

# 我国水生态环境治理的困境与对策

■ 包晓斌

(中国社会科学院农村发展研究所, 北京 100732)

**摘要:** 随着城镇化和工业化的快速发展, 我国生态用水短缺、水环境污染严重等问题未得到根本解决, 水生态环境面临严峻挑战。文章分析了我国生态用水状况、水环境状况, 指出我国水生态环境治理面临治理主体不协调、区域治理能力弱化、治理制度功效有限、流域水生态环境预警系统基础薄弱、水生态环境治理监管力度不足等困境; 从构建水生态环境协同治理机制、改进水生态环境治理制度、引导多元主体参与水生态环境治理、实行流域生态补偿、推动水生态环境功能区建设、强化水生态环境治理监管等方面提出推进水生态环境治理的对策。

**关键词:** 水生态环境治理; 生态用水量; 水环境污染; 生态补偿

中图分类号: F205; F062.1; X321 文献标识码: A 文章编号: 1672-6995 (2023) 04-0023-07

DOI: 10.19676/j.cnki.1672-6995.000872

## The Dilemma and Measures of Water Ecology and Environment Management in China

BAO Xiaobin

(Rural Development Institute Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China)

**Abstract:** With the rapid development of urbanization and industrialization, there are no ultimate solutions to the problems of shortage of ecological water use and water environment severe pollution in China, and the water ecological environment is facing severe challenges. This article analyzes the situation of ecological water use and water environment in China, and shows that China's water ecology and environment governance faces the dilemma that the governance subjects are not coordinated, the regional governance capacity is weak, the effectiveness of the governance system is limited, the foundation of the early warning system of water ecology and environment in the basin is weak, and the supervision of water ecology and environment governance is insufficient. The article puts forward measures to promote water ecology and environment governance that build a collaborative governance mechanism for water ecology and environment, improve the water ecology and environment governance system, guide multiple subjects to participate in water ecology and environment governance, implement ecological compensation for watersheds, promote the construction of water ecology and environment functional areas, and strengthen the supervision of water ecology and environment governance.

**Keywords:** water ecology and environment governance; ecological water use; water environment pollution; ecological compensation

## 0 引言

党的二十大报告提出要统筹水资源、水生态、水环境保护, 推动江河湖库生态环境治理。加强水生态环境治理, 推进水生态文明建设, 对于促进经济社会可持续发展、满足人民日益增长的生态环境需求, 具有十分重要的意义<sup>[1]</sup>。

随着城镇化和工业化的快速发展, 我国资源性缺水 and 工程性缺水严重, 生态用水短缺、局部水体水质较差、河湖生态系统服务功能受损、水源地污染等问题未得到根本解决, 水生态环境形势依然严峻<sup>[2]</sup>。部分地区水资源开发利用程度过高, 在用水总量保持不变的情况下, 生产和生活用水量持续

收稿日期: 2023-01-15; 修回日期: 2023-03-14

▲ 基金项目: 中国社会科学院创新工程项目“农业农村绿色发展理论与政策研究”(2018NFA01)

▲ 作者简介: 包晓斌(1967—), 男, 吉林省松原市人, 中国社会科学院农村发展研究所研究员、博士生导师, 水土保持专业博士, 研究方向为生态经济、资源与环境经济。

增加,生态用水被挤占,导致生态用水量占用水总量的比例较低。仍然存在河流、湖泊断流干涸的现象,河湖水域及其缓冲带水生植被退化,水生态系统失衡<sup>[3-4]</sup>。同时,水环境污染依然严重,致使可用水量的进一步减少,加剧水资源短缺。一些地方工业企业密集分布,入河排污口底数不清,面临较高的水环境风险<sup>[5]</sup>。

我国水生态环境治理乏力,水生态环境保护的市场机制尚不健全,市场主体参与度和社会资本利用率较低。现行的水生态补偿多由地区协调商定,不能客观反映水生态环境保护的实际成本和所获得的生态效益,同时,与水生态环境治理投入相比,现有生态补偿标准较低,补偿年限设计不尽科学合理,补偿资金来源单一,缺乏水生态补偿长效机制<sup>[6-8]</sup>。

自我国《水污染防治行动计划》实施以来,江湖库水资源和水生态环境得到有效保护和治理,水生态环境安全和水生态文明建设被提升到国家战略高度,这必将推动水生态环境管理由水污染防治向水生态系统保护修复转变,由单一的水质目标向水生态和水环境综合管护目标转变,强化水生态系统整体保护,促进水生态环境质量持续改善<sup>[9-10]</sup>。

为了保障我国水生态环境安全,应明确水生态环境治理的重点任务,深入实施水生态保护和污染防治行动,将生态流量供给纳入区域水资源规划体系中,严格设定生产、生活和生态空间开发管制界限,针对重点水生态环境功能区和主要河流断面实行生态红线管理,在安全范围内确保水资源的数量和质量,推动区域水生态环境治理<sup>[11]</sup>。

已有研究大多集中于水环境污染或水生态系统保护,而侧重于水生态环境治理对策研究较少。本研究基于水生态环境治理目标的转变,通过解析我国水生态环境状况来辨识水生态环

境治理面临的困境,并针对水生态环境治理中的现实问题提出相应对策。

## 1 我国水生态环境状况

### 1.1 生态用水状况

随着我国生态环境的改善,生态用水量显著增加,自2007年以来,全国生态用水量年均保持在100亿立方米以上,且呈现持续递增态势。2020年,全国生态用水量达到307亿立方米,是2010年的2.56倍,远高于同期总用水量增长率(图1)。

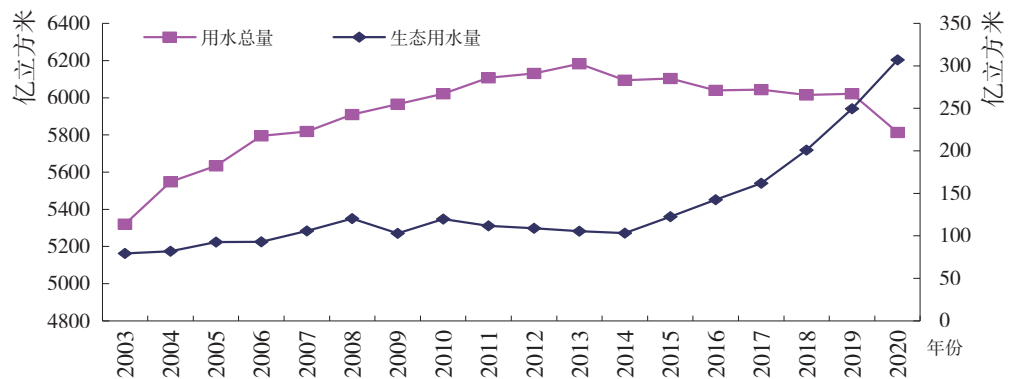
2005—2020年,全国生态用水量占用水总量的比例呈持续增长态势,2020年生态用水占比达到5.28%,比2005年增加3.64%。尽管农业用水比例和工业用水比例有所降低,但仍然分别保持在60%和15%以上,生活用水比例高于10%且呈增长态势(表1),生态用水比例仍然较低,用水结构尚需优化。在流域内实施工程的水量调节中,大多数项目均没有考虑生态用水,威胁流域生态安全。

表1 2005—2020年我国生态用水量比例变化

单位: %

年份	生态用水比例	农业用水比例	工业用水比例	生活用水比例
2005年	1.65	63.55	22.81	11.98
2010年	1.99	61.26	24.03	12.72
2015年	2.01	63.12	21.87	13.00
2020年	5.28	62.14	17.73	14.85

资料来源:《2020年中国水资源公报》,2004—2019年《中国水利统计年鉴》。



(资料来源:《2020年中国水资源公报》《中国水利统计年鉴2004—2019》)

图1 2003—2020年全国用水总量和生态用水量变化

## 1.2 水环境状况

### 1.2.1 废水排放量变化

在2000—2015年期间,全国废水排放总量持续增长,2015年高达735.3亿吨,之后增长趋缓,2017年达到699.66亿吨,比2000年增长68.51%。在废水排放总量结构中,生活废水排放量已超过工业废水排放量。全国工业废水排放量呈下降的态势,从2015年始,工业废水年均排放量低于200亿吨。全国生活废水排放量逐年递增,自2014年以来,生活废水年均排放量达到500亿吨以上(图2)。

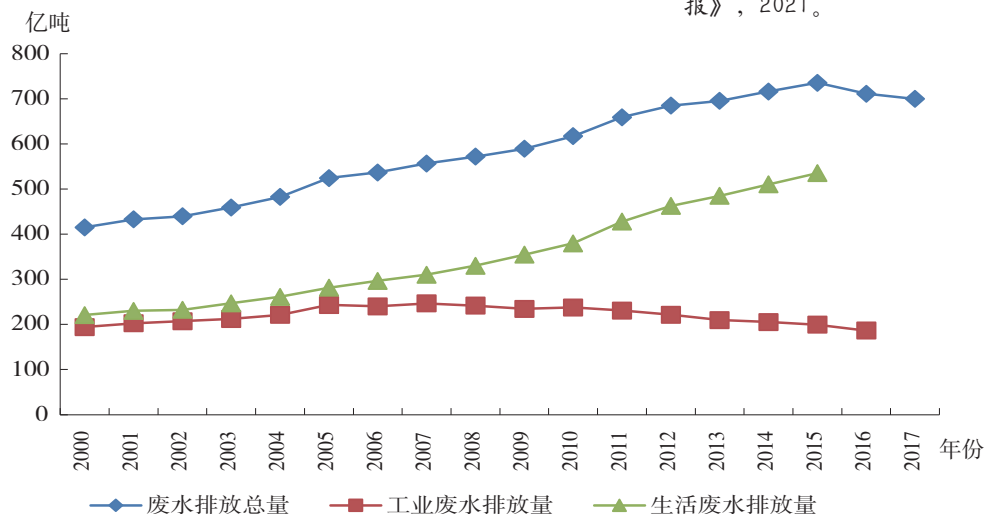
2000—2017年,我国化学需氧量排放总量呈下降的态势,2017年化学需氧量排放总量降至1021.97万吨,比2000年降低29.28%。全国生活化学需氧量排放量高于工业化学需氧量排放量,两者差距趋于增大。年均生活化学需氧量排放量已达到800万吨以上,工业化学需氧量排放量持续下降(表2)。

表2 2000—2017年我国化学需氧量排放量变化

单位:万吨

年份	化学需氧量排放总量	生活化学需氧量排放量	工业化学需氧量排放量
2000年	1445	740.5	704.5
2005年	1414.2	859.4	554.7
2010年	1238.1	803.3	434.8
2015年	1140.4	846.9	293.5
2017年	1021.97	—	—

资料来源:2001—2018年《中国环境统计年鉴》。



(资料来源:2001—2018年《中国环境统计年鉴》,《中国统计年鉴2018》)

图2 2000—2017年全国废水排放总量及其结构变化

### 1.2.2 水质变化

2020年,我国地表水优良水质断面占比继续提升,在全国地表水监测的1937个水质断面中,I~Ⅲ类占比达到83.4%,比2015年上升18.9%;劣V类占比为0.6%,比2015年下降8.2个百分点,水质稳步改善。但是,全国水污染防治的总体形势依然严峻,许多地区在氮磷等营养物质控制、流域水生态保护等方面仍存在突出问题。

2020年,在长江、黄河、珠江、松花江、淮河、海河、辽河流域和浙闽片河流、西北诸河、西南诸河监测的1614个水质断面中,I~Ⅲ类占87.4%,劣V类占0.2%;与2017年相比,I类和Ⅱ类水质断面比例分别上升5.6%和15.1%,Ⅲ类和劣V类分别下降5.1%和8.2%(表3)。在地表水监测的区域中,西北诸河、浙闽片河流、长江流域、西南诸河和珠江流域的水质优良,黄河、松花江和淮河流域的水质较好,辽河和海河流域为轻度污染。

表3 2017年和2020年我国主要流域水质类型变化

水质类型	2020年占比/%	2017年占比/%	变化/%
I类	7.8	2.2	5.6
II类	51.8	36.7	15.1
III类	27.8	32.9	-5.1
IV类	10.8	14.6	-3.8
V类	1.5	5.2	-3.7
劣V类	0.2	8.4	-8.2

资料来源:生态环境部,《2020中国生态环境状况公报》,2021。

2020年,按照监测断面数量统计,在902个地级及以上城市在用集中式生活饮用水水源监测断面中,有852个全年均达标。其中,地表水水源监测断面共598个,其中584个全年均达标,主要超标指标包括硫酸盐、高锰酸盐指数和总磷;地下水水源监测点位共304个,其中268个全年均



达标,主要超标指标为锰、铁和氨氮。城市密集区水网污染比较严重,水系连通性降低,一些城市江段存在岸边污染带。江河源头水环境质量不佳,水源地达不到全年水质合格标准。部分湖泊和水库水体富营养化,湿地功能退化,水环境污染风险隐患加大。

## 2 我国水生态环境治理的困境

### 2.1 水生态环境治理主体不协调

水生态环境治理涉及水利、生态环境、自然资源、农业、渔业、林草、城建等多个职能部门,客观上存在多机构重复管理现象,缺乏统一协调机制,难以形成区域水生态环境治理体系。我国流域水生态环境治理体制不尽完善,流域管理机构与地区相关部门实行条块分割,流域与行政区的治理边界不能有效叠合。以行政区为单元进行生态功能区划,致使流域上下游地区、跨省界地区矛盾突出。由多个相关部门共同承担流域生态保护和环境污染治理的任务,但各部门的责任和权限不明晰且各自施策,缺乏统筹规划和综合管理。部分流域尚未实施总体布局和科学调控,上下游地区之间难以进行密切沟通和协作,不能有效化解流域内各利益相关者在水生态环境治理方面的冲突<sup>[12]</sup>。

流域水生态环境治理中涉及各行政管理部门之间配合程度较低的问题,导致流域生态环境治理存在多头管理的局面。例如,流域排污收费、排污权交易等由生态环境部门执行,流域水资源利用和开发由水利部门管理,矿产资源补偿费、土地资源占用补偿费等由自然资源部门收缴和管理,这种多头管理既阻碍流域水生态环境集中治理,又不利于提高资金利用效率。

作为水生态环境治理主体的企业缺少外部激励,治理成本不能实现内部化,难以提高企业参与水生态环境治理的积极性。尽管流域上下游地区依据各自资源环境和社会经济条件分别采取相应的治理措施,但这种分散化的水生态环境治理成效存在局限。一些地区过度依靠行政手段开展水生态环境治理,忽视经济管理手段,不能促使上下游地区形成责任和利益共同体<sup>[13]</sup>。

### 2.2 区域水生态环境治理能力弱化

区域水生态环境治理的顶层设计与整体规划布局缺失,联动协调能力弱化。许多地区对水生态保护与修复的投入不足,未能落实已有规划中的水生态保护与修复措施,对规划方案也未进行细化,没有制定水生态保护与修复专项行动计划。

区域水生态环境治理目标制定未能与水生态环境质量改善效益评估、流域上下游地区生态环境治理绩效评估相衔接。随着资源约束趋紧,粗放型经济增长方式下规模化资源开发难度加大,投资边际效益递减,无法长期维持投资规模持续扩大的格局<sup>[14]</sup>。全国水生态环境治理基础设施薄弱、治理设备投入不足、治理工程建设进展迟缓。部分地区基础设施不能满足水生态环境治理的实际需要,尽管已经增加了生产和生活节水设施建设投入,但城乡管网漏损率依然没有明显下降。部分工业行业的生产工艺和重点环节耗水严重,万元工业增加值用水量保持较高态势。我国城市污水集中处理率逐年提高,但一些地区的农村乡镇却由于基础设施建设严重滞后而难以进行污水集中处理。部分工业园区由于没有建设配套的污水处理设施,成为水环境污染排放聚集区。

### 2.3 水生态环境治理制度功效有限

水生态环境治理制度建设滞后,难以有效执行。我国现有的部分法律法规与水生态环境治理相关,但这些法律法规的制定部门及侧重点不同,相关措施不能落实到位,因此执行难度较大,“河长制”“湖长制”虽已开始全面推行,但尚未形成良性运行体系,社会认知和接受程度亟待提高。水生态环境治理主体的投入严重不足,尚未在全流域形成完善的水生态保护责任制度<sup>[15]</sup>。没有建立水生态环境治理相关标准和规则规范,水生态保护和修复实践缺少指导依据和制度约束。

目前,我国流域生态补偿以政府财政转移支付方式为主,市场化补偿方式为辅,大部分地区市场化补偿处于探索实践中。流域生态补偿主体单一、补偿责权利不明晰、流域生态服务成本和收益分配不均,如果长期依赖于政府补偿模式,将导致

流域生态补偿的实施缺乏稳定性。流域生态补偿采取均一标准,容易导致客体受偿额度不足或超标。流域生态补偿制度执行力不强,补偿资金使用效率较低。生态补偿投融资渠道单一,补偿时长周期较短、补偿实施范围较小。许多地区生态补偿投入水平较低,少数地区的部分补偿资金来源于国际机构赠款、贷款和资助项目等。

## 2.4 流域水生态环境预警系统基础薄弱

我国水生态环境预警系统不健全,针对多数已实施工程中的水生态环境影响缺少定期监测和绩效评价。以流域为单元的水生态环境治理未得到重视,缺乏流域尺度上的整体治理布局。当前的水生态环境治理仅注重河道水体的集中治理,对水生态系统功能和水生生物生境的保护与修复重视不够,缺乏有效的生态保护和修复措施。没有将生态保护修复与生态用水量、水环境质量目标管理相结合。流域水生态环境风险预警和应急机制不完善,流域非重点功能区通常是水生态环境风险高发区域,以现有的流域管理能力很难覆盖到这部分区域,尚不具备应对全流域突发性水生态环境风险的响应能力。

重点流域水生态环境应急预警系统不完善,尚未建立有效的风险预警平台。流域水生态环境监测手段落后、应急处置能力较低,不能适应流域水生态环境治理的形势,部分企业超标排污问题未能得到及时有效遏制。沿江工业园区布局密集,化学品生产企业较多,特别是中上游地区承接下游地区潜在的污染产业转移,水环境污染风险加大<sup>[16]</sup>。

## 2.5 水生态环境治理监管力度不足

流域水生态环境治理的职责不明确,涉及地区各自为政。流域规划实施的监管力度不足,缺乏有效的管理手段,监管责任不到位。现有监管和执法体系不能满足新形势下水生态环境治理的实际需求,在一定范围内仍面临违法成本较低、执法成本较高的挑战。不能实时公开水生态安全信息,难以实行公众监督。社会参与机制不健全,公众参与水生态环境治理的积极性不高。

区域水生态环境治理的投入高于针对生态环境

保护的补偿,导致无法发挥流域生态补偿应有的激励效应,难以引导流域上游地区积极开展生态环境建设。流域生态补偿标准制定与补偿实施保障制度安排脱节,流域生态补偿方式可操作性较弱,一些地区在流域生态补偿实践中缺少全程监管和绩效考核。

## 3 推进水生态环境治理的对策建议

针对水生态环境治理的现实问题,需要以政府、企业、社区和公众等利益相关者为主体,开展水生态环境综合治理,推行全社会多元化投入,充分发挥政府主导、市场调控、全社会参与的作用。将水资源禀赋、市场条件和生态安全等方面统筹考虑,运用行政、技术和经济手段,提高生态用水效率,强化水污染防治,提升水生态环境治理体系和治理能力现代化水平。

### 3.1 构建水生态环境协同治理机制

改进水生态环境治理机制,打破条块分割的管理模式,优化相关部门职责配置,明确各自分工,推进部门协调联动,完善水务部门与相关部门的河湖生态环境治理综合执法制度,压实河湖长职责,充分发挥各级河湖长的作用。确立“维护河湖健康、共促人水和谐”的基本目标,将水生态保护与防洪、水力发电等进行统筹布局,正确处理上下游地区之间、河流与湖泊之间等水体生态用水和污染防治的关系,实现区域间权益平衡、集体与个体之间权益平衡。

切实保障区域生态用水量,严格控制主要水污染物排放量。改善水生态功能和水环境质量,有效减少过度开发建设对水生态系统造成的损害。制定流域废水污染物排放量控制规划,依据水环境容量和入河污染物限排控制要求,实行流域重点控制单元污染减排。明确流域上下游地区的管制范围,制定流域与区域相结合的水生态保护和水污染防治综合管理规划。优化产业结构和产品结构,采用清洁生产工艺,严禁新建、扩建污染严重的产业,停止在饮用水源地附近开展的所有生产活动。对于流域开发项目;必须执行节水减排制度,严格控制污染源增加,防止流域生态系统退化。



农业应将废水污染负荷较小、水土资源利用率较高作为产业选择的主要标准,从源头上对流域农业面源污染进行防控;工业对水资源和水环境的影响较大,因此占比不宜过高,应发挥流域自然资源优势,选择绿色生产企业,支持低耗水、低污染的项目;服务业的能耗和污染负荷较小,可依据区域要素禀赋进行优先选择。

### 3.2 改进水生态环境治理制度

深化水生态保护修复和水环境污染防治的制度安排,确立流域生态空间的功能定位,切实保护水源、湿地、森林等生态用地,提高流域生态产品供给,满足经济社会需求。减少自然资源消耗、降低流域资源开发强度,保证生产和生活水污染物排放量持续下降。坚守流域生态保护红线,明确将饮用水源保护区、湿地保护核心区等纳入流域生态保护红线区内。严格执行生态保护红线区管理制度,加大水源地保护力度,禁止在饮用水功能区主干流设置直接排水口,切实保障饮用水水质安全。

完善流域产业的环境准入制度,各产业区必须实现废水达标排放,严禁中下游地区落后产能向上游地区转移,促进区域产业绿色转型。实现流域资源开发与生态保护并行,禁止同类项目盲目重复建设。注重流域上下游地区、左右岸地区协作,强化区界缓冲地带水质管理。严格执行水污染物排放控制标准,对不符合清洁生产要求、未达到标准的建设项目坚决不予审批。对未能实现废水排放总量控制目标、未达到功能区水质标准的地区进行处罚整治。加强工业园区的规范建设,排放污染物不能达标的企业一律禁止进入园区。

### 3.3 引导多元主体参与水生态环境治理

政府、企业和公众需共同参与水生态环境治理,加强流域上下游地区政府部门之间配合,完善区域协商制度,签订多方协议,明确各方在水生态环境治理中的具体任务,共同承担流域生态保护和环境治理的综合成本,严格监控各行政区出入水口,确保水量供给和水质达标。加大水生态保护和水环境污染防治投入,推动城乡污水管网建设。强化流域水生态系统保护与修复,提高水资源利用效

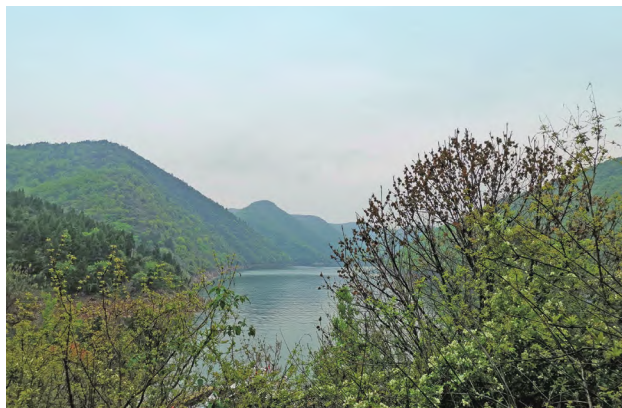
率,降低水环境污染负荷,最大程度减少生态环境损害。

对采取流域生态保护和环境治理措施的企业,可以实行减免税费、提供优惠贷款等;对水环境治理取得明显成效的地方政府,可以给予奖励和补贴;对损害流域生态环境的相关者,必须进行惩戒处罚。流域资源开发利用者和损害者应至少承担水生态环境治理费用,确保水生态环境损害成本不低于治理成本。加大资金和政策的支持力度,培育流域生态环境服务交易市场。开展水生态环境治理创新实践,促进水生态环境治理服务市场化。在推行政府购买生态环境保护服务的同时,注重政府投入与社会资本合作,鼓励第三方承担水生态环境治理任务。

### 3.4 实行流域生态补偿

根据流域水量和水质要求,明确流域上游和下游地区生态补偿的责任和权限。如果上游地区的水生态保护和水环境治理符合既定要求,可以为下游地区提供符合水量和水质标准的水源,那么下游受益地区必须对上游保护地区进行生态补偿。反之,如果上游地区不能按照要求提供符合标准的水源,就需要上游地区承担相应责任。同时,在增加流域上下游地区政府财政转移支付和专项资金补助的基础上,倡导市场化生态补偿,建立流域生态补偿服务平台。

合理确定流域生态补偿范围,当生态补偿范围较小时,生态服务供给者数量有限,流域受益群体明确,可以选择补偿主体与客体对接的方式进行直接交易。对于流域跨越多个省(自治区、直辖



市),生态补偿范围较大的情况,可以采取公共支付的方式在区域财政税收中提高生态补偿额度占比。流域上游地区政府主管部门应该依据生态损害程度和生态保护贡献权重,将获得的补偿资金分配给受损者和保护者。同时,也可以采用税收减免、政策优惠、项目扶持等方式对流域上游地区实行间接补偿。流域主管部门应按照流域水质改善和水量保证标准考核生态补偿项目实施进展,分析流域上下游地区生态补偿政策实施前后的损益变化。

### 3.5 推动水生态环境功能区建设

加强水生态环境功能区空间管理,明确区域水生态服务功能,从水生态系统整体性出发,坚持生态优先、自然恢复。开展专项整治行动,提升治理效能,加强区域节水和再生水循环利用,查验水生态环境功能区水量和水质,核定流域环境容量,对功能区水生态环境治理目标绩效进行综合评价。确定重要断面生态用水控制指标,推进河口地区和生态环境敏感地区的生态用水保障。严格审查入河排放口设置,制定沿江沿湖地区产业开发项目负面清单,控制流域污染增量,降低内源存量污染。实施水土流失防治、点源污染治理、河道清淤整治等工程,保护河湖连通性。以河湖生态系统功能保护和水质达标为目标,将水生态保护与水环境污染防治的具体任务分解落实到流域内各行政区。编制水生态资产负债表,评估水资源损减、水环境污染、水生态系统退化等非期望效益,建立水生态资产核算体系。

### 3.6 强化水生态环境治理监管

加强水生态环境功能区、省区界缓冲区、入河排污口、饮用水源地等重点区的水量和水质动态监控,开展跨界断面水质考核和生态用水量动态监管。运用卫星遥感、大数据、物联网等手段对河湖生态流量进行跟踪监测,设置水环境监测断面,对水污染物、水污染源和水环境介质实施统一监管。强化水生态环境常规监测、定点监测和实时监测,提高重要江河湖泊生态功能区、主要江河干流和一级支流省界断面水量和水质监测覆盖率。加强水生态环境治理监控、预警及应急处置等方面的能力建

设,提升水生态环境治理监管水平,形成流域与区域、产业之间互补联动的监控网络,实现监测信息共享。

### 参考文献

- [1] 高俊峰,张志明,蔡永久,等.水生态保护目标制定的理论与应用[J].生态学报,2022,42(14):5677-5691.
- [2] 霍守亮,张含笑,金小伟,等.我国水生态环境安全保障对策研究[J].中国工程科学,2022,24(5):1-7.
- [3] 邓宗兵,苏聪文,宗树伟,等.中国水生态文明建设水平测度与分析[J].中国软科学,2019(9):82-92.
- [4] 徐敏,秦顺兴,马乐宽,等.水生态环境保护回顾与展望:从污染防治到三水统筹[J].中国环境管理,2021,13(5):69-78.
- [5] 王建华,胡鹏.我国水生态文明建设内涵、评价标准与经验模式[J].中国水利水电科学研究院学报,2018,16(5):430-436.
- [6] 向婧怡,张红举,陈力,等.基于内容分析法的水生态文明概念及评价指标探讨[J].中国人口·资源与环境,2018,28(S1):169-175.
- [7] 高复阳,方晓萌.建立完善长江经济带水资源管理体制机制[J].中国国土资源经济,2019,32(12):12-16.
- [8] 徐海俊,秦鹏.流域立法视角下生态流量保障的制度供给:以长江流域为例[J].中国人口·资源与环境,2021,31(2):183-192.
- [9] 陈虎.分析生态管理视角下流域水环境功能规划[J].水利科学与寒区工程,2018,1(7):56-58.
- [10] 朱振亚,潘婷婷,杨梦斐,等.水生态文明建设背景下长江经济带水足迹变化研究[J].长江科学院院报,2021,38(6):160-166.
- [11] 牛玉国,王煜,李永强,等.黄河流域生态保护和高质量发展水安全保障布局 and 措施研究[J].人民黄河,2021,43(8):1-6.
- [12] 尚文绣,王忠静,赵钟楠,等.水生态红线框架体系和划定方法研究[J].水利学报,2016,47(7):934-941.
- [13] 孙才志,张智雄.中国水生态足迹广度、深度评价及空间格局[J].生态学报,2017,37(21):7048-7060.
- [14] 杨玉霞,闫莉,韩艳利,等.基于流域尺度的黄河水生态补偿机制[J].水资源保护,2020,36(6):18-23,45.
- [15] 刘陶.新时代长江流域水生态保护与修复研究[J].长江大学学报(社会科学版),2018,41(5):60-64,98.
- [16] 张远,高欣,林佳宁,等.流域水生态安全评估方法[J].环境科学研究,2016,29(10):1393-1399.