

F5G：撬动中国经济新动能

——千兆固网社会经济效益报告



中国社会科学院工业经济研究所“网络强国研究”课题组

摘要

当前，主要工业化国家间的经济和产业竞争正紧紧围绕以智能化、网络化、数字化为核心特征的新一轮科技革命和产业变革展开。在贸易保护主义抬头和全球经济增长乏力的大背景下，各国更是纷纷将促进数字经济发展上升为抢占全球产业竞争制高点、提振本国经济增长动力的战略性举措。以 F5G（第五代固网，the 5th Generation Fixed Network）和 5G 为核心的新型信息基础设施，孕育着新一轮科技革命和产业变革拓展过程中最为重要的通用目的技术和使能技术，在构筑经济增长动能、驱动经济效率提升、支撑民生福祉改善方面具有不可替代的战略性作用。其中，F5G 由于兼具投资规模小的经济性和高网速、低时延、高稳定性的技术优势，应当作为新时期我国网络强国建设的突破口，有力撬动和支撑我国“F5G 先导、应用引导、5G 主导”网络强国战略的有效实施，与各类蓬勃发展的新技术、新产业、新业态一道，共同构筑新时期我国经济增长新动能。

一、新型信息基础设施助推网络强国建设

当前加速拓展的新一轮工业革命，正在深刻地改变产业形态和竞争范式。在以 F5G 和 5G 为核心的新型信息基础设施时代，数据要素将会成为决定未来工业化水平的最稀缺的要素；新一代互联网基础设施的逐步完善将为数据要素的积累和配置提供有力支撑；制造过程高度数字化，企业通过互联网及时获取消费者需求从而实现服务型制造；新型生产组织方式兴起，刚性生产系统转向可重构生产系统，大规模生产转向大规模定制，工厂制造转向社会化制造，平台型企业对产业链、价值链的掌控力前所未有的。我国日益走近世界经济和技术竞争舞台的中央，必须在上述技术经济范式转变的四大领域寻求整体突破。

从新型基础设施的角度看，历次技术经济范式的转换，无不伴随着新型基础设施的投资“潮涌”，新型基础设施的完善程度直接影响各国科技革命和产业变革的进程。当前，互联网基础设施的服务水平严重制约了数据要素的价值创造，不能满足各行业、各领域智能化的需要，亟需通过统筹投资快速推进新型基础设施完善。从固定网络的发展历程来看，目前全球正跨入以 10G-PON 技术为代表的第五代千兆超宽时代。

适度超前布局新型信息基础设施，实现高质量网络泛在，赋能下游产业，带动上游

基础技术与重要装备核心技术突破，全面促进实体经济转型并抢占全球竞争制高点，是我国建设网络强国的合理路径。以 F5G 和 5G 为核心的新一代信息基础设施，以人工智能、VR、车联网、智能制造等为主导的新兴技术的商业应用，是新时期我国数字经济和网络强国建设的两翼。然而，不同于此前家庭宽带和 3/4G 普及时期的发展条件和产业生态，当前我国新一代网络和下游商业应用内生发展、互动增强的机制并未形成：一方面，智能制造、车联网等下游应用的技术和商业模式并不成熟，且运营商上一代网络建设投资尚未回收完成，因而运营商缺乏对新一代信息基础设施进行投资的内在动力；另一方面，如果新一代网络基础设施不能加快完善，下游商业应用就无法在更高速度、更高可靠性网络的支持下通过工程迭代和商业模式探索逐步发展成熟。基础设施和下游应用相互掣肘，形成当前制约我国数字经济高质量发展的“囚徒困境”。确立“F5G 先导”思路，加速布局对运营商而言投资压力相对较小、对垂直行业应用又具有重要带动作用的千兆固网，将是破解我国数字经济发展瓶颈的重要抓手。

综合考虑我国信息基础设施的存量水平，以及新建不同类型基础设施的技术经济特征，F5G 将是低投入、高效率铺开新型信息基础设施建设的关键突破口。第一，全面普及的光纤宽带和业已基本完成的 ODN 投资，为运营商提供了低成本 F5G 建设方案，只需简单升级硬件，即可实现向 10G-PON 的平滑演进，快速铺开千兆宽带服务。第二，通信骨干网和接入网已实现光纤化，全光通信网络建设进入传输节点光交换建设的新阶段。运营商可以首先面向具有特定价值需求的用户，以有限投入、灵活部署的方式，拓展高价值的固网新业务，提高投资收益。第三，全光网不仅是固定通信网络的承载底座，也是移动通信网络的承载底座。F5G 千兆固网建设带来的光纤网络规模扩展和政企网络需求升级，将加速光传输和光接入的覆盖范围延伸到网络边缘，推动光纤传输网的智能化，具有支撑新型信息基础设施整体升级的重大意义。

加快部署 F5G 千兆固网，构建“千兆先导、应用引导、固移协同”的建设格局，应成为我国实施网络强国战略的基本思路。第一，“千兆先导”不只意味着率先扩张千兆速率有线网络的服务规模，更意味着超前改造、提升支撑超千兆宽带的全光网，加强光通信技术和装备的自主研发。第二，“应用引导”既需要运营商提供先进、适用的网络条件，上下游通力协作，开发应用场景，打造规模化应用，赋能垂直行业，实现差异化的价值创造；更需要所有产业生态参与者共同创新价值获取与分配逻辑，通过合理的价值分配，修复运营商投资能力，确保产业生态向可持续的方向健康发展。第三，“固移融合”在业

务上体现为 F5G 千兆固网和 5G 千兆移动网络之间的互补协同,在设施上则体现为全光网承载底座建设与 F5G、5G 网络建设之间的深度交织。

二、F5G 驱动中国经济高质量发展

随着 2010 年后我国经济步入中高速增长期,我国的经济增长模式已经发生了根本性变化。传统投资和净出口这“两架马车”对经济增长的贡献率逐步下降,消费成为经济保增长的“稳定器”,这意味着进一步开拓新型投资领域,挖掘内需,推动投资和消费高质量发展将成为我国转变经济增长方式的重点任务。在此背景下,千兆固网作为一种新型基础设施,可以成为稳投资和促消费的着力点。从短期的角度看,千兆固网是稳投资的最优抓手,作为一种新型基础设施强化对创新数字经济的支撑作用,避免了传统基建投资的弊端。从长期的角度看,千兆固网是促消费的有力催化,通过顺应消费升级趋势,刺激 VR、云游戏、超高清视频等新兴服务业的爆发,为创造更丰富多彩的消费内容提供基础设施支持。

千兆固网建设将创造出巨大的直接与间接经济效益。基于 GVAR 模型的测算结果显示,千兆固网建设产生的各行业直接与间接经济价值不尽相同。创造经济价值最大的行业是通信设备、计算机和其他电子设备行业,而化学产品、电气机械和器材、批发和零售、金属冶炼和压延加工品、金融等行业附带产生的经济价值也排名靠前。2019-2025 年间,千兆固网建设每年创造的直接经济增加值达到 1026.88 亿元,7 年建设期间创造的直接经济价值将达到 7188.16 亿元。同期每年创造间接经济价值达 2223.03 亿元,7 年建设期间创造的间接经济价值将达到 15561.21 亿元。由此,可得出千兆固网 2019-2025 年间每年创造的总经济价值(直接经济价值与间接经济价值之和)达到 3249.91 亿元,7 年建设期间创造的总经济价值将达到 22749.37 亿元。据此估计,2019-2025 年间千兆固网建设投资平均每年能拉动中国 GDP 增长 0.3 个百分点,并创造 503.08 万人的就业岗位。

此外,千兆固网建设将显著提高中国经济全要素生产率。计量模型预测结果显示,2019 年后千兆固网的普及确实一定程度上提高了我国总量全要素生产率,并呈现出指数型增长态势。千兆固网推动我国全要素生产率增长率从 2019 年的 0.12 个百分点上升到 2025 年的 0.46 个百分点。随着后期千兆固网的普及度进一步提升,其对国民经济的生产率和行业技术提升效应开始进一步显现,成为拉动全要素生产率增长的重要源泉。

三、F5G 加速中国产业体系现代化

千兆固网推动新型产业生态加快成熟。F5G 千兆固网将有力支持垂直行业应用市场发育，推动产业生态走向成熟，反哺新型信息基础设施建设。当前，新型信息基础设施建设和下游垂直行业商业应用开发面临着二者投资孰先孰后的囚徒困境，影响了信息基础设施升级和产业生态发育的速度。与其他新型信息基础设施相比，F5G 千兆固网的现有投资完成度更高，更有可能引导垂直行业尽快形成规模化应用市场，带来网络投资和垂直应用投资的规模效应。由于 F5G 与 5G 的应用场景重合，服务重点互补，因此 F5G 引导发育的应用场景还将为其他新型信息基础设施打开更大的价值空间。有鉴于此，F5G 先行牵引下游应用市场的拓展，能够给予运营商与垂直行业共同探索新产业生态和收益分配格局的宝贵机会，率先为新型信息基础设施深度覆盖将引致的产业生态大变革做好准备。

千兆固网为电信业商业模式转型提供契机。近年来，OTT 发展让电信运营商沦为“通信管道”，电信运营商的业务较为单一，同质化严重，市场经济加剧会导致“价格战”风险，全球和中国的电信业收入增长均出现疲软。千兆固网的推广可以提升宽带服务品质，拓宽电信行业业务类型，将电信供应商从同质化竞争中解救出来，开展个性化、多样化的宽带服务和增值套餐，增加用户忠诚度，实现电信行业收入新一轮增长。欧美和亚洲的发达国际纷纷布局千兆固网发展战略，各大运营商抢占千兆固网市场，并获得了收入增长和市场份额提升。我国加快布局千兆固网发展，2019 年被称为中国“千兆宽带规模部署的元年”，三大电信运营商积极发展千兆固网，电信运营商不仅可以通过定制千兆套餐实现差异化服务，还可通过开发千兆固网的智能应用、智能组网、智能服务等增值业务，从“通信管道”向与 OTT 合作共生的良性发展模式转变。

千兆固网塑造核心装备与技术优势。我国已有全球最完整的光通信产业链和最大的制造基地，光通信是我国在通信领域最接近世界领先水平的产业之一。F5G 以通信网络的高质量全光化为目标，能成为最早拉动光通信设备与技术研究的建设投入之一。首先，我国已经实现 F5G 的创新引领。在各国竞相投入固网升级之时，加速 F5G 技术的应用转化，稳定 F5G 和光通信技术研发的市场预期，对巩固和扩大技术优势具有战略意义。其次，光通信技术竞争的成败关系到通信网络和数字经济的发展质量。以 F5G 为先导加速全光化进程，将推动促进光产业链深度布局，推动光通信核心技术与装备全面自主化，塑造网络强国的核心竞争力。最后，以 F5G 建设推动光纤宽带网络向更高质量的

全光网发展，有助于我国利用美国光纤铺设和毫米波部署成本“双高”的宝贵窗口，探索实施不同于美国的 F5G 与 5G 协同发展道路，推广光通信“中国方案”，从根本上优化网络强国战略的实施环境。

四、F5G 支撑中国民生福祉改善

千兆固网是支撑新一轮消费升级的基础，一方面可以提供更优质更低价的网络服务，提升消费者网络体验和获得感；另一方面可以孵化新产品、新应用、新业态，满足多样化、个性化、享受型消费升级需求。当前，我国正在经历以信息化消费为典型特征的新一轮消费升级，有形信息产品和无形信息服务的消费规模不断增加，信息消费质量要求也不断提升；同时，网络购物、网络订餐、移动支付等信息化消费方式和消费习惯逐渐成为社会主流。新的消费升级模式决定了满足消费升级的不仅仅是批量生产的工业产品，而是更加个性化、多样化、功能化的信息产品和信息服务，以高速率、低时延、泛连接为特征的千兆固定宽带网络基础设施将成为推动和满足新一轮信息化消费升级的重要基础：首先，新一轮消费升级的一个重要方面就是更高网络性能的需求，千兆固网以其大带宽、低时延、泛联接的特征满足对网络和信息服务的新需求；其次，千兆固网孵化新产品、新应用和新业态，加快供给与需求的匹配度，不断满足消费者日益增长的多样化信息产品需求；再次，千兆固网将更多地渗透到工业生产领域，开启信息技术与工业生产融合发展的新篇章，不断满足多样化、个性化需求。

千兆固网可以推动开放性、包容性发展，更大程度地挖掘经济发展潜力和效益，让人民群众充分享受发展红利。我国网络基础设施的覆盖面已处于世界前列水平，信息网络基础设施驱动经济发展的瓶颈已不是网络“有无”的问题，而是网络质量的问题，高质量网络基础设施是提升经济和社会效益的关键点。千兆固网在网络技术、上传速率、下载速率、网络时延等方面都有突破性发展，将带来更多的社会效益。从经济发展程度和信息通信网络发展的关系中可以发现：信息网络速率网络性能和地区经济及工业化发展高度正相关，加快千兆固网的部署可以推进地区间信息鸿沟的弥合，促进区域协调发展，促进改革红利更多的惠及广大民众，实现国家经济的包容性发展。

通信网络是创新创业的必要投入品，且随着网络性能的提升具有边际收益递增的特征，千兆固网将通信网络推向一个新的性能高地，将引发新一轮创新创业高潮。千兆固网具备全光联接、超高带宽、极致体验的三个关键能力，是创新创业发展的必备投入要

素，不仅可以支撑云 VR、4K/8K 超高清视频等传统应用端的创新涌现，而且还可以渗透到工业生产、城市管理、家庭生活等各个领域，带动工业互联网、智能制造、智慧城市、智能家居等各个领域的创新创业，形成信息网络支撑创新创业的新高潮。

千兆固网可以推动新型服务型政府建设，提升人民群众满意度和获得感。服务型政府是提升人民满意度和获得感的重要途径，而信息化的政务网络建设是服务型政府建设的基础。政务网络承载量大，可靠性和安全性要求高，千兆固网、云服务、网络专线、网络切片为建设安全、可靠的政府信息网络系统提供了技术基础。千兆网络和云服务的发展可以为政府网络提供大带宽、高速率、高存储的服务支持，政府专线则可以将政府业务与其他业务进行物理隔离，充分保证政府网络的安全性，同时为公安、消防、急救等关键民生领域服务提供有效保障。

五、着力完善 F5G 政策体系

鉴于 F5G 的战略意义，建议尽快将 F5G 纳入新型基础设施的建设范畴，并从以下方面协同推进 F5G 与网络强国建设战略部署和实施：

一是在国家层面尽快明确“F5G 先导、应用引导、5G 主导”的数字经济发展总体战略部署。建议研究制定“中国网络强国战略规划 1+X”规划体系，即在《中国网络强国建设中长期规划（2020-2035）》的宏观部署下，进一步研究制定《中国千兆固网建设发展规划》、《5G 总体规划》、《中国人工智能发展规划》、《中国车联网发展规划》等专项规划，从而强化各项规划和政策之间的衔接配套。在明确 F5G 作为新型基础设施投资建设重要内容的同时，建议将千兆固网上下游产业链中的关键设备、核心零部件和基础软件纳入国家重大科技专项，加大核心技术和“卡脖子”技术的财税支持力度。

二是加快推进千兆固网的投资建设、示范应用和普及，夯实我国固网基础，形成固网先发优势。韩国和德国等国在 2016 年左右即先后推出了千兆固网战略，试图通过对小规模的固网投资驱动其数字经济发展。我国应充分利用光纤普及率和覆盖率高的优势，加快宽带网络改造升级，促进百兆宽带向千兆宽带升级。在总结上海等城市“双千兆示范城市”建设措施和经验的基础上，在更大范围内推动千兆网络建设，重点支持有条件的城市协同推进千兆固网、5G 和下游应用的统筹示范应用，加速实施“光纤到房间、光纤到机器、光纤到桌面”战略。

三是改变当前“重技术、轻内容；重硬件、轻软件”的数字经济政策思路，着力完善

我国的下游应用商业生态。是否能够形成活跃的内容生态，是否能够控制数字经济软件平台，才是未来决定一国数字经济竞争力的根本。然而，当前国家和地方政府层面的数字经济促进政策整体上仍然停留于对硬件研发和生产的补贴，对制约我国内容发展和软件平台建设的支持力度严重不足。建议未来我国的产业政策大大强化对内容和软件的孵化和支持力度，加强内容知识产权保护，补齐我国数字经济发展的短板。

四是加快推动“提速降费”向“提速提质”调整升级。当前我国移动宽带覆盖率以及网络速率均处于全球前列，网络资费也处于全球中低水平，综合网络服务水平处于前列。随着近年来提速降费工作的有效推进，网络资费已经不是用户的主要利益诉求，网络诈骗、资费套餐的不透明，是个人消费者的主要抱怨，而网络可靠性和网速则成为中小企业用户的主要关切。基于此，建议加快推动我国宽带网络品质提升，推进“提速降费”向“提速提质”调整升级。培育发展独立第三方测速机构，建立并完善网络测速体系和网络速率晾晒机制，切实提高用户网络体验。

核心观点

- ◇ 在以 F5G 和 5G 为核心的新型信息基础设施时代，数据要素将会成为决定未来工业化水平的最稀缺的要素；F5G 和 5G 为核心的新型信息基础设施的逐步完善将为数据要素的积累和配置提供有力支撑。
- ◇ 目前全球正跨入以 10G-PON 技术为代表的第五代千兆超宽时代。以 F5G 和 5G 为核心的新一代信息基础设施，以人工智能、VR、车联网、智能制造等为主导的新兴技术的商业应用，是新时期我国数字经济和网络强国建设的两翼。
- ◇ F5G 千兆固网建设带来的光纤网络规模扩展和政企网络需求升级，将加速光传输和光接入的覆盖范围延伸到网络边缘，推动光纤传输网的智能化，具有支撑新型信息基础设施整体升级的重大意义。加快部署 F5G 千兆固网，构建“千兆先导、应用引导、固移协同”的建设格局，应成为我国实施网络强国战略的基本思路。
- ◇ 测算结果显示，千兆固网 2019-2025 年间平均每年创造的总经济价值（直接经济价值与间接经济价值之和）达到 3249.91 亿元，7 年建设期间创造的总经济价值将达到 22749.37 亿元。2019-2025 年间，千兆固网建设投资平均每年能拉动中国 GDP 增长 0.3 个百分点，并创造出 503.08 万人的就业岗位。
- ◇ 2019 年后，千兆固网的普及将显著提高了我国总量全要素生产率，并呈现出指数型增长态势，其推动我国全要素生产率增长率从 2019 年的 0.12 个百分点上升到 2025 年的 0.46 个百分点，成为拉动全要素生产率增长的重要源泉。
- ◇ 无论是从短期内实现业务升级所需的投入水平出发，还是从保护前期投资和当期投资收益的可能性出发，或是从带动全光网深入建设和持续升级的必要性出发，F5G 千兆固网都是低投入、高效率铺开新型信息基础设施建设的有效启动器。
- ◇ 在第五代通信网络部署时期，我国已从跟跑转为并跑、领跑，需要自行探索并培育新一代通信网络下的产业生态。F5G 千兆固网能够成为培育垂直行业应用市场、推动产业生态走向成熟、反哺新型信息基础设施建设的有力加速器。
- ◇ F5G 千兆固网基于光纤宽带底座，以通信网络的高质量全光化为目标，能够有力推动我国补足光通信产业链上的研发短板，促进光产业链深度布局，为推广

光通信的“中国方案”打造自主技术基础和供应链基础。

- ◇ 千兆固网为电信业商业模式转型提供契机。电信运营商不仅可以通过定制千兆套餐实现差异化服务，还可通过开发千兆固网的智能应用、智能组网、智能服务等增值业务，从“通信管道”向与 OTT 合作共生的良性发展模式转变。
- ◇ 千兆固网鞭策光通信业转型升级。通过增加光通信产业的采购需求和提振投资信心，有助于各方共同探索技术演进创新，并在“一带一路”引领下加快全球布局，实现千兆固网产业生态体系的优化升级和全产业链的“由大到强”。
- ◇ 千兆固网带动信息通信终端业态繁荣。千兆固网为终端设备、终端应用、终端服务提供了有力保障，从而用户支付意愿得以提升，新产业新业态新模式不断涌现，社交网络、休闲娱乐、云平台服务等依托 5G 焕发新生机，数字经济得以壮大。
- ◇ 当前，我国正在经历以信息化消费为典型特征的新一轮消费升级，以高速率、低时延、泛连接为特征的千兆固定宽带网络基础设施是推动和满足新一轮消费升级的重要基础。
- ◇ 信息网络基础设施驱动经济发展的瓶颈已不是网络“有无”的问题，而是网络质量的问题。千兆固网的全面部署和建设可以更大程度地俘获技术进步、产业变革带来的经济和社会效益，有效地消除区域信息鸿沟和经济差异，实现均衡性、包容性发展，让改革和发展红利惠及全国人民。
- ◇ 信息网络基础设施是创新创业的必要投入品，且随着网络性能的提升呈现出边际收益递增的特征。千兆固网代表信息网络技术和性能发展的新高度，将带动新一轮创新创业的新高潮。
- ◇ 建议研究制定“中国网络强国战略规划 1+X”规划体系，即在《中国网络强国建设中长期规划（2020-2035）》的宏观部署下，进一步研究制定《中国千兆固网建设发展规划》、《5G 总体规划》、《中国人工智能发展规划》、《中国车联网发展规划》等专项规划，从而强化各项规划和政策之间的衔接配套。
- ◇ 由于千兆固网和 5G 投资对我国网络强国建设、国计民生的重大意义（外部性），建议国资委在对三大运营商的考核评估指标体系中，将千兆固网和 5G 投资单独列支。同时鼓励运营商通过在二级公司层面的混合所有制改革和员工持股，激发运营商的业务创新活力。

- ◇ 建议加快推动我国宽带网络品质提升，推进“提速降费”向“提速提质”调整升级。培育发展独立第三方测速机构，建立并完善网络测速体系和网络速率晾晒机制，综合评估产业链各环节因素对网络速率的影响，调动利益相关方参与网络提速工作的积极性，通过建立“晾晒机制”从根本上破解我国网络提速的障碍，切实提高用户网络体验。

目 录

摘 要.....	I
核心观点.....	I
目 录.....	1
第一章 占领新工业革命的制高点.....	4
一、新工业革命与技术经济范式转变.....	4
二、新型基础设施与投资“潮涌”.....	7
三、千兆产业体系是新工业革命的制高点.....	10
第二章 千兆固网投资对中国经济高质量发展的贡献测算.....	13
一、千兆固网投资对经济高质量发展的影响机理.....	13
二、千兆固网创造经济效益的测算思路.....	14
（一）千兆固网投资预测.....	14
（二）千兆固网建设过程中的经济效益测算.....	15
（三）千兆固网普及后带来的经济效益估计.....	15
三、千兆固网投资预测.....	16
四、千兆固网建设过程中的经济效益预测.....	17
（一）GVAR 模型基本原理.....	18
（二）行业部门划分.....	19
（三）分行业部门关联权重计算.....	19
（四）模型统计检验.....	20
（五）千兆固网建设每年创造的主要行业直接经济价值.....	21
（六）千兆固网建设每年创造的间接经济价值.....	23
五、千兆固网普及后带来的经济效益估计.....	24
六、结论.....	26
第三章 F5G 与网络强国建设.....	28
一、F5G 是牵引新型信息基础设施建设的启动器.....	28

二、F5G 是培育下游应用、完善产业生态的加速器	30
三、F5G 是塑造网络核心装备与技术优势的助推器	33
四、实施“F5G 先导、5G 主导、固移协同”的建设战略	35
第四章 千兆固网与技术赶超和通信产业体系现代化	39
一、千兆固网为电信业商业模式转型提供契机	39
(一) 千兆固网破局电信业发展困境	39
(二) 千兆固网为电信业发展带来新契机	41
(三) 千兆固网丰富电信业务类型	42
二、千兆固网鞭策光通信业转型升级	45
(一) 千兆固网推动光通信业全产业链的研发创新	45
(二) 千兆固网助力光纤产业持续壮大	46
(三) 千兆固网带动光器件产业加快升级	47
(四) 千兆固网促进通信系统设备产业繁荣	49
三、千兆固网带动信息通信终端业态繁荣	50
(一) 千兆固网支撑终端设备发展	50
(二) 千兆固网丰富终端应用业态	52
(三) 千兆固网加快云服务普及	53
第五章 千兆固网与民生福祉改善	55
一、千兆固网促进新一轮消费升级	55
(一) 新一轮消费升级的典型特征是信息化消费	56
(二) 千兆固网是新一轮消费升级技术支撑	57
二、千兆固网促进开放性、包容性发展	59
(一) 高质量网络基础设施是提升经济效益的关键点	59
(二) 千兆固网消除信息鸿沟，共享发展机遇和红利	61
三、千兆固网助力大众创业、万众创新	64
(一) 信息网络是创新创业的孵化剂且具有边际收益递增的特征	64
(二) 千兆固网激发新一轮创新创业高潮	67
四、千兆固网助力新型服务型政府建设	69
第六章 加快我国 F5G 发展的思路和建议	71

一、明确“F5G 先导、应用引导、5G 主导”网络强国战略.....	71
二、加大对 F5G 基础设施建设的政策支持力度	72
三、加快推动“提速降费”向“提速提质”调整升级.....	74
四、以机制改革促运营商形成高质量发展的内生动力.....	75
五、加强对 F5G 产业链核心技术攻关的政策支持	76
六、大力推进 F5G 的示范应用和推广普及	77
七、着力完善 F5G 下游应用生态体系	79

第一章 占领新工业革命的制高点

一、新工业革命与技术经济范式转变

新工业革命已经成为影响未来全球经济格局和国家竞争力最为重要的因素。根据历史上工业革命史的一般规律预测，新一轮工业革命具有如下基本特征：数据要素将成为新型核心投入，以新一代互联网技术为支撑的通讯基础设施的重要性超过交通基础设施，以数据和新一代互联网技术驱动的制造业智能化将引领国民体系的智能化。我国日益走近世界经济和技术竞争舞台的中央，必须牢牢把握新一轮工业革命的战略机遇期，在上述技术经济范式转变的四大领域取得突破，形成合力。

工业革命史的研究业已证明，重大技术演进本身就是一个重要且复杂的过程。在给定技术机会的前提下，先导产业的发展受制于三方面的因素，即核心要素的可得、基础设施的支撑和经济组织的支撑。先导产业与这三方面的因素共同构成了技术经济范式的核心构件。工业革命的发展过程可用图 1-1 展示。首先，从技术突破到非均衡产业结构变化是一个漫长、复杂但层次清晰的历史过程。在此过程中，创新的发生及其扩散居于核心地位，先导产业是激进创新的载体。其次，激进创新的扩散需要与核心投入、基础设施和生产组织协同演化，促进先导产业部门的成长。再次，先导产业通过直接或间接的产业关联和示范效应，带动产业体系发生显著变化。整个这个过程也被称之为技术经济范式的转变。一些经济学家借助该分析框架，通过详实的史料分析，不仅全景式分析了 18 世纪工业革命以来的产业演化史，而且还精巧地将历次激进创新浪潮与康德拉季耶夫长波相匹配，赋予了创新浪潮更丰富的经济学意义。

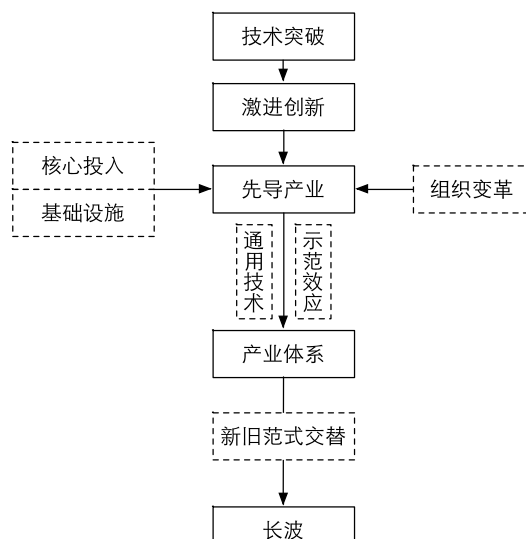


图 1-1 以创新为核心的工业革命分析框架

自 18 世纪末以来，世界经济出现了五次发展的巨浪，它们是：1771 年开始的英国工业革命；1829 年开始的蒸汽动力、煤炭、铁和铁路的时代；1875 年开始的以钢、重型机械制造业和电力等为标志的时代，它产生了第一次经济全球化；第四次则是从 1908 年开始，这是一个石油、汽车、石化产品和大量生产的时代；我们目前的第五次是信息和通讯技术革命的时代，它开始于 1971 年英特尔微处理器的诞生，目前还有二十多年的技术拓展时期；而下一次也就是第六次发展巨浪将由生物技术、生物电子、纳米和新材料等技术革命所引发，据预测，第六次发展巨浪大约在 2020-2030 年左右开始其发端。

表 1-1 技术创新浪潮与康德拉季耶夫长波

技术和组织创新浪潮	技术与商业创新的明例	“先导”产业和主导产业	核心及关键投入	交通与通讯基础设施	管理与组织变革	繁荣 / 衰退
工业的水力机械化	阿克怀特的克罗福德作坊 (1771)	棉纺、铁制品、水车、漂白剂	铁、原棉、煤	运河、收费公路、帆船	工厂制、企业家、合伙制	1780-1815
	科特搅练法 (1784)					1815-1848
工业与交通的蒸汽机械化	利物浦—曼彻斯特铁路 (1831)	铁路与铁路设备、蒸汽机、机床、制碱业	铁、煤	铁路、电报、蒸汽船	股份制、技工承包制	1848-1873
	布鲁内尔的“大西方”跨大西洋蒸汽船 (1838)					1873-1895
工业、运输和家庭电气化	卡耐基的贝西莫钢轨厂 (1875)	电气设备、重型机械、重化工、钢制品	钢、铜、合金	钢轨、钢船、电话	职业经理人、“泰勒制”、大企业	1895-1918
	爱迪生纽约珍珠发电站 (1882)					1918-1940
交通、军民摩托化	福特海兰德公园装配线 (1908)	汽车、卡车、拖拉机、坦克、柴油机、飞机、炼油厂	石油、天然气、合成材料	无线电、高速公路、机场、航空公司	大规模生产与消费、福特制、科层制	1941-1971
	伯顿重油裂化工艺 (1913)					1971-1997
国民经济计算机化	IBM1410 和 360 系列 (1964)	计算机、软件、电信、设备、生物技术	“芯片”(集成电路)	“信息高速公路”(互联网)	内部网、局域网和全球网	1971-2000
	英特尔处理器 (1971)					2000-2020?

按照技术经济范式变迁的一般规律，新一轮工业革命将呈现出如下基本特征。

1. 数据将成为核心投入

不同于以往技术经济范式的转换高度依赖于物理装备的升级，驱动未来产业变革的核心要素将是数据。换言之，数据要素将会成为决定未来工业化水平的最稀缺的要素。因此，相比于先导产业的更替，核心要素的更替更具革命性。虽然工业机器人、3D 打印、人工智能等新型制造装备进一步提升了生产的自动化和柔性，但是仅是生产效率的提升尚不足以引发“革命性”的变化。按照目前美国“工业互联网”、德国“工业 4.0 计划”和我国“互联网+”战略的设计和部署，迅猛发展的新一代互联网技术加速向制造业领域渗透，与新型制造技术深度融合后推动既有制造系统发生重大转变，也就促使数据要素成为驱动生产组织方式变革的关键要素。新一代互联网技术向生产的全面渗透将大幅提升数据对企业边际利润的贡献。当前，代表全球制造业最高水平的国际知名企业的探索实践征兆着数据的获取和配置不仅进一步提高生产效率，而且正在挑战流水线生产方式，形成“智能工厂—智能产品—智能数据”的闭环，驱动生产系统智能化。这一切的实现既依赖于数据这一新型生产要素的生成和利用，也依赖于“云设施”的升级与完善。如同资本要素的供给来自于资本积累，劳动要素的供给来自于人口增长和教育，数据要素的供给则依赖于传感器和高速通讯设施的广泛应用。信息网络设施对于数据要素的技术可得性和经济可得性具有极为重要的作用。

2. 通讯基础设施的重要性将超过交通基础设施

核心投入与基础设施的动态匹配是促进先导产业快速发展的必要条件。历史经验表明，核心投入“可以廉价获得”是基础设施快速完善的产业基础，基础设施建设的巨大需求为核心投入产业的发展提供初始市场，从而形成正反馈效应。随着数据要素（及其相派生的传感器）成为新一轮长波的核心投入，新一代信息通讯基础设施的配套升级尤为必要。当前，新一代互联网基础设施对核心要素和先导产业的支撑还远远不够，但是已经在加速集聚爆炸式发展所需的资源。新一代互联网基础设施的逐步完善将为数据要素的积累和配置提供有力支撑，同时数据的利用能够提升新一代互联网基础设施的投资收益率，从而形成新工业革命的两大核心构件。

3. 制造智能发挥先导产业的作用

新一代互联网技术与制造业融合后，将为制造业的效率提升和价值创造带来新的机遇。第一，引领产品的智能化和网络化。“硬件+软件+网络互联”正逐渐成为产品的基本

构成，并呈现出个性化和差异化趋势。智能产品可通过网络实时和厂商、第三方服务提供商或上层智能控制平台通信，拓展产品功能和延伸服务需求。**第二，推动生产和管理流程智能化。**企业内部制造流程将整合至一个数字化、网络化和智能化平台，各种机器设备和数据信息互联互通，为优化决策提供支持。制造业的柔性进一步提高，消费者的个性化需求能够得到充分满足。**第三，推动研发设计的网络化协同发展。**研发设计部门和生产制造部门的界面信息进一步整合，“虚拟制造”有效提高研发效率，客户还可以通过网络参与在线设计融入个性化需求，有效缩短研发设计周期。**第四，推动企业组织变革。**不同层面的数据和信息可通过高速网络便捷传递，企业组织进一步扁平化。企业间组织趋于模块化，最大程度降低信息成本，重塑产业价值链。**第五，推动制造业企业服务化转型。**制造过程高度数字化，产品数据全生命周期集成，企业通过互联网及时获取消费者需求从而实现服务型制造，“私人定制”、“按需定制”和“网络定制”等服务模式将更加普遍。

4. 新型生产组织方式的兴起

以数据为核心投入的新型制造系统具有更高的柔性。**第一，刚性生产系统转向可重构生产系统，**客户需求管理能力的重要性不断提升。**第二，大规模生产转向大规模定制，**范围经济可能超过规模经济成为企业的优先竞争策略。**第三，企业内部组织结构需要调整，**以提高数据要素的附加值。制造业智能化显著增加了生产的复杂度，对企业管理复杂度的能力也提出了更高要求。**第四，工厂制造转向社会化制造，**产能呈现出分散化的趋势，生产出现了“去企业化”从而呈现出社会化制造的势头。**第五，平台型企业对产业链、价值链的掌控力前所未有，**已成为各主要国家竞争的新焦点。

二、新型基础设施与投资“潮涌”

在新工业革命与技术经济范式转变中，新一代互联网基础设施具有至关重要的作用。当前，互联网的技术路线和服务水平严重制约了数据要素的价值创造，不能满足各行业、各领域智能化的需要，亟需通过统筹投资快速推进新型基础设施的完善。历次技术经济范式转变都伴随着基础设施的投资“狂潮”，加强新型基础设施投资是后发国家实现技术赶超，有效发挥产业政策的重要经验。推进新一代互联网基础设施建设，是我国应对新工业革命全球竞争的重要抓手。

工业革命史的研究表明，历次技术经济范式的转换，无不伴随着新型基础设施的投资“潮涌”。这是因为颠覆性技术从出现，到形成实质性经济社会变革和经济增长新动能

能，都依赖大规模投资将新技术、新产业进行商业性，更离不开与之相匹配的基础设施的投资。换言之，新型基础设施的完善程度直接影响着工业革命的发展进程。在工业的水力机械化时代，随着以棉纺织业为代表的大工业的发展，大宗商品和原材料（主要是煤）成为主要运输方式。从18世纪50年代到19世纪30年代的80年时间内，英国创新了金融投资方式，大规模投资全国性的运河网络，沟通了主要河流，连接了重要新兴工业城市，极大降低了原材料价格，为全国市场的统一和工业革命的飞速发展奠定了坚实的基础。在工业与交通的蒸汽机械化时代，随着蒸汽机被用作火车运输和采掘业的动力，铁路网络成为支撑产业升级和通信服务升级的新型基础设施。19世纪30年代和40年代，英国掀起了两次“铁路热”，全国建立起了以铁路为主干的现代化运输体系。1845-1849年铁路建设的高峰时期，铁路投资占英国国内固定资本形成的40-50%，1862-1866年仍占1/3。沿着铁路网络构建起了的通邮、电报等服务，有效缩短了空间差距，降低了信息和商业成本，促进了市场经济的发展，对稳固英国的经济霸主地位至关重要。19世纪70年代后全球进入工业、交通和家庭电气化时代，铁路、电报网络进一步拓展为跨国网络，带动了后续大规模投资的跟进。这对美国和德国等后发国家的崛起至关重要。这次技术经济范式转换更为重要的是电网投资建设，不仅在空间上提高了电力的可得性，而且降低了电力的经济成本，使得广泛可得电成为推动生产、生活、通讯方式变革的关键要素。20世纪初全球进入交通、军用摩托化时代，信息通讯网络投资与高速公路投资一道，成为推动经济全球化的关键基础设施的关键因素。随着信息通讯网络的发展，一大批具有全球影响力的新兴产业、企业（包括日韩企业）成长起来，有些企业至今仍然在该领域发挥关键作用。20世纪70年代后全球进入信息化时代，数字通信网络和互联网成为新型基础设施投资的重点领域，掌握核心技术并通过大规模投资实现技术潜力的国家，已经是全球经济和产业竞争的制高点。一些能够成功抓住本次技术经济范式转变的新兴经济体（如日本、韩国）实现了经济赶超。

从转换过程看，每次技术经济范式转换均可分为导入期和拓展期两个阶段，各持续大约20-30年。导入期是新旧范式交替的时期，产业资本被锁定于旧范式的大量固定资产、分销网络和管理经验的投资当中。由于存在高昂的转换成本，产业资本对新范式的投资回报率低下，甚至抵制新范式发展。相比而言，更为灵活、自由的金融资本则寻找新的投机机会，是推动新旧范式转换的关键力量。随着时间推移，一些在旧范式下缺乏盈利机会的产业资本也逐渐抽离出来，形成寻找新的投资机会的“游资”。在新旧范式

转换的关键时期，大规模的新型基础设施投资增长与存量，对新旧技术经济范式转换的时机具有决定性影响，因而成为各国争夺的关键。

按照两个半世纪以来技术经济范式转换的经验推测，当前方兴未艾的国民经济智能化是全球范围内第六次工业革命从导入期向拓展期的过程。第一，自 2000 年左右国民经济智能化进入导入期后，大概需要经过 20-30 年的新旧范式交替时期，培育发展新的核心要素、新的主导产业和新的产业组织方式，以及必不可少的新型基础设施的匹配程度。因此，2020-2030 年时新型基础设施发展的关键时期，对全球新一代技术革命和产业变革的格局具有至关重要的影响。第二，相比于技术经济范式的其他核心构件，网络基础设施具有更强的规模经济和网络外部性，更高的标准化程度，与其他系统、行业的互补性更强，更容易出现集体行动悖论，因而更依赖于公共部门的规划和投资。19 世纪中期和 20 世纪初期美国和德国投资铁路和高速公路超越了英国，以及 21 世纪初中国高铁网络和 4G 网络的成功经验均表明，后发国家大规模新建基础设施是其后发优势的主要来源，也是更好发挥政府作用的重要方式。

表 1-2 历次技术经济范式转换中的新型基础设施

技术经济范式	新型基础设施
工业的水力机械化（1771 年后英国工业革命）	运河和水路、收费公路、水力
工业与交通的蒸汽机械化（1829 年后英国->欧洲大陆->美国）	铁路网络（蒸汽机车）、通用邮政网络、铁路沿线电报、城市天然气
工业、运输和家庭电气化（1875 年后美国和德国超越英国）	蒸汽船环球航线（苏黎世运河）、跨国铁路网络（廉价钢轨和标准螺栓）、全球电报网络、国内电话网络、电网（照明和工业用电）
交通、军民摩托化（1908 年后美国->欧洲）	公路网、高速公路，港口机场、管道网络、通用电网、环球电信和无线网络、全国广播网络
国民经济计算机化（1971 年后美国->欧洲->亚洲）	全球数字通信网络（电缆、光纤、雷达和卫星）、互联网/电子邮件、多源灵活电网、陆海空高速物理交通网络、全球窄波网络
国民经济智能化（2000 年后）	新一代信息通讯设施、智能电网、智能交通

美国、东北亚、欧洲)	
------------	--

互联网作为新一轮技术革命和产业变革最为重要的新型基础设施,发展至今经历了三个阶段。第一代互联网(1969—1989年),即军事和科研阿帕网,主要用于公共部门的内网使用。第二代互联网(1990—2005年),即基于个人计算机的万维网,刺激了电子商务爆炸性增长。在互联网取得巨大成功的同时也面临着严峻的挑战:一是架构灵活性不高,难以适应不断涌现的新业态的需求;二是难以满足未来海量数据增长的需求;三是实时性、安全性和灵活性尚不能满足产业融合发展所需,工业互联网、能源互联网、互联网金融、车联网等对互联网的升级提出了强烈且迫切的需求。为了克服这些问题和局限性,互联网技术正在通过多条技术路线向第三个阶段演进。从固定网络的发展历程来看,共经历了以PSTN/ISDN技术为代表的窄带时代(64Kbps)、以ADSL技术为代表的宽带时代(2Mbps)、以VDSL技术为代表的超宽带时代(20Mbps)、以GPON/EPON技术为代表的超百兆时代(100Mbps),目前正跨入以10G-PON技术为代表的第五代千兆超宽时代。当前,新一代互联网基础设施对核心要素和先导产业的支撑还远远不够,但是已经在加速集聚爆炸式发展所需的资源。

三、千兆产业体系是新工业革命的制高点

千兆固定宽带是其他行业智能化的最为重要的基础设施之一,发展千兆产业体系是我国应对新工业革命的重要举措。适度超前布局和建设基础设施,是过去40年我国经济发展绩效超越可比时期发达国家或同期发展中国家的重要经验,也是当前和未来一段时期我国积极把握新兴技术和产业加速成熟机遇的重要抓手。完善宽带发展顶层设计,加快发展新一代信息网络基础设施,是我国积极把握新一轮技术革命和产业变革重大机遇的关键举措之一。千兆光纤宽带作为新一代互联网基础设施的重要支柱,具有小投入、大产出的技术经济特征,正在进入第五代千兆超宽时代,与5G商用形成“1+1>2”的协同效应。5G和千兆光纤宽带的部署将加快人工智能、物联网、工业互联网等信息技术与传统领域的融合,形成具备感知、连接、存储、计算、处理能力的新型基础设施,赋能智慧城市、数字乡村、智慧交通、能源互联网、智能制造、智慧服务等发展,上升为美、欧、日等工业强国的国家战略。新型基础设施作为孕育新技术和新产业的土壤,成为主要工业化国家间的战略必争领域。在新一轮科技革命和产业革命背景下,高质量、大规模的数据资源是各行业最重要的新型要素。交通、能源、城市、金融等基础设施要

实现升级，在技术上必须依赖于先进的网络基础设施。人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施，本质上都是网络基础设施驱动交通（如智能汽车）、能源（如智能电网）、产业（如工业互联网）等其他部门升级的产物。

我国信息网络基础设施发展政策体系不断完善，为发展千兆产业体系奠定了良好的基础。2018 年中央经济工作会议上，习近平总书记围绕“促进形成强大国内市场”重点工作，提出要“加快 5G 商用步伐，加强人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施建设”。2019 年 7 月 30 日，中共中央政治局会议针对下半年经济工作部署，提出要“加快推进信息网络等新型基础设施建设”，党中央国务院对新型基础设施发展寄予厚望。2019 年政府工作报告提出持续推动网络提速降费，确定开展城市千兆宽带入户示范，改造提升远程教育、远程医疗网络，推动移动网络扩容升级，让用户切实感受到网速更快更稳定。2019 年 5 月国务院常务会议，部署进一步推动网络提速降费，提出把加快网络升级扩容作为扩大有效投资的重要着力点。今年实现光纤到户接入端口占比超过 90%，在 300 个以上城市部署千兆宽带接入网络，推动固定和移动宽带迈入千兆时代。2019 年 5 月工信部、国资委联合印发了《关于开展深入推进宽带网络提速降费支撑经济高质量发展 2019 专项行动的通知》，明确将开展“双 G 双提”、“同网同速”，推动固定宽带和移动宽带双双迈入千兆（G 比特）时代，持续推进住宅小区、商务楼宇等光纤到户建设工作，扩大光纤宽带覆盖范围，光纤接入端口占比超过 90%。推动基础电信企业在超过 300 个城市部署千兆宽带接入网络，千兆宽带覆盖用户规模超过 2000 万，为高带宽应用创新和推广提供基础网络保障。研究制定千兆城市评价指标，开展千兆宽带应用示范，重点面向 AR/VR、超高清视频、远程教育、远程医疗等领域拓展应用空间，全年新增千兆宽带用户（含家庭用户和政企用户）40 万。

我国网络能力和相关技术快速发展，具有发展千兆产业体系的技术和市场基础。我国固定宽带全面进入“光网时代”，截至 2018 年底，FTTH 覆盖家庭超过 12 亿户，比 2012 年提升了 12 倍多；光纤接入已成为当前用户的主要接入技术方式，2019 年 1 季度，我国光纤宽带用户在宽带用户中占比超过 91.6%，在全球处于领先水平，为推动千兆宽带业务发展奠定了网络基础。固定宽带接入用户也处于快速增长的状态，截至 2019 年 1 季度，中国固定宽带用户数累计超过 4.6 亿户（含基础电信企业和其他宽带接入服务商，含企业及专线用户），已大幅超过“十三五”规划和“宽带中国战略”2020 年末目标。目前，我国 10 G-PON 已经规模部署，运营商已开始向用户提供 200-1000M 的宽带业务，市场

进入了千兆时代。

我国千兆宽带应用场景丰富，智能社会的发展对千兆宽带的需求不断增强。千兆宽带技术在云 VR、智慧家庭、云游戏、社交网络、云桌面、智能制造等领域商业网应用场景具有广阔的发展前景，随着网络流量不断增长，对管道能力提出了更高要求。以智能制造为例，主要工业强国纷纷将发展智能制造作为提升产业竞争力的关键。德国“工业 4.0”计划，美国工业互联网，欧盟数字化工业和我国建设“制造强国”，都采取不同的方式促进新一代信息技术与制造业深度融合，但落脚点都在于加快构建智能工厂，依托于连接和大数据分析创造新价值。在网络层面，无论是工厂内的设备互联和信息交互，还是智能工厂与外部智能电网、智能物流、智能建筑的云端处理和互联，都依赖于安全可靠、无处不在的云服务基础设施的支持。这对网络基础设施升级提出了新的要求。千兆光纤网络具有不受电磁干扰，可靠性高，支持超大带宽，超低时延和海量联接，更好满足智能制造的要求。

综上，建议将千兆固网发展加快上升为国家战略，作为国家“十四五”规划的重要工程，制定千兆固网总体规划，完善从中央到地方的政策体系，激发我国社会主义的制度优势与超大规模经济体的市场优势，引领全球通信产业发展。

第二章 千兆固网投资对中国经济高质量发展的贡献测算

一、千兆固网投资对经济高质量发展的影响机理

进入 2019 年后，我国外部环境更趋严峻复杂，国内经济下行压力加大，实体经济困难仍然较多，重点领域风险隐患仍存，稳增长、稳就业、稳投资、稳预期已成为当前我国经济工作的核心任务。事实上，随着 2010 年后我国经济步入中高速增长期，我国的经济增长模式已经发生了根本性变化。传统投资和净出口这“两架马车”对经济增长的贡献率逐步下降，消费成为经济保增长的“稳定器”，这意味着进一步开拓新型投资领域，挖掘内需，推动投资和消费高质量发展将成为我国转变经济增长方式的重点任务。在此背景下，千兆固网作为一种新型基础设施，可以成为稳投资和促消费的着力点。

从短期的角度看，千兆固网是稳投资的最优抓手。新凯恩斯宏观经济学认为居民消费存在“习惯形成”(habit formation)，短期内难以改变一直以来养成的消费习惯和消费倾向，较难在短期成为经济保障增长的“核武器”。相比之下，投资可以通过乘数效应，能够在短期放大各行业产出，稳定经济增长预期。然而，投资存在边际效益逐步递减的问题。自 2009 年“四万亿”投资后，传统基础建设和房地产投资的弊端不断显现，且对经济的拉动作用越发不明显。若此时还祭出传统大规模基建投资手段，无异于“饮鸩止渴”。因此，在一方面需要投资稳增长，另一方面又不能大量使用传统投资的情况下，以千兆固网为代表的新型基础设施投资是当仁不让的最优选择。作为一种新型基础设施，千兆固网可以强化对创新数字经济的支撑作用，避免了传统基建投资的弊端。当前，高质量发展已成为中国经济发展的核心战略。除了继续推进“三去一降一补”五大任务之外，着力振兴实体经济、大力开展“创新驱动”也为高质量发展注入了新内涵。作为“五大发展理念”之首，创新是引领发展的第一动力，是推动经济增长的“牛鼻子”。在具体实施过程中，数字经济已成为开展创新驱动的主要载体。据中国信息通信研究院估测，2017 年，中国数字经济规模达 27.2 万亿元，占国内生产总值(GDP)比重达到 32.9%。此外，2017 年中国数字经济领域就业人数达到 1.71 亿人，占当年总就业人数的 22.1%，已成为吸纳就业的重要渠道。这些数字显示，一个以互联网为基础的智慧中国正在崛起，而高质量、广覆盖的千兆固网将会对网络强国的发展提供有力支持。

从长期的角度看，千兆固网是促消费的有力催化。根据恩格尔定律，随着家庭收入

的增加，家庭收入中（或总支出中）用来购买食物的支出份额则会下降，而用于娱乐、卫生保健、教育方面的支出占家庭收入的比重会上升。2018年，中国全国居民恩格尔系数28.4%，比上年下降0.9个百分点，达到了经济合作与发展组织（OECD）国家的水平，这意味着我国人民生活已经处于“富足”状态。恩格尔系数的变化反映出居民消费从商品向高品质方向发展的新趋势，提示今后要顺应消费升级来改善生产结构、投资结构以及消费的基础设施，使消费红利充分释放，让消费更好地发挥对经济发展的基础性作用。千兆固网正是顺应消费升级趋势，为创造更丰富多彩的消费内容提供基础设施支持。千兆固网的出现，会刺激云VR、云游戏、超高清视频等新兴服务业的爆发，让消费者得到更多的精神享受。因此，千兆固网普及后，将会带来巨大的直接与间接经济价值。

二、千兆固网创造经济效益的测算思路

我们的测算思路分为三步：首先，估算中国2019-2025年建设千兆固网所需要的投资；其次，依靠国家统计局公布的投入产出表，进行千兆固网所涉及的投入产出分析，估算千兆固网建设创造的经济增加值与就业；再次，通过计量回归方法预测千兆固网普及后带来的全要素生产率（TFP）提升。

（一）千兆固网投资预测

根据工业和信息化部2019年4月发布的《关于开展深入推进宽带网络提速降费 支撑经济高质量发展2019专项行动的通知》，2019年工信部将推动基础电信企业在超过300个城市部署千兆宽带接入网络，千兆宽带覆盖用户规模超过2000万，为高带宽应用创新和推广提供基础网络保障，全年新增千兆宽带用户（含家庭用户和政企用户）40万。这意味着，今后千兆固网的投资建设力度将明显加快。

回顾百兆宽带的建设历程，2010年，工信部、发改委等七部委联合印发的《关于推进光纤宽带网络建设的意见》明确了对光纤光缆企业的政策优惠，拉开了我国固网宽带新一轮提速的序幕，百兆宽带开始在主要城市的核心城区逐步普及。2013年8月17日，中国国务院发布了“宽带中国”战略实施方案，部署未来8年宽带发展目标及路径，意味着“宽带战略”从部门行动上升为国家战略，宽带首次成为国家战略性公共基础设施。受此推动，百兆宽带建设速度明显加快，至2019年6月，百兆宽带用户数量达到3.4亿人，半年内增加近5000万人，若保持此增长速度，预计2019年底将达到4亿人大关。可见，我国百兆宽带建设是从2010年起步，至2019年九年内完成4亿用户的改

造。由于我国光纤建设已经基本完成，千兆固网推进速度预计将显著加快。我们假定中国千兆固网建设于2019年正式启动，年底实现用户数量100万户，于2025年基本完成，实现用户数量达到4亿户的标准，即用7年的建设时间实现百兆宽带10年完成的用户数量。

根据百兆宽带用户数量的发展趋势，我们可以通过 Logistic 曲线逼近，并用于模拟千兆宽带用户的发展趋势。广义 Logistic 曲线可以模仿一些情况人口或用户数量增长的 S 形曲线：起初阶段大致是指数增长；然后随着开始变得饱和，增加速度变慢；最后，达到成熟时增加停止。设定函数 $P(t) = \frac{KP_0 e^{rt}}{K + P_0(e^{rt} - 1)}$ ，其中 P_0 为初始值， K 为终值， r

衡量曲线变化快慢。通过非线性回归估计百兆用户数量变化情况，可得到关于百兆宽带曲线变化速度 r_h 。同理，通过设定千兆宽带用户变化趋势，可以求得千兆宽带曲线变化速度 r_k 。再借助 Logistic 函数，即可求得出 2019-2025 年每一年千兆宽带的用户数量。

据我们调研了解到的信息，当前平均每户千兆宽带改造费用在 1000 元左右，随着时间的推进与技术设备的不断完善，改造费用将会逐步下降。我们假定 2019-2025 年平均每户千兆宽带改造费用为 800 元，即可根据每年新增用户数量，求得年均所需的千兆固网投资额。

（二）千兆固网建设过程中的经济效益测算

评估千兆固网在建设过程中带来的经济效益，即需要评估其对经济产出和就业的影响，而这又包括三个维度的建设效应：首先，千兆固网的建设过程会直接创造就业岗位，增加对电信技术员、宽带施工工人、相关电信设备制造员工数量的需求；其次，直接创造的就业岗位还会创造出衍生的间接就业岗位。由于新增的岗位员工会产生相应的工业品需求和消费品需求，这就会造就一批新的商业供给；再次，这些直接和间接就业岗位产生的收入会推动员工家庭的消费，由此将再内生出一批就业需求。可见，千兆固网投资建设具备显著的乘数效应，将较小的投资额杠杆放大，对整个国民经济都能带来影响。

在测算千兆固网建设的经济效益过程中，我们将主要借助投入产出分析法。投入产出表可以度量出千兆固网投资对国民经济其他部门产生的直接、间接和内生的经济产出影响。三个效应之间的相互关系可以通过乘数效应确定，并且可以估算出经济产出对就业的影响。

（三）千兆固网普及后带来的经济效益估计

千兆固网逐步普及后，其基础设施将会带来三方面的经济影响：首先，当更多的企业和商业设施装配千兆固网后，企业的劳动生产率会提高，国民经济在全要素生产率方面也将会有一定程度的提升；其次，千兆固网设施的使用及其相关互联网服务的普及将会推动创新速度，产生出一些新行业、新模式与新消费；再次，千兆固网将会对产业价值链产生积极影响，产业链上下游价值将会在千兆固网的技术影响下重新分布，产业链结构也将得到重组优化。千兆固网让远距离处理大量信息和提供相关服务成为可能，推动其他地区和国家高成本的就业岗位转移到使用千兆固网的低成本地区，从而优化了全国乃至全球的要素配置。

我们主要通过计量建模方法估计千兆固网普及后带来的全要素生产率提升估计，计算过程分为三步：首先，通过第二步估计得出的千兆固网建设创造的经济增加值与就业，得到未来一段时间内的包括行业增加值、人口、资本等时间序列；其次，我们借鉴 Jorgenson 和 Vu（2005）中的分解方法，建立相关方程，估计测算出千兆固网对我国总量 TFP 的贡献率。

三、千兆固网投资预测

用 Logistic 曲线拟合的千兆固网用户数量变化趋势如图 2-1 所示。可见，千兆固网用户数量呈现出“先起步、再加速、后趋稳”的 S 型曲线增长态势，在 2019-2022 年间增长速度相对较慢，并于 2022 年突破一亿用户数量大关。但自 2022-2024 年间，用户数量呈现出爆发性增长态势，在两年内从一亿用户快速增长至逾三亿用户数量。2024 年后，用户数量逐步饱和，千兆固网的快速增长期已过，增长速度开始放缓。Logistic 曲线之所以会模拟出 S 型曲线增长情景，是因为在千兆固网建设初期，由于相关设备供应成本较高，工程人员对相关技术掌握熟练程度不高，导致千兆固网使用成本偏高，对用户吸引力有限。而随着千兆固网普及度不断提高，设备生产的规模经济效应开始显现，工程人员的技术熟练度也显著提升，无论是人力成本还是生产成本均大幅下降，推动千兆固网使用成本降低，从而吸引越来越多的消费者加入千兆固网阵营。此外，当千兆固网用户数达到一定量级后，使用千兆固网的口碑和广告效应也将大幅凸显，通过人群之间的口口相传，更多的消费者将了解千兆固网的作用和好处，并成为千兆固网用户。然而，当用户数量逐步逼近用户总量上限后，千兆固网的消费群体将逐步趋于稳定，用户增长速度也将逐步放缓。

通过计算每年新增的千兆固网用户数量，我们可以测算得出千兆固网年需投资额。

然而，由于一般而言运营商对项目投资通常有着较为细致的规划，每年投资金额也不会有太大幅度波动。因此，千兆固网年投资额应该比较稳定，并平摊到整个建设周期当中。在这种场景设定下，我们估计得出 2019-2025 年间，千兆固网年投资金额应达到 457 亿元。

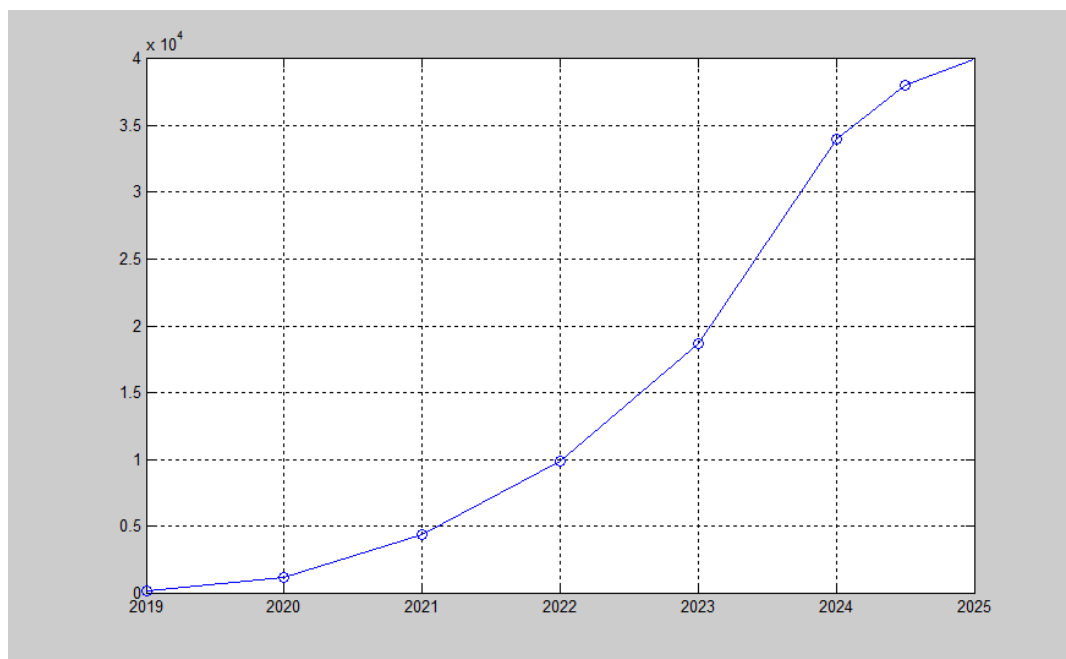


图 2-1 千兆固网用户数预测 (单位: 万户)

表 2-1 千兆固网投资额预测

年份	新增用户数量 (万户)	千兆固网年需投资额 (亿元)	千兆固网年均投资额分布 (亿元)
2019	100	8	457
2020	1067	85	457
2021	3300	264	457
2022	5534	443	457
2023	7767	621	457
2024	16216	1297	457
2025	6003	480	457

四、千兆固网建设过程中的经济效益预测

在估计千兆固网投资创造的直接经济价值和间接经济价值过程中，我们采用国际主流的结构化产业时间序列估计模型——GVAR 模型，并结合投入产出表，挖掘出千兆固网建设对其他行业的直接或间接影响。

(一) GVAR 模型基本原理

Pesaran *et al.* (2004) 提出并经 Dees *et al.* (2006) 扩展的 GVAR 模型目前广泛应用于多个国家、多个部门的经济互动关系研究。GVAR 模型构建一个由单个个体 VAR 模型构成的全局系统, 通过考虑不同个体的内在联系, 分析全局变量冲击对各个个体内生变量的影响以及不同个体之间的溢出效应。

依据 GVAR 模型建模步骤, 本文设定我国工业经济系统内有 N 个工业部门。对于第 i 个部门, 内生变量为 $k_i \times 1$ 阶的向量 X_{it} , 其余 $N-1$ 个部门的加权平均用 X_{it}^* 表示。对于单个部门的 VARX*(1,1) 模型可设为:

$$X_{it} = a_{i0} + a_{i1}t + \Phi_{i1}X_{i,t-1} + \Lambda_{i0}X_{it}^* + \Lambda_{i1}X_{i,t-1}^* + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中, Φ_{i1} 是一个 $k_i \times k_i$ 阶的滞后系数矩阵, Λ_{i0} 和 Λ_{i1} 表示其他部门影响系数 $k_i \times k_i^*$ 阶矩阵, ε_{it} 为 $k_i \times 1$ 阶随机扰动项, 可表示为部门层面的异质性冲击。假定各部门的自发冲击是不相关的, 均值为零, 即 $\varepsilon_{it} \sim i.i.d.(0, \Sigma_{ii})$, 其中 $i=0,1,\dots,N$ 。一般假设 Σ_{ii} 不随时间变化而变化且是正定矩阵。对于本文构建的部门 VARX* 模型, 方差—协方差矩阵的时间不变性假设可以放松且不存在过度约束问题。部门外变量可由 $X_{it}^* = \sum_{j=1}^N w_{ij}X_{jt}$, ($w_{ii}=0$) 构建。权重矩阵 w 反映不同部门的影响 (关联) 程度, 本文用投入产出表数据构造部门间关联权重。

将部门内生变量 X_{it} 和部门外变量 X_{it}^* 相结合, 令 $Z_{it} = (X_{it}', X_{it}^{*'})'$, 可将式 (1) 转化为:

$$A_i Z_{it} = a_{i0} + a_{i1}t + B_i Z_{i,t-1} + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

其中, $A_i = (I_{k_i}, -\Lambda_{i0})$, $B_i = (\Phi_{i1}, \Lambda_{i1})$, 且 A_i 和 B_i 均为 $k_i \times (k_i + k_i^*)$ 阶矩阵, 且 A_i 为行满秩矩阵, 即 $rank(A_i) = k_i$ 。

将所有的部门联系在一起, 得到一个 $k \times 1$ 阶向量, $k = \sum_{i=1}^N k_i$ 为全局模型里所有部门的内生变量个数之和, 各个部门的内生变量可设为 X_t 。

则 $Z_{it} = W_i X_t$, 其中 $X_t = (X_{1t}', X_{2t}', \dots, X_{Nt}')$, 代入 (2), 写成上下叠加形式得到:

$$GX_t = a_0 + a_1 t + HX_{t-1} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\text{其中 } G = \begin{pmatrix} A_1 W_1 \\ A_2 W_2 \\ \vdots \\ A_N W_N \end{pmatrix}, \quad H = \begin{pmatrix} B_1 W_1 \\ B_2 W_2 \\ \vdots \\ B_N W_N \end{pmatrix}, \quad a_j = \begin{pmatrix} a_{1j} \\ a_{2j} \\ \vdots \\ a_{Nj} \end{pmatrix}, \quad \varepsilon_t = \begin{pmatrix} \varepsilon_{1t} \\ \varepsilon_{2t} \\ \vdots \\ \varepsilon_{Nt} \end{pmatrix}, \quad j=0,1. \quad W_i \text{ 是一个由产}$$

业关联权重构成的矩阵，阶数为 $(k_i + k_i^*) \times k_i$ ，是一个将各个部门的 VARX* 模型连接成为 GVAR 模型的矩阵。G 是 $k \times k$ 的满秩矩阵， G^{-1} 一定存在，(7) 式两边左乘 G^{-1} ，得到 GVAR 模型：

$$X_t = b_1 = G^{-1} a_1 + b_1 t + D X_{t-1} + e_t$$

其中 $b_0 = G^{-1} a_0$, $b_1 = G^{-1} a_1$, $D = G^{-1} H$, $e_t = G^{-1} \varepsilon_t$ 。

通过对单个部门的 VARX* 模型进行估计，和通过计算产业关联矩阵计算 W 中的系数，这样能够构造出已知的系数矩阵 G，避免了直接估计 GVAR 模型众多参数而导致自由度不足的问题，使得在 GVAR 模型内可以进行类似 VAR 模型的分析。

(二) 行业部门划分

根据国家统计局发布的《中国投入产出表（2015）》，行业门类分为 42 个部门。由于“农林牧渔产品和服务”、“煤炭采选产品”、“石油和天然气开采产品”、“金属矿采选产品”、“非金属矿和其他矿采选产品”等 5 个部门投入较小、数据缺失严重或者序列太短，考虑到样本数据的准确性、可获得性，以及千兆固网的主要影响行业，我们选择除上述 5 个行业部门外的其他 37 个行业部门作为研究对象。样本区间为 2003 年 1 月至 2015 年 12 月。不可否认，尽管样本空间的限制可能会影响模型的稳健性结果，但该数据选取可最大限度地构建一个能反映我国分行业内部相互联系的经济系统。

(三) 分行业部门关联权重计算

为得到各部门对应的其他所有部门的加权平均变量 x_{ii}^* ，需要先确定部门间关联权重 w_{ij} 。本文借鉴 Hiebert and Vansteenkiste (2007)、耿鹏和赵昕东 (2009) 等文中的方法，根据国家统计局 2015 年公布的投入产出基本流量表数据构造部门间关联权重。由于 2007 年后国家统计局对部门分类标准做了小部分调整，而中经网等数据库依然使用 2002 年部门分类标准，为使研究一致，我们在构造关联权重时对部门进行了相应整合。

用 j 部门对 i 部门的投入表示部门 i 与部门 j 的关联程度，即权重 $w_{ij} = m_{ij} / \sum_{j=1}^N m_{ij} (i \neq j)$

且 $w_{ii} = 0$ (计算结果见表 2-2)。其中, m_{ij} 表示 i 部门生产中使用 j 部门产品的价值, 即部门 j 对部门 i 在生产中的投入, 而 $\sum_{j=1}^N m_{ij} (i \neq j)$ 表示 i 部门生产中使用的除本部门外的中间产品总价值, 即其他部门对 i 部门在生产中的总投入。由此, 借助 $x_{it}^* = \sum_{j=1}^N w_{ij} x_{jt}$ 可得到各部门对应的其他所有部门的加权平均变量。

表 2-2 主要行业部门关联权重表

部门	06	10	12	13	14	16	17	19	20	21	25
06	0.0000	0.0370	0.8064	0.0804	0.0094	0.0023	0.0013	0.0019	0.0009	0.0016	0.0002
10	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.3595	0.0055	0.0017	0.0003	0.0010	0.0000	0.0000
12	0.1212	0.1154	0.0000	0.2774	0.1610	0.0238	0.0159	0.0113	0.0080	0.0121	0.0053
13	0.0739	0.0659	0.0238	0.0000	0.0127	0.0193	0.0300	0.0471	0.0644	0.1400	0.0551
14	0.1599	0.0245	0.0008	0.0040	0.0000	0.3435	0.3086	0.2238	0.0868	0.0200	0.0297
16	0.0812	0.0836	0.0176	0.0343	0.0652	0.0000	0.1968	0.2348	0.0755	0.0495	0.0414
17	0.1115	0.0722	0.0058	0.0128	0.0334	0.0075	0.0000	0.0062	0.0043	0.0036	0.0051
19	0.0244	0.0367	0.0042	0.0087	0.0194	0.0343	0.0266	0.0000	0.0046	0.0161	0.0097
20	0.0340	0.0327	0.0022	0.0074	0.0100	0.1306	0.0789	0.0934	0.0000	0.1478	0.1002
21	0.0055	0.0050	0.0003	0.0018	0.0008	0.0485	0.0481	0.0294	0.1058	0.0000	0.4373
25	0.0452	0.0066	0.0027	0.0132	0.0074	0.0112	0.0104	0.0261	0.0090	0.0238	0.0000

注: 根据《中国投入产出表(2015)》, 相应中类部门代码为: 06-食品和烟草, 10-造纸印刷和文教体育用品, 12-化学产品, 13-非金属矿物制品, 14-金属冶炼及压延加工品, 16-通用设备, 17-专用设备, 19-电气机械及器材, 20-通信设备、计算机及其他电子设备, 21-仪器仪表, 25-电力、热力的生产和供应。篇幅所限, 仅列出主要被影响行业权重。

(四) 模型统计检验

建立我国分行业部门 GVAR 模型需要对每个部门 VARX* 模型进行统计检验¹。首先对所有变量进行 ADF 和 WS 单位根检验, 结果表明在 5% 水平下均为一阶单整。其次, 检查各个行业部门模型中可能存在的协整关系。借助 Johansen 协整关系的迹检验, 可

¹ 由于本文所采用的样本数据长度并不长, 如果 VARX* 模型的滞后阶数较长时, 将满足模型平稳性条件, 故本文各部门均使用 VARX* (1,1) 模型进行估计。

发现除石油、炼焦产品和核燃料加工品、非金属矿物制品、化学产品、金属制品外，其余部门均至少有一个协整关系。对存在协整关系的部门 VARX^{*}模型，通过 VECMX^{*}进行估计即可；而对于没有协整关系的 4 个部门，则需进行一阶差分后重新进行估计。再次，根据 (8) 式可知，只有当 d_t 与 x_{it}^* 为弱外生性变量假设时，模型估计结果才有意义。因此，对单个 VARX^{*}模型进行估计后，还需对每个部门的外生变量进行弱外生性检验。通过对各个部门 x_{it}^* 和 d_t 共进行 163 个弱外生性检验，我们发现只有 21 个检验拒绝若外生性的原假设，这个结果在可接受范围内²，表 2-3 列出了变量 POIL 和 PRAW 的弱外生性检验，结果发现只有 3 个不符合弱外生性。为了使结果更具稳健性，本文通过不断改变变量滞后阶数进行反复检验，发现拒绝原假设个数均控制在很小范围内。由此，我们认为各个部门模型符合弱外生性检验，经济系统可以构建 GVAR 模型以进行动态分析。

表 2-3 变量弱外生性检验结果

部门	F 统计	5% 临界值	POIL	PRAW	部门	F 统计	5% 临界值	POIL	PRAW
06	F(2,84)	3.11	0.20	0.02	29	F(2,79)	3.11	2.41	0.73
07	F(2,84)	3.11	—	2.91	30	F(2,90)	3.10	0.15	2.82
08	F(3,78)	3.11	4.00*	—	31	F(2,79)	3.11	0.44	0.47
13	F(2,79)	3.11	0.24	3.52*	32	F(2,84)	3.11	2.65	7.87*
14	F(2,84)	3.11	0.35	1.05	33	F(2,85)	3.10	2.13	1.47
15	F(2,84)	3.11	2.42	0.57	34	F(2,84)	3.11	0.13	1.23
16	F(2,79)	3.11	0.37	0.44	35	F(2,90)	3.10	1.57	0.17
17	F(2,79)	3.11	1.04	0.52	36	F(2,79)	3.11	0.32	0.85
18	F(2,84)	3.11	0.02	2.37	37	F(1,85)	3.95	0.18	0.31
19	F(2,90)	3.10	0.18	0.05	39	F(2,79)	3.11	0.89	0.36
20	F(2,79)	3.11	0.33	0.53	40	F(1,85)	3.95	1.24	0.01
21	F(2,84)	3.11	0.76	0.26	41	F(2,84)	3.11	0.20	0.63
22	F(2,84)	3.11	0.39	0.20	42	F(2,84)	3.11	0.55	1.60
26	F(2,79)	3.11	0.68	0.42					
27	F(2,79)	3.11	2.81	0.98					

(五) 千兆固网建设每年创造的主要行业直接经济价值

通过 GVAR 模型，可预测出 2019-2025 年间千兆固网建设每年将创造的分行业直接经济价值。千兆固网的投资将直接带来电信运营、设备制造业和信息服务业的快速增

² Galesi and Lombardi(2009)在做弱外生性检验时也发现 130 个检验有 8 个拒绝弱外生性的原假设，Galesi and Sgherri (2009)发现 108 个检验有 8 个拒绝弱外生性的原假设。他们为这样的结果在可接受范围内，模型可以通过外生性检验。

长,并通过投入产出关系拉动对所有行业的配套需求,进而对 GDP 增长产生直接贡献。由表 2-4 可见,千兆固网投资对 37 个分行业的经济增加值影响不一。影响最大的行业是通信设备、计算机和其他电子设备行业,产生新增加值达到 279.41 亿元。此外,化学产品、电气机械和器材、批发和零售、金属冶炼和压延加工品、金融等行业影响也较大,刺激创造出新增加值分别达到 46.21 亿元、41.14 亿元、39.81 亿元、24.44 亿元和 22.62 亿元。而千兆固网影响较小的行业包括废品废料、燃气生产和供应、卫生和社会工作、水利、环境和公共设施管理等行业,这反映出千兆固网与这些行业之间的经济关联度较低。

表 2-4 千兆固网建设每年创造的直接经济价值

行业分类	直接创造经济价值(亿元)	行业分类	直接创造经济价值(亿元)
食品和烟草	3.96	电力、热力的生产和供应	5.94
纺织品	0.30	燃气生产和供应	0.08
纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品	0.64	水的生产和供应	0.32
木材加工品和家具	0.44	建筑	1.69
造纸印刷和文教体育用品	6.25	批发和零售	39.81
石油、炼焦产品和核燃料加工品	0.85	交通运输、仓储和邮政	14.96
化学产品	46.21	住宿和餐饮	3.39
非金属矿物制品	10.26	信息传输、软件和信息 技术服务	6.95
金属冶炼和压延加工品	24.44	金融	22.62
金属制品	11.86	房地产	0.97
通用设备	4.40	租赁和商务服务	15.90
专用设备	3.96	科学研究和技术服务	12.53
交通运输设备	0.43	水利、环境和公共设施 管理	0.22
电气机械和器材	41.14	居民服务、修理和其他 服务	2.40
通信设备、计算机和其他电子设备	279.41	教育	0.20
仪器仪表	2.80	卫生和社会工作	0.18
其他制造产品	1.24	文化、体育和娱乐	1.07
废品废料	0.06	公共管理、社会保障和 社会组织	1.63
金属制品、机械和设备	0.38		

修理服务		
被影响行业直接创造经济价值		569.88
直接创造经济价值合计		1026.88

通过加总各行业创造的直接经济价值，可得出所有被千兆固网建设影响的行业创造经济价值达 569.88 亿元。若进一步加入千兆固网建设本身投资，可得出千兆固网 2019-2025 年间每年直接创造的经济增加值达到 1026.88 亿元，7 年建设期间创造的直接经济价值将达到 7188.16 亿元。

（六）千兆固网建设每年创造的间接经济价值

千兆固网建设及其创造的其他行业直接经济价值，通过产业间的关联效应和波及效应，将放大千兆固网对经济社会发展的贡献，即间接带动国民经济各行业、各领域创造更多的经济增加值。我们将各行业直接创造增加值代入 GVAR 模型，可进一步测算得出各行业增加值创造的间接经济价值。由表 2-5 可见，千兆固网建设产生的各行业间接经济价值也不尽相同，但均高于直接经济价值。创造间接经济价值最大的行业是通信设备、计算机和其他电子设备行业，达到 747.47 亿元。此外，直接经济价值创造较大的化学产品、电气机械和器材、批发和零售、金属冶炼和压延加工品、金融等行业附带产生的间接经济价值也较大，分别达到 91.15 亿元、213.00 亿元、433.89 亿元、59.76 亿元和 75.32 亿元。而间接经济价值创造较小的行业也是直接经济价值创造较小的行业，如废品废料、燃气生产和供应、卫生和社会工作、水利、环境和公共设施管理等行业，这进一步反映出千兆固网与这些行业之间的经济关联度较低。

表 2-5 千兆固网建设每年创造的间接经济价值

行业分类	直接创造经济价值(亿元)	行业分类	直接创造经济价值(亿元)
食品和烟草	12.18	电力、热力的生产和供应	11.75
纺织品	0.62	燃气生产和供应	0.38
纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品	3.50	水的生产和供应	1.36
木材加工品和家具	0.99	建筑	7.54
造纸印刷和文教体育用品	18.55	批发和零售	433.89
石油、炼焦产品和核燃料加工品	6.63	交通运输、仓储和邮政	58.60
化学产品	91.15	住宿和餐饮	12.24
非金属矿物制品	39.81	信息传输、软件和信息	26.95

		技术服务	
金属冶炼和压延加工品	59.76	金融	75.32
金属制品	69.74	房地产	6.08
通用设备	16.14	租赁和商务服务	151.86
专用设备	22.53	科学研究和技术服务	57.15
交通运输设备	1.05	水利、环境和公共设施管理	8.06
电气机械和器材	213.00	居民服务、修理和其他服务	6.30
通信设备、计算机和其他电子设备	747.47	教育	3.32
仪器仪表	15.88	卫生和社会工作	1.13
其他制造产品	31.75	文化、体育和娱乐	1.79
废品废料	0.44	公共管理、社会保障和社会组织	7.02
金属制品、机械和设备修理服务	1.08		
被影响行业间接创造经济价值		2223.03	

通过加总各行业创造的间接经济价值,可得出所有被千兆固网建设影响的行业创造经济价值达 2223.03 亿元,2019-2025 年 7 年建设期间创造的间接经济价值将达到 15561.21 亿元。若进一步加入千兆固网建设创造的直接经济价值,可得出千兆固网 2019-2025 年间每年创造的总经济价值(直接经济价值与间接经济价值之和)达到 3249.91 亿元,7 年建设期间创造的总经济价值将达到 22749.37 亿元。据此估计,2019-2025 年间千兆固网建设投资平均每年能拉动中国 GDP 增长 0.3 个百分点。按照 2018 年中国人均 GDP6.46 万元估算,在 2019-2025 期间,千兆固网每年能创造 503.08 万人的就业岗位。

五、千兆固网普及后带来的经济效益估计

当千兆固网普及后,其对经济增长的带动作用主要体现在资本深化效应和提高社会 TFP 两方面。凭借快速技术进步,千兆固网产品价格不断下降,会促使更多的企业进行千兆固网产业链相关投资,在生产过程中用新资本取代传统资本,即进行了所谓的资本深化进程。这不仅增加了企业资本投入量,还提高了资本质量,还有助于降低了生产成本,并增加产出。此外,作为一种通用技术,千兆固网具备强大的技术外溢效应,其在生产过程中的广泛使用可显著提高企业的生产率。千兆固网可显著带动一系列的技术创新,并嵌入到各种类型的产品架构和技术应用中,提高企业组织管理效率。同时,千兆

固网还具备规模经济优势。为了卖出更多的产品和服务，给消费者提供更加多样化和可定制的产品、提高产品质量，各行业的公司都会逐步使用计算机和互联网服务。在此情况下，当更多的公司使用千兆固网时，那就会给已使用千兆固网的公司带来收益，而这无需进行额外的投资，直接降低企业投资千兆固网的成本。可见，千兆固网的技术外溢效应融合了知识、规模经济和创新等多种要素，这能较好地改善各行业公司的组织架构、管理水平和人力资本，从而提高整个社会的 TFP。

在估算千兆固网对我国总量 TFP 的贡献率时，我们借鉴 Jorgenson 和 Vu (2005) 中的方法。在一个规模报酬不变的竞争性市场中，行业 j 的 TFP 增长率可以定义为：

$$tfp_j = \Delta \ln Y_j - v_{K,j} \Delta \ln K_j - v_{L,j} \Delta \ln L_j - v_{X,j} \Delta \ln X_j$$

其中， $v_{K,j}$ 、 $v_{L,j}$ 、 $v_{X,j}$ 分别为资本投入 K 、劳动投入 L 和中间产品投入 X 占名义总产出的比重。然而，在很多情况下，一些行业总产出和中间投入数据获取存在困难，此时，可改写成增加值 TFP 增长率的估算：

$$tfp_j^{VA} = \Delta \ln V_j - u_{K,j} \Delta \ln K_j - u_{L,j} \Delta \ln L_j$$

其中， $u_{K,j}$ 、 $u_{L,j}$ 分别表示资本投入 K 、劳动投入 L 占行业增加值中的比重。而 tfp_j^{VA} 和 tfp_j 之间的关系为： $tfp_j = v_{V,j} tfp_j^{VA}$ 。其中， $v_{V,j}$ 为行业增加值占总产出的比重。

由此，整个国民经济的 TFP 增长率 tfp 可以分解为：

$$\begin{aligned} tfp &= \Delta \ln V - v_K \Delta \ln K - v_L \Delta \ln L \\ &= \left(\sum_j \frac{w_j}{v_{V,j}} tfp_j \right) + \left(\sum_j w_j \frac{v_{K,j}}{v_{V,j}} \Delta \ln K_j - v_K \Delta \ln K_j \right) \\ &\quad + \left(\sum_j w_j \frac{v_{L,j}}{v_{V,j}} \Delta \ln L_j - v_L \Delta \ln L_j \right) \\ &= \left(\sum_j \frac{w_j}{v_{V,j}} tfp_j \right) + REALL_K + REALL_L \\ &\approx \sum_j w_j tfp_j^{VA} \end{aligned}$$

可见，行业 j 对全国 TFP 增长率的贡献约为 $w_j tfp_j^{VA}$ ，根据上文中预测出的千兆固网投资累计额，以及创造的就业人口数量和行业增加值，即可计算出千兆固网产业对我国总量 TFP 的贡献。

由图 2-2 可见，2019 年后千兆固网的普及确实一定程度上提高了我国总量 TFP，

并呈现出指数型增长态势。千兆固网推动我国 TFP 增长率从 2019 年的 0.12 个百分点上升到 2025 年的 0.46 个百分点。从数值上看，千兆固网对我国 TFP 增长率的提高在前期帮助并不明显。这一方面是由于我国千兆固网相关产业起步较晚，投资和资本积累偏低，导致在国民经济中产值占比较低，对总量经济影响有限；另一方面则因千兆固网相关产业的研发能力还较弱，创新人才缺乏，缺少突破性的技术进步。然而，随着后期千兆固网的普及度逐步提升，其对国民经济的生产率和行业技术提升效应开始显现，成为了拉动 TFP 增长的重要源泉。

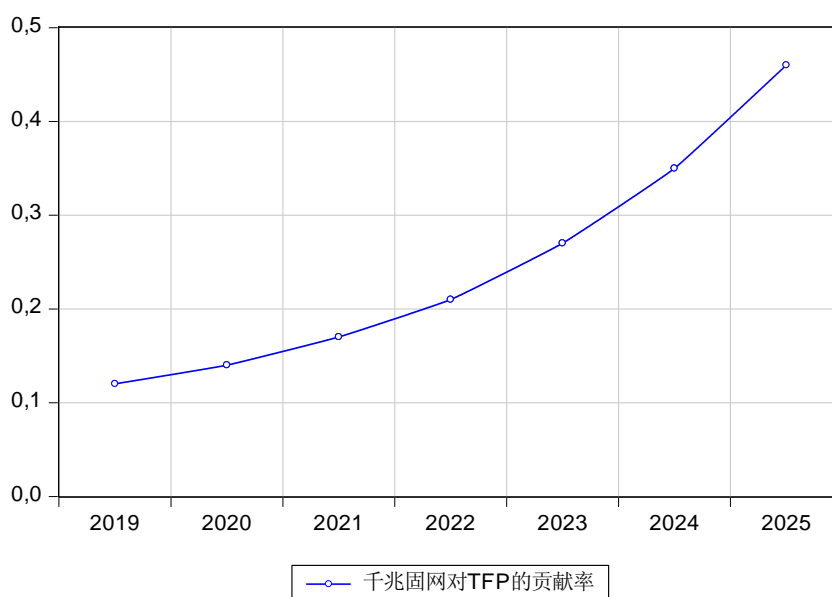


图 2-2 千兆固网对我国 TFP 的贡献率（单位：%）

六、结论

本文分三步估算了千兆固网建设对中国经济高质量发展的影响。首先，我们使用 Logistic 曲线拟合得出千兆固网用户数量变化趋势，并估计得出 2019-2025 年间，千兆固网年投资金额应达到 457 亿元；其次，我们采用 GVAR 模型，并结合投入产出表，挖掘出千兆固网建设对国民经济主要行业的直接或间接影响。测算结果显示，千兆固网 2019-2025 年间每年直接创造的经济增加值达到 1026.88 亿元，7 年建设期间创造的直接经济价值将达到 7188.16 亿元。同期每年创造间接经济价值达 2223.03 亿元，7 年建设期间创造的间接经济价值将达到 15561.21 亿元。若进一步加入千兆固网建设创造的直接经济价值，可得出千兆固网 2019-2025 年间每年创造的总经济价值（直接经济价值与间接经济价值之和）达到 3249.91 亿元，7 年建设期间创造的总经济价值将达到 22749.37 亿元。据此估计，2019-2025 年间千兆固网建设投资平均每年能拉动中国 GDP 增长 0.3

个百分点，并创造 503.08 万人的就业岗位；再次，我们借鉴 Jorgenson 和 Vu（2005）中的方法，估算千兆固网对我国总量 TFP 的贡献率。结果显示，2019 年后千兆固网的普及确实一定程度上提高了我国总量 TFP，并呈现出指数型增长态势。千兆固网提高我国 TFP 增长率从 2019 年的 0.12 个百分点上升到 2025 年的 0.46 个百分点。通过这三步的测算，千兆固网对我国未来高质量发展的影响较为显著，不仅能成为经济保增长的着力点，更能提高社会 TFP，成为经济由数量型增长向质量型增长转变的“胜负手”。

参考文献：

Dees, S., F. diMauro, M.H. Pesaran, and L.V. Smith, Exploring the International Linkages of the Euro Area: A Global VAR Analysis[J], *Journal of Applied Econometrics*, 2007(22) : 1-38.

Hiebert, P. and I. Vansteenkiste, International Trade, Technological Shocks and Spill-overs in the Labour Market ; A GVAR Analysis of the US Manufacturing Sector [J], *Working Paper Series of European Central Bank* , 2007, Vol17311.

Jorgenson D. and Vu K., Potential Growth of the World Economy [J], *Journal of Policy Modeling*, 2010, 32 (5): 615-631.

Pesaran, M.H. , T. Schuermann, and S.M. Weiner, Modeling Regional Interdependencies Using a Global Error-Correcting Macroeconometric Model[J] , *Journal of Business and Economic Statistics*, 2004(22) : 129-162.

耿鹏，赵昕东：《基于 GVAR 模型的产业内生联系和外生冲击分析》[J]，《数量经济技术经济研究》，2009 年第 12 期。

第三章 F5G 与网络强国建设

通过适度超前布局新型信息基础设施,实现高质量网络泛在,赋能下游产业,带动上游基础技术与重要装备核心技术突破,全面促进实体经济转型并抢占全球竞争制高点,是我国建设网络强国的合理路径。而在众多新型信息基础设施之中,基于全光纤底座、以 10G-PON 技术为代表、达到千兆超宽的 F5G 是实践这一路径的先导条件,对牵引高质量新型信息基础设施投资、加速培育垂直行业市场与生态、扩大光产业技术和设备优势都具有关键作用。以 F5G 建设为引线,实施“F5G 先导、5G 主导、固移协同”的新型信息基础设施建设战略,构建“F5G 先导、应用引导、5G 主导”的网络强国格局,将有力推动新型信息基础设施的技术研究、建设部署、商用收益、应用创新、生态改善等各环节步入正向强化、良性循环的长期可持续发展之路。

一、F5G 是牵引新型信息基础设施建设的启动器

加快新型信息基础设施建设,不仅是应对全球经济和贸易潜在风险、通过扩大总需求强化逆周期调节的重要途径,而且是响应全球科技和产业重大变革、通过改善供给质量引领国民经济结构调整和高质量发展的关键投入。中央经济工作会议提及的人工智能、工业互联网、物联网等新型基础设施,本质上都是信息基础设施驱动其他产业部门技术升级改造的产物。然而,在新型信息基础设施重要性高度凸显的同时,三大通信运营商作为通信网络的建设运营主体,却普遍面临着利润收缩、投资乏力的困境。综合考虑我国信息基础设施的存量水平,以及新建不同类型基础设施的技术经济特征,F5G 千兆固网将是低投入、高效率铺开新型信息基础设施建设的有效启动器。

光纤覆盖和整网投资全球领先的宽带骨干网和接入网,为我国运营商以低成本方案推进 F5G 千兆固网建设奠定了基础。2013 年启动实施“宽带中国”国家战略后,我国宽带网络规模和发展质量显著提升。一是实现了光纤宽带的全面普及。目前,光纤宽带骨干网基本覆盖了我国所有地级市,超过了 OECD 国家的平均水平。光纤宽带接入网的连接深度快速提升,从 FTTC(光纤到路边, Fiber to The Curb)和 FTTB(光纤到楼, Fiber to The Building)发展到 FTTH(光纤到

户，Fiber to The Home)。截至 2019 年 7 月，光纤接入端口在全国宽带接入端口中的占比和光纤宽带用户在宽带用户中的占比均超过了 90%，处于全球领先水平。二是作为整网投资关键的 ODN 投资基本完成。PON（无源光网络，Passive Optical Network）技术是建设整张光纤宽带、实现光纤到户的理想建网方案。在该方案下，宽带接入层需要新建一张巨大的 ODN（光纤分配网络，Optical Distribution Network），其建设成本可占全网总投资的 50% 以上。目前，我国运营商已经基本完成了由局端到终端用户的 ODN 投资建设。全面覆盖的光纤宽带和部署完成的 ODN，推动我国在 2010 年后进入了 F4G 超百兆固网时代，更为运营商提供了短期内推广超千兆宽带的低成本 F5G 建设方案。F5G 以 10G-PON 技术为核心，而 10G-PON 不仅能与 G-PON 共存，而且能由原 G-PON 平滑升级而成。投资巨大的光纤宽带、ODN 和终端既已完成建设，我国运营商只需简单升级局端板卡和终端等硬件，即可实现由 G-PON 向 10G-PON 的平滑演进，铺开千兆宽带服务。

通信网络“全光化”进入新阶段，运营商能够以有限投入、灵活部署的方式，差异化地按需推进 F5G 千兆固网建设，提高投资效率。新型信息基础设施要支撑信息与数据驱动的科技和产业生态崛起，提高带宽、降低时延是基本的先决条件，因此固网发展的最终目标必然指向光纤全光网。通信网络的“全光化”分为三个阶段，一是骨干网光纤化，二是接入网光纤化，三是传输节点实现光交换，最终达到传输、接入、交换均在光域实现的状态。当前，我国已经基本完成前两个阶段的全光网建设工作。换言之，运营商已经脱离早期的普遍性、大规模投资阶段，可以根据公众网、专线网下的不同场景，面向具有特定价值需求的用户，按需部署千兆固网。在公众网下，针对高娱乐需求的家庭用户，运营商提供家庭组网和优化服务，以轻投资升级终端硬件和户内线路，选择性地实施 FTTR（光纤到房间，Fiber to The Room）、极速 WIFI、光电同拓扑等解决方案，解决入户宽带使用速率降低问题，极大改善用户体验，提高用户粘性和服务收益。在专线网下，针对园区、高校、政府、企业等用户的不同需求，运营商可采取局端优先配置 10G-PON 技术、终端价值局点灵活升级的策略，既能够实现 10G-PON 技术对专线的覆盖，确保专线具备向 F5G 平滑演进的潜力，又能够控制终端建设成本，仅对高价值局点部署 10G-PON 终端和高附加值的重构服务。由于高需求的领先用户往往具备更高的支付意愿和支付能力，运营商加快投入 F5G 千兆固

网,有利于保护前期投资,通过有限的后续投资,灵活拓展高价值的固网新业务,平滑前期投资和当期投资收益,支撑全光网和其他新型信息基础设施的持续建设。

由于全光网是新型信息基础设施的底座,以 F5G 千兆固网建设为起点,加速全光化投资,具有支撑新型信息基础设施整体升级的重大意义。尽管光网络本身属于有线网络,但它不仅是固定通信网络的承载底座,也是移动通信网络的承载底座。在移动通信网络中,终端与基站之间的连接依赖于无线网络,但基站之间的传输、基站到主干网之间的传输则高度依赖于光纤有线网。无论是 F5G、5G 等新型信息基础设施,还是人工智能、工业互联网、物联网等基于泛在网络的其他新型基础设施,其作用的发挥都离不开高质量的全光网支撑。由于固定通信领域已经建立起较完善的 ODN 接入网,而新一代移动通信的接入网建设(如 5G 基站)启动不久、且面临海量投资需求,因此在全光网建设深入的过程中,F5G 将自然成为全光网加速投资的“第一跳”。投资 F5G 带来的光纤网络规模扩展和政企网络需求升级,将推动光传输和光接入的覆盖范围延伸到网络边缘,推动光纤传输网的智能化,推动全光网向第三阶段发展,有效支撑尚处于建设初期的其他新型信息基础设施发挥效用。例如,面向政企用户的 F5G 专线需要全光网在容量、性能、成本、集成度、敏捷性等方面寻求突破,其部署方案促使光纤网络进一步向终端延伸,提高末端光纤密度,实现基于光传输网的全业务综合承载。这将为 5G 及其他新型信息基础设施创造更加优越的、必要的承载条件。

在运营商同时面对建设资金不足和市场竞争加剧双重压力的情况下,无论是从短期内实现业务升级所需的投入水平出发,还是从保护前期投资和当期投资收益的可能性出发,或是从带动全光网深入建设、支撑新型信息基础设施持续升级的必要性出发,F5G 千兆固网都是引导运营商尽快开启新型信息基础设施大规模建设进程的重要突破口。2019 年,随着“双 G 双提”行动推进,多个试点省市已经快速实现了千兆宽带覆盖,F5G“低投入、高产出”的效应将在一段时间后得以显现。

二、F5G 是培育下游应用、完善产业生态的加速器

新型信息基础设施作为孕育垂直行业新应用、新技术、新产业、新商业模式的土壤,成为当前主要工业化国家的战略必争领域。在新一轮科技革命和产业革命背景下,高质量、大规模的数据资源是各行各业最重要的新型供给;垂直行业

的转型升级节奏，新应用、新技术、新模式的创新经济性和扩散可能性，都取决于新型信息基础设施实现普遍服务的速度。不同于前四代固定网络和移动网络普及时期的发展条件，在第五代通信网络部署时期，我国已从跟跑转为并跑、领跑，无法直接从领先国家既有的垂直应用和商业模式中汲取经验，必须自行探索并培育新一代通信网络下的产业生态。对比各类新型信息基础设施的投资成熟度和应用前景，F5G 千兆固网能够成为培育垂直行业应用市场、推动产业生态走向成熟、反哺新型信息基础设施建设的有力加速器。

尽管我国在第五代通信网络领域取得了并跑乃至领跑的地位，但目前并没有形成新型信息基础设施和下游垂直行业商业应用互动增强的内生发展机制，反而出现了上游运营商和下游垂直行业难以实现同步投资与应用开发的囚徒困境。一方面，过去四年网络资费水平大幅下调，加之产业政策与市场竞争要求未来资费继续降低，运营商寄希望于垂直行业前瞻性地开展应用创新，带动商业模式创新和扩量增收，提高自身对下一代信息基础设施的投资能力。另一方面，垂直行业尽管认同新型信息基础设施对下游的赋能作用，但在相关设施基本成熟并具备规模效应之前，除了部分技术先进、预期明确的领先用户，少有企业愿意在产业接口标准尚不明确、又缺少领先国家成熟经验可供借鉴的情况下，开发高度依赖于新型网络基础设施的、高附加值特色设备和应用。如此一来，上下游均对投资持保守态度的不利局面，造成垂直行业应用与产业生态发育缓慢。

F5G 千兆固网的现有投资完成度高于下一代移动网络等其他新型信息基础设施，更有可能在短期内引导垂直行业尽快形成规模化应用市场。如前所述，我国运营商已经基本完成了由局端到终端用户的 ODN 投资建设。由于从 F4G 百兆固网到 F5G 千兆固网的平滑演进的后续投资小、技术难度低，运营商的投资步伐完全能够同步甚至领先垂直行业的应用开发步伐，在较短时间内建成并提供规模化、高质量的千兆宽带服务，为下游应用的测试、迭代、完善、推广、获益营造可信的市场测试空间和规模预期。这意味着，不同于需要天量投资的其他信息基础设施，在 F5G 领域，运营商可以通过较少的短期投资形成规模效应，激发下游应用研发热情，在信息基础设施投资和垂直行业应用开发孰先孰后的囚徒困境中打开缺口。事实证明，随着 F5G 千兆固网在部分地区推广，垂直行业已经敏锐地抓住了 F5G 更大带宽、更低时延、更高可靠、云网一体的潜力，针对云

VR、视频监控、企业上云等 F5G 支持的典型应用场景进行密集研发，相关应用、产品和市场都在竞争中迅速趋于成熟。以云 VR 为例，我国 VR 设备企业和服务企业都在积极抢占市场先机，建立业务基础，培养用户习惯；经过数轮洗牌后，研发能力和生产能力都得到了很大提升，产品与服务已在影视、游戏等领域成熟商用。

F5G 的应用特点决定了，F5G 千兆固网不仅能够较快发育出自身的下游应用市场，而且是协助新一代移动网络等其他新型信息基础设施加速形成应用市场、探索商业模式的先导力量。F5G 与 5G 的应用场景重合，但服务重点互补，固定网络和移动网络在相同应用场景中的协同是未来垂直行业应用发展的必然趋势。由于 5G 基站通信在硬件上依赖于光纤骨干网，在高带宽、高可靠、低时延等性能上与 F5G 千兆固网颇多类似，F5G 和 5G 的主要应用场景必然高度重合，如工业互联网、智慧医疗、智慧城市、云 VR、4K/8K 超高清视频等。F5G 为提高服务质量、扩大应用市场而对光纤骨干网架构重构（ROADM 建设）、全光数据中心（包括边缘数据中心）、光纤传送网下沉等做出的投资，都将惠及 5G，减轻 5G 应用市场开发的压力。在应用场景重合的同时，F5G 千兆固网和 5G 移动网络的服务重点又存在较大差异。F5G 可在短期内覆盖上亿家庭用户和大量中小企业用户，侧重于光接入条件下的高稳定性；5G 更适合室外等用户移动场景以及难以采用光接入的场景，侧重于高灵活性的覆盖需求。二者在相同应用场景下的服务高互补性意味着，F5G 率先引导、培育千兆固网适用的应用场景，非但不会挤占未来移动网络应用的发展空间，而且能够促进关键应用场景和重点核心应用快速形成规模，为其他新兴信息基础设施的下游应用打开更大的价值空间。

鉴于 F5G 建设能在较短时间内形成网络投资和垂直应用的规模效应，F5G 与下游应用的发展将给予运营商与垂直行业共同探索新产业生态和收益分配格局的宝贵机会，率先为未来新型信息基础设施深度覆盖必然引致的产业生态大变革做好准备。F5G 发力可能带来的产业生态改善既体现在运营商一侧，也体现在垂直行业一侧。对运营商而言，管道收入增长和建设投资乏力已成全球共性问题。各国运营商都在谋求业务转型，通过提供增值服务、进入垂直行业等方式，试图避免在对新一代信息基础设施做出巨量投资后沦为仅靠流量收费的“管道”，更多地分享信息基础设施赋能垂直行业所创造的价值增长。与光纤网络渗透率较低

的不少国外运营商相比，我国三大运营商具备以轻投资提升固网质量的潜在优势，可以在 5G 移动网络尚未铺开服务之前，率先利用 F5G 千兆固网，探索从价格竞争转向价值竞争的有效途径，探索适宜未来关键应用场景的价值创造和价值分配新模式，探索与垂直行业协同共赢的新产业生态。对垂直行业而言，尽管我国在数字经济的硬件技术方面具有部分优势，但数字经济条件下的竞争更是包括内容和平台在内的产业生态的竞争。是否能够形成活跃的内容供给，是否能够控制数字经济应用平台，是决定数字经济整体竞争力的根本，也是我国当前数字经济的短板。以云 VR 为例，我国 VR 设备虽然具备硬件优势，然而能够触发市场消费爆点的视频、游戏等内容产品却严重缺乏。加速 F5G 建设，打开新兴应用场景，有助于改变当前“重技术、轻内容；重硬件、轻软件”的数字经济发展现状，推动各方对未来应用场景下的内容和平台进行互补性投资，着力完善下游应用的商业生态。

三、F5G 是塑造网络核心装备与技术优势的助推器

和资本密集、技术成熟的传统基础设施相比，新型信息基础设施在当前发展阶段普遍具有商业模式不确定、技术生命周期短、研发投入回报不确定的特点。这固然给通信装备与技术研发活动带来了风险与挑战，但也为我国通信产业带来了率先发挥市场规模优势、引领核心装备与技术发展的机遇。在多年大力投入光纤基础设施建设的带动下，我国已有全球最完整的光通信产业链和最大的制造基地，成为通信领域最接近世界领先水平的产业之一。未来，依赖于光纤网络的新一代固定网络和移动网络建设陆续推进，还将创造出规模更大、技术需求更加先进的国内市场，推动我国光通信研发向更高水平攀升。在各类新型通信基础设施中，F5G 千兆固网基于光纤宽带底座，以通信网络的高质量全光化为目标，有望成为最早拉动光通信设备与技术研发的建设投入之一。

我国已经在全球范围内实现 F5G 的创新引领，加速 F5G 技术的应用转化巩固和扩大现有技术和装备优势具有战略意义。从标准制订和专利分布情况来看，我国主导了光网络标准制订工作，获得了 ITU-T、IEEE、BBF 等多个国际标准组织的核心席位，并贡献了全行业 60% 的核心标准文稿。迄今为止，全球累计授权专利 7581 件，其中我国授权专利 2075 件，美国授权专利仅 1037 件。此外，我国产业界还成功地在国际电信联盟标准部 (ITU-T) 完成了 50G-PON 标准立项。

从先进设备研发情况来看，我国已经在固定宽带研发方面实现了全球领先，在2019年初发布了全球首台单波50G-PON样机，率先拥有了10G-PON之后的下一代PON技术的产品化能力。F5G技术标准和核心设备实现成熟、自主，下一代PON技术研发达到产品化水平，为我国全面部署10G-PON以及未来部署更高速（乃至万兆超宽）的下几代PON技术明确了长期平滑演进的技术研发路线，能够最大限度地保护前期光纤网络建设投资，保障各种互补技术研发路线的统一性和延续性。在各国政策支持和市场推动下，全球已有57个国家的234家运营商发布了千兆固网业务，30余家运营商启动了10G-PON部署。日、韩等国在2018年上半年即普及了千兆宽带套餐，截至2018年底都推出了5Gbps、10Gbps宽带套餐。尽管我国在新一代固网标准与装备上拥有领先优势，但在全球各国竞相投入固网升级的大背景下，如果不能通过F5G建设尽快稳定固网技术与相关产品研发的市场预期，激励技术研发机构、装备企业等在相关领域进行持续的、大规模的研发投入，现有技术、产品和能力的价值不易显现，且可能由于网络技术的演进与竞争而被其他国家颠覆。

光通信技术竞争的成败关系到通信网络和数字经济的发展质量，投资F5G、加速全光化进程，将推动我国补足光通信产业链上的研发短板，为网络强国塑造核心竞争力。全球F5G和5G都已经进入商用关键期，技术竞争也将深入到更加基础的光纤承载底座层面。当前，我国光通信产品在全球范围内具有规模优势，FTTH占比50%，传输设备占比35%，接入设备占比70%，光纤占比55%以上，只有光器件占比较低（15%）。同时，新应用场景对光通信器件、模块及设备的使用需求持续攀升，光通信产业链创新发展不均衡的问题成为我国必须面对的挑战。目前，我国光通信高端产品研发生产能力不足，超低损耗光纤光缆仅有长飞公司能够量产，25G、100G通用高速光电子器件几乎全部依赖进口；一旦遭受国外限制，光通信升级和垂直行业发展将受到严重影响。加速固定网络向F5G升级，加速云VR、4K/8K超高清视频、企业上云等先进应用的涌现与成熟，将对全光数据中心、光交换设备、光电芯片、智能全光网等新的光通信高端产品与服务提出更大需求，促进光产业链深度布局，在光通信基础理论、光电芯片、全光网系统设备等各环节投入研发，推动光通信核心技术与装备全面自主化。

在中美科技战持续升级的大背景下，利用我国在光纤渗透率上的领先优势，

以 F5G 建设推动覆盖率全球领先的高速光纤宽带网络向更高质量的全光网发展，有助于探索实施一条不同于美国的 F5G 与 5G 协同发展格局，在光通信技术领域后来居上地建立全球主导地位，从根本上改变我国网络强国战略的实施环境。无论是 F5G 还是 5G 的成功，都取决于光纤网络的渗透深度和密度。我国虽然在光电芯片、光器件等高端通信设备上存在劣势，但在光纤网络的入户渗透率上却远超美国。2017 年德勤发布的《通信网络基础设施升级》报告指出，如果要充分支持 5G，美国运营商需要在 2021 年前对光纤基础设施投资 1300 亿至 1500 亿美元。由于光纤铺设成本过高，加之低频段已被美国军方占用，美国运营商目前专注于在高频毫米波频段部署 5G。我国和欧盟则选择了在 Sub-6 中低频段部署 5G，覆盖同一面积的部署成本远低于美国运营商。为帮助美国企业摆脱光纤铺设成本和毫米波部署成本“双高”的困境，美国国防部正在为 5G 腾退中低频段，但需要三到五年时间才能完成。我国可抓住这一宝贵的时间窗口，充分利用已有的光纤基础设施资源，推进 F5G 和 5G 协同发展，确立并推广有利于我国的光通信技术与规范。宜以短期投资和技术难度较低的 F5G 建设为先导，首先深化光纤接入网覆盖，推进交换层光化，在全光网大面积覆盖的基础上，推进全光网的自动调度，强化 F5G 与 5G 在光纤承载底座之上的互通互用（如全光数据中心等），加速高质量全光网技术、设备、方案的开发和商用，建立全球认可、追随的技术规范和应用规范，为推广光通信的“中国方案”打造自主技术基础和供应链基础。

四、实施“F5G 先导、5G 主导、固移协同”的建设战略

新一轮科技革命和产业变革以数字化、网络化和智能化为特征，通信基础设施的重要性超过了交通、能源等传统基础设施，成为孕育新技术和新产业的土壤，成为主要工业化国家间的战略必争领域。在国内外经济普遍下行、经济发展亟需新增长点支持的情况下，新型信息基础设施作为网络强国战略的根本基石，其投资应从当期投资规模小、乘数效应大、外溢效应显现快的设施入手，迅速推动通信产业发展和上下游产业生态进入商业正循环，尽快将新型信息基础设施转化为网络强国的内生动力。如前所述，在前期光纤骨干网和光纤接入网全面投资的基础上，F5G 的启动建设投资少，覆盖深度和覆盖效率高，能够在较短时间内培育规模化的垂直行业应用市场，为新型信息基础设施的发展先行探索商业模式和产业生态，拉动光通信设备与技术研发向更高质量、更加自主的方向发展。加快部

署 F5G，实施“F5G 先导、5G 主导、固移协同”的新型信息基础设施建设战略，构建“F5G 先导、应用引导、5G 主导”的网络强国格局，应成为我国建设网络强国战略的基本路径。

“F5G 先导”不只意味着率先扩张千兆速率有线网络的服务规模，更意味着超前改造、提升支撑超千兆宽带的全光网，加强光通信技术和装备的自主研发。一方面，从高速宽带服务扩张进度来看，F5G 建设已经在事实上领先于其他新型基础设施，且未来拥有很大的增长空间。迄今为止，我国运营商尚未推出普遍服务的 5G 套餐，但早在 2016 年即已推出了千兆宽带套餐，目前套餐价格已经降至 300 至 500 元。截至 2019 年 7 月底，全国 1000M 以上接入速率的宽带接入用户达到 48.3 万户。与此同时，在普遍服务规模扩大和政企专线品质提升的双重带动下，固定通信业务全线收入保持平稳增长，对运营商收入增长也越来越重要。2019 年 1 月至 7 月，三家运营商移动通信业务收入同比下降了 4.1%，而同期固定通信业务收入 2458 亿元，同比增长 9.5%，显示出以 F5G 为代表的更高质量固网服务的扩张潜力。另一方面，从全光通信升级进度来看，运营商围绕带宽、可靠性、安全性、时延、自助服务、智能服务、云网一体等要素，已经着手对光纤网络进行改造，通过改进承载网架构、升级高速光模块、交换层引入光交叉技术等，积极推进全光网从 1.0 版本的全光纤网络向 2.0 版本的全光自动调度网络演进。虽然我国光纤覆盖率已经全球领先，但光网络容量增速仍然落后于互联网流量增，2020 年后即可能出现容量发展瓶颈。激活并最大化 F5G 乃至未来 5G 的连接价值，要求光网络在容量、性能、集成度、成本和敏捷性上全面突破，全光网建设需要进一步加速。

“固移协同”在业务上体现为 F5G 千兆固网和 5G 千兆移动网络之间的互补协同，在设施上则体现为全光网承载底座建设与 F5G、5G 网络建设之间的深度交织。从业务角度看，新型基础设施要能够充分激发和释放潜在经济动力和活力，就必须确保对广大应用场景的覆盖以及不同应用场景之间的流畅切换与衔接。进入 4G 时代以来，运营商向拥有固定网络和移动网络的全业务运营商发展已经成为全球趋势。当前，5G 受到各界高度瞩目，但其优势仍然在于移动场景，不适合独立支撑全场景的高质量覆盖。在面向未来的行业应用与生态重塑过程中，5G 与 F5G 各自具有无限创新机会，将通过联合覆盖多样化场景，开启更加广阔的

市场。2019年，国家提出“双G双提”的明确要求，也体现了固移协同对通信发展和价值提升的重要意义。从设施建设看，以全光网为底座、协同建设 F5G 与 5G 将有效提升 5G 建设效率，降低整体 TCO。5G 要实现深度覆盖，其基站密度远高于 4G，预计我国 5G 全覆盖累计投资将在 2.3 万亿左右，投资规模是 4G 的四倍。目前，我国光接入网已经建立起完善的 FTTH ODN 网络，可以在任何环境下提供稳定可靠的大带宽接入；在这种情况下，F5G 与 5G 协同建网的经济效更加明显。利用统一的光纤基础设施网络实现 5G 接入，将极大降低 5G 建设成本，提高 5G 覆盖质量，更低成本、更低能耗地实现 FTTH+F5G+5G+企业/家庭/个人的全业务场景接入。

“应用引导”是推动信息基础设施投资和垂直行业应用开发投资之间形成正循环的关键环节。这既需要运营商提供先进、适用的网络条件，上下游通力协作，针对前景相对明确的应用场景，打造规模化应用，赋能垂直行业，实现差异化的价值创造；更需要所有产业生态参与者共同创新价值获取与分配逻辑，通过合理的价值分配，修复运营商投资能力，确保整个生态向可持续的方向健康发展。一是“做大蛋糕”。由于 F5G 的标准、特性和能力比较清晰，加之利用既有光纤骨干网和接入网向 10G-PON 技术平滑升级的技术和成本都非常明确，F5G 与垂直行业结合形成新应用、创造新价值的场景也趋于清晰。不过，和国外运营商相比，我国三大运营商纵向一体化的能力不足，对垂直行业商业实践的理解不够深入。要尽快扩大新型通信基础设施及其支撑的应用创新总量和质量，使新型通信基础设施的行业赋能潜力转化为中国广大产业的全球竞争力，通信运营商、通信设备商、OTT、垂直行业企业必须以协作的态度打开更多机会窗口，促进技术创新，孵化商业场景。二是“分好蛋糕”。过去十年是 3G、4G、光纤通信网络高速发展的十年，却是全球通信运营商收入增长增幅锐减的十年。全球电信收入复合增长率在 1990 年到 2000 年为 10%，2001 年到 2008 年降至 7%，2008 年至今则锐减到 0.3%。经过多轮“提速降费”，我国运营商在 2019 年上半年遭遇了全行业收入、利润的负增长。改变管道经营、流量收费的传统商业模式，通过引入服务经营、平台经营等新模式，改变网络质量提高而收益难以提高的悖论，分享垂直行业的发展红利，是运营商投资改善通信网络质量的商业根本动力。在围绕 F5G 等新型通信基础设施的新行业生态中，如果 OTT 和垂直行业企业不能协助运营

商调整业务边界，形成合理的价值分配格局，则运营商的盈利能力和投资能力难以仅靠管道收费规模的扩大而修复，高强度、重资产的新型通信基础设施投资难以持续，以此为基石的网络强国建设预期也将严重受限。

第四章 千兆固网与技术赶超和通信产业体系现代化

当前,新一代信息通信技术推动全球产业加速变革,各产业的价值链面临重新洗牌,以数据要素为驱动,实现创新驱动发展,是各产业向价值链中高端迈进的重要契机。F5G 千兆固网提供了高带宽、高可靠、低时延网络基础,为全产业链的大数据决策、资源配置优化、全生产流程监控提供有力支撑,同时其技术升级也对于网络构架、技术选型等提出了高标准和高要求,鞭策相关产业加速技术研发和创新升级。具体来看,千兆固网普及会提升用户对于敏捷、智能、高效、开放网络的需求,为电信产业发展提供新的契机,并辐射到上下游,带动供应链相关产业和市场终端应用行业的发展,从而实现信息通信产业的技术赶超和现代化建设。

一、千兆固网为电信业商业模式转型提供契机

近年来,OTT 发展让电信运营商沦为“通信管道”。全球电信业收入增长疲软,千兆固网的推广可以提升宽带服务品质,拓宽电信行业业务类型,将电信供应商从同质化竞争中解救出来,开展个性化、多样化的宽带服务和增值套餐,增加用户忠诚度,实现电信行业收入新一轮增长。欧美和亚洲的发达国际纷纷布局千兆固网发展战略,各大运营商抢占千兆固网市场,并获得了收入增长和市场份额提升。我国加快布局千兆固网发展,2019 年被称为中国“千兆宽带规模部署的元年”,三大电信运营商积极发展千兆固网,网络专线、高清视频、智能组网、云服务等成为市场拓展新方向。

(一) 千兆固网破局电信业发展困境

近年来,全球电信业收入增长出现疲软。根据 ECONOMIST³ 预测,2019 年全球电信产业总收入将从 2018 年的 1.2 万亿美元小幅下降至 1.18 万亿美元,其中移动收入有小幅上升,但每用户平均收入(ARPU)基本不变,而电信业投资和固网收入近年来出现了停滞或下滑。电信业收入增长疲软与各国电信业监管趋严、电信运营商竞争激励密切相关,并且伴随着互联网发展,语音电话、短信等传统电信业务逐步被即时语音、即时通信等 OTT 服务业务取代,OTT 服务商越过电信运营商直接向用户收入费用和提供费用,导致了电信运营商沦为“通信管道”。

³ The Economist 《2019 年产业发展报告》(Industries In 2019)

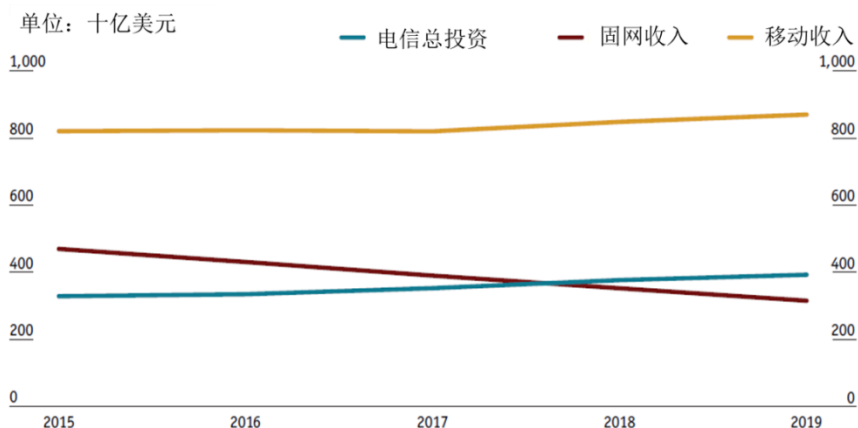


图 4-1 全球电信业发展趋势

来源: The Economist Intelligence Unit

就中国发展情况来看,一方面,中国电信业务收入增长开始放缓。随着“提速降费”举措落实,电信运营商让利于民,电信业务总量与电信业务收入增长的趋势由通向变化转为相反方向发展,呈现“剪刀型”(图 4-2)。电信业务总量持续攀升,2018 年中国运营商电信业务总量增长高达 137.9%,但电信业务收入增长仅为 3%。与此同时,移动用户和宽带用户已趋紧饱和,2018 年移动宽带用户普及率和固定宽带家庭普及率分别达到 93.6%和 86.1%,可获取增量市场份额有限,已不能带来较高收入增长,电信业急需开发新业务和改变收入增长乏力局面。另一方面,电信运营商同质化竞争或加剧。2019 年政府工作报告要求全国实行携号转网,三大电信运营商承诺在 2019 年底实现所有手机用户自由携号转网,这意味着各电信运营商需要在存量市场进行角逐,已稳定用户群体。然而当下电信运营商的业务较为单一,同质化严重,市场经济加剧会导致“价格战”风险,进一步挤占电信业收入和利润,不利于电信行业长期投资和产业上下游行业发展。

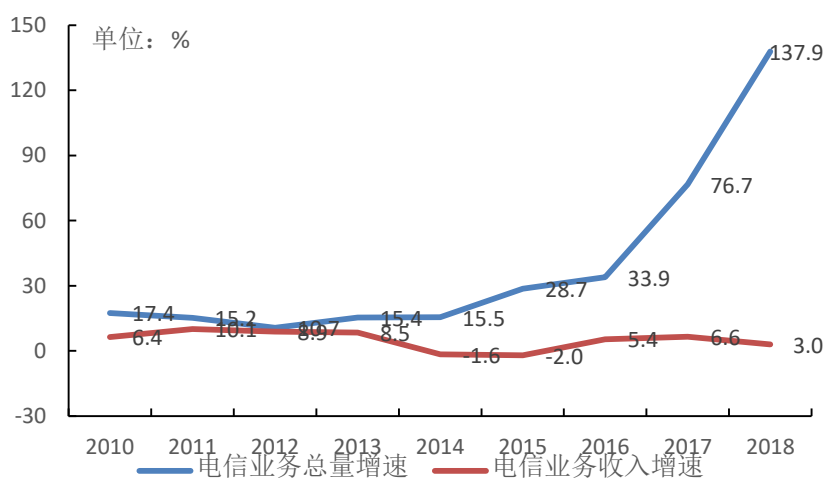


图 4-2 中国电信业务总量与电信业务收入增速

来源: 工信部《2018 年通信业统计公报》

千兆固网以超可靠、低时延、高容量的特性，提供了电信业转型升级新机遇。发展千兆固网可以有效提升网络速率和丰富电信附加业务类型，提升用户体验，从而增加用户粘性和忠诚度，避免同质化竞争，破局收入增长疲软的困境。高网速成为拓展电信市场一剂良药。根据OVUM报告显示⁴，1Gbps服务相较于500Mbps服务溢价16%-40%，固定宽带收入最高提升11%，10Gbps服务相较1Gbps服务的溢价范围跃升至215%-327%，会带动电信收入大幅增长。

（二）千兆固网为电信业发展带来新契机

为抓住千兆固网发展机遇，各国电信运营商积极参与千兆固网布局。布局千兆固网，成为电信业发展的机遇，根据OVUM报告，当前全球有超234家电信运营商发布千兆业务，并且根据不完全统计，目前有超过30家发布万兆业务。

美国加快部署千兆固网，2010年美国发布国家宽带计划，将2020年前美国每个社区能介入可负担千兆网络作为长期发展目标⁵。2010年EPB成为美国第一家提供千兆固网的电信运营商，在美国查特努加市铺建千兆光纤网络，成为美国首座在全市范围内铺设千兆光纤固网的城市，并致力于万兆固网发展，2015年查特努加市成为全球第一个接受万兆固网服务的城市。2018年EPB光纤住宅服务用户数量增长6%，光纤服务收入增长8.8%。除传统电信运营商千兆固网部署以外，谷歌开始探索千兆固网发展计划，2011年选定堪萨斯州堪萨斯城作为谷歌光纤试验的首个试点城市，并在随后几年扩大千兆宽带部署，此举也刺激了更多电信运营商探索千兆固网发展，提升固定网络速率。AT&T将光纤视为网络骨干和5G部署的关键。在2018年年报中判定千兆网络是其未来收入增长重要来源之一，将加快千兆固网项目部署作为未来几年发展目标，并在其官网上提供了千兆网络覆盖地图。截至2019年第二季度已有84个都市的1400万用户100%实现光纤覆盖。

欧洲致力于布局“千兆社会”（Gigabit Society）⁶，各运营商较早布局千兆网络。法国电信运营商Orange已建成欧洲最大光网络，借助光纤发展增强电信业收入和ARPU。2018年在欧洲的光纤链接家庭数达2900万家，连续三年保持欧洲第一，在欧洲电信业整体低迷情况下，2018年电信收入增长1.3%，相较于2017年增长率提升0.1个百分点，

⁴ OVUM《Gigabit Broadband: The Payoff Is Yet to Come》

⁵ Federal Communications Commission《Connecting America: The National Broadband Plan》

⁶ European Commission《Connectivity for a Competitive Digital Single Market - Towards a European Gigabit Society》

2018 年第四季度收入增长达 1.4%。英国电信运营公司 Vodafone，致力于发展成为千兆网络领先者，吸引消费者，成为通信行业领先者和数字社会推动者，2019 年已在西班牙完成千兆网络设备升级，在德国完成三分之二升级任务，并在荷兰布局升级任务，在移动收入下滑情况下，2019 年财政年度宽带业务收入增长 2.6%，并预期随着网速提升宽带用户渗透率会有加大提升。

亚洲国家布局千兆固网较早，部分电信运营商已经致力于提供万兆固网。日本电信运营商 KDDI 于 2008 年便为家庭用户和低层公寓楼住户提供上传和下载速度均能达到 1Gbit/sbps 的光纤宽带服务，2018 年 3 月，KDDI 发布的全球首个 10G 对称家宽。2018 年全国光纤家庭覆盖率已经超过 90%，光纤到户率（Home passed）已经超过 70%。此外 NCT，Optage，Sonet 等日本电信运营商也已宣布提供万兆固网服务。韩国于 2012 年开始实施“千兆韩国”战略（Giga KOREA）。韩国电信运营商 KT 于 2014 年成为韩国首家商用化千兆固网运营商，2019 年已宣布提供万兆固网商用服务，截止目前共有 480 万用户为其千兆固网用户，占总用户的 55%。新加坡是千兆网络覆盖率最高国家之一，新加坡政府于 2006 年和 2014 年两次提出了“智慧国计划”，为家庭和商户提供千兆固网连接，2016 年新加坡电信运营商 Singtel 宣布开始在 FTTH 上部署新一代的光纤网络，可为客户提供 10Gbit/sbps 光纤宽频网络服务，近年来随着高速光纤套路使用份额上升，千兆固网成为 Singtel 在新加坡固定宽带收入增长的主要来源，2019 年固定宽带增长 1.7%。

相较于发达国家，中国千兆固网规模部署起步较晚。2013 年中国发布了“宽带中国”战略实施方案，首次提出到 2020 年，发达城市部分家庭用户可达 1 吉比特每秒（Gbps）。2019 年，国资委日前印发《关于开展深入推进宽带网络提速降费 支撑经济高质量发展 2019 专项行动的通知》明确将开展“双 G 双提”，推动固定宽带和移动宽带双双迈入千兆时代，2019 年被称为中国“千兆宽带规模部署的元年”。尽管中国千兆固网规模部署较晚，但中国网络基础能力较好、光纤用户渗透率较高，截止 2019 年 3 月，光网城市全国全面建成，超过 100 个城市部署千兆固定宽带，行政村光纤覆盖率超 98%，光纤用户占宽带用户比例上升至 91%，发展千兆固网具有良好的基础设施和用户基础。这为三大电信运营商布局千兆固网，拓展宽带业务需求，新增电信收入和 ARPU 提供了契机。

（三）千兆固网丰富电信业务类型

千兆固网提供高速、低时延的宽带应用，这为用户带来了全新网络使用体验，拓展超高清视频、云 VR 等应用服务类型和服务品质，这不仅会增加用户对于高速网络的需求，也会为电信运营商拓展业务类型提供机遇。电信运营商除制定千兆套餐收取千兆固网服务费用外，还可通过开发千兆固网的智能应用、智能组网、智能服务等增值业务，与 OTT 实现紧密合作，从“通信管道”转为与 OTT 合作共生。

千兆固网发展带动电信运营商丰富宽带业务类型。传统的固网套餐业务主要依据网速制定价格，网速、接入情况是评价固网服务的主要指标。千兆固网发展，激发了用户对于超高清视频、VR/AR、实时游戏、云服务等应用和服务的需求。而这些应用和服务对于网速和时延要求不同（图 4-3），用户对于不同应用和服务的应用程度不同，需要的套餐类型也不尽相同。比如游戏玩家需要低时延、低抖动、不卡顿的网速体验，保障游戏畅通。而视频主播则需要数据源上传，对宽带上传速率和网管设备稳定性要求更高。除推出千兆固网基本套餐外，针对不同用户群体，提供差异化套餐服务，不仅可以满足用户专业化、多样化、个性化需求，吸引更多广泛的用户和培养用户忠诚度，还可以合理配置宽带资源，避免资源浪费。广东电信推出了游戏宽带、主播宽带、电信大湾区精品专线等差异化套餐，针对游戏用户提供游戏专线，提供专属线路，并实现高峰优化，针对主播用户提供低时延、高上行、高清视频上传的宽带网络，针对湾区用户，提供大颗粒的大带宽、低成本连接，并为湾区政企客户提供低时延、稳定可靠的互联网专线。

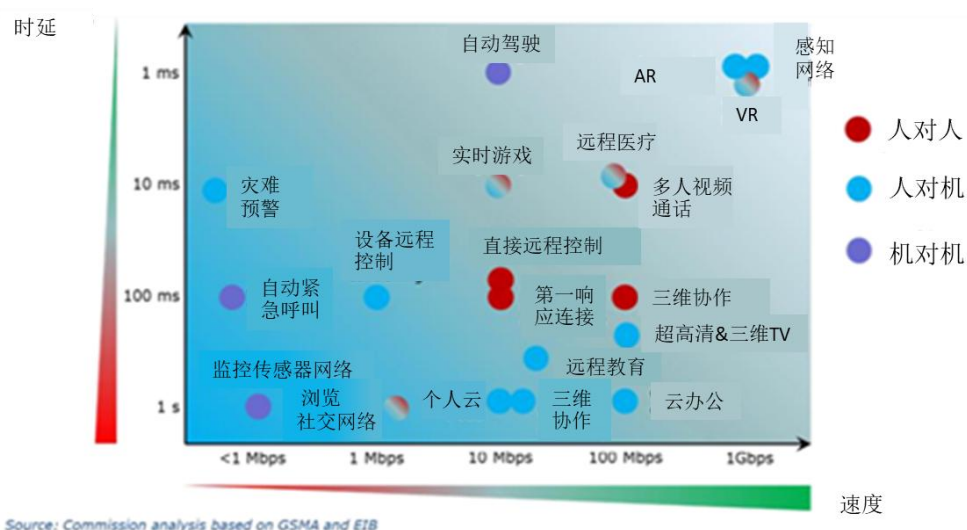


图 4-3 各类应用的网速和时延要求

来源：European Commission 《Connectivity for a Competitive Digital Single Market - Towards a European Gigabit Society》

千兆固网发展推动电信运营商拓展应用业务类型。对于家庭用户来说，千兆固网发

展刺激了新型应用需求，为电信运营商推广内容服务，建设应用平台提供可能。媒体业务成为新的增长点。一方面，4K、8K 视频需依靠超高网速，有助于电信商发展融合套餐。电信商在提供千兆固网套餐时，可推广宽带和视频的组合套餐，同时安装光网络终端和机顶盒，依托 IPTV 等平台，为用户提供影视、教育、健康、体育、游戏等多项媒体内容，满足不同层次需求，增加增值业务收入和利润。AT&T 近年来着力发展媒体融合业务，收购 DirecTV、时代华纳，发展媒体娱乐业务，建立广泛内容的视频服务套餐。AT&T 有针对性推广媒体娱乐业务，提供满足体育爱好者等对于高清视频的需求，如在拉丁美洲推广唯一支撑 4K 超高清视频的机顶盒以提升世界杯观看体验。此外，AT&T 借助媒体业务发展和广泛的电信用户，AT&T 拥有大量数据资源，并开发了数据驱动的广告业务，成为电信业务、娱乐业务的新收入来源。另一方面，云 VR 对承载网络要求较高，相较于主机云 VR 的媒体内容在本地，云 VR 媒体内容在云端，有利于运营商构建商业模式向用户提供媒体应用服务。例如韩国电信商 KT 推出 KT Super VR，为用户提供广泛浸式媒体内容，包括 450 种 4K 体育、射击游戏，抢占内容市场。

而对于企业用户来说，电信运营商可以提供安全、高速、可靠云网服务。以往 OTT 将云计算业务延伸到云服务层，负责连着骨干网络，电信运营商仅负责提供接入网络，服务和专线业务被 OTT 抢占。而千兆固网发展需要整合大量光网络资源，并配备专业运维人员，这让电信运营商相较于 OTT 具有较大优势。电信运营商不仅可以推进云网融合建设，发展云主机、云存储、云迁移等公有云服务。还可以为企业进行专线安全组网，并设置云内专属资源，使企业用户可以在私有云进行运营。相较于公有云，私有云具有安全顾虑少、宽带传输稳定、服务定制化等特性，电信运营商在具有良好光纤固网设施基础和固网服务用户基础下，可广泛吸引对安全和性能需求高的政企客户。中国三大电信运营商借助网络资源优势 and IT 资源优势，发展云服务业务，天翼云、联通沃云、移动云等成为电信运营商业务探索和转型升级的新方向。

家庭组网和智慧家庭等业务是助力电信投资建设的重要手段。家庭 WIFI 已经成为家庭用户的刚需，用户往往缺乏专业的通信知识，自购路由器容易出现质量差、干扰大、覆盖差等弊端，路由器质量短板导致用户对于提速无感知。运营商作为千兆固网的提供商，可以为用户提供智能组网服务，根据用户家庭的覆盖要求、终端数量、场景设置进行服务，并可以设置售后服务网点，在网络出现故障时，上门排除故障。电信运营商的跨厂家平台优势和线下专业服务优势，是其他远程管理服务商所不具备的，这有助于电

信运营商拓宽市场。除进行家庭的智能组网以外，电信运营商可以提供智慧家庭服务，推出附带智能硬件、OTT 权益等家庭组网增值套餐，如推广智能安防系统、家居控制系统等，建立智能化家居业务生态。例如，AT&T 在 2012 年开始布局“数字生活”布局，提供个人安全、家庭监测、智能化家居等服务。而德国电信 DT、西班牙电信 Telefonica 等致力于研究智能家居 AI，掌握用户体验和控制客户关系，稳定电信商市场地位。

二、千兆固网鞭策光通信业转型升级

电信运营商上游的产业主要为包含器件材料、通信设备的光通信业，供应链主要表示为器件材料→通信系统设备→运营商。其中，器件材料负责光信号产生、调制、传输、处理和探测，主要包括光纤光缆和光通信器件，光纤光缆和光通信器件有可细分出两条子产业链：光纤预制棒→光纤→光缆和光芯片→光器件→光模块。通信系统设备主要包括交换设备、接入设备、传输设备等光通信系统设备，系统设备服务商除负责提供设备外，一般还提供设备配置的技术方案。运营商则提供千兆固网服务以及数据通信、媒体等终端服务。千兆固网发展，提升了光通信业全产业链的技术要求，打破了光通信业原有市场格局，为行业技术进步和收入增长提供契机，带动全产业链开展研发创新，助力光纤产业持续壮大，带动光器件产业加快升级，促进信息系统设备产业繁荣发展，实现全产业链的转型升级。

（一）千兆固网推动光通信业全产业链的研发创新

千兆固网发展助力产业链各环节实现创新。千兆固网发展需要技术支持，无论是解决器件材料的“卡脖子”问题还是实现通信设备网络的优化，都需要大量研发和创新，对于产业链的各行业提出了新要求。而千兆固网能为市场带来巨大收入和抢占市场份额，提升了各参与方对于上游供应商的采购需求和投资信心，以资本驱动形式带动器件材料、设备网络等各产业研发创新，最终实现千兆固网产业生态体系的优化升级。根国际知识产权组织 WIPO 数据显示，2018 年电信、数字通信专利、基本通信过程的全球专利合作条约（PCT）申请量分别达 6097、20271 和 1703 件，相较于 2017 年分别增长 8.4%、10.1%、29.5%。其中数据通信专利占总专利的份额达 8.6%，超过计算机技术领域的 8.1%，是专利份额最大的技术领域。而就企业专利申请情况来看，华为已公布 PCT 申请 5405 件，继 2017 年后再次位居企业榜单首位。除华为外，中兴、高通、三星、爱立信等通信设备供应商也位列企业 PCT 申请榜单前十。由此可见与千兆固网商业运营相关的企业和技术已经成为全球创新的主要力量。

表 4-1 PCT 申请企业排名

2018 排名	排名变化	申请人名称	原属地	2017	2018
1	0	华为技术有限公司	中国	4,024	5,405
2	2	三菱电机株式会社	日本	2,521	2,812
3	0	英特尔公司	美国	2,637	2,499
4	1	高通公司	美国	2,163	2,404
5	-3	中兴通讯股份有限公司	中国	2,965	2,080
6	2	三星电子有限公司	韩国	1,757	1,997
7	0	京东方科技集团股份有限公司	中国	1,818	1,813
8	-2	LG 电子	韩国	1,945	1,697
9	1	爱立信公司	瑞士	1,564	1,645
10	4	罗伯特·博世有限公司	德国	1,354	1,524

数据来源:WIPO

(二) 千兆固网助力光纤产业持续壮大

千兆固网落地刺激光纤产业需求。从短期来看,千兆固网发展有利于缓解光纤产业疲软压力。英国商品研究机构 CRU 研究显示,2018 年全球光纤光缆市场仅同比增长 4%,是 2003 年以来同比增长率最低一年,在连续四年经历两位数高速增长以后陷入低谷期,这主要与中国 FTTx 和 4G 市场基本饱和,光纤用量下滑相关。千兆固网商用可以提升对于光纤光缆的消费。电信运营商是光纤产业主要消费者,千兆固网商用化需要完善城域网,建设骨干网、城域网和实现光纤入户,这使得光纤产业市场需求增加,保障光纤产业收入持续稳步增长。欧美等国家的电信商近年来仍在加紧投资光纤光缆,落地千兆网络服务。例如,美国电信运营商 Centrylink 与康宁合作打造北美最大规模超低损耗光纤网络,Vodafone 德国分公司计划在 2021 年年底再投入 20 亿欧元,用于部署千兆宽带服务。与此同时,2019 年作为中国“千兆宽带规模部署的元年”,仅 2019 年中国就拟在 300 个城市部署千兆宽带网络,光纤需求有望进一步上升,而千兆固网发展也能刺激 5G 商用需求,构建 5G 和 F5G 的技术应用生态体系,在未来的 3-5 年间光纤需求将持续增加,而中亚、南亚、非洲部分国家网络基础设施比较落后,这些国家亟需大力推进光纤到户工程,“一带一路”实施将为中国光纤“走出去”提供新途径。长期看来,伴随着千兆固网发展,光纤产业需求和投资加大,光纤产业发展前景也日趋明朗。根据国际咨询公司 Technavio 预测,2019 年-2022 光纤市场复合增长率在 10%,并且 71% 的增长来自于亚太地区。

千兆固网助力我国光纤产业由大到强。千兆固网发展有助于我国光纤产业的实现技

术突破。近年来，我国成为全球最大光纤光缆市场和全球最大光纤光缆制造国，光纤预制棒国产化率超 80%，光纤光缆超能超全球供应总量一半以上。但我国光纤仍存在一些结构性问题，低端产能过剩，高端产品创新不足。比如，光纤预制棒占据光纤产业约 70% 的价值，被称为光纤产业“皇冠上的明珠”。然而光纤预制棒制作技术和工艺流程复杂，尽管近年来我国取得长足进步，长飞、亨通、烽火、中天、富通等产能得到巨大提升，但我国预制棒技术仍相对落后与美国、日本等发达国家，传统工艺套管法仍受制于套管进口量，并且市场对于产品多样化需求增加，也增加了对混合工艺和规模化生产的要求，我国仍需加强。此外，我国在超低损耗光纤量产的能力上也有欠缺，在深海光通信系统建设所需要的中继深海光缆上仍需实现技术突破。千兆固网发展，增加了对预制棒混合工艺和超低损耗光纤需求，对于我国发展既是挑战也是机遇。面对世界各国不断增长的光纤需求，长飞、亨通等不断提升研发能力，并加强海外布局，通过合资办厂、海外研发、海外销售等方式增加实践经验和实现产能扩张，实现“中国智造”。

（三）千兆固网带动光器件产业加快升级

千兆固网加快全球光器件产业向高端产品布局。在整个产业链中，光器件产业盈利水平较低，根据 LightCounting 报告显示，光器件行业利润在过去 15 年内为整个通信行业产业链中最低的，尽管 2016-2017 年有所提升，平均利润率为 9%，但 2018 年又下滑为 4%（图 4-4）。这主要是因为光器件产业规模较小，议价能力有限，且缺乏受专利保护的产品和设计。与光纤光缆、通信设备等行业不同，光器件行业尚未出现垄断，多数厂商仅负责单一的细分领域，导致市场集中度低，市场份额较为分散，这也导致光通信行业难以形成规模优势和技术优势，研发投入成本过高、用户需求不断变化、产品生产周期过短等也为光器件行业发展带来挑战。千兆固网发展则会增长对光器件高端产品需求，从而增加光器件收入份额，以及为光器件向高端市场转型提供契机。千兆固网发展对于光通信设备尤其是光收发器发展提出新要求，支撑高速率的光收发器将成为市场主流，根据 OVUM 预测，支撑高速的光收发模块市场规模将不断扩大，支撑 100G 速率以上的光收发模块在数字通信市场的规模将由 2017 年的 13 亿美元上升到 2023 年的 48 亿美元，复合年均增长率 24%，而网络内容服务商的市场中心将向 400G 方案转移，未来网络内容服务商的数据生态系统将逐步升级为 400G 光操作系统，而 400G 光收发模块在 2019 年-2023 年期间复合年均增长率将达到 221%。借助千兆固网发展契机，加快光模块技术提升和光器件产业垂直整合，光器件行业将迎来新一轮的发展与升级。

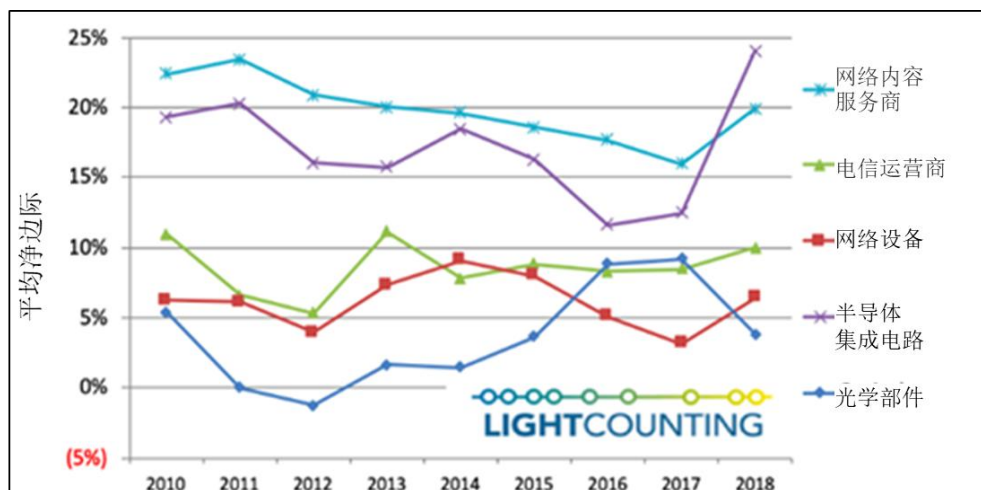


图 4-4 通信行业平均利润率

来源：LightCounting

千兆固网推动我国光器件产业转型升级。我国光器件产业占据全球 25%-30% 的市场，但主要生产中高端产品，光收发模块、光芯片的量产多集中在 10G 以下，25G 以上的芯片、光收发模块基本依赖于进口，25G 以上光芯片和光收发模块国产化率仅为 3% 和 100%（图 4-5），400G 以上的领域，国外企业已展出相应样品而我国仍处于理论研究阶段。我国光器件生产商多以民营中小企业为主，研发和投入有限，缺乏完整的光器件工艺体系和人才队伍，导致我国在光器件核心技术上受制于人。同时，目前的光模块行业标准主要由国外大企业决定，我国企业在标准制定上缺少国际话语权，并且勉励知识产权的壁垒，导致制定行业发展方向上我国厂商处于不利位置。千兆固网发展有利于协助光模块产业实现技术突破。我国电信运营商加快部署千兆固网，对网络速率要求升高，也使得对光器件产业主要需求 10G 转向 25G 及更高速率平台，这也激励了光器件厂商加大研发投入和实现转型升级。一方面，面对千兆时代光模块产业回报周期长和科技水平高的发展趋势，我国光模块厂商通过收购合并等垂直整合，积极发挥产业集群优势，提升研发投入实力和量产水平，逐步增强国际市场影响力，如光迅科技作为国内领先的光模块厂商，实施垂直一体化战略，先后收购收购丹麦 IPX 公司和法国阿尔玛伊公司，提升高端有源光芯片等产品的研发能力，致力于研发 25G、100G 高端产品，并加紧布局 400G 光模块，2018 年业务增长明显，营业收入同比增长 8.24%。另一方面，千兆固网推广和“一带一路”发展，让亚洲、非洲各国更重视基础设施建设，我国光模块厂商可加快海外布局，培育新型市场和扩大产业规模，从而增强国际市场话语权，提升国际专利申请质量，并加强参与国际标准制定，逐步从向高端制造转型。

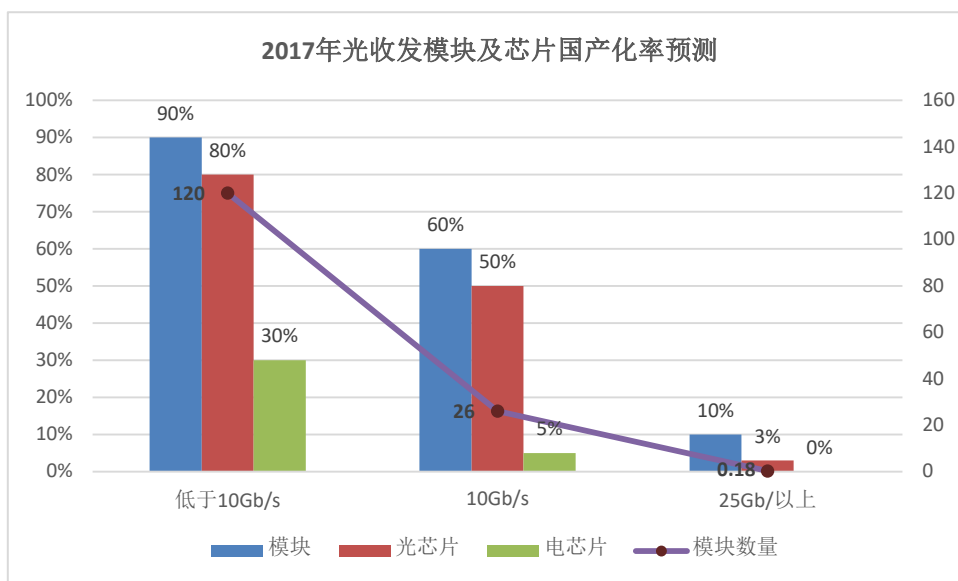


图 4-5 光收发模块及芯片国产化率预测

来源：工信部《中国光电子器件产业技术发展路线图（2018-2022年）》

（四）千兆固网促进通信系统设备产业繁荣

千兆固网拓展通信系统设备产业规模。千兆固网发展刺激了通信系统设备需求，增加其市场规模。千兆固网主要依托 10-GPON 技术发展，PON 系统由局端的光线路终端（OLT）、光分配网络（ODN）和用户侧的光猫（ONT）组成。对于千兆固网的部署主要包括对于 OLT 和 ONT 的部署，对 OLT 的部署主要是将运营商机房内老式集中式 OLT 更换为能支撑 10G-PON 技术的采用分布式架构 OLT，实现技术平滑演进和高效运维保障。而用户端可根据需求灵活选择升级配置 10G-PON ONT，实现全面千兆接入。如上文所述，OVUM 显示 2019 年千兆用户迅速增长，同比增长 95%，而千兆固网覆盖率需求增多，必然会增加各网络设备安装和技术方案提供的需求。以中国为例，18 年中国现网已部署 10G-PON 达到 140 万端口，覆盖约 5800 万用户，19 年运营商预计采购 100 万以上的端口，新增 4800 万覆盖，总计具备 1.15 亿覆盖能力，移动和电信分别预计集采 10G-PON 光猫数 200 万和 60 万，到 2021 年预计 10G-PON 达到 2.6 亿覆盖能力。

千兆固网加强通信系统设备产业全球合作。全球价值链的分工正在向专业化、精细化转变，千兆固网发展需要多个国家在供应链上组织、协调、运转和优化，这有力推动了通信系统设备服务商的全球化布局提供契机。一方面，通信系统设备厂商通过收购等方式，增强自身实力。全球领先半导体公司 Marvell 致力于提供针对企业基础设施、数据中心与访问的多千兆以太网产品组合，为扩大在多千兆以太网市场中的影响力，Marvell 于 2019 年 5 月收购多千兆级以太网连接技术的领先厂商 Aquantia，补充 Marvell 的铜缆和光纤物理层产品，拓展多千兆网络基础架构的产品范围和覆盖领域。另一方面，

电信运营商与设备供应商等产业链各环节参与者加强合作，合作建设千兆固网。马来西亚运营商 TIME 于 2019 年 6 月与华为联合签署 10G-PON 实验局网络建设 MoU，TIME 将在马来西亚基于 10G-PON 来提供高品质的千兆超宽接入服务，提升其市场竞争力。

三、千兆固网带动信息通信终端业态繁荣

千兆固网不仅促进了电信产业和上游光通信产业的发展，也推动了终端设备、终端应用、终端服务的发展，进而实现信息通信终端市场的繁荣发展，新产业、新业态、新模式不断涌现，数字经济不断壮大。从供给端来看，千兆固网为终端产业提供高网速、低时延、大吞吐量、高稳定性的网络支撑，为终端产业发展提供底层技术支撑，带动了终端设备更新升级，终端应用创新丰富，并且提升了云服务平台等终端服务的品质，提升了信息通信终端行业竞争力。从需求端来看，千兆固网发展，增强用户终端使用体验，提升了用户下载和上传数据需求，最终刺激了用户为终端市场付费意愿，带动终端市场繁荣发展。千兆固网对于终端信息通信市场的影响，主要体现为终端设备逐步普及、终端应用不断丰富、云平台服务持续优化三个方面。

（一）千兆固网支撑终端设备发展

千兆固网加快 4K/8K/VR/AR 终端设备普及。4K/8K 超高清视频、VR/AR 等对于网络的高网速、低时延、大吞吐量、高稳定性等要求不断上升。相较于移动宽带，千兆固网可以提供网络性能强、性价比高的宽带服务，为超高清视频与 VR/AR 创新融合发展提供基础，也促进相关产业终端设备消费。一方面，根据现阶段发展来看，伴随着千兆固网推广超高清视频电视快速普及，尤其是中国的发展态势良好。根据 WitsView 全球电视出货量研究显示，2019 年全球 4K 超高清电视出货量占全部电视出货量的 50% 以上；而中国电子商会调查显示，2019 年上半年，4K 超高清电视消费占彩电消费占比达到 70%，预计 2019 年 4K 超高清电视消费占比将超过 80%，进入全面普及阶段。目前来看，8K 的普及相较于 4K 发展较晚，WitsView 调查显示 8K 超高清电视现阶段出货量占比仅 0.2%，这与 8K 产品价格过高有关。但长远看来，千兆固网发展会刺激用户对于超高清电视更新换代需求，随着 8K 产品需求增多，供应商会扩张对 8K 面板的生产线，从而保证 8K 超高清电视等稳定的原材料供货源，8K 相关产品价格也会逐步下降到普通家庭可以接受的范围。另一方面，千兆固网发展会降低 VR/AR 使用门槛，增加 VR/AR 设备消费。传统 VR 设备多为主机 VR，由 VR 头显和高性能计算机组成，存在价格过高、安装复杂的难题，并且 VR 设备与内容分发体系绑定，用户能下载的 VR

内容较为单一，严重影响了消费者对于 VR 需求。基于千兆固网提供的优质网络服务，云计算与 VR 技术紧密结合，云 VR 将 VR 内容上传到云端，并将 VR 运行和 VR 内容分离，用户只需购买 VR 头显和进行简单操作，就可以使用 VR，这极大提升用户使用体验和拓展市场需求。根据 IDC 全球季度 VR/AR 头显跟踪调查显示，2019 年 VR/AR 头显数预计到达 890 万，同比增长 54.1%，到 2023 年 VR/AR 头显数预计增长至 6860 万台，2019-2023 年期间复合年均增长率达 66.7%。

千兆固网提升智慧家庭终端消费。智慧家庭综合运用物联网、云计算、人工智能等技术手段，为家庭提供安防、物业等智能化解决方案。现阶段的智慧家庭终端产品，多与用户单点连接为主或者几个设备共享连接，与电视与手机实现连接和投射。设备之间共享连接不充分，产品多样性仍有待丰富，智慧家庭的产品设计仍未能满足消费者刚需，而是产生了一些“伪需求”，比如消费者对于智能音箱等产品消费原因主要为产品“新奇”而非产品“实用”。而千兆固网推广可以为智慧家庭提供良好的网络基础，加快智慧家庭各种设备之间的互联互通，使得家居控制、远程监控、远程抄表、安全预警等实用性强、用户需求大的功能逐步完善，最终实现智慧家庭的万物互联。在千兆固网支撑下，智能家电、智能安防、智能照明、智能机器人等智慧家庭终端设备购买将持续增长。根据 OVUM 报告预测显示，全球智慧家庭用户将由 2016 年的 9000 万上升到 2021 年的 4.63 亿，2016-2021 年期间复合年均增长率达 39%，智能终端消费的主要需求包括安防设备升级和公用设施满足节能需求等。到 2021 年，终端设备销售量预测将超过 14 亿部，平均每个智能家庭用户拥有 8.7 台终端设备，智能家庭活跃终端设备基数达到 40 亿以上，美国和中国成占据智慧家庭市场的主要份额。另外，尽管 OVUM 报告显示我国智慧家庭在全球市场份额较高，但同时我国智能家庭渗透率依然偏低，预测到 2021 年仅为 27%，低于美国、韩国、日本以及欧洲部分国家，千兆固网发展或能改变智慧家庭渗透率偏低趋势。我国三大电信运行商在推出千兆固网套餐时，纷纷提供满足安防、节能、便利等需求智慧家庭增值套餐，这有利于千兆固网推广和智慧家庭普及形成合力。电信运营商和智慧家庭终端产品供应商形成紧密合作，智慧家庭市场依托千兆固网的宽带用户基础，可以快速扩大销售对象和推广应用产品，而千兆固网借助智慧家庭终端不断优化，提升宽带服务的用户体验，并增加业务类型和利润来源，从而达到电信业和终端产品行业的双赢。

（二）千兆固网丰富终端应用业态

千兆固网丰富内容供应应用。千兆固网为 4K/8K 等超高清视频发展提供了保障，不仅带动了超高清电视等终端产品的推广，也刺激了消费者对于在线视频网站的需求，推动视频平台基于用户需求，提供差异化、个性化的内容服务。一方面，在千兆固网引领下，超高清视频发展让内容提供商、终端设备商、电信运营商合作更为紧密，形成了超高清视频产业的生态系统。如韩国推出“数字院线准同步业务”，加强数字院线建设和运营，为电信运营商和内容提供方带来了新的利润增长点。华为也与中国超高清视频产业联盟、UHD Forum、ITU、Wi-Fi 产业联盟、GSMA、好莱坞内容商、电视终端等产业伙伴发起全球 4K 超高清视频产业合作倡议，加强电信运营商、终端设备商和内容提供商的紧密合作，实现全价值链共赢。另一方面，千兆固网发展带动内容供应产业多样性。在线直播、短视频等新型媒体内容业务成为新时尚。根据 Questimobile 对于中国的调查显示，短视频、游戏直播等成为用户规模大、使用时间长的娱乐业务。新型媒体内容产业发展，也会加剧行业竞争，内容供应商从同质化生产向专业化、垂直化深耕。依托千兆固网提供的网络品质，内容供应商可以提供高品质、低时延的内容服务，并结合 VR/AR 技术等，为用户提供沉浸式视频观看体验，越来越多的电信供应商与内容供应商一起打造云 VR 游戏直播、VR 体育直播等。

千兆固网引领社交应用新趋势。随着网络基础设施提升和终端设备不断优化，视频应用成为社交网络领域发展重要趋势，视频提供实时场景和提升人机互动体验，满足了游戏、购物、餐饮、旅游等不同领域的社交需求，进而促进相关服务业发展，并增加数字技术对于各行业的融合渗透。在千兆固网时代，超高清视频与 VR/AR 融合发展趋势不断增强，流媒体应用将成为社交应用发展的新趋势。根据视频编辑方案解决商 Filmora 全球调查显示，社交平台上 80% 以上的用户更倾向于观看在线直播而不是看文字帖，近 90% 内容分享与视频相关，2020 年视频分享将占据全球社交媒体 80% 的流量⁷。千兆固网时代，娱乐产业日趋丰富，社交平台创新意识和创新能力不断增强，社交平台加强与终端设备商合作，提供高清观赏体验，并借助 VR/AR 技术，增强用户互动性。近年来，Facebook、Twitter、Snapchat 等国际社交应用平台均加快了对在线视频应用推广。其中 Facebook 收购了 VR 头显厂商 Oculus VR，借助 VR 技术推出虚拟现实社交平台 Facebook Spaces，平台借助人脸识别系统等，为用户在虚拟世界定制虚拟形象，并且 Facebook

⁷ <https://www.socialmediamarketo.com/top-social-media-trends-2018-infographic/>

已经邀请第三方开发者丰富社交应用。而用户基础庞大的中国也在加紧推广基于超快网速的社交平台。如海尔和阿里联合推出中幼国际教育平台，为国内首个幼儿专属社交平台，平台涵盖 AR 教育和 4K 动画片，并实现资源整合和学校之间资源共享，解决教育不平等问题。

千兆固网提升游戏应用用户体验。近年来，游戏产业发展迅速，根据游戏与电子竞技研究公司 Newzoo 报告显示，2019 年全世界有 25 亿游戏玩家，预计游戏消费将达到 1521 亿美元，同比增长 9.6%，预计 2022 年游戏市场规模达到 1960 亿美元，复合年均增长达到 9%。一方面，千兆固网缓解游戏应用体验瓶颈。大型多人在线游戏（MMO）、第一人称射击类游戏（FPS）、多人在线战术竞技游戏（MOBA）等游戏对于网络带宽、时延、抖动、丢包率要求较苛刻，千兆固网应用会带为游戏带来更佳体验，游戏体验上升会进一步刺激用户的消费意愿，促进游戏产业发展。另一方面，千兆固网成为游戏产业转型升级动力。千兆固网为云 VR 和 AR 云提供抗干扰、确定性时延的带宽，降低 VR/AR 游戏设备购买成本和准入门槛，增加用户需求的同时也激发更多应用程序开发商参与 VR/AR 游戏开发。苹果、谷歌等公司纷纷布局云游戏，并分别在苹果和安卓系统中提供 ARKit、ARCore 软件支持游戏、娱乐、教育等 AR 应用下载。

（三）千兆固网加快云服务普及

千兆固网助力企业上云。大数据、人工智能、物联网等数字技术快速发展，新产业新业态新模式不断涌现，加剧对传统企业的冲击，企业只有加快数字化转型，借助数字化手段降本、增效、提质，才能提升自身竞争力，在数字经济时代快速成长。企业上云成为企业数字化转型特别是中小企业数字化转型重要途径。云服务平台为企业提供 SaaS、PaaS、IaaS 等服务模式，省去企业搭建机房、购买硬件设施的成本，并为企业提供专业运维。特别是 SaaS 可以为中小企业提供定制化软件，中小企业可以、在线进行 ERP、CRM、OA 等。云服务平台对于网络质量要求高，网络速度缓慢会直接影响企业运营和业务损失，千兆固网满足云服务对网络的需求，为企业上云提供高容量连接，增强企业上云信心，刺激云服务的市场需求。根据 Gartner 报告显示，2019 年公有云服务市场规模接近 2120 亿美元，同比增长 16.2%，2023 年市场规模将达到 3700 亿美元。

千兆固网驱动云边协同、云网融合。一方面云计算与边缘计算的协同合作不断深化，边缘计算采用分散式运算框架，将计算、存储、应用等核心能力由网络中心节点转移到网络逻辑上的边缘节点，成为辅助“智慧大脑”云计算的“神经末梢”。云边协同有助

于提供了较快的计算服务响应速度，减少数据中心能耗，保障数据安全和隐私安全。但同时边缘计算也对于网络时限性提出更高要求，千兆固网作为云边协同基础设施，避免了数据上传下达所产生的时延弊端，有利于提升数据采集、处理和执行的能力及响应速度，保障故障发生时本地数据运行可靠性和安全性，而根据 Gartner 最新报告显示，预测从 2019 年到 2021 年底，至少部署一个边缘计算应用来支持物联网或沉浸式体验的大型企业，将由不到 5% 增长到超过 50%，边缘计算将在实时价值、交互体验、智能前端等领域对云计算形成良好补充，拓宽云计算产业边界。另一方面，千兆固网为云网融合提供支撑。依托千兆固网，云服务商开展与基础电信运营商、IDC 企业以及互联网交换中心等的多方合作，发展企业上云、私有云、混合云、多云备份、云组网等业务，进一步拓展云服务平台的应用场景丰富性、价格差异性和用户多样性，解决“最后一公里”用户高质量上云问题，形成云服务产业生态。平台服务商与电信供应商、通信设备制造商紧密合作，提供基于海量数据采集、分析的服务系统，为企业高效配置、弹性供给提供支撑，助力企业实现智能化制造。

第五章 千兆固网与民生福祉改善

经过 20 多年的发展,我国固定通信网络已经经历了以 PSTN/ISDN 技术为代表的窄带时代(F1G 时代)、以 ADSL 技术为代表的宽带时代(F2G 时代)、以 VDSL 技术为代表的超宽带时代(F3G 时代)和以 GPON/EPON 技术为代表的超百兆时代(F4G 时代)。固定通信网络的发展历程表明,每一代技术升级都会从两方面改善人民生活、提升民生福祉:第一,技术的升级必然伴随网络质量的提升以及价格的降低,给用户带来质量更高、价格更低的网络体验,促进用户获得感和幸福感提升;第二,新技术会加速培育和催生一批新产品、新应用、新业态和新商业模式,给人民群众带来更多的网络使用场景,丰富人民生活方式、提高生活便利化程度。

目前,固定网络正跨入以 10G-PON 技术为代表的第五代千兆超宽时代(F5G 时代或千兆固网时代),超高带宽、超低时延、超大连接等优良特性将带动接入网、传输网、核心网的全面升级,实现固定宽带网络性能的全面提升,不仅会进一步给用户带来高性能低价格的网络体验,还会培育出 4K/8K 超高清视频、云 VR 游戏、VR 电影等新型应用,极大丰富消费者网络生活和应用场景。更为重要的是,与以往各代网络技术不同,F5G 将更多地渗透到工业生产领域,开启信息技术与工业生产融合发展的新篇章:千兆固网将与 5G、人工智能、工业互联网、物联网、边缘计算、智能制造等深度融合,改变传统生产方式,推进智能制造、个性制造、柔性制造的发展,为各行各业的创新创业提供良好的信息基础设施,更多程度激发新产业、新产品、新业态、新模式的创新和应用。同时,千兆固网的部署和发展还将有助于消除区域信息鸿沟效应,突破工业生产的空间、时间束缚,缩小区域发展不均衡问题,实现包容性、开放性发展。此外,千兆固网还可以助力政府转型,构建数字化、信息化、服务化的新型政府,打造智慧城市、智慧生活,全面提升广大人民的满意度和获得感,让改革和发展红利惠及每一个人。

一、千兆固网促进新一轮消费升级

当前,我国正在经历以信息化消费为典型特征的新一轮消费升级,有形信息产品和无形信息服务的消费规模不断增加,消费质量需求不断提升;同时,网络购物、网络订餐、移动支付等信息化消费方式和消费习惯逐渐成为社会主流。新的消费升级趋

势决定了满足消费升级的不仅仅是批量生产的工业产品，以高速率、低时延、泛连接为特征的千兆固定宽带网络基础设施成为推动和满足新一轮消费升级的重要基础。

（一）新一轮消费升级的典型特征是信息化消费

改革开放以来，我国大致经历了两次消费升级：第一次消费升级发生在改革开放初期，对粮食的消费下降，对纺织、服装、日用品等轻工业产品的需求增加；第二次消费升级发生在 20 世纪 80 年代至 90 年代，居民消费向老三件”（自行车、手表、收音机）和“新三件”（冰箱、彩电、洗衣机）为代表的耐用性消费品转变，而且随着经济的进一步发展，这些耐用消费品向高档化、高质化方向发展，大屏幕高清晰度彩电、大容量冰箱、空调器、微波炉、影碟机、摄像机成为城镇居民的消费热点，普及率不断提高。

当前，我国工业化进入后期阶段，人均 GDP 接近 10000 美元（2018 年人均 GDP 为 9770 美元），消费结构再次出现了新的变化，原来的生存型、数量型、单一型消费加速向发展型、享受型、多样型消费转变，传统的实物消费加速也向服务消费转变，通信、教育、智能交通、医疗保健、智慧生活等成为新一轮消费热点。与以往两轮消费升级不同，此轮消费升级发生在工业化和信息化加速融合、新一代信息技术和新一轮产业变革加速拓展的背景下，消费升级不仅表现为有形消费产品质量的提升和性能的优化，还表现出典型的信息化特征。

首先，信息产品成为新一轮消费升级的新亮点，在居民消费总量中的占比不断提升。以智能手机、平板电脑、云 VR 头盔为代表的有形信息产品和以社交软件、短视频、平台服务为代表的无形信息服务产品成为新一轮消费重点，消费数量呈现出爆发式增长。2018 年，我国信息消费市场规模达到 5 万亿元，占 GDP 比例提升至 6%，并且信息服务消费量超过信息产品消费量。在消费场景和方式方面，消费信息化“全场景”覆盖的特征加速凸显。以往的信息消费主要集中在网站浏览、电子邮件、在线游戏、即时通讯、视频观看等领域，表现出零散性、碎片化的特征。随着信息基础设施的加强、移动支付的快速普及以及各种智能终端的出现，信息消费逐渐渗透到日常生活的各个领域，形成了购物、娱乐、教育、出行、工作等全场景的消费模式。在信息消费内容方面，信息网络技术设施的建设和信息技术的更新迭代，加速了信息产业的发展和演变，产品创新和商业模式创新相互融合、交织、促进，催生出一批新的信息消费形式和新的商业模式，以 4K/8K 视频、IPTV、Cloud-云 VR 为代表的家庭观影业务，以抖音、快手等为代表的新型社交媒体业务，以智能门锁、智能看家为代表的智能家居业务，逐渐成为消费需

求的重点。2018年，我国信息服务消费占比进一步提升，短视频等新应用在网民中的渗透率超过70%，信息消费的质量要求也从“功能型”向“享受型”转变。

其次，消费手段和方式向信息化、共享化转变。截止2019年7月底，三家基础电信企业的移动电话用户总数达15.9亿户，4G用户规模为12.4亿户，占移动电话用户的78.2%。移动用户规模的快速提升以及智能终端的加速普及，使得消费方式、支付方式的信息化转型加速推进。不论是在娱乐、旅游、教育、出行等衣食住行等各个领域，还是在街边、超市、菜场、地铁、机场、景区等各种场景，随时随地都能看到支付宝、微信等移动支付手段的标识，“一部手机走天下”的信息化消费成为当前消费的典型时代特征。据统计，2017年移动支付交易达375.5亿笔，金额达202.9万亿元，无现金成为我国引领世界创新潮流的“新名片”。此外，近年逐渐兴起的共享经济（比如共享单车、共享充电宝、共享雨伞等）也逐渐改变着传统消费观念，“共享而不购买”的消费观念逐渐被接受。

再次，消费主体的信息化接受程度和信息化消费需求不断增强。在信息消费群体中，“80后”“90后”新生年轻群体逐渐成为消费主力。这类消费群体具有个性，对新鲜事物接受程度高，消费观念前卫，价格敏感性较低，而且他们出生在现在信息技术爆发式增长的年代，信息消费已经成为必需性消费。这类消费群体数量的增加一方面增加了信息消费的需求数量，另一方面也改变了信息消费需求的结构，增加了对直播、短视频、唱吧、VR视频、云游戏等新兴业务的需求。随着典型网络支付手段的成熟、知识产权保护加强以及年轻消费群体的出现，越来越多的消费者愿意为高质量、个性化的信息消费内容付费，比如网络视频、音乐、游戏、教育等，2017年国内网络视频用户付费比例达到42.9%。

（二）千兆固网是新一轮消费升级技术支撑

每一轮消费升级都是技术进步和产业发展交织迭代的结果，都需要新的技术范式、新的商业形态，以及新型消费基础设施作为支撑：在第一轮消费升级中，轻工业的发展加大了纺织、服装、饮料等生活必需品的供给，满足了消费升级需求；在第二轮消费升级中，电子工业、钢铁工业以及机械制造等技术和产业的发展奠定了消费升级的供给基础；在新一轮消费升级中，通信技术、信息技术、云技术、大数据等将是培育新产业、满足消费升级需求的基础。尤其是以10G-PON为代表的新一代千兆固网将是驱动和满足新一轮信息消费升级的基础。

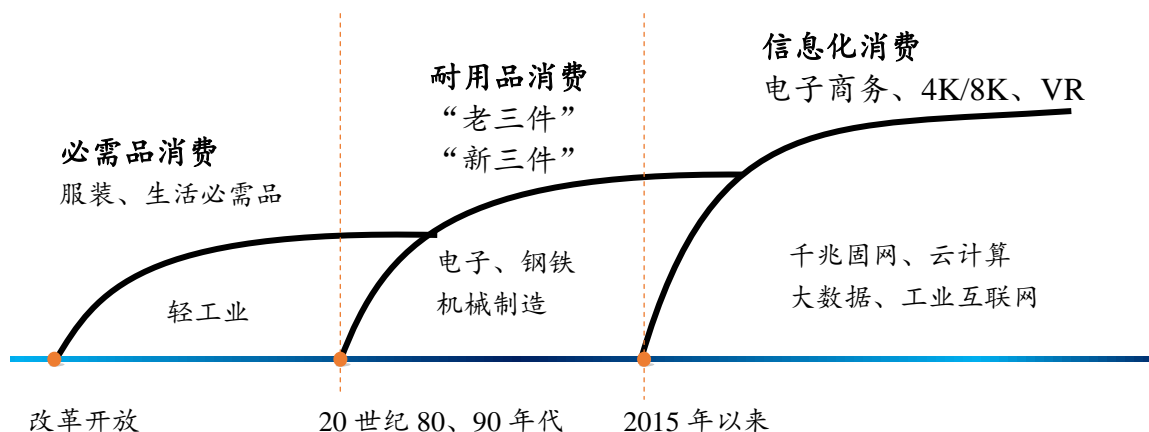


图 5-1 消费升级及其技术和产业支撑

资料来源：课题组整理。

首先，新一轮消费升级对网络基础设施和网络性能的要求更好，千兆固网将是满足消费者需要，支撑新一轮消费升级，提升消费者幸福感的基础。信息化是新一轮消费升级的核心和支撑，随着消费者需求的逐渐提升，消费者对信息需求以及网络要求都全面提升（带宽更大，时延更低，连接数量更大），比如，智慧家庭业务要求网络速率大于 370Mbps，时延小于 20ms；云 VR 业务要求网络速率达到 Gbps，时延要小于 8ms。国外消费者调查研究也发展，⁸35%的消费者不能忍受较慢的网速，在千禧一代中这一比例达到 41%。以 10G-PON 为核心技术的千兆固网具有高带宽、低时延、大连接的特征（比如 10G-PON 对称技术可以提供上行和下行 10G 的网络速度），可以满足消费升级过程中的网络基础设施的需求，提升消费者的满足感和获得感。

其次，千兆固网孵化新产品、新应用和新业态，加快供给与需求的匹配度，不断满足消费者日益增长的多样化信息产品需求。2018 年工信部和改革委联合印发《扩大和升级信息消费三年行动计划（2018-2020 年）》，文件指出要加快升级新型信息产品供给体系，推进智能可穿戴设备、虚拟/增强现实、超高清终端设备、消费类无人机等新产品、新业态、新应用的研发及产业化，加快超高清视频在社会各行业应用普及，满足人民日益增长的信息消费需求。而当前这些新产品和新业态的发展处于瓶颈时期，其中一个重要的原因就是这些产品和应用的发展需要高速率、低时延、高连接的网络基础设施，而 5G 的投资规模和投资速度使得其不能快速应用并起到孵化作用。千兆固网具有低投入高产出的特征，可以起到先导作用，率先孵化一批新应用、新产品，满足消费需求。

⁸ 参见

[https://cmo.adobe.com/articles/2019/2/5-consumer-trends-that-are-shaping-digital-content-consumption.html#gs.4rx4pn。](https://cmo.adobe.com/articles/2019/2/5-consumer-trends-that-are-shaping-digital-content-consumption.html#gs.4rx4pn)

再次，与以往各代网络技术不同，千兆固网将更多地渗透到工业生产领域，开启信息技术与工业生产融合发展的新篇章，不断满足多样化、个性化需求。千兆固网将与5G、人工智能、工业互联网、物联网、边缘计算、智能制造等深度融合，改变传统生产方式，推进智能制造、个性制造、柔性制造的发展，为各行各业的创新创业提供良好的信息基础设施，更多程度激发新产业、新产品、新业态、新模式的创新和应用，满足消费者多样化和个性化产品需求。

二、千兆固网促进开放性、包容性发展

我国网络基础设施的覆盖面已处于世界前列水平，信息网络基础设施驱动经济发展的瓶颈已不是网络“有无”的问题，而是网络质量的问题。推动网络基础设施升级，加快千兆网络的部署，建设新型信息网络基础设施可以更好地抓住新一轮产业革命的战略机遇，更大程度地俘获技术进步、产业变革带来的经济和社会效益。此外，当前我国区域经济发展不平衡、工业化程度差异较为严重，而经济发展程度与网络信息基础设施的完善程度高度相关，千兆固网的全面部署和建设可以有效地消除区域信息鸿沟和经济差异，实现均衡性、包容性发展，让改革和发展红利惠及全国人民。

（一）高质量网络基础设施是提升经济和社会效益的关键点

与交通、电力等基础设施相同，通信基础设施是促进经济发展，提升经济效益和社会效益的必要条件。尤其在信息化、数字化高速发展的时代，宽带、无线等网络通信设施对于经济发展具有至关重要的作用。实证研究表明，宽带网络渗透率每提高10个百分点，可以拉动GDP增长2.8个百分点。⁹但是，随着网络覆盖面的不断扩大并趋于饱和，网络渗透率促进经济发展的作用逐渐遇到了瓶颈，网络质量成为驱动经济包容性发展，带动产业升级和民生福祉提升的关键因素。世界经济论坛（The World Economic Forum）发布的白皮书就指出随着网络上传速度、下载速度、时延等性能的提升，网络驱动的业态模式逐渐多样化高级化，带来的社会和经济效益也逐渐增加，对民生福祉的提升作用也逐渐增大。¹⁰从我国信息网络基础设施发展情况来看，不管是固定网络还是移动网络，覆盖率和渗透率都已经达到国际领先水平，比如江苏省、福建省、浙江省、

⁹ 参见：Kongaut, Chatchai and Erik Bohlin. “Impact of broadband speed on economic outputs: An empirical study of OECD countries”, Paper for the 25th European Regional Conference of the International Telecommunications Society, Brussels, Belgium, 22-25 June 2014, <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/101415/1/795234465.pdf>.

¹⁰ 参见：World Economic Forum, Financing a forward-looking internet for all.

宁夏回族自治区、北京市、重庆市等省市的固定宽带家庭普及率已超过 100%。在网络普及率和覆盖面已接近饱和的背景下,当前网络质量成为影响经济发展和人民生活水平提升的关键因素。

网络技术发展和演变的历程也表明,伴随网络质量的提升,带来的经济社会效益呈现几何倍数增加,图 5-2 反映了各代网络技术特征与其带来的经济社会效应关系。自从 1994 年我国首次接入世界互联网后,固定网络的发展已经经历了以 PSTN/ISDN 技术为代表的窄带时代(F1G 时代)、以 ADSL 技术为代表的宽带时代(F2G 时代)、以 VDSL 技术为代表的超宽带时代(F3G 时代)和以 GPON/EPON 技术为代表的超百兆时代(F4G 时代):在 F1G 时代,PSTN/ISDN 是网络技术的核心,这一时期网络速度较低,只能达到 64kbps,所以又称为窄带时期。低带宽低速率的特征决定了此时的网络时延较高、应用场景较为有限,只能进行语音通信,从而其产生的社会价值和经济效应也只限于增加了语音信息的流通速率,在一定程度上提高信息传递;在 F2G 时代,网络带宽和网络速率都有所提升,网络速率达到了 2Mbps,网络的应用范围也进一步扩大,可以应用于浏览网页、发送电子邮件、进行即时通讯等场景,此外还可以用于播放低质量的视频。相比于 F1G 时代,F2G 时代的固定通信网络质量得到了较大提升,应用范围和应用场景也都有所扩展,产生的社会经济效应也有所提升。这些优势在 F3G 时代得到了进一步加强,此时网络速率提升到了 20Mbps 的宽带时代,应用场景逐渐扩展,而且在高性能网络的支撑下,高清视频、网络直播、移动支付等新的应用场景、商业模式不断出现,不仅提升了消费者生活便利化信息化程度,也孵化了优酷等一批创新性企业,带来了较高的经济效益。随着以 GPON/EPON 技术为代表的超百兆时代(F4G 时代),固定宽带速率进一步提升,光纤覆盖面进一步提升,网络带宽可达到 100M,网络时延进一步降低,由此也带来了超高清视频等新型网络应用的发展,社会经济效益进一步提升。



图 5-2 网络质量及其带来的社会效益模型

资料来源：课题组绘制。

当前，以 10G-PON 技术为代表的 F5G 时代即将到来，F5G 将从三个方面更大程度的提升社会经济效益：首先，给用户带来更加极致的网络体验。千兆固网的网络速率可以达到 1000Mbps 以上，而且可以满足日益增长的数据量上传需求；在时延方面，千兆固网的网络时延可以达到毫秒级，充分满足云 VR、远程教育常见等对网络时延的要求，为消费者提供高速率低时延的用户体验；其次，千兆固网也为新的应用场景、新的商业模式孵化提升了基础，为消费者提供更多的网络应用领域，丰富消费者生活。以远程医疗、云 VR 游戏、云 VR 电影、智慧家庭、在线教育等为代表的信息网络应用场景都需要大带宽、高速率、低时延的网络基础设施进行孵化，千兆固网可以以更低的成本提供高质量的网络基础设施，促进这些产业的发展，为消费者带来更加丰富的应用场景。再次，与以往各代网络技术不同，千兆固网将会传统工业领域相融合，结合人工智能、边缘技术、3D 打印、增材制造等技术改变传统制造业生产模式，以更低的成本为消费者带来更加个性化、更加高质量的工业产品，极大程度地提升社会经济效益和人民幸福感、获得感。

（二）千兆固网消除信息鸿沟，共享发展机遇和红利

从经济发展程度和信息通信网络发展的关系中可以发现，信息网络速率和网络性能与地区经济和工业化发展高度正相关，加快千兆固网的部署可以推进地区间信息鸿沟的弥合，促进区域经济协调发展，促进改革红利更多的惠及广大民众，实现国家经济

的包容性发展。

经过改革开放 40 多年的发展，我国经济整体进入了工业化后期阶段，但细分区域来看，不同区域工业化和经济发展差距依然较大。而这种区域经济的差异和信息技术和网络发展程度存在高度正相关关系。结合中国社会科学院经济研究所黄群慧所长对工业化发展水平的测度研究以及宽带发展联盟发布的宽带速率可以发现：**工业化发展水平与宽带下载速率存在高度正相关关系。**

表 5-1 反映了我国不同区域和省份的工业化进程及其得分，得分越高说明工业化程度越高，社会经济发展越高。图 5-3 是中国宽带发展联盟发布的 2019 年第二季度全国固定宽带加权下载速率。对比表 5-1 和图 5-3 可以发现，工业化程度和网络质量（网络下载速率）高度正相关，比如对于北京、上海、天津这三个处于后工业化阶段的地区，其固定网络下载速率稳居全国前四。

表 5-1 工业化水平指数

阶段	四大板块	31 省市
后工业化阶段	东部 (95)	北京、上海、天津
	后半阶段	浙江 (97)、江苏 (96)、广东 (96)、辽宁 (91)、福建 (91)、重庆 (88)、山东 (88)
工业化后期	前半阶段	湖北 (76)、内蒙古 (75)、吉林 (75)、河北 (70)、江西 (70)、湖南 (70)、陕西 (69)、安徽 (69)、河南 (66)
	后半阶段	四川 (64)、青海 (62)、宁夏 (58)、广西 (58)、山西 (57)、黑龙江 (53)
工业化中期	前半阶段	西藏 (47)、新疆 (44)、甘肃 (43)、海南 (42)、云南 (41)、贵州 (39)

资料来源：黄群慧，《理解中国制造》，中国社会科学出版社，2019。注：括号内数字为工业化进程得分，得分越高，工业化进程越高。

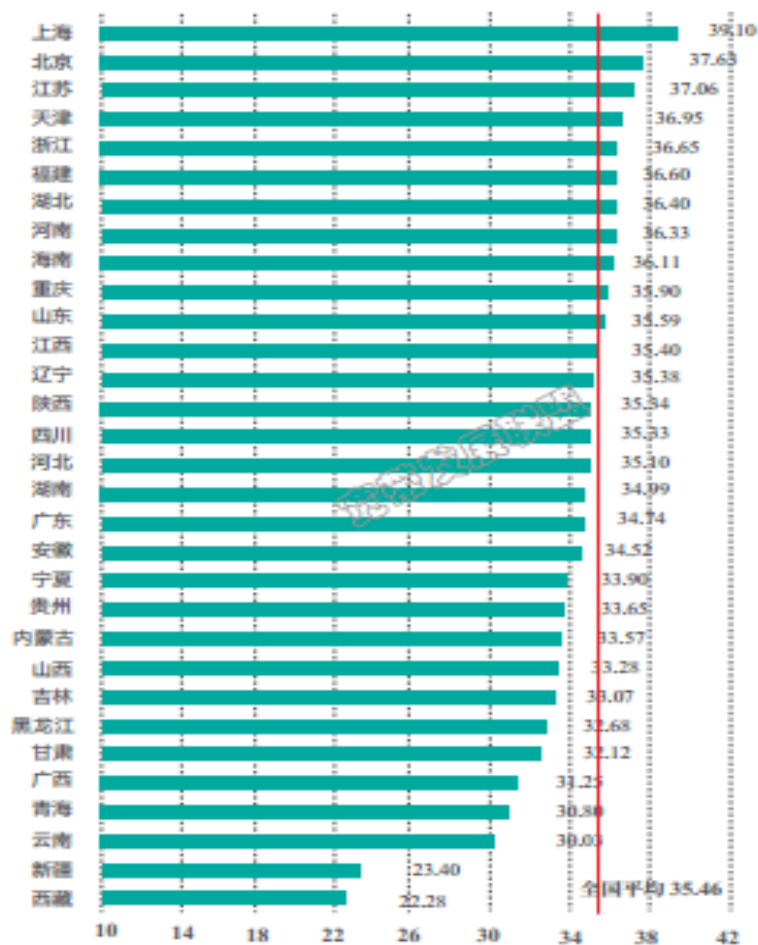


图 5-3 固定宽带下载速率（2019 年第二季度）

资料来源：宽带发展联盟《中国宽带速率状况报告（2019 年第二季度）》。

上述关系的分析表明，面对区域经济发展不平衡的问题，需要全面加强高质量网络基础设施的部署，尤其是要推进千兆固网的发展和部署，以千兆网络基础设施促进区域平衡发展，释放更多的改革红利。这样做的机理在于：在数字经济时代，网络基础设施已经成为一种必要的生产要素，千兆固网的部署和发展可以消除区域信息鸿沟，促进教育、医疗、制造等领域协调发展。区域经济发展不平衡的重要体现就是教育和医疗，千兆固网、云 VR 等技术驱动的互联网教育、远程教育、VR+教育、智慧医疗、人工智能+健康医疗、物联网+医疗应用等业务为优质教育和医疗资源的再分配提供了新的途径和方式。以教育为例，优质教育资源分布不均是当前不可回避的问题，我国优质教育资源集中在大城市、东北沿海地区，从而使得农村以及广大边远山区的孩子无法享受更好的教育资源。2019 年《政府工作报告》明确提出发展“互联网+教育”，促进优质教育资源共享。在相关政策指导下，在线教育逐渐延伸到广大农村和边缘地区。

2016.6-2019.6在线教育用户规模及使用率

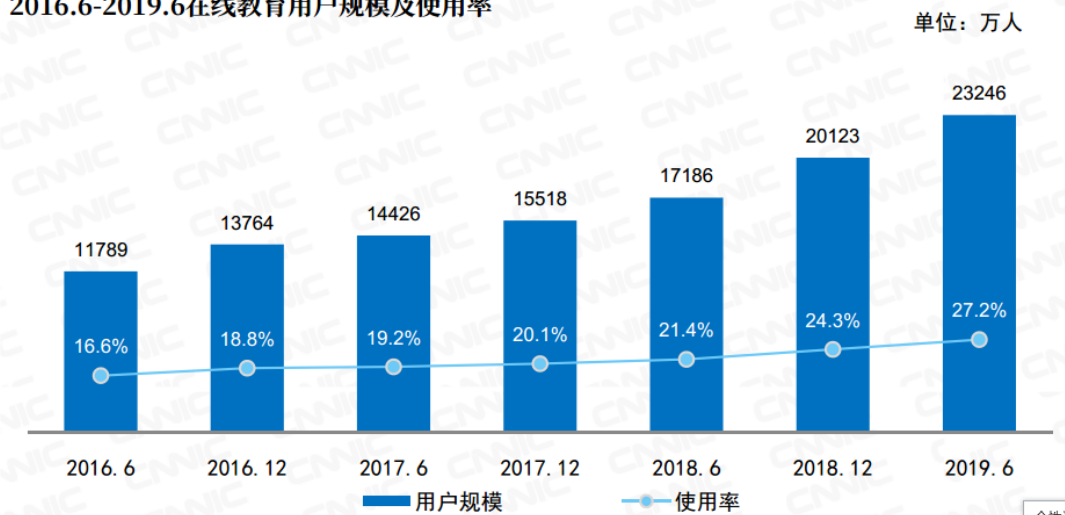


图 5-4 在线教育用户规模及使用率

资料来源：《中国互联网发展状况统计报告》。

AI、云 VR 以及千兆固网的发展又为互联网远程教育提供了新的方式，以 AI 技术为驱动的个性化教学成为在线教育的重要方向，而以云 VR 技术为基础的新型网络教育方式可以构建虚拟学习环境，提供体验式教学，进一步提高教育的平等性。

三、千兆固网助力大众创业、万众创新

创新是推动社会进步和经济发展的核心动力，是培育经济社会发展新动力的催化剂。在我国经济进入新常态和新一轮产业革命加速推进的背景下，推动“大众创业、万众创新”，实现创新驱动发展是实现我国经济可持续发展的关键。但与以往不同，当前全球经济进入数字化发展的新时代，数字化、网络化、信息化、智能化不仅是新产业、新产品、新业态、新商业模式等创新事物的天生特征，也成为传统产业创新发展和转型升级的新方向。在此背景下，以 F5G（千兆固网）和 5G 为代表的信息网络基础设施成为创新创业的必备投入要素，加快千兆固网、全光网络底座等信息网络基础设施的建设是实现“大众创业、万众创新”的关键一步。

（一）信息网络是创新创业的孵化剂且具有边际收益递增的特征

纵观我国信息网络基础设施发展和创新创业企业发展历程可以总结出两条规律：第一，信息网络技术设施是创新创业的必要投入品，是孵化创新企业的重要基础。自从固定网络进入 ADSL 技术为代表的 F2G 时代以后，每一次的网络技术发展都会孵化大量创新创业企业，尤其是互联网相关企业。1994 年我国首次连接到世界互联网，这一时期固定网络是在原有电话网络基础之上发展而来的，主要以 PSTN 技术为支撑，属于我国固定网络发展的原始时期，也就是 FIG 时代。由于这一时期的网络速度较低，只

能满足一般的语音通话和低速上网，所以这一阶段固定网络发展对创新创业的促进作用有限。但是，当固定网络进入 F2G 时代以后，这一情况发生了巨大的变化。在 F2G 时代，固定网络技术演进到 ADSL 技术，网络带宽扩容到 2Mbps，网络性能大幅度提升，从而带动了上网冲浪和电子邮件等业务的出现和发展，这一时期也是门户网站企业大规模涌现的时期。从图 5-5 可以看出，这一时期出现了网易、搜狐、百度、腾讯、阿里巴巴等一大批互联网公司，这些在通信网络升级基础上培育起来的公司很多都发展成为当前互联网企业巨头，比如百度、搜狐等。进入 F3G 时代以后，固定网络引入了 VDSL 等技术，从而实现了网络持续提速，典型网络带宽可以得到 20Mbps。网络带宽和性能的提升进一步为创新创业提供了基础，这一时期网络已经可以支撑视频等新业务形式，所以，爱奇艺、土豆网、PPTV 等一批新的互联网视频类企业开始出现。在 F4G 时代，固定网络主要以基于 GPON/EPON 技术的全光接入 FTTH (Fiber to the Home) 为典型建网模式，逐步构建起一张面向未来长期演进的光纤基础网络，能够提供 100Mbps 接入能力。与前 3 代基于铜线接入或“光纤+铜线”接入的固定网络不同，F4G 第一次全面进入了以光纤为主要媒介的发展时期，开启了光联时代的大幕。F4G 时代固定网络的全面升级也为创新创业提供了前所未有的基础支撑，以抖音、快手等为代表的新型直播平台企业，以共享单车、共享充电宝、共享汽车代表的共享经济迅速发展，造就了一大批新生互联网企业。

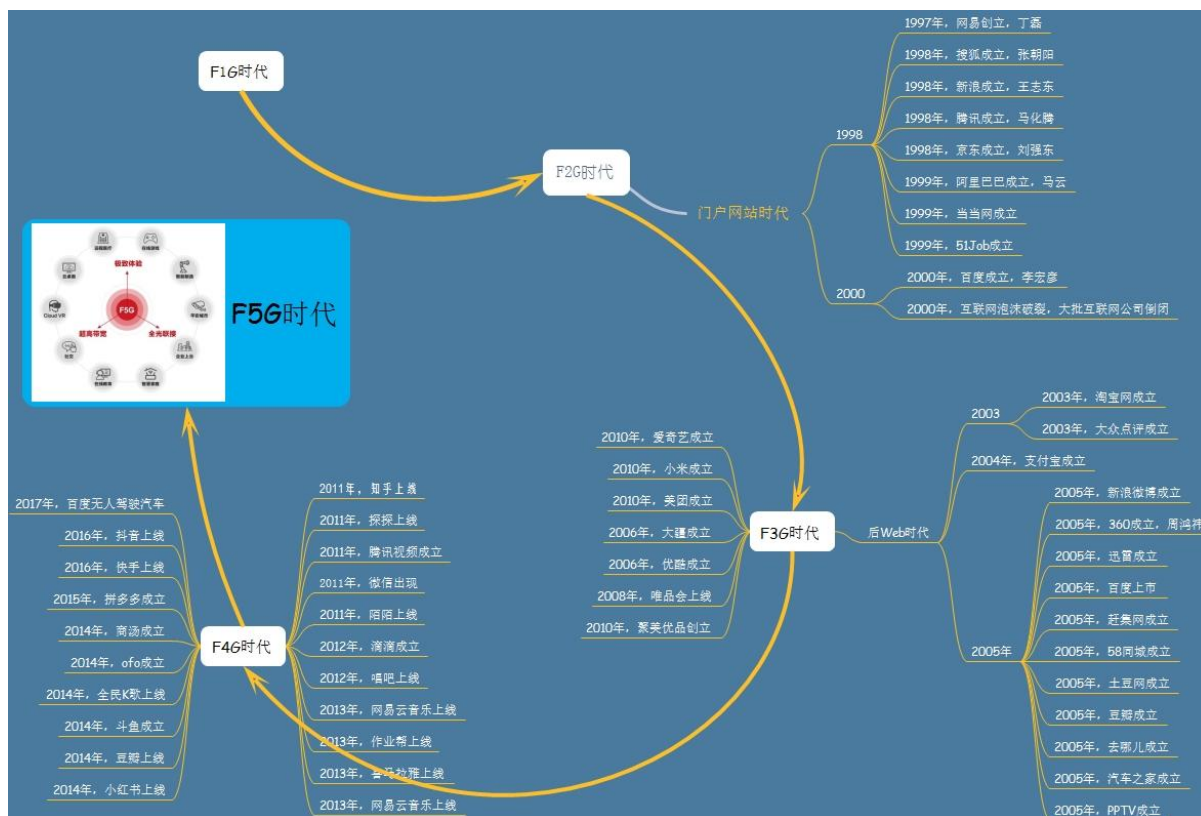


图 5-5 各代固定网络技术促进创新创业的历程
资料来源：课题组绘制。

第二，信息网络基础设施对创新创业的赋能作用随着网络性能的提升呈现出边际作用递增的特征。从以上分析中可以看出，随着网络技术的升级，每一代网络升级都会孵化更多的创新创业企业，表现出边际作用递增的赋能作用。图 5-6 反映了 2000 年以来每年新增互联网创业企业数量，从图中可以看出在，在 2000 年及以前新增互联网创业企业总量仅为 6045 家，2000 年以前大致可以看作是固定网络的 F1G 时代，所以这一时期网络技术对创新企业孵化作用有限。而从 2000 年开始，固定网络进入 F2G 时代，从图 5-6 也可以看出，每年新增互联网企业数量每年都呈递增趋势发展，2015 年新增互联网企业数量达到 23228 家。

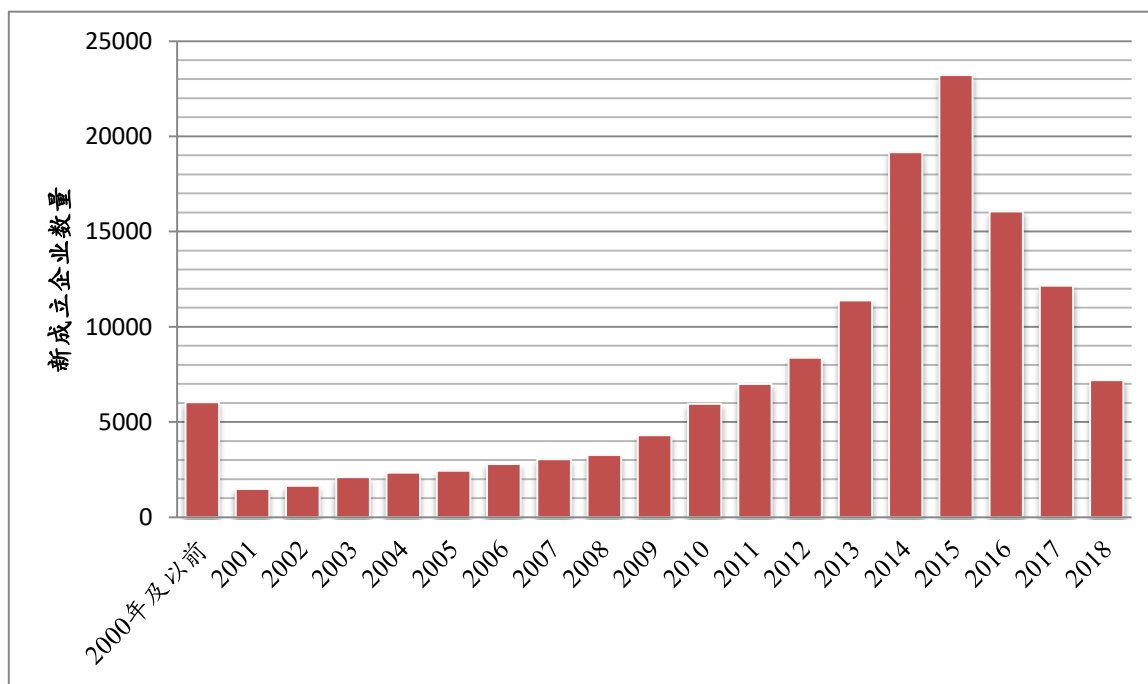


图 5-6 网络技术升级与历年新成立互联网创业公司数量

数据来源：IT 桔子，<https://www.itjuzi.com/company>。

网络技术升级之所有可以为创新创业提供更多的空间和机会其原因在于：第一，随着网络基础设施的升级和提升，网络用户数量不断提升，形成了新产品、新模式的巨大需求市场，进而激励更多的创新企业出现满足巨大的市场需求。2019年8月30日，中国互联网络信息中心（CNNIC）在京发布第44次《中国互联网络发展状况统计报告》显示，截至2019年6月，我国网民规模达8.54亿人。巨大的网民规模拉动下游应用市场的需求，从而激发更多的企业参与创新创业，满足用户的需求。第二，随着网络技术的升级，信息网络成本下降，从而为中小微企业的孵化和成长提供了更加有力的成本环境，可以促发创新创业热潮。第三，伴随着网络性能的提升，尤其是网络带宽和网络速率的提升，以及网络时延的降低，一些高需求场景的应用条件逐渐满足，从而在更大范围内激发企业进行创新性探索。比如，随着千兆固网技术的提升，云VR、智能家居、车联网、工业互联网等领域的应用逐渐呈现，从而也激发这些领域内的创新型企业出现。

（二）千兆固网激发新一轮创新创业高潮

从信息网络发展对创新创业的激励作用的规律中可以预知，F5G时代的到来将会激发创新创业的新高潮。与历代固定宽带技术不同，千兆固网具备全光联接、超高带宽、极致体验的三个关键能力，是信息网络技术发展的新高度，不仅可以支撑云VR、4K/8K超高清视频等传统应用端的创新涌现，而且还可以渗透到工业生产、城市管理、家庭生活等各个领域，带动工业互联网、智能制造、智慧城市、智能家居等各个领域的创

新创业，形成信息网络支撑创新创业的新高潮。具体来看，千兆固网将在以下三个领域促进创新创业的发展和就业的增加：

第一，上游通信器件、模块、芯片、光纤以及通信设备等领域。千兆固网的部署和升级改造将拉动通信设备、光纤、光猫、板卡及相关通信产品的市场需求，从而带动光通信器件、光模块、光纤、光通信设备等领域内的创新创业发展，增加新的就业机会，创造更多的行业利润。

第二，下游通信应用领域，包括生活领域的应用创新和生产领域的应用创新。千兆固网超高带宽、超低时延、超大连接的网络性能将使其进一步突破以往各代固定宽带的应用领域和范围，不仅会带来网上支付、网络视频等领域内的创新业务，还会带来智慧城市、自动驾驶、VR/AR 领域内的创新创业，为消费者提供全新的生活和工作模式。2019 年 8 月创业黑马并发布了新一代信息网络时代的独角兽企业，评选除了 25 家硬独角兽创业企业和 25 家准独角兽创业企业，硬独角兽最多的领域分别是：智慧城市、自动驾驶、芯片，数量分别是 5 家、4 家、3 家。涌现准独角兽最多的领域分别是：自动驾驶、VR/AR、物联网，数量分别是 6 家、4 家、3 家。

表 5-2 新经济产业独角兽 TOP50

领域	企业简称	领域	企业简称	领域	企业简称
智慧城市	京东数科	智慧家居	涂鸦智能	自动驾驶	飞步科技
智慧城市	商汤科技	无人机	大疆创新	自动驾驶	希迪自驾
智慧城市	旷视科技	无人机	臻迪科技	智慧城市	澎思科技
智慧城市	依图科技	医疗健康	联影医疗	智慧城市	云天励飞
智慧城市	云从科技	机器人	达闼科技	5G 通信	佰才邦
芯片	地平线	视联网	极链科技	5G 通信	迈威通信
芯片	寒武纪	视觉智能	影谱科技	5G 通信	红山科技
芯片	翱捷科技	云游戏	触控科技	物联网	声智科技
自动驾驶	小马智行	准独角兽企业		物联网	力维智联
自动驾驶	Momenta	VR/AR	亮风台	物联网	中科物栖
自动驾驶	图森未来	VR/AR	亮亮视野	无人机	科比特航空
自动驾驶	深兰科技	VR/AR	NOLO VR	医疗健康	推想科技
物联网	特斯联科技	VR/AR	灵犀微光	医疗健康	深睿医疗

物联网	升哲科技	自动驾驶	智加科技	车联网	上海博泰
车联网	满帮集团	自动驾驶	文远知行	车联网	四维智联
车联网	G7	自动驾驶	驭势科技	芯片	智芯原动
知识产权	汇桔王	云游戏	微算互联	智慧家居	BroadLink

资料来源：i黑马网 <http://www.iheima.com/scope/1>。

第三，千兆固网可以激发工业生产领域的创新发展。千兆固网区别于以往各代网络的关键特征在于千兆固网可以充分与工业制造业相融合，打造人与物、物与物互联的万物互联时代，并结合智能制造、人工智能、云技术、边缘计算等新兴技术，带动这些产业的创新发展，培育新的生产范式，打造全新的制造业模式。

四、千兆固网助力新型服务型政府建设

服务型政府是提升人民满意度和获得感的重要途径，而信息化的政务网络建设是服务型政府建设的基础。政务网络承载量大，可靠性和安全性要求高，千兆固网、云服务、网络专线、网络切片为建设安全、可靠的政府信息网络系统提供了技术基础。

以数字化、网络化、智能化为特征的新一轮科技革命正在重塑全球产业生态和竞争格局，相应的政府治理模式也从工业时代的传统型政府向信息时代的现代服务型政府转变，服务型政府建设是促进经济发展、提升人民群众幸福感的关键。2016年《国务院关于加快推进“互联网+政务服务”工作的指导意见》明确提出要打造透明高效的服务型政府，最大程度利企便民，让企业和群众少跑腿、好办事、不添堵，提高人民群众满意度和获得感。广东省地方服务型政府建设系列调研报告表明，公用事业及市场服务、公共交通、公共教育、供电服务满意度等直接关系民众幸福感的提升。

服务型政府建设的核心就是信息化、便利化、高效化，其中信息化建设是支撑便利化和高效化的基础。建设一体化网上政务服务平台，全面公开政务服务事项，增强政务服务标准化、网络化水平是政府网络建设的关键。政府网络具有较高的要求：首先，政务网络的受众面大、信息量多，需要较高的网络容量。《中国互联网发展状况统计报告》显示，截止2019年6月，我国互联网政府服务用户规模达到5.09亿，占网民整体数量的59.6%。在2019年5月国家政府服务平台全面上线试运行以来，平台累积访问浏览量约2.22亿次、实名注册1049.6万，为地方部门提供实名身份核验服务3385万次、电子证照调用共享服务286万次。此外，政府网络信息发布量大，更新速度要求较快，从而也增加的对网络的需求能力。2019年上半年，各行政级别政府网站首页文章更新量

比 2018 年底增长 20.5%，部委政府网站增长率达到 53.1%。其次，由于政务网络涉及到政府机要、公文等高度涉密文件。所以，政府网络建设对于时效性、安全性、可靠性提出了更高的要求。

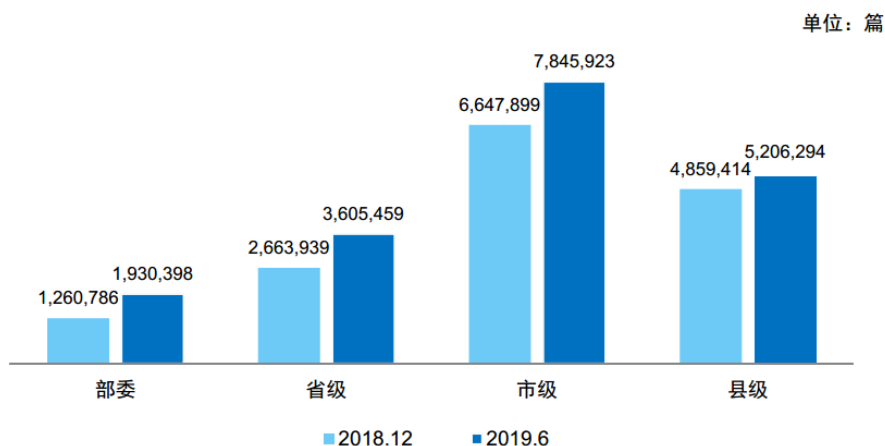


图 5-7 各行政级别政府网站首页文章更新量

资料来源：《中国互联网发展状况统计报告》。

信息技术的发展为高性能政府网络建设提供了支撑，千兆网络和云服务的发展可以为政府网络提供大带宽、高速率、高存储的服务支持，政府专线则可以将政府业务与其他业务进行物理隔离，充分保证政府网络的安全性，同时提供 99.99% 以上的网络可用率，保证业务不中断、高可靠，为公安、消防、急救等关键民生领域服务提供了保障。

第六章 加快我国 F5G 发展的思路和建议

F5G 是撬动数字经济发展的关键杠杆。然而，当前我国 F5G 发展仍然面临技术、市场、特别是体制和政策认知程度低的障碍。针对这些问题，应当适时调整和完善我国的 F5G 政策体系，推动我国千兆固网加快发展，驱动形成“F5G 先导、应用引导、5G 主导”的网络强国建设格局。

一、明确“F5G 先导、应用引导、5G 主导”网络强国战略

一是制定战略目标逐步推进。F5G 发展涉及到政策保障、经济发展、技术研究、民生惠及、生态建设等多项工作。建立中长期规划，明确指导思想、基本方针、发展原则、任务导向，对于推进 F5G 发展，以高质量网络基础设施服务产业升级和经济发展具有重要意义。在战略布局上，各国将宽带网络视为数字化转型和数字经济发展的关键基石，建立宽带网络发展的中长期战略目标，逐步推进。例如，欧盟公布的单一数字市场政策，规划 2025 年千兆社会为目标，确保欧洲所有家庭在 2025 年至少有 100M 下载速度，以及公共区域及企业每秒 1Gbps 的传输量，提供每个人都能充分参与数字经济的网络速度。德国推出的“数字战略 2025”，明确指出，高性能的宽带网络是实现数字化的基础和推动力。新加坡在“智慧国 2015 规划”中，投资高达 10 亿新币的“新一代宽带网络建设”，最高网速可达 1Gbps。此后，新加坡又公布了“智慧国家 2025”的 10 年计划，作为之前“智能城市 2015”计划的升级版，建设覆盖全岛的数据收集、连接和分析基础设施和操作系统。韩国提出“绿色 IT 国家战略”建设“G 速互联网”发展，并相继提出“U-Korea”、“U-City”、“智慧首尔 2015”等，基于高覆盖和高速度的网络基础设施，建设智慧社会。我国发展 F5G，应将 F5G 视为提升国家综合实力、优化产业结构、驱动创新创业、惠及社会大众的关键基石，制定《中国网络强国建设中长期规划（2020-2035）》。在《中国网络强国建设中长期规划（2020-2035）》中明确我国牵引全球千兆发展、实现全球商用规模领先的关键使命，明确并细化“千兆中国行动计划”的战略任务，制定千兆宽带分级、千兆城市建设的总体目标和阶段性目标指标。

二是构建 F5G 规划体系。F5G 发展需要围绕我国经济社会发展的重大需求，整合资源和重点突破。一方面，应与先进制造业发展相互配合，坚持自主创新，提升关键核心技术和完善产业链条。这离不开研究制定“中国网络强国战略规划 1+X”规划体系，

即在《中国网络强国建设中长期规划（2020-2035）》的宏观部署下，进一步研究制定《中国 F5G 建设发展规划》、《5G 总体规划》、《中国人工智能发展规划》、《中国车联网发展规划》等专项规划，从而强化各项规划和政策之间的衔接配套。另一方面，F5G 发展需要配到政策支持，充分发挥市场在资源配置中的效率。制定 F5G 配套法律法规和举措时，应注重市场主导和政府引导，以 F5G 为基石，推动新产业、新模式、新业态涌现。建立公开、透明规章和监管程序，避免“劣币驱逐良币”，引导产业发展走创新驱动和以质取胜道路。在关系国计民生的技术上，落实自主发展战略，提升国家竞争力和话语权；并加强全球布局与国际合作交流，在“一带一路”倡议下，加强国内外优势互补，为沿线国家网络设施建设提供技术支持，在全球化背景下推进 F5G 相关产业链、创新链、价值链演进。

三是推动长效协同机制建立。F5G 发展，需要协同政府、企业、科研机构、公众等各方力量，在提升科研创新、实现产业推进、推动城市规划、优化市场环境、落实社会保障等多方面实现合力。各国在制定 F5G 发展战略时，注重协同治理和多方参与。例如，德国的“数字战略 2025”，把联邦各项支持宽带发展的方针路线串联起来，以“优化地区经济结构”为共同任务，优化各项资助方案的协同作用。并召开“千兆网络圆桌会议”，由联邦、各州和城镇、企业、协会和通讯供应商合作商讨制定战略目标。韩国推出的《千兆互联网促进计划》，为方便资金技术支持和协调各部门关系，特成立了由总理负责的“国家信息化促进委员会”，指导并制定国家信息化政策和计划，总统是该议会的最高首脑即城市信息化的指挥、决策和监督人。我国发展 F5G，加强在重点领域的工作部署和政策引导，跨领域跨行业协同创新，调动全社会推动 F5G 发展的创造性和应用 F5G 的创造性，实现产、学、研、官长效合作模式。

二、加大对 F5G 基础设施建设的政策支持力度

一是加大支持力度和配套支持。F5G 作为重要的新一代基础设施，其建设可以带动经济增长、增加就业机会和国民收入水平，是稳定国家经济长期稳定的重要基石。各国在制定 F5G 发展规划时，均认识到了 F5G 的“乘数效应”，即 F5G 投资可以带来多于投资额几倍的国民经济增长和社会总需求提升，因此各国对 F5G 发展提供大量资金支持和智力支持。例如，新加坡在“智慧国 2015 规划”中，投资高达 10 亿新币的“新一代宽带网络建设”，在“智慧国家 2025”的 10 年计划，提出培养数千名 ICT 专家，推进“智慧国”进程。德国发布了“面向未来的千兆德国”战略，计划至 2025 年投资 1000

亿欧元用于建设高性能的国家宽带网络。我国在发展 F5G 基础设施时，应在资金、技术等领域提供重要保障。一方面，要加大投资力度。进一步扩大光纤网络宽带覆盖，全面部署大容量传输网络，实现骨干网、城域网、接入网同步扩容，向普遍提供千兆宽带能力演进。另一方面，财税支持力度和智力支撑。将 F5G 上下游产业链中的关键设备、核心零部件和基础软件纳入国家重大科技专项，提供财政支持和税收优惠，推动 F5G 研发、应用和上下游产业链繁荣。并且组织 F5G 应用大赛，推动全社会为 F5G 基础设施建设和应用推广献计献策。

二是实现从中央到地方协同机制。F5G 建设离不开地方政府的合理规划和组织领导，应做好我国上下联动，合力解决 F5G 发展中的重大问题和重大事项，积极引导各地制定 F5G 规划和发展目标，强化 F5G 建设保障，推动各地加快 F5G 建设与应用落地。一方面，开展 F5G 工程建设为各地高质量发展贡献力量。通过召开 F5G 发展大会、推动案例征集、开展经验分享等方式，逐步扩大各地对于 F5G 认识和重视程度，提升各地建立和推广 F5G 的战略和全局高度，借助 F5G 向经济变革、质量变革、效率变革迈进。推动省、市、县和园区等各级政府开展千兆应用示范工程，鼓励第三方专业机构开展千兆城市示范的评估，牵引千兆网络基础设施建设和上下游产业生态培育发展。组织召开千兆示范城市市长峰会，扩大中国千兆国际影响力，积极扩散传播千兆城市建设成功经验。另一方面，引导各级政府做好 F5G 建设保障工作。实现精准施策，对于 F5G 建设不搞“一刀切”，因地制宜、因业发展，根据当地经济社会发展水平、产业的发展阶段和各企业的发展实际需求，科学制定差异化方案，确立重点领域、重点行业、重点任务。鼓励各级政府加大对 F5G 及其上游产业和下游应用的财政、金融支持力度，优化营商环境，培育企业梯队。基于 F5G 发挥大数据、物联网、人工智能等技术应用，加强相关现金技术学习和引进，培养高精尖科研队伍，建设应用型科研机构，实现产教融合，建设和完善 F5G 产业生态体系。

三是确保 F5G 安全性和应对网络安全挑战。网络安全关系到国家安全、社会公共利益和公民的合法权益。随着 F5G 的推广，物联网等技术逐步普及，除了电脑终端，包括智能家居、智能防控等越来越多终端设备成为互联网终端，联网设备和人机交互界面的爆发式增长为网络安全防护提除挑战；同时，F5G 的广覆盖和的低时延造成了受到潜在威胁的网络覆盖面较广难度较高和及时处理遏制网络威胁的负面影响。以边缘计算为例，F5G 发展推动了边缘计算，边缘计算采用分布式计算模式，计算、存储或数据分

析从集中的云端处理转移到分布式终端设备处理，这为及时发现网络攻击造成难度，并且遭受网络攻击引发的损失也更为严重。在监管端，我国应加强网络安全检测评估，及时进行网络安全问题信息共享，要求网络产品生产者、服务提供者和网络运营者监管，在发现网络产品、服务、系统存在问题时及时上报和修复。产业端，我国应支持互联网巨头和网络安防领域公司布局安防产业，针对云端、大数据提升安全问题的智能化响应，发展面向云管端、大数据和算法层的安全解决方案，推动网络安全产业发展。在用户端，我国应加强网络安全教育，提升企业和公民网络安全意识、实践能力和防护技能，鼓励企业增强对于网络安全建设投资。

三、加快推动“提速降费”向“提速提质”调整升级

一是完善网络测速机制。当前我国移动宽带覆盖率以及网络速率均处于全球前列，网络资费也处于全球中低水平，综合网络服务水平处于前列。特别是与地理、人口相近的大国相比，我国资费、网速与覆盖率已经全面处于全球领先水平。随着近年来提速降费工作的有效推进，网络资费已经不是用户的主要利益诉求，网络诈骗、资费套餐的不透明，是个人消费者的主要抱怨，而网络可靠性和网速则成为中小企业用户的主要关切。基于此，建议加快推动我国宽带网络品质提升，推进“提速降费”向“提速提质”调整升级。培育发展独立第三方测速机构，建立并完善网络测速体系和网络速率晾晒机制，综合评估产业链各环节因素对网络速率的影响，调动利益相关方参与网络提速工作的积极性，通过建立“晾晒机制”从根本上破解我国网络提速的障碍，切实提高用户网络体验。

二是完善电信市场监管环境。F5G 电信服务面临着市场环境不完善，资源配置效率低、滥用市场支配地位问题仍然存在。一方面，物业和街区为获取“入场费”，只允许个别运营商入驻和向用户提供电信服务，或者直接从电信公司租赁线路转售给消费者，形成“最后一公里垄断”，严重阻碍消费者利益。另一方面，电信运营商之间存在着较大竞争，在地方抢占市场现象严重，各运营商之间缺乏基础设施共享，导致了重复建设和资源的浪费，而打价格战的恶性竞争最终也会影响到电信服务质量。为完善电信服务，我国应在监管手段、政策制定上加以创新。一方面，加强对于恶性竞争、市场寻租等行为监管。建立网络仲裁委员会和引入集体诉讼制，给予消费者更多保障，允许消费者成为市场监管员，及时反馈信息消费中遇到的问题，削弱垄断行为对于电信市场损坏。另一方面，在政策制定上鼓励基础设施共享。在非关系到国家安全和国民经济命脉的网络

领域，应鼓励市场尝试更多的合作模式，盘活存量市场和净化市场环境。如借鉴德国千兆战略，鼓励市场参与自建、租赁、区域合作、联合投资、批发购买等多种合作模式，并召开研讨会和指导私有资本入场，为提升资源配置效率、优化用户体验提供活力。

四、以机制改革促运营商形成高质量发展的内生动力

一是提升电信运营商 F5G 建设积极性。电信运营商由于具有渠道优势、资金优势、技术优势和人才优势，从而占据了推动新一代信息技术和下游商业应用协同发展的有利位置，是 F5G 建设和推广的重要推动者。然而，电信运营商投资过大、收效过慢导致积极性不足。运营商在建设 F5G 时，需要付出较高的准入成本和运维成本，其中准入成本包括路权获得、场地费用和土木工程耗费，建设成本则包括更新和定期维护接入网络、传输网络和骨干网络的相关费用。同时，电信运营商目前面向企业和个体用户提供电信服务时，往往只提速不提价，难以满足高额建设费用，并且传统数据业务盈利空间被 OTT 业务挤压，导致 F5G 建设的投资回报周期拉长。我国在考核运营商时，应充分考虑运营商基础设施建设所带来的高质量发展。由于 F5G 和 5G 投资对我国网络强国建设、国计民生的重大意义，对于社会和民众具有较强的正外部性，需要我国建立投资友好的政策导向，降低运营商成本和提升运营商积极性。在城市规划上，为 F5G 升级预留空间。在建设和翻新城市交通、港口、机场等公共基础设施，以及商用场地和住宅时，规划和预留 F5G 空间，并及时与运营商进行商讨，保障 F5G 在后续入户、入厂时有足够的空间，降低重复建设成本和场地费用。在评估体系上，除考虑其经济收益外，也应综合考虑其带来的社会受益。建议国资委等相关部委在制定对三大运营商的考核评估指标体系中，将 F5G 和 5G 投资单独列支，建立网络建设文化、社会、生态文明受益指标加以考核。并且探索流量结算等模式，二次分配 OTT 和运营商之间受益。

二是激发电信运营商资源整合与业务创新活力。长期以来，三大运营商面临着大规模投资和受益回报不成比例的压力，这使得运营商具有很强的开拓新的业务和盈利空间的动机。然而，由于监管和管理体制的落后，三大运营实际上缺乏业务创新的激励和拓展空间。目前，我国三大运营商进入垂直领域、统合上下游资源的能力已经远远落后于美国 AT&T、韩国 SK 等运营商。以韩国 SK 为例，SK 通过组织结构重组和业务拓展，重新挖掘市场契机。韩国固定网络战略部署较早，千兆网络发展较为完善，宽带网络的平均速率和覆盖率均处于世界前列。然而，随着通信市场发达，韩国三大电信运营商 KT、SK 和 LGU+ 在 2010 年左右就面临了市场趋近饱和、用户增长停滞和电信收入下

滑的困境。SK 为摆脱困境,对于进行了部门内部和跨部门的组织结构进行扁平化重组,由业务部门改为事业部,事业部可以直接进行独立核算和具有较多自主权,中高层领导拥有一定预算和资源,在总部审批流程简化后,可以较快相应市场需求和实现业务创新。各部门之间设立平台事业群,给予各部门充分交流合作机会,避免各自为政。而此后 SK 业务创新逐步增多, GIGA 超高清电视、智慧家居系列产品不断涌现。相较之下,我国运营商改革步伐较慢,业务创新仍多围绕在基础电信套餐上进行,组织机构仍有冗余、效率低下等问题。我国应基于运营商更多自主拓展业务空间,从“鞭策”向“引导”角色转变。鼓励运营商进行机构调整和激励机制改革,通过在二级公司层面的混合所有制改革和员工持股,激发运营商的业务创新活力。并定期发布运营商最佳实践案例,给予建设和推广成效较好的地方运营商嘉奖。

五、加强对 F5G 产业链核心技术攻关的政策支持

一是优化产业链结构和实现创新升级。作为 F5G 上游产业,我国光通信产业和光纤产业具有优势和挑战并存特点。中低端产业已经逐步形成规模,但产品同质化严重,海外拓展乏力。高端产业与世界领先水平存在差距,高速光电子器件、超低衰减光线等产品存在知识产权布局滞后、核心技术不足和关键材料受限等问题,造成研发困难和无法规模化量产,主要需依赖进口,技术受制于人。我国应推动 F5G 产业链创新升级。在产业培育方面,培养企业的自主创新能力和先进管理体系。对于已经具有规模优势产业,应致力于提升产品质量和核心竞争力,开发共性技术研发平台,并打造研发和制造一体化基地,实现制造精益化和智能化,使产业链的各产业产量规模、盈利水平跻身世界前列。对于目前发展较为薄弱的产业和领域,应加大研发投入,提升基础研究实力和布局知识产权建设。对于市场份额相对分散行业,应发展骨干企业和加速厂商重组组合,增强垂直整合能力和提升产业集中度,从而优化产品结构和提升国际竞争力。并鼓励骨干企业扶持中小企业自主创新,实现差异化竞争和发挥比较优势。

二是完善市场机制和加大支撑力度。在市场环境方面,应加快完善产业相关法律法规,创建公平健康市场环境。对于恶性价格竞争、产品偷工减料等行为加大监管力度,保障市场良性可持续发展。并发挥行业协会协调作用,发挥行业自律作用,完善行业标准和行为规范。在支撑力度上,做好资金支持和政策保障。为打破国外对于我国技术、装备和原材料封锁,应在原料、装备等供给领域予以大力政策扶持和资金支持。建立 F5G 产业链多元化投融资体系,引入种子基金、风险投资等多种金融项目,引导金融机

构向创新型企业融资，积极引领银企合作。对于部分财富管理风险高、投资周期长的项目，并实行优惠财税政策，清除企业创新管理障碍和发展顾虑。在参与主体上，支持多方参与 F5G 产业创新重大工程。运用 PPP 等合作模式，引导社会资本进入 F5G 产业链技术改造和服务型平台建设。

三是深化国际合作和增强国际影响力。一方面，加强知识产权战略布局和提升国际竞争力。知识产权已成为各国竞争焦点，美国、日本、韩国等国家加快在光器件等领域的专利申请，相比之下，我国知识产权数量有限且实质性特点不突出，知识产权发展仍显滞后，在国际标准制定中缺少话语权，发展受制于国外大企业的意志。应密切跟踪全球动态，及时分析 F5G 相关产业发展态势和研究方向。加强知识产权申报，缩小与领先国家差距；重视知识产权保护，并鼓励 F5G 相关行业内设立专利池，加快各行业知识产权转换。加强对外合作，通过技术预研和技术突破，进一步扩大我国行业影响力和标准制定的话语权，推动我国知识产权转变为国际标准，巩固我国知识产权大国地位。另一方面实现走出去和引进来并行。加快技术引进、推广与再创新，吸引外资在我国投资和建设 F5G 研发中心、生产中心、运营中心。积极参与国际标准、检测、认证等制定推动国内外在 F5G 高端产业研发、技术、生产、经贸、环保等多个领域寻求多边合作渠道，加速融入全球合作网络。支持具有条件的企业，整合并购国际资源，设立海外分支机构和研发中心，实施海外基础设施建设，积极拓展国际市场。

四是建立长效创新战略和人才机制。一方面，注重理论研究与实际应用相结合，实现产学研协同创新。充分发挥学校和科研机构的科研积累和前沿研究能力。并完善科研成果创新转换机制，为科研松绑，提升科研成果转换的积极性和主动性，让更多成果转化成为实际生产力。加强高校、科研机构与企业的横向联合，在教学、科研、生产等领域实现双边和多边合作，推动科研与产业实际需求紧密结合，保障产品化、商业化的技术开发满足市场需求。另一方面，针对 F5G 产业链发展需求，积累多层次、多类型的智力资源。建立人才引进和人才培养平台，制定人才引进和培养规划，为高精尖人才提供创新创业基金支持。优化学科配置，并为产业从业人员提供在教育机会，打造基于 F5G 网络的在线培训平台，实现培训内容精准匹配和培训时间高度灵活，为 F5G 关键技术突破储备技术、工程、服务、管理等领域的人才队伍。

六、大力推进 F5G 的示范应用和推广普及

一是发挥现有优势和加强试点示范。从 21 世纪初，美国、欧洲以及日本、韩国、新加坡等亚洲发达国家较早推进 F5G 发展，试图通过相对小规模的网络投资驱动其数字经济发展，发展路径和实践经验目前已较为成熟。我国在千兆网络发展的战略布局上相对较晚，但作为互联网用户全球第一的大国，我国具有广泛用户基础和后发优势，应充分利用现有优势基础，加快试点示范工作，逐步推进 F5G 发展和落地。一方面，我国应依托光纤建设的优势发展 F5G。部分发达国家发展 F5G 时，需对家庭中的电话线宽带进行改装，效率和质量远低于光纤网络，而我国近年来加强光纤网络建设，光纤用户渗透率已经为全球最高。我国应充分利用光纤普及率和覆盖率高的优势，加快宽带网络改造升级，促进百兆宽带向千兆宽带升级。另一方面，我国应总结目前试点示范经验，逐步推广示范范围和示范领域。上海等城市已成为“双千兆示范城市”，其中上海在政府、电信运营商、产业链合作伙伴的协同下，共同推进建设全球领先的“双千兆示范城市”，已完成上海千兆宽带网络全覆盖的基础上，将加快万兆光网进商务楼宇和产业园区，将为 F5G 在统筹规划、协同机制、创新应用等方面的经验支撑，有助于 F5G 在全国范围的普及。我国在总结建设措施和经验的基础上，在更大范围内推动千兆网络建设，重点支持有条件的城市协同推进 F5G、5G 和下游应用的统筹示范应用。

二是逐步推动 F5G 在产业中应用。F5G 推广和实践，应由点及面，逐步推进，从试点企业，到重点行业，再到关键产业逐级突破，实现渐进式发展。首先，面向企业发展实际需求，从大企业向中小企业逐级推广。对资金实力和技术基础雄厚的企业提供内外网改造，为企业提供低时延、高可靠、广覆盖网络支持。鼓励企业利用 F5G 实现企业内部的柔性化生产和扁平化管理，实现智能决策、高效管理、动态跟踪中的优化升级。激发各企业参与 F5G 动机，为中小企业发展起到示范作用。其次，建立“F5G+示范园区”，为 F5G 在各行业推广提供实践经验。聚集 F5G 技术、工业互联网、大数据、物联网等领域服务商，推动云计算、边缘计算、人工智能、VR/AR 等领域技术创新和实践，打造应用 F5G 的智慧运维系统、智能制造系统、安全管理系统等，赋能园区内行业转型，实现人机协同、智能感知、数据分析，进一步实现降本提质增效。并分享研发成果和总结发展经验，在行业内外部推广 F5G，快速提升行业信息化水平，实现全行业向数字化、网络化、智能化。最后，依托 F5G 建立工业互联网，提升产业互联基础能力。利用高速、低时延网络在云端推进协同、开放，共享生产工艺、设备运行、运营管理中的数据资源，并汇聚设计能力、知识模型、软件服务等制造资源，实现智能制造、征

信融资、物流交付、服务定制等领域的互通互联。并引导和补贴大型企业向中小企业提供工业互联网能力支持和 F5G 网络分租，形成围绕 F5G 建立的良性产业生态。

三是实现 F5G 的社会效益并惠及民生。F5G 作为新型基础设施具有公益性，为社会生产和居民生活提供公共服务。在发展方向上，各国重视 F5G 发展的普惠性，明确提出建设可负担得起的千兆网络，普及 F5G 在教育、管理、公共医疗等惠民生领域应用。如美国的“国家宽带计划”明确提出要每个社区都能够支付得起接入大于等于 1Gbps 的宽带服务费用，来访问学校、医院和政府等机构。日本的“消除数字鸿沟战略会议”，将重点放在尽力消除大城市、中小城市与农村之间的信息差别，并由国家和地方政府负担部分费用，将光纤铺设至包括乡村在内的人口稀少地区。一方面，我国应逐步在家庭、企业推广 F5G，增强民众网络速率和质量提升幸福感和获得感。应重视加强对家庭、企业的网络升级改造，实施“光纤到房间、光纤到机器，光纤到桌面”战略，打通光纤网络的“最后一米”。同时，鼓励运营商开展家庭智能组网等服务，提升用户的体验速率，支撑 4K 超高清、云 VR 等数字产业的发展。并在在道路沿线、旅游景区、医院、学校等公共区域优先提升网速，借助 F5G 应进一步实现宽带战略对于民生的惠及。另一方面，应将消除数字鸿沟作为发展重要目标，在实现农村和城市的“同网同速”。目前，我国行政村光纤、4G 覆盖率超 98%，覆盖农村和偏远地区的村委会、学校、卫生室等主要公共机构。我国应进一步深耕偏远地区，做好 F5G 建设中远期布局，加强“贫困村”F5G 建设，并探索针对贫困群众需求开发 F5G 优惠套餐，使各收入群体用得上、用得起和用得好新一代信息通信服务。

七、着力完善 F5G 下游应用生态体系

一是推动 F5G 终端应用设备产业完善。我国作为制造业大国，F5G 终端应用设备产业规模持续增加，但仍存在着行业标准规范缺乏、关键环节存在短板、重点专利布局滞后等问题。以超高频视频产业为例，2018 年我国国内市场超高清电视销售 3189 万台，同比增长 11.8%，占彩电总销量的比重达到 66.8%，远高于全球占比 45.5%。但是目前超高清电视机相关的测量方法、技术规范、用户体验评估上仍缺乏统一标准，造成行业内部良莠不齐，影响消费者体验和行业良性发展。同时，超高清电视整机产品产业化等环节仍较为薄弱，导致生产成本和销售价格相对较高，不利于吸引消费者和引领消费升级。我国应加强对于行业规范的意见征集，协助 F5G 终端设备相关行业建立行业标准和通用规范；加大创新力度和完善资金投入机制，通过投资基金等方式解决生产制造中

的薄弱环节；加强知识产权保护、人才队伍建设、国际合作交流，为产业模式创新和行业规范自律提供服务 and 保障。

二是兼顾 F5G 下游软硬件应用业态繁荣。目前我国在数字经济的硬件技术方面保持相对的领先优势，然而，我国与美日欧韩等国家和地区之间的数字经济竞争，不仅是硬件装备之间的竞争，更是包括内容和软件在内的整个数字经济生态的竞争。是否能够形成活跃的内容生态，是否能够控制数字经济软件平台，才是未来决定一国数字经济竞争力的根本。然而，当前国家和地方政府层面的数字经济促进政策整体上仍然停留于对硬件研发和生产的补贴，对制约我国内容发展和软件平台建设的支持力度严重不足。以云 VR 为例，经过过去一轮的竞争和洗牌，我国 VR 设备企业的研发能力和生产能力已经大大提升，市场结构趋于成熟，华为、阿里等龙头企业的云服务能力也日渐成熟，然而能够提供与硬件装备匹配、形成触发 VR 市场消费爆点的视频和云游戏等内容产品却严重缺乏，成为制约我国云 VR 产业发展的短板。建议未来我国的产业政策大大强化对内容和软件的孵化和支持力度，加强内容知识产权保护，补齐我国数字经济发展的短板，同时对内容和软件产业以“包容审慎”态度加以监管，在公平监管和准入的前提下，给予创业者一定空间，激发市场活力与社会创造力，推动 F5G 硬件技术与实体产业融合，在线教育、远程医疗、智慧家居等新模式、新业态不断涌现，并吸引用户主体广泛参与，配套内容和软件产业巨大用户基础和技术支撑下得以繁荣。

三是依托 F5G 推动云服务平台应用。F5G 作为数字化转型升级的重要基石，其发展对于下游行业优化产业结构、提升产业能级具有重要作用；同时，F5G 对于构建云服务平台和提升数字化水平具有重要作用，从而加强行业间、区域间交流，实现产业联动和区域联动，提升下游产业链的核心竞争力，从而进一步扩大对于 F5G 和 5G 需求，建立 F5G 生态体系。一方面，应基于 F5G 搭建云服务平台。打造“F5G+”产业模式，推进农业、工业、服务业的数字化进程，拓宽智能传感、VR/AR、产业互联网等典型应用实践，推进智慧农业、工业 4.0、共享经济、互联网金融等领域高质量发展。另一方面，搭建基于 F5G 政府服务平台体系。基于 F5G 推进政府管理数字化进程，建设和完善创新创业平台建设、中小企业技术中心、对外合作平台、在线培训平台等。通过高速优质网络基础优化系统流程和减少网络系统拥堵，实现“少跑一次腿”，提供便捷的线上行政服务。搭建线上数据库，共享高速可下载的海量数据资源、F5G 实践案例、数字技术线上培训等，加深全社会对于 F5G 认知和提升数字化水平，反哺 F5G 的自主研发和国

际合作，推动上下游产业协同共进。