

机械故障诊断与维修技术进展

董文辉

成都航空四站总厂, 中国·四川 成都 610041

摘要: 论文综述了机械故障诊断与维修技术的最新进展, 探讨了其在现代工业中的应用与挑战。随着科技的快速发展, 机械设备日益复杂, 故障问题频发, 对生产效率和安全性构成威胁。介绍了包括振动监测、噪声监测、红外测温、油液分析和声发射检测在内的故障诊断技术的主要方法, 并指出以机器学习为基础的故障诊断系统是当前研究的热点。分析了传统维修技术的局限性及现代维修技术的创新, 如基于机器学习的维修辅助系统和 3D 打印技术。讨论了机械故障诊断与维修技术在自动化生产线、航空航天和智能制造等领域的应用, 以及面临的挑战和未来展望, 强调了多学科多技术相结合、人工智能专家系统广泛应用和传感器功能集成化等发展趋势。

关键词: 机械故障诊断; 维修技术; 机器学习; 多学科融合

Progress in Mechanical Fault Diagnosis and Maintenance Technology

Wenhui Dong

Chengdu Airlines Fourth Station General Factory, Chengdu, Sichuan, 610041, China

Abstract: This paper reviews the latest progress in mechanical fault diagnosis and maintenance technology, and explores its application and challenges in modern industry. With the rapid development of technology, mechanical equipment is becoming increasingly complex and prone to frequent malfunctions, posing a threat to production efficiency and safety. The main methods of fault diagnosis techniques, including vibration monitoring, noise monitoring, infrared temperature measurement, oil analysis, and acoustic emission detection, were introduced, and it was pointed out that machine learning based fault diagnosis systems are currently a hot research topic. Analyzed the limitations of traditional maintenance techniques and innovations in modern maintenance technologies, such as machine learning based maintenance assistance systems and 3D printing technology. The application of mechanical fault diagnosis and maintenance technology in automated production lines, aerospace, and intelligent manufacturing, as well as the challenges and future prospects, were discussed. The development trends of combining multiple disciplines and technologies, widely applying artificial intelligence expert systems, and integrating sensor functions were emphasized.

Keywords: mechanical fault diagnosis; maintenance technology; machine learning; multidisciplinary integration

0 前言

在当今这个科技日新月异的时代, 机械设备已经成为推动各行各业发展的核心动力。从精密的医疗器械到庞大的工业生产线, 从高效的交通运输到探索宇宙的航天器, 机械设备的身影无处不在。随着现代工业技术的飞速发展, 这些设备不仅变得越来越复杂, 而且其运行效率也达到了前所未有的高度。它们以惊人的速度和精度完成着各种任务, 极大地提高了生产力和社会效率。与之俱来的是机械设备故障问题的频发。由于设备结构复杂、运行环境多样、工作状态长时间处于高强度状态等原因, 机械设备容易出现各种故障。这些故障不仅会影响生产线的正常运转, 导致生产效率下降, 还可能引发安全事故, 对人员和设备造成损害。诊断和修复机械故障技术的重要性日益凸显。机械故障诊断技术是一种机械故障诊断技术, 能及时发现设备潜在问题, 防止故障的发生, 从而保证生产的连续性和安全性。而维修技术则可以在设备出现故障的情况下, 迅速将其修复, 使之回到正

常运行状态。随着科技的进步, 机械故障诊断与维修技术也在不断创新和发展, 涌现出了许多新的方法和手段^[1]。旨在综述机械故障诊断与维修技术的最新进展, 介绍当前的研究热点和实际应用情况。我们也将探讨这些技术在实际应用中面临的挑战以及未来的发展前景, 以期对相关领域的科研人员和工程技术人员提供有益的参考和启示。

1 机械故障诊断技术现状

1.1 故障诊断技术的发展历程

故障诊断技术本质上是一种故障模式识别的过程, 即寻找故障分类的方法。该技术自 20 世纪中叶以来不断演进, 目前已发展为包括先进传感技术、人工智能算法和大数据驱动信号处理技术在内的高度综合交叉技术。

1.2 故障诊断技术的主要方法

1.2.1 振动监测诊断技术

振动监测与诊断技术是目前应用最广泛的机械设备故障检测与诊断技术。该技术通过对机械设备的震动状况和特

性的分析,来判断设备是在正常状态下运行,还是存在故障隐患。此方法不仅操作简便、易于实施,而且对设备本身不产生任何干扰^[2]。模拟信号经 A/D 转换器经传感器采集振动信号后转换为数字信号,再传送至数据诊断系统进行分析,最终将诊断结果输出,供员工参考。

1.2.2 噪声监测诊断技术

噪声监测与诊断技术主要有人工听诊法和频谱分析技术两大类,主要有人工听诊法和频谱分析技术两大类。人工听诊法依赖于专业人员的听觉来判断设备运行声音的正常与否,而频谱分析技术则是通过声探头捕捉声源,并生成频谱图来精确定位并分析异常声源的存在及其位置^[3]。

1.2.3 红外测温检测诊断技术

红外测温检测与诊断技术的工作原理是根据机械设备在运行过程中,其机件表面因摩擦而发热而引起的红外测温检测与诊断技术。当某个零部件出现异常时,摩擦力增大,导致该部件表面温度显著升高。机械设备的工作状态是否正常,可以通过红外测温仪器收集分析这些温度数据,从而进行有效评估。

1.2.4 油液分析法

油液分析技术涉及从轴承中抽取少量润滑油作为样本,通过分析油样中磨粒的形状、成分、含量等,然后对轴承的磨损状况进行评估。此技术特别适用于采用油冷却和油润滑的轴承系统,但其应用可能受到来自非轴承部件脱落磨粒的干扰,并且需要依赖丰富的专业经验进行准确判断。

1.2.5 声发射检测技术

声发射检测技术是一种可以在金属材料上应用的无损性失效检测技术。它通过声发射感应器和声发射探测器分析声音信号,获得轴承的失效信息,从而对轴承的损伤程度和失效部位进行判断。声发射技术对于轴承的早期失效是极其敏感的,但是与之相关的装置却是昂贵的。

1.3 故障诊断技术的最新进展

近年来,故障诊断技术也在人工智能技术蓬勃发展的今天,迎来了新的发展契机。基于机器学习的故障诊断系统成为研究热点,通过大量资料和经验的学习,自动识别判断故障类型,故障诊断效率和准确率大大提高。DeepLearning 作为机器学习的分支,在故障诊断领域表现出了巨大的潜力。通过构建深度神经网络模型,并对大量样本数据进行训练,深度学习模型能够自动提取出反映设备运行状态的特征信息,并实现对故障的自动分类和识别。故障诊断技术的新变化也是快速发展的物联网技术带来的。通过将传感器、执行器、控制器等元件与互联网相连接,实现设备之间的信息交互和共享,为远程故障诊断和智能维护提供了可能。物联网技术使得故障诊断不再局限于设备现场,而是可以通过远程监控和数据分析,实现对设备运行状态的实时监测和预警。在故障诊断领域,多源信息融合技术也得到了广泛应用。通过对不同来源、不同种类的信息进行整合处理,更加全面、

准确地反映设备的运行状态和故障状态。多源信息集成技术在提高故障诊断准确性和可靠性的同时,也提供了新的故障预测和健康管理思路和途径。

2 机械维修技术现状

2.1 传统维修技术的局限性

在过去相当长的一段时间里,机械设备的维修工作主要依赖于人工经验和既定的维修流程。尽管从某种程度上来说,这种传统的检修方式可以保证设备的正常运转,但其局限性也是显而易见的。人工经验的差异导致了维修效果的不稳定。不同维修工人之间的技术水平和经验积累存在显著差异,这使得在相同故障面前,不同工人可能给出截然不同的维修方案。这种差异不仅影响了维修效率,还可能对设备的长期稳定运行构成潜在威胁。传统维修流程往往显得僵化,难以适应现代工业快速变化的需求。随着设备技术的不断更新迭代,维修流程也需要相应地进行调整和优化。然而,在实际操作中,由于种种原因,维修流程的更新往往滞后于设备技术的发展,导致维修工作难以达到最佳效果。传统的维修方式通常是在设备发生故障后才开始维修,这种被动的维修方式往往会造成生产停机时间过长,生产效率受到严重影响。在时间就是金钱的现代工业中,任何一项生产的停止,都有可能使企业在经济上蒙受巨大的损失,这一点在现代工业的发展过程中,任何一项生产的停止,都是有可能的。

2.2 现代维修技术的创新

随着科技的飞速发展,机械设备维修技术也在不断创新,为克服传统维修技术的局限性提供了可能。基于机器学习的维修辅助系统是现代维修技术的一大亮点。这种系统通过学习大量的维修数据和经验,能够自动识别和判断设备故障,并为维修人员提供实时的建议和指导。这一举措不仅大大提高了检修效率,而且精确可靠地保障了检修工作。维修人员可以依靠系统的智能诊断结果,快速定位故障点,并采取有效的维修措施,从而缩短生产停机时间,提高生产效率。除了基于机器学习的维修辅助系统外,3D 打印技术的兴起也为维修技术带来了新的机遇。传统维修中,当设备出现故障需要更换零件时,往往需要购买或制造特定零件,这不仅耗费时间,还可能增加成本。但维修人员可以根据设备的 CAD 模型直接打印所需的部件,借助 3D 打印技术。这一技术在提升保养效率的同时,也大大降低了保养费用。3D 打印技术的优势在于反应迅速,高度定制化。维修人员可以在短时间内打印出与原件完全匹配的零件,无需等待供应商发货或进行复杂的加工过程。对于那些需要紧急检修的设备来说,能够将生产停机时间降到最低就显得尤为重要。3D 打印技术也让维修工作更加灵活便捷。维修人员可以根据实际需要,随时调整打印参数和材料,以满足不同设备的维修需求。这种灵活性在提高机务工作效率的同时,也给机务人员提供了更大的创新空间。

3 机械故障诊断修复技术的应用

3.1 在自动化生产线中的应用

在自动化生产线这一高度集成的生产环境中,机械故障诊断与维修技术的作用尤为突出。自动化生产线由众多机械设备和传感器组成,任何一台设备的故障都可能导致整条生产线的停机,进而造成巨大的生产损失。因此,通过实时监测和分析设备传感器提供的丰富数据,故障诊断系统能够迅速识别出设备的异常状态,如振动异常、温度升高等,及时发出警报,并自动或建议维修人员采取相应的维修措施。湖南中烟工业长沙卷烟厂的制丝车间,以引进先进的故障诊断和维修技术为例,结合精细的化保策略,使服役时间更长的设备成功脱胎换骨。他们不仅定期对设备进行预防性维护,还提前进行数据分析、预测设备故障情况,提前介入,进行维护。这种做法不仅使设备稳定性、可靠性明显提高,而且为企业的不断发展提供了坚实的保障,进而使生产效率和经济效益得到显著提高,同时也大大减少了因设备故障导致的生产停机时间。

3.2 在航空航天领域的应用

任何一个微小的故障都可能造成严重后果,甚至危及宇航员的生命安全,航空航天领域对设备的可靠性和安全性有着极高的要求。所以,基于机器学习的故障诊断系统在这方面大有可为。这类系统能够深入分析传感器数据和设备运行状态,通过算法模型准确判断故障类型和位置,为维修人员提供及时、准确的维修建议。在航天器的飞行过程中,故障诊断系统可以实时监测发动机、导航系统等关键部件的运行状态,一旦发现异常,立即发出警报并建议采取应对措施。这一技术的应用,为航天飞行任务的顺利进行提供了强有力的保障,同时也提高了航天装备的可靠性。

3.3 在智能制造中的应用

机械故障诊断与维修技术在智能制造技术迅猛发展的同时,也迎来了新的机会。在智能制造环境中,大数据、云计算和物联网等技术使得设备实现了智能化和互联互通,为故障诊断提供了更加丰富和全面的数据支持。故障诊断技术可以紧密结合这些先进的技术来实现远程监控和设备的故障预警。通过实时监测设备运行状态,系统能够提前发现潜在故障,如磨损、疲劳等,及时通知维修人员进行处理。这种智能化的故障诊断与维修模式不仅避免了生产中断,还提高了生产效率和产品质量,为智能制造的快速发展提供了有力支撑。在智能工厂中,设备通过物联网技术连接在一起,形成一个庞大的设备网络,在智能工厂中,设备与物联网技术连接在一起,形成一个庞大的设备网络。故障诊断系统可以实时收集这些设备的运行数据,并通过云计算平台进行分析和处理。一旦发现数据异常,在建议机务人员做好相应处理的同时,系统会第一时间报警。

4 面临的挑战与未来展望

4.1 面临的挑战

故障机理研究的不足:目前对故障机理的研究还存在

不足,很多故障特性仍采用已有的研究成果,缺乏对新型故障机理的深入研究。故障诊断技术精确性有待提高:现行机械故障检测诊断技术抗干扰能力差,易受噪声等外界因素影响,造成诊断结果失准。维修技术智能化水平有待提升:尽管以机器学习为基础的维修辅助系统取得了一定的进步,但在实际应用中仍面临数据获取难、算法复杂度高等问题,维修技术智能化水平亟待提升,而目前我国的维修辅助系统仍存在较大的技术

4.2 未来展望

随着计算机技术、网络技术、人工智能及遥感技术的迅猛进步,机械故障的检测与诊断正朝着多学科融合与技术综合应用的方向迈进。人工智能专家系统的广泛应用:将专家的经验录入数据库,建立人工智能专家系统,可以模拟专家的思维预测机械设备的故障,提高机械故障检测和诊断的精确性和效率,通过数据分析、数据分析 Sensor 与侦测仪器功能整合: Sensor 将可整合多种参数侦测功能,包括震动、噪声、温度等,以提高侦测与诊断的精确性,未来将可用于机械故障检测。

5 结语

机械故障诊断与维修技术作为现代工业必不可少的重要环节,其重要性是不言而喻的。不仅关系到设备的高效运转,更关系到保障生产安全和提高生产效率的关键。随着科技的日新月异,特别是人工智能技术的迅猛发展,机械故障诊断与维修技术正迎来前所未有的创新机遇。在这一背景下,我们可以预见,机械故障诊断与维修技术将不断突破传统局限,实现更加精准、高效的故障诊断与维修。通过深度融合大数据、云计算、物联网等前沿技术,故障诊断系统将能够实时、全面地监测设备运行状态,及时发现并预警潜在故障,为维修人员提供科学、合理的维修建议,从而大幅降低设备停机时间,提升生产效率。随着跨学科、跨领域技术融合的加速推进,机械故障诊断与维修技术将不断汲取新的养分,实现技术上的飞跃。能够结合人工智能算法和机器视觉技术实现智能识别和定位设备故障;可以打破地域限制,提高维护效率,实现远程故障诊断和修复,借助 5G 等通信技术。未来,我们有理由相信,机械故障诊断与维修技术将在科技力量的驱动下,不断迈向新的高度,为现代工业的蓬勃发展提供更加坚实的支撑。

参考文献:

- [1] 雷亚国.混合智能技术及其在故障诊断中的应用研究[D].西安:西安交通大学,2007.
- [2] 金桐彤.考虑域影响的旋转机械故障诊断方法研究[D].长春:吉林大学,2022.
- [3] Tom Sothard.由设备故障停机引发的经济损失究竟有多大?——谈企业设备维修策略[J].设备管理&维修,1999(1):3.