

文章编号 :1001 - 2486(2004)06 - 0086 - 05

防空导弹网络化作战 C⁴ ISR 系统体系结构研究*

罗爱民,修胜龙,罗雪山,舒振,易先清

(国防科技大学人文与管理学院,湖南长沙 410073)

摘要 网络中心战是信息化战争中一种新的作战概念。按照网络中心战的概念,研究防空导弹网络化作战的 C⁴ISR 体系结构。提出了以火力单元的功能系统为基本单元,建立跟踪制导网、指挥控制网和拦截兵器网三层逻辑网结构,并定义各逻辑层的主要功能和基本组成。该结构对实现防空导弹网络中心战有指导意义。

关键词 网络中心战;防空导弹;体系结构

中图分类号 E917 文献标识码 A

Research on Network-centric Operation C⁴ ISR Architecture of Antiaircraft Missile System

LUO Ai-min, XIU Sheng-long, LUO Xue-shan, SHU Zhen, YI Xian-qing

(College of Humanities and Management, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract The network-centric operation is a new concept of information warfare. According to the concept of network-centric operation, the network-centric operation C⁴ISR architecture of the antiaircraft missile system is studied. The function units of combat zone are basic nodes of the architecture, the network-centric operation C⁴ISR architecture is composed of three logical networks, namely track-guide network, command-control (C²) network and weapon networks. The function and composition of the logic networks are defined. The architecture is valuable in network centric warfare of the antiaircraft missile system.

Key words network-centric operation; antiaircraft missile; architecture

1997年,美海军约翰逊上将首次提出了网络中心战(Network-Centric Warfare,简称NCW)的作战概念,立即得到各国军方的极大关注,它正在对现代军事理论产生重要影响。网络中心战^[1,2]是相对平台中心战而言的,它是将部队所有的侦察探测系统、通信系统、指挥控制系统和武器系统有机地组成一个网络体系,各级作战人员利用该网络体系及时了解战场态势、交流作战信息、指挥与实施作战行动的作战概念。网络中心战的目的是通过将战场上各种部队、各武器平台网络化,来提高信息的获取能力和信息的共享程度与质量,增强战场态势感知能力,加快决策和指挥速度,实现作战协同,提高杀伤力、生存能力和响应能力,从而大大提高作战效能。

网络中心战作为一种新的作战概念,针对不同的背景,其具体实现和应用也有所不同。美国海军的协同作战系统^{3,4}(Cooperative Engagement Capability,简称CEC)就是网络中心战在海军编队作战中的具体实现。防空导弹反导作战是我国未来作战面临的主要任务之一。反导作战具有空域多层次、武器系统多型号、作战要求实时性高等特点,因此,防空导弹反导作战更需求信息共享、协同作战,防空导弹网络化作战是解决上述问题,提高防空导弹反导作战效能的有效方法。同时,防空导弹武器系统的信息化程度较高,基本具备实施网络化作战的条件。在美国战区导弹防御系统(TMD)和国家导弹防御系统(NMD)中也强调实现信息共享和协同作战,但是这些系统着重考虑多个防御系统、多种防御武器系统之间的协同,大系统之间的互联、互通和互操作。本文依据网络中心战的思想,针对要地防空导弹反导作战任务,研究具体防空导弹系统实现网络化作战的体系结构。

* 收稿日期 2004-04-12

基金项目: 国家部委基金资助项目(51406010103KG01)

作者简介: 罗爱民(1970—),女,副教授,在职博士生。

1 防空导弹网络化作战 C⁴ISR 系统设计的基本原则

根据网络化中心战的概念,防空导弹网络化作战系统设计的基本思路是:打破传统火力单元的结构,将火力单元的各功能系统分解为独立的作战节点,利用通信网络将作战地域内的作战节点连成一个有机的整体,在通信网络的支持下,充分利用和发挥各作战系统的功能和优势,以提高防空作战系统的反应时间,提高该地域内防空导弹系统的整体作战效能。防空导弹网络化作战 C⁴ISR 系统组成单元的结构如图 1 所示。

防空导弹网络化作战系统的基本设计原则是:

1. 信息共享扁平化

在防空导弹网络化作战 C⁴ISR 系统中,各节点之间的信息共享不是通过以往的指挥体制和关系完成的,而是直接通过网络实现。节点之间的信息共享经过的层次少,在探测系统与指挥控制系统之间直接实现信息共享,不需要经过其他节点和层次,实现信息共享扁平化。

2. 指挥控制可变化和分散化

在防空导弹网络化作战 C⁴ISR 系统中,各作战节点在地理上是分散的,因此,对作战的指挥控制也是分布的。在防空导弹网络化作战 C⁴ISR 系统中,指挥控制中心不是固定的,应该采用可变指控中心节点的思想,即在作战区域内,指控中心可以根据作战任务的需要以及各组成单元的状态随时选择有能力的指挥控制节点承担。原来分属于不同火力单元的指挥控制系统和发射系统,可以通过网络作战 C⁴ISR 系统完成指挥控制。这样不仅可以提高系统的抗毁生存能力、可靠性,而且可以实现网络化作战指挥。

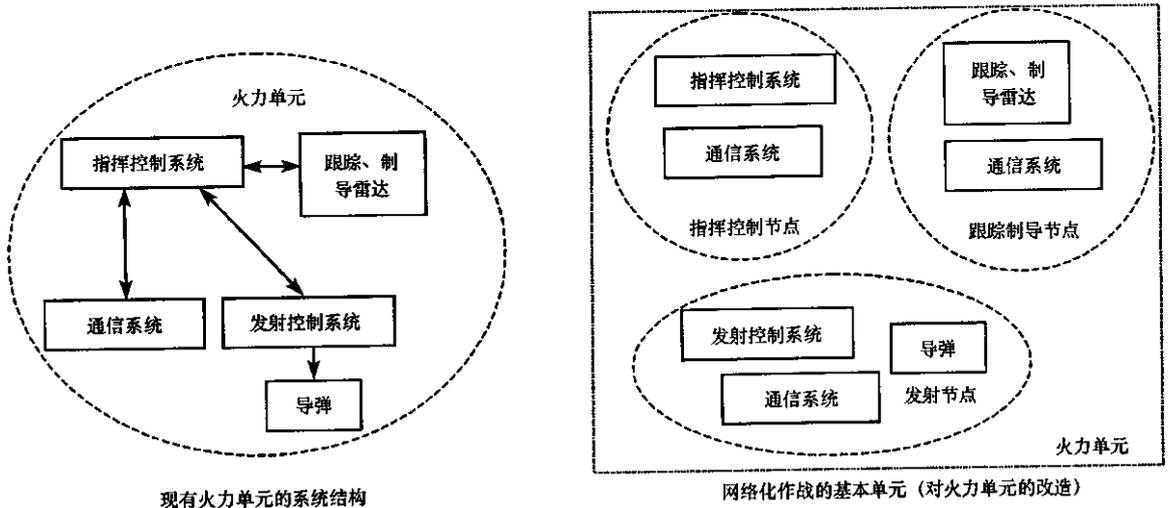


图 1 防空导弹网络化作战 C⁴ISR 系统中组成单元

Fig. 1 The components of network-centric operation system of antiaircraft missile

3. 系统连接无缝化

由于防空导弹网络化作战 C⁴ISR 系统是利用通信网络将地理上分散的作战节点连结为一个有机的整体,作战区域内的作战节点可以是同一型号的系统,也可能是不同型号的系统,因此,系统中的各组成部分必须利用通信网络实现无缝连接。

4. 反应时间最小化

防空导弹网络化作战 C⁴ISR 系统通过通信网络实现各单元或节点的信息共享、协同作战,共享的信息包括战场态势信息,目标的跟踪、制导信息,以及指挥控制信息、协同信息等。在防空导弹反导作战中,作战系统的反应时间是影响作战效能的一个关键因素。在系统设计时,要求系统反应时间最小化。而通过大量、频繁的信息交换实现信息共享、协同作战是网络化作战的重要特点,因此,通信延迟的大小决定整个网络化作战系统的效能,通信系统的延迟必须满足反导作战的需要。

5. 网络进出自由化

防空导弹网络化作战 C⁴ISR 系统是作战区域内的若干作战节点的有效集合体。防空导弹网络化系统的集成是根据作战任务的需要以及各节点的状态临时组成。由于各作战节点的关系是临时建立的,因此,各作战节点应该能够根据作战需要和战场态势的变化,随时加入网络化作战系统,随时退出网络化作战系统。特别是当作战节点被毁、被干扰时,能够自动进行网络重组,高效、近实时地传输数据。

2 防空导弹网络化作战 C⁴ISR 的体系结构

按照上述思路和原则,建立防空导弹网络化作战 C⁴ISR 系统的逻辑结构和物理结构如图 2、3 所示。防空导弹网络化作战主要采用三层逻辑网结构,即跟踪制导网、指挥控制网和拦截兵器网。三层逻辑网是以物理网——通信网络为基础的。该结构是用于防空导弹网络化作战的战时结构。由于远程预警网主要由防空导弹武器系统外界的远程预警系统组成(包括远程预警机、雷达团等),把它作为一个输入,这里不做具体考虑。本文重点考虑与防空导弹武器系统结构密切相关的部分。

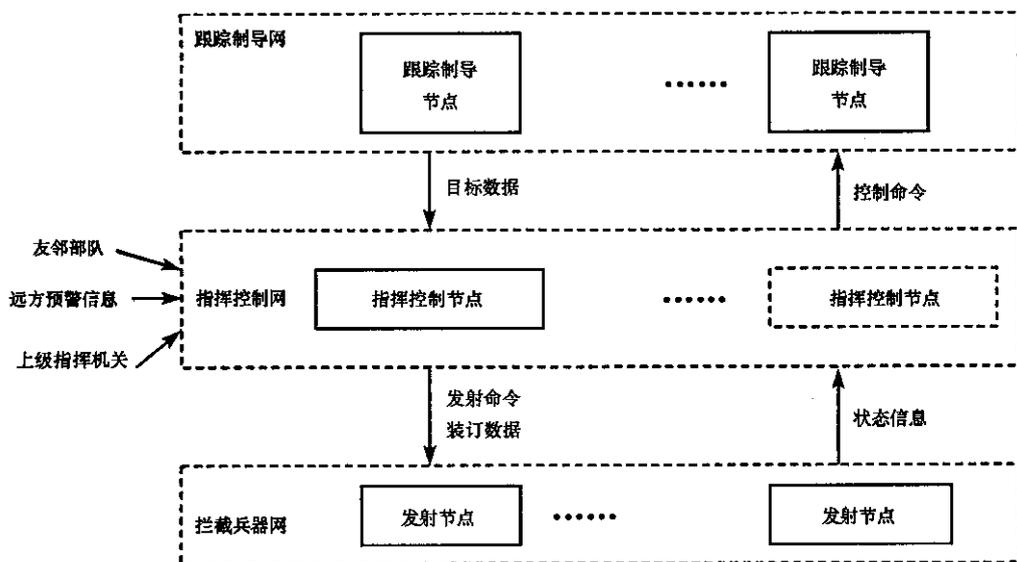


图 2 防空导弹网络化作战 C⁴ISR 系统的逻辑结构

Fig. 2 The logical structure of network-centric operation C⁴ISR system of anti-aircraft missile

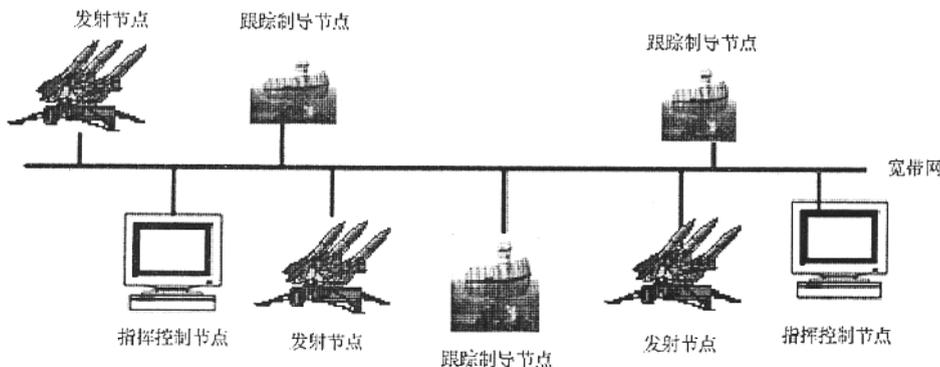


图 3 防空导弹网络化作战 C⁴ISR 系统的物理结构

Fig. 3 The physical structure of network-centric operation C⁴ISR system of anti-aircraft missile

图 2 中各部分的组成和基本功能如下：

(1) 跟踪制导网

跟踪制导网主要由多功能的跟踪制导雷达(通常为相控阵雷达)组成,它的主要功能包括：

- ✦ 探测与跟踪威胁目标,进行威胁的分类和来袭战区弹道导弹的落点估计;
- ✦ 区分目标和诱饵,确定哪些目标需要摧毁;
- ✦ 引导拦截弹的飞行,并向飞行中的拦截弹提供瞄准点修正。

对于混编防空导弹网络化作战系统来说,跟踪制导层主要由中高空防空导弹火力单元的多功能相控阵雷达、数据处理系统、控制系统以及通信系统组成。由于低空防空导弹系统的火控雷达作用距离较近,中高空防空导弹火力单元的跟踪制导雷达可以覆盖低空导弹的雷达作用范围,而且其数据处理能力强,因此,跟踪制导网上只连接中高空防空导弹火力单元的跟踪制导雷达系统。低空反导防空导弹系统的目标和拦截弹的跟踪数据来自中高空防空导弹的跟踪制导雷达,低空系统的制导雷达完成对低空拦截弹的制导任务。这样不仅可以满足作战的需要,而且可以降低数据传输量。

(2) 指挥控制网

指挥控制网实质上是一个具有机动能力的作战管理/指挥、控制、通信、情报系统,具有分布式、重复配置的特点,它能够对分布在不同地域的发射节点和跟踪制导节点实施指挥控制。

指挥控制网的主要功能包括:

- ✦ 能够对来自跟踪制导网的目标数据进行融合处理,提供完整、准确的统一战场态势;
- ✦ 负责作战区域内的指挥决策、任务规划分配,协调并指挥拦截来袭的目标;
- ✦ 提供话音与数据通信能力,由此可以把跟踪制导雷达与导弹发射系统分散部署,以提高生存能力和扩大防御区域;
- ✦ 提供与其他防空作战单元的接口,支持更为灵活的作战编制和配备;
- ✦ 提供与其他作战系统的接口,以便实施联合作战。

在防空导弹系统中,指挥控制网是整个系统的“神经中枢”。它利用跟踪制导网提供的目标数据,进行威胁判断,确定目标威胁程度和等级,根据作战规则和作战资源为目标分配跟踪雷达和发射节点,直接对网络中心作战系统的各发射节点实施指挥,根据目标跟踪数据评价打击效果等。此外,指挥控制网协调各作战节点的作战,进行网络管理以及任务交接等。

指挥控制网由多个指挥控制节点组成。战时根据作战需要和战场态势,对指挥控制节点制定优先级,优先级高的指挥控制节点担负指挥控制中心的任务。同一时刻只有一个指挥控制中心负责作战区域内的作战指挥,其余指挥控制节点作为指挥中心的备份或负责局部区域的指挥控制。各指挥控制节点都接收跟踪制导网传输的目标数据,并进行数据综合处理,得到战场态势,同时接收此时担任指挥任务的指挥控制中心的战场态势信息,统一目标编号以及其他信息,最终在指挥控制网中形成统一的战场态势。一旦该指挥控制中心受到攻击、干扰或出现故障,则由次优先级的指挥控制节点担负指挥控制任务,或根据战场情况指定某个指挥控制节点作为指挥中心。在确定拦截目标的条件下,指挥控制节点根据作战命令和任务分配,计算射击诸元,并将射击数据发送给相应的发射节点进行装订。指挥控制网不是要将作战区域内所有指挥控制节点接入网,而是可以根据战场情况以及指挥控制节点的性能以及节点分布,确定参与组网的节点。

指挥控制网的功能可以由指挥控制中心独立完成,也可以根据需要,将部分功能分散到指挥控制网上其他节点完成,这些指挥控制节点统一受指挥控制中心的指挥和协同,共同完成网络化作战的任务。例如,考虑指挥控制中心的数据处理量大,单一的指挥控制节点不能满足要求,也可以将其中部分功能分配到其他指挥控制节点进行。如将发射诸元的计算和装订参数的计算功能分配到其他指挥控制节点。

(3) 拦截兵器网

拦截兵器网主要由原来各火力单元的发射车和防空导弹组成。其主要功能就是根据作战指令,做好发射准备和装订发射参数,并发射防空导弹。发射节点由发射控制系统和多个发射车组成。

(4) 通信互联网

通信互联网由战区骨干网和各作战节点上的通信系统组成,它是实施防空导弹网络化作战的基础,是实现跟踪制导网、指挥控制网和拦截兵器网的基础。在通信网上传输的信息主要包括各雷达对目标的跟踪数据、处理后的目标航迹、指令信息、协同控制信息、装订信息以及网上各节点的状态信息

等。通信互联网所需的通信带宽由组成网络化作战系统的节点数、雷达跟踪的目标数、跟踪数据的更新率、目标数据量等因素决定。通信互联网应该具有大容量、高速率、高质量、较高的抗干扰能力以及安全保密性等特点。

考虑要地防空反导作战,防空导弹网络化作战系统通信互联网的骨干网可以采用有线光缆。采用有线光缆不仅容量大,而且可靠性高和抗干扰能力强。针对要地防空,在系统建设过程中,可以根据可能的作战地域和位置预设通信端口。战时,各节点之间的通信主要依靠光纤骨干网。根据作战任务和要求,各节点在要地周围实施机动,并根据所在的位置选择附近的端口入网。节点内各系统或部分的通信则可以采用无线局域网。因为,节点内各部分可以是物理上分散的,但彼此之间的距离不会太大(距离大的发射任务可以由其他发射节点完成),而且节点内系统之间的通信数据量不大,所以可以采用无线局域网结构。如指挥控制节点与跟踪制导节点通过光缆网通信,发射节点内各发射车与发射控制系统的通信则可以采用无线局域网,这样保证了节点各部分之间是分布结构,提高了系统的生存能力。

3 结束语

本文研究了由跟踪制导网、指挥控制网和拦截兵器网组成的防空导弹网络化作战 C⁴ISR 系统体系结构。对于防空导弹网络化作战来说,该体系结构只是系统结构的一种高层抽象。要真正实现防空导弹的网络化作战,还有很多问题要进行深入研究,如统一战场态势的生成与共享,通信互联网的拓扑结构和容量,通信网络的管理和控制,作战指挥的协同等。

参考文献:

- [1] Alberts D S , Garstka G G. Understanding Information Age Warfare[M]. ISBN 1 - 893723 - 04 - 6 , 2000.
- [2] Alberts D S et al. Network Centric Warfare Developing and Leveraging Information Superiority[M]. ISBN 1 - 57906 - 019 - 6 , 2000.
- [3] Applied Physics Lab. The Cooperative Engagement Capability[J]. Johns Hopkins Technical Digest , 1995 , 16(4) 377 - 396.
- [4] Department of Defense Report to Congress , Network Centric Warfare[R]. Http ://www. c3i. osd. mil/NCW/ new _ main. pdf.

(上接第 85 页)

参考文献:

- [1] Worboys W F. GIS : A Computing Perspective[M]. Taylor & Francis , Ltd. ISBN 0 - 7484 - 0065 - 6 , 1995.
- [2] Aboulnaga A , Naughton J F. Accurate Estimation of the Cost of Spatial Selections[A]. In Proc. of ICDE , 2000.
- [3] Acharya S , Poozala V , Ramaswamy S. Selectivity Estimation in Spatial Databases[A]. In Proc. of ACM SIGMOD , 1999.
- [4] Jin J , An N , Sivasubramaniam A. Analyzing Range Queries on Spatial Data[A]. In Proc. of ICDE , 2000.
- [5] An N , Yang Z , Sivasubramaniam A. Selectivity Estimation for Spatial Joins[A]. In Proc. of ICDE , 2000.
- [6] Wang M , Vitter J S , Lim L , et al. Wavelet-based Cost Estimation for Spatial Queries[A]. In the Proc. of the 7th SSTD , 2001.
- [7] Faloutsos C , Seeger B , Traina A et al. Spatial Join Selectivity Using Power Laws[A]. In Proc. of ACM SIGMOD , 2000.
- [8] Belussi A , Faloutsos C. Estimating the Selectivity for Spatial Queries Using the Correlation's Fractal Dimension[A]. In Proc. of 21st VLDB , 1995.

