# 一种航空遥感器动力学环境试验工装的设计与分析

田海英, 聂品, 董斌, 李海星, 史磊

(中国科学院 航空光学成像与测量重点实验室;中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所,长春 130033)

摘 要: 航空遥感器振动试验是航空遥感器研制过程中不可或缺的过程之一,而振动工装的设计则是顺利完成振动试验的 关键环节。振动工装性能直接影响到振动试验的真实程度和可靠程度。本文设计了某型航空遥感器振动工装,并通过工程 分析及振动试验对其特性进行分析及试验验证。振动试验结果表明,振动工装振动传递率为1.12,可真实地传递振动台施 加给遥感器的振动及冲击,其固有频率及振动传递率满足设计及使用要求。

关键词:环境试验;航空遥感器;工装

**中图分类号:** V488.5 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9870 (2012) 04-0018-03

## Design and Analysis of a Kind of the Aerial Remote Sensor's Dynamics Environment Test Fixture

TIAN Haiying, NIE Pin, DONG Bin, LI Haixing, SHI Lei

(Key Laboratory of Airborne Optical Imaging and Measurement, Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Science, Changchun 130033)

Abstract: Aerial remote sensor vibration test is one of the indispensable processes in the aerial remote sensor manufacturing, and designing the vibration test Fixture is the key node for completing the vibration test successfully. Vibration fixture's performance directly affects the reliability. A certain type of aerial remote sensor vibration fixture is designed in this paper. The CAD analysis and vibration test are introduced. The vibration test results shows that the vibration transmission rate of the vibration fixture is 1.12, which can truly carry vibrations vibration and impact to the remote sensor. Key words: environment test; aerial remote sensor; test fixture

动力学环境试验是航空遥感器研制工作的重要 组成部分,其目的主要是验证遥感器设计方案的正 确性,考核遥感器是否能承受可能遇到的动力学环 境;暴露遥感器在材料、元器件选择和制造装配中可 能存在隐藏的缺陷,尽量减少它的早期失效率,提高 工作可靠性。

作为遥感器与振动台连接的桥梁,动力学环境 试验工装不仅要有很好的刚度与强度,还应该如实 地将振动台的振动特性传递给遥感器,夹具性能的 好坏直接影响到振动试验的真实程度和可靠程度。

## 1 航空遥感器振动工装结构设计

振动工装是将振动台与遥感器连接起来的重要 环节,是振动试验的传力部件,它把振动台的运动传 递给遥感器,使遥感器在规定的振动量级下得到考验。如果振动工装选择不当,在试验频率范围内工装本身将产生共振,使遥感器承受不应有的过大载荷而破坏,从而使试验得到错误的结果,甚至会造成遥感器结构损坏。因此,合理地设计航空遥感器振动工装是遥感器结构研制过程中一项极其重要的工作。

为了避免振动试验时航空遥感器和工装之间产 生耦合振动,航空遥感器振动工装固有频率要高,一 般要高于试件频率的3~5倍,并且工装的连接面上 各点响应要一致,以确保振动输入的均匀性。

根据振动工装系统要求和基本要求设计的工装 简图如图1所示。

收稿日期: 2012-06-27

作者简介:田海英(1975-),女,博士,主要从事航空成像技术的研究, E-mail: tianhy@ciomp.ac.cn。



图1 某航空遥感器振动工装

Fig.1 The test fixture of the aerial remote sensor

(1)工装的安装

振动工装通过工装底面上的螺钉孔与振动台连接,遥感器通过其两侧的4个吊耳利用减震器与振动工装固定在一起,从而实现了振动工装、遥感器的6个自由度的全部约束。工装的4个角点设置吊点,安装吊环螺钉,在工装安装时可利用四个吊环螺钉起吊。

(2)大型空间遥感器振动工装结构设计

考虑到在振动过程中减震器会有一定程度的位移,工装的外形应比遥感器稍大。工装采用中空设计,并用加强筋板连接,在侧壁上设计减重孔,增加 刚度的同时,也减轻了重量。

(3)振动工装的工艺性

振动工装采用铸件,材料选用阻尼特性好的 ZL305材料。工装采用中空设计,外部设计有加强 筋,结构厚度比较均匀,大大提高了浇铸的工艺性。 同时尽量减少工装的加工表面,仅加工工装的底面、 工装与减振器的接触面及工装安装光孔处,工装提 高了加工工艺性。

(4)遥感器的安装

由于航空遥感器与载机连接采用吊装方式,为 模拟真实的力学环境,遥感器安装在工装上时也采 用采用吊装方式。

### 2 振动工装的仿真分析

设计完成后对振动工装进行工程分析验证,由 于工装结构比较均匀,无明显过薄结构,因此统一采 用四面体单元划分,网格划分过程中应尽量使单元 大小均匀,保证网格的协调性要求。该工装采用自 动和手动划分网格相结合的方法,根据精度的需要 在安装孔连接处用手动划分网格的形式进行网格的 细化。整个框架共划分274727个单元,73222个节 点,有限元模型如图2所示。



图2 振动工装有限元模型 Fig.2 FEM of the fixture

利用patran对振动工装进行分析得到分析结果 如表1所示,其一阶模态云图分别如图3所示。

表1	有限元模态分析结果

Tab.1 Modal analysis result of the fixture

模态	固有频率(Hz)
一阶	104.78
二阶	120.21
三阶	148.77
四阶	152.1
五阶	190.84



图3 振动工装一阶模态云图

Fig.3 The first modal nephogram of the fixture

由分析可知,振动工装的一阶模态为 104.78Hz,遥感器安装减震系统后频率为23Hz左 右,工装一阶固有频率为遥感器的4.6倍,满足设计 要求。

#### 3 试验验证

#### 3.1 工装正弦扫描试验

振动试验中,振动响应谱中振幅最大处的频率 即为工装的固有频率。按照例试和振动试验量级,对 工装进行正弦扫描振动试验,测试图片如图4所示。



图 4 振动工装测试 Fig.4 The vibration test of the fixture

测得其一阶固有频率为82.3Hz,与仿真分析结 果有一定误差,主要原因是由于工装采用铸造方式 制造,为了缩短周期,降低成本,只对安装接口等部 位进行加工处理,因此实际工装壁厚等尺寸与设计 值不符;另外,建模时对工装进行了适当的简化,也 可能影响最后结果。

#### 3.2 工装振动传递率的测试



图 5 工装振动实验结果 Fig.5 The test result of the fixture

(上接第17页)

#### 参考文献

- [1] HADAWAU J B, JOHNSON R B.Design and analysis of optical systems for the Stanford/ MSFC multi-special solar telescope array[J].S PI E, 1989, 1160:195.
- [2] ARTHUR B C, WAL KER J R, JOAKIN F, et al.. High resolution imaging with multilayer soft X-ray, EUV and FUV telescopes of modest aperture and cost [J].S PI E, 1991, 1494: 320.
- [3] 叶培建,孙泽洲,饶炜.嫦娥一号月球探测卫星研制综 述[J].航天器工程,2007,16(6):9-15.
- [4] B.R.SANDEL1, A.L.BROADFOOT, et al.. The ex-

振动工装传递率指某方向振动实际输出量值与 输入量值之比。振动工装最理想设计结果是传递率 为1,即工装可以将振动台施加的振动1:1地传递给 遥感器,既不放大也不衰减。

为测试振动工装的传递率,将遥感器安装在振动工装上进行振动试验,在遥感器吊耳及振动工装 设置测试点,获得的测试曲线如图5所示。

振动激励的RMS值为9.2g,工装测试点的振动 响应RMS值为10.3g,试验结果表明,工装的传递率 为1.12,满足工装设计要求。

## 4 结论

航空遥感器振动试验是航空遥感器研制过程中 不可或缺的过程之一,而振动工装的设计则是顺利 完成振动试验的关键环节。本文探讨了航空遥感器 振动工装设计中应注意的问题,设计了某航空遥感 器的振动工装,并对其进行工程分析和振动试验验 证,试验结果表明,该振动工装振动传递率为1.12, 满足使用要求。

#### 参考文献

- [1] 方同,郭璞. 振动理论及应用[M]. 西安:西北工业大学 出版社,2000.
- [2] KLEE B J, KIMBALL D V, TUSIN W. 振动、冲击 试验夹具设计[M]. 强度与环境编辑组, 1979.
- [3] 刘习军,贾启芬,张文德. 工程振动与测试技术[M]. 天 津:天津大学出版社,1999.
- [4] 赵蕴懿,时兆峰,吴有泉. 有限元分析方法在振动工装 设计中的应用[J].航天制造技术,2006(3):36-37.

treme ultraviolet imager investigation for the image mission[J].Space Science Reviews,2000,9:197-242.

- [5] 王咏梅,付利平,王英鉴.星载远紫外极光/气辉探测发展综述[J].地球物理学进展,2008,23(5): 1474-1479.
- [6] 陈波,尼启良.空间软X射线/极紫外波段正入射望远镜 研究[J].光学精密工程.2003,11(4):315-319.
- [7] 张锐,陈志远,杨世模,胡企千.空间太阳望远镜主镜支 撑结构的优化设计[J].光学技术,2007,33(1):23-26.
- [8] 项卫国,常宁华.空间相机中与大口径透镜有关的结构 设计分析[J].航天返回与遥感,2006,27(1):32-35.
- [9] 曾勇强,傅丹鹰.空间遥感器大口径反射镜支撑结构型 式综述[J].航天返回与遥感,2006,27(2):18-27.