中国工程院 CAE

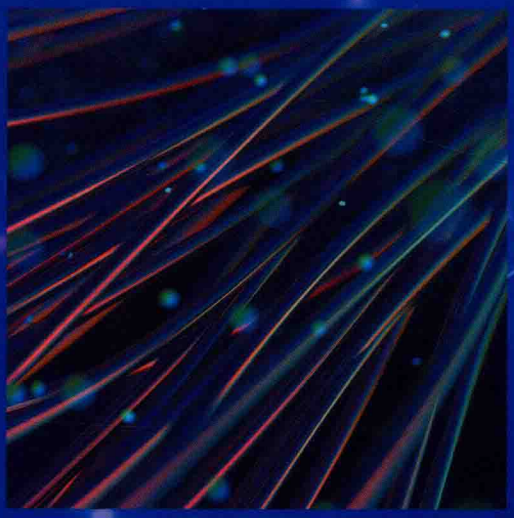
CETC 中国电科 CAICT 中国信通院

RESEARCH ON THE DEVELOPMENT OF ELECTRONIC INFORMATION ENGINEERING TECHNOLOGY IN CHINA

中国电子信息工程科技发展研究

2017

中国信息与电子工程科技发展战略研究中心



科学出版社

中国电子信息工程科技发展研究 2017

中国信息与电子工程科技发展战略研究中心

科学出版社
北京

内 容 简 介

本书是电子信息领域“蓝皮书”系列，每年一册公开出版，旨在通过对世界信息与电子领域年度科技发展现状及趋势研究，突出展现年度重要科技突破、重要产业成果以及发展动态，准确把握信息与电子领域综合发展态势，为国家和社会科技创新发展提供助力。“蓝皮书”2017 延续了“蓝皮书”2016 研究内容和撰写风格，全书分“总论”和 13 个“专题”两大部分，并首次尝试在专题部分中新增领域年度热词，内容包含热词的基本定义和应用(影响)水平。本书全面分析了信息与电子领域近期至 2018 年度的科技发展情况，综合阐述了世界信息与电子领域科技重要突破及标志性成果，为我国科技人员准确把握世界科技大势提供参考。

本书的工作成果同时包含了科技前沿研究成果、部分产业发展现状及其趋势研究，对国家不同层面和不同领域的各界专家学者、工程科技管理人才、科研工作者、在校相关专业学生的工作和学习具有较高的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

中国电子信息工程科技发展研究. 2017 / 中国信息与电子工程科技发展战略研究中心编. —北京：科学出版社，2018. 12

ISBN 978-7-03-059920-9

Ⅰ. ①中… Ⅱ. ①中… Ⅲ. ①电子信息-信息工程-科技发展-研究-中国 Ⅳ. ①G203

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)269998 号

责任编辑：赵敬伟 / 责任校对：邹慧卿

责任印制：肖 兴 / 封面设计：耕者工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

http://www.sciencep.com

中国科学院印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 12 月第 一 版 开本：720×1000 1/16

2018 年 12 月第一次印刷 印张：26 1/4

字数：504 000

定价：268.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

国家高端智库

中国信息与电子工程科技发展战略研究中心

CETC 中国电科 CAICT 中国信通院 CHINA ELECTRONICS AND INFORMATION STRATEGIES

中国信息与电子工程科技发展战略研究中心简介

中国工程院是中国工程科学技术界的最高荣誉性、咨询性学术机构，是首批国家高端智库试点建设单位，致力于研究国家经济社会发展和工程科技发展中的重大战略问题，建设在工程科技领域对国家战略决策具有重要影响力的科技智库。当今世界，以数字化、网络化、智能化为特征的信息化浪潮方兴未艾，信息技术日新月异，全面融入社会生产生活，深刻改变着全球经济格局、利益格局、安全格局，信息与电子工程科技已成为全球最活跃、应用最广泛、辐射带动作用最大的科技领域之一。为做好电子信息领域工程科技类发展战略研究工作，创新体制机制，整合优势资源，中国工程院、中央网信办、工业和信息化部、中国电子科技集团加强合作，于 2015 年 11 月联合成立了中国信息与电子工程科技发展战略研究中心。

中国信息与电子工程科技发展战略研究中心秉持高层次、开放式、前瞻性的发展导向，围绕电子信息技术发展中的全局性、综合性、战略性重大课题开展理论研究、应用研究与政策咨询工作，充分发挥中国工程院院士、国家部委和中央企业中各层面专家学者的智力优势，积极推动自然科学与社会科学相结合，努力在信息与电子工程科技领域建设一流的战略思想库，为国家有关决策提供科学、前瞻、及时的建议。

《中国电子信息工程科技发展研究 2017》编写说明

过去半个多世纪全球科技发展步伐不断加快，尤其以“摩尔速度”发展的电子信息技术，与其他领域技术的交叉融合，使其更成为科技创新发展的密集区。十八大以来，在习近平新时代中国特色社会主义思想的指引下，经过科技系统和全社会的共同努力，我国科技事业取得了一批举世瞩目的科技创新成果。“创新是引领发展的第一动力，是建设现代化经济体系的战略支撑”。十九大以来，党中央、国务院对我国科技事业做出了新部署，也对电子信息领域创新发展提出了新要求，指明了新方向。

电子信息领域作为当前全球研发投入最集中、创新最活跃、应用最广泛、辐射带动作用最强的科技创新领域，不仅是全球科技创新的竞争高地，更是世界各科技大国推动经济发展、谋求国家竞争优势的重要战略方向。当前电子信息领域的数字化、网络化、智能化特征愈发明显，其广泛渗透性正加速推动其他领域的创新发展，电子信息工程科技水平已成为一个国家现代科学技术发展水平的重要标志。

2018 年 5 月 28 日，习近平总书记在两院院士大会上发表了重要讲话，全面总结了十八大以来我国科技事业发生的历史性变革、取得的历史性成就，深刻分析了全球科技发展的基本态势，客观指出了我国科技领域面临的突出问题，全面部署了新时代科技事业的路线图和任务书，为实施创新驱动发展战略、建设创新型国家和科技强国明确了前进方向提供了根本遵循，具有重大而深远的意义。

当前，新一轮科技革命和产业革命的孕育兴起，使电子信息工程科技也得到了快速发展，对国家经济社会、国防军事等发展产生了深远影响。如纳米技术、量子技术、石墨烯等各种新材料、新工艺、新原理、新效应的应用，极大地拓展了应用领域，为科技的发展带来颠覆性变革；以移动互联网、物联网、智能制造、大数据、云计算为代表的新一代信息技术，正在重塑信息产业生态链，推动信息化与工业化深度融合，拉开新产业革命的序幕；光传送网、移动通信网、数据通信网、固定宽带接入等核心技术快速创新，新一代光网络、新一代移动通信、未来网络等新领域快速发展，高速宽带、智能融合、天地一体的新型网络通信基础设施加速构建，一场以开放融合、代际跃迁为特征的网络技术革命加速孕育；光学和光电子技术为主，未来量子新技术初露端倪，并与信息科学、能源科学、空间科学、材料科学、生命科学、精密机械与制造、计算机科学及微电子等技术更加紧密交叉和相互渗透，在通信、遥感、工业制造和国家安全等方面正在影响和改变各国科技、工业和军事力量对比的格

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

局;从大至宇宙、小到基本粒子的物质世界奥秘的探寻,从信息、材料、生物、环境、能源到多学科交叉等领域的科技前沿,对测试测量技术与仪器提出了越来越高的发展需求;随着水声科学技术的不断进步与发展,水声工程所涉及的范围也在不断延伸和扩展,最先是以单纯军用为目的、以声呐设备为主体,后来逐渐扩大到军用、民用多个领域等。

"科学技术是世界性、时代性的,发展科学技术必须具有全球视野、把握时代脉搏。"《中国电子信息工程科技发展研究 2017》(简称"蓝皮书")是中国工程院发挥学术引领作用的重要举措,是贯彻落实习总书记在十九大、两院院士大会上的重要讲话精神,落实把握电子信息领域世界与我国科技发展大势、研判科技革命新方向、展现我国电子信息科技发展热点与亮点,为国家科技决策和战略布局提供准确、前瞻、及时的支撑依据。

"蓝皮书"系列图书旨在分析电子信息领域年度科技情况,综合阐述国内外科技重要突破及标志性成果,为我国科技人员准确把握领域发展趋势提供参考,也为我国制定电子信息科技顶层规划及相关发展战略提供支撑。《中国电子信息工程科技发展研究(综合篇)》("蓝皮书"2016)以"总论"和 13 个"专题"部分相结合的编写形式受到了国内外学者的欢迎,"蓝皮书"2017 延续上一年度成书模式,重点展现电子信息工程科技领域 2017 年度增量,并尝试在 13 个"专题"部分中新增"领域年度热词",内容包括"基本定义"和"应用水平",希望本书的新工作成果可以对国家不同层面和不同领域的各界专家学者、工程科技管理人才、科研工作者以及在校相关专业学生的工作和学习提供帮助。

编撰"蓝皮书"系列图书仍在尝试阶段,难免存在疏漏和错误,敬请批评指正。

中国信息与电子工程科技发展战略研究中心

2018 年 7 月 1 日

目　　录

《中国电子信息工程科技发展研究 2017》编写说明

总　　论

第一部分　全球发展态势 …… 3
一、宏观态势 …… 3
（一）电子信息工程科技驱动新一轮技术革命，重塑全球竞争新格局 …… 3
（二）电子信息工程科技孕育创新突破点，加速迭代推进技术新发展 …… 4
（三）电子信息工程科技深度融入各行业，拓展经济社会发展新空间 …… 5
（四）电子信息工程科技加快社会现代化，推动人类文明进步新进程 …… 6
二、相关态势 …… 7
（一）新兴应用加速微电子技术创新，大容量高速率技术引领光电子发展 …… 7
（二）激光的技术、产业及应用持续迅猛发展，光学工程多个方向发展前景广阔 …… 7
（三）遥感体系与信息大数据更加紧密，应用定量化需求迫切 …… 8
（四）科技进步和市场需求持续驱动，传感器市场规模不断扩大 …… 9
（五）计量测试技术取得多方面进展，促进电子信息产业质量提升 …… 9
（六）战略需求牵引促进雷达发展，技术平台体制不断推陈出新 …… 10
（七）人网物三元万物互联飞速演进，大融合大连接新智能引领未来 …… 11
（八）网络安全技术创新迭代高度活跃，新兴领域网安防御技术全面推进 …… 12
（九）军事需求推动水声理论日趋成熟，信息技术加速声呐系统演进 …… 13
（十）全球制电磁权争夺激烈，新型电磁材料和器件高速发展 …… 13
（十一）大数据驱动控制新高潮，信息物理系统加速控制系统智能化 …… 14
（十二）智能技术及应用呈现井喷爆发，社会进入“人工智能＋”转型时代 …… 15
（十三）融合创新推动计算能力不断提升，非传统计算技术持续发展 …… 15
（十四）计算机应用技术加速创新，为产业发展注入新动力 …… 16
第二部分　我国发展现状 …… 17
一、发展环境 …… 17
（一）深化改革、顶层设计，释放电子信息工程科技创新活力 …… 17
（二）战略引领、重点布局，塑造电子信息工程科技创新环境 …… 18
（三）紧抓机遇、加大投入，打造电子信息工程科技创新格局 …… 19
（四）创新发展、优化环境，营造电子信息工程科技创新生态 …… 20
二、技术现状 …… 21

（一）微电子技术产业发展稳步升级，光电子技术呈现出系统强、芯片弱的不均衡发展态势 …… 22
（二）基础研究与应用研究齐头并进，光学工程创新成果不断涌现 …… 23
（三）新技术应用推动遥感产业发展，商业遥感向全面信息服务方向发展 …… 23
（四）MEMS 规模制造技术取得突出进展，传感器研发和制造能力大幅提升 …… 24
（五）计量领域技术突破多点开花，新技术、新仪器、新成果助推质量进步 …… 24
（六）雷达技术向多功能、数字化、网络化发展，部分领域达国际先进水平 …… 25
（七）网络通信成为我国自主创新典范，大而不强缺芯少魂仍受制于人 …… 26
（八）网络安全向“长板式”防御模式转变，5G 和工业互联网安全架构逐渐成形 …… 26
（九）水声工程助力海洋开发，军民融合助推装备全谱性发展 …… 27
（十）电磁兼容及防护技术创新突破，电磁制衡能力大幅提升 …… 28
（十一）新型控制技术广泛应用，控制系统智能化水平显著提升 …… 28
（十二）认知计算能力快速发展，人工智能领域迎来黄金发展期 …… 29
（十三）高性能计算以点带面全面突破，国产计算芯片迎来发展新机遇 …… 30
（十四）计算机应用技术持续活跃，产业发展特征明显 …… 30
三、产业现状 …… 31
（一）出口回暖促进产业快速增长，细分领域形成区域聚集态势 …… 31
（二）软硬协同生态初具雏形，分层企业引领格局形成 …… 32
第三部分　我国发展展望 …… 34
一、发展思路 …… 34
二、发展重点 …… 36
（一）加强集成电路创新和供给能力，推进光电子芯片及器件研发 …… 36
（二）打造光学重大平台支持基础研究，加强引领技术研究促进产业发展 …… 37
（三）加强遥感市场顶层设计，谋划产业化格局推进定量化发展 …… 37
（四）军民融合市场需求持续增长，大力发展中高端传感器技术 …… 37
（五）突破基础测试计量技术瓶颈，提升高端测试计量装备水平 …… 38
（六）推动雷达多功能一体化、网络协同化发展，加强智能化雷达研究 …… 39
（七）探索建立可持续发展的网络通信技术体系，首要解决大而不强补短板问题 …… 39
（八）突破核心技术，开创网络安全与信息化“一体两翼，双轮驱动”发展新局面 …… 40
（九）水声技术助力海洋强国战略实施，新技术应用拓展新领域开发 …… 41
（十）电磁环境效应机理与体系化防护研究并重，推进大型基础平台研制 …… 42
（十一）促进信息技术与控制技术深度融合，实现全域“无缝智能” …… 42
（十二）持续推动人工智能纵深融合发展，全面实现感知到认知的升级 …… 43
（十三）加速突破计算领域关键技术，持续推进前沿产业应用创新 …… 44
（十四）推动计算机应用关键技术突破，促进产业升级跨入新阶段 …… 45
参考文献 …… 45

专　题

专题一　微电子光电子 …… 49
编写说明 …… 50
专家组和撰写组名单 …… 51
专题研究 …… 53
一、全球发展态势 …… 53
二、我国发展现状 …… 55
三、我国未来展望 …… 57
四、我国热点亮点 …… 58
（一）人工智能芯片 …… 58
（二）5G 移动通信芯片 …… 59
（三）微电子制造与装备 …… 62
（四）硅基光子集成 …… 64
（五）混合光子集成 …… 66
（六）超高速光模块技术 …… 68
五、领域年度热词 …… 70
参考文献 …… 72
专题二　光学工程 …… 75
编写说明 …… 76
专家组和撰写组名单 …… 77
专题研究 …… 79
一、全球发展态势 …… 79
（一）激光技术继续发展，高性能、新类型激光器不断产生 …… 79
（二）激光产业继续迅猛发展，工业激光成为全球激光热点 …… 80
（三）激光在石墨烯制造中的作用开始显现，石墨烯工业化成为可能 …… 81
（四）光子芯片技术成果显著，计算机的性能将被提高 …… 81
（五）太赫兹技术不断获得新突破，太赫兹 WiFi 预计 2020 年实现应用 …… 81
（六）新型光学材料不断推动电子产品进步、机器人“皮肤”与自我修复屏幕成为可能 …… 82
（七）先进光学制造向多极化发展，口径与面型精度记录不断被超越 …… 82
（八）多国联合完成引力波跟踪观测，人类进入引力波天文学探索时代 …… 83
二、我国发展现状 …… 83
（一）强激光技术领域不断涌现世界先进水平的研究成果 …… 83
（二）全固态激光与世界领先水平的差距不断缩小 …… 83

（三）多套世界先进重大基础性装置研制成功并开始应用 …… 84
（四）新型材料与激光技术的结合不断催生前沿领域国际领先的研究成果 …… 84
（五）太赫兹技术研究及产业化实践上获得了举世瞩目进展和突破 …… 84
（六）光学极端制造平台建设成果显著 …… 85
（七）显微镜领域出现多项重要研究成果 …… 85
（八）光学类科研项目获大力支持 …… 86
三、我国未来展望 …… 86
（一）以重大物理平台为手段的基础科学研究将取得进展 …… 86
（二）光学极端制造技术将进一步发展 …… 87
（三）光子芯片技术紧跟甚至引领技术潮流 …… 87
（四）太赫兹技术将在多领域获得应用 …… 87
（五）私营企业的空间光学载荷技术将快速发展 …… 87
四、我国热点亮点 …… 88
（一）自由曲面精密检测加工技术 …… 88
（二）大尺寸激光钕玻璃生产工艺 …… 90
（三）自适应光学技术及应用 …… 92
（四）激光显示技术及应用 …… 94
（五）大尺寸高光学均匀性激光晶体板条元件制备技术 …… 97
五、领域年度热词 …… 100
参考文献 …… 101
专题三(1) 感知—遥感 …… 103
编写说明 …… 104
专家组和撰写组名单 …… 105
专题研究 …… 107
一、全球发展态势 …… 107
（一）高分辨率可见光成像遥感 …… 107
（二）天基高光谱成像领域正从技术试验转向业务应用 …… 108
（三）美国气象卫星体系实现更新换代，欧洲哥白尼计划又添新成员 …… 109
（四）激光遥感在空间多个领域得到应用 …… 110
（五）微波遥感 …… 110
（六）遥感海洋应用 …… 111
二、我国发展现状 …… 111
三、我国未来展望 …… 114
四、我国热点亮点 …… 115
（一）高分辨率光学遥感技术获得突破，遥感影像在多领域发挥作用 …… 115

（二）星载高光谱遥感获得重大进展 …… 117
（三）气象监测遥感技术再创新高度 …… 117
（四）微波遥感技术和应用获得新进展 …… 118
（五）激光高度计空间成功应用，激光雷达按计划推进 …… 119
（六）遥感在海洋监测领域实现业务应用 …… 120
五、领域年度热词 …… 120
参考文献 …… 122
专题三(2)　感知—传感器 …… 125
编写说明 …… 126
专家组和撰写组名单 …… 127
专题研究 …… 129
一、全球发展态势 …… 129
（一）CMOS图像传感器需求持续增加 …… 129
（二）可穿戴设备成为紫外传感器的市场增长点 …… 130
（三）MEMS技术进步推动压力传感器的应用 …… 132
（四）低成本新型红外传感器快速发展 …… 133
（五）微电极眼动追踪传感器取得重大进展 …… 133
（六）磁传感器助力“全源定位和导航”(ASPN)系统 …… 133
（七）化学生物传感器向着微型化、集成化、智能化方向发展 …… 134
二、我国发展现状 …… 135
（一）国产CCD图像传感器在工程应用方面取得突破性进展 …… 135
（二）国产压力传感器推陈出新 …… 136
（三）电场传感器向微型化方向发展 …… 136
（四）军民融合需求带动新型低成本红外传感器创新发展 …… 137
（五）全固态紫外传感器持续进步 …… 137
（六）化学生物传感器领域形成良好布局 …… 138
三、我国未来展望 …… 139
四、我国热点亮点 …… 140
（一）MEMS传感器规模制造技术取得突破 …… 140
（二）指纹识别传感器居安卓阵营行业第一 …… 141
（三）可穿戴传感器发展活跃 …… 142
（四）新型传感器成为研究热点 …… 142
五、领域年度热词 …… 143
参考文献 …… 146
专题四　测试计量 …… 149
编写说明 …… 150

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

专家组和撰写组名单…… 151
专题研究…… 153
一、全球发展态势…… 153
（一）计量基准量子化 …… 153
（二）光学领域测试计量技术 …… 153
（三）自动视觉检测技术及其应用 …… 154
（四）时频计量技术 …… 155
（五）惯性测量技术 …… 156
（六）地磁测量技术 …… 156
（七）传感测试技术 …… 156
（八）软件测试技术 …… 157
（九）空间计量技术 …… 157
（十）纳米级长度计量技术 …… 157
二、我国发展现状…… 157
（一）计量基准量子化技术 …… 157
（二）光学领域测试计量技术 …… 158
（三）自动视觉检测核心领域亟待突破 …… 159
（四）我国利用北斗实现 UTC 比对 …… 159
（五）国产芯片原子钟产业化 …… 160
（六）惯性测量技术取得长足进展 …… 160
（七）地磁测量技术 …… 160
（八）传感器制造工艺技术亟须突破 …… 161
（九）软件测试技术 …… 161
（十）重力计量发展迅速 …… 161
（十一）空间计量 …… 162
（十二）纳米级长度计量 …… 162
三、我国未来展望…… 163
（一）光学领域测试计量技术 …… 163
（二）时频计量技术 …… 163
（三）惯性测量技术 …… 163
（四）地磁测量技术 …… 164
（五）智能传感器 …… 164
（六）重力比对…… 164
（七）空间计量…… 164
四、我国热点亮点 …… 164

（一）光学领域测试计量技术 …… 164
（二）自动视觉检测技术 …… 166
（三）卫星导航定位计量领域 …… 166
（四）时频计量技术 …… 167
（五）惯性测量技术 …… 168
（六）地磁测量技术 …… 168
（七）移动应用云测试 …… 168
（八）重力比对 …… 168
（九）宽带场强校准 …… 169
（十）变频大电流校准 …… 169
（十一）电容国际关键比对 …… 170
（十二）航发用高温传感器 …… 170
（十三）太赫兹功率计量 …… 170
五、领域年度热词 …… 171
参考文献 …… 172
专题五　电磁空间 …… 177
编写说明 …… 178
专家组和撰写组名单 …… 179
专题研究 …… 181
一、全球发展态势 …… 181
（一）战略需求推动雷达跨代发展 …… 181
（二）新概念、新体制、新技术雷达不断涌现 …… 181
（三）器件发展推动雷达创新 …… 182
二、我国发展现状 …… 182
（一）雷达系统技术达到国际先进水平 …… 182
（二）共性、前沿技术与国外同步发展 …… 183
三、我国未来展望 …… 184
（一）推进综合射频系统研发，实现多功能一体化 …… 184
（二）加强智能雷达技术研究，实现雷达能力的跃升 …… 184
四、我国热点亮点 …… 185
（一）对空情报雷达 …… 185
（二）反导预警雷达 …… 188
（三）空间目标监视雷达 …… 191
（四）机载预警雷达 …… 192
（五）星载合成孔径雷达 …… 195

（六）新体制、新技术的应用 …… 196
五、领域年度热词 …… 198
参考文献 …… 200
专题六　网络与通信 …… 201
编写说明 …… 202
专家组和撰写组名单 …… 203
专题研究 …… 205
一、全球发展态势 …… 206
（一）前沿创新 …… 206
（二）技术创新 …… 209
（三）产业发展 …… 211
二、我国发展现状 …… 211
（一）前沿创新 …… 211
（二）技术创新 …… 212
（三）产业发展 …… 212
（四）机遇挑战 …… 213
三、我国未来展望 …… 214
（一）前沿创新 …… 214
（二）技术创新 …… 214
（三）产业发展 …… 215
四、我国热点亮点 …… 215
（一）移动通信 …… 215
（二）数据通信 …… 218
（三）光纤通信 …… 220
（四）移动互联网 …… 221
（五）物联网 …… 222
五、领域年度热词 …… 224
参考文献 …… 228
专题七　网络安全 …… 231
编写说明 …… 232
专家组和撰写组名单 …… 233
专题研究 …… 235
一、全球发展态势 …… 235
（一）国际网络安全博弈持续升级，网络空间安全风险不断加剧 …… 235
（二）泛在、智能等技术创新带来网络空间安全新挑战 …… 236

（三）工业互联网安全热度不断攀升，OT/IoT/IIoT 安全成为业界新共识 …… 237
（四）数据安全事件频发，数据安全保障技术同步演进 …… 237
（五）网络安全技术创新迭代高度活跃 …… 238
二、我国发展现状 …… 239
（一）安全防御模式向“长板式”转变，安全技术加速向智能化、虚拟化方向演进 … 239
（二）工业互联网安全框架逐步成熟 …… 240
（三）第五代移动通信（5G）安全技术研发同步推进 …… 241
（四）内生安全技术持续创新，拟态防御、可信计算迈入规模化应用新阶段 …… 242
（五）我国在数据防泄漏、大数据平台安全保障技术方面取得快速进展 …… 243
三、我国未来发展 …… 243
（一）发展原则 …… 243
（二）发展思路 …… 244
（三）发展目标 …… 244
（四）建议举措 …… 244
四、我国热点亮点 …… 246
（一）新型防御技术 …… 246
（二）智能安全技术 …… 247
（三）虚拟化安全技术 …… 247
（四）后量子密码 …… 248
（五）自主可控 …… 248
五、领域年度热词 …… 249
参考文献 …… 250
专题八　水声工程 …… 251
编写说明 …… 252
专家组和撰写组名单 …… 253
专题研究 …… 255
一、全球发展态势 …… 255
（一）海洋声学 …… 255
（二）声呐技术 …… 257
二、我国发展现状 …… 264
（一）水声技术与多学科交叉发展，水声技术装备增长迅速 …… 264
（二）水声物理全面浅海领域成果卓著，全面跨入“深海时代” …… 264
（三）水声装备全谱性、多样性发展 …… 267
（四）军民融合继续深度发展，研究机构数量快速增长 …… 267
（五）水声装备技术研究仍以跟踪为主，部分技术领域已跨入国际先进行列 …… 268

三、我国未来展望 …… 268
（一）水声技术助力“智慧海洋”建设 …… 268
（二）水声对抗向软硬杀伤协同、探测对抗一体化、网络化方向发展 …… 269
（三）水声定位系统向体制宽带化、功能集成化发展 …… 269
（四）极地声学深入发展 …… 269
（五）水声技术应用于海洋渔业领域 …… 270
（六）人工智能技术应用于水声工程 …… 270
四、我国热点亮点 …… 270
（一）军民深度融合，水声民用技术快速发展 …… 270
（二）“深海高精度水声综合定位系统”世界领先 …… 272
（三）“深海潜标数据无线实时传输”解决通信痛点 …… 272
参考文献 …… 275
专题九　电磁场与电磁环境效应 …… 277
编写说明 …… 278
专家组和撰写组名单 …… 279
专题研究 …… 281
一、全球发展态势 …… 281
（一）电磁场理论与其他学科交叉，新概念、新机理、新方法持续突破 …… 281
（二）电磁环境效应被提升为国家战略安全的要素 …… 281
（三）电磁环境效应成为技术垄断和贸易壁垒的利器 …… 282
二、我国发展现状 …… 282
（一）电磁环境效应作用机理研究有待加强 …… 282
（二）新材料、新器件不能满足发展需求 …… 282
（三）仿真、设计、预测技术手段不全 …… 283
（四）电磁环境效应标准体系尚不完善 …… 284
三、我国未来展望 …… 284
（一）发展思路 …… 284
（二）发展路径 …… 284
四、我国热点亮点 …… 285
（一）电磁干扰辨识与抑制新技术 …… 285
（二）电磁频谱安全与控制 …… 287
（三）先进电磁材料 …… 289
（四）雷电防护技术 …… 291
（五）质量提升行动与电磁兼容标准 …… 294
（六）高铁电磁环境效应和电磁安全性技术 …… 295

（七）高性能电磁计算技术 …… 296
五、领域年度热词 …… 299
参考文献 …… 301
专题十　控制 …… 307
编写说明 …… 308
专家组和撰写组名单 …… 309
专题研究 …… 311
一、全球发展态势 …… 311
（一）边缘智能的发展为传统自动化理论发展注入新动力 …… 311
（二）新一代信息通信技术推动控制系统技术架构扁平化、开放化发展 …… 312
（三）各大自动化公司纷纷发力新一代工业控制平台，产业竞争日趋白热化 …… 313
二、我国发展现状 …… 314
三、我国未来展望 …… 316
四、我国热点亮点 …… 318
（一）核心基础理论研究取得重要进展 …… 318
（二）一系列核心技术取得重要进展 …… 319
（三）关键领域技术产业化推广取得重要成果 …… 320
五、领域年度热词 …… 322
参考文献 …… 323
专题十一　认知 …… 325
编写说明 …… 326
专家组和撰写组名单 …… 327
专题研究 …… 329
一、全球发展态势 …… 329
二、我国发展现状 …… 330
三、我国未来展望 …… 334
（一）发展思路 …… 334
（二）发展重点 …… 334
四、我国热点亮点 …… 334
（一）计算机视觉技术 …… 334
（二）自动驾驶技术 …… 336
（三）智能语音技术 …… 340
（四）AI芯片技术 …… 343
（五）自然语言处理技术 …… 345
五、领域年度热词 …… 348
参考文献 …… 349

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com