

Analysis and Control Strategies of the Impact of Integrated Watershed Planning Implementation on Aquatic Ecosystems

Xiaoli Sun

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

The comprehensive planning of river basins in Xinjiang has played an important role in optimizing water resources allocation and regional economic development, but its impact on aquatic ecosystems has become increasingly significant during the implementation process. Due to the already tight water resources in the region, coupled with a large number of water conservancy projects, river regulation, and agricultural expansion activities during the planning and implementation process, multiple ecological problems such as disorderly water ecological processes and fragmented habitats of aquatic organisms have been caused. This article takes typical watersheds in Xinjiang as the analysis object, systematically sorts out the main impact paths of watershed comprehensive planning on aquatic ecosystems, and proposes regulatory strategies from the aspects of ecological water use guarantee, ecological red line supervision, and collaborative governance mechanism based on the specific manifestations of current ecological degradation. The aim is to explore a feasible path to establish a balance mechanism between planning implementation and ecological protection, and provide scientific support and management basis for regional water ecological security in Xinjiang.

Keywords

Xinjiang Basin; Aquatic ecosystems; Comprehensive planning; Ecological impact; control strategy

流域综合规划实施对水生生态系统的影响分析与调控策略

孙晓丽

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘要

新疆地区流域综合规划在水资源优化配置和区域经济发展中发挥了重要作用,但其实施过程中对水生生态系统产生的影响日益显著。由于区域水资源本就紧张,加之规划实施过程中大量水利工程建设、河道整治与农业扩张行为,造成水体生态过程紊乱、水生生物栖息地破碎等多重生态问题。本文以新疆典型流域为分析对象,系统梳理流域综合规划对水生生态系统的主要影响路径,结合当前生态退化的具体表现,从生态用水保障、生态红线监管与协同治理机制等方面提出调控策略,旨在探索在规划实施与生态保护间建立平衡机制的可行路径,为新疆区域水生态安全提供科学支撑与管理依据。

关键词

新疆流域; 水生生态系统; 综合规划; 生态影响; 调控策略

1 引言

新疆地处中国西北干旱区,水资源分布极为不均,水生生态系统对流域管理干预高度敏感。近年来,随着流域综合规划的持续推进,新建水利设施与农业开发等工程活动显著改变了区域水文过程,水生生态系统在结构、功能与稳定性方面均遭受不同程度破坏。水生生物种群数量减少、水体连通性下降等问题频繁出现,已成为制约区域可持续发展的重要瓶颈。对流域综合规划实施对水生生态系统影响进行系统分析,并探索具备地方适应性的调控路径,具有重要的理论价值和现实意义,特别是在生态文明建设不断深化的背景下,

该议题亟需深入研究与科学干预^[1]。

2 新疆水系分布特征与水生生态系统现状

2.1 主要河流及流域划分概况

新疆地形复杂,以天山为界分为南北两大水系。北疆以额尔齐斯河、伊犁河等为主,水资源相对丰富;南疆属塔里木河流域,水源主要来自高山冰川融水和间歇性降雨。塔里木河是内陆河流,其流域面积广,干流长度长,是典型的季节性补给河流。部分支流存在断流现象,地下水补给作用显著。区域内水系整体呈分散状,流域功能涵盖灌溉供水、防洪排涝、生态涵养等多重任务,不同水系受区域地理、气候和人类活动影响形成不同的流域开发格局,水资源利用与生态承载能力之间的矛盾日益加剧。

【作者简介】孙晓丽(1983-),女,中国山东平度人,硕士,高级工程师,从事水利生态环境研究。

2.2 典型水生生态系统的类型与功能特征

新疆水生生态系统类型主要包括高山融水型河流、绿洲湿地、盐湖水体、湖泊沼泽等。高山河流多发源于天山、昆仑山冰川，水流湍急、水温低、生物群落组成独特。绿洲湿地为流域中下游汇流区域，生物生产力较高，维系区域生态稳定性。湖泊沼泽系统以博斯腾湖、乌伦古湖等为代表，栖息多种鱼类与水禽，对维持生物多样性发挥核心作用。这些系统具备水源涵养、水质净化、气候调节和生态屏障等综合功能，是新疆生态安全格局的重要支撑，具有较强的生态敏感性和脆弱性^[2]。

3 流域综合规划实施对水生生态系统的主要影响路径

3.1 水资源开发利用对水体生态过程的变化

新疆水资源时空分布极不均衡，大规模开发利用主要依赖地表径流与地下水提取。大量修建拦河坝、水库和引水渠，改变了天然河流的径流规律，导致生态流量减少，河道干涸和湖泊萎缩现象明显，水文节律被人为重塑。水体流速减缓降低了溶氧能力，加剧水体富营养化风险，进而影响浮游植物和底栖动物的种群结构。地下水超采引发地下水位持续下降，湿地补给能力削弱，造成绿洲边缘湿地面积缩减，生态系统自我调节能力下降，水生生物赖以生存的环境日益恶化，部分物种面临栖息地丧失风险。

3.2 河道整治与工程建设对生境结构的扰动

在流域综合规划中，为满足防洪、安全和供水需求，大量河道被直线化、硬质化处理，天然弯曲河段被切断，湿地洼地被填埋，原有的微地形、水体边界和水陆交错区遭到破坏。筑堤、清淤、疏浚等工程活动改变了底质结构，削弱了天然滞洪能力和沉积物调节作用，水体自净能力减弱。大型水利设施的兴建造成上下游水位差异增大，影响水生生物的洄游路径和繁殖周期，鱼类产卵场减少，底栖生物多样性下降。工程施工期的噪声、泥沙扰动和机械冲刷也使得原有生态空间破碎化，造成水生生态系统结构的系统性失衡。

4 新疆典型流域生态系统退化问题表现及成因剖析

4.1 干旱区水量调控导致的水体断流与湿地萎缩

新疆干旱区水资源天然匮乏，水量调控成为保障区域发展与民生的重要手段，但不合理的调控方式正在加剧水体生态退化。部分流域过度依赖上游水库蓄水，导致中下游河段常年断流，湿地系统失去持续补给，出现明显萎缩。水体断流不仅中断了地表水与地下水的水力联系，还使湿地周边的地下水位持续下降，植被退化趋势加快，生物栖息空间严重压缩。水文节律的紊乱影响了水生生物的繁殖和洄游过程，鱼类群落的种类和数量明显减少，生物链条断裂问题日益突出。长期断流还引发河床风蚀、扬沙天气增多，区域微气候稳定性下降，生态系统面临从局部退化向整体崩溃演变的

风险，水体生态功能难以恢复^[3]。

4.2 坝系工程运行引发生态连通性破坏

新疆区域内为实现水资源高效配置，兴建了大量梯级水库和引调水工程，形成以坝系为核心的水利调度体系。这类工程虽提高了用水效率和灌溉能力，但却严重破坏了河流生态连通性。上下游之间水量与水质衔接被人为截断，原有的水体循环模式遭受破坏，生物洄游通道中断，阻碍鱼类等迁徙物种的自然生殖过程。蓄水运用削弱了天然洪峰冲刷作用，导致沉积物累积、水道变窄，水生植物蔓延，水体交换能力下降。河道两侧水体与湿地之间的联通关系被打断，形成孤立水面，不利于水生生物种群的扩散与基因交流，生态系统整体适应性与恢复力减弱。坝体本身阻隔了物理空间和水文过程的连续性，使流域生态系统呈现出碎片化、异质化格局，长远看削弱了区域生态安全屏障。

5 流域综合规划中生态保护目标的调控路径

5.1 生态用水保障机制与分区调度策略设计

干旱区流域综合规划中必须将生态需水纳入水资源配置优先序列，通过建立生态用水保障机制，确保关键水生生态系统的生态水量需求得到持续供给。可依据不同生态功能区划设定生态水量基准，结合季节变化、水源条件和系统需求进行动态调度，形成适应性强的水资源分区管理体系。在多源调度系统中引入生态优先原则，通过水库调蓄、灌区节水和退水循环等技术手段，实现生态水量的时空优化配置。河道生态基流与湿地维持水量作为调度参数嵌入水资源管理模型，在干流与支流、上游与下游之间建立流量调节联动机制，提升生态流动性保障水平。调度策略应融合遥感监测、水文模拟与生态反馈评估结果，形成以生态维稳为导向的用水监管体系，图 1 为生态用水保障机制与分区调度策略流程。

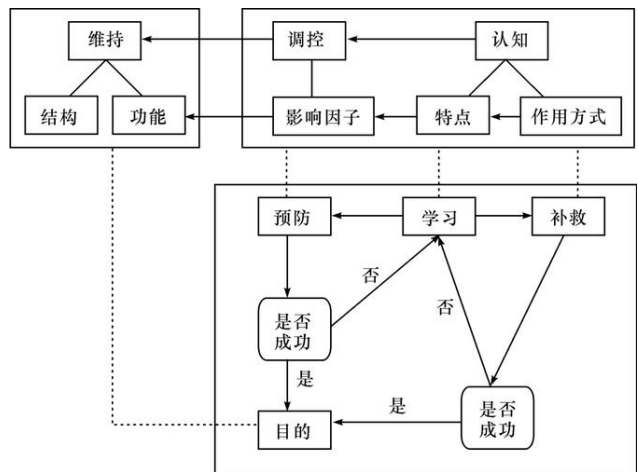


图 1 生态用水保障机制与分区调度策略流程

5.2 流域尺度生态红线的划定与监管技术

生态红线作为生态空间保护的重要工具，在流域规划中应以完整性、连通性与敏感性为核心要素进行科学划定。基于水文过程模拟、生态功能分区和物种栖息地识别等多维

数据,构建流域尺度生态安全格局识别模型,明确重点保护区域与恢复区域。在划定红线的同时应建立动态监管技术体系,依托遥感监测、地理信息系统与生态大数据平台,对生态红线范围内的土地利用变动、水体连通性和污染排放进行实时追踪。通过生态风险预警模型评估红线区域内生态扰动程度,对超载区域实施限建、限水等强制性管理手段。技术路径需融合现有自然资源监管系统,实现多部门数据共享和协同响应,推动生态红线由静态划定向动态管控转型,增强生态底线的可执行性与可持续性^[4]。

在划定生态红线的过程中,应构建“核心区—缓冲区—影响区”的梯度分区框架,细化管理单元,提升生态边界识别的空间精度。核心区以保护关键生态系统和物种栖息地为主,严禁任何形式的开发行为;缓冲区允许有限度的人类活动但需接受生态监管;影响区则需采取生态修复或生态补偿措施以减缓对红线区的压力。监管技术方面,应建立以卫星遥感数据为基础的多时相影像比对机制,实时掌握生态红线区内的环境变化趋势,结合无人机巡查与地面传感设备,实现空天地一体化监控。数据分析层面可引入生态模型对生态服务功能变化进行定量模拟,识别潜在风险源。监管系统应嵌入行政执法流程,构建违规行为自动识别与响应机制,推动“技术—政策—执法”联动。通过信息化和制度化手段协同发力,实现生态红线空间的刚性管控和动态调整,确保生态安全底线在流域尺度内的系统性落实。

5.3 生态补偿与协同治理机制的制度化推进

生态补偿机制在流域综合规划中承担着利益平衡与资源再分配的重要功能,可通过构建横向与纵向联动的制度框架,强化水生生态保护的激励约束手段。上游供水区域承担生态流量保障责任,下游受益区域需依据水生态服务价值设立资金回补机制,推动生态水权交易与绩效考核相结合的补偿方式。生态保护任务应纳入地方政府年度目标管理体系,引导财政投入与市场化机制协同发力。区域间协同治理需建立跨流域、多部门协调平台,统筹解决水量调配、污染控制与生态修复等问题,构建统一规划、分级管理、共担责任的流域治理格局。制度设计应强化法治保障,通过生态指标量

化、结果评估与责任追溯机制,提升补偿政策实施效能,为流域生态保护目标的实现提供制度支撑和执行保障。

补偿机制的有效运转依赖于健全的价值核算体系与资金流转机制,需将生态服务功能转化为可计量的经济指标,作为区域补偿额度的重要依据。在实施路径上,可构建生态水权交易平台,推动水资源与生态价值的市场化流通,激励水资源节约与生态保护的正向行为。补偿资金可通过财政转移支付、生态专项基金、受益区缴纳等方式多渠道筹集,确保补偿供给的稳定性与持续性。治理机制方面,应设立流域生态保护领导小组和联席会议制度,明确各级政府职责边界,压实属地责任。信息化手段的引入,如遥感监测、卫星数据分析和智能调度系统,可提升补偿绩效的可视化与精细化水平。制度推进还需与区域经济发展战略相融合,鼓励绿色产业与生态保护项目联动发展,构建生态优先、系统治理的政策格局,实现补偿机制与协同治理的深度融合和制度化运行。

6 结语

新疆流域综合规划在推动区域发展与资源配置优化的同时,对水生生态系统带来了深刻影响。生态系统结构退化、功能弱化与连通性破坏问题逐渐显现,亟需在规划实施中强化生态约束机制与修复技术集成应用。通过构建生态用水调度体系、划定生态红线、推动制度化补偿机制与系统性修复工程,可以有效缓解水生生态系统退化趋势,提升区域生态韧性与可持续发展能力。未来规划需更加注重生态目标的量化评估与动态调整,确保水资源开发与生态保护协同并进。

参考文献

- [1] 陈红川,李江,郑刚,王露阳,张叶,穆振侠.塔里木河流域近期综合治理规划实施效果评价[J].水利规划与设计,2023,(10):6-10.
- [2] 李光华.拉林河流域开发利用与水资源管理[M].中国水利水电出版社:202309.
- [3] 陈伟.诺敏河流域开发利用与水资源管理[M].中国水利水电出版社:202309.
- [4] 蒋典成.鱼洞河流域污水综合治理规划和实施措施[J].皮革制作与环保科技,2022,3(04):121-124.