

Study on water environment evolution and ecological response in typical inland river basins of Xinjiang

Zhiyang Guo

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

Abstract

The typical inland river basins in Xinjiang hold unique research value in water resource management and ecological protection in arid regions. The evolution of the water environment is not only driven by climate change but is also deeply influenced by human activities. In recent years, runoff, groundwater levels, and water quality indicators have exhibited significant fluctuations, intensifying the contradictions between water supply and demand. River ecosystems have shown sensitive responses to environmental changes, with aquatic communities undergoing structural adjustments, vegetation distribution patterns shifting, and ecological functions weakening, which have become prominent ecological issues. Agricultural irrigation, industrial development, and urban expansion exert compounded pressures on the water environment, while hydraulic engineering regulation further accentuates the conflicts between water allocation and ecological demands. Against the backdrop of high-quality regional development and ecological civilization construction, systematically exploring the mechanisms of water environment evolution and ecological responses, and proposing integrated measures such as water resource regulation, pollution control, and ecological restoration, can provide scientific support and practical pathways for the sustainable development of inland river basins in Xinjiang.

Keywords

inland river basin; water environment evolution; ecological response; water resource management; sustainable development

新疆典型内陆河流域水环境演变与生态响应研究

郭志阳

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

新疆典型内陆河流域在干旱区水资源管理与生态保护中具有独特研究价值,其水环境演变不仅受到气候变化的驱动,还深受人类活动干预的影响。近年来,径流量、地下水位以及水质指标呈现出显著的波动特征,水资源供需矛盾不断加剧。河流生态系统对水环境变化表现出敏感响应,水生生物群落结构调整、植被分布格局变化以及生态功能弱化成为突出的生态问题。农业灌溉、工业发展与城镇扩张对水环境造成复合压力,加之流域水利工程的调控作用,使得水量分配与生态需水之间的矛盾进一步突出。在区域高质量发展和生态文明建设背景下,系统探讨水环境演变与生态响应机制,提出水资源调控、污染治理及生态修复等综合措施,能够为新疆内陆河流域的可持续发展提供科学支撑与实践路径。

关键词

内陆河流域; 水环境演变; 生态响应; 水资源管理; 可持续发展

1 引言

新疆典型内陆河流域位于干旱与半干旱区,其水环境与生态过程高度脆弱,对区域社会经济发展与生态安全具有重要意义。河流在自然条件和人类活动共同作用下,水量与水质发生复杂变化,影响了水生生态系统的稳定性。随着全球气候变化加剧和人类利用强度增加,流域径流时空分布不均、地下水位持续下降、水体污染加剧等问题日益突出。这些环境变化直接作用于河流生态系统,导致生物多样性下降、植被退化和生态功能弱化,对区域绿洲农业、牧业及

城乡发展形成制约。在国家推进生态文明建设和新疆高质量发展的战略背景下,深入研究流域水环境演变规律及其生态响应机制,对于科学制定水资源调控政策、开展生态修复和实现流域综合治理具有重要价值。本研究旨在通过多维度分析,揭示水环境变化与生态系统互动关系,为流域可持续发展提供理论依据与实践参考。

2 新疆典型内陆河流域水环境演变特征

2.1 径流量变化及水文过程特征

新疆典型内陆河流域的径流量长期受降水格局、冰雪融水及人类活动的共同调节,呈现明显的季节性和年际波动。春季冰雪消融带来丰水期,而夏季高温蒸发则加剧了流失,导致径流峰值与枯水期差异显著。流域内部分干支流因

【作者简介】郭志阳(1995-),男,中国新疆乌鲁木齐人,本科,从事水利工程环境影响评价、环保设计研究。

气候波动和用水强度增加出现断流现象,使得水文过程更趋复杂。地表径流在空间分布上表现为山区径流补给显著,而下游干旱区水量逐步减少,形成“上游丰水、下游缺水”的格局。长期观测表明,径流过程受极端天气事件影响逐年加深,洪峰集中度升高,低流量持续期延长,增加了水资源调配和生态维持的不确定性。

2.2 水资源时空分布差异与利用格局

新疆内陆河流域水资源在时空分布上存在显著差异。山地冰雪融水与高山降水是主要补给来源,但集中在夏季与初秋,形成资源时段性富集与枯竭并存的特点。空间上,山区水量相对丰富,下游绿洲与荒漠地带则严重短缺,水资源供需矛盾突出。随着农业灌溉规模扩大,流域水资源利用格局逐渐向灌区倾斜,农田耗水占总用水量超过七成。城镇化与工业发展加大了对水源地的压力,使有限水资源进一步分散,导致地下水超采与生态退化问题。水资源调度过程中,上游与下游、农业与生态、生活与工业之间的竞争关系复杂化,如何在空间差异中实现合理分配成为流域可持续发展的关键。

3 新疆典型内陆河流域水质演变趋势

3.1 地表水水质的时序变化规律

新疆典型内陆河流域的地表水水质在时间序列上呈现出显著的季节性差异与年际波动。丰水期径流量充沛,水体稀释作用增强,氮磷等营养盐浓度相对较低,溶解氧水平保持在较高值,整体水质状况优于枯水期。枯水期水量锐减,河流自净能力下降,污染物浓度升高,化学需氧量和总氮总磷指标出现超标现象,部分河段水质等级下滑,尤其是农业灌溉区的农药化肥径流与城市生活污水的持续输入,使得枯水期污染问题更加突出。水质的季节性变化与用水格局密切相关,反映出水环境承载力逐渐趋紧,对生态系统稳定与居民生活安全构成了持续压力。

3.2 地下水水化学特征与演变机制

地下水在新疆典型内陆河流域的供水体系中占据重要地位,其水化学特征表现出显著的空间分异和长期演变趋势。山区补给带地下水矿化度较低,以碳酸氢盐型为主,水质清洁,适宜饮用与生态补给。而在下游绿洲及荒漠地带,地下水长期受农业回灌和过度开采影响,硫酸盐型和氯化物型水质占比逐渐升高,矿化度普遍超过 1.5g/L,部分区域甚至达到 3g/L 以上。地下水的劣化趋势还导致农田灌溉水质恶化,土壤盐碱化问题加剧,形成了水化学演变与生态退化的耦合效应。这一过程显示,水文条件与人为利用在地下水环境演变中叠加作用明显,治理难度持续上升。

3.3 污染源输入与水质指标变化关系

新疆典型内陆河流域水质变化与污染源输入密切相关,农业、工业和生活污水的叠加排放构成主要压力。农业生产中氮肥施用量超过每公顷 350 公斤,导致总氮浓度在灌区

河段显著升高,枯水期部分监测点超过地表水Ⅲ类标准限值的 2 倍。畜牧业废弃物排放增加氨氮与有机物负荷,使化学需氧量波动幅度加大。工业废水在重金属方面贡献明显,铅、镉在下游河段沉积物中累积速率提升了 30%,表现出明显的空间富集特征。城镇生活污水排放量近十年增长了 50%,使得河流中生物需氧量长期处于高水平。污染源输入强度与水质指标之间呈现出高度相关性,不同类型污染物在不同区域的叠加效应进一步恶化了水体质量。长期监测数据表明,水质劣化趋势与人类活动的强度高度一致,凸显了污染防治在流域水环境治理中的关键地位。

4 新疆典型内陆河流域水生态系统响应

4.1 水环境演变对河流生态结构的影响

新疆典型内陆河流域的水环境演变深刻改变了河流生态结构。径流量的减少与季节性断流使得水域连续性遭到破坏,鱼类洄游路径受阻,群落结构趋于单一。水质恶化导致水生植物生长空间缩小,部分沉水植物数量锐减,优势种逐渐转向耐污物种。河道缩窄与湿地面积减少削弱了水体的自然净化功能,使生态系统自我调节能力下降。长期来看,河流生态结构由稳定多样逐渐转向脆弱单一,生态系统功能弱化。栖息地破碎化进一步加剧了物种分布不均衡现象,水禽数量下降趋势明显,河岸带生物群落失去多样性。河流生态系统的这种退化过程在干旱区尤为敏感,直接关系到区域绿洲农业和人类社会的发展安全,对未来水资源调度与生态保护提出了更高要求。

4.2 水生生物多样性变化与群落重构

流域水生生物多样性在水环境演变中呈现出明显下降趋势。监测数据显示,部分河段鱼类种类由 20 种下降至不足 10 种,水生昆虫与浮游生物种群也出现锐减。水体富营养化导致藻类快速繁殖,占据了原有生态位,抑制了其他水生植物的生长。水生动物群落中,耐低氧、耐污染的物种逐渐占据优势,原有珍稀鱼类和两栖动物逐步消失,生物多样性丧失的速度加快。群落重构的过程反映了环境选择压力的作用,种群间关系由竞争向排他性演替发展。随着生境破坏,河岸带湿地鸟类的数量锐减,生态链的稳定性下降。水生生物多样性的削弱不仅破坏了生态系统的完整性,还降低了生态系统抵御环境变化的能力,使流域生态安全面临更大挑战。

4.3 植被格局与水文生态过程耦合关系

流域植被格局与水文过程高度耦合,水环境演变直接影响植被生长与分布。上游径流量减少导致河岸带植被覆盖率由 70% 下降至不足 50%,绿洲区农田灌溉过度使得地下水位下降超过 2 米,湿地萎缩面积达到 5000 公顷。植被退化削弱了水分保持与土壤固碳能力,蒸散量增加使水循环失衡。荒漠化扩展速度在过去 20 年提升了 30%,绿洲边缘地区植被斑块化明显,生态格局趋于破碎。不同植被类型与水

文条件之间存在显著响应关系,湿生植物数量随水位下降减少了60%,耐旱植物则快速扩张,导致群落结构单一化。植被格局的变化反过来影响了水文过程,减少了水体入参与涵养功能,使流域生态系统面临恶性循环的风险。

5 新疆典型内陆河流域生态保护与管理策略

5.1 水资源合理调配与生态需水保障

新疆内陆河流域水资源调配与生态需水保障是生态保护的核心任务。流域农业灌溉占总用水量的70%以上,极大压缩了生态需水空间。通过实行分区分级管理和流域一体化调度,可以实现上游供水与下游生态用水的动态平衡。科学确定生态需水量,保证河道基本流量与湿地补水频率,是维护生态系统稳定性的必要措施。优化灌溉制度与节水技术的推广能够在不影响农业生产的前提下提高水资源利用效率,为生态留出更多空间。建立水权交易与补偿机制,通过政策引导实现生态需水保障,为流域生态系统修复提供长效支撑。水资源调配的合理性将直接决定流域生态环境改善的速度和可持续发展的可能性。

5.2 污染防治与水质改善措施

流域污染防治与水质改善需要从源头控制和过程治理两方面入手。农业面源污染是主要来源之一,化肥与农药施用量持续增加导致氮磷负荷偏高,控制施肥总量和推广滴灌等精准灌溉方式能够有效降低面源污染强度。工业与城镇污水排放在局部区域集中度较高,部分河段化学需氧量超过标准值的2倍,必须强化污水处理设施的运行与监测,推动废水循环利用。地下水污染的防治需加强监测与预警,减少高污染企业在地下水补给区的布局。水质改善过程中,湿地修复和生态缓冲带的建设可通过自然净化功能降低污染物浓度。综合治理措施的实施有助于提升水环境质量,为生物多样性恢复和生态系统健康运行创造条件。

5.3 生态修复与流域综合管理路径

流域生态修复与综合管理必须依托系统化治理思路。过去20年流域湿地面积缩减超过40%,荒漠化面积扩展达到1.5万平方公里,生态修复的紧迫性不断加剧。通过实施退耕还湿、河岸带植被恢复和流域湿地补水工程,可以有效提升水文连通性与生态服务功能。综合管理路径需结合水资源调度、水质改善与生态修复,构建跨区域、跨部门的协调机制。流域综合管理体系中,生态补偿机制能够促进上下游利益协调,保障生态修复的长效性。建立长期监测网络,利用数据驱动的管理方式提高治理的科学性。流域综合治理不

仅需要政策支持,还依赖社会参与,形成多元共治格局,从而推动水环境改善与生态系统稳定的协同发展。

5.4 流域监测预警体系与协同管理机制

新疆典型内陆河流域的水环境保护与生态治理需要依托完善的监测预警体系和协同管理机制。流域生态过程复杂,水量、水质和生态系统状态受自然因素与人类活动双重驱动,建立覆盖水文、水质与生态要素的多层次监测网络是实现科学治理的基础。通过遥感监测、自动化水质传感器与地下水动态观测站的协同运行,可以实现数据的实时采集和长期积累,为环境变化趋势判断提供依据。在数据基础上构建预警模型,利用历史监测与实时信息开展风险评估,对可能出现的水质恶化、地下水超采及生态退化进行提前响应。协同管理机制的建立则需跨区域、跨部门联合行动,上下游统筹调度水资源,农业、工业和城镇协调控制用水和排污。通过信息共享、责任分担和政策联动,实现多方共治格局,从而提升流域整体生态安全水平与可持续治理能力。

6 结语

新疆典型内陆河流域的水环境演变与生态响应过程体现了干旱区自然条件与人类活动交织作用的复杂性。径流波动、水质下降与生态退化相互耦合,使得流域生态系统承载力不断减弱。河流断流、植被退化与生物多样性丧失的现象表明,水环境问题已成为制约区域可持续发展的突出矛盾。在推进生态文明建设与高质量发展的战略背景下,加强水资源合理调配、控制污染源输入、修复生态系统已是刻不容缓。通过综合治理与科学管理,可以实现水环境改善与生态功能恢复的双重目标,为新疆内陆河流域的绿色发展提供保障。这不仅关系到流域社会经济的长远利益,也关系到区域生态安全和人居环境质量的根本提升。

参考文献

- [1] 阿地里江·奴尔买买提,杨文聪,合斯来提·艾买提,段军邦,杨汉波.多水库联调与动态修正方法研究:以叶尔羌河流域为例[J].水利水电技术(中英文),
- [2] 徐文韬,杜永军,张衡,田浩,柴文光,李小龙,贾伟康,杨广.干旱内陆河流域典型荒漠生态系统水热通量变化特征及影响因素[J].干旱区研究,
- [3] 李新博.基于分布式水文模型的新疆典型内陆河流域径流演变规律研究[D].导师:降亚楠.西北农林科技大学,2025.
- [4] 谈华音.内陆河流域湿地保护与恢复面临的问题及对策[J].农村科学实验,2025,(03):45-47.