

水资源开发利用强度对河湖生态基流的影响

侯靓萱

温宿县台兰河水资源站, 新疆 温宿 843100

[摘要]河湖生态基流是维系水生态系统结构与功能的底线流量。随着人口增长和经济发展, 农业灌溉、工业及生活取水规模持续扩大, 闸坝、水库等控制性工程密度显著增加。这些因素共同构成了高强度水资源开发利用格局, 深刻干扰了河流天然水文节律。本文以台兰河为研究对象, 系统分析了人工引水强度跃升对河道生态基流的影响。在此基础上, 提出合理设定开发强度阈值、将生态基流保障刚性纳入水工程生态调度、强化监测预警与河道外取用水管控等对策, 以期干旱区河湖生态保护与水资源可持续利用提供科学依据。

[关键词]水资源开发强度; 生态基流; 水文情势; 减水河段; 生态调度; 台兰河

DOI: 10.64635/ja.2026.1360

中图分类号: TV213.4

文献标识码: A

The Impact of Water Resources Development and Utilization Intensity on Ecological Base Flow in Rivers and Lakes

Hou Liangxuan

Tailan River Water Resources Station, Wensu County, Wensu, Xinjiang 843100, China

Abstract: Ecological base flow in rivers and lakes is the minimum flow required to maintain the structure and functions of aquatic ecosystems. With population growth and economic development, the scale of water withdrawal for agricultural irrigation, industrial production, and domestic use has continued to expand, while the density of control projects such as sluices, dams, and reservoirs has increased significantly. Together, these factors have formed a pattern of high-intensity water resources development and utilization, profoundly disrupting the natural hydrological rhythms of rivers. Taking the Tailan River as the research object, this paper systematically analyzes the impact of the sharp increase in artificial water diversion intensity on ecological base flow in river channels. On this basis, it proposes countermeasures such as reasonably setting thresholds for development intensity, incorporating rigid ecological base flow guarantees into the ecological operation of water projects, and strengthening monitoring, early warning, and control over off-channel water withdrawal. The study aims to provide a scientific basis for ecological protection of rivers and lakes and sustainable utilization of water resources in arid regions.

Keywords: water resources development intensity; ecological base flow; hydrological regime; reduced-flow river reaches; ecological operation; Tailan River

引言

阿克苏地区温宿县境内的台兰河属天山南坡典型冰雪融水与降水混合补给型内陆河, 地表水资源开发程度本已较高。随着温宿县国民经济快速发展, 灌溉面积持续扩大, 河道外用水需求逐年攀升。自 2023 年起, 流域内先后建成台兰河洼地水库引水闸、共青团农场龙口闸及阿库木引水枢纽三座拦河工程, 人工引水能力大幅增强, 对河流水文情势产生了深刻影响——上游出现连续性减水河段, 农业灌溉、工业与城镇生活用水大量挤占生态环境用水, 城乡发展与生态保护的用水矛盾日趋尖锐。可见, 水

资源开发利用强度已成为驱动河湖生态基流退化的关键因子。系统揭示高强度取用水与水利工程调控对生态基流的影响机理, 合理调控开发强度, 对于恢复干旱区河湖生态功能具有重要的理论与现实意义。

1 研究区概况

1.1 自然地理与水文特征

台兰河发源于天山托木尔峰南坡, 自北向南流经山前冲洪积扇与绿洲平原, 最终消散于塔里木盆地荒漠区, 干流全长约百余公里。流域地势北高南低, 海拔落差悬殊, 山区段河谷深切、水流湍急, 出山口后河道展宽, 坡降趋

缓。河流以冰雪融水与夏季降水混合补给为主，多年平均径流量相对稳定，但季节分配极不均衡——夏季消融期水量丰沛，占全年径流量的绝大部分，春、秋两季流量锐减，冬季则因封冻和补给中断近乎断流。这种天然水文节律的剧烈波动，使河流生态系统对水量的时序分配高度敏感。

1.2 水资源开发利用格局演变

台兰河流域是温宿县核心农业生产区和人口聚居区，灌溉农业历史悠久。近二十年间，随着耕地面积扩大、工业园区兴建及城镇人口增长，流域用水结构发生显著变化，地表水引水率持续攀升，河道外用水量日益增长。自2023年起，台兰河洼地水库引水闸、共青团农场龙口闸及阿库木引水枢纽三座拦河工程先后建成投运，形成对干流径流的梯级调控格局。三座闸坝显著增强了流域引水能力与调蓄弹性，使人工引水率跃升至前所未有的高度，大量水流被引入灌区渠系或水库调蓄，河道内生态用水空间被急剧压缩。与此同时，灌区高效节水改造虽在局部提升用水效率，但渠道衬砌和地下水压采也减少了灌溉回归水对河道的补给，间接削弱了非灌溉期河流的基流维持能力。上述变化清晰勾勒出一条水资源开发利用强度持续攀升的轨迹，为分析其对生态基流的影响提供了典型样本。

2 水资源开发利用强度对生态基流的影响

水资源开发利用强度是一个复合概念，既包括取用水量占天然径流的比重，也涵盖水利工程对径流过程的重塑能力。其对生态基流的影响，可从“量的挤占”与“过程的扰动”两个维度加以解析。

2.1 高强度取用水对生态基流的直接挤占

干旱区内陆河流域天然产流能力有限，水资源存量本底脆弱。当农业灌溉、工业及生活取水规模持续扩张，河道外用水占比不断攀升时，首先受到冲击的便是河道内生态环境用水。台兰河流域灌溉需水高峰（春灌期）与河流枯水期高度重叠，三座拦河枢纽的建成使引水能力大幅增强，大量河水被引入灌区，下游河道流量急剧衰减。当取水强度超出天然来水的某一阈值，河道即进入“功能性干涸”状态——河槽中虽或仍有浅层洼地积水，但连续性流动中断，生态基流已然丧失。这种挤占效应在时间上呈现为“需水即取、丰枯无别”的模式：汛期引用多余水量蓄于水库，枯期优先保障灌溉与城乡供水，河道流量被压缩至工程设计允许的最低值，甚至低于维持河流基本生态功能所需的下限。

2.2 水利工程调控对水文过程的扰动

在量的挤占之外，水利工程还通过对径流时序的重新

分配，导致河流天然水文节律发生根本性改变。水库蓄丰补枯的运行模式实际上是对年内水文过程的“削峰填谷”——汛期拦截洪水，下游流量脉冲消失；枯季增大下泄，天然枯水期原本平稳的低流量过程被人为调节的泄水所替代。闸坝的阻隔作用进一步切断河流的物质与能量连续性。台兰河上三座拦河枢纽使干流被分割为若干相对独立的水文单元，上游自然河段经引水后演变为减水段或脱水段，其水文情势由取水闸门启闭和水库调度规则决定，而非天然降水—产流机制。长期运行下，减水河段内水深、流速、水面宽等水力参数均呈退化趋势，河流丧失自然扰动下维持河床形态、输送泥沙与营养物质的能力，生物栖息地质量显著下降。

2.3 地下水超采与回归补给中断的间接效应

在地表水高强度开发的同时，流域地下水开采量亦屡创新高，部分地区地下水埋深持续下降。自然状态下，枯水期河道基流部分来源于地下水的泄出补给。大规模地下水超采降低了区域地下水位，削弱乃至切断了地下水向河流的补给梯度，生态基流的自然补给源受损。同时，灌区输水渠道的全面衬砌防渗，减少了灌溉回归水的下渗量，也削弱了对河流侧向潜流的补充。间接补给路径的萎缩，使非引水期河道流量更趋枯竭，生态基流保障的脆弱性进一步加剧。

3 台兰河生态基流调控措施

3.2 控制性工程生态流量调度体系

面对水资源高强度开发导致的生态基流危机，台兰河流域已初步建立起以生态流量泄放为核心的工程调度体系。目前，水资源调度由温宿县水利局统一管理，阿克苏地区水利局作为主管部门履行监管与考核职责，台兰河引水枢纽国电拦河闸、台兰河洼地水库引水枢纽、共青团农场龙口闸及阿库木引水枢纽等管理单位负责执行生态流量泄放。各控制断面均明确了生态流量目标值。台兰河引水枢纽国电拦河闸按非汛期和汛期分别下泄生态基流，通过泄洪冲沙闸全年全天连续放水，冬季生态水量由电站退水渠退入河道。台兰河洼地水库引水枢纽按照枯水期、汛期及全年的生态水量执行。共青团农场龙口闸及阿库木引水枢纽因存在河道断流情况，生态水量集中安排在汛期下泄，可足月足天小流量下泄，也可大流量短时下泄，以满足下游河道生态环境基本需水要求。这一调度体系的核心逻辑在于：在高强度开发不可完全逆转的现实约束下，通过设定刚性泄放标准，为生态基流留存最低限度的生存空间。

3.3 河道外取用水管控

河道外经济社会用水是挤压生态基流的主要驱动力。为扭转“先取后余、生态无保”的被动局面，温宿县水利局和台兰河农业灌溉供水有限公司严格按照自治区水利厅《关于印发新疆用水总量控制方案的函》（新水函〔2018〕6号）等相关文件规定，落实“三条红线”水量管控目标。在运行规程中明确规定：引水时必须优先保证生态流量目标值达标下泄，余水方可用于河道外取用水。如遇枯水年，灌区各单位年度用水计划按比例核减，而生态基流按照确定的最小值刚性保障；遇丰水年，多余水量优先用于补充生态用水。这一制度设计将生态基流的优先序从软性倡导提升为硬性约束，实则是以行政手段对开发利用强度设置“天花板”。

3.4 生态流量监测与预警体系

高强度开发下的生态基流保障，依赖于及时、准确的监测信息反馈。台兰河流域已构建覆盖五个监测断面——台兰河引水枢纽国电拦河闸、台兰水文站、台兰河洼地水库引水枢纽、共青团农场龙口闸、阿库木引水枢纽。在台兰河引水枢纽国电拦河闸，需新设置的流量监测仪；台兰水文站断面进行流量、水文、流速的监测；台兰河洼地水库引水枢纽断面可采用雷达波测流仪进行生态流量的测量；在共青团农场龙口闸和阿库木引水枢纽均已设置自动监测设备，可使用雷达波测流量。

为强化预警响应，台兰河建立三级预警机制。生态基流控制断面按目标值的 120%~110%、110%~100%和小于 100%分别设置蓝色、黄色和红色预警；生态水量控制断面按序时累积水量的 90%、90%~80%和小于 80%分级预警。发布蓝色预警时，通过加大工程泄放、合理控制河道外生产用水等措施响应；橙色预警时，实施工程应急调度；红色预警时，启动更为严格的工程调度和用水管控，必要时实施补水措施。这一预警体系的实质，是通过实时监测数据捕捉开发强度超标信号，在生态基流彻底丧失前触发干预行动。

4 水资源开发利用强度的调控策略

4.1 合理界定流域开发强度阈值

保障生态基流的前提，在于从规划层面划定水资源开发利用的上限。应以河流水文—生态响应关系为基础，建立不同水情条件下的生态基流目标体系，据此反推取用水的可利用量，明确不能再突破的开发强度红线。对于已超出合理阈值的水量，通过调整种植结构、压减高耗水作物面积、提高灌溉水利用系数等方式逐步退减，将“挤占”

的水量归还于河道。在台兰河，须统筹考虑天然水文节律维持需求与灌区粮食生产安全，科学核算各行业用水总量控制指标，使开发强度回归河流生态系统可承受的范围之内。

4.2 深化水工程生态调度

改变已建闸坝单一服务于防洪与兴利的运行模式，将生态基流保障作为调度的刚性约束条件。四座控制性工程需协同制定分时期、分河段的生态调度方案：主汛期结合防洪安全下泄适度规模的脉冲流量，模拟天然洪水过程，重塑河床形态和洪泛区生态功能；灌溉期实行“以水定灌”，确保闸坝下泄流量不低于生态基流管控要求；非灌溉期和枯水年份，优先保障河道不断流，严格控制断面下泄水量。同时，探索闸坝错峰调度、渠库联调等精细化管理手段，使下泄过程尽可能接近自然流量模式，减缓水利工程对水文过程的均化效应。在此过程中，需健全由阿克苏地区水利局统筹、温宿县水利局执行、各管理单位落实的三级责任体系，确保调度指令不折不扣执行。

4.3 强化监测监管与评估考核

建立覆盖台兰河干流关键断面的生态流量在线监测系统，对流量、水位进行实时采集与动态预警，确保生态基流泄放数据公开透明、可追溯。将生态流量保障情况纳入流域管理机构与地方行政考核体系，明确闸坝运行单位的生态用水保障责任，对未达到生态流量要求的实行限批限排等约束性措施。进一步完善取水许可制度，将生态基流保障作为取水审批的前置条件，定期评估流域开发利用强度与生态流量的动态适应状况。在工程运行 3~5 年后，系统性评估生态流量保障综合效果，检验目标合理性并为调度方案优化提供依据。

4.4 推动“三生”用水协同共治

解决生态基流不足问题，不能仅靠水利工程调度单方发力，还需在更高层面统筹生产、生活、生态用水关系。在台兰河流域，应以水定城、以水定地、以水定产，将水资源承载力作为经济社会发展的刚性约束。通过优化种植结构、推广抗旱品种，从源头降低农业用水刚性需求；深化工业园区节水技术改造，统筹优化城镇供水管理，全面提升工业、生活用水利用效率；在流域尺度开展水权确权与交易，通过经济激励引导用水户向生态用水转让部分水权。此外，应落实“河长制”在生态水量保障中的统筹协调作用，由阿克苏地区水利局履行监管主体责任，推动形成上下游、左右岸、兵地之间协同共治的格局。

5 结束语

本文以台兰河为例，系统剖析了水资源开发利用强度

对河湖生态基流的影响路径与作用机制。研究表明,干旱区内陆河流域在地表水高强度取用和闸坝密集调控的双重压力下,生态基流同时承受着“量”的直接挤占和“过程”的深度扰动。未来研究应结合高时间分辨率的水文—水生态同步监测数据,量化不同开发强度下生态基流与生物响应的阈值关系,开发水文—生态耦合模拟模型,为流域尺度生态调度的精细化提供更强的科技支撑。同时,研究范围还可拓展至天山南坡更多内陆河流域,揭示不同类型水利工程组合运行下生态基流响应的共性与差异,为干旱区水资源与生态系统的协调发展提供更丰富的科

学依据。

[参考文献]

- [1]侯璐瑶,张强,陈晓宏.河流生态流量的内涵与计算方法研究进展[J].生态学报,2019, 9(15): 5383-5392.
- [2]张金良,刘昌明,王光谦.河湖生态流量确定与管理研究进展[J].水科学进展,2020,31(3): 481-491.
- [3]夏军,石卫,李宗礼.生态需水理论与方法的研究进展[J].水利学报,2015,46(6): 677-683.

作者简介:侯靓萱(1992.04—),女,汉族,陕西渭南人,本科学历,工程师,研究方向为水资源、水生态。