

多工况模块化设计在保持架设计中的应用

戴璐 齐向军 凡炼文 马宁

(北京卫星制造厂有限公司, 北京 100094)



摘要: 针对航天器产品研制全球化, 航天地面工装要应对国内外不同设备工况以及长途航空运输工况的发展趋势要求, 介绍了一种多工况模块化保持架设计, 总结了多工况模块化地面工装相对传统工装的优势, 为后续地面工装设计及其它航天系统设计工作提供新的思路和参考。

关键词: 航天器; 保持架; 地面工装; 多工况; 模块化

Application of Multiduty Modular Design in Precision Holding Equipment

Dai Lu Qi Xiangjun Fan Lianwen Ma Ning

(Beijing Spacecrafts Co., Ltd., Beijing 100094)

Abstract: In view of the development globalization of spacecraft products, and the development trend of spacecraft ground equipment to meets the requirements of different working conditions in domestic and overseas as well as of long-distance air transportation, this article introduces the advantages of modular ground equipment handling multiple working conditions over traditional ground equipment. These experiences can also be used as new ideals and references in design of ground equipment and other spacecraft systems.

Key words: spacecraft; precision holding equipment; ground equipment; multiduty; modular design

1 引言

航天工程系统包括各种地面设施及地面设备。研制工作面向全球化国际合作方向发展, 需要应对各国不同研制设备和国际间长途运输工况。拓展不同工况

应对能力, 提高恶劣运输条件能力的需求也日趋迫切。介绍了一种保持架多工况模块化设计方案及其优势, 探讨模块化在航天工业中的应用前景。

2 地面工装模块化设计可行性

表1 XX-18 卫星通信舱保持架工况需求对照表

序号	工况	特殊点	功能模块需求
1	南北片垂直翻转	在国内通过南北片组件上的转轴板和翻转架车的转轴连接, 到达法国后需要与 TAS2 翻转架车连接。	a. 南、北片组件; b. 东西加强梁; c. 保持架与舱体连接件; d. TAS2 适配器。
2	运输	卫星通信舱将运至 TAS 公司总装、测试, 其间通信舱连同保持架将经历公路运输和飞机运输。通信舱在包装箱内东西、对背地向处于垂直状态, 而在国内总装时, 南北板处于垂直状态。	a. 南、北片组件; b. 东西加强梁; c. 保持架与舱体连接件; d. 东西向额外加强梁; e. 东西向加强角片; f. 翻转吊点。
3	对地板面垂直翻转	通信舱安装在 TAS1 的支架车上时, 通信舱南北板有处于水平总装的状态, 需要与法国 TAS1 翻转架车在背地板侧悬臂连接。	a. 南、北片组件; b. 东西加强梁; c. 保持架与舱体连接件; d. TAS1 适配器; e. 东西向额外加强梁; f. 东西向加强角片; g. 翻转吊点。

作者简介: 戴璐 (1982), 工程师, 材料学专业; 研究方向: 星船结构部装工艺。

收稿日期: 2018-06-06

XX-18 卫星采用东四增强型卫星平台，其有效载荷由 Thales Alenia Space (TAS) 公司负责设计、总装与测试，卫星通信舱也将运输至法国图卢兹总装、测试。XX-18 卫星通信舱采用某运输机特制包装箱运输。与一般卫星的通信舱保持架相比，XX-18 卫星通信舱保持架设计考虑几个特殊工况，如表 1 所示。通常，旋转、运输时南、北片组件都作为保持架主要承力结构，采用南、北片组件是保持架的主体结构，东西用四组加强梁将保持架形成一个整体。针对 XX-18 卫星通信舱保持架特殊工况需求，需要增加设计不同接口，还需要根据不同工况受力情况设计相应的受力加强功能模块，满足当前的工况需求。

如表 2 所示，考虑到各个工况需要模块存在较多重复，部分工况只需更换接口，在继承传统保持架设计方案同时针对特殊工况补充设计相应模块是一个经

济、快速、合理的方案。

表 2 模块需求表

序号	模块组成	工况 1	工况 2	工况 3
1	南、北片组件	√		
2	东西加强梁	√		
2	保持架与舱连接件	√		
3	翻转吊点		√	
4	东西向额外加强梁；东西向加强角片			
5	对背地向加强梁			
6	TAS2 适配器	√		
7	TAS1 适配器			√

3 模块化设计方案及计算

3.1 模块化设计及模块间连接形式确定

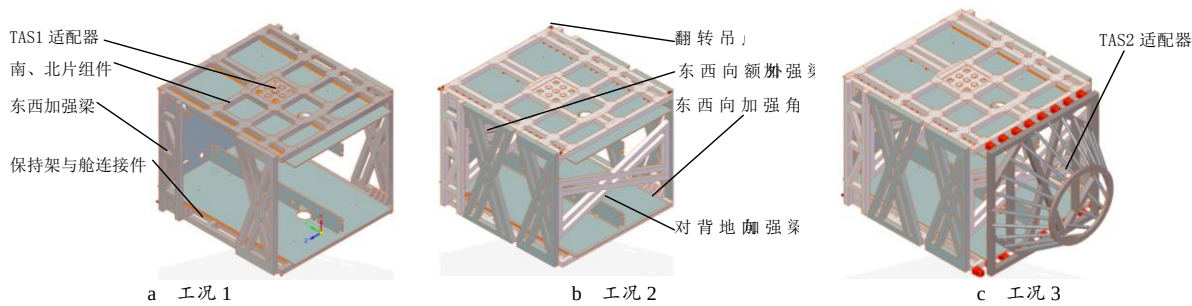


图 1 XX-18 通信舱保持架各种工况安装模块示意图

XX-18 卫星通信舱保持架根据多种工况要求将地面工装设计成模块化结构，根据使用状态安装相应零部件，满足不同工况功能要求，如图 1 所示。各模块间设计成螺接，方便连接和拆卸。

3.2 计算分析

校核时考虑到力臂尺寸问题，不能单独校核模块，要在组合状态下校核。实际过程校核不同角度的工况，仅针对一种恶劣工况校核演示。航空运输空间狭窄、工况受力条件恶劣，校核演示在 X 方向 2g、Y 方向 -2g、Z 方向 2g 的工况下空运保持架与舱体。

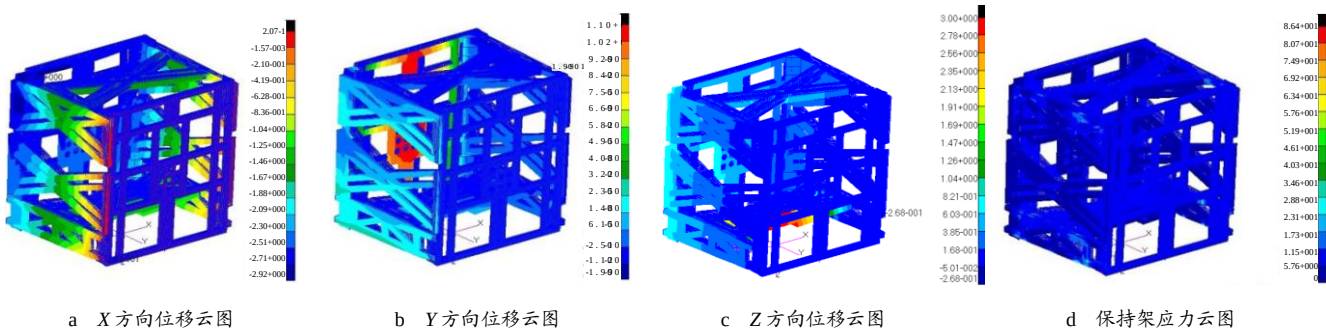


图 2 空运 (X 方向 2g、Y 方向 -2g、Z 方向 2g) 保持架力学分析

保持架的力学分析结果见图 2。X 方向保持架的最大变形为 2.92mm，Y 方向保持架的最大变形为 1.1mm，Z 方向保持架的最大变形为 3.00mm。保持架的最大应

力为 86.4MPa，主要由连接区域应力集中效应造成，大部分区域低于 50MPa。在实际产品中这些连接点位置均有加强措施，满足安全系数大于 3 的设计要求。

4 模块化地面工装相对传统工装的优势

4.1 解决了国际间设备接口壁垒

此工装同时容纳了国内外 3 种设备接口, 深入了解国内外不同设备工况的特点, 有助于我国工装在国际市场上的竞争。

4.2 降低了成本

根据特殊工况，模块化扩充传统保持架，而不是投产新工装，减少了设计、制造资金投入，节省了40%~45%研制成本。

4.3 节约时间、提高安全性

采用模块化地面工装,当工况发生变化时,只需在原工装上安装、更换、拆卸部分模块,随即进行下一个工况研制,提高了研制效率和安全性。

5 结束语

(上接第 59 页)

配孔的钻制；利用蒙皮装配样板图，制出与桁条，中间框装配定位的蒙皮；再根据蒙皮装配样板上选用的桁条铆钉孔，由使用车间根据协调后的蒙皮装配样板图对应制出桁条上的定位装配孔。利用中间框，桁条和蒙皮上已制出的定位装配孔，配合快速定位销，完成中间框、桁条和蒙皮间的组合装配，应用示意如图 11 所示。

4 结束语

该类装配样板实现了在型架状态下对中间框、桁条和蒙皮的壁板式组合装配,并且保证了装配过程的协调性和便捷性。节约了工装型架资源,降低了生产制造成本。装配完成的壳体部段经检验,满足壳体形位公差要求,验证了该类装配样板设计的可靠性和便捷性,提高了生产效率,降低了劳动强度。

后续将继续应用于相似部段的中间框、桁条和蒙皮的组合装配,并推广应用于锥形部段中间框、桁条

未来的航天发展过程中,国际交流合作越来越多,模块化是地面装备在适应航天器结构变化、国内外生产工况变化需求下的必然结果,也是提高地面工装效率、降低成本的必然趋势。功能模块划分地面工装,为标准化系列化定制地面工装、建立国际接口标准积累宝贵经验,并可将模块化设计理念进一步推广应用至航天其他系统中去。

参考文献

- 1 Q/W1145—2008 卫星总装工艺装备使用、维护要求, 院标[S]. 2008
- 2 赵璐. 航天器大型密封舱垂直进舱工装设计[J]. 航天器工程, 2011(28): 620~624
- 3 Hou Yulong. The design and realization of multi-channel parallel testing system based on FPGA[C]. MACE 2011-Proceedings, MACE 2011, United States: IEEE Computer Society, 2011
- 4 梁灿. 多功能结构系统的设计及其 MCM 实现[D]. 太原: 中北大学, 2015

和蒙皮的装配。锥形部段蒙皮装配样板设计过程中需换算蒙皮大、小端的展开半径，中间框与蒙皮装配位置处展开半径，换算方法： $R_{\text{展}}=R_{\text{中}}/\sin \text{锥角}$ 。锥形部段中间框装配样板设计过程中，需将中间框桁条轴线角度分布换算为圆心角对应的展角，换算公式为： $\alpha_{\text{展}}=\alpha_{\text{圆心}} \times \sin \text{锥角}$ 。其余设计方式参考过渡段壳体装配样板设计，完成锥形部段中间框、桁条和蒙皮的装配样板设计 and 应用。

参考文献

- 1 冯宪东, 毕煌圣. 一种超大直径贮箱筒段壁板铣切工装的设计与应用[J]. 航天制造技术, 2018(2): 40~48
- 2 成大先. 机械设计手册第2卷[M]. 北京: 化学工业出版社, 2016
- 3 高培涛, 郝丁, 单超, 等. 航天模线样板设计与制造工艺技术手册[M]. 北京: 首都航天机械有限公司, 2018
- 4 易志斌, 李殿忠, 唐瑞润, 等. 航空制造工程手册飞机模线样板[M]. 北京: 航空工业出版社, 1993