

铁路机械设备故障诊断技术探讨

余海旺

河南钢铁集团有限公司运输作业部 河南 安阳 455000

摘要: 本文聚焦铁路机械设备故障诊断技术。先介绍铁路主要机械设备分类,包括机车车辆、轨道设备等,并分析常见故障类型及对铁路运行在安全、效率和服务质量方面的影响。阐述了主流故障诊断技术原理与应用,涵盖传统、基于信号分析和基于智能算法的技术。指出该技术面临复杂工况诊断难、技术有局限、运维成本高等挑战,提出技术优化路径,如多技术融合、数据驱动与模型优化、远程监测与诊断,并展望未来向智能化、集成化、绿色化发展。

关键词: 铁路机械设备;故障诊断技术;智能监测

引言:铁路作为国家重要的交通基础设施,其安全高效运行关乎国计民生。铁路机械设备作为铁路运输的基石,其稳定运行至关重要。然而,在实际运行中,机械磨损、电气故障、结构疲劳等问题时有发生,严重影响铁路运行的安全、效率与服务质量。在此背景下,深入探讨铁路机械设备故障诊断技术,寻求优化方向与未来发展趋势,具有重要的现实意义。

1 铁路机械设备概述与故障类型分析

1.1 铁路主要机械设备分类

铁路机械设备种类繁多,根据其功能和用途大致可分为以下几类:(1)机车车辆,包括电力机车、内燃机车、货车等,是铁路运输的核心设备,负责牵引和运载旅客与货物;(2)轨道设备,涵盖钢轨、轨枕、道岔、道床等,构成铁路运行的轨道基础,确保列车行驶的稳定性和安全性;(3)信号设备,有信号机、转辙机、轨道电路等,用于指挥列车运行,保证行车秩序和安全;(4)供电设备,包含牵引变电所、接触网等,为机车车辆提供电力支持,保障列车正常运行;(5)工务机械,如大型养路机械、轨道车等,用于铁路线路的维护和保养,确保轨道状态良好。

1.2 常见故障类型

1.2.1 机械磨损故障: 铁路机械设备在长期运行过程中,各部件之间相互摩擦,会导致磨损。例如,机车车辆的轴箱轴承、齿轮传动装置等,随着使用时间的增加,磨损加剧,可能引发振动、噪声增大,甚至导致部件损坏。

1.2.2 电气故障: 电气设备是铁路机械设备的重要组成部分,常见的电气故障包括短路、断路、绝缘损坏等。如接触网的导线断裂、绝缘子击穿等,会影响列车的供电,导致列车运行异常。

1.2.3 结构疲劳故障: 铁路机械设备长期承受交变载

荷的作用,容易导致结构疲劳。例如,钢轨在列车轮对的反复作用下,可能会出现裂纹、核伤等疲劳损伤,严重影响铁路运行安全。

1.2.4 控制系统故障: 现代铁路机械设备大多采用先进的控制系统,如微机控制、网络通信等。控制系统故障可能导致设备无法正常工作,例如信号设备的控制软件出现错误,会使信号显示异常,影响列车运行指挥^[1]。

1.3 故障对铁路运行的影响

(1)安全方面。设备故障可能直接引发安全事故。如轨道设备故障可能导致列车脱轨,信号设备故障可能造成列车追尾、冲突等,严重威胁乘客和工作人员的生命安全;(2)效率方面。故障发生后,需要进行维修和处理,这会占用大量的时间,导致列车晚点、停运,影响铁路运输的效率。同时,频繁的故障维修也会增加铁路运营成本;(3)服务质量方面。列车晚点、停运等情况会给乘客的出行带来不便,降低乘客对铁路运输服务的满意度,影响铁路企业的形象和市场竞争力。

2 铁路机械设备主流故障诊断技术原理与应用

2.1 传统故障诊断技术

一是人工巡检。这是最传统的故障诊断方法,由维修人员定期对铁路机械设备进行外观检查、听诊、触摸等,凭借经验判断设备是否存在故障。人工巡检的优点是简单易行,能够及时发现一些明显的故障迹象。然而,该方法存在局限性,如依赖维修人员的经验和技能水平,容易漏检一些潜在的故障;巡检周期较长,无法实时监测设备状态;二是简易诊断仪器检测。使用一些简易的检测仪器,如万用表、钳形电流表等,对设备的电气参数进行测量,判断设备是否存在电气故障。简易诊断仪器检测操作相对简单,成本较低,但检测范围有限,只能对一些基本的参数进行测量,对于复杂的故障难以准确诊断。

2.2 基于信号分析的现代诊断技术

2.2.1 振动监测诊断技术

振动监测诊断技术是通过铁路机械设备运行过程中的振动信号进行采集、分析和处理,来判断设备的运行状态和故障情况。当设备出现故障时,其振动特性会发生改变,如振动幅值增大、频率成分变化等。通过安装振动传感器,实时采集设备的振动信号,并利用频谱分析、时域分析等方法对信号进行处理,可以提取出故障特征信息,从而判断设备是否存在故障以及故障的类型和位置。例如,对于机车车辆的滚动轴承故障,通过振动监测可以准确检测出轴承的内圈、外圈和滚动体故障。

2.2.2 声纹识别诊断技术

声纹识别诊断技术是利用设备运行过程中产生的声音信号进行故障诊断。不同类型的故障会产生不同特征的声音信号,通过对声音信号的采集和分析,可以识别出设备的故障类型。例如,对于轨道设备的道岔故障,当道岔转换过程中出现卡阻等故障时,会产生异常的摩擦声和撞击声,通过声纹识别技术可以及时发现这些异常声音,判断道岔是否存在故障^[2]。声纹识别诊断技术具有非接触式检测的优点,不会对设备造成额外的干扰,但容易受到环境噪声的影响,需要进行有效的噪声抑制处理。

2.2.3 温度与油液分析技术

温度监测是通过安装温度传感器,实时监测铁路机械设备关键部位的温度变化。当设备出现故障时,如电气故障导致局部过热、机械摩擦增大产生过多热量等,温度会异常升高。通过温度监测可以及时发现设备的过热故障,采取相应的措施进行处理。油液分析技术是对设备使用的润滑油、液压油等进行采样和分析,通过检测油液中的磨损颗粒、污染物等成分,判断设备的磨损状态和故障情况。例如,通过对机车车辆齿轮箱油液的分析,可以了解齿轮的磨损程度,预测齿轮的剩余寿命。

2.3 基于智能算法的先进诊断技术

随着人工智能技术的不断发展,基于智能算法的故障诊断技术在铁路机械设备领域得到了广泛应用。常见的智能算法包括神经网络、支持向量机、模糊逻辑等。这些算法可以对大量的设备运行数据进行学习和分析,建立故障诊断模型,实现对设备故障的自动识别和分类。例如,利用神经网络算法对机车车辆的故障数据进行训练,可以构建一个高效的故障诊断模型,当新的设备数据输入时,模型能够快速准确地判断设备是否存在故障以及故障的类型。基于智能算法的先进诊断技术具有自适应能力强、诊断准确率高的优点,但需要大量的

历史数据进行训练,且算法的复杂度较高。

3 铁路机械设备故障诊断技术面临的挑战

3.1 复杂工况下的诊断难题

铁路机械设备运行环境复杂多变,受温度、湿度、振动、电磁干扰等诸多因素影响。野外运行的铁路线路,设备常面临恶劣天气考验,暴雨可能使设备进水短路,大风可能吹动异物撞击设备,冰雪会覆盖设备并影响其散热与正常运行,这些不仅增加故障发生几率,也给诊断带来极大困难。在复杂的电磁环境里,如靠近高压线路或通信基站区域,信号干扰严重。故障诊断所依赖的各类信号,如振动信号、电气信号等,易被电磁噪声掩盖,导致信号失真,使得从失真信号中准确提取故障特征变得极为困难,严重影响诊断的准确性,甚至可能出现误判,延误设备维修时机^[3]。

3.2 技术层面的局限性

虽然目前已经发展了多种故障诊断技术,但每种技术都存在一定的局限性。例如,传统的故障诊断技术依赖人工经验和简易仪器,诊断精度和效率较低;基于信号分析的现代诊断技术对信号的质量要求较高,在复杂工况下信号容易受到干扰;基于智能算法的先进诊断技术需要大量的历史数据进行训练,且算法的可解释性较差。另外,不同类型的技术之间缺乏有效的融合,难以实现综合诊断。

3.3 运维与成本挑战

铁路机械设备数量众多、分布广泛,对其进行全面的故障诊断和维护需要投入大量的人力、物力和财力。一方面,故障诊断设备的购置和维护成本较高,尤其是先进的智能诊断设备;另一方面,维修人员的培训和管理也需要耗费一定的资源。另外,由于铁路运输的特殊性,设备故障需要在较短的时间内进行修复,这对维修人员的技能水平和应急处理能力提出了较高的要求。

4 铁路机械设备故障诊断技术的优化方向与未来展望

4.1 技术优化路径

4.1.1 多技术融合

铁路机械设备故障诊断若仅依赖单一技术,往往难以全面、精准地捕捉设备故障信息。因此,将传统故障诊断技术、基于信号分析的现代诊断技术以及基于智能算法的先进诊断技术进行有机融合势在必行。传统故障诊断技术虽依赖人工经验,但维修人员凭借长期积累的实践经验,能快速发现一些直观故障现象;基于信号分析的现代诊断技术,如振动分析、油液分析等,可精准捕捉设备运行过程中的细微信号变化;基于智能算法的先进诊断技术,像深度学习、神经网络等,能处理复

杂、海量的数据并挖掘潜在规律。例如,把人工巡检与振动监测、声纹识别技术相结合,人工巡检可对设备外观、连接部位等进行直观检查,而振动监测能实时获取设备的振动数据,声纹识别则可通过分析设备运行声音判断是否存在异常,从而实现全方位、多层次的设备状态监测,极大提高故障诊断的准确性和可靠性。

4.1.2 数据驱动与模型优化

大数据时代为铁路机械设备故障诊断带来了新的机遇。利用大数据技术,可对铁路机械设备的大量运行数据进行全面收集、高效存储和深入分析。这些数据涵盖了设备从启动到运行各个阶段的多种参数,如温度、压力、转速等,通过挖掘其中的潜在信息,能为故障诊断提供更为丰富、准确的依据。同时,要不断优化故障诊断模型。以深度学习算法为例,通过让算法对海量的设备数据进行学习,使其能够自动提取数据中的特征并构建复杂的映射关系,从而构建出更加精准的故障诊断模型。随着新数据的不断输入,模型还能持续自我优化和更新,进一步提高对不同故障类型的识别能力和诊断准确性^[4]。

4.1.3 远程监测与诊断

借助物联网、云计算等前沿技术,实现铁路机械设备的远程监测和诊断具有重大意义。通过在设备的关键部位安装高精度的传感器和通信模块,能够实时采集设备的运行数据,并借助稳定的网络将这些数据实时传输到远程诊断中心。在远程诊断中心,专家可以不受时间和空间限制,对设备数据进行深入分析。他们利用专业的诊断软件和丰富的经验,能够及时发现设备潜在的问题,并准确判断故障的类型和严重程度,进而提出针对性的解决方案。这种远程监测与诊断模式,不仅可以提高故障诊断的效率,减少现场维修人员的工作量,还能降低因设备故障导致的运输延误风险。

4.2 未来发展趋势

4.2.1 智能化

未来,铁路机械设备故障诊断技术将全面迈向智能化时代。智能诊断系统将具备自主感知、自主诊断和自主决策的能力。它能够通过内置的高精度传感器,实时、精准地监测设备的各项运行参数,如电流、电压、温度等,就像给设备装上了“智慧眼睛”。一旦发现参数异常,系统能迅速自动识别故障类型,无需人工干预。同时,根据预设的规则和算法,智能诊断系统还能给出科学合理的维修建议,包括维修的优先级、所需的

维修工具和备件等,为维修人员提供有力的决策支持。

4.2.2 集成化

故障诊断技术将与其他相关技术进行深度集成,构建一个完整的设备健康管理系统。该系统不仅涵盖故障诊断功能,还将与设备管理、维修决策等技术紧密结合。通过设备管理模块,可以实时掌握设备的采购、使用、维护等全生命周期信息;维修决策模块则根据故障诊断结果和设备的实际状况,制定最优的维修计划和方案。这种集成化的管理模式,能够实现设备全生命周期的高效管理,提高设备的可靠性和可用性,降低设备的全生命周期成本。

4.2.3 绿色化

在追求高效故障诊断的同时,未来技术将更加注重环保和节能。在传感器和通信模块的选择上,会优先采用低功耗的产品,以减少能源消耗。例如,新型的低功耗无线传感器能够在保证数据采集精度的前提下,大幅降低自身的能耗,延长电池使用寿命。在维修方案制定方面,将通过精准的故障诊断,避免过度维修,减少不必要的备件更换和资源浪费。同时,推广使用环保型的维修材料和工艺,降低维修过程对环境的影响,实现铁路机械设备故障诊断与维修的绿色可持续发展。

结束语

铁路机械设备故障诊断技术对于保障铁路运输的安全、高效运行至关重要。当前,该技术虽取得一定成果,但面临着复杂工况、技术局限和运维成本等诸多挑战。通过多技术融合、数据驱动与模型优化以及远程监测与诊断等技术优化路径,能够显著提升故障诊断的准确性和效率。展望未来,智能化、集成化和绿色化将成为铁路机械设备故障诊断技术的发展方向,有望实现设备全生命周期的高效管理,推动铁路行业可持续发展。

参考文献

- [1]孙肇鹏,吴楠.机械设备维修中的故障诊断技术[J].中国金属通报,2020(18):78-79.
- [2]张超,崔建磊.故障诊断技术在机械设备中的应用研究[J].中国设备工程,2021(15):159-160.
- [3]赵永利,刘洪涛,杨立峰.铁路机械设备故障预测与预防性维护策略研究[J].铁道运输与经济,2020,42(3):56-61.
- [4]王顺.铁路机械设备的配置思路和管理模式探讨[J].中国设备工程,2022(20):31-33.