

文章编号: 1001-2486(2010)05-0129-08

# 基于装备演化规律的 C<sup>4</sup>ISR 需求生成模式研究\*

张维明, 段采宇

(国防科技大学 信息系统工程重点实验室, 湖南 长沙, 410073)

**摘要:** 针对 C<sup>4</sup>ISR 需求生成的系统性问题, 提出基于武器装备演化规律的 C<sup>4</sup>ISR 需求生成模式。根据武器装备在作战、系统、技术三个层面的演变规律, 从任务模糊性、结构复杂性、技术不确定性三个维度划分目标武器装备, 提出与演变规律对应的、逐层递进的 C<sup>4</sup>ISR 需求研究模式——复制、发现和创造, 提供了解决 C<sup>4</sup>ISR 需求精确性问题、正确性问题和前瞻性问题的途径。实例表明, 采用该模式能够系统地生成 C<sup>4</sup>ISR 需求。

**关键词:** 需求生成; 任务模糊性; 结构复杂性; 技术不确定性; 复制; 发现; 创造

**中图分类号:** TP302.1; E96 **文献标识码:** A

## Research on Pattern of Generating C<sup>4</sup>ISR Requirements Based on Evolutionary Rules

ZHANG Wei-ming, DUAN Cai-yu

(Science and Technology on Information Systems Engineering Laboratory, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract:** In order to generate C<sup>4</sup>ISR requirements systemically, systems must be classified in particular. However, the taxonomies of systems are still in their early stage, which is not adaptive to C<sup>4</sup>ISR requirements generation. Therefore, a three-dimensional (3-D) taxonomy, which is based on characters of C<sup>4</sup>ISR requirements and evolutionary rules of weapon materiel, is put forward. In 3-D taxonomy, weapon materiel were classified according to three levels of task illegibility, three levels of structure complexity, and three levels of technological uncertainty. Based on the hypothesis that C<sup>4</sup>ISR requirements generation must be adaptive to the type, it is suggested that C<sup>4</sup>ISR requirements generation comprise three modes, which are reproduction, discovery and creation respectively. They can provide the way to be exact, right and advanced respectively. The relation between the modes of generating C<sup>4</sup>ISR requirements and the types is presented. At last, an example is analyzed to illustrate the pattern. The example shows that the pattern is feasible and that C<sup>4</sup>ISR requirements can be generated systemically.

**Key words:** requirements generation; task illegibility; structure complexity; technological uncertainty; reproduction; discovery; creation

系统地生成 C<sup>4</sup>ISR 需求, 必须根据目标 C<sup>4</sup>ISR 系统的类型及特点, 选择与之相适应的方法。

在系统科学与工程领域, 从不同角度对系统进行分类, 有两类方法比较典型: 以钱学森院士为首的一批知名学者, 从系统哲学、系统科学的理论出发, 按照系统规模、系统结构复杂程度划分系统<sup>[1]</sup>; 为了有效地设计和管理系统, Shenhar 和 Bonen 从适应系统工程的角度出发, 提出二维分类法<sup>[2]</sup>。总体上, 现有系统分类方法不是直接针对 C<sup>4</sup>ISR 需求问题, 没有同时体现武器装备的演变规律和 C<sup>4</sup>ISR 需求的特点。

目前, C<sup>4</sup>ISR 需求研究集中于需求描述<sup>[3-11]</sup>。然而, C<sup>4</sup>ISR 需求问题的实质不是 C<sup>4</sup>ISR 需求表述的精确性、正确性、前瞻性远比精确性更加重要, 不可能仅通过研究新的建模技术解决 C<sup>4</sup>ISR 需求问题。

C<sup>4</sup>ISR 需求涉及多个维度: 从层次维看, 包括作战层、系统层和技术层需求, 作战又分为战略、战役等层次; 从业务维看, 包括情报获取、通信保障、指挥控制、电子对抗等需求; 从时间维看, 包括远景设想、

\* 收稿日期: 2010-05-20

基金项目: 国家部委基金资助项目(70701038; 70771109)

作者简介: 张维明(1962—), 男, 教授, 博士生导师。

中长期发展规划、中期计划以及年度计划中的需求。 $C^4$ ISR需求是一个有机的整体,具有系统性。脱离了系统性, $C^4$ ISR需求就失去科学性,难以作为 $C^4$ ISR系统建设的科学依据,也就失去存在价值。

针对 $C^4$ ISR需求研究,较多集中在需求描述<sup>[3-11]</sup>,两个方面比较典型:一是借鉴吸收软件需求工程中已用成熟技术,其中面向对象技术(如UML)和结构化技术(如IDEF0)广泛应用于军事领域,例如:英舰船指控系统的需求生成技术<sup>[3]</sup>;美国《DoD体系结构框架》<sup>[4]</sup>中体系结构产品开发方法<sup>[5-6]</sup>;国内研究(如文献[7-10])也将相关技术作为重要支撑。二是多视角框架或模型,例如美国《DoD体系结构框架》、Zachman框架等,规范美军需求生成的“联合能力集成与开发制度”<sup>[11]</sup>充分利用了相关成果。然而, $C^4$ ISR需求问题的实质不是精确性问题,不可能仅仅通过研究新的建模技术或者开发各种严格的描述性规格来解决;重要的是要体现军事与技术、简单与复杂、现实与未来的有机结合,解决 $C^4$ ISR需求生成的系统性问题。

针对 $C^4$ ISR需求生成的系统性问题,本文根据武器装备在作战、系统、技术三个层面的演变规律,按照从感性到理性、从发现到创造的一般过程,提出“复制→发现→创造”的 $C^4$ ISR需求生成模式。

## 1 武器装备需求参考模型

发展武器装备,目的是打赢未来的战争,不同战争对武器装备建设有不同要求。在信息化战争中,信息将成为战场的关键,它决定和引导着物质流和能量流的流向、流速和强度,在战场上发挥着决定性作用。信息化战争使武器装备、军事设施、作战人员等要素已经成为“系统”而被提出来;如果没有构成一个完整的军事系统,那么就难以形成战斗力。

信息化战争是信息化体系的对抗, $C^4$ ISR需求分析复杂度大大增加,需求问题越来越突出。其中之一,就是随着人们对客观时间认识不断深入,从感性到理性, $C^4$ ISR需求也不断深化。

为了说明 $C^4$ ISR需求的特点,建立武器装备需求参考模型(如图1所示),包括5个要素:

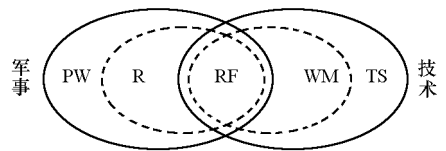


图1 武器装备需求参考模型

Fig.1 Reference model for materiel requirements

(1) 问题领域(Problem World: PW):

是军事人员已经认识的客观世界,涉及作战任务、作战样式等,落脚点是作战任务。

(2) 需求(Requirements: R):

是被发现识别的、存在于PW的一些特征。针对 $C^4$ ISR需求研究,R反映了 $C^4$ ISR系统相关人员的主观认识。

(3) 武器装备(Weapon Materiel: WM):

是用于作战的各种硬件、软件的总称。针对 $C^4$ ISR需求研究,考虑 $C^4$ ISR系统相关的硬件和软件。

(4) 技术资源(Technological Source: TS):

是实现特定武器装备建设所需要的关键技术的集合。在 $C^4$ ISR系统建设中,技术资源包括已有的和将来一定时期内可预测的资源,涉及相关系统发展水平、科技发展状况、科研能力等。

(5) 需求映像(Requirements reFlection: RF):

是为了满足相关人员和使用目的多样性的要求,从多个层次、多个角度系统地描述需求而形成的模型或文档。在 $C^4$ ISR系统建设中, $C^4$ ISR需求映像是军事人员和技术人员沟通的桥梁。

5个要素可以归类为两组——属于军事领域(PW、R和RF)和属于技术领域(TS、WM和RF)。从两个维度看作战、系统和技术的三个层面:逻辑维上,作战需求(PW)牵引系统需求(WM),系统需求(WM)牵引技术需求(TS);时间维上,在TS基础上实现WM,在WM基础上满足PW。

## 2 武器装备类型分析模型

### 2.1 武器装备 3 维分类

武器装备的演化过程正是需求从萌芽到逐步成熟与稳定, 从发生、发展到终结的生命周期。与 PW、WM 和 TS 对应, 从任务模糊性、结构复杂性和技术不确定性划分目标武器装备(简记“3-D 模型”), 如图 2 所示。在“3-D 模型”中, 第一维是作战任务模糊性维, 目标武器装备分别面向固定、演进和随机任务; 第二维是装备结构复杂性维, 目标武器装备分别为组件、系统和体系级; 第三维是装备技术不确定性维, 目标武器装备建设分别为低技术、中技术和高技术工程。

任务模糊性维、结构复杂性维和技术不确定性维的需求特征分别如表 1、表 2 和表 3 所示。针对需求研究, 可以采用模糊数学方法确定目标武器装备的任务模糊性、结构复杂性和技术不确定性。

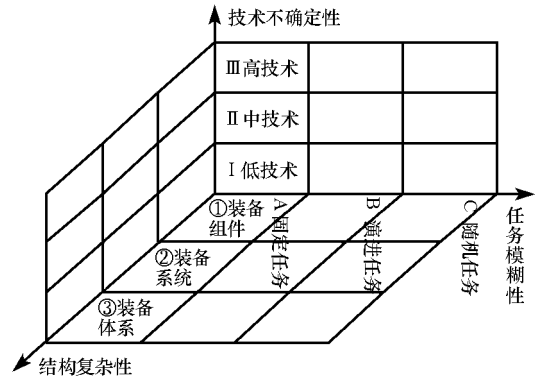


图 2 武器装备“3-D 模型”

Fig. 2 Three-dimensional taxonomy of weapon materiel

表 1 任务模糊性维的需求特征

Tab. 1 Requirements characteristics in task illegibility dimension

类型	固定任务(Stable Task: ST)	演进任务(Evolutive Task: ET)	随机任务(Random Task: RT)
含义	任务具有固定的衡量尺度及衡量标准	任务衡量尺度固定, 衡量标准不断演进	作战概念抽象, 任务具有较大随机性、模糊性
例子	击毙敌方无防护的作战人员	地面部队的“区域防空”	美国军事航天长远规划中“全球交战”概念下的任务
PW	直接、明确、稳定	较稳定的变化	动态、模糊
WM	基本确定, 系统优化为主	有变动, 需要军事专家直接参与	常变动, 军事专家必须全程直接参与
TS	基本确定, 应用成熟旧技术为主	有变动, 应用成熟新技术为主	易变, 甚至一些关键技术有待开发

表 2 结构复杂性维的需求特征

Tab. 2 Requirements characteristics in structure complexity dimension

类型	组件 (Materiel Assembly: MA)	系统 (Materiel System: MS)	体系 (Materiel System-of-systems: MSoS)
含义	组合成一个功能单元的元件集合	能单独用于执行任务的武器装备	相对独立的装备系统互相联系而构成一个整体
例子	导弹的导航单元	坦克、军舰、战机	国家导弹防御系统
PW	任务较单一, 军事问题较简单	任务较复杂, 涉及系统相关领域	任务多而杂(系统级任务聚合而成), 涉及面广
WM	功能单一、结构简单	功能多, 必须功能定位、集成与优化	功能多、结构复杂、规模大, 必须规划、协调
TS	少量的技术	大量的技术	涉及众多技术领域

表3 技术不确定性维的需求特征

Tab. 3 Requirements characteristics in technological uncertainty dimension

类型	低技术工程	中技术工程	高技术工程
	(Low-tech Project: LTP)	(Medium-tech Project: MTP)	(High-tech Project: HTP)
含义	依靠应用较久的成熟技术(有时含少量新成熟技术)	含较大部分新的成熟技术(通常首次使用或集成若干项新成熟技术)	基于不完全存在的技术(有的技术正出现,有的未知)
例子	改进装备	新研装备	新概念武器
PW	应用模式基本固定	有时难确定应用模式	应用模式模糊
WM	基本确定	较难确定、常变动	模糊、易变动
TS	含改进技术	成熟新技术应用与集成	在工程中需要探索、研发新技术

## 2.2 任务模糊性维分析

考虑分解而成的具有不可分割性和唯一性的作战任务,即元任务(Meta Task: MT),形式化为四元组:

$$MT = \langle MTT, MTI, MTS, TS \rangle \quad (1)$$

其中:MTT(Meta Task Time)表示时间属性,包括开始时间、持续时间等;MTI(Meta Task Information)表示信息属性,包括信息需求、信息转换等;MTS(Meta Task Space)表示空间属性,包括地形、气象等;TS(Task Standards)表示任务要求,是执行任务达到的水平,由一系列衡量尺度及对应的衡量标准构成。

设论域MT为元任务。ST=“固定任务”、ET=“演进任务”、RT=“随机任务”,是论域MT上模糊集。以任务要求的衡量尺度和衡量标准作为隶属度,其中:“固定”的标准是任务衡量尺度明确、标准固定,记为st;“演进”的标准是任务衡量尺度稳定、标准易变,记为et;“随机”的标准是衡量尺度及标准模糊,记为rt。

针对特定任务,任务的衡量尺度和衡量标准只可能是军事领域专家在某个时间段内个别意识和经验的反映,可以采用Delphi法<sup>[12]</sup>(见附录)确定任务模糊性,目标武器装备类型与隶属度值较大者对应。

## 2.3 结构复杂性维分析

装备结构(Weapon Materiel Structure: WMS)由维系作战能力的元素及关系构成,形式化为三元组:

$$WMS = \langle WME, WMR, WMC \rangle \quad (2)$$

其中:WME(Weapon Materiel Elements)表示装备元素的集合,装备元素是构成武器装备的基本组成部分,是不能也无须再细分的功能单元;WMR(Weapon Materiel Relations)表示装备元素之间关系集合,各个元素为了维系作战能力(或武器装备的整体功能)而相互依赖、相互影响;WMC(Weapon Materiel Capability)表示作战能力,WME和WMR在特定条件下对作战能力具有决定作用。

设论域WMS为装备结构。MA=“装备组件”、MS=“装备系统”、MSoS=“装备体系”,是论域WMS上模糊集。以维系作战能力的元素及关系作为隶属度,其中:“组件”的标准是不能独立执行元任务,包含元素较少,关系较简单,记为ma;“系统”的标准是能独立执行元任务,处于“组件”上一层,包含元素较多,关系复杂,记为ms;“体系”的标准是能独立执行由若干元任务组成的高层次任务,处于“系统”上一层,记为msos。

针对特定的装备结构,采用Delphi法<sup>[12]</sup>,确定结构复杂性,目标武器装备类型与隶属度较大者对应。

## 2.4 技术不确定性维分析

装备技术(Weapon Materiel Technology: WMT)是实现装备建设目标的手段和方法,形式化为三元组:

$$WMT = \langle OMT, SMT, MDP \rangle \quad (3)$$

其中:OMT(Objective Materiel Technology)表示装备技术的客体要素(即物质手段),是装备建设利用的硬

件(器材、设施等)和软件(标准、手册等); SMT(Subjective Materiel Technology) 表示装备技术的主体要素(即科学方法), 是人们使用物质手段的经验、知识、技巧等; MDP(Materiel Development Purpose) 表示装备建设目标, 装备技术的客体要素和主体要素对装备建设目标的实现具有决定性作用。

设论域 WMT 为装备技术。LTP=“低技术工程”、MTP=“中技术工程”、HTP=“高技术工程”, 是论域 WMT 上模糊集。以实现装备建设目标的技术要素作为隶属度, 其中:“低技术”是装备技术客体要素已经存在、主体要素已经具备、实现目标容易, 记为 ltp;“中技术”是客体要素已经存在、主体要素部分具备、实现目标较难, 记为 mtp;“高技术”是客体要素部分存在、主体要素部分具备、实现目标难, 记为 htp。

针对特定的装备技术, 采用 Delphi 法<sup>[2]</sup>, 确定技术不确定性, 目标武器装备类型与隶属度较大者对应。

### 3 C<sup>4</sup>ISR 需求研究模式

基于装备演化规律, 与“3-D 模型”对应, 将 C<sup>4</sup>ISR 需求研究模式分为“复制”、“发现”和“创造”。

#### 3.1 C<sup>4</sup>ISR 需求“复制”

C<sup>4</sup>ISR 需求“复制”, 是客观再现人们对目标 C<sup>4</sup>ISR 系统的主观认识, 通过“说什么(对 PW、WM 或 TS 的期望), 是什么(期望被忠实地描述后形成的 C<sup>4</sup>ISR 需求映像)”的方式, 保证 C<sup>4</sup>ISR 需求的精确性。

对“3-D 模型”低坐标装备, 按算法 1“复制”目标 C<sup>4</sup>ISR 系统的需求, 可参考文献[5-10]中的方法。

算法 1 (C<sup>4</sup>ISR 需求“复制”算法)

- Step 1 需求采集。采集存在于相关人员个人脑海中的期望, 形成“零散的 C<sup>4</sup>ISR 需求”相关文档。
- Step 2 需求建模。建立需求模型、客观再现相关人员的期望, 形成“规范的 C<sup>4</sup>ISR 需求”相关文档。
- Step 3 需求检验。检验需求模型、需求指标是否忠实反映相关人员期望。若有问题, 则转 Step1。
- Step 4 需求生成。根据不同使用要求, 把“规范的 RF”转化为指导 C<sup>4</sup>ISR 系统建设的需求规格。

#### 3.2 C<sup>4</sup>ISR 需求“发现”

C<sup>4</sup>ISR 需求“发现”, 是正确认识目标 C<sup>4</sup>ISR 系统能产生作用的军事问题, 通过“由表面现象(‘复制’的期望)到本质问题(PW)、由客观问题到解决方案(WM 和 TS)”的方式保证 C<sup>4</sup>ISR 需求的正确性。

对“3-D 模型”中间坐标装备, 按算法 2“发现”目标 C<sup>4</sup>ISR 系统的需求。

算法 2 (C<sup>4</sup>ISR 需求“发现”算法)

- Step 1 基于算法 1, C<sup>4</sup>ISR 需求分析者从相关人员“复制”关于 PW、WM 或 TS 的期望。
  - Step 2 从 PW 出发, 与技术领域专家沟通, 获取 WM 的期望, 转 Step 3; 获取 TS 的期望, 转 Step 4。
  - Step 3 从 WM 出发, 从 PW 和 TS 两个方面进一步考虑:
    - (1) 与军事领域专家沟通, 进一步确定(或确认)PW, 转 Step2;
    - (2) 与技术领域专家沟通, 进一步确定(或确认)TS, 转 Step4。
  - Step 4 从 TS 出发, 与军事领域专家沟通交流, 得 TS 的作战应用模式(PW), 转 Step 2。
  - Step 5 重复 Step 1~ Step 4, 形成 PW、WM 和 TS 三个方面完整且一致的 C<sup>4</sup>ISR 需求映像。
- 在“复制”基础上, “发现”隐含的问题(PW), 并使 WM 和 TS 与之一致, 能修正“复制”导致的错误。

#### 3.3 C<sup>4</sup>ISR 需求“创造”

认知是发展的, 问题总是向新领域不断扩展。C<sup>4</sup>ISR 需求“创造”, 是分析客观规律、研究问题本身, 通过“由旧问题(PW)到新问题、由新问题到新方案(WM 和 TS)”的方式, 保证 C<sup>4</sup>ISR 需求的前瞻性。

对“3-D 模型”高坐标装备, 按算法 3“创造”目标 C<sup>4</sup>ISR 系统的需求。

算法 3 (C<sup>4</sup>ISR 需求“创造”算法)

- Step 1 基于算法 2“发现”C<sup>4</sup>ISR 需求, 形成一个完整、一致的 C<sup>4</sup>ISR 需求映像。
- Step 2 以任务 MT\* (MT\* = < MIT\*, MTI\*, MTS\*, TS\* >) 为基础, 探讨与之在时间(MIT\*)、信息(MTI\*)、空间(MTS\*)或任务要求(TS\*)存在关联的其他任务, 形成新的作战需求(PW)。转 Step 1。
- Step 3 以装备结构 WMS\* (WMS\* = < WME\*, WMR\*, WMC\* >) 为基础, 探讨与之在元素

( $WME^*$ )、关系( $WMR^*$ )或能力( $WMC^*$ )存在关联的其他装备,提出新的系统需求( $WM$ )。转 Step 1。

Step 4 以装备技术  $WMT^*$  ( $WMT^* = \langle OMT^*, SMT^*, MDP^* \rangle$ ) 为基础,探讨与之在客体要素( $OMT^*$ )、主体要素( $SMT^*$ )或建设目标( $MDP^*$ )存在关联的其他技术,提出新的技术需求( $TS$ )。转 Step 1。

Step 5 重复 Step 1~ Step 4,形成多维演化的  $C^4$ ISR 需求映像。

在“发现”基础上,预测  $C^4$ ISR 需求变化、创新作战应用模式,可以推动  $PW$ 、 $WM$  和  $TS$  科学地演化。

#### 4 $C^4$ ISR 需求生成过程

基于装备演化规律的  $C^4$ ISR 需求生成遵循“复制→发现→创造”流程(见图 3),分别解决  $C^4$ ISR 需求的精确性、正确性和前瞻性问题,所形成的  $C^4$ ISR 需求映像从不完整到完整、从静态关联到动态演化。

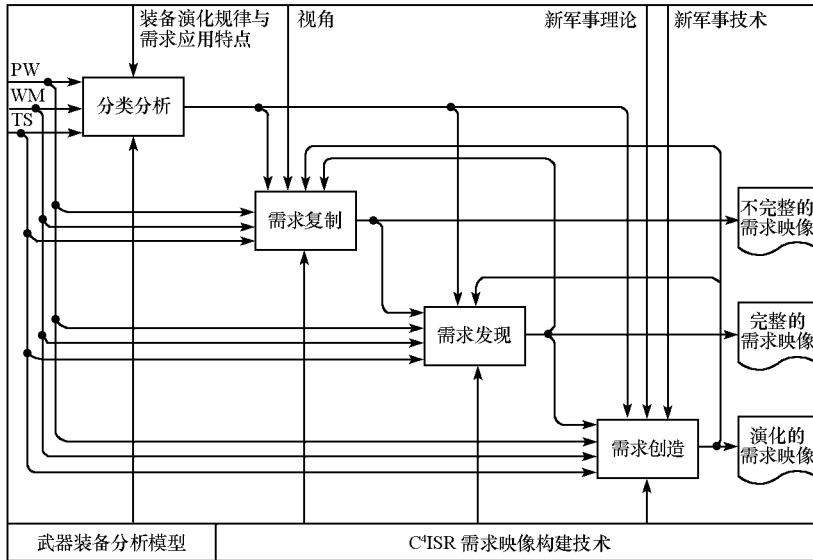


图 3 “复制→发现→创造”的模式

Fig. 3 Pattern of reproduction, discovery and creation

“分类分析”是  $C^4$ ISR 需求生成的第一步。采用 Delphi 法,确定目标  $C^4$ ISR 系统的任务模糊性、结构复杂性和技术不确定性,确定其在“3-D 模型”中的坐标,在此基础上选择  $C^4$ ISR 需求研究模式。

“需求复制”是  $C^4$ ISR 需求研究的第一个层次。如果目标  $C^4$ ISR 系统处于“3-D 模型”的低坐标,那么相关人员的期望是明确的,可以有针对性地“复制”需求相关人员的期望。尽管形成的是一个不完整的需求映像,然而其正确性、实用性是具备的。 $C^4$ ISR 系统中的常用软硬件,军事用户对业务流程是清楚的, $C^4$ ISR 需求研究总体处于“复制”层次,可以采用软件需求工程中成熟技术,精确获得  $C^4$ ISR 需求。

“需求发现”是  $C^4$ ISR 需求研究第二个层次。如果目标  $C^4$ ISR 系统处于“3-D 模型”的中间坐标,那么相关人员的期望本身具有模糊性、复杂性和不确定性,必须在“复制”期望的基础上“发现”隐含在背后的原因和结果,实现  $PW$ 、 $WM$ 、 $TS$  的有机统一,系统地描述  $C^4$ ISR 需求及相互关系,形成完整的  $C^4$ ISR 需求映像。大型  $C^4$ ISR 系统的改进,常是军事用户在使用  $C^4$ ISR 系统过程中发现其局限性,提出改善现有能力或增加新能力的要求,军事领域与技术领域是不断互动的, $C^4$ ISR 需求研究总体处于“发现”层次。

“需求创造”是  $C^4$ ISR 需求研究第三个层次。如果目标  $C^4$ ISR 系统处于“3-D 模型”的高坐标,那么目标  $C^4$ ISR 系统的模糊性、复杂性和不确定性都超出了相关人员可直接把握范围,需要在“发现”的基础上开展创新性研究,推动已有需求映像向正确方向演化,演化后形成一个(或多个)新的需求映像。以天基信息系统为代表的新型  $C^4$ ISR 系统建设,往往没有可供借鉴的成熟模式,需求研究处于“创造”层次。

## 5 案例: 防空需求生成

为了说明 C<sup>4</sup>ISR 需求研究模式、生成 C<sup>4</sup>ISR 需求映像一般规律, 引入假定的防空 C<sup>4</sup>ISR 系统需求生成案例: 在防空导弹系统出现以前, 针对拦截攻击重要目标的弹道导弹的问题, 军事专家要求“一种射速  $\times \times$ 、射高  $\times \times$  的高射炮防空系统”, 在此基础上开展论证和研制, 可能出现三种基本情形, 如表 4 所示。

表 4 C<sup>4</sup>ISR 需求生成模式的示例

Tab. 4 Example for the pattern of generating materiel requirements

研究模式	需求映像的特点	可能结果
忠实、精确地获取与描述	WM 与 PW、TS 一致	①按要求研制, 有效拦截来袭导弹, 用户满意
复制 目标系统相关人员的主观期望	感性认识 PW、WM、TS PW 错误, WM 与之一致	②按要求研制, 不能有效拦截来袭导弹, 用户拒绝
	WM 与 TS 矛盾	③指标低于要求、失败, 用户拒绝
发现个人的期望背后隐含的客观问题, 提供问题解决方	理性认识 PW, 使 WM、TS 与之一致	④技术不足而暂不研制, 用户同意
	WM 与 PW 一致, 但与 TS 矛盾	⑤提供指标修改的高射炮, 用户接受
	WM 与 PW 矛盾, 修改的 WM 与 TS 矛盾	⑥提供防空导弹系统, 用户接受
	WM 与 PW 矛盾, 修改的 WM 与 TS 一致	⑦建议研发配套的预警系统
创造 研究问题, 分析规律, 创新模式	PW 不断扩展, MR、WM、TS 在有机统一基础上动态演化	⑧建议研发天基导弹防御系统 ⑨建议研发陆海空天一体化导弹防御系统

军事专家基于感性认识, 提出“一种射速  $\times \times$ 、射高  $\times \times$  的高射炮防空系统”(WM)。如果研制部门和军事专家长期密切联系, PW、TS 是明确的、已知的, WM 与 PW、TS 一致, 那么将产生结果 ①。如果对 PW 的认识错误, 例如没有考虑高射炮系统与预警探测系统的有机集成, 虽然高射炮系统达到了射速  $\times \times$ 、射高  $\times \times$ , 工程完成, 那么将产生结果 ②。如果对 TS 认识错误, 工程实施, 那么将产生结果 ③。

分析并认识 PW, 如果发现 WM 与 PW 一致、与 TS 矛盾, 即技术上无法实现, 那么将产生结果 ④。如果发现 WM 与 PW 矛盾, 那么基于 PW 修改 WM 为 WM\* (即“指标修改的高射炮”或“防空导弹系统”), 使 WM 与 PW 一致, 在此基础上分析 TS: 如果与 TS 矛盾, 那么将产生结果 ④; 如果与 TS 一致, 那么将产生结果 ⑤或 ⑥。

研究情报需求, 增加新的问题“目标弹道导弹发射  $\times \times$  分钟后, 获得预警信息”, 将产生结果 ⑦; 考虑新兴的军事航天装备, 将产生结果 ⑧; 研究军事理论发展、新技术应用等引发的需求, 将产生结果 ⑨。

## 6 结束语

本文三维划分了武器装备类型, 提出“复制 $\rightarrow$ 发现 $\rightarrow$ 创造”的 C<sup>4</sup>ISR 需求生成模式, 具有以下特点:

(1)“3-D 模型”体现了武器装备演变规律、反映了需求的应用过程

武器装备演变是任务变化、人类认识和新技术应用共同作用的结果,“3-D模型”体现了PW从模糊变为清晰、MW从复杂变为简单、TS从不确定变为确定的规律。任务反映作战需求,任务模糊意味着军事领域专家难以清晰给出作战需求;结构反映系统需求,结构复杂意味着单独的技术领域专家难以简单明了地给出系统需求,需要多方协调、合作;技术不确定反映技术需求不确定,意味着存在技术风险。

(2)基于“3-D模型”提出 $C^4ISR$ 需求生成模式,为系统地生成 $C^4ISR$ 需求提供了可行的途径

与“3-D模型”对应,提出了三种逐层递进的 $C^4ISR$ 需求研究模式:“复制”、“发现”和“创造”,分别对应处于“3-D模型”中不同坐标的目标 $C^4ISR$ 系统。高层次 $C^4ISR$ 需求研究工作建立在低层次研究工作的基础上,“复制”是“发现”的基础,“发现”是“创造”的基础。高层次研究所得的 $C^4ISR$ 需求对后续低层次 $C^4ISR$ 需求研究具有牵引作用, $C^4ISR$ 需求“创造”最具前瞻性,其工作牵引和指导“复制”和“发现”。

$C^4ISR$ 需求的“复制”、“发现”和“创造”,都需要与 $C^4ISR$ 需求特点相适应的模型体系和建模方法;吸收借鉴文献[3-11]及其它相关的研究成果,逐步完善 $C^4ISR$ 需求生成模式,是下一步研究工作的方向。

## 参考文献:

- [1] 钱学森,于景元,戴汝为. 一个科学新领域——开放的复杂巨系统及其方法论[J]. 自然杂志, 1990, 13(1): 3-10.
- [2] Shenhar A J, Bonen Z. The New Taxonomy of Systems: Toward an Adaptive Systems Engineering Framework[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1997, 27(2):137-145.
- [3] Dean D F. Command and Control System Requirements Generation: Reuse by Pragmatism—a Case Study [R]. DERA (UK), 1999.
- [4] DoD Architectures Working Group. DoD Architecture Framework Version 1.0[R]. Washington, D. C.: Department of Defense, 2004.
- [5] Wagenhals L W, Shin I, Kim D.  $C^4ISR$  Architectures II: A Structured Analysis Approach to Architecture Design [R]. System Architectures Laboratory,  $C^3I$  Center, MSN 4D2, George Mason University, 2000.
- [6] Bienvenu P P, Kim D, Lewis A H.  $C^4ISR$  Architectures III: An Object-oriented Approach to Architecture Design [R]. System Architectures Laboratory,  $C^3I$  Center, MSN 4D2, George Mason University, 2000.
- [7] 沈如松,张育林. 基于UML和Petri网的武器装备体系需求分析方法[J]. 系统工程理论与实践, 2006, 26(1): 136-140.
- [8] 段采宇,张维明,余滨. $C^4ISR$ 需求模型化框架[J]. 国防科技大学学报, 2007, 29(5): 122-127.
- [9] 张维明,段采宇. $C^4ISR$ 需求开发新途径:基于本体建模[J]. 国防科技大学学报, 2007, 29(6): 86-92.
- [10] 李宗勇,王智学,陈彬,等. 基于目标的 $C^4ISR$ 系统需求行为建模[J]. 系统工程与电子技术, 2007, 29(10): 1669-1673.
- [11] CJCSI 3170 01E, Joint Capabilities and Integration Development System[S]. Washington, D. C.: Organization of the Joint Chiefs of Staff, 2005.
- [12] 李安贵,张志宏,孟艳,等. 模糊数学及其应用[M]. 冶金工业出版社, 2006.