

起重机械钢丝绳磨损检测技术的创新与实践

张宾杰

浙江省特种设备科学研究院，浙江杭州，310000；

摘要：《起重机械钢丝绳磨损检测技术的创新与实践》针对起重机械安全运行中钢丝绳磨损检测的关键问题，深入探讨了现有技术的局限与挑战。通过创新性研究，提出了一种融合图像识别和声发射技术的新型磨损检测方法，能够实时、非侵入地评估钢丝绳的磨损状况。研发的高精度检测仪器与智能化设备，显著提升了检测的精度与效率。

关键词：起重机械；钢丝绳磨损；检测技术；创新；实践

DOI:10.69979/3029-2727.24.04.042

引言

在起重机械的日常运行中，钢丝绳作为承载重物的关键部件，其安全状况直接关系到整个设备的稳定性和作业人员的生命安全。然而，由于钢丝绳在使用过程中不可避免地会受到磨损、腐蚀、疲劳等影响，其安全性会逐渐下降。因此，对钢丝绳进行定期和有效的磨损检测显得尤为重要。

1 起重机械钢丝绳磨损检测的重要性

在现代工业生产中，起重机械起着至关重要的作用，它们承担着物料搬运、设备安装等繁重任务，是众多生产线的灵魂。然而，这些机械的运行安全直接关系到生产效率、财产损失甚至是人员的生命安全。其中，钢丝绳作为起重机械的关键承载部件，其状态的好坏直接决定了整个系统的安全可靠性。

钢丝绳在长时间的使用过程中，由于重载、摩擦、疲劳、腐蚀等多种因素影响，不可避免地会发生磨损。磨损的积累会导致钢丝绳横截面积减小、疲劳强度下降，甚至出现断丝，一旦发生断裂，将会引发严重的安全事故，如吊载坠落，不仅可能导致设备损坏，还可能危及操作人员的生命安全。因此，对钢丝绳进行定期、准确的磨损检测，是预防事故、保障起重机械安全运行的首要环节。

传统的钢丝绳检测方法，如目视检查和手感判断，不仅耗时耗力，而且依赖于操作人员的经验，主观性较强，难以保证检查的准确性和完整性。尤其在钢丝绳表面涂有润滑脂或存在大量油污的情况下，人工检查更是困难重重。此外，当磨损程度到达一定程度时，肉眼可能无法察觉，这无疑增加了潜在的隐患。

随着科技的进步，无损检测技术的引入为钢丝绳磨损检测带来了革命性的变化。通过电磁无损检测、图像

识别和声发射技术，可以实时、非侵入地监测钢丝绳的磨损状况，极大地提高了检测的精度和效率。这些技术应用不仅能发现表面磨损，还能深入探查内部缺陷，如断丝、疲劳裂纹等，为钢丝绳的维护决策提供科学依据。

在实际应用中，钢丝绳磨损检测的重要性不仅体现在故障预防上，还体现在提升设备的使用寿命和维护策略上。通过定期检测数据的积累和大数据分析，可以预测钢丝绳的剩余使用寿命，从而制定出更精确的更换计划，避免因过度使用造成的突发性事故，也降低了频繁更换带来的额外成本。同时，智能诊断功能能够对检测结果进行深度解读，为预防性维护提供具体措施，进一步优化维护流程，降低停工时间，提高生产效率。

起重机械钢丝绳磨损检测的重要性不容忽视。通过引入创新的检测技术，我们不仅能够保障作业现场的安全，优化设备管理，还能提高整体的生产效率，降低运营成本。随着技术的持续进步，我们有理由期待未来的钢丝绳磨损检测技术将更加先进，为起重机械的安全运行提供更为坚实的技术保障。

2 钢丝绳磨损检测技术的现状与挑战

在当前的起重机械领域，钢丝绳的磨损检测技术已经从传统的手工目视检查逐步发展到利用现代无损检测技术进行智能化评估。电磁无损检测技术，如永磁类检测原理的钢丝绳探伤仪，通过感应线圈检测钢丝绳的磁通变化，确定磨损、断丝等损伤情况。然而，这种技术在实际应用中也面临诸多挑战。

尽管电磁无损检测技术的效率和准确性远超传统的人工检查，但其对操作环境和钢丝绳表面状态的要求较高。钢丝绳表面的油污、腐蚀产物以及厚重的润滑脂层可能影响检测结果的精确性。此外，探头周围铁磁性材料的存在也可能对检测结果产生干扰，要求检测过程

需尽量远离此类干扰源。

尽管技术可以快速定位损伤位置，但完全依赖于无损检测的结果，可能会存在一定的误报和漏报风险。例如，断丝检测的准确率并非100%，仍需要人工现场进行核查，特别是在钢丝绳内部的断丝情况，无损检测技术尚无法准确识别。这在一定程度上限制了其在复杂工况下的应用效果。

再者，当前的无损检测设备往往成本较高，且需要专业的操作人员进行操作和数据分析，这在一定程度上阻碍了无损检测技术的普及。对于小型企业和老旧设备的维护，高昂的检测成本可能成为使用这些先进检测技术的障碍。

尽管大数据分析和人工智能的应用为磨损趋势预测和智能诊断提供了可能，但这些技术的实际应用仍存在挑战。例如，数据的准确性和完整性对预测结果的可靠性至关重要，然而，历史数据的积累和实时数据的获取可能受到各种因素的限制。而且，对复杂工况下钢丝绳磨损模式的建模和预测，需要深入理解钢丝绳的材料特性、力学行为以及工作环境对磨损的影响，这些都对研究和算法提出了高要求。

尽管钢丝绳磨损检测技术已经取得了显著的进步，但仍面临诸多挑战，包括操作环境的限制、精度的提升、成本的降低以及智能化技术的应用。为了进一步提升起重机械的安全性和工作效率，未来的研究应着重于解决这些问题，推动无损检测技术的创新，以及智能诊断和预测模型的发展。同时，普及教育和培训，提高操作人员的技术水平，也是确保无损检测技术在行业广泛应用的关键。

3 起重机械钢丝绳磨损检测技术的创新

3.1 新型检测原理与方法

基于图像识别的磨损检测技术。图像识别技术在钢丝绳检测中的应用，是通过高清摄像头捕获钢丝绳的表面图像，通过计算机视觉算法分析图像中的细小变化，如断丝、锈蚀和磨损痕迹。这些算法通常基于深度学习，通过大量训练数据，学习并识别出不同磨损状态的特征。其优点在于，可以实时、非接触地监测钢丝绳的表面状况，对润滑脂的覆盖不敏感，而且可以捕捉到传统方法难以察觉的早期磨损迹象。通过与历史数据的比对，图像识别技术能够量化磨损程度，进一步预测钢丝绳的剩余寿命。

基于声发射的磨损检测技术。声发射技术是通过监测钢丝绳在工作过程中产生的声波信号，来分析其内部

结构的健康状态。当钢丝绳内部产生应力集中或出现微小裂纹时，会释放出一定的声波。通过安装在钢丝绳周围的声发射传感器，可以捕捉到这些声波信号，并通过信号分析技术如小波分析，识别出异常的声发射模式。这有助于早期发现钢丝绳内部的疲劳裂纹，对于预防性维护具有重要意义。声发射技术不受表面状态影响，对磨损、断丝和疲劳损伤均具有较高的敏感度。

3.2 检测设备的改进与创新

高精度检测仪器的研发。为了提高检测的精度和稳定性，研究人员开发了新一代高精度检测仪器。这些设备通常集成多种检测技术，如图像识别、声发射、电磁感应等，实现全方位、多角度的钢丝绳健康状态评估。此外，这些设备通常配备高分辨率传感器、精确的信号处理模块和智能化的数据分析系统，确保检测结果的准确可靠。

检测设备的智能化升级。智能化检测设备是未来的趋势，它们不仅集成多种检测技术，还具备自我学习和适应能力。通过内置的智能算法，设备能够对检测数据进行实时分析，实时反馈检测结果，甚至预测未来的磨损趋势。这类设备还具备远程监控功能，通过无线网络将检测数据传输到中央数据管理系统，实现对多台设备的统一管理。这种智能化升级使得检测工作更加便捷，同时减少了人工干预，提高了检测效率。

3.3 数据处理与分析方法的创新

大数据分析在磨损检测中的应用。大数据分析技术在钢丝绳磨损检测中的应用，有助于从海量数据中挖掘出有价值的信息。通过分析历史检测数据，可以发现磨损模式的规律，识别出影响磨损的关键因素。大数据分析还能结合环境参数、工作负载等多源信息，构建更准确的磨损预测模型。此外，大数据技术还能用于设备健康状态的群体评估，为整个行业的磨损检测提供参考标准。

人工智能在磨损预测中的应用。人工智能，特别是机器学习算法，正被用于钢丝绳磨损的预测。通过训练模型，这些算法能够学习并理解钢丝绳的磨损规律，以及影响磨损的各种因素。在接收到新的检测数据后，模型能够迅速给出磨损状态的预测，甚至预测出未来可能发生的故障。这为制定预防性维护计划提供了科学依据，有助于在故障发生前采取措施，减少意外停机时间，提高设备的可用性。

通过图像识别、声发射技术的创新应用，以及高精度检测仪器和智能化设备的开发，钢丝绳磨损检测的精

度和效率得到了显著提升。与此同时，大数据和人工智能的应用，使得数据处理和分析更加智能化，为磨损趋势预测和智能诊断提供了新的可能。这些创新技术的结合，无疑为提升起重机械的安全运行水平提供了强大支持。

4 起重机械钢丝绳磨损检测技术的实践应用

在实际的起重机械运行环境中，钢丝绳磨损检测技术的创新与实践应用具有显著的提升安全性和工作效率的效果。新研发的检测技术如基于图像识别和声发射的检测系统，已经在多个工业场景中得到验证，并取得了显著的成效。

图像识别技术的现场应用。图像识别系统被广泛应用于高精度的钢丝绳表面检测，尤其在润滑脂覆盖或环境光照条件较差的情况下。这些系统安装在起重机的特定位置，能够连续捕捉并分析钢丝绳的实时图像。通过对图像中的细小变化进行深度学习算法分析，可以自动识别出断丝、锈蚀和磨损，甚至早期的疲劳迹象。这种非接触式检测方法不仅提高了检测的准确性和频次，还减少了人工检查的依赖，显著提升了检测效率。

声发射技术的现场验证。声发射检测技术在实际工况中也得到了广泛应用。通过在钢丝绳关键部位安装声发射传感器，可以捕捉到钢丝绳内部应力集中时产生的声波。通过信号分析，可以判断出潜在的内部裂纹和疲劳损伤，从而提前预判钢丝绳的健康状况。声发射技术在极端环境和润滑脂覆盖的情况下仍然有效，对提升设备的运行安全具有重要意义。

高精度检测仪器与智能化设备的实例。研发的高精度检测仪器与智能化设备在实际使用中，通过集成图像识别、声发射、电磁感应等多种技术，实现了对钢丝绳全方位的健康评估。例如，智能钢丝绳检测车可以在起重机作业期间同步进行检测，不仅提供实时的磨损数据，还能根据数据反馈进行自我调整，确保检测的准确性。这样的设备大大降低了人工干预的需要，使得检测过程更加自动化、精确化。

大数据分析与应用。在海量的检测数据中，大数据分析技术发挥了关键作用。对历史数据进行深入挖掘，能够识别出磨损的规律性特征，预测钢丝绳的剩余寿命。此外，人工智能算法的应用使得设备能够对检测数据进行实时分析和故障预警，为维护决策提供科学依据。通过远程监控和数据分析，企业可以实现钢

丝绳全生命周期的管理，降低维护成本，提升设备运行效率。

钢丝绳在线自动监测系统的推广。以微特技术推出的WRNDT系统为例，这种在线监测系统已经成功应用于多个行业的起重机、电梯、索道等设备中。它能够实时监测钢丝绳的断丝、疲劳和锈蚀，及时发现潜在问题并预警，显著减少了因钢丝绳故障导致的停机时间和安全事故。这种系统不仅提升了现场工作的安全性，也提高了企业的运营效率。

5 结语

通过这些创新检测技术的实践应用，不仅显著提升了钢丝绳磨损检测的精度和效率，还为预防性维护提供了科学依据。在未来，随着技术的持续进步，如量子计算、更先进的人工智能算法等的引入，钢丝绳磨损检测技术将会更加智能、便捷，为起重机械的安全运行提供更加坚实的保障。在实际应用中，进一步的标准化和规范化工作也将有助于这些技术的广泛推广，进而推动整个行业的安全管理水平的提升。

参考文献

- [1] 郭建. 起重机械用钢丝绳断丝及磨损无损检测新技术[J]. 《重庆交通学院学报》, 1996年第2期 96-99, 共4页
- [2] 孙庆兵. 基于人工智能的港口起重机钢丝绳电磁无损监测技术研究[J]. 《中国科技期刊数据库工业A》, 2024年第10期 0143-0147, 共5页
- [3] 雷阳. 基于LMA和LF的起重机械钢丝绳电磁无损检测技术研究[J]. 《中国科技期刊数据库工业A》, 2021年第5期 49-49, 51, 共2页
- [4] 温旭宇. 浅谈建筑起重机械的安全评估[J]. 《建设机械技术与管理》, 2011年第12期 97-99, 共3页
- [5] 奂光润. 基于弱磁无损检测技术的钢丝绳在线监测系统的应用与实践[J]. 《能源与环保》, 2019年第6期 101-106, 共6页
- [6] 董恒尧. 建筑起重机械数字化检验检测系统研究与应用[J]. 《建筑机械化》, 2024年第7期 36-39, 共4页
- [7] 曹青松. 一种钢丝绳断丝无损定量检测方法[J]. 《仪器仪表学报》, 2011年第4期 787-794, 共8页