

文章编号:1001—893X(2010)03—0102—05

我国未来空天飞机综合电子信息系统的的发展建议^{*}

李 劲

(中国西南电子技术研究所,成都 610036)

摘 要:从空天飞机的概念和特点入手,指出了“四代”后航空电子系统的继续发展方向,定义了未来空天飞机综合电子信息系统的顶层概念并概括了其技术特点,最后对发展我国未来空天飞机综合电子信息系统的技术路线提出了建议。

关键词:空天飞机;航空电子系统;综合电子信息系统;发展建议

中图分类号:V243 **文献标识码:**A doi:10.3969/j.issn.1001—893x.2010.03.022

Suggestions for Developing Integrated Electronics Information System for China's Future Aerospace Plane

LI Jin

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: Starting with the concept and the characteristics of aerospace plane, this paper presents the continuing development trends of beyond 4G avionics system, defines the top-viewing concept of the integrated electronics information system for China's future aerospace plane and generalizes its technical characteristics, finally gives some development suggestions for its technological roadmap.

Key words: aerospace plane; avionics system; integrated electronics information system; development suggestion

1 引 言

空天飞机是航空航天飞机的简称。顾名思义,它兼具航空和航天两种平台的功能,既可以像普通飞机一样在大气层内作高超声速飞行,又能够像火箭、卫星一样进入太空,并能够灵活地进行轨道机动飞行。目前,空天飞机还处于技术研究、验证阶段,但它指出了今后数十年内航空、航天技术向高度融合的方向发展,将是 21 世纪最先进、最经济有效的航天运载工具,也是未来控制空间、争夺制天权的首选武器装备平台^[1-4]。

2 空天飞机的特点^[1-4]

空天飞机相对于目前使用的运载火箭、

飞船和航天飞机,在重复使用、发射费用、机场水平起降能力、可维修性和周转时间、灵活机动性等方面,都是革命性的进步,具有其它航天器无可比拟的性能和特点。

2.1 空天飞机的技术特点

- (1)混合动力发动机。空天飞机既要在大气层内飞行,又要在大气层外飞行,从起飞速度为零,到进入太空轨道时的超高速之间都能正常飞行,动力装置是其最关键的技术,它既要有火箭发动机的功能,在大气层外推进;又要有吸气式发动机的功能,用于大气层内推进。
- (2)发动机与机身一体化。为减小气动阻力,空天飞机外形必须高度流线型,需要将发动机与机身进行融合设计,以构成流线型的整体外形。

^{*} 收稿日期:2009—11—05;修回日期:2009—12—09

(3) 机体结构与防热系统一体化。摒弃了传统的冷结构设计, 采用放热结构与主体结构一体化的热结构设计, 并且针对不同的温层采用不同的冷却技术。

(4) 可以重复使用。像普通飞机一样, 空天飞机整个飞行器都可重复使用, 除消耗推进剂外不抛弃任何部件。

(5) 飞行速度快。空天飞机在大气层内的飞行速度 $12 \sim 25 \text{ Ma}$, 是现代高技术作战飞机飞行速度的 $6 \sim 12$ 倍。

(6) 水平起降。未来的空天飞机可以在普通飞机跑道上起降, 并且可以利用普通机场的地面设施和服务。

2.2 空天飞机的作战特点

(1) 快速反应, 全球覆盖。空天飞机可在起飞后 2 h 内到达全球任意一个地方, 是遂行远程奔袭作战的首选利器。

(2) 空天一体, 用途广泛。空天飞机既可以作为远程战斗机、远程轰炸机、远程运输机, 还可以作为航天运载器、空间轨道器(维修平台、武器平台、指挥平台、侦察平台等)使用, 是可在陆海空天电全领域遂行作战的全能明星。

(3) 自由攻击, 全球威慑。空天飞机跨大气层飞行的特点可以在不侵犯别国领空的前提下进行全球自由攻击, 具有很高的战略威慑能力。

(4) 保障要求低, 机动灵活。空天飞机仅需要普通机场的设施条件就可以迅速起飞和顺利着陆, 部署灵活, 机动性强。

(5) 作战效能高, 生存能力强。空天飞机作战效能的提高体现在: 高空(一般高于 20 km)、高速($\geq 5 \text{ Ma}$)、高隐身、长航时(在轨飞行时具有几乎无限的滞空时间), 这些都大大增强了空天飞机攻击时的隐蔽性、突然性, 同时又大大提高了自身的生存能力。

3 “四代”后航电系统发展趋势

航空电子系统是从低级向高级逐步发展的, 已经历了 4 个发展阶段^[5]: 20 世纪 40~60 年代的分立式航空电子系统, 70~80 年代的联合式航空电子系统, 80~90 年代的综合式航空电子系统, 90 年代中后期至今的高度综合化、模块化航空电子系统。当前, 美、欧等先进国家正在大力发展各类战术、战区、战略级的武器控制、指挥控制和态势感知网络系统, 并加强

对空中和空间的各类有人、无人超高空、超高速作战平台开发, 未来的发展方向将是信息化、网络化、智能化并适应空天一体化作战的高度综合化航空电子系统。

3.1 坚持综合化, 目标是航电系统的“简单化”和“小型化”

高度综合化航电系统的发展目标必然是更高程度的综合。优化设计的具有独立可升级能力的标准化模块(包括软件和硬件)、互连(包括物理互连和信息互连)和接口(包括硬件接口和软件接口)估计仍应是未来更高程度综合化航电系统的基本系统要求和结构特征, 但它们建立的技术基础可能已经完全不同了。当今社会, 新材料、新工艺、新技术的发展是相当迅猛的, 表面贴装、多芯片封装、超大模块集成电路、超高速集成电路、片上系统、微电子机械系统、微波芯片、智能蒙皮、数字光纤传输、模拟光纤传输以及新一代的超高速网络化互连与传输等众多前沿技术的涌现和成熟, 将为航电系统综合化技术的继续发展提供新的技术手段并带来新的设计思想和方法。

随着第四代航电系统高度综合化的实现, 并随着整个空军战场态势感知能力的提高、卫星定位系统的完善、高速宽带数据链的发展, 取消作战飞机上部分冗余的传感器, 转向以“网络为中心”进行传感器优化配置, 使机载航空电子系统能够直接综合机外传送过来的战场信息, 一方面可以实现在“无线电静默”的情况下隐蔽对敌攻击, 另一方面可以使航空电子系统得到“简化”。

综合化的直观成果是“小型化”, 其内涵包括“更小、更轻、更节能、更可靠、更多功能、更好性能、简化操作和便于维护、保障”等。

3.2 加强信息化, 把夺取“信息优势”切实转变为“决策优势”和“作战优势”

航空电子系统的“信息化”指的是将当代电子信息技术(如目标获取、识别、定位、制导、引导以及数据/信息融合等技术)的最新研究成果不断地应用到航空电子系统之中, 提高作战飞机的信息搜集(例如采用各种先进的目标探测传感器)、信息传输(例如采用高速数据总线 and 数据链)、信息处理(例如采用综合核心处理器)和信息应用(例如采用座舱综合显示系统)等能力, 使实现综合化以后的航空电子信息系统的整体作战效能能够得到充分的发挥。

这种“信息化”的概念已经在第四代航空电子系统中得到了应用,但是,根据未来“以网络为中心”作战的要求,航空电子系统的信息化水平仍需作进一步的强化,特别是在信息的高速传输(例如机载数据总线、机载数据链等)和合理应用等方面。

航空电子系统的另一发展方向是信息系统要实现自动化、智能化,要充分运用人工智能技术,特别是专家系统,使航空电子设备和系统具有模拟人类智能启发式推理、判断的能力,从而进一步提高设备、系统的性能以及管理、调度、规划、决策的有效性,并能减轻驾驶员负担。

3.3 解决网络化,大力发展支持“网络中心战”所需的相关技术和设备

航空电子系统的“网络化”是为了满足未来“网络中心战”的需要而对现役和在研飞机航空电子系统进行改造的一种措施,它指的是利用系统中的有关设备(例如数据链、网关、各类接口、协议等设备),实现飞机平台与作战空间战场信息网络的有机连接,以更大的范围、更高的效率共享作战空间内各参战平台的硬件资源和信息资源,以此大幅度提升作战飞机的战场态势感知能力、指挥控制能力、目标打击能力、作战协同能力以及平台生存能力等,使每一飞机在遂行“以网络为中心”的作战中发挥出更强的体系对抗能力。

航空电子系统实现“网络化”以后,飞行员不仅可以综合利用本机传感器得到的信息,综合利用协同作战,包括无人机、预警机、电子侦察机、临近空间浮空器、空天飞机等得到的目标及各种威胁信息,而且还可以综合战场信息网来的敌我信息,以获取全面战场态势感知,实施对空中、地面、临近空间和低轨道固定与活动目标的防区外、超视距、多目标、精确打击,甚至是“静默”的远距攻击。

这种“网络化”是航空电子系统为满足从“以平台为中心”的作战样式转变到“以网络为中心”的作战样式需要的一种重要措施,是航空电子系统更高意义上的“综合化”和“信息化”,是“四代”后航空电子系统发展的一个新的重要趋势^[6]。

4 空天飞机综合电子信息系统概述

4.1 顶层概念

本文论述的“空天飞机综合电子信息系统”,是空天飞机航空电子系统的一个重要组成部分,主要

由机载无线电传感器(包括导航、识别、雷达和电子战等)、光电传感器(包括电视、红外和激光传感器等)、信息传输设备(包括通信设备、数据链设备和机载数据总线等)、信号、信息处理设备(如综合核心处理器)和各种显示器等多方面设备组成。

空天飞机综合电子信息系统是空天飞机为具备与外界进行信息获取、传输、处理和应用能力而装备的一体化多功能平台电子信息系统,具有两大基本系统功能:一方面为空天飞机的航行安全提供基本的测控、通信、导航、识别和控制等电子支援保障功能,另一方面为空天飞机遂行作战任务提供情报、监视、侦察、电子自卫、电子攻击以及指挥、控制和协同等任务电子系统功能。

空天飞机综合电子信息系统是空天飞机借以感知、沟通、应用外界信息的重要系统,是空天飞机保障自身“飞行安全”和“作战安全”以及建立“信息优势”、“决策优势”的信息化核心装备,其技术水平的优劣将直接决定空天飞机的作战性能。未来空天飞机的综合电子信息系统将是充分支持信息化、网络化、一体化作战的高度综合化、智能化的航空电子系统,系统的各功能区将广泛采用开放式结构与标准化的软、硬件接口与逻辑接口,以进一步提高系统的可用性、保障性、可升级性和可负担性,统一的结构和接口标准还可以适用于多种航空航天平台。

4.2 系统特点

空天飞机综合电子信息系统采用高度综合化设计,其基本的设计思想是在一体化设计的公共资源平台上动态装配、运行任务,系统通过面向软、硬件模块资源的一体化控制管理,实现多传感器功能的高效协同和信息的融合处理,基本的设计原则是在模块化、通用化和标准化的基础上实现综合化和开放性。

空天飞机综合电子信息系统以未来空天飞机的顶层概念设计为指导,紧密围绕空天飞机及其平台电子系统面临的作战环境、作战对象和作战任务展开,采取基于模型驱动的快速原型系统开发与验证技术,规划系统的功能配置和资源配置,确定系统的战术、技术性能,定义系统的体系结构,明确系统的运行模式,建立任务需求与系统实现的反馈迭代模型,进行虚拟、半实物和实物的模拟和验证。利用先进的数字化集成设计、仿真、验证平台快速解决任务需求与系统可实现性、系统设计和系统优化、系统实现与系统验证及效能评估等一系列系统顶层设计难点,最终全面满足用户需求。

空天飞机综合电子信息系统的高度综合集成将具有以下特点:

(1)自顶向下设计,分层综合集成。采用的软硬件开放式体系架构,标准接口和服务规范,架构处理层次界面划分清楚;

(2)资源分区,面向模块进行通用化、标准化设计。划分并建立相应资源区(天线、射频、信号、信息、总线)IPT 团队,利用专业化优势进行相应资源区的模块化、标准化、通用化设计,模块化系统结构有利于系统快速原型的建立与验证;

(3)功能分区,面向功能线程进行功能软件化设计。依据软件无线电思想,各传感器功能实现的软、硬件分离设计,硬件资源平台化,基础软件标准化,任务功能软件化,这种功能分区的综合集成模式可以使硬件承制单位、基础软件开发单位和任务功能承研单位都专注于各自擅长的专业领域,有利于降低后期集成的风险,代价是需要更精细的管理和前期更细致的技术协调、接口标准化设计;

(4)接口标准化、互连高速化、总线化。高速与简洁的互连关系使系统内部的各种信息可以得到充分共享,简化系统结构,接口的标准化设计与修改更容易,系统更灵活,功能更强大,综合与集成也就更快捷,大大降低系统研制风险;

(5)面向人机工效,系统操控智能化。在计算机、人工智能等技术的支持下,大力发展信息化、网络化的数据融合、图像融合与自动目标识别,智能化多平台轨迹规划与控制,通信与生存对抗规划与控制、传感器管理与控制,武器攻击规划与控制,网络化协同作战辅助决策与控制,以及基于共形天线的智能蒙皮等技术,使空天飞机综合电子信息系统在广度和深度上全面应用各类人工智能技术,以适应未来信息化作战环境,提高作战任务的有效性,改善系统的生存性、完好性和维护性;

(6)电磁隐身综合。隐身是当代先进军机的基本特征之一,未来空天飞机将更加强调将各种隐身能力进行体系化和综合一体化。隐身技术正在向“全空域、全频段、多功能、智能化、综合化”方向快速发展,隐身结构与隐身材料与飞机总体设计的一体化综合、传感器及其隐身能力(隐身探测、隐身对抗、隐身攻击、隐身通信等)的一体化综合、传感器功能与火控功能的的一体化综合、多传感器信息融合及其传感器一体化管理(包括时域、空域、能量域和模式控制等隐身特性管理)等都是非常重要并尚待深

入研究的课题;

(7)自主式保障体系。空天飞机在设计、生产和使用中应用实时和远程故障诊断技术,将以前的飞机落地开始维修发展为空中检测、诊断、预测、预报,地面远程诊断,地面准备,飞机着陆后快速恢复、诊断、维修、后勤保障一体化,对提高飞机的战斗力、减少寿命周期成本、保障飞机的飞行安全起到很好的作用。

5 发展我国未来空天飞机综合化电子信息系统的目标和建议

5.1 发展目标

以空天飞机平台为基础形成的高度综合化电子信息系统,包括高度综合化的射频/光学孔径、基于射频数字化的高度综合数字处理技术、基于统一航电网络互连的智能化、分布式信息处理技术以及高度综合一体化的系统控制与管理技术等,实现系统结构开放化、系统组成模块化、系统互连网络化、系统功能软件化、系统应用智能化;在开放式体系结构的支持下,形成系列化的、成熟的通用模块产品,可以灵活地在不同平台上应用。

在未来“信息化、网络化、一体化”的作战体系架构下,大幅提升空天飞机综合电子信息系统的能力,全面满足“网络中心战”的作战要求;建成数字化的设计研发中心,完成由经验设计到预测设计、从独立产品研制到高度综合化产品研制的转变,实现系统设计开发能力的跃升;建成一体化集成测试验证平台,完成由静态集成到动态逼真集成、由内场桌面联试到外场无线试验、由实体验证到实体加模拟验证相结合转变,实现试验验证能力的跃升;建成综合保障平台,完成从独立设备保障到系统综合化保障、从数据离线保障到产品数据实时保障的转变,实现综合保障能力的跃升;建成信息化管理平台,完成从串行研发到并行研发模式、从异地离线协同到异地在线协同设计转变,实现项目管理能力的跃升。

5.2 发展建议

(1)顶层谋划,体系化发展

为使我国航空电子信息系统达到“综合化”世界先进水平,未来则必须从信息化战略空军的要求出发,随着空天作战平台种类不断丰富,包括大型运输机、远程轰炸机、无人作战飞机、空天作战飞机等,相关平台电子信息系统在应用发展“综合化”的同时,

进一步实现“网络化”、“智能化”。

(2)以总体研究为龙头,引领行业发展

相关单位应进一步深入研究空天平台及其电子信息系统任务需求、作战应用、产品发展路线以及技术发展趋势,前瞻性地开展平台电子信息系统领域新体制、新概念及新理论等新技术研究,引导用户需求和技術发展方向。

(3)合理布局,协同发展

需求牵引,技术推动,航空电子系统的发展历程,综合化始终是一条主线,每一代新的航空电子系统的诞生,都会带来相应管理、协作关系的调整。发展高度综合化航空电子系统的大势所趋,一方面使传统技术分工界面更模糊,竞争更自由,另一方面为了避免研发资源的低水平重复和限制竞争的无序化倾向,客观上要求加强行业内资源配置的管理和协调能力,优化行业布局,有计划、有组织的开展各项重大专题及关键技术的预研和验证工作。

(4)自主创新,跨越式发展

在平台电子技术发展速度远高于平台本身的发展、平台综合作战效能越来越依赖于平台电子的综合性能、军用电子技术的发展将会越来越落后于民用电子技术的发展的现实条件下,发展我国未来空天飞机综合电子信息系统,必须纵览全局,站在顶层的高度,顺应历史和技术发展的规律,提前从总体的角度研究和不断推进平台电子技术向综合化、信息化和网络化方向发展,坚定地迈出平台电子技术独立发展、前瞻性发展的道路,而不能再像从前一样从属于、依赖于平台配套发展。“一代平台、几代负载;一代负载,多种平台”已经被证明是为全面提升和保持军事信息优势的平台电子技术发展的有效途径。空天飞机综合平台电子信息系统的发展,也要走通用平台电子系统(架构)+专用平台电子系统适应性改造/设计相结合的技术横向一体化综合发展之路。

6 结束语

目前,包括美国、俄罗斯在内的几个航空航天大国都在研制开发能够在太空和航空两线同时飞行的空天飞机。历史告诉我们,外国有的,中国也会有。我国的航空航天技术也在快速发展,综合电子信息系统作为我国未来空天飞机的核心系统之一,必将带动相关技术和产业的迅猛发展,具有深远的发展意义和广阔的发展前景。

参考文献:

- [1] 荆新利,齐泽强,韩鹏. 21世纪空中幽灵——空天飞机[J]. 国防科技,2006(4):6-9.
JIN Xin-li, QI Ze-qiang, HAN Peng. Sky spirit in the 21 Century— aerospace plane[J]. National Defense Science & Technology, 2006(4):6-9. (in Chinese)
- [2] 魏攀科,刁俊良. 夺取制天权的太空武器——空天飞机[J]. 国防科技,2007(8):44-47.
WEI Pan-ke, DAO Jun-liang. Aerospace weapon for controlling space — aerospace plane[J]. National Defense Science & Technology, 2007(8):44-47. (in Chinese)
- [3] 朱伟. 空天飞机将改变传统防空作战样式[J]. 飞航导弹,2007(1):63-64.
ZHU Wei. Aerospace plane will change traditional air — defense operation mode[J]. Winged Missiles Journal, 2007(1):63-64. (in Chinese)
- [4] 庚晋,周洁. 空天飞机雄霸天下[J]. 金属世界,2003(3):14-15.
GENG Jin, ZHOU Jie. Aerospace plane hold sway over the world[J]. Metal World, 2003(3):14-15. (in Chinese)
- [5] 李京生,李军生. 航空电子技术发展展望[J]. 航空精密制造技术,2008,44(3):1-5.
LI Jing-sheng, LI Jun-sheng. Avionics Technology Development[J]. Aviation Precision Manufacturing Technology, 2008, 44(3):1-5. (in Chinese)
- [6] 梁德文. 战斗机航空电子系统最新的发展趋势——网络化[J]. 电讯技术,2008,48(6):93-97.
LIANG De-wen. Review on the New Development of Fighter Avionics System-Networking[J]. Telecommunication Engineering, 2008, 48(6):93-97. (in Chinese)
- [7] 苏连栋. 机载传感器综合设计技术特点及应用[J]. 飞机设计,2008,28(1):54-57.
SU Lian-dong. Technology Characteristic and Application of Airborne Sensor Synthesis Design[J]. Aircraft Design, 2008, 28(1):54-57. (in Chinese)

作者简介:

李 劲(1974—),男,四川自贡人,硕士,高级工程师,主要研究方向为航空电子系统综合化技术。

LI Jin(male) was born in Zigong, Sichuan Province, in 1974. He is now a senior engineer with M. S. degree. His research direction is integrated avionics technology.

Email:du-du@msn.com