

过盈配合公差优化的有限元分析

张强 廖盼 郑华山

(北京航天光华电子技术有限公司, 北京 100854)



摘要: 采用有限元分析软件ANSYS, 以我厂某型号卫星天线的轴承套为实例, 对其在过盈装配条件下, 进行了力学分析, 并研究了影响轴承套内径收缩量的各个因素, 最后提出优化轴承套内径公差的方法, 对提高我厂机械设计和装配工艺性效率具有实质性的指导意义。

关键词: 过盈配合; 公差优化; 有限元; 接触分析

Finite Element Analysis of Interference Fit Tolerance Optimization

Zhang Qiang Liao Pan Zheng Huashan

(Beijing Aerospace Guanghua Electronic Technologies Co. Ltd., Beijing 100854)

Abstract: Finite element analysis software ANSYS is used to analyze a bearing sleeve of satellite antenna in interference assembly condition, and then the factors affecting the inner diameter of the bearing sleeve shrink are studied. In the end, the method of optimizing the inner diameter tolerance of the bearing sleeve is presented, which can enhance the efficiency of mechanical design and assembly process dramatically.

Key words: interference fit; tolerance optimization; finite element; contact analysis

1 引言

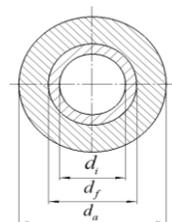
过盈配合作为机械工业中常见的零部件组装方式, 多应用于孔轴类、齿轮轴类、轴套类等紧密装配件中。我厂自主研发的某型号卫星天线中用于方位调整的高速轴和低速轴, 为减小结构的体积, 减轻结构的重量和加工制造成本, 同时减小转动配合的摩擦力, 转轴与机座之间的接触采用滑动配合, 利用黄铜制作的轴承套(轴瓦)作为转动配合的滑动关键件。在设计研发阶段, 根据标准选定了轴承套内外径的配合公差。在实际加工过程中, 零件配合部分内径公差处在公差带下端, 而外径公差处在公差带上端, 致使配合过盈量过大。在产品组装后, 使得轴承套内圈发生塑性变形, 轴承套与转动轴内径间隙过小甚至出现抱轴而不能转动的现象。

本文就此实际问题, 利用有限元分析软件ANSYS命令流的方式进行了详细分析, 不仅得到了正确的分析数据, 而且提供了可编辑、可移植的命令流。在以

后的结构设计和实际装配过程中, 设计人员可利用这种方法, 结合标准及实际情况进行直观的分析, 给出最优的配合公差; 也可以利用这种方法, 结合实际装配前测量结果进行分析, 为装配人员提供最准确的修配指导数据, 提高装配效率。

2 有限元分析

选取我厂自主研发的某型号卫星天线中的轴承套, 并参考GB5371—85《过盈配合的计算和选用》, 将实际模型简化成两个光滑圆环过盈联结, 如图1所示。



材料:
轴承座为铝合金,
轴承套为黄铜。
装配方式: 压入法。

图1 轴承套装配简化模型

作者简介: 张强 (1985-), 工程师, 机械电子工程专业; 研究方向: 机电类小型设备的研究、应急通讯类产品研制。

收稿日期: 2012-07-12

2.1 工程实例参数

根据某型号卫星天线轴承套组件的实际尺寸和图1的简化模型，得到模型的各个参数，如表1所示。

表1 轴承套组件的具体参数

名称	数值
轴承座外径 d_o/mm	32
轴承座弹性模量 $E_o/N\text{ mm}^{-2}$	70000
轴承座泊松比 ν_o	0.325
轴承套内径 d_i/mm	12
轴承套弹性模量 $E_i/N\text{ mm}^{-2}$	80000
轴承套泊松比 ν_i	0.36
配合直径 d/mm	18
配合长度 l/mm	10
摩擦系数 μ	0.11

2.2 分析流程

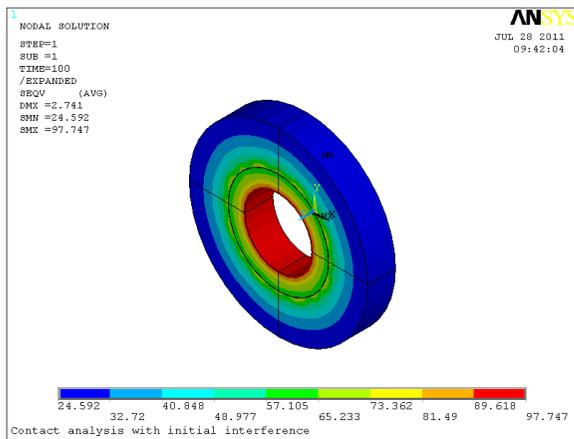


图2 轴承套组件Mises应力图

过盈配合的有限元分析属于接触分析，具体分析流程为：定义材料属性和单元类型；建立模型及网格划分；创建接触对；加载并求解。

经过以上流程计算，得到轴承套Mises应力图如图2，轴承套变形量如图3所示。

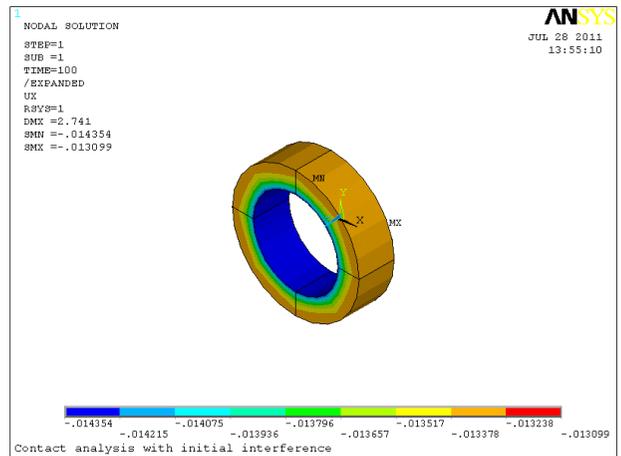


图3 轴承套尺寸收缩量图

3 结果验证

为了验证结果，以下对影响轴承套内径收缩量的各个影响因素进行计算，并与理论值进行对比。理论计算可参考GB5371—85。

3.1 过盈量因素

一般过盈配合中优选公差为：H7/p6、H7/s6、H7/u6，在本实例中，轴承座与轴承套的配合公差选定为H7/p6，本文再选定其他两种公差进行分析，并对三种公差下的应力和变形进行对比，如图4。

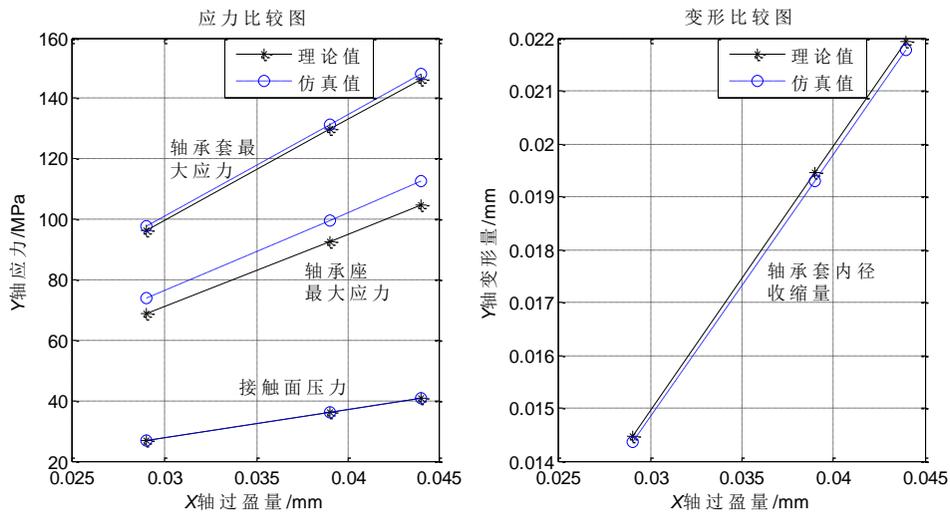


图4 不同过盈量下应力、变形对比图

从图4看出,随着过盈量的增加,轴承座和轴承套的应力都相应增加,轴承套内径的收缩量也随之增加,进一步验证了H7/p6配合为过盈定位配合,即小过盈配合,主要用于定位精度较高的场合;H7/s6为中等压入配合,适用于一般钢件的冷缩配合;H7/u6为压入配合,适用于承受大压入力的冷缩配合。

3.2 轴承套组件尺寸因素

尺寸因素主要包括轴承座外径、轴承套内径、配合直径及长度。本文就轴承套内径进行分析:分别选定轴承套内径为10mm、12mm、14mm进行计算,如图5。

从图5可看出,随着轴承套直径比的增加,接触面压力在逐步减小,而轴承座的应力和内径收缩量在逐渐增大,充分验证了理论分析。

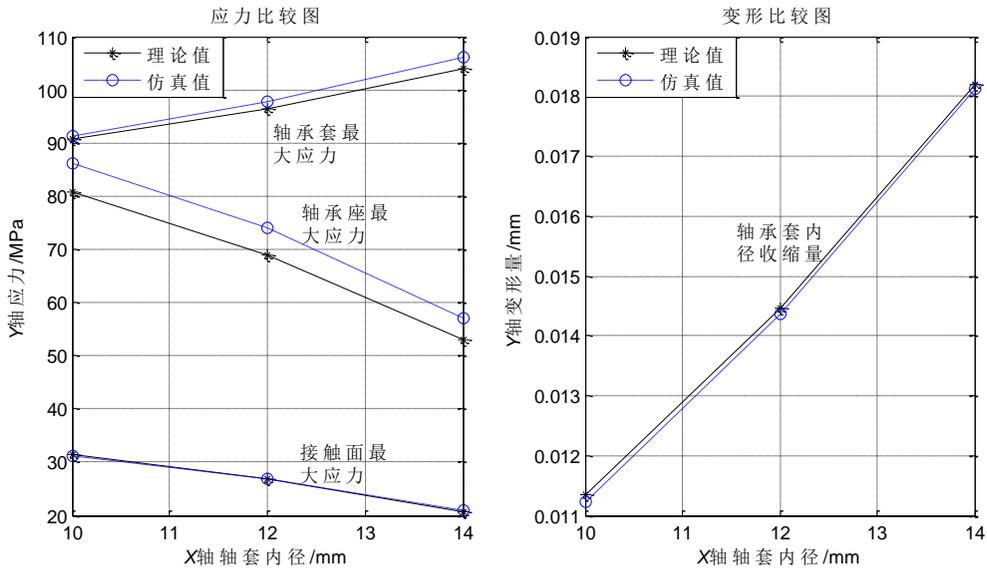


图5 不同轴承套内径尺寸下应力、变形对比图

3.3 材料因素

材料的选择对轴承座的影响不可忽视,选择合适的材料才能保证正常的使用。轴承套和轴承座的材料

分别选取铝合金-黄铜、黄铜-铝合金、黄铜-黄铜为例来分析,得到结果如图6和图7所示。

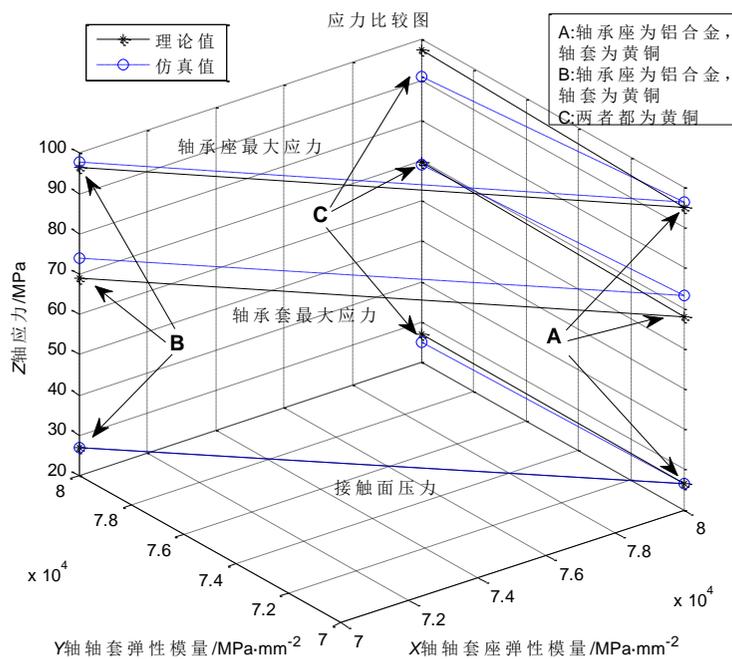


图6 不同材料选型下的应力对比图

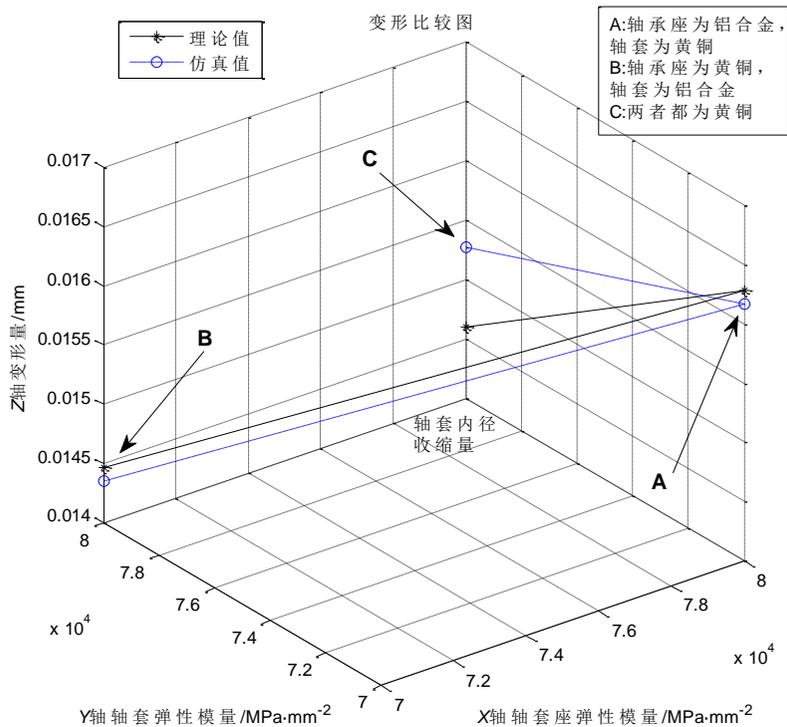


图7 不同材料选型下的变形对比图

从图6、图7看出：由于轴承座和轴套选择的材料不同，在过盈装配条件下产生的各种应力和收缩量也不同。

4 优化配合公差的方法

通过以上分析，验证了有限元仿真的正确性，得到了一个快速准确计算孔径收缩量的工具，在装配中，只需根据收缩量进行修配即可。另外，根据此工具，得到了优化配合公差的方法。具体操作方法为：通过有限元分析计算，得到轴承套内径收缩量为 ε ，要使装配后轴承套孔径尺寸为 D_{EI}^{ES} （ ES, EI 为上下偏差），设计时可将其直接优化为 $D_{EI+\varepsilon}^{ES+\varepsilon}$ ，即轴承套的实际上、下偏差为 $ES + \varepsilon, EI + \varepsilon$ 。这样经装配后，孔径收缩，刚好变为 D_{EI}^{ES} ，满足设计要求。

以上面分析过的轴承套为例进行说明：

铜制轴承套压入铝合金材质的座孔，座孔装配孔径为 $\Phi 18H7/p6$ ，铜套装配内径为 $\Phi 12H8/f7$ ，故铜套内径为 $\Phi 12_{+0}^{+0.027}$ 。利用有限元方法得出铜套压入座孔后内径收缩量为0.01435mm，故优化铜套内径尺寸为 $\Phi 12_{+0.014}^{+0.042}$ ，查询公差带可得 $\Phi 12F8$ 。按修改后的尺寸

公差加工压入装配，不仅保证了配合，而且节约了工时。

5 结束语

通过采用ANSYS有限元软件对过盈配合问题的分析，可以看到在接触问题上的分析计算突破了传统计算方法的局限，其强大的后处理能力能直观看到过盈配合的应力区域，不仅快速准确，而且可以分析由于过盈量过大而产生塑性变形下的应力应变，命令流文件也可分析该种情况。

综上所述，通过本文的研究，得到了一种便捷而准确的优化配合公差的方法，为我厂的产品设计及该类产品的机械装配起到了实质性的指导意义。

参考文献

- 1 GB 5371—85 过盈配合的计算和选用
- 2 王吉庆, 徐玉华. 过盈配合中轴承套收缩量的理论计算. 矿业快报, 2002(18): 22~24
- 3 郝兆朋, 张永军, 范依航. 基于ANSYS组合模具过盈配合有限元分析. 机械工程师, 2008, 5: 26~28