

F5G千兆光网 赋能社会价值提升

光通信社会价值白皮书

2021年10月





目录

白皮书摘要	6
第一章：F5G千兆光网助推网络强国建设，全面提升社会价值	9
1.1 网络等科学技术的日新月异使能社会价值体系持续更迭.....	10
1.2 “新基建”奠定中国价值体系发展基础，网络建设铸就“新基建”核心.....	11
1.3 F5G千兆光网引领网络建设迈入“光联时代”，促进社会各领域全面提升.....	12
第二章：F5G千兆光网社会价值评估体系	14
2.1 从社会发展四大领域出发，建立社会价值指数体系框架.....	15
2.2 以系统性分析框架，评估F5G千兆光网赋能社会发展情况.....	17
第三章：F5G千兆光网的社会经济价值——驱动经济的高质量发展	18
3.1 助力全产业链实现降本增效，推进经济高质量发展.....	19
3.2 优化金融交易效率与安全性，带动金融业智能化提升.....	20
3.3 加速制造业全线数字化转型，释放制造业无限潜力.....	23
3.4 引领矿区作业新变革，实现安全性智能化升级.....	26
3.5 加速数字化乡村建设，助推乡村产业蓬勃发展.....	29
3.6 加速云端服务广泛应用，提升企业办公效率.....	32
3.7 撬动经济发展新动能——2016-2020年经济发展价值情况总汇.....	35
3.8 赋能千行百业智能化改造，落实全自动运作指日可待.....	37
第四章：F5G千兆光网的创新驱动价值——引领新一轮科技新浪潮	38
4.1 支撑创新科技的广泛应用，发挥新技术的引领作用.....	39
4.2 奠定大数据坚实基础，加速产业数字化转型.....	40
4.3 助力算力与应用能力的提升，促进人工智能蓬勃发展.....	43
4.4 推动智慧城市与数字政务建设，促进城市运行管理提智增效.....	46
4.5 撬动创新驱动新动能——2016-2020年创新驱动价值情况总汇.....	49
4.6 丰富创新应用场景，新兴产业革新即将到来.....	51

目录

第五章：F5G千兆光网的社会幸福价值——促进民生与文化的发展	52
5.1 提升美好生活体验，增进人民群众生活幸福感.....	53
5.2 赋能安居智行建设，提升人民出行效率，保障生命财产安全.....	54
5.3 提升医养服务质量，为人民健康幸福保驾护航.....	57
5.4 推动生活场景智能化升级，成就高质量生活品质.....	60
5.5 推动教育体系智能化，优化师生教学体验.....	63
5.6 撬动民生福祉新动能——2016-2020年民生福祉价值情况总汇.....	66
5.7 持续优化环境设施，引领智能家居办公新时代.....	68
第六章：F5G千兆光网的可持续发展价值——助力环境与资源可持续发展	69
6.1 使能全社会可持续发展与资源均衡，推动“双碳”目标早日实现.....	70
6.2 绿色全光网助力千行百业实现节能减排.....	71
6.3 助力数据中心一体化，实现资源可持续均衡发展.....	78
6.4 撬动可持续发展新动能——2016-2020年可持续发展价值情况总汇.....	81
6.5 助力自然保护，打造绿色生态宜居环境.....	83
第七章：总结——F5G千兆光网使能全社会领域发展进步	84
7.1 F5G千兆光网使能全社会领域发展进步.....	85
7.2 “光联时代”的实现离不开政府持续出台相关政策，进行鼓励与引导.....	87
7.3 政府的积极部署以及产业生态构建将为全社会各领域打造完善的F5G千兆光网支撑体系.....	88

致读者

全球固定通信技术随着时代不断演进，如今迎来了F5G千兆光网的新时代，其具有高带宽、低时延及可靠稳定等诸多方面优势。我国社会处在经济发展产业转型、创新驱动未来发展、民生福祉水平提高以及可持续发展目标迫切的关键时期，F5G千兆光网建设正在引发新一波应用场景发展的机会，并有着无法被替代的战略意义。

光通信社会价值白皮书摘要

人类社会价值体系自现代文明发展以来，社会生活水平不断发展进步，其衡量标准及覆盖范围多方讨论不断，以至于国际社会间对其评价体系也在动态更新迭代。反观中国也是一样，改革开放以来，经过多年探索，基于中国特色的政治及社会体系，已逐步发展出适用于自身，具有中国特色社会主义的评价体系。2020年，中央人民政府在《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中，明确了经济发展、创新驱动、民生福祉、绿色生态为代表的重点发展领域，其中任何一领域均离不开“新型基础设施建设”的网络建设使能。此外2021年《政府工作报告》中明确提出要加大5G网络和千兆光网建设力度，丰富应用场景。在宏观政策指引下，中国信息网络建设正处于第四代向第五代通信技术的关键转型阶段，“光联时代”有望推动社会各领域持续发展进步。

过去5年间，光通信赋能千行百业，助力全面迈入数字化、智能化，并起到革命性的推动作用。本白皮书将进一步定量评估F5G千兆光网对社会价值的赋能情况，社会价值评估体系将从社会发展四大领域出发，包括经济发展、创新驱动、民生福祉及可持续发展，由此延伸至15个落实产业及议题和38个细项指标，通过2016-2020年的光通信投入和指标演化情况，建立数据回归模型，判断F5G千兆光网与各产业的相关关系，而后进行领域的归纳，最终与各领域的关键衡量指标进行对比，从而评估F5G千兆光网赋能社会发展情况。

放眼未来，在政策和市场的双重促进下，F5G千兆光网将蓬勃发展，据安永《全球光通信产业白皮书》测算，2020年全球光通信产业达1.4万亿，而到2025年将达到3.2万亿。可以预见，F5G千兆光网将持续赋能千行百业，带动万亿市场空间。

助力全产业实现降本增效，推进经济高质量发展

F5G千兆光网可以广泛地应用于经济全产业范围，促进产业数字化加速，从而降低产业运营成本，提高运行效率；并助力数字产业化高效落地，降低当前对低附加产业的依赖，投入于高附加产业的转型，实现国家经济产业升级。

以智能制造为例，F5G千兆光网将有力推动制造业转型升级，据测算，F5G千兆光网每100万投入，将撬动约14.6亿工业互联网市场。此外，回顾过去5年，中国人均GDP增长约34%，F5G千兆光网在其中也扮演了不可或缺的角色。

铸就全产业科技创新基础，赋能传统行业转型升级

F5G千兆光网作为信息网络基础设施核心支撑，是科技创新的必备投入要素。其高速数据传输、短时延等特性将加速产业大数据应用融合，使能人工智能的技术革新，并为传统产业带来颠覆性的创新重塑。

以大数据产业为例，F5G千兆光网的投入将进一步利好数据中心的机架扩容，据安永测算，F5G千兆光网每100万投入，支撑着约1900平方米数据中心规模的增长。对比国家统计局创新驱动指数，近5年间增长约89%，F5G千兆光网有效促进创新发展，为推动各产业整体发展起到重要作用。

助力衣食住行的智能便利升级，提升民生福祉及人民幸福感

增进民生福祉是国家一切工作的出发点和落脚点，实现高质量发展首先应满足百姓日益增长的民生需求。F5G千兆光网可广泛覆盖在各个社会场景，并全面升级人民医疗、家庭、教育等体验，使百姓拥抱精彩纷呈的幸福生活。

以智慧医养为例，据安永测算，F5G千兆光网每100万投入，将带动约642万元医疗物联网产业，造福更多人民可以享受更为高效、便捷的医疗资源与服务。对比中国综合小康指数，近5年间增长20%，F5G千兆光网有效提升民生福祉，为中国实现全面小康奠定坚实基础。

助力全产业实现节能减排，推进“碳达峰”与“碳中和”目标早日实现

F5G千兆光网助力通信行业实现节能减排，并借助绿色全光网赋能千行百业实现共同的低碳化目标；与此同时，依托F5G千兆光网三大特性，使能数据中心一体化，实现资源的全局可持续均衡发展；不仅如此，还可结合各类新技术助力自然保护，打造绿色生态宜居环境。

以绿色全光网为例，据安永测算，未来10年间F5G可助力全社会各领域累计减少约2亿吨二氧化碳排放，等效累计种树约10亿棵，加速“碳达峰”和“碳中和”的实现。与此同时，联合国（中国）可持续发展目标指数在近五年也增长约25%，F5G千兆光网为推动可持续发展做出巨大贡献。

2016-2020年间光通信在各产业/议题1百万元的投入与各落地产业指标相关关系

通过社会价值评估体系模型计算，以F5G千兆光网为代表的新一代光通信技术的投入与15个落地产业的关键指标演化情况高度相关，由此可知，F5G千兆光网可有效助力千行百业数字化转型升级。光通信的投入与15个落地产业产出指标关系如下。



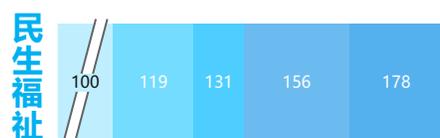
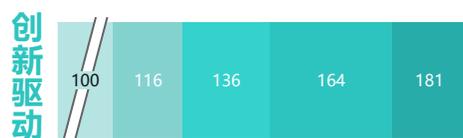
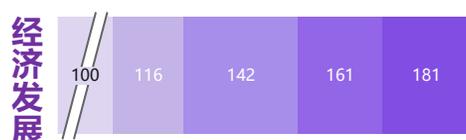
经济发展 创新驱动 民生福祉 可持续发展

资料来源：安永分析

2016-2020年F5G千兆光网社会价值领域指数

经由光通信投入与各个落地产业的指标相关性，对其进行归纳，得出中国社会发展四大领域指数，并与外部指标进行对比，由此验证，以F5G千兆光网为代表的新一代光通信技术，有效助力全社会各领域发展进步。以2016年100分为基准：在经济发展领域，2020年指数增长至181分，模型验证指数与人均GDP相关，因此光通信投入与人均生产总值提升有关；在创新驱动领域，2020年指数增长至181分，模型验证指数与创新驱动指数相关，因此光通信投入与国家创新水平提升有关；在民生福祉领域，2020年指数增长至178分，模型验证指数与中国综合小康指数相关，因此光通信投入与中国人民幸福感提升有关；在可持续发展领域，2020年指数增长至143分，模型验证指数与联合国可持续发展目标指数相关，因此光通信投入与节能减排有关。

一级指数分值 2016-2020



5年间光通信投入、社会价值指数及各领域外部指标相关性关系

光通信累计投入 [十亿元]

指数增长 [分]

外部指标变化



人均GDP由2016年53783元增长至72000元



创新驱动指数由2016年126.4分增长至239.1分



中国综合小康指数由2016年80.5分增长至96.6分



联合国（中国）可持续发展目标指数由2016年59.1分增长至73.9分

资料来源：安永分析

2021-2030年F5G千兆光网助力中国社会各领域减排预测

F5G千兆光网助力“双碳”目标早日达成



中国累计降低碳排放 [百万吨]

202



中国等效于累计种树 [亿棵]

10.1

资料来源：安永分析

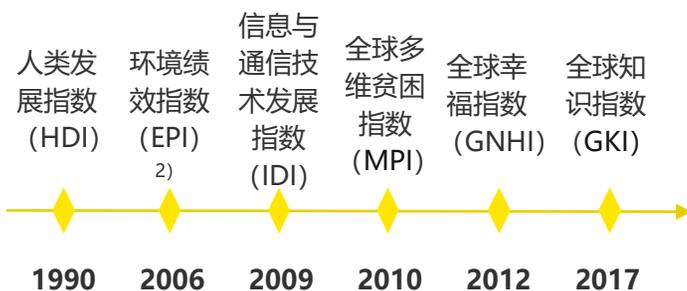
此外，F5G千兆光网的建设离不开各级政府所建立的良好政策支持环境，并持续投入网络基础设施建设以及率先采用，为全产业千兆光网升级迭代树立标杆。此外，产学研一体化的生态闭环将可使能千行百业及各领域玩家加快智能化进程脚步，持续创新研发F5G千兆光网落地应用场景。唯有各方玩家的共同发力，方能释放新一代光通信网络的无限潜力，让智能新兴化的应用场景呈现出百花齐放的盛景。

1.1 网络等科学技术的日新月异使能社会价值体系持续更迭

随着人类社会不断发展，社会价值体系也在动态更新迭代

人类社会价值发展评价体系为社会科学的永续课题，如何全面、衡量及对比社会的发展进程，在全球范围存在诸多考量指标。当前，包括联合国和OECD等国际组织都有针对社会发展的持续追踪指标，然而，该评价体系并非一成不变，而是随着人类发展阶段的推进而逐渐拓展。

图1：联合国社会价值相关指数



资料来源：联合国，安永分析

以联合国为例，从其社会价值相关指标体系的演进中，不难发现，随着人类社会的发展进步，其评价维度也不断扩大，从最初丰衣足食的基本生活需求，逐步囊括了人文发展、科技渗透、幸福主观感受等指标。由此可见，随着人类社会的发展，人类生活需求逐渐增多，质量逐步提升，该组织也逐渐扩充其衡量人类社会价值的指标体系衡量。因此，人类社会价值不可从单一维度武断判定，而需结合人类社会的多样化发展，通过综合考量后得出结论。

图2：联合国社会价值指数演进



资料来源：联合国，安永分析

中国社会价值体系各领域离不开科技及网络使能

基于中国独特的政治及社会体系，我国已逐步发展出不同于国际标准，但适用自身，具有中国特色社会主义的评价体系。

自1953年起，中国每五年组织制定中华人民共和国国民经济和社会发展的五年规划和十五年远景目标纲要。国家在制定这些指标时，以当代重要战略思想为指引，面向国家发展全领域，调动社会各个方资源，最终倾全国之力发展。中国制定的五年规划不仅切实记录同时期国家发展大体脉络，也能从中探索中国社会发展的规律，从而指导未来的发展方向。因此，五年规划是中国总体发展的“指南针”。

2020年，中国迎来了第十四个五年规划纲要，制定了经济发展、创新驱动、民生福祉、绿色生态等五个类别及多个细项指标，当中绝大多数的发展方向，都离不开科技和网络的基础支撑。

经济发展离不开科技及网络赋能转型升级。为衡量中国的经济发展水平，“十四五”规划纲要制定了国内生产总值（GDP）增长、全员劳动生产率增长、常住人口城镇化率等指标。中国自改革开放以来，历经高速发展阶段，如今面临经济发展方向转变，诸多传统产业增长均趋向饱和，仰赖发展智能化转型升级。智能化的关键在产业与科技和网络的融合应用，借此降本增效，提高人均产量和质量，进而提高社会生产总值。伴随着产业结构改革，乡村人口大规模迁入城市，对城市公共事务和服务管理提出更高的要求，应利用科技和网络基础构建智慧城市，提高城市运行的质量与效率。

创新驱动需要科技及网络搭建发展基础。“十四五”规划纲要将创新驱动划分为每万人口高价值发明专利拥有量、数字经济核心产业增加值占GDP比重等具体指标。前沿科技的发明及优化，包括人工智能、大数据、人机互动等，均仰赖实际数据输入，从而通过机器学习强化，对此需要更为高效稳定的网络基础支撑。这落实在数字经济产业也是如此，其核心载体为数据中心、传感器、云计算、应用程序等软硬件的结合，同样依赖可靠的网络基础串连彼此。

注释：1) 未穷尽，联合国社会价值相关指标共包括：人类发展指数 (HDI)、人类自由指数 (HFI)、信息与通信技术发展指数 (IDI)、性别不平等指数 (GII)、全球多维贫困指数 (MPI)、全球知识指数 (MPI)、全球幸福指数 (GNHI) 和性别社会规范指数 (GSNI)。
2) 环境绩效指数 (EPI) 旨在补充联合国千年发展目标中规定的环境目标，是全球公认的环保指标，由耶鲁大学、哥伦比亚大学、世界经济论坛和欧盟委员会联合研究中心联合提出。

1.2 “新基建”奠定中国价值体系发展基础，网络建设铸就“新基建”核心

民生福祉众多领域仰赖科技和网络提升人民体验。当今的中国已告别贫困、跨越温饱，实现全面小康，人民的注意力开始落脚于高质量的美好生活。为此，“十四五”规划纲要提出覆盖人民生活的方方面面，包括收入、就业、教育、医疗、养老、托育等各民生领域的指标。科技创新和网络建设可带来劳动结构革新，通过机器自动化生产及运营，在删减传统低附加价值的劳动力同时，创造高价值的就业需求，借此提高社会总体人均可支配收入。对高价值的人才需求，同样可通过科技和网络打破传统教育壁垒，凭借高质量、个性化的教学创新，提高人均受教育的年限。医养方面，科技和网络则可平衡及优化利用医师资源，从而提高人民健康水平，进而提高人均寿命。

绿色生态依托科技及网络使能人类可持续发展。基于对绿色生态的重视，“十四五”规划纲要指标覆盖单位GDP能源消耗、单位GDP二氧化碳排放、城市空气质量、地表水质量及森林覆盖率。科技创新和网络建设可赋能电力及水资源，通过提高新能源的发电生产效率，改革以火力发电为主的产电结构，从而降低二氧化碳排放量，提升空气质量；与此同时，借由自动化高效生产，优化工厂的产能效率，降低设备的单位能源消耗。另外，科技和网络提供创新工具与方式，有效管理保护大自然水源及森林，使提高水质量和森林覆盖面得以实现。

综合而言，人类社会已从人力劳作时代，经过机械时代，再到信息时代，人类社会的一切活动都离不开对其运行的规律分析，从而不停寻找更低本高效的方法，而网络更是信息时代的基础底座，唯有数据高速互联互通于社会各领域，方能实现“十四五”规划的众多目标。

“十四五”规划，基于人民的生活基本需求，特将“安全保障”单列，包含粮食供给和能源生产，是保障社会稳定的基本要件，支撑人民生活的重要依靠。然而，就普遍意义的发展而言，经济发展、民生福祉、持续发展、科技创新则仍是主要的支柱。因此，本报告在后续研究中，将会把“安全保障”融入民生福祉中进行研究。

“新基建”为中国价值体系发展的基础，网络建设更为“新基建”的核心

在“十四五”规划的经济、创新驱动、民生福祉和绿色生态四大发展方向中，无一离不开基础建设的底层支撑。2018年12月，国家首次提出有别于传统意义“铁公基”基础设施建设的“新型基础设施建设”，而在多次公开报告，包括全国两会政府工作报告、中央经济工作会议、国务院常务会议等的报告中，逐步明确“新基建”的涵盖范围及领域。

“新基建”涵盖两大范围。一是信息基础设施。主要是指基于新一代信息技术演化生成的基础设施，比如，新一代通信技术基站、物联网、工业互联网、卫星互联网为代表的通信网络基础设施，以人工智能、云计算、区块链等为代表的新技术基础设施，以数据中心、智能计算中心为代表的算力基础设施等。二是融合基础设施。主要是指深度应用互联网、大数据、人工智能等技术，支撑传统基础设施转型升级，进而形成融合基础设施，比如，智能交通、智慧能源等。

“新基建”覆盖六大领域。“新基建”主要包括的六大领域，如下图所示。



资料来源：2019年政府工作报告

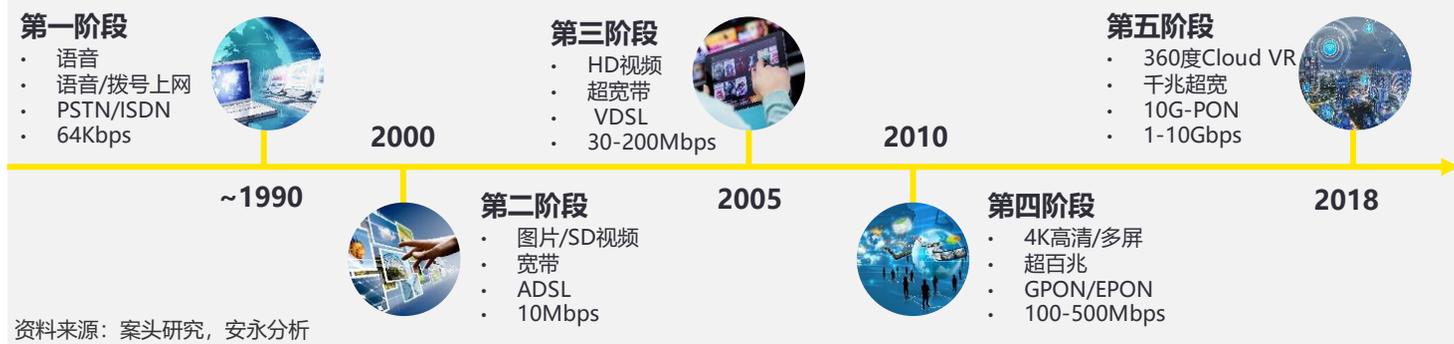
其中网络建设为“新基建”的关键元件，也是加速数字经济发展，推动各行各业数字化转型的基础。新一代通信技术基站是网络建设最直接的相关领域，其中包括移动5G和固网F5G千兆光网，前者的背后需要强大的光网络作为基础支撑。此外，大数据中心、人工智能和工业互联网的新技术基础设施，其建设和发展直接与网络建设相关；新能源汽车充电桩、城际高速铁路和城市轨道交通的传统基础建设，则与网络建设间接相关。通过5G与F5G千兆光网相互融合，将共同赋能各行各业智能化转型升级。

1.3 F5G千兆光网引领网络建设迈入“光联时代”，促进社会各领域全面提升

中国固网通信正向F5G千兆光网的阶段迈进

中国固网建设自上世纪九十年代发展以来，历经三十多年，在交互信息方面，从语音逐步拓展至图片、低清视频、HD视频、4K高清视频再到虚拟现实；在网络网速方面，从64Kbps，逐步提高至1Gbps。如今中国固定网络通信技术正迈入第五阶段。

图4：中国固定网络建设发展历程



F5G千兆光网的定义与核心技术

F5G千兆光网是指信息在传输和接入过程均以光为介质的通信网络，是第五代固定网络技术。与前几代相比，F5G千兆光网具备全光纤连接（FFC）、增强型固定宽带（eFBB）、可靠体验（GRE）三大关键特征。从网络传输链路看，核心包括千兆接入网及全光传送网。

全光传送网包括200G/400G光传输、OXC全光交叉、下一代OTN等技术。

- ▶ 200G/400G光传输技术是F5G千兆光网实现的基础，承担骨干网光互连的重任。采用高阶调制技术的200G/400G光传输，提升光信号传输距离，减少传输损耗，实现骨干网比特速率突破200G乃至更高。
- ▶ OXC全光交叉凭借其全光背板、32维度全光调度、数字化光层三大核心技术，有效减少光交叉传输中连纤布局和运维的高复杂度，免内部连纤，且线路维度按需扩展，大幅提升骨干及城域网络运维效率。

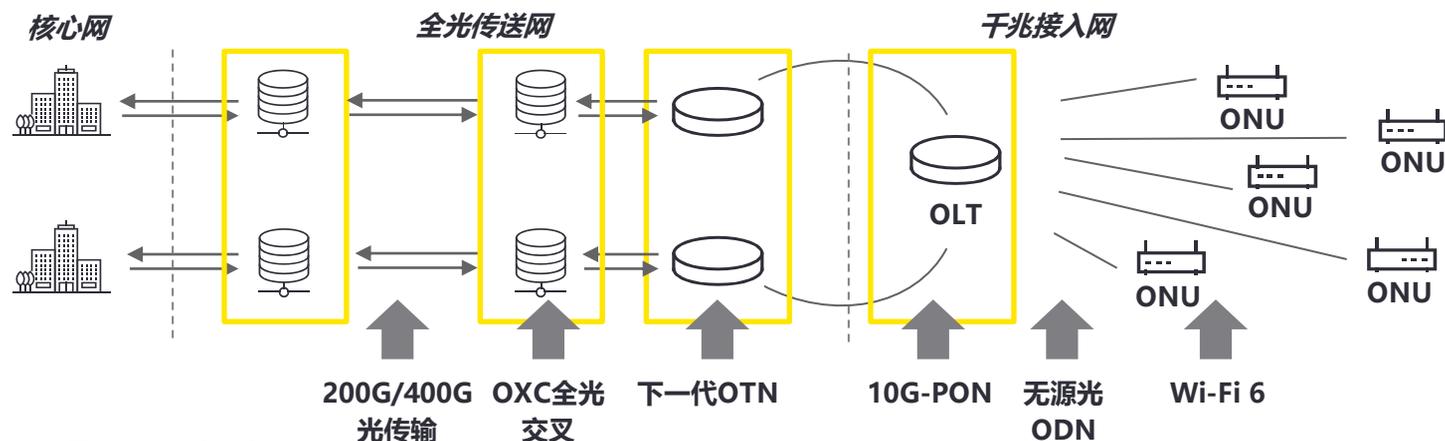
- ▶ 下一代OTN光切片技术将光纤的带宽划分成若干个物理隔离的切片，可分配颗粒度更小的管道，消除时隙限制，实现各项业务分配的信道独占，杜绝干扰和网络拥塞。具有安全稳定，时延较低，架构简单的特性。

千兆接入网包括10G-PON、无源光ODN、Wi-Fi 6等技术。

- ▶ 10G-PON是GPON的下一代超高带宽网络接入技术，基于10G-PON的OLT可以提供10Gbit/s下行接入速率，此外假寐与周期性睡眠技术，可实现低传输需求时能耗降低。
- ▶ 无源光网络ODN是全光网的重要环节，其替换有源设备，在OLT和ONU间提供光传输通道，有效简化网络，同时无需供电恒温，因此免除机房的布置，为无源光局域网POL的部署提供基础，实现全光园区网络等应用场景。
- ▶ Wi-Fi 6技术可达到最高9.6 Gbps传输速率，实现终端无线传输速率的突破，支持空间复用有效提升抗干扰性，更完整的上下行MU-MIMO实现多终端连接。

基于以上前沿技术，使得F5G千兆光网三大特征得以实现。

图5：光通信传输链路示意图



资料来源：ETSI，安永分析

F5G千兆光网三大特征推动通信网络向“光联时代”迈进

F5G千兆光网赋能全产业高质量发展，实现社会财富增加。

经济发展是增加社会财富的根本途径。改革开放以来，中国经济的快速发展促进社会财富的迅速积累；但近年来，居民财富增长速度初显疲势，社会财富积累增速放缓，需要通过产业结构转型及产业附加价值的提升，重新提振我国经济高质量发展。

F5G千兆光网可以广泛地应用于经济全产业范围，促进产业数字化加速，从而降低产业运营成本，提高运行效率。传统通信网络容易受到环境的影响而导致传输质量的不稳定，从而造成生产指令延迟、中断、传输数据丢失等一系列问题。F5G千兆光网以其独特的保证可靠体验（GRE）的特性，提供高质量传输能力，能够达到“0”丢包率、毫秒级延迟和抖动以及99.999%可用率，满足企业极致的业务需求。F5G千兆光网助力数字产业化高效落地，降低当前对低附加产业的依赖，投入于高附加产业的转型，实现国家经济产业升级。

F5G千兆光网提升科技创新能力，促进社会进步创新。社会发展日新月异，科技创新持续为其注入动力。在信息化浪潮席卷全球的今天，网络将为设备智能化运转提供强大的运力，进一步推动各行各业的创新发展。

F5G千兆光网作为信息网络基础设施核心支撑，是科技创新的必备投入要素。F5G千兆光网是光通信底座，三大特性之一的增强型固定宽带（eFBB）利用10G PON技术，使平均速率可达1-5Gbps，实现上/下行速率对称，将有效支撑重点创新领域在研究、发展和落实的全过程。F5G千兆光网高速数据传输、短时延等特性将加速产业大数据应用融合，使能人工智能的技术革新，并为传统产业带来颠覆性的创新重塑。产业的创新转型升级将是中国未来15年的关键机会窗口，F5G千兆光网与人工智能、大数据等前沿科技高度融合，为产业创新构建坚实网络底座。

F5G千兆光网增进人民生活福祉，助力总体社会幸福提升。增进民生福祉是国家一切工作的出发点和落脚点，实现高质量发展首先应满足百姓日益增长的民生需求。

F5G千兆光网最重要的特点之一是全光纤连接（FFC），帮助光纤全面覆盖。以往的固网宽带速度容易受到楼内其他使用者网络影响，百兆单频的光缆和路由器会限制Wi-Fi信号传输。F5G千兆光网全光纤连接特点消除传统网络的网速下降瓶颈，让超千兆光网覆盖至每个家庭、每个房间、每个机器，将场景扩展10倍以上，连接数提升100倍以上，达到每平方公里10万级联接数覆盖。F5G千兆光网的进一步普及解决了“最后10米”的瓶颈，其超大容量链路、超高速率、超大容量节点将可广泛覆盖在各个社会场景，智能化渗透将全面升级人民医疗、家庭、教育等体验，使百姓拥抱精彩纷呈的幸福社会。

F5G千兆光网促进能源结构优化，推进社会可持续发展。自人类迈入工业革命，工业的高度发达创造出新物质同时，加剧自然资源消耗过快、环境破坏等问题，并威胁社会健康发展。绿色、环保、可持续发展等目标，成为构建人与自然和谐共存的现代化强国重要发展方向。

F5G千兆光网可从能源的生产、传输以及使用全流程中为社会可持续性发展做出贡献。F5G千兆光网的数据高速传输，可优化对可再生资源的预测，提高其发电效率，减少煤矿等能源开采，赋能社会能源结构的优化。通过F5G千兆光网全光缆代替铜线、MS-OTN技术对SDH的改造、OXC技术相比于骨干网络节点的ROADM技术，可有效降低能源的损耗。在用电方面，数据中心作为用电大户，通过F5G千兆光网的保证可靠体验（GRE）特性，使能海量数据进行精确与稳定的传输，有效降低时延及抖动，助力区域间数据调配，进而降低能源使用量。F5G千兆光网在能源的全流程中赋能，快建立低碳清洁的能源体系，大力提升能源利用效率，从而加速碳达峰和碳中和的实现。

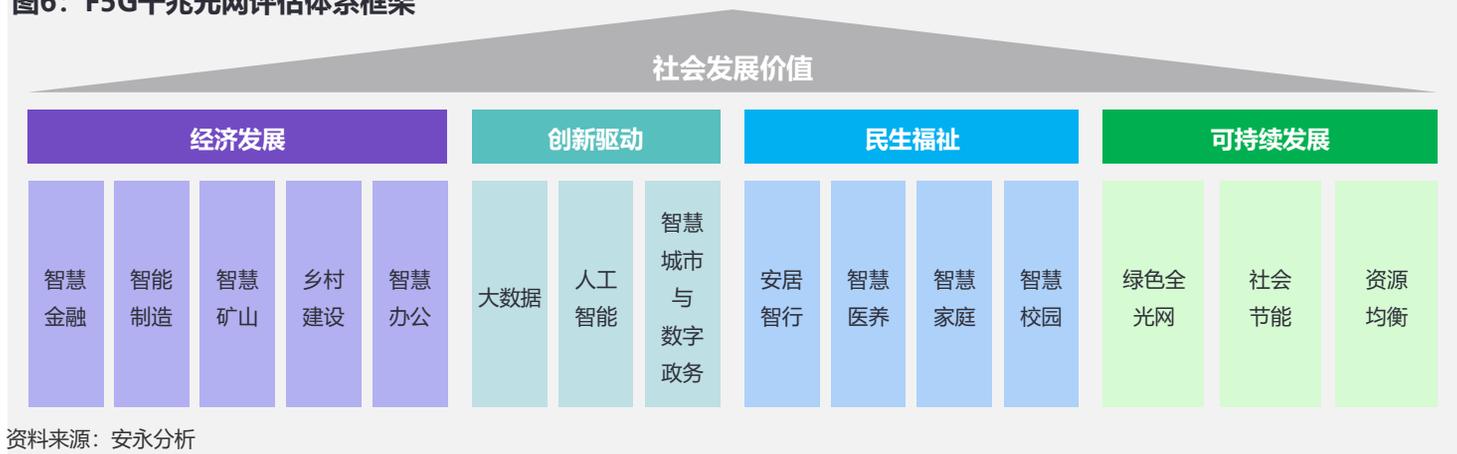
The background features a light blue field with numerous wavy, overlapping lines in shades of yellow and orange, creating a sense of motion and connectivity. A solid yellow rectangular box is positioned in the upper left quadrant, containing the chapter title.

第二章 F5G千兆光网社会价值评估 体系

2.1 从社会发展四大领域出发，建立社会价值指数体系框架

在前文，我们回溯了历史，也分析了当下。F5G千兆光网作为新基建的核心工程之一，将给中国社会带来巨大价值，主要体现在经济发展、创新驱动、民生福祉和可持续发展。由于这四大领域包含的内容抽象杂糅，无法直观地体现F5G千兆光网的赋能程度，我们基于社会公认定义及国内外权威的标准，对四大领域进行解构，明晰对通信需求较大，且F5G千兆光网已有应用的范例产业或议题。

图6：F5G千兆光网评估体系框架



经济发展

通常以GDP来衡量地区的经济发展水平。我们以此明确出智慧金融、智能制造、智慧矿山、乡村建设、智慧办公F5G千兆光网已落实的范例产业及议题。

- ▶ **智慧金融**：习近平总书记曾指出“经济是肌体，金融是血脉，两者共生共荣”，金融是经济发展的重点。当前金融的数字化已深入至各个应用场景，据Gartner统计，当前数字化程度最高的行业是金融业。金融涉及海量的用户数据及交易数据传输都离不开通信网络的支撑。
- ▶ **智能制造**：工信部数据显示我国是连续11年位居世界第一的制造业大国。制造业的高质量发展是实现经济高质量发展的重中之重，智能制造也是进一步迈入制造强国的重要途径，先进固网技术将作为智能制造的有力支撑。
- ▶ **智慧矿山**：我国是矿产资源生产大国，同时也是消费大国，采矿业是国民经济发展的底层基石。在经济进入新常态后，采矿业步入智慧化进程，通过高速固网，可提升矿业无人化水平，提升采矿产能，并提升安全水平。
- ▶ **乡村建设**：党的十九大报告提出将实施乡村振兴战略作为现代化经济体系的有机组成部分。乡村建设是打造乡村振兴和社会经济发展的新引擎。《数字乡村发展战略纲要》指出，数字乡村既是乡村振兴战略方向，也是建设数字中国重要内容。通过提升乡村固网水平，将提升乡村数字水平，助力农业生产能力提高，销售渠道丰富。
- ▶ **智慧办公**：办公效率高往往与企业整体效率相关，而智慧化办公将全面提升办公效率，其中庞大的办公数据量需要高速通信网络进行数据传输。

创新驱动

创新与国家战略高度相关。结合“十四五”发展纲要提出的数字经济重点产业与当前数字经济的主要创新应用场景，将光纤固网赋能程度较大的大数据、人工智能、智慧城市及数字政务作为四大落实产业或议题。

- ▶ **大数据**：大数据在创新驱动中有着重要地位，是数字经济重点产业，也是数字经济的“血液”。固网将作为大数据产业发展的重要通信底座。
- ▶ **人工智能**：习近平总书记曾公开强调“人工智能呈现深度学习、跨界融合、人机协同、群智开放、自主操控等新特征，正在对经济发展、社会进步、全球治理等方面产生重大而深远的影响”，人工智能作为底层创新驱动力，成为未来重要发展方向之一。高速网络为其带来数据、算力和算法的提升，优化总体水平。
- ▶ **智慧城市及数字政务**：国家发改委智慧城市发展联盟副秘书长指出“新型智慧城市的生命力在于创新驱动、智慧引领”，各类前沿创新科技将全面提升城市的智慧化水平。智慧城市与数字政务是创新驱动的重点落地场景。而F5G千兆光网将使能城市“1ms时延圈”的实现，助力多种创新技术提升城市智慧化水平。

民生福祉

综合国际权威社会幸福研究机构以及国家对民生福祉的解读，我们将民生福祉明确为以下几个产业或议题：

- ▶ 安居智行：安全是增进民生福祉的重要保障。《交通强国建设纲要》要求到本世纪中叶，全面建成人民满意、保障有力、世界前列的交通强国。因此安居智行是民生福祉的重要落地应用领域。
- ▶ 智慧医养：《科学发展观重要论述摘编》指出“医疗是民生之需，社保是民生之依”，“十四五”规划也提出要全面推进健康中国建设。健康中国离不开社会医疗和养老保障。智慧医养为民众提供健康保障。其智慧化水平依赖于高速的固网通信。
- ▶ 智慧家庭：中国发展研究基金会秘书长表示，促进家庭健康发展，是增进民生福祉的重要举措。家庭生活的智慧化是提升民众的生活愉悦感与便利性的有力手段。在家庭的各类教育、办公以及娱乐活动中所产生和需求的海量数据需要高速家庭固网的支持。
- ▶ 智慧校园：教育部部长表示，教育支出已成为公共财政第一大支出。一方面地区间的教育差距缩小，民众教育权利得到保障；另一方面教育质量在不断提高。此外，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于进一步减轻义务教育阶段学生作业负担和校外培训负担的意见》指出，要全面压减作业总量和时长，减轻学生过重作业负担。“双减”政策离不开教育的智慧化，其趋势将持续提升教育普及率和教学质量，而这离不开高速固网通信支持。

可持续发展

可持续发展是指满足当前需要而又不削弱子孙后代满足其需要之能力的发展。伴随着我国经济不断发展，自然资源、生态环境等问题日渐突出，政府也愈加关注社会可持续发展问题，将坚持贯彻绿色、环保、低碳等可持续发展理念，全力实现社会高质量发展。

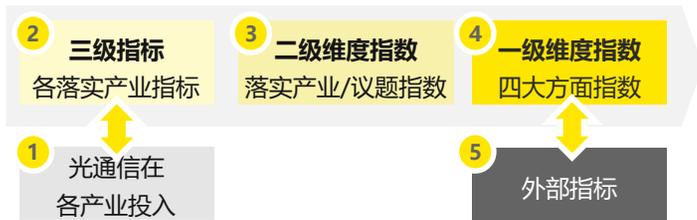
综合考虑国家绿色生态政策，从可持续发展选取绿色全光网、社会节能、资源均衡三个方面：

- ▶ 绿色全光网：中国电子节能技术协会副理事长表示，绿色全光网高度契合国家网络强国发展战略。从“光进铜退”到“千兆光网”，光纤的应用不断提升带来了固网能源消耗以及资源的节约。未来，F5G千兆光网的进一步渗透，将助力国家绿色生态的发展目标，提升可持续发展水平。
- ▶ 社会节能：习近平总书记曾说过“绿水青山就是金山银山”，我国要进行绿色发展，守护自然生态环境。同时“碳达峰、碳中和”等议题的提出，表明要加大清洁能源利用并提升整体能源使用效率。在经济各产业与人民日常生活中都需大力节约各类资源，构建绿色和谐环境，为建设“美丽中国”出力。通过F5G千兆光网助力清洁能源的使用，使能总体能源架构重组、经济产业节能以及城市公共节能的智慧化升级。
- ▶ 资源均衡：数据中心的能耗已成为数字经济趋势下的突出问题，东部地区资源紧张而使用量较大，发展水平较高，西部地区资源充沛但需求较小，发展相对落后，资源使用不合理，区域发展有待平衡。《关于加快构建全国一体化大数据中心协同创新体系的指导意见》提出，优化数据中心基础设施建设布局，加快实现数据中心集约化、规模化、绿色化发展。其中“数网”是一体化大数据中心建设中的基础底座，而通过F5G千兆光网的铺设，助力一体化大数据中心“数网”，促进其落地，进而提升区域资源利用的效率与整体产业结构优化。

2.2 以系统性分析框架，评估F5G千兆光网赋能社会发展情况

至此，我们构建出F5G千兆光网赋能社会价值评估体系。在后文，我们将按如下框架，对F5G千兆光网赋能各产业或议题定量分析，评估光通信投入对各落实产业或议题的相关性及对推动经济发展、创新驱动、民生福祉和可持续发展发展的贡献情况。

图7：F5G千兆光网定量分析指数框架



资料来源：安永分析

1 明确三级指标并探究光通信投入与三级指标的定量关系：

我们将对各落实产业/议题的数字化发展水平进行甄别，明确出落实产业/议题中的典型指标，并分别得出光通信在该产业/议题的近五年投入与典型指标在近五年的数值。受智能化改造使能，各产业/议题在近五年总体呈现指数爆发增长，故对典型指标以取对数方式处理，使投入与对数化指标可进行线性回归分析。通过如下公式，我们得出近五年某产业/议题的投入与对应某典型指标的可达系数 R^2 ，以其表征光通信投入与具体产出的关系可解释程度：

$$y_{ik} = \ln\left(\frac{c_{ik}}{c_{1k}} + 1\right)$$

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (X_{ik} - \bar{X}_k)(y_{ik} - \bar{y}_k)]^2}{\sum_{i=1}^n (X_{ik} - \bar{X}_k)^2 \times \sum_{i=1}^n (y_{ik} - \bar{y}_k)^2}$$

i ：2016-2020年的第 i 年

k ：第 k 个三级指标

R^2 ：某三级指数可达系数

c_{ik} ：2016-2020年中某年份某三级指标的原始值

y_{ik} ：2016-2020年中某年份某三级指标的对数值

X_{ik} ：2016-2020年中某年份光通信在某产业/议题的投入

n ：总年份数

2 计算三级指标指数：将光通信开始投入市场的2016年作为F5G千兆光网初始年份；通过各年三级指标除以初始年份指标的方式以百分化处理，并对年份结果与该指标的可达系数相乘；同时为使2016年初始值归一为100，通过减去归一系数 z_k ，最终得到三级指标指数 Y_{ik} 。2016年初始指数即为100，公式如下：

$$Y_{ik} = \left[\left(\frac{y_{ik}}{y_{1k}} \times R^2 \right) - z_k \right] \times 100 \quad z_k = R^2 - 1$$

Y_{ik} ：2016-2020年中某年份某三级指标的指数值

y_{1k} ：2016年的某三级指标的原始值

z_k ：归一系数，使2016年指数统一为100分

3 计算二级维度指数：对二级指标下的所包含的三级指标指数进行平均，求得该二级维度落实产业/议题的指数 B_{ij} 。公式如下：

$$B_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m Y_{ik}}{m}$$

m ：某二级维度下三级指标的总数

j ：第 j 个二级维度指数

B_{ij} ：2016-2020年中某年份某二级维度指数

4 计算一级维度指数：进一步通过对一级指标所包含的二级维度指数进行平均化，求得该一级维度四大方面的综合指数结果 A_{ir} ，公式如下：

$$A_{ir} = \frac{\sum_{j=1}^p B_{ij}}{p}$$

p ：某一级维度下二级指数的总数

r ：第 r 个二级维度指数

A_{ir} ：2016-2020年中某年份某一级维度指数

5 明晰社会发展四大方面与一级维度指数的对应关系：选取可表征经济发展、创新驱动、民生福祉和可持续发展的权威外部指标，通过线性拟合回归明确其与一级维度指标的对应关系，以此量化F5G千兆光网对四大方面具体贡献。

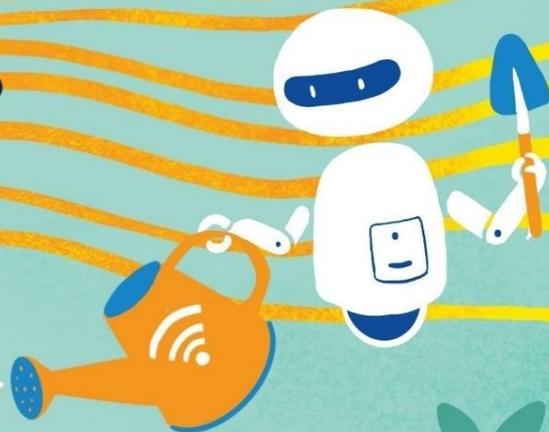
图8：定量符号对应示意



以此层层递进，得到社会发展四大领域的指数结果，并最终明确光通信投入对推动社会发展的对应关系。该指数体系为发展型指数，从社会发展的四大角度对F5G千兆光网的贡献程度进行衡量，并可衡量重点产业/议题年度水平，体现历年发展情况。

通过该指数体系，一方面可定量评估各产业/议题对历年发展变化，直观体现其增长快慢；另一方面可对不同产业/议题进行横向对比，直观衡量不同产业/议题的发展水平。以此指数框架进行定量分析，将科学系统地评估F5G千兆光网赋能社会发展情况。

第三章 F5G千兆光网的社会经济价值—— 驱动经济的高质量发展



3.1 助力全产业链实现降本增效，推进经济高质量发展

F5G千兆光网作为社会经济发展的重要基础底座，通过其高效稳定的固网技术赋能全经济产业实现降本增效，助推我国经济实现高质量发展。在本章中，我们展开分析了F5G千兆光网对社会经济下金融、制造、采矿以及乡村建设中各典型落地的赋能价值。

F5G千兆光网通过金融海量数据快速传输和全场景金融服务触达，提高金融交易效率和客户体验。金融历经电子化、网络化的发展，如今面临瓶颈，包括信息收集不够、网络时效有限和数据传输能力不足。基于F5G千兆光网的POL园区作为数字化、信息化重要的网络支撑可有效解决这些瓶颈，其低时延、高可靠特性可赋能金融网络实现各参与者之间及时无误的海量信息传输，同时实现沉浸式无感化的各类信息采集及智能个性化服务。在金融网络转型金融科技的浪潮下，助力行业实现高质量发展。

F5G千兆光网通过智能决策和精密制造调控，实现全生产要素互联和精准控制，提升生产效率和产品质量。作为全球制造业第一大国，制造业是中国产业经济的支柱。如今，中国制造业正面临由传统制造升级智造的关键转型阶段，在国家大政策、产业转型双向诉求下，制造业对产业链的数据融合和精密制造提出更高要求。工业POL网络的部署可让智能制造设备的能力得以施展，同时赋能制造全产业链信息实现高效传输与存储，提升工业互联网产业网络水平。通过工业级POL光纤接入可推动我国从中国制造向中国智造方向加速发展，助力制造行业提高产能及质量。

F5G千兆光网通过优化数据传输，实现机械替代人工和矿区的分析，从而提高采矿的安全性与效率。采矿业为我国发展提供产业生产原材料和可靠的能源动力。随着我国的经济结构转型，对采矿业也提出了新的要求。国务委员表示“坚持生命至上、安全第一，深入实施科技强安战略，加快推进煤矿智能化建设，大力提升煤矿本质安全水平，努力从根本上消除事故隐患，坚决防范遏制各类安全事故发生”。基于F5G千兆光网技术的工业光环网IOR网络可助力矿区庞杂数据的精准采集与实时传输，提升采矿效率，也可直接改善井下作业生产环境。因此，矿区利用IOR网络可加快智慧矿山的全面落实，提升我国人均煤炭年产量。

F5G千兆光网通过远程设备数据化控制，实现农业精密信息采集和自动作业；并且赋能产销一体化管理，消除产销断层。目前我国乡村人口占总人口的比重超40%，建设数字乡村是我国重要的经济发展方向，乡村建设在经历互联网到数字化的转变过程中，遇到了两大瓶颈——农业生产数据采集较为薄弱，设备还需依靠大量人力操作、以及涉农数据整合共享不充分，产销未形成一体化。利用新一代OTN网络可赋能各类涉农设备更完整精确的数据采集，优化全产业链，包括从生产的智能化到农产品产销一体化，最终实现农业生产的降本增效，乡村经济的蓬勃发展。

F5G千兆光网提升企业上云率，优化办公体验，以及使能企业员工异地高效办公与沟通，提升办公总体效率。办公在经历传统PC到数字化的发展，如今遇到了两大瓶颈——数据库难以进行多方实时调取和远程办公平台稳定性差。F5G千兆光网技术千兆接入10G PON网络，协同Wi-Fi 6切片技术，可提升企业上云率，优化远程办公体验，打造智慧化办公一系列新型应用场景，极大程度上为企业总体办公效率。

通过相关性分析发现，光通信的投入与经济发展呈高度正相关。在智慧金融、智能制造、智慧矿山、乡村建设、智慧办公等各维度的F5G千兆光网赋能场景——明确后，我们进一步科学评估光通信于各行业的投入程度，与各行业场景的关键指标进行相关性分析，通过模型发现，光通信的投入直接与人均GDP呈紧密正相关，证实通过F5G千兆光网赋能可提升经济发展水平。

除此之外，未来F5G千兆光网可持续释放其降本增效价值于千行百业。比如赋能商业服务业提升运营效率、文旅业提升数字化水平、化工业促进降本增效等，我们以物流业作为典型潜力领域之一进行展开。基于F5G千兆光网的工业POL网络可使能物流各设备实现全自动化无人运转，实现物流业智能化转型。在电子商务等新兴消费模式飞速发展下，社会对物流运转效率提出更高要求。未来运用工业POL高效网络连接，装卸搬运时的各类机械设备可实现信息互联互通，减轻人力投入，降低错误发生。与此同时，可加快立体化仓储的落地，减轻土地匮乏问题。F5G千兆光网将成为现代化物流升级的坚实通信底座。

3.2 优化金融交易效率与安全性，带动金融业智能化提升

智慧金融

金融在现代经济体系中居核心地位。金融历经电子化、网络化的发展，如今面临瓶颈，包括信息收集不够、网络时效有限和数据传输能力不足。F5G千兆光网作为数字化、信息化重要的网络支撑可有效解决这些瓶颈，其低时延、高可靠性可赋能金融网络实现参与者间及时无误的海量信息传输，同时实现沉浸式无感化进行各类信息采集及智能个性化服务；在金融网络转型金融科技的浪潮下，助力行业实现高质量发展。

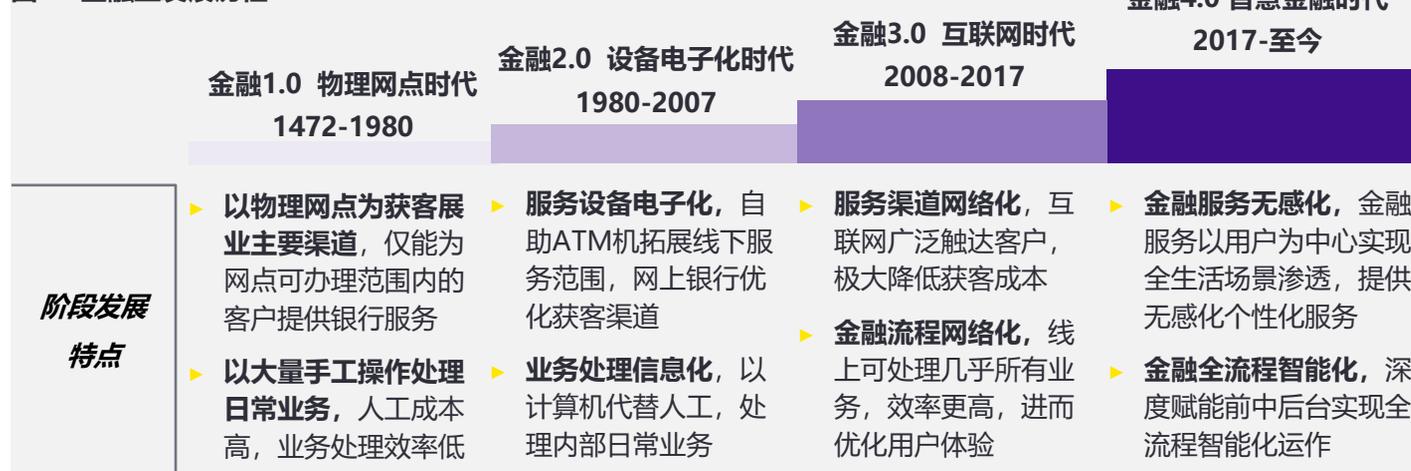
推动金融科技在“守正、安全、普惠、开放”的道路上行稳致远，不断提升金融服务实体经济能力，使科技创新成果更好地惠及民生。

——中国人民银行副行长

金融业发展历程

纵观金融发展历程，行业经历由计算机代替手工的电子化阶段，走过设备电子化、渠道网络化的阶段，如今正迎来科技深度融合重构的智慧金融阶段。

图9：金融业发展历程



资料来源：《金融科技（FinTech）发展规划（2019—2021年）》，中国人民银行，中国银行保险监督管理委员会，安永分析

金融业发展面临信息收集及传输的发展瓶颈

如今，我国金融业已实现网络化，在智慧金融阶段稳步迈进。然而，当前面临着发展瓶颈包括：

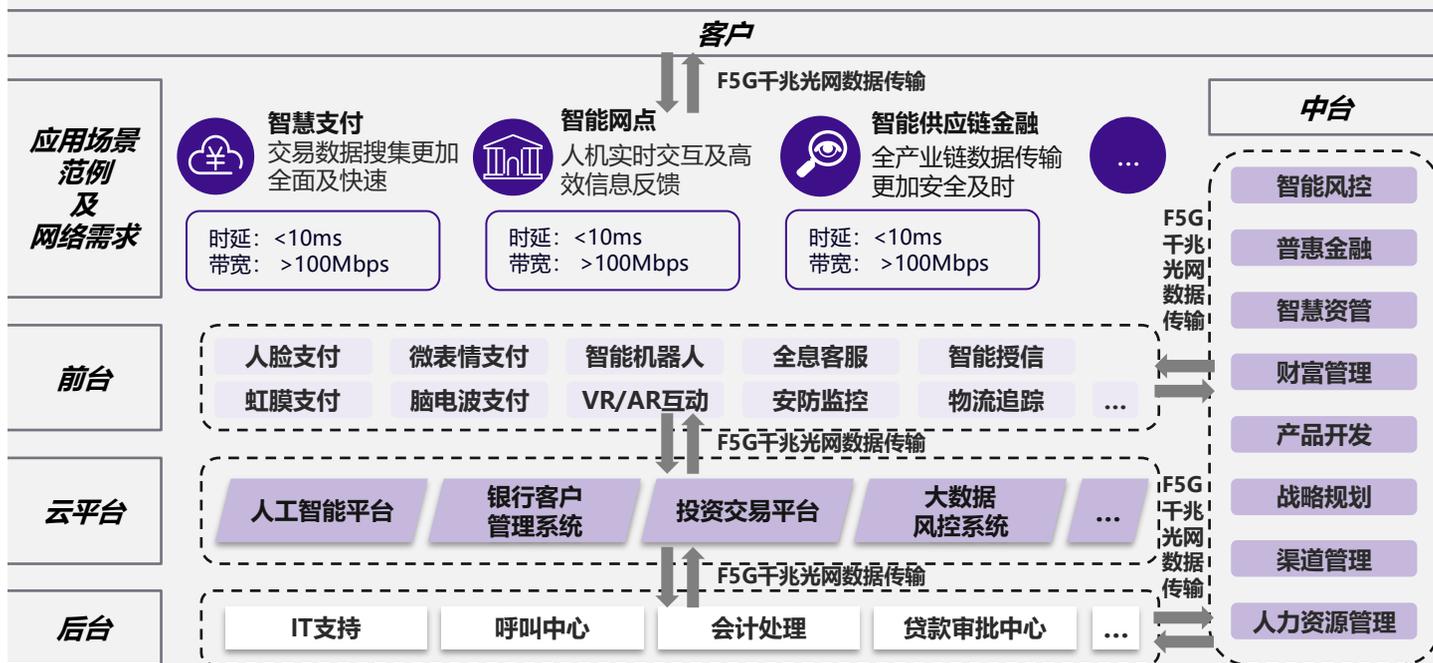
- ▶ **信息收集不完善，限制客户画像精确性。**传统金融客户信息搜集以结构化数据为主，包括交易金额、频率、客户基础信息等，客户生物信息、健康状况、行为模式、交易习惯等非结构化信息占比较少。根据IDC调查报告显示，2019年非结构化和半结构化数据占比达到全球总数据量的80%以上，金融业需拓展信息采集渠道，以提升客户画像精准性。
- ▶ **各部门及行业信息连通性差，未能向中台系统提供充足数据源。**根据中国银保监会2020年数据披露，以某市为例，辖内银行共有~1,200余万个对公账户，其中单家企业最多在44家不同银行开立账户，有~20余万家企业在至少2家不同银行开立账户，因此仅靠单家银行数据很难对其进行全面授信评估。公安、税务、财政、海关等政府部门数据亦未能连通匹配，更限制了银行中台系统的数据基础。

- ▶ **网络时效性和数据传输能力有限。**现如今的传统固网通信技术难以支持超高频全球交易处理和海量数据实时分析，阻碍投资机会识别和风控技术升级。据中国银行业协会数据显示2020年中国银行业网上银行交易达~1550余亿笔，交易总额达~1820余万亿元，同比增长~10%。实时产生、高速增长的交易信息量和资金量对金融处理系统网络传输时效性和带宽产生了巨大的挑战，目前使用的F4G网络无法满足低延迟交易信息接入的1毫秒以内时延要求，更无法满足未来全场景、跨行业海量信息传输需求。因此，网络传输的时效性和数据传输能力严重制约金融业系统对人工智能、机器学习技术深度应用，无法实现实时全市场投融资机会识别，同时阻碍了银行风控体系技术的升级和优化。

F5G千兆光网在金融业应用广泛，赋能应用升级

F5G千兆光网在金融业应用广泛，作为支撑技术的基础设施，F5G新一代光通信技术以其低延时、高稳定性和超高带宽的特点助力金融业构建前中后台的全串联，进而打造多场景的智慧服务生态，包括智慧支付、智能网点、智能供应链金融等，大幅提升业务处理的效率，降低经营成本，为客户带来流畅的服务体验。

图10：F5G千兆光网赋能智慧金融网络架构图



资料来源：中国信通院，安永分析

F5G千兆光网助力金融业逐步突破发展瓶颈

针对金融业目前所面临的信息交互和传输瓶颈，F5G千兆光网可使能全场景信息采集及跨部门海量数据的实时交互。

F5G千兆光网使能沉浸式无感化智能服务，实现全场景信息采集及金融服务触达。通过满足人脸识别、虹膜识别、声纹识别等生物信息采集技术对于数据传输的高要求，F5G千兆光网使金融服务逐渐摆脱智能设备的束缚，向无感化的方向纵深发展。

- ▶ F5G千兆光网使能智慧支付，通过助力生物信息采集技术，实现停车、高速公路、商超购物、货物采购等生活全场景无感化账户资金划转。通过采用POL网络，赋能各场景智能设备的F5G千兆光网接入，可极大程度提升消费者及企业用户的支付体验与效率，同时采集全场景用户及交易信息，扩充信息种类丰富程度。
- ▶ F5G千兆光网赋能智慧网点，与先进光学、声学、生物传感器及高清摄像头等打造交互式无人智慧银行营业厅。从用户进入银行开始，通过运用智能网点的智能导览、客户分流、智慧柜员、远程监控等系统实现线下服务全流程自动化、智能化，全面采集人脸、声音、指纹等生理特征和笔迹、步态等行为特征，实现无感化精准身份认证，并运用新一代OTN技术确保相关信息可实时高速传输到中台，结合历史数据为用户智能推荐个性化服务，也能为风控系统提供更为丰富全面的数据源。

F5G千兆光网赋能高稳定性、超低延时海量信息传输。金融机构之间，乃至其他行业之间密切复杂的资金流、信息流交换使全球经济形成一个不可分割的整体。受制于原有网络的时效性和带宽限制，银行无法针对跨行业海量数据进行动态整体性分析；运用F5G千兆光网的新一代OTN精品专线，使宏观大数据实时监测分析成为可能。

- ▶ F5G千兆光网赋能智能供应链金融，推动构建联通全产业链的供应链金融体系。F5G千兆光网助力物联网、区块链等技术，可形成连通上下游原材料商、供应商、生产厂家、物流提供商、经销商和商户的全产业链网络，实现从订单产生、原材料采购、生产、仓储、销售、物流、使用、回收全流程数据的智能化感知和采集，以便进行追踪和管理。企业可通过OTN精品专线建立超高带宽、毫秒级延时和超高可靠的网络，助力全产业链数据实时传输和交互，避免数据造假和丢失，实现针对全产业链利益相关者的数据透明化和共享化，帮助企业快速建立信任和契约。通过对有融资需求的企业进行精准画像和及时授信，最大程度降低信息不对称带来的信用风险，助力企业供应链金融高效、透明化发展。
- ▶ F5G千兆光网赋能金融业综合性业务平台，利用F5G千兆光网低延时、高带宽特性动态监测海内外信贷市场变化，实时掌握全球资金流向，为智能决策中枢提供充分信息，把握全球信贷机会，促使资金合理配置，降低信息不对称带来的信贷成本，增强市场有效性，最大化投资收益。

案例：智慧网点

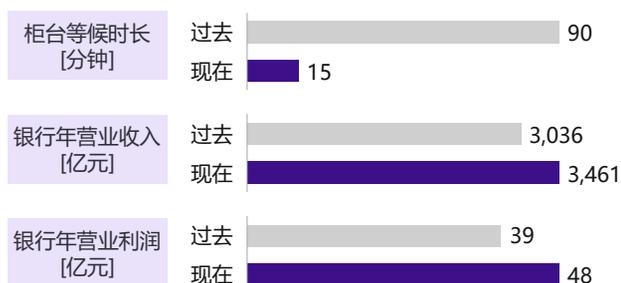
2020年开始，我国某城市商业银行为进一步提高线下网点处理效率，丰富客户信息层次，改善客户体验，在全国城市商业银行网点展开数字化转型，建设智能网点。

智能网点业务办理模式以智能设备辅助客户自主办理为中心，推动线上线下信息融合。智能网点运用人脸识别、语音识别等生物识别技术采集用户信息，并通过POL园区网络实现各类智能设备的高效连接，并运用OTN广域技术实现大量金融数据的远距离高速传输，进而实现智能决策中枢，对客户进行导览分流、身份识别、个性化推荐和关系维护。

智能网点将线下范围分为智能设备区、渠道体验区、高柜交付区和贵宾服务区等，导览系统优化客户服务流程管理，助力产品、设备和服务的无缝衔接，极大提升业务处理效率。目前智能网点已代替了原人工窗口92%业务类型，涉及63项交易大类，实现200余种自助交易场景的覆盖，为客户提供飞跃式的智能化体验。

从传统网点到智能网点，F5G千兆光网是生物识别、人工智能、人机交互等新兴技术深度融合发展的基础，其超高带宽、毫秒级延时等特性使海量多样化数据实时交互，促使智能中台与无感化前台紧密融合，对数据进行精准分析，为客户提供无感化体验。

表1：OTN技术赋能智能网点成效



资料来源：案头研究，专家访谈

案例：业务数据分析平台

近年来，保险业务迅速发展，各环节的数据也呈几何级数增长。传统的数据分析方法已难以满足业务需求，某保险集团进行数据分析平台改革。

统一负载的保险数据分析平台通过采集包括产险、寿险等业务的数据，并结合外部数据，导入大数据平台进行分析处理，实现PB级海量数据的实时储存、运算、日志及报表分析等业务功能。此外，未来平台将实现保险数据预警及数据批级处理，推动保险业务的全面智能化。其综合数据分析平台构建的客户经营系统可支持多层次、多维度60+关键字的秒级搜索。而这些都离不开F5G千兆光网作为其网络基础设施的赋能。凭借F5G千兆光网的OTN技术，其低时延、带宽独享、刚性隔离等特点，助力企业突破数据之间传输处理较慢的瓶颈，充分发挥平台的智能化优势。

F5G千兆光网作为大数据分析平台进行信息和数据交互的通道，其高带宽、低时延特性一定程度上缓解了大数据在海量数据场景下处理缓慢的问题，助力大数据分析在更多行业和场景获得广泛应用，促进金融服务实体经济提质增效。

表2：OTN技术赋能业务数据分析平台成效



资料来源：案头研究，专家访谈

展望未来，智慧金融时代，F5G千兆光网助力构建全社会生态化智慧金融体系

前述实际案例，已阐明F5G千兆光网作为基础支撑，使能智慧金融的应用升级，如在智慧网点领域，F5G千兆光网已广泛应用。根据中国某头部银行官网显示，自2020年初至2021年1月，全国已有2500多家特色服务网点成功改造升级，在十余个城市升级智慧网点，智慧客服机器人服务超5亿人次。然而，在其他金融应用领域，比如智能投顾、投研、风控等业务功能，未来仍有待进一步渗透。

展望未来，金融科技将颠覆重塑金融业的业务架构体系，构建以全场景数据平台为基础，云计算平台为技术支撑，智能管理平台为分析决策中枢，业务能力中心为执行主体的新兴生态化架构——推动智能化信息采集的进一步覆盖，实现海量数据以高效、集约、安全、低成本、低延时的方式进行采集、传输、分析，最后形成智能决策。以F5G千兆光网为数字化基石的金融服务将无处不在，为个人和企业的全生命周期的金融及衍生需求提供快速高效的定制化服务，真正实现资金高效配置，促进实体经济和民生福祉的极大繁荣。

金融科技浪潮的兴起正极大改变金融机构业务模式和形态，实现投融资机会的快速捕捉，并拓宽用户触达范围，吸引资金聚集流入，最终促进银行、信托等金融机构资产管理及交易规模的快速扩张。

3.3 加速制造业全线数字化转型，释放制造业无限潜力

智能制造

制造业是中国产业经济的支柱，中国制造业正面临由传统制造向智能化制造升级的关键转型阶段，李克强总理曾公开表示“中国制造的核心，应该是主打‘中国装备’。这就要运用信息技术，智能转型”。在国家大政策、产业转型双向诉求推动下，制造业对全产业链数据融合和精密制造提出了更高要求。F5G新一代光通信技术的出现可让制造全产业链信息实现高效传输与存储，同时也可赋能精密制造的自动化精准及远程操控。因此，通过大力部署F5G千兆光网，可推动我国制造业向智能化方向加速发展，从而提高社会产能及质量。

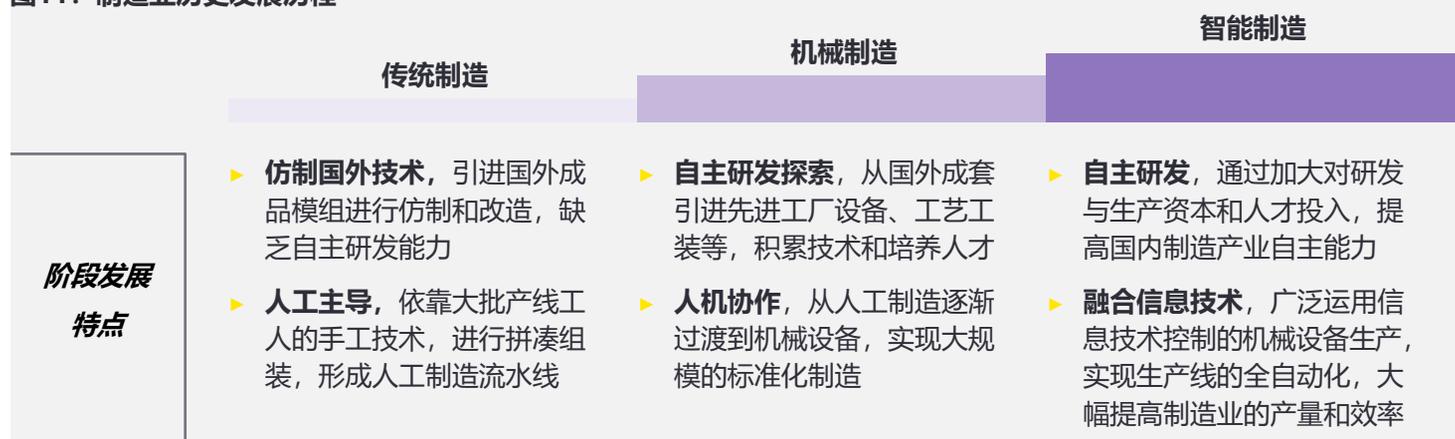
就工业整体而言，要更加注重推进信息化和工业化的深度融合，把智能制造作为主攻方向和重点内容。推进信息技术的集成、综合应用和融合创新，促进制造业的数字化、智能化、网络化的发展，全面加快工业的转型升级，推动工业由大变强。

——工信部部长

制造业发展历程

回溯中国制造业从传统、自动化发展到当今智能化的时代历程，目前我国制造业正大力发展以数据为核心要素，实现全面连接，构建起全要素融合的新制造体系和新产业生态。

图11：制造业历史发展历程



资料来源：中国汽车工业协会，安永分析

制造业发展面临数据互联和精密制造缺乏的瓶颈

如今我国已全面实现机械化生产制造，正处于智能化的初级阶段，当前发展面临两大瓶颈：

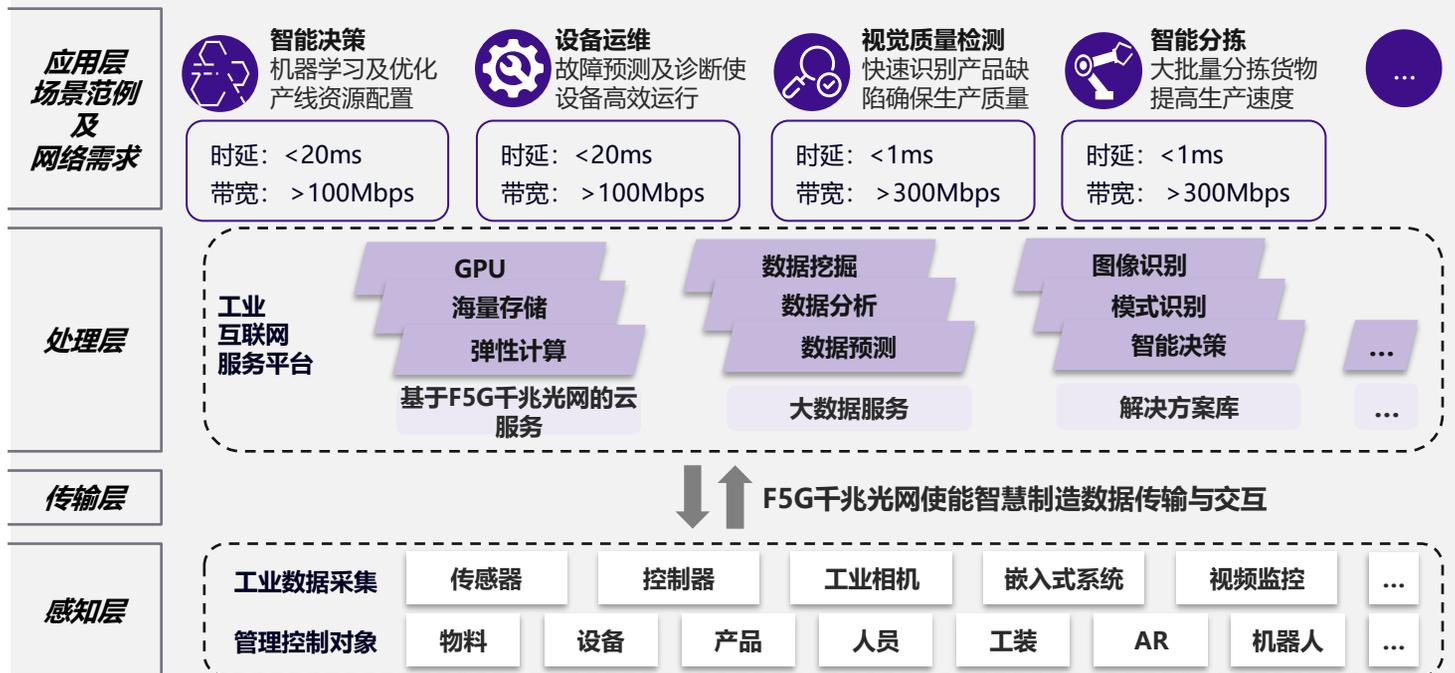
▶ **全产业链数据没有做到实时互联互通。**根据中国工程院发布的《2020中国制造强国发展指数报告》，我国制造业劳动生产效率相较发达国家仍存在一定的差距，很大程度是由于我国制造业智能化程度尚且不足，工业物联网覆盖程度不高，故难以达到生产制造过程全环节所有信息的互联互通；比如当前的高端制造业--汽车制造，其中的成千上万零部件无法做到——对应跟踪，在发生故障时，故障查找耗时耗力，不能有针对性地溯源问题所在，拖延产线效率。

▶ **受制于网络，高端精密制造设备应用饱受局限。**高新制造中包括许多精密零部件，需要高超的智能化技术和生产条件严苛的车间和设备才得以制造。精密零部件均由数控机床所生产，数控机床在弹性制造与连网双重趋势下，有高频宽与低时延并存的工业应用需求，以现行Wi-Fi或LTE网络无法满足频宽、时延、移动性及安全性等各方面要求。藉由设备的F5G有线连接，及网络时间敏感网络（Time-Sensitive Networking, TSN）的共同架构，搭配实时运算控制系统，可使能数控机床的控制时延趋于毫秒等级。制造企业凭借着高宽带、低时延的网络可实现数控机床的精密控制，提高零部件精密度，进而增强成品的性能和质量。当前，我国高端制造饱受国外“卡脖子”威胁，提升精密制造设备的智能化迫在眉睫，中国工程院为此强调，实施“精密超精密制造产业发展规划”对中国发展制造业意义重大。

F5G千兆光网助力实现万物智联，提升经济效益

我国制造业发展正步入智能化初期，朝全面智能化快速迈进，制造业需利用F5G千兆光网的超大带宽、毫秒延时和高可靠性串联全架构层级，包括感知、处理和应用层多场景，以支撑层级间的数据传输，优化制造的决策质量和效率。

图12： F5G千兆光网赋能智能化制造网络架构图



资料来源：案头研究，安永分析

F5G千兆光网使能解决当前制造业发展瓶颈

针对生产要素没有实现互联互通，以及精密制造技术发展较晚这两大瓶颈，F5G千兆光网可使能智能决策及精准调控。

F5G千兆光网赋能智能决策，实现全生产要素互联。制造产业链包括生产、管理、仓储、物流、服务等多个环节，F5G千兆光网可赋能各环节间数据传输与存储，将各环节高效联结，通过分析海量碎片化的数据，经由人工智能演算，优化智能决策对全价值链的提效。

- ▶ F5G千兆光网赋能制造流程规划管理。当企业获得订单时，企业通过智能决策能自动高效地进行工序排列保证资源合理配置和成本最小化，乃至零库存管理。实现整个制造过程的资源合理配置，减少不必要的资源浪费和劳动投入，使制造质量和效率都大幅提升。
- ▶ F5G千兆光网赋能零件质量追溯系统，有效保障生产质量。比如汽车的组装需要成千上万个零部件，通过OTN专线网络可将每个零件从原材料、毛坯件、半成品最后到产成品过程中的所有信息数据都进行采集，在发生事故时，可针对性地缩小返修的范围，从而减少质量损失。这对产品的生产过程也起到了预防、警戒的作用，有效地保障成品质量。

F5G千兆光网赋能精密制造，大力提升产品质量。高度智能化、自动化程序可以赋能精密制造前端机器人，而远程操控技术的发展也可满足精密零件所需的严苛作业环境。精密制造将推动仪器设备的创新进步，进一步提升产品的可靠性。

- ▶ F5G千兆光网赋能精密制造设备的自动化精准控制。汽车、飞机等产品的零部件制造需要精密制造仪器的高精度自动化运算与操控，差之毫厘都可能带来巨额经济损失。例如，在云端引入重力、摩擦、空气阻力等参数进行多次高精度计算并将最优解法用于精确操控机械臂工作的角度与位置，而此类精密运算都需网络带宽达到约1Gbps，抖动小于100μs，时延控制在1-10ms内。通过提升F5G技术部署和覆盖，企业可凭借其强抗干扰性，帮助制造第一线的机器人自动化施工，减少工人配备，利于实现全连接工厂实时生产优化，提高生产效率，并提高生产线自适应、自感知、自决策、自学习和自主优化的能力。
- ▶ F5G千兆光网赋能多样化车间作业环境的远程操控。高端精密成品制造对生产作业环境有着极高的要求，比如半导体制造必须在无尘环境下进行，避免空气中的细小颗粒对设备与元件造成污染，影响产品成品率。严苛的生产环境必须减少车间与产线人员的进出，要求对设备进行远程操控。通过光纤接入，可赋能智能制造车间远程控制控制系统，F5G千兆光网大带宽特性能将海量数据及时共享及云端存储，实时传送到工厂不同控制室。而大型制造工厂，往往会产生较多热能、磁波等，这些干扰因素会减弱无线通讯信号。根据英国航太设备制造商Mettis Aerospace的Wi-Fi 6工厂相关通信数据可知，在这种强干扰的环境下，通过Wi-Fi 6能够保证网络的良好运行，其千兆的超高传输速率以及低于6ms的延迟为工厂的运作提供高稳定的通信品质，这对于生产效率的提升大有裨益。

案例：零部件溯源系统

2020年4月，国内某汽车制造厂进行全面的数字化转型。其中重要一环是零部件质量溯源系统，该系统将每个零配件都生成对应专属条形码，产线上配备机械扫描装置记录零部件编码信息，通过条形码将对生产链中的供应商、生产商和整车厂等信息纳入监管系统，并采集产业链、供应链中相关企业的原材料、制造加工、包装、物流、销售服务等环节的质量数据。各环节的实时数据同步需要依靠基于F5G千兆光网技术的工业POL网络为扫描设备提供稳定的联结和更高的传输效率，并且当产品出现质量问题时能对产品迅速进行前向和后向追溯。

零件质量溯源系统的技术落地离不开工业POL网络在厂商的部署和覆盖，其大带宽、低时延等特性可缩短物料进产线时间，企业加速应对紧急问题，降低生产成本，提高汽车制造企业产品质量和生产效率。

表3：工业POL网络赋能零件质量溯源成效



资料来源：案头研究，专家访谈

案例：工业机器人

某工业机器人解决方案制造企业与某科技企业合作，为广东省某制造产业基地打造智能工厂。该智能工厂实现园区智能机器人和产线状态的实时数据监测，并及时回传监控视频；此外，通过AR/VR进行远程诊断，指导现场工人排障；而生产设备中可将设备电压、电流和能源消耗情况回传，及时发现并处理空耗情况。打造了数字化、自动化和绿色的智能工厂。

F5G千兆光网为该智能工厂提供毫秒级时延的网络基础，并利用工业级POL网络，通过简化网络传输层次为生产过程中的数据提供实时传输的稳定网络通道，实现工艺数据实时储存，并在发生故障时即刻便能进行自动报警，完全颠覆传统作业模式。

表4：工业POL网络赋能智能制造成效



资料来源：案头研究，专家访谈

展望未来，制造业将全面实现智能化，形成新产业生态

实际案例验证，F5G千兆光网作为基础支撑，使能智能制造的应用升级。如今，工业制造各环节已广泛试点采用机器人在各制造环节中代替传统人力，比如中国某外商汽车制造商，其零部件生产，由机器人制造的覆盖率达75%以上，且该比例持续上升；但在其他制造领域，比如电子制造、金属和机械、塑料化工等，仍有待进一步渗透。

如今，高新制造正向全面智能化迈进，在制造的全生命周期阶段进行智能化融合。从智能化设计的虚拟仿真、工艺设计，智能化经营的供应链管理、高级排程，智能化制造的数字看板、物料管理、流程可视化再到智能化装配的加工中心、工业机器人等全流程进行数据打通，实现各环节的全面感知、可靠传递、智能管控。海量的制造数据以及高峰期需求的准确而实时传输背后，对带宽、时延、网络的安全性及稳定性有极高的要求，而这也意味着F5G千兆光网未来在智能制造领域将如同空气一样，成为智能制造的必备刚需。

3.4 引领矿区作业新变革，实现安全性智能化升级

智慧矿山

采矿业是产业生产的原材料和能源动力的主要来源。随着我国的经济结构转型，对采矿业提出新的要求。根据国务院信息所示，未来对矿业治理主要着重“一调、二提、三监管¹⁾”，关注智能化水平提升以及矿区安全。通过矿区F5G千兆光网部署，可以助力庞杂数据的精准采集与实时传输，从而实现自动化采矿及环境状况监测，提高采矿效率并改善井下作业生产环境。因此F5G千兆光网可加快智慧矿山的全面落实，提升我国人均煤炭年产量。

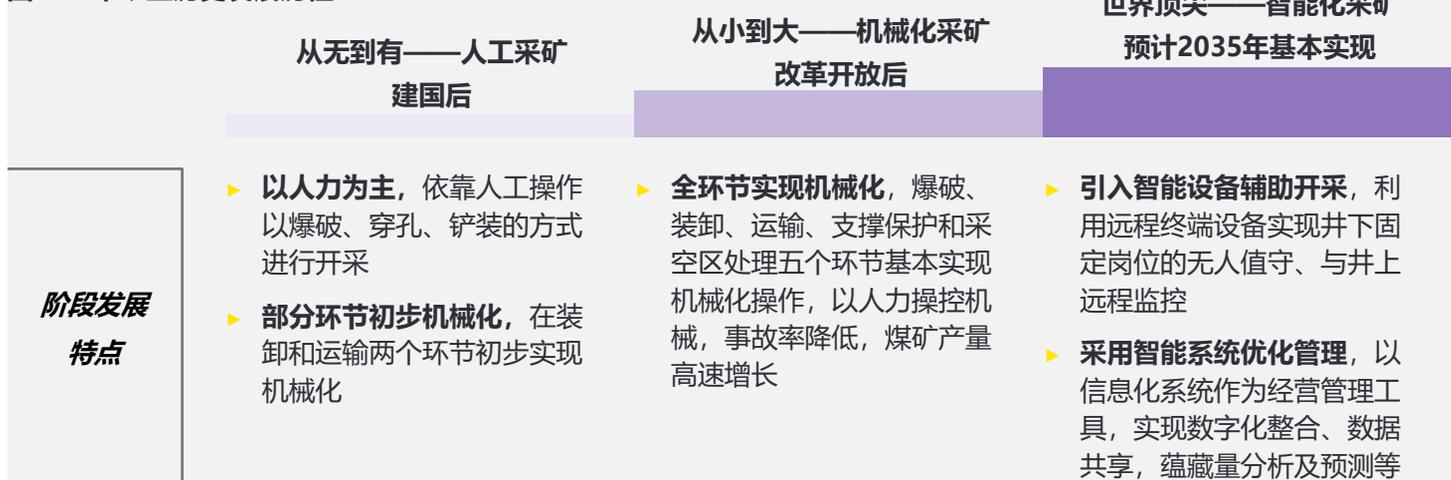
矿业是国民经济的基础产业，经济社会的发展离不开矿业的支撑。中国矿业与新中国一起成长。在当代中国，矿业为国家经济建设和社会发展提供了95%的能源资源和80%的原材料。

——国土资源部

采矿业发展历程

伴随新中国70多年的发展历程，我国采矿行业从“从无到有”跻身“世界顶尖”之列。目前，我国矿业基本实现高度机械化。根据国家八部委联合印发的《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》，我国预计在2035年建成集感知、决策、执行一体化的智能煤矿体系，向未来无人智慧矿山稳步迈进。

图13：采矿业历史发展历程



资料来源：发改委，人民网，国家能源局，中国新闻网，中国矿业报，安永分析

采矿业发展面临着人才不足及数据传输困难瓶颈

改革开放以来至今，我国矿区已基本建立机械化生产体系，实现大型采矿机械对人力替代，保障矿工人身安全的同时，大幅提高生产效率。如今，矿区正从机械化向智能化迈进，但当前发展仍面临着两大瓶颈：

▶ **采矿业依然为高危行业，导致从业人力短缺。**目前我国人口老龄化严重，各行业普遍产生劳动力不足现象，在采矿行业中更为明显。由于矿区的恶劣环境使得年轻从业人员不会把采矿业作为工作的首选目标，矿井下瓦斯浓度高，容易引发严重的爆炸事故，常年在扬尘和噪声的环境下容易对人体健康造成不可逆的伤害，比如肺尘病、噪声性耳聋等严重病症，这都极大动摇年轻从业人员对矿业的投入。目前在江苏的某水泥矿山中，已鲜有年轻从业者，在近百人的工人队伍中，大多数年龄都在50岁以上。

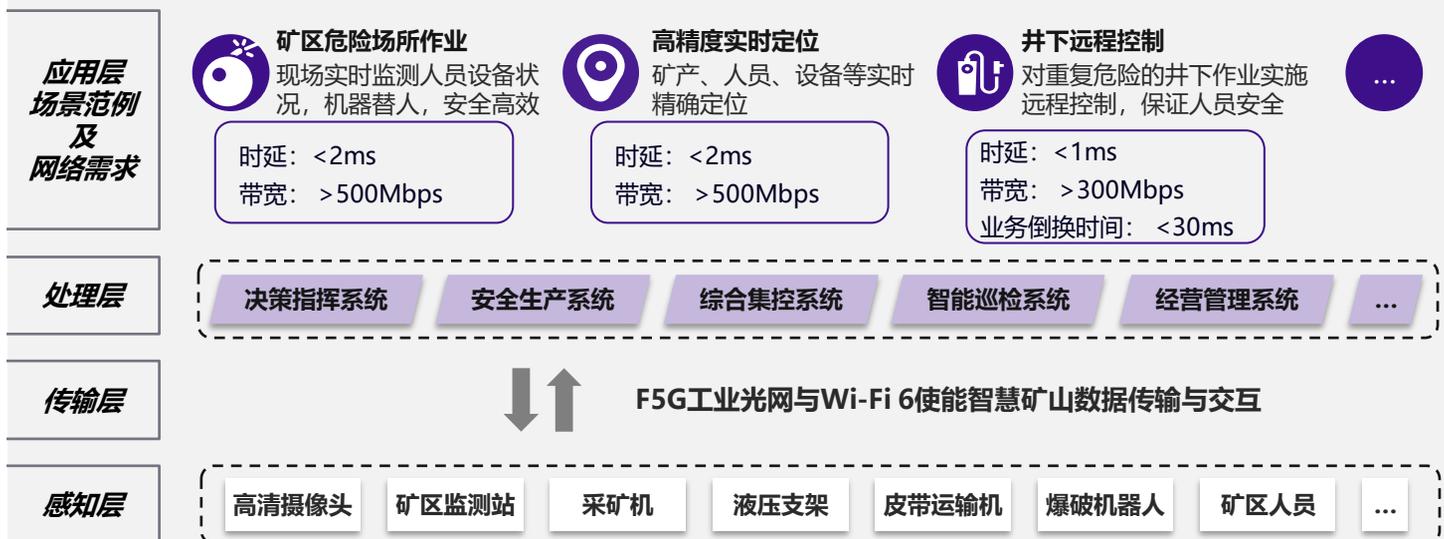
▶ **矿区数据分析缺乏技术支持，数据传输缺少传递媒介。**目前，大数据技术在矿业中的应用仍处于初级探索阶段。由于缺少大数据技术支持，矿区管理人员难以对矿区内的具体开采环境情况进行分析，下达精准的采矿指令。例如，矿区内精准爆破的实现需要综合分析矿区复杂的地质结构、生产系统以及通风、供电环境等数据，在缺乏数据支持的情况下，常常出现低效勘测和无效爆破，最终导致矿区生产效率低下。此外，由于电信号传输会产生电火花，容易引发矿井内爆炸，传统通信方式无法解决矿区局部“信息孤岛”的问题，从而导致信息交流不同步，致使矿区运营情况效率低下。

注释：1) “一调”就是加大煤矿产业结构调整力度，“二提”是提能力，主要是提高煤矿的机械化、信息化、自动化和智能化水平，“三监管”是继续加强煤矿安全执法。

F5G千兆光网助力采矿业向智能化阶段全力迈进

近年来，国家政策的倾斜、矿区提高效率和保障安全的要求催促采矿业转型，矿区积极拥抱智能化，在多个生产环节借助F5G千兆光网技术为矿区数据采集与传输赋能，加速矿区智能化转型落地，从而实现人员替代，减少人工高危工作。

图14：F5G千兆光网赋能采矿业网络架构图



资料来源：案头研究，安永分析

F5G千兆光网使能解决当前采矿业发展瓶颈

矿山的智能化转型中，遭遇的发展瓶颈可由光纤接入解决。F5G千兆光网可赋能高危的井下施工和运维工作，大幅提高安全性；F5G千兆光网也可赋能矿区内多个视频监控点数据的传输，保证精准采矿和业务顺畅，将矿采效率引向新高点。

F5G千兆光网赋能机械替代人工，改善矿区工作环境。传统人工采矿模式，基于矿区环境恶劣，容易引发安全事故，因此采矿工作成为主要的高危行业。同时，内部转岗率高导致熟练工培养困难，老龄化严重，最终造成生产效率低下。这种情况下，为了完成指标，工人的工作强度加大，进一步加大安全事故发生的风险，形成恶性循环。

- ▶ F5G千兆光网赋能矿区的实时数字化图像识别技术，实现井下作业远程操作。基于F5G千兆光网的工业光环网IOR网络的高宽带、低时延特性可以使采矿人员通过摄像头，远程精准地确定矿物位置所在，其定位的精准度可达50cm，再借由远程设备进行开采，这样不仅减少90%以上的井下工作时间，还极大保障矿工人员的安全，一定程度上改善人们对于采矿业的“脏、危、黑”的刻板印象。
- ▶ F5G千兆光网赋能井下施工安全防爆，摒弃高危工序，保证井下施工安全。由于井下瓦斯浓度高，因此容易引发爆炸。F5G工业光环网架构，其新型终端均为无源设备，从根本上杜绝电火花爆炸的风险，井下施工无需使用防爆箱。另外，在井下光纤施工的过程中，熔纤操作会产生超过千度的高温，一旦现场的光照条件和瓦斯浓度等条件不符合要求就会引发严重事故。基于IOR网络的无源终端机允许预制光缆即时插入、即时连接，工人不再需要冒险进行熔纤。

F5G千兆光网赋能数据传输与分析，大幅提升采矿效率。矿区地质结构、生产系统和环境复杂，多种因素制约矿区生产效率。

- ▶ F5G千兆光网赋能井下复杂环境的大数据传输。矿山的智能化转型需要能够处理庞杂数据的大数据中心，以助力开采设备在地质复杂多变的环境中，对采集到的数据进行实时汇总与分析。以F5G环形结构的IOR工业光环网可提供千兆带宽，满足矿区数据中心500-1000Mbps的带宽需求，让井下信息与地面远程控制中心实现信息的互联互通。通过采集井上井下通风、供电等要素数据，进行综合分析，实现矿区的精准爆破，从而为采矿人员做出正确决策提供了可靠的数据支撑，赋能矿采的精准性，提高整体采矿效率。
- ▶ F5G千兆光网赋能高清影像传输，且避免多线路交集相互干扰。随着采矿规模的不断增大，视频监控点的需求量也会越来越多。矿区内的每个高清视频监控都需要50-100Mbps的网络带宽以及低于100ms的时延。基于F5G千兆光网技术的工业光环网IOR网络的数字化监控，其低时延、低时延的特性可赋能光缆实时高效传输视频信号，便利调度指挥人员直观、快捷地了解采矿一线信息，并针对重要采矿设备及关键采矿作业场景进行实时地指挥和管理。与此同时，IOR独特的环网结构使得多线路之间相互独立，当单个点位断触时，整体网络的传输效率并不会受到影响，从而保证了网络传输的可靠性和业务进行的安全性；当处于工作状态的光接口或链路发生故障时，其独特的网络结构可在30ms内切换到备用的接口或链路，从而保障业务几乎不发生中断，减少因网络中断而造成不必要的经济损失，提升矿采效率。

案例：煤矿开采环境改善

2020年4月，山西省某煤矿井下环境整洁明亮，技术人员在集控室大楼内根据电子屏上的回传信息远程对采煤设备进行操作，作业过程中的扬尘与噪音完全与技术人员隔绝。这种景象与过去人们对于煤矿行业就是“在黑暗的深井下，矿工师傅灰头土脸地工作”的刻板印象大相径庭。这其中少不了IOR网络赋能下煤矿井内各个数据采集点的精确采集与稳定回传。此外，在操作端，基于F5G千兆光网技术的工业光环网IOR网络还助力图像识别、人工智能等高新技术与现代装备深度结合，实现作业减人增效，缓解矿区劳动力不足的问题。一个班次中作业人员的需求大幅降低，整个采煤队的人数减幅也超过一半，每日产煤量却上升显著。

表5：IOR网络赋能山西矿区智能化改造成效

参数对比	过去	现在	变化幅度
单班次作业人员	25人	7人	72% ↓
采煤队总人数	226人	90人	60% ↓
日产煤量	1.5万吨	2万吨	33% ↑

资料来源：案头研究，专家访谈

案例：煤矿智慧化高效开采

2021年10月，陕西省某煤矿公司携手某通信行业领军企业进行了矿区智能化改造升级，进而构建了万物互联，数据高效集采的智能化矿山，提高了煤矿开采效率。

以往的矿山受井下网络传输延时高、易干扰、不稳定等不利因素制约，在进行井下设备的远程操控改造时，遭遇技术阻力，往往导致操作不够精准。在完成F5G千兆光网改造后，实现井下与井上数据的高效稳定传输，将挖掘、运输、机电、通风排水等多个系统的数据打通，并在井上进行统一管理和调控，满足了超高清视频类大数据量传送和工业控制类场景对网络的需求。

通过基于F5G千兆光网技术的IOR网络铺设以及部署，矿区完成智能化改造，实现远程操作，在全面保障人身安全的同时，大幅提升了煤矿开采效率。

表6：IOR网络赋能陕西矿区智能化改造成效



资料来源：案头研究，专家访谈

展望未来，矿业将聚焦实现无人化矿山及提高生产效率

中国官方八部委联合印发的《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》明确提出，到2035年，我国各类煤矿要基本实现智能化，建成智能感知、智能决策、自动执行的煤矿智能化体系。随着“新基建”的提出和发展，以IOR网络为基础，融合人工智能、大数据等技术将为我国产业注入智能化动能。采矿业应搭上“新基建”快车，从传统重工业蜕变。

F5G千兆光网的部署与渗透，可赋能人工智能进一步应用在采矿业，并可运用其特征保证智慧矿山的人员安全。依托于人工智能技术，大型采矿设备可以实现对周围环境的判断，从而对下一步行为作出决策。F5G千兆光网的大带宽和低时延特性可以赋能大型采矿设备复杂的决策过程，实现设备反应灵敏、动作流畅等的自主作业，进而在矿区内实现爆、铲、装、运等全程无人操作，从根本上避免人员伤亡。

F5G千兆光网赋能大数据，提升智慧矿山效率。未来可通过对矿区内所产生的环境、生产设备、企业运营等监控数据，并借助智慧矿山中控平台实现对矿区内部运行情况全把握，进而通过联网将信息传输至云平台，借助云计算进行分析与挖掘，实现生产决策和管理。另外，借助矿区外部数据，例如铁路、公路、港口、天气预报等数据，智慧矿山可以精确计划矿区生产安排，实现矿区内外精准调度，让各生产系统总体高效协同运作，从而提高矿区生产效率，获取巨额经济效益。

3.5 加速数字化乡村建设，助推乡村产业蓬勃发展

乡村建设

习近平总书记指出“民族要复兴，乡村必振兴”，目前我国乡村人口占总人口的比重约36%，建设数字乡村是我国重要的经济发展方向，其中发展智能化农业生产和优化农产品全供应链是主要内容。乡村建设在经历互联网到数字化的转变过程中，遇到了两大瓶颈——生产数据采集较为薄弱以及涉农数据整合共享不充分。对光通信的部署可赋能各类涉农设备更完整精确的数据采集，以优化全产业链，包括从生产的智能化到农产品产销一体化，最终实现农业生产的降本增效，乡村经济的蓬勃发展。

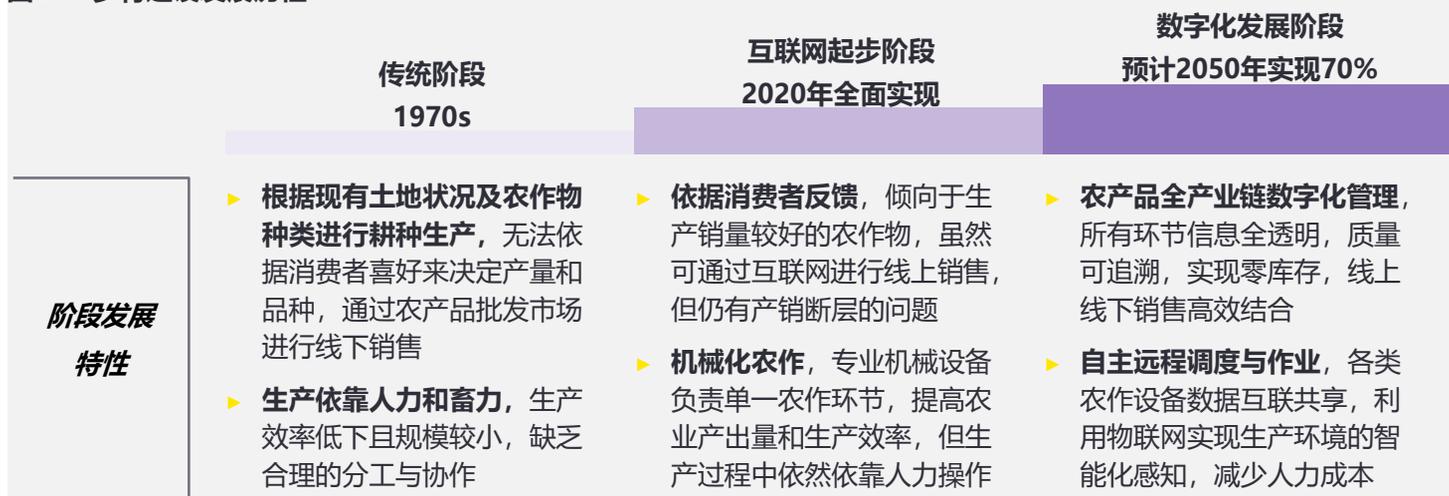
乡村振兴战略开局良好，新一代信息技术不断释放其发展效应，农业乡村发展转型升级动能更加强劲，“三农”（农业乡村农民）工作呈现出新的特征，农业乡村现代化迈向新的阶段。

——《中国数字乡村发展报告（2020年）》

乡村建设发展历程

纵观乡村建设发展从传统逐步演进至全面数字化阶段，乡村建设历经生产依靠人力畜力，农产品线下批发销售的时代，在2020年全面实现生产设备机械化，农产品可在线上销售，目前正向智能化生产和农产品产销一体化的阶段稳步迈进。

图15：乡村建设发展历程



资料来源：《党的十九大报告》，《数字乡村发展战略纲要》，央广网，中国农业乡村部，安永分析

乡村建设发展面临着农业生产数据采集薄弱以及涉农数据整合共享不充分两大瓶颈

如今，我国乡村建设已经历传统阶段和互联网起步阶段，正向全面数字化迈进，但当前发展面临着两大瓶颈：

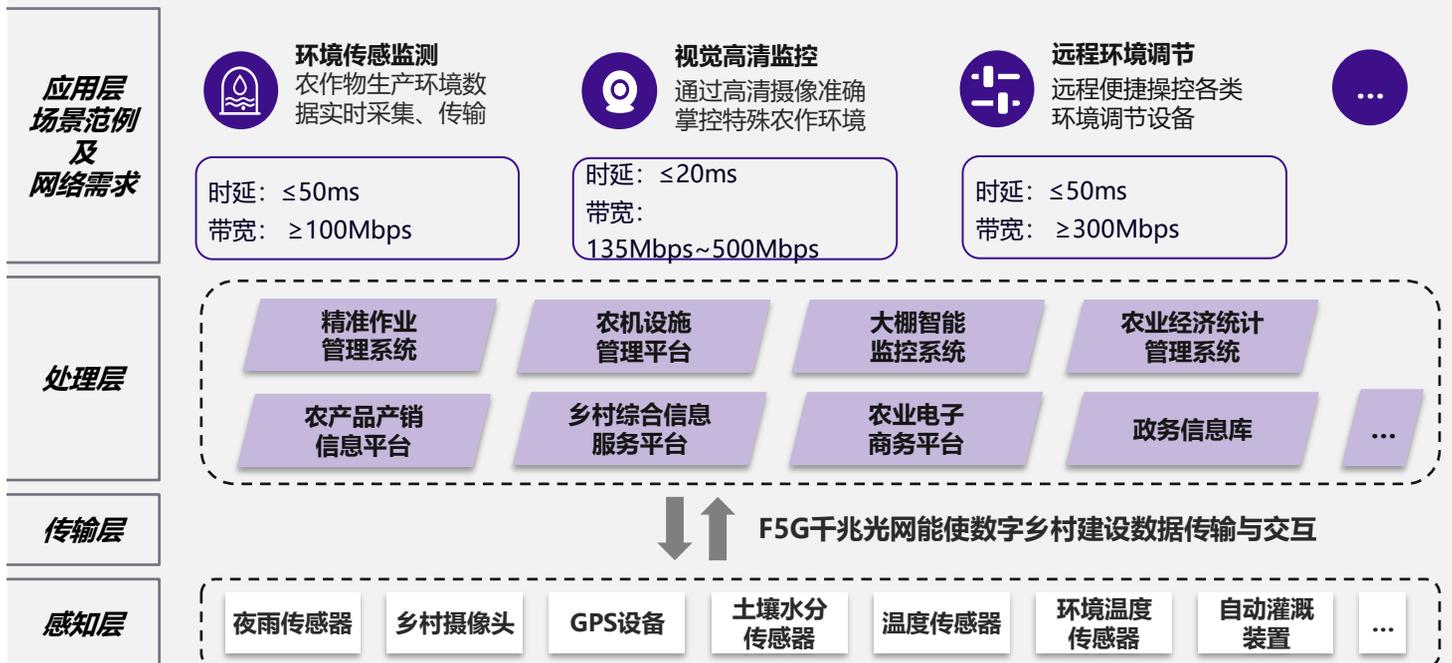
▶ **农业生产数据采集较为薄弱，设备还需依靠大量人力操作。**根据国家统计局数据，我国2020年农作物总播种面积达到~17,000万公顷，但根据智慧农业生态链互易平台的统计，我国农业数据采集率不足50%。各项农业数据长期存在底数不够完整，无法摸清和核实的问题，进而导致采集的数据质量低。在生产设备方面，虽然各类机械式农业调控设备广泛使用，但如农田灌溉、大棚调温与拉幕等，仍需依靠大量人力现场操作。中国作为农业生产大国，却不是农业生产强国，很大程度是由于我国农业各项数据还未形成完整且标准化的数据库，各生产设备还无法不依靠人力全自动化运行，导致农业生产自动化率远不及英美等发达国家。

▶ **涉农数据整合共享不充分，产销未形成一体化。**根据工信部数据，2020年，农村互联网宽带接入普及率相较于城市来说低~10%，可见我国乡村高速网络基础较为薄弱，因而导致各类涉农数据信息孤岛，无法做到实时互联互通。农产品销售作为乡村的主要收入来源，其生产、加工、仓储、流通、配送、销售的全供应链中分散沉淀了海量信息和数据，但由于高速网络基础薄弱以及数据缺乏统筹管理，农民无法实时获取市场信息，以销定产，经常导致大宗农产品滞销等问题。传统网络无法支持海量数据的共享，导致农民获取信息渠道十分有限，农产品供应链数字化程度较低，制约了乡村经济的发展，乡村亟需更高速的网络赋能数据融合。

F5G千兆光网助力乡村建设环节中的数据融合和智能化应用，加快数字乡村的落地实施

F5G千兆光网在农业中应用广泛，利用其超高速的传输速率以及极低的时延等特性可赋能串联感知、处理和应用层，实现乡村建设环节各类数据的信息实时传输和互联共享，为乡村建设创造全新生态模式。

图16：F5G千兆光网赋能乡村建设网络架构图



资料来源：案头研究，安永分析

F5G千兆光网推动农业逐步突破发展瓶颈

农业生产数据采集薄弱以及涉农数据整合共享不充分，这两大发展瓶颈限制了乡村建设向数字化阶段迈进。通过F5G千兆光网，农民将能实时获取生产、销售环节的信息，利用智能化手段提升农作效率与产量，推进我国现代化乡村建设。

F5G千兆光网赋能远程传感监测及设备数据化控制，实现精密信息采集和自动作业。农业环境信息复杂而分散，多种因素共同影响农作物生长。通过全光网接入，信息传输将实现全面升级，其可赋能远程环境调控以及智慧大棚中的传感器对不同参数进行监测，保障农作物在最为适宜的条件中生长。

- ▶ F5G千兆光网赋能高清摄像头及多类传感器，可以实现对温湿度、二氧化碳浓度、土壤酸碱性、光照强度等各项农业环境数据的同步采集和及时传输，对农作物以及生长环境进行实时监测，为农业生产提供精准的管理依据。例如培育蘑菇时，要保持环境的阴暗潮湿，因此需要8K分辨率的高清摄像头精准捕捉蘑菇的生长状态，让蘑菇种植户非常清晰地实时观看农作大棚内的直播场景。8K摄像头要求网速达到150-500Mbps。通过F5G千兆光网的赋能，8K高清摄像头可在农业大棚中得以应用，从而优化农作物种植环境，提升农作效率。

- ▶ 智慧大棚通过对采集得到的农业环境数据进行分析处理，可以实现对农业大棚的自动灌溉、自动调温、自动施肥等自动控制。由于F5G千兆光网高带宽、低时延的特性，不同模态的数据信息得以及时精准地被利用。通过自动控制大棚内的遮阳电机、电磁阀浇灌等设备，农业大棚内各方面环境指标能够趋于理想水平，这将大幅解放人力劳作，优化生产作业过程，进而实现高效高产。

F5G千兆光网赋能产销一体化管理，带来全新经济增长点。

F5G千兆光网在乡村的渗透率提高，有助于涉农信息的互联互通，实现农产品产销一体化管理，为农民创造全新互联网机遇，推动乡村经济高质量发展。

- ▶ 传统网络在乡村部署及后继运维难度较大且其无法满足村民日益增加的需求，如今F5G千兆光网时代的来临使全光网渗透进更多的乡村，催生益农信息社的兴起。益农信息社整合销售环节的海量数据并共享给所有农民，使农民与瞬息万变的市场更快地对接。F5G千兆光网以超大带宽提高网络的吞吐量，通过整合并分析网络等销售平台的海量数据，实时传输至益农信息社提供的数据共享平台，使全村农民都能即刻接收到消费前端的市场信息，更加精准地按照市场需求和偏好来进行生产，实现产销一体化。同时，益农信息社还将助力拓展销售新渠道，打造一条“益农信息社+电商平台+线上线下市场”的链条发展新模式，重塑农产品供应链，并通过电商直播带货的形式，扩大销售渠道和规模，为乡村产业结构调整、经济发展转型注入新动力。

案例：智慧农业环境监控与调节

2019年，辽宁省某农场果农们通过果树智能管理系统服务平台，实现对大棚温湿度进行24小时实时监控，并进行控温控湿，使水果的种植产量和品质得以提升，并大幅降低运营成本。

物联网智能管控平台可根据种植的果蔬品种和时期不同让果农用电脑设置启用放风机、滴灌设备工作时间，实现大棚温湿度实时精准控制，避免传统实地调节大棚设备的麻烦。在这其中，F5G千兆光网可通过其大带宽、毫秒级时延和高可靠性特点赋能农场果蔬和机械设备的互联互通。对于一些对温度和湿度的变更非常敏感的水果，大棚内会设置农用“小喇叭”对大棚的温湿度进行24小时的实时监控，在检测到异常数值后迅速发出预警警报，极大程度降低农作损失。在这里，Wi-Fi 6可助力“小喇叭”让果农能及时进行远程调控。在果树休眠期时，果农们仅需将樱桃树的各类指标输入“小喇叭”，便能精准地自动计算出需冷量，使果农们出门在外也能实时远程监测大棚内的温度，极大程度减少人力成本投入，降低农作损失。

F5G千兆光网可赋能果树智能管理系统服务平台，推动果农对大棚温度监控的精准化与操作的智能化，为智慧农业环境调节的能力升级提供支持，提升农业种植的效率，给广大农民增收带来更多经济效益。

表7：Wi-Fi 6赋能智慧大棚成效



资料来源：《农业开发与装备》，专家访谈

案例：农产品产销一体化

某通信技术供应商针对乡村宽带部署，提出F5G千兆光网引领的全新方案，实现传送网与接入网融合，为宽带普惠覆盖带来解决之道。该方案是针对乡村场景设计，光纤无需在机房部署，可挂杆挂墙，降低施工难度。该方案还可实现用户侧线缆预连接和不等比分光快速部署，做到少量光纤快速覆盖大面积乡村区域，使资源配置最优化，大大节省熔接和人力成本。截至2021年6月底，运用F5G千兆光网的该方案已在20余省的1000多个自然村部署，覆盖超300万的乡村光纤用户，取得了极佳的效果。

建设难度较大的有青海省海东的列卜加村，位于黄土高原山地，距离最近机房有10公里远，且机房到村路途多为高山峡谷地形，传统方案无法满足在如此长距离且陡峭的地形下部署，导致该村一直无网络覆盖。通过该方案，设备安装后仅仅2天，村民便能使用高速网络。

依托F5G千兆光网千兆光网以及家庭Wi-Fi 6的覆盖，列卜加村将青海特色的农畜产品放至网络平台进行销售，如青稞、枸杞等绿色有机农产品，市场需求旺盛。该村的枸杞种植基地已形成产销一体化管理，电商平台的销售数据能够实时输送返还给枸杞种植商，枸杞种植商能依据前端消费者的喜好精准定制种植的品类与数量，几乎实现枸杞产品零库存。当地的农民因为农产品电商销售的形式获益众多，推动当地乡村经济稳定向好发展。

表8：F5G千兆光网赋能农产品产销一体化成效



资料来源：案头研究，专家访谈

展望未来，乡村建设智能化将农产品全产业链信息互联互通，实现全环节精准管理

F5G千兆光网作为乡村建设中的网络支撑，可运用在农业环境监测调控中。高效稳定的网络传输可使农田数据采集更为完善，让农民在付出较少劳力的情况下精准监测农作环境，调控各类设备。有了F5G千兆光网的赋能，自动化的农业设备将进一步渗透至各个乡村，有效助力数字乡村建设。

展望未来，当农业从互联网渗透阶段发展至数字化阶段，光纤接入自然村的覆盖率将大大提升，乡村建设中农民从播种、耕耘、施肥、除虫，直至收获的生产环节，和从生产、加工、仓储、流通、配送的供应链环节，都将能通过互联网实时监测并精准采集数据。生产环节中多种高精度传感器对农田土壤状况等进行实时监测，针对农作物生长现状进行耕作方案快速响应，使各农业生产环节无缝衔接。

全面进入数字化乡村建设时代后，智能化程度将不仅局限于生产环节的自动化，农业系统将实现全产业链的数据互通互联，包括采购环节，云平台针对农民农场土壤、气候、湿度等自然条件及市场需求信息进行选种推荐；生产环节，农民可以根据市场需求量和偏好变化合理安排农业种植规划，实现零库存管理；在经销环节，物联网提供农作物品质、保存环境、交易量、库存量和市场价格的实时监控，智能自主地合理安排农产品补充和销售；食品加工环节，多种传感器对农产品质量精准实时监控，针对各道加工工序严格把关，保证食品绿色安全；在销售环节，大数据分析可根据消费者地域、文化、消费习惯等因素为其精准推荐所需的农产品种类及个性化产品，实现精准营销和针对性售后服务。

3.6 加速云端服务广泛应用，提升企业办公效率

智慧办公

现代社会中，高效运转、操作便利的办公体系能为人民办公带来更好的体验感，提升员工办公效率，从而优化企业运营效率。办公经历传统PC到数字化的发展，如今遇到了两大瓶颈——数据库难以安全地进行多方实时调取和远程办公平台稳定感不佳。F5G千兆光网的出现，可提升企业上云率，优化远程办公稳定性，打造智慧化办公一系列新型场景，极大程度上提升企业整体办公效率，实现经济高质量运转。

鼓励发展便捷化线上办公，支持远程办公应用推广和安全可靠的线上办公工具研发，满足日常性多方协同工作、异地协同办公需求，有效支撑工作效率提升、业务协同模式创新和业务组织方式变革。

——国家发展改革委、工业和信息化部等13部门

现代办公发展历程

纵观现代办公发展历程，企业员工经历由PC电脑代替纸质文档的电子化发展阶段，走过了初步建立数据库实现线上办公的数字化阶段，再至如今逐步开始利用云端存储以及远程高效办公平台，迈入智慧化办公的阶段。

图17：办公发展历程

	电子化阶段	数字化阶段	智能化阶段
阶段发展特点	<ul style="list-style-type: none">▶ 无纸化办公，利用电脑进行文件与海量信息的存储和管理，有效避免纸质文件妥善保管与处理较难等问题▶ 面对面沟通交流，员工需在固定地点每天按时上下班，缺乏员工办公时间及地点的灵活性	<ul style="list-style-type: none">▶ 信息孤岛，企业已建立数据库，但无法满足数据量激增、数据备份、实时调取等需求▶ 实现线上办公，外勤人员不受地理及时间限制，可随时随地办公，但无法保障数据传输及时性、稳定性	<ul style="list-style-type: none">▶ 数据云端存储，通过多端共连与云端同步，实现企业信息统一集成化汇总▶ 远程高效办公，实现高质量远程多方协作，多路音视频会议沟通，提升远程办公用户体验

资料来源：案头研究，专家访谈，安永分析

办公发展面临着数据难以多方实时调取以及远程办公稳定性欠佳两大难题

如今，我国企业已逐步实现了数字化办公，并正向智慧化办公的阶段迈进，但当前发展面临着两大难题：

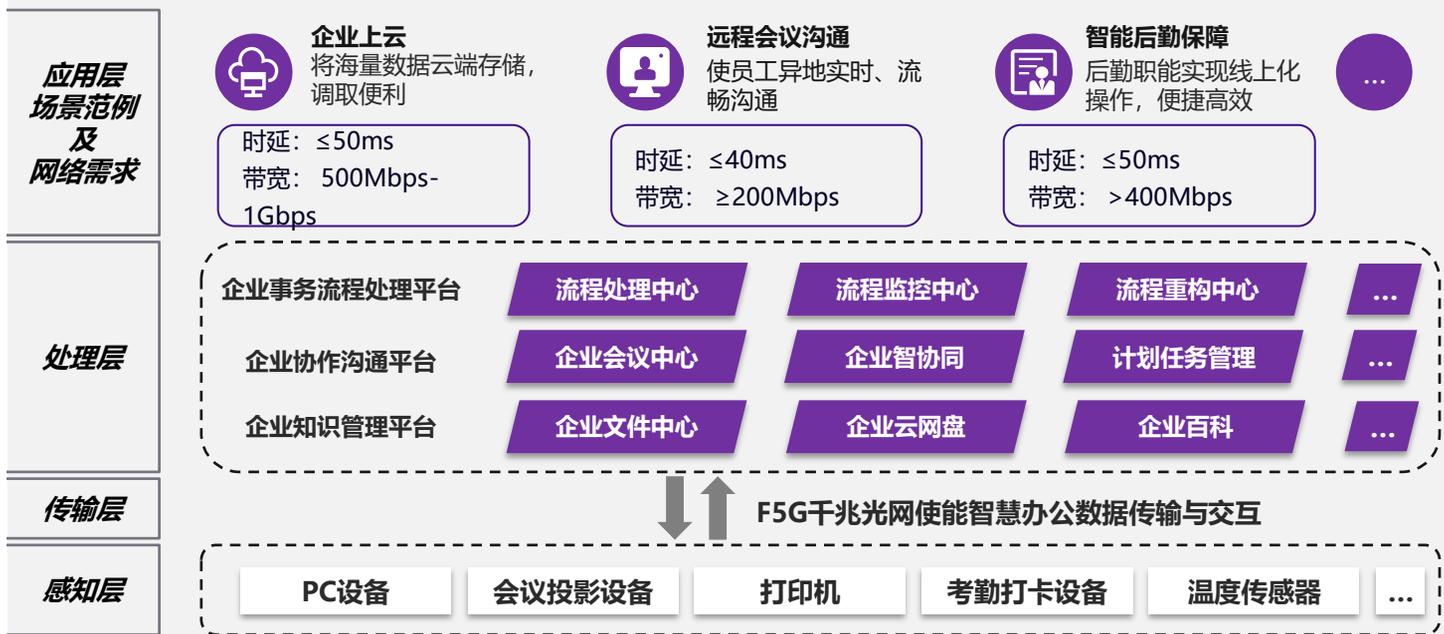
▶ **企业数据难以支撑多方实时调取**。现如今，无论是发展成熟的大型企业，抑或创新型中小企业都在利用云数据库的形式保留公司运营数据，并为管理决策发挥最大价值，企业上云的趋势愈发明显，需求量也随之激增。然而，在众多企业进行智慧化上云的转型过程中，遇到众多传统网络难以解决的问题。数据及时调取与备份对上下行网络带宽有较高要求，传统网络的上行带宽明显窄于下行带宽。除此之外，传统网络时延情况较为严重，在数据传输的高峰期极易出现网络阻塞、数据丢包的情况。与此同时，传统的固网通信网络安全性能不高，当企业进行企业数据的传输与云端储存时将容易发生机密信息缺失泄露的问题。这些问题将极大地降低工作效率。

▶ **远程办公稳定性较差，掉线、音频不同步、图像模糊经常发生**。2020年突如其来的疫情，一场“被迫的”远程办公，让传统办公的缺陷暴露在大众视野里，如企业运营成本高，管理较为被动，员工通勤时间长等等。疫情常态化的当下，远程协作办公与音视频会议已成为各员工工作的必备品。根据中国互联网络信息中心所发布的《第47次中国互联网络发展状况统计报告》所示，截至2020年12月，中国远程办公的用户规模达到3.46亿人。因此，在远程办公进一步渗透至日常人民办公的情景下，企业员工对于网络的稳定性要求也逐步提升。然而，传统的固网通信网络质量差，掉线、抖动、延迟都频繁发生，极大降低办公沟通效率。网络的带宽、时延、稳定性都亟需更新迭代，从而使远程办公更加地通畅、便利，赋能全产业链经济蓬勃发展。

F5G千兆光网在办公领域应用广泛，赋能各应用升级

F5G千兆光网在办公应用广泛，作为支撑企业上云以及远程办公应用的基础技术支撑，F5G新一代光通信技术以其低延时、高稳定性和超高带宽的特性助力串连智慧办公多层次，促使场景落地，比如企业上云、远程协同办公、智能后勤保障等，进而为企业员工带来更为灵活、高效的办公体验。

图18：F5G千兆光网赋能智慧办公网络架构图



资料来源：案头研究，安永分析

F5G千兆光网助力办公逐步突破现阶段的发展瓶颈

针对员工办公目前所面临的数据实时、安全、多方调取和远程办公的稳定性欠佳两大瓶颈，F5G新一代光通信技术的高带宽、低时延以及强稳定等特征可使能企业上云进一步渗透，员工远程办公更加灵活、便捷和高效。

F5G千兆光网提升企业上云率，优化办公效率。云服务的服务体量越来越大，企业自身数据种类也不断增多，对数据中心的安全性、存储量、传输速度、稳定性提出更高要求。F5G千兆光网部署及渗透可以提升固网通信的质量，让海量数据及时存储入云端数据中心，同时也保证信息的安全性，实现数据云端一体化，员工可灵活管理数据，方便随时存取。

- ▶ 数据库是企业重要的资产，一旦出现损毁或是窃取将给企业带来极大损失，但是传统网络传输有较长的时延，这将给企业带来巨大的机密数据泄露缺失风险。不仅如此，企业需针对不同部门、级别、地区的员工设置相应的云数据存取权限，这对网络的安全性以及传输性能提出了更高要求。F5G千兆光网低时延、强稳定性的特征将可使能企业云数据存取更加安全、灵活，让办公更高效。
- ▶ 传统的容灾数据备份需要员工自行将数据进行复制并上传云端，在网络不够高效的时候，将耗费员工较多时间和精力。利用F5G千兆光网的大带宽、低时延的特性，企业可以及时在不同地区多次备份业务运转的数据，即便是在发生灾难的时候也可以及时调取关键的数据，从而保证业务的连续性。因此，通过F5G千兆光网可赋能云上灾备，让数据备份更加经济安全，弹性灵活。

F5G千兆光网使能企业员工异地高效办公与沟通，提升远程办公稳定性。视频会议、协同工作等多样化的远程办公场景对网络配置产生极高的需求。F5G千兆光网为远程办公助力，员工办公将不受时间、天气、疫情、地理位置的限制，保障办公灵活高效，进而为我国经济高质量增长创造更多可能性。

- ▶ 现今的远程会议已不局限于传统的语音及双方视频，多方高清视频会议都已逐渐走入企业，这对固网通信提出更高要求。OTN专线技术和10G PON网络可以为企业提供千兆专线，利用低时延的Wi-Fi 6切片技术，并且加以Wi-Fi 6抗干扰算法将能够满足多方高清视频会议的网络高要求，保障用户的使用稳定性以及沟通质量。
- ▶ 团队协作办公时往往需要针对一个产品/方案进行多方同时在线查阅及操作，也需远程连线进行修改、试验与调校。所以对在线办公平台、以及协同开发软件时延要求较为严格。F5G千兆光网毫秒级时延的特性，可为企业创造一个更为高效、方便协同、数据传输更加安全的跨地域、跨领域、跨终端的办公环境，缓解协同研发、技术交流时数据传输缓慢，时延过长等问题，提升办公效率。

案例：企业上云

2020年某云渲染平台与某家一流云服务器提供商合作，减少总体渲染时间，降低云渲染的出错率，从而优化整体产出效率。

在该云渲染平台进行云服务器优化升级前，采用的是传统的物理机房。然而机器CPU、显卡、内存等物理设备的老化及损耗，亦或者是突发性的断网、断电、宕机都给运用平台的客户带来很多不必要的云渲染错误。不仅如此，一个3D的实景渲染文件的大小接近200GB，用传统的固网通信则需要耗费很长时间才能完成上传。F5G千兆光网技术能够支持上下行平衡的千兆10G PON专线，大大提升该云渲染平台的网络带宽，即便是在有多个用户同时使用该平台时，依然能够保障网络接入的速率以及稳定性。与此同时，利用F5G千兆光网毫秒级时延的特性可将客户的指令及时无误地从终端传输出来，并让服务器根据这些指令及时完成相应的任务。

企业上云亟需F5G千兆光网作为其稳定强大的网络支撑，通过F5G千兆光网技术的赋能，该云渲染平台效率大大优化，减少了员工因传输时间过长、指令错误等问题所带来的问题，进而提升办公效率。

表9：F5G千兆光网赋能企业上云相关数据



资料来源：案头研究，专家访谈

案例：远程视频会议

中国某大型航空公司联合某通信行业领军企业利用F5G千兆光网所赋能的超高清视频会议系统提升沟通效率，改善远程协同工作、远程会议、远程培训等多个应用情景的办公灵活性。

该公司创立至今已在全国多地拥有业务，规模的不断扩大，商业版图的不断延展也对企业外勤人员高效远程沟通提出了更高要求。并且在疫情的影响下，员工也难以聚集在一起沟通讨论。然而，传统的会议系统容易因时延、卡顿等问题导致会议中断。依赖于F5G千兆光网的智慧远程办公会议系统很好地解决了这一难题。F5G千兆光网的10G PON网络将让高清视频传输毫不受阻，保证员工开会时永久在线，同时也大大提升了沟通质量。在该公司召集多个分公司同时进行远程会议时，不仅仅可实现讲话及视频内容清晰、不模糊，更是可以实现互动连续、不间断，让每一个参与会议的同事都能享受极致视音频体验。

利用F5G千兆光网安全稳定可靠的网络传输，可为企业搭建更为可靠的远程办公平台，保障员工远程沟通的流畅高效。

表10：F5G千兆光网赋能远程视频会议相关数据



资料来源：案头研究，专家访谈

展望未来，办公将进入全息高清成像时代，实现线上线下一体化更加完美融合

通过前述案例，我们了解到F5G千兆光网作为办公基础网络支撑，以其大带宽、低时延、强稳定特点，让企业云数据存取更加安全灵活，在发生灾难时及时调取关键数据。另外，远程办公所需要多方联合协作，也可通过F5G千兆光网赋能。

现如今的8K超高清远程会议虽然已经大大改善了传统只能进行语音或者是清晰度差、易卡顿的线上会议模式，但是成像技术还依然停留在2D层面上。因此，远程沟通时难免存在信息交流不畅快、相互之间理解出现偏差等问题。而未来，运用更大带宽的网络则可实现3D全息高清会议，无论员工身在任意场所，都能通过全息成像设备将全身投射至云平台，再将数据从云平台下载至各个实景中。3D全息高清会议能使参加会议的多方，无论是在线上或是线下，都能够通过彼此的肢体语言、微表情等讯息更好地理解与表达。

3D全息影像的应用不仅仅局限于远程会议及沟通上，还能运用在各行各业的方方面面。例如，企业的产品设计人员可利用3D全息技术将产品进行完整扫描，员工只需用手指在空中操作就可以实现产品的设计以及调试。通过高带宽的网络通信将能为员工带来更加逼真的产品形态，从而让员工更加全面、细致地了解产品全貌。

F5G千兆光网网络利用新一代的OTN简化网络传输层次，可达到毫秒级时延，使能未来企业全面利用3D全息高清成像作为日常办公的必备技术，让远程协作、沟通时更加自然。逼真的3D投影成像技术也能够让企业办公效率得到飞速提升。

3.7 撬动经济发展新动能——2016-2020年经济发展价值情况总汇

经济发展指数构建及分析

光通信在经济发展投入与三级指标相关性分析

基于金融、制造、矿山、乡村建设以及办公的数字化水平具体体现，选取以下指标作为经济发展的三级指标。

图19：光通信投入与三级指标相关性分析结果

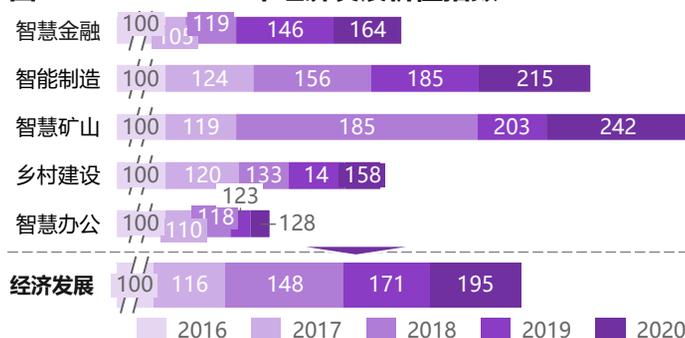


资料来源：安永分析

- ▶ **智慧金融**：股市成交量越大，金融承载海量实时交易的能力就要提高；银行网络交易量越大要增加网络交易在银行业的渗透率；大数据服务在金融行业的应用市场规模越大，则金融应用大数据则越广，而智慧金融发展水平也会越高。
- ▶ **智能制造**：智能制造装备市场规模越大，则自动制造设备使用率会提升；工业互联网产业市场规模增大，互联网赋能制造程度将提高；关键工序数控化率越高，代表着制造的数控化程度提高，而智能制造总体水平会越高。
- ▶ **智慧矿山**：煤矿智能化采掘工作面越多，将提升煤矿智能化应用水平；煤矿安全生产事故率越低，说明煤矿安全生产能力越强，需要提升智慧矿山水平。
- ▶ **乡村建设**：农业物联网设备安装量越大，意味着农业生产联网率越高；农村网络零售额越高，农业电商水平越高，信息化程度越高，说明乡村建设水平越高。
- ▶ **智慧办公**：中国远程办公市场规模越大，则智慧办公渗透率提升；中国视频会议高清化率越高，办公网络传输能力就要提高，则智慧办公水平越高。

经济发展下一、二级指数计算结果

图20：2016-2020年经济发展价值指数



资料来源：安永分析

对三级指数进行平均求得二级指数结果，进而得到一级指数：

- ▶ **智慧金融**指数近五年增长保持稳定。受F5G千兆光网增益，在银行成交、股市成交及金融科技等方面能力显著提升。
- ▶ **智能制造**指数增长速度较快，年复合涨幅达21%。F5G千兆光网对其赋能需有持续性，提升各类型制造产业生产线的联网水平，进而助力整体制造业智慧化水平提升。
- ▶ **智慧矿山**指数增长最为迅速，从2016-2020年年复合增长幅度达25%。矿山的安全化、自动化趋势已到来，F5G专线网络的铺设，将显著加速智慧矿山的时代来临。
- ▶ **乡村建设**指数在近五年保持稳增，年复合增长率达12%，F5G千兆光网的持续赋能将加快乡村数字化和智慧化转型步伐。
- ▶ **智慧办公**指数逐年稳步增长，但数字化水平较低，办公效率的持续提升将离不开未来智慧办公的进一步建设。

经济发展指数整体保持较高增速增长，年复合增长在16%以上。随着F5G千兆光网覆盖率的提升，其大带宽、低时延特性带来的增益效果更加显著，将进一步赋能千行百业的发展水平，尤其在赋能乡村建设上有较大潜力。

光通信投入与价值指数及外部指标相关性分析

图21：5年间光通信投入、经济发展价值指数及各领域外部指标相关性关系



资料来源：安永分析

可知光通信在经济发展中的投入与该领域指数增长相关，并采用线性回归模型得出指数增长与人均GDP提升相关，由此在经济发展中持续投入F5G千兆光网可带动产业降本增效。

不论是金融、制造、采矿、乡村建设还是企业办公，F5G千兆光网凭借大带宽、低延时的独特优势，提升数据使用效率与数据传输质量，为各类智能化应用落地提供数据传输基础，带动更安全、高效、高质量的产业发展，提升整体产值。

F5G千兆光网经济发展价值分析框架

在对经济发展价值中智慧金融、智能制造、智慧矿山、乡村建设以及智慧办公等各维度的F5G千兆光网的赋能场景——明确后，进一步科学地定量评估光通信投入对经济发展价值各级维度的贡献情况，并分析光通信投入对推动经济发展的相关性。

- ▶ 选取各落实产业下的典型三级指标，明确光通信投入与各三级指标的相关关系。
- ▶ 对经济发展三级指标进行指数化，并明确两者在上级维度的关联关系。
- ▶ 最后选取权威的经济发展指标，与经济发展价值指数进行线性回归，明确光通信投入对推动经济发展的对应关系。

图22：F5G千兆光网经济发展价值指数框架结构



资料来源：安永分析

定量分析计算过程示例

1 光通信投入与三级指标相关性分析

明确出经济发展落实产业/议题中的典型指标，分别得出光通信在该产业/议题的近五年投入与典型指标的数值。对典型指标以取对数方式处理，使投入与对数化指标可进行线性回归分析。最终得出近五年光通信投入与对应典型指标的可达系数R²，表征光通信投入与具体产出的关系可解释程度。

2 三级指标指数计算

- ▶ 以2020年股市成交量为例：得到各三级指标对数化的可达系数后，以F5G千兆光网成熟应用元年，即2016年为初始年份，采用百分化方法对对数结果进行指数化处理。

$$\text{2020年股市成交量指数} = \left(\frac{\text{2020年股市成交量}}{\text{2020年股市成交量对数}} \div \frac{\text{初始年份(2016)股市成交量}}{\text{股市成交量对数}} \right) \times \text{归一化系数} \times 100$$

3 二级维度指数计算

- ▶ 以2020年智慧金融为例：对二级维度下的各三级指标的指数进行平均，得出二级维度指数。结果如下所示。

$$\text{2020年智慧金融指数} = \left(\frac{\text{2020年大数据服务在金融行业的应用市场规模指数} + \text{2020年股市成交量指数} + \text{2020年银行网络交易量指数}}{\text{智慧金融三级指标个数}} \right)$$

4 一级指数计算

- ▶ 以2020年经济发展价值指数为例：进一步对各二级维度指数进行加权平均，得出一级指数。

$$\text{2020年经济发展价值指数} = \left(\frac{\text{2020年智慧金融指数} + \text{2020年智能制造指数} + \text{2020年智慧矿山指数} + \text{2020年乡村建设指数} + \text{2020年智慧办公指数}}{\text{经济发展二级维度个数}} \right)$$

5 经济发展价值指数与经济相关关系分析

分别求得各年份经济发展价值指数后，进一步选取权威的经济衡量指数——人均GDP，该指标由国家统计局定期公布。而后对二者进行线性拟合，明确经济发展价值指数与经济发展的相关关系。

注释：1) 金融业企业在POL内网的年投入金额+在光通信专网年投入金额；2) 制造业企业在POL内网的年投入金额+在光通信专网年投入金额；3) 采矿业企业在POL内网的年投入金额+在光通信专网年投入金额；4) 农业企业在POL内网的年投入金额+在光通信专网年投入金额；5) 运营商在F5G千兆光网非专网的企业端年营收。

3.8 赋能千行百业智能化改造，落实全自动运作指日可待

除上述篇章中所覆盖到的经济各行业及领域，未来F5G千兆光网可持续释放其降本增效价值于千行百业。比如在物流业，可使物流各设备实现全自动化无人运转，实现物流业智能化转型。物流是国民经济发展不可或缺的环节，在电子商务等新兴消费模式飞速发展下，社会对物流运转效率提出更高要求。智慧物流主要涉及装卸搬运各设备精准远程操控及立体化仓储空间，F5G千兆光网可为物流领域的各类机械设备提供了大带宽、毫秒级时延的高效信息传输，是现代化物流升级的坚实通信底座。

图23：F5G千兆光网潜在使能物流应用场景范



资料来源：案头研究，安永分析

未来，F5G千兆光网使能自动化设备高效信息传输，减少人力操作失误情况发生，提升物流运转效率

根据交通运输部的统计，我国2019年完成营业性货运量~460亿吨，且该数增长了4.8%。如今，机械化装卸搬运与仓储还需依靠人工操作，作业效率低易出错，尤其在物流高峰期，激增的物流需求将导致工人长时间加班，由此带来的疲惫感则容易造成物流运转的错误发生。

F5G千兆光网赋能自动化装卸搬运与仓储设备的高效运转。未来在物流企业内，F5G千兆光网所赋能的Wi-Fi 6可使自动分拣机、自动引导小车（AGV）、自主移动机器人（AMR）等设备实现完全自主运行，让货物进行快速识别分拣并精准搬运至指定位置，解放生产力同时提升物流运转效率与正确率。在跨区域仓储间的货物装卸搬运时，F5G千兆光网可高效连接不同地区的货运码头，通过对货物特性、出货量、频率、目的地等信息的收集，对企业所需的装卸搬运人力、仓储空间进行预判与规划。加快部署F5G千兆光网可使能物流设备全自动无人化运转，降低配送错误发生，也可优化当前货物装卸搬运资源调配，让千行百业的货物运转实现高质量

案例：自动化码头

山东某港口将F5G千兆光网利用在岸桥起重机内，运用其毫秒级时延以及“0”抖动传输能力，使设备操控人员不必再去现场对设备进行调控。不仅如此，基于F5G千兆光网的工业POL网络可赋能超高清摄像头，作业视频在毫秒级时延内快速地传输至控制中心，提升作业监管效率，降低人工成本。以往装卸效率为24.2自然箱/小时，如今提升至43.8自然箱/小时，所需人力也从60位现场工人降低至9位远程操控员。未来，F5G千兆光网广泛应用，可减轻港口劳力付出，实现远程精准操控并监管各设备的运转。

未来，F5G千兆光网赋能立体仓储空间落实，较小土地面积承接大物流量，提升社会经济运转效率

根据交通运输部的统计，快递量在2020年达到了~830余亿件，近5年的年复合增长率达~32%。随着我国经济贸易迅速繁荣增长，物流的规模也不断上涨。然而，仓储土地空间非常容易受到政策环境、城市规划、土地规划等各类宏观条件的影响，已成为“稀缺资源”。

F5G千兆光网助力实现自动立体化的物流仓储。未来，物流行业将大范围应用自动立体化的仓储设备，以此实现密集型存储，充分利用有限的仓储空间、在货架数量相等的情况下，货架层数更多，使用面积更大，可堆放更多货物。立体化仓储内各设备互联互通需超100Mbps以及低于30ms的网络，F5G千兆光网可对其赋能，让管理人员在密集型的多层仓储内精准掌握各区域的承载情况，从而进行空间调配优化，达到使用更少的空间资源装载更多的货物。全自动化立体仓储的进一步应用可高效整合社会资源，不仅仅可赋能电子商务等直接相关领域发展，更是实现了社会生产、销售等多方面的成本降低与效率提升。

案例：立体化仓储

某知名物流货运企业对传统平面仓储进行改造，将原本4至5层的货架改为至少10层，并运用高效稳定的网络实现了实时精准操控机械臂，高清远程监控分拣机器人作业。基于F5G千兆光网的POL网络可使能立体化仓储内的设备互联互通，助力仓储管理人员远程对密集型的仓储空间进行操作与监控，从而让该企业在土地资源稀缺的条件下通过立体化仓储改造，提升空间利用率。该物流货运企业通过改造仓储，拣选效率由60件/小时增加至100件/小时，仓容利用率提升3倍，拣选精准度也达到99%。



第四章
F5G千兆光网的创新驱动价值——
引领下一轮科技新浪潮

4.1 支撑创新科技的广泛应用，发挥新技术的引领作用

自1978年中国改革开放以来，其经济连续数十年高速增长，为顺应快速发展，我国经济的产业结构数次发生巨变，其中于2015年第三产业体量首次超越第一和第二产业的总和，中国产业结构正式面临改革转型的重要转折点。中国内部产业结构巨变的同时，中国经济和政治的崛起引发了西方社会的忧虑，乃至2017年美国前总统特朗普上台后，数次对与中国之间的贸易及经济关系挑起争端，时至今日，美国在特定高科技产业包括芯片加工、软件授权等，仍对中国采取限制交易的“卡脖子”行为，这更加强了中国发展高科技产业的必要性；再之，去年2020年全球遭遇百年大变，新冠肺炎疫情在世界范围广泛蔓延，成为影响经济及社会的最大不确定因素。种种因素综合影响，中国正面临其经济产业转型的重要时期。

在内部产业结构转变、外部国际贸易和产业限制及新冠肺炎疫情蔓延的多重影响下，2020年适逢国家召开十九届五中全会，“十四五”规划及2035远景目标纲要明确指出，要大力推动数字和实体经济加速深度融合，促进中国经济发展的创新格局。具体体现为，纲要将建设数字经济独立篇章并在主要考查指标中，明确提出其对应指标：数字经济核心产业增加值占GDP比重自2020年的7.8%将于2025年提升至10%，中国将把数字经济产业的转型升级作为未来15年的关键机会窗口，数字经济必将成为中国产业创新的重要核心元件。

纲要还具体圈定未来数字经济的重点创新领域，包括大数据、人工智能等，这些重点创新领域在研究、发展和落实过程中，无一离不开F5G千兆光网的重要支撑。

F5G千兆光网赋能大数据的数据服务和基础支撑，从而加速产业数据应用融合。大数据包括数据服务、基础支撑和融合应用三大产业领域。F5G千兆光网可强化基础支撑运行：在硬件维护上，对数据中心机房环境进行全面、实时的智能监控；在资源管理上，提升云计算资源管理平台底层设备的利用效率。此外，F5G千兆光网也可优化数据服务效率：包括推动数据交易形态的转型。

F5G千兆光网助推人工智能产业技术革新，赋能数据中心内部和区域间的连接算力，保障海量及多样化数据传输，从而实时优化算法更新。当前，全球科技发展和产业变革兴起，以算法、算力、大数据为三大要素，在各要素中，F5G千兆光网可以凭借强大的网络传输能力赋能海量数据的快速传输，从而提高算力，进而推动算法优化。F5G千兆光网将成为人工智能产业大规模发展期的助燃剂，推动其发展的创新转型升级。

F5G千兆光网的应用覆盖千行百业，但对于各行业的影响程度不一，对于公共管理的赋能可谓颠覆性的创新重塑。

在城市管理方面，F5G千兆光网赋能公共安全管理及政府部门间信息共享，助力国家建设实时城市生命线，及助力人民政务网办全流程智能化。目前，智慧城市现存公共安全管理效果不佳和人民政务办理效率低下两大问题。F5G千兆光网以OTN全光网可建设边到云、云到云、边到边的“1ms”时延圈，助力实现全城光联万物，支持跨部门、跨区域政府机构间数据实时互通与深度应用，结合多种新兴技术，促进城市公共安全管理与政务服务提智增效，建设互联开放、立体感知、全域协同、精确判断和持续进化的智慧城市系统。

通过相关性分析发现，光通信的投入与创新驱动呈高度正相关。在大数据、人工智能、智慧城市及数字政务等各维度的F5G千兆光网的赋能场景——明确后，我们进一步科学评估光通信于各领域的投入程度与各行业场景的关键指标进行相关性分析，通过模型我们发现，光通信的投入直接与外部创新驱动指数呈紧密正向关系，证实通过F5G千兆光网赋能可提升国家创新水平。

除此之外，未来F5G千兆光网可持续释放其加速新兴技术融合应用价值于各行业及领域。比如使能AR/VR及云数据于人民生活形式改变，我们以游戏及电竞业作为典型潜力领域之一展开分析。未来F5G千兆光网可赋能优化游戏体验感，推动产业创新模式发展。游戏已成为当今年轻人重要的娱乐方式，人们正在追求着更为沉浸式的感官体验以及更为新颖的玩法。F5G千兆光网可为高清游戏画面传输以及云游戏等创新模式提供坚实的网络通信基础，开拓游戏产业的无限可能。

4.2 奠定大数据坚实基础，加速产业数字化转型

大数据

在全球信息化快速发展的背景下，大数据已然成为当前国际间竞争的关键战略性资源，以及国内数字经济重点产业的基础性累积资源。目前，中国的大数据产业正进入以数据深度挖掘、融合应用为特征的快速发展阶段，但仍面临数据中心运行维护能力不足、大数据服务不完善等痛点。F5G千兆光网作为联结数据的通道，其强大的数据承载性和高效的速率，成为影响大数据成效的关键性因素，助力大数据行业升级。

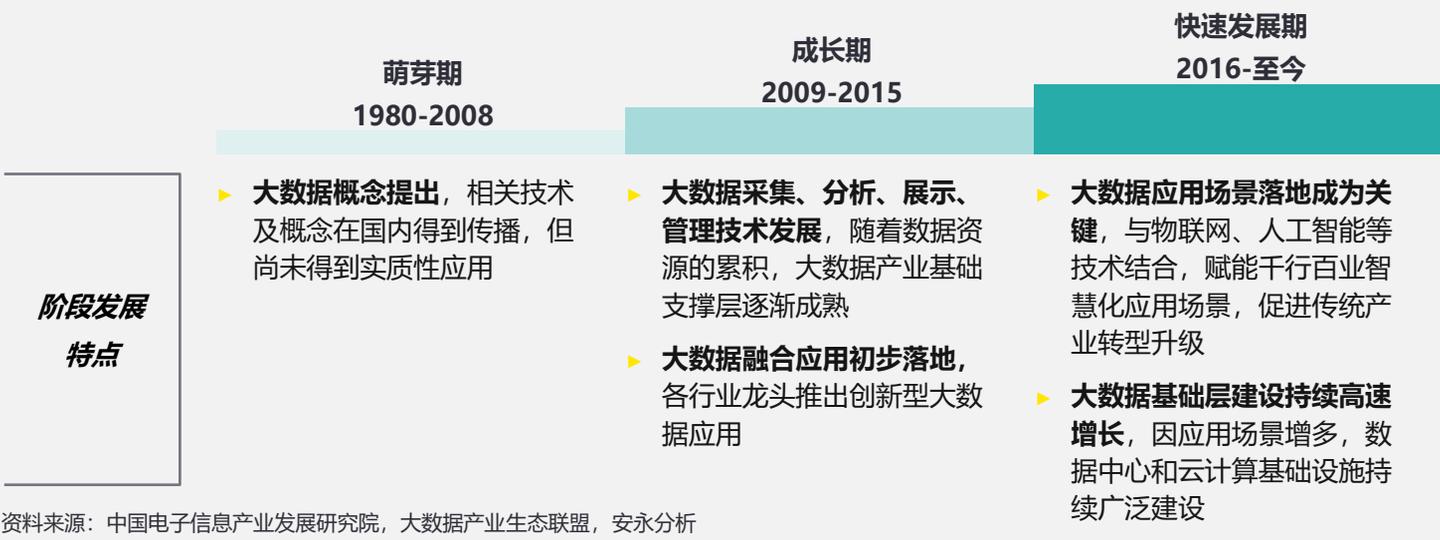
推动数据中心、云服务、数据流通与治理、数据应用、数据安全等统筹协调、一体设计，加快打造一批算力高质量供给、数据高效率流通的大数据发展高地。

——国家发改委

大数据发展历程

纵观大数据产业的发展历程，中国大数据产业基础支撑与数据服务逐渐成熟，具体应用场景逐步扩展，目前正逐渐衍生出政府大数据、互联网大数据、健康医疗大数据、金融大数据等热点场景，助力各个产业领域的“智慧化”落地。

图24：大数据行业发展历程



资料来源：中国电子信息产业发展研究院，大数据产业生态联盟，安永分析

大数据产业发展面临数据资源管理、数据服务细化及数据中心运维的发展瓶颈

如今，我国大数据产业正初步进入以数据深度挖掘、融合应用为特征的智能化阶段。然而，当前发展仍面临瓶颈，包括：

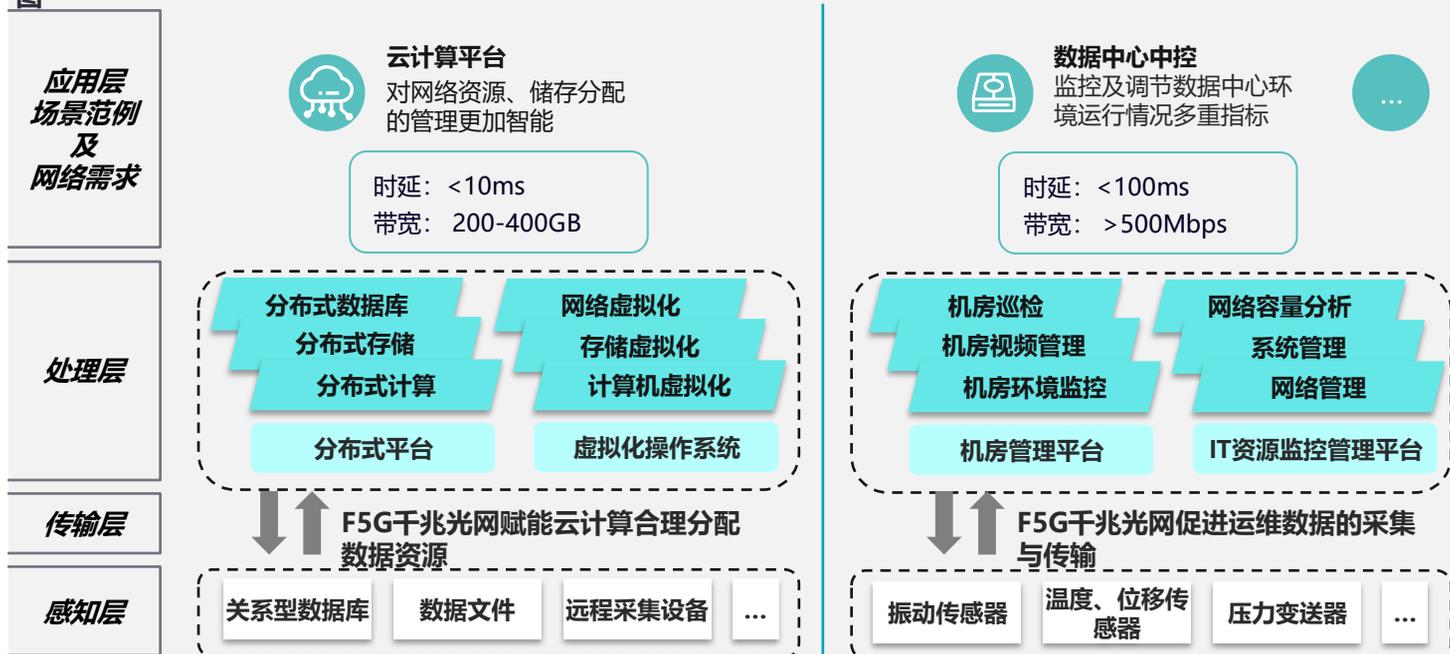
- ▶ **数据资源管理能力需提高，我国数字基础设施和资源分配待优化。**随着数据资源的爆发式增长与多元化，对运算与存储资源的有效分配成为重要需求。
- ▶ **数据服务难以满足日益增长的市场需求，数据“粗加工”待向精细化按需处理转变。**据大数据产业生态联盟分析，数据服务将成为大数据市场的未来增长点之一，其围绕各类应用和市场需求，提供数据交易、数据安全等方面的支持。多样化的需求要求数据服务不仅提供简单的数据处理与分析，还需提供模拟演算、场景预测、数据分层保障等进阶需求，比如在数据交易领域需要更高速安全的网络赋能数据交换，金融领域需要更快速的数据存取赋能交易数据的流转等。

- ▶ **数据中心运行维护模式待创新。**基础支撑是大数据产业基础，其覆盖范围包括网络、存储和计算等硬件设施的运行维护管理。数据中心作为硬件设备等统一整合的平台，其运行和维护的高效对支撑大数据处理与应用至关重要。近年来，数据中心迎来快速增长，据赛迪研究院统计，2016-2019年中国数据中心数量和规模高速增长，期间投资增长率近14%，主要受云端应用和服务增多，数字经济、政府和社会建设加速，产业数字化转型及万物互联等多重因素所驱动，未来数据中心预计仍将保持长期高速增长。高增速随之带来了资源管理困难、隔离性差、运维要求高等问题，如何利用数据对数据中心进行妥善和效率管理，将成F5G千兆光网可助力大数据的要点之一。

F5G千兆光网在大数据行业使用广泛

F5G千兆光网在对大数据产业链中的数据服务、基础支撑进行赋能时，面对云计算的资源分配、数据服务细化、硬件设备环境维护等多领域，其作为光通信的关键技术可赋能大数据产业的智能升级。

图25：F5G千兆光网赋能大数据产业网络架构图



资料来源：案头研究，安永分析

F5G千兆光网助力大数据行业解决发展痛点

针对大数据行业目前存在的数据运算储存资源分配、大数据服务不完善、数据中心运行维护能力不足等痛点，F5G千兆光网可助推智能运维的发展，推动数据服务与应用模式的创新与落地。

F5G千兆光网助力实现资源高效管理分配。 F5G千兆光网依靠其200-400GB/s的高速传输，可支持云计算资源管理中心对数据资源的高效分配及利用。

- ▶ F5G千兆光网赋能云计算资源管理平台，提供大数据计算服务，提升底层硬件利用效率。云计算资源管理平台主要提供以计算和存储为主的云服务资源，巨大的算力和数据交换量要求高速、稳定的网络作为支撑。F5G千兆光网支持平台依据用户需要提供各种云服务，光切片技术保障不同来源数据的物理隔离，从而使云计算资源管理平台更为高效可靠。
- ▶ F5G千兆光网助力在国家层面推动跨区域算力供需精准对接，解决我国东部算力资源紧张与西部算力需求不足并存的难题。

F5G千兆光网支持数据服务新形态的形成，推动数据服务适配需求。 鉴于目前对数据的加工仍停留在“粗加工”阶段，对数据的预处理能力较低，容易造成所收集数据时间的不准确，智能检测异常能力较低。F5G千兆光网支持数据服务的水平提升，促进数据交易等服务模式的按需创新。

- ▶ F5G千兆光网赋能数据交易，推动数据服务形态的转型。F5G千兆光网有望通过高带宽、强稳定的网络，赋能海量数据的清洗、加工、脱敏、建模和可视化分析等数据商品及服务，对其所耗时间的高效运行，保障分布式大数据计算，大幅提升每秒可处理数据数量，开拓数据预处理、数据模型、数据金融衍生品等数据交易新形态。

F5G千兆光网推动大数据基础支撑层运维模式的重塑。 通过赋能数据中心机房智能监测及调控，为数据产业的运维创新提供支持。

- ▶ F5G千兆光网赋能对数据中心机房环境进行全面、实时的智能监控。在机房环境监控方面，数据中心对机房运行环境要求较高，根据IDC所发布的数据中心最佳实践，在环境监控方面，防尘、防磁、防无线电干扰、防腐、温度、湿度、防火、安保等众多指标有着极为精细化的要求，比如防尘需要控制大于等于0.5个微米的灰尘每升不大于18000千克，需要F5G千兆光网提供精确、稳定的网络进行监控与及时报修。在机器监控方面，对于机房内的各个计算机，F5G千兆光网对其温湿度探测装置、振动传感器、烟雾探测器等进行全方位智能检测。F5G千兆光网搭配物联网和人工智能，可联结各类监控系统，统一调度运作，提升数据中心设备安全性。

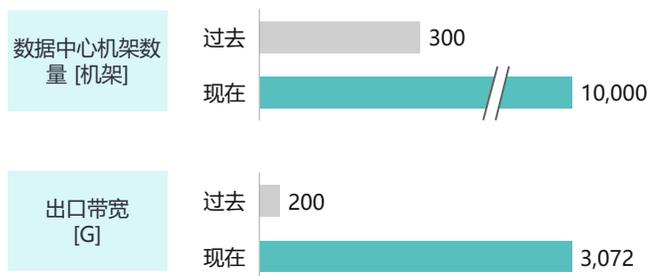
案例：云计算中心

贵州积极打造西部地区云计算中心集群，在F5G千兆光网的赋能下大力承接东部地区算力资源的压力，提高算力资源利用效率，构建全国算力网络体系。

国内三大运营商均将其云计算中心建于贵州，其丰富的电力资源结合F5G千兆光网的助力，以200G/400G传输赋能中心的超大规模高性能计算集群，凭借超大带宽、强稳定的网络传输使其具备完善的数据导入方案与分布式计算模型，快速解决海量数据计算问题，并保障数据安全。F5G千兆光网解决西部存在网络带宽小、跨省数据传输费用高等瓶颈，可使云计算结果通过高速的网络传输至东部，有效承接东部需求，解决东部应用需求大、能耗指标紧张、电力成本高，大规模发展数据中心难度和局限性大等问题。并且，该云计算中心每10万台服务器一年可节约大约1.65亿元。

在F5G千兆光网辅以人工智能技术的支持下，云计算中心对数据、资源的运用效率与准确性得到保障，推动贵州数据之都的建设。

表11：F5G千兆光网赋能云计算中心成效



资料来源：案头研究，专家访谈

案例：数据中心智能运维

河北某数据中心充分运用F5G千兆光网及人工智能技术打造智能化运维，并能根据客户的不同需要提供数据中心的定制化服务。

通过应用OTN全光网可提供至400G的传输以及最高可至1000M上下行带宽的网络，该数据中心实现了对服务器、存储等设备中故障率最高的硬盘、内存进行智能处理，运用F5G千兆光网赋能的人工智能技术可提前预测硬盘、内存的故障趋势和发生时间，实现预测性运维。

此外，F5G千兆光网可对数据中心内的温感装置进行实时采集、快速传输与智能调节，从而保持调节制冷系统运行处于最佳状态。F5G千兆光网作为数据中心智能运维的重要技术底座，助力数据中心运维水平的提高。

表12：OTN全光网赋能数据中心运维成效



资料来源：案头研究，专家访谈

展望未来，大数据将与产业链深度结合应用，推动产业生态重构

通过前述分析，可以看出F5G千兆光网能够对大数据的基础支撑、数据服务等产业领域进行赋能，推动智能运维、资源管理与数据服务的转型升级。目前，F5G千兆光网在大数据产业中已有初步成果，例如区域性云计算中心作为新基建重要组成部分，可为全国提供云计算、大数据和超算资源支持。

展望未来，数据规模将呈几何级数飞速增长，IDC的报告显示，2020年全球数据存储量将达到44ZB，且预计2030年将达到2500ZB。然而，产业多方对大数据的应用在未来还有极大提升空间。据上述报告，多数企业对其所有数据的分析应用率仅为1%。大数据未来发展将在表示、组织、处理和析等方面取得进一步突破以满足高性能、高时效、高吞吐等极致需求。

与此同时，大数据应用的实践将不再止步于描述性、预测性的分析应用，而将朝向决策指导性更高层次分析应用发展。当前决策指导性应用在人机博弈等非关键性领域取得初步效果，但在自动驾驶、政府决策、军事指挥、医疗健康等应用价值更高领域，随着技术的进步，大数据将持续发挥其潜力。

不论是数据量的大幅增加，抑或是对数据应用的需求提高，当中都离不开F5G千兆光网高速数据传输的基础。通过F5G千兆光网的进一步部署，大数据的发展将真正赋能千行百业，打破现存数据壁垒，实现智能化转型并推动完善的数据体系的建成，进而推动产业生态的重构。

4.3 助力算力与应用能力的提升，促进人工智能蓬勃发展

人工智能

当前，全球科技发展和产业变革兴起，以算法、算力、大数据为三大要素的人工智能产业已从初创研发阶段，发展至市场规模化运用的临界点，智能产品在各行各业中频频推出，场景融合应用更加深入。在人工智能三要素中，F5G千兆光网可以凭借强大的网络传输能力赋能海量数据的快速传输，从而提高算力，进而推动算法优化。F5G千兆光网是人工智能产业大规模发展的助燃剂，并可推动产业的创新转型升级。

人工智能是新一轮科技革命和产业变革的重要驱动力量，加快发展新一代人工智能是事关我国能否抓住新一轮科技革命和产业变革机遇的战略问题。

——习近平总书记

人工智能发展历程

纵观人工智能产业的发展历程，当前人工智能开始步入蓬勃发展期，人工智能产业的算法逐步成熟，数据获取更加方便，基于人工智能融合应用的场景也逐渐增多，持续推动产业规模化发展。

图26：人工智能行业发展历程

	理论研究期 1980s-1990s	拓展应用期 1990s-2010s	蓬勃发展期 2010s及以后
阶段发展特点	<ul style="list-style-type: none">▶ 数据获取困难，且算力较弱，在数据与算法尚未实现大量电子化的阶段，纸质信息收集困难，算力方面也无法进行分布式计算▶ 尚未发展应用，技术发展缓慢，未能有成熟的应用推出	<ul style="list-style-type: none">▶ 数据获取更加便捷，深度算法取得突破，各地数据中心/超算中心逐步建立，算法发展更加成熟，算力获得发展▶ 应用领域拓展，互联网技术与人工智能创新研究结合，推动人工智能与现实场景结合，应用领域增加	<ul style="list-style-type: none">▶ 数据来源多样化，算法和算力成熟，通过海量原始数据和算力设施支撑，加速算法模型的成熟▶ 应用广度和深度增加，视觉处理等基础智能任务水平提高，多语种翻译等逐步实现规模化应用

资料来源：中国信通院《人工智能核心技术产业白皮书》，新华网，安永分析

人工智能产业发展面临现有网络无法满足算力及算法需求等发展瓶颈

如今，我国人工智能产业正初步进入注重算力、优化算法、投喂数据的蓬勃发展期，然而当前发展仍面临瓶颈。

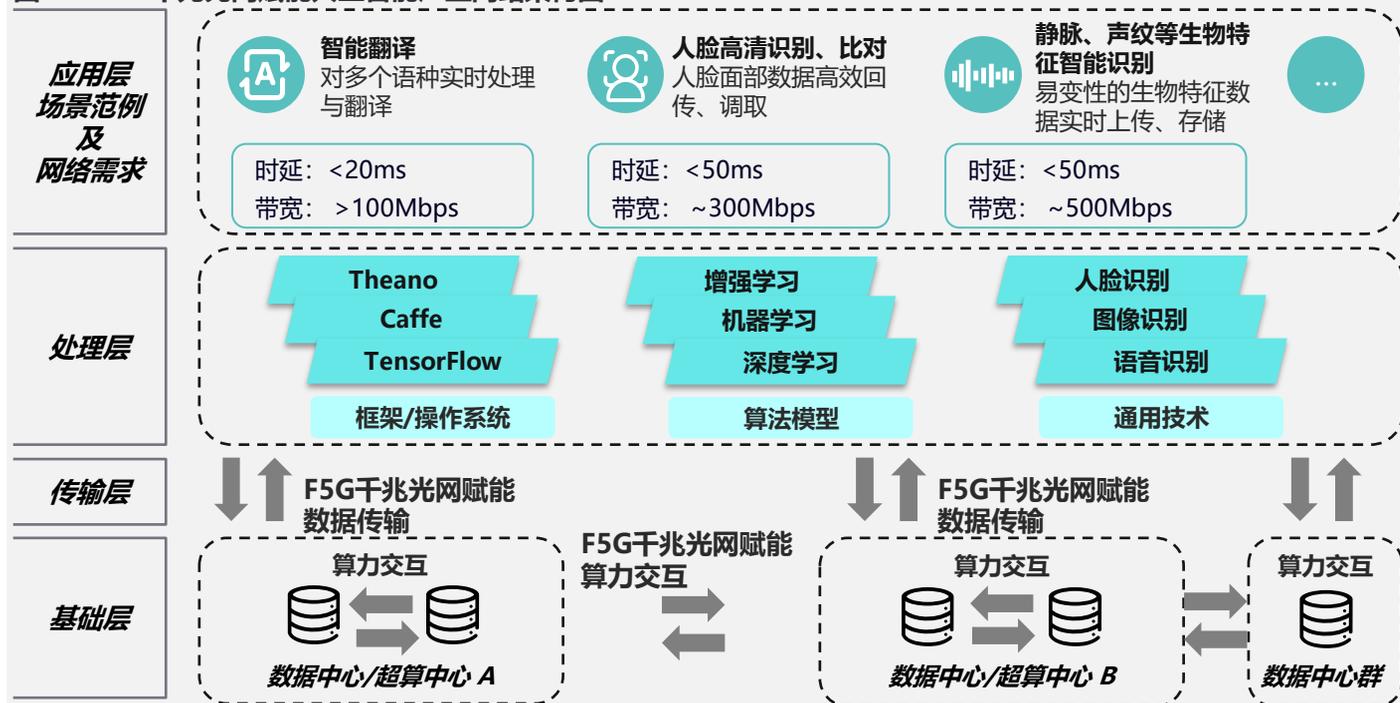
▶ **传统基础设施架构的网络无法支持人工智能产业发展所需的算力需求。**随着人工智能算法突飞猛进的发展，越来越大的模型以及越来越多的训练需要巨量的算力支撑才能快速有效地实施，算力成为未来人工智能应用取得突破的决定性因素。传统的计算力供给形式已经难以满足不断进化的算法模型，需要更强大的网络加强数据中心/超算中心内部及各中心之间的联合计算。据IDC预测，5年后人工智能计算所消耗的算力将占到算力消耗总量的80%以上，深度学习模型将达到每天超过百亿亿次的计算需求。为满足中国人工智能实时算力需求，各地亟待大带宽、低时延的网络支持数据中心/超算中心内部不同服务器之间以及各个数据中心之间的数据传输。

▶ **当前网络无法支撑愈发增多的应用数据传输与深度算法的持续学习优化。**中国在2017年已经成为全球数据量规模最大的国家，且据中国互联网中心预计，随着数据量增长的步伐持续加快，2024年中国新产生的数据量将达到36ZB，占全球总量的25.2%。数据来自于众多原有和新增领域，各细分应用场景的数据增多对持续演变、结构越来越复杂的算法进行优化。为及时获得数据，需要提供更高速、稳定的网络，是人工智能技术研发、训练的关键。由于人工智能所需数据不只局限于库表类的结构化数据，还包括图像、视频、语音、文本等非结构化的数据，需要高速、丢包率低的网络作为其稳定、高质收集与传输的保障。此外，不断升级的算法在各个场景的应用与持续更新迭代也需要稳定、高速的网络作为传输通道。

F5G千兆光网在人工智能行业使用广泛，赋能算力与数据

F5G千兆光网赋能感知层的大量、多种类数据快速收集和高效传输，满足算法对数据量的需求以及算法传输至各个应用端的要求。不仅如此，利用F5G千兆光网建立超算中心内部及之间坚实的网络桥梁，可为人工智能产业技术的革新与应用场景的丰富提供有力支撑。

图27: F5G千兆光网赋能人工智能产业网络架构图



资料来源: 案头研究, 安永分析

F5G千兆光网助力人工智能行业解决发展瓶颈

人工智能现存在网络无法满足算力需求、算法优化亟需数据进行训练、算法应用传输不够高效等瓶颈，F5G千兆光网以低时延、高带宽、强稳定等特点，保障数据传输速度与精准度，由此增强算力，优化算法及应用，推动人工智能发展。

F5G千兆光网的超大带宽、毫秒级时延、强稳定的特性可满足各层级的人工智能发展算力需求。F5G千兆光网以高效连接力赋能数据中心/超算中心内部及之间算力的提升，解决算力限制瓶颈。

- ▶ F5G千兆光网可以使数据中心/超算中心内部各个处理器之间的算力交流更为高速，使得计算能力得到提高。随着对算力的要求愈发增加，人工智能对数据中心/超算中心内部各个处理器的反应速度和计算结果的交流通畅度提出了更高的要求。在运算过程中，不同处理器需进行分工、同时计算并相互传输计算结果，而F5G千兆光网毫秒级时延则大大保障了各处理器间的算力交流，提高运算效率，从而满足人工智能发展对算力的需求。
- ▶ 除了数据中心/超算中心内部的算力需求，各个数据中心/超算中心之间通常需要联合运算以增强算力。各类大型互联网公司通常在不同省会都会建立自己的数据中心分支机构，通过DCI网络（Data Center Inter-connect）使数据中心相互之间交互信息，协同运转。F5G千兆光网能使此类长距离算力交互更加快捷，其零丢包特性更是保障了远距离联合运算的精确度，从而进一步提高了算力。

F5G千兆光网赋能深度学习等算法，让其可利用大量、多样化数据进行训练，并保证了算法的实时更新与应用。F5G千兆光网依靠其零丢包、毫秒级时延的网络传输，满足深度学习对极大数据量的需求以及对最新算法实时更新应用的需要。

- ▶ F5G千兆光网赋能从各类数据库、泛在感知传感器高速调取准确信息，为日趋复杂的深度学习模型提供更多数据支持。F5G千兆光网可支持数量更多、来源更广数据向云数据平台的高效传输，如从不同地点、不同类型的智能传感器收集各类数据或从海量数据库中快速查找、调取数据。F5G千兆光网提供千兆级带宽，以OTN网络广泛连接泛在传感器，保障大量数据的同时输送，提升了数据利用的效率，可以满足深度学习算法模型日益增长的数据学习需求。此外，深度学习需要依仗大量图像、视频、语音、文本等非结构化的数据，这类数据的传输对网络的要求更高，如高清视频至少需要150M以上的带宽。F5G千兆光网提供足够大的网络带宽以支持高清图像、视频、清晰音频等的传输，为深度学习模型的升级提供重要网络支撑。
- ▶ F5G以千兆级带宽将不断进行数据训练所得到的优化算法，根据应用端的切实需要，高效传输至各个场景。利用新一代OSU-OTN等新技术，网络传输速度以及稳定性有更好的保障，各应用终端可在F5G千兆光网的赋能下，实现算法快速更新与迭代。通过千兆光网使能更多的场景接收所需更新算法，从而实现科技创新领域更多应用。

案例：人工智能计算中心

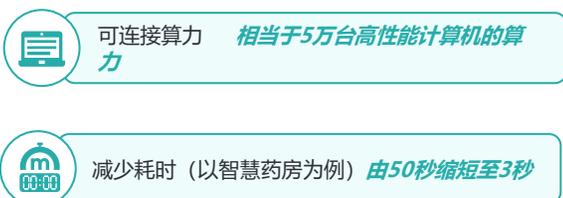
2021年，湖北省某人工智能计算中心投入正式运营，成为国内首家具有公共服务性质的人工智能算力基础设施。

该地区已集聚超500家人工智能企业，相关产业规模超200亿元。庞大的产业产生了极大的算力需求，而产业生态中各方的设施并不能完全满足其人工智能发展所需的算力需求。

该人工智能计算中心每秒可提供十亿亿次浮点计算的算力，解决多数企业算力不足的问题。F5G千兆光网作为超大带宽、高稳定性的传输网络桥梁，提供200G/400G的传输，赋能数据中心/超算中心内部各处理器及各中心相互间的联合运算，为研发人员、科研院、科研公司等产生的大量数据提供有效的算力支撑，同时也使企业可以避免购置大量用于计算的设备，节约了企业的研发生产的成本。

通过F5G千兆光网高速网络作为技术底座，数据中心/超算中心可提供更强有力的算力支撑，助力企业的智慧升级。例如，该地区某医药公司依托人工智能计算中心，对公司的业务数据进行海量、快速计算，并根据其得出的结果优化药房的分拣等能力，建设起新型智慧药房。

表13：F5G千兆光网赋能计算中心成效



资料来源：案头研究，专家访谈

案例：人工智能供电监测

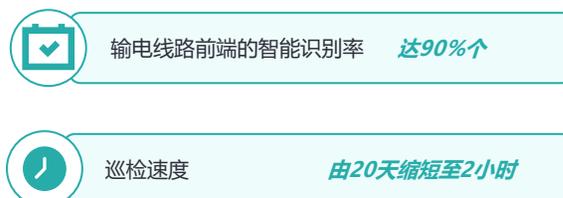
广东省某供电局通过对传统固网通信设备进行光通信升级改造，以实现运用人工智能提升电力电缆的隧道管理效率，并助力该供电局打造全面的智能监测系统，实现科学决策和风险管理。

由于该电网隧道管廊中空间狭小且环境潮湿，存在着电缆有毒气体泄漏、强电磁干扰乃至局部爆炸的潜在风险，电缆维修及其资产管理的难度较高。

因此，该供电所将传统固网升级到工业级PON光网，为智能化监测提供坚实的网络底座。利用F5G千兆光网的防腐蚀光纤、抗高压电磁干扰、大带宽以及长距离传输的特性，有效保障了电缆隧道中监测数据的稳定传输，有效支撑智能摄像头等设备的稳定运作，可实现高压隧道出入口身份识别、人员运动轨迹跟踪、隧道安全实时监测等智能巡检，克服数字时代下电网智能化运营的中长期挑战。

通过F5G千兆光网作为智能化监测系统的通信底座，运维人员可享受人工智能所带来的高效体验，进而有效节省运维成本，提高安全性。

表14：工业级PON光网赋能人工智能供电监测平台成效



资料来源：案头研究，专家访谈

展望未来，更加强大的算力、更为优化的算法将广泛应用，人工智能将迎来发展高潮

在前述应用场景中，F5G千兆光网作为人工智能行业重要技术底座，不仅可以使算力增强，也可通过大量数据的快速收集推动算法优化及其应用。据IDC预计，中国在全球人工智能市场规模的占比将从2020年的12.5%上升到2024年的15.6%。而F5G千兆光网，将助推中国人工智能市场增长。

未来随着人工智能应用的成熟度提升，各领域创新应用场景开始逐步落地：

- ▶ 随着人工智能自然语言处理技术快速发展，预计智能语音语义的应用将进一步扩大。人工智能可在F5G千兆光网的加持下，提供更加符合现实需求的算法模型，使得未来的翻译在语言精准的基础上进一步向感情理解、语言理解的方向发展，覆盖多种语言，推动语义市场的革新。

- ▶ 在量子力学领域，人工智能正逐渐成为其科学研究的基本工具，在预测量子系统的实验或模拟结果方面发挥重要作用。人工智能可以将F5G千兆光网赋能下的强大算力用于计算量子力学的主要方程，以协助科学家们确定重要的物质特性并预测实验结果。相比以常规方式建立这些方程式需要相当长的计算时间，F5G千兆光网可以通过低时延的网络赋能人工智能快速提供精确的预测。

人工智能产业初现峥嵘，未来随着F5G千兆光网的进一步部署，将使算力不断增强，算法持续优化，推动人工智能向场景化综合生态发展。随着网络技术的更新迭代，人工智能将进一步与物联网、机器人技术结合，建立起一个不断运用科技创新来实现发展的世界。

4.4 推动智慧城市与数字政务建设，促进城市运行管理提智增效

智慧城市与数字政务

智慧城市的建设是推动城市治理体系和治理能力现代化的必由之路。F5G千兆光网可使能边到云、云到云、边到边的“1ms”时延圈，助力实现全城光联万物，支持跨部门、跨区域政府机构间数据实时互通与深度应用，并结合新兴技术，促进城市公共安全管理与政务服务提智增效，建设互联开放、立体感知、全域协同、精确判断和持续进化的智慧城市系统。

要提高城市治理水平，推动治理手段、治理模式、治理理念创新，加快建设智慧城市，率先构建经济治理、社会治理、城市治理统筹推进和有机衔接的治理体系。

——习近平总书记

智慧城市发展历程

回顾智慧城市发展历程，智慧城市始于概念提出、实际应用还未落地的技术驱动阶段，走过前沿科技进一步成熟且与城市场景局部融合的业务驱动阶段，目前正处于完善智慧城市系统建设，实现城市全场景智慧化的场景驱动阶段。

图28：智慧城市发展历程



资料来源：国家信息中心《全光智慧城市白皮书》，安永分析

网络通信能力的限制和部门间的信息孤岛，致使管理效果不佳和人民政务办理效率低下

如今，我国智慧城市发展正初步进入城市场景全面智慧化的场景驱动阶段，然而当前发展仍面临瓶颈。

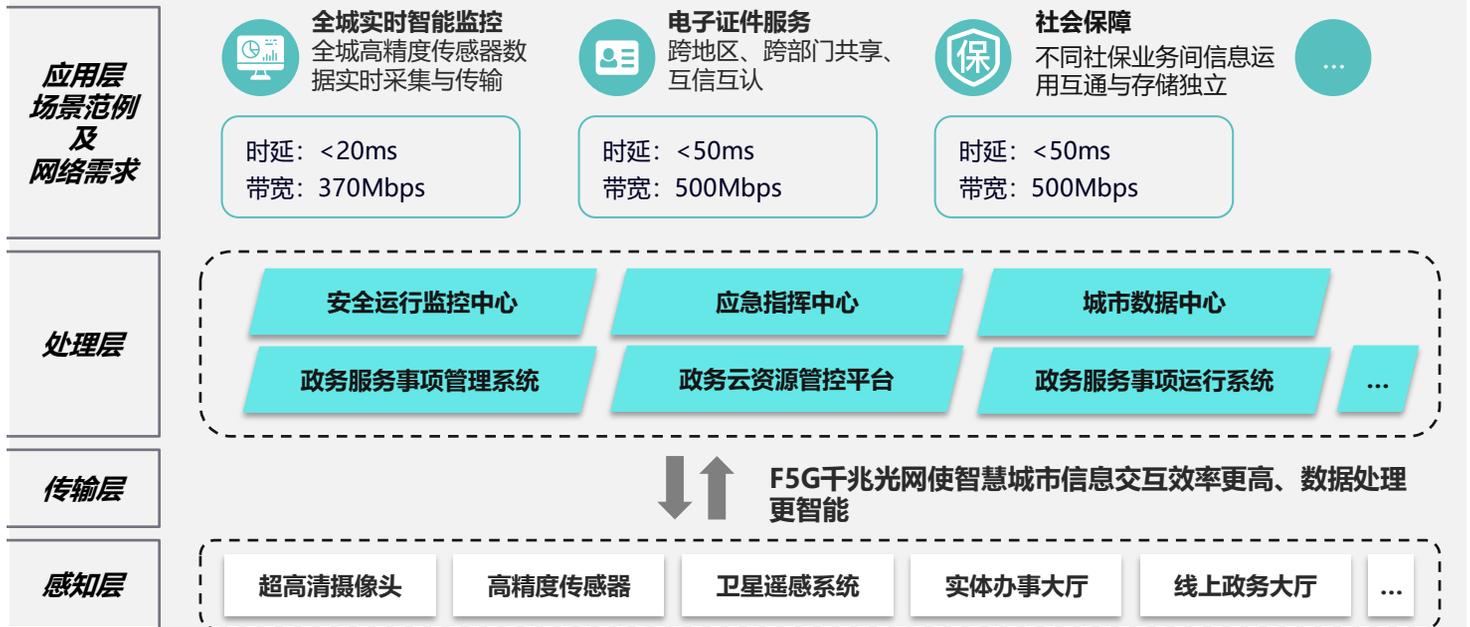
- ▶ **当前城市宽带使用速率较低导致公共安全管理效果不佳。**当前我国城市宽带标准接入速率和实际使用速率差距较大，根据工信部发布数据，截止2020年6月，城市固定宽带接入能力普遍超过100Mbps，而宽带发展联盟数据显示同期我国固定宽带平均下载速率仅为43.39Mbps。现有城市网络带宽限制城市公共安全管理能力，导致气象、消防、公安、交通、急救、建设各管理部门信息传递和联动困难。针对自然灾害和人为事故的各方位监测数据无法实时交互，造成事前难以高效甄别安全隐患并跟进事态发展；事中各部门应急管理反应迟钝、联动机制不畅而事倍功半，且因对影响范围和危害程度估计不足而降低应急措施效力；事后城市各部门缺乏充足完整的监测数据为灾后重建提供科学指导，难以进行全局性建设和预防规划。整体公共安全管理效果不佳，无法有效保障城市安全运行。

- ▶ **跨部门、跨地区政府机构间信息连通性较差，人民办事流程繁琐复杂，效率低下。**传统电子政务网络架构下，每个业务部门都有专网和线路。相关调研显示，一个中等规模城市政府网络架构下，存在着70多张政府专网。冗杂的专网建设带来重复投资和资源浪费，且变相加剧政府各机构之间信息互联互通的难度，进而造成政府部门间出现业务鸿沟，政务办理在公共资源运作、公共服务供给等各个方面碎片化，群众办事需要在不同政府机构、不同城市之间多次往返，费时费力。此外，目前政务可网办率和实办率仍存在一定差距，能够在政务服务平台上直接、全程办理的业务占比较低。原因在于部分项目线上可办流程仅限于所需材料的填写及上传下载，后续流程仍需线下办理，不少业务仍仰赖窗口面谈或电话应对答复，没有完全实现业务与新兴技术的高度融合，全流程政务服务平台的建设和普及率还未达到理想水平。

F5G千兆光网在智慧城市应用广泛，赋予人民全新办事体验

F5G千兆光网能够赋能智慧城市的诸多领域，以泛在全光连接、无损宽带、超低时延等特性可串连多层级网络架构元件，促进城市公共安全管理与政务服务精细化与智能化提升。

图29：F5G千兆光网赋能智慧城市网络架构图



资料来源：案头研究，安永分析

F5G千兆光网助力智慧城市解决现存问题

针对城市公共安全管理效果不佳和政务办理效率低下的问题，F5G千兆光网以全光接入、全光锚点、全光交换和全光自动驾驶技术，建立“1ms”时延圈，连通全城终端与数据中心，实现海量数据高速无损交互，并融合新兴技术促进城市建设的飞跃。

F5G千兆光网赋能公共安全管理，结合创新抓手，建设实时动态监测、智能分析提早预警、联动响应的城市生命线。

F5G千兆光网助力政府部门实现全城“一网统管”，实现安全隐患提前预警、应急全局把控，提供精细化公共安全管理。

- ▶ F5G千兆光网赋能城市安全运行监控中心，助力建立对致灾因子的动态时空监测和综合风险预判。以OTN网络广泛连接全城空间内各类高精度传感器，实时传输监测数据并进行全方位可视化呈现，支持监控中心超高清大屏幕实现显示画面点间距微缩化，画面流畅无撕裂，真正做到“一屏观天下”。F5G千兆光网还可连通各部门历史数据，助力智能系统对异常情况进行三维仿真模拟，综合评估未来事态演化，对城市内涝、火灾、地震等自然灾害及燃气爆炸、建筑坍塌、人员踩踏等安全事故建设全方位时空监测网，做到防患于未然，提早预警及时响应。
- ▶ F5G千兆光网赋能应急指挥中心，助力各部门建立联动响应机制，实现应急措施提质增效。F5G千兆光网可实现网络速率99.999%高可用率，实时稳定连通城市各政府部门建立协同联动应急机制，实现各部门远程互通、同步指挥调度，充分对市、区、街道各级人员和物资进行合理调配，推动抢险救灾从“尽力而为”到“确定性规划”转变。

F5G千兆光网结合大数据、人工智能等技术的应用赋能政府部门间信息共享，助力人民政务网办全流程智能化。F5G千兆光网可帮助打通政府信息壁垒，为跨部门、跨区域高速数据共享提供坚实的网络底座，助力公务人员高效办公，进而实现人民政务“一网通办”。

- ▶ F5G千兆光网赋能大数据技术，实现政府信息跨部门、跨区域共享。通过骨干带宽最高可达88T的OTN全光网，F5G千兆光网以光纤入户和毫秒级时延支持跨部门、跨区域的海量政府数据高速共享和实时更新，形成包括法人、电子证件、社会信用等统一基础信息和业务信息库。对于公民个人在不同地域和部门内填写的信息，F5G千兆光网可实现高效数据调取、汇总和清洗，帮助公务人员实现一键查询获取全方位信息，人民群众无需在各地政府间辗转办事，进而推动政府信息管理和政务处理模式的创新性集约化变革。
- ▶ F5G千兆光网赋能人工智能，助力人民政务全流程高效网上办理。F5G千兆光网的低时延特性赋能政务管理系统信息的高效上行下载，助力AI实时引导人民网上办理政务。在百姓办事前，AI可以承担部分网办工作，例如百姓对办理流程的咨询，通过梳理复杂繁琐的政务办理流程，让百姓对网办流程有一个清晰的了解；办事过程中，引导百姓进行材料提交、资料审核、线下必要事务办理等业务；办理结束后，AI可以进行服务回访、补充材料提醒等后续工作。F5G千兆光网赋能人工智能，推动政务全流程上网，实现百姓办理一项政务“最多跑一次”和各项政务“一网通办”，促进政务服务流程高度信息化和智能化。

案例：智慧地震预警

2019年6月，国内某研究所联合该地区各级应急管理部门，运用其自主研发的大陆地震预警网，结合OTN专线光通信，对某6.0级地震成功进行提前预警，并联动各级部门采取相应措施，极大降低人员伤亡人数，为市民生命安全提供强有力的保障。

该地震预警系统可实时分析地震波传播情况，并通过OTN专线的超低时延光通信传播地震实时信息，使得相关部门提前61秒收到地震预警。通过将研究所与市县各级应急管理部门的数据进行实时共享，建立联动应急机制，并通过F5G千兆光网广泛连接全市社区和家庭，实时由社区“大喇叭”广播和电视公告等多种渠道向社区发布倒计时预警信息，在与地震险情赛跑的危急关头为人民多争取极为宝贵的一分钟，有效帮助人们紧急避险，从而大量减少人员伤亡数量，可减少约63%。

F5G千兆光网以及新一代OTN专线作为连接地震监测数据与研究中心、各级政府与全市人民的通信基础，利用更高速的光传输，在千钧一发的重大险情前以其毫秒级时延特性最大程度为政府和人民争取响应时间，成为保障市民生命安全的坚实基础。

表15：OTN专线赋能地震预警成效

地震预警参数	过去	现在
地震预警提前时间	约10秒	61秒
政府各部门应急管理机制	部门间互不连通	全市联动响应

资料来源：案头研究，专家访谈

案例：智慧政务

为了全面提升城市治理，天津市政务深入开展智慧政务数字化改革，推行多项利企便民服务，提升政府政务服务质量与效率。

改革后，天津政府打通不同部门间数据，进而实现了城市精细化治理以及政务事项的高效处理。其中，F5G千兆光网的大带宽特性可赋能大数据技术，用于集中数据，整合各种专网，打通不同部门的数据库，以此大幅提高业务办理速率，同时摒弃原本繁琐的环节事项，大幅简化各类政务办理流程。另外，通过光切片的OTN全光承载网，各类文件流转以及沟通效率得以提升，从而实现政府各部门之间办公效率的进一步优化。

F5G千兆光网作为跨部门连通政府机构专网和数据库的纽带，通过采用新一代OTN技术并利用其高稳定性、低时延、超高带宽的显著优越性助力政府部门提升办公速率，简化办事流程，极大提升政务信息化程度。

表16：OTN专线赋能智慧政务成效



资料来源：案头研究，专家访谈

展望未来，智慧城市推动城市运行与管理模式持续创新优化

由前述论证与案例中可知，F5G千兆光网是全域终端与数据中心互联、与政府部门信息实时互通的基础支撑，也是公共安全管理与政务服务升级的重要推动力。F5G千兆光网将推动人工智能、大数据等先进技术进一步与城市场景全面深度融合，推动城市运行与管理模式持续优化创新。

未来，政务服务方面将涌现出更多创新性应用，F5G千兆光网将支持更大的算力，提升政府利用海量数据进行决策分析的能力。政府机构可运用更丰富的数据类型和更复杂的算法为不同政务场景下的决策提供科学支撑，推演预测现行政策的影响，进而促进政策精准调整。另外，F5G千兆光网的网络特性使其可以赋能更为复杂精细的人工智能算法，支持AI在未来政务网办全流程中扮演更加重要的角色。

未来，F5G千兆光网更将为智慧城市，成为新兴技术与城市场景深度融合的坚实基础。F5G千兆光网将与物联网技术深度融合，加强物联感知操控能力，全面建立智慧城市感知层；与AR/VR技术结合，升级城市可视化呈现能力，利用感知层数据建立逼真数字化空间；与复杂算法结合，强化空间分析计算能力，在数字化空间中复现全域范围内万物三维空间的精确关系。最终智慧城市将建设虚拟数字孪生城市，以虚拟城市的仿真推演指导现实城市的运行与管理，实现虚实互动，加强城市风险自动发现、城市运行规律主动洞察、智能决策规划、预案优化执行、资源高效配置等能力，实现城市运行管理的飞跃。

4.5 撬动创新驱动新动能——2016-2020年创新驱动价值情况总汇

创新驱动指数构建及分析

光通信在创新驱动投入与三级指标相关性分析

基于大数据、人工智能、智慧城市与数字政务的数字化水平具体体现，选取以下指标作为经济发展的三级指标。

图30：光通信投入与三级指标相关性分析结果



资料来源：安永分析

- ▶ 大数据：数据中心机架越多，意味着大数据业务量将增大；数据中心总占地规模越大，则大数据服务需求越多；数据中心业务市场规模越大，说明大数据应用服务范围更广，因此大数据产业发展水平将提高。
- ▶ 人工智能：人工智能软件及应用市场规模越大，则人工智能广泛应用程度会提升；人工智能服务器市场规模越高，代表着人工智能应用越广泛，人工智能总体水平则提高。
- ▶ 智慧城市与数字政务：中国地方政府数据开放平台数量越多，网办政务越便捷；中国在线政务服务用户规模越大，则服务渗透率提升；中国智慧城市累计试点数量越多，智慧城市建设探索将更加深入，则智慧城市建设水平相应提升。

创新驱动下一、二级指数计算结果

图31：2016-2020年创新驱动的价值指数



资料来源：安永分析

对三级指数进行平均求得二级指数结果，进而得到一级指数：

- ▶ 大数据指数近五年持续走高，受F5G千兆光网增益，大数据在资源管理分配、数据服务新形态、基础支撑运维三个方面的能力显著提升。
- ▶ 人工智能指数增速位于创新驱动第二。F5G千兆光网满足人工智能发展的算力需求，并带动领域内算法的更新应用，助力人工智能领域整体水平提升。
- ▶ 智慧城市与数字政务指数增速最为明显，F5G千兆光网持续赋能智慧城市公共安全管理 and 政府部门间信息打通，促进城市与政务管理提智增效。

创新驱动指数整体保持较高增长，年均复合增长超过16%。未来随着F5G千兆光网普及率的进一步增大，其对于我国科技创新的助力作用将更加明显，有力助推大数据、人工智能、智慧城市等创新举措，推动我国向科技创新强国迈进。

光通信投入与价值指数及外部指标相关性分析

图32：5年间光通信投入、创新驱动价值指数及各领域外部指标相关性关系



资料来源：安永分析

可知光通信在创新驱动中的投入与该领域指数增长相关，并采用线性回归模型得出指数增长与创新驱动指数提升相关，由此在创新驱动中持续投入光通信有助于释放社会创新能力。

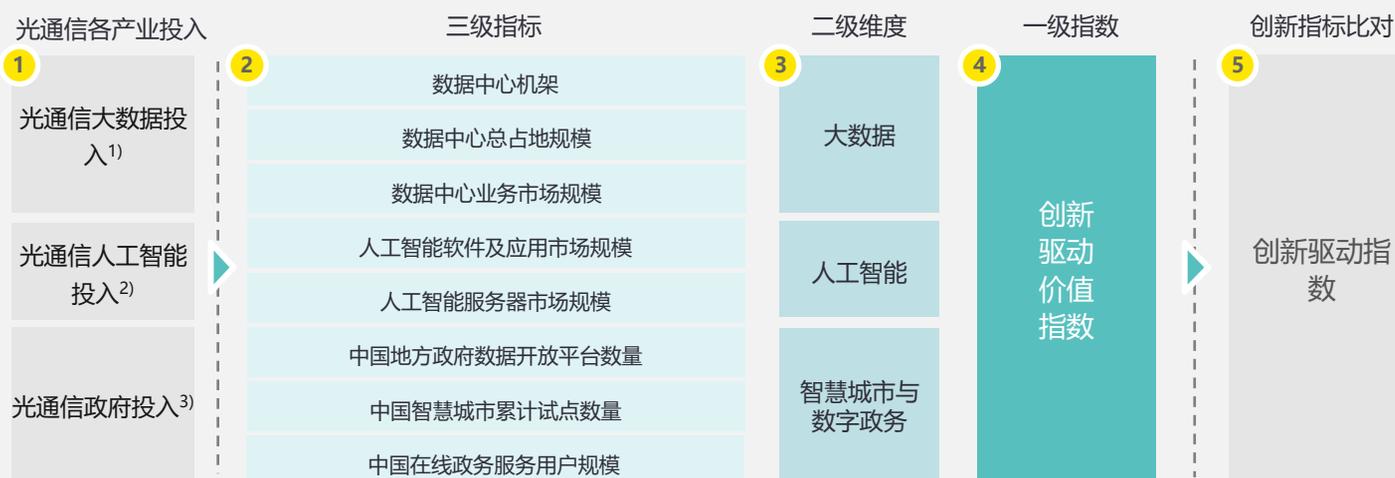
当今前沿科技创新的应用企业离不开大数据、人工智能等技术，F5G千兆光网为这些技术提供高效的通信网络，同时为智慧城市创新提供更好的土壤与养分。创新从来不是一蹴而就的，科技创新需要前沿技术的落地与应用，并通过信息的反馈，进行迭代与升级。不论是当前前沿数字技术的落地应用，还是各种技术的完善与提升，均需要大量的数据传输，而F5G千兆光网作为最前沿的光通信应用技术，为科技创新提供高效的数据传输通道，有效提升社会总体创新水平。

F5G千兆光网创新驱动价值分析框架

在对创新驱动价值中大数据、人工智能、智慧城市与数字政务等各维度的F5G千兆光网的赋能场景——明确后，进一步科学地定量评估光通信投入对创新驱动价值各级维度的贡献情况，并分析光通信投入对推动创新驱动的相关性。

- ▶ 选取各落实产业下的典型三级指标，明确光通信投入与各三级指标的相关关系。
- ▶ 对创新驱动三级指标进行指数化，并明确两者在上级维度的关联关系。
- ▶ 最后选取权威的创新驱动指标，与创新驱动价值指数进行线性回归，明确光通信投入对推动创新驱动的对应关系。

图33: F5G千兆光网创新驱动价值指数框架结构



资料来源：安永分析

定量分析计算过程示例

1 光通信投入与三级指标相关性分析

明确出创新驱动落实产业/议题中的典型指标，并分别得出光通信在该产业/议题的近五年投入与典型指标的数值。对典型指标以取对数方式处理，使投入与对数化指标可进行线性回归分析。最终得出近五年光通信投入与对应典型指标的可决系数 R^2 ，表征光通信投入与具体产出的关系可解释程度。

2 三级指标指数计算

- ▶ 以2020年数据中心机架为例：得到各三级指标对数化的可决系数后，以F5G千兆光网成熟应用元年，即2016年为初始年份，采用百分化方法对对数结果指数化处理。

$$\text{2020年数据中心机架指数} = \left(\frac{\text{2020年数据中心机架对数值}}{\text{初始年份(2016)数据中心机架对数值}} \times \text{数据中心机架可决系数} - \text{归一化系数} \right) \times 100$$

3 二级维度指数计算

- ▶ 以2020年大数据为例：对二级维度下的各三级指标的指数进行平均，得出二级维度指数。

$$\text{2020年大数据指数} = \left(\frac{\text{2020年数据中心机架指数} + \text{2020年数据中心规模指数} + \text{2020年数据中心市场规模指数}}{\text{大数据三级指标个数}} \right) \div \text{创新驱动二级维度个数}$$

4 一级指数计算

- ▶ 以2020年创新驱动价值指数为例：进一步对各二级维度指数进行加权平均，得出一级指数。

$$\text{2020年创新驱动价值指数} = \frac{\text{2020年大数据指数} + \text{2020年人工智能指数} + \text{2020年智慧城市和数字政务指数}}{\text{创新驱动二级维度个数}}$$

5 创新驱动价值指数与创新驱动的相关关系分析

求得各年份创新驱动价值指数后，选取权威的创新衡量指数——创新驱动指数，该指数由国家统计局发布，包括等科技企业成长性、总体研发产出比等维度，直观地体现国家创新水平。通过对二者线性拟合，明确创新驱动指数与创新驱动的相关关系。

注释：1) 大数据类数据中心的DCI年投入金额；2) 人工智能类数据中心的DCI年投入金额；3) 政务端在POL内网的年投入金额+在光通信专网年投入金额。

4.6 丰富创新应用场景，新兴产业革新即将到来

除上述篇章中所覆盖到的创新中各行业及领域，未来F5G千兆光网可赋能AR/VR及云数据于人民生活形式改变，比如在文化娱乐方面，落实于游戏产业，优化游戏体验感，推动产业创新模式发展。游戏已成为当今年轻人重要的娱乐方式，人们正在追求着更为沉浸式的感官体验以及更为新颖的玩法。这种颠覆传统的游戏将离不开产业的智能化升级，其中包括了电竞畅快体验以及多元丰富的游戏模式。F5G千兆光网可为高清游戏画面传输以及云游戏等创新模式提供坚实的网络通信基础，开拓游戏产业的无限可能。

图34：F5G千兆光网潜在使能游戏应用场景范



资料来源：案头研究，安永分析

未来，F5G千兆光网使能画面特效稳定传输，优化游戏玩家体验，促进相关产业创新发展

根据研究机构Niko Partner发布，2023年中国PC玩家规模将达到3.54亿人，80%的玩家认为游戏体验是他们最为关注之一。然而，目前的网络让游戏常常存在卡顿、人物倒退甚至掉线的情况发生，严重影响用户游戏体验。

F5G千兆光网提升游戏画面特效实时稳定传输。未来，F5G千兆光网凭借超低时延增加游戏体验的实时性，助推游戏高质量升级。时延以及带宽将大大影响玩家操作及观赛体验感，顺畅的游戏过程以及逼真的画面细节将让玩家收获更多乐趣，而这些都离不开F5G千兆光网的赋能。例如，AR/VR游戏要求网络时延控制在10ms以内，带宽达到130Mbps，游戏赛事高清直播也需网络时延在20ms以内，带宽在100Mbps以上。未来，将F5G千兆光网大力部署于游戏产业，利用其毫秒级时延以及高带宽等特性将大幅避免游戏突发性卡顿、人物倒退甚至掉线重连等问题，从而提升玩家体验，有力地推动游戏行业发展出更为创新、更加逼真的高质量游戏。

案例：VR游戏电竞

2021年年初，全球计算机领域巨头，中国领先移动运营商和某文化科技公司联合举办了“VR电子竞技全国挑战赛”，充分利用F5G千兆光网所赋能的Wi-Fi 6技术，使VR电竞选手实现异地对战，并为观众提供高清赛事转播。运用了F5G千兆光网后，时延由20ms降低至10ms，带宽从130Mbps提升至540Mbps，丢包率也降低至 10^{-7} 。F5G千兆光网对传统固网的升级，让VR选手即便相距十几公里也可实现畅通无阻的电竞体验，同时也为观众带来全自动观赛视角的及时切换，助力VR游戏产业进一步创新发展。

未来，F5G千兆光网赋能个性化游戏的数据稳定传输，使游戏产业全面革新升级

2020年，中国游戏用户对行业痛点调研中发现，49.6%的游戏用户认为同质化问题是最严重的痛点之一。目前，游戏创新不足，人物设置和剧情发展单一，使广大玩家渐渐形成审美疲劳，亟需出现开创性的游戏模式为产业注入新活力。

F5G千兆光网推动游戏产业创新，探索游戏前沿模式。F5G千兆光网赋能游戏个性化定制，开拓游戏的无限可能。未来个性化的游戏允许用户按自己喜好设置游戏参数，如对人物外貌进行创造、设计开放性的故事结局，将游戏地图设计成自己喜欢的场景等。未来也可利用人工智能技术，让玩家享受到更为灵活、逼真的NPC互动。这些高创造性、强交互性、高自由度的操作需将网络时延控制在20ms内，带宽达到100Mbps以上。F5G达10G PON的网络则可助力云端对游戏进行高效及时地运算和画面渲染，让用户随机操作生成游戏内容的新颖形式成为可能，保障了数据的及时上传，赋能人工智能技术在云端对用户行为进行学习、计算，助推了游戏开放性和用户体验的创新升级，让整体游戏行业实现革新。

案例：云游戏

中国通信技术巨头与中国某游戏大厂进行F5G千兆光网云游戏深度合作，共同探索云游戏的开发逻辑和技术形态，推动云游戏创新发展。由于云游戏的运算、存储和画面渲染等环节都完全在云端进行，因此对时延及带宽有高要求。基于OTN网络承载的云游戏业务可将时延由100ms降低至40ms，大幅提升了网络的稳定性与可靠性。为云游戏业务开辟了一条网络专用通道后大大保证了个性化云游戏的体验。通过F5G千兆光网的新一代OTN技术的高效赋能，该公司目前已开发出多款具有强交互性以及高自由度的创新云游戏，获得大量玩家好评。

第五章

F5G千兆光网的民生福祉价值——

促进民生与文化的发展



5.1 提升美好生活体验，增进人民群众生活幸福感

国民幸福指数能够较为客观地反映社会中人民的生活质量以及幸福感程度，其最先由不丹国王提出，之后不断迭代演进，从多个维度拆分社会幸福感。

改革开放以来，我国经济得到了飞速发展，国民物质条件和经济基础也越来越雄厚。现如今，提升民生福祉，让人民生活更为幸福对我国持续发展愈发重要。习近平总书记提出“让人民生活幸福是‘国之大者’”，政府政策中也多次对人民幸福提出战略目标。比如在“十四五”规划纲要草案中针对民生福祉类共设有7个指标，其中包括工作收入、失业率、教育、医疗、养老、育幼以及预期寿命。

综合考虑权威机构针对人民幸福指数的测算以及国家政策发展目标，我们将人民幸福拆分为安居智行、医养、办公、教育以及家庭生活，这极大程度上覆盖了人民生活的全方面。

F5G千兆光网赋能安防系统数据互联以及道路实时控制和道路模拟，保障人民人身财产安全，出行顺畅便利。当前，我国安防和交通出行领域正在由信息化向智能化阶段转变，并且面临了安防系统互联互通局限和人民出行体验不佳两方面的瓶颈。工业POL网络的高带宽、低时延等特性，使能人工智能、大数据等前沿科技进一步应用于人民居住和出行领域，让家庭、社区、乃至国家都实现警务数据高效传输，城市道路与高速监控实时调取与分析，提升人民幸福感。

F5G千兆光网赋能医疗全面信息化、医养设备智能化以及远程医疗，从而提升患者就医体验、诊断效率，还可平衡城乡医疗资源。医疗行业经历PC互联网阶段、移动互联网阶段，如今面临三大瓶颈，包括医疗数据平台信息化不足、设备智能化有待提高以及医疗资源紧张。基于F5G千兆光网的POL光网利用其大带宽、低时延以及强稳定性的三大特征，可使能各类智能信息平台，智能医疗医护设备以及远程设备，辅助医生更好地进行诊疗和决策，使优质医疗资源下沉，推动我国健康事业蓬勃发展。

F5G千兆光网赋能智能家居设备及智慧家庭文娱生活，实现多元家庭场景智能化升级及家居文娱繁荣发展。现代家庭在经历了初步联网和信息化发展后，如今遭遇了家庭网络信号覆盖不均和网络连接质量不佳的两大瓶颈。接入10G PON的全光网可实现家用网络升级，提升家居设备连通性和智能化水平，并推动多种新兴技术在家庭场景下的应用，助力满足日益升级的家庭文化与娱乐需求，极大提升家居生活幸福感。

F5G千兆光网赋能智慧教育与校园，实现校园管理降本增效，并且可以助力基础教育流程全面优化，教育形式多样化。教育历经了电子化、信息化的发展阶段，如今面临着校园运营信息不共享互通、教学形式单一枯燥等瓶颈。基于F5G千兆光网技术的POL网络构建高品质的校园网，使能智慧校园，并可有效解决相关瓶颈，成为实现校内外教学数据互联互通、教育全流程智能化，以及远程实时互动、多场景虚拟现实教学的强大支撑，推动教育均衡发展，实现教育质量飞跃式提升。

通过相关性分析发现，光通信的投入与民生福祉呈高度正相关。在安居智行、智慧医养、智慧家庭、智慧校园等各维度的F5G千兆光网的赋能场景——明确后，我们进一步科学评估光通信于各领域的投入程度，与各行业场景的关键指标进行相关性分析。通过模型计算后发现，光通信的投入直接与中国综合小康指数呈紧密正相关性，这证实了通过F5G千兆光网赋能可提升智能化生活渗透率，提高人民生活幸福感。

除此之外，F5G新一代光通信技术还将持续助力优化便利人民生活所有方面。我们以智慧物业作为典型潜力领域之一进行展开。未来，当F5G千兆光网广泛部署于物业管理中，则可利用其大带宽、低时延、强稳定的特性，使能人工智能、大数据等高科技技术在各系统设备中应用，根据环境发展出更为人性化的功能，让各设备与数据库信息高效流转，并能让物业针对公共设施设备精准掌握使用及损耗情况。未来，通过F5G新一代光通信技术在智慧物业中铺设，可让人民享受更为便捷、舒适、安全的居住体验。

5.2 赋能安居智行建设，提升人民出行效率，保障生命财产安全

安居智行

社会的长治久安和交通的通畅便利是我国人民生活的基础。我国人口众多且地域辽阔，需要建立一个坚实的安防系统和交通底座，为人民生命财产安全提供保障，为出行提供便利。当前，我国安防和交通行业正在经历智能化转变，面临安防系统互联互通局限和人民出行体验不佳两方面的瓶颈。F5G 千兆光网作为新时代网络基建，以其高带宽、低时延的特性，融合人工智能、大数据等前沿科技，赋能人民居住和出行，助力我国实现人民安居智行。

综合交通运输进入了新的发展阶段，各种运输方式都要融合发展，要调整运输结构，加快形成安全、便捷、高效、绿色、经济的综合交通体系。

——习近平总书记

安防和交通领域发展历程

我国安防和交通行业发展初期落后，在国家政策的倾斜与扶持下，经历信息化改革，来到智能化转型的阶段，实现智能安防系统不断升级和我国从“交通大国”到“交通强国”的转变。

图35：安防交通行业发展历程



资料来源：《中国交通运输发展》，《公路水路交通运输信息化“十二五”发展规划》，《居家安防智能管理系统技术要求》，安永分析

安居智行面临安防互联受阻和出行体验不佳瓶颈

国务院在2019年发布《交通强国建设纲要》，明确提出，我国在2035年要基本建成交通强国。建设交通治理体系的现代化，构建便捷顺畅的城市（群）交通网成为发展重点之一。然而，实现我国人民安居智行进程中还存在着瓶颈。

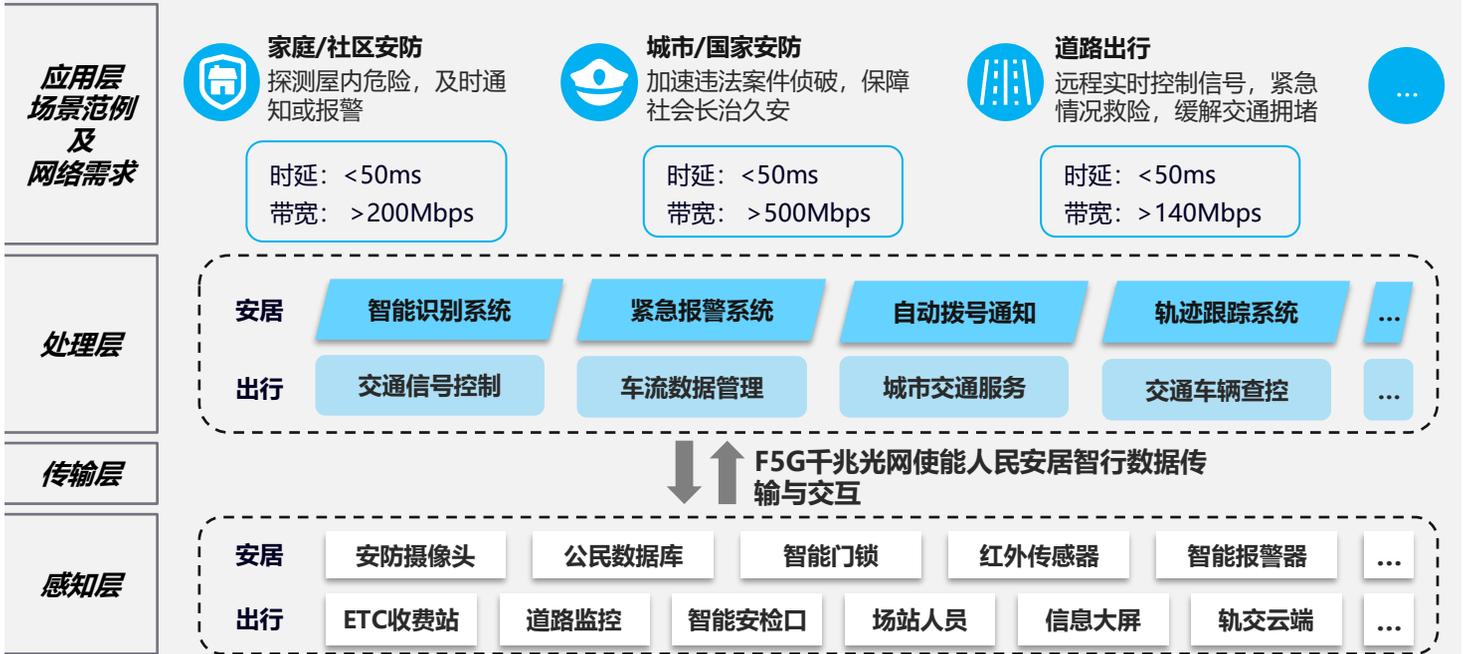
▶ **安防系统互联互通受限与先进技术融合滞后，使其无法发挥全面保证人民安全。**我国安防系统基本实现城乡层面的覆盖，设备包括摄像头、传感器等，但是缺少高速网络条件支持和与人工识别、大数据对比融合的滞后，还未能使大规模的设备发挥其最大效能。社区安防方面，每个社区场景差异极大，安防场景复杂，传统网络条件下的安防设备无法做到社区内全范围精准覆盖、实时监控和智能识别；社会安防方面，随着案件类型增加和安防指标细化，除了图像监控，还需记录全民的基本社会信息，乃至人体特征信息，比如指纹、人脸等，其数据量巨大，传统网络带宽无法满足安防系统>500Mbps实时对比匹配的要求。

▶ **缺乏路况模拟分析和实时调控，造成陆面道路拥堵频繁。**市民日常交通通勤主要在陆面，场景包括市内道路和市际高速公路，其拥挤程度直接影响市民生活品质。目前我国市内道路已实现通过记录历史车流数据，从而设置并定期校正交通管制模式，但由于传统网络无法满足大量车流的监控和实时的数据传输，从而无法实现实时监测城市道路；同时，仅依靠历史实际数据的累积，不足支撑对千变万化的路面交通情况的调控；此外，由于非实时的监测和缺乏路况模拟分析，使得至今各大城市仍普遍存在高峰期间道路拥堵。对于市际高速公路，酒驾、超载、频繁变换车道等人为不文明驾驶，容易造成道路车流堵塞，甚至引发安全顾虑；目前针对这些情况，仍主要仰赖公路警察的执法，由于缺乏与先进科技的融合，导致了人民出行效率不佳。

F5G千兆光网在安防交通领域应用广泛，赋能应用场景创新升级

随着我国对安防一体化和2035年“交通强国”战略目标提出，安防和交通正积极拥抱智能化。F5G千兆光网的大带宽、低时延的特性助力串连多层数据，为户内外安防和市内出行全面升级，引领向“安居智行”的未来稳步迈进。

图36：F5G千兆光网赋能交通业应用场景范例



资料来源：案头研究，安永分析

F5G千兆光网助力安防和交通逐步突破发展瓶颈

针对目前所面临的我国安防系统互联互通进程受阻和人民出行体验不佳瓶颈，F5G千兆光网大带宽和低时延可赋能安防智能终端和系统及道路实时管控，提升人民居住出行幸福感。

F5G千兆光网赋能安防系统数据互联，保障人民生活安全。

F5G千兆光网以其大带宽、低时延等特性赋能我国安防系统，通过社区家庭智能终端守护居民安全。

- ▶ F5G千兆光网提供>200Mbps的传输带宽和<50ms的时延，赋能家庭与社区安防系统。通过智能门锁、侦测仪、高清摄像头等安防终端，住户或者物业可对家庭或社区中的情况进行远程实时监控。同时，F5G千兆光网赋能人工智能技术，助力终端对人脸、车牌等关键信息进行高精度的实时比对，一旦感知到可疑人员或嫌疑人，可将信息实时向户主和公安通知报警，公安人员可基于超清监控图像数据迅速采取相应措施，保障居民人身财产安全。
- ▶ F5G千兆光网提供>500Mbps的传输带宽和<50ms的时延，赋能国家与城市安防警务系统。根据市场调研机构IHS Markit统计，我国在公共区域布设的超过2千万个监控设备，公安系统可精准把控各区域人流、物流、车流等信息。F5G千兆光网赋能云计算和大数据，实现警务云端数据集中化处理，对重点场所加强布控以预防突发状况，对嫌疑人进行搜寻以缩短破案时间，对监控画面进行回溯以进行责任追究，遏制违法犯罪行为，保障人民安全。

F5G千兆光网赋能道路实时控制和道路模拟，提升道路车流顺畅度。目前人民出行体验的提高主要受限于道路信息的采集传输速度较慢。F5G千兆光网提供超宽低延的网络，实现道路大量高清摄像接入，实时管控车流情况，进而减缓道路堵塞，保证市民出行的效率。

- ▶ 对于城市道路拥堵问题，基于F5G千兆光网的工业POL网络毫秒级时延特点，实时监控路口车流数据并上传至交管局，通过数据分析实现对信号灯的远程控制，减少车主等待时间，缓解城市拥堵。另外，F5G千兆光网可赋能人工智能技术和机器学习，使其不基于历史数据而进行道路路况模拟，从而反复优化道路控管模式，减少车流拥堵现象，让人民拥有更加顺畅舒适的出行体验。
- ▶ 对于高速公路堵塞问题，基于工业POL网络的大带宽、低时延特点，4K摄像头可以在上行140Mbps的带宽需求下保证图像实时同步传输。不同于传统网络条件下压缩分段传输视频内容，工作人员可直接从前端摄像头调取图像，搭配人工智能的智能识别应用，提升高速系统中的事件监测和紧急处理能力，准确识别例如非法变道、超速、行人闯入等不文明行为，在事故发生后调动多部门协同处理事故，最大限度减少后续拥堵甚至事故发生，提升人民出行效率及安全。

案例：智慧警务

2018年9月，山东省某市作为智慧警务试点城市，积极拥抱大数据智能应用，构建智慧警务现代化社区，稳定社区入住率，提高市民安全幸福感。

该市公安局统一建立社区警务大数据平台，构建市民信息、公安信息、犯罪信息等各类数据库。在这其中，F5G千兆光网可以赋能大数据技术，并通过采用OTN专线来保障超大带宽的传输量，对居民小区的数据自动进行收集和管理，由此来降低全市接报可防性案件。此外，该地区的公安局也对周边郊区、市场和景区进行客流监控统一升级。而F5G千兆光网也可通过赋能高清摄像头的图像传输，实现人群集散精准管控。

基于大数据技术，该市智慧警务现代社区治理模式成功保障市民生活安全，大大提升警民满意度。F5G千兆光网作为智慧警务的网络传输底座，以其大带宽和低延时的特性，助推大数据技术落地，进而让人民拥有更为安全的社区环境。

表17：F5G千兆光网赋能智慧警务成效



资料来源：案头研究，专家访谈

案例：智慧高速

2020年，浙江某高速公路采用基于F5G千兆光网的POL网络进行传统网络的升级改造，成功打造省内首个100G级别通信网络。F5G千兆光网赋能高速公路的运维、故障报警和缓解道路拥堵等方面，提升人民城际出行幸福感。

基于POL网络的大带宽特性，浙江某高速公路的运维已实现全路网设备运行情况监测，免除传统人工用仪表定位故障方式，且有能力解决全路段上的多点故障问题。在故障报警方面，基于F5G千兆光网技术的POL网络可以支持路段中多个4K高清摄像头的140Mbps以上的上行带宽，实现车型车号的实时识别等功能，并能够及时预警高速路段隧道这类阴暗环境中行人闯入、车辆追尾等紧急情况的发生。基于POL网络的低时延特点，事故发生时可以将信息同步至管理中心，缩短整个事件监测报警过程2-3秒，调动多部门共同恢复路况，高效协同处理紧急情况，保障高速公路出行安全，缓解道路拥堵情况。

该高速公路经过通信网络技术升级，大幅缓解高速公路高峰拥堵，缩短人民出行时间和提高道路安全性。POL网络作为该高速达成100G级别的基础网络支撑，扮演着不可忽视的重要角色。

表18：POL网络赋能智慧高速成效

智慧高速公路参数	过去	现在
传输带宽	最大622M	提升130多倍，超过100G
摄像头	标清10Mbps上行需求	4K 40Mbps上行需求
业务接入容量	最大622M	2M-400G

资料来源：案头研究，专家访谈

展望未来，将在全国完成安居智行智慧化升级，让人民人身财产及出行安全得到提升

通过实际案例的分析研究可得知F5G千兆光网作为我国安防系统和交通系统中强有力的网络基建，赋能高清摄像头、数据采集和分析、调控设备等。未来将推动运用了人工智能算法的智慧安防系统逐渐下沉至二、三线城市中，并可能使自动驾驶、自动生物识别安检、智能交通调度等应用进一步落地，提升人民居住出行幸福感。

在安防领域，根据中安网，目前二、三线城市每千人高清摄像头数量均在10个以下，远不及北京和杭州的59和40个，未来F5G千兆光网对安防的赋能将逐渐下沉至二、三线城市巨大的潜在市场中，并可能实现新的应用和探索。据Omdia推测，搭载人工智能算法的摄像头出货量将在2024年占据总量的63%。在以F5G千兆光网为代表的技术推动下，安防将跳出“安全防护”的范围，向人流统计、路径分析等领域衍生。

在交通领域，F5G千兆光网助推各子领域稳步前进。市内道路和市际高速公路基于F5G千兆光网的高速传输、可靠稳定等特性，可以实现统一管理；F5G千兆光网的大带宽和低时延则有望满足更大更清晰的车流图像数据的收集传输，并加速自动驾驶的车路协同发展；在交通站点的管制方面，F5G千兆光网也可与大数据、云计算、人工智能等技术深度融合，在机场、地铁站、高铁站等交通枢纽进行自动人脸识别安检口、智慧信息大屏、智能站内温控、智能调度等需要高网络要求的应用落地。

F5G千兆光网作为城市的网络传输底座，以其大带宽和低时延的特性，创新联结物联网、大数据、人工智能等前沿技术，覆盖人民在家生活及在外出行的全场景，保障人民生活安全，创造安居智行全新生态。

5.3 提升医养服务质量，为人民健康幸福保驾护航

智慧医养

健康是社会人民奋斗的基础，一个好的医养体系将为国民健康保驾护航。习近平总书记强调，“人民健康是社会文明进步的基础”。医养行业经历PC互联网阶段、移动互联网阶段，如今面临三大瓶颈：医疗数据平台信息化不足、设备智能化水平有待提高以及医疗资源紧张。F5G千兆光网作为大带宽、低时延光通信技术，可以使能各类智能信息平台，智能医养设备以及远程设备，辅助医生更好地进行诊疗和决策，使优质医养资源下沉，推动我国健康事业蓬勃发展。

只有构建起强大的公共卫生体系，健全预警响应机制，全面提升防控和救治能力，织密防护网、筑牢筑实隔离墙，才能切实为维护人民健康提供有力保障。

——习近平总书记

医养业发展历程

纵观医养行业发展历程，医养行业从PC互联网阶段发展至互联网渗透阶段，如今正大力打造信息交互融合、拥有自决策能力的互联网医院，为人民的幸福健康奠定坚实的基础。

图37：医养业发展历程

	PC互联网阶段 2000-2010	互联网渗透阶段 2010-2015	互联网医院阶段 2015-至今
阶段发展特点	<ul style="list-style-type: none">▶ 互联网医养萌芽，建立医生点评系统和网上问诊平台，服务内容少，普及率低▶ 医养机构内部管理信息化，计算机代替手工，使内部行政管理规范化和标准化	<ul style="list-style-type: none">▶ 移动互联网技术驱动，打破地域限制，医患可进行视频远程问诊，服务内容多样化▶ 临床信息化，进行海量临床数据的采集和存储，提升医疗诊断服务质量和效率	<ul style="list-style-type: none">▶ 打造线上线下一体化的诊疗服务，病人病历联网共享，同时可将线下诊后患者引导至线上在线复诊▶ 院内全科室集成交互、信息共享，院内及院间信息集成交互、互联共享，为医疗健康服务提供智能化保障

资料来源：《关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见》，中华人民共和国国家卫生健康委员会，安永分析

卫生行业发展面临着医养平台信息化不足、设备智能化水平有待提高以及医养资源紧张三大瓶颈

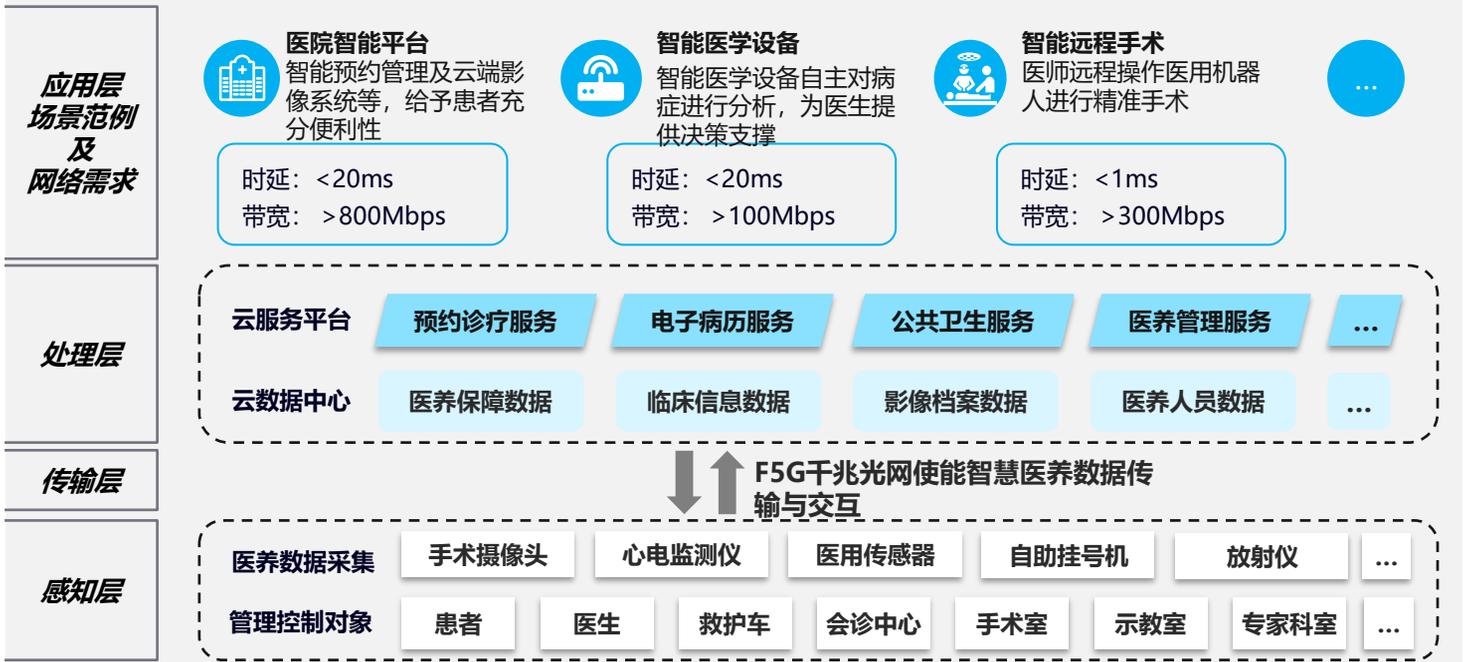
如今我国医养业已经达到移动互联网阶段，正向全面互联网医院稳步迈进，而当前的发展中正面临显著的三大瓶颈如下：

- ▶ **医养数据平台信息化不足，诊疗效率低下，影响患者就医体验。**根据国家卫健委，截至2019年，我国有90%左右的二级及以上公立医院设立了规范化的电子病历，而其中接近60%的医院仅停留在部门内数据采集和共享的初级信息化阶段，病人数据没有实现跨部门、跨医院的互联互通，由此看出，我国电子病历系统应用水平还处在起步阶段，医养平台信息化水平还有待提高。另外，由于传统网络性能较差，医院中的门急诊、药库、护理等各科室的海量信息无法实现集约化管控，这导致患者就医时在挂号、体检、取药等多个环节中都需排队等待较长时间。在就诊高峰期时，大量的病患家属滞留在医院内，这严重影响了医院环境，无法让患者体验到高效便捷的就医过程。
- ▶ **设备智能化水平有待提高。**我国多数医养机构仍旧采用传统医养设备，然而这些设备有处理耗时长、需要频繁人工操作以及监测数据无法实时传输等痛点，进而导致医生诊疗效率低下，患者和被看护人体验较差。因此，我国设备智能化水平需要进一步提升，更有效地辅助医师和工作人员进行诊疗和看护。
- ▶ **医养资源紧张，优质医养有明显的地域集中性，公民难以享受均等的优质服务。**2018年，中国有1442家三甲医院，其中45%的三甲医院都集中在东部地区。根据国家卫健委统计，同年我国每千人口医师数为2.59人。乡村方面，每千人口医师数为1.8人，占比仅达城市的45%，可见地区医养资源仍不均衡，医养资源匮乏地区的人民常常需要奔波万里才能获得优质医养服务。我国的优质医养资源仍待进一步普及，惠及更多的百姓。

F5G千兆光网助力智慧医养各场景应用，优化升级人民就医及养老体验

基于F5G千兆光网的POL网络以其超大带宽和毫秒延时串连医养IT架构不同层级，赋能医养信息化、智慧医养设备、远程医养等应用，推动智慧医养的发展，使精准化的医养服务成为可能，真正实现区域机构医养信息互通，惠及医患。

图38：F5G千兆光网赋能医养产业网络架构图



资料来源：案头研究，安永分析

F5G千兆光网可突破当前医养业发展瓶颈

我国医养业从移动互联网医疗时代向全面互联网医院时代发展，医养数据平台信息化不足，设备智能化不足和医养资源紧张三大瓶颈制约该过程。F5G千兆光网可赋能医养机构利用信息化、智能化手段来提升医院运营效率，提高服务质量，推进智慧医养发展。

F5G千兆光网赋能医养全面信息化，提升医院整体运营效率，提升患者就医体验。 F5G千兆光网赋能POL网络，打造信息共享、业务闭环的智慧医院，简化医院流程和临床诊断，减少医护工作者机械性的重复操作，提升医养资源及医院整体运营效率。

- ▶ 基于F5G千兆光网技术的POL网络可使能智慧医院信息系统，以其大带宽、低时延等特性助力患者就诊、医院财务、医疗药物等各类信息实现高效运转，进而改善患者就医体验，提升医生诊疗效率。通过POL网络可使能Wi-Fi 6，让医院中的诊疗室、挂号结算、取药等各科室连接稳定高效的网络，并且当医疗设备发生故障时，可实现快速切换，确保医疗业务的连续以及各数据的安全。智慧医院中POL网络可实现高效就诊，提升医生诊疗准确性。
- ▶ F5G千兆光网赋能云端电子病历，大力推动智慧医养的发展。F5G千兆光网为电子病历的应用提供了稳定的数字底座，其1Gbps的超大带宽和毫秒级时延使得病人的海量就医信息都能即刻传到云端，医务人员能直接获取病人以前的病症及治疗的准确资料，简化了医生确诊流程，提升就医体验。

F5G千兆光网赋能医养设备智能化发展，提升诊断效率。 通过赋能医疗养护设备，辅助医生治疗，提升医生诊断效率。

- ▶ F5G千兆光网赋能医用磁共振设备，减少成像时间。磁共振检查中有接近70%的时间都被成像过程所占据，在F5G千兆光网低时延特性的助力之下，核磁共振成像环节从信号采集到数据处理的时间大大降低，大幅缩短患者被辐射的时长，给患者提供高效优化的检查体验。

F5G千兆光网赋能远程医养为患者异地就医提供便利条件，为城乡提供平等医养资源。 随着OTN技术在医养领域发展，行动不便的患者将可以进行远程治疗，医养资源匮乏地区的人民也能享受到优质均等的医养服务。

- ▶ F5G千兆光网赋能远程问诊，推动医养信息化进程。当前中国优质医养资源较为紧缺，光通信出现有望改善地区诊疗水平的不均衡。10G PON网络和超低时延保证远程问诊的清晰度和实时性，促进远程医养咨询的快速发展，真正实现患者足不出户，享受高质量的医养服务。
- ▶ F5G千兆光网赋能远程手术，让更多人享受到优质医养资源。物理距离经常是导致病人无法享受优质医养资源的主因，且基于传统F4G网络远程手术，其高时延可能导致医生操作判断失误，进而导致病人身亡。F5G千兆光网可为精准远程手术带来了可能，其超大带宽和超低时延等特性将可确保超高清手术画面及时传输以及医生每个操作指令的精准传达，避免任何细小偏差或失误，使医生在千里之外进行手术，为异地就医患者提供便利性。

案例：智慧医院信息系统

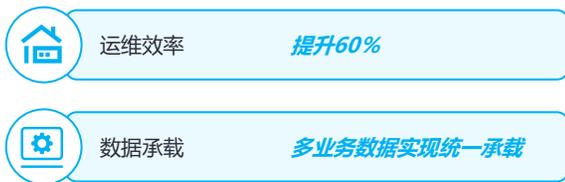
某居全国领先水平的三甲医院构建了智慧医院信息系统，该系统承载了医院的挂号、收费、配药等就医全过程，以及医院行政、人员、财务等医院运转信息，让患者感受到高效便利的就医体验，同时也大幅改善医院运营效率。

该医院传统的网络受限于网线的传输距离，不同部门网络都需逐层汇聚，这极大程度上导致IT弱电间以及桥架空间不足，同时机房的配套设备以及空调能耗也大大增加。除了运营成本的增多，网络运行效率也大幅降低。

在进行F5G千兆光网全光园区网络改造后，该医院实现了门急诊患者、医疗设备、药物流转、护理器材等多类信息实现了高效采集管理，并且当某设备发生故障时可实现及时切换，进而保障了数据的安全可靠，医院医养服务的连续性。基于F5G千兆光网技术的POL网络可赋能智慧医院信息系统，改善医院原先病患家属排队时间长，诊疗高峰期系统响应速度慢、医学图像访问等候时间长等多个问题，优化就医体验。

通过F5G千兆光网助力的POL网络可以使能医院信息系统实现智能化升级，让患者体验到优质的医养服务，并且可提升医务工作者的诊疗效率。

表19：POL网络赋能智慧医院信息系统成效



资料来源：专家访谈，案头研究

案例：远程手术

2020年12月，上海某医院进行了一场F5G千兆光网连接、相距1000公里的远程眼科激光手术治疗。该医院的眼科主任医师远程指导吉林省某眼科医院的医师进行手术，该主任医师通过鼠标对激光禁区进行标注并调节激光参数，吉林手术室内激光仪的视网膜识别系统与主任医师标注的图片精准配对后，即刻开始激光手术。该手术对眼球、血管和组织需要极其精准细致的操作。而F5G千兆光网的光切片技术为这台手术提供了1Gbps网络传输能力和低于10ms的网络时延，确保了8K画面的高质量实时传输与每一个手术操作的精准度，使这台手术最终圆满完成。

F5G千兆光网的发展带动了远程手术的进一步技术革新，作为高可靠、抗干扰的网络底座，为医生的每一个精确手术操作都保驾护航。

表20：F5G千兆光网赋能远程手术成效

手术参数	过去	现在
下载速度	200m~250m/s	700m~800m/s
上传速度	40m~50m/s	140m~150m/s
时延	50ms	10ms

资料来源：专家访谈，案头研究

展望未来，智慧医疗全面升级优化，优化医疗服务质量，造福全社会

通过实际案例的分析研究，我们可知F5G千兆光网作为医疗各个环节的网络底座，可运用在智能信息平台、智能设备、远程医疗上，缓解三大瓶颈，助力智慧医疗发展。

F5G千兆光网为医疗行业带来的不仅是坚实的网络基础，未来它将引领各个场景应用升级，使医疗迈向更精准的时代。未来智慧医疗将不仅局限于数据共享、信息互联互通，以AI、大数据为技术中枢的模拟医学系统，能更好地帮助医生、护士、技术人员做诊断护理的模拟与决策。例如，将病人的检查影像、心电图等参数输入系统，即可模拟真实的手术环境。

除精细的手术操作需要大带宽、低延时的高稳定性网络作为支撑，与目前模拟医学系统最大的不同是，未来模拟医学系统的自决策能力将更加智能化，能够给医生实时的仿真反馈，并且能够为医生进一步的实际手术情况进行预测。

智慧医疗作为关乎民众健康的应用场景，已初显峥嵘。未来智慧医疗将拥有泛连接、全面感知、智能进化的特性，为患者提供全周期生命健康管理，对患者在医院外生活的身体状况进行实时监控和数据采集，更好在患者发病时，提供院内医护人员的完整信息支撑辅助。

未来智慧医疗也必将伴随着F5G千兆光网等新兴技术的发展而更新迭代，满足人民对美好生活的向往，不断增进人民福祉。

5.4 推动生活场景智能化升级，成就高质量生活品质

智慧家庭

家庭是人类居住和生活的场所，安全、舒适、智能、便捷的家庭生活是人类幸福感的源泉。现代家庭在经历了初步联网和信息化发展后，如今遭遇了家庭网络信号覆盖不均和网络连接质量不佳的两大瓶颈。F5G千兆光网的出现可全面实现家用网络升级，提升家居设备连通性和智能化水平，并推动多种新兴技术在家庭场景下的应用，助力满足日益升级的家庭文化与娱乐需求，极大提升家居生活幸福感。

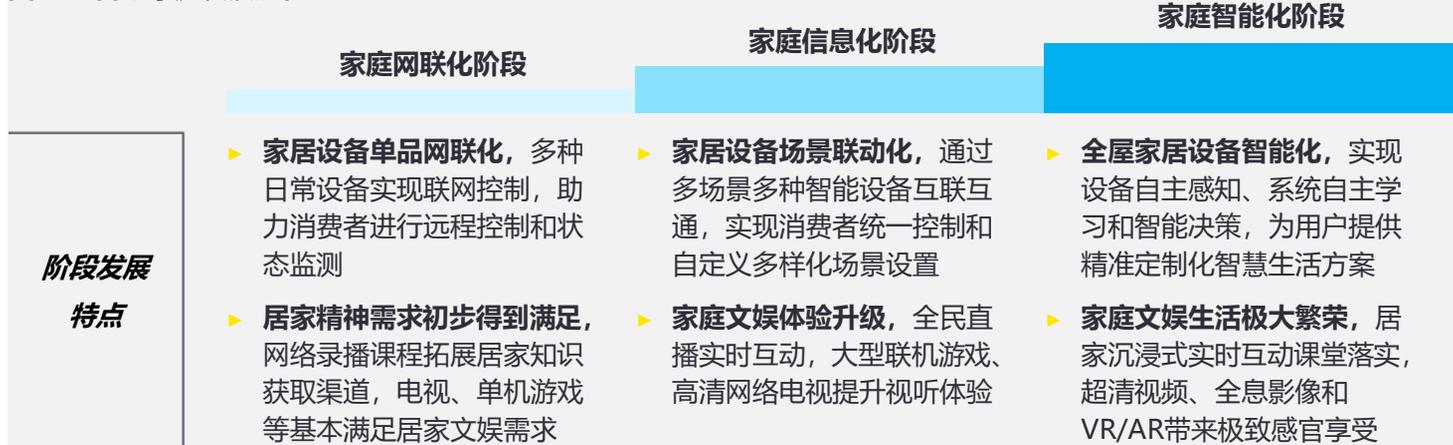
贯彻落实创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念，加强智慧家庭产业发展的顶层设计。围绕智慧家庭产业生态体系，构建我国智慧家庭综合标准化体系。

——国家工业和信息化部、国家标准化管理委员会

智慧家庭发展历程

纵观智慧家庭发展历程，家庭经历了家庭网联化和家庭信息化阶段，如今走向全屋家居设备智能化、文娱生活极大繁荣的家庭智能化阶段。家用宽带和智能设备的升级换代正推动现代家庭向安全、智能、舒适、便捷的理想人居环境不断演进。

图39：智慧家庭发展历程



资料来源：中国电子技术标准化研究院《智能终端与智慧家庭标准化白皮书》，安永分析

智慧家庭发展面临着家庭网络信号覆盖不均匀以及网络连接质量不佳两大瓶颈

如今，我国家庭已逐步实现了信息化，并正向家庭生活智能化的阶段迈进，但当前发展面临着两大瓶颈：

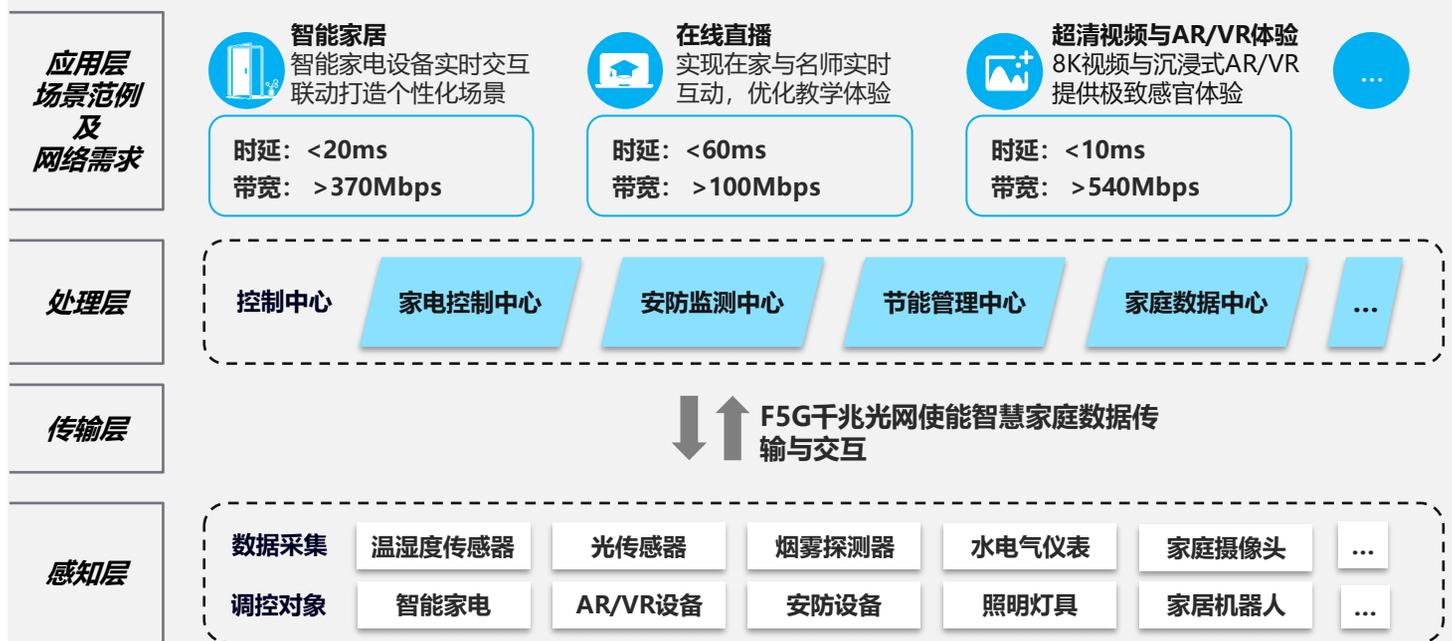
▶ **家用宽带网络信号覆盖不均匀，限制智能家居设备的广泛渗透和深度应用。**当前家庭组网方式中，传统Wi-Fi覆盖范围局限，网络讯号只能维持主要活动区域顺畅，且受到家庭内部多种材质隔断的干扰，容易出现卡顿问题，因此产生不少网络死角。同时，Wi-Fi穿墙后讯号大幅降低，连接迟顿、延时问题频出。根据《中国全屋Wi-Fi白皮书》，中国宽带用户对家庭Wi-Fi信号满意度普遍较低，80%以上认为家里存在Wi-Fi覆盖问题，50%以上认为家里的Wi-Fi信号很差。由于智能家居设备安装在不同房间，宽带覆盖范围的局限性极大阻碍智能设备在全屋的广泛渗透和全面信息采集；此外，远程控制和场景联动化交互高度依赖数据传输网络的稳定性和时效性，受物理阻隔干扰影响，一旦出现智能设备断网或信号发送延迟的情况，将极大影响住户的使用体验，进而延缓智慧家庭未来的到来。

▶ **目前家庭组网方式限制了网络连接速率和稳定性，无法满足日益升级的居家教育与文娱需求。**根据工信部发布数据，截止2020年末全国范围内100Mbps及以上速率的固网宽带接入用户占比达到~89%，但根据《中国宽带速率状况报告》，实际使用中我国固定宽带平均下载速率仅为43Mbps，造成使用速率和标准速率不符的主要原因就是家庭组网方式和设备存在问题。传统家庭网线组网方式存在民众对网线质量辨别不足、不良网线无法达到标准带宽、线缆易老化影响宽带演进等问题，而传统Wi-Fi无线组网方式则存在Wi-Fi信号容易受到遮挡和干扰等问题，从而共同导致了家庭网速稳定性差、带宽低、家庭上网体验感较差的情况出现。与现实情况恰恰相反，超高清视频、沉浸式VR/AR游戏及高清互动在线课堂等新兴家庭文娱需求则对家庭网络提出了带宽不低于280Mbps、时延小于10ms的要求。因此现有家庭网络连接质量已经远远无法满足日益升级的居家文娱需求。

F5G千兆光网全面赋能家庭场景，推动居家生活智能化升级

F5G千兆光网在智慧家庭多场景中应用广泛，作为家庭内部和家庭与外部世界数据交互的通道，千兆光网以其低时延、高稳定性、超大带宽的特点助力智慧家庭构建智能联动的屋内家电体系，支持沉浸式家居文娱体验，包括智能照明、智慧厨房、实时直播、超高清视频及VR/AR体验等，助力居家生活实现物质与精神双重繁荣。

图40：F5G千兆光网赋能智慧家庭网络架构图



资料来源：案头研究，安永分析

F5G千兆光网助力智慧家庭逐步突破发展瓶颈

针对智慧家庭目前所面临的宽带信号分布不均和网络连接质量瓶颈，F5G千兆光网可实现全屋无死角网络覆盖，支持高稳定性和超高带宽网络连接，推动家居生活方式智能化转变。

F5G千兆光网赋能智能家居设备，实现智能设备无死角网络接入和交互联动，推动多元家庭场景智能化升级。以10G PON为核心技术的F5G千兆光网及Wi-Fi 6网络，拥有更强的抗干扰能力和穿墙能力，使千兆网络无损进入每个房间，从而充分满足家居智能设备数据交互和联动控制的网络要求。

- ▶ F5G千兆光网赋能智慧照明，支持全屋照明系统自动调节，打造多场景下不同的家居光影效果。F5G千兆光网以覆盖全屋的低时延稳定网络连接，帮助全屋灯具在智能照明控制系统的调度下实现全自动调光，并通过和窗帘系统联动，充分利用自然光照维持全屋光照水平。此外，用户还能在控制面板上自定义晚餐、影院、运动、节日等多种光照模式，充分满足个性化光影需求。
- ▶ F5G千兆光网赋能智慧厨房，助力厨房电器互联互通，带来智慧烘焙体验。千兆光网与Wi-Fi 6以高稳定性的特点，为家电交互实时数据传输提供坚实支撑，比如智能冰箱自带大屏交互系统，为用户提供世界各国食谱及营养食材搭配方案，并可在用户选定烘焙食谱后，联动智能烤箱或智能燃气灶自动设置相应的温度、火候和烘焙时长，同时智能油烟机根据油烟状态自动开启和关闭，并自主调节风力大小，为用户烘焙过程保驾护航。

F5G千兆光网赋能智慧家庭文娱生活，实现家庭与外部世界沉浸式交互，促进在线教育和家居文娱繁荣发展。F5G千兆光网可通过光纤入户实现家庭组网方式的革新，建立新一代家庭千兆光网，结合Wi-Fi 6技术，提供高稳定性、低时延的有线及无线网络，支持住户在家与外部世界广泛交互，促进家居文娱生活极大繁荣。

- ▶ 疫情期间，F5G千兆光网赋能直播网课高质量教学，优化互动教学体验。千兆光网与Wi-Fi 6以超高速的传输、“0”抖动、毫秒级时延技术则在传输教学影像时保证传输过程流畅，提升课堂实时直播稳定性。同时教师也可实时观察到学生的反馈，针对疑难问题进行深入讲解，实现个性化教育，学生也可与老师进行实时互动，有效提升教学趣味性，优化居家远程教学效率和学习体验。
- ▶ F5G千兆光网赋能高帧8K超清视频和AR/VR多终端使用，带来沉浸式观感体验。8K视频分辨率为2K高清电视的16倍，4K影院IMAX屏幕的4倍，色彩更为真实，画面更为立体，给观众带来极致的视听体验。F5G千兆光网以10G PON、Wi-Fi 6等技术为代表，提供日常10Gbps以上的高带宽、1ms以下的时延和“0”丢包率，结合AR/VR技术，使得智能终端可以向用户呈现流畅的8K级别的AR/VR体验，如大型活动、大型赛事的VR直播，使观众足不出户就可享受“第二现场”临场体验。

案例：智能家居

2019年我国某通讯巨头与某地产企业进行战略合作，打造“全屋智能精装房”，以推动家居智能化发展。

该精装房项目采用F5G千兆光网实现光纤入户，结合Wi-Fi 6技术，实现超高速宽带全屋覆盖，可连接近250多个智能设备。同时以“1+8+N”为顶层设计，支持家庭中一个智能终端，八大智能硬件和N个泛智能终端通过F5G千兆光网和Wi-Fi 6无线网络广泛连接。

在样板房中，智能家居设备均由智能交互屏幕和手机进行控制，形成了智能灯光、环境控制及家庭影院等多个联动式系统。其中，灯光控制系统集中控制全屋灯具，对屋内人的活动进行自主感知，自动追踪人的活动轨迹控制相关照明设备的开启与关闭，并与窗帘、音响等设备进行联动，由住户在控制端一键设置睡眠、工作、聚会等多种模式，实现全屋光影效果与背景音乐的场景化多样化设置。环境控制系统则控制空调、地暖、加湿器等设备，实时监测房间温度湿度变化，在室内温度和湿度达到预定值后，及时将相关设备调入待机或关闭状态，以最大程度建设绿色节能家庭。

在家居设备的联动智能化发展中，F5G千兆光网作为智能设备与控制中枢数据和指令交互的通道，以高稳定性和全屋覆盖等显著优势为大量设备接入提供强有力的支撑。

表21：Wi-Fi 6赋能智能家居成效

智能家居参数	过去	现在
家庭带宽	~100Mbps	1148Mbps
单个光猫下连接Wi-Fi热点数量	2个	16个

资料来源：案头研究，专家访谈

案例：VR直播

2019年4月，我国某通信巨头联合某VR科技公司等行业伙伴在CBA总决赛首次实现云VR“第二现场”直播，通过F5G千兆光网技术，并采用超高清VR多维拍摄导播方案，使球迷在家中头戴4K VR显示器，实现“第二现场”般的沉浸式观看。

本次直播在比赛现场共架设了3个VR摄影机，通过OTN专线支撑VR超高清信号实时回传入户。在比赛场地以外的嘉年华体验区，场外球迷可以体验到主办方提供的15台VR眼镜。基于OTN专线，通过利用其毫秒级时延、千兆带宽的特点能够满足VR显示高分辨率图像信号，同时也能够满足直播低时延传输4K及以上高清信号，从而赋能VR直播亲临现场的沉浸体验。当通过F5G千兆光网与Wi-Fi 6结合后，家庭观众戴上VR一体机后即可进入赛场全景观战，消除了现场观众席观战所产生的距离感，并可通过VR聊天室与现场球迷进行互动，实时交流观赛信息，真正使观赛者宛如身临其境，获得极致感官享受。

OTN专线以及Wi-Fi 6作为超高清直播信号传输的关键，其高带宽、低时延特性极大突破了直播体验延迟与VR显示低分辨率的瓶颈，助力居家直播质量飞跃，实现足不出户而获得与外部世界实时交互的沉浸式体验。

表22：F5G千兆光网赋能VR直播成效

VR直播参数	过去	现在
直播时延	>50ms	<1ms
VR显示分辨率	2K左右	4K以上

资料来源：案头研究，专家访谈

展望未来，家庭将实现内部家居设备自主决策，外部与现实和虚拟世界高度互通

通过前述实际案例，阐明F5G千兆光网作为通信基础，促进智慧家庭物质与精神体验深度优化。其全光组网方式、高带宽、低时延特性，可全面解决家庭网络信号覆盖不均与连接质量差的瓶颈，推动家居设备场景联动式升级与家庭文娱感官体验升级，为现代家庭的智能化发展保驾护航。

F5G千兆光网为智慧家庭带来的改变，不仅提升家庭通信能力，还将引发一系列新兴技术在家庭场景落地与应用的蝴蝶效应。未来，智慧家庭将实现内部与外部连接双向高度融合。

- ▶ 内部连接，智能家居设备将不仅局限于电器，小到纽扣，大到墙面，海量家居物品将实现广泛实时连接，智能家电将实现自主感知，并将全屋海量数据上传智能决策中枢进行自主学习，为住户制定全屋智慧生活解决方案。

- ▶ 外部连接，家庭将通过AR/VR技术与外部世界场景实时连接，甚至实现与虚拟空间的高度交互，实现在家中对外部事情发展进程实时跟进把控，或在虚拟空间完成沉浸式游戏、社交、旅游等体验，以实时交互产生的极致真实感和高拓展性为居家用户开辟全新的精神世界。

新兴技术浪潮的兴起正推动家庭生活方式的快速变迁。未来的智慧家庭将不仅是人物理存在的居所，更是满足人身体与心灵全方位需求的港湾。从F5G千兆光网推动家用网络升级开始，智慧家庭将不断经历新兴技术与现有生活方式的碰撞融合，为满足人民更多对美好生活的设想而不断演进。

5.5 推动教育体系智能化，优化师生教学体验

智慧校园

百年大计，教育为本。习近平总书记曾指出，“教育是对中华民族伟大复兴具有决定性意义的事业”。教育历经了电子化、信息化的发展阶段，如今面临着校园运营信息不共享互通、教学形式单一枯燥等瓶颈。F5G千兆光网以其超高带宽、毫秒级时延和强稳定性可有效解决相关瓶颈，成为实现校内外教学数据互联互通、教育全流程智能化，以及远程实时互动、多场景虚拟现实教学的强大支撑，推动教育均衡发展和教育质量飞跃式提升。

以教育信息化支撑引领教育现代化，是新时代我国教育改革发展的战略选择，对于构建教育强国和人力资源强国具有重要意义。

——《教育信息化2.0行动计划》

教育信息化发展历程

回顾教育信息化发展历程，教育信息化经历了计算机取代教师纯手工工作、教育资源数字化的时代，正经历教育全流程信息化升级、网络教育资源联通共享的阶段，未来将走向教育模式智能化，全社会协同教育实现产教融合发展。

图41：教育信息化发展历程

	教育电子化 2000-2017	教育信息化 2018-2022	教育智能化 2023后
阶段发展特点	<ul style="list-style-type: none">▶ 部分教学环节电子化，取代传统教师板书、阅卷等纯手工作业，学生档案电子化，提升学校管理效率▶ 校内资源电子化，借助摄像设备等保存教育资源，实现校内优质资源共享	<ul style="list-style-type: none">▶ 教学全流程信息化，建立综合教学管理系统，实现教、学、考、评、研到家校共育信息化，促进教学提质增效▶ 教育资源共享化，联通社会优质教育资源，形成网络共享课堂，促进教育均衡发展	<ul style="list-style-type: none">▶ 教学模式智能化，智能伴侣陪伴学生全流程自主学习，智能中枢实现个性化精准教育，智能交互改善学习体验▶ 全社会协同教育，学校连接广泛社会场景，教育贯穿人全生命周期，实现产教融合

资料来源：中华人民共和国教育部，《教育信息化2.0行动计划》，《国家教育事业发展“十三五”规划》，安永分析

智慧校园发展面临校园后台存在信息孤岛及教学模式单一的发展瓶颈

如今，我国教育业正经历教育全流程信息化升级、网络教育资源联通共享的阶段，向着教育模式智能化，全社会协同教育的全新阶段迈进。然而，教育业的进一步发展仍然面临着一些发展瓶颈，包括：

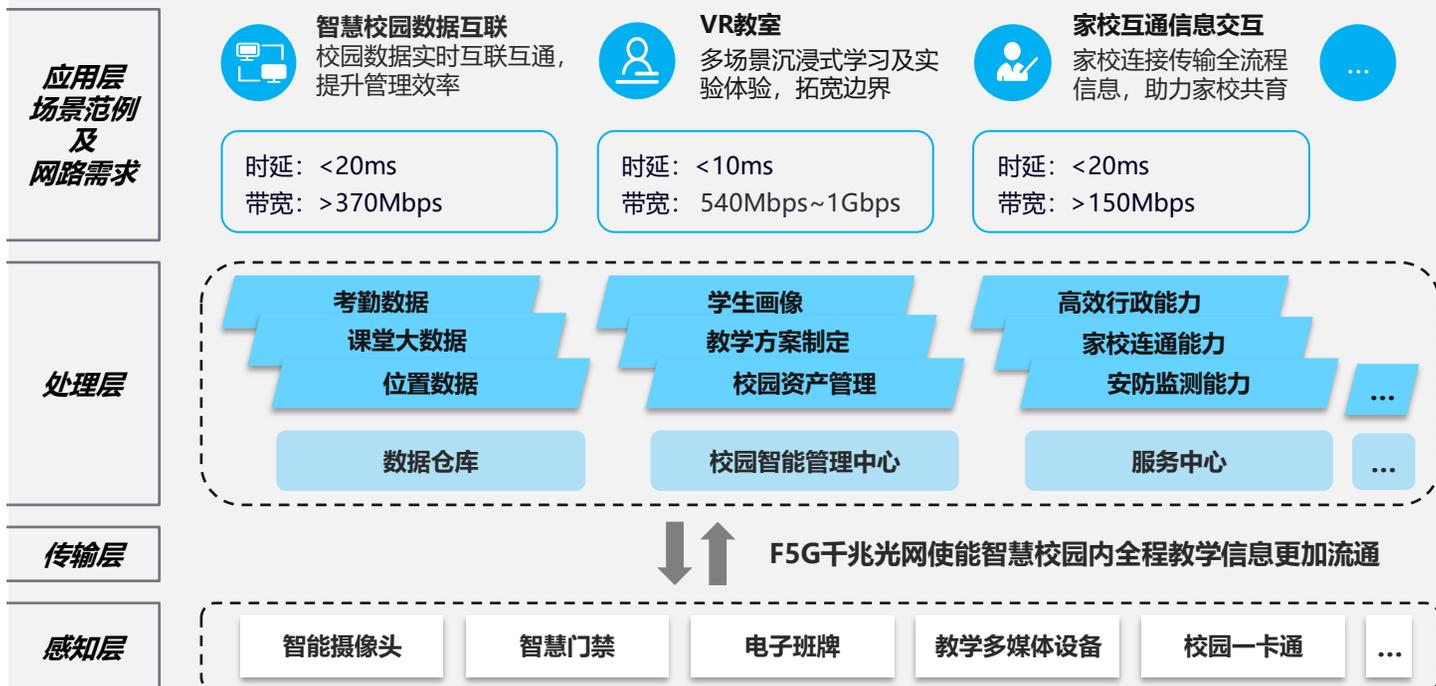
▶ **校园后台系统存在信息孤岛，部门数据无法集约管理和高效共享，校园管理效率待优化。**目前学校进行后台信息管理以各业务部门独立建立系统为主、部门间信息化发展不均衡、部分环节仍依赖人工操作，限制了校园数据的高效管理和对其价值的深度挖掘；与此相应，由于人事、教务、资产、财务等各系统缺乏统一规划部署，造成信息存储冗余和重复管理。维护方面，校园数据容易由于各部门硬件设备的独立维护，产生损坏而丢失，不利于数据的完整保存，难以实现依据历史信息进行总体规划与决策。综合而言，校园行政管理效率由于各自为政的部门系统和零散的数据存储仍存在优化空间。

▶ **教学模式单一，教育流程优化不到位。**对于K12基础教育，目前的教学中，学生课前预习缺乏有效监督辅导，导致学生课前无法充分做好相应知识储备，限制了课堂教学效率的提升；课堂上仍大部分停留在老师讲课、学生被动听课的模式，师生互动性不强，学习过程的趣味性与学生参与度较低，课堂活动形式单一，导致学生对知识的理解程度不深；课后学校与家长的沟通仍然存在一定滞后性，无法针对学生课后练习中的表现及时响应和巩固学习成果。教育全流程的实时跟进仍待优化，如何改善学习各个环节监督辅导、丰富课堂形式多样性、提高用户课程满意度、增强学习氛围是智慧校园亟待解决的问题。

F5G千兆光网对智慧校园广泛赋能，推动教育质量的提升

F5G千兆光网可串连教育的多层次及应用领域，其以超高带宽、低延时、高稳定性的网络促进智慧校园的转型，并推动教学形式多样化与教育全流程持续优化。

图42：F5G千兆光网赋能智慧校园网络架构图



资料来源：案头研究，安永分析

F5G千兆光网助力智慧校园克服发展瓶颈

针对教育业目前存在的校园后台数据割裂及教学模式单一的发展瓶颈，F5G千兆光网可助力智慧校园建立统一信息管理平台，促进课前课中课后教育全流程智能化与形式多样化。

F5G千兆光网赋能智慧校园管理，支持建设全校统一智能化管理平台，实现校园管理降本增效。大带宽、低时延的F5G千兆光网千兆光网通过接入校园的每个房间，并结合物联网、大数据技术和机器学习算法，促进学生、教师、房屋、安保等高细粒度全方位数据收集、联通共享、实时交互和智能分析，有助于校园建立全校一体化智能信息管理平台 and 综合数据库，以面向人员、资产和事件等对象的管理方式，灵活授予各职能部门平台上不同模块的使用权限，促进各部门高效协同工作，极大提升行政管理效率，为全校师生提供细致入微、响应及时的个性化智能化服务。

- 基于F5G千兆光网技术的POL网络可构建高品质的校园网络，使能智慧校园。通过POL与Wi-Fi 6结合可赋能智慧走班排课，为学生提供定制化专属课表。当高效POL网络覆盖全校所有班级和办公室时，可助力电子班牌、电子白板、监控门禁等设备实时数据收集。结合学生专属学习档案、教师履历信息和课程开设情况等数据，教务处可运用智能信息管理平台为学生定制最符合当前学习进度和兴趣的专属课程表，并协同场地管理部门灵活安排全校教室使用情况和上课时间，使学生可根据自身课程安排到不同教室流动听讲，推动教学计划个性化转变。

F5G千兆光网助力K12基础教育流程全面优化，形式多样化。课上可助力AR/VR、全息投影等设备为学生带来沉浸式互动教学体验，课下F5G千兆光网可支持全流程教学信息采集，保障家校实时互通，学习状态实时分析，教学成果实时反馈。

- F5G千兆光网赋能VR课堂，打造更加生动且具有趣味性的课堂体验。基于目前的第四代固网通信技术，网络传输速率仅可达100Mbps，而理想的VR技术需至少540Mbps的网络带宽，才能保证VR课堂高清画质，减少卡顿及延迟等问题。智慧校园通过POL网络赋能可满足VR课堂教学的网路要求，并以生动有趣的教学方式引导学生主动学习，提高教学质量。某些学科，尤其物理、化学等需要依靠大量实验证明所学习的理论，然而传统图片或者录影的方式则难以让学生感受到实验的真实性，在VR技术帮助下，可让学习身临其境，实现教学多样化。
- F5G千兆光网赋能课外家校互通，助力家校协同，提升教学效率。F5G千兆光网广连接特性可极大增加家校智能设备接入数量，实时传输数据，针对学生状态实时跟进。家长通过专属账号登录平台，可第一时间了解孩子出勤、教学方案、学习进度及班级活动等信息，监督辅导孩子正常完成课前预习、课后定期复习等任务。老师也可在平台上实时了解学生在家作业完成情况和现存疑问，及时调整教学重点以解决学生困惑，深化学生对知识的理解，提升教学效率的同时，使学生课余时间得到解放。

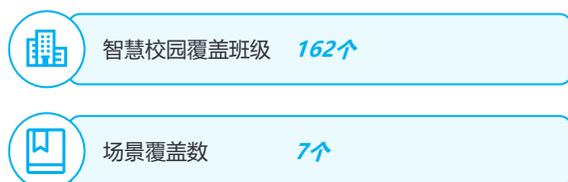
案例：智能走班排课

2021年，济南市某学校依托F5G千兆光网覆盖全校教室，广泛连接智能班牌、多媒体等全校智能设备，满足了学生的多样化教学需求。

基于F5G千兆光网的POL网络结合Wi-Fi 6具有高带宽、低时延的优势，可保证多样终端对于网络的不同需求，为校园通信提供了信息化的高速公路。在教室、老师办公室、监控保安室、信息技术中心等校园多个地方都被按需分配了不同容量的带宽，并且网络速度可根据实际应用场景进行调控。通过将F5G千兆光网部署在班级，可大力提升如今班级网络质量，让教师课堂互动不再卡顿，改善教学体验，并且可为未来的VR课堂提供重要的通信基础。即便是当教室有多人需要同时连接网络时，例如使用电子白板、多媒体讲台等，也可保障每一个用户体验到极致的网络通信。不仅如此，基于F5G千兆光网，考场监控也有了更好的保障，高清摄像头可实时监控学生纪律，为学生提供良好的考场环境。

POL网络以及Wi-Fi 6 作为智慧校园的通信基础，可丰富教学形式，提升教学体验，保障教师安全，是学校信息化、智能化发展的助推器。

表23：POL网络与Wi-Fi 6赋能智慧校园成效



资料来源：案头研究，专家访谈

案例：智慧教学

2021年，成都市某中学，运用“天上+地下”的“双千兆”网络，与VR等先进技术结合打造智慧课堂，并实现家庭与学校高度互通，极大丰富教学形式及流程。

POL网络和Wi-Fi 6相辅相成，让校园网络实现万兆到校、千兆到桌面。Wi-Fi 6可使并发接入用户数提升50%，支持100名以上学生同时接入并收发数据，使VR课堂成为可能。通过佩戴虚拟现实设备，该校师生们可以进行物体拆解、虚拟实验等操作，完成传统课堂较为困难的教学任务，创新课程形式，增添趣味性。

此外，通过将教室摄像头接入高效POL网络，第一时间传输课堂实时数据，并对课堂不同环节学生注意力和行为反应等进行智能分析，以供课后老师对教学流程进行针对性优化。课堂外，基于POL网络广连接特性，各类智能设备可接入管理中心，从而便利家长实时获取学校信息，并可通过校园云平台与各学科教师进行音视频交流，共同制定针对性教学计划并协同实施，由家长监督辅导学生在家高效完成预习、作业、复习等学习计划，由老师实时了解学生知识掌握情况进行针对性讲解，提升家庭教育和学校教育的一致性，助力学生高效学习。

F5G千兆光网作为连通课堂与外部世界、学校与家庭的纽带，推动教学流程全面优化，促进教学体验和效率飞跃。

表24：POL网络与Wi-Fi 6赋能数字课堂成效

数字课堂参数	过去	现在
校园网络故障恢复速度	24小时以上	50ms
可接入网络的学生数	约60人	100名以上
授课形式	传统讲授式	VR互动式课堂

资料来源：案头研究，专家访谈

展望未来，F5G千兆光网助力教育3.0时代的教学模式智能化、实现产教融合

前述应用案例中，F5G千兆光网展示出对教育产业升级的推动作用。校园管理层面，F5G千兆光网泛连通全校数据，支持建立一体化平台，推动校园管理效率提升。教学层面，Wi-Fi 6信号可覆盖家庭每个房间、学校每间教室，提供丰富教学形式，如交互式课堂，实现对教育全流程的实时监测与优化，加强学校与家长的信息沟通，助力教学体验全面升级。

未来，F5G千兆光网作为网络前沿技术，将进一步成为推动教育智能化、创新化的助推器，教育模式将实现智能化飞跃：

- ▶ 教育内容方面，F5G千兆光网助力AI演算，因材施教，F5G千兆光网超高带宽与高可靠性为智能中枢传输海量实时教学数据，助力精准制定动态的个性化学习方案，真正做到因材施教、因势利导；

- ▶ 教育形式方面，F5G千兆光网结合VR/AR技术促进线上线下教育形式快速多元化发展，为学习者打造高度开放、可交互、沉浸式的三维学习环境；
- ▶ 学习过程方面，F5G千兆光网赋能AI陪同，F5G千兆光网的低时延促进智能AI快速收集、分析、响应学生学习过程中的需求，取代教师和家长承担批改作业、实时辅导等日常重复性工作，成为陪伴学生自主学习的最佳帮手。

此外，F5G千兆光网将极大推动产教融合进程，促进学校与社会各行各业数据广泛连接，拓宽学校边界，推动教育培养重点与产业人才需求结合，将最终助力实现全社会协同化教育，将教育贯穿人生命历程的每个时期，打通教育、学习、实践的信息反馈闭环，助力各行业高素质人才培养提质增效。

5.6 撬动城市民生福祉新动能——2016-2020年民生福祉价值情况总汇

民生福祉指数构建及分析

光通信在民生福祉投入与三级指标相关性分析

基于安居智行、医养、家庭、校园的数字化水平具体体现，选取以下指标作为经济发展的三级指标。

图43：光通信投入与三级指标相关性分析结果



资料来源：安永分析

- ▶ 安居智行：公共监控摄像头及消费级摄像头产量越大，则安防及交通监测能力越强；平均高峰拥堵延时指数越小，代表着道路智能交通效果越显著；地铁线路延误事件数越少，代表着智能轨道交通效果越显著。
- ▶ 智慧医疗：中国医疗物联网市场规模越大，意味着医疗终端联网越多；互联网医院数量越多，则线上线下联动医疗资源将更广泛，智慧医养发展水平将提高。
- ▶ 智慧家庭：智能家居设备出货量越多，家庭智能化应用程度则提高；居民人均每周上网时长越长，说明居民对家庭固网依赖度越高，智慧家庭水平越显著。
- ▶ 智慧校园：智慧教室硬件设备出货量越大，则教育智慧渗透率越高；出口带宽达到100M的校园比例越大，则校园高速网络普及率提高，智慧校园发展水平越高。

民生福祉下一、二级指数计算结果

图44：2016-2020年民生福祉的价值指数



资料来源：安永分析

对三级指数进行平均求得二级指数结果，进而得到一级指数：

- ▶ 安居智行指数在近五年保持稳增，安防系统的数据互联和道路交通系统的车流调控离不开F5G千兆光网的支持。
- ▶ 智慧医养指数近五年保持高速增长，年均复合增幅高达近26%。F5G千兆光网作为支撑，大大提升医疗智能水平。
- ▶ 智慧家庭指数保持稳定，F5G千兆光网显著加速智慧家庭时代的来临，未来潜力巨大。
- ▶ 智慧校园近五年保持较快增速，F5G千兆光网助力校园的智能化，持续赋能智慧校园的蓬勃发展。

民生福祉价值指数近五年整体保持较高增速增长，年均复合增速达16%。随着F5G千兆光网普及率的提升和应用范围的扩大，其千兆带宽、毫秒级时延将进一步赋能更广泛的生活场景，助力人民生活品质和幸福感全面提升。

光通信投入与价值指数及外部指标相关性分析

图45：5年间光通信投入、民生福祉价值指数及各领域外部指标相关性关系



资料来源：安永分析

可知光通信在民生福祉中的投入与该领域指数增长相关，并采用线性回归模型得出指数增长与中国综合小康指数提升相关，由此在民生福祉中投入F5G千兆光网可提升大众生活的便利度与幸福感。

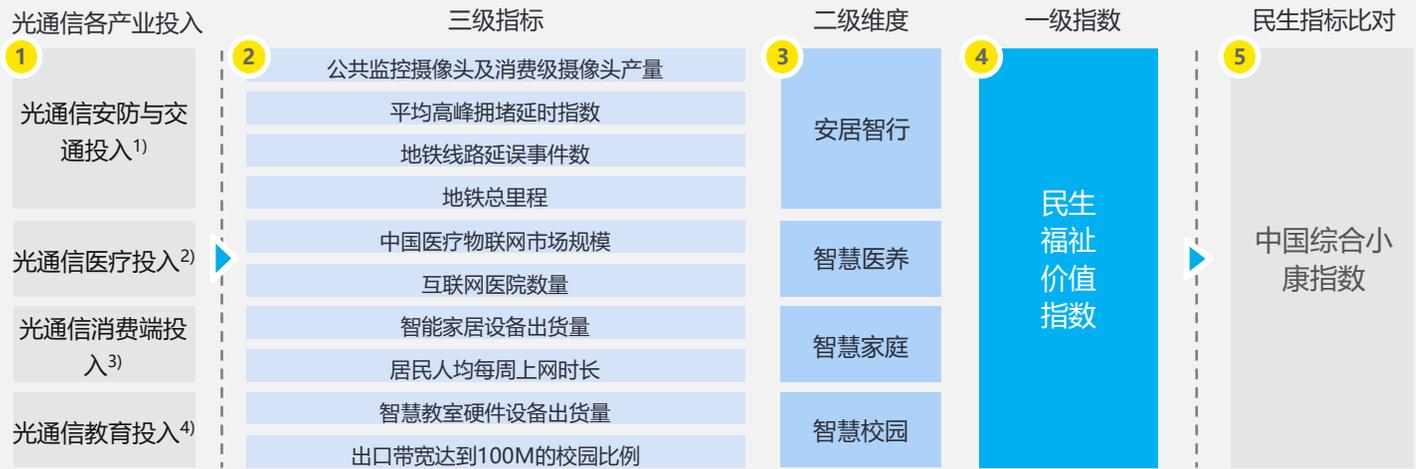
随着互联网和数字技术的全面普及，数字化生活体验已成为提升大众便利度的方式。F5G千兆光网作为高速网络的底座，可将优质、多元的体验内容传输到千家万户，也可提升安防交通、互联网医院、智慧校园等数字化服务的网络基础设施建设。各种数字化应用极大程度提升了人们在日常生活各方面的舒适性。而F5G千兆光网在其中扮演了信息连接作用，通过F5G千兆光网，让各类应用场景得以落地，造福广大群众。

F5G千兆光网民生福祉价值分析框架

在对民生福祉价值中智慧医养、智慧家庭以及智慧校园等各维度的F5G千兆光网的赋能场景——明确后，我们将进一步科学地定量评估光通信投入对民生福祉价值各级维度的贡献情况，并分析光通信投入对推动民生福祉的相关性。

- ▶ 选取各落实产业下的典型三级指标，明确光通信投入与各三级指标的相关关系。
- ▶ 对民生福祉三级指标进行指数化，并明确两者在上级维度的关联关系。
- ▶ 最后选取权威的民生福祉指标，与民生福祉价值指数进行线性回归，明确光通信投入对推动民生福祉的对应关系。

图46：F5G千兆光网民生福祉价值指数框架结构



资料来源：安永分析

定量分析计算过程示例

1 光通信投入与三级指标相关性分析

明确出民生福祉落实产业/议题中的典型指标，并分别得出光通信在该产业/议题的近五年投入与典型指标的数值。对典型指标以取对数方式处理，使投入与对数化指标可进行线性回归分析。最终得出近五年光通信投入与对应典型指标的可达系数R²，表征光通信投入与具体产出的关系可解释程度。

2 三级指标指数计算

- ▶ 以2020互联网医院数量为例：得到各三级指标对数化的可达系数后，以F5G千兆光网成熟应用元年，即2016年为初始年份，采用百分化方法对对数结果进行指数化处

$$2020\text{年互联网医院数量指数} = \left(\frac{2020\text{年互联网医院数量对数值}}{2016\text{年互联网医院数量对数值}} \right) \times 100$$

3 二级维度指数计算

- ▶ 以2020年智慧医养为例：对二级维度下的各三级指标的指数进行平均，得出二级维度指数。

$$2020\text{年智慧医养指数} = \left(\frac{2020\text{年中国医疗物联网市场规模指数} + 2020\text{年互联网医院数量指数}}{2} \right) \div 2$$

4 一级指数计算

- ▶ 以2020年民生福祉价值指数为例：进一步对各二级维度指数进行加权平均，得出一级指数。

$$2020\text{年民生福祉价值指数} = \left(\frac{2020\text{年安居智行指数} + 2020\text{年智慧医养指数} + 2020\text{年智慧家庭指数} + 2020\text{年智慧校园指数}}{4} \right) \div 2$$

5 民生福祉价值指数与民生福祉的相关关系分析

求得各年份民生福祉价值指数后，选取权威的民生衡量指数——中国综合小康指数，其由国家信息中心联合中共中央机关刊《求是》杂志社旗下发布，包括平安小康指数、生命小康指数、教育小康指数、居住小康指数等次级指数。对二者线性拟合，明确民生福祉指数与幸福相关关系。

注释：1) 安防业企业及交通领域在POL内网的年投入金额+在光通信专网年投入金额；2) 医疗领域在POL内网的年投入金额+在光通信专网年投入金额；3) 运营商F5G千兆光网家用宽带年营收；4) 教育领域在POL内网的年投入金额+在光通信专网年投入金额。

5.7 持续优化环境设施，引领智能家居办公新时代

除上述篇章中所覆盖到的民生福祉各行业及领域，F5G千兆光网还可助力优化人民生活及办公环境，比如通过对物业系统实现智能化感知与决策，系统间信息互联互通，为入驻企业及人民带来美好体验。随着城市化脚步加速，“智慧城市”概念逐步被人们知晓，作为城市小范围缩影，企业及人民所入驻社区及园区的物业管控经历着智能化转型升级。智能物业涉及智慧化环境感知以及公共设备管控。未来，运用F5G千兆光网在智能物业中铺设，可让人民享受更为便捷、舒适、安全的居住体验。

图47：F5G千兆光网潜在使能物业应用场景范

例



资料来源：案头研究，安永分析

未来，F5G千兆光网使能系统对周遭环境的感知与自主学习形成决策，为人民提供人性化的应用

根据中国物业管理协会数据，我国物业管理面积近年来保持较高速增长，2020年达到330亿平方米，人民对物业管理和社区环境也提出了更高要求。但如今各设备无法对周遭环境进行智能化学习并形成自主决策，这导致其功能单一，难以主动满足社区内居住者的需求。

F5G千兆光网推动人工智能、大数据等技术的应用，实现系统的智能化感知与决策。未来，当门禁系统中广泛铺设OTN光网，将可利用多样化的生物信息进行门禁管理，例如运用人脸识别、指纹、虹膜等，使人员进出更为人性化，识别速度更快，增强出入管理及上班打卡的灵活性。不仅如此，未来F5G新一代通信网络也可使能社区停车场实现智能化升级。F5G千兆光网的大带宽特性让停车场内高清摄像头远程实时监控各个位置车位利用率，及时进行宏观调度，避免车辆扎堆停放，并能够根据车主目的地为其引导至就近车位，极大程度解决找车位难的问题，缩短社区内人员停车用时。

案例：智慧门禁

2021年8月，某电信运营商为揭阳市某社区打造了智慧门禁系统，运用人脸识别、物联网、人工智能等技术，让居民实现无需刷卡就能进门。基于F5G千兆光网以及家庭Wi-Fi 6，该系统实现了对录入人脸信息的居民的快速检索，可及时完成居民身份的信息比对，快速让业主通行。通过将该社区进行全千兆网络覆盖，并运用人脸识别的门禁系统，该社区的安全性以及通行便利性都得到了飞跃提升。因此，基于F5G千兆光网在门禁系统中的应用，让系统快速完成非接触式的出入管理，从而使保安工作更为便捷，让居民生活更安心。

未来，F5G千兆光网赋能智慧化公共设备管理，让设备盘点、日常使用以及损坏丢失情况信息实现高效传输

社区内有多类资产存在着体量大、存放地点分散等特点，然而公共设施设备日常管理难以保证实时性及高准确率，盘点作费时费力，还存在安全隐患。

F5G千兆光网助力社区实现公共设施设备全生命周期的智能化管控。未来，通过F5G千兆光网所赋能的Wi-Fi 6网络，可让资产管理系统根据盘点需求，在线生成个性化的指标与清单，并将各设备信息实时传输至云平台，自主完成盘点工作，这可减少约90%的人力劳动。同时，F5G千兆光网网络可让在线盘点在3-5分钟内完成作业，大幅缩短盘点周期。另外，F5G千兆光网在智能物业中的部署可改善当前物业无法及时得知设备损耗与丢失情况。智能物业通过新一代OTN网络可准确得知设备所在地，当有自然损坏或疑似盗窃时，运用F5G千兆光网及时发出安全异常警告，提升设备管控工作效率及便利程度，打造一个科学、高端的生活及办公环境。

案例：设备管理

某国内知名通信企业所入驻的园区实现资产管理的智能化改造升级。通过OTN光网的建设，园区物业更精准掌控海量资产数据信息。物业管理仅靠依靠设备盘点云平台完成盘点工作，原本3个月完成4万件设备盘点，如今30秒内就可完成数十万件设备盘点。不仅如此，利用了F5G千兆光网技术后，物业管理可实时在线检查园区内的新风系统、空调系统、照明系统等，当发生故障或是损耗时，可及时发出警告，并精准得知问题所在，快速分派维修人员，高效保障了园区环境的运行稳定。

第六章

F5G千兆光网的可持续发展价值——

助力环境与资源可持续发展



6.1 使能全社会可持续发展与资源均衡，推动“双碳”目标早日实现

随着社会发展不断进步，可持续发展已成为多国政策制定方向的重点。不仅如此，联合国作为解决社会各类问题的国际性组织也将可持续发展作为重要战略目标之一。

- ▶ 2015年9月，联合国193个成员国在纽约召开可持续发展峰会并最终确定了社会、经济以及环境三个维度，包含17个具体发展目标，旨在到2030年全面实现社会可持续发展新道路。环境类目标包括清洁饮水与卫生设施、廉价和清洁能源、可持续城市和社区以及气候行动。

伴随着我国经济不断发展，自然资源、生态环境等问题日渐突出。因此，我国越来越关注社会可持续发展问题，将坚持贯彻绿色、环保、低碳等可持续发展理念，全力实现社会高质量发展。“碳达峰”与“碳中和”成为发展的战略目标。

- ▶ “十四五”规划纲要草案中针对绿色生态类共设有5个指标，其中包括单位GDP能源消耗、单位GDP二氧化碳排放、城市空气质量、水质情况以及森林覆盖率。
- ▶ 2021年3月，中央财经委员会第九次会议中强调，要坚定不移贯彻新发展理念，坚持系统观念，处理好发展和减排、整体和局部、短期和中长期的关系，以经济社会发展全面绿色转型为引领，以能源绿色低碳发展为关键，加快形成节约资源和保护环境的产业结构、生产方式、生活方式、空间格局，坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路。

综合考虑权威机构以及国家政策，我们将可持续发展拆分为绿色节能、资源均衡及生态环保三大领域。F5G新一代光通信技术，通过运用光纤代替传统铜缆作为网络传输介质，可铜的使用，并能减少网络传输的能源消耗。另外，F5G千兆光网可使能社会节能，助力智能电网绿色传输，并可赋能千行百业实现资源的高效利用，推动我国提前完成2030的碳达峰和2060碳中和战略目标。F5G千兆光网还可使能数据中心一体化的落实，利用其超大带宽、低时延以及强稳定性等特征让数据远距离传输有安全稳定的保障，从而实现我国东西部资源均衡发展。另外，F5G千兆光网还持续助推自然生态保护。

F5G千兆光网使用光纤代替铜缆，使用年限更长久且能节省不可再生资源开采，并通过新技术，降低远距离数据传输能源消耗，提升网络运维效率。我国固网通信经过多次迭代，正大跨步迈入F5G千兆光网的光联时代，光纤逐步取代铜线。现如今面临了铜缆传输能耗大、替换运维成本较高以及光纤骨干网络节点节能潜力未被全面开发三大瓶颈。运用F5G千兆光网提升网络速度的同时，有助进一步减少铜矿不可再生资源的开采，节约机房制冷的能源使用，且光缆使用年限更长久，无需频繁更换。除此之外，F5G新一代光通信技术通过MS-OTN、OXC等技术可赋能高效数据传输，节约网络传输过程的能源消耗，推动社会绿色节能领域发展。

F5G千兆光网助力实现全光社会，赋能智能电网绿色传输，助力公共服务领域节省电力资源，推动千行百业实现电与水资源的节约。社会节能领域正处于迈入绿色低碳的节点，面临电网管理及监控信息化水平不足、公共服务业缺乏电力数字化调控设备、产业资源管理精细化程度较低等瓶颈。F5G千兆光网作为新一代的光通信支撑，利用其低时延、高可靠等特性赋能智能电网领域，最大限度减少能源浪费，实现能源智能高效分配。同时，也可助力公共服务各设备实现智能化转型，节约电力资源。不仅如此，F5G千兆光网也可使能千行百业实现电力、水等各类资源的节约，进而全面建立资源高效利用的新时代。

F5G千兆光网推动“东数西算”工程建设，利用光通信将数据中心向可再生能源丰富且气候适宜的地区转移，从而实现绿色节能与区域均衡发展。如今全社会数据总量呈现爆发式增长，数据存储、计算处理、传输和应用的难度大幅提升，且出现数据中心能耗大和西部地区经济发展滞后等问题。我国需提升跨区域算力调度水平，建立绿色集约、互联互通的大数据一体化体系。F5G千兆光网作为跨区域数据传输的坚实网络底座，以其低时延、大带宽特性赋能“东数西算”工程，使西部地区承接部分算力需求，在缓解东部地区资源紧张的同时，优化西部总体产业结构，带动西部数字经济的蓬勃发展，推动全社会向绿色节能方向发展。

通过相关性分析发现，光通信的投入与可持续发展呈高度正相关。在绿色全光网、社会节能以及资源均衡等各维度的F5G千兆光网的赋能场景一一明确后，我们进一步科学评估光通信于各领域的投入程度，与各行业场景的关键指标进行相关性分析，通过模型发现，光通信的投入直接与联合国可持续发展目标指数呈紧密负相关，证实通过F5G千兆光网赋能可提升绿色节能与资源均衡水平。

F5G千兆光网助力“碳达峰”目标早日达成。据安永测算，未来10年间，F5G千兆光网可助力中国全社会各领域累计减少约2亿吨二氧化碳排放，等效于累计种树约10亿棵，为达到碳达峰的目标作出巨大贡献。

除此之外，F5G千兆光网还可持续助推自然环境保护。我们以林业作为典型潜力领域之一进行展开。通过广泛使用F5G千兆光网技术，可实现森林烟火的及时识别，提升灭火响应速度，保障森林生态的良性发展。除此之外，F5G千兆光网还可赋能高清监测摄像头，对森林病虫害现象实现远程实时监控，提升病虫害防治工作效率与精准性，进而优化提升防风固沙能力，为我国构建绿色美好生态环境助力。

6.2 绿色全光网助力千行百业实现节能减排

绿色全光网

通信网络是当前经济社会发展的战略性公共基础设施，移动网络与固定网络形成“天上一张网、地上一张网”，为千行百业的数字化转型提供坚实的基础。进一步提升固网通信的整体能效是顺应“十四五”规划推进绿色发展的重要议题。我国固定网络经过多次迭代，正大跨步迈入F5G千兆光网的绿色全光网时代，由光纤逐步取代铜线，全光连接提升网络速度的同时，有助进一步节约网络传输过程的能源消耗，并减少对不可再生能源的使用，推动产业绿色发展。

绿色全光网络高度契合国家网络强国发展战略。作为新兴产业，绿色全光网络具有技术架构领先、能耗低的优势，不仅为产业链提供了巨大的商业机遇，更具有广泛的社会价值。

——中国电子节能技术协会副理事长

绿色全光网定义

“绿色”含义：“十四五”规划中针对绿色低碳发展提出，要“推动能源清洁低碳安全高效利用”、“减少人类活动对自然空间的占用”以及“资源配置更加合理”。因此，在通信网络领域中，可从能源消耗、空间消耗及传输距离对绿色水平进行评估。

绿色全光网定义：是指传输和接入过程均采用光纤为介质进行信息传输，实现能源利用效率和资源利用效率提升，进而为全社会构建节能低碳的绿色网络。其评估公式为：

$$\text{绿色全光网水平指数} = \frac{\sum(\text{单位设备传输容量,设备数量}) \times \text{传输距离}}{\sum(\text{单位设备功耗,单位设备占地面积,设备数量})}$$

固网通信接入发展历程

我国固网经历了以铜线为主的起步阶段，而后逐步以光纤替代铜缆，如今固网正向绿色全光网时代迈进。

图48：固网通信接入发展历程

	铜缆传输阶段 2005及以前-2010s	光纤逐渐普及阶段 2010s-2020	绿色全光网阶段 2020-未来
阶段发展特点	<ul style="list-style-type: none">固定网络主要以铜缆连接，且传输网技术存在缺陷，如同步数字体系（SDH）单纤传输速率低，距离受限	<ul style="list-style-type: none">骨干网络利用光纤代替部分铜缆，且逐渐向光纤到户演进，但光纤化节点设备繁多，运维难度较大	<ul style="list-style-type: none">光进铜退进程已极大程度实现光纤到户，但光纤节能节资潜力有待深入发觉，全光网绿色技术仍需持续迭代

资料来源：ETSI，安永分析

逐步迈入绿色全光网阶段所面临的痛点

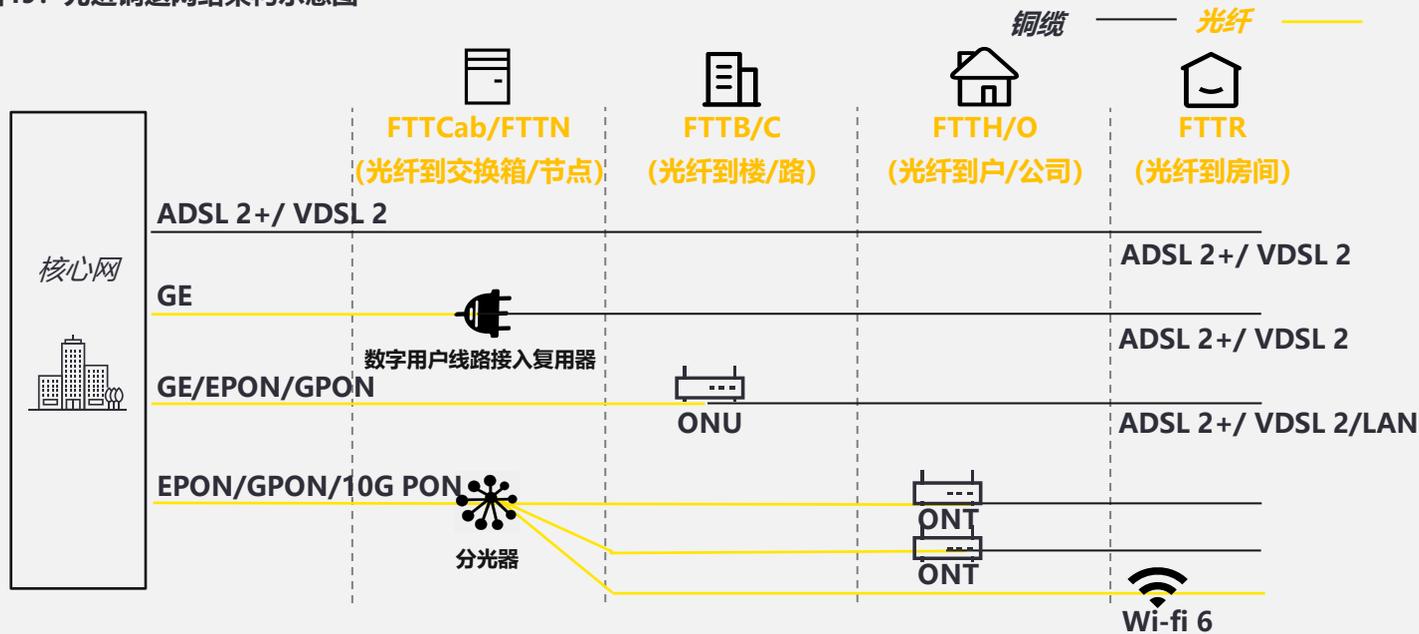
如今，我国固定网络处于光进铜退的重要节点，正向着以全面使用节能环保的光纤为特征的绿色全光网时代稳步迈进，但在现阶段仍存在以下痛点。

- 铜缆传输过程的能源损耗大。**在网络通信方面，铜线作为传统网络环境下的传输媒介，长距离下无法做到高效传递，过程中会产生信号衰减，同比特下能耗更高。此外，铜缆传输使用DSLAM相关设备，会占用大量机房及空间资源，从而产生较大的电能消耗。随着人们对更高生产效率和更好生活需求的提高，数字经济规模将不断扩大，未来对网络传输的需求会更大，若继续使用铜缆将进一步加大网络传输过程中电力的损耗。
- 铜缆材料不可再生，且替换及运维成本较高，不利于资源节约。**铜是国家重要战略资源，根据中铝集团统计，我国铜矿储量占世界的4.60%，且铜精矿自给率由2000年的43.25%降至如今的22.8%，国内资源保障能力弱。固网建设对铜缆的大量使用不利于可持续发展。其易老化、氧化、受潮的特性，造成运维成本较高。
- 光纤网络的节能节资未被完全发掘。**光纤正逐渐普及，但网络设施改造、骨干网传输优化、家庭用网及园区网络等方面的节能节资仍可进一步提升。固网技术不断迭代，在网络设施改造时，往往存在替换难度大和浪费的问题。骨干网络逐步光纤化，其采用波分技术（WDM）可实现单纤传输速率与传输距离提升。但仍存在传输的数据缺乏监控机制的问题，且单波道只能承载一条业务，利用率不高；随着动态光分插复用技术（ROADM）的出现，其调整任意波长的穿通和阻塞状态的特点，可实现骨干网络节点灵活性提升。但ROADM技术的传输颗粒较大，导致一定的空间浪费；另外每个分叉需要设备子架，随着光纤网络负荷增加，光纤量及设备量不断增多，带来复杂度不断提升，因此能耗增加且运维难度提升。家庭方面，AR/VR游戏、远程办公等应用场景都需稳定高速的网络，而往往由于铜缆网线带宽有限，即便购买高兆数套餐，也难以完全发挥高速网络能力，此外网关常年处于开机状态耗电较多，且累计较多缓存会缩短使用寿命，增加维修次数。在园区网络中，如今的组网较为复杂，运维检修需消耗较大资源，且存在传输距离限制以及扩容较难等缺陷。

F5G千兆光网作为绿色全光网的核心技术，推动光进铜退，实现全光覆盖

F5G千兆光网是泛在全光连接固定网络的核心技术，采用光纤代替铜线布网，减少了对于高能耗、运维成本高、不可再生的铜资源的使用，从而契合了固网对于绿色可持续发展的需求。

图49：光进铜退网络架构示意图



注释：1) ADSL / VDSL：非对称/超高速数字用户线路；2) GE：千兆以太网技术；3) EPON/GPON：以太网无源光网络/千兆无源光网络；4) 10G PON：万兆无源光网络

资料来源：案头研究，安永分析

F5G千兆光网推动全光固网绿色接入，解决当前发展的痛点

针对铜缆传输所存在的能耗大、运维成本高、材料不环保及光纤中的节能节资未被完全挖掘等痛点，绿色全光网使用可节约能耗、易获得、便于运维的光纤代替不可再生的铜缆，并利用基于F5G千兆光网的MS-OTN、OXC、Wi-Fi 6以及POL进一步实现绿色节能。

F5G千兆光网基于光纤传导，节能效果明显；且介质易获得、使用寿命长，同时节约铜矿，可有效节约资源。铜作为网络传输媒介，其电信号的传输会造成能源消耗，且材料不环保；光纤的使用将大大减少传输的能耗，可有效节省铜等不可再生资源，从而达到可持续发展目的。

- ▶ F5G千兆光网利用光纤传导光信号，相比于铜线设备传导电信号，系统整体耗电量减少、抵抗外来干扰的能力更强、传输衰减损耗更少。另外，由于光纤设备较为轻盈，缆线构造较为简单，所以设备整体较小，不易出现发烫、过载等故障，降低机房制冷能耗。对于家庭用户来说，光纤相对铜线节能幅度可以达到60-75%，相对同轴电缆达到70-85%，每户每天节省电可达量0.15kWh。
- ▶ 制造光纤的原材料二氧化硅在自然界的储量丰富。使用光纤代替铜缆有助于降低原材料开采成本，推动可持续发展。此外光纤对环境的适应性非常强，具有耐酸、耐碱的特性。相比于铜缆易老化的特性，光纤使用年限则比铜缆高出5年以上，使传输网络可以得到充分利用。

基于F5G千兆光网的MS-OTN、OXC、家庭Wi-Fi 6以及千行百业POL全光园区网络四大应用场景可进一步促进通信网络使用的节能节资。F5G千兆光网的MS-OTN以及OXC技术可提升传输网络的灵活性并简化骨干网络节点线路，从而节省能耗使用；在家庭及各行业园区网络中，F5G千兆光网可让用户体验到高品质的稳定网络传输，并可实现节省降耗，降低运维难度。

- ▶ MS-OTN (Multi service OTN) 技术，实现一台MS-OTN设备替代原有的IP、SDH和OTN共三台设备，能够基于不同层次实现数据的高效传送，兼具容量大、业务灵活及网络统一的特点。其传输业务的最小颗粒可以为2Mbit/s，减少较小传输量的空间浪费；同时其弹性管道的特点，提升运维效率；此外三合一的设备可有效降低设备面积，减少土地资源占用。
- ▶ F5G千兆光网的另一核心技术OXC作为全光网的重要支柱，相比于骨干网络节点的ROADM技术，具备更小的能耗。OXC通过印刷技术进行光纤连接，可节省90%人工连纤，实现交叉降耗99.9%，整机降耗80%。OXC的全光背板，免内部连纤，且线路维度随需扩展，运维灵活度大大增加，此外通过数字化波长技术实时感知光纤质量、波长性能、波长利用率和波长路径等，可进行光层故障提前预报，从而大幅提升网络运维效率。

▶ 随着F5G千兆光网新一代光通信技术的普及，在家庭中光纤基础设施更为全面的替代铜线，为可持续发展做出贡献。FTTR全光家庭网络可让人们在家中享受4K/8K视频、云游戏、远程办公、在线教育等多个高带宽、低时延的应用场景，使用户无需再担心高带宽网络无法被完全释放的问题。另外，家庭房间的全光Wi-Fi信号覆盖可降低约30%时延，且由于光纤家庭组网更为简化，维护及施工成本也相对较低。不仅如此，基于F5G千兆光网技术的Wi-Fi 6可实现数据传输繁忙时全速支持，闲暇时自动进入睡眠模式，并且支持自动唤醒时间的功能，让路由器可调度终端设备数据发送、接收及休眠时间，从而减少多个终端设备同时无序竞争信道的情况，提高设备电池使用寿命，减少不必要的电力损耗。FTTR可实现家庭绿色全光连接，让人们享受高品质网络的同时更加节能，助力通信行业进一步实现绿色低碳发展。

案例：SDH改造

广东省某市政府为满足各类业务场景需求，对SDH网络进行升级，建设政企OTN专线，现已覆盖各个区县重点地区。

随着多年的发展，以往的SDH专线面临着容量不足、技术及设备均已老旧等问题，政务机密文件等信息面临了安全风险。本次改造中，使用MS-OTN设备替换SDH，实现一台MS-OTN设备替代原有的IP、SDH和OTN共三台设备，在保障了政务跨省和跨地区间各类敏感数据的安全可靠传输的同时，更是节省了机房空间以及电力损耗，实现了政务专线的绿色节能。

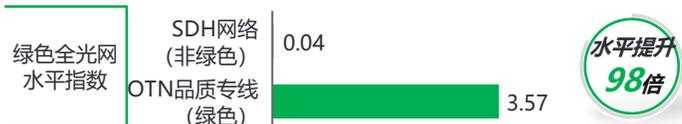
表25：SDH网络改造成效



资料来源：案头研究，专家访谈

图50：绿色全光水平评估

以绿色全光网水平指数公式计算得到：



资料来源：专家访谈，安永分析

▶ 基于F5G千兆光网的全光园区网络可改善传统园区网络的多网并存、管理维护复杂且成本高等缺陷，在实现园区多个业务千兆超宽接入的同时，可为人们打造更为绿色低碳的园区环境。POL网络利用无源分光器代替传统汇聚交换机，进而可使网络更为扁平化，简化布线，同时也节省了相应的机房、供电、防灾以及空调等配套设施建设，节约了人力及土地等各项资源。不仅如此，POL网络传输数据更为安全可靠，效率更高，进而可节约园区用电。因此，基于F5G千兆光网的POL网络可大力推进通信领域进一步实现绿色低碳发展，为“双碳”目标做出贡献。

案例：全光交叉

2019年，四川某电信公司与我国某科技巨头公司联手打造省际全光骨干网络，通过OXC技术扩展网络能力，提升运维效率，从而为其大数据中心的客户提供优质的网络服务。

为提升网络服务能力，该电信公司进行持续网络建设，但在建设中面临着一系列问题：一方面，传统IP+光Hop by Hop的方案流量100%都由电层调度，对机房空间以及供电能力都提出了更高要求；另一方面，地区间的网络流量不均，部分区域传输节点利用率低于30%，显著低于热门网络传输区域。

为解决上述问题，其引入F5G千兆光网核心技术OXC，打造80%流量由光层调度的“光立方网络”，将核心节点引入OXC，新增设备之间光缆互连，形成网状网结构，在提升网络适应性同时，降低总拥有成本（TCO），减少了能源消耗方面不必要的支出。

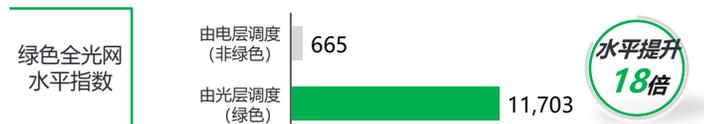
表26：建设F5G千兆光网光立方网络成效



资料来源：案头研究，专家访谈

图51：绿色全光水平评估

以绿色全光网水平指数公式计算得到：



资料来源：专家访谈，安永分析

案例：FTTR全屋千兆

宜昌市某小区住户近期完成了超千兆FTTR全光家庭组网改造，让Wi-Fi 6千兆光网飞速体验无处不在，迈入家庭高品质网络的智慧生活新阶段。

该房屋为300平方米的复式住宅，原先家中虽有由两个路由器所组成的Wi-Fi，但由于住宅面积大，住户在家中各房间走动时还需手动切换不同Wi-Fi。另外，由于多年前装修所使用的网线、Wi-Fi设备品质不高，因此家庭网络实际无法完全体现出所购买套餐的带宽能力，各房间网络质量也有明显差异，体验感较差。

在对该房屋进行网络改造时，施工人员通过光纤将4个光猫路由一体机分别安装在住宅的露台、客厅、书房以及卧室中，让住户在房屋的各个角落都能有极致网络体验，稳定支持VR游戏、在线办公等多个应用场景，在同等功耗下比以往的网络可传输更多的容量。不仅如此，Wi-Fi 6支持路由器智能休眠功能，当夜间无人使用网络时则会自动进入休眠，进而打造绿色低碳网络。

基于F5G千兆光网的Wi-Fi 6不仅让家庭用户体验到高品质的网络体验，更是可为社会低碳、环保做出贡献。

表27：FTTR全屋千兆改造成效



资料来源：案头研究，专家访谈

图52：绿色全光水平评估

以绿色全光网水平指数公式计算得到：



资料来源：专家访谈，安永分析

案例：全光园区

2020年，中国某通信科技公司推出极简园区千兆光网并率先应用于其研发中心大楼。园区通过用光纤完全替代铜缆，达成极简架构、极易运维、极易改造，推动了园区固网能效的提高，也为园区的新业务发展和创新提供坚实的网络基础。

面对网络云化的园区业务主流趋势，传统以太网网络交换采用铜缆的3层网络架构，暴露出建设成本高、运维难度大等缺点，业界迫切需要一个相较传统交换网络更好的替代方案。该公司通过充分调研其研发中心大楼的使用场景和需求之后，最终采用10G POL技术，以千兆光网代替铜网作为建设基础的网络架构，从而便利运维的进行，使得园区运维更加简单、高效。由于大大简化了传统网络架构，因此也较大程度上节省了弱电机房以及空调等配套设备，进一步为绿色可持续发展赋能。

基于F5G千兆光网的全光园区网络缓解了传统网络扩容成本高、运维检修困难等问题，其较为扁平的网络架构可赋能园区绿色低碳发展。

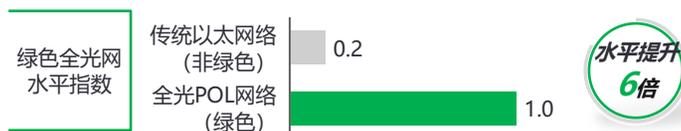
表28：园区应用千兆光网成效



资料来源：案头研究，专家访谈

图53：绿色全光水平评估

以绿色全光网水平指数公式计算得到：



资料来源：专家访谈，安永分析

F5G千兆光网推动光通信走向绿色发展，全面助力碳达峰及碳中和目标实现

在固网通信领域，F5G千兆光网不仅可在介质上以光进铜退实现信息传输效率优化，减少能源及资源利用；同时骨干网及接入网技术的迭代可进一步减少网络运营商及终端使用环节的能源消耗。千兆光网作为新一代固网绿色接入技术可助力我国践行可持续发展战略，实现绿色低碳以及碳达峰、碳中和目标实现。

图54：2021-2030年F5G千兆光网赋能绿色全光网减排预测



资料来源：专家访谈，安永分析

注释：1) 根据安永预测，在2021-2030年间F5G千兆光网为通信领域节能减排相关数据的累计值。

本材料中的前瞻性声明，是基于一定的风险、不确定性或预测作出的，这些风险和不确定性可能导致实际结果与明示或默示的预期结果不同

节能领域发展关系着我国经济和自然兼顾，习近平总书记提出“绿水青山就是金山银山”让千行百业坚持贯彻绿色运营理念，降低资源浪费。在社会节能领域迈入绿色低碳阶段，面临电网管理及监控信息化水平不足、公共服务业缺乏电力数字化调控设备、产业资源管理精细化程度较低等瓶颈。F5G千兆光网作为新时代下的网络支撑，其低时延、高可靠特性赋能社会全方面，最大限度减少其使用过程中的浪费，实现能源智能高效分配，同时降低各类资源使用，助力国家达到碳达峰、碳中和的目标。

实现达峰乃至碳中和的目标，二氧化碳排放必须大幅下降，这将有力倒逼能源结构、产业结构不断调整优化，带动绿色产业强劲增长。

——生态环境部应对气候变化司司长

社会节能发展历程

我国社会节能自改革开放以来，经历初步发展阶段及政策介入阶段，如今正朝着绿色低碳的目标奋力前进，以期早日实现碳达峰、碳中和战略目标。

图55：社会节能发展历程

	初步发展阶段	政策介入阶段	绿色低碳阶段
阶段发展特点	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 普遍采用传统电网，难以合理地储存、输送并分配电力资源，浪费现象较为严重 ▶ 刺激能源生产，以大型能源项目拉动经济发展，支撑各行各业对能源的需求 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 启动建设智能电网，探索相关技术研发及进一步落实普及，并将智能电网建设纳入国家“十二五”规划纲要 ▶ 节约能源，制定并实行全面、严格的能源节约制度和措施，能源利用率得到明显提升 	<ul style="list-style-type: none"> ▶ 推进绿色电网，进一步提升智能电网渗透率，促进千行百业节能减排，实现可持续发展 ▶ 控制能源消费总量，总量在60亿吨标准煤以内，二氧化碳排放实现碳达峰

资料来源：《能源生产和消费革命战略（2016—2030）》，《能源中长期发展规划纲要（2004-2020年）》，国务院，国家统计局，安永分析

社会节能领域面临发展瓶颈

如今，我国社会节能领域正向着碳达峰和碳中和的目标稳步迈进。然而，当前阶段仍面临着发展瓶颈。

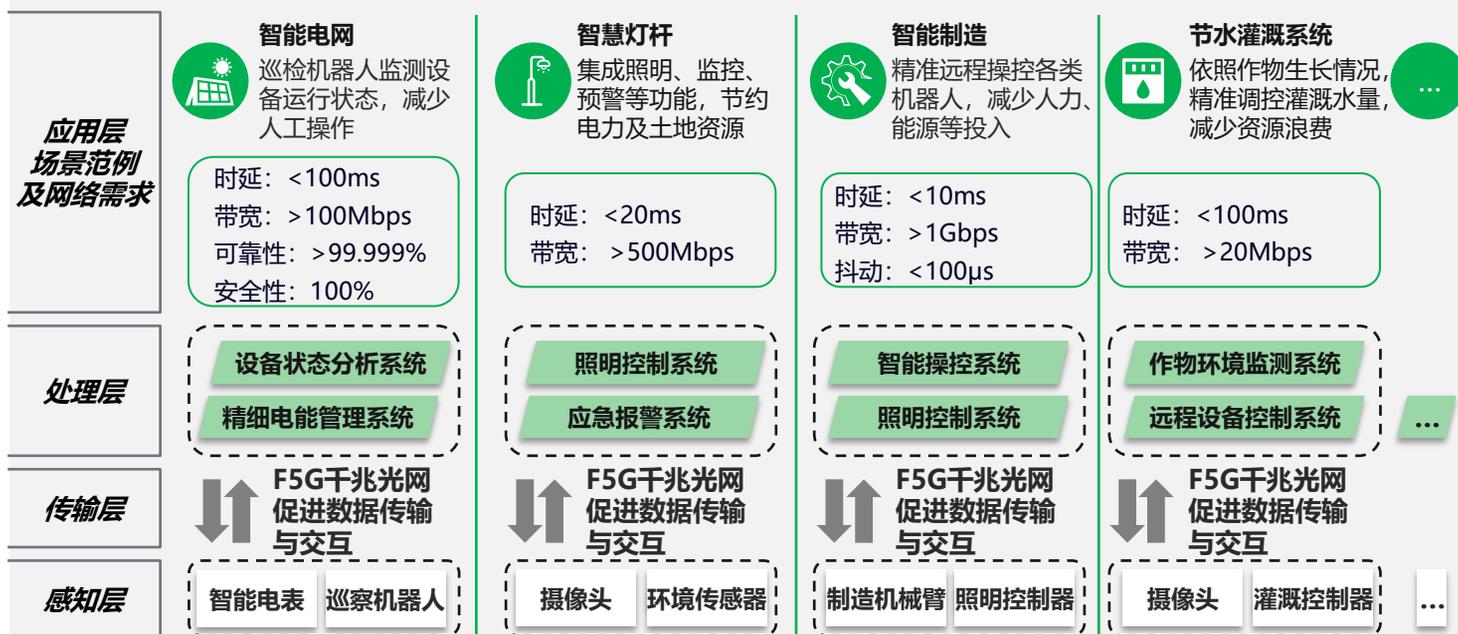
- ▶ **电网管理及监控数字化水平不佳，导致能源低效使用与浪费。**传统电网信息化程度较低，电网监测、管控、巡检、运维等作业中人工占比较高，难以从用户能源使用数据中挖掘有效信息，无法依靠日夜或季节性峰谷值进行预测，且各类信息缺乏互联互通，因此宝贵的电力资源难以实现高效利用。当电网发生故障时，由于缺乏实时高效监测功能，问题发现不够及时，检修效率较低，故障停电时间长，进而造成不必要的电力浪费。
- ▶ **社会公共服务业智能化程度不足，缺乏数字化管理手段，造成电力不必要的浪费。**随着我国经济不断发展，公共服务产业已逐渐迈入智能化、信息化发展的初期。然而，当前各设备运行依旧大量依靠人工操作，难以精准控制用电量，对电力能源的需求量也因此难以降低，这将直接导致社会公共服务业总体电力能源消耗量较大，容易造成不必要的电力能源浪费。

- ▶ **产业尚处智能化升级初期，能源管理精细化程度不足，且人工作业占比高，导致各类资源不必要的浪费。**根据国家能源局统计，2020年我国全社会能源消耗量达75110亿千瓦时，其中工业用电占比约70%，工业为节能的重点领域。再以水资源为例，根据2020年度《中国水资源公报》，2020年全国用水总量达5813亿立方米，其中农业用水达3612亿立方米，占比约62%，然而农业灌溉效率普遍低下，水的利用率仅为45%，农业为节水的重点领域。综合来看，工业节能和农业节水为我国社会总体节能的重点发力领域。然而，这两大领域当前的能源管理依赖人工作业的比例依然较高，人工操作的随意性过大，不能够严格执行精准调控，且人工操作，无法解放劳动力，造成对人力、能源、水、煤、天然气、土地等各类自然资源的利用效率低，直接导致社会总体资源浪费。

F5G千兆光网在社会节能领域使用广泛，赋能应用升级

F5G千兆光网的低时延、高可靠等特性很好地契合了节能领域对于网络的强需求。F5G千兆光网赋能联结多层次数据，助力智能电网、公共智慧灯杆、智能制造及节水灌溉系统的信息采集与传输等各类应用场景升级。

图56：F5G千兆光网使能社会节能网络架构图



资料来源：案头研究，安永分析

F5G千兆光网助力社会节能突破当前发展瓶颈

针对社会节能领域所面临的瓶颈，F5G千兆光网的大带宽、低时延、“0”抖动特性可助力智能电网的渗透率，推动公共服务业用电设备的智能化升级，优化千行百业资源利用率。

F5G千兆光网推动智能电网高效利用各类数据，优化配电精准性与及时性。在国家“碳中和、碳达峰”的愿景下，电力行业需探索更为绿色节能的方案策略，减少不必要的电力损耗。

- 基于F5G千兆光网的专网以及Wi-Fi 6技术可使智能电网对生产端及用户需求端信息高效采集与智能化决策，实现精准按需分配电力、电网故障自动监测等功能。通过F5G千兆光网连接整个电网，用户历史用电习惯及电力峰谷值情况等信息触手可及，并且结合人工智能、大数据、区块链等技术分析电力使用模式，进而可更为精准的匹配所需电力，减少电力浪费情况。当电网发生故障时，采用F5G千兆光网技术的电力在线监测平台将及时判断故障位置，自动进行电力重配，避免影响用户用电，减少不必要的浪费。

F5G千兆光网使能公共服务业实现数字化的电力管控，减少因人力操作所带来不必要的电力浪费。公共服务领域为我国全社会电力消耗较大领域之一，当全面进行数字化管控设备的升级后，将可更为精准地调控各设备用电水平，减少不必要的浪费。

- 公共服务业的智能化不仅直接影响到人民生活各方面的便利性、安全性等，其电力调控的数字化改造升级也需依赖F5G千兆光网光纤接入，并能够节约电力。例如，通过F5G千兆光网部署于智慧灯杆，可实现城市道路照明自动化，通过智能感知设备以及摄像头，可及时根据天气阴晴、昼夜进行无人化精准调整灯光明暗与冷暖，降低因人工操作不当或不够精准所造成的电力浪费。

F5G千兆光网助力千行百业智能化升级，节约能源和水等自然资源的浪费。工业为能源主要使用产业，农业为水主要利用产业，两大领域智能化升级后，将提升资源利用率，实现节能减排。

- 制造业为我国的支柱产业，目前仍处于智能化转型阶段，许多工作流程仍高度依赖人工作业。通过F5G千兆光网的部署，可加快智能化转型脚步，利用其低时延、高可靠的特性联接自动化生产设备。通过减少人工操作，提高效率和质量，减少原来因人工所需的用电需求，包括照明、顺应人工工时的开关机预热及待机能耗等各类能源浪费情况，综合而言，可有效降低单位生产能源指标。
- 农业目前仍处智能化转型初期，人工、大水漫灌等传统灌溉方式仍居市场主流。通过以F5G千兆光网高稳定的信息传输为底座，串联感知及调控设备和智能处理系统，可赋能农业智能灌溉系统，实现用水的自动化、定制化、精准化，远程监测管控，节省人物力资源成本，彻底结束传统灌溉模式的大量资源浪费。

案例：智能电网

2020年，广东省某供电局对电缆隧道运营模式作出探索，基于F5G千兆光网，实现智能电网，并通过人工智能、大数据等技术，大幅提高变电站设备巡检分析的效率，减少人力投入的同时也可让电网运转更为绿色节能。

基于F5G千兆光网的Wi-Fi 6以及专网可广泛连接供电局各类巡检设备和智能可视化平台。例如，通过高效稳定的网络连接电缆隧道中的机器人用于代替人工巡检，这不单单是减少人力工作时间，更是能够保障隧道实时情况的精准监测。当捕捉到各设备的状态图像后，通过F5G千兆光网低时延特性的赋能，该巡检机器人可将高清图像信息在低于1ms的时延内传输至电网指挥中心。在数据采集工作完成后，通过基于F5G千兆光网技术的专网连接，并采用人工智能、大数据等新型技术可将数据进行智能化分析，对疑似故障情况展开排查，故障电网处及时抢修，各类设备状况进行评估，从而让电网运转更为高效，避免各类不必要的电力浪费。

该供电局对电网进行智能化升级改造后，不仅提升了电网运维检修的工作效率，更让电网运转更为绿色节能，而这其中都离不开F5G千兆光网所提供的坚实光通信底座。

表29：F5G千兆光网赋能智能电网成效

智慧电网参数	过去	现在
设备运行状况分析诊断	3天	1小时
输电巡视效率	20天	2小时
隧道巡检效率	1天	2小时

资料来源：案头研究，专家访谈

案例：智能制造节能

2020年，国内某领先卫浴品牌携手顶尖通信企业共同打造智能制造产业园，通过探索并使用物联网、自动化生产设备、物流仓储及搬运设备、人工智能等技术成功实现了卫浴产业生产的智能化，为制造业节能减排助力。

F5G千兆光网可对制造过程的能耗自动化管理，减少能源浪费。在卫浴产品施釉成型阶段，基于F5G千兆光网的工业POL园区网络，可对烧成窑炉的电表进行精准监控，自动控制设备开启与关闭，减少不必要的电力浪费，最终实现节约用电。

工业POL网络还可对制造流程自动化赋能，提升制程效率，从而降低碳排。运用POL网络可高效连接马桶施釉机器人，实现对不同马桶型号下达精准的施釉指令；可连接温湿度等各类感知器，让操控人员远程采集、调控车间的环境；可让自动导引运输车（AVG）实现稳定、低延迟的网络连接。这些都能大力提升整体卫浴制造的效率，减少整个制造产业园的人工操作的损耗，通过自动化的精准调控制程，从而降低碳排。

该知名卫浴品牌产业园区的智能化成功实现了能源、人力等资源的节约。F5G千兆光网千兆光网是制造业实现智能化优化升级的坚实网络底座。

表30：工业POL网络赋能智能制造成效



资料来源：案头研究，专家访谈

F5G千兆光网赋能社会各领域实现智能绿色低碳发展，为实现碳达峰、碳中和助力

F5G千兆光网技术是千行百业实现绿色与可持续发展的坚实底座，其大带宽、低时延、强稳定等特征将助力各类智能化设备高效运转、精细化作业，进而降低各类资源投入、消除不必要的内耗浪费，让我国尽早实现碳达峰、碳中和的战略目标。

图57：2021-2030年F5G千兆光网赋能社会节能减排预测



资料来源：专家访谈，安永分析

注释：1) 根据安永预测，在2021-2030年间F5G千兆光网为电网、制造、交通、农业领域节能减排相关数据的累计值。

本材料中的前瞻性声明，是基于一定的风险、不确定性或预测作出的，这些风险和不确定性可能导致实际结果与明示或默示的预期结果不同

6.3 助力数据中心一体化，实现资源可持续均衡发展

资源均衡

如今数字化转型已成为大势所趋，随着各行各业数字化转型升级的进度加快，全社会数据总量呈现爆发式增长，然而却出现数据中心能耗大、西部数字经济发展滞后等问题。因此，我国亟需提升跨区域算力调度水平，建立绿色集约、互联互通的大数据一体化体系。F5G千兆光网作为跨区域数据传输的坚实网络底座，以其低时延、大带宽特性赋能“东数西算”工程，使西部地区承接部分算力需求，在缓解东部地区资源紧张的同时，优化西部总体产业结构，带动西部数字经济的蓬勃发展，推动全社会向绿色节能方向发展。

推动甘肃省“东数西算”试点项目，对于缓解东部地区数据中心指标紧张局面、带动西部地区数据中心产业升级转型、降低数字经济企业生产经营成本等具有重要意义。

——国家信息中心副主任

数据中心布局发展历程

我国数据中心布局经历数据就地处理分析的起步阶段、数据中心向资源丰富地区迁移的布局优化阶段，目前正在大力发展数据中心一体化。通过“东数西算”工程，助推数据要素互联互通，实现数据中心绿色高质量发展。

图58：数据中心空间布局发展历程



资料来源：《关于加快构建全国一体化大数据中心协同创新体系的指导意见》，《中国数据中心发展蓝皮书（2018）》，安永分析

数据中心当前空间布局所存在的问题

数据中心在空间上若仅就地建设、分散布局，将面临两大显著问题。

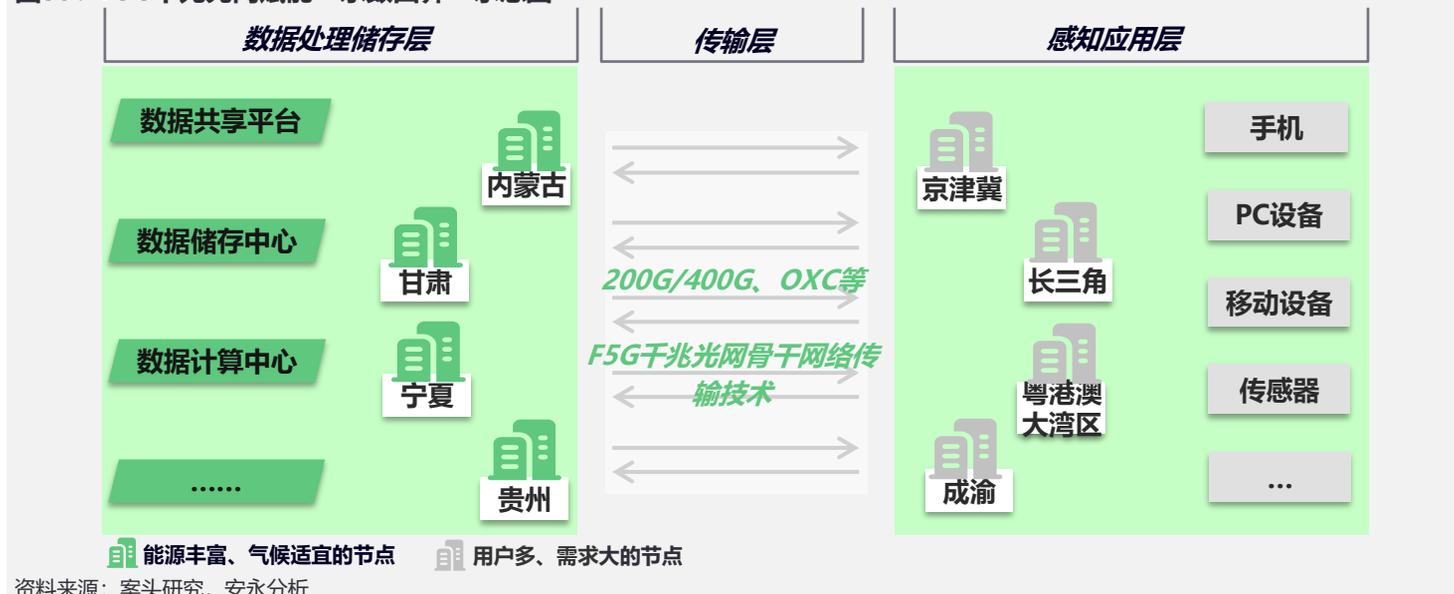
▶ **具有较强数据需求的东部能耗指标紧张，而资源禀赋得天独厚的西部则缺乏开发，数据中心布局缺乏考虑绿色节能因素。**我国数据应用需求主要集中在东部等人口聚焦区域，随着这些区域数据中心的快速扩张，现有的城市资源受限于电力、土地以及能耗指标的限制，无法满足其大规模算力部署需求。国家发展改革委高技术司曾表示我国数据中心年用电量已占全社会用电的2%左右，且该数据量仍在快速增长。iResearch数据显示，电力成本占数据中心运营成本比例大约为56.7%，其中又以散热费用为主，高昂的电力成本使得其数据中心扩张步履维艰。而我国中西部等地区土地充足、各类清洁能源丰富、气候适宜，是数据中心建设发展极具优势的地区，却缺少大型数据中心规模化布局，未能充分发挥其优势，因此，数据中心亟需考虑绿色、环保、节能等相关因素进行布局，助力碳达峰、碳中和等目标早日实现。

▶ **西部总体产业结构发展失衡，致使社会经济水平落后，亟需算力赋能。**2020年我国第三产业GDP占比54.5%，而西部地区仍落后约3.4个百分点，产业结构亟待持续优化。其中，数字经济产业作为推动我国经济增长的重要引擎，其主要集中在人口集聚的东部发达城市，这些地区数据流量大且应用场景丰富，反观中西部地区，由于缺乏资金、人才、技术，及高新产业的集聚，鲜有机会参与到数字经济的各产业链中。此外，中西部地区产业以一、二产业中的低价值产业为主，此类传统企业的经营模式和经营理念未与数字经济发展理念相契合，亟需通过数据算法和算力等基础技术进行系统性数字化革新。由于西部地区数字经济产业较少、传统产业数字化水平较低，这致使总体经济水平相较于东部地区落后较多，且发展相对迟缓。

F5G千兆光网助力“东数西算”，加快我国数据中心一体化进程

F5G千兆光网以其超大带宽和毫秒时延促进数据整体流通，为“东数西算”工程保驾护航，将用户多、需求大的节点与能源丰富、气候适宜的节点进行数据调配，有效缓解区域资源供需不匹配和产业发展失衡问题，推动社会绿色协同发展。

图59：F5G千兆光网赋能“东数西算”示意图



资料来源：案头研究，安永分析

F5G千兆光网助力数据中心绿色节能，缓解区域发展失衡

我国数据中心正向一体化合理布局稳步迈进，但目前还处于分散布局的阶段，导致区域资源供需不匹配和区域间经济发展、产业结构失衡的问题。数据中心一体化通过全光底座F5G千兆光网，可强而有力地赋能“东数西算”工程中最为重要的传输过程，打破地理隔阂，打造算力高质量供给、数据高效流通的一体化数据中心，推动社会绿色发展。

F5G千兆光网赋能“东数西算”绿色节能，将数据中心建设向气候适宜、清洁能源资源丰富的地区转移。数据中心耗电多，发热大，而我国中西部等地区可再生能源丰富以及得天独厚的地理条件使其成为数据中心绝佳的建设区域。

- 我国中西部地区有气候和地形条件的双重优势，平均气温低且有天然季风可为服务器的散热提供绝佳自然条件，是数据中心建设的理想区域。“东数西算”工程可有效降低服务器散热所需的电力资源，缓解东部地区能够指标紧张问题。基于F5G千兆光网的数据中心互联（Data Center Interconnection DCI）光传输网络为“东数西算”保驾护航，具有大带宽、低时延特性，并利用西部优渥的天然散热地理条件，在确保海量数据高效存储与计算的同时可使能数据中心更为绿色节能，降低能耗。
- 东部数据中心往往依靠不可再生能源进行供电，且由于产电地区较远，远距离传输也容易造成不必要的电力浪费。而中西部地区可再生能源丰富，可就地利用太阳能、风能、生物质能等清洁能源为“东数西算”工程的数据中心供电。全光底座DCI作为有力的网络支撑，保障数据稳定传输，由中西部提供充足的电力保障，确保数据中心强大运算的稳定运行，强化节能降耗，推动绿色发展。

F5G赋能各区域均衡发展，促进不同区域间以及同一区域内的产业结构优化与经济提振。F5G千兆光网为“东数西算”的传输过程提供了有力的保障，助力西部地区参与到数字经济产业链中，开辟数字经济蓝海，并赋能传统产业，促使西部优化产业结构，带动经济高质量发展，打通东西部数字经济大动脉，为实现东西部经济协调发展发挥重要支撑作用。

- 促进区域内资源汇聚：**由于能源资源、产业等的聚集效应，在一定区域内数据中心资源也会相对集中，如山东省重点在济南、青岛布局数据中心，并基于这两个点辐射全省，从而支撑区域内的资源汇聚。
- 促进区域间资源均衡：**西部依托其自然禀赋，成为数据中心理想的建造地。借助F5G千兆光网，提供400Gbps的超大带宽和低于1ms的时延，使得西部得以顺利承接存储备份、数据分析等业务需求，“东数西算”得以落地，并且进一步带动高附加值的数字产业及相关产业占比，优化整体产业结构，带动经济高质量发展。

通过区域内资源的高效汇聚，从而更好地融入到国家的整体东数西算布局之中。伴随算力基础设施和网络基础布局的协同规划，实现区域内和跨区域的资源均衡发展。

图60：2016-2020年中国东西部地区数字经济占总体GDP比重差异

通过F5G千兆光网的赋能，中国东西部地区数字经济占总体GDP比重的差异正逐步缩小

2016-2020年比重差异变化比例



资料来源：中国信通院，安永分析

案例：宁夏数据中心

2021年，中国某通信运营商在宁夏省某市建立数据中心，预计占地200亩，建设6栋IDC机房楼，每栋安装1800个机架，6期建成后可安装超20万台服务器。目前已有一栋IDC机房楼和一栋运维楼正式投入使用，其中宁夏医疗云和政务云已部署完毕。项目建成后能高度满足该地区大平台、大带宽接入需求，服务于全国大数据业务，同时可大幅推动社会发展更为绿色节能。

该运营商将数据中心选址在宁夏，是基于其得天独厚的地理优势。中卫自然气候特殊，年均气温维持在8度左右，且地处腾格里沙漠边缘，空气干燥、大气环境优良，该数据中心目前采用上进风上出风的全自然风冷技术，无需全天耗电电力开空调便能够依靠自然环境使整个数据中心制冷效果达到最优，减少电力能耗。不仅如此，中卫清洁能源资源丰富，黄河穿城而过，水力发电为数据中心运转提供电力保障。

该地地理优势突出、绿色节能的特点，成为了数据中心最理想的建设地之一。在这其中，全国大量算力业务的承接都离不开F5G千兆光网的200G-400G骨干网络的传输保障，将全国数据实时传输至数据中心进行处理分析和存储，满足海量实时数据流量需求。

表31：宁夏某数据中心部署成效



资料来源：案头研究，专家访谈

案例：贵州数据产业

贵州拥有丰富的能源资源和得天独厚的地理条件。早在2014年贵州就建立了第一个数据中心。至2021年，贵州已经积聚了众多国内及国际优质企业的数据中心。目前，全省在建及投入运行的重点数据中心已有23个，其中超大型数据中心有11个，绿色数据中心数量更是跃居全国第二。数据中心的发展不仅仅带动贵州大数据产业稳步向好，实现该区域数字经济的飞速发展。

数据中心的飞速发展，为贵州的制造、采矿、零售等诸多传统行业的数字化转型提供支撑。以某民营制造企业为例，依托“大数据+智能制造”，其生产效率提升55%以上，材料利用率提高30%，产品质量合格率从88%提高到99%；而“一码贵州”小程序上线10个月，吸纳省内外3.56万家企业入驻，完成了145.25万笔交易订单，交易额达46.79亿元……各领域信息化和大数据的融合创新蓬勃发展。

因此，数据中心的建设可谓是贵州发展的“黄金十年”中浓墨重彩的一笔，使其连续六年数字经济增速位居全国第一，平均超20%，连续十年经济增速位居全国前三，数字经济吸纳就业增速也连续两年位居第一，带动大量相关就业，也大大提高居民生活水平，全面增强全省社会治理能力和公共服务水平，带动全省全方位发展。

表32：贵州数据中心发展赋能经济发展成效

相关参数	2015	2020
地区生产总值	全国25名	全国20名
区域创新能力	全国22名	全国20名
数字经济占GDP比重	<20%	30%

资料来源：案头研究，专家访谈

F5G千兆光网将引领数据中心一体化，加快落实“双碳”战略目标步伐

图61：2021-2030年F5G千兆光网赋能数据中心一体化减排预测

F5G千兆光网对全国一体化大数据中心协同创新体系建设有巨大的助推作用，其作为数据中心运转的底座，不仅仅是为数字经济带来了飞速发展，并可进一步助力社会实现绿色节能。F5G千兆光网作为强大的网络底座，赋能数据从用户多、需求大地区快速稳定传输至资源丰富、气候适宜地区，打破地理隔阂，助力算力跨区域调度，使数据中心合理布局，有效缓解东部能耗指标紧张的问题，促进全中国实现绿色节能，加快落实“双碳”战略目标。



资料来源：专家访谈，安永分析

注释：1) 根据安永预测，在2021-2030年间F5G千兆光网为数据中心一体化领域节能减排相关数据的累计值。

本材料中的前瞻性声明，是基于一定的风险、不确定性或预测作出的，这些风险和不确定性可能导致实际结果与明示或默示的预期结果不同

6.4 撬动城市可持续发展新动能——2016-2020年可持续发展价值情况总汇

可持续发展指数构建及分析

光通信可持续发展投入与三级指标相关性分析

基于固网、绿色节能、资源均衡的数字化水平具体体现，选取以下指标作为可持续发展的三级指标。

图62：光通信投入与三级指标相关性分析结果



资料来源：安永分析

- ▶ 绿色全光网：光缆线路占总线路比重越高，代表光纤代替铜线程度提升；铜介质接入（xDSL）端口占互联网接入端口比重越高，说明“光进铜退”趋势更明显，则光纤渗透率越高；骨干网新增单位面积传输容量越高，表明绿色全光网发展水平提升。
- ▶ 社会节能：配电自动化率越高，意味着在配电网传输的能效越高；线损率越低，代表着电网单位传输能耗降低；单位农业增加值农业用水总量越低，代表节水能力更高，则智慧灌溉水平越高；单位工业增加值能源消费总量越低，代表工业节能更强，节能总体水平则提高。
- ▶ 资源均衡：大型数据中心PUE值越小，数据计算效率提高；西部数据中心机架数量越多，西部数据中心建设更成熟，有利于资源均衡发展。

可持续发展下一、二级指数计算结果

图63：2016-2020年可持续发展的价值指数



资料来源：安永分析

对三级指数进行平均求得二级指数结果，进而得到一级指数：

- ▶ 绿色全光网指数增速平稳。F5G千兆光网作为绿色光网，推动光进铜退，节能节资，助力可持续发展水平的提升。
- ▶ 社会节能指数近年持续上涨态势，F5G千兆光网对千行百业节能积极赋能，助力全社会绿色发展效能提升。
- ▶ 资源均衡增长态势稳定，F5G千兆光网赋能推动“东数西算”国家工程推进，促进区域资源合理分配与平衡发展，随着2021年数据中心一体化政策出台，未来潜力巨大。

可持续发展指数整体保持稳步增长，未来随着F5G千兆光网渗透率提升，将带来节能减排效果的持续提升与区域资源分配持续优化，进一步赋能可持续发展能力的提高。

光通信投入与价值指数及外部指标相关性分析

图64：5年间光通信投入、可持续发展价值指数及各领域外部指标相关性关系



资料来源：安永分析

可知光通信在可持续发展中的投入与该领域指数上升相关，并采用线性回归模型得出指数上升与联合国可持续发展目标指数上升相关，由此在可持续发展中持续投入F5G千兆光网可推动我国绿色节能和资源平衡。

图65：2021-2030年F5G千兆光网赋能社会各领域减排预测



资料来源：专家访谈，安永分析

F5G千兆光网可持续发展价值分析框架

在对可持续发展价值中绿色全光网、社会节能以及资源均衡等各维度的F5G千兆光网的赋能场景——明确后，进一步科学地定量评估光通信投入对可持续发展价值各级维度的贡献情况，并分析光通信投入对推动可持续发展的相关性。

- ▶ 选取各落实产业下的典型三级指标，明确光通信投入与各三级指标的相关关系。
- ▶ 对可持续发展三级指标进行指数化，并明确两者在上级维度的关联关系。
- ▶ 最后选取权威的可持续发展指标，与可持续发展价值指数进行线性回归，明确光通信投入对推动可持续发展的对应关系。

图66：F5G千兆光网可持续发展价值指数框架结构



资料来源：安永分析

定量分析计算过程示例

1 光通信投入与三级指标相关性分析

- ▶ 分别得出F5G千兆光网在近五年投入与典型指标。以2020年光通信PON投入与光缆线路占总缆线路比重为例：

2020年光通信PON投入 70亿元人民币

据市场调研机构Omdia统计，2020年F5G千兆光网相关PON设备销售金额为10.3亿美元

2020年光缆线路占总缆线路比重	2020年骨干网光缆线路占比	骨干网线路占比	2020年接入网光缆线路占比	接入网线路占比
96%	99%	35%	94%	65%

- ▶ 对典型指标取对数，使投入与对数化指标更好进行线性回归分析。并得出近五年光通信投入与指标可决系数R²。以2020年光缆线路占总缆线路比重对数与可决系数为例：

$$\text{2020年光缆线路占总缆线路比重对数值} = \ln\left(\frac{\text{2020年光缆线路占总缆线路比重}}{\text{2016年光缆线路占总缆线路比重}} + 1\right)$$

$$\text{可决系数} = \frac{\sum(\text{历年光通信PON投入} - \text{近5年光通信PON投入均值}) \times (\text{历年光缆线路占总缆线路比重对数值} - \text{近5年光缆线路占总缆线路比重对数值均值})}{\sqrt{\sum(\text{历年光通信PON投入} - \text{近5年光通信PON投入均值})^2} \times \sqrt{\sum(\text{历年光缆线路占总缆线路比重对数值} - \text{近5年光缆线路占总缆线路比重对数值均值})^2}}$$

2016年0.69; 2017年0.72; 2018年0.75; 2019年0.76; 2020年0.76

2016年0.84%; 2017年0.84%; 2018年0.84%; 2019年0.84%; 2020年0.84%

2016年19亿元; 2017年35亿元; 2018年35亿元; 2019年62亿元; 2020年70亿元

44亿元

同上

同上

2 三级指标指数计算

- ▶ 得到各三级指标对数化的可决系数后，以F5G千兆光网成熟应用元年，即2016年为初始年份，以百分化方法对对数结果指数化处理。以2020年光缆线路占总缆线路比重指数为例：

$$\text{2020年光缆线路占总缆线路比重指数} = \frac{\text{2020年光缆线路占总缆线路比重对数值}}{\text{初始年份(2016)光缆线路占总缆线路比重对数值}} \times \frac{\text{光缆线路总长度可决系数}}{\text{光缆线路总长度可决系数} + 1} \times \text{放大倍数}$$

108 0.76 0.69 0.781 0.781 100

3 二级维度指数计算

- ▶ 对二级维度下的各三级指标的指数进行平均，得出二级维度指数。以2020年绿色全光网指数为例：

$$\text{2020年绿色全光网指数} = \frac{\text{2020年光缆线路占总缆线路比重指数} + \text{2020年铜接入端口占总端口比重指数}}{\text{2020年骨干网新增单位面积传输容量指数}} \div \text{数据一体化三级指标个数}$$

149 138 160 179 3

4 一级指数计算

- ▶ 进一步对各二级维度指数进行加权平均，得出可持续发展一级指数。

$$\text{2020年可持续发展价值指数} = \frac{\text{2020年绿色全光网指数} + \text{2020年社会节能指数} + \text{2020年资源均衡指数}}{\text{可持续发展二级维度个数}}$$

143 149 127 152 3

5 可持续发展价值指数与可持续发展的相关关系分析

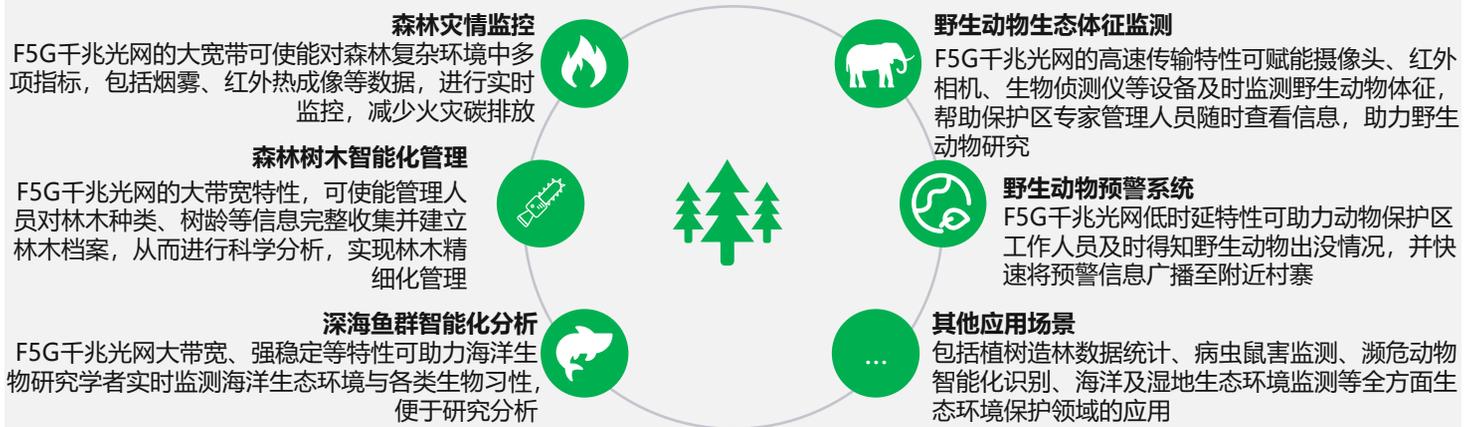
求得各年份可持续发展价值指数后，从绿色节能选取权威的可持续发展衡量指数，即联合国可持续发展目标指数，该数据由联合国发布。而后分别对二者与一级指数进行线性拟合，明确可持续发展价值指数与其外部指标的相关关系。

注释：1) Next-Gen PON市场规模；2) 能源及资源领域在POL内网的年投入金额+在能源及资源专网年投入金额；3) 西部数据中心DCI年投入金额。

6.5 助力自然保护，打造绿色生态宜居环境

除上述篇章中所覆盖到的可持续发展各行业及领域，F5G千兆光网还可助力自然环境保护，比如可提升森林烟火识别及响应能力，也可助力生态多样性保护，进而实现绿色美好生态环境。随着国家迈入全面小康，政府逐渐将整治侧重转向平衡经济和自然生态的并重发展，控制碳排放、保护生态多样性成为实现社会可持续发展重点。未来，森林火灾防护以及动物保护将实现智慧化转型升级，F5G千兆光网作为新一代光通信技术可助力各类信息通过OTN专网高效传输，构建绿色美好生态环境。

图67：F5G千兆光网潜在使能绿色生态保护应用场景范例



资料来源：案头研究，安永分析

未来，F5G千兆光网使能森林火灾实时监测与及时预警，提升森林资源保护水平

根据国家林草局，我国2020年森林火灾次数达~1,200余次，受害森林面积达~9,000公顷，受灾分布广、频率高、且损失严重。因此，对火情的实时监控和及时报警，对于确保森林生态保护，减少大火燃烧所造成的碳排放，提升碳汇能力具有十分重要的意义。然而，连接传统固网的监控摄像头成像效果不佳，且传输时延较长。

F5G千兆光网赋能监控视频传输，实现大范围森林烟火实时监测。森林环境复杂，且面积广，现阶段的监测摄像头难以对疑似灾情进行昼夜精准识别。未来，可运用基于F5G千兆光网的OTN专网高带宽和抗干扰的特性对火灾监测及预警进行智能化升级。OTN专网可使能烟雾、火情等图像信息，二氧化碳、温湿度等环境感知信息在野外进行稳定实时传输。数据传输至监控中心后，也可利用OTN专网对其进行快速识别与分析，实时与气象局数据进行交互与比对，减短火灾判断时间。未来的消防局也可利用F5G千兆光网低时延特点精准快速定位火情发生地，提升灭火效率。未来，通过F5G千兆光网，森林可以实现全天候、全自动的图像监控、火情采集，助力林业防火于未然，从而提升森林资源保护水平，创造美好绿色生态环境。

案例：森林防火

为应对广东省林草防火严峻形势，某公司推出AI森林防火解决方案。依托F5G千兆光网，使灯塔红外线摄像头高清捕捉温度信息，实现火点精准定位，实时联动报警。通过F5G千兆光网，广东省提升了林火智能识别能力与林草火灾防控水平，实现全天不间断林火巡护，且烟火识别准确率与警告及时率都得到大幅提升，巡航周期也缩短到3至10分钟，比以往早两小时发现火情。未来运用F5G千兆光网可持续减少森林受灾面积，保障林草生态。

未来，F5G千兆光网赋能动物体征信息传输与分析决策，构建动物生态保护的智能化新时代

国家林草局2021年所公布的《国家重点保护野生动物名录》中共列入了980种动物，且近30年中有65种国家二级保护野生动物升为一级，野生动物与生态多样性保护刻不容缓。然而，以往保护区专家仅单靠动物足印、粪便、食物残渣等信息推断野生动物群体现状，不仅工作效率低下，且往往在特殊环境，如深海与湿地中难以精准分析动物情况。

F5G千兆光网使能野生动物图像及视频摄取与智能化分析，进一步提高我国对珍稀濒危动物的保护能力。目前濒危动物监测与保护工作还缺乏智能化手段，且野生动物活动空间广阔难以及时精准获取信息。未来，基于F5G千兆光网的OTN专线可高效连接摄像头以及红外相机，将超高清影像及时传输至相关保护局。即便是在夜间，甚至是深海以及湿地活动的野生动物，OTN专线的也可助力高清及时获取其活动信息。不仅如此，OTN专线还可结合人工智能和深度学习训练平台，对所采集到的信息自动与海量生态数据库匹配，高效识别并智能化分析该物种的各项生态体征。F5G新一代光通信技术可使能OTN专线高效连接各类野生动物感知设备与保护管理局，并且结合物联网、人工智能等技术实现生物个体的高效识别，为生态多样性保护提供可靠数据支撑。

案例：野生动物预警与保护

云南省某市联合某通信龙头打造亚洲象监测预警数智化平台。基于F5G千兆光网技术，该市在涉象较多地区部署基于OTN专线的摄像头、红外相机、智能广播等设备，已累计采集影像143万张，用于亚洲象保护与研究。当有亚洲象靠近村庄时，OTN专线高效预警，快速广播至各村寨，已累计预警6345次。通过F5G千兆光网，实现市内时延<1ms、城市群时延<3ms、南亚东南亚时延<9ms，有效支撑各机构在亚洲象保护、科研的协同运作。

第七章

总结——

F5G千兆光网赋能全社会领域 发展进步



7.1 F5G千兆光网使能全社会领域发展进步

至此我们得到社会发展在四大领域的F5G千兆光网社会价值指数结果，一方面可定量评估四大领域下各产业/议题在F5G千兆光网推动下发展的过程，直观体现不同时间F5G千兆光网推动的增长速度；也可对衡量不同产业/议题之间F5G千兆光网推动的发展水平。该指数体系作为发展型指数，将持续性跟踪衡量各产业/议题在F5G千兆光网推动下的发展过程及水平，科学系统地评估F5G千兆光网赋能社会发展情况。

回顾过去5年光通信对社会价值的赋能，伴随千兆光网正式投入市场，并逐渐在各行各业中加以应用，为千行百业带来革命性的基础设施升级，助推整体社会向数字化、智能化迈进，社会价值对应主要衡量指标也随之增加或改善。

放眼未来，在政策和市场的双重促进下，F5G千兆光网将蓬勃发展，据安永《全球光通信产业白皮书》测算，2020年全球光通信产业达1.4万亿，而到2025年将达到3.2万亿。可以预见，F5G千兆光网将持续赋能千行百业，带动万亿市场空间。

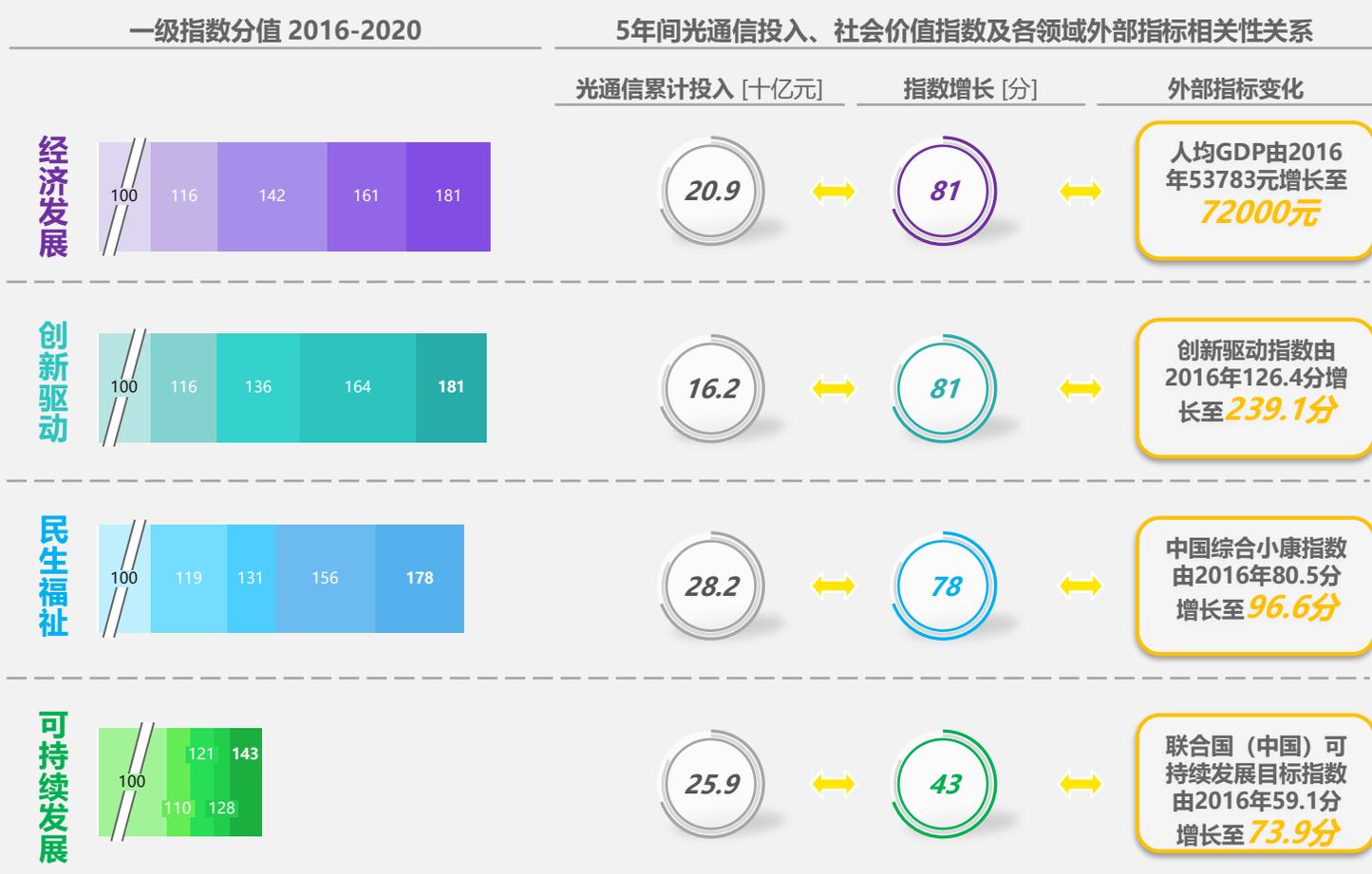
图68：2016-2020年间光通信在各产业/议题1百万元的投入与各指标相关关系



资料来源：安永分析

各产业的投入带动产业指标的提升，从而提升领域指数，以及领域权威衡量指标。经济、创新、幸福、可持续发展各领域指数自2016年以来至2020年均增长显著，同时期该些领域的外部权威衡指标相应改变，包括人均GDP、创新驱动指数、中国综合小康指数以及联合国可持续发展目标指数增长，由此可见，F5G千兆光网社会价值指数与各领域进步相关，可分别助力其发展，乃至提升我国全社会的发展水平。

图69：2020年各产业/议题的社会价值发展指数总结



资料来源：安永分析

图70：2021-2030年F5G千兆光网助力中国社会各领域减排预测



资料来源：安永分析

7.2 “光联时代”的实现离不开政府持续出台相关政策，进行鼓励与引导

千兆光网相关政策的出台有效推动光通信建设

F5G千兆光网与5G为代表的新一代“双千兆”网络通信技术的协同发展能够助力我国“新基建”各领域的快速落地。在此大背景下，国家及各级政府都出台了一系列相关政策，大力支持我国光纤光缆行业的繁荣发展。

国家层面不断发布支持与规划类政策。自光纤网络引入市场后，政府开始不断加快千兆光网的全面部署，从国家层面强调光纤网络在社会各领域、以及在城市及乡村建设中都具有不可替代的重要性，并也给出相应的指导政策及行动目标。

表33：国家光通信相关政策范例

部门	政策	相关内容
工信部 2020年 3月	《中小企业数字化赋能专项行动方案》	提升网络带宽，加强网络信息安全，为中小企业数字化转型赋能
国务院 2021年 3月	2021年《政府工作报告》	加大5G网络和千兆光网建设力度，丰富应用场景
工信部 2021年 3月	《“双千兆”网络协同发展行动计划（2021-2023年）》	为千行百业实现数字化转型筑牢根基，推动产业创新场景落地，实现全产业链技术突破与繁荣发展
住建部 2021年 6月	《关于加快农房和村庄建设现代化的指导意见》	积极推动乡村部署宽带网络设施，让村民享受更为优质的网络生活

资料来源：案头研究，安永分析

省级层面响应国家，相继出台扩大千兆光网建设政策目标。

为了响应国家层面对于光纤光缆行业的鼓励政策，全国大陆31个省份政府也都颁布了相应的光纤网络部署规划及目标。

表34：各省光通信相关政策范例

省份	相关政策内容 ¹⁾
北京市	积极铺设千兆光网，全面支持AR/VR、超高清视频、IPv6、3D影视等领域发展，争取2020年实现5万新增千兆用户，2022年基本实现强健稳固的网络基础。
上海市	培养1000家双千兆创新型企业，助力1000项双千兆应用示范项目，发展1000亿规模的产业集群；到2023年底实现家庭宽带全面提升至500M以上。
广东省	全省范围内光纤用户网速免费升级至100M，并加快实现20户及以上的自然村全光网覆盖。
山西省	持续优化固网通信传输能力，大力布局千兆网络建设，实现千兆接入端口数量达750万，千兆以上的带宽用户规模达415万户。
山东省	加快发展F5G千兆光网，并在乡村实现90%以上的用户拥有百兆以上固定宽带。

资料来源：案头研究，安永分析

注释：1) 根据《北京市加快新型基础设施建设行动方案（2020-2022年）》、《上海“双千兆宽带城市”加速度三年行动计划（2021-2023年）》、《关于印发广东省建设国家数字经济创新发展试验区工作方案的通知》、《山西省“十四五”新基建规划》、《数字山东2021行动方案》，仅列举部分范例，实际全国31个省份均已出台相关政策。

F5G千兆光网的不断落地离不开各地政府持续推出相应落实办法，以建立良好政策支持环境

国家以及各省级政府持续发布支持“双千兆”网络协同发展相关政策并针对这些宏观战略目标出台相应的部署规划。在此背景下，一个长期能够便利企业以及千家万户的光纤网络应用环境将离不开各级政府的持续帮助与支持，可分为资金、用地权、运维成本、人才培育、审批流程以及宣传引导这六大方向。

- ▶ **资金：**F5G千兆光网相关产业的繁荣与发展都将需要一定的财政支持力度，例如，产业发展基金、资金奖励机制、开办费补助、项目投资等一系列的资金手段都将可进一步助推F5G千兆光网发展。
- ▶ **用地权：**F5G千兆光网的广泛部署将离不开用地权的支持，例如，免费开放公共区域，积极协调相关物业以及权利人员配合商业楼宇以及住宅小区的F5G千兆光网的升级与改造，都将能大力降低F5G千兆光网基础设施的部署难度。
- ▶ **审批流程：**简化的审批流程将可加速F5G千兆光网基础设施的建设，而这也离不开政府的支持，例如，简化光通信的管线、机房等设施建设的审批流程，缩短各环节审批周期等举措都将使F5G千兆光网光纤网络的建设变得更为便捷高效。
- ▶ **运维成本：**网络运维成本是各领域玩家进行网络升级的重要考量之一，因此如果对符合一定条件的使用F5G千兆光网的企业降低用电或纳税等成本，无疑将加速同类型企业的千兆光网升级。
- ▶ **人才培养：**F5G千兆光网技术的不断进步离不开高尖人才参与研发，而这其中也需要政府的大力支持。若F5G千兆光网相关产业人才拥有落户、住房等配套福利政策，则将更有利于目标区域吸引F5G千兆光网技术领域的高端人才。
- ▶ **宣传引导：**通过各类社交媒体对F5G千兆光网的其主要特征的宣传及其在千行百业中的赋能作用，也将让更多的人了解F5G千兆光网这一重要的全光底座以及光通信建设对于各行各业的使命与意义。

F5G千兆光网的覆盖可助力我国早日实现网络强国的战略目标，而这都离不开各省级政府所出台的光纤网络部署规划，积极建立良好的政策支持环境，从多个维度，以及更多细致化的举措扩大政策的引导与鼓励。

7.3 政府的积极部署以及产业生态构建将为全社会各领域打造完善的F5G千兆光网支撑体系

良好政策支持基础上，光纤网络的大力发展还需要政府的积极部署

在一个良好的政策支持环境下，各级政府对光纤网络的加速建设与部署将会为全产业进一步运用F5G千兆光网实现信息化、数字化、智能化改造升级树立良好模范，为我国实现网络强国目标持续赋能。

F5G千兆光网于2018年正式进入商用，根据工信部数据统计，截至2020年12月，千兆宽带用户接入率仅为1.3%，因此，F5G千兆光网还需要进一步的渗透与部署。在这其中，各级政府将扮演着至关重要的模范角色，其可以分阶段向城市及乡村进行光纤网络升级与推广，逐步扩大我国各地区千兆网络覆盖规模。不仅如此，骨干网络构架的大规模研究与设计将对全国数据中心一体化以及数据中心绿色节能水平提升有着良好驱动作用，而这一切的实现将也需要政府的积极建设。

因此，通过政府的大力发展与部署，将可引领各地区各行业广泛应用F5G千兆光网，并为全产业加速网络升级奠定坚实基础，并由此奠定我国在网络领域的国际领先地位，进而加速实现网络强国的战略目标。

宏观政策定调与市场需求涌现的两大机遇将进一步释放F5G千兆光网潜力，助力社会价值全面进步

F5G千兆光网作为“新基建”的核心之一，已经得到了国家政策层面的诸多支持，然而产业标准、产业前景、产业生态等方面依旧面临挑战，未来的高速成长尚待国家更为全面的战略支持、鼓励与引导。

与此同时，资本的扶持也同样不可或缺。通过“资本”这一加速器，加速基础设施的融合创新、各类前沿创新技术的深度研发和相应产业标准的制定，为F5G千兆光网提供更广阔的应用场景、更先进的技术支持与更规范的使用环境。

F5G千兆光网赋能千行百业，带动全产业高速发展，并进一步使能经济发展、创新驱动、民生福祉和可持续发展四大社会价值全面进步。

F5G千兆光网新基建能实现光联万物，助力打造高速连接泛在化、平台服务通用化的基础网络体系，筑强国之基；F5G千兆光网赋能千行百业加速数字产业化和产业数字化的进程，造兴业之器；F5G千兆光网推动建设民生应用场景化、公共管理智能化的智慧社会生态，树利民之本。

结束语

纵观人类社会全领域，总体发展水平的提升离不开科技的进步，随着数字化和信息化的进程，此刻全球和我国正面临着全新一轮的变革关键时期。

在全球光通信的大格局中，中国经过多年的规划执行，已然发展成为引领全球智慧社会的先锋，国家政策的大力鼓励引导、产业不断演进的创新与市场层出不穷的需求，多重利好成就中国光通信市场如今的蓬勃发展。

光通信作为人类社会发展的科技根基，通过“光联万物”的基础建设，可以赋能几乎所有涉及人类的领域。从经济发展的产业结构转型，到创新驱动未来的关键技术、民生福祉的衣食住行众多生活场景，再到与大自然环境的共存关系，F5G千兆光网正在极大影响人类社会的发展方向。

伴随着光通信产业与多场景的融合应用先例，时间不断向前推进，中国光通信产业还需加速与其他产业需求进行融合，催化出更多的场景应用。除了本书中提及的经济、创新、民生、可持续发展等15个产业及领域，还需进一步改造更多现有场景，并开拓更多新兴场景。

全球光通信已经走上高速发展的阶段，中国凭借宏观政策定调与市场需求涌现的两大机遇，迎来光通信市场发展的最佳时期。在各地政府的加速建设及全产业链的加速投入下，中国光通信将迎来更加璀璨的未来！

如有更多咨询，联系我们



叶亮 博士

安永 | 战略与交易 | 合伙人
先进制造与移动出行主管合伙人
Liang.Ye@parthenon.ey.com



顾晨辰

安永 | 战略与交易 | 业务合伙人
先进制造与移动出行
Benny.Gu@parthenon.ey.com



丁玥

安永 | 战略与交易 | 高级经理
先进制造与移动出行
Christina.Ding@parthenon.ey.com



马圣羽

安永 | 战略与交易 | 经理
先进制造与移动出行
Stefan.SY.Ma@parthenon.ey.com



王可佳

安永 | 战略与交易 | 高级顾问
先进制造与移动出行
Cora.KJ.Wang@parthenon.ey.com



贝浩锋

安永 | 战略与交易 | 高级顾问
先进制造与移动出行
Frank.Bei@parthenon.ey.com



秦齐鹤

安永 | 战略与交易 | 顾问
先进制造与移动出行
Carol.Qin@parthenon.ey.com

安永的宗旨是建设更美好的商业世界。我们致力帮助客户、员工及社会各界创造长期价值，同时在资本市场建立信任。

在数据及科技赋能下，安永的多元化团队通过鉴证服务，于150多个国家及地区构建信任，并协助企业成长、转型和运营。

在审计、咨询、法律、战略、税务与交易的专业服务领域，安永团队对当前最复杂迫切的挑战，提出更好的问题，从而发掘创新的解决方案。

安永是指 Ernst & Young Global Limited 的全球组织，加盟该全球组织的各成员机构均为独立的法律实体，各成员机构可单独简称为“安永”。Ernst & Young Global Limited 是注册于英国的一家保证（责任）有限公司，不对外提供任何服务，不拥有其成员机构的任何股权或控制权，亦不担任任何成员机构的总部。请登录 ey.com/privacy，了解安永如何收集及使用个人信息，以及在个人信息法规保护下个人所拥有权利的描述。安永成员机构不从事当地法律禁止的法律业务。如欲进一步了解安永，请浏览 ey.com。

© 2021 安永（中国）企业咨询有限公司。
版权所有。

APAC no. 03012871
ED None.

本材料（可能包含历史数据和前瞻性声明）是为提供一般信息的用途编制，并非旨在成为可依赖的会计、税务、法律或其他专业意见。因此，请向贵方的顾问获取具体意见。本材料中的前瞻性声明，是基于一定的风险、不确定性或预测作出的，这些风险和不确定性可能导致实际结果与明示或默示的预期结果不同。我们没有义务更新这些前瞻性声明。

ey.com/china

关注安永微信公众号
扫描二维码，获取最新资讯。

