

“研究军事、研究战争、研究打仗”专论

浅析电磁空间博弈智能化演进

■史英春 王树亮 李建平

引言

博弈焦点：由平台为中心向算法为中心转变

随着战争由机械化、信息化向智能化融合演进，作战双方对抗的重心正从火力、机动力、信息力等传统要素的对抗，转向以算法为核心的决策优势竞争。电磁空间作为信息传输、感知、对抗的核心载体，其博弈的焦点正从高性价比平台性能、信息网络连通效率等，转向以人工智能算法为核心的认知较量、实时决策和动态博弈能力。

制胜机理由“能量对抗”向“智能认知”深化。传统电磁空间博弈，主要以能量压制、频段覆盖等为核心，本质是比拼发射功率、系统规模与硬件性能。随着联合战场电磁环境的日益复杂以及对抗节奏的加快，单纯依靠能量对抗的博弈方式将难以为继。在智能技术的支撑下，电磁空间博弈的制胜机理将向“智能认知+”持续深化，突出以认知为核心、以智能为驱动的体系对抗。电磁空间博弈，将通过人工智能辅助完成目标识别、态势理解与威胁预判，基于自适应算法快速优化干扰、抗干扰及频谱调度策略，并通过多节点协同形成全域认知优势，实现对电磁空间制权的主动掌控。

决策模式由“规则驱动”向“数据驱动”改变。传统电磁空间博弈，主要以规则驱动为核心，依靠专家经验来构建预设信号特征库与固定对抗逻辑，实现对已知电磁目标威胁的标准化处置。面对智能化联合战场上密集的信号环境和复杂的波形样式，基于规则驱动的传统决策模式，存在响应滞后、难以快速应对未知目标的天然缺陷。基于数据驱动的决策模式，将以全域电磁态势数据为基础，融合多维度信号特征与时空行为信息，借助大数据分析 with 人工智能算法实现自主

主认知、实时推理与动态优化，从而在未知信号识别、对抗资源调度与OODA闭环加速等方面显现独特优势。

装备形态由“功能固化”向“软件定义”迭代。传统电磁空间博弈，双方装备性能受限于硬件架构，其信号处理、波形生成与对抗策略等紧密绑定于物理实体，功能模块固定且难以更改。智能化联合战场，电磁空间博弈装备将以“软件定义”为核心理念，将硬件功能解耦至软件层面，使用通用硬件平台配合可编程软件算法，用于实现频谱感知、波形控制与干扰策略的动态优化。在打破电磁空间博弈平衡过程中，算法将成为核心变量，即谁的算法迭代快、泛化能力强，谁就能在动态博弈中占据上风。

博弈形态：由线性杀伤链向智能杀伤网跃进

智能杀伤网以全域数据互联为基础，依托人工智能实现态势实时融合、目标自主匹配、资源动态调度，构建起去中心、自组织、可重构的杀伤体系。它将打破各作战节点的时序与层级约束，实现多域电磁资源的分布式组网与并行调度。电磁空间对抗将从单线、时序、刚性的链式作战，转变为全域、并行、柔性的网状博弈，从而大幅压缩作战周期，提升抗毁能力与协同效能。

体系架构由“链式串联”向“分布并行”升级。传统电磁空间博弈，感知、决策、打击、评估等环节按固定流程依次执行，作战效能高度依赖核心节点与关键链路，难以有效适应强对抗、高动态的复杂电磁环境，体系韧性明显不足。一旦某一环节遭到对方有针对性的压制或摧毁后，整条杀伤链极易失效。智能化联合战场，电磁空间作战体系将逐步向分布并行的网状架构转型，进一步弱化中

心依赖，增强节点冗余，确保在部分单元受损情况下能够快速重组功能，提升体系抗毁与生存能力。这种架构变革，为电磁空间智能杀伤网的形成提供了基础支撑，也推动博弈模式由刚性链路对抗转向柔性网络对抗。

协同机制由“固定流程”向“动态重构”转变。在传统的线性杀伤链体系架构下，电磁空间博弈双方在感知、决策、打击、评估各环节遵循预设规则与固定流程，协同模式僵化、响应滞后。智能化联合战场，以动态可重构的作战网络为基础，以数据驱动与智能算法为核心，将实现各作战单元协同机制从静态调度向动态重构的深刻转变。依托多源态势融合与实时目标共享，作战网络内各单元可以根据战场变化自主调整任务分工、工作模式与资源配置，形成动态自适应的协同闭环。这一转变将从根本上重塑电磁杀伤或防御的运行逻辑，使作战体系呈现实时博弈、持续迭代的智能化特征。

效能生成由“线性叠加”向“弹性涌现”跃升。传统电磁空间博弈依托固定杀伤链，各环节按时序串联，效能依赖装备与节点能力的简单累加，整体等于部分之和，且呈线性增长，链路一旦断裂便很容易导致整体失效。智能化联合战场，将构建起全域联动的智能电磁杀伤网，多域节点分布式互联、动态组网，基于人工智能自主协同与跨域耦合，打破时序与层级限制。各单元非线性交互、自组织联动，不断涌现出远超单装与单链总和的新质作战效能，同时具备动态重构、抗毁自愈的弹性特征。这种转变让电磁空间博弈不再是链式线性叠加，而是网络化弹性涌现，实现能力指数提升，为夺取制电磁权提供了更加高效、稳定、可持续的内生动力。

博弈范畴：由领域内对抗向多领域拓展延伸

随着一体化联合作战体系日臻完善，电磁空间已成为贯穿陆、海、空、天、网各域的关键纽带，其博弈不再局限于电磁领域自身的优劣对比，而是通过精准感知、智能决策与电磁攻击等，为多域联合作战提供信息支撑，并使其作战效能倍增。电磁空间博弈重心，将从域内较量向深度赋能多域联合战场的精确化对抗加速转变。

博弈维度由“单域自主”向“跨域融合”延伸。传统电磁空间博弈，以电磁空

间感知、电磁攻击、电磁防护、电磁管控等为核心任务，与陆、海、空、天等作战域呈现相对独立的协同关系。智能化联合战场，电磁空间不再是单一作战领域，而是成为连接多域作战力量的核心信息枢纽。各作战节点，通过智能数据互联，实现实时联动。态势感知、数据传输、指令交互全流程升级，电磁优势跨域传导、全域覆盖，使电磁空间博弈不断突破传统境界，向联合作战所涉陆、海、空、天等作战域渗透融合。

作用定位由“效能争夺”向“体系赋能”拓展。传统电磁空间博弈，以削弱或破坏对手电磁空间利用能力、保障己方电磁空间利用能力为核心，更多聚焦电磁领域的有效控制。在智能技术支撑及联合战场全域任务驱动下，电磁空间的作用定位将向“体系赋能”深度转型。例如，电磁空间感知依托智能算法实现多源数据精准融合，为全域指挥决策提供高价值态势支撑；电磁攻击通过智能识别关键链路，辅助对敌方体系的精准破击。智能化联合战场，电磁空间优势不再局限于领域内效能的争夺，而是直接转化为核心赋能因子，用以支撑联合作战体系的高效运行。

对抗方式由“广谱粗放”向“精准释能”转型。传统电磁空间博弈，往往依赖全频搜索、广谱压制、持续施扰等粗放式方法手段，存在资源消耗大、精准度不高、附带效应强等缺陷，难以适配智能化联合战场精确化作战需要。在智能技术支撑下，电磁空间博弈的对抗方式将实现由“广谱粗放”向“精准释能”转型，并深度赋能多域联合战场的精确作战。电磁空间博弈模式从全面粗放覆盖转向要点精准破击，从持续耗能压制转向智能高效博弈，将大幅提升对抗性价比，持续推动联合作战向智能化转型发展。

编后

电磁空间博弈的智能化演进，是科技革命重塑战争规则的鲜明例证。深刻把握其内核向算法主导跃升、形态向智能网络重构、范畴向全域赋能拓展的演进规律，对于抢占智能化制高点、锻造电磁空间新质战斗力、夺取未来战场制电磁权具有决定性意义。必须强化理论创新与科技攻坚，加速推动电磁空间作战能力向更高层次的智能博弈跃升，为打赢信息化智能化战争提供坚实支撑。

群策集

随着战争形态向智能化加速演进，传统步兵线式推进、密集攻击、正面攻坚的作战模式或正面临着失能失效的风险。以蜂群作战的“个体独立、群体协同、目标一致、动态聚散”等理念为指导，可把步兵作战力量拆解为若干具备相对独立作战能力的小型作战单元，依托智能终端、无人平台、数据链网实现全域联动，实施分布式部署、自主式协同、饱和式突击、灵巧式纤控，创新“形散神聚、以散制强、以快制慢、以智制拙”的步兵蜂群作战模式。这是步兵适应未来战争、实现战斗力跃升的重要方向。

力量编组小型合成、功能融合。现代战争日益呈现高强度、高烈度、高消耗等特点，战斗人员越来越成为宝贵的战争资源，大量的战场伤亡成为战争中“不能承受之重”。步兵蜂群作战，在力量编组上要求将陆战夺控力量量化整为零、规模缩减，实施“细胞化”生存，强调将步兵作战力量分解为更小、更灵活、机动性更强的小型或微型作战单元，降低被发现和被打击概率，实现隐蔽突防、以小博大。除追求小型化编组外，更加强调对步兵战斗编组进行合成化编组、末端赋能，通过无人化编配、智能化升级，与新质新域力量进行一体化编组、低层级合成，并跨越军兵种壁垒、“智慧”互联各种装备，聚合战机、火炮等有形力量，融合电子战、网络战、认知战等无形力量，形成侦察通信、火力打击、信息战、认知战等功能下沉集成的“复合型”作战微单元，使步兵作战力量从“层级串联”升级为“网络并联”，解决传统步兵编组臃肿、功能单一、机动迟缓、抗毁性差等“痛点”。

作战方式分布渗透、并行突击。近期局部战争表明，由无人打击平台、精确制导弹药形成的“杀伤网”“火力墙”，成为现代战场主要场景，对步兵集群机动与突击形成巨大威胁，推动陆战作战样式由集群交战向分布式作战转变。步兵蜂群作战，就是将传统庞大、集中、顺序行动的作战体系，解构为分布式、网络化、并行作业的步兵“微单元”，其核心是“动态聚合、瞬时释能”，以广域配置、离散部署、隐蔽待机降低被敌侦察体系整体锁定的概率，以多方向多点位隐蔽渗透、秘密潜入至作战目标附近，通过数据链快速联动、瞬时聚合，以“多点同步合击”的“神聚”方式，对同一目标或不同目标实施“时间同步、空间重叠”并行打击，蜂拥、饱和和攻击敌方体系关键目标，实现“以量破防”“以聚打散”，任务完成即恢复分散部署状态，这种“分散存储、集中释放”的行动方式，可较好解决步兵作战易暴露、突击慢、火力弱等难题。

作战手段软硬结合、多域降维。随着无人作战平台的编入、跨域新质力量的融入、网信体系支撑，步兵将蜂群作战的战术演变为“人机混合领打、火力跨域打击、软硬杀伤一体”。既可运用轻小化无人装备实施空地一体、全天候侦察监视，又可运用攻击型无人机、巡飞弹、班组枪械等构建“远中近、点面域”衔

打造步兵蜂群作战新范式

接的精准杀伤体系，实施远程精准打击、中距压制打击、近距清剿打击，替代传统步兵粗略侦察、近距搏杀模式。步兵蜂群作战还可发挥灵活布势、触角前伸、感知灵敏等优点，基于网信体系，申请调度陆、空、电磁、网络等体系支援力量，引入空军航空兵、武装直升机、远程地面炮兵、电子对抗力量和认知攻击力量，实施信火突击和认知攻击，形成“物理摧毁”与“认知瓦解”的复合效应，对目标实施多域降维打击。

指挥协同智能增效、自主适应。随着信息化智能化技术迅猛发展，算法主导、数据赋能等正在重新定义交战规则，“网—云—端”式战场信息系统赋予步兵作战指挥协同全新特征。依托智能化、去中心化、动态组网的信息系统，步兵蜂群作战可构建“智能统筹、分布实施、自主协同”的新型指挥协同体系，实现指挥链路最短化、任务规划智能化、协同响应实时化、作战行动自主化，加速步兵作战杀伤链融合。作战中，上级指挥机构可依托智能指挥终端，实时掌握全域节点态势，基于算法支撑，辅助完成步兵小单元作战目标分配、资源调度、路线规划、行动统筹等，各步兵小单元指挥员基于智能终端，根据现场态势自主决策、临机处置，依托互联互通信息网络，共享目标信息、火力状态、机动位置，自主配合、自适应协同，达成全群感知、全域响应、联动聚合、精准释能。

善于跨界运用装备

■孙东亚 刘 强

挑灯看剑

武器装备是战斗力生成的物质载体，其运用方式也在不断革新演进。战争实践表明，通过打破装备固有的作战域和功能定位，无需复杂技术改造即可实现跨界运用，有效破解作战难题、提升装备作战效能，已成为一种极具实战价值的创新运用形态。

装备的跨界运用，本质是打破其设计定型的标准运用边界，以实战需求为牵引，重构装备作战效能的释放链路 with 实现逻辑，在更广阔作战领域实现价值。其实践形态主要围绕功能跨界与战域跨界两个维度展开。一是功能跨界。核心在于跳出固有作战功能，拓展使用场景。受战场条件、装备代差等因素制约，装备的固有设计功能有时难以满足突发作战需求，此时通过战术创新实现功能跨界便成为最直接有效的解决办法。如部分反坦克导弹兼顾低空反武装直升机功能。二是战域跨界。核心在于跳出固有作战域，适配多元作战场景。装备设计有其特定作战域，但在实战中特定作战域装备出现缺口或能力不足时，突破固有战域的跨界运用，往往能达成意想不到的作战效果。如部分高超音速导弹能够从陆海空三种平台发射。

战场刚需是装备跨界运用的逻辑起点。其本质是“以装适战”，成功的跨界实践，始终围绕解决战场难题、适配实战需求展开。脱离战场刚需的为

跨界而跨界，不仅无法形成有效战力，反而会造成资源浪费。打赢未来战争，既要依靠新装备列装，更要立足现有装备深挖潜能。必须摒弃“按说明书使用装备”的固化思维，紧扣未来作战任务特点，针对新老装备运用中存在的功能单一、效能受限等短板，鼓励部队在实战化演训中积极开展装备跨界运用、场景变通的技术创新活动。要围绕典型场景，探索装备跨界运用战法，推动装备适配多元战场需求，实现“装备有限、战力无限”。

装备跨界运用并非盲目突破，必须以装备自身性能为前提，找到与跨界场景的高度适配点。装备性能是基础，技术创新是关键，是连接装备性能与战场需求的桥梁，也是释放装备跨界潜能的核心驱动力。脱离装备性能的盲目跨界必然失效，缺乏战术创新支撑，再先进的装备也难以突破固有边界。必须将战术创新摆在突出位置，构建“演训结合、以战促研”的创新机制，深入研究装备性能边界，结合战场态势探索适配的跨界战术。要重点围绕装备性能优势，梳理可跨界的应用场景，形成标准化、可复制的战术行动方案。同时，要加强官兵战术素养培训，提升其对装备性能的掌握程度与战术运用能力，使官兵真正成为装备跨界运用的主导者，确保战术创新有效转化为实战能力。

需要强调的是，装备跨界运用必然伴随战术风险。要周密制定配套的技术防护与保障措施，确保跨界风险始终处于可控范围，坚决杜绝脱离实战需求的为跨界而跨界。

谈兵论道

从近年世界局部战争和武装冲突实践看，非对称消耗正成为现代战争博弈的显著特征，交战双方正在从大规模正面对决，转向持续的消耗性对抗。通过在装备成本、工业产能等维度塑造非对称态势，将对手拖入“打不起、补不上、耗不过”的战略困境，以消耗积累优势，以时间换取胜势，在持续的消耗博弈中赢得战略主动。

以廉价消耗高价的资源互换逻辑。通过可承受的低成本武器装备投入，倒逼对手陷入难以负荷的高成本消耗，不断拉高作战交换比，逐步将对手拖入“越应对越失血”的消耗泥潭中。资源互换逻辑的成立，立足于两个关键条件。一是攻防双方成本结构的先天错位。进攻方占据主动地位，可集中火力突防关键节点，少量突防即可奏效，容错空间大、投入灵活；防御方信息滞后，既摸不准攻击的时间地点，又不得不对应威胁，单次漏防就可能引发连锁反应，付出惨重代价，只能靠全面覆盖、多层拦截的“高成本配置”保安全，成本包袱天然更重。二是人工智能对攻防两端赋能的非对称效应。进攻方通过将人工智能与传统武器平台结合，让廉价平台长出“精准眼睛”，实现“廉价”与“精准”的大规模适配，攻击成本大幅降低。当低成本饱和攻击成为常态，防御方要应对的来袭目标更多、波次更密、

“蚂蚁吞象”是如何实现的

——非对称作战的消耗逻辑探究

■董支晓

当下非对称消耗正成为现代战争博弈的显著特征，战场这种颠覆传统的“不对称”奇观深刻揭示了一种趋势：现代战争胜负的天平，正被一种精妙的消耗逻辑所撬动——通过塑造不对等的代价比，将强敌拖入持续失血的战略陷阱，最终实现“蚂蚁吞象”。

方向更散，拦截体系被迫不断加码，防御方从人工智能中获得的效率提升，无法抵消攻击升级带来的成本压力，攻防成本曲线的落差进一步拉大。

低成本消耗日益成为战场常态，这要求将成本控制嵌入军事系统运行各个环节，锚定高收益、低成本、可持续的发展路子，切实提高国防资源使用效率。武器装备发展不能只盯着单装“性价比”的局部小账，更要算好实战体系“效率比”的全局大账，提高有无人协同作战效能，通过有限投入撬动对手的持续消耗，以成本优势把握制胜先机。

以速产消耗迟补的产能博弈逻辑。依托坚实韧性的国防科技工业体系，确保战时弹药、装备等武器供给的持续稳定，以速产扩量之势，迫使对手陷入产能迟滞、库存见底、补给断流的战场保障困境。产能博弈逻辑的成立，一是始于完备的国民工业门类为战时转产提供支撑。战争爆发后，武器装备需求将瞬间爆发，仅靠既有军工生产线难以应对短期产能冲击，门类齐全的民用工业可立足现有产业根基，将分布于钢铁、化工、电子、机械等各领域的制造能力，快速汇聚为战场急需的弹药与装备保障力量。二是系于冗余备份增强军工产能抗毁生存韧性。现代战争中，地理纵深已不再是

绝对屏障，军工生产腹地随时可能成为前沿战场。通过分布式布局与关键产线产能备份，依托地下工事、洞库掩体等设施增强单点抗毁能力，以“藏散结合”筑牢战时装备的生产底线，实现“一处受损、多点接替”的弹性抗毁网络，既能阻断局部损伤向全局蔓延，避免系统性产能塌方，又可大幅提高对手的侦察门槛与摧毁成本，塑造形成我方“速产扩量”与对手“补给迟滞”的产能博弈优势，以稳固的产能韧性持续放大对手的补给困局，打乱对手作战节奏，赢得战场主动。

产能博弈的关键，在于双方国防科技工业体系的较量，需加快建设先进国防科技工业体系，持续优化国防科技工业布局，将战时极限压力场景纳入产能规划的前置考量，以底线思维预编应急转产、分散复产的梯次预案。同步提升我国产业链供应链韧性安全水平，系统推进基础材料、核心元器件、专用工艺装备等关键领域的自主替代，消除对外依存隐患，在关键节点预置冗余备份，确保国防工业在战时极限承压下仍能保持有序运转。

以节点消耗全局的成本强加逻辑。通过对关键贸易航道封锁、关键战略资源管控、关键金融通道阻断等方式，以有限力量扼控关键节点，实现“以点扼控、以面承压”的战略效应，迫使在

军事、经济、社会等多维度付出远超成本的全局代价，是成本强加逻辑的内在机理。当前全球格局态势的深刻变化，使该逻辑更加凸显。一是全球秩序深度重构，过去“效率优先”的全球化规则，正被“安全优先”的秩序理念重新定义。各国经济命脉依然高度依赖少数关键节点，和平时期能够显著提升全球资源配置效率，然而一旦大国博弈加剧、地缘冲突升级，枢纽节点便从合作纽带异化为施压杠杆，效率红利反成战略软肋。二是安全内涵向多域拓展，体系对抗成为大国博弈的主要形态。大变局之下，国家安全边界已从传统的领土、领海、领空，延伸至网络、太空、金融、供应链等新兴疆域，经济安全、科技安全与军事安全深度耦合，安全领域之间的传导性显著增强，关键节点的损失将迅速向多域扩散，形成多域共振的复合冲击，使得扼控节点产生的战略收益被成倍放大，对手的应对成本也随之持续攀升。

当前，国际战略竞争已突破单一领域边界，全方位、多维度的体系对抗成为常态。我们必须树牢总体国家安全观，将各领域安全纳入一体谋划，重点关注关键节点过度集中、对外依存度过高等隐患，防止薄弱环节被对手锁定施压，以全域安全布局筑牢风险防线。坚持巩固提高一体化国家战略体系和能力，着力推动各领域力量深度融合，将分散于各单元的战略能力凝聚为体系合力，以整体实力的高效聚合赢得体系对抗的战略主动。