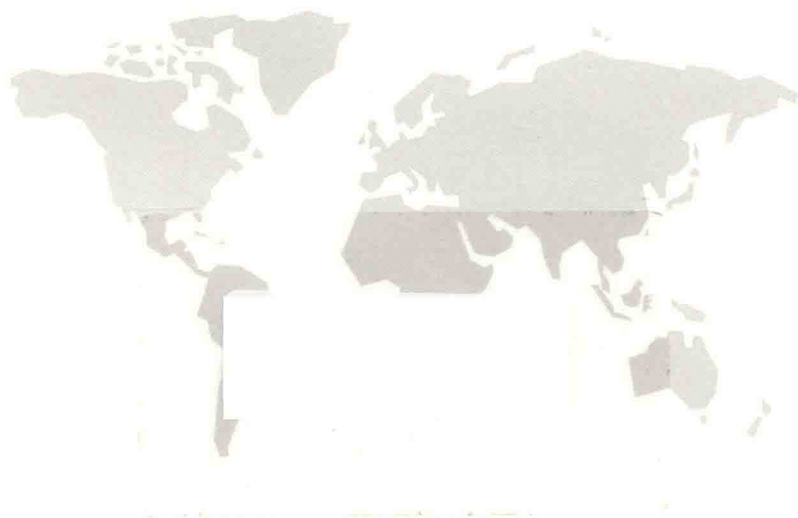


世界国防科技年度发展报告 (2016)

军用建模仿真领域 发展报告

中国航天科工集团第二研究院二〇八所
北京仿真中心



国防工业出版社
National Defense Industry Press

世界国防科技年度发展报告 (2016)

军用建模仿真领域发展报告

JUN YONG JIAN MO FANG ZHEN LING YU FA ZHAN BAO GAO

中国航天科工集团第二研究院二〇八所

北京仿真中心

国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

军用建模仿真领域发展报告/中国航天科工集团第二研究院二〇八所编. —北京: 国防工业出版社, 2017. 4

(世界国防科技年度发展报告, 2016)

ISBN 978-7-118-11287-0

I. ①军… II. ①中… III. ①军事技术—系统建模—科技发展—研究报告—世界—2016 ②军事技术—系统仿真—科技发展—研究报告—世界—2016 IV. ①E9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 055223 号

军用建模仿真领域发展报告

编 者 中国航天科工集团第二研究院二〇八所
北京仿真中心

责任编辑 汪淳 王鑫

出版发行 国防工业出版社

地 址 北京市海淀区紫竹院南路 23 号 100048

印 刷 北京龙世杰印刷有限公司

开 本 710 × 1000 1/16

印 张 14½

字 数 164 千字

版 印 次 2017 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

定 价 86.00 元

《世界国防科技年度发展报告》 (2016)

编委会

主 任 刘林山

委 员 (按姓氏笔画排序)

卜爱民	王 逢	尹丽波	卢新来
史文洁	吕 彬	朱德成	刘 建
刘秉瑞	杨志军	李 晨	李天春
李邦清	李成刚	李晓东	何 涛
何文忠	谷满仓	宋志国	张英远
陈 余	陈永新	陈军文	陈信平
罗 飞	赵士禄	赵武文	赵相安
赵晓虎	胡仕友	胡明春	胡跃虎
真 溱	夏晓东	原 普	柴小丽
高 原	席 青	景永奇	曾 明
楼财义	熊新平	潘启龙	戴全辉

《军用建模仿真领域发展报告》

编辑部

主 编 张海峰

副主编 李 莉 孙 磊 辜 璐

编 辑 (按姓氏笔画排序)

朱风云 张丽平 张保庆 张梦焯

陈雅萍 徐拓野 郭彦江 梁海燕

彭 峰 韩 茵

《军用建模仿真领域发展报告》

审稿人员（按姓氏笔画排序）

丁刚毅 王积鹏 孔文华 朱文海
杜延斌 杨 明 李国雄 李艳雷
肖卫国 吴 勤 张海峰 费锦东
卿杜政 郭晓轮 熊新平

撰稿人员（按姓氏笔画排序）

马 萍 孔文华 朱风云 孙 磊
李 伟 李 莉 杨 明 杨 凯
张 冰 张迎曦 陈雅萍 施国强
耿化品 徐 筠 卿杜政 郭彦江
唐 成 蒲睿英 雷朝阳 蔡继红
臧 精 熊新平

编写说明

军事力量的深层次较量是国防科技的博弈，强大的军队必然以强大的科技实力为后盾。纵观当今世界发展态势，新一轮科技革命、产业革命、军事革命加速推进，战略优势地位对技术突破的依赖度明显加深，军事强国着眼争夺未来军事斗争的战略主动权，高度重视推进高投入、高风险、高回报的前沿科技创新。为帮助对国防科技感兴趣的广大读者全面、深入了解世界国防科技发展的最新动向，我们秉承开放、协同、融合、共享的理念，共同编撰了《世界国防科技年度发展报告》（2016）。

《世界国防科技年度发展报告》（2016）由综合动向分析、重要专题分析和附录三部分构成。旨在通过深入分析国防科技发展重大热点问题，形成一批具有参考使用价值的研究成果，希冀能为促进自身发展、实现创新超越提供借鉴，发挥科技信息工作“服务创新、支撑管理、引领发展”的积极作用。

由于编写时间仓促，且受信息来源、研究经验和编写能力所限，疏漏和不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

中国国防科技信息中心

2017年3月

前 言

仿真技术是以相似原理、信息技术、系统技术以及应用领域相关的专业技术为基础，以计算机和专用设备为工具，利用系统模型对实际系统或假想的系统进行动态试验研究的一门多学科综合性技术，已成为 21 世纪认识和改造世界的重要手段。世界各国均认识到仿真技术在军事领域的巨大作用，将军用仿真领域的竞争视为现代化战争的“超前智能较量”，并把建模与仿真看作“军队和经费效率的倍增器”和影响国家安全及繁荣的关键技术之一。军用仿真系统成为研究未来战争、设计未来装备、支撑战法评估、训法创新和装备建设的有效手段，并贯穿于武器装备的体系规划、发展论证、工程研制、试验鉴定与评估、作战使用研究、综合保障直至报废全生命周期。

《军用建模仿真领域发展报告》旨在系统梳理 2016 年军用建模仿真领域的发展动向，积累基本情况，夯实研究基础，供大家及时、准确、系统、全面地掌握军用建模仿真领域的发展动态。本书内容包括综合动向分析、重要专题分析、附录三部分。综合动向分析部分主要对 2016 年军用建模与仿真技术、系统建模与系统仿真技术、仿真支撑环境与平台技术、试验仿真技术、仿真应用技术、虚拟现实技术等领域发展情况进行系统梳理；重要专题分析部分则针对重点问题、热点技术展开深入研究和讨论；附录部分为 2016 年军用建模仿真领域重大事件简述。

本书在系统编撰思想的指导下，以“小核心、大外围”的组织方式，由中

国航天科工集团第二研究院二〇八所和北京仿真中心联合优势力量牵头组织编写，集中了北京仿真中心及其复杂产品智能制造系统技术国家重点实验室和航天系统仿真重点实验室、中国航天科工集团第二研究院二〇八所、中国航天科工集团第四研究院、北京机电工程研究所及其先进制导控制重点实验室、中国航空工业发展研究中心、中国电子科技集团公司、北京理工大学软件学院、哈尔滨工业大学控制与仿真中心、空军装备研究院等仿真优势领域相关单位的专家共同完成。在此感谢熊新平、张海峰、李国雄、朱文海、费锦东、杨明、卿杜政、李艳雷、丁刚毅、郭晓轮、孔文华、王积鹏、肖卫国、吴勤、杜延斌等专家对本报告的编写提出的宝贵建议和意见。尽管编写组做了努力，但时间紧张，水平有限，错误和疏漏之处在所难免，敬请批评指正。

编者

2017 年 3 月

目 录

综合动向分析

2016 年军用建模仿真领域发展综述	3
2016 年系统建模与系统仿真技术发展综述	16
2016 年仿真支撑环境与平台技术发展综述	25
2016 年试验仿真技术发展综述	34
2016 年仿真应用技术发展综述	41
2016 年虚拟现实技术发展综述	50

重要专题分析

美国弹道导弹防御建模与仿真的现状分析	61
国外战术导弹半实物仿真试验验证能力发展研究	71
国外战术导弹半实物仿真系统与技术发展研究	78
面向航空武器装备顶层论证的仿真与效能评估技术	95
国外导弹武器体系设计与仿真平台发展研究	104
网络靶场建设与运行情况分析	113
国外战术导弹数字化仿真工具发展研究	121
仿真模型校核、验证与确认工具研究	128
增强现实技术发展及应用研究	134

从“混合战士作战”训练演示看实况—虚拟—构造作战面临的挑战 145

国外实况—虚拟—构造仿真技术发展研究 154

全球建模与仿真市场发展预测分析 163

F-35 战斗机仿真训练及其未来发展 172

国外军用仿真训练技术发展与应用现状 181

附录

2016 年军用建模仿真领域发展大事记 193

ZONG HE
2016 年 中国 煤炭 工业 发展 报告
DONG XIANG FAN XI

综合动向分析

一、是煤价企稳支撑技术门路受限

2016 年煤炭行业在经历了长时间的低迷后，随着煤价企稳，行业开始逐步复苏。在技术门路受限的情况下，企业开始寻求新的增长点。同时，随着环保要求的提高，企业开始加大环保投入，推动绿色生产。

(一) 煤炭行业在经历长时间的低迷后，随着煤价企稳，行业开始逐步复苏。

2016 年 1-11 月，全国规模以上工业企业利润总额同比下降 1.1%，其中煤炭行业利润总额同比下降 1.1%。煤炭行业在经历了长时间的低迷后，随着煤价企稳，行业开始逐步复苏。

2016 年军用建模仿真领域发展综述

军用仿真系统日益成为研究未来战争、设计未来装备、支撑战法评估、训法创新和装备论证的有效手段。随着军事创新和转型的加速推进，2016 年军用建模与仿真技术领域通过不断应用先进技术和优化顶层架构深化推动仿真领域技术不断变革，武器装备试验鉴定领域应用实践不断深入，虚拟训练与军演领域广泛开展，促使仿真领域飞速发展，能力不断提升，仿真技术的军事应用不断深化。

一、建模与仿真支撑技术持续发展

以美国为代表的仿真技术优势国家，在紧缩开支、消减兵力、需求多样、威胁不确定、依靠创新保持优势等大背景下，建模与仿真技术高效、可重用、节约成本、安全可靠、推动创新等优势进一步凸显，对建模与仿真技术的依赖进一步加强，先进技术应用渗透到军事国防的各领域。

（一）开发运行速度更快的仿真编程语言

2016 年 8 月，美国麻省理工学院计算机科学和人工智能实验室的研究

小组开发出具备自主处理切换能力的新编程语言。在实验中，采用这种语言编写的仿真程序运行速度比现有编程语言编写的仿真程序快几十甚至几百倍，且代码量仅为以往 1/10。该语言不仅实现了精简代码和高效运行之间的完美平衡，还可应用于除物理仿真以外的领域，如机器学习、数据分析与优化、机器人等。

（二）不断推进高性能计算项目

当前的超级计算机面临着物理系统信息与二进制信息形式之间转换的瓶颈，美国国防高级研究计划局（DARPA）正在研究是否有更好的办法解决多尺度偏微分方程描述复杂物理系统的问题。2016 年 5 月，DARPA 发布了“高效科学仿真加速计算”（ACCESS）计划。该计划源于 2015 年发布的新型混合计算的概念，旨在开发新的混合计算架构，通过可扩展的方式模拟复杂系统，实现计算机上万亿次或更高的计算能力，更有效地应用于仿真计算应用。

2016 年 10 月，美军宣布投资 5310 万美元发展国防部高性能计算（HPC）或超级计算机技术，其中三项独立的合同分别授予两家超级计算机公司，用于美国国防部的高性能计算机现代化项目采购商用高性能计算系统。

（三）积极推动大数据、云计算等技术在仿真系统的应用

美国国防部试验资源管理中心（TRMC）披露了近年大数据技术在试验与鉴定应用中的进展。TRMC 已资助了三项采用商用大数据技术的工作。一是应用大数据分析软件支持联合攻击战斗机（JSF）作战试验工作，为 JSF 项目节省了 1000 万美元的经费；二是应用低成本开源大数据分析工具，便于对陆军试验数据进行分析与可视化；三是建立 TRMC 知识管理和大数据分析软件架构框架，指导国防部投资与集成工作。

北约持续推进基于云计算的主题思想及“建模仿真即服务”（MSaaS）的概念，以有效解决成本与可接入性问题，推动建模与仿真在北约及其盟国范围内的广泛应用；成立了由北约组织与国家的专家组成的 MSG-136 任务组，聚焦训练与决策支持等主要应用领域，提出了关于面向服务方法、分布式仿真工程与执行过程（DSEEP）、高层体系结构（HLA）标准未来迭代的扩展建议。

二、不断优化建模与仿真顶层架构

联合政府部门、军方、专业研究机构和工业部门等多方优势力量，致力于解决军用仿真系统从概念系统建模到仿真系统开发与应用中不断出现的各类关键问题，完成新标准新体系的制定与完善以及相应政策实施，应对未来复杂环境战场的挑战。

（一）发布建模与仿真参考架构

2016 年 5 月，美国国防部建模与仿真协调办公室（MSCO）公布“建模与仿真参考架构”（DMSRA）1.0 版。该架构可从仿真开发、全局标准和指导方法三个方面，帮助建模与仿真活动充分利用国防部信息技术、企业服务和云计算、面向服务架构等技术和服务的优势。DMSRA 下一步将持续推进云和面向服务架构在国防部建模与仿真的全局应用，解决组合性和校核、验证与确认（VV&A）等长期性技术问题。

（二）持续推进建模与仿真标准研究

建模与仿真标准可极大提高建模与仿真系统的重用性和互操作性，大幅降低成本。2016 年仿真互操作标准化组织（SISO）重点推进 HLA 新标准、人类行为标识语言、应用于建模与仿真的下一代技术、支持采办活动

的建模与仿真标准配置、城市作战先进训练技术与真实仿真标准架构、网关描述语言、网关过滤语言、联合战役管理语言、仿真参考标识语言等系列标准的制定和审批。2016 年 9 月，SISO 与开放地理空间联盟举办了三维地理空间建模与仿真峰会，探讨了基于标准的互操作方案，以降低军事系统建模与仿真应用的难度。

2016 年 12 月，美国海军建模和仿真管理办公室（OPNAV N6M）为促进海军建模与仿真标准应用，通过明确支持的协议、技术与进程，推进应用一套通用标准，为国防部和建模与仿真产业群提供了建模与仿真标准开发与推广的新机会。海军成立了专门的项目组织机构对该标准的应用及以后的推广策略进行评估。

（三）美军发布校核、验证与确认有关文件

2016 年 3 月，美国作战试验鉴定局局长签发了一份题为《作战试验与实弹射击评估所用建模与仿真的验证指导》的备忘录。该局长表示，建模与仿真在作战试验中已发挥重要作用，建模与仿真采集的数据应该与作战试验或实弹射击试验采集的数据一样可信，应在《试验鉴定主计划》和《试验计划》中详细阐述建模与仿真的验证与确认工作，并尽可能引入严格的统计设计和分析技术。

2016 年 4 月，美国海军建模与仿真办公室对美国国防部 VV&A 政策（DoDI 5000. 61）进行了全面修订，并提交给国防建模与仿真协调办公室。修改内容主要包括：更新了建模与仿真 VV&A 分工和职责；要求 VV&A 活动与建模仿真及其相关数据的重要性、风险、影响相适应，以灵活满足特定的需求和目标；强调与建模仿真全生命周期管理紧密结合，并根据相关标准记录完整的文档；增加了网络作战建模与仿真 VV&A 工作内容；增加了实施流程和文档编制流程。