

Advanced Technology for Command and Control Systems Engineering

指控系统工程先进技术

(美) Stephen J. Andriole 主编

刘山 姜海格 康立军 主译

国防工业出版社

<http://www.ndip.cn>

Advanced Technology for Command
and Control Systems Engineering

指控系统工程先进技术

(美)Stephen J. Andriole 主编

刘山 姜海格 康立军 主译

国防工业出版社

·北京·

著作权合同登记 图字:军 — 2003 — 012 号

图书在版编目(CIP)数据

指控系统工程先进技术/(美)安德里奥(Andriole, S. J.)主编;刘山等主译. —北京:国防工业出版社, 2005.1

书名原文:Advanced Technology for Command and Control Systems Engineering

ISBN 7-118-03660-9

I. 指... II. ①安... ②刘... III. 系统工程(军队指挥) IV. E1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 114452 号

Advanced Technology for Command and Control Systems Engineering, Edited by Stephen J. Andriole © AFCEA International

本书中文版由 AFCEA International 授予国防工业出版社独家出版发行。版权所有,侵权必究。

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)

腾飞胶印厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 24 $\frac{3}{4}$ 569 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—2000 册 定价:56.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422 发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535 发行业务:(010)68472764

指控系统工程先进技术

主 译 刘 山 姜海格 康立军

翻 译 范 波 王红雨 岳文娟 许靖伯

王 庆 江 涛 李 越

技术编辑 岳文娟

译者的话

经过全体翻译人员和编辑将近两年的辛勤劳动,美国斯蒂芬·J·安德里奥(Stephen J. Andriole)编著的《指控系统工程先进技术》一书的中文版终于与读者见面了。

本书由美国多位指控系统各专业专家撰写的 32 篇论文组成,曾被梅森大学用作指控系统研究生教材。本书从需求工程、生命周期、多学科系统工程、人在回路、计算机辅助系统工程、认知系统工程、建模仿真和作战模拟、先进软件工程技术、专家系统和人工智能系统等方面介绍了当代指控系统工程先进技术,完整而全面;同时书中每篇论文在内容上又相对独立,读者可以任意选读,十分方便。由于科学技术的飞速发展,特别是信息科学技术的日新月异,书中个别章节阐述的内容在今天已经普遍应用,显得有些过时,但就全书而言,它所阐述的系统工程的概念和方法,特别是一些指导原则,对从事指控系统工程研究和设计的人员仍具有一定的指导意义。

参加本书翻译的人员有:刘山、姜海格、康立军、范波、王红雨、岳文娟、许靖伯、王庆、江涛、李越;参加技术校对的有:陈永清、郭瑜茹、丁宇征、郭广云、阎春旭、解建林;岳文娟承担本书技术编辑及项目管理工作;蔡秀生参加了文字校对工作。在此一并表示感谢。还要特别感谢国防工业出版社对本书的编辑出版给予的大力支持。

由于时间仓促,水平有限,本书中肯定存在不少错误之处,恳请读者提出宝贵意见。

致 辞

首先,我要感谢为本书作出贡献的所有的人。我谨以指控研究开发团体的名义,感谢大家在百忙之中抽出时间撰写这套出色的论文。正是由于分析家和实践家们有与广大读者分享其专有知识的愿望,这个领域今天才变得更加诱人。

我还要感谢 AFCEA 国际出版社的专业工作者,是他们使本书的出版顺利而富有成果。最后,还要特别向布兰达·杰基、阿尔·坎彭和朱迪·施里夫致谢。

斯蒂芬·J·安德里奥

马歇尔,弗吉尼亚

1990 年 9 月

前 言

指挥控制系统对国家安全的重要性已经得到广泛的承认。上到国家最高指挥机构,下至部队的一名排长,指控系统就是指挥者用来领导其部队完成某项任务的手段。指控系统是由指挥者为控制其部队所使用的人员、设备、通信、工具和程序组成的。历史提供了许多实例,说明一位出色的指挥者借助于合适的指控系统支持成功地完成了使命。但是历史也提供了通常更广为人知的一些例证,表明指控系统对任务的结果起到了明显的反面作用。人们不加思索便会想到珍珠港事件、“普柏洛”号事件(Pueblo)、“自由号”事件(Liberty)和“文森斯”号(Vincennes)事件等。

指控系统的重要性从国防预算用于这方面的份额上可以反映出来。最近几年里,用于 C^3 的预算已超过国防预算的 7%。而作为指控不可分割的一个要素的情报功能的预算是单列并保密的。随着国防预算的紧缩,如何有效地使用 C^3I 经费变得越来越重要。

指控系统不论从执行任务的有效性还是从效费比上看,重要性都是公认的,因此为指控系统制定出一个知识的基础至关重要。这个知识基础应当为我们提供设计和评估指控系统所需的理论、工具和技术。

在乔治-梅森大学新成立的指挥控制通信和情报(C^3I)卓越中心的目的之一,就是帮助建立这个指控的知识基础。目前由弗吉尼亚发明技术中心、国防通信局、CECOM、ASD(C^3I)、MITRE、PRC/ATI、洛克希德、AFCEA 国际和 AFCEA NOVA 所赞助的研究计划,是一项范围广泛的研究开发计划。该计划包括需求工程、建模和仿真、自动化计划、决策支持系统、先进通信技术和认知工程方面的项目。浏览一下本书目录便可知道,所有这些议题本书都有涉猎。卓越中心的第二个目的是制定一个教学计划,提供一套指导 C^3I 硕士学位的专门课程。该课程开发的结果之一将是关于 C^3I 各个方面的系列丛书。首部面世的关于指控的著作就是由在该中心的创建过程中起过重要作用的斯蒂芬·J·安德里奥教授编辑的。

本书会吸引广大的读者,包括系统需求的制定者、系统工程师、软件系统开发者以及潜在的用户。本书中所讨论的指控系统工程先进技术能够使该领域的工程技术人员创造出更加有效的指挥控制系统来。

乔治-梅森大学
信息技术、电气和系统工程系名誉教授
C³I卓越中心主任
海利·L·范特里斯

目 录

绪论	1
第一部分 指控信息系统工程	7
指控系统中的软件重用	8
指控软件系统需求工程	19
需求不断变化的技术规格书	29
基于超媒体的需求工程设计	39
指控的系统级需求规格书:风险管理与降低易变性的方法	52
灵活的多学科指控信息系统工程生命周期	60
第二部分 指控建模与仿真	83
指控培训的战争模拟、建模与仿真	84
假设分析型作战仿真对制定军事计划的支持	90
对于指控系统模拟士兵在回路的要求	109
军事指挥控制中人的效能	119
效能评估框架	139
作战 C ³ I 仿真与建模的新技术和新工具	157
第三部分 智能系统技术	165
在指控环境中由专家系统向智能系统技术的过渡	166
具有可证实特性的自动化对抗性计划搜索程序	175
指控用实时专家咨询系统评估:一般方法和个案研究	193
用于指控的智能系统	202
用于情报报文分析的自然语言处理系统	211
第四部分 辅助决策与支持系统技术	219
陆军战区计划和反恐危机管理的群体决策支持系统样机	220
ISMAUT 及其相关技术用于国防通信决策支持	242
评价决策支持系统:在研发过程中融入综合评价方法	256
下一代决策支持的先进信息技术	267

第五部分 指控需求分析与建模	281
MECCA:指挥和控制资产的多方面评估	282
军事计划编制和技术	292
总统还是计算机:谁将最终决定 SDI 的使用	300
利用分析方法辅助进行训练资源的有成本效益的分配	306
第六部分 先进的通信技术	315
陆军战术指挥控制系统:集成的 C ³ 环境	316
采用异构系统进行集成分布式计算	327
视频远程会议:应用与发展趋势	335
第七部分 指控系统工程中的问题	341
计算机辅助系统工程在多学科指挥与控制中的应用	342
系统设计重点的转移——从机器到人	351
认知系统工程的前景	362
多学科系统工程培训和教育:设计和挑战	371
论文作者名单	379
关于作者	383

绪 论

本书力图对大量零散的材料进行综合。综合工作是多学科系统工程(MSE)的本质。指挥和控制(C^2)及其主要的支持系统——通信系统、情报搜集和处理系统、平台和武器——是复杂的,动态的,从概念、解析和操作方面看很大程度上是难以捉摸的。在同一种应用中,神经网络、专家系统或线性规划,到底哪一种技术更能解决问题,存在数不清的指控“模型”,永远有争议的效用测量手段和激烈的争论。在许多方面,各种 C^2 理论、模型、工具、方法和技术组成了谚语中所说的(圣经中没有建成的)“巴贝尔”通天塔。

本书的目的是要理出一个头绪来。核心概念是“系统工程”,尽管只有少数几个作者用到这个术语。本书还力图对某一个特定时间的技术进行全面的描述,随着技术和手段不可阻挡的进步,这种描述也势必要更新。本书反映了该领域的广度和深度,介绍了指控系统设计和开发方面丰富的方法和光明的前景,也提出了尚未解决的问题以及面临的挑战。

正确认识系统工程

什么是系统工程?为什么它对指控系统的设计、开发和部署至关重要?

系统工程是一种以行为学、计算机、工程、管理和数学科学为基础的解决问题的方法。根据至少一个资料来源(1986年 Chambers 引用的国防部 1974 年的定义),系统工程方法是一种:

“……能将作战需求转化为系统性能参数的描述和优化系统配置的各种活动和决策的逻辑顺序……”。

同一资料来源认为,系统工程方法有以下 9 个重要阶段。

1. 使命需求分析;
2. 功能分析;
3. 任务分配;
4. 综合;
5. 后勤保障工程;
6. 寿命周期成本分析;
7. 优化;
8. 生产工程分析;
9. 生成系统规格书。

其他资料来源(1988年 Eisner)则把系统工程方法分析得更细,包括以下“要素”:

1. 需求分析;
2. 需求分配;
3. 功能分析;

4. 功能分配;
5. 技术指标分析;
6. 技术指标分配;
7. 技术指标开发;
8. 初步设计: A.系统级;
B.分系统级;
9. 接口定义;
10. 工期制定;
11. 预先成本分析;
12. 技术性能测量;
13. 不同方案权衡分析;
14. 预先计划产品改进;
15. 最终设计: A.系统级;
B.分系统级;
16. 进度调整;
17. 成本调整;
18. 生产;
19. 编码;
20. 预测试;
21. 排除故障和重新配置;
22. 测试和集成;
23. 更新调整: A.进度;
B.成本;
C.技术性能测量;
24. 文件;
25. 培训;
26. 生产。

可以看出,系统工程方法如能正确实施,需包括一系列步骤,当这些步骤合在一起时就能解决一个特定的问题。系统工程方法从性质上和用途上看是通用的;具体的应用领域如指控,则借用通用方法,并从通用方法中按具体问题需要提取一些要素。

多学科系统工程工作者的定位

了解不同层次的人员,如系统分析员、系统工程师、“其他”工程师、编程人员和学习一般系统理论的大学生之间有什么区别,是很重要的。让我们从编程人员说起,因为他们最经常——不管是对还是错——与指控信息系统的设计和开发联系在一起。当编程人员面对整个信息系统开始开发软件时,他们从本能上就“自底向上”做起。他们会把编程看成是完成系统工作的某一个或某一些方面。他们从微观角度看系统,只要涉及他们个人的软件系统的设计和开发,他们就会改变角度看问题。好的编程人员都是自觉不自觉地采取一种系统方法来完成整个系统难题中由他负责的那些模块程序的设计和开发。这种不

太恰当的处理问题的方法乍一看似乎不好理解,但仔细想来又确实很有道理。编程人员本来就不负责整个系统,而只是负责系统中的一部分,只有当你负责一套相互关联的部件,把它们组合在一起应能完成某项特定功能时(如一个计算机程序),采用“自顶向下”的系统方法才真正有意义。

各计算机编程人员在系统设计和开发过程中的作用是由系统分析员自顶向下分多个级别来评定的,系统分析员关心的是所有部件怎样更好地组合在一起。米尔斯(Mills, 1985)则走得更远,将系统设计师和“系统总体设计师”区分开来。系统总体设计师对整个的设计具有“控制”权,至少在项目最初阶段。

“其他工程师”则是非系统工程师的总称,他们看待系统也是自底向上的,除非面对他们自己负责的系统。机械工程师关心的是液压系统或他们选用的设备结构上的完整性,电气工程师则关心那些保障大型装备运转的电路,而化学工程师可能会专注于某些能导致下一步过程的化学反应。所有这些工程师关心的都是他们的“小”系统,只有系统总体设计师才关心所有那些小系统组合起来匹配的程度如何。

系统工程师关心每一样东西。他是出色的自顶向下解决问题的专家,系统工程师应用系统方法对复杂的系统进行设计和开发。系统工程师是总体设计师,是分析师,是包罗万象的工作者。

系统工程师的工作是进行领导、集成、综合、先后排序、度量、试验、制作样机和监控。他们遵守一套既明确但又不精确的工作程序。系统工程既是一门应用科学,也是一门艺术。不论你相信与否,毕竟有一个系统工程的“标准”定义(MIL-STD-499A):

“系统工程是在如下方面的科学和工程成果的应用:(a)通过定义、综合、分析、设计、试验和评估的反复迭代过程的应用,将作战需求转化为系统性能参数的一个描述和一种系统配置;(b)对相关技术参数进行综合,确保所有的物理、功能和程序接口的兼容性,以便达到整个系统定义和设计的最优化;(c)将可靠性、维修性、安全性、生命力、人的和其他因素综合进整个的工程工作之中,以满足成本、进度和技术性能的目标。”

政府的系统工程管理指南(DSMC, 1986)用图形描述了这一过程,见图 1。该过程的各个步骤都是通用的,即建议系统工程师应如何设计和开发复杂的系统。更确切地说,该图告诉人们应如何“设计”各种设计。

系统工程师应用这个生命周期来解决各种问题。他们可以是城市系统工程师、运输系统工程师、污水系统工程师、航天站系统工程师、指控系统工程师。所有这些应用都要求对图 1 所示的通用生命周期进行详细的判读,尽管它们都有一些重要的东西是共同的。

首先是完成一个通用的或特定问题的系统工程生命周期所需的工具和技术的性质:它们总是多学科的。今天,要想设计和开发一个系统而不借助多学科的观点是根本不可能的。生命周期的所有阶段要求采用多种方法和途径,不可能在单一的(甚至是几个)学科范围里全部找到。有意思的是,许多关于系统工程的文章都没有强调系统工程的这个方面。第二个共同点是迭代性。复杂的系统从来都不是一次就能设计出来的。第三个重要的共同点是需要进行效益和成本/效益分析。第四个共同点则是所有的设计决策都必须与有效需求进行协调。

所有这些共同点存在于每一个系统工程项目中。我们已经建立了行为、管理和计算机科学对需求分析的相互关系。样机制造意味着迭代,而好的系统工程师总是不断从各

种复杂设计中寻找效费比好的解决方案。但更重要的是,系统工程师是受一个自顶向下的需求规格书牵引的,如图 2(DSMC,1986)所示。系统工程师是使用广泛领域和学科的方法、工具和技术来进行系统的设计和开发的。

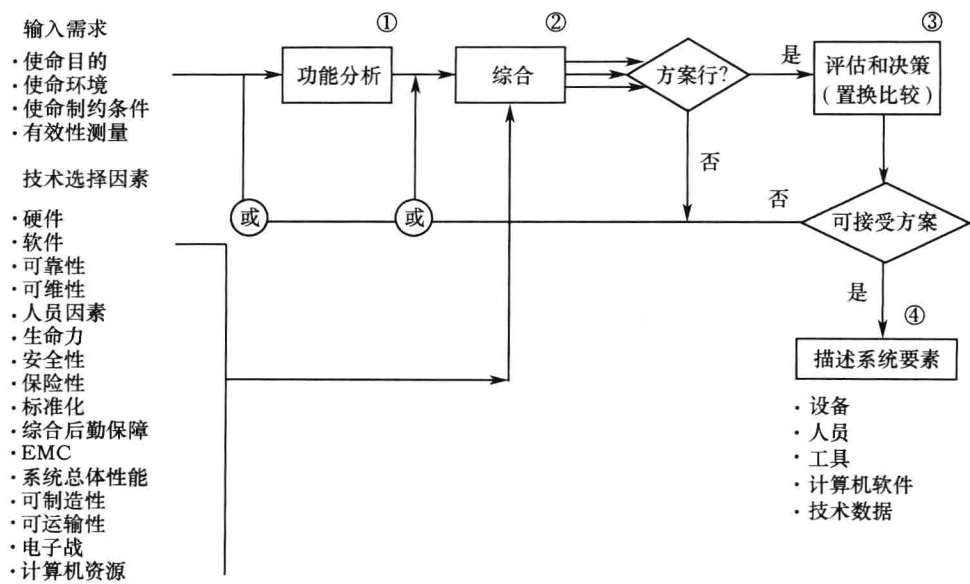


图 1

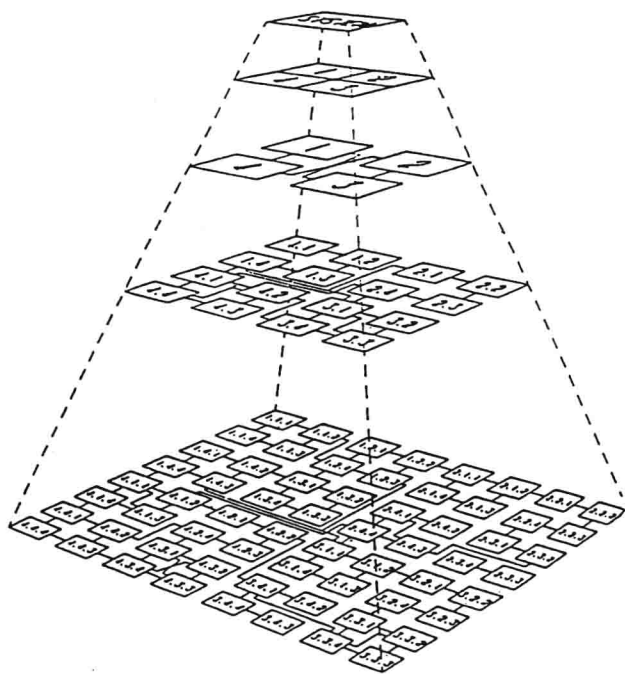


图 2 系统需求自顶向下的按级分解

多学科系统工程的思想方法是成功地进行系统设计和开发的关键。它所寻找的信息是系统的用途、系统开发背后的动机、用户对性能的期望和管理上的限制条件。多学科系统工程从不规定需求,从不处理试验或评估问题,从不开发与需求无关的维修计划。一个系统要存在的最大理由应是一个过滤器,所有设计的决策都应该顺利地通过。

多学科系统工程的关键指导原则

多学科系统工程的关键指导原则,即“秘诀”是什么?

第一个是“需求的功能层次分解”。多学科系统工程需要对多层次的需求进行识别、定义和确认,弄清各种需求的相互关联性,如何通过设计来满足。

另一个关键原理是迭代,或者说认识到不可能通过一个系统概念一下子就抓住所有的需求。多学科系统工程在设计和开发过程中的所有阶段都需要反复迭代。快速的和不那样快的制作样机都需要根据用户需求、各种系统概念、软件需求、试验和评估,甚至文件来进行反复迭代。

再一个关键概念是综合,或将分散的组件集成于一个比各组件总和更大的、相关效费比更好的整体之中。正是在这一点上,一般的系统工程和专用的多学科系统工程变成了一种艺术。创造性的综合过程已有描述(史密斯,1988),但是没有正式发表。虽然已有建议说明设计要素综合的内容是什么,在哪里进行综合,但尚极少有教导信息系统工程师如何进行综合的指南。不过,综合仍然是多学科系统工程方法的一个重要组成部分,它很适用于多学科观点。

权衡分析永远是多学科系统工程方法的一部分。由于需求、限制条件和设计备选方案之间的各种组合,需要不断进行评估、排序和试验。每制作一台样机都必须进行权衡分析。每一次决定用一段新的设计程序代替原有的时候,就是在进行权衡。设计挑战越复杂,需要做的分析权衡就越多。面临的限制条件越多,分析权衡就变得越加重要。

最后,是尽可能保持多学科特性,这是最基本的需要。它要求具有跨社会学、行为学、计算机、数学、工程学、管理学和物理学等学科择取所需知识的能力。然而请注意,不能期望系统工程师懂得所有这些领域和学科的全部知识,但是至少应了解现存的唾手可得的这部分。对人类知识成果采取接受的态度——不论它们来自哪个种族、信仰或宗教——就是从思想上敞开大门,学会创造性地解决问题。如果对别人的方法、工具和技术一概采取关门主义,那就会大大减少成功的机率。

指控系统工程用的先进技术

本书具有多学科系统工程的价值。同时它承认需要新的思想、观念和创新的应用技术。

第一部分重点介绍指控信息系统工程。讨论了系统、用户和软件的需求分析,提出了新的思路和方法,还介绍了一种新的信息系统工程生命周期。

第二部分重点介绍指控建模和仿真。建模和仿真是必不可少的系统工程工具。指挥过程模型和行动过程仿真能够为系统设计提供有价值的启示。这部分还介绍了战争模拟,人类能力建模,用于需求分析、系统设计和培训的仿真。

第三部分研究可供多学科指控系统工程师使用的人工智能系统技术的范围。对“传统”的人工智能(AI)学术团体提出了某些挑战,介绍了几个应用实例。评估也是这部分

的一项重要内容:怎样才能知道一个专家咨询系统在帮助解决一个问题时起的是促进作用还是促退作用?

第四部分研究一种特殊的指控系统和该系统工程化的手段。这部分探讨一些案例,强调评估的重要性,并介绍了用于下一代决策支持系统工程的某些先进技术。

第五部分的重点是需求分析、指控过程和功能的建模。该部分还涉及到一些有争议的系统,一些棘手的分配问题,以及技术怎样才能勾画出用于战术计划系统工程的方法。

第六部分描述了某些先进通信技术,以及它在支持态势评估和指挥决策方面过去是如何发挥作用的,将来又有怎样的影响,重点放在将来帮助指控通信系统工程革命化的技术上。

第七部分讨论了其他一些问题。描述了计算机辅助系统工程(CASE)工具,提出了“系统设计重点的变化”(从机器转到人),探索了“认知系统工程的前景”,考察了多学科系统工程教育和培训的性质。

希望本书所介绍的技术能在将来更大型的指控系统工程中发挥更大的作用,各章节能成为扩展您概念上的和方法上的工具箱。

参 考 文 献

- 1 Chambers, GJ (1986) "The Systems Engineering Process: A Technical Bibliography." *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Volume 16, Number 5, September - October 1986, pp. 712-721
- 2 Defense Systems Management College, *Systems Engineering Management Guide*, US Government Printing Office, 1986
- 3 Eisner H, *Computer-Aided Systems Engineering*, Prentice-Hall, 1988
- 4 Mills, JA (1985) "A Pragmatic View of the Systems Architect," *Communications of the ACM*, Volume 28, Number 7, pp. 708-717
- 5 Smith, CU (1988) "Applying Synthesis Principles to Create Responsive Software Systems," *IEEE Transactions on Software Engineering*, Volume 14, Number 10, pp. 1394-1408
- 6 United States Department of Defense, *Engineering Management, MIL-STD-499A (USAF)*, May 1, 1974, pp. 11-18

第 一 部 分

指控信息系统工程