

# 水利枢纽工程运行管理与水资源的可持续利用分析

段自成

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 848000

[摘要]文章以新疆吉音水利枢纽工程为具体研究对象,探讨水利枢纽工程运行管理在水资源可持续利用中的核心作用。文章首先概述水利枢纽运行管理的基本内涵与工程概况,随后深入分析运行管理与水资源可持续利用之间的内在联系,涵盖水资源配置与调控、防洪抗旱与供水安全、生态环境影响与保护等多个维度。针对当前运行管理中存在的调度机制不完善、生态流量保障不足、监测与信息化水平不高、管理体制协同性欠缺等突出问题,提出优化多目标联合调度机制、强化生态流量保障与修复措施、推进智慧水利技术应用、完善跨部门协同管理机制等具体对策。

[关键词]水利枢纽;运行管理;水资源;可持续利用;调度机制

DOI: 10.33142/hst.v8i12.18470

中图分类号: TV697

文献标识码: A

## Analysis of Operation Management and Sustainable Utilization of Water Resources in Water Conservancy Hub Projects

DUAN Zicheng

Xinjiang Tarim River Basin Ji Yin Water Conservancy Hub Management Center, Hotan, Xinjiang, 848000, China

**Abstract:** This article takes the Ji Yin Water Conservancy Hub Project in Xinjiang as the specific research object, and explores the core role of water conservancy hub project operation and management in the sustainable utilization of water resources. The article first outlines the basic connotation and engineering overview of water conservancy hub operation management, and then deeply analyzes the inherent connection between operation management and sustainable utilization of water resources, covering multiple dimensions such as water resource allocation and regulation, flood control and drought resistance and water supply safety, ecological environment impact and protection. Specific measures are proposed to address prominent issues in current operational management, such as incomplete scheduling mechanisms, insufficient ecological flow assurance, low monitoring and information technology levels, and lack of coordination in management systems. These measures include optimizing multi-objective joint scheduling mechanisms, strengthening ecological flow assurance and restoration measures, promoting the application of smart water conservancy technology, and improving cross departmental collaborative management mechanisms.

**Keywords:** water conservancy hub; operation management; water resources; sustainable utilization; scheduling mechanism

### 引言

水利枢纽工程作为调控水资源时空分布的重要基础设施,其运行管理水平直接关系到区域水安全、生态平衡与经济社会发展。随着我国水资源短缺问题日益凸显,如何通过高效的水利枢纽运行管理实现水资源的可持续利用,已成为当前水利领域研究的焦点议题。新疆吉音水利枢纽工程位于和田地区于田县境内的克里雅河干流吾格也克河上,距于田县城约 120 公里,是一项以灌溉、防洪为主,兼顾发电的综合性水利工程,总库容 0.82 亿  $\text{m}^3$ ,调节库容 0.60 亿  $\text{m}^3$ ,电站装机容量 24MW,年发电量 1.032 亿 kW。该工程控制灌溉面积 70.73 万亩,改善灌溉面积 45.43 万亩,并将下游防洪标准由 3 年一遇提高到 20 年一遇,具有显著的综合效益。本文基于吉音水利枢纽的实际运行数据与管理实践,系统分析其运行管理对水资源可持续利用的支撑作用,识别当前管理中存在的主要问题,并提出针对性改进措施,以期类似水利工程的优化运行提供理论参考与实践借鉴。

### 1 水利枢纽工程运行管理概述

水利枢纽工程运行管理是指通过科学调度与规范维护,确保工程安全、高效发挥设计功能的一系列技术与管理活动。吉音水利枢纽工程管理中心根据国家相关法律法规如《中华人民共和国水法》《中华人民共和国防洪法》以及《水库调度规程编制导则》等技术规范,结合历年运行经验,制定了年度灌溉供水调度方案,明确水库调度的目标、原则与具体措施。该工程主要建筑物包括拦河坝、表孔溢洪洞、底孔泄洪冲沙放空洞、发电引水洞及地面厂房等,设计洪水标准为 100 年一遇,校核洪水标准为 2000 年一遇,地震设计烈度为Ⅷ度。运行管理的主要任务包括灌溉供水、防洪减灾、发电运行与生态保护,其中灌溉供水是首要任务,需根据下游昆仑灌区 68.89 万亩耕地的用水需求,进行水资源调蓄与分配。2025 年预测克里雅河为平水年,年径流量 6.16 亿  $\text{m}^3$ ,吉音水库可向下游灌区供水 6.87 亿  $\text{m}^3$ ,通过库水位调度过程线实现蓄放水控制,起调水位 2505.11m,6 月底降至死水位 2470.00m,8

月下旬蓄至正常蓄水位 2509.00m。运行管理还涉及生态流量保障,坝址断面最小生态流量 10 月至 3 月为  $1.91\text{m}^3/\text{s}$ 、4 月至 9 月为  $5.72\text{m}^3/\text{s}$ , 确保下游河道不断流。工程监测设计涵盖大坝变形、渗流、地震反应及泄洪发电系统运行状态,为管理决策提供数据支持。这些管理活动体现了水利枢纽运行管理在保障工程安全、优化资源配置、维护生态平衡方面的重要作用。

## 2 水利枢纽运行管理与水资源可持续利用的关系

### 2.1 水资源配置与调控

水利枢纽运行管理通过科学调度实现水资源时空再分配,直接支撑水资源可持续利用目标的实现。吉音水利枢纽根据克里雅河平水年径流预测数据,年内分配不均,6 月至 8 月水量占全年 67.02%,1 月至 3 月仅占 7.0%,通过水库调节库容  $0.60\text{亿 m}^3$ ,在灌溉期 2 月至 5 月向下游供水量  $1.49\text{亿 m}^3$ ,满足春灌需水  $1.10\text{亿 m}^3$ ,非灌溉期通过电站基荷运行下泄生态流量,缓解来水与用水时空矛盾。运行管理还依据供水调度线进行判别,当库水位在农业灌溉供水调度线与正常蓄水位之间时按需供水,低于调度线时打折供水,保障灌溉保证率 75%,特枯年份供水量不低于 70%。这种动态调控机制提高了灌溉水利利用效率,缓解春旱缺水问题,促进克里雅河下游灌区耕地生产稳定。同时,运行管理协调发电与灌溉用水关系,电站多年平均发电量  $1.058\text{亿 kW}$ ,为和田电网提供清洁能源,支持区域经济发展。通过水资源优化配置,运行管理不仅满足当前用水需求,还为未来水资源可持续利用奠定基础,体现工程在区域水安全中的核心地位。

### 2.2 防洪抗旱与供水安全

水利枢纽运行管理在防洪抗旱与供水安全方面发挥关键作用,通过水库调蓄削减洪峰、保障供水,降低极端水文事件对经济社会的影响。吉音水利枢纽设计洪水位  $2509.12\text{m}$ ,校核洪水位  $2510.76\text{m}$ ,汛限水位  $2506.5\text{m}$ ,通过泄洪建筑物如表孔溢洪洞设计泄量  $505.00\text{m}^3/\text{s}$ 、底孔泄洪冲沙放空洞设计泄量  $342\text{m}^3/\text{s}$ ,将 100 年一遇洪水洪峰流量  $927\text{m}^3/\text{s}$  削减至  $847\text{m}^3/\text{s}$  以下,使下游防洪能力达到 20 年一遇。在抗旱方面,运行管理根据来水预测与灌区需水制定供水计划,2025 年冬季灌溉 11 月至 12 月需水  $0.79\text{亿 m}^3$ ,吉音水库可供水量  $0.54\text{亿 m}^3$ ,不足部分由于田县开启抗旱应急机井补充,防止大面积旱情发生。供水安全还体现在调度原则中坚持电调服从水调,优先满足灌溉任务,确保下游  $68.89\text{万亩}$  耕地用水权益。这些措施显著提升区域防洪抗旱能力,保障供水安全,为田县社会经济可持续发展提供水利支撑,体现运行管理在水资源可持续利用中的减灾增效功能。

### 2.3 生态环境影响与保护

水利枢纽运行管理通过生态调度减少工程对生态环境的负面影响,促进水资源开发与生态保护协调。吉音水利枢纽根据环境影响报告书要求,坝址断面最小生态流量

10 月至 3 月为  $1.91\text{m}^3/\text{s}$ 、4 月至 9 月为  $5.72\text{m}^3/\text{s}$ ,保证率 100%,防止下游河道断流。运行管理在灌溉期根据灌区用水需求下泄水量,非灌溉期通过电站最小发电引水流量  $1.91\text{m}^3/\text{s}$  维持生态基流,保障河道生态健康。同时,水库 6 月至 7 月低水位排沙运行,减少泥沙淤积,维护河流地貌稳定。工程还通过监测系统跟踪水质变化,据努努买买提干水文站数据,年平均离子总量  $341\sim 689\text{mg/L}$ ,pH 值 8.24,略偏碱性,运行管理需控制污染物排放,防止水质恶化。这些生态保护措施体现运行管理在维护河流生态完整性、生物多样性方面的责任,支持水资源可持续利用的生态维度,实现工程效益与环境保护的双赢。

## 3 当前水利枢纽运行管理中存在的主要问题

### 3.1 调度机制不完善

当前水利枢纽在运行管理的调度机制方面存在诸多不足之处,主要体现在多目标协调不够灵活,应急响应能力相对较弱,吉音水利枢纽虽然制定了灌溉供水调度方案,但是其调度线判别条件较为简单,仅仅按照平水年来进行设计,并没有充分考虑到在丰枯变化情况下的动态调整,比如在 2025 年冬季,灌溉供水量仅为  $0.54\text{亿 m}^3$ ,而实际需水量达到了  $0.79\text{亿 m}^3$ ,存在明显的供水不足的情况,需要依靠外部进行补充,这反映出调度预案对于极端情景的覆盖并不全面,调度机制还缺少和发电、生态等目标的深度融合,电调服从水调的原则在实际操作过程中容易引发冲突,对综合效益的发挥产生影响。除此之外,调度过程高度依赖历史数据,像采用努努买买提干水文站 51 年系列统计结果,预测精度会受到气候变化的影响,可能会导致出现供水短缺或者资源浪费的情况。

### 3.2 生态流量保障不足

生态流量保障在运行管理环节并未获得足够关注,其实施力度以及监测能力均有待提升。吉音水利枢纽虽说设定了最小生态流量,然而其调度方式主要是依照电站基荷运行来开展,在非灌溉期,下泄流量仅为每秒  $1.91\text{m}^3$ ,仅仅满足了基本要求而已,并且缺乏针对生态峰值流量或者季节性需求做出响应的能力,就像鱼类繁殖期间需要更高的流量,可当前的管理并未涉及到这一点。生态流量监测主要依靠水文站的数据,比如努努买买提干站所记录的实测资料,不过这些站点的覆盖范围有限,在坝址至渠首河段,对于生态状况的实时监控存在不足,这可能会引发违规下泄或者出现生态退化的情况。与此运行管理把优先保障灌溉与防洪放在前面,生态调度在资源分配当中处于较为次要的地位,容易在缺水期遭到挤压,进而对河流生态健康产生影响。这些不足之处会弱化生态流量保障的效果,对水资源可持续利用的生态基础构成威胁。

### 3.3 监测与信息化水平不高

水利枢纽在运行管理方面,其监测以及信息化程度普遍不高,所具备的数据采集与处理能力也难以充分支撑起精细调度相关工作。就吉音水利枢纽来讲,虽说设置了像

大坝安全监测、渗流监测还有边坡位移监测等一系列系统,然而这些系统的监测点分布情况并不均匀,就好比塌滑体 TH2、TH1 以及崩塌体 BT5 的变形监测仅仅只是对部分区域进行了覆盖,如此一来便很难完整且准确地反映出整个工程的实际状态。像水位、流量这类运行数据大多依靠人工来进行记录,而信息化平台在整合数据方面做得也不够到位,这就使得调度决策往往会出现滞后的情况。举例来说,2025 年的灌溉供水方案是需要依据实际状况做出相应调整的,可偏偏实时数据获取的速度比较慢,这无疑对响应速度产生了影响。除此之外,监测所采用的技术还停留在传统阶段,缺少物联网、大数据等较为智慧的手段,所以没办法达成预测性维护或者优化调度的目的,进而致使管理效率有所降低。上述这些问题的存在,对运行管理朝着数字化、智能化方向进行转型形成了限制,同时也对水资源可持续利用水平的提升造成了阻碍。

#### 4 提升水利枢纽运行管理促进水资源可持续利用的对策

##### 4.1 优化多目标联合调度机制

就调度机制存在不完善这一情况而言,应当着手建立起多目标联合调度方面的模型,把灌溉、防洪、发电以及生态等各项需求都加以整合起来,进而达成动态层面的优化效果。吉音水利枢纽能够依据像平水年、丰水年、枯水年这类多种不同的情景来进行来水预测工作,就好比 P 等于 25%、50%、75% 所对应的那些流量数据一样,去开发出智能调度的相关系统,从而可以实时地对库水位以及下泄量做出调整操作。比如说,在春季开展灌溉活动的时候,起调水位是 2505.11m,这个水位就可以结合气象预报的情况来动态地予以设定;而到了冬季,如果出现灌溉用水不足的情形,那么就要提前去启动应急水源。调度机制还得把生态目标纳入其中,要设置具有一定弹性的生态流量范围,以此来响应各个季节不同的需求,进而将保证率提升至 100% 这样一个程度。通过引入风险决策方面的理论,能够进一步增强对于极端事件的应对能力,以此确保调度方案在保证安全的同时还能高效实施,从而有力地支持水资源实现可持续的利用状态。

##### 4.2 强化生态流量保障与修复措施

为了解决生态流量保障不足的问题,运行管理需要强化生态调度的实施以及相关监测工作,大力推广各类修复举措。吉音水利枢纽能够对生态流量下泄设施加以完善,举例来讲,可以借助底孔泄洪洞来辅助下泄操作,以此确保在非灌溉期间,流量不会低于每秒  $1.91\text{m}^3$ ,并且要增设生态峰值调度,在像鱼类洄游这样的关键时期提升流量。在监测环节,要对水文站点进行扩建,运用远程传输技术对坝址下游的生态状况展开实时监控,同时结合水质数据,比如离子总量处于每升 341~689mg 这个范围,来对生态效果予以评估。与此还要实施河流修复项目,像是开展植被恢复或者对栖息地进行改善等工作,以此对工程产生的

影响给予补偿。这些举措能够强化生态流量保障所具有的刚性约束作用,推动河流生态实现恢复,进一步巩固水资源可持续利用的生态基础。

##### 4.3 推进智慧水利技术应用

提升监测以及信息化的水平,需要积极去推进智慧水利技术的应用,进而构建起数字孪生平台。吉音水利枢纽能够把物联网、大数据还有人工智能进行集成,以此来对监测系统加以升级,达成像大坝变形、渗流量、边坡位移等这类数据的自动采集以及预警效果,就好比借助现有的监测设计去拓展实时传感网络一样。要建设水库调度云平台,将来的水预测、用水需求以及生态数据加以整合,从而支持模拟仿真以及优化决策,比如依据平水年径流量  $6.16\text{亿 m}^3$  来对供水过程进行动态调整。除此之外,还要推广无人机巡检以及远程控制,以此提高管理的效率。凭借着数字化的转型,运行管理能够实现精准化、自动化,水资源调控的能力也能得到明显提升,进而推动其可持续利用。

##### 5 结束语

水利枢纽在运行管理方面的情况,它是达成水资源可持续利用极为关键的一种手段,在资源的配置、防洪抗旱以及生态保护这些领域当中,它所发挥出来的是一种无可取代的重要作用。吉音水利枢纽在实际的运作过程当中的具体实践情况说明,借助科学合理的调度方式以及规范严谨的管理举措,是能够切实有效地提高水资源的利用效率的,进而也能够充分保障所在区域的水安全。不过就目前而言,其依旧面临着诸如调度机制方面、生态保障方面、监测水平方面以及管理协同等方面存在的种种挑战。在未来的发展过程当中,需要将关注的焦点集中到多目标联合调度相关事宜上、生态流量强化的相关事宜上、智慧技术的应用相关事宜上以及跨部门协同的相关事宜上,要持续不断地对运行管理的策略加以优化和完善,以此来促使水利工程从原本单一的功能逐步朝着综合服务方向去实现转型转变。

##### [参考文献]

- [1]史益鲜.望亭水利枢纽防御超标洪水运行的实践与思考[J].水利建设与管理,2021,41(7):67-71.
- [2]潘美筠,王强,陈臻隆.二级坝水利枢纽水闸工程运行管理技术归纳[J].治淮,2021(12):71-73.
- [3]程麒安,曹春阳.引滦枢纽工程安全运行管理水平提升初探[J].海河水利,2024(1):22-25.
- [4]李化春,魏艳丽.基于饮用水源保护区的黄前水库安全生产标准化体系改进研究[J].数字农业与智能农机,2025(6):72-74.

作者简介:段自成(1989.9—),毕业院校:新疆大学,所学专业:电气工程及其自动化,当前就职单位名称:新疆维吾尔自治区塔里木河流域吉音水利枢纽管理中心,职称级别:水利工程 工程师。