



军队“2110工程”建设项目 信息安全技术

军用装备体系 结构论证方法

JUNYONG ZHUANGBEI TIXI JIEGOU LUNZHENG FANGFA

赵立军 任昊利 张晓清 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

军队“2110 工程”建设项目 信息安全技术

军用装备体系结构 论证方法

赵立军 任昊利 张晓清 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书介绍了装备体系的需求以及需求规范;军用装备体系的复杂性研究;系统建模语言 SysML,并使用该语言对 C⁴ISR 的体系结构进行建模;模型的执行;Agent 的方法及使用 Agent 技术来分析、设计装备体系;装备体系的效能评估以及用 SysML 方法、Agent 方法等进行体系结构论证的案例和装备体系的标准结构设计。

本书的读者对象为从事装备论证、装备科研生产、装备采办、装备指挥、装备保障、装备管理、装备试验等的管理技术人员,也可以作为相关专业硕士研究生的教材。

图书在版编目(CIP)数据

军用装备体系结构论证方法 / 赵立军,任昊利,张晓清编著. —北京:
国防工业出版社,2010.6
军队“2110 工程”建设项目. 信息安全技术
ISBN 978-7-118-06809-2

I. ①军... II. ①赵... ②任... ③张... III. ①武器装备 -
结构体系 - 论证 - 方法 IV. ①TJ01

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 060806 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 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 15¼ 字数 268 千字

2010 年 6 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 35.00 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

装备指挥技术学院“2110 工程”教材(著作)

编审委员会

主 任 曲 炜

副主任 封伟书 张 炜 冯书兴 潘 清

委 员 (按姓氏笔画排序)

于小红 王 宇 白海威 由凤宇

李希民 宋华文 张宝玲 陈庆华

陈向宁 陈新华 郑绍钰 赵伟峰

赵继广 耿艳栋 贾 鑫 桑爱群

阎 慧 谢文秀 蔡远文 熊龙飞

装备指挥技术学院信息安全技术教材(著作)

编 委 会

主 编 潘 清

副主编 阎 慧 王 宇

编 委 王明俊 韦 群 周 辉 胡欣杰

赵立军

序

计算机技术、通信技术、网络技术的发展,给军队指挥自动化系统、综合电子信息系统的建设与发展带来了深刻的影响。未来以电子战、网络战和作战保密等为主要作战样式的信息化战争,离不开信息技术的支撑。武器装备的信息化、网络化加快了信息技术在装备的研制、试验、采购、指挥、管理、保障和使用全过程中的渗透与应用。因此,在军队深入开展军事信息技术学科的建设,加强军事人才信息化素质与能力的培养,是继往开来的一件大事,也是对军事装备学、作战指挥学等学科建设的有力支持。

为了总结梳理装备指挥技术学院军事信息技术学科的建设成果,提升学科建设水平和装备人才培养质量,在军队“2110 工程”专项经费支持下,在装备指挥技术学院“2110 工程”教材(著作)编审委员会统一组织指导下,军事信息技术学科领域的专家学者编著了一批适应装备人才培养需求,对我军装备信息化和装备信息安全工作具有主要指导作用的系列丛书。

编辑这套丛书是我院军事信息技术学科建设的重要内容,也是体现军事信息技术学科建设水平的重要标志。通过系统、全面地梳理,将军队开展信息化建设的实践经验进一步理论化、科学化,形成具有军事装备特色的军事信息技术知识体系。

本套丛书定位准确、内容创新、结构合理、针对性强,一方面总结了
我院军事信息技术学科建设和装备信息化人才培养的理论与实践与
实践探索的重要成果和宝贵经验;另一方面紧紧围绕我军武器装备信
息化建设的需要,以装备全寿命管理的信息化和装备信息保障为主要
内容,着重基本概念、原理的论述和技术方法的应用,其编著出版对于
推进军事信息技术学科的建设,提高装备人才的培养质量,加快装备
信息化建设和军事斗争准备具有十分重要的现实意义和深远的历史
意义。

装备指挥技术学院
信息安全技术教材(著作)编委会
2009 年 12 月

前 言

中央军委委员、总参谋长陈炳德上将在 2006 年的全军装备工作会议上指出:“十一五期间要紧紧围绕一体化联合作战需求,加速构建具有中国军队特色的新一代武器装备体系。”因此,加速我军的装备体系建设成为我军从机械化迈向信息化的当务之急。海湾战争中,武器装备体系与体系间的整体对抗,使各国军队对信息技术所引发的武器装备体系变化有了更深刻的认识,于是加强装备体系建设已成为当前各国武器装备发展的重中之重。由于各国信息化建设标准不一,发展基础不同,所以在一体化建设中均不同程度地存在着整体性能低下的问题,从而形成体系互通互联上的障碍,影响了整体效能的提高。因此,各国着眼未来信息化作战需求,已紧锣密鼓地行动起来,为破除装备体系建设中“烟囱林立”、“孤岛丛生”的现状而奋力一搏。本书就是在这样一个大的背景下产生的。

本书立足于装备体系的论证方法,从装备体系需求的形式化描述出发,介绍了装备体系的复杂性,介绍了装备体系的描述方法与描述语言,并介绍了如何得到可执行体系结构的方法等内容。力求在方法论上结合目前该领域国内外最新的研究成果。

本书的读者对象为从事装备论证、装备科研生产、装备采办、装备指挥、装备保障、装备管理、装备试验等的管理以及技术人员,目的是增加其装备体系的全局意识,提高其装备体系的知识水平和应用能力。

由于该书涉及领域较为前沿,编写时间短,加上作者视角和能力的局限性,因此对具体如何实施装备体系论证还需要不断深化,同时还要

不断加强相关理论、方法和技术的学习。本书存在很多问题是在所难免的,我们希望读者对本书多提宝贵意见。

作者

2010 年 1 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 引言	1
1.2 国外研究现状	2
1.3 章节安排	3
第 2 章 军用装备体系需求、概念与特点	4
2.1 军用装备体系需求模型	4
2.1.1 装备体系需求问题框架	4
2.1.2 装备体系需求参考模型	6
2.1.3 装备体系军事需求	7
2.1.4 装备体系需求规格	9
2.1.5 命题一致性检验	11
2.2 体系的定义	12
2.3 体系结构的定义	12
2.3.1 设计师与体系结构	13
2.3.2 设计师对体系结构的描述	14
2.3.3 装备体系结构	14
2.4 军用装备体系的特点	15
第 3 章 军用装备体系的复杂性研究	16
3.1 复杂适应系统的基本概念	17
3.2 军用装备体系的复杂适应性描述	20
3.3 装备体系的复杂适应性特征	20
3.4 装备体系的系统演化机制	21
第 4 章 军用装备体系结构描述方法	23
4.1 C ⁴ ISR 系结构描述方法简介	23
4.2 C ⁴ ISR 体系结构框架产品	25
4.2.1 全视图产品	25
4.2.2 作战体系结构视图产品	26

4.2.3	系统体系结构视图产品	27
4.2.4	技术体系结构视图产品	29
4.3	建立 C ⁴ ISR 体系结构框架产品的过程	30
4.4	结构化分析方法	32
4.4.1	功能分解和活动模型	32
4.4.2	数据模型	35
4.4.3	规则模型	35
4.4.4	动态模型	36
4.4.5	集成词典和模型的协调性	36
4.4.6	使用结构化方法进行 DoDAF 体系结构设计	37
4.5	面向对象的分析方法	39
4.5.1	UML 描述	39
4.5.2	用 UML 开发体系结构的过程概述	40
4.5.3	用 UML 开发体系结构的核心	41
4.5.4	从 UML 到 C ⁴ ISR 的映射	42
4.6	结构化与面向对象方法比较	44
4.7	AP233 与 DoDAF 的关系	44
第 5 章	军用装备体系结构描述语言	47
5.1	SysML 介绍	47
5.1.1	SysML 产生	47
5.1.2	SysML 功能	48
5.1.3	文档中心变成模型中心	49
5.1.4	SysML 支持者	49
5.2	SysML 与其他工具的关系	50
5.3	SysML 建模过程	51
5.4	SysML 中的主要图形	53
5.4.1	SysML 语义	53
5.4.2	SysML 的图形表示	54
5.5	基于 SysML 的体系结构产品设计过程	61
5.5.1	基于 SysML 的体系结构设计思路	61
5.5.2	需求和作战概念	62
5.5.3	组织结构和用例模型	64
5.5.4	功能体系结构设计	65

5.5.5	作战视图完成	77
5.5.6	系统功能描述	78
5.5.7	物理系统设计	79
5.5.8	需求满足和追溯性	80
5.5.9	小结	80
第 6 章	体系结构的可执行模型	83
6.1	可执行体系结构框架	83
6.2	Petri 网	84
6.2.1	基本 Petri 网理论	85
6.2.2	高级理论	88
6.3	从 UML 得到可执行模型	89
6.3.1	从 UML 到 C ⁴ ISR 的映射	89
6.3.2	从 UML 映射到有色 Petri 网	90
6.4	从 SysML 得到可执行模型	96
6.4.1	可执行体系结构的先决条件	97
6.4.2	基于静态视图与动态驶入的转换策略	97
6.4.3	从 SysML 到 CPN 的转换策略	97
6.5	分布式交互仿真	98
6.5.1	验证与确认(Verification and Validation)	98
6.5.2	分布式交互仿真技术的特点	99
6.5.3	分布式交互仿真技术的几种实现方案分析	100
6.5.4	HLA 分布式交互仿真技术	104
6.5.5	HLA 仿真技术框架	105
6.5.6	HLA 分布式仿真设计	108
第 7 章	Agent 方法与应用	112
7.1	引言	112
7.2	群体思维状态	113
7.2.1	联合信念	113
7.2.2	联合意图	114
7.2.3	联合承诺	114
7.3	MAS 的形式语义方法	115
7.4	MAS 的对策论方法	117
7.5	Agent 组织	119

7.5.1	Agent 组织及研究意义	119
7.5.2	Agent 组织的形成和演化	120
7.5.3	Agent 组织规则	122
7.5.4	与组织有关的模型	122
7.5.5	应用	123
7.6	Agent 的社会性	123
7.6.1	社会 Agent 的思维属性模型	124
7.6.2	社会法视、规范和协调	125
7.6.3	社会经济学方法与拍卖	126
7.7	移动 Agent	129
7.7.1	移动 Agent 的研究背景	130
7.7.2	移动 Agent 系统和实现技术	137
7.7.3	移动 Agent 的研究现状	149
7.7.4	移动 Agent 技术应用的研究	154
7.8	面向 Agent 的程序设计	157
7.8.1	Agent 0	157
7.8.2	AgentSpeak (L)	158
7.8.3	ConGolog	158
7.8.4	3APL 与 GOAL	159
7.8.5	几种语言比较	160
7.9	面向 Agent 的软件工程	160
7.9.1	形式化方法	161
7.9.2	非形式化方法	162
7.10	基于多 Agent 技术的电子对抗装备故障诊断系统	164
7.11	结束语	166
第 8 章	装备体系效能评估与优化	168
8.1	效能的概念及效能评估流程	168
8.1.1	效能的概念	168
8.1.2	效能的分类	168
8.1.3	效能评估的流程	169
8.2	装备体系效能评估总体思路	170
8.3	装备体系效能评估层次分析	172
8.3.1	信息系统综合集成	172

8.3.2	作战要素综合集成	173
8.3.3	作战体系综合集成	173
8.4	基于综合集成的装备体系能力需求分析	173
8.5	构建装备体系评估指标的指导思想	175
8.5.1	指标体系建立的原则	175
8.5.2	指标体系建立的要求	176
8.5.3	指标体系建立的步骤	176
8.6	装备体系评估指标体系构建	176
8.6.1	集成基础评估指标	177
8.6.2	集成系统评估指标	181
8.6.3	集成应用评估指标	185
8.7	装备体系优化方法	186
8.7.1	多方案选优方法	186
8.7.2	数学规划方法	187
8.7.3	仿真优化方法	187
8.7.4	多学科设计优化方法	188
8.7.5	探索性分析优化方法	189
8.7.6	体系优化未来的研究方向	189
第 9 章	论证支持系统与案例	192
9.1	装备论证协同决策支持系统	192
9.1.1	系统功能需求及体系框架	192
9.1.2	系统设计	193
9.2	基于 Agent 的装备体系基础模型建模	196
9.2.1	需求分析	196
9.2.2	建模分析	197
9.2.3	实例描述	202
9.3	基于 HLA 的空战仿真应用	204
9.3.1	空战仿真	204
9.3.2	关键接口规范分析	206
9.3.3	关键技术分析	207
第 10 章	装备信息标准体系结构设计	209
10.1	结构化思想	209
10.2	装备信息的特点	210

10.3	装备信息标准体系结构设计的原则	211
10.4	装备信息标准体系结构形式	212
10.4.1	金字塔型结构	212
10.4.2	网络型结构	213
10.4.3	循环型结构	214
参考文献		216
缩略语		229

第1章 绪论

1.1 引言

随着新军事变革的不断推进和发展,战场将走向信息化,而主要的作战方式将朝着整个武器装备体系间的对抗发展,装备发展的体系化必将受到普遍的重视。武器装备体系的定义很多,一般称为了完成一定作战使命,由功能上互相联系、相互作用的各种武器装备系统组成的更高层次系统为体系。体系的范围可大可小,大到全军的武器装备体系,小到一次战术任务的武器装备体系,关键是组成体系的各类装备系统或者装备单元在功能上要各司其职,又相互联系,共同完成一项任务。因为体系本身也是系统,因而小的体系可以形成大的体系,层层组合,最终形成宝塔式的层次结构,层次性是体系的一个基本特征。此外,体系也具有系统的其他各项特征,如整体性、相关性、可分解性等,研究武器装备体系应该充分考虑其系统性特征。

在现代复杂的战争环境下,大规模高技术装备的投入使用,多军兵种之间的联合协同,使得战争中充满各种不确定因素。装备体系作为战争的重要组成部分,在建设之前,必须对其进行充分的论证,保证装备体系的建设达到作战的需求。要对装备体系进行论证,首先必须了解需求,根据需求建立体系结构。在对装备体系结构进行描述时,可以使用图形、图像、文本、表格和矩阵等直观形式,来描绘装备体系的作战能力需求、任务分配、结构组成、性能参数、信息交换和其他相互关系等,这样可以为决策人员做出正确的决策提供依据。另外,对于面向未来装备的发展而言,可以根据对未来战场提出的作战任务和能力需求,通过对装备体系结构的描述,找出目前和未来一段时间里需要大力发展或研制的装备,进行有针对性的发展,以满足未来战场环境下的作战任务和能力需求。因此,为满足未来战场环境的作战能力而建立的装备体系,必须经过充分的论证才能投入建设和使用。军用装备体系的论证内容包括作战使用价值,技术上的合理性、先进性,实现的可能性以及经济效果等。本书将介绍目前常用的与装备体系结构论证相关的方法。

1.2 国外研究现状

面对瞬息万变的当今世界,美国国防部(DoD)面临着诸多新的挑战,如军事需求的持续增加、技术的迅速发展、组织结构的变化以及任务范围的拓宽等。对于这些不断变化的因素,一种方法就是迅速将组织机构重新进行组合并使之相匹配,使组织机构具有特定情况下的复合型作战能力。为此,要求信息系统应具有史无前例的协调能力,以适应当今复杂的事态。为提高这种适应性,DoD 将注意力锁定在信息体系结构上,因为它能在部件的组成、彼此的相互联系、部件所实施的活动以及对部件行为的控制或约束等方面提供当前或未来的框架结构。这些体系结构会随着时间的推移而不断更新,但总是比所针对的实际体系结构变化的速度慢。然而,正是信息体系结构的这种稳定性,能对制定决策和确定作战概念起到重要的指导作用。直接维护军事演练的信息体系结构的内容之一就是指挥、控制、通信、计算机、情报监视和侦察,即 C⁴ISR 系统。设计和开发 C⁴ISR 系统,目的就是通过多种角度来描述体系结构,该体系结构能够根据体系结构所能提供的作战能力回答作战者提出的问题。另一目的就是支持研究团队开发互操作系统,从而实现从知识引导到体系结构设计和评估的无缝隙过程。

1997 年 11 月,美国国防部长办公室发表了 2.0 版的 C⁴ISR 体系结构,简写为 C⁴ISR,1997。1998 年 2 月 23 日,负责侦查与技术的国防部副部长、负责指挥、控制、通信和情报的助理国防部长和联合参谋部主任(Joint Staff Director)为指挥、控制、通信和计算机联合发布一个备忘录,备忘录写到:“我们体会到了 C⁴ISR 体系结构在部队战略指导上的重要作用,因此,要根据 2.0 版来监督指导正在不断完善和规划中的 C⁴ISR 或相关体系结构的开发。要在适当的修订周期内,按照体系结构框架对现有的 C⁴ISR 体系结构进行重新描述。”

C⁴ISR 体系结构提供了公共定义、数据和参考资料,并论述了由三个视图所构成的体系结构的一套产品,该体系结构对如何产生这些产品也进行简单指导。为适应这些指导性方针,组织机构必须要开发自己的处理过程,当然,其中许多过程已经开发。针对 C⁴ISR 体系结构,开发自己的处理过程有两个原因:第一,针对三个体系结构视图(作战体系结构、系统体系结构和技术体系结构)和它们的相应产品,开发出不拘泥于现有系统工程形式和工具的新结构;第二,在完善的设计过程概念还没有建立的情形下,能将这些产品提供的许多不十分明确的信息互相协调起来,以便能解释按照体系结构建立的系统所能提供的能力问题。

C⁴ISR 系统不断发展,该系统目前已经成为美国国防部体系结构框架 DoDAF, DoDAF 目前已经成为国外对装备体系结构的研究最重要的成果。DoDAF 从 C⁴ISR