

基于 SolidThinking 的电机安装座结构优化设计

钱志鹏 邛晓斌 龙 澄 李贝贝 杨永键

(上海航天电子技术研究所, 上海 201109)



摘要: 以 K/V 双频段抛物面扫描天线的电机支架为设计对象, 利用 SolidThinking Inspire 软件对支架结构进行优化设计, 利用有限元软件 ANSYS 对优化前后的结构进行仿真计算, 验证其刚度性能。通过仿真结果, 验证了优化的可靠性和有效性, 不仅提高了产品机械性能, 而且缩短了设计周期。

关键词: 拓扑优化; 悬臂结构; SolidThinking; 有限元分析

Optimization Design of Motor Base Based on SolidThinking Inspire

Qian Zhipeng Mang Xiaobin Long Deng Li Beibei Yang Yongjian

(Shanghai Aerospace Electronic Technology Institute, Shanghai 201109)

Abstract: Taking the motor base on the K/V dual-band scanning antenna as the design object, the paper optimizes the design of the support structure using SolidThinking Inspire and analyzes the rigidity of the mechanical structure using ANSYS. The reliability and validity of optimization has been proved by the result of simulation. This optimal design improves the mechanical characteristic and shortens the design cycle.

Key words: topology; cantilever; SolidThinking; finite element analysis

1 引言

一种 K/V 双频段抛物面扫描天线, 其中扫描天线为铝合金材质的抛面镜。该抛面镜安装在电机支架上, 通过步进电机驱动, 支架用于支撑驱动电机及其负载。为保证扫描天线形成的微波光路位置精度, 设计时需控制负载的旋转精度及电机安装座的刚度。

SolidThinking inspire 应用 Altair OptiStruct 求解器, 利用了工程上“拓扑优化”技术, 获得最省材料的最佳承力结构。非常适合产品设计初期了解零件内部承力特性, 辅助对产品进行设计优化^[1~3]。

2 电机安装座设计背景

本文所涉及的 K/V 双频段抛物面扫描天线如图 1 所示, 根据其功能需求, 抛物镜需要具备旋转扫描的动作。该装置中抛物镜由步进电机驱动, 电机可通过

法兰接口安装在支架上, 并通过驱动轴输出运动和动力。电机支架安装通过底面螺钉安装在底板上, 整个装置处于悬臂状态。

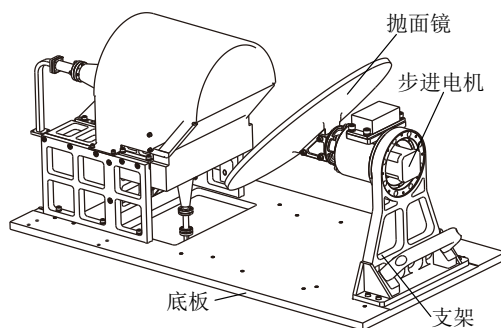


图 1 双波段辐射计

由图 1 可知, 安装座的刚度影响扫描镜的扫描精度及形成的光路准确性。在设计电机支架时, 需确保其结构刚度。

3 拓扑优化设计

支架的主要负载为驱动机构和抛面镜的重量。设计时为简化模型,将重力负载转化为负载质心位置处一个垂直向下的力,该方法在拓扑优化阶段和力学仿真阶段都可使用。

3.1 设置设计空间

要执行优化,则必须先定义一个设计空间和一个或多个载荷工况,其中包括载荷和固定约束。设计师通过创建模型的设计边界作为设计空间,所有 SolidThing Inspire 优化后的形态都包含在该设计空间中^[4]。

多数情况下,需要将载荷和约束施加在设计空间周围的零件上,以此来准确定义模型。但是,只有设计空间本身才会被优化。设计空间与周围相连的零件之间视为“焊接”关系,没有相对滑动。安装座的初始设计空间定义如图 2 所示。

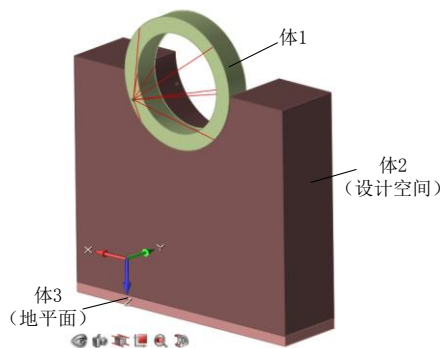


图 2 安装座设计空间

在图 2 中,体特征 2 作为设计空间,后续进行优化设计。将地面安装面和电机安装法兰面处的实体隔离作为一般的体特征,分别为体 1 和体 3,不作为优化设计空间。

3.2 工况分析及约束、载荷定义

在模型中施加载荷、固定约束和材料等参数,以便设定优化或分析。此外,还可以根据需要施加位移、加速度、温度、集中质量和形状控制。

支架主要承载电机及抛面镜的重力负载。计算负载质量及其质心坐标位置,这里计算的负载质量为 10kg,质心位置为法兰圆心沿轴向偏置 50mm。在质心坐标位置创建点特征,并通过连接器功能和法兰安装面相连接,如图 3 所示。

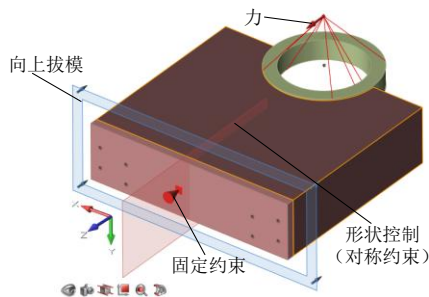


图 3 负载定义及形状控制

在质心位置创建的特征点上施加竖直向下 100N 的力,在体 3 的底面施加一个 6 自由度固定的固定约束。

3.3 形状控制

使用形状控制对模型施加诸如拔模方向或对称等可选约束。虽然优化需要载荷和固定约束生成结果,但施加形状控制能够实现其他一些需要在优化中达成的设计目标。形状控制对优化有效,而对分析无效。

根据形状控制的需求,对设计空间上施加对称约束和拔模约束。在设计空间中经过法兰圆心、平行于 YOZ 平面的平面上施加对称约束,在设计空间的底面上施加向上拔模约束,其约束效果如图 3 所示。

根据模型的复杂程度,优化过程可能花费数分钟到数小时。当优化完成后,可以使用形状探索器交互查看所生成形状的结果模型。

3.4 优化求解

拓扑优化施加完约束载荷后,设置其优化目标,设置其目标质量为 30%。根据实际加工材料需求,模型中的 3 个体的材料都采用铝(6061)。根据之前的优化设置,运行后得到优化结果,优化后的概念创意设计如图 4 左图所示。采用形状探索器中的自适应功能对刚结算完的拓扑优化模型进行平滑处理,得到结果如图 4 右图所示。

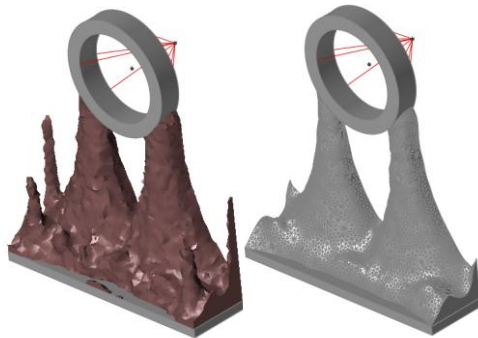


图 4 拓扑优化结果

根据 SolidThinking inspire 优化后得到的概念模型, 结合连接孔及减重腔需求, 以及对零件的制造工艺性分析, 综合考虑进行结构设计, 得到的设计模型如图 5 所示, 其质量为 0.83kg。

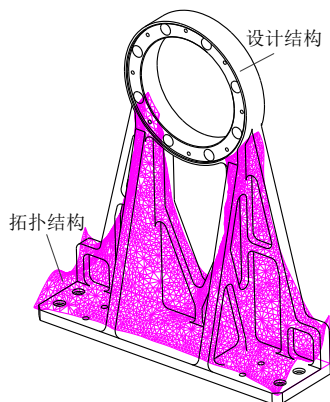


图 5 结构设计

4 有限元分析

4.1 有限元模型

采用 ANSYS 对支架进行四面体网格 (solid185) 划分, 设置 5mm 的网格单元自动划分。该支架材料为铝 (6061), 弹性模量 $E=68$, 泊松比为 0.33, 密度为 $2.7 \times 10^{-6} \text{kg/mm}^3$, 屈服强度为 241MPa, 抗拉强度为 275MPa。以下对经验设计结构和优化后的设计结构模型进行静力学仿真对比^[5]。

4.2 经验模型静力学分析

根据接口要求及设计师设计经验可设计支架结构如图 6 所示, 所设计的结构质量为 0.92kg。

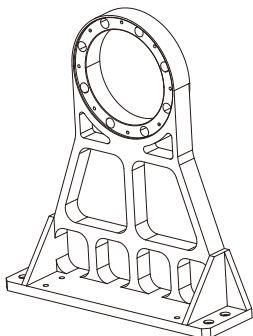


图 6 经验设计的机构模型

根据上文的工况分析, 在负载质心位置创建节点, 并与支架的法兰接触面和内圆柱面创建 1D 连接, 连接单元为刚性单元 (MPC184), KEYOPT 属性设置为刚性连杆, KEYOPT 缩减法设置为拉格朗日乘数, 得到有限元仿真模型如图 7 所示。

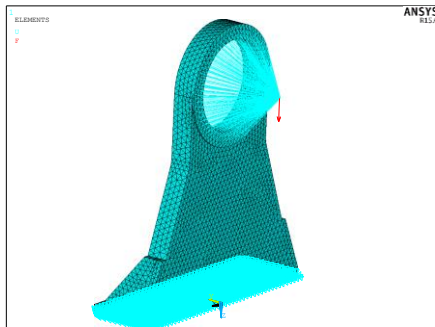


图 7 约束边界及载荷

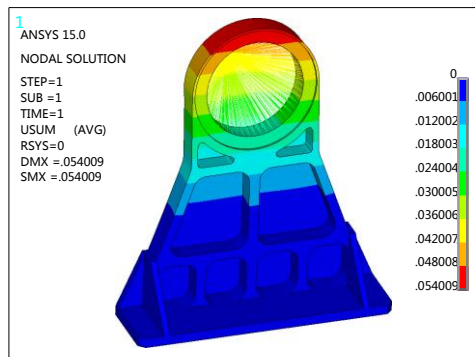


图 8 经验设计结构的变形云图

在质心位置节点上施加 100N 竖直向下的力。为简化仿真模型, 将支架底部的螺纹连接的约束用底面所有节点的全自由度约束来替代。通过上述设置对电机支架进行静力学分析, 得到的变形与应力云图分别如图 8、图 9 所示。

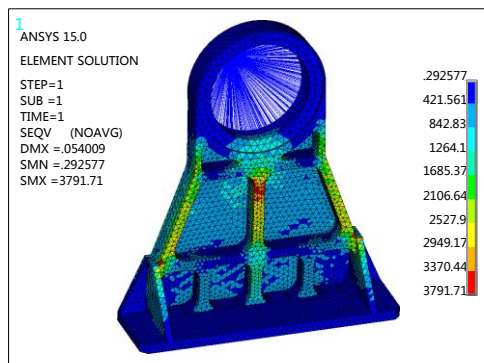


图 9 经验设计结构的应力云图

由图 8 和图 9 可知, 支架结构最大变形处位于最上部, 最大位移为 0.054mm。最大应力处位于支架的中部, 最大应力为 3.8MPa。

4.3 拓扑优化模型静力学分析

根据拓扑优化的结果设计出支架结构, 利用 ANSYS 求解器对支架进行有限元静力学分析, 得到模型的变形与应力云图如图 10、图 11 所示。

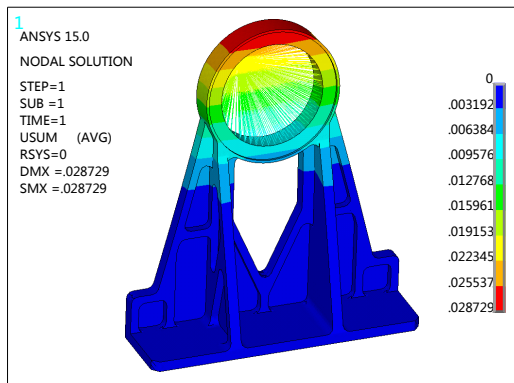


图 10 优化结构的变形云图

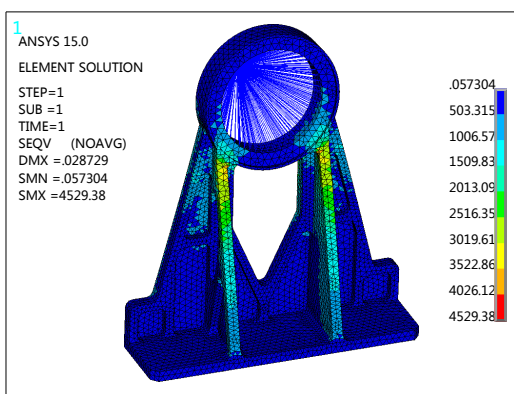


图 11 优化结构的应力云图

由图 10 和图 11 可知,最大支架结构最大变形处位于最上部,最大位移为 0.028mm。最大应力处位于支架的中部的加强筋上,最大应力为 4.5MPa。计算结果表明,经过 SolidThinking inspire 软件优化后设计的电机支架在同等工况下,支架的刚度提升,且设计的

支架质量降低,实现结构的轻量化设计。

5 结束语

以 K/V 双频段抛物面扫描天线得电机支架为设计对象,利用 SolidThinking Inspire 软件对支架结构进行优化设计。

根据拓扑优化的结构,再结合工艺性,重新设计了支架。利用有限元软件 ANSYS 对优化前后的结构进行仿真计算,结果表明,优化后的结构质量小,且刚度提升。

通过 SolidThinking inspire 软件队对电机支架的分析,可得到较为合理的结构布局,科学辅助进行结构设计。使得结构轻量化设计的过程有了仿真依据,而且提高了工作效率。

参考文献

- 高文杰,翁明盛,廖洪波,等.基于 SolidThinking Inspire 的汽车板簧支架优化设计[J].机械,2015(6): 27~30, 59
- 常亮,叶飞,袁正.基于 SolidThinking-Inspire 的叉车转向桥桥体设计[J].CAD/CAM 与制造业信息化,2013(7): 57~59
- 李阳,高常青,杨波,等.基于 SolidThinking Inspire 的水平钻机机架设计[J].现代制造技术与装备,2018(3): 6~9
- 张克鹏.基于 HyperWorks 的车辆板簧支架优化设计[J].专用汽车,2014(2): 74~77
- 王利鹤,赵永来,崔红梅,等.基于 ANSYS Workbench 的深松机机架静力学分析及轻量化设计[J].重庆理工大学学报(自然科学),2019(2): 87~93

XX
(上接第 52 页)

出现漏雨漏水等情况。本文研究的铆接舱体防雨密封技术兼顾防雨密封效果和施工周期,目前已成功应用在某运载型号铆接舱体的研制中。

目前铆接舱体防雨密封操作均以手工操作为主,包括铆接、螺接、胶接等,质量不稳定因素较多,后续需在先进密封技术、提高密封工艺的自动化水平、提高质量稳定性等方面深入研究。

参考文献

- 姚君山,蔡益飞,李程刚.运载火箭箭体结构制造技术发展与应用[J].航空制造技术,2007(10): 36~42
- 叶春利,王世龙,章茂云,等.基于密封要求的涂胶铆接装配工艺研究[J].航天制造技术,2016(1): 25~27

- 徐丽娜,李灵子,李子菲,等.民用飞机机身密封技术浅析[J].航空工程进展,2016(3): 382~386
- 陈群志,杨蕊琴,房振乾,等.飞机密封防水新技术研究[J].装备环境工程,2010(2): 71~74
- GJB 246—1987 1601 密封腻子带[S]
- 陈先有,黄俊波.直升机密封铆接技术[J].航空制造技术,2018(4): 11
- 孟宪国.铆接过程质量控制工艺及生产技术研究[J].工程技术与应用,2019(1): 76~77
- 梁洪涛.航天产品密封铆接工艺方法研究[J].航天制造技术,2015(5): 19~22
- Q/GS 1227—1995 HM108 室温硫化密封胶[S]
- GJB 150.8A—2009 军用装备实验室环境试验方法第 8 部分:淋雨试验[S]

