

# 天基海洋侦察监视系统作战体系结构建模研究<sup>\*</sup>

万敏<sup>1,2</sup>, 侯妍<sup>1</sup>, 王乾<sup>1</sup>

(1. 航天工程大学, 北京 101416; 2. 中国人民解放军 95685 部队, 云南 昆明 650500)

**摘要:** 天基海洋侦察监视系统是远海作战、近海防卫、海上精确打击等海上作战行动的重要情报信息来源, 是支撑打赢现代海战的重要力量。在描述天基海洋侦察监视系统组成与功能的基础上, 基于 OODA 环作战理论给出了系统作战流程。在作战应用层面, 从作战视角出发, 基于美国国防部体系结构框架(DoDAF), 给出了天基海洋侦察监视系统作战体系结构的建模步骤, 并建立了相关模型。研究结果可为开展天基海洋侦察监视系统的作战应用研究和顶层设计提供借鉴和参考。

**关键词:** 海洋侦察监视; 体系结构; 美国国防部体系结构框架; 作战视角; 建模步骤; 作战体系结构模型

doi: 10.3969/j.issn.1009-086x.2020.04.06

中图分类号: E917; V474.2; E993.1 文献标志码: A 文章编号: 1009-086X(2020)-04-0034-10

## Research on Operational Architecture Modeling of Space-based Maritime Reconnaissance and Surveillance System

WAN Min<sup>1,2</sup>, HOU Yan<sup>1</sup>, WANG Qian<sup>1</sup>

(1. Space Engineering University, Beijing 101416, China; 2. PLA No. 95685 Troop, Yunnan Kunming 650500, China)

**Abstract:** The space-based maritime reconnaissance and surveillance system is an important source of information for far-sea operations, coastal defenses, precision attacks and other maritime operations, and it is an important force to support and win modern naval warfare. On the basis of describing the composition and function of space-based maritime reconnaissance and surveillance system, the operational process of the system is given based on observe-orient-decide-act (OODA) operation theory. At the operational application level, from the operational viewpoint, based on department of defense architecture framework (DoDAF), the modeling steps of the operational architecture of space-based maritime reconnaissance and surveillance system are given, and the relevant models are established. The research results can provide reference for operational application research and top-level design of space-based maritime reconnaissance and surveillance system.

**Key words:** maritime reconnaissance and surveillance; architecture; department of defense architecture framework (DoDAF); operational viewpoint; modeling steps; operational architecture model

\* 收稿日期: 2019-10-24; 修回日期: 2020-01-15

基金项目: 有

第一作者简介: 万敏(1988-), 男, 江苏常州人。工程师, 博士生, 主要从事联合作战天基信息支援研究。

通信地址: 101416 北京市怀柔区八一路一号 E-mail: wanmin08006328@163.com

## 0 引言

天基侦察监视是以各种航天器为平台,利用光电传感器、雷达或无线电接收机等设备,在外层空间遂行侦察和监视的军事活动<sup>[1]</sup>。天基侦察监视作为国家的战略侦察手段之一,具有侦察范围广、面积大、速度快、效率高、不受国界和地理条件限制、效果好等特点,在多次现代战争和局部冲突中展现出强大的战略威慑作用和支援作战能力倍增器作用,成为了各大军事大国研究和发展的重点<sup>[2]</sup>。体系结构是明确系统组成单元结构及其相互关系,以及指导系统设计和演进原则的重要基础内容<sup>[3]</sup>。体系结构既是军队作战体系顶层设计的科学方法论,又是具体存在形式,对体系作战能力的生成和提升有着重要的意义。

海战场侦察监视是天基侦察监视系统的重要应用方向,是实施海上远程精确打击的重要信息源,是保障打赢现代海战的重要支撑<sup>[4]</sup>。鉴于天基海洋监视系统的重要作用和应用前景,研究和优化天基海洋监视作战体系结构将有助于完善作战模式,有利于提升海上作战能力。本文基于美国国防部体系结构框架(department of defense architecture framework, DoDAF)对天基海洋侦察监视作战体系结构进行研究,从作战视角出发,建立了相关体系结构模型,为开展天基海洋侦察监视系统的作战应用研究和顶层设计提供借鉴和参考。

## 1 天基海洋侦察监视系统概述

### 1.1 系统组成与功能

天基海洋侦察监视系统是以支援海上作战任务为牵引,通过获取海战场目标的图像和信号信息,提供敌方海上力量部署、运动情况等情报,为制定作战指挥决策、打击目标指示和效果评估提供支持<sup>[5]</sup>。

天基海洋侦察监视系统主要由侦察卫星系统、测控与接收系统、中继传输系统、信息处理系统、任务管控系统、应用服务系统等组成,如图1所示。

侦察卫星系统是由光学成像、雷达成像、电子等侦察卫星组成的情报获取系统,承担目标搜索、跟踪指示的关键使命与任务。

测控与接收系统是利用陆基测控站、海基测量

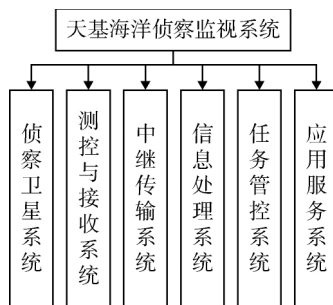


图1 天基海洋侦察监视系统组成图

Fig. 1 Composition of space based marine reconnaissance and surveillance system

船、天基中继卫星等测控资源和地面固定接收站资源构建而成的卫星测控和数据接收系统,承担对各类侦察卫星跟踪测量与遥测、遥控与运控指令发送、侦察数据和遥测数据接收等任务。

中继传输系统是利用静止轨道和高轨道中继卫星组成的天基信息传输系统,承担建立星地通信链路,完成侦察数据实时接收和传输的任务。

信息处理系统是由地面专业应用处理设备及相关软件组成的数据信息处理系统,承担处理卫星下传的侦察数据,输出侦察目标状态信息,生成情报产品的任务。

任务管控系统是对任务流程和星地系统工作状态进行控制和监视的系统,承担综合筹划用户侦察需求,制定任务规划方案,统一管控侦察卫星、中继卫星、地面固定站、机动站等资源,对业务流程和星地系统工作状态实时监控的任务。

应用服务系统是汇集信息处理后情报数据的信息系统,承担向各级用户提供情报汇集整理、查询下载、定向推送、辅助分析等任务。

### 1.2 系统作战流程

根据 John R. Boyd 提出的 OODA 作战环理论,每次作战行动都可以用循环往复的“观察(observe)—判断(orient)—决策(decide)—行动(act)”过程来进行描述<sup>[6]</sup>。在此,基于 OODA 环理论描述天基海洋侦察监视系统支援下典型海上作战过程,来定位天基海洋监视系统在作战活动中的功能,体现系统的作战能力。

(1) O—观察 根据指挥中心和作战单元(应急响应情况)的侦察需求,制定卫星侦察任务规划的方案,上传指令,执行侦察监视任务,获取海战场的

图像与信号等数据信息。

(2) O - 判断,地面站接收侦察卫星下传的数据信息,并传回数据处理中心,进行数据处理,生成相应的情报产品,并将情报产品分发给指挥中心和作战单元(应急响应情况),用以了解目标信息和掌握海战场态势。

(3) D - 决策,指挥中心根据情报信息,结合作战目标,拟制作战方案,定下作战决心,制定作战计划,做出打击目标的指示并将作战命令下达给各作战单元。

(4) A - 行动,作战单元接收到作战命令后,将打击目标信息装订进武器系统中,在卫星传送的目标信息的支援下,对目标实施打击。

在完成一阶段的打击后,对目标实施打击效果评估。根据评估结果来判断是否达到作战目标,以引导是否进入下一阶段的 OODA 作战环,形成循环往复的作战闭环回路。

## 2 体系结构建模方法

### 2.1 DODAF 体系结构框架

DoDAF 是美国国防部制定的一种用于指导所有军事项目研发的系统工程方法论,来源于为规范军事信息系统而提出的 C<sup>4</sup>ISR( command, control, communication, computer, intelligence, surveillance, reconnaissance) 体系结构框架。经过多年的实践发展,DoDAF 先后经历了 V1.0, V1.5, V2.0 3 个大版本更新,目前应用最广泛的是 V2.0 版本<sup>[7-9]</sup>。

相较于早期版本的 DoDAF 体系结构框架,DoDAF V2.0 将之前以产品为中心的开发模式转向

了以数据为中心,从原先的全景视图、作战视图、系统与服务视图、技术标准视图 4 种视图( view) 扩展转变为全视角、数据与信息视角、标准视角、能力视角、作战视角、服务视角、系统视角和项目视角 8 种视角( viewpoint) <sup>[10-11]</sup>,如图 2 所示。

DoDAF V2.0 从多视角设计开发体系结构,可以更详尽地描述体系结构的不同方面,其核心是 58 个模型,这些模型以易读易懂的方式收集、组织和呈现数据。这些模型的表现形式主要由图表型、表格型、结构型、映射型、本体型、行为型等,不同表现形式反映其表现功能的特点,如静态关系、动态关系、时序关系、状态转换等。把模型有机地组合即可构成相应的视角,各视角按定义组合即构成了整个体系结构的描述<sup>[12]</sup>。

### 2.2 体系结构建模步骤

基于 DoDAF 的体系结构设计有一个重要的设计原则——“适用”,即对于体系结构设计,一般不需要建立所有的体系结构模型,而是根据关注的重点和需求选取合适的视角建立相关模型,以更好地表达应用需求和设计意图<sup>[13]</sup>。

针对于天基海洋侦察监视系统作战体系结构设计,本文选择从作战视角切入,对天基海洋侦察监视系统支援海上作战行动的过程进行建模和分析,相较于其他视角,作战视角建模能够更好地从作战实践角度描述天基海洋侦察监视系统体系结构。

根据设计的需要,选取 DoDAF 作战视图中的 OV-1 顶层作战概念图、OV-4 组织关系图、OV-2 作战资源流描述、OV-3 作战资源流矩阵、OV-5a

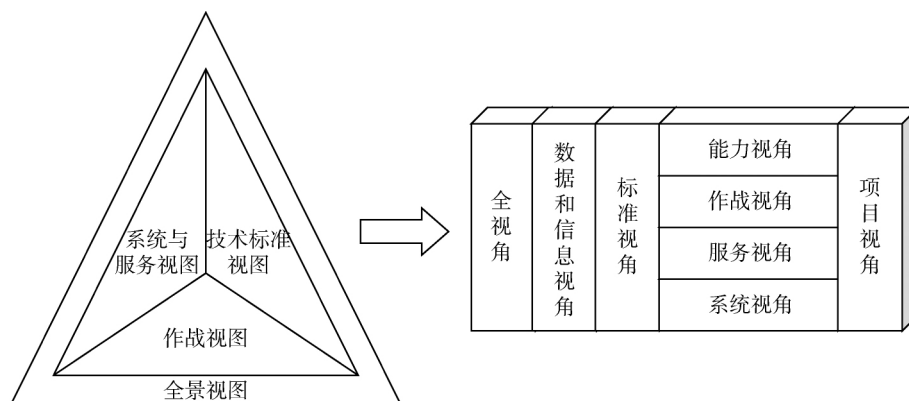


图 2 DoDAF 体系结构视图

Fig. 2 DoDAF system architecture viewpoint

作战活动分解树、OV-6b 作战状态转换模型、OV-6c 作战事件跟踪模型进行静态建模。在 DoDAF 框架中, 各视图模型之间并没有严格的先后顺序, 但部分模型存在内在联系和相互依赖的关系, 因此在体系结构设计时需要加以考虑<sup>[14-15]</sup>。

基于以上, 本文按照确定体系作战概念, 明确作战节点指挥关系, 描述作战流程, 确定作战节点连接关系和信息交互的顺序, 设计建模流程如图 3 所示。

(1) 结合作战任务、作战单位、作战活动等信息, 确定体系作战概念, 创建顶层作战概念图, 即建立 OV-1。

(2) 明确作战节点的指挥层次以及作战单位间的指挥关系, 参考顶层作战概念图, 创建组织关系图, 即建立 OV-4。

(3) 结合系统功能分析、作战流程以及作战需求信息, 参考顶层作战概念图, 创建作战资源流描述和作战资源流矩阵, 即建立 OV-2 与 OV-3。

(4) 根据作战任务, 结合作战流程, 将作战活动逐级具体分解, 创建作战活动分解树, 即建立 OV-5a。

(5) 根据作战流程、作战活动与作战信息等内容, 参考作战资源流描述与作战活动树分解, 创建作战状态转换模型和作战事件跟踪模型, 即建立

OV-6a 与 OV-6c。

### 3 作战体系结构模型

#### 3.1 顶层作战概念图 OV-1

OV-1 顶层作战概念图是对作战概念的高层次图形或文本描述, 它通过形式化的描述方式, 将作战背景、关键作战节点、作战对象、作战活动等信息表示出来, 以帮助战略决策者理解与交流。结合 1.2 节中基于 OODA 环的作战流程描述内容, 设计顶层作战概念图如图 4 所示。

#### 3.2 组织关系图 OV-4

OV-4 组织关系图是对体系结构中重要的作战力量、机构、组织之间的指挥关系以及其内部包含的作战人员角色和类别的描述。根据天基海洋侦察监视系统支援海上作战的任务需求、作战流程, 结合 OV-1 模型以及现实作战力量组织构架, 设计组织关系图如图 5 所示。

图 5 中, 天基海洋侦察监视系统作战体系涉及太空信息支援机构的多个部门与组织, 主要有侦察卫星管控中心、数据处理与情报分析中心、卫星测控与数据接收中心、中继卫星管控中心。

侦察卫星管控中心职责与系统组成中任务管控系统(侦察)部分功能对应, 负责受理和综合侦察

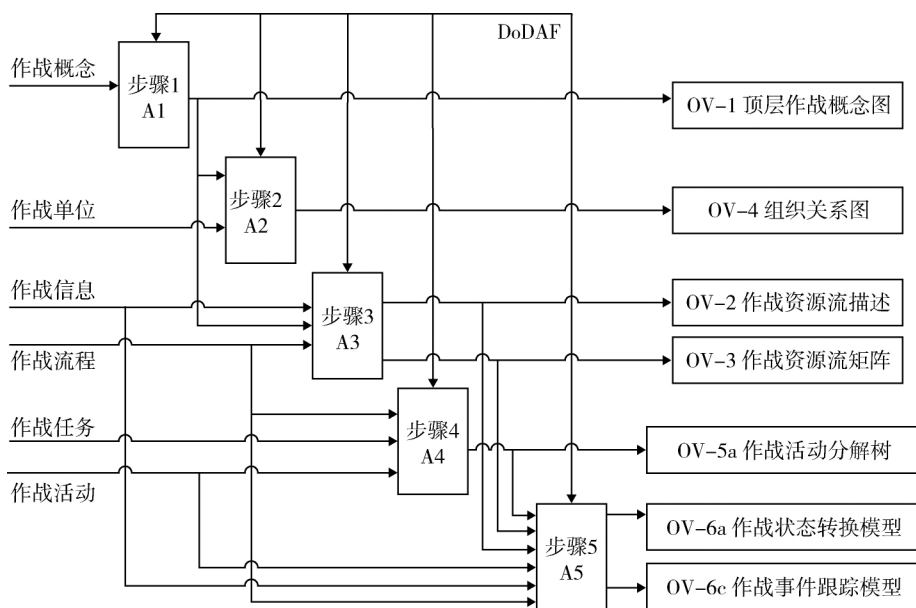


图3 建模流程

Fig.3 Modeling process

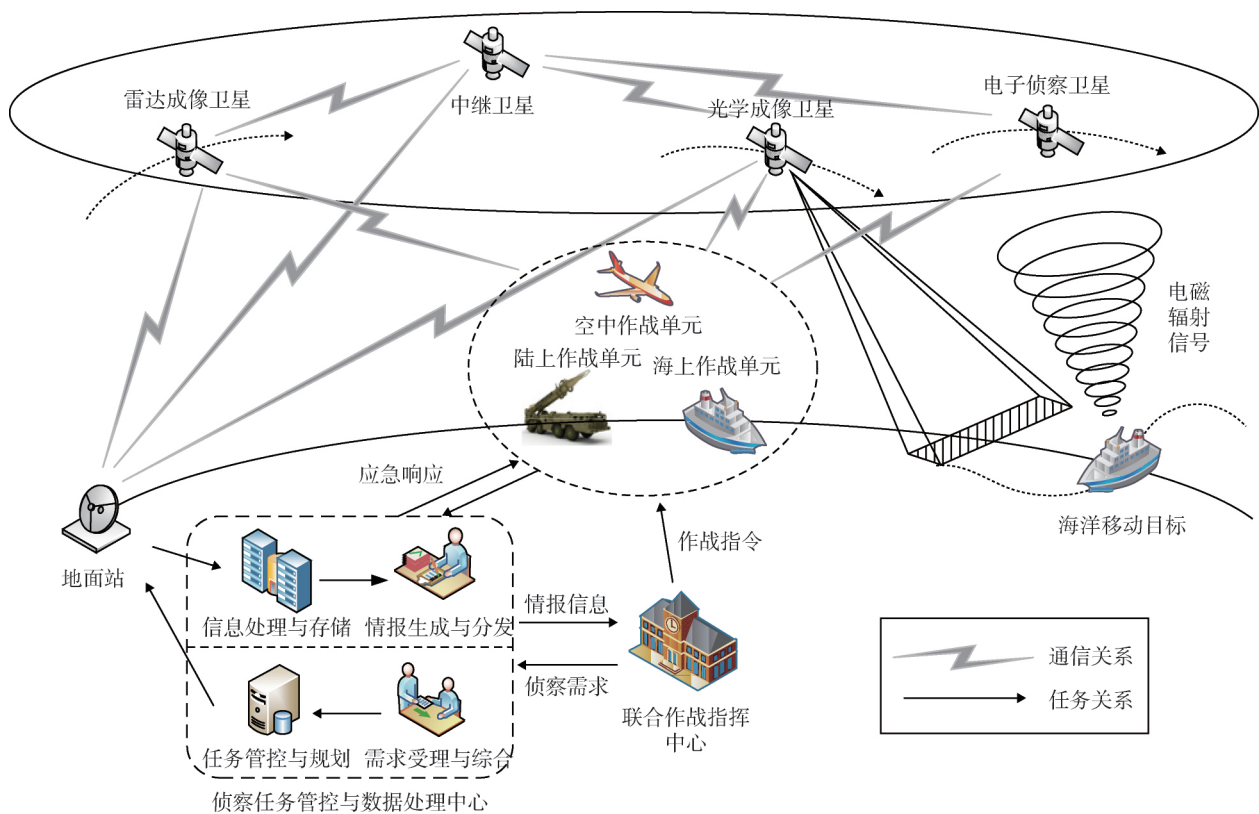


图4 顶层作战概念图 OV-1

Fig.4 High-level operational concept graphic OV-1

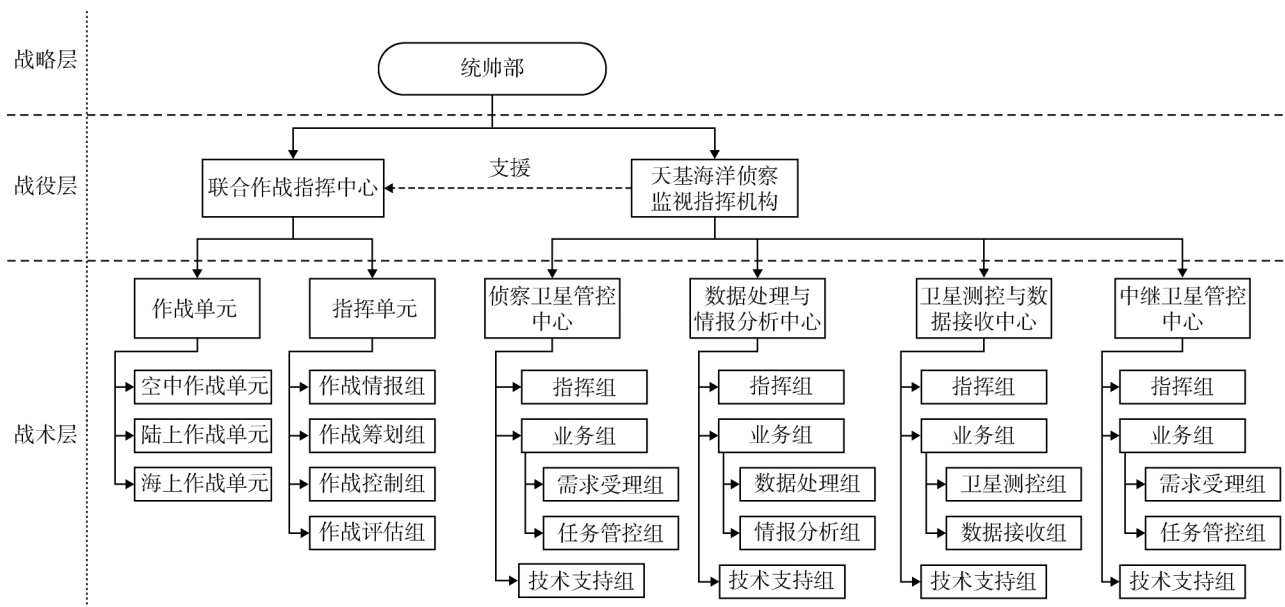


图5 组织关系图 OV-4

Fig.5 Organizational relationships chart OV-4

需求,生成相应的侦察任务,并对侦察任务进行规划,调度侦察卫星完成侦察任务。

数据处理与情报分析中心与系统组成中信息处理系统和服务系统功能对应,负责对侦察卫星数据进行处理,生成情报产品,并将情报信息传送给各级用户。

卫星测控与数据接收中心与系统组成中测控与接收系统功能对应,负责对侦察卫星进行测量控制,对侦察数据进行接收。

中继卫星管控中心与系统组成中继传输系统和任务管控系统(中继)部分功能对应,负责受理和综合中继传输需求,生成中继传输任务,对中继传输任务进行规划,调度中继卫星完成中继传输任务。

在作战中,这些机构与组织归属于战役层的天基海洋侦察监视指挥机构,相互配合完成侦察监视任务。天基海洋侦察监视指挥机构与联合作战指挥部形成支援与被支援的关系,提供作战中所需的战场态势信息、作战目标信息等服务。

### 3.3 作战资源流描述 OV-2

OV-2 作战资源流描述是对作战活动资源间的信息交流进行的描述,通过图形化的方式,利用需求线,确定信息在重要作战节点间的交互内容与

流向,以更好地帮助指挥人员理解信息在作战体系中的传输过程。作战资源流描述如图 6 所示。

图 6 中,天基海洋侦察监视系统作战体系中的主要作战节点包括联合作战指挥节点、侦察任务管控与数据处理节点、地面站节点、中继卫星节点、侦察卫星节点、作战单元节点。

侦察任务管控与数据处理节点是作战活动中的核心节点,对应系统组成中的信息处理、任务管控(侦察部分)与应用服务系统,对应组织结构中侦察卫星管控中心和数据处理与情报分析中心,节点交互的信息主要为侦察需求、情报信息、卫星运控指令、卫星测量信息与侦察数据信息。

地面站节点对应系统组成中的测控与接收系统,对应组织结构中的卫星测控中心,节点交互的信息主要为卫星运控指令、卫星测控指令、卫星遥测信息、卫星测量信息与侦察数据信息。

中继卫星节点对应系统组成中的中继传输系统和任务管控(中继部分)系统,对应组织结构中的中继卫星管控中心,节点交互的信息主要为卫星测运控指令、卫星遥测信息与侦察数据信息。

侦察卫星节点对应系统组成中的侦察卫星系统,节点交互信息主要为卫星测运控指令、侦察数据信息、卫星遥测信息与目标信息。

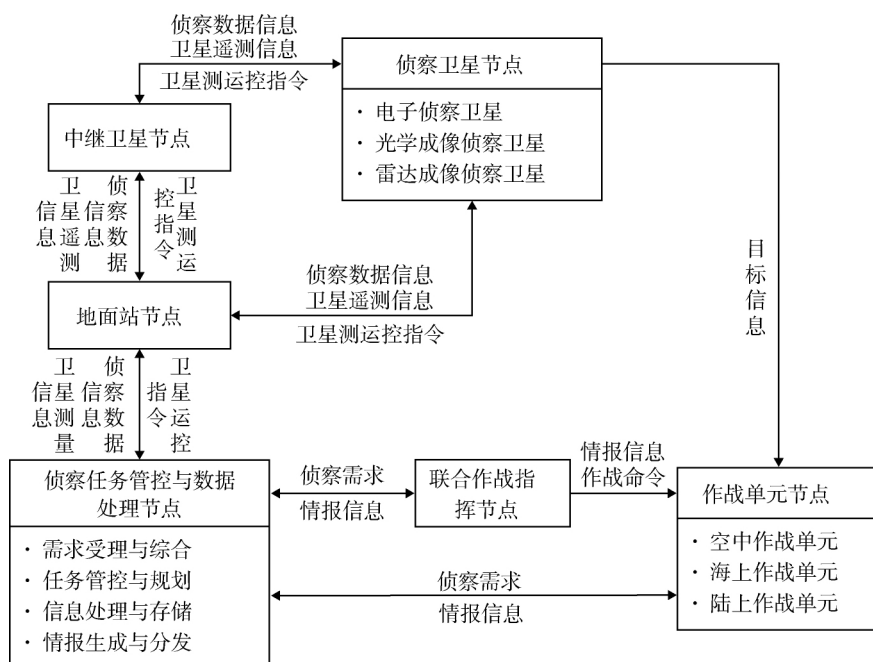


图 6 作战资源流描述 OV-2

Fig. 6 Operational resource flow description OV-2

联合作战指挥节点对应组织结构中的指挥单元,节点交互的信息主要为侦察需求、情报信息与作战命令。

作战单元节点对应组织结构中的作战单元,交互的信息主要为作战命令、情报信息和目标信息,应急响应情况下,可以与侦察任务管控与数据处理节点发生直接联系,进行侦察需求和情报信息的交互。

### 3.4 作战资源流矩阵 OV-3

OV-3 作战资源流矩阵是对作战活动中作战节点间交换的资源及交换属性的描述。OV-3 以

表格化方式对 OV-2 中信息交互内容与方式进行描述与补充。作战资源流矩阵如表 1 所示。

### 3.5 作战活动分解树 OV-5a

OV-5a 作战活动分解树是以层次分解的方式对为完成作战活动而开展的各种活动以及活动之间关系的描述。

结合天基海洋侦察监视系统作战任务及流程,将天基海洋侦察监视系统作战活动具体分解为需求管理、任务控制、搜索发现、识别确认、作战指挥、目标打击、效果评估 7 个次级活动,并对次级活动进一步分解,形成作战活动分解树如图 7 所示。

表 1 作战资源流矩阵 OV-3

Table 1 Operational resource flow matrix OV-3

序号	源节点	源节点活动	目的节点	目的节点活动	信息交互内容
1	联合作战指挥节点	提出侦察需求	侦察任务管控与数据处理节点	受理并综合侦察需求,生成任务规划方案和卫星运控指令	侦察任务需求
2	侦察任务管控与数据处理节点	发送卫星运控指令	地面站节点	接收卫星运控指令	卫星运控指令
3	地面站节点	发送卫星测运控指令	中继卫星节点	接收卫星测运控指令	卫星测运控指令
4	地面站节点	上注卫星测运控指令	侦察卫星节点	接收卫星测运控指令	卫星测运控指令
5	中继卫星节点	转发卫星测运控指令	侦察卫星节点	接收卫星测运控指令	卫星测运控指令
6	侦察卫星节点	执行侦察任务,发送侦察数据与遥测数据	中继卫星节点	接收侦察数据与遥测数据	侦察数据信息、遥测数据信息
7	侦察卫星节点	执行侦察任务,发送侦察数据与遥测数据	地面站节点	接收侦察数据与遥测数据	侦察数据信息、遥测数据信息
8	中继卫星节点	转发侦察数据,发送卫星遥测数据	地面站节点	接收侦察数据与遥测数据	侦察数据信息、遥测数据信息
9	地面站节点	发送侦察数据信息和卫星测量信息	侦察任务管控与数据处理节点	接收侦察数据信息和卫星测量信息,处理后生成情报信息	侦察数据信息,卫星测量信息
10	侦察任务管控与数据处理节点	分发情报信息	联合作战指挥节点	接收情报信息	情报信息
11	联合作战指挥节点	定下作战决心,制定作战计划,下达作战命令	作战单元节点	接收情报信息,受领作战命令	作战命令、情报信息
12	侦察卫星节点	发送作战目标信息	作战单元节点	接收作战目标信息	目标信息
13	作战单元节点	应急响应状态下提出侦察需求	侦察任务管控与数据处理节点	受理并综合侦察需求,生成任务规划方案和卫星运控指令	侦察任务需求
14	侦察任务管控与数据处理节点	应急响应状态下分发情报信息	作战单元节点	接收情报信息	情报信息

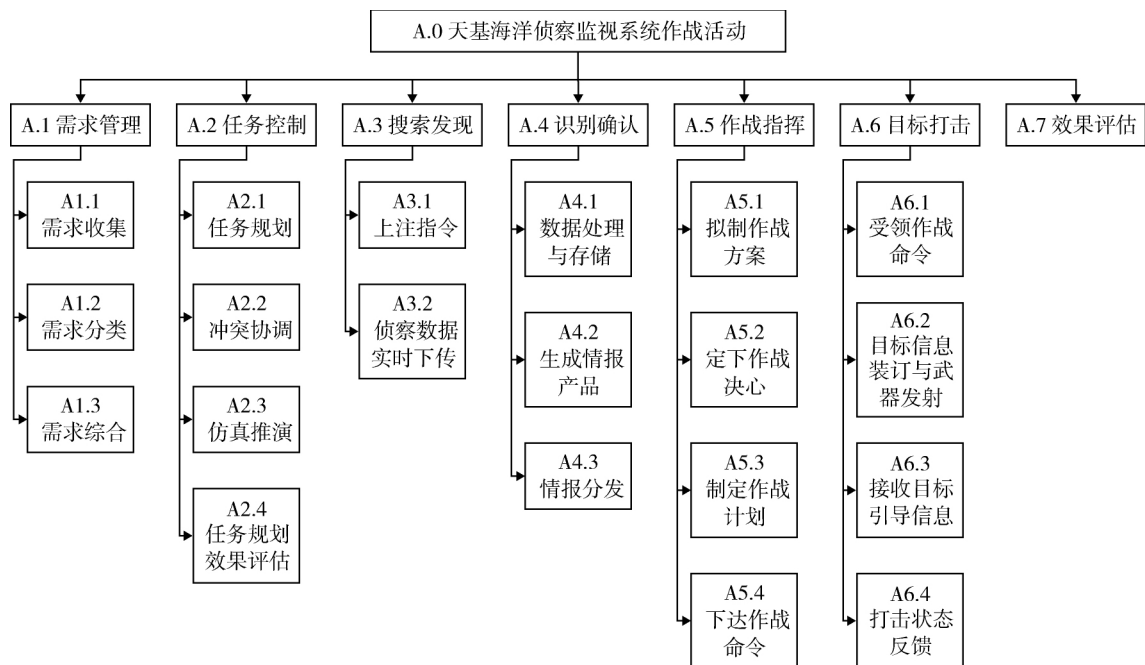


图7 作战活动分解树 OV-5a

Fig.7 Operational activity decomposition tree OV-5a

### 3.6 作战状态转换模型 OV-6b

OV-6b 作战状态转换模型是对作战活动中节点对各种事件的响应以及自身状态转变过程的描述。作战状态转换模型如图8所示。

图8中,作战状态起始于提出需求事件,在效果评估达到目的后结束,期间经历需求管理、任务控制、搜索发现、识别确认、指挥决策、目标打击、效果评估等活动,整个作战状态转换过程与作战流程相对应。

### 3.7 作战事件跟踪模型 OV-6c

OV-6c 作战事件跟踪模型是对作战节点之间发生事件以及交互信息时间排序的描述。作战事件跟踪模型如图9所示。

图9中,方框表示各作战节点,虚线表示时间线,时间线之间的箭头表示节点间发生的流转事件,通过作战事件跟踪模型,直观地描述了作战活动中事件的序列走向,有效地反映了天基海洋侦察监视系统作战的动态过程。

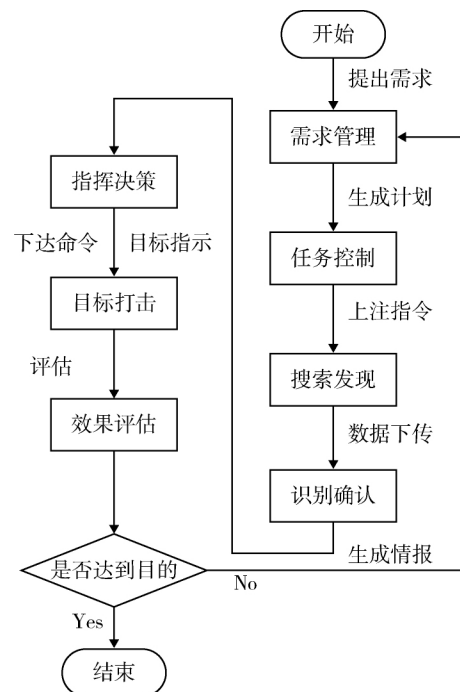


图8 作战状态转换模型 OV-6b

Fig.8 State transition description OV-6b



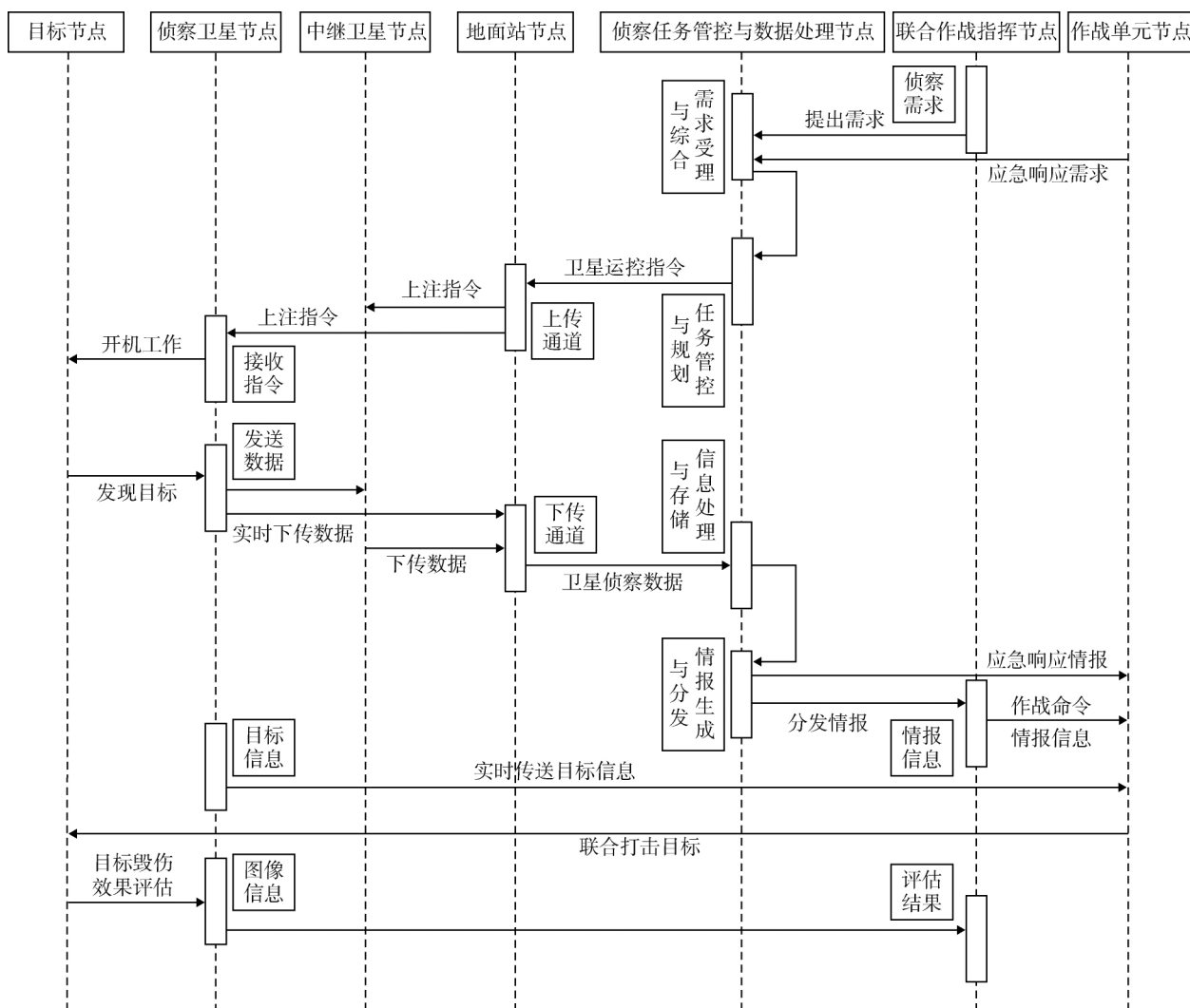


图 9 作战事件跟踪模型 OV-6c

Fig. 9 Event-trace description OV-6c

## 4 结束语

本文研究了基于 DoDAF 的体系结构建模方法,并运用此方法在作战应用层面,从作战视角出发,建立了天基海洋侦察监视系统作战体系结构模型,从总体上明确了天基海洋侦察监视系统作战应用的概念,描述了作战活动、作战节点、作战信息等要素之间的交互关系,对更好地理解 and 掌握天基海洋侦察监视系统作战应用提供了帮助和参考,为进一步开展作战体系顶层设计与作战模式创新提供了借鉴和支持。

本文根据研究需求建立的体系结构模型为静态模型,在后续的研究中,利用仿真软件将静态模型转换为动态模型,并对模型合理性以及系统资源

利用率、活动执行时间等指标进行验证与仿真分析,以定量的结果分析为体系建设和结构优化提供参考。

### 参考文献:

- [1] 全军军事术语管理委员会. 中国人民解放军军语 [M]. 北京: 军事科学出版社 2011.  
Military Terminology Management Committee of the PLA. PLA Military Language [M]. Beijing: Military Science Publishing House 2011.
- [2] 徐一帆, 谭跃进, 贺仁杰, 等. 天基海洋目标监视的系统分析及研究综述 [J]. 宇航学报 2010, 31(3): 628-640.  
XU Yi-fan, TAN Yue-jin, HE Ren-jie, et al. System Analysis and Research Overview of Space-Based Mari-

- time Surveillance [J]. Journal of Astronautics 2010 31 (3): 628-640.
- [3] 赵青松. 体系工程与体系结构建模方法与技术[M]. 北京: 国防工业出版社 2013.
- ZHAO Qing-song. System of Systems Engineering and System of Systems Modeling [M]. Beijing: National Defense Industry Press 2013.
- [4] 万敏,侯妍. 天基海洋监视系统的技术分析与发展研究[J]. 航天电子对抗 2019 35(1): 44-48.
- WAN Min, HOU Yan. Technical Analysis and Development of Space-Based Ocean Surveillance System [J]. Aerospace Electronic Warfare 2019 35(1): 44-48.
- [5] 侯妍,范丽,杨雪榕,等. 太空信息支援[M]. 北京: 国防工业出版社 2018.
- HOU Yan, FAN Li, YANG Xue-rong, et al. Space Information Support [M]. Beijing: National Defense Industry Press 2018.
- [6] 张昱,张明智,杨镜宇,等. 一种基于OODA环的武器装备体系建模方法[J]. 系统仿真学报 2013 25(8): 6-11.
- ZHANG Yu, ZHANG Ming-zhi, YANG Jing-yu, et al. Modeling Method for Weapon System of Systems Based on OODA Loop [J]. Journal of System Simulation 2013, 25(8): 6-11.
- [7] DoD Architecture Framework Working Group. DoD Architecture Framework Version 2.0 Volume 1: Introduction, Overview, and Concepts [R]. The United States: Department of Defense 2009.
- [8] DoD Architecture Framework Working Group. DoD Architecture Framework Version 2.0 Volume 2: Architectural Data and Models [R]. The United States: Department of Defense 2009.
- [9] DoD Architecture Framework Working Group. DoD Architecture Framework Version 2.0 Volume 3: DoDAF Meta-Model Physical Exchange Specification [R]. The United States: Department of Defense 2009.
- [10] 李娜,夏靖波,冯奎胜. 基于DoDAF v1.5核心体系结构数据模型研究[J]. 现代防御技术 2010 38(1): 55-59.
- LI Na, XIA Jing-bo, FENG Kui-sheng. Core Architecture Data Model Based on DoDAF v1.5 [J]. Modern Defence Technology 2010 38(1): 55-59.
- [11] 夏璐,邢清华,范海雄. 基于能力视角的作战体系结构描述方法研究[J]. 现代防御技术 2012 40(4): 32-37 62.
- XIA Lu, XING Qing-hua, FAN Hai-xiong. Operational Architecture Description Method Based on Capability Viewpoint [J]. Modern Defence Technology 2012 40(4): 32-37 62.
- [12] 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.
- QIAO Xin, LI Yong-bin, GE Xiao-kai. Architecture Design of Multi-Aircraft Cooperative Detection System Based on DoDAF V2.0 [J]. Journal of Air Force Engineering University: Natural Science ed, 2017, 18(1): 20-26.
- [13] 滕克难,谢孔树,彭菲. 舰空导弹超视距协同反导装备体系结构设计方法[J]. 指挥控制与仿真 2016 38(6): 89-95.
- TENG Ke-nan, XIE Kong-shu, PENG Fei. Design Method for Networked Ship-to-Air Missile Beyond Line of Sight Cooperative Anti-Missile Equipment Architecture [J]. Command Control & Simulation 2016 38(6): 89-95.
- [14] 郭业波. 基于DoDAF和Petri网预警雷达系统建模及效能评估研究[D]. 成都: 电子科技大学 2018.
- GUO Ye-bo. Research on Modeling and Effectiveness Evaluation of Early Warning Radar System Based on DoDAF and Petri Net [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China 2018.
- [15] 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.
- ZHANG Chun-ming, XU Teng, ZHANG Hua-ping. Naval Combined Operation Architecture Framework in Island-Reef Area Based on DoDAF [J]. Command Information System and Technology 2017 8(5): 20-24.