

预警机空天协同作战典型样式效能仿真分析及对策

顾忠征¹, 陈善静², 李伟鹏²

(1. 空军工程大学航空工程学院, 西安, 710038; 2. 陆军勤务学院, 重庆, 401331)

摘要 随着信息技术和空天技术装备的融合发展, 预警机空天协同作战已是大势所趋, 将大幅提升整体作战效能。以空天一体化作战为核心, 以预警机为对象, 围绕空天战场环境下预警机协同进攻作战典型样式开展研究; 以电子侦察卫星信息支援下预警机协同作战飞机开展远程打击为背景, 引入蚁群优化算法对空天协同作战任务方案和作战效能进行仿真分析, 从作战理念、力量建设、作战训练和人才培养等方面提出了对策建议。

关键词 预警机; 空天协同; 作战; 蚁群优化

DOI 10.3969/j.issn.2097-1915.2024.01.010

中图分类号 V37; E91 **文献标志码** A **文章编号** 2097-1915(2024)01-0065-06

The Effectiveness Simulation Analysis and Countermeasures for Typical Model of Early Warning Aircraft Aerospace Collaborative Operations

GU Zhongzheng¹, CHEN Shanjing², LI Weipeng²

(1. Aviation Engineering School, Air Force Engineering University, Xi'an 710051, China;
2. Army Logistics University, Chongqing 401331, China)

Abstract With the development and integration of information technology and aerospace technology equipment, the collaborative operation of early warning aircraft in aerospace is the trend of the times, and it is necessary to significantly improve the overall combat effectiveness. Taking the collaborative operation of air and space force as a core, and the early warning aircraft as an object, a typical model of cooperative attack operations is performed by the early warning aircraft under conditions of battlefield environments in the air and the space. The background of remote strikes carried out by early warning aircraft in cooperative combat with the information supported by the electronic reconnaissance satellite is constructed, and an ant colony optimization algorithm is introduced to analyze and simulate the mission plan and operational effectiveness of air space cooperative combat. This paper put forward some countermeasures and suggestions from the aspects of combat concept, strength construction, combat training, and personnel training.

Key words early warning aircraft; aerospace collaboration; operations; ant colony optimization

现代战争中, 各种新型作战飞机在没有预警机的支撑下作战效能将大打折扣。预警机是现代空军

收稿日期: 2023-06-06

基金项目: 重庆市教委科学技术研究项目(KJZD-K202312902)

作者简介: 顾忠征(1985-), 男, 江苏海安人, 硕士生, 研究方向为军事教育训练。E-mail: ssjdjy2020@163.com

通信作者: 陈善静(1985-), 男, 重庆江北人, 讲师, 研究方向为空天遥感大数据应用与作战仿真。E-mail: shanjing_chen@163.com

引用格式: 顾忠征, 陈善静, 李伟鹏. 预警机空天协同作战典型样式效能仿真分析及对策[J]. 空军工程大学学报, 2024, 25(1): 65-70. GU Zhongzheng, CHEN Shanjing, LI Weipeng. The Effectiveness Simulation Analysis and Countermeasures for Typical Model of Early Warning Aircraft Aerospace Collaborative Operations[J]. Journal of Air Force Engineering University, 2024, 25(1): 65-70.

作战的重要力量,其扮演的核心指控角色及其所处的特殊战场环境决定了预警机必须与陆海空天多平台、多系统、多单位进行协同指挥、情报共享。作为空中作战指控中心,预警机在战场机动性、可靠性、生存能力、覆盖范围等方面具有显著优势,同时其兼有预警探测、情报侦察、通信中继、指挥控制和战场管理等功能^[1-2],因此,在协同侦察卫星、支援飞机和陆地或海面作战力量等方面都发挥着重要的作用^[3-4]。研究预警机的空天协同作战,需要充分考虑各作战单元之间的协同机制和典型样式,形成空天多型作战力量优势互补,提升整体作战效能。

1 预警机空天协同作战的现实需求

预警机自诞生之初就肩负着侦察探测和指挥控制的重任,而随着信息技术的高速发展和空天攻防装备的升级换代,预警机如何与空天信息系统及作战飞机开展体系协同、联合攻防正成为现代空军所面临的重大现实需求。

1.1 外军预警机空天协同作战日趋成熟

1945年3月,世界上第1种预警机“美国海军的TBM-3W”正式服役^[5],并在越南战争中大范围付诸实战。在此后的多场战争中,尤其是在科索沃战争、伊拉克战争等信息化局部战争中发挥了重要作用。预警机的协同作战历程大体上划分为以下3个阶段:

产生阶段(20世纪40年代到60年代初):主要标志是雷达上机,主要任务是解决雷达装机升空和强杂波背景下的探测问题。这一阶段的预警机信息化水平低,空空协同能力初步发展,各国的卫星技术也正处于起步阶段,因此只具备初步的指挥控制能力,并不具备空天一体协同作战能力。

发展阶段(20世纪60年代到90年代初):主要标志是能够实现对本平台的指挥和控制。此时预警机实现了两个突破:一是相控阵技术的运用,增加了预警机机载雷达的工作模式,增强了雷达的探测性能;二是数字通信技术的发展保证了空地情报分发,预警机通信模式从话音向数据链转换。这一阶段的预警机初步实现了空天协同作战,形成了一定的战斗力。

成熟阶段(20世纪90年代至今):主要标志是指挥控制实现网络化。随着导弹和隐身飞机等高科技武器装备带来的威胁显著增加,联合作战目标的数量日益增多,战场环境日益复杂,美国第三代预警机的典型代表E-2D“高级鹰眼”预警机能够有效利

用、整合太空力量支持,在太空电子侦察卫星、成像侦察卫星的有力支撑下,进行成熟的空天协同作战,已经具备了极高的实战价值,并扮演“空中指挥官”的重要角色。

除美国外,俄罗斯、日本、以色列等国家的预警机作战应用也日趋成熟。例如:俄罗斯合并空军和空天防御部队,统一管理空军,研究运用导弹攻击预警和宇宙空间监督系统,加强预警机、预警卫星与空基、地基以及临近空间武器装备的协同,已进入“空天一体”融合发展的新阶段;日本组建了一支预警机特别中队,拥有4架E-767、13架E-2C预警机,弥补日本岛内雷达盲区,还增加了其“窥探”世界各地的能力;以色列在贝卡谷地之战中,利用预警机不断侦测敌机方位、距离等重要数据,引导己方作战飞机及时升空占据有利攻击阵位或支援,同时将作战情况通报地面指挥中心以便指挥者做出正确的战场决策,从而一举摧毁了贝卡谷地导弹阵地。

1.2 预警机空天协同作战需求迫切

从海上维权作战态势来看,南海诸岛屿距离大陆沿海基地遥远,地面雷达在指挥、引导等方面有一定局限性,而预警机在此能发挥重要作用,因此,预警机的空天协同需求急剧上升。

预警机作为战略空军装备中的核心,必须在信息化局部战争中扮演好“战场指挥官”的核心角色。目前世界主要军事强国的预警机已基本形成了高低搭配、远近协同的空中预警网络,可承担空中巡逻警戒和指挥控制任务,但目前预警机在空天协同作战方面有待进一步完善。天基平台的成像侦察卫星、电子侦察卫星和红外预警卫星能提供大范围的战场态势监控信息,及时发现敌方重要阵地、机场、港口动态变化和进攻征兆,从而引导预警机针对性预警监视某一方向并规避潜在威胁。又如预警机与高地球轨道上的通信卫星组网后,可实现大范围、远距离指挥、控制和引导有人/无人机开展军事行动,创新空天信息系统支撑下空军攻防作战理论与战法。未来战场涉及陆、海、空、天等多域目标,因此,为满足探测、指挥、控制、中继等战场感知与管理需要,预警机亟需装备和升级电子/光电侦察与对抗、敌我识别、导航等信息系统^[6-7]。

相较美国和俄罗斯,中国预警机发展起步较晚,中国的预警机多选择当前最为先进的固态有源相控阵雷达,而美国的预警机主要以无源相控阵和机械扫描雷达为主,俄罗斯由于电子工业的落后,其预警机依然以机械式雷达和脉冲多普勒预警雷达为主。但在空天协同进攻作战背景下,预警机与卫星、无人

机等协同作战的理论与实践不太成熟。

2 预警机空天一体协同进攻作战基本样式

预警机空天协同作战涉及到复杂多系统之间通连和协同,要达成一定的协同作战效果,预警机需要与陆基、海基、空基和天基武器系统密切配合,形成完整的作战体系。预警机空天协同作战是指以预警机为指挥控制中枢,与空天地海各种信息源组网探测,基于空天地海通信链路组网通信,实时完成空中战场态势感知和信息处理融合,对各个作战单元实施情报分发和指挥控制,完成既定的攻击和防御任务。研究表明,信息化空天作战形态渐渐趋向“空天融合、攻强守弱、网电制胜”^[8],本文重点以最为常见的预警机支撑下的空天协同进攻作战基本样式为研究对象,以电子侦察卫星信息支援下预警机协同作战飞机开展远程打击为背景,利用蚁群组合优化算法对作战过程进行模拟仿真。空天协同进攻作战是在空天信息平台的协同支撑下使用各种火力打击力量,对敌地面、海上或太空目标进行打击的作战活动。空天协同进攻作战行动是消除空天威胁、维护国家空天安全的战斗行动样式。预警机空天协同进攻作战是指预警机指挥和协助各种作战单元完成既定打击目标。在预警机和空天信息平台的辅助下,各种作战任务单元通常能够更好地摧毁和破坏敌方高价值的政治、军事、经济目标。

从美国海军根据太平洋海空战的经验改装出世界上第一架空中预警机试验机 AD-3W“复仇者”,到人造卫星的不断发展运用,空天协同支援空中作战成为预警机作战运用的主要方式之一。空天信息的有效融合运用,扩大了空中预警、指挥、控制和引导的功能,极大丰富了作战飞机的信息源。据美国空军计算,1架 E-3 预警机相当于 2~3 个雷达团的作战效能。在海湾战争中,美国 E-3 预警机充分发挥了预警、指挥和控制多种功能,多国部队使用 16 架 E-3 空中预警机,在“沙漠风暴”作战中,飞行 448 架次,合计 5 546 h,平均每架次飞行时间长达 12 h。伊拉克被击落的 39 架飞机中,有 37 架是由预警机指挥引导多国部队战斗机击落的。

预警机对空协同作战任务主要可分为 4 个部分:战术编队、威胁评估、目标分配、飞机引导^[9]。战术编队是预警机执行任务的基础,主要为空中进攻作战提供作战力量组织保障。目标威胁评估是预警机对空作战决策的重要任务,及时精确的威胁评估数据将极大地提高作战飞机战场生存能力和应对反

击能力。目标分配、飞机的指挥与引导是预警机对空协同作战的核心部分,预警机上大量的信息系统主要围绕该功能进行建设和配置。空中突击作战远离己方陆基、海基雷达支援,需预警机提供远程预警探测和情报传递等中介保障任务^[10-11]。以空天信息支援下预警机协同航空兵远程打击敌地面目标的典型进攻作战样式为例,外层空间中,各种电子侦察卫星、成像侦察卫星通过空天通信链路和预警机进行情报交换,实时优化打击方案并规避潜在威胁。预警机选择低可探测频段(如大气吸收较强的波段)对战斗飞机进行单向情报分发、任务指示和统一指挥。天基侦察探测系统(如基于卫星平台的可见光、红外、雷达等成像侦察系统,以及电子侦察系统等)与预警机雷达系统形成空天一体组网侦察系统。天基平台负责大面积战场态势普查和信息传输,预警机负责地面电磁信号监测与目标详查,形成空天侦察优势互补。预警机配合天基多型侦察系统在进行空天一体组网侦察预警与态势感知时,各个信息平台按任务区分和战技指标对各自负责的任务空域开展侦察预警和监视跟踪,同时依托星间通信链路和空天通信链路实现信息共享、优势互补、协作补盲,形成连续警戒和监视空域,如图 1 所示。

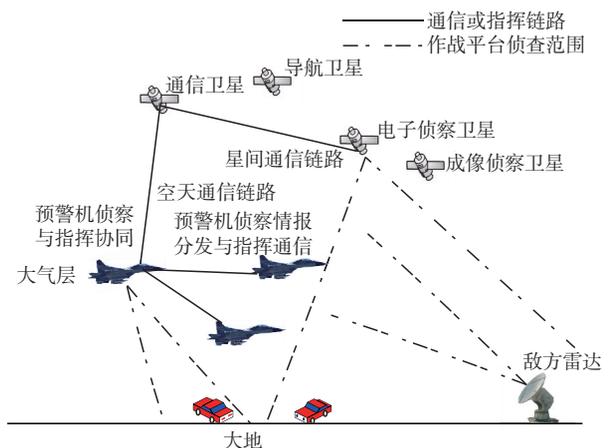


图 1 预警机空天一体协同进攻作战基本样式

3 预警机空天协同进攻作战仿真模拟与效能分析

为了进一步量化分析预警机空天协同作战效能,本文构造预警机与卫星、作战任务飞机协同进攻作战背景及模型,借助蚁群优化算法开展预警机空天协同进攻作战的仿真模拟与量化效能分析。

3.1 基本理念与模型设计

基于以上进攻作战样式构想,结合当前热门的群智能网络,本文提出利用蚁群优化算法对预警机空天协同作战方案和路径规划进行系统性的仿真模

拟,重点分析与对比各任务飞机在以预警机、卫星为代表空天多信息系统的协同辅助下,达成既定战役目标的作战效能。蚁群优化算法(ant colony optimization, ACO)是意大利学者 Marco Dorigo 等人提出的一种仿生模拟算法^[12-13]。蚁群优化算法由于具有自组织性、并行性、正反馈性、鲁棒性,在系统仿真和路径优化领域有着广泛的应用,长久以来受到许多专家的高度关注与重视^[14]。设以预警机为信息中心 V_s ,单个作战单元(飞机)为虚拟蚂蚁 A_k ($k=1,2,\dots,m$)。虚拟蚂蚁在突袭方向与预警机保持信息沟通,每次信息沟通对应任务路径上的信息素 τ 进行相应调整。当作为虚拟蚂蚁的任务飞机反馈高价值信息或预警机、卫星平台提供有利的侦察预警信息时,对应变化量 $\Delta\tau$ 为正数;当任务飞机反馈不利信息或潜在威胁,以及预警机、卫星平台提供不利于己方的侦察预警信息时,对应变化量 $\Delta\tau$ 为负数。当任务飞机无预警机和卫星平台进行信息保障时, τ 主要依据自身战场感知数据进行调整。设信息素的挥发系数为 $\rho_i \in (0,1]$,随执行任务时间的增加各个虚拟蚂蚁所在路径上的信息素不断累积,但又同步自然挥发消散。作战效能建模方面以任务回报系数和危险系数构建判别函数。通过大量虚拟蚂蚁与信息中心 V_s 多次沟通传递各种正负反馈信息后,在进攻方向将出现优势路径,同时该路径为作战效能最高的路径,而大部分虚拟蚂蚁为圆满完成既定任务都将选择这个优势路径 E_b ,同时获得最佳作战效能 M_b 。

3.2 路径与作战效能蚁群优化建模

在蚁群优化算法建模中首先构建蚂蚁搜索转移所在的虚拟路径空间,假设拟达成决心任务 Z 包含 W 个备选原始路径,即 $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_w\}$,蚁群优化算法主要目标是找到 d 个组合路径所构成的数据集 S ,使得判别函数 J 达到极值点:

$$J(S) = \max(\text{或 } \min)[J(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{id})] \quad (1)$$

式中: $(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{id}) \subseteq (z_1, z_2, \dots, z_w)$ 。在本文中路径数据集包括完整任务路径和分段式任务路径,同时以任务回报系数和危险系数构建判别函数 $J(S)$ 可表示为:

$$J(S) = \max \left\{ \frac{J_r(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{id})}{\max [J_r(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{id})]} / \frac{J_d(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{id})}{\max [J_d(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{id})]} \right\} \quad (2)$$

式中: $J_r(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{id})$ 为选择该路径或方案的回报系数,当选择的目标为高价值目标时该系数越大,反之亦然, $\frac{J_r(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{id})}{\max [J_r(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{id})]}$ 为对回报系数

进行最大归一化处理; $J_d(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{id})$ 为选择该路径或方案的危险系数,当天基电子侦察卫星发现地空导弹的雷达阵地或预警雷达时,该候选路径上的危险系数增大, $\frac{J_d(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{id})}{\max [J_d(z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{id})]}$ 为对危险系数进行最大归一化处理。由于判别函数结果 J 包含了作战路径及方案的回报系数和危险系数,因此,本文将作为作战效能的直接表征指数,即 $M = J(S)$ 。

设第 k 只虚拟蚂蚁 A_k 处于路径 z_j 。根据蚁群优化算法基本原理,蚂蚁在虚拟路径上不断转移或信息传递,同时结合预警机和卫星辅助数据信息,各条虚拟路径上的信息素 τ 将发生相应的改变。蚂蚁 A_k 依据各条路径上的信息素和期望值确定下一分段路径 z_j ,对应路径的选择概率为:

$$p_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{\tau_{ij}^\alpha(t) \eta_{ij}^\beta(t)}{\sum_{s \in a_k} \tau_{is}^\alpha(t) \eta_{is}^\beta(t)}, & j \in a_k \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

式中: a_k 表示蚂蚁 A_k 在下一步转移时允许选择的候选路径集, $a_k = \{Z - t_k\}$, Z 为全集, t_k 为禁忌表,表示蚂蚁 A_k 已经走过的路径; α 和 β 分别为信息启发系数和期望启发系数; $\tau_{ij}(t)$ 为信息素浓度; $\eta_{ij}(t)$ 为从路径 i 转移到路径 j 的期望函数,可表示为 $\eta_{ij}(t) = J_{ij}$,其中, J_{ij} 表示路径 i, j 之间的判别函数值。对于任意虚拟蚂蚁 A_k ,判别函数 J_{ij} 越大,则期望函数 η_{ij} 越大,而选择该路径的概率 $p_{ij}^k(t)$ 也就越大。蚂蚁在虚拟空间中转移时各条路径上信息素浓度 $\tau_{ij}(t)$ 也随之变化,当整个蚁群中每只蚂蚁特定时间内完成信息沟通后,将各路径上的信息素浓度按式(4)进行调整:

$$\begin{cases} \tau_{ij}(t+1) = (1-\rho)\tau_{ij}(t) + \Delta\tau_{ij}(t) \\ \Delta\tau_{ij}(t) = \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t) \end{cases} \quad (4)$$

式中: ρ 为信息素挥发系数; $\Delta\tau_{ij}(t)$ 为第 t 次循环中路径 (i, j) 上信息素增量; $\Delta\tau_{ij}^k(t)$ 为第 k 只蚂蚁在该第 t 次循环中经过路径 (i, j) 时在该路径上留下的信息素:

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} \frac{Q}{L_k}, & \text{第 } k \text{ 只蚂蚁在本次循环中经过 } (i, j) \\ 0, & \text{其它} \end{cases} \quad (5)$$

式中: Q 为一个正常数,表示信息素总强度; L_k 表示蚂蚁 A_k 在该次状态转移中走过路径的长度。经过蚁群的多次迭代搜索后,基于最优判别函数 J 所对应得特征子集即为算法得出优化处理结果。

3.3 空天协同作战仿真模拟与效能分析

本文根据蚁群优化算法基本原理开展预警机和作战飞机空天协同进攻作战仿真模拟与效能分析。以预警机和作战飞机组成的空中集群,借助山脉的天然遮挡、天基电子侦察卫星实时预警提示,绕开敌防空导弹的雷达阵地,进而完成对某一陆上目标远程打击为作战背景和任务想定。作战仿真模拟图如图 2 所示。预警机为信息中心 V_s , 作战任务飞机为 A_k 。在电子侦察卫星、预警机提供的先验辅助信息和任务飞机感知到潜在雷达威胁后,路径 z_{ij} 上的信息素 τ_{ij} 开始减少, $\Delta\tau_{ij}$ 为负值,如 A_{t1} 和 A_{t2} 的路径。当路径上没有威胁时,信息素 τ_{ij} 增加, $\Delta\tau_{ij}$ 为正值。路径上越有利于执行任务,如任务路线上气象条件良好,无云、雨、雾的干扰,其信息素增加量 $\Delta\tau_{ij}$ 越大,如 A_{t5} 和 A_{t6} 的路径。同时假设路径 z_{34} 上的任务飞机 A_{t3} 和 A_{t4} , 以及路径 z_{56} 上的任务飞机 A_{t5} 和 A_{t6} 得到天基电子侦察卫星支援,可实时感知前方防空导弹和警戒雷达威胁。模拟各个任务飞机与预警机多次信息沟通和传递,以及空天通信链路提供的侦察情报支持,结合蚁群优化算法,即可得到当前任务条件下最优作战任务路径, $E_b = z_{56}$, 选择各路径的作战效能分析如图 3 所示。

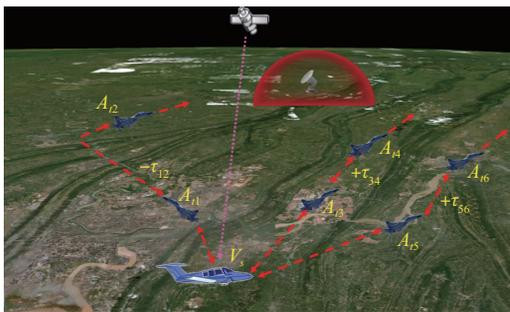


图 2 基于蚁群优化算法的空天协同作战仿真模拟图

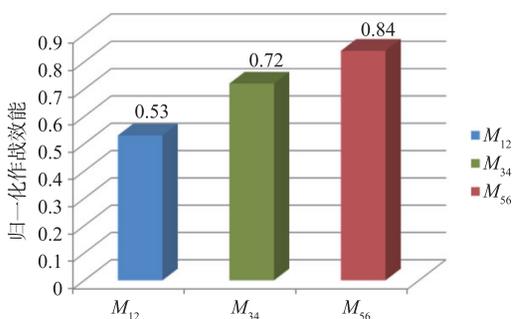


图 3 选择各路径(方案)的作战效能分析图

结合图 2 和图 3 可以看出,在以电子侦察卫星为代表的天基侦察系统的辅助下,战场敌防空威胁可通过预警机及时转发给我前方作战飞机,而作战飞机能更准确地感知大范围敌方威胁,再加之其自身可直接获取前方攻击目标信息和自然环境变化,因此,在天基侦察系统和预警机的支持下,作战飞机

选择路线 z_{34} 和 z_{56} 获得的回报系数较高,危险系数较小,整体作战效能较好。从图 3 给出的归一化作战效能分析结果看出,进攻路线(方案) z_{34} 和 z_{56} 的作战效能 M 较 z_{12} 分别提升了 0.19 和 0.31。而预警机可结合地形、天气和敌威胁综合计算出最优的进攻路线或方案,进而获得最佳作战效能 M_{56} 。

4 提高预警机空天协同作战能力的对策

为提升预警机空天协同作战能力,创新预警机作战理论,从作战理念、力量建设、作战训练和人才培养等方面对预警机空天协同作战能力建设与优化提出对策建议。

4.1 树立以天强空的作战理念

随着空间技术的飞速发展,太空领域的战略地位日益凸显,尤其是随着各类电子侦察卫星、成像侦察卫星和民用遥感卫星的迅猛发展,战场动态变得透明化。实践表明,天基系统已成为海陆空各式武器装备作战能力的“倍增器”。特别是在战场态势认知、远程精确打击、导弹预警、信息战等方面,航天力量能够向作战部队提供至关重要的战略和战术支援,是实现真正意义上的一体化联合作战的重要支撑力量和物质保证^[15]。目前,我国通过多年的持续技术攻关,终于在侦察、预警、通信、导航领域建立了全方位天基信息系统。世界各军事强国在太空领域的快速发展,为空天协同作战奠定了坚实基础,大量的仿真模拟和演训实践也表明,在预警机和天基信息系统的联合支撑下,可提升航空力量作战效能,形成局部空天信息优势。这也要求各军事强国必须树立以天强空的作战理念,加大空天协同作战理论与方法研究,借助作战模拟手段和人工智能算法提升空天协同作战效能,推动以预警机为中心空天作战力量在未来实战中发挥更大作用。

4.2 加快预警机空天协同作战建设

加强空天协同作战,切实增强部队战斗力,就要加快预警机与天基设施协同建设,利用天基综合网络间信息交换的自由灵活、无缝覆盖等特点,实现作战中信息的获取、处理、分发和引导能够在很短时间内完成。一方面,要继续大力发展北斗导航卫星系统、各类电子侦察卫星、成像侦察卫星以及通信卫星,努力提升太空力量获取情报、传输情报与数据处理的能力,建立多节点扁平化的通讯信息网络,实现天空各平台互联互通、情报信息实时快速共享。另一方面,要进一步推动预警机作战支援能力建设,一是在数量上要尽快满足局部高技术战争的需要,二

是提高预警机技术水平,为赢得高科技局部战争提供可靠的情报和指挥平台支撑。预警机通过与天基平台装备和作战飞机进行信息交互和作战协同,可实现多维战场信息深度融合、战场态势精确感知,攻击任务合理规划、战场资源科学调度,进而提升空天作战力量的整体作战效能。三是要创新预警机空天协同作战理论与战法研究。探索预警机与无人机、隐身飞机和其它常规作战飞机协同进攻和联合防御的机制与方法,实现空天各作战单元的空间区位优势、频谱探测优势、隐身突防优势、情报信息优势与火力优势互补。空天作战力量建设必须互相协调、融合一体,必须以实际战斗力增长这一个硬性指标来指引预警机的协同作战建设。

4.3 加强预警机空天协同作战训练

战斗力的增长必须在不断的训练中得以实现,尤其是在信息时代的大背景下,战场环境极其复杂,各类电子干扰几乎充斥了整个空间。有效提高预警机空天协同作战水平不仅需要技术装备的支撑,而且需要科学的实战化训练。预警机空天协同训练是提高空天协同作战能力,切实提高实战水平的基本途径:一是营造复杂电子干扰下的战场环境,提高训练背景的战场模拟度。以实战实训为要求,瞄准强敌设置演训背景和复杂电磁环境,通过开设和强化预警机引入天基信息、大范围战场态势感知、实时化威胁预警等空天协同作战训练科目,提升实战化背景下预警机空天协同作战能力。二是针对作战机构进行精简升级,以提高机构作战效率为目的,提高预警机空中编队与太空力量进行协同作战的默契度和熟练度。

4.4 加强支撑空天联合作战的人才培养

岗位实践是军事人才成长的重要途径,是军事斗争准备的直接表现方式。要培养一名熟悉战斗编成、掌握作战特性、感知发展动向的优秀空天作战指挥人才,必须具备坚定的政治信仰、丰富的处突经验、冷静的心理素质、敏锐的洞察能力和娴熟的专业技能;必须要打破常规,经历一些急事、难事、大事、复杂的事,在完成急难险重任务中充分发挥主动性、能动性,打破传统思维,突破自我极限,不断激发内在潜力;必须经过多领域、多层次、多岗位的历练,在大量的实践中积累丰富的指挥经验,练就娴熟的专业技能,培养沉稳的心理素质,从而更好地把握军事斗争准备的发展规律,锻造过硬的打赢本领。

5 结语

本文分析了预警机空天协同作战的现实需求,探讨了预警机空天一体协同进攻作战基本样式,开

展了协同作战仿真模拟与效能分析,并对预警机空天协同作战能力建设提出了对策建议。预警机作为战场感知、通信中继和指挥控制的重要平台,是空军信息化建设的重点。预警机空天一体协同作战理论、样式和方法研究是预警机作战能力生成的重要基础和前提。以预警机为核心、天基信息系统为支撑、多机种协同的空中打击集群将成为空军未来发展的重要方向。

参考文献

- [1] 崔凯,沈洽河,杨兴宝,等.基于空中通信中继的预警机配置研究[J].火力与指挥控制,2020,45(9):58-62.
- [2] 高飞,冯兵,鄢勃.预警机作战威胁及应对分析[J].电子技术与软件工程,2021(3):81-82.
- [3] 方芳,陈志宏.国外新型预警机发展[J].国防科技,2017,38(4):47-52.
- [4] PAPAGEORGIOU A, MUNJULURY R C, GRDHAGEN R, et al. Development of Analysis Capabilities for the Preliminary Sizing and Evaluation of Unmanned Airborne Early Warning Aircraft[C]//AIAA AVIATION 2021 FORUM, Reston, Virginia: AIAA, 2021.
- [5] 陈辉.中国空军发展预警机的艰难历程[J].党史博览,2018(4):4-10.
- [6] LIANG C R, LIU S, WANYAN X R, et al. Effects of Input Method and Display Mode of Situation Map on Early Warning Aircraft Reconnaissance Task Performance with Different Information Complexities[J]. Chinese Journal of Aeronautics, 2023, 36(1): 105-114.
- [7] 徐聪,郭子林,王学尧,等.国外预警机发展现状及雷达关键技术研究[J].空天预警研究学报,2023,37(2):79-88.
- [8] 陈杰生.空天防御作战体系研究[M].北京:军事科学出版社,2015:22-23.
- [9] 张先超,傅宇龙,叶海军,等.以预警机为核心的空天联合作战导弹武器打击能力分析[J].指挥与控制学报,2022,8(1):50-56.
- [10] 赵卿,冯亚军,尹康银,等.远海作战预警机在战斗机掩护下的威胁规避方法[J].舰船电子工程,2023,43(2):38-41.
- [11] 祁炜,程东升,武文,等.进攻作战预警机与干扰机协同空域配置[J].国防科技大学学报,2022,44(6):117-125.
- [12] 陈善静,胡以华,石亮,等.空-谱二维蚁群组合优化SVM的高光谱图像分类[J].光谱学与光谱分析,2013,33(8):2192-2197.
- [13] 李相如,曹晨,罗琪楠.预警机巡逻航线规划问题建模与仿真分析[J].中国电子科学研究院学报,2021,16(2):153-156.
- [14] 陈小炜,姜广胜,陈静.蚁群算法在辅助导航重力匹配中的应用[J].空军工程大学学报,2022,23(6):79-83.
- [15] 蔡风震,田安平.空天一体作战学[M].北京:解放军出版社,2006:149.

(编辑:刘勇)