

跨流域调水工程线路比选与生态补偿机制设计

祝 斌

新疆塔里木河水利勘测设计院, 新疆 喀什 844700

[摘要]跨流域调水工程在缓解水资源不均衡、保障经济社会发展中具有重要作用。然而,线路选择不科学易导致投资浪费和生态破坏,缺乏有效生态补偿机制则可能引发区域利益冲突。文章从线路比选、工程生态影响及补偿机制设计三个方面进行系统研究,提出基于综合评价和多指标优化的线路选择方法及生态补偿方案。研究表明,通过科学比选和合理补偿,可实现水资源高效配置,同时降低生态环境影响,提升工程可持续性和社会接受度。

[关键词]跨流域调水; 线路比选; 生态补偿; 可持续发展; 水资源管理

DOI: 10.33142/hst.v8i9.17706

中图分类号: TV68

文献标识码: A

Comparison and Selection of Inter Basin Water Transfer Project Routes and Design of Ecological Compensation Mechanism

ZHU Bin

Xinjiang Tarim River Water Resources Survey and Design Institute, Kashgar, Xinjiang, 844700, China

Abstract: Cross basin water transfer projects play an important role in alleviating water resource imbalances and ensuring economic and social development. However, unscientific route selection can easily lead to investment waste and ecological damage, and the lack of effective ecological compensation mechanisms may cause regional conflicts of interest. This article conducts a systematic study from three aspects: route comparison, engineering ecological impact, and compensation mechanism design, and proposes a route selection method and ecological compensation plan based on comprehensive evaluation and multi index optimization. The study shows that through scientific comparison and reasonable compensation, efficient allocation of water resources can be achieved, while reducing ecological environmental impact, improving project sustainability and social acceptance.

Keywords: cross basin water transfer; route comparison and selection; ecological compensation; sustainable development; water resources management

引言

随着区域经济不断发展以及人口持续增长,水资源在时间与空间分布上不均衡问题愈发显著。跨流域调水工程能够起到缓解水资源短缺状况保障供水安全作用,尽管如此该工程线路设计极为复杂,涉及形质水资源量以及生态环境等多方面因素,若线路选择不合适,不但会增加工程投资成本,还极有可能对流域生态系统造成长期影响。除此之外,受水区与供水区之间利益差异较为明显,生态补偿机制设计成为了工程能够持续运行重要保障。因此,针对跨流域调水工程线路进行比选以及对生态补偿机制展开研究,对于达成工程经济效益实现生态保护以及维护社会公平而言,具有重要现实意义。

1 跨流域调水工程线路比选方法

1.1 水资源供需与工程经济评价

在水利工程线路比选阶段,要开展针对供水区与受水区水资源供需状况全面分析工作。通过对区域现有水资源量可利用水源以及未来水资源需求展开调研,同时结合人口增长趋势居民生活用水结构以及工业用水需求预测,进而能够准确计算出所需调水量以及供水能力。这一分析工作为线路设计提供了科学依据,确保所选用线路能够满足

长期供水需求,并且具备一定弹性,以此来应对未来不确定因素^[1]。

在掌握水资源需求基础之上,还需要进行经济性评价工作,通过建立经济评价模型,对不同线路方案投资成本运行维护费用以及工程综合效益进行系统分析,从而可以科学衡量各方案成本效益比。经济评价工作不仅有助于控制建设投资以及后期运行成本,同时还能够指导决策者在多个可行方案中进行优先排序,筛选出既能够满足水资源调配需求,又具有较高经济性和可持续性线路方案。

1.2 理质与环境适应性分析

在水利工程线路设计阶段,对拟选线路进行形质气候以及环境敏感性分析是确保工程可行性和可持续性关键步骤,形分析能够帮助识别山丘陵河谷等复杂形区域,评估线路施工难度以及施工成本;质分析则着重关注土壤类型岩层结构以及稳定性,以预防滑坡塌方等地质灾害风险,气候条件分析包括降雨量温度变化以及极端天气事件影响,为施工组织以及工程防护措施提供参考。

环境敏感性分析对于保护生态环境而言至关重要,线路可能会穿越河流水库以及其他生态敏感区,湿自然保护区和生物多样性丰富区域,在方案设计过程中,应当重点

评估施工对水生态系统水质以及周边生物栖息环境潜在影响,提前制定生态保护措施,避免对环境造成不可逆损害。通过综合分析形质气候以及环境因素,不仅可以科学评估线路施工难度以及潜在风险,还能够优化线路走向以及施工方案,实现工程建设与自然环境协调发展。

1.3 综合多指标优化方法

在水利工程线路方案选择过程中,运用多指标综合评价法能够有效提高决策科学性和合理性,该方法把经济技术社会以及生态等多个因素纳入决策体系,实现对线路方案全面评价,经济指标涵盖投资成本运行费用以及工程效益;技术指标包括施工可行性质条件以及工程复杂度;社会指标关注工程对居民生活土利用以及社会经济发展影响;生态指标则强调水生态环境保护以及生态敏感区域影响评估^[2]。

为了对线路方案进行量化分析以及排序,可以借助层次分析法(AHP)、模糊综合评价或者优化算法等工具,层次分析法通过构建评价层次结构,将复杂问题分解为可比较子指标,从而实现方案科学排序;模糊综合评价则能够处理指标之间不确定性和模糊性,提高评价结果可靠性;优化算法可在多约束条件下寻求综合最优解,兼顾各类指标平衡。通过多指标综合评价与科学排序方法,能够从多个可行方案中筛选出最佳工程线路。

2 跨流域调水工程生态影响分析

2.1 水生态系统影响评估

在水利工程开展调水工作进程中,生态影响分析属于保障水环境能够持续发展关键环节。应当针对调水有可能致使水文特征变化展开研究,水文特征涵盖河流径流量水位变化以及洪水频率等关键指标,调水有极大程度上会造成部分河段径流减少或者季节性变化加剧,进而对水体自净能力以及水资源供给稳定性产生影响。水温变化同样是需要着重考虑因素,水温出现异常波动,极有可能对水生生物生长以及繁殖产生不利作用,特别是对于对温度敏感鱼类以及底栖生物而言。

此外,调水工程有极大可能对水质以及生物多样性产生潜在影响。在调水过程中,水体交换以及流量变化,可能会导致污染物稀释不充分或者水体富营养化加剧,对水质安全构成挑战。鱼类栖息遭到破坏水生植物覆盖率发生变化以及生态系统结构进行调整,也可能致使生物多样性降低,影响生态系统稳定。因此,评估调水对水生生态环境综合影响具备重要意义。为了能够科学预测生态影响,应当基于长期监测数据来开展分析,这涵盖流量水质水温以及生物群落长期监测数据。借助模型模拟调水对生态系统动态影响,为生态补偿措施制定提供依据,能够依据影响程度设计生态流量调控鱼类洄游通道建设以及水质保护措施,达成调水工程与生态环境协调发展,确保水资源利用与生态保护相统一^[3]。

2.2 土与植被生态效应

在水利工程线路建设过程中,生态环境保护是不容忽视重要环节。线路施工可能引发一系列环境问题,比如土占用植被破坏水土流失以及生态系统破碎化,土占用不但会减少可用耕以及自然生态空间,还可能改变原有土地利用格局;植被破坏会致使土壤结构变松散生态服务功能下降;水土流失则可能加剧河流淤积水质恶化以及山体滑坡等地质灾害风险,也因此在线路建设之前开展系统环境影响评估,对于保障施工与生态协调是至关重要。

为了能够科学识别以及防控环境风险,可以选用空间分析和生态脆弱性评估方法。空间分析能够通过地理信息系统(GIS)对线路沿线形土利用植被覆盖以及水文条件进行精细化分析,识别出生态敏感区和高风险区;生态脆弱性评估则结合土壤稳定性生物多样性以及生态功能指标,对可能受到影响区域进行分级管理。通过将两者结合起来,可以明确施工对环境影响重点区域,为科学制定保护和修复措施提供依据。在此基础上,应当针对不同敏感区域采取差异化管理措施,比方说,对于高脆弱区,可以调整线路走向或者采用隧道桥梁等减小占用方式;对于施工影响区,可以进行植被恢复护坡以及水土保持措施;同时,加强施工期生态监测,及时调整施工方案,确保工程建设对生态环境负面影响降低到最低程度。这种系统化具有前瞻性生态保护策略,不但保障了线路施工能够顺利进行,也实现了工程建设与生态环境保护协调发展,体现了可持续发展理念。

2.3 社会经济与生态耦合影响

调水工程不但涉及水资源调配,还与区域居民生活以及产业发展紧密相关。在工程规划和建设过程中,需要全面评估社会经济变化对生态系统可能产生间接影响,受水区和供水区农业灌溉模式工业用水结构以及居民生活用水需求可能会因为调水工程而发生调整,进而影响水资源分配以及生态系统功能。比如,灌溉模式改变可能会导致土壤湿度变化水土保持能力下降,进而影响区域生态平衡。

此外,调水工程可能引发水源使用冲突。尤其是在在水资源相对紧张区,供水区与受水区之间水量调配变化,可能会对当农业工业以及居民生活用水产生压力,从而间接影响河流流量水生生态以及湿功能。社会经济活动变化,人口迁移或者产业转型,也可能会加大生态系统压力,比如对水生生物栖息造成干扰或者水质下降。为了能够科学制定生态补偿措施,需要把社会经济因素纳入生态影响评估体系,通过调查居民用水习惯产业发展规划以及迁徙模式,并结合生态系统监测数据,可以为生态补偿提供社会基础以及决策依据。通过调整水量分配优化灌溉策略建设生态湿或者实施水资源调控措施,实现工程建设与社会经济发展生态保护协调统一。这种综合分析方法有助于确保调水工程在提高水资源利用效率同时,实现生态与社会效

益平衡发展^[4]。

3 生态补偿机制设计

3.1 补偿模式与指标体系

在水利调水工程当中,开展科学合理生态补偿模式构建工作,是保障生态系统健康以及实现可持续发展关键举措。应当基于生态影响程度以及受益区域来对补偿对象实施分类,对于生态影响较大或者属于生态敏感区域情况,可以采取重点保护以及高标准补偿措施;而对于影响较小区域,则可选用适度补偿方式,补偿形式呈现出多样化特点,这其中涵盖了现金补偿生态修复以及技术支持等方面,现金补偿能够用于弥补因工程建设所造成经济损失;生态修复借助植被恢复水土保持以及湿建设等措施来改善生态功能;技术支持则包括提供先进生态管理技术培训以及咨询服务,以此来提升当生态治理能力。

在补偿标准制定过程中,需要构建一套综合指标体系,该体系涵盖了水量水质生态保护以及社会经济因素等方面。水量指标能够反映生态流量保障水平,水质指标着重关注污染物浓度与水体健康状况;生态保护指标包含生物多样性栖息保护以及生态功能恢复情况;社会经济指标则用于衡量当居民和产业在生态补偿当中受益程度。同时生态补偿模式应当具备动态调整能力,即能够依据实际生态监测数据以及社会经济变化情况进行优化。通过持续跟踪生态修复效果以及社会反馈,马上调整补偿方式和标准,从而确保补偿措施既能有效修复生态,又能够促进区域经济和社会可持续发展,达成水利调水工程建设与生态保护协同共赢^[5]。

3.2 政策与法律保障机制

完善生态补偿相关政策法规,是保障调水工程生态可持续性重要基础。应当明确生态补偿责任主体资金来源以及管理程序,责任主体包括政府主管部门建设单位以及受益方,各方职责需要在法律和政策框架范围之内进行明确界定。资金来源应当保证稳定持续,涵盖专项资金生态补偿基金以及项目预算等多种渠道;管理程序需要实现规范化,从申报审批实施到监督等各个环节都应当具备清晰流程,以此确保补偿措施能够顺利落实施。

另外,应当借助合同约束以及法律手段来强化生态补偿执行力度,建设单位与受益方签订生态补偿协议,明确补偿内容标准以及实施期限。通过法律监管机制,建立违规处罚以及责任追究制度,提高补偿执行约束力。同时,应当建立信息公开以及监督机制,实现生态补偿全过程可追溯性,便于社会公众以及相关部门进行监督和评估。通过完善政策法规明确责任和资金来源,并辅以合同和法律

保障,不但提高了生态补偿机制可靠性和可操作性,而且还为调水工程生态保护提供了制度方面支撑。

3.3 信息化管理与动态调整

在水利工程生态补偿管理工作中,建立信息化管理平台是提升管理效率以及透明度重要手段。该平台能够达成补偿过程实时监测,将生态补偿实施情况资金使用记录生态修复进展以及相关数据进行系统化记录和管理。依靠信息化平台,管理部门能够随时掌握补偿工作执行状况,及时发现并采取措施,提升生态补偿可控性以及管理效率。

平台还能够对生态补偿绩效进行量化评估。通过对水资源利用变化水质水量以及生态系统健康状况等指标进行动态监测和分析,可以科学评估补偿措施有效性。管理部门可以依据这些数据定期调整补偿方案,优化补偿方式以及资源配置,以应对生态环境和社会经济条件变化,确保补偿措施具有科学性和针对性。通过信息化管理和动态调整,不但能够实现生态补偿科学管理,而且还能够兼顾社会经济利益和生态环境保护目标。

4 结语

跨区域调水工程线路比选与生态补偿机制设计是保障工程可持续运行重要环节,通过科学线路比选多指标综合评价以及完善生态补偿机制,能够在实现水资源高效配置同时,降低生态环境破坏风险,提升社会接受度和可持续发展水平。在未来,应当进一步推进生态智能化监测和动态补偿策略,实现跨区域调水工程经济效益生态效益与社会效益协调统一。

[参考文献]

[1]郭学博,吕晓理,李忻语.调水工程运行期安全生产存在问题及应对措施[J].山东水利,2025(2):15-17.
 [2]孙博,赵晓东,谷峪,等.跨流域调水工程调度运行评价体系的探索及应用[J].水利水电技术(中英文),2024,55(2):127-133.
 [3]孟钰婕.闸泵切换调水工程调度运行优化研究[D].济南:济南大学,2023.
 [4]何震宇,秦丽.跨流域调水工程对小流域输水线路影响分析[J].安徽水利水电职业技术学院学报,2022,22(3):19-22.
 [5]袁福永.大型跨流域调水引大入秦工程总干渠线路比选研究[J].云南水力发电,2020,36(5):120-126.
 作者简介:祝斌(1990.5—)毕业院校:新疆农业大学,所学专业:水利水电工程,当前就职单位名称:新疆塔里木河水利勘测设计院,职称级别:中级职称。