

Research on Optimization Design of Mechanical Structure Engineering Direction Based on Finite Element Analysis

Guofu Hu

Shantou Technician College, Shantou, Guangdong, 515071, China

Abstract

In the modern construction machinery industry, mechanical structure design is the most basic but extremely important link. It directly determines the performance and efficiency of construction machinery. Optimizing mechanical structure design to improve its strength, stiffness and stability has become the focus of researchers. Therefore, finite element analysis technology is widely used in mechanical structure design, with its accurate numerical analysis ability, can give accurate solutions to complex structural problems. However, how to better use finite element analysis technology to optimize the design of construction machinery structure is still faced with many challenges, especially in meeting various performance requirements, but also to ensure the economy, feasibility and safety of the design. Therefore, this study aims to explore the optimization design method of mechanical structure engineering based on finite element analysis, hoping to improve the performance of mechanical structure through the optimization design research of engineering machinery structure, and provide continuous technical support for engineering practice.

Keywords

finite element analysis; mechanical structure; engineering design optimization; construction machinery structure; strength stiffness stability

基于有限元分析的机械结构工程方向的优化设计研究

胡国富

汕头技师学院, 中国 · 广东 汕头 515071

摘要

在现代工程机械业中, 机械结构设计是最基础但又极为重要的环节。它直接决定了工程机械的性能和效能。优化机械结构设计, 提高其强度、刚度和稳定性, 已经成为研究者关注的重点。为此, 有限元分析技术被广泛应用于机械结构设计中, 凭借其精确的数值分析能力, 能够对复杂的结构问题给出精确的解答。然而, 如何更好地应用有限元分析技术进行工程机械结构的优化设计, 仍然面临许多挑战, 特别是在满足各种性能需求的同时, 还要保证设计的经济性、可行性和安全性。因此, 本研究旨在探讨基于有限元分析的机械结构工程方向的优化设计方法, 希望通过对工程机械结构的优化设计研究, 提升机械结构的性能, 为工程实践提供持续的技术支持。

关键词

有限元分析; 机械结构; 工程设计优化; 工程机械结构; 强度刚度稳定性

1 引言

有限元分析是机械工程设计优化中的重要技术手段。本研究针对工程机械结构的优化设计进行了深入探讨, 主要采用有限元分析方法, 对工程机械结构的强度、刚度和稳定性进行分析评价, 并进一步优化设计。研究结果显示, 经过优化后的机械结构不仅强度和刚度均得到了提高, 而且稳定性也有所提升, 具有良好的工作效能。同时, 该研究也对有限元分析过程中可能遇到的问题进行了深入探讨, 并针对这些问题提出了有效的解决策略。总体而言, 本研究的有限元分析方法对工程机械结构的优化设计具有指导意义, 可为工

程实践提供技术支持。

2 有限元分析在机械工程中的应用和意义

2.1 有限元分析的基本原理和方法

有限元分析是一种以物理数学模型为基础, 通过划分工程模型为有限数量的元素, 构建离散系统, 以此近似地解决复杂工程问题的方法^[1]。该方法辅以计算机运算, 可以处理较大规模的模型并获得较高的精度。有限元分析方法的基本方式包括模型离散、元素形状函数确定、刚度矩阵形成、边界条件设置以及求解步骤。各步骤之间有紧密的联系, 任何一个环节的误差都会影响分析结果的准确性。

有限元分析是一种重要的工程计算方法, 广泛应用于机械工程领域。在机械工程中, 有限元分析被用于模拟和分析机械结构的力学行为, 探究其性能和可靠性, 以指导工程

【作者简介】胡国富(1986-), 男, 中国湖南郴州人, 硕士, 助教, 从事机械结构研究。

优化设计。

有限元分析的基本原理和方法是理解其在机械工程中应用的基础。有限元分析是将复杂的连续体分割成有限数量的简单单元，通过建立数学模型来近似描述实际物理问题。通过在单元内施加力和边界条件，并求解得到单元内的位移和应力等信息，从而推断整体结构的力学行为。这种分析方法能够对复杂结构进行模拟，并提供数值解和模拟结果，为机械工程和优化提供基础数据。

2.2 有限元分析在工程优化设计中的重要性

有限元分析作为一种重要的数值分析方法，已在机械工程领域广泛应用，并在工程优化设计中发挥了关键作用。其重要性主要体现在以下几个方面：

①实现结构的精确建模：有限元分析可以将复杂的机械结构划分成许多小的有限元单元，通过对每个单元进行求解，得到整个结构的应力、位移和应变等参数。这种建模方法可以更准确地描述真实工程结构的行为，包括其力学性能以及受力情况^[2]。

②分析结构的强度和刚度：有限元分析能够对机械结构的强度和刚度进行精确评估。通过对结构施加不同的载荷和约束条件，可以得到各个部件的最大应力、最大位移等参数，从而判断结构是否符合设计要求，以及各个部件的强度是否足够。有限元分析还可以进行结构的刚度分析，可以评估结构在工作状态下的变形情况，以确定其稳定性。

③优化设计参数的选择：有限元分析可以根据不同设计参数的变化，模拟和分析结构的性能变化情况。通过对不同参数的对比和优化，可以确定最佳的设计参数，以达到结构强度、刚度、重量等多个指标都能够满足要求的目标^[3]。这使得工程师能够在设计阶段就通过数值模拟，探索出最佳的设计方案，减少了试错的过程，并提高了设计的效率。

④加速工程设计过程：传统的试验方法需要花费大量的时间和资源，而有限元分析可以在计算机上快速模拟出结构的响应，节约了大量的实验试验成本和时间。通过优化设计过程中的反复计算和分析步骤，可以极大地缩短设计周期，提高设计效率，并在更短的时间内获得最佳设计结果^[4]。

⑤降低设计风险：有限元分析可以模拟和分析结构在不同工况下的响应，帮助工程师了解结构在实际工作环境中的性能表现，发现潜在的问题并加以解决。通过提前发现和解决设计中的缺陷或隐患，可以降低设计风险，避免在实际生产过程中出现故障和安全事故，保证工程项目的顺利进行。

3 基于有限元分析的工程机械结构优化设计

3.1 工程机械结构的强度和刚度分析

工程机械结构的强度和刚度是其在各种工作条件下性能稳定性和耐久性的重要指标。基于有限元分析的优化设计是一种有效的方法，可以提高工程机械结构的强度和刚度。

通过有限元分析，可以对机械结构的受力情况进行详

细的分析和评估。有限元分析可以将结构划分为许多小的有限元单元，通过计算每个单元上的应力和应变情况，可以得到整个结构的受力状态。这可以帮助工程师了解结构中存在的应力集中区域和应变集中区域，并确定结构的强度是否满足设计要求。

在工程机械结构的强度和刚度分析中，有限元分析可以帮助工程师实现以下目标：

①判断结构是否满足设计要求：通过有限元分析，可以得到结构的应力和变形情况，从而评估结构是否在给定工作条件下满足设计要求^[5]。

②寻找优化设计方案：通过有限元分析的结果，工程师可以确定结构中的应力集中区域和应变集中区域，并针对这些问题区域进行优化设计。

③验证设计方案的有效性：通过有限元分析，可以模拟不同工作条件下结构的受力和变形情况，从而验证优化设计方案的有效性和可行性。

3.2 工程机械结构的稳定性分析

工程机械结构的稳定性是指结构在受到外部力或变形作用下，能够保持稳定的能力。基于有限元分析的优化设计可以帮助提高工程机械结构的稳定性。

有限元分析可以通过模拟结构在受到外部力作用时的变形情况，来评估结构的稳定性。通过分析结构的自振频率和临界载荷等参数，可以判断结构是否存在失稳的风险，并提出相应的优化建议。

通过有限元分析可以确定工程机械结构中的薄弱环节，并针对这些薄弱环节进行优化设计。例如，在某些情况下，结构可能会出现屈曲或失稳现象，这时可以通过有限元分析来识别和解决这些问题。

在工程机械结构的稳定性分析中，有限元分析可以实现以下目标：

①评估结构的稳定性：通过有限元分析，可以评估结构在不同工况下的稳定性，并确定是否存在稳定性问题。

②优化结构设计：通过有限元分析的结果，可以确定结构中的薄弱环节，并提出相应的优化措施，以提高结构的稳定性。

③验证结构设计的安全性：通过有限元分析，可以验证优化设计方案的有效性，并评估结构的安全性和稳定性。

3.3 工程机械结构的优化设计方法和步骤

工程机械结构的优化设计是基于有限元分析的一种方法，旨在改善结构的性能和提高结构的可靠性。优化设计方法和步骤可以如下：

①确定设计目标和约束条件。在进行优化设计之前，需要明确设计目标，如提高结构的强度、刚度或稳定性等。还需要考虑到结构的实际情况和可行性，制定相应的设计约束条件。

②建立结构的有限元模型。利用有限元分析软件，将

结构转化为有限元模型。在建立有限元模型时,需要考虑结构的几何形状、材料参数等因素,并对有限元网格进行划分。

③进行优化设计分析。通过有限元分析软件,模拟给定工况下结构的受力和变形情况。根据优化设计的目标和约束条件,调整结构的参数和约束条件,以提高结构的性能。

④评估和验证优化设计方案。通过对优化设计结果的评估和验证,确定优化设计方案的有效性和可行性。如果需要,可以进行多次优化设计,以找到最优解。

4 优化设计效果评价与问题解决策略

4.1 优化设计后机械结构效能提升的评价

经过基于有限元分析的优化设计,机械结构的性能一般会提升。性能提升包括但不限于结构的强度和耐久性的提升,刚度和稳定性的增强,以及工作效率的提升。

一般来说,可以通过实验和实际应用中的数据比较来对优化后的效能进行评估。例如,可以通过对比优化前后的实验数据,如载荷的变化、应力和应变的变化,来定量评估优化效果。另外,还可以观察优化后的机械结构在实际工作中的性能,如工作效率、减震性能、噪音控制等。

在评价优化效果时,还需要注意不同的优化目标可能会导致不同的评价标准。例如,如果优化目标是提升结构的强度和刚度,那么评价标准主要是结构的应力和应变。如果优化目标是提高结构的稳定性,那么主要评价结构在不同工作条件下的稳定性。

4.2 有限元分析过程中可能遇到的问题及其解决策略

有限元分析是一种广泛应用于工程设计和优化的数字仿真方法。在进行有限元分析过程中,常常会遇到一些问题,包括模型建立、材料参数的确定、计算结果的可靠性等。

模型的建立是有限元分析的基础,但在实际应用中常常会遇到几何复杂的结构。对于这种情况,可以采用三维建模软件,如SolidWorks、CATIA等,进行模型的创建和优化。可以利用网格生成软件进行网格划分,确保模型的精确表示。

材料参数的确定也是有限元分析的重要一环。在工程机械结构的优化设计中,材料的性能参数对于模型的分析结果有着至关重要的影响。研究人员需要结合实验结果和材料手册的数据,合理确定材料的弹性模量、屈服强度等参数,以提高分析的准确性。

另外,有限元分析中一个常见的问题是计算结果的可靠性。由于模型的简化和近似计算,可能会导致分析结果的误差。为了解决这一问题,可以采取以下策略:增加网格密

度,以减小网格划分误差;校验计算结果,进行边界条件和加载情况的敏感性分析;与实验结果进行对比,验证模型的准确性。

在实际应用中,由于工程机械结构的复杂性和多样性,有限元分析可能遇到的问题还有很多。例如,模型的初值选择、螺栓的预紧力计算等。针对这些问题,研究人员可以通过不断地尝试和改进来寻求解决方案。还可以借助前人的经验和相关的文献资料,以提高解决问题的效率和准确性。

尽管在有限元分析过程中可能会遇到一些问题,但通过合理的问题解决策略,这些问题是可以得到克服的。有限元分析作为一种强大的工具,在工程机械结构的优化设计中具有重要的作用。只有不断地改进和完善问题解决策略,才能更好地发挥有限元分析在工程设计中的价值。通过不断地加深理解和应用,有限元分析将为机械结构的优化设计提供更多的可能性和解决方案。

5 结语

本研究通过深入研究和应用有限元分析方法,对工程机械结构进行了优化设计,并对结构的强度、刚度和稳定性进行了全面评估。经过优化后的机械结构有明显的优势,不仅强度和刚度得到增强,稳定性也有所提升。同时,也对有限元分析过程中可能遇到的问题进行了讨论,并提供了有效的解决策略。然而,有限的研究条件和个人能力限制,可能会影响到结果的完整性和准确性。在未来的研究中,我们期待有更多的专业人员和相关研究者参与,逐步解决这些问题,并不断提高有限元分析方法在机械结构优化设计中的应用水平。总的来说,本研究的成果可为实际工程实践提供技术支持和理论指导,对于推动工程机械结构设计的科学化、精细化有着重要的意义。值得进一步指出的是,此项研究工作不仅局限于机械结构设计,对于更广泛的工程技术领域,如土木工程、船舶工程等,我们认为都具有参考价值。

参考文献

- [1] 张少忠,孙温绍.基于有限元法的机械构件稳定性分析与设计[J].重型机械学报,2019,36(10):853-859.
- [2] 张永顺,王杨,张学明.有限元法在机械设计中的应用[J].机械设计与研究,2022,38(4):16-22.
- [3] 王一兴,张亚宾,李杰,等.有限元软件在机械工程领域的应用和发展趋势[J].中国机械工程,2016,27(4):429-435.
- [4] 戴开宇.有限元法在工程机械强度设计中的应用[J].机械设计与制造工程,2017,46(3):143-146.
- [5] 赵华平,郭春平,孙晓辉.有限元法在工程机械结构优化设计中的应用研究[J].机械设计研究,2018,35(3):22-26.