

克里雅河流域唯一控制性工程的水资源联合调度与生态补水策略研究

汪茂林

新疆维吾尔自治区塔里木河流域吉音水利枢纽管理中心, 新疆 和田 848409

DOI:10.61369/ETQM.2026020032

摘 要 : 克里雅河作为塔里木河的重要支流, 其流域生态系统对水资源变化极为敏感, 而流域内唯一的控制性水利工程在水资源配置中起着关键调蓄作用。在农业灌溉、生态保护和城镇发展多重用水需求背景下, 如何通过科学调度实现资源优化配置与生态系统稳定维持, 成为当前亟需解决的重要问题。本文以克里雅河流域为研究对象, 系统分析流域水资源时空分布特征、多类型用水结构及控制性工程的调蓄能力, 识别生态补水的关键区域、需水组成与时序规律。在此基础上, 构建水资源调度与生态补水的协同调控框架, 提出生态优先序下的多目标调度策略, 结合流域治理实际, 提出了协同调度实施的组织体系与运行机制建议。

关 键 词 : 克里雅河流域; 水资源调度; 生态补水; 协同管理

Research on the Integrated Management of Water Resources and Ecological Water Supply Strategy for the Only Controlled Project in the Keliya River Basin

Wang Maolin

Jiyin Water Conservancy Control Center, Tarim River Basin, Xinjiang Uygur Autonomous Region, Hetian, Xinjiang 848409

Abstract : As an important tributary of the Tarim River, the ecosystem of the Keliya River basin is highly sensitive to changes in water resources. The sole controlled water conservancy project within the basin plays a crucial role in water resource allocation. In the context of multiple water demands for agricultural irrigation, ecological protection, and urban development, it is imperative to address the issue of how to achieve optimal resource allocation and maintain ecosystem stability through scientific management. This paper takes the Keliya River basin as the research subject and systematically analyzes the temporal and spatial distribution characteristics of water resources, the structure of various types of water use, and the storage capacity of controlled water conservancy projects. It identifies key areas for ecological water replenishment, the composition and temporal patterns of water demand. Based on this, a framework for the coordinated regulation of water resource management and ecological water replenishment is established, and a multi-objective management strategy is proposed under the principle of ecological priority. Practical suggestions for the organizational structure and operational mechanisms of coordinated regulation implementation are also provided, taking into account the realities of basin management.

Keywords : Kiliya River Basin; water resource management; ecological water replenishment; collaborative management

引言

在我国西部干旱区, 水资源稀缺与生态环境脆弱并存, 水资源管理的科学性直接关系到区域可持续发展的进程。克里雅河流域作为塔里木河流域的重要组成部分, 承载着当地农业灌溉、生态维稳与居民生活等多重功能, 其水资源调配问题具有典型性与代表性。如何通过科学的调度体系实现有限水资源在不同用水类型之间的优化配置, 成为需要深入研究的关键课题。与此同时, 生态补水作为恢复退化生态系统、维护流域生态功能的重要措施, 其需求日益凸显, 且对调度节律和水源稳定性提出更高要求。因此, 系统分析克里雅河流域水资源调度与生态补水之间的关系, 探索调度策略与补水需求的有机耦合, 不仅具有重要的实践指导意义, 也对提升干旱区流域综合水资源管理水平具有积极推动作用。

一、流域概况与水资源管理基础

（一）克里雅河流域自然地理与水文特征

克里雅河位于中国新疆塔里木盆地西南缘，源于喀喇昆仑山北坡的高山冰雪融水，流经塔克拉玛干沙漠西缘，是典型的内陆河流。流域地形总体呈南高北低，气候干旱少雨，蒸发强烈，年降水量不足100毫米，而年蒸发量高达2000毫米以上。水资源主要来源于高山冰川与降雪融水，径流主要集中在6—9月汛期，具有明显的季节性特征。流域内自然植被稀少，生态系统对水资源极为敏感，水文过程直接影响区域生态安全与绿洲可持续发展。

（二）水资源开发利用与流域生态环境现状

克里雅河流域水资源以农业灌溉利用为主，是当地绿洲农业和居民生活的重要支撑，长期以来，为保障农业发展，河道来水多被中上游拦截使用，下游断流频发，导致天然生态系统遭到破坏。绿洲边缘生态带萎缩，地下水位持续下降，河道湿地功能退化，生态环境面临持续胁迫^[1]。近年来，在生态保护政策推动下，部分区域开始实施生态补水与退耕还林等措施，但整体水资源利用仍存在结构失衡、生态用水保障不足的问题。实现水资源开发与生态保护协调发展的任务仍较为艰巨。

（三）唯一控制性工程的结构特点与调蓄功能

克里雅河流域目前仅有一座主要控制性工程，承担着上游径流调蓄、灌溉供水及生态补水等多重任务。该工程以坝体拦水形成水库为主，具备一定的库容和调节能力，可在汛期蓄水、枯期放水，实现年内径流的时序调控。

工程具有较好的引水与分水设施，可覆盖主要灌区及生态补水目标区域^[2]。然而，由于工程调蓄能力受限，面对多类型用水需求时，调度压力较大。

二、水资源联合调度需求分析

（一）流域水资源时空分布与调度节律特征

克里雅河流域水资源具有明显的时空非均衡特征，主要受控于高山冰雪融水与降水的季节性变化。年内径流量呈现高度集中趋势，80%以上的水量集中在6—9月汛期，而非汛期流量极低，甚至出现河道断流现象。从空间分布来看，水资源主要集中于上游山区及源头段，下游干流和绿洲区水量匮乏，生态系统高度依赖中上游来水的合理调配。

这种时间集中、空间错配的分布格局对水资源调度提出较高要求，特别是在干旱年份，有限的水资源需要在农业灌溉、生态补水和人居供水之间实现科学配置^[3]。调度节律需充分考虑水量变化趋势、水源供需匹配关系以及生态需水的关键期与敏感区时序特征，确保水资源在流域内实现最优配置与效益最大化。

（二）多类型用水结构与联合调度协调需求

克里雅河流域用水结构呈现多样化特征，主要包括农业灌溉用水、生态环境用水和城镇居民生活用水。其中，农业灌溉长期占据主导地位，是水资源消耗的主要领域，且用水时段集中于夏季，与生态补水时序高度重叠。生态环境用水需求近年来逐步上

升，尤其是下游干流湿地与退化绿洲的生态修复，对稳定、持续的生态补水形成依赖。而城镇生活与工业用水虽然占比不高，但对水质与时效性要求较高，调度保障不容忽视。

不同用水类型在空间分布、用水时间、保障等级及调度频率上存在显著差异，这对现有调度体系提出了协同协调的更高要求。传统以农业灌溉为核心的单一调度方式已难以适应当前综合用水需求格局，建立涵盖多目标、分类型、跨区域的联合调度机制，已成为流域水资源管理的现实需求^[4]。

（三）控制性工程调蓄特征与联合调度支撑基础

工程依托天然河道地势建设，具备一定的蓄水能力和工程调度灵活性，可实现汛期蓄水、非汛期供水的基本调节功能。其主要结构包括拦河坝体、输水渠系与配水枢纽，能够向农业灌区及生态补水区定向输水，具备开展分区调度的物理基础。

当前，该工程已在灌溉供水方面发挥显著作用，但随着生态用水纳入调度体系，工程在调蓄容量、调度频次与分水灵活性方面面临更高要求。由于工程蓄水能力有限，如何在保障灌溉基础上合理安排生态补水、生活供水等多目标任务，成为联合调度策略设计的关键。结合水源来水预测、需水动态变化和生态敏感期识别等信息，可构建基于工程调蓄特性的联合调度框架，实现资源统筹与动态分配。

三、生态补水需求分析

（一）生态功能区划与重点补水区域识别

克里雅河流域生态功能区划主要包括河道沿线湿地、绿洲边缘植被带和沙漠过渡带，这些区域是维系流域生态安全与生物多样性的重要载体。由于长期径流衰减和下游断流，流域生态格局发生显著退化，河道干涸、湿地萎缩、植被退化等现象普遍存在。

通过遥感解译、地理信息系统分析以及生态调查数据，可以将生态补水需求空间划分为三类重点区域：一是下游干流段，需恢复基本径流，维持河道生态连通性；二是分布于中下游的洼地湿地与绿洲边缘带，需要补水以恢复湿地水面和维持地下水位；三是部分生态脆弱区，尤其是风沙源集中地带，需要适量补水支撑植被恢复与土地稳定。

（二）生态需水组成与补水量需求分析

克里雅河流域生态需水可分为三类组成：河道基流维持水量、湿地生态补水量和植被生长需水量。河道基流维持水量是保障下游生态连通性和基本水生环境的核心指标，通常依据最小生态流量或历史平均断面流量确定。

湿地补水量则取决于湿地面积、蒸散发强度与蓄水深度，需通过遥感监测与实地测算综合估算^[5]。绿洲边缘和过渡带植被需水量与区域土壤性质、植被类型和气象条件密切相关，需水量变化具有季节性和空间差异性。结合已有生态监测数据与生态恢复目标，初步估算表明，克里雅河流域生态补水年需求量约占总水资源可利用量的20%以上，具有刚性与增长性双重特征。

（三）生态补水的关键时期与过程节律

克里雅河流域生态系统对补水的时间节律高度敏感，补水时

机直接影响生态恢复效果与系统稳定性。生态补水关键期主要集中在春末至初秋，此阶段为植物返青、生长与繁殖的高峰期，也是河道与湿地需水最为迫切的时期。

春季补水有助于唤醒土壤含水量与植物生长，夏季持续补水可维持湿地水位、缓解高温蒸发带来的水分亏缺，而秋季补水则有助于维持越冬期地下水位，确保生态系统平稳过渡。部分生态补水还需结合特定物种繁育、候鸟迁徙等生物节律精准安排。补水过程需尽可能模拟自然径流过程，以低频高量或持续小流方式进行，避免突发性输水对生态系统造成冲击。

四、水资源调度与生态补水的协同管理对策

（一）水资源调度与生态补水的协同调控框架

建立克里雅河流域水资源调度与生态补水的协同调控框架，是实现资源高效配置与生态系统可持续恢复的关键路径。该框架应以流域统一管理为基础，以控制性工程为调控核心，整合水资源配置、用水需求和生态保护三方面内容，构建“多目标—多尺度—全过程”的协同调度体系。

在空间维度上，应覆盖源头、中游灌区与下游生态区，明确水资源跨区域动态调配机制；在时间维度上，强化年度、季节和关键期的调度协调，突出生态补水的连续性与阶段性；在功能层面，需融合农业灌溉调度与生态补水调度，形成互不冲突、相互支撑的运行机制^[6]。该框架的核心是“生态与发展并重、调度与响应联动”，强调基于生态补水窗口期、调蓄能力与用水刚性需求制定联合调度计划。调控过程应依托水量监测、需求预测与智能调度模型等工具，实现调度方案的动态优化与生态响应的实时反馈，提升调度的精准性与适应性。

（二）生态优先下的多目标调度策略

在生态保护日益提升为流域管理核心目标的背景下，构建以生态优先为导向的多目标水资源调度策略，成为推动克里雅河流域高质量用水与生态恢复的关键。该策略应在确保生态系统关键需水基础上，统筹农业灌溉、生活供水等其他用水任务，遵循“生态刚性优先、其他目标弹性调节”的原则。

在调度实施过程中，需明确各类用水目标的优先等级与保障系数，制定差异化水量分配规则。例如在生态敏感期与枯水年，应优先保障河道连续性、湿地存水和地下水位恢复，适当压减农业高峰期用水；而在丰水年，则可在满足生态基础上增加灌溉与

调蓄用水的灵活性。调度策略应分区设定、多期滚动更新，并与生态补水计划同步制定，确保调度计划与生态需求在时序与流量上的一致性。此外，针对不同用水对象的时效性、频次和水质需求，应采用“分类型+分时段”调控模型，实现对水资源的高效利用与生态系统的最小扰动。

（三）协同调度实施的组织体系与运行机制

水资源调度与生态补水的协同目标能否真正实现，关键在于其组织体系的统筹协调与运行机制的高效运转。克里雅河流域需建立以流域级管理机构为牵头单位的协调体系，整合水利、生态、农业及地方政府等多方职能部门，构建“统一指挥、分级管理、信息共享”的治理架构。

在组织体系上，应设立流域水资源调度协调委员会，明确各级管理机构的职责边界，推动跨区域、跨行业的信息互联和调度联动。在运行机制上，应建立动态监测、实时反馈与预警响应系统，依托遥感、水文监测站和生态观测点，实现对水量、水质与生态指标的全过程跟踪^[7]。同时，引入调度执行评估制度，将生态效果、供水效率和用户满意度纳入考核指标，提升调度执行的科学性与公信力。此外，还应建立调度方案的公众参与机制与水事协商机制，增强社会参与与利益协调能力。通过构建制度化、信息化与规范化三位一体的运行体系，能够有效推动调度计划从纸面落实到实际操作，实现水资源统一调度与生态补水目标的高效协同与长期维持。

五、结语

研究围绕克里雅河流域唯一控制性工程的水资源联合调度与生态补水策略展开，立足于流域水文特征、用水结构与生态系统需求，通过系统分析与统筹设计，提出了具有实践可操作性的调度与补水协同路径。在充分识别流域多类型用水节奏与生态功能区的基础上，构建了多目标、多尺度的调控框架，强化了水资源在农业生产保障与生态系统修复之间的动态平衡。同时，通过梳理生态补水的关键时段与过程节律，明确了生态水配置应以生境恢复和系统稳定为核心导向。在组织管理层面，研究提出了可支撑协同调度实施的制度与机制安排，为实际操作提供了系统支撑。本文研究不仅丰富了干旱区内陆河流域水资源管理的理论体系，也为类似地区开展生态补水与调度一体化管理提供了有益借鉴。

参考文献

- [1] 彭安帮, 马涛, 刘九夫, 等. 考虑生态补水目标的丹江口水库供水调度研究 [J]. 水文, 2021, 41(03): 82-87.
- [2] 杨辉辉, 刘成, 易灵, 等. 基于百色水库的郁江流域水资源调度方案研究 [J]. 人民珠江, 2024, 45(S1): 72-78.
- [3] 陈洁. 宁波市推进河网水资源智能化调度的思路与探索 [J]. 水利信息化, 2021, (03): 17-20.
- [4] 柴玉芬. 浅谈水资源管理中的资源配置 [J]. 农业科技与信息, 2021, (02): 24-25+29.
- [5] 王志翔. 天长市水资源配置工程联合调度研究 [J]. 江淮水利科技, 2021, (03): 38-39.
- [6] 祁一鸣, 李植文, 鱼建军, 等. 绍兴市区多水源多目标联合调度研究与应用——以2035年绍兴市区规划用水情况为例 [J]. 浙江水利科技, 2024, 52(05): 24-28.
- [7] 陈小芹. 新时期玛纳斯河流域水资源调度管理思考 [J]. 内蒙古水利, 2023, (08): 60-61+67.