

# 新一代机载悬挂物管理系统需求分析

杨开平, 崔小航, 段 荣

(中航工业第一飞机设计研究院, 西安 710089)

**[摘要]** 针对当前悬挂物管理系统的局限性, 结合国外先进战机悬挂物管理系统功能, 对我国下一代机载悬挂物管理系统需求进行分析, 从 FC 总线技术、开放式系统架构、多挂点混挂技术、悬挂发射装置控制技术、武器数据链技术 5 个方面进行了具体的描述, 为悬挂物管理系统设计指明了方向。

**关键词:** FC 总线技术; 开放式系统架构; 多挂点混挂技术; 悬挂发射装置控制技术; 武器数据链技术

## Requirements Analysis for New Generation Airborne Stores Management System

YANG Kaiping, CUI Xiaohang, DUAN Rong

(AVIC The First Aircraft Design Institute, Xi'an 710089, China)

**[ABSTRACT]** According to the limitations of current stores management system, combined with advanced foreign fighters stores management system functions, we conducted the requirements analysis of our next generation airborne stores management system from FC bus technology, open systems architecture, multi-point mixed hanging technology, ejecting devices of missiles control technology, weapons data link technology in five aspects of the specific description, which point out the direction of stores management system design.

**Keywords:** FC bus technology; Open systems architecture; Multi-point mixed hanging technology; Ejecting devices of missiles control technology; Weapons data link technology

**DOI:**10.16080/j.issn1671-833x.2016.14.065

目前, 国内悬挂物管理系统均采用 MIL-STD-1553 总线进行数据传输, 最大 1Mbps 的数据传输带宽和最多 32 个远程终端已经不能满足海量数据传输的新武器和大载弹量的多挂点需求<sup>[1]</sup>。同时, 随着航空电子技术的高速发展和综合航电系统在新一代战机上的应用, 悬挂物管理系统与其他系统的交联信息趋向多样化、接口复杂化, 同时对悬挂物管理系统的设计要求也越来越高<sup>[2]</sup>。因此, 进行正确完善的需求分析, 对新一代机载悬挂物管理系统的软硬件设计至关重要。

悬挂物管理系统需求分析是根据国外先进战机悬挂物管理系统的表现功能及国内相关技术的成熟等级, 结合战机作战任务、作战样式、作战环境和作战使命, 为系统当前功能以及后续需要扩展的功能提供具体可行的设计输入。

## 1 FC 总线技术

MIL-STD-1553 总线作为当前悬挂物管理系统通信网络, 具有可靠性高、延迟低及命令/应答式可确定性的数据通信能力, 实现了各挂点之间信息共享和数据交换, 但是其最大 1Mbps 的传输带宽和最多 32 个终端数

已不能满足新一代机载悬挂物管理系统多挂点、海量数据传输的需求, 光纤通道很好地解决了这一问题<sup>[3]</sup>。

光纤通道(FC)是美国国家标准委员会(ANSI)提出的一组具有传输速度快、传输距离远、可靠性高、实时性强等特点的通信协议, 其数据传输带宽高达 4Gbps, 端口数量高达 1600 万个, 作为新一代航空电子系统通信网络技术, 已在 AH-64D、F/A-18、B1-B、B-2、F-22、F-35 等先进战机上得到不同程度的应用和推广<sup>[4]</sup>。

同时, 为了能与 MIL-STD-1553 总线通信终端兼容工作, 从光纤通道协议与 MIL-STD-1553 总线协议出发, 开发了 FC-AE-1553 总线, 以光纤通道作为底层传输协议, 以 MIL-STD-1553 总线作为顶层协议映射, 通过增加协议桥, 实现了 MIL-STD-1553 总线与 FC 总线的数据传输。FC-AE-1553 总线网络包括: FC 网络、网络控制器 NC、网络终端 NT、FC-AE-1553 协议桥、MIL-STD-1553 总线、MIL-STD-1553 远程终端 RT, 其参考模型<sup>[5]</sup>如图 1 所示。

## 2 开放式系统架构

目前的悬挂物管理系统属于紧耦合的封闭式系统,

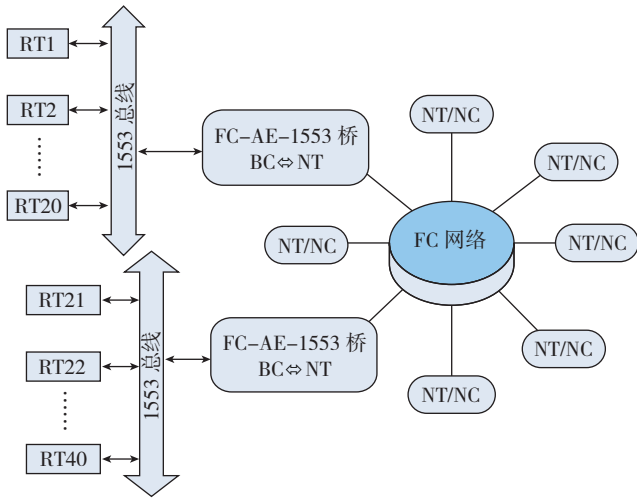


图1 FC-AE-1553总线参考模型  
Fig.1 FC-AE-1553 bus reference model

系统的软件是服务于硬件的全定制嵌入式,软硬件不独立,造成系统的可升级性、可移植性和可复用性差<sup>[6]</sup>。例如,在某型飞机上增挂一种新型武器,往往需要对悬挂物管理系统的软硬件进行大改动,其工作量不亚于重新设计一套系统,而且为该型号设计的系统,很难应用在其他型号的飞机上,通用性极差。

随着开放式体系架构的综合模块化航空电子系统概念的引入,特别是武器即插即用思想的驱动,要求悬挂物管理系统具有松耦合的系统架构,在武器贯标的基础上,增强了系统与武器之间的通用性和互用性,实现了设计思维从以往设计时段(以年计)武器集成向使用时段(以周计)武器集成的转变。支持武器即插即用的OSI环境标准体系<sup>[7]</sup>由美国提出,其示意图如图2所示。开放式系统架构采用分层的中心思想,通过建立不同层次的接口标准,根据功能需求变化,进行相关软硬件模块的替换,实现新的控制功能,使系统的再设计量降到

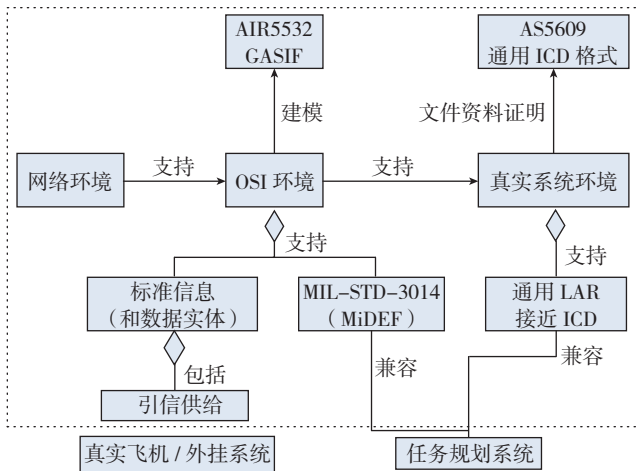


图2 OSI环境标准体系示意图  
Fig.2 Diagram of OSI environmental standard system

最小,保证了系统具有良好的维护性和再升级性。

基于OSI环境标准体系,美国相继推出了以F-22为代表的“宝石柱”和以F-35为代表的“宝石台”开放式系统架构,把具有类似功能的软硬件模块封装在同一层中,通过直接接口实现同一个系统相邻层之间的数据交互,通过逻辑接口实现不同系统对应层之间的数据交互。各系统不同层之间相互独立,对任一层进行修改和完善,既不会影响同一系统的其他层次,也不会影响其他系统的对应层,能够保证系统的开放性、灵活性和互操作性<sup>[8]</sup>。悬挂物管理系统与武器均可分为3层:系统功能层、武器访问层、物理介质层,其开放式系统架构如图3所示<sup>[9]</sup>。

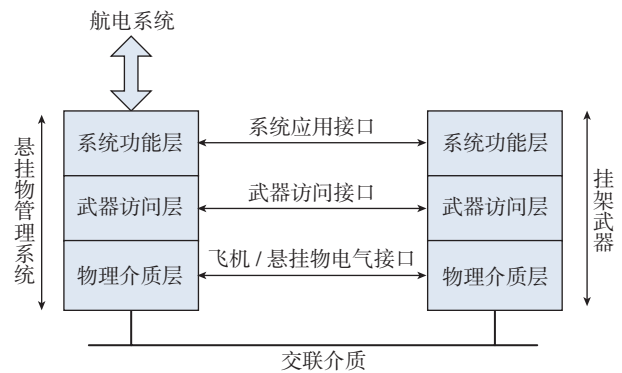


图3 悬挂物管理系统开放式系统架构  
Fig.3 Open system architecture for store management system

### 3 多挂点混挂控制技术

武器混挂是未来飞机执行攻击任务的主流趋势,具有攻击效能高、灵活性好等优势。目前,美国已在F-15E、F/A-18E/F、F-22等飞机上实现了武器混挂功能,而国内现役主流战斗类飞机均未实现武器混挂功能<sup>[10]</sup>,只在某型飞机改进中提出了武器对称悬挂时的混挂要求,而下一代机载悬挂物管理系统要求实现多挂点混挂控制,即所有挂点能够独立控制,对称挂点能够悬挂同一重量级不同品种的武器,具备多种武器同时加电、挂点切换和当前攻击武器的切换等功能。多挂点混挂控制如图4所示。

### 4 悬挂发射装置控制技术

武器外挂改变了战机原有的气动性能,导致战机在飞行时阻力大,很难实现超音速巡航,这必然造成战机机动性和敏捷性差,无法规避突如其来的威胁,而且武器外挂导致战机的雷达散射面积(RCS)大幅增加,隐身效果差,大大降低了战机的生存能力<sup>[11]</sup>。在这种情况下,武器内埋装载应运而生,美国的F-22、F-35、B-2、俄罗斯的图-160、T50等战机都采用了这种悬挂方式,这就对悬挂物管理系统的控制功能提出了新的要求。

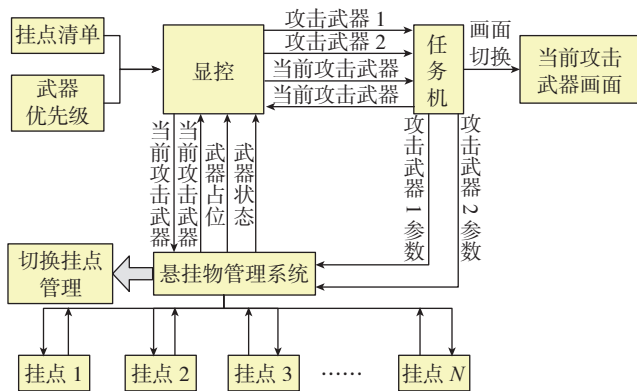


图4 多挂点混挂控制示意图

Fig.4 Diagram of multiple hanging points Mixed control

目前,内理的悬挂发射装置主要有3种:旋转发射架、伸缩式挂架、高密度挂弹架。由于工作原理不同,需要悬挂物管理系统能够识别不同的悬挂装置,进行分类控制。3种挂架的控制流程如图5所示。

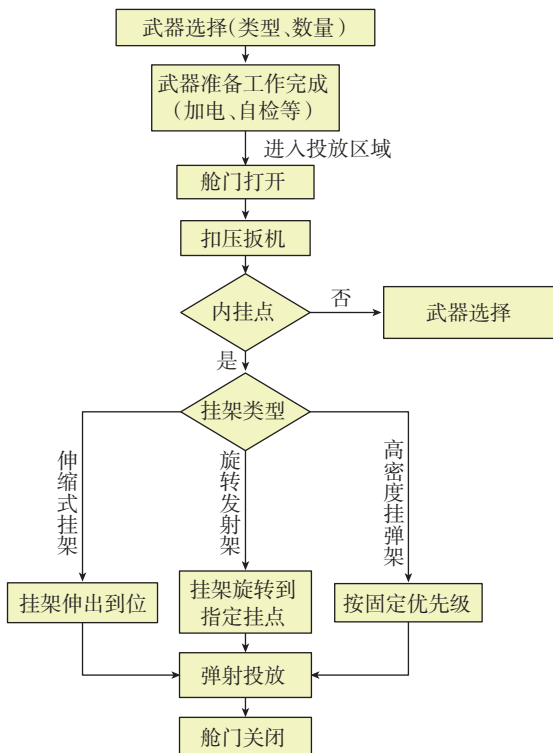


图5 3种挂架控制流程

Fig.5 Three rack control process

## 5 武器数据链技术

典型的航空战术数据链组成如图6所示<sup>[12]</sup>。武器数据链是在联合作战需求的牵引下发展起来的,是战术数据链在武器端的延伸,负责传递战场目标特征数据、分发武器指控指令及共享作战态势,实现了武器与作战平台、指挥所、传感器平台、武器之间的紧密链接,使其具有多目标选择和武器分配、多弹协同攻击、战场毁伤

效果评估等多种作战功能,实现了多目标攻击、人在回路和发射后不管等功能<sup>[13]</sup>。

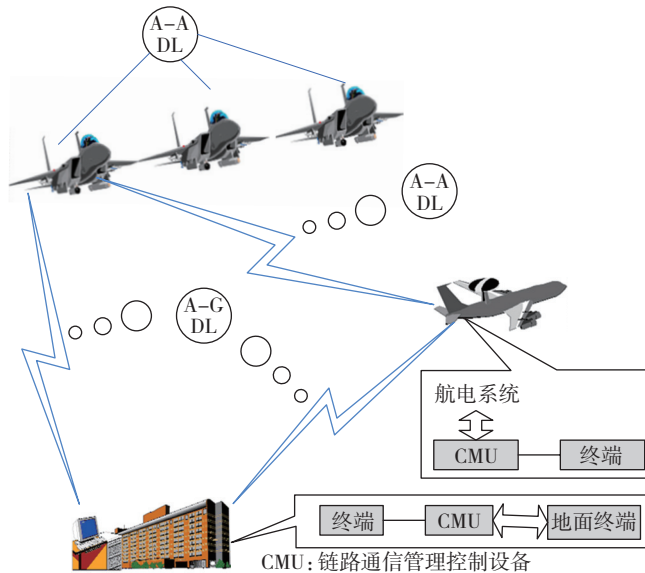


图6 典型航空战术数据链组成示意图

Fig.6 Diagram of typical aeronautical tactical data link

适应协同作战能力(CEC)要求,一体化联合攻击是航空武器系统未来发展的必然方向。多次局部战争表明,采用编队和联合编队形式进行协同作战,能够达到更好的毁伤效果,有效提高了作战任务的成功率。所以,新一代机载悬挂物管理系统必须支持武器数据链,能够根据任务完成情况,动态管理整个攻击部队目标分配和武器状态,参与系统攻击方案的制定,使武器投放达到最佳、打击效果达到最优,将悬挂物管理系统的功能扩展到整个攻击编队,使其不受单机挂载能力的限制。编队内任一架飞机都可以通过武器数据链获得编队内武器状况和攻击任务,根据目标分配情况和武器清单,悬挂物管理系统对整个编队内武器进行最优地选择和分配。这样,避免了单一飞机武器故障导致任务失败的现象,为编队任务顺利完成提供了可靠保障<sup>[7]</sup>。

## 6 结束语

通过捕捉国外先进战机的悬挂物管理系统功能,综合考虑国内相关技术成熟度,对新一代机载悬挂物管理系统进行了需求分析,使其能够满足未来作战需求,具备编队内的所有悬挂物的管理和控制功能,在保证任务完成情况下,给出攻击的最优方案,大大提高了机群作战效能。

### 参考文献

- [1] 丁其伯,李义安,孙隆和,等. GJB1188A-1999 飞机/悬挂物电气连接系统接口要求[S]. 北京:中国航空工业集团公司,1999.  
DING Qibo, LI Yi'an, SUN Longhe, et al. GJB1188A-1999

Requirement of interface for aircraft/store electrical interconnection system [S]. Beijing: Aviation Industry Corporation of China, 1999.

[2] 左伟,冯金富,许凌权.高级用例建模在悬挂物管理系统中的应用[J].计算机工程,2009,35(24):271-273.

ZUO Wei, FENG Jinfu, XU Lingquan. Application of advanced use case modeling in store management system [J]. Computer Engineering, 2009, 35(24):271-273.

[3] 刘飞.光纤通道在基于 MIL-STD-1553 的航空电子系统网络中的应用[J].飞机设计,2007,27(3):74-80.

LIU Fei. The application of fibre channel to MIL-STD-1553 based on avionics system networks [J]. Aircraft Design, 2007, 27(3):74-80.

[4] 支超有.机载数据总线技术及其应用[M].北京:国防工业出版社,2009:392-402.

ZHI Chaoyou. Avionics data bus technology and its applications [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2009:392-402.

[5] 黄丛.FC-AE-1553 总线技术研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2010.

HUANG Cong. Reseach on FC-AE-1553 technology [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2010.

[6] 郑磊刚,聂光戌,许凌权,等.支持 PnPW 集成的开放式 SMS 软件模型与结构设计[J].弹箭与制导学报,2011,31(2):207-210.

ZHENG Leigang, NIE Guangxu, XU Lingquan, et al. Software model and architecture design of open SMS based on PnPW integration [J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2011, 31(2):207-210.

[7] 王朝阳,季晓光,丁全心.机载悬挂物管理系统技术发展分析[J].电光与控制,2009,16(3):1-5.

WANG Zhaoyang, JI Xiaoguang, DING Quanxin. Development of airborne stores managment system technology [J]. Electronics Optics & Control, 2009, 16(3):1-5.

[8] 王旭峰,丁其伯,舒振杰.即插即用武器集成及其相关标准体系初探[J].航空标准化与质量,2009(4):4-8.

WANG Xufeng, DING Qibo, SHU Zhenjie. Discussion on plug-and-play weapons integration and related standard system [J]. Aeronautic Standardization & Quality, 2009(4):4-8.

[9] 潘勃,冯金富,李骞,等.飞机/悬挂物通用化开放体系结构研究[J].飞机设计,2009,29(2):51-56.

PAN Bo, FENG Jinfu, LI Qian, et al. Research on open systems of aircraft store interface standard [J]. Aircraft Design, 2009, 29(2):51-56.

[10] 李智,陈晓刚,王秦.某飞机空面武器混挂综合航电火控系统[J].飞机工程,2013,3:16-18.

LI Zhi, CHEN Xiaogang, WANG Qin. The design of integrated avionics and fire control system on blended attack with air-to-ground weapons [J]. Aircraft Engineering, 2013, 3:16-18.

[11] 冯金富,杨松涛,刘文杰.战斗机武器内埋关键技术综述[J].飞航导弹,2010(7):71-74.

FENG Jinfu, YANG Songtao, LIU Wenjie. Review on internal weapon key technology for fighter plane [J]. Aerodynamic Missile Journal, 2010(7):71-74.

[12] 廖长清,龚诚.航空战术数据链系统及关键技术的探讨[J].航空电子技术,2005,36(1):11-15.

LIAO Changqing, GONG Cheng. An investigation on aero tactical data link systems and their key technologies [J]. Avionics Technology, 2005, 36(1):11-15.

[13] 李哲,柏鹏,王谦,等.美空军武器数据链技术与应用[J].飞航导弹,2009(1):26-28.

LI Zhe, BAI Peng, WANG Qian, et al. Weapon data link technology

and application of US air force [J]. Aerodynamic Missile Journal, 2009(1):26-28.

(责编 冬月)

(上接第60页)

[12] 梁森,王常松,张术国,等.大阻尼高刚度复合材料多层夹芯精密仪表板制作工艺:中国,CN104015377A[P].2014-09-03.

LIANG Sen, WANG Changsong, ZHANG Shuguo, et al. The production process of large damping and high stiffness composite panel: China, CN104015377A[P]. 2014-09-03.

[13] 张恩天,曲春艳,陈维君.结构胶粘剂的发展和应用[J].中国材料进展,2009,09:74-78.

ZHANG Entian, QU Chunyan, CHEN Weijun. Development and application of structural adhesive[J]. Materials China, 2009,09:74-78.

[14] 郝兵.浅谈结构胶粘剂工艺的使用技术[J].航空发动机,2001,02:11-13.

HAO Bing. Introduction to the use of the technology process of structure adhesive[J]. Aeroengine, 2001,02:11-13.

[15] 李焯,梁森,吴宁晶,等.嵌入式共固化复合材料阻尼结构阻尼性能的实验研究[J].科学技术与工程,2010,10(6):1510-1513.

LI Xuan, LIANG Sen, WU Ningjing, et al. Investigation on the damping characteristics of the embedded co-cured composite damping structures[J]. Science Technology and Engineering, 2010,10(6):1510-1513.

[16] ROBINSON M J, KOSMATKA J B. Embedding viscoelastic damping materials in low-cost VARTM composite structures [J]. SPIE Proceedings Smart Structure and Materials, 2005, 5760: 349-360.

[17] 刘凤雷,刘丹,刘健光.复合材料结构用紧固件及机械连接技术[J].航空制造技术,2013(1):102-104.

LIU Fenglei, LIU Dan, LIU Jianguang. Fastener and mechanical joining technology for composites structure [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2013(1):102-104.

[18] 陈勇.机器人滚轮包边工艺及应用[J].汽车工艺与材料,2011,08:53-58.

CHEN Yong. Robot wheel package edge technology and application [J]. The Process and Materials of Car, 2011,08:53-58.

(责编 冬月)

(上接第64页)

CHEN Hu, ZHANG Lixin, YU Junzhi, et al. Experimental study on processing performance of electrode material in electric discharge machining [J]. Modern Manufacturing Engineering, 2013(4):79-84.

[7] 郭永丰,赵万生,耿春明.电火花加工最新技术进展[J].航空制造技术,2003(1):43-45,55.

GUO Yongfeng, ZHAO Wansheng, geng chunming. The latest technology process of EDM [J]. Aerospace Manufacturing Technology, 2003(1): 43-45,55.

[8] 杨凯,顾琳,薛荣,等.喷雾电火花铣削加工工艺的研究[J].上海交通大学学报,2012(7):1021-1025.

YANG Kai, GU Lin, XUE Rong, et al. Experimental study of mist-jetting electrical discharge milling [J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2012(7):1021-1025.

[9] 杨立光,伏金娟,任连生,等.镍基高温合金大深径比盲孔电火花加工工艺探讨[J].航空制造技术,2014(16):42-46.

YANG LiGuang, FU Jinjuan, REN Liansheng, et al. Research on EDM processing of large depth to diameter ratio blind hole of nickel-based superalloy [J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2014(16): 42-46.

(责编 冬月)