

中国仿真科学与技术书系

“十一五”国家重点图书出版规划



S

IMULATION SCIENCE

武器装备作战效能仿真与评估

Weapons and Equipment Operational Effectiveness Simulation and Evaluation

杨 峰 王维平 等著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

中国仿真科学与技术书系

并行与分布仿真系统

建模与仿真理论

连续系统建模与仿真

离散事件系统仿真

仿真模型设计与执行

仿真模型可移植性规范及其应用

仿真系统体系结构

虚拟制造技术

供应链仿真与优化

工业过程仿真

虚拟战场理论研究与工程实践

武器装备作战效能仿真与评估

现代雷达电子战系统建模与仿真

通信系统仿真

航空人机工程计算机仿真

社会仿真——信息化战争研究的新领域

战场环境仿真技术与应用

军事物流系统仿真

武器系统RMS仿真技术

Agent仿真技术

.....

SIMULATION SCIENCE



策划编辑: 徐 静

责任编辑: 朱清江



ISBN 978-7-121-10903-4



9 787121 109034 >

本书贴有激光防伪标志, 凡没有防伪标志者, 属盗版图书。

定价: 49.00元

“十一五”国家重点图书出版规划

中国仿真科学与技术书系

武器装备作战效能 仿真与评估

Weapons and Equipment Operational
Effectiveness Simulation and Evaluation

杨 峰 王维平 等著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书从武器装备论证模式转型的角度出发,提出数字化论证工程理论框架,并在此理论框架指导下研究了武器装备作战效能仿真构建方法、仿真实验方法以及效能评估分析方法。在理论方法研究的基础上,给出具备自主知识产权的、支持武器装备作战效能仿真与评估的软件平台。通过具体的应用案例讲解如何运用本书提出的理论方法和软件平台解决武器装备论证中面临的作战效能仿真与评估问题。

全书共 9 章,即绪论、武器装备数字化论证工程的理论框架、武器装备作战效能仿真构建方法、仿真实验方法、效能评估分析方法、SIM2000 柔性仿真支撑平台、OASIS 综合评估分析平台、武器装备效能仿真评估方法应用案例,以及武器装备效能仿真评估流水线应用案例。

本书主要面向武器装备和国防科技研究人员、项目管理人员,亦可作为系统工程、仿真工程、军事装备学、军事运筹学、国防系统分析等专业的研究生教材,尤其适合作为武器装备论证部门科研人员的参考书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

武器装备作战效能仿真与评估 / 杨峰等著. —北京: 电子工业出版社, 2010.6

(中国仿真科学与技术书系)

ISBN 978-7-121-10903-4

I. ①武… II. ①杨… III. ①武器装备—武器效应—评估 ②武器装备—作战模拟 IV. ①E92

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 090800 号

策划编辑: 徐 静

责任编辑: 朱清江

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 21.75 字数: 550 千字

印 次: 2010 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

“中国仿真科学与技术书系” 编委会

主 编：黄柯棣

副主编：庞国峰 李 革

编委会成员：（按拼音排序）

毕红哲	方胜良	郭齐胜	龚建华	胡晓峰
吕跃广	李 群	李世忠	王维平	王雪松
王中杰	卫军胡	肖田元	杨 峰	杨瑞平
杨西龙	朱一凡			

前 言

如何利用仿真技术提高武器装备发展的科学决策水平是一个重大命题。但是,围绕这个命题撰写的有特色的专著却不多。究其原因,专门研究仿真技术的学者可能大多没有机会实际参与武器装备论证,而武器装备论证领域的专家却不一定是仿真技术的专家。将仿真技术、基于仿真的作战效能评估技术有机地运用到武器装备论证过程中,这是本书的写作初衷。

为此,本书从武器装备论证模式转型的这个视角出发,提出数字化论证工程的初步理论框架,并以此理论框架统率全篇,将仿真实验、评估分析的技术、工具有机集成到武器装备论证业务流程中,使得本书不是就仿真而仿真,就评估而评估。本书的另一个特点在于理论方法、软件工具与应用案例的有机结合,通过软件产品实现理论方法的工具化,案例阐述则充分结合提出的理论方法和研发的软件工具,理论方法、软件工具和应用研究相互补充。

在仿真技术方面,本书针对武器装备作战效能仿真的特点,提出跨层次建模方法论,并以此方法论指导仿真系统的构建与实验方法。在仿真系统的构建方法方面,提出基于面向对象 Euler 网的效能仿真建模方法、基于 HLA 的效能仿真建模方法、基于 SMP2 的效能仿真建模方法和基于 Agent 的效能仿真建模方法四种方法。其中,基于面向对象 Euler 网的效能仿真建模方法、基于 HLA 的效能仿真建模方法指导了我们第一代柔性仿真平台的研制和当时的武器装备作战效能仿真科研实践,而基于 SMP2 的效能仿真建模方法和基于 Agent 的效能仿真建模方法这两种方法则指导了我们第二代柔性仿真平台的研制和当前的武器装备作战效能仿真科研实践。在仿真系统的实验方法方面,系统地阐述了仿真实验规划、实验设计、实验框架以及实验分析的关系,并分别给出了相应的仿真实验规划、实验设计、实验框架以及实验分析方法,这些研究反映了我们对仿真实验方法学的初步思考。

在评估技术方面,本书的特色在于提出了武器装备作战效能评估模式,将武器装备作战效能评估中面临的不确定性放在突出地位,并从应对想定条件的不确定性、因果联系的不确定性和综合结果的不确定性三个方面分别提出了相应的探索性评估方法、因果分析方法与鲁棒评估方法,这些方法是作者在解决复杂的、现实的武器装备论证评估问题过程中形成的,并经过了科研课题的实践检验。

本书主要面向武器装备和国防科技研究人员、项目管理人员,亦可以作为系统工程、仿真工程、军事装备学、军事运筹学、国防系统分析等专业的研究生教材,尤其适合作为武器装备论证部门科研人员的参考书。全书行文力求深入浅出,既照顾有深厚基础和丰富经验的学者,又兼顾全面,使更多的研究者能够掌握书中内容。

全书共 9 章,由杨峰和王维平策划和统稿,主要内容来源于作者多年以来学术研究、产品研发和课题实践成果的总结和升华。

第 1 章到第 7 章为理论方法部分。其中第 1 章由杨峰撰写,该章根据武器装备论证本身的演化历史和武器装备制造与设计产业的演化历史,提出通过构建武器装备论证流水线与数字化论证流程,实现武器装备论证机械化与信息化的思想。第 2 章由杨峰、李竞杰撰写,该章从武器装备论证、系统工程、业务流程管理、知识工程、领域工程等学科交叉的角度,提

出数字化论证工程的概念、方法论与参考流程模型,给出了其初步理论框架。第3章由杨峰、曹星平、王维平撰写,较系统地阐述了武器装备效能仿真系统的构建方法论、仿真建模方法、想定开发方法、仿真校验方法。第4章由杨峰、曹星平撰写,该章论述了武器装备作战效能仿真的实验规划方法、实验设计方法、实验框架方法以及多层次实验分析技术。第5章由杨峰、王磊撰写,从应对想定条件、因果联系和综合结果三类不确定性的角度分别给出了三种评估分析方法,即基于SCA的武器装备作战效能探索性评估分析方法、基于贝叶斯网络的武器装备作战效能因果分析方法、基于蒙特卡罗的武器装备作战效能鲁棒评估方法。

第6、7两章为软件平台部分,介绍了我们实验室所研发的两个具备自主知识产权的软件平台。其中,第6章由杨峰撰写,介绍了SIM2000第二代柔性仿真支撑平台,该平台是国内第一个完整实现了SMP2(Simulation Model Portability, 仿真模型移植)标准的建模仿真平台。第7章由杨峰、王磊撰写,该章介绍了OASIS综合评估分析平台,该平台具备基于算子插件的柔性评估建模机制和评估、分析、预报三种模式有机集成的特点,在军内已经得到了广泛应用。

第8、9章为应用案例部分,其中第8章由杨峰、王磊撰写,该章以导弹武器系统为背景,通过反舰导弹和地地导弹两个案例介绍如何基于前面提出的理论方法和软件平台进行武器装备的作战效能仿真与评估。第9章由杨峰、李竞杰撰写,该章以潜艇装备论证为应用背景,进行了武器装备数字化论证工程理论方法的演示验证实验。

本书武器装备数字化论证工程部分的研究主要是第一作者在海军装备研究院从事博士后研究阶段在舰船所汪玉研究员、方志刚高工、高兴华高工组成的导师组指导下完成的,高兴华、石峰、门运国、黎娜同志还参与了国防科大与舰船所联合组织的“湘江1号”数字化论证流水线的演示验证实验,在此一并向他们表示衷心的感谢!

本书武器装备作战效能仿真跨层次建模方法论部分的研究是第一作者博士研究阶段在沙基昌教授的指导下完成的,基于面向对象Euler网(面向对象Euler网方法是本书作者之一王维平教授在博士论文中提出的)的武器装备作战效能仿真建模方法得到朱一凡教授的指导,已故多年的张学斌教授首次将实验设计思想带到实验室,两代SIM2000柔性仿真平台的建模环境和仿真引擎主要来源于李群教授的工作成果,雷永林博士在基于SMP2的第二代柔性仿真平台方面做了大量工作,在此一并向他们表示感谢!

本书部分工作是建立在实验室许多同志的研究工作基础之上的。周鸿伟、孔德培、王少刚、刘晨、周少平、陈超、许永平、吴红、朱延广、石福丽、王超、周旋、刘明辉、张博洋等同志从不同侧面支持了本书的研究成果,在此一并表示感谢!

需要指出的是,本书关于武器装备作战效能仿真与评估的研究主要基于系统的观点,如何基于体系的观点对于武器装备体系或者作战体系的作战效能、体系结构进行评估和优化是我们当前的研究主题。另外,本书所提出的数字化论证工程还是一个新的研究领域,信息化作战条件下武器装备效能仿真和评估技术发展也很快,同时由于作者的水平有限,书中错漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

杨 峰

2010年5月

目 录

第 1 部分 理论方法	(1)
第 1 章 绪论	(3)
1.1 武器装备论证演化分析	(3)
1.1.1 论证要求、论证内容的演化	(3)
1.1.2 论证方法、论证技术的演化	(4)
1.1.3 论证工具、论证手段的演化	(5)
1.1.4 论证机构、论证人员的演化	(5)
1.2 武器装备全寿命周期相关产业演化分析	(6)
1.2.1 制造模式的演化	(6)
1.2.2 设计模式的演化	(7)
1.3 武器装备数字化论证模式	(8)
1.3.1 论证流水线与论证模式的“机械化”转型	(8)
1.3.2 数字化论证流程与论证模式的“信息化”转型	(9)
第 2 章 武器装备数字化论证工程的理论框架	(13)
2.1 相关研究领域	(13)
2.1.1 武器装备论证	(13)
2.1.2 系统工程过程	(14)
2.1.3 流程管理技术	(16)
2.1.4 产品线与领域工程技术	(20)
2.1.5 知识工程与知识管理	(22)
2.2 数字化论证工程方法论	(23)
2.2.1 论证需求工程	(24)
2.2.2 论证领域工程	(25)
2.2.3 论证资源工程	(26)
2.2.4 论证知识工程	(27)
2.2.5 论证流程工程	(28)
2.3 数字化论证工程参考流程模型	(30)
2.3.1 第一回路：论证设计回路	(30)
2.3.2 第二回路：评估分析回路	(37)
2.3.3 第三回路：仿真实验回路	(40)
2.4 数字化论证工程的评价原理	(43)
2.5 关于数字代论证工程的若干问题	(44)
2.5.1 数字化论证工程与其他方法论的关系	(44)
2.5.2 数字化论证工程中论证人员的作用	(45)
2.5.3 数字化论证工程中论证方法的作用	(46)

2.5.4	数字化论证工程中论证流水线的特性	(46)
2.5.5	数字化论证工程中的关键技术	(47)
第 3 章	武器装备作战效能仿真构建方法	(49)
3.1	系统仿真概述	(49)
3.2	武器装备效能仿真特点分析	(50)
3.2.1	武器装备效能仿真的基本内涵	(50)
3.2.2	武器装备效能仿真的层次结构	(52)
3.3	武器装备效能仿真跨层次建模方法论	(53)
3.3.1	武器装备作战效能仿真所面临的问题	(53)
3.3.2	相关仿真方法论	(56)
3.3.3	跨层次建模方法论	(57)
3.3.4	方法论对比分析	(61)
3.4	武器装备效能仿真建模方法	(63)
3.4.1	基于 Euler 网的效能仿真建模方法	(63)
3.4.2	基于 HLA 的效能仿真建模方法	(75)
3.4.3	基于 SMP2 的效能仿真建模方法	(77)
3.4.4	基于 Agent 的效能仿真建模方法	(88)
3.5	武器装备效能仿真想定开发方法	(91)
3.5.1	想定的概念、框架与开发流程	(91)
3.5.2	基于 GMA 的概念想定开发方法	(93)
3.5.3	基于 MSDL 的作战想定开发方法	(95)
3.5.4	面向 SMP2 的仿真想定生成方法	(98)
3.6	武器装备效能仿真校验方法	(101)
3.6.1	单层次自校验	(101)
3.6.2	多层次相互校验	(102)
第 4 章	武器装备作战效能仿真实验方法	(105)
4.1	概述	(105)
4.1.1	概念	(105)
4.1.2	仿真实验类型	(106)
4.1.3	武器装备作战效能仿真实验流程	(107)
4.2	实验规划方法	(109)
4.2.1	根据实验空间进行实验规划	(109)
4.2.2	根据实验分割进行实验规划	(111)
4.3	实验设计方法	(112)
4.3.1	仿真实验设计特点	(112)
4.3.2	仿真实验设计方法	(114)
4.3.3	仿真实验设计方法分析和选择	(118)
4.3.4	仿真实验设计过程	(122)
4.3.5	体系仿真实验设计	(122)

4.4	实验框架方法	(123)
4.4.1	实验框架的基本内涵	(123)
4.4.2	实验框架的描述层次	(125)
4.5	单层次仿真实验分析方法	(127)
4.5.1	针对单次仿真的实验分析方法	(127)
4.5.2	针对一组仿真的实验分析方法	(134)
4.5.3	针对多组仿真的实验分析方法	(136)
4.6	跨层次仿真实验分析方法	(141)
4.6.1	概述	(142)
4.6.2	仿真元模型实验分析算法	(145)
4.6.3	面向跨层次仿真的元模型生成方法	(147)
4.6.4	面向跨层次仿真的元模型应用方法	(149)
第 5 章	武器装备作战效能评估分析方法	(155)
5.1	基于仿真的武器装备作战效能评估分析	(155)
5.1.1	武器装备作战效能评估概念指标体系	(155)
5.1.2	武器装备作战效能评估分析模式	(156)
5.1.3	武器装备作战效能评估分析方法分类	(157)
5.1.4	基于仿真的武器装备作战效能评估分析方法	(158)
5.2	基于 SCA 的武器装备作战效能探索性评估方法	(159)
5.2.1	SCA 武器装备作战效能探索性评估方法	(160)
5.2.2	SCA 武器装备作战效能评估算法	(164)
5.2.3	SCA 武器系统作战效能评估应用实例	(174)
5.2.4	方法总结	(176)
5.3	基于贝叶斯网络的武器装备作战效能因果分析方法	(176)
5.3.1	概述	(176)
5.3.2	贝叶斯网络简介	(177)
5.3.3	基于贝叶斯网络的因果分析模型	(179)
5.3.4	BNCM 建模流程	(181)
5.3.5	评估模型应用模式	(184)
5.3.6	方法总结	(187)
5.4	基于蒙特卡罗的武器装备作战效能鲁棒评估方法	(188)
5.4.1	概述	(188)
5.4.2	仿真数据源特点分析	(188)
5.4.3	基于蒙特卡罗的风险源辨识方法	(189)
5.4.4	算例分析	(192)
5.4.5	方法总结	(194)
第 2 部分	软件平台	(195)
第 6 章	SIM2000 柔性仿真支撑平台	(197)
6.1	概述	(197)

6.2	主要特色	(198)
6.2.1	基于 SMP2 规范的先进仿真体系结构	(198)
6.2.2	建模仿真与实验评估一体化	(199)
6.2.3	模型/数据/实验框架/仿真器分离	(199)
6.2.4	集中运行、并行实验、分布表现	(199)
6.3	平台体系结构	(199)
6.3.1	平台系统体系结构	(199)
6.3.2	平台技术体系结构	(201)
6.4	平台软件工具功能	(202)
6.4.1	仿真建模工具	(202)
6.4.2	数据管理工具	(203)
6.4.3	想定编辑工具	(203)
6.4.4	实验设计工具	(203)
6.4.5	仿真运行工具	(204)
6.4.6	仿真表现工具	(204)
6.4.7	结果分析工具	(204)
6.5	仿真系统开发流程	(205)
6.5.1	概念建模	(205)
6.5.2	模型设计	(206)
6.5.3	模型开发	(206)
6.5.4	模型集成	(206)
6.5.5	调度设计	(206)
6.5.6	模型测试	(207)
6.6	仿真系统应用流程	(207)
6.6.1	装备数据	(208)
6.6.2	想定编辑	(208)
6.6.3	实验设计	(208)
6.6.4	仿真运行	(208)
6.6.5	仿真表现	(209)
6.6.6	结果分析	(209)
第 7 章	OASIS 综合评估分析平台	(211)
7.1	概述	(211)
7.1.1	软件特色	(211)
7.1.2	软件应用领域	(212)
7.1.3	软件总体结构	(212)
7.2	评估指标体系构建	(214)
7.2.1	主要功能	(214)
7.2.2	关键技术	(214)
7.3	评估样本预处理	(215)

7.3.1	主要功能	(215)
7.3.2	关键技术	(216)
7.4	评估模型建模与运行	(217)
7.4.1	主要功能	(217)
7.4.2	关键技术	(218)
7.5	评估算子开发与部署	(228)
7.5.1	主要功能	(228)
7.5.2	关键技术	(228)
7.6	评估结果展示与报告生成	(229)
第 3 部分	应用研究	(233)
第 8 章	武器装备效能仿真评估方法应用案例	(235)
8.1	反舰导弹武器系统效能仿真与评估	(235)
8.1.1	问题背景	(235)
8.1.2	交战仿真—专题仿真	(237)
8.1.3	使命仿真—交战仿真	(252)
8.2	地地导弹武器系统效能仿真与评估	(259)
8.2.1	基本作战想定	(259)
8.2.2	确定网络结点	(259)
8.2.3	确定网络结构	(260)
8.2.4	网络参数学习	(261)
8.2.5	基于贝叶斯网络的因果分析	(263)
第 9 章	武器装备效能仿真评估流水线应用案例	(267)
9.1	武器装备数字化论证流水线原型	(267)
9.1.1	数字化论证流程管理系统	(268)
9.1.2	数字化论证流程模型	(270)
9.1.3	论证工具	(276)
9.1.4	论证模型与论证数据	(277)
9.2	舰艇装备需求分析数字化流水线演示验证实验	(278)
9.2.1	概述	(278)
9.2.2	实验过程	(278)
9.2.3	结果分析	(291)
9.3	舰艇装备效能仿真数字化流水线演示验证实验	(291)
9.3.1	概述	(291)
9.3.2	实验过程	(293)
9.3.3	结果分析	(307)
9.4	舰艇装备方案评估数字化流水线演示验证实验	(307)
9.4.1	概述	(307)
9.4.2	实验过程	(308)
9.4.3	结果分析	(319)

9.5 舰艇装备指标优化数字化流水线演示验证实验	(320)
9.5.1 概述	(320)
9.5.2 实验过程	(320)
9.5.3 结果分析	(331)
缩略语汇总	(332)
参考文献	(333)

1

部分

理论方法

第 1 章 绪论

第 2 章 武器装备数字化论证工程的理论框架

第 3 章 武器装备作战效能仿真构建方法

第 4 章 武器装备作战效能仿真实验方法

第 5 章 武器装备作战效能评估分析方法

第1章 绪 论

武器装备作战效能评估是武器装备论证中的重要工作。武器装备作战效能仿真是武器作战效能评估的关键技术手段。脱离论证的需求研究评估，或者脱离评估的需求研究仿真，往往陷入就仿真技术而谈仿真技术，就评估方法而论评估方法的困境。只有认清论证问题的本质，了解论证行业的现状与存在的问题，才能做到有的放矢。

本章将从武器装备论证的历史演化讲起，着重分析武器装备论证存在的问题以及其他产业的发展对论证产业的启发，进而提出一种新的论证模式——武器装备数字化论证模式。数字化论证模式的引入可以更好地实现仿真技术对武器装备作战效能评估的支持作用，提高仿真技术在论证工作中的应用水平。

1.1 武器装备论证演化分析

武器装备论证是一项多学科交叉、多部门协作、多阶段互动的创造性活动。在各种各样的论证活动中，论证人员、论证对象以及论证工具、论证信息、论证方法等，均是缺一不可的；它们之间相互联系和相互作用，构成了一个矛盾的对立统一体——论证系统，如图 1.1 所示。

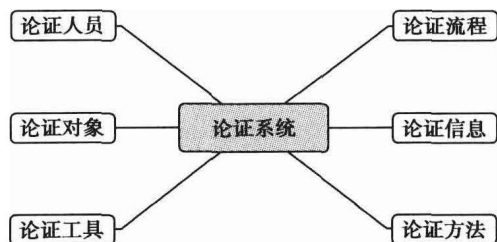


图 1.1 论证系统的基本要素组成

几十年来，我军武器装备经历了从仿制、改制到自行研制的发展过程，现在逐步过渡到体系研制的新阶段。在武器装备发展过程中，论证系统的各个基本要素也经历了一系列的演化。

1.1.1 论证要求、论证内容的演化

在我国国防科技工业创建时期，国防科研经历了以仿制、改制为主的发展时期。由于仿制或者改进产品经过原研制国多年生产和使用的考验，其技术途径与总体方案是成熟

的,因此,在研制决策程序上,基本上是使用部门提出研制要求后,通过对原型机性能摸底实验,认为该产品的性能满足使用要求,并有可能在短时间内研仿成功,即决定开始研仿工作。在这一阶段,武器装备发展对论证工作的要求并不太高^[2]。

在我国武器装备转入自行研制为主的发展时期后,随着自行研制成分增加,探索和验证的成分也急剧增长,可能的技术途径是多样的,需要在开展研制前做大量的先期论证研究工作,证明主要技术途径是可行的;技术风险采取一定的措施是可以解决的,能达到使用方对该武器系统的要求;同时,经费是可以承受的。这时才能决策开展研制工作。这就对论证工作提出了更高要求^[2]。

在当前阶段,体系化作战要求装备要成体系研制,成体系研制要求装备进行体系化论证,这就要求论证系统不仅要考虑多种技术可能性,还要考虑多种体系构型的可能性与多种需求可能性,这就要求论证系统更多地自顶向下、从体系出发进行需求论证与概念探索,提出战术技术指标要求与概念方案构想,据此牵引武器装备研制工作,论证的难度进一步加大了,表 1.1 给出了论证内容、论证要求演化情况汇总表。

表 1.1 论证内容、论证要求演化表

阶 段	内 容	要 求
仿制/改制阶段	技术成熟、性能摸底即可	不高
自主研制阶段	技术途径多样,需要探索	较高
成体系研制阶段	技术途径、需求、体系配系多样性	很高

1.1.2 论证方法、论证技术的演化

在仿制时期,更多关注仿制武器性能是否达到要求,所以武器系统的性能计算技术成为首要关注的支撑技术。例如在舰船领域,总体性能预报技术在这一阶段得到迅速发展。

随着武器装备发展由仿制为主阶段逐步过渡到改进为主的阶段,需要论证人员能够深入到武器装备的内部结构,按照需要对武器系统的布局、结构进行调整,这个时期 CAD/CAE 等技术得到了蓬勃发展。目前, CAD/CAE 技术的研究与应用已在国内外趋于成熟。

当武器装备的发展进入自主研制阶段后,要求论证系统更多地从作战使用要求出发,结合技术、经济可行性进行综合论证,这时系统分析、系统论证方法逐步成为人们研究和工作的基本方法。目前,综合论证方法在国外已经程序化和制度化,国内也已经广泛使用。

随着信息时代的发展,尤其是更复杂的装备论证任务摆在面前时,要求论证系统能够从更高的层次,也就是从体系出发开展论证。于是,体系工程的方法应运而生,开始应用武器装备论证工作,论证技术方法由此得到了进一步的发展。目前,体系工程方法已经成为西方发达国家论证工作的重要支持技术,在国内则仍处于探索阶段,表 1.2 给出了论证技术方法演化情况汇总表。