

doi: 10.7690/bgzd.2020.06.003

应急快速抵近侦察监视技术发展现状与思考

张 龙¹, 田 野², 李博骁²

(1. 中国电子科技集团公司科技部, 北京 100846; 2. 中国电子科技集团公司电子科学研究院, 北京 100041)

摘要: 为满足我国周边海上重点区域的快速、精准、持续侦察监视的需求, 对应急快速抵近侦察监视技术的发展现状及未来发展趋势进行探讨。阐述当前应急快速侦察监视技术的国外发展现状, 对主要快速抵近投送手段和抵近侦察监视技术进行分析, 提出 2 种应急快速地进行侦察监视技术的发展构想。研究结果表明: 该监视技术具备抵近速度快、侦察能力优、生存能力强、综合性能优异等优点, 可提升复杂战场实时按需信息支援能力。

关键词: 快速抵近; 侦察监视; 弹载平台

中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

Development Status and Thinking of Emergency Fast Close-in Reconnaissance and Surveillance Techniques

Zhang Long¹, Tian Ye², Li Boxiao²

(1. Department of Science & Technology, China Electronic Technology Group Corporation, Beijing 100846, China;

2. China Academy of Electronics and Information Technology, China Electronic Technology Group Corporation, Beijing 100041, China)

Abstract: Aiming at the demand of fast, precise and continuous reconnaissance and surveillance missions of important sea areas in China, researches the development status and future trend of emergency fast close-in reconnaissance and surveillance techniques. Introduce foreign development status of emergency fast close-in reconnaissance and surveillance techniques, and main fast close-in transportation, reconnaissance and surveillance methods are analyzed. Two technical ideas of emergency fast close-in reconnaissance and surveillance are proposed. The research results show that the reconnaissance and surveillance technology has advantages of fast close-in speed, well reconnaissance abilities, strong resistance to damage and well comprehensive performance. It can improve the information support capability.

Keywords: fast close-in, reconnaissance and surveillance methods, missile-borne platform

0 引言

美国海军研究会网站 2018 年 4 月 2 日公布的美国海军主要水面舰艇兵力分布图显示, 至少有 3 个航母战斗群、1 个两栖攻击舰集群位于我国南海乃至亚太区域^[1]。目前, 亚太海域已集结了美国海军绝大多数的大型水面舰艇部署兵力, 亚太方向的第七舰队任务区内部署舰艇数量已达 58 艘, 超过其他舰队部署舰艇数量之和, 相当于舰队部署舰艇总量 (95 艘) 的 61%。

未来的战争是信息化战争, 信息支援占有突出的地位。侦察是情报获取、战场支援和夺取信息优势的重要手段。只有准确把握战场态势以及敌方武器装备的作战部署、活动规律、性能参数、工作特点等情报信息, 才能科学制定作战方案, 有效实施信息对抗, 夺取战争胜利。

全面掌握并精确监视关键岛屿周边高价值目标情况, 是当前实施精确打击战略威慑、海上远程拒

敌、区域快速作战的重要前提手段, 对我国的政治、军事、经济等战略决策与国际力量制衡起到重大支撑作用。

1 应急快速抵近侦察监视能力需求

当前, 侦察手段尚不具备对远程高价值目标快速抵近侦察和精确情报获取的能力, 存在如探测精度低、重返周期长、跟踪连续性差、效果评估能力弱等问题。

为使我军在未来信息化战争中赢得主动, 侦察系统需重点解决能力需求如下:

1) 战场区域态势的快速抵近感知需求。

基于强大的地面和空间探测网, 当前敌方基本掌握我侦察卫星的轨道信息, 可利用其海上舰艇编队超强的机动能力和反侦察能力, 在复杂海况和恶劣天气掩护下, 规避卫星探测, 接近我领海, 对我国家安全构成严重威胁。因此, 亟需发展应急快速

收稿日期: 2020-02-14; 修回日期: 2020-03-08

作者简介: 张 龙(1989—), 男, 北京人, 硕士, 高级工程师, 从事预警体系总体设计研究。E-mail: field4723@126.com。

抵近侦察监视系统，快速突防，抵近目标，实施多种探测手段多种类型的复合侦察，减小环境和反侦察防护对侦察结果的影响，实现重点目标区域的战场态势感知，精准掌握敌方动向，为我军科学决策提供信息支撑。

2) 高价值时敏目标的实时精确侦察需求。

海上高价值时敏目标机动能力强、活动范围大，常规的远距离侦察手段受到探测距离(如固定雷达)和探测时间(如侦察卫星)的制约，很难对其进行锁定跟踪、实时侦察、精确定位，严重制约我打击武器的战斗力。亟需发展应急手段的快速抵近侦察监视系统，通过抵近侦察，获取目标的高分辨率侦察图像，对其进行精确定位，通过高速中继实时向我打击单元回传侦察信息，为海上高价值时敏目标的精确打击提供实时信息保障^[2]。

3) 打击效果快速评估需求。

信息化战争是体系与体系的对抗，打击效果快速评估对于科学制定作战决策具有重要意义。常规侦察手段受作用距离和侦察时间的限制，获取信息的精确性和实时性不能满足打击效果快速评估要求。亟需发展应急快速抵近侦察监视系统，实现在复杂、高强度对抗战场环境下的快速、强突防的抵近侦察，基于实时复合高分辨率图像信息进行自主打击效果评估，为二次打击部署提供信息保障。

笔者瞄准军事威胁现状与技术发展需求，开展应急快速抵近侦察监视技术发展现状研究，并提出 2 种基于弹载平台的快速抵近侦察监视技术发展构想，最后进行了总结。

2 应急快速抵近侦察监视技术发展现状

实现全球快速侦察监视和打击已经成为现代战争的发展趋势之一。依托先进、可靠、完备的航空和航天技术手段，美、英、法、俄等西方发达国家已率先开展侦察载荷集群快速投送研究，目前已取得了一定的研究成果，有的已装备部队，并在实战中应用。美国早在 20 世纪 90 年代就提出 1 h 全球精确打击的概念，并快速发展各类高超声速飞行器。当前，西方发达国家的侦察载荷集群快速投送解决方案主要集中在天基在轨快速投送、陆基火箭快速投送、空射火箭快速投送、深海潜伏快速投送、有人机/无人机抵近侦察、巡飞弹抵近侦察等方面。

2.1 天基在轨快速投送

2.1.1 搭载有效载荷(hosted payload)

搭载有效载荷又名“托管有效载荷”或“寄宿

有效载荷”。其利用军用、商用、民用卫星的富余质量、功率和通信链路等可用资源，容纳额外的转发器、仪器或其他星载设备^[3]。如图 1 所示，典型的搭载有效载荷案例包含澳大利亚国防部在国际通信卫星-22 上搭载 450 kg 的专用特高频通信有效载荷，美国空军 115 kg 的“商业搭载红外有效载荷”飞行验证有效载荷，美国国防部 90 kg 的空间因特网路由联合技术能力验证有效载荷等。

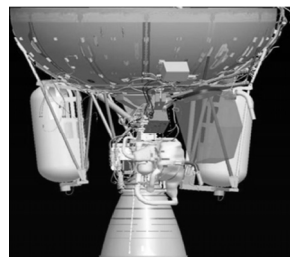


图 1 半人马上节火箭后端壁搭载的 QUIVER 系统

2.1.2 X-37B 小型航天飞机

基于 NASA 未来-X 和航天发射倡议活动，美国研发了 X-37B，用以协助在后航天飞机时代降低地球轨道运输成本，并取代“渐进一次性运载火箭”(evolved expendable launch vehicle, EELV)时代。如图 2 所示，X-37B 是一种近似小型货车大小的飞行器，带有机翼和尾翼以及粗短的鼻部，没有驾驶员座舱，属于无人驾驶飞行器^[4]。此外，X-37B 拥有一个带有双扇门的小型载荷舱，与已退役的美国航空航天局(national aeronautics and space administration, NASA)航天飞机类似。



图 2 X-37B 小型航天飞机

2.2 陆基火箭快速投送

2.2.1 “起跑号-1”运载火箭

起跑号是在 20 世纪 90 年代初期在“白杨”导弹(SS-25)基础之上，利用该导弹系统的组件、技术和发射设备研制而成的。如图 3 所示，“起跑号-1”运载火箭为 4 级固体火箭，长度 22.7 m，最大直径 1.8 m，起飞质量 47 t，可以将 265 kg 的有效载荷送入 600 km 的极轨道。“起跑号-1”既可从固定发射台发射，又可从移动发射装置发射。

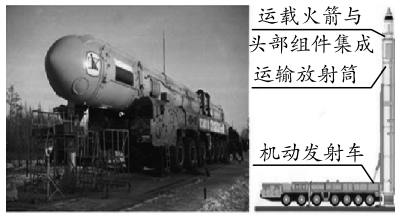


图 3 起跑号-1 火箭

2.2.2 法尔肯-1 运载火箭

“法尔肯 1” (Falcon) 运载火箭由美国私营空间探测技术 (SpaceX) 公司研制。该火箭具有快速响应能力, 可将 570 kg 的有效载荷送入近地轨道。如图 4 所示, “法尔肯 1” 是一种两级液体运载火箭, 长 20.73 m, 底部直径 1.68 m, 起飞的质量为 27 200 kg。起飞推力为 342 kN。两级发动机全部使用液氧和煤油作为推进剂, 其中第一级使用“隼” (Merlin) 发动机, 通过涡轮泵供给推进剂, 可重复使用。第二级使用“鹰” (Kestrel) 发动机, 采用挤压式供给燃料。



图 4 法尔肯-1 火箭

2.3 空射火箭快速投送

2.3.1 美国“飞马座”空射运载火箭

美国的飞马座火箭是第一种商业运营的小型空射运载火箭, 具有较大的军事潜力, 适合于战时小卫星发射和武器弹药运送。如图 5 所示, 火箭由载机在预定地点上空投送发射, 载机飞行高度 11.9 km, 飞行速度 Ma 0.8。



图 5 B-52 吊挂空射运载火箭

2.3.2 俄罗斯空射火箭 polyot

俄罗斯也对空射运载火箭进行了研究。利用 AN-124-100AL 重型货运飞机, 可以发射 100 t 的空射火箭 polyot, 比飞马座大一个数量级。载机飞行高度为 10 km, 飞行速度为 720~800 km/h。俄罗斯的空射火箭运载系统采用了在运输机内装载火箭

及气动抛射的方案。

2.4 深海潜伏快速投送

美国国防部高级研究计划局 (defense advanced research projects agency, DARPA) 向外界公开征询“深海浮沉有效载荷” (upward falling payloads, UFP) 计划方案^[5]。美国深海浮沉有效载荷如图 6 所示。UFP 项目具体可描述为: 研发一种可在大洋下潜伏, 并可遥控部署无人机或其他载荷的发射器样机。这种样机全长 4.5 m, 可在敌人无法抵达的深海区域储存分布式情报监视侦察设备。UFP 可通过水面舰布放后固定在海底, 在长期密封的发射管内可装备无人机或其他情报监视侦察平台。一旦有需求, 操控者可远程触发释放机构, 载荷系统与锚链解锁后自动上浮至水面。当载荷达到水面后, 顶部的发射舱打开即可释放载荷发射装置。当载荷发射装置到达最高点后, 展开降落伞, 飘向其他方向, 同时释放无人机。

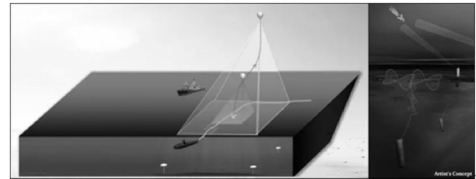


图 6 美国深海浮沉有效载荷 (UFP)

2.5 有人机/无人机抵近侦察

美国拥有全球最先进的抵近侦察技术, 远距离抵近侦察主要手段是飞机搭载高精度侦察仪器, 包括 RQ-4A “全球鹰” 无人机、E-8 监视指挥机、P-8A 反潜巡逻机等。

随着人工智能、网络信息、先进平台、维纳电子等的技术发展, 基于无人机等无人平台的抵近精准侦察监视逐渐成为发展趋势^[6]。针对多无人机系统协同执行侦察、搜索、定位、跟踪以及攻击等不同任务背景, 国外已经开展了大量多无人机侦察监视项目。

2.5.1 RQ-4A “全球鹰”

美国的 RQ-4A “全球鹰” 无人机是抵近侦察技术的典型应用。“全球鹰” 最大飞行速度 740 km/h, 巡航速度 635 km/h, 最大飞行高度 19 810 m, 航程 26 000 km, 续航时间 42 h。机上载有合成孔径雷达、电视摄像机、红外探测器 3 种侦察设备。在将近 20 km 的高空, 合成孔径雷达获取的条幅式侦察照片精度达到 1 m, 定点侦察照片可达到 0.30 m。对 20~200 km/h 行驶的地面移动目标, 定位

精确到 7 m。宽带通信系统的传输速率为 274 Mbit/s, Ku 波段的卫星通信系统的传输速率则可达 50 Mbit/s。

2.5.2 小精灵(Gremlins)无人机蜂群

美国小精灵无人机蜂群如图 7 所示。美国研究人员正在推动“小精灵”计划,即采用 C-130 飞机投放装备了监视和电子战有效负载的无人机群,“小精灵”无人机集群采用网络协同作战,渗透到敌方的防御范围,执行远距离的电子攻击和侦察任务^[7]。当无人机完成任务后,对幸存的无人机进行回收。“小精灵”计划既可以发挥无人机集群功能灵活,配置多样的特点,又能借助大型飞行器的巡航能力与速度执行未来的军事侦察作战任务。



图 7 美国小精灵无人机蜂群

2.6 巡飞弹抵近侦察

巡飞弹是一种可由多种平台投放,在空中进行巡逻飞行,以执行情报侦察、目标指示、信息中继、区域封控、精确打击和毁伤评估等作战任务的新型导弹。巡飞弹兼具飞航导弹和无人机的特点。与飞航导弹相比,巡飞弹滞空时间长、作用范围广、持续威慑能力强,可发现和攻击各种隐蔽目标、反斜面目标和时间敏感目标等;与无人机相比,巡飞弹可以像常规导弹一样,由多种武器平台发射或投放,可配用到各军兵种,能够快速进入作战区域,突防能力强、战术使用灵活,兼具信息保障和精确打击功能,并可实现弹弹之间的协同作战。

巡飞弹按发射平台可分为机载发射、车载发射、单兵发射等。巡飞弹发射后弹翼和尾翼展开,发动机启动工作,按预先规划或实时规划的航迹飞至目标区后进入巡飞状态,执行巡逻侦察和打击任务。

2.6.1 火力阴影巡飞弹

火力阴影(fire shadow)是由英国国防部牵头,MBDA 公司领导的研发团队研制的巡飞弹,可用于对付塔利班武装人员的伏击战术,能够为陆军提供持续、快速反应的针对地面移动目标的精确打击能力。如图 8 所示,“火力阴影”长约 3.66 m,战斗部当量约 22.7 kg,总质量低于 200 kg,打击误差小于 1 m^[8]。火力阴影巡飞弹安装有螺旋桨后置的汪

克尔(Wankel)转子发动机,采用电子燃油喷射,桨叶为两叶定距推力桨,可以获得最远 150 km 的射程和高达 10 h 的巡航时间,速度 150~300 km/h。火力阴影没有降落装置,一旦燃油耗尽还没有找到打击目标,将执行自毁程序。

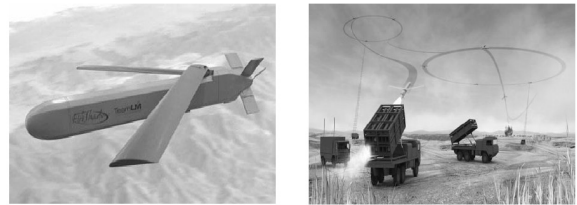


图 8 火力阴影

2.6.2 拉姆(LAM)巡飞弹

拉姆(LAM)巡飞弹是美国陆军网火非直瞄火力系统的重要组成部分。弹长约 1.52 m,直径约 178 mm,发射质量约 45.4 kg,主要由小型涡喷发动机、多模战斗部、自动目标识别装置和激光雷达导引头等组成。通过惯性/卫星系统进行组合导航,利用双向数据链路进行战场信息传输,具有搜索、监视、攻击以及毁伤评估等功能,可在 70 km 的距离上巡飞 30 min,搜索 50~70 km² 区域内的目标,具有反应快、杀伤力强、使用灵活、生存能力强、后勤保障简便和寿命周期成本低等特点。

2.7 各种抵近侦察监视技术优缺点总结

上文分析了现有主流抵近侦察监视技术,包括以天基在轨投送为代表的天基抵近侦察方式,以有人机/无人机抵近侦察为代表的机载抵近侦察方式,以巡飞弹抵近侦察、陆基火箭投送、空射火箭投送等为代表的弹载/火箭抵近侦察方式。

天基抵近侦察方式具有战时生存能力较强、成像分辨率相对较高等优点,但抵近侦察能力较弱、对时敏目标侦察能力有限、成本昂贵。

机载抵近侦察方式对时敏目标具有较强的侦察能力、较高的成像分辨率,但其抵近部署速度相对较慢、战时生存能力一般、综合成本也较高。

弹载/火箭抵近侦察方式具备快速抵近部署能力、较强的战时生存能力、难以被敌方探测/预测等优点,但其成像分辨率较差、持续侦察时间较短。

3 应急快速抵近侦察监视技术发展构想

结合国内外相关技术发展现状和趋势,以及应急快速侦察监视应用需求,笔者分别提出基于弹道导弹的快速抵近侦察监视和基于巡航弹的高低空复合侦察系统 2 种技术构想。技术概念如图 9 所示。

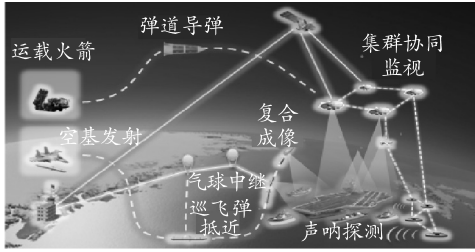


图 9 应急快速抵近侦察监视技术概念

3.1 基于弹道导弹的快速抵近侦察监视技术构想

基于弹道导弹的快速抵近侦察监视系统利用弹道导弹作为强突防手段远程投送可模块化配置的运载“胶囊”，在目标海域附近撒播无人侦察监视飞艇、水声漂浮基站、垂直起降无人机等微小智能体集群，通过集群携带的侦察监视载荷，利用动态自组网及实时智能数据处理载荷开展对敌方航母、战略要地等高价值目标的协同探测、目标识别与跟踪，并通过卫星通信等远程通信手段将情报及时传回后方指挥所。

3.2 基于巡航弹的高低空复合侦察系统技术构想

基于巡航弹的高低空复合侦察系统以“弹-

器”一体化集成设计思路，将巡航导弹的仪器舱与战斗部舱由高低空复合侦察平台进行替换，保留巡航导弹的制导控制功能，去掉攻击功能，增加复合侦察功能。通过空基或陆基发射的方式，将复合侦察系统布放至敌目标空域进行超低空绕飞侦察，实现对较大范围内目标的雷达搜索；采用雷达完成目标搜索与发现后，通过固体助推，可将复合侦察系统的侦察载荷快速推升至一定的垂直和水平距离空域，进行对敌目标的高分辨率雷达与可见光成像，同时数据回传，实现区域多目标的搜索、精确定位、高分辨率成像。

应急快速抵近侦察监视技术体系包含远程快速投送平台、载荷平台、微小型侦察监视任务载荷和情报链路等，在联合指挥控制系统的统一调度下，实时快速抵近侦察监视，将情报回传至联合情报系统，视情执行重点目标打击任务。全军共用信息基础设施中的天地一体化网络设施、信息服务设施和时空基准设施为快速抵近作战体系提供远程信息传输、按需信息服务和全球导航定位基础支撑。技术体系结构如图 10 所示。

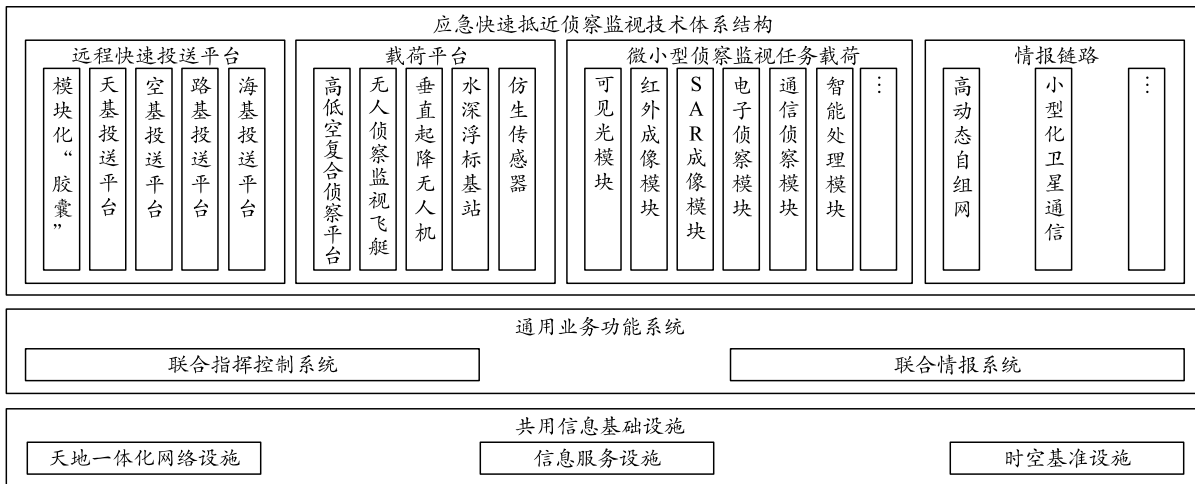


图 10 应急快速抵近侦察监视技术体系结构

如图 11 所示，应急快速抵近侦察监视核心技术体系主要包括弹载远程快速投放与部署、平台载荷、集群协同侦察、情报智能处理和远程回传、信息支撑等。

弹载远程快速投放与部署主要开展基于弹道导弹平台及巡航弹平台的选型和适应性改进，突破弹道高机动减速突防、横向机动变轨等关键技术，研发完成远程快速投放平台。

平台载荷技术主要开展快速抵近侦察监视弹载平台所搭载的高空、中空、地面、水上等载荷设计与研发，突破集群空中快速播撒、高动态条件下模

态转换、空中快速充气展开等关键技术，实现智能平台载荷的弹载部署。

集群协同侦察技术主要开展多型模块化侦察监视载荷的设计与原型研发，突破微系统模块化设计与集成关键技术。开展大容量高动态自组网系统、集群智能数据融合与协同侦察监视系统的设计与原型研发，突破多智能体集群协同侦察监视、任务分配、目标检测识别与跟踪等关键技术。

情报智能处理和远程回传技术主要开展智能数据处理模块设计与研发，突破复杂背景实时目标检测、自适应压缩、集群冗余信息剔除、微型高性能

实时处理平台等关键技术。同时开展基于小型化卫
通终端的远程通信模块设计与集成，突破轻量化集
成技术、高海况稳定通信保持等关键技术。

信息支撑技术主要包括战场态势智能识别技
术、基于确定性规则推理的自主智能决策技术、智
能任务规划技术等。

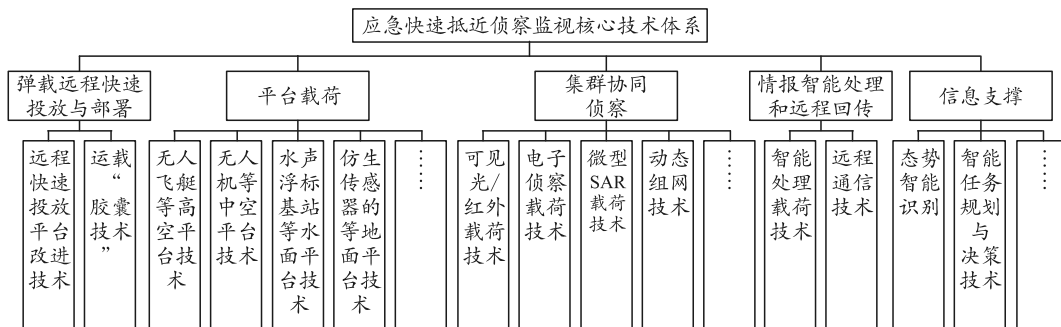


图 11 应急快速抵近侦察监视核心技术体系

在瞄准特殊条件下的应急响应、快速抵近侦察
需求上，与传统侦察监视手段相比，基于弹载平台
的应急快速抵近侦察监视技术具有更快的抵近速
度、良好的时敏目标侦察特性和较高分辨率、敌方
探测拦截困难、生存能力强、综合性能优异等诸多
优点。

基于弹载平台的抵近侦察监视手段和主流传统
侦察手段性能比较如表 1 所示。

表 1 各种侦察手段性能比较

侦察类型	传统手段			提出的新手段
	侦察卫星	高空无人机	弹上设备	弹载侦察系统
抵近部署速度	无法抵近	相对慢	快	快
侦察时敏目标	非常困难	良好	非常困难	良好
成像分辨率	米级	米级	数十米级	米级
持续侦察时间	几分钟	数小时	几分钟	数小时监视 数十分钟侦察
敌方探测/ 预测	容易	较难	困难	困难
战时生存能力	良好	一般	较好	良好
成本	昂贵	昂贵	便宜	中等
抵近侦察综合 性能	—	好	差	最佳

此外，应急快速抵近侦察监视技术作为一种非
常规应急手段使用，是现有感知体系的重要补充。

1) 为提高快速抵近侦察监视手段提供了参考
依据。

针对远程高价值目标的侦察监视任务，缺乏快
速抵近、复合侦察、长期监视手段，侦察卫星、无
人机、弹上侦察等在响应快速性、信息的准确性与
实时性等不满足需求。笔者提出的基于弹载平台快
速抵近侦察技术新路线，发展基于弹载平台的快速
抵近侦察监视项目，为推动我军远距应急侦察技术
提供参考依据。

2) 提升复杂战场实时按需信息支援能力。

针对高价值目标侦察监视和打击评估需求，现

有侦察手段信息支援能力的实时性、精确性、灵活
性不足。基于弹载平台的快速抵近侦察可提升在复
杂、高强度对抗战场环境下的快速、自主、强突防
的抵近侦察监视和打击效果评估能力。

4 结束语

笔者提出 2 种基于弹载平台的快速抵近侦察监
视技术发展构想，分析了技术体系结构和需要攻破
的主要核心技术。分析结果表明，该技术具备快速
部署、高速突防、全维感知、精准认知、动态组网、
分布式协同、智能过滤、有效传输等突出优点。

参考文献：

- [1] U. S. Naval Institute. USNI News Fleet and Marine Tracker[EB/OL]. (2018-04-02) <https://news.usni.org/2018/04/02/usni-news-fleet-marine-tracker-april-2-2018>.
- [2] 孙魏, 伍度志. 基于防御雷达监控的多无人机协同侦察优化模型[J]. 兵工自动化, 2018, 37(4): 5-9.
- [3] MARK A, JEFFREY A, STEPHEN H, et al. Commercially Hosted Government Payloads: Lessons from Recent Programs[C]. 2011 IEEE Aerospace Conference. 2010: 1-15.
- [4] X-37 Technology Demonstrator: Blazing the Trail for the Next Generation of Space Transportation Systems[R]. NASA Facts. NASA. Sept 2003.FS-2003-09-121-MSFC. 2010.
- [5] 万敏, 侯妍, 王乾. 面向海战场的天基侦察监视能力及关键技术[J]. 兵器装备工程学报, 2019, 40(9): 17-20.
- [6] Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA). Upward Falling Payloads (UFP) Program[EB/OL]. [http://www.darpa.mil/Our_Work/STO/Programs/Upward_Falling_Payloads_\(UFP\).aspx](http://www.darpa.mil/Our_Work/STO/Programs/Upward_Falling_Payloads_(UFP).aspx)
- [7] 杨中英, 王毓龙, 赖传龙. 无人机蜂群作战发展现状及趋势研究[J]. 飞航导弹, 2019(5): 34-38.
- [8] 宋怡然, 邢娅. 复杂战场的时敏精确打击武器—火力阴影巡飞弹[J]. 飞航导弹, 2012(6): 3-6.