

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.12.008

末端防御武器火控系统面临的挑战与发展建议

张方宇¹, 杨帆², 张筱波³

(1. 中国兵器工业第五八研究所军品部, 四川 绵阳 621000; 2. 总装备部重庆军代局 重庆 400060;
3. 总装驻绵阳地区军代室, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为进一步提高末端防御武器装备信息化、自动化能力, 对末端防御武器火控系统面临的问题及发展方向进行研究。在综合分析国外末端防御装备火控技术发展与应用现状的基础上, 总结末端防御武器系统火控系统的发展趋势及需求, 指出我国火控技术与装备发展面临的技术问题与挑战, 并提出了 6 点发展建议。该研究可为加强装备的战术应用, 提高陆军一体化作战协同能力提供参考。

关键词: 末端防御武器; 火控系统; 挑战; 发展建议

中图分类号: TJ305 **文献标志码:** A

Challenge and Suggestion for Development of Terminal Defense Weapon Fire Control System

Zhang Fangyu¹, Yang Fan², Zhang Xiaobo³

(1. Department of Military Products, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China;
2. PLA Representative Bureau of General Armament Department in Chongqing, Chongqing 400060, China;
3. Representative's Office of General Armament Department in Mianyang, Mianyang 621000, China)

Abstract: For improvement of informatization and automation level of terminal defense weapon, research the problem and development orientation of terminal defense weapon fire control system. Based on integrated analyzing development and current application of foreign terminal defense weapon fire control technology, summarize the system development tendency and requirement, put forwards the technology problem and challenge of domestic fire control technology and equipment development, and give 6 development suggestions. The research can provide reference for improvement of army integration battle coordination ability.

Key words: terminal defense weapon; fire control system; challenge; suggestion for development

0 引言

末端防御武器是构建国家防御体系的重要装备基础, 是保护重要政治、军事、经济目标, 打造安全国防体系的重要支撑。末端防御武器火控系统是武器系统的“眼睛”和“大脑”, 是末端防御武器自动化、信息化的基础, 是提升装备性能、实现互联互通、构建末端防御体系的核心。随着空袭目标的多元化、战术应用的多样化, 末端防御武器的战术使命不断拓展, 火控系统的功能、性能不断丰富和提升, 发展方向和重点也不断延伸。为进一步提升末端防御武器装备信息化、自动化能力, 笔者在综合前人的研究成果基础上, 对国内外末端防御武器火控系统的发展重点、发展方向进行系统分析, 总结当前末端防御武器火控系统面临的发展挑战, 并结合末端防御武器未来的作战使命和能力需求, 提出发展建议, 进而为我国末端防御武器火控系统的发展提供参考。

1 系统的组成与功能

末端防御武器火控分系统根据战术应用模式不同, 可分为一体化火控系统(与火力平台集成于一体, 控制火力系统独立作战)、集群火控系统(一套

火控系统控制 6 门或 8 门火力系统共同作战)和网络化协同火控系统(对作战区域内多平台武器进行协同火力控制)。

火控分系统一般由目标搜索与识别、目标指示、目标跟踪测量、系统管理、射击诸元解算、火力随动、脱靶量测量、载体姿态测量、载体定位与定向、跟踪线与武器线稳定、弹道与气象测量、电源与供电等子系统组成, 主要完成目标探测、目标跟踪、目标测量与航迹预测、目标威胁度判定、目标分配、射击诸元解算、火炮随动控制、选择弹种、火力最佳时刻发射控制等功能^[1]。

2 国外发展现状与发展趋势

随着世界军事变革持续深入, 陆军装备正加速向一体化联合作战方向发展。以美国为首的西方军事技术强国积极发展光电信息与控制技术, 推进武器装备转型, 从而全面提高部队信息化作战能力, 支撑一体化联合作战。在信息技术推动下, 末端防御高炮武器一体化联合作战的主战装备正不断朝高射速、多管联装、自行化、网络协同化方向发展。由于信息技术的广泛应用, 防御对象不断拓展, 来袭目标性能持续提升, 应用电磁环境日益复杂, 使

收稿日期: 2012-09-24; 修回日期: 2012-10-08

作者简介: 张方宇(1970—), 男, 四川人, 研究员级高工, 副总工程师, 从事工业自动化、光纤激光器、武器装备信息与控制研究。

得末端防御武器装备火控技术及装备也得到了快速发展。具体表现在以下几个方面:

一是通过改进火控系统,提升综合防御能力。如美国的“百人队长”就是在“密集阵”基础上,增加 360°的 C-RAM 雷达,增加对 RAM 目标的航迹预测与弹道推算能力,使其具备 C-RAM 能力。

二是通过改进火控系统,提升协同作战能力。如德国的“天盾”C-RAM 系统就是在基本型“天盾”系统基础上对雷达系统进行改进,以探测和跟踪更小目标、改善精度校准、改进火控系统软件、提升火控系统自动化程度、增加互联互通能力,实现了 1 套集成指挥控制系统、2 套火控系统对 6 门 35 mm 火炮的控制。

三是系统研制新型火控系统,提升网络化作战能力。如美军正在实施防空/反导和控制系统计划(AMDPCS),主要为防空旅提供了火控系统,该系统是一个通用的网络化火控系统,其将防御计划、态势感知和综合控制系统集成于一体,实现区域内作战部队、感知系统、火力系统等信息共享和协同作战。

综合分析国外末端防御装备火控技术发展与应用现状,末端防御武器系统火控系统呈现出以下发展特点与趋势:

1) 火控系统向综合集成化和网络化发展。系统将探测—跟踪—控制集成于一体,与指挥控制无缝连接。既能控制单一毁伤打击平台,又能控制网络化集群毁伤打击平台;既能控制火炮发射,又能控制导弹发射;既能自主探测跟踪打击目标,又能共享其他探测跟踪平台信息。

2) 探测跟踪手段向多元化和集成化发展^[2]。综合运用雷达、红外、白光和激光等手段同时跟踪目标,实现全天候跟踪;不断推进先进探测手段应用,提升目标探测精度,提高弱(目标对比度弱)小目标($RCS < 0.01 \text{ m}^2$)探测跟踪能力。

3) 稳瞄控制向高精度和快响应发展。采用先进的稳瞄控制技术,不断提升行进间稳定跟踪与射击精度;不断提高跟踪响应速度,提升多目标探测跟踪能力。

4) 火力控制向快响应和连续攻击发展。不断完善火控理论,优化火控模型,提高解算速度,提升响应能力,一方面满足对高速目标打击的需要,同时满足对多批次攻击防御的需要。

5) 信息处理向多源集成化和高速化发展。一是多源信息融合、信息处理集成化,主要表现在:① 集成处理平台的雷达、红外、白光、激光、平台状

态、平台操控等信息;② 处理来自指挥控制、网络其他火控系统信息,以及其他武器平台状态信息;③ 处理语音、数据、图像等多样信息。二是采用高处理速度器件、运用先进的网络架构和通信总线,提升信息处理能力和速度。三是不断跟踪应用先进的计算机与网络技术,对信息处理硬软件进行自主开发,提升系统的可控性、安全性。

3 战术使命拓展对火控系统的发展需求

在高技术条件下的局部战争中,空袭与反空袭首当其冲并贯穿始终,在很大程度上影响或决定着战争的进程和结局。作为防御的最后屏障,随着技术的发展、来袭空袭兵器的变化以及作战模式的转变,末端防御高炮武器系统的作战使命也不断地得以拓展,战术应用也得到了快速发展。具体来说,末端防御高炮武器系统在未来战争中将承担以下战术使命:一是担负对固定翼飞机的威胁,对无人机和直升机的防御任务;二是担负对巡航导弹、空地导弹和反辐射导弹的防御任务;三是担负对火箭弹、炮弹、迫击炮弹等快小目标的防御任务,保障战斗前沿的安全。

作为末端防御高炮武器系统的重要组成部分,在上述战术使命要求下,火控系统面临着以下迫切的发展需求:

1) 具备复杂背景下目标提取与跟踪能力。既要在复杂背景下,提取目标特征、分析目标类型,同时又要具备在各种干扰或者遮蔽条件下,能对目标进行全程跟踪,特别是复杂背景下(RAM 类)小目标的识别跟踪能力,要求对目标提取跟踪概率达到 80% 以上。

2) 具备对弱 RCS 目标的探测跟踪能力。一是提升火控系统的探测力,实现对小目标的探测与跟踪;二是集成多种探测跟踪手段,实现对隐身目标的探测跟踪,要具备对 $RCS \leq 0.01 \text{ m}^2$ 的目标探测跟踪能力。

3) 具备对高速目标的跟瞄能力。近期要具备对 2~4 Ma 高速目标实现有效跟踪能力。5~10 a 内,要满足对 4 Ma 以上空袭目标的对抗需要。

4) 具备行进间稳瞄能力。即大幅度提升行进间稳定跟踪与火力控制精度,满足行进间打击需求。

5) 具备多目标跟踪和抗饱和攻击能力。一是提升火控系统本身的探测跟踪能力;二是提升火控网络化协同能力;三是提升火控对火力系统的驱动响应速度,进而满足多目标跟踪、连续打击等抗饱和攻击的需求。

6) 具备网络化的协同防御能力。既能独立作

战, 又能与其他防御武器平台协同防御。

4 末端防御高炮火控系统发展面临的挑战

近年来, 我国大力推进信息化技术在末端防御武器装备中的应用, 不断提升武器装备的功能、性能。新研的末端防御火炮系统实现了探测-跟踪-打击一体化, 其部分功能和战技指标已达到甚至超过国外先进水平, 实现了雷达、光电的探测、跟踪集成化, 能对固定翼飞机、直升机和巡航导弹等目标, 探测跟踪、火力控制; 初步具备行进间稳定瞄准控制能力, 实现短停射击。但随着末端防御武器的作战使命的拓展、防御能力的发展、应用需求的变化, 火控技术与装备发展还面临以下技术问题与挑战:

1) 超低空目标融入复杂背景问题, 给探测跟踪带来了巨大挑战。

一是目标背景复杂, 既有地貌、树林, 还有建筑物; 二是易被树木、建筑物等遮挡物遮挡, 探测的飞行轨迹不连续; 三是目标特征不明显, 以直升机为代表的大多空袭目标都采用隐身技术, 以 RAM 为代表的目标体积小, 可探测的信息少; 四是装备使用环境复杂, 用于野战前线防御时, 面临有源电磁、无源遮蔽等多种干扰。如何提取识别目标、如何全程跟踪目标面临着巨大挑战。

2) 可打击的时间短问题, 给系统火控系统反应能力带来巨大挑战。

一是空袭目标的飞行速度高速发展, 目前 2~4 Ma 的导弹已大规模应用; 二是受地貌限制, 可探测的空域有限; 三是受环境的影响, 探测能力有限。从发现目标到打击目标往往只有短短的几秒钟, 这对火控系统的响应能力提出巨大挑战。

3) 打击窗口“马赛克”效应问题, 给火力控制带来了巨大挑战。

在城市防空中, 由于高层建筑的遮挡, 目标超低空飞行, 打击窗口不连续, 成“马赛克”效应状态^[3]。单炮防御时面临在一个窗口快速短促打击后, 如未有效毁伤, 必须迅速调转火力在下一窗口拦截; 对于网络化火力防御时, 面临如何将目标运动轨迹传递到下一火力系统, 接力跟踪打击; 同时跟踪瞄准火力系统既要响应快, 又要防止超界射击等诸多问题。这些问题均对火力控制带来极大挑战。

4) 行进中跟踪打击问题, 给火控系统跟瞄能力的提出了挑战。

由于末端防御武器在行进中, 地面状态不可预知, 扰动影响不可预知, 同时在打击过程中, 连续射击扰动难以测量, 导致火控跟瞄精度较差、毁伤概率低下, 如何建立多源扰动火控模型、提高火控

解算速度、提升火力控制响应能力, 进而提升火控系统跟瞄精度, 提高武器系统在行进间命中概率, 是当前火控技术必须解决的难题和挑战。

5 发展建议

1) 发展基于 RAM 类目标的弹道预测解算模型与算法, 提升战斗前沿保护能力。

对 RAM 类目标的防御是近几年新型的战争模式赋予给末端防御武器的战术使命, 其速度快、目标小, 对火控系统的探测与跟踪、火控模型建立、火控解算、火力控制提出了新要求, 既要求具备对传统的飞机、导弹等目标防御火力控制能力, 又要求具备对高速小目标防御火力控制能力, 为此需要加快复杂背景下目标识别跟踪、高精度跟瞄驱动控制、多元扰动火控模型建模及快速解算等技术的研究, 突破 RAM 类目标的弹道预测解算关键技术, 以满足战术应用需求。

2) 升级火控系统通信总线平台, 提升信息传输响应能力。

传统的火控系统都是基于低速通信总线(通信速率 1 Mbit/s)构建的信息交互体系, 由于通信速度的限制, 一方面对于大容量信息基本不进行交互, 同时信息同步响应要求不得不降低, 这在一定程度上影响了系统性能的提升, 需要发展应用以 FlexRay、实时以太网等为代表的高速通信总线, 以提升信息传输响应能力。

3) 推进炮塔无人化和智能化, 提升火力控制响应速度和能力。

炮塔是末端防御武器装备的打击单元, 要满足对高速目标的防御需要, 必须提升打击单元的响应能力和速度。要提升响应能力和速度, 除提升随动系统的性能外, 还要降低炮塔的重量、减小炮塔的惯性。为此, 发展火控系统的信息处理与控制能力, 推进炮塔操控无人化, 推进炮塔信息处理智能化, 是降低炮塔的重量、减小炮塔惯性、提升响应速度的重要途径。

4) 综合应用信息集成处理技术, 推进末端防御火力系统向武器站方向发展。

由于末端防御体系的建设需要, 末端防御武器需要成系列化发展, 综合运用信息集成处理技术, 实现打击火力武器站化, 推出通用的末端防御武器站, 如弹炮结合防空火力武器站, 有助于快速推进末端防御武器系列化发展, 也有助于火控系统向通用化、标准化发展。

5) 发展混合式武器火控系统, 简化末端防御体系装备配置。