

国外第六代战斗机概念方案与关键技术

闫晓婧*, 杨涛, 药红红

中国飞行试验研究院, 陕西 西安 710089

摘要: 目前, 第六代战斗机是诸多航空大国已进入概念提案研制阶段的战斗机, 各国均已把第六代战斗机的研发提上议事日程, 且不断加快研发步伐。本文分析了国外第六代战斗机的研究现状, 详细介绍了美国波音、诺斯罗普-格鲁曼与洛克希德-马丁公司, 俄罗斯, 日本所提出的第六代战斗机概念方案, 并结合军事专家观点以及多个部门的报道, 从中探索第六代战斗机的主要特征及其所需的关键技术支撑。

关键词: 第六代战斗机; 高超声速; 隐身; 自适应发动机; 定向能武器; 人工智能; 无人机

中图分类号: V271.4 文献标识码: A DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2018.04.018

夺得制空权对于战争胜负来说具有决定性意义, 各航空大国无一不将先进战斗机列为本国航空工业的重中之重。目前, 美国、俄罗斯等航空大国在加紧第五代战斗机研制的同时, 也加快了第六代战斗机(简称六代机)的研发步伐, 纷纷提出各自的六代机概念方案。本文通过分析外军公开发布的需求文件和国外航空工业界非正式展示的一些概念方案设想, 以及多个部门的发布的报道, 归纳总结六代机可能具有的主要能力特征和验证计划所需要的关键技术。

1 六代机研究现状

目前, 美国、英国、日本、德国、俄罗斯都在为“第六代”喷气式战斗机进行早期规划。虽然各个国家六代机研发阶段各不相同, 相较其他国家来说, 美国六代机技术比较领先, 不过总体来说仍然都处于概念研究阶段。

美国空军正在寻求额外的资金资助穿透型制空战斗机(PCA)的早期开发。PCA是一项空军计划, 旨在用另一种战斗机取代F-22战斗机, 远程和有效载荷预计是新战机两个主要要求。可能会采用人工智能技术对数据进行分类和分析威胁, 以减少飞行员的工作量。波音公司已经发布了其PCA候选的早期概念, 并称PCA最早可在2028年飞行。

日本和英国签署了一项协议, 以探索联合开发一种新

的战斗机的想法, 用于在21世纪30年代的部署。日本正寻求开发一种大型双引擎、两架机组人员飞机, 以取代三菱F-2战斗机。其第六代战斗机概念(绰号为未来战斗机)是一种大型战斗机, 用于在东海对中国或者朝鲜进行远程作战。目前, 日本的F-15和F-2战斗机在东海飞行任务只能从少数几个当地机场进行, 远程战斗机可以从更远的机场飞行。英国未来空中作战系统(FCAS)将于2040年开始取代欧洲战斗机“台风”, FCAS可能是一种无人驾驶飞机。自2012年以来, 英国一直在悄悄地测试“雷神”(Tarans)作战无人机。与目前的无人驾驶飞机不同, “雷神”正在开发除了地面目标之外, 还可以攻击空中目标的能力。无人驾驶是FCAS的一种选择, 但英国国防部已经承认, 该计划仍有可能是有人战斗机。

德国也在寻求研制第六代战斗机, 以取代德国空军老化的“狂风”对地攻击型(IDS)攻击机, 并补充欧洲战斗机“台风”。据称, 第六代战斗机将在2030—2040年期间投入使用, 既可以是有人驾驶的, 也可以是无人的, 有人驾驶飞机可以与无人驾驶飞机并驾齐驱, 也可以控制无人驾驶飞机^[1]。

另外, 2017年3月, 俄罗斯正式启动了六代机研制计划。有专家预测, 俄罗斯六代机概念可能以苏霍伊设计局的PAK-FA(现命名为苏-57)为基础进行设计^[2]。

收稿日期: 2018-01-05; 退修日期: 2018-03-14; 录用日期: 2018-04-03

* 通信作者. Tel.: 15991942045 E-mail: 1617220840@qq.com

引用格式: Yan Xiaojing, Yang Tao, Yao Honghong. Conceptual scheme and key technologies of sixth generation fighters abroad [J]. Aeronautical Science & Technology, 2018, 29 (04) : 18-26. 闫晓婧, 杨涛, 药红红. 国外第六代战斗机概念方案与关键技术 [J]. 航空科学技术, 2018, 29 (04) : 18-26.

2 六代机概念方案

2.1 美国开展的六代机研究与概念方案

2.1.1 波音公司的方案

波音公司是最早开展六代机概念研究的公司之一,提出了多个六代机概念方案。2008年1月,提出F/A-XX第六代战机概念方案,并于2013年4月在海军联盟主办的航空航天博览会上,波音公司推出了最新版本的“F/A-XX第六代战斗机”概念图:采用双发无垂尾外形,增加了一对前置鸭翼,采用了DSI进气道,具备全向隐身与超声速巡航等特征,并且具有有人机/无人机双模式操纵,还可能采用可变后掠翼设计。这种布局可以兼顾灵敏性与全向宽频隐身。据悉,F/A-XX的设计理念是在亚声速巡航方式下,实现高达50h的续航时间,以及前所未有的上万千米的作战半径;在高超声速巡航方式下,实现超过1600km的作战半径,并具备对更多雷达的隐身性。与五代机相比,其主要优势为全方位、宽/全频谱隐身能力,全域高速机动能力,全向战场态势感知和网络支持能力,全新概念的机载武器^[3]。

图1、图2为波音公司提出的空军型和海军型六代机概念方案。这两种方案都采用了上置进气道、翼身融合、无垂



图1 2011年提出的空军型六代机方案:F-X
Fig.1 The 6th generation fighter concept of Air Force proposed in 2011: F-X



图2 2013年提出的海军型六代机方案:F/A-XX
Fig.2 The 6th generation fighter concept of Navy proposed in 2013: F/A-XX

尾气动布局,注重飞机的隐身特性,并采用了两台发动机。为了机动性更好,空军型采用了平尾。

2016年11月1日,波音公司向《航空周刊与空间技术》提供了新一代战斗机的概念方案图:无尾布局,薄后掠机翼,保形进气道,且有座舱。

2.1.2 诺斯罗普-格鲁门的方案

2008年,诺斯罗普-格鲁门(简称诺格)公司公开了一份第六代战斗机的艺术想象图(见图3),该机使用能束武器,具有良好的隐身能力和网络化作战能力。2011年7月,诺格公司展示了其第六代战斗机概念方案(见图4)。该机采用大后掠角无尾布局,双发、单座、进气道上置,具有良好的隐身性。



图3 诺斯罗普-格鲁门公司2008年概念方案
Fig.3 Northrop Grumman's 6th generation fighter in 2008

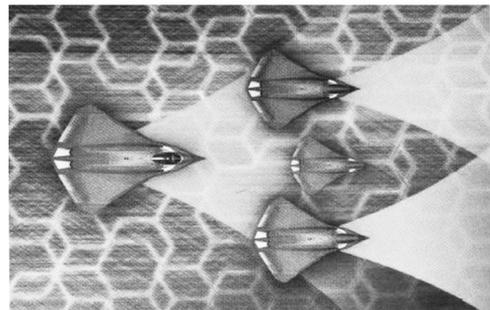


图4 诺斯罗普-格鲁门公司2011年发布的六代机展示效果图
Fig.4 Northrop Grumman released the 6th generation fighter concept in 2011

据美国《防务新闻》网站2015年1月21日报道,诺格公司已经组建了两个战斗机研发团队,分别致力于美国海军和空军第六代战斗机的研发。

2016年,诺格公司展示的新型隐身“超声速喷气机”(见图5),与传统布局相比较,其气动布局有了很大的改变,首次在战斗机上取消了垂直尾翼,采用全飞翼构型,每侧机翼各有4片复杂的大型后退襟副翼。机背可能设置有可开合垂尾。发动机进气口和尾喷口都集中在机身上面。



图5 诺斯罗普-格鲁门公司2016年发布的六代机概念方案
Fig.5 Northrop Grumman released the 6th generation fighter concept in 2016

2.1.3 洛克希德-马丁公司的方案

2012年,洛克希德-马丁(简称洛马)公司的臭鼬工厂公布了其六代机设计方案,突出了速度更高、航程更大以及超隐身能力等特点。该设计方案的机头与F-22相似,但翼面形状独特,还采用了大外倾角尾翼。整体看,该机更注重飞机的速度和敏捷性。

2017年6月5日,“臭鼬工厂”披露的最新六代机改进设计方案——“下一代空中主宰”(NGAD)(见图6),是一种隐身、双发、无尾、折线三角翼设计的翼身融合体飞机,发动机进气道位于三角翼折线和翼根连接处。

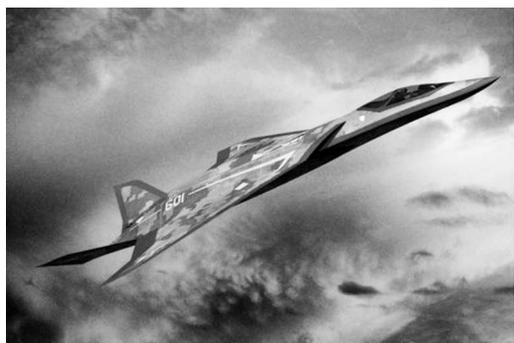


图6 洛马公司2017年的六代机方案
Fig.6 Lockheed Martin's 6th generation fighter concept in 2017

2.2 俄罗斯开展的六代机研究与概念方案

2007年,在莫斯科航展期间,俄罗斯米格公司透露了其六代机技术验证模型——“电鳐”(SKAT)喷气式隐身无人战斗机(见图7),2012年对外宣称SKAT即为俄空军第六代战斗机。其主要特征包括隐身、高超声速飞行、智能性高、无人驾驶,如“缩小版的B-2轰炸机”,该机由米格公司与一些相关科研机构共同研制。样机重10t,航程4000km,载弹量2t。从“电鳐”的外形上可以看出很多提高隐身性能的设计思路。无平尾和垂尾;控制板结合部、起落架舱

门和机舱门处在几条平行的线上,大大降低了雷达截面积(RCS);发动机为扁平喷嘴,这种设计可以减少辐射量,也可以规避敌方的红外线探测设备,且发动机进气道布置在机身上方,可以避免被敌方雷达发现。因此,“电鳐”隐身性能极强,可“悄然突破敌方防空系统,自主完成起飞降落、智能选择航线、完成对地对海打击等整个过程”,对其重要目标实施攻击^[4]。

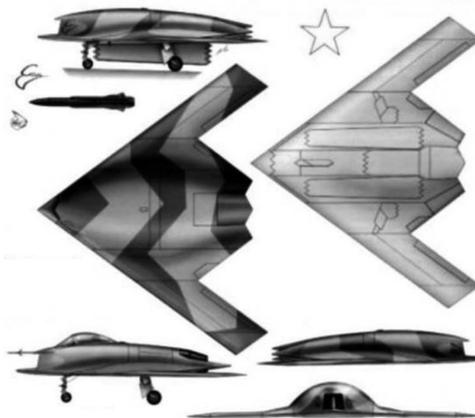


图7 俄罗斯“电鳐”概念方案
Fig.7 The conceptual of Russian's SKAT

2.3 日本开展的六代机研究与概念方案

2010年,防卫省提出了关于未来战斗机的研究构想,不久之后,向外界展示了其第六代隐身战斗机“I3”(信息化、智能化、快速反应能力)的战斗机构想,对具体概念和新技术进行细化。2011年,在防卫技术论坛上展示了其反隐身技术及关于六代机相关材料及设备的一些内容。I3主要具备以下技术特征:

(1) “云射击”及先进座舱技术

“云射击”类似于“云计算”,即基于先进数据链系统,只要有一架战斗机发现敌情,就可以通过信息共享,将情报传递给所有的“I3”战机,实施高效的群体攻击,从而大大提高杀伤与打击的精确度,且减少弹药消耗^[5]。

(2) 定向能武器

当今空战中,空空导弹是主要武器,但其很难在大气层内实现 $Ma10$ 以上的速度,其外形也不利于隐形,且机载弹数量将受限于携带方式,在这种情况下,安全性能极高且携带方便的定向能武器来的恰逢其时。

(3) 光传操纵系统

用光纤取代原来的电缆,消除信号受干扰的可能,可以避免电磁脉冲攻击的影响,大幅提升电子战能力,并大大减少了操纵系统的重量。

(4) 大功率雷达

六代战机的对手必然也是隐身战斗机,知己知彼百战不殆,只有配备大功率雷达,才能大大提升探知对手的能力。

(5) 先进综合火控系统以及无人机的“群控制”

“13”战斗机要求实现与其他作战飞机协同执行作战任务,同时起到“承上启下”的作用,一方面接收包括预警机、预警雷达等大型信息平台的上层大型预警平台发出的信息,另一方面控制无人机执行作战任务。

(6) 超越敌方的隐身性能

面对同样具有隐身性能的对手,必须具备凌驾于其之上的隐身能力,才能在空战中占据优势。

(7) 轻量化的大功率发动机

陶瓷、碳素和复合材料技术都是日本所擅长的,而陶瓷等材料可以提高发动机风扇等核心部件耐高温高压的能力,因此,日本将利用这些技术研制轻量化大功率发动机^[6]。

3 六代机关键技术

3.1 六代机主要特征

美军认为六代机主要作战任务包括“综合空中与导弹防御、近距空中支援、空中遮断、空中电子攻击等能力”。美国海军与空军对于六代机的共同目标均包括以下两个方面:一是形成相对于五代机的全方位跨代优势,二是发挥信息要素的主导作用,满足未来作战环境的变化需求,提供制空权和多种打击能力^[7]。可以看出,六代机将再次改变空战模式,其性能的诸多改变所影响的绝不只是飞机本身,更是未来作战环境中空中力量的构成。美国军方和美国智囊团都认为,未来的作战飞机要实现“无须借助前沿基地,对国土面积辽阔、战略纵深较大的国家交战”。美军认为,六代机必须实现即时全球打击能力,即“在发射后 1h 内实现打击,且能以精确至数米的精度打击世界任何一处目标”“不仅能够击毁即将向美国或者其盟友发射核武器的弹道导弹发射架,对恐怖分子实施打击,能够在更广泛的作战行动中作为先遣攻击力量,摧毁敌方指挥与控制中枢,而无须预先派遣兵力”^[8]。

我国军事专家王长勤将第六代战斗机的主要特征总结为“六超”特性^[9],即:超扁平外形、超声速巡航、超常规机动、超远程打击、超维度物联和超域界控制,见表 1。

目前,美国空军与海军将六代机的能力特征归纳为“5S”,见表 2,即超飞行能力(Super Flight Capability)、超隐身能力(Super Stealth Capability)、超感知能力(Super Awareness Capability)、超打击能力(Super Strike Capability)和超协同能

力(Super Cooperate Capability)。可以看出“六超”与“5S”基本是一致的。

表 1 第六代战斗机的“六超”特性

Table 1 The “six super” characteristics of the 6th generation fighter

“六超”特性	具体内容
超扁平外形	机身采用全翼身融合、大升阻比和无垂尾设计,这种设计可以使飞机在各种高度、姿态下保持高隐身性能
超声速巡航	采用新型发动机,满足飞机亚声速巡航飞行与超声速飞行的要求
超常规机动	采用超常规气动布局,矢量推力发动机和智能化飞行控制系统,使飞机能够实施各种高速机动
超远程打击	具备长航时飞行能力,并使用各类新概念武器实施远程精确打击
超维度物联	应用物联网技术,使飞机成为“陆海空天电网多维空间作战体系”中的在线用户
超域界控制	采用多种控制模式,使有人机与无人机、有人机与无人机、无人机与无人机之间形成完整的空战群落

表 2 第六代战斗机的 5S 能力

Table 2 The 5S capability of the 6th generation fighter

5S 能力	具体内容
超飞行能力	包括高超声速飞行,超常规机动以及超远距航程
超隐身能力	具备优于五代机的超隐身能力
超感知能力	飞机具备极强的态势感知能力以及数据融合处理能力,为飞行员提供最直接有效的依据
超打击能力	采用定向能武器,实现对敌方飞机的超高速打击以及持续作战能力
超协同能力	六代机可能是有人机,也可能是无人机,在体系联合作战框架下,可以实现全程无缝协同作战

2016 年 3 月,英国空军研究中心高级研究员,皇家空军上校帕蒂尔在其“美国对六代机的期待”^[10]中指出,与目前的第五代战斗机相比,六代机在超声速、武器系统、航程、隐身和自修复结构方面将具有更好的性能,这将对现代第五代战斗机的一次技术飞跃。六代机机身设计将是一架无尾战斗机,其具有类似于 X-47B 无人机的机翼,以及类似于 F-35 联合打击战斗机的机头和驾驶舱。它将利用高端技术,在航程、持久化、可生存性、网络中心性、态势感知、人-系统集成和武器效果等领域,提供比第五代战斗机现有能力更大的优势。他认为虽然六代机的详细数据尚未公开,但仍然可以分析得出六代机设计中所设想的能力和特点,见表 3。虽然五代机将隐身、敏捷性和致命性结合在一起,但六代机设想将会使得所有新的概念武器系统、航空电子设备和智能技术综合在一起。与五代机相比,它最大的优势是具有极强的隐身特性,能够在飞行中改变外形,其新一代发动机支持超高空飞行和更远距离飞行,且使用定向能武器(DEW),具备网络攻击能力,可以实现分级威胁反应和利用先进的航空电子设备进行自我保护。

表3 帕蒂尔上校提出的对六代机的期待
Table 3 Colonel Patil's expectations for six generation fighter

六代机主要特征	具体内容
高超声速飞行	这将是一架旨在降低空中加油需求的远程飞机,能够以高超声速和亚声速在超高空飞行,且具有垂直起降(VTOL)能力
高隐身性能	这架飞机隐身性能非常强大。为了进一步减少雷达截面积,六代机将会是无尾设计。为了完全吸收入射雷达波,机身将会采用特殊的高耐久性和轻质复合材料制成,这种材料能够承受机身在超声速条件下的加热
采用新型发动机	采用新一代发动机,支持超高空飞行和超级巡航速度,比现有战斗机快得多。新一代发动机将具有空间任务能力,这将使得飞机拥有更大的航程、更快的加速度、更高的亚声速巡航效率
变形能力	能在飞行中改变外形,以优化飞行速度或持续性,而且它的发动机很可能在飞行中可以重新调整,以便进行高效率的超声速或亚声速巡航
大型集成传感器	材料和微电子技术将结合在一起,使飞机成为一个大型集成传感器,可能消除了对机头雷达的需求
人工智能	飞机将是“智能化”
先进光电技术	传统的“电传”系统将广泛应用光纤技术,这不仅可以减轻重量,而且有助于抗干扰
采用定向能武器	除了常规的远程武器系统之外,还将装备新的概念武器,如高性能的微波和激光等定向能武器,以防御导弹来袭或将其作为进攻性武器
网络攻击能力	这架飞机依赖网络,也能够进行网络攻击,可以发展成无人驾驶的空战飞行器
有人机与无人机混合编队	可以发展成无人驾驶的空战飞行器

可以看出,帕蒂尔上校所提出的对六代机的期待与军事专家王长勤所总结的六代机的“六超”特性以及有关专家提出的五大能力基本一致,更是对六代机特征的一种具体化。

另外,2013年12月30日,美国《航空与航天技术周刊》展望了未来航空航天领域的9项国防技术所关注的重点。其中,与第六代战斗机直接相关的技术基础包括有人机与无人机混合编队、变循环发动机等。而美国《能源地平线》将飞机能量优化技术纳入需要重点发展的核心技术之一,该技术将会对六代机产生重大影响,包括增大航程、消除飞行器热约束、为定向能武器的使用创造条件、使飞机设计过程更加精细化等多个方面^[1]。

3.2 六代机关键技术

综上所述,综合各航空大国研究动态、外军公开发布的需求文件、多个部门发布的报道,以及国外航空工业界非正式展示的一些概念方案设想,结合军事专家观点,可以将六代机的作战任务、主要特征及其技术支撑进行总结,如图8所示。

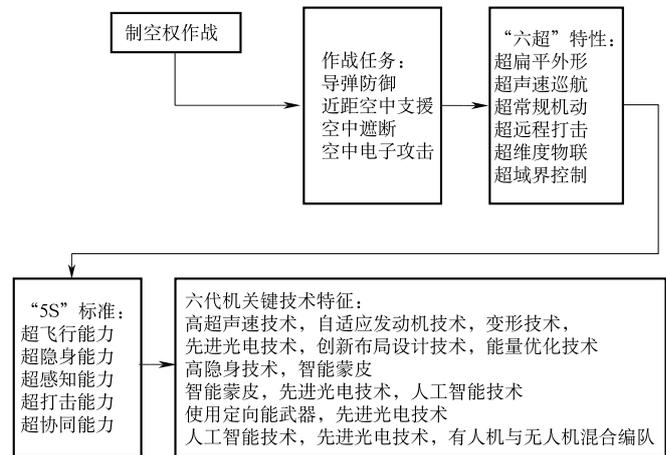


图8 六代机关键技术
Fig.8 The key technologies of 6th generation fighter

3.2.1 高超声速技术

高超声速,即飞行器以5倍声速或更快速度飞行的能力,通常被认为是第六代战斗机的属性。高超声速是21世纪在研的前沿技术,将在未来的军事、政治和经济中发挥重要的战略作用,近20年来,已经成为各航空大国抢占空中和空间战略优势的利器。如美军将高超声速作为六代机的关键指标,以实现“即时全球打击”能力,这也符合其追求“全球”和“全域”两种顶层能力的目标。

2017年9月27日,据美国《大众机械》网站报道,一架SR-72高超声速无人侦察机的缩比验证机在洛马公司一个工厂中被发现,这次发现与洛马公司关于高超声速飞机研究进展情况的公告吻合。2017年10月11日,据美国《防务新闻》报道,诺格公司下属“比例复合材料”公司当天公布了其新型试验飞机“401型”原型机完成首飞的相关信息和视频。从外形来看,“401型”明显具有隐身特征,还有亚声速、高升阻比的机翼以及不太适合大过载机动的背部进气设计。这两种飞机总体上代表着美国航空器的两个重点发展方向:高超声速和隐身。如果说隐身代表的是现在进行时,那么高超声速则代表未来。

3.2.2 高隐身技术

第六代战斗机的隐身能力将明显提高,其隐身概念和隐身技术都将发生重大变化,主要变化是从低隐身能力向高隐身能力、从窄频段隐身向宽频段乃至全频段隐身、从单方向隐身向全方位隐身、从单一隐身措施向综合隐身措施方向发展。

(1) 雷达隐身

雷达隐身仍然是六代机隐身技术的重要组成部分,传统的隐身布局设计准则仍将适用于六代机。

(2) 多频谱、宽频段隐身能力综合

下一代战斗机面临的探测设备将覆盖雷达、红外、光学、激光灯多种频谱,从 P 波段到 Ka 波段的超宽频段,所以拓宽隐身频段、隐身频谱是六代机必须发展的隐身技术。因此,在保持传统雷达频段隐身技术的基础上,下一代战斗机必须发展多频谱宽频段兼容隐身材料及结构隐身技术,以及具备优异雷达/红外隐身能力的发动机设计技术等多项相关技术。

(3) 全方位隐身

从美国波音公司和洛马公司的六代机提案看,采用无尾布局,提高侧向及前向隐身能力是必然的发展趋势。另外,综合运用二维单边膨胀喷灌技术、推力矢量代替控制面技术等先进推进系统隐身技术,大幅提升飞机的后向隐身能力,最终实现 360° 方位的全向隐身能力。

(4) “超材料”的开发

“超材料”通过材料中特殊的金属或导体排列方式,使得雷达电波自然“流过”材料,并扩散至其他方向。美国十分重视这种材料的开发,有可能在 F/A-XX 上使用这种材料^[12]。

3.2.3 自适应发动机技术

目前,美国军方认为要满足六代机性能的动力要求,只能采用自适应变循环发动机技术。也就是说,自适应变循环发动机是六代机的核心技术^[13]。

变循环发动机的技术优势在于兼顾低速、高速飞行性能。自适应变循环发动机是现阶段最新型的变循环发动机,能够实现更大范围的热力循环调整与优化,具有更高的任务适应能力。

2004 年,美国通用电气公司与阿里逊公司首次提出自适应变循环发动机的概念,用于超声速商业运输机。这个概念是通过改变发动机的空气流量和单位推力,满足发动机在飞机超声速巡航、跨声速加速和亚声速巡航条件下的性能要求^[14]。美国非常重视这种技术,已将其作为六代机动力发展的方向之一。目前,发动机研制商正在美国空军研究实验室(AFRL)的“自适应发动机技术发展”(AETD)项目下开展自适应发动机技术研发。该项目由普惠和通用承担。AETD 项目着眼于能够使战斗机发动机油耗降低 25%、军用推力比 F135 增加 5%、加力推力提高 10% 的发动机技术。AETP 发动机的设计将比目前 F-35 的需求更为激进,但还达不到能驱动定向能武器的水平。采用三涵道结构可以拓展 F-35 飞行包线的低空高速部分,能使飞机在 150m 高度以 $Ma0.8\sim Ma0.9$ 的速度飞行。该项目预计于 21 世纪 20 年代中期以前用于 F-35,最早可在 2022—2024 年实现。

3.2.4 变形技术和智能蒙皮

变形技术是第六代战斗机气动布局的一个潜在的发展方向,即通过改变外形,实现飞机在不同飞行状态下的最佳气动性能,从而提升飞行性能、扩展装备功能、提供高经济性和作战效能。

随着智能材料与柔性蒙皮技术的发展,变形技术的实现方式逐渐从 F-14 变后掠翼采用的机械变体技术向智能变形技术转变。智能结构与传统机械变体装置相比,具有结构轻、可连续无级变形、可柔性变形等特点,发展与应用前景广阔。现有及在研变形技术主要针对机翼、边条、舵面等升力面与操纵面,采用以下变体形式:(1) 改变机翼展弦比、后掠角、机翼面积等平面参数的变形;(2) 机翼三维变形;(3) 机翼前后缘柔性舵面;(4) 机翼主动弹性变形与变形翼梢小翼;(5) 自适应变形进气道;(6) 其他布局结构变形。

如波音公司 F/A-XX 所采用的是鸭翼布局,与主翼在一个平面,可以同时实现偏转与前后合并。如果要进行格斗,就打开鸭翼,提高格斗性能,而实施巡航的时候,则可以合并为一个机翼,减少雷达覆盖面,提高隐身性能。

智能蒙皮也叫作“灵巧蒙皮”,是美国空军于 1985 年提出的一种新技术,是“一种利用智能材料对外界环境变化做出机敏反应的机构”,一般来说包括控制器、驱动器和信息传感器,可以进行信息传递与处理。采用智能蒙皮,可以取消飞机的瞄准吊舱及其外部设施,从而提高飞机的隐身能力;而以前只能在地面检测的飞机结构裂纹也因为有了智能蒙皮,可以不局限于地面检测,飞机的大小故障都会被及时发现并立即告知飞行员,这样就可以进一步提高飞行的安全性。美国空军认为,在未来的空战中,飞机有了智能蒙皮即使不是决定优势也是一个主要优势。据称,智能蒙皮技术也将出现在 F/A-XX 上。

3.2.5 创新布局设计技术

超声速无尾布局飞机的关键是在超声速范围内的稳定和控制,必须采用推力矢量控制或创新控制面进行航向稳定。从目前的技术看,从压气机引入射流注入涵道或扩散段对推力的大小、方向进行控制的射流推力矢量技术,有可能可以提供简单、高效、高可靠性的航向控制手段。据洛马公司的预计,采用该技术能使发动机尾喷管减重 50%,部件数量下降 70%,也许这项技术的成熟度将很大程度决定下一代战斗机的命运。

除了先进的多轴推力矢量控制技术,下一代战斗机可能采用新型非常规控制面来增加飞机的三轴控制能力,改

善舵面偏转时的隐身特性,进一步提高飞机的机动性和生存力,为超声速无尾布局的实现奠定基础。

3.2.6 先进光电技术

先进光电技术也是六代机的技术特征之一,这也是六代机应用智能蒙皮的要求。波音公司先进系统部门的总裁 Darryl W. Davis 表示,传统电子设备可能会让位于光子设备,可以采用一种连接所有系统的多路复用光纤总线,减少机上连接线数量,而且因为其可以使用不同波长工作,所以可以更快地传输大量数据,但线束的重量会少得多。同时,光纤也能抵抗干扰或虚假数据,且不太容易受到网络攻击。

诺格公司高级计划和技术部门副总裁兼总经理 Paul K. Meyer 指出^[15],嵌入式传感器和微电子技术还将使传感器阵列成为可能,它们将位于“以前因热或表面弯曲而无法使用的位置”,提供更强大、更全面的战场视图。

3.2.7 定向能武器

定向能武器又叫“束能武器”,是利用各种束能产生的强大杀伤力的武器。这种武器具有“即时发现,即时攻击”特点,其被攻击目标几乎没有时间进行机动规避反应。各国都明确表示使用定向能武器是六代机的技术之一。

Paul K. Meyer 指出,定向能源武器在决定第六代战斗机的机动程度方面可以发挥很大的作用。光速武器否定了现有战斗机机动性的重要性,因为飞机根本没有时间能够避开定向能武器的攻击。未来 20 年内,定向能武器将面世。并且,如果有合适的发动机或者辅助引擎可以为定向能武器提供动力,那么就有可能形成“无限存量的弹药库”^[16]。

在目前所研究的所有定向能武器中,激光武器被认为是“最有前途”的。激光武器是一种利用沿一定方向发射的激光束攻击目标的定向能武器,具有快速、灵活、精确和抗电磁干扰等优异性能,在光电对抗、防空和战略防御中可发挥独特作用。

3.2.8 人工智能技术

第六代战斗机通常是指人工智能控制的吸气式超声速战斗机。美国空军和海军的工程师们都希望可以采用人工智能技术,实现飞机对风速、温度以及机身的疲劳程度的自动检测,实现飞机在无须人工介入的情况下对目标进行自主分析,完成对具有较大威胁的目标的攻击选择。人工智能技术使得六代机可以具有类似于人类皮肤的超先进传感器,可以敏锐地感知周围的环境。

人工智能将有助于学习和提出最佳行动,以指挥机组人员/飞行员。具有人工智能的六代机可收集自身的数据,并将其与机载传感器(包括其他飞机上的传感器)无缝地融

合在一起。它将能够使用软性和硬性杀伤选项对各种威胁做出分级反应。弹药很可能是“拨号效应”类型,能够损害/摧毁空中或地面目标^[17]。

3.2.9 有人机与无人机混合编队

由于高超声速平台,特别是定向能量武器的极端速度,Darryl W. Davis 认为,“持续关注目标”是至关重要的,因为“一旦扣动扳机”,就再也无法召回光速武器,而在高超声速下,目标有可能在武器到达之前已经移动到其他敌方。这表明将有一批隐身无人机或者传感器置于战场。

六代机的诸多先进性能,不仅仅可以改变空中平台本身,更重要的是可以改变未来空中力量的结构和面貌。六代机具有超机动性能,这就使得空与天的界限不再那么明显,飞行员可以实现高中低空全高度作战,也可以实现空天跨域机动;同时六代机的机载信息系统有了跨越式的提升,这使得空中力量传统火力打击的跨域扩展为硬摧毁和软杀伤综合的跨域。并且,六代机的“六超”特性也将使无人机所占的比重以及使用的频率大幅度增加。因此,未来以六代机为主的空中作战体系中,可能出现有人机与无人机混合编队作战。

3.2.10 能量优化技术

“能量优化飞机”概念出现在美国空军“综合飞行器能量技术”(INVENT)中,对六代机能否发挥其作战效能至关重要。能量优化飞机的关键技术包括自适应子系统技术和基于模型的设计技术。

能量优化技术与传统的能量技术不同。在传统飞机的研制过程中,飞机上各个系统的设计都是独立的,因此,在系统层面进行设计中的各种权衡与优化,另一方面,传统飞机系统的设计一般按照峰值功率进行,这种设计方法比较粗放,因为据估计峰值功率是均值功率的 5~8 倍。飞机能量优化技术则不同,要求在飞机设计过程的最初阶段就必须从全机层面去考虑优化问题,且按照均值功率进行飞机动力系统与热管理系统的设计,这种方法更加精细化。

4 结束语

总而言之,第六代战斗机是诸多航空大国已进入概念提案研制阶段的战斗机。由于战场环境的变化,六代机将在速度、高度、动力、航时、航程、隐身能力、态势感知能力、生存力、武器系统综合效能、人机环境以及人一系统综合能力等方面有重大突破,具备空间飞行和空间作战能力,并发挥信息要素的主导作用,更精确地使用和更有效地释放机动性与火力。

随着各国政治军事形势的变化,随着技术的不断发展,各国对六代机的探索和研究可能还会发生变化。不过按照现在先进战机的研发周期来看,距离六代机真正进入到型号研发的时间不会太久。

AST

参考文献

- [1] Kyle M. Sixth generation fighters' jets are already taking shape[J]. Popular Mechanics, 2017 (3): 20-25.
- [2] 王鹏. 世界多国竞相研发第六代战斗机 [Z]. 中国青年报, 2014-12-07 (10).
Wang Peng. Many countries in the world are racing to develop 6th generation fighter aircraft[Z]. China Youth Daily, 2014-12-07 (10). (in Chinese)
- [3] 邹卫国. F/A-XX 未来空战“多面手” [Z]. 科技日报, 2013-7-16 (12).
Zou Weiguo. F/A-XX, the “versatile” air wars of the future[Z]. Science and Technology Daily, 2013-7-16 (12). (in Chinese)
- [4] 莫雨, 周军. 俄罗斯展示第六代电鳐隐身无人战机 [J]. 飞航导弹, 2012 (6): 15-17.
Mo Yu, Zhou Jun. Russia shows 6th generation SKAT stealth drone [J]. Winged Missiles Journal, 2012 (6): 15-17. (in Chinese)
- [5] 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): 29-33.
Gao Jingsong, Chen Shaodong. Views on the main characteristics of six generation fighters abroad [J]. International Aviation, 2013 (3): 29-33. (in Chinese)
- [6] 孙隆和. 第六代战斗机的竞争 [J]. 光电与控制, 2012 (10): 1-7.
Sun Longhe. The competition of 6th generation fighter[J]. Electronics Optics & Control, 2012 (10): 1-7. (in Chinese)
- [7] 2012 峰会特刊, 美国第六代战斗机如何发展 [Z]. 中国航空报, 2012-1-7 (T10).
Special Issue of the 2012 Summit, How to develop the 6th generation american fighter[Z]. China Aviation News, 2012-1-7 (T10). (in Chinese)
- [8] 王晓豪, 马光军. 美六代机谋求全方位跨代优势 [Z]. 解放军报, 2013-5-13 (8).
Wang Xiaohao, Ma Guangjun. The six generation fighter of the United States seeks the omni-directional intergenerational advantage[Z]. Liberation Army Daily, 2013-5-13 (8). (in Chinese)
- [9] 徐秉君. 新世代魅影: 解读第六代战机 [Z]. 中国航空报, 2013-9-14 (S13).
Xu Bingjun. New generation phantom: interpretation of 6th generation fighters[Z]. China Aviation News, 2013-9-14 (S13). (in Chinese)
- [10] Gp Capt PA Patil. What the United States expects from the sixth generation fighter aircraft[Z]. CAPS In Focus, 2016.
- [11] 孙友师. 美国第六代战斗机能量优化技术发展研究 [Z]. 中国航空报, 2015-6-4 (B2).
Sun Youshi. Research on energy optimization technology development of American 6th generation fighters[Z]. China Aviation News, 2015-6-4 (B2). (in Chinese)
- [12] 张乃良. F/A-XX 第六代战机长啥样? [Z]. 中国国防报, 2013-4-16 (12).
Zhang Nailiang. What does the 6th generation fighter F/A-XX look like? [Z]. China National Defense News, 2013-4-16 (12). (in Chinese)
- [13] 晏武英. 美国发布六代机自适应发动机发展计划 [Z]. 中国航空报, 2015-5-19 (B3).
Yan Wuying. The United States announces the sixth generation adaptive engine development plan[Z]. China Aviation News, 2015-5-19 (B3). (in Chinese)
- [14] 李斌, 赵成伟. 变循环与自适应循环发动机技术发展 [J]. 航空制造技术, 2014 (20): 76-79.
Li Bin, Zhao Chengwei. The development of variable cycle and adaptive cycle engine technology[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2014 (20): 76-79. (in Chinese)
- [15] Mil-avia. Sixth generation fighter plane-air superiority weapon[Z]. Pakistan Defence Form, 2015.
- [16] John A T. The sixth generation fighter[J]. Air Force Magazine, 2009 (10): 38-42.
- [17] Kendall F. Next Generation Air Dominance (NGAD) memorandum[Z]. The US Bloomberg News Network, 2012.

作者简介

闫晓婧(1982—)女, 硕士, 工程师。主要研究方向: 情报研究。

Tel: 15991942045 E-mail: 1617220840@qq.com

杨涛(1986—)男, 学士, 工程师。主要研究方向: 情报研究。

药红红(1990—)女, 学士, 助理工程师。主要研究方向: 情报研究。

Conceptual Scheme and Key Technologies of Sixth Generation Fighters Abroad

Yan Xiaojing*, Yang Tao, Yao Honghong

China Flight Test Establishment, Xi'an 710089, China

Abstract: At present, the 6th generation fighter is the fighter aircraft that many aviation countries have entered the concept proposal development stage, each country has put the 6th generation fighter research and development on the agenda, and continuously speeds up the research and development step. The research status of 6th generation fighter abroad was analyzed. The concepts of 6th generation fighter proposed by Boeing, Northrop Grumman and Lockheed Martin, Russia and Japan were introduced in detail. Combined with the views of military experts and reports from various departments, explored the main features of the 6th generation fighter and the key technical.

Key Words: sixth generation fighter; hypersonic; stealth; adaptive engine; directed energy weapon; artificial intelligence; UAV

Received: 2018-01-05; **Revised:** 2018-03-14; **Accepted:** 2018-04-03

*Corresponding author. Tel.: 15991942045 E-mail: 1617220840@qq.com

基于飞行动力学特性的运输直升机外吊挂点设计研究

徐明*, 苏小恒, 李黔, 黄利, 张威

中国直升机设计研究所, 江西 景德镇 333001

摘要: 首先参考国内外直升机外吊挂点的设计经验, 初步确立了某型运输直升机外吊挂点的两种布置方案; 然后根据直升机吊挂飞行时的飞行动力学特性, 建立了涵盖吊挂物特性的直升机外吊挂飞行动力学模型, 计算了某型运输直升机两个外吊挂点设计方案的配平特性、飞行品质; 最后在参考国军标的基础上, 对两种外吊挂点设计方案进行了对比分析, 确定了机身腹部设置外吊挂点的设计方案, 为直升机设计提供参考。

关键词: 直升机; 吊挂; 飞行动力学; 飞行品质

中图分类号: V212.4 文献标识码: A DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2018.04.027

外吊挂飞行是运输直升机的一种重要工作模式, 不仅可以突破客货舱内部空间限制, 扩展运输直升机的使用范围, 吊挂运输大尺寸货物, 还可以缩短装载时间, 提高运输效率。美国在海湾战争、科索沃战争期间大量使用 CH-47“支奴干”、UH-60“黑鹰”直升机进行外吊挂运输, 执行地面武器装备转运、舰船物资补给等任务, 取得了非常理想的效果。在救灾抢险、大型工程设备调运等民用领域, 直升机外吊挂运输也在发挥重大作用, 如我国返回式卫星回收的重要方式之一就是利用直升机吊挂运输^[1]。外吊挂运输具有反应迅速、装载简单、运输高效等优势, 未来还将在军民领域发挥重要作用。

由于吊挂物在直升机外部, 飞行时吊挂物将会产生额外的气动载荷与惯性载荷, 而这些载荷又会与直升机的运动耦合, 使得直升机的飞行动力学特性发生变化^[2-5]。因此, 在开展某型运输直升机外吊挂点设计时, 有必要建立直升机外吊挂飞行动力学模型, 进行外吊挂飞行时飞行动力学分析, 为工程设计决策提供理论指导。

1 方案设计

本文参考国内外运输直升机外吊挂点的布置方式, 提出了某型运输直升机外吊挂点布置的两种初步方案, 方案 1

是将外吊挂点布置在机身腹部, 如图 1 (a) 所示, 方案 2 是布置在主减速器下方, 如图 1 (b) 所示。



(a) 机身腹部

(b) 主减速器下方

图 1 直升机典型外吊挂方式

Fig.1 Typical slung-load schemes of helicopter

基于外吊挂点设计方案, 本文确定了某型运输直升机的外吊挂点位置坐标, 以及吊挂物 (标准集装箱) 的参数, 见表 1。

表 1 吊挂物参数及吊挂点坐标

Table 1 Parameters and coordinates of slung-load

方案编号	吊挂点坐标			吊挂物参数	
	X/mm	Y/mm	Z/mm	重量/kg	面积/m ²
1	6440	0	-300	5000	4.16
2	6440	0	1800	5000	4.16

收稿日期: 2018-01-10; 退修日期: 2018-02-05; 录用日期: 2018-03-25

* 通信作者: Tel.: 0798-8465501 E-mail: xuming18237@126.com

引用格式: Xu Ming, Su Xiaoheng, Li Qian, et al. Design of slung-load layout schemes for transport helicopter based on flight dynamics [J]. Aeronautical Science & Technology, 2018, 29 (04): 27-31. 徐明, 苏小恒, 李黔, 等. 基于飞行动力学特性的运输直升机外吊挂点设计研究 [J]. 航空科学技术, 2018, 29 (04): 27-31.