

Research on Fault Diagnosis and Predictive Maintenance Technology for Construction Crane Equipment

Hao Huang, Quan Liu

Zhejiang Dahe Testing Co., Ltd, Hangzhou 311100, Zhejiang, China

Abstract: Construction lifting machinery equipment plays an important role in construction operations, but due to complex environments and high-intensity use, it is prone to malfunctions, causing economic losses to enterprises and users. This research aims to realize intelligent monitoring, fault diagnosis and predictive maintenance of construction machinery equipment based on industrial Internet platform, Internet of Things and artificial intelligence technology, so as to reduce maintenance costs, improve equipment efficiency, and promote digital transformation of the industry.

Keywords: Construction machinery; Fault diagnosis; Predictive maintenance

建筑起重机械设备故障诊断与预测维护技术研究

黄浩 柳权

浙江大合检测有限公司, 中国 · 浙江杭州 311100

摘要: 建筑起重机械设备在施工作业中扮演着重要角色, 但由于复杂的环境和高强度的使用, 容易出现故障, 给企业和用户带来经济损失。本研究旨在基于工业互联网平台、物联网和人工智能技术, 实现对工程机械装备的智能化监测、故障诊断和预测性维护, 以降低维护成本、提高设备效率, 并推动行业的数字化转型。

关键词: 工程机械; 故障诊断; 预测性维护

1 预测性维护系统

1.1 PreMaint技术简介

PreMaint是一种先进的预测性维护解决方案, 通过数据科学和工程知识的融合, 为用户提供更高的业务价值。它利用传感器、物联网和人工智能技术, 实时监测设备运行状态, 并通过数据分析和机器学习算法提前预测可能的故障。^[1]

1.2 应用优势

PreMaint在多个行业中的应用展示了其显著的优势, 通过精准的故障预测, 可以有效避免设备突然停机带来的生产中断, 减少停机时间。通过持续监测和维护, 延长设备使用寿命, 减少维修成本, 提高设备可靠性。^[2] 基于设备健康指数和历史数据, 智能调整维护策略, 实现个性化定制的维护方案, 优化维护计划。通过减少非计划停机次数和优化备件管理, 提高整体设施的生产力, 提升生产力。

1.3 技术原理

PreMaint的技术原理主要包括实时监测、数据分析与机器学习、智能预警与决策支持、自学习与反

馈循环等。实时监测采用先进的传感器技术, 持续实时监测设备的关键参数 (如振动、温度、压力等), 并将其数据发送到PreMaint平台进行分析。数据分析与机器学习: 利用大数据分析和机器学习算法, 从收集到的数据中提取有价值的信息, 进行故障诊断和预测。智能预警与决策支持: 根据分析结果, 系统会自动触发报警或维护命令, 并生成详细的设备健康报告, 帮助维护团队做出科学决策。自学习与反馈循环: 通过不断的学习和改进, PreMaint能够优化预测模型, 提高预测准确率, 从而实现更高效的设备管理和维护。

2 故障诊断方法

2.1 常用故障类型

起重机械在长期高强度使用过程中, 零件容易受到磨损、裂纹等损伤, 金属结构也可能腐蚀、变形、裂纹、失稳等缺陷。^[3] 为了防止设备故障甚至事故, 需要研究起重机械的故障模式, 评估其健康状况, 并制定有针对性的管理策略, 如检查、维护、改造、修理、报废等。

2.2 检验检测分析重要性

在起重机械的运行中，有一些常见的因素可能引发故障：磨损和疲劳，长时间的使用会导致零件磨损，特别是卷筒、滑轮、钢丝绳等。定期检查和维护可以减轻磨损带来的影响。电气故障，起重机械的电气系统容易受到过载、过热、接触不良等问题的影响。定期检查电气设备，确保其正常运行，是预防故障的关键。振动问题，振动异常可能是轴承损坏、电动机问题或其他机械部件故障的信号。

2.3 检验检测方法

为了确保起重机械的安全性和性能，需要采用有效的检验检测方法：听声法：注意电动机和电气的声响是否正常。不同声音可能暗示不同故障，如轴承损坏、过载等。视觉检查：观察电气设备是否有冒烟、打火、异味等异常现象。^[4]也可以利用红外照射或摸电气设备来感知温度是否正常。振动分析：通过振动传感器检测振动频率和幅度，判断是否存在异常。振动故障分析需要专业技术。

3 预测性维修决策方法及系统与流程

3.1 基于工作状态的决策方法

基于工作状态的预测性维修决策方法主要通过实时监测设备的工作状态，结合历史数据和当前运行情况，进行故障预测和维修决策。这种方法依赖于先进的传感器技术和数据分析技术，以实现设备状态的实时监控和故障预测。具体来说，该方法包括以下几个步骤：

1. 状态监测：利用传感器收集设备的运行数据，如振动、温度、压力等参数。
2. 故障预测：通过分析这些数据，识别出潜在的故障模式，并预测未来的故障发生时间。
3. 维修决策：根据故障预测结果，制定相应的维修计划，决定何时进行维护或更换部件。例如在起重装备的预测性维修决策系统中，该系统包括获取模块、第一模型建立模块、预测模块、第二模型建立模块和决策模块。这些模块协同工作，通过实时监测和分析设备状态，提供科学的维修决策支持。

3.2 系统开发背景

预测性维修系统的开发背景可以追溯到工业4.0和智能制造的发展趋势。随着信息技术和自动化技术的快速发展，企业越来越需要高效、可靠的设备维护方案来保障生产连续性和提高设备利用率。在这一背景下，预测性维修应运而生，其核心思想是通过实时监测设备状态，结合历史数据和专家知识，进行故障预测和维修决策，从而实现科学高效的维护管理。这种

维护方式不仅能够减少非计划性停机时间，还能显著降低维护成本和提高设备可靠性。此外预测性维修系统的开发还面临一些挑战，如技术复杂性、数据质量控制以及缺乏系统化的实施方法论等。因此企业在推进预测性维修时需要综合考虑技术可行性、经济性和实际应用效果，确保系统能够在可控的成本范围内有效运行。基于工作状态的预测性维修决策方法及其系统在现代工业中具有重要的应用价值和广阔的发展前景。^[5]通过不断优化和完善相关技术和流程，可以进一步提升设备维护的智能化水平和经济效益。

4 工具与技术支持

4.1 预计所需工具

在建筑起重机械设备的维修管理中，基于工作状态的决策方法是至关重要的。这些方法依赖于实时监测和数据分析，以确定设备的运行状态、健康状况和潜在故障。以下是一些常见的基于工作状态的决策方法：

1. 状态监测与诊断：使用传感器和监测系统来收集设备的运行数据，例如振动、温度、压力等。这些数据被分析以检测异常和故障，并为维修人员提供诊断信息。
2. 健康指标计算：基于收集到的数据，计算设备的健康指标。这些指标可以是振动频率、温度变化、润滑油质量等。通过跟踪这些指标，我们可以预测设备的寿命和维护需求。
3. 维修优先级排序：根据设备的健康状况和工作状态，制定维修计划。紧急维修和预防性维护的优先级应根据设备的重要性和风险来确定。

4.2 大数据分析应用

在数字化时代，建筑起重机械设备的维修管理需要借助信息技术和数据科学。

1. 工业互联网平台：建立一个集成的平台，用于数据采集、存储、分析和可视化。这将帮助维修人员实时监测设备状态并做出决策。
2. 物联网技术：使用传感器和物联网设备连接设备，实现数据的实时传输和远程监控。这有助于提高维修效率和减少停机时间。
3. 人工智能和机器学习：利用这些技术来预测设备故障、优化维修计划和改进维护策略。

5 安全健康风险管理

5.1 健康监测技术框架

起重机械在长时间运行中，零件容易受到磨损、裂纹等损伤，金属结构也可能腐蚀、变形、裂纹、失稳等。为了防止设备故障甚至事故，需要研究起重机

械的故障模式，评估其健康状况，并制定有针对性的管理策略，如检查、维护、改造、修理、报废等。检验方式包括真空试验、额定负荷试验和静负荷试验。真空试验检查系统运行是否正常，各机构是否平稳运行，能否完成规定的功能和动作。额定负荷试验检查制动下降量、弹性和主件是否正常。静载荷试验检查卷筒、钢丝绳、悬挂物体等是否正常运行。

5.2 安全监控关键技术

安全评估方法包括安全检查、危险前分析、故障类型和影响分析、运行条件风险评估等。通过评估，可以有效预防故障和事故的发生。起重机械全寿命周期安全评估受到高度重视，但仍有提升空间。起重机械的安全技术检验和评估是确保设备安全运行的关键步骤，需要综合考虑多个因素，从而保障人员和设备的安全。

6 维修管理与策略

在探讨维修管理与策略时，特别是故障诊断与预防策略以及前瞻性维护保养方面，我们可以从多个角度进行分析。首先故障诊断与预防策略是确保设备稳定运行的关键，而前瞻性维护保养则是基于预测来优化维护活动，以减少停机时间和维修成本。

6.1 管理中的故障诊断与预防策略

起重机械的故障诊断是一个复杂而重要的过程，它涉及到对起重机械在长期高强度使用过程中可能出现的各种问题的及时准确检测和识别。这些问题包括但不限于零件磨损、裂纹、金属结构腐蚀、变形、裂纹、失稳等缺陷。为了确保起重机械的安全运行，故障诊断的基本要求包括及时准确地检测和识别潜在故障、分析故障的原因和影响以及提出有效的维修和改进方案。故障诊断的方法多种多样，包括但不限于感官诊断技术、状态监测与故障诊断系统、以及基于经验的故障分析方法。感官诊断技术依赖于操作人员的经验和感觉器官的功能来判断起重机的某些故障，这种方法往往具有独到之处。状态监测与故障诊断系统则是通过实时监测塔式起重机的状态，并对突发状况进行及时诊断，以确保施工安全。此外维修检测人员需要根据自身经验熟悉起重机械的原理特征，并根据实际情况进行故障分析，制定适用的检验检测方案。

起重机械的故障类型可以分为机械故障和电气系统故障两大类。机械故障主要包括金属结构振动与故障、钢丝绳断裂、减速器齿轮、制动器、车轮与轨道、安全附件、卷筒以及滑轮、吊钩以及防脱钩装置的故障。电气系统故障则涉及到起重机械电气控制系统的原理性分析、故障原因的具体分析以及故障检

查方法的陈述。为了提高起重机械故障检测检验技术水平，相关措施包括定期开展机械设备的检验检测工作、正确使用机械并通过各种检测技术找出故障并采取有效的维修措施、以及优化起重机工作性能和进一步提高整体社会生产率的针对性处置和改进措施。

6.2 前瞻性维护保养

起重机械的安全评估与管理是确保其在全寿命周期内安全运行的关键环节。起重机械由于其复杂的工作环境和高风险的操作特性，成为事故频发的高危设备之一。加强起重机械的安全管理和事故预防显得尤为重要。目前我国起重机械的数量年均增长约20%，保有量已超过250万台，涉及起重机械的伤亡事故占各类伤亡事故的比例也逐年上升。这说明了起重机械安全评估与管理的重要性。其次风险评估是事故预防的前提和基础。通过对起重机械进行系统性的安全评估，可以有效地识别和降低潜在的风险。例如通过FMEA分析、失效数据收集、钢丝绳小样本可靠性试验等方法，可以对起重机械的主要零部件进行全面的风险评估。此外基于Bayes理论的小样本可靠寿命预测方法为起重机零部件失效寿命的获取提供了新途径。第三健康监测系统的开发与应用对于提高起重机械的安全性具有重要意义。通过光纤传感子系统、解调子系统等技术，可以实现对起重机械长期实时的监测，及时发现并处理潜在的安全问题。第四安全评估不仅包括定性分析，还应包括定量分析、模糊评价以及综合评价等多种方法。这些方法可以帮助我们更全面、更准确地评估起重机械的安全状况，从而制定出更加有效的安全管理策略。第五老旧起重机械的安全评估同样重要。随着使用年限的增加，起重机械的运行性能可能会下降，安全隐患也随之增加。因此对老旧起重机械进行定期的安全评估和必要的维修或更换，是保障其安全运行的重要措施。最后利用现代信息技术，如物联网技术，建立起重机质量安全追溯体系，可以实现起重机全生命周期内质量安全信息的跟踪与追溯。这不仅有助于提高起重机械的安全管理水平，也为智慧监管提供了技术支撑。

7 结束语

起重机械的故障诊断与预测性维护是一个充满挑战和前景的领域。通过合理的管理策略、先进的技术手段以及全寿命周期的安全评估，可以确保这些关键设备的安全运行、高效性能和可靠性。起重机械的故障诊断与预测性维护不仅关乎企业的经济效益，更关系到人员的安全。让我们共同努力，推动这一领域的发展，为工程机械行业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1] 齐凯,王新华,何成忠.大型起重机械安全预警机制的研究[J].中国安全科学学报,2011,21(01):136-139.
- [2] 肖辉,李超,杨代云.建筑塔式起重机的故障分析和结构改进方法[J].科技视界,2020,No.299(05):123-125.
- [3] 李维,付东彬,于中强.起重机械的安全检测与故障对策分析[J].集成电路应用,2022,39(04):198-199.
- [4] 杨慧芳,闫晓妮.起重机机械故障的处置及改进研究[J].内燃机与配件,2021,No.328(04):155-156.
- [5] 杨帆.建筑工程塔式起重机的故障分析及结构改进方法研究[J].建筑技术开发,2021,48(01):125-126.