

文章编号: 1001- 2486(2007) 05- 0122- 06

C⁴ISR 需求模型化框架*

段采宇, 张维明, 余 滨

(国防科技大学 信息系统与管理学院, 湖南 长沙 410073)

摘要: 真正的“C⁴ISR 需求”只存在于人脑里, 通过有效的模型表述 C⁴ISR 需求是 C⁴ISR 需求分析的关键。首先, 分析 C⁴ISR 需求的内涵, 提出 C⁴ISR 需求体系的概念, 给出 C⁴ISR 需求模型化思路。然后, 分析 C⁴ISR 需求模型要素, 在此基础上针对 C⁴ISR 需求主要相关问题设计了 C⁴ISR 需求模型。最后, 提出基于要素构建 C⁴ISR 需求模型的流程。澄清了“需要什么 C⁴ISR 需求模型”和“如何构建 C⁴ISR 需求模型”的问题, 为科学的建立 C⁴ISR 需求模型提供了方法支持。

关键词: C⁴ISR; 需求; 要素; 需求模型

中图分类号: TN914; E96 **文献标识码:** A

Framework for Modeling C⁴ISR Requirements

DUAN Cai yu, ZHANG Wei-ming, YU Bin

(College of Information System and Management, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: There has been no mature model for expressing needs and expectations of people within the area of national defense, and it is considered as the most important business in C⁴ISR requirement analysis. In order to cope with this problem, an approach has been put forward in the paper. Firstly, basic concepts were analyzed, the concept of C⁴ISR requirement system was put forward based on concept analysis, and the idea of modeling C⁴ISR requirements was presented. Secondly, elements of C⁴ISR requirements model were studied. Metaclasses in the domain of C⁴ISR requirements and relationships among the metaclasses were distilled and defined. Therefore, C⁴ISR requirements models were designed on purpose to solve C⁴ISR requirement problems. Lastly, the paper provides the process of modeling C⁴ISR requirements based on element analysis. What C⁴ISR requirement models require and how to build the models are clarified. The approach elaborates what the real C⁴ISR requirements are and it can serve as the guideline of modeling C⁴ISR requirements.

Key words: C⁴ISR; requirements; element; requirements model

海湾战争前, 美军 C⁴ISR 系统没有依据联合作战需求而设计, 导致海湾战争期间各军兵种之间的 C⁴ISR 系统不能互通。长期从事 C⁴ISR 体系结构研究工作的 Alexander H. Levis 博士研究指出, “C⁴ISR 需求开发是 C⁴ISR 体系结构设计的前提, 而且它们之间的界限不是十分清晰”^[1]。美国国防部公布的《C⁴ISR 体系结构框架》^[2-3]、《国防部体系结构框架》^[4]和“联合能力集成与开发制度”^[5-6], 都提出采用体系结构视图反映 C⁴ISR 需求。

针对 C⁴ISR 需求分析, 目前主要采用软件需求工程已用成熟方法, 最典型的是美国 George Mason 大学提出的结构化分析方法^[1,7]和面向对象开发方法^[1,8]; 20 世纪 90 年代以来, 软件需求工程相关领域还出现了 UCM 方法^[9]、KAOS 方法^[10]、i* 方法^[11]、基于本体的方法^[12]等典型方法。但采用软件需求工程中使用的方法存在一定局限: C⁴ISR 需求涉及宏观、微观两方面, 而它们往往直接面向微观层次的软件设计问题, 难以从宏观把握 C⁴ISR 需求; C⁴ISR 需求的相关要素(例如, 作战任务、作战节点、作战活动、系统功能等)都具有层次结构并相互关联形成一个多维的复杂结构, 难以提供直接、有效的支持。

准确分析 C⁴ISR 需求, 首先必须搞清“需要什么 C⁴ISR 需求模型”和“如何构建 C⁴ISR 需求模型”, 即

* 收稿日期: 2007- 03- 19

基金项目: 国家部委基金资助项目

作者简介: 段采宇(1977-), 男, 讲师, 博士生。

解决关于“C⁴ISR 需求的需求”的问题。为此, 本文提出了 C⁴ISR 需求体系的概念, 通过分析 C⁴ISR 需求模型要素, 从能力、系统和技术三个层次模型化 C⁴ISR 需求, 为 C⁴ISR 需求分析提供了科学有效的方法支持。

1 C⁴ISR 需求基本概念

需求反映人们对事物的期望(系统必备特征), 不是期望如何得到满足(系统设计、研发)。

目前, 没有统一、确切的“需求”定义。IEEE 软件工程标准词汇表^[13]从用户角度(系统外部行为)和从开发者角度(系统内部特性)定义了“需求”, 并强调“需求”包括编写的需求文档。

C⁴ISR 需求与软件需求存在较大差别, 涉及作战、系统、技术三个层次, 不仅涉及用户和开发者, 而且几乎涉及与系统建设相关的所有人员, 因此简单地仅从用户、开发者角度定义 C⁴ISR 需求是不准确的。

用 R (Requirements) 表示 C⁴ISR 需求, A (reAlity) 表示 C⁴ISR 现实状态, I (Ideality) 表示期望的理想状态, S (Source) 表示约束资源(包括已有的资源和将来一定时期内可预测的资源), 用韦恩图表示 R 与 A、I、S 之间关系如图 1 所示。在特定条件下, A 与 S 是确定的; 但是, I 与个人主观意识直接相关, 是不确定的。因此, 真正的“C⁴ISR 需求”只存在于个人的脑海里, 脑海外任何形式的“C⁴ISR 需求”(如 C⁴ISR 作战视图)都是对个人脑海里“C⁴ISR 需求”的表述, 仅是一个模型或者一种描述。

C⁴ISR 需求可划分为三个层次: C⁴ISR 系统在作战中必须提供的能力(即能力需求), 包括 C⁴ISR 系统支持下作战单元执行的任务、履行的活动、履行活动所需要的信息等; C⁴ISR 系统必须具备的系统特性(即系统需求), 包括系统功能、功能结构等; C⁴ISR 相关技术必须具有的条件(即技术需求), 包括实现 C⁴ISR 系统的关键技术、技术性能等。它们构成一个统一的、不可分割的整体。

通过设定的导弹预警系统(借鉴美军“天基红外系统”相关论述^[14])为例来说明各层次需求: 能力需求是“及时发现来袭弹道导弹”; 与能力需求对应, 系统需求是“由导弹预警卫星星座形成天基预警系统, 能够全天时全天候地监视弹道导弹的发射, 能得到导弹发射点、弹头着陆时间与地点、弹头类型、弹道参数、攻击规模和性质等, 并在弹道导弹发射后 1.5min 内通知己方相关防空导弹发射阵地”。与系统需求对应, 技术需求包括“导弹预警红外监视技术”、“星间数据传输技术”、“预警数据星上处理技术”等。

引入“C⁴ISR 需求体系”的概念, 定义如下:

定义 1 C⁴ISR 需求体系是指 C⁴ISR 能力需求、C⁴ISR 系统需求、C⁴ISR 技术需求, 以及同一层次需求和不同层次需求之间形成的互相促进、互相制约并随时间演化的关系。

C⁴ISR 需求体系是一个由逻辑、时间组成的二维结构: 逻辑上, 能力需求牵引系统需求, 系统需求牵引技术需求; 时间上, 系统需求是在技术条件成熟的基础上才能够得以实现, 能力需求是在系统需求实现的基础上才能够得以实现。而且, C⁴ISR 能力需求、系统需求、技术需求相互影响, 都会随时间的发展而发生变化, 同一层次的需求和不同层次的需求之间形成的互相促进、互相制约的关系也会随着时间的发展而演化。

2 C⁴ISR 需求模型化思路

解决 C⁴ISR 需求模型化问题的关键在于处理好 C⁴ISR 需求、C⁴ISR 需求分析人员、C⁴ISR 需求模型和 C⁴ISR 需求模型化意图四者之间的关系。用 RA (Requirements Analyst) 表示 C⁴ISR 需求分析人员; MP (Modeling Purpose) 表示建立 C⁴ISR 需求模型的意图; RM (Requirements Model) 表示 C⁴ISR 需求模型。

R、RA、MP 和 RM 之间关系如图 2 所示。

(1) C⁴ISR 需求分析人员(RA): RA 通过与提供 R 的人员进行交流, 获取 R 相关信息, 并对 R 进行分析; RA 通过对 C⁴ISR 需求建模目标的研究, 确定 MP, 并被确定后的 MP 所影响(依据 MP 筛选 RA); 根据

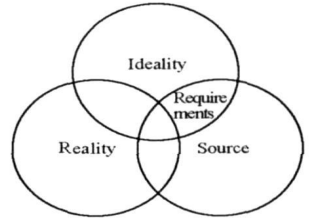


图 1 RAIS 关系

Fig. 1 Relation of RAIS

R 和 MP, RA 选择合适的 RM, 使 C^4 ISR 需求相关人员对 R 形成一致理解。

(2) C^4 ISR 需求建模意图(MP): MP 由 RA 根据建模目标确定, 而且确定后的 MP 影响 RA 的选择; MP 约束 R, 使 R 到 RM 的转化满足 MP; 依据 MP, 检验 RM 是否达到目的。

(3) C^4 ISR 需求(R): RA 依据 MP 获取并分析 R, 把相关人员个人脑海里的 R 模型化为 RM。

(4) C^4 ISR 需求模型(RM): RA 把 R 模型化为 RM; 依据 MP, 检验 RM 是否达到目的; 以 RM 为 R 相关人员沟通、交流的中介物, 不断反馈, 修改 R 遗漏、错误或不完善之处。

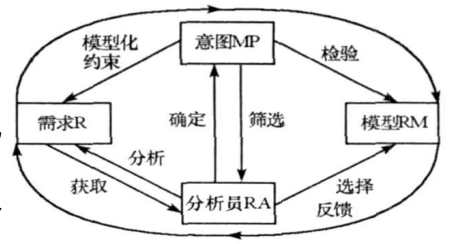


图 2 R-RA-MP-RM 关系

Fig. 2 Relation of R-RA-MP-RM

根据 R-RA-MP-RM 关系, 对 C^4 ISR 需求模型采用下列定义:

定义 2 C^4 ISR 需求模型是为使相关人员对 C^4 ISR 需求形成一致理解, 需求分析人员根据 C^4 ISR 需求建模意图, 用适当的形式或规则把存在于个人脑海中的 C^4 ISR 需求的主要特征描述出来所得到的模仿品。

可以按照算法 1 实施 C^4 ISR 需求模型化。

算法 1:

Step1. MP 确定。基于建模目标, 确定 MP, 包括 R 类型、RM 约束和边界条件、RM 达到的效果等。

Step2. RM 假设。依据 MP, 提出 RM 基本假设, 解决 RM 与 R 的关系问题, 确定基本范围、约定 RM 的形式或规则等。

Step3. R 沟通。在 MP 指导下, 依据“RM 假设”的约束条件, RA 有目的地与 R 提供者进行沟通, 获取这些人员个人脑海中的 R, 在 RA 头脑中形成 RM 的雏形。

Step4. RM 构建。RA 利用“R 沟通”获取的 R, 求解“RM 假设”, 反复处理 R 与 RM 的关系, 直到 R 与 RM 的关系完全确定。

Step5. RM 检验。由 RA 从 MP 角度检验 RM, 如果与 MP 存在偏差, 说明“RM 假设”存在问题, 返回 Step2, 改进“RM 假设”; 由 R 提供者从 R 本身的角度检验 RM, 如果 R 有遗漏、错误, 说明“R 沟通”存在问题, 返回 Step3, 再通过“R 沟通”弥补。

在 C^4 ISR 需求模型化的 5 个基本步骤中, 第 2 步“RM 假设”起着至关重要的作用, 而明确 C^4 ISR 需求模型要素是基本前提; 以 C^4 ISR 需求模型要素分析为基础, 实现“RM 假设”, 进而通过沟通完成“RM 构建”。

3 C^4 ISR 需求模型要素

本质上, 任何 C^4 ISR 需求模型都是由一组概念类、这些概念类之间的关联所构成。因此, C^4 ISR 需求模型要素实质就是 C^4 ISR 需求领域概念类和这些概念类之间关联关系的具体化、实例化。

本质概念类是大量的概念的抽象, C^4 ISR 需求领域本质概念类(顶层概念类)及直观意义如表 1 所示。 C^4 ISR 需求模型正是由本质概念类、继承本质概念类基本属性的子类, 以及这些概念类之间的关联所构成。

定义 3 C^4 ISR 领域本质概念类之间关联关系(如图 3 所示):

(1) 执行关系 连接作战节点与作战任务, 表示作战节点执行作战任务。

(2) 履行关系 连接作战节点与作战活动, 表示一个作战节点履行多个作战活动。

(3) 外化关系 ① 连接作战活动与作战能力, 表示作战活动是作战能力的一种表现形式; ② 连接 C^4 ISR 系统功能与 C^4 ISR 技术性能, 表示 C^4 ISR 系统功能是 C^4 ISR 技术性能的外化。

表 1 C⁴ISR 需求领域本质概念类

Tab. 1 Metaclasses in the domain of C⁴ISR requirements

概念类	含义	
作战领域	作战使命	与 C ⁴ ISR 系统支持的作战行动的目的联系在一起的目标
	作战节点	能够相对独立地产生、消耗或者处理作战信息的实体
	作战任务	作战使命细化后分配给每一个作战节点的目标
	作战能力	作战节点在特定作战环境下执行作战任务的本领
	作战活动	作战节点为完成作战任务而履行的行为、动作
	作战过程	作战节点为完成任务所履行的一系列有序作战活动的集合
	作战信息	与作战相关的、能感知的一切事物状态的直接或间接表述
功能领域	数据	数据是作战信息在功能领域的表现形式
	系统功能	由系统行为所引起的有利于作战节点履行作战活动的作用
	功能子系统	按照在整个 C ⁴ ISR 系统中的不同功能划分出来的子系统
	功能结构	C ⁴ ISR 功能子系统的划分及其相互关联方式
技术领域	关键技术	C ⁴ ISR 系统建设所必需的技术
	技术性能	C ⁴ ISR 技术所具备的性质与效用

(4) 组成关系 ① 连接作战使命和作战任务, 一个使命分解为多个任务; ② 连接作战过程和作战活动, 表示一个过程分解为多个活动; ③ 连接 C⁴ISR 系统和 C⁴ISR 技术, 表示一个系统集成多项技术。

(5) 嵌入/链接关系 连接 C⁴ISR 系统和作战节点, 表示 C⁴ISR 系统嵌入/链接作战节点。

(6) 拥用关系 ① 连接作战节点和作战信息, 表示作战节点产生、处理或消耗作战信息; ② 连接 C⁴ISR 系统和作战信息, 表示 C⁴ISR 系统产生、传递、处理或应用作战信息。

(7) 拥有关系 ① 连接 C⁴ISR 系统和系统功能, 表示一个系统具有多个功能; ② 连接 C⁴ISR 技术和 C⁴ISR 技术性能, 表示 C⁴ISR 技术性能是 C⁴ISR 技术拥有的性质与效用。

(8) 因果关系 ① 连接作战任务和作战过程, 表示为完成任务而履行一系列有序活动; ② 连接作战活动和作战信息, 表示活动决定信息需求; ③ 连接作战信息和 C⁴ISR 系统功能, 表示信息需求决定功能需求。

从表 1 和如图 3 可以看出, 信息是联系作战领域、功能领域的纽带, 性能是联系功能领域、技术领域的纽带; 作战任务决定作战节点履行什么作战活动, 作战活动决定作战节点需要什么作战信息, 作战信息对 C⁴ISR 系统功能提出直接要求, C⁴ISR 系统功能则对 C⁴ISR 相关技术及其性能指标提出直接要求。

4 C⁴ISR 需求模型假设

以 C⁴ISR 需求模型要素分析为基础, 实现“RM 假设”。

C⁴ISR 需求模型只需要反映系统必备特征, 不必关心系统设计问题, 必须回答的问题主要包括:

- (1) C⁴ISR 系统的作战环境, 主要包括用于什么地方、谁的用户、谁是作战对象等;
- (2) 在特定环境下 C⁴ISR 系统产生的能力, 主要指用户在 C⁴ISR 系统支持下能够履行什么作战活动;
- (3) 实现 C⁴ISR 系统能力的条件, 主要指履行作战活动需要什么作战信息, 作战信息交换特征是什么;
- (4) C⁴ISR 系统功能, 包括 C⁴ISR 系统需要具有什么功能, 才能提供所需作战信息;
- (5) C⁴ISR 功能结构, 主要指 C⁴ISR 系统的各功能子系统如何维系系统整体功能;

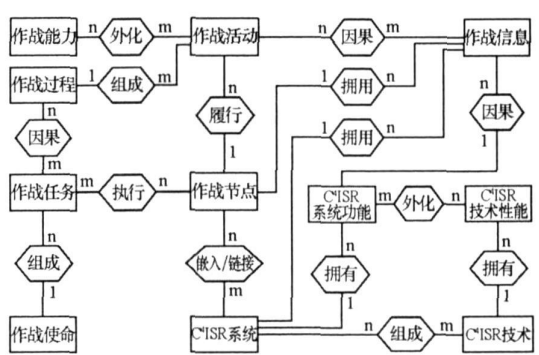


图 3 本质概念类关联关系

Fig. 3 Relationships among metaclasses

(6) C⁴ISR 技术缝隙, 主要指现有 C⁴ISR 技术存在什么差距;

(7) C⁴ISR 技术性能, 主要指 C⁴ISR 技术需具备什么特性才能保证系统功能实现。

针对这 7 个问题, 将 C⁴ISR 需求模型设计、划分为七个相对独立的子模型: 节点关系模型、作战活动模型、作战信息模型、系统功能模型、功能结构模型、技术缝隙模型、性能参数模型, 基本形式如表 2 所示。

表 2 C⁴ISR 需求模型的形式

Tab. 2 Forms of C⁴ISR requirements model

形式	要素	要素形式	描述目的	
节点关系模型	有向图	作战节点	顶点	描述系统的作战环境, 主要确定: 作战节点属性(空间位置、武器配置、作战任务等)、作战节点之间作战信息需求关系
		作战信息	弧(信息流向)	
作战活动模型	IDEFO 图	作战活动	活动框	描述系统产生的能力, 主要确定: 履行什么活动(活动框)、谁履行活动(节点、对应机制)、履行活动的条件及结果(信息、对应输入/控制/输出)
		节点/信息	机制 输入 控制 输出箭头	
作战信息模型	表格	作战信息	行	描述实现系统能力的条件, 主要确定: 谁与谁交换信息(产生、消耗的节点)、交换什么信息(属性)、为什么必需(支持活动)、什么方式交换(交换属性)
		节点/活动	列	
系统功能模型	数据流图	系统功能	矩形框	描述系统功能, 主要确定: 需要执行什么功能、功能执行的条件(作战信息)及产生的结果(作战信息)
		作战信息	连线	
功能结构模型	E-R 图	C ⁴ ISR 系统	顶点	描述功能结构, 主要确定: C ⁴ ISR 功能子系统之间的关系, 以及功能子系统与作战节点之间关系(链接、嵌入)
		作战节点	顶点	
技术缝隙模型	表格	C ⁴ ISR 系统	行	描述技术缝隙, 主要确定: 需要什么 C ⁴ ISR 技术, C ⁴ ISR 技术对各 C ⁴ ISR 功能子系统提供什么支持(适度或强力)
		C ⁴ ISR 技术	列	
性能参数模型	表格	系统功能	行	描述技术性能, 主要确定: C ⁴ ISR 关键技术预期或将来需要具备什么性能、达到什么要求, 才能实现 C ⁴ ISR 系统功能
		技术性能	列	

需要指出, 以有向图形式描述的节点关系模型、以 IDEFO 图形式描述的作战活动模型、以表格形式描述的作战信息模型在国防领域已经得到成功应用^[1-8, 15-16], 数据流程、E-R 图、表格等形式也已应用多年, 因此这些形式是 C⁴ISR 需求相关领域的人员能够接受、理解的。

5 C⁴ISR 需求模型构建

C⁴ISR 需求模型构建是 C⁴ISR 需求分析人员围绕 C⁴ISR 需求模型要素, 与相关人员进行沟通, 获取存在于个人脑海中的 C⁴ISR 需求, 并利用获取的需求对 C⁴ISR 需求模型假设进行“求解”。

C⁴ISR 需求模型要素是 C⁴ISR 需求模型的基础。C⁴ISR 需求模型构建实质就是分析 C⁴ISR 需求模型要素、确定 C⁴ISR 需求模型要素的过程, 基本流程如图 4 所示。

在图 4 中, 平行四边形框表示 C⁴ISR 需求模型要素, 其中左边平行四边形框表示输入的要素(条件), 右边平行四边形框表示分析后输出的要素(结果); 矩形框表示分析 C⁴ISR 需求模型要素的流程; 不规则框表示 C⁴ISR 需求子模型, 每一个 C⁴ISR 需求子模型基于要素分析得到模型要素, 按照算法 1 所述步骤、表 2 所示描述形式进行构建。

通过如图 4 所示的 C⁴ISR 需求模型要素分析过程, 依次确定 C⁴ISR 需求模型要素; 在分析、获取 C⁴ISR 需求模型要素基础

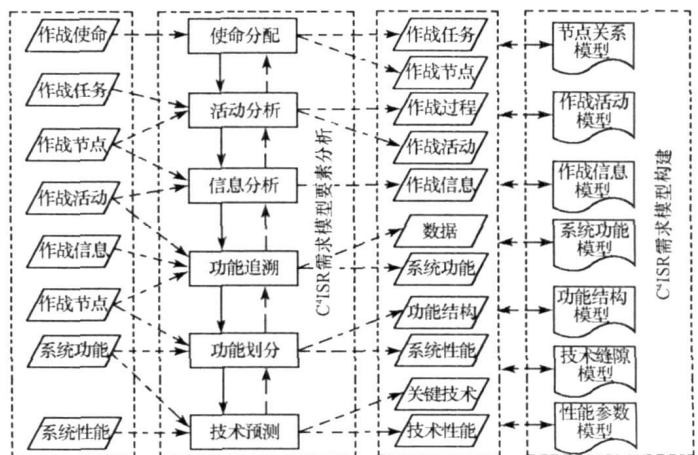


图 4 C⁴ISR 需求模型构建

Fig. 4 Building C⁴ISR requirements model

上, 构建 C⁴ISR 需求模型, 使相关人员对 C⁴ISR 需求形成一致理解, 反馈、进一步确认 C⁴ISR 需求模型要素。

从使命出发, 通过使命分配、活动分析、信息分析, 依次确定任务、节点、过程、活动、信息, 并构建节点关系模型、作战活动模型、作战信息模型, 使相关人员一致理解 C⁴ISR 能力需求, 进而提出反馈建议。

以信息为纽带, 通过分析作战信息的特征, 追溯 C⁴ISR 系统的功能需求、进行功能划分; 根据作战节点之间的作战信息需求关系, 设计 C⁴ISR 系统的功能结构。在此基础上, 建立 C⁴ISR 系统的系统功能模型和 C⁴ISR 系统的功能结构模型, 使相关人员一致理解 C⁴ISR 系统需求, 进而提出反馈建议。

以性能为纽带, 分析系统功能、系统性能, 确定关键技术、技术性能(以及指标体系、关键性能参数), 构建技术缝隙模型、性能参数模型, 使相关人员一致理解 C⁴ISR 技术需求, 进而提出反馈建议。

6 结束语

C⁴ISR 系统的建设水平已经成为衡量一个国家的军队和国防建设水平的重要标志, C⁴ISR 需求分析事关 C⁴ISR 系统建设的成败。关于“C⁴ISR 需求的需求”问题是必须且迫切需要解决的瓶颈问题。

本文将 C⁴ISR 需求划分为能力需求、系统需求和技术需求三个不同的层次, 提出 C⁴ISR 需求体系的概念, 回答了“什么是 C⁴ISR 需求”的问题; 提出通过“MP 确定——RM 假设——R 沟通——RM 构建——RM 检验”五个反复循环的步骤实现 C⁴ISR 需求模型化, 回答了“如何进行 C⁴ISR 需求模型化”的问题; 通过分析 C⁴ISR 领域本质概念类及其之间关联关系确定了 C⁴ISR 需求模型要素, 设计了 C⁴ISR 需求模型, 提出基于要素构建 C⁴ISR 需求模型的流程, 回答了“如何构建 C⁴ISR 需求模型”问题, 构建方法在实际项目中已经得到应用。

在此基础上, 需要进一步澄清 C⁴ISR 需求领域知识结构, 在人、机器以及人与机器之间实现 C⁴ISR 需求领域知识的共享、交流、重用, 并检验 C⁴ISR 需求; 构建 C⁴ISR 需求领域的知识本体、定性定量分析 C⁴ISR 需求模型要素相互影响关系、建立 C⁴ISR 需求开发与管理的集成工具平台是我们下一步将要开展的研究工作。

参考文献:

- [1] Alexander H, Wagenhals L L. C⁴ISR Architectures I : Developing a Process for C⁴ISR Architecture Design[R]. System Architectures Laboratory, C³I Center, MSN 4D2, George Mason University, 2000.
- [2] C⁴ISR Architectures Working Group. DoD Architecture Framework Version 1.0 [R]. Department of Defense, 1996.
- [3] C⁴ISR Architectures Working Group. C⁴ISR Architecture Framework Version 2.0 [R]. Department of Defense, 1997.
- [4] DoD Architectures Working Group. DoD Architecture Framework Version 1.0 [R]. Department of Defense, 2004.
- [5] Prekop P, Kingston G. Implementing C⁴ISR Architecture Framework—An Australian Case Study[R]. Joint Systems Branch Defence Science and Technology Organisation DSTO Fern Hill, Department of Defence, Canberra, ACT, Australia, 2002.
- [6] Joint Chief of STAFF. Joint Capabilities Integration and Development System(CJCSM 3170.01D) [R]. Department of Defense, 2003.
- [7] Wagenhals L W, Shin I, Kim D, et al. C⁴ISR Architectures II : A Structured Analysis Approach to Architecture Design[R]. System Architectures Laboratory, C³I Center, MSN 4D2, George Mason University, 2000.
- [8] Bienvenu P P, Kim D, Lewis A H. C⁴ISR Architectures III: An Object-oriented Approach to Architecture Design[R]. System Architectures Laboratory, C³I Center, MSN 4D2, George Mason University, 2000.
- [9] Amyot D, Mussbacher G. Bridging the Requirements/Design Gap in Dynamic Systems with Use Case Maps (UCMs) [C]//Tutorial in: 23rd International Conference on Software Engineering (ICSE'01), Toronto, Canada, May, 2001.
- [10] Dardenne A, Lansweerde A V. Goal-directed Requirements Acquisition [J]. Science of Computer Programming, 1993, 20: 3– 50.
- [11] 据川徽. 基于 i⁺ 和 Albert II 的需求建模框架研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2002.
- [12] 金芝, 陆汝钊. 多范例自动需求建模和分析: 一种基于本体的方法[J]. 中国科学(E 辑), 2003, 33(4): 297– 312.
- [13] IEEE Software Engineering Standards Collection[S]. CA: IEEE Computer Society, 2003.
- [14] 韩世杰. 导弹之星——美国“天基红外系统” [J]. 国际太空, 2003(<http://www.cast.ac.cn/cbw/GJTK/GJTK.HTM>).
- [15] 罗雪山, 朱德成, 沈雪石. IDEF0 方法在军事综合电子信息系统分析设计中的应用[J]. 国防科技大学学报, 2001, 23(3): 88– 92.
- [16] 罗爱民, 黄力, 罗雪山. C⁴ISR 体系结构产品设计研究[J]. 国防科技大学学报, 2006, 28(5): 133– 136.