

doi: 10.7690/bgzdh.2024.05.002

# 基于任务模型的装备体系动态构建的语义实现机制和方法

庞凯怡, 熊庆旭, 萧翰

(北京航空航天大学电子信息工程学院, 北京 100191)

**摘要:** 针对异构装备协同完成任务时需要统一规范的装备体系描述, 基于装备体系的应用目的提出面向任务完成的装备体系及其动态重构的语义实现架构和方法。从装备体系“面向使命任务”的本质要求出发, 提出任务模型作为装备体系语义描述范式及其框架与构成; 提出一种任务模型描述框架的原型实现方法, 包括任务模型原型本体实现与动态控制机制, 规范化描述装备体系及其动态重构过程。兵棋推演实例验证结果表明, 该任务模型具备描述框架的可行性。

**关键词:** 装备体系; 语义描述; 任务模型; 体系构建; 构建控制

**中图分类号:** TP393 **文献标志码:** A

## Semantic Realization Mechanism and Method for Dynamic Construction of Equipment SoS Based on Mission Model

Pang Kaiyi, Xiong Qingxu, Xiao Han

(School of Electronics and Information Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China)

**Abstract:** Aiming at the requirement of uniform and normative description of equipment system of systems (SoS) when heterogeneous equipment cooperate to complete tasks, the semantic architecture and method of equipment SoS and its dynamic reconfiguration for task completion are proposed based on the application purpose of SoS. Based on the essential requirement of “mission-oriented” of equipment system-of-systems, the mission model is proposed as the semantic description paradigm of equipment system-of-systems, and its framework and composition are proposed. A prototype implementation method of the mission model description framework is proposed, which includes the realization of mission model prototype ontology and dynamic control mechanism, and the standardized description of equipment system of systems and its dynamic reconfiguration process. The war game example shows that the task model has the feasibility of the description framework.

**Keywords:** equipment SoS; semantic description; mission model; SoS construction; construction control

### 0 引言

现代战争的基本特点是多兵种协同作战, 武器装备基于使命任务构成相应的体系。随着作战进行, 战场态势发生变化, 装备的状态发生变化甚至损毁, 或者加入新的装备, 甚至作战任务的动态调整。尤其是近来提出的“作战云”<sup>[1]</sup>与“马赛克战”<sup>[2]</sup>等新作战概念和模式, 装备体系的组建“云来云往, 云聚云散, 云里雾里”<sup>[3]</sup>; 因此, 装备体系的动态重构是体系构建的基本问题之一。

装备体系构建的基础是以统一的方式描述表征装备, 使得各装备在达成概念共识的基础上互操作以协同完成作战任务。早期的研究和开发应用是以装备为对象的, 不能有效解决装备及其体系的“信息孤岛”问题。美军在 2009 年提出了 DODAF2.0<sup>[4]</sup>规范, 将对装备体系的描述由面向装备转向为面向数据, 并提出了基于元数据的语义描述方式。随后,

出现了大量装备体系语义描述的研究<sup>[5-9]</sup>。这些研究采用本体<sup>[10]</sup>形式化表示装备及其应用领域的核心元素及元素之间的关系, 规范化地表示作战领域相关概念, 为装备达成共识提供基础。

装备及其体系归根结底是完成相应的作战使命任务。以此为目标, 已有研究存在 3 方面问题:

1) 实际作战中, 除己方装备外, 敌方装备体系以及战场环境的影响都是完成作战任务必须考虑的因素。同时, 这些因素相互作用相互影响, 随着作战的进行而动态变化。已有研究对此类问题的研究尚不充分, 例如文献[11-13]初步考虑了战场环境对作战任务表示的影响, 但没有敌方考虑对己方打击的因素。

2) 已有研究是以装备为核心来描述装备的功能和性能, 而非直接以任务为核心, 基于任务的完成来组成和描述装备体系。实际上, DODAF 及其

收稿日期: 2024-01-23; 修回日期: 2024-02-25

第一作者: 庞凯怡(1997—), 女, 北京人, 硕士。

应用是面向服务而非面向应用的。

3) 装备体系重构是一个动态变化过程,对重构过程及装备之间相互关系的语义描述是不可缺少的环节。现有研究多数尚停留在基础静态概念上,本体之间大多还局限于分类关系,对实际作战中复杂的非层次关系及变化考虑不多。

笔者提出面向使命任务完成的装备体系构建及重构的机制和方法,基于装备对任务的完成实现装备体系的互联互通和互操作;提出使命任务完成的装备体系构建及重构的语义描述及处理机制,以任务模型来语义描述装备体系与战场应用,并将其作为装备体系语义分析和处理的单元,实现装备体系的构建和重构。

## 1 面向任务完成的装备体系

笔者提出的面向任务完成的装备体系构建及重构的机制和方法,所有装备以作战任务作为处理单元,从而最大程度屏蔽不同装备工作机制和方法的差异性,实现基于应用层的装备互联互通和互操作,协同完成整个作战任务。

在笔者提出的体系中,所有装备基于其完成的任务建立上下两级关系,跨级装备不发生直接关系,从而构成以上下两级任务完成为单位的递归嵌入式装备体系结构,实现大规模异质装备的动态分布式互联互通。

在体现构建过程中,所有装备处理以任务模型描述的作战任务,指挥中心下达总体作战任务给其下级部门,笔者统一以装备称之。装备在接到任务后判断自身所能完成的部分,将不能完成的部分下达给它的下级装备,直到最基层的装备。下级装备向上级装备通报其所能完成的任务,上级装备综合其下级装备所能完成的任务,通报其上级装备。逐层上报,最后回到指挥中心。

在上述体系构建过程中,任务模型是装备具体也是唯一处理对象。因此,任务模型包括静态和动态构成 2 部分,静态构成描述状态,动态构成对静态构成进行语义分析,得出状态变化的规则及实施步骤。静态构成包括:1) 使命任务的内容及完成要求;2) 己方、敌方、战场环境以及相互关系;3) 己方装备所能达成的作战效能,及不同装备效能之间的关系。动态构成是基于本装备具体任务完成的要求对静态构成因素进行分析推理的规则和作战指令。静态构成主要通过本体描述,动态构成主要包括一般运算及逻辑规则、使命任务完成的判断规则

和作战应用的推理规则 3 部分。

装备体系中所有装备基于格式相同内容不同的任务模型,建立以上下两级任务关系为基本单位的递归嵌入式装备体系结构。装备及其所有下级装备构成一个复合装备,整个装备体系构成一个总的复合装备。同一个装备可以基于完成的任务有多个上级装备,即可参与多个复合装备的构成。装备只需实现与之相连的上下两级装备的语义互联,从而实现大规模异质装备的互联互通和动态重构。

任务的内容和要求由指挥部门下达,可以是广播,也可以是直接或泛洪下达给下级复合装备,下级复合装备在完成或者判断无法完成后,反馈结果,此为任务分解过程。下级装备基于上级下发的任务,判断自身及其下级装备所能完成的任务,反馈其上级装备,以此类推构成自上而下的任务组合过程。当采用广播形式发布任务时,各装备广播或泛洪其所能完成的任务,形成自下而上的任务组合过程。若任务或装备发生变化时,相应复合装备首先调整自身和/或下级装备所需完成的任务。若无法完成任务,则通知其上级装备或泛洪广播,进行同级复合装备之间的调整。

在体系构建或重构过程中,复合装备在明确其所需完成任务的前提下,只需与其上、下级或同级复合装备进行语义互联,分布式地构建相应复合装备体系。

基于上述任务模型的构成和构建机制,实现装备体系的语义化应用构建和重构,下面具体介绍相关的实施方法。

## 2 装备应用体系的任务模型

笔者以使命任务完成为要求构建装备体系,称之为装备应用体系。本节介绍任务模型构建的语义描述方式和任务模型的组成结构。

### 2.1 语义描述方式

任务模型既要描述作战中的因素及关系,又要描述由装备或使命任务变化引起的体系重构,描述方式需具备对静止状态和变化过程的表征能力,以及对未来因素及过程描述的扩展性;因此,采用类似自然语言的“字”“词”“句”的描述方式,具体为数据层、本体层和应用层,如图 1 所示。

推理 规则	应用层	句: 字词组合成句
	本体层	词: 由字组成概念
	数据层	字: 基本数据表示

图 1 语义描述方式

### 2.1.1 数据层

数据层对装备及作战任务不再分解的基本知识进行语义描述,类似学科中的原始概念或基本量纲,是描述使命任务、装备体系及外界环境最小的语义描述单位,形成描述体系的基础。装备体系描述中的数据包括时间和空间、物理、化学、生物等领域在装备体系中含义不再分解的知识,以及基本的军事知识。军事知识源于中华人民共和国国家军用标准、中国人民解放军军事术语等。

### 2.1.2 本体层

本体根据需要采用本体工程的方法构建装备应用体系中的本体,明确、规范、形式化地表示所涉及的概念及一般性关系,为装备应用体系的构成与重构提供操作和控制的对象。本体包括由知识组合的基础本体,以及由基础本体和/或知识组成的复合本体。

### 2.1.3 应用层

应用层是由多个本体层中的本体和/或数据层中的数据,通过一定的推理规则组成的概念或指令的句式表达式。对于概念而言,实际上也是一个本体,称之为闭环语义。对于指令而言,则称之为开环语义,执行者完成相应的指令,并返回结果和/或执行过程,与指令一起构成一个闭环语义。在装备应用体系中,应用层主要完成体系的动态变化及控制的语义描述。

### 2.1.4 推理规则

推理规则是将基础知识和/或本体进行组合的规则,以表示特定的语义含义,类似于自然语言中的词法和句法,可以是显性的形式语言,也可以是隐性的结构关系。推理规则一方面基于本体层的本体及特性,语义描述相互之间的关系及其变化,另一方面语义描述具体应用规则如效能评估的分析计算方法等。

## 2.2 任务模型的构成

装备应用体系的语义描述是通过任务模型实现的,任务模型的静态构成和动态构成分别描述装备体系的和状态和组成过程。

任务静态构成及关系如图 2 所示,任务内容和任务要求构成使命任务,属于应用层。

1) 任务内容(Mission Content): 作战使命任务的内容。任务内容主要描述任务的时间、空间、任

务目标信息。

2) 任务要求(Mission Requirement): 任务要求分为功能要求和性能要求。功能要求主要是任务类型(如打击、侦查等),性能要求主要包括任务的时间要求、空间要求、能力要求、精确度、可用性、可靠性要求等。

3) 己方装备(Armament): 己方装备效能与状态,以及装备之间的关系。关系的初始状态可依据军事组织结构来建立,随着作战任务的执行,调整到以任务完成关系为依据。

4) 敌方装备(Enemy): 在结构、内容及关系变化中类似于己方装备的描述,且均属于本体层。

5) 环境条件(Environment): 描述战场环境信息的本体层本体。

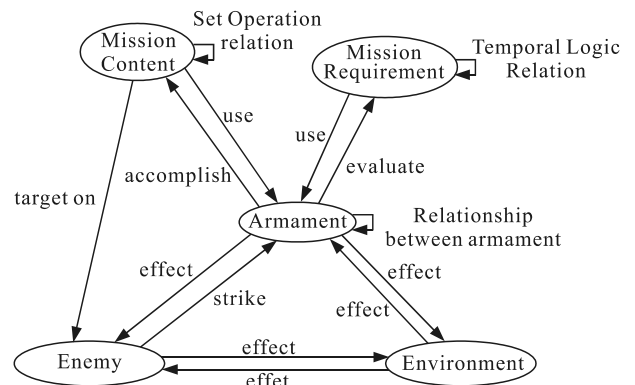


图 2 任务模型静态因素及相互关系

基于任务模型静态构成,任务模型动态构成以任务内容及要求为依据和目标对装备体系进行动态控制。动态构成包括对静态构成的推理规则(本体一般性推理规则、作战应用推理规则、任务控制规则)及指令,静态构成的本体是其控制的参量,本体的特性用于建立装备之间的关系,从而构建相应的装备应用体系。

在体系构建中,基于所需完成任务建立的上下两层装备之间传输和处理的对象是结构和规则完全相同但具体内容有所不同的任务模型,从而将大规模异质装备组成分工协作的整体。

任务模型以软件编程中“类”的形式实现,具有封装、继承、多态、可执行性、可拓展性。模型范式采用分形化的组织方式,兼顾目前和未来装备的描述需求。图 3 给出以类图形式表示的任务模型,其中任务模型(Task\_Model)是虚基类,己方装备(Armament)、任务内容(Mission Content)、任务要求(Mission Requirement)、敌方装备(Enemy)、环境条件(Environment)类从 Task\_Model 继承而来,动

态控制 (Dynamic Control) 是抽象类，包含任务模型静态部分的友元类，与 Task\_Model 是组合关系，它

的 3 个子类是任务分解、任务组合和任务调整，允许现有的路由方法、MAC 方法进行可编程转化。

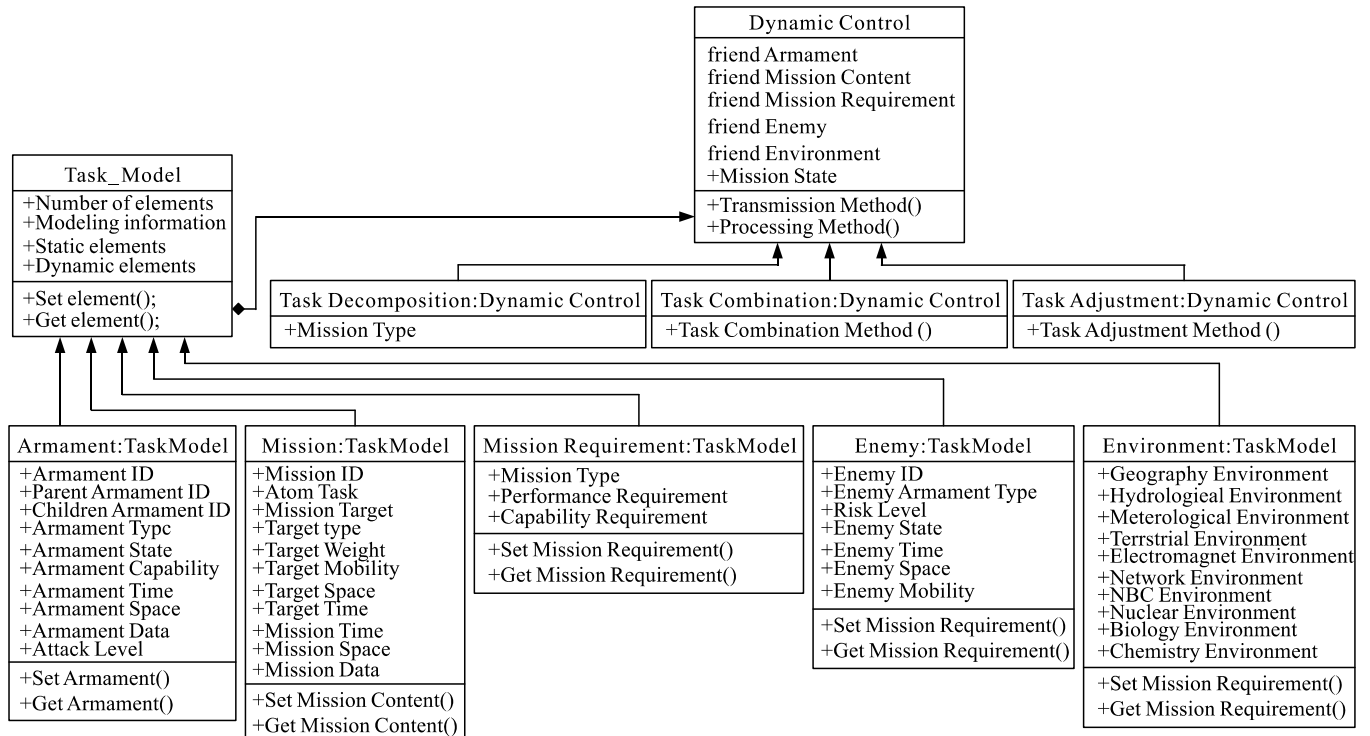


图 3 任务模型类

### 3 任务模型的原型实现

类似 DoDAF, 任务模型同样具有实现方法的开放性，可以采用多种语义编程来实现。下面给出一种任务模型的原型实现方法，包括静态本体构建和动态控制机制。

#### 3.1 任务模型本体原型实现

原型本体构建使用 OWL-DL<sup>[14]</sup>描述语言，采用自下而上和自上而下相结合的半自动方法构建任务模型本体<sup>[15]</sup>。自上而下手工构建装备领域本体构建方法是基于七步法<sup>[16]</sup>。自下而上的本体构建方法是利用公开装备数据提取为局部本体，局部本体规范化映射到自上而下构建的本体，过程利用 D2RQ<sup>[17]</sup>工具辅助完成，如图 4 所示。

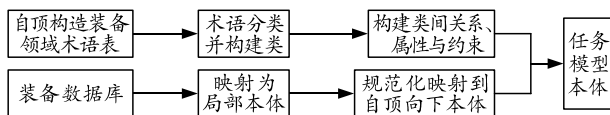


图 4 任务模型本体构建方法

任务模型中本体的原型内容包括任务本体、装备本体、敌方本体和环境本体，采用五基元形式建模，其中五基元分别为类、数据属性、对象属性、公理和实例。类语义上表示对象的集合，数据属性表示类的特性，对象属性表示类和类之间的关系，

公理是对属性的限制，实例是具现化的对象个体。

笔者将装备所能完成的不再分解的任务称为原子任务。装备体系的使命任务可以表示为一组子任务的集合，子任务是一个或一组原子任务的集合：

$$\text{Task} \equiv \{ \text{Atom}_{\text{Task}_1}, \text{Atom}_{\text{Task}_2}, \dots, \text{Atom}_{\text{Task}_n} \} \quad (1)$$

每个原子任务包含任务内容与任务要求，如式(2)。任务内容包括任务的含义和目标，任务要求包括任务完成的功能和性能指标。

$$\text{Atom\_Task} \equiv \{ \text{Task\_Content}, \text{Task\_Requirement} \} \quad (2)$$

装备本体中将完成某项任务的一组装备从任务的层次视为一个装备。己方装备本体描述装备的能力与状态。装备之间的关系用涌现性函数表示：

$$\text{emergence of } (x_1, x_2, \dots, x_n) \rightarrow \begin{cases} >0 & \text{cooperation} \\ =0 & \text{irrelevant} \\ <0 & \text{restriction} \end{cases} \quad (3)$$

式中： $x_i$  为装备；emergence 为  $n$  个装备共同作用的关系。装备能力的类型分为：防护、指挥、打击、通信、侦察、抗性、机动能力。评估一个装备(或装备组合)的能力需要考虑该装备各子装备能力的涌现性，而非子装备能力简单的线性叠加，式(4)表示各子系统能力涌现性：

$$\text{Ability}_{\text{Emergency}} = f(\text{Ability}_{\text{sub}_1}, \dots, \text{Ability}_{\text{sub}_n}) \quad (4)$$

环境本体描述战场环境状态信息，包括电磁环境、网络环境、地理环境、核生化环境等。

敌方本体主要描述敌对方信息，包括敌方装备信息、威胁等级等。

文献[18]给出任务模型本体具体建模基元的原型实现与语义数据描述规范，限于篇幅不再赘述。

### 3.2 体系构建控制机制

#### 3.2.1 任务流控制模型

在作战云和马赛克战等新型指挥控制模式下，

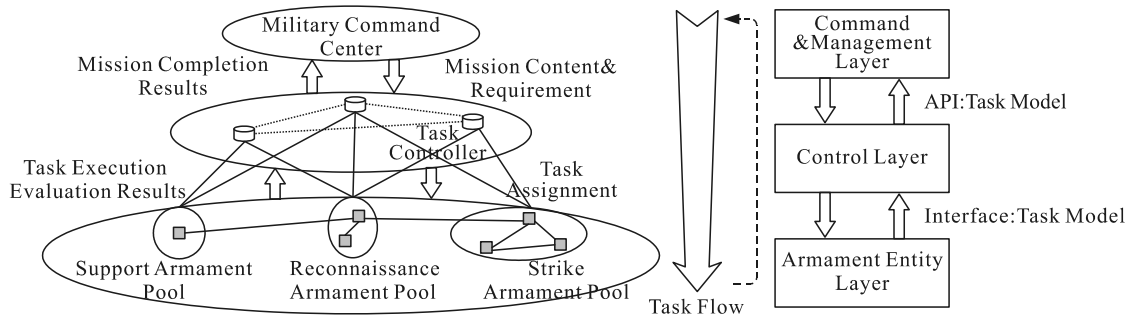


图 5 任务流控制模型

装备体系构建过程可表示为自上而下，自任务到装备的任务流确认路径的过程如下：

1) 指挥管理层 (Command & Management Layer)：由实体指挥中心 (Military Command Center) 承担，其核心功能是下达总使命任务，以及对下层进行总体决策与管理。

2) 控制层 (Control Layer)：由推理机 (Task Controller) 实施，以装备中软硬件实体的形式存在，控制任务流流向。根据推理规则得到任务执行计划，匹配任务与装备，形成体系构建方案。

3) 装备实体层 (Armament Entity Layer)：物理空间实际存在的装备实体，执行并完成具体原子任务，描述任务的执行过程与执行结果。

任务模型是各层的处理单元及层间接口的统一描述形式。指挥层下达开环语义的任务指令，控制层以推理规则为依据匹配指令的接收装备，装备层执行指令并返还结果构成闭环语义。

控制层实施在顶层战略指挥下装备体系对于作战活动的自主控制，即采用推理规则表述任务控制方法，语义推理驱动动态控制机制的运转，实现任务分解、组合、调整、指派。装备体系的动态重组是在使命任务的驱动下任务流的动态循环，即装备体系的重构，其过程如图 6 所示。

图中：1) 任务要求是任务流的驱动源，提供任务模型的推理条件，决定采用的推理规则；2) 任务

由于使命任务和装备的动态变化，需要重构装备体系动态地实行作战。在任务模型静态原型内容的基础上，对于其动态构成的原型实现，提出装备体系动态构建与重组控制机制。

借鉴软件定义网络<sup>[19]</sup>思想，笔者提出任务流控制模型，从任务流视角描述装备体系动态构建与重组过程，如图 5 所示。任务流是描述由使命任务到子任务，由子任务到原子任务，由原子任务到对应完成原子任务装备关系的虚拟路径。不同装备体系构建方案对应不同任务流。

要求(功能与性能指标)是任务模型推理的输入，推理规则是任务控制方法的形式化表示，输出推理结果是体系构建与装备执行方案；3) 根据推理结果，装备执行任务；4) 反馈任务执行结果给任务要求，与原要求的差异产生新的驱动源。

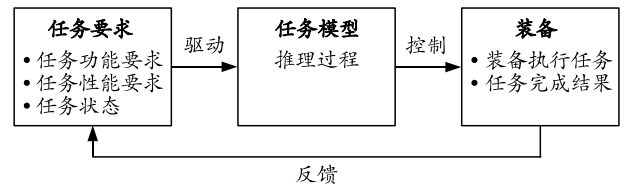


图 6 基于任务模型的装备体系动态重构过程

#### 3.2.2 任务动态控制推理规则

控制层中的推理规则是建立动态控制机制的基础。笔者在一般性本体推理规则<sup>[20]</sup>如隶属关系、等价关系、分类规则的基础上，引入面向作战的推理规则和任务控制推理规则，构建完备规则集。推理规则采用语义网推理语言 SWRL<sup>[21]</sup>实施，一个有效的推理规则视为由真命题到真结论。图 7 给出了部分推理规则。

面向作战的推理规则是以使命任务的完成为核心构建，推理逻辑关系如图 8 所示，具体表现为任务要求 (Mission Requirement) 与装备具有的能力 (Armament Capability) 进行功能匹配 (Function Matching) 和性能匹配 (Performance Matching)，综合己方装备 (Armament)、敌方 (Enemy) 和环境

(Environment) 的影响, 攻击等级 (Attack Level) 评估 成功完成任务的概率。

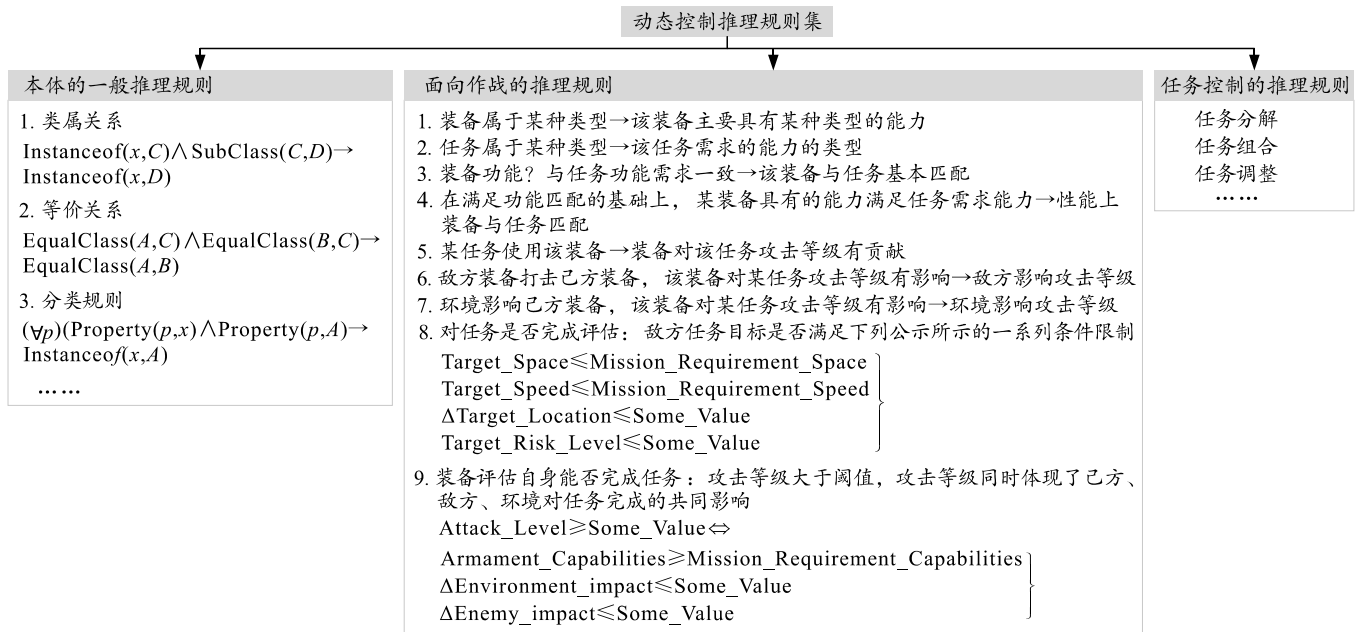


图 7 部分推理规则

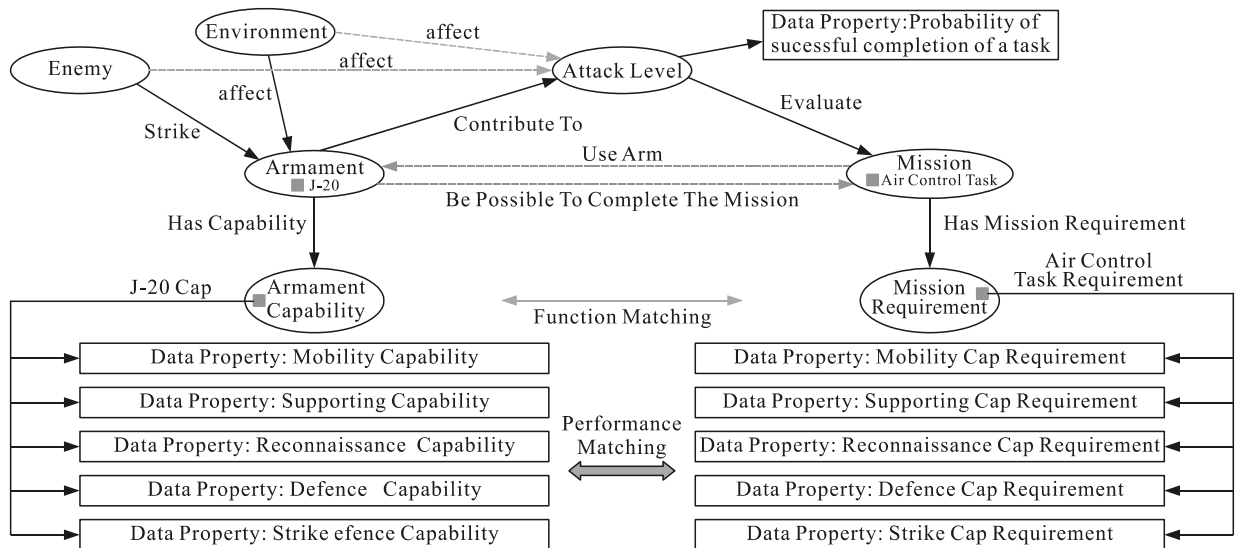


图 8 推理逻辑关系

在装备体系动态重组背景下, 装备体系的构建采用任务分解、组合及调整的任务控制规则。笔者将这 3 类基本操作表示为任务控制的方法类, 实际任务控制算法可以表示为某一类具体的推理规则。

### 4 实例验证

笔者以 D 岛兵棋推演<sup>[22]</sup>应用为例, 说明任务模型描述框架以及推理应用的方法。

#### 4.1 案例背景

D 岛是某群岛所在环礁中最大的也是唯一的岛屿, 目前被蓝方控制, 红方拟发动 D 岛夺岛作战。在原定的海域军演过程中, 红方海军的登陆护卫编

队和水面战斗支援编队突然从预定的演习海域向东机动。作为应对, 蓝方派出 2 个水面战斗编队对岛屿进行协防, 同时投入蓝方本岛部分的有限空中力量进行制空权争夺。红蓝双方力量如图 9 所示。

红方总目标为夺取 D 岛控制权, 将总任务分解为以下子任务:

- 1) 预警侦察任务: 全程对蓝方及可能出现的第三方军舰、军机进行识别、跟踪和查证。
- 2) 压制敌方防空力量任务: 弹道导弹破除 D 岛上存在的防空系统威胁。
- 3) 电子压制任务: 干扰蓝方预警、通信与侦察。
- 4) 打击敌方信息节点任务: 破坏蓝方 OODA 环。

5) 夺取制空权任务：夺取并确保 D 岛及其附近海域的制空权。

6) 夺取制海权任务：摧毁蓝方 D 岛以东所有军舰。

7) 登岛任务：陆战队登陆部队实施登岛，成功完成使命任务。

子任务的时序逻辑关系如图 10 所示。

### 4.2 任务模型本体实例构建

下面给出任务本体、己方装备本体、环境本体、敌方本体的实例化结果，整体作战任务过程涉及的

因素均采用任务模型来表示。

夺取空中优势任务编号为 003，任务类型属于防空作战巡逻任务。任务目标是敌方 F-16A、F-16B、IDF。与侦察、预警、电子干扰等支援任务的关系体现为对象属性上的并联和条件关系。执行任务的装备是分别搭载 PL-10、PL-12、PL-15 的 J-10A, J-11B、J-20 歼击机。夺取空中优势的任务内容包括：任务的时间、地点、数据、任务目标。任务要求包括：任务对装备能力向量、精确度、可信度、可用度。夺取空中优势的原子任务实例化如图 11 所示。

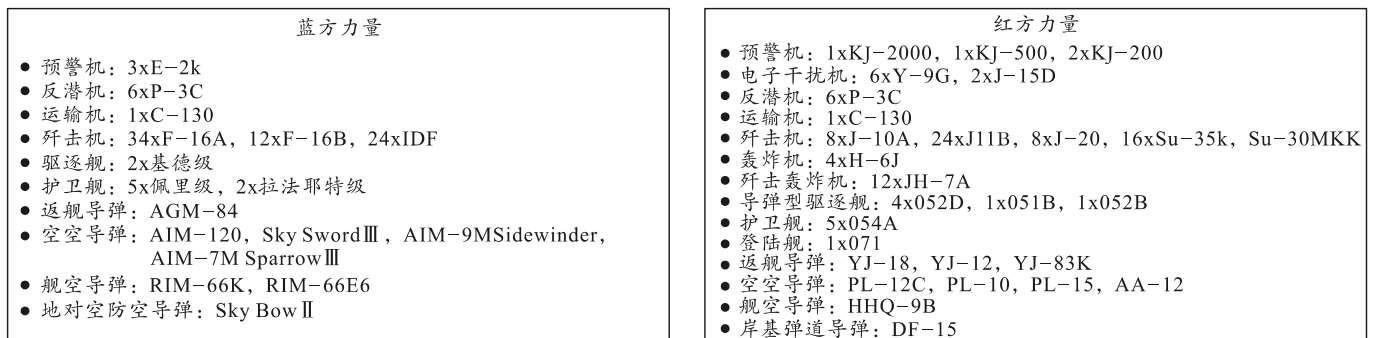


图 9 红蓝双方力量

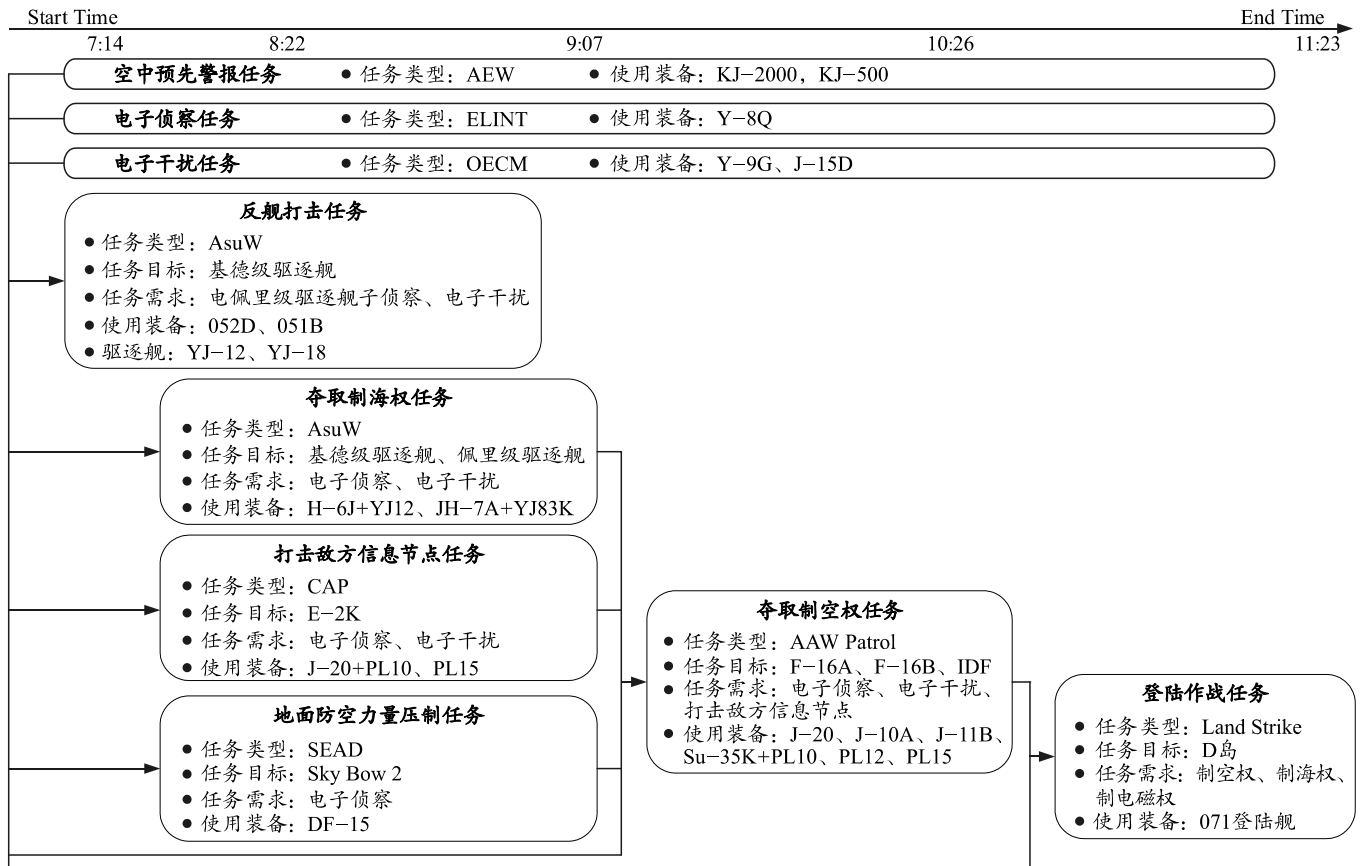


图 10 参考案例作战任务时序逻辑

己方装备本体的对象属性包括：装备的挂载（父子装备关系）、执行任务关系、装备之间的涌现性。

数据属性包括：最大最小速度、长度高度、归属军种、最大负载、射程、作战半径、防御范围、探测范围、作战能力向量。J-20 搭载歼击机 PL-15、PL-12C、PL-10，是打击对方信息节点任务与夺取制空权任务的执行者。J-20 能力体现在信息支援能力、机动能力、打击能力、防护能力和侦察能力 5 个维度。装备本体实例化如图 12 所示。

敌方装备 F-16B 搭载子装备 AIM-9M-Scidewinder 与 AIM-7M-Sparrow3，被评估为具有威胁性，处于正常工作状态。其意图攻击目标是己方歼击机 J-10A，实际做出攻击行动影响了己方 J-10A。能力与性能参数等数据属性表示与己方对称。敌方装备 F-16B 实例化如图 13 所示。

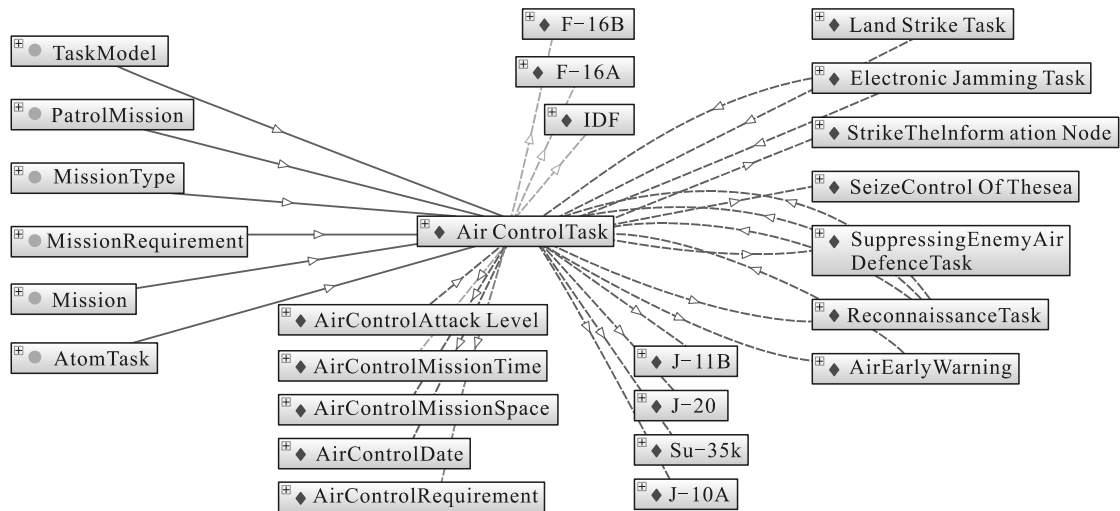


图 11 夺取空中优势原子任务实例可视化展示

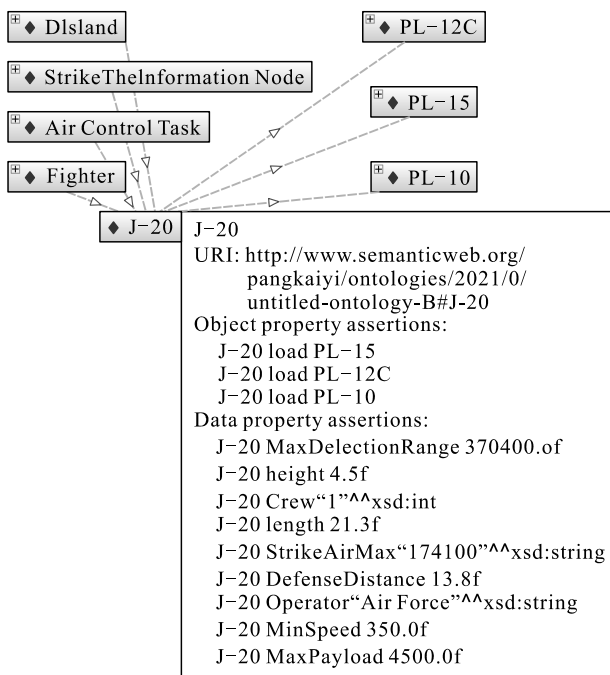


图 12 装备 J-20 实例可视化展示

战场环境为 D 岛，环境编号 001。D 岛的地理环境信息、电磁环境信息、网络环境信息、核生化环境信息分别通过对象属性关联。地理环境实例的数据属性为：低可见度、部分区域出现雷雨及 6 级强东风，存在乱流；地形为海岛，地表温度 38.43℃，比湿为 0.11。战场环境对己方装备作战能力发挥的

影响表示为“EnvAffect”的对象属性。图 14 给出了相应的战场环境。

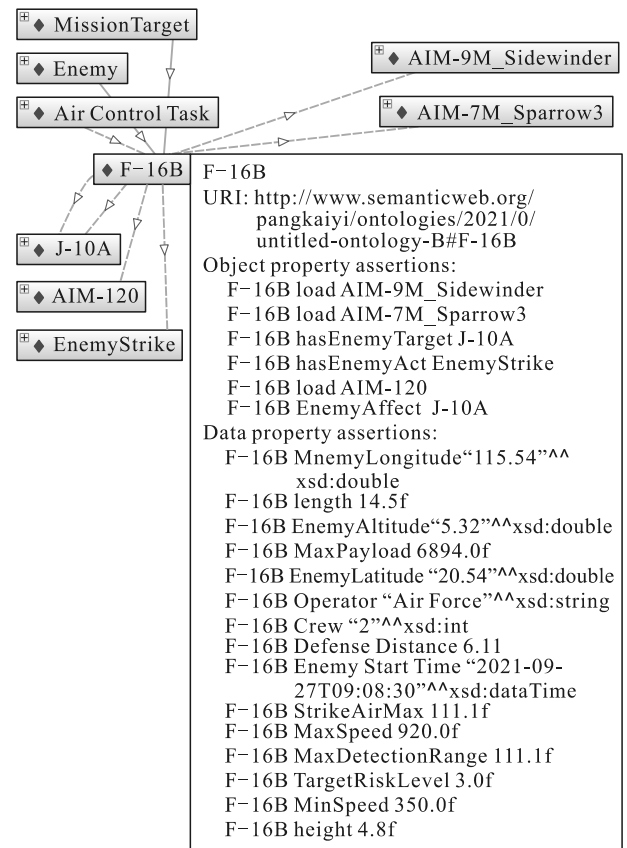


图 13 敌方 F-16B 实例可视化展示



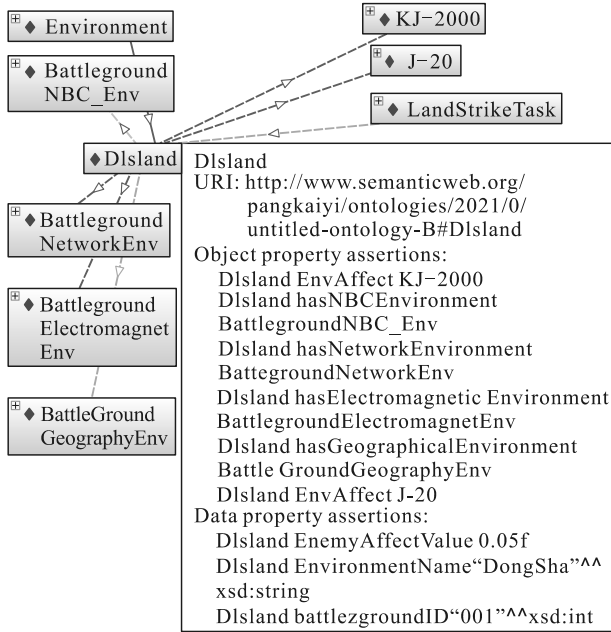


图 14 战场环境实例可视化展示

### 4.3 任务控制推理过程与结果

指挥管理中心实体设置为预警机 KJ-2000，负责总任务的指挥与控制。参照马赛克战中的“决策中心战”，笔者提出“投标-招标”式任务控制框架性方法，流程如图 15 所示。

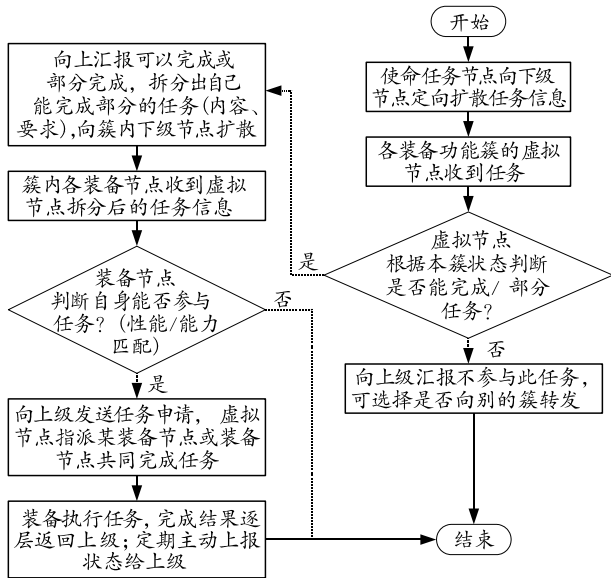


图 15 投标-招标式任务控制方法

- 1) 指挥中心为发出请求(类似“招标”), 询问各装备功能簇。
- 2) 装备收到请求后, 根据其与战场的距离、与任务相关的功能与能力等参数, 推理判断“能否全部或部分执行该任务”, 若能则向中心汇报装备状况及能力向量详情信息(类似“投标”)。
- 3) 指挥中心根据收到的“投标”和战场态势,

形成若干装备组合方案, 提供给中心指挥官。

4) 指挥官根据评估准则选择方案, 确定装备执行计划。

招标-投标式任务控制的基本操作为:

- 1) “招标”: 任务扩散, 上层节点扩散任务内容和要求。
- 2) “投标”: 路径建立, 下层节点判断自身能否完成或部分完成任务, 若能则向上层申请。
- 3) “指派”: 增强路径, 上层决策并最终决定参与完成任务的下层节点及任务。

下面实例化说明招标-投标式的装备体系动态构建的推理过程及结果。

1) 夺取制空权子任务的能力需求向量表示为夺取制空权原子任务性能需求的数据属性, 如式(5)所示。中心将该任务广播扩散。

$$\text{Air Control Requirement} = \begin{bmatrix} \text{Mobility Cap Req} \\ \text{Information Supporting Req} \\ \text{Reconnaissance Cap Req} \\ \text{Defence Cap Req} \\ \text{Strike Cap Req} \\ \text{Accuracy Req} \\ \text{Reliability Req} \\ \text{Availability Req} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.85 \\ 0.75 \\ 0.85 \\ 0.55 \\ 0.95 \\ 0.85 \\ 0.9 \\ 0.8 \end{bmatrix} \quad (5)$$

2) J-20, J-10A 基于其自身的功能和性能, 判断可以完成夺取制空权任务, 向中心“投标”。“投标”的推理过程如下:

前提条件与推理规则:

- ①  $\text{Patrol\_Mission}(?m) \rightarrow \text{Mission\_Req\_Cap}(?m, \text{“Striking”} \wedge \text{xsd:string})$
- ②  $\text{Air Control Task Type Patrol\_Mission}$
- ③  $\text{J-20 Type Fighter}$
- ④  $\text{Fighter}(?a) \rightarrow \text{Arm Main Cap}(?a, \text{“Striking”} \wedge \text{xsd:string})$
- ⑤  $\text{Atom Task}(?a) \wedge \text{Mission Req Cap}(?a, ?reqcap) \wedge \text{Armament}(?arm) \wedge \text{Arm Main Cap}(?arm, ?armcap) \wedge \text{equal}(?reqcap, ?armcap) \rightarrow \text{Function Matching}(?a, ?arm)$
- ⑥  $\text{Armament}(?e) \wedge \text{has Arm Cap}(?e, ?a) \wedge \text{Strike Capability Value}(?a, ?rcap) \wedge \text{Function Matching}(\text{Patrol\_Mission}, ?e) \wedge \text{Strike Cap Requirement}(\text{Strike\_Requirement}, ?reqrcap) \wedge \text{greater Than}(?rcap, ?reqrcap) \rightarrow \text{ContributeTo}(?e, \text{Strike Attack Level})$
- ⑦  $\text{Armament}(?arm) \wedge \text{Mission}(?m) \wedge \text{Function Matching}(?m, ?arm) \rightarrow \text{Be Possible To Complete The Mission}(?arm, ?m)$

⑧ Armament(?arm)^Patrol\_Mission(?m)^Contribute(?arm,Strike Attack Level)→Be CapableOf completing The Mission (?arm,?m)

推理结果：J-20 判断自己可以投标。

① Be Possible To Complete The Mission(J-20, Air ControlTask)

② Be Capable Of completing The Mission(J-20, Air Control Task)

3) 综合考虑装备、敌方、环境，中心决定指派 J-20 与其负载 PL-15、PL-12C、PL-10，和 J-10A 及其负载共同完成“夺取制空权”任务。表示为夺取制空权任务与 J-20、J-10A 的“useArm”对象属性赋值，如下：

“Air Control Task” use Arm “J-20”

“Air Control Task” use Arm “J-10A”

“J-20” execute the mission “Air Control Task”

“J-10A” execute the mission “Air Control Task”

4) 接到指派后，装备执行任务，并判断任务是否完成。对于 Patrol 类任务目标是否达到的推理规则为：对于机动目标的打击，若目标速度为 0 且丧失威胁，则任务完成。任务完成的推理解释：

前提条件推理规则：

① (?task type Patrol\_Mission)(?task has Mission Target ?a)(?a Target Speed “0” ^^xsd:float)(?a Target Destroyed “true”)→(?task Strike Mission Accomplish “true” ^^xsd:boolean)

② (?mt type Misson Target)(?mt Target RiskLevel ?trl) less Than(?trl,3)→(?mt,Target Destroyed “true” ^^xsd: boolean)

③ Air Control Task Type Patrol\_Mission,?Air Control Taskhas Mission Target F-16A

④ F-16A target Speed “0” ^^xsd:float, F-16A Target Risk Level “0” ^^xsd: float

推理结果：夺取制空权任务完成结果布尔逻辑值为真。

① Air Control Task Strike Mission Accomplish “true” ^^xsd: boolean

## 5 结束语

笔者提出基于语义描述直接面向使命任务完成的装备体系及动态重构控制机制，并通过应用实例具体说明。该方法以任务模型为处理和控制单位，构成以上下两层任务关系为单元的递归嵌入式装备体系架构，可实现大规模异质装备体系的分布式动态化构建。

## 参考文献：

- [1] KISER A, HESS J, BOUHAFIA E M, et al. Combat Cloud: Enabling Multi-Domain Command and Control Across the Range of Military Operations[R]. NTIs, 2017.
- [2] CLARK B, PATT D, SCHRAMM H. Mosaic Warfare: Exploiting Artificial Intelligence and Autonomous Systems to Implement Decision-Centric Operations[R]. Washington, DC: Center for Strategic and Budgetary Assessments, 2020: I-1-I-3.
- [3] 刘鹏, 戴锋, 闫坤. 基于复杂网络的“云作战”体系模型及仿真[J]. 指挥控制与仿真, 2016, 38(6): 6-11.
- [4] DoD Architecture Framework Working Group. DoD Architecture Framework:ver. 2.02[R/OL]. Available: <http://dodcio.defense.gov/Portals/0>.
- [5] 李元, 李新明, 刘东. 基于语义元模型的装备体系结构建模方法[J]. 系统工程与电子技术, 2015, 37(11): 2503-2512.
- [6] 王盼卿, 刘增良, 陶源. 基于本体的装备领域信息集成框架设计与实现[J]. 计算机测量与控制, 2010, 18(6): 1358-1360.
- [7] 张奇, 王盼卿, 李晓辉, 等. 基于语义的多 Agent 武器装备信息集成系统研究[J]. 物流科技, 2010, 33(8): 104-107.
- [8] 李新明, 李元. 语义视角下基于大数据分析的装备体系评估研究[J]. 装备学院学报, 2016, 27(1): 1-5.
- [9] 赵青松, 谭伟生, 李孟军. 武器装备体系能力空间描述研究[J]. 国防科技大学学报, 2009, 31(1): 135-140.
- [10] GRUBER T R. Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 1995, 43(5-6): 907-928.
- [11] 董洋溢. 面向智能决策应用的本体关键技术研究[D]. 西安: 西北工业大学, 2018.
- [12] 魏涛, 侯腊梅, 张亚星, 等. 一种面向任务的作战指令生成方法[J]. 火力与指挥控制, 2020, 45(8): 114-118.
- [13] 邹焯翰, 冯昞赫, 程光权, 等. 面向军事条令条例的本体构建技术[J]. 指挥与控制学报, 2019, 5(1): 47-54.
- [14] SMITH M K, WELT Y C, MCGUINNESS D L. OWL web ontology language overview[J]. W3C recommendation, 2004, 10(10): 2004.
- [15] 李元, 李新明, 刘东. 面向数据语义集成的装备领域本体构建研究[J]. 系统仿真学报, 2015, 27(5): 1071-1080.
- [16] KEET C M. The use of foundational ontologies in ontology development: an empirical assessment[C]//Extended Semantic Web Conference. Berlin, Heidelberg: Springer, 2011: 321-335.
- [17] BIZER C, SEABORNE A. D2RQ-treating non-RDF databases as virtual RDF graphs[C]//Proceedings of the 3rd international semantic web conference (ISWC2004). Springer, 2004: 18-39.