

·封面文章·

**编者按:**党的二十大报告指出要统筹水资源、水环境和水生态治理,推动重要江河湖库生态保护治理,建设人与自然和谐共生的现代化。黄河流域生态发展是重大国家战略,但局部水体水质较差、生态用水保障不足、河湖生态系统服务功能受损等问题依然存在,已然成为黄河流域实现高质量发展的最突出问题。为更好地促进黄河流域水生态环境高水平保护和高质量发展,《环境保护科学》编辑部特向生态环境部环境规划院发起“黄河流域水生态环境保护”相关研究内容的约稿,以为黄河流域生态保护和高质量发展提供参考。

## 黄河流域水生态环境保护促进高质量发展的战略研究

路 瑞,韦大明,马乐宽,徐 敏

(生态环境部环境规划院黄河生态文明研究中心,北京 100012)

**摘 要:**文章总结了黄河流域水生态环境保护取得的成效,分析了在水环境、水资源、水生态、水风险方面存在的问题;梳理了墨累—达令河流域、以色列、莱茵河流域等国际实践,对黄河流域水生态环境保护提出了推进“四水”统筹、持续改善水环境质量、转变高耗水方式、推进水生态系统保护修复、强化协同治理等建议,以期通过高水平保护促进黄河流域高质量发展。

**关键词:**黄河流域;国际实践;水生态环境保护;战略

**中图分类号:** X321; TV882.1

**文献标志码:** A

**DOI:** 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2022060019

### Strategy promoting high-quality development through water ecological environment protection in the Yellow River Basin

LU Rui, WEI Daming, MA Lekuan, XU Min

(Center of Eco-Civilization of the Yellow River, Chinese Academy of Environmental Planning, Beijing 100012, China)

**Abstract:** This paper systematically summarized the achievements of water ecological environment protection in the Yellow River Basin, analyzed the existing problems in water environment, water resources, water ecology and water risks. Some international practices in the Murray-Darling River Basin, Israel and the Rhine River Basin were analyzed. Suggestions were put forward such as promoting the overall planning of the "four waters", continuously improving the water environment quality, changing the high water consumption mode, promoting the protection and restoration of the water ecosystem, and strengthening the collaborative governance to promote the high-quality development of the Yellow River Basin through a high-level protection.

**Keywords:** the Yellow River Basin; international practices; water ecological environment protection; strategy

**CLC number:** X321; TV882.1

党的十九大提出了2035年“生态环境根本好转,美丽中国目标基本实现”的奋斗目标。2019年9月18日,习近平总书记在黄河流域生态保护和高质量发展座谈会强调,黄河流域生态保护和高质量发展是重大国家战略。水是黄河流域高质量发展的重要生态要素之一,水生态环境好坏直接关系到美丽中国 and 高质量发展能否实现。系统总结黄河流域水生态环境保护成效,分析存在的问题及成

因,借鉴国外治理经验,提出黄河流域水生态环境保护对策建议具有重要现实意义。

### 1 黄河流域水污染防治成效

党中央历来重视黄河流域水生态环境保护,自“十一五”起编制实施了3期流域水污染防治规划;“十三五”期间实施《水污染防治行动计划》、碧水保卫战等,各地大力推进水环境质量达标、黑臭水

收稿日期: 2022-06-13 录用日期: 2022-09-09

作者简介: 路 瑞(1982-),女,硕士、高级工程师。研究方向:流域水环境管理。E-mail: lurui@caep.org.cn

通信作者: 徐 敏(1979-),女,博士、研究员。研究方向:流域水环境保护规划和环境管理政策。E-mail: xumin@caep.org.cn

引用格式: 路 瑞,韦大明,马乐宽,等.黄河流域水生态环境保护促进高质量发展的战略研究[J].环境保护科学,2023,49(1):1-7.

体整治等行动,取得了一系列成效。

### 1.1 水环境质量持续改善

《中国环境状况公报》2006~2020年显示,黄河流域 I~III类断面比例由2006年的50%升至84.7%,增加了34.7个百分点,劣V类断面比例由2006年

的25%降至0,下降25个百分点,水质状况由中度污染改善为良好,主要污染指标为氨氮和COD;高锰酸盐指数、生化需氧量、氨氮、COD和总磷浓度相比2006年,分别降低67.8%、77.5%、93.0%、61.8%和62.8%,见图1。

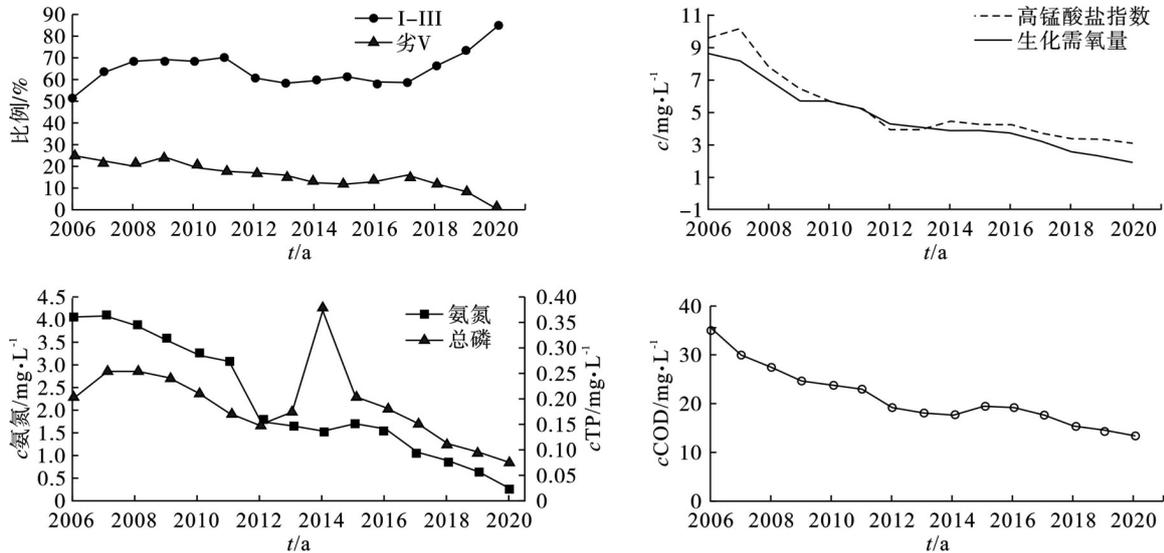


图1 黄河流域2006~2020年水环境质量状况

Fig. 1 Water environment quality in the Yellow River Basin from 2006 to 2020

### 1.2 水污染防治任务逐步深化

针对不同时期黄河流域的突出问题,采取了不同的治理措施。“十一五”黄河中上游流域优先解决集中式饮用水水源地、跨省界水体、城市重点水体等突出环境问题,以饮用水水源地保护、工业污染治理、城市污染控制、湖库污染治理为主要任务,安排工业污染防治、城镇污水处理设施建设、重点区域污染防治共528个项目以落实规划任务。“十二五”突出黄河干流兰州、银川、石嘴山、包头段环境风险防范,以湟水、乌梁素海、大黑河、汾河、渭河、伊洛河6条支流和西宁、兰州、三门峡等14个城市的水污染防治为重点,安排工业污染防治、饮用水源地污染防治、区域水环境综合整治等5类725个项目,提升流域综合治污水平。“十三五”除传统的水污染治理任务外,提出在黄河流域分期分批确定生态流量(水位),维持河湖基本生态用水需求,水污染防治从单纯的治污向水环境、水资源、水生态统筹转变。

### 1.3 精细化管理水平逐步提升

借鉴美国、欧洲等流域分区管理的做法,黄河中上游流域“十一五”时期分为黄河干流水质改善区、渭河污染控制区、汾河污染控制区3个区域提

出保护目标和治理措施。“十二五”以流域—控制区—控制单元三级分区体系为框架,将黄河中上游划分为47个控制单元,对于水环境问题突出、环境风险防范能力薄弱、水体功能高、经济社会发展压力大的16个优先控制单元,按照水质维护型、水质改善型、风险防范型3种实施分类指导<sup>[1]</sup>。“十三五”实施流域、水生态控制区、水环境控制单元三级分区分级分类管理,将黄河流域划分为150个控制单元,按照水环境质量“只能更好,不能变坏”的原则,明确了115个控制单元自2016年起断面水质不下降;考虑水环境问题严重性、水生态环境重要性、水资源禀赋、人口和工业聚集度等因素,将150个控制单元分为50个优先控制单元和100个一般控制单元,结合地方水环境管理需求,50个优先控制单元又进一步细分为23个水质改善型和27个防止退化型单元,分区管理体系逐渐精细化。

### 1.4 水污染防治体制机制不断健全

新中国成立以来,黄河治理的体制机制逐渐完善。自《黄河可供水量分配方案》实施以来,通过平衡与分配河道内生态环境用水和河道外经济社会用水,控制断面预警流量和入黄断面最小流量,实现了黄河干流不断流,改善了河流生态系统功能和

水环境质量。依据《深化党和国家机构改革方案》，组建了黄河流域生态环境监督管理局，提升了黄河流域生态环境监管能力。水功能区、排污口监管等职能划归生态环境部，黄河流域水功能区与“十四五”国控断面实现了衔接整合，入河排污口排查有序开展。财政部、生态环境部、水利部和国家林草局研究制定了《支持引导黄河全流域建立横向生态补偿机制试点实施方案》，以持续改善流域生态环境质量和推进水资源节约集约利用为核心，逐步建立黄河流域生态补偿机制，建立健全生态产品价值实现机制。

## 2 存在问题及成因分析

锚定 2035 年美丽中国目标，结合重点流域水生态环境保护“十四五”规划提出的“有河有水、有鱼有草、人水和谐”的目标<sup>[2]</sup>，黄河流域水生态环境保护仍然存在差距。

### 2.1 部分水体水质较差，污染减排短板依然突出

**2.1.1 水质改善不稳定，支流水质较差** 《生态环境部通报 11 月和 1~11 月全国地表水、环境空气质量状况》显示，2021 年 1~11 月黄河流域劣 V 类断面比例最高。根据《2021 全国地表水水质月报》，11 月份黄河流域仍有 1.6% 的劣 V 类断面，四道沙河、皇甫川、马莲河重度污染，大黑河、涑水河等为中度污染，汾河、浍河、葫芦河等支流轻度污染，东平湖轻度富营养；66 个省界断面中劣 V 类占 1.5%，其中陕甘马莲河黑城岔断面污染较重。

#### 2.1.2 区域性、结构性、布局性排放特征明显

与第一次全国污染源普查结果相比，黄河流域单位地表水资源 COD 排放强度增加了 10%<sup>[3]</sup>。分析 2015 年环境统计数据，陕西、山西是主要排放区域，两省 COD 和氨氮排放量分别占总排放量的 38.5% 和 43.5%。农业源是 COD 排放的主要来源，占 44.06%，主要来自中游地区，水污染物排放量和畜禽养殖量均占流域总量的 40%<sup>[3]</sup> 左右，农田退水、农膜、畜禽粪便等农业面源污染导致部分地区水环境质量出现反弹或恶化。生活源是氨氮排放的主要来源，占 59.6%，主要来自中下游，河南、陕西、山西、山东生活污水排放量占整个流域城镇生活污水排放的 74.86%<sup>[4]</sup>。根据 2015 年环境统计数据，化学原料和化学制品制造业是主要排污行业，COD 和氨氮排放量分别占总排放量的 20.1% 和 24.1%，见图 2 和图 3。

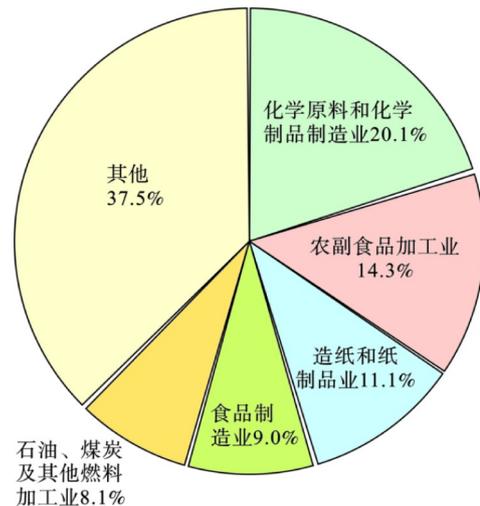


图 2 2015 年黄河流域 COD 排放行业构成  
Fig. 2 Composition of COD emission industry in the Yellow River Basin in 2015

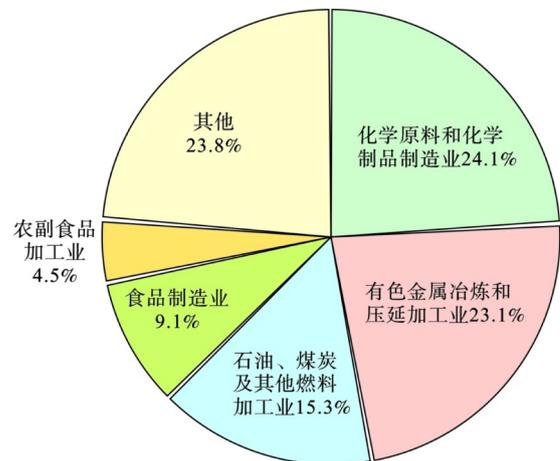


图 3 2015 年黄河流域氨氮排放行业构成  
Fig. 3 Composition of ammonia nitrogen emission industry in the Yellow River Basin in 2015

### 2.2 生态用水严重不足，高耗水问题突出

**2.2.1 生态流量难以保障** 根据 2007~2021 年《中国水资源公报》数据分析，黄河流域水资源总量占全国的 1.9%~3.2%，占长江的 5%~9.4%。人均水资源量仅有 473 m<sup>3</sup>，约为全国的 23%，水资源实际开发利用率远超一般流域 40% 的生态警戒线，已达 86%。黄河流域综合规划及部分支流综合规划确定了全年生态水量目标的 21 个断面中，2008~2018 年生态水量达标比例高于 75% 的断面仅有 5 个，窟野河、汾河、沁河、石川河等众多重要支流在非汛期断流。

**2.2.2 用水结构不合理** 《中国水资源公报》数据显示，黄河流域农业用水占比由 2006 年的 73.8% 降至 2020 年的 66.9%，但仍超过 2/3，见图 4。约为全国平均水平的 1.08 倍，长江流域的 1.33 倍。

2019 年黄河农田灌溉取水量 304.06 亿  $m^3$ , 占地表水取水量的 68.8%, 宁夏、内蒙古等灌区大引大排导致的水资源浪费问题突出。黄河干流甘肃白银, 宁夏中卫, 内蒙古包头、乌海、阿拉善盟、巴彦淖尔, 山东东营段, 汾河山西临汾, 沁河河南焦作市、济源地表水超载。2021 年 4 月中央生态环境保护督察集中通报典型案例中河南郑州、开封大量人工造湖, 山西晋中违规取水、超量取水等进一步加剧了水资源紧张。

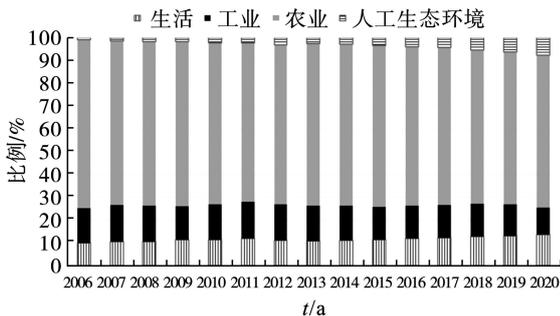


图 4 2006 ~ 2020 年黄河流域用水结构

Fig. 4 Watering structure of the Yellow River Basin from 2006 to 2020

2.2.3 再生水利用水平不高 黄河流域产业结构以第二产业为主, 1978 ~ 2018 年流域内地区生产总值年均增长率 10.76%, 但经济增长效率仅增加了 2 倍, 年均增长率不到 2%<sup>[5]</sup>。目前宁夏、陕西、内蒙古等现代煤化工行业用水量偏高, 占黄河工业用水的比例达 9% ~ 18%; 煤电产业用水量更大, 约占黄河工业用水总量的 25%<sup>[6]</sup>。据 2015 年环境统计数据, 黄河流域工业用水重复利用率不到 60%, 其中甘肃省工业用水重复利用率仅为 33.9%。根据《2019 年城市建设统计年鉴》数据分析, 太原、兰州、西安、吴忠市政再生水利用率不足 20%。

### 2.3 水源涵养能力下降, 河湖生态系统服务功能受损

2.3.1 天然草地、湿地萎缩 黄河源区湿地面积占流域湿地总面积的 40.9%, 具有水源涵养、生物多样性保护等重要生态功能。根据文献 [7] 研究, 2007 年与 1996 年和 1986 年相比, 流域湿地面积总体上呈萎缩趋势, 分别减少了 10.2% 和 15.8%, 其中源区湿地减少最多。若尔盖草原湿地生态功能区出现草场退化沙化, 退化沙化面积占可利用草原面积的 43%, 上游地区天然草地生态功能退化率在 60% ~ 90%。

2.3.2 水生生物多样性降低趋势尚未有效遏制

黄河干流鱼类资源由 20 世纪 80 年代的 125 种减少到 2007 年的 47 种<sup>[8]</sup>。潘保柱<sup>[9]</sup>、张军燕<sup>[10]</sup>、洪欢<sup>[11]</sup>等不同年份对黄河源区不同河段的大型底栖动物、浮游植物、鱼类等的研究也表明水生生物多样性较低。冯慧娟<sup>[12]</sup>、冯慧<sup>[13]</sup>、谢元<sup>[14]</sup>、张芮<sup>[15]</sup>等分别对黄河上中下游、支流及河口地区的鱼类、底栖动物等的研究表明鱼类种类呈衰退趋势, 底栖动物种类较少。

### 2.4 布局性、结构性风险突出, 水环境风险防范压力大

2.4.1 布局性结构性风险较大 文献 [16] 统计, 黄河流域风险企业占比约 9%, 煤炭采选、煤化工等高耗水、高污染企业多, 其中煤化工企业占全国总量的 80%, 且大多沿河分布; 黄河干流及支流重点断面与风险企业交织分布, 1 km 范围内共有 1 800 多个风险源。

2.4.2 部分区域次生突发水环境事件多 我国煤炭产能主要集中在黄河流域中上游地区, 据《中国能源统计年鉴》2019, 2017 年黄河流域中上游地区煤炭产量约 28 亿吨, 占全国煤炭产量的 78%, 14 个亿吨级大型煤炭基地, 有 7 个分布在黄河流域中上游, 其中陕甘地区煤化工企业较多, 各类化学品生产、运输及使用频次高、密度大, 2006 ~ 2019 年在生态环境主管部门调度处理的水污染事件共 773 起, 其中黄河流域 112 起<sup>[16]</sup>。

## 3 国际实践

墨累—达令河流域、以色列、莱茵河流域曾经面临用水矛盾突出、农业用水比例高、跨流域协同治理难度大等问题, 通过政策机制等措施取得了积极成效, 这些为黄河流域水生态环境保护提供了有益参考。

### 3.1 墨累—达令河流域: 以水生态为目标保障生态用水

墨累—达令河流域水资源短缺, 多年平均天然径流量为 316 亿  $m^3$ 、经济社会发展用水量占全国的 75%, 用水矛盾突出, 与黄河流域水资源禀赋与经济社会发展矛盾突出具有极大相似性。在流域管理中特别重视基于河流健康、生物多样性保护、湿地保护等生态系统的流域综合管理。采用河流状况指数对河流水生态状况进行评估, 从水文、河流自然形态、岸边带、水质和水域生物 5 个方面进

行评估,每一方面又划分为若干参数,最高分为10分,为最理想状态,总积分为50分。为保障河道生态用水,制定了《全流域生态用水战略》,以重点保护河流连通性、植被、水鸟和鱼类为生态目标对生态环境用水进行规划管理<sup>[7]</sup>;2012年实施了《墨累—达令流域规划》,通过生态用水需求分析和综合效益评估,以经济、社会和生态环境协同发展为目标,确定了29个地表水分区和80个地下水分区的长期平均可持续分水限额,并作为流域水资源利用总量控制指标;同时规定每年将27.5亿 $m^3$ 的流量还给生态系统,并从2014年起开展了为期5年涵盖生态系统、植被、河流和鱼类等指标的流量监测。

### 3.2 以色列:多措并举促进农业节水

以色列淡水资源极度匮乏,2018年人均淡水资源量约为150 $m^3$ ,不足黄河流域的1/3,农业是以色列第一用水大户,农业用水占比由1990年的67%降低至2016年的57%,水资源禀赋差,农业用水占比高与黄河流域具有极大相似性。以色列农业节水主要采取的举措:一是农业种植结构调整,用单位用水效益高的作物逐渐替代效益低的作物,开展节水抗旱品种培育、发展滴灌;二是配合分级水价,实行农业用水配额管理,即水资源归国家所有,必须专门用于满足居民需要及国家发展需要,以色列水利委员会负责全国水资源的管理,每年将一定比例的用水配额分配给农业生产者。目前农业用水配额为11.5亿 $m^3/a$ ,2008年起以色列不同农场的农业用水配额可相互转让,出让额度不能超过其用水配额的30%,受让方的用水总量不能超过其配额;农业用水配额50%以内的基本水价约3.8元/ $m^3$ ,用水量在配额的50%~80%、80%~100%范围水价进一步提高,用水量超过用水配额后水价为基本水价的2~3倍,并有可能减少供水。三是重视再生水利用,以用定质制定再生水标准。以色列通过《国家污染水再利用工程》计划,将城市生活、农业、工业等污水回收再利用,92%的生活污水处理后再利用,绝大部分用于农田灌溉,少部分用于补充河道流量,再生水利用从1990年的1.59亿 $m^3$ 增加到2016年的5.06亿 $m^3$ ,年均增速4.6%,2016年再生水利用量占到23%。以色列用于灌溉的再生水分为两类,第一类是污水二级处理后的再生水,用于经济作物(如棉花和饲料作物)、

在阳光下干燥至少60d的作物(如玉米和小麦)及果树灌溉;第二类是污水三级处理后的再生水,可以不受限制地灌溉食用作物。2010年以色列提出全部实现不受限制的灌溉农作物的再生水目标,并提出了应用于灌溉和河流生态修复的再生水水质标准。

### 3.3 莱茵河流域:建立多层次、多元化合作机制

莱茵河流经欧洲多个国家,曾经因为污染被称为欧洲公共厕所,通过跨流域协同治理,实现了流域生态环境的改善,跨行政辖区的生态环境治理与黄河流域生态环境监管具有极高的相似性。莱茵河流域1950年成立了保护莱茵河国际委员会,建立了政府间、政府与非政府、专家学者与专业团队多层次、多元化协调与合作机制;设置由政府组织和非政府组织参加的观察员小组、技术和专业协调工作组,将治理、环保、防洪和发展统筹考虑,监督各国实施莱茵河保护措施。签署了一系列莱茵河流域治理协议,如控制化学污染公约、控制氯化物污染公约。建立了莱茵河监测网络、水质预警系统和信息互通平台,在莱茵河及其支流从瑞士至荷兰共设有57个监测站点及水质预警系统,在瑞士、法国、德国和荷兰设置7个警报中心,通过连续生物监测和水质实时在线监测,及时对短期和突发性的环境污染事故进行预警,迅速确认污染物来源,并发布警报,防止突发水污染事故。

## 4 黄河流域水生态环境保护促进高质量发展战略建议

基于以上对国际实践的总结,结合黄河流域水生态环境保护现状与问题,提出如下建议。

### 4.1 以河湖为统领,深入推进“四水”统筹

国外如墨累达令河大多数已经建立了以水生态为核心的管理体系,而黄河流域刚开始从理化指标改善向水生态转变。两个流域地理和行政区跨度大,以农业用水为主,水资源利用矛盾突出,具有极大的相似性,为此应充分借鉴墨累—达令河流域等以水生态系统为核心的理念,结合黄河流域水生态环境特点,构建水环境、水资源、水生态、水风险“四水”统筹的管理制度,以黄河流域水生态环境全面整体性保护为目标,构建“一干(黄河干流)两区(黄河源区、黄河三角洲)三湖(乌梁素海、红碱淖、东平湖)十廊(湟水、洮河、窟野河、无定河、延河、

汾河、渭河、沁河、伊洛河、大汶河)水生态环境保护空间格局。目标上,应客观分析水生态环境现状与人民群众需求之间的差距,注重目标的合理性和可达性,建立体现黄河特色的“四水”目标指标体系和评价方法,做到可监测、可评价、可考核。任务措施上,应系统全面分析面临的突出水生态环境问题及成因,考虑黄河上中下游“四水”特征,制定行之有效的措施,确保任务措施对“四水”目标指标的全面支撑。战略路径上,应综合考虑“四水”的现状和工作基础,按照轻重缓急分步分类推进,对水资源、水生态等基础薄弱的应先摸清底数,试点后全面推进。

#### 4.2 集中攻坚重点领域,持续改善水环境质量

黄河流域要抓住水环境质量改善的重点领域,编制实施黄河流域水环境质量改善行动,明确黄河流域水环境治理目标、任务、重点工程和实施机制。要开展农业面源等重点问题、中下游等重点区域和煤化工等重点行业环境污染治理集中攻坚,实施汾河、涑水河、窟野河、都思兔河、马莲河等污染严重水体劣Ⅴ类达标行动;重点实施城镇污水、农田退水治理,推进湟水、甘肃沿黄、宁蒙、汾渭等大中型灌区农田退水污染综合治理;因地制宜持续推进西宁、渭南等城镇雨水、污水收集管网改造和建设,补齐污水处理短板,加快城镇污水处理厂提标改造,提升中上游城市群污水处理能力。

#### 4.3 转变高耗水方式,推动高质量发展

黄河流域农业用水占比高,用水效率低,要参考以色列农业结构调整举措,在保障粮食安全的前提下,合理调整种植结构和布局,扩大单位用水效益高、低耗水、高耐旱作物比例。以宁蒙灌区、河套灌区、引黄灌区等为重点,分区域推进滴灌等高效节水灌溉。推进黄河流域农业用水计量全覆盖,制定科学的灌水定额和灌溉制度。逐步建立体现水资源稀缺性,以用定质、以质定价的农业用水价格机制,倒逼农业节水。

区域再生水循环利用可有效缓解水资源供需矛盾。要结合黄河上中下游特点,上游重点针对内蒙古和宁夏两大引黄灌区,再生水优先考虑用于周边农业生产、生态用水。中游汾河流域等地区水质污染问题突出,再生水优先考虑回用于河道生态补水。下游大汶河等支流生态水量不足,再生水优先补给生产生活用水需求。参考以色列再生水标准

制定情况,根据上中下游不同的再生水用途和用水户,确定再生水水质标准,实现再生水以用定质,低水低用、高水高用。

黄河流域产业结构以粗放式开发为主,应严控水资源消耗总量、严守水生态保护红线、发挥水环境承载能力刚性约束作用,改变传统生产模式,严格限制缺水和水资源超载地区高耗水产业规模。选取水资源严重短缺、水资源开发利用价值高、水资源重复利用率低的区域,实施水资源节约试点示范。加快中游区域产业结构转型,合理控制煤炭产业规模,适度发展新型煤化工产业,促进经济发展绿色转型。

#### 4.4 推进生态修复,恢复生态功能

黄河流域水生态基础比较薄弱,要从水生态系统整体性出发,坚持生态优先、自然恢复,分类实施黄河流域生态环境保护修复。清理整治三江源、甘南、若尔盖、祁连山等水源涵养区侵占河湖生态空间的各类行为,系统开展河源区生态保护与修复。开展黄河宁蒙、中下游河段及大通河、渭河、无定河、伊洛河等重点支流天然湿地,乌梁素海、红碱淖等重要湖泊水生态系统,黄河干流及大通河、洮河、伊洛河等重要支流珍稀濒危和土著鱼类栖息地的保护和修复。

借鉴墨累—达令流域以生态系统为目标综合考虑生态用水的经验,针对黄河流域不同河湖,强化生态用水和水生态保护目标之间的对应关系,优先开展黄河干流、渭河等重要支流,湟水、大通河、洮河、伊洛河、沁河等水电开发集中河流水生态基础调查评估,以水质达标和维护重要物种、种群等生物多样性和河流生态系统完整性保护为目的,制定量化的、差异性的、可操作的生态流量目标。同时依托卫星遥感、大数据等手段对生态流量实施跟踪监测,建立体现黄河流域特色的生态流量监测体系。

#### 4.5 强化协同治理,建立高质量发展长效机制

黄河流域地跨 9 个行政辖区,涉及生态环境、水利、自然资源等多个部门,长期以来统分结合、整体联动的工作机制尚不健全,参考莱茵河流域的多层次、多元化协调合作机制,建立跨区域、多部门的协同治理机制。在国家层面,健全黄河流域生态环境保护协调机制,建立由国家相关部门、沿黄 9 省(自治区)共同参加的黄河生态环境保护统一协调监管机制,统筹流域国土空间开发保护、水资源

利用与管理、生态环境风险防范等。在流域尺度上建立行政区间协调机制,强化在水电开发、水利工程建设、水资源分配等方面的生态环境统一监管,推进黄河上下游、左右岸协同治理,统筹社会经济和生态环境协调发展。在省级层面完善跨行政区域上下游联动机制,充分发挥黄河流域生态环境监督管理局的作用,着重在联合执法、应急联动、信息共享等方面健全跨区域、流域水生态环境保护议事协调机制。

### 参考文献

- [1] 徐敏,张涛,王东,等.中国水污染防治 40 年回顾与展望[J].中国环境管理,2019,11(3):65-71.
- [2] 马乐宽,谢阳村,文宇立,等.重点流域水生态环境保护“十四五”规划编制思路与重点[J].中国环境管理,2020,12(4):40-44.
- [3] 张春晖,吴盟盟,张益臻.碳中和目标下黄河流域产业结构对生态环境的影响及展望[J].环境与可持续发展,2021,46(2):50-55.
- [4] 白璐,孙园园,赵学涛,等.黄河流域水污染排放特征及污染集聚格局分析[J].环境科学研究,2020,33(12):2683-2694.
- [5] 孟望生,邵芳琴.黄河流域环境规制和产业结构对绿色经济增长效率的影响[J].水资源保护,2020,36(6):24-30.
- [6] 彭苏萍,毕银丽.黄河流域煤矿区生态环境修复关键技术与战略思考[J].煤炭学报,2020,45(4):1211-1221.
- [7] 王瑞玲,连煜,王新功,等.黄河流域水生态保护与修复总体框架研究[J].人民黄河,2013,35(10):107-110.
- [8] 李航,王瑞玲,葛雷,等.人民治理黄河 70 年水生态保护效益分析[J].人民黄河,2016,38(12):39-41.
- [9] 潘保柱,王兆印,余国安.长江源和黄河源的大型底栖动物群落特征研究[J].长江流域资源与环境,2012,21(3):369-394.
- [10] 张军燕,张建军,杨兴中,等.黄河上游玛曲段春季浮游生物群落结构特征[J].生态学杂志,2009,28(5):983-987.
- [11] 洪欢.黄河源干流梯级水电开发对河流形态及鱼类多样性的可能影响[D].昆明:云南大学,2016.
- [12] 冯慧娟.黄河干流宁蒙河段鱼类群落多样性和生长特征研究[D].西安:西北大学,2010.
- [13] 冯慧.黄河上游龙羊峡-刘家峡河段水生生物多样性研究及生态系统健康评价[D].西安:西北大学,2009.
- [14] 谢元,蒋晓辉,王婷,等.黄河典型支流入干区底栖动物群落结构特征比较研究[J].北京大学学报(自然科学版),2018,54(5):1067-1076.
- [15] 张芮,徐宾铎,薛莹,等.黄河口及其邻近水域鱼类生物完整性评价[J].中国水产科学,2017,24(5):946-952.
- [16] 王鲲鹏,徐泽升,曹国志,等.构建跨区域突发水污染事件协同处置机制[J].环境经济,2021(18):64-69.
- [17] Murray-Darling Basin Authority. Basin-wide environmental watering strategy[M]. Canberra: Murray-Darling Basin Authority, 2014.

### · 作者简介 ·



路瑞,女,硕士,生态环境部环境规划院高级工程师,主要从事流域水环境管理研究。参与中国工程院重大项目《黄河流域生态保护与高质量发展若干战略问题研究》、美国环保协会《区域流域高质量发展研究——黄河流域保护》、亚洲开发银行《黄河流域生态环境保护立法和规划机制研究》等项目;近年来围绕黄河流域,牵头或技术牵头以及参与生态环境部财政预算项目、科研项目、国际合作项目近 10 余项,发表 SCI、中文核心、环境报、部属期刊等各类文章共计 20 余篇,参与编写《黄河流域生态保护与高质量发展立法策略研究》著作 1 部;在亚洲水论坛就黄河流域水资源利用情况在分会场进行交流分享。