

F5G赋能千行百业 推动数字经济转型升级

全球光通信产业白皮书

2021年1月



EY 安永

Building a better
working world

目录

致读者	2
第一章：光通信产业发展历程	3
回溯历史：人类文明的发展离不开科技的进步.....	4
放眼未来：光通信赋能“光联时代”迈入人类文明新纪元.....	7
第二章：技术与应用的相互推进：全球光通信新兴应用场景展望	8
技术场景升级——助力全球领先技术的跃进，打造激活新时代的“有机养分”	10
光通信应用场景升级——驱动万物互联的落地，链接迎合新时代的“播种途径”	12
基建场景升级——升级网络架构、软硬件性能，培育适合新时代的“健康土壤”	59
第三章：政策与需求的双重利好：中国光通信市场展望	65
政策驱动要素及其利好场景识别.....	67
市场需求及其利好场景识别.....	73
第四章：产业展望和资本市场洞察	79
全球固网光通信市场规模测算.....	81
资本助力光通信产业发展.....	85
第五章：产业启示	91
产业的发展离不开政府的宏观支持.....	93
产业生态的建立离不开产学研体系的供血.....	96
关键应用场景的投资将为产业发展提供养分.....	100

致读者

与移动网络的演进一样，在前几代固定网络基础上，F5G在联接容量、带宽和用户体验三个方面均有飞跃式提升。在技术驱动光网络代际演进、市场拉动企业网络变革升级的双重作用下，全光连接的F5G网络正在掀起新一轮的基础设施建设与应用场景发展机遇。



第一章 光通信产业发展历程



回溯历史：人类文明的发展离不开科技的进步

纵观古今，人类文明的发展离不开科技的进步。伴随着瓦特发明蒸汽机，以机器生产代替手工劳动，极大地提高了生产力，人类历史从农耕文明向工业文明过渡，进入了“蒸汽时代”；电力的发明与应用，促使劳动效率不断提升，电力取代蒸汽深入生产与生活领域，人类居住环境获得全面改善，人类文明从“蒸汽时代”进入了“电力时代”；伴随着电子计算机的发明与网络的普及，人们逐渐开始利用网络作为交互手段，人类文明打破物理空间限制，全面迈向“信息时代”。

而纵观人类信息化和全球数字化的进程，此刻的我们正处在全新一轮变革的风口之上，数据、通信与算力的可获得性正在以指数级的速度增长，与此同时，企业、机构和消费者对于数字化世界的要求也在以前所未有的速度提升。我们认为，在此时间节点上，未来人类社会及数字世界将共同受到五种大趋势的综合影响，催生出新的技术、场景与基础设施。这五种趋势分别是，联接场景化、泛智能化、感官极限化、需求峰谷化与网络两极化。

受到疫情的影响，无论是为了居家隔离，或是为了避免传染，全球人类的移动性正在大打折扣，人们也开始反思自己是否真的需要物理上的移动，例如去公司、去医院或是去学校。假如存在一种更好的技术，能够实现几乎所有事务的远程化交互与处理，那么“亲临现场”的重要性将有所下降。

这是我们认为的第一大趋势：联接场景化——越来越多的线下场景，被互联网赋能，人们将不再需要亲临现场，就能接收到现场的所有信息，甚至远程与现场完成交互。而这种“现场”的定义可能非常广泛，包括了学校、医院、办公室、银行、政府事务中心、体育馆、演唱会现场、健身房等一系列场所。这些地方可能集中，也可能分散，或存在于市中心，也可能非常偏远，而同样的，网络另一端所连接的用户，也可能分散在各个角落。以联接场景化最为深入的购物场景为例，2015-2021年全球电商销售额在全球零售总额当中所占份额由7.4%上升到17.5%。因此，为了实现更多场景的互联互通，提供现场与用户的实时连接，势必会需要一张足够强大的光通信网络，其能够连接足够多的终端，并且支撑特定场景下的实时网络互联及超大带宽等要求。

人类社会面临的第二个趋势是泛智能化——我们身边的电子设备将不仅变得越来越多，也将持续变得更加智能并且能够实现更广泛的功能，而这些功能当中，有相当一部分是需要远程联网才能实现的。例如数字孪生，通过模拟数字实物进行动态仿真，从而达到提高效率、节约成本的目的。所有这些操作的实现，都需要相关信号从人类的大脑到设备的处理器之间精准且及时地传递，而光通信“网络”正是这个信号的桥梁。随着未来智能设备的进一步增加以及联网化，越来越多更具有未来感和充满想象力的功能将逐一实现，甚至部分的作业指令能够在执行中途进行灵活编辑，而另一部分的指令则可以包含许多复杂的步骤与指示。这些智能设备和我们的生活息息相关，也因此，泛智能化的趋势对于光通信网络提出了更强的稳定性、可靠性以及更大规模终端互联的要求。

第三种趋势是感官的极限化——众所周知人类的欲望是无穷的，对于更好感受的追求也是无止境的。而本质上阻碍这种追求的是现实的制约，所以在过去的现实中我们可以看到，消费者们可以忍受标清视频，也可以忍受预先把视频下载到硬盘里或者U盘中再行观看。但是随着网络能力的提升，这些古老的用户习惯早已经烟消云散，不再复回。现在，苛刻的消费者们已经不可能再忍受这样的娱乐方式，相反其所追求的是8K视频、互动的超清VR体验以及几乎没有延时的大型云游戏等。8k电视上市后，全球出货量年复合增长率预期高达134%，而4k电视出货量的增速放缓至约18%。由此可见，新技术的出现会提升人们的消费需求，从而推动技术不断升级，提供更极致的体验。从实现要素来看，显示设备技术的提升也逐渐使得分辨率能够几乎达到肉眼没法分辨的精度，互动的时延也将逐渐低到大脑难以察觉的边界。因此，以后我们的娱乐生活将是一种超清、沉浸、实时及互联式的体验。有趣的是，随着消费者习惯的快速改变以及媒体的大肆宣传，面对这一轮新的感官体验升级，消费者比以往都要更加期待与迫切，也因此我们的光通信网络需要能够尽快升级以提供更大的带宽，甚至直接通过光信号实现娱乐内容的传递与展现，从而真正消除消费者们追求感官极限的现实制约因素。

第四种趋势可以称作网络需求的波动化——回顾历史，我们可以发现直到10年前，消费者们对于家庭网络的投资仍然是以需求驱动为主。但是，随着光通信能力的提升，通信网络的提速、增效和降本不断为消费者带来了切实的好处，运营商也更加积极地响应政策，持续进行大规模的宽带家庭入户建设，终于，人们开始在一些闲余时光开始享受到了宽带的冗余。但与此同时，需求的波动性却也正变得越来越高，随着互联网巨头们创造了一个又一个的消费狂欢节，掀起了一场又一场全民观看的直播，社会新闻与事件的爆炸与传播也变得更加快捷，所有这些信息的传播不再依赖于传统的文字和图片，而是通过超清视频、甚至实时互动的方式。因此，这种需求的波动性也为我们的光通信网络提出了更高的要求，从而避免2012-2019年微博由于突发性高国民度新闻话题，经历共计“九次”短暂性崩溃导致用户刷新不出页面的情况。而集中爆发的上下行需求就需要更灵活的网络资源调用能力、以及高峰时段的并发处理能力，这都对于光网络的持续升级提出了要求与挑战。

第五种趋势是网络的两极化，这种两极化主要存在于三个方面，其一是全球网络部署升级的进度鸿沟，中国已经领先全球开始部署以10G-PON为代表的F5G网络，而在某些欠发达地区却依然在部署F3G的网络。据尼日利亚政府国家宽带五年计划（2020-2025），尼日利亚2019年的F2G、F3G、F4G触网率分别为89%、75%和37%，F4G光纤渗透率很低，F5G的部署尚未开始。第二个方面是硬件设施的两极化，以大型互联网公司为代表的企业纷纷部署大型数据中心，而小型企业则主要通过企业上云以及少量的园区网络部署满足其业务需求。第三方面则是网络要求的两极化，以远程手术与自动驾驶为代表的场景要求更大的带宽、更低的时延以及近乎于绝对的可靠性，相反，以远程监护、智能抄表等应用相对应的场景则更偏向于对光通信网络提出基本性的要求。以上三个方面的两极化趋势使得我们的数字世界的网络资源需要得到更加合理的重新分配，从而优先保障需求密集型以及对网络质量要求更高的地区和场景的用户需求。

为满足以上五种趋势，传统的F1G、F2G、F3G已经难以为继，甚至F4G的通信网络也显得力不从心，人类数字世界的光通信网络迫切地需要进行新一轮的升级.....

以往，我们经历了从F1G到F4G的代际演进。伴随着通信技术的高速发展，网络通信速率从F1G时代的64Kbps，提升至目前的100-500Mbps。带宽的提升，使得网络能够承载更多的信息，为应用的丰富提供了可能（见图1）。

- ▶ F1G通过电话铜线传输模拟信号，满足了语音通话需求，也提供了非常基础的拨号上网服务。
- ▶ F2G使用宽带接入了互联网，数据传输速度的提高，使互联网网站和门户网站得到普及。电子邮件在企业中变得更加普遍，得到更广的应用；个人用户也可以开始使用简单的在线通信工具。
- ▶ F3G进一步推动多媒体成为重心，支持高清电视、电话和在线游戏等应用。
- ▶ F4G时代超过100Mbps的数据传输速率，大大提高了用户通过互联网访问多媒体的速度，高清电视、视频直播、超清视频会议等逐渐普及。
- ▶ 到F5G时代，VR/AR、智能电网、智慧医疗/互联网+医院、智慧农业、智能交通、智慧校园等新兴场景如雨后春笋般不断涌现，并从此逐渐融入我们的日常生活之中。

随着技术的不断升级，以铜线为基础的通信材料劣势逐渐显露。原本的铜线受限于传输速率与传输质量的问题，已无法满足人们对于传输速率的需求，逐渐成为通信传播的瓶颈。而光纤则完美地解决了其在传输上的弊端，以光纤为代表的光通信技术应运而生，其在传输速率与传输质量上的提升，完美地契合了人们对于高带宽的需求。伴随着光通信的逐步普及，也预示着人类文明将步入又一新阶段——**光联时代**。

图1：固定网络代际演进示意图



资料来源：ETSI，安永分析

相较于5G，F5G拥有更高的带宽，同时网络延时比移动宽带降低90%，安全稳定性高达99.999%。所以5G与F5G的交织，构成了光联时代的天上与地上的双网并行。

- ▶ F5G技术更适应光网络迭代升级。从技术角度看，光纤频谱比射频宽1,000倍，光纤网络寿命最长可达30年，支持不同代际光技术平滑升级。
- ▶ 5G与F5G的应用互为补充。5G虽然在网络带宽方面有所不足，但在移动性、多联接方面更为见长，因而更加适用于无人机、车载物联网等移动网络；而F5G的固定连接，由于大带宽、低时延和高可靠性的特点，尤其在工业园区和数据中心互联等方面表现更为优异，同时受Wi-Fi 6的加持，使F5G同时适用于室内的众多应用场景。

- ▶ F5G为5G提供基础支撑。5G主要应用于终端，通过无线连接到基站；而基站与接入网、汇聚网和传输网之间仍需要依靠固定光网络连接，因而F5G是5G蓬勃发展的重要基础之一。

放眼未来：光通信赋能“光联时代”迈入人类文明新纪元

有别于“信息时代”，“光联时代”通过庞大体量的数据传输，突破本体限制实现万物互联互通。光通信通过赋能三大核心场景，即基建场景、技术场景、应用场景，打造“光联万物”的智慧生态。

技术升级

技术作为“光联时代”的养分，为“光联时代”的全面实现提供了有力支撑。从5G/F5G的通信迭代升级，到光器件的衍生场景，前沿科技的不断革新从带宽、稳定性、延时性、可靠性等不同维度对光通信提出了严格要求。光通信助力全球领先技术的跃进，打造激活新时代的“有机养分”。

应用场景升级

应用场景作为“光联时代”的成果，丰富了时代的内涵。光通信的出现满足了应用场景对于强算力、大带宽、低延时、高可靠性的需求，使用户可以获得更加无缝的用户体验，使超高清视频、VR/AR等泛娱乐应用、工业互联网、智慧医疗等新兴商用场景和智慧教育、智能家居等新兴生活场景成为可能。光通信驱动万物互联的落地，链接迎合新时代的“播种途径”。

基建升级

基建作为“光联时代”的基础，承载了“光联时代”的庞大数据体量。通过光通信对于基建的全面升级——骨干网、城域网的不断扩容、基站的紧锣密鼓建设，为F5G的增强型固定宽带（eFBB）、全光纤连接（FFC）和保证可靠体验（GRE）和5G的增强型移动宽带（eMBB）、大规模机器型通信（mMTC）和超可靠低延迟通信（URLLC）提供了坚实的基础。光通信升级了网络架构和软硬件性能，培育了适合新时代的“健康土壤”。



第二章 技术与应用的相互推进： 全球光通信新兴应用场景展望

技术孕育场景，场景驱动新基建

伴随人类的通信迈入新的时代，我们在通信技术上也取得了长足的进步。

自2019年12月，欧洲电信标准协会（ETSI）成立F5G行业规范工作组（Industry Specification Group, ISG），进一步定义第五代固定网络技术（ISG F5G），明确了F5G的三大特征：增强型固定宽带（eFBB）、全光纤连接（FFC）和保证可靠体验（GRE）。F5G以全光网络为目标，以10GPON、Wi-Fi 6、200G/400G、下一代OTN等为代表技术。F5G千兆光纤的技术支撑，将全人类推向“极速互联”与“光联万物”的崭新时代。

与此同时，F5G技术驱动光网络的代际演进，为众多新兴场景提供了落地的可能，从而将人类推向“万物互联”时代。无所不在的F5G网络，将成为人工智能、自动驾驶、云计算、区块链、传统产业赋能等应用场景的坚实支撑，对中国乃至世界政治、经济、科学、教育、民生等领域产生深刻变革，全面深化“数字经济革命”。

与此同时，新兴应用场景的蓬勃发展对于网络能力也提出了更高的要求，从基础设施逻辑来看，光传输链路需要进一步承载指数级增长的数据流量，而光接入端也需要以更低的时延、可靠性来保障网络的体验，这些均对于相关的支撑技术提出了更高的要求。此外，不同的应用场景对于网络服务的要求也存在越来越分化的需求，这就要求相关网络资源的灵活调度技术（如网络切片），从而保障终端接入数量、带宽、时延和QoS（Quality of Service）等能力的智能按需分配。这些要求也相应地催生并推动了诸如Wi-Fi 6、10G-PON、200G/400G超高速传输技术、下一代OSU-OTN等技术的发展。

技术场景升级--

助力全球领先技术的跃进，打造激活新时代的“有机养分”

纵观光通信的整个传输链路，从传统的骨干网城域网的带宽升级，到接入网的光通信设备引入，到最后FTTH进入千家万户--“光联万物”正在加速向我们靠近。Wi-Fi 6、10G-PON、200G/400G超高速传输技术、下一代OSU-OTN等新技术的涌现，也推动着全产业链更快地向全光网迈进。我们将帮助本文的读者明确技术的相关定义、了解特点与代际优势，并明确其对于光通信产业的显著提升作用（见图2）。

Wi-Fi 6

Wi-Fi 6，即第6代无线技术--IEEE 802.11 ax，是2019年推出的新一代无线网络技术。Wi-Fi经过20年的发展，最新的Wi-Fi 6已达到最高9.6 Gbps传输速率，是初代Wi-Fi 1的~900倍（见图3）。

传输速度的腾飞离不开光通信技术的迭代升级，相较于上一代的Wi-Fi 5，Wi-Fi 6有以下特性：

▶ **支持1024QAM调制。**相较于Wi-Fi 5 wave 2的256QAM调制，Wi-Fi 6所采用的1024QAM对带宽的利用率更高，其传输数据量更大；此外，相比于Wi-Fi 5时代160MHz频宽仅作为可选项，Wi-Fi 6真正实现了稳定高频宽落地。所以，Wi-Fi 6有更大的传输速率。

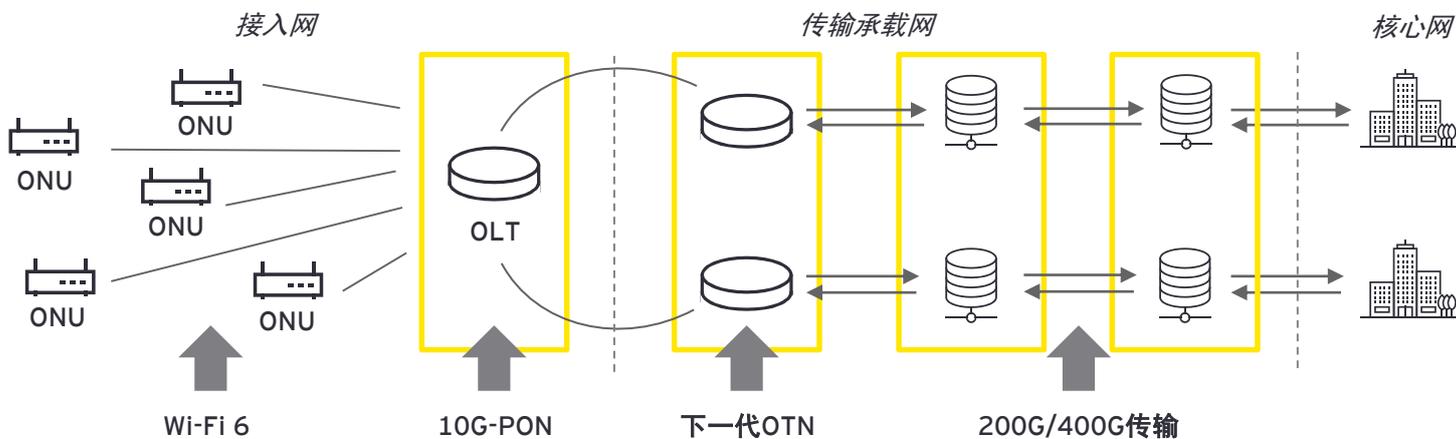
▶ **采用OFDMA技术。**Wi-Fi 6在上一代OFDM基础上升级采用OFDMA，将不同类光传输信息综合为同光缆传输。所以，Wi-Fi 6进一步提高了频谱资源的利用率，提升了传输效率和传输速度。

▶ **更完整的上下行MU-MIMO。**为提升速率和系统性能，Wi-Fi 6在Wi-Fi 5 wave 2中支持下行MU-MIMO基础上采用更完整的上下行MU-MIMO。所以，Wi-Fi 6能够让8个终端共享上行、下行MU-MIMO数据包，从而实现多终端连接。

▶ **支持“TWT”技术，更省电。**Wi-Fi 6突破性采用目标唤醒时间（Target Wake-up Time, TWT）技术，允许终端设备非数据传输时段进入休眠状态，可节省~85%的电池功耗。所以，Wi-Fi 6相比于第五代网络技术还具有更节能的优势。

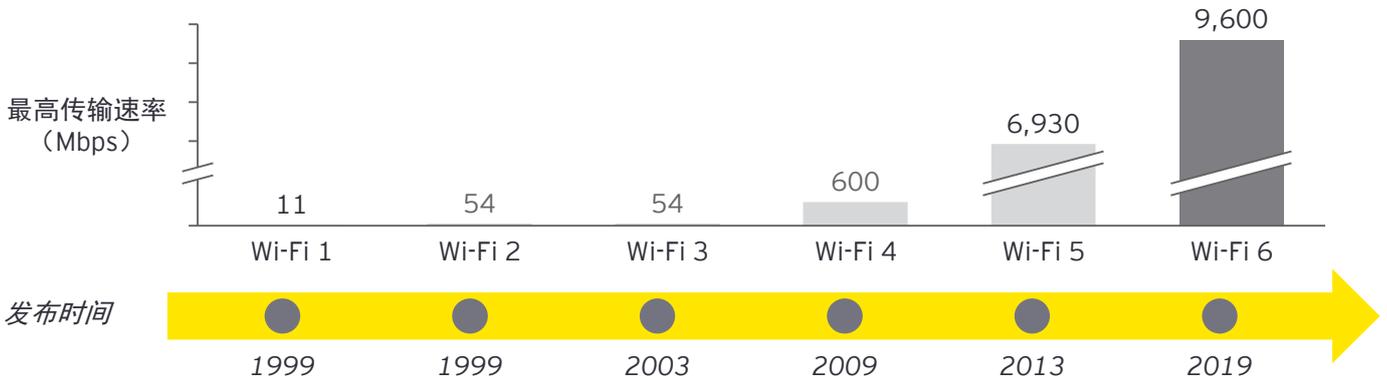
▶ **支持空间复用技术，更抗干扰。**空间复用技术让Wi-Fi 6在手机收到来自同频段、相同无线局域网络的信号时，能够及时识别并停止信号干扰。所以，Wi-Fi 6具有更强的抗干扰性。

图2：光通信传输链路示意图



资料来源：ETSI，安永分析

图3：WiFi代际演进示意图



资料来源：ETSI, IEEE, 安永分析

10G-PON与更高速光传输

网络速度需求的不断增长催生了全新高速网络技术，其中10G-PON是继GPON的下一代超高带宽网络接入技术，促进网络的平滑升级与带宽提速，以达到“千兆传输”。相较于GPON，10G-PON具有以下优势：

- ▶ **千兆宽带提升速率。**相较于目前基于EPON和GPON的PON网络提供的有效极限带宽~100Mbps，基于10G-PON的OLT可以提供10Gbit/s下行接入速率。所以，通信速率提升是10G-PON的显著优势。
- ▶ **“假寐”与“周期性睡眠”技术，更节能。**FSAN决定采用假寐（doze mode）与周期性睡眠（cyclic sleep）技术，并在此基础上设备商可自由扩展，以实现低传输需求时降低能耗。所以，10G-PON具有更节能的优势。

随着10G-PON大规模商用促进应用场景升级，从而使得末端流量和骨干流量大幅增加，进而在需求端促进200G/400G网络技术的落地。未来骨干与城域传输网络将在技术上跨越式提升，以实现200G甚至400G带宽超大提升，如光模块技术升级，区别于传统NRZ信号传输，采用双数字逻辑信号传输，200G/400G传输采用4种不同信号电平传输，每周期可以传输2bit的逻辑信息，成倍提升传输效率，有利于通信速率的大幅度提升。

新一代OTN技术

新一代光传送网（Optical Transport Network, OTN）将以更高的资源利用效率和更经济的方式，推动“按需带宽”网络发展。作为F5G网络的核心技术，OSU-OTN是推动FTTH向光联万物演进的关键支点。相较于传统OTN，下一代OTN具有多重显著优势：

- ▶ **泛在全光联接。**灵活弹性的新容器OSU flex助力下一代OTN，实现网络硬切片的颗粒度提升至2Mbps，网络联接数提升500倍。所以，下一代OTN具有更大规模连接的优点。
- ▶ **带宽无损调整。**下一代OTN支持2Mbit/s - 100Gbit/s无极无损带宽调整，支持用户在不中断业务的情况下随时按需调整网络。所以，新一代OTN具有灵活性高、网络资源利用率100%的优势。
- ▶ **超低传输时延。**新一代OTN通过简化网络传输层次、提供差异化分级时延，将单站时延降低70%，达到毫秒级甚至微秒级超低时延。所以，新一代OTN相较于传统OTN具有大幅降低F5G网络时延的优点。

小结：

技术的快速成熟与落地亟待产业合力的推动

上述技术虽然为光通信产业带来了广阔的想象空间，却也存在快速成熟以及产业化方面的瓶颈，例如Wi-Fi 6技术对于路由设备及终端接收设备的要求较高，价格也较高，同样10G-PON也存在部署成本较高的问题。而其他技术也或多或少存在阻碍其发展与应用的障碍，例如OSU-OTN相关的标准化进程还需专网通信各行业用户共同进一步推动等。

很显然，只有通过产业界整体的合力，才能有效推动相关技术群的落地发展，本文将在后续章节对于产业如何形成合力提供参考建议。

光通信应用场景升级—— 驱动万物互联的落地，链接迎合新时代的“播种途径”

新技术使能新场景——随着智能化、数字化的深入人心，“人”与“人”、“人”与“物”和“物”与“物”之间原有的互联互通模式将被颠覆，所有的个体都将汇聚在一个庞大且高度融合的数字生态系统里。数据或者信息将通过最优化的方式进行传递，由此，技术将对人们需求的满足产生各种潜移默化的影响。而对于这种需求全新的实现方式，无疑酝酿了所谓新兴“应用场景”的落地——例如智慧医疗、智慧工厂、智慧电网、无人机自动驾驶，超高清视频以及AR/VR等应用场景纷纷孕育而生。

新兴应用场景的识别及其方法

我们认为，F5G与5G所带来的数据传输速度及低时延造就了各类新兴应用场景，其主要存在于以下方面：

- ▶ **泛娱乐的持续赋能**（如超清视频、AR/VR、云游戏、直播等场景）
- ▶ **商用场景的智能与网联化**（如智能制造、智能电网、智慧矿山、智慧医疗、智慧农业等场景）
- ▶ **智慧办公场景的蓬勃发展**（如企业上云、智慧政务等场景）
- ▶ **生活化场景的逐步落地**（如智能家居、智慧交通、智能警务/安防、智慧教育等场景）

我们将基于对通信能力的要求及行业成熟的时间对场景做进一步的筛选，具体方法论如下（见图4、图5）。

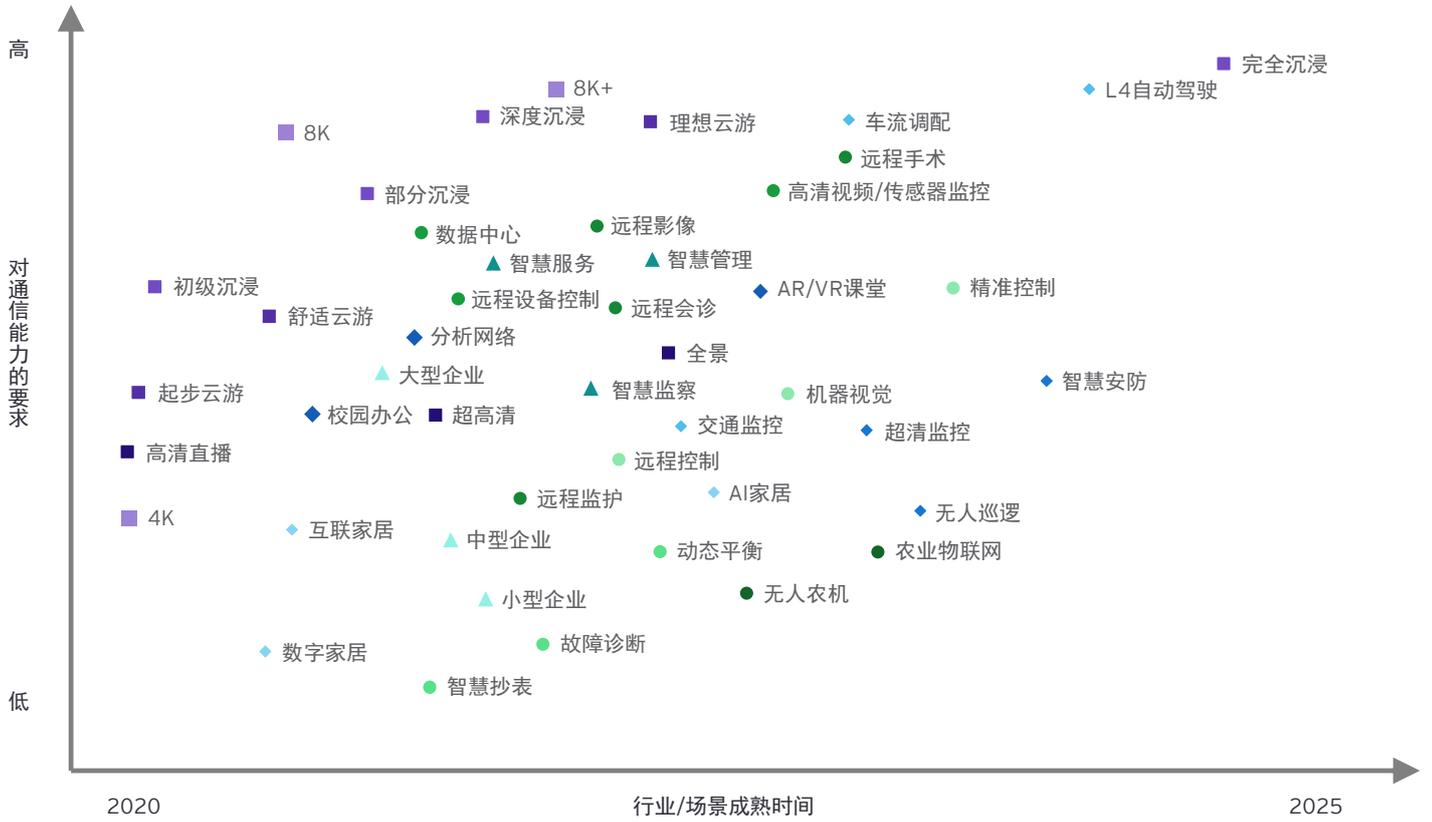
图4：光通信核心应用场景识别方法论

一级维度	二级维度	三级维度
对通信能力的要求 (F5G/5G)	对网络性能的要求	带宽、时延、能支持同步连接的设备数量
	云计算能力	对多接入边缘计算(MEC ¹)能力的要求
行业成熟时间	产业链成熟度	相关内容/IP的丰富度、硬件成熟度
	可规模化商用的时机	商业模式/运营模式达到成熟期的所需时间
	政策法规推行时间表	完善的政策法规提供推动发展的支持基础

注释：1) MEC: Multi-access Edge Computing

资料来源：安永分析

图5：光通信关键应用场景识别结果



- 泛娱乐场景：■ 超清视频 ■ AR/VR ■ 云游戏 ■ 直播
- 商用场景：● 智能制造 ● 智能电网 ● 智慧矿山 ● 智慧医疗 ● 智慧农业
- 智慧办公场景：▲ 企业上云 ▲ 智慧政务
- 生活化场景：◆ 智能家居 ◆ 智能交通 ◆ 智慧警务 ◆ 智慧教育

资料来源：安永分析

不同场景与5G/F5G网络相关度测算逻辑

本文结合5G/F5G性能与应用场景网络需求，为各个场景进行5G/F5G相关度分析。具体来说，F5G在高带宽、低时延、低抖动、抗干扰性与高可靠性的表现优于5G，而5G在可移动性与多连接数方面相较于F5G更具优势。所以，可以为每种网络性能进行5G/F5G匹配权重，结合不同应用场景对性能的需求，计算出每个场景的5G与F5G相关度。

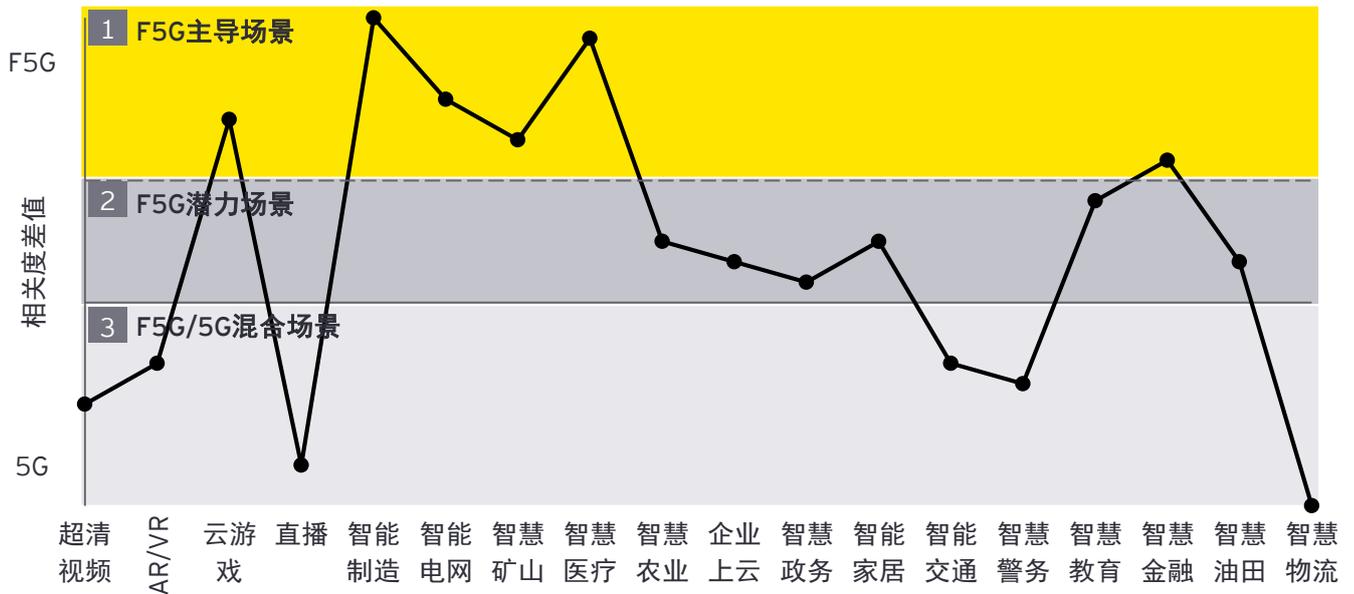
根据5G与F5G相关度得分差值，可将应用场景分为F5G主导场景、F5G潜力场景与F5G/5G混合场景。（见图6）

关于F5G主导场景，智能制造、智慧医疗、云游戏和智慧金融，对于时延及抖动非常敏感，5G不足以满足。此外，如电网的强电磁干扰和矿山的地下5G信号较弱且较易发生爆炸等特点，F5G也更为适合于智能电网和智慧矿山场景。

关于F5G潜力场景，智慧农业、企业上云、智慧政务、智能家居、智慧教育、智慧油田等场景是F5G有潜力逐渐替换5G的场景。这类场景连接的设备具有一定的移动性，但通常只活动在固定区域，伴随着F5G+Wi-Fi 6技术逐渐普及，将逐渐替换5G。

关于F5G/5G混合场景，超清视频、AR/VR、直播智慧、智慧物流等，根据终端及接入方式不同，属于F5G和5G混合场景。F5G与5G互相协同，而非互相替代，只是适用于不同场合，如：在居家及各类室内场景下，通常使用Wi-Fi接入网络，因此其对于F5G同样具有较大的推动作用。本白皮书重点聚焦F5G，因此后文有关场景的展开都将聚焦该场景在F5G下的应用。

图6：F5G相关度识别



资料来源：安永分析

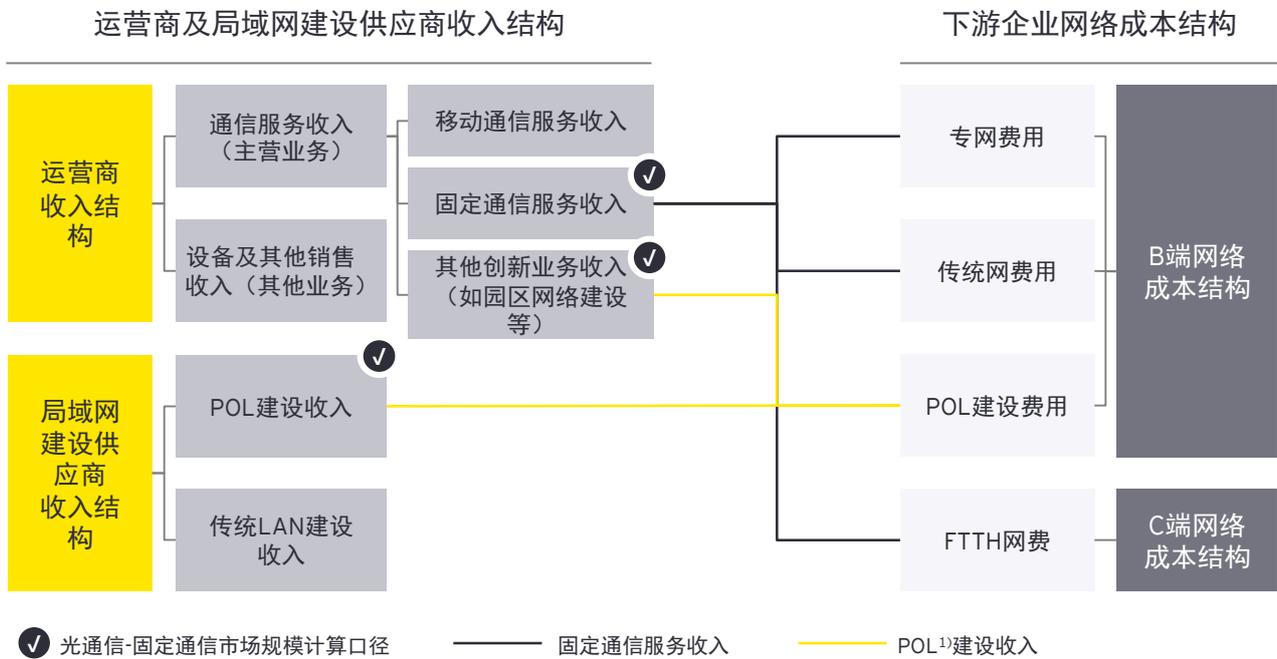
光通信市场在该应用场景中的规模测算逻辑（示例）

本文有关于光通信市场规模测算的口径为“运营商在固定通信服务方面的收入”及相关“局域网建设供应商在POL建设上的收入”；换言之，从下游客户的成本角度而言，包括了个人用户的网费支出及企业类用户的专网、传统网及POL建设的相关费用（见图7）。

以智慧医疗为例：

- ▶ **个人用户端（2C端）计算逻辑：**基于国家人口基数、触网率以及光纤普及率得到该国使用光纤到户的用户底数。再结合平均家庭人口数、平均每户的家庭光纤费用，得到该国2C端的网费综合。综合考虑2C端的所有应用场景，结合不同场景的渗透率、对于带宽等网络性能的要求和平均使用时长等，得到不同场景的加权占比。通过2C端的总网费和加权占比，得到在智慧医疗场景下，2C端光通信市场的规模。
- ▶ **企业用户端（2B端）计算逻辑：**基于不同等级医院的数量乘以其分别的智慧医疗场景渗透率（远程影像与远程手术为代表），再乘以用于通信网络建设的费用，得到智慧医疗场景在2B端光通信市场的规模。

图7：光通信市场在该应用场景中的规模测算口径



注释：1) POL: Passive Optical LAN, 无源全光局域网

资料来源：安永分析

结合我们对于场景的分析，C端相关的场景相对而言将更快落地，而B端场景则将一定程度上晚于C端场景进入成熟期。

例如，受新型冠状病毒肺炎疫情影响，居家隔离、保持社交距离、尽量减少外出已成为2020年的全球常态。众多企业（尤其是科技类型公司）对此作出响应，安排员工在家进行远程办公——餐桌、沙发、厨房成为新的办公场所。电邮、实时通信软件、线上办公共享软件系统（例如微软Teams）等工具使得远程办公变成可能。同时，各国的出入境管制使得商务差旅停滞，多数沟通只能通过在线视频会议系统（例如Zoom、思科Webex、微软Skype）进行。此外，学校为免人群聚集，学生和老师只能通过视频交流，进行在线学习。同时，户外康乐活动也相应减少，相反，在家观看视频、游戏、进行/观看直播的人数大幅上升。线上外卖、买菜、购物消费亦受到大幅推动。

简言之，疫情带来了生命与经济损失，造成众多不便，却因而推动了高清直播、云游戏、在线办公、在线教育、在线医疗等场景的进程加快，提前达到较为成熟的时期。

与C端相关，偏消费类、娱乐类的场景成熟度相对较高，且受疫情影响得到了一定的加速。超高清视频点播、超高清直播、AR/VR、云游戏等应用场景已逐渐与人们的日常生活进行挂钩并逐渐普及。

与B端相关的商用场景主要受政策驱动，如企业上云、智能制造等。其中，车联网、远程驾驶、智能制造、智能物流等场景对技术的要求（包括数据传输量、速度、时延、同步连接设备数量的负荷）相对较高，综合而言进入成熟期的时间会相对较长。对于智慧医疗中远程手术的场景，讲求精准细致的操作，任何误差都足以致命，因此远程进行手术必须规避信号误差、时延、网络不稳、甚至断网等的风险。由此可见，远程手术对通信能力的要求极高，技术设备和产业链发展成熟还需时日。

后文中，我们将对十五个关键场景的定义、对利益相关方的益处、对光通信产业的拉动作用进行详细阐述，并对光通信在该场景下的市场规模进行分析与预测。

关键下游应用场景分析

泛娱乐的持续赋能—— 超清视频

超清视频将是受众广泛的“基础型”应用

视频产业发展可划分为四个阶段：高清时代、4K时代、8K时代和超8K时代（见图8）。视频技术经历了由模拟向数字标清、高清、超清的演进，正在向超高清跨越式发展。超高清视频作为高清技术的延伸，一般包括4K、8K等分辨率标准，技术标准上的全面提升将为观众提供真实逼真的临场视听场景，强有力地驱动了超高清视频产业生态体系的拓展。

超高清视频在亮度、颜色、帧速率和色深方面提供了全面的改进。从消费者的角度来看，最直观的感觉是显著提高的清晰度、更宽的视野、更宽的色域空间和高帧频。超高清为观众带来了非常清晰的图像体验，并且图像质量得到了极大的提高。4K超高清电视的标准观看距离是屏幕高度的1.5倍，而8K超高清电视的观看距离是屏幕高度的0.75倍。视角大大改善，获得更好的现场感。与高清电视系统的色域覆盖率33%相比，其色域覆盖率达到57%，帧频可以达到120Hz，与50Hz高清晰度隔行扫描相比，有了很大的提高。

随着超高清视频与5G技术结合的场景不断出现。4K/8K视频将全方位覆盖未来的广播电视、大型赛事、文物考古、远程医疗、安防监控、商业性远程现场实时展示等领域，成为市场前景广阔的基础应用。

4K/8K视频对于网络有着颠覆性要求

人人处于大数据时代的当下，人们通过各类终端设备汲取信息。超高清可以满足用户们对于大屏幕、高分辨、低延迟的视觉感官需求，而消费者需求的升级正是超高清视频行业的驱动力。

同样长度的视频，4K视频传输对于带宽的需求远高于1080P视频，与此同时，大体积视频对后期处理及数据存储传输时的硬件设备同样产生巨大考验，对处理技术、存储空间构成很大的挑战。随着5G时代的来临，5G高速率、大容量、低时延的特点不仅解决了传输速率问题，还可以满足AR/VR这类应用对画质和时延的较高要求，超高清视频产业全面普及有望加速实现。

伴随着超高清视频资源和观看终端供给数量的逐步提升，用户对超高清视频的使用度也随之攀升，5G为大量数据流通提供了有力支持。

案例

- ▶ “重返·万园之园”数字圆明园光影感映展，由清华大学研究设计，通过8K高清影像、AI+AR等技术，重现圆明园消失的50余处美景，参观者可感受到全视域联动影像和全沉浸感官体验。
- ▶ 英国政府于2019年投资了1900万英镑用于“未来博物馆”项目建设与改造，从2020年开始，伦敦科学博物馆和国立科学与工业博物馆将提供超清3D互动性展览。

超清视频推动下一代光网络的全面部署

目前对于超清视频，在主流的编码格式H.265下，要求全高清视频的传输速率最少为4-8 Mbps，4K视频最低传输速率为8-30Mbps，8K视频最低传输速率为48-160Mbps。

而根据产业的一般标准，4K视频传输速率至少为40-60Mbps，8K视频普遍需要135Mbps以上的带宽来保证传输质量。根据测试，随着画质帧数的提升，对于带宽的要求将更高，若帧数达到120帧，8K超清视频至少需要200Mbps以上带宽的支持；而120帧的8K/VR视频，带宽需求甚至在1Gbps以上。超清视频对带宽的需求随画质的提升呈指数级增长，而多用户同传等新兴应用场景对带宽更是提出了更高的要求，当前4G网络的平均用户体验速率仅为20-30Mbps，现有4G或Wi-Fi网络环境同样也已无法承载。

在大型活动举行期间，会产生数以万计的连接需求和大量的高清摄像头或者终端录屏的视频传输需求，此时5G网络超高速、超低时延、超多连接的三大特点可以较好地承载这些需求。在超高清视频直播的基础上，基站光模块和数据中心的需求量大大增加，加速了光纤光缆的部署与升级换代。

图8：超清视频发展阶段

	高清时代	4K时代	8K时代	超8K时代
技术指标	分辨率：1280 × 720 像素以上 帧数：60 帧	分辨率：3840 × 2160 像素 帧数：60帧	分辨率：7680 × 4320 像素 帧数：120帧	分辨率：11520 × 2160像素及以上 (以12K为例)
网络需求	4-8 Mbps	40-60 Mbps	135-500Mbps	1Gbps以上

资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

超清视频的市场容量可观

考虑到韩国的娱乐传媒体系相对成熟，国内超清视频渗透率高，故选取韩国作为超清视频未来发展的代表性国家，从超清视频用户数和带宽升级光通信器件投资角度对该领域光通信市场需求进行预测。

按照分别为2%和12%的复合年均增长率，预测2020年韩国人均智能手机保有量约为95万部/百万人，人均网络电视保有量约为50万台/百万人。并且随着经济水平的发展与人民生活质量的提升，人均超清视频观看设备仍会逐年增加。

随着4K、8K视频的渐渐普及，人民对生活品质的逐渐重视，相应的视频传输网络需求也会逐渐增大，从而带动整个光通信产业的投入。推算至整个韩国市场，2020年超清视频带动光通信市场规模约为357亿人民币（见图9）。

“

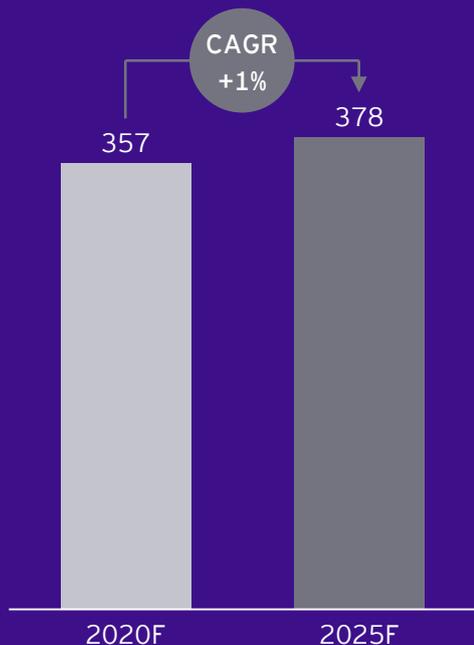
现在基本可以达到2K级别的画面画质，到时候肯定会往4K、8K甚至更多的感官，比如你不光是现在的听觉、视觉，可能还会有触觉或者其它的这种，就是能更让你身临其境的那种感官会提升，随着这些功能提升，它对数据传输和带宽未来这个需求肯定会越来越强。

--国际领先半导体企业高级售前方案经理

图9：“娱乐至上”——韩国超清视频场景高度成熟

韩国超清视频市场规模预测¹⁾

[亿人民币]



1

娱乐产业稳居国家五大经济支柱之首。韩国是众所周知的全民偶像国家，其韩流文化几乎席卷全球，从而推动高清视频渗透率不断攀升

2

韩国出台《千兆互联网促进计划》，全面推进F5G千兆固网发展，为电视直播、视频传输等提供坚实的网络带宽保障

3

韩国政府加强和私营电信公司合作，由韩国SK运营商全面统合上下游资源，推动F5G的商业化

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入

资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, DART, Asia Population Association, Global Broadband Pricing, Statista, Verizon资费标准, 专家访谈, 安永分析

泛娱乐的持续赋能—— 虚拟现实和增强现实

VR与AR推动数字世界与现实世界加速融合

VR（虚拟现实）技术利用计算机生成的模拟环境，给用户端带来一种沉浸的体验。VR技术通过计算机产生的电子信号，把现实生活中的景象通过3D模型展现出来，从而给用户构造一个虚拟的3D环境。VR通过传感器，应用系统开发和系统集成技术实现了动态环境的建模，实时3D图形生成和立体显示。

AR（增强现实）是基于VR技术的一种增强，称为“增强现实”，是一种将数据信息与现实世界融合的技术，最终呈现给用户端一种对真实世界的“增强”。此技术通过实时GPS和虚拟现实融合实现人机交互。

AR与VR在沉浸性体验程度上有所区别。AR在基于现实的基础上利用虚拟技术进行增强，即对现实生活的补充；VR利用专业设备为用户营造沉浸式环境，但其灵活性和移动性受到设备限制，所以，VR相较于AR用户基数更少。

COVID-19对于全球人民的影响又进一步地凸显了虚拟现实的重要性。用户可以不分时间地点在任何空间中使用AR/VR设备，不需要到达活动现场也能体验到活动氛围。与此同时，AR/VR也给现代消费者带来了更加便利和灵活的消费体验，例如基于AR技术的模拟试衣和试妆镜，基于VR技术的远程购物和实体触感。这些新型的消费体验逐渐形成了现代客户消费体验中不可缺少的一部分。

AR和VR在泛娱乐行业已经得到了广泛的应用，如游戏、消费体验和活动直播等；与此同时，AR/VR也正向越来越多的行业延展，如教育培训、医疗健康和工业制造等领域也已经出现了各类新兴的VR/AR形式。

F5G与Wi-Fi 6赋能多终端场景

AR/VR的娱乐应用设备主要有无线与有线两种网络连接方式。无线终端如手机（AR试妆等）、无线VR头盔等，通过Wi-Fi 6连接固网。有线设备如个人电脑、游戏设备、有线头盔等，直接通过光纤连接接入F5G网络。F5G的超大带宽可以给VR游戏提供更好的游戏画质体验，超低时延保证了AR试妆的实时动态效果，而低丢包率、低网络抖动则确保了VR游戏的顺畅体验。随着AR/VR应用的进一步发展，其对F5G的高速高可靠网络将会有更强的依赖。

案例

- ▶ 2020年，英国政府投资400万英镑用于英国本土博物馆混合现实展览的改造与建设，主要的开发和软件制造交给了媒体科技开发商Factory 42。

此外，AR/VR技术升级丰富了跨行业的多项垂直应用，如全景舞台、文娱赛事、博物馆展览、VR/AR游戏、新型购物体验等。

完全沉浸的VR体验对光通信提出了极高的要求

随着AR/VR沉浸等级的提升，用户对于AR/VR真实性和互动性的期待和需求也不断上升。为了增加长期消费、提升AR/VR购买意愿，AR/VR技术需要达到用户对于视频清晰度的期待。5G/F5G技术应用以及光通信基础设施投资能够满足高清AR/VR设备高带宽和低时延的需求（见图10）。

高带宽可以提高数据传输通量，从而实现更高的视频画面质量。低延迟提供了更高的数据传输速度，确保流畅的数据流，从而保证了不间断的直播和游戏体验。

虽用户基数有限，但客户价值较高

AR和VR的产业发达程度在美国比较领先，分析选取美国作为AR/VR娱乐大规模落地实施可能性的对标国家，从AR和VR分别的用户基数和带宽升级光通信市场进行预测。

据统计，美国AR/VR娱乐用户在2020年到2025年逐年递增，预计将从2020年的800万用户增长到2025年的超过1亿用户（见图11）。

图10：AR/VR发展阶段

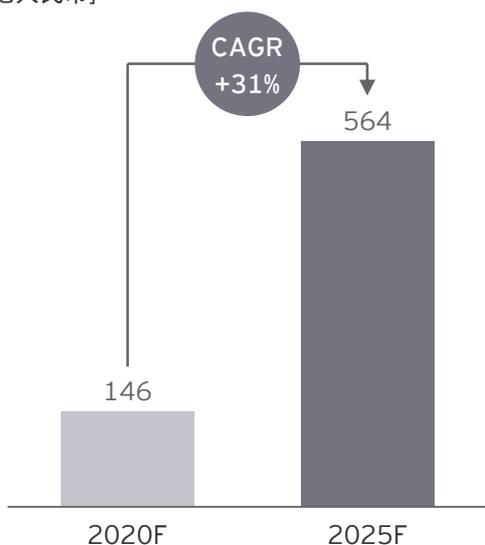
	起步阶段	舒适阶段	理想阶段	极致阶段
阶段特征	4K内容为主，视觉感受较差，无法满足用户需求	8K内容逐渐普及，视觉感受接近标清级别，可满足用户基本要求	12K内容逐渐普及，视觉感受接近高清级别，体验较为理想，满足绝大部分用户要求	24K内容成为主流，视觉感受接近超高清级别，体验近乎完美，满足所有用户的极致要求
带宽要求	≥80Mbps	≥130Mbps	≥540Mbps	≥1.5Gbps
时延要求	≤20ms	≤20ms	≤10 ms	≤8ms
丢包率要求	≤10 ⁻⁶	≤10 ⁻⁶	≤10 ⁻⁷	≤10 ⁻⁷

资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

图11：美国拥有更广泛的AR/VR场景内容生态

美国AR/VR市场规模预测¹⁾

[亿人民币]



1

美国是全球游戏市场营收最大的国家，美国的虚拟现实受益于游戏市场的递增，其产业化具有更大规模的经济效益

2

美国的AR/VR技术发达，科技独角兽如Oculus率先研发虚拟现实头盔，其先进技术为全产业链发展提供助推

3

体育竞技是美国现代文化的重要组成部分，为AR/VR在体育场景的应用提供了巨大市场，从而促进产业发展

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入

资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, Census Bureau, Population Association of America, Global Broadband Pricing, Emarketer, Verizon资费标准，专家访谈，安永分析

打破时空的限制，使用户在任何时间和空间进行游戏

云游戏（Cloud Gaming），又称GaaS（Game as a Service），是基于云计算的游戏产业应用，用户将游戏下载到云端服务器存储并运行。与传统端游、主机游戏、网游和手游相比，云游戏存储、运行和渲染都上传云端。云游戏概念首先由Play Anywhere引申而出，目的是扩展目标群体可游戏的时间与空间，从而扩大游戏市场。技术方面，视频流解决方案的云游戏最广为使用。

云游戏可根据多种标准进行分类。根据游戏运行平台不同，可分为基于PC端X86架构的PC端云游戏和基于手机端ARM架构的移动端云游戏；根据串联方式不同，可分为游戏窗口串流游戏和桌面串流游戏；根据游戏设备不同，可分为虚拟机游戏和物理机游戏。各种类云游戏本质上是本地软件放置云端，从而对信息上行与下行传输有了更多依赖，所以对5G通信提出更高的要求。

F5G成就网络游戏开发商及运营商

云游戏的发展，一定程度上颠覆了传统游戏对硬件设备的依赖，从而降低用户使用门槛，打破时空对于游戏的限制，为游戏产业注入了新的活力。具体而言，云游戏的发展迎合了游戏运营商、游戏开发商和游戏玩家的需求。而5G则是需求达成的必经之路：

► 游戏品质的提升对云游戏提出更高要求

随着游戏产品的升级迭代，高带宽可以提高数据传输通量，从而实现更高的视频画面质量，游戏所占内存量由200-400M增加到1G，部分3A大作甚至达到2-3G。但是，大部分游戏用户难以负担高配置硬件（如显卡），形成需求端与供给端不匹配的问题。利用5G高带宽、低时延等特点，将原本需要本地下载的大型游戏转型为云游戏，将有效降低用户端设备需求，同时无需下载/存储/更新，无需耗时下载及安装，降低游戏成本。

案例

- 美国OnLive公司推出云游戏解决方案，提供包括流畅3A大作（如孤岛危机）在内的云游戏平台与内容制作服务。
- 2019年，巴黎云游戏服务商Blade筹集3300万美元用于发展流媒体游戏业务，其主要产品Shadow利用边缘计算和5G网络推动多种类云游戏产品，吸引了更多超高速网络的使用。

云游戏在体验时需要大带宽网络保证高速上行、下行速率。大连接的5G网络能够将多玩家、高清游戏画面与低时延操作信息传输至云端服务器，为玩家提供低成本、高体验的游戏产品。

► 5G连接开发者实现分布式游戏开发

目前，游戏开发行业多采用单例模式与工厂模式进行游戏内容创作，不同游戏厂家甚至与个人开发者之间互不联通。由于Wi-Fi与4G难以对大型开发程序进行传输，游戏开发在基础代码分享与协同开发方面存在不足。因此，需要大带宽的高品质5G通信支持游戏开发平台。开发者能够只针对某单元进行开发，基础游戏套件通过云平台辐射至所有开发项目。同时，5G的发展对于重构完整的游戏生态具有极大意义。除游戏开发外，游戏引擎、服务器、托管、市场营销等多服务集合皆可通过大带宽5G网络及时分布到运营终端，极大地降低了重复性基础软件部署的成本。

为保障画面与帧率，光通信网络升级势在必行

随着云游戏产业的日趋成熟，云游戏对于光通信产业的发展进一步细化了相关的技术指标。

具体来讲，云游戏的发展在PC端经历了起步阶段、舒适体验阶段和理想体验阶段（见图12）。预计在达到理想体验阶段时，云游戏可基本实现高分辨率、高帧率逼近视觉极限的画面，120fps的游戏帧率对高带宽需求高达百兆甚至千兆，同时往返时延和抖动的网络性能要求，对于通信的可靠性也提出了更高的要求。

目前，较为成熟的游戏运营商为保证画面分辨率和帧率，对云游戏平台网络性能提出了较高的要求，尤其体现在高带宽、低时延和网络抖动等方面，如：谷歌Project Stream和SONY PS NOW下一代产品为达到理想游戏体验，预计网络宽带需求达近千兆。5G/F5G等技术的逐步商业化落地，无疑为云游戏提供了新的契机。

图12：云游戏发展阶段

	起步阶段		舒适体验阶段		理想体验阶段	
阶段特征	游戏代表帧率为60 fps，内容为1080P。竞技类游戏时可明显感觉到画面不连贯		游戏代表帧率为144 fps，内容为1080P。视觉和游戏操作均有较舒适的体验，游戏可操作性达电竞水准		游戏代表帧率为240fps及以上，内容为2K及以上。高分辨率、高帧率逼近视觉极限	
	电脑屏	电视屏	电脑屏	电视屏	电脑屏	电视屏
宽带需求	≥32Mbps	≥32Mbps	≥48Mbps	≥96Mbps	≥88Mbps	≥320Mbps
往返时延	≤30ms	≤30ms	≤20ms	≤20ms	≤15ms	≤15ms
网络抖动	≤16ms	≤16ms	≤7ms	≤16ms	≤4ms	≤8ms

资料来源：Venturebeat，专家访谈，案头研究，安永分析

云游戏市场未来可期，网络升级需求迫切

考虑到游戏产业发达程度，分析选取美国作为云游戏大规模落地实施可能性的对标国家，从游戏用户规模和带宽升级光通信投资角度进行市场预测。

根据Newzoo游戏产业研究统计，美国2017-2019年云游戏的渗透率分别达到约5%、10%、18%，并预计将继续维持高速增长。从云游戏通信升级角度分析，从本地游戏升级为云游戏虽然减少了下载和存储的需求，但需要保证网路上行和下行速率均不低于500Mbps，平均增强带宽需达到约1Gbps。（见图13）

“

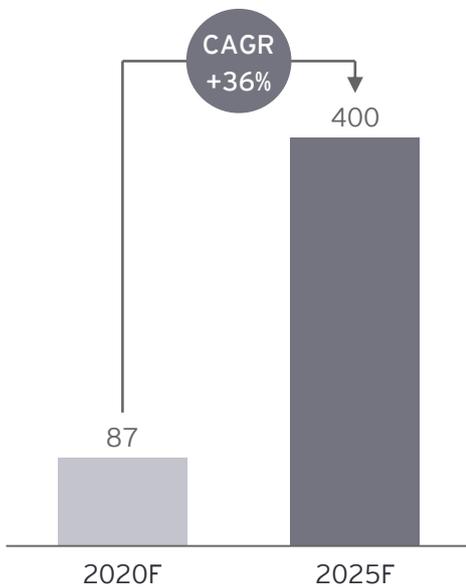
云游戏与4K/8K高清云游戏有望成为光通信的巨大推动力，在未来5-10年内，视频游戏相关业务有望占据移动云通信90%份额，未来发展前景远大。

——中国头部云服务提供商市场与运营总监

图13：受益于产业生态完善，云游戏带动光通信市场增长

美国云游戏市场规模预测¹⁾

[亿人民币]



1

技术先进。美国独角兽科技公司与大型互联网厂商掌握最前沿的云计算基础，助力游戏上云

2

产业发达且资金雄厚。美国拥有众多大型游戏厂家和网络公司，头部厂家如Google拥有庞大资金研发云游戏技术并投资云游戏基础建设

3

大规模市场驱动。美国是世界最大的游戏市场，受需求端驱动，云游戏的推出对游戏产业的升级带来巨大经济效益

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入

资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, Venturebeat, Population Association of America, Global Broadband Pricing, New Zoo, Statistic Bureau, Verizon资费标准，专家访谈，安永分析

直播让多用户分享实时视频并实时交互

直播是指随着在线影音平台的兴起，在互联网上公开播出即时影像的形式。

F5G的发展将让端到端的网络延迟从60-80 ms下降到10 ms以内，网速高达10Gbps，推动视频直播分辨率从480P发展到4K、8K甚至360°全景直播，同时赋予多用户同时分享视频的功能（见图14）。

直播吸取和延续了互联网的优势，利用视频方式把电商、短视频、教育、资讯、娱乐生活等内容现场发布到互联网上，利用互联网的直观、快速，表现形式好、内容丰富、交互性强、地域不受限制等特点，丰富人们的生活，提供了极大的便利性。

直播多元化为F5G提供越来越多的下游场景

近年来，随着移动互联网技术发展，以及人们自我表达需求的不断增强，网络直播呈爆发式增长，直播平台数量猛增，直播模式日益多样化。大量主播与用户同一时间在线交流，在确保画质清晰、流畅的前提下还要保证网络延时较低来满足用户获取及时信息，与主播达成更好的互动体验。

相较于普通的视频传播，直播的特殊之处在于现场采集的信息内容通过实时上传分发到各直播观看用户端。并且与直播观看端网络供给仅影响个别观众相比，直播采集端的内容传输影响所有直播用户的观看，因此现场信息的上传带宽要有确定性的保障。F5G通过千兆光纤网络，为用户与主播的直播体验保驾护航。

直播行业规模近年来一直稳步增长，同时，由于疫情的出现，资方也对其加大投资力度，推动直播场景进一步拓宽。

► 综合电商

电商平台在疫情期间得益于政府支持，对直播的投入显著增加，F5G的出现进一步显现了其产业优势，高清直播、AR/VR直播等新兴场景的应用，将给用户带来前所未有的沉浸式体验。

案例

- 新中国成立70周年庆典上，全国十余个城市，70家影院共同接入中央广播电视总台4K超高清信号，同步直播4K超高清电影《此时此刻·2019大阅兵》。
- 2020年，字节跳动决定投资5亿美元在欧洲爱尔兰开设第一个数据中心。用于存储欧洲TikTok用户的视频，直播业务，消息和其他数据。

► 电竞娱乐

光网络传输速度的大幅提升，给主播的游戏体验和观众的观看体验都提供了基础保障。斗鱼，虎牙等平台在国内外渗透率都相继提升。

► 新闻资讯

随着光通信技术的普及，无论是跨省跨国乃至跨越大洋的新闻资讯，都能实现实时转播。无论是传统的国家政事直播，还是实时发生的民生民情都将得益于光网络传输技术的发展。

► 自媒体

近年来，如抖音、哔哩哔哩、YouTube等短视频与视频博客平台高度融入人们的日常生活，各平台都将线上直播作为发展，拓宽用户的重要一环，用户通过高清直播能够更加生动地展示自我。

直播同时带动上下行网络的并行发展

内容制作带动上行网络升级

超高清全景直播要求采集端内容实时、稳定地回传至云端，需要高品质的上行网络。

如果超高清全景直播采集现场支持固定宽带接入（有线或Wi-Fi），需采用高性能ONT接入和专线光纤传输网络，为超高清全景直播回传提供专用路线，带宽需求高达10Gbps。如果是难以接入高质量宽带的场所，则采用5G接入、传输。在采集端，VR摄像机拍摄实景后，将拍摄材料传至超高清全景直播处理器，处理器连接5G网络或通过Wi-Fi 6将内容回传至云端。目前业界厂家推出了配有5G通信模组的视频采集传输背包作为超高清全景直播处理设备，可直接连接5G网络。

观看推动下行网络升级

► **第二现场：**对于超高清直播的第二现场，如大型晚会分会场、封闭包厢等区域，要求大批量用户同时接入，信息流量大时，需要CDN节点与场所间配置专线保障。

当VR终端数量规模较小时，优先选择Wi-Fi接入，需要部署多个高性能AP并对Wi-Fi频段进行合理规划，避免干扰。当VR终端数量规模过大时，就需要VR终端采取有线连接方式连接网络设备，以保障多人同时在线的体验。

► **家庭：**通过配以千兆家宽并采用高性能Wi-Fi 6接入，保障超高清全景直播的观看体验。

案例

- 2022年将在杭州举办的第19届亚运会将配备搭建F5G的OXC专网，保证每个场馆中建成10G OXC专线，形成高品质、高容量、高速率的亚运专网，使场馆多机位的4K、8K高清入云，同时全部的原生视频现场向全球直播。

“

每年两会中新网都在网上做VR直播，做直播也是一大场景。比如明年奥运会，疫情可能还不能快速解除，没那么多疫苗，很多场次比赛买了票的，可能就直接用VR直播来看了。比如工体8万人，可以卖16万张票了，这是一个很好的商业场景。

——中国特大型国有运营商ICT解决方案专家

图14：直播发展阶段

	高清直播 1080P	超高清直播 4K/8K	全景直播 8K/3D
带宽	$\geq 10\text{Mbps}$	$\geq 100\text{Mbps}$	$\geq 500\text{Mbps}$
时延	$\leq 50\text{ms}$	$\leq 20\text{ms}$	$\leq 10\text{ms}$

资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

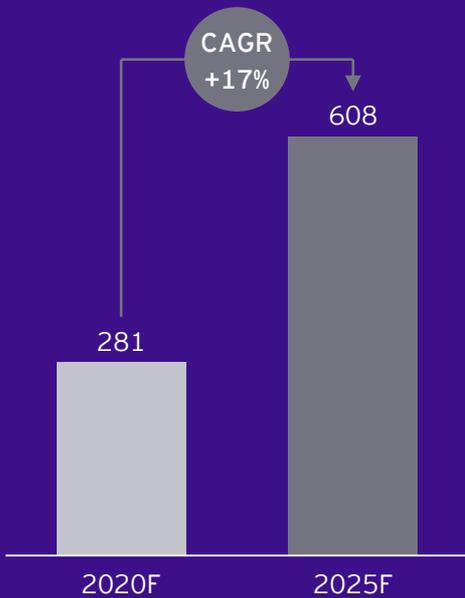
对直播场景下光通信市场的需求预测

日本作为世界上娱乐文化最发达的国家之一，直播行业发展较早，自2017年开始呈现爆发式增长。互联网不断发展的今天，直播行业进入了转型、调整期，对直播平台的商业模式、内容生产、主播培育和吸流能力等方面提出了更高的要求。F5G固定宽带高速率，低时延的优势赋予直播产业更高的用户体验与市场竞争力。

从设备投入角度来看，直播的场景差异化十分明显。因此从直播用户数的角度切入，通过用户对观看高清直播的需求量，推测出整个直播场景升级到超高清视频阶段对应带宽所需的光通信市场规模。

图15：“宅经济”助推日本直播及光通信市场增长

日本直播市场规模预测¹⁾
[亿人民币]



1

日本的直播市场处于世界领先地位，其直播品类丰富（如游戏直播）使得直播市场具有较大发展潜力

2

日本的“宅文化”也暗中为直播产业助力，久居家中疲于社交的人们，更倾向于通过直播或者观看直播的方式，去达成人与人的沟通，获得人与外界的联系

3

日本的互联网技术发达，为直播产业快速发展提供了技术支撑

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入
资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, 日本统计局, Asia Population Association, Global Broadband Pricing, Justsystem Co, Verizon资费标准, 专家访谈, 安永分析

新一代ICT支撑工业全光网赋能智能制造

智能制造是基于新一代ICT技术与制造技术的深度集成。智能制造以数据为核心要素实现全面连接，构建起全要素、全产业链、全价值链融合的新制造体系和新产业生态；通过人、机、物全面互联的新型网络基础设施，形成智能化发展的新业态和应用模式。

智能制造加速工业生产自动化与数字化改造

智能制造的三大主要细分场景包括大数据收集、远程监测与精准控制：

- ▶ **大数据收集：**工业生产过程中，自动化设备会实时产生大量的数据，并通过传感器等实现实时收集、反应和预测，从而形成全过程端到端的大数据。通过对于过程中的大数据的收集，可以形成从生产到销售的全流程闭环，从而更有效地避免各个环节中可能发生的问题。
- ▶ **远程监测：**远程监测主要应用于工业生产中人工难以甚至无法作业的场所。实现远程监测需要超高清视频提供视觉支持，F5G的高传输速率可以满足超清视频回传的要求，同时可以在保证可靠性的前提下满足低时延的要求。
- ▶ **精准控制：**利用通讯技术满足工厂内信息采集以及大规模机器间的通讯需求，通过高频和多天线技术来支持工厂内的精准定位和高宽带通信，利用毫秒级低时延技术为工业机器人与机器设备之间带来实时互动和协调，提供高效精准的工业控制。在柔性制造模式中，给工业机器人带来移动的灵活性，以完成不同种任务，实现实时工厂生产优化。

F5G是制造业升级的先决条件

在智慧工厂中，大量的自动化生产设备需要通过控制中心统一调控，这对工厂内固网的带宽与可靠性提出了很高的要求；F5G高带宽、大连接与固定可靠的特性可以很好地满足实时监控调配的需求。具体生产中，远程监测与精准控制的实现也需要F5G低时延和低丢包率的支持，在确保数据传输可靠的前提下，最大程度地降低延迟，提高生产的精细程度。

F5G适应智能制造存在以下五点因素：

案例

- ▶ 2019年，英国政府增加11亿英镑产业基金支持“智能制造”计划，其中包括1.21亿英镑用于支持通过物联网和虚拟现实在制造业的应用。

- ▶ **无线网络运用有限：**目前工厂内网以有线网络接入为主，只有少量仪表数据的采集采用无线技术。
- ▶ **网络带宽需提升：**在数据转发方面，目前仍采用带宽较小的铜线传输，大量的网络监控配置须人工完成，网络改造难度和成本高，亟需网络带宽扩大；通过全光网络的替换，可以有效地降低成本，同时减少网络重组与调整的复杂性。
- ▶ **低时延要求有待满足：**工厂外网主要基于互联网建设，但网络转发仍无法向大量客户提供低时延、高可靠、高灵活的传输服务。
- ▶ **设备互连还需提升：**不同设备的信息化发展水平不一，对工厂外网的利用率不同；工厂中应用F5G技术，可以实现工厂内设备高速互连，有效利用工厂外网信息，达成实时信息共享互助。
- ▶ **抗干扰能力亟待加强：**由于工厂的环境复杂，会有电磁干扰、高温高湿、强震动、设备密集等问题的影响。而由于F5G具备抗干扰、低时延等特点，能有效解决工业环境中以上各类的干扰问题，将海量数据向数据中心进行精确与稳定的传输，以支持工业互联的信息决策。

智能制造要求更低时延与更可靠的网络

智能制造的三大主要细分场景数据收集、远程监测与精准控制对F5G网络的带宽与时延有不同的具体需求（见图16）。

网络抖动在制造领域非常重要。除大数据收集之外，工程领域的远程监测和精准控制需要达到毫秒级以下的抖动水平，对于部分精密仪器制造等产业，其机械控制需要达到100 μ s以下的抖动水平。

技术与商业模式的统一推动光传输技术升级。在F5G与工业互联网融合应用推广之前，还需研究诸多关键技术问题，包括网络切片技术、边缘计算技术、融合网络架构、工业网络安全体系、工业网络监测体系、工业网络标准化等一系列问题。针对不同的行业领域需求，需要形成更具针对性的商业融合。

图16：智能制造发展阶段

	大数据收集	远程监测	精准控制
阶段特征	赋能终端的连接，实现从生产到销售的全流程闭环	通过F5G赋能终端的连接，实现实时远程工作状态监控与故障检测	通过高频多天线技术和毫秒级低时延技术，实现高效精准的工业控制
带宽要求	$\geq 50\text{Mbps}$	$\geq 500\text{Mbps}$	$\sim 1\text{Gbps}$
时延要求	$\leq 100\text{ms}$	$< 10\text{ms}$	1-10ms
抖动要求	-	$< 1\text{ms}$	$< 100\mu\text{s}$

资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

德国工业4.0带动二十亿的光通信市场规模

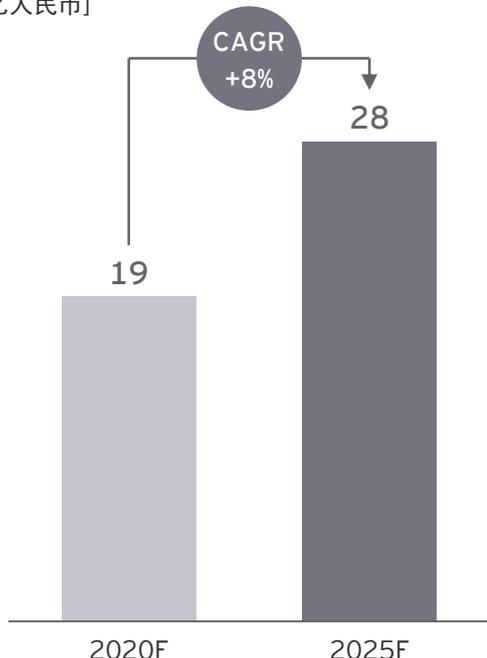
考虑到5G发展水平和制造业智能化程度，选取德国作为对标国家，分析智能制造场景下的光通信未来市场需求。

据德国联邦统计局数据，截止至2020年5月德国制造业企业登记数量为33万家；德国工业4.0发展迅猛，40%的制造企业已达到智能制造标准，即约有13万家制造企业实现智能制造。企业平均在智能制造场景下投资34万人民币，则德国智能制造总投资约为440亿人民币。据推算，2020年德国光通信市场在智能制造场景下的规模为19亿人民币。

图17：德国“工业4.0”拔高光通信的支撑性地位

德国智能制造市场规模预测¹⁾

[亿人民币]



1

具有制造强国背景。德国是传统的制造业强国，制造业占GDP约20%，是联邦经济的支柱，制造业发展环境优良

2

政策先行，技术领先。德国是“工业4.0”概念的倡议国与重要推动国，全国政企科教各界高度重视智能制造的发展，智能制造水平世界领先

3

经济基础雄厚。德国经济水平处于欧洲乃至全球领先地位，对智能制造与5G基建的投入意愿与能力较强

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入

资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, Statistisches Bundesamt, Global Broadband Pricing, Statistisches Bundesamt, Verizon资费标准, 专家访谈, 安永分析

利用数据优化电网效率

智能电网是一种优化配电控制和电力储存的智慧供应系统。智能电网利用双向数据传输来提高用户端电力供应的效率。传统电网只有单向供电的功能，缺乏了智能电网根据用电需求实时调整并协调供电厂低成本运作的功能。

智能电网则包含了数据收集、数据分析和相应的下游电力分配能力，实现了信息的高透明度和中央系统控制带来的便利性。将传统电网的“按量分配”模式转化为“按需分配”，真正实现根据实时用电需求供给配电的高效化、及时化和自动化管理。

此外，智能电网还内置了迭代学习能力，结合人工智能、大数据和区块链技术来分析能源使用模式。这样可以提供更真实、更精确的能源供应周期，从而减少电力浪费和停电。另外，智能电网系统还能自动识别供电系统内的故障，从而及时改道和恢复供电线路，将电力输送到受影响的家庭。

智能网络的功能提升带动F5G网络的需求增长

智能电网的普及和应用对于网络基础建设有很高的要求。智能电网跟传统电网相比在电力生产，电力储存，信息传输和合理配电上都实现了自动化、智能化与毫秒级信息处理功能的转换。然而对于整个系统而言，带宽、时延和可靠性都需要更完整的基础建设来支持。此外，智能电网的一个主要应用是对于电网中故障的自动检测和电力重配，快速地为断电的区域重新恢复供电，甚至能够达到在故障发生之前就能有效地重新协调，避免故障影响用户端的用电。拥有此功能，覆盖大量面积的智能电网需要强大的数据处理功能和超高的数据传输效率。智能电网对于网络的诉求需要通过离每个客户端地区5公里之外终端接入网的建设来实现。终端接入网络保证毫秒级的端到端时延、高于99.999%的可用率和能够满足实时信息传输的超高带宽。

案例

- ▶ 国家电网、华为和中国电信于2020年中宣布，其联手开发的青岛F5G智能电网建成。这是国内目前最大规模的电网构建项目，结合了端到端的5G SA网络，MEC高覆盖链接和高效计算能力，为电网提供精准的计算分析。
- ▶ 美国政府推出的智能电网投资补助金方案聚集在电力传输基础建设的投资达到200万美元，主要建设包括了双向实时用电信息传输。

实时分配和储存可再生能源是智能电网的又一主要功能，需要完整的分布式电源建设进行有效控制。随着各国能源的改革和进展，采取风力发电，太阳能发电和核能发电逐渐变成能源生产的主要趋势。智能电网需要采取大量的分布式电源接入，通过提高可再生能源的应用而减少对于环境的污染。由于可再生能源的间歇性，智能电网对于能源储存也具有很大的需求。大量的分布式电源接入能够有效地接入可再生能源并把其融合到国家现有的电力分配系统内，满足用户逐渐扩大的对于能源的需求。分布式电源的增量同时也提高了对于通信的需求，建设分布式电源监控主站、子站、监控终端和强大的通信系统能够保障分布式电源的运行控制，实时数据采集分析，系统互联沟通和高效率的电力分配协调。智能网络的功能提升带动F5G网络的需求也日益增加，不但需要超低丢包率和超高可靠性，还需要光联万物，以有效实现高覆盖分布式电源的电力分配和数据采集。

智能电网要求海量数据的广泛接入与实时分析

智能电网的功能升级和渗透率倍增意味着对于数据容量和传输时延的需求增长。智能电网需要收集和分析大量的数据，对于网络带宽和时延有较高的要求。智能电网的中央控制系统接收来自全国各地的用电情况，并结合大数据分析和机器学习技术来处理数据。最后根据分析结果来合理分配电源，远程控制不同发电厂的运用程度和服务区域。同时电网系统中超强的磁场及复杂的工况更是对网络的抗干扰性提出了更高的要求。

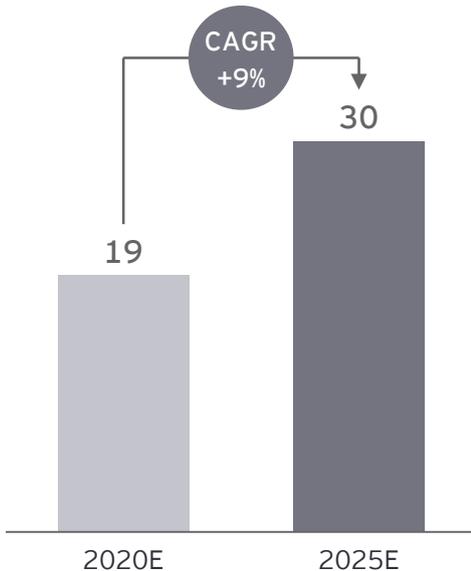
智能电网对光通信市场的需求预测

全球智能电网市场的规模快速增长，预计在未来的三年中，复合年均增长率能达到21%。其中，中东和北非（MENA）的智能电网投资到2027年有望达到176亿美元。可再生能源的投资占比智能电网总投资最大，是促进投资增长的主要因素。欧洲目前在智能电网的投资规模已达到350亿欧元。

图18：“先行并迫切”美国智能电网助推光通信快速增长

美国智能电网市场规模预测¹⁾

[亿人民币]



1

美国是全球第一个建造智能电网框架的国家，长期的经验积累有助于其智能电网的全面部署实施

2

美国作为电力消耗大国，对于电力效率、电力分配与电力储存具有更迫切的需求，从而促进智能电网的发展

3

凭借着世界权威的美国电气和电子工程师协会（IEEE），为其智能电网发展提供有力的技术支撑

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入

资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, Census Bureau, Population Association of America, Global Broadband Pricing, Smartgrid.gov, Verizon资费标准，专家访谈，安永分析

“

不同于传统的电表升级，新的智能电网已经可以满足双向的数据传输，如在高峰时间，通过衡量用电量，调整大型企业的供电策略，从而有效地降低发电厂的运营成本……

——中国知名国有电力企业科技部主任

以5G应用率和电网普及程度作为参考，分析选取美国作为智能电网场景对标市场，其在智能电网数据处理、电力运营监控、网络设备扩容等方面对光通信的需求增大。

自动化、智能化引领矿山新变革

智能矿山，以自动化、智能化为基础，通过低时延、高可靠的矿井实时感知，智能监测系统与无人化采矿开发设备的高度融合，从而保障矿山开采，运输，分拣的无人化高效性。为矿山安全运作，经济环保提供有力保障。

根据开采环境差异，智慧矿山可区分为露天矿山与地下开采。面对井上的矿山地质复杂多变与井下的封闭高危性工作场景，F5G通过工业光网、Wi-Fi 6等先进技术，为不同形式的开采保驾护航。

随着光通信技术的不断成熟，矿场信息采集设备升级，信息汇总处理能力提高，远程操控无人采矿应用逐渐落地。考虑到矿山的环境复杂性和矿上矿下通信困难度，F5G可以全方位赋能智慧矿山中的视频/传感器监控、大数据处理中心、封闭场景下的无人设备控制。

- ▶ **视频/传感器监控：**考虑到矿井作业的危险系数较高，矿上矿下需要全覆盖高清摄像头，实时上传矿山信息保障人员安全，而矿井下的低能见度和光线不足等问题对摄像头的高清和夜视等提出更高的要求；另一方面大量温度传感器和震动传感器需要用于实时感知井下作业环境的变化，这些应用都离不开F5G的技术助力。
- ▶ **大数据处理中心：**无人化的智慧矿山需要一个处理海量数据的决策大脑——大数据处理中心，由中心对采集的矿山矿井大量实时资料进行数据汇总、分析、决策进而对移动设备下达对应指令。
- ▶ **封闭场景下的无人设备控制：**通过F5G与Wi-Fi 6的结合，使矿区内形成独立的局域网，近期可以通过远程监控实时定位井下设备与人员的位置信息，远期来看可以实现无人矿车等大型设备的自动化开采。

聚焦智慧矿山核心场景，中国走在了世界的前列。受国家政策扶持，各大矿业企业纷纷加码智慧矿山投入，通过井上与井下光通信设备的投入，为智慧矿山各项新兴应用的落地提供了支持。

“

……煤矿智能化建设是实现煤炭工业高质量发展的核心技术支撑……

——中国工程院院士

F5G是实现智慧矿山必不可少的拼图

矿区安全隐患倒逼智慧矿山进程加速

目前，露天采矿严重依赖于人工操作，需求主要集中在矿车和挖掘机驾驶员上。但是，由于恶劣的工作环境和矿区的高风险，工人的流动性很高，员工的素质也参差不齐，企业难以规范。招募难、成本高、风险高、效率低等一系列问题，迫切需要用低延迟，高可靠性的远程控制来代替人工现场操作。无人操控有助于矿业企业高效优质发展。

地下挖掘工作很困难，煤矿工人的能见度不到一米，极有可能遭遇危险。并且目前的地下通信方式相对落后，迫切需要在地下采煤机、液压支架、刮板、路头、检查机器人等使用低延迟和高可靠性的F5G通信技术来达成远程控制，实现在地下室中执行无人操作。

矿山环境中的瓦斯和粉尘极易引发爆炸，采用传统的电信号在矿区内进行通信传输存在巨大的安全隐患，而F5G利用光信号进行通信大大降低了粉末、瓦斯爆炸的风险。

海量关键数据的采集与处理离不开F5G的保障

矿区生产系统复杂，数据来源多样，但目前缺乏灵活部署、可靠稳定的信息传递通道，传统有线通信方式受限于电信号易造成爆炸的风险，因此布线较为困难，形成信息孤岛。利用F5G的Wi-Fi 6等技术，面向矿山网络需求，专项优化和调整网络在立体空间内的覆盖能力和效果，将各类终端采集的矿山环境数据回传至云端平台，实现矿山数据高效管理，实时生成生产规划方案。

井下环境复杂多变，井上对井下状态的实时感知需要依靠传感器以及智能硬件终端对环境、生产数据进行实时采集，大连接的F5G网络能够为井下密集部署传感器提供基础，助力井下主巷道、运输巷、综采工作面、掘进工作面、运输皮带等场景实现全面感知。

矿区复杂工况提出了对传输可靠性的极高要求

目前，在各个矿区部署地下传统的无线网络，如Wi-Fi、3G和4G之类的无线通信技术无法满足矿区通信的需求。Wi-Fi具有无线传输和通信功能，但是在应用中存在一些问题，例如数据包丢失、与基站的传输距离短、无线渗透性差以及传输不稳定，不适合作为物联网的组网设备；3G无线通信系统传输距离长、通话效果好，可以传输数据，但应用中存在着带宽过窄，难以承载高清视频类应用问题；4G技术在人、机、物互联上有一定进展，极大提高井上井下的信息化和自动化水平，但对于高清视频监控、远程操控等大带宽、低时延的业务需求，仍无法满足。因此，需要大带宽、低时延的高品质F5G通信网络。

智慧矿山三大场景推动光通信产业发展

通过对安全问题以及矿山效益的思考，人们对智慧矿山的重视程度日益增长。而在高清视频/传感器监控、数据中心及远程设备控制这三大应用中分别提出的对通信传输的要求，目前完全可以由F5G来满足（见图19）。

案例

- ▶ 2018年，澳洲大型矿业公司Rio Tinto投资1.46亿澳元在Koodaideri 铁矿区建设首个“智慧矿山”。投资项目涵盖整体矿区网络全覆盖建设、自动化采矿机器人技术、矿区安全监控在内多项应用。

图19：智慧矿山对通信传输的要求

智慧矿山场景	带宽需求	时延要求
高清视频（4K）/ 传感器监控	50-100Mbps	<100ms
数据中心	500-1000Mbps	<20ms
远程控制设备	>70Mbps	<20ms

资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

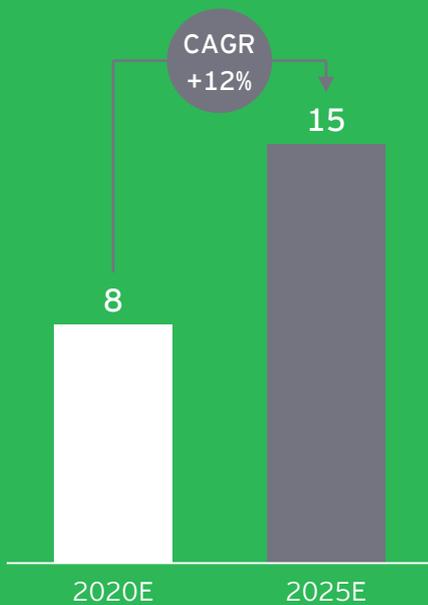
对光通信市场的需求预测

由于美国的人力成本较高，且矿产的人力需求较高，一些美国采矿商已开始实现其流程和运营的自动化，以提高生产率并提高产量。因此分析选取美国作为智慧矿山场景案例。预计从2020年到2025年，美国智慧矿山市场规模的复合年增长率将达到12%。

图20：领先技术与国家战略共同促进智慧矿山的逐步商业化

美国智慧矿山市场规模预测¹⁾

[亿人民币]



1

美国是外太空探索的先行者，在行星登陆和开采等领域已经积累了先进的技术完全可以转嫁到矿山的智慧化，为智慧矿山提供技术支撑

2

美国为取得在采矿工业中的竞争优势，曾先后制定了“智能化矿山”和“无人化矿山”的发展规划，以支持智慧矿山的发展

3

政府与矿企共同推动智慧矿山应用的商业化，美国是全球首个对地下煤矿的自动定位与导航技术研究突破并获得了商业化研究成果的国家

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入

资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, Census Bureau, Population Association of America, Global Broadband Pricing, Verizon资费标准, 专家访谈, 安永分析

商业场景的智能与网联化—— 智慧医疗

从远程会诊向更深度的功能演进

智慧医疗指以电子健康档案为基础，综合运用物联网、互联网、云计算、大数据等技术，构建医疗信息共享的交互平台，实现患者、医疗机构、医务人员和医疗设备的互动，智能匹配医疗资源。

相较于F4G而言，F5G的固定增强高宽带、高可靠性特性分别达到1Gbps与全光网连接的要求，从而促进了智慧医疗的发展，尤其满足了远程手术等高要求的应用场景。

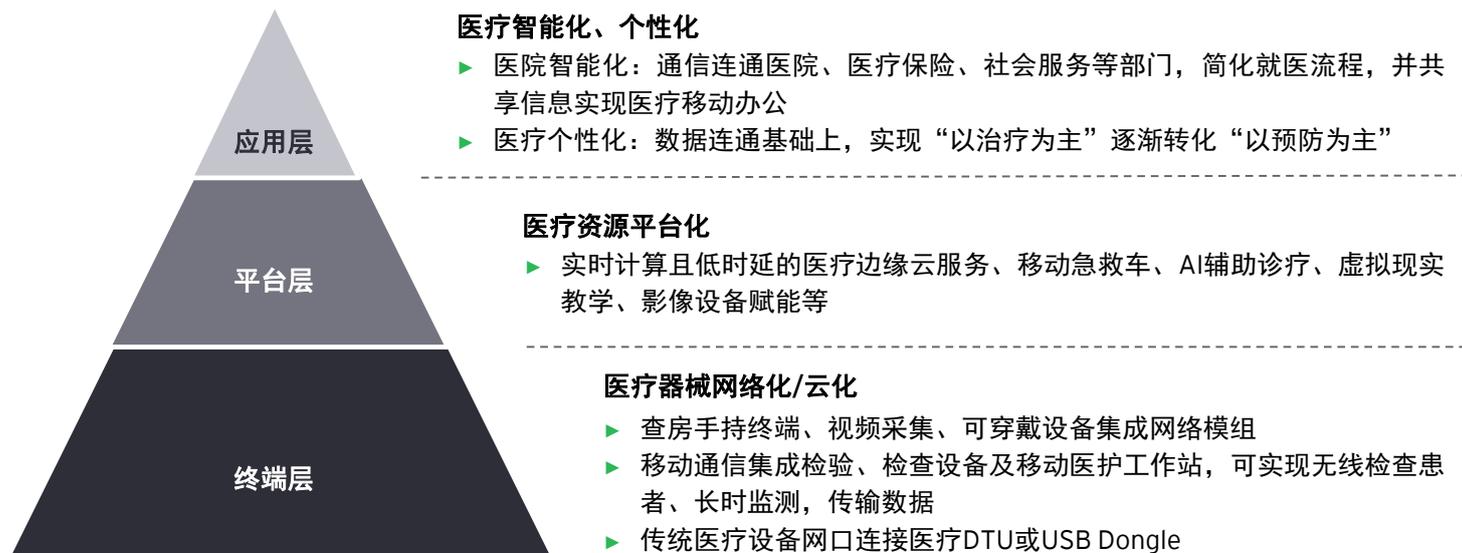
随着光通信技术不断提升，医疗器械网络化/云化、医疗资源平台化与医疗智能化/个性化三大智慧医疗层次应用逐渐落地，推动医疗生态构建、医疗资源下沉同时缓解医务人员资源紧张等问题（见图21）。

“

远程会诊现在已经基本实现……随着F5G的深化和核心网下沉，在一些大的三甲医院也能实现用达芬奇手术机器人实现远程手术的功能，这块未来的市场前景也是非常的可观……

——健康科技领先企业产品规划总监

图21：智慧医疗三大层次应用



资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

F5G有效优化医疗资源分配效率

智慧医疗的器械网络化、平台化与资源共享化对于从政府到患者各方面服务有显著提升。

医疗事关民生大事，受各方高度关注。智慧医疗的出现满足了医生端、患者端和政府端的各方诉求。随着智慧医疗的逐渐落地与深化，无疑会令各方均有所裨益。而F5G相比于传统固网的优良特性是智慧医疗赖以实现的阶梯。

► 医护资源短缺倒逼远程医疗发展

目前，中国医疗服务质量主要取决于医生与护理人员从业水平，所以对于高知识与实操技术水平的医疗从业者需求严重得不到满足。同时，受限于中国地域广阔与区域发展不均，优质医护资源多集中于东部沿海一线与新一线城市，造成偏远地区就医困难。医疗资源不足与分布不均的问题迫切需要智慧医疗的补充。通过远程医疗、远程会诊等远程控制性服务提供方式代替医生现场诊疗，有助于中国医疗体系的整体进步。

► 远程医疗需要F5G大带宽低时延传输

远程医疗场景需要高水平通信传输提供支撑。例如，远程手术需要借助超高清视频足以观察病理成像，同时手术机器人（如，达芬奇手术机器人）需满足毫秒级网络低时延。而目前广泛采用的医院宽带难以满足远程手术操控的需求，所以远程医疗迫切需要F5G网络以支持高网络需求应用。

案例

- “新冠肺炎”疫情期间，北京解放军总医院和武汉火神山医院进行了远程会诊，有赖于基础设施的完善。
- 上海市第一医院已经打造远程监护、远程医疗影像、远程手术机器人、远程医疗技术培训在内的智慧医疗全区域应用。

► 家庭医疗设备需要F5G大规模终端连接

随着医疗改革深入推行“以治疗为中心”转向“以预防为中心”，家庭、社区等连接越来越多如血糖监测仪、胎心检测仪等医疗辅助设备。同时，患者端医疗设备需要与医院数据库完成实时连接，以达到疾病早预防、早发现、早治疗的目标。目前所采用的Wi-Fi网络彼此孤立，高度依赖人工信息传输。所以，预防医学迫切需要F5G实现终端大规模设备互联，搭建治疗-预防协同的全方位医疗系统。

智慧医疗五大场景推动光通信产业发展

光通信带动多方受益，同时其技术实现对光通信技术提出更高的要求，其中远程监护、远程会诊、远程影像、远程手术和AR/VR医疗五大智慧医疗应用场景逐渐落地，依次对通信网络提出更高要求（见图22）。

智慧医疗从患者需求角度来看，主要可分为急症治疗、慢病管理和日常体检三大主要类型。而远程会诊与远程手术则很好地契合了用户的需求，因此分别以这两种应用场景为例：

- ▶ **远程影像场景下**，为实现远程超声检查等，时延需达到<20ms，且满足带宽>800Mbps；为实现不同科室间多点互联、信息传输，还需实现海量的机器交互；现有的F4G尚不能满足上述各种需求，而F5G的出现，则为其实现提供了更多的可能。
- ▶ **远程手术场景下**，为实现机器人远程手术，时延需达到<10ms，且对于抗干扰性提出了更高的要求，从而保证可靠性达到99.999%，同时带宽也需至少达到1Gbps以上，以满足超高清实时视频的需求。
- ▶ **AR/VR医疗场景下**，为实现对眼球、血管、组织等高精度的3D立体成像，时延与远程手术持平需达到<10ms，可靠性亦需保证达到99.999%。AR/VR相比超清图像需要更高的带宽，至少应达到千兆以上，以满足手术中病例成像所需的高精度水平。

图22：智慧医疗发展阶段

	远程监护	远程会诊	远程影像	远程手术	AR/VR医疗
阶段特征	通过摄像头、可穿戴设备等，实现无线通信辅助医疗监护	通过高清会诊和数据共享，实现远距离会诊，促进医疗资源下沉	通过远端操控医疗影像设备，实现远程超声检查等	通过医用机器人和高清音视频交互系统，实现远程手术	通过VR/AR呈现3D模型展示术中病理形态，实现远程高精度手术
带宽要求	>=200Mbps	>=400Mbps	>=800Mbps	>=1Gbps	>=1Gbps
时延要求	<=200ms	<=150ms	<=20ms	<=10ms	<=10ms

资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

对光通信市场的需求预测

受F5G的布局加速的影响及国家政策的宏观支持，分析选取英国作为智慧医疗的对标国家（见图23）。

目前，英国全国的医院数量共计~1,275家，其中三级医院~650家，二级医院~520家。三级医院和二级医院对于远程会诊已经有较高的渗透率：三级医院的渗透率~80%，二级医院的渗透率也达到了~30%。而远程手术和远程影像的渗透率相对较低，仅少量的三级医院具备了这一功能。

从设备投入的角度来看，三级医院的设施较为全面与先进，为智慧医疗的中心端；而二级医院则是通过客户端的方式，与三级医院实现信息的交互，因此在投入规模上也有一定的差距。平均来看，远程会诊的中心端投入约为300-500万人民币，而客户端相对较少，通常投入在20-50万人民币区间，即可满足相应的需求。远程手术由于设备价格高昂，且对固定网络时延带宽有更高的要求，因此一般需要额外的专网建设，一整套解决方案的总投入规模约达到3000万人民币。

“

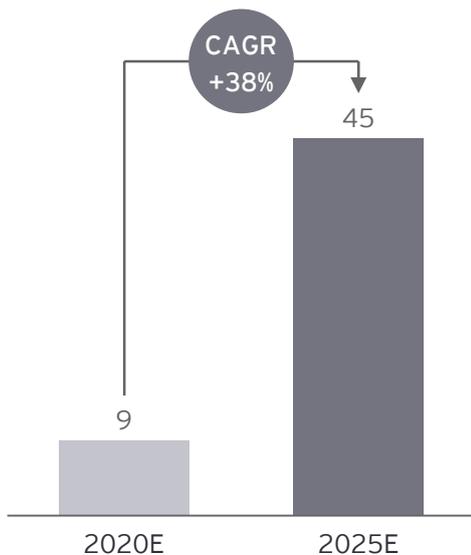
之前华山医院的远程手术，我们为了满足他们对于带宽和时延的要求，单独为他们分了专网，还做了大量的核心网下沉的工作.....项目组负责人说加上达芬奇手术机器人等，总的投资规模要3,000多万.....

--中国特大型国有运营商高级解决方案经理

图23：政策、技术与需求多管齐下，英国光通信市场受益

英国智慧医疗市场规模预测¹⁾

[亿人民币]



1

政策驱动。英国具有较为成熟的NHS公共医疗体系，其政府积极与数字医疗公司（如Babylon）合作，大大提升NHS体系内智慧医疗渗透率

2

医疗技术发达。英国在疾病治疗尤其是癌症治疗方面处于世界领先水平，其远程手术（如达芬奇手术机器人）等智慧医疗应用起步较早，目前已进入成熟发展阶段

3

人口老龄化激发智慧医疗高需求。英国2035年老龄人口预计将增加到1,700万，而智慧医疗中远程会诊与监护的应用可解决老年人口就医困难的痛点，日益增加的医疗需求激发智慧医疗加速布局

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入

资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, Global Broadband Pricing, National Health Service, Verizon资费标准, 专家访谈, 安永分析

商业场景的智能与网联化—— 智慧农业

基于信息化与智能化的新农业

智慧农业（Smart Agriculture/Farming），是以信息化为核心，综合运用传感器网络、农业大数据、云计算等多种技术，通过智能农业设备和移动平台实现信息采集、全覆盖监控等功能并达到对农业生产智能管理的效果。

各类智慧农业应用场景陆续推出。虽然目前带宽速率能达到50-100Mbps，已经可以满足大部分人的基本需求，但F5G低时延、可靠性等特性将为智慧农业带来海量的原始数据支持和灵活的智能设备控制力，从而推动智慧农业向多方面多层次演进。

F5G的落地应用将推动智慧农业向更广、更快、更深发展，在降低人力的同时，大大提升种植效率，为搭建更加完善、精准、高效的农业物联网系统打下坚实基础。典型的应用场景如：

- ▶ **农业物联网：**常见的农业物联网设备有温湿度传感器、土壤含水量传感器、二氧化碳传感器以及监控探头等。但接入设备、传输信息量和速度以及设备成本控制都需要F5G的加入。
- ▶ **智慧无人农用设备：**由于F5G低延迟的特性，各类农用设备逐渐向智能化、无人化发展。其中受光通信发展影响最大的联网植保无人机可满足药物喷洒、智能光照等多种种植需求。

F5G是助力智慧农业高效高产的利器

食物是人类生存的根本需求，随着全球人口的逐年递增，为了解决粮食供给，缓解环境压力，智慧农业这一现代农业形式逐步推进，缓解了各方压力的同时也带来了新的商机。

农业物联网通过实时监控，将农场的各方情况——从土壤酸碱性到温度湿度的实时变化——都上传至数据中心。F5G则通过超大带宽承载海量数据，并把这些数据分析整合，从而为农场主提供最高效完善的种植方式。

案例

- ▶ 华为与袁隆平双方将共同研发并向客户提供农业物联网系统解决方案，计划今年在国内部署两到三朵“沃土云”。位于青岛城阳的沃土云平台已经基本搭建完成进入试运行状态。

“

.....美国在经历了机械化、杂交种化、化学化、生物技术化后，正走向智慧农业（Smart Agriculture），到2020年，美国平均每个农场将拥有50台连接物联网的设备。

——某信息化工程技术研究中心专家

伴随着社会转型与发展，越来越多的年轻劳动力涌向城市，务农人员短缺这一问题逐渐提上台面。F5G赋能无人农机、无人灌溉等远程可控的设备，通过低延时实现精准操控，指令必达。

F5G高带宽、低延迟、大连接持续赋能智慧农业

智慧农业的实现，分别体现在高带宽、低延迟、大连接的农业互联网的持续赋能。

在智慧农业的发展过程中，各种渠道会产生大量的数据文件，如荷兰皇家电信KPN以及其他合作伙伴对马铃薯农场进行高清照片采集，并通过高速网络将采集的照片回传至服务器，迅速分析后对马铃薯作物进行实时保护，在F5G的帮助下，采集回传的时间大大缩短，有效地提高了生产的整体效率。

F5G时代特有的1毫秒低时延将助力联网农业设备加速无人化、智能化，例如智能洒药、智能供水等。农场内通过布置各类传感器设备、高清摄像头来负责收集信息，并将实时数据传送到数据中心处理，管理者基于分析处理后的数据信息进行判断与操作指令的下达，F5G能够让农场主的命令立即到达并执行。

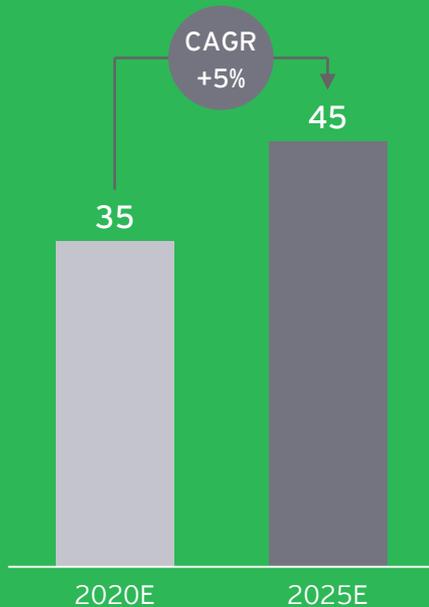
农业物联网通常需要大范围的设备铺设和大量数据连接与传输，随着F5G的到来，相应的物联网设备也会更新换代，降低建设成本的同时促进更多更丰富的应用诞生。

对光通信市场的需求预测

智慧农业是现代农业发展的高级阶段，美国利用物联网科技开展智慧农业生产的水平世界领先，带动农业产业链条实现了全新变革，故选取美国进行研究及光通信投资规模预测参考（见图24）。

图24：美国农业智能化水平领先，助力光通信发展

美国智慧农业市场规模预测¹⁾
[亿人民币]



1

美国的科技实力处于世界前列，用1%的人口养活了整个国家。其农业机械化发展较早，目前已进入高速发展阶段

2

美国农民教育程度普遍较高，且致力于智慧农业知识的学习与应用，从而促进智慧农业产业化大规模落地

3

政府方面建立了约100多个数据中心，每日汇总全美的农业信息供农场参考使用，为智慧农业提供有力的数据支持

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入

资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, USDA, Population Association of America, Global Broadband Pricing, Verizon资费标准, 专家访谈, 安永分析

智慧办公场景的蓬勃发展——

企业上云

企业上云是对于业务的云化与智能化

企业上云背靠租赁或自建云服务，实现业务、人才和资金等“在线化、网络化、智能化”。企业可以借助上云减少信息化基建投入，优化管理架构，创造最大的企业价值，益于加快信息技术和软件服务发展，促进人工智能与大数据在实体经济中有机融入，加快智能经济建设。

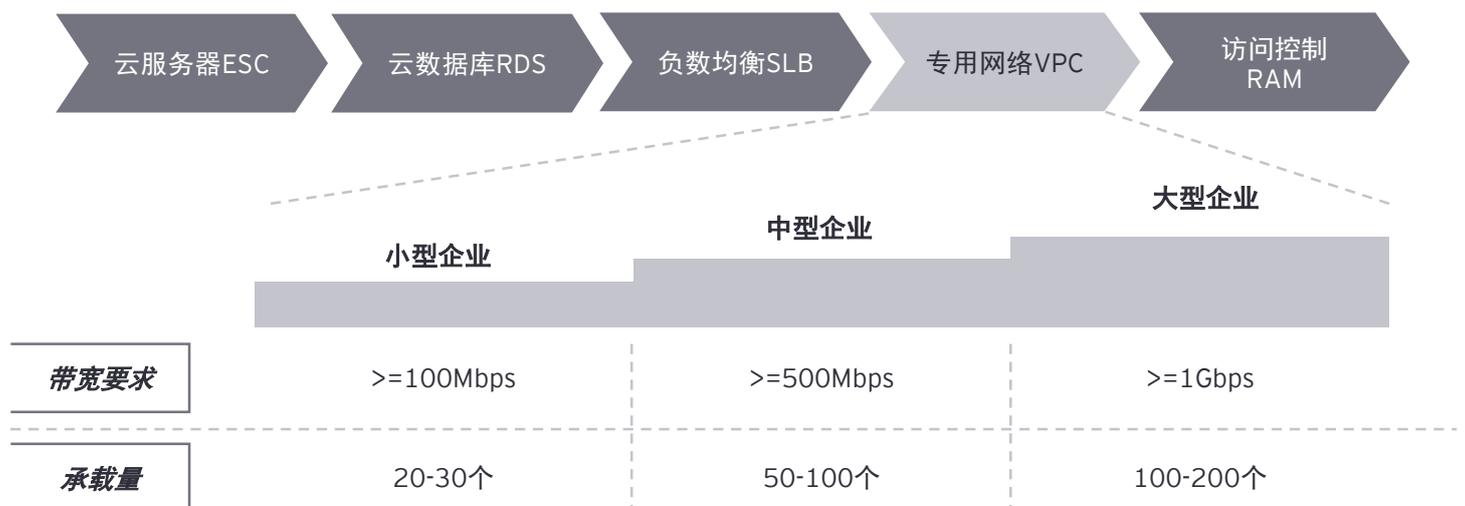
云服务商提供的IaaS和PaaS正在向集成化的SaaS发展，服务体量加大，进入行业化发展的阶段，可为企业提供“整体上云”的一体化服务，推动企业上云“三化”，对网络带宽提出更高的要求，推动了光传输设备的投入。

企业上云成为大势所趋，F5G助力在即

企业上云是数据中心与云计算的实际运用，是工业互联网与智能制造的技术前提。无论是自建还是租赁，企业上云的“基建”数据中心都因其巨大的数据存储、计算与传输量，对固网带宽提出了很大的需求。随着企业上云不断深化，业务对云端服务的利用程度得以提升，企业自身业务有了新的发展空间，又对固网的可靠性和低延迟提出新的要求。如对制造企业而言，企业上云的目的之一必有工业互联网与智能制造的实现，设备互连和远程监控成为必然趋势。

F5G的超大带宽、高可靠性和超低时延的特质，契合了企业“上云”之路对固网传输能力的需求，为企业云化、智能化保驾护航。

图25：企业上云发展阶段



资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

企业上云对光通信市场的拉动作用显著

目前，全球中小企业上云渗透率整体较低，大型企业已实现部分上云；在行业方面，总体第一、二产业上云比例相比第三产业较低。根据不同类型与规模企业对网络上下行速率需求的差异，可提供高配、中配、低配的定制化服务，满足不同专用网络对于通信的需求。

一般来讲，单企业云由云服务器、云数据库、负载均衡、专用网络和访问控制的部分构成。其中专用网络承载了大部分的光通信需求。对于高配网络，可以达到1Gbps传输速率和100-200终端承载量（见图25）。从设备投入角度来看，高配企业云单系统中光通信投资约占整体系统投资的40%。

随着中小企业上云渗透率上升，对中、低配的网络需求加大，虽然对带宽的要求不及大型企业的高配网络，但是对F5G高速率、抗干扰、准确接入的网络需求，极大地推动了光通信对定制专网的建设需求。

此外，F5G还能对保密性提供更多的安全性，同时对于下游光传输千兆宽带有显著的拉动作用，也为F5G的发展提供巨大窗口。

光通信市场在企业上云场景下的规模可观

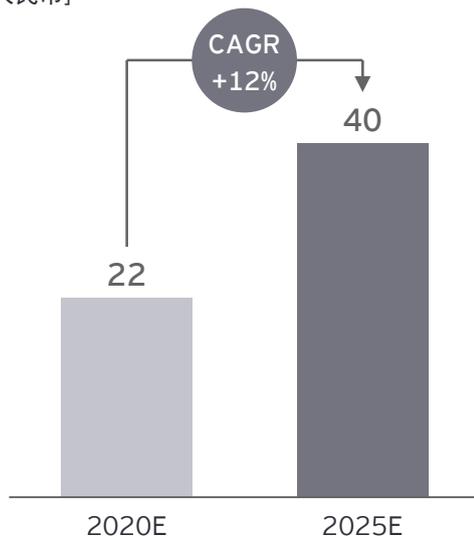
根据光通信与云计算的发展情况，选取德国为例，进行企业上云场景下光通信市场的需求预测。

截止至2020年5月，德国企业注册总个数约为272万。据德国联邦统计局数据，德国企业上云渗透率约为20%，其中公有云投资约为95亿美元。可以测算出，德国企业平均上云投资规模约为30万人民币/个，总规模约为1162亿人民币。考虑到场景平均光传输的投资占比，2020年德国运营商在企业上云场景下的收入规模约为22亿人民币（见图26）。

图26：大量中小企业上云需求迫切，带动光通信产业受益

德国企业上云市场规模预测¹⁾

[亿人民币]



1

经济实力强劲。德国经济发展水平世界领先，能够在企业上云等领域布局可观的资金投入，并吸引更多相关投资

2

中小企业上云意愿强。中小企业占德国企业总数的99%，是其国民经济的重要组成部分，业务量大且发展迅速，需要企业间互连共进，带来强烈的上云需求

3

云计算能力迅速发展。德国本土云计算服务商发展迅猛，如Altar.io, 7EDGE等，可满足企业上云对IDC不断增大的需求

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入

资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, World Bank, Global Broadband Pricing, Statistisches Bundesamt, Verizon资费标准，专家访谈，安永分析

智慧政务加速政府数字化转型

智慧政务指在数字化政务的基础上，进一步利用物联网、政务云、移动终端、政务信息AI等新兴网络技术的新一代政务办公模式。智慧政务的最终目的是提升政府工作效率，同时升级政府监管、服务与决策职能，从而打造高效、敏捷、便民的新型政府。

同时，智慧政务的发展高度契合中国“最多跑一次”“便民政府”“数字政府”的转型目标，通过整合政务服务资源，提高政府部门间信息流转效率，建立政府与群众的沟通渠道，彻底解决各地政府“信息孤岛”的问题。另一方面，相较于传统政务按部门、职责与业务分别设定行政单位，智慧政务有助于打破部门间壁垒，将各自相对孤立运营的政务机关真正联合起来，打通城镇一体化管理。

在应用层面上“智慧”主要在便民服务、公职人员监察和政府决策三个方面体现：

- ▶ **便民服务**：如开通政务服务平台。集成民生服务，构建全流程一体化在线服务，解决办事难、办事慢痛点。要实现集成化服务，必须要打通政府各机关的数据资源，构建合理的网络架构，这也是F5G可以重点发力的领域。
- ▶ **公职人员监察**：通过在民生窗口或机关单位办公室设置联网摄像头以监察公职人员行为，有效杜绝了“懒政”“怠政”等弊端。实时传输的视频资料同样作为政府人员升迁任调的关键依据。
- ▶ **政府决策**：通过对下级机关单位所负责领域的数据进行实时的收集统筹，便于上级政府灵活地不断调整政策与战略规划，如通过实时的共享单车定位数据便于政府对运营商发布相关行政命令引导行业良性发展。

市民、政府、企业三端对智慧政务改革需求迫切

政务系统的运作关系到企业、市民与政府三方的运作效率，效率低下的行政体系轻则影响社会的稳定和政府治理的正常进行，重则危害国家的发展甚至生存。

案例

- ▶ 2020年，新西兰政府设立数字政府合作伙伴（DGP）创新基金，用于投资数字和数据创新，投资项目例如以数据为驱动的贸易调节软件、内政集成服务平台和社会福利数字化管理工具。

而智慧政务的发展能够帮助企业提升与政府沟通能力，帮助市民提升政府满意程度，帮助政府打造“亲民政府”，是一剂推动整个社会平稳健康发展的良药；各方需求的迫切性对于F5G而言是大展身手的契机。

国家“数字政府”建设策略指导智慧政务推进

自2014年国务院第一次常务会议明确“简政放权”，已取消下放的行政审批等事项已逾500项，未来需要达到取消、下放现有1,700多项行政审批事项。随着简政工作深入实施，重复性、多环节、多审批类政务工作将被数字化流程取代，这也意味着越来越多的政务文件依赖网络进行传输。

由于简政工作深入中央、省、市、县每一层级政府，需实现政府机关一张网。所以中央政务云可能同时传输和分发来自大量区域政府终端的数据，而F4G网络难以达到的需求缺陷可以利用F5G光联万物实现大规模实施。

海量政务数据支持智慧政务决策

目前，政府网络主要采用以固定宽带为支撑的政府专线，但是在应用中存在数据包丢失、终端连接设备单一、网络运维升级之后等问题，不适合作为智慧政府大规模网上政府的主要传输工具。而F5G在网络侧引入网络切片与内置AI，可支持零丢包和微秒级时延，配合云平台AI+大数据智能运维可满足用户的政府网络的保密与高可靠性与政务云智能优化的需求。因此，需要高品质F5G支持政府通信网络。

专用化的网络需求带动F5G发展

由于政府单位存在一定的特殊性，因此需要对传输数据的安全性有较高的要求，F5G抗干扰、高安全等特征完全可以保障政府内部通信的隐蔽性，在一定程度上维护了国家信息安全。

智慧政务的核心——政务云需要处理数以亿计的用户数据，因此需要足够的后台带宽来满足大规模的终端接入。F5G的应用可以提供更为流畅的使用体验。（见图27）

光通信市场在智慧政务场景下的规模可观

我们以对智慧政务需求最大的美国为例，展开智慧政务市场规模及驱动因素的分析（见图28）。

在加州正式开启智慧政府建设后，全美从联邦政府到州政府均加大了政务智慧化建设，2016年美国联邦政府宣布将投入超过1.6亿美元资助大数据、人工智能等在办公政务方面的应用。

图27：F5G赋能智慧政务



安全性

- ▶ F5G的安全性更加适合如公安部、外交部、发改委等国家机密机关，这类机关对于通讯的保密性要求更高



大带宽

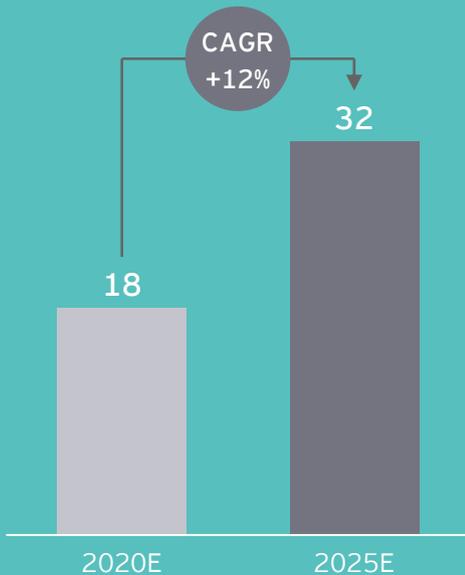
- ▶ 民生政务产生的大量数据对带宽要求较高，如厦门市启动了法人、信用、交通等6个资源库，利用1G带宽汇聚了来自70个部门的高达8.7亿条数据

资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

图28：公开、透明、便捷的智慧政务要求，扩大光通信应用

美国智慧政务市场规模预测¹⁾

[亿人民币]



1

美国公布以“透明性”“公众参与”“官民合作”为三大核心的“开放政府指令”以来，以联邦政府为主，在各个政府机构内都开通了相应的网上政务服务进入电子政务时代

2

美国加利福尼亚州为提高政府绩效与服务能力，率先提出智慧政府建设框架，成为美国第一个推广智慧政务的州，为智慧政务在全美的普及奠定良好的基础

3

美国政府的实际运作中，大数据技术已经进入了应用阶段，且政府不断引进和培养相关技术人才支撑智慧政务的发展

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入

资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, Federal Statistics Bureau, Population Association of America, Global Broadband Pricing, Statistics Bureau, Verizon资费标准，专家访谈，安永分析

家庭设备的网联化与智能化

智能家居，指利用互联网连接家用电器实现远程监控和管理的智能终端系统。作为物联网（Internet of Things, IoT）的重要组成部分，家居智能化随着互联深度的增加可划分为数字家居、互联家居、AI家居这三大阶段，能给业主带来更高安全感、舒适感、便利性、节能性和成本效益（见图29）。智能家居系统是围绕着由传感器、执行器和控制器覆盖全家的感应系统建立起来的，双向信息交流、通信传输到互联网和互联网传输回来的资讯，还有在云端处理并分析数据的计算能力。

目前，家庭自动化的两大通信协议分别是Zigbee和Z-Wave。两者都具有满足自动化家居需求的功能，如使用网状网络技术、短距离和低功率的无线电信号来连接智能家居系统。两者相比，Z-Wave模块比Zigbee模块具有更远距离的控制范围。

家居智能化需要5G提供高速的网络体验

智能家居设备需要实现联网控制，可以通过光纤连接所有设备（FTTR, Fiber to the Rooms）或智能家居控制中心（Smart Home Hubs，例如Google Smart Home, Apple HomeKit等）两种方式进行连接，提供高速度、高稳定的光网络接入，实现多设备、多系统的智能互连。具体应用包括设备智能联动、设备检修维护和家庭安全防护（见图30）。

图30：家居智能化应用



设备智能联动

- ▶ 电视机、音箱、游戏控制器等娱乐设备都可以通过互联网的连接来实现智能控制和实时用电反馈，从而优化其电使用。互联设备还能够从历史数据中学习，优化设备的储电并提高用户的体验。



设备检修维护

- ▶ 水、电、煤构成了智能家居的核心部分。基于智能照明和智能温控器的用电情况都会实施检测，并自动检测系统内的任何断电，从而自我调节，避开电路中的故障，并且及时通知维修

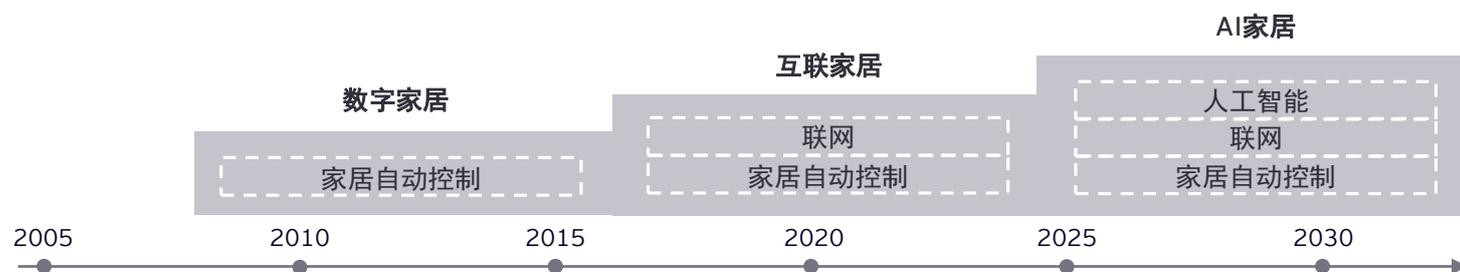


家庭安全防护

- ▶ 互联锁和安全摄像头根据用户的设置授予或拒绝访客进入的权限。通过系统的学习计算能力，监控可以辨别访客和入侵者之间的区别，从而通知主人任何异常活动。

资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

图29：智能家居发展阶段



资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

智能家居推动光通信的发展

智能家居在全球各地进一步的普及和渗透推动了对互联网覆盖和带宽的要求。智能家电设备种类的日益丰富和智能化程度的提升，如手势和语音控制等功能的引入，使其对可靠性、时延等提出了更高的要求。

FTTH普及率的逐渐提升和Wi-Fi 6等技术的落地，更好地迎合了智能家居设备对于网络性能的需求。需求的爆发式增长带动了光通信产业的协同增长，为光通信产业赋予了新的生机。

对光通信市场的需求预测

考虑到智能家居产业化程度和民众接受度，分析选取美国作为智能家居场景对标市场。经调研发现，在2020年，智能家居的安装渗透率是美国总家庭数的40%，并且预计在2025，能够达到~70%。

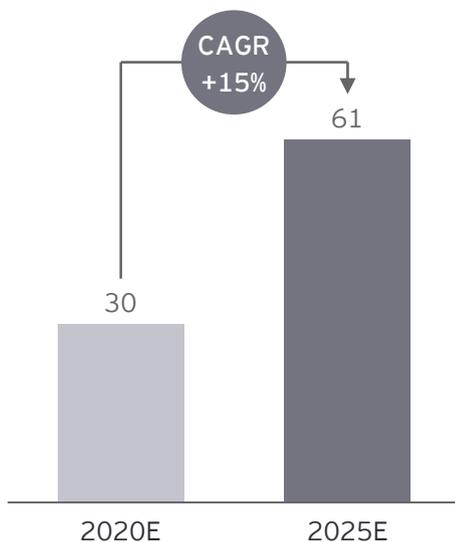
一个美国的智能家庭平均安装了~12个智能电器，并且越来越多的家中智能电器搭载了高清视频监控，提供人脸识别、自动启动等功能，总带宽需求则是~300Mbps。

总体而言，2020到2025年在智能家居场景下，美国光通信市场的规模有望达从约30亿元增长至约61亿元（见图31）。

图31：供给侧与需求端同步发展，促使智能家居蓬勃发展

美国智能家居市场规模预测¹⁾

[亿人民币]



1

互联网发迹于美国，其产业蓬勃助力美国家庭智能化转型升级

2

亚马逊和谷歌是全球科技和智能家电的领先者不断研发新颖和高性价比的产品；近年陆续推出的产品在美国市场热卖，进一步推广了智能家居的实用性和客户接受度

3

美国消费者独户居住习惯增大了安全防护的需求。智能家居在智能监控的推动下在美国飞速发展

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入

资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, Federal Statistics Bureau, Population Association of America, Global Broadband Pricing, Statista, Verizon资费标准, 专家访谈, 安永分析

生活化场景的逐步落地——

智能交通

五大系统及车联网构建智能交通体系

智能交通通过数据分析、收集和传输，为园区及城市交通管理系统赋能。以智能交通管理系统为核心的新一代智能交通在全球迅速发展，其市场可细分为应急管理系统（EMS）、高级旅客信息系统（ATIS）、高级公共交通系统（APTS）、高级交通收费系统（ATPS）和高级交通管理系统（ATMS）。

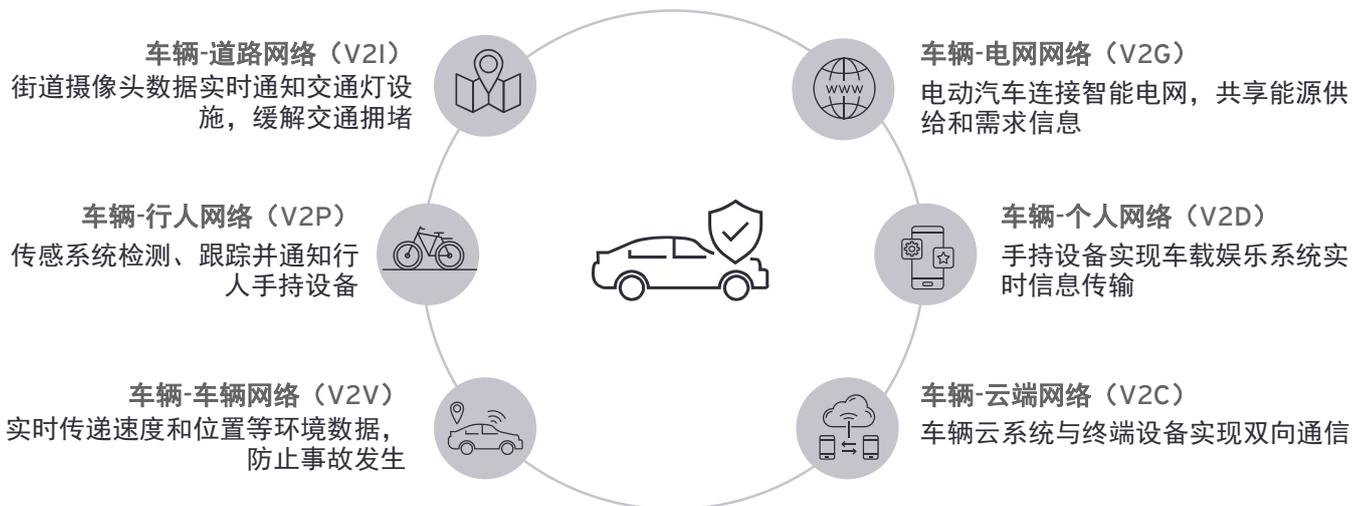
车联网（IoV）是智能交通一大下游应用形式。通过“车联万物”系统（V2X，即Vehicles to everything），车联网有机联系了车辆、电网、行人、道路基建等多方，广泛收集数据，进行云端计算与机器学习，提供出行路线优化、行车风险防控等交通综合智慧解决方案（见图32、33）。

图32：智慧交通主要基础设施应用



资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

图33：“车联万物”系统（V2X）



资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

智能交通关键应用发展需要F5G支持

智能交通的发展，如市政管理、道路车流调度与行车安全保障等，对固网能力提出高要求，亟需F5G提供支持。

- ▶ **市政管理：**地方政府可以存储并分析交通流量历史数据以支持市政规划，需要借助以F5G的高带宽、大连接特性为支撑的云计算与数据中心来实现。
- ▶ **车流调配：**利用交通信号灯收集数据，计算出综合行驶时间、油耗和等待时间最优的路线，提供绿灯常亮车道，方便紧急车辆快速通行……这些实时调度场景对道路信号灯、传感器等设备的反应速度要求不断提升，需要F5G的低时延支持。
- ▶ **安全护航：**通过实时检测快速引导救护车到达现场，有效疏导周边交通，智能汽车通过监控行驶状况为驾驶员提供安全信息，利用智能驾驶技术主动避免事故发生……安全数据越可靠，驾驶员与控制中心人员越可以依赖系统数据进行判断；F5G低丢包率的特性可以推动安全交通系统的智能化升级。

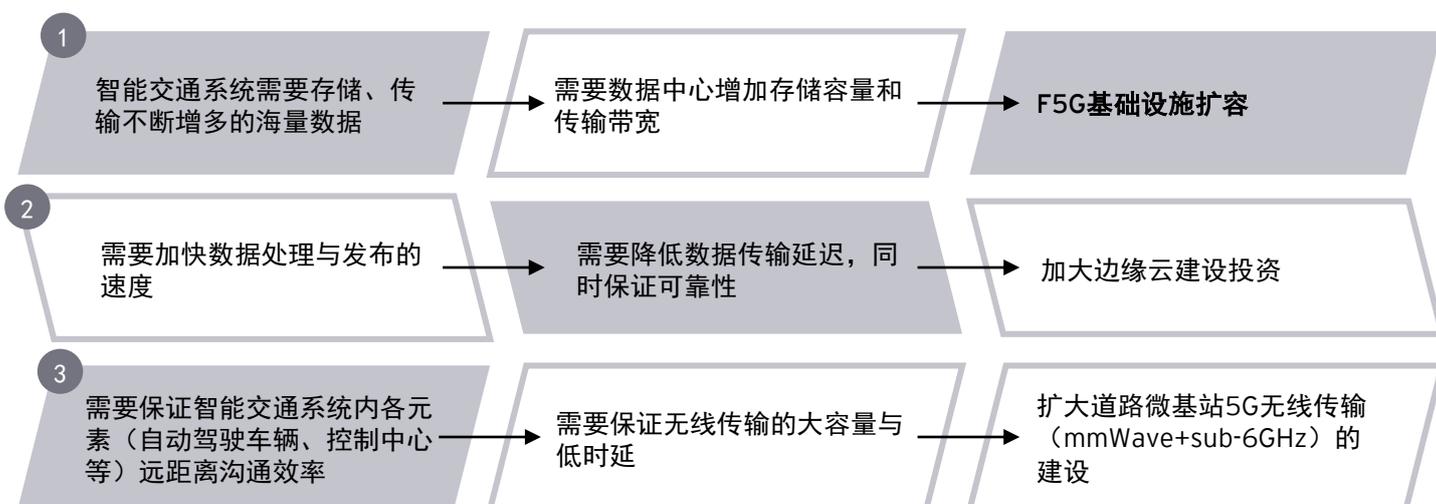
案例

- ▶ 2017年，欧盟委员会提案寻求合并10亿欧元募款，用于升级新科技和交通管理系统，例如欧洲铁路交通管理、道路智能运输、空中交通管理。

智能交通带动光通信边缘云及移动基站建设

车联网是智能交通在消费端的一个重要形式，而其最主要的应用就是自动驾驶技术。随着车辆自动化技术不断迭代升级，智能交通对数据传输带宽的需求不断提升，从而对光通信市场起到显著促进作用。越来越多的自动驾驶车辆需要连接到核心网，从而对数据传输处理的容量、质量与速度以及无线设备的分布密度都有长足需求。如对传输时延的要求，自动驾驶系统要求时延不大于2ms，即低于平均人类反应时间，同时维持信息的高准确性，以保证交通系统中的人身安全；又如对信号灯的抗干扰要求，如何保证在复杂的电磁场中稳定工作。（见图34）

图34：智能交通带动光通信产业发展



资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

智能交通对光通信市场的需求预测

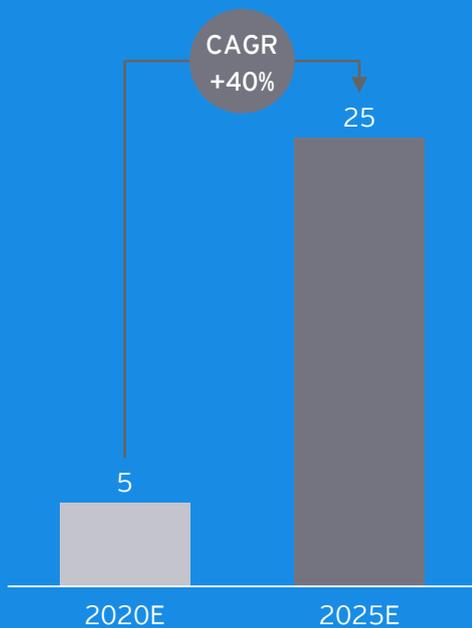
巴西的智能交通在发展中国家中属于前列水平；以巴西为例，测算智能交通场景下光通信的市场需求。

巴西目前自动驾驶汽车保有量约为1万辆，自动驾驶汽车所需的配套固定基建投入，主要包括交通管理系统、道路高清摄像头、道路/车载传感器等；考虑到场景平均光传输接入的投资占比，巴西智能交通场景下运营商的收入规模约为5亿人民币（见图35）。

图35：交通智能控制势在必行，巴西光通信市场乘风而上

巴西智能交通市场规模预测¹⁾

[亿人民币]



1

巴西人口密度大，城市道路拥堵，智能交通控制成为破局关键

2

在2016年里约奥运会的智能交通系统应用中，巴西吸收了丰富的成功经验，为日后进一步发展奠定基础

3

巴西相较于同经济水平国家，其智能交通技术成熟，商业化领跑全球，助力其智慧交通快速发展

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入

资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, GaWC, Global Broadband Pricing, IESE Cities in Motion Index (2019), isp.today, 专家访谈, 安永分析

生活化场景的逐步落地——

智慧警务

警务的智能化管理与实时反应

“智慧警务”指新型警务发展形态，以公安大数据应用为核心，以互联网、物联网、云计算、智能感知、视频等新一代信息技术为支撑，统筹集成公安各个系统及不同的功能模块。同时，“警务云”有利于实现警务信息跨区、跨市、跨省高强度整合与资源共享。

随着光通信技术的不断发展，“智慧警务”以警务云为基础，形成城市天网与移动警务两大系统，在此基础上又扩展出智侦合成、智服惠民等多应用场景，而这些新兴安防场景的出现又对通信网络提出更高的要求。

智慧警务可用于无人巡逻、公民信息数据库、超清监控三大应用场景（见图36）。F5G可实现人工智能分析的超清监控，实现实时安全预警、DNA数据库助力案件侦破、固定区域无人巡逻机可以将警务数据及时上传至云端进行分析，实现警务智能化管理与实时反应。

案例

- ▶ 公安部天网工程计划将网络传输更新为“第五代固定网络”。

图36：智慧警务发展阶段

	固定区域内无人巡逻	公民信息数据库	超清监控
应用场景	无人机快速、高效、灵活调遣，尤其在人难以直接到达地点，无人机发挥机动性	对全民指纹、人脸等进行统一收集，为案件侦破、取证提供便利	智能摄像头覆盖800-1000米路段区域，持续工作7-8小时进行安防预警
应用设备	图像获取，人工智能识别，高清传输	大型公民信息数据中心	360度环视全景摄像机、热成像设备、激光雷达……

资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

多角度全方位的智能警务提升社会安全等级

智慧警务是对全社会安防系统的一次系统性升级，带动社会多方面受益。

从终端客户出发，可主要分为政府、商业与渠道市场安防的智能化。其中，政府市场服务特点为规模较大，解决方案复杂，供应商资金实力强、政府关系好；商业市场供应商的特点是可提供定制化智慧安防解决方案；渠道市场运用实时监控终端确保冷链运输、快递运输等。中国对安防的重视与智慧警务实现的路径都需要5G作为通信基石参与建设。

中国安全形势严峻对智慧警务发展提出新要求

据公安部统计，2009年中国治安案件共计990万件，到2019年这一数字已下降至940万件。而中国警务监控的发展对于巩固中国社会治安贡献巨大。随着网络互联的进一步发展，警务监控需要在传输画面的基础上增加人脸识别与高清画质等新兴功能。新功能的增加对于网络宽带提出了更高的要求。同时，由于警务监控遍布于街区、建筑、广场等多地点，且连接数量庞大，因此需要同时保障高带宽和大规模终端的5G实现警务互联。

海量数据促进预防警务的发展

传统警务以案件发生后及时处理为主要模式，而预防警务的发展需要利用以往警务大数据进行算法分析，这需要警务终端将所有收集的数据上传至警务云，由云端进行大数据计算，再将运算结果下发至终端，实现超前警力部署等预防警务措施。在上行与下行传输过程中均需要高速率网络，相较于固定宽带，5G在传输速率方面表现更佳。

案例

- ▶ 2019年，英国的英格兰和威尔士使用700万英镑的预算建立网络犯罪部门，旨在通过NPCC (National Police Chief Council) 数据通信小组增强警务反应速度、预防网络威胁、智能安全识别等。

智慧警务要求的视频实时传输对网络提出需求

对警卫安全日益增长的需求加快了智慧警务场景的落地，从而带动了高网络需求增长的潜力。例如，无人机巡航不仅对机器本身续航能力提出了更高的要求，还对视频清晰度、视频传输速率及时延，还有高速切换性能等提出了更高的要求。同时这些敏感和机密的重要信息传输，对于传输过程的可靠与安全也提出了更高的要求。（见图37）

5G作为高带宽、低时延、高可靠性的无线传输网络，推动了智慧警务的发展。以超清监控为例，到千兆网络可以支撑500Mbps上行与下行速率，实现智能终端与警务云信息的快速传输。

图37：智慧警务对网络性能的要求

	上行速率	下行速率	终端时延	定位	覆盖范围
无人巡逻	500Mbps	200Mbps	<50ms	<0.5m	20m
公民信息数据库	100Mbps	500Mbps	<50ms	N/A	N/A
超清监控	200Mbps	100Mbps	<100ms	<1m	100m

资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

智慧警务对光通信市场的需求预测

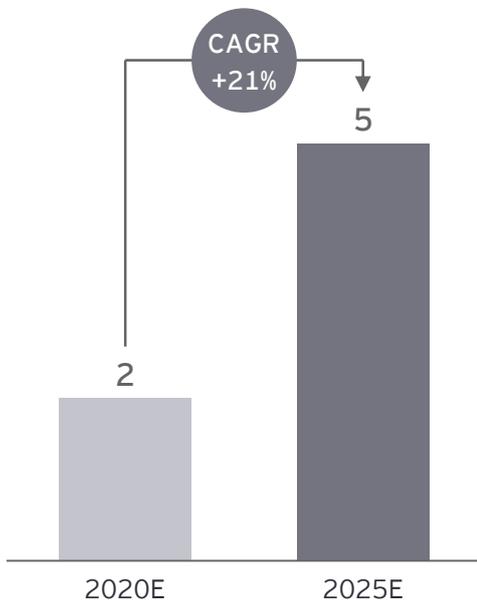
智慧警务与提高国家社会安全息息相关，马来西亚政府正通过大量投入警务联网与智能分析提升国民安全感，故选取马来西亚对智慧警务大规模部署进行分析（见图38）。

根据不同智慧警务应用场景估算产业规模。马来西亚警务监控摄像头数量约为5000万个，单高清摄像头（含施工、联网费用）约为2000-5000人民币，其中光通信成本约占整体监控成本的3-5%；而马来西亚无人机警务渗透率较低，约占全国警务系统的1%，部署无人机警力成本较高，每个警务站点无人机部署成本约15万人民币。

图38：马来西亚政府推动治安提升，对光网络要求升级

马来西亚智慧警务市场规模预测¹⁾

[亿人民币]



1

社会治安需求大。马来西亚长期依赖基于人力的安防系统，导致警务成本高、管理困难、效率低等问题，安防监控、无人巡逻等智慧警务应用具有较大增长潜力

2

政府驱动。马来西亚政府长期重视社会安全，以营造良好的旅游业和其他外贸环境。所以，马来西亚政府的警务拨款在经济上为智慧警务发展提供了基础

3

技术优势。在国防与警务方面，马来西亚均具有先进技术水平（如矢量多旋翼无人机与串列翼倾转旋翼无人机），在技术层面上为推出警用安防领域解决方案提供大规模实施可能

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入

资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, Royal Malaysia Police, Asia Population Association, Global Broadband Pricing, isp.today, 专家访谈，安永分析

生活化场景的逐步落地——

智慧教育

从信息化到智能化的教育体系

智慧教育（Smart Education）指在传统教育基础上应用云计算、大数据、人工智能等新兴互联网功能的信息化新式教育。智慧教育丰富了教学形式，打造了个性化、精细化、沉浸式教学，提高课堂教学效果，增强学生学习兴趣，从而提升学习效率。

智慧教育发展经历了从教育信息化到智慧联网的阶段，实现了从硬件到软件的转型升级。在传统教育阶段，学校教育系统独立运行，采用传统纸笔教学模式；在信息化阶段，学校网络环境大幅改善，中小学互联网接入率达92%，多媒体教室普及率85%，网络学习的空间数量达到约7100万。2017年末，教育信息化市场规模达1600亿人民币左右。智慧教育涵盖“课堂、校园、分析、管理”，校园园区网、承载网、数据中心和平台及应用等E2E打通。截至目前，智慧教育形成了互动课堂、校园办公、分析网络、VR/AR课堂四大核心场景与若干应用。（见图39）

案例

- ▶ Cassia联手浙江教育局打造智慧校园一站式解决方案，通过物联网控制器、BI等产品，让学生无感知在校园内实现统一管理，包括体质检测、宿舍管理、图书系统等。

图39：智慧教育潜力应用场景对网络性能的要求

		终端数量	接入带宽	时延	丢包率
校园办公	桌面办公	3-4个/办公室	≥ 100Mbps	≤ 30ms	≤ 0.1%
	高清视频会议	1个/会议室	≥ 200Mbps	≤ 40ms	≤ 0.1%
分析网络	教室终端	3-4个/教室	≥ 500Mbps	≤ 20ms	≤ 1%
	户外终端	4-6个/操场	≥ 200Mbps	≤ 20ms	≤ 1%
VR/AR课堂	入门级VR/AR	30-50个/教室	≥ 80Mbps	≤ 20ms	≤ 0.01%
	舒适级VR/AR	30-50个/教室	≥ 130Mbps	≤ 15ms	≤ 0.01%
	理想级VR/AR	30-50个/教室	≥ 540Mbps	≤ 10ms	≤ 0.01%

资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

产业设备商、运营商的多赢需要良好的网络基础

为迎合智慧教育多场景应用的增长，产业相关各方需通力合作，为产业链各环节提供通信网络支撑。所以，智慧教育的发展带动产业链上下游多方商业发展。

智慧教育的发展全面带动学校、运营商、集成商、设备供应商等网络业务升级。智慧教育已经形成了智慧终端、园区网、承载网、数据中心、教育应用和管理应用六大因素的完整产业链，带动多方向商业发展。家庭化与全球化的教育方式和理念对网络通信提出了更高要求。

家庭学习倒逼智慧教育发展

受疫情影响，学校大规模采用在线教育替代线下教学模式，这导致了课程直播、在线作业、在线批改等大量智慧教育场景的应用，而几乎所有智慧教育场景均需要高质量通信传输作为支撑。例如，远程课堂需要传输高清晰度的画面与声音，且需要秒级时延以保证师生互动和在线课堂讨论的顺利进行。目前，远端学生主要依靠家庭固定宽带进行学习，但其存在网络卡顿、画面抖动、连接不稳定等问题。所以，智慧教育迫切需要F5G高水平网络提供支撑。

全球教育对通信网络传输提供更高需求

随着全球教育资源共享的进一步深化，世界各地的学生可以接触全世界教育资源，例如国内学生可以与美国、日本等地的老师进行实时沟通。但是，远距离通信本身存在较高的丢包率，且加重了网络的不稳定性，因此全球教育迫切需要稳定可靠的F5G网络降低丢包率，提升学习体验。

下一代光通信网络将有效推动智慧教育发展

智慧教育的出现和发展，对网络产生了大规模终端连接、低延时、大带宽和高可靠性的一系列要求。与此同时，5G/F5G为智慧教育应用场景的实现提供了坚实的基础。

案例

- ▶ 2020年，英国教育智能化公司BibliU在美国高等教育的远程和智能化领域投资1000万英镑。该公司目前已经跟40%的英国大学合作开创智能化的新教育模式。



赛尔网络与河南教育局针对4所高等院校开展校园网络项目，智慧校园单所高校投入约每年1500万人民币，其中智慧课堂在200-500万人民币左右.....

--某省教育厅教学创新主任

以互动课堂为例，为保证高质量、及时、稳定的远程多终端互动，该场景下视频终端带宽需达到 $\geq 200\text{Mbps}$ ，时延 $\leq 20\text{ms}$ ；教学终端带宽 $\geq 800\text{Mbps}$ ，时延 $\leq 20\text{ms}$ ；教室网关接入满足 $\geq 500\text{Mbps}$ ；互联网终端接入达到 $\geq 200\text{Mbps}$ 。

若对于互动课堂进行升级，可根据教学场景具体情况接入云专线，专线带宽不低于 1Gbps ，时延 $\leq 20\text{ms}$ ，并且需要丢包率 $\leq 1\%$ 来支持长时课程与其他教学环境。对于云服务接入能力，需要达到每个课堂 $\geq 1\text{Gbps}$ ，并发支持~50台个人终端，从而实现学生与老师、老师与远程专家、学生与学生的实时互动。

对光通信市场的需求预测

日本在F5G布局与全民教育方面较发达，分析选取日本作为智慧教育大规模落地实施可能性的对标国家，从学校数量和智慧教育光通信投资角度进行市场预测。（见图40）

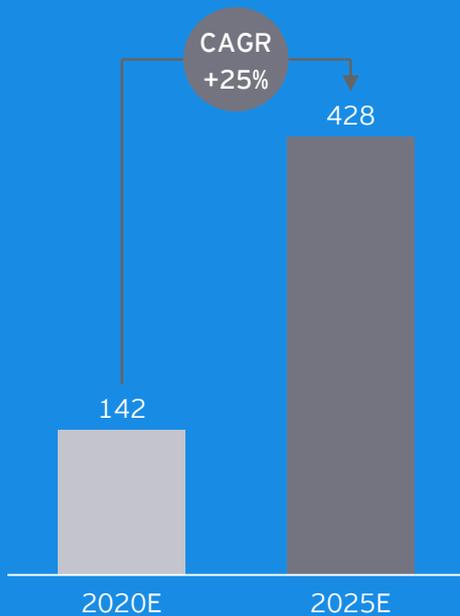
根据日本文部科学省统计数据，日本全国的学校共计~29000所，其中幼儿园~12000所，小学~8000所，中学~7800所，高等院校764所。高等院校渗透率约90%；中学渗透率存在较大差异，普通中学渗透率约60%，社区学校渗透率约50%；幼儿园和普通小学智慧教育特别是安全校园应用比例较高，平均可以达到95%。

从各类智慧教育实施投入角度来看，VR/AR课堂由于结合超清视频、VR/AR等高需求网络，投入金额较大，每所学校投资约500万人民币；而互动课堂主要包括现有网络带宽升级与终端增加，单所投资约50万人民币；分析网络与校园办公应用场景相较于前两种应用较少，投资额分别约为80万与65万人民币。

图40：产业环境成熟，日本智慧教育推动光通信增长

日本智慧教育市场规模预测¹⁾

[亿人民币]



1

教育理念发达。日本作为世界教育发展超一流国家，在教育普及率、教育理念和教育形式多方面发展较快，智慧教育（如智慧课堂）形式也较早和较大规模在日本展开

2

教育人才发达。日本具有素质较高的教师和其他教育从业者，相较于其他国家更容易接受互联网与AI培训，从而促进了日本智慧教育的快速发展

3

智慧教育基础设施完善。日本具有多个教育大数据平台，如九州大学学习分析中心数据系统以多时间和空间粒度，收集学生学习和教育日志数据，为智慧教育快速开展提供强有力的支撑

注释：1) 市场规模预测：包含C端运营商资费营收和B端专网费用、传统网费用及下游客户园区网络（光纤局域网POL）投入

资料来源：Oxford Economic, FTTH Council, Asia Population Association, Global Broadband Pricing, 日本文部科学省, Verizon资费标准, 专家访谈, 安永分析

模组化应用与工业光网

ONT模组化之前由光纤至终端仍旧需要诸多设备进行光信号与数字信号的转换，这种传输模式不仅耗能高且传输效率较低，而将光学网络终端集成并小型化后可以实现光纤的即插即用，不需要多设备传输。其模组化后体积大幅变小，使得F5G的应用更加方便，可以完全改变人们的网络使用习惯，更加利于光通信的推广，同时中间省去了多重传输过程降低了传输的失真度，极大提升了其适应性。

F5G模组化促成网络应用“降本增效”

- ▶ **“即插即用”为用户带来便捷的F5G新体验。**模组化ONT带来“即插即用”的功能可以为用户带来便捷性的F5G新体验，使个人用户可以在家或者在公司轻松地享受高速互联网“冲浪”。同时，其降低电磁干扰和防止信号泄露的特性也会促使大量企业主动选择模组化ONT以实现更安全高效的工作。
- ▶ **“小型化”减少了运营商布局空间与投资成本。**“小型化”和“便于安装”的特征也将吸引运营商在基站建设中大规模推广模组化ONT。根据实践发现，模块化ONT可以有效降低延时率，便于运营商为用户提供最佳的视频业务体验。另一方面，小型化的ONT更加适合在基站进行设备安装，选址不受环境影响，能快速布局、即插即用，可以为运营商节省大量的投资成本。

- ▶ **“集成化”与“内置化”赋能高环境要求场景。**“集成化”“可内置”的ONT模块符合城市智慧安防与智慧交通对于固定设备建设的相关要求，如果不能提供便捷简易的安装方案，大规模、大范围的固定设施投建将会受到严重限制，且在设施日常运作的过程中，受到外界温度雨水等存在较高的失效可能。

随着模组化ONT的优势和作用在相关应用场景不断被验证，将有更多的新需求和新场景会趋向于ONT的模组化。

F5G模组化激活工业全光网

通信业最初提出机器互联（Machine to Machine, M2M），使机械设备经由通信网络与其他设备连接，这是通信网络与工业结合的典型案例，即“工业光网”。而M2M通常由终端嵌入式硬件模块构成，再通过POL网络实现联通。

随着通信网络不断迭代升级，到F5G时代能够实现先进制造厂高速网路的即时监控与工业数据互通。例如，通用电气正在其全球研究中心主导100Gbps的高速M2M网络落地，以适应正在指数级增加的工业大数据需求。所以，借助F5G模组化有利于实现M2M网络在其技术中的核心地位，达到“端到端”可靠连接基础上的机床远程操作、物流仓储管理、与工业资产集中管理的工业全光网，激发工业生产力的进一步提升。

其它场景--

智慧金融；智慧港口、智慧油田；智慧物流

除了上文所提众多新兴场景，还有许多场景对于光通信产业具有较强的推动作用，如：金融、港口、油田、物流等。

智慧金融

金融行业是对于网络性能较高的典型行业之一。

随着全球金融的高速发展，越来越多的海外交易频繁发生，这对于网络传输时延提出了更高的要求；同时伴随着智能化、数字化的不断加深，对于边缘侧计算等相关能力的要求也受到了业界越来越多的关注。

面对金融行业每天海量的数据信息通信需求，F5G的出现无疑将为其提供更加高速、快捷的“通道”，从而一定程度上解决目前受限于网络带宽而造成的数据信息不对称或数据孤岛的情况。

智慧港口、智慧油田

港口、油田等特殊作业场地，对于光通信也有越来越高的要求。

港口等由于作业环境复杂，并且塔吊等专业操作设备对于人力技能有较高的要求，因此行业内正在积极推进相关智能生产等新兴场景的实现，以更好地取代人工进行相关操作。在提升效率的同时，可以有效地降低生产活动中的突发风险。

同时，环境的特殊性对于实时通信传输的网络质量，尤其是可靠性提出了较高的要求。伴随着F5G的全光网络链接，无疑将更好地助力智慧港口、智慧油田等一系列新兴场景的落地发展。

智慧物流

伴随着人们消费习惯的改变，电商、即时配送等新模式的诞生，仓储物流也正面临巨大的改革浪潮。

随着仓储物流相关科技的高速发展，无人叉车、无人搬运小车（Automated Guided Vehicle，简称AGV）、多层穿梭车、自主移动机器人（Autonomous Mobile Robot，AMR）等的出现，对于网络通信的带宽和时延提出了新的更高要求。

案例

- ▶ 郑州银行通过云商平台，实现银行间、银行和非银机构间以及银行和企业间的跨界融合和数据共享，最终实现扩大用户和需求、产品和服务的适配范围，做连接资金和场景的“连接器”。
- ▶ 京东“亚洲一号”在上海落成，为京东物流提供包括仓库、AI拣选、自动打包的无人智慧物流基地。目前已实现90%全自动化，运营效率相较于传统物流提升了4倍。

小结：

新兴场景赋能光通信产业焕发新升级

从泛娱乐的持续赋能，到越来越多的办公、商用及生活化的新兴场景逐渐落地，越来越多的新技术进入了我们的视野，为我们的工作与生活带来更多的便捷与新的体验。

新场景出现也对通信提出了更高的要求--更高的通信速率、更低的时延、更多的连接数量。原有的通信技术已渐渐无法满足新兴场景的需求，为新技术的快速落地赋予了源动力。

同时，伴随着通信技术的迭代升级，F5G的问世满足了新兴场景对于网络性能的跨越式需求提升，为新场景的落地与蓬勃发展提供了坚实的基础。

从国外各类新兴场景快速落地的经验中也不难发现，只有通过上下游各方的共同努力，才能有效推动新兴场景的落地。与此同时，新兴场景蓬勃发展也会反哺产业链上游，带动整体产业链驶上发展的快车道。

基建场景升级——

升级网络架构、软硬件性能，培育适合新时代的“健康土壤”

新场景助推新基建——智能制造、超清视频、无人驾驶、智慧医疗、AR/VR等新兴场景展现出强大成长潜力，并以此为契机，对光模块、光器件、光纤光缆、光通信设备以及网络运营、设计、建设等光通信整个产业链发展产生比较明显的拉动效应，光纤通信网络已成为新基建的重要组成部分和信息社会发展的关键基础设施之一。

为了支撑高带宽、低时延、大数据等新兴应用场景特性，以及智能灵活、高效开放、网络架构革新等组网特性和国家技术变革的主流趋势，F5G的通信新基建主要包括以下三大重点方向：光缆网络的进一步规模化铺设；数据中心的新建与持续扩容；园区POL网络的更新换代。随着建设工程的飞速推进，光通信设备的规模化应用，作为基础带宽承载技术，光通信相关的技术群及产业生态将迎来新一轮发展高峰。

电信通讯场景的迭代升级

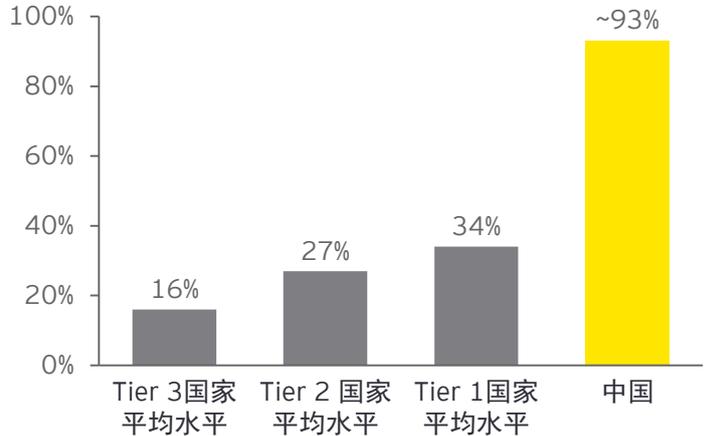
“欲通车，先修路”——新兴通信场景的不断涌现，对于电信基础设施的升级提出了更高的要求。为满足其对于通信传输速率、时延和设备接入终端数量等多方面的要求，电信通讯场景的迭代升级刻不容缓。

全球电信通讯现状

现今世界各国都在全面推动电信通讯的迭代升级，然而纵观全球，由于地区间技术积累、政府投入、电信业发达程度存在较大差异，国家间电信发展呈现不均衡现象。其具体表现为触网率和光纤接入率在不同发展水平国家间差距较大。

比较而言，中国的全光网络升级处于世界领先地位，尤其是在光纤接入率方面，截至2020年一季度，中国的光纤到家/办公室（FTTH/O）用户4.24亿户，占固定互联网宽带接入用户总数的93%，处于世界领先水平，百兆及以上接入速率的用户比例高达85%。（见图41）

图41：全球光纤接入率¹⁾



注释：1) 光纤接入率：指普及互联网的人群中通过光纤接入的占比

资料来源：Oxford Economics, FTTH Council, 中国工业和信息化部

世界第一梯队国家触网率与光纤入户率均处于较高水平。例如，韩国触网率高达~90%，其光纤到户比例达到~70%。除此之外，欧美国家虽然经济较为发达、网络基础设施完善，但其网络升级与中国仍存在较大差距，其触网水平略低于韩国，而光纤接入比例则普遍仍处于较低水平。截至2020年1月，英国98%的家庭已接入宽带，但是仅有~55%的家庭用户可体验~300Mbps的下载速率。

拉美和东南亚地区发展更加缓慢。例如，巴西仅在核心城市群拥有光纤网络，其余~90%地区仍基于传统铜线进行通信传输。虽然巴西正在全面加快光纤应用，但目前配有光纤连接的用户仍然较少；马来西亚触网率约为62%，达到全球平均水平，但其光纤接入比例仅有~21.4%，在光纤接入方面仍有较大的发展空间。

政策助力产业协同发展，共建城市全光网

随着智慧城市与全光网城市进程的加快，各国政府牵头大力开展“城市光网”行动，积极制定相关政策推动产业升级，鼓励运营商积极投入建设，提升用户的平均接入宽带和全国普及率，迈向“全光城市1.0”。

国外方面，英国在2018年订制的《未来电信基础建设审查》提出在2033年之前实现全国全光纤网络，后续又提出在2025年实现全国范围内所有场所提供千兆宽带全覆盖，并相应推出2亿英镑的“本地全光纤网络计划”和6850万英镑的“千兆宽带券计划”刺激通信产业发展。巴西电信业监管机构国家电信局Anatel通过《电信网络结构计划》，旨在协调公共与私人通信需求，以实现通信网络使用效益最大化。印度于2018年通过《国家数字通信政策》，明确光纤通信作为关键发展领域，通过公共事业与基础设施的光纤赋能，促进智慧城市发展。到2022年，印度计划实现~60%电信通讯塔光纤连接，相应铺设32,000公里光缆。

反观国内，为打造城市光网，各级城市努力开展综合业务接入点加主干、配线、末端光缆与驻地网规划和建设。从核心网到骨干网、传输承载网，再到最终的接入网，光纤网络已基本实现全面替换原有铜线网络，“全光城市1.0”的目标已初步达成。

不仅是FTTH，光接入的场景也在变得多元化，包括工厂、楼宇、大型企业等都已纷纷接入全光网络。在政策的利好下，中国正向着“全光城市2.0”的目标迈进。通过光纤接入工厂，将进一步提升工业制造领域的联接可靠性；光纤到楼宇，则将推动大量中小型企业专线的升级。与此同时，OTN也在向大型企业、园区等延伸，以高品质的OTN联接来支撑大型企业的数字化转型，赋能2B的应用扩展。

与此同时，“全光城市”在全光接入的基础上，还需实现全光锚点（OEC）、全光交换与全光自动驾驶的全面升级，才能充分发挥城市全光底座的能力，如果将通信网络比作城市道路交通，全光锚点好比城市的交通枢纽站，全光交换则是立交桥，而全光自动驾驶则扮演着交管部门的管理作用。只有实现各个环节的全满升级才能形成一张端到端城市全光网，实现任意两个锚点之间，以及任意锚点与云之间的一跳直达，打造最高品质的业务体验。

因而需要政府部门在整体的智慧城市规划上能够系统性考虑全光城市2.0的规划布局，为智慧城市的建设夯实根基。与此同时，“全光城市2.0”的建设也离不开光通信产业链上下游企业与各新兴场景的跨行业企业的共同携手、广泛协同，才能共建高品质的全光网络，来培育更多的行业应用创新，支撑数字经济的高质量发展。

小结：

政策推动，运营商积极响应造就进阶里程

各地政府的种种举措、政策改革和投资，再加上电信运营商利用光纤兴起而对建设作出积极响应的配合，不仅推动了迈向光信息时代的演进，这种需求也将促进产业价值链上游部分的增长；芯片、模块和光纤制造商将感受到随着光纤应用大提升而即将到来的利好成果。

数据中心的持续扩容

互联网数据中心（Internet Data Center, IDC）是基于全球标准的特定通信网络设备，用于传递、加速、计算和存储数据互联网信息。利用高速互联网接入带宽、高性能局域网络、安全可靠的机房环境等特性，为客户提供互联网基础平台服务与网络增值服务。

新兴场景不断涌现，促进数据中心需求量激增

5G与F5G技术的成熟推动互联网的万物互联发展，高速需求新兴场景不断增加，主要包括：

- ▶ **视频直播：**移动互联网的快速发展，尤其是抖音、快手、B站等视频直播平台的崛起，加快了数据流量的增长。
- ▶ **工业互联网：**工信部明确将在2020年12月之前“建成国家工业互联网大数据中心，引导各地建设一批工业互联网大数据分中心”。预计五到十年内，企业与设备上云步伐将加快，工业计算需求将呈爆炸式增长。工业互联网和工业计算服务需求将成为数据中心发展新动力。
- ▶ **企业上云：**企业加速向云端迁移，驱动数据中心的需求增长，“中小企业上云”势不可挡，如阿里巴巴依托阿里云飞象工业互联网平台，为10万中小制造业企业提供产品研发、生产制造、能源管理等应用和解决方案。

新兴应用场景存在终端连接数量多、单节点数据产生量大的特点，整体互联网数据量激增。为应对大数据时代，数据中心升级应运而生。

数据中心蓬勃发展，促进DCI需求增长

数据中心的发展刺激DCI需求增长。数据中心网络（Data Center Network, DCN）是应用于数据中心内的网络，而数据中心互连（Data Center Interconnect, DCI）则用于两个或多个数据中心连接以实现数据资源共享。数据中心刺激DCI的增长主要体现在：

- ▶ **数据增长刺激DCI带宽增加：**作为数据中心CAPEX重要构成部分，光纤资源不足导致数据中心园区间流量存在瓶颈。为满足多数据中心间服务器/存储等设备之间低时延、大数据量、高可靠的互联需求，需要DCI提供低时延高可靠的超大带宽，连接多个地点数据中心形成超大型数据中心园区。而目前部分核心可用区之间流量远超20T，单对光纤带宽已不足以支撑。
- ▶ **数据增长刺激光纤容量升级：**由于数据中心互连的光纤资源相对短缺，需提升单纤容量增大数据传输效率。具体而言，可采用宽频谱、高调制格式和高波特率等技术增加单纤容量。
- ▶ **数据增长刺激波分设备升级：**通过相干算法、电光层单板高集成等技术，降低波分设备成本与功耗，支撑数据增长。通过引入智能功能，降低波分设备的运维难度，使其更适合数据中心IT背景为主的工程师使用。

DCI需求增长，促进数据中心产业化投入

随着新兴场景促进数据中心发展，数据中心带动DCI需求增长，最终需要透过数据中心投入实现产业落地。

- ▶ **增量市场巨大：**据中国电子信息产业发展研究院统计，中国数据中心IT投资规模达3698亿人民币，较2018年增长13.5%。预计2019-2021年市场规模将保持13.6%增长，到2021年IT应用市场有望达到4770亿人民币。（见图42）

全球方面，2019年全球数据中心IT市场规模达到2675亿美元，同比增长7.1%，相较于2018年云集基础设施投资中，服务器、存储和光网络占48.2%，达到1570亿美元。其中光网络占比9.04%，达到294亿美元，预计2020年仍将保持约7%的速度增长，达2862亿美元

- ▶ **存量市场增长：**数据中心的DCI改造。随着新一代高密度服务器和存储设备不断涌现，如今的数据中心不再只是支持单一应用或是日常数据存储和计算功能，而是服务于整个运营系统，这对数据中心基础设施的服务能力提出了更高要求。全球最大的1000家企业中，70%以上的企业需对数据中心升级。

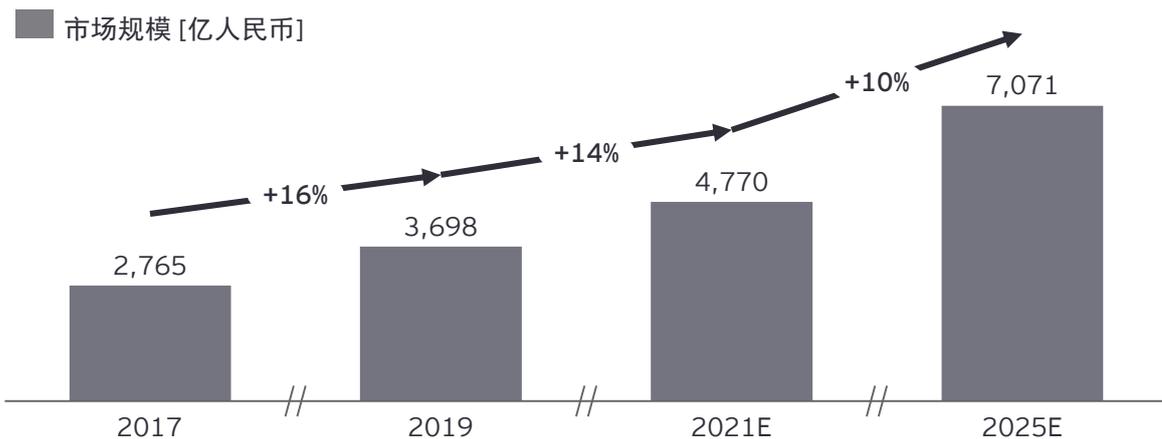
目前，随着数据中心向着云化多中心方向发展，流量逐步从数据中心内部向数据中心间转变，各数据中心之间的互联需要对应升级改造。传统数据中心的结构改造市场巨大。

- ▶ **大型数据中心占比逐年增长，带动DCI的增加：**目前超过3000台标准机架的大数据中心有~1万台设备。而数据中心大型化、规模化趋势仍在延续。2019年，超大型、大型数据中心数量占比达到12.7%，规划在建数据中心320个，超大型、大型数据中心数量占比达到36.1%。这些大型数据中心对DCI带宽要求甚高。

小结：

新兴场景不断涌现，对数据处理、云存储等提出了更高的要求，并促进数据中心需求量激增。面对当前数据中心资源的日间短缺，数据中心基础设施的建设迫在眉睫。伴随着数据中心数量的增长，进一步带动DCI需求的增长。

图42：中国数据中心市场IT投资及年均复合增长率，2016-2025



资料来源：中国电子信息产业发展研究院，安永分析

园区网络的迭代升级

局域网（LAN）是将局部区域（如企业、校园、医院等）内的各种计算机、打印机等设备连接而成的计算机通信网络。传统的局域网（LAN）通常是由以太网铜缆构成，在超清视频会议、云服务、海量数据交换、移动办公等业务对于数据流量及带宽、信号与设备兼容提出更高挑战的今天，LAN的多层交换与业务并行管理的网络结构也正面临着带宽不足、升级扩容困难、交换机与路由器布线复杂、维护难度大等关键瓶颈，已愈发地难以满足园区的网络需求。在对于网络扁平化、高带宽、低时延、易管理等要求下，园区的网络架构升级势在必行。

在这种情形之下，无源全光局域网，简称POL（Passive Optical LAN）应运而生，其本质是基于无源光网络（PON）技术的新型局域网组网方案。在POL组网中，光纤替换了铜缆；OLT实现了网络的统一汇聚，无源分光器替代了传统LAN网络的汇聚交换机；ONU则提供二/三层功能，通过有线或者无线接入用户的数据、语音及视频等业务，因此省去了传统园区网络多级有源汇聚节点，使整个网络系统更加扁平化与节能。

基于光纤网络自身抗干扰、低损耗以及POL组网中OLT与ONU结构等多种特性，POL相比于传统的LAN网络具备大带宽（约10倍于LAN）、易管理（二层扁平网络）、更节能（弱电机房空间节省80%，节能逾30%）、更安全（避免电磁干扰及泄露）、低成本（运维开支减少约60%）、全业务（Wi-Fi、语音、数据、视频、宽带、安全接入控制等一网覆盖）、远距离（20km覆盖多楼宇）、易部署（施工方案成熟）、易维护（故障易排查修复）等九大关键优势。因此，POL网络未来将继续全面加速实现对于LAN的更替，并在F5G时代进一步数字化的园区网络中发挥更显著的价值。

由于POL网络的巨大优势，智慧园区、商务楼宇、企业、校园、酒店、政府、工厂、金融、商场等不同场景的用户纷纷转型POL网络：意大利国家电力公司Enel也选择POL技术完成其局域网建设，更好地践行其绿色理；新加坡樟宜机场也选择POL方案协助其完成视频回传网络建设；墨西哥坎昆魅惑酒店、印度泰姬玛哈酒店集团也纷纷选择POL提升其网络承载能力。在中国，国家电网、青岛希尔顿酒店、上海复旦大学、北京交通大学、重庆西南大学、长飞科技园、澳门罗斯福酒店等也已完成了POL网络的部署，成为数字化升级和智慧园区的领航者。

根据TMR（Transparency Market Research）的分析，基于对全球不同地区、不同设备和应用的统计，测算全球POL市场（含有源设备、无源设备及工程部署）2016-2024年将以超过20%的年复合增长率持续增长，并有望于2024年超过7100亿人民币。

从地区来看，中国POL市场增长旺盛，POL快速增长的背后主要受解决方案日趋成熟与用户认知提升的推动，园区网络渗透率快速上升。预计未来五年中国POL的可获取市场空间（AM，Addressable Market）将以80%以上的年复合增长率保持高增长，成为全球POL市场最为重要的增长极。

由华为、诺基亚贝尔、长飞光纤、神州数码和中海物业等发起，绿色全光网络技术联盟（ONA）于2019年10月成立。ONA已吸纳了厂商、设计院、集成商等70多家产业价值伙伴成员，共同推动落地行业标准、拓展价值伙伴、推广行业应用、培育产业人才、产业峰会和行业营销，携手产业力量实现消除产业瓶颈、繁荣产业生态、引领技术方向。标准方面进展迅速，已推动落地全球首个POL工程技术标准，并推动POL技术写入中国国家建筑标准设计图集。

小结：

企业园区局域网升级迫切推动POL市场欣欣向荣

受下游新兴场景的带动（如智慧办公、企业上云等），原有以铜线为基础的园区局域网已渐渐无法满足其对于网络性能的需求，企业园区局域网升级需求迫切。相较于传统局域网，POL的成本更低，网络性能更为优异。受上游需求带动，POL市场将迎来新一轮发展高潮。

工业光网在制造中发挥升级替代作用

工业光网指依托通信网络模块化应用，实现机器间互联（Machine to Machine, M2M），机器与服务器连接（Machine to Server, M2S），机器与操作显示终端连接（Machine to Human），从而达到人、设备与信息系统三者之间的强实时互通。

随着光通信领域的蓬勃发展，中国已在光连接技术相关多个方向取得领先优势。在当前新基建大思路下，将中国领先的光连接技术应用于工业领域，通过跨领域融合创新促进中国工业网络和工业控制领域的数字化、网络化、智能化，进而推进世界工业制造技术的升级换代，稳步走向新一轮工业革命。

与传统工业以太网/工业总线相比，工业光网具有更强的抗电磁干扰性、更大的带宽、更稳定的微秒级时延、更高并行度的拓扑、更灵活的按需部署，可以简化工业装备与产线架构，支持以数字化模型通信实现驱控测高度协同，进而使能力感/触感计算，支持高级语言编程，实现胜任高度柔性生产的组合产线或作业岛。（见图43）

工业光网赋能工业，在制造、能源、交通等场景尤为显著。随着通信网络不断迭代升级，到5G时代能够实现高速实时检测与数据互通，有利于实现M2M/M2S网络在技术中的核心地位，达到“端到端”可靠连接基础上的协同操作。并且这些光连接向上是实时可靠且协议透明的，有助于工业界的诸多协议族采用统一的数据模型，形成更加开放安全可靠的新生态，促进世界范围内的制造业对接互通，大幅降低制造总成本，激发工业生产力的进一步提升，为世界人民提供更好的工业制品和服务。

图43：

	工业以太网	工业光网
抗干扰性	易受电磁干扰	强抗电磁干扰
时延	<100 ms	<10 us
带宽	100Mbps	10Gbps
能耗	高能耗	低能耗

资料来源：专家访谈，案头研究，安永分析

小结：

基建场景的蓬勃发展带动产业链上游需求旺盛

依托政策扶持，光缆网络的进一步规模化铺设，数据中心的新建与持续扩容，园区POL网络和工业全光网的更新换代已经大规模开展。随着相关建设的逐步完善，高需求场景的基建投资价值将进一步凸显。

随着建设工程的持续推进，光通信设备的规模化应用，光通信相关的生产制造商，也将迎来新一轮发展高峰。

第三章 政策与需求的双重利好： 中国光通信市场展望



政策引领行业，需求拉动发展

在世界光通信的大格局中，中国经过多年的厚积薄发已然发展成为一股不可忽视的力量，而我国光通信产业从最初被贴上“大而不强”的标签到如今引领世界光通信产业的发展，其光通信全球产业地位的提升离不开国家政策全方位持续发力对行业的规范指导及不断升级的市场需求所带来的源动力。

党和国家领导人曾多次在政府工作报告和相关会议上强调，科技发展要围绕传统产业赋能和新兴技术突破展开，因此从讲话的精神——“科技强国”的愿景出发，一系列国家科技宏观发展战略相继推出，各部委及地方政府也以此为纲领积极制定了针对宏观战略中光通信相关应用场景的落地政策文件。这些政策均为各应用场景描绘了发展蓝图和实施路径，为行业的健康成长护航。

伴随中国经济腾飞的同时，人们已经不仅仅满足于温饱，进而追求更优质和更便捷的体验。就个人用户而言，中国人口的结构性优势与市场需求的动态演进均带动了需求升级下泛娱乐产业的持续高速发展；对企业而言，对更高效的经营手段的不懈追求，同样也加快了大数据、人工智能、物联网等技术在商用场景的成熟落地。

国家政策的规范和引导与不断升级的个人和企业用户需求双重利好，才成就了我国光通信市场如今的蓬勃发展。

政策驱动要素及其利好场景识别

国家主席习近平在中国科学院第十九次院士大会上发表讲话提出了“瞄准世界科技前沿引领科技发展方向，抢占先机迎难而上建设世界科技强国”的科技发展新基调，并指出了以互联网、人工智能、大数据赋能传统产业及前沿创新、突破技术高地两大核心发展方向。沿着两大方向分别有“互联网+”指导数字化赋能传统场景，“新基建”奠定新兴场景的发展基础，两大高阶战略也助推了各部委和地方政府相关落实政策的出台。（见图44）

图44：中国政策利好光通信下游场景



资料来源：案头研究，安永分析

“互联网+”产业升级带动万物互联场景逐步落地

2015年，国务院颁发的《关于推进“互联网+”行动的指导意见》（下文统称《意见》）提出将移动互联网、云计算、大数据等技术为支撑，为传统生活化场景/活动进行赋能，并明确了中国未来三年及十年互联网赋能传统行业的发展目标，遴选出包括智慧农业、智慧交通、智慧教育等多项应用在民生场景的重点行动，并就保障支撑做出部署。

《意见》不仅详细为每一项重点行动分配了负责部委、明确责任归属，更提出了包括配套基建、扶持政策在内的多项保障措施。在责任落实到部门的激励下，互联网赋能细分民生场景的针对性政策不断推出。

图45：“互联网+X”



资料来源：案头研究, 安永分析

智能家居产业化标准统一在即

2015年3月，全国人大代表、小米董事长雷军提出《关于加快制定智能家居国家标准的建议》：在国家标准委的主导下，由行业主管部门工信部牵头，按照急用先立的原则，加快制定智能家居行业标准，以促进智能家居产业健康发展。文件意在加快制定智能家居行业标准，激发智能家居的爆发潜力，促进互联网与传统家居的跨界融合，而落地后的智能化家居对带宽和网速的要求将进一步升级，带动家用固网向F5G的变更。

设定目标

标准化智能家居产业，实现关键技术突破和创新成果产业化

实施路径

制定智能家居行业标准

开展物联网跨界创新重大应用示范区

开展物联网产业创新工程

政府或将成为智慧交通发展的主力军

交通部于2017年印发《智慧交通让出行更便捷行动方案（2017-2020年）》的通知（下称《方案》），旨在充分发挥市场决定性作用和更好发挥政府作用，推动企业为主体的智慧交通出行信息服务体系建设，促进“互联网+”便捷交通发展，让人民群众出行更便捷。《方案》的推行不仅显示了政府发展智能交通的决心，也促进了资本向智能交通领域的流动，智慧交通中心、固定ETC等智慧设施的建设必然也会扩大对F5G的装机需求。

设定目标

到2025年全面完成公安警务智能化工作

实施路径

设立24个公安部重点实验室进行科研管理

建成覆盖公安各业务领域的标准体系

搭建信息资源服务平台

F5G助力公安系统智慧化升级

2019年，公安部党委审议通过了《公安部大数据智能化建设规划设计方案》，为公安监管单位订立了框架推进全国公安大数据智能化建设提供了基本遵循和指引。加强平台及硬件建设，透过视频监控收集视频图像，进行智能应用识别人、车、物，构成视频数据天网；为促使赋予高效移动执行职能，致力发展移动警务平台和公安移动信息网。智慧警务需要完全独立的专用内网，加之现有的固网难以适应复杂的智慧化要求，针对警务部门的网络升级势在必行，在这样的大背景下，F5G将大有可为。

设定目标

到2025年全面完成公安警务智能化工作

实施路径

设立24个公安部重点实验室进行科研管理

建成覆盖公安各业务领域的标准体系

搭建信息资源服务平台

“示范先行” 拉动智慧教育全面推广

2019年，中国教育部办公厅发布《关于“智慧教育示范区”建设项目推荐遴选工作的通知》，旨在协同地方政府、教育行政部门与信息技术市场，建立智慧教育试点工作。文件指出，要结合“互联网+”、大数据、人工智能、智慧城市和智慧社会等重大战略，建立跨信息技术智慧学习环境、创新教学模式，优化现代教育制度。“示范区”的建设必然会伴随成效验收周期，这一期间，示范区内的重点院校为继续保持声誉势必加大投资力度转型智慧教育，像远程教育云数据中心此类设施的建设都需要F5G作为通信基建进行参与。

设定目标

2022年实现全面提升“示范区”区域教育的智能化水平，建成能支持个性化和适应性的智慧学习环境

实施路径

依托大数据技术实时调整学生教学计划

打通学校、家庭和社会间数据壁垒，实现远程教育

智能技术感知、采集和监测校园信息了解师生动态

F5G赋能智慧政务，提供数据通信基础

2016年，国务院颁发《国务院关于加快推进“互联网+政务服务”工作的指导意见》（下称《意见》），明确深化“放管服”改革，加快推进“互联网+政务服务”一体化建设，即充分利用基于新一代互联网技术，通过集聚政府资源，建设统一开放共享的政务服务平台。《意见》中着重提出了利用光网推动政务云集约化建设，为网上政务服务提供支撑和保障，这意味着在未来各地方政府可能成为光通信运营商的重点发展客户。

设定目标

2020年底前，实现互联网和政务服务深度融合，形成全省整体联动、部门协同、数据互通、一网办理、高效便捷的“互联网+政务服务”体系

实施路径

省级部门统一建设互联网政务服务门户

市级自建实体大厅管理、大数据分析应用系统等

建设光网城市以作为智慧政务的发展基础

“新基建” 助推商用网联场景的持续应用

2020年4月国家发改委首次明确了新型基础设施的范围，大力建设以新发展理念为引领，以技术创新为驱动，以信息网络为基础，面向高质量发展需要，提供数字转型、智能升级、融合创新等服务的基础设施体系。“新基建”围绕信息基础设施、融合基础设施和创新基础设施三个方面，惠及通信、电力、交通、数字等多个社会行业。

国家领导人和相关部委多次在公开场合发声强调发展新基建并制定了细分领域的目标，在全国20多个城市的工作规划中也提到要加码新基建，大力推进新基建已经成为了全国的共识。（见图46）

中央政府对于“新基建”的重视不仅只落在文件政策上，巨额的投资才是“新基建”发展落地的“燃料”。国家为信息基础设施的建设制定了详细的投资计划：预计到2020年电信运营商在5G网络设备上的投资将超过2200亿人民币；仅2018年中国数据中心投资规模就达到了3257亿人民币；2019-2020年新获批的城际轨交项目规划为4700亿人民币，目前储备的城轨项目总投资约为6万亿人民币。这些领域有了“国家队”入场投资为行业兜底，必将吸引大量的玩家入局参与建设。

新基建三大方面的建设都需要5G作为重要的建设基础要素，如基站、大数据中心等建设都需要铺设大量的光纤线路。特高压、充电桩、城轨、工业物联网也都要枢纽性中心进行数据收集与指令决策，这些中心为了应对实时性、大基数的数据信息传输也会产生对5G的采购需求。所以我们有理由认为5G是新基建的重要基石之一。

新基建的完善虽然仅仅是“智能制造”“智能电网”“智慧办公”等新兴场景发展的前提基础，但是其产业带动作用也是显而易见的。只有在基础设施建设顺利落实的情景下，下游应用场景才能得到进一步推广，在拥有对智慧化场景的基础设施建设后辅以细分场景的政策扶持才显得更有意义。

图46：新基建覆盖领域及路线图



资料来源：案头研究, 安永分析

智能制造通信标准的完善加快F5G的商业应用

2018年工信部印发《国家智能制造标准体系建设指南（2018年版）》（下称《指南》），旨在进一步完善智能制造标准体系，全面开展基础共性标准、关键技术标准、行业应用标准研究，加快标准制（修）订，在制造业各个领域全面推广。《指南》的发布为智能制造国家标准和行业标准的立项提供依据，有利于推动解决制造环节互联互通、跨行业跨领域标准化问题，明确了立足国情、开放合作理念，有利于建立与时俱进、持续进行的标准完善机制。《指南》中明确指出智能制造是在新一代通讯技术下完成，因此智能制造场景成为F5G主战场也顺理成章。

设定目标

到2019年，累计制（修）订300项以上智能制造标准，全面覆盖基础共性标准和关键技术标准，逐步建立起较为完善的智能制造标准体系

实施路径

组建智能制造标准化推进组、总体组和专家咨询组

推动标准试验验证平台和公共服务平台建设

F5G将成为智能电网体系中的新一代通信技术

2015年7月6日，国家发展改革委、国家能源局正式发布《关于促进智能电网发展的指导意见》（下称《意见》）旨在实现清洁能源的充分消纳，提升输配电网的柔性控制能力，满足并引导用户多元化负荷需求。《意见》的发布明确了智能电网的发展方向及抓手，有利于带动上下游产业转型升级，实现中国能源科技和装备水平的全面提升。文件中多次提到在智能电网数据系统中应用新一代信息通信技术，并将光通信、云计算、物联网等明确为智能电力系统的应用支撑，在智能电网场景下利好F5G不言而喻。

设定目标

到2020年，初步建成安全可靠、开放兼容、双向互动、高效经济、清洁环保的智能电网体系

实施路径

加强传统能源和新能源发电的厂站级智能化建设

鼓励在集中供热地区开展能源互联网等示范工程

F5G应用与智慧矿山场景深度融合

2020年3月，由国家发展改革委、能源局等8部委联合印发了《关于加快煤矿智能化发展的指导意见》（下称《意见》），指出煤矿智能化是煤炭工业高质量发展的核心技术支撑，将人工智能、工业物联网、云计算、大数据、机器人、智能装备等与现代煤炭开发利用深度融合。《意见》中不仅直接将新一代通信技术作为智慧矿山的重点应用技术，在其他支撑性技术如云计算、大数据等中都有F5G的身影，矿山信息管理云平台是近期F5G可以最早应用的商业化领域。

设定目标

2025年，大型煤矿和灾害严重煤矿基本实现智能化，形成煤矿智能化建设技术规范与标准体系

实施路径

对煤炭企业制定煤矿智能化发展提供财政支持

协同推进煤矿智能化标准的制（修）订工作

加快融合新一代信息技术应用

农村地区光纤普及极大程度利好F5G

2020年5月9日，中央网信办、农业农村部、国家发展改革委、工业和信息化部联合印发《关于印发〈2020年数字乡村发展工作要点〉的通知》，提出了加快以信息化推进农业农村现代化，优化提升“三农”信息化服务水平，并明确了2020年智慧农业发展的工作目标和实施路径。该政策一方面为智慧农业所需的通信基础设施——光纤网络设定了全面的建设目标，另一方面将鼓励农业农村科技创新提高农业设备的智能化水平。

设定目标

2020年基本实现行政村光纤网络和4G普遍覆盖

遥感监测、物联网等技术在农业生产中广泛应用

实施路径

完善农村网络基础设施建设

加速农村创业孵化机制

搭建农业生产经营监测体系

企业上云规模化成为F5G的应用带来质变

2018年工信部印发《推动企业上云实施指南（2018-2020年）》（下称《指南》），旨在推动企业利用云计算加快数字化、网络化、智能化转型，推进互联网、大数据、人工智能与实体经济深度融合。《指南》的发布释放了上云市场的多元化需求，从实践层面进行指导全国范围有序推动企业上云工作，随着上云企业的增加必然会拉动云数据中心的大规模投建，而只有F5G才足以支撑云数据中心的传输通信。

设定目标

2020年，云计算在企业生产、经营、管理中的应用广泛普及，全国新增上云企业100万家

实施路径

对大型企业建立私有云进行放开

鼓励各地建立政府、服务商、企业合作推进机制

制定出台企业上云的效果评价标准

小结：

中国政府在“互联网+”和“新基建”两个战略方针下，不仅制定了大而全的纲领性政策，更实现了责任落实到实体，引导了更加细致的实施措施出台，为不同新兴场景的实现保驾护航。而政策只是前提，只有带动了千行百业的转型需求，衍生出众多新兴场景并伴随新兴场景对于通信提出更高的要求才能带动基建蓬勃发展。

在部分行业中，出于国家安全、垄断保持等原因甚至政府会亲自下场，通过一系列人、财、物的扶持为企业进行兜底。

市场需求及其利好场景识别

自改革开放以来，中国经济稳中向好、长期向好的基本面保持不变。根据中国国家统计局的数据显示，2019年中国国内生产总值比上年增长6.1%，稳居全球第二且明显高于全球经济增速，人均国内生产总值首次突破1万美元大关，与高收入国家差距进一步缩小。在国家整体经济向好的情况下，不论是广大居民还是企业都对通过技术革新以改善现有体验或运营效率有着极高的追求，同时随着“新冠肺炎”这一“黑天鹅事件”的发酵，新兴泛娱乐场景的市场需求得到进一步刺激进而拉动光通信行业的整体发展。

需求升级带动泛娱乐产业持续高速发展

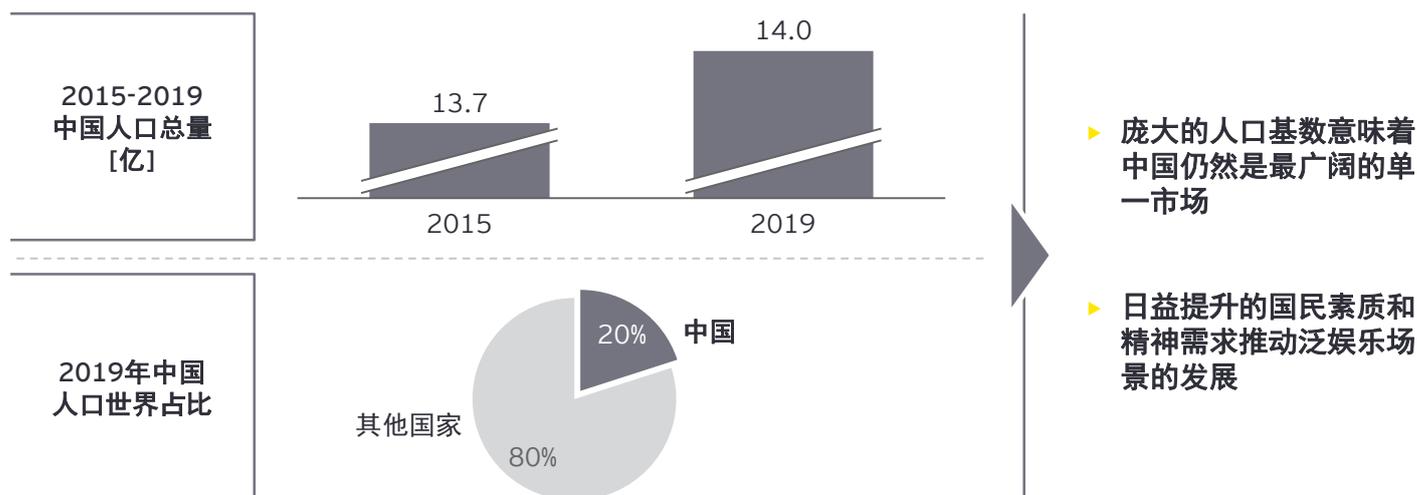
市场对于需求的升级离不开中国市场的结构性优势——用户基础和消费能力的提升，中国14亿的广大人口基数与日益提升的整体收入水平是泛娱乐产业持续发展的基石，而不断动态演变的大文娱时代正潜移默化地影响着人们的消费意识和习惯，成为了泛娱乐产业发展的助推器。

中国市场的结构性优势

▶ 中国庞大的人口基数

中国人口总量长期位于世界第一，占世界总人口比例约20%，尽管受“计划生育”政策影响，但在庞大的人口基数下仍在2019年突破14亿，比欧盟、美国、日本、加拿大等所有发达国家人口总和还要多，而巨大的人口基数也是经济发展的潜力所在，意味着拥有全球最庞大的市场，这是世界上任何经济体都无可比拟，也是中国经济的韧性和潜力所在。（见图47）

图47：中国人口结构性优势

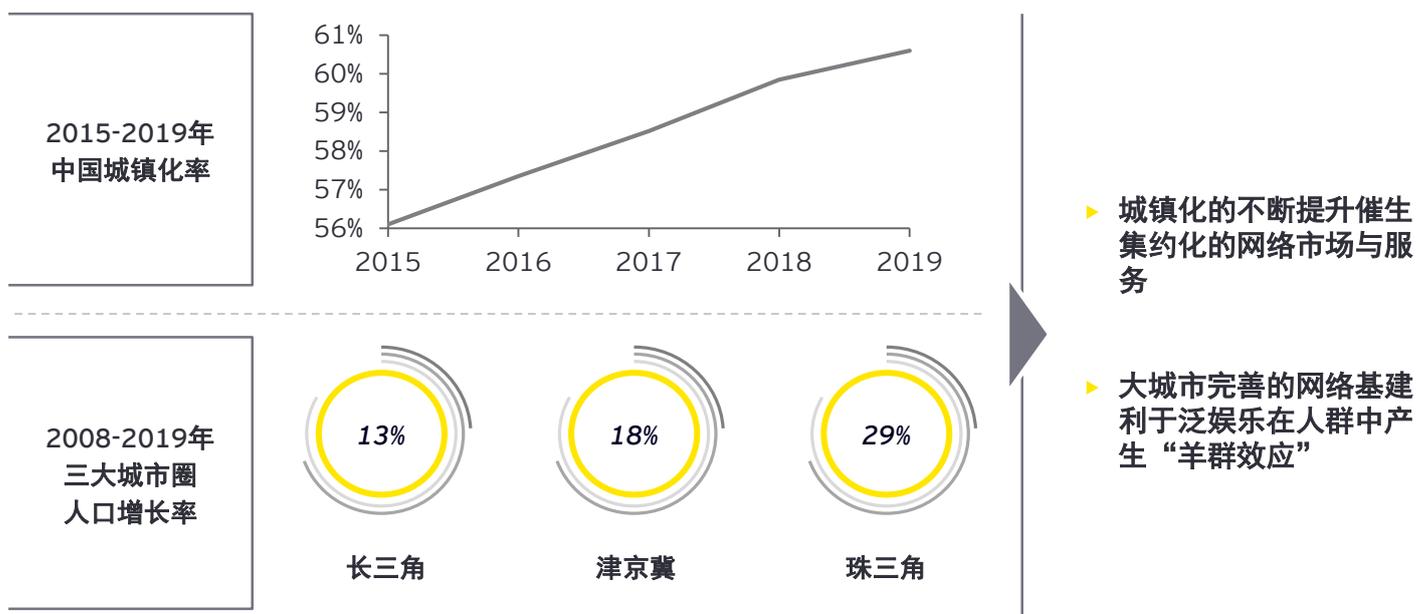


资料来源：国家统计局，Oxford Economics，安永分析

► 城镇化的不断推进

目前中国城镇化率已经达到60%，预计到2035年将突破75%。在2020年的政府工作报告中提到的“两新一重”再次将新型城镇化推上了风口。国家将都市圈、城市群作为新型城镇化的主体形态，未来将形成以城市群为主体，大中小城市、小城镇协调发展的城市格局。空间扩散的城市形态正带动更大的区域——城市圈走向繁荣，而中国选择以大城市圈为中心的城市化模式也推动人口向长三角、珠三角等核心城市圈聚集，这些中心城市良好的网络基础设施和对新兴事物拥有更高接受度的人群将成为泛娱乐应用场景率先商业化的沃土。聚集的人口也通过“羊群效应”（即个人的观念或行为由于真实的或想象的群体的影响或压力，而向与多数人相一致的方向变化的现象）不断扩大市场基盘，促进泛娱乐应用场景的快速推广。（见图48）

图48：中国城镇化不断推进



资料来源：国家统计局, 安永分析

▶ 消费能力随近年经济飞速发展陆续提高

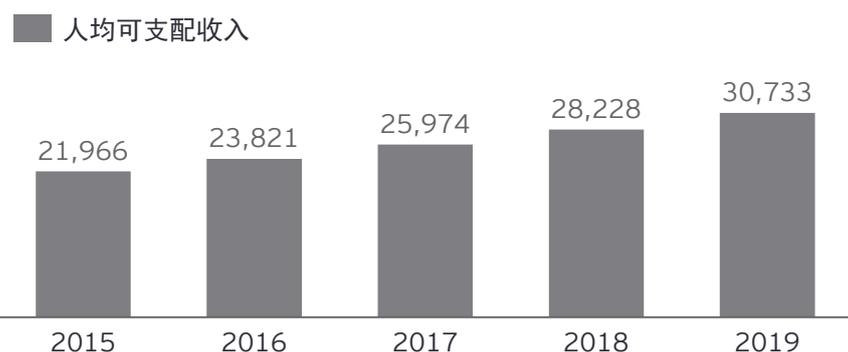
随着近年来经济社会的迅猛发展，人们的收入水平也随之提高，城镇居民有了相应的消费支付能力，对生活质量也有了更高的要求，尤其是对娱乐生活等方面的要求也越来越多、越来越高。而随着大众对于文娱精神层面的消费追求愈加丰富，国内泛娱乐产业也迎来了最好的发展时期并焕发出了前所未有的活力。（见图49）

小结：

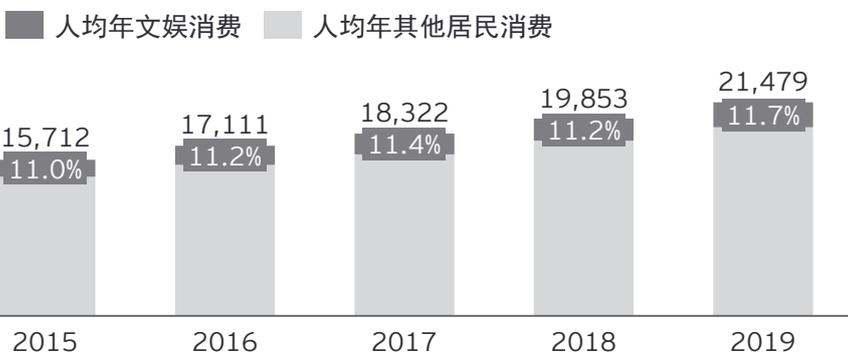
中国不断向好的经济实力与更高素质的人口结构将成为泛娱乐场景发展腾飞的“基础燃料”，而大文娱时代的环境氛围与城市圈内文娱化带动的“羊群效应”为未来各场景的规模化落地提供了“加速器”。

图49：中国消费能力腾飞

2015-2019年中国人均可支配收入 [人民币]



2015-2019年中国人均消费支出结构 [人民币]



▶ 经济高速发展，中国居民的生活质量水平日益提升，泛文娱场景的支付能力得到显著的提升：如“超前点播”事件

▶ 居民对于泛娱乐的支付意愿也有显著提升：如愿意为版权付费

资料来源：国家统计局, 安永分析

市场需求的动态演进

► 人们对于社交型体验的需求逐步攀升

随着移动设备的大量普及移动互联网的不断完善，人们的行为习惯被迅速改变，这种改变影响到人们日常生活的方方面面。而在这一互联网时代人们对于社交的概念已经完全从线下转移至线上，根据WeAreSocial的数据统计，人们使用社交类APP的时间已经占据总移动设备在线时间的40%，但是爆炸性且枯燥的单一社交体验已经开始令人疲倦，用户更希望体验融合了各类场景更加丰富多元的社交过程，因此直播带货应运而生。融合了社交与电商的“直播带货”更加能够通过与主播的实时交互为用户带来沉浸式的体验。这类通过社交与其他线下场景融合的方式必将在未来应用在不同的领域，激发出更广阔的市场需求。（见图50）

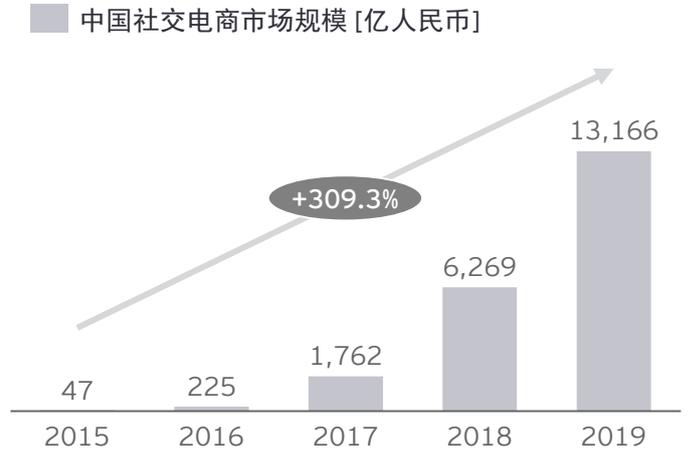
► 中国全民社交性竞技游戏的兴起

纵观当下移动游戏的市场现状，我们发现竞技化、社交化和全民化已经成为行业主流。根据市场调研发现，爆款手游玩家玩游戏的目的不再是打发时间，而是从人际传播角度出发，为了与朋友有共同话题，通过游戏的方式维系与朋友之间的感情，其社交性动机占比更大。社交的传播性加上游戏本身的吸引力、依赖性等特征将助推“涟漪效应”的形成，使得爆款游戏在人群中呈指数级的推广。根据极光大数据调研显示，截止到2019年，中国在线手游用户已达8.25亿人，如此庞大的基数拉动的旺盛需求必然推动中国进入全民娱乐的大文娱时代。

► 中国文化自信

中国电影经历了数十年的发展与积累，其工业基础得到了有效的夯实，国漫、国产电影正开始在增强自身实力的同时走向成熟。以电影行业为例，2019年中国国产电影的票房占比已经创下过去5年新高，一直为国人所诟病的国产动漫近几年也正在以惊人的速度崛起，一些爆款文化IP层出不穷。在文娱产业经历去芜存菁后，大量的资本看清赛道开始重点投资文娱产业的商业化项目，身处这一赛道的VR/AR也正在享受着资本的红利，不断追寻商业变现的路径。中国信通院数据显示2015-2018年VR/AR产业融资额均超百亿，融资项目也一直较为活跃。

图50：中国社交电商市场规模，2015-2021



资料来源：案头研究，安永分析

追求企业效能提升带动商用场景的落地与发展

在低端制造由中国向东南亚等国家转移的契机下，中国企业迫切需要通过科技创新和技术升级来提升效能，由于受社会主义国家经济体制的影响，大型国有企业的转型迫切性和积极性并不会受到技术投资回报周期长的削弱，它们也更乐于通过大额投资实现企业转型升级以响应国家宏观政策的号召。另一方面，国内发展日益凸显的公共资源供需矛盾如医疗资源紧张、交通状况拥堵等现状也将倒逼这些公共事业企业的自我改良。

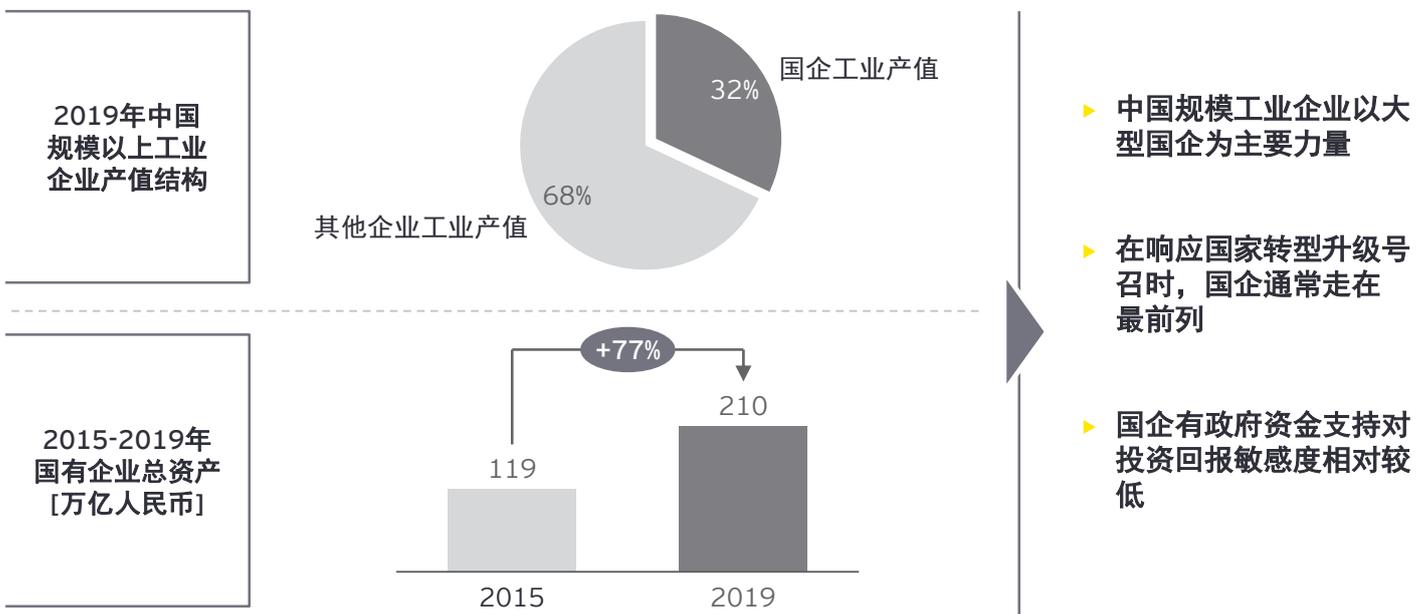
► 低成本人口红利消失倒逼中国制造由“大”转“强”

享誉“世界工厂”的中国，在低成本人口红利消失后已无法再继续依靠廉价劳动力成本吸引投资。一些跨国公司正考虑将制造基地转移至成本更低的东南亚和印度地区，正在进入“后劳动力时代”的中国公司面临的企业效能和成本压力巨大，但也是将压力转换成利用物联网、大数据、人工智能等手段为企业降本动力的最佳时机。而另一方面这种转型能带来的成本效益也将进一步吸引企业加大创新技术融合于制造生产的投入，以中国某智慧工厂为例，该工厂进行了打通端到端的数字化转型，在人工智能和大数据等技术的驱动下，运营成本降低了35%。

▶ **经济体制差异导致国企对投资回报周期的敏感度低**

由于中国是社会主义经济体制，因此掌握国民经济命脉的基本都是国有企业，而中国工业总产值中有接近32%由大型国企创造，这些企业覆盖了电力、制造、交通等诸多重点行业。一方面出于体制内的政治考量，大型国企响应国家《智能制造》《中国制造2025》等宏观战略的积极性更高；另一方面，国家财政每年对国企的大额专项资金支持也降低了企业对于智能制造、企业上云等新技术资金投入回报周期的敏感度。因此占国家工业主导地位的国有企业对基建、转型升级等项目的带动作用会更加明显。（见51）

图51：中国产业结构优势



资料来源：国家统计局, 安永分析

► 公共事业资源紧缺倒逼企业优化效率加速场景智慧化

中国医疗资源紧缺长期存在，尤其是医生资源稀缺，每万人医生配比与欧美等发达国家仍存在较大的差距。但是更严重的问题其实是中国医疗资源的严重分配失衡，因此就出现了部分地区医疗资源浪费，其他地区无医可用。如安徽、江西、广西等地区，在人均医师、护士和床位这三项基本医疗资源上都相对短缺，而华东、广东地区的医疗资源相对丰富，甚至出现了“感冒住院”等严重浪费资源的现象。供需失衡则意味着矛盾，近几年医患冲突正在不断升级，究其原因不仅是医疗资源的稀缺与失衡，更是医患之间的信息沟通效率低下且不透明。针对问题所在，占医疗主导地位的公立医院智慧化势在必行，“远程诊疗”“远程手术”“诊疗数据追踪”等一系列可以缓解当下困境的主要手段必将得到医疗机构的重视。（见图52）

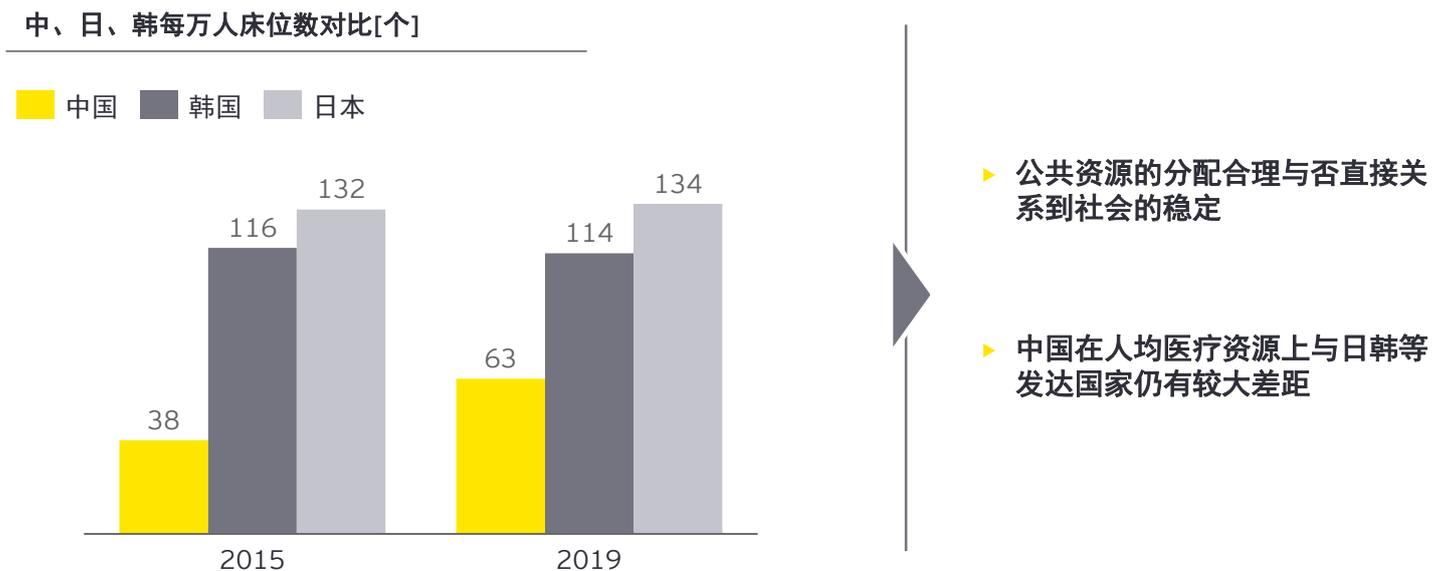
小结：

“大而全”的宏观战略不断推出表现出了政府大力发展智能制造、电网、农业、交通、教育等相关场景的决心；“微而细”的落实政策也创造了国家下场参与行业发展的可能性。有全面的政策持续兜底为运营商注入更多信心与底气，光通信下游应用场景的发展便有了更高的起点。

国内用户对于智慧化场景巨大的体验需求和迫于外界压力亟需内部效能优化的企业任务将源源不断地为场景商业化提供动能。与此同时，各类场景的痛点也日益显露，如安全问题倒逼智慧矿山，公共事业资源紧缺倒逼企业优化效能，加速智慧医疗、智慧教育等场景的落地。

在政策与需求双重驱动下，应用场景利好并巩固了中国光通信产业的领先地位，也必将在未来助力整体产业跨入新的台阶。

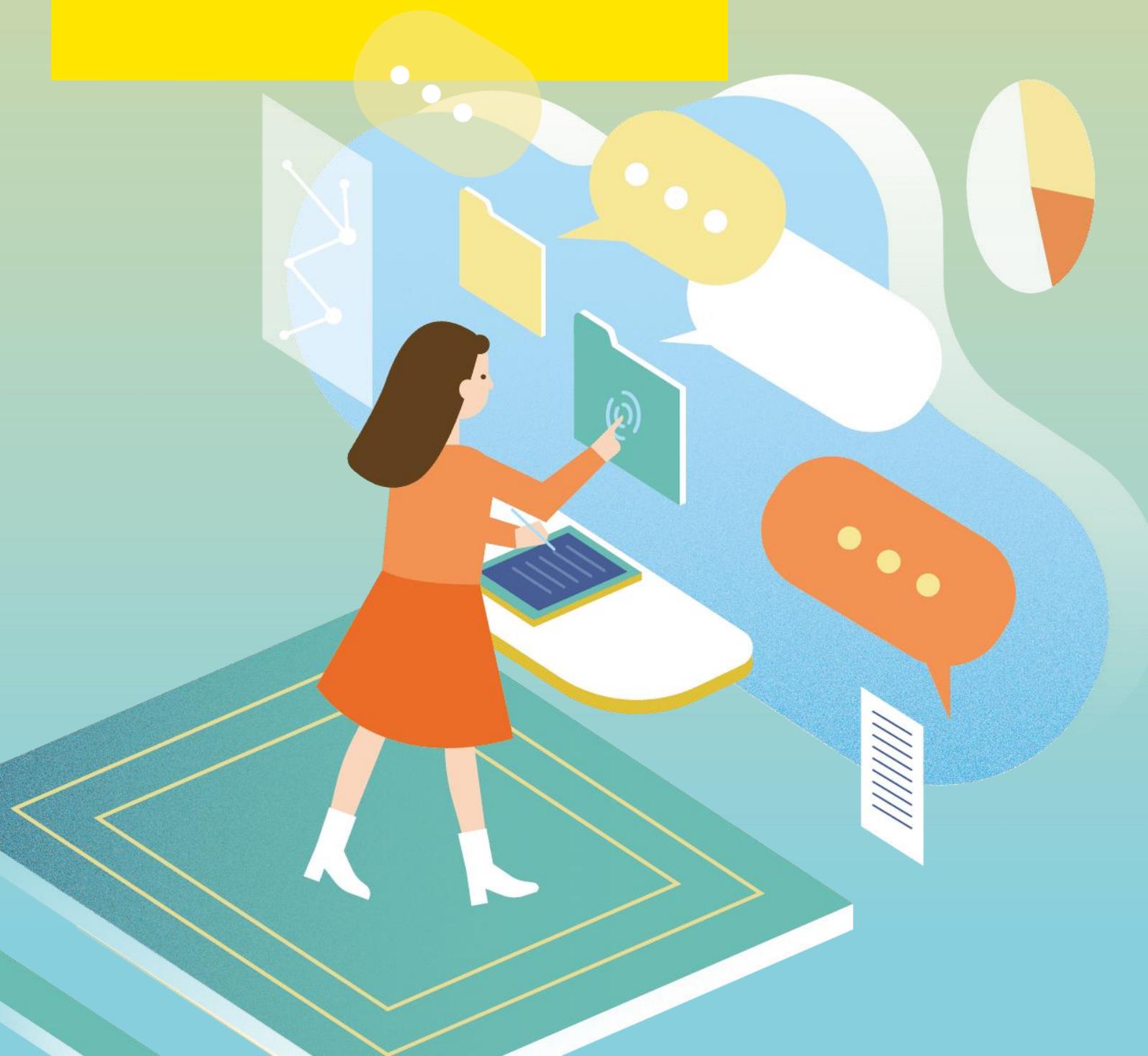
图52：国内公共医疗资源紧缺倒逼基础设施建设



资料来源：World Health Organization，安永分析

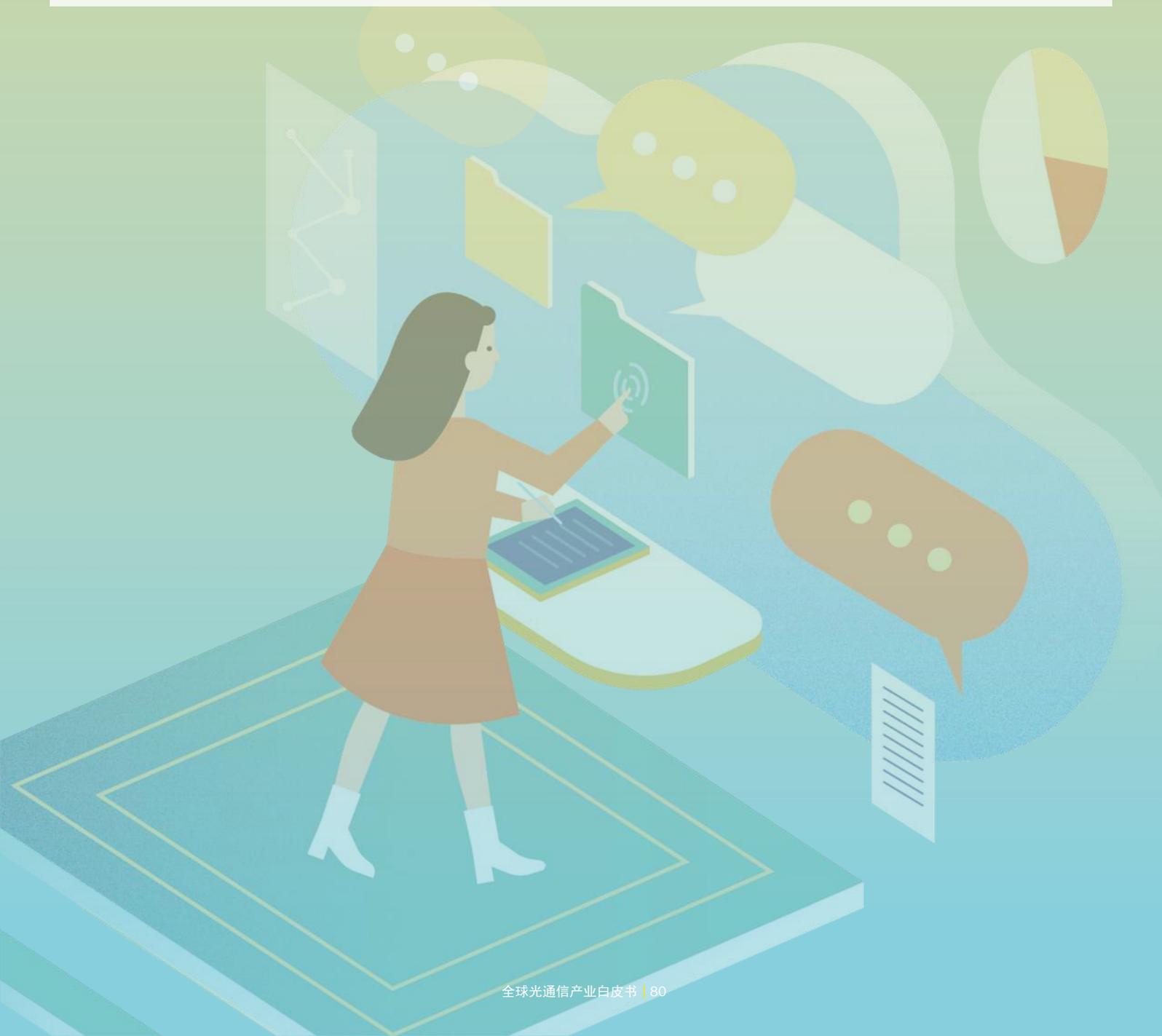
第四章

产业展望和资本市场洞察



光通信产业已经迎来历史性的发展机遇，政策与市场的利好推动光通信的发展驶入了快车道。F5G作为万物互联的基础，打下了数字经济的智慧底座，赋能千行百业，带动万亿市场空间。

与此同时，由于光通信产业具有极高的资本投资价值，尤其是中游光纤资产深受资本玩家所青睐，已成为当前投融资界万众瞩目的焦点。



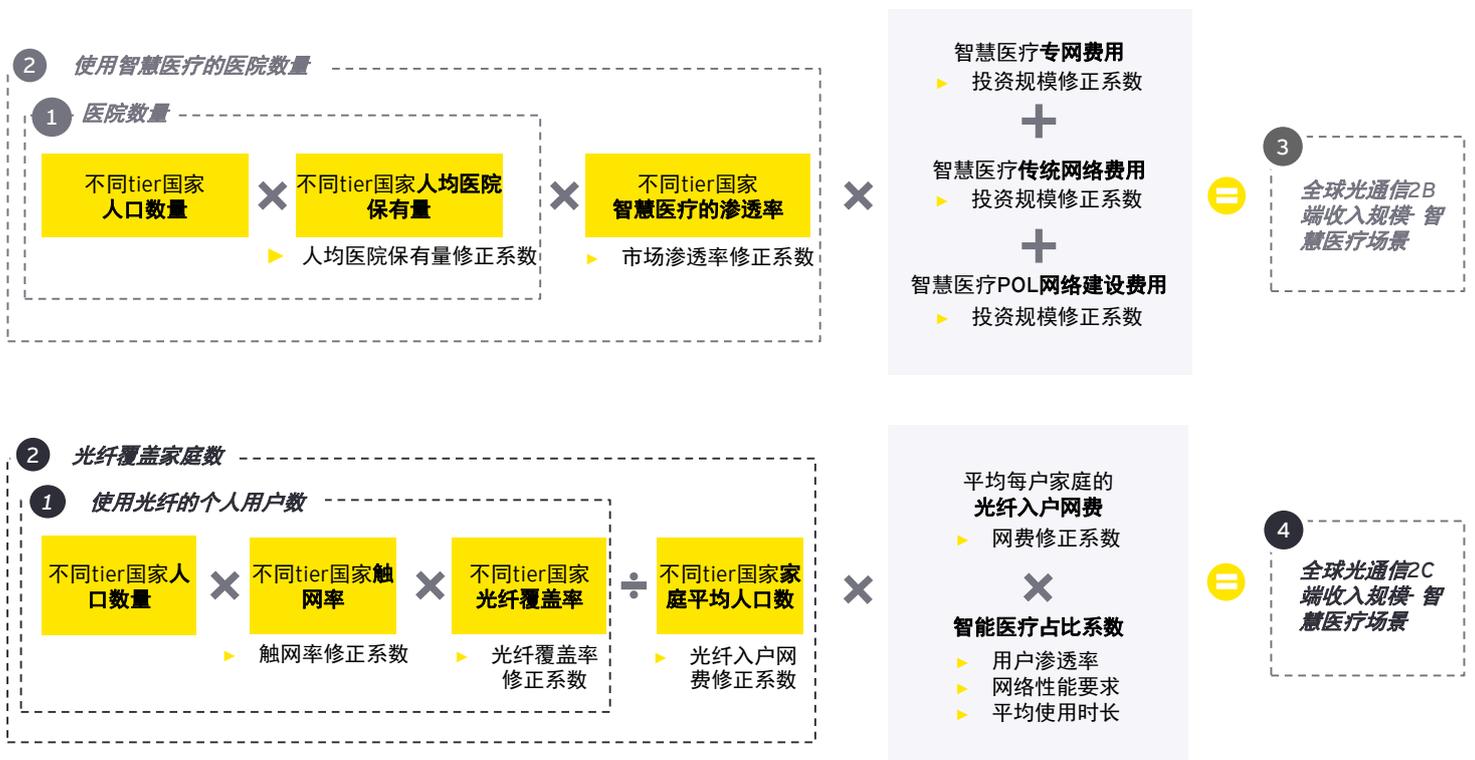
全球固网光通信市场规模测算

核心测算逻辑与场景示例

基于对B端与C端市场的研究，根据典型代表国家的数据进行市场规模测算，再根据对标国家的发达程度，分别对发达国家、发展中国家和欠发达国家的市场规模潜力的相关计算参数进行修正。

以智能医疗场景为例，分别对不同发达程度国家的触网率、光纤覆盖率、光纤入户网费、用户渗透率、网络性能要求、平均使用时长、人均医院保有量、市场渗透率、通信设备投资成本等进行修正，分别得到全球的2B端和2C端的市场总量。（见图53）

图53：全球光通信-传输与接入市场规模测算 - 智能医疗场景示例



资料来源：安永分析

不同新兴场景带动全球光通信产业结果测算

整体来看，光通信下游市场收入规模2020年预计达到1.4万亿人民币并以~18%的复合增长率保持高增长。受下游新兴场景利好、园区光网络升级、数据中心与边缘计算等趋势影响，B端收入增速略高于C端。（见图54）

B端光通信市场下游收入主要来自于专线网络、传统网和POL网络建设的相关费用。其中，POL整体的增速最快，从2020年的3100亿预计将增长至2025年的9200亿人民币。（见图55）

POL渗透率快速上市的主要受解决方案日趋成熟与用户认知提升的推动。中国POL市场增长最为旺盛，预计未来五年中国POL的可获取市场空间（AM，Addressable Market）将以80%以上的年复合增长率保持高增长，成为全球POL市场最为重要的增长极。

图54：B端/C端市场下游收入规模 [百亿人民币]

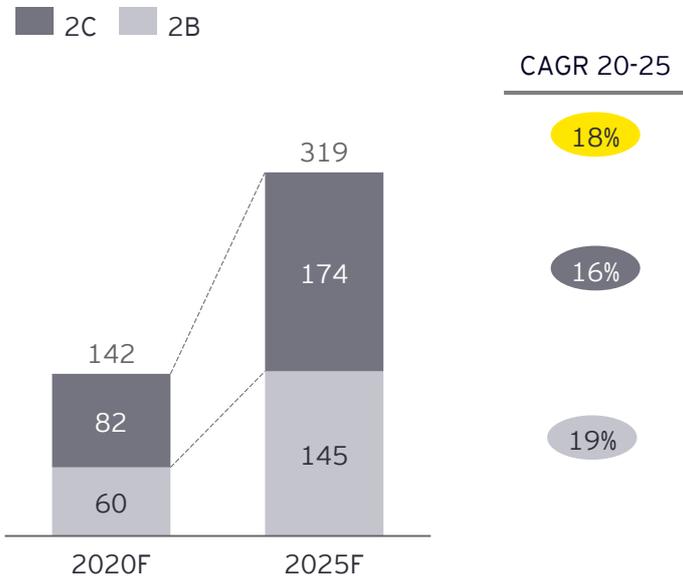
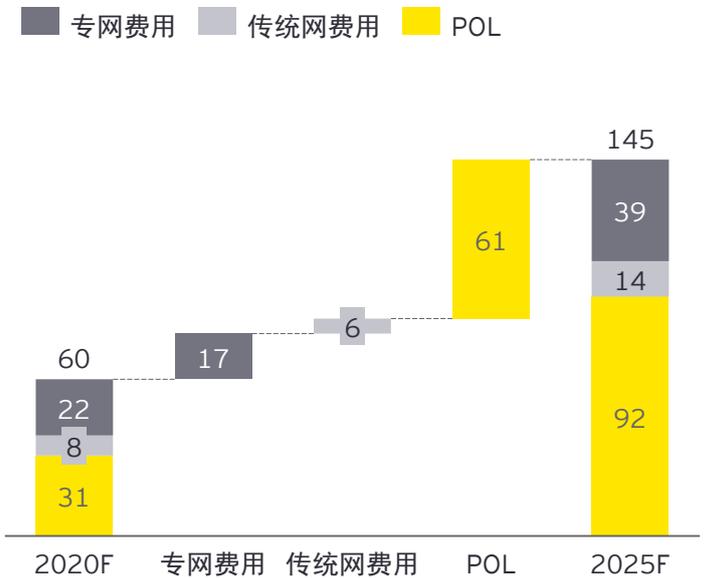


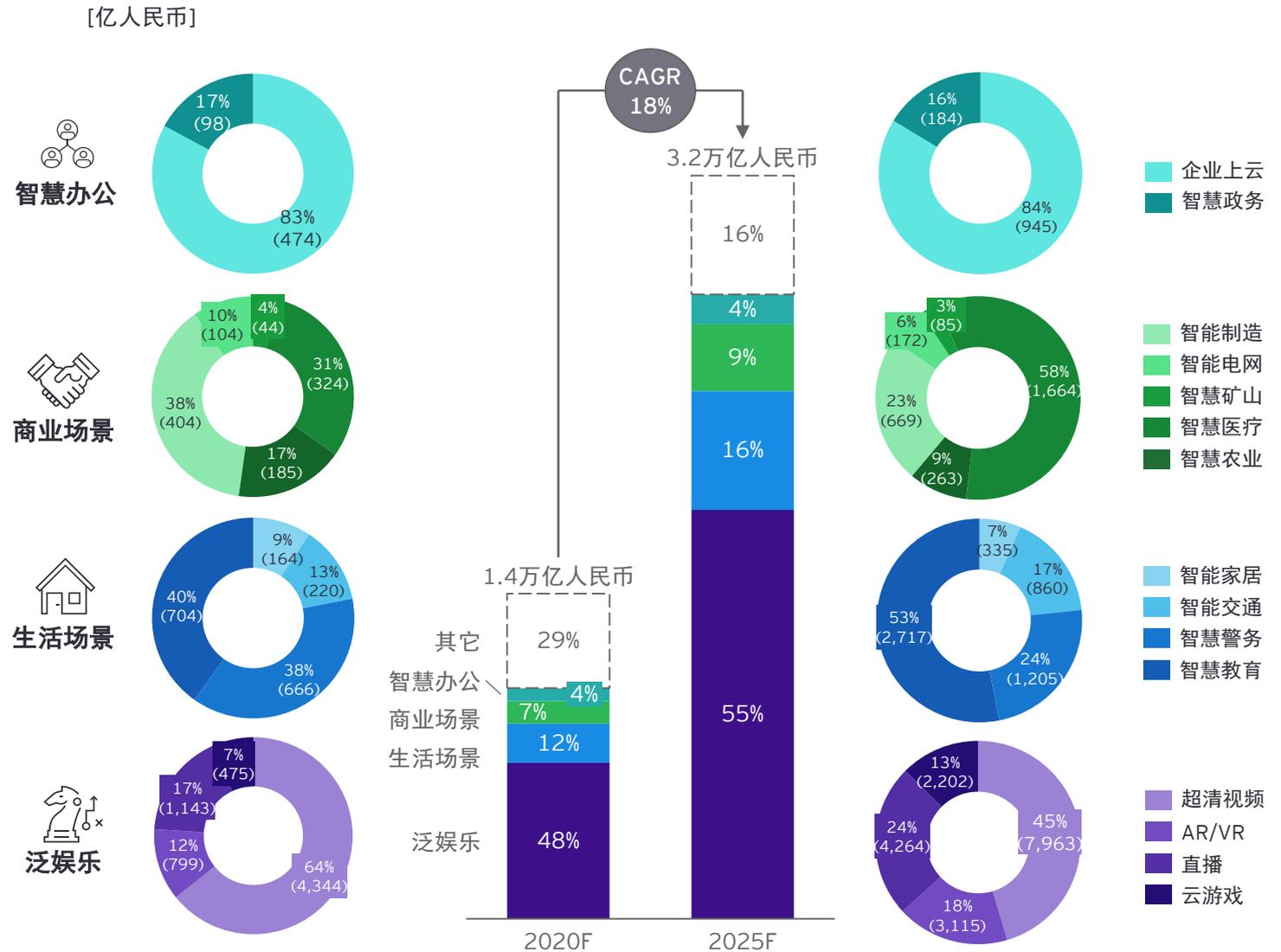
图55：B端市场下游收入规模 [百亿人民币]



资料来源：Transparency Market Research，安永分析

不仅如此，新兴场景对于2C端光通信市场的带动作用愈发集中。2020年，整体光通信下游收入规模上涨主要受四大新兴场景带动，其中泛娱乐的推动作用最为明显，占总体的收入规模预计将从2020年的48%上升到2025年的55%。泛娱乐场景受用户需求驱动，整体增速较快，其中超清视频的整体占比最大；但从增速来看，VR/AR、直播和云游戏整体的增速更快。此外，生活场景和商业场景，主要受政策影响增速较快，其中智慧教育与智慧医疗，较其他场景具有更高的增速。（见图56）

图56：不同新兴场景带动全球固网光通信市场规模



资料来源：安永分析

从国家梯度来看，三个梯度的国家对光通信下游收入规模的增长均做出大量贡献，第二梯队国家增速略高于第一和第三梯队。

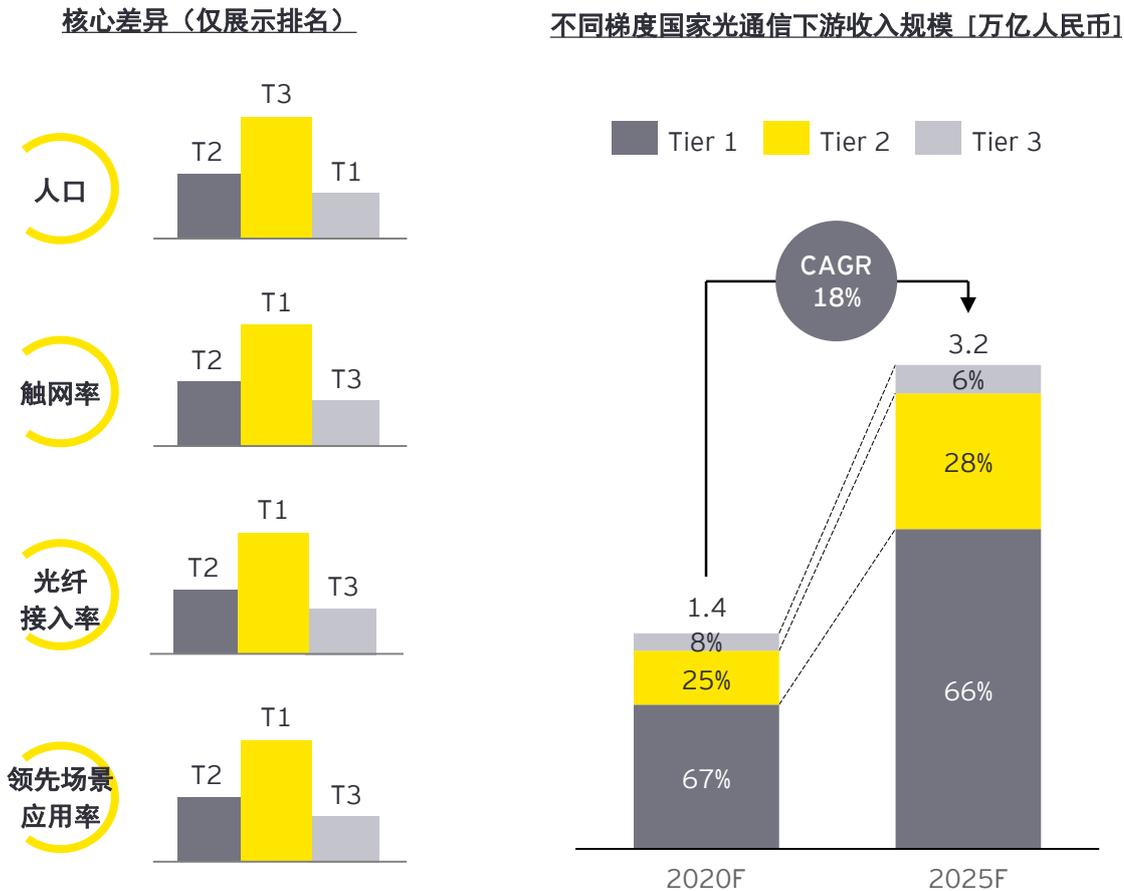
第一梯队国家指人均GDP大于12500美元的国家，覆盖总共55个国家，如韩国作为亚洲四小龙之一，触网率高达97%，光纤接入率达76%，位居世界通信前沿。第二梯队国家指人均GDP为4000-12500美元的国家，共包括50个国家，例如巴西，金砖五国之一，世界第七大经济体，工业基础雄厚；第三梯队国家指人均GDP小于4000美元的70个国家，例如肯尼亚，作为非洲工业化程度较高的国家，经济体系虽然薄弱，但未来有着很大的发展潜力。

小结：

新兴场景需求的持续增长，受新冠疫情的影响将进一步加速。为了减少互相之间的接触，更多的远程场景被激活，如远程教育、远程办公等。

这类场景需求的爆发性增长带动了智能医疗、智慧教育、智能制造等新兴场景的加快发展，同时带动了在网络通信方面的需求，为运营商带来了更多新的业务增长点。

图57：不同梯度国家光通信下游收入规模



资料来源：Oxford Economics, FTTH Council, 安永分析

资本助力光通信产业发展

随着F5G/5G带动光通信全产业链诸多行业的升级与发展，在光芯片、光模块、光通信设备等领域的投资与进一步整合将为光通信产业发展提供必要的资本支持，成为加快产业繁荣的助推剂。

产业链并购趋势与分析

伴随全球光通信产业转移，并购市场规模上升较快。同时，随着国内领先企业纷纷加码收购国外厂商以及国际通信产业的蓬勃发展，并购市场迅速升温。

整体并购市场短暂受挫，但长期乐观向好

根据S&P Capital IQ公开并购与交易信息数据库统计，纵观光通信产业上中下游，2019年受资本寒冬影响，整体并购市场较2018年下降了超过50%，但随着整体市场的回暖，2020年有望重回甚至超越2018年的投资金额。（见图58）

从产业链环节来看，下游环节并购规模较大，但是受资本寒冬影响出现了较大规模的波动；反观上游环节受资本寒冬影响较小，持续保持高热度；中游环节受各类光纤资产利好，占比和并购规模均有明显的上升。

受光通信市场持续整合的影响，产业集中度进一步提升，虽然交易数目有所减少，但是交易金额有大幅提升（见图59）。与此同时，多家金融机构加快布局光通信产业，行业前景整体乐观向好。

图58：光通信产业链各环节并购交易金额，2017-2020.8 [亿人民币]

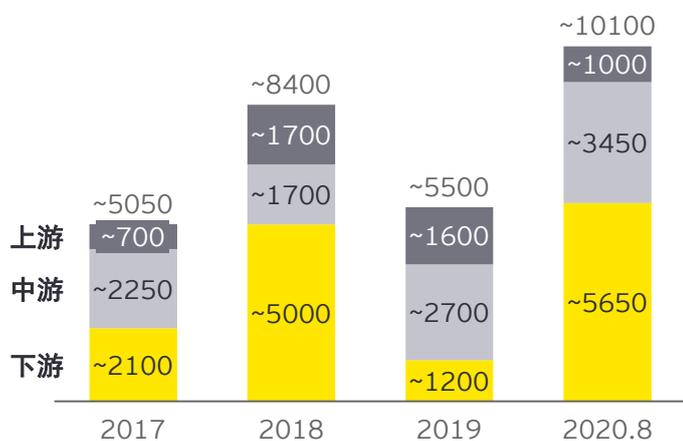
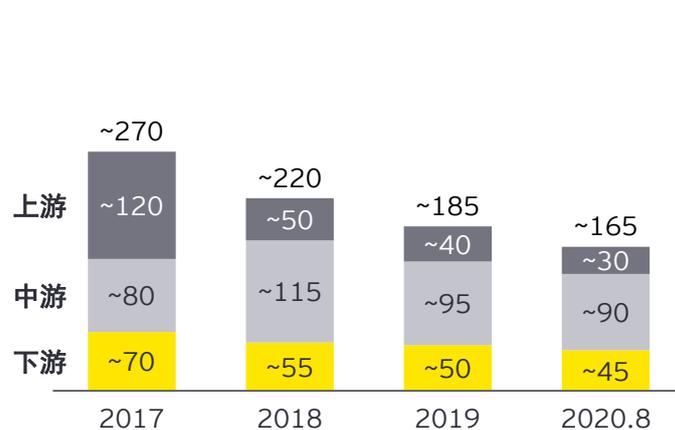


图59：光通信产业链各环节并购交易数量，2017-2020.8



资料来源：S&P Capital IQ，安永分析

产业链上游：市场热度不减，跨产业链企业备受青睐

随着产业整合的进一步加剧，部分运营较为健康的初创企业在经历多轮融资后，为获取更大规模的资金用于市场扩张与技术研发，会进行并购项目融资。截至2020年9月，全球光通信产业上游并购规模热度不减，且跨产业链上下游的标的企业投资热度较高，其次芯片及器件生产企业也受到了资本的青睐。（见图60）

伴随着全球光通信产业的转移，光通信并购市场规模整体处于高位，国内领先企业纷纷加码收购国外厂商带动整体上游市场的投资热度。2020受全球疫情影响，全球并购有所降温，但伴随着经济复苏，有望进一步提升。

从交易数目来看，自2017年之后交易数量有明显的下降，但是单笔交易的规模却有显著上升。值得一提的是，不仅是横向整合，产业链各环节龙头的垂直整合也在进一步加剧，如：II-IV收购Finisar，这也预示着上游的寡头格局正在逐渐形成。（见图61）

图60：光通信产业链上游并购交易金额，2017-2020.8 [亿人民币]

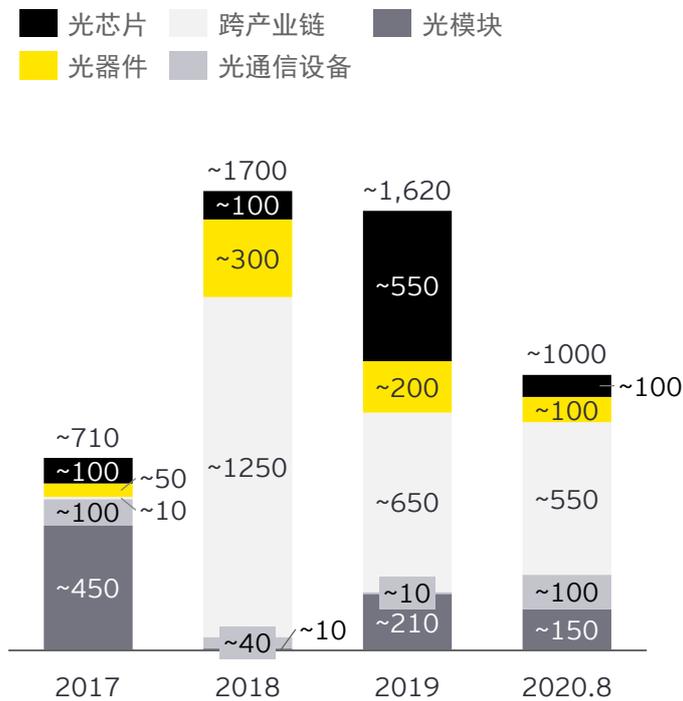


图61：光通信产业链上游并购交易数量，2017-2020.8



资料来源：S&P Capital IQ，安永分析

产业链中游：短期受挫，长期投资热度很高

聚焦光通信产业中游，2018整体并购金额有所回落，但受光纤海缆和通信铁塔等需求的迅猛上升，截至2020年8月已远超过去年全年投资规模。

从产业链环节来看，光纤海缆及通信铁塔约占中游并购市场的~80%。得益于光纤资产收益稳定、投资周期较长、切换成本高等特点，光纤、通信铁塔资产受到了大量资本的追逐。与此同时，数据中心的热度也在逐渐攀升，2020年更是由于Digital Realty以84亿美元收购Interxion公司，使得数据中心成为了万众瞩目的焦点。（见图62）

从投资数目来看，光纤/海缆和数据中心的数量远高于通信铁塔，原因在于越来越多的下游应用场景企业及资本玩家看好光纤资产，跨界进入光通信中游，带动光通信中游投资热度激增。通信铁塔虽然交易数量较少，但是由于其重资产属性，单笔交易金额较大。（见图63）

图62：光通信产业链中游运营商并购交易金额，2017-2020.8 [亿人民币]

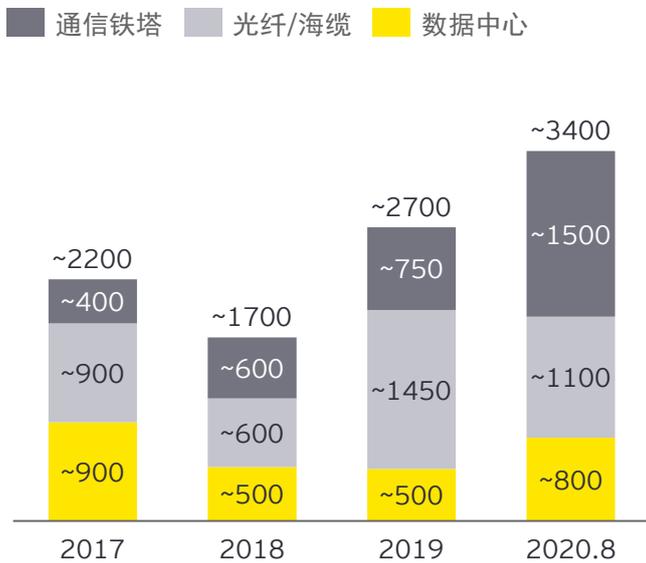
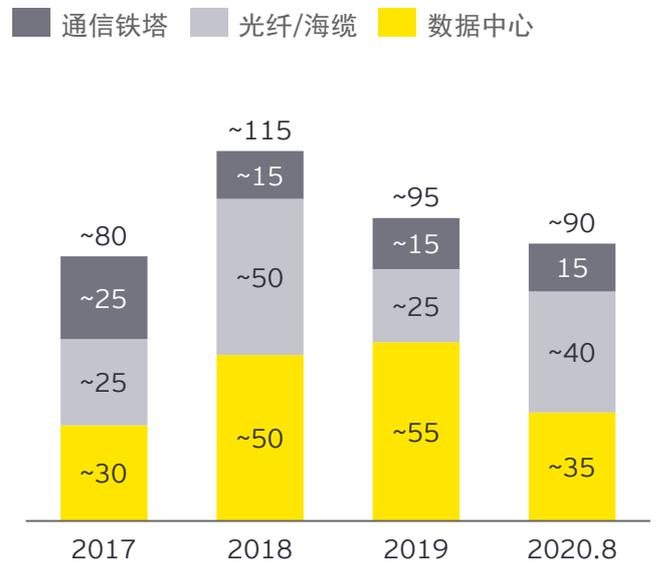


图63：光通信产业链中游并购交易数量，2017-2020.08



资料来源：S&P Capital IQ，安永分析

产业链下游：资本寒冬解冻，市场整体回暖

光通信产业链下游，全球运营商正在进一步急速整合，虽然2019年受资本寒冬影响有短暂的停滞，但目前看来，寒冬已过，市场整体已经回暖。

运营商之间的整合仍为产业链下游的主旋律，如2018年和2020年受益于Vodafone、Virgin Media等企业的大手笔并购，带动光通信下游投资热度激增。运营商寡头化的趋势也使得交易数量同比有所下降。（见图64、65）

但与此同时，越来越多的金融机构，如股权投资公司，也正在跃跃欲试加码光通信市场，如CIH Telecommunications Americasd等企业通过收购英国电信的海外资产，取得了其在拉美、西班牙等多地的相关业务。

小结

2019年光通信产业受资本寒冬冲击，虽然2020全球受疫情影响，经济一度停摆，但全球光通信并购市场并没有进一步受挫，整体看来反而有所回暖。同时越来越多的金融机构进入光通信产业，更是为市场注入了一剂强心剂。光通信产业虽然受到短暂市场波动影响，但长期看来具有较高的投资前景。

图64：光通信产业链下游运营商并购交易金额，2017-2020.8 [亿人民币]

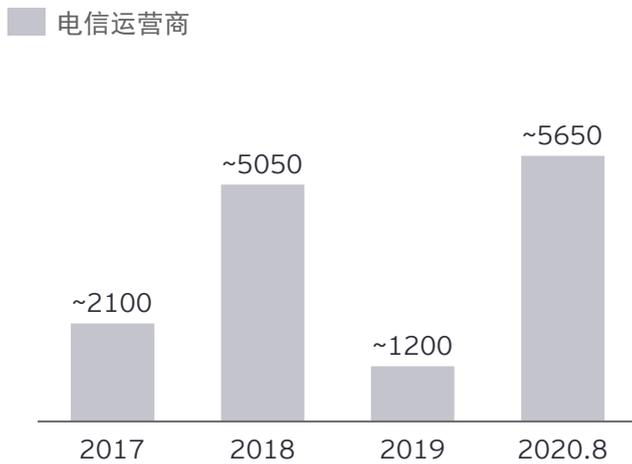
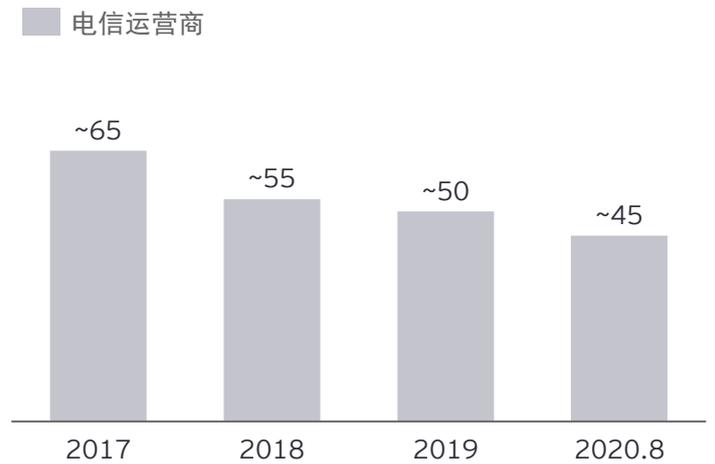


图65：光通信产业链下游运营商并购交易数量，2017-2020.8



资料来源：S&P Capital IQ，安永分析

初创企业孵化投资趋势与分析

光通信产业初创公司相关的投资受F5G与5G的利好及“万物光联”等概念的兴起，产业热度与关注度一直居高不下。通过对全球投资交易数量和金额的分析可以发现，随着产业升级，越来越多的初创公司走向产品与商业模式的成熟：2018年大量Pre-A轮（种子轮、天使轮）交易涌现，到2020年将以A轮到B轮、C轮跟投资为主。总体来看，光通信产业仍有待较多的资本注入，以帮助初创企业快速增长，且对于光通信产业初创公司的投资前景广大。

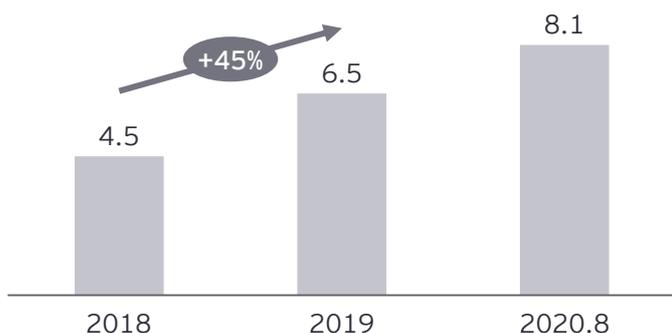
根据光通信产业链与金融市场，可以从投资规模、交易数量、融资轮次和产业环节多个维度进行具体分析。

交易数量与金额稳步增长，市场逐渐升温

根据Crunchbase初创公司及投资机构生态企业服务数据库统计，光通信产业链投资升温。通览全球，随着众多国外企业在高速率光器件与硅光子芯片等关键技术取得突破，投资者对于整体市场更具信心，带动整体投资规模显著上升。聚焦国内，面对国内高端光芯片企业供需端的不平衡，进一步催化国内光通信产业供应链发展，相关“新星”企业受到了大量资本的青睐。

从交易金额来看，2018年光通信产业链已成为产业投资热点，全年投资总金额为4.5亿美元；到2019年，产业投资迎来较大程度增长，全年投资规模约为6.5亿美元，同比增长~45%；2020年投资金额进一步扩大，截至9月投资规模已超过去年全年的投资总额，达到约8.1亿美元。由此可见，光通信产业升温并逐步受到国际市场资本的青睐。（见图66）

图66：光通信产业投融资规模，2018~2020.8 [亿美元]



资料来源：Crunchbase，安永分析

投资由Pre-A轮（种子轮、天使轮）向A轮及后续B/C轮发展

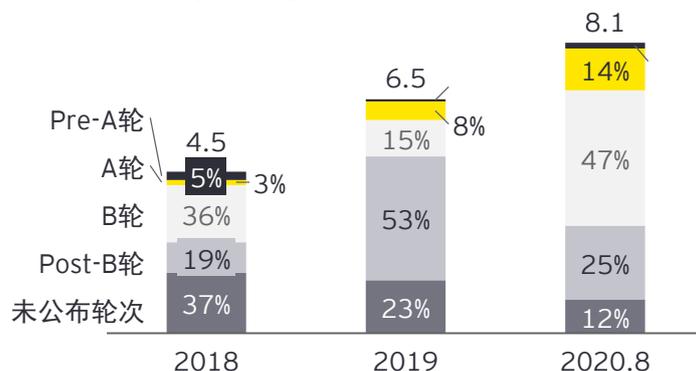
随着光通信产业逐步走向成熟，光通信产业投融资规模增加，助推全产业发展。初创阶段，光通信企业主要以打造核心技术及团队成员为主，在吸收了投资者的资金后，用于实现技术产品的商用化与维持公司起始阶段的运营。此阶段的项目融资金额一般是规模较小的百万级别，如2018年，受新兴初创企业影响，种子轮与天使轮投资较多。

伴随光通信企业逐步拥有成熟产品、完整商业闭环和稳定下游后，A轮融资数量逐步攀升，企业通过进一步融资，加速有竞争力的光通信器件等产品的孵化，从而占据有利的市场地位，但此时标的公司可能还未实现盈利。

经过第一轮风险投资后，公司已基本度过起步阶段，其商业模式已初步成熟，有些甚至已经得以验证或开始盈利。此时，公司引入股权投资公司或B轮融资，部分高速发展企业或龙头企业甚至进入C轮融资，以达到进一步拓展新业务。在光通信产业，2019与2020年种子轮投资明显减少，而A轮、B轮与C轮融资交易量增加，说明该领域初创企业已逐步形成商业闭环与稳定的产业链位置，总体产业正在逐步进入成熟阶段。

从投资轮次来看，伴随着初创企业产品和商业模式的逐渐成熟，投资趋势呈从Pre-A轮（种子轮或天使轮）向A轮及后续B/C轮逐渐发展。到2020年9月，B轮投资占总投资47%，Post-B轮约占25%。（见图67）

图67：光通信产业链不同轮次投融资规模，2018-2020.8 [亿美元]



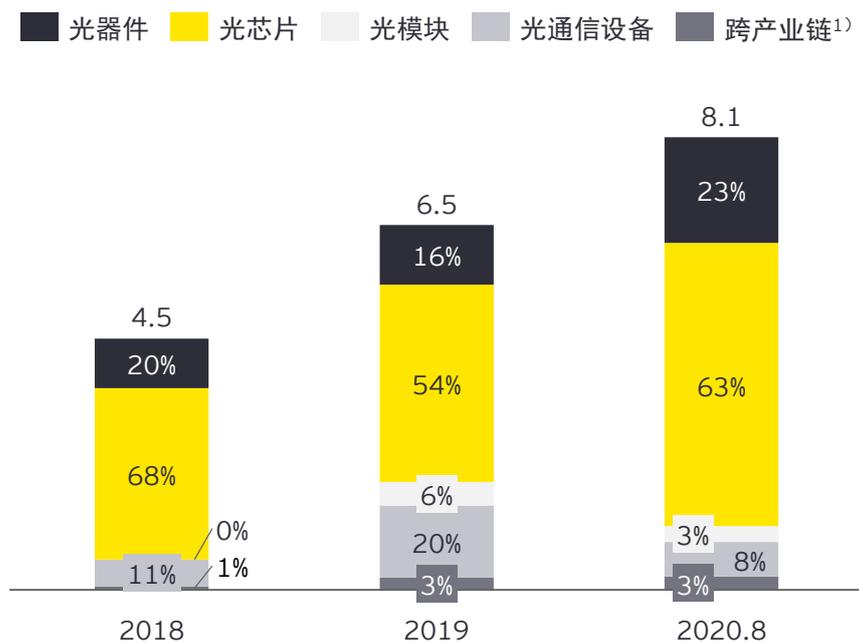
光芯片、光模块与通信设备为主要投资方向

光通信制造产业链包括芯片、器件、模块、通信设备等多环节，其中芯片产业环节投融资市场较热门，且产业增长也较快。整体而言，受全产业链升级的带动影响，产业各环节在投融资方面均有增长。整体来看，2018-2020年市场交易规模总量稳步上升且主要集中在芯片和器件的产业环节。（见图68）

小结

伴随着步入“光联时代”，大量光通信行业初创企业出现并引领了第一波种子轮投资热潮。随着5G/F5G技术的发展，光通信产业进入稳步扩张阶段，在各产业环节尤其是芯片与器件领域受到大量资本的青睐，社会资本的不断涌入反过来推动产业进步，从而形成正向反馈闭环。

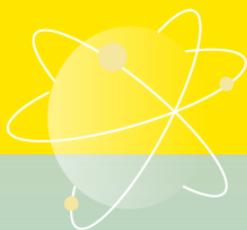
图68：光通信产业链不同环节投融资规模，2018-2020.8 [亿美元]



注：1) 标的公司涉及产业链多个环节

资料来源：Crunchbase，安永分析

第五章 产业启示



站在光通信产业高速发展的风口，中国应该如何乘风而上，在维持高速发展、领跑全球的同时打造完善的支撑体系，构建健康的产业全生态系统，基于未来市场需求不断挖掘并落地各类应用场景，从而真正实现“光联万物”。

一粒种子成长为参天大树离不开合适的土壤，适宜的光照、温度、湿度保障下的光合作用，以及科学施肥所提供的充足的养分刺激；一个产业的成长成熟亦是如此：需要政府的宏观支持给予肥沃的土壤，需要产学研研合力产生的光合作用，需要充足且适宜的投资来刺激产业快速的规模化发展。

那么对于中国光通信产业来说，其良性的发展需要哪些必要因素呢？“他山之石，可以攻玉”——通过对海外成功经验的对标分析和趋势把握，我们总结出了中国光通信产业在宏观支持、产业生态、投资机遇这三个方面的启示。

产业的发展离不开政府的宏观支持

作为“新基建”的核心之一，中国光通信产业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，未来的高速增长尚待国家更为全面的战略支撑。

他山之石：美国“信息高速公路计划”

90年代的美国在结束了持续近半个世纪的冷战之后面临国内经济增长乏力和国外竞争对手的迅速崛起所带来的双重巨大压力，其世界霸主的地位遭到动摇，亟需一针强心剂来恢复经济活力，重拾信心。“信息高速公路计划”应运而生，作为一项具有划时代意义的国家战略政策，不仅创造了经济奇迹、巩固了霸主地位，更是深刻改变了全球经济和生活面貌。

背景：内忧外患之下亟需经济刺激

冷战时期为了对抗苏联，美国在很长一段时间都是以提升军事力量为首要目标，“为国防而科学”，虽说极大地增强了军事实力，但是由于缺乏对民用科技的关注，严重制约了美国经济的发展，加上长期积累的巨额财政赤字和连年上升的失业率，冷战结束后的美国国内经济尽显疲态。

与此同时，国际竞争日趋激烈。德国、日本等新兴工业国家对美国霸主地位发出挑战，尤其是日本，采取科技立国的发展方针，在诸如电子信息、计算机、半导体等知识密集型产业上发力，自主研发能力得到巨大提升，技术实力达到世界一流水准，对美国的领先地位构成有力威胁。

内忧外患之下的美国迫切需要举国之力刺激经济的发展，来应对挑战、重振雄风。

激活经济不能缺少内在核心的驱动，而美国在当时具有绝对优势的领域便是信息技术，其信息产业起步最早、发展最快、实力最雄厚，早在70年代产业产值和从业人员就已经超过国民总产值和就业人数的一半，信息技术也已广泛渗透到各行各业。然而，美国信息技术水平和产业发展阶段仍停留在“点”与“线”的层面，未形成“面”，大规模全面化的发展与应用落地的行业拐点已至。

于是，在经济发展的需求、激烈竞争的压力、技术优势的驱动这三方面因素的共同影响下，克林顿政府出台了“国家信息基础设施”，又名“信息高速公路计划”这一自上而下的宏观战略政策。

执行：支柱性国策打造完善的支撑体系

为了保证该计划宏伟目标的实现和切实经济利益的达成，美国政府将之提拔到了“国策”的战略高度，不仅仅只是着眼于产业本身的发展，而是在财政、法律、行政、教育、外交等方面为产业发展“保驾护航”，打造出了一整套完善的支撑体系。

行政支持

- ▶ 专门成立“基本建设特别工作小组”，推动国会与企业的全方位合作，制定并执行国家信息基础结构部署所需的政策，解决突出争议等；
- ▶ 建立“美国国家信息基础设施顾问委员会”，收集各有关方面的意见，在国家信息基础设施发展的相关问题上给“基本建设特别工作小组”提出建议；
- ▶ 强调“全民服务”的施政理念，通过强化市场竞争等手段来保证所有用户都能以负担得起的价格来享用信息资源。

财政支持

- ▶ 对致力于研发与投资新兴产业的企业提供税收优惠政策，如给予企业研发信贷三年的偿还延长期、削减中小企业的资本收益税等，激发了企业投资基建的热情；
- ▶ 为减轻企业对长期投入的负担，由政府机构来主导从事金额过大、风险过高、投资回报周期过长的项目和长期研发工作，加速技术进步；
- ▶ 实施“高性能计算和通讯计划”，用巨额财政拨款支持信息技术的应用，促使医疗、教育、制造等各类场景实现信息化转变。

法律支持

- ▶ 改革通信法规，以立法形式增强竞争，确保市场的全面开放，鼓励相关行业企业进行联合和兼并以扩大规模；
- ▶ 评估版权法的实用性，并探索补偿版权所有者的方法，通过严格执行版权法和国际知识产权条约来保护知识产权；
- ▶ 通过政企合作推动通信网络的标准化制定，以及识别并改革可能妨碍产业发展与应用的法律法规。

科研支持

- ▶ 大力资助高校与科研机构的研发活动，积极推动产学研的深度融合；
- ▶ 为保障信息安全，政府与通信行业共同开发保护个人隐私的新技术；
- ▶ 进一步放宽引入海外优秀科技人才的限制，加强人才储备。

外交支持

- ▶ 致力于为国内企业开拓海外市场，协调企业的公平出口机会；
- ▶ 通过参加国际标准委员会等方式排除由各国标准不兼容所造成的贸易障碍；
- ▶ 审查国际国内贸易条例来解决企业进军海外市场的准入问题。

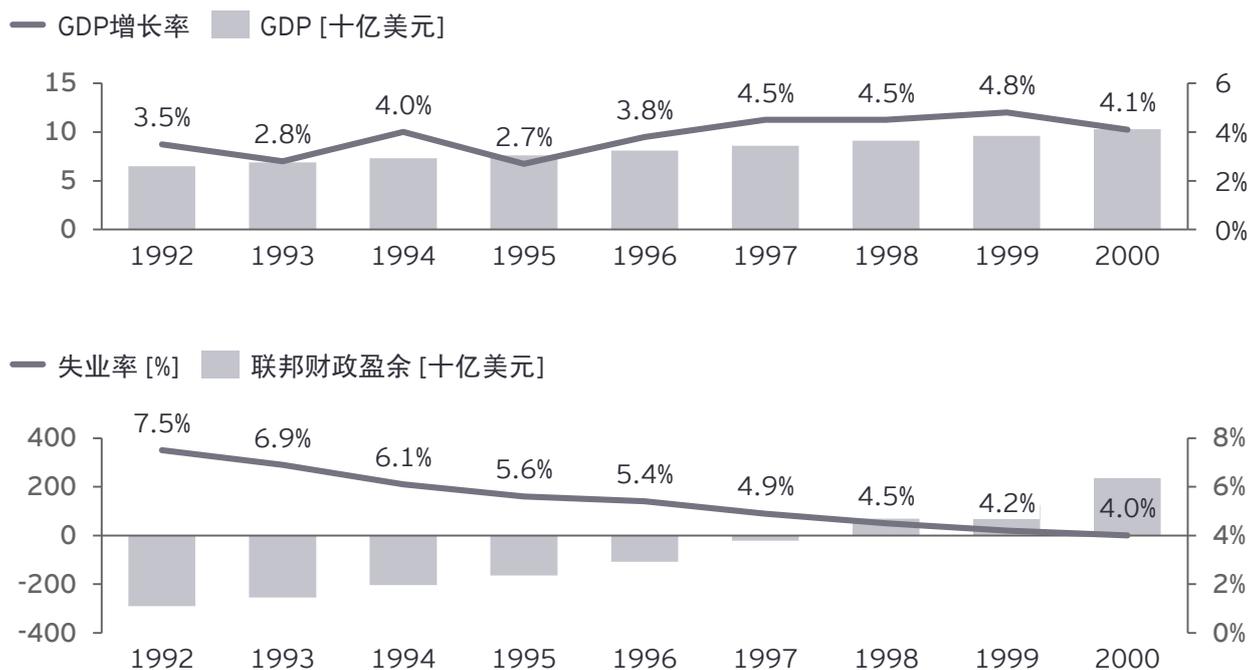
影响：经济腾飞乃至扭转国运的颠覆性变革

“信息高速公路计划”的逐步实施极具颠覆性，给美国带来的影响是极其深远的，甚至可以说是成功扭转了国运。

高增长、低通胀、低失业的经济奇迹

在“信息高速公路计划”实施后的八年里，美国经济实现了腾飞：GDP年均增速达到约4%，通货膨胀率基本控制在3%以内，失业率则降到了1960年代以来的最低点，联邦财政收支也从1992年创纪录的2,900多亿美元负债转变为2000年2,300多亿美元的盈余；美国经济迎来了“黄金时期”。（见图69）

图69：美国经济的“黄金时期”



资料来源：Statista，案头研究，安永分析

生产效率稳步提升，产业升级步伐加快

信息技术的快速发展及信息基础建设的日益完善大大提高了国民经济各部门的生产效率，1990-2000年美国劳动生产率增幅为每年2.3%，几乎是1979-1990年增幅的两倍。（见图70）

同时美国信息产业迅速壮大，第三产业基于信息产业建设不断增长，产值占美国GDP的2/3以上，遥遥领先于第一、二产业的产值，促使美国先进入以服务业为主的后工业社会。

改变国运，成为当之无愧的世界霸主

这一场由美国发起的“新经济革命”席卷全球，深刻地改变了人们生产方式、生活方式、工作方式、沟通方式……从此全球进入“信息时代”。美国也由此极大地提升了国际竞争力，重塑了与全球的关系，巩固了其世界霸主的地位，真切地扭转了冷战后疲惫走低的国家运势。

启示：产业性政策有待提升至“国运”高度的支柱性政策

光通信产业迎来历史机遇，发展离不开政府宏观支持

对照90年代的美国来看现今的中国光通信产业——

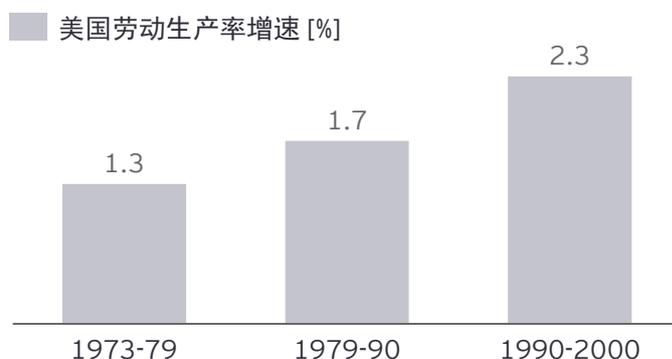
内部环境：受疫情影响面临严峻的经济挑战，保民生稳就业成为政府工作首要目标。

外部环境：国际形势错综复杂，中美关系不断恶化，科技发展受到打压制约，迎难而上建设世界科技强国成为发展主基调。

核心驱动：中国在通信技术上的进步迅猛，产业发展领跑全球，在内外环境的双重压力下迎来历史机遇，作为基础设施保障的F5G，是“新基建”各重要领域的发展底座、是支撑国家“新基建”的核心抓手。

我们有理由期待光通信产业的未来发展也能对提振国民经济，甚至是改变中国国运产生重大影响。而这一未来，离不开国家在宏观层面的战略支持，是产业发展不可或缺的肥沃土壤。

图70：美国劳动生产率稳步提升



资料来源：Bureau of Labor Statistics，安永分析

产业型政策有待提升至支柱型政策，完善支撑体系是关键

通过对美国政府在“信息高速公路”建设中所起到的作用分析得出，当国家的宏观支持上升到“国运”高度，成为支柱型政策，对于整个产业的发展起到了革命性的推动作用，是美国长期保持领先的原因。

再看中国光通信产业现状，政府已经出台了一系列推动下游产业落地的政策，对产业发展起到了许多积极性的作用。但是这些政策主要还是产业型的，其高度与美国相比仍存在一定的差距，有待进一步提高，向支柱型政策转型。

支柱型政策的关键在于打造完善的支撑体系，成为土壤、夯实基础，为产业健康成长保驾护航。中国光通信市场形势一片大好，但依然需要大量的人力与资本投入以及大力的国内国际宣传造势，需要制定统一的标准体系以及相关法律法规和政策引导，需要紧密的政企合作来充分调动市场活力以及开拓更广阔的海外市场……这些都依赖政府从行政、财政、法律、科研、外交等方面给予宏观支撑，形成合力，从而带动整个产业在不同阶段仍然保持高速且良性的发展。

产业生态的建立离不开产学研体系的供血

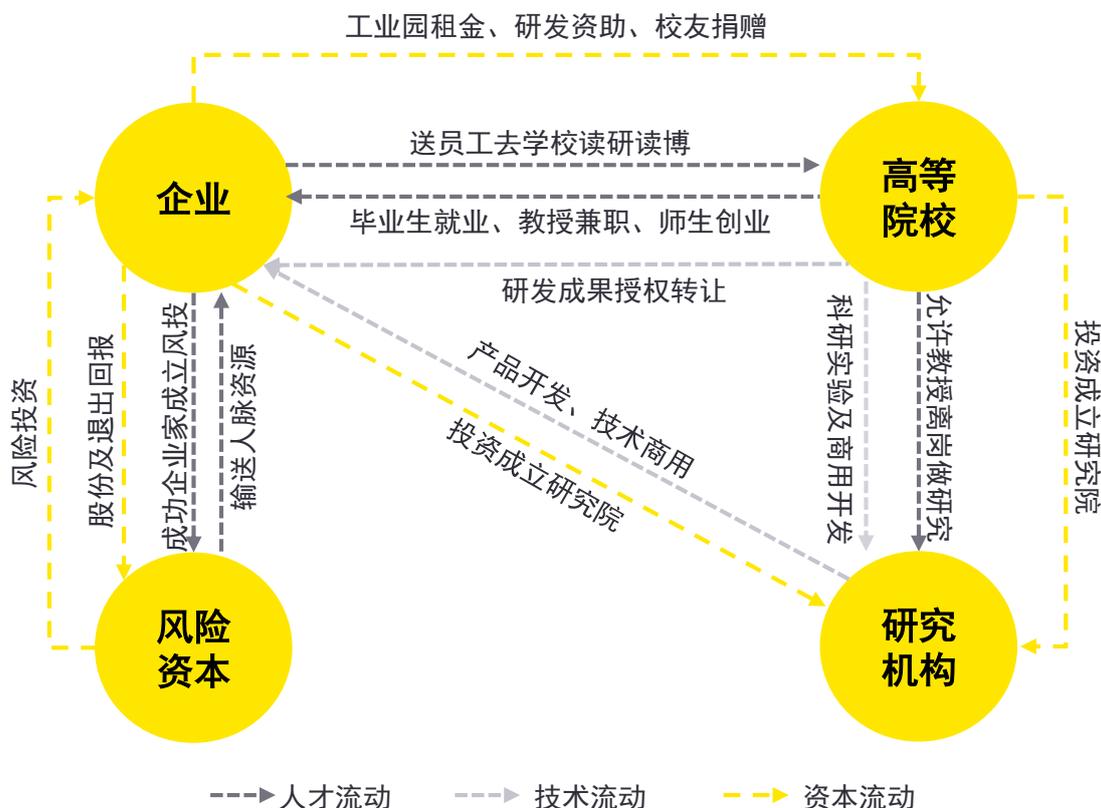
政府的宏观政策为产业发展打好了基础铺好了道路，但并不能成为发展主导，产业的茁壮成长还得要靠业内企业、高等院校、研究机构和资本紧密结合形成的生态系统，使能产业进行自主光合作用，为发展持续供血。

硅谷之所以能一直保有创新活力，主要成功因素在于形成了一套完整的创新生态系统闭环。其中，企业、高等院校、研究机构和风险资本紧密地结合在了一起，促进了高端人才、科学技术和资本在区域内的灵活流动，激发了各方的创新潜力和创新热情，从而驱动了整个区域产业的高速发展。（见图71）

他山之石：美国硅谷产学研生态体系

美国硅谷自上世纪70年代开始成型，逐步发展成为世界上新兴工业最为密集的区域，持续引领全球信息技术、生物医药、新材料、新能源等多领域科技发展，至今仍是全球最大、最活跃的创新中心。

图71：硅谷产学研生态系统



资料来源：案头研究，安永分析

人才的流动：资产学研的紧密合作、互利共生孕育了浓郁的创新氛围，促使人才灵活流动和快速成长

1) 大学鼓励老师学生积极投身科研和创业

学校允许教授有1-2年的时间脱离岗位，专门从事研究、去硅谷创业或者到企业兼职，学校将保留其职位；同时为学生创业提供各类优惠政策，在课程设置上也重视创业教育，形成了敢于创新创业的浓厚氛围。硅谷内有一半以上的高科技企业都是由斯坦福大学的教授和学生创办的。

2) 企业与高校合作吸纳并持续培养大量高端人才

硅谷的企业为学校师生提供实习、就业和开发基地，每年吸纳大量来自硅谷各院校机构的高精尖人才；同时，企业在人才的持续培养上也与高校紧密合作，支持企业员工带薪读书，获得高校研究生或是博士生学位，提升企业人才的整体水平，为企业的蓬勃发展持续供血。

3) 资本的大量投入鼓励了人才的流动

资本的投入成为院校和企业在全世界范围内吸引高端人才流入的有力武器，从而极大地丰富了硅谷的人才库。高额的工资、股权激励以及风投金额进一步刺激了人才在企业间的快速流动。据硅谷指数统计，每年企业间的人才流动保持在20-30%。人才的快速流动加大了企业间的知识溢出，提升了区域创新活力。

技术的流动：创新生态系统的运作加速了科研技术成果的迅速商用转化

1) 学校为技术转化提供了宽松的政策和系统的流程

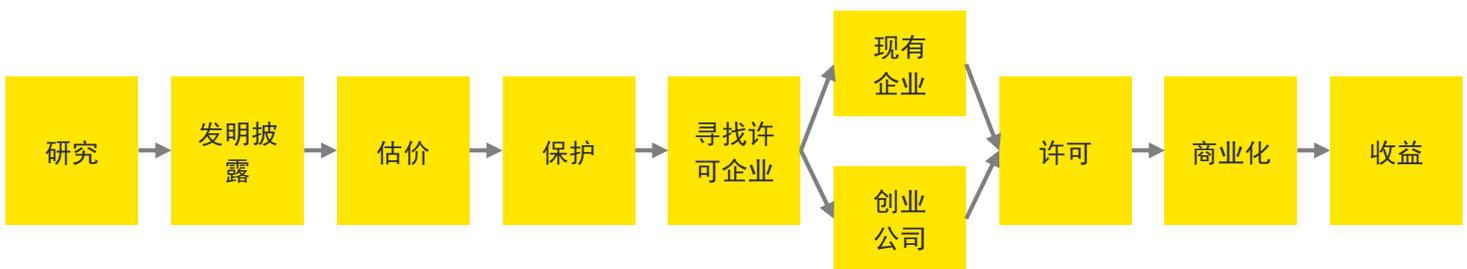
学校成立技术转化中心，统一为校内各项科研成果申请专利并为师生和企业牵线搭桥，实现技术成果的迅速转化。（见图72）

这一流程支持学校师生将研发成果授权给企业或者成立创业公司，实现技术的商用落地，每个环节的详细规范最大限度地保障了转让双方的利益，促成了合作。同时，技术成果的转让也给学校带来了巨额的商业利润，让学校有实力在人才和科研中投入更多，形成良性循环。

2) 研发机构缩短了技术从研发到市场的距离

企业和学校出资成立各类研究机构，架起了技术从研发到市场的桥梁，一方面给学校的基础科研提供进一步商用开发和实验的条件，一方面接受企业提供的市场需求反馈，使得技术在转化的过程中能以市场为导向，提高转化效率，节约转化成本。

图72：技术成果转化的流程——斯坦福大学技术转化中心



资料来源：案头研究，安永分析

资本的流动：成熟的风险投资体系促使硅谷的创新潜力得以发挥

初创企业与风险资本的相互成就

资本是硅谷创新生态闭环中非常重要的一环，创新源于科技，但成功则得益于资本。风险投资为高科技企业的孵化和成长提供了大量稳定的资金支持，同时也为企业带去了成熟的管理经验、丰富的人脉和市场资源，甚至是深度参与经营，扶持企业快速成长。而企业成功所带来的高额回报也进一步刺激了投资热潮，促进了资本的聚集与繁荣。

在这个相互成就的过程当中，资本凭借着对市场的敏锐嗅觉对大量的初创企业进行筛选，被投资的均是那些技术能迅速落地、产品能打动市场的优质企业，这也就加速了区域内企业的优胜劣汰。

优秀企业和个人为创新发展反哺资金

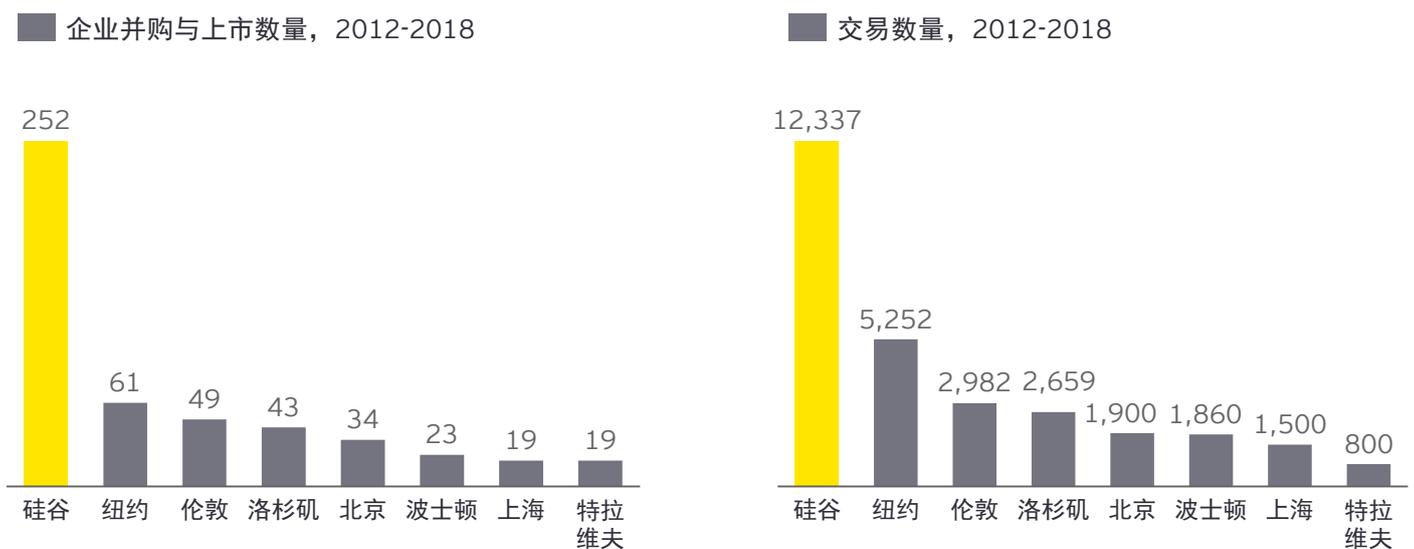
企业除了回报投资人，也会将大量资金再投入到高校和研究机构中去，或是通过不断并购新的创业公司来维持创新活力。

创业成功的企业家们除了成立自己的风投公司以外，还有为母校捐赠的传统，让学校有足够的财力去聘请各学科高精尖人才，去完善各类高端研究中心的打造，从而激发学校整体的科研创新潜力。

影响：成为全球最大最活跃的创新中心

硅谷产学研一体化的创新生态体系促成了人才、技术和资本的灵活流通，孕育了良好的创新氛围，至今仍然是全球最大最活跃的创新中心。根据硅谷指数报告2020显示，2019年硅谷职工人均附加值高达24.1万美元，较2001年增长了53%。2018年硅谷一共注册了18,455项专利，其中通信领域专利数量为5,219，较1998年增长了6倍，其占总体专利数量的比例在过去二十年间由21%增长到了45%。就区域内企业的资本密度来看，硅谷也一直处于世界首位。（见图73）

图73：硅谷成为全球最活跃的创新中心



资料来源：Silicon Valley Index 2020，CBInsights，案头研究，安永分析

启示：基于产业自身基因盘活人才、技术与资本，构建产学研合作生态

从目前的发展阶段来看，中国光通信行业的产业生态尚显不足，产学研合作体系还未形成。这是由于学研成果转化难度较高，距离商用化还存在一定的距离；二是由于F5G的变现能力较弱，资本关注度较低。因此，想要加速技术成果的迅速转化和商用场景落地，搭建成熟的产学研一体化生态体系势在必行。

硅谷的创新生态最大限度地激发了人才、技术和资本的灵活流通，孕育了创新氛围，挖掘了创新潜力，是产业良性发展的“光合作用”，非常值得借鉴。但借鉴并不是单纯的拿来主义，博采众长也需要结合自身发展的基因和痛点进行有针对性的采纳。

首先，搭建产业生态需充分考虑自身基因，发挥优势。

对比来看硅谷和中国创新产业集群（如武汉光谷）的生态建设模式，一个显著的差异在于，硅谷是由市场为主导的，而光谷则采取的是政策先行、自上而下的模式，这主要是由双方基因的不同所决定的。

硅谷区域内的高校、企业、研所、资本基本都是私立的，受市场需求和经济利益的驱动达成紧密合作关系，自发形成创新生态；政府的角色则在于外围辅助，用政策和法律体系为其发展贡献一个相对宽松成长环境。

光谷区域内产学研各机构的国有比例则相对较高，合作多有自上而下的指导和扶持，政府在优势产业确立、全产业链条的打造与服务、研究方向引导、龙头企业聚集、企业孵化支持等多方面躬身参与，强力助推产业生态的建立。这一模式的优势在于能集中力量办大事，大大缩短了生态建设的时长，让产业发展少走弯路。光谷生物城从获发改委批复到建立产业集群生态只用了短短八年时间，而硅谷创新生态形成的时间跨度则是几十年。

因此，中国光通信产业生态的打造一定不能忽视这一优势基因，要合理利用政府所提供的政策、法律、金融等各项支持，充分发挥政府的牵头作用，迅速集结产学研并推进深度合作。

其次，产业生态需着眼于发展痛点有针对性地补足完善。

我们认为，目前中国光通信行业的发展痛点主要有两个：

- ▶ **离市场较远：**自上而下的产业生态模式能加速产学研聚集，但是带来的问题是学研主要靠政策驱动，市场驱动的情况较少，研发缺乏来自市场需求的反馈，成果较难转化变现。
- ▶ **创新投入不足：**即产学研中的“资”相对较弱。产业发展靠头部企业的资金投入和政府的资助，资方还未大量入场，市场缺乏稳定的充足的资本支持。

为解决发展痛点，产业生态的建设应将重点放在“资”的打造上。资本是受利益驱动的，带着敏锐的市场嗅觉，它们的入场首先能带动的是下游应用场景的蓬勃发展。无论是泛娱乐行业还是商用和生活场景的智能网联化，都需要光通信5G/F5G的赋能，因此下游生态的建立能激发出对光通信产业的整体市场需求，加快技术商用的步伐，从而从根本上解决当前产业离市场较远的痛点。其次，资本的大量注入将解放企业的手脚，让它们有更大的底气和意愿在高端人才和长期研发创新上投入资源，盘活产学研协作，增加产业中人才和技术的流动性。再者，一套健全的投融资机制也能加速产业的优胜劣汰，避免资源浪费，保障产业健康成长。

关键应用场景的投资将为产业发展提供养分

除了光通信产业链本身，F5G的高带宽、低延时、高容量的特性为诸多下游行业的智能化提供了可能，并加快了这些新兴“智能+”场景的成熟步伐，而下游应用场景的欣欣向荣也将反向推动光通信技术群和产品更加快速且大比例的商用落地。资本则是这个发展过程中不可或缺的养分。

关键下游应用场景投资趋势与机会分析

关键下游场景投资热度的逐步抬升反映了市场对“光联时代”到来的信心。通过对全球和中国投资趋势的把握，我们可以观察到投资热度与场景成熟度是相辅相成的：与消费者息息相关的消费类、娱乐类场景相对成熟度更高，投资并购的数量和金额也就相对更高，呈爆发态势；而偏B端的场景对通信技术的要求较高，进入成熟期的时间较长，需要长期持续稳定的资本投入，因此投资热度相对较低，呈平稳态势。

根据光通信下游关键场景的投资热度，我们将其分为两类具体分析。（见图74）

高热场景

无论是泛娱乐还是医疗、教育和安防，消费者的强烈需求都是这些场景爆发式增长的源动力。消费者对生活品质的追求、对健康和安全的重视推动场景进入智能时代，而今年受新冠疫情的影响，线下流动大幅度减少，人们对居家线上娱乐、远程医疗、远程教育的需求变得极为迫切，极大地推动了这些场景的成熟进程。随着疫情对人们生活方式的影响逐步常态化，我们预计2C关键场景的投资热度将会持续下去。

▶ 泛娱乐场景

在所有关键场景中，泛娱乐的整体投资热度最高，其中直播和AR/VR最受资本青睐，在2018年迎来一波高位，但随后热度有所下降，反而是云游戏的热度呈上升趋势，预计未来投资机会广阔。

▶ 智慧医疗

智慧医疗是受市场和政策双驱动的，消费者在疫情的影响下对远程医疗有着愈发迫切的需求，而政府对公共卫生服务水平的不断增强也有着强烈的意愿，在双方的共同推动下，智慧医疗的发展将进入快速成熟阶段。而且，智慧医疗既有远程会诊、远程监护等近期场景，也有远程手术这样的远期场景，将随着技术的成熟逐步落地，因此能长期维持发展热度，不论是近期还是远期未来都拥有大量的投资机遇。

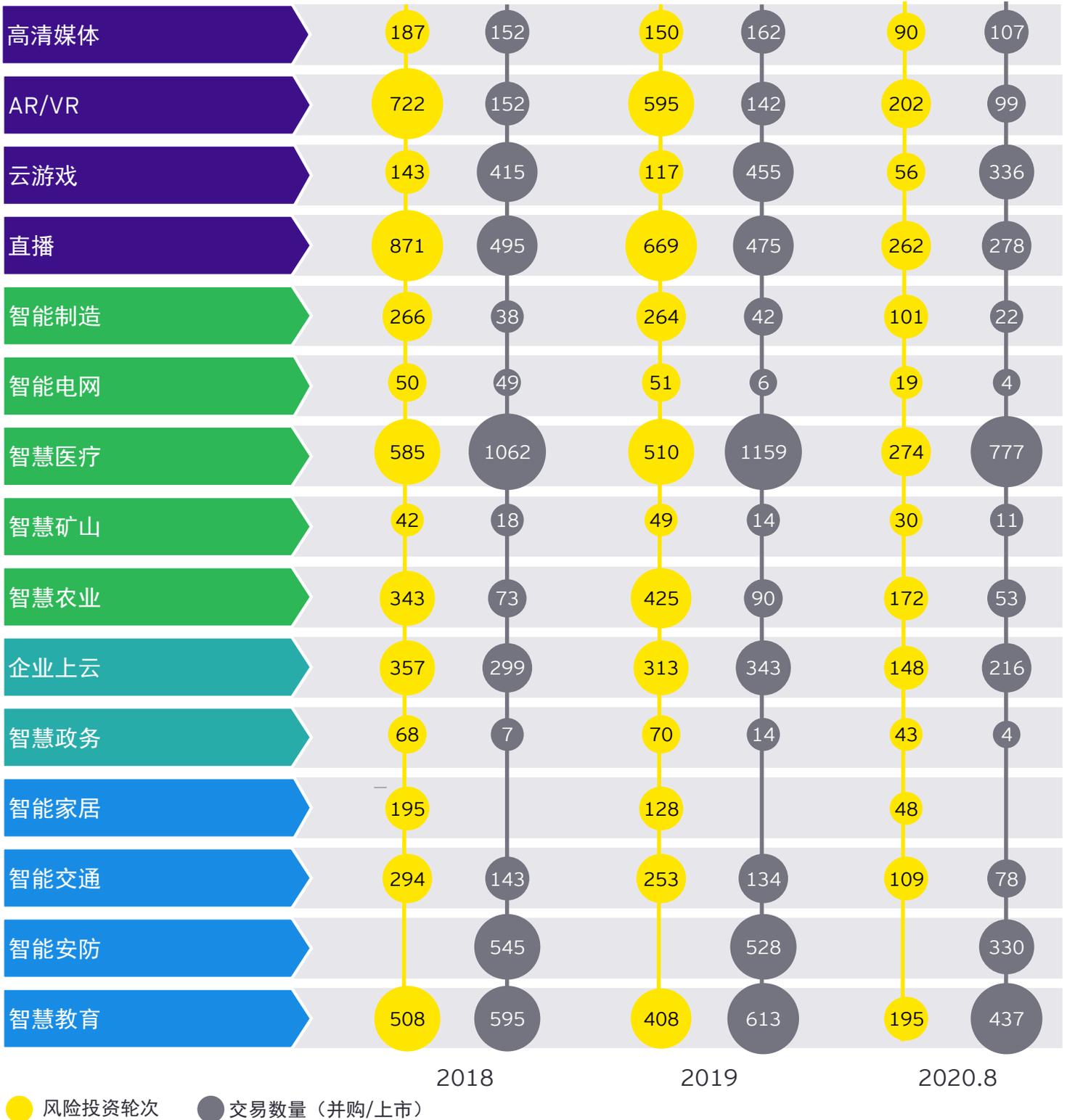
▶ 智能安防

智能安防分为公用和民用两大方面，公用的智能警务场景对超清视频监控和视频内容分析的需求量非常大，推动了技术应用的迅猛发展，而民用的场景除了安防监控，还与智能家居、智能监护等有交叉，发展潜力亟待释放。两方面需求的爆发带来投资的持续升温，未来投资机遇可期。

▶ 智慧教育

消费者对教育方式多元化以及教育资源打破地域限制的强烈需求驱动了智慧教育场景的快速落地，而且在线下教育受到疫情的极大制约的情况下，学校大规模采用线上教学，对新一代光通信技术大规模落地应用提出了迫切的需求。因此，我们可以看到，智慧教育场景的投资热度居高不下，且呈现增长趋势。即使未来疫情影响逐步消失，在享受到智慧教育场景带来的多元和便捷体验之后，市场对其的需求将依然会持续上扬，前景广阔。

图74：全球光通信应用场景投资热力图



资料来源：S&P Capital IQ, Crunchbase, 安永分析

潜力场景

对于偏B端的下游应用，如制造、交通、农业等领域，对技术的要求相对较高，且对智能场景应用的系统化有一定的需求，落地过程相对更为复杂也更漫长，因此需要长期稳定的投入，投资态势相对平缓，短期内不太会有爆发式增长，但未来潜力巨大，进入成熟期后市场体量不容小觑。同时，这类应用场景的发展受政策的驱动因素较多，在国家政府的大力推动下，将有可能进入快速发展通道。

▶ 智能制造

智能制造是对整个制造领域的系统性全面升级，是全要素、全产业链、全价值链融合的新制造体系和新产业生态，一旦解决了在工业互联网的融合上的一系列关键技术问题，巨大的市场潜力将得到释放。

▶ 智能交通

无论是车联网的搭建、新一代智能交通管理体系的打造，还是自动驾驶的终局，对关键技术的持续研发应用、城市规划与建设、市政及交通管理等方方面面都提出了极高的要求，并不是短期内就能实现全面落地的。但交通又是维系日常工作和生活最重要的组成部分，市场的需求是迫切的，发展空间亦是广大的，不过有赖于企业和政府的通力合作，也有赖于长期的、海量的、稳定的投资。对于投资人来说，这是无法忽视的重要机遇。

▶ 智慧农业

农业物联网的搭建已经在逐步展开，未来各类农用设备和管理体系也将逐步走向智能化、无人化。作为人类生产的基础型产业，智慧农业的重要性是毋庸置疑的，是国家政策势必会倾斜助推的应用场景。在所有关键场景中，智慧农业投资热度的增长趋势是最为显著的，其潜力已经开始被关注和挖掘，是未来投资的重大机会之一。

▶ 企业上云

智慧办公是正在蓬勃发展的下游应用场景之一，企业上云也是大势所趋。全球范围内，大型企业已经实现部分上云，但是广大的中小企业的云渗透率还普遍较低，这为商业社会的整体“云化”提供了广阔的发展空间。企业上云有望加快智能经济建设，因此将会成为短中期未来的发展重点之一。

中国光通信产业下游应用场景投资机会

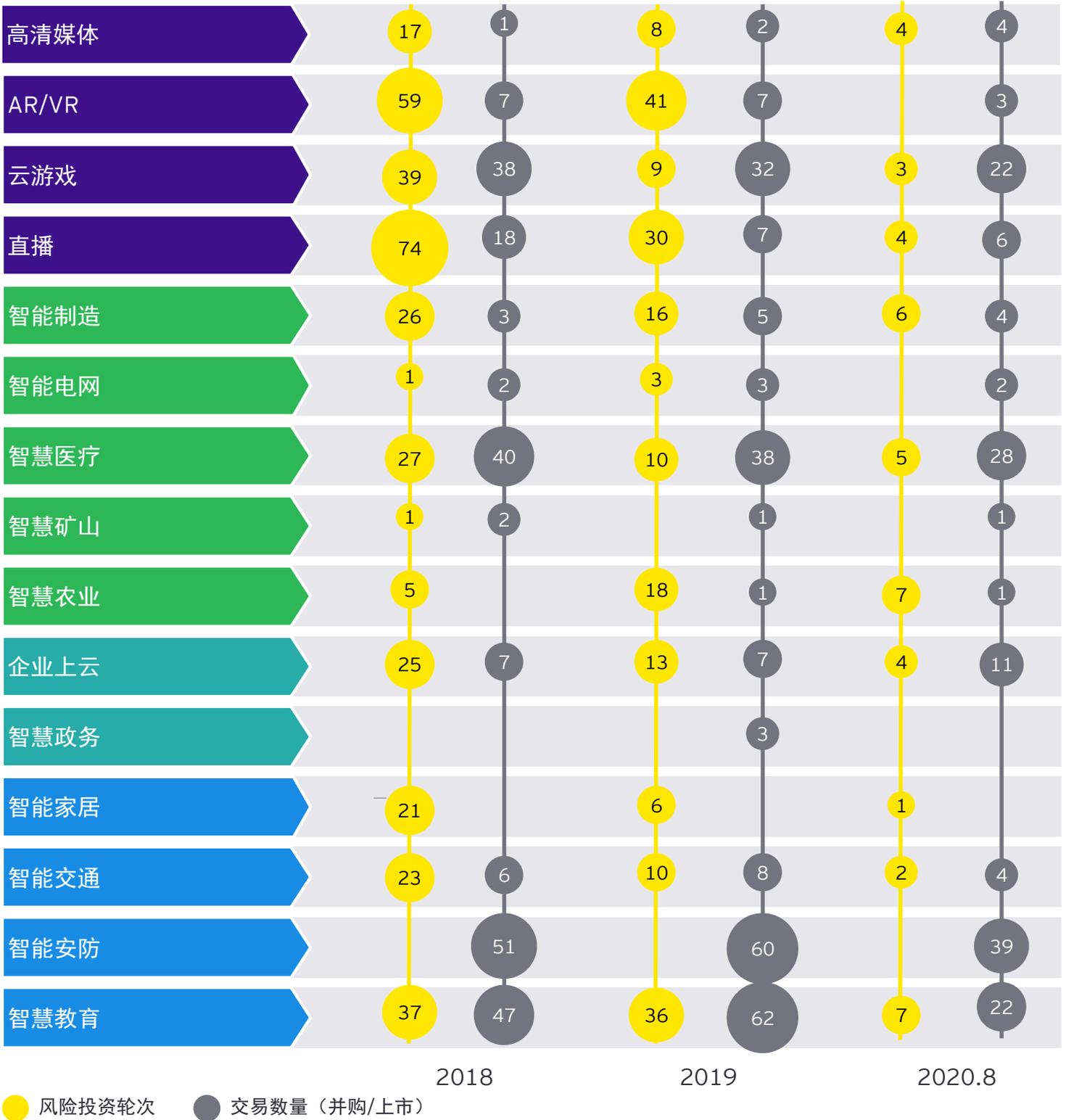
中国光通信产业关键下游场景的发展阶段和趋势与全球基本保持一致（见图75）。高热场景中，直播和AR/VR的投资热度降温 and 云游戏投资升温趋势更为明显；智慧教育和智能安防的投资热度也更为显著，这与中国消费者对教育和安全的重视程度较高息息相关。

与全球医疗行业受市场和政策双驱动的情况略有不同，中国医疗行业的公有比例更高，因此其智能化发展更加有赖于政策层面的宏观推动。后疫情时代国家对智慧医疗场景的大力推动是有目共睹的，相信对投资热度的带动和技术快速落地应用将在短期内就产业巨大的推动作用。

在潜力场景中，政府的驱动作用也更为显著。这与中国的国情是密不可分的，而且就前文的分析，光通信产业作为战略性基础设施建设，其发展离不开政府的宏观支持，甚至是将提升至国运政策的高度，这就意味着，在分析下游场景的投资机遇时一定要重视政策因素。国家大力倡导的、助推的，尤其是以《2025》为纲领出台的细分领域扶持政策，以及今年两会提出的对“两新一重”建设的重点支持，我们有理由相信在政府的战略指导和支持下，如智能制造、智能电网、企业上云、智慧农业，智能交通等B端应用场景将以超越市场均速的势头高速发展，弯道超车至世界领先水平。与此同时，在政府的全面支撑下，产业上下游的整合、产学研的一体化生态系统打造都将得到提速，投资潜力也将无限释放。

以F5G/5G为核心的新一代光通信技术让局域网不再各自为政而是形成整体，从而使垂直式切片应用成为可能，技术赋能下的各类新兴智能应用场景将呈现出百花齐放的盛景。

图75：中国光通信应用场景投资热力图



资料来源：S&P Capital IQ, Crunchbase, 安永分析

结束语

纵观古今，人类文明的发展离不开科技的进步，伴随着人类信息化和全球数字化的进程，此刻的我们正面临着新一轮的变革。

F5G作为人类文明之花的根基，赋能众多新兴场景，打造“光联万物”的智慧生态。从泛娱乐场景的持续赋能，到蓬勃发展的智慧办公场景、智能网联的商用场景，再到逐步落地的生活化场景，F5G正在悄无声息来到我们的生活里，走进千家万户。

在全球光通信的大格局中，中国经过多年的厚积薄发已然发展成为一股不可忽视的力量，国家政策的规范引导与不断升级的个人和企业用户需求双重利好，成就了我国光通信市场如今的蓬勃发展。

伴随着光通信产业的蓬勃发展，历史的巨轮滚滚向前。中国光通信产业还需基于产业自身基因盘活人才、技术与资本，构建产学研的合作生态。面对当前活跃的资本市场，光通信产业与下游应用场景的投资互为驱动，助力光通信产业发展的同时也将为投资者们带来丰厚的回报。

全球光通信市场已经驶上发展的快车道，中国更是凭借政策与市场需求的“双重利好”，迎来了光通信市场发展的最佳机遇期。在宏观政策的加持及全产业链的合力之下，伴随着越来越多的资本进入光通信产业，中国光通信将会拥抱更加璀璨的明天！



关于安永

安永是全球领先的审计、税务、战略、交易和咨询服务机构之一。我们的深刻洞察和优质服务有助全球各地资本市场和经济体建立信任和信心。我们致力培养杰出领导人才，通过团队协作落实我们对所有利益相关方的坚定承诺。因此，我们在为员工、客户及社会各界建设更美好的商业世界的过程中担当重要角色。

安永是指 Ernst & Young Global Limited 的全球组织，也可指其一家或以上的成员机构，各成员机构都是独立的法人实体。Ernst & Young Global Limited 是英国一家担保有限公司，并不向客户提供服务。请登录 ey.com/privacy，了解安永如何收集及使用个人信息，以及个人信息法律保护下个人所拥有权利的描述。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. 03011098
ED None.

本材料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。请向您的顾问获取具体意见。

ey.com/china

关注安永微信公众号
扫描二维码，获取最新资讯。

