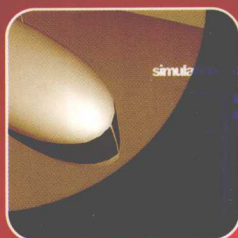


中国仿真科学与技术书系 “十一五”国家重点图书出版规划



SIMULATION SCIENCE

仿真模型可移植性规范及其应用

Simulation Model Portability and Applications

李群 雷永林 侯洪涛 王维平 编著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

“十一五”国家重点图书出版规划
中国仿真科学与技术书系

Simulation Model Portability and Applications

仿真模型可移植性规范及其应用

李群 雷永林 侯洪涛 王维平 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

仿真模型可移植性标准是欧洲航天局为提高不同仿真环境和操作系统中模型的可移植性和可重用性而建立的仿真模型开发与集成标准,用以解决多领域仿真模型集成与分析所面临的挑战。SMP 2.0 基于 MDA 的思想,采用平台无关模型和平台相关模型提高仿真模型的可移植性,并基于平台无关模型提高了仿真模型的可组合能力,代表了仿真模型可组合应用的最新发展。为此本书基于 SMP 规范详细介绍了 SMP 的模型开发和集成方法、SMP 的组件模型规范、SMP 的元模型规范、SMP 的模型开发和运行环境及相关应用实例,争取为国内大规模复杂仿真系统的研制提供一些有益的借鉴。

全书共 8 章,即概论、仿真模型可移植性规范简介、仿真模型开发与集成、SMP 组件模型、SMP 元模型、SMP 开发环境、基于 SMP 的导弹攻防对抗仿真、卫星导航系统完好性仿真。

本书可供从事武器装备或民用装备的论证、研制、试验、生产、使用等领域的工程技术人员阅读,也可作为高等院校的系统工程、仿真工程、计算机应用等有关专业师生参考。

INTRODUCTION

SMP (Simulation Model Portability Standards) is a simulation model development and integration standard for model portability and reusability in different simulation environments and operating systems to solve the problems of cross-domain simulation model development and integration. SMP 2.0 is based MDA (Model Driven Architecture). The simulation model portability is improved by separating model into PIM (Platform Independent Model) and PSM (Platform Specific Model) and the simulation model composability is derived from PIM. SMP 2.0 is the innovation of simulation model composability research. So this book gives the introduction of simulation model development and integration methodology, component model, and meta-model of SMP 2.0. The supporting tools and applications in Missiles Attack-Defense and Global Integrity Analysis for Statellite Navigation System for SMP is also illustrated in this book. The contents of this book may provide some reference for many large-scale simulation applications.

This book consists of eight chapters: introduction, SMP overview, Model Design and Development and Integration, SMP Component Model, SMP Metamodel, SMP Supporting Tools, Missiles Attack-Defense Simulation, and Global Integrity Analysis for Statellite Navigation System.

The engineering technicians who engaged in system analysis, development, test, production, and operation can benefit from this book. It is also referred by the teachers and students of colleges and universities related subjects such as system engineering, simulation engineering, computer applications, and so on.

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

仿真模型可移植性规范及其应用 / 李群等编著. —北京:电子工业出版社, 2010.4

(中国仿真科学与技术书系)

ISBN 978-7-121-10512-8

I. 仿… II. 李… III. 仿真模型 IV. N032

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 041541 号

责任编辑:陈韦凯 特约编辑:钟永刚

印刷:北京天宇星印刷厂

装订:三河市皇庄路通装订厂

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:787×1092 1/16 印张:22.25 字数:570 千字

印 次:2010 年 4 月第 1 次印刷

印 数:3 000 册 定价:52.00 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 zltz@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

欧洲航天局 (Europe Space Agency, ESA) 在空间项目如 Galileo 系统、火星探测等应用的系统论证研究中, 经常面临多领域仿真模型集成与分析的困难。为此, ESA 委托 Vega 公司主持制定了仿真模型可移植性 (Simulation Model Portability, SMP) 标准, 在强调可移植性、可重用性的基础上, 明确将可组合性作为仿真集成的一个重要目标, SMP 标准基于 MDA (Model Driven Architecture) 的思想, 采用平台无关模型和平台相关模型提高仿真模型的可移植性, 并基于平台无关模型提高了仿真模型的可组合能力, 代表了仿真模型可组合应用的最新发展。

本书主要基于 SMP 规范详细介绍了 SMP 的模型开发和集成方法、SMP 的组件模型规范、SMP 的元模型规范、SMP 的模型开发和运行环境以及 SPM 规范的应用实例, 争取为国内大规模复杂仿真系统的研制提供一些有益的借鉴。本书是国内第一部详细介绍 SMP 规范及其应用的著作, 是作者在多项理论课题和应用课题支持下的工作成果, 其中的理论和经验得到了相关应用课题的检验, 对于促进仿真模型工程化的发展和应用具有重要意义。

全书共 8 章, 即概论、仿真模型可移植性规范简介、仿真模型开发与集成、SMP 组件模型、SMP 元模型、SMP 开发环境、基于 SMP 的导弹攻防对抗仿真、卫星导航系统完好性仿真。全书由李群组织编写和统稿。其中王维平负责编写了第 1 章, 第 2 章至第 6 章由李群负责编写, 第 7 章由雷永林负责编写, 第 8 章由侯洪涛负责编写。

感谢实验室的苏年乐、王超、陈超、刘娟、唐苏研、赵新等博士研究生, 在书稿的编写过程中帮助收集了大量资料, 并对书稿进行了认真仔细的校对。同时感谢所有关心和支持本书编写和出版的人们。

本书错误在所难免, 敬请读者批评指正。

编 者

2010 年 1 月于长沙

目 录

第 1 章 概论	1
1.1 引言	2
1.2 基本概念	3
1.3 组合仿真方法的发展	7
1.3.1 模块化的仿真组合方法	7
1.3.2 面向对象的模型组合方法	8
1.3.3 基于组件的仿真组合方法	9
1.3.4 基于互操作协议的组合仿真方法	11
1.4 基于 MDA 的仿真模型开发方法	12
1.4.1 MDA 在仿真中的作用	13
1.4.2 基于 MDA 仿真的概念	14
1.4.3 基于 MDA 的仿真模型组合方法	14
1.5 仿真模型可移植性规范及其应用	16
1.6 本书的内容组织	18
第 2 章 仿真模型可移植性规范简介	20
2.1 基本概念	21
2.1.1 概述	21
2.1.2 SMP 的顶层结构	21
2.1.3 SMP 的特点	23
2.2 体系结构	24
2.3 运行阶段	25
2.4 运行机制	26
2.4.1 组件与模型的层次结构	26
2.4.2 仿真服务	27
2.4.3 仿真时间类型	30
2.4.4 模型入口点	30
2.4.5 模型发布	31
2.4.6 模型交互	31
2.4.7 可管理的模型	33
2.5 模型和仿真环境特征	35
2.5.1 静态配置仿真	35

2.5.2	动态配置仿真	36
2.5.3	可选特征	37
2.6	仿真环境	37
2.6.1	仿真环境状态图	38
2.6.2	仿真环境接口	41
2.6.3	ISimulator 接口	42
2.6.4	IComposite 接口	45
2.6.5	IPublication 接口	46
2.6.6	IDynamicsSimulaor 接口	46
2.6.7	仿真服务	47
2.7	模型开发指南	48
第 3 章	仿真模型开发与集成	53
3.1	起步	54
3.1.1	最开始的类	54
3.1.2	将其转化为 SMP 模型	55
3.1.3	向仿真环境发布数据	56
3.1.4	向日志发送信息	57
3.1.5	向调度管理器增加模型	58
3.1.6	注册全局事件	59
3.1.7	完整的模型	59
3.1.8	转化为可管理的模型	62
3.2	模型设计和开发	65
3.2.1	基于类的设计	65
3.2.2	基于接口的设计	68
3.2.3	基于组件的设计	70
3.2.4	基于事件的设计	72
3.2.5	基于数据流的设计	75
3.2.6	附加设计元素	75
3.3	模型集成	77
3.3.1	使用源代码集成模型	77
3.3.2	使用装配进行模型集成	80
3.4	模型示例	84
3.4.1	基于类的示例	84
3.4.2	基于接口的示例	86
3.4.3	基于组件的示例	90
3.4.4	基于事件的示例	93

3.5	基于 SMP 的仿真平台 Sim2000 2.0	97
3.5.1	概念建模阶段	98
3.5.2	模型设计阶段	98
3.5.3	模型开发阶段	99
3.5.4	模型集成阶段	99
3.5.5	调度设计阶段	100
3.5.6	仿真运行阶段	100
3.5.7	分析评估阶段	101
第 4 章	SMP 组件模型	103
4.1	概述	104
4.2	基于 IDL 的组件模型描述	107
4.3	组件模型	110
4.3.1	异常	110
4.3.2	对象和组件	111
4.3.3	组件机制	117
4.3.4	模型机制	130
4.3.5	管理接口	132
4.3.6	仿真环境	143
4.4	仿真服务	156
4.4.1	基本服务	157
4.4.2	可选服务	175
第 5 章	SMP 元模型	177
5.1	概述	178
5.2	SMP 元模型	179
5.2.1	顶层结构	179
5.2.2	元模型 Schemas	180
5.2.3	XML Links	181
5.2.4	Primitive Types	181
5.3	核心元素	181
5.3.1	简单类型	182
5.3.2	Elements	183
5.3.3	Metadata	185
5.4	核心类型	186
5.4.1	Types	186
5.4.2	Value Types	189

5.4.3	Typed Elements	196
5.4.4	Values	198
5.4.5	Attributes	200
5.5	SMDL Catalogues	201
5.5.1	Catalogue Document	201
5.5.2	Classes	203
5.5.3	Reference Types	206
5.5.4	Events	209
5.5.5	Catalogue Attributes	211
5.6	SMDL Assemblies	214
5.6.1	An Assembly Document	214
5.6.2	Links	216
5.7	SMDL Scheduling	219
5.7.1	A Schedule Document	219
5.7.2	Tasks	220
5.7.3	Events	221
5.7.4	Schedule Attributes	223
5.8	SMDL Packages	224
5.9	SMDL Workspaces	225
第 6 章	SMP 开发环境	227
6.1	SMP 开发环境概述	228
6.1.1	XSIM 工具	228
6.1.2	仿真开发生命周期	229
6.1.3	其他支撑工具	230
6.2	SMP 模型开发集成环境	230
6.2.1	系统分析	230
6.2.2	系统设计	232
6.3	SMP 模型开发集成环境总体视图	240
6.4	模型设计管理工具的使用	243
6.4.1	定义模型设计元素	244
6.4.2	编辑模型设计元素属性	248
6.5	代码预览和输出工具的使用	248
6.5.1	代码预览	249
6.5.2	代码输出	250
6.6	模型装配管理工具的使用	252
6.6.1	模型实例的定义与属性编辑	253

6.6.2	模型实例编辑工具的使用	256
6.7	模型调度管理工具的使用	259
6.7.1	定义任务	260
6.7.2	定义事件	264
6.7.3	连接事件与任务	266
6.8	仿真引擎	267
6.8.1	系统功能	267
6.8.2	面向对象设计	269
第 7 章	基于 SMP 的导弹攻防对抗仿真	274
7.1	应用背景	275
7.2	仿真研究方法	276
7.2.1	现有仿真研究方法存在的问题	276
7.2.2	基于 SMP 的仿真研究方法	277
7.3	面向 SMP 的模型体系分析	277
7.3.1	基于 UML 的模型体系面向对象分析	277
7.3.2	UML 分析模型向 SMP 设计模型的映射	284
7.4	基于 SMP 的模型框架设计	285
7.5	基于想定的 SMP 模型集成	293
7.5.1	基于 Assembly 编辑器的导弹攻防对抗仿真模型集成	293
7.5.2	基于想定的 SMP 模型集成	297
7.6	基于 SMP 的仿真实验分析环境	299
7.6.1	实验设计环境	299
7.6.2	实验运行环境	301
7.6.3	动态表现环境	302
7.6.4	分析评估环境	307
第 8 章	卫星导航系统完好性仿真	308
8.1	问题背景	309
8.2	完好性的性能分析	310
8.2.1	完好性的可用性分析	310
8.2.2	完好性的连续性分析	311
8.3	完好性仿真模型体系分析	311
8.3.1	完好性仿真模型体系框架	312
8.3.2	仿真模型关系分析	316
8.4	基于 SMP 的完好性仿真模型开发集成	320
8.4.1	仿真模型框架	321

8.4.2	仿真模型设计	323
8.4.3	仿真模型开发	324
8.4.4	仿真模型集成	325
8.4.5	仿真模型调度	325
8.5	基于 SMP 的完好性仿真想定编辑器	327
8.5.1	想定编辑器的设计	327
8.5.2	想定编辑器的实现	329
8.6	系统完好性仿真试验分析	331
8.6.1	无故障/故障卫星条件下完好性性能分析	334
8.6.2	RAIM 对 SBAS 系统完好性的增强	335
8.6.3	飞机的完好性仿真	336
8.6.4	完好性计算比较分析	337
缩略语汇总		339
参考文献		341

本章内容安排如下：

- ★ 引言
- ★ 基本概念
- ★ 组合仿真方法的发展
- ★ 基于 MDA 的仿真模型开发方法
- ★ 仿真模型可移植性规范及其应用
- ★ 本书的内容组织

1.1 引言

系统仿真技术经过半个多世纪的发展,已经成为运用系统工程理论及方法解决实际问题的主要手段之一。随着仿真应用范围的不断扩展,建模仿真的对象由早期的简单系统发展到现在的复杂工程大系统、社会经济系统、军事作战及装备体系等。它们都具有结构组成、行为逻辑复杂及动态演化的特征,对仿真系统的可扩展性、适应性、可重用性及互操作性等性质提出了更高的要求,迫切希望仿真系统的开发能够像制造业那样,通过灵活地组装零部件快速形成满足不同需求的最终系统,从而能够更好地应对复杂体系的不断演化并做出及时的响应,同时保持对实际体系组成、行为和过程的建模有效性。

组合仿真正是在这种需求背景下提出的一种新的仿真开发思想和范式,它强调最大限度地重用已有仿真模型实现组合与再组合,并通过灵活的组装方式快速构建目标仿真系统,通过组件替换实现仿真系统的升级或修正。组合仿真研究的核心问题是可组合性,目前对可组合性的定义很多,认识还不统一。其中, Petty 教授给出的定义颇具影响力,即可组合性是指选择并可采用多种组合机制装配仿真组分形成满足特定应用需求的仿真系统的能力。Tolk 在概念互操作模型基础上,指出可组合性具有层次化的特征,将可组合性分为技术、语法、语义、语用和概念五个层次,并提出多层次的组合建模仿真框架,为组合仿真研究奠定了很好的基础。组合仿真的思想正逐步得到学术界和工程领域的认可。

美国国防部(Department of Defense, DoD)为了提高仿真模型及仿真系统的互操作和可组合性,先后推出了 SIMNET、DIS(Distributed Interactive Simulation)、ALSP(Aggregate Level Simulation Protocol)、HLA(High Level Architecture)等技术标准,各军兵种也在基于组件的软件工程方法指导下,先后建立了大量的仿真应用系统。实践表明,虽然取得了许多成功应用,但目前距离仿真模型的可组合性仍有相当差距,仿真模型难以组合、难以保证组合正确性的问题仍然十分突出,“烟囱”式仿真系统与仿真开发依旧大量存在。为此,美国国防部建模仿真办公室(Defense Modeling and Simulation Office, DMSO)于 2002 年正式提出可组合使命空间(Composable Mission Space Environment, CMSE)的研究倡议,旨在全面提高模型或仿真的可组合性,实现模型和仿真的快速柔性组合。CMSE 报告给出了美军未来建模仿真发展的路线图,明确将仿真可组合性视为实现其未来目标的重要保证,如图 1.1.1 所示。在此之后,兰德公司受 DoD 委托对如何提高 DoD 内仿真模型的可组合性进行了专题研究,研究结果表明仅依赖于技术标准难以从根本上解决模型及仿真难以组合的问题,必须从组合仿真理论方面入手进行深入研究,进而制定面向领域人员的建模规范和技术标准。为推动组合仿真理论研究的发展,DoD 以可组合性为主题组织了一系列的研究课题,取得了初步成果。在上述研究成果的影响下,可组合性得以逐渐成为 DoD 内仿真系统开发的一项公认的指导原则,组合仿真已经成为 M&S(建模与仿真)领域的研究热点问题。

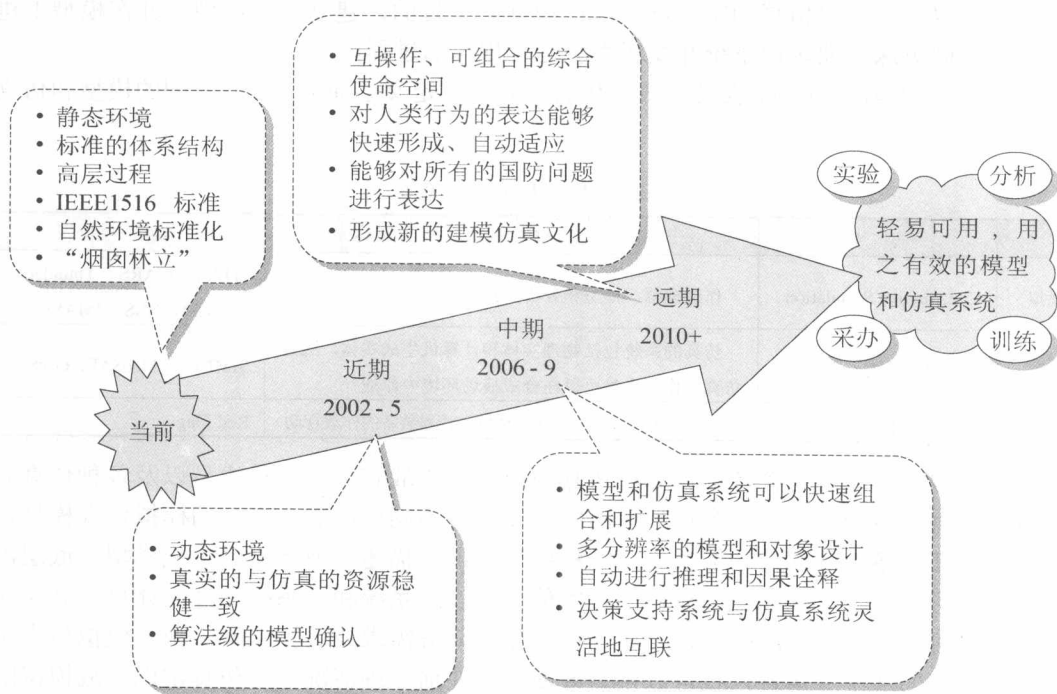


图 1.1.1 美军于 2002 年提出的 M&S 的发展前景对可组合性的期望

欧洲航天局 (Europe Space Agency, ESA) 在空间项目如 Galileo 系统、火星探测等应用的系统论证研究中，经常面临多领域仿真模型集成与分析的困难。为此 ESA 委托 Vega 公司主持制定了仿真模型可移植性 (Simulation Model Portability, SMP) 标准，在强调可移植性、可重用性的基础上，明确将可组合性作为仿真集成的一个重要目标。SMP 标准基于 MDA (Model Driven Architecture) 的思想，采用平台无关模型和平台相关模型提高仿真模型的可移植性，并基于平台无关模型提高了仿真模型的可组合能力，代表了仿真模型可组合应用的最新发展。为此本书主要基于 SMP 规范详细介绍了 SMP 的模型开发和集成方法、SMP 的组件模型规范、SMP 的元模型规范、SMP 的模型开发和运行环境以及 SMP 规范的应用实例，争取为国内大规模复杂仿真系统的研制提供一些有益的借鉴。

1.2 基本概念

美国国防部 DoDD 5000.59 指令中在建模与仿真管理部分将模型定义为：一个模型是一个系统、现象或过程的物理、数学或逻辑的表示。而仿真具有两方面的作用：模型随时间运行的实现方法；采用真实系统或由模型再现的概念系统支持测试、分析或训练的技术。一般仿真类型可以根据仿真研究的基本要素进行分类。任何仿真都必须达到一定的研

究目的,所以,可以将仿真的定义补充为:根据研究目的,建立系统模型,并在模型上进行试验,从而更深入地认识系统并发现系统运行规律的过程。

1992年,美国国防科学委员会根据仿真实验特点定义了如表1.2.1所列的模型和仿真的类型。

表 1.2.1 模型和仿真的类型

类 型	英 文	说 明	应 用
模拟	Constructive Simulation	作战模拟,模型和分析工具	JTLS、JWARS、Thunder、STORM、NSS、JMASS
虚拟	Virtual Simulation	仿真的系统包括物理实体和计算机生成实体,通过仿真器作战人员可以在合成战场环境中作战	SIMNET、ModSAF、OneSAF
实拟	Live Simulation	包含真实作战兵力、作战环境和武器装备的作战行动	Red Flag

其中模拟仿真系统包含各类计算机仿真模型,与作战有关的各种模型以及各种仿真分析工具。武器装备论证、研究和作战运用中需要使用不同层次的、大量的模拟仿真模型,下至描述武器装备或其部件功能的单元工程模型,上至描述大型战役的集成模型。低层次的模拟仿真可以用于详细的工程设计和费用估算,以及系统和子系统的性能计算。高层次的模拟仿真可用于获取作战信息,分析、评估作战任务需求或后勤保障需求。模拟仿真可以在与人交互的情况下运行,也可以不与人交互。在前一种情况下,仿真常以作战模拟的形式出现,可用于军事人员训练或战术、条令研究;在后一种情况下,仿真常以性能/效能仿真的形式出现,可用于计算具有一定统计置信度的评估结果。

虚拟仿真通常是指在虚拟环境中进行的人在回路仿真。典型的人在回路仿真系统有三维虚拟仿真器、联网仿真器系统等。在虚拟仿真中,被仿真系统可以包括硬件,但其运行要受计算机仿真结果的驱动。例如,在武器系统训练模拟器中可以包含一个近乎真实的操作室,里面放置各种修正装置、显示设备和操作仪表盘。计算机生成的合成虚拟环境显示在操作人员前面的屏幕上,并反映在显示设备和操作仪表盘上。武器平台的运动受动力学仿真模型的驱动,仿真过程中发出的各种声响直接录自实际声源。在虚拟仿真环境中,操作人员看到的、感受到的和所做的和实际情况一样,从而产生一种沉浸感。在进行实战演习、试验或演练之前,人在回路中的仿真可以为军事人员提供一个训练平台。将多种武器系统模拟器互连,可以检验多武器—平台之间的互连能力,支持战术和作战条令研究。虚拟仿真也为研制过程中武器系统硬件和软件的评估提供了强有力的工具。

实拟仿真是由实际的战斗人员操作使用实际的武器装备,在接近实际的作战环境中进行的武器装备试验和作战演练。实拟仿真系统与试验靶场配套使用,可以采集武器装备(系统)及其指挥控制软件在作战使用环境中的实际性能数据。与使用部队和现役武器装备在实战环境条件进行实战演习相比,实拟仿真更容易进行,并且耗费和损失较少。尽管如此,实拟仿真也要耗费大量人力、物理和财力资源,并花费大量的时间。从实拟仿真中采集的数据,可以用于评估未来武器装备的实战性能和作战使用原则,也有助于对用于武器装备虚拟管理的模型和仿真系统的结果进行确认和验证。在进行实拟仿真之前,可以先进行模拟仿真或虚拟仿真,对实拟仿真的实验或演练计划、方案和人员进行先期演练,发

现需要研究的关键问题。实拟仿真可以印证虚拟仿真形成的重要结论，多武器平台实拟仿真还可以对武器装备之间的实际交互能力和互操作性进行更为客观的评价。

人们对仿真研究中需要何种细节程度的模型、需要采用何种方法描述模型以及仿真的作用等问题存在很多不同的观点。这主要是因为实际应用中存在众多不同类型的仿真，即使针对同一个仿真或模型，人们考虑的应用和问题也可能千差万别。一般来说，不同类型的仿真实验需要不同详细程度的模型和仿真以支持不同的仿真应用。这些模型和仿真形成了建模与仿真的层次。军用仿真领域就是一个典型的多层次的仿真领域。层次较高的建模与仿真涉及国家政策和兵力结构规划，而层次较低的仿真则可能包含实际的武器系统试验。美国国防部在仿真项目的管理和组织中将建模与仿真的层次进行了如图 1.2.1 所示的划分，其中包含了不同层次仿真需要考虑的兵力、武器实体和系统的分解结构，并说明了不同层次的仿真所对应的系统层次和分析层次。

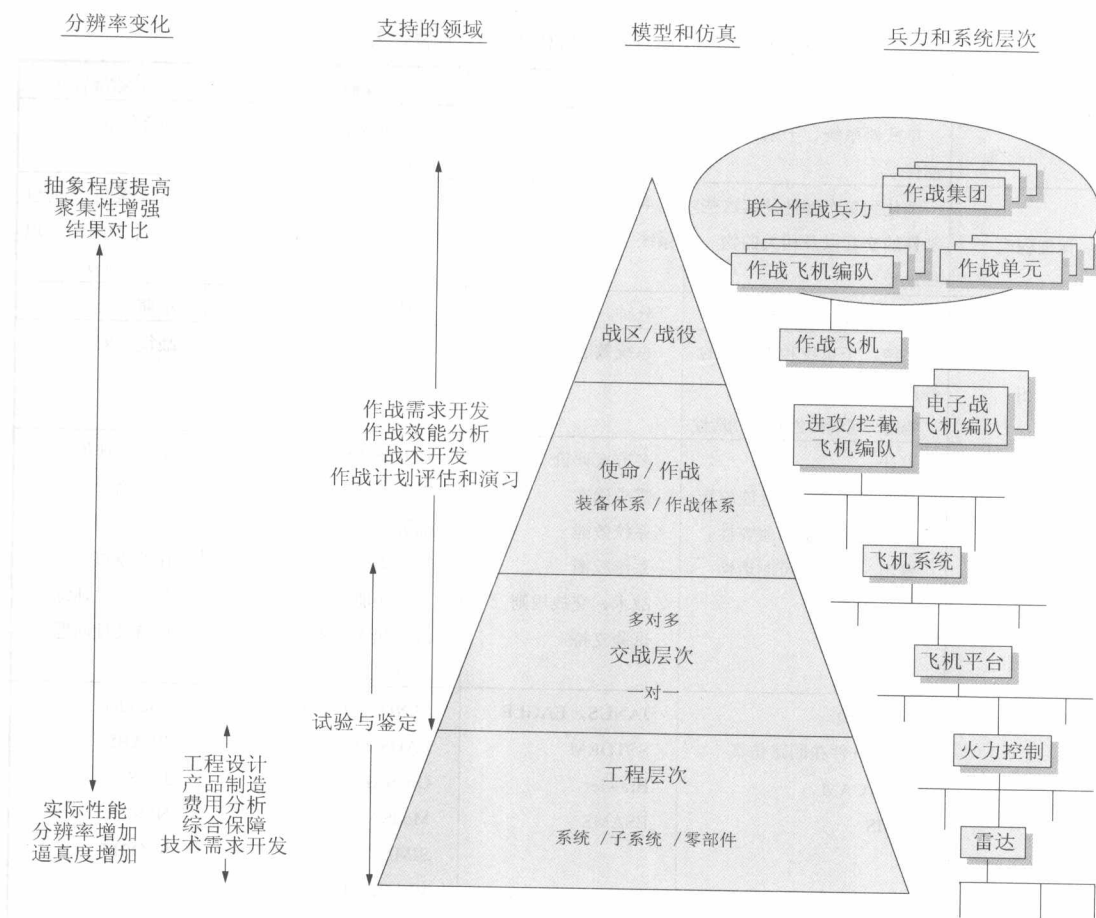


图 1.2.1 美军 M&S 的发展前景对可组合性的期望

军用建模与仿真的层次包括以下几个层次：

- 工程层次 (Engineering)：用于武器装备的设计、费用计算、制造和保障领域，主要支持武器装备的性能评估 (Measures of Performance, MOP)。
- 交战层次 (Engagement)：用于评价对抗条件下的武器系统效能，主要支持武器装备的系统对系统的效能评估 (Measures of Effectiveness, MOE)。
- 使命/作战层次 (Mission/Battle)：评价作战单元或多个平台执行一个特定使命的效能，主要支持兵力对兵力层次的效能评估 (MOE)。
- 战区/战役层次 (Theater/Campaign)：用于给出战区/战役层次作战中联合作战兵力的作战结果，可以在最高战争层次上进行作战兵力价值和作战方案评估，有时称为战果评估 (Measures of Outcome, MOO)。

表 1.2.2 总结了每个层次模型与仿真的主要属性和特点。

表 1.2.2 不同层次模型与仿真的主要属性和特点

模型层次	工 程	交 战	使命/作战	战区/战役
兵力和系统	单武器系统、子系统、零部件	一个或几个实体与敌方一个或几个实体交战	多个作战平台、多任务的作战单元	联合作战
详细程度	细化到单个部件及其这些部件的交互以及相关的物理现象	单个实体和详细的子系统	某种程度的聚集或单个实体	高度聚集，也包括单个实体（坦克、舰船等）
时间跨度	月、纳秒	分钟、秒	小时、分钟	星期、天
输出	系统、子系统和零部件的性能指标 费用、可保障性和可制造性	系统效能	使命效能	战役结果
使用	设计 子系统或零部件性能权衡 技术规范需求和兼容性 费用、保障、可制造性 试验支持	多方案评价 需求确定 系统效能 系统权衡 战术、交战规则 试验支持	多方案评价 需求确定 部署 武器集成 互操作能力 战术和作战概念 训练与作战模拟	多方案评价 需求确定 战术运用 作战模拟 作战人员训练 可持续性问题的
实例	靶场试验 硬件/软件在回路仿真 CAD/CAM CIMS	JANUS, EAGLE SSTORM Brawler ESAMS	JANUS, EAGLE EADSIM OneSAF ModSAF SIMNET VRFORCE FLAMES	Thunder JWARS JTLS NSS STORM

没有任何一个仿真集成标准和规范是通用的。根据上述仿真类型和仿真层次的划分，SMP 属于支持工程层次和交战层次的仿真模型开发和集成标准，主要用于模拟仿真，也可以支持低层次的训练模拟仿真的模型集成标准。