

吊舱类试验平台的模块化设计

张萍^{1,*}, 尚杨¹, 魏涛²

1. 西安飞豹科技发展有限公司, 陕西 西安 710089

2. 中航飞机股份有限公司研发中心, 陕西 西安 710089

摘要: 为了扩展飞机的作战性能, 并节约研制经费, 缩短研制周期, 增强系统可维修性, 在进行满足新任务系统需求的吊舱类试验平台结构设计时, 参考已定型吊舱, 采用模块化设计思路, 利用整体壁板设计技术, 以保证吊舱维护所需的开敞空间。经分析设计的吊舱类试验平台满足功能要求及强度、刚度要求。

关键词: 吊舱; 试验平台; 整体壁板; 模块化

中图分类号: TN16 文献标识码: A 文章编号: 1007-5453 (2016) 09-0045-04

随着新型机载装备的不断推出及战技指标的更新迭代, 迫切需要通过一种快捷的方式实现飞机的作战性能的扩展, 为提高部队的战斗力打下坚实的基础。而吊舱是实现这种方式的一种途径。

吊舱作为飞机的悬挂物, 它有独立的功用, 可以补充和扩展载机作战性能。它主要用于观察、搜索、目标探测、识别、跟踪、瞄准、武器制导、飞行导航以及电子对抗等方面^[1]; 它几乎不需要繁重的飞机改装工作, 就可以使载机由一种用途变为多种用途。另外, 挂装具备高新技术的吊舱比飞机改型或者新研机型所需要的研制周期短、经费需求少、消耗的人力物力资源少, 并且研制风险低。所以, 吊舱的研制工作应该立足于国内条件, 以满足部队作战要求, 最终达到批量生产和提高部队战斗力的目的。

结合某型飞机作战模拟技术装备研制需求, 对已定型的吊舱结构设计进行改进, 使改进后的吊舱能装载新的任务系统, 即开展能实现新的功能、性能的任务系统试验平台的结构设计。

1 设计思路

1.1 利用已定型的吊舱

为在短期内实现载机的战备性能扩充, 可以借用成熟的、已定型的吊舱外形开展新任务系统的吊舱类试验平台设计。

结合原型吊舱已做过的试验, 来分析新型结构状态吊舱的理论可行性, 继而开展适应新的任务系统的吊舱舱体的设计。

1.2 吊舱的模块化设计

在改型吊舱的试验平台结构设计实施中, 引进模块化设计思路, 使设备的维护和任务功能单元的更换变得简单快捷。其中, 模块化设计有整体结构形态模块化和局部结构形态模块化两种。整体结构形态模块化主要指包括舱体外观结构在内的配合所装任务系统对应的接口形态, 以任务设备和外观结构为单元进行改型, 单元间通过紧固件连接而成, 组成吊舱的完备状态; 局部结构形态模块化是指独立于外观结构形态, 以任务设备和支撑组件为单元, 该单元与外观结构件之间通过紧固件相连, 实现吊舱的功能和性能特性。

1.3 制定吊舱的技术规范及设计要求

结合已有吊舱, 通过研究和验证试验, 制定出吊舱类试验平台的相关设计规范和工艺规范, 作为新型或改型试验平台的设计、生产、试验、验收、包装、运输、贮存、使用及维护等方面工作的指导性技术文件。

2 设计方法

2.1 分解分析原吊舱

通过解析原型吊舱的结构形态及质量特性分布特征, 即

收稿日期: 2016-03-31; 退修日期: 2016-07-21; 录用日期: 2016-07-25

* 通讯作者. Tel.: 029-86832914 E-mail: zhangping5451@163.com

引用格式: ZHANG Ping, SHANG Yang, WEI Tao. Modular design for the testing platform of the pods [J]. Aeronautical Science & Technology, 2016, 27(09): 45-48. 张萍, 尚杨, 魏涛. 吊舱类试验平台的模块化设计 [J]. 航空科学技术, 2016, 27(09): 45-48.

吊舱的外形尺寸、结构剖面图、安装在挂架后悬挂系统的长度、高度、宽度,各单元和吊舱整体的惯矩、惯积以及其在飞机上挂装位置、挂装方式和各级挂架型号,同时结合挂飞包线、挂飞高度、速度范围等数据分析原型吊舱是否满足改型吊舱的结构刚度和强度要求,是否满足新任务系统的装载要求。

2.2 结构设计

试验平台是基于任务系统的装载需求变化而研制的,首先确认机械接口和电气接口,避免与载机过多的协调内容。改型的吊舱在供电需求和信号传输上与原吊舱状态总会出现略微的差异,如果能确保电气接口通用化,那么吊舱与载机需要协调的工作量就会很少。其次进行结构的设计更改。根据试验平台与任务系统的适配性需求,可通过2种方式进行更改:一种是局部更改,即保证原吊舱主结构不变的前提下,根据任务系统结构和位置布置需求进行部分非主要结构件或结构形式的更改,或在保证剩余强度系数的基础上对主结构和副结构进行同步更改,并同时在装载任务设备的直接承力端实现模块化;另一种是全部更改,即以创新的结构形式将原始吊舱结构全面进行更改,结合主结构更改后形态确定直接承力端实现模块化或者实现与主结构结合的一体式模块化。

2.3 材料及标准件应用

为了满足吊舱的技术要求,材料的选用也是十分重要的。材料应具有足够的强度、刚度,良好的工艺性、耐腐蚀性和经济性等优点。形成材料选用系列化,如7050材料,该材料系铝-锌-镁-铜系可热处理强化的高强度变形铝合金,材料疲劳强度高和抗应力腐蚀性能好,淬透性好,抗剥落腐蚀力强等优良综合性能,较高的强度水平下具有很好的断裂韧性。另外作为与机上连接的主要零件,吊耳材料选用高强度结构钢并进行喷丸强化,喷丸强化部位可产生压应力,以抵消该部位的残余拉应力,从而提高疲劳强度和抗应力腐蚀能力。各类连接用标准件在注重考虑抗剪力和拉力特性的同时,兼顾自然环境的要求,特别是抗环境腐蚀的要求,如抗盐

雾能力。

2.4 理论计算及验证试验

按照设计的吊舱结构形态,从主承力件、连接件、设备承力组件等方面开展静强度计算校核工作,并根据实际的飞行包线和原型号的结构形态、重量分布特征和惯性矩等信息开展振动特性分析和颤振特性分析,得出初步的分析结论,继而根据与原型舱的数据信息的对比,开展适用的验证性试验,如组合振动试验等。所以在改型设计初始工作开展时,尽量使各类新装电子设备的布置引起的重量、重心和惯性矩的变化接近或保持与原状态的一致,这样有助于通过类比分析得出是否能挂飞的结论,减少验证试验的工作,减少项目经费、项目工作量和实施周期。

3 设计实例

3.1 设计要求

吊舱类试验平台的设计要求是在飞机携带吊舱时的飞行包线范围内,满足飞机相容性要求,并具有足够的强度、刚度和良好的气密性及开敞的维护空间,同时具备结构简单,拥有良好的互换性和工艺性,使用维护方便,便于运输及长期存放。

3.2 原吊舱分析

新设计的试验平台是基于已定型的瞄准吊舱基础上改型的产品。某已定型吊舱的基础外观结构形态为圆柱形,其结构形态如图1所示^[2]。

前段为能承载光学仪器的球状结构件,后段为一体式空心铝合金铸件,内部用于放置支持光学仪器正常运转及实现辅助功能的电子设备和线缆。然而该型吊舱结构的维修性设计要求达不到新装任务系统的开敞的维护空间要求,故采用全部更改的方式,同时考虑吊舱的实际挂飞高度和使用速度范围,以及吊舱各设备单元的惯性矩、长度及其挂装方式等,兼顾同系列的电子设备的安装接口需求,将模块化设计理念应用于直接承力端的结构设计中。

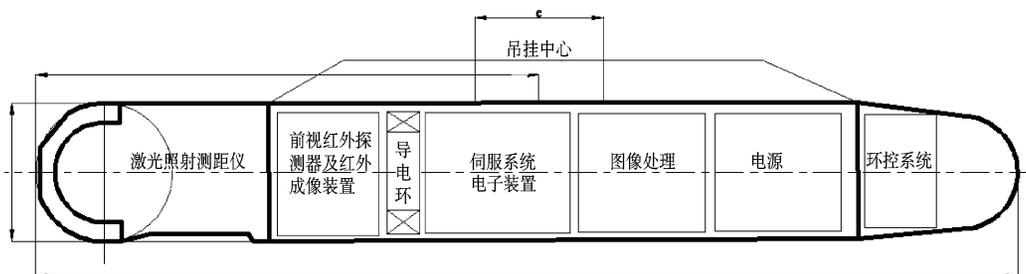


图1 瞄准吊舱结构框图

Fig.1 Layout diagram of the collimating pods

3.3 结构设计

吊舱试验平台主体横向截面外形为圆形,分前中后3段,前段主要由光学部件及其承力结构件组成;中段和后段是吊舱主体舱段,即试验平台主体。试验平台主体采用梁式结构,主要由上下壁板、框和舱盖组成,整个吊舱由于设备装卸及维修性要求,内外侧全开通,通过前后对接框、吊耳框组成舱段,舱盖全部可卸,占总表面积的1/3以上。上壁板上布置2个吊耳安装接口及2个电连接器的安装孔,兼顾吊舱可以前后旋转180°使用要求。电子设备的承力连接部位主要设置在下壁板。横向布置4个加强框。试验平台开口部分用蒙皮和加强筋铆接而成的舱盖进行密封和连接。试验平台结构状态如图2所示。

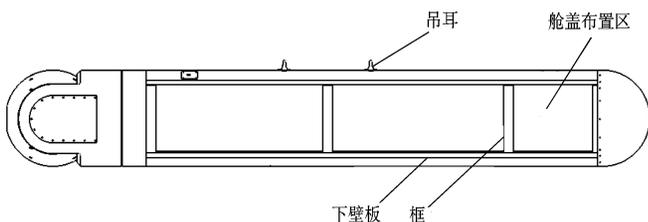


图2 试验平台结构状态图

Fig.2 Structure diagram of the testing platform

(1) 主体结构

新的任务系统中需要利用光学仪器来实现吊舱的功能,所以保留前段的结构形态,只做局部细节性更改,后段在满足吊舱军用规范及设计要求的情况下,分解成中段和尾段,并将试验平台中段设计成半硬壳式的标准结构,即设计成整体壁板的结构形态,分上壁板和下壁板。上、下壁板为整体件,利用原材料直接加工成整体壁板,再通过原材料直接加工形成的框进行连接,采用双吊挂点与飞机或挂梁相联。整体壁板筋条按等百分线布置,筋条本身无扭曲,沿展向筋条的剖面形状和剖面面积不变,按等强度分布材料,保证切削加工方便,提高生产效率。筋条轴线相互平行,壁板筋平行于框。这种结构具有结构刚度高、刚度分布均匀、容易成型的特点。

连接上下壁板的结构件定义为框。所有框为“工”字型,框缘上预留有与上下壁板梁连接的下陷。吊舱承受的力由各框传到上壁板再传到吊耳,由吊耳传递至载机挂架上,其结构本身较强,且吊耳安装部位特别加强。框与壁板长桁筋条相对,在同一轴线上,可提供连续的传力路线,以保证结构所受的力得到有效传递,有效避免突变和应力集中。

(2) 辅助结构

任务系统和试验平台主体之间利用通用的结构件进行

相联,即直接承力端的模块化,其中一端连接在上下壁板梁上,另一端与任务系统连接。此结构件包含2部分,一部分是基础结构支架,一般形态如图3所示。另一部分是与电子设备相联的平板。改型吊舱的不同任务系统可通过平板的更替达到安装面的拓展,即基础结构支架与平板间的机械接口不变,平板适应不同电子设备作出相应更改的方式实现不同的组合需求。

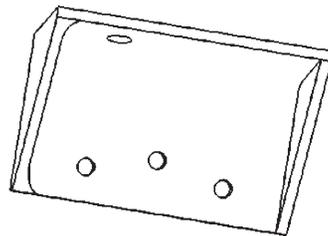


图3 基础结构支架形态图

Fig.3 Diagram of the basic structural brackets

3.4 材料选取

原吊舱各承力结构件主要是以铸造工艺方式实现。在设计新的试验平台时,兼顾降低全寿命费用并确保产品质量的优异性考虑进行改进设计,即降低产品从开始预研、设计、试制、试验、批生产直到使用部门的使用维护、后勤保障等一系列费用基础上,采用在设计、生产、使用中性能稳定、质量可靠和供应渠道通畅的材料,考虑任务设备的装载需求,采用经证明是先进的、成熟的结构方案和有关设计要求的前提下进行改进设计。由于尚未确定批量,为了加快进度、节省费用,最终以机加结构件的工艺方式替代了铸造方式,以保证材料有效的冲击韧性和抗疲劳强度及实现任务系统的功能要求。

3.5 设计载荷总体强度校核

试验平台主要承受惯性载荷和气动载荷。试验平台的载荷是按吊舱各框站位上的载荷施加到各框站位上的加载刚体元上,并通过加载刚体元将载荷分到各框的框内外缘加载点上。根据吊舱与机身挂架的连接情况,在吊舱前后挂点处约束3个方向的线位移自由度。

(1) 模型的建立

有限元建模是依据试验平台三维数模,从CATIA中读取几何信息,然后导入MSC.Patran进行编辑修改,建立几何模型,再依据几何模型建立有限元模型。

试验平台有限元模型的节点取在其理论外形上长桁或筋条与框轴线的交点处,框平面的节点均取在主要加筋交点处,由这些节点形成自然网格。

(2) 变形图

经分析,吊舱的应力水平较小,最大变形量不超过 1mm,如图 4 所示,吊舱整体结构强度刚度满足要求。

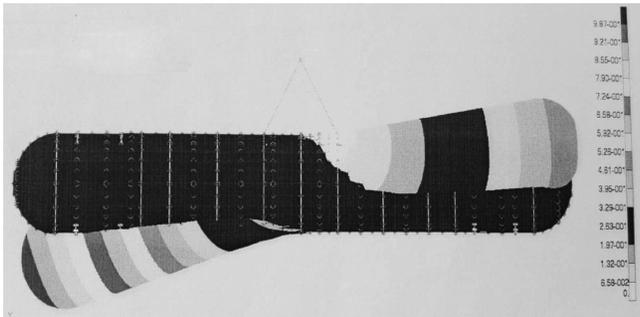


图 4 吊舱试验平台变形图

Fig.4 Structural deformation of the testing platform of the pod

4 结束语

吊舱类试验平台设计标准模块化可以保证不同电子设备间的快速换装,进而实现加快飞机加装新的武器装备、缩短作战使用中任务转换时间、减轻机动转场任务负担以及提升航空武器装备战斗力。实现吊舱类试验平台的模块化设计后,新型或改型的吊舱的工作内容相比以往要更精简,研制效率更高。通过一型吊舱的改型实践验证对其他类型吊

舱改型所需结构设计思路具备参考意义。

AST

参考文献

- [1] 宋志行,关宏山. SAR 吊舱系统结构设计[J]. 电子机械工程, 2005, 21 (3): 32-37.
SONG Zhihang, GUAN Hongshan. Structural design of SAR pod system [J]. Electronic and Mechanical Engineering, 2005, 21 (3): 32-37. (in Chinese)
- [2] 王永年. 瞄准吊舱设计研究[J]. 电光与控制, 1993 (3): 1-11.
WANG Yongnian. Design research of the collimating pods[J]. Electrooptics & Domination, 1993 (3): 1-11. (in Chinese)

作者简介

张萍(1987—)女,学士,工程师。主要研究方向:机载悬挂物和悬挂系统结构设计。

Tel: 029-86832914

Email: zhangping5451@163.com

尚杨(1986—)男,硕士,助理工程师。主要研究方向:机载悬挂物结构设计。

魏涛(1985—)男,学士,工程师。主要研究方向:飞机总体气动设计及论证。

Modular Design for the Testing Platform of the Pods

ZHANG Ping^{1,*}, SHANG Yang¹, WEI Tao²

1. Xi'an FEIBAO Scientific and Technical Development Company, Xi'an 710089, China

2. AVIC Aircraft CO., Ltd. R&D Center, Xi'an 710089, China

Abstract: In order to expand the combat capability of the plane, and also reduce the research & manufacture expenses, abridge the development period, and improve the maintainability, the approved types of pods were chosen as references, and approaches of modularization and integral panel structure design were adopted to insure pod wide open space. The analyses show the testing platform of the pods can meet the requirements of functions, strength and rigidity.

Key Words: pod; testing platform; integral panel; modularization

Received: 2016-03-31; Revised: 2016-07-21; Accepted: 2016-07-25

*Corresponding author. Tel.: 029-86832914 E-mail: zhangping5451@163.com