

六代机研发竞逐正酣

■石汉娟 肖燕青

军眼聚焦

近日,英国、意大利、日本三国宣布成立一家名为“尖翼”的合资公司,负责设计“第六代战斗机”,目标是在 2035 年部署联合研制的战机。

当前,全球主要军事大国正加速推进下一代战斗机研发。在美国主导的“下一代空中优势”(NGAD)战斗机项目中,F-47 战斗机配套无人僚机全尺寸模型已在巴黎航展展示。韩国一名航空航天业高管表示,韩国将成为“最新一个研发第六代战斗机的国家”。总体看,多国第六代战斗机的研发竞争日趋激烈,引发广泛关注。

群雄逐鹿的态势

美国正同步推进两个独立的下一代战斗机研发项目:空军 NGAD 项目和海军的 F/A-XX 舰载战斗机项目。

据悉,NGAD 项目已突破传统平台概念,正发展成为集有人/无人协同、多域信息融合、智能决策于一体的空中作战系统。美空军将下一代战斗机命名为 F-47,称其将在飞行速度、机动性和有效载荷等方面大幅领先其他战斗机,并可控制多架“协同作战飞机”组成作战集群,计划在 2030 年左右开始部署,以取代现役 F-22“猛禽”战斗机。今年 5 月,美空军参谋长戴维·奥尔文在社交媒体上首次披露了 F-47 战斗机和配套无人僚机的最新细节,称 F-47 相较 F-22 具有更远的航程和更先进的隐身能力。

F/A-XX 项目承担着美军未来航母战斗群核心打击力量的使命。该项目将融合高推重比涡扇发动机、自适应雷达隐身技术及智能任务管理系统,设计航程较现役 F/A-18 提升 60%以上。

法国、德国、西班牙三国于今年 5 月在伦敦皇家航空学会会议上披露“未来空中作战系统”(FCAS)核心进展。该项目以“作战云”理念为核心,致力于构建涵盖现役“阵风”“台风”战斗机、下一代战斗机及各类无人系统的智能协同作战体系,并与地面、海上和太空领域的装备实现多域信息融合,形成跨军种作战能力。预计 2026 年将启动第二阶段研发,2040 年至 2045 年间部署。

英国、意大利、日本三国在 2024 年 10 月达成共识,将加快推进“全球作战空中计划”(GCAP)。该项目将日本 F-X 第六代战斗机项目与英国、意大利的“暴风”第六代战斗机项目整合,目标是研制双发隐身战斗机,集成人工智能辅助决策系统、高超声速空射武器及多型无人机协同能力,计划于 2027 年实现原型机首飞,2035 年前完成初始部署,进而逐步取代英国“台风”、日本 F-2 战斗机。今年的日本东京军警防务展览会上,首次展出了 GCAP 模型。

俄罗斯在第六代战斗机研发领域另辟蹊径,其代号为米格-41 的“未来远程截击系统”(PAK DP)正加速推进,从规划来看,该型战斗机将替代现役米格-31,具备 3 马赫巡航能力(最大



巴黎航展上展出的美空军 F-47 战斗机配套无人僚机全尺寸模型。

飞行速度为 4 马赫),可在平流层实施大范围高速拦截。专家指出,其配备的“匕首”高超声速导弹及卫星拦截武器,可对低轨道卫星实施摧毁。推进这一项目标志着俄罗斯正将空战平台向天空防御领域延伸,目标是形成“空中—空间”一体化作战能力。

技术跃升的挑战

专家分析认为,下一代战斗机应实现“六维性能跨越”,即更远的航程、更灵活的机动性、更强的隐身能力、更精确的打击能力、更优的全域作战能力、更先进的网络化作战管理能力,才能在夺取未来空中优势中抢得先机。这就要求六代机研发须在气动、隐身、动力、态势感知、武器效能和信息技术等方面有重大突破,甚至是技术跃升。

尽管美空军宣称 F-47 原型机已秘密飞行数百小时,并对突破技术极限充满信心,但该项目所需的核心动力系统——自适应变循环发动机,在材料可靠性和高温试车等方面仍需长时间的技术验证。其次,计划为 F-47 战斗机配套的无人僚机 YFQ-42A 和 YFQ-44A,在自主性和人工智能水平上仍有待突破,比如必须解决通信稳定性、算法可靠性和指挥安全性等关键问题。此外,飞控软件复杂、全向隐身难实现等都是 F-47 研发过程中不得不面临的技术挑战。

当前,法国、德国、西班牙三国联合推进的 FCAS 项目研发进入关键阶段。值得关注的是,该项目计划采用的自适应变循环发动机技术处于概念验证阶

段,尚未进入工程验证环节。同时,高功耗电子设备带来的热信号管理问题尚待解决,复杂电磁环境下无人机算法的可靠性仍未通过测试。此外,FCAS 项目包含的下一代战斗机、无人僚机以及“作战云”均为高度复杂的系统,需解决通信架构、跨平台互操作等难题,才能实现实时数据融合与分布式决策,达到高效协同。

在英国、意大利、日本联合推进的 GCAP 项目研发中,尽管三国在六代机核心性能指标上达成共识——要求具备超长航程、出色导弹装载能力、强大传感器和信息网络能力,但 GCAP 项目同样面临跨代研发的复杂技术挑战:隐身性能方面,该项目公开的战斗机模型显示其保留了双垂尾设计,这将增加侧向雷达反射面积,影响其全向隐身能力;有人/无人协同方面,GCAP 项目计划采用无人僚机协同作战,但在自主解锁多平台任务分配等技术难题上尚未公开任何实质性进展。

成本控制的隐忧

在全球六代机研发竞赛中,技术突破与成本控制的矛盾日益凸显。专家指出,在追求作战性能代际跃迁时,不仅面临技术验证的艰巨挑战,更需应对成本控制、军事需求迭代、技术路线分歧及利益分配博弈等问题。

美国 NGAD 项目作为全球首个公开的六代机研发计划,其困境具有典型警示意义。据媒体披露,F-47 验证机工程制造合同已超 200 亿美元,整个项目

总价值达数千亿美元。预计量产后的,单机价格至少 3 亿美元。美国前空军部长肯德尔曾直言不讳地指出:“NGAD 项目是一个非常昂贵的平台,它的成本大约是 F-35 的 3 倍。”更严峻的是,空军 NGAD 项目与海军 F/A-XX 项目因预算竞争陷入僵局,致使美海军 F/A-XX 项目 2025 财年和 2026 财年均未获得足够的预算支持,被迫推迟研发。

FCAS 项目和 GCAP 项目均属多国联合研发项目,面临国际合作带来的协调成本难题。FCAS 项目预计未来 20 年需投资超 1000 亿欧元,却因项目主导权争夺陷入阶段性搁置,且联合研发的三方对无人协同、“作战云”等技术路线分歧严重,导致研发进度拖延,进一步拉高研发成本。GCAP 项目则面临英、意、日三国不同作战需求的问题,英国强调空中优势,日本侧重于反舰能力,意大利更希望平衡性能与成本,协调技术标准 and 利益分配等问题严重制约合作效率,带来研发进度和成本控制难题。而俄罗斯米格-41 项目则受俄乌冲突影响,难以获得足够的资金投入,研发前景也不明朗。

当前,六代机的竞逐,已超越单一平台范畴,演变为军事工业体系能力的综合较量。美国依靠雄厚的技术积累占据先机,欧洲和日本寄望于国际合作来分摊风险,俄罗斯则面临资金和技术断层双重考验。专家指出,六代机研发的成败关键在于能否实现“技术突破—成本控制—体系融合”的三重平衡。这种博弈的背后,是各国国防工业基础能力、科技创新体系及军事需求管理机制的集中体现。

(作者单位:空军研究院)

军眼观察

高情报、监视与侦察能力。自主低轨卫星星座将使日本摆脱对美国太空情报的过度依赖,能够自主、高频次地监视关键地区动态,显著提升战略预警和态势感知能力。三是赋能远程精确打击。该系统将为日本正在大力发展的远程巡航导弹等防区外打击武器提供精确、实时的目标信息和制导支持,从而形成更具威慑力的打击能力。

日本推进自主低轨卫星星座建设也面临诸多挑战。构建和运营一个庞大的卫星星座需要尖端技术支持和巨额资金投入,如何在保证性能的同时控制成本,对日本而言是一大考验。此外,在自主低轨卫星星座完全建成前,日本仍需依赖美国“星链”等商业卫星系统,这不仅涉及数据安全风险,也意味着其作战能力会受到商业公司政策以及地缘政治因素的影响。同时,如何保护天基资产的安全也是日本必须面对的挑战。

日本版“星链”如能建成,将使日本在天基作战能力上实现突破。通过构建具备“天基打击链”的卫星网络,将进一步模糊日本“专守防卫”原则的边界,加快日本军事松绑、迈向军事大国的步伐。分析人士表示,日本加快推进天基作战能力建设或将引发新一轮以太空和导弹技术为核心的军备竞赛,对地区乃至全球的战略稳定构成严重挑战,需引起国际社会高度警惕。

(作者单位:中国国际问题研究院)

二战经典战例回眸

意大利军事家杜黑 1921 年出版专著《制空权》时,或许不曾料到 19 年后的不列颠之战,几乎完美验证了他的理论——空中已成为决定性战场,空中力量对战役结局产生决定性影响。

1940 年,为对抗纳粹德国发动的入侵英国的“海狮计划”,英德之间爆发了空军诞生以来最大的空战——不列颠之战。1940 年 7 月至 10 月,是不列颠空战最为紧张激烈的 4 个月,英国共损失作战飞机 915 架,纳粹德国损失飞机 1733 架。1941 年 5 月,德空军停止轰炸英国,不列颠之战结束。最终,德军既未能歼灭英国空军主力,也未能通过轰炸城市使英国屈服。德军未能跨过英吉利海峡登陆英国本土,“海狮计划”胎死腹中。

雷达投入实战使英国构建起灵敏快速的空中预警体系。在不列颠之战前,英国构建了以雷达为核心,以地面对空观察队、声学定位器和电话网为补充的防空预警体系。1940 年 7 月,不列颠之战爆发时,英国已在东、南和西南方向的海岸线沿线建设了 21 座本土链雷达站和 29 座低空探测雷达站,能探测不同高度的来袭敌机。

地面对空观察队是一支由志愿者组成的队伍,他们通过望远镜观察和灵敏的听觉搜索敌机,并通过电话实时汇报敌机型号、数量、航向和高度。地面对空观察队的观察哨间隔为 10~16 公里,每个观察哨大约 3~5 名队员。战时,英国在全国设置约 5000 个地面观察哨,成千上万人投入其中成为空中战斗的“眼睛”。通过技术与人力的有机结合,英国打造了当时世界上最先进的防空预警体系,掌握了作战中的信息优势,从而能够制订出合理的战术,化被动为主动。

灵活高效的指挥体制是英国赢得不列颠之战的重要原因。此战,英国空军的指挥体制分为三级:战斗机司令部、联队司令部和中队指挥部。各级职责范围都有严格规定,在职责范围内,下属在不受上级干涉的情况下拥有相当大的行动自由。与此同时,英空军引入了敌我识别器,作战指挥室的人员能够非常清晰地掌握己方编队的情况。在整个战役期间,英空军的指挥系统运行越来越顺畅,成为英空军的聪明“大脑”,对德军战斗机拦截率提升至 90%,为最终赢得胜利发挥了重要作用。

战斗机司令部担负整个英国的防空预警职责,其根据英国的电话网络将英国划分为 130 个网格区域,随时根据作战态势,通过“汽笛警报系统”向城市和乡村发布不同程度威胁的防空警报。其下辖的英国防空司令部共有 7 个防空师,装备有重型高炮、轻型高炮、高射机枪和探照灯等,主要担负对空防御任务。同样隶属战斗机司令部的英国空军气球司令部下辖多个拦阻气球团,主要负责建立气球屏障,以保护城市免受敌机的低空袭击威胁。此外,英国还构建了严密的民防体系。政府修建公共防空洞,民间的志愿服务队在政府领导下负责分发物资、照顾伤员、管理避难所。同时,英国政府还帮助家庭自制简易防空设施,以备紧急时使用,并有计划地将老人和儿童等人员从高危城市疏散到乡村,减少伤亡。

上述这些措施,尽管未能完全阻止德国轰炸机飞临英国城市上空并投下炸弹,但综合立体的防空措施,大大削减了德军的进攻力度和轰炸效果。伦敦等城市仍能保持基本的生活工作秩序。

德国核心作战目标调整,也为英国的防空系统带来喘息之机。1940

不列颠之战

■夏一东

年 8 月 23 日,德国轰炸机将炸弹误投到伦敦市中心,炸死若干居民。英国空军随即对柏林进行了报复性轰炸。被激怒的希特勒,命令德国空军的核心作战目标由歼灭英国空军转为轰炸城市目标,这也为英国重组空军力量、修复完善防空系统带来喘息之机。

不列颠之战不仅是一场歼灭战,也是一场消耗战。1940 年 5 月,英国政府成立飞机生产部,负责全国范围内的飞机生产协调,直接向首相丘吉尔汇报,其目标是不惜一切代价增产飞机。飞机生产部给各飞机制造厂下达指令,紧急增产核心机型。通过建立新工厂、优化生产流程、简化设计、统一零部件标准、分包合作等方式,维克斯公司生产的“喷火”式战斗机由每月约 150 架提升至 300 余架,霍克公司生产的“飓风”式战斗机每月产量高达 470 架。同时,英国政府紧急将民用工业转为军用工业。汽车制造厂改为制造飞机零部件、卡车或防空炮底座,汽车巨头奥斯汀、罗孚、纳菲尔德等公司都参与其中;纺织厂转而生产降落伞和飞行服;铝、钢、橡胶等原材料优先供应分配给航空工业;工厂推行轮班制,工人展开生产竞赛。1940 年英国飞机产量较 1939 年提升近 3 倍。1940 年 7 月至 10 月,英国生产战斗机约 1700 架,同期英国损失作战飞机 900 多架。

英国工业生产体系的高速运转改变了不列颠之战初期英空军在数量上的劣势地位,迅速弥补了差距,使英国具有了打消消耗战的底气。英国航空工业这种生产效率远超德军的战前估计,致使德国空军看不到赢得不列颠之战的希望。最终,英国成为这场二战中规模最大的空中战役的获胜者。

“在人类战争历史上,从来没有这么多人从这么多的人那里得到这么多!”丘吉尔对不列颠之战的评价,是对飞行员、地勤和通信指挥人员的赞扬,他们人数不多,但成功保卫了英国。

当科技推动战争形态不断演变,深海、太空、电磁空间等已成为新的“决定性战场”,智能无人技术的应用使未来战场博弈更趋复杂多样。杜黑的制空权理论中蕴含的“见之于未萌、识之于未发”的战略预见性,依然给今天的人们深刻启迪。

(作者单位:国防大学)



不列颠之战中英国“喷火式”战斗机中队。

资料图片