

机械电气设备维护与故障诊断研究

刁赫飞

中国船舶集团公司第七一三研究所 河南 郑州 450000

摘要：随着工业技术的不断发展，机械电气设备的维护与故障诊断成为确保生产效率与安全性的关键。本研究深入分析机械电气设备的主要故障类型、原因及其影响，并探讨振动监测、温度分析、无损检测等故障诊断技术。同时，提出基于大数据与人工智能的维护策略，旨在实现故障预警与预防性维护，提升设备可靠性和运行效率，为企业生产提供有力支持。

关键词：机械电气设备；维护；故障诊断

引言：在现代工业生产中，机械电气设备作为核心设备，其稳定运行直接关系到生产效率和产品质量。然而，随着设备使用年限的增长，各类故障频发，严重影响了生产进度与安全性。因此，开展机械电气设备维护与故障诊断研究，探索高效、精确的故障识别与维护方法，对于保障设备正常运行、提高生产效率具有重要意义。本研究旨在通过理论分析与实践探索，为机械电气设备的维护管理提供科学依据和技术支持。

1 机械电气设备维护与故障诊断基础理论

1.1 机械电气设备的基本构成与工作原理

(1) 主要部件及功能介绍。机械电气设备通常由电动机、控制系统、传动机构和保护装置四大核心部件构成。电动机负责将电能转换为机械能，是设备的动力源泉；控制系统则确保设备按预设指令运行，包括启动、停止、调速等功能；传动机构如齿轮箱、皮带轮等，负责传递和调节动力；保护装置如过载继电器、断路器，用于监测设备状态，预防故障发生，保障人员与设备安全。(2) 工作流程与能量转换原理。设备启动时，控制系统向电动机发送信号，电动机内部磁场变化驱动转子旋转，完成电能向机械能的转换。传动机构随后将这股动力传递至工作部件，执行预定任务。能量转换过程中，电动机的效率、功率因数等参数直接影响设备的性能与能耗。

1.2 设备维护与故障诊断的基本概念

(1) 维护的定义与分类。维护是指为确保设备处于最佳工作状态而进行的一系列检查、保养和修理活动。根据实施时机和目的，可分为预防性维护（按计划进行，预防故障）、反应性维护（故障后修复）和预测性维护（基于状态监测预测故障并提前干预）。(2) 故障诊断的流程与方法。故障诊断遵循收集信息、分析现象、定位原因、制定方案、实施修复的流程。常用方法

包括直观检查、仪器检测、专家系统诊断、神经网络分析等。直观检查依赖经验判断；仪器检测利用专业设备测量参数；专家系统基于知识库推理；神经网络则通过学习和适应模式识别故障。

1.3 状态监测与故障诊断技术概述

(1) 状态监测的技术手段。状态监测是通过实时监测设备运行数据来评估其健康状态的技术。常用技术手段包括振动监测、温度监测、噪声监测和油液分析。这些手段能够及时发现设备异常，预防严重故障的发生。

(2) 故障诊断的常用方法及其适用场景。故障诊断方法多样，各有其适用场景。基于模型的诊断方法适用于系统复杂、物理模型明确的情况；基于信号处理的诊断方法则适用于通过振动、噪声等信号特征分析故障的情况；基于知识的诊断方法则依赖于专家知识和案例推理，适用于缺乏精确数学模型的领域。选择合适的诊断方法，需综合考虑设备特性、诊断成本及故障影响等因素。

2 机械电气设备常见故障类型与原因分析

2.1 机械故障

(1) 磨损、变形、断裂等机械损伤。机械部件在长期运转过程中，由于摩擦、载荷作用以及材料疲劳等因素，会导致磨损。磨损严重时，部件间的配合间隙增大，影响设备精度和稳定性。变形则可能是由于设备受到不平衡载荷、热应力或安装不当引起的，导致部件形状改变，影响正常功能。断裂则是部件在受到过大载荷、冲击或材料缺陷等因素下发生的突然性破坏，往往伴随着严重的设备损坏和停产^[1]。(2) 装配不当与调整失误导致的故障。设备的正确装配和调整是保证其正常运行的基础。装配过程中，若部件配合不紧密、螺栓拧紧力矩不足或安装顺序错误，都会引发故障。调整失误则可能表现为设备运行参数设置不当，如传动比、间隙调整不准确，导致设备性能下降，甚至损坏。

2.2 电气故障

(1) 电路短路、断路与接触不良。电路短路是由于绝缘破损、导线连接错误或外部因素(如水分、金属碎片)导致电流不经过负载而直接流通,引起过热、火花甚至火灾。断路则是电路某处断开,电流无法流通,导致设备功能丧失。接触不良则可能是连接点松动、氧化或腐蚀,导致电阻增大、信号失真或设备不稳定。(2) 元器件老化、损坏与性能下降。电气元器件如电阻、电容、继电器等,在长期使用过程中会因热效应、电压波动、机械应力等因素逐渐老化,性能下降。老化元器件可能表现为参数漂移、绝缘电阻降低或失效,导致设备工作异常。此外,雷击、过电压等外部因素也可能导致元器件瞬间损坏。

2.3 综合故障

(1) 机械与电气交织的复杂故障。这类故障往往涉及多个系统的相互作用,如电气控制系统失效导致机械部件异常运动,或机械部件损坏引发电气参数变化。诊断时需要综合考虑机械和电气的多个方面,寻找故障根源。(2) 环境因素导致的故障。环境因素如温度、湿度、腐蚀、振动等,对机械电气设备的运行稳定性和寿命有着重要影响。高温可能导致元器件性能下降、绝缘老化;湿度过大可能引发电路短路;腐蚀性环境会加速部件腐蚀;振动则可能导致连接松动、部件疲劳。这些因素单独或共同作用,都可能引发设备故障。

3 机械电气设备故障诊断方法与技术

3.1 基于振动信号的故障诊断

(1) 振动信号采集与处理。机械电气设备运行时,内部零部件的运动会产生振动,而故障的出现往往会改变振动的特性。振动信号采集通常借助加速度传感器、位移传感器等设备,将设备的振动信息转换为电信号。采集到的原始振动信号往往包含大量噪声,需要通过滤波、降噪等处理手段,提取出能反映设备运行状态的有效信号,为后续分析奠定基础。(2) 傅里叶变换与小波变换在故障诊断中的应用。傅里叶变换是将时域信号转换为频域信号的重要工具,它可将复杂的振动信号分解为不同频率成分,通过分析各频率成分的幅值和相位,可判断设备是否存在故障以及故障的类型。而小波变换相较于傅里叶变换,更适合处理非平稳信号,它能在不同时间和频率尺度上对信号进行分析,准确捕捉故障发生时信号的瞬态变化,对于早期故障诊断具有独特优势^[2]。(3) 振动频谱分析与故障特征提取。通过傅里叶变换或小波变换得到的振动频谱,蕴含着丰富的设备运行信息。专业人员依据设备的结构和工作原理,从频谱中提取出故

障特征频率,如齿轮箱的啮合频率、轴承的故障特征频率等。对比正常运行时的频谱特征与故障时的差异,便能实现对设备故障的精准定位和诊断。

3.2 基于温度、压力等参数的故障诊断

(1) 温度、压力等参数的监测与异常检测。温度和压力是反映机械电气设备运行状态的重要参数。设备内部的摩擦、过载等故障通常会导致温度升高,而压力异常则可能表明管道泄漏、阀门故障等问题。利用温度传感器、压力传感器等设备对这些参数进行实时监测,当参数超出正常范围时,系统能够及时检测到异常情况。

(2) 故障预警与趋势分析。除了实时监测异常,通过对温度、压力等参数的长期数据记录和分析,可进行故障预警与趋势分析。运用统计分析、曲线拟合等方法,预测参数的变化趋势,提前发现潜在故障隐患,为设备的预防性维护提供依据,避免突发故障的发生。

3.3 无损检测技术在故障诊断中的应用

(1) 超声波检测、射线检测、磁粉检测等方法。无损检测技术在不破坏设备结构的前提下,实现对设备内部缺陷的检测。超声波检测利用超声波在不同介质中的传播特性,检测材料内部的裂纹、气孔等缺陷;射线检测通过X射线或 γ 射线穿透物体,根据底片或成像设备显示的影像判断缺陷;磁粉检测则适用于铁磁性材料表面和近表面缺陷的检测,利用缺陷处的漏磁场吸附磁粉形成明显的痕迹。(2) 无损检测技术的优势与局限性。无损检测技术的优势在于能够快速、准确地发现设备内部缺陷,不影响设备的正常使用,可用于设备的定期检测和维护。然而,每种无损检测方法都有其局限性,例如超声波检测对形状复杂的工件检测难度较大,射线检测存在辐射危害,磁粉检测仅适用于铁磁性材料等。实际应用中,常根据设备的材质、结构和检测要求,综合运用多种无损检测方法^[3]。

3.4 人工智能与大数据在故障诊断中的探索

(1) 故障诊断模型的构建与训练。随着人工智能和大数据技术的发展,将其应用于机械电气设备故障诊断成为新趋势。利用大量的设备运行数据、故障数据,结合机器学习算法,如神经网络、支持向量机等,构建故障诊断模型。通过对模型的训练和优化,使其能够自动识别设备的运行状态和故障模式。(2) 基于数据的故障预测与健康管理。借助大数据分析技术,对设备海量运行数据进行深度挖掘,不仅可以实现故障诊断,还能进行故障预测与健康管理。通过分析设备运行数据之间的关联关系,预测设备未来的运行状态和故障发生概率,制定科学合理的维护计划,实现设备的全生命周期

健康管理,提高设备的可靠性和利用率。

4 机械电气设备维护策略与实施

4.1 预防性维护计划制定与执行

(1) 设备运行状态的定期检查与评估。定期检查与评估设备运行状态是预防性维护的基础。通过运用振动监测、温度测量、电气参数检测等手段,对设备的运行状况进行全面检测。技术人员需依据设备运行历史数据、设计标准以及行业规范,建立科学的评估指标体系,判断设备当前状态是否正常,评估潜在故障风险。例如,对电机的绝缘电阻进行定期检测,若发现电阻值下降趋势明显,即便尚未达到故障阈值,也需提前采取措施,避免故障发生。(2) 关键部件的预防性更换与调整。依据设备运行状态评估结果,针对关键部件制定预防性更换与调整计划。关键部件如轴承、密封圈、传动皮带等,在长期运行后会出现磨损、老化等问题。根据部件的使用寿命周期数据和实际运行工况,在部件达到临界状态前进行更换或调整。例如,对齿轮箱中的齿轮进行定期检查,当发现齿面磨损达到一定程度时,及时更换,防止因齿轮损坏引发更大规模的设备故障。

4.2 设备润滑与清洁管理

(1) 润滑油的选择与更换周期确定。润滑油是保障机械电气设备正常运转的“血液”,其选择与更换周期至关重要。需根据设备的类型、工作环境、运行工况等因素,选择合适的润滑油型号和规格。例如,高温环境下运行的设备,需选用耐高温性能好的润滑油;高负荷运转的设备,则需使用抗磨性能强的润滑油。同时,依据润滑油的性能指标变化和设备运行时间,科学确定更换周期,避免因润滑油性能下降影响设备运行^[4]。(2) 设备表面的清洁与杂物清理。设备表面的清洁与杂物清理不仅影响设备外观,更关系到设备的散热和正常运行。定期清理设备表面的灰尘、油污等杂物,防止其进入设备内部,影响零部件的正常运转。例如,对电气控制柜进行清洁时,要防止灰尘积聚导致电气元件短路;

对机械设备的运动部件进行清洁,避免杂物进入造成磨损加剧。

4.3 维修技术人员的培训与管理

(1) 专业技能与知识水平的提升。随着机械电气设备技术的不断更新,维修技术人员需持续提升专业技能与知识水平。企业应定期组织技术培训,内容涵盖新型设备的原理、故障诊断方法、维修技术等方面。通过理论授课、实际操作演练、案例分析等多种形式,让技术人员掌握最新的维修技能和知识,提高故障处理能力。

(2) 责任心与职业道德的培养。维修技术人员的责任心和职业道德是保障设备维护质量的关键。企业通过加强职业道德教育、建立合理的考核激励机制等方式,培养技术人员的责任意识,使其在工作中认真负责,严格按照维护标准和流程操作,杜绝因人为疏忽导致的设备故障。

结束语

综上所述,机械电气设备的维护与故障诊断研究对于确保设备运行安全、提升生产效率至关重要。通过深入理解设备的工作原理与故障机理,结合现代监测与诊断技术,我们能够及时发现并排除故障,有效预防事故的发生。未来,随着智能化技术的不断进步,维护与诊断手段将更加精准高效,为机械电气设备的长期稳定运行保驾护航。这不仅能够降低生产成本,还能提升企业的竞争力,实现可持续发展。

参考文献

- [1]王赞.机械电气工程设备的维护及管理措施探讨[J].现代制造技术与装备,2022,(03):32-33.
- [2]李志浩.机械设备电气维修与故障排除技术研究[J].时代农机,2020,(05):51-52.
- [3]荣洪国.机械电气设备维修中的故障诊断和解决措施[J].模具制造,2024,(15):143-144.
- [4]张艳军.机械电气设备维修中的故障诊断和解决措施[J].中国设备工程,2023,(18):172-173.