

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2010.11.008

基于 SysML 的反卫作战体系可视化模型

杨娟, 罗小明, 王洪

(装备指挥技术学院 科研部, 北京 101416)

摘要: 为了更有效地反击卫星作战, 对基于系统建模语言 (System Modeling Language, SysML) 的反卫作战体系可视化模型进行构建。分析了将 DoDAF 和 SysML 相结合并用于复杂军事系统设计的合理性; 借鉴美军海基反卫试验的相关成果, 设计了在 DoDAF 框架下的反卫作战体系, 描述了相关军事需求, 构建了其在 DoDAF 框架下最小产品集的 SysML 模型。该模型为下一步进行定性和定量相符合的分析和评价打下了基础。

关键词: DoDAF; SysML; 反卫作战体系; 作战体系结构

中图分类号: TN97; N945.12 **文献标识码:** A

Visualization Model of Anti-Satellite Operational System Based on SysML

Yang Juan, Luo Xiaoming, Wang Hong

(Dept. of Scientific & Research, Institute of Command & Technology of Equipment, Beijing 101416, China)

Abstract: In order to research anti-satellite combat more effectively, the article constructs visualization models of anti-satellite operational system based on system modeling language (SysML). Firstly, analyzes the rationality combined DoDAF with SysML used complex military system design. Then by studying on American navy base missile anti-satellite incident, the article designs the operational architecture of the anti-satellite operational system, and constructs its SysML-based visualization models in minimum products of DoDAF, and the models is the foundation for qualitatively and quantitatively analyzing and estimating.

Keywords: DoDAF; SysML; anti-satellite operational system; operational system architecture

0 引言

从近几场高技术局部战争中军事航天力量的应用现状及其未来的发展趋势来看, 各类卫星及其应用系统已成为各军事强国的一个极为重要的作战节点。故借鉴美军海基反卫试验的相关成果, 将空间力量强大的信息支援能力应用于反卫作战, 从顶层设计的角度对反卫作战体系结构进行探讨。

1 DoDAF 框架和 SysML 语言

在 C⁴ISR AF V2.0 的基础上, 根据国际系统工程领域的技术进展和美国在 21 世纪的军事系统研发经验, 美国国防部在 2003 年颁布了 DoDAF V1.0 体系结构框架标准^[1], 作为指导所有军事工程项目研究的系统工程方法论。DoDAF V1.0 体现的是系统工程的思想, 它定义了全景视图、作战视图、系统视图、技术视图等四类视图 26 个文件产品, 从不同侧面来描述复杂军事系统。DoDAF 通过对视图和产品的定义, 解决的是从哪些方面来对复杂军事系统进行研究的问题。

系统建模语言 (System Modeling Language, SysML) 是国际系统工程学会和国际对象管理组织为满足系统工程的实际需求, 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。其目的主要是用于解决系统工程面临的建模问题, 为系统架构师提供一种标准化的建模语言, 以便对复杂系统进行分析、描述、设计与校验^[2]。因此, SysML 解决的是怎样对复杂军事系统进行可视化建模描述的问题。

2 产品的选择及其 SysML 支持分析

DoDAF 作战视图共包含 9 个产品。其中: OV-2 作战节点连接描述、OV-4 组织关系图和 OV-5 活动模型为最小产品集, 即其他产品的构建应以这 3 个产品为基础^[3-5]。基于篇幅考虑, 笔者将选取 OV-1、OV-2、OV-4 和 OV-5 这 4 个产品来描述反卫作战体系的高层作战需求, 对其进行作战体系结构设计。其中, OV-1 是对反卫作战行动总的描述, 主要从宏观角度直观地描述反卫作战体系的使命任务、主要的作战节点和任务能力, 用途是方便各级指挥人员交流及向高级决策者描述战场态势情况; OV-2、OV-4 主要从静态角度描述体系的作战节点、交互信息、指挥组织与资源等属性; OV-5 主要从动态角度描述体系的使命、事件、活动与过程。

根据 SysML 的建模知识和反卫作战体系的作战体系结构研究的 4 个产品内容, 找出作战体系结

收稿日期: 2010-06-11; 修回日期: 2010-07-01

基金项目: 武器装备预研基金项目《航天装备体系结构与作战应用研究》(9140A20010608KG02)

作者简介: 杨娟 (1966-), 女, 湖南人, 副教授, 从事装备管理与发展、作战模拟等研究。

构与 SysML 模型之间的对应关系，如图 1。

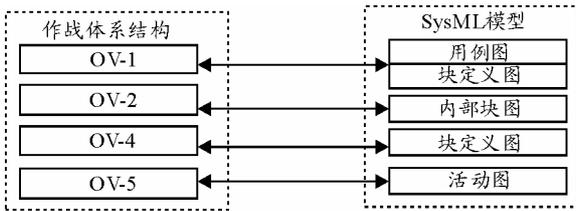


图 1 作战体系结构与 SysML 模型的对应关系图

3 基于 SysML 的反卫作战体系结构设计

3.1 基于 SysML 作战体系结构设计原则

1) 自顶向下的分解：自顶向下有 2 层含义，一



图 2 层级分解与对应关系图

2) 用例驱动：进行作战体系结构设计实际上是表述作战体系的军事需求的过程，而用例图能以参与者的角度从整体上对军事需求进行表述，是构建体系结构模型的切入点。用例驱动的实质就是先建立用例图，再以用例图为核心构造一系列的模型，如块定义图、内部块图、活动图等，从而逐步深入地展现出作战体系结构的全貌。

3.2 作战体系结构设计过程

为保证体系结构数据的一致性和逻辑合理性，基于 DoDAF 框架的作战体系结构产品设计必须遵

是从执行使命任务的过程来说，将依据“使命任务—功能—作战活动”的顺序进行自顶向下的逐层分解，使命任务的完成需要若干功能的执行做保证，而每一功能都是通过一系列具体的作战活动来实现的；二是从执行使命任务的主体来说，将依据“体系—系统—作战实体”的顺序对作战节点进行自顶向下逐层的分解，体系是完成使命任务的主体，系统是具有一定功能的集合，作战实体是作战活动的具体执行者。从分解的各个层级来说，上层是下层的聚合，下层是上层的细化。自顶向下的层级分解与对应关系如图 2。

循一定的开发顺序：先建立用例图，再建立块定义图和活动图，在此基础上再建立内部块图，最后再对所建立的模型进行静态语法和语义检验，确保模型的正确性、规范性和建模描述内容的完整性。

3.2.1 OV-1 的构建

根据 OV-1 所应表述的内容，笔者将结合用例图和块定义图来表示。图 3 给出了反卫作战体系用例模型。用例图是以参与者的观点来描述了作战层面的主要功能或动作的一种视图。

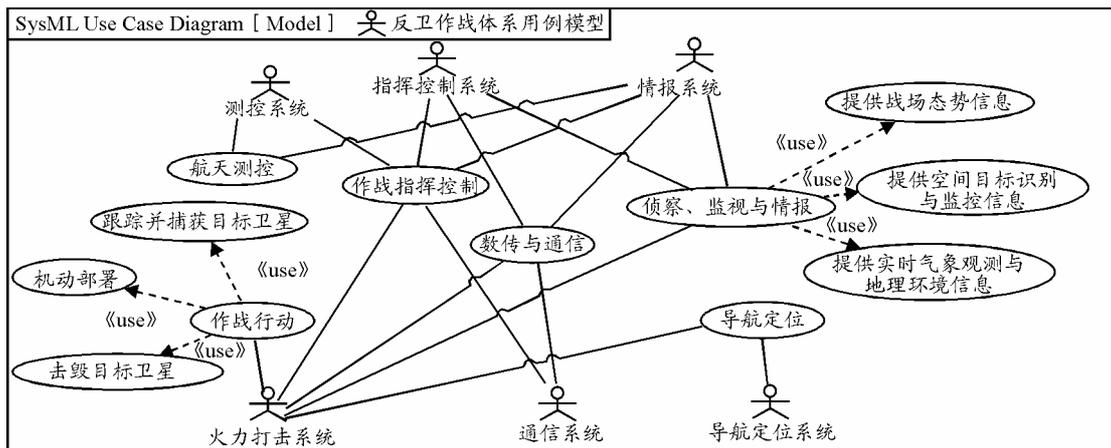


图 3 反卫作战体系用例模型图

图 3 中的椭圆标志代表用例，用以表示反卫作战体系的功能单元，但并不显示功能实现的具体过程。人型标志代表参与者，用以表示功能的实现者和使用者。每一用例的实现过程都是通过某一个或一系列作战活动的执行来表示。例如，“跟踪并捕获

目标卫星”用例，可通过“测定目标卫星轨道参数—识别并判定光学通道类型—粗跟踪—制定详细作战计划—精密跟踪—锁定目标卫星”这一系列作战活动的执行来实现。在用例图中，功能的实现者是系统，而在反卫作战体系中，系统是某些作战节点

的聚合, 并非最基本的作战单元。因此, 应将作战活动分配到作战节点中。作战节点在 SysML 模型元素中用块 (block) 来表示, 所分配的作战活动用 operations 属性来表示; 同时, 还可用 values 属性来表现作战节点的结构属性, 用 parts 属性来表现作战节点组成关系。根据作战节点的分类原则和确定步骤, 本文为进一步构建反卫作战体系的作战流程, 将作战节点进行相应的划分^[6]:

CPA 类作战节点是负责信息获取与处理的作战节点; CC 类作战节点是负责指挥与控制的作战节

点; E 类作战节点是负责攻击的作战节点; O 类作战节点是目标类作战节点。

例如, “跟踪并捕获目标卫星”这一功能实现的主体是火力打击系统, 故可将实现“跟踪并捕获目标卫星”功能的一系列作战活动分配到聚合成火力打击系统的作战节点 (战术指控中心和地基激光武器系统) 中, 并用块来描述作战节点。这样, 通过对反卫作战体系中各系统和功能的分解以及作战活动与作战节点的分配, 就可以得到反卫作战体系的组成, 如图 4。

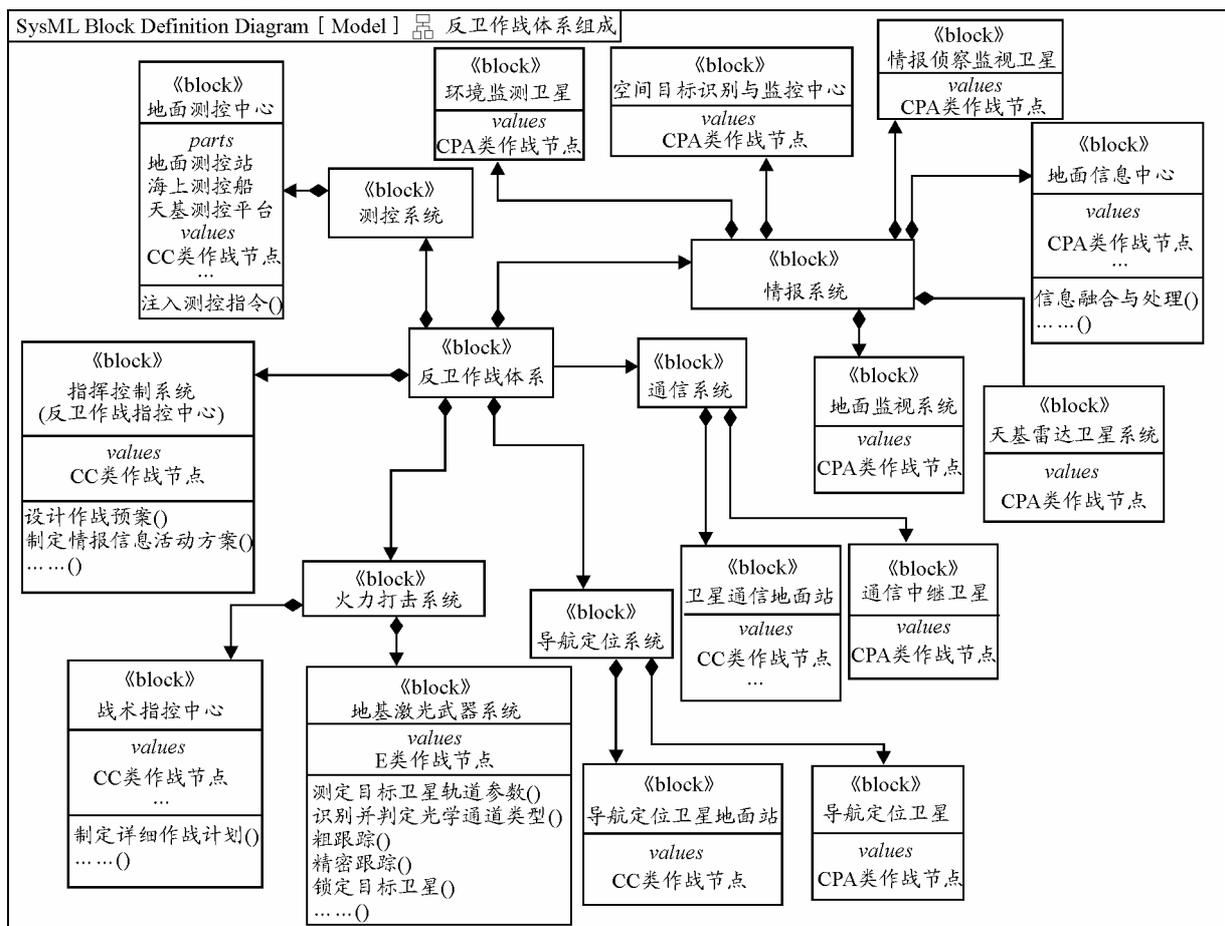


图 4 反卫作战体系组成图

3.2.2 OV-4 的构建

OV-4 组织关系图提供具体的组织结构, 显示

实现作战过程的军事组织及其之间的各种指挥关系。图 5 对反卫作战体系中的组织关系进行了描述。

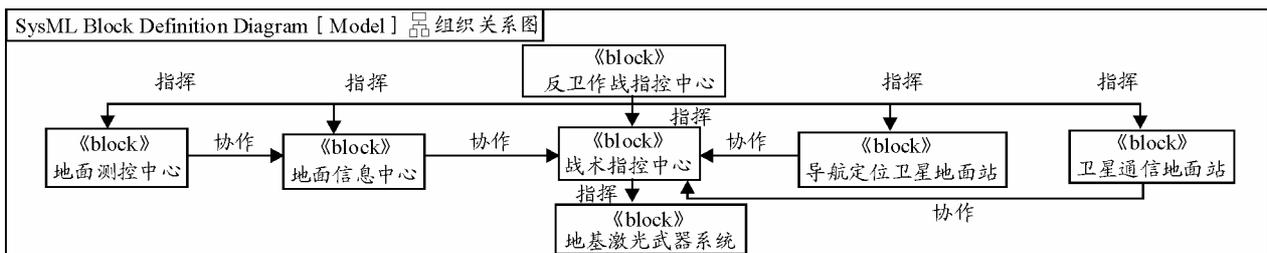


图 5 反卫作战体系中的组织关系图

3.2.3 OV-5 的构建

作战活动模型用活动图表示。在作战体系结构设计中，存在参战实体较多的客观问题，如果仍用活动图的泳道技术 (swimlanes)，势必会造成模型复杂的缺点，降低模型的可读性，这与体系结构建模的初衷是不相符的。鉴此，笔者利用构造型技术，对 SysML 活动图的对象进行以下分类扩展：

1) 《role》和《organization》，分别表示参与活动的角色 (即人员) 和组织。一个具体的作战体系是一种“人-机”交互的体系，由此决定了体系运作过程中大部分的作战活动都需要一定的人员或组织实体进行参与或执行，因此，引入角色对象和组织对象非常关键。其对象流由对象指向活动，表示参与关系。

2) 《equipment》，表示活动调用的武器装备，

如各种军用卫星系统、地基激光武器系统等。其对象流由对象指向活动，表示调用关系。

3) 《info》，所有作为活动输入或输出信息的对象均归为此构造型。作战过程伴随着信息的产生和消耗，因此信息对象在活动图中不可或缺。当对象流由对象指向活动时，表示活动的执行需要输入该对象；当对象流由活动指向对象时，表示活动的执行产生了该对象。

根据 SysML 进行体系结构设计时所遵循的自顶向下的分解原则，作战活动模型采用分层结构描述。图 6 是顶层作战活动描述模型，而图 7、图 8 是对图 6 中“跟踪并锁定目标卫星”活动以及“做好发射前准备”活动的分层描述，属于下层活动图。活动的分层描述是 SysML 活动图在表达能力上的一大优势，通过活动的分层描述，能把复杂的行为过程简单化，从而达到增进理解的效果。

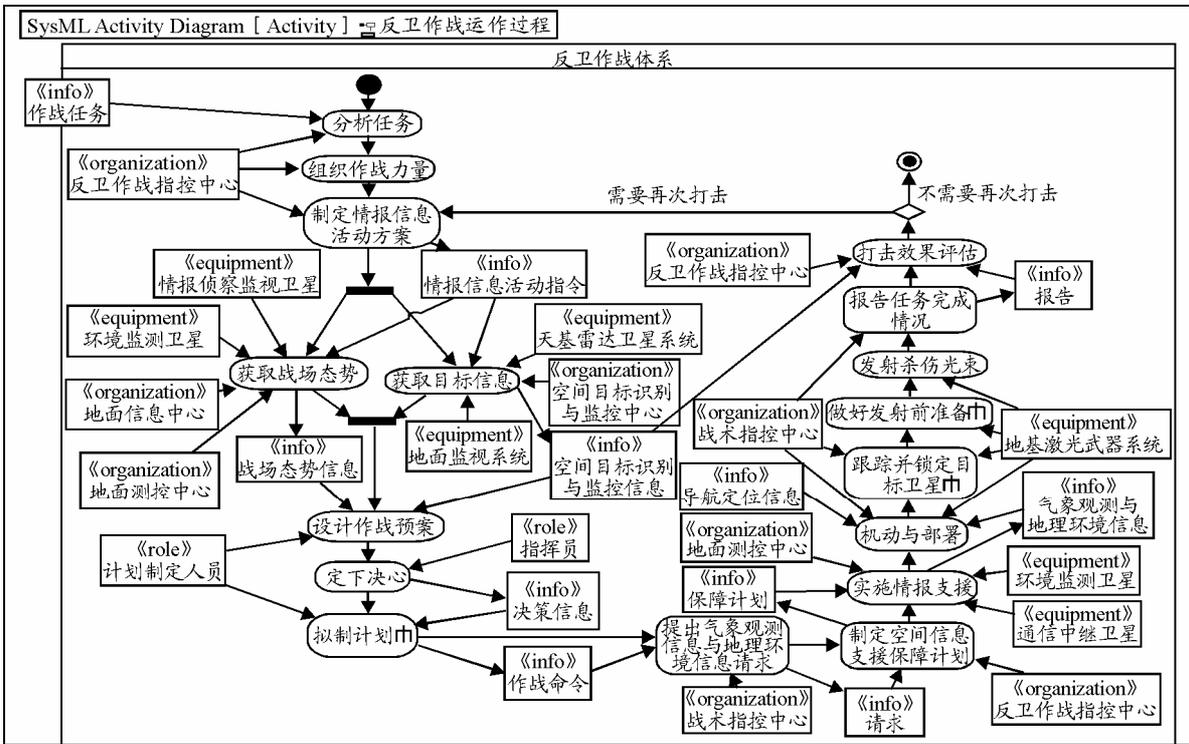


图 6 反卫作战体系顶层作战活动描述模型图

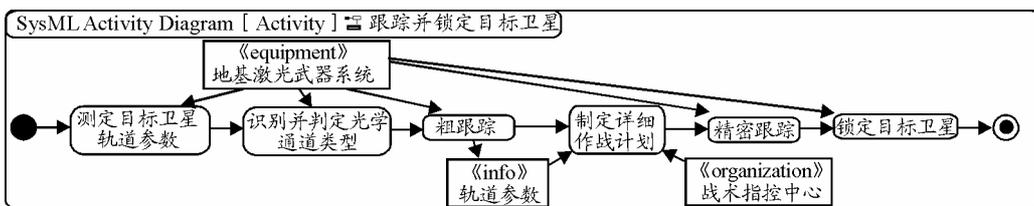


图 7 “跟踪并锁定目标卫星”活动分层描述模型图

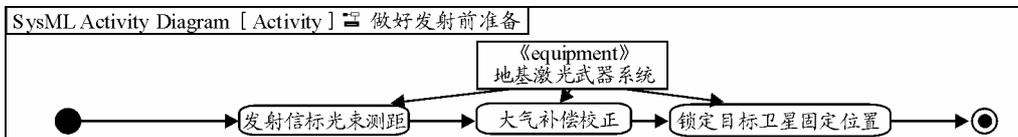


图 8 “做好发射前准备”活动分层描述模型图

3.2.4 OV-2 的构建

根据活动图所体现的信息流, 可进一步得到反卫作战过程的信息流程, 从而构建作战节点连接视图。作战节点连接视图用内部块图表示, 作战节点用块表示, 各块之间交互的信息用流端口 (Flow

Port) 表示。对作战节点连接视图的建模描述仍遵循“自顶向下的分解”原则, 先构建顶层黑盒模型 (如图 9), 再逐渐将黑盒模型白盒化, 进而展现出反卫作战体系信息流程的全貌, 鉴于篇幅, 仅对火力打击系统进行了白盒描述, 如图 10。

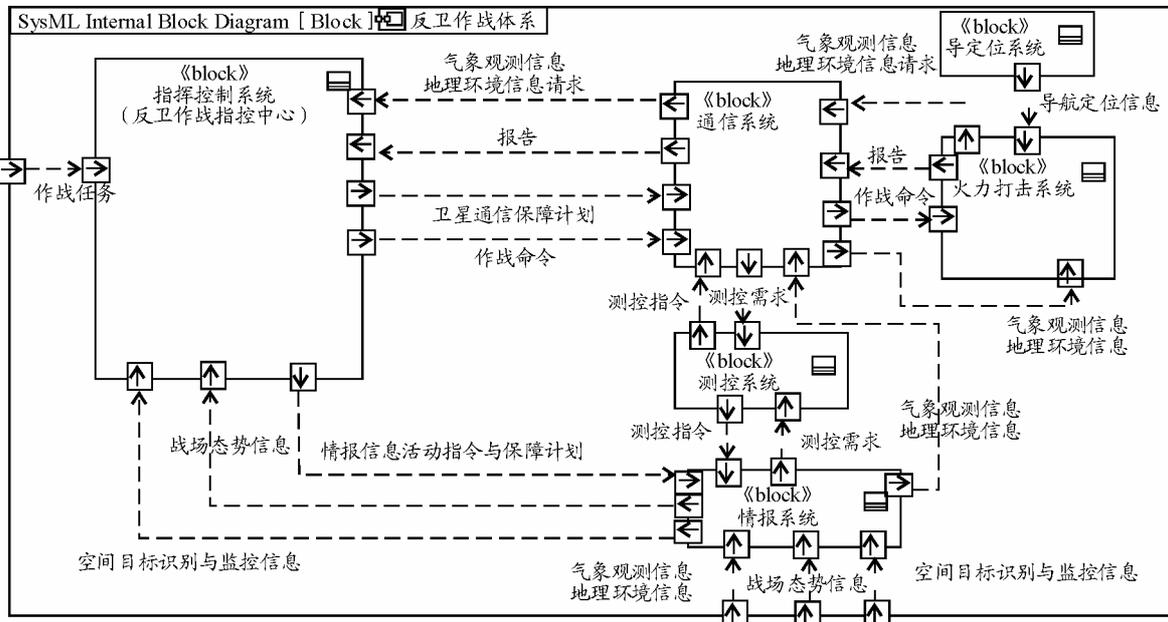


图 9 反卫作战体系顶层黑盒模型图

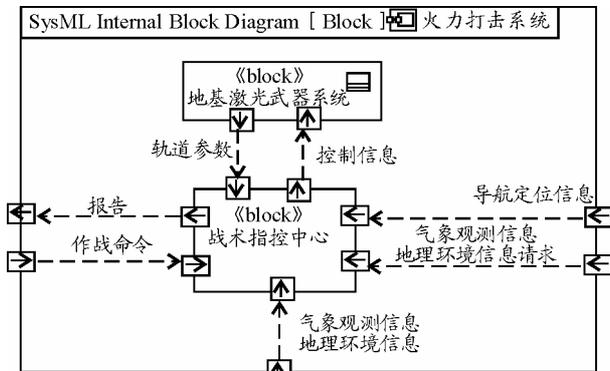


图 10 反卫作战体系火力打击系统白盒描述模型图

4 结束语

因为所有产品都是基于 Magicdraw 平台开发的, 该平台的实时语法约束验证功能为产品语法正确性提供了保证^[7]。此外, 还可通过 Magicdraw 平台菜单栏下 Analyze>Validation>Validation 选项, 对整个工程 (模型集合) 进行语法和语义检验, 以确保所构建模型在语法、语义上的正确性和规范性。

作战体系结构设计只是体系结构研究工作的第一阶段, 如何对所设计的反卫作战体系进行定性和

定量相符合的分析和评价, 以便指导作战体系结构设计, 是需要进一步探讨和研究的问题。

参考文献:

- [1] DoD Architecture Framework Working Group. DoD Architecture Framework, version 1.0 II: Product Descriptions[R]. The United States: Department of Defense, 2003.
- [2] OMG. OMG SysML Specification[M]. from <http://www.omg.org>.
- [3] 姜志平. 基于 CADM 的 C⁴ISR 系统体系结构验证关键技术研究[D]. 长沙: 国防科技大学博士学位论文, 2007.
- [4] C⁴ISR 体系结构实现方法 [R]. 北京: 中国兵器工业第二〇七研究所译, 2000: 5.
- [5] 简平, 熊伟. 基于活动的 C⁴ISR 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.
- [6] 雷旭. 空间作战信息交换矩阵研究[D]. 北京: 装备指挥技术学院硕士学位论文, 2007: 11.
- [7] 王洪, 罗小明. 基于 SysML 的武器装备体系结构描述方法[J]. 兵工自动化, 2009, 28(12): 32-36.
- [8] 韩钧, 张多林, 白科婴, 等. 空间信息对新概念武器的应用支持研究[J]. 宇航计测技术, 2008, 28(3): 57-61.
- [9] 李欣, 胡成军. 信息可视化技术及其军事应用[J]. 四川兵工学报, 2009(10): 132-133.