

小水电站升级改造中的技术创新与应用

姜 珊

密山盛合工程材料检测有限公司 黑龙江密山

【摘要】小水电站作为可再生能源的重要组成部分，在推动能源转型和实现碳达峰、碳中和目标方面发挥着关键作用。随着技术的发展和环境要求的提高，许多现存的小水电站面临着效率低下和环保不达标的问题。本文探讨了在小水电站升级改造过程中采用的技术创新及其应用，包括高效水轮机的研发、智能监控系统的引入、生态流量保障措施的实施等，旨在提升小水电站的整体效能与环境友好性，为相关领域的研究提供理论基础和技术支持。

【关键词】小水电站；技术创新；升级改造；生态流量

【收稿日期】2025 年 3 月 3 日

【出刊日期】2025 年 4 月 5 日

【DOI】10.12208/j.jer.20250150

Technological innovation and application in the upgrading and reconstruction of small hydropower stations

Shan Jiang

MiShan ShengHe Engineering Material Testing Co.Ltd, Mishan, Heilongjiang

【Abstract】 As an important part of renewable energy, small hydropower stations play a crucial role in promoting energy transformation and achieving the goals of carbon peak and carbon neutrality. With the development of technology and the improvement of environmental requirements, many existing small hydropower stations are faced with problems such as low efficiency and failure to meet environmental protection standards. This paper explores the technological innovations and their applications adopted during the upgrading and reconstruction of small hydropower stations, including the research and development of high-efficiency turbines, the introduction of intelligent monitoring systems, and the implementation of ecological flow guarantee measures, etc. The aim is to enhance the overall efficiency and environmental friendliness of small hydropower stations, providing a theoretical basis and technical support for research in related fields.

【Keywords】 Small hydropower station; Technological innovation; Upgrading and reconstruction; Ecological flow

引言

在全球追求绿色可持续发展的背景下，小水电作为一种清洁能源受到越来越多的关注。传统的小水电站由于设计陈旧、设备老化等原因，在运行效率和环境保护方面面临诸多挑战。如何通过技术创新来解决这些问题，成为当前研究的重点。本文将深入探讨小水电站在升级改造过程中所涉及的关键技术及其实现路径，展示技术创新对于提升小水电站性能的重要性，以期行业内的实践者和研究人员提供有价值的参考。

1 现存小水电站面临的挑战与问题分析

现存小水电站由于建设时期的技术限制和长期运行后的设备老化，普遍面临着一系列挑战。在能源效率方面，老旧的水轮机和发电机组难以实现高效转换，导致电能产出远低于现代标准。传统的小水电站设计缺

乏对水流最佳利用的考量，造成水资源浪费的同时也影响了发电效率。随着环保要求的日益严格，这些问题变得更加突出。许多电站未能配备有效的生态流量保障措施，这不仅损害了河流生态系统，还可能引发法律风险和社会舆论压力^[1]。操作管理方面的落后也是不容忽视的一环。过去依赖人工操作的方式容易出现失误，且无法实现实时监控与调整，极大地限制了电站应对突发状况的能力。

技术更新滞后同样制约着小水电站的发展潜力。当前，高效节能的新型水轮机不断涌现，而许多小型水电站仍在使使用几十年前的老型号设备，这些设备在材料科学、制造工艺等方面已远远落后于时代发展。信息化技术的应用也为水电站带来了革命性的变化，如智能监控系统能够实时监测电站运行状态，及时发现潜

作者简介：姜珊（1988-）女，汉，黑龙江，助理工程师，大专，研究方向为水利水电工程。

在故障并预警,从而减少停机维修时间,提高整体运营效率^[2]。现有小水电站中此类技术的应用尚不普及,导致其在面对市场变化和技术进步时显得力不从心。加之,维护成本高企和资金投入不足的问题,使得许多小水电站难以进行必要的升级改造,陷入恶性循环。

生态保护已成为评估小水电项目成败的关键因素之一。随着公众环保意识的增强,社会各界对小水电站提出了更高的环境要求。维持下游生态系统的健康稳定需要确保一定的生态流量,即保证河流中有足够的水量以支持生物多样性及生态环境的需求。不少小水电站在规划之初并未充分考虑这一点,造成了局部地区生态退化。为解决上述问题,必须采取一系列综合性措施,包括但不限于采用先进技术改造现有设施、优化运营管理流程以及强化生态保护措施等。唯有如此,才能推动小水电行业朝着更加可持续的方向发展,实现经济效益与环境保护双赢的局面。

2 高效水轮机与发电机组的升级方案探索

在提升小水电站整体效能的过程中,高效水轮机与发电机组的升级成为关键环节。新型水轮机的设计采用了先进的流体力学理论,优化了水流通道的形状和尺寸,从而提高了能量转换效率。这类设计改进不仅能够显著增加单位流量下的发电量,还减少了机械损失,延长了设备使用寿命。现代材料科学的进步也为水轮机叶片等关键部件提供了更高的强度和耐腐蚀性能,使得设备能够在更加恶劣的工作环境中稳定运行。通过应用这些新技术,老旧电站可以大幅度提升其发电能力,同时降低维护成本,增强市场竞争力。

除了硬件上的革新,发电机组的智能化也是升级改造的重要方向之一。借助物联网技术和大数据分析,新的发电机组能够实现远程监控与自动化控制,实时调整运行参数以适应不断变化的外部条件。在不同季节或降水条件下,系统可以根据预设算法自动调节水轮机转速和负荷分配,确保电能产出的最大化^[3]。这种智能管理系统还可以提前预警潜在故障,减少非计划停机时间,提高设备利用率。对于小水电站而言,这意味着更高效的能源管理以及更低的运营风险。随着技术的发展,越来越多的小水电站将能够利用这些先进的解决方案来优化自身运营模式,逐步向智能化、数字化转型。

为了更好地推动高效水轮机和发电机组的普及应用,还需考虑经济性和可持续性。政府和社会资本的合作模式(PPP)为小水电站的技术改造提供了资金支持渠道,降低了单个项目的财务压力。采用生命周期成本

分析方法可以帮助业主评估不同方案的长期效益,选择最适合的技术路径。考虑到环境保护的要求,新设备在设计时也应充分考虑生态影响,如设置最小生态流量保证装置,确保河流生态系统健康不受损害^[4]。通过综合运用技术创新、经济分析及生态保护措施,小水电站不仅能实现自身转型升级,还能为地区经济发展和环境保护做出更大贡献。

3 智能化管理系统在小水电站中的应用研究

智能化管理系统为小水电站带来了前所未有的变革机遇,通过集成先进的信息技术和自动化控制技术,实现了对电站运行状态的全面监控与优化管理。这类系统能够实时收集包括水流量、发电量、设备温度在内的多种关键参数,并利用大数据分析技术进行深度处理,从而提供精准的操作建议或自动执行优化措施。在面对季节性水量变化时,智能化管理系统可以根据历史数据和当前状况动态调整水轮机的工作参数,确保在任何条件下都能实现最佳发电效率^[5]。该系统还支持远程操作与维护,极大地提升了电站应对突发事件的能力,降低了因故障导致的停机时间。

智能化管理系统不仅限于提高运营效率,它同样致力于增强电站的安全性和可靠性。通过部署传感器网络和应用机器学习算法,系统可以提前预测潜在的设备故障,及时发出警报并推荐预防性维护措施。这有助于避免重大事故的发生,减少不必要的维修成本。智能系统还能整合天气预报等外部信息源,提前做好防洪准备,保障电站及周边地区的安全。对于地处偏远的小水电站而言,这种远程监控和智能诊断功能尤为重要,它使得即使是在人员配置有限的情况下,也能保证电站的稳定运行。

为了促进智能化管理系统的广泛应用,还需解决一系列技术和经济挑战。从技术角度来看,需要开发更加适应小水电站特性的软件解决方案,确保系统的易用性和兼容性。考虑到许多老旧电站的基础条件较差,改造过程中可能涉及到现有设施的升级或替换,这就要求提供灵活多样的实施方案以满足不同需求。在经济方面,尽管初期投资较大,但从长远来看,智能化管理系统可以通过提高效率和降低运维成本来实现快速回报^[6]。政府的支持政策和补贴计划也在一定程度上缓解了资金压力,鼓励更多小水电站加入到智能化转型的行列中来。智能化管理系统无疑是推动小水电站现代化发展的重要力量,其广泛应用将为行业带来革命性的变化。

4 生态保护措施与小水电站和谐发展策略

在追求经济效益的小水电站的生态影响不容忽视,实施有效的生态保护措施是实现可持续发展的关键。为确保河流生态系统健康,必须维持一定的生态流量,即保证下游有足够的水量支持生物多样性和生态环境的需求。许多电站已经开始安装生态流量监测设备,这些设备能够实时监控并调整放水量,确保符合环保标准。通过采用环境友好型的设计方案,如低坝或无坝引水系统,可以减少对自然水流形态的干扰,保护鱼类迁徙路径和其他水生生物的栖息地。这种兼顾发电与生态保护的方法,有助于构建人与自然和谐共生的发展模式。

为了进一步减轻对环境的影响,还需从整体规划和管理层面入手。这意味着在项目初期进行详细的环境影响评估,并根据评估结果制定相应的缓解措施。在设计阶段充分考虑周围植被覆盖、土壤保持以及野生动物迁徙路线等因素,避免破坏敏感生态区域^[7]。建立长期的生态监测机制也是必不可少的,它可以帮助及时发现潜在问题,并采取相应措施加以解决。通过这种方式,不仅可以有效保护当地生态环境,还能增强社会公众对小水电项目的认可度和支持力度。在此过程中,政府、企业和社会各界的合作至关重要,共同致力于推动绿色发展理念在小水电行业的落地生根。

促进小水电站与周边社区的和谐发展至关重要,这不仅涉及环境保护,还涵盖经济利益共享和社会责任履行。通过设立专项基金和支持公益项目,可以有效改善当地基础设施和教育条件,显著提升居民生活质量。鼓励社区积极参与小水电站的运营管理和决策过程,增强透明度和信任感,使得项目更加贴合社区需求,提高社会接受度。这种参与不仅能激发更多创新思路,还有助于技术进步和管理模式优化。将生态保护贯穿于小水电站全生命周期管理中,确保能源开发与自然环境和谐共生,是实现可持续发展的关键^[8]。唯有如此,我们才能为后代留下一个既充满活力又环保的绿水青山。这样综合性的策略,不仅促进了地方经济发展,也强化了社会责任,使小水电站在满足当代需求的同时,不损害后代满足其需求的能力。

5 结语

小水电站的升级改造不仅关乎技术革新,更是实

现能源可持续发展与生态保护协调共进的重要途径。通过引入高效水轮机、智能化管理系统以及实施严格的生态保护措施,小水电站能够大幅提升运行效率,降低环境影响,同时增强经济效益和社会接受度。这些改进措施为解决现存电站面临的挑战提供了切实可行的方案,并为未来的发展指明了方向。面对全球气候变化和环境保护的双重压力,推动小水电行业的现代化转型显得尤为紧迫和必要。只有不断探索和实践,才能确保这一清洁能源形式在未来发挥更大的作用,促进人与自然和谐共生。

参考文献

- [1] 赵群立.小水电站标准化智能改造措施分析[J].水电站机电技术,2025,48(01):50-53.
- [2] 杨春晓.小水电站储能改造与多能互补技术研究[J].小水电,2024,(06):40-43.
- [3] 黄阳.樟树市小水电站生态泄流改造分析[J].小水电,2024,(05):46-48.
- [4] 房蒙,陈艇,孟克.基于小水电站改造的微型抽蓄电站经济性分析[J].小水电,2023,(04):27-29.
- [5] 姚桂红,聂金松,朱方和.水能计算分析在中小水电站技术改造工程中的应用[J].湖南水利水电,2023,(03):72-75+77.
- [6] 余进忠.小水电站生态流量泄放设施改造初探[J].小水电,2022,(06):6-11+16.
- [7] 倪建光.小水电站设备运行中常见问题及改造措施分析[J].地下水,2021,43(02):237-238.
- [8] 陈浩.小水电站增效扩容改造施工难点与要点研究[J].黑龙江水利科技,2020,48(08):143-144+147.

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/>

