

Fault diagnosis and prevention technology analysis of electro-mechanical system

Hai Zhang

Shanxi Wanjiazhai Yellow River Water Group Co., Ltd., Taiyuan, Shanxi, 030000, China

Abstract

As an important water conservancy infrastructure, water conservancy project is widely used in water resources dispatching, irrigation, power generation and flood control. In the electromechanical system of the water conservancy project, the equipment failure may lead to the decline of the system performance, and even affect the normal operation of the water conservancy project in serious cases. Fault diagnosis and prevention technology is the key to ensure the reliable operation of the electromechanical system of the hydraulic control project. By analyzing the common types and causes of electromechanical system faults of hydraulic hub, this paper discusses the commonly used fault diagnosis technology and prevention measures, and puts forward the strategy of how to improve the operation reliability and maintenance efficiency of hydraulic hub electromechanical system through advanced technical means. The research shows that by combining modern automatic monitoring technology, intelligent fault diagnosis system and preventive maintenance measures, the incidence of mechanical and electrical equipment failure can be effectively reduced, the service life of equipment can be extended, and the overall efficiency of water conservancy project can be improved.

Keywords

water conservancy project; mechanical and electrical system; fault diagnosis; prevention technology; automatic monitoring

水利枢纽机电系统故障诊断与预防技术分析

张海

山西万家寨引黄水务集团有限公司, 中国·山西 太原 030000

摘要

水利枢纽作为重要的水利基础设施,广泛应用于水资源调度、灌溉、发电和防洪等方面。在水利枢纽的机电系统中,设备故障可能导致系统性能下降,严重时甚至影响水利枢纽的正常运行。故障诊断与预防技术是保证水利枢纽机电系统可靠运行的关键。本文通过分析水利枢纽机电系统故障的常见类型和原因,探讨了目前常用的故障诊断技术和预防措施,提出了如何通过先进的技术手段提高水利枢纽机电系统的运行可靠性和维护效率的策略。研究表明,通过结合现代自动化监控技术、智能化故障诊断系统以及预防性维护措施,可以有效降低机电设备故障的发生率,延长设备使用寿命,提高水利枢纽的整体效能。

关键词

水利枢纽; 机电系统; 故障诊断; 预防技术; 自动化监控

1 引言

水利枢纽作为国家水利基础设施的重要组成部分,广泛应用于调水、蓄水、发电、灌溉、防洪等方面。随着社会的不断发展,对水资源的需求不断增加,水利枢纽在现代水资源管理中发挥着越来越重要的作用。水利枢纽机电系统作为枢纽运行的核心组成部分,主要由泵、发电机、阀门、控制系统等机电设备构成,其性能和运行状态直接影响水利枢纽的功能和效益。然而,水利枢纽的机电系统长期处于复杂的工作环境中,容易受到机械磨损、腐蚀、故障等多种因素

的影响,导致设备故障频发。本研究旨在通过对水利枢纽机电系统故障诊断与预防技术的分析,探讨目前存在的问题,提出有效的解决方案,为水利枢纽机电设备的维护和管理提供理论支持。

2 水利枢纽机电系统的常见故障与原因分析

2.1 机电系统故障的常见类型

水利枢纽机电系统故障种类繁多,主要包括机械故障、电气故障、液压系统故障和控制系统故障等。

机械故障: 机械故障是最常见的一类故障,主要表现在设备的磨损、腐蚀、疲劳断裂、振动等方面。例如,水泵的叶轮磨损、发电机转子轴衬磨损等都可能造成设备效率降低,甚至停机。

【作者简介】张海(1984-),男,中国山西昔阳人,本科,工程师,从事水利工程建设及运营研究。

电气故障：电气系统故障通常包括短路、接触不良、电压波动等。电气故障可能导致自动化控制系统失效，无法实时监控设备状态，影响机电系统的稳定性。

液压系统故障：水利枢纽中的液压系统负责控制各种阀门和机械装置。液压系统的故障通常表现为液压油泄漏、油温过高、压力不足等，这些问题会导致系统运行不畅或失效。

控制系统故障：随着自动化技术的不断发展，水利枢纽的控制系统越来越复杂。故障可能由系统设计问题、程序错误、传感器失效等引起，导致机电设备的运行无法按预期进行。

2.2 故障发生的主要原因

设备老化与磨损：水利枢纽的机电设备大多是长期运行的高负荷设备，随着时间的推移，机械零件、电子元件和液压系统等部件逐渐老化，导致设备出现故障。

环境因素：水利枢纽设备通常处于高湿、高温或恶劣的工作环境中，长期暴露在水蒸气、盐雾、泥沙等环境中，容易引起腐蚀、堵塞等问题。

操作不当：设备的操作和维护不当也是故障发生的一个重要原因。错误的操作方式、忽视定期维护和保养、设备调试不充分等问题，都会加速设备的损坏和故障发生。

缺乏智能化监控：水利枢纽机电系统缺乏有效的智能化监控手段，设备的运行状态无法实时掌握。缺乏预警机制导致故障发生时无法及时发现和处理，造成了设备性能的下降和生产效率的降低^[1]。

3 现代故障诊断技术的应用

3.1 振动分析与故障诊断

振动分析是机械故障诊断中的一种重要方法，广泛应用于水利枢纽机电系统、泵站、水轮机等设备的故障预测与诊断中。设备在运行过程中，若出现故障或异常，通常会引发振动信号的变化，通过对这些振动信号进行采集、分析，可以有效识别设备的运行状态及潜在的故障类型。

频谱分析：频谱分析仪通过对设备振动信号进行傅里叶变换，得到设备振动信号的频谱图，进而识别出设备的故障类型。频谱图中，频率成分的分布和幅度信息能够反映出设备各个部件的工作状态。例如，在水泵的使用中，若叶轮不平衡或出现轴承故障，通常会在频谱图中表现为某一特定频率成分的增强。通过对频谱图的仔细分析，可以准确诊断出设备的故障来源，从而在设备损坏之前采取相应的修复措施。

时域分析：时域分析通过监测设备振动信号在时间域中的波形变化，帮助判断设备是否处于故障前兆状态。在时域分析中，设备的振动波形能够反映出设备的状态变化趋势，如设备过载、部件松动等问题。

小波分析：小波分析是一种非常合适处理非平稳信号

的技术，广泛应用于复杂故障模式的诊断。由于设备的振动信号往往是非平稳的，传统的傅里叶变换方法可能难以有效提取故障特征。而小波分析通过对信号进行多尺度分解，能够精确捕捉信号中瞬时变化的特征，尤其适用于高频噪声较强的环境中，如水泵、电机等设备的高频故障诊断。

3.2 温度与电流监测

温度与电流监测是故障诊断的重要手段，它们可以实时反映出设备的运行状态和潜在故障风险。通过温度和电流的变化，可以迅速判断设备是否正常工作，为维护人员提供及时的预警。温度监测可以帮助识别机械设备过热问题，而电流监测则有助于识别电气设备的故障。在水利枢纽机电系统的管理中，温度和电流的监测尤为重要，因为它们直接影响到设备的长期稳定运行。

温度监测：温度变化是机械故障的重要信号之一。设备在运行中，若因负载过重、润滑不足、部件老化等原因导致温度异常升高，往往是设备即将发生故障的前兆。通过温度传感器实时监测设备的运行温度，能够在温度超标前进行及时干预，并与设备的运行参数相结合，能够为故障诊断提供关键数据支持。

电流检测：电流监测是电气设备故障诊断中的常见手段之一。通过监测电流波动，能够及时发现设备的负荷变化、短路、过载等电气故障。例如，电机的电流异常可能表明存在电路故障、过载运行、缺相等问题。

3.3 人工智能与机器学习

随着人工智能技术的发展，机器学习在故障诊断中的应用逐渐成为前沿技术。通过将大量历史数据、设备传感器数据及操作数据输入到机器学习模型中，系统能够从中提取潜在的故障模式，并预测设备的未来故障风险。与传统的故障诊断方法相比，机器学习能够自动从数据中学习，进行多维度分析，提高故障诊断的准确性和实时性。

深度学习：深度学习作为人工智能的一个重要分支，已被广泛应用于设备故障诊断。深度学习能够处理来自设备的多维数据，包括振动、温度、电流、压力等多个参数，自动识别潜在的故障特征。深度神经网络（DNN）和卷积神经网络（CNN）等深度学习模型，能够从复杂的设备运行数据中提取关键的故障信号，进而实现高精度的故障诊断。对于水利枢纽机电设备，深度学习能够处理大规模的设备数据，帮助管理人员在多变的运行环境中快速诊断和预测故障。

支持向量机（SVM）：支持向量机是一种常见的机器学习方法，广泛应用于故障诊断领域。SVM通过对设备运行数据进行分类、回归分析，可以实现对设备故障的精准预测。通过输入设备的历史故障数据、振动数据、温度等信息，SVM模型能够学习到设备的正常工作状态与故障状态之间的差异，从而帮助预测潜在故障的发生。SVM在水力机电设备中的应用可以通过对实时数据的分析，实现对设备故障

的准确诊断和预测,为设备管理提供强有力的数据支持^[2]。

4 故障预防技术与措施

4.1 定期检修与保养

定期检修与保养是确保机电设备长期稳定运行的基本措施之一。通过建立详细的设备维护计划,按照规定周期进行设备检查、维护和部件更换,可以有效延长设备的使用寿命并减少突发故障的发生。定期维护不仅能够发现潜在的问题,还能通过调整设备的运行状态,使设备保持在最佳工作状态,提高工作效率。在水利枢纽机电设备的维护中,定期检修的实施至关重要,尤其是在高负荷运行的情况下,更需要通过早期预警来避免大规模故障的发生。

润滑管理: 润滑系统的管理对机电设备的维护至关重要,特别是在长期运作的环境中,设备零部件的摩擦会导致磨损,进而影响设备的运行效率和寿命。定期检查和更换润滑油,确保润滑油的质量和润滑效果,是防止摩擦损伤、减少零部件磨损的关键。良好的润滑管理可以显著提高设备的稳定性和可靠性。润滑油的更换频率和使用标准应根据设备的工作条件、负荷状况和运行时间来合理制定。定期的润滑油检查能够发现油液污染或质量劣化的早期迹象,有助于防止设备故障的发生。

零部件更换: 设备在长期运行过程中,零部件会因工作压力、温度变化以及摩擦等因素发生磨损。特别是轴承、密封圈、电机等关键零部件,一旦出现磨损和老化,可能导致设备运行不稳定或直接发生故障。因此,制定合理的零部件更换周期,并及时更换老化零部件,是保障机电系统正常运行的必要措施。此外,在更换零部件时,要确保使用与原部件匹配的高质量材料,以提高设备的长期稳定性和运行安全性。针对不同类型的设备和其工作环境,合理的部件更换周期与标准是提升设备运作效率、降低故障率的重要因素^[3]。

4.2 智能化监控与预测性维护

随着信息技术和智能技术的不断发展,智能化监控技术和预测性维护逐渐成为现代水利枢纽机电系统故障预防的核心手段。通过集成先进的传感器技术、无线通信系统和云计算平台,智能化监控技术能够对设备的实时运行状态进行全面监测,及时发现潜在问题,提供即时报警和预测性维护建议。这一技术的应用能够有效提升机电设备的管理效率,避免故障带来的不必要损失。预测性维护则通过对设备的运行数据进行长期收集和分析,结合先进的故障预测模型,提前发现设备潜在的故障,实施预防性干预,降低停机时间和维修成本。

实时数据监控: 在水利枢纽机电设备的管理中,实时

数据监控系统能够全天候地监控设备的运行状况,收集设备的温度、压力、振动、电流等数据。通过对这些数据进行连续分析,可以实现对设备健康状态的全面监控。例如,当设备的温度超出预定范围,或振动幅度增大时,系统能够发出报警信号,及时提示操作人员进行检查和维护。与传统的人工巡检方式相比,实时监控系統具有更高的准确性和及时性,能够在设备故障初期就进行干预,避免故障的进一步恶化。

大数据分析故障预测: 通过将设备运行过程中收集的大量数据输入到大数据分析平台,结合机器学习和数据挖掘技术,能够从中提取出有价值的故障模式和趋势。通过构建设备的数字模型和故障预测算法,可以精确预测设备可能出现的故障,并进行提前干预。通过对历史故障数据的不断积累,预测性维护技术能够自我优化,提高诊断和预测的精度。这种基于数据分析的维护策略不仅提升了设备管理的智能化水平,还能够显著降低设备维修的成本,延长设备的使用寿命^[4]。

5 结语

水利枢纽机电系统的故障诊断与预防技术是保障水利枢纽正常运行的重要环节。通过采用先进的故障诊断技术,如振动分析、温度监测、人工智能等技术,结合定期检修和智能化管理措施,能够显著提高机电设备的运行可靠性和稳定性,降低故障发生的概率,确保水利枢纽能够高效、安全地运行。智能化监控和预测性维护的结合,使得设备管理更加精细化和智能化,为提高水利枢纽整体效能提供了强有力的技术支持。随着大数据、云计算、人工智能等技术的不断发展,未来的水利枢纽机电系统故障诊断与预防技术将更加精准和高效。结合智能化技术、实时监控系统和先进的预测性维护方法,水利枢纽机电设备的管理将进入一个新的阶段。通过进一步提升技术水平、优化管理流程,水利枢纽将更加智能化,为保障国家水利设施的高效运行做出更大的贡献。

参考文献

- [1] 晏政.乐昌峡水利枢纽计算机监控系统的设计[D].华南理工大学,2017.
- [2] 徐赞刚.水利枢纽机电设备维修管理模式研究[D].上海交通大学,2011.
- [3] 姚睿.基于PLC现场控制单元技术的水利枢纽系统应用[D].苏州大学,2009.
- [4] 姜雪维.东河水利枢纽全集成自动化系统设计[D].哈尔滨工程大学,2004.