

# C4ISR 体系结构设计方法研究

李俊超<sup>1</sup>, 张占月<sup>2</sup>, 甘朝虹<sup>3</sup>, 杨欣<sup>1</sup>,

(1. 装备学院研究生管理大队; 2. 装备学院航天指挥系; 3. 西昌卫星发射中心)

**摘要:** 体系结构设计是指挥控制、通信、计算机、情报、监视和侦察(command, control, communication, computer, intelligence, surveillance, reconnaissance, C4ISR)系统开发的重要组成部分,对 C4ISR 系统实现和集成有着重要作用。首先简要介绍了 C4ISR 系统的组成,其次重点分析了 C4ISR 系统体系结构设计常用的三种方法,并阐述了每种方法的优缺点,最后对这三种方法进行了比较总结。

**关键字:** C4ISR; 体系结构设计; 结构化分析方法; 面向对象方法; 基于活动方法

## 0 引言

C<sup>4</sup>ISR 系统具有规模庞大、技术复杂、费用巨大、对抗性和实时性强、应用要求不定等特点,使得 C<sup>4</sup>ISR 系统的研制开发非常复杂和困难。C<sup>4</sup>ISR 系统设计和开发过程中,体系结构起着重要作用,它是保障系统之间集成与互操作的关键。体系结构设计处于 C<sup>4</sup>ISR 系统开发的需求确认阶段,作用于 C<sup>4</sup>ISR 系统的整个生命周期,因此对于 C<sup>4</sup>ISR 系统体系结构设计方法进行研究是必要的。通过对体系结构设计常用的几种方法进行总结比较,能增进对这些方法的认识,便于在对体系结构设计时采用最合适的方法。

## 1 C<sup>4</sup>ISR 系统

从 20 世纪 50 年代开始, C4ISR 系统建设经历了从 C2, C3, C3I, C4I 到 C4ISR 的发展历程。进入 21 世纪,军事理论界提出了“发现即摧毁”的概念,把打击(Kill)加入到 C4ISR,形成 C4KISR。但军事行动涉及问题复杂, C4KISR 不能代表所有作战样式,如反恐、维和、救援等军事行动并不需要动用大量打击力量,本文着重研究 C4ISR 系统。

C4ISR 系统的基本功能是实现信息采集、传递、处理自动化,为相应的指挥机构提供准确、实时、完整的态势信息,辅助指挥人员进行科学决策,保障指挥机构对部队和武器系统实施高效指挥。为此, C4ISR 系统应具有如图 1 所示基本功能,即主要由 6 个分系统[1]: 信息获取分系统、信息通信分系统、信息处理分系统、指挥决策分系统和武器控制分系统组成。

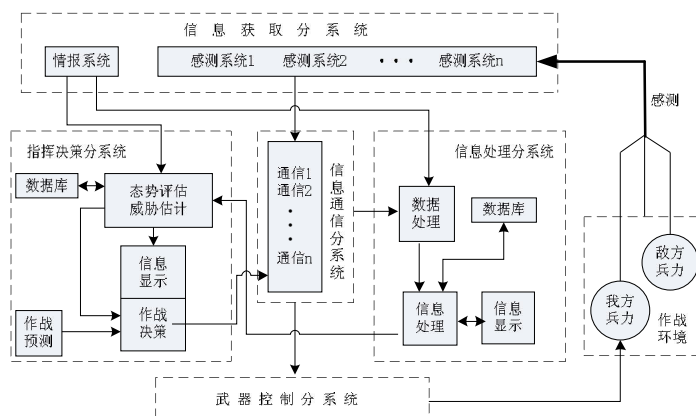


图 1 C4ISR 系统组成

如果把 C4ISR 系统比作一个人的话,那么信息获取分系统相当于人的“耳目”;信息通信分系统相当于人的“神经网络”;信息处理分系统相当于人的“大脑”;指挥决策分系统相当于人的“神经中枢”;武器控制分系统相当于人的“手脚”。

## 2 C<sup>4</sup>ISR 体系结构设计方法

体系结构，是指系统的组成结构、系统部件及其相互关系，以及始终制约系统设计和随时间演化的原则和指南。体系结构设计，是 C<sup>4</sup>ISR 系统设计、研制和建设中的重要部分，是实现各等级、各部门、各军兵种 C<sup>4</sup>ISR 系统互连、互通、互操作的关键环节。体系结构设计开发可分为四个阶段：需求分析、设计、建立执行模型、评价。通过在这四个阶段的循环迭代（如图 2 所示），逐步生成满足用户期望的体系结构。

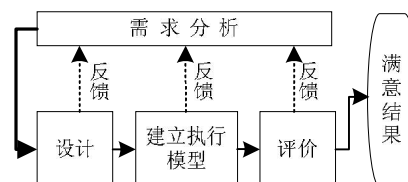


图 2 体系结构设计过程

目前，C<sup>4</sup>ISR 体系结构设计方法主要包括基于结构化分析的设计方法、面向对象的设计方法、基于活动的设计方法。下面对这三种方法进行描述总结，对各自的优缺点进行分析。

### 2.1 基于结构化分析的设计方法

结构化分析方法（Structural Analysis Method, SAM），基本思想是把系统看成是功能模块的集合，这些功能模块由一定的系统结构联系起来。基于结构化分析的 C<sup>4</sup>ISR 体系结构设计方法主要包括 3 个阶段<sup>[3-4]</sup>（如图 3 所示）：

（1）分析阶段，从作战概念出发，并用技术视图进行指导，得出用户所关心功能视图和物理视图的静态描述；

（2）合成阶段，通过对分析阶段得到的系统静态体系结构和对体系结构的动态描述，综合得到体系结构的可执行模型；

（3）评估阶段，通过可执行模型对 C<sup>4</sup>ISR 系统的性能和效能进行评估。

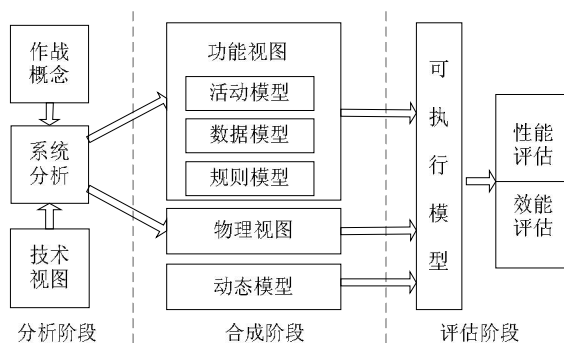


图 3 基于结构化分析的 C<sup>4</sup>ISR 体系结构设计过程

优点：结构化设计方法，能够自上而下地将一个复杂的大系统分解为一系列相互联系而又相对独立的子系统直至模块。使对象简单化，便于建模、设计、开发和系统实施，能够方便地将子系统及其功能模块综合成完整的系统，实现系统总体功能。

缺点：它是面向过程的，需要建立的模型比较多，而且过程的不稳定会导致系统需要大量的维护工作。随着面向对象方法的应用，结构化方法在许多应用系统中已不再流行，但仍然适用于需求稳定、定义完善的研究对象。

### 2.2 面向对象的设计方法

面向对象的设计方法（Object Oriented Design, OOD），是一种自底向上归纳和自顶向下分解结合的方法。面向对象的方法常使用统一建模语言（UML），设计系统体系结构可分为分析、合成和评估三个阶段<sup>[5-6]</sup>（如图 4 所示）：

（1）分析阶段，依据项目的业务流程图和数据流图以及项目中涉及的各级操作人员，确定一些用户期

望的系统的行为，建立说明系统用途的用例图，并将其转换为顺序图；

(2) 合成阶段，构造组成系统的类对象，并做出对象的状态图，结合系统的物理体系结构生成系统的可执行模型。

(3) 评估阶段，用分析和仿真的方法，通过可执行模型对系统进行性能评估和测试。将评估结果与用户的期望进行比较，如果满足用户的期望，则结束，否则再次修改模型中类对象和状态图，直到满足用户的期望。

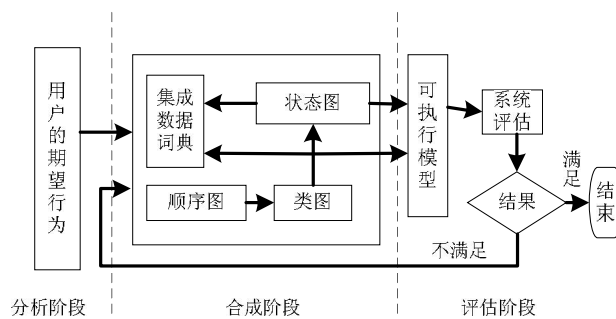


图4 面向对象的C4ISR体系结构设计过程

优点：面向对象的设计方法，从对象出发开发系统，可以通过单一的工具来支持设计的全过程，从而在具体的设计上更容易获得完整的设计数据，支持部件的重用。系统易于升级和维护，适于大型复杂系统的开发。

缺点：设计过程中互操作性差、过于依赖经验。而且，描述的模型尽管完美，却不能动态执行，必须使用其他工具生成可执行模型来判断所描述模型是否满足期望的行为。

### 2.3 基于活动的设计方法

基于活动的方法<sup>[7-9]</sup> (Activity-based Method, ABM)，是一种三视图（作战视图、系统视图和技术视图）方法，以数据为中心来设计体系结构产品，支持不同产品之间的交叉，并能够自动生成一部分体系结构产品。使用基于活动的方法设计体系结构具有以下特点：

- (1) 体系结构对象相互联系；
- (2) 体系结构对象与视图产品一一对应；
- (3) 自动形成核心实体的联系和属性；
- (4) 自动生成部分视图产品。

基于活动设计方法的体系结构产品之间的关系如下：

(1) 作战体系结构，以作战节点连接描述图(OV-2)、作战信息交换矩阵(OV-3)和作战活动模型(OV-5)为视图产品框架；

(2) 系统体系结构，以系统接口图(SV-1)，系统功能模型(SV-4)和系统数据交换矩阵(SV-6)为视图产品框架；

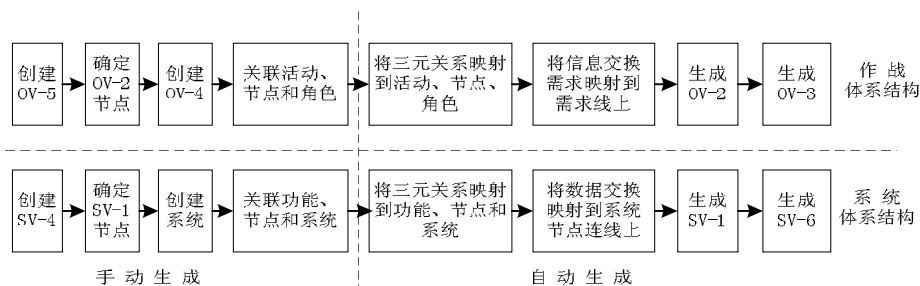


图5 基于活动的C4ISR体系结构设计过程

(3) 通过核心体系结构实体对象、作战活动与系统功能跟踪图(SV-5)以及组织关系图(OV-4)将作战视图和系统视图联系起来。

基于活动的 C<sup>4</sup>ISR 体系结构设计过程可分为手动生成和自动生成两部分（如图 5 所示）。

优点：基于活动的体系结构建模方法具有面向对象和过程的思想，是一种比面向对象和面向过程更具体的体系结构建模方法。同时，保证了体系结构数据的一致性，能自动生成体系结构产品，提高了模型的可重用性，设计效率较高，应用领域广泛。

缺点：在设计过程中，必须严格按照体系结构框架定义的产品形式设计，前期需要对整个系统要有全局的掌握，若在开始阶段视图创建不合理，后期修改的工作量仍较大。

### 3 三种方法总结

基于结构化分析的设计方法，以过程为中心，整个过程是以数据流为主线，设计详细，层次分明，适合需求较明确的应用领域。

面向对象的设计方法，从对象出发，容易得到完整的设计数据，而且支持体系结构产品的重用。相比较而言，基于结构化分析的设计方法打破了现实世界中事物之间原有界限，容易造成体系结构设计与系统用户间的理解偏差，因此面向对象的设计方法要优于基于结构化分析的设计方法。

基于活动的设计方法，以数据为中心，在继承前两种方法精髓的基础上，突出了活动和功能在体系结构设计中的重要地位和作用，数据一致性好，模型可重用性高。相比较而言，基于活动的设计方法要优于前两种方法。

从 C<sup>4</sup>ISR 体系结构设计方法的发展历程来看，这三种设计方法目前都得到了应用。在研究具体的 C<sup>4</sup>ISR 系统体系结构的设计时，需要考虑到这些方法的特点和优缺点，针对不同的需求，经过权衡比较，采用最科学、最合理的方法。

### 4 结论

体系结构是 C<sup>4</sup>ISR 系统设计、研制和建设中的重要环节，对系统设计、实现、集成有着重要作用。本文简要介绍了的组成，重点分析了 C<sup>4</sup>ISR 系统体系结构设计常用的三种方法，即基于结构化分析的设计方法、面向对象设计方法、基于活动的设计方法，并对这三种方法各自优缺点进行了剖析，最后对这三种方法进行了讨论，旨在为研究 C<sup>4</sup>ISR 系统体系结构设计提供参考借鉴。

#### 参考文献：

- [1] 肖兵, 王宏斌等. C<sup>4</sup>ISR 系统分析、设计与评估[M]. 湖北: 武汉大学出版社, 2010. 11.
- [2] DoD Architecture Framework Working Group. DoD architecture framework, version 1.0[R]. The United States: Department of Defence, 2003
- [3] 黄书亭, 徐培德. C<sup>4</sup>ISR 系统研制过程与管理概述 [J]. 系统工程与电子技术, 2005, 27 (12): 2061-2064.
- [4] 伍江华, 张仁茹. C<sup>4</sup>ISR 系统体系结构及其关键技术[J]. 舰船科学技术, 2011, (33) 6: 34-37.
- [5] Michael P. Bienvenu, Insubshin, and Alexander H. Levis. C<sup>4</sup>ISR architecture III: an object-oriented approach to architecture design [J]. System Engineering, 2000, 3(4): 288-311
- [6] 刘小海, 田亚飞. C<sup>4</sup>ISR 体系结构框架及设计方法[J]. 火力与指挥控制, 2010, 35 (1): 6-8.
- [7] Ring Steven J. An activity-based methodology for development and analysis of integrated DoD architectures—the art of architecture[C]//2004 Command and Control Research and Technology Symposium. The Power of Information Age Concepts and Technologies, 2004.
- [8] 罗爱民, 黄力, 罗雪山. 以活动为中心的体系结构设计方法研究[J]. 系统工程与电子技术, 2008, 30 (3): 499-502.
- [9] 简平, 熊伟. 基于活动的 C<sup>4</sup>ISR 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