

起重机械结构强度分析与安全评估

付 瑜

内蒙古自治区特种设备检验研究院兴安分院 内蒙古 兴安盟 137400

摘 要：起重机械作为现代工业中不可或缺的设备，其结构强度和安全性能至关重要。本文详细探讨了起重机械的结构强度分析与安全评估，深入剖析了相关原理和方法。通过综合运用受力分析、材料力学性能测试和有限元分析等手段，能够准确评估起重机械的结构强度。同时，通过系统的安全评估流程，包括风险评估与识别、制定改进措施等，能有效提升起重机械的安全性能。这些研究不仅为起重机械的设计、制造提供了科学依据，也为确保其安全可靠运行提供了重要保障。

关键词：起重机械；结构强度分析；安全评估；有限元分析；风险评估

引言

起重机械在现代工业中扮演着举足轻重的角色，广泛应用于建筑、物流、港口等多个领域。然而，由于其工作环境复杂多变，且经常需要承受巨大的载荷，因此起重机械的结构强度和安全性能成为了关注的焦点。为了确保起重机械在各种工况下都能安全可靠地运行，本文将对起重机械的结构强度分析与安全评估进行深入研究。

1 起重机械结构强度分析

1.1 结构强度分析的重要性

结构强度是起重机械安全可靠运行的基础。若起重机械的结构强度不足，可能导致设备在运行过程中发生断裂、变形等严重事故，进而威胁到人员安全和生产效率。因此，对起重机械进行结构强度分析至关重要。

1.2 结构强度的影响因素

起重机械结构强度的影响因素主要包括以下几点：

(1) 材料选择：材料的强度、刚性和耐腐蚀性对起重机械的结构强度至关重要。常用的高强度材料如结构钢、合金钢等，能够提供更好的承载能力和耐久性。(2) 设计因素：设计的合理性直接影响结构强度。包括整体结构设计、连接方式、截面形状和尺寸等。优化设计可以减少应力集中，提高结构的整体强度。(3) 制造工艺：焊接、切割、热处理等制造工艺的质量会影响结构的强度和稳定性。焊接缺陷、残余应力等可能导致结构强度降低。(4) 载荷情况：起重机械在工作过程中承受的静载荷、动载荷以及冲击载荷等都会影响其结构强度。超载作业是导致结构强度下降甚至引发事故的重要原因。(5) 环境因素：环境温度、湿度、腐蚀性介质等环境因素会对起重机械的结构强度产生影响^[1]。长期在恶劣环境下工作可能导致材料疲劳、腐蚀等问题，进而降低结构强度。(6) 使用与维护：正确的使用方法和定期的维护

保养对于保持起重机械的结构强度至关重要。不当操作或缺乏维护可能导致结构损伤和强度下降。

1.3 结构强度分析的方法

1.3.1 受力分析法

起重机械结构强度分析是确保机械安全运行的重要环节，其中受力分析法是一种核心的分析手段。该方法深入探究起重机械在各种工况下的受力情况，为工程师提供了精确的结构强度评估依据。在进行受力分析时，首先需要全面了解起重机械的工作原理和实际操作过程。这包括对起重机械的各个部件，如主梁、支腿、钢丝绳等进行详细考察，以及对其在不同工作阶段，如起升、变幅、回转、行走等过程中的受力变化进行深入分析。利用力学静力学原理，可以计算出起重机械在静止或匀速运动状态下各部件所受的力。这些力包括重力、支持力、摩擦力等，它们共同作用于机械结构，影响其强度。通过精确计算这些力的大小和方向，工程师能够准确评估结构的承载能力。同时，动力学原理在受力分析中也扮演着重要角色。当起重机械进行加速、减速或转向等动态操作时，会产生惯性力和动载荷，这些都会对结构强度产生影响。通过动力学分析，可以预测这些动态力对机械结构的作用，并据此优化结构设计，提高其动态稳定性。在受力分析过程中，还需要考虑各种可能的工况组合，包括正常工作状态、极端工作条件以及突发事件等。例如，在强风、地震等恶劣环境下，起重机械所受的外部载荷会发生变化，这要求结构具有足够的强度和稳定性来应对这些挑战。

1.3.2 材料力学性能测试

材料力学性能测试在起重机械结构强度分析中占据举足轻重的地位。为了确保起重机械的结构安全，对其所使用的材料进行详尽的力学性能测试是不可或缺的一环

节。这些测试涵盖了多个方面，其中拉伸、压缩和弯曲实验是最为基础的测试项目。拉伸实验主要用于测定材料的抗拉强度和延伸率，通过逐渐拉伸试样直至断裂，可以准确记录材料在拉伸过程中的应力-应变关系，从而得到材料的抗拉强度和延伸率等关键参数。这些参数对于评估材料在受到拉伸载荷时的性能表现至关重要。压缩实验则是为了测试材料在受到压力作用时的性能。通过压缩试样，可以观察到材料在压力作用下的变形行为，进而获取材料的压缩强度和压缩模量等指标。这些指标有助于了解材料在承受压缩载荷时的稳定性和承载能力。弯曲实验旨在评估材料在受到弯曲力矩作用时的性能。在弯曲实验中，试样被置于两支点之间，并在中点施加集中载荷，以模拟实际使用中可能遇到的弯曲工况。通过测量试样的挠度和应力分布，可以得到材料的抗弯强度和弯曲模量等参数，这些参数对于预测材料在弯曲工况下的性能具有重要意义^[2]。除了上述基础实验外，还可能进行其他更为复杂的力学性能测试，如冲击实验、疲劳实验等，以全面评估材料的各项性能指标。这些力学性能测试不仅为起重机械的结构设计提供了准确的材料参数，还为后续的结构强度分析提供了有力支持。通过对材料性能的全面了解，工程师可以更加精确地预测起重机械在不同工况下的应力分布和变形情况，从而确保机械的结构安全性和稳定性。

1.3.3 有限元分析

有限元分析在起重机械结构强度评估中扮演着至关重要的角色。随着计算机科技的飞速发展，这一分析方法已经变得越来越精确和高效，成为工程师们在设计、优化和验证起重机械结构时的得力助手。有限元分析的核心思想是将复杂的机械结构分割成无数个小的单元，即“有限元”。每个单元的行为都可以通过数学方程进行描述，从而构建起整个结构的数学模型。这种方法能够高度还原起重机械的实际工作情况，特别是在处理复杂工况和边界条件时显示出其独特的优势。利用专业的有限元软件，工程师可以对起重机械进行精细的建模。这意味着，不仅仅是机械的外形，连其内部的材料属性、连接方式、约束条件等都能被准确地模拟出来。建模完成后，通过设定不同的工作条件和载荷情况，软件就能进行仿真分析，模拟起重机械在真实环境中的动态响应。这种仿真分析能够揭示起重机械在复杂工况下的应力分布。例如，在起吊重物、移动或旋转过程中，哪些部位会受到较大的应力，哪些部位相对较为轻松，都可以通过有限元分析一目了然。此外，变形情况也是分析的重点之一。在受到外力作用时，起重机械的各个部

分会发生怎样的变形，这种变形是否在安全范围内，有限元分析都能给出明确的答案^[3]。更为重要的是，有限元分析还能帮助预测起重机械的疲劳寿命。疲劳是造成机械结构失效的主要原因之一，而有限元分析能够通过模拟机械在不同工况下的应力循环，估算出其可能的疲劳寿命。这对于制定维护计划、预防潜在故障具有重要意义。

2 起重机械安全评估

2.1 安全评估的意义

安全评估是对起重机械整体性能的全面审视，旨在发现并预防潜在的安全隐患。通过科学的安全评估，可以确保起重机械在设计、制造、运营和维护过程中始终符合安全标准，从而保障人员和设备的安全。

2.2 起重机械安全评估的详细流程

2.2.1 明确评估目标与范围

起重机械安全评估的首要步骤是明确评估的具体目标和范围。这一步骤至关重要，因为它为后续的评估工作提供了明确的方向和框架。在明确评估目标时，需要详细阐述希望通过评估达到什么样的安全水平，以及评估的重点是哪些方面的安全问题。同时，评估范围也需精确界定，包括要评估的起重机械类型、数量、使用环境等。明确这些内容后，可以更加有针对性地开展资料收集、现场勘查、风险评估等工作，确保评估的全面性和有效性。此外，明确评估目标与范围还有助于合理分配资源，提高评估效率，为最终的安全评估报告提供坚实的基础。

2.2.2 收集与整理资料

在起重机械安全评估的过程中，收集与整理相关资料是不可或缺的一环。这一阶段需要全面而系统地搜集与起重机械相关的各类资料，包括但不限于设计图纸、技术文档、使用说明书以及历次的维修记录。这些资料不仅提供了起重机械的基本构造和性能参数，还反映了其在使用和维护过程中的实际情况。通过对这些资料的深入分析和比对，评估人员可以初步掌握起重机械的性能特点，如起重量、工作半径、起升高度等关键指标。同时，资料中记录的故障历史、维修频次以及更换部件的情况，也能为评估人员揭示起重机械可能存在的潜在风险和薄弱环节。这一步骤的细致与否，直接关系到后续现场勘查和风险识别的准确性和有效性。因此，收集与整理资料是起重机械安全评估中不可或缺的重要一环。

2.2.3 现场检查与测试

在现场检查与测试阶段，评估团队将依托先前收集的资料分析，对起重机械展开深入细致的检查。这一过程涵盖多个关键环节，首先是外观检查，评估人员会

仔细检查起重机械的各个部件,包括金属结构、传动系统、电气系统等,寻找可能的锈蚀、变形、裂纹等异常现象。其次是性能测试,通过实际操作和仪器测量,验证起重机械的各项性能指标是否达标,如起升速度、行走速度、制动距离等。此外,安全装置功能验证也是不可或缺的一环,评估人员会逐一测试起重机械的安全装置,如限位开关、超载保护装置等,确保其能在紧急情况下有效动作,保护设备和操作人员的安全。通过这些现场检查 and 测试,评估团队能够更直观地了解起重机械的实际运行状况,为后续的安全评估提供有力支撑。

2.2.4 风险识别与评估

风险识别与评估是起重机械安全评估中的关键环节。评估团队会综合资料分析和现场检查的结果,运用专业的风险评估方法,深入剖析起重机械可能面临的各种安全风险。这些风险来源广泛,可能涉及结构疲劳、电气故障、操作失误等多个方面。针对每个识别出的风险点,评估团队会进行详细的量化和定性评估。量化评估旨在通过具体数值来反映风险的大小和发生概率,而定性评估则侧重于分析风险对起重机械安全性能的潜在影响^[4]。通过这些评估,可以全面、客观地了解起重机械的安全状况,为后续的风险控制和改进措施提供科学依据。这一过程对于确保起重机械的安全运行至关重要,它能够帮助使用单位及时发现并解决潜在的安全隐患,提升设备的安全性能。

2.2.5 制定改进措施与建议

在制定改进措施与建议阶段,评估团队会根据之前的风险识别与评估结果,针对性地提出一系列具体的改进方案。这些措施旨在从根本上降低起重机械的安全风险,提升其整体安全性能。可能涉及的措施包括结构优化,以提高设备的结构强度和稳定性;设备更新,通过引进更先进、更安全的起重机械来替代老旧设备;以及操作规程的完善,确保操作人员能够严格按照安全标准进行操作,避免人为因素导致的安全事故。每一项改进措施都经过精心设计和论证,确保其科学性和实用性。

通过实施这些改进措施,可以有效降低起重机械在运行过程中的安全风险,保障人员和财产的安全,同时也为企业的可持续发展提供坚实的安全保障。

2.2.6 编写评估报告与总结

在全面完成起重机械的安全评估后,评估团队会着手编写详尽的安全评估报告。这份报告不仅是对整个评估过程的系统总结,更是为起重机械的设计、制造、运营和维护提供重要参考的关键文档。报告中会详细阐述评估的每一个环节,包括评估的具体过程、所采用的方法和技术,以及最终得出的评估结果。同时,报告中还会针对识别出的安全风险,提出专业的改进措施和建议,旨在帮助相关单位有效提升设备的安全性能。此外,为了确保改进措施的有效实施,报告中还会制定切实可行的后续跟进计划,明确责任人和时间节点,确保每一项改进措施都能落到实处。整份报告内容充实、数据详实,将为起重机械的安全管理提供有力的支持和指导。

结语

起重机械的结构强度分析与安全评估是确保其安全可靠运行的关键环节。本文通过综合运用多种分析方法,深入探讨了起重机械的结构强度和安全性能。未来,随着科技的不断进步和工业需求的日益增长,将继续致力于提升起重机械的结构强度分析和安全评估技术,为工业生产和施工安全提供更加坚实的保障。同时,也期待与业界同仁共同探讨和研究,共同推动起重机械行业的持续发展和进步。

参考文献

- [1]王建立,邝吉贵,汪保良.起重机械检验中危险因素的识别与控制措施探究[J].内燃机与配件,2020(16):129-130.
- [2]吕鑫.分析特种设备中起重机械检测技术[J].内燃机与配件,2019(13):93-94.
- [3]张鹏;申强.特种设备中起重机械检测技术初探[J].商情,2019(12):293.
- [4]温旭宇,苏鹏.浅谈建筑起重机械的安全评估[J].建设机械技术与管理,2022(12):23-25.