

起重机械作业环境对设备安全性能的影响分析

张旭飞

浙江省特种设备科学研究院，浙江杭州，310000；

摘要：《起重机械作业环境对设备安全性能的影响分析》一文深入探讨了起重机械在不同作业环境下安全性能的变化及其影响机制。文章基于相关理论，系统梳理了起重机械安全性能的关键因素，并指出作业环境是其中不可或缺的一环。

关键词：起重机械；作业环境；设备安全性能；影响；

DOI: 10.69979/3029-2700.24.4.063

引言

随着工业技术的快速发展，起重机械在各类工程建设中扮演着越来越重要的角色。然而，起重机械作业环境的复杂多变也给设备的安全性能带来了严峻的挑战。为了确保起重机械在各种环境下都能安全、高效地运行，研究作业环境对起重机械安全性能的影响具有重要的现实意义。

1 起重机械安全性能与作业环境相关理论

1.1 起重机械安全性能评价体系

在深入探究起重机械作业环境对设备安全性能的影响之前，首先需要明确一个科学、全面的评价体系，以量化各种因素对安全性能的贡献。起重机械安全性能评价体系是评估设备安全状态的重要工具，它通过一系列指标衡量设备在不同工作条件下的安全风险，包括但不限于设备的可靠性、耐用性、抗外界干扰能力以及操作人员的安全保障程度。这套体系旨在为设备的设计、制造、运行和维护提供客观依据，确保在各种环境条件下，设备都能够稳定、高效、安全地工作。

评价体系的核心包括三个主要维度：设备性能、环境因素和人为因素。设备性能主要关注设备的技术参数，如承载能力、制动性能、电气安全性等，这些参数直接影响设备的安全运行。环境因素则涵盖了作业环境中的各种不利条件，如温度、湿度、腐蚀性、粉尘等，以及这些因素对设备的长期影响。人为因素则考察操作人员的技能水平、操作规范遵循程度、应急处理能力等，因为人的行为是决定设备安全运行的另一关键因素。

在具体的评价指标方面，设备性能可以通过故障率、平均无故障时间（MTBF）、故障模式和效应分析（FMEA）等方法进行量化。环境因素可以通过设备的耐久性试验、腐蚀测试、粉尘抗干扰实验等实证研究来评估。人为因素可以通过培训合格率、违章操作率、事故率等数据来

体现。此外，评价体系还应包括设备维护和管理的评估，如维护计划的执行情况、设备检查记录、事故预防措施等，以确保设备能在良好的维护状态下运行。

为了建立一个动态、适应性强的评价体系，应定期更新指标，考虑新技术的引入、新规范的发布以及新的作业环境特征。同时，评价体系还需要具有一定的灵活性，以适应不同类型的起重机械、不同行业的应用需求。通过这样的评价体系，我们可以更全面地了解作业环境对起重机械安全性能的影响，从而制定出更加针对性的改进策略和管理措施，确保在复杂多变的环境中，起重机械的安全性能始终得到保障。

1.2 作业环境对起重机械性能的影响机理

作业环境对起重机械性能的影响并非一蹴而就，而是通过一系列复杂的物理、化学和生物过程逐渐显现。理解这一影响机理有助于我们从本质上认识和控制环境因素对设备安全性能的危害。环境因素不仅直接影响设备的机械性能，还通过间接作用，如影响操作人员的决策和行为，以及设备的维护和管理，间接降低设备的性能。

作业环境中的物理条件，如高温、湿度、风力、振动等，会加剧设备的磨损和疲劳。高温会加速材料的热膨胀，导致应力集中，降低结构的强度和韧性，从而增加裂纹和疲劳损伤的风险。湿度过高可能加速金属的氧化和腐蚀，降低设备的耐久性。强风和振动则会增加设备的动态载荷，使得关键部件承受更大的应力，可能导致早期失效。

化学环境如腐蚀性介质（如酸、碱、盐等）会通过化学反应侵蚀设备的表面，降低其强度和耐腐蚀性。例如，海洋环境中，盐雾会加速金属的电化学腐蚀，影响起重机械的使用寿命。此外，粉尘和颗粒物在设备的运动部件间形成磨料磨损，降低润滑效果，增加设备故障的可能性。

环境中的生物因素，如微生物，也可能对设备产生影响。某些微生物如真菌和细菌能产生生物膜，影响设备表面的附着力和摩擦性能，甚至可能通过生物腐蚀破坏设备材料。这些生物因素在特定的环境中，如潮湿、有机物丰富的环境，可能对设备造成显著影响。

然而，环境因素对设备的影响并非孤立，它们与操作人员的行为、设备的维护管理策略紧密相连。在恶劣环境下，操作人员可能因为视觉、听觉等感官受干扰，或是由于热应激、疲劳导致决策失误，增加操作风险。同时，环境条件可能会影响设备的维护和检查频率，不适当的维护策略可能导致设备在恶劣环境中的性能快速下降。

因此，作业环境对起重机械性能的影响机理是多因素交织的复杂过程，需要从材料科学、力学、化学、生物学以及人机交互等多学科角度进行深入研究。理解并量化这些影响机理，有助于我们制定出更精确的设备设计准则，开发适应不同环境的防护措施，以及实施更有效的设备管理和维护策略，从而提高起重机械在各种复杂环境中的安全性能。

2 起重机械作业环境对设备安全性能的影响分析

2.1 数据收集与处理

在进行实证分析与案例研究之前，数据的收集与处理是至关重要的一步。本研究采用定性和定量相结合的方法，从多个维度获取数据，确保研究结果的全面性和准确性。

我们通过文献调研，收集了大量国内外关于起重机械作业环境与安全性能影响的学术论文、行业报告和政策法规，以获取理论依据和背景信息。这些文献涵盖了设备性能评价、环境因素影响机理、国内外研究现状等多个方面，为后续的实证分析提供了理论支撑。

我们对多个起重机械作业现场进行实地考察，尤其是那些具有代表性的复杂和恶劣环境，如高温车间、腐蚀性强的化工厂和粉尘弥漫的建筑工地。通过现场观察和设备检查，记录了设备的使用状态、环境条件及操作人员的行为，收集了大量一手数据。这些现场数据既包括设备的运行参数，如工作时间、载荷变化、故障记录等，又包括环境参数，如温度、湿度、腐蚀程度、粉尘浓度等。

考虑到人为因素的重要性，我们还对操作人员进行了问卷调查和深度访谈，以了解他们的操作经验、培训情况、对环境因素的认知及其对设备安全性能的影响。

这些数据有助于揭示环境因素如何通过操作人员的行为间接影响设备的安全性能。

数据收集完成后，我们采用多种统计分析技术进行处理。对于定性数据，如问卷调查和访谈记录，我们采用内容分析法，提炼出关键的主题和观点，以揭示环境因素对设备安全的主观认知和行为影响。对于定量数据，如设备运行参数和环境参数，我们运用描述性统计、相关性分析、回归分析等方法，量化环境因素对设备安全性能的影响程度，并探寻影响机制。

我们还利用数据可视化技术，如散点图、柱状图和热力图，形象展示不同环境因素与设备故障率、维护频率等指标的关系，以便于理解和解释数据结果。通过这些方法，我们确保数据的准确性和有效性，为后续的实证分析和案例研究提供了坚实的基础。

2.2 环境因素对设备安全性能影响的统计分析

在深入理解了起重机械安全性能评价体系以及环境对性能影响的机理之后，本节将通过实证分析具体探讨环境因素对设备安全性能的定量影响。我们采用大量实际数据，通过统计分析方法揭示环境变量与设备故障、维护需求以及操作安全之间的关系。

我们利用多元线性回归模型，将设备故障率作为因变量，环境因素（如温度、湿度、腐蚀性、粉尘浓度等）作为自变量，考察它们对设备故障率的影响。结果表明，环境参数与设备故障率之间存在显著的正相关关系，尤其是在极端温度和高湿度条件下，设备故障率有显著增加。腐蚀性环境中的设备，由于金属材料的快速侵蚀，其故障率也显著高于一般环境。粉尘浓度的增加会加剧设备内部的磨损，同样导致故障率的上升。

我们研究了环境因素对设备维护需求的影响。通过故障模式和效应分析（FMEA），我们发现环境因素会改变设备故障的模式，从而影响维护策略。在高温环境下，润滑系统和冷却系统的故障率提高，需要针对性地增加维护频率。在腐蚀性强的环境中，结构件和电气系统的维护需求增大。在尘土多的环境中，滤清器和传动部件的维护更为频繁。

再者，我们运用实证案例研究了环境对操作安全的影响。我们分析了多个事故案例，其中操作者在恶劣环境下的误操作和决策失误是主要原因。高温环境下，操作人员容易疲劳，反应速度下降，导致事故概率增加。而腐蚀性环境下，视线受限制，操作者可能忽视了关键的安全措施。粉尘环境下，能见度降低，操作者对周围环境的感知受限，增加了操作难度。

我们还对操作人员的安全行为进行了深入分析，发

现经过专门环境适应性培训的操作人员，其在恶劣环境下的操作失误率显著低于未经培训者，这强调了环境教育和培训在提升设备安全性能中的重要性。

通过这些统计分析和案例研究，我们揭示了环境因素如何直接和间接地影响起重机械的安全性能。这些定量结果为设备设计、使用管理和政策制定提供了依据，有助于制定针对性的预防措施，如提高设备的环境适应性，优化维护策略，强化操作人员培训，以及制定更严格的环境标准，以降低环境因素对设备安全的负面影响。未来的研究可以进一步探索环境因素与设备安全的动态关系，以及如何通过技术创新来减轻环境对设备安全的威胁。

2.3 环境因素与设备故障模式关联性研究

环境因素与设备故障模式的关联性研究是理解起重机械在复杂环境下安全性能的关键。通过实证分析，我们揭示了环境条件如何改变设备的故障模式，进而影响设备的可靠性和维护需求。在特定作业环境下，设备的故障模式并非一成不变，而是随着环境条件的改变而动态调整。

高温环境，如钢铁制造企业，促进了润滑系统的故障，液压元件的热膨胀加剧，导致润滑不良和机械磨损。此外，高温还对操作人员造成心理压力，如热应激，影响其反应速度和决策能力，间接增加设备的故障风险。因此，在高温环境下，设备维护应当重点关注润滑和冷却系统，同时提供适当的设备隔热措施，并对操作人员进行防暑降温培训。

腐蚀性环境，如化工厂，促使金属结构和电气系统快速腐蚀，导致承载能力下降和电气故障增加。在这种环境下，设备的设计需要考虑使用抗腐蚀材料，如不锈钢或防腐涂层，同时对设备进行定期的腐蚀检测和防护处理。此外，加强电气系统的防水防潮措施，也是降低腐蚀环境下故障的重要手段。

粉尘环境，如建筑工地，会显著增加设备内部的磨损，滤清器和传动部件尤为严重。粉尘不仅影响设备的性能，还降低了操作人员的视线，增加了操作难度。为此，设计时应选择具有良好密封性能的部件，如高效滤清器和防尘设计，同时定期进行设备清洁和滤清器更换。同时，提升操作人员的防护措施，如佩戴防尘面罩，以减少灰尘对操作的影响。

环境因素与设备故障模式的关联性研究还涉及人为因素的考量。在恶劣环境下，操作人员的失误率可能上升，这可能是由于感官受干扰、疲劳或对环境风险认知不足造成的。因此，提高操作人员的环境适应性培训，

强化他们在复杂环境下的操作规范，对于预防因人为因素导致的设备故障至关重要。

通过分析各环境因素对设备故障模式的影响，我们可以制定更针对性的预防策略。例如，开发环境适应性强的材料和设计，优化设备的维护和检查计划，以及提供专业的环境适应性培训，以确保设备在各种复杂环境下能够维持稳定的性能。此外，通过大数据分析和预测性维护技术，可以进一步预测环境因素对设备故障模式的影响，从而提前采取措施，降低设备故障率，提高整体安全水平。

环境因素与设备故障模式的关联性研究揭示了环境条件对起重机械安全性能的多维度影响。通过深入理解这些关联性，我们可以对设备进行更精确的设计，制定更科学的维护策略，并提升操作人员的环境适应能力，从而确保起重机械在任何作业环境下都能安全、高效地工作。未来的研究可以进一步探讨环境因素与设备故障模式的深层次关系，及如何通过技术创新来降低环境对设备安全的潜在威胁。

结语

在深入分析了环境因素对起重机械安全性能的影响之后，我们可以得出结论，环境适应性是确保起重机械安全运行的关键因素之一。为了应对环境变化带来的挑战，设备制造商和使用者需要采取一系列措施来提高设备的环境适应性。这包括采用先进的材料和技术，以提高设备在极端温度、高湿度、腐蚀性环境和粉尘环境中的性能和耐久性。同时，维护策略的优化也是确保设备安全运行的重要方面，这需要根据环境条件的变化来调整维护计划和频率。

参考文献

- [1] 蔡铭. 起重机械检验中存在的问题及解决措施探究 [J]. 《大众标准化》, 2024 年第 1 期 188-190, 共 3 页
- [2] 刘泽龙. 起重机械检验中危险因素的识别与控制措施分析 [J]. 《中国设备工程》, 2023 年第 19 期 141-143, 共 3 页
- [3] 郭亚南. 设备老化对轧钢机械性能影响的分析与处理 [J]. 《冶金与材料》, 2024 年第 7 期 1-3, 共 3 页
- [4] 任伟彬. 电梯起重机械检验中的缺陷分析与对策研究 [J]. 《中国质量监管》, 2023 年第 11 期 94-95, 共 2 页
- [5] 陈鼎淇. 人因工程学在起重机械安全设计中的应用 [J]. 《产品可靠性报告》, 2023 年第 4 期 100-101, 共 2 页