

# Structural Modeling of Reconnaissance Satellite Information Application Chain Based on DoDAF

Kangming Zhang<sup>1,2</sup>, Haoguang Chen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Equipment Academy, Beijing

<sup>2</sup>Nanchang Army Academy, Nanchang Jiangxi

Email: zkmnc@163.com

Received: Apr. 27<sup>th</sup>, 2017; accepted: May 12<sup>th</sup>, 2017; published: May 15<sup>th</sup>, 2017

---

## Abstract

Aiming at the structural modeling of reconnaissance satellite information application, this paper proposes a description method based on DoDAF (department of defense architect framework) and a modeling method based on ABM (activity based methodology), and constructs a corresponding model of reconnaissance satellite information application chain. Based on the design steps of DoDAF and the operational flow of reconnaissance satellite information application chain, this paper constructs the model of reconnaissance satellite information application chain, and describes the architecture of the application chain of reconnaissance satellites from different aspects. These results lay the foundation for the evaluation and optimization of the reconnaissance satellites application information chain.

## Keywords

Reconnaissance Satellite Information Application Chain, DoDAF, ABM, Structural Modeling

---

# 基于DoDAF的侦察卫星应用信息链体系结构建模

张康明<sup>1,2</sup>, 陈浩光<sup>1</sup>

<sup>1</sup>装备学院, 北京

<sup>2</sup>南昌陆军学院, 江西 南昌

Email: zkmnc@163.com

收稿日期: 2017年4月27日; 录用日期: 2017年5月12日; 发布日期: 2017年5月15日

## 摘要

针对侦察卫星应用信息链体系结构建模问题, 提出了基于DoDAF (department of defense architect framework)的体系结构描述方法和基于ABM (activity based methodology)的体系结构建模方法, 构建了相应的侦察卫星应用信息链体系结构模型。本文首先分析了侦察卫星应用信息链的组成结构和任务活动, 尔后依据DoDAF体系结构的设计步骤和侦察卫星应用信息链的作战流程, 建立了侦察卫星应用信息链体系结构模型, 从不同侧面描述了侦察卫星系统节点及节点间的信息关系, 为开展侦察卫星应用信息链体系结构评估和优化奠定基础。

## 关键词

侦察卫星应用信息链, DoDAF, ABM, 结构建模

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

侦察卫星应用信息链是在作战过程中, 将卫星获取的侦察监视信息提供给作战用户而形成的网链结构。它在目标侦察和打击评估中发挥重要作用和其独特的优势[1]。目前对侦察卫星在作战中的研究主要在战略和战役层次, 在战术层次研究较少; 对侦察卫星系统以及在作战体系的运用研究多, 对整个应用过程研究少[2]。侦察卫星系统在体系建设与实际应用中存在自成体系、共享困难、效率低下的问题[3]。研究侦察卫星应用信息链目的在于从多层次和全过程来考虑侦察卫星信息应用, 促进侦察卫星信息从战略应用向战术应用的转化, 推进侦察卫星应用信息链整体优化[4] [5]。

侦察卫星应用信息链涉及到作战用户系统、侦察卫星系统、地面应用系统等多个系统, 呈现出复杂系统的体系结构特征。DoDAF 为描述体系结构提供了一种规范, 但其没提供具体的设计方法和实现途径[6] [7]。目前常用的结构化建模方法和面向对象的建模方法难以适应这种复杂系统结构的建模, 出现整体性考虑不足和信息不精确等问题[8]。基于活动的建模方法克服上述问题, 结合了两种建模方法优点, 为复杂系统的结构建模提供了新的途径[9]。

本文在分析侦察卫星应用信息链组成结构和任务活动的基础上, 利用 DoDAF 的相关理论与基于活动的建模方法对侦察卫星应用信息链体系结构进行了全面描述并构建了相应产品, 对深入理解侦察卫星应用信息链体系结构、研究其应用流程、探索侦察卫星应用信息链运行规律具有一定的参考价值 and 意义。

## 2. 侦察卫星应用信息链组成与体系结构模型

从侦察卫星应用信息链定义可以看出, 侦察卫星应用信息链节点包括作战用户节点和侦察卫星系统节点, 其基本结构如图 1 所示。侦察卫星应用信息链的节点由信息获取节点、信息中继节点、信息接收节点、信息处理节点、信息应用节点、一体化任务指控中心、地面测控中心、地面站管理中心和中继星管控中心组成, 其中信息获取节点主要由成像侦察卫星和电子侦察卫星组成, 信息中继节点主要由中继星组成, 信息接收节点主要由若干个地面接收站组成, 信息处理节点主要由信息处理中心节点组成, 信息应用节点主要由各类作战用户组成。

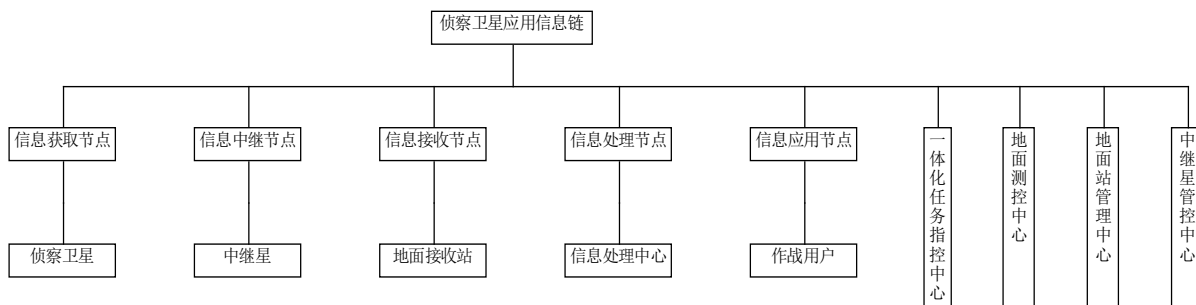


Figure 1. Composition of reconnaissance satellite application information chain

图 1. 侦察卫星应用信息链组成

根据侦察卫星的支援作战任务，侦察卫星应用信息链的作战任务至少包括四项任务：监视敌方动向任务、详查目标情况任务、评估打击效果任务、综合战场态势任务。一般来说，上述四项作战任务的完成需要由需求综合活动、资源调度活动、信息获取活动、信息中继活动、信息接收活动、信息处理活动、信息应用活动来具体实现，而这些活动需要由侦察卫星应用信息链来完成，侦察卫星应用信息链节点的连接结构与节点的能力决定了侦察卫星应用信息链性能水平，从而最终影响作战任务的完成程度，图 2 所示。

### 3. 侦察卫星应用信息链体系结构设计内容与方法

从系统角度来看，侦察卫星应用信息链由用户系统和侦察卫星系统组成的复杂系统，具有复杂体系结构的特征，因此侦察卫星应用信息链体系结构设计可借鉴体系结构设计的理论与方法。

DoDAF (department of defense architect framework)为描述体系结构提供了一种规范化的描述框架结构，为体系结构设计或开发提供了指南[10]。DoDAF 设计的视图产品主要有三种：全视图(all-views, AV)、作战视图(operational view, OV)、系统视图(system view, SV)、技术视图(technical standards views, TV)。本文主要从作战视图角度研究侦察卫星应用信息链体系结构设计。

虽然 DoDAF 提供了产品的规范描述，但没有提供具体的设计方法和实现途径，因而需要引入其他的建模方法与工具。目前，体系建模方法主要有三种：结构化建模方法、面向对象的建模方法和基于活动的建模方法，三种方法有各自的优缺点。相比较而言，基于活动的建模方法比较适合本文的研对象。

SA (System Architect)软件是一款综合性的建模工具，具有多种功能，如业务流程建模、数据建模、对象建模及业务流程仿真等多种功能，在国防、军工、航天等部门得到广泛的应用[11][12]。本文主要利用 SA 软件中的基于活动建模功能模块来建立侦察卫星应用信息链体系结构模型。

### 4. 侦察卫星应用信息链体系结构视图实现

#### 4.1. 侦察卫星应用信息链作战活动过程描述

以支持武器目标打击任务为例，侦察卫星应用信息链作战过程为：作战用户的主要作战活动是根据作战任务信息向一体化任务指控中心提出侦察需求，一体化任务指控中心的主要作战活动是根据上级作战命令和作战用户的请求对侦察卫星系统、中继星系统和测控系统作出侦察任务作规划与指挥。地面测控中心主要作战活动是根据侦察任务规划对测控站进行调试、任务指派、完成侦察卫星和中继卫星测控任务。侦察数据接收中心主要作战活动是根据侦察任务规划对地面站进行调试、任务指派、完成侦察卫星数据接收任务。中继星数据接收中心主要作战活动是根据侦察任务规划对中继星地面站进行调试、任务指派、完成中继星数据接收任务。卫星侦察监视系统主要作战活动是根据测控指令完成状态调整和



**Figure 2.** Hierarchical structure model of reconnaissance satellite application information chain

**图 2.** 侦察卫星应用信息链体系结构模型

目标侦察任务。中继星主要作战活动是根据测控指令完成状态调整和数据中继任务。信息处理中心主要作战活动是对侦察卫星数据进行处理、制作情报产品和分发情报信息。

#### 4.2. 侦察卫星应用信息链体系结构设计

在侦察卫星应用信息链体系结构设计中, 主要设计产品有信息链作战体系概念图 OV-1、信息链节点连接图 OV-2、信息链节点信息交换矩阵 OV-3、信息链节点角色配置图 OV-4、信息链活动节点树模型 OV-5、信息链作战规则模型 OV-6a、三元关联矩阵。下面按照按照 OV-1- > OV-4- > OV-5- >三元关联矩阵- > OV-2- > OV-6a 的顺序依次介绍。

##### 1) 侦察卫星应用信息链作战概念图 OV-1

根据侦察卫星应用信息链作战活动过程描述, 支持武器目标打击任务的侦察卫星信息链的作战概念图 OV-1, 如图 3 所示。作战概念图 OV-1 主要指明作战背景、作战任务、作战节点等内容。

##### 2) 侦察卫星应用信息链作战节点角色配置图 OV-4

侦察卫星应用信息链作战节点角色配置图 OV-4 表明了侦察卫星应用信息链的人员组织的关系以及节点的人员角色配属关系, 如图 4 所示。依据作战活动对侦察卫星应用信息链的需求, 可以确定作战节点中的主要角色。信息处理中心主要角色有管理人员、情报接发人员、情报综合分析人员、图像判读人员、综合分析人员、产品制作人员等。地面测控中心主要角色有管理人员、任务规划人员、地面站操作人员。中继星数据接收中心主要角色有管理人员、任务规划人员、接收站操作人员。侦察卫星数据接收中心主要角色有管理人员、任务规划人员、地面站操作人员。一体化任务指控中心角色主要有需求管理人员、情报分析处理人员、任务规划人员、系统分析人员、指挥员等。

##### 3) 侦察卫星应用信息链活动节点树模型 OV-5

侦察卫星应用信息链活动节点树模型 OV-5 用来表明实现作战任务需要的作战活动, 作战活动之间的关系, 以及活动的输出流或输入流。图 5 为侦察卫星应用信息链作战活动节点树模型, 其作战活动包括需求综合、资源调度、数据获取与接收、信息处理、信息分发与应用等活动, 而每一项活动可以进一步分解, 形成不同的层级关系。

##### 4) 建立作战活动、作战节点和角色之间的关联

在作战活动图、作战活动模型、组织关系图的基础上, 建立(作战活动, 作战节点, 作战角色)三元关联矩阵关系, 如表 1 所示。三元关联矩阵表述了作战活动在哪些节点上发生以及由谁完成的问题, 为建立侦察卫星应用信息链节点连接图奠定了基础。

##### 5) 侦察卫星应用信息链节点连接图 OV-2 (图 6)

侦察卫星应用信息链节点连接图 OV-2 确定了侦察卫星应用信息链节点, 说明了侦察卫星应用信息

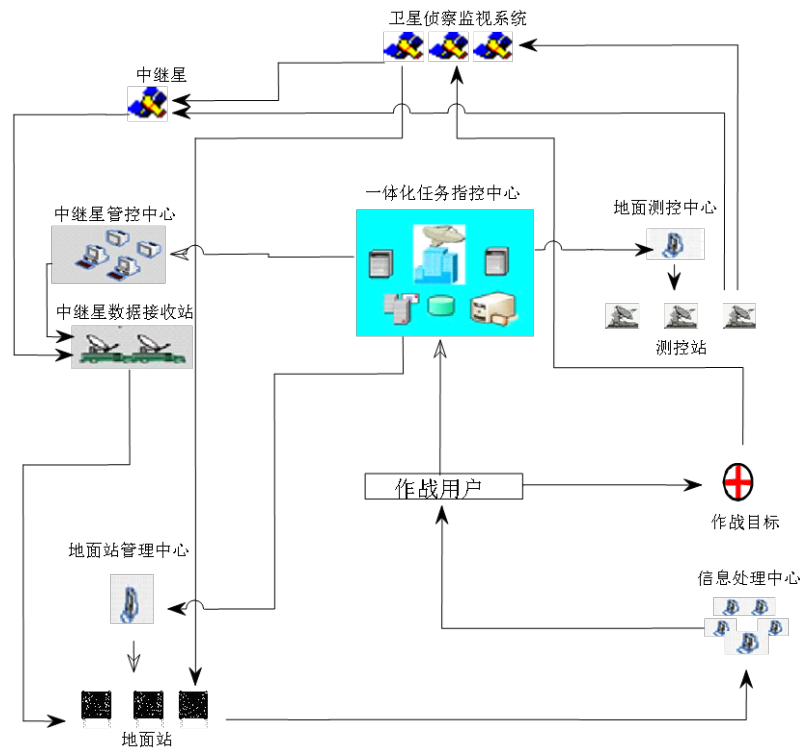


Figure 3. Operational view of reconnaissance satellite application information chain  
图 3. 侦察卫星信息链的作战概念图 OV-1

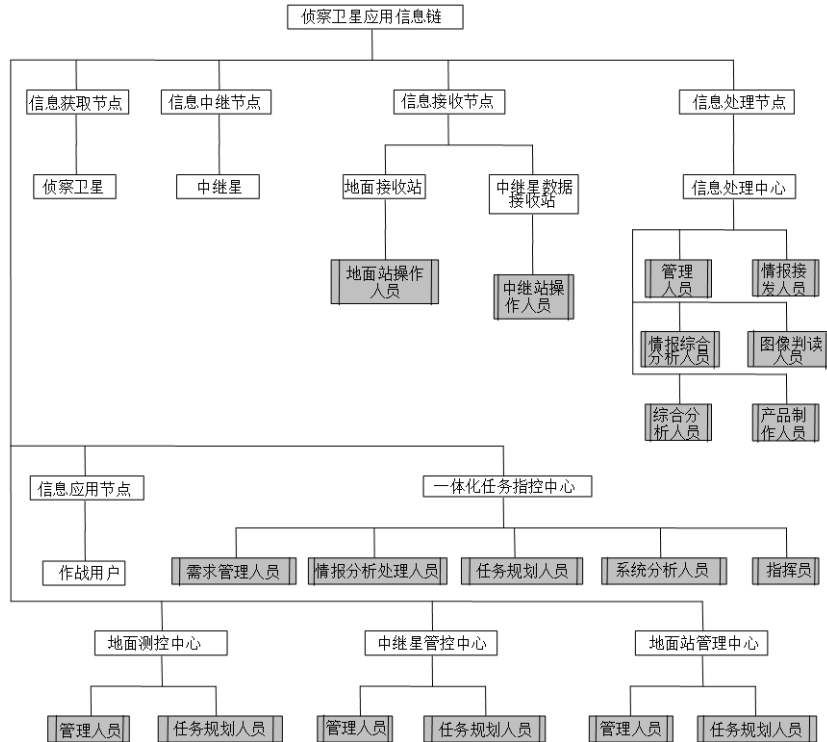


Figure 4. Operational organization chart of reconnaissance satellite application information chain  
图 4. 侦察卫星信息链的作战组织关系图 OV-4

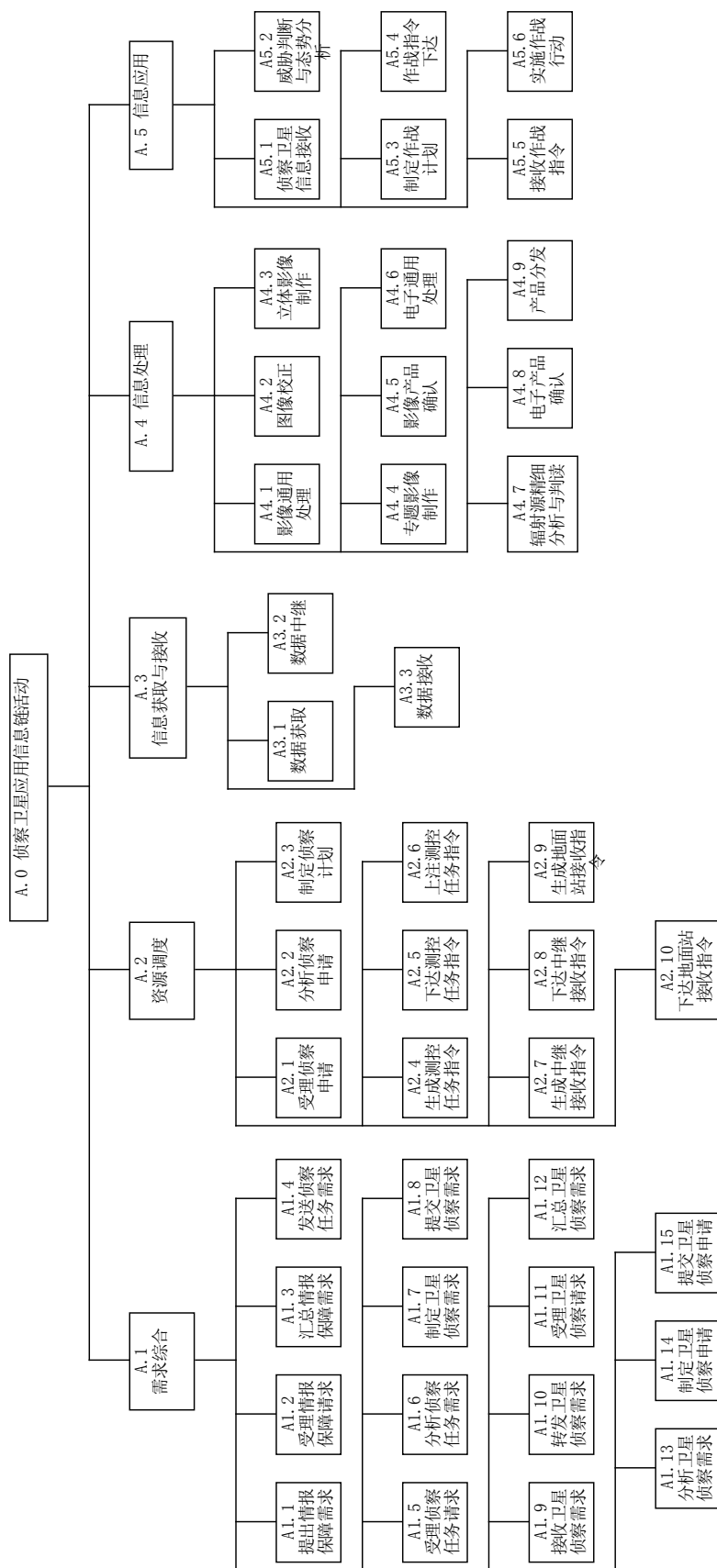
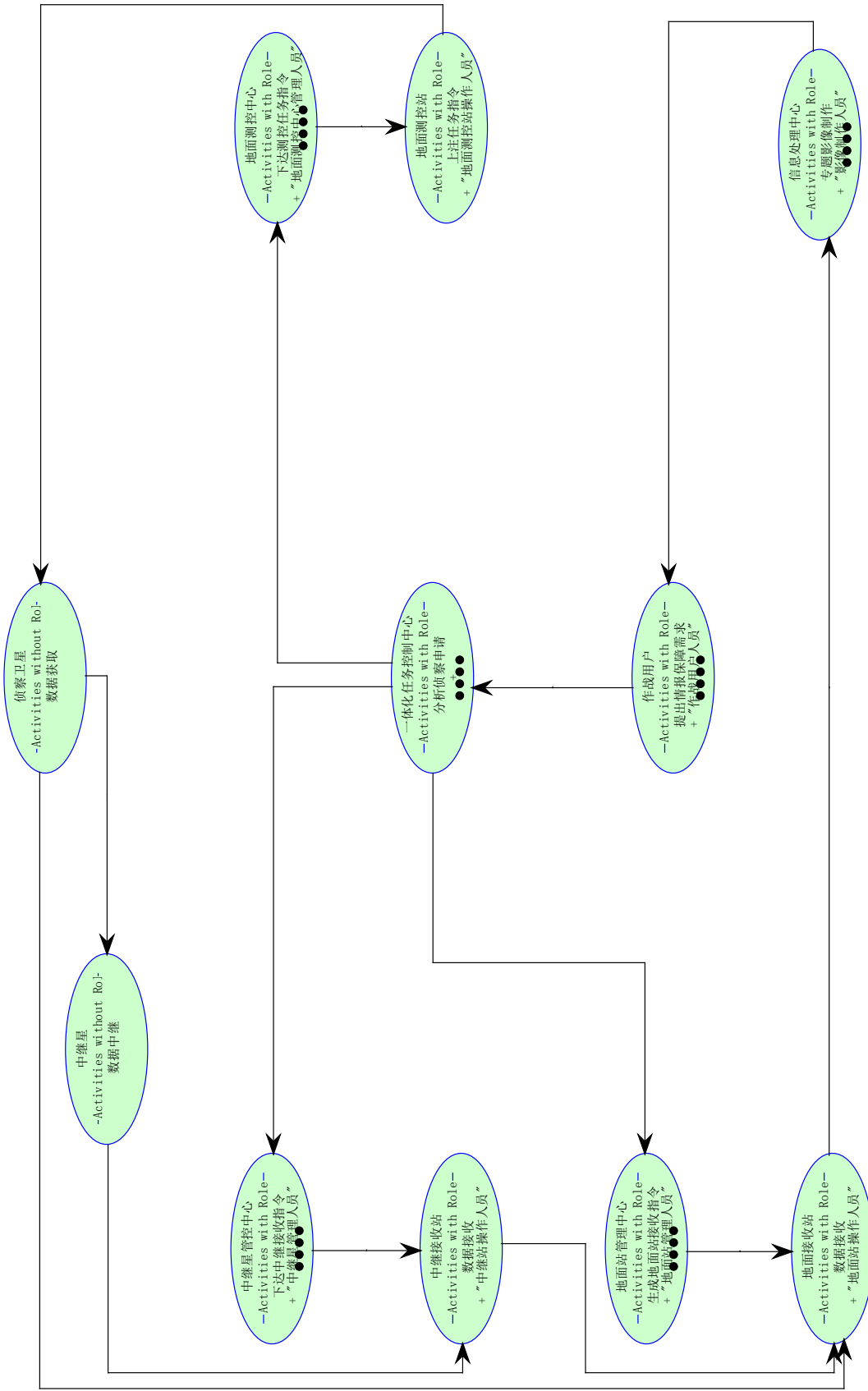


Figure 5. Activity node tree model of reconnaissance satellite application information chain  
图 5. 侦察卫星应用信息链活动节点树模型 OV-5



**F Figure 6.** Node link diagram of reconnaissance satellite application information chain  
**图 6.** 侦察卫星应用信息链节点连接图 OV-2

Table 1. Correlation matrix of three elements

表 1. 三元关联矩阵

作战活动	作战节点	作战用户	一体化任务控制中心	地面测控中心	中继星管理中心	地面站管理中心	侦察卫星	中继星	地面接收站	中继接收站	信息处理中心
提出情报保障需求		X									
汇总情报保障需求		X									
发送侦察任务需求		X									
分析侦察任务需求		X									
制定卫星侦察需求		X									
转发卫星侦察需求		X									
接收卫星侦察需求		X									
汇总卫星侦察需求		X									
分析卫星侦察需求		X									
制定卫星侦察申请		X									
提交卫星侦察申请		X									
受理侦察申请			X								
分析侦察申请			X								
制定侦察计划			X								
生成任务指令				X							
上注任务指令				X							
生成中继接收指令					X						
下达中继接收指令					X						
生成地面站接收指令						X					
下达地面站接收指令						X					
数据获取							X				
数据中继								X			
数据接收									X	X	
影像通用处理											X
图像校正											X
立体影像制作											X
专题影像制作											X
影像产品确认											X
电子通用处理											X
辐射源精细分析与判读											X
电子产品确认											X
产品分发											X
侦察卫星信息接收		X									
威胁判读与态势分析		X									
制定作战计划		X									
作战指令下达		X									
接收作战指令		X									
实施作战行动		X									



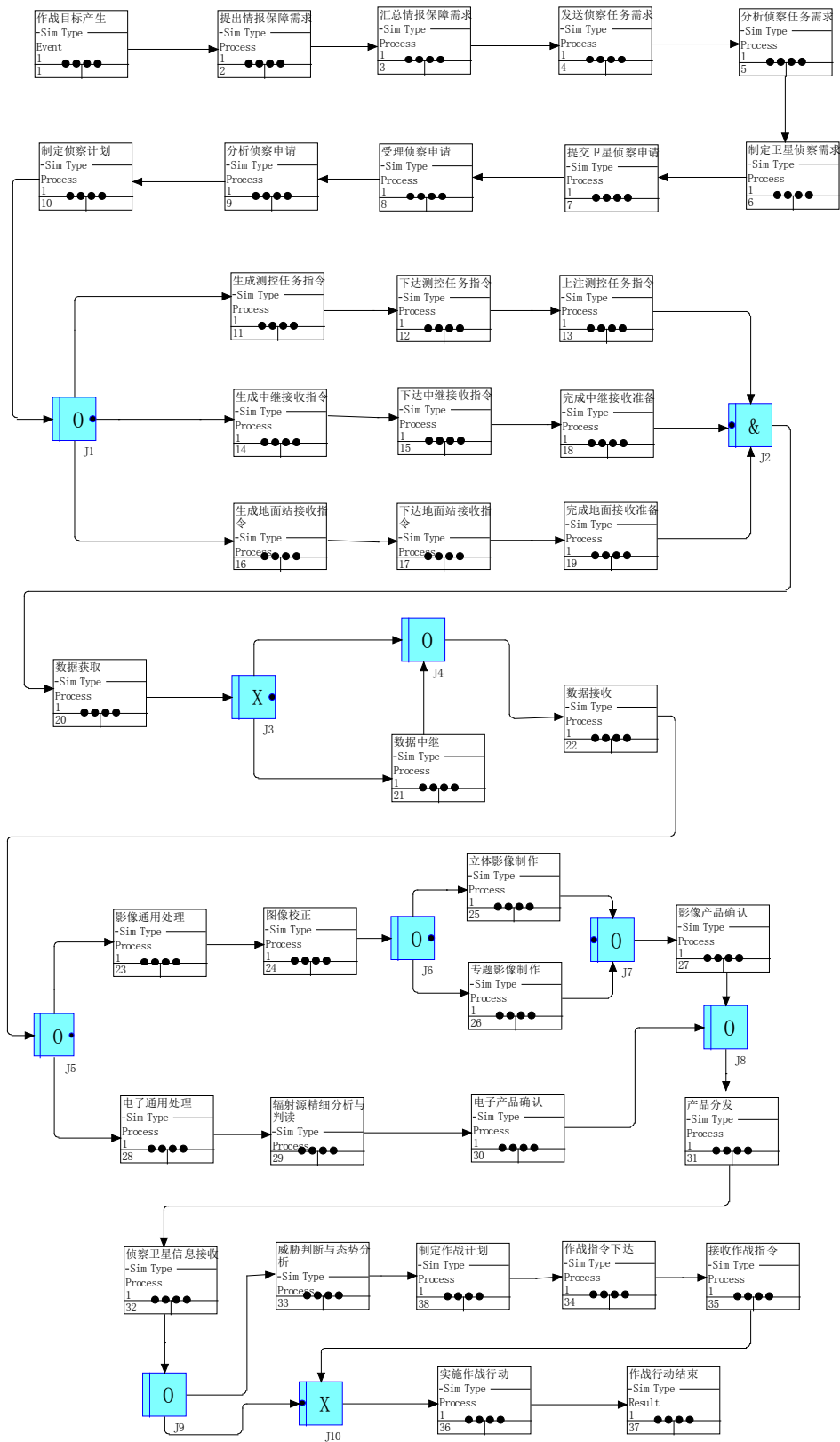


Figure 7. Operational rules model of reconnaissance satellite application information chain  
 图 7. 侦察卫星应用信息链作战规则模型 OV-6a

链节点之间的连接关系和信息交换需求关系, 标示了侦察卫星应用信息链节点上发生的活动和活动的执行者。在作战活动、作战节点和角色之间的关联矩阵关系基础上, 利用 SA 软件可以生成侦察卫星应用信息链节点连接图 OV-2。

#### 6) 侦察卫星应用信息链作战规则模型 OV-6a (图 7)

侦察卫星应用信息链作战规则模型 OV-6a 是在 OV-5、OV-2、OV-4 静态模型的基础上, 融入时间模型、资源模型后形成的逻辑动态模型, 通过运行结果的统计可以发现结构的薄弱环节与瓶颈, 从而为结构优化提供指导。

## 5. 结束语

本文基于 DoDAF 体系结构描述方法和基于 ABM 体系结构建模方法, 采用 SA 软件工具完成了侦察卫星应用信息链体系结构建模, 对侦察卫星应用信息链的组成和任务从宏观上进行了描述和分析, 设计了侦察卫星应用信息链的体系结构产品。这些研究成果对完成侦察卫星应用信息链的顶层设计、评估优化以及工程实现具有较高的指导意义和参考价值。

## 参考文献 (References)

- [1] 王春阳, 陈浩光. 天基侦察监视系统发展现状与军事应用分析[J]. 四川兵工学报, 2011(11): 140-143.
- [2] 蒋盘林. 从天基战略侦察向天基战术侦察的发展[J]. 航天电子对抗, 2014, 30(6): 17-20+29.
- [3] 秦大国, 陈凌云, 陈凌云. 天基信息获取系统一体化指挥控制研究[J]. 装备学院学报, 2016, 27(1): 63-68.
- [4] 刘刚, 李志猛, 邱涤珊, 汤芳芳. 以信息流为中心的卫星信息应用链设计方法研究[J]. 装备学院学报, 2014(3): 63-66.
- [5] 刘刚, 邱涤珊, 李志猛. 卫星信息应用链任务处理能力评估方法[J]. 系统工程与电子技术, 2014, 36(2): 288-292.
- [6] DoD Architecture Framework Working Group (2003) DoD Architecture Framework Version 1.0. U.S. Department of Defense, Washington DC.
- [7] DoD Architecture Framework Working Group (2009) DoD Architecture Framework Version 2.0. U.S. Department of Defense, Washington DC.
- [8] 简平, 邹鹏, 熊伟. 基于 DoDAF 的天基预警系统体系结构模型研究[J]. 现代防御技术, 2014, 42(4): 46-54.
- [9] Ring, S.J., Nicholson, D., Thilenius, J., et al. (2004) An Activity-Based Methodology for Development and Analysis of Intergrated DoD Architectures. 2004 *Command and Control Research and Technology Symposium*, Washington DC, 2004, 1-14.
- [10] 简平, 熊伟. 基于活动的 C~4ISR 体系结构建模方法研究[J]. 装备指挥技术学院学报, 2009, 20(5): 50-55.
- [11] 北京凌瑞智同科技有限公司. 系统工程与软件工程方案技术手册[M]. 北京: Link Right, 2005: 23-24.
- [12] 简平, 邹鹏, 熊伟. 体系结构流程仿真方法在反导预警分析中的应用[J]. 军事运筹与系统工程, 2010, 24(4): 35-40.

**期刊投稿者将享受如下服务：**

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：[mos@hanspub.org](mailto:mos@hanspub.org)