

基于ANSYS的轴承座建模与仿真分析

崔晓晴

上海理工大学机械工程学院, 上海

收稿日期: 2023年11月12日; 录用日期: 2023年12月10日; 发布日期: 2024年1月16日

摘要

轴承座是一种重要的机械元件, 用于支撑和定位轴承, 承受轴承载荷并传递给底座或机身结构。首先, 本文利用SolidWorks建立轴承座的三维模型; 然后, 将模型导入ANSYS Workbench对其进行网格划分、载荷施加以及边界条件施加等, 对轴承座进行有限元分析, 主要包括静力分析、模态分析和谐响应分析。最后, 分析研究轴承座的振动和位移特性, 评估本轴承座的稳定性并进行结构优化。

关键词

轴承座, 有限元分析, ANSYS Workbench

Modeling and Simulation Analysis of Bearing Housing Based on ANSYS

Xiaoqing Cui

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

Received: Nov. 12th, 2023; accepted: Dec. 10th, 2023; published: Jan. 16th, 2024

Abstract

Bearing housing is an important mechanical element, which is used to support and locate the bearing, bear the bearing load and transfer it to the base or body structure. First of all, this paper uses SolidWorks to establish a three-dimensional model of the bearing housing; then, the model is imported into ANSYS Workbench for meshing, load application, and boundary condition application, etc., and finite element analysis is performed on the bearing housing, which includes static analysis, modal analysis, and harmonic response analysis. Finally, the vibration and displacement

characteristics of the housing are analyzed and studied to evaluate the stability of the housing and optimize the structure.

Keywords

Bearing Housing, Finite Element Analysis, ANSYS Workbench

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

轴承座作为机械系统中重要的连接部件，承担着支撑轴承和传递载荷的关键功能。其结构设计和性能分析对于确保机械系统的可靠运行至关重要。轴承座在工作过程中受到轴向载荷、径向载荷、惯性力以及温度变化等多方面力的作用，因此轴承座的稳定性将直接影响机床加工进程。有限元仿真(Finite Element Simulation)是利用计算机软件进行有限元分析的过程，用于模拟和分析结构、材料或系统在不同工况下的行为和性能。通过计算机有限元仿真，可以快速、准确地预测和评估复杂工程问题，并提供有效的设计和优化方案。黄从阳[1]等利用 ASAQUS 对轴承座进行了力学分析；杨军[2]等人利用有限元分析了轴承座的动态性能；赵忠杰[3]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。本文采用 Solid Works 建立三维模型，利用有限元思想对模型仿真，通过 ANSYS Workbench 得到模型的静力学图、模态云图和谐响应分析曲线图，分析轴承座稳定性和结构优化，进一步提高机械系统的可靠性和性能。

2. 三维模型建立

如图 1 所示为在 Solid Works 中建立的轴承座三维模型。

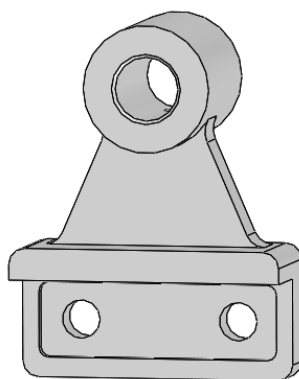


Figure 1. Bearing housing 3D model

图 1. 轴承座三维模型

3. 基于 Workbench 的有限元模型建立

本文有限元分析主要分为三部分：静力学分析、模态分析和谐响应分析，采用 ANSYS WORKBENCH

进行仿真计算，任务树如图 2 所示。

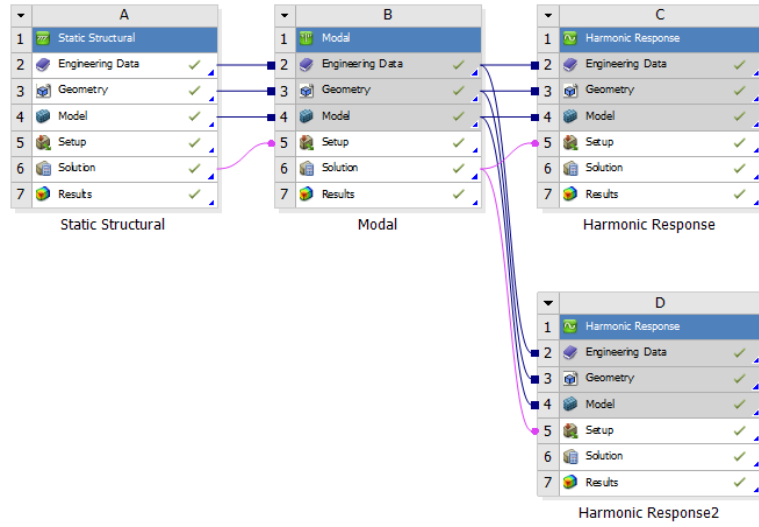


Figure 2. Mission tree
图 2. 任务树

3.1. 定义材料属性

本本的分析类型为弹性结构分析，因此该模型采用 structural steel，材料密度为 7850 kg/m^3 ，杨氏模量为 $2\text{E}11$ ，泊松比为 0.3，参数设置如图 3 所示。

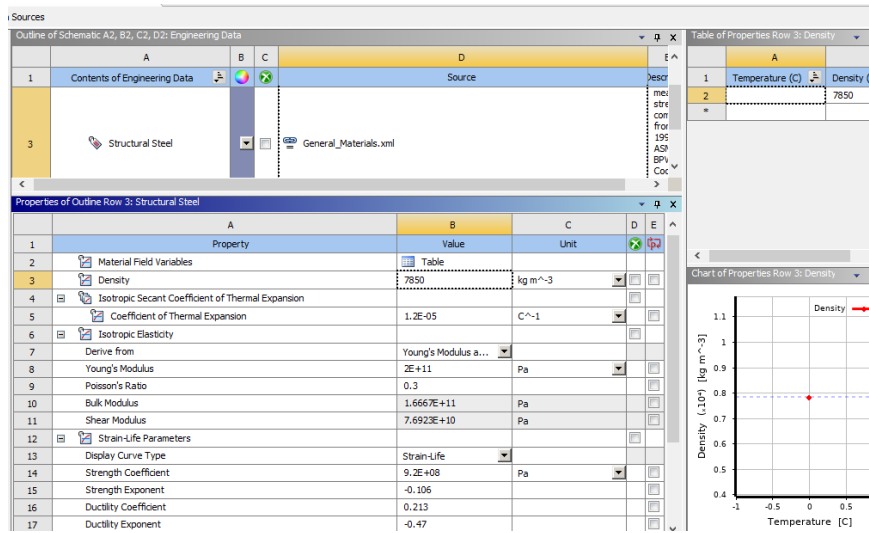


Figure 3. Defining materials
图 3. 定义材料

3.2. 网格划分

将模型导入 Workbench 之后，需要对模型进行单元格划分。Workbench 的网格划分模块具有强大的自动划分功能，能够根据用户设定的参数和选项自动生成网格。这使得网格划分过程更加高效和便捷，并减少了手动划分的工作量。本文采用分网方法控制中的自动划分，划分结果如图 4 所示。

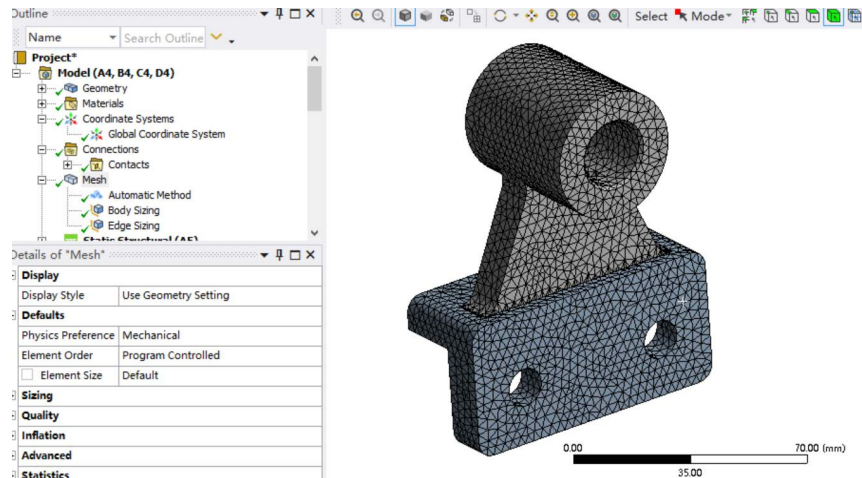


Figure 4. Grid division results
图 4. 网格划分结果

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轴承座的影响，在模型中施加 $F_B = 10,000\text{ N}$ 的径向压力， $F_A = 5000\text{ N}$ 轴向压力，两个安装孔为完全固定约束，在模态分析中只有边界条件起作用。具体施加情况如图 5 所示。

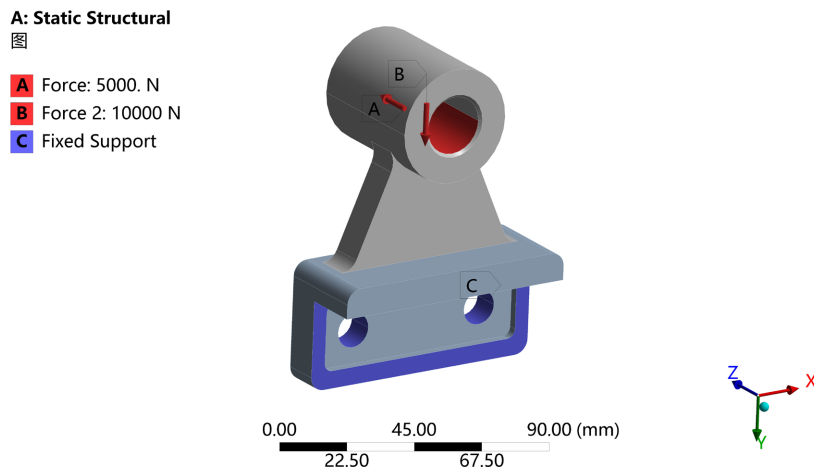


Figure 5. Load and constraint application
图 5. 载荷及约束施加情况

4. 仿真结果及分析

4.1. 静力分析结果及分析

静力学分析(Static Analysis)是一种工程力学分析方法，用于研究结构在静定平衡状态下的力学行为。它主要关注结构在外部加载作用下的应力、应变和变形情况，以及结构的稳定性和承载能力。静力分析的原理就是将结构进行离散化处理，即将整体分成有限个单元组成的集合体，单元之间的作用力仅靠节点传递[4]。静力学分析的基本方程如下：

$$[K]\{\delta\} = \{P\} \quad (1)$$

式中： $[K]$ ——单位刚度矩阵； $\{\delta\}$ ——位移向量； $\{P\}$ ——静载荷向量。

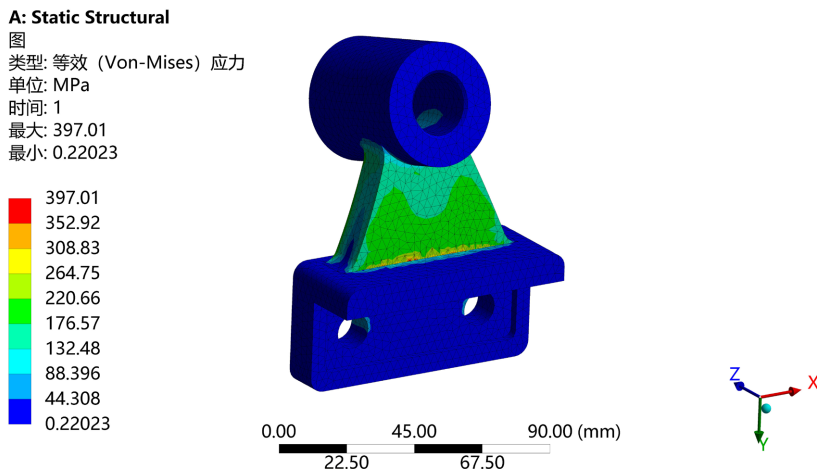


Figure 6. Stress map
图 6. 应力云图

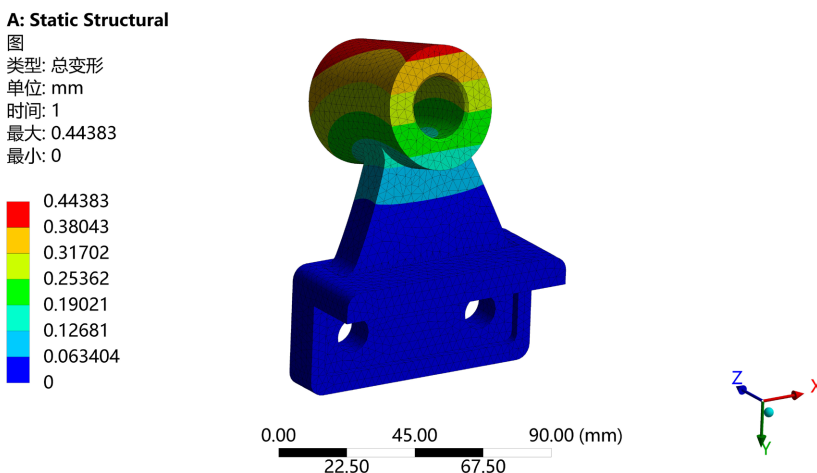


Figure 7. Displacement cloud diagram
图 7. 位移云图

利用 ANSYS Workbench 对轴承座求解，如图 6 所示为应力云图，图 7 所示为位移云图。

结果显示，最大变形量为 0.44 mm，出现在轴孔上表面；最大应力为 397.01 MPa，出现在轴承支架连接处[5] [6]。

4.2. 模态结果及分析

模态分析(Modal Analysis)是一种工程力学分析方法，用于研究结构或系统的振动特性和固有频率。它主要关注结构或系统的模态形态、固有频率、振型和振动模态。在实际工况下，轴承座受到交变应力和外部激励振动的影响，可能会导致轴承座传动的精度和稳定性下降，严重情况下会导致轴承座的破坏。轴承座的有限元模态分析方程为[7]：

$$[M]\{\ddot{\delta}\} + [K]\{\delta\} = 0 \quad (2)$$

式中： $[M]$ ——单元质量矩阵； $[K]$ ——单元刚度矩阵； $\{\delta\}$ ——位移向量。

利用 ANSYS Workbench 对轴承座求解，提取前 6 阶的固有频率和振型进行分析，如图 8 所示为固有频率结果图，振型图如图 9~14 所示。

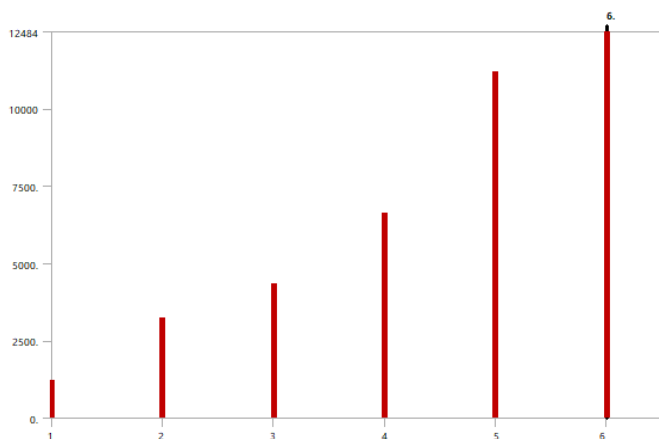


Figure 8. Orders of intrinsic frequency

图 8. 前 6 阶固有频率

B: Modal

图

类型: 总变形

频率: 1217.9 Hz

单位: mm

最大: 82.825

最小: 0

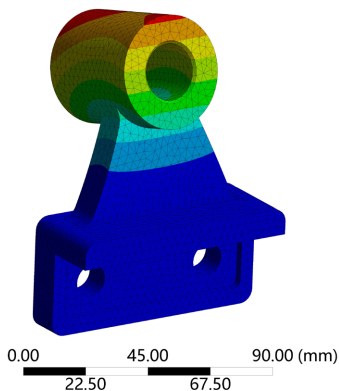
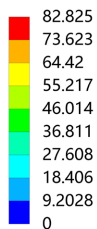


Figure 9. 1st order modes

图 9. 第 1 阶模态

B: Modal

图

类型: 总变形

频率: 3242.1 Hz

单位: mm

最大: 102.61

最小: 0

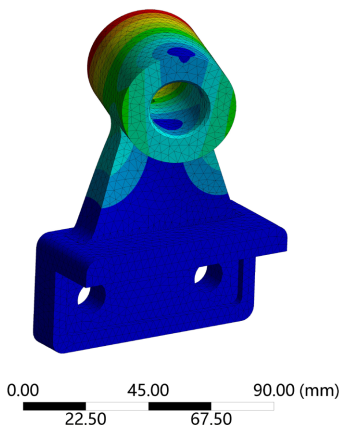
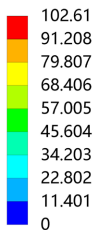


Figure 10. 2nd order modes

图 10. 第 2 阶模态

B: Modal

图
类型: 总变形
频率: 4340. Hz
单位: mm
最大: 107.64
最小: 0

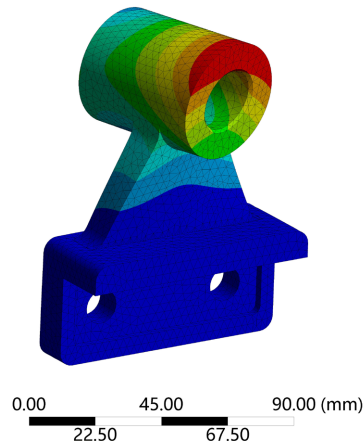
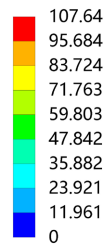


Figure 11. 3rd order modes
图 11. 第 3 阶模态

B: Modal

图
类型: 总变形
频率: 6606.5 Hz
单位: mm
最大: 98.493
最小: 0

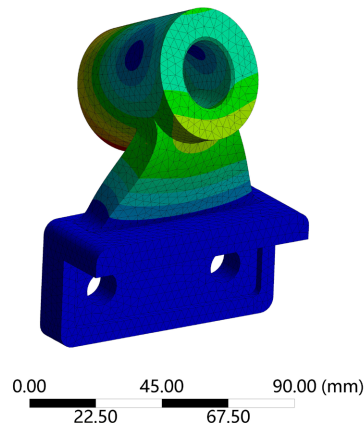
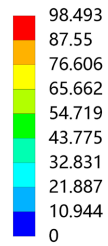


Figure 12. 4th order modes
图 12. 第 4 阶模态

B: Modal

图
类型: 总变形
频率: 11194 Hz
单位: mm
最大: 90.274
最小: 0

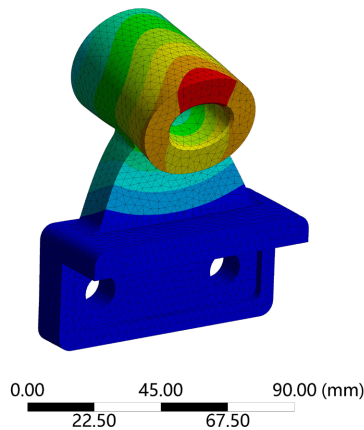
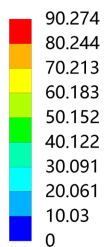


Figure 13. 5th order modes
图 13. 第 5 阶模态

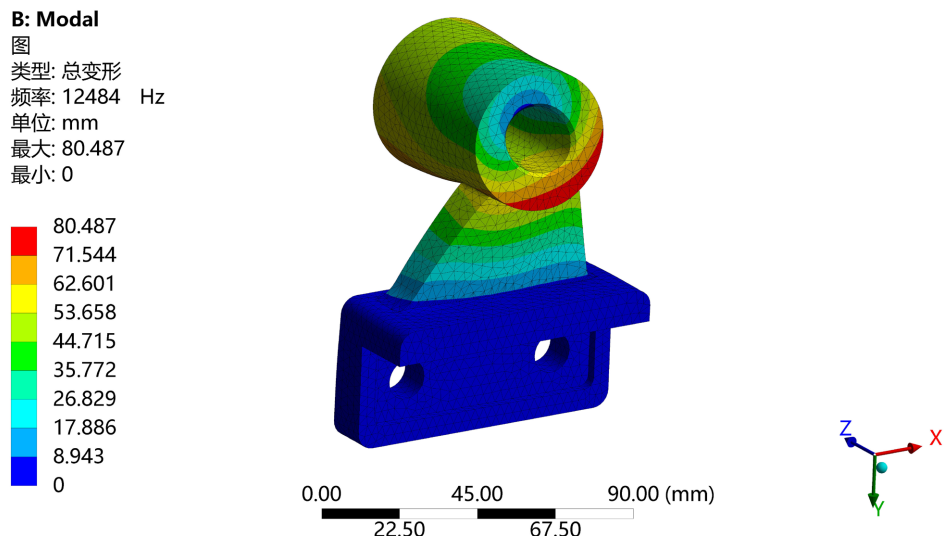


Figure 14. 6th order modes
图 14. 第 6 阶模态

结果表明，前六阶固有频率在 1000~13,000 Hz 以内，说明该模型的稳定性较好。为了更好地进行后续的谐响应分析，我们将该频率分成两部分。

4.3. 谐响应结果及分析

谐响应分析(Harmonic Response Analysis)是一种工程力学分析方法，用于研究结构或系统在受到谐波激励时的响应行为。它主要关注结构或系统在特定频率下的振动响应和应力响应。谐响应分析可采用完全法，缩减法，模态叠加法求解。谐响应选取的面应该有大的变形能较为明显的体现出力的变化的关系，所以本文选取轴承座的底面作为响应面[8]，如图 15 所示。

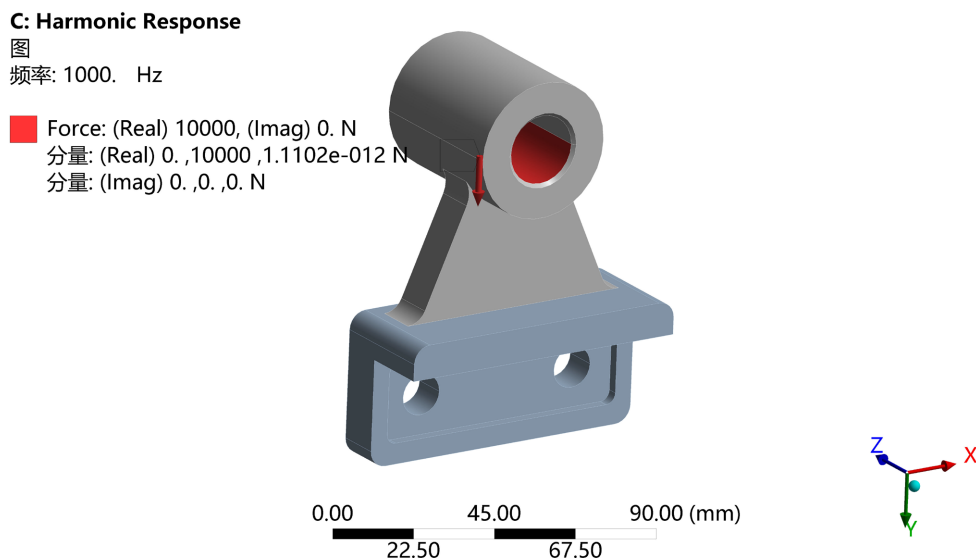


Figure 15. Response surface selection
图 15. 响应面选取

1000~6000 Hz 如图 16~18 所示，分别为 XYZ 三个方向上的频率响应曲线。

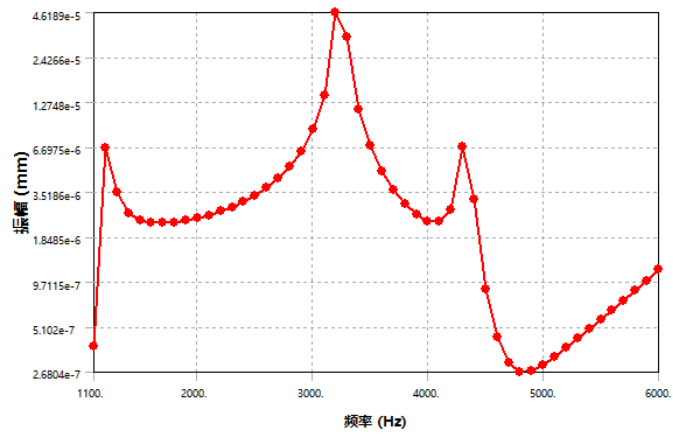


Figure 16. X-direction frequency response curve
图 16. X 方向频率响应曲线

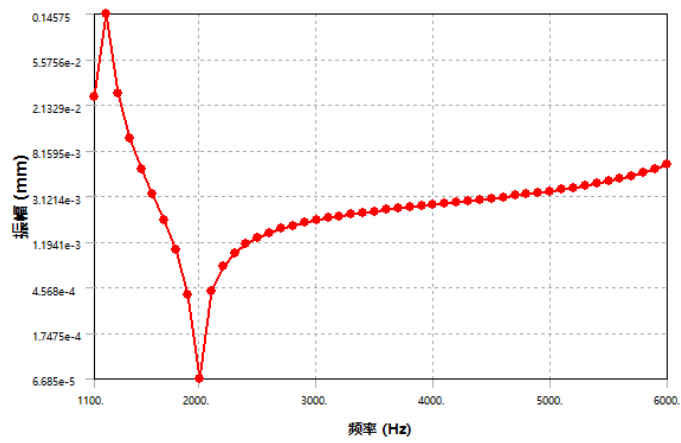


Figure 17. Y-direction frequency response curve
图 17. Y 方向频率响应曲线

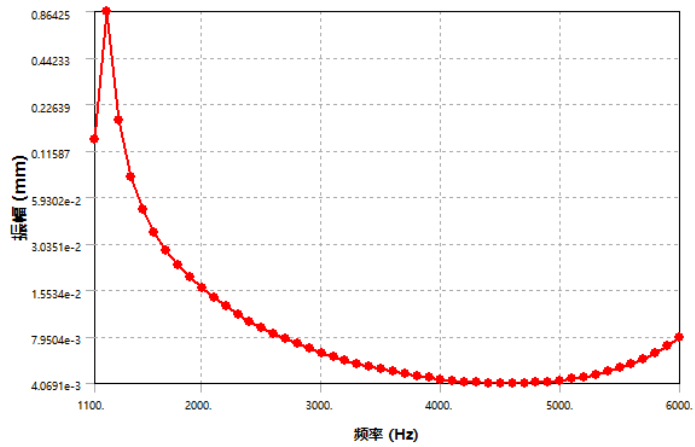


Figure 18. Z-direction frequency response curve
图 18. Z 方向频率响应曲线

6000~13,000 Hz 如图 19~21 所示, 分别为 XYZ 三个方向上的频率响应曲线。

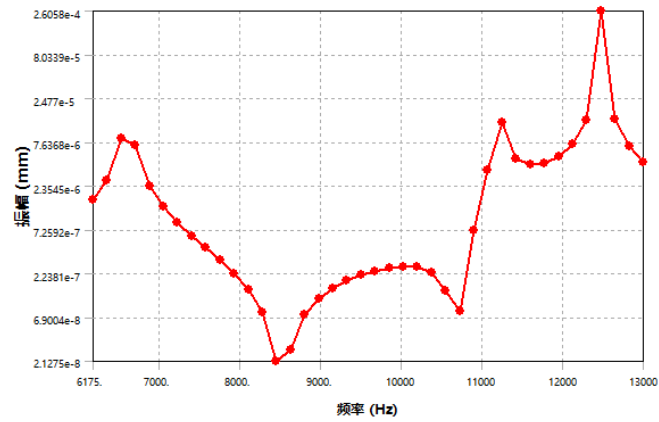


Figure 19. X-direction frequency response curve
图 19. X 方向频率响应曲线

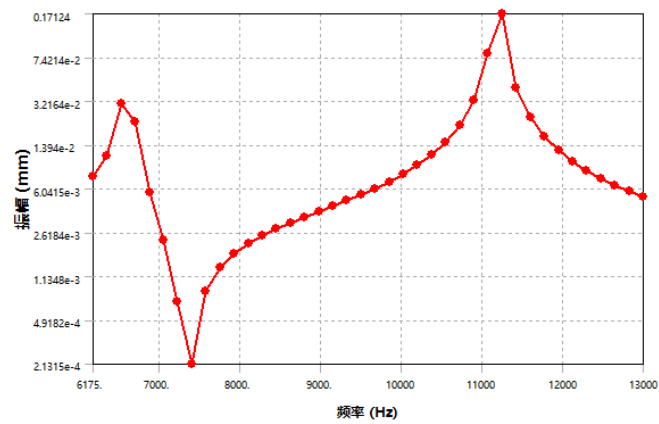


Figure 20. Y-direction frequency response curve
图 20. Y 方向频率响应曲线

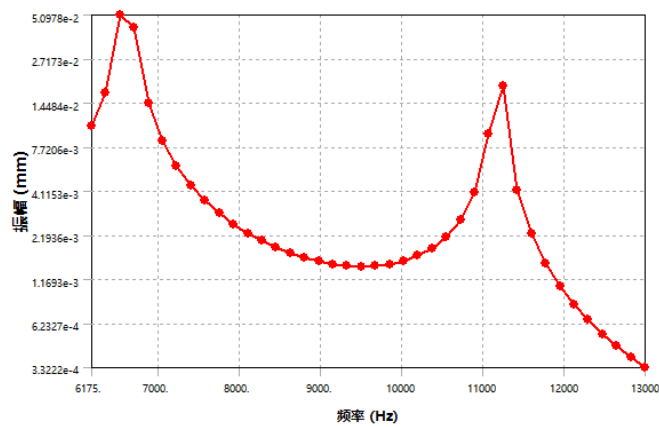


Figure 21. Z-direction frequency response curve
图 21. Z 方向频率响应曲线

根据我们得到的上图，我们可以清晰的看到当频率为 1500 HZ 时形变和应力最大。

5. 结论

本文通过三维建模和仿真，运用 ANSYS Workbench 软件计算分析了轴承座的应力、位移以及固有频率，结果显示该轴承应力在标准范围内，符合规定要求；该轴承座在加工过程中，前六阶固有频率在 1000~13,000 Hz 以内，在 1500 HZ 的时候共振最严重，造成的形变和应力最大，在使用的时候一定要注意尽量避开共振的频率。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 杨军, 杨世文, 王京涛, 等. 基于 ANSYS 的轴承座的模态分析[J]. 机械工程与自动化, 2011(4): 56-57, 60.
- [3] 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.
- [4] 徐芝纶. 弹性力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2016.
- [5] 王国富, 陈元华. 柴油机铸造机体主轴承座结构强度分析及优化[J]. 制造业自动化, 2015(12): 123-125.
- [6] 齐晓慧, 纪雷, 赵宝新, 等. 某 V 型发动机主轴承座结构分析及优化[J]. 内燃机与动力装置, 2023, 40(1): 41-45.
- [7] 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.
- [8] 詹军, 徐向荣, 尹忠杰. 轴承座装配体的有限元分析[J]. 机械研究与应用, 2016, 29(5): 9-11, 14.