

中小水电站运行中的能效管理与节能措施探讨

乔治

大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂, 甘肃 陇南 746412

[摘要] 中小水电站的运行效率对其经济效益与环境可持续性具有深远的影响。传统的能效管理方式, 通常缺乏系统性优化, 面临设备老化及能源浪费等挑战。随着节能减排政策逐步实施, 我国对水电站能效的要求不断提高。探索适应中小水电站特点的能效管理模式及节能技术, 不仅能提升经济效益, 还能推动绿色低碳发展减少生态影响, 促进可持续能源利用。通过引入更为科学的管理方法与技术, 中小水电站将能够在提高发电效率的同时, 最大限度地减少能源浪费与环境负担。

[关键词] 水电站; 能效管理; 节能措施

DOI: 10.33142/hst.v7i12.14693

中图分类号: TM715

文献标识码: A

Discussion on Energy Efficiency Management and Energy-saving Measures in the Operation of Small and Medium-sized Hydropower Stations

QIAO Zhi

Bikou Hydropower Plant of Datang Gansu Power Generation Co., Ltd., Longnan, Gansu, 746412, China

Abstract: The operational efficiency of small and medium-sized hydropower stations has a profound impact on their economic benefits and environmental sustainability. Traditional energy efficiency management methods often lack systematic optimization and face challenges such as equipment aging and energy waste. With the gradual implementation of energy-saving and emission reduction policies, Chinese requirements for the energy efficiency of hydropower stations are constantly increasing. Exploring energy efficiency management models and energy-saving technologies that adapt to the characteristics of small and medium-sized hydropower stations can not only improve economic benefits, but also promote green and low-carbon development, reduce ecological impact, and promote sustainable energy utilization. By introducing more scientific management methods and technologies, small and medium-sized hydropower stations will be able to improve power generation efficiency while minimizing energy waste and environmental burden to the greatest extent possible.

Keywords: hydroelectric power station; energy efficiency management; energy-saving measures

引言

随着全球能源转型的推进, 清洁能源的利用已成为各国能源战略的核心。作为重要的可再生能源来源, 中小水电站凭借其建设周期短、投资灵活等优势, 广泛分布于山区及偏远地区。尽管在绿色能源领域中小水电站占据着重要地位, 许多水电站仍面临能效低、运行不稳定等问题。因此, 提升其能效管理水平及节能技术的应用, 已成为实现中小水电站可持续发展的关键所在。

1 中小水电站能效管理现状

在我国电力体系中, 中小水电站在实际运营中, 许多水电站面临着能效管理不足的挑战。尽管技术持续进步设备规模庞大, 但许多水电站仍受限于初期建设规划、运营管理经验不足及资金投入不足等因素, 导致在能效管理方面仍有较大的提升空间。设备老化问题在许多中小水电站中较为突出, 能效监测手段也相对滞后。传统的人工巡检依然是主要的设备检查方式, 缺乏实时监控与精准的运行数据分析, 这种管理模式造成了能效监控精度较低, 潜在的能源浪费或设备故障难以及时发现, 从而影响了整体的运行效率。尽管智能化技术已在多个行业取得了广泛应用,

但中小水电站的智能化管理与自动化技术仍处于初级阶段, 大部分水电站依赖简单的调度和控制系统, 缺乏系统性的能效评估与优化功能, 致使负荷管理与资源调配无法精准实施。与此同时, 许多水电站的能效管理体系存在松散现象, 缺乏全面且系统的管理框架。目前的节能措施大多停留在单一技术层面的优化, 整体性与战略性的改进方案尚显不足。

2 中小水电站能效管理的关键要素

2.1 设备与设施能效监测

在中小水电站的能效管理中, 设备与设施的能效监测是至关重要的基础环节。通过对各类设备的运行状态进行实时监控, 不仅能够及时发现潜在的能效损失, 还能够为后续的优化措施提供数据支持。尤其是水轮机、发电机组以及电力输送系统等核心设备, 能效监测的重要性尤为突出。目前, 许多水电站依然依赖传统的巡检方式来监测设备运行, 这种方式不仅周期较长、效率较低, 还无法实时掌握设备的具体运行状况。为了解决这一问题, 逐步引入智能化、数字化监控系统, 已成为提升能效管理的重要手段, 通过传感器与智能仪表采集设备运行数据, 关键参数

如功率输出、振动、温度与转速等可以实时分析,这不仅有助于及时发现设备的性能衰退或故障,还能对其能效水平进行全面评估。借助这些实时监测数据,管理人员能够随时了解设备的运行状态,并及时采取必要的调整措施。例如,当某设备的能效下降至设定值以下时,立即进行维护或技术升级,从而避免能源的浪费。同时,长期积累的运行数据也能够揭示能效变化的趋势,为未来优化方案的制定提供坚实的数据支持,从而有助于不断提升水电站的能效管理水平。

2.2 数据采集与分析技术

在中小水电站的能效管理中,数据采集与分析技术的应用具有不可忽视的重要性,通过高效的数据采集与处理,水电站能够实时掌握设备的运行状态,为决策提供精准依据从而实现能效的有效优化。现代水电站普遍配置了多种传感器、智能仪表及数据采集系统,这些设备能够精准获取水流量、发电机转速、温度、压力等多维度的实时数据,经过无线或有线网络传输,这些数据被传送至集中管理平台统一进行处理与分析。通过此技术,水电站能够全面监控设备的运行状况,及时发现可能影响效率的瓶颈或潜在故障隐患。引入数据分析技术后,能效管理变得更加智能化,通过对历史数据的深入剖析,管理人员能够识别出设备性能波动的规律,进而找出能效下降的根本原因,并为未来的优化策略提供有力支持。例如,利用机器学习技术对海量数据进行模式识别,能够提前预警设备故障或性能衰退的风险,从而实现精准的预防性维护。不仅限于设备管理,数据分析技术在优化调度与负荷管理方面同样发挥了重要作用,通过分析不同时间段和水流条件下的能效数据,管理人员能够灵活调整设备运行策略,最大化发电效率减少能源的浪费推动水电站实现高效运营。

3 中小水电站节能管理的关键技术与方法

3.1 机组运行方式优化

优化机组运行方式是提升中小水电站能效的关键技术之一。通过合理的运行策略,能够在不同水流条件下最大化发电效率,并有效减少能源浪费,优化过程不仅仅限于调整机组负荷与运行模式,还包括对设备性能的精细调度与水流资源的合理管理。为实现最佳运行效果,机组启停与负荷分配应根据水库水位、流量波动及电网负荷需求进行灵活调整。当水流量较大时,机组负荷可适当增加提升发电能力;而在水流量较小或负荷较低时应减少机组负荷,这样不仅能够避免资源浪费,还能降低设备的磨损程度。机组联合调度是优化运行中的另一个重要环节,借助智能调度系统,能够实时根据多个机组的运行情况,综合考虑水头、负荷以及机组效率等多个因素,合理安排机组的启停从而避免能量损失,通过联合调度确保了水电站在各种运行条件下能够保持高效、稳定的工作状态。变速控制技术也能有效提升机组的运行效率,通过动态调整机组

的转速使其始终保持在最佳工作状态,这不仅能够提高发电效率,还能减少设备的能耗,该技术尤其适用于水流波动较大的中小型水电站,能够有效应对水流不稳定带来的影响确保机组的平稳运行。

3.2 水轮机与发电机组效率提升

提高水轮机与发电机组效率是提升中小水电站能效管理水平的核心环节。作为发电的关键设备,水轮机与发电机组的工作效率直接决定了电站的能源利用率,优化它们的效率不仅能够提升发电能力,还能有效减少能源浪费降低运营成本。水轮机的设计与维护是提升效率的基础,随着设备的长期运行,水轮机叶片因磨损或积垢往往会导致水流阻力增加,从而影响其工作效率。定期对水轮机叶片进行清洗与修复保持其表面的光滑性,可以改善水流流动性降低阻力,从而显著提升设备的运行效率。机组的匹配度在效率提升中也起着至关重要的作用,在不同水头与流量条件下,水轮机与发电机组的匹配关系需要精确调整,确保它们始终处于最佳工作状态。过重或过轻的运行负荷都会导致效率下降,因此合理的负荷管理及设备选择对于保持高效运行至关重要。针对发电机组,优化其内部结构与控制系统是提高效率的有效手段,先进的自动调节系统的引入,可以根据电网负荷的变化实时调整输出功率,从而避免负荷波动对效率带来的负面影响。此外,提升发电机组的电气性能,如降低电阻损耗和提高电磁转换效率,也能显著增强发电效率。智能监测与分析系统的应用,使水轮机与发电机组的运行状态得以实时监控,通过这些智能系统,设备运行的偏差能够被及时发现并自动调整,确保设备始终保持在最佳工作状态,从而避免效率下降。

3.3 输电与配电系统的节能措施

优化输电与配电系统的能效,对于提升中小水电站整体能效至关重要。即使发电机组本身效率较高,若在输送过程中电力遭遇过多损耗,最终的能源利用效果仍将受到显著影响。因此,减少输电与配电过程中的能量损失,确保电力高效输送,已成为实现水电站高效运行的关键。在输电系统中,降低电能损耗是节能的核心任务之一,电阻引起的能量损失是主要的浪费来源。为减少这类损失,水电站可选择高导电率、低损耗的输电线路,并对线路进行优化布局与定期维护,从而减轻电阻效应的影响^[1]。此外,长距离输电时,通过采用高电压输送电能可以有效降低电流,进而减少线路上的损失。配电系统的优化同样不可忽视,尤其是在变电设备的运行管理方面,老化设备往往导致能效下降,因此定期检查与替换设备显得尤为重要,选用高效变压器并引入智能化控制系统,可根据负荷变化自动调节电压按需供电,从而避免不必要的电力消耗。在配电线路的布局方面,合理规划与智能化调度系统的引入,也能显著减少能量损失,提高电力的稳定性与传输效率。智能监控系统的应用,提供了技术支持以优化输配电系统,

通过实时监测电能流动,系统能够及时发现线路故障、电压波动等问题,从而防止不必要的能量浪费,通过数据采集与分析,管理人员能够精准调整系统的运行参数,进一步提升整体能效。

4 中小水电站节能措施的实践应用

4.1 提高水头与水流效率

水头与水流作为决定发电效率的核心因素,其优化能够显著提升电站的整体发电能力,并有效减少能源浪费。在水头优化方面,水头的提高意味着水流势能的增加,进而提升水轮机的驱动效率,通过科学规划水库的水位管理及水流引导系统,可以确保水流在最佳的水头条件下进行发电,从而最大化水资源的利用。例如,采用多级泵站、调整坝体结构,或设立调节水池等方法,不仅能提升水流引导效率还能增强水头的稳定性,最终提高水轮机的发电效能。水流的稳定性与均匀性直接影响水轮机的工作状态及功率输出,面对水流量波动较大的情况,优化水流引导系统、使用节水设备,或采用水流导向技术,可以确保水轮机在不同流量条件下仍能维持较高的运行效率。水流路径的合理设计与水流速度的精确控制,亦能有效避免剧烈波动或涡流产生从而减少能量损失。借助智能化监控技术,水流效率的提升已成为可能,通过实时采集水流量、水头变化等数据,结合自动调节系统,可根据水位变动与电网需求动态调整水流,确保水轮机始终处于最佳工作状态,从而避免不必要的能源浪费。

4.2 优化运行调度与负荷管理

优化运行调度与负荷管理,是提升中小水电站能效的重要手段之一,通过合理的调度策略,不仅能够保持电站的高效运行,还能平衡发电与电网的需求,最大程度地减少能源浪费,从而提升整体经济效益。在此过程中,精确的负荷管理发挥着关键作用,有效避免了因负荷波动而造成的能源浪费。在用电高峰时段,通过适当增加机组负荷,确保了电力供应的充足;而在需求较低时,则适时降低机组负荷,避免了不必要的过度发电,这一动态调整机制不仅优化了发电效率,还有效减少了运行成本,通过实时监控电网负荷及水流量变化,调度系统能够自动调整发电机组的工作状态,确保每一时刻发电机组都运行在最优负荷区间。优化的运行调度还需根据水库的水位与水流状况灵活调整,在水流量较大或水位较高时,调度系统可适当增加机组启用数量,充分利用可得的水资源;而在水流量较小或水位低时,则通过减少启用机组数量,确保水资源的合理利用,并避免能源浪费^[2]。此外,调度系统可根据电网的实时需求调整发电模式,例如在电力需求高峰期增加机组运行负荷,而在需求低谷时减少负荷,从而避免因负荷过剩而导致的能量浪费。借助实时数据采集与智能分析,

调度系统能够动态调整机组的启停、负荷分配以及水流控制,确保水电站始终保持高效、稳定的运行状态。

4.3 发电设备的定期维护与技术升级

发电设备的定期维护与技术升级,对于中小水电站的高效稳定运行至关重要。设备老化与磨损直接影响发电效率,甚至可能导致停机故障。因此,及时的保养与技术更新是确保设备持续高效运行的关键措施。随着运行时间的增加,水轮机、发电机组等核心设备容易出现性能衰退、部件磨损等问题,通过制定系统化的维护计划,设备得到定期检查、清洁与润滑从而显著延长设备使用寿命,减少故障发生率,确保设备始终处于良好状态。例如,水轮机叶片定期清理,有效降低了水流阻力从而提高设备效率;而对发电机组进行润滑保养,减少了摩擦损失提升了其稳定性与效率。新材料与先进技术的引入,大幅提升了设备的性能与可靠性,采用更高效的发电机组或水轮机,不仅提升了发电效率还减少了能源浪费^[3]。此外,通过升级控制系统,引入精准的自动化调度与监控技术,设备的运行状况可以实时监测,潜在故障得以提前发现,从而避免了设备损坏后再进行维修,降低了停机损失。技术升级还可以通过节能技术的应用,进一步提高能效。例如,使用高效电机、优化电力调度系统或引入智能化管理系统,能够有效降低发电过程中的能源消耗,从而提升整体发电效率,这些创新不仅帮助提高了水电站的经济效益,还实现了能源的最大化利用。

5 结语

中小水电站的能效管理在提升发电效率与推动绿色低碳发展过程中,扮演着至关重要的角色。通过优化机组运行方式、提高水轮机与发电机组效率,以及改善输电与配电系统等措施,整体能效水平得到了有效提升。同时,智能化管理技术与数据分析的广泛应用,为精细调控与高效运行提供了强有力的支持。尽管目前技术进步与管理优化已经显著提升了水电站的能效,未来仍面临诸多挑战,特别是在能源需求不断变化及环保要求日益严格的背景下。持续推进技术创新、设备升级与管理优化,将成为实现水电站可持续发展的关键路径。

[参考文献]

- [1] 邓家平. 水电站运行管理节能措施及运用效果分析[J]. 小水电, 2024(5): 38-40.
 - [2] 蓝辉. 水电站运行管理节能措施分析及运用效果[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(22): 205-207.
 - [3] 王惠惠. 水电站运行管理节能措施研究[J]. 决策探索(中), 2019(10): 78-79.
- 作者简介: 乔治(1988.8—), 男, 毕业院校: 西北政法大学, 所学专业: 劳动与社会保障, 大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂白川水电站副站长, 工程师。