

doi: 10.7690/bgzd.2022.04.002

外军陆战平台作战感知增强技术发展研究

刘荣华¹, 王传有², 屠东³, 朱本辉¹, 信义兵¹

(1. 武汉高德红外股份有限公司导弹研究院, 武汉 430000; 2. 中国人民解放军 32180 部队, 北京 100072;
3. 中国人民解放军 32369 部队, 北京 100072)

摘要: 为提高陆战平台的战场生存率和作战效能, 针对陆战平台日益复杂的作战环境及作战任务, 构建增强作战感知能力的软硬件平台。通过分析外军陆战平台感知装备的技术特点和发展现状, 明确合理的实时高速率信息传输架构、先进的多传感器信息融合与人工智能技术、强大的多源战场数据管理系统、便捷的作战感知增强人机功效等关键技术是实现作战感知增强的技术难点及发展方向。分析结果表明: 该研究对未来作战感知增强技术的创新、实践具有借鉴作用。

关键词: 陆战平台; 感知增强; 信息融合; 人工智能

中图分类号: TJ811 **文献标志码:** A

Research on Development of Combat Perception Enhancement Technology for Foreign Land Warfare Platform

Liu Ronghua¹, Wang Chuanyou², Tu Dong³, Zhu Benhui¹, Xin Yibing¹

(1. Missile Research Institute, Wuhan Guide Infrared Co., Ltd., Wuhan 430000, China;
2. No. 32180 Unit of PLA, Beijing 100072, China; 3. No. 32369 Unit of PLA, Beijing 100072, China)

Abstract: In order to improve the battlefield survival rate and combat effectiveness of the land warfare platform, aiming at the increasingly complex combat environment and combat tasks of the land warfare platform, the software and hardware platform for enhancing the combat perception ability is constructed. By analyzing the technical characteristics and development status of foreign land combat platform sensing equipment, it is clear that the key technologies such as reasonable real-time high-speed information transmission architecture, advanced multi-sensor information fusion and artificial intelligence technology, powerful multi-source battlefield data management system, and convenient combat sensing enhancement of man-machine efficiency are the technical difficulties and development direction of combat sensing enhancement. The analysis results show that the research can be used for reference to the innovation and practice of future combat perception enhancement technology.

Keywords: land warfare platform; perception enhancement; information fusion; artificial intelligence

0 引言

近年来, 由于各型智能化、微型化的侦察打击装备在城市战场不断涌现, 导致陆军部队在城市要地夺控、坚守残敌清剿作战过程中, 面临侦察情报获取难、火力有效使用难、迅速机动难以及全维防护难的问题^[1]。为提高陆军装备的战场生存率和作战效能, 以美国、以色列为代表的军事强国均开启了“下一代战车”研制计划, 其核心设计思想是利用多源传感器增强战场感知能力, 以及通过人工智能技术提升战术决策水平, 将传统战车 3 乘员(车长、炮长和驾驶员)配置升级为双乘员+人工智能。

1 外军未来战车作战感知系统

目前, 公开资料显示已经开展的未来战斗车辆

研制, 主要有美国的下一代战车(next generation combat vehicles, NGCV)和以色列的卡梅尔战车(Carmel), 两者的技术路线基本趋同。在卡梅尔战车项目中, 以色列国防研究与发展局邀请艾尔比特系统公司、拉斐尔先进防务公司和以色列航空航天工业公司分别开展样机研制, 并于 2019 年 8 月在 Elyakim 基地完成为期一个月的应用测试。

艾尔比特系统公司研制的卡梅尔战车主要集成装备包括: UT30 无人炮塔、全景显示头盔(iron vision)、TORCH 指挥控制系统、E-LynX 软件无线电台、SupervisIR 广域监视系统、MAY 声学探测系统、THOR 垂直起降无人机、PIONEER 小型无人战车以及人工智能软件系统等, 战车外形如图 1 所示。在作战感知增强方面采用了 2 种人机交互系统:

收稿日期: 2021-12-13; 修回日期: 2022-01-28

作者简介: 刘荣华(1985—), 男, 重庆人, 硕士, 工程师, 从事分布式无人装备研究。E-mail: wq04171403@sina.com。

1) 大型触摸屏用于作战信息显示与计划制定；2) 现实增强显示头盔用于战场目标、任务显示。显示头盔通过“装甲透视”技术可为闭舱作战人员提供实时、高分辨率的 360°全景图像，同时结合战术符号和 C⁴I 数据实现作战增强显示，用于引导视距范围内的驾驶、导航和目标打击^[2]。



图 1 艾尔比特系统公司研制的卡梅尔战车样机

拉斐尔先进防务公司研制的卡梅尔战车如图 2 所示，采用透明驾驶舱设计实现 360°的态势感知，舱内大型视频显示墙的图像分为上下 2 部分，分别显示车体轴向前 180°和后 180°的实时战场信息，配合现实增强系统可使车组乘员快速查看目标与友军位置、重要地点以及其他作战信息；拉斐尔公司突破性应用 FireWeaver 网络化作战系统，为作战人员提供了实时目标图像定位、火力协同以及快速多目标打击能力。



图 2 拉斐尔先进防务公司研制的卡梅尔战车样机

以色列航空航天工业公司研制的卡梅尔战车采用 ATHENA 战场管理系统，通过深度学习和人工智能将多种作战感知设备的信息进行融合。ELI-3312 紧凑型搜索系统主要用于对地面目标的探测、识别和跟踪；ELO-5220 光电系统采用多光谱被动探测器件对敌方火力点实施侦察、定位；ELM-2133 雷达可为主动防护系统快速定位来袭目标并输出告警信息；同时，战车还集成了遥控武器站、垂发巡飞弹、导弹拦截装置以及电子对抗设备等，战车外形如图 3 所示。该战车平台实现了自动驾驶、威胁检测和有效的目标交战与武器系统管理，并结合舱内全景显示屏、单独控制屏幕和类似 Xbox 的游戏手柄实现感知增强及操控^[3]。

同时，德国亨索尔特公司凭借车载电子设备、传感器和任务计算机领域的技术优势，为德法联合研制的主力地面作战系统 (main ground combat system, MGCS) 提供了作战感知解决方案，系统如

图 4 所示。方案中将车载昼夜光电设备与地面雷达相结合获取可靠的战场目标信息；采用数据链自组网与车载 VADR 无人机进行空地协同，由其搭载的高清摄像机和激光雷达为作战人员提供战场监视信息；通过任务计算机的软硬件系统将目标信息、战场信息进行融合，并结合人工智能技术提高作战人员的感知能力^[4]。



图 3 以色列航空航天工业公司研制的卡梅尔战车样机

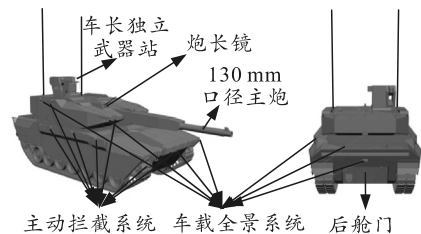


图 4 德法联合研制主力地面作战系统

2 外军陆战平台作战感知系统关键技术

分析外军未来战车作战感知系统可以发现，通过大量整合通用作战感知装备，提升战车在复杂战场环境下的目标探测、跟踪和打击能力，其中对于多源感知信息的综合处理技术是未来战车与传统战车的最大区别，也是作战感知增强的关键技术。

2.1 实时高速率信息传输架构

随着战场环境日益复杂，陆战平台任务与功能逐渐增加，战场感知手段多样化，使得传感器日益增多，必须通过传感综合来满足系统空间和质量的约束^[5]，而大量强实时性、高速率的传感器信息更需要合理的传输架构作为传感综合的支撑。以战车多传感器协同跟踪为例，其产生的高清目标图像信息速率多为几兆或十几兆每秒，信息传输延时要求低于 40 ms，导致以 CAN 和 1553B 为总线的传统战车信息传输架构无法满足使用要求，而为满足民用车联网需求开发的车载以太网具备解决上述问题的潜力。车载以太网信息传输速率不低于 100 M/s、传输延时不高于 5 ms，考虑到陆战平台对系统可靠性和扩展性要求较高，其信息传输架构可采用统一复合网络的形式，车载以太网为骨干配合其他总线构建信息交换式网络。图 5 为美军下一代战车信息传输架构。

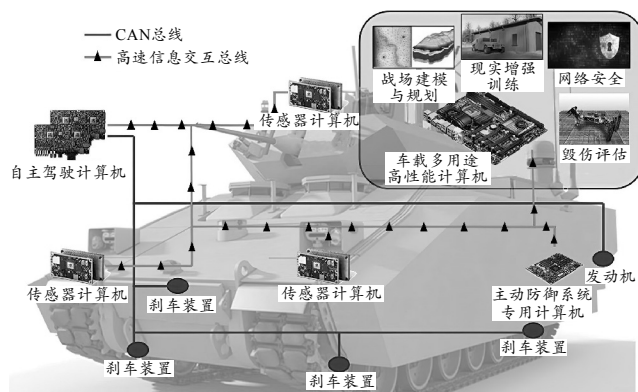


图5 美军下一代战车信息传输架构

2.2 多传感器信息处理技术

结合未来陆战平台网络中心战的发展趋势分析,其作战感知增强的战术意义主要体现在:1)增强作战人员对周围战场环境的感知从而提高战场生存率;2)以单平台为信息节点,构建作战感知信息数据库,指挥平台进行战场态势估计和预测。从信息处理架构来看,其必须支持单平台进行感知信息特征层融合的边缘计算,使作战人员能够在大量实时信息中获取关键数据,对特征信息进行整合并保留其他重要信息,为指挥平台开展辅助决策的云计算提供数据支持;从信息处理算法来看,单平台主要通过深度学习进行目标自动识别、跟踪以及目标毁伤评估等,对于具备指挥功能的平台,还可通过人工智能进行辅助决策和态势融合^[6]。

2.3 多源战场数据管理技术

通过感知装备和通信设备获取的战场数据信息将采用数据库形式进行管理,对各类数据进行融合处理后以统一的信息格式、数据编码存入数据库;同时,数据库对存入的数据进行自动分类、综合、储存、更新、备份,因军用数据库的特殊性,要求数据在战术互联网上传输时使用密文,数据存取的安全保密要求用户、应用程序和数据之间设置访问控制机制。作战感知数据库的应用如图6所示,数据库能提供战场实时数据/图像信息的存储和提取服务,支撑作战人员进行及时的战术决策和动作;能通过通信设备为指挥平台提供数据访问服务,支撑其开展战场态势估计和预测的云计算^[7]。

3 外军陆战平台作战感知系统装备现状

对于外军现役陆战平台主要通过2方面增强其作战感知:1)集成先进探测单体设备提升对战场目标的发现、识别能力;2)搭载多源信息融合系统提

升乘员的态势感知和决策能力。

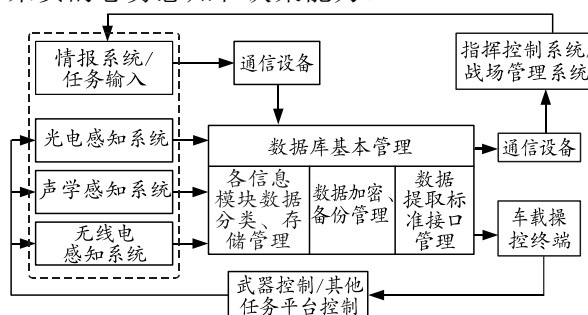


图6 作战感知数据库应用

3.1 目标探测单体设备

3.1.1 车载全景系统

全景系统以光电图像监视为手段、以全景态势感知为目的,具有信息丰富、形象直观、准确度高和实时性强等特点,常用的图像数据包括可见光/红外图像和合成孔径雷达图像^[8],而陆战平台多采用固定式红外/电视传感器构建车载全景系统;结合全景图像拼接技术、多目标跟踪技术以及目标自动识别技术,可实现战场环境下的全局监视、态势感知、逼近威胁告警和辅助战车驾驶等功能。目前,车载全景系统技术较为成熟,如德国莱茵金属公司、意大利莱昂纳多公司、美国福莱尔公司以及法国泰雷兹公司的车载全景系统均已装备部队。图7为福莱尔公司研制的SUMIT 360车载全景系统,一台战车需布置3套全景组件实现360°覆盖,每套全景组件分别包含3个非制冷红外传感器和电视传感器;通过在核心处理单元中加载图像融合和人工智能算法,可实现战车行进间的目标探测、识别和跟踪,减轻车内乘员的作战感知负担。



图7 SUMIT360车载全景系统

3.1.2 综合光电桅杆

陆战平台在城市、山区、丛林作战时,地面物体和地球曲率可能对光电系统的通视产生影响;同时,随着光电探测系统的小型化、模块化,使得升降式光电桅杆成为重要的作战感知手段,有的甚至将战场监视雷达集成于桅杆上,使其具备在复杂、恶劣环境下对地面目标和低空飞行器的探测能力^[9]。图8为艾尔比特公司在卡梅尔战车上加装的光电桅

杆，主要集成了 SupervisIR 广域监视光电系统和敌我识别系统，其中 SupervisIR 的红外瞬时视场角度达到 $90^{\circ} \times 12.5^{\circ}$ ，可自动进行可疑目标探测和跟踪，并将态势感知信息直接综合到指挥控制系统。



图 8 艾尔比特公司卡梅尔战车光电桅杆

3.1.3 无人侦察机

陆战平台在加装全景系统后，通常还将车载无人侦察机的协同感知信息进行融合，形成具有顶部视野的局部态势感知图像，并叠加相应的战术符号，提高战车乘员的态势信息水平^[10]。公开资料显示，福莱尔公司在 CV90 战车上集成了 Black Hornet 微型无人机，拉斐尔公司的卡梅尔战车集成了 Firefly 无人机，艾尔比特公司的卡梅尔战车集成了 THOR 四旋翼无人机，作为增强陆战平台作战感知的无人侦察机，通常具备体积小、质量轻、垂直起降、可搭载多光谱吊舱等特点。图 9 为拉斐尔公司卡梅尔战车集成的 Firefly 无人机，采用共轴反桨双旋翼实现车上垂直起降，全重 3 kg，城市环境最大作战半径 500 m、野外最大作战半径 1 000 m，双电池模式（将战斗部更换为电池）下最大飞行时间为 30 min，挂载双光吊舱可实现对地面目标的自动跟踪。

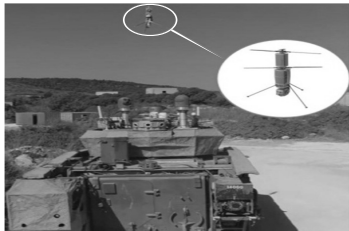


图 9 拉斐尔卡梅尔战车 Firefly 无人机

3.1.4 声学探测装置

随着大威力、高精度、远距离单兵装备的日益普及，使得陆战平台越来越容易受到大口径狙击步枪和火箭弹的攻击，各国正试图通过加装声学探测装置来发现此类目标，声学探测装置通过接收并测量发射身管的膛口激波和弹丸飞行产生的冲击波实现目标定位。图 10 为美国雷声 BBN 技术公司研制的 Boomerang III 声学定位装置，可探测到 1 500 m 范围内 90% 的射击，定位误差为方位不高于 1.2° 、高低不高于 3° 。



图 10 车载声学探测装置

3.2 信息融合系统

3.2.1 态势显示终端

将全景系统采集的环境感知图像通过无缝拼接或赋予指向信息后，通过态势显示终端进行呈现，为作战人员提供了直观的战场认知；同时，态势显示终端还可通过深度学习对目标进行自动识别和跟踪，避免了作战人员的认知饱和。现已装备态势显示终端的陆战平台主要有新加坡猎人步战车、俄罗斯 T-14 坦克、德国山猫步战车以及英国阿贾克斯步战车等，图 11 为新加坡猎人步战车装备的态势显示终端。



图 11 新加坡猎人步战车态势显示终端

3.2.2 显示头盔

为缓解在战车闭窗条件下作战人员感知能力下降问题，防务厂商提出了显示头盔的方案，借助车载分布式传感器和先进智能头盔等系统，利用信息融合、增强现实、通信导航等技术，将战场信息投影在头盔的显示器上，使作战人员在封闭甚至无窗环境下，能够获得车外环境的实时态势感知信息，目前开发的车载显示头盔产品主要有 BAE 公司的“战斗视野 360”系统、莱茵金属公司的“帕诺观察”头盔显示器系统、艾尔比特公司的“铁视觉”头盔系统以及乌克兰的“透视装甲”环绕观察系统等。图 12 为以色列艾尔比特公司“铁视觉”(iron vision)显示头盔，该装备可收集来自车内外的各种信息，显示和跟踪作战人员感兴趣的目标特征，并以全彩、零延迟模式将高清图像投影在头盔显示器上，还可与车载控制系统进行交互，使作战人员能够从投影图像了解所执行任务的情报信息^[11]。

3.2.3 信息融合处理设备

作战需求的改变导致陆战平台系统更加复杂，

车载电子信息系统集成了大量 C⁴ISR 设备、电视/红外传感器、狙击手探测装置以及 IED 干扰设备等,系统将同步生成大量关键原始信息,导致作战人员面临感知信息过载的风险,从而能够实时开展数据收集、过滤和分类处理的感知融合系统,为解决作战人员感知障碍的重要手段,其核心技术包括高性能加固任务计算机和智能信息融合软件。



图 12 以色列“铁视觉”显示头盔

System 公司为美军下一代战车研制了 Raven-Strike 加固任务计算机,该计算机的主要特点是能够进行模拟量与数字量转换,具有电视/红外及其他传感器信息获取和编译能力,可通过动态视频、图像进行运动目标识别,通过以太网支持信息融合软件的数据存储和分发。Raven-Strike 加固任务计算机已成功搭载敌方火力探测定位系统(HFDL),在可选有人战车(OMFV)的功能演示样车(MET-D)和遥控战车上完成相关性能测试^[12-13]。Raven-Strike 任务计算机传感器/信息传输,如图 13 所示。

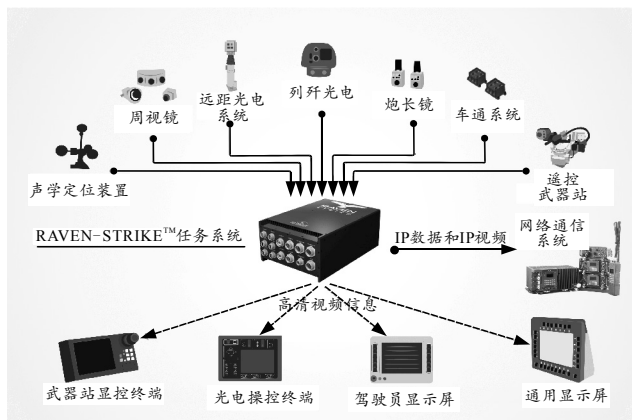


图 13 Raven-Strike 任务计算机传感器/信息传输

在以色列卡梅尔战车项目中,拉斐尔公司的 Fire Weaver 系统和航空航天工业公司的 ATHENA 系统均配置有用于信息融合的人工智能技术,可根据目标信息和作战任务进行态势融合解算。其中,ATHENA 系统可从红外、雷达等传感器获取的数据中迅速发现敌方目标,并实时传输至车长或形成目标威胁图用于指挥员战术决策,未来该系统还将应用于无人自主地面战车上^[14]。

4 结束语

笔者基于外军作战感知的研究现状,梳理出实现作战感知增强的关键技术,结合未来陆战平台实际作战应用,对于我军陆战平台增强作战感知的工程化研究还应重点关注以下方面:1) 提高外置感知装备的适装性(作战环境适用性),降低实战环境下的易损率;2) 优化集成感知技术和装备,使其在通信体制、探测性能及抗干扰能力方面实现互补和增强;3) 大力开发适用于多源信息融合的智能信息处理系统(硬件)和人工算法(软件)以及智能化显示终端(界面),提高指控效率,降低指挥控制人员的认知和操作负担。

参考文献:

- [1] 樊延平,宋畅,薛中兴. 陆军城市巷战作战运用构想创新研究[J]. 国防科技, 2019, 40(5): 122-126.
- [2] Israel's Carmel Project Charting Future Concepts for Mounted Combat[EB/OL]. [2020-2-7]. <http://euro-sd.com/2020/02/articles/16078.html>.
- [3] 张亚,丁刚. 以色列国防武器系统智能化发展分析[J]. 飞航导弹, 2020(8): 20-25.
- [4] MGCS-The Smart Tank is Rolling in[EB/OL]. [2021-4-25]. <https://www.hensoldt.net/stories/mgcs.html>.
- [5] 毛明,刘勇,胡建军. 坦克装甲车辆综合电子信息系统的总体设计研究[J]. 兵工学报, 2017, 38(6): 1192-1202.
- [6] High-Performance Computing for the Next-Generation Combat Vehicle[EB/OL]. [2018-9-1]. <https://www.aerodefensetech.com/component/content/article/adt/features/articles.html>.
- [7] 何友,柴勇,曲长文. 数据库技术在多传感器信息融合系统中的应用综述[J]. 海军航空工程学院学报, 2007, 22(4): 401-416.
- [8] 杨柯,张长江,周军华,等. 基于全景视觉的态势感知系统研究[J]. 图像与多媒体技术, 2019(5): 49-52.
- [9] 张坤杰. 车载光电桅杆技术的发展现状及趋势[J]. 红外技术, 2020, 42(6): 519-527.
- [10] 郭正祥. 装甲战车态势感知能力的根本性变革[J]. 坦克装甲车辆, 2019(1): 49-53.
- [11] IronVisionTM [EB/OL]. <http://www.elbitsystems.com>.
- [12] Harnessing the power of next generation computing [EB/OL]. [2018-10-1]. <https://www.shephardmedia.com/news/landwarfareintl.html>.
- [13] Artificial Intelligence for the Army's Big Six Modernisation Priorities[EB/OL]. [2019-10-8]. <https://www.shephardmedia.com/news/landwarfareintl.html>.
- [14] Israel developing AI'super-brain' to run automated attacks in battlefield[EB/OL]. [2021-4-26]. <https://www.telegraph.co.uk/news/2021/04/26.html>.