

新时期我国信息与电子领域工程科技发展研究

刘畅^{1,2*}, 线珊珊^{1,2}, 于连超³, 陆振刚⁴, 张皓⁵

(1. 中国电子科技集团有限公司电子科学研究院, 北京 100041; 2. 中电科发展规划研究院有限公司, 北京 100043;
3. 中国计量科学研究院计量战略和基础理论研究中心, 北京 100013; 4. 哈尔滨工业大学仪器科学与工程学院,
哈尔滨 150080; 5. 同济大学控制科学与工程系, 上海 200092)

摘要: 信息与电子领域作为国家高科技领域之一, 已成为各国战略必争之要地。为更好推动我国信息与电子领域发展, 本文通过文献分析及访谈调研等研究方法, 梳理总结了我国信息与电子领域的发展优势及短板, 分析研判了新形势下我国建设世界科技强国对信息与电子领域提出的关键要求, 面向我国重大发展战略需求, 研究提出了我国信息与电子领域发展战略构想, 并从战略谋划、体系发展、双链融合、人才发展四个层面研究提出了推进我国信息与电子领域工程科技发展的对策建议, 即实施系统性战略规划, 强化信息与电子领域体系化布局发展; 夯实基础、超前谋划, 提升信息与电子领域底层支撑与前沿引领能力; 聚焦网络强国、数字中国建设, 加速推进产业链和创新链双链融合; 重视信息与电子领域工程科技人才培养和基础研究人才队伍建设, 以期助力我国信息与电子领域高质量发展。

关键词: 信息与电子领域; 关键核心技术突破; 双链融合; 体系化发展

中图分类号: TN0 **文献标识码:** A

Development Strategies of Engineering Science and Technologies in Information and Electronics in China for the New Era

Liu Chang^{1,2*}, Xian Shanshan^{1,2}, Yu Lianchao³, Lu Zhengang⁴, Zhang Hao⁵

(1. China Academy of Electronics and Information Technology, China Electronics Technology Group Corporation, Beijing 100041, China; 2. Institute for Development and Planning, China Electronics Technology Group Corporation, Beijing 100043, China; 3. Center for Metrology Strategy and Theory Study, National Institute of Metrology, Beijing 100013, China; 4. School of Instrument Science and Engineering, Harbin Institute of Technology, Harbin 150080, China; 5. Department of Control Science and Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: As one of the most important high-tech fields, the field of information and electronics has a significant impact on national competitiveness and has become a key area for all countries. Using literature analysis and investigation research, this study summarizes the advantages and problems of the information and electronics field in China and explores the key requirements for strengthening the information and electronics field. Facing the major demand of China for development strategies, this study devises development strategies for the information and electronics field and proposes development suggestions for the field from the aspects of strategic planning, systematic development, dual-carbon fusion, and talent development. Specifically, the suggestions include (1) implementing

收稿日期: 2024-08-22; 修回日期: 2024-10-08

通讯作者: *刘畅, 中国电子科技集团有限公司电子科学研究院高级工程师, 研究方向为科技创新政策与管理; E-mail: liuchang14322@cetc.com.cn

资助项目: 中国工程院咨询项目“中国工程科技未来20年发展战略研究”(2021-XBZD-13); 国家自然科学基金项目(L2124012)

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

strategic planning to improve the systematic layout of the information and electronics field; (2) improving the fundamental support and frontier guiding capabilities of the information and electronics field; (3) accelerating the integration of industrial and innovation chains, focusing on boosting China's strength in cyber and digital sectors; and (4) strengthening the cultivation of professional personnel in basic research and technological engineering in the information and electronics field.

Keywords: field of information and electronics; breakthroughs in core technologies; dual-chain fusion; systematic development

一、前言

随着我国进入建设世界科技强国的关键阶段，创新在我国现代化建设全局中占有核心地位，科技自立自强成为国家发展的战略支撑^[1]，通过系统部署以全面推动我国国家创新体系建设、提升科技创新体系整体效能、打造未来发展新优势，是我国科技领域必须勇于承担的重大历史责任。信息与电子领域作为当前研发投入最集中、创新最活跃、辐射带动作用最强的领域之一^[2]，对于促进产业转型升级、推动经济增长、维护国家安全发展、提高国家整体竞争力具有至关重要的作用。尤其是以新一代信息技术、人工智能为代表的战略性新兴产业以及以类脑智能、量子信息、未来网络为代表的未来产业，已成为我国构建新发展格局、推动高质量发展的关键着力点，是我国建设世界科技强国过程中不可忽视的关键领域。

面向我国建设世界科技强国的战略目标，系统谋划信息与电子领域创新发展已成为社会各界关注的焦点。本文通过分析信息与电子领域对推动我国经济社会发展的关键作用以及新时期对该领域提出的发展需求，以进一步明晰新时期我国对信息与电子领域的发展战略要求；通过综合分析我国信息与电子领域的发展现状，明确发展优势、剖析现存问题，并结合国家发展战略需求，研究提出新时期我国信息与电子领域发展的战略目标、发展思路，并聚焦信息与电子领域发展的关键问题研究提出发展建议，以期助力我国信息与电子领域实现高质量发展。

二、新时期推动我国信息与电子领域发展的关键要求

随着我国科技实力、经济实力、综合国力的大幅跃升，我国已进入创新型国家行列，并加速向创新型国家前列迈进。届时，我国将在科技创新方面实现关键核心技术的重大突破，经济总量

和城乡居民人均收入将再迈上新的台阶。对此，信息与电子技术作为一种通用型技术，能够在信息化背景下驱动科技创新范式深入变革，并将与其他领域不断深入融合，以强大的跨领域融合能力持续催生新兴技术及未来产业发展。不断提升信息与电子领域技术发展水平、加强其赋能经济社会发展及安全发展的能力，对于推动我国整体科技实力提升、促进经济社会发展具有至关重要的作用。整体来看，在我国建设世界科技强国、网络强国、数字中国的重大发展战略需求驱动下，在推动信息与电子领域自身可持续发展的要求下，信息与电子领域仍需进一步加强对关键核心技术的突破，在提高产业自主可控及整体竞争力的基础上，全面提高多维度、跨领域融合发展能力及对国民经济和国防领域的支撑能力。

（一）面向建设世界科技强国战略目标，提高信息与电子领域底层支撑与融合发展能力

在当前以中国式现代化全面推进强国建设、民族复兴伟业的关键时期，习近平总书记在2024年全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上的讲话中指出，必须充分认识科技的战略先导地位和根本支撑作用，锚定2035年建成科技强国的战略目标，加强顶层设计和统筹谋划，加快实现高水平科技自立自强^[3]。信息与电子领域作为大国战略必争要地，其科技发展水平已成为衡量一国科技实力的关键要素。实现信息与电子领域关键核心技术突破、提高原始创新能力，是我国实现高水平科技自立自强不可忽视的关键一环。

在此基础上，信息与电子领域前沿技术的加持能够为科技创新提供强大的工具支持和更加便携、高效的平台支撑。如在高性能计算、大数据分析及机器学习等技术的赋能下，科研进程不断加速，科研人员通过远程协作实现数据、资源共享，提高研发效率。同时，信息与电子技术不断被应用到生命科学、生物科技、能源领域中，深入推动了各领域交叉发展，催生了众多新兴领域和交叉学科，有利

于提高各领域科技创新的速度和效率以及科技创新的质量和水平,拓宽科技创新的视野和范围^[4]。由此,要实现高水平科技自立自强,还要充分发挥信息与电子领域作为创新发展先导力量的驱动作用,亟需在实现自身技术不断快速迭代、向前沿突破的同时,全面推动领域技术实现全域化、多元化的应用,助力领域交叉融合发展,为各领域科技创新提供强大的底层支撑作用。

(二) 抓住数字经济时代重大历史机遇,强化信息与电子领域赋能发展能力

数字经济已成为未来推动全球经济增长的重要力量。党的二十大报告明确指出,加快发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合,打造具有国际竞争力的数字产业集群,建设网络强国、数字中国^[5]。面向我国建设数字中国发展战略目标,信息与电子技术以其极强的渗透性、广泛的应用性及高度的行业覆盖性成为支撑其他领域发展的底层技术基础和赋能推动力量。提高信息与电子领域的跨领域赋能发展能力,成为我国推动传统产业转型升级、孕育新兴产业发展、催生新质生产力,从而推进数字经济创新发展、实现高质量发展的重要需求。

一方面,从推动传统产业转型升级来看,在通信网络、先进半导体、边缘/云计算等前沿技术的推动下,随着智能化、综合性数字基础设施完成新一轮优化升级,企业将能够以更低的延迟方式快速访问海量高质量数据,或通过工业虚拟世界优化测试与生产流程,缩短产品交付时间,从而深入推动更多企业实现数字化转型及传统产业转型升级,提高生产效率,实现资源配置优化;另一方面,从孕育新兴产业发展方面来看,以云计算、大数据、物联网、人工智能为代表的新一代信息技术成为助力经济发展的重要支撑^[6]。随着第五代/六代移动通信(5G/6G)、物联网、区块链等前沿技术的不断成熟和普及,信息与电子技术将全面融入社会经济发展,持续催生新产业新业态,从而加速形成新质生产力,推动实现高质量发展。如在物联网技术的全面普及和多元应用的背景下,人-机-物之间实现互联互通,通过数字化工厂、柔性生产线、机器人等技术的应用,实现高效、精准、柔性的生产方式,推动智能制造和未来制造成为主流,推动经济

持续发展。

(三) 满足智能化社会发展需求,加强信息技术对未来社会发展新形态的支撑能力

随着信息与电子技术的加速发展,推动未来社会呈现智能化全面转型,加速形成新型社会形态。例如,随着数字基础设施的全面完善,信息传输速度不断加快,网络覆盖率全面提高,信息获取、共享与交流呈现实时化、高效化,信息成本大大降低,在线关键社会公共服务将更加普及和完善,出现更多虚拟公共服务等,提升人民生活便捷度;未来社会将进一步增强客观物理世界与数字虚拟世界的融合,呈现虚实共生的社会发展新形态,将深刻改变人们的生活、生产方式。

因此,要满足未来社会新型发展趋势,对信息与电子领域技术的发展提出了全面要求。例如,需借助信息通信技术、物联网技术的快速发展以推动解决劳动力不足、能源短缺等各类社会问题;推动算力网和数据中心的不断发展,为远程医疗、在线教育、虚拟现实等领域提供高通量、低延迟、低能耗、高可靠、低成本的高质量服务。

(四) 面向国家安全发展重大战略需求,提升信息与电子领域安全保障能力

信息与电子领域既是经济社会发展的信息化基础,也是保障国家安全发展、提升国防建设信息化与智能化水平的关键所在,数据安全、网络安全对经济社会稳定运行、国家安全的影响愈发重要。一方面,在信息领域前沿技术、颠覆性技术持续助力经济社会发展的同时,治理问题及安全问题也随之产生。例如,以生成式人工智能、机器人、算力网络为代表的新一代信息技术在自身层面的安全发展、伦理问题上,仍面临较大挑战;大数据在为人工智能的发展提供数据支撑的同时,在数据的安全访问、隐私保护、控制权等方面也将产生多方竞争和冲突日益加剧的问题。另一方面,随着算力网络、云计算、量子计算等新兴技术的兴起,网络空间安全将成为经济社会发展的重要保障。未来,各国围绕网络空间发展主导权、制网权的争夺将更加激烈,网络安全威胁和风险将更加突出,并向政治、经济、文化、社会、生态、国防等领域传导和渗透^[7]。对此,亟待突破感知、网络安全等领域的

关键技术，形成安全产品，以筑牢、筑深安全防线，保障国家安全发展。

三、我国信息与电子领域发展现状分析

随着新一代信息技术的不断突破，信息与电子领域持续蓄势赋能，对经济社会发展和人民生活质量的引擎作用不断强化，已成为推动国民经济高质量发展的强大动力^[8]。我国信息技术产业蓬勃发展，产业规模迅速扩大，产业结构不断优化，一批信息技术企业和互联网企业进入世界前列。但同时，在当前快速变化的国际环境及我国新时期发展需求下，信息与电子领域发展仍面临诸多短板和问题亟待解决，如关键核心技术缺失、产业生态有待完善、人才结构不合理等。为确保研究的聚焦性，本节主要围绕信息的感知、传递、应用三大过程与共性基础领域相关技术，从信息与电子领域的共性基础、感知与获取、通信与网络、智能与控制4个方向入手进行分析。

（一）我国信息与电子领域的发展优势

1. 关键核心技术不断突破，在多技术领域形成竞争优势

当前，我国信息与电子技术在多个领域均取得了显著的核心技术突破，为领域整体发展奠定了坚实基础。一是以共性基础领域的技术突破成功解决部分瓶颈制约问题，并对领域发展产生深远影响。成功自主研发的激光干涉型和原子干涉型绝对重力仪，为我国高端绝对重力仪领域的发展奠定了基础；在超材料和超构表面器件领域形成后发优势，目前已发展成为全球拥有超材料技术专利最多的国家，这一优势尤其体现在5G、6G领域中，不仅显著改善了5G现网通信的各项技术指标，同时也进一步将技术应用扩大至6G网络，为其提供了全新的设计理念和技术手段；硅基、薄膜铌酸锂等光电子器件加工平台已达到世界领先水平，基本满足我国集成微波光子技术领域自主研发的需要。二是在信息感知与获取领域实现了多项关键核心技术的突破。尤其是以传感器芯片制造为代表的键基础领域加速发展，不断缩小与领先水平之间的差距，从点上突破技术封锁。三是在通信与网络建设方面已积累了扎实经验。基于我国在通信与网络建设领域

的坚实基础，在移动通信、光纤通信、5G商用、大数据中心、云计算与云存储、工业互联网的建设发展上均取得了具有一定自主创新能力的技术成果。我国率先原创性提出了服务定制网络（SCN）新型体系架构，突破了微服务化大网级网络操作系统，解决了广域网络由“可管不可控”向“全网可管控”的难题^[9]。四是基于我国在制度支持、资源投入、应用场景等方面的优势，为我国智能与控制领域的技术发展奠定了坚实基础，尤其是以无人机集群、新能源自动驾驶为代表的键核心技术已领跑全球。2022年，由浙江大学控制科学与工程学院、湖州研究院团队研发的一群微型智能空中机器人，解决了未知复杂环境下机器人单机和群体的智能导航与快速避障方法等一系列核心技术问题，为无人系统自主轨迹规划提出了新的发展思路。

2. 产业化发展能力稳步提升，持续助力高质量发展

当前，我国信息与电子领域产业化发展能力实现了长足的进步，主要体现在以下方面：一是通信与网络领域基于扎实的建设经验，在产业发展上走出了适合国情的特色之路，5G领域已实现全产业链群体突破和跨越发展，商用规模和业务发展领跑全球。中国移动通信集团有限公司已构建了全球最大的5G商用网络，部署商用基站超过170万个，5G终端客户数达4.76亿，核心网可满足5.8亿用户，网络云资源池服务器规模超17万个，全网IPv6活跃连接数达9.52亿个，打造了全球规模最大的SRv6骨干网。二是在信息探测与感知领域，一方面，光学探测领域已初步形成产业配套能力，形成了珠江三角洲、长江三角洲、环渤海地区以及以重庆、西安等为重点城市的中西部地区的四大光电技术产业基地；另一方面，感知领域围绕产业链积极推进融通发展，加速全链条发展，已形成集先进的通信、计算、智能、能源等多领域协同发展的全链条化与体系化发展态势。三是集成电路产业处于快速发展阶段，围绕半导体材料、芯片设计、芯片制造及设备、封测形成多环节快速发展，产业规模不断壮大、产业整体创新能力大幅增强，现已突破了以碳化硅/氮化镓为代表的第三代半导体核心技术，形成了自主创新能力和产业带动能力。四是量子信息部分领域初步进入产业化发展阶段。具备量子芯片低温环境-稀释制冷机的研制能力、量子芯

片生产线的研发能力以及多量子比特封装工艺的开发能力。量子保密通信初步具备保密通信基础研究、关键器件研制、系统集成、组网应用等能力。

3. 凭借丰富的应用场景优势, 场景驱动式创新逐渐成为新的增长引擎

近年来, 我国信息与电子领域充分利用丰富的场景, 以场景驱动创新, 实现了以人工智能、区块链等为代表的信息技术的飞速进步和发展。目前, 我国已发展成为人工智能领域的科研、产业大国, 围绕人工智能生成内容 (AIGC) 方向取得了快速发展, 为未来商业化发展打下了良好基础。AIGC 算法的不断深化突破, 推动了诸如百度文心、阿里巴巴 M6、腾讯混元等大模型的发展。借助于智能算力和大数据规模的快速增长, 大量 AIGC 成果即将实现落地应用, 如百度的文心一格、腾讯的写作机器人 (Dream writer)、阿里巴巴的鲁班智能机器人 (Lubanner) 等应用系统。随着数字基础设施建设提速, 智能制造、智慧城市、智能矿山、智能供应链等应用场景将为拓展人工智能应用提供广阔的舞台。

当前, 我国人工智能技术与制造业深度融合, 已建成数字化车间和智能工厂近 8000 个, 工业互联网核心产业规模超过 1.2 亿^[10]。人工智能技术由此得以与各个行业深度融合, 形成人工智能+医疗、人工智能+金融等融合发展, 在推动相关行业发展的同时, 以不断扩大的产业规模、数据增长等进一步推动人工智能技术的迭代。以阿里巴巴集团控股有限公司、深圳市腾讯计算机系统有限公司为代表的互联网企业凭借其广泛的用户基础及丰富的应用场景, 极大地降低了企业实现区块链底层技术的成本, 得以在区块链技术、云服务平台等领域实现快速发展。

(二) 我国信息与电子领域发展面临的问题与挑战

1. 原始创新能力有待提升

当前, 我国信息与电子领域仍存在关键核心技术缺失、关键元器件、原材料严重依赖进口等薄弱环节。在典型量子测量装置中关键产品准确性指标与国际顶尖水平相比存在差距; 芯片领域整体技术发展与国外先进技术水平仍存在 1~2 代技术代差, 尤其是在中高端芯片核心技术、先进制造装备与关键材料等方面严重依赖进口; 在集成微波光子领域

中, 核心器件、集成芯片、架构创新、算法模型等方面的发展仍与国外先进水平存在较大差距, 如调制器、探测器等高性能产品的国产化水平有待加强, 缺乏环境适应性及高可靠性方面的研究; 在光通信领域, 特种气体、液体、光刻胶等基础制造材料方面的积累薄弱, 光通信测试仪表仍面临较大的国产化挑战; 网络安全总体建设能力与世界领先水平相比仍有较大差距, 网络软硬件设备自主创新能力有待提高, 大部分高端网络设备、操作系统、数据库等依赖进口。

2. 产业生态建设亟待完善

完善的产业生态体系对技术的迭代发展具有关键的推动作用, 尤其是在信息与电子领域, 以完善的产业生态体系加强技术的应用与迭代, 对促进信息与电子技术的发展至关重要。然而, 我国信息与电子领域在“围绕产业链打造创新链、围绕创新链布局产业链”发展方面仍有待进一步完善。一是产业链上下游协作还不够紧密, 缺乏有效的协同机制。如在集成电路领域中, 存在芯片设计与制造、封装环节协同不足, 导致芯片技术发展过程中获取极限参数和极限能力的难度较大, 不利于开展设计优化工作。在量子信息领域, 我国以高校及科研院所为主要发展力量, 尽管相关院所已处于量子前沿技术探索前端, 但国内相关领先企业在量子领域的投入和成果都较国外同行有较大差距, 由此导致大量科研成果停留在少数科研院所内, 科技成果的转化受阻, 延缓了具有应用价值的科研成果走向社会、实现产业化应用的速度^[11]。二是我国具有巨大的市场规模优势, 但对领域内工程科技发展的牵引作用稍显不足。究其原因, 一方面是应用规模不足, 如在超材料和超构表面器件领域, 由于缺乏大批量生产和大规模应用, 尤其是对于高带宽探测、高精度光场调控等前沿应用场景支撑不足, 导致该领域尚未形成应用牵引的技术发展模式。另一方面, 则是源于缺乏对产业链下游应用市场的规范化管理及完善的制度保障。以大模型感知技术为例, 大模型感知技术以大规模数据为技术发展的支撑点, 但我国在大数据库建立、数据共享、数据管理等方面仍不完善, 导致能用来进行模型训练的数据质量较低, 在一定程度上制约了相关大模型技术的发展。三是仍有部分关键技术领域所在行业规模小、市场占有率不高。相较于国外庞大的光学探测

市场规模，我国光学探测行业规模相对较小，且市场竞争激烈、技术壁垒和市场进入壁垒较高，难以发挥有效的市场需求驱动作用。

3. 人才结构不合理现象突出

人才是创新的第一资源，对推动信息与电子领域的发展起到关键作用。在我国信息与电子领域科技创新人才发展方面，仍存在人才结构不合理现象，突出表现为高端人才和基础研究人才短缺。斯坦福大学以人为本人工智能研究所发布的《2024年人工智能指数报告》显示，我国在全球人工智能专利方面以61.1%的比例领跑全球人工智能专利来源国，大幅超过占比为20.9%的美国^[12]；然而，美国却是顶级人工智能模型的主要开发国家；同时指出，顶尖人才的缺失是导致这一问题的首要原因。根据智库调查研究显示，我国在对顶尖人工智能人才吸引力方面弱于美国，只有12%的顶尖人工智能人才首选在我国就业^[13]。在量子信息领域，我国量子信息科技人才缺口较大，尤其是量子计算人才不足，严重制约领域技术发展。此外，我国信息与电子领域还存在复合型人才储备不足的典型问题。如在芯片领域，由于工艺、封装等环节与集成电路设计分属不同的技术领域，同时熟悉多技术领域的设计人才培养难度大、周期长，使得具备系统跨层协同优化能力的设计人才缺乏，进一步限制了产业链的合力发展能力。

四、新时期我国信息与电子领域的战略目标与发展思路

（一）战略目标

面对当前及未来世界的新形势、新格局，应分阶段逐步夯实信息与电子领域的发展基础，提升信息产业综合实力和整体竞争力，全面支撑我国建设世界科技强国战略目标。未来5~10年，我国信息与电子领域将在众多关键核心技术中取得实质性突破，实现部分关键前沿提前布局，为推动信息与电子领域实现高质量发展奠定坚实的技术基础及产业优势。例如，实现量子测量技术、超构材料等微纳光子技术、极端环境下的目标探测感知技术、雷达认知探测、光电认知成像技术等一大批关键核心技术的重大突破，推动共性基础技术的快速发展；推动高端芯片所需的主要节点集成电路工艺和核心装备、计

算技术与应用软件等领域实现关键核心技术突破，提高产业竞争力。完成对以硅光子与微电子混合集成芯片技术、碳化硅芯片、碳基芯片等为代表的前沿领域的提前布局；全面实现空间信息网络、互联网、移动通信网的深度融合，基于世界领先的网络系统安全理论构建适应国内信息系统的网络系统信任体系；构建应用软件、人工智能和算力基础设施，为人工智能技术的普惠化应用奠定基础；实现我国智能和控制总体技术及应用与世界先进水平同步，自主智能赋能产业成为新的、重要的经济增长点，自主智能技术应用成为改善民生的新途径。

未来10~20年，我国信息与电子领域工程科技发展将整体进入新阶段，实现技术先进、产业发达、应用领先、安全有保障的战略目标：持续推进科技自立自强发展，核心技术受制于人的局面得到根本性改变，并成为推动全球信息技术领域创新与突破的关键力量，不断提升引领性；基本形成自主创新与安全可靠的信息产业生态体系；部分信息技术应用达到全球领先水平，并在大量应用标准制定上具有决定性话语权；数据资源开发与利用体系基本建立，建成成熟的数据要素市场体系；在初步建成网络强国的基础上持续稳健发展，网络空间综合实力进入全球第一梯队。

（二）发展思路

面向信息与电子领域未来发展，应始终坚持把科技自立自强作为战略支撑，面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康，深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略，聚焦数字化、无人化、智能化，重点围绕信息与电子领域前沿技术攻关与创新应用，数字信息基础设施升级换代，核心器件、高端芯片与基础软硬件变革性突破等方面，坚持体系完善、前沿突破、自主创新、引领发展的基本思路，加强前沿技术创新突破，推动信息技术与各行业深度融合发展，持续助力数字化发展，统筹推进网络信息体系建设，为建设世界科技强国作出积极贡献。

1. 加强前沿技术创新突破，提升面向未来的战略预置能力

在经济全球化的大背景下，开放发展、融合发展、一体发展仍是主基调，特别是在信息与电子领域，在全力缩短与领先国家技术差距的同时，更要

超前布局优势领域，在一些核心关键领域拥有自己的“一技之长”和“独门绝技”，通过加强培育优势技术，获得战略主动，赢得战略尊重，提升战略预置能力。

2. 推动信息技术与各行业深度融合发展，打造发展新动能、新优势

抢抓新一轮科技革命和产业变革机遇，构建一批各具特色、优势互补、结构合理的战略性新兴产业增长引擎，培育新技术、新产品、新业态、新模式，开辟新赛道，抢占主导权。推动云计算、大数据、人工智能等新一代信息技术加速与各行业的融合，驱动各行业快速释放数据价值；推动平台、自动化、数字孪生等技术与云原生、人工智能、物联网技术的融合，打造新型赋能模式。

3. 持续助力数字化发展，推动网络强国、数字中国建设

大力发展新一代信息技术，加强以人工智能、量子信息为代表的前沿技术对数字经济的持续赋能作用，推动数字经济和实体经济深度融合，打造具有国际竞争力的数字产业集群。加强数字社会、数字政府建设，提升公共服务、社会治理等数字化与智能化水平。提升海量数据高效存储及计算能力，建立数据资源产权、交易流通、跨境传输和安全保护等基础制度和标准规范，推动数据资源开发利用。保障国家数据安全，加强个人信息保护。提升全民数字技能，实现信息服务全覆盖。积极参与数字领域国际规则和标准制定^[4]。

4. 统筹推进网络信息体系建设，夯实国家安全体系能力

面向统筹网络信息体系建设运用的战略要求，把握网络信息体系是汇聚信息技术创新的“应用体系”这一基本特征，坚持需求牵引、技术驱动，以网络信息体系能力生成为导向，遵循正向设计发展模式，将国家需求转化为技术要求，指引信息技术的发展方向。

五、推动我国信息与电子领域发展的对策建议

（一）实施系统性战略规划，强化信息与电子领域体系化布局发展

聚焦国家信息与电子领域重要战略需求，发挥

中国特色社会主义制度优势，集中优势科技攻关力量，为尽快形成一批具有引领性、带动性的重大工程项目创造良好的制度环境。

一是加强国家战略部署，体系化布局领域重大工程、重大工程科技项目、重点任务。如在测量领域，充分发挥新型举国体制优势，设立量子计量全国重点实验室，打造科研国家队。二是完善领域发展相关制度，强化政策支持力度。注重从国家层面引导实施相关技术标准计划，组织高校、科研院所及相关企业开展技术标准研究，积极参与国际标准制定。如加快修订以《中华人民共和国计量法》为核心的计量法律法规，制定和完善网络空间安全的法律法规，建立健全网络空间安全事件的应急响应机制等。

（二）夯实基础、超前谋划，提升信息与电子领域底层支撑与前沿引领能力

处理好“底线思维”与“超前部署”的关系，重点做好补短板、锻长板的工作，实施信息电子领域筑基保底工程，突破领域关键核心技术、解决“卡脖子”问题。面向全产业链，开展涵盖基础材料、成套工艺、专用仪器设备等相关领域的体系化规划布局，提高整体竞争能力。

一是建立技术保底能力。在信息基础设施方面以满足保底需求为目标。基于国产工艺实现“工艺-架构-软件”跨层垂直优化，数量级提升系统综合性能。加强核心元器件自主研发水平，集中力量开展关键技术攻关，实现核心元器件自主知识产权，并大力扶持技术成果转化，强化核心自主可控能力。如持续开展核心电子器件、高端通用芯片、基础软件产品的科技攻关，积极开展相关产业链发展布局，构筑长板优势，形成相互制衡能力。进一步加强设备、材料的研发与产业化，快速拓展国产装备、材料的产品品种，从根本上支撑产业链最底层的安全。二是形成未来引领能力。一方面，重视基础研究及其对工程科技的引领作用。以高水平高等院校、科研院所为主，开展空间信息网络安全基础科学问题、无线激光宽带传输与组网基础科学问题研究计划，以基础研究的突破引领颠覆性工程技术创新。另一方面，持续关注新一代技术发展，探索“换道超车”的可能性。进行碳基芯片、超材料与超构表面器件技术，微波光子技术等新一代技术

的设计、关键设备研制、工艺探索和产业化,提升我国在信息全产业链的核心关键技术创新能力。

(三) 聚焦网络强国、数字中国建设,加速推进产业链和创新链双链融合

一是要在重要战略性领域发挥上下游产业链的集成整合作用。围绕人工智能、光电芯片、新材料构建开放技术生态,高度重视上下游延伸的产业链,布局涵盖基础材料、成套工艺、专用仪器设备等相关领域全产业链体系,打造信息技术高端产业体系。二是充分发挥领军企业的优势带动作用。支持龙头企业和平台型企业培育协同创新生态,发挥龙头企业在“围绕产业链部署创新链”中的作用,带动产业链、创新链上下游企业协同攻关,形成扁平化和自治型的创新联合体,以生态式发展促进产业链与创新链双向深度耦合。激发企业创新活力,围绕产业链强化发展上下游配套,梯次培育“专精特新”中小企业,解决领域发展“卡脖子”问题。三是加强对产业链协同发展的合理规划。鼓励企业联合高校、科研院所开展产业合作计划,利用基础研究和关键技术优势形成有效的成果转化,促进产业快速发展壮大,实现产业链、创新链的良性循环发展。

(四) 重视信息与电子领域工程科技人才培养与基础研究人才队伍建设

基础研究与应用创新研究并重,激励工程科技基础理论创新、技术创新、应用创新同步发展,形成多层次的工程科技人才培养与评价格局。一是进一步强化对信息与电子领域基础科学教育的重视。尤其注重高等教育阶段基础科学教育,注重基础人才培养。如鼓励相关高校加强量子测量与传感学科和课程体系建设,促进学科专业教育的交叉融合^[15]。重点支持领军科学家领衔建设新型研发机构,带动吸引一批高精尖人才开展相关基础研究和成果转化探索;鼓励学术界与产业界深入探索联合培养方式,培养一批具有创新活力的青年科学家及工程科技人才,形成贯穿“产学研用”全链条、具有国际竞争力的工程科技人才梯队。二是着力解决“工程性”和“创新性”不足的问题,在全社会逐步培育崇尚工程的文化理念。推动新兴信息技术与其他学科、专业的交叉融合,共同打造跨行业、跨

领域的人才联合培养模式,重点突出工程实践能力、设计能力和创新能力培养;以重大工程和重大工程科技专项为平台,通过卓越工程师教育培养计划、信息技术新工科产学研联盟等加强信息与电子领域的工程师联合培养,促进工程科技人才队伍建设。三是重视国际合作。不断拓展国际人才引育。鼓励研发、技术人员积极加入国际组织,积极参加国际学术活动,在全球范围内引进高水平的学术带头人。

利益冲突声明

本文作者在此声明彼此之间不存在任何利益冲突或财务冲突。

Received date: August 20, 2024; **Revised date:** October 8, 2024

Corresponding author: Liu Chang is a senior engineer from China Academy of Electronics and Information Technology. Her major research fields include science and technology innovation policy and innovation management. E-mail: liuchang14322@cetc.com.cn

Funding project: Chinese Academy of Engineering project “Research on the Development Strategy of Engineering Science and Technology of China” (2021-XBZD-13); National Natural Science Fund Project (L2124012)

参考文献

- [1] 新华社. 中国共产党第十九届中央委员会第一次全体会议公报[J]. 中国石化, 2017 (10): 23.
Xinhua News Agency. Communiqué of the first plenary session of the 19th Central Committee of the Communist Party of China [J]. Sinopec Monthly, 2017 (10): 23.
- [2] 黄丽. 全面深刻认识并有效维护信息安全——学习习近平总书记关于信息安全的重要论述[J]. 江苏省社会主义学院学报, 2023, 24(6): 57–62.
Huang L. Comprehensively and deeply understanding and effectively safeguarding of information security—A study of the important discourse on information security of President Xi Jinping [J]. Journal of Jiangsu Institute of Socialism, 2023, 24(6): 57–62.
- [3] 习近平. 在全国科技大会、国家科学技术奖励大会、两院院士大会上的讲话[EB/OL]. (2024-06-24)[2024-10-09]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202406/content_6959120.htm.
Xi J P. Speech at the national science conference, national science and technology award conference, and the two academies' academician conference [EB/OL]. (2024-06-24)[2024-10-09]. https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202406/content_6959120.htm.
- [4] 李亚玲, 包芊颖, 黄成凤. 人工智能驱动科研范式变革的机制与路径研究——以生物学为例[J]. 中国科技论坛, 2024 (4): 12–21.
Li Y L, Bao Q Y, Huang C F. Research on the mechanism and path of scientific research paradigm transformation driven by artificial intelligence—Taking biology as an example [J]. Forum on Science and Technology in China, 2024 (4): 12–21.
- [5] 习近平. 高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表

- 大会上的报告 [EB/OL]. (2022-10-16)[2024-10-09]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5722378.htm.
- Xi J P. Hold high the great banner of socialism with Chinese characteristics and strive in unity to build a modern socialist country in all Respects: Report to the 20th national congress of the Communist Party of China [EB/OL]. (2022-10-16)[2024-10-09]. https://www.gov.cn/gongbao/content/2022/content_5722378.htm..
- [6] 戚聿东, 肖旭. 数字经济时代的企业管理变革 [J]. 管理世界, 2020, 36(6): 135–152, 250.
- Qi Y D, Xiao X. Transformation of enterprise management in the era of digital economy [J]. Management World, 2020, 36(6): 135–152, 250.
- [7] 程晨. 网络空间治理应着力保障公民权利 [N]. 光明日报, 2016-05-16(06).
- Cheng C. Cyberspace governance should focus on protecting citizens' rights [N]. Guangming Daily, 2016-05-16(06).
- [8] “中国工程科技发展战略研究”项目组. 中国工程科技 2035 发展战略·信息与电子领域报告 [M]. 北京: 科学出版社, 2019.
- The Project Team of *the Development Strategy of China's Engineering Science and Technology*. The development strategy of China's engineering science and technology for 2035: Information & electronics sector [M]. Beijing: Science Press, 2019.
- [9] 刘韵洁. 我国算力网发展前景及挑战 [J]. 中国网信, 2023 (6): 22–24.
- Liu Y J. Prospects and challenges for the development of China's computing power network [J]. China Network and Informationization, 2023 (6): 22–24.
- [10] 鲁春丛. 工业互联网创新发展报告(2023) [R]. 沈阳: 中国工业互联网研究院, 2023.
- Lu C C. Report on the innovation and development of the industrial Internet (2023) [R]. Shenyang: China Academy of Industrial Internet, 2023.
- [11] 慕慧娟, 丁明磊, 顾成建. 我国量子信息科技创新发展面临的挑战及建议——基于中美对比视角的分析 [J]. 科技管理研究, 2024, 44(3): 11–19.
- Mu H J, Ding M L, Gu C J. Challenges and suggestions facing the innovation and development of quantum information technology in China: Analysis based on the comparative perspective of China and the United States [J]. Science and Technology Management Research, 2024, 44(3): 11–19.
- [12] Stanford HAI. Artificial intelligence index report 2024 [EB/OL]. [2024-10-09]. <https://aiindex.stanford.edu/report/>.
- [13] MacroPolo. The global AI talent tracker 2.0 [EB/OL]. (2024-03-19)[2024-10-09]. https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzA3NDI1NDk3Mg==&mid=2650145922&idx=2&sn=c74dc0ffbdc4dfafa27105d35746c11&chksm=87003b91b077b287826a3765231212e4d760e6fea7f63d6dc00499869ab3dc3ba2d7f7b33334&scene=27.
- [14] 吴刚. 如何走出有特色的高质量发展之路 [N]. 重庆日报, 2020-12-05(02).
- Wu G. How to embark on a distinctive path of high-quality development [N]. Chongqing Daily, 2020-12-05(02).
- [15] 宋姗姗, 钟永恒, 刘佳, 等. 量子信息领域的国家战略布局与研发态势分析 [J]. 世界科技研究与发展, 2024, 46(1): 21–35.
- Song S S, Zhong Y H, Liu J, et al. Analysis on national strategy layout and R & D trend of quantum information field [J]. World Sci-Tech R & D, 2024, 46(1): 21–35.