

# 特种设备起重机械的故障诊断与预防性维护策略

张宾杰<sup>1</sup> 卫 岳<sup>2</sup>

1. 浙江省特种设备科学研究院 浙江 杭州 310020

2. 中国特种设备检验协会 北京 100029

**摘要:** 特种设备起重机械作为工业生产和建筑领域的重要设备,其故障诊断与预防性维护策略至关重要。本文首先概述了起重机械的分类、特点、工作原理及关键组件,并详细分析了常见故障类型及其影响。随后,探讨了传统故障检测方法、振动分析技术、油液分析技术等故障诊断手段,并对这些技术进行了比较分析。

**关键词:** 特种设备;起重机械;故障诊断;预防性维护;策略

引言:随着工业技术的快速发展,特种设备起重机械在各个领域的应用日益广泛。然而,由于其复杂的结构和工作环境,起重机械故障频发,给生产和安全带来了严重威胁。因此,对起重机械进行故障诊断与预防性维护具有重要意义。

## 1 起重机械概述

起重机械,作为现代工业与建筑领域不可或缺的重要设备,以其高效、安全、灵活的特性,在物料搬运、设备安装、建筑施工等环节中发挥着举足轻重的作用。

(1) 起重机械种类繁多,按结构形式可分为桥式起重机、门式起重机、塔式起重机、流动式起重机等。桥式起重机以其横梁横跨作业空间,实现物料水平移动与垂直升降;门式起重机则适用于露天场地,其门形结构稳定,作业范围广;塔式起重机高耸入云,能够满足高层建筑施工的需要;流动式起重机,如汽车起重机,机动性强,可快速部署至不同作业地点。起重机械的特点主要体现在以下几个方面:一是高效性,起重机械能够大幅度提高物料搬运效率,减少人力成本;二是安全性,现代起重机械配备了多重安全保护装置,如过载保护、防坠装置等,确保作业安全;三是灵活性,起重机械可根据不同作业需求,配备不同的吊具、索具,适应多种作业场景。(2) 起重机械的工作原理主要基于力学原理,通过驱动装置(如电动机、液压马达等)驱动卷筒或滑轮组,使钢丝绳或链条产生拉力,从而实现对物料的升降与移动。在这一过程中,关键组件如卷筒、滑轮组、钢丝绳、制动器等发挥着至关重要的作用。卷筒是起重机械中用于缠绕钢丝绳的部件,其直径、材质等参数直接影响钢丝绳的寿命与作业效率;滑轮组则通过改变钢丝绳的方向,实现物料的升降与移动;钢丝绳作为起重机械的主要承载部件,其强度、耐磨性、抗疲劳性等性能直接关系到作业安全;制动器则用于控制起重机械

的运动状态,确保作业过程中的稳定性与安全性。

(3) 起重机械在使用过程中,由于操作不当、维护不到位等原因,可能会出现多种故障。常见故障类型包括电气故障、机械故障、钢丝绳断裂等。电气故障可能导致起重机械无法启动、运行速度不稳定等问题,影响作业效率;机械故障如轴承磨损、齿轮断裂等,可能导致起重机械运行不平稳,甚至发生安全事故;钢丝绳断裂则是起重机械最为严重的故障之一,一旦发生,可能造成严重的财产损失与人员伤亡。这些故障不仅会影响起重机械的正常使用,还可能对作业人员的安全构成威胁<sup>[1]</sup>。因此,加强起重机械的日常维护、定期检查与保养,提高操作人员的技能水平与安全意识,对于确保起重机械的安全运行至关重要。

## 2 故障诊断技术

### 2.1 传统故障检测方法

在起重机械故障诊断中,传统故障检测方法一直发挥着重要作用。这些方法基于经验、感官判断和简单的检测工具,虽然相对基础,但在实际应用中仍具有一定的实用性和有效性。首先,目视检查是传统故障检测的基础。操作人员通过直接观察起重机械的外观、结构、连接件等,判断是否存在明显的变形、裂纹、磨损等异常现象。这种方法简单易行,能够迅速发现一些明显的故障,但对于一些隐蔽的故障则难以察觉。其次,敲击检查也是一种常用的传统故障检测方法。操作人员使用锤子等工具轻轻敲击起重机械的各个部件,通过声音的变化来判断部件是否存在松动、断裂等故障。这种方法需要操作人员具备一定的经验和技巧,但对于一些机械故障的检测具有较好的效果。除了目视和敲击检查外,传统故障检测方法还包括测量法和经验法。测量法利用测量工具对起重机械的尺寸、间隙、角度等参数进行测量,通过与标准值进行比较来判断是否存在故障。经验

法则依赖于操作人员的长期经验和直觉,通过对起重机械运行状态的感知和判断来发现故障。然而,传统故障检测方法也存在一些局限性。首先,这些方法往往依赖于操作人员的经验和技能水平,对于新手或不熟悉起重机械的人员来说,可能难以准确判断故障。其次,传统方法对于一些复杂的故障或隐蔽的故障可能无法有效检测,容易造成漏检或误判。因此,在传统故障检测方法的基础上,结合现代科技手段,发展出更加先进、准确的故障诊断技术显得尤为重要。

## 2.2 振动分析技术

振动分析技术是起重机械故障诊断中一种重要的现代检测方法。该技术通过收集和分析起重机械在运行过程中产生的振动信号,能够揭示机械内部的结构状态和工作情况,为故障诊断提供有力支持。振动分析技术的核心在于振动信号的采集与处理。通过安装在起重机械关键部位的传感器,可以实时获取振动数据。这些数据经过滤波、降噪等预处理后,利用时域分析、频域分析等方法提取出特征参数,如振幅、频率、相位等。这些特征参数能够反映起重机械的运行状态,为故障诊断提供依据。振动分析技术的优点在于其非侵入性和实时性。与传统的故障检测方法相比,振动分析技术不需要对起重机械进行拆解或停机检查,可以在不影响正常工作的前提下进行故障诊断。同时,振动分析技术能够实时监测起重机械的运行状态,及时发现潜在故障,避免事故的发生。然而,振动分析技术也面临一些挑战。首先,振动信号的采集和处理需要专业的知识和技能,对操作人员的要求较高。其次,起重机械的结构复杂,振动源众多,如何从众多振动信号中准确提取出与故障相关的信息是一个技术难题。

## 2.3 油液分析技术

油液分析技术是起重机械故障诊断中不可或缺的一环。该技术通过对起重机械中使用的润滑油、液压油等油液进行化学和物理分析,揭示机械内部的磨损状态、污染程度以及潜在故障,为预防性维护和故障排查提供重要依据。油液分析技术包括多项内容,如油液清洁度分析、粘度测定、金属元素含量分析等。通过对油液中杂质颗粒的数量、大小及分布进行测定,可以判断机械内部的磨损程度和污染状况。粘度测定则能反映油液的性能变化,为更换油液提供依据。金属元素含量分析则能够揭示机械部件的磨损类型和程度,为故障定位提供线索。油液分析技术的优点在于其非破坏性、实时性和预测性。与拆卸机械进行直接检查相比,油液分析无需停机,对机械运行无干扰。同时,通过定期取样分析,

可以实时监测油液的状态变化,预测潜在故障的发生,从而提前采取维护措施,避免故障扩大。然而,油液分析技术也存在一定的局限性。首先,分析结果可能受到多种因素的影响,如取样方法、存储条件等。其次,油液分析通常需要专业的实验室设备和技能,成本较高。因此,在实际应用中,需要综合考虑各种因素,选择适合的油液分析方法和周期。

## 2.4 故障诊断技术的比较分析

在起重机械故障诊断领域,传统故障检测方法、振动分析技术和油液分析技术各自扮演着重要角色,同时也各具特色。传统故障检测方法,如目视检查和敲击检查,操作简单、直观明了,适用于日常维护和快速排查。然而,它们受限于操作人员的经验和技能,且对隐蔽或复杂故障的检测能力有限。振动分析技术则以其非侵入性和实时性著称。通过收集和分析振动信号,能够揭示机械内部的动态特性,对故障进行精准定位<sup>[2]</sup>。然而,振动信号的采集和处理需要专业知识和技能,且对噪声和干扰的抵抗能力有待提高。油液分析技术则通过化学和物理分析,揭示机械内部的磨损状态和污染程度。这种方法能够预测潜在故障,为预防性维护提供依据。但油液分析需要专业的实验室设备和技能,且分析结果可能受到多种因素的影响。

综合来看,各种故障诊断技术都有其独特的优势和局限性。在实际应用中,应根据起重机械的具体类型、故障特点以及维护需求,选择适合的故障诊断方法。同时,可以结合多种技术进行交叉验证和综合分析,提高故障诊断的准确性和可靠性。

## 3 预防性维护策略

### 3.1 定期维护与条件监控维护

在起重机械的运行管理中,预防性维护策略扮演着至关重要的角色。其中,定期维护与条件监控维护是两种常用的维护方式,它们各自具有独特的特点和优势,共同确保起重机械的安全、稳定、高效运行。定期维护是一种基于时间周期的预防性维护方式。它根据起重机械的使用频率、工作环境以及设备特性等因素,制定出一套科学合理的维护计划。按照计划,定期对起重机械进行全面检查、清洁、润滑、紧固等维护工作,以确保机械各部件的正常运行。定期维护的优点在于其计划性和系统性,能够有效预防因长期使用而引发的各种故障。然而,定期维护也存在一定的局限性,如维护周期难以精确确定,可能存在过度维护或维护不足的情况。条件监控维护则是一种基于设备实际运行状态的维护方式。它通过对起重机械的关键部件进行实时监测,收集

并分析运行数据,以判断设备的健康状况和潜在故障。一旦监测到异常情况,便立即采取相应的维护措施,以避免故障的发生。条件监控维护的优点在于其实时性和针对性,能够及时发现并处理潜在故障,减少停机时间和维修成本。然而,条件监控维护需要专业的监测设备和技能支持,且监测数据的处理和分析也需要一定的专业知识和经验。

在实际应用中,定期维护与条件监控维护并不是孤立的,而是相辅相成的。通过结合两种方式,可以更加全面、准确地掌握起重机械的运行状况,制定更加科学合理的维护计划,提高维护效率和质量。同时,随着科技的不断进步,新的监测技术和维护手段也在不断涌现,为起重机械的预防性维护提供了更多的可能性。

### 3.2 预测性维护与智能维护系统

预测性维护与智能维护系统是近年来起重机械维护领域的重要发展方向。这两种维护方式不仅提升了维护的效率和准确性,更为起重机械的安全运行提供了强有力的保障。预测性维护是通过先进的状态监测与故障诊断技术,对起重机械的运行状态进行实时监测和预测,从而提前发现潜在故障并采取相应的维护措施。这种方法能够避免传统维护方式中的“一刀切”现象,实现了按需维护,极大地提高了维护的效率和经济效益。同时,预测性维护还能够减少因停机维修而造成的生产损失,为企业创造了更大的价值。智能维护系统则是预测性维护的技术升级和延伸。它利用物联网、大数据、人工智能等先进技术,将起重机械的监测数据、维护记录等信息进行集成和分析,实现了对起重机械运行状态的智能感知和智能决策。智能维护系统不仅能够自动完成故障诊断和预警,还能够根据历史数据和实时数据,为维护人员提供科学、合理的维护建议。随着科技的不断进步和应用,预测性维护与智能维护系统将在起重机械维护领域发挥越来越重要的作用。它们不仅能够提高维护的效率和准确性,更能够为起重机械的安全运行提供全方位、全天候的保障。未来,随着技术的不断创新和完善,预测性维护与智能维护系统将成为起重机械维护

的主流方式,为企业的可持续发展提供强有力的支持。

### 3.3 维护策略的选择依据与实施步骤

在起重机械的运行管理中,选择合适的维护策略至关重要。维护策略的选择不仅关乎机械的运行效率,更直接关系到企业的生产安全和经济效益。因此,我们需要根据起重机械的实际情况,综合考虑多种因素,制定科学的维护策略。首先,选择维护策略的依据主要包括起重机械的类型、工作环境、使用频率、故障历史以及维护成本等因素。不同类型的起重机械具有不同的结构和功能特点,因此需要采用不同的维护方式。同时,工作环境和频率也会使用机械的性能和寿命产生影响,需要在维护策略中予以考虑。此外,通过分析起重机械的故障历史,我们可以发现其潜在的故障点和故障模式,从而制定针对性的维护措施。最后,维护成本也是选择维护策略时需要考虑的重要因素,需要在保证机械正常运行的前提下,尽可能降低维护成本<sup>[1]</sup>。在选择合适的维护策略后,我们需要制定详细的实施步骤。首先,需要对起重机械进行全面的检查和评估,了解其当前的状态和存在的问题。然后,根据维护策略的要求,制定具体的维护计划和时间表。在维护过程中,需要严格按照计划和要求进行操作,确保每个步骤都得到有效的执行。同时,还需要做好维护记录和数据收集工作,以便对维护效果进行评估和改进。

结语:通过对起重机械故障诊断与预防性维护策略的深入研究,本文不仅揭示了故障诊断技术的多样性和有效性,还提出了切实可行的维护策略。这些策略的实施,将有助于提高起重机械的运行稳定性和安全性,减少故障发生,降低维护成本。

### 参考文献

- [1] 张晓光.起重机械故障诊断与维护保养探讨[J].设备管理与维修,2021(12):66-68.
- [2] 李志国.特种设备起重机械故障诊断与预防探讨[J].科技创新与应用,2020(20):123-124.
- [3] 王磊,陈杰.基于振动分析和油液分析的起重机械故障诊断技术研究[J].机械设计与制造,2019(05):238-241.