

# 水利枢纽工程长期运行管理的关键问题及优化策略研究

王启玉

塔里木河流域开都孔雀河水利管理中心水资源调度中心, 新疆 库尔勒 841000

**[摘要]** 随着人口的增长与经济的持续发展, 水资源的需求不断攀升, 水利枢纽工程在水资源管理中的重要性愈加突出。尤其是在干旱及半干旱地区, 水利枢纽不仅是水源和能源的主要供应者, 还是防洪抗旱的关键保障。水利枢纽在长期运营过程中, 难以避免地会面临设备老化、设施维护难度加大以及极端气候变化等一系列挑战。与此同时, 随着社会对生态环境保护关注的日益增强, 水利枢纽的管理不仅需注重经济效益, 还必须兼顾生态保护与资源合理调度。因此, 为了确保水利枢纽的有效运作, 技术创新与管理模式的升级成为不可或缺的元素。通过智能化与数据化手段, 设施运行的精准度与可持续性得以显著提升。深入研究水利枢纽工程的长期运行管理问题及优化策略, 不仅有助于解决当前管理中的难题, 还为未来水利工程的高效运营提供了理论依据与实践指导。

**[关键词]** 水利工程; 水利枢纽; 运行管理; 问题; 优化策略

DOI: 10.33142/hst.v8i5.16519

中图分类号: TV61

文献标识码: A

## Research on Key Problems and Optimization Strategies for Long term Operation Management of Water Conservancy Hub Projects

WANG Qiyu

Water Resources Dispatch Center of Tarim River Basin Kaidu Kongque River Water Resources Management Center, Korla, Xinjiang, 841000, China

**Abstract:** With the growth of population and sustained economic development, the demand for water resources continues to rise, and the importance of water conservancy hub projects in water resource management is becoming increasingly prominent. Especially in arid and semi-arid regions, water conservancy hubs are not only the main suppliers of water and energy, but also the key guarantee for flood control and drought resistance. During the long-term operation of water conservancy hubs, it is inevitable that they will face a series of challenges such as equipment aging, increased difficulty in facility maintenance, and extreme climate change. At the same time, with the increasing attention of society to ecological environment protection, the management of water conservancy hubs not only needs to focus on economic benefits, but also must take into account ecological protection and rational resource allocation. Therefore, in order to ensure the effective operation of water conservancy hubs, technological innovation and upgrading of management models have become indispensable elements. Through intelligent and data-driven means, the precision and sustainability of facility operation have been significantly improved. In depth research on the long-term operation and management issues and optimization strategies of water conservancy hub projects not only helps to solve current management problems, but also provides theoretical basis and practical guidance for the efficient operation of future water conservancy projects.

**Keywords:** water conservancy engineering; water conservancy hub; operation management; problem; optimization strategy

### 引言

水利枢纽工程作为重要的水资源调控设施, 在现代社会发挥着多重关键作用, 包括提供水源、灌溉、防洪、发电等。这些设施不仅是国家基础设施体系的核心组成部分, 也为保障区域经济发展与生态环境可持续性提供了重要支撑。随着全球气候变化加剧及人类活动不断增加, 水利枢纽面临的长期运行挑战愈加复杂。如何实现高效且可持续的管理, 已成为迫在眉睫的课题。水利枢纽工程的运行管理不仅需确保设施的安全与高效运转, 同时也必须综合考虑水质保护、生态环境以及设备维护等多个因素。因此, 优化管理策略, 提升水利枢纽的运行效率与环境适应能力, 已成为亟待解决的重要课题。

### 1 水利枢纽运行管理的意义和作用

水利枢纽工程在长期运行过程中常常面临设备老化、设施损坏、水质污染等一系列问题。这些问题若未能及时识别并处理, 可能会严重影响枢纽的正常运转及周边环境。水利枢纽的运行管理至关重要, 其核心作用在于通过定期的维护、检查及必要的升级改造, 及时发现潜在问题并采取有效措施, 避免小问题发展成重大隐患。运行管理体系的建立不仅保证了水利工程高效稳定地运行, 也提高了应对突发事件的能力, 降低了潜在风险对设施运行的威胁。例如, 水利枢纽在运行中可能因设备老化或管理不善, 导致泄漏、堵塞等故障。如果这些问题未能及时处理, 可能对水资源调度、生态保护甚至社会经济活动造成不良影响。

通过系统的运行管理,可以尽早发现设备的异常状况,迅速采取维修或更换措施,减少了严重事故的发生概率。进入信息化时代后,水利枢纽的管理逐步转向数字化与智能化。现代化的管理系统通过数据采集、存储与系统化管理等手段,实现了高效、简洁的运行方式。通过大数据分析、监测与可视化技术,管理者能够实时获取设施运行状态,并直观地查看各项数据指标,为决策提供科学依据。传感器及其他监控设备将水利枢纽的运行数据实时传送至管理平台,系统可以通过数据分析预测设备的使用寿命,提前识别可能出现的故障。

## 2 水利枢纽工程长期运行管理面临的关键问题

### 2.1 极端气候条件与设施耐久性

在水利枢纽工程的长期运行中,极端气候条件对设施耐久性带来了严峻的考验。以干旱半干旱地区为例,频繁的高温、干旱及风沙等极端天气现象,严重影响了水利设施的稳定性。水库水量的蒸发因高温天气而加速,水资源调度的影响不可忽视,长期运行的设施也因此面临更大挑战。风沙和沙尘暴的侵蚀使坝体、管道等关键设施遭受损害,甚至可能引起结构性破坏,从而增加了维护成本。再者,长期干旱或暴雨天气也对水库周围生态环境造成了压力,水质污染的风险随之上升,直接影响到水利枢纽的正常运行。极端气候的不可预测性使得设施设计和管理的复杂性大幅增加。气候变化愈加剧烈,实际气候条件的变化常常超出设计预期,致使原本设计的设施无法应对突发的极端情况。当各种极端气候交替发生时,水利设施的耐久性便面临多重考验,亟需及时评估并采取有效的应对策略。这些因素的交织作用加剧了设施运行的难度,增加了不确定性,对水利枢纽的管理提出了更高的要求。

### 2.2 水库及水文监测系统的管理难题

水库及水文监测系统的管理面临一系列复杂的挑战。涉及水库管理的众多数据,包括水位、流量、降水量、泥沙含量等多个维度的信息,管理过程因此变得更加繁杂。传统的人工监测方式,往往难以全面、实时地反映水库的实际运行状态,这也容易导致信息滞后或监测遗漏。与此同时,水文监测系统的设备与传感器通常需要在极端自然环境中长时间运行,设备故障的发生频率较高,这对数据的准确性和稳定性产生了负面影响,尤其是在极端天气条件下,设备老化问题尤为突出。水文监测系统与水库管理之间的协调性也存在一定问题,管理人员往往依赖来自多个来源的数据来做出决策,但这些数据常常存在格式不统一、更新不及时或缺乏有效整合的情况,影响了决策的效率与准确性。尤其是在偏远地区,由于水文监测设施建设滞后,缺乏及时捕捉和分析关键水文信息的能力,这进一步加剧了管理难度。这些问题揭示了,水库及水文监测系统的管理不仅面临技术层面的挑战,还受限于管理机制与资源分配等方面,迫切需要在多个方面进行改进与突破。

## 2.3 水质污染与生态环境保护

水质污染与生态环境保护是水利枢纽工程长期运行中的重大挑战。随着工业化进程的加速与农业活动的增加,水库及其周边水域常常面临不同程度的污染。农业施肥、农药流失、工业废水排放以及生活污水的直接排放等因素,导致了水库水质的恶化,水体富营养化现象的加剧更为严重。这不仅影响了水库的供水质量,还对生态环境的稳定性构成威胁,破坏了水生生物的栖息地,进而影响其繁衍与生长。在水库的日常调度过程中,水质保护常常未能受到足够重视。随着污染问题的积累,水流扩散使得水质污染可能波及更广泛的水域,甚至危及下游地区的水资源安全。同时,水库周边生态环境的保护面临诸多挑战。过度开发与建设活动对湿地、森林及其他自然资源保护区的生态系统造成了显著破坏,生物栖息地的丧失加剧了,生态多样性也正面临严峻考验。考虑到水质污染与生态环境保护涉及多个领域,且积累的污染问题往往需要较长时间才能有效治理,相关的管理与修复工作显得尤为复杂且充满挑战。

### 2.4 水利设施老化与设备维护的困难

水利设施的老化与设备维护困难是水利枢纽工程长期运行中的一大难题。随着使用年限的增加,许多水利设施逐渐暴露出老化迹象。尤其是坝体、管道、泵站等关键设施,其材料在长期与水、风、沙等自然环境接触后,容易发生腐蚀、裂缝及磨损等问题,这些问题严重影响了设施的结构安全性与运行效率。设备老化不仅大幅提高了维修与更换成本,也可能引发突发故障,从而影响整个水利系统的稳定性与正常运作。此外,由于水利设施的维护工作具有高度复杂性与庞大规模,面临着极大的挑战。水利枢纽包含多个子系统,涉及大量的机械、电气及自动化设备,这些设备分布广泛,跨越不同地区。在设备故障排查过程中,维护人员不仅需要应对技术更新与零部件供应短缺的问题,还需处理时间、资金和人员等资源的有限性。这些限制因素常常导致许多问题在日常运行中被忽视或延迟处理,从而增加了设备老化与损坏的风险。

## 3 水利枢纽工程长期运行管理的优化策略

### 3.1 设备维护与智能监测技术的应用

随着水利枢纽工程规模的持续扩大及其运行时间的延长,传统的设备维护模式已逐渐难以满足日益复杂的管理需求。设备老化、环境变化以及突发故障等问题,迫使我们重新审视维护方式的转型。智能监测技术的引入,为应对这一挑战提供了全新的解决方案。通过在各类设施中安装传感器,结合物联网技术及大数据分析系统,水利枢纽实现了全天候、全方位的实时监控<sup>[1]</sup>。这些收集的数据不仅能准确反映设备的运行状态,还能预测设备的使用寿命及可能的故障风险,使得维护方式从传统的定期检查转变为更加科学且精准的状态监测及预防性维护。智能监测技术的关键优势在于其对设施运行状态的细致分析能力,

使得潜在的风险能够在早期阶段被及时发现,进而有效减少突发故障带来的损失。通过振动监测、温度监测、流量监测等手段,异常状况能够提前识别,尤其是对于泵站、发电机组等关键设备,从而使维修或更换措施能够及时采取,延长设备的使用周期,避免整体停运的发生。尽管智能监测系统在提升设备维护效率与精准度方面展现出显著优势,技术投入、数据处理能力及系统稳定性等问题依然需要在实际实施过程中予以妥善解决。

### 3.2 加强水文监测与数据分析能力

随着水利枢纽工程管理复杂性的不断增加,提升水文监测与数据分析能力已经成为增强管理效能的关键策略。水文监测系统的核心在于实时、精准地采集水位、流量、降水量等关键水文数据,这些数据直接关系到水库调度、洪水预警以及水资源管理等决策的准确性。传统的水文监测手段,依赖人工巡查与现场测量,往往存在效率低下、覆盖面有限以及人为误差等问题。而与此相比,现代化水文监测系统通过部署自动化设备与传感器,能够提供24小时连续不间断的实时监控,显著提高了数据采集的精度与频率。仅仅依靠水文数据的采集仍不足以全面提升管理水平,数据分析与处理才是核心所在<sup>[2]</sup>。借助大数据分析技术,可以从海量水文数据中提取有价值的信息,进行趋势预测与风险评估。这不仅帮助管理人员更清晰地掌握水库的水文状况,还能够预测可能发生的极端天气或水文事件,为及时调度和防灾准备提供科学依据。提升水文监测与数据分析能力,不仅有助于提高水资源的使用效率,还能在突发事件发生时,为应急响应提供精准高效的决策支持,确保水利枢纽的长期稳定运行。

### 3.3 强化生态保护与水资源调度

在水利枢纽工程的管理中,强化生态保护与水资源调度是关键策略,尤其是在资源日益紧张、生态环境逐渐恶化的背景下。水库的运行不仅需满足供水、发电、灌溉等基本需求,更应平衡生态保护,确保水体生态系统的稳定性。在水资源调度过程中,若过度开采或采取不合理的调度方式,可能导致水质恶化、湿地萎缩、鱼类栖息地破坏等一系列生态问题。因此,合理的水资源调度不仅要满足人类活动的水需求,还应考虑生态流量的保障,从而确保生态环境的可持续发展。生态保护与水资源调度的有机结合,要求管理方法更加精细化与系统化。水库调度应根据季节变化、水文数据及生态保护的需求进行动态调整,避免单纯追求经济效益而忽视生态效益<sup>[3]</sup>。例如,在干旱季节,应优先保障生态流量,确保下游生态系统不受损害;而在丰水期,则可适度增加水库蓄水量,以支持农业灌溉或电力生产。通过科学调度与实时生态监测的结合,可以实现水资源的合理分配,保护生态多样性,从而达到经济与环境的双赢局面。

### 3.4 完善安全管理与应急机制

完善安全管理与应急机制对保障水利枢纽工程的平稳运行至关重要。作为关键基础设施,一旦发生安全事故,水利枢纽不仅可能造成巨大的财产损失,还可能对下游地区居民生活及生态环境产生深远影响。为了避免这些风险,建立健全的安全管理体系和应急响应机制显得尤为必要。安全管理应覆盖设施的日常运行与维护,并着重于潜在风险的预测与预防,如设备老化、自然灾害、技术故障等问题。通过定期进行安全检查、设备监控及风险评估,潜在隐患能得以及早识别,及时采取预防措施,从而有效降低突发事件的风险。应急机制的完善要求能够在突发事件发生时迅速做出反应,协调各方资源,最大限度地减少灾难影响。有效的应急响应机制应明确各级人员职责、应急处理流程与资源配置,并定期进行应急演练,以确保在紧急情况下,工作人员能够迅速且准确地执行应对方案。随着信息技术的不断发展,智能化应急管理系统的引入,为提高应急响应效率提供了强大的技术支持,使得信息流通更加迅速,响应更加高效。

### 4 结语

水利枢纽工程在确保水资源的有效利用、促进经济发展以及维持生态平衡方面发挥着至关重要的作用。随着工程运行时间的延续及管理需求的不断增加,长期运行管理面临的挑战也愈加复杂。从极端气候对设施耐久性的影响,到水质污染与生态环境保护的复杂性,再到设备老化和水文监测的管理难题,每一环节都亟需高度关注与精准应对。面对这些挑战,优化管理策略显得尤为重要。通过加强设备维护、引入智能监测技术、提升水文监测与数据分析能力、推动生态保护与水资源调度的有效结合、完善安全管理与应急机制等措施,水利枢纽的运行效率与安全性将得到显著提高。同时,这些举措将为水资源的可持续利用与生态环境的保护提供有力支持。随着技术的持续进步与管理模式的不断创新,水利枢纽工程的管理将逐步走向更加精细化与智能化,为水利事业在复杂多变的环境中持续、健康发展提供坚实保障。

#### [参考文献]

- [1] 杨涌. 水利枢纽运行管理及相关问题概述[J]. 珠江水运, 2020(17): 101-102.
  - [2] 王振. 新疆玛尔坎恰提水利枢纽工程方案研究浅谈[J]. 陕西水利, 2024(12): 73-75.
  - [3] 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.
- 作者简介: 王启玉(1990.2—), 毕业院校: 国家开放大学, 所学专业: 水利水电工程, 当前就职单位名称: 塔里木河流域开都孔雀河水利管理中心水资源调度中心, 就职单位职务: 一般干部, 职称级别: 工程师。