

文章编号: 1672-8785(2022)07-0029-05

全光作战军事需求与关键技术分析

刘 奕 闯家亮 李江勇

(华北光电技术研究所, 北京 100015)

摘 要: 在美军重回大国竞争战略, 推进“穿透型制空(Penetrating Counter Air, PCA)飞机”和“穿透型电子战(Penetrating Electronic Warfare, PEW)飞机”项目之际, 从军事理论角度, 首先分析了全光作战的军事需求及应对策略, 梳理了全光作战理念和作战流程, 并对全光作战关键技术进行了分析; 最后对全光作战链路未来的应用前景进行了探讨。通过分析军事需求, 引出全光作战理念, 为后续全光作战系统的设计、开发与研制做好铺垫。

关键词: 全光作战; 军事需求; 关键技术

中图分类号: TN219 **文献标志码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2022.07.005

Analysis of Military Requirements and Key Technologies for All-optical Combat

LIU Yi, CHUANG Jia-liang, LI Jiang-yong

(North China Research Institute of Electro-Optics, Beijing 100015, China)

Abstract: When the U. S. military returns to great power competitive strategy and promotes the "Penetrating Counter Air (PCA) aircraft" and "Penetrating Electronic Warfare (PEW) aircraft" projects, from the perspective of military theory, the military requirements and response strategies of all-optical operations are first analyzed. Then, the concept and operational process of all-optical operations are sorted out, and the key technologies of all-optical operations are analyzed. Finally, the future application prospects of all-optical combat links are discussed. Through the analysis of military requirements, the concept of all-optical combat is derived, which will pave the way for the design, development and research of subsequent all-optical combat systems.

Key words: all-optical combat; military requirements; key technology

0 引言

近年来, 美国高调宣布重回大国竞争战略, 将中国作为挑战其霸权地位的主要威胁, 并从经济、外交、军事等多个层面对中国进行

全方位遏制。军事技术的竞争成为中美战略博弈的重要内容。美军在“第三次抵消”战略的牵引下, 提出“PCA”、“PEW”、“分布式作战”、“作战云”等一系列新型作战概念和装备

收稿日期: 2022-03-29

作者简介: 刘奕(1991-), 女, 吉林农安人, 硕士研究生, 主要从事红外探测系统总体设计方面的研究。
E-mail: 923256428@qq.com

运用思想,大幅提升军费开支;大量采购 F-35 战斗机,加快推进 PCA 平台、PEW、高隐身轰炸机 B-21 等项目研发。其目的在于利用超高隐身与电磁制权技术,打造未来新作战样式,制定未来空中作战规则,攫取未来空天作战的主动权。

中国空军近年来在军事技术方面发展迅速,且在战斗机等领域与美军的差距不断缩小。但中国在隐身与电磁技术方面与美军的差距还比较大,短期内难以超越美军。以隐身技术为例,美军早在 20 世纪 70 年代就在隐身技术方面取得突破,研制出了 F-117 隐身作战飞机。后续又相继研制出了 B-2、F-22、F-35、RQ-170 等隐身性能更好的飞机。目前他们正在开展 B-21 隐身轰炸机、穿透性制空平台等超高隐身平台的研制。可以说,如果中国采取跟随式发展模式,走更加隐身、更强电子战战斗机的发展路径,就是在美军的预设战场与之对弈。可以预料,我们在未来空中作战中将处于较为被动的状态。

1 应对策略

机载全光作战是通过战斗机搭载远程光雷、激光通信系统、红外告警系统和激光武器系统等,构建基于光领域的探测、识别、跟踪、通信、杀伤等闭环链条,发挥光领域作战优势,具备不依赖于射频系统的反隐身等作战能力,在未来多域空中作战中获得“非对称”优势,从而实现对强敌隐身的四代空中作战体系的颠覆。

2 全光作战理念

根据典型未来作战概念设计,全光作战链路的核心能力需求包括远距离探测定位识别、远距离抗干扰通信和高精度引导等能力。

在光电领域,可从以下三个方面解决未来作战问题。

(1)从光电辅助向全光链路转变:实现具备光学探测、目标识别、定位、通信、导航、制导等功能的闭环链路,颠覆对手概念的新型

装备与作战模式,以非射频的非对称形式实现技术阻断。

(2)从主动探测向隐蔽探测转变:利用全光作战系统完成隐蔽突防,突破第一岛链,实现重点区域的持续防空预警和广域侦察。

(3)从末端拦截向源头预警转变:将探测侦察范围拓展至威胁源头,延伸防空反导能力于武器发射前;通过持久、高质量、低成本的侦察监视手段,完善预警体系,实现重点区域监视,从而将威胁封控于萌芽状态。

3 全光作战流程

从单一光电装备向分布式协同方向发展,即完成任一作战任务或作战流程时,都采用不同光电传感器之间不同的功能模式协同处理,再通过全光作战链路来提升综合作战效能。

全光作战系统具有零辐射的特点,并采用隐身光窗,压缩雷达探测范围。它采用天文/惯导结合图像匹配的方式,在拒止区实现全隐蔽突防;采用光电雷达完成目标远程探测,通过多光谱识别手段完成目标类型识别,并通过激光测距完成目标定位以及航向、速度判断,从而实现威胁等级评估;通过点对点激光通信,完成与指挥控制平台的通信确认后,装订目标位置信息给加装红外导引头的空空弹,完成目标打击和效果评估;对于敌方导弹,通过全向告警和干扰系统,完成规避和干扰。在执行前出侦察打击任务时,全光作战系统探测敌机,并规避其探测范围进行突防,对重点目标进行高分辨率侦察,完成目标测照,引导激光制导炸弹进行打击。

4 全光作战关键技术

4.1 一体化总体架构设计技术

全光作战系统一体化总体架构从顶层设计的角度,根据系统的作战使命,细化系统“任务智能规划、装备优化管控、任务全程评估、信息融合处理、情报分级服务、效能优化学习”等功能需求。根据需求对系统功能进行物化,按照“装备无缝接入、服务分级保障、应

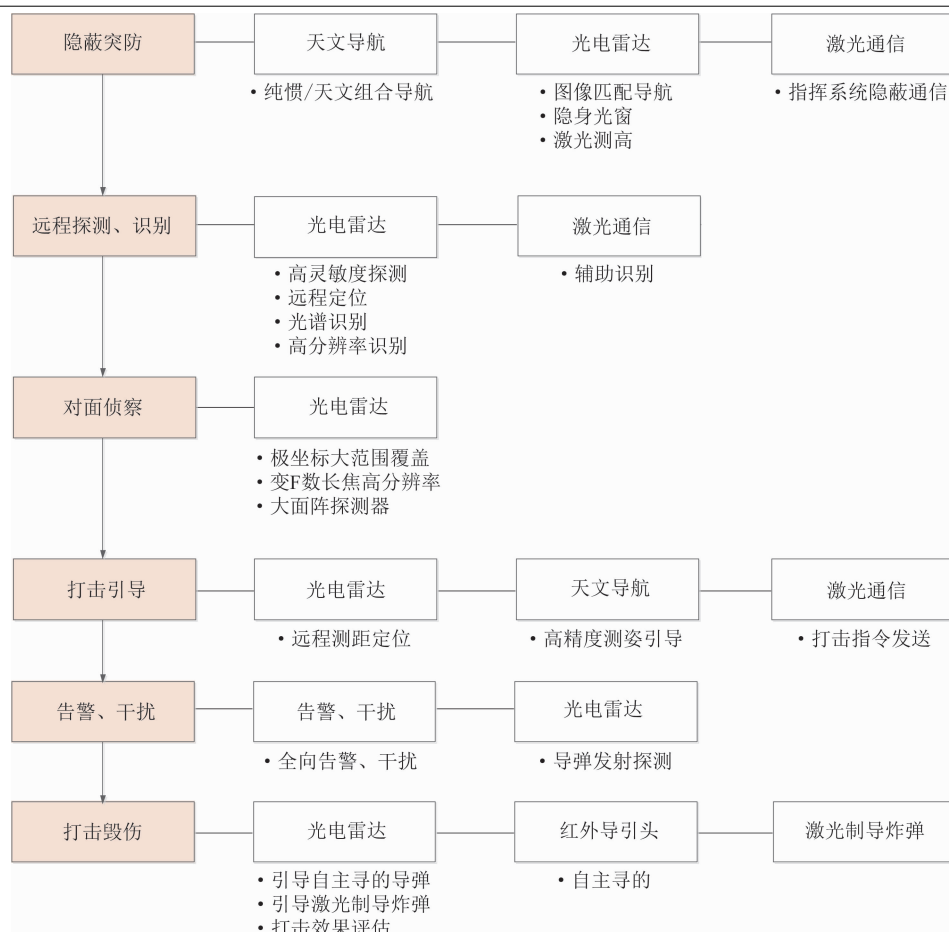


图 1 全光作战的流程图

用细化到端”的思路构建全光作战系统一体化总体架构, 重点研究全光作战系统的系统组成、功能实现和工作流程, 为全光作战系统形成一体化协同、智能化服务的战场侦察预警能力提供技术基础。

具体的设计思路如下:

(1) 以全光作战装备信号级智能协同运用模式为指导, 瞄准形成网络化、分布式、一体化的系统架构。

(2) 按照开放式系统架构的设计思想, 实现多类型装备和信息数据的动态可控接入。

(3) 系统按照以协同侦察预警、信号级处理、智能规划调度等为核心的实时闭环工作流程, 动态自组织形成有源/无源一体化的功能系统, 从体系层面应对新型目标探测等作战需求。

(4) 采用信号级、特征级、数据级等多层级信息处理架构。可根据计算资源、网络资源

状态和任务能力需求约束, 动态选择最优的协同处理结构和处理算法, 动态分配计算资源, 进行信号级协同处理。

(5) 面向目标分辨、跟踪定位、抗干扰等不同任务, 采用模块化的分系统功能划分和建模方法, 通过优化分析、认知决策和联合控制来动态组织和聚合各种侦察预警装备要素和资源。根据目标和环境的动态变化自适应控制装备的工作模式、工作参数以及信号协同处理方式, 完成探测、定位、跟踪、识别全流程的动态实时自适应闭环, 提高系统资源的使用效率。

4.2 多传感器智能协同调度技术

4.2.1 面向海量历史感知信息的规划调度规则学习技术

面向海量历史感知信息的规划调度规则学习技术基于归纳逻辑程序设计, 旨在将协同任务规划和传感器优化调度问题转化为一阶规则

学习问题,自动归纳学习出具有清晰语义解释的规划调度规则。具体来说,其核心技术点主要包括三个方面:第一,针对海量历史感知信息中的不精确、不一致的信息,设计噪音处理机制来抑制不良信息对归纳逻辑程序设计的不利影响,同时也防止学习出的规划调度规则对训练样例过度拟合。第二,分析海量历史信息时空、实体、任务、参数、信号等维度的关联关系,基于已有的信息关联裁剪出标注正例,并据此估计标注反例,达到缩小训练样例规模的目的;同时选择可伸缩性好的自底向上的归纳逻辑程序设计算法,实现面向大规模历史感知信息的规划调度规则学习。第三,针对军事领域信息挖掘分析对数值量的特殊需求,将学习过程中的假设空间搜索问题形式化为约束满足问题,增强涉及数值量的规则学习能力^[2]。

4.2.2 基于启发式搜索的智能规划技术

基于启发式搜索的智能规划技术的基本思想是将所有目标的离差矩阵之和作为优化的目标函数,同时考虑传感器最大效能等约束因素,建立多约束条件下的传感器分配模型^[1]。通过优化算法求解,可得满足约束条件的最优分配序列。在任务分配模型求解时,主要考虑用启发式算法将规划问题转化为状态空间上的路径搜索问题,同时设计启发函数引导搜索。

4.2.3 基于粒子群的传感器优化调度技术

基于粒子群的传感器优化调度技术,可在多任务的情况下,根据各任务的属性和状态对网络进行拓扑分解,然后利用关联矩阵使得某些传感器配对同一任务,从而对同一目标进行探测与跟踪(某些传感器可配对多个任务)。同时,根据探测任务、能力和性能最优的准则,运用粒子群算法设计向量表征、适应度函数以及粒子速度函数,自适应地调整任务分配和传感器布局结构,实时完成传感器的优化调度。

4.2.4 基于本体的全光作战装备及协同运用知识表征技术

基于本体的全光作战装备及协同运用知识

表征技术从协同运用领域业务需求出发,开展全光作战装备协同运用领域的研究工作,提取相关概念及其属性描述,并对概念进行归类和标识,保证概念的唯一性和正确性,去除概念的冗余性和二义性,形成领域专业概念规范。同时基于概念集,模块化构建全光作战装备及协同运用领域本体框架。框架构建完成后,按照概念的固有属性与专有特征进行归纳和修改,对概念建立层次化的分类模型,并定义类之间的关系,建立类之间的语义联系,构建出更加完善的本体。在明确知识存在形式的基础上,基于构建好的领域本体对知识进行形式化的表示,研究领域内基于本体的知识表示模型框架,并利用本体对领域各种类型知识进行统一的规范化描述,形成一种计算机可以理解的用于描述知识的数据结构^[3]。

4.3 智能行为识别与情报挖掘技术

4.3.1 多模态异构知识半自动抽取技术

多模态异构作战数据包含了海量的信息和知识,作战数据形式的复杂多样化提高了信息抽取的难度。现阶段的技术难以准确地从多模态异构数据中抽取有用的信息和知识。为了从多模态异构作战数据中抽取知识,首先将研究面向视频、图像、语音、文本、数据库、格式报、矢量地图等七类数据的分类识别以及知识半自动抽取技术。该技术的构建需要基于上一节中的作战数据统一建模框架。传统的基于规则模板的方法欠缺一定的通用性,因而难以有效执行数据分类识别和知识半自动抽取任务。因此,将研究基于深度学习的多模态数据分类识别技术以及知识抽取技术。具体而言,将研究基于深度学习的多媒体数据的分类识别、结构化和半结构化数据的知识抽取以及非结构化数据的知识抽取。

4.3.2 知识清洗与重构技术

知识清洗与重构技术从全维数据中提取和挖掘出知识后,提取方式或数据源结构等问题可能会导致知识质量参差不齐。因此,在进一步融合知识之前需采用知识清洗的方式识别并

清理无效或错误的知识。

4.3.3 面向异构本体的知识统一表示

针对协同任务规划和装备协同调度场景中的时空、跨域语义融合需求, 研究面向时空、跨域异构本体的知识统一表示技术。该技术立足于多模态异构知识抽取技术, 是对知识的向量化统一建模。实现知识统一表示的关键在于如何面向多个知识图谱建立一个一体化的实体关系表示模型。现有的跨域知识图谱的表示往往注重结构上的融合, 即通过挖掘多个知识图谱之间的公共频繁子图来实现知识图谱之间的关联。然而, 基于结构的融合算法往往时空复杂度较高, 且无法真正地从实体表达语义的角度来实现融合。

通过构建基于翻译模型的跨领域实体关系向量化表示方法, 以实现跨域语义融合, 包括知识图谱的基本表示学习, 面向实体、词汇和意义的联合语义表示空间构建, 实体描述文本语义编码, 跨领域实体关系向量化表示。

4.3.4 多源异构知识融合技术

多源异构知识的语义融合可分为基础融合和跨域融合两部分。其中, 基础融合主要包括领域内的实体链接和属性合并两个方面; 跨域融合主要为基于联合语义表示空间的跨域实体链接。通过在基础融合和跨域融合的基础上进一步研究知识的推理机制, 可实现知识的自动补充^[4]。

5 结束语

机载全光作战链路利用光电系统具有被动红外辐射探测、抗干扰能力强、隐蔽性好和探测精度高的特点, 能够全天时对空中和地/海面目标进行静默搜索、跟踪和定位; 既可以单独工作, 也可与雷达等传感器协同工作。通过光电手段一体化可实现远距离探测定位识别、远距离抗干扰通信和高精度引导等能力。未来可应用于隐身长航时无人机、“忠诚僚机”、分布式作战、战斗机等平台, 实现远距离探测识别、高带宽激光通信和全向高精度红外告警等, 聚合形成实战能力; 作为电磁领域的重要补充, 完成中国制空作战体系的能力跃升。

参考文献

- [1] 王永坤, 郑世友, 谢金华. 基于 CPLEX 的多约束传感器分配算法 [J]. 指挥信息系统与技术, 2018, 9(2): 95-99.
- [2] 王媛, 李皓, 李小军. 基于本体的舰船领域知识表征研究 [J]. 舰船电子工程, 2013, 33(4): 1-3.
- [3] 李志汇, 刘昌云, 倪鹏, 等. 反导多传感器协同任务规划综述 [J]. 宇航学报, 2016, 37(1): 31-34.
- [4] 张瑶, 李蜀瑜, 汤玥. 大数据下的多源异构知识融合算法研究 [J]. 计算机技术与发展, 2017, 27(9): 13-15.