

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.02.003

基于 DoDAF 的“宙斯盾”防空作战体系结构

马颖亮^{1,2}, 黄定东², 王保乳¹

(1. 海军航空工程学院研究生管理大队, 山东 烟台 264001; 2. 中国人民解放军 91640 部队, 广东 湛江 524064)

摘要: 以美军“宙斯盾”舰队防空系统为背景, 研究编队防空 C⁴ISR 的作战过程。分析“宙斯盾”系统的系统组成和“宙斯盾开放式体系”, 介绍 DoDAF 体系结构设计方法, 给出其开发过程, 采用 DoDAF 体系结构对“宙斯盾”防空作战过程进行建模, 通过不同的作战视图对作战资源、节点关系、信息流向进行描述。结果表明: 该体系能提供多视角的系统描述, 为作战决策人员和工程人员提高系统效能、改进作战环节提供辅助依据。

关键词: DoDAF; 宙斯盾; 作战视图

中图分类号: TJ03 **文献标志码:** A

AEGIS Air Defense System Architecture Based on DoDAF

Ma Yingliang^{1,2}, Huang Dingdong², Wang Baoru¹

(1. *Administrant Brigade of Postgraduate, Naval Aeronautical & Astronautical University, Yantai 264001, China;*

2. No. 91640 Unit of PLA, Zhanjiang 524064, China)

Abstract: Studying the operational process of fleet air defense C4ISR system, take the background of the USA AEGIS fleet air defense system. Analysis the structure of the AEGIS and the AEGIS open architecture, introducing design approach of DoDAF architecture and giving the develop process. DoDAF is adapted in the modeling process of AEGIS air defense; operate resources, relationship of nodes, information bearing are described by the different operational views. The results show that the system can provide multi-perspective description of the system, providing auxiliary basis for operational decision-making and engineering personnel to improve system performance.

Key words: DoDAF; AEGIS; operational views

0 引言

随着信息技术、通信技术和航空航天等技术的不断发展, 舰艇平台已经从单纯的武器控制向情报处理、武器控制和侦察通信等指挥作战一体化模式演进。进入 20 世纪末, 随着“网络中心战”的兴起, “海陆空天一体化”研究的展开, C⁴ISR 系统已经成为现代战场上的“力量倍增器”。2004 年 2 月, 美国国防部在原有 C⁴ISR 体系结构框架的基础上, 颁布了《国防部体系结构框架 (DoD architecture framework, DoDAF)》的 1.0 版本, 用于指导国防指挥控制系统和商业运作过程的体系结构描述^[1]。2007 年 4 月和 2009 年 5 月, DoDAF 的 1.5 版本和 2.0 版本相继颁布^[2], 使得整个结构框架对 C⁴ISR 系统的描述更加准确、细致、全面。笔者以美军“宙斯盾”舰队防空系统为背景, 结合 DoDAF 体系结构框架, 研究编队防空 C⁴ISR 系统的作战过程。

1 “宙斯盾”开放式体系研究

“宙斯盾”武器系统是当今世界上较先进且具代表性的舰载防空武器系统, 它具备了高度的集成

能力和强大的多任务处理能力, 能同时应对来自水面、水下、空中甚至陆地的威胁。美国海军为了“宙斯盾”系统能够在未来发展中具有更强的兼容性和适应性, 提出了“宙斯盾”开放式体系 (aegis open architecture, AOA)。

1.1 “宙斯盾”系统组成

“宙斯盾”舰队防空系统主要由多功能相控阵雷达、武器控制系统、导弹火控系统及发射系统以及维护测试设备等组成^[3]。笔者主要讨论与“宙斯盾”防空作战系统有关的部分, 主要包括: 1) AN/SPY-1A 多功能相控阵雷达; 2) MK-1 指挥和决策分系统 (C&D); 3) “宙斯盾”显示系统 (ADS); 4) MARKS 武器控制系统 (WCS); 5) MK99 导弹火控系统 (CPS); 6) “标准”舰空导弹。

1.2 基于开放式体系的“宙斯盾”系统结构研究

近年来, 美国海军对“宙斯盾”系统提出了开放式的结构要求^[4], 以期适应海军舰艇的升级周期, 提高“宙斯盾”系统的适应性, 达到以下几个要求:

1) 坚实的框架结构。在系统框架范围内, 未来

“宙斯盾”系统需要定义良好的组件功能和接口，提高升级能力；系统部件研制基于公开的工业标准和协议框架，使得主流的检测设备、器材和经验得以应用于系统中。

2) 可承受性。系统的软件具备通用性，同一种功能在多种平台上共用；减少软硬件的测试更新花费，提高系统的可维护性和可升级性。

3) 通用性。在水面舰艇上尽可能使用通用部件，提高通用性。

为此，“宙斯盾”开放式体系结构的主要特点即为分层和通用，即尽可能多的将模块化和通用化的思想应用到系统中去(如图 1)。

图 2 给出了“宙斯盾”系统的模块结构，根据要求，在系统的软硬件设计过程中，系统主要采取按功能分类的模块化设计方法，将防空系统分为若干个子系统，方便功能重用，降低开发成本，提高系统可靠性。

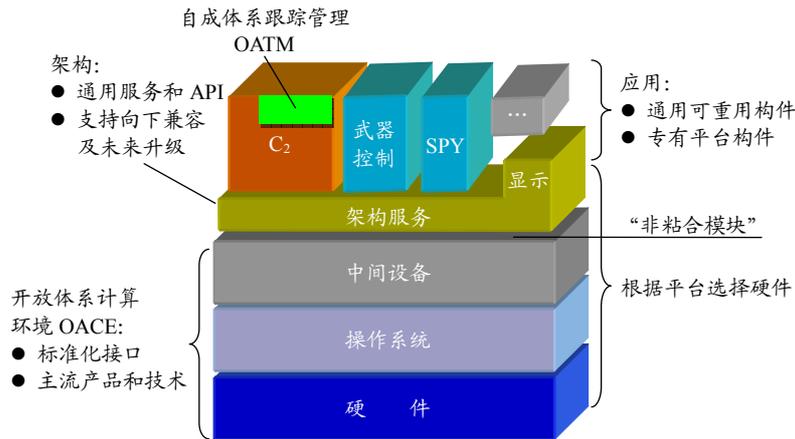


图 1 “宙斯盾”开放式体系结构

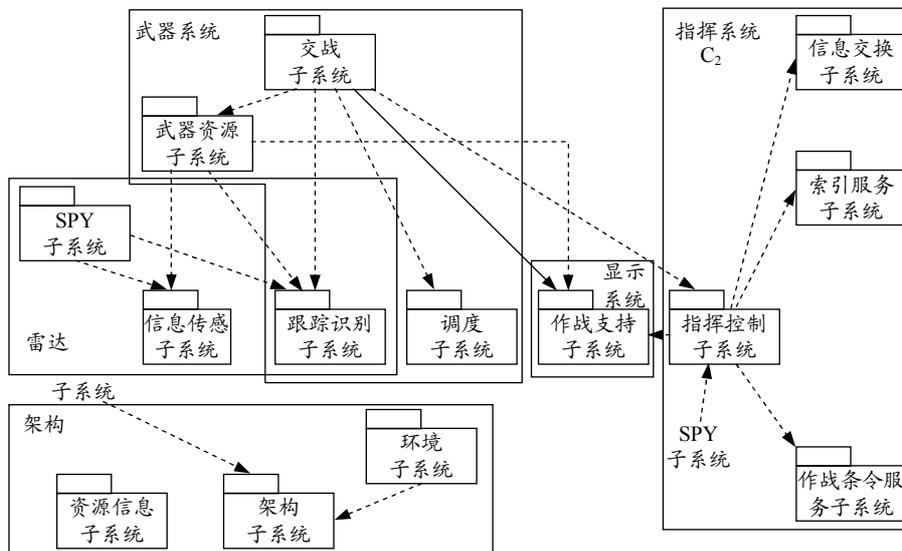


图 2 “宙斯盾”系统结构建模

由于“宙斯盾”系统涉及到众多组件，功能复杂，不同的作战对象、信息驱动都会指向不同子系统，因此，笔者采用 DoDAF 建模方法对“宙斯盾”系统的作战过程进行描述建模。

2 DoDAF 体系结构设计方法

2.1 DoDAF 体系结构开发过程

如图 3，DoDAF 中对体系结构的开发过程规定

为 6 个步骤。

1) 确定体系结构的预期用途。在开发体系结构之前要能清晰地描述其预期用途：为什么要开发这个体系结构、各部门将按照此结构运行。

2) 确定体系结构的范围。体系结构的范围被定义为：确立体系结构深度和广度的边界^[1]。

3) 确定体系结构开发所需的数据。根据每一步操作者的输入，选择操作内容、系统、服务以及技

术视图的数据、属性、规则。在这一步骤中需要确定实体数据的细化级别和属性, 为第 4 步的收集数据做好准备。

4) 采集、组织、关联和存储体系结构数据。一旦确定所搜集的数据, 体系结构数据将被分类、组织、关联在一个自动的数据库中, 以便后期的分析和使用。

5) 为实现体系结构目标进行各种分析。为了确定体系结构数据是否满足系统进程的初始运作, 需

要对数据进行多项分析。为了确认追加的数据是否有利于系统更好地运行, 需要将步骤 3~5 重复进行, 以期取得最优效果。直到获得这一过程的操作用户批准, 这一步骤方可完成。

6) 根据决策者的需求表示各种结果。根据决策者的需求, 将系统中的数据、分析结果以不同的方式呈现。DODAF 主要是通过体系结构产品和视图来将潜在的数据以不同的视角呈现出来。

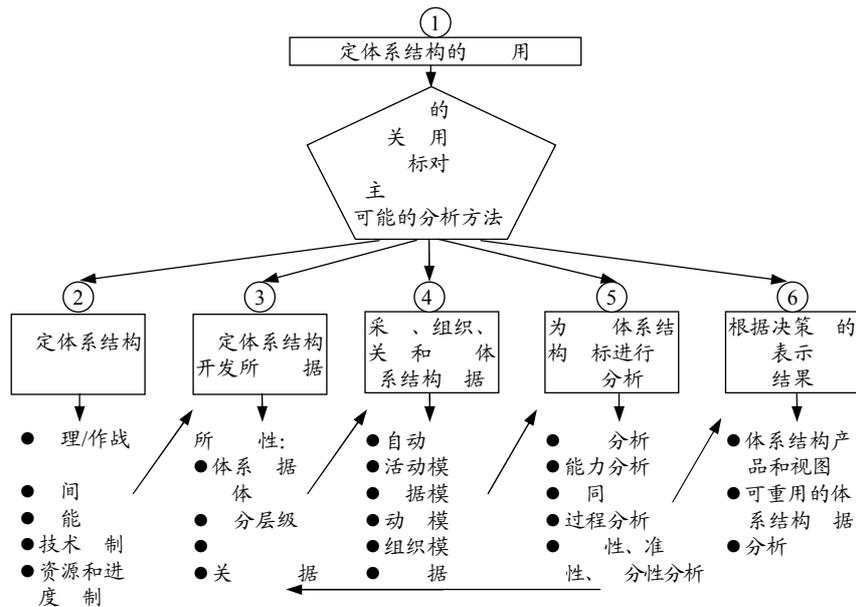


图 3 体系结构的开发过程

2.2 DoDAF 的视图描述



图 4 DoDAF V2.0 中的体系结构视角

在 DoDAF V1.5 中, 体系结构的描述由作战视图(OV)、系统视图(SV)和技术视图(TV)3 部分共 26 个视图产品组成, 它使得对体系结构的需求规范化描述, 并可以提交统一标准的文档。而在最新发布的 DoDAF V2.0 版本中, 则明确了体系结构是以

数据为中心, 而非以产品为中心。DoDAF 模型是按照决策者需求定制或组合, 模型构建的原则为“适用”(Fit-for-Purpose)。

为了方便体系结构的构建与理解, DoDAF V2.0 中一共提出了 7 个视角(如图 4)对体系结构进行描述, 并且为了与标准化组织要求一致, 新版体系结构的描述用语从“视图(Views)”变为“视角(Viewpoint)”。

笔者主要是对“宙斯盾”系统的作战过程进行研究, 因此主要讨论体系结构中的作战视角。作战视角的组成产品如表 1。

表 1 作战视角构成

视图名称	视图作用
OV-1: 高级作战概念图	对作战概念的高层次图形/文本描述。
OV-2: 作战资源流描述	对作战活动间的资源交换流的描述。
OV-3: 作战资源流矩阵	对所交换的资源及该交换相关属性的描述。
OV-4: 组织关系图	组织背景、角色以及组织间的其他关系。
OV-5a: 作战活动分解树	以层次结构组织的能力和活动(作战活动)。

续表

视图名称	视图作用
OV-5b: 作战活动模	能力和活动(作战活动)的背景以及活动、和出间的关系: 据可以给出、行其他相关信息。
OV-6a: 作战模	用描述活动(作战活动)的模。标识作战的务。
OV-6b: 描述	用描述活动(作战活动)的模。标识件(通的活动)相应的务过程(活动)。
OV-6c: 件踪描述	用描述活动(作战活动)的模。踪景系件中的行

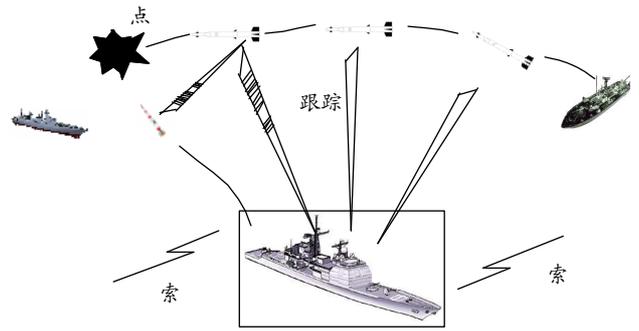


图 5 “宙斯盾”防空作战高级概念视图 OV-1

3 基于 DoDAF 的“宙斯盾”系统对空防御过程建模

3.1 高级作战视图构建

OV-1 高级作战概念图式对作战概念的高层次图形/文本描述。它提供了最综合的作战概念描述和作战的背景。图 5 所示的概念视图描述了“宙斯盾”系统对敌方来袭导弹的拦截一般经历搜索、截获、跟踪、发射和照射等阶段。

通常, 美军航母编队中的 E-2C 预警机最先发现来袭的飞机或导弹, 并通过海军数据分发系统传输给水面“宙斯盾”平台, 使其 AN/SPY-1A/B 雷达波束提前对准导弹来袭方向^[5]。

3.2 作战资源流描述

OV-2 确定各节点动作的依赖关系并对其建模。DoDAF 将这些依赖定义为需求线(needlines)。确定需求线的主要方法有 2 种:

1) 通过用例图确定节点间对信息流向所表现出来的依赖本质, 并指定相应的需求线。给需求线一个定向的组件, 使其能从消费者(对于该关系)导航到服务或信息的提供者。

2) 通过该对用例流的描述和用例序列的分析, 得到作战资源流的需求关系。根据这种方法, 笔者可以按照一定的步骤来描述系统的作战视图, 图 6 给出了作战视图的开发步骤。

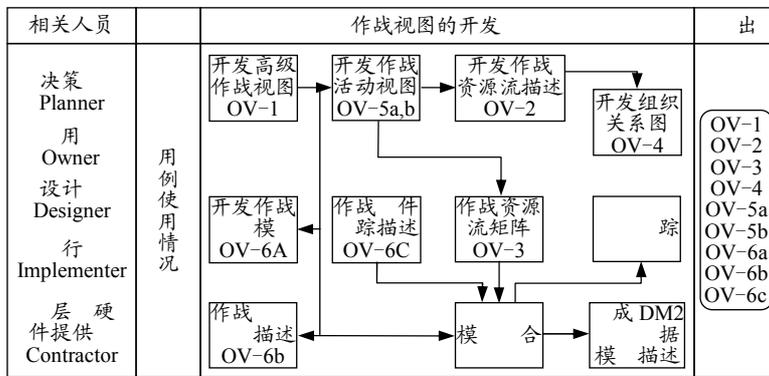


图 6 作战视图 OV 的开发步骤

限于篇幅, 文中并未给出全部作战视图, 只是选择了开发过程中有代表性的部分视图来描述“宙斯盾”系统的防空作战资源流向过程。

图 7 给出的是全系统在整个防空作战过程中的资源描述(OV-2), 反映了“宙斯盾”防空系统的作战过程: 在由 SPY-1 雷达独自搜索目标时, 如果其 4 个阵面中有一个波束发现目标, 雷达计算机便分配更多的波束照射该目标并自动转入跟踪, 同时将该目标的诸元送给指挥和决策分系统对目标进行敌我识别和威胁评估, 分配拦截武器, 把判断结果和

分配武器反击的指令送到武器控制系统。然后, 武器控制系统根据从 SPY-1 雷达获得的跟踪数据计算火控参数, 自动指定导弹发射装置和准备要发射的标准 2 导弹。导弹发射后, 在飞行的前段采用惯性导航, 在进入末段弹上半主动雷达寻的导引头工作最佳范围后, 通过 MK-99 照射控制系统照射目标, 为导弹提供照射波。导弹寻的头根据火控分系统照射器提供的目标反射波束自动寻的。引炸后, AN/SPY-1A 雷达进行杀伤效果判断, 决定是否需要再次拦截。

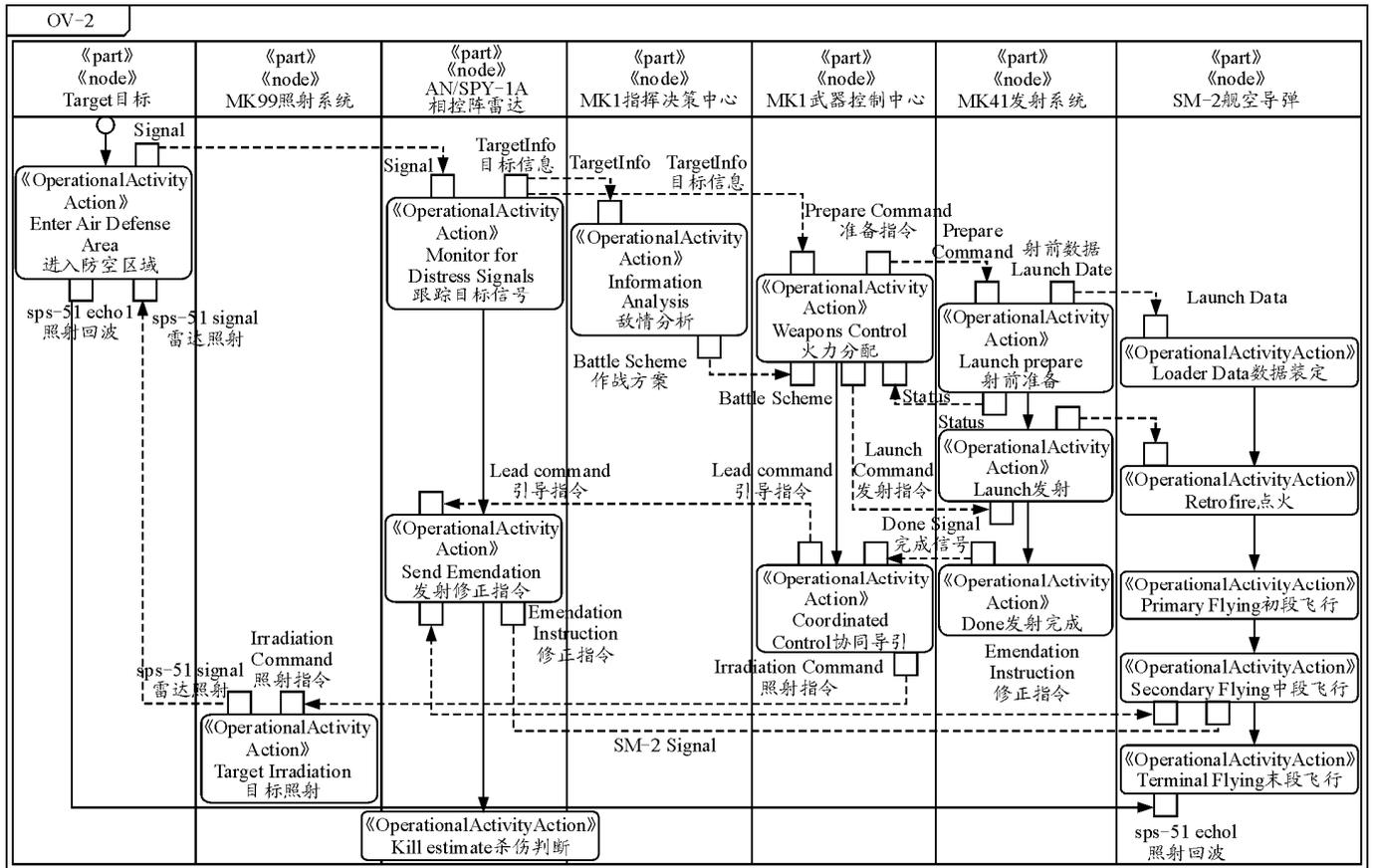


图7 AN/SPY-1A 雷达活动模型 OV-6b

在系统模型开发过程中, 整个过程被分为若干个子过程。按照 OV-1 的时序划分, 可以将系统划分为搜索、截获、跟踪、发射和评估等阶段。而在发射阶段又可以分为射前准备、

惯导飞行、末段半主动寻的飞行等。图 8 给出的就是在导弹末段飞行过程中, 系统的活动模型 (OV-5b), 反映的是节点间的时序动作和信息流向。

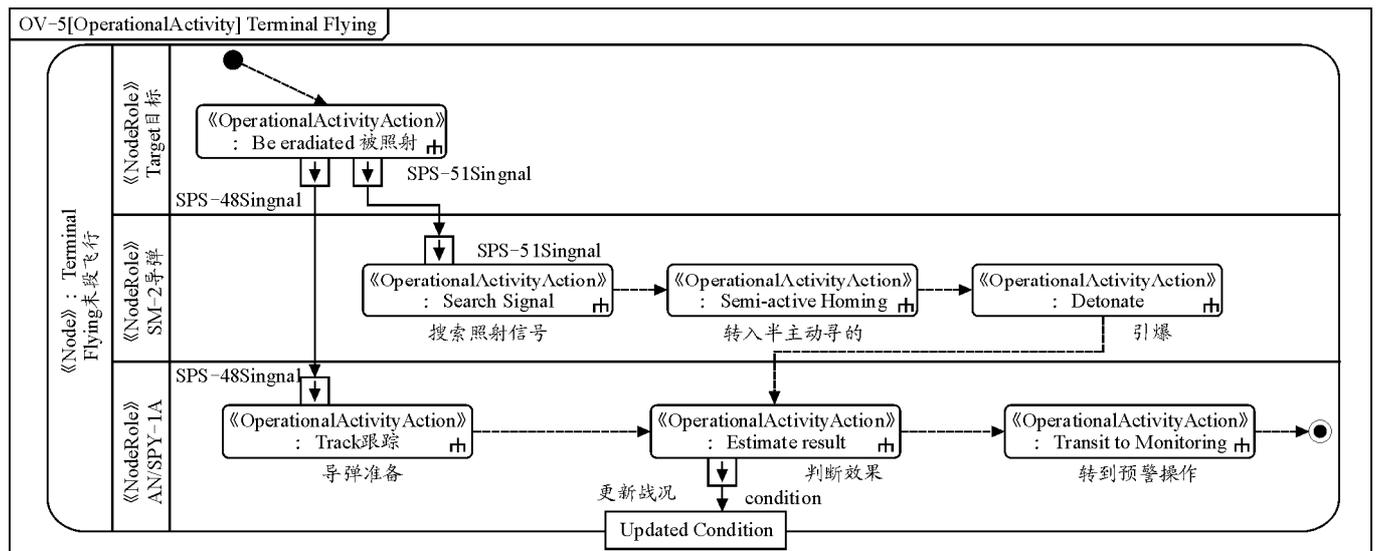


图8 末段飞行系统活动图

(OV-5b)系统的底层软硬件提供者不仅需要了解节点间的信息流向, 同时也有明了节点内的信息

产生与消耗。图 9 给出的是 AN/SPY-1A 雷达节点的活动模型, 反映了在作战过程中雷达的活动状态。