

6G：新一代移动通信技术发展态势及展望

张平¹, 陈岩^{2*}, 吴超楠²

(1. 北京邮电大学信息与通信工程学院, 北京 100876; 2. 北京邮电大学经济管理学院, 北京 100876)

摘要: 第六代移动通信 (6G) 将开启“智赋万物、智慧内生”的信息技术新时代, 相应技术研究成为移动通信行业的新热潮; 在我国已开展第五代移动通信 (5G) 大规模商用的背景下, 明晰 6G 发展需求、把握 6G 发展态势、提出 6G 发展布局, 对于加快推动数字经济发展、抢占未来国际竞争优势具有重要意义。本文从应用深度不够、需求覆盖不足、投入收益不高等角度凝练了 5G 发展遗留而有待 6G 攻克的问题, 指出一些关键应用场景、未来军事应用等亟需 6G 赋能; 全面梳理了发达国家和发展中大国的 6G 战略部署情况, 阐明了 6G 商用继续赋能传统产业优化升级、6G 关键核心技术将实现重大突破、6G 网络安全将事关国家安全体系现代化等重大趋势。我国 6G 发展在研发投入、技术标准、开放生态、网络安全和隐私保护等方面面临突出挑战, 需要运用新型举国体制以突破技术创新壁垒、以 6G 标准为目标方向来增强通信标准话语权、深化 6G 国际合作以构建开放共赢的全球产业生态、攻关 6G 核心技术以建立安全可控技术体系。相关态势研判与发展建议可为我国 6G 技术发展与创新应用提供理论启示和现实参考。

关键词: 6G; 关键技术; 通信标准; 网络安全; 数字经济

中图分类号: TN929.5 **文献标识码:** A

Six-Generation Mobile Communication: Development Trend and Outlook

Zhang Ping¹, Chen Yan^{2*}, Wu Chaonan²

(1. School of Information and Communication Engineering, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China; 2. School of Economics and Management of Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China)

Abstract: The sixth-generation mobile communications (6G) will usher in a new era of information technology that is characterized by “intelligence empowering all things and wisdom being self-generated”. Simultaneously, corresponding technological research has become a new trend in the mobile communication industry. In the context of large-scale commercialization of the fifth-generation mobile communications (5G) in China, it is of great significance to clarify the development needs, understand the development trend, and propose the development layout of 6G for accelerating the development of the digital economy and seizing the international competitive advantage in the future. This study summarizes the problems of 5G development that still need to be addressed by 6G, including insufficient application depth, inadequate demand coverage, and low return on investment. It points out some key application scenarios that urgently need 6G empowerment, and comprehensively reviews the strategic deployment of 6G in developed and major developing countries, clarifying major trends such as optimizing and upgrading traditional industries through 6G commercialization, achieving major breakthroughs in 6G key core technologies, and strengthening 6G network security to modernize the national security system. Currently, China's development of 6G faces prominent challenges regarding research and development investment,

收稿日期: 2023-09-19; 修回日期: 2023-10-29

通讯作者: *陈岩, 北京邮电大学经济管理学院教授, 研究方向为战略绩效与创新、数字经济与企业国际化; E-mail: 13520119233@163.com

资助项目: 中国工程院咨询项目“6G 带动数字经济双循环发展战略研究”(2022-XBZD-03)

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

technology standards, open ecology, network security, and privacy protection. Therefore, it is necessary to use the new national system to break through technological innovation barriers, enhance the formulation of 6G standards, deepen international cooperation on 6G to build an open and win-win global industrial ecosystem, and develop core 6G technologies to establish a secure and controllable technical system. This study is expected to provide theoretical inspirations and practical references for the development and innovative application of 6G technology in China.

Keywords: 6G; key technology; communications standard; network security; digital economy

一、前言

当前，我国第五代移动通信（5G）产业生态逐步扩大，5G大规模商用促进了社会变革。我国5G虽然形成了系统性的领先优势，但在网络覆盖广度、覆盖深度、融合应用、核心技术等方面仍存在一些亟待解决的问题，如无法实现多场景、全覆盖、“空天地海”一体化的网络通信，不能满足数字经济快速发展的需要。5G发展的潜在性能不足，也就提出了针对第六代移动通信（6G）的全新要求。在“通信、计算、控制、意识的泛在化”理念下，6G从服务于人、人与物拓展到支撑智能体的高效互联，驱动万物互联到万物智联的跃迁，支持实现“万物智联、数字孪生”的社会发展美好愿景；信息应用进一步从真实世界拓展至虚拟世界，信息交互对象将从“人-机-物”拓展至“人-机-物-灵”。此外，6G具有低时延、高速率、低成本的应用特性，将促进传统产业优化升级、提高投入产出效率、优化经济产业结构。

需要注意到，在世界经济下行、大国博弈加剧的背景下，我国在高科技领域面临激烈的国际竞争，而蓬勃发展的新技术路线可能颠覆传统技术发展范式；在中外科技合作更为消极的态势下，6G是我国聚集“空天地海”重大资源、突破国外技术封锁并实施有效赶超的战略方向，也是支持构建国内国际双循环新发展格局的重要举措。然而，我国在6G理论原始创新、新模式生态构建方面尚未实现突破，高端芯片的研发与制造面临诸多难题，基于新型信息基础设施的数字应用场景培育力度不足^[1]。

为此，直面移动通信技术和产业发展困境，把握全球6G发展态势，梳理我国6G发展面临的风险与挑战，提出6G布局及产业发展建议，可为6G技术发展与创新应用提供理论启示和现实参考。

二、5G到6G之跨越

（一）5G发展遗留问题仍需6G攻克

1. 应用深度不够

当前，5G市场需求尚未被充分激发，应用深度仍显不足，新增的现象级应用未能显现。5G赋能行业数字化集中在垂直应用场景，如无人巡检及维护、视频监控、远程诊疗、远程课堂等，而深入生产和生活的业务拓展仍处于起步状态。5G专网设计及产品多为公网标准、集采产品，不能满足个性化、差异化的行业应用需求。5G相关项目的研发周期长，导致产品无法快速上线。5G相关产品的技术融合程度要求较高，其他融合技术的成熟度直接影响5G产品的完善程度（见表1），制约了5G行业应用的发展深度^[2]。6G将进一步拓展应用空间，实现通信与感知、计算、控制的深度耦合，与卫星、高空平台、无人飞行器等空间网络相互融合，从而构建全球广域覆盖、“空天地海”一体化的通信网络，支持催生新的现象级应用。

2. 需求覆盖不足

用户需求是通信行业发展的根本动力。当前的光纤、第四代移动通信（4G）、移动热点技术能够较好满足多数企业的信息通信需求，因而采用5G技术主要受政策导向的影响^[3]。尽管5G的市场接受度不断提高，但5G的行业市场渗透率依然偏低。从“2022年度全国重点区域移动网络质量评测现场路测结果”可见，5G网络覆盖广度及深度仍有较大提升空间，部分场景下的5G网络覆盖率、用户用网体验仍有不足。“全国地铁场景移动网络质量状况专刊——2022年度评测结果原因分析及优秀案例分享”指出，全国地铁里程栅格综合5G覆盖率仅为55.49%，上/下行接入速率达标占比也有不足。6G将超越万物互联，实现后通信时代、后连接时代的跨越式提升，全面满足社会公众对新一代信息通信服务的需求。

表1 其他融合技术在5G项目中的使用率

项目	2018年		2019年		2020年		2021年	
	使用率/%	排名	使用率/%	排名	使用率/%	排名	使用率/%	排名
定位	—	—	—	—	—	—	58	1
大数据	18	3	44	2	52	2	52	2
边缘计算	20	1	33	4	43	3	52	2
云计算	20	1	38	3	40	4	52	4
虚拟专网（网络切片）	—	—	—	—	19	5	47	5
人工智能（AI）	13	4	55	1	55	1	46	6
上行增强	—	—	—	—	—	—	38	7
5G局域网	—	—	—	—	—	—	12	8

注：数据来源于中国信息通信研究院《5G应用创新发展白皮书》。

3. 投入收益不高

5G的成本投入较高，实际上抑制了5G的应用需求。对于企业客户而言，中小企业受限于人力成本、数字化转型成本，只能负担得起有限的通信连接成本，很难发挥规模效益；行业龙头企业虽然拥有足够的资源，但目前开展5G数字转型工作的比例仅在10%左右。在运营商方面，2022年1—9月，中国移动通信集团有限公司的5G专网业务收入超过20亿元、5G带动数字化信息通信服务收入超过250亿元，但远低于5G建设投资的587亿元（2022年上半年财报）^[4]。整体上，5G数字化行业市场仍处于供应大于需求、供应创造需求的阶段。6G研发之初即致力于构建具有显著成本优势的智联世界，立足增效、开源、节流背景形成先进技术方，切实推动6G网络朝着绿色低碳方向发展。

（二）一些关键应用场景需要6G赋能

对于各行业的一些特殊需求，如无缝覆盖、极致连接、“通感算”一体化、数字孪生平行交互、内生智能等，5G并不能完全匹配；未来6G需要进一步升级，同时辅以AI、扩展现实（XR）、数字孪生等信息技术，以更好满足上述需求。

在工业领域，机械运动控制（响应时间<1 ms、控制精度为99.999 99%），XR（响应时间<10 ms、带宽要求为1~3 Gbps）等有着特殊的时延及带宽要求，5G难以满足。在交通领域，5G并不能支持实现真正的无人化、高可靠的自动驾驶，加之现阶段网联基础设施、交通管理政策法规等软/硬环境尚不完善，使无人驾驶仍处于试点阶段。在医疗领域，5G并不能完全适应远程手术这类端到端时延、

抖动时延、稳定性要求极为苛刻的场景，医疗资源的平衡性问题得不到根本性解决。在能源领域，5G的系统耗能较高，而优化自身能源系统的空间有限。在农业领域，5G因建设成本较高而不能满足农场、草场、近海渔场等广阔区域无缝覆盖的需求；受限于大数据等信息技术的发展程度，现阶段5G也不能满足农产品全流程信息溯源的需求。

综合来看，对于一些关键场景，5G因成本、技术能力及成熟度等原因而不是最优的解决方案；6G不仅有望解决5G架构遗留的代际“痛点”问题，而且能够较好满足用户的多样化新需求、覆盖新型应用场景。

（三）未来军事应用牵引6G发展

未来军事应用是6G发展的重要驱动力，6G应用将对未来军事发展带来颠覆性的影响。美国积极推进的“星链”项目稳步实施，也给很多国家构成军事和经济层面的双重威胁：在军事层面，“星链”项目按计划将累计在空间部署具有多功能探测及潜在攻击性的卫星约 4.2×10^4 颗，给战略竞争者的装备体系、作战指挥构成严峻挑战；在经济层面，“星链”项目计划为全球公众提供“免费网络服务”，对现有的5G网络、未来的天基互联网系统构成明显冲击。“星链”卫星抢占空间轨位与频谱资源，具有潜在的在轨识别与决策能力，成为他国推进“空天地”一体化能力建设的直接挑战。为此，我国需同步考虑军事功能和民用需求，融合推进数字经济安全和网络空间安全，从“打赢现代战争”“解决‘卡脖子’问题”“面向战场和市场”等维度出发，统筹开展6G规划和建设。

三、6G发展现状分析

移动通信具有基础性、渗透性、带动性，移动通信技术增强经济发展活力和经济复苏质量，成为经济社会发展的新动能、大国战略竞争的核心领域。5G商用规模在全球范围内快速发展的同时，各国已全面铺开6G研发布局，引导“政产学研用”多主体积极参与6G研发，以推动数字经济深入发展、抢占未来国际竞争优势。发达国家和发展中大国积极部署6G战略，通过多种方式加大资源投入，争取未来科技革命与产业变革的竞争优势。

（一）美国：侧重组建联盟，推动6G关键技术研究

一是积极合作共建6G研发联盟。美国电信行业解决方案联盟在2020年成立了“下一代移动通信联盟”，聚焦6G的研发、制造、标准、市场等，力求巩固美国企业的行业领先地位。二是率先开放6G实验频谱。2022年，Keysight科技公司获得美国首个6G频谱实验许可证。该频谱主要用于6G技术以及沉浸式网真、数字孪生、XR等方向，相关进步可改善虚拟现实（VR）/增强现实（AR）的体验。三是加强6G关键技术研究。众多的美国大学、国家实验室都围绕太赫兹技术开展研究和应用^[5]。积极布局OpenRAN技术路线，主导成立OpenRAN政策联盟以推广OpenRAN技术和产品。四是发布将6G作为重点支持方向的政策。美国《未来网络法案》（2021年）要求，美国联邦通信委员会牵头成立由政府部门、通信公司、公共利益组织代表组成的6G工作组，形成6G标准、部署、供应链方面的共识^[6]。

（二）欧盟：发挥各方优势，合力推进6G研发

一是联盟战略聚焦6G技术研发。《塑造欧洲数字未来》（2020年）倡议，更新和完善“5G和6G行动计划”。《2030数字化指南：欧洲数字十年》（2021年）建议，专注于下一代固定网络、移动网络和卫星网络，部署5G等超高容量网络，适时开展6G研发。二是各国政府部署6G科研项目。欧盟委员会加强与各成员国合作，推动企业参与相关科研项目，共同开展6G技术创新。2022年，欧盟启动Hexa-X-II项目，参与者扩展至44个国家和组织，旨在创建6G预标准化平台和系统视图，确立6G标

准化基础。三是科研机构支撑6G研发。芬兰、德国、英国的科研机构着力开展6G研发，以突破和掌握6G技术。芬兰每年召开全球6G峰会，发布系列6G白皮书。

（三）日本：加大政策引导，积极推进6G研发

一是在全球率先发布6G国家战略。《6G综合战略》（2020年）提出了6G关键技术战略目标，采取财政支持、税收优惠等举措推动6G技术研发和标准研究，以提高6G产业的国际竞争力。二是多措并举支持6G研发。①日本2020年设立了总额为2200亿日元的专项基金，支持私营部门开展6G技术研发；2023年新增662亿日元预算，用于6G无线网络研究。②注重人才培养，设置奖金、赛事挑战等，鼓励参与者的研发行动，同步创建人才库^[9]。③加快牌照发放，自2022年起，日本企业可快速获得电波实验用牌照，涵盖102~1100 GHz波段范围，体现了6G技术开发的快节奏。

（四）韩国：自主研究与国际合作并举，协同推动6G发展

韩国设置6G研究项目、发布6G战略，超前谋划6G发展。韩国是全球最早探索6G的国家之一，2018年通信主管部门即调研6G核心技术开发需求。《6G研发计划》（2021年）提出，2025年前为开展核心技术自主研发、占领全球标准制定主导地位、巩固研究及产业基础等提供公共资金支持。《韩国网络2030战略》（2023年）提出了“下一代网络模范国家”发展愿景，拟在2026年面向全球推广6G技术和pre-6G网络^[7]。此外，韩国高度重视国际合作，在合作中塑造自身的比较优势。2019年起，韩国企业与芬兰和瑞典企业联合开发6G网络技术；与美国企业合作，力求共同占据6G核心技术制高点。

（五）印度：紧跟国际前沿，力争6G重要地位

印度正在实施6G研发计划，支持本土企业开展6G技术研发和应用，积极争取在未来全球通信市场中占有重要地位。为了在6G标准化过程中发挥关键作用，印度发布了“6G愿景”文件（2023年），制定了6G通信服务发展路线图；启动建设6G研发试验平台，协调产业界、学术界、服务供应商联合

参与，以抢占6G优先研究方向；组织国有组织研发6G、量子通信等新兴技术，基本与全球市场趋势同步。此外，印度积极争取国际通信企业的本土研发布局，如芬兰诺基亚公司已在班加罗尔建设全球研发中心及6G实验室。

（六）中国：协调推进战略布局，把握6G发展先发优势

一是国家政策给予关键支持，前瞻布局6G技术研发。我国5G基础设施建设和商用化进程位居世界前列，开展6G研发的基础条件良好^[8]。管理部门和产业界形成了我国6G发展共识，多个省份发布产业规划给予积极支持。例如，2023年全国工业和信息化工作会议指出，全面推进6G技术研发，加快完善6G整体布局。二是推进6G创新，攻关6G关键技术。2019年，国家6G技术研发推进工作组、总体专家组成立，着力推动6G网络的性能参数、骨干架构、关键技术研发及标准化，协调开展6G应用场景示范^[9]。此外，设置了多个国家重点研发计划项目，通过国际移动通信（IMT）-2030（6G）推进组协调6G研发创新，在发展目标、系统指标、关键技术测试及验证等方面取得良好进展。三是新兴研发机构积极构建6G试验平台。2022年，我国6G前沿技术研究进入测试及验证的初步阶段，信息通信领域的诸多实验室、新型研究机构相继开展6G研发试验环境与平台搭建。

四、6G未来发展趋势

（一）6G商用继续赋能传统产业优化升级

6G的各项指标显著优于5G，商用潜能进一步拓宽。6G也是我国参与国际战略技术竞争、获取全球网络竞争新优势的主要方向之一，在构建平台经济、激活数字经济、推动电子消费、壮大数字贸易等方面将起到重要作用。6G技术的商用，有望引发新一轮科技与社会变革，成为数字经济发展的核心驱动力。一是驱动转变生产方式，提高生产和运营效率。6G网络融入AI、机器学习等技术，将支持一系列智能应用的新突破^[9]；促进传统产业的数字化转型，将支持供应链管理、物流运营等出现重要变革；具有更高带宽、更低延迟的优势，使大规模数据传输与实时决策成为可能，将提高各类生

产流程的自动化水平和运营效率^[10]。二是促进形成新型消费，进一步扩大内需规模。6G技术将推动VR/AR发展，为消费者提供更为沉浸式的娱乐和体验，促进旅游、文化娱乐、电子游戏等行业的创新发展^[11]；对智能家居、智能城市、智能医疗、健康科技等行业构成赋能作用，将驱动传统产业、新兴消费领域的重大革新，有助于社会各层面的创新发展。

（二）6G关键核心技术将实现重大突破

我国虽然在移动通信领域的部分核心零部件方向实现了技术突破和规模化生产，但相比国际先进水平仍有一定差距，在移动通信产业链、创新链的关键环节中依然存在“断链”风险和“卡脖子”环节^[12]。因而集聚“产学研用”多方优势，合力推进6G关键核心技术攻关，强化6G关键技术赋能传统产业转型升级，是我国6G发展的应有之义。一是形成6G核心关键技术的知识发展图谱，构建自主可控的关键技术体系。在新型基础设施建设的背景下，梳理相关领域的核心零部件情况，科学评估核心零部件的引进比例、供应链安全性等；提高相关产业的发展成熟度和设施完备性，鼓励企业整合壮大以增强核心关键技术突破能力。二是完善6G产业链以实现“智赋万物、智慧内生”。传统产业在6G的支持下开展转型升级，超大规模智能网络将完成建设并投入应用，使物理世界和数字世界深入连接；6G应用场景向纵深拓展，构建VR/AR、量子通信、卫星通信、追踪与监测、远程控制等通用场景。三是攻克关键核心技术，筑牢6G技术基础。突破太赫兹、智能超表面、通信感知一体化等6G关键技术，拓展毫米波太赫兹、可见光等可利用频谱^[13]，贯通虚拟与现实域界，支撑虚拟世界的智能体（灵）和人-机-物（境）的交互与沟通。

（三）6G网络安全事关国家安全体系现代化

随着移动通信技术的发展，网络安全和隐私问题进一步凸显，6G网络应用服务方面的风险将超过5G。一是将移动通信产业生态的主导权竞争上升到国家战略层面^[8]，多个发达国家采取了积极的移动通信产业生态主导权策略。我国可以自主内循环的移动产业生态为主导，从芯片设计及制造、器件设计及制造、核心软件及开源、平台化生态应用

等方面出发，采取自主研发与制造策略来构建产业生态链。二是应用保障6G网络架构安全的新技术，部署智能化的态势感知保障体系。微隔离作为一种高级网络安全技术是未来应用方向，在逻辑上将数据中心细分为多个小的安全区域，为每个区域定义安全控制权限并提供对应服务；用于软件系统而不是物理防火墙，支持在数据中心部署可灵活配置的安全策略^[14]。三是构建6G网络主动防御体系，保障国家网络主权与安全。在国家层面推进卫星互联网战略，建设自主可控的卫星互联网，加强系统顶层设计，构建“空天地”一体化的网络安全保障体系；注重发展卫星互联网基础技术，适时部署星际文件系统互联网新兴技术。增强移动通信网络安全的实用化、体系化、常态化防御能力，采取分布部署、容灾备份、跨域协同、断点续传等技术手段以有效应对潜在威胁^[15]。

五、6G发展面临的挑战

（一）研发投入大、周期长，需要精准支持

6G作为信息基础设施，具有建设周期长、投资规模大、资金回收慢、收益不确定、运营风险高的基本特点。5G基站的平均投资约为4G的1.5倍，基站投资回报周期超过8年；6G较5G的研发投入更大、基站投资回报周期更长，市场效益难以在短期内显现。6G研发需要大量的设施设备和实验室以开展测试及试验，对专业知识和技术人员的需求量也较大。为了实现6G发展愿景，需要新增更多的可用频谱资源、实施更多的基础性理论与技术突破；从频谱管理到天线技术再到网络架构设计，相应研发在长周期内面临着较大挑战^[16]。因此，6G研发需要立足全局并优选典型场景，通过精准支持以在特定关键技术方向实施重点突破。

（二）技术标准面临分化风险，需要提前布局

6G涉及多样化的应用场景、众多的前沿技术，形成全球统一的技术标准尚存不确定性。一方面，地缘冲突与信息科技等非传统风险交织，未来6G标准存在从统一走向分立的风险^[17]；尽管6G技术研究成为全球热潮，发达国家也围绕6G形成技术联盟，但各国对6G的核心诉求、发展目标等有显著差异，使6G技术的全球互操作、标准化发展存

在困难。另一方面，各类重点场景需要技术内涵差异化的6G体系支撑，如通信、医疗、交通、工业、娱乐等垂直领域均有独特的行业需求，在一定程度上引导差异化的6G标准制定，甚至导致互不兼容的技术标准。面对6G标准的抉择局面，唯有提前布局并掌握6G技术标准的话语权，才能摆脱自有技术标准被孤立的风险，进而增强我国在相应标准制定过程中的主导地位。

（三）开放生态尚未构建，需要及时谋划

相对于5G，6G将在更多领域中拓展应用场景并与更多学科进行融合，以更高层次地赋能众多行业。这对产业生态的安全性、融合性、共生性提出了较高要求。从国际视角看，当前逆全球化趋势进一步加剧，我国产业链、创新链、价值链融入全球市场的阻力有所加大，国际供应链存在“断链”的风险^[18]。开源生态建设获得了主要国家和组织的更多重视，在移动通信技术领域渐成趋势^[19]。然而，国内开源产业生态建设尚不完善，上、下游企业在通用芯片、关键基础软件等方面面临着“卡脖子”困境。6G产业联盟承担着我国6G产业生态协同发展的“桥梁”作用，相关建设也在持续推进，但缺乏直接政策支持。因此，需要以自主可控的移动通信产业生态为主导，进一步建设更加完整和开放的生态体系。

（四）网络安全和隐私保护难度加大，需要一体化设计

6G具有网络“空天地”泛在接入的多样性、核心网部署的分布性、跨域/跨系统业务应用的融合性^[20]。在网络应用服务方面，6G面临着比5G更大的风险与挑战。从世界网络安全市场角度看，美国信息技术公司在市场规模、技术实力、产品性能、服务水平等方面具有显著优势，也占据着网络安全领域的主导地位^[5]；我国网络安全产业尽管发展迅速，但规模仍相对有限，相应国际市场份额不足10%。6G新业务对隐私安全可信的要求达到新高度，需要有效应对“空天地”一体化、AI、算力等衍生的新威胁，积极响应车联网、物联网、超高速率、超低时延等涉及的安全需求。在未来的6G应用情境下，我国的网络安全和隐私保护需要开展一体化设计，发挥新型举国体制和超大市场规模优势。

六、6G布局及产业发展建议

(一) 运用新型举国体制，突破技术创新壁垒

一是吸收和借鉴第三代移动通信、4G、5G发展过程的研发经验，创建管理部门组织、市场机制主导、各方共同受益的移动通信核心技术创新联盟。全面推动6G技术研发进程，促进高校和科研院所“0到1”原始创新、企业“1到10”科技成果转化、行业“10到100”应用创新的有机衔接；面向6G关键核心技术等前沿领域，充分发挥国家级实验室、高校、科研院所、重点企业的特色优势与资源合力，以协同创新补强基础研究、重大技术、创新应用等方面的薄弱环节。二是采取“政府+市场”协作模式，立足国家战略需求，优化关键资源配置，开展原创性、引领性6G技术攻关。发挥超大市场规模的天然优势，引导重点企业践行国家战略为先的发展理念，构建和完善创新生态系统，形成上、下游密切协作的6G产业共同体，支持构建以国内大循环为主体、国内国际双循环相互促进的新发展格局。

(二) 以6G标准为目标方向，增强通信标准话语权

6G国际合作及产业联盟不断发展，跨组织、跨国别的技术合作成为推进6G创新和发展的主要形式。一是前瞻布局6G技术研发，扩大6G国际标准化工作的参与力度。高质量参与6G国际规则制定，在相关国际标准组织中积极阐明核心观点，提交优质研究成果，为我国6G技术及标准推广确立良好的基础。二是密切与国际标准组织的合作，依托国际合作平台深度参与6G国际标准制定工作，与其他国家专家、专业组织联合讨论并制定6G标准方案，以优质方案切实增强话语权，扩大我国6G产业的国际市场影响力；加快我国6G技术的工程化和产业化进程，构建世界6G技术高地，将“中国标准”推广为“世界标准”。

(三) 深化6G国际合作，构建开放共赢的全球产业生态

通过技术联盟、生态联盟等形式，凝聚“产学研用”优势力量，形成6G研发合力。一是搭建6G领域协同创新“桥梁”，拓宽国际合作空间，加强与发达国家企业联合开展6G技术的探索及验证，推动建设开放共赢的全球6G产业生态。二是鼓励

信息与通信技术企业、科研院所、行业组织等，围绕6G技术、标准、安全、产业等开展广泛的国际合作，积极参与国际电信联盟、第三代合作伙伴项目计划等国际组织工作机制，提高我国企业在国际组织内的贡献度和影响力。三是在6G技术研发投资、核心零部件研制等方向采取高水平的开放政策，合理利用国际资源和先进技术，破解“卡脖子”环节、化解“科技脱钩”风险，在更高起点上推进科技自立自强，

(四) 攻关6G核心技术，建立安全可控技术体系

面对信息技术及国际市场的激烈竞争，筑牢6G技术基座，凝练6G重点应用场景，推动移动通信技术原创性发展。一是完善“智简”基础理论创新体系，用于突破发达国家基于经典语法信息论建立的传统生态优势。深化通信、计算、感知、AI、互动、区块链等方面的理论基础研究，在融合创新基础上构建泛在精准感知、协同高速计算、安全可信可控的6G架构体系。二是依托IMT-2030(6G)推进组、产业联盟等组织，凝聚“产学研用”优势力量并形成6G技术攻关合力，发挥国家级实验室、高校、科研机构的基础研究主力军、关键核心技术策源地作用，鼓励优势企业深度合作。三是面向复杂融合场景，实施6G应用示范项目。在社会/城市治理、健康大数据、智慧交通、智能制造等重点领域/方向开展6G产业应用示范，发挥产业链龙头企业的需求引领、标准研制、产业推动等作用；完善科技成果转化机制，支持关键核心技术突破并抢占发展制高点。

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: September 19, 2023; **Revised date:** October 29, 2023

Corresponding author: Chen Yan is a professor from the School of Economics and Management, Beijing University of Posts and Telecommunications. His major research fields include strategic performance and innovation, digital economy and enterprise internationalization. E-mail: 13520119233@163.com

Funding project: Chinese Academy of Engineering project “Research on National Grain Security Strategy in the Context of Dual Circulation” (2022-XBZD-03)

参考文献

[1] 邓明. 国际化背景下中国通信产业的自主技术标准创立模式研

- 究[J]. 科技展望, 2016, 26(24): 307.
- Deng M. Research on the establishment mode of independent technical standards of China communication industry under the background of internationalization [J]. Science and Technology, 2016, 26(24): 307.
- [2] 刘光毅, 王莹莹, 王爱玲. 6G 进展与未来展望 [J]. 无线电通信技术, 2021, 47(6): 668–678.
- Liu G Y, Wang Y Y, Wang A L. 6G latest progress and future development [J]. Radio Communications Technology, 2021, 47(6): 668–678.
- [3] 胡世良. 5GtoB 规模化发展六大问题的思考和认识 [J]. 电信科学, 2022, 38(S1): 67–76.
- Hu S L. Thinking and understanding of six major problems in the large-scale development of 5GtoB [J]. Telecommunications Science, 2022, 38(S1): 67–76.
- [4] 工信部: 今年 5G 网络建设已提前超额完成任务 [EB/OL]. (2022-11-01)[2023-08-25]. http://www.news.cn/2022-11/01/c_1129090889.htm.
- MIIT: This year's 5G network construction has exceeded the task ahead of schedule [EB/OL]. (2022-11-01)[2023-08-25]. http://www.news.cn/2022-11/01/c_1129090889.htm.
- [5] 赛迪智库无线电磁管理研究所. 6G 全球进展与发展展望白皮书 [R]. 北京: 赛迪智库, 2021.
- Institute of Radio Management, SEDIC. 6G global progress and development outlook white paper [R]. Beijing: SEDIC, 2021.
- [6] 王亦菲, 闻立群, 李明豫. 全球 6G 产业及政策进展研究 [J]. 信息通信技术与政策, 2022 (9): 71–75.
- Wang Y F, Wen L Q, Li M Y. Research on global 6G industry and policy progress [J]. Information and Communications Technology and Policy, 2022 (9): 71–75.
- [7] 全球 5G/6G 产业发展报告(2022—2023 年) [EB/OL]. (2023-03-15)[2023-10-17]. <https://www.tdia.cn/Uploads/Editor/2023-03-21/64195c5ba93a5.pdf>.
- Global 5G/6G industry development report (2022—2023) [EB/OL]. (2023-03-15)[2023-10-17]. <https://www.tdia.cn/Uploads/Editor/2023-03-21/64195c5ba93a5.pdf>.
- [8] 6G 网络架构愿景与关键技术展望白皮书 [EB/OL]. (2021-06-15)[2023-01-06]. <http://221.179.172.81/images/20210917/16141631860877816.pdf>.
- A white paper on the vision and key technology prospects of 6G network architecture [EB/OL]. (2021-06-15)[2023-01-06]. <http://221.179.172.81/images/20210917/16141631860877816.pdf>.
- [9] You X H, Wang C X, Huang J, et al. Towards 6G wireless communication networks: Vision, enabling technologies, and new paradigm shifts [J]. Science China (Information Sciences), 2020, 64 (1): 110301.
- [10] 中国工程院院士张平: 2023 年 6G 发展有三个关键点 [EB/OL]. (2023-01-13)[2023-08-30]. <http://www.cena.com.cn/infocom/20230113/118745.html>.
- Zhang Ping, academician of Chinese Academy of Engineering: Three key points for 6G development in 2023 [EB/OL]. (2023-01-13)[2023-08-30]. <http://www.cena.com.cn/infocom/20230113/118745.html>.
- [11] David K, Berndt H. 6G vision and requirements: Is there any need for beyond 5G? [J]. IEEE Vehicular Technology Magazine, 2018, 13(3): 72–80.
- [12] 陈岩, 吴超楠. 数字战略构建中国数字经济新格局 [J]. 科技导报, 2022, 40(22): 5–11.
- Chen Y, Wu C N. Digital strategy forges the new pattern of China's digital economy [J]. Science & Technology Review, 2022, 40(22): 5–11.
- [13] 张平, 牛凯, 田辉, 等. 6G 移动通信技术展望 [J]. 通信学报, 2019, 40(1): 141–148.
- Zhang P, Niu K, Tian H, et al. Technology prospect of 6G mobile communications [J]. Journal on Communications, 2019, 40(1): 141–148.
- [14] Zhang P, Shen X M, Zhang J H. Editorial for the special issue on 6G requirements, vision, and enabling technologies [J]. Engineering, 2022, 8: 1–2.
- [15] 张平, 许文俊, 王凤玉, 等. 智简空天地一体化网络 [J]. 无线电通信技术, 2022, 48(3): 381–384.
- Zhang P, Xu W J, Wang F Y, et al. Intellicise air-space-ground integrated networks [J]. Radio Communications Technology, 2022, 48(3): 381–384.
- [16] 赵亚军, 郁光辉, 徐汉青. 6G 移动通信网络: 愿景、挑战与关键技术 [J]. 中国科学: 信息科学, 2019, 49(8): 963–987.
- Zhao Y J, Yu G H, Xu H Q. 6G mobile communication networks: Vision, challenges, and key technologies [J]. Scientia Sinica Informationis, 2019, 49(8): 963–987.
- [17] 如何在 6G 竞争中夺得话语权? 电信研究院陈鹏: 理论创新和技术突破是核心关键 [EB/OL]. (2022-09-02)[2023-08-30]. <http://www.cww.net.cn/article?id=567778>.
- How to seize the right to speak in 6G competition? Chen Peng, Institute of Telecommunications Research: Theoretical innovation and technological breakthrough are the core key [EB/OL]. (2022-09-02)[2023-08-30]. <http://www.cww.net.cn/article?id=567778>.
- [18] 张平院士: 坚定不移走独立创新路线, 破解 6G 演进堵点 [EB/OL]. (2022-08-10)[2023-08-30]. <http://www.cww.net.cn/article?id=566592>.
- Academician Zhang Ping: Unswervingly take the independent innovation route to crack the 6G evolution blockage [EB/OL]. (2022-08-10)[2023-08-30]. <http://www.cww.net.cn/article?id=566592>.
- [19] 张平: “智简”自主创新攻破移动通信堵点 [EB/OL]. (2022-06-20) [2023-08-30]. http://www.china.com.cn/opinion2020/2022-06/20/content_78280455.shtml.
- Zhang Ping: “hijian” independent innovation to break through mobile communication blockage [EB/OL]. (2022-06-20)[2023-08-30]. http://www.china.com.cn/opinion2020/2022-06/20/content_78280455.shtml.
- [20] 刘超, 陆璐, 王硕, 等. 面向空天地一体多接入的融合 6G 网络架构展望 [J]. 移动通信, 2020, 44(6): 116–120.
- Liu C, Lu L, Wang S, et al. Prospects for a multi-access air-space-terrestrial integrated 6G network architecture [J]. Mobile Communications, 2020, 44(6): 116–120.