

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2012.12.002

## 基于 SysML 的应急空间军事任务概念建模

张海波<sup>1</sup>, 苏明<sup>2</sup>

(1. 装备指挥技术学院试验指挥系, 北京 101416; 2. 中国人民解放军 75130 部队保障部, 广西 贵港 537100)

**摘要:** 为了给应急空间军事任务的分析和规划、应急空间作战理论的研究以及下一步应急空间作战模拟的开展提供理论支撑, 提出基于 SysML 的应急空间军事任务概念建模方法。在介绍分析 SysML 语言及其概念建模方法的基础上, 建立应急空间军事任务的抽象概念模型, 并以典型应急空间侦察为例进行分析。结果表明: 该方法是可行的, 能为应急空间军事任务的分析和规划、应急空间作战理论的研究提供理论参考。

**关键词:** 应急空间; 军事任务; 概念建模; SysML

**中图分类号:** TJ03 **文献标志码:** A

## Conceptual Modeling of Responsive Space Military Missions Based on SysML

Zhang Haibo<sup>1</sup>, Su Ming<sup>2</sup>

(1. Department of Testing & Command, Institute of Command & Technology of Equipment, Beijing 101416, China;

2. Support Department, No. 75130 Unit of PLA, Guigang 537100, China)

**Abstract:** In order to analyze and plan the responsive space military mission, research the responsive space operation theory, and put theoretical support for responsive space operation simulation. This paper presents the responsive space military mission conceptual modeling method based on systems modeling language (SysML). Based on the introduction and analysis of SysML and its conceptual modeling method, the abstract conceptual model of responsive space military mission is established, moreover a typical case of responsive space reconnaissance is analyzed. The results show that the method is feasible to analyze and plan the responsive space military mission, and providing a theoretical reference for research the responsive space operation theory.

**Key words:** responsive space; military mission; conceptual modeling; SysML

### 0 引言

应急空间是新型军事空间技术概念, 它针对战场环境所有参战人员的需求, 发展快速的设计、组装、测试和集成空间飞船(卫星)的技术, 使空间发射活动更快、更容易、更便宜, 满足特定用户临时提出的空间飞行任务<sup>[1]</sup>。在军事领域, 概念建模是指运用规范的语义和语法结构, 对现实军事系统进行完整、准确、一致和无二义的描述。它主要通过采集某项军事任务在执行过程中所涉及的重要实体, 以及这些实体的关键行动和相互间的交互信息, 建立以概念及概念间关系陈述为特点的军事概念模型, 为军事模拟系统的开发提供一个参照物体系。

作为系统设计的顶层环节, 应急空间军事任务的概念模型不仅是分析和描述应急空间军事任务的重要途径, 也是应急空间系统设计、开发、维护和修改的重要环节。笔者针对应急空间军事任务的描述和分析, 采用面向作战过程建模的思想, 基于 SysML 建模语言构建典型应急空间军事任务的概念模型。

### 1 应急空间军事任务分析

#### 1.1 应急空间军事任务领域

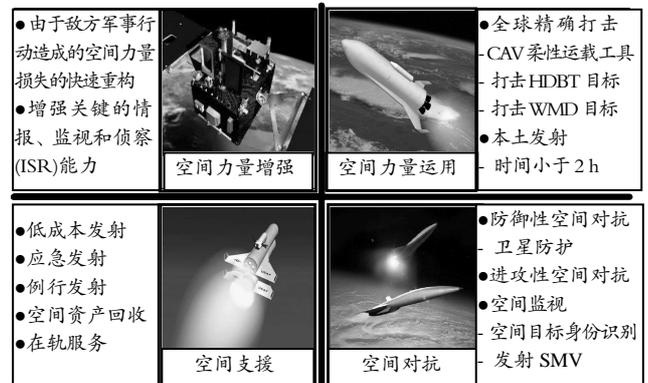


图 1 应急空间军事任务领域

应急空间军事任务的主要目标是在突发战争或突发危机时, 实现战术卫星及时有效地组装、测试、发射、在轨检测、在轨应用等一系列作战过程, 从而快速地支援战场指挥官的战场作战。应急空间军事任务可以概括归纳为空间对抗、空间支援、空间力量增强和空间力量运用 4 方面, 如图 1 所示<sup>[2]</sup>。

收稿日期: 2012-06-02; 修回日期: 2012-07-06

作者简介: 张海波(1974—), 男, 湖北人, 博士, 副教授, 从事作战指挥研究。

空间支持和空间力量增强是基础，空间力量运用是发展，空间对抗是核心。

### 1.2 应急空间军事任务特点

从作战过程的角度来看，应急空间军事任务的组成元素是作战过程，作战过程的组成元素是作战活动，也称为子作战过程，作战活动是应急空间军事任务的基本单元。应急空间军事任务可以分为若干任务阶段，这些任务阶段是一系列在时间上连续，且互不重叠，每个任务阶段调用不同的作战活动组合，分别对应着不同的时间要求。应急空间军事任务的具体结构特点如图 2 所示。

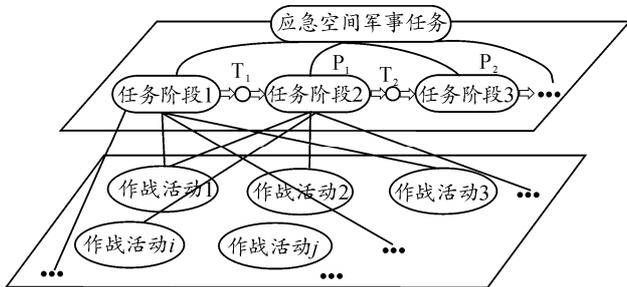


图 2 应急空间军事任务结构特点

## 2 系统建模语言及建模方法

### 2.1 SysML 系统建模语言

SysML 是国际系统工程学会 (INCOSE) 和国际对象管理组织 (OMG) 为满足系统工程的实际需要，在对统一建模语言 UML2.0 的子集进行重用和扩展的基础上提出的一种系统工程的标准建模语言。SysML 的目的是为系统工程提供一种标准化的建模语言，能够支持对各种复杂系统的说明、分析、描述、设计、校验和确认，这些系统包括硬件、软件、信息、过程等，适合对面向作战过程的军事任务进行概念建模。笔者采用 SysML 语言来描述应急空间军事任务的概念模型。

SysML 是一种采用图形表示形式的可视化建模语言，为支持从不同角度描述模型，SysML 定义了 9 种模型图，分别是行为图、需求图 and 结构图 3 大类。其中：行为图包括活动图、顺序图、状态机图和用例图；结构图包括块定义图、内部块图、参数图和包图。SysML 的图形分类如图 3<sup>[3]</sup>所示。

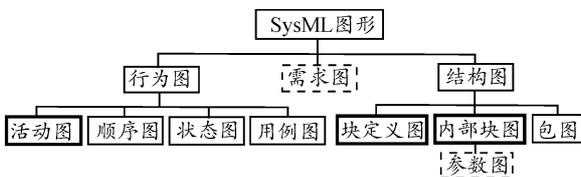


图 3 SysML 的图形分类

图 3 中，虚线框表示 SysML 在 UML2.0 基础上新增加的图形；粗实线框表示在 UML2.0 的基础上扩展形成的图形；其余图形与 UML2.0 的图形相同。新增加的需求图利于需求分析；参数图将系统参数必须满足的限制与关系表现在设计模型上；块定义图和内部块图可描述系统某部分的内部结构。

### 2.2 基于 SysML 的概念建模方法

SysML 利用不同的图来表示军事任务的静态结构表述和动态行为执行，每种图的侧重点不同，它们在军事任务的概念建模中都是不可缺少的。基于 SysML 的军事任务概念建模，主要是通过结构图描述军事任务的活动属性，通过 SysML 的行为图描述军事任务的执行过程，通过图形化的方式将军事任务作战过程可视化的表达出来。

## 3 应急空间军事任务概念模型

应急空间军事任务的概念模型包括应急空间军事任务阶段模型、应急空间作战活动模型和应急空间军事任务作战过程模型。

### 3.1 应急空间军事任务阶段模型

应急空间军事任务阶段是指将应急空间军事任务分为多项子任务阶段，这些子任务阶段在时间上是连续、互不重叠的，每个时间段内完成一个特定的军事任务。构建如下的应急空间军事任务阶段概念模型：

$$P_i\{D, S, L\}$$

其中： $D = \{T_{s,i}, T_{e,i}, t_i\}$ ，表示应急空间军事任务阶段的周期，由应急空间军事任务阶段开始时间  $T_{s,i}$ 、结束时间  $T_{e,i}$  和应急响应时间限制期  $t_i$  3 个属性组成； $S$  表示应急空间基本军事任务阶段调用的应急空间作战活动集，由应急空间作战活动序列  $S_i$  属性描述； $L = \{P_{p,i}, P_{s,i}\}$ ，表示逻辑关系，由承前应急空间基本任务阶段  $P_{p,i}$  和后续应急空间基本军事任务阶段  $P_{s,i}$  组成。

### 3.2 应急空间作战活动模型

应急空间作战活动以及作战活动之间的逻辑关系是应急空间军事任务的基本组成单元。应急空间作战活动的概念模型如下：

$$A_i\{D, R, L\}$$

其中： $D = \{t_{s,i}, t_{e,i}, d_i\}$ ，表示应急空间作战活动的周期，由应急空间作战活动开始时间  $t_{s,i}$ 、结束时间  $t_{e,i}$  和应急响应时间限制期  $d_i$  3 个属性组成；

$R = \{R_j, m_i\}$ , 表示应急空间作战活动所调用的作战资源, 由作战资源种类  $P_i$  及其对应的调用数量  $m_i$  组成;  $L = \{A_{p,i}, G_i, A_{s,i}\}$ , 表示逻辑关系, 由当前应急空间作战活动的承前应急空间作战活动序列  $A_{p,i}$ 、承前应急空间作战活动数  $G_i$  以及后续应急空间作战活动  $A_{s,i}$  组成。

### 3.3 应急空间军事任务作战过程模型

在完成应急空间基本军事任务阶段概念模型和应急空间作战活动概念模型的构建之后, 利用 SysML 活动图建立应急空间基本军事任务阶段模型和应急空间作战活动模型, 完成整个应急空间军事任务作战过程概念模型。

具体过程分为 2 个阶段: 1) 根据应急空间军事任务阶段对象的  $S$  属性和对应的应急空间作战活动对象的逻辑属性, 建立每个应急空间军事任务阶段的 SysML 活动图; 2) 根据应急空间军事任务阶段的  $L$  属性建立整个应急空间军事任务作战过程的 SysML 活动图。在此, 每个应急空间军事任务阶段的 SysML 活动图可看作是应急空间军事任务作战过程的一个节点, 这样可以分层次地建立整个应急空间军事任务作战过程概念模型的 SysML 活动图。

## 4 应急空间军事任务概念建模实例

以典型应急空间军事任务——应急空间侦察为研究实例, 借助 MagicDraw 软件工具加上 SysML Plugin 插件, 基于面向作战过程建模的思想, 采用 SysML 建立应急空间侦察的概念模型。由于篇幅原因以及应急空间侦察军事任务的复杂性, 仅以个别概念模型视图加以表示和说明。

### 4.1 应急空间侦察任务过程描述

应急空间侦察任务作战过程及其作战构想示意图分别如图 4、图 5 所示。

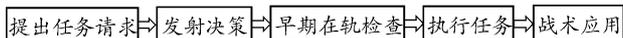


图 4 应急空间侦察任务作战过程

综合应急空间侦察任务作战过程, 实现应急空间侦察作战构想, 需要完成以下 4 部分工作。

1) 提出任务请求: 联合作战指挥官在评估冲突地区作战需求的基础上, 提出应急小卫星的任务, 确定所需的有效载荷, 并且给发射单位提供关键参数, 包括有效载荷、覆盖区域、定向下行链路区域、执行任务的日期。

2) 发射决策: 发射单位对联合作战指挥官提出

的任务需求进行分析, 确定精确的轨道、发射时间表和地面控制站, 然后进行发射准备, 包括发射站点选择、航区清理、卫星平台/有效载荷总装并集成到应急空间运载器上。通常在接到发射命令之后, 在规定的时间内发射。

3) 在轨检查: 为了及时满足作战需求, 应急小卫星在第一次飞过目标区域上空时应该已经准备好执行任务, 因此需要在轨道早期进行在轨检查, 自动配置已选择的有效载荷进行星座组网, 轨道保持、初始任务分配和传输。

4) 执行任务: 应急小卫星在经过目标区域上空时执行任务, 并将信息按照给定的传输方式传回战术应用终端, 以便快速服务于战术应用。

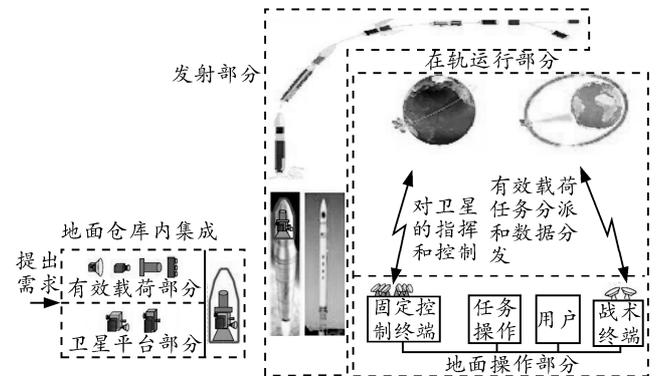


图 5 应急空间侦察任务作战构想示意图

### 4.2 应急空间侦察任务过程分析

对上述应急空间侦察任务的作战过程进行分析和规划, 将应急空间侦察任务分为 4 个基本阶段: 提出需求任务阶段、发射准备任务阶段、发射执行任务阶段和侦察应用任务阶段。

提出需求任务阶段  $P_1$  由 2 个串行作战活动组成:  $A_1$  为信息支援需求;  $A_2$  为应急发射请求。

发射准备任务阶段  $P_1$  包含 7 个作战活动:  $A_3$  为技术阵地准备;  $A_4$  为侦察卫星模块组装;  $A_5$  为侦察卫星加电测试;  $A_6$  为运载器模块化组装;  $A_7$  为卫星平台测试;  $A_8$  为任务载荷和卫星平台组装;  $A_9$  为运往发射阵地。其中,  $A_3$  完成后,  $A_4$  和  $A_6$  同时进行,  $A_4$  和  $A_5$  串行进行,  $A_6$  和  $A_6$  串行进行,  $A_4$ 、 $A_5$ 、 $A_6$ 、 $A_7$  全部完成后  $A_8$  开始, 然后  $A_9$  开始。

发射执行任务阶段  $P_3$  包含 4 个作战活动:  $A_{10}$  为发射阵地准备;  $A_{11}$  为点火发射;  $A_{12}$  为应急测控;  $A_{13}$  为卫星入轨。其中,  $A_{10}$  完成后,  $A_{11}$  和  $A_{12}$  同时进行,  $A_{11}$  和  $A_{12}$  全部完成后  $A_{13}$  开始。

侦察应用任务阶段  $P_3$  由 3 个串行作战行动组成:  $A_{14}$  为在轨检测;  $A_{15}$  为应急侦察;  $A_{16}$  为数据下传。