

电厂水能及动力工程存在的主要问题研究

朱学利

大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂, 甘肃 陇南 746412

[摘要]水力发电是利用水流动能转化为电能的过程,通过水轮机驱动发电机产生电力。由于其可持续、稳定和高效的特点,水力发电已成为全球主要的清洁能源之一,为满足日益增长的电力需求和应对气候变化提供了有力支持。根据国际能源署(IEA)的数据,水力发电在全球电力生产中占比超过15%,在许多国家和地区,特别是在发展中国家和地区,其比例更高。尽管水力发电具有许多优势和潜力,但其发展仍面临一系列技术、经济和环境挑战。随着水力发电设备的老化和运行环境的变化,电厂水能及动力工程出现的问题日益凸显,如一次调频、设备稳定性和节流调节等。这些问题不仅影响水力发电系统的运行效率和经济性,还可能导致设备故障和安全事故,对电力系统的稳定运行产生严重影响。因此,对电厂水能及动力工程存在的主要问题进行深入研究和分析,提出有效的解决策略和建议,对于推动水力发电的持续健康发展,实现清洁、绿色和可持续能源转型具有重要意义。

[关键词]电厂水能;动力工程;主要问题

DOI: 10.33142/hst.v7i6.12493

中图分类号: TV737

文献标识码: A

Research on the Main Problems of Hydroelectric and Power Engineering in Power Plants

ZHU Xueli

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

Abstract: Hydroelectric power generation is the process of converting the kinetic energy of water flow into electricity, which is generated by a turbine driven generator. Due to its sustainable, stable, and efficient characteristics, hydropower has become one of the main clean energy sources worldwide, providing strong support for meeting the growing demand for electricity and addressing climate change. According to data from the International Energy Agency (IEA), hydropower accounts for over 15% of global electricity production, with a higher proportion in many countries and regions, especially in developing countries and regions. Although hydropower has many advantages and potential, its development still faces a series of technical, economic, and environmental challenges. With the aging of hydroelectric power generation equipment and changes in operating environments, problems in hydropower and power engineering in power plants are becoming increasingly prominent, such as primary frequency regulation, equipment stability, and throttling regulation. These issues not only affect the operational efficiency and economy of hydroelectric power generation systems, but may also lead to equipment failures and safety accidents, seriously affecting the stable operation of the power system. Therefore, conducting in-depth research and analysis on the main problems of hydropower and power engineering in power plants, proposing effective solutions and suggestions, which is of great significance for promoting the sustainable and healthy development of hydropower, and achieving the transformation of clean, green, and sustainable energy.

Keywords: power plants hydropower; power engineering; main problems

引言

随着全球对可再生能源的日益重视,水力发电因其可靠、高效和环境友好的特性,再次受到广泛关注。作为清洁能源的重要组成部分,水力发电在全球能源转型中具有不可替代的地位。随着水力发电技术的发展和运用,电厂水能及动力工程也面临着一系列挑战和问题,如设备稳定性、维护优化、技术创新和应用推广等。为了充分发挥水力发电的优势,提高其运行效率和经济效益,有必要对这些关键问题进行深入研究和分析,提出有效的解决策略和建议。

1 水力发电基本原理

1.1 能量转换过程概述

水力发电是利用水流的动能将其转化为电能的过程。

在这个过程中,首先需要将水的势能和动能转化为机械能。水从水库或河流高处流下,通过引水系统进入水轮机。水轮机是水力发电的关键组成部分,它利用水流的动能驱动转子旋转,进而驱动连接的发电机产生电能。在这一转换过程中,水的势能和动能被高效地转化为机械能,再由发电机将机械能转化为电能。这种能量转换过程不仅高效,而且环境友好,因为它减少了对化石燃料的依赖并减少了温室气体排放。

1.2 水力发电系统组成与工作原理

水力发电系统主要由水源、引水系统、水轮机和发电机组成。水从水源,如水库或河流,通过引水系统被导入水轮机。水轮机是转换水流动能的核心设备,它驱动旋转

的转子通过机械连接作用于发电机。发电机则将机械能转化为电能，最终输出给电网供应^[1]。整个系统的工作原理基于能量转换的连续循环，从水的势能和动能转化为机械能，再到电能，实现了高效、可靠的水力发电。

2 电厂水能设备稳定性的重要性

2.1 水能设备的关键作用

水能设备在电厂中扮演着至关重要的角色，其稳定性直接影响着电力系统的可靠性和运行效率。作为水力发电的核心组成部分，水能设备负责将水流的动能转化为电能，为电网供应稳定的电力。这些设备的稳定运行是电力生产的基础保障，不仅决定了电厂的发电量和质量，也影响着电网的频率稳定和电力负载调节能力。水能设备的高效运行不仅可以提高电厂的经济效益，降低电力生产成本，还能减少对化石能源的依赖降低环境污染。因此，保障水能设备的稳定性是电力工业的重中之重，需要通过科学的管理和先进的维护技术来确保其长期稳定运行，从而为电力系统的安全稳定提供坚实支撑。

2.2 设备稳定性与电厂运营效益的关系

设备稳定性是电厂运营效益的决定性因素之一。当水能设备保持稳定运行，不仅能确保电力生产的连续性和可靠性，而且能提高电厂的发电效率和负载响应能力。稳定的设备运行降低了维护成本和故障停机时间，同时提高了设备的使用寿命和能源利用率。这些因素共同作用，显著提升了电厂的经济效益。此外，设备的稳定性直接关联到电厂的运营策略和市场竞争能力。在日益复杂和竞争激烈的电力市场环境下，具备高稳定性的设备不仅能保障电力供应的稳定性，还能更灵活地响应市场变化，优化运营模式，从而实现更高的市场份额和更好的经济效益。因此，设备稳定性不仅是保障电厂正常运营的基础，也是提升电厂运营效益和市场竞争力的关键因素。

3 电厂水能及动力工程的主要问题

3.1 一次调频问题

一次调频在水能发电系统中是一个关键环节，它决定了系统的频率稳定性和电力负荷调节能力。在水能发电过程中，水流的变化和发电机负载的波动都会影响电网的频率。一次调频系统的主要任务是监测电网频率的变化，并通过调整水能发电机组的输出功率来保持电网的频率在预定范围内。一次调频问题可能由于多种因素引发，如水流量的不稳定性、发电机组的响应速度、调频控制策略的有效性以及与其他电力系统的协调等。如果一次调频系统响应不及时或控制不精确，可能导致电网频率波动过大，甚至引发电网崩溃。此外，随着电力系统的日益复杂和电力市场的快速变化，一次调频问题的挑战也日益增加。如何在保证电力供应稳定性的前提下，提高一次调频系统的响应速度和控制精度，以适应电力系统的动态变化和市场需求，成为当前水能及动力工程面临的重要问题。为解决一次调频问题，需要综合考虑水能发电机组的设计、控制

策略、传感器技术以及与其他电力系统的协调等方面的因素，采取先进的调频控制技术和策略，优化水能发电机组的运行参数，提高系统的稳定性和响应能力，从而确保电力系统的安全稳定运行。

3.2 水力发电机组轴系问题

水力发电机组轴系是确保发电机组高效、稳定运行的关键部件，它承载着转子旋转产生的巨大力矩和惯性力。轴系的设计、制造和维护直接关系到机组的运行可靠性、寿命和安全性。轴系问题主要包括轴承故障、轴线偏移、振动和共振、轴材质疲劳和损伤等。轴承作为轴系的重要组成部分，故障可能导致机组运行不稳定、噪音增加甚至轴线偏移，严重时可能导致机组停机。轴线偏移和振动问题可能导致轴系和机组结构的磨损和损伤，降低机组的运行效率和寿命。轴材质的疲劳和损伤则可能导致轴断裂，严重威胁到机组的安全运行。解决轴系问题需要采用综合的技术手段和策略。首先，对轴系进行定期的检测和监测，采用先进的传感器和检测技术实时监测轴承状态、轴线偏移和振动情况，及时发现并处理问题。其次，优化轴系的设计和制造工艺，提高轴材质的强度和耐磨性，减少轴材质疲劳和损伤。最后，加强轴系的维护和管理，定期检查和更换轴承、润滑油和密封件，延长轴系和机组的使用寿命，确保机组的安全、稳定和高效运行。

3.3 机组变工况问题

机组在水力发电系统中是关键流体控制装置，它负责调节水流进入水轮机，以实现最佳的发电效率和稳定性。机组在不同的工况下可能会遭遇一系列的问题，这些问题主要涉及到流量调节不精确、结构磨损、密封性能下降以及操作响应不及时等。首先，流量调节不精确可能导致水轮机性能下降和电网频率波动。当机组的调节精度降低或受到外部扰动时，可能导致水流进入水轮机的流量不稳定，从而影响到发电机组的输出功率和效率。其次，机组结构的磨损和密封性能的下降可能导致水泄漏和漏油增加维护成本，同时也可能导致机组的失效和停机。这种磨损和密封性能的下降可能是由于长时间的运行、恶劣的工作环境或不恰当的维护策略造成的^[2]。此外，机组的操作响应不及时可能导致系统的不稳定和运行不均衡，影响到发电机组的安全和可靠运行。这可能是由于控制系统的延迟、故障或不适当的控制策略引起的。为了解决机组变工况问题，需要采取一系列的技术措施和管理策略。例如，引入先进的机组流量控制技术，提高调节精度和响应速度；优化机组的结构设计和材料选择，提高其耐磨性和密封性能；加强机组的维护和检修，定期检查和更换受损的部件，确保其长期稳定运行。同时，还需要加强对机组运行状态的实时监测和分析，及时发现并处理潜在问题，提高机组的运行可靠性和安全性。

3.4 节流调节问题

节流调节在水力发电系统中是一个关键的过程，它通

过调整水流的流量和速度来控制水轮机的输出功率,从而实现电力的稳定发生。节流调节过程中可能会面临一系列的技术难题,如节流阀失效、流量波动、水锤效应和能量损失等。首先,节流阀失效可能导致水流控制不准确和功率输出不稳定,当节流阀受到磨损、堵塞或机械故障时,可能无法有效地调节水流量,导致水轮机负载变化,影响发电效率和电网稳定性。其次,流量波动和水锤效应是节流调节过程中的常见问题。流量波动可能由于节流阀操作不当、水流突变或管道设计不合理引起,这可能导致水轮机负载不稳定和发电效率下降。水锤效应则是由于节流阀突然关闭导致的水流速度和压力的急剧变化,可能导致管道爆裂、设备损坏甚至安全事故。同时,节流调节过程中的能量损失也是一个需要重视的问题。当节流阀部分开启或水流速度过快时,可能会导致不必要的摩擦损失和能量散失,降低水能的利用效率。为了解决节流调节问题,需要采用综合的技术手段和管理策略。首先,优化节流阀的设计和制造工艺,提高其控制精度和稳定性;其次,引入先进的流量测量和控制技术,实时监测节流过程中的流量和压力,及时调整节流阀的操作,避免流量波动和水锤效应;最后,加强节流系统的维护和管理,定期检查和更换节流阀和相关设备,确保其长期稳定和高效运行。通过这些措施,可以有效地解决节流调节问题,提高水力发电系统的运行可靠性和经济效益。

4 对策与建议

4.1 设备维护与优化策略

设备维护与优化是确保水力发电系统持续高效运行的关键环节。有效的维护策略可以延长设备使用寿命减少故障率,提高系统可靠性和经济效益。首先,实施预防性维护,通过定期检查设备状态,提前发现并修复潜在问题,可以避免设备突发故障减少停机时间,提高发电效率。此外,定期更换易损件和润滑油,清理设备内部积尘和污物,也是预防性维护的重要内容^[3]。其次,采用智能监测技术,引入先进的传感器和监控系统,实时监测设备运行状态,例如轴系振动、温度、流量和压力等参数,可以提前预警设备故障及时进行维护和调整,确保设备在最佳状态下运行。再者,优化设备运行参数。根据实时监测数据,调整设备的运行参数,如节流阀开度、水轮机转速和发电机负载等,以最大化设备的工作效率和能源利用率。同时,采用先进的节能技术和管理方法,降低设备运行成本,提高经济效益。最后,加强人员培训和管理。确保维护人员熟悉设备结构和工作原理,掌握正确的维护方法和操作技能,提高维护工作的质量和效率。同时,建立完善的维护记录和管理体系,对设备的维护历史和运行数据进行分析,不断优化维护策略,提高设备管理水平和运行效率。

4.2 技术创新与应用推广建议

为了持续提升水力发电系统的性能和竞争力,技术创

新与应用推广是至关重要的。通过引入前沿技术和方法,不仅可以提高系统的效率和可靠性,还能降低运营成本提升经济效益。首先,加强研发投入和合作,鼓励与研究机构、高校和企业进行技术合作,共同开展水力发电相关技术的研究和开发。重点投入于提高水轮机、节流阀、传感器和控制系统等关键设备的性能,研发新型材料、制造工艺和优化算法,以适应水力发电系统的高效、安全和环保要求。其次,推广智能化和自动化技术,利用先进的人工智能、大数据和物联网技术,开发智能监测、诊断和控制系统,实现设备状态的实时监测、故障预测和自动调节,提高系统的自适应能力和运行效率。此外,推广数字化双胞胎技术,构建水力发电系统的虚拟模型,模拟和优化系统的运行,为决策提供科学依据。再者,优化能源存储和调度策略,随着可再生能源的快速发展,提高水力发电系统的调度能力和灵活性显得尤为重要。开发和应用先进的能源存储技术,如泵蓄能系统、储能电池和超导储能技术,提供备用能源和调峰服务,优化电力系统的供需平衡和运行安全。最后,加强政策支持和市场推广,制定和完善相关的技术标准、政策法规和激励措施,鼓励企业加大技术创新和应用推广的投入。同时,加强与电力企业、政府部门和行业协会的沟通和合作,推动水力发电技术的市场推广和应用示范,提高行业的整体竞争力和社会影响力。

5 结语

水力发电在全球能源体系中扮演着重要角色。本研究深入探讨了电厂水能及动力工程的主要问题,并提出了针对性的解决策略,涉及设备稳定性、维护优化和技术创新等方面。这些建议旨在提升水力发电系统的可靠性和经济效益,支持清洁能源转型。面对气候变化和能源安全的挑战,水力发电具有巨大潜力和优势。通过技术创新和应用推广,我们可以实现其持续、高效发展。希望这些研究和建议能引发更多关注和行动,共同推动水力发电的健康、可持续发展,为未来能源领域做出贡献。

[参考文献]

- [1]王承钺,鲁志刚. 在电厂水能及动力工程存在的主要问题探析[Z]//中国水力发电工程学会自动化专业委员会. 中国水力发电工程学会自动化专委会 2022 年年会暨全国水电厂智能化应用学术交流会会议论文集.[出版者不详],2022:2.
 - [2]孙必作. 电厂水能及动力工程存在的主要问题研究[J]. 科技创新导报,2020,17(11):20-22.
 - [3]张瑜,胡春妍. 水能发电技术发展专利趋势[J]. 中国科技信息,2023(18):19-21.
- 作者简介:朱学利(1994.5—),男,兰州工业学院;自动化专业,大唐甘肃发电有限公司碧口水力发电厂,运行值班员,助理工程师。