

doi: 10.7690/bgzdh.2016.09.001

# 探析美军 C<sup>2</sup>BMC 系统及对空天防御指挥控制系统建设的启示

何 榕<sup>1</sup>, 罗小明<sup>2</sup>

(1. 装备学院研究生管理大队, 北京 101416; 2. 装备学院航天指挥系, 北京 101416)

**摘要:** 为加快我军空天防御指挥控制系统建设的步伐, 通过分析美军 C<sup>2</sup>BMC 系统的构成和特点, 探析 C<sup>2</sup>BMC 系统在弹道导弹防御系统中的地位和作用, 深入研究 C<sup>2</sup>BMC 系统运用的 8 类关键技术, 最后得出空天防御指挥控制系统建设在顶层设计, 理论研究, 关键技术的预研、仿真、验证条件建设和指挥控制结构设计 4 个方面的重要启示。该研究可对空天防御作战指挥控制系统建设提供参考。

**关键词:** 指挥控制/作战管理与通信系统; 特点; 关键技术; 启示

**中图分类号:** TJ768.3 **文献标志码:** A

## Analysis of US C<sup>2</sup>BMC and the Revelation for Construction on Air and Space Defense C<sup>2</sup>BMC System

He Rong<sup>1</sup>, Luo Xiaoming<sup>2</sup>

(1. *Administrant Brigade of Postgraduate, Equipment Academy of PLA, Beijing 101416, China;*

*2. Department of Space & Command, Equipment Academy of PLA, Beijing 101416, China)*

**Abstract:** To speed up the pace of the construction on air and space defense command and control/battle management and communications (C<sup>2</sup>BMC) system, the paper analyzes the components and characters of the C<sup>2</sup>BMC US system; it also analyzes the position and function of US C<sup>2</sup>BMC system. Then, research on the 8 key techniques which are used in US C<sup>2</sup>BMC system. At last, the important revelation which are top-level design, theoretical research, key technology and conditions building on modeling verification, the design of command and control structure for construction on air and space defense C<sup>2</sup>BMC system have obtained from them. The research provides the reference for the construction of the air and space defense C<sup>2</sup>BMC system.

**Keywords:** C<sup>2</sup>BMC system; character; key technique; revelation

### 0 引言

美军为解决全球监视、国家防御、战区拦截的既定目标, 按照网络中心战思想, 优先发展天基预警和卫星通信网络, 构建覆盖全球可达的信息栅格, 重点突出指挥控制/作战管理和通信一体的反导指挥控制系统(C<sup>2</sup>BMC)建设。C<sup>2</sup>BMC 系统的概念最早由美国导弹防御局(missile defense agency, MDA)前任主管 Ronald T.在 2002 年提出, 为了建成符合美军导弹防御作战要求的 C<sup>2</sup>BMC 系统, 美国导弹防御局指导洛克希德·马丁公司按照“设计一点, 发展一点, 部署一点, 了解更多”的原则, 采用每两年为一个阶段的螺旋式开发方法, 从 Block 2004 开始提供系统能力, 2004 年 10 月 C<sup>2</sup>BMC 系统实现“初始防御性作战能力(IDO)”, 标志着 C<sup>2</sup>BMC 系统从理论走进战场; 因此, 笔者对其进行探析。

### 1 美军 C<sup>2</sup>BMC 系统构成和特征

美军的 C<sup>2</sup>BMC 系统无疑是当今规划最完整、

分布最广泛、功能最丰富、快速可靠的指挥控制系统。美军经过多次试验验证, 以及在沙漠盾牌、沙漠风暴等作战环境中应用的结果表明, C<sup>2</sup>BMC 系统代表了当前指挥控制系统发展的最高水平。

#### 1.1 美军 C<sup>2</sup>BMC 系统构成

美军 C<sup>2</sup>BMC 系统由指挥控制系统、作战管理系统和通信系统 3 部分组成。

指挥控制系统负责对导弹防御行动进行规划和监控, 提供态势感知和规划工具, 以及决策辅助应用程序, 实时地将信息和防御备选方案进行综合, 为基于可靠信息的决策和缩短决策周期提供作战辅助, 使指挥人员能够根据快速变化的态势和威胁情况迅速对资源进行转移和重新分配, 使隶属于不同军兵种的预警探测和拦截武器系统高效协同作战。

作战管理系统制定详细的用于执行各种导弹防御功能的指令(任务计划), 控制拦截弹的发射, 协调助推段、中段和末段的分层拦截, 进行目标值探测、跟踪、分类、交战和杀伤评估, 利用地基、海

基和机载等传感器并选择最佳武器进行拦截。传感器组网和融合功能将从轨迹相关向特征辅助识别和异类传感器融合发展,支持一体化火力控制。

通信保障系统利用全球通信网、国防信息系统网、数据链无缝连接全球各地导弹防御系统,通过系统间的数据交换实现各类用户的态势共享和作战协同。美国国防部正在实施一项大型数据管道计划——全球信息栅格带宽扩充(GIG-BE)联网技术,其目的是提供足够的带宽,为 BMDs 提供通信能力,有效地管理和分配重要数据。

## 1.2 美军 C<sup>2</sup>BMC 系统特点

### 1) 独特的自主运作模式。

弹道导弹飞行速度快,从发射到击中目标仅几分钟至几十分钟,反导指挥控制几乎不能依靠人的决策和干预,在极短的时间内完成来袭的弹道导弹威胁判定、传感器网组织、真假弹头识别、火力分配、拦截控制、效果评估和再次组织拦截等作战过程。美军 C<sup>2</sup>BMC 系统采用自主运作的基本模式,建立系统自主运作规则和自主运作管控模型,使反导作战时指挥控制系统可按设定的规则和管控模型全自动运作,人仅处于监控状态,只有在发生意外需要取消拦截或改变拦截方案时,才进行人工干预。

### 2) 完备的作战预案机制。

由于弹道目标的特殊性,战时没有充分的时间临机处置计算和研究反导作战计划;因此,美军 C<sup>2</sup>BMC 系统针对反导作战面临的威胁,根据各种拦截准则和预期成功率,事先制定完善的对威胁目标的全程预警、识别和多层交战作战的预案集,战时 C<sup>2</sup>BMC 系统按照拦截作战策略和原则迅速匹配出最佳预案,通过动态调整生成实时作战计划。作战预案几乎是反导实际作战指挥程序的全部依据,牵引着作战中每个过程的具体动作实施。

### 3) 苛刻的时空精准性。

弹道导弹发点、落点计算的精确性,是准确判断弹道导弹威胁和制定有效反导作战计划的依据;传感器交班点和目标指示点的精确性,可使传感器能够尽早截获、连续跟踪弹道导弹目标;真假弹头的准确识别,是反导体系能否有效拦截的根本保证;末端导窗口确定的时空精准性,决定了拦截弹能否准确捕获目标;指挥控制信息分发的时效性,决定了反导体系的快速作战反应能力和紧密系统协同程度。因此,美军对 C<sup>2</sup>BMC 系统的时空精准性要求非常苛刻,比防空作战高出一个数量级,并将指挥

控制信息处理、作战指挥和信息分发的时空精准性作为 C<sup>2</sup>BMC 系统关键能力建设,使其对反导作战过程进行精准控制。

### 4) 作战资源的整体管控。

反导作战不仅要求对全部作战资源的使用进行统筹规划,而且要求以有序、平滑和连贯的方式统一实施管控操作。美军 C<sup>2</sup>BMC 系统按反导作战计划,统一管控传感器网、优化配组传感器—武器单元、有效分配—组合火力;使反导体系能按时序有效联动,有计划、有目的地探测、跟踪、识别和拦截。C<sup>2</sup>BMC 系统对作战资源的统一管理和控制,可最大限度地发挥传感器网的探测、跟踪、识别能力,提升拦截武器系统对来袭弹道导弹的杀伤率。

## 2 美军 C<sup>2</sup>BMC 系统的地位作用

作为国家战略防御体系的核心,弹道导弹防御系统(ballistic missile defense system, BMDs)是为保卫重要政治、经济和军事目标,对来袭弹道导弹进行发现、跟踪和拦截的综合性防御系统。美国是最有实力且最积极发展弹道导弹防御技术的国家,其 BMDs 的建设与发展也遥遥领先于他国。美国的 BMDs 包含助推段、中段和末段的分层拦截体系,已经部署的武器系统包括地基中段防御(ground medium-phase defense, GMD)、“宙斯盾”海基防御(aegis)、末段高空区域防御(terminal high altitude area defense, THAAD)和“爱国者”(patriot anti-tactical, PAC)等。美军通过 C<sup>2</sup>BMC 系统将这些地理上部署全球的防御设备及遍布陆、海、空、天的预警侦察探测系统有效地集成到一起,扩大探测和交战能力,从而对来袭导弹进行无缝探测、跟踪,实现各类防御武器的最佳协同配合,达成最好的拦截效果。由此可见,C<sup>2</sup>BMC 系统是弹道导弹防御系统的核心,是武器系统的“中枢”,整个战场的“大脑”。

美国弹道导弹防御系统的顶层设计中 C<sup>2</sup>BMC 系统横跨原理、组成 2 部分,担负集成功能,其 BMDs 顶层结构如图 1 所示。从图中可以看出:如果没有 C<sup>2</sup>BMC 系统,美军将只能拥有单个传感器或武器系统的松散集合,虽然这些系统在特定领域表现良好;但不能最优地执行任务,延伸到全球,更无法实现多重覆盖,美国也将不会拥有真正有效的导弹防御系统。在拥有 C<sup>2</sup>BMC 系统后,首先 C<sup>2</sup>BMC 作为力量倍增器,所有武器系统实现全部潜能,实现 BMDs 强于部分之和的目标;其次,C<sup>2</sup>BMC

系统为连接单个武器系统的能力提供网络和运行框架，为遍布全球的部队提供综合防御能力；再次，为了最好地利用资源，C<sup>2</sup>BMC 系统让作战人员在规划和执行过程中协调传感器和武器，做到各种资源的有序协调运用；最后，通过 C<sup>2</sup>BMC 系统延伸战场空间，支持多重交战，增大成功拦截概率。因此，

C<sup>2</sup>BMC 系统是整个庞大的美国导弹防御系统的综合集成系统，使得美军最终拥有一个能击败当今和未来弹道导弹威胁的、真正的、分层防御系统，能够在全球分布的多个战区使用，可以对来袭目标进行威胁排序、优化决策，并利用防御武器达到最佳作战效果。

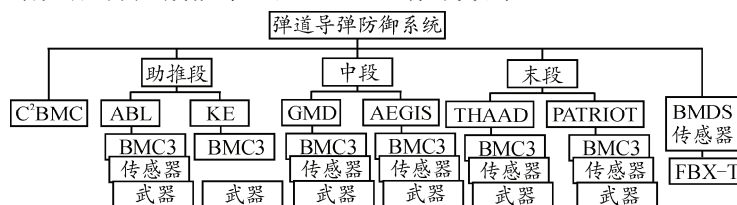


图1 弹道导弹防御系统顶层结构

### 3 美军 C<sup>2</sup>BMC 系统的关键技术

从美军研制建设 C<sup>2</sup>BMC 系统过程看，就是围绕 3 个问题展开的：“是什么(what)”、“为什么(why)”和“如何做(how)”。“是什么”是回答 C<sup>2</sup>BMC 系统的概念问题；“为什么(why)”是回答 C<sup>2</sup>BMC 系统在研制建设过程中的地位和作用；“如何做(how)”则是解决 C<sup>2</sup>BMC 系统如何研制与应用问题，即相当于 C<sup>2</sup>BMC 系统关键技术的研究。C<sup>2</sup>BMC 系统涉及的主要关键技术包括总体设计技术、作战建模技术、弹道导弹联合防御计划生成技术、自动任务分配和火力协同技术、自主式反导实时指挥控制技术、基于目标的作战管理技术、时空一致的态势生成技术以及高速组网通信技术。

#### 1) 总体设计技术。

反导作战是集各类传感器、指挥控制系统、武器平台等装备于一体的体系作战，反导指挥控制系统建设涉及战略、战役和战术多个层次，专业面广、技术复杂，需要统一规划、统一设计。反导指挥控制系统总体设计技术包括体系顶层规划和各类指挥平台的总体设计技术，其中包括指挥关系、信息组织、体系结构和反导指挥的分析研究，以及各类综合指挥中心反导指挥控制分系统、战术级指挥控制系统的功能规划、作战指挥模型等总体设计技术。其中体系结构设计和系统建模设计是主要的难点技术。

#### 2) 作战筹划建模技术。

反导作战筹划建模技术，主要包括建立反导武器系统威力模型、兵力部署及使用评估模型、作战方案的自动生成及优选模型、交战及智能化评估模型等，为指挥员提供更科学准确的决策依据，制定出更合理的作战方案。

#### 3) 弹道导弹联合防御计划生成技术。

弹道导弹联合防御作战是一种基于预案的作战样式，必须在平时收集的弹道武器性能、部署情报、突防措施、发射频度及综合威胁能力分析基础上，设置敌方各种可能的攻击想定，基于联合拦截效能、预期成功率和特定拦截需求，利用传感器模型、指挥控制模型、武器模型及辅助计算工具，协同拟制对想定攻击的弹道导弹全程预警、跟踪、识别和多层交战的作战预案，并按时序进行推演和评估。涉及战场环境分析、传感器/指挥控制/武器模型、拦截准则、联合拦截计划模型，预案生成/推演/评估和管理等多项重难点技术。

#### 4) 自动任务分配和火力协同技术。

自动任务分配和火力协同是指反导作战各阶段任务分配、目标分配，指挥控制系统对中段拦截武器间的协同、中段拦截武器与末段高层拦截武器的协同和末段高低层拦截武器的协同，以及区域内各武器系统的优化运用和作战进程的自动联动，保证作战效能的最大发挥，保持作战行动的高度协调性及一致性，是提高体系整体作战效能的关键。主要技术有任务动态分配、武器与目标关联、协同判断及自动控制、网络化协同控制建模、动态火力通道构建、射击控制闭环与评估、网络化火控仿真与测试等。

#### 5) 自主式反导实时指挥控制技术。

为提高反导作战指挥的实时性和精确性，反导指挥控制系统需根据反导预警信息系统发送的弹道导弹预警信息，快速计算弹道导弹的轨道参数，预测落点和时间，并根据拦截武器系统部署的位置和反导性能分析射击能力，计算射击参数，优选拦截武器，快速确定拦截方案，组织作战力量进入战斗状态。主要技术难点有威胁判断、快速优化决策、

智能/无人控制、弹道导弹数据的实时分析、轨道和落点计算模型、武器射击计算模型和自动拦截方案生成模型等。

#### 6) 基于目标的作战管理技术。

在反导作战过程中,指挥控制系统需完整掌握传感器网、武器交战网的运行状态,根据作战进程,对传感器网和武器交战网进行统一的管控,对反击弹道导弹目标进行作战资源统一分配,包括传感器—目标分配技术、武器—目标分配技术。传感器—目标分配技术是指对多批目标分别选择最有效的传感器和数量进行探测,形成最佳传感器使用方案的技术;武器—目标分配技术是指对多批目标分别选择最有效的武器和数量进行拦截,形成最佳兵力、兵器使用方案的技术。

#### 7) 时空一致的态势生成技术。

对多介质、多手段报知的目标信息,包括天基、空基、陆/海基探测、侦察平台报知的目标位置信息、图像信息、电磁回波信息、技侦信息和电抗信息等进行融合处理,实现目标属性和伪装目标识别,为反导态势生成与威胁判断提供依据,建立高度时空一致的防空反导态势图。主要技术有远程相控阵雷达和目标跟踪雷达的信息综合处理技术、红外预警卫星/超视距雷达/远程相控阵雷达等探测数据与侦察情报/谍报数据等的融合处理技术、防空反导态势图生成技术等。

#### 8) 高速组网通信技术。

主要包括地面光缆骨干网、空中骨干数据链网和卫星通信网的组网通信技术,用于构建多节点、多路由、可变更的空天地一体的信息栅格网络,满足高速、强时效的防空反导信息传输的要求。其中数据链动态组网、时统同步和无中心组网等是组网通信技术的难点技术。

### 4 对空天防御指挥控制系统建设的启示

美国空天防御的核心就是弹道导弹的防御问题。通过研究美军 C<sup>2</sup>BMC 系统,对建设我军的空天防御指挥控制系统具有很强的借鉴意义。

#### 1) 加强统一规划和顶层设计。

美军 C<sup>2</sup>BMC 系统的研制建设特别重视统一规划的顶层设计理念,在空天防御指挥控制系统的建设中,必须深化作战需求研究,把握好指控系统与战略预警、拦截打击武器系统等各要素的关系,做到统一规划、一体设计、相互衔接、同步建设。强

调对空天防御指挥控制系统进行顶层设计,统一技术体制和标准规范,科学确立系统使命任务、主要功能、能力指标和系统结构等要素。

#### 2) 深化开展空天防御指挥控制系统理论研究。

理论是行动的先导。C<sup>2</sup>BMC 系统的建设与美军的指控计划(command and control research programmer, CCRP)密不可分。空天防御指控系统建设理论是空天防御指控系统建设实践的行动指南,搞好空天防御指控系统建设,必须有科学的理论作指导。而要做到这一点,理论研究工作尤为重要。空天防御指控系统建设理论研究主要包括基础理论、技术理论和应用理论等。其中基础理论是揭示空天防御指控系统建设的一般规律与方法的理论;技术理论是空天防御指控系统建设相关的专项技术理论;应用理论则是从不同领域不同范畴研究空天防御指控系统建设特殊规律与具体方法,是对基础理论和技术理论的具体运用。

#### 3) 加强关键技术的预研和仿真。

空天防御指控系统建设是一个全新的课题,涉及新技术多、探索性强、难度大,加之空天防御作战对指挥控制系统需求的不断变化,可采用“边研制一边试验一边改进一边部署”的技术路线开展系统建设研究。从美军 C<sup>2</sup>BMC 的独特特征分析空天防御作战指挥控制具有其自身的特性,需要对其关键技术进行专门研究和演示验证。其次,应建立以指挥控制为核心,融合预警侦察探测、拦截武器等功能要素的空天防御指挥控制作战实验室,作为空天防御指挥控制系统的试验和研究平台,对空天防御作战全过程的指挥体系结构、指挥方式、指挥内容、指挥手段、信息流程、典型战法、协同关系、作战预案和作战效能等进行验证评估。

#### 4) 重视空天防御指挥控制结构设计。

空天防御作战具有重大的战略意义,作战决策由最高统帅部下达,空天防御指控系统必须具备使作战效能达到最大化的指挥控制能力,主要表现在:指控系统能够来自各类预警信息所融合形成的态势迅速鉴别并分离空气动力目标和弹道目标;在空气目标和弹道目标同时出现的情况下实时完成各种参数的计算,确定武器和传感器的合理部署,制定拦截计划,及时跟踪和识别目标,预测目标轨迹。为了提高系统反应时间,应尽可能地减少指挥层次,优化控制结构。这对探索构建我军扁平化、网络化空天防御指挥体制也有重要启示作用。