

文章编号: 1001-2486(2001)03-0088-05

IDEFO方法在军事综合电子信息系统分析设计中的应用*

罗雪山, 朱德成, 沈雪石

(国防科技大学 C³I 系统研究中心, 湖南长沙 410073)

摘要:就 IDEFO 方法在军事综合电子信息系统分析设计、系统升级与集成及仿真等方面的应用进行了深入探讨。由于 IDEFO 模型具有简单、全面且描述能力强等优点, 使其在多个领域尤其在制造业中得到了广泛应用。军事综合电子信息系统是以活动为支撑, 以信息为基础的复杂大系统, 用 IDEFO 模型对其进行描述可以加深指挥人员和技术人员对系统的共同理解, 从而提高系统开发的效率并提高系统的实用性。

关键词:军事综合电子信息系统; C⁴ISR; 体系结构; 分析设计; IDEFO

中图分类号: TP393.02; E96 **文献标识码:** A

Application of IDEFO Method in Analysis and Design of Military Integrated Information Systems

LUO Xue-shan, ZHU De-cheng, SHEN Xue-shi

(C³I Systems Research Center, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: The applications of IDEFO method in military integrated information systems analysis, design, updating, integration, and simulation are discussed in detail. For IDEFO model is simple but comprehensive, and with powerful ability in system description, it is widely applied in various fields, especially in manufacturing. Military integrated information systems, based on information and supported by activity, are large and complex systems. With IDEFO model, the common understanding of the systems both for the military commander and the technical engineers can be deepened. So it can improve the effectiveness and practicability of development of the military integrated information systems.

Key words: military integrated information systems; C⁴ISR; architecture; systems analysis and design; IDEFO

1 军事综合电子信息系统分析设计与 IDEFO

目前军事综合电子信息系统建设中存在的突出问题之一是缺乏一种简单的易于理解的通用建模方法, 以增进军事人员与技术人员的交流, 从而保证从系统分析、系统设计到系统维护甚至系统升级的一致性, 进而指导军事综合电子信息系统建设与实践。这是因为军事综合电子信息系统是一个复杂的人机大系统, 缺乏相应的系统理论支持, 要对其进行描述非常困难。

20 世纪 90 年代以来, 军事综合电子信息系统的理论研究有了突破性进展, 其主要体现是美国国防部提出的《2010 年联合作战构想》和《C⁴ISR 体系结构框架》等总体框架性文件, 它们是战场信息系统理论研究成果的缩影。建立战场信息系统的目的是利用现代信息技术手段来代替指挥人员和整个机构处理复杂的事物和信息, 体系结构则提供了理解和管理复杂事物和信息的一种机制, 战场信息系统(C⁴ISR)体系结构的研究目的是利用合理的投资, 改进能够迅速综合的“用于战场”的各种所需的能力, 并实现作战能力的迅速部署。IEEE STD 610.12 把体系结构定义为“组成单元的结构、它们之间的关系以及制约它们设计和随时间演进的规则和指南。”

一体化体系结构是未来信息化战场的综合电子信息系统互通性、互操作性的根本保障。军事综合电子信息系统体系结构面临的用户包括作战人员、系统设计人员和实现人员, 战场信息系统实现互联、互通、互操作的首要条件是保证各类人员正确理解战场信息系统体系结构并进行交流, 因此, 战场信息系统体系结构应包括满足不同人员描述和设计要求。美军认为, 体系结构可由三个主要透视图

* 收稿日期: 2000-10-08

基金项目: 国家部委基金资助项目

作者简介: 罗雪山(1965-), 男, 教授, 博士生导师。

描述。这三个视图在逻辑上结合在一起可将一个战场信息系统的体系结构基本描述清楚，针对不同的用户要求，它们分别是作战视图、系统视图和技术视图。

作战体系结构视图是任务和行动、作战要素以及完成或支援军事作战所要求的信息流的一种描述。它包括作战要素、赋予的任务和行动以及支援作战人员所需信息流的描述，通常采用图形方式。系统体系结构视图是提供或支援作战功能的系统和互连。对战场信息系统来说，系统体系结构视图说明多个系统如何连接和互操作，并且可以描述在这个体系结构中的特定系统的内部结构和运行。技术体系结构视图是决定系统部件或组成要素的安排、相互配合和相互依存的最低限度的一组规则，其目的是确保组成的系统满足一系列特定的要求。

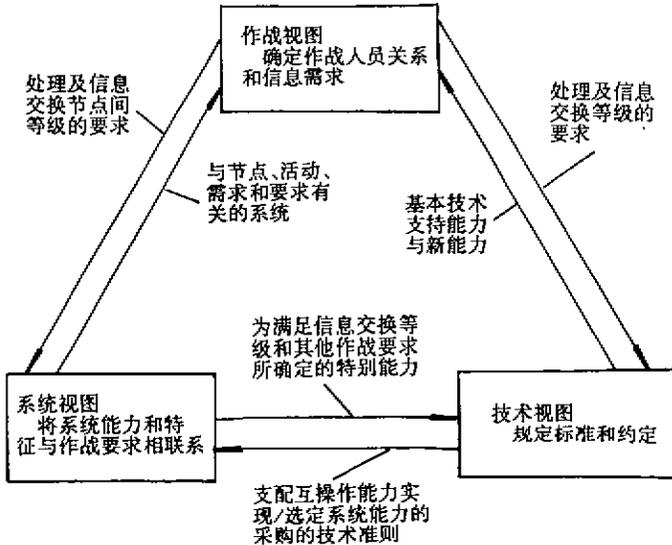


图1 体系结构视图之间的相互关系

Fig.1 The relations among three architectural visions

对军事综合电子信息系统体系结构的描述就是构筑一个指定的体系结构描述过程中以及描述有关用途的特性中所开发的图形、文字和表格的项目。我们将描述体系结构得到的图形、文字、表格等称为体系结构的产品，通过产品的支持构成对体系结构的描述。

体系结构的描述要素可以分为静态和动态两类。其静态要素主要包括：概述和摘要信息、综合目录、高级作战概念图、作战节点连接能力描述、作战信息交换矩阵、指挥关系图、活动模型、作战规则模型、系统通信描述、系统平方矩阵、系统功能描述、作战活动对系统功能跟踪能力矩阵、信息系统交换矩阵、系统性能参数矩阵、系统演化描述、系统技术预测、系统规则模型、物理数据模型、技术体系结构轮廓、标准技术预测等等；动态要素主要为作战活动序列和计时描述和系统活动和计时描述等。军事综合电子信息系统的动态行为主要靠体系结构的动态要素来描述。动态要素的描述对系统功能、性能与效能的确定，对系统战术、技术指标的确定起着重要作用。

IDEFO 它采用自顶向下分解的方法，利用模型来理解一个系统，比较适用于研究分析大而复杂的系统。IDEFO 的方法主要是描述系统的功能活动和联系。在建立军事综合电子信息系统体系结构活动模型时，可以采用 IDEFO 的方法，通过建立作战活动的功能模型及相互之间的联系来描述军事综合电子信息系统的作战体系结构。活动模型的建立决定于对作战模型的定义和理解。

2 IDEFO 简介

20 世纪 70 年代为了寻求系统地运用计算机技术以提高制造业生产率，美国空军制定了一体化计算机辅助制造计划，以解决人们对更好的分析与交流技术的需要。计划的结果是开发了一系列称为 IDEF 的技术。IDEFO 是其中之一，是一种对所建模系统或主题域中的功能、活动和过程进行结构化体现的功能模型。IDEFO (Integration DEFinition language 0) 的基础是结构化分析与设计技术 (Structured

Analysis and Design Technique, SADT), 包括图形建模语言(语法和语义)和对开发模型完整方法学的描述。

作为一种功能建模语言, IDEF0 具有以下特点: 全面及表达能力强; 是一种连贯的简单的语言; 易于学习并强调细节的层次化; 在美国空军、其他政府开发工程以及私营工业中的应用得到了很好的检验和证明; 能由多种计算机图形工具生成。

IDEF0 中的基本模型是活动, 在图中用一个方框表示。一个活动代表系统所执行的功能, 它对一个输入集进行转化。IDEF0 模型中一个活动的输入可分为三类: 输入(input)、控制(control)和机制(mechanism)。输入是一个功能所要转化的, 控制决定此功能何时执行或以某种方式制约此功能, 而机制是活动执行功能所需要的资源, 其中只有输入被此项功能所消耗。每个活动用一个带标记的方框表示, 方框的每个边都有意义。左边用于表示输入, 上边用于表示控制, 右边用于表示输出(output), 底边用于表示机制。输入、控制、输出和机制共同称为 ICOMs 或概念。如图 2 所示。

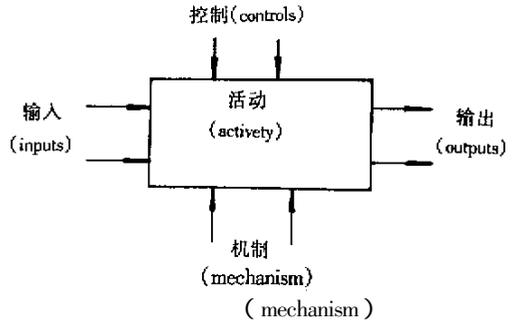


图 2 IDEF0 基本模型的图形表示

Fig.2 Basic illustration of IDEF0 model

3 IDEF0 在军事综合电子信息系统中的应用

3.1 IDEF0 方法与其它方法的比较

自从软件工程问世以来, 功能分析法、数据流法、信息建模法和 20 世纪 80 年代末兴起的面向对象分析是几种最有影响的分析方法。如果是从数据和功能来描述系统, 那至多只反映了系统的一个侧面而很难说明系统的全貌。IDEF0 方法集中了功能分解法和数据流方法的优点能同时表达系统的活动和数据流以及它们之间的关系, 所以, IDEF0 模型能使人们全面描述系统。IDEF0 方法是一种结构化分析方法, 是一种技术人员和军事人员交流较理想的语言。

因此美国国防部于 1993 年 1 月发布作为过渡指南的 DOD D8020.1-M 中特别说明了 FPI (功能过程改进) 分析中要使用 IDEF0。IDEF0 非常有助于对功能活动加深理解, 这样对支撑作战体系结构开发提供了背景分析。IDEF0 不仅可用于开发, 而且还为活动建模提供了一种有效的方法学, 而建立活动图的目的是要画出活动之间的关系, 特别强调的是信息的输入和输出。IDEF0 活动建模的精确结构推进了图的标准程度, 这样使得(作战体系)结构信息的表达易于共同理解。IDEF0 的一个主要特色是带有综合词典, 这个词典提供了活动的精确的定义、输入、输出和支撑活动的机制, 以及指导怎样完成活动的控制。另外, 还可以把 IDEF0 方法与面向对象的分析设计方法结合以生成面向对象的 IDEF0 建模方法, 以改进和提高 IDEF0 方法的分析和设计能力。

3.2 应用示例

在一个旅野战高炮防空系统中, 旅指挥部和下属三个营指挥部都从警戒雷达获得空中情报信息, 以产生一个目标分配方案。旅营两级各自对空情进行处理与态势评价, 旅指挥部得到旅防域内的态势, 营指挥部得到营防区的态势。各营指挥部将它的态势评价上报给旅指挥部。旅指挥部综合考虑自己的态势评价与营指挥部上报的态势, 以得到一个新的更全面的态势, 并以此为基础产生一个目标分配方案作战命令下达到各营。下面对该系统中的旅指挥所的功能进行分析和描述。

按照 IDEF0 方法, 首先建立一个上下文(context)用以说明旅指挥所在系统中的位置以及与系统中其它要素的关系, 如图 3 所示。由图中很容易读出, 旅指挥所的功能是旅防空指挥, 其输入有雷达传送来的空情和三个营的态势信息, 上级下达的任务是对本级指挥的约束, 其输出的目标分配信息下达到各营并作为各营指挥的控制信息。

图 4 是对图 3 中旅防空指挥进行分解得到的模型。由图中可以看出旅指挥所在防空指挥中的功能

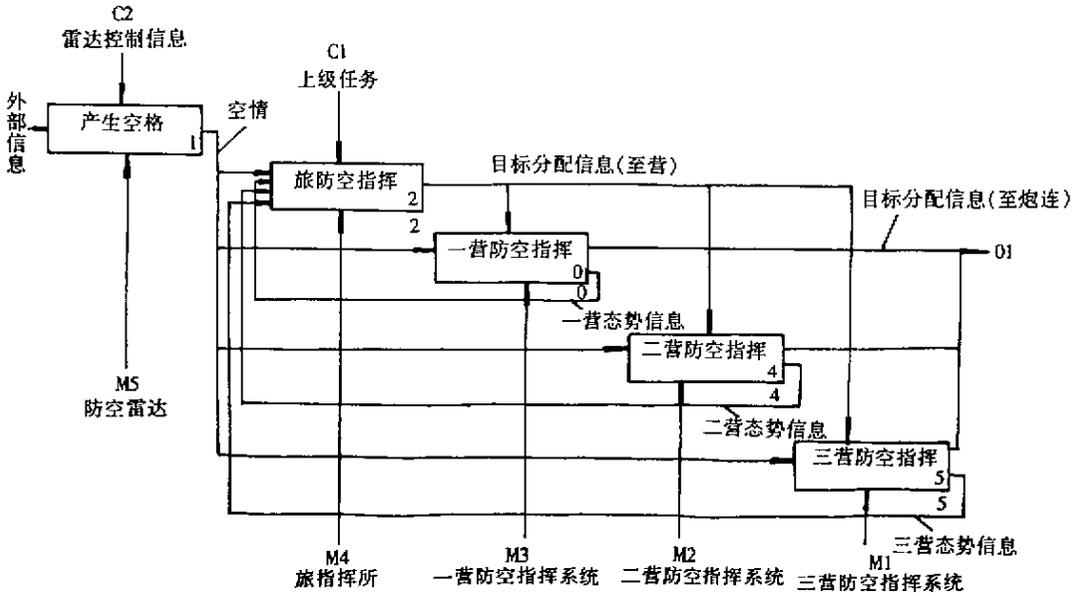


图 3 旅指挥所功能模型的上下文

Fig.3 The context of brigade command post functional model

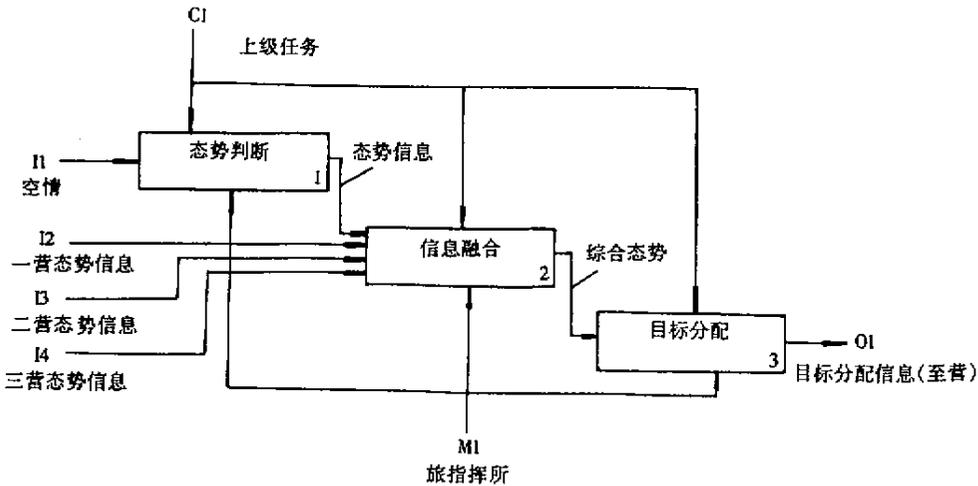


图 4 旅防空指挥分解模型

Fig.4 The detailed mode of brigade command post

为态势判断、信息融合和目标分配。根据分析的需要还可以对各项功能进行继续分解，直至满足分析的目的为止。给模型中的活动方框添加以自动化、半自动化或软硬件名称命名的机制箭头，则可以分析和描述指挥自动化系统。

由上例可以看出，IDEFO 方法优于单纯的功能分析法和数据流法，它可以反映系统的功能（活动），功能间的关系（ICOM），执行功能的资源（机制）以及系统的结构与交互关系。

3.3 系统升级和集成

IDEFO 模型不仅可以用于军事综合电子信息系统的需求分析，而且对已有系统来说，IDEFO 能分析应用系统的工作目的，完成的功能及记录实现的机制，从而发现系统的不足及不同系统之间的异同进而进行系统的维护升级与集成。

美国国防部已根据 C⁴ISR 体系结构框架进行了一项示范研究，用以反映框架指南的原则和一套可应用的体系结构产品。该研究的全称是广播/接收工作组工程，由 CISA 和情报系统秘书处/情报系统

部 (ISS/ISB) 联合倡议。该工作组成立于 1994 年,旨在检查现有的超高频 (UHF) 情报广播业务和一种刚涌现的合成各业务的“Binocular”概念。

该工作组于 1996 年进行的工作是建模,即为迅速比较不同的业务提供一个基础。用来比较的初始方法是用 IDEF0 方法进行活动建模。该工作组先建立了一个支持情报广播功能的高级作战概念的通用活动模型作为样板模型,用以观察情报广播业务执行的活动,然后为战术相关应用及其数据分发系统 (TRAP/TDDS)、战术情报广播业务 (TIBS)、战术侦察情报交换系统 (TRIXS) 及 Binocular 等每种业务建立了一个单独的描述基本功能的 IDEF0 活动模型,并按照 Binocular 概念遵从样板的格式对各个业务的各自活动和特征进行剪裁描述。

上述研究虽然是 C⁴ISR 体系结构框架应用的一项示范研究,但它反映了 IDEF0 模型可以作为一种主要模型应用于系统的升级与集成中。

3.4 向仿真模型转换

系统仿真对于军事综合电子信息系统的研制、建设、管理和使用都有着广泛的应用前景。不同层次的仿真可为不同的目的和不同的系统生命周期阶段服务。由于系统的复杂性、多层次性和所涉及的技术领域的广泛性,决定了军事综合电子信息系统仿真内容十分丰富,仿真的种类十分繁多。

在系统的全生命周期中由于出自不同的目的往往需求开发和维护多种类型的模型。通常大多数模型是静态,而仿真模型是动态的。静态模型帮助人们理解系统,而仿真则有助于分析系统的行为特征。由于 IDEF0 的优点使其被广泛应用于多个领域,用以加深对系统或组织行为和功能的理解。然而由于 IDEF0 模型是一种静态的功能描述模型,所以如何从 IDEF0 模型向其它仿真模型转换成为很多研究单位的热点和重点。

关联矩阵可以表示 Petri 网的结构关系,而 IDEF0 模型的结构关系也可以用一个性能矩阵进行形式化描述。由于两者之间有很大的相似性,所以可以根据特定的算法从 IDEF0 模型的性能矩阵能自动生成 Petri 网的关联矩阵,从而完成从 IDEF0 模型向 Petri 网的自动转换。

层次化着色 Petri 网 (CPN) 是一种高级 Petri 网,它在仿真中的应用十分广泛。IDEF0 的基本模型是活动和概念 (ICOM),而 CPN 的基本模型是位置 (place)、转移 (transition) 和弧 (arc),在 IDEF0 模型的图形化语义中除了没有 CPN 中的位置外两者是非常相似的。利用这一特性并对 IDEF0 模型中的概念流加以约束可以实现从 IDEF0 模型向相应 CPN 模型的转换。

XSpec 是由美国工业技术协会 (Industrial Technology Institute, ITI) 开发的一种图形语言,用于说明在一个制造系统中动态元素之间的交互。XSpec 是一种基于面向对象分解的仿真模型,它为从元素说明创建和仿真可执行模型提供了足够的细节信息。由于 IDEF0 和 XSpec 建模规范都体现了层次化,利用一般层次化系统的元模型 (meta-model) 概念分别提取 IDEF0 模型和 XSpec 模型的元模型,然后利用两者元模型之间的关系并加以约束可以完成从 IDEF0 模型向 XSpec 模型的转换。

4 结束语

军事综合电子信息系统分析设计方法研究,不仅要结合我国在作战指挥、人员素质、系统开发的实际情况,也要借鉴国外的一些共性研究成果,以此提高我们研究工作进度。IDEF0 方法在其它领域的成功运用证明了其优越性,且在军事综合电子信息系统展示了良好的应用前景,值得我们重视。

参考文献:

- [1] 罗雪山等. C³I 系统建模方法与技术 [M]. 长沙:国防科技大学出版社, 2000.
- [2] 于云程, 罗雪山. C³I 系统分析与设计 [M]. 长沙:国防科技大学出版社, 1996.
- [3] 熊模化等. CIMS 的一种面向对象的 IDEF0 建模方法 [J]. 华中理工大学学报, 1998, 126 (6): 76-78.
- [4] 王君英, 段广洪. 基于 IDEF0 的 CIMS 底层控制 Petri 网模型的自动生成方法 [J]. 自动化学报, 1997, 123 (3): 400-403.
- [5] Robert M. shapiro, Valerio Pinci, Roberto Mameli. Modeling a NORAD Command Post Using SADT and Colored Petri Nets [R]. Functional Programming, Concurrency, Simulation and Automated Reasoning, Springer Verlag, 1993: 84-107.
- [6] 陈禹六. IDEF 建模分析与设计方法 [M]. 北京:清华大学出版社, 1998.

