

建模与仿真 VV&A

基本问题研究

—— VV&A的系统观

周 威 张国忠 著



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

建模与仿真 VV&A 基本问题研究 ——VV&A 的系统观

Basic Problem Research on M&S VV&A
——System View on VV&A

周 威 张国忠 著



机械工业出版社

《建模与仿真 VV&A 基本问题研究——VV&A 的系统观》从系统的角度,提出建模与仿真 VV&A 研究的三大基本问题:V&V 与科学哲学、V&V 一般方法论和 V&V 的管理。通过对以上三大基本问题的研究,力争使我们对 VV&A 从零星的、局部的探讨,跨越到系统的、整体的研究和发展,进而促进 VV&A 的整体技术方法研究、管理规范及指导文件研究、管理模式研究,指导我们在具体建模与仿真产品中 VV&A 个案的分析工作。

本书适合作为军事科研机构专业人员开展建模与仿真 VV&A 研究的指导读物,也适合作为军事院校相关专业师生的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

建模与仿真 VV&A 基本问题研究: VV&A 的系统观/周威, 张国忠著.
—北京: 机械工业出版社, 2017. 9
ISBN 978-7-111-57819-2

I. ①建… II. ①周…②张… III. ①系统建模②系统仿真 IV. ①N945. 12
②TP391. 92

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 207144 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 孟 阳 责任编辑: 孟 阳

责任校对: 樊钟英 封面设计: 马精明

责任印制: 常天培

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2017 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

169mm×239mm·8 印张·2 插页·154 千字

0 001—1000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-57819-2

定价: 68.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线: 010-88361066

读者购书热线: 010-68326294

010-88379203

封面防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: www.cmpbook.com

机工官博: weibo.com/cmp1952

金书网: www.golden-book.com

教育服务网: www.cmpedu.com

前 言

随着科学技术的进步,尤其是信息技术和计算机技术的发展,仿真技术的应用范围越来越广,而仿真可信性问题一直是仿真系统开发者和用户最为关心的。VV&A 一词是由 Verification (校核)、Validation (验证) 和 Accreditation (确认) 三个单词的首字母组成的,是可信度评估工作的基础。它通过仿真系统生命周期中的有关活动,对各阶段工作及其成果的正确性、有效性进行全面评估,从而保证仿真系统达到足够高的可信度水平,以满足应用目标的需要。

国内外的仿真工作者对 VV&A 进行了大量有益的探索,并在理论和方法层面取得了长足进步,但总体来讲,距离仿真系统的应用需求还有非常大的差距。究其根源,是在 VV&A 的概念、标准和理论等方面未达成共识,造成仿真系统的开发者、应用者和管理者在 VV&A 工作过程中混淆概念和无章可循,使大量研究工作事倍功半。

本书力求从系统的角度出发,探讨构成建模仿真 VV&A 研究自身的完整的、自洽的基本问题,通过对这些问题的研究,促进 VV&A 整体的技术方法研究、VV&A 管理规范及指导文件框架研究、管理模式研究,并藉此指导我们在具体 M&S 产品中的 VV&A 个案的分析工作。本书关注的是 VV&A 整体的技术和管理特征,而不局限于具体建模仿真产品的 VV&A 活动及其技术特征的个案分析。

与 VV&A 相关的研究内容是多样的,彼此的联系是复杂的。本书在收集、消化和吸收国内外相关资料并咨询专家意见的基础上,创造性地提出建模仿真 VV&A 研究的三大基本问题:V&V 与科学哲学、V&V 一般方法论和 V&V 的管理。

通过对 VV&A 三大基本问题的研究,使我们对 VV&A 从零星的、局部的、不系统的探讨,到大量的、完整的、系统的研究和发展,大有裨益。其他 VV&A 问题及解决之道,均可看作从 VV&A 研究的三大基本问题衍生而来。

本书力求通过对 VV&A 三大基本问题的初步系统研究,为将来 VV&A 相关问题的深入研究抛砖引玉。

缩 略 词

英文缩写	英文全称	中文译意
AFDRG	Anglo – France Defense Group	盎格鲁 – 法国国防团体
AFI	U. S. A Air Force Instruction	美国空军指令
AHP	Analysis Hierarchy Process	层次分析法
AIAA	AmericanInstitute of Aeronautics and Astronautics	美国航空航天协会
ALSP	Aggregate – Level Simulation Protocol	聚合级仿真协议
APL	Activity Performance Level	执行水平
ASCI	Accelerated Strategic Computing Initiative	加速战略计算的倡议
BP	Back – Propagation	后向传播
CMM	Capability Maturity Model	能力成熟度模型
DIS	Distributed Interactive Simulation	分布交互仿真
DMSO	US Defense Modeling and Simulation Office	美国国防建模与仿真办公室
DND	Canadian Department of National Defense	加拿大国防部
DOD	U. S. A. Department of Defense	美国国防部
DOE	U. S. A. Department of Energy	美国能源部
DPs	Documentation Panels	文档记录组
FEDEP	Federation Development and Execution Process	联邦开发与执行过程
HLA	High – Level Architecture	高层体系结构
HMM	Hidden Markov Mode	隐马尔可夫模型
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	电子与电气工程师协会
ISO	International Organization for Standardization	国际标准化组织
M&S	Modeling and Simulation, Models and Simulations	建模与仿真，模型与仿真
MADM	Multiple Person Multiple Attribute Decision Making	多人多属性群决策
NASA	National Aeronautics and Space Administration	美国航空航天局
PIRT	Phenomena Identification and Ranking Table	现象辨识与排序表
SBRCM	Strategy Based Risks and Costs Model	基于策略的风险和费用模型
SCCPM	Stochastic Chance Constrain Programming Model	随机机会约束规划模型
SCS	Society of Computer Simulation	美国计算机仿真协会
SD	System Dynamics	系统动力学

(续)

英文缩写	英文全称	中文译意
SEBVV&AL	Synthesis Environment Based VV&A Lab	基于综合集成环境的 VV&A 实验室
SECO	Synthetic Environment Coordination Office	综合集成环境协调办公室
SEVM	Stochastic Expected Value Model	随机期望值模型
SMEs	Subject Matter Experts	领域专家
SQA	Software Quality Accreditation	软件质量认证
SSC	Summer Simulation Conference	美国夏季仿真会议
TBM	Transferrable Belief Model	信度转移模型
TCMC	Technical Committee on Model Credibility	模型可信性技术委员会
TCPs	Test Configuration Panels	测试配置组
TQM	Total Quality Management	全面质量管理
V&V	Verification and Validation	校核与验证
VV&A	Verification, Validation and Accreditation	校核、验证与确认
VV&A RPG	VV&A Recommended Practices Guide	VV&A 建议实践指南
VV&ACPs	VV&A Control Panels	VV&A 控制组
VV&AMB	VV&A Management Board	VV&A 管理委员会
WSC	Winter Simulation Conference	美国冬季仿真会议

目 录

	前言	
	缩略词	
第 1 章	绪论	1
1.1	VV&A 产生的根源	1
1.2	国内外 VV&A 研究概况	1
1.3	研究目的和内容	3
1.4	结构简图	4
第 2 章	M&S 和 VV&A 研究概况	6
2.1	基本概念	6
2.1.1	M&S 的概念	6
2.1.2	VV&A 的概念	7
2.2	VV&A 范式	13
2.2.1	SCS 范式	14
2.2.2	Robert Sargent 范式	14
2.2.3	AIAA 范式	15
2.2.4	DMSO 范式	16
2.2.5	DND SECO 范式	17
2.2.6	评论	17
2.3	V&V 方法	18
2.3.1	具体而微的 V&V 方法	18
2.3.2	V&V 计划的制订方法	23
2.3.3	后 V&V 阶段可信性评估方法	25
2.3.4	评论	29
2.4	建模 VV&A 与仿真 VV&A 的比较	31
第 3 章	V&V 与科学哲学	35
3.1	模型和模型方法的逻辑本质	35
3.2	西方科学哲学学派的逻辑与 V&V 的联系	37
3.2.1	传统经验主义	38
3.2.2	反传统经验主义	38

3.3	严复关于认识论的逻辑对于模型 V&V 的启示	41
3.4	自然辩证法对于模型 V&V 的启示	42
3.5	结论	44
第4章	V&V 一般方法论	45
4.1	方法的概述	45
4.2	V&V 一般方法论的内涵	46
4.3	V&V 策略的制定	47
4.3.1	V&V 活动的全息解构	47
4.3.2	V&V 活动线性全序列模型	48
4.3.3	V&V 策略的概念	49
4.3.4	V&V 活动的风险	50
4.3.5	基于策略的费用和风险模型	50
4.3.6	V&V 策略的广度制定	52
4.3.7	V&V 策略的深度制定	60
4.3.8	V&V 策略的深度制定的随机规划模型解法	61
4.4	V&V 策略制定的实例分析	72
4.4.1	M&S 简介	72
4.4.2	V&V 活动集与风险事件集	73
4.4.3	费用、发生概率与损失的评估与聚合	75
4.4.4	结果与分析	76
4.5	后 V&V 阶段 M&S 可信性评估	78
4.5.1	M&S 可信性评估的定义	78
4.5.2	基于 VaR 的可信性评估方法	79
第5章	V&V 的管理初探	85
5.1	强化 V&V 管理的必要性	85
5.1.1	V&V 管理是促使 V&V 从自发向自觉转变的需求	85
5.1.2	V&V 管理是推动 M&S 可信敢用的迫切需求	86
5.1.3	V&V 管理是健全和发展军用仿真系统的需求	86
5.1.4	V&V 管理是推动 M&S 持续健康发展的必然需求	87
5.2	V&V 基本原则的概述及相关思考	87
5.2.1	DMSO VV&A RPG 指导原则	87
5.2.2	Osman Balci 指导原则	89
5.2.3	DND SECO 指导原则	90
5.2.4	相关思考	92
5.3	V&V 管理机构的设置	94
5.4	关于 V&V 管理问题研究的思考和建议	95
5.4.1	牢固树立“M&S 必须 VV&A”的指导思想	95

5.4.2	以 M&S 应用的现实为牵引, 加强 VV&A 的学习与研究	96
5.4.3	以人为本, 人才先行, 大力培养 VV&A 技术与管理人才	96
5.4.4	加快建立和健全 VV&A 组织机构的建设	96
5.4.5	牢固树立 VV&A 为提高武器装备信息化水平服务的思想	96
5.5	结论	96
第 6 章	VV&A 研究的战略展望	98
6.1	统一 VV&A 概念, 建立 VV&A 标准规范体系	98
6.2	进一步完善 VV&A 相关模型	98
6.3	把 VV&A 从以准确性为中心的评估转向以质量为中心的评估	100
6.4	把 VV&A 从以产品为中心的评估转向以产品/过程/规划为中心的评估	101
6.5	利用人工智能、大数据等新技术辅助 VV&A	101
6.6	开发有效评估定性指标的技术	102
6.7	开发有效利用专家知识的技术	102
6.8	建立良好的 VV&A 行业生态	102
6.9	提供广泛的 VV&A 教育、培训和交流	103
6.10	构建基于综合集成环境的 VV&A 实验室	103
6.11	SEBVV&AL 的建设	104
6.11.1	SEBVV&AL 的建设原则	104
6.11.2	SEBVV&AL 的特点及其基本功能	105
6.11.3	SEBVV&AL 的建设步骤	106
附录		108
附录 A	V&V 活动费用的评估	108
附录 B	V&V 活动相关风险事件的评估	109
附录 C	SEVM 对问题 1 的解算结果	111
附录 D	SEVM 对问题 2 的解算结果	112
附录 E	SCCPM 对问题 1 的解算结果	113
附录 F	SCCPM 对问题 2 的解算结果	114
	参考文献	115

第 1 章

绪 论

靡不有初，鲜克有终。

——《诗经·大雅·荡》

万事开头难，每门科学都是如此。

——马克思

1.1 VV&A 产生的根源

VV&A 是由 Verification（校核）、Validation（验证）和 Accreditation（确认）三个英文单词的首字母组成的缩写词，指对基于 M&S 的特定应用（Intended Use）进行不断增进的评审（Reviews）、分析（Analyses）、评估（Evaluations）和测试（Testing）活动，以提高（或建立）其可信性（Credibility），降低用户风险的动态过程。

在过去的十余年里，M&S 的应用主要集中于解决两大难题：

1) 提高模型间的互操作性（Interoperability）。

2) 提高模型输出结果的可信性。

为解决这两个问题，应该大力开展以下两项工作：

1) 采用高层体系结构 HLA 来提高模型间的互操作性。

2) 进行模型的校核和验证（Verification and Validation）工作，以支持权威机构（官方）对应用于特定目的的模型进行正式确认（Accreditation），从而提高模型的可信性。

通过图 1.1 所表示的逻辑过程可见，对于模型高可信性的需求是 VV&A 产生的根源。

1.2 国内外 VV&A 研究概况

对仿真系统的 VV&A 研究最早开始于对仿真模型的校验研究，这可以追溯到

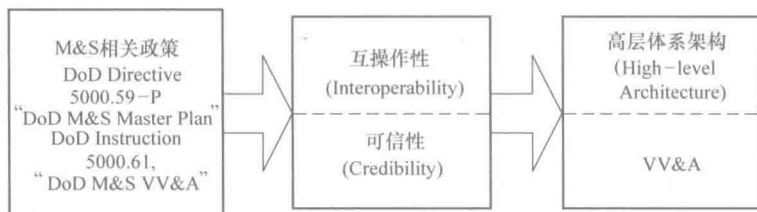


图 1.1 VV&A 的由来

20 世纪 60 年代仿真应用的初始时期，人们对利用模型代替实际系统进行仿真实验的可信度是持怀疑态度的。1962 年，Biggs 和 Cawthore 等就注意到对“警犬”导弹仿真的全面评估。几十年来，对仿真模型校验问题的研究一直是系统仿真研究的重点。美国计算机仿真协会（SCS）于 20 世纪 70 年代中期成立了模型可信性技术委员会（TCMC），其任务是建立与模型校验有关的概念和术语。20 世纪 80 年代以来，美国 SCS 和冬季仿真会议（WSC）每年都有关于模型校验的专题讨论。美国军事运筹协会自 1989 年以来召开了多次有关模型校验、验证和验收的小型讨论会。

20 世纪 90 年代以来，以计算机技术、通信技术和智能技术等为代表的信息技术的迅猛发展，及其在仿真系统研究中日益广泛的应用，使仿真系统的功能和性能均获得了巨大提高，但同时也增加了仿真系统校验的难度，因此迫切需要建立全面有效的 VV&A 过程和方法。对仿真系统 VV&A 研究的重点，从仿真模型的校验方法研究为主，转向如何更加全面系统地对仿真系统进行 VV&A。在西方国家，尤其是美国，武器系统规模的增大、部队作战技术化水平的提高及武器系统采购费用的急剧增加，与军事开支不断缩减的实际情况存在巨大反差，这使美国国防部对仿真系统应用的需求和依赖性大大增加，对仿真系统的可信度提出了更高的要求，同时更加强调仿真系统的交互性和重用性。这使 VV&A 在仿真系统研制中的作用更加突出，迫切需要建立规范来指导仿真系统的 VV&A 工作。美国国防部（DOD）5000 系列指令提出了关于国防部武器装备采购的新规范和要求，其中，DOD 5000.59 指令《关于国防部 M&S 的管理》、DOD 5000.61 指令《国防部建模与仿真 VV&A》明确规定了 DOD 在 M&S 应用方面的一系列政策，要求 DOD 所属的各军兵种制订自己的 M&S 主计划和仿真系统的 VV&A 规范，并在仿真系统开发过程中大力推行应用有关 VV&A 的活动，以提高仿真系统的可信度水平。1996 年，DMSO 建立了一个军用仿真 VV&A 工作技术支持小组，负责起草国防部 VV&A RPG。该小组包括国防部、军事部门、学术团体和工业界的代表，他们参考了国防部关于 M&S 及其 VV&A 方面的指令规范、各种 VV&A 工作情况总结和大量学术文章及讨论会纪要。1996 年 11 月完成了这一建议规范的第一版，这是目前关于仿真系统的 VV&A 最为全面的工具书，该规范的第二版正在修订中。IEEE 也于 1997 年通过了 DIS 系统 VV&A 的建议标准，这是关于大型复杂仿真系统 VV&A 的一个比较全面的指导。

值得一提的是, DOD 对 M&S 的 VV&A 研究的高度重视还体现在组织管理上。在 DOD 的领导支持下, 美国国内除了有 TCMC 这样的专门组织及技术支持小组 (Technical Support Team) 外, 还有 VV&A 技术工作组¹ (Technical Working Group) 等一系列组织。这些组织的成员来自很多组织机构, 既有美国军方各军兵种的代表、国防部高级官员和 M&S 执行机构的成员, 也有科研和学术机构的代表, 甚至还有工业部门的代表。正因为如此, 使得美军在 M&S VV&A 领域已经形成了规模宏大、技术力量雄厚、组织管理严密、多级层次及统一协调的研究与应用体系。

多年以来, 美国同北约之间关于 VV&A 的理论研究和实践一直未曾间断, 英、法于 2001 年初在 AFDRG 的资助下也开启了关于 VV&A 框架的大型研究项目。

然而, 总的来说, M&S 的 VV&A 研究与应用工作进展还是比较缓慢的。美国西北大学 Hoover 教授在 20 世纪 80 年代初的统计结果是: 在有关仿真的论文中, 提到 VV&A 的文献数目最多不超过论文总数的 30%, 而“绝大多数有关仿真的论文根本没有提到 VV&A”。美国陆军导弹司令部负责仿真系统工作的 Holmes 博士, 在 20 世纪 80 年代初对北约成员国的 24 个主要仿真机构进行了一项调查, 发现绝大部分机构在其仿真系统研制中没有系统地使用过任何 VV&A 技术。

美国学者 Balci 和 Sargeant 曾先后两次进行了模型确认和验证方面研究文献的收集工作, 所收集的文献源于国际仿真学术会议录、论文集、期刊杂志和技术报告等。第一次收集在 1980 年, 共收集文献 125 篇; 第二次在 1984 年, 共收集文献 308 篇。由此看来, VV&A 研究的情况有所好转, 但还远远不够。

在我国, 这种情况更加严重。20 世纪 70 年代末, 徐瑞恩等在“运筹学方法论”研究中已认识到这一问题, 并把模型 VV&A 放在认识论和实践论观点下进行研究。目前, 我国的仿真文献还较少涉及模型的 VV&A 问题。仿真学术会议还没有将 VV&A 作为专门议题。已出版的仿真书籍中很少有章节介绍 VV&A 的方法, 极个别书籍虽然提到但也仅限于简单介绍。另外, 比较系统的 VV&A 应用工作也很难见到。

1.3 研究目的和内容

随着计算机技术的飞速发展, M&S 作为一种解析问题的方法 (工具), 在各领域中得到越来越广泛的应用。M&S 是解决经费预算紧缩与军事斗争准备紧迫这一矛盾的有效途径。M&S 对于推动作战理论的发展, 研究战法与优化兵力结构, 提高决策水平和加快武器装备信息化进程, 均具有重要作用。在可预见的未来, M&S 的活动在军事活动各领域会得到越来越广泛和深入的应用, 而 M&S 的可信性自然会成为 M&S 的发起者 (Sponsor) 和用户 (User) 越来越关注的问题。

没有可信性的 M&S 只会徒增成本和决策的风险, 无助于问题的研究和解决, 没有任何意义。M&S 的可信性评估要通过正确的 VV&A 活动来获得。VV&A 的出现, 解决了 M&S 的可信性问题, 推动了 M&S 在装备建设、作战训练、作战效能分

析、辅助决策和作战行动中的应用,产生了巨大的效益。VV&A 工作的逐步开展和完善,促进了跨部门和跨领域的资源和成果共享。正因为如此, VV&A 成为降低风险 (Risk Reduction)、节约成本、提高产品可重用性和可信性的重要手段。VV&A 在美国国防系统各领域广泛应用,得到了高度重视和发展,已经形成一整套政策、程序和技术体系。

本书力求从系统的角度出发,探讨构成 M&S VV&A 研究自身的完整的、自治的基本问题,通过对这些问题的研究,促进 VV&A 整体的技术方法研究、VV&A 管理规范及指导文件框架研究、管理模式研究,并藉此来指导我们在具体 M&S 产品中的 VV&A 个案的分析工作。本书关注的是 VV&A 整体的技术和管理特征,而不仅局限于具体 M&S 产品的 VV&A 活动及其技术特征的个案分析。本书的观点,就如一位栖身于月球的观察者对地球进行考察时所形成的观点,因此与居住在伦敦或巴黎,北京或新德里所形成的观点截然不同。

无疑,与 VV&A 相关的研究内容是多样的,彼此联系是复杂的。本书在收集、消化和吸收国内外相关资料并咨询专家意见的基础上,创造性地提出 M&S VV&A 研究的三大基本问题: V&V 与科学哲学、V&V 一般方法论和 V&V 的管理,如图 1.2 所示。

通过对 VV&A 三大基本问题的研究,使我们从对 VV&A 的零星的、局部的、不系统的探讨,到大量的、完整的、系统的研究和发展,大有裨益。其他 VV&A 问题的提出及解决之道,均可看作从 VV&A 研究的三大基本问题衍生而来。

本书通过提出 VV&A 三大基本问题的观点,对三者进行初步系统研究,为将来 VV&A 相关问题的深入研究抛砖引玉。

1.4 结构简图

本书各章之间的关系如图 1.3 所示。

通过图 1.3 所示的结构图可知:本书研究的主体部分,即第 3 章到第 5 章,是相对独立的,其中第 4 章是主体部分的重点内容,读者可在读完第 1 章和第 2 章后过渡到主体部分的任何一章。同时,主体部分的三章内容又是相互联系的,通读这三章内容后,可以自然过渡到第 6 章。

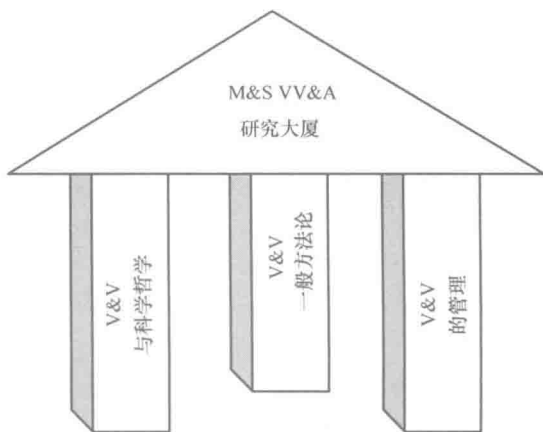


图 1.2 VV&A 研究的三大基本问题

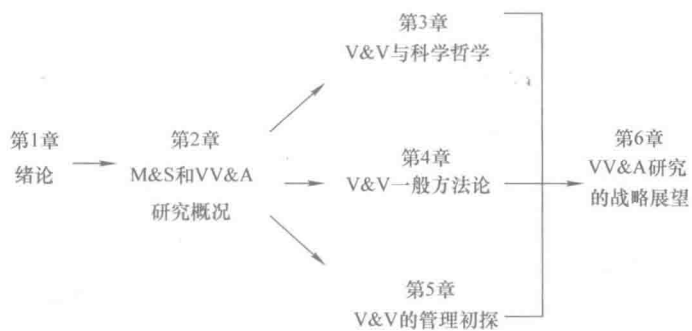


图 1.3 本书结构图

第 2 章

M&S 和 VV&A 研究概况

我认为不认识整体就不可能认识部分，同样地，
不特别认识各个部分也不可能认识整体。

——帕斯卡

2.1 基本概念

2.1.1 M&S 的概念

要理解 VV&A 的概念，首先要了解这些概念所应用的主要领域，即 M&S。M&S 的概念出现在多种参考文献中，但它们之间基本没有质的区别。下文所述的定义，将促进对“模型”和“仿真”这两个词的一般性理解。

模型指一个系统、实体、现象或过程的物理或其他逻辑的描述，而仿真是在时间上实现一个模型的一种方法。模型是现象或过程的概念化、抽象化形成的数学方程和解决之道，而仿真是在前后相关的时间序列或想定范围内，这些方程在整个时间段上的软件实现和求解。我们通常提到的“模型与仿真”或“建模与仿真”的含义是一样的，只是后者更强调“构建”模型这一“产品”的动态过程。与模型相对的是现实世界，或称现实系统、物理系统，这些都可以统称为原型。

仿真并非直接模仿真实世界，它模仿真实世界的抽象，即概念模型。真实世界的概念模型与真实世界的仿真——实现概念模型的计算机程序，是有本质区别的。关于 M&S 及其与 VV&A 之间的关系，将在后续章节继续阐述。

2.1.2 VV&A 的概念

1. V&V 的概念

过去, V&V 活动通常发生在 M&S 完成后的测试阶段, 如果 V&V 贯穿于整个 M&S 的全生命周期中, 我们将获益更多。总的来说, 虽然 V&V 包含的校核 (Verification) 与验证 (Validation) 均是一个做出决定的过程 (Process of Determining), 但它们是两个完全不同的概念, 包含完全不同的活动集。

校核 (Verification) 的五个主要不同定义如下:

- 1) 决定在软件开发的全生命周期的某个阶段, 得到的产品是否完成了所建立的需求规范的一个过程。
- 2) 决定模型的详细设计及其相关的数据是否精确代表了开发者的概念模型描述与详细的规范设计过程。
- 3) 决定一个计算机软件系统的实现是否正确地表征了现实物理过程中的一个过程。
- 4) 证实为了特定的应用, 通过建模, 系统从一种形态转变到另一种形态具有足够的精确性。
- 5) 决定所列方程得到了正确的解算过程。

虽然校核的概念在不同的研究领域有不同的表述, 但在本质上它们之间没有区别。从 M&S 的角度来讲, 它关心的问题为: 是否正确建立了模型 (Building the model right)? 即设计人员是否按照仿真系统特定应用的目标和功能需求正确地设计出系统的模型, 仿真软件开发人员是否按照设计人员提供的仿真模型正确实现了模型。

验证 (Validation) 的四个主要不同的定义如下:

- 1) 在软件开发周期的末段, 对软件进行评估, 以保证其与软件需求一致的过程。
- 2) 从模型的特定应用目的来看, 决定模型及其相关数据表征所研究的真实世界程度的过程。
- 3) 证实在模型的特定应用中, 其输出得到相关领域专家的一致认可。从特定应用的角度看, 与实际系统的输出比较, 有令人满意的精确度。
- 4) 决定所列方程是否正确的过程。

在不同领域, 验证的概念亦不尽相同, 但它们之间没有本质区别。从 M&S 的角度来讲, 它关心的问题为: 是否建立了正确的模型 (Building the right model)? 更详细地说, 验证关心的是模型在具体的应用中多大程度地反映了真实世界的情况。

表 2.1 列出了重要的 V&V 政策和指南, 表 2.2 列出了在 DOD 和美国军队中 V&V 的不同定义, 但需要指出的是, 它们之间没有本质区别。

表 2.1 重要的 V&V 政策和指南

年代	政策或指南	简要说明
1993	美国“陆军模型与仿真的 VV&A”	美国陆军为帮助 M&S 开发者和发起者印发的手册，它与陆军条令 5-11 中的 VV&A 政策一致
1995	DOD VV&A RPG	DMSO 的 VV&A 技术支持小组为 DOD 所撰写的 VV&A RPG
1996	DOD 5000.61 指令，“M&S 的 VV&A”	继 DOD 5000.59 指令后 DOD 发布该指令，是为完善政策、厘清责任和描述流程
1997	IEEE 1278.4 标准，“DIS 的 VV&A 的实践指南”	为 DIS 的 VV&A 活动提供指南
1998	IEEE 1012-1998 标准，“软件 V&V”	为所有软件的 V&V 提供指南，重点是 V&V 的管理、版本管理和测试
1999	美国海军 M&S 的 VV&A	海军为 M&S 的 VV&A 发布的政策和相关流程

表 2.2 美国国防部内 V&V 的定义

政策文件	校核	验证
DOD 5000.61 指令	决定一个模型的详细设计及其相关的数据是否精确代表了开发者概念模型的描述与详细规范设计的过程	从模型的特定应用目的来看，决定一个模型及其相关数据表征真实世界程度的过程
DOD VVA RPG	同上	同上
陆军手册	决定一个 M&S 是否精确代表了开发者概念模型的描述与详细规范设计的过程。校核评估在 M&S 的开发中使用合理的、已制定的软件工程技术的程度	从 M&S 特定应用的目的来看，决定一个 M&S 精确表征现实世界程度的过程。验证的方法包括专家一致法、同历史数据对比法及独立审视法等
海军 M&S 的 VV&A	决定一个模型或者仿真的详细设计及其相关的数据是否精确地代表了开发者概念模型的描述与详细规范设计的过程	从特定应用的角度看，决定一个模型或者仿真精确地表征现实世界程度的过程
AFI16-1001	决定一个 M&S 是否精确表征了开发者概念模型的描述与详细规范设计的过程	从 M&S 特定应用的目的来看，验证是一个严格的、结构化的过程，它是决定一个 M&S 精确表征所关心的“现实世界”现象的程度的过程

2. A 与可信性的概念

A 即确认（Accreditation），指权威机构（官方）对于一个特定的 M&S 应用于