

机电设备故障诊断与安全维护技术分析

化德宪

国家管网集团联合管道有限责任公司西部分公司, 新疆 乌鲁木齐 830400

[摘要]随着机电设备在工业生产中的广泛应用, 其故障诊断与安全维护问题日益重要。文中针对机电设备的故障诊断技术及其安全维护措施进行了详细分析。阐述了常见的机电设备故障类型及其原因。介绍了目前主流的故障诊断技术, 包括振动分析、热成像技术、声波检测等, 并对其应用进行对比。分析了机电设备的安全维护管理方法, 如定期检修、预防性维护与状态监测。探讨了如何通过技术手段提升机电设备的运行安全性与可靠性。通过对这些技术的综合应用, 可以有效延长设备使用寿命, 提高生产效率。

[关键词]机电设备; 故障诊断; 安全维护; 振动分析; 预防性维护

DOI: 10.33142/hst.v8i2.15571

中图分类号: TP206

文献标识码: A

Analysis of Fault Diagnosis and Safety Maintenance Techniques for Mechanical and Electrical Equipment

HUA Dexian

Western Branch of PipeChina Group United Pipeline Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830400, China

Abstract: With the widespread application of electromechanical equipment in industrial production, its fault diagnosis and safety maintenance issues are becoming increasingly important. The article provides a detailed analysis of fault diagnosis techniques and safety maintenance measures for electromechanical equipment. Explained the common types of mechanical and electrical equipment failures and their causes. Introduced the current mainstream fault diagnosis technologies, including vibration analysis, thermal imaging technology, acoustic detection, etc., and compared their applications. Analyzed the safety maintenance management methods for electromechanical equipment, such as regular maintenance, preventive maintenance, and status monitoring. Explored how to improve the operational safety and reliability of electromechanical equipment through technological means. By comprehensively applying these technologies, the service life of equipment can be effectively extended and production efficiency can be improved.

Keywords: mechanical and electrical equipment; fault diagnosis; safety maintenance; vibration analysis; preventive maintenance

引言

机电设备作为现代工业生产的重要组成部分, 广泛应用于各类制造与加工过程中。随着设备的复杂化与运作时间的延长, 设备故障问题愈发突出, 故障诊断与安全维护已经成为保障生产稳定运行的关键技术。机电设备一旦发生故障, 不仅会导致生产效率下降, 甚至可能引发安全事故。因此, 科学有效的故障诊断技术和安全维护管理方法, 是确保设备可靠运行、提高生产效益的基础。本文将从机电设备的故障类型入手, 探讨故障诊断技术与安全维护的现状与技术路径, 提出合理的优化措施。

1 机电设备常见故障类型及其成因

1.1 电气故障

电气故障是机电设备中最常见的故障类型之一, 主要包括电机短路与断路、电气接触不良、电气过载与电压不稳等问题。电机短路与断路通常发生在电动机电路中, 常见原因包括绝缘老化、电缆破损或电路连接不牢靠。这类故障会导致电机无法正常启动, 甚至损坏电动机或控制系统。电气接触不良常见于接线端子或开关接触点, 长时间使用后, 接触点可能会因腐蚀、磨损等原因发生接触不良,

导致电流不畅或出现设备跳闸。电气过载与电压不稳则是在负载过大或电源电压波动时发生, 这不仅会导致电气元件过热, 损坏内部线路, 还可能引起设备停机。

1.2 机械故障

机械故障通常表现为轴承磨损、齿轮啮合不良、机械零件疲劳损坏等。轴承磨损是机械设备常见的问题, 长期运转后, 轴承中的滚动体与滚道会逐渐磨损, 导致摩擦增大, 进而产生噪音与振动, 影响设备精度与使用寿命^[1]。齿轮啮合不良通常是由于齿轮表面出现损伤、齿形不匹配或润滑不足引起, 长时间运行可能会导致齿轮断裂或滑齿现象, 影响传动效率。机械零件疲劳损坏则是指长期受力或循环应力作用下, 零件出现微裂纹并逐渐扩大, 最终导致部件失效, 常见于高负荷运转的机械设备。

1.3 液压与气动故障

液压与气动系统在许多机电设备的核心组成部分, 但也常因故障影响设备运行。液压油泄漏是液压系统中常见的故障, 通常由于密封件老化、安装不当或管路损坏等原因引起, 液压油泄漏不仅降低了系统的工作效率, 还可能导致油温过高、压力下降等问题。阀门故障则可能由于杂

质堵塞、磨损或控制失灵导致系统无法正常切换,影响液压系统的调节精度与稳定性。气动元件失灵通常是由于气缸密封件损坏、气管破裂或空气压缩机故障引起,导致气动元件无法提供稳定的动力,影响设备的动作精度与效率。

1.4 环境因素

环境因素也对机电设备的正常运行产生重要影响,尤其是温度与湿度的变化。设备在高温或低温环境下工作,可能导致电子元件过热、润滑油变质或机械部件的膨胀与收缩,进而引发设备故障。外部物理冲击也是影响设备运行的重要因素,尤其是对于一些精密设备,剧烈的震动或撞击可能导致元件位移、松动或损坏,影响设备的整体精度和稳定性。润滑油污染也是常见的环境因素之一,污染物进入润滑系统后,会降低润滑效果,增加摩擦与磨损,最终导致设备损坏或故障。

2 机电设备故障诊断技术

2.1 振动分析技术

振动分析技术是机电设备故障诊断中常用的手段之一,基于设备振动信号的特征来识别潜在故障。其基本原理是通过安装在设备上的振动传感器采集振动信号,并对这些信号进行频谱分析,进而找出故障的根源。设备在正常运行时会产生一定的振动,而一旦发生故障,如轴承损坏、齿轮磨损等,振动的频率、幅值和波形会发生变化。因此,通过对振动信号的分析,能够及时发现设备的潜在问题。振动传感器的选择与布置对诊断效果至关重要。通常使用加速度传感器、速度传感器或位移传感器,布置位置应考虑到设备关键部位的振动特性,确保能够准确反映设备的健康状态。

2.2 热成像技术

红外热成像技术是一种基于热辐射原理的非接触式诊断方法,可以实时监测机电设备的温度分布情况。设备在运行过程中,表面温度会因摩擦、过载、故障等因素发生变化,红外热像仪可以捕捉到这些变化,生成设备的热图像。热成像技术具有高效、精确、无损的优点,广泛应用于电气、机械、液压等领域。在电气设备中,热成像可以有效识别电气接触不良、过载或电气故障引发的局部过热区域;在机械设备中,热成像可以揭示由于润滑不足或摩擦过大而导致的高温部位。这种技术的应用,不仅能够及时发现设备异常,还能为维护决策提供重要依据^[2]。

2.3 声波检测技术

声波检测技术利用声波在不同介质中传播的特性,通过收集设备发出的声波信号进行分析,识别故障特征。设备运行时,正常情况下会产生一定频率的声音,而当发生故障时,声音频率、强度和波形会发生变化,尤其是机械摩擦、零件磨损或损坏时,产生的噪声通常具有特征性。声波信号的采集可以通过安装在设备表面的传感器进行,常见的分析方法包括时域分析、频域分析以及时频分析等。

声波检测技术可以应用于轴承故障检测、齿轮啮合情况评估等多个领域。例如,在高精度机械设备中,声波检测能够有效发现潜在的齿轮磨损或轴承损坏问题,并为维护人员提供可靠的故障诊断信息。

2.4 油液监测与分析

油液监测与分析技术通过对设备润滑油、液压油等液体的成分分析,来评估设备的工作状态及潜在故障。油液分析方法通常包括检测油液的物理和化学特性,如黏度、酸度、污染物含量等。通过对油液中污染物和磨损颗粒的分析,可以了解设备内部磨损情况及污染程度。常用的分析方法有光谱分析、粒度分析和显微镜分析等。污染物的存在通常意味着设备内部存在摩擦、磨损等不正常现象,而磨损颗粒则可以帮助识别具体的故障部位。油液监测与分析不仅可以检测到设备的早期故障,还能够预测设备可能的故障点,帮助制定有效的维护计划。通过定期监测油液状态,可以避免因润滑不当或油液污染引起的设备故障,从而提高设备的可靠性和使用寿命。

3 机电设备安全维护管理技术

3.1 定期检修与保养

定期检修与保养是确保机电设备稳定运行、延长设备寿命的重要手段。定期检查计划的制定应根据设备的使用情况、生产工艺要求以及制造商提供的维护建议来进行。通常情况下,设备的检修周期和检查内容需依据设备的重要性、工作环境、使用负荷以及运行时长来确定。定期检查应涵盖设备的各个关键部件,重点检查电气系统、机械部件、液压系统等易损件。设备保养的最佳实践包括润滑、清洁、紧固松动部件、更换磨损部件等,通过这些措施可以有效减少设备的故障率。维修记录的建立与维护周期的明确也至关重要,记录每次检修与保养的细节,包括更换的部件、执行的任务和和设备状态,为后续检修和故障分析提供数据支持。

3.2 预防性维护

预防性维护是一种通过提前识别和处理潜在问题来避免设备故障发生的维护策略。预防性维护的实施通常包括基于时间的维护和基于条件的维护两种形式。基于时间的维护根据设备的运行时长或使用周期来决定检修频率,而基于条件的维护则根据设备的实际工作状态、环境变化和运行参数来判断是否需要检修。预防性维护设备的选择非常关键,通常选择那些关键性、运行时间长、故障成本高的设备进行预防性维护,确保它们在最佳状态下运行。预防性维护能够有效降低故障率,避免突发性故障造成的设备停机或生产中断,尤其适用于高负荷、高精度的生产环境。预防性维护不仅有助于提高设备的运行可靠性,还能为设备管理者提供更多的预见性和可控性,降低生产成本和设备的维修费用^[3]。

3.3 状态监测与远程监控

状态监测与远程监控是现代设备管理的重要组成部分

分,通过实时监控设备运行状态,及时发现异常并采取措施,避免设备故障发生。状态监测技术已经广泛应用于机电设备的故障诊断与预测性维护中,常用的监测参数包括振动、温度、压力、流量等。通过对这些数据的持续监测,能够提前发现设备的潜在故障,并及时采取维护措施。远程监控系统通过无线通讯技术将设备状态数据上传到云端或监控中心,维护人员可随时远程查看设备运行情况。这样不仅提高了监控的实时性,还能通过大数据分析平台对设备运行趋势进行预测,提供决策支持。状态监测与数据分析平台结合,可以实现设备健康状况的全面评估,帮助制定合理的维修计划,确保设备的长期稳定运行。

3.4 安全管理与操作规范

安全生产操作规范是确保机电设备正常、安全运行的基础。设备操作人员应严格按照操作规程进行操作,防止因操作不当引发的设备损坏或安全事故。操作规范应包括设备启动、停机、负载调整、故障排除等操作流程,明确每一步骤的安全要求。设备操作人员培训也是安全管理的重要一环,通过系统的培训,可以提高操作人员的技术水平与安全意识,减少人为失误和安全隐患。此外,故障应急处理预案是应对突发设备故障或安全事故的重要手段,预案应包含设备故障时的快速响应流程、故障分析与处置步骤、责任人员及其分工等内容。在发生故障时,操作人员应迅速按照预案进行处置,确保生产安全与设备快速恢复运行。通过系统的安全管理和操作规范,不仅可以减少事故发生的概率,还能在发生故障时最大限度地降低损失,保障人员安全和生产稳定。

4 提高机电设备运行安全性的技术路径

4.1 综合诊断与多技术协同

在机电设备的故障诊断中,应用多元化技术能够显著提升故障检测的准确性和效率。传统的单一故障诊断技术往往无法全面识别设备中的各种故障类型,特别是在复杂或高度集成的设备中。结合振动分析、热成像、声波检测等多种技术手段,可以从多个维度对设备进行全面的监测和故障分析。

例如,振动分析仪(如德国SKF的振动分析仪)结合热成像和声波检测可以在设备运行过程中实时监测设备的振动频率、温度变化和声波信号,帮助检测潜在的机械故障,如轴承磨损、齿轮损坏、过热等问题。通过振动传感器可以捕捉到设备微小的运动变化,热成像仪可以识别设备表面温度异常,声波检测则能够揭示机械磨损引发的声音变化。

此外,傅里叶变换作为一种常用的信号处理技术,能够将振动信号从时域转化为频域,从而帮助分析信号中的频率成分。故障类型常常表现为特定频率上的异常信号,通过傅里叶分析,工程师可以精确识别设备是否存在轴承故障、齿轮损坏等常见问题。如图1所示。

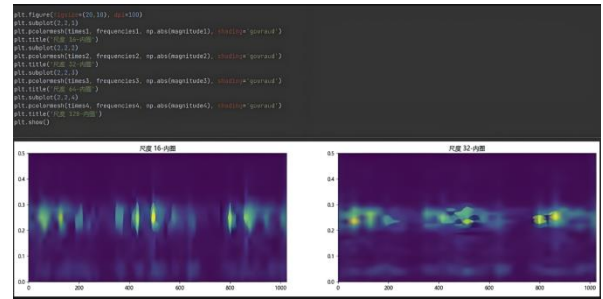


图1 傅里叶变换

这些数据可以通过集成系统实时传输到故障分析软件中进行综合分析,帮助工程师快速定位故障源,减少停机时间,提高生产效率。在分析软件方面,SKF @ptitude Analyst 是一个常用的高端故障诊断软件,能够集成来自不同传感器的数据并进行多维度分析。其强大的数据处理和模式识别能力使得故障诊断更加精准。

为了进一步提升故障检测效率,可以使用Python对多源数据进行建模分析。利用Python中的NumPy、SciPy等库,可以对振动信号进行傅里叶变换,并通过机器学习算法(如支持向量机、决策树等)对数据进行分类,自动识别不同类型的故障。通过这些先进的技术手段,故障诊断不仅变得更加精准,还大大缩短了诊断时间,降低了维护成本。

4.2 数据驱动的智能维护

数据采集与分析技术是智能维护的基础,随着传感器技术的发展,越来越多的设备参数可以实时采集并存储下来。这些数据不仅包括设备的运行状态,还涉及温度、压力、振动等动态变化信息。通过对这些数据的深入分析,结合机器学习和人工智能算法,能够识别出设备潜在的故障模式和趋势,进而实现基于大数据的设备运行预测。

在振动监测中,傅里叶分析作为一种常见的信号处理技术,可以将设备振动信号从时域转换到频域,揭示潜在的故障模式。例如,在分析设备的振动数据时,通过傅里叶变换可以检测到频率成分的异常变化,这可能表明设备存在机械故障,如轴承损坏、齿轮磨损等。以下数据表格展示了不同设备振动信号的频域分析结果,其中通过傅里叶变换提取的频率特征用于识别潜在故障。如表1所示。

表1 傅里叶变换提取的频率

设备类型	振动信号(时域)	傅里叶变换频谱	潜在故障类型	诊断结果
设备 A	信号 1	高频(200Hz)异常	轴承磨损	需要更换轴承
设备 B	信号 2	中频(50Hz)增大	齿轮磨损	需要维修齿轮
设备 C	信号 3	低频(20Hz)变化	振动不平衡	校正设备位置
设备 D	信号 4	高频(300Hz)峰值	电机故障	更换电机

上述表格中,通过傅里叶变换分析得到的频率特征(如高频、低频和中频的变化)与常见的机械故障类型(如轴承磨损、齿轮损坏、振动不平衡等)相关联。这些数据

可以实时传输到智能维护系统,结合机器学习算法,自动生成故障诊断报告,提供维修建议^[4]。

4.3 设备生命周期管理

设备生命周期管理的理念强调设备从采购到退役的全过程管理,目的是最大化设备的使用价值,降低全生命周期成本。全生命周期管理不仅仅关注设备的使用阶段,还包括设备的设计、安装、调试、运行、维护以及退役阶段的管理。在设备的各个生命周期阶段,都需要进行状态监控和评估,以确保设备在每个阶段都能保持最佳的工作状态。设备寿命预测与管理工具可以帮助企业预测设备的剩余使用寿命,并根据预测结果制定合理的维修或更换计划,从而避免设备超期服役导致的故障风险。

4.4 智能化故障诊断与预警系统

故障预警系统的构建可以实现对设备故障的早期识别,尤其是在设备出现异常之前,能够通过数据监测和趋势分析预测潜在故障的发生。智能化诊断工具与平台通过实时数据采集、故障诊断模型与大数据分析,能够在设备出现微小异常时发出警报,并提供具体的故障诊断信息,帮助维护人员快速定位问题^[5]。

5 结语

机电设备的故障诊断与安全维护是保障设备高效稳定运行的关键。通过现代技术手段,如振动分析、热成像、

声波检测等故障诊断技术的应用,结合预防性维护、状态监测与智能管理系统,能够有效提升机电设备的运行可靠性与安全性。设备故障的早期预警与科学的维护管理,将最大限度地降低生产中断的风险,提高设备的使用寿命。未来,随着技术的不断发展,机电设备故障诊断与安全维护技术将更加智能化、精确化,为工业生产提供坚实的保障。

[参考文献]

- [1] 智有明. 煤矿机电设备安全故障诊断及维修技术分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2020(3): 119.
 - [2] 匡中高. 矿山机电设备的故障诊断与智能维护技术研究[J]. 装备维修技术, 2024(4): 94-96.
 - [3] 白立刚, 王连玉, 王魁. 煤矿机电设备中液压系统的故障诊断与维护技术[J]. 现代制造技术与装备, 2024, 60(1): 148-150.
 - [4] 刘威. 煤矿机电设备检修与优化探究[J]. 内蒙古煤炭经济, 2021(21): 52-54.
 - [5] 郭文波. 故障诊断技术在现代矿山机电设备维护中的应用[J]. 机械管理开发, 2017, 32(11): 52-53.
- 作者简介: 化德宪 (2005.6—), 毕业院校: 中国石油大学(北京), 所学专业: 信息管理与信息系统专业, 当前就职单位: 国家管网集团联合管道有限责任公司西部分公司。