

百年未有之大变局下的航空科技发展



宋庆国^{1,2,*}

1.中国航空研究院,北京 100012

2.清华大学,北京 100029

摘要:百年未有之大变局下,新冠疫情给世界局势演进带来了更大的不确定性。在此时代背景下,世界航空科技发展正在经历一场大的技术变革。从国家安全看,美国在我国周边战略部署威胁升级,步步紧逼;从民用航空看,绿色航空方兴未艾。审视当前局势,机遇与挑战并存。本文梳理了美国实施“印太战略”背景下中国周边各国的航空力量,介绍了周边几个国家和中国台湾地区的最新航空科技发展动向,以及对我国构成的航空军事威胁。针对美国“第三次抵消战略”,分析了美国航空技术和装备发展动态。面对绿色航空浪潮,分析了我国绿色航空科技的发展方向。

关键词:航空科技;印太战略;抵消战略;空中力量;绿色航空

中图分类号:V11

文献标识码:A

DOI: 10.19452/j.issn1007-5453.2021.03.001

航空科技发展水平是体现一个国家综合国力的重要标志之一。航空武器装备为军队提供强大的体系化空中力量,是国防军队现代化的重要体现。绿色高效的民用航空运输能力,是经济和社会高效运行的强力支撑,是高质量 GDP 的主要来源之一。当下,我们正在经历世界百年未有之大变局,世界范围内政治、经济、科技、全球化形势瞬息万变。

美国对华地缘战略从制约到围堵。2013年,刚从次贷危机中喘息过来的奥巴马政府,提出了“亚太再平衡战略”以制衡中国。从那时起,美中之间的战略竞争就故事不断、愈加焦灼。特朗普上台不久就抛弃了“亚太再平衡战略”,并相继修订了《国家安全战略》《国防战略》《国家军事战略》三大顶层国家战略,提出要“对中俄竞争、慑止和制胜”,直接将中国定义为主要假想敌^[1-3]。2019年1月,特朗普政府正式宣布新的应对中国的地缘战略“印太战略”,整体呈现“遏制大于接触”的对华态势。

民用航空科技方面,绿色航空方兴未艾。2019年6月,在作为全球民用航空产业发展风向标的第53届巴黎航展上,电动飞机成为主角。空客、波音、通用电气等7家世界级航空制造商发布联合声明,将电推进技术列为航空业“第三时代”的重要标志加快发展^[4]。我国承诺2030年实现“碳达峰”、2060年实现“碳中和”,作为世界民机产业“ABC”格

局中的一员,在世界电动飞机风起云涌之际,加速发展绿色航空意义重大。

本文旨在通过复杂国际形势分析和对标航空科技的发展动态,提出航空科技和装备发展动态,以及我国绿色航空科技的发展方向。

1 我国周边主要空中力量发展的新形势

1.1 “印太”地缘战略体系

“印太战略”旨在加强美国在印太地区的军事同盟和伙伴关系,建立美日澳印4国为主体的军事同盟,同时加强与蒙古、越南、尼泊尔等中国周边国家的友好关系,并不断怂恿中国台湾,挑战大陆底线,挑拨中国与南海周边国家关系,建立以美国为核心的“多边军事合作机制”,形成以美国为核心的印度洋、太平洋海洋安全网络,促进印太地区网络化关系建设,为美国在印太地区遂行高端战争作准备^[5]。

1.2 印度航空打击能力不断增强

在美“印太战略”体系中,印度近年来经济快速增长,国防实力不断增强。根据《世界空中力量2020》报告^[6],印度航空装备规模全球排名第四,仅次于美俄中三国。目前印度的空基远程打击能力以战斗机为主,正加紧推进全面换装第三代战斗机。印度的弹道导弹装备体系日趋完备,打

收稿日期: 2021-01-11; 退修日期: 2021-01-20; 录用日期: 2021-02-15

*通信作者: Tel.: 010-57827500 E-mail: songqg@cae.ac.cn

引用格式: Song Qingguo. The development of aviation science and technology under changes unseen in a century[J]. Aeronautical Science & Technology, 2021, 32(03): 1-5. 宋庆国. 百年未有之大变局下的航空科技发展[J]. 航空科学技术, 2021, 32(03): 1-5.

击范围将覆盖我国全境,烈火系列导弹中烈火-6的最大射程甚至超过 10000km,是我国家安全的重要威胁。2020 年 10 月,美国国务卿蓬佩奥访印期间,美印签署了《地理空间合作基本交流与合作协议》,根据该协议,印军将获得美军各种地形测绘与气象、水文信息,用于现有印作战体系后,将提升远程武器的打击精度。

1.3 中国台湾空军装备有望借“军售”升级

台海局势错综复杂,美国等西方国家持续对台军售,台湾航空武器的“质”和“量”正在不断加强,也必须引起高度重视。中国台湾全岛部署了大量的海洋感知基础设施、防空、导弹防御系统,台空军已经具备了较强的制空作战与精确打击能力。特朗普任期内,共批准了 11 次对台军售法案,其中航空武器包括 F-16V 战斗机、MQ-9“死神”无人机等攻击性极强的武器。这些武器将对大陆东南沿海经济发达地区构成一定威胁。

1.4 日本加强航空发展

在美国的纵容下,近年来日本的航空航天技术发展迅速,且一直在加强其武器系统自给能力。航空方面,日本防卫省 2020 年 10 月底宣布选择三菱重工作为日本 F-X 战斗机项目主承包商,并加紧联合美国研制该型新一代隐身战斗机。日本也在加速发展先进冲压发动机、高超声速反舰导弹等。依托日本强大的工业能力和采购美制装备的便利,其在大范围持久预警监视、空空导弹、空战能力等方面都具有一定优势。在美军信息体系支持下,其进攻突防能力不断增强,打击范围覆盖持续扩大,防空反导等能力不断提升。

1.5 俄航空工业全面复苏

俄罗斯一直在推进航空工业复兴,持续开展航空武器的试验和列装,从体系层面提高了空战能力。2019 年 8 月的第 14 届莫斯科航展上展出的军民产品、导航和航空技术等成果,显示出近年来俄罗斯航空技术飞速发展。此外,俄罗斯加强推进航空工业产业整合,2020 年 3 月,俄罗斯联合飞机制造集团(UAC)并入俄罗斯技术国家公司(俄技),以进一步融合民用、军事和运输航空部门。

2020 年 12 月 26 日,俄罗斯空天军接收了首架生产型苏-57 战斗机。此外,俄罗斯正在研发的“猎人”重型无人机,“匕首”高超声速导弹等航空武器装备都取得了一定阶段性成果。

2 美国航空武器装备与科技发展的新动向

2.1 美国武器装备发展的战略方向调整

为有效应对中、俄军事实力的快速提高,保持美国在大

国竞争中的军事优势,美国从 2014 年开始实施武器装备发展的第三次“抵消战略”。其主要思想是凭借军事技术和作战概念拉开美国与其他国家的军事差距,掌握大国军事竞争中的主动权。基于先进装备,美国着力绘制出一个具备智能化时代特征、满足大国战争要求的具有“强韧”“持续快速”“敏捷”“经济可承受”“动态”“不可预测”六大特征的目标部队图像。第三次“抵消战略”着重强调的分布式作战概念、远距投送、高速、新型作战样式、低成本集群、网络战六大能力,都与航空装备息息相关。上述能力的组合,与持续进行中的美军现有能力和力量发展相结合,将极大支撑和拓展美力量投送能力,为美军提供击败潜在对手“反介入/区域拒止”能力和先进武器发展的制胜优势。

2.2 人工智能技术

人工智能的反应速度比人类大脑反应速度快将近两个量级,而且受其指控的操作不易出错,因而可以极大提升“观察、判断、决策、行动”(OODA)循环,人工智能技术将是高效打赢未来全谱系战争的重要支撑。美国国防部认为人工智能即将改变未来战场。美军依靠人工智能技术推出智能空战概念。2019 年,“阿尔法”智能超视距空战系统通过了专家评估,并在空战模拟器环境下操纵 F-15 飞机,击败了操纵 F-22 飞机的有着丰富经验的美国空军上校。美军还利用人工智能技术推出“认知电子战”,旨在对抗中、俄雷达,该技术可以根据空中获取的数据进行学习并预测,以应对实时干扰信号,包括从未被观测过的信号。其他应用到人工智能技术的航空科技领域,还有空中战场管理、无人机集群(蜂群)作战等。

2.3 分布式新质装备技术

分布式新质武器成本低、可灵活组合、功能强大,在未来战场上具有颠覆性应用前景。传统装备(包括 F-22、B-2A 等)存在研制周期长、成本高、升级和维护困难、服役数量少等不足。与传统装备相比,分布式装备具有高作战效能、体系强韧、灵活机动、快速迭代升级、多域智能化等优点。美国各军兵种将分布式作战体系研究作为其战术技术类项目的重点。

DARPA 系统设置了无人机集群相关的机体设计、空中投放回收、协同作战、小型多功能传感器等技术研发项目,大多将于近期开展飞行试验。其中正在开展的小型无人机投放回收项目“小精灵”项目已经进展到第三阶段,目标是使用 C-130 运输机在 30min 内空中发射和回收 4 架 X-61A 无人机。

2.4 低成本装备技术

高性能武器成本较高,打得赢,但打不起。一个健康的装备体系需要装备的科学高低搭配,因此,发展低成本装备技术是装备体系中重要的一环。利用低成本装备技术可以催生出新型作战样式,在大国战争中起到“四两拨千斤”的作用。

以低成本无人机为例,2019年9月,也门胡塞武装使用10~20架小型低成本无人机,对中东地区拥有一流航空装备的沙特,进行油田空袭,直接重创了沙特的炼油能力。2020年9月,发生在阿塞拜疆与亚美尼亚两国之间的纳卡地区战争,更是首开低成本无人机主导战争进程的先河。此类事件表明,低成本可消耗战术具有可行性。此外,低成本装备可以用于执行情报侦察、打击等任务,或可消耗敌方的高价值武器。美国空军正在研发低成本可消耗飞机技术,并完成了验证机的制造和试飞试验。用于与F-35等隐身战斗机搭档的忠诚僚机XQ-58A造价仅200万美元,但性能与同等价格的传统航空器相比已不可同日而语。

2.5 快速生产能力

在研发新技术、推出新作战概念的同时,美国也在提升现役装备的快速生产能力。由于飞机产业链、供应链的复杂性,飞机无法像普通工业装备一样采用流水线实现大规模快速生产,为此波音公司创造了脉动式总装线,并成功应用于多个机型的快速制造。近十年来,洛马公司的F-35战斗机的生产能力也在逐步提高,目前总产量超过500架。2020年计划生产157架,受疫情影响实际生产123架^[7],到2023年总产量预计达1148架。大量高性能战斗机将被部署在我国周边,预计2025年前后,我周边国家部署的F-35、F-22A战斗机将超过500多架,对我国防安全形成重大威胁。

2.6 谋略再次形成跨代优势

2019年4月,美国空军提出再造“五大新能力”科技提升战略,在保持和强化传统“战略优势能力”的同时,谋求新的战略技术制高点,打造出新质非对称战斗力,以在2030年前对我国重新构建跨代优势,形成可在大国战争中有效慑止和实战制胜的新战争手段。

这五大能力分别是:(1)全球持久感知能力;(2)强韧信息共享能力;(3)快速有效的决策生成能力;(4)复杂且不可预测的规模化作战能力;(5)大区域高速破坏和杀伤能力。其中的感知能力要求实现全域的分布式感知,持续、及时地整个作战环境掌握敌人情况,实施侦察威慑。信息共享能力方面需要利用可靠的通信及精确定位、导航和授时信

息,支撑联合部队所有装备全面协调行动。决策生成能力则要求加快了解战场空间和形成决策的速度,并以比所有对手更快的速度采取行动。规模化作战能力的要求是,利用合作式自主系统组网,提供复杂的战术和多样的功能,结合大的数量,形成不能预测和难以应对的效果。高速破坏和杀伤能力则要求,用新方法实现高速和全球可达的攻击,持续快速破坏并消灭动态的和移动的目标^[8]。

为发展上述能力,美国空军提出“数字空军”愿景^[9],并加速发展如下技术集群。在态势感知技术领域,重点发展分布式多模感知、激光和多基地雷达、高光谱和量子感知、小卫星和低成本发射系统、网络情监侦技术等和支撑性的微电子学、光子学和材料等基础学科。在信息通信领域,重点发展可实时感知频谱的敏捷系统、组网和拓扑管理、区块链和稳健的加密、基于视觉和天文的替代导航、冷原子加速度计、原子钟和量子等技术。在提高决策能力方面,重点发展高水平人工智能、机器学习、机器推理、预测性数据分析、数据融合和可视化、自主的电子战和网络战智能体、认知集成和人机编组等技术。在规模化领域方向,重点发展低成本航空航天平台、敏捷的数字增材制造、合作式自主和蜂群、基于风险的认证、多域指挥与控制等技术。在高速杀伤能力方面,重点发展超燃冲压推进、高温材料、高超声速飞行控制和试验、低成本网络化巡航导弹、灵巧弹药、微波和激光定向能、网络战等技术。

3 绿色航空,引领民航新时代

2020年10月,习近平总书记正式对全世界宣布,为加快形成绿色发展方式和生活方式,建设生态文明和美丽地球,中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,力争于2030年前二氧化碳排放达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和。民用航空排放约占世界总碳排放的4%左右,是一个较大碳排放来源。因此,在未来规则和市场的预期引领下,当前,各主要航空大国普遍把发展绿色低碳航空技术,当成抢抓新一轮科技革命和产业变革的历史性机遇。国际民航组织、美国国家航空航天局(NASA)、国际航空运输协会(IATA)等国际权威组织普遍把2050年实现燃油消耗和二氧化碳排放较2005年下降50%以上作为愿景目标,同时噪声水平、氮氧化物等其他污染物排放也要大幅度降低。因此,环境友好、节能减排、降噪成为绿色航空未来的三大发展方向,涉及航空制造业、航空运输业及其相关联产业链条。主要有三个方面工作,一是提升燃油效率,通过优化减阻技术、飞行技术、空管技术等实现;二是开发新能源技术,包括

可持续生物能源、太阳能、氢动力、电动飞机等;三是绿色工程,包括飞机研制、生产及全生命周期服务等方面的绿色运营。在此方向指引下,轻量化、增升减阻、高效燃烧、电动化、混电化、降噪等领域技术成为民机当下的前沿热门。就气动布局而言,翼身融合、飞翼、发动机半嵌入、支撑翼、连接翼、分布式动力、倾转旋翼等新布局技术快速成熟。其中,翼身融合、支撑翼与层流机翼前景看好,相关产品或2030年前后问世。而适航条例、空管规章等民机运行的限制性边界也会伴随技术的发展而快速迭代演进。

3.1 氢动力飞机发展路线图逐渐明确

尽管受疫情影响,但是2020年氢动力飞机的信息不断,9月21日,空客公司公开了三款代号为ZEROe的零排放氢动力商用飞机设计方案,并宣称计划于15年内投入使用。为了实现2035年投入商业运营的目标,空客公司指出需要在2025年前明确关键技术,并为此制定了2020—2025年的技术路线图,以落实具体技术的研发流程与计划。此外,空客公司负责人还指出,除了动力技术的开发,氢动力客机的商业使用还需要机场、燃料站等基础设施的建设投入,以及政府在资金、政策等层面的支持,以推动技术和产品的更新换代。9月24日,ZeroAvia公司宣称其主导推进的世界首架氢动力商用飞机在英国完成滑行、起飞、起落航线飞行、着陆等项目。但是,波音公司表示氢动力客机的开发前景和应用可行性目前尚不明朗,氢动力生产和储存问题是目前难以解决的关键技术障碍,氢动力在航空领域应用的安全性及有效性仍需相关基础研究的支撑。

3.2 电动飞机领域快速发展

美国航空航天学会(AIAA)在2020年度综述指出,“2020年电动飞机领域快速发展,由概念设计阶段过渡到原型试飞阶段”。例如,最大的全电推进飞机赛斯纳208B大篷车改装型首次试飞;成为欧洲航空安全局(EASA)认证的首款电动飞机Velis electric双座教练机;完成最长距离飞行的电推进飞机Electric EEL。此外,空客公司针对其全尺寸电动垂直起降(eVTOL)验证机城市空客(CityAirbus)开展飞行试验;NASA与高校紧密合作,开展了高校领导研究计划(ULI),针对电机、储能系统等开展了广泛研究^[10]。

美国航空航天工业协会(AIA)发布的《航宇和防务的未来:愿景2050》报告指出,城市空中交通的实体基础设施是未来需取得重大进展的领域之一。美国垂直飞行协会研究报告预计未来20年内,全球将有74个城市总计投入3180亿美元发展城市空运^[11]。咨询公司弗若斯特沙利文(Frost & Sullivan)研究指出,全球近50个城市正在考虑城市空中

客运的可行性,预计到2040年全球城市空中出租车规模将超过43万辆。在未来20~30年内,城市空运系统将给整个人类社会带来最激动人心的改变。

4 抓住机遇,迎接新挑战

航空武器是现代战争的首战装备、核心装备、决胜装备,面对周边的严峻形势,面对大国的霸凌压制,我国必须打造过硬空中“枪杆子”,保护国家安全。绿色民机又是赢得未来市场竞争的金钥匙。所以无论从国防还是经济社会未来发展需要,都必须加快航空科技发展。

高超声速飞行器是当今世界航空技术竞争的焦点。高超声速飞机、高超声速导弹、空天飞行器、飞发一体化设计、超燃冲压发动机、宽速域作战能力,是当前国际航空科技的重要发展方向。美国X-43系列高超声速无人机的设计飞行马赫数最高达到了10,X-37B空天飞机往返再入的设计飞行速度更是高达马赫数25以上。除了速度更快,飞行器的飞行高度更高,填补20~100km的临近空间空白,搭建临近空间攻防技术体系,也是航空科技未来发展的重要内容。

为真正实现“ABC”三分天下有其一的世界民机产业格局,我们更要紧紧抓住产业技术剧变的历史契机,大力发展绿色航空技术。对于我国而言,绿色民机不仅是减少碳排放的需要,因其在国际范围内也刚刚起步,因此,对于我们这样一个在传统涡轮航空发动机欠账较多、实现领先困难较大的国家而言,转换赛道大力发展电动飞机等绿色航空技术,实现在绿色航空领域弯道超车,是一个难得的历史机遇。

除了上述技术或概念外,航空科技在基础科学领域也不断发展,新气动布局理论体系慢慢成熟,新材料、新结构、新制造技术相互提高、相互促进,增材制造(3D打印)技术很可能改变未来飞机的结构拓扑。智能材料/结构一体化技术、光传系统、无线传输系统、物联网技术、数字孪生技术等新学科新技术都将很快成为航空科技的前沿热门领域。

5 结束语

在百年未有之大变局这一历史关口,政治与经济相互交织,科技与产业互推剧变,为我们全方位审视世界格局的演进提供了新的视角,更为我们比肩强者、建设航空强国提供了难得的机遇。复杂多变的国际环境、美国大国竞争战略的威胁,给我国航空科技带来了前所未有的挑战的同时,也增强了前进的动力。在这一特殊历史时期,航空科技发展应坚持新发展理念,认清国际形势,把握历史机遇,直面威胁与挑战,明确发展方向,在形成空中优势获取能力、高

效绿色运输能力、全球领先创新能力、产业可持续发展能力等领域全面发力,解决航空强国建设新征程中的航空科技自立自强问题。

AST

参考文献

- [1] U. S. White House. National security strategy[R]. U. S. White House, 2017.
- [2] U. S. Department of Defense. National defense strategy summary[R]. U.S.Department of Defense, 2018.
- [3] U.S. Joint Chief Staffs. National military strategy description [R]. U.S. Joint Chief Staffs, 2019.
- [4] Safran Group. The sustainability of aviation: a statement by the chief technology officers of seven of the world's major aviation manufacturers[EB/OL]. (2019-06-18). <https://www.safran-group.com/media/sustainability-aviation-20190618>.
- [5] U.S.Department of Defense. Indo-pacific strategy report[R]. U. S.Department of Defense, 2019.
- [6] FlightGlobal.World air forces 2020[R]. FlightGlobal. 2019.
- [7] Lockheed Martin. Lockheed martin celebrates a year of F-35 [Z].SuccessesLockheed Martin, 2020.
- [8] U.S.Air Force. Air force science and technology strategy 2030 [R]. U.S.Air Force, 2019.
- [9] U.S.Air Force. White paper: the digital air force[R]. U. S. Air Force, 2019.
- [10] James S. Electric propulsion research accelerates toward the future[R].AIAA Aerospace America, 2020.
- [11] AIA. What's next for aerospace and defense: A vision for 2050 [R].AIA, 2019.

(责任编辑 陈东晓)

作者简介

宋庆国(1972-)男,硕士,研究员。主要研究方向:战略规划,试飞试验。

Tel: 010-57827500

E-mail: songqg@cae.ac.cn

The Development of Aviation Science and Technology Under Changes Unseen in a Century

Song Qingguo^{1,2,*}

1. Chinese Aeronautical Establishment, Beijing 100012, China

2. Tsinghua University, Beijing 100029, China

Abstract: Under changes unseen in a century, the COVID-19 has brought greater uncertainty to the evolution of the world situation. Under the background of this era, the development of world aviation science and technology is undergoing a major technological change. From the perspective of national security, the threat of US strategic deployment in our country's periphery is escalating and pressing step by step; from the perspective of civil aviation, green aviation is in the ascendant. Looking at the current situation, opportunities and challenges coexist. This paper sorts out the air forces of China's neighboring countries under the background of the United States' implementation of the "Indo-Pacific Strategy", and introduces the latest developments of aviation technologies in several neighboring countries and Taiwan, China, as well as the air power threats to my country. Aiming at the "third offset strategy" of the United States, the development of US aviation technology and materials is analyzed. Facing the wave of green aviation, the development direction and inevitability of our country's green aviation technology are also analyzed.

Key Words: aviation science and technology; Indo-Pacific Strategy; offset strategy; air force; green aviation

Received: 2021-01-11; Revised: 2021-01-20; Accepted: 2021-02-15

*Corresponding author. Tel. : 010-57827500 E-mail: songqg@cae.ac.cn