

doi: 10.7690/bgzdh.2023.06.001

基于 DoDAF 的作战任务结构建模与仿真

蒋超^{1,2}, 冯杨³, 崔玉伟²

(1. 航空工业西安飞行自动控制研究所飞控部, 西安 710065; 2. 飞行控制航空科技重点实验室, 西安 710065;
3. 海装西安局, 西安 710065)

摘要: 为解决作战需要到装备需求之间的映射关系模糊、约束不强的问题, 提出一种作战任务结构建模与仿真。以美国国防部体系结构框架 DoDAF 为理论基础, 结合体系架构建模工具, 以某岛夺取与控制场景为例, 构建作战体系结构模型, 推演了作战要素及其之间的运行策略, 并通过 STK 仿真进行演示与验证评估。结果表明: 基于 DoDAF 的体系结构设计能够显性化地呈现作战体系的逻辑, 更清晰地描述作战场景下的需求, 为后续装备需求提供决策参考。

关键词: DoDAF; 作战体系; 任务建模; 仿真推演

中图分类号: TJ02 **文献标志码:** A

Modeling and Simulation of Combat Mission Structure Based on DoDAF

Jiang Chao^{1,2}, Feng Yang³, Cui Yuwei²

(1. Flight Control Department, AVIC Xi'an Flight Automatic Control Research Institute, Xi'an 710065, China;
2. National Key Laboratory of Science and Technology on Aircraft Control, Xi'an 710065, China;
3. Xi'an Bureau, Navy Equipment Department, Xi'an 710065, China)

Abstract: In order to solve the problems of fuzzy mapping and weak constraints between operational requirements and equipment requirements, a modeling and simulation of operational mission structure was proposed. Based on DoDAF (DoD architecture framework), combined with architecture modeling tools, taking an island capture and control scenario as an example, the operational architecture model is built, the operational elements and their operation strategies are deduced, and the demonstration and verification evaluation are carried out through STK simulation. The results show that the architecture design based on DoDAF can explicitly present the logic of combat system, more clearly describe the requirements in combat scenarios, and provide decision-making reference for subsequent equipment requirements.

Keywords: DoDAF; combat system; task modeling; simulation

0 引言

进入新时期以来, 装备发展更加注重体系建设需求, 装备需求论证从以前的注重单个军兵种、某一类武器装备的个性需求向注重多个军兵种、装备体系下的联合需求发展, 从基于威胁、自底向上的模式向基于能力、自顶向下的模式转变。这种装备需求论证的新特点和新趋势对装备需求论证技术尤其是需求分析的方法提出了更高的要求。传统装备研制过程中对作战场景的需求获取不完整, 缺少规范化方法的指导, 无法完整地提出装备需求, 已经成为制约装备发展的主要瓶颈^[1]。

为解决作战需要到装备需求之间的映射关系模糊、约束不强的问题, 笔者以某岛夺取与控制场景为例, 构建作战体系结构模型。

1 DoDAF 体系建模现状

DoDAF 是美国国防部提出的一种体系结构框

架, 是一个体系结构的标准叙述规范, 它建议如何从不同的观点去叙述体系结构设计, DoDAF 方法主要聚焦于对装备体系架构的信息描述、组织、共享和决策支持, 在实际使用中, 需要根据实际场景对其模型进行适当的裁剪。

基于 DoDAF 的装备需求分析过程主要包括任务分析、功能分析、系统的作战节点确定、作战任务目标确定、作战活动分解等过程。DoDAF 描述模型具体包含 8 个视点与 52 个模型, 根据作战场景需求进行合理的剪裁。其中 8 个视点的内涵如下:

1) 全景视点 AV: 从总体方面描述架构背景环境, 描述项目的作战区域、战场环境、作战时间、威胁目标、作战背景和使命任务等, 定义项目中的主要数据。

2) 能力视点 CV: 用于表述能力需求、交付时间及部署能力。描述作战体系中能力的战略背景和高层范围, 作战体系中能力的分类和层级关系, 以

收稿日期: 2023-02-07; 修回日期: 2023-03-05

作者简介: 蒋超(1995—), 男, 陕西人, 工程师, 从事智能化体系架构研究。E-mail: 1595863239@qq.com。

及描述作战体系结构中作战能力之间依赖关系。

3) 数据和信息视点 DIV: 用于表述数据关系, 并在架构内容中对能力和作战需求、系统工程流程、系统和服务的结构进行排列, 描述逻辑数据与概念数据的关联关系。

4) 作战视点 OV: 包括支持作战能力的作战场景、活动及需求。描述作战单位所有可能的状态, 以及时间发生时状态的转移条件及随着时间推移而发生的行为和事件的序列, 追踪作战单位之间的事件交互。

5) 项目视点 PV: 用于表述运行和能力需求与众多在实施项目之间的关系, 描述项目与实际组织的关联关系, 以及项目之间的顺序关系。

6) 服务视点 SrcV: 用于描述执行者、活动、服务及其交互关系的设计解决方案, 以支持作战和能力功能, 结构化描述服务实例之间外部接口关系以及交互的数据。

7) 标准视点 StdV: 用于表述作战、业务、技术及产业方面的政策、标准、指南、约束和预测, 并应用于能力和运行需求、系统工程流程及系统和服

8) 系统视点 SV: 用于表述系统及其组成、交互关系和外部背景环境, 以支持作战和能力功能, 各部分的视图与视点关系如表 1 所示。

DoDAF 通过“模型”表达可视化的架构数据, 在实际使用中, 需要根据实际场景对其模型进行适当的裁剪, 在 DoDAF 任务活动图完成之后, 进一步对结构进行功能分析提供支撑。

2 某岛夺取与控制的建模

要构建系统结构模型, 一是需要分析任务详细需求, 解析体系不同视角下结构描述模型以及相互映射关联矩阵; 二是对构建的装备体系进行验证评估, 并根据结果优化调整, 逐步完成装备系统体系结构的建立。

对于某岛的夺取与控制系统结构模型, 首先要确定体系结构的范围, 定义体系结构的广度和深度界限, 主要包括任务和愿景、组织机构、系统与平台、地理范围、时间跨度以及建模的粒度等, 确定支持体系结构开发需求的数据。

接着采集、分析存储体系结构数据。在体系结构构建过程中需要对系统、组织、节点之间交换的数据进行关联, 并且通过对数据进行分析, 建立不同的模型, 包括业务概念模型、信息流程模型、组

织模型、节点连接模型等。

表 1 DoDAF 视图与视点关系

视点	模型
全景视点	AV-1 综述和概要信息模型
	AV-2 综合词典
能力视点	CV-1 构想模型
	CV-2 能力分类模型
	CV-3 能力实现时段模型
	CV-4 能力依赖关系模型
	CV-5 能力与机构发展映射模型
	CV-6 能力与作战活动映射模型
	CV-7 能力与服务映射模型
数据视点	DIV-1 概念数据模型
	DIV-2 逻辑数据模型
	DIV-3 物理数据模型
作战视点	OV-1 顶层作战概念图
	OV-2 作战资源流表述模型
	OV-3 作战资源流矩阵
	OV-4 组织关系图
	OV-5a 作战活动分解树
	OV-5b 作战活动模型
	OV-6a 作战规则模型
OV-6b 作战状态转换模型	
项目视点	OV-6c 作战事件跟踪模型
	PV-1 项目与机构关系模型
	PV-2 项目实现时段模型
服务视点	PV-3 项目与能力映射模型
	SvcV-1 服务接口表述模型
	SvcV-2 服务资源流表述模型
	SvcV-3a 服务一系统矩阵
	SvcV-3b 服务一服务矩阵
	SvcV-4 服务功能模型
	SvcV-5 服务与作战活动跟踪矩阵
	SvcV-6 服务资源流矩阵
	SvcV-7 服务度量矩阵
	SvcV-8 服务演变表述模型
SvcV-9 服务技术和技能预测	
标准视点	SvcV-10a 服务规则模型
	SvcV-10b 服务状态转换模型
系统视点	SvcV-10c 服务事件跟踪模型
	StdV-1 标准概要模型
	StdV-2 标准预测模型
	SV-1 系统接口表述模型
	SV-2 系统资源流表述模型
	SV-3 系统一系统矩阵
	SV-4 系统功能模型
	SV-5a 系统功能与作战活动跟踪矩阵
	SV-5b 系统与作战活动跟踪矩阵
	SV-6 系统资源流矩阵
SV-7 系统度量矩阵	
SV-8 系统演变表述模型	
SV-9 系统技术和技能预测	
SV-10a 系统规则模型	
SV-10b 系统状态转换模型	
SV-10c 系统事件跟踪模型	

2.1 任务需求分析

通过分析某岛夺取与控制的使命任务^[2], 确定组织体系结构的使用意图, 进而为系统设计打下基

础，如表 2 所示，AV1 模型是体系结构的全视角描述，它描述了主要作战区域、战场环境、作战时间、威胁目标、使命任务等，具体界定有关结构体系描述的总体范围和背景信息。

在 AV1 模型基础上，分析应该具备战场态势掌控、空中航行自由、海上行动自由等支撑能力，构

建 CV-1 能力构想视图，如图 1 所示^[3]。

表 2 AV1 全局背景描述

作战区域	战场环境	作战时间	威胁目标	使命任务
东南方向某区域	常年多云，	20XX-XX	敌方固定	战前准备，
	光照充足，	-XX~	目标和水	获取制空
	降雨量充足	20XX-XX	面移动目标	权及制海权

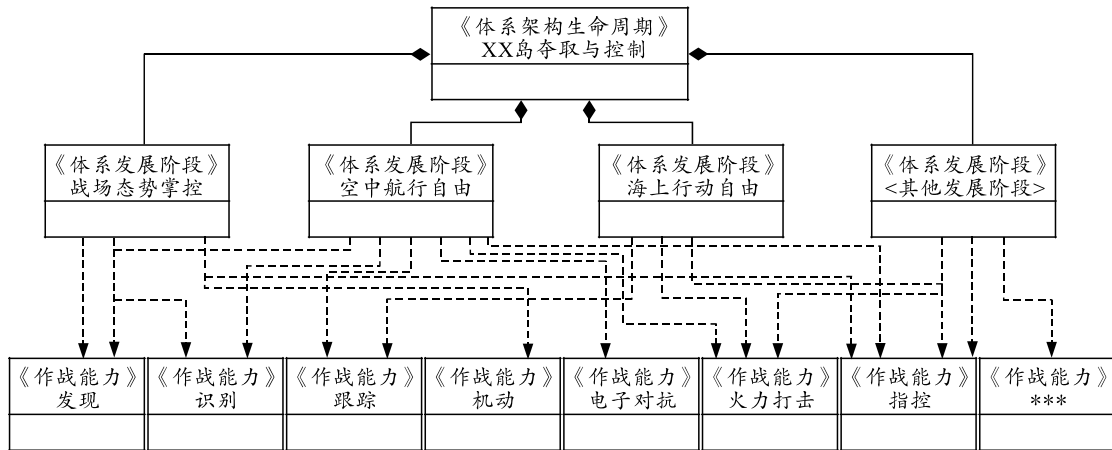


图 1 CV-1_能力构想

进一步对 CV-1 的能力进行分解，构建 CV-2 能力分解视图，对发现、识别、跟踪、机动、电子对抗、火力打击、指控能力进行分解，如图 2 所示^[4]。

在 CV-2 能力分解视图的基础上，构建 CV-4 能力依赖模型如图 3 所示，针对使命任务提供可视化手段。

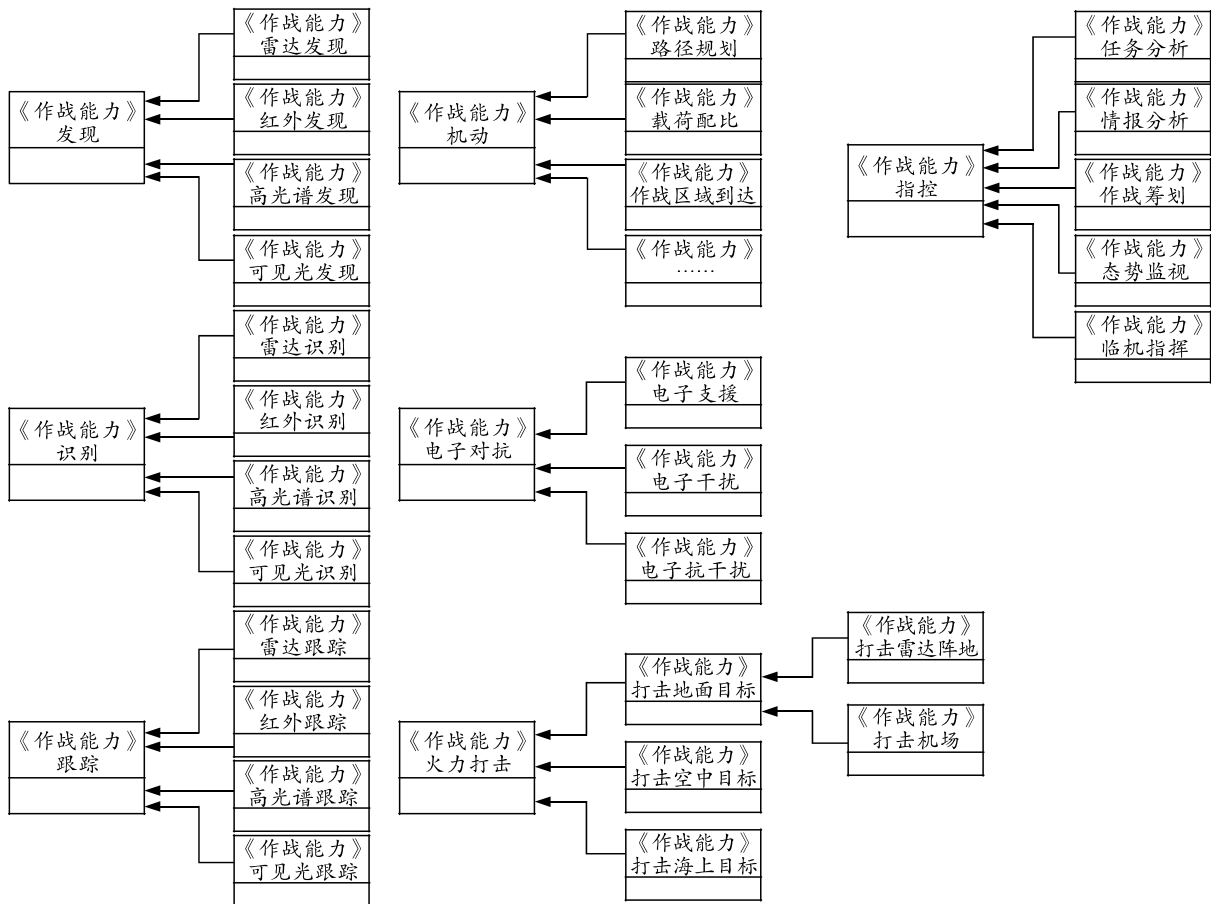


图 2 CV-2_能力分解

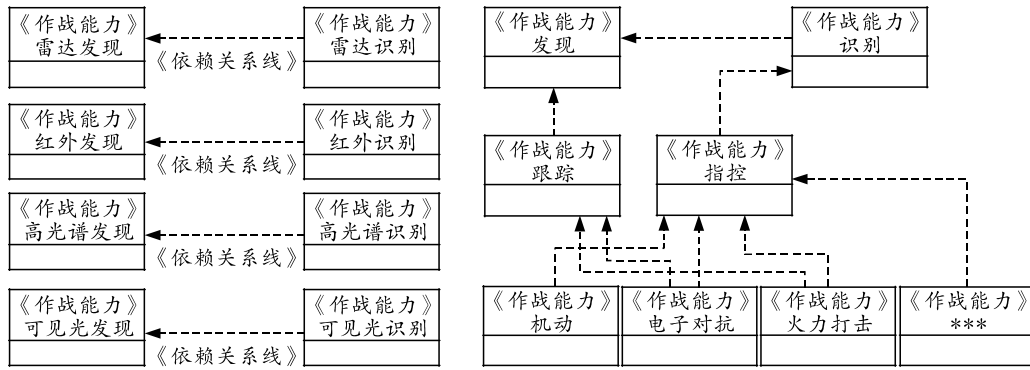


图 3 CV-4_能力依赖

2.2 作战视角体系结构描述

以任务需求分析及全视角 AV、能力视角 CV 相关模型为输入，构建 OV-1, OV-2, OV-5, OV-6 等作战视角描述模型，对系统能力视角定义和各种能力进行想定分析，并描述仿真训练系统实验要素及资源流的交互信息，为体系构建提供技术支持。首先构建了作战使命描述视图，梳理了支撑夺取控制任务的主要作战单位：支援部队、指挥中心、航空兵团、舰艇支队、导弹旅等^[5]，如图 4 所示。

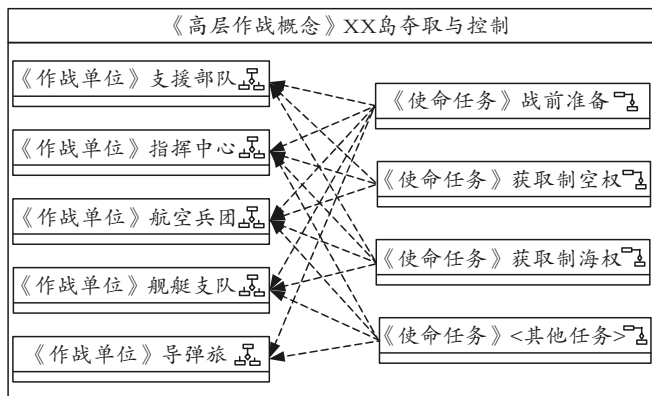


图 4 OV-1_作战使命描述

在 OV-1 视图的基础上，构建作战部队资源流描述视图，确立了各个组成部分之间的信息交互及接口，如图 5 所示。

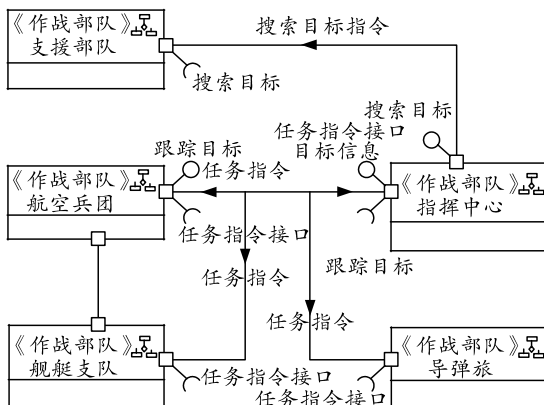


图 5 OV-2_作战部队资源流描述

进一步以获取制空权为例，构建了指挥中心及航空兵团的状态机及时序图，如图 6、7 所示，为后续的仿真评估提供了支撑^[6]。

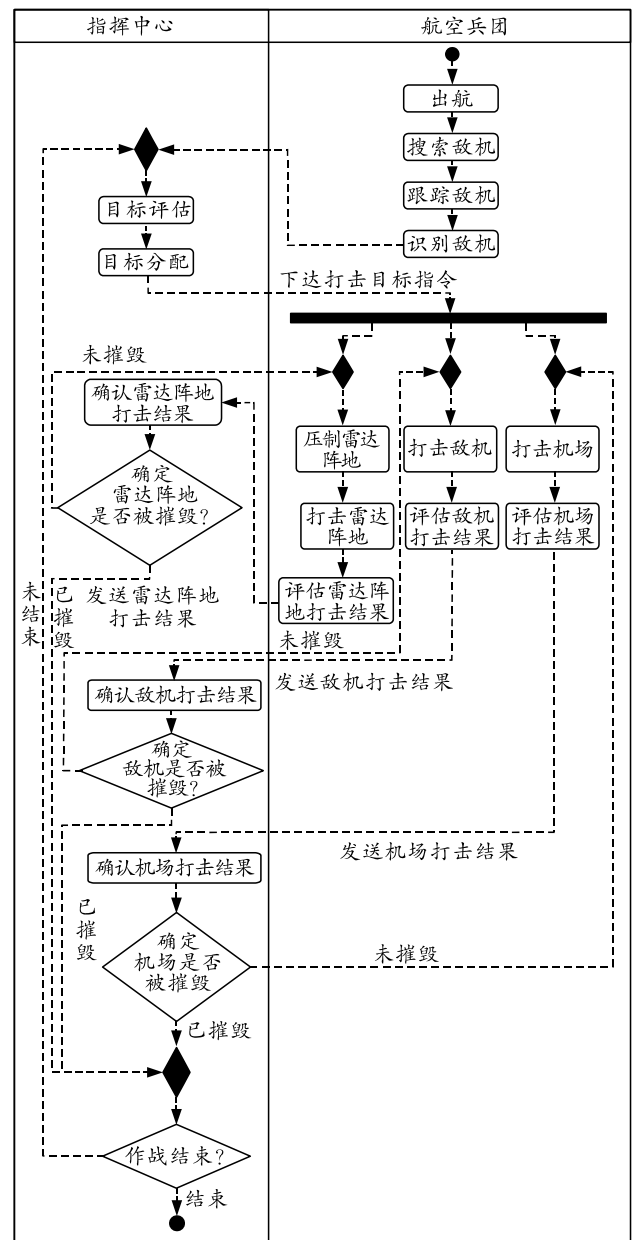


图 6 OV-5b_获取制空权

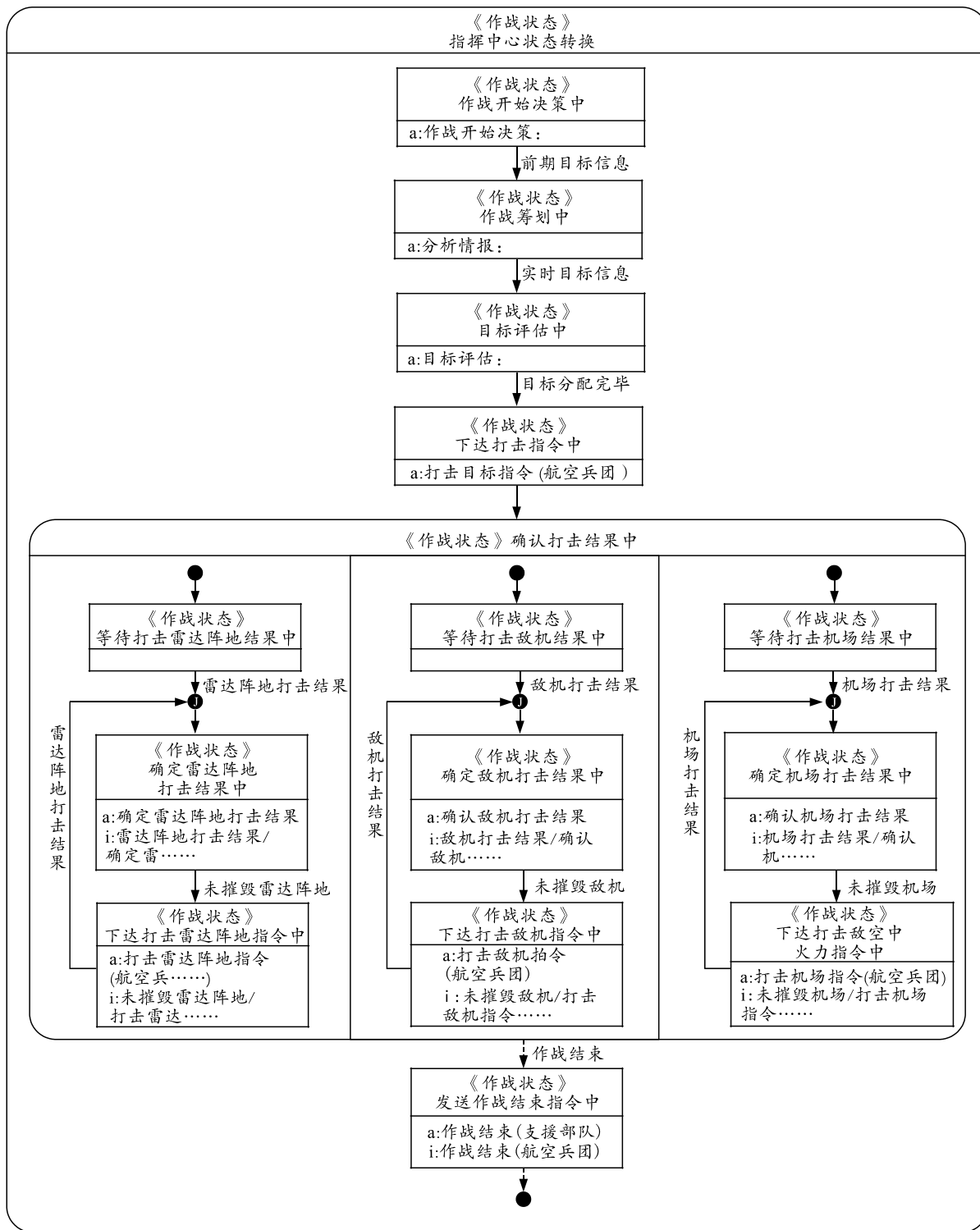


图 7 OV-6b_作战单位状态转换

2.3 系统视角体系结构描述

针对某岛夺取与控制任务，首先构建 SV-2 模型，从顶层分析作战与系统的资源结构流向等构建，如图 8 所示^[7]。

以某歼击机为例，分析其实验活动-系统功能关系，并确定其系统状态转换图 SV-10b，转换过程如

图 9 所示。

2.4 关联分析模型构建

如图 10 所示，通过构建 OV-3 模型，用“需求线”将各个组织，人员进行实验资源流的连接，为实现仿真系统结构的可执行模型提供动态映射环境^[8]。

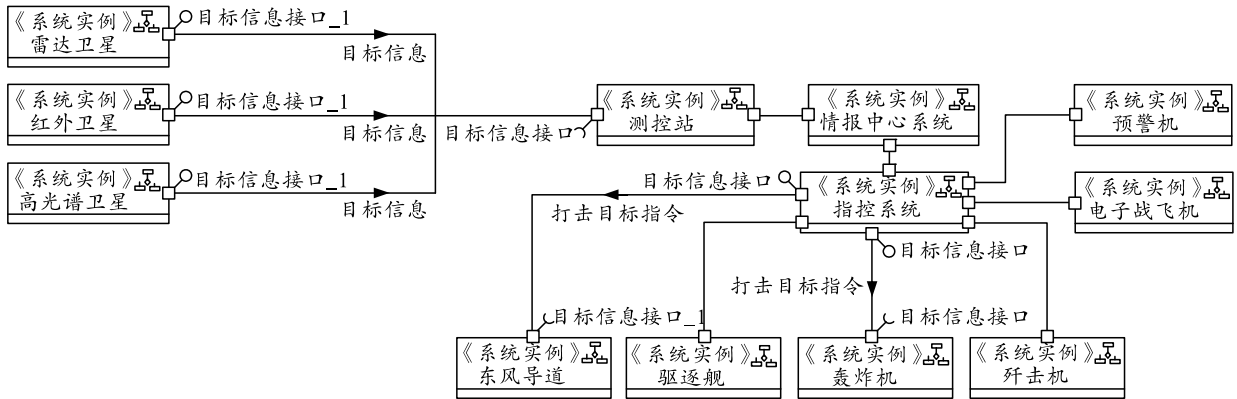


图 8 SV-2 系统实例资源流描述

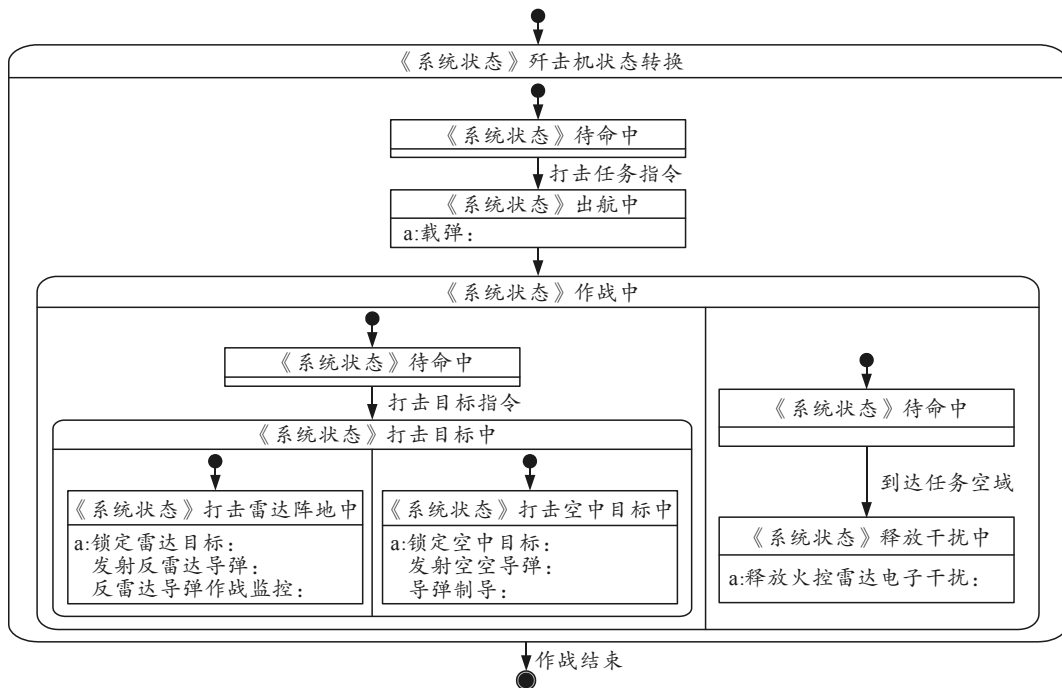


图 9 SV-10b_系统状态转换

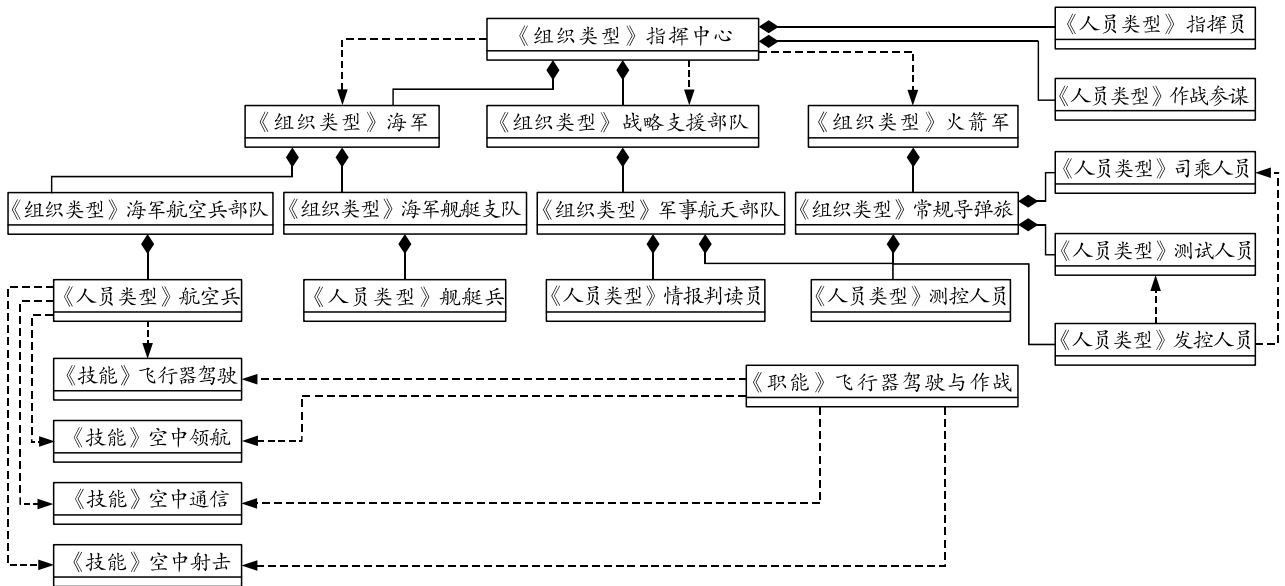


图 10 OV-3 系统关系需求模型

在上述体系结构视图的基础上梳理出整个夺取作战想定：

1) 我方雷达卫星、红外卫星、高光谱卫星 3 种类型卫星探测敌方在某岛的兵力部署情况，并将数据下注至测控站进行数据融合处理，处理好的数据将发送至指挥中心进行作战决策^[9]。

2) 指挥中心下达作战指令至航空兵团、舰艇部队、导弹旅。航空兵团接收作战指令后，侦察机从某岛起飞，目标侦察敌方某岛兵力部署情况；从某机场出动预警机以及护卫歼击机，用于保证航迹安全，从我方岛屿出动预警机以及护卫歼击机，用于前线作战指挥。舰艇部队接收作战指令后，驱逐舰、登陆舰移动至指定区域待命。导弹旅接收作战指令后，导弹车进行战前准备。

3) 敌方雷达卫星发现我方舰队移动，通知歼击机出动拦截。

4) 我方预警机发现歼击机，派遣护卫歼击机驱逐敌方歼击机。

5) 侦察机发现敌方岛屿雷达阵地后通知大型预警机，并通过大型预警机通知干扰机以及护卫歼击机从我方机场出动。

6) 同时大型预警机通知轰炸机从我方岛屿基地出动，向敌方岛屿前进。

7) 侦察机将雷达阵地信息发送至中型预警机，中型预警机分析后通知干扰机进行压制敌方陆地雷达操作。

8) 成功压制雷达阵地后，轰炸机与驱逐舰发射导弹打击某岛雷达阵地。

9) 敌方驱逐舰发射导弹试图打击我方驱逐舰、轰炸机。

10) 我方中型预警机发现敌方导弹，护卫歼击机拦截其中 2 枚导弹，并通知驱逐舰与中型预警机。

11) 侦察机侦察打击敌方雷达阵地结果，并将信息发送至中型预警机，中型预警机接收打击结果数据和大型预警机指挥信息，并通知驱逐舰打击敌方驱逐舰。

12) 我方雷达卫星侦察打击结果，并将结果通过测控站发送至指挥中心。指挥中心决策后，通知登陆舰向某岛前进。到达岛屿后，登陆部队出动，成功登陆某岛。

其中 1)和 2)属于获取前期信息任务；3)—9)属于取得制空权任务；10)和 11)属于取得制海权任务；12)属于登陆任务。

3 仿真推演

在建立某岛夺取与控制体系结构模型后，基于 STK 对其进行仿真推演。

20 s 侦察机从我方岛屿基地起飞，1 000 s 大型预警机和中型预警机起飞机场执行获取前期信息任务，如图 11 所示。

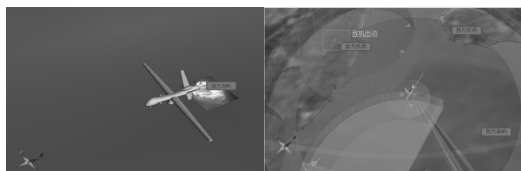


图 11 获取前期信息

2 500 s 敌方飞机从其岛屿基地起飞，同时，我方预警机发现敌方飞机，派遣护卫机驱逐(持续 100 s)。10 000 s 我方侦察机到达指定区域，侦察敌方驻扎岛屿基地，干扰机起飞，12 000 s 我方轰炸机起飞，其仿真推演如图 12 所示。

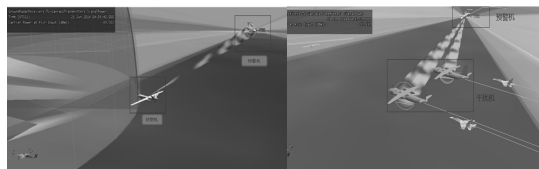


图 12 探测发现

15 200 s 侦察机给干扰机发送指令(持续 50 s)。15 750 s 我方干扰机干扰雷达探测，缩小雷达探测范围。

16 750 s 轰炸机、驱逐舰发射导弹。16 900 s 导弹击中某岛雷达阵地。17 250 s 我方护卫机发射导弹，17 360 s 导弹击中目标，如图 13 所示。

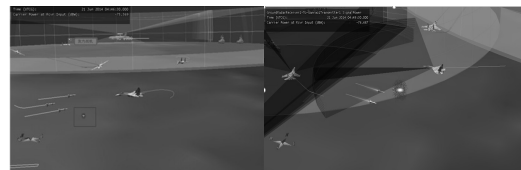


图 13 协同打击

17 650 s 预警机给驱逐舰发送指令，准备打击敌方舰船(持续 100 s)，18 200 s 我方驱逐舰发射导弹，打击对方舰船，18 980 s 敌方驱逐舰被击中，如图 14 所示。

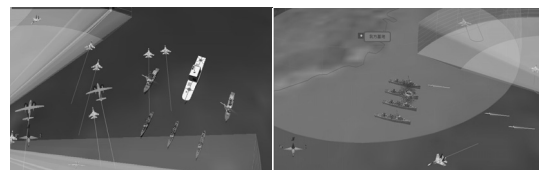


图 14 打击结束