

航电枢纽水力发电机组故障诊断与预防策略

曾思波

江西省港航建设投资集团有限公司新干航电枢纽分公司 江西 吉安 331300

摘要：航电枢纽作为水运和电力生产的关键节点，其核心设备水力发电机组的稳定运行对整体性能至关重要。本文深入探讨航电枢纽水力发电机组的故障诊断技术及预防策略，旨在提升机组的运行效率和可靠性，并详细阐述各种诊断方法和预防措施，以期减少故障发生的概率，提高整个系统的稳定性和安全性。

关键词：航电枢纽；水力发电机组；故障诊断；预防策略；状态监测

引言

在现代化水运和电力系统中，航电枢纽扮演着举足轻重的角色。其核心设备水力发电机组的高效、稳定运行，不仅关系到电力生产的连续性，还影响着水运通道的畅通。因此，对水力发电机组的故障诊断与预防策略进行研究，具有重要的现实意义。

1 水力发电机组工作原理及常见故障

水力发电机组是利用水流能量转换为机械能，再进一步转换为电能的设备。其核心部件包括水轮机、发电机和控制系统等。在长时间运行过程中，水力发电机组可能会出现多种故障，如轴承磨损、密封泄漏、电气故障等，这些故障若不及时处理，将会严重影响机组的正常运行。

2 水力发电机组故障诊断技术

2.1 振动分析法

振动分析法是水力发电机组故障诊断中的一项重要技术，其有效性在于机组运行时产生的振动信号能够直接反映出机组内部的运行状态。这种方法的实施依赖于高精度传感器，这些传感器能够捕捉到机组运行时产生的微弱振动信号，并将这些信号转换成可分析的电信号。在振动分析法中，频谱分析技术是核心。通过傅里叶变换等数学方法，可以将时域的振动信号转换为频域信号，进而得到信号的频谱图。在频谱图中，不同频率成分的幅值大小可以直观地反映出机组内部各个部件的运行状态。正常运行的机组，其振动信号的频谱图会呈现出一种稳定的模式。而当机组内部出现故障时，如轴承磨损、转子不平衡或机组不对中等问题，这些故障会导致机组运行时的振动模式发生变化，从而在频谱图上产生特定的频率成分。例如，当轴承出现磨损时，会在频谱图上出现一个或多个特定的频率峰值，这些峰值对应着轴承磨损产生的特定振动频率。同样，转子不平衡也会在频谱图上产生特定的频率成分，这些频率成分与

转子的旋转速度有关。因此，通过对比正常与异常振动模式的频谱特征，我们可以精确地识别出水力发电机组内部可能存在的故障。这种方法不仅准确度高，而且可以实现非接触式测量，对机组运行影响小^[1]。需要注意的是，振动分析法虽然有效，但也受到一些因素的影响。例如，传感器的精度和安装位置会直接影响到测量结果的准确性。此外，机组的运行环境、负载变化等因素也可能对振动信号产生影响。因此，在应用振动分析法进行故障诊断时，需要综合考虑各种因素，以确保诊断结果的准确性。

2.2 油液分析法

油液分析法作为一种预防性的故障诊断手段，在水力发电机组维护中扮演着举足轻重的角色。该方法的理念在于，机组运行过程中，润滑油会流经各个关键部件，从而携带了这些部件的工作状态信息。因此，对润滑油进行定期采样和深入分析，可以为了解机组内部状况提供重要线索。在实施油液分析法时，技术人员会按照严格的操作规程进行润滑油样本的采集。这一过程需确保采样器具的清洁无污染，以避免外部因素对分析结果造成干扰。采集的润滑油样本随后会被送往专业的实验室进行详尽的分析。在实验室中，分析人员会利用高精密度的仪器设备，如光谱仪、铁谱仪等，对润滑油中的微小金属颗粒、污染物以及其他异常物质进行检测和识别。这些颗粒和物质的种类、数量以及形态都能为技术人员提供关于机组内部磨损、腐蚀或污染情况的宝贵信息。例如，若润滑油中出现了大量的铁、铜等金属颗粒，这可能意味着机组内部的某些部件如轴承、齿轮等正在经历严重的磨损。同样，若润滑油中检测到水分、燃料或其他污染物，这可能暗示着机组的密封系统存在问题，或者是外部污染物侵入了机组内部。油液分析法的优势在于其预防性和前瞻性。它能够在机组出现明显故障之前，就提供出潜在的故障点和维护需求，从

而允许技术人员在故障发生之前就采取相应的措施。这种方法的运用不仅延长了机组的使用寿命,减少了突发故障的发生,还优化了维护计划,降低了维护成本。

2.3 声学监测法

声学监测法是一种先进的故障诊断技术,它利用声学传感器捕捉水力发电机组运行时的声音信号,进而分析机组内部各部件的工作状态。这种方法的核心在于,机组内部的不同部件在运行时会产生特定的声音特征,这些声音特征的变化能够反映出部件的工作状态是否正常。在实施声学监测法时,技术人员会在机组的关键部位,如轴承、齿轮箱等处安装高灵敏度的声学传感器。这些传感器能够精确地捕捉到机组运行时的声音信号,并将其转换为电信号以供后续分析。声音信号中蕴含着丰富的信息,包括频率、振幅、相位等多个方面。技术人员会运用专业的信号处理和分析软件,对这些声音信号进行深入剖析。例如,通过快速傅里叶变换(FFT)等方法,可以将时域的声音信号转换为频域信号,进而得到信号的频谱图。在频谱图中,技术人员可以观察到不同频率成分的幅度大小,从而判断机组内部各个部件的工作状态。例如,当轴承出现故障时,其产生的声音信号中会出现特定的频率成分,这些成分在频谱图上会表现为明显的峰值。同样,齿轮磨损或结构松动等问题也会在频谱图上产生相应的特征。除了频谱分析外,声学监测法还可以结合其他信号处理技术,如小波变换、神经网络等,以提高故障诊断的准确性和灵敏度。这些方法能够更深入地挖掘声音信号中的隐藏信息,帮助技术人员更精确地定位故障点^[2]。声学监测法的优势在于其非接触性和实时性。传感器可以安装在机组的关键部位,无需停机或拆解机组即可进行故障检测。此外,声学监测法还可以与其他故障诊断技术相结合,形成多源信息融合的故障诊断系统,进一步提高故障诊断的准确性和可靠性。

3 水力发电机组故障预防策略

3.1 精细化维护与保养

为确保水力发电机组的长期稳定运行,精细化维护与保养工作成为了不可或缺的环节。这项工作的核心在于制定并执行一套全面且细致的维护与保养计划,以确保机组的各个部件始终处于良好的工作状态。精细化维护与保养的首要任务是定期更换润滑油和液压油。这两种油液在机组运行中起着至关重要的作用,不仅能够减少部件之间的摩擦,还能起到冷却和清洁的作用。因此,根据机组的工作环境和运行时间,制定合理的更换周期至关重要。同时,选用的油液品质也必须符合机组

的要求,以确保其性能的稳定。此外,清洗和检查冷却系统也是精细化维护与保养的重要环节。冷却系统对于保持机组正常运行温度具有关键作用。定期清洗冷却系统可以防止堵塞和积垢,确保冷却液的流通畅通,从而维持机组的正常工作温度。同时,检查冷却系统中的水泵、散热器等部件,确保其完好无损,也是预防机组过热的重要措施。在维护与保养过程中,紧固松动部件同样不可忽视。机组在长时间运行过程中,由于振动和磨损,部分紧固件可能会出现松动。这些松动的部件不仅会影响机组的稳定性,还可能引发更严重的故障。因此,定期检查并紧固这些部件,是确保机组安全运行的关键步骤^[3]。为了更好地跟踪机组的状态,建立机组维护档案也是精细化维护与保养的一部分。这份档案应详细记录每次维护的时间、内容、更换的部件以及维护人员的签名等信息。通过这份档案,我们可以清晰地了解机组的历史维护情况,及时发现并解决问题,为机组的长期稳定运行提供有力保障。

3.2 综合状态监测与预警系统

建立综合状态监测与预警系统是确保水力发电机组稳定运行、预防故障的关键性策略。这一系统融合了多种先进的技术手段,包括振动分析、油液检测和声学监测等,构建了一个全方位的监测网络,旨在实时监测机组的各项关键运行参数。但这一系统的核心并非仅仅在于技术手段的多样性,更在于其整体性和智能化。系统采用高灵敏度的传感器和数据采集装置,确保能够捕捉到机组运行中的每一个细微变化。这些数据通过高速数据传输网络实时传输到中央处理单元,进行深度分析和处理。中央处理单元利用先进的算法和模型,对这些多维度的数据进行综合评估,从而精准判断机组的健康状态。预警功能是这一系统的另一大亮点。当系统检测到任何异常数据时,比如振动频率的突变、油液中金属颗粒的异常增多或声音信号的异常波动,它会立即启动预警机制。这种预警不仅是简单的警报声或灯光闪烁,更是通过智能化的信息推送,将详细的故障信息和可能的原因直接发送到维护人员的移动设备上,确保他们能够迅速而准确地定位问题,及时采取措施。此外,该系统还具备强大的数据存储和分析能力。所有的历史数据都被安全地存储在高性能的数据库中,可随时供维护人员查询和分析。这些数据不仅有助于追踪机组的历史运行状态,还能为未来的维护计划和策略提供有力的数据支持。综合状态监测与预警系统不仅仅是一个简单的监测工具,它是一个高度集成、智能化的系统,能够实时、全面地反映机组的运行状态,及时发现潜在的故障风

险,并通过智能化的预警和信息推送,确保维护人员能够在第一时间做出响应,从而最大程度地减少故障对机组运行的影响。这样的系统不仅提升了机组运行的可靠性和安全性,也为水电站的整体运营效率提供了坚实的保障。

3.3 人员培训与技能提升

在预防水力发电机组故障的过程中,加强操作人员的培训和管理显得尤为关键。操作人员的专业技能和对机组运行状态的敏感度,直接影响着机组的安全运行和故障处理的效率。因此,必须通过一系列的培训活动,不断提升他们的专业素养和实践能力。首先,要定期组织专业技能培训。这种培训不应仅限于理论知识的学习,更应注重实践操作的锻炼。可以邀请行业内的专家或资深技术人员,结合机组运行中的实际问题,进行深入浅出的讲解和指导。同时,通过模拟机组的各种运行状态,让操作人员亲手操作,增强他们的动手能力和问题解决能力。其次,模拟故障演练是一种非常有效的培训方式。通过模拟机组可能出现的各种故障情况,让操作人员在实战中学习和掌握故障处理的方法和技巧。这种演练不仅能够检验操作人员的应急反应能力,还能帮助他们在实践中不断积累经验,提高对机组运行状态的敏感度。除了培训,建立完善的考核机制也是必不可少的。考核的目的不仅是为了检验操作人员的学习成果,更是为了激发他们的学习动力。考核内容应涵盖理论知识和实践操作两个方面,确保操作人员既具备扎实的理论基础,又拥有丰富的实践经验。对于考核不合格的人员,应及时进行辅导和再培训,直至他们达到岗位要求。此外,还应注重操作人员的日常管理和激励。通过制定合理的奖惩制度,激励操作人员不断学习和进步。同时,为他们提供良好的工作环境和必要的支持,让他们能够全身心地投入到工作中去。

3.4 智能化预防维护系统

随着人工智能技术的发展,可以引入智能化预防维护系统作为水力发电机组的故障预防策略。这一系统充分利用了人工智能技术的优势,实现了数据驱动的预测性维护、智能巡检及远程专家支持等功能。通过大数

据分析和机器学习算法,系统能对机组海量运行数据进行深入挖掘,建立精准的预测模型。实时监测数据与历史数据的对比分析,使得系统能够预测机组部件的使用寿命和可能的故障时间点,从而进行有针对性的预防性维护,有效避免故障的发生。此外,智能巡检机器人的引入,进一步提升了故障检测的效率和精度。这些机器人能够定期自动巡检,对机组的关键部位进行全面的检测,包括拍照、测温和测振等操作,所获取的数据会实时传回控制中心进行深入分析。这种方式不仅大大减轻了人工巡检的负担,还提高了问题发现的精确性^[4]。同时,远程专家系统的建立,为机组故障处理提供了强大的智力支持。当机组出现异常时,系统能够迅速连接到各地的水力发电专家和故障诊断中心,获取专家的远程指导和建议,从而大大提升故障处理的效率和准确性。智能化预防维护系统代表了未来水力发电机组维护的发展方向,其智能化、自动化和远程化的特点,将有力提升机组的运行效率和可靠性,进一步降低故障概率。

结语

航电枢纽水力发电机组的故障诊断与预防策略是确保机组稳定运行的关键环节。通过综合运用先进的故障诊断技术和实施精细化的预防策略,可以显著提高机组的运行效率和可靠性,降低故障发生的概率。未来,随着技术的不断进步和智能化技术的应用,航电枢纽水力发电机组的故障诊断与预防将更加精准、高效,为整个系统的安全稳定运行提供更为坚实的保障。

参考文献

- [1]楚江.水力发电机组的检修与维护研究[J].中国设备工程,2021(18):43-44.
- [2]王承.水力发电机组故障预测以及维护探讨[J].低碳世界,2019,9(04):88-89.
- [3]王茹玉,苟小军,罗宏平.大型水力发电机组温度传感器故障分析及改进措施[J].水电与抽水蓄能,2019,5(01):54-57.
- [4]夏鹏.基于经验模态分解的水力发电机组故障自动化诊断技术[J].自动化技术与应用,2023,42(04):37-40.