

引用格式:高松,滕克难,陈健,等.基于DoDAF的防空反导电子对抗装备体系结构建模[J].电光与控制,2020,27(4):26-31. GAO S, TENG K N, CHEN J, et al. DoDAF-based architecture modeling of equipment system of systems for electronic countermeasure in air defense and anti-missile combat [J]. Electronics Optics & Control, 2020, 27(4):26-31.

基于 DoDAF 的防空反导电子对抗装备体系结构建模

高松^{1,2}, 滕克难¹, 陈健¹, 王奕¹

(1. 海军航空大学, 山东 烟台 264001; 2. 中国人民解放军 91115 部队, 浙江 舟山 316000)

摘要:针对当前岛礁防空反导作战研究热点,以岛礁防空反导电子对抗“软抗击”的装备体系需求分析为输入,提出了基于美国国防部体系结构框架标准,运用TD-CAP软件进行装备体系结构模型构建的方法和步骤,主要选取了部分作战视角和系统视角描述模型,给出了较为全面、直观的岛礁防空反导电子对抗装备体系顶层概念框架。通过体系结构验证评估分析,验证了该体系结构具有完整性和一致性,可为未来岛礁防空反导电子对抗作战及装备发展提供思路与借鉴。

关键词:防空反导; 电子对抗; DoDAF; 岛礁; 装备体系; 建模

中图分类号: TP303; E074 文献标志码: A doi:10.3969/j.issn.1671-637X.2020.04.006

DoDAF-Based Architecture Modeling of Equipment System of Systems for Electronic Countermeasure in Air Defense and Anti-missile Combat

GAO Song^{1,2}, TENG Ke'nan¹, CHEN Jian¹, WANG Yan¹

(1. Naval Aeronautical University, Yantai 264001, China; 2. No. 91115 Unit of PLA, Zhoushan 316000, China)

Abstract: The study focuses on air defense and anti-missile combat on the island, and takes the requirement analysis of “soft resistance” equipment system of systems for electronic countermeasure in air defense and anti-missile combat on the island as the input. By using TD-CAP software, the methods and steps of constructing the architecture model of equipment system of systems are proposed based on the Department of Defense Architecture Framework (DoDAF) standard. Some of the models describing the equipment system of systems from the perspectives of operation and the whole system are selected, and a relatively comprehensive and intuitive top-level conceptual framework of the equipment system of systems for electronic countermeasure in air defense and anti-missile combat on the island is given. Through the verification and evaluation analysis of the architecture, the integrity and consistency of the architecture are verified. The study can serve as a reference for future operations and equipment development of electronic countermeasure in air defense and anti-missile combat on the island.

Key words: air defense and anti-missile; electronic countermeasure; DoDAF; island; equipment system of systems; modeling

0 引言

防空反导电子对抗是为应对空袭威胁而采取的电子对抗作战手段,主要采用电子战支援、电子攻击、电子防护等作战方式,以防御为主执行电子侦察、预警、干扰、欺骗等任务,对来袭飞机/导弹类武器装备进行

防空/反导作战,或协同防空作战部队进行目标拦截。岛礁作为海军要地之一^[1],对防空反导电子对抗“软抗击”的装备体系建设需求迫切。基于美国国防部体系结构框架(Department of Defense Architecture Framework, DoDAF)标准2.0版^[2],以“数据为中心”,运用国内某公司开发的TD-CAP体系结构设计软件工具平台,以XML结构化及非结构化分析为主要方法,构建在岛礁防空反导作战想定中,电子对抗的DoDAF装备体系结构描述模型,给出岛礁防空反导电子对抗军事装备需求的顶层、全面的描述^[3]。

收稿日期:2019-04-10 修回日期:2019-05-07

基金项目:国家社会科学基金(13GJ003-140)

作者简介:高松(1990—),男,天津人,硕士生,助工,研究方向为海军航空、导弹装备发展。

1 体系结构模型的构建过程及方法

岛礁防空反导电子对抗装备体系的构建,首先是对岛礁防空反导作战任务需求及电子对抗装备体系不同视角的描述模型、映射关联矩阵进行分析与构建,再对构建的体系结构进行验证评估及优化,通过反复迭代、螺旋上升、逐步完善,最终完成体系结构的整体构建。其构建过程可分为6个主要阶段。

1) 作战任务需求分析。通过对岛礁防空反导电子对抗作战使命任务和岛礁方向安全环境现状分析,明确防空反导电子对抗作战环境及面临的主要空袭威胁^[4],为岛礁防空反导电子对抗装备体系设计奠定基础。

2) 全视角及能力视角体系结构描述。构建岛礁防空反导电子对抗装备体系全视角 AV-1, AV-2 模型,界定有关体系结构描述的总体范围和背景信息;构建 CV-1, CV-2, CV-3, CV-4 等能力视角模型,有助于体系结构构建者减少体系建设风险,并为体系能力建设^[5]提供可视化手段。

3) 作战视角体系结构描述。以作战任务需求分析及全视角、能力视角相关模型为输入,构建 OV-1, OV-2, OV-4, OV-5, OV-6 等作战视角描述模型,对岛礁电子对抗装备体系能力视角定义和各种能力进行想定分析,并描述岛礁防空反导电子对抗作战要素及资源流的交互信息,为体系构建提供技术支持。

4) 系统视角体系结构描述。构建 SV-5 作战活动—系统功能追踪矩阵,确定 OV-5 作战活动模型与系统功能的映射关系;构建 SV-2, SV-4 模型,对岛礁防空反导电子对抗装备体系的各系统之间的连接进行精确描述,以及对每个资源输入/输出的必需数据流的清晰描述;构建 SV-1 模型,从顶层分析作战与系统的资源结构流向等。

5) 关联分析模型构建。通过构建 OV-3 模型,用“需求线”将各作战组织、人员进行作战资源流的连接;通过 CV-5 能力—组织映射模型、CV-6 能力—活动映射模型,建立相关 OV 视角与 CV 视角模型间的动态关联,为实现岛礁防空反导电子对抗体系结构的可执行模型^[6]提供动态映射环境。

6) 体系结构综合评估及优化。运用体系结构开发软件验证评估功能及可执行模型分析等方法,验证模型的完整性、一致性和合理性;运用价值中心法、RIM-ER 体系效能评估方法^[7]、仿真模型、体系结构折中分析法等评估方法,对体系结构及体系效能进行综合评估并不断完善优化,以满足用户的需求。

从体系架构设计角度出发,主要选取 DoDAF 体系结构作战视角、系统视角等9个视角描述模型(图1),构建岛礁防空反导电子对抗装备和作战需求的概念模型,分为10个构建步骤:1) 构建 AV-1,描述体系结构设计的背景、目的、限制条件等摘要信息;2) 构建 OV-1;3) 构建 OV-5b,对作战资源流进行定义;4) 构建 OV-2,绘制需求线;5) 构建 OV-4,给出电子对抗指挥关系及相关部门职能人员职务定位;6) 构建 OV-6c,给出电子对抗作战活动各作战节点间的关系;7) 构建 SV-5,确定作战视角模型与系统视角模型的映射关系;8) 构建 SV-1,对系统接口线进行绘制;9) 构建 SV-4a,标识、分解系统功能;10) 进行体系结构验证评估。

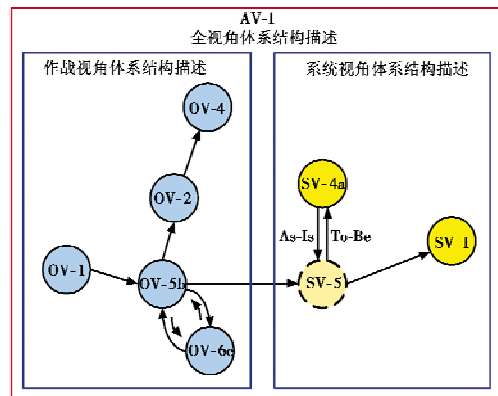


图1 选取的体系结构视角模型及建模过程示意图
Fig.1 Selected model of architecture perspective and the modeling process

2 防空反导电子对抗装备体系结构建模

2.1 全视角模型构建

构建概述及摘要信息模型 AV-1,对岛礁防空反导电子对抗装备体系结构设计的相关概要信息进行描述,以表格形式体现本体系统模型,如表1所示。

表1 岛礁防空反导电子对抗装备体系概述及摘要信息(AV-1)

Table 1 Overview and summary information of equipment system of systems for island air defense and anti-missile electronic countermeasure(AV-1)

序号	概要	具体内容
1	背景	某岛礁遭遇海上方向空袭威胁,电子对抗群指挥电子对抗部队及协同相关电子对抗战位,进行防空反导电子对抗作战,以保护我方岛礁要地安全,系统主要作战对象包括敌方的各种空袭导弹及作战飞机等
2	目的	规划岛礁防空反导电子对抗体系建设蓝图,为设计合理的各子体系提供指导性方案
3	限制条件	建设过程必须依据电子对抗部队、武器装备等发展规划,遵循相关条令法规等
4	模型选择	选取体系结构各视角模型共计8个
5	结论	设计方案通过自身评估、专家评审,基本可行

2.2 作战视角模型构建

2.2.1 高级作战概念图模型(OV-1)

根据岛礁防空反导电子对抗作战任务需求分析,明确防空反导电子对抗高级作战概念模型 OV-1。主要通过图元、图标、图形等可视化建模元素,并配有一定的文字说明^[8],直观地描述电子对抗装备体系要完成

岛礁要地防空反导“软抗击”等作战任务的主要作战样式和行动方式,其中包括了作战系统的各个作战单元和作战目标,以及它们之间的信息和数据的交互情况,如图 2 所示。OV-1 模型的主要用途是便于且能促进各级作战指挥人员之间的交流沟通。

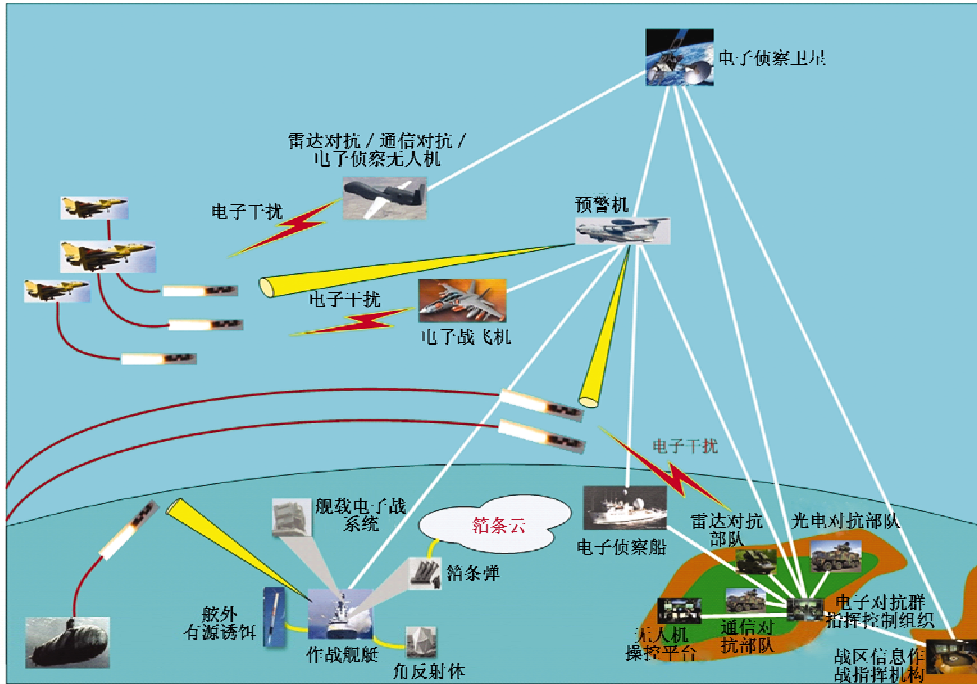


图 2 岛礁防空反导电子对抗高级作战概念图(OV-1)

Fig. 2 Senior operational concept map (OV-1) of island air defense and anti-missile electronic countermeasure

2.2.2 作战活动模型(OV-5b)

岛礁防空反导电子对抗作战活动模型 OV-5b,是根据 OV-1 模型构建的作战活动模型—子图,如图 3 所示。

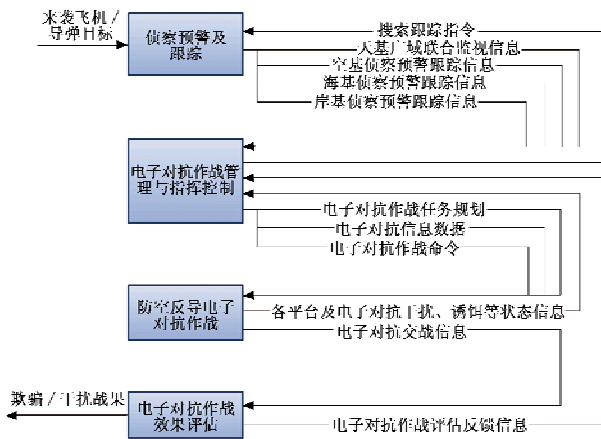


图 3 岛礁防空反导电子对抗作战活动模型—子图(OV-5b)
Fig. 3 Operational model of island air defense and anti-missile electronic countermeasure—subgraph (OV-5b)

OV-5b 模型用于描述岛礁防空反导电子对抗作战活动及活动之间的输入/输出流,同时与作战资源流描

述模型 OV-2 互为补充。OV-5b 模型主要用于描述岛礁防空反导作战想定中正在进行的电子对抗作战活动,主要作战活动从对空袭目标的侦察预警及跟踪开始,在指挥控制系统指挥下,由各电子对抗平台进行侦控干扰,完成对目标的欺骗/干扰等电子对抗“软抗击”,最后对作战效果进行评估,形成一个完整的“侦—控—打—评”作战闭环^[9]。

2.2.3 作战资源流模型(OV-2)

图 4 所示为岛礁防空反导电子对抗作战资源流描述模型 OV-2。OV-2 模型可以在 OV-1 模型的基础上定义岛礁防空反导作战背景中电子对抗作战的能力需求,描述未来岛礁防空反导电子对抗作战任务,以及在岛礁防空反导电子对抗装备体系架构中起重要作用的作战节点和这些节点需完成的作战活动,同时还能描述它们与其他节点间的信息交互关系和需要交换的信息。OV-2 模型主要用于确定岛礁防空反导电子对抗作战的信息流等,还可定义岛礁防空反导电子对抗作战概念、详细描述电子对抗作战能力需求、制定作战计划以及将作战活动分配到资源。

2.3 系统视角模型构建

1) 系统接口模型(SV-1)。

岛礁防空反导电子对抗系统接口描述模型 SV-1 如图 7 所示,SV-1 模型是在 OV-1 模型的基础上,对岛礁防空反导电子对抗系统的组成、接口等进行分析后构建

的^[11]。通过 SV-1 模型可搭建岛礁防空反导电子对抗作战和系统的体系结构之间的桥梁。SV-1 模型主要用于确定、标识岛礁防空反导电子对抗作战体系中侦察预警、指挥控制、平台干扰作战等各个系统及其子系统之间的接口与作战资源之间的交互关系、资源流向等。

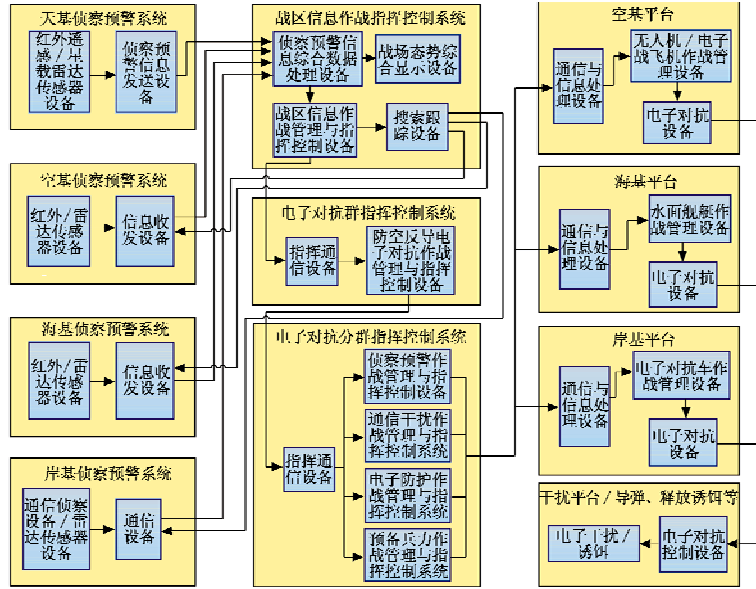


图 7 岛礁防空反导电子对抗系统接口描述(SV-1)

Fig. 7 Interface description of island air defense and anti-missile electronic countermeasure system (SV-1)

2) 系统功能分解模型(SV-4a)。

岛礁防空反导电子对抗系统功能分解模型 SV-4a 与 OV-5b 模型相对应,主要描述岛礁防空反导电子对抗作战体系的系统功能,并采用功能分层分类法,将功

能分解达到合适的颗粒度^[12]。如图 8 所示,岛礁防空反导电子对抗系统功能分解为 5 个功能,各功能按不同作战模型颗粒度需求进一步分解出子功能。

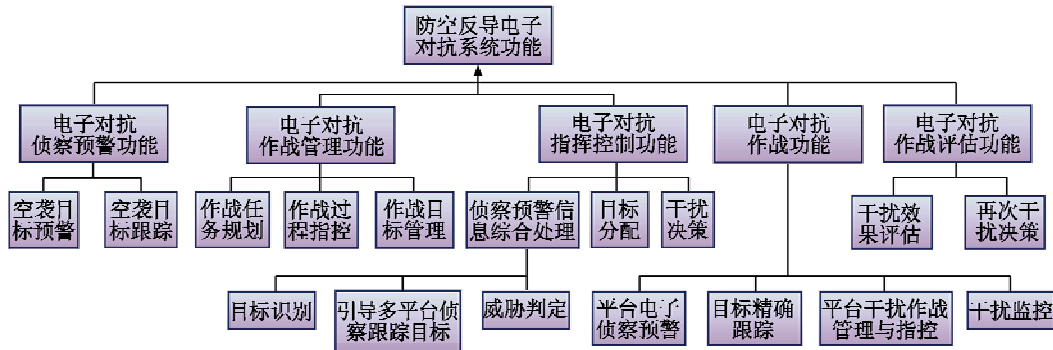


图 8 岛礁防空反导电子对抗系统功能分解模型(SV-4a)

Fig. 8 Functional decomposition model of island air defense and anti-missile electronic countermeasure system (SV-4a)

2.4 体系结构验证评估分析

岛礁防空反导电子对抗装备体系结构的验证评估分析,是通过对 OV-1,SV-1 体系结构总体描述模型分析,选取物理体系结构模型 OV-5b 和逻辑体系结构模型 OV-2,将模型数据转化并生成可执行模型进行验证的^[13]。然后将可执行模型在作战活动规则模型 OV-6a 约束下运行,并通过 OV-6c 进行时序性检验,及 SV-5 作

战活动与系统功能追溯矩阵进行映射验证,比较 OV-2 电子对抗作战资源流中作战活动与 OV-5b 模型中作战活动的一致性,验证 ICOM(Inputs, Controls, Outputs and Mechanisms)线、需求线信息的完整性及合理性。最后运行体系结构开发软件,生成检验结果实例,如图 9 所示,岛礁防空反导电子对抗装备体系结构的作战数据信息与系统数据信息是一致的、完整的。

<p>Need Line to Information Exchange Balance Report OV-5b Activity Model: 岛礁防空反导电子对抗作战 OV-2 Operational Node Connectivity diagram: 岛礁防空反导电子对抗作战资源流 Need Line objects without Information Exchange objects All Need Line objects contain at least 1 Information Exchange Information Exchange objects without corresponding Need Line objects All Information Exchange objects on the Activity Model have a corresponding Need Line Information Exchange objects On Need Line objects not used on the Activity Model All Activities contained on Operational Nodes have a corresponding Activities in the Activity Model Information Exchange to Operational Activity Validation.</p> <p>Operational Activity to Operational Node Balance Report OV-5b Activity Model: 岛礁防空反导电子对抗作战 OV-2 Operational Node Connectivity diagram: 岛礁防空反导电子对抗作战资源流 Operational Nodes without Activities assigned All Nodes contain at least 1 Operational Activity Operational Activities without corresponding Operational Nodes: 防空反导电子对抗作战 Operational Activities on Operational Nodes not on Activity Model All Activities contained on Operational Nodes have corresponding Activities in the Activity Model.</p>

图9 完整性及一致性检验报告

Fig.9 Report of integrity and consistency inspection

3 结论

本文以岛礁防空反导电子对抗作战任务需求为基础,基于 DoDAF 2.0 体系结构框架标准,运用 TD-CAP 体系架构建模工具构建了岛礁防空反导电子对抗装备体系结构模型。根据现实需求,主要选取部分 OV,SV 描述模型进行了岛礁防空反导电子对抗装备体系结构的描述,构建了相关视角描述模型,应用体系结构开发软件及可执行模型体系结构验证评估等方法,验证了所构建的体系结构具有合理性、完整性和一致性,阐明了各视角模型的逻辑映射及信息交互关系,为未来岛礁防空反导电子对抗作战提供思路,对岛礁防空反导电子对抗装备体系的构建与未来装备发展起到支撑作用。

参考文献

- [1] 张春明,许腾,章华平. 基于 DoDAF 的岛礁区海军合同作战体系结构框架[J]. 指挥信息系统与技术,2017, 8(5):20-24.
- [2] U. S. Department of Defense. DoD architecture framework, Version 2.02, Change 1, Volume I; Overview and concepts [R]. Washington; U. S. Department of Defense, 2015.
- [3] 郝翎钧,谢君,吴鹏飞. 基于核心体系结构数据的体系结构设计方法[J]. 光电与控制,2019, 26(8):111-115.
- [4] 皇甫一江. 基于 DoDAF 作战视图的美军海基反导体系结构模型[J]. 现代雷达,2018, 40(11):14-17.
- [5] 詹武,董亚卓,郭颖辉. 基于 DoDAF 的多视角能力概念定义与度量描述方法[J]. 指挥信息系统与技术,2017, 8(5):15-19.
- [6] 刘正,张新强,王鸿飞,等. 基于 DoDAF 的可执行模型改进方法[J]. 指挥与控制学报,2016, 2(2):121-128.
- [7] 郭小川,陈桂明,常雷雷,等. 基于 DoDAF 与 RIMER 的导弹预警反击作战体系效能评估[J]. 光电与控制, 2017, 24(6):28-33.
- [8] VALERDI R, DABKOWSKI M, DIXIT I. Reliability improvement of major defense acquisition program cost estimates-mapping DoDAF to COSYSMO[J]. Systems Engineering, 2015, 18(5):530-547.
- [9] 彭耿,周少平,刘磊. 基于 DoDAF 的侦察卫星支援对海打击作战视图研究[J]. 火力与指挥控制,2017, 42(4):71-74.
- [10] 王君相. 基于 DoDAF 的战略预警系统建模与评估技术研究[D]. 西安:西北工业大学,2015.
- [11] 李大喜,张强,李小喜,等. 基于 DoDAF 的空基反导装备体系结构建模[J]. 系统工程与电子技术,2017, 39(5):1036-1041.
- [12] 杨迎辉,李建华. 基于体系结构建模的作战信息需求分析[J]. 军事运筹与系统工程,2012, 26(4):49-53.
- [13] 乔心,李永宾,葛小凯. 基于 DoDAF2.0 的多机协同探测系统体系结构设计[J]. 空军工程大学学报:自然科学版,2017, 18(1):20-26.



请扫描二维码关注我刊