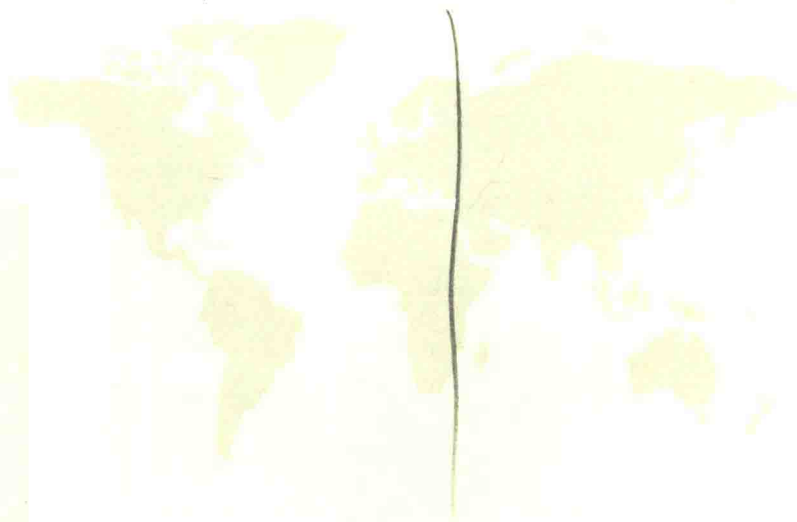


世界国防科技年度发展报告 (2017)

先进材料领域科技发展报告

中国兵器工业集团第二一〇研究所



国防工业出版社
National Defense Industry Press

世界国防科技年度发展报告 (2017)

先进材料领域科技发展报告

XIAN JIN CAI LIAO LING YU KE JI FA ZHAN BAO GAO

中国兵器工业集团第二一〇研究所



国防工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

先进材料领域科技发展报告 / 中国兵器工业集团第二一〇研究所编. —北京: 国防工业出版社, 2018. 4
(世界国防科技年度发展报告. 2017)
ISBN 978-7-118-11620-5

I. ①先… II. ①中… III. ①材料科学—科技发展—
研究报告—世界—2017 IV. ①TB3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 101769 号

先进材料领域科技发展报告

编 者 中国兵器工业集团第二一〇研究所
责任编辑 欧阳黎明 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 16½
字 数 191 千字
版 印 次 2018 年 4 月第 1 版第 1 次印刷
定 价 98.00 元

世界国防科技年度发展报告（2017）

国防科技发展报告（综合卷）

国防科技管理领域发展报告

战略威慑与打击领域科技发展报告

陆战领域科技发展报告

海战领域科技发展报告

空战领域科技发展报告

航天领域科技发展报告

网络空间与电子战领域科技发展报告

信息系统领域科技发展报告

后勤保障领域科技发展报告

精确制导武器领域科技发展报告

先进防御领域科技发展报告

自主系统与人工智能领域科技发展报告

国防生物与医学领域科技发展报告

★ 先进材料领域科技发展报告

先进制造领域科技发展报告

军用电子元器件领域科技发展报告

军用建模仿真领域发展报告

试验鉴定领域发展报告

国防工业出版社
《世界国防科技年度发展报告》
出版工作小组

组长

许西安 郝 刚

副组长

王 鑫

成员

(按姓氏笔画排序)

王 鑫 王晓军 许西安
苏向颖 杜媛媛 汪 淳
张新娟 郝 刚 徐 辉

责任编辑

欧阳黎明 王 鑫

责任校对

苏向颖

封面设计

王晓军

《世界国防科技年度发展报告》

(2017)

编委会

主 任 刘林山

委 员 (按姓氏笔画排序)

卜爱民	王东根	尹丽波	卢新来
史文洁	吕 彬	朱德成	刘 建
刘秉瑞	杨 新	杨志军	李 晨
李天春	李邦清	李成刚	李向阳
李红军	李杏军	李晓东	李啸龙
肖 琳	肖 愚	吴亚林	吴振锋
何 涛	何文忠	谷满仓	宋朱刚
宋志国	张 龙	张英远	张建民
陈 余	陈 锐	陈永新	陈军文
陈信平	庞国荣	赵士禄	赵武文
赵相安	赵晓虎	胡仕友	胡明春
胡跃虎	原 普	柴小丽	高 原
景永奇	熊新平	潘启龙	戴全辉

《先进材料领域科技发展报告》

编辑部

主 编 郑 斌

副 主 编 郭瑞萍

编 辑 (按姓氏笔画排序)

王 勇 朱 丹 刘 旭 杨 莉

李 婧 李 静 宋 丹 张 健

胡阳旭 陶立春

《先进材料领域科技发展报告》

审稿人员（按姓氏笔画排序）

王 雁 史秉能 冯运昌 池建文
李向阳 陈亚莉 高 原 郭 洋
梁民宪 锁兴文

撰稿人员（按姓氏笔画排序）

丁 宏 马荣芳 王 勇 王志伟
王建峰 方 楠 史腾飞 许春阳
李 静 李仲铀 李金钊 李虹琳
宋 岳 张 慧 陈济桁 武 堃
赵 松 赵婉豫 胡阳旭 胡燕萍
贾 平 特日格乐 郭瑞萍 程之年
蔡 莉

编写说明

当前，世界新一轮科技革命和军事革命加速推进，科技创新正成为重塑世界格局、创造人类未来的主导力量，以人工智能、大数据、云计算、网络信息、生物交叉，以及新材料、新能源等为代表的前沿科技迅猛发展，为军队战斗力带来巨大增值空间。因此，军事强国都高度重视战略前沿技术和基础科技的布局、投入和研发，以期通过发展先进科学技术来赢得未来军事斗争的战略主动权。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，组织国内科技信息研究机构的有关力量，围绕主要国家国防科技综合发展和重点领域发展态势开展密切跟踪和分析，并在此基础上共同编撰了《世界国防科技年度发展报告》(2017)。

《世界国防科技年度发展报告》(2017)由综合动向分析、重要专题分析和附录三部分构成。旨在通过持续跟踪研究世界国防科技各领域发展态势，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，希冀能为实现创新超越提供有力的科技信息支撑，发挥“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。

军事科学院军事科学信息研究中心

2018年4月

前 言

材料是武器装备发展的物质基础和技术先导。材料技术的不断进步为航空、航天、舰船、地面车辆等武器装备的改进改型和更新换代奠定了坚实的基础，一直备受世界各国的高度重视。为帮助广大读者全面、深入地了解国外军用先进材料技术发展的最新动向和进展，我们组织航空工业信息中心、中国航天系统科学与工程研究院、中国船舶工业综合技术经济研究院、中国船舶重工集团公司第七一四研究所、工业和信息化部电子第一研究所、中国核科技信息与经济研究院等有关研究人员，共同编撰了本书。

本书由综合动向分析、重要专题分析、附录三部分构成。综合动向分析部分在评述 2017 年先进材料领域的总体发展态势之后，分领域概述了 2017 年军用或具有军用潜力的航空材料、航天材料、舰船材料、兵器材料、电子信息功能材料以及核材料的重要进展；重要专题分析部分围绕轻量化结构材料、高性能复合材料、极端环境服役材料、新型二维材料、柔性电子材料和超材料等重点、热点开展专项分析；附录部分按时间顺序记录 2017 年先进材料领域科技发展的重大或重要事件。

由于先进材料技术涉及专业领域多、范围广，且受时间、信息来源以及分析研究能力所限，错误和疏漏之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

编者

2018 年 3 月

目 录

综合动向分析

2017 年先进材料领域科技发展综述	3
2017 年航空材料技术发展综述	15
2017 年航天材料技术发展综述	23
2017 年舰船材料技术发展综述	32
2017 年兵器材料技术发展综述	40
2017 年电子信息功能材料技术发展综述	56
2017 年核材料技术发展综述	69

重要专题分析

极端服役环境下的超高温材料发展概述	81
发动机用陶瓷基复合材料发展进入新阶段	87
液态金属合金展现出多军事领域应用前景	92
美国探索保形碳烧蚀材料及简易制备技术	97
NASA 充气式再入热防护技术进展分析	104
超疏水材料技术快速迈向实用化	109
石墨烯渗透膜材料研究进展及应用前景分析	117

聚氧硅烷助力美国海军船壳防腐涂料性能显著提升	122
红外隐身材料最新发展研究	128
美国新型轻质高强装甲合金技术发展分析	134
美国高熵合金技术的研发进展	141
电磁导轨炮抗烧蚀材料分析	148
持续重视抗弹纤维及其复合材料研发	156
石墨烯储能技术的研究现状	163
时间晶体开辟量子技术发展新空间	169
二维电子材料器件研究进展	177
新型电子材料推动柔性电子器件快速发展	186
超材料加快超高速光通信技术发展	196
美国海水提铀技术进展及前景分析	204
钼-99 生产技术发展分析	211
美国重启钷-238 生产并开发先进工艺	217
美国大规模核材料探测网项目进展分析	223

附录

2017 年先进材料领域科技发展大事记	233
---------------------------	-----

ZONGHE
DONGXIANG FENXI

综合动向分析

2017 年先进材料领域科技发展综述

先进材料是国防科技创新发展的重要基础领域之一，是决定武器装备战技性能、可靠性和经济可承受性的重要因素，备受世界各国重视。2017 年，美国、日本等国及欧盟通过发布规划计划、投资重点材料技术项目等措施，积极推动材料技术的快速发展和多领域应用，先进材料的研究和开发出现新热点、新发展、新突破，在石墨烯、纳米复合材料、轻质高强金属结构材料、仿生材料、耐高温热防护材料、二维电子材料等领域取得重大进展。

一、多项计划保障先进材料技术快速发展

2017 年，美国、日本及欧盟通过发布规划计划、投资重点材料技术项目等措施，积极推动石墨烯、碳纳米管、耐高温材料、多功能防护材料等新型材料技术的快速发展和多领域应用。

(1) 欧盟“石墨烯旗舰项目”积极推动石墨烯在多领域的应用。2017 年 6 月 25 日至 30 日，欧盟在瑞典开展大型“石墨烯周”活动，邀请全球

石墨烯科研单位和工业界参与相关研讨会和讲座，共同探索石墨烯等二维材料的规模化生产和多领域应用。“石墨烯周”是欧盟“石墨烯旗舰项目”每年定期举办的活动，旨在加强交流合作，整合全球石墨烯材料的研发力量，推动石墨烯科研成果在多领域的应用转化。“石墨烯旗舰项目”分两个阶段实施：第一阶段重点关注石墨烯材料在信息通信技术、交通、能源和传感器领域的应用；第二阶段将关注石墨烯在智能可穿戴设备、天线、光电子器件和数据通信系统、医疗和生物工程技术等更多领域的应用，以及其他二维材料/石墨烯复合材料的应用等。目前第一阶段已如期完成，并形成以下8项代表性成果：可用于制造大脑植入物、实施大脑控制的石墨烯与神经元研究；石墨烯挤压薄膜压力传感器研制，其传感能力是现有硅器件的45倍，尺寸减小25%；用于制造纳米石墨烯光滑涂层的石墨烯纳米带；采用石墨烯改进船身抗断裂能力；液体中石墨薄片的搅拌分离研究，为低成本、大批量生产高质量石墨烯奠定基础；研制世界首个在像素背板中添加石墨烯材料的柔性显示器，该显示器具有低功耗、长寿命的特点；用于红外光纤通信系统的基于晶圆级石墨烯的高性能光探测器；填充石墨烯纳米片的锂离子电池（能量转换效率高于90%，可重复充电2000次）和石墨烯锂氧电池研制。

(2) 美国设立多项目促进新型电子材料应用研究。针对下一代半导体材料研究，美国国防高级研究计划局（DARPA）于2017年3月启动了“动态响应范围增强型电子和材料”（DREaM）项目，项目目的是突破当前射频晶体管的性能（信号功率、功率效率、工作频率、系统线性度）限制，制备收发信号能力更强、尺寸更小、功耗更低的新颖晶体管。6月，DARPA还推出了电子器件拓扑激励项目，其目的：一是通过研制并应用多功能材料，突破磁比特尺寸（称为超顺磁极限）的热力学极限，显著减小数据比特，提高数据写入和读取速率，实现 1.55×10^5 比特/毫米²的存储能力，增

加芯片存储量 100 倍；二是通过设计新概念结构，制备尺寸小于 10 纳米，并能在室温工作的高能效电子设备。

(3) 日本重点投资高温和光学材料。2017 年 8 月 27 日，日本公布 2017 年“安全保障技术研究推进制度”基金项目遴选结果。2017 年该基金计划投资金额为 110 亿日元，约为 2016 年的 18 倍。本次遴选的项目共 14 项，其中有 2 项涉及材料技术，分别为超常规耐高温材料相关基础研究和红外光学材料基础研究。

(4) 美国航空航天局（NASA）探索新型碳纳米结构材料。2017 年 2 月 17 日，NASA 将投资 1500 万美元建立“超强复合材料计算设计研究院”（US-COMP），投资周期 5 年。研究院将通过计算材料学，研发以碳纳米管为基础的超强轻质航空航天结构材料，其研究工作主要集中在三大方向：一是根据实际应用场景设计材料并预测分析具体性能；二是设计高性能材料及创新加工工艺并进行评估；三是通过多次评估结构试样的性能来完善材料设计。

(5) 美国陆军重视材料基础技术和轻质防护材料技术研究。美国陆军多年来一直重视材料基础技术和轻质防护材料技术的研究。美国陆军在 2018 财年预算中计划投入 2280 万美元用于防护材料研究，其研究目的是设计、制造和评估金属、陶瓷、聚合物和复合材料等，提高地面车辆和单兵的防护性能并减轻重量，研究内容包括结构装甲材料、多功能装甲材料、单兵装甲材料、防护用纳米材料等。2017 年 4 月，美国陆军发布“基础应用科学研究征集公告”，征集关于计算科学、材料研究、机动能力、信息科学、杀伤与防护科学、人因科学，以及评估与分析的建议书。其中，材料研究重点关注材料基础技术研究，包括士兵和平台动力系统用材料、轻质材料、材料合成与加工、材料表征等。研究的目的是：通过按计划和按需