

水电站经济运行应用研究

石明强

河南省陆浑水库运行中心 河南省洛阳市 471400

DOI：10.12238/jpm.v5i7.6986

[摘要] 水电站作为清洁能源的重要来源，在全球能源结构中占据着举足轻重的地位。随着能源需求的增长，水电站的经济运行优化成为提升能源效率、降低成本、增强市场竞争力的关键。本文综述了水电站经济运行的应用研究，包括运行管理优化、技术创新应用以及市场机制与政策支持等方面。通过精细化调度管理、预防性维护与设备更新、人力资源优化配置等策略，水电站能够实现更高的发电效率和更低的运营成本。同时，先进监测与控制系统、智能化运行技术以及新型发电技术的探索，为水电站的现代化和可持续发展提供了技术支撑。此外，电力市场改革、政策激励与补贴以及环境与生态保护政策的实施，为水电站的经济运行提供了良好的外部环境。

[关键词] 水电站；经济运行；应用研究

Research on the application of economic operation of hydropower stations

Shi Mingqiang

Luhun Reservoir Operation Center

[Abstract] As an important source of clean energy, hydropower stations occupy a pivotal position in the global energy structure. With the growth of energy demand, the optimization of the economic operation of hydropower stations has become the key to improving energy efficiency, reducing costs and enhancing market competitiveness. This paper reviews the applied research on the economic operation of hydropower stations, including operation management optimization, technological innovation and application, market mechanism and policy support. Through strategies such as refined dispatch management, preventive maintenance and equipment renewal, and optimal allocation of human resources, hydropower stations can achieve higher power generation efficiency and lower operating costs. At the same time, the exploration of advanced monitoring and control systems, intelligent operation technologies and new power generation technologies provides technical support for the modernization and sustainable development of hydropower stations. In addition, the implementation of power market reforms, policy incentives and subsidies, and environmental and ecological protection policies have provided a favorable external environment for the economic operation of hydropower stations.

[Key words] hydropower station; economic operation; Applied research

引言

水电站的经济运行优化是实现能源可持续发展的重要途径。在全球范围内，水电站不仅提供了大量的清洁电力，还对减缓气候变化、保护生态环境发挥着积极作用。然而，随着市场竞争的加剧，水电站面临着提高效率、降低成本、增强竞争力的挑战。因此，研究水电站经济运行的优化策略，对于提升水电站的整体性能和经济效益具有重要意义。

1. 水电站经济运行理论基础

1.1 水电站运行原理

水电站的运行原理基于水能转换为电能的过程，这一过程主要依赖于水流的势能和动能。当水从高处流向低处时，其势

能会转化为动能，通过水轮机驱动发电机旋转，从而产生电能。水电站通常由大坝、水库、水轮机、发电机和输电系统等主要部分组成。大坝用于拦截河流，形成水库，储存水量，调节水流。水库的水位高度决定了水流的势能大小，而水流量则影响动能的大小。水轮机是水电站的核心设备，它将水流的动能转换为机械能。发电机则将水轮机输出的机械能转换为电能。输电系统负责将产生的电能输送到电网，供给用户使用。水电站的运行效率受到水文条件、设备性能、调度管理等多种因素的影响，因此，优化水电站的运行管理对于提高其经济效益至关重要。

1.2 经济运行概念与目标

经济运行是指在满足电力供应需求的前提下，通过科学的管理和优化调度，实现水电站运行成本最小化和经济效益最大化的过程。经济运行的概念强调在保证水电站安全、稳定运行的同时，通过合理利用水资源、提高发电效率、降低运营成本等手段，达到经济效益的最大化。水电站的经济效益主要包括电网效益和发电效益以及社会效益。在这三者中效益中，水电站主要是在满足电网效益和社会效益的前提下，尽量取得更多的发电效益。

1.3 影响水电站经济运行的因素

1.3.1 水文条件

水文条件是影响水电站经济运行的基础因素，它包括降雨量、径流量、水库蓄水量、水位变化等自然因素。这些因素直接决定了水电站的发电潜力和运行成本。例如，丰水期时，水电站可以充分利用水资源进行发电，提高经济效益；而在枯水期，水资源短缺可能导致发电量下降，影响经济运行。此外，极端天气事件如洪水或干旱也会对水电站的运行造成临时或长期的负面影响。因此，水电站的经济运行需要对水文条件进行精确预测和合理规划，以应对不同水文条件下的运行挑战。

1.3.2 电力市场需求

电力市场需求是影响水电站经济运行的重要外部因素。市场需求的变化直接影响水电站的发电计划和电价。在电力需求高峰期，水电站可以通过增加发电量来满足市场需求，从而获得更高的收益；而在需求低谷期，则可能需要减少发电量，避免电力过剩。此外，电力市场的竞争状况也会影响水电站的经济效益，如市场中的其他能源竞争、电力交易价格波动等。水电站需要根据市场需求的动态变化，灵活调整发电策略，以实现经济运行的最优化。

1.3.3 政策与法规

水电站经济运行的关键因素，它们包括能源政策、环保法规、税收优惠、补贴政策等。政府的政策导向和法规约束会直接影响水电站的投资成本、运营成本和收益。例如，环保法规的加强可能要求水电站采取更严格的环保措施，增加运营成本；而税收优惠和补贴政策则可能降低水电站的财务负担，提高经济效益。根据国家所规定的有关水电站经济方面的相关法律法规的描述中，在水电站的经济运行过程中需要根据国家现今运行的财税制度作为根据，来对水电站工程开展相关的财务测评以及国民经济评价。因此，水电站的经济运行需要密切关注相关政策与法规的变化，以便及时调整运营策略，应对政策环境的变化。

1.3.4 技术进步

技术进步是推动水电站经济运行优化的重要驱动力。新技术的应用可以提高水电站的发电效率、降低运营成本、增强设备的可靠性和安全性。例如，先进的监测与控制系统可以实现水电站的智能化管理，提高调度效率；新型水轮机和发电机的研发可以提升能量转换效率；可再生能源技术的融合可以增加水电站的能源多样性。技术进步是指引水电站经济运行向更高

效率、更低成本、更环保方向发展的关键因素。水电站需要不断引进和应用新技术，以保持竞争力并实现可持续发展。

2. 水电站经济运行现状分析

2.1 经济运行中存在的问题

2.1.1 运行成本高

水电站的运行成本高是经济运行中常见的问题之一。这可能源于多个方面，包括设备维护费用、能源消耗、人力成本以及财务成本等。设备老化和频繁的维修会导致维护成本上升；能源消耗，尤其是非发电时段的能源使用，如泵站运行、照明和供暖等，也会增加运行成本。此外，随着人力成本的增加，水电站的人力资源开支也在不断上升，而财务成本，如贷款利息，也会对水电站的总体成本产生影响。高运行成本直接压缩了水电站的利润空间，降低了其经济效益。

2.1.2 调度不合理

调度不合理是影响水电站经济运行的另一个问题。不合理的调度可能导致水资源利用效率低下，无法在电力需求高峰期提供足够的电力，或在低谷期产生过剩电力。这种不匹配可能导致水电站错失盈利机会，甚至需要支付额外的电网调度费用。此外，不合理的调度还可能导致水电站无法充分利用水文条件，如在丰水期未能充分发电，或在枯水期过度消耗水资源，影响水电站的长期运行和经济效益。

2.1.3 市场竞争压力

随着电力市场的开放和竞争加剧，水电站面临着来自其他能源形式的竞争压力。例如，火电、核电、风电和太阳能发电等都在争夺市场份额。如果水电站无法通过提高效率、降低成本或提供更优质的服务来增强其市场竞争力，就可能在市场竞争中处于不利地位，导致收益下降。此外，电力市场的价格波动也会对水电站的经济运行产生影响，需要水电站灵活应对市场变化，以保持竞争力。

2.1.4 环境与生态影响

水电站的运行对环境和生态系统可能产生负面影响，这也是经济运行中需要关注的问题。例如，大坝建设可能会改变河流的自然流动，影响下游的生态平衡；水库蓄水可能会淹没大片土地，影响当地生物多样性；水电站的运行可能会产生温室气体排放，对气候变化产生影响。这些环境与生态影响不仅可能导致社会和环境成本的增加，还可能受到政府法规的限制，影响水电站的运营和经济发展。因此，水电站需要在追求经济效益的同时，考虑到环境保护和生态平衡，实现可持续发展。

2.2 经济运行优化需求分析

2.2.1 提高发电效率

提高发电效率是水电站经济运行优化的核心需求之一。这意味着需要通过技术创新和管理改进，最大限度地利用水资源，提高水轮机和发电机的能量转换效率。例如，采用先进的水轮机设计、优化水流路径、实施精确的水位控制和流量调节等措施，可以提升发电效率。此外，通过引入智能监控系统和自动化技术，实现对水电站运行状态的实时监控和优化调度，

也是提高发电效率的有效途径。提高发电效率不仅可以增加发电量，还能减少能源浪费，从而提升水电站的经济效益。

2.2.2 降低运营成本

降低运营成本是水电站经济运行优化的另一个重要需求。这涉及到减少设备维护费用、能源消耗、人力成本和财务成本等方面。通过实施预防性维护、延长设备使用寿命、优化能源使用策略、提高员工工作效率和减少不必要的开支，可以有效降低运营成本。此外，采用节能技术和材料，以及通过合同能源管理等方式，也可以帮助水电站降低能源消耗和相关成本。降低运营成本有助于提高水电站的盈利能力，增强其经济运行的可持续性。

2.2.3 增强市场竞争力

在竞争激烈的电力市场中，增强市场竞争力是水电站经济运行优化的关键需求。这要求水电站不仅要提供稳定的电力供应，还要能够灵活应对市场价格波动和需求变化。通过建立灵活的电力销售策略、参与电力市场交易、提供差异化服务等措施，可以提升水电站的市场竞争力。同时，通过技术创新和提高服务质量，水电站可以吸引更多的客户，扩大市场份额。增强市场竞争力有助于水电站获得更多的收益，实现经济运行的优化。

3. 水电站经济运行优化策略

3.1 运行管理优化

精细化调度管理是提升水电站经济运行效率的关键策略。通过实时监控水文数据、电力市场需求和电网状态，水电站可以实现更加精确和灵活的调度。精细化调度管理包括对水电站的出力进行动态调整，以适应电力市场的实时需求，同时优化水资源的利用，避免在电力需求低谷期过度发电或在高峰期发电不足。此外，通过建立预测模型和优化算法，水电站可以预测未来的水文条件和市场需求，从而提前做出调度决策，减少能源浪费，提高发电效率和经济效益。

预防性维护与设备更新是降低水电站运行成本和提高可靠性的有效手段。通过定期检查和维护设备，可以预防故障的发生，减少紧急维修的次数和成本。同时，及时更新老旧设备，采用新技术和材料，可以提高设备的运行效率和寿命，降低长期维护成本。预防性维护还包括对关键部件的监测和分析，以便在问题发生前进行干预。设备更新则涉及对水轮机、发电机、控制系统等核心设备的升级，以适应更高的运行标准和效率要求。人力资源优化配置是提高水电站运行管理效率的重要环节。通过合理规划员工的工作职责和班次，可以确保水电站24小时高效运行。

3.2 技术创新应用

先进监测与控制系统是提升水电站运行智能化水平的关键技术。通过安装高精度的传感器和监测设备，可以实时收集水电站的运行数据，包括水位、流量、压力、温度等关键参数。这些数据通过先进的控制系统进行分析和处理，可以实现对水电站运行的精确控制和优化。例如，通过自动化的水位控制和

流量调节，可以提高水轮机的运行效率，减少能源损失。

智能化运行技术是指利用人工智能、大数据分析、云计算等现代信息技术，实现水电站运行的智能化和自动化。这些技术可以帮助水电站实现故障预测、性能优化、能源管理等功能。例如，通过机器学习算法分析历史数据，可以预测设备故障和电力需求，从而提前做出调整。智能化运行技术还可以实现远程监控和管理，减少现场操作人员的需求，降低人力成本。

新型发电技术探索是推动水电站经济运行创新的重要方向。这包括探索更高效的水轮机设计、利用可再生能源技术(如太阳能和风能)与水力发电相结合、以及研究潮汐能、波浪能等新型水力发电技术。通过引入这些新技术，水电站可以提高发电效率，降低环境影响，并增强其市场竞争力。新型发电技术的探索还需要与科研机构和设备制造商合作，共同推动技术的研发和应用。

3.3 市场机制与政策支持

电力市场改革还包括建立透明的市场规则和监管机制，保护市场参与者的合法权益，促进公平竞争。水电站需要适应市场改革的要求，提高自身的竞争力，以在新的市场环境中获得更好的经济效益。政策激励与补贴是支持水电站经济运行优化的重要手段。政府可以通过提供税收优惠、资金补贴、贷款担保等措施，降低水电站的投资和运营成本，鼓励技术创新和设备更新。此外，政府还可以通过制定环保标准和能效要求，推动水电站实施更加环保和高效的运行策略。政策激励与补贴有助于水电站克服经济和技术障碍，实现可持续发展。环境与生态保护政策是确保水电站经济运行与环境保护相协调的关键。政府需要制定严格的环保法规和标准，要求水电站在运行中减少对环境的影响，如控制温室气体排放、保护水域生态、减少土地淹没等。水电站需要在遵守这些政策的同时，采取措施减少生态破坏，如实施生态流量管理、开展生态修复项目等。环境与生态保护政策的实施有助于水电站树立良好的社会形象，获得公众和投资者的支持。

结束语

通过运行管理优化、技术创新应用以及市场机制与政策支持的综合策略，水电站能够实现经济运行的显著提升。未来，随着技术的进步和市场环境的变化，水电站经济运行的优化将面临新的机遇和挑战。因此，持续的研究和创新是确保水电站可持续发展的关键。

[参考文献]

- [1]杨塆, 杨侃, 华萍, 等.基于改进鲸鱼算法的三峡水电站经济运行模型及其应用[J].水电能源科学, 2020, 38(06): 46-49.
- [2]黄小军.面向小水电的厂内经济运行研究与应用[D].南昌工程学院, 2019.
- [3]郭焱焱.渠首水电站厂内经济运行研究与应用[D].华中科技大学, 2013.