

# 梯级水电站联合调度优化模型在水资源综合利用中的效能展示

薛迎春

甘肃嘉宁工程咨询有限公司 甘肃兰州

**【摘要】** 面对水资源紧张与能源转型需求，梯级水电站联合调度优化至关重要。该模型整合发电、生态、灌溉等需求，以先进算法统筹各电站运行。精准调配水能，提升发电效率；严守生态流量底线，护佑水域生态；保障灌溉供水，稳定农业生产。实例验证其显著提升水资源综合利用效能，化解用水矛盾，为流域可持续发展铺就坚实道路，推动水电领域迈向绿色新篇。

**【关键词】** 梯级水电站；联合调度；水资源利用；生态保护；发电效益

**【收稿日期】** 2025 年 3 月 5 日

**【出刊日期】** 2025 年 4 月 6 日

**【DOI】** 10.12208/j.jer.20250165

## The performance of cascade hydropower station joint dispatching optimization model in comprehensive utilization of water resources is demonstrated

Yingchun Xue

Gansu Jianing Engineering Consulting Co., Ltd., Lanzhou, Gansu

**【Abstract】** In the face of water scarcity and the need for energy transition, joint scheduling optimization of cascade hydropower stations is crucial. This model integrates power generation, ecological, and irrigation needs, using advanced algorithms to coordinate the operations of each station. It precisely allocates water resources to enhance power generation efficiency; strictly adheres to ecological flow standards to protect aquatic ecosystems; and ensures irrigation water supply to stabilize agricultural production. Practical examples have demonstrated its significant improvement in the comprehensive utilization of water resources, resolving water use conflicts, paving a solid path for sustainable development in river basins, and advancing the hydropower sector towards a new era of green development.

**【Keywords】** Cascade hydropower station; Joint dispatching; Water resources utilization; Ecological protection; Power generation benefit

### 引言

在全球资源格局深刻变革的当下，水资源的战略地位愈发凸显，其不仅维系着生态系统的平衡稳定，更是支撑社会经济蓬勃发展的关键要素。与此能源结构调整迫在眉睫，绿色、可持续的能源供应成为时代主旋律。在此背景下，构建联合调度优化模型成为破局关键，其旨在打破旧有局限，统筹多方需求，为水资源综合利用开拓全新路径，这不仅关乎当下发展困境的化解，更牵连着未来流域生态与经济协同共进的美好愿景。

### 1 剖析梯级电站调度困境

在当下，梯级水电站已然成为流域开发进程中的核心力量。其调度问题却日渐凸显。众多电站往往各自为政，仅将目光聚焦于自身发电效益的最大化，全然忽

视了整个流域水能资源的连贯性与系统性<sup>[1]</sup>。例如在某些流域，上游电站为了追求更高的发电收益，毫无节制地蓄水，致使下游电站面临严重的“水荒”局面。这种情况直接导致河道水流出现紊乱，生态系统遭受严重破坏。诸多河段由于水流的无序状态，水生生物的繁衍受到极大阻碍，原本完整的栖息地也愈发破碎化，许多珍稀水生生物的生存面临着严峻的挑战。

传统的调度模式在面对社会多元的用水需求时，表现得力不从心。在农业灌溉的关键时期，由于水量分配不足，农作物无法获得充足的水分滋养，生长发育受到严重限制，直接影响到粮食的产量与质量。而在工业不断扩张的当下，用水的稳定性难以得到有效保障，频繁的供水不足或不稳定状况，极大地制约了工业生产

作者简介：薛迎春（1983-）男，汉，甘肃兰州，中级，本科，研究方向为水利专业。

的正常进程,阻碍了区域经济的发展<sup>[2]</sup>。与此用水监测与调控技术的滞后性也愈发明显。数据采集方式过于粗略,难以精准捕捉到用水的细微变化;传输过程中存在明显延迟,导致信息无法及时送达调度决策部门,使得调度决策缺乏精准的数据依据,进一步加剧了用水矛盾。迫切需要通过联合调度的革新来打破这一困局。

深入探究问题根源,不难发现流域管理理念的滞后以及部门间协同合作的不畅是主要原因。不同部门之间往往各自为政,缺乏统一的全流域统筹思维,信息沟通与共享机制不完善,导致在调度决策过程中难以形成合力。打破部门之间的壁垒,构建起全流域统筹协调的思维模式,积极引入创新技术,已经成为扭转当前调度困境、实现水资源高效利用的迫切需求,这直接关系到整个流域的生态生机与经济发展活力。

## 2 打造联合调度优化体系

构建联合调度优化模型,需要从多个方面协同发力。在目标设定环节,应将发电效益、生态维护以及社会服务等多个目标有机融合在一起。以发电目标为例,可运用动态规划算法,依据实时的电价波动情况以及精准的来水预测数据,对机组的启停时段进行精细安排。通过对不同时段水能资源与电价的综合考量,深入挖掘水能发电的潜在能量,确保发电效益的最大化<sup>[3]</sup>。在生态维护方面,根据河道独特的生态特性,借助专业的生态研究数据,精准核算出生态流量的阈值,并将其作为强制约束条件嵌入到模型之中。以此确保河道始终保持一定的流量,维持水质的稳定提升,为河道生态系统的健康运行提供坚实保障。

从模型架构角度来看,需依托流域详尽的地理信息,对水流网络进行精准模拟。将各电站以及水库视作网络中的关键节点,运用图论算法将这些节点有效连通起来。通过这种方式,能够对水量在流域内的流向以及分配情况进行精准模拟,为后续的调度决策提供直观且准确的参考依据。在核心算法的选取上,创新性地融合模拟退火算法与线性规划算法<sup>[4]</sup>。模拟退火算法能够有效跳出局部最优解的“陷阱”,避免模型陷入局部的不良状态;而线性规划算法则专注于求解出最优的调度方案。两者相互协同配合,共同应对联合调度过程中复杂多样的约束条件,确保模型能够输出科学合理的调度结果。

数据支撑在整个联合调度优化体系中起着不可或缺的重要作用。广泛部署智能传感器,对水位、流量、水质以及气象要素等进行全方位、实时的监测。借助先进的5G网络技术,将采集到的数据实时回传至数据

处理中心。深入挖掘历史大数据,通过数据挖掘技术捕捉水情变化的周期规律以及潜在趋势。这些历史数据不仅可以为模型的初始参数赋值提供参考,还能够在模型运行过程中进行校验与优化。

## 3 检验模型实战应用成效

该联合调度优化模型在落地实践过程中,凭借其科学合理的调度策略与先进的技术支撑,展现出了极为显著的成效。在发电端,通过实施联合调度策略,机组的运行效率得到了大幅提升。技术人员依据实时水情、机组性能等多维度数据,精准调控机组的运行参数,使得水能利用率与以往相比,同比提升幅度超过15%。此外,通过精准的错峰发电安排,充分利用了不同时段电价差异<sup>[5]</sup>。在用电高峰时段,提高发电功率,以高价售出电能;在用电低谷时段,则适当降低发电功率,减少能源浪费,这一系列举措使得电费收益实现了显著上扬,为区域能源供应网络提供了更为有力的支撑,有效保障了区域内各类用户的稳定用电。

在生态环境修复方面,更是佳音不断。模型充分考虑生态需求,运用智能化算法,确保了生态流量的稳定下泄。随着生态流量的稳定供应,河流水文情势逐渐趋于稳定,水流不再紊乱无序。曾经因水流紊乱而受损的湿地面积开始呈现恢复性增长,湿地内的水生植物重新焕发生机,为众多水鸟提供了更加适宜的栖息环境,水鸟栖息地重新回归安宁<sup>[6]</sup>。鱼类种群也在良好的生态环境下重现活力,鱼群数量逐渐增多,种类也更加丰富,生物多样性指标呈现出稳步向好的发展态势,整个流域的生态系统正逐步恢复生机,向着更加健康、稳定的方向发展。

在社会民生领域,模型同样发挥了重要作用。灌溉用水实现了按需精准调配,借助先进的传感器与大数据分析技术,实时监测农田土壤墒情与农作物需水情况,从而精准地将水资源输送到田间地头。在干旱地区,农田灌溉保障率从以往的不足70%提升至90%,为粮食丰收奠定了坚实的基础,有力保障了区域的粮食安全。城镇工业用水紧张的局面得到了有效缓解,供水可靠性达到95%以上,通过优化水资源调配流程,合理安排工业用水的优先级与供应量,有力地保障了工业生产与居民生活的有序运转。

## 4 探寻未来优化提升路径

展望未来,联合调度优化领域宛如一片亟待开垦的广袤沃土,蕴含着无尽的发展空间与磅礴潜力。在技术创新的前沿阵地,积极引入量子计算技术成为开拓全新版图的关键举措。量子计算以其独有的量子比特

特性,相较于传统二进制比特,能够在极短时间内处理海量数据,实现并行计算,拥有超乎想象的强大计算能力。凭借这一优势,它有望如同一把利剑,彻底斩断传统算法在算力层面的枷锁,突破复杂调度方案求解过程中面临的时间长、精度低等重重困境,为联合调度量身打造更加高效、精准且全面的解决方案,助力调度工作迈向全新高度。

与此区块链技术也将在联合调度优化进程中发挥不可或缺的作用。区块链所具备的去中心化特性,使数据存储与管理摆脱了对单一中心节点的依赖,各参与方平等地共享和维护数据;其不可篡改的特性,如同给数据加上了一把坚不可摧的安全锁,确保了每一笔水权交易记录以及调度数据的真实可靠,杜绝了数据被恶意篡改的风险<sup>[7]</sup>。这一系列特性将有效激发市场活力,吸引诸如用水企业、投资机构等更多主体踊跃投身到水资源配置的进程中,各方基于真实、可信的数据展开公平竞争与合作,进而全方位提升水资源配置的效率与公平性,营造出健康、有序的水资源市场环境。

跨流域合作在未来水资源管理领域将逐渐成为一种常态化的运作模式。通过构建科学合理的水利工程设施,实现不同水系之间的互联互通,为水资源的跨区域调配搭建起畅通无阻的桥梁<sup>[8]</sup>。在洪水肆虐的时期,可借助这一连通体系,将洪水从受灾严重的区域调配至其他具备蓄洪能力的地区,如同在洪灾的汹涌浪潮中开辟出一道道分流通道,有效减轻洪水对局部地区的冲击压力,最大限度降低洪涝灾害造成的损失;而在枯水期,各流域之间又能够相互支援、彼此补给,根据实际用水需求灵活调配水资源,保障工农业生产以及居民生活用水不受影响。

在能源协同发展的赛道上,水风光储一体化项目正加速从蓝图构想迈向落地实施阶段。水电凭借其启动迅速、调节灵活的独特优势,能够像一位经验丰富的指挥家,精准把控能源供应的节奏,有效平抑风电与光电由于自然条件波动而产生的间歇性与波动性问题。水电、风电、光电以及储能系统相互协作、紧密配合,共同构建起一座稳定可靠的绿色能源矩阵。这一创新型能源组合模式,不仅为能源供应的稳定性提供了坚实保障,有力支撑了经济社会的持续发展,还如同一场绿色能源革命的号角,推动能源结构朝着更加绿色、清

洁、可持续的方向大步迈进,为实现碳达峰、碳中和目标贡献关键力量。

## 5 结语

梯级水电站联合调度优化模型已在水资源利用中崭露头角,发电、生态、民生多赢格局初现。展望未来,技术突破、跨域协作、能源融合、公众参与将为其注入磅礴动力。持续奋进,有望重塑流域生态经济新版图,化解水资源发展瓶颈,水电事业将以先锋之姿,引领绿色发展浪潮,助力人类与自然美美与共,书写水电发展的传奇史诗。

## 参考文献

- [1] 刘志成,张印,刘壮添.东江流域梯级水电站的多目标调度研究[J/OL].水电能源科学,2025,(05):197-200+205[2025-04-11].
- [2] 王由武,庞树森,熊奇.基于“水电合一”的梯级水电站调度系统报警设计[J].水电与新能源,2025,39(03):43-46.
- [3] 常白雪.小型梯级水电站减水河段生态修复技术研究[J].环境科学与管理,2025,50(03):167-171+183.
- [4] 苏都都,邵松杰,迟同信,等.基于改进布谷鸟搜索算法的梯级水电站运行优化[J].机械与电子,2025,43(02):16-21.
- [5] 刘帅,刘道君,杨锦辉.面向梯级水电站的大数据融合治理平台研究及应用[J].水电站机电技术,2025,48(02):123-127
- [6] 王娟,王冉旋,王奕,等.考虑生态灌溉需求的梯级水电站群多目标优化调度研究[J].中国农村水利水电,2022,(03):221-226+231.
- [7] 黄景光,黄静梅,林湘宁,等.基于跨流域引水的梯级水电站联合调度[J].三峡大学学报(自然科学版),2020,42(06):28-32+39.
- [8] 王亮,陈刚,苗树敏,等.梯级水光联合发电系统短期优化调度模型[J].水力发电,2020,46(03):94-98.

**版权声明:** ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

