

基于ANSYS Workbench的输出轴轴承座有限元分析

苏勇达

上海烟草机械有限责任公司, 上海

收稿日期: 2024年12月8日; 录用日期: 2025年1月1日; 发布日期: 2025年1月9日

摘要

轴承座是机械设备中的极重要结构零件,起支撑轴承和旋转轴的作用,通过其多种功能确保设备的高效、稳定运行,其质量属性直接影响设备运行的性能和稳定性。本文利用Creo Parametric软件建立轴承座的三维模型,并使用ANSYS Workbench对该轴承座进行静态结构分析、模态分析和谐响应分析,评估该轴承座的力学性能和可靠性,为进一步的结构优化提供依据。

关键词

输出轴轴承座, 静态结构分析, 模态分析, 谐响应分析

Finite Element Analysis of Output Shaft Bearing Housing Based on ANSYS Workbench

Yongda Su

Shanghai Tobacco Machinery Co., Ltd., Shanghai

Received: Dec. 8th, 2024; accepted: Jan. 1st, 2025; published: Jan. 9th, 2025

Abstract

The bearing housing is a critically important structural component in mechanical equipment, serving to support bearings and rotating shafts while ensuring the efficient and stable operation of the equipment through its various functions. The quality attributes of the bearing housing directly impact the performance and stability of the equipment's operation. This article utilizes Creo Parametric software to establish a three-dimensional model of the bearing housing and employs ANSYS Workbench to perform static structural analysis, modal analysis, and harmonic response analysis on the bearing housing. These analyses evaluate the mechanical properties and reliability of the

bearing housing, providing a basis for further structural optimization.

Keywords

Output Shaft Bearing Housing, Static Structural Analysis, Modal Analysis, Harmonic Response Analysis

Copyright © 2025 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

在现代自动化设备中, 轴承座起至关重要的作用, 是极重要的结构零件, 其质量属性直接影响设备运行的性能和稳定性[1]。它不仅支撑着轴承和旋转轴, 还通过其多种功能确保设备的高效、稳定运行。轴承座的主要功能是支撑轴承, 使其能够承载机械的轴向和径向载荷, 以及支撑旋转轴。轴承座还能通过其强度和刚性吸收和分散振动和冲击, 减少对轴承的影响, 保护其不受损坏[2]。这对于维持机械设备的正常运行和延长其使用寿命至关重要。在实际应用中, 轴承座经常承受突变载荷或冲击载荷, 可能会出现应力集中的情况, 这会严重影响轴承座的使用寿命, 甚至导致设备故障。

因此, 对轴承座进行有限元分析显得尤为重要。通过对轴承座进行有限元分析, 实际工况下的应力分布、变形情况以及可能的应力集中位置, 这有助于优化轴承座的设计, 提高其承载能力和使用寿命, 同时减少潜在的风险[3] [4]。本文利用 Creo Parametric 软件建立某输出轴轴承座的三维模型, 并用 Creo 机构分析模块进行动态分析得到其受力情况, 再利用 ANSYS Workbench 软件对轴承座模型进行静态结构分析、模态分析、谐响应分析, 以此评估该轴承座的力学性能和可靠性, 为进一步的结构优化提供依据[5] [6]。

2. 有限元模型建立

2.1. 三维模型建立

本文的研究对象为一种输出轴轴承座, 如图 1 所示, 在 Creo Parametric 中进行其三维模型的建立。图 2 所示为该轴承座的实际工况, 通过两个圆柱滚针轴承与输出轴进行装配。

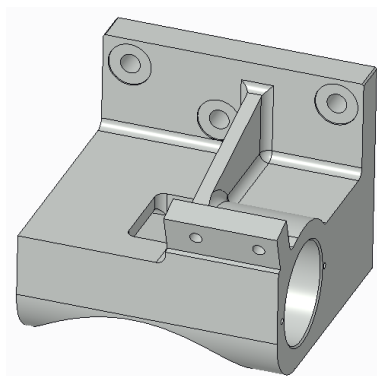


Figure 1. Model of the output shaft bearing housing

图 1. 输出轴轴承座模型

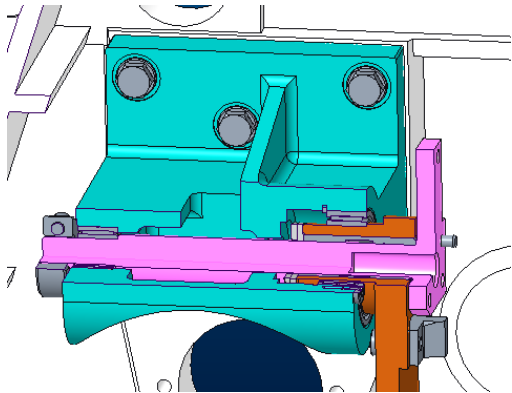


Figure 2. Actual operating conditions of the output shaft bearing housing
图 2. 输出轴轴承座实际工况

2.2. 材料选择及网格划分

在设计时，考虑轴承座工况，选择 HT250 作为材料，其材料属性如表 1 所示。HT250 的最小抗拉强度为 250 MPa，在承受高强度负载时较可靠。HT250 具有良好的那模型，适合用于长期承受耐磨的零件，且其减震性良好，可以减少机械运行时的振动和噪音，提高设备的运行稳定性。

Table 1. Material properties of HT250
表 1. HT250 材料属性

材料	弹性模量 E/GPa	密度 ρ /g/cm ³	泊松比	抗拉强度 Rm/MPa
HT250	138	7.28	0.156	250

将轴承座模型导入 ANSYS Workbench，并根据材料选择设置，选择 HT250。利用 ANSYS Mechanical 的网格划分功能，对轴承座进行网格划分，生成 40,330 个节点和 22,975 个单元，以确保模型计算的准确性，得到网格划分图，如图 3 所示。

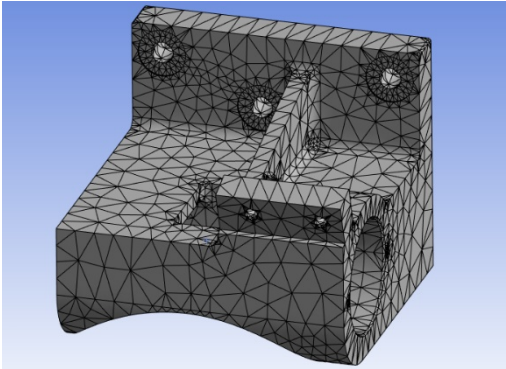


Figure 3. Meshing of bearing housing
图 3. 轴承座网格划分

3. 轴承座静力结构分析

3.1. 线性静力结构分析基础

对于一个线性静力结构分析，位移 $\{x\}$ 由下面的矩阵方程解出：

$$[K]\{x\} = \{F\} \quad (1)$$

假设： $[K]$ 是一个常量矩阵，假设是线弹性材料行为，使用小变形理论，可能包含一些非线性边界条件； $\{F\}$ 是静态加在模型上的不考虑随时间变化的力，不包含惯性影响(质量、阻尼)。

在进行轴承座静力结构分析时，机构运动速度为0。

3.2. 轴承座的载荷和约束施加

在 Creo Parametric 中，对轴承座的工况进行机构动态分析，得出轴承座在图 2 所示的工况下的最大受力情况，其分析结果：轴承座固定在安装箱体上，通过四个螺钉进行紧固连接；且轴承座在工作过程中会受到输出轴传递的径向力， $F_{\max} = 1237.1 \text{ N}$ 。根据分析结果，对轴承座施加载荷和约束，如图 4 所示。通过这些载荷和边界条件的设定，能对轴承座在实际工况下的受力情况进行仿真。

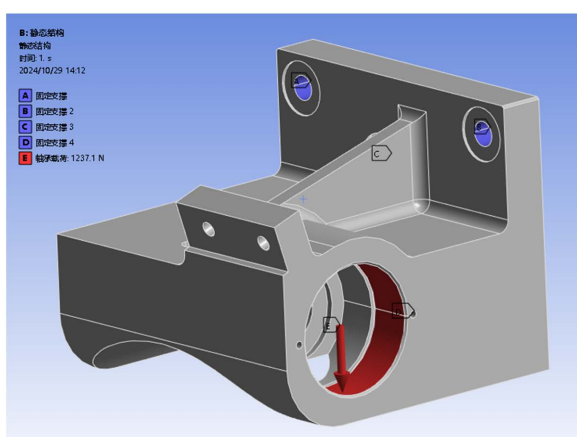


Figure 4. Applied loads and constraints on the bearing housing
图 4. 轴承座施加载荷和约束情况

3.3. 轴承座静力结构分析结果

在此次轴承座静力结构分析中，主要对轴承座的总变形和等效应力分析进行求解，对轴承座的总变形量云图和等效应力云图进行分析，如图 5、图 6 所示。

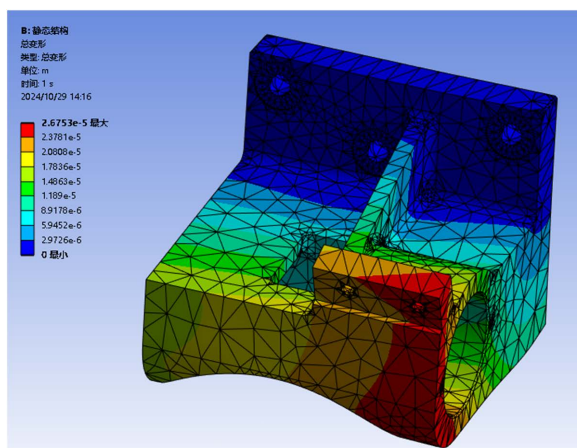


Figure 5. Cloud map of total deformation of bearing housing
图 5. 轴承座总变形量云图

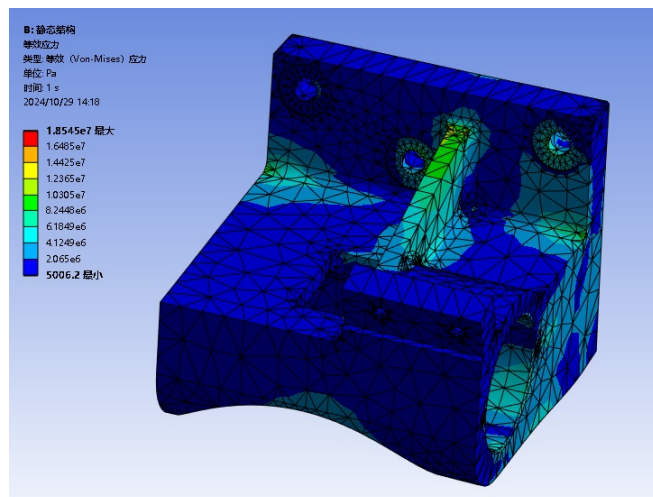


Figure 6. Equivalent stress contour diagram of the bearing housing
图 6. 轴承座等效应力云图

如图 5 所示, 轴承座总的最大变形量为 2.675×10^{-5} m, 位于轴承安装孔处, 其余部分受力情况良好, 变形较小。如图 6 所示可知, 轴承座最大应力为 18.54 MPa, 远小于 HT250 的抗拉强度, 连接板及下方螺钉安装孔处。其余部分应力分布较为均匀。通过分析结果表明, 该轴承座的结构性能良好, 且可靠。

4. 轴承座模态分析

模态分析是一种用于研究结构动态特性的方法, 主要通过求解结构的固有频率和模态形态来理解其振动特性, 并为结构设计、健康监测和故障诊断提供了科学依据[7]。模态是机械结构的固有振动特征, 每一个模态具有特定的固有频率、阻尼比和模态振型。轴承座用于安装轴承, 应当避免轴承座自然频率与输出轴激励频率相接近, 避免共振。因此有必要利用 ANSYS Workbench 对轴承座进行模态分析, 取模态分析阶数为 6 阶, 获取前六阶的固有频率和振型, 确认该轴承座在实际工况中的振动特性, 如图 7~12 所示。

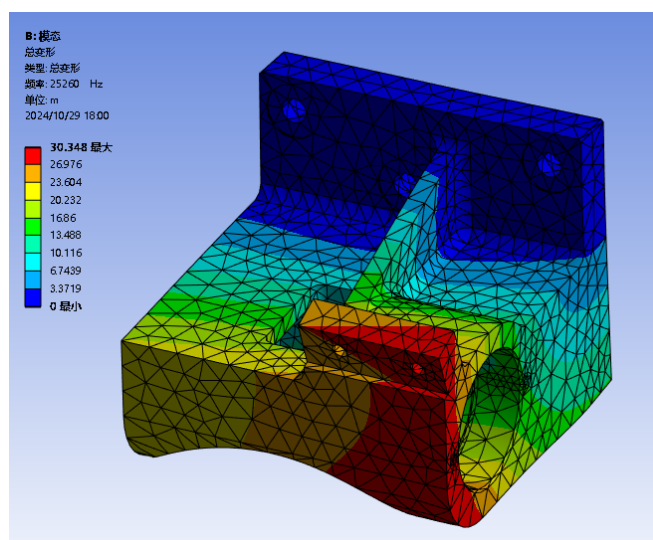


Figure 7. First order modal diagram of bearing housing
图 7. 轴承座一阶模态图

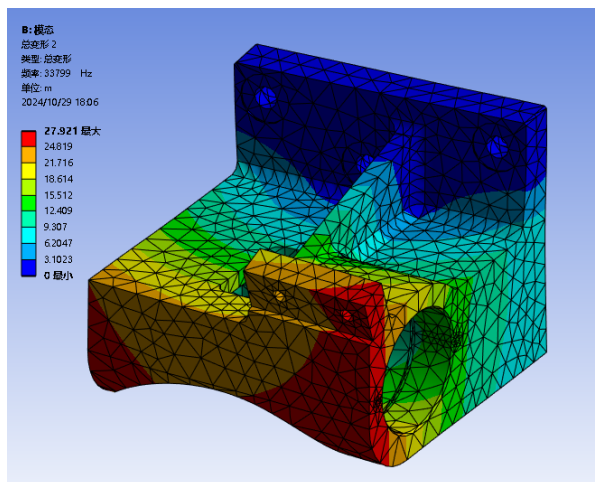


Figure 8. Second order modal diagram of bearing housing
图 8. 轴承座二阶模态图

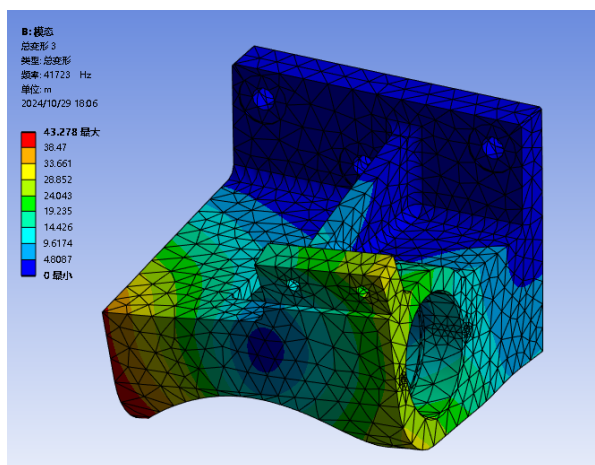


Figure 9. Third order modal diagram of bearing housing
图 9. 轴承座三阶模态图

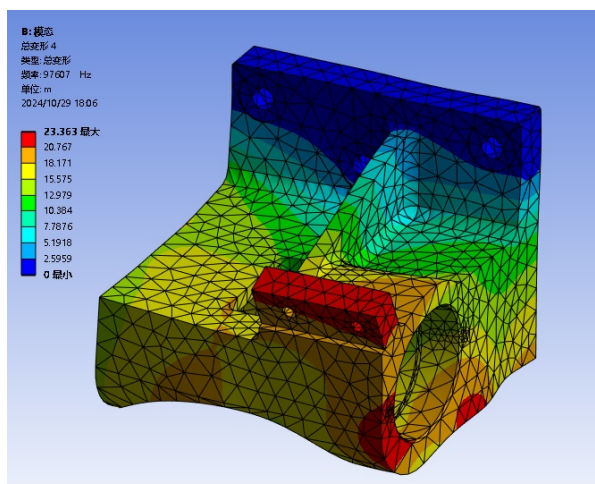


Figure 10. Fourth order modal diagram of bearing housing
图 10. 轴承座四阶模态图

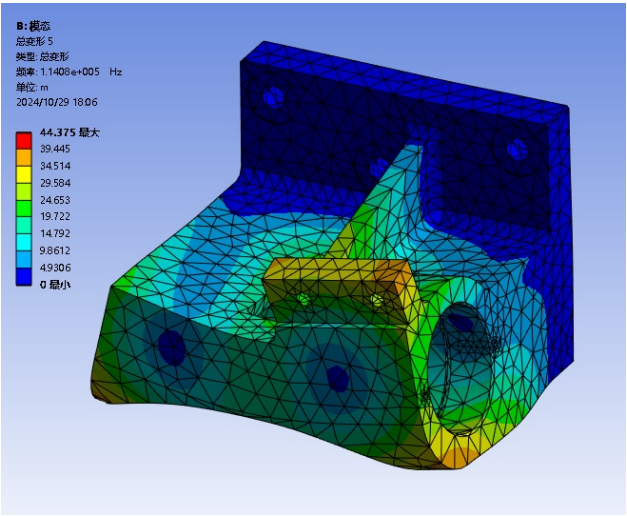


Figure 11. Fifth order modal diagram of bearing housing
图 11. 轴承座五阶模态图

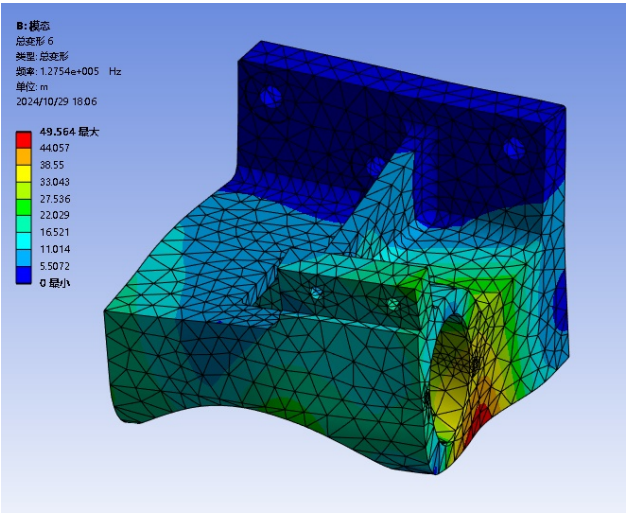


Figure 12. Sixth order modal diagram of bearing housing
图 12. 轴承座六阶模态图

结果显示，轴承座的前六阶固有频率较高，分别为：第一阶 25,260 Hz，第二阶 33,799 Hz，第三阶 41,723 Hz，第四阶 97,607 Hz，第五阶 1.14×10^5 Hz，第六阶 1.28×10^5 Hz。高固有频率意味着结构对振动的响应较慢，且高固有频率的结构不易于共振，说明该结构较为稳定。

5. 轴承座谐响应分析

谐响应分析是计算出结构在几种频率下的响应并得到一些响应值对频率的曲线，可以预测结构的持续动力学特性，以此验证其设计能否成功地克服共振、疲劳及其他受迫振动引起的损害[8]。因此，为了评估该轴承座承受不同频率下的周期载荷时的动态响应，利用 ANSYS Workbench 对该结构进行谐响应分析，从而评价该结构的振动特性和结构耐久性。频率范围设定为 10000~129,000 Hz，以涵盖前六阶固有频率，保证对所有共振可能性进行评估。求解谐响应分析结果得到如图 13 所示的轴承座谐响应最大总变形图和如图 14 所示的轴承座在 X、Y、Z 方向上的频率响应曲线。固有频率的范围反映了结构的刚度

和质量分布情况,在频率 24,875 Hz 附近存在严重的共振情况,会造成结构的严重变形,因此在设计和加工过程中着重注意。

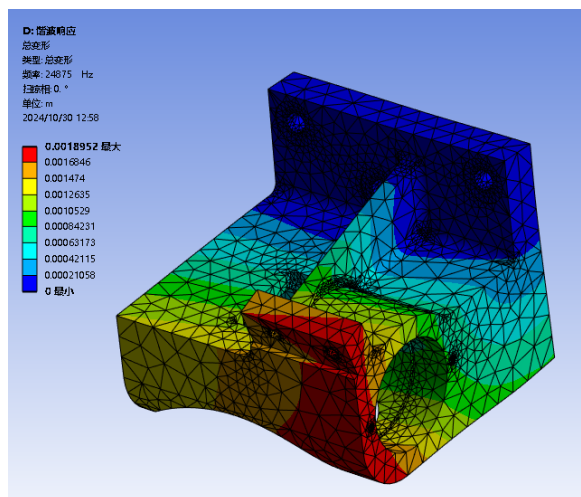
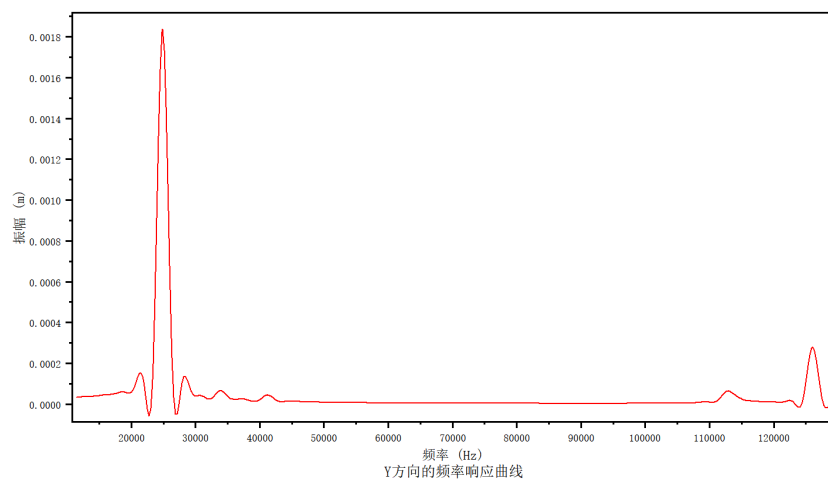
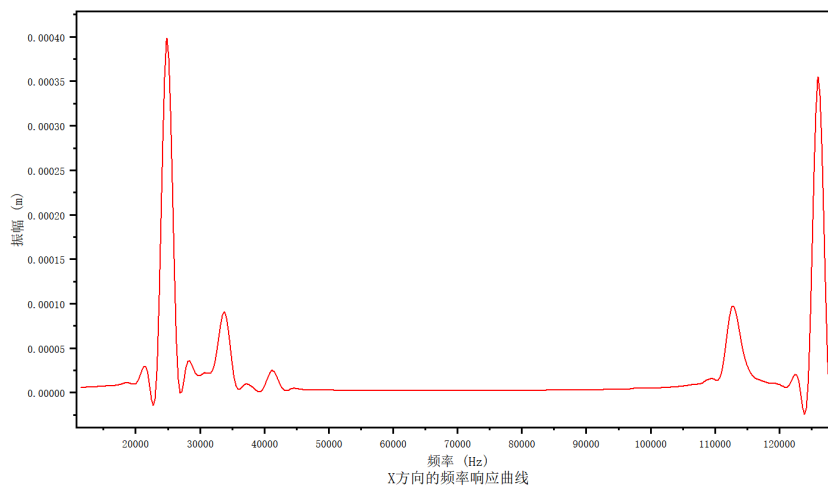


Figure 13. Maximum total deformation of the harmonic response of bearing housing
图 13. 轴承座谐波响应最大总变形图



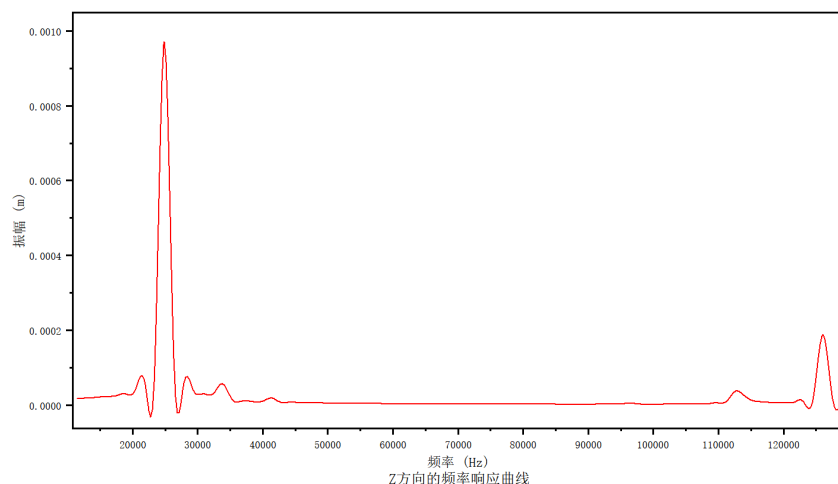


Figure 14. Frequency response curves of the bearing housing in X, Y, and Z directions
图 14. 轴承座在 X、Y、Z 方向上的频率响应曲线

6. 结论

本文基于 Creo Parametric 和 ANSYS Workbench 软件, 对输出轴轴承座进行三维建模和有限元仿真分析。根据仿真分析结果可知, 该轴承座的受力变形情况良好, 且应力远小于抗拉强度, 表明其结构性能良好, 且可靠。轴承座的前六阶固有频率较高, 频率范围在 $25,260 \sim 1.28 \times 10^5$ Hz 之间, 表明该结构对振动的响应较慢, 不易于共振, 说明该结构较为稳定。通过谐响应分析可知, 在频率为 24,875 Hz 附近存在严重的共振情况, 会造成结构的严重变形, 因此在设计和加工过程中着重注意, 进行结构优化和规避。

综上所述成果, 可得该轴承座结构力学性能良好, 稳定可靠, 在实际使用过程中该轴承座能保证设备运行稳定。本文基于有限元分析验证轴承座的力学性能和可靠性, 并为该结构的优化提供了数据依据。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 杨天玲, 王想连, 姜土根. 基于 ANSYS Workbench 的轴承座分析计算[J]. 能源与环境, 2013(2): 110.
- [4] 张洪才, 何波. 有限元分析[M]. 北京: 机械工业出版社, 2011.
- [5] 陈艳霞. ANSYS Workbench 18.0 有限元分析从入门到精通(升级版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2018.
- [6] 马忠波. 煤矿液压支架静力学分析及优化研究[J]. 机械管理开发, 2024, 39(3): 174-175, 178.
- [7] 王维. 基于 ANSYS Workbench 翻转螺柱焊夹具静动力学分析[J]. 汽车零部件, 2022(6): 51-54.
- [8] 王东升, 陈新记, 申东亮. 基于 ANSYS Workbench 的齿轮箱箱体模态及振动响应分析[J]. 煤矿机械, 2020, 41(7): 69-72.