

机电设备维护与故障诊断方法研究

江建清

370922*****2339

摘要: 在工业生产智能化转型背景下, 机电设备作为核心生产载体, 其运行稳定性直接影响生产效率与安全。传统维护模式多依赖人工经验, 存在响应滞后、维护成本较高等问题, 而故障诊断的精准度不足也制约着设备全生命周期管理水平的提升。本文聚焦机电设备维护与故障诊断方法, 系统梳理当前维护模式的短板与故障诊断的核心需求, 深入分析不同诊断方法的适用场景与技术特性, 探索维护与诊断协同优化的有效路径。

关键词: 机电设备; 设备维护; 故障诊断方法; 全生命周期管理

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 12. 056

引言

机电设备广泛应用于制造业、能源、交通等多个关键领域, 是支撑工业生产正常运转的核心基础设施。随着工业技术的不断发展, 机电设备的结构复杂度持续提升, 且运行环境日益多样化, 设备故障引发的生产停机损失与安全风险显著增加。当前, 部分企业仍采用“事后维修”或“定期维修”的传统维护模式, 这种模式不仅难以提前规避潜在故障, 还可能因过度维护造成人力、物力资源的浪费。同时, 在故障诊断环节, 普遍存在数据利用不充分、诊断精度不足等问题, 无法快速、准确地定位故障根源, 延误故障处理时机。

1 机电设备维护现状与优化需求

1.1 主流维护模式特点与局限

当前机电设备主流维护模式主要包括事后维修、定期维修与预防性维修。事后维修模式在设备发生故障后才进行维修, 虽能减少日常维护成本, 但易导致故障扩大化, 造成更长时间的生产停机, 增加整体损失。定期维修模式按照固定周期开展维护, 可在一定程度上提前排查隐患, 但未考虑设备实际运行状态, 可能对状态良好的设备过度维修, 浪费资源。

1.2 工业生产对维护效率的新要求

随着工业生产向智能化、连续化方向发展, 对机电设备维护效率提出了更高要求。一方面, 现代化生产线对设备运行连续性要求极高, 设备故障导致的停机时间需大幅缩短, 这就要求维护工作具备快速响应能力, 能在故障发生后迅速定位问题并完成修复。另一方面, 工业生产的规模化发展使得机电设备数量大幅增加, 传统依赖人工巡检的维护方式已难以满足高效管理需求, 需

要通过更高效的维护手段实现多设备同步监测与维护。

1.3 全生命周期管理下维护优化方向

在全生命周期管理理念下, 机电设备维护需从“被动应对”向“主动管理”转变, 覆盖设备设计、采购、运行、报废的全阶段。在设备设计阶段, 需融入维护便利性理念, 减少后续维护难度与成本; 采购阶段需考虑设备的可靠性与可维护性, 选择更易维护的设备类型。运行阶段需建立动态维护机制, 结合设备运行数据调整维护策略, 避免过度维护或维护不足。报废阶段需对设备维护历史数据进行总结分析, 为新设备采购与维护方案制定提供参考。

2 机电设备故障诊断核心方法分类与特性

2.1 基于信号分析的诊断方法

基于信号分析的故障诊断方法, 通过采集机电设备运行过程中的振动、温度、噪声等信号, 运用信号处理技术提取故障特征, 进而判断设备故障情况。其核心原理是设备发生故障时, 运行信号会出现异常变化, 通过傅里叶变换、小波分析等技术对信号进行处理, 可分离出与故障相关的特征信息。这种方法适用于旋转机械、往复机械等易产生特征信号的设备, 例如通过分析电机振动信号的频率成分, 判断轴承是否存在磨损故障。该方法技术成熟、应用门槛较低, 但对信号采集的准确性要求较高, 若信号受到外界干扰, 可能导致诊断结果出现偏差, 且难以诊断复杂的多故障耦合问题。

2.2 基于知识推理的诊断方法

基于知识推理的故障诊断方法, 以领域专家的经验知识为基础, 通过构建知识图谱、规则库等形式, 对设备故障进行推理判断。其优势在于能将专家的经验转化

为可复用的诊断规则，无需复杂的数学模型，诊断过程直观易懂，便于操作人员理解与应用。例如，根据专家总结的“设备温度过高且噪声增大，可能是润滑不足导致”的规则，可快速初步判断故障原因。该方法适用于故障类型较为明确、经验积累丰富的场景，如常见的电机、泵类设备故障诊断。但它对知识的依赖性较强，若遇到未纳入规则库的新型故障，诊断准确性会大幅下降，且知识获取与更新的难度较大。

2.3 基于智能算法的诊断方法

基于智能算法的故障诊断方法，借助机器学习、深度学习等智能算法，对设备运行数据进行自主学习与分析，实现故障识别与定位。其技术特点是具备较强的自学习能力与泛化能力，能处理高维度、非线性的复杂数据，可诊断传统方法难以识别的复杂故障。例如，通过神经网络算法对大量设备故障数据进行训练，构建故障诊断模型，可实现对多种故障类型的自动识别。这种方法适用于数据积累充足、故障类型复杂的场景，如大型成套机电设备的故障诊断。但该方法对数据质量与数量要求较高，需要大量标注数据进行模型训练，且模型解释性较差，难以清晰说明故障诊断的推理过程。

3 机电设备维护与故障诊断的协同机制

3.1 诊断数据支撑维护计划

故障诊断过程中采集的设备运行数据、故障特征数据等，可为维护计划制定提供重要支撑。通过分析诊断数据，可明确设备故障的类型、严重程度与发展趋势，进而确定维护的优先级与具体内容。例如，若诊断数据显示设备某部件故障程度较轻，且短期内不会影响运行，可制定延期维护计划，避免不必要的停机；若故障发展迅速，需立即安排紧急维护。同时，诊断数据还能帮助判断维护所需的工具、备件与人员，提高维护计划的针对性与可操作性。通过将诊断数据与维护计划深度结合，可避免盲目维护，确保维护工作精准、高效，减少维护成本与停机时间。

3.2 维护过程信息采集反馈

在维护过程中，需及时采集设备故障隐患信息、维护操作信息与维护效果信息，并反馈至故障诊断系统，形成两者的闭环协同。维护人员在拆解、检修设备时，可发现诊断过程中未检测到的潜在故障隐患，记录隐患位置、类型等信息；同时，记录维护过程中更换的部件、

采用的维修方法等操作信息。维护完成后，跟踪设备运行状态，采集维护效果数据，判断维护是否有效解决故障。这些信息反馈至诊断系统后，可用于优化诊断模型与规则，提升后续故障诊断的准确性。

3.3 协同下设备健康评估

在维护与诊断协同机制下，设备健康状态评估需结合两者的信息，构建更全面的评估体系。评估过程中，不仅要依据故障诊断数据判断设备当前是否存在故障，还要结合维护历史数据，分析设备过往故障频率、维护效果、部件使用寿命等情况，综合判断设备的整体健康水平。例如，若设备近期诊断未发现故障，但维护历史显示某关键部件已接近使用寿命，需评估该部件的潜在风险，提前制定预防性维护计划。同时，通过持续跟踪诊断数据与维护数据，建立设备健康状态变化曲线，预测设备未来健康趋势，为维护策略调整提供依据，确保设备始终处于稳定运行状态。

4 机电设备维护与故障诊断的技术融合路径

4.1 传感器技术的应用

传感器技术在机电设备状态监测与故障诊断中发挥着基础支撑作用。通过在设备关键部位安装振动传感器、温度传感器、压力传感器等，可实时采集设备运行过程中的各类参数，为故障诊断提供连续、准确的原始数据。例如，在电机轴承部位安装振动传感器，可实时监测轴承振动幅度与频率，及时捕捉异常振动信号；在设备油箱安装温度传感器，可监测油温变化，判断润滑系统是否正常。同时，随着传感器技术的发展，无线传感器、微型传感器的应用日益广泛，能实现对设备难以触及部位的监测，且减少布线成本与对设备正常运行的影响。传感器采集的数据通过传输系统送至诊断平台，为后续故障分析与维护决策提供数据基础。

4.2 大数据技术的作用

大数据技术在机电设备维护数据管理与诊断模型优化中具有重要作用。在维护数据管理方面，大数据技术可实现对海量维护数据的存储、分类与检索，包括设备基本信息、维护记录、故障历史数据等，方便管理人员快速查询所需信息，且能长期保存数据，为设备全生命周期管理提供支持。在诊断模型优化方面，大数据技术可对大量设备运行数据与故障数据进行挖掘分析，提取更全面的故障特征，优化诊断模型的参数与结构。例

如,通过分析不同工况下的设备数据,可提升诊断模型对复杂工况的适应性;通过积累新型故障数据,可扩展模型的故障识别范围,提升诊断模型的准确性与泛化能力,为维护工作提供更可靠的技术支持。

4.3 物联网技术的赋能

物联网技术通过构建设备互联互通的网络,为机电设备维护与故障诊断的远程协同提供赋能。借助物联网技术,可将分布在不同区域的机电设备连接起来,实现设备运行数据的远程实时传输,管理人员通过远程监控平台,可随时掌握各地设备的运行状态与故障情况,无需现场巡检,大幅提升管理效率。当设备出现故障预警时,远程诊断专家可通过物联网获取设备实时数据,与现场维护人员协同分析故障原因,制定维修方案,指导现场维护操作,解决现场技术人员经验不足的问题。同时,物联网技术还能实现维护资源的远程调度,根据设备故障位置与需求,合理调配附近的备件与维修人员,缩短维护响应时间,提升维护与诊断的协同效率。

5 机电设备维护与故障诊断方法的发展趋势

5.1 数字孪生技术的应用拓展

数字孪生技术通过构建与物理设备完全映射的虚拟模型,在机电设备维护与故障模拟中的应用将不断拓展。在维护方面,可通过虚拟模型模拟设备不同维护方案的效果,选择最优维护策略,减少实际维护中的试错成本;同时,利用虚拟模型开展维护人员培训,提升维护人员的操作熟练度。在故障模拟方面,可在虚拟模型中注入不同类型的故障参数,模拟故障发生过程与表现特征,积累故障数据,为故障诊断模型优化提供支持。此外,通过实时同步物理设备与虚拟模型的数据,可在虚拟模型中实时监测设备运行状态,提前发现潜在故障,实现更精准的预防性维护,推动维护与诊断向智能化、精细化方向发展。

5.2 轻量化诊断模型的推广

轻量化诊断模型在中小型企业机电设备管理中的推广将成为重要趋势。中小型企业受限于技术实力与资金成本,难以部署复杂、高成本的诊断系统,而轻量化诊断模型具有体积小、运行成本低、对硬件要求不高的特点,更符合中小型企业的需求。轻量化模型通过简化算法结构、优化数据处理流程,在保证一定诊断精度的前提下,降低了模型的部署与运行难度,可在普通计算

机或嵌入式设备上运行。同时,轻量化模型可通过云端部署,中小型企业无需本地搭建复杂系统,通过云端调用模型即可完成故障诊断,大幅降低应用门槛。未来,随着轻量化技术的不断优化,其诊断精度将进一步提升,在中小型企业中的应用范围将不断扩大。

5.3 绿色维护理念的结合创新

绿色维护理念与故障诊断方法的结合创新,将成为机电设备维护领域的重要发展方向。绿色维护理念强调在维护过程中减少能源消耗、降低环境污染、提高资源利用率,这与当前可持续发展要求相契合。在故障诊断方面,可通过优化诊断算法,减少诊断过程中的计算能耗;采用低功耗传感器与传输设备,降低设备监测过程中的能源消耗。在维护方面,结合故障诊断结果,精准制定维护方案,减少不必要的部件更换,提高旧部件的修复利用率;选择环保型维护材料与润滑剂,降低维护过程对环境的污染。同时,通过故障诊断提前发现故障,避免设备故障导致的能源浪费与环境污染,实现维护与诊断的绿色化发展,助力企业实现绿色生产目标。

6 结论

本文围绕机电设备维护与故障诊断方法展开研究,系统分析了维护现状与优化需求、故障诊断核心方法特性、维护与诊断的协同机制、技术融合路径及未来发展趋势。研究表明,传统维护模式与故障诊断方法已难以适应工业智能化发展需求,需通过协同机制构建与技术融合,提升设备管理水平。故障诊断数据为维护计划提供支撑,维护过程信息反哺诊断优化,两者协同可实现设备健康状态的精准评估;传感器、大数据、物联网技术的融合应用,为维护与诊断的智能化升级提供了技术基础。

参考文献

- [1]董乐. 水利水电工程水电站机电设备运行和维护方法[J]. 大众标准化, 2025, (19): 36-38.
- [2]陈军, 徐敏杰. 变电站机电设备常见故障分析及维护策略[J]. 电站辅机, 2025, 46 (03): 95-98.
- [3]王嘉斌. 高速公路运营管理中机电维护问题与对策[J]. 交通企业管理, 2025, 40 (05): 90-92.
- [4]刘向清. 煤矿机电设备管理与维护[J]. 内蒙古煤炭经济, 2025, (16): 157-159.
- [5]张耀曜. 高速公路机电设备智能化管理分析[J]. 汽车画刊, 2025, (08): 191-193.