

• 总体工程 •

中图分类号: TN959; TJ761.3

文献标志码: A

文章编号: 1004-7859(2011)05-0017-04

弹道导弹预警信息处理系统研究

李旭东

(南京电子技术研究所, 南京 210039)

摘要:随着新军事技术的飞速发展,弹道导弹已经成为世界各军事强国进行现代局部战争首先或重点使用的进攻性武器。单个传感器只能提供导弹飞行某一阶段的信息,不能满足上升段、中段或未段指挥和拦截的要求。文中从弹道导弹防御的全程预警出发,探讨了预警信息处理系统在整个防御过程中的功能和信息流程和需要解决的关键技术,并指出了预警信息处理系统在弹道导弹防御中的重要作用。

关键词:弹道导弹防御; 预警信息处理系统; 数据融合; 目标识别

A Study on Ballistic Missile Early Warning Information Processing System

LI Xu-dong

(Nanjing Research Institute of Electronics and Technology, Nanjing 210039, China)

Abstract: Along with new military technology developing rapidly, ballistic missile has become the first and important attack weapon used. A single sensor can only provide a certain information of missile flight, which can not satisfy the requirement of command & control and interception at ascent phase, midcourse phase and terminal phase. Based on early warning of all phases for ballistic missile defense, the functions and information flow and key technologies of early warning information processing system in all defense phases are discussed, and it is shown that the information processing system play an important role in ballistic missile defense.

Key words: ballistic missile defense; early warning information processing system; data fusion; target recognition

0 引言

弹道导弹已经成为世界各军事强国首选的进攻性武器。弹道导弹具有攻击距离远、目标雷达散射面积小、飞行速度快、命中精度高、具备带核弹头或普通弹头、灵活性强等突出特点^[1],单个传感器只能提供导弹飞行某一阶段的信息,不能满足上升段、中段或未段指挥和拦截的要求,预警处理系统成为信息处理和协调各传感器工作的中心。

1 预警体系结构

1.1 弹道防御系统组成

弹道导弹防御主要包括3方面的内容:

- (1) 攻击作战,即在敌导弹发射前、发射期间及发射后,摧毁和破坏敌方的战区导弹发射能力;
- (2) 主动防御,目的是摧毁飞行中的导弹;
- (3) 被动防御,主要是采取措施,部署适当的兵力,将战区导弹攻击所造成的损害降至最低。

为完成上述3个方面任务,弹道导弹防御系统应由用于预警、跟踪、识别的预警探测系统、拦截对方导

弹的武器系统,以及进行指挥控制、战场管理和通信系统(C2BMC)组成。

1.2 预警体系作用

弹道导弹防御系统成功的关键要素是“及时发现、正确识别、精确跟踪和有效拦截”^[2]。成功拦截的每一步都需要有限的时间量,对预警系统要求很高。对一枚射程为10 000 km的弹道导弹,其飞行时间为30 min,预警系统必须在发射5 min内给出告警;射程为3 000 km的战术弹道导弹,其飞行时间约为14 min,预警系统必须在更短的时间给出警告,以及正确的识别和精密跟踪信息,指挥系统和拦截武器系统才能有足够的反应和处理时间。

虽然传感器是最主要的信息来源,但是单一装备难以完成弹道导弹全程预警、跟踪和识别任务。在整个防御中,传感器相互交联紧密,环环相扣,贯穿弹道导弹防御全过程,必须通过统一的预警体系来完成对探测资源的统一调度、对探测数据的实时综合处理,才能有效支持拦截武器以及指控系统的作战。

1.3 预警体系组成

弹道导弹防御系统的预警体系由地(海)基预警探测装备、天基预警监视装备和预警信息处理系统组

通信作者:李旭东

Email: lixudong202cn@hotmail.com

收稿日期:2011-01-26

修订日期:2011-03-28

成,如图 1 所示。

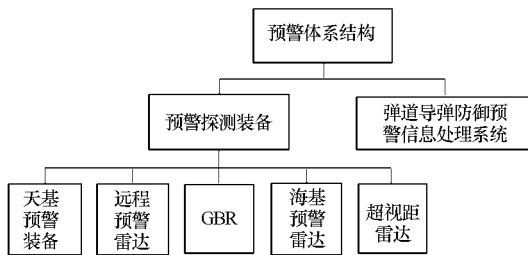


图 1 弹道导弹防御预警体系组成

天基预警装备由预警卫星和天基预警雷达组成,预警卫星主要用于弹道导弹发射段,天基预警雷达主要用于观测空中和太空中的飞行目标,为反导预警系统提供更早期和精确的预警信息。

远程预警雷达在较大范围内搜索、截获目标后,对目标跟踪进行,确认目标性质后,发出导弹来袭首次警报和落点预报,为 GBR 雷达提供引导信息。

GBR 雷达主要用于精密跟踪和目标识别,且可对拦截效果进行评估。

海基预警雷达主要用来探测来自海上的目标,包括弹道导弹的威胁。海基预警雷达随舰船部署在导弹发射点较近的位置,及时地探测可疑目标,给预警和拦截提供充裕的时间。

由于电离层不稳定和高纬度区的极光干扰,虚警率较高,超视距雷达可作为一种手段来验证天基预警探测信息。

预警信息处理系统对多种探测信息和情报信息进行综合处理,生成综合态势和目标指示、目标识别信息,为指挥控制系统提供空天态势,支持指挥决策;为武器系统提供信息保障。

2 预警信息处理系统工作原理

预警信息处理系统实时接收各弹道导弹预警装备的探测数据后,结合其他情报源数据进行综合处理,为指控系统和拦截武器系统提供及时有效的数据保障,其处理模式有全域探测信息处理和重点区域探测信息处理 2 种。

2.1 全域探测信息处理

预警信息处理系统利用部署在全球或一定范围内的各种探测设备,对弹道导弹发射进行 24 h 严密监视,对可能的导弹来袭目标进行威胁评估,及时发出早期预警。

2.2 重点区域探测信息处理

预警信息处理系统在接收到上级指控系统的预警

任务后,一方面需要制定目标捕获和任务规划,通过交接空域、交接时间和资源分配等计算,协调和引导天基预警卫星、天波超视距雷达、远程预警雷达以及 GBR 雷达进行参数和工作方式设置,期望能及早捕获、跟踪目标;另一方面,预警信息处理系统将结合其他情报来源,及时发出弹道导弹发射的预警信息,对导弹的出发点估算和落点预报。随着探测信息的不断精确和完备,实时做出准确的目标综合识别判断和威胁评估,为武器系统的有效拦截提供及时准确的指示信息。此外,预警信息处理系统还可对拦截的有效性进行评估,给出是否进行二次拦截的建议。

3 预警信息处理系统功能组成

3.1 平台组成

系统平台将由若干高性能的计算机设备、大容量存储设备、综合显示设备和高效通信网络环境构成。

计算机设备和存储设备,通过局域网内百兆或千兆网络连接,计算机设备完成不同系统功能,存储设备实现信息共享、数据共享和数据备份功能。

综合显示设备通过使用显示监控软件对多路输入信号进行拼接、编排、分配等处理,实现弹道导弹预警的探测信息、综合态势信息、任务管控信息等大屏幕综合显示。

通信网络环境作为预警信息处理系统与各探测装备、指控系统、拦截武器系统的纽带,包含多种设备和通信手段,系统内局域网采用以太网组网技术,系统与各探测装备应为有线、无线或光缆连接,在设计时应针对预警体系远距离大跨度、实时高速、按需分配带宽的平面/立体通信需求,提升网络的通信能力,解决覆盖范围、交换路由、抗毁和最低限度通信等问题保障预警探测信息高效、实时传输。

3.2 系统功能组成

弹道导弹预警信息处理系统各功能分系统之间的情报信息实现无障碍交换,对不同探测系统的目标信息进行综合分析,处理和数据融合,向拦截武器系统快速传递目标相关数据,提供对目标杀伤的决策方案^[3-4],以及拦截后的杀伤评估。系统应具备以下 10 种能力:

- (1) 制定各传感器探测预案并下发;
- (2) 实时监视任务执行和传感器工作状态,合理有效调度传感器资源;
- (3) 来袭导弹预报;
- (4) 对目标进行捕获、跟踪;
- (5) 对目标进行分类和识别;

- (6) 进行轨道目标轨道融合, 精确定轨;
- (7) 发送来袭弹道导弹的发点、落点和预警时间;
- (8) 传感器控制管理、情报汇集、处理、分发;
- (9) 引导拦截武器拦截目标;
- (10) 监视拦截过程、拦截效果评估。

4 预警信息处理系统工作流程

弹道导弹预警信息处理开始于传感器对某一区域进行监视与探测, 搜索潜在目标, 当传感器航迹建立后, 传送给预警信息处理系统进行综合处理^[5], 在整个防御过程中, 预警信息处理系统不断地将综合信息发送给指控系统和武器系统, 直到拦截任务完成, 如图 2 所示。

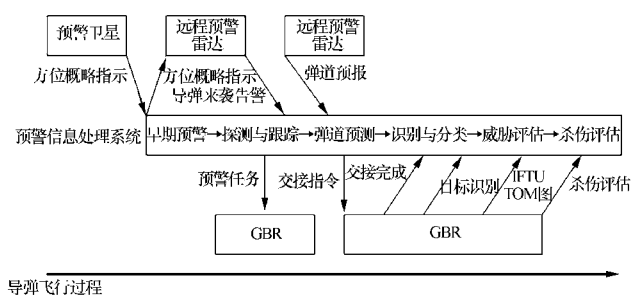


图 2 预警信息处理系统工作流程

1) 早期预警阶段

导弹预警卫星在几秒内探测到弹道导弹, 预警信息处理系统接收预警卫星发送的目标信息和发点位置信息, 并协同天波超视距雷达进行验证, 确认后发出发射告警, 并同时向相应的远程预警相控阵雷达下发引导信息。

2) 探测与跟踪阶段

系统对预警信息进行处理, 将处理结果提供给远程预警雷达, 引导其对目标进行探测。远程预警雷达捕获到目标, 确认预警信息后, 开始对目标进行跟踪, 并将其跟踪数据传回预警信息处理系统。

预警信息处理系统将来自远程预警雷达的目标弹道数据传送到 GBR, 引导 GBR 对来袭目标进行搜索、捕获和精确跟踪。

3) 弹道预测阶段

系统根据远程预警雷达或 GBR 传送的探测数据, 估算目标弹道, 进行发点预测和落点预测, 同时将目标的弹道数据和特征数据传送到预警信息处理系统。

4) 识别与分类阶段

系统控制 GBR 雷达交接成功后, 接收其上报的探测信息进行精确定轨, 利用各雷达上报的目标特征信

息, 运用目标识别算法, 并与数据库内相关资料迅速进行比较, 对来袭导弹进行综合识别(诱饵、真弹头、类型等), 发布目标识别结果。

系统向武器系统发布精确跟踪数据, 提供拦截弹飞行路线修正(IFTU)和目标精细队列数据, 并向武器系统发布目标指示信息(含 TOM 图)。

5) 威胁评估阶段

系统一旦获取足够信息, 即可进行威胁评估, 通过将传感器已经获得的信息和经系统处理(预测和分类)后的信息与系统中的既定策略进行比较。若匹配, 则属威胁目标, 迅速将威胁评估结果发布给指控系统和拦截武器系统, 及时做出拦截计划。

6) 杀伤评估阶段

系统综合利用武器系统提供的拦截弹信息和 GBR 探测碰撞后提供的信息进行打击效果评估, 发布评估结果。如果未能拦截成功, 预警信息处理系统将为武器系统持续提供目标指示信息, 支持再次拦截。

5 需要解决的关键技术

5.1 系统总体设计和集成技术

由于弹道导弹目标特性复杂, 预警探测装备部署广, 各装备之间协同紧密, 时效性高, 而且对外关系复杂, 需要研究系统总体设计和集成技术。运用系统工程思想和方法, 采用先进的网络通信技术、信息处理技术、决策支持技术、系统分析技术以及军事运筹学方法, 综合集成系统内的各组成要素, 建立结构优化、自适应、高性能、高抗毁、实时互操作的系统, 通过合理部署、配置、协调和控制, 实现弹道导弹预警作战。

5.2 数据融合技术

数据融合就是将来自多个传感器或多源的信息进行综合处理, 从而得出更为准确、可靠的结论^[6]。弹道导弹预警探测难度大, 时效性要求高, 通常要综合应用来自各种情报手段和实时预警手段的多源预警信息。这些预警信息种类不同, 数据格式不同, 必须利用计算理论和方法, 进行多源信息融合处理, 以便获得准确的预警探测综合信息。主要的数据融合技术包括弹道导弹精确轨道计算和落点预测技术、群目标跟踪算法技术、预警目标威胁估计计算以及综合态势生成技术等。

5.3 目标综合识别技术

在弹头带有复杂突防措施的情况下, 识别真假弹头成为导弹预警和反导的前提。GBR 可以同时跟踪导弹突防时的多个目标, 包括多弹头和诱饵弹头, 抗目

标饱和能力很强^[7-8]。宽带雷达具有从目标电磁特性、一维距离像等方面对真实弹头和诱饵目标进行识别的潜力;远程预警雷达具备对星弹识别的能力,但是任何单一的特征都很难达到理想的效果。因此,必须能够综合利用各探测装备对目标特性的描述、外部情报信息以及目标特征库信息,对不同特征赋予不同的权重,运用目标特征提取、模式分析、分类、匹配等算法,以获得目标的真实属性的判断,使目标识别的结果更为可信、准确。

5.4 各传感器协同探测技术

对于弹道导弹等目标,在早期运动阶段通常距离较远,且在运动过程中既会出现高速机动,又可在大气层外飞行,单一手段、单一传感器系统难以实现对目标的连续、可靠的预警。对弹道导弹的探测一定是由多种传感器共同完成,天基预警装备承担导弹发射告警、远程预警相控阵雷达承担大范围远程预警功能,GBR承担精确跟踪与识别功能,各传感器工作贯穿于系统的目标搜索、发现、跟踪、识别、制导和杀伤评估的整个导弹拦截的过程,其性能直接影响拦截概率,影响导弹的杀伤空域大小。因此,需要对传感器资源进行调度和管理,优化组合各种传感器,实现系统各种预警探测资源的有序协同联动,主要解决在协同探测过程中的目标交接方式、交接精度、截获方法、交接时机、交接过程控制等问题,探索能量资源分配的优化方法。

5.5 各系统协同作战技术

在弹道导弹防御体系内,主要作战资源进行协同作战的根本目的是提高系统的信息质量和信息利用程度,最大限度地提高作战效能,提高弹道导弹防御系统应对现代战争威胁的整体作战效能,预警信息处理系统研究的主要协同技术包含预警探测系统与指挥控制系统的协同工作,以缩短作战反应时间和实现作战资源的最佳利用;预警探测系统与武器系统的协同工作,实现目标精确指示和多次拦截。

6 结束语

通过预警信息处理系统的研究,将使弹道导弹防御系统能够探测更远、信息精度更高,识别能力更强、抗干扰性能更优,从而保证预警信息及时、准确和全面,实现预警信息的快速分发和有效利用,促成弹道导弹预警系统体系作战能力的形成。

参考文献

- [1] 杨 坚. 国外弹道导弹防御技术发展特点分析[J]. 地空防空武器, 2004(4): 2-9.
- Yang Jian. The development and characteristic analysis of foreign ballistic missile defense technology [J]. Land-Based Air Defense Weapons, 2004(4): 2-9.
- [2] 陆伟宁. 弹道导弹攻防对抗技术[M]. 北京: 中国宇航出版社, 2007.
- Lu Weining. Attack and defence technology of ballistic missile [M]. Beijing: Publishing House of China Aerospace, 2007.
- [3] 袁 俊. 弹道导弹预警系统及其发展趋势[J]. 国防科技, 2007(3): 33-36.
- Yuan Jun. The trend of ballistic missile warning system [J]. National Defense Science and Technology, 2007(3): 33-36.
- [4] 刘佳琪, 王春莉. 基于“网络中心战”的弹道导弹防御系统[J]. 航天电子对抗, 2010(3): 9-11, 26.
- Liu Jiaqi, Wang Chunli. Ballistic missile defense system based on the network centric warfare [J]. Aerospace Electronic Warfare, 2010(3): 9-11, 26.
- [5] Ender T, Leurck R, Weaver B, et al. Systems-of-systems analysis of ballistic missile defense architecture effectiveness through surrogate modeling and simulation [C]// IEEE International Systems Conference. Montreal, Canada: IEEE Press, 2008: 7-10.
- [6] 封锦昌. 现代电子信息系统与技术[M]. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- Feng Jinchang. Modern electronic information system and technology [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2008.
- [7] 李康乐, 刘永祥, 黎 湘. 弹道导弹中段防御系统目标识别仿真研究[J]. 现代雷达, 2006, 28(11): 12-15, 19.
- Li Kangle, Liu Yongxiang, Li Xiang. A study on simulation of target discrimination in ballistic missile mid-course defense system [J]. Modern Radar, 2006, 28(11): 12-15, 19.
- [8] 张荣涛. 多雷达跟踪弹道导弹交接预报技术研究[J]. 现代雷达, 2010, 32(8): 31-32, 38.
- Zhang Rongtao. A study on multi-radar tracking ballistic missile engagement prediction [J]. Modern Radar, 2010, 32(8): 31-32, 38.

李旭东 男, 1971年生, 高级工程师。研究方向为信息系统总体技术。

[1] 杨 坚. 国外弹道导弹防御技术发展特点分析[J].