

引用格式:高劲松,贺建良,明宝印.全面认识美国六代机研发的方法[J].电光与控制,2018,25(6):60-65,101. GAO J S, HE J L, MING B Y. A comprehensive understanding to development of USA's sixth-gen fighters[J]. Electronics Optics & Control, 2018, 25(6):60-65, 101.

全面认识美国六代机研发的方法

高劲松¹, 贺建良¹, 明宝印²

(1. 光电控制技术重点实验室, 河南 洛阳 471023; 2. 空军装备研究院, 北京 100076)

摘要: 为避免在研究美国六代机发展问题上可能出现的片面性,从方法论的角度,提出应综合3个角度研究美国六代机问题,即基于实证持续跟踪分析美国六代机及其相关技术研发动态、归纳美军对六代机的需求(即信息征询书RFI)和工业界的响应,以及总结美国各代战斗机研发历史以关注当前美国六代机的研发。最后,论证了所提观点。

关键词: 六代机; 美国; F-X; F/A-XX; 研发动态; 综述

中图分类号: V271.4 **文献标志码:** A **doi:**10.3969/j.issn.1671-637X.2018.06.014

A Comprehensive Understanding to Development of USA's Sixth-Gen Fighters

GAO Jin-song¹, HE Jian-liang¹, MING Bao-yin²

(1. Science and Technology on Electro-Optic Control Laboratory, Luoyang 471023, China;

2. Equipment Academy of Air Force, Beijing 100076, China)

Abstract: To avoid boundedness and one-sidedness in the research on the development of USA's sixth-generation fighters, it is proposed based on methodology that we should do the research by integrating the three aspects together, i. e., tracking and analyzing the development trend of USA's sixth-generation fighters and relative technologies, summarizing the US army's requirements on the sixth-generation fighters (Request for Information) and the corresponding response of the industrial communities, and concluding the development histories of each generation of fighters in the USA and focusing on current development of the sixth-generation fighters. Our viewpoint is demonstrated in the end.

Key words: the sixth-generation fighter; USA; F-X; F/A-XX; research and development trend; review

0 引言

近年来美国六代机研发势头迅猛,相关研究工作已经进行了很多,如何研判美国六代机的发展是正确认识国外航空高新技术发展趋势的一个重要方面。

为辨识目前在这个问题上已形成的认识,避免日后在方法论层面出现的缺陷,本文综合如下3个角度可以较全面地认识美国六代机的发展,即,基于实证持续跟踪分析美国六代机及其相关技术研发动态、基于信息征询书归纳美军对六代机和相关系统的需求以及工业界的响应、总结美国各代战斗机研发历史以关

注当前美国六代机的研发。需要指出的是:本文无意更多地探讨美国六代机和相关系统的技术特点、技术发展趋势和可能的影响,而更侧重于提出一种认识美国六代机研发的方法,以避免片面认识可能导致的误区。

1 全面认识美国六代机的3个角度

1.1 角度1:基于实证持续跟踪分析美国六代机及其相关技术的研发动态

这是研究美国六代机乃至其他国外重要装备最常用和最简单的方法。根据目前美国披露的六代机及其相关技术的研发动态,按照其研发主导单位分成3个部分:美国空军、美国海军和DARPA^[1]。截止到目前,美国空军、美国海军和DARPA在六代机及其相关技术方面的主要动态(由于每年动态消息很多,仅选择每年最重要的一条消息)见表1~3。

收稿日期:2017-08-10

修回日期:2018-01-24

基金项目:航空科学基金(2016ZC13005);光电控制技术重点实验室资助

作者简介:高劲松(1969—),男,辽宁盖州人,博士,高工,研究方向为火控总体、火控新原理和无人机。

表1 美国空军六代机主要动态

Table 1 Selected information of the sixth-generation fighter from USAF

时间	事件
2007年10月	时任美国空军参谋长莫塞利透露:已要求空军相关机构开始考虑对六代机的需求
2008年10月	美国空军协会官方刊物《空军杂志》刊登文章“战斗机划代”,探讨了美国空军六代机的技术特征
2009年4月	时任美国空军部长东尼和美国空军参谋长施瓦茨联名在《华盛顿邮报》上发表文章,首次公开宣布“在接下来的几年内,我们将开始与第六代(战斗机)有关的工作,其能力对于未来空中优势是必需的”
2010年11月	美国空军发布六代机能力信息征询书
2011年3月	美国国防部在30年军机计划(2012~2041财年)中指出:2016财年后将把研发重点放在F-22的后继能力上
2012年11月	美国空军空中作战司令部司令官霍斯提吉表示:现在美国空军正研究六代机的标志性特征,六代机将不会由一项技术来定义,而将是若干“非常令人感兴趣的技术的集合”,从而可提供“改变游戏规则”的能力
2013年4月	美国普惠公司正准备测试美国空军自适应发动机技术研发(AETD)项目中第一个重点开发的硬件。2012年美国通用电气和美国普惠公司曾获由美国空军研究实验室AETD项目资助的演示验证变循环战斗机发动机合同,AETD将为F-35在2020年后升级以及为2030年前后下一代超声速巡航战斗机提供动力
2014年3月	随着DARPA六代机预研的结束,美国空军正式启动了该项后续型号研制阶段的投入。美国空军在2015财年预算申请中设立“下一代空中主宰”(NGAD)项目(PE 0207110F),先期将开展2030+空中主宰AOS研究(2030+AIR DOMINANCE AOS),该项研究工作旨在减少2011年3月美国空军下一代战术飞机(TACAIR)基于能力的评估中识别的关键能力差距,将重点提供持久性、生存力、毁伤性、连通性、互操作能力和经济可承受性等方面的能力,并开展针对空中主宰平台的多种概念选择。该项目将支持作战和系统架构开发、先进空中主宰相关技术的成熟和风险降低,以及集成系统的概念开发和验证。该项目研究分为3个专题:2030+空中主宰概念开发(投资额度972.2万美元)、空中主宰研究(投资额度100万美元)、空中主宰技术风险降低(投资额度500万美元)
2015年2月	美国空军在2016财年预算提案中,为第六代战斗机研发项目“下一代空中主宰”申请经费883万美元,增加的费用将主要用于里程碑A前的概念开发和集成评估以及技术风险降低活动
2016年8月	美国《防务新闻》报道,在为期一年的空中作战战术和技术研究后,美国空军正着手开展使下一代战斗机变成现实的初步工作。美国空军已开始了2017年备选方案分析(AOA)的初步工作,将形成F-35后续作战平台的需求和采办策略,美国空军将其命名为下一代空中主宰(NGAD)或渗透空防(PCGA)
2017年3月	美国《航空周刊与空间技术》报道,唐纳德·特朗普总统正在寻求大幅度增加本年度用于发展美国空军下一代战斗机的资金。在公布的补充要求中包括大幅增加用于“下一代空中主宰”(NGAD)(现称为“穿透型制空”(PCA),一种计划作为F-22“猛禽”后继机的新空中优势战斗机)研发的预算。补充要求中的大额资金表明美国空军可能希望比原计划更快地转入下一代战斗机的技术开发阶段。美国空军最近启动了PCA的备选方案分析(AoA),预计将持续1年到18个月。PCA将会是一个系统家族(FoS),许多功能将分散到不同平台上,但仍将存在某种下一代的隐身战斗机

表2 美国海军六代机主要动态

Table 2 Selected information of the sixth-generation fighter from USN

时间	事件
2008年6月	美国海军发布了F/A-XX的大致需求,包括有人驾驶和无人驾驶模式的可选方案,要求工业界从F/A-18E/F后继机的角度考虑F/A-XX的问题,并就无尾飞翼布局的无人驾驶作战飞机(UCAV)的续航能力和长航程性能与业界达成共识
2010年7月	美国《航空周刊与空间技术》报道,美国海军的六代机被称为“下一代空中优势”(NGAD)飞机
2011年6月	美国海军航空项目主管表示,NGAD项目已进入初始能力文件(ICD)起草阶段
2012年4月	美国海军发布六代机信息征询书
2013年4月	美国海军研究所网站报道:美国海军希望在2015财年开始替代F/A-18E/F“超级大黄蜂”的第六代战斗机F/A-XX的备选方案分析工作。美国海军少将麦克·马纳泽尔表示:“我们正在开展研究,从而进一步收缩(F/A-XX)的概念,(F/A-XX)必须能够携带导弹,必须具有足够的能量和冷量满足定向能武器的使用,必须配备能够感知最小雷达截面积目标的武器系统”。F/A-XX系统家族还可能具备战术层面进行赛博作战的能力。美国空军和美国海军将共享武器和传感器技术,即使双方采用不同的机体
2014年9月	美国海军研究所网站报道:美国海军已正式要求国防工业参与一系列的交流,从而获得工业界对于用于在2030年间替换美国波音公司F/A-18E/F“超级大黄蜂”和EA-18G“咆哮者”的下一代战斗机的技术观点。美国海军将与工业界研讨的其他事宜包括:采用全新战斗机设计的解决方案及采取系统家族(FoS)解决方案的可能性,以及用于F/A-XX的任务系统、航电和下一代武器系统
2015年4月	美国海军协会网站报道,美国海军作战部长(CNO)乔纳森·格林纳特上将今年初透露F/A-XX可能采取可选有人驾驶模式
2016年4月	美国海军学院网报道,1月美国海军启动了“下一代制空”项目的需求论证(此前也被称作F/A-XX项目),旨在发展一个家族式的“下一代制空”系统,并计划在2030年代替代现役的“超级大黄蜂”和“咆哮者”电子战飞机。美国海军宣布,虽然会与美国空军共享相关信息,但F-X和“下一代制空”项目不会联合展开。与美国空军联合研发“下一代制空”系统显示出美国海军和美国空军对未来空中战术平台不同的作战需求和文化:美国空军更重视战机的速度和隐身性,如F-22;而美国海军则重视空中平台搭载和投放载荷的能力
2017年4月	美国《航空周刊与空间技术》报道,预算文件中并不包括对美国海军被称为F/A-XX的下一代战斗机资助的增加。该项目的RDT&E资金保持不变,仍为120万美元

表3 DARPA在美国六代机方面探索的主要动态

Table 3 Selected information of the sixth-generation fighter from DARPA

时间	事件
2012年10月	美国负责采办的国防部副部长弗兰克·肯德尔在2012年10月10日签署了一份主题为《下一代空中主宰》(NGAD)的致海军和空军部长的备忘录,要求DARPA开展为期18个月的概念研究,探索取代F-35的下一代战斗机概念,并将在此之后开展为期5年的概念验证与关键技术演示,随即或将开启采办程序,同时副部长希望美国空海军能够积极参与该项目。该项目的目的是:1)探讨下一代空中主宰的相关概念;2)根据概念定义的研究成果提出一个原型项目。应当探讨的问题包括:有人驾驶平台和无人驾驶平台的角色;包括多种网络连接的混合能力的候选集成系统的相对性能;折中后的候选平台和系统提供监视、指挥和控制、电子战和武器功能的成本效益。概念定义工作的核心部分是探讨机体、推进装置、传感器、武器集成、航空电子设备和主/被动生存力特性的创新解决理念
2013年4月	美国DARPA局长阿拉提·普拉巴卡尔说:“新一代战斗机的关键问题不是飞机长成什么样子,而是如何进行能力设计以便真正扩展未来的空中优势”。DARPA正和美国空军以及海军联合就此开展研究。DARPA于4月初提交的2014财年预算中分别在6.2和6.3项目内为第六代战斗机研究安排500万美元预算(相比较2013年仅安排总额500万美元),项目名称为NGAD,该项研究“将定义2020~2050时间框架下的威胁域和能力鸿沟”。该研究将考虑研究以下问题:有人和无人平台的角色;具备不同混合的网络能力的体系概念的相关性能;平台和监视系统、指挥和控制系统、电子战系统、武器系统的权衡的费效比。同时研发中所使用的先进设计、建模和模拟工具也将予以开发。NGAD的使能技术预计包括先进网络化技术、可信导航、主被动防御、电子攻击、区域拒止、先进传感器和赛博技术
2014年1月	美国防务内情网站2014年1月2日报道,DARPA的空中主宰倡议(2年预算1000万美元),预计将识别至2050年的威胁和能力差距,识别国防部相关研发工作的资金量,以及识别“高价值”的技术和原型机。根据2014财年预算文件,“该项研究完成后,将实施高潜力的原型项目,开发用于未来空中主宰的技术。未来技术的早期规划还将帮助定义国防部研发和采办项目的资金基线”
2015年2月	英国飞行国际网站报道,美国国防部副部长弗兰克·肯德尔将在2016财年预算提案中提出一个新的“航空创新倡导”(AII)。该倡议资助了X-飞机原型机,以验证能够用于下一代飞机的技术。DARPA将与美国海军和空军合作并主导该项工作

根据对美国空军、美国海军和DARPA在六代机及其相关技术方面的动态持续跟踪和分析,可以得到如下观点。

1) 探索下一代战斗机阶段方面。美国空军的第六代战斗机(即F-X)和美国海军的第六代战斗机(即F/A-XX)实质性的概念探索已开始,且过程大体相同,到目前为止可以分成3个阶段,中间的技术思想不断变化,状态有反复,见图1。2015年美国对空海军六代机的研究已进入新一轮迭代,很可能将要进入技术开发阶段,未来仍需跟踪观察。

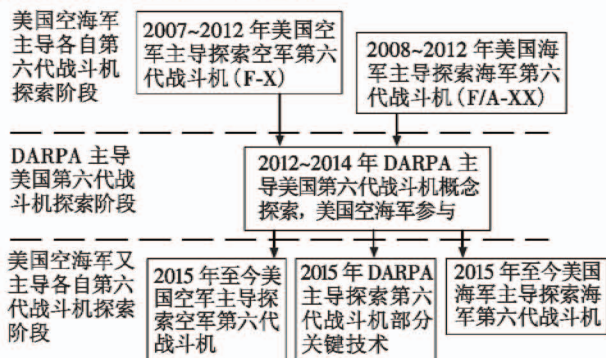


图1 到目前为止美国对第六代战斗机探索的3个阶段

Fig. 1 Three phases of exploration into the sixth-generation fighter in USA

2) 美国空军和海军下一代战斗机关系方面。虽然美国空军六代机的探索要早于美国海军一年,但此后美国一直是平行开展对空军和海军第六代战斗机的探索。尽管美国空军和海军下一代战斗机可能会共用一些系

统,共享一些技术,但是由于美国空军和海军需求的侧重点不同,这两种战斗机是不同的,而且不会出现另一个F-35。目前特朗普政府似乎更偏重空军六代机探索。

3) 美国空军和海军下一代战斗机名称和概念探索方面。从2007年美国空军公开开始探索美国空军六代机以来,其名称和概念不断变化,从以前的“第六代战斗机”、“下一代空中主宰”(NGAD)或“F-X”,到最近被称为“穿透型制空”(PCA),从追求单一飞机到强调系统家族(Family of Systems, FoS),目前最新的提法是:下一代空中优势平台“不是一架战斗机”,而更像一个带有大量武器、具有远航程的关键的飞行传感器平台,将使美空军现在的战斗机力量倍增。

实际上,系统家族的概念并不是首次出现,在美国探索B-2的下一代轰炸机(即下一代远程打击(NGLRS)系统)的过程中就提出了系统家族的概念^[2],当时是指:继B-2A隐身轰炸机之后的新一代远程打击系统将不再是某种单一型号的轰炸机,而是一个包括下一代轰炸机(NGB,当时美国军方和媒体有时也将其称为远程打击飞机)、远程弹道导弹和巡航导弹等成员在内的系统家族,家族内各成员之间在任务执行能力上互补,而轰炸机将在其中发挥主力和核心的作用。

从目前的发展来看,美国军方已广泛接受了系统家族的概念,而且可能在美国六代机的探索过程中有所发展,美国海军与美国空军的下一代战斗机概念可能也是系统家族。

4) 探索下一代战斗机过程中各方作用方面。美

国空海军与 DARPA 有不同分工,三者的角色曾经发生过变化。目前美国空海军主导着各自六代机的概念探索,DARPA 主导探索第六代战斗机部分关键技术。

5) 探索下一代战斗机重要系统方面。虽然不像美国空军和海军下一代战斗机探索那样引人注目,但是美国下一代战斗机重要系统的探索都在悄然进行,例如:在发动机方面正在探索的自适应发动机技术(AETD)、在航电方面正在探索的未来机载能力环境(FACE)、在武器方面正在探索的“替代性攻击武器”(SiAW)、微型自卫弹药(MSDM)和小型先进能力导弹(SACM),以及定向能武器等,另外还有下一代战斗机特有的“下一代热、电力和控制”(NGT-PAC)计划等。

1.2 角度 2: 归纳美军对六代机的需求和工业界的响应

信息征询书(RFI)是由美国军方制订出一系列包括作战环境、任务类型、性能特性、应用技术类型、预定服役时间与成本等的基本需求,要求厂商据此提交可行的概念设计。美国军方向工业界就某重大项目发布信息征询书,工业界据此提出方案,这是美国探索先进武器装备的一种惯例。基于此,就可以通过归纳当时美军对六代机及其子系统的需求和工业界的响应来分析当时状态的美国六代机^[3]。

为了探索第六代战斗机技术,2010年11月,美国空军发布了下一代战斗机信息征询书——“下一代战术飞机能力要求信息”^[4];2012年4月,美国海军也发布了下一代战斗机信息征询书——“2030年舰载攻击战斗机的关键能力需求调研”^[5-6]。其后,美国工业界(主要是洛克希德·马丁、波音和诺斯罗普·格鲁曼航空军机三巨头)就两个信息征询书分别提出了自己的概念方案。

从这两个信息征询书中可以看出:

1) 美国的确有发展空军六代机和海军六代机的构想,但是对其空海军六代机的需求是不同的;

2) 美国发展空军六代机和海军六代机的目的都是应对2030年所谓的“反介入/区域拒止”环境;

3) 美国空军和海军六代机都不是空天飞机;

4) 美国空军和海军六代机都将使用定向能武器,但未必限定一定是激光武器;

5) 美国空军和海军对其六代机驾驶方式没有过多限制,都采用了一种开放的态度,有人、无人、可选有人都可以研究,但未必限定一定是无人机。

针对美国空军2010年11月公布的下一代战斗机信息征询书,诺斯罗普·格鲁曼公司在2011年9月提出了空军六代机概念方案,见图2;波音公司在2011年9月提出了空军六代机概念方案,见图3;洛克希德·

马丁公司在其赠发的2012年年历上展示了空军六代机概念方案,见图4^[7]。

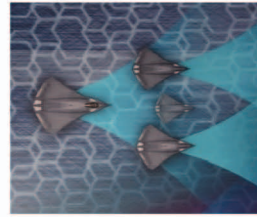


图2 诺斯罗普·格鲁曼公司2011年的空军六代机概念方案
Fig.2 F-X sixth-gen fighter concept by Northrop Grumman in 2011



图3 波音公司2011年的空军六代机概念方案
Fig.3 F-X sixth-gen fighter concept by Boeing in 2011



图4 洛克希德·马丁公司2011年的空军六代机概念方案
Fig.4 F-X sixth-gen fighter concept by Lockheed Martin in 2011

2013年4月,波音公司公布了更新的美国海军下一代战斗机概念方案,见图5,因为时间间隔有点长,勉强算是在响应美国海军对下一代战斗机的需求。



图5 波音公司2013年推出的美国海军下一代战斗机概念方案

Fig.5 Updated F/A-XX sixth-gen fighter concept by Boeing in 2013

虽然美国三大航空巨头并未给出这4个概念方案的详细版本,但从这4个概念方案可以看出:

1) 美国空军和海军第六代战斗机都是有人机或可选有人,而不是无人机;

2) 有一半的方案,即两个方案,采用系统家族模式,系统家族模式值得研究。

需要指出的是,在2016年美国空军推出“下一代空中主宰”(NGAD)“穿透型制空”(PCA)作战飞机后,美国三大航空巨头又开始了新一轮的研究,纷纷推出自己的概念方案,但是由于PCA的概念本身并不完

善,并不像信息征询书那样非常详细,各大公司推出的概念方案尽管展示了技术,但其目的可能更多的是为了向军方表态支持,或者说是一种企业营销策略。另外,因为美国并不会经常发布飞机整机的信息征询书,实际上,迄今为止,美国公布的其空军和海军六代机信息征询书只有一次,所以从这个角度研究美国六代机是非常受条件限制的。当然,也可以从美国发布的一些六代机子系统(发动机、航电和武器等系统)的信息征询书一窥美国六代机的端倪,例如,从发动机信息征询书所要求的工作高度就可以判断飞机的工作高度,进而可以推

断,美国六代机是否为空天战斗机等^[8]。

1.3 角度 3:总结美国各代战斗机的研发历史

这种方法并不能直接分析美国六代机,但是可以通过总结美国各代战斗机的研发历史来类推美国在研发六代机时可能采用的程序和步骤,以及可能的策略,这样可以对美国六代机的研究产生借鉴作用。

二战后,美国已完整地发展了前后共五代喷气战斗机^[9],见表 4(表中黑体字的都是美国战斗机)。无论从研发时间还是研发环境等因素看,研究 F-22 的发展都将对研究美国六代机有重要的借鉴意义。

表 4 喷气战斗机的五代

Table 4 Five generations of jet fighter

代序	出现时间	典型战斗机
第 1 代	二战末期	F-80 , 德国 Me262
第 2 代	20 世纪 50 年代初的朝鲜战争	F-86 , MiG-15
第 3 代	20 世纪 50 年代末 60 年代初	百岁系列如 F-105 等, F-4, MiG-17, MiG-21
第 4 代		F-15 , F-16 , “幻影”2000, MiG-29
第 4+ 代	20 世纪 70 年代中	欧洲战斗机“台风”, Su-30, 新型 F-16 以及 F/A-18, “阵风”
第 4++ 代		Su-35, F-15SE
第 5 代	21 世纪初	F-22 , F-35

众所周知, F-22 的前世源于先进战术战斗机 ATF 的探索, ATF 的早期探索见表 5^[10]。

表 5 ATF 的早期探索

Table 5 Forepart exploration of ATF

时间	发生的事件	附注
1969 年	启动《美国空军战术武力 1985(TAC-85)》研究	ATF 概念起点, 战术打击飞机
1971 年 1 月	发布《战术空军司令部作战概念(CONOPS)》	任务顺序: 空中阻绝、CAS、空空自卫
1972 年 2 月	启动 ATF 预备设计权衡分析研究	8 家厂商提建议方案
1973 年 1 月	TAC 发布第 1 版 ATF 作战能力需求(ROC)	第一份 ATF 需求文件
1974 年 2 月	启动《目标截获与武器投放(TAWD)》研究	新机需求进一步厘清
1974 年	启动《空对地先进战机(ATGAF)》研究	基本需求成型
1975 年	TAC 发布 ATF 作战能力需求(ROC)修订版	
1975 年	ATGAF 更名为《先进战术战机(ATF)技术评估与整合》	
1975 年	启动《密接空中支援任务分析(CASMA)》	
1976 年 6 月	ATFT 更名为《空对地技术评估与整合》	
1976 年 10 月	CASMA 改组为攻势空中支援任务分析(OASMA)	
1976 年 12 月	启动《战斗机技术(CAT)》与下辖的《打击系统研究(S3)》	
1977 年	《打击系统研究(S3)》改组为《协同打击系统(S3)》	
1978 年 7 月	《协同打击系统(S3)》改组为《改良战术攻击系统(ITAS)》, 下分《增强战术战机(ETF)》与《先进战术攻击系统 ATAS》	
1979 年	启动《战术战机技术选择(TAFTA)》与《1995 战斗机研究》	重组计划, 空优、打击兼顾
1980 年 4 月	发布《战斗机技术(CAT)》计划修订版计划管理指令(PMD), 纳入空优需求, 并取消 ETF 计划	
1980 年	启动《先进战术攻击系统任务分析(ATASMA)》与《先进制空战斗任务分析(ACEMA)》	重新研究对地对空作战需求
1980 年 7 月	发布《先进战术打击战机(ATSF)》与《先进空优战机(AASF)》两份任务元素需求报告(MENS)	对地对空并行发展
1980 年 8 月	启动《未来战机选择研究(FFAS)》	
1981 年 5 月	ATSF 与 AASF 合并为《先进有人驾驶战术飞机(AMTA)》MENS, 向 9 家航空航天厂商发出 ATF 信息征询书(RFI)	发布信息征询书
1981 年 6 月	《AMTA》修订为《新战机(NFA)》MENS 后正式提交国防部	
1982 年 1 月	美国国防部批准《新战机(NFA)》MENS	
1982 年 5 月	7 家厂商提交 ATF RFI 最终报告	
1982 年 8 月	发布 ATF 计划管理指令(PMD)	空优成为最优先需求

从表5可以看出：

1) ATF概念的早期探索发生了多次变化和反复,从主要对地对空自卫到对地对空兼顾,到最后空优第一;

2) 美国空军始终主导项目,且研究多年,从概念提出到发布信息征询书历时十余年;

3) 即使发布了信息征询书后,依然会根据情况对需求进行重大调整。

实际上截至目前美国空军六代机的探索过程,与上面类似的情况几乎都发生过,历史正在重演,或者说规律正在起作用。

按照F-22的情况,如果不发生反复,发展六代机要先进入概念发展调查(CDI)阶段,而从CDI到原型机,F-22用了近十年的时间(见图6),再加上1991~2005年的工程制造发展(EMD)阶段。从某种意义上讲,美国六代机的发展才刚刚开始。

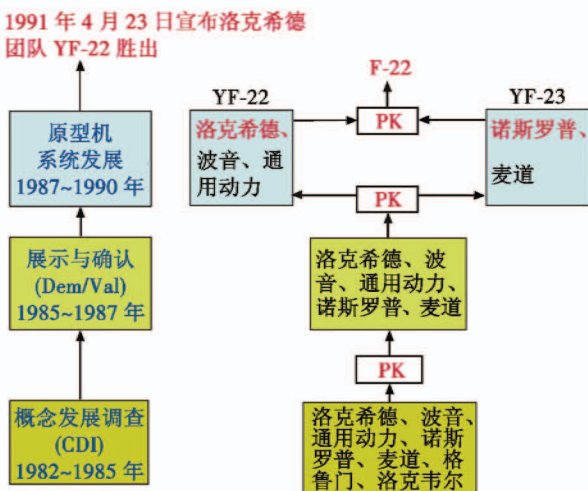


图6 F-22 发展全过程

Fig. 6 Basic history of F-22

2 应3个角度相结合认识美国六代机

持续跟踪分析美国六代机及其相关技术的研发动态,通过着眼于当下,进而可以推测未来的纵向发展。从这个角度研究问题可以看到美国六代机发展的最新动向,如果用心从头梳理,还可以分清目前3个研究单位(即美国空军、美国海军和DARPA)的思路,但是如果不结合美国战斗机的研发历史,往往可能纠缠于其探索过程的反复,而不能看到其下一步发展。另外,如果不能深刻理解历史,汲取经验教训,甚至可能会在技术歧路面前误入美国有意预设的技术陷阱^[9]。跟踪动态本身由于资料零碎,往往对问题的看法不系统,甚至可能产生矛盾,有了对信息征询书和厂商响应的深入研究就可以明确地知道,美国六代机在某些方面是什么,不是什么等。

归纳美军对六代机的需求和工业界的响应,是研究美国六代机发展的一个极有意义的技术横断面。尽管受自身的条件限制(即美国必须公布新的信息征询书),但是对已发布的信息征询书和厂商响应的深入分析可以使系统地研究美国六代机需求和响应的关系。不过如果只看信息征询书,而没有对美国六代机及其相关技术的研发动态的积累,可能会因为对当前技术热点和状态缺乏了解,而无法深刻理解信息征询书中的某些条款,例如,六代机的驾驶方式和定向能武器的选择等。根据美国各代战斗机的研发历史,在信息征询书发布和厂商响应后,实际上也就是完成了一轮技术研究的迭代,这时会出现一个窗口,外界往往有机会一睹厂家推出的或真或假的概念原型机。当然,下一步就会根据情况进行修改,而这些修改必须时刻跟踪研究动态的发展。

总结美国各代战斗机研发历史是基于一个普遍而公认的道理:研究过去可以照耀未来。研究美国各代战斗机的研发历史可以为当前的研究提供借鉴,并且为预测未来提供大致的框架。但是需知历史是“死”的,而现实是“活”的,如果完全按照历史来类推,而不关心现实的动态,那么谁都不会想到,并且难以理解DARPA会在一个时期内主导美国空海军六代机研究,谁也不会想到特朗普总统会逆流而动——增加军费,加速美国空军六代机研究。同样,如果只研究历史,不深入研究最新的美国空海军六代机信息征询书和厂商响应,可能无法增加对现实中美国六代机的认识深度。而实际上,无论是跟踪分析美国六代机发展动态,还是研究美军六代机信息征询书和厂商响应,其本身也就是在补充美国战斗机的研发历史。

3 结束语

随着时间的流逝,情况在变化,认识在提高,美国六代机的研究必将不断推进,美国空海军对六代机也会不断修正,厂商的方案也会不断修改,关于美国战斗机研发历史的资料可能会不断曝光披露,再加上本文的研究还有待深入,所以本文所提的方法未必完全正确。希望本文可以在认识论层面为全面认识美国六代机提供一种基于实证的方法。

参考文献

- [1] 高劲松,陈哨东.国外六代机发展情况研究[J].飞航导弹,2014(1):54-59.
- [2] 陈黎.美国空军下一代轰炸机主要突防措施分析[J].飞航导弹,2011(9):80-83.
- [3] 高劲松,邵咏松,陈哨东.美国空海军下一代战斗机信息征询书概要和比较[J].电光与控制,2014,21(5):

(下转第101页)

议,对定位信息进行解算。

4) BD短报文解算:实时监控BD短报文指令,并执行相应指令,同时将收到的短报文指令按通讯协议发送给测控设备,下传至地面测控站显示。

5) 自主安控判断:根据解算出的定位信息实时判断无人机当前位置与安控区之间的相对位置关系,并确定安控状态。

6) 执行安控:若自主安控判断满足执行安控条件或收到地面站“安控坠毁”指令后,输出数字量信号,控制舵机离合器断电。

3 实际使用情况

2016年10月,加装了新研北斗安控器的国产大型无人机在执行某次飞行任务时因故需要及时坠毁,地面北斗便携站发送北斗短报文“安控坠毁”指令,无人机机载安控器实时收到了指令并正确执行了坠毁动作,飞行任务圆满完成。

4 结束语

基于北斗短报文通信的无人机安控系统除了实现原来基于GPS定位信息的无人机自主安控功能外,还新增加了基于北斗短报文通信的远距离被动实时安控功能,其作用距离只受北斗卫星覆盖范围限制,较好地弥补了该型无人机原有安控系统的不足,为其安全控

制提供了可靠保障。大量的地面测试和实际使用证明该方法有效可靠,并已经推广应用到同类型其他无人机安控系统中。

参考文献

- [1] 何丽,刘茹,屈冬红,等.一种基于北斗短报文通信的动态组网技术[J].科学技术与工程,2015,15(13):149-152.
 - [2] 孙方霞.基于北斗短报文通信的落水报警终端设计[J].广东轻工职业技术学院学报,2015,14(4):12-15.
 - [3] 王华东.北斗卫星导航应急通信应用研究[J].卫星与网络,2013(12):66-70.
 - [4] 谷军霞,王春芳,宋之光.北斗短报文通信信道性能测试与统计分析[J].气象科技,2015,43(3):458-462.
 - [5] 和芯星通科技(北京)有限公司.UX450用户手册[EB/OL].[2017-12-16].<http://www.unicorecomm.com>.
 - [6] 南通国芯微电子有限公司.STC15系列单片机器件手册[EB/OL].[2017-12-20].<http://www.stcmcudata.com/datasheet/stc/STC-AD-PDF/STC15.pdf>.
 - [7] 陈树学,刘萱.LabVIEW宝典[M].北京:电子工业出版社,2016.
 - [8] 徐爱钧,彭秀华.Keil Cx51 V7.0单片机高级语言编程与uVision2应用实践[M].北京:电子工业出版社,2006.
-
- (上接第65页)
- [4] U. S. Air Force. Next generation tactical aircraft(next gen TACAIR) materiel and technology concepts search[DB/OL].[2017-06-10].[https://www.fbo.gov/utills/Next_Gen_TACAIR_CRFI_\(V1_0\)_10-18-2010.doc](https://www.fbo.gov/utills/Next_Gen_TACAIR_CRFI_(V1_0)_10-18-2010.doc).
 - [5] Department of the Navy. Naval air systems command aircraft division[DB/OL].[2017-06-12].https://www.fbo.gov/utills/FA-XX_RFI.doc.
 - [6] Department of the Navy. Concept metrics[DB/OL].[2017-06-12].https://www.fbo.gov/utills/FA-XX_Concept_Metrics.xls.
 - [7] 张洋,郝欣欣.六代机的需求与技术比较[J].兵器知识,2012(9):27-33.
 - [8] 高劲松,陈峭东.对国外六代机主要特征的看法[J].国际航空,2013(3):44-45.
 - [9] TIRPAK J A. The sixth generation fighter[J]. Air Force, 2009(10):38-42.
 - [10] 张明德.猛禽的诞生[M].北京:中国市场出版社,2011.
-
- (上接第77页)
- distributed embedded systems based on schedulability analysis[C]//Design, Automation and Test in Europe Conference and Exhibition, IEEE, 2000:567-575.
 - [7] OLIVER R S, CRACIUNAS S S. Hierarchical scheduling over off- and on-chip deterministic networks[J]. ACM SIGBED Review, 2016, 13(4):14-19.
 - [8] SCHOEBERL M. A time-triggered network-on-chip[C]//International Conference on Field Programmable Logic and Applications, IEEE, 2007:377-382.
 - [9] SAE Aerospace. SAE AS6003 TTP communication protocol[S].[S.l.]:SAE International, 2009.
 - [10] ZHAI B, BLAAUW D, SYLVESTER D, et al. The limit of dynamic voltage scaling and insomniac dynamic voltage scaling[J]. IEEE Transactions on Very Large Scale Integration Systems, 2005, 13(11):1239-1252.
 - [11] 唐青松.深度优先算法在创建树形结构中的应用研究[J].计算机技术与发展,2014(9):226-229.