海灌区、宁夏灌区、青海湟水河、甘肃沿黄等大中型灌区水生态环境综合治理工程，开展农田退水污染综合治理，建设生态沟道、污水净塘、人工湿地等工程，加强农业退水循环利用。

中游地区突出抓好黄土高原水土保持，持续开展退耕还林还草，加强植被保护，推进陇东、陕北、晋西北黄土高原区的水土流失治理工程。实施黄土高原塬面保护、病险淤地坝除险加固、坡耕地综合治理等重点工程；在晋陕蒙丘陵沟壑区积极推进粗泥沙拦沙减沙工程，以陇东董志塬、晋西太德塬、陕北洛川塬等塬区为重点，实施黄土高原固沟保塬项目。

在下游地区重点实施河道、滩区综合整治工程，开展黄河三角洲湿地保护修复工程，推进海岸带生态防护、近海水环境与水生态修复、黄河堤防绿化提升、退耕（养）还湿、湿地生态保护修复、有害生物综合治理、重点物种保护、河流生态补水等，保护盐沼、滩涂和河口浅海湿地生物资源，推进河口湿地自然修复。

（二）实施黄河流域环境污染综合治理重大工程

开展重点问题、重点区域和重点行业污染治理集中攻坚，针对部分支流污染严重、重点区域大气环境质量改善滞后、局部土壤污染问题，实施一批黄河流域环境污染综合治理重大工程。

一是实施汾河等污染严重支流水环境治理工程。开展黑臭水体和劣V类河段治理，重点实施工业废水、城镇污水、农村排水、农田退水等治理，推进煤化工等重点行业深度治理和灌区农业面源防治。开展水资源节约与污废水回用试点示范工程，选取部分水资源严重短缺、水资源开发利用价值高、水资源重复利用率低的区域为试点，建设区域节水与污水回用循环利用体系。

二是实施汾渭平原和黄河流域下游城市大气污染治理工程。推进能源、产业、运输、用地四大结构调整，加快冬季清洁取暖改造，持续开展“散乱污”企业综合整治、钢铁行业超低排放改造、工业炉窑大气污染治理、重点行业挥发性有机物治理、柴油货车污染治理以及煤炭和矿石等大宗货物长距离运输“公转铁”。

三是实施重点区域土壤污染风险管控重大工程。在甘肃白银、甘南州，青海西宁，陕西宝鸡、渭南、商洛，河南三门峡、洛阳、济源等受污染耕地相对集中区域，组织实施受污染耕地安全利用工程；以矿产资源开发集中区域为重点，开展历史遗留矿区、尾矿库、废渣堆存情况全面排查，推动尾矿库综合整治；以洛阳栾川、焦作孟州、济源市等区域为重点，强化重金属污染减排。

（三）实施黄河流域生态环境治理现代化重大工程

按照黄河流域生态保护和高质量发展要求，提高流域整体生态环境治理体系和治理能力现代化水平，开展如下黄河流域生态环境治理现代化重大工程。一是建立黄河流域生态监测体系，强化水生生生物监测能力，突出生态保护红线、自然保护地、重点生态功能区等区域生态监控，形成水陆统筹、天空地一体的生态监测网络；二是完善黄河流域水、大气、土壤环境质量监测网，建立流域及重点区域生态环境监测预警系统；三是建立覆盖全流域、联防联控的突发环境事件应急体系；四是在上、中、下游分区域建设一批生态修复与环境治理综合实验站；五是完善环境治理基础设施，强化污水管网建设及污水处理厂提标改造，推进干支流沿线城镇污水收集处理效率持续提升和达标排放；六是开展重大生态保护与修复工程全过程监管和成效评估，在全面总结实践经验和问题的基础上，科学推进工程实施和对策制定。

五、对策建议

在推进黄河流域生态环境一体化治理过程中，应兼顾流域上、中、下游空间差异性进行一体化治理工程的系统设计，因地制宜、分类施策，统筹规划、分步实施。

（一）建立国家黄河流域生态环境治理重大工程项目库

以国家关于黄河流域生态保护和高质量发展的要求为根本遵循，立足黄河流域整体和长远利益，以维护黄河生态环境安全为目标，以解决流域突出生态环境问题为重点，建议由财政部会同生态环境部、水利部、自然资源部、农业农村部等部门及沿

黄9省(区),建立黄河流域生态环境治理重大工程项目库,按照中央和地方事权划分,纳入各级财政预算,分区、分类、分批予以优先支持。

(二) 因地制宜分期分批实施重大工程

坚持统筹规划和分步实施的原则,根据当前生态环境问题解决的紧迫性和必要性,近期重点聚焦消除劣V类水体、建设生态环境监测网络和开展现代生态环境治理体系建设试点等方面,推动黄河流域生态环境治理项目库建设。一是优先开展黄河干流周边水体、一级支流周边水体的消劣行动,逐步推广开展二级、三级支流周边水体消劣,全面消除黄河流域劣V类水体。二是近期重点实施上游生态地面监测站建设、中游地区水环境监管和应急监测能力建设、下游湿地水生态监测体系建设,逐步建立涵盖水环境、水生态、水资源,黄河流域天空地一体化生态环境监测网络。三是近期从上、中、下游选择少量典型市(县)开展现代生态环境治理体系试点市(县)建设,探索积累经验并逐步拓展。

(三) 开展重大工程实施全过程监管与成效评估

建议及时制定重大工程实施成效评估办法与标准体系,对实施的重大工程具体情况进行监管与评估。重点评估各类工程实施产生的效益,总结经验、存在的问题和制约因素。对于未能达到治理目标的,应及时提出相应对策建议,并及时进行整改。建立重大工程实施成效评估信息管理平台,对项目从立项、设计与预算、实施、竣工验收和后期管理进行全生命周期精细化管理、监管、监控及信息共享,实现对工程项目的全过程监测预警和动态优化。

(四) 强化重大工程实施科技创新与支撑

开展黄河流域生态环境重大问题研究诊断、重大装备和工程攻关、成果转化和创新创业,聚焦水安全、生态环保、植被恢复、水沙调控等领域,开展科学实验和技术研发。着眼传统产业绿色转型升级和战略性新兴产业发展需要,加强协同创新,推动关键共性技术研究。在黄河流域布局一批重大科技基础设施,统筹布局建设一批国家重点实验室、产业创新中心、工程研究中心等科技创新平台。完

善科技投融资体系,支持社会资本建立黄河流域科技成果转化基金,促进成果转化。加快重点区域环境治理系统性技术集成创新,形成一批可复制、可推广的区域环境治理新模式。

利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: November 20, 2021; **Revised date:** December 28, 2021

Corresponding author: Wang Xiahui is a research fellow from the Center of Eco-Civilization of the Yellow River, Chinese Academy of Environmental Planning. His major research field is regional ecological planning, ecological protection and restoration engineering technology and management. E-mail: wangxh@caep.org.cn

Funding project: Chinese Academy of Engineering project "Research on ecological protection and high-quality development strategy in the Yellow River Basin" (2020-ZD-18)

参考文献

- [1] 王金南. 协同推进黄河流域生态保护和高质量发展[J]. 科技导报, 2020, 38(17): 6-7.
Wang J N. Collaborative promotion of Yellow River Basin ecological protection and high-quality development [J]. Science & Technology Review, 2020, 38(17): 6-7.
- [2] 韩鹏, 王艺璇, 李岱峰. 黄河中游河龙区间河川基流时空变化及其对水土保持响应[J]. 应用基础与工程科学学报, 2020, 28(3): 505-521.
Han P, Wang Y X, Li D F. Spatial and temporal variations of baseflow and its responses to soil and water conservation in Hekouzhen-Longmen Section in the middle reaches of the Yellow River [J]. Journal of Basic Science and Engineering, 2020, 28(3): 505-521.
- [3] 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[J]. 求是, 2019 (20): 4-11.
Xi J P. Speech at symposium on ecological protection and high-quality development in the Yellow River Basin [J]. Qiushi, 2019 (20): 4-11.
- [4] Shao Q Q, Cao W, Fan J W, et al. Effects of an ecological conservation and restoration project in the Three-River Source Region of China [J]. Journal of Geographical Sciences, 2017, 27(2): 183-204.
- [5] 邵全琴, 樊江文, 刘纪远, 等. 基于目标的三江源生态保护和建设一期工程生态成效评估及政策建议[J]. 中国科学院院刊, 2017, 32(1): 35-44.
Shao Q Q, Fan J W, Liu J Y, et al. Target-based assessment on effects of first-stage ecological conservation and restoration project in Three-River Source Region of China and policy recommendations [J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2017, 32(1): 35-44.
- [6] 邵全琴, 樊江文, 刘纪远, 等. 三江源生态保护和建设一期工程生态成效评估[J]. 地理学报, 2016, 71(1): 3-20.
Shao Q Q, Fan J W, Liu J Y, et al. Assessment on the effects of

- the first-stage ecological conservation and restoration project in Sanjiangyuan Region [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2016, 71(1): 3–20.
- [7] 朱教君, 郑晓. 关于三北防护林体系建设的思考与展望——基于40年建设综合评估结果 [J]. *生态学杂志*, 2019, 38(5): 1600–1610.
Zhu J J, Zheng X. The prospects of development of the Three-North Afforestation Program (TNAP): On the basis of the results of the 40-year construction general assessment of the TNAP [J]. *Chinese Journal Ecology*, 2019, 38(5): 1600–1610.
- [8] 黄麟, 祝萍, 肖桐, 等. 近35年三北防护林体系建设工程的防风固沙效应 [J]. *地理科学*, 2018, 38(4): 600–609.
Huang L, Zhu P, Xiao T, et al. The sand fixation effects of Three-North Shelter Forest Program in recent 35 years [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(4): 600–609.
- [9] 蔡茂, 郑云峰, 孙永涛, 等. 黄河流域天然林保护建设成效与存在问题研究 [J]. *华东森林经理*, 2020, 34(S1): 87–90.
Cai M, Zheng Y F, Sun Y T, et al. Research on the effectiveness and existing problems of natural forest protection and construction in the Yellow River Basin [J]. *East China Forest Management*, 2020, 34(S1): 87–90.
- [10] 张松丹, 林盛. 关于长江上游黄河上中游天然林资源保护工程区实施人工林商品性采伐的思考 [J]. *林业资源管理*, 2003 (3): 8–10.
Zhang S D, Lin S. Some thoughts on harvesting the plantations for commercial purposes in the Natural Forest Conservation Project Areas along the upper reaches of the Yangtze River and the upper and lower reaches of the Yellow River [J]. *Forest Resources Management*, 2003 (3): 8–10.
- [11] 徐宣斌. 中国黄土高原地区水土保持生态建设的探讨 [J]. *生态经济(学术版)*, 2012 (1): 389–393.
Xu X B. The study of Chinese Loess Plateau soil and water conservation ecological construction [J]. *Ecological Economy*, 2012 (1): 389–393.
- [12] 赵建民, 陈彩虹, 李靖. 水土保持对黄河流域水资源承载力的影响 [J]. *水利学报*, 2010, 41(9): 1079–1086.
Zhao J M, Chen C H, Li J. Impacts of soil and water conservation on water resources carrying capacity in Yellow River Basin [J]. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2010, 41(9): 1079–1086.
- [13] 王波, 何军, 王夏晖. 山水林田湖草生态保护修复试点战略路径研究 [J]. *环境保护*, 2020, 48(22): 50–54.
Wang B, He J, Wang X H. Study on the strategic paths of ecological conservation and restoration of mountains, rivers, forests, farmlands, lakes, and grasslands [J]. *Environmental Protection*, 2020, 48(22): 50–54.
- [14] 杨泽康, 田佳, 李万源, 等. 黄河流域生态环境质量的时空格局与演变趋势 [J]. *生态学报*, 2021, 41(19): 7627–7636.
Yang Z K, Tian J, Li W Y, et al. Spatio-temporal pattern and evolution trend of ecological environment quality in the Yellow River Basin [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(19): 7627–7636.
- [15] 黄金亭, 曹艳萍, 秦奋. 基于土地利用/覆盖变化模拟的黄河流域生态环境质量分析 [J]. *河南大学学报(自然科学版)*, 2020, 50(2): 127–138.
Huang J T, Cao Y P, Qin F. Analysis of eco-environment quality based on land use/cover change in the Yellow River Basin [J]. *Journal of Henan University(Natural Science)*, 2020, 50(2): 127–138.
- [16] 周德成, 赵淑清, 朱超. 退耕还林还草工程对中国北方农牧交错区土地利用/覆被变化的影响: 以科尔沁左翼后旗为例 [J]. *地理科学*, 2012, 32(4): 442–449.
Zhou D C, Zhao S Q, Zhu C. The impact of the grain for green project on the land use/cover change in the northern farming-pastoral ecotone of China: A case study of Kezuohouqi County [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2012, 32(4): 442–449.
- [17] 王超, 甄霖, 杜秉贞, 等. 黄土高原典型区退耕还林还草工程实施效果实证分析 [J]. *中国生态农业学报*, 2014 (7): 850–858.
Wang C, Zhen L, Du B Z, et al. Assessment of the impact of grain for green project on farmers' livelihood in the Loess Plateau [J]. *Chinese Journal of Eco-agriculture*, 2014 (7): 850–858.
- [18] 王夏晖. 以高水平保护推动黄河流域高质量发展 [N]. *中国科学报*, 2019-10-14(01).
Wang X H. Promoting high-quality development of the Yellow River Basin with high-level protection [N]. *China Science Daily*, 2019-10-14(01).
- [19] 王金南. 黄河流域生态保护和高质量发展战略思考 [J]. *环境保护*, 2020, 48(Z1): 18–21.
Wang J N. A primary framework on protection of ecological environment and realization of high-quality development for the Yellow River Basin [J]. *Environmental Protection*, 2020, 48(Z1): 18–21.
- [20] 吴钢, 魏东, 周政达, 等. 我国大型煤炭基地建设的生态恢复技术研究综述 [J]. *生态学报*, 2014, 34(11): 2812–2820.
Wu G, Wei D, Zhou Z D, et al. A summary of study on ecological restoration technology of large coal bases construction in China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(11): 2812–2820.
- [21] 顾大钊. 能源“金三角”煤炭开发水资源保护与利用 [M]. 北京: 科学出版社, 2012.
Gu D Z. Protection and utilization of water resources in coal exploitation of energy golden triangle [M]. Beijing: Science Press, 2012.
- [22] 王夏晖. 协同推进黄河生态保护治理与全流域高质量发展 [J]. *中国生态文明*, 2019 (6): 70–72.
Wang X H. Collaborative promotion of Yellow River Basin ecological protection and high-quality development [J]. *China Ecological Civilization*, 2019 (6): 70–72.
- [23] 陈怡平, 傅伯杰. 黄河流域不同区段生态保护与治理的关键问题 [N]. *中国科学报*, 2021-03-02(07).
Chen Y P, Fu B J. Key issues of ecological protection and management in different sections of the Yellow River Basin [N]. *China Science Daily*, 2021-03-02(07).
- [24] 高欣, 丁森, 尚光霞, 等. 黄河流域水生态环境问题诊断与保护方略 [J]. *环境保护*, 2021, 49(13): 9–12.
Gao X, Ding S, Shang G X, et al. Diagnosis and protection strategy of water ecological environment problems in the Yellow River Basin [J]. *Environmental Protection*, 2021, 49(13): 9–12.
- [25] 路瑞, 马乐宽, 杨文杰, 等. 黄河流域水污染防治“十四五”规划总体思考 [J]. *环境保护科学*, 2020, 46(1): 21–24, 36.
Lu R, Ma L K, Yang W J, et al. Overall consideration for the 14th Five-Year Planning of water pollution prevention and control for the Yellow River Basin [J]. *Environmental Protection Science*, 2020, 46(1): 21–24, 36.

- [26] 中华人民共和国生态环境部. 2020中国生态环境状况公报 [EB/OL]. (2021-05-26)[2021-12-02]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/202105/P020210526572756184785.pdf>. Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China. 2020 Bulletin on the state of China's ecological environment [EB/OL]. (2021-05-26)[2021-12-02]. <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/202105/P020210526572756184785.pdf>.
- [27] 董战峰, 璩爱玉, 郝春旭. 黄河流域高质量发展: 挑战与战略重点 [J]. 中华环境, 2020 (Z1): 22-24.
Dong Z F, Qu A Y, Hao C X. High-quality development in the Yellow River Basin: Challenges and strategic priorities [J]. China Environment, 2020 (Z1): 22-24.
- [28] 王胜杰, 解淑艳, 王军霞, 等. 2016—2019 年汾渭平原城市空气质量状况分析 [J]. 中国环境监测, 2020, 36(6): 57-65.
Wang S J, Xie S Y, Wang J X, et al. Analysis of air quality in Fenwei plain from 2016 to 2019 [J]. Environmental Monitoring in China, 2020, 36(6): 57-65.
- [29] 施烈焰, 易军, 朱远航, 等. 黄河流域(河南段)土壤环境形势、问题与建议 [J]. 河南科技, 2020, 39(31): 147-150.
Shi L Y, Yi J, Zhu Y H, et al. Soil environment situation, problems and suggestions in the Yellow River Basin (Henan Section) [J]. Henan Science and Technology, 2020, 39(31): 147-150.
- [30] 陈善荣. 保护生态环境要摸清家底掌握动态 [J]. 环境与生活, 2019 (6): 85.
Chen S R. Grasping the dynamic state to protect the ecological environment [J]. Green Living, 2019 (6): 85.
- [31] 尚光霞, 高欣, 夏瑞, 等. 黄河流域水生生物的多样性监测与保护对策 [J]. 环境保护, 2021, 49(13): 13-14.
Shang G X, Gao X, Xia R, et al. Monitoring and protection measures of the aquatic biodiversity in the Yellow River Basin [J]. Environmental Protection, 2021, 49(13): 13-14.
- [32] 高军, 刘双柳, 徐顺青, 等. 黄河流域生态环境保护投资分析及优化建议 [J]. 环境保护科学, 2020, 46(2): 6-10.
Gao J, Liu S L, Xu S Q, et al. Analysis on investment of ecological environment protection of Yellow River Basin and its optimization suggestions [J]. Environmental Protection Science, 2020, 46(2): 6-10.