

基于Abaqus的套筒轴承座有限元分析

张淑权

上海理工大学机械工程学院, 上海

收稿日期: 2024年8月23日; 录用日期: 2024年9月19日; 发布日期: 2024年9月26日

摘 要

本研究旨在通过结合Solid Works建模和Abaqus有限元分析, 对套筒轴承座进行深入研究和分析。首先, 利用Solid Works软件建立了套筒轴承座的精确三维模型。随后, 将该模型导入Abaqus平台, 进行了详细的网格划分、加载施加以及边界条件设置, 以实现对该轴承座的全面有限元分析。研究重点包括静力分析、模态分析和谐波响应分析, 旨在全面了解轴承座在各种工况下的力学行为和振动特性。通过对振动和位移特性的深入研究, 评估了轴承座的稳定性, 并提出了结构优化建议。

关键词

Abaqus, 套筒轴承座, 有限元分析

Finite Element Analysis of Sleeve Bearing Housing Based on Abaqus

Shuquan Zhang

School of Mechanical Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Aug. 23rd, 2024; accepted: Sep. 19th, 2024; published: Sep. 26th, 2024

Abstract

The aim of this study is to thoroughly investigate and analyze the sleeve bearing housing by combining Solid Works modeling and Abaqus finite element analysis. Firstly, an accurate 3D model of the sleeve bearing housing was established using Solid Works software. Subsequently, the model was imported into the Abaqus platform, and detailed meshing, loading imposition, and boundary condition settings were carried out to realize a comprehensive finite element analysis of the bearing housing. The focus of the study includes static force analysis, modal analysis and harmonious response analysis, aiming at a comprehensive understanding of the mechanical behavior and vibration characteristics of the bearing housing under various working conditions. Through the in-depth study of the vibration and displacement characteristics, the stability of the bearing housing is

文章引用: 张淑权. 基于 Abaqus 的套筒轴承座有限元分析[J]. 建模与仿真, 2024, 13(5): 5598-5605.

DOI: 10.12677/mos.2024.135507

evaluated and structural optimization suggestions are made.

Keywords

Abaqus, Sleeve Bearing Housing, Finite Element Analysis

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

套筒轴承座作为机械系统中至关重要的组成部分，在各种工业领域中扮演着关键的支撑和传递载荷的角色，其设计质量直接影响到整个机械系统的性能和稳定性[1]。随着工程技术的不断发展，利用计算机辅助工程软件进行有限元分析已经成为评估和改进机械结构设计的重要手段[2]。贾月明[3]等运用 ANSYS 软件建立了滚珠丝杠轴承座的实体模型，对滚珠丝杠轴承座静态特性进行了有限元分析；黄从阳[4]等利用 ASAQUS 对轴承座进行了力学分析；赵忠杰[5]利用 ANSYS Workbench 对轴承座进行模态分析，分析了轴承座的固有频率和振型。

本研究旨在针对套筒轴承座这一重要机械元件，结合 Solid Works 建模和 Abaqus 有限元分析技术，深入探讨其力学特性、振动行为以及稳定性。通过建立精确的三维模型，并应用有限元方法进行静力、模态和谐响应分析，旨在揭示套筒轴承座在不同工况下的应力分布、变形情况以及振动特性，为其设计优化和性能改进提供科学依据[6]。

2. 三维模型建立

在建立三维模型的过程中，考虑了滑动轴承座的功能需求和结构特征，保证了其在实际应用中的可靠性和稳定性。通过 Solid Works 的功能和工具，实现了对轴承座各个部件的精细建模，包括表面细节、连接部件和装配结构，以便进行后续的分析 and 仿真工作。如图 1 所示，这是在 Solid Works 中创建的套筒轴承座的三维模型。

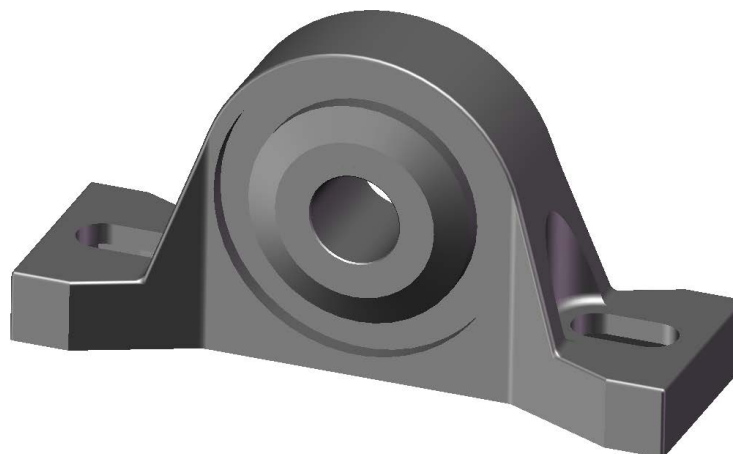


Figure 1. Sleeve bearing housing 3D model

图 1. 套筒轴承座三维模型

3. 基于 Abaqus 的有限元模型建立

本研究的有限元分析工作主要分为三个部分：静力学分析、模态分析和谐响应分析。旨在评估其承载能力、振动特性和动态响应行为，以及可能出现的共振现象。

3.1. 定义材料属性

本文采用弹塑性结构分析，所选模型材料为 structural steel，具体参数包括密度为 7850 kg/m^3 ，杨氏模量为 $2\text{E}11 \text{ Pa}$ ，泊松比为 0.3 ，这些参数将在分析中定义材料的力学性质和行为。

3.2. 网格划分

将模型导入 Abaqus 后，需要对其进行单元格划分。Abaqus 的网格划分模块具有强大的自动划分功能，可以根据用户设置的参数和选项自动生成网格，从而提高效率、减少手动工作。本文采用了分网方法控制中的自动划分，划分结果如图 2 所示。

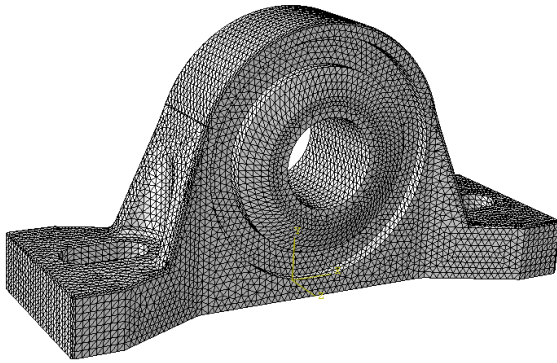


Figure 2. Grid division
图 2. 网格划分

3.3. 施加约束和边界条件

本文忽略自身惯性和温度等外界因素对套筒轴承座的影响，在模型中施加 $FA = 500 \text{ N}$ 轴向压力， $FB = 10,000 \text{ N}$ 的径向压力， $FC = 10,000 \text{ N}$ 的径向压力，两个安装孔和底面为完全固定约束，在模态分析中只有边界条件起作用，具体施加情况如图 3 所示。

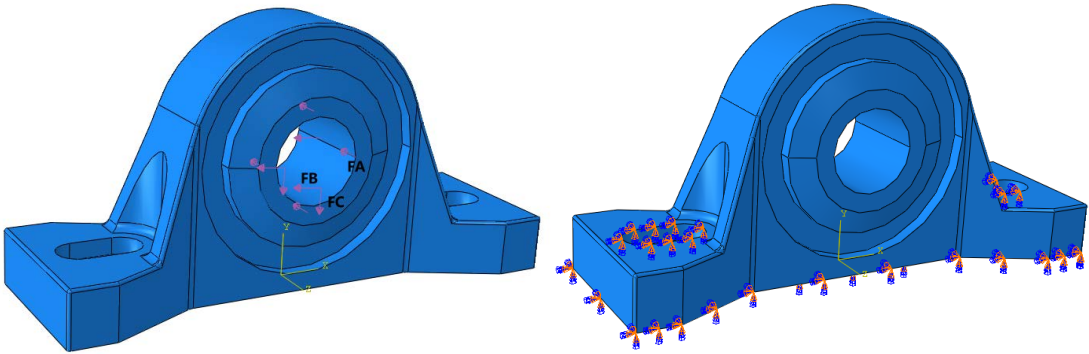


Figure 3. Load and constraint application
图 3. 载荷及约束施加情况

4. 仿真结果及分析

4.1. 滑动轴承座静力分析结果及分析

基于以上前处理设置，在 Abaqus 软件中设置静力分析步，接着提交仿真作业，提取滑动轴承座最大应力云图及位移云图，如图 4，图 5 所示。

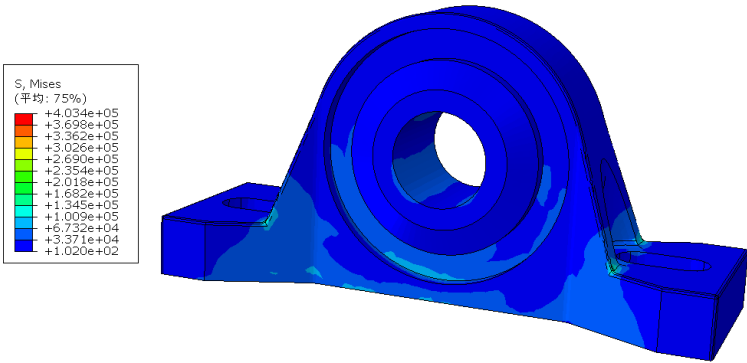


Figure 4. Maximum stress clouds for sleeve bearing housing
图 4. 滑动轴承座最大应力云图

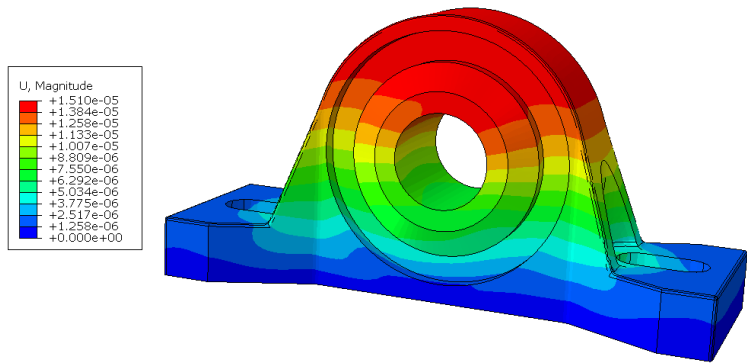


Figure 5. Maximum displacement clouds of sleeve bearing housing
图 5. 滑动轴承座最大位移云图

结果显示，最大变形量为 1.51×10^{-5} m，出现在轴孔上表面处；最大应力为 4.034×10^5 Pa，出现在轴承支架连接处。整体结构的最大位移较小，受到的应力不大，并不会影响结构的正常运行，因此结构在此荷载工况下，能够安全稳定运行。

4.2. 滑动轴承座模态分析结果及分析

Abaqus 中进行模态分析，需要通过设置“频率”分析步来实现。同时设置边界条件，对滑动轴承座底端施加对称、反对称、固定约束，两固定孔施加位移转角约束，最后提交求解。通过模态分析得出滑动轴承座前六阶固有频率见表 1，振型变化如图 6~图 11 所示。

Table 1. First six orders of intrinsic frequency
表 1. 前六阶固有频率

模态阶数	频率/Hz	振型描述
1	485.302	发生较小位移

续表

2	1073.532	发生较大位移
3	1104.106	发生扭曲
4	1785.15	发生较大位移
5	1835.274	发生较大扭曲和位移
6	2401.246	发生较大扭曲和位移

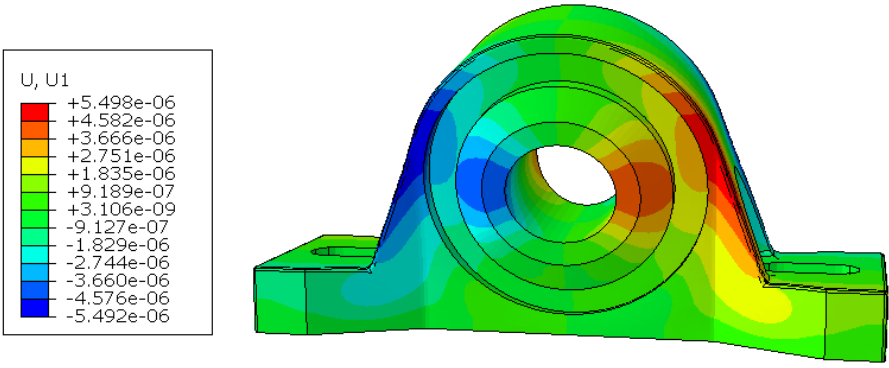


Figure 6. First-order modal analysis
图 6. 一阶模态分析

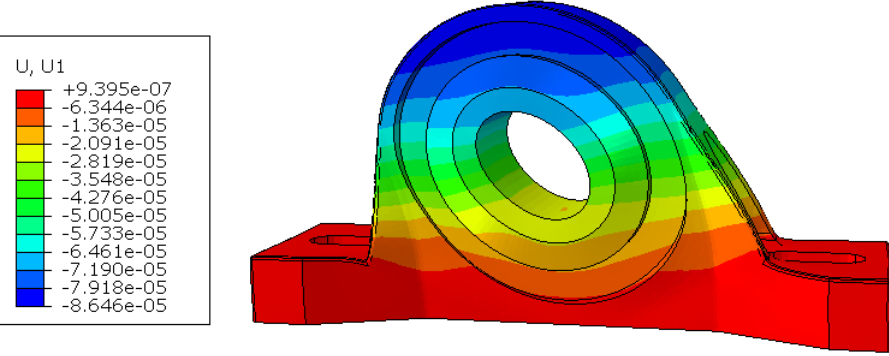


Figure 7. Second-order modal analysis
图 7. 二阶模态分析

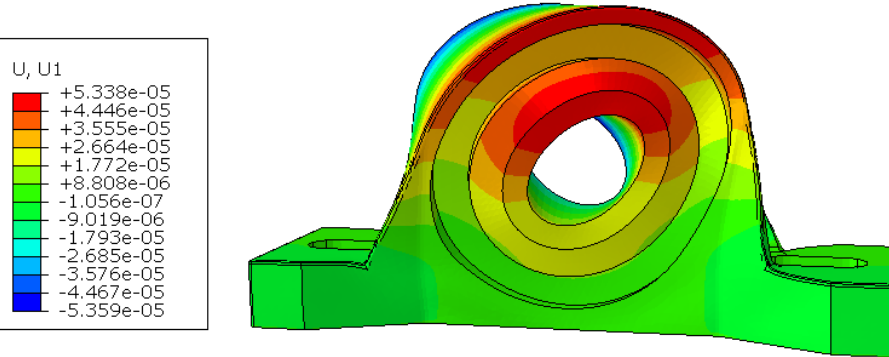


Figure 8. Third-order modal analysis
图 8. 三阶模态分析

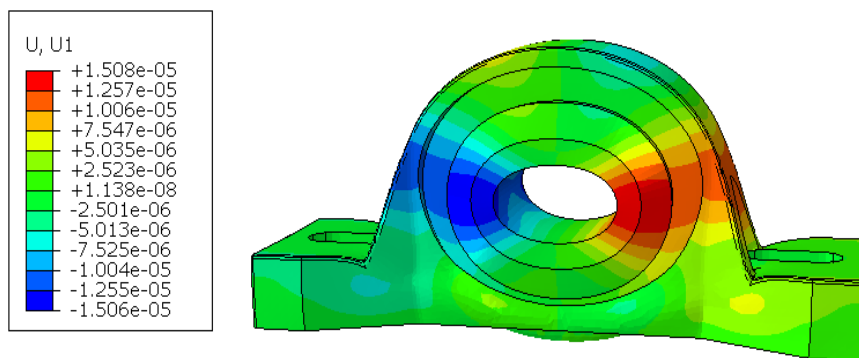


Figure 9. Fourth-order modal analysis

图 9. 四阶模态分析

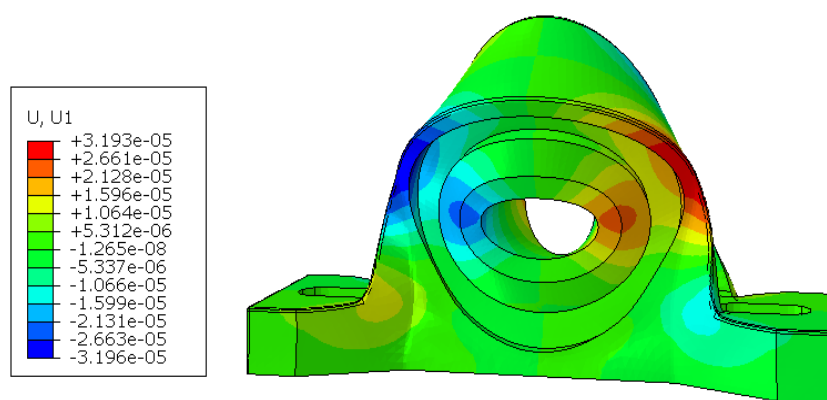


Figure 10. Fifth-order modal analysis

图 10. 五阶模态分析

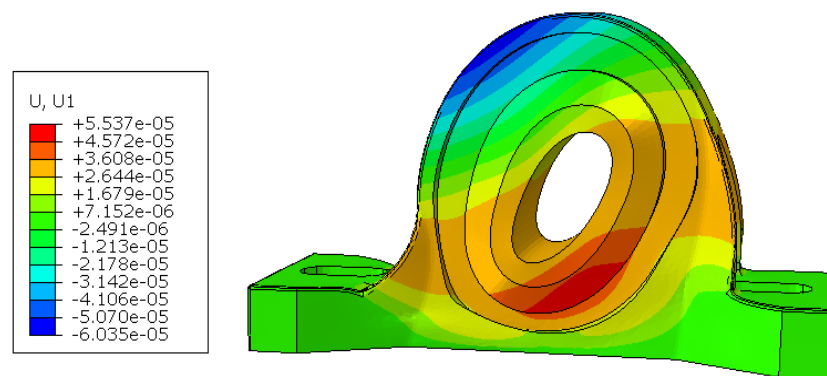


Figure 11. Sixth-order modal analysis

图 11. 六阶模态分析

分析结果表明, 滑动轴承座的最低固有频率为 485.302 Hz, 对于传统润滑的滑动轴承, 其最大转速受到润滑膜的形成和维持能力的限制, 通常在几千转每分钟到一万转每分钟左右[7], 远小于滑动轴承座的最低固有频率, 不会发生共振现象。

模态分析的结果对结构设计和分析非常有价值, 通过分析结构的固有频率, 可以避免设计与系统固有频率相近的激励频率, 从而避免共振现象[8]。此外, 模态分析还可以评估结构的稳定性和振动模式的分布, 为结构的优化和改进提供指导。

4.3. 滑动轴承座谐响应分析

谐响应分析旨在评估线性结构在受到周期性正弦荷载作用时的稳态振动响应[9]。这种分析专注于结构在稳态条件下的受迫振动响应，忽略了振动初始阶段的瞬态效应。通过计算结构在不同频率下的响应值(通常是位移)随频率变化的曲线，设计师可以推断结构的持续性动力特性，验证结构设计是否足以抵抗共振、疲劳和其他有害振动效应，有助于优化设计并确保结构在振动环境下的稳定性。

为了展示应力和变形随频率变化的关系，谐响应分析需要选择一个表面，该表面的大变形将明显显示出力的变化关系。因此，选取滑动轴承的轴孔下表面作为响应面，并设置随时间按正弦规律变化的荷载，载荷大小为 10,000 N，如图 12 所示。

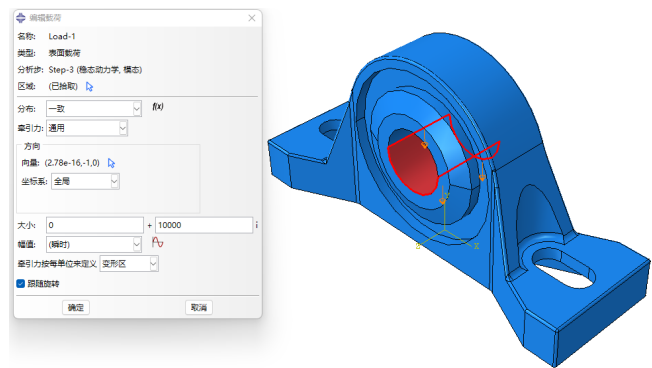


Figure 12. Selection of response surfaces and application of loads
图 12. 响应面的选取与施加载荷

Abaqus 中的谐响应分析采用稳态动力学分析模块，对于该结构采用模态阻尼大小为 0.05，选取 0~10,000 HZ 频率范围进行分析。分析结果表明，在 1835 Hz 处存在最为严重的共振现象，导致最大变形和应力集中，谐响应分析形变图如图 13 所示。

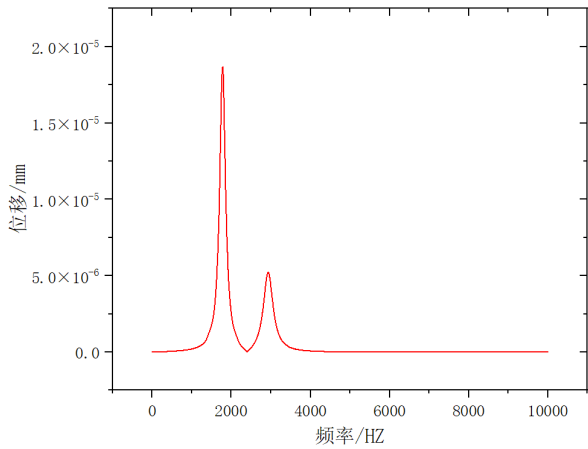


Figure 13. 0~10,000 HZ Harmonic response diagram
图 13. 0~10,000 HZ 谐响应图

5. 结论

由于滑动轴承座在承受工作的轴承负荷时，需要进行静力学分析，模态分析和谐响应分析，以预测

在正常运行情况下轴承座不会发生过大变形或因载荷过大而损坏。

通过 Solid Works 软件进行三维建模和 Abaqus 软件进行仿真分析,研究了滑动轴承座的应力、位移和固有频率。研究表明,滑动轴承座的应力符合标准范围,满足规定要求;在进行模态分析时,轴承座的前六阶固有频率分布在 485.302~2401.246 Hz 范围内,其工作频率远低于滑动轴承座最小固有频率,不会发生共振现象;在进行谐响应分析时,其中在 1835 Hz 处存在最为严重的共振现象,导致最大变形和应力集中。因此,在实际使用中,务必谨慎避免共振频率,以确保系统稳定性和性能表现。

参考文献

- [1] 王宏岩,甘伟,王哲,等. 轧机工作辊轴承座设计有限元分析[J]. 冶金设备, 2023(6): 93-95+92.
- [2] 姚巨坤,朱胜,杜文博,等. 绿色再制造关键技术及应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2021: 292.
- [3] 贾月明,李斌. 芯片测试系统滚珠丝杠轴承座有限元分析[J]. 电子工业专用设备, 2021, 50(6): 55-58.
- [4] 黄从阳,李旭锋. 基于 ABAQUS 的轴承座静力学和动力学分析[J]. 农业装备与车辆工程, 2020, 58(11): 125-128.
- [5] 赵忠杰. 基于 ANSYS Workbench 软件在轴承座模态分析中的应用[J]. 防爆电机, 2022, 57(1): 27-28+42.
- [6] 罗易飞. 基于有限元法的轮轨滚动行为模拟试验台轮轨接触特性研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2022.
- [7] 张钢,白华,王春兰,等. 磁悬浮支承技术在机床中的应用[J]. 机械工程师, 2005(8): 15-20.
- [8] 陈静. 有限元仿真分析在模态分析中的应用[J]. 机电信息, 2022(24): 33-35.
- [9] 付罗均,彭岚,吴龙. 谐响应分析在设备减振中的应用[J]. 中国特种设备安全, 2022, 38(6): 20-25.