

基于ANSYAS的深沟球轴承有限元分析

李庆

上海理工大学机械工程学院, 上海

收稿日期: 2024年1月22日; 录用日期: 2024年3月13日; 发布日期: 2024年3月20日

摘要

本文选用深沟球轴承为研究对象, 在UG软件中建立深沟球轴承的三维实体模型, 并将建立的模型导出为stp格式, 再导入ANSYS软件中, 进行瞬态强度分析。仿真结果表明: 深沟球轴承的变形、等效应力、等效应力强度主要分布在滚珠与保持架接触的位置; 深沟球轴承内外圈所受的应力值很小; 深沟球轴承的内外圈, 保持架以及滚珠对应的变形量均有所不同。该研究为深沟球轴承的结构设计提供一种新的参考。

关键词

ANSYS, 深沟球轴承, 有限元分析

Finite Element Analysis of Deep Groove Ball Bearings Based on ANSYAS

Qing Li

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

Received: Jan. 22nd, 2024; accepted: Mar. 13th, 2024; published: Mar. 20th, 2024

Abstract

This article selects deep groove ball bearings as the research object. A three-dimensional solid model of the deep groove ball bearing is established in UG software, and the established model is exported to stp format and then imported into ANSYS software for transient strength analysis. The simulation results show that the deformation, equivalent stress, and equivalent stress intensity of the deep groove ball bearing are mainly distributed at the contact position between the ball and the cage. The stress values on the inner and outer rings of the deep groove ball bearing are very small. The deformation of the inner and outer rings of the deep groove ball bearing, the cage, and the balls are all different. This study provides a new reference for the structural design of deep groove ball bearings.

文章引用: 李庆. 基于ANSYAS的深沟球轴承有限元分析[J]. 建模与仿真, 2024, 13(2): 1346-1352.

DOI: 10.12677/mos.2024.132126

Keywords

ANSYS, Deep Groove Ball Bearings, 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

深沟球轴承是最常用的滚动轴承类型，适用于高速和超高速工作环境。它具有耐久性强、无需频繁维护等优点。深沟球轴承摩擦小、最高转速高、结构简单、制造成本低，易于实现高制造精度。尺寸范围广泛，结构类型多样，广泛应用于精密仪器、低噪音电机、各类汽车、摩托车和其他常见机械领域[1] [2] [3]。因此，它是机械工业中最常选择的轴承类型之一。林腾蛟[4]等综合考虑轴承径向载荷及转速的影响，应用 ANSYS/LS-DYNA 软件建立了深沟球轴承多体动力接触有限元模型；裴兴林[5]等通过讨论轴承接触问题的性质，分析了深沟球轴承接触应力的计算方法，利用 APDL 参数化语言建立深沟球轴承有限元模型，通过接触边界条件的处理，得到深沟球轴承内、外圈及滚动体的接触应力；刘合涛[6]等在 ABAQUS 软件中，建立虚拟样机模型，进行动力学仿真分析，通过仿真可以更加清晰地得到深沟球滚子在运转过程中应力的分布状态以及内外滚子和保持架之间的受力大小。以上对深沟球轴承进行了深入的分析，但采用的都是深沟球简化模型，并未加入保持架进行分析。

2. 有限元模型的建立

2.1. 建立三维模型

在对深沟球轴承进行刚度分析时，首先要建立深沟球轴承的三维模型。本文选用的深沟球轴承基本参数如表 1 所示。

Table 1. Specific parameters of deep groove ball bearings

表 1. 深沟球轴承具体参数

外径(mm)	120
内径(mm)	110
宽度(mm)	50
内外径圆角(mm)	3
保持架圆角(mm)	2
滚动体直径(mm)	40
滚动体个数(个)	10
保持架中心圆直径(mm)	174.4

本文采用 UG 进行三维建模。UG 具有强大的实体造型、曲面造型、虚拟装配和产生工程图等设计功能，在建模方面，采用复合建模技术，可将实体建模、曲面建模、线框建模、显示几何建模与参数化建

模融为一体能够创建各种复杂零件的模型。为了提高有限元分析的计算效率，本文对深沟球轴承模型作了一定简化处理。三维模型见图 1。

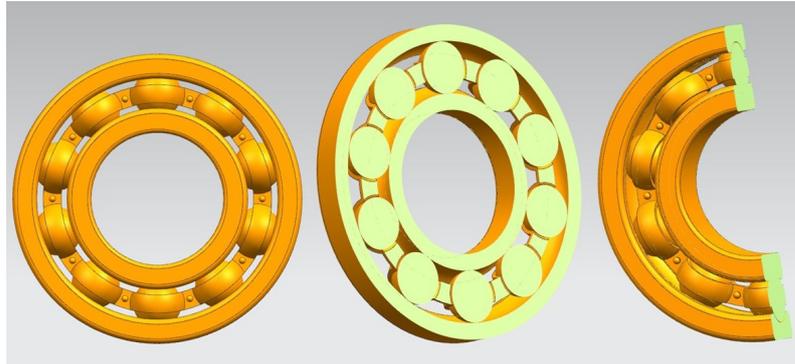


Figure 1. Model diagram of deep groove ball bearings
图 1. 深沟球轴承模型图

2.2. 设置材料属性及网格划分

在 ANSYS 中设置材料属性，本文选用的深沟球轴承材料为 45 号钢，其对应的材料属性如表 2 所示。

Table 2. The material properties of deep groove ball bearings
表 2. 深沟球轴承材料属性

零部件	材料	密度(kg/m ³)	弹性模量(Mpa)	泊松比
深沟球轴承	45	7850	2.10×10^5	0.3

在进行 ANSYS 网格划分时，可以采用多区域网格划分方法来处理内外圈和滚珠。为了保持架和固定保持架的装置，可以选择四面体网格划分方法。考虑到网格划分密度，我们希望单元尺寸的纵横比保持在 5 以内。因此，需要对一些网格进行尺寸调整。首先，我们对滚珠和保持架进行尺寸调整，然后对与滚珠接触的内外圈平面进行尺寸调整。下面是深沟球轴承的有限元模型图，如图 2 所示。在进行深沟球轴承的网格划分后，得到的模型图如图 3 所示。

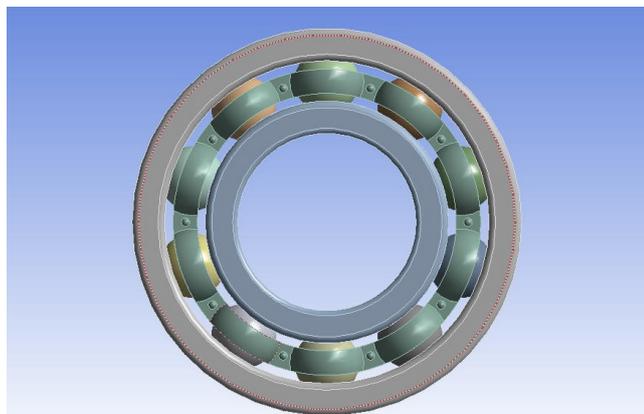


Figure 2. Finite element model diagram of deep groove ball bearing
图 2. 深沟球轴承有限元模型图

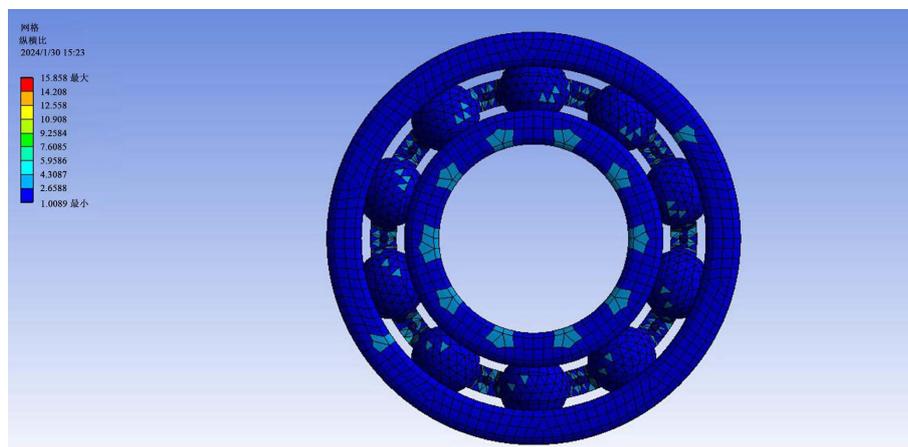


Figure 3. Mesh model of a deep groove ball bearing
图 3. 深沟球轴承网格模型图

3. 深沟球轴承强度分析

强度分析是一种评估系统或物体稳定性和能力的方法，通过计算和比较应力和应变的值来判断系统是否能够承受负载。强度分析的意义在于评估安全性、优化设计、预测负载、进行故障分析和资源管理。它在工程领域中起着关键作用，确保系统的安全性和可靠性，提高性能和效率。

深沟球轴承进行强度有限元分析可以评估其在负载下的强度和可靠性，以确保其能够承受预期的工作条件。通过有限元分析，可以模拟轴承受力情况，计算应力和应变的分布，进而确定轴承的强度和可靠性。这有助于优化轴承的设计，确保其在高负载、高速、长寿命等工作条件下的良好性能。此外，强度有限元分析还可以指导轴承材料的选择和加工工艺，提高轴承的使用寿命和可靠性，减少故障和损坏的风险，从而降低维修和更换成本，提高设备的运行效率和可靠性。因此，深沟球轴承进行强度有限元分析对于确保轴承在工程领域的可靠运行具有重要意义。

3.1. 深沟球轴承边界条件设定

对深沟球轴承有限元分析边界条件进行设定可以模拟真实工况，约束自由度，提高仿真结果的准确性，优化设计和改进性能，以及进行故障分析和预测。通过合理设定边界条件，可以准确模拟轴承在实际工作条件下的受力情况，限制其运动范围，提高计算效率和结果准确性。边界条件设定还可以帮助优化轴承设计，改善其寿命、承载能力和摩擦性能，并预测故障模式，制定相应的维护计划。

本篇论文采用的深沟球轴承模型有 10 个滚珠，故存在 40 个接触对。每个滚珠分别与内圈、外圈接触，同时与保持架的两侧接触。模型接触设定过程如下：首先，在滚珠轴承的设计中，我们将软件自动设定的接触删除并且先设定滚珠与保持架之间的接触；接下来，我们会将滚珠与保持架之间的接触类型设置为摩擦接触，并将其摩擦系数设定为 0.1。同样地，我们还会设置滚珠与轴承内外壁之间的接触类型为摩擦接触，并将其摩擦系数设定为 0.1。在接下来的工况设定中，我们将会依靠连接副来确定边界条件。首先，我们会设定内圈的回转接触，然后设定外圈与地面的固定连接接触。为了避免由于模型导入问题而产生的接触间隙问题，我们可以在接触设定中增加 0.02 的偏移量。具体的边界条件设定请参考附图 4。

一旦完成接触设定，深沟球轴承需要受到加载荷的作用。具体的载荷施加情况如下所述：对于轴承的内圈内表面，我们会施加一个 750 N 的径向载荷，该载荷沿着 Y 轴的负方向。同时，对于轴承的内圈侧表面，我们会施加一个 750 N 的轴向载荷，该载荷沿着 Z 轴的方向。为了模拟离心力对轴承受力的影响，我们会对内圈施加 500 转每分钟的角速度。经过施加约束后的模型如图 5 所示。

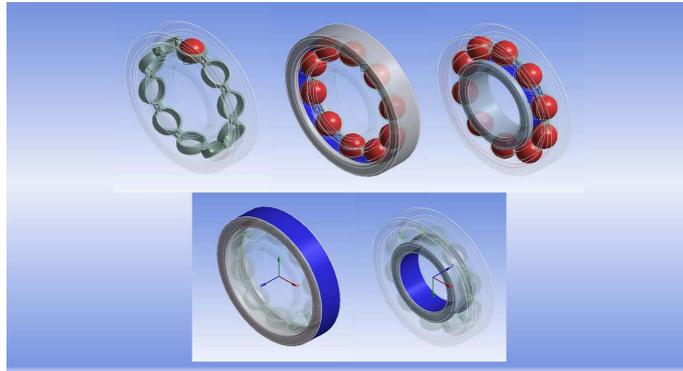


Figure 4. Model diagram of deep groove ball bearing contact setting
图 4. 深沟球轴承接触设定模型图

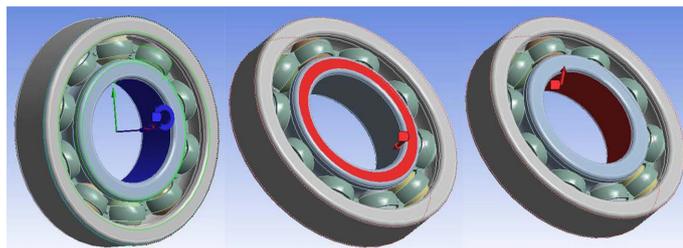


Figure 5. Model diagram of deep groove ball bearing after applying constraints
图 5. 深沟球轴承施加约束后模型图

3.2. 深沟球轴承仿真结果与分析

本文取前 0.1 s 进行仿真模拟，从仿真运动结果来看，滚动体和保持架按照同样的方向进行旋转，符合轴承的基本运动规律，证明该模型虚拟仿真的正确性。通过对比白桂彩[7]等对深沟球轴承的接触特性分析中轴承接触应力分布情况，可以初步认定本次轴承仿真结果的正确性。

通过 ANSYS/Workbench 后处理，可得到深沟球轴承整体变形情况分布、接触应力分布、接触应力强度分布。由图 6 可知，滚珠在与外圈内壁接触的部分变形最严重，其次是与保持架接触的部分，最小的变形是与内圈外壁接触的部分；保持架的变形仅次于滚珠于外圈内壁接触的部分；内外圈的变形量相对来说很小。由图 7 和图 8 可知，等效应力和等效应力强度集中在滚珠旋转方向上与保持架接触的两侧，且都集中在保持架上，滚珠和内外圈上的应力及应力强度值很小。考虑到施加的载荷量较小，仿真分析出的结果基本符合预期。

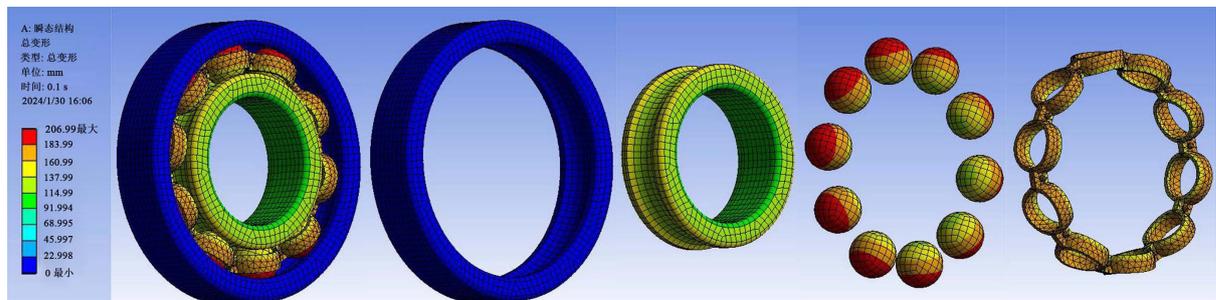


Figure 6. Deep groove ball bearing deformation model diagram
图 6. 深沟球轴承变形模型图

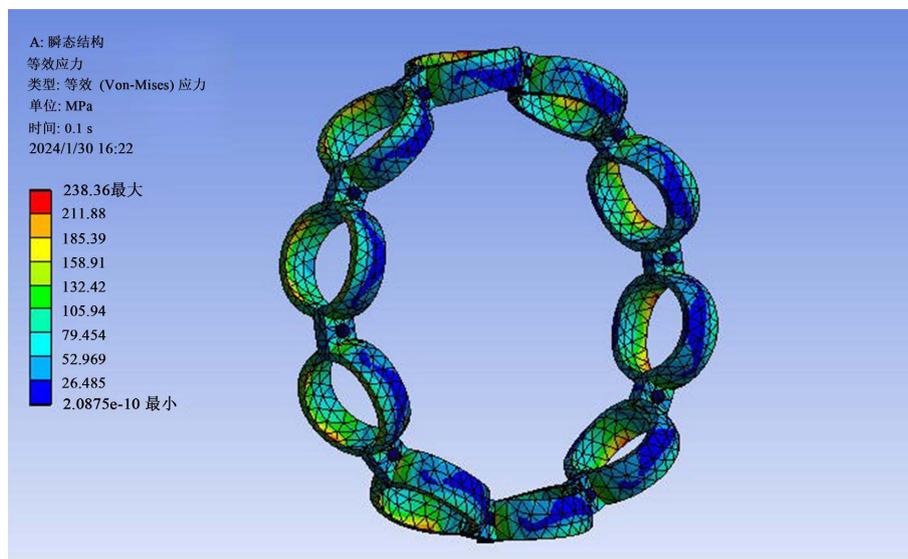


Figure 7. Stress distribution in deep groove ball bearing

图 7. 深沟球轴承应力分布

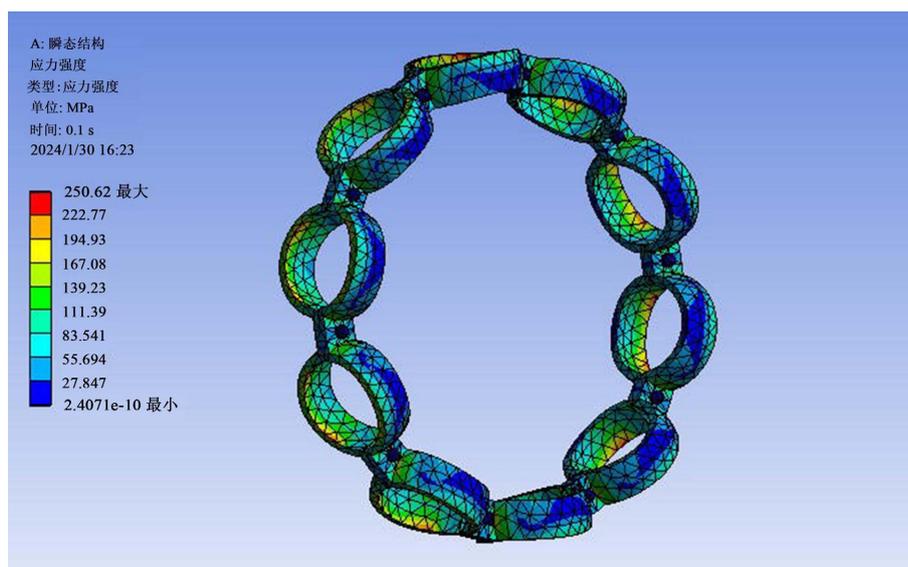


Figure 8. Stress intensity distribution of deep groove ball bearings

图 8. 深沟球轴承应力强度分布

4. 结论

为了对深沟球轴承的性质进行更加深入的了解, 本文创建了深沟球轴承的 3D 模型, 运用有限元仿真分析的方式对深沟球轴承在运动过程中的变形及强度进行仿真分析, 获得了深沟球轴承在承受载荷时的变形分布情况以及强度分布规律, 为以后深沟球轴承承载能力提升以及深沟球轴承形状设计方面提供了一定的参考价值。

参考文献

- [1] 罗继伟. 滚动轴承受力分析及其进展[J]. 轴承, 2001(9): 28-31.

<https://doi.org/10.19533/j.issn1000-3762.2001.09.012>

- [2] 欧阳华兵, 林峰, 汪建平. 基于 SolidWorks 软件的滚动轴承 CAD 及三维图形建模[J]. 轻工机械, 2007(6): 45-47.
- [3] 甘伟, 林辉. 基于 ABAQUS 的深沟球轴承接触应力有限元分析[J]. 科技通报, 2016, 32(8): 111-114.
<https://doi.org/10.13774/j.cnki.kjtb.2016.08.026>
- [4] 林腾蛟, 荣崎, 李润方, 等. 深沟球轴承运转过程动态特性有限元分析[J]. 振动与冲击, 2009, 28(1): 118-122+200. <https://doi.org/10.13465/j.cnki.jvs.2009.01.018>
- [5] 裴兴林, 刘书岩. 基于 ANSYS 的深沟球轴承接触应力有限元分析[J]. 新技术新工艺, 2010(8): 5-7.
- [6] 刘合涛, 黄从阳, 李旭锋. 深沟球轴承的动力学分析[J]. 农业装备与车辆工程, 2020, 58(9): 135-137.
- [7] 白桂彩, 申屠留芳. 深沟球轴承动态接触特性有限元仿真分析[J]. 机械传动, 2015, 39(2): 137-141+157.
<https://doi.org/10.16578/j.issn.1004.2539.2015.02.031>