德国 6G 技术发展战略分析

周顺杰[1]，陈 娟[2]
（1. 衡水市科技情报研究所，河北衡水 053000；
2. 衡水学院文学与传播学院，河北衡水 053000）

摘 要：德国近年不断加强数字化发展，出台了新的“数字化战略”，包括谋划了 6G 技术和行业发展未来，2025 年之前向 6 个领域提供 7 亿欧元资助新通信标准的研发。德国希望通过工业技术项目实施，在 6G 技术领域建立早期优势。在战略实施上，德国政府通过政策法规制定、充分资金保障、搭建研发合作平台和建立行业研发联盟持续推进 6G 技术的开发和应用。基于德国的战略动向，为加快中国 6G 系统化和预标准化提出思考和建议。

关键词：德国；6G 技术；6G 产业；发展战略
中图分类号：G323；TN92 **文献标识码**：A DOI：10.3772/j.issn.1009-8623.2023.09.007

6G 通信的技术预研与国际标准化预计在 2025 年启动，其技术和应用预计在 2030 年代投入市场，实现万物互联的移动通信网络，即人与数字世界、物理世界的联网。根据德国信息产业、电信和新媒体协会（Bitkom）的设想[1]，以元宇宙为特征的沉浸式通信体验将成为未来沟通范式，在经济发展网络化的过程中，人与人、人与机器、机器与机器之间的互动将带来全新水平的灵活性和效率。在德国的技术设想中，6G 将为工业 4.0 的“网络—物理系统”、自动驾驶和精准农业提供新应用。同时目前移动无线电系统主要针对地面连接，航空和航天的新要求意味着对网络覆盖范围的扩大，最终实现空天地海的全球泛在链接。

1 德国 6G战略概述

德国将移动通信作为其高技术战略的组成部分。2022 年德国提出新的“数字化战略”，强调开发 6G 技术潜能，到 2025 年为 6G 研究计划提供 7 亿欧元资金支持[2]。2023 年 2 月，德国朔尔茨政府出台《未来研究与创新战略》[3]，将 6G 技术作为工业、交通、城市发展、可持续发展和安全可靠通信体系的保障手段之一，要求搭建 6G 创新生态体系。德国联邦教育及研究部对 6G 技术发展曾表示“数字未来和对网络传输数据的控制在很大程度上取决于从一开始就在通信技术的发展中保持领先地位。我们必须在这一领域保持技术主权，以免陷入对他人的依赖”[4]。

1.1 实施背景

新冠疫情致使德国经济产出下滑，为刺激经济长期稳定发展，德国政府在 2020 年出台了“新冠疫情经济刺激以及未来技术一揽子计划”。如何更好设计未来数字化转型被德国乃至欧洲摆在保障未来竞争力的关键位置。新冠疫情加剧了德国对数字化转型以及高性能网络基础设施的需求。此外，以德国总理朔尔茨“时代转折”的议会演讲[5]为代表，德国在经历新冠疫情引发的供应链危机和俄乌地缘政治危机后，减少对外依赖和增强自主创新能力的呼声高涨。德国联邦教育及研究部在 2019 年发布了《技术主权塑造未来》[6]，表明对掌握关键技术的迫切愿望，而 6G 被认为是数字主权的一项关键

第一作者简介：周顺杰（1982—），男，本科，助理研究员，主要研究方向为科技情报、战略分析。

收稿日期：2023−07−18

技术。从技术主权角度，德国政府认为，对于复杂技术如 6G，其所用的组件没有必要完全由德国或欧洲开发生产，因此不寻求彻底的自给自足。但德国或欧洲需要建立对应的生态体系和知识体系，从而使 6G 网络的关键组件也能够在德国及欧洲制造，避免单方面依赖。

1.2　目标设定

对于未来 6G 技术通信系统，德国提出了弹性、安全、效率和可持续性等要求。首先第六代网络必须能够自主检测攻击、故障或过载，自动减轻和消除影响，这体现在 6G 核心 / 云、6G-RNA/ 边缘以及技术和硬件方面。其次要有快速反应和主动适应网络的重构能力，将传统加密法与物理层保护、量子密码学结合起来。弹性和安全性是未来工业和社会应用的双元素。同时隐私保护是 6G 研究的核心组成部分。在效率方面，为实现 100 G/s 的速率在 100 GHz ～ 300 GHz 开发新的频段；通过人工智能、机器学习优化 6G，适应不同应用如通信、采样和定位等。为实现可持续发展目标，在数字集成、基础设施等方面开发总体能耗解决方案，通过高度软件化延长组件生命周期，实现资源节约。

在技术主权方面，德国将 6G 国际标准的参与度以及基础设施组件自有保障性作为重要内容。德国计划到 2025 年完成 6G 技术标准工作，由德国联邦教育及研究部资助相关方面的研究；到 2030 年 6G 开展市场推广时，德国移动通信体系中关键组件在本土制造的比例显著提升。此外，要始终保障技术的可控性，即这些技术在安全关键领域必须能够独立、安全使用。如德国在 2021 年生效的《IT 安全法规 2.0》[7] 要求关键基础设施行业将只能采购并安装已发布“可信声明”的制造商组件。这一要求明确包括制造商的整个供应链。在未来通信网络中使用来自德国和欧盟供应商的基本 / 特殊（安全）的关键系统和系统组件，是德国和欧洲所谓技术主权的重要一步。5G 网络的发展使核心网与天线网更加难以分离，6G 网络将加强这种边缘计算和核心计算的融合趋势。目前德国 5G 网络主要使用华为、中兴等中国供应商，而核心网则依赖于爱立信。

1.3　重点研发方向及部门分工

德国联邦教育及研究部是引导和支持 6G 技术发展的重要政府部门。2021 年，该部宣布投入 2.5 亿欧元用于 6G 相关技术研究，并对 6G 技术快速转移创新产品进一步支持。上述措施由“研究第六代移动通信整体系统和子技术的 6G 工业项目”资助指南予以实施 [8]。在研究方向上，德国政府主要确定了以下 6 个领域：（1）根据社会需求，特别是德国的主要工业部门，量身定制公共和非公共移动网络的概念；（2）高性能的无线电接口，涉及数据速率、频谱使用、延迟和能耗等；（3）用于弹性、安全和高度可靠通信系统 / 网络的技术和方法（无线、光纤、非地面网）；（4）将移动网络作为人工智能和计算的基础设施；（5）用于千兆赫兹和太赫兹频率范围的超宽带智能、自主调频 6G 天线系统的网络覆盖；（6）对人和环境的伴随研究。

根据 5G 发展经验，德国政府其他部门部委在无线通信产业推动方面的分工：联邦经济和气候保护部主要负责经济界不同应用领域专有无线电网络的开发和测试，研究重点是对开放接口安全、高效和节能使用以及通信系统的虚拟化技术。部分开发内容是与法国协同开展，如德国、法国私有无线电网络生态系统（2022—2024）。联邦数字化和交通部目前在移动通信领域资助了近 50 个项目，如交通信号系统优化改进、工业设施远程警报，最新研究资助领域有“开放 RAN（无线电接入网）城市”和“开放 RAN 实验室”，在真实和实验室条件下研究、测试开放 RAN 技术，到 2024 年将累计投入 3 亿欧元资助基于软件的网络技术。

在加强（国际）6G 标准制定上：德国联邦经济和气候保护部负责电信领域的技术监管和标准制定，此外通过联邦网络局在该领域进行法律和专业监督。标准化的重要工具之一是“信息和通信技术标准化咨询委员会（BSIKT）”以及联邦经济部代表参加的“欧洲信息通信技术多方利益相关方联合平台（MSP-ICT）”。此外，在 2021 年成立了包括联邦内政部在内的网络安全相关的部际“信息通信技术标准化委员会”。

联邦州政府层面，根据地方不同产业需求和技术优势推进无限通信领域的发展，目前主要以 5G 开发为主，同时兼顾 6G 早期准备。如北莱茵 – 威斯特法伦州建立了“5G 能力中心”，开展无线通

信技术包括6G技术在内的研究和支持。巴伐利亚州成立了Thinknet 6G生态体系，汇集行业参与者、研究机构、协会、创新者和孵化器，在早期参与对于6G的研发。

2 德国对6G技术研发和产业发展的实施部署

在6G研发领域，德国积极参与欧盟整体研究框架计划，如2021年欧盟启动的6G研究旗舰项目HEXA-X，2022年10月启动的Ⅱ期项目，德国西门子和德累斯顿大学等参与其中。此外，2021年4月德国联邦教育及研究部启动了德国首个“6G技术研究计划”[9]，计划5年内投入7亿欧元。在资金分派上，其中2.6亿欧元用于建设4个6G研究中心和1个未来通信技术/6G平台；2.15亿欧元用于6G工业项目；2.25亿欧元用于通信系统研究计划，涉及6G的“主权、数字化、联网”(筹备中)。

2.1 以6G研究中心推进技术准备

德国联邦教育及研究部启动的首批资助项目是资助4个“6G技术研究中心”，4年总资助金额达到2.5亿欧元。资助措施旨在建立新研究网络，一方面进一步开发移动通信（6G），另一方面开发为此所需的有线通信（骨干网），为未来技术竞争优势和专利技术保护夯实基础。除了研究6G的技术基础之外，资助措施通过产业与研究网络的合作，可持续建立经济领域的专业知识体系，同时为电信部门的研究机构培训技术专家。

目前4个研究中心共汇聚来自科学界、经济界约50个研究合作伙伴，对无线传输、光纤网络的不同重点内容（新材料、新功能等）分别进行研究，共同加快研究成果向实际应用的转化。此外，资助建立“未来通信技术和6G平台”作为研究的中心环节，4个研究中心的科学负责人以“咨询委员会”的形式参与其中，共同致力于研究和开发未来6G标准基础的总体问题。以下为4个研究中心概况。

2.1.1 6G研究和创新集群

弗劳恩霍夫电信研究所和弗劳恩霍夫海因里希赫兹研究所主导建立“6G研究和创新集群”（6G-RIC）。该中心是建立开放测试基础设施，跨越技术界限开展移动无线电系统开发，包括对新技术组件在现实和开放条件下进行测试。技术重点包括：“次–太赫兹移动接入”为移动应用利用最高频率开发高效收发器技术。“智能无线电环境”，通过对环境进行无线技术调整，为可靠、高效能和安全通信打开了新的视角。“网络作为传感器”，未来6G网络的一个重要特征是无线感知应用和通信的融合。“6G连接性”，通过统一数据生成、信息传输和使用，在物联网中应用6G技术。“后量子安全设计”,将设计适用于6G网络的安全架构，确保安全设计。“自治、融合网络”，将开发可扩展的网络自动化和监控解决方案。以上研究的行业应用领域为“混合现实”和“机器人集群”。前者是“网络–物理系统”，为对虚拟和物理世界间的连接，如虚拟现实、增强现实，具体是对远程医疗和数字孪生的研究。移动机器人集群是指服务机器人和无人机，主要用于消费行业和工业领域。

2.1.2 开放6G中心

德国人工智能研究中心主导“开放6G中心”（Open6GHub），开发满足2030年以后社会需求的6G系统，要求具备资源节约和能源效率等条件,同时保障个人数据安全和较高的网络可用性。在欧洲一体化背景下，该项目成果还将参与全球6G协调过程和6G标准制定。开放6G中心目前由17个项目伙伴组成，涉及技术领域包括高度网络化生产、未来交通场景、新的学习世界、个性化医疗以及最为重要的人与自动驾驶汽车/设备的互动。开放6G中心将在以下领域为端到端解决方案和整体架构的开发做出贡献：扩展的网络拓扑结构，包括高度灵活的有机网络连接；安全性和弹性；太赫兹和光子传输方法；网络中的传感器功能及其智能化利用和后续处理；应用特定的无线电协议。

2.1.3 6G生活研究中心

德累斯顿工业大学和慕尼黑工业大学共同主导“6G生活研究中心”（6G-Life），约40名教授开展通信网络研究，聚焦人机协作，重点应用领域为工业4.0和数字医学，包括4个关键课题“延迟”“弹性（故障安全）”“安全（隐私和防御政击）”和“可持续性（降低能耗）”，同时通过引入社会科学、人文科学合作伙伴，对伦理问题予以解答。该项目研究伙伴将在人机协作、通信架构、量子通信以及后香农理论等领域做出成果，预计孵化出至少10家创业公司。

2.1.4　开放、高效、安全 6G 移动通信系统研究中心

开放、高效、安全 6G 移动通信系统研究中心是北莱茵－威斯特法伦州 10 所大学和研究机构组成的联盟，由亚琛工业大学主导，开发开放、高效和安全的移动无线电系统，覆盖从生产、物流到个性化需求的整体解决方法，致力于建立 6G 技术向区域内、国家内以及欧盟内公司转移的 6G 生态体系。技术重点包括：（1）探索开放式的 6G 系统平台（包括模块化的软件定义无线电平台以及基于数字孪生的开放式系统模型），这些平台具有灵活的可扩展性，取代了独立式的架构，同时提供更高的性能和效率。（2）在可控无线环境中实现具有弹性、智能和高适应性的 6G 通信系统。（3）在所有系统层面上坚持“安全设计和安全原则”，例如，从最小辐射暴露到保证实时性和用户隐私的最大化。（4）实现极高的传输数据速率，甚至达到每秒 1 太比特（1 Tbit/s），以满足高度创新应用的服务质量要求，涵盖太赫兹技术及其光纤连接。以上技术的应用重点包括自动驾驶、智能制造、物流和医药。该中心将集成配备 6G 系统的 7 个测试场景，包括数字手术室、智能医院、物流中心、生产中心、机器人中心以及城市和高速道路交通场景。

以上 4 个 6G 研究中心在所属领域独立工作，在 6G 技术研究计划内部产生良性竞争，从而促进创新和推动研究高效发展，这些研究中心在方法和目标设定上存在共同点，如人才培养等。

2.2　通过工业研究项目推进行业准备（项目案例）

2021 年 9 月，德国联邦教育及研究部发起征集 6G—工业项目，开展对第六代移动通信整体系统和子技术的工业化研究。6G 生态系统涵盖技术层面，如材料、组件、微电子、模块和网络（包括 IT 安全、软件和人工智能）。因此需要对整个系统进行开发、演示和验证。此外要对 6G 相关子技术进行探索性研究，达到特定技术深度和多样性的要求。自 2022 年启动的工业项目，截至 2023 年 8 月共有 18 个，项目执行期为 3 ～ 4 年，单个项目的资助经费从 400 万～ 3 000 万欧元不等。项目涉及范围包括从“增强和虚拟现实新技术”“6G 通信的激光架构”到行业领域的“分布式医疗体系 6G 网络”“人工智能支撑的工业 6G 园区网络”等。联合研发的 6G 工业项目根据规模的不同，合作单位从 7 ～ 40 家，牵头单位均为行业领域的领军企业，其他成员包括高校、研究院所和技术公司等。

以灯塔项目“6G-ANNA”（6G 存取、网中网、自动化和简化）为例，该项目为第六代移动通信进行总体开发设计，包括一个端到端的封闭架构。项目首先研究无线接入的基础理论，以及设计、实施创新的协议和信号处理算法，其次研究相应的网络管理方法和编排方法（对计算机系统和软件的自动化配置、协调和管理）。研究目标是简化和改善人、技术和环境之间的互动，如能够识别人体运动的新传感器和算法，以及精准映射生产过程中复杂机器的数字孪生技术，从而实现远程控制。此外，该项目将 6G 视为“网络中的网络”，类似于因特网，对不同封闭的网络进行灵活连接，着重研究安全角度和弹性。从单个无线电接入多个网络的集成，所有研究工作的共同目标是保证网络性能的同时保障灵活性和降低能耗。6G-ANNA 的实施推进了 6G 技术开发，同时为德国经济界自主设置 6G 网络积累技术经验，提高德国、欧盟对于关键零部件的制造，确保德国主导工业的行业要求纳入 6G（国际）标准。

从 2022 年 7 月启动实施“6G-ANNA”，截至 2025 年 6 月，该项目总资助金额将达到 3 840 万欧元，其中 70% 来自联邦教育及研究部拨款。项目协调单位为诺基亚（慕尼黑）公司，合作单位包括空客、博世、爱立信、西门子、沃达丰在内的 14 家公司和弗劳恩霍夫协会在内的 15 家大学和科研机构。

2.3　加强欧盟以外的国际合作

以可持续、全球挑战等为主题，德国政府近年不断拓展国际合作网络，在科学研究和技术领域，5G/6G 技术合作是重要内容。2022 年 11 月，德国与新加坡两国总理签署联合宣言 [10]，在 8 个领域加强合作计划，包括“探索未来通信技术如 Beyond 5G/6G 领域的合作以确保高效标准”。2023 年 5 月德国联邦教育及研究部与日本内政通信部就 6G 移动通信签署联合意向声明 [11]。此外，德国企业如罗伯特·博世博公司积极参加和主持国家和国际通信项目，在 5G 汽车协会（5GAA）、5G 互联工业与自动化联盟（5GACIA）等产业联盟内就未来移动通信标准开展早期讨论以及开发解决方案。

3 德国实施6G战略的保障措施

德国在政策、平台、资金、项目、人才以及欧盟合作多个方面保障 6G 技术战略的实施。

德国已将移动通信作为其高技术战略的组成部分，6G 被视为未来德国和欧洲数字主权的关键技术和核心重点。2023 年德国出台《未来研究与创新战略》，将 6G 技术明确作为引领未来高性能、安全、资源和节能通信系统的重要内容。

在平台方面。2021 年德国成立了“未来通信技术和 6G 平台”，其作为中央联络点和转移平台，对开展的重要 6G 研发活动进行关联，形成德国的整体发展体系，进行科学联系，扮演中央协调的角色。该平台同时推动与国际监管和标准化的协调，以及创造社会和经济的参与机会。该平台广泛吸取通信行业内、外用户群体的意见建议，确保了即使非移动通信研究行业的用户群体，也能够在确定 6G 领先应用和需求的过程中提供意见。重点是确保将愿景和概念有效地协调一致，以定义德国统一的 6G 研发、应用的方向。未来通信技术和 6G 平台将广泛而包容性地考虑所有利益相关者、计划和重要方面，是 6G 技术研究活动的组成部分。

在资金和项目方面。以德国联邦教育及研究部为主导，成立了 6G 研发联盟以及发布了一系列推进举措，包括到 2025 年前提供 7 亿欧元支持 6G 技术研发，特别是 2021—2025 年提供 2.5 亿欧元资助 4 个研究中心，促成大学和研究机构形成强大的 6G 研发势头。在未来应用领域以 6G-ANNA 为灯塔项目开展了一系列由工业企业牵头的工业项目。此外，6G 研究中心和 6G 工业项目又通过未来通信技术和 6G 平台得以互相补充。

在联邦州政府层面，根据地方不同产业需求和技术优势推进无线通信领域的发展，目前主要以 5G 开发为主，同时兼顾 6G 早期准备。如北莱茵 – 威斯特法伦州建立了“5G 能力中心”开展无线通信技术包括 6G 技术在内的研究和支持。巴伐利亚州成立了 Thinknet 6G 生态体系，汇集行业参与者、研究机构、协会、创新者和孵化器，在早期积极参与 6G 的研发。

德国主要通过重大项目加强创新人才培养。以“6G 研究和创新集群”（6G-RIC）为例，该项目将青年人才培养作为项目实施的主要内容之一，目前已经聚集了 20 所大学和研究机构，促进青年人才在早期加入未来技术研发活动。此外，德国联邦教育及研究部资助青年科学家在信息通信领域开展颠覆性创新活动。预计未来将有约 200 名科学家从事 6G 技术的研究工作。

在欧盟层面上，德国积极配合参与了 2021 年启动的名为 HEXA-X 的 6G 旗舰项目，欧洲领先的网络供应商、网络运营商以及其他工业伙伴和学术伙伴参与其中。此外欧洲智能网络和服务联合组织 (SNS JU) 通过其工业影响力推进 6G 在欧洲乃至全球的发展。欧盟已在 SNS JU 框架下批准了 2021—2027 年 9 亿欧元的资金支持 [12]。除欧盟以外，德国积极拓展 6G 合作，近年与新加坡和日本等国家签署了 6G/ 通信领域的合作备忘录，有利于其协同发展建立共同秩序。

4 思考与建议

第三代合作伙伴计划（3rd Generation Partnership Project）正在开展 5G 演进标准（5G-Advanced）的制定，6G 规格研制工作预计在 2024 年启动，国际电信联盟无线电部门的一个工作组已经启动了各项准备工作。全球 6G 标准的第一个规范预计在 2026 年或 2027 年推出，并预计在 2030 年实现商用。尽管德国在 5G 的发展中没有发挥关键主导作用，但德国商界和政界希望这一次德国有能力定义 6G 技术标准。中国“十四五”规划明确提出要前瞻布局 6G 网络技术储备，在 2023 年第 31 届中国国际信息通信展览会上，中国工信部提出将前瞻布局下一代互联网等前沿领域，全面推进 6G 技术研发。通过德国已有实践，得出的借鉴在于技术发展要与工业和社会需求紧密结合，在应用过程中发现标准需求和标准原则，应在 5G 产业基础和经验上设计 6G 发展路线乃至国家发展战略。为加快建设完备的 6G 创新生态体系，应加强 6G 行业发展的底层设计，从技术、市场、行业、基础设施、资源配套以及环境等各方面进行前瞻部署。

（1）在技术和市场方面。建立 6G 生态体系，涵盖网络、材料、组件、芯片和模块等层面，连接政府、研发部门、行业企业和用户等，实施战略引导，明确发展细分市场，满足未来需求和做好技术

储备。鉴于新技术演进周期的缩短，应在早期建立真实实验室和测试场所，缩短创新到现实应用的周期；整体考虑通信部门对于环境的影响；提早布局高性能移动网络和光纤网络等基础设施。

（2）中国在 5G 技术方面占据主导地位，6G 技术在准备阶段要加强行业协同，建立一体化的创新生态体系。此外在专业领域加快与人工智能、卫星等其他相关领域的融合，解决一体化设计存在的关键性难题，提升技术市场化的广度和深度，最大限度地发挥技术潜能及其社会价值、商业价值。

（3）加强 6G 国际交流合作，以“全球协力推进 6G 国际合作发展倡议书”为发端，积极融入全球研发体系和产业生态体系，一方面推广中国特有的行业标准，主张国家利益；另一方面加强标准对接，避免 6G 国际标准分裂和产业分裂，提高在整个规则体系和行业体系中的话语权。■

参考文献：

[1] KRIEGESKOTTE N. 6G: Mobilfunk-Visionen für die 2030er Jahre[EB/OL]. [2023-06-11]. https://www.bitkom.org/Themen/Recht-Regulierung/Telekommunikationspolitik/6G.

[2] Bundesregierung. Strategie für einen digitalen Aufbruch[EB/OL]. [2023-06-11]. https://www.bundesregierung.de/breg-de/themen/digitalisierung/digitalstrategie-2072884.

[3] Bundesministerium für Bildung und Forschung. Zukunftsstrategie Forschung und Innovation [EB/OL]. [2023-06-11]. https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/1/730650_Zukunftsstrategie_Forschung_und_Innovation.pdf?__blob=publicationFile&v=4.

[4] Bundesministerium für Bildung und Forschung. Wir wollen bei 6G an der Spitze sein[EB/OL]. [2023-06-11]. https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/pressemitteilungen/de/karliczek-wir-wollen-bei-6g-an-der-spitze-sein.html.

[5] Bundeskanzler Olaf Scholz. Reden zur Zeitenwende[EB/OL]. [2023-06-11]. https://www.bundesregierung.de/resource/blob/992814/2131062/78d39dda6647d7f835bbe76713d30c31/bundeskanzler-olaf-scholz-reden-zur-zeitenwende-download-bpa-data.pdf.

[6] Bundesministerium für Bildung und Forschung. Technologisch souverän die Zukunft gestalten[EB/OL]. [2023-06-11]. https://www.bmbf.de/SharedDocs/Publikationen/de/bmbf/5/24032_Impulspapier_zur_technologischen_Souveraenitaet.pdf?__blob=publicationFile&v=4.

[7] Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. Zweites Gesetz zur Erhöhung der Sicherheit informationstechnischer Systeme[EB/OL]. [2023-06-11]. https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/start.xav?startbk=Bundesanzeiger_BGBl&jumpTo=bgbl121s1122.pdf#__bgbl__%2F%2F*%5B%40attr_id%3D%27bgbl121s1122.pdf%27%5D__1692715899165.

[8] Bundesministerium für Bildung und Forschung. 6G-Industrieprojekte zur Erforschung von ganz-heitlichen Systemen und Teiltechnologien für den Mobilfunk der 6. Generation[EB/OL]. [2023-06-11]. https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/bekanntmachungen/de/2021/09/2021-09-13-Bekanntmachung-6G.html.

[9] Gigabitbüro des Bundes. 6G: Vier deutsche Forschungs-Hubs entwickeln zukünftige Kommunikationstechnologie[EB/OL]. [2023-06-11]. https://gigabitbuero.de/praxisbeispiel/6g-vier-deutsche-forschungs-hubs-entwickeln-zukuenftige-kommunikationstechnologie/.

[10] Bundesregierung. Partener für eine Resiliente und Nachhaltige Zukunft[EB/OL]. [2023-06-11]. https://www.bundesregierung.de/breg-de/suche/gemeinsame-erklaerung-der-bundesrepublik-deutschland-und-der-republik-singapur-partner-fuer-eine-resiliente-und-nachhaltige-zukunft-14-november-2022-2142670.

[11] Bundesministerium für Bildung und Forschung. Absichtserklärung zum Thema 6G-Mobilfunk[EB/OL]. [2023-06-11]. https://www.bmbf.de/bmbf/shareddocs/kurzmeldungen/de/2023/05/230510-g7-japan.html.

[12] KRIEGESKOTTE N. 6G: Mobilfunk-Visionen für die 2030er Jahre.bitkom[EB/OL]. [2023-06-11]. https://www.bitkom.org/Themen/Recht-Regulierung/Telekommunikationspolitik/6G.

（下转第76页）

The Key Technology in Chinese Robotics Field Under the Threshold of U.S. Technology Export Control to China

HE Xiao, ZHANG Zhijuan, LI Bo, ZHU Baoji, GAO Zhuo

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing　100038)

Abstract: This paper takes the field of "robotics", which is subject to a more serious U.S. technology blockade, as an example, establishes a technology capability evaluation model based on patent data, evaluates the key technology capabilities of China and the U.S. and calculates the value of the gap between the two countries in terms of the key technology capabilities for the robotics subfields and key components in the U.S. commercial control list. The following conclusions are obtained: the U.S. control of China's robotics field mainly focuses on two aspects—sub-field robots and core components; the largest key technology capability gap in sub-field robots is micro drones; the smallest key technology capability gap is automated assembly robots; the largest key technology capability gap in core components is speed reducer; and the smallest key technology capability gap is end-effector and China's technical capability value even overtakes the United States. Combined with the above analysis, it puts forward reference suggestions such as improving policies for the robot industry, paying attention to the intelligent development of industrial robots, strengthening the environmental tolerance, recognizing the stress performance of special robots, and improving the key performance of robot core components.

Keywords: commercial control list; techniology capability evaluation; robotics

（上接第58页）

Germany's Strategy for Future 6G Technology Development

ZHOU Shunjie[1], CHEN Juan[2]

(1. Institute of Scientific and Technical Information of Hengshui, Hengshui, Hebei　053000;

2. College of Literature and Communication, Hengshui University, Hengshui, Hebei　053000)

Abstract: Germany has continued to strengthen its digital development in recent years, planned the future of 6G technology and industry development, and introduced of a new "digitalization strategy", which will provide 700 million euros by 2025 to six areas to fund research and development of new communication standards. In addition, Germany hopes to establish an early advantage in the field of 6G technology through the implementation of industrial technology projects. In terms of strategic implementation, the German government is advancing the development and application of 6G technology by formulating policies and regulations, providing substantial financial support, establishing collaborative research and development platforms, and creating industry research alliances. Drawing inspiration from Germany's strategic initiatives, this paper offers reflections and suggestions on accelerating the systematic and pre-standardization development of 6G in China.

Keywords: Germany; 6G technology; 6G industry; development strategy