

C³I 系统开发技术

刘曙光 程万祥等著

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

C³I 系统开发技术/刘曙阳等著. —北京:国防工业出版社,1997. 4

ISBN 7-118-01617-9

I. C… II. 刘… III. 指挥系统-应用软件-软件开发
IV. E211

中国版本图书馆 CIP 数据核字(96)第 07917 号

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号)

(邮政编码 100044)

北京怀柔新华印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 850×1168 1/32 印张 16 $\frac{7}{8}$ 440 千字

1997 年 4 月第 1 版 1997 年 4 月北京第 1 次印刷

印数:1—1000 册 定价:27.10 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

内 容 简 介

本书是作者 30 多年从事 C³I 系统研制开发实践经验及理论研究成果的结晶。其主要内容为: C³I 系统论证与设计方法; C³I 系统设计技术; C³I 系统软件设计技术; C³I 系统集成与试验技术; C³I 系统工程管理技术。

本书第一章论述 C³I 系统顶层设计和系统分析方法, 包括系统原型法、仿真模拟法、效能分析法、方案评价与选优法、设备选型法、可靠性分配与预测法等; 第二章论述 C³I 系统的计算机、显示、通信、雷达、系统监控、人一机界面、系统结构、电磁兼容等分系统的具体设计方法; 第三章介绍 C³I 系统的软件结构、情报融合、辅助决策、数据库、文电处理等软件设计方法; 第四章介绍 C³I 系统集成、场外和现场联试、考核验收的方法; 第五章介绍 C³I 系统在人员、计划、质量、标准化、文档资料等方面的管理方法。

本书可作为从事 C³I 系统理论研究、论证、设计、教学、开发、管理等人员和使用部队的参考书。

ISBN 7-118-01617-9/TP · 242

定价: 27.10 元

进行军事训练,这是 C^3I 系统数据介质最重要的作用。

介质的管理对系统的安全、可靠运行起着非常重要的作用,因此,要选择那些责任心强、办事认真的人管理介质。另外,介质的管理需要一定的技术水平和一定的管理经验,所以,介质管理人员不要輕易更换,必須更換時,要在系統維護管理負責人的主持下,辦理嚴格的移交手續,並且交出方要申明數據保密要求,以制止因人員交替而出現數據擴散問題,同時,要講清介质管理制度和管理責任,以此保證介质管理的連續性。

目前,我國尚未頒布關於介质管理的標準,介质管理制度都是各系統內部根據具體情況自行制定的。但是,隨著越來越多的 C^3I 系統投入運行,介质管理的規範和標準就提到了議事日程。目前的管理辦法存在一些問題,首先是介质與文檔的管理脫節,其次是系統管理員、數據庫管理員對介质自管自用,也會出現一些難以說清的問題。因此,迫切需要制定介质管理規範和標準,使介质管理走上正規化的道路。

参 考 文 献

- 1 龍永錫,趙宗貴. 機動目標似然比判決濾波及其在 C^2 系統中的應用. 電子學報, 1985 (4)
- 2 Розоноер Л И. Принцип Максимума в Теории Оптимамных принцесов. А. У. И 1959 (10,11,12)
- 3 張嗣贏. 關於定量與定性微分對策. 自動化學報, 1980, 6(2)
- 4 朱松春等. 軍事運籌學. 北京: 解放軍出版社, 1988

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技发展具有较大推动作用的专著;密切结合科技现代化和国防现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合科技现代化和国防现代化需要的新工艺、新材料内容的科技图书。
4. 填补目前我国科技领域空白的薄弱学科和边缘学科的科技图书。
5. 特别有价值的科技论文集、译著等。

国防科技图书出版基金评审委员会在国防科工委的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。经评审给予资助的图书,由国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承

担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版,随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技工业战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金
评审委员会

目 录

第一章 C ³ I 系统论证与设计方法	1
第一节 C ³ I 系统方法论概述	1
第二节 顶层设计和系统原型法	9
第三节 系统效能分析方法	17
第四节 系统总体设计方案评价方法	32
第五节 通信网络模拟方法	54
第六节 战术方案选优方法	61
第七节 设备选型方法	77
第八节 系统可靠性分配和预测方法	96
第二章 C ³ I 系统设计技术	108
第一节 C ³ I 系统总体设计综述	108
第二节 C ³ I 系统结构设计	130
第三节 C ³ I 系统监控设计	147
第四节 C ³ I 系统人一机界面设计	160
第五节 C ³ I 系统可靠性设计	174
第六节 C ³ I 系统显示分系统设计	192
第七节 计算机分系统设计	215
第八节 通信分系统设计	235
第九节 雷达分系统设计	250
第十节 电磁兼容(EMC)设计	271
第三章 C ³ I 系统软件设计技术	279
第一节 概述	279
第二节 软件平台和支持软件的选择	286
第三节 C ³ I 软件的基本结构	296
第四节 情报融合系统设计技术	302
第五节 C ³ I 辅助决策系统设计	342

第六节 C ³ I 系统数据库设计	373
第七节 C ³ I 文电传输处理系统设计	388
第八节 C ³ I 系统软件测试和软件可靠性评估技术	404
第四章 C ³ I 系统集成与试验技术	409
第一节 概述	409
第二节 系统试验的分类及其准备工作	414
第三节 系统原型试验——硬件联通	419
第四节 软件联通试验	430
第五节 系统统计和分析方法	440
第六节 模拟试验和想定	442
第七节 C ³ I 通信网的试验	445
第八节 系统实兵试验	452
第九节 可靠性增长试验	464
第十节 系统考核方法	466
第五章 C ³ I 系统工程管理技术	475
第一节 概述	475
第二节 C ³ I 系统人员组织原则	477
第三节 网络计划技术	487
第四节 C ³ I 系统工程质量控制	500
第五节 系统培训管理	508
第六节 C ³ I 系统开发中的标准化管理	513
第七节 系统文档资料及介质管理	516
参考文献	523

教学目的:

1. 弄清论证与系统论与设计关系

2. 掌握C³I系统基本设计方法

教学内容: 1. 顶层设计法 2. 原型设计法 3. 系统评估方法 4. 设备选型方法

第一章 C³I 系统论证与设计方法

第一节 C³I 系统方法论概述

一、C³I 系统的特点

“系统”这一术语适用于许多实体,既有天然的,又有人工的,但通常情况下,则要涉及那些由各种不同的相关项目构成,并用以达到一个确定目标的综合体。为了让系统概念运用到国防的型号中去,美国陆军给出了一个较好的定义,所谓“系统”,乃是一种由进行作战和支持作战所需的有关设施、设备、器材、劳务、软件、技术数据以及人员组成的、能够执行和/或支持某项作战任务的综合体。

C³I 系统一般具有以下特点。

1. 规模庞大

构成系统的元素种类繁多,数量很大,所占的时间和空间范围很广,一个小型系统由数十台套设备组成,一个大型系统由数千台套设备组成。系统有鲜明的层次关系,美国国防部重要系统所应用的一个标准层次体系如下:系统由分系统组成,分系统由功能分系统组成,功能分系统由硬件和软件两部分组成。对硬件部分来说,它划分为子系统、部件、组件和零件四级;对软件部分来说,划分为程序、子程序、模块和过程四级。一个较小的系统又是另一个较大系统的低层系统,例如,空军情报处理系统就是军区作战指挥系统的下层系统。

2. 结构复杂

构成系统的元素之间的关系错综复杂:C³I 系统是一个包括人

在内的系统,人这种元素的行为具有不确定性,很难用数学来描述他们的传递函数;战术和技术都在不断发展,环境在不断变化,要求系统具有很强的适应性,这更增加了系统结构的复杂性。

3. 对抗性强

C³I 系统是作战指挥系统,作战的对象是敌人,这是与民用系统显著的区别之一,敌人总要想方设法掩盖其真实情况,使收集的情报有真有假,错误的情报会导致错误的决策。另外,敌人还会采取各种手段来干扰和破坏我方系统的正常运行。这种对抗特性,导致系统布局、结构、工作方式等一系列的深刻变化,推动传感器、通信技术等的的发展,以及地下指挥中心、车载、机载 C³I 系统的建设。

4. 实时性强

C³I 系统是实时性很强的系统。随着高速、高破坏能力武器的发展,要求系统的反应时间极快,信息的收集、传递、处理、决策和指挥控制过程的时延通常以秒为单位。

另外,C³I 系统还有一些其他特点。美国国防部 1980 年发布的关于大型系统研制程序的 5000—2 指令指出,某些指挥和控制系统的特性,完全不同于武器系统,不能用传统的方法研制,这些系统大都涉及到指挥员及其参谋们的决策制定和决策执行活动。

(1)有大量复杂和经常改变的外部 and 内部接口关系,具有多军种间、多国家间的协同要求。

(2)所涉及的作战要求,用户接受能力和效能测量方法,都不能事先恰当给以规定,它们高度依赖具体的条例、规程、威胁、地理条件、任务情况和具体用户的管理方法,因而处于经常变化之中。

(3)它们是软件处于支配地位的系统,而软件又与负责特定任务的各级指挥员及其参谋们习惯的处理方法紧密相关。

二、C³I 系统方法论的意义及内容

由于 C³I 系统的上述特点,过去建立的各种理论,包括雷达理论、通信理论、计算机理论、控制论、对策论等,都只能反映系统的

某一侧面,而不能全面地、深刻地、准确地反映 C³I 系统的本质及其内在关系。随着大系统的发展,从 20 世纪 40 年代以来,出现了系统方法论,这就是系统工程和系统分析。所谓系统工程,系指设计新系统的科学方法;所谓系统分析,系指对若干可供选择的执行特定任务的系统方案进行选择比较。系统方法论是对系统对象进行分析、规划、设计和运用时所采用的具体应用理论的方法和步骤。系统方法论的理论基础是运筹学及其他有关学科,其中包括线性规划、非线性规划、动态规划、图论、博弈论与决策分析、排队论、存储论、搜索论、模糊集理论、系统仿真和人—机工程等。系统方法论特别是系统工程,目前在国外、国内都得到了广泛的注意。

但是,国际上也存在不同的意见,70 年代出现了“大系统理论”。“大系统理论”继承和发展了控制理论、控制论及系统工程、运筹学的方法,还探讨了某些新方法。大系统的理论基础,除包括系统工程(运筹学)中的数学规划、对策论和图论之外,还包括控制论中的“黑箱”观点、类比方法,以及控制理论中的多变量控制、最优控制和稳定性理论。此外,还包括多重状态空间、模糊集和排队理论等新方法。

正因为系统理论处于蓬勃发展、百家争鸣的阶段,作为 C³I 系统专业研究所,更应投入更多的力量研究系统理论问题,以指导 C³I 系统的研制工作。

理论来自实践,又受实践的检验。根据我们从事 C³I 系统的研制 30 多年来的实践,为了指导 C³I 系统的规划、设计、生产、试验和应用,需要三个方面的理论:战术基础理论、技术基础理论和系统应用理论。

对于战术基础理论,要研究的有军事运筹学、防空作战理论、海上作战理论、诸兵种合成作战理论、快速反应部队作战理论和地空一体化作战理论。

在技术基础理论方面,要研究的有计算机通信网络理论、新型传感器数据处理理论、人—机工程及显示理论、软件基础理论及系统可靠性理论等。

在系统应用理论方面,要研究的有新系统概念研究、随机服务过程、系统模拟及仿真、系统最佳化构造理论、库理论、辅助决策理论等。

30 多年来,我们在研制大系统的同时,也进行了理论和方法研究,可以划分为三个阶段。

第一阶段是 60 年代初期至 70 年代初期。那时着重研究战术基础理论和技术基础理论中的防空作战理论、计算机实时处理、雷达信号和数据处理、数据通信和数据显示等基础理论。根据这些理论,建成了两个试验性系统,研制了一大批新设备投入试验。但当时的认识是有局限性的,认为 C³I 系统只是各种新技术和战术的简单综合,还没有把 C³I 系统作为一个整体来研究。最明显的表现是对系统可靠性的认识,认为系统可靠性仅仅取决于各单项设备的可靠性。

第二阶段是 70 年代初期至 80 年代初期。试验系统暴露的问题使我们懂得,系统必须进行整体研究,系统优化不仅是各分系统的优化,更重要的是全系统的优化。在这一阶段,我们进行了三项有意义的工作。

(1)运用概率论对系统可靠性进行研究,得到巨大的成功,使系统从试验转入试用。

(2)研究排队论在系统中的应用,使系统反应时间这一关键性指标的分析和设计,建立在定量化的基础之上。

(3)开展了系统模拟与仿真实理论的研究,成立了我国第一个系统模拟与分析小组,在系统设计、试验和考核中发挥了重要作用。

第三阶段从 80 年代中期开始,估计要到本世纪末才能结束。这一时期,将是我国军用及民用系统蓬勃发展的时期,也将是系统理论趋于成熟的旺盛时期。我们目前正在进行对策论特别是多目标决策理论的研究,并已应用于方案选优和设备选型方面。随着系统成片建设,网络理论研究的重要性日益显著。现在要从全网的角度而不是从点的角度来研究作战问题。例如,在国土防空系统中,要从全网的角度综合研究抗干扰、反隐身、反低空突防、反反辐射

导弹问题。另外,人工智能理论和方法的研究,对辅助决策分系统的设计、人一机交互中的模式识别将有重要意义,这方面的工作还刚刚起步。

海湾战争表明,战争双方是体系对体系的对抗,因此,必须重视 C³I 系统体系结构的研究。伊拉克集中式的 C³I 系统体系结构不堪一击,应当发展分布式的体系结构。分布式 C³I 系统体系结构的概念、特点、模型、系统结构、信息关系、实施方法等均在研究之中。

系统方法是对系统对象进行分析、规划、设计和运行时所采取的具体应用理论、技术方法和步骤。这些方法主要体现在大系统的分析和综合过程中。

在系统研制中,一般必须解决如下问题。

- (1) 如何进行系统思考?
- (2) 对系统如何描述,如何分解和综合?
- (3) 在完成预定功能的系统诸方案中,哪一个最好?
- (4) 系统参数的最优值是什么?
- (5) 怎样使系统成本最低?
- (6) 如何使研制系统的风险最小?
- (7) 怎样的系统用户最容易接受?
- (8) 如何使系统的性能/价格比最好?
- (9) 怎样设计最可靠的系统?
- (10) 如何降低系统的维护费用、扩充费用?
- (11) 怎样才能节省人力和缩短研制周期?

等等。

这些问题都必须用先进的、科学的方法去解决。系统方法是系统研制、开发的工具和手段。研究系统方法论的意义在于寻求研制 C³I 系统的先进方法,使我们研制的系统,在性能、周期、可靠性和费用等诸方面达到整体上的最优化。

系统理论全面、深刻和准确地反映系统内部和外部的本质及其相互关系。而用什么方法和思想去进行大系统的分析和综合,实现整体上的最优化,这是大系统理论的方法学问题。

30 多年来,以系统工程和系统分析为内容的系统方法学得到广泛的研究,并形成了许多具体的方法,应用于系统规划、设计、管理等各个方面。这些方法包括:关于设计次序的“顶层设计法 (Top—Down)”;关于分层优化的“分解—协调法”;关于系统结构设计的“系统开环结构法”;关于人—机交互关系设计的“图形—决策法”;关于系统性能预测的“试验床法 (Test Bed)”;关于系统建设步骤的“渐进法”;关于系统设备采购方针的“非研制物品法”;关于系统进度管理的“关键路径法”和“计划协调法”等。

下面对这些方法作简单介绍。

“顶层设计法”:是一种自上而下、由粗到细的设计方法。其要点如下。

- (1) 首先着眼于目标。
- (2) 按照系统、分系统、子系统、设备的次序处理问题。
- (3) 着眼系统总体最优,避免局部优全局差的后果。

“分解—协调法”:先将复杂的大系统“分解”为若干个简单的小系统,以便应用通常的方法进行分析和综合,实现各小系统的局部最优化;再根据大系统的总任务、总目标,使各小系统相互协调配合,实现大系统的全局最优化。

这里需要指出,顶层设计法是自上而下,分解—协调法是自下而上。前者适用于功能比较单一的大系统设计,例如国土防空系统;后者适用于功能众多的大系统设计,例如诸兵种合成作战指挥系统。

“系统开环结构法”:它可定义为一种系统组织,允许软件功能和硬件元素的增加或减少,而不改变基础框架。其要点如下。

- (1) 将系统结构表示成一个系统中各模块间的体系关系模型。
- (2) 将系统中的软件划分为七个层次。
- (3) 增加模块的复用能力。
- (4) 模块内部采用功能凝集。
- (5) 系统内部通信标准化。

“图形—决策法”:由于 C³I 系统往往涉及指挥员及其参谋们

的决策制定和决策执行,在新系统设计之前,就根据指挥员执行任务所需的信息种类、数量、形式,用模拟数据显示给指挥员,由他来确定是否满意,然后再确定系统的设计指标,进行新系统的设计、收集、处理和提供他所需要的信息。这是一种由人到物的设计方法,用户可以尽早介入系统。

试验床法：“试验床法”：这种方法的实质是模拟和仿真。在系统任务和指标初步确定之后,用试验床进行模拟和仿真,验证系统的性能,然后根据试验结果确定系统指标进行系统设计。这是国际上广泛使用的方法,可以减少风险,节省经费和缩短周期,有明显的经济效益。

渐进法：“渐进法”：由于指挥控制系统具有与武器系统大不相同的特性,需要采用特殊的渐进战略,即先研制一个核心系统,交付部队试用,根据试用情况逐步扩充系统的功能和设备,最后达到全部作战能力。这种战略具有下述优点。

(1)明显地提高用户手中系统的效能。

(2)用户更满意,更容易接收。

(3)减少政府风险。

(4)缩短核心系统的研制周期,减少系统下部队时的陈旧感。

(5)增加系统有效生命周期,新技术引用比较容易。

非研制物品法：“非研制物品法”：由于指挥控制系统是大型复杂的军事系统,如果每项设备和软件都要求新研制,那么研制费用就很高,研制周期就很长,风险就很大,因此,美国国防部提出了“非研制物品法”,即在新系统的研制中,要求大量使用技术上已经成熟的设备,在功能性系统中,不要求所有设备都满足军用标准,而直接采用民用产品,因为军用设备在价格上比民用设备一般要贵5~10倍。

关键路径法：“关键路径法”和“计划协调法”：关键路径法是由美国杜邦公司开发的,起初用于化工厂建设中的计划管理,使工期缩短了30%,而费用只增加1%;计划协调法是美国海军建造“北极星”导弹核潜艇时开发的方法。

这两个方法都能使研制过程中的延迟、中断和冲突减少到最

低限度,协调整个计划的各道工序,合理安排资源,缩短周期。两者的概念相同,也有区别,主要表现如下。

(1)关键路径法假定每道工序所需时间是确定的,而计划协调法则基于概率统计,比较符合大系统的研制实际。

(2)关键路径法考虑到时间及其与费用的均衡,而计划协调法仅以时间为主变量。

(3)计划协调法适用于一次性的系统开发研究。

在 C³I 系统的研制中,这两个方法都要使用,但以计划协调法为主。

此外,还有其他许多方法。例如,系统分析方面,有可行性分析法、需求分析法、数据流法、信号流法以及流量—能力法等;在系统设计方面,有图示法、指标分解法、专家组合法和系统原形法等;在系统模型化方面,有数学模型法和物理模型法及其混合方法;还有可靠性设计与评估方面的方法。

总之,由于 C³I 系统及民用系统的发展,全世界参与大系统规划、设计及应用的单位和人员众多,开发了许多方法,凡是符合我们国情的,都应研究和利用,以提高研制水平。

我国发展 C³I 系统已经 30 多年了。在前 15 年中,进行了四个试验系统的研制,由于当时科技水平的限制及 10 年动乱的影响,系统没能达到用户的使用要求。但这一阶段突破了许多关键技术。通过实践摸索出来的一些系统工程理论方法和经验,对后来起了重要的指导作用。在后十几年中,成功地研制了许多大型指挥自动化系统交付使用。这标志着我国在研制 C³I 系统方面已进入成熟阶段。孔子说三十而立。30 多年的发展历史,一方面说明我国系统工程的发展已进入旺盛时期,另一方面说明既然到了而立之年,就有了一些可“立”的东西,其中重要的一面就是 C³I 系统开发技术和方法学所取得的成果。从系统方法学来说,主要开发和应用了以下技术和方法。

(1)系统效能研究方法。

(2)系统设计方案评价方法。

- (3)战术处理方法。
- (4)网络拓扑结构设计方法。
- (5)大型软件系统研制方法。
- (6)可靠性设计方法。
- (7)设备选型方法。
- (8)系统性能指标的统计分析方法。
- (9)系统组织管理方法。
- (10)系统集成和联试方法。
- (11)场地工艺设计方法。

等等。

总之,已经形成了一整套从系统分析论证、设计研制到安装运行的方法。实践证明,这是一套行之有效的办法。

随着时代的发展,电子技术日新月异,需要研制的系统规模日益扩大,结构更加复杂,应用领域不断开拓,过去应用的一套方法,必须进一步理论化、规范化、科学化,并不断吸收世界上先进的方法来指导研制活动。

严格的科学体系往往是公理主义的。一门成熟的学科一般是把全部知识归结为从实践中概括出来的若干基本公理和定理,绝大多数的结论都可以由这些公理和定理逻辑推理而得到。指挥自动化系统理论正处于迅速发展阶段,还没有形成严格的体系,更谈不上公理化。这个领域是待开垦与正在开垦的处女地,这正是有志于指挥自动化系统理论研究的人们大有用武的地方。

第二节 顶层设计和系统原型法

C³I系统的重要特点之一是整体性,所以,研究C³I系统,首先必须从整体上去研究它、把握它、分析它、设计它。顶层设计方法就是从系统整体高度分析与构造系统的一个重要方法。

系统顶层设计的内容主要包括:系统的体系结构;战术和技术分系统的划分;系统的技术体制;系统的信息关系;系统的战术技