

5G 技术及产业发展研究报告

1 概述

1.1 5G 概念

5G，也就是第五代移动通信技术（5th Generation Mobile Networks）。与 4G 相比，5G 具有更高的速率、更宽的带宽、更高的可靠性、更低的时延等特征，能够满足未来虚拟现实、超高清视频、智能制造、自动驾驶、物联网、车联网等用户和行业的应用需求。

直白地讲，1G 实现了移动电话，2G 实现了收发短信、语音通话和手机上网、3G 拓展到了基于图片的移动互联网络，4G 延伸为以移动视频交互为主的网络时代，到了 5G 则可实现万物互联，如下图所示。



图：通信技术的发展过程

表：通信技术演化过程

	第一代	第二代	第三代	第四代
业务	电路域模拟语音业务	数字语音，短信，9.6 ~ 384kbps 数据业务	语音、短信和多媒体	全 IP 移动宽带数据业务，VoIP
目标	提高单站语音路数和频谱效率	提高频谱利用效率，无缝切换	高速移动 144kbps，低速移动 2Mbps；后续支持 40Mbps 以上速率	低速 1Gbps，高速 100Mbps，频谱效率和用户体验极大提升
关键技术	FDMA，模拟调制，基于蜂窝结构的频率复用	TDMA/CDMA，GMSK/QPSK 数字调制，无缝切换，漫游	CDMA，包交换；演进引入 HARQ 和 AMC，动态调度，MIMO 以及高阶调制	OFDM，MIMO，高阶调制，链路自适应，全 IP 核心网，扁平网络架构

频率	800/900 MHz	800/900 MHz, 1800MHz	2GHz 频段为主, 也支持 800/900 MHz, 1800MHz	广泛支持所有 ITU 分配的 移动通信频谱, 范围从 450MHz 到 3.8GHz
覆盖	宏覆盖, 小区半 径千米量级	宏小区/微小区为主, 小区半径为几百米~ 几千米	宏小区/微小区/皮小区, 小区半径几十米、几百米 到几千米	宏小区/微小区/皮小区/家 庭基站, 小区半径十几米、 几百米到几千米
全球漫游	不支持	支持	支持	支持
代表系统	AMPS, TACS	GSM/GPRS/EDGE 和 CDMA(IS-95, CDMA1x)	TD-SCDMA, WCDMA, CDMA2000, WiMAX	TD-LTE-Advancde, LTE-Advancde FDD, OFDM-WMAN-Advanced
商用周期	1980——2000 年	1992 年至今	2001 年至今	2010 年至今

根据我国 5G 推进组发布的《5G 愿景与需求白皮书》所述, “5G 将为用户提供光纤般的接入速率, ‘零’时延的使用体验, 千亿设备的连接能力, 超高流量密度、超高连接数密度和超高移动性等多场景的一致服务, 业务及用户感知的智能优化, 同时将为网络带来超百倍的能效提升和超百倍的比特成本降低, 最终实现‘信息随心至, 万物触手及’的总体愿景”。

5G 涉及的技术

(1) 同时同频全双工技术

所谓的同时同频全双工技术, 顾名思义就是指在同一个信道上, 在发送信号的同时也接受信号, 实现两个方向的同时操作此技术和传统技术相比较, 更加的先进, 而且工作效率也更高。最近几年, 同时同频全双工技术吸引了业界的注意力。利用该技术, 在相同的频谱上, 通信的收发双方同时发射和接收信号, 与传统的 TDD 和 FDD 双工方式相比, 从理论上可使空口频谱效率提高 1 倍。

(2) 密集网络技术

5G 移动通信所能提供的流量将会是 4G 移动通信的千倍以上, 而实现此目标主要依靠的就是密集网络技术, 此技术包含以下两方面内容: ①在宏基站的外部设置很多的天线, 这样就可以进一步的拓宽室外空间; ②需要在室外布置很多的密集网络。在未来的 5G 通信中, 无线通信网络正朝着网络多元化、宽带化、综合化、智能化的方向演进。未来, 面向高频段大带宽, 将采用更加密集的网络方案, 部署小小区/扇区将高达 100 个以上。干扰消除、小区快速发现、密集小区间协作、基于终端能力提升的移动性增强方案等, 都是目前密集网络方面的研究热点。

(3) 多天线传输技术

多天线传输技术,就是指在使用有源天线来进行列阵,然后与毫米波联系起来,之后就可以有效提高天线的覆盖面积以及性能,就目前的情况来看,只要提高其覆盖能力,就可达到节约能源的目标。目前研究人员正在针对大规模天线信道测量与建模、阵列设计与校准、导频信道、码本及反馈机制等问题进行研究,未来将支持更多的用户空分多址(SDMA),显著降低发射功率,实现绿色节能,提升覆盖能力。

(4) 新型网络架构技术

在人们对于网络要求不断改变的过程中,5G移动通信中的新型网络架构技术就是因为未来可能产生的业务需要所出现的技术,此技术在应用中具有低时延以及低成本等多项优点。在此技术中,云架构是主要的入网架构,相关人员将对云架构进行研究。目前的研究内容包括 C-RAN 的架构和功能,如集中控制、基带池 RRU 接口定义、基于 C-RAN 的更紧密协作,如基站簇、虚拟小区等。

(5) 高频段传输

移动通信传统工作频段主要集中在 3GHz 以下,这使得频谱资源十分拥挤,而在高频段(如毫米波、厘米波频段)可用频谱资源丰富,能够有效缓解频谱资源紧张的现状,可以实现极高速短距离通信,支持 5G 容量和传输速率等方面的需求。监测中心目前正在积极开展高频段需求研究以及潜在候选频段的遴选工作。高频段资源虽然目前较为丰富,但是仍需要进行科学规划,统筹兼顾,从而使宝贵的频谱资源得到最优配置。

(6) D2D

传统的蜂窝通信系统的组网方式是以基站为中心实现小区覆盖,而基站及中继站无法移动,其网络结构在灵活度上有一定的限制。随着无线多媒体业务不断增多,传统的以基站为中心的业务提供方式已无法满足海量用户在不同环境下的业务需求。目前, D2D 采用广播、组播和单播技术方案,未来将发展其增强技术,包括基于 D2D 的中继技术、多天线技术和联合编码技术等。

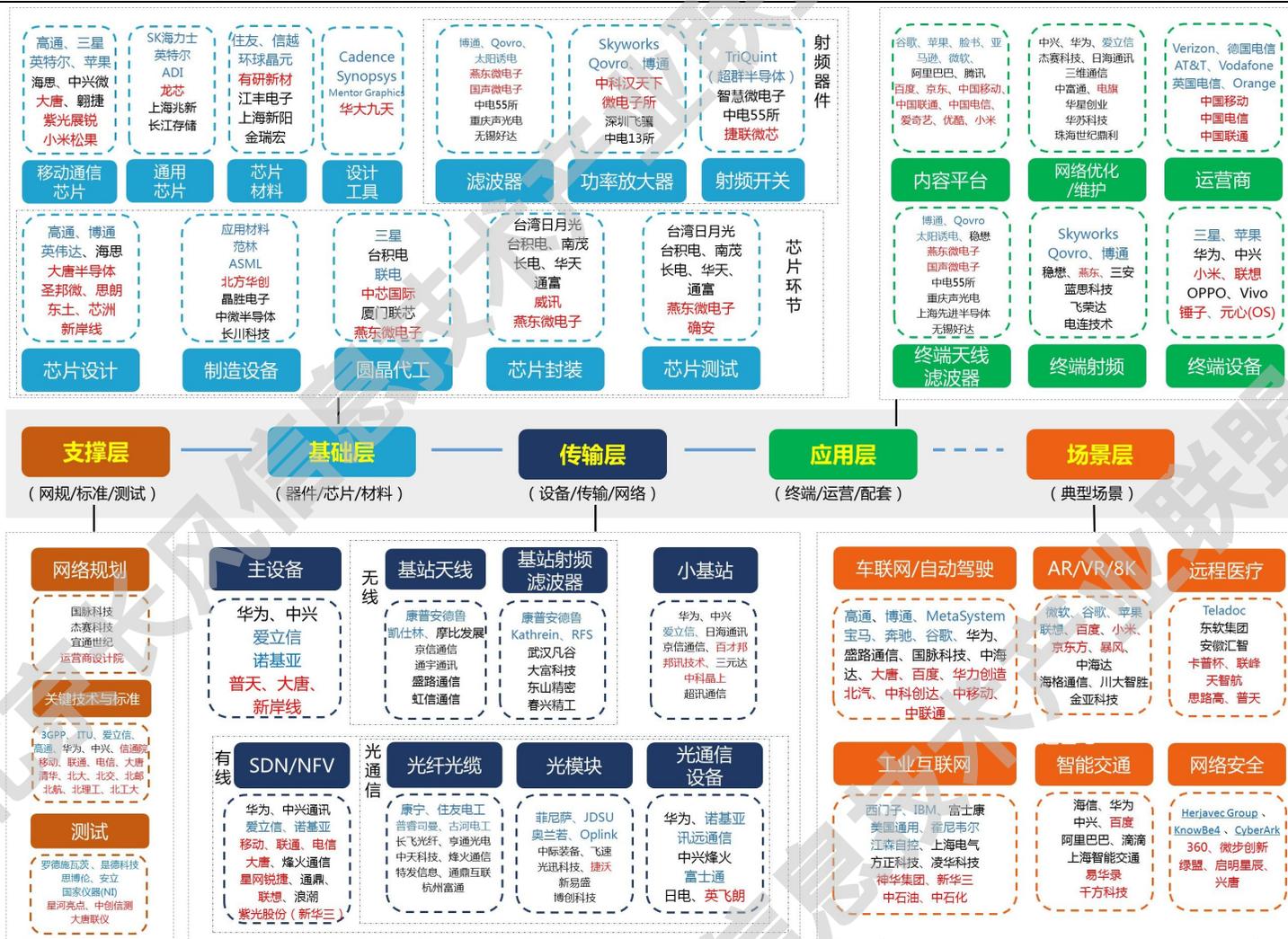
(7) MASSIVE MIMO (大规模天线) 技术

Massive MIMO 是使用大规模阵列天线实现在三维空间产生灵活指向用户的非常窄的波束,通过精确的信道相关性估计、用户配对、干扰抑制赋形等,在有

效抑制对复用用户干扰、不损失服务用户主瓣方向能量的前提下能够满足空域 16 流、32 流或更多流进行复用，从而将频谱效率提升 4~6 倍。同时，由于更多用户可以在相同资源上并行传输，也进一步提升小区吞吐量及边缘用户速率。

1.2 5G 产业链及重点技术发展

5G 产业链包含了支持 5G 运行及发展的支持层、基础层、传输层、应用层和场景层等。各层级又包含了多种技术内容，其中最核心的技术包括射频器件、芯片和光通讯。



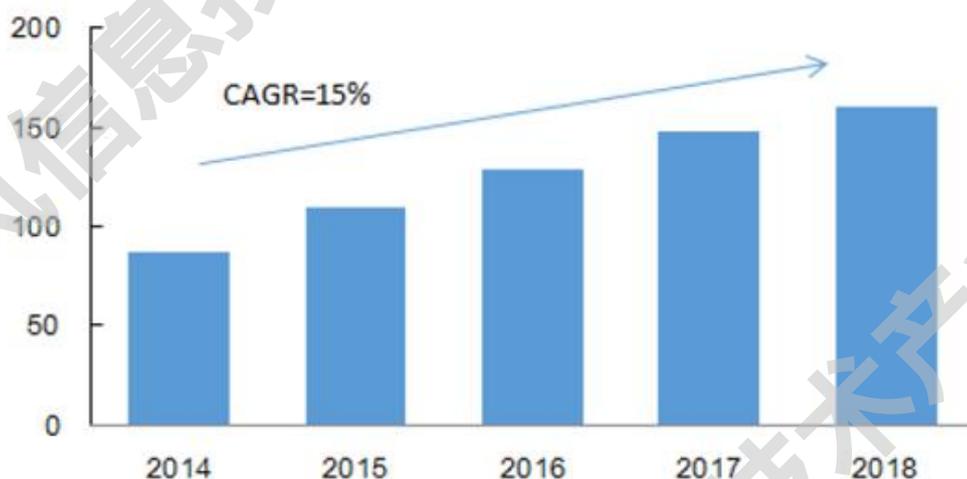
图：5G 产业链全景图

注：蓝色部分为海外企业；红色部分为北京市企业；黑色部分为我国其他地区企业

1.2.1 5G 产业链基础运行核心器件：射频器件

射频器件是无线通讯设备的基础性零部件，在无线通讯中扮演着两个重要的角色，即在发射信号的过程中扮演着将二进制信号转换成高频率的无线电波信号；在接收信号的过程中将收到的电磁波信号转换成二进制数字信号。

无论何种通信协议，使用的通讯频率是高是低，配置射频器件模块是系统必备的基础性零部件。在联网设备大规模增长的环境下，射频器件行业是未来成长最快且最确定的方向性资产。未来的世界是一个无线连接一切的世界。根据 Gartner 预测，到 2020 年，联网设备将达到 250 亿部，实现全球平均每个人 3 个联网设备的规模。在无线联网终端设备从 2015 年的 36 亿部增加至 250 亿部的大趋势下，射频器件的年产值将增加数倍。



图：2014-2018 年移动终端射频器件市场规模（亿美金）

手机等终端的射频器件主要包括 PA 芯片、滤波器、射频开关、天线。天线是目前国产化率最高的细分领域，信维通信、硕贝德等在终端天线领域已经达到全球领先水平，产品已经进入苹果、微软等国际巨头供应链体系。国产 PA 芯片在 2G、3G、WiFi、NFC 等通信系统中已经实现了大批量出货销售，而在 4G PA 芯片领域，国内厂商还处于客户认证及商业谈判阶段。射频滤波器及射频开关的国产化率相对较低，国内厂商的产品主要集中在军用无线通信系统中，在手机等消费电子产品中的应用较少。我国是全球最大的手机生产基地，同时**华为、vivo、oppo、小米、魅族、联想**等国产品牌的手机销售量占全球的 30%以上。凭借庞大

的终端市场需求，手机供应链向大陆转移是非常确定的产业趋势。事实上，国内不少射频器件厂商已经进入了千元智能机市场，如**天珑、西可、海派、TCL**等厂商就已经开始采用中普微的 PA 芯片。北京燕东微电子技术有限公司和北京中科汉天下电子技术有限公司，都是北京射频领域知名企业。

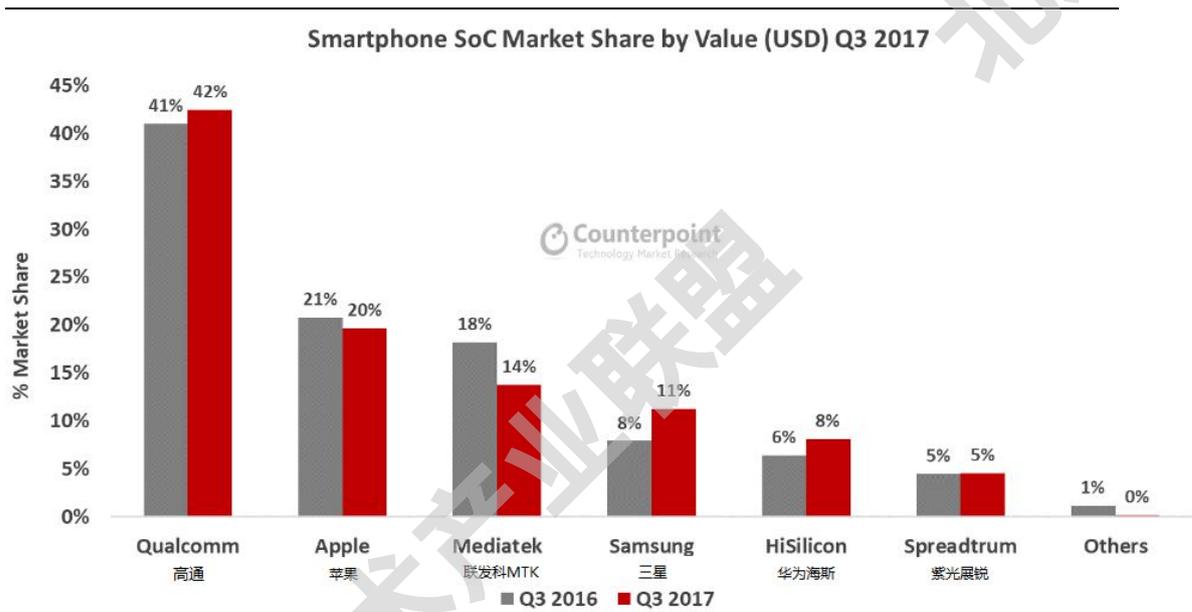
*本章数据来源：智研咨询《2017-2022 年中国手机射频行业深度评估及投资战略研究报告》

1.2.2 5G 产业链智能终端核心器件：芯片

2017 年中国在全球 10 大智能手机供应商中占据 7 席，份额增长至 42%，但大多数国产手机制造商仍依赖芯片进口。移动智能终端芯片具有技术门槛高、研发周期长、资金投入大等特点，使得行业竞争日趋激烈。

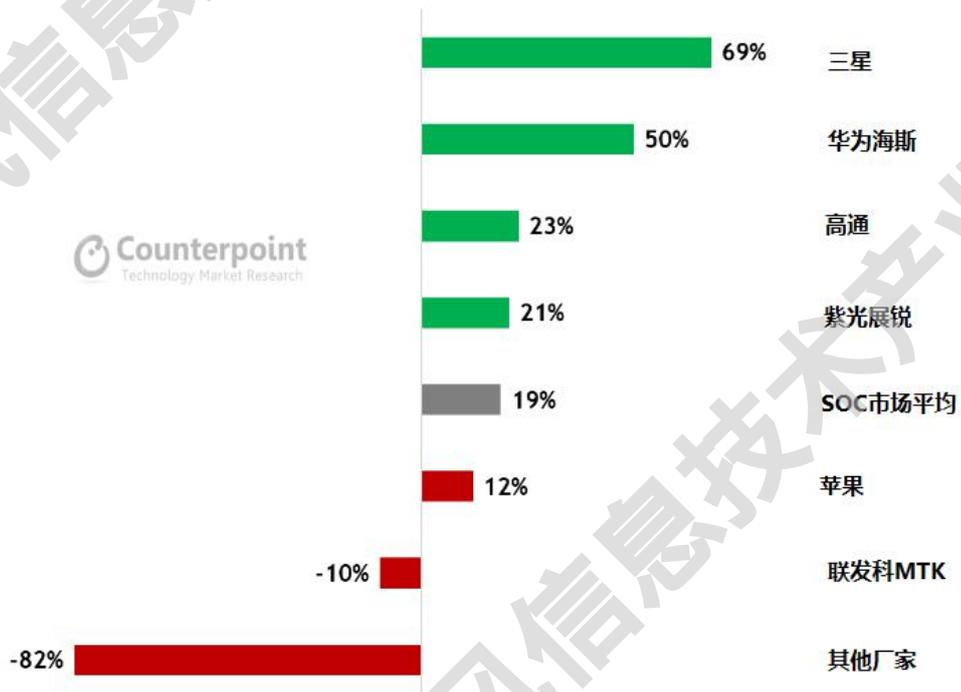
移动智能终端芯片的全球格局方面，当前美国在处理器等核心芯片上处于无可撼动的地位。终端芯片代表企业有高通、英特尔、苹果。韩国在存储方面独树一帜，拥有强大的市场份额，比如三星，海力士。欧洲则在芯片上游产业上具备核心技术，比如荷兰的 ASML。台湾依靠产业俯冲带的优势，拥有了联发科、台积电等芯片及产业链企业。大陆如**华为海思和紫光展锐在处理器和基带芯片方面有所建树**，在 2017 年全球 IC 设计厂商排名中，紫光展锐和**华为海思**强势进入前十名，但综合射频芯片、存储芯片、核心处理器，基带芯片等尚存在整体差距。

移动智能终端 SoC 芯片全球格局方面，国际领先的供应商有**高通、苹果、联发科 MTK、三星、华为海思、紫光展锐**等。国际市场研究公司 Counterpoint Research 发布的 2017 年三季度营收数据显示，SoC 营收高通占比 42%排名第一，苹果占比 20%排名第二。由于高通的前客户苹果、三星和**华为**推行垂直战略，自主研发 SoC 芯片提高市场竞争力，使得高通在高端市场中芯片出货量减少。三星、**华为、高通、紫光展锐**在 2017 年三季度 SoC 年收入增长方面表现不俗。**有研新材料股份有限公司、中芯国际集成电路制造有限公司、北京燕东微电子技术有限公司**等北京公司也在芯片材料、圆晶代工、芯片封装及测试等方面有所建树。



图：2017 年 Q3 智能手机 SoC 营收市场占有率

Annual Revenue Growth by SoC Vendor - Q3 2017



图：2017 年 Q3 智能手机 SoC 厂商的年收入增长率

*本章数据来源：市场研究公司 Counterpoint Research 第三季度全球智能机片上系统 (SoC) 市场统计报告

1.2.3 5G 产业链重要传输技术：光通信

光通信是以光波为载波的通信方式，其中，以光纤为传输介质的光纤通信是光通信最主要的应用和发展方向。光通信产业涉及细分行业众多，除电信运营商以外，光通信行业主要包括“光器件、光通信设备、光纤光缆”三大子行业。光器件是构成光通信系统的必备元器件，能够实现光信号的产生、调制、探测、连接、波长复用和解复用、光路转换、信号放大、光电转换等功能，与光通信系统的性能水平、可靠性以及成本息息相关。全球光器件市场预计将在 2017 年达到超 100 亿美元的规模，增长率将保持在 10%左右，国内光器件市场规模超过 30 亿美元，整体稳步增长。

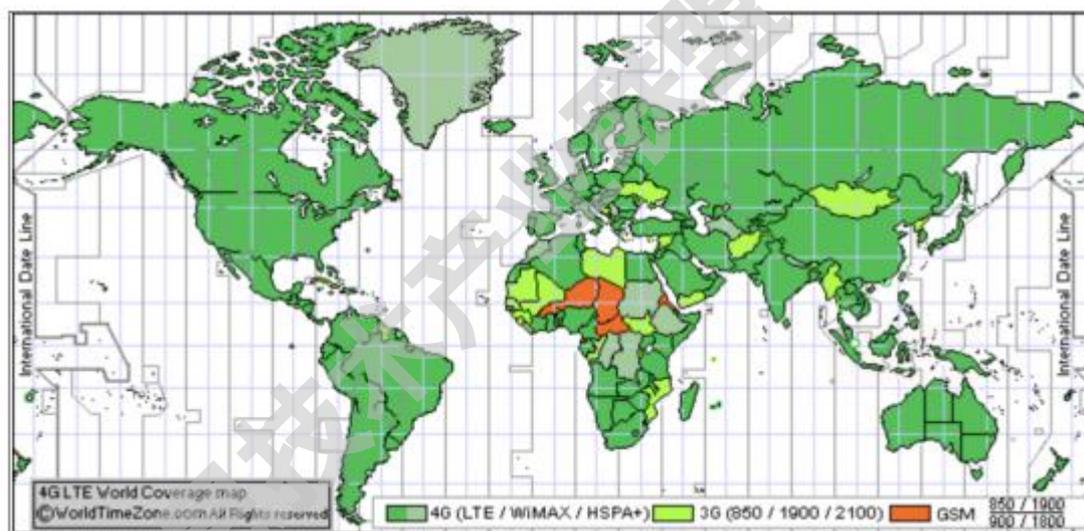
提起国内通讯行业，华为是避不开的企业，作为国内通讯行业的领头羊，华为在手机行业的研发实力已经得到业内认可，光通讯芯片这块是相对薄弱的环节。早在 2013 年，通过收购比利时硅光子公司 Caliopa，华为已经加入芯片战场，后来又收购了英国光子集成公司 CIP。如今华为对光通讯芯片的投入已有五年之久。除了华为，烽火科技对光通讯芯片市场也很看好，通过设立子公司研发光通讯芯片。光迅科技就是烽火科技旗下子公司之一。其芯片的自给率达到 95%左右，但集中在中低端芯片这块。2016 年光迅推出了 120G CXP 模块和 100G QSFP28 SR4 模块，这是在国内首次实现 100G 速率光模块的芯片国产化。还有烽火通信投资的飞思灵公司也推出了飞思灵芯片，一时间也成为热议的焦点。华为、烽火等通讯巨头在光通讯芯片上投入巨大，像中兴、大唐等近期也在积极布局。北京捷沃光通科技有限公司和英飞朗科技(北京)有限公司都是北京光通讯方面知名企业。

1.3 4G 技术产业发展状况

1.3.1 全球 4G 发展

全球 LTE 实现基本覆盖，未来用户数仍将稳步增长

2010 年，ITU 正式确立 4G 标准，4G 进入商用期。根据数据显示，截至 2017 年第三季度，4G 网络已基本实现全球覆盖。全球 224 个国家和地区中，除中非和中东两大区域的 54 个国家和地区（含岛屿）外，已有 200 个国家和地区建成了 644 个 LTE 公共网络。



图：全球各国通信标准覆盖现状

4G 用户数方面，根据数据显示，截至 2017 年 6 月底，全球 LTE 用户数达到 23.6 亿，每 4 个移动用户中就有 1 个 LTE 用户。此外，未来 5 年，GSM 用户将持续减少，3G WCDMA 用户只能实现 4% 的年平均增长率，LTE 用户有望保持 14.87% 的年平均增长率，到 2018 年超过 30 亿，到 2022 年达到 50 亿，用户数量超过移动总用户数的 50%。5G 方面，从 2019 年开始，用户出现并逐年增长，到 2022 年有望达到 3 亿左右的规模。



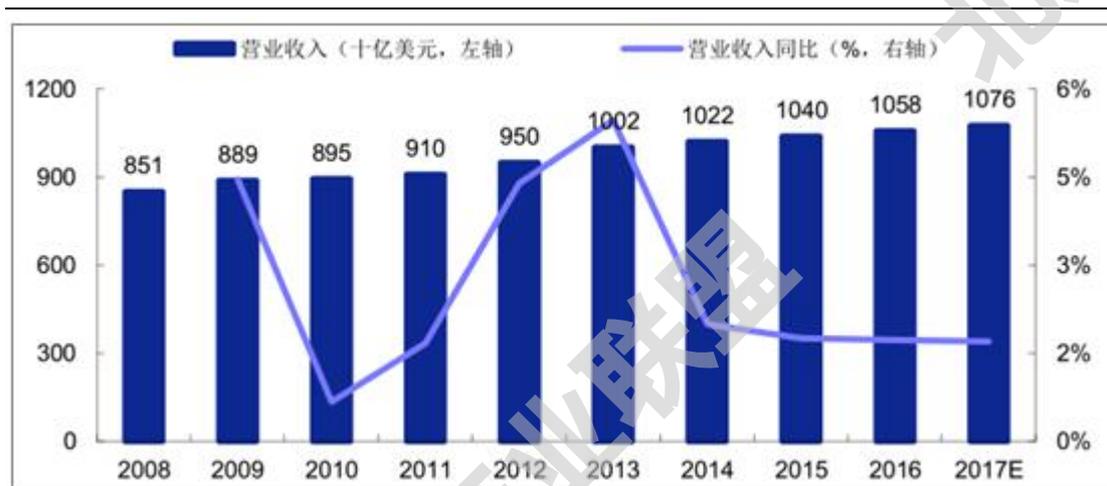
图：2017-2022 年全球各通信标准用户数预测

资本开支方面，全球运营商资本开支自 2010 年 4G 标准确立后开始逐年增加，到 2015 年实现了 1970 亿美元的年投资总额。此后，随着全球移动通信进入 4G~5G 的过渡期，运营商 4G 网络建设进程放缓，资本开支逐步下滑，2016 和 2017 年分别同比下降 6% 和 3%。



图：全球运营商 2008-2017 年资本支出

营业收入方面，全球运营商营业收入逐年上涨，增速上与 4G 建设节奏保持一致节奏。2011 年增速开始提高，从 2014 年增速开始逐年放缓。2016 年，全球运营商总收入达到 1.1 万亿美元。



图：全球运营商 2008-2017 年营业收入

ARPU (一个时间段内运营商从每个用户所得到的利润) 值方面, 4G 周期内延续了 3G 时代的下滑趋势, 且下滑速度更快, 年平均下滑率达到 5%。造成运营商 ARPU 值持续大幅下降的原因有两点: 一是移动通信已经从传统语音过渡至 OTT (Over the Top) 时代, 互联网厂商和应用平台商通过直接向用户提供社交、视频和游戏等服务在移动通信领域取得主导地位, 社交类软件如 WhatsApp、Viber、Apple’ siMessage 和 Facebook 等甚至取代了传统运营商业, 占据移动语音和短信 80% 以上的流量。二是运营商行业内竞争激烈, 持续降低服务价格成为运营商抢占市场份额的主要手段。

*本章数据来源: 智研咨询《2018-2024 年中国安全通信行业市场深度分析及投资前景预测报告》

1.3.2 中国 4G 发展

中国节奏与全球同步, 网络覆盖和用户数全球领先

2008 年中国电信业重组完成后, 形成了移动、电信、联通“三足鼎立”的市场格局。2013 年底工信部正式颁发 4G 牌照, 我国进入 4G 时代。根据三大运营商公告, 截至 2017 年上半年, 我国 4G 基站总量达到 341 万个, 4G 用户总数达到 8.85 亿, 相较于 13.66 亿的移动用户总量, 4G 用户渗透率达到 65%。

资本开支方面, 2015 年是我国 4G 投资高峰, 达到 4386 亿元。2016 年下滑 19% 至 3562 亿元, 2017 年投资预算进一步下滑 13% 至 3100 亿元。然而, 如果对下降的资本支出作进一步分析, 2017 年下滑的 462 亿总量中有 300 亿源自年初

联通削减预算。2017年8月，中国联通混改方案落地，本次混改将为联通募集资金700亿元，其中用于2018年5G项目投资80亿元，2019年将达到190亿元。同月，中国移动公布蜂窝物联网工程395亿元招标，表现出运营商在4G后周期中在总量控制前提下对投资结构的调整。



图：2005年-2017年中国三大运营商资本支出

收入方面，3G周期里，三大运营商营业收入持续稳步增长，其中中国联通业绩增速最高；而进入4G周期，三大运营商收入增速放缓，其中中国联通业绩大幅下滑。

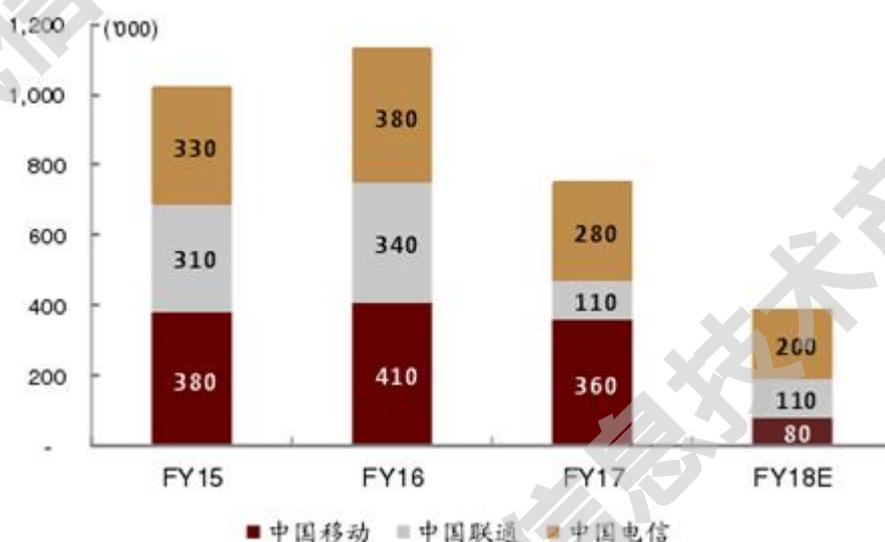


图：2010-2016年三大运营商营业收入



图：2010-2016年三大运营商营业收入分拆

由于4G建设高峰已过，2017年移动网络投资同比下滑18.5%。预计2018年仍然会继续下滑，下滑幅度预计为6.6%。4G新增基站数预计从2017年的75万个大幅下降为2018年的39万个。



图：4G基站每年新增情况

ARPU值方面，三大运营商4G ARPU连年下降。2017年上半年，中国移动4G ARPU下滑至71.2元，较去年同期的80.7元下跌超11%。中国联通4G ARPU为66.5元，较去年同期的81.3元下降18%。中国电信4G ARPU为67.2元，较去年同期的72.8元下降8%。运营商4G ARPU普遍下滑主要是2G/3G低端客户升级至4G，以及市场竞争加剧所致。

*本章数据来源：智研咨询《2018-2024 年中国安全通信行业市场深度分析及投资前景预测报告》；观研天下《2018 年中国电信行业市场分析报告-行业运营态势与投资前景预测》

1.4 5G 发展计划及预测

1.4.1 全球 5G 推进计划

1.4.1.1 全球 5G 推进时间表

5G 是 4G 的延伸，但与 4G 不同的是，5G 并不是一个单一的无线接入技术，而是一个真正意义上的融合网络，相比 3G/4G 技术，5G 技术传输速率高、网络容量大、延时短，能将网络能效提升超过百倍，真正开启万物互联网时代。从全球进程计划上（各国计划见下表），计划 2019 年发布正式频谱，2020 年底完成技术规范。到 2018 年底完成标准化工作，2019 年开始进行试商用，其中亚太区的参与活跃程度比较高，这得益于政府的强力推动。在 2017 年 2 月，28 家通信巨头集体宣布，支持加速 5G NR 标准化进度，同意将 5G NR Non-Standalone（非独立组网）从原计划的标准完成时间 2018 年 6 月提前到 2017 年 12 月，以满足部分运营商在 2019 年实现 5G 商用的强烈需求。2017 年 12 月完成 Rel.15 非独立组网 5G 新空口技术标准化，以及完成 5G 网络架构标准化，满足美韩日激进运营商需求。3GPP（第三代合作伙伴计划）计划 2018 年下半年完成基础版 R15，面向 eMBB 商用场景；2019 年底完成完整版 R16；2018 年 6 月完成独立组网 5G 新空口和核心网标准化，支持 eMBB 和 uRLLC 两大场景，满足 2020 年 5G 初期商用需求；2019 年 9 月，支持 eMBB、mMTC、uRLLC 三大场景，满足全部 ITU 技术要求。

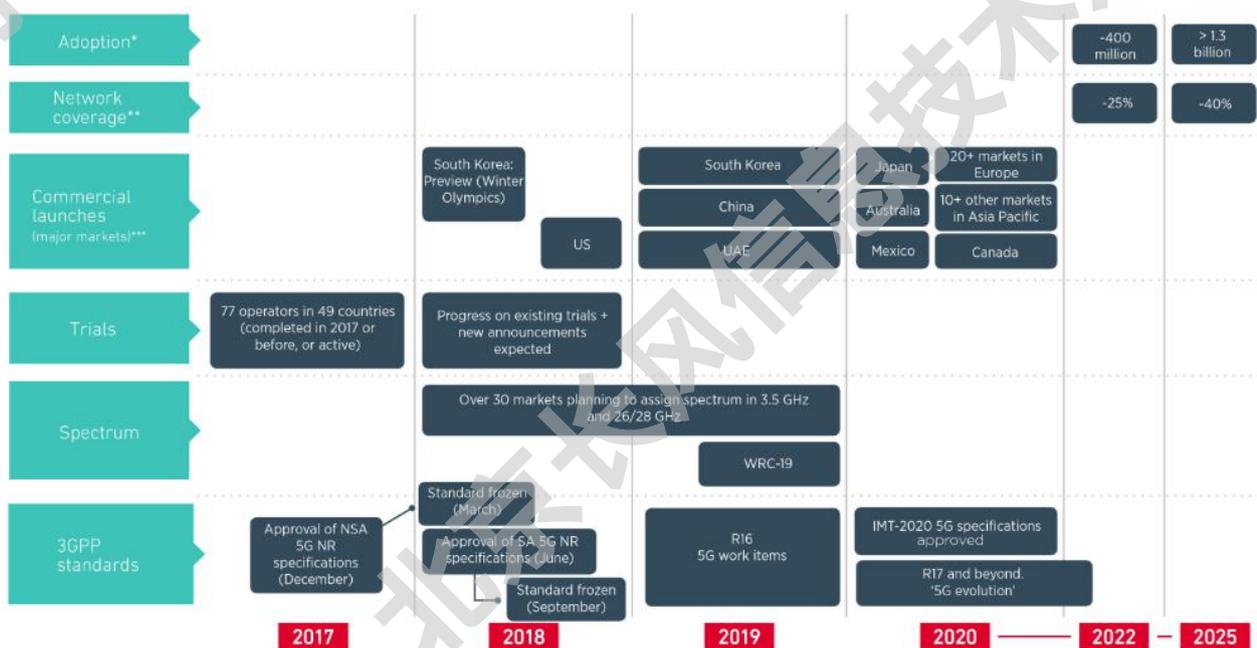
国家/地区	关注点
中国	中国移动计划2018年5G试商用，到2020年实现正式商用，中国联通也计划在2020年提供商用服务。 中国电信已在广东省开展商用试点工作，同样目标是在2020年提供商用服务。
美国	AT&T正在等待5G标准的完成，然后进行标准5G的商用，并预期在2018年底之前进行商业部署。 Verizon已经发布了自己的5G技术规范，并将在今年进行固定无线的5G试点。 T-Mobile计划在2019年开始部署，到2020年将实施“全国性”部署，Sprint表示在2019年末实施商业部署。
日本	KDDI, Softbank 和 NTT DoCoMo 都计划在2020年实施商业部署。
韩国	KT计划在2018年的平昌冬奥会上进行5G外场测试，并将商业部署计划提前到2019年。 SKT今年将进行现场测试，并计划于2019年下半年进行商业部署。
欧洲	大规模商业引入的计划在2020年。 到2025年，主要城市和运输路线将会覆盖5G。

图：各国 5G 推进时间表

*本章数据来源：中国信通院—5G 在中国

1.4.1.2 全球 5G 预商用部署推进计划

GSMA 在 2018 年 9 月 11 日发布的《全球移动趋势》报告中指出，中国将在 2019 年实现 5G 商用（见下图中的第 3 行第 4 列）



* Number of mobile connections excluding cellular IoT, worldwide.
** Percentage of global population.
*** Not exhaustive.

Source GSMA Intelligence

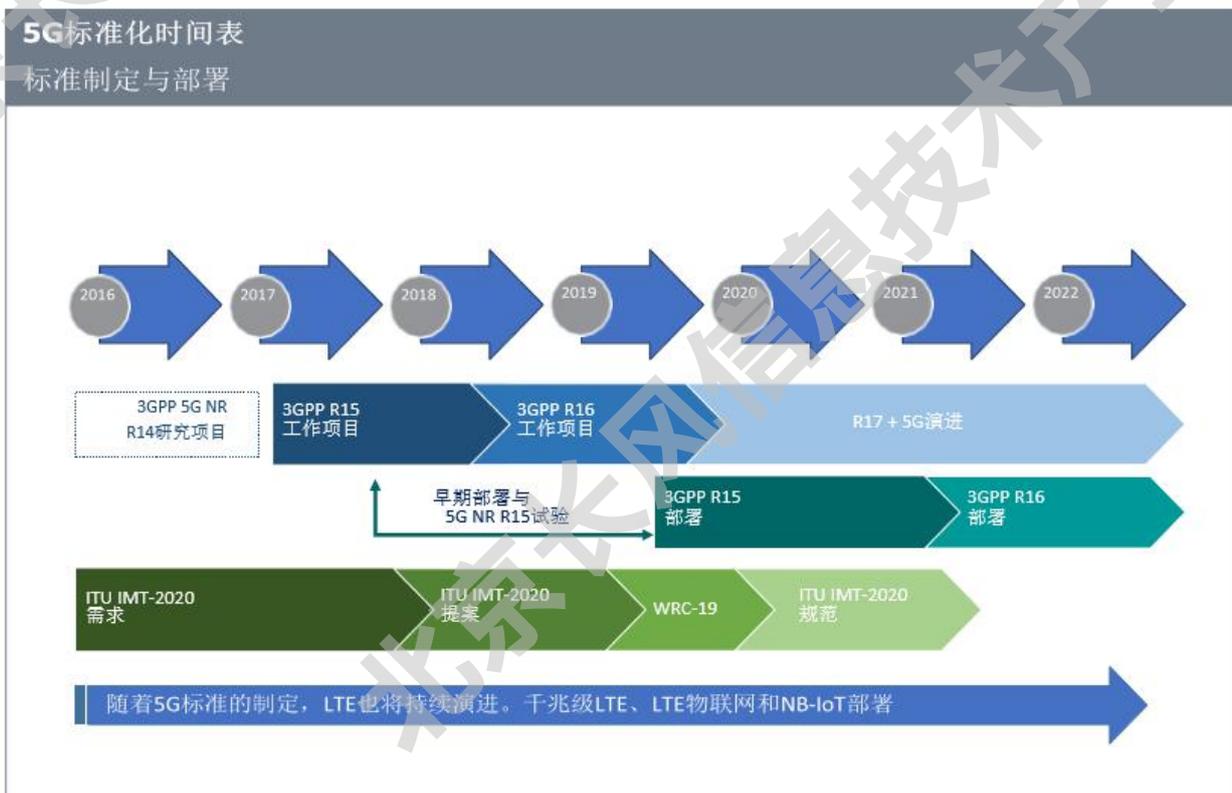
在 2018 年（年底）推出 5G 商用服务的将有韩国、美国；

在 2019 年推出 5G 商用服务的将有中国、阿联酋；

在 2020 年推出 5G 商用服务的将有加拿大、墨西哥、澳大利亚、日本、亚太其余（除去中日韩）超过 10 个国家/地区、欧洲超过 20 个国家。

1.4.1.3 全球 5G 标准化推进计划

大量 5G 标准工作正按计划开展。3GPP 正努力制定 Release 15，将于 2018 年底完成，并有望成为全新 5G 无线空口 (5G NR) 和新一代网络架构 (5G NextGen) 的首个规范。5G 开发工作将延续到 3GPP Release 16 及以后，但是 Release 15 将为 2019 年开始的 5G 商用提供全球规范。同时，目前 3GPP 正在开展的工作将在 IMT-2020 规范正式发布之前提交至 ITU，而 IMT-2020 规范将于 2020 年完成。值得注意的是，在这些规范正逐步完成，虽然 5G 标准仍有许多技术挑战需解决，但目前研发工作的广泛性以及 LTE-A 和 LTE-A Pro 的发展将为其提供解决方案，这些标准的制定将使得 5G 商用部署更早启动。



*本章数据来源：高通：5G 经济——5G 技术将如何影响全球经济

1.4.1.4 5G 对全球经济发展的贡献预测

从到 2035 年，5G 将在全球创造 12.3 万亿美元经济产出。这几乎相当于所有美国消费者在 2016 年的全部支出，并超过了 2016 年中国、日本、德国、英国和法国的消费支出总和。

到 2035 年，全球 5G 价值链将创造 3.5 万亿美元产出，同时创造 2200 万个工作岗位。上述数字超过了今天整个移动价值链的价值。它几乎相当于 2016 年全球财富 1000 强企业中前 13 强企业的的营收总和，这 13 家企业包括沃尔玛、国家电网、中国石油、荷兰皇家壳牌石油、埃克森美孚、大众、丰田汽车、苹果、伯克希尔-哈撒韦和三星等。

5G 价值链平均每年将投入 2000 亿美元，持续拓展并增强网络和商业应用基础设施中的 5G 技术基础；上述数字几乎相当于 2014 年美国联邦、州和地方政府在交通运输基础设施方面支出总和的一半。

此外，5G 部署将支持全球实际 GDP 的长期可持续增长。在 2020 年至 2035 年间，5G 对全球实际 GDP 增长的贡献预计将相当于一个与印度同等规模的经济体——印度目前是全球第七大经济体。

*本章数据来源：高通：5G 经济——5G 技术将如何影响全球经济

1.4.2 中国的 5G 推进计划

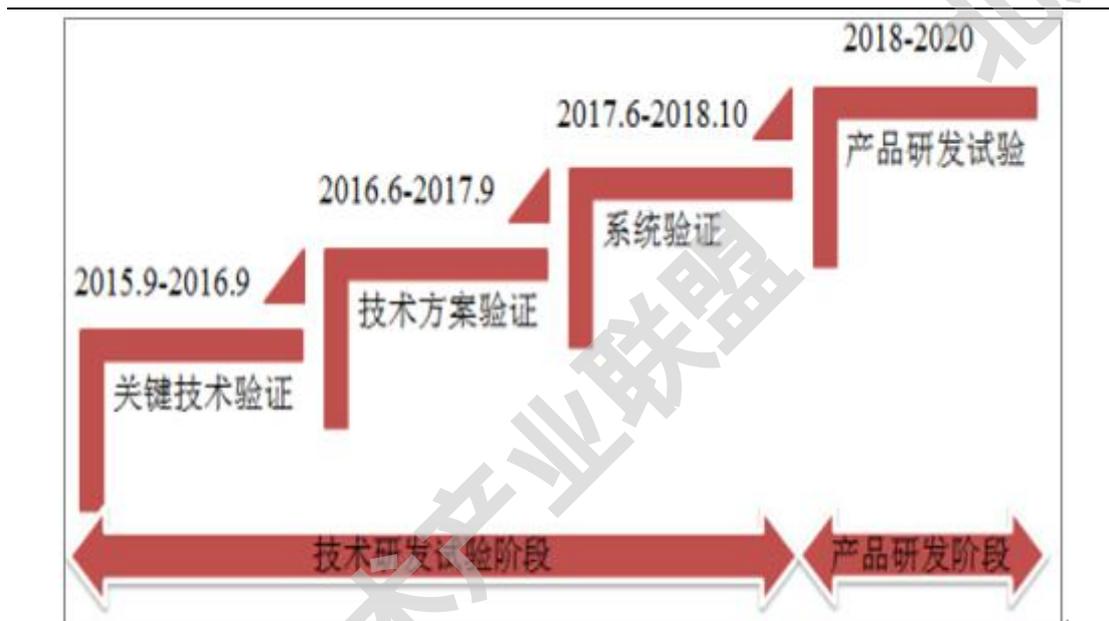
我国 IMT-2020(5G)推进组定义了 5G 的主要技术场景：连续广域覆盖、热点大容量、低功耗大连接和低时延高可靠。与国际电信联盟 ITU 定义的三个场景基本相同，只是我国将移动宽带进一步划分为广域大覆盖和热点高速两个场景。



图：5G 时间工作计划

我国在 2016 年 9 月完成的第一阶段技术试验；2017 年 9 月，发布了第二阶段无线部分测试结果，2017 年年底完成 5G 第二阶段网络测试，2018 年 9 月底完成了第三阶段网络测试（2019 年 6 月 5G 国际标准第一个版本出台能够同步出台或者接近商用），到第四季度才会有测试芯片和测试手机；2019 年将在数十个城市的热点地区预商用，并在当年第四季度商用芯片和终端；2020 年在数百个城市的热点地区商用，以及出现多款商用芯片和手机。2022 年，将在城市热点地区展开大规模部署。

发牌时间推测：3GPP 计划 2018 年下半年完成基础版 R15，面向 eMBB 商用场景，2019 年底完成完整版 R16。我国第三阶段测试要到 2018 年底结束，推测发牌时间点在 2019 年，考虑到 eMBB 终端预计将于 2019 年 Q3 成熟，有可能于 2019 年 Q3-Q4 发出。



图：我国 5G 工作计划

表：5G 技术变化带来的投资机会

-	变化	可能伴生的需求	潜在受益方
无线技术	空口协议	基带芯片需要重新设计	终端基带芯片厂商、终端天线及射频厂商
	大规模天线阵列	天线等数量成倍增加、射频模块需求增加	基站天线及射频厂商、综合处理模块厂商
	超密集组网	基站部署密度增加	具有基站选址能力厂商、小基站厂商、无线设备厂商、基站天线及射频厂商
	全频谱接入	WIFI 等网络接入	无线设备厂商、光通信设备厂商
网络技术	网络层	SDN、NFV 和云计算技术	设备商

预计 2020 年至 2030 年 10 年网络总投资将达 4110 亿美元，约合 2.8 万亿元，是 4G 网络的 3.5 倍。韦乐平指出，按运营商可接受成本而言，预计 2019 年至 2025 年 7 年网络总投资为 1800 亿美元，约合 1.22 万亿元，是 4G 网络投资（约为 1170 亿美元）的 1.5 倍。

根据 2017 年 1 月发布的《信息基础设施重大工程建设三年行动方案》，2016–2018 年计划新增 200 万个 4G 基站，则 2016–2018 年将分别新增 111 万、68 万、21 万。截止 2016 年，三大运营商 4G 基站保有量到达 314 万个（中国

移动 151 万个、中国电信 89 万个、中国联通 73.6 万个)，预计到 2018 年，4G 基站保有量将达到 403 万个。

预计 5G 基站总数为 4G 基站的 1.2 倍，达到 484 万个，假设因高频段小站将在热点区域和重点业务场景使用，5G 宏基站与 5G 小站数量占比为 1:1，则为 484 万个。对 5G 各产业链的投资规模进行测算。

表：5G 各产业链的投资规模进行测算

产业链环节	预计规模 (亿元)	相关上市公司
基站天线	523	中兴通讯、通宇通讯、摩比发展 (港股)、京信通信
基站射频	1839	大富科技、武汉凡谷、东山精密、春兴精工
通网络设备	35000	中兴通讯、烽火通信、紫光股份 (控股新华三)
光纤光缆	410	亨通光电、长飞光纤光缆 (港股)、中天科技、烽火通信
光模块	3410	光迅科技、新易盛
网络规划运维	1300	杰赛科技、三维通信、宜通世纪、华星创业、邦讯技术、三元达
系统集成与应用	1600	宜通世纪、高新兴、拓邦股份、东方国信

由此测算，我国 5G 网络建设的总投资将超 1.2 万亿元，与行业预计的 1.22 万亿元大致相符。此外，5G 技术逐步成熟及推广将对下游智能终端射频前端模块 (RFFEM) 的元器件结构产生深远影响，而智能手机的射频前端属于个人消费品，驱动属性不同，对终端市场分开统计。

2017 年我国 4G 广覆盖阶段基本结束，4G 基站达到 328 万个，预计 5G 基站总数量将是 4G 基站的 1.1-1.5 倍。此外，预计 5G 手机渗透率基本与 4G 手机发展趋势保持一致。2018 年，5G 手机渗透率将达到 2%，2020 年 5G 渗透率将达到 30%，2024 年渗透率将达到 75%，5G 手机出货量将达到 3.25 亿台。

智能手机使用的 RF 前端模块与组件市场于 2016 年产值为 101 亿美元，到了 2022 年，预计将会成长至 227 亿美元。射频前端模块市场增长源于以下两方面因素：(1) 2015 年开始国内 4G 终端出货量持续攀升，至 2017 年 5 月，4G 手机出货量占比达到 95%，但是载波聚合的应用对射频前端模块，特别是

PA 的复杂度有更高的要求，有助于提升 FEM 的价值量；（2）4G 到 5G 的演进过程中，射频器件的复杂度逐渐提升，射频器件的单部手机价值量会得到提升。

5G 技术带来频段数量的大幅增加，4G 向 5G 演进，理论上最大下载速率可提升至 18Gbps，对比 2012 年 LTE Rel-11 下的峰值速率仅为 1.2Gbps。为了实现传输速率的最大化提升，需要对硬件层进行以下几方面的重大改变：增加天线数量、提高载波聚合 CA 频段的组合数量以及扩展频段数量。

表：LTE 到 5G 演进的主要技术参数

类别	2012	2014	2020E
通讯协议	LTREl-11	LTREl-12	5G
MIMO (天线数量)	8x8	8x8	64x8
峰值下载速率	1.2Gbps	3Gbps	18Gbps
CA 频段组合数量	25	75	300
新增频段数量	-	5+	50

天线方面，为提升通讯速率，预计到 2020 年 5G 商用之时，MIMO64x8 将成为标准配置，即基站采用 64 根天线，移动终端采用 8 根天线。目前市场上多数手机采用 MIMO2x2 技术，如若采用 MIMO64x8 技术，基站天线的配置数量需要增长 31 倍，手机天线数量需要增长 3 倍。频段方面，根据射频器件巨头 Skyworks 预测，到 2020 年，5G 应用支持的频段数量将实现翻番，新增 50 个以上通信频段，全球 2G/3G/4G/5G 网络合计支持的频段将达到 91 个以上。大量新增频段也对载波聚合(CA)技术提出更高的要求。CA 是将数个窄频段合成一个宽频段，实现传输速率的大幅提升。技术上，载波聚合需要有前端配合的多工器，功放 PA 又需要重新设计来满足线性度的要求，频段增加对射频器件性能以及射频系统复杂度的要求大大提高。目前市场上的射频器件主要采用 2 载波的载波聚合，而市场预计 2017 年国内三大电信运营商将正式启动三载波的聚合，Qorvo 预计 2018 年后多载波聚合将陆续出现。载波聚合技术要求射频天线开关具有极高的线性度，以避免与其他设备发生干扰，对于滤波器及射频开关的性能要求将更加苛刻。趋势上，随着制式复杂度的提高，射频前端器件趋于集成化。

表：射频前端模块市场规模测算

细分市场	规模测算	竞争格局
滤波器	射频前端市场中最大的业务板块，也是增长最快的细分行业。滤波器市场的驱动力来自于新型天线对额外滤波	SAW: TDK-EPCOS 及

	的需求, 以及多载波聚合 (CA) 对更多的体声波 (BAW) 滤波器的需求。高通预测射频滤波器市场将由现在的 50 亿美金的市场规模增长至 2020 年的 130 亿美金。	Murata, 合计近 70%; BAW: 博通 (Avago) 及 Qorvo, 合计占 90%。国内麦捷科技、信维通信
功率放大器 (PA) 和低噪声放大器 (LNA)	射频前端市场中第二大的业务板块, 但是其增长乏力。高端 LTE 功率放大器市场的增长将被 2G 和 3G 市场的萎缩所平衡。8GHz 以下 GaAs (砷化镓) 仍是主流, 但 8GHz 以上 GaN (氮化镓) 有望在手机市场成为主力。	高端: Skyworks、Qorvo、博通 (Avago); 低端: 紫光展锐)、唯捷创芯、三安光电

*本章数据来源: 智研咨询《2018-2024年中国5G行业市场专项调研及投资战略研究报告》

中国的5G连接数预测: 随着2020年5G商用, 预测中国5G连接数(不包括物联网连接) 将会随着时间的推移而迅速增大, 到2025年将达到4.28亿。之后, 连接数的进一步增长趋势将会取决于新增网络的部署(以及运营商获取投资回报率的能力) 和5G终端的价格。

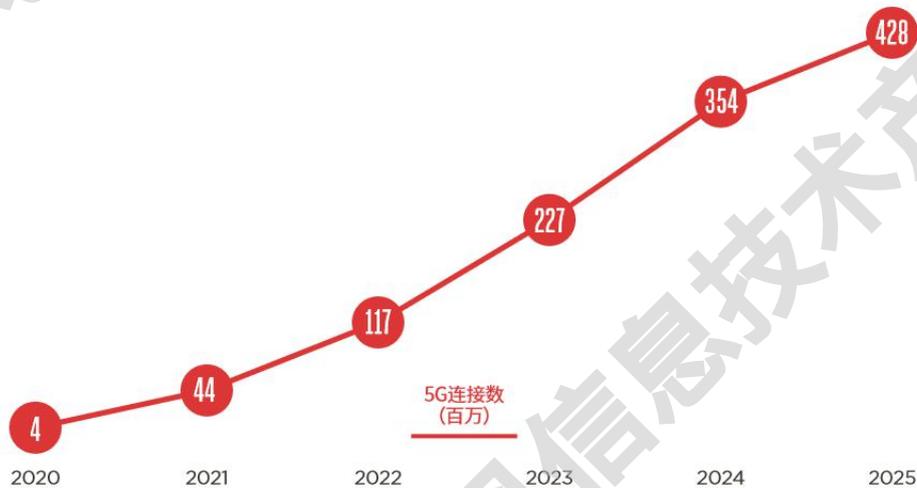


图: 中国的5G连接数预测

*本章数据来源: 中国信通院—5G在中国

1.5 5G 带动的技术发展和对经济的贡献

通用技术对广泛行业会产生深远且持久的影响, 可重新定义经济竞争力并改变社会。IHS Markit 认为 5G 的聚焦发展将让移动技术稳步进入至通用技术的范

畴。规划中的 5G 功能提升有望面向一系列多样化用例。移动技术在目前无线普及有限的各个行业和流程中不断扩散,将在广泛的行业领域和地域带来深远和持久的影响。并预期随着 5G 技术不断进步并嵌入于大量终端、机器和流程,无线通信将如上述例子那样为各个行业和地域带来变革性影响,并将引领创新与经济发展新时代。

1.5.1 5G 带来的技术发展趋势

5G 移动通信网络的产生是为了应对未来更多的流量移动数据增长、海量的新业务、连接海量的设备。世界的很多国家已经就 5G 移动网络通信技术的应用需求范围、能效技术、关键技术指标、频段、发展愿景等多方面进行深刻的探究,在 2015 年召开的无线电大会世界研讨会上达成了共识,并且于 2016 年完成启动 5G 移动通信技术的标准行业推进。5G 网络技术已经在移动通信技术领域上掀起了一轮激烈的市场竞争热潮,这也加快了 5G 技术研发的脚步。各国为能够在 5G 通信技术领域竞争中脱颖而出,都把信息技术作为科技发展的首要任务。所以,5G 网络技术的空前发展会给社会进步带来巨大的推动力。

有业界人士认为,在移动通信网络中高频段的应用是必不可少的发展趋势。之所以运用高频段移动通信,是因为它的主要优点是相对较高的无线增益、可用宽带足够量、天线和设备呈小型化。5G 网络技术还会采用超密集组网技术,改进网络覆盖率使系统容量得到提升,分流系统业务,使网络部署能够更具灵活性和高效性,增加频率复用。5G 的网络拓扑会比 4G 更加复杂,因为小区之间会存在互相干扰的现象,这在很大程度上抑制了系统容量的增长,而且网络能效也会被降低。所以,消除小区间的互相干扰、密集小区协作、提升终端能力等方案就成为了密集网络目前要解决的热点问题。

在未来的十年里,社会的各个领域都会应用 5G 网络技术,并构建全方位的信息生态系统把客户作为中心,4G 时期的信息存在时空限制,5G 网络技术将会突破这一限制,能够给用户带来极佳的体验效果,给用户带来更多的信息资讯。用户还会明显感受到 5G 光纤一样的速率接入,体验真正的无延时网络速率,更

多设备的无线连接,多场景的连接密度和高移动性的服务,提升之前的网络能效,降低比特成本都是 5G 网络技术未来的发展趋势。

5G 的应用与发展在我国受到高度的重视,并且开展了全民研发工作,与国际的合作也在不断加强,推进机制也在不断的完善中。目前,我国对 5G 网络技术的概念和框架组织、标准频谱、关键技术等方面都有了实质性的进展。

5G 的需求会和以往有很大不同,移动宽带一直都在被不断的提升,很多宽带业务也随之提升,其中最为典型的的就是视频业务。足球场一般都会设置多架摄像机,以便于能够在各个角度拍摄到运动员的每一个动作,如果足球场里的观众想要通过自己的移动设备近距离观看比赛,那么他们就需要连接移动宽带,但是如果很多观众都在同一时段连接观看,那么只有提升宽带才是正确的解决办法,这也是 5G 网络技术需要努力实现的目标。

5G 网络技术要具备 1ms 时延的标准化能力,实现人和人之间、物和物之间、人和物之间的直接通信,想要实现这一互联,没有统一的标准是无法实现的。由此可见,形成全球统一技术标准是 5G 网络技术的发展趋势,因为这种技术统一会带来很多优势,例如终端系统设备的低成本,全球范围的国际漫游。未来市场上可能会共存多代技术,出于成本的考虑运营商会取缔 3G、4G 网络,而 5G 网络技术会有一个独特的开发和部署系统,5G 网络技术不是单一的技术,它是一个技术群组。所以,推动 5G 创新,融合发展才是 5G 网络技术未来发展的真正需要。

1.5.2 5G 带动产业的发展

GSMA 在 2018 年 9 月 12 日发布的《北美移动经济》报告中,给出了面向全球主流移动通信网络运营商关于“早期 5G 用例”的调研结果:74%的运营商将优先发展增强型移动宽带(eMBB)类应用,包括千兆移动上网、4K/3D/8K/360°全景视频、初级 VR/AR、云办公/娱乐;21%的运营商将优先发展大规模机器通信(mMTC)类应用,包括基于 5G 的智慧城市、智慧建筑、垂直行业数字化;

5%的运营商将优先发展超高可靠与低时延通信（URLLC）类应用，包括高级VR/AR、智能网联汽车、自动驾驶、工业自动化等。

在此基础上，中国信科集团旗下大唐移动于2018年6月底发布《5G业务应用白皮书》，其中亮点颇多，围绕eMBB、mMTC、URLLC这三大5G典型应用场景，给出与5G结合点较强的10大应用领域（赛事/大型活动、教学培训、智慧旅游、视频监控、智能网联汽车、智能制造、智慧电力、无线医疗、智慧城市、产业园区）。

新投入、新研发与新技术创新本身的经济影响表明，5G将对全球增长产生深远且持久的影响。未来二十年5G将在全球经济中广泛普及，成为对全球经济扩展的重要贡献因素之一。

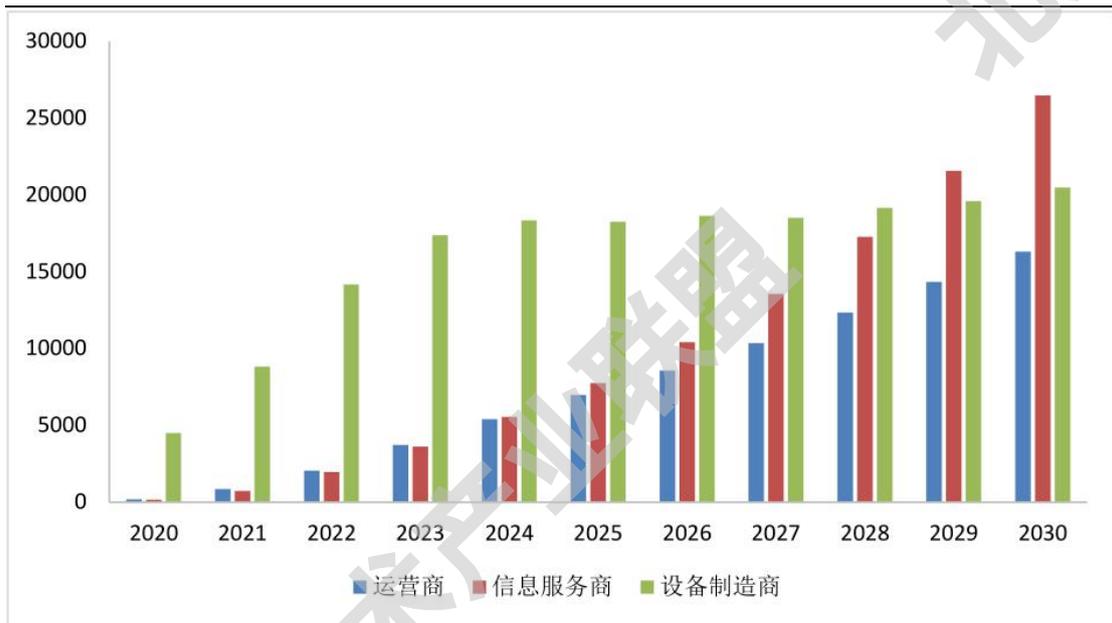
1.5.3 5G 对经济产出的贡献

从产出规模看，**2030年5G**带动的直接产出和间接产出将分别达到**6.3**万亿和**10.6**万亿元。在直接产出方面，按照2020年5G正式商用算起，预计当年将带动约4840亿元直接产出，2025年、2030年将分别增长到3.3万亿、6.3万亿元，十年间的年均复合增长率为29%。在间接产出方面，2020年、2025年和2030年，5G将分别带动1.2万亿、6.3万亿和10.6万亿元，年均复合增长率为24%。



图：5G 的直接和间接经济产出（亿元）

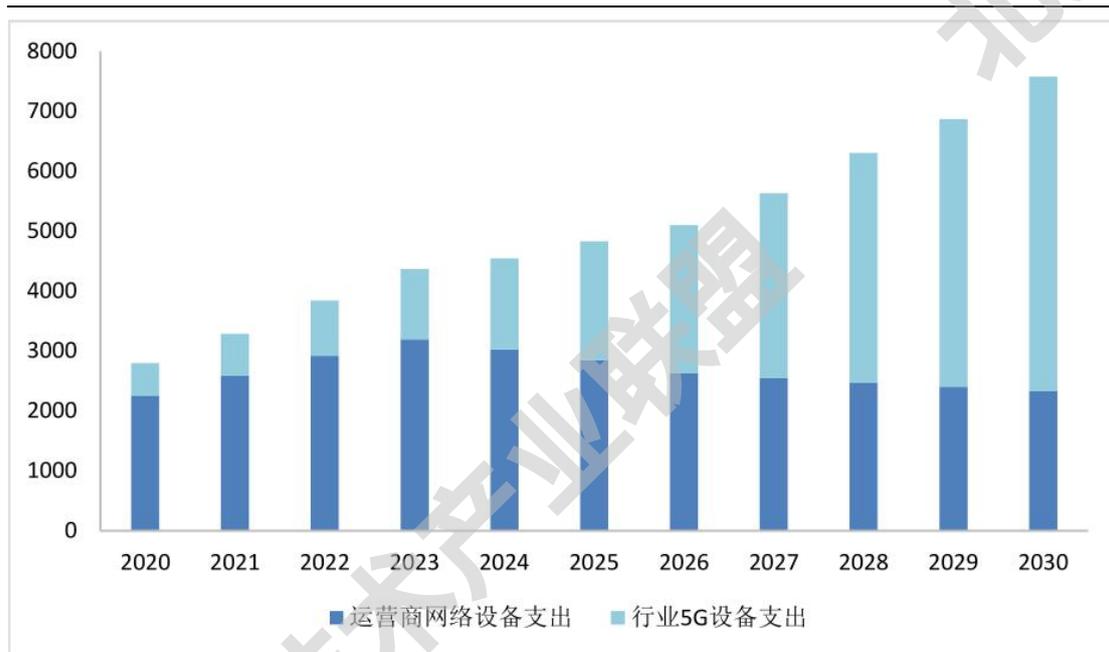
从产出结构看，拉动产出增长的动力随**5G**商用进程的深化而相继转换。在5G商用初期，运营商大规模开展网络建设，5G网络设备投资带来的设备制造收入将成为5G直接经济产出的主要来源，预计2020年，网络设备和终端设备收入合计约4500亿元，占直接经济总产出的94%。在5G商用中期，来自用户和其他行业的终端设备支出和电信服务支出持续增长，预计到2025年，上述两项支出分别为1.4万亿和0.7万亿元，占到直接经济总产出的64%。在5G商用中后期，互联网企业与5G相关的信息服务收入增长显著，成为直接产出的主要来源，预计2030年，互联网信息服务收入达到2.6万亿元，占直接经济总产出的42%。



图：5G 直接经济产出结构（亿元）

从设备环节看，5G 商用中后期各垂直行业将成为网络设备支出主要力量。

在 5G 商用初期，运营商开展 5G 网络大规模建设，预计 2020 年，电信运营商在 5G 网络设备上的投资超过 2200 亿元，各行业在 5G 设备方面的支出超过 540 亿元。随着网络部署持续完善，运营商网络设备支出预计自 2024 年起将开始回落。同时随着 5G 向垂直行业应用的渗透融合，各行业在 5G 设备上的支出将稳步增长，成为带动相关设备制造企业收入增长的主要力量。2030 年，预计各行业各领域在 5G 设备上的支出超过 5200 亿元，在设备制造企业总收入中的占比接近 69%。



图：来自运营商和各行业 5G 网络设备收入（亿元）

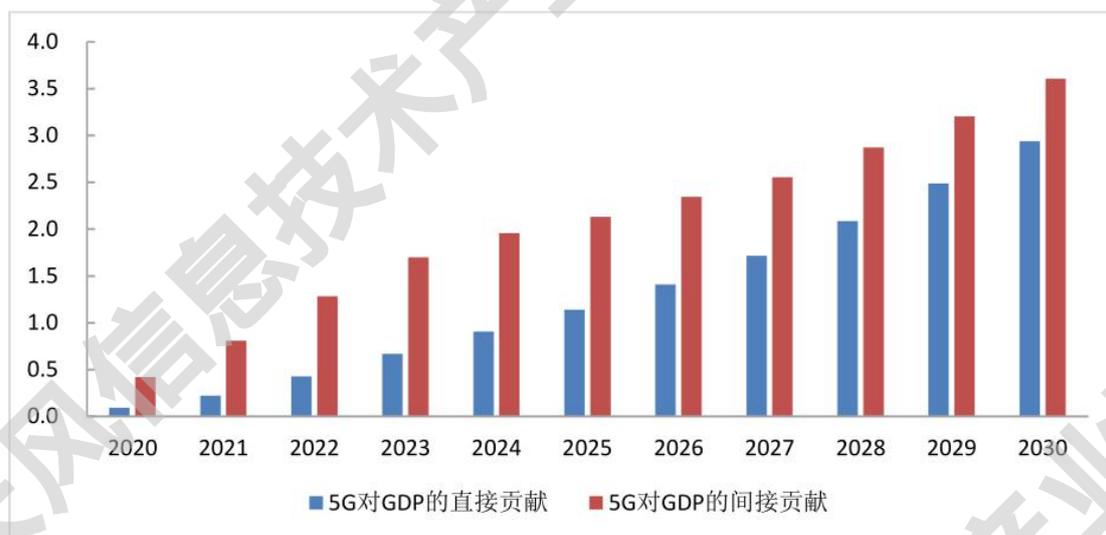
1.5.4 5G 对经济增加值的贡献

5G 的发展将直接带来电信运营、设备制造业和信息服务业的快速增长，进而对 GDP 增长产生直接贡献，并通过产业间的关联效应和波及效应，放大 5G 对经济社会发展的贡献，即间接带动国民经济各行业、各领域创造更多的经济增加值。在测算 5G 对经济增加值贡献时，需要将 5G 对总产出的贡献转换为增加值口径。按照 2012 年国家投入产出表，电信和其他信息传输服务业的增加值率为 55%，软件和信息技术服务业的增加值率为 35%，通信设备行业的增加值率为 16%，全社会各行业增加值率的平均值为 31%。由以上各部门的增加值率参数乘以对应部门的总产出贡献，加总得到 5G 拉动的经济增加值。

2030 年预计 5G 直接创造的经济增加值约 3 万亿元。2020 年，预计 5G 将创造约 920 亿元的 GDP，这部分贡献主要来自于 5G 网络建设初期电信运营商的网络设备支出。2025 年，预计 5G 将拉动经济增加值约 1.1 万亿元，对当年 GDP 增长的贡献率为 3.2%，主要来自于用户购买移动终端、流量消费及各类信息服务的支出。2030 年，预计 5G 对经济增加值的直接贡献将超过 2.9 万亿元，对

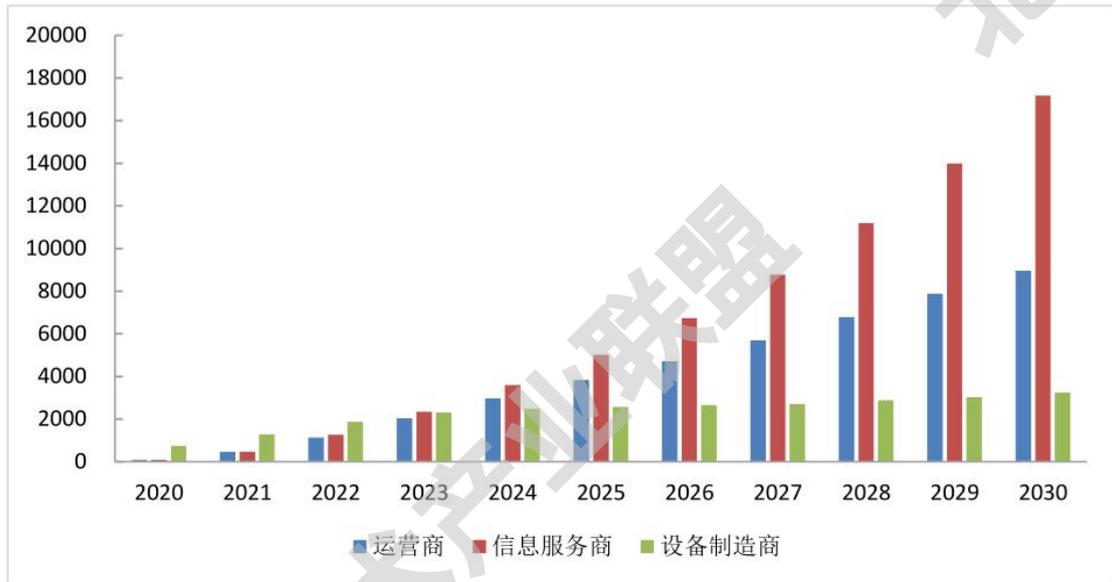
当年 GDP 增长的贡献率将达到 5.8%，这主要来自于用户购买移动互联网信息服务的支出、各垂直行业的网络设备投资和流量消费支出等。十年间，5G 直接创造 GDP 的年均复合增长率约为 41%。

2030 年 5G 间接拉动的 GDP 将达到 3.6 万亿元。按照产业间的关联关系测算，2020 年，5G 间接拉动 GDP 增长将超过 4190 亿元；2025 年，间接拉动的 GDP 将达到 2.1 万亿元；2030 年，5G 间接拉动的 GDP 将进一步增长到 3.6 万亿元。十年间，5G 间接拉动 GDP 的年均复合增长率将达到 24%。



图：5G 的直接和间接经济增加值贡献（万亿元）

十年间，5G 拉动 GDP 增长的关键动力依次更迭。5G 的部署将对几乎所有经济部门产生积极影响，预计 2020 年拉动 GDP 增长的动力是电信运营商的 5G 网络投资和各类用户的终端购置支出，所产生的 GDP 约 740 亿元，占当年 5G 对 GDP 总贡献的 80%。随着 5G 的广泛普及应用，5G 相关服务的 GDP 带动效应将显著超越 5G 相关制造环节的 GDP 带动效应，预计 2030 年，电信运营商流量收入所产生的 GDP 约 9000 亿元，占当年 5G 对 GDP 总贡献的 31%，各类信息服务商提供信息服务将产生约 1.7 万亿元的 GDP，占当年 5G 对 GDP 总贡献的 58%。



图：各主体 5G 相关经济活动对经济增加值的贡献（亿元）

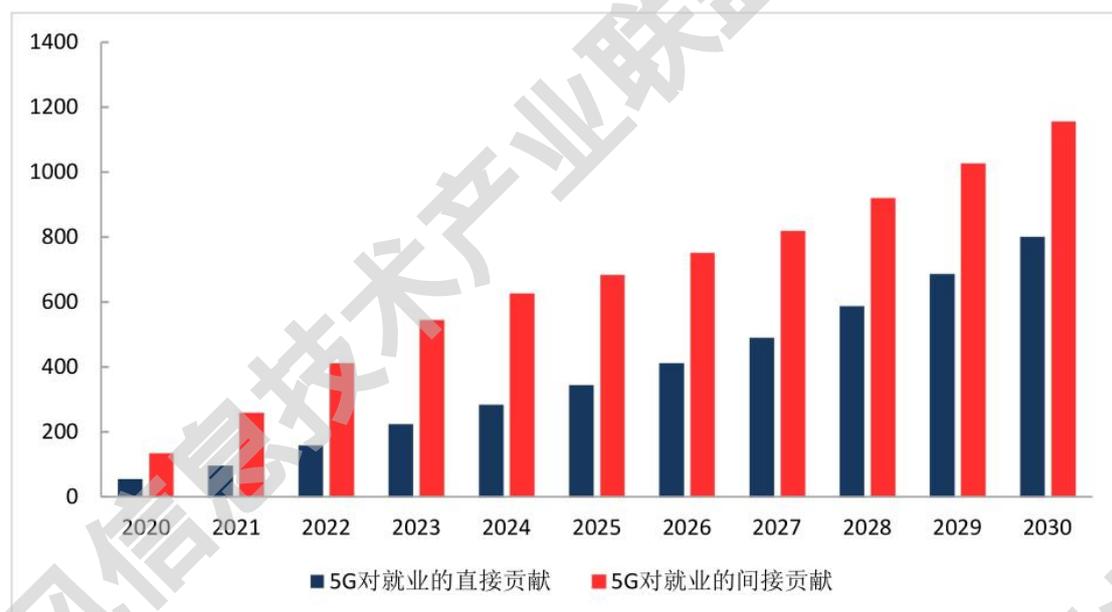
1.5.5 5G 对就业增长的贡献

5G 的广泛应用，一方面将提升企业产出效率，削减社会原有工作岗位，另一方面又将创造大量具有高知识含量的就业机会，还将通过产业关联效应带动间接就业。在测算 5G 对就业的贡献时，需要依据各行业的人均劳动生产率进行计算。按照 2012 年投入产出表及国家统计局相关数据，电信和其他信息传输服务业、软件和信息技术服务业人均增加值劳产率为 53 万元/人，通信设备行业人均增加值劳产率为 21.5 万元/人，全社会平均增加值劳产率为 7 万元/人。用各行业增加值产出除以对应的人均增加值劳动生产率，即得到 5G 创造的就业机会。

2030 年 5G 将创造 800 多万就业机会。据估计，2020 年 5G 正式商用将直接为社会创造约 54 万个就业机会，主要来自于 5G 相关设备制造创造的就业机会。随着 5G 应用范围的扩展与应用领域的深化，2025 年，5G 将提供约 350 万个就业机会，主要来自于 5G 相关设备制造和电信运营环节创造的就业机会。2030 年，5G 将带动超过 800 万人就业，主要来自于电信运营和互联网服务企业创造的就业机会。

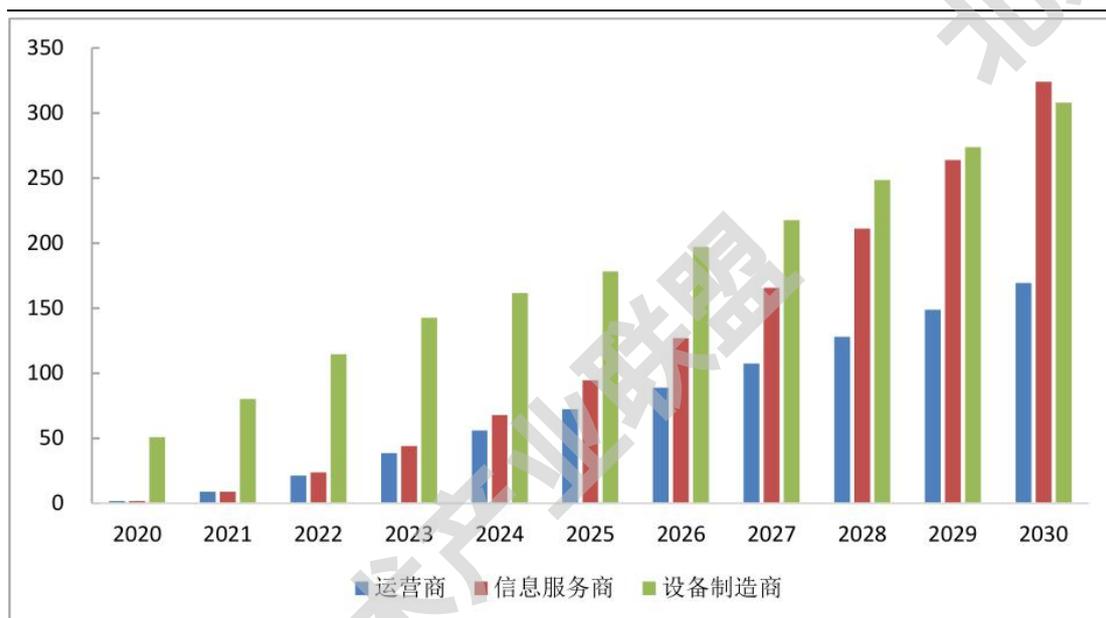
5G 对就业的间接贡献具有倍增效应。5G 通过产业关联和波及效应间接带动 GDP 增长，从而为社会提供大量就业机会。2020 年 5G 将间接带动约 130 万人就

业，是其直接提供的就业机会的 2.5 倍；2030 年预计 5G 将间接提供约 1150 万个就业机会，约是直接就业机会的 1.4 倍，较 2020 年有所下降。究其原因，从 2020 到 2030 年，5G 总产出结构中，电信运营收入和互联网信息服务收入的占比越来越高，而这些部门对就业的间接拉动能力较低，导致间接就业机会增长日趋放缓，相对于直接就业机会的倍数有所下降。



图：5G 的直接和间接就业贡献（万个）

5G 设备制造和信息服务环节的就业带动作用凸显。5G 技术、产品在各个行业的广泛渗透应用，将创造大量就业机会，成为稳定社会就业的重要途径。2020 年在 5G 建设初期，预计设备制造商将直接带动约 51 万人就业，占 5G 带动总就业人数的 94%。2025 年，随着 5G 的广泛应用，移动终端逐渐普及，带动相关信息服务快速发展，预计设备制造商将直接带动约 180 万人就业，占带动总就业人数的 52%，同时信息服务商的就业带动作用逐渐显现，预计将直接带动约 90 万人就业，占总带动就业人数的 27%。2030 年 5G 的经济社会带动效应充分显现，信息服务的就业带动效应超过设备制造，预计信息服务商将创造约 320 万个就业岗位，占总带动就业人数的 41%，设备制造商将带动约 310 万人就业，占总带动就业人数的 38%。



图：各主体 5G 相关经济活动对就业的贡献（万个）

2 全球优势国家和地区 5G 发展情况

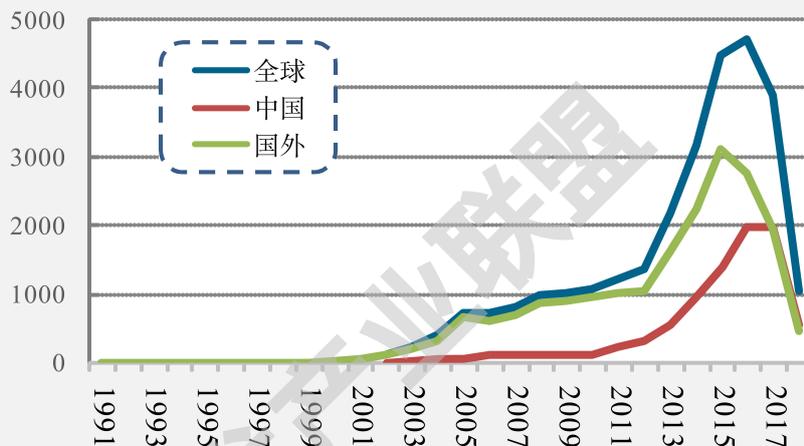
2.1 5G 整体发展现状

2.1.1 5G 技术领域专利状况

通过利用 IPC 国际分类号和关键词，以公开（公告）日截至到 2018 年 9 月的中国及国外（美国、日本、英国、法国、德国、瑞士、俄罗斯、韩国、欧洲专利局、世界知识产权组织）专利数据为蓝本，全面检索 5G 技术领域相关专利，合理设定分析指标，开展专利申请趋势、申请类型、地域分布、申请人等方面的信息分析和研究，从知识产权价值指标客观评价 5G 技术领域技术发展现状。

(1) 全球 5G 技术领域研发活跃度较高，中国 5G 市场专利布局活跃

全球5G技术领域专利申请趋势



数据来源：www.cnipr.com，截止到2018年9月

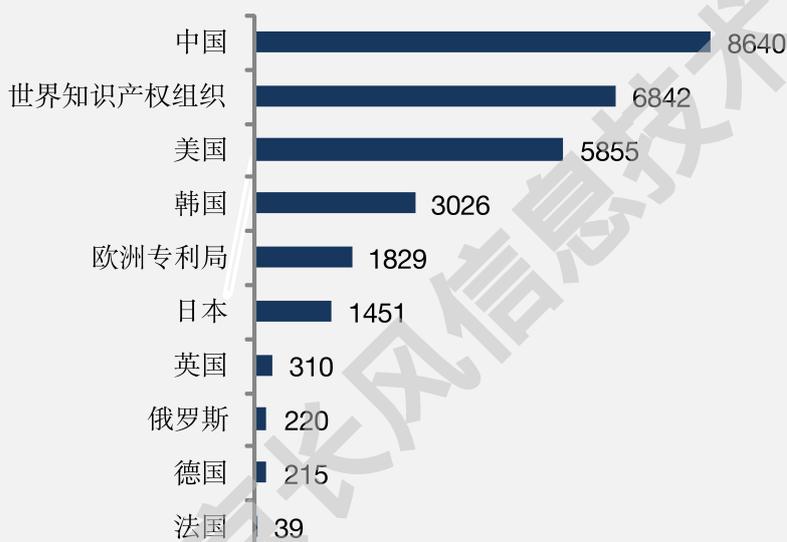
注：期末统计数量下降是某些专利申请尚未公开所致，并非申报量下降

图：全球 5G 技术领域专利申请趋势

截至 2018 年 9 月，全球涉及 5G 技术领域的专利/申请共计 28484 件。

从申请趋势来看，全球 5G 技术领域专利申请量整体呈现快速增长态势，5G 技术领域的研发活跃度较高。

全球5G技术领域专利布局区域分析



数据来源：www.cnipr.com，截止到2018年9月

图：全球 5G 技术领域专利布局区域分析

从全球 5G 技术领域专利布局区域情况来看，中国是 5G 技术布局热点区域，其次是美国、韩国。

值得注意的是，虽然向世界知识产权组织（WIPO）递交的 PCT 申请量排名第二，越来越多申请人选择通过 PCT 方式进行国外专利申请，但 PCT 并非专利授权体系，通过 PCT 途径提交的国际专利申请，其专利授予权仍由各国或地区的专利局负责。

(2) 中国通信企业发展迅速，传统通信企业优势明显



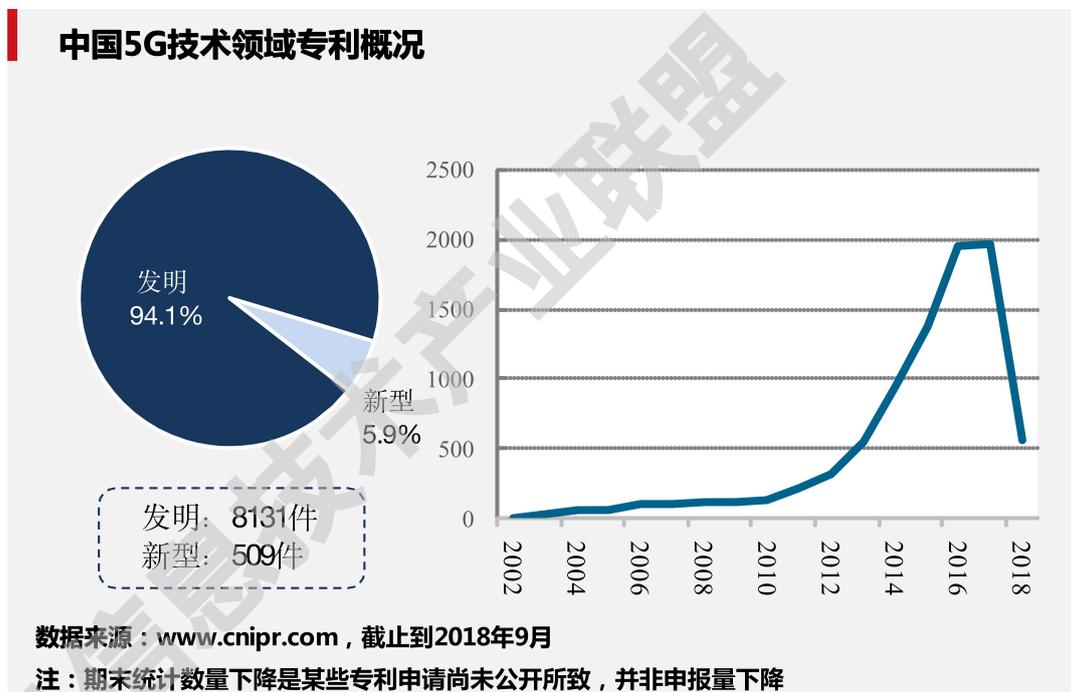
图：全球 5G 技术领域申请人 TOP10 分析

从全球 5G 技术领域申请人 TOP10 分析情况来看，排名前十的申请人专利申请量占 5G 技术领域的 52.6%，半数的专利集中在这十名申请人中，且这十名申请人的专利均集中在近五年；其中，这十名申请人均为传统通信企业。其中排名第一的为三星，拥有超过 3000 件的专利，其次是华为、高通、韩国 LG、中兴、英特尔等集团公司。

值得注意的是，以华为、中兴为代表的中国通信企业在快速发展的同时也注重创新投入，从上表可以看出，中兴以及华为在 5G 技术领域布局了大量的专利，

其专利申请量在全球也处于领先地位；与高通、爱立信、英特尔等跨国企业相比，专利申请量差距较小，甚至略高于这些企业。

(3) 中国 5G 技术领域研发活跃度较高



图：中国 5G 技术领域专利概况分析

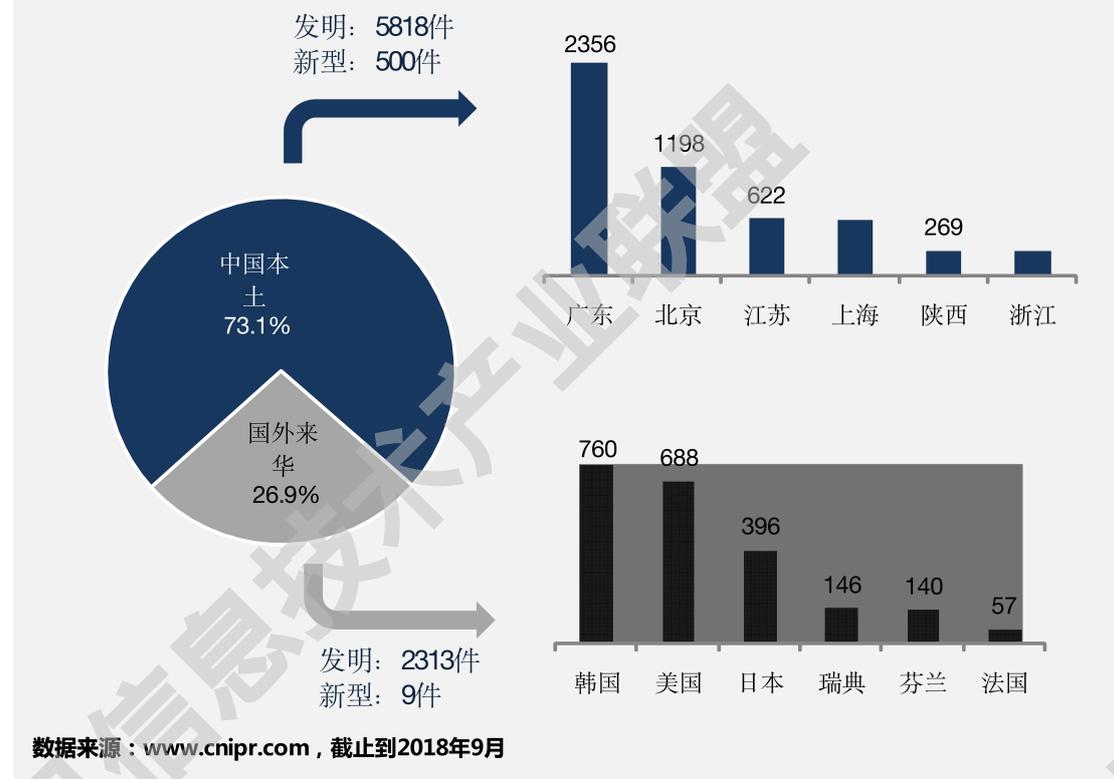
截至 2018 年 9 月，中国涉及 5G 技术领域的专利/申请共计 8640 件。

从申请趋势来看，我国 5G 技术领域专利申请量整体呈现快速增长态势。其中，5G 技术领域的研发活跃度较高，5G 技术领域专利申请趋势自 2010 年开始持续上升，2014 至 2016 年增长幅度较大。

从专利申请的类型来看，5G 技术领域专利以发明专利为主，其中发明专利申请量为 8131 件，约占总申请量的 94.1%；实用新型专利为 509 件，占总量的 5.9%。

(4) 广东省在中国 5G 技术领域专利申请优势明显，以韩国和美国为代表的国外企业积极在中国市场进行专利布局

中国5G技术领域本土和国外来华分析



图：中国 5G 技术领域本土和国外来华分析

从中国 5G 技术领域的专利来源情况来看，中国 5G 技术领域以本土申请人申请为主，其中，中国本土申请人专利申请量占比为 73.1%，国外来华专利申请量占比为 26.9%。其中，从专利类型构成情况来看，中国本土专利申请中，发明专利申请 5818 件，实用新型专利 500 件；国外来华专利中，发明专利申请 2313 件，实用新型专利 9 件。

从中国主要省市区域构成情况可以看出，5G 技术领域专利申请排名前三位的省市分别为广东、北京和江苏，反映出这三个省市是我国 5G 技术领域的研发创新热点地区。其中，拥有中兴、华为的广东省的专利申请量位居首位，专利申请量远高于其他省市，表现最为突出；北京排名第二，但与广东省相比，专利申请量具有一定差距。

从国外来华专利区域构成情况可以看出，韩国、美国和日本是国外来华申请量排名前三的区域，这三个国家的专利申请量占国外来华专利申请量的 79.4%。

(5) 我国 5G 领域 2018 年的最新专利

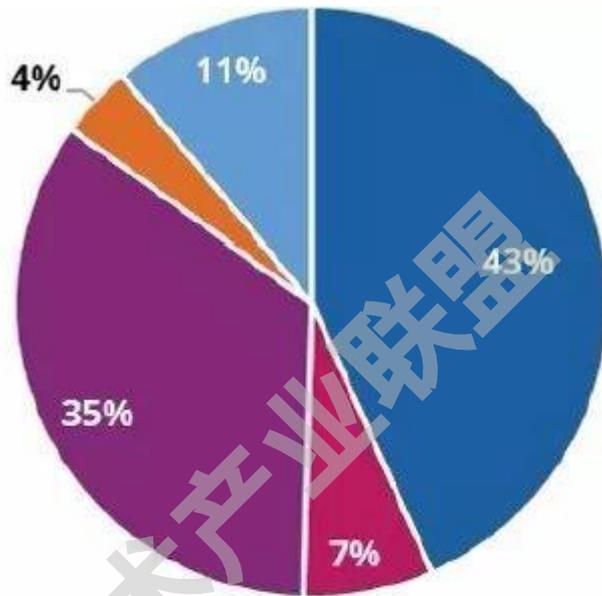
-
- ①一种基于非侵入式智能监测分析用户用电数据的技术 施海鸿；苗狄；邵杰扬；魏嘉清；黄楚斌；2018
 - ②一种天线系统及移动终端 武景；2018
 - ③一种基于 QoS 保障的服务功能链动态部署方法 唐伦；赵培培；周钰；杨友超；马润琳；陈前斌；2018
 - ④一种具有辐射模的水平极化椭圆漏泄软波导 王如彬；尚爱民；王胜军；白龙刚；郭明明；2018
 - ⑤5G MIMO 天线和毫米波天线阵并存的天线结构及手持设备 吴胜杰；任周游；赵安平；2018
 - ⑥一种实现 IP 语音业务接入的方法 朱浩；刘晓峰；2018
 - ⑦一种基于 5G 网络的 WIFI 天线 宋毅；2018
 - ⑧一种基于 5G 网络的无线路由器 曹凤莲；2018
 - ⑨一种用于 5G 通信的小型天线 宋毅；2018

2.1.2 5G 频段分配情况

2018 年，全球移动通信供应商协会发布最新报告《全球 5G 进展：试验、部署、商用》，如下图所示：5G 试验频段方面，用得最多的是 28 GHz 频段，其次是 3.5 GHz 频段。



不过，从总体上看，用得最多的是 6 GHz 以下的频段（占到了 43%），其次是 24-29.5 GHz 频段（占到了 35%）。5G 微信公众平台（ID: angmobile）认为，由此可见目前受运营商青睐的主流频段，有利于明确 5G 产业的集中发力方向。如下如所示：



- 1 GHz to 6 GHz
 - >6 GHz to 24 GHz
 - >24 GHz to 29.5 GHz
 - 37 GHz to 40 GHz
 - 60 GHz to 90 GHz
- 微信号: angnmobile

2017年，中国工业和信息化部发布通知，正式宣布规划 3300-3600MHz、4800-5000MHz 频段作为 5G 系统的工作频段，其中 3300-3400MHz 频段原则上限室内使用。

同时，工信部不再受理和审批新申请 3400-4200MHz、4800-5000MHz 频段内的地面固定业务频率、3400-3700MHz 频段内的空间无线电台业务频率、3400-3600MHz 频段内的空间无线电台测控频率的使用许可。

由此，我国成为国际上第一个发布 5G 系统中频段内频率使用规划的国家。

2.1.3 5G 网络部署情况

《全球 5G 进展：试验、部署、商用》报告统计数据显示：

截至目前，全球共有 66 个国家的 154 家运营商以进行正在进行共计约 412 个独立的 5G 使能技术及候选技术展示、试验、验证、场测，如下图紫色区域所示：



正在试验的 5G 技术包括 5G 新空口、“大规模天线阵列 (Massive MIMO) + 波束赋型”组合、云与边缘计算、5G 前传/中传/回传等。

2.1.4 5G 测试阶段划分

结合产业发展态势，中国移动以运营商需求为牵引，明确了面向商用产品研发的分阶段 5G 试验规划，全力加速 5G 产品的商用化进程。

第一阶段是 5G 关键技术可行性验证。基于 4G 网络基础设施，联合产业开展 5G 候选技术的可行性验证，包括大规模天线、用户为中心的网络、新型编码、新型调制等技术，并于 2016 年完成该阶段工作。结合该阶段的工作，中国移动已提前将 5G 的大规模天线技术应用于 4G 网络，可提升现网的容量和频谱利用效率 2-3 倍，并已开始业务热点和高楼等场景开始规模部署。

第二阶段是 5G 系统概念验证。结合 3GPP 标准进展，联合产业链上下游，突破硬件平台和架构的产业瓶颈，推动实现 5G 基础设施的硬件能力具备。通过系统样机的实验室和外场测试，全面推动 5G 端到端产品的设计和优化，以及测试仪器仪表的成熟。实验室测试和外场试验、演示力争在 2017 年四季度完成。

目前，已在 2017 年 6 月的 MWCS 期间，完成在上海和广州的 5G 组网能力和业务能力的演示。

第三阶段，2018–2019 年将面向预商用产品和成熟的 3GPP 标准开展“规模试验及预商用试验”，确保在 2020 年实现 5G 有效商用。通过硬件平台的优化迭代、以及面向 3GPP 标准的软件迭代，推出预商用的 5G 产品，通过多厂商、多网络的互联互通，以及 4G 与 5G 的互通等试验测试，推进 5G 端到端的成熟，并力争在 2019 年下半年提供友好用户体验。

2.1.5 5G 在行业应用情况

5G 技术将使移动技术超越消费和企业级服务，拓展至行业领域，从而让人们以一种前所未有的方式同世界互动。正如之前提到的，5G 的技术规范和功能将完全不同于前几代网络技术。广泛终端将应用多种无线电类型，以完成一系列多样化任务。5G 标准不仅将使用授权和非授权频谱，而且将使用共享频谱，并且在专有和公共网络上运行。这种高度的灵活性表明 5G 将能够应对空前数量的行业用例。移动生态系统想成功渗透上述行业，关键在于要深入了解其所应对的不同行业 and 用例。许多行业的终端生命周期将长达 10 年甚至更久。而还有一些行业可能会要求专用网络或特定频谱片段的网络需求。

用例和终端的多样性是评估经济影响的关键因素之一，同时也是一些市场比其他市场更快被普及的原因。那些深入了解 5G 潜力及其不同增强功能、并且明白其瞄准的垂直应用的移动生态系统成员，则更有可能立足市场并获得成功。

(1) 自动车辆控制

自动车辆控制技术用于车辆自动驾驶。这个新趋势对于社会有着潜在的多样化影响。例如辅助司机驾驶，可以通过避免碰撞，带来更为安全的交通出行，同时降低司机驾驶压力，进而在车辆行进中能够进行办公等生产性活动。自动驾驶不仅包括车辆和基础设施的通信，还包括车辆和车辆、车辆和人，以及车辆和路边传感器的通信。这些通信连接需要承载极低时延和高可靠性的车辆控制指令，而这些指令对于安全行驶极为重要。尽管这些指令通常不需要大带宽，但是当车

辆之间需要交换视频信息时，较高的传输速率仍然是必要的，如自动驾驶车队的控制，需要快速交换周围环境的动态信息。此外当支持高速车辆的移动性时，无人参与的控制必须具备完全覆盖条件。

(2) 应急通信

在紧急情况下可靠的通信网络对于救援非常重要，而且即使在灾难中局部网路损毁，这一要求也不能放松。在某些情况下，临时的救援通信节点可以用来辅助受损的网络。用户终端也许能够承担中继功能，帮助其他的终端接入仍然具有通信能力的网络节点。这时通常最为重要的是定位幸存者，并把他们带回安全区域。在应急通信中，高可用性和高节电效率是主要要求。高可用性可以确保幸存者的高发现率。可靠的数据连接确保在幸存者被发现之后救援阶段的联系。在整个搜救过程中，希望把幸存者终端设备的电流能耗降到最低，延长幸存者终端设备待机的时间。

(3) 工业自动化

工业自动化由生产线上的设备组成，这些设备通过足够可靠、低时延的通信系统和控制单元进行通信，满足确保人身安全的有关应用和需求。事实上，众多工业制造应用需要很低的时延和高可靠性。尽管这一类通信需要发送的数据很少，而且移动性也并非主要问题，但上述严格的时延和可靠性要求仍然超出了现有的无线通信系统的能力。这也是目前工业制造类通信系统仍然采用有线通信系统的原因。另一方面，有线通信在很多的情况下是非常昂贵的解决方案，因此对5G低时延、高可靠性的需求是十分清楚的。

(4) 高速列车

乘客在高速行进的列车上市，仍然希望能够像在家里一样使用网络。例如，观看高清视频，玩游戏，或者远程接入办公云和虚拟现实的会议。而当列车在高速行进中时，在用户体验没有显著下降的条件下，较好地满足上述服务需求将是具有挑战性的任务，高速列车上通信最重要的两个指标是用户速率和端到端时延，较好的指标可以确保乘客获得令人满意的各项服务。

(5) 大型室外活动

一些大型室外活动会在一定时间内吸引大量临时访客，例如体育赛事、展览、音乐会、节日聚会、焰火大会等。来访者通常希望拍摄高清图片和视频，并实时

分享给家人和朋友。因为大量的人聚集在有限的区域,从而产生巨大的流量压力。而与此对应的网络能力远远不够,因为通常用户的密度远远低于活动期间的用户密度。因此,这一场景的主要挑战是向每一个用户提供满足视频数据传输的均匀速率,同时支撑高连接密度和大流量的要求。这里高密度可以达到每平方米有数个连接。此外,服务中断的概率要降到最低限度,从而确保良好的用户体验。

(6) 广阔地理区域分布的海量设备

从分布在广阔区域的设备采集信息的系统,可以利用所采集的信息通过不同方式来提升用户体验。这样的系统可以跟踪先关数据,根据接收到的和收集到的数据做出决定并执行某些任务。例如监视、监管中药设备、辅助信息分享等。从大量位置采集信息的方式之一是通过传感器和传动装置。但要将这样的系统变为可行的方案,确实需要面对很大挑战。由于此类设备数量巨大,因此设备需要低成本和长电池续航能力。而且,系统需要能够处理在海量的位置和不同的时间产生的少量数据和干扰。

(7) 媒体点播

媒体点播简单的说就是个人用户在任何时间和地点享受诸如音乐和视频之类的媒体内容。用户在不同地方,如市区环境和家里,选择观看最新的在线电影。在家里人们通常在大电视屏上观看电影,几视频内容可能是通过无线设备转发到电视屏幕上。例如,通过智能手机或者无线路由器,这类应用的挑战出现在当某一区域内出现大量用户要观看不同的媒体内容的时候,例如,在一片密集居住区,夜间人们在家里选择观看不同的电影,这时需要非常高的系统数据速率来提供良好的用户体验。此类媒体点播流量主要是下行数据,上行主要是信令。这里媒体播放起始的绝对时延并不重要,绝对时延是指从媒体内容的点播要求发出到用户开始获得内容的时延。尽管人们希望时延能够降低,但是几秒钟的时延是可以接受的。当媒体开始播放后,用户很容易对画面卡顿感到厌烦。因此在卡顿之后能够在短时间内恢复播放速度是十分重要的。最后为无论身在何处的大量用户提高可用性服务的能力也是十分必要的。

(8) 远程手术和诊断

对病人的诊断和手术有可能在远程实现。有些情况下,也许1秒的时间就可以决定生命的生与死。在这种情况下,移动通信技术只有达到最高级别的可靠连

接，才能够获得信赖。例如，当医生给远程的病人做手术时，系统需要即时响应才能挽救病人生命。并且，远程医疗可以给位于边远地区的病人提供及时、低成本的健康服务。这一重要的应用需要很低的端到端时延和超可靠的通信，因为医生需要即时了解病人的情况（例如查看高清图片、访问病人病例等），同时在手术过程中需要得到准确的触感和触觉互动（又称为触觉反馈）。尽管大多数情况下病人是处在静止状态，但是在某些情况下（例如救护车上），有些远程医疗服务的严格要求在高移动条件下需要降低。

(9) 购物中心

在大型购物中心，大量的消费者寻求不同的个性化服务。移动宽带接入可以使消费者能够获得传统的通信服务以外其他的应用服务，如室内导购和产品信息。监视和其他安全系统也可以通过网络基础设施加以协同，如火警和安全保卫。这些服务包括传统的无线网络和协同无线传感器。购物中心场景的挑战是在用户需要连接时确保网络可用性，以及对敏感信息（例如财务信息）的保护。这里的安全链路通常不需要高速率和低时延，但是需要高可用性和可靠性，并且能够有效抵御可能的非法入侵。网络层面为了实现这些功能，同样需要高可用性和可靠性，特别是于安全相关的应用。此外，实际用户速率仍然是良好用户体验的关键。

(10) 智慧城市

从城市居民的角度来看，生活的很多方面将变得更为智能，如智能家庭、智能办公、智能建筑、智能交通。所有这些将智能城市变为现实。今天的连接主要是人与人的连接，但未来的连接会显著延展到人与周围环境的连接。这些连接在人们移动过程中会动态变化，例如在家、办公楼、购物中心、火车站、汽车站以及其他地方。智能连接可以提供个性化服务，也可以实现基于位置和内容的服务。在智能服务中，连接在诸多因素中起到更为重要的作用。为了容纳前所未有的广泛服务，无线通信系统的要求也趋于多样化。例如“智慧办公”的云计算服务需要高速率、低延时；大量的小终端、可传递设备和传动装置通常需要很小的数据量和适中的时延需求。发送的信息可以是产品信息、购物中心的电子支付信息、智能家庭/智能建筑的温暖光照控制信息等。除了差异巨大的要求之外，支撑海量活跃连接，以及在人口密集城区提供高数据速率也同样具有挑战。而且，这些要求会随着相应的是内、室外人群密集变化而动态变化。例如，在车站当火

车或者公共汽车到达或者出发时，在十字路口随着红绿灯的变化时，在会议室有没有会议正在进行时，这些要求有很大不同。

(11) 体育场

体育场总会聚集大量对体育赛事和音乐会感兴趣的人群。这些观众希望能够在人群密集区域完成沟通和视频内容分享。在活动期间，这些通信会产生大量的流量，而其峰值流量关联性极强，如发生在活动的间歇或者结束时。在其他时间流量则相对较低。

用户和观众的期望值紧密相关。在网络层面，由于人们在同一时间接入网络，单位面积的数据流量是主要挑战。

(12) 智能网络的远程保护

智能网络（这里泛指相关市政电力、自来水和天然气的生产、传输和使用的网络）必须能够快速响应供给或者使用的变化，避免可能的大规模系统故障并对社会产生重大影响。例如，停电事故可能是由能源传输系统故障引起的，而这些故障可能是由于不可预测的事件造成的，例如暴风雨中被吹倒的树木造成的传输系统故障。这种情况下要避免停电，则需要具备必要的反应能力，并采取相应的措施。监视和控制系统，以及无线通信解决方案对远程保护发挥着重要的作用。及时、高可靠的重要信息交换是保证迅速作出相应的关键因素。

因此，远程保护应用需要低时延和高可靠性。在智能电网中，当检测到故障后，报警信息必须得到低时延、高可靠地发送和转发，并采取必要的行动来阻止供电系统故障扩散，从而造成重大损失。尽管多数情况下数据量很小，而且几乎没有移动性要求，但是必须满足严格的时延和可靠性要求。未来的无线通信系统将能够满足这些严格要求，在（全国范围，包括郊区的）广大区域内以可以接受的成本提供服务。这些基础设施非常重要，通常必须满足高安全性和高集成标准。

(13) 交通拥堵

当人们深陷交通拥堵的时候，很多乘客都希望观看移动视频内容。突然上升的流量需求给网络带来挑战，特别是，当道路区域网络覆盖不佳的时候，优化过程中也往往无法考虑这样的场景。这时从用户的角度来看，高速率和高可用性尤为重要。

(14) 虚拟现实和增强现实

虚拟现实技术使身处异地的用户之间进行犹如面对面的互动。在虚拟现实的影像里，处在不同位置的人们可以见面，或者在很多的应用和活动中互动，如会议、会见、游戏和音乐演奏。这些活动之前都要人们在同一个地点才能进行，这个技术也可以使处在不同地点的具有特定能力的人，一起完成复杂的任务。虚拟现实技术是重现现实，而增强现实是通过增加用户周围环境的信息来丰富现实。增强现实可以使人们根据个人喜好获得个性化的附加信息。

虚拟现实和增强现实需要很高的传输速率和低时延。为了获得虚拟现实的感觉，同时每个人又都会影响虚拟现实的影像，因此所有用户之间都需要不断交换数据。为了获得进一步的高级用户体验，大量的信息数据需要在传感器/用户的终端和云平台之间双向传输。周围环境的大量信息需要提供给云计算平台，从而选择适合的内容信息，这些需要即时提供给用户。另外我们知道当“真实”现实和增强现实之间的时延超过若干毫秒时，人们就会产生“晕屏”的感觉。为了保证高清的质量，多向、高速、低时延的数据流量是必不可少的。

2.1.6 5G 全球竞争状况

全球各国早就将发展 5G 提升到了前所未有的战略高度，积极布局 5G，希望在 5G 时代掌握主动权。谁在 5G 领域拥有更多话语权，谁就能在未来 10 年的产业竞争中占据先机。哪个国家的 5G 产业实力强，哪个国家就在未来的国家竞争中领先。那么，作为目前在 5G 领域名列前茅的日韩、欧洲、美国和中国四大主角，谁更有优势呢？谁能笑到最后？

- **日韩：偶尔占据前列**

无论 3G 还是 4G 时代，日本和韩国的移动通信发展水平都处于全球前列。面对潜力巨大的 5G，日本自然希望仍旧延续优势。

2013 年 10 月，官方背景的日本无线工业级商贸联合会（ARIB）便建立了 5G 特设工作组“2020 & Beyond Ad Hoc”。自 2014 年始，日本最大的移动通信运营商 NTT docomo 便与多家企业联合开展 5G 实验，还发布了 5G 白皮书，详细阐释 5G 无线接入的关键技术；2016 年 9 月，日本软银启动 5G 项目“5G Project”，成为全球第一家商用 Pre5G Massive MIMO 的运营商。

值得一提的是，2020年夏季奥运会将在东京举办。为此，日本将提前部署5G商用系统，并计划在2023年把5G的商用范围扩大到全国。预计，日本三大运营商对5G的投资总额将达到5万亿日元。

而韩国则在2013年6月成立了5G论坛推进组5G Forum，提出了5G国家战略和中长期发展规划。

2014年年初，韩国政府就敲定了以第五代移动通信（5G）发展总体规划为主要内容的“未来移动通信产业发展战略”，决定在2020年推出全面的5G商用服务，并投资1.6万亿韩元（约合90.3亿元人民币）用于5G核心技术研发。

在2018年2月举行的平昌冬奥会期间，韩国已实验性地推出了5G服务。韩国多家运营商也都启动了5G的网络测试，为接下来的商用做好准备。按照韩国官方的说法，韩国的目标是成为引领世界的5G通信强国。

但是日韩国内毕竟市场体量小，产业合力有限，在真正巨头林立的5G大国竞争中，基本还属于是偶尔露脸借光型的。

● 欧洲：意在重回第一阵营

除在2G时代赶超美国，引领全球外，欧洲在3G、4G的发展上都相对后劲不足，整体上落后于其他发达国家或地区；5G时代，欧洲决心迎头赶上，重回第一阵营。

2012年9月，欧盟就启动了“5G NOW”的研究课题，主要面向5G物理层的技术研究；同年11月，欧盟还投资2700万欧元预算启动了“METIS”5G研发项目。

但直到2016年9月，欧盟委员会才发布5G行动计划：2018年启动5G规模试验，2020年实现5G商用。

相比之下，欧洲内部各国对5G发展的态度比较积极。

英国在2012年开始推动5G技术研发，同年建立了5G网络研发中心；2015年9月，设在英国萨里大学的5G创新中心（5GIC）成立，核心成员包括英国各大电信运营商、BBC等。

2017年3月，英国发布《下一代移动技术：英国5G战略》，宣告将通过5G及全光纤计划确保英国成为下一代移动技术和数字通信的全球领导者；10月，又宣布投入2500万英镑，探索5G商业模式、服务和应用的潜力。

而在此前的 2017 年年初，英国政府已向 5G 研究机构拨出 1600 万英镑，建立一个全国性的“5G 创新网络”，用于测试与 5G 相关的新技术，以实现其“成为世界上第一批使用 5G 的国家”的愿望。

德国致力于成为 5G 网络及应用的领导国家，2012 年 4 月便在德累斯顿科技大学成立了 5G 无线通信系统专门实验室；2016 年启动了“德国 5G 网络倡议”，首次提出了一系列快速完善 5G 基础设施的措施。

2017 年 7 月，德国发布《德国 5G 战略》，介绍了落实 5G 战略的五个行动领域，包括加强 5G 网络输出，进行更加协调、更加有针对性的研究，实现 5G 网络城镇村全国覆盖。

- **美国：努力挽回霸主地位**

美国一直在全球移动通信技术的发展中扮演着领头羊的角色。尤其在 4G 时代，以高通为代表的美国企业掌握着绝大多数的技术专利，堪称霸主。

5G 时代，美国依然希望借助其雄厚的技术积累，延续往日的辉煌。

2012 年，美国纽约大学理工学院就成立了一个由政府部门和企业组成的 5G 研究联盟；同年，美国宽带无线接入技术与应用中心（BWAC）也开始积极进行 5G 项目研发。

2016 年 7 月，美国联邦通信委员会就为 5G 网络分配了频率资源，是全球首个开放 5G 频谱资源的国家；同时，美国也宣布在 4 个城市进行 5G 技术推广和实验。

美国的三大运营商 Verizon、AT&T 和 T-Mobile 也都公布了自己的 5G 计划，并与三星、爱立信、诺基亚、高通、英特尔等公司开展技术和商用部署实验。

2018 年 5 月，美国商务部部长威尔伯·罗斯公开表示，建设 5G 移动网络是特朗普政府的首要任务，美国需要 5G，无论是出于防御目的，还是出于商业目的。

外界普遍认为，美国在 5G 发展上已感受到比较大的压力，4G 时代积累的诸多优势正在丧失。

- **中国：有望保持领先优势**

中国早就开始为了迎接 5G 做准备工作。早在 2013 年，工信部、科技部、发改委就联合成立了 IMT2020 (5G) 推进组。推进组指导了华为、中兴、大唐等电信企业全球最大的 5G 试验场北京怀柔进行测试。

另一方面，以华为、中兴为代表的中国通信企业在快速发展的同时加大了创新投入，中国企业申请的发明专利授权量一直处于全球领先地位，其中包括了大量的 5G 战略布局专利。在 5G 专利领域，即便与老牌的高通、爱立信等公司相比，华为、中兴在专利数量和质量上，都不遑多让。

2018 年上半年，中国移动、中国联通、中国电信已陆续开始在全国多个城市开展 5G 外场测试及业务与应用示范。按照目前政府和运营商公布的计划，2019 年 5G 就会实现试商用，2020 年将正式商用。

由于中国有着全世界最大的 4G 网络，最多的 3G、4G 用户人群和日渐蓬勃发展的移动互联网产业，更好的用户基础意味着，一旦 5G 商业发令枪响，中国将孕育更多更强大的互联网生态以及更多潜在创新。即便全球运营商在起跑线上各有先后，只要进入到中途加速阶段，中国毫无疑问将位列第一阵营。

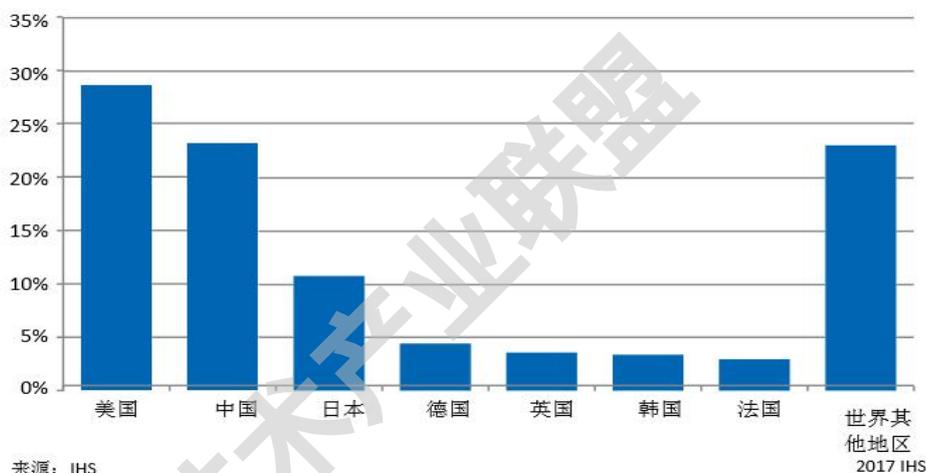
*本章数据来源：上海市经济和信息化委员会

2.2 全球 5G 技术情况

2.2.1 全球优势国家 5G 研发情况

世界各国都在积极的研发 5G 技术，其中比较重要的 5G 标准组织有 METIS (欧盟)、5GPPP (欧盟)、5G Forum (韩国)、NGMN (英国) 等。比较重要的七个技术前沿国家是：美国、中国、日本、德国、韩国、英国和法国。IHS Markit 为这七个国家的 5G 价值链经济活动进行了建模。IHS Markit 预计，从 2020 年到 2035 年，在上述国家的 5G 价值链中，相关企业平均每年所投入的研发资金与资本性支出总和将超过 2000 亿美元。IHS Markit 预计，美国的投入将约占全球 5G 投入的 28%，中国紧随其后将约占 24%。除上述七个核心国家外的支出总额将占全球 5G 投入的约 23%。全球 5G 价值链的研发与资本性支出份额见下表。

5G价值链的研发与资本性支出份额（按国家）
平均值，2020–2035年



*本章数据来源：高通：5G 经济——5G 技术将如何影响全球经济

2.2.1.1 ITU 5G 推进情况

2012 年起，ITU 着手开展 5G 标准的前期研究工作，确定了 20 Gbps 的 5G 传输速率需求，以及 IMT-2020 系统候选高频频谱资源，并跟进了解决频谱和需求的基础支撑技术。

2015 年 6 月，ITU 以 6—100GHz 为主要研究范围，分析了 10 GHz、28 GHz、60 GHz、73 GHz 等几个代表频段的传播特性，以及 6 GHz 以上高频段无线信号在室内和热点区域的覆盖性能。研究表明，利用高频段易于实现大规模天线阵列的特点，通过波束赋型技术，在室内和热点区域可有效弥补高频段无线信号的传播损耗。同时，该项研究还论证了 6 GHz 以上频段与 6 GHz 以下频段混合组网，以及 6 GHz 以上频段用于接入和回程灵活部署的可行性。在重点研究的 IMT 部署场景中，6 ~ 100 GHz 频谱资源可用于 IMT-2020 系统部署。根据 ITU 提出

的 IMT-2020 工作计划，2017 年底启动 5G 候选提案征集，2018 年底启动 5G 技术评估和标准化，2019 年召开 WRC19 大会，2020 年底完成标准制定。

2.2.1.2 欧盟 5G 推进情况

欧盟作为 5G 技术研发的引导者，早在 2012 年就全面启动了名为“METIS”的 5G 研发计划，METIS 定义 5G 以用户体验为中心，并针对场景需求、空口技术、多天线技术、网络架构、频谱分析、仿真及测试平台等方面进行深入研究。METIS 计划时间表如下：

2012 年 11 月开始基础研究工作，主要探索未来移动通信的需求、特性、指标，形成 5G 关键技术架构；2015 年 5 月开始针对系统优化、标准化、场外试验进行技术细化研究；2018 年开始试商用，并预计在 2020 年实现全球商用。

2013 年，欧盟 5G 公私合营联盟 (5GPPP) 正式成立，欧盟希望借助 5GPPP 的力量加快 5G 的研发步伐。作为 METIS 的一个重要延展项目，5GPPP 是一个政府民间合作组织，由政府出资管理项目吸引民间企业和组织参加，计划在未来 5~6 年时间里，由政府和主要设备商、运营商投资，进行未来 5G 网络架构、技术、标准等方面的研究。

2016 年 7 月，欧洲电信行业发布《5G 宣言》，希望欧盟放松监管，增加资金投入，提供适当的频谱资源，以确保下一代移动技术的全部潜力得以实现，并希望欧盟 5G 行动计划可以采纳《5G 宣言》提出的建议。

2018 年 1 月欧盟委员会正式发布了“Horizon2020”在 2018-2020 的工作计划里，包含 7 个 5G 的研究项目，包括 5GLTE 项目等。

2017 年 6 月 1 日，5G PPP 第二阶段项目启动，在参选的 101 个新项目中，其中有 21 个项目入选。

2018年1月31日, 欧盟发布了“地平线 2020”(Horizon 2020) 2018–2020 年计划, 该计划共包含“5G LTE”在内的 7 个 5G 研究项目。

2.2.1.3 美国 5G 推进情况

FCC (美国联邦通信委员会) 提出 5G 性能的三大发展方向: 一是 5G 无线链路可比拟为移动光纤, 提供 10 ~ 100 倍相当于前技术的网速; 二是 5G 的平均延时约为 10 ms, 当实时性要求较高时, 如远程手术等应用, 其延时可小于 1 ms; 三是为了满足速度和时延要求, 5G 需要向拥有更大带宽的高频段寻求频谱资源。

FCC 认为 5G 将是美国优先发展的产业之一, 为确保在 5G 应用开发领域的领先地位, FCC 在 2016 年 6 月提议要出台新政策, 为 5G 技术提供更多频谱资源。2016 年 7 月 14 日, FCC 通过了“频谱新领域”提案, 向 5G 开放 24 GHz 以上高频频谱。此外, 美国还主推利用频谱共享技术满足 3.5 GHz 中频段的 5G 频谱需求, 以及通过激励拍卖释放广电 600 MHz 频段用于 5G 系统。

2016 年 7 月, 美国最大的无线运营商 Verizon 与 5G 技术论坛合作, 率先完成了 5G 无线技术规范。该规范提供了测试和验证 5G 关键技术组件的指南, 使设备商和运营商可以开发互操作的解决方案, 有助于标准的测试和构建。目前, Verizon 公司已进入 5G 预商用测试阶段, 而 AT&T 等美国主要移动运营商也宣布将在 2017 年进行 5G 试验。FCC 还将简化基站审批流程, 以方便 5G 微蜂窝基站的建设。

2018 年 1 月, AT&T 宣布, 2018 年底之前将在美国 12 个城市推出 5G 网络商用服务。这意味着美国消费者只需要不到一年时间, 就能够体验 5G 移动宽带服务。2018 年 2 月, AT&T 宣布首批推出 5G 的三个城市, 分别为亚特兰大、

达拉斯、韦科，未来几个月将会宣布其计划部署的其他城市。AT&T 表示计划在明年初加入更多支持 5G 的移动设备和智能手机。

2018 年 9 月，特朗普政府表示，正寻求扫清障碍，以加快下一代无线通信技术 5G 的部署。联邦通信委员会主席 Ajit Pai 在白宫峰会上说正处于最后测试阶段的网络，将依靠密集的小型天线阵列和云计算，提供比目前 4G 网络快 50 或 100 倍的数据速度，并作为一系列行业的关键基础设施。美国国会和监管机构还在努力释放更多的无线频谱，供 5G 网络使用，并改进其他法规，使部署光纤线路变得更容易，这对小基站的 5G 流量至关重要。

2.2.1.4 其他国家 5G 推进情况

除了欧盟、美国外，英国、日本和韩国等国家也都在独立进行 5G 技术的研发工作。

2012 年，英国成立 5G 创新中心（5GIC），开启 5G 技术的研发进程。该创新中心由萨里大学牵头，多家行业内顶尖级的通信企业共同参与。5G 创新中心规划研究将分三个阶段推进：第一阶段进行能源消耗、频段效率以及传输速度等方面的基础研究；第二阶段制定未来 5G 技术标准规范；第三阶段建立 5G 技术测试的试验平台，提供实验数据，为未来 5G 的商用奠定基础。2018 年 3 月，英国政府宣布分配 2500 万英镑资助 5G 试验，共有 6 个项目得到这笔资金支持，分别获得 200 万到 500 万英镑的经费。该笔资金是英国政府《数字战略》中划定的 10 亿英镑资金的一部分。这些项目将探索 5G 带给农村社区、旅游、医疗保健、农业、制造和自动驾驶汽车的好处。其中两个项目将重点关注 5G 在农村社区的影响，包括使用无人机和其他自动农用车，并通过 5G 网络提供 BBC 无线广播。

韩国一直处在移动通信的前沿地位，无论是在研发机构的设立、还是长远的规划等方面都表现得比较积极。2012 年，韩国成立 5G Forum（5G 论坛），从而开启了全国范围内的 5G 技术研发工作。5G Forum 主要负责制定国家 5G 战

略规划、中长期的技术研究规划，并促进移动通信生态系统的建立。2013年，韩国发布“未来移动通信产业发展战略”，计划于2015年实现Pre-5G技术，2017年底开始进行5G试用，2018年在平昌冬奥会期间进行完整测试，2020年实现5G网络的正式商用，成为全球首个5G网络商用化的国家。韩国电子通信研究院(ETRI)开发出了一种新的核心网络技术，该技术可以让用户在5G网络和Wi-Fi网络之间无缝切换。该技术的标准化进程预计2018年6月份开始，直到2020年完成。韩国在2018年6月份进行了5G频谱竞拍，5G网络预计在2019年商用。

2013年，日本ARIB(电波产业协会)成立了“2020 and Beyond Ad Hoc”5G工作组，用以支持5G技术在未来十年的发展，开展了对未来移动通信系统概念、无线接入技术、网络基本架构等方面的研究，并有望将5G技术应用到2020年东京奥运会上。日本内务和通信部将在2019财年开始研究和开发新的电信标准，该标准将取代被称为5G的第五代标准。日本计划在2019财政年度提出10亿多日元的预算，以便对其进行四年的研发工作，目标在2025年左右使“后5G”标准实现商业化实现商业化。通过比世界其他经济体更早地开展相关研发工作，它希望日本能够带头制定全球“后5G”标准。

2.2.2 我国大力发展5G技术

国外对5G的技术研究开展的如火如荼，我国也没有落下脚步，而且正逐渐成为5G标准研发的全球领跑者。目前，我国正大力开展5G技术与产业化的前沿布局，在多个领域取得了积极进展，为抢占5G发展先机打下坚实基础。

2.2.2.1 我国5G技术的研发情况

早在2013年2月，中国工业和信息化部、国家发展和改革委员会、科学技术部就联合推动成立了IMT-2020推进组，成员包括高等学校、研究机构、运

营商和制造商等，负责协调推进 5G 技术研发试验工作，与欧美日韩等国家建立 5G 交流与合作机制，推动全球 5G 的标准化及产业化。推进组陆续发布了《5G 愿景与需求白皮书》、《5G 概念白皮书》、《5G 无线技术架构白皮书》等研究成果，明确了 5G 的技术场景、潜在技术、关键性能指标等，其中我国主推的八个指标更是被 ITU 纳入了《IMT 未来技术趋势》的研究报告中。根据总体规划，我国 5G 技术的研发将分为三个阶段：

第一阶段（2016 年 1 月～2016 年 9 月）5G 关键技术验证阶段。该阶段通过对 5G 单项关键技术样机的测试，评估 5G 候选关键技术新能，推动 5G 关键技术标准共识达成。目前已完成第一阶段测试，各关键技术均通过验证。

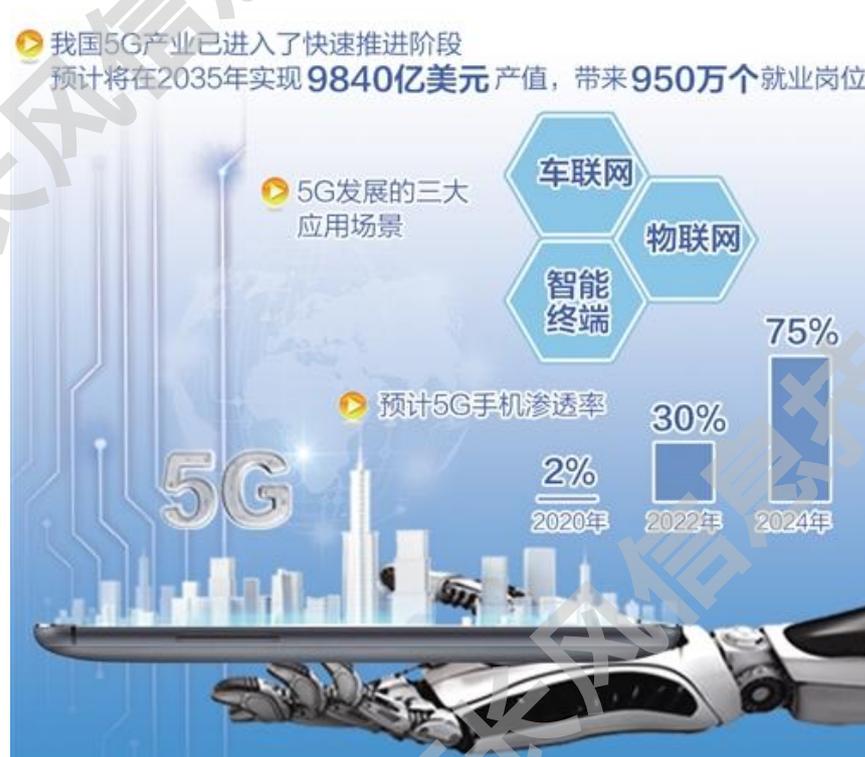
第二阶段（2016 年 6 月～2017 年 9 月）5G 技术方案验证阶段。本阶段主要面向 ITU 确定的 5G 性能指标，基于不同厂商提出的 5G 技术方案开发的 5G 概念样机开展测试，验证不同厂商的 5G 技术方案性能，支撑国际标准制定。本阶段将制定统一的设备规范和测试规范，利用第三方测试仪表，在统一的试验环境下开展单基站性能测试。

第三阶段（2017 年 6 月～2018 年 10 月）5G 系统验证阶段。本阶段的主要目标是通过多基站高低频混合组网，构建 5G 典型应用场景，开展 5G 系统的组网关键技术验证，评估 5G 系统在组网条件下的性能，同时开展 5G 典型业务演示，为后续的 5G 试商用奠定基础。

2016 年 1 月，我国全面开启 5G 技术研发试验，并对外企开放。目前参加单位包括：中国信息通信研究院、中国移动、中国联通、中国电信、日本督科摩、华为、中兴、大唐、爱立信、三星、诺基亚、上海贝尔、英特尔、高通、展讯、罗德施瓦茨、是德科技、星河亮点等国内外企业，涵盖运营商、设备制造企业、芯片和仪表企业等产业链的各个环节。

5G 技术研发试验第二阶段测试基于统一平台、统一试验频率、统一的设备和测试规范展开，面向连续广域覆盖、热点大容量、低时延高可靠和低功耗大连接等 5G 典型场景，验证不同厂商技术方案的功能和性能。并且，还将开展 5G 核心网增强和无线接入网关键技术方案测试。同时，将重点推动系统、芯片和仪表厂商合作并开展多方对接测试，培育 5G 产业链。

在 2018 年 9 月 28 日召开的第三届 5G 创新发展高峰论坛上，IMT-2020(5G) 推进组发布了中国 5G 技术研发试验的第三阶段最新测试结果。国内外多家设备厂家共同构建了完整的室内外一体化测试环境，全面开展互联互通测试，有效推动产业链成熟。截至目前，第三阶段 NSA（非独立组网）测试已全部完成，同时，SA（独立组网）测试也已全面启动。参与第三阶段试验的包括爱立信、华为、上海诺基亚贝尔、三星、中国信科集团、中兴等六家系统厂家，高通、英特尔、紫光展锐等芯片厂家，以及罗德与施瓦茨、是德科技等仪表厂家。



本节来源：中国经济网 2018 年 10 月 10 日

2.2.2.2 国家政策对 5G 的驱动影响

《中国制造 2025》提出全面突破 5G 技术，突破“未来网络”核心技术和体系架构。

《十三五规划纲要》提出要积极推进 5G 发展，布局未来网络架构，到 2020 年启动 5G 商用。

2017 年的政府工作报告首次提到“第五代移动通信技术（5G）”，报告指出“全面实施战略性新兴产业发展规划，加快新材料、人工智能、集成电路、生物制药、第五代移动通信等技术研发和转化，做大做强产业集群。”这也充分体现了国家对于发展 5G 的决心，上升到了国策，实现从 3G 跟踪、4G 并跑，到 5G 时代全球领先。

除宏观政策外，我国更是依托国家重大专项等方式，积极组织推动 5G 核心技术的突破。国家“973”计划早在 2011 年就开始布局下一代移动通信系统。2014 年国家“863”计划启动了“实施 5G 移动通信系统先期研究”重大项目，围绕 5G 核心关键性技术，先后部署设立了 11 个子课题。2016 年“新一代宽带无线移动通信”国家科技重大专项，全面启动了我国 5G 技术研发试验，目前已完成第一阶段测试，各关键技术均通过验证。2017 年国家科技重大专项中将有三项与 5G 相关的研发项目。根据计划时间，2017 年—2018 年将会全面推进中国第二阶段、第三阶段的 5G 技术研发试验。

2.3 全球优势企业技术及产业发展分析

2.3.1 5G 重点核心技术——芯片领域

在 MWC2018 上，作为第一梯队的高通，英特尔，华为战队先后亮相了自家的 5G 技术储备，三款已经发布的 5G 新品的手机终端均锁定在 2019 年问市。排在他们后面的是以三星，联发科，展讯为代表的第二梯队。

- 高通

骁龙 X50: 骁龙 X50 5G 调制解调器最初将支持 28GHz 频段毫米波频段的运行。将采用支持自适应波束形和波束追踪技术的多输入多输出 (MIMO) 天线技术，在非视距 (NLOS) 环境中实现稳定，持续的移动宽带通信。

- 英特尔

XMM 8000 系列: 英特尔首款支持 5G 新空口 (5G NR) 多模商用调制解调器家族; 其中 XMM 8060 为英特尔首款多模，全频段的商用 5G 调制解调器，也即该调制解调器不仅支持 28GHz 毫米波，也支持 sub-6GHz 低频波段。

- 华为

Balong (巴龙) 5G 01 芯片: 3GPP 标准芯片，巴龙 5G01 和英特尔芯片一样支持 Sub-6GHz 和毫米波。

2.3.2 5G 各家都在抢占 5G 标准立项

中国国际信息通信展于 2018 年 9 月 26-29 日在北京举行，会上 5G 标准立项统计，前十二家是：1 中国移动 (10 项)，2 华为 (8 项)，3 爱立信 (6 项)，4 高通 (5 项)，5 NTT DOCOMO (4 项)，6 诺基亚 (4 项)，7 英特尔 (4 项)，8 三星 (2 项)，9 中兴 (2 项)，10 法国电信 (1 项)，11 德国电信 (1 项)，12 中国联通 (1 项)。

至于总数量，中国 21 项，美国 9 项，欧洲 14，日本 4 项，韩国 2 项。

2.3.3 世界主要国家 5G 布局

未来，5G 与云计算、大数据、人工智能等技术的深度融合，将加速 5G 在各行各业的融合应用，促进 5G 向经济社会各领域的扩散渗透，从而成为推动各类产业发展的引擎。

目前，围绕 5G 研发与商用，全球多个国家正在展开深入研究。截至 2017 年 9 月，全球 49 个国家的 103 个运营商正在计划或部署 5G 研发，至少 23 个国家的 32 个运营商宣称已经开始部署 5G/Pre5G 网络，5G 已经成为全球争夺的焦点，其中主要大国研究机构为：

- 美国运营商

2012 年，美国设立了无线研究中心，专注 5G 研究。英特尔、博通、贝尔实验室等以及 AT&T、Verizon、Sprint 和 T-Mobile 美国四大运营商也积极开展 5G 研发，并掌握了多项 5G 核心技术。2016 年 7 月，美国成为首个为 5G 开放高频频谱的国家。

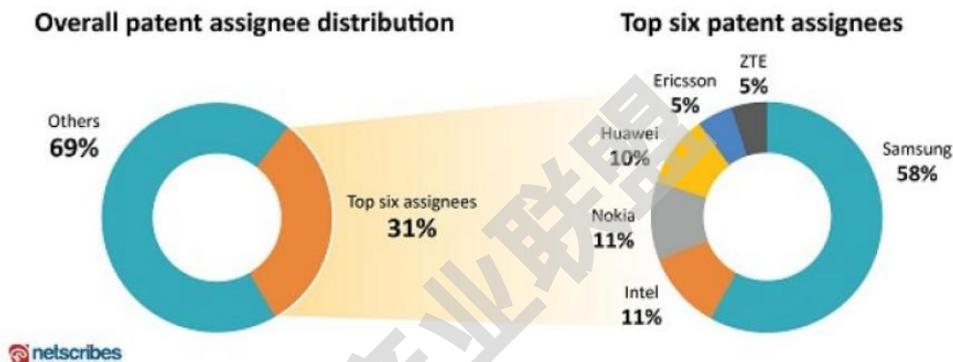
- 韩国 SK 电讯

2013 年 6 月，韩国电信运营商 SK 电讯牵头，启动了 5GForum，设立“GIGA Korea”重大科研项目并于 2014 年 6 月与欧盟签署 5G 战略合作，以共同推动高频段等技术。2018 年初，韩国在平昌冬奥会上，开展了 5G 预商用实验，这是全球首次实际应用 5G，其 5G 网络是基于韩国电信自主设计的 5G 标准—PyeongChang 5G。

- 日本运营商

在日本，各通信企业也加快了 5G 布局步伐。为了服务 2020 年东京奥运会，日本三大运营商 NTT DoCoMo、KDDI 和软银提出计划在东京中心区域率先提供 5G 网络服务，投资约 5 万亿日元，并于 2023 年在全国普及 5G 网络。其中，NTT DoCoMo 从 2014 年就启动了 5G 关键技术的实验，2017 年，其联合华为进行了 5G 实验，验证 5G 关键技术，并对 VR 远程控制、3D 视频、4K 高清视频会议、自动驾驶等 5G 典型业务进行了演示。

2.3.4 2012-2017 年全球机构 5G 研究情况



2012 年至 2017 年的 5G 专利授权中，31% 的 5G 专利只分配给了六家公司。三星拥有超过 600 项专利，其次是英特尔，诺基亚，华为，爱立信和中兴通讯等其他大型企业。

(1) Samsung

三星已经推出了一系列预商业版的端到端 5G 移动网络产品和解决方案，包括家用路由器，维护和操作系统以及 5G RF 集成电路 (RFIC) 芯片组和 ASIC 调制解调器。

三星还宣布将重点扩大其产品组合，支持毫米波频谱和 6 GHz 以下的频谱。此外，三星还与 SK Telecom, Charter Communications, Verizon 和 AT&T 等移动运营商合作，在首尔和美国完成了多项 5G 试验。

(2) Intel

英特尔推出了由英特尔现场可编程门阵列 (FPGA) 电路和 Core i7 处理器驱动的 5G 移动试验平台，使其能够实施最新的通信协议和空中接口。该公司正在通过与一级服务提供商，电信设备制造商和基础设施合作伙伴的广泛合作和协作来推动技术的发展。

英特尔还在不同条件下的各个国家/地区积极开展端到端互操作性开发测试。它一直与标准机构密切合作，并在标准演变中发挥重要作用，有助于在未来几年确定 5G 市场。

(3) Nokia

基于 Verizon 5G 技术论坛生态系统概述的技术规范，诺基亚的 5G FIRST 解决方案旨在帮助移动运营商在标准最终确定之前快速，顺利地部署先进的 5G 网

络。据诺基亚称，该解决方案包括其无线接入网络 (RAN)，包括诺基亚 AirScale 大规模 MIMO 自适应天线，分组核心和移动传输解决方案，以及使用英特尔架构和英特尔 5G 调制解调器进行初始部署的全方位服务。

(4) Huawei

华为在将 5G 变为现实方面取得了重大进展。2016 年，华为公布了极地编码方面的突破。德国电信在柏林安装了由华为制造的首批 5G 天线。华为还与英特尔合作，推出基于 3GPP 5G 新无线电 (NR) 的互操作性开发测试 (IODET)，以验证 5G 技术及其成熟度。在印度，它与 Bharti Airtel 合作推出了该国首个大规模 MIMO 天线技术，将现有网络容量扩展了五到七倍。

(5) Ericsson

这家瑞典电信巨头致力于通过提供一系列产品和解决方案帮助电信运营商和行业为 5G 做好准备。例如，爱立信的 5G Radio Prototypes 使运营商能够在自己的网络环境中测试 5G 功能。

爱立信推出的首款用于频分双工 (FDD) 海量 MIMO 的 5G NR 无线电，AIR 3246，支持 4G/LTE 和 5G NR 技术。爱立信的无线电系统软件将 LTE FDD 和 TDD，WCDMA 和 GSM 整合到一个统一的架构中。这为所有标准提供了一个 O&M 系统，可帮助运营商更好地管理网络。

(6) ZTE

中兴通讯开发了一系列创新技术，用于实现新的 5G 空中接口，如过滤器 OFDMA FB-OFDMA，MUSA，MIMO，UFS，平滑虚拟小区 (SVC) 等。其 5G 网络架构基于软件定义网络 (SDN) /网络功能虚拟化 (NFV) 技术。过去五年，中兴通讯一直积极参与专利申请。其大部分专利主要集中在无线电传输系统，SDR 系统，正交复用系统，同步校正系统，分布式编码技术，网络延迟，网络规划和网络安全。

***本章数据来源: Netscribes technology research**

2.3.5 5G 关键技术创新企业

2018 年 9 月 28 日，北京国际信息通信展览会期间，TD 产业联盟发布《5G 关键技术创新报告》。报告以已经冻结的 3GPP Release15 协议为基础，对其中

已经确定将在 5G 中应用的部分关键技术进行了专利的检索与分析。报告显示，全球企业在中国和美国申请的 5G 关键技术相关专利数量最多，Polar 码、大规模阵列天线和核心网关键技术等专利申请主要集中在国内。在 5G 关键技术相关专利的申请量上，传统通信企业具有一定的优势。

华为技术有限公司在 Polar 码、新型传输技术、大规模阵列天线和核心网关键技术的专利申请量排名第一，在 LDPC 码的专利申请量上排名第四。

中兴通讯股份有限公司在新型传输技术专利申请量上排名第五，大规模阵列天线专利申请量上排名第六，核心网关键技术专利申请量上排名第三。

高通公司在 Polar 码专利申请量上排名第二，在 LDPC 码专利申请量上排名第六，在新型传输技术专利申请量上排名第二，在大规模阵列天线专利申请量上排名第五。

爱立信公司在 Polar 码专利申请量上排名第五，新型传输技术专利申请量上排名第六，大规模阵列天线专利申请量上排名第二，核心网关键技术专利申请量上排名第二。

***本章数据来源：TD 产业联盟发布《5G 关键技术创新报告》**

2.3.6 5G 主要参与公司

(1) 华为技术有限公司（中国）

华为一直致力于研究 5G 无线网络和关键技术专利。该公司还聘请了许多国外专家来决定下一代无线通信技术的技术标准。

截至 2017 年初，5G 网络所需的 1450 项专利中有 10% 属于中国人手中，其中大部分属于华为和中兴通讯。

2017 年华为在研发方面的投入约为 120 亿美元，这是爱立信 41 亿美元支出的三倍。

该公司希望将 AI 纳入 5G，根据它们，这是华为 5G 战略中不可或缺的要素。该公司还计划推出全系列华为商用设备，包括无线接入网络，核心网络和设备。

华为还表示希望在 2019 年之前推出支持 5G 网络的智能手机，并在 2019 年中期开始销售。据说该公司正致力于开发一种全新的 5G 服务芯片组。

华为和沃达丰使用非独立 3GPP 5G-NR 标准和 6 GHz 以下频谱进行 5G 呼叫。两家公司为试验建立了一个 5G NR 端到端测试网络，并使用了 3.7GHz 频谱。他们还使用华为无线接入网和核心网设备，以微服务为中心的架构，控制平面/用户平面分离，统一接入和网络切片技术支持测试。

华为还开始生产提供 5G 服务的产品。在移动世界大会上，华为推出了 5G 客户端设备 (CPE)，这是世界上第一个支持 5G 3GPP 标准的商用终端设备。华为采用自主研发的芯片组 Balong 5G01--全球首款支持 5G 3GPP 标准的商用芯片组，下行速率高达 2.3 Gbps。

(2) 诺基亚网络 (芬兰)

诺基亚也参加了 5G 的竞赛，因为该公司正在开发，研究和与其他实体合作，以尽快提供 5G 通信。

该公司使用占地 8000 公顷的场地进行关键的 5G 测试，与 Deutsche Telekom 和汉堡港务局合作开展 5G MoNArch 项目。该项目的主要目标是在现实环境中获得 5G 网络的知识 and 经验。其工业用途可以是交通灯管理，移动传感器的数据处理和 VR 应用。

另一方面，诺基亚还为 5G 实施了 Future X 网络架构，以提供强大的网络覆盖并降低成本。Future X 包括大容量 5G 新无线电，核心和 SDN 控制的“Anyhaul”传输，为商用 5G 网络提供一整套网络功能。

诺基亚公布其 ReefShark 芯片组，概述其 5G 未来 X 架构的范围，其新参考芯片设计的基础，5G 技术的基础和服务组合。

他们的产品组合包括一个完整的端到端网络，通过基于人工智能的自动化，每个蜂窝站点的数据容量可提高三倍，总运营成本降低 30%。

对于垂直行业，诺基亚和中国移动加入探索 5G 的应用，以推动新的商机。该联盟致力于为智能城市，智能交通和智能视频分析等关键增长领域提供服务。

诺基亚和中国移动签署了一项协议，根据该协议，两家公司将联合调查中国移动如何利用 5G 的大规模连接，超可靠性和超低延迟功能扩展其垂直市场的服务产品。

(3) NEC 公司 (日本)

日本的 NEC 为 5G 引入了一个新的商业概念，即“超越想象力的未来 5G”，以实现行业的巨大变革。通过这些变化，公司的目标是通过制定新的商业模式和服务来改善客户体验并巩固其市场地位。

去年，随着许多电信公司，NEC 公司也发表声明称，第一个 5G NR 标准的完成成为全球移动行业开始全面开发 5G NR 奠定了基础。

(4) 爱立信 (瑞典)

爱立信声称是目前在各大洲工作的唯一一家将 5G 作为下一代无线技术的全球标准的供应商。他们的 5G 无线电原型是第一批旨在使运营商能够在自己的网络中进行现场试验的产品，这有助于运营商更好地了解 5G 在自己的网络和环境中的潜力。

此外，该公司还确保了他们正在进行的所有研究和发明。例如，为了确保 5G 的发明，爱立信为 WIPO 和 USPTO 提交了具有里程碑意义的 5G 专利申请。该专利申请结合了 130 位爱立信发明人的工作，就世界上任何地方的发明人数而言，是蜂窝通信领域最大的专利申请。它向业界展示了爱立信如何通过全面的视角来实现 5G 标准化，该视图将完整的 5G 电信网络中的各个发明联系起来，而不是专注于任何较小的个人发明。

在最近的 5G MENA 2018 年活动中，爱立信展示了其最新的 5G 战略，该战略将汇集整个地区的电信运营商和物联网专家。

(5) 高通 (美国)

虽然其他公司正在谈论 5G，但高通实际上正在构建这些技术。与电信公司不同，高通公司更注重构建产品。

- 高通公司和一群世界领先的移动网络运营商和设备 OEM 公司宣布了为实现 5G 愿景方面的确切进展。而在这种进步的中心位于高通 Snapdragon X50 5G 调制解调器-世界上第一个宣布 5G 调制解调器。

- 在 3GPP 制定 5G 标准之后，高通公司已经开始研究下一波 5G NR 技术，这些技术将为随后的 5G NR 标准版本铺平道路。在 MWC 2018，高通公司展示了其中三个 5G NR 扩展区域。

- 在 3GPP 标准开始之前，Qualcomm Research 开始在新的 5G 无线空中接口上进行设计工作。在向行业分析师进行的现场演示中，高通研究展示了这些极端移动宽带体验-毫米波（mm Wave）的关键 5G 技术推动者。

- 高通公司还致力于设计和标准化新的 5G NR 统一空中接口。

- 三星和高通宣布打算将其长达十年的代工关系扩展到 EUV（极紫外）光刻工艺技术，包括使用三星的 7 纳米（nm）LPP（低功率 Plus）制造未来的 Qualcomm®Snapdragon™5G 移动芯片组 EUV 工艺技术。使用 7 LPP EUV 工艺技术，Snapdragon 5G 移动芯片组将提供更小的芯片占板面积，为 OEM 在即将推出的产品中提供更多可用空间，以支持更大的电池或更纤薄的设计。工艺改进与更先进的芯片设计相结合，有望显着改善电池寿命。

(6) Verizon（美国）

这家美国电信公司部署了智能政策，为美国消费者提供 5G 服务。Verizon 将自己定位于 5G 技术的最前沿，因为他们正在全国各地建设现代化的基础设施。据他们说，世界需要他们准备提供的 5G 部署智能政策。

- 使用小型电池就是其中之一，它将使美国 5G 做好准备，并通过提供数百万个就业机会使该国的经济更好。

- Verizon 还成功地与诺基亚和高通公司合作完成了 5G NR 网络的呼叫。三人使用了 Verizon 的波谱-在高通公司的 5G NR 原型设备上使用诺基亚 5G 网络。该测试在诺基亚位于新泽西州 Murray Hill 的工厂进行。

- Verizon 开始使用三星 5G 平板电脑通过 KT 实现视频通话。这是从明尼阿波利斯到韩国首尔的国际电话。两家公司还决定在未来合作进一步开发。

- Verizon 还通过其分组光网络在 MPLS Core 路由器之间以单波长提供实时 400 Gbps 以太网流量的成功现场试验完成了另一个行业。该试验证明了来自两个不同供应商的设备的互操作性以及使波长承载的典型容量翻两番的能力。该试验于 2017 年 12 月在达拉斯地区使用 Verizon 网络进行，验证了携带 400 Gbps 流量的可行性。

- Verizon 对 5G 技术有很多计划。最重要的是，他们声称自己是有史以来第一家在美国提供 5G 服务的公司。此外，AT&T 也表现出成为第一个参赛者的愿望。

- Verizon 选择加州萨克拉门托作为第一个获得 5G 固定无线宽带服务的城市，因为该公司正在挑战有线宽带提供商。

- Verizon 还预测其在住宅宽带市场的初始市场机会可能是美国的 3000 万户家庭。

- 该公司将与三星合作，使用他们的定制固定 5G 家用路由器和 5G 无线接入单元 (RAN)，用于运营商的初始 5G 商用部署，将于 2018 年下半年开始。

- Verizon 还通过收购 Nextlink Wireless 的 LMDS 许可证，在 BTA 中持有 31 GHz 许可证。

- Verizon 宣布使用爱立信设备在洛杉矶部署 5G 网络。

(7) Orange (法国)

随着该公司正在探索三个互补的领域，法国移动网络运营商也参与建设一个更加互联的星球：

- 改进的移动宽带速度比 4G 快 10 倍。

- 高性能固定 Internet 访问，以完成无法使用的光纤网络。

- 支持跨业务部门数字化转型的新应用。

Orange 还声称它将是一个真正的多服务网络，旨在适应所有设备：智能手机主要还增强了 360° 内容，增强现实，连接对象，冰箱和无人驾驶汽车。

(8) Broadcom (美国)

Broadcom 已承诺让美国成为 5G 的全球领导者，该公司已经在 5G 做了很多研究。他们于 2012 年首次推出用于低成本设备的 5G Wi-Fi 芯片，用于 PC，智能手机，平板电脑等设备。现在该公司已准备好发布 5G Wi-Fi 技术。Broadcom 推出业界首款专为蜂窝前传网络而设计的 5G 以太网交换机。

这种大容量设备可满足基于以太网的新型 5G 无线电的严格性能要求，并支持现有的基于 CPRI 的无线电，从而将所有无线流量整合到基于以太网的标准基础设施上。蒙特利以太网交换机的推出增强了 Broadcom 作为运营高级无线网络组件市场领导者的地位。

(9) Mobile TeleSystems (俄罗斯)

与其他电信行业的顶级公司一样，Mobile TeleSystems 也在向数百万用户提供 5G 通信的道路上取得进展。

- 他们开始为莫斯科推出 XG-GPON/5G 固定/移动战略，加入莫斯科固定网络部门 MGTS（“莫斯科市电话网络”），以便在该国首都进行技术开发。

- 在 FIFA 世界杯期间，俄罗斯电信公司还计划通过与其他公司合作展示 5G 功能。

- 对于此次活动，MTS 与诺基亚合作推出了现场 5G 网络试验，并签署了合作战略联盟。该联盟致力于为 5G 技术提供路径，扩展各种 LTE 技术。另一个目标是在世界杯比赛期间在俄罗斯足球场部署 5G 网络。

- MTS 还与爱立信结盟，进行 5G 和 IoT 升级。该交易包括 5G NR，爱立信无线电系统和核心网络的硬件，软件和设备类型，以及用户数据整合。该交易的总价值预计将超过 4 亿欧元。

- MTS 还与三星合作并签署了一份谅解备忘录，以探索和改进 5G 网络，包括运营商聚合，MIMO，LTE 广播（eMBMS）和多路径 TCP（MPTCP）技术。

(10) AT&T (美国)

AT&T 声称它将成为第一家在美国提供 5G 服务的公司。为了实现这一壮举，他们在三个城市部署了千兆 5G 连接：Waco, TX, Kalamazoo, MI 和 South Bend, IN。他们不仅进行了测试，还向全世界展示了 5G 的速度。

- 在 Waco 中，5G 速度在 400 MHz 信道上的 500 英尺（150 米）高度处为 1.2Gbps，延迟为 9-12 毫秒。据 AT&T 称，这与“数百名同时连接的用户”有关。

- Kalamazoo 在“视线”条件下在 900 英尺（275 米）处具有 1Gbps 的速度，并且没有雨或雪的负面影响。AT&T 指出，信号可以比预期的更好地穿透“重要的树叶，玻璃甚至墙壁”，但目前还不清楚具体意味着什么。

- South Bend 没有报告特定的速度，但在视线和“一些非视线”条件下声称“千兆位无线速度”。

- 该公司还表示，速度对天气影响很小甚至没有影响，因此延迟非常低。

- 他们还宣布在其他 9 个城市提供 5G，详情将在稍后公布。AT&T 是业界最积极的网络虚拟化路径。他们计划到 2020 年虚拟化 75% 的网络，因为他们在 2017 年完成了 55%。

- 实验室内建立的 AT&T 内部项目之一是 Advanced 5G NR Testbed System (ANTS) 。 ANTS 是首款 5G 测试台系统，是 AT&T 专有的。

- 该公司还希望展示 5G 娱乐体验。他们要求 FCC 在 SHAPE 活动中展示 5G 的 28 GHz mm 波段，该活动定于 6 月 2 日和 3 日在加利福尼亚州伯班克的华纳兄弟工作室举行。

- AT&T 还宣布将在未来几年内部署 60,000 个白盒路由器，以便在美国虚拟化其 5G 网络。

- AT&T 已获得美国联邦通信委员会的许可，可以进行 28 GHz 演示，让电子娱乐博览会 (E3) 的玩家近距离了解 5G 连接如何在网络覆盖的任何地方为他们提供实时游戏体验。

- AT&T Shape 会议包括有关边缘技术，人工智能和沉浸式娱乐的演讲，以及电影颁奖典礼和 5G 演示。

(11) Cisco Systems (美国)

这家美国网络硬件公司推出了 5G 现在的 MWC 2018 产品组合，以支持 5G 自动化和基础设施，该公司将以三种主要方式提供支持：

服务——启用 5G 服务，以便服务提供商 (SP) 可以赚更多钱；

基础设施——帮助建立 5G 基础设施；

自动化——使大规模生产更简单。

- 该公司了解 5G 的潜力，因为它将在未来三年内连接超过 300 亿台设备。网络强化是 5G 的关键部分，思科不容错过任何机会。

- 思科还采取措施加入合作伙伴网络，为英国的农村社区提供 5G 服务。自动拖拉机，农田无人机，数字工具和无线电对于英国的工业和农村社区来说是一个巨大的机会，但它们受到一件事的阻碍——连通性。更具体地说，缺乏安全可靠的移动连接。

- 思科还专注于数据保护，使运营商能够在 5G 网络内部查看以保护消费者数据。

- 思科推出了 5G 安全架构，以实现安全网络转型，将人工智能与深度学习结合起来，创建一个能够以同等熟练程度协调物理和虚拟资源的网络，从而实

现最佳的网络效率。凭借这种独特的方法，思科成功地将检测时间从 100 到 200 天的行业平均水平降低到了 4 个小时。

*本章数据来源：IP Analytics 《5G Market Research: What Are The Top Players Upto?》

2.4 我国优势企业技术及产业发展分析

2.4.1 我国 5G 产业整体情况

《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020)》确定了移动通信等 16 个重大专项。根据总体规划，我国 5G 试验将分两步走。第一步，2015 年到 2018 年，进行技术研发试验，由中国信息通信研究院牵头组织，运营企业、设备企业及科研机构共同参与；第二步，2018 年到 2020 年，由国内运营商牵头组织，设备企业及科研机构共同参与。这就使得国内各个研究机构和企业纷纷抢先布局。

(1) 三大运营商抢先展开前期布局

国内三大运营商现阶段都在积极推进 5G 商用化进程，并已确定了详细的实施方案。中国移动未来三年内规划展开大规模网络测试，联合合作企业进行应用试验，力争 2020 年实现 5G 网络商用。中国联通宣布将加快 5G 关键技术的研究，布局 5G 网络演进战略规划，不断深化物联网方面的技术积累，以满足其 5G 网络 2020 年商用目标。中国电信则提出转型 3.0，计划未来十年内分三步进行 5G 部署并全面开展 5G 相关研究和测试验证，争取 2025 年在 6GHz 以下首发 5G。

(2) 我国主设备商已具备领先优势

华为此前发布了全球首个面向 5G 商用场景的 5G 核心网解决方案 SOC (Service Oriented Core) 2.0。随后又发布了业界首款 5G 承载切片路由器，可提供最高 100GE 基站接入能力。同时基于其创新的 FlexibleEthernet 技术，来实现端口通道化物理隔离，为不同业务提供差异化的 SLA 保障。中兴通讯发布了 5G 全系列高低频预商用基站产品，充分满足 5G 预商用部署的多样化的场景和需求，工作带宽大，单站数据吞吐量可达 10Gbps；同时与英特尔公司合作，发布了面向 5G 的下一代 IT 基带产品，是全球首个基于软件定义架构和网络功能虚拟化 (SDN/NFV) 的 5G 无线接入 (RAN) 解决方案。

(3) 终端厂商加快技术研发步伐

在商用芯片领域，华为率先发布了符合 3GPP 标准的 5G 商用芯片和基于该芯片的首款 3GPP 标准 5G 商用终端。

在智能手机领域，作为目前全球第三和中国手机市场第一的华为，预计在 2019 年推出麒麟芯片和智能手机。OPPO 高度重视 5G 标准的研究和制定，是国内 5G 标准的主要推动者之一。ViVo 则对外宣布将在 2019 年推出 5G 预商用终端，2020 年，将实现 5G 智能手机正式商用。

2.4.2 我国 5G 布局的相关研究机构

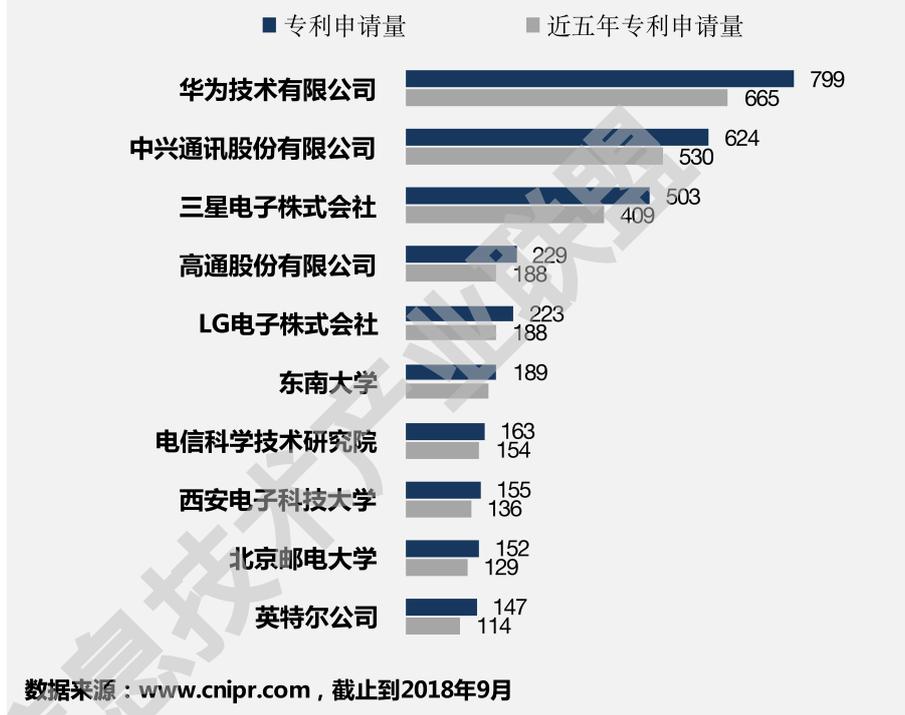
中国移动以及华为、中兴、大唐等国内运营商及设备厂商同样非常重视对 5G 关键技术的前瞻性研究，并投入了大量的人力、物力和财力。经过前期研发，我国企业已经在重点技术领域如新型网络架构、大带宽小蜂窝、大规模天线系统、全双工、非正交接入等新空口技术研究中取得了阶段性突破，奠定了我国 5G 研发在国际上的领先地位。

从中国 5G 技术领域申请人 TOP10 分析可以进一步看出，华为技术有限公司、中兴通讯股份有限公司、电信科学技术研究院（大唐电信集团母公司¹），在 5G 技术领域布局有大量专利；以三星电子株式会社、高通股份有限公司、LG 电子株式会社、英特尔公司为代表的外国企业目标瞄准庞大的中国电信市场，也积极在中国进行专利布局。

其中，TOP10 申请人中，还包括 3 家高校（东南大学、北京邮电大学、西安电子科技大学）表明以科研单位以及高校为代表的科研院校也积极在进行 5G 技术领域相关技术的研究。

¹ http://www.datanggroup.cn/templates/T_Second/index.aspx?nodeid=9

中国5G技术领域申请人TOP10



图：中国 5G 技术领域申请人 TOP10 分析

2.4.3 布局与 5G 相关的产业公司动向

华为公司在 2018 年 9 月 28 日 IMT-2020 (5G) 推进组组织的中国 5G 技术研发试验第三阶段测试中，华为验证了最丰富的场景，展现了最优的性能，并携手产业合作伙伴，实现了最全面的互联互通测试。华为首个完成基于 3GPP R15 国际标准的 5G NSA (non-standalone, 非独立组网) 测试和 SA(standalone,独立组网)功能测试，SA 外场测试中屡创佳绩，在三阶段测试中实现了各项性能最优。针对丰富的 5G 商用场景，华为在测试中充分验证了宏站，室内小站等多种形态产品的商用成熟度，同时与 Intel 共同完成业界首个 SA 架构下跨厂商互通 First Call。随着 3GPP R16 标准讨论的逐步深入，华为也加快了 R16 新技术验证的步伐，成为目前唯一完成三阶段 R16 新技术功能测试厂商，为 5G 产业的持续发展贡献力量。

中兴通讯作为 5G 国测主力厂商，中兴通讯携 5G 端到端产品，包含 5G 基站、5G 核心网、5G 自研终端等参加测试，率先完成多项 SA 模式下 3.5GHz 系统基站测试，业界首家完成 NSA 低频全部测试，这表明完成核心网全部功能测试。在

测试中，中兴通讯严格遵守 3GPP 标准与 SA 测试规范，选择 SA 组网的 Option2，将 5G 基站连接到 5G 核心网，构建端到端的 5G 架构，并进行 5G 独立建站部署，对 3GPP 标准定义下的物理层基本功能、链路自适应及调度、多天线技术、CU-DU 分离架构等 5G 无线侧关键内容及部署场景进行了充分验证。中兴通讯还在北京怀柔进行了小区吞吐量、用户体验速率、时延、覆盖等外场性能验证，充分验证了 3.5GHz 频段 5G 独立组网模式的网络性能。

大唐移动已顺利完成低频 3.5G 基站 SA 实验室基本功能和多用户测试以及 4.9G 基站 (NSA) 室内外测试。在本次测试中，基于 2018 年 6 月份 3GPP R15 SA 的最新标准，大唐移动使用其端到端产品，包括 5G 核心网、5G 无线接入网和 5G 测试终端，完成了 IMT-2020 推进组制定的 SA 架构下的低频基站设备基本功能和多用户用例，测试结果满足预期。测试中使用的大唐移动提供的基站和 Qualcomm Technologies 提供的原型用户终端 (UE)。互操作测试在 3.5GHz 频段进行，采用基于 3GPP Release 15 标准的 5G 关键技术，下行单用户数据传输速率达到 1.38Gbps。

亨通光电 2018 年 3 月 18 日晚公告，公司与安徽传矽共同合作设立科大亨芯，从事 5G/6G 通信芯片、毫米波及光电芯片、射频滤波器、高速光电器件、传感器及半导体材料的设计、研发、制造及销售。科大亨芯注册资本 1 亿元，其中，亨通光电以货币出资 7000 万元，占注册资本 70%，安徽传矽以知识产权出资 3000 万元，占注册资本的 30%。本次投资是公司业务由有线传输向无线通信的延伸。

卫士通 2018 年 3 月 16 日早间公告，公司成功申报 2017 年国家科技部重大专项《5G 安全总体架构研究与标准化》和 2017 年四川省科技厅重大科技专项《第五代移动通信(5G)安全产品研发及产业化》，获得专项资金补助共计 2443.96 万元，其中中央财政资金 712.96 万元，地方财政资金 1731 万元。上述两个项目的获得，使公司在国内成为研究 5G 安全总体架构的主要单位。

奥士康 2018 年 3 月 15 日在互动平台表示，全球已将 5G、6G 移动网络作为战略性的发展目标，为配合无线通信领域客户的需求，公司也在积极开发 5G、6G 无线通信基站用 PCB 产品。

立讯精密日前在接受机构调研时表示，目前，公司 5G 基站用滤波器产品是国内外许多设备商首选方案之一，且已有部分产品小批量出货或处在与客户共同

开发阶段。高频、高速、大电流及光电产品拥有较强的获利能力，但由于其存在一定壁垒，该产品线的发展需要一定的时间积累与技术沉淀。目前，公司已与部分设备厂商展开业务合作。

创意信息 2018年3月6日晚间公告，公司3月5日与美国国家发明院梁平院士团队、上海西安交通大学研究院三方友好协商，决定以三方为基础，整合各方资源，共同成立联合实验室，在5G通信、人工智能、毫米波通信、智能天线等方面开展全方位的产学研合作。公告称，通过合作，公司将在5G网络建设、信道和终端测试、边缘计算、业务应用等方面进行产品研发，全面支撑5G时代万物互联、无人驾驶、人工智能、AR等业务场景。

杰赛科技 2018年2月28日在投资者互动平台表示，公司目前正在积极开展5G网络规划设计和相关产品应用研发等预研工作。移动通信技术服务领域，公司能够为三大电信运营商提供网络建设技术服务。

信维通信 2018年在互动平台表示，公司去年收到专项资助资金500万元，用于落户公司的《深圳第五代移动通信终端毫米波天线技术工程实验室》的建设，该项目为深圳发改委重大科技资助项目。同时，公司也有5G技术前沿研发中心，负责5G相关技术的研发工作，目前5G相关工作正在加快推进中。此外，华为是公司重要的客户之一。

3 北京5G产业发展的情况

3.1 优势

3.1.1 北京5G产业发展总体情况

3.1.1.1 产业发展水平

从全国来看，到2018年年底，5G产业链主要环节将基本达到预商用水平。来自中国联通的消息显示，将在北京、天津、上海、深圳、杭州、南京、雄安7个城市进行5G试验，并向工信部递交了申请。这意味着北京将成为率先试用5G网络的地区。

目前北京市在积极布局 5G 技术，在大规模天线阵列技术、低频段技术方面优势明显，在技术标准、基站设备、测试仪表等方面取得了一系列成果。北京市聚集了大唐集团、普天信息、紫光集团等行业领军企业；联想、小米、四维图新等企业也在 5G 技术终端应用和场景应用方面独占鳌头。下一代互联网国家工程中心建立的全球 IPv6 根服务器²系统，掌握了根区文件分发和秘钥轮转、IPv4 和 IPv6 双栈、三方加密等一些列关键核心技术。在“雪人计划”基础上，工程中心已经联合美日等 15 个国家在全球开启了 25 个 IPv6 根服务器运营，4 个部署在中国，并在广电等领域开展了行业根应用示范，打破了我国没有根服务器的困局。5G 产业链各环节上的主要厂商以及国内国际对标厂商如下（表 3）。

表：中国 5G 产业链分布、代表厂商及国际对比厂商

产业链	细分领域	北京厂商	国内厂商	国际厂商
支撑层	网络规划	紫光股份	中兴通讯、杰赛科技、	—
	标准制定	信通院、大唐电信	华为、中兴	爱立信、高通
	测 试	星河亮点、大唐联仪	—	罗德施瓦茨、安立
基础层	基带芯片	华为、兆易创新、紫光展讯	信维通信	高通、英伟达、英特尔
	光 器 件	中科汉天下	中际旭创	三星
	射频电子设备	北方烽火	信维通信、麦捷科技、三安光电	TriQuint
传输层	基站天线	大唐移动、邦讯技术	通宇通讯、京信通讯、盛路通信	RFS、康普
	接入网设备	华为、格林伟迪	中兴通讯	爱立信、诺基亚
	光 通 信	智芯微电子、凌云光	中兴通讯、烽火通信、中天科技	诺基亚
	网建优化维护	星河亮点	宜通世纪、华星创业、邦讯科技	爱立信

² 根服务器主要用来管理互联网的主目录，根服务器在计算机科学领域被称作“真理”，足见其重要性。

应用层	运营商	中国移动、中国联通、中国电信		Verizon、 英国电信
	终端设备	小米、联想	华为、OPPO、VIVO	三星、苹果
场景应用		联想、普天信息、四 维图新	阿里云、腾讯云	微软、谷歌、苹果

在 5G 产业中的一些细分领域，其他区域的企业发展势头也很强劲。例如，深圳的中兴通讯作为国内 5G 产业发展的领头羊之一，在全球已经拥有的 5G 专利超过了 2000 件；山东的中际旭创是国内高速率光模块龙头企业，拥有 Google、华为等优质客户；江苏的中天科技是国内光纤光缆双头龙之一，形成了光纤、光缆“双千万”的制作规模；深圳的信维通信是国内小型天线行业发展的领跑者，在射频天线器件已做到全球领先。

3.1.1.2 目前已经开展的工作

根据《北京市大数据和云计算发展行动计划(2016-2020 年)》，到 2020 年本市将实现 4G 网络全覆盖，在北京城市副中心、2019 北京世园会园区、北京新机场、2022 年冬奥会场馆等率先开展 5G 网络商用示范。

从技术角度上看，北京 5G 试用基本已经做好准备，等国家颁布相应的标准后，就将正式走入市场。目前本市已经在怀柔试验场对 5G 进行相应的试验工作。

2018 年 8 月 13 日，北京联通正式发布了“5G NEXT”计划，北京市首批 5G 站点同步正式启动。北京联通 5G NEXT 计划旨在探索加快构建开放、共享、共赢、共赢 5G 生态系统，以领先完善的网络（New Network）、极致的用户体验（Experience），创新的技术应用（Technology），满足未来业务无限可能，助推千行百业创新发展（X），加快孵化并助力 5G 高质量创新发展的新动能。

3.1.1.3 相关政策和重点项目

5G 产业相关政策		
《北京市大数据和云计算发展行动计划(2016-2020 年)》	北京市 2016.8	在北京城市副中心、2019 北京世园会园区、北京新机场、2022 年冬奥会场馆等率先开展 5G 网络商用

		示范
《2017 年全市经济和信息化工作报告》	北京市 2017.5	北京市将启动 5G 试点工作，三大运营商将推进 5G 研发与实验
《北京市加快科技创新发展新一代信息技术产业的指导意见》	北京市 2017.12	提升 5G 应用基础核心能力，做好 5G 关键技术和标准的研发布局，加快推进 5G 通信网络建设试点，推动物联网与应用融合发展
《关于加快科技创新构建高精尖经济结构的系列文件》	北京市 2017.12	引领第五代移动通信（5G）相关技术发展，做好 5G 关键技术和标准的研发布局，构建 5G 相关通信技术应用生态
2017 年度中关村技术创新能力建设专项资金支持	中关村 2018.6	TD 产业联盟的 5G 物联网 NB-IoT 技术标准超前布局的 7 个高端推进项目
“1551 工程”	北京市 2018.8	突破中高频核心器件的关键环节，围绕五大场景、五大重大活动场所开展 5G 示范应用，培育一批创新态的创新企业
5G 重点示范项目		
北京冬奥 5G 重点项目	北京市 2018.3	5G 网络在北京至张北沿线主要城镇、奥运场馆等区域稳定运行实现，为冬奥会提供安全可靠、稳定畅通的 5G 通信服务
“5G NEXT”计划	北京联通 2018.8	北京联通的“5G NEXT”计划旨在探索加快构建开放、共享、共赢 5G 生态系统。它将覆盖五大重点场景，分别是北京城市副中心、北京新机场、2019 年北京世园会、2022 年北京冬奥会、长安街沿线
5G 无人驾驶示范区	房山区 2018.9	房山区政府与中国移动联手建立国内首个 5G 无人驾驶示范区，首期开放测试道路长度达 2.2 公里
5G 网络示范区应用展示	中关村 2018.10	2018 年“双创周”期间，中关村展示中心与中国移动在中关村自主创新示范区应用展示中心布局 5G 网络

3.1.2 北京市 5G 技术领域专利整体概况

(1) 在 5G 技术领域具有一定专利储备，仍处于追赶位置

省/市	申请量	专利申请活跃度	专利质量	
		近5年(2013-2018)专利申请占比	发明专利占比	有效专利占比
广东	2356	89.5%	91.3%	17.5%
北京	1198	84.0%	97.6%	19.3%
江苏	622	94.2%	85.5%	29.1%
上海	616	91.1%	94.2%	19.0%
陕西	269	90.0%	97.0%	27.5%

数据来源：www.cnipr.com，截止到2018年9月

图：北京市 5G 技术领域专利整体概况

从北京市 5G 技术领域专利整体情况来看，北京市在 5G 技术领域专利申请量排名第二，具备一定的技术基础。

进一步从专利申请活跃度来看，北京市专利申请也主要来源于近五年，专利申请占比低于其余专利申请量排名前五的其他四省市；从专利质量情况来看，北京市发明专利在专利申请量排名前五的省市中排名第一，专利质量优于其他四省市；而有效专利占比略低与江苏以及陕西省。

进一步，结合 5G 产业情况以 5G 网络构成，对大规模天线、编码技术、多址接入技术、D2D 通信四个关键技术的专利布局情况进行分析，以更全面的了解北京市 5G 技术的专利布局情况。

省/市	大规模天线	编码技术	多址接入技术	D2D通信
广东	588	343	30	503
北京	208	249	46	292
江苏	302	91	17	116
上海	107	154	6	111
陕西	87	58	16	61

数据来源：www.cnipr.com，截止到2018年9月

图：北京市 5G 技术领域关键技术专利分布

从北京市 5G 技术领域关键技术专利分布情况来看，专利申请量排名前五的省市中，主要侧重于在大规模天线技术领域布局、编码技术领域、D2D 通信领域布局有专利。其中，北京在多址接入技术中排名第一，在 D2D 通信领域以及编码技术领域排名第二，在大规模天线领域排名第三；但从各技术领域的专利申请量来看，大规模天线领域以及 D2D 通信领域与排名第一的广东省还具有一定差距，多址接入技术虽然排名第一，但专利申请量低于其他三个技术领域。

因此，综合来看，北京市在 5G 技术领域具有一定的专利储备，在中国本土申请人中编码技术领域具备一定的优势，但由于专利储备量相对较低，在 5G 技术领域仍处于追赶位置。

(2) 北京高校专利申请略显不足，企业仍需加大创新力度

科研院所 (北京)	申请量	专利申请活跃度	专利质量		技术布局			
		近5年专利申请量(2013-2018)	发明专利占比	有效专利占比	大规模天线	编码技术	多址接入技术	D2D通信
北京邮电大学	148	85.8%	100.0%	20.3%	31	30	8	65
清华大学	87	62.1%	100.0%	37.9%	29	47	7	3
北京理工大学	27	77.8%	100.0%	14.8%	3	15	2	3

科研院所	申请量	专利申请活跃度	专利质量		技术布局			
		近5年(2013-2018)	发明专利占比	有效专利占比	大规模天线	编码技术	多址接入技术	D2D通信
东南大学	189	91.0%	98.4%	24.9%	88	41	8	37
西安电子科技大学	155	87.7%	99.4%	28.4%	42	40	9	32
电子科技大学	125	80.0%	98.4%	11.2%	42	38	14	20

数据来源：www.cnipr.com，截止到2018年9月

图：北京市 5G 技术领域主要科研院所专利概况

分别对北京市 5G 技术领域排名前 3 的科研院所情况以及中国 5G 技术领域排名前 3 的科研院所情况进行分析，与东南大学、西安电子科技大学以及电子科技大学相比，北京邮电大学在 4 个 5G 关键技术领域均具备一定的优势，在 D2D 通信领域具备较强实力，在其余 3 个 5G 关键技术领域也具有一定的实力，清华大学在编码技术领域具备较强优势。

通过对比来看，虽然北京邮电大学在 5G 技术领域具备一定优势，但作为全国高等院校的中心，北京市在 5G 技术领域的专利申请量略显不足。

企业（北京）	申请量	专利申请活跃度	专利质量		技术布局			
		近5年专利申请量(2013-2018)	发明专利占比	有效专利占比	大规模天线	编码技术	多址接入技术	D2D通信
电信科学技术研究院	159	94.3%	100.0%	22.6%	15	12	10	38
北京小米移动软件有限公司	109	100.0%	100.0%	1.8%	7	2	1	1
中国移动通信集团	68	92.6%	98.5%	16.2%	9	1	0	19
北京信威通信技术股份有限公司	50	100.0%	100.0%	0.0%	19	0	2	18
中国电信股份有限公司	40	100.0%	100.0%	0.0%	19	1	2	2

企业	申请量	专利申请活跃度	专利质量		技术布局			
		近5年(2013-2018)	发明专利占比	有效专利占比	大规模天线	编码技术	多址接入技术	D2D通信
华为技术有限公司	799	83.2%	99.9%	16.3%	113	200	13	226
中兴通讯股份有限公司	624	84.9%	99.5%	7.2%	58	89	5	199
三星电子株式会社	503	81.3%	99.6%	13.5%	88	124	4	119
高通股份有限公司	229	82.1%	100.0%	21.4%	8	63	0	150
LG电子株式会社	223	84.3%	100.0%	24.2%	21	36	0	54

数据来源：www.cnipr.com，截止到2018年9月

图：北京市 5G 技术领域主要企业专利概况

分别对北京市 5G 技术领域排名前 5 的申请人情况以及中国 5G 技术领域排名前 5 的企业情况进行分析，北京市 5G 技术领域的专利申请主要来源于电信科学技术研究院（大唐电信集团母公司），小米移动软件有限公司、中国移动通信集团公司、北京信威通信技术股份有限公司以及中国电信股份有限公司，专利布局主要侧重于大规模天线技术以及 D2D 通信技术领域。

虽然，大唐电信集团在 5G 首个国际标准中作出了重要贡献，其在大规模天线与波束赋形、新型多址技术、超密集组网、车联网、信道编码新型移动性管理、TDD 动态帧结构、5G 核心网络架构、5G CU/DU 架构设计等 5G 标准化领域处于国际领先水平，多项技术方案进入国际核心标准规范³，但从专利布局量来看，包括电信科学技术研究院以及大唐电信集团在内的专利申请量与华为、中兴等企

³ http://tech.ifeng.com/a/20180614/45026028_0.shtml

业仍具有较大差距，专利风险较高。因此，以大唐电信集团为代表的北京企业仍需进一步加大创新力度，加强专利布局力度。

值得注意的是，北京市企业在 5G 技术领域的专利风险不仅来源于中国以华为、中兴为代表的本土企业，还来自于以三星、高通、LG 为代表的跨国企业。这些传统通信优势企业不仅具有雄厚的技术基础，并且已经累计了大量的专利布局经验。因此北京市企业不仅应对其国内专利布局情况进行关注，在进行海外市场扩展时也需提早关注其目标市场国专利布局情况，防范侵权行为发生。

3.1.3 关键技术研发优势逐渐凸显

3.1.2.1 积极推动 5G 标准研制

标准是 5G 产业的重中之重。大唐移动早在 2011 年就启动 5G 预研，全面布局 5G 产业生态链，2013 年提出 5G 关键能力指标和取值，被 ITU 纳入 5G 愿景和框架建议书的技术指标当中。2018 年 5 月 21 至 25 日在韩国釜山召开 3GPP 工作组最后一场会议，完成 5G 第一阶段标准制定，最终确定 5G 商业化的相关标准技术，联想、同方等领军企业都参与此次会议的投票。此外，中国信息通信研究院、中科院微电子所和半导体所、北京邮电大学、大唐电信科技产业集团、中国普天信息产业集团公司等单位在核心技术和标准研制方面也具有一定的优势。

3.1.2.2 芯片领域不断实现突破

芯片领域一直是我国的产业短板，进口依赖度极强，尤其在面对近期中美贸易战中对中国芯片的禁售令，仍是完全被动局面。兆易创新作为国内 NOR Flash 存储器芯片龙头企业，在全球范围内也属于第一梯队借助 ISSI 在 DRAM 方面的技术是有可能实现一定程度的进口替代。紫光展讯作为全球第三大移动芯片制造商，2016 年开始参与 IMT-2020 (5G) 推进组组织的 5G 技术验证第一阶段测试，并计划 2019 年正式推出高性价比 5G 芯片，2020 年推出 5G 单芯片，并实现 5G

毫米波和 RFFE 高端中端全覆盖。中科汉天是国内第一家自主研发基于互补金属氧化物半导体工艺射频前端功放的企业，主要面向 5G 研发射频前端芯片，其 HS1411X 系列产品，具有优异的噪声系数和功率增益，能显著改善 5G 手机的接收灵敏度。中科院自动化研究所耕耘 9 年，研制出了具有自主知识产权的 5G 通信设备“中国芯”，其 UCP 内核的研发成功，突破了英特尔等传统芯片架构的桎梏，通过架构创新拥有了高密集度的计算能力，在 2019 年就可以实现量产。国联万众自主研发的 4G/5G 氮化镓功放芯片，实现了全频段覆盖，在中兴和華為得到广泛应用，各项指标接轨国际先进水平。

3.1.2.3 基站建设技术业界领先

在 3GPP 发布的 5G 发展目标中，整体系统容量要比 4G 提升 1000 倍。为达成这项目标，小型基地台将是不可或缺的要素。因此，相较于以大型基地台为主的 4G，5G 网络架构将是大小共存的状态。2015 年，大唐移动进行业界首个 LTE-Hi 无线小基站样机的综合业务演示，包括动态 TDD、同/异频切换、单/双载波峰速及空口同步等，全面展示了 LTE-Hi 的技术优势以及大唐移动在 5G 方面的阶段性研究成果。邦讯技术作为小基站“专业户”，其企业级小基站已经实现了频带内 TD-LTE Advanced 载波聚合（4G+技术），凭借 Band40 的 20MHz+20MHz 载波聚合，实现了 220 Mbps 下行理论峰值数据传输速率，是目前业界小基站厂商第一个公布达到理论速率的厂家。佰才邦自主研发系留式无人机云基站，全球最新 5G 云基站，可支持 200 米高空悬停、覆盖半径 5 公里无线应急通信，系统在 100 米高空部署时功耗不到 3.5kw，低于传统方案 30%，具有高度稳定性和可靠性。

3.1.2.4 测试系统发展迅速

由于移动通信终端软件系统的复杂性，应用环境的多变性和测试需求的多样性，仅仅依靠以密集劳动为特征的传统手工测试，已经不能满足快节奏的软件开发和测试需求。因此，测试系统对推动 5G 商用起到至关重要的作用。2018 年 2 月，在世界移动通信大会华为公司举办的 5G 峰会上，中国信通院发布了全球首

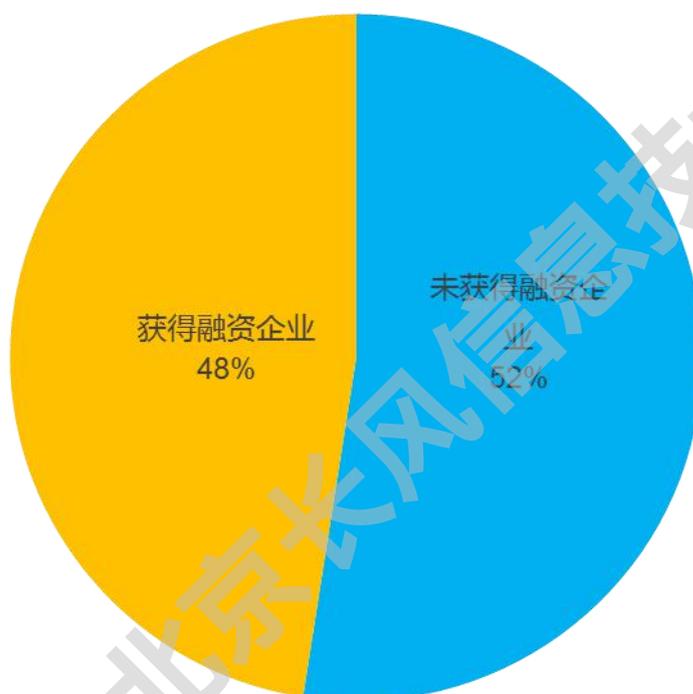
套 5G 端到端 OTA 性能测试系统。解决了全球 5G 性能精确测试的痛点，将显著降低 5G 研发和测试成本，大幅提升 5G 产品测试的准确度和效率。该系统将用于 5G 技术研发试验第三阶段测试，以加快推进 5G 系统研发和产业成熟。大唐联仪为应对 5G 测试的高复杂性，保证在 5G 新空口的综测分析能力，积极研发 5G 信号分析仪、5G 信号源、5G 终端模拟器和 5G 终端综测仪等一些列 5G 测试仪表。星河亮点的 SP8630 综合测试系统，引领全球 NB-IoT 终端一致性测试仪表 GCF 认证进程，这不仅对 3GPP 和 GCF 的标准化工作产生了巨大贡献，更及时有效的满足了 NB-IoT 技术产业化和规模商用的迫切需求。

3.1.4 北京地区 5G 产业链上企业投融资情况

3.1.3.1 北京地区 5G 产业链上企业融资情况

(1) 融资企业总体情况

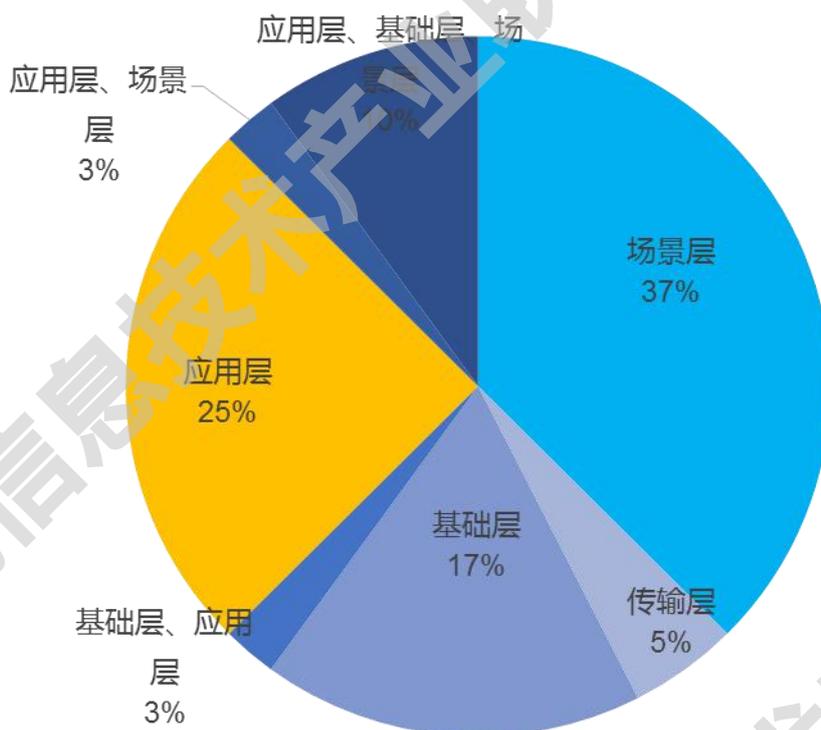
北京地区 5G 产业链上超五层企业未获得融资。截止 2018 年 9 月底，北京地区 5G 产业链上企业数量超过 60 家，约占全国 5G 产业链上企业的 42%；其中获得融资企业仅 29 家，占全部北京市企业的 48%，融资金额超过 500 亿人民币。



图：北京地区 5G 产业链上获得融资企业数量占比情况

(2) 各细分产业链上融资企业情况

六层以上获得融资的企业处于 5G 产业链的场景层和应用层。从 5G 产业链上各层次来看，近五年以来，除了支撑层无企业融资以外，其他层次均有企业发生融资，其中场景层和应用层上企业发生融资案例数量最多，占比分别为 37% 和 25%，累计占比 62%。



图：近 5 年来产业链上获得融资企业所处的层次分布情况

表：近 5 年北京地区 5G 产业链各细分层上的融资企业列表

产业链细分层次	企业简称	投资机构简称	投资时间(年)	投资金额(百万人民币)
基础层	华大九天	不公开的投资者	2018	未披露
		不公开的投资者,深创投,中国电子	2017	90.00
	紫光股份	清华控股,西藏紫光通信投资	2016	15,300.41
	中科汉天下	不公开的投资者	2016	未披露
	东土科技	北京海淀科技金融资本	2016	70.00
	有研新材	瑞华控股	2014	81.27
中和资本		2014	未披露	
传输层	佰才邦	西藏达孜和聚厚德投资,和聚百川,亦庄普丰,北京六合,盛世远洋	2017	90.00

		协同创新投资、信中利资本	2016	未披露
应用层	电旗通讯	太证中投武汉投资	2017	3.38
		和智资本,新板资本	2015	14.80
		启迪创投	2014	3.60
		紫辉创投	2017	5.00
	锤子	久奕资本,金石投资,抱团科技创投,迅游科技,苏宁易购,联创资本	2015	未披露
		不公开的投资者,海通开元,金石投资,和君资本	2014	180.00
		紫辉创投,陌陌	2013	70.00
	京东	腾讯投资	2014	未披露
	爱奇艺	高瓴资本,锡玉翔投资,光信资本,IDG资本,博裕资本,光大控股,华人文化产业投资基金,红杉中国,襄禾资本,银翎资本	2017	10,533.29
		顺为资本,小米集团	2014	1,228.42
场景层	中石油	中国国新	2017	1,900.00
	微步在线	高瓴资本,如山投资,北极光	2017	98.30
		瑞领资本	2017	21.00
		北极光,华软资本,如山投资	2016	35.00
		云天使基金,北极光,不公开的投资者	2015	10.00
	绿盟	前海开源,中汇金锐,嘉实基金	2017	788.84
	启明星辰	北京海淀科技金融资本,中植资本	2017	70.58
	暴风	高榕资本	2016	20.00
	中科创达	英特尔投资	2014	61.54
	天智航	国投集团,中国高新投	2018	400.04
		弘晖资本	2016	5.00
		中金公司,源星资本,仁重股权投资,水木创投,金石投资	2015	未披露
		水木创投	2014	2.50
		北京金科同利创投,同创伟业资管,中信建投资本,涌铎投资,金科同盛创投,金科君创	2014	未披露
京东方	平安创新资本,北京国有资本	2014	11,033.00	
基础层、应用层、场景层	小米	不公开的投资者	2017	未披露
		不公开的投资者	2015	未披露
		All-Stars Investment, GIC 产业投资,云锋基金,数字天空技术,君和厚朴	2014	6,730.46
		数字天空技术	2013	未披露
基础层、应用层	燕东微电子	国开金融,京国瑞投资,盐城高新区投资	2018	1,800.00

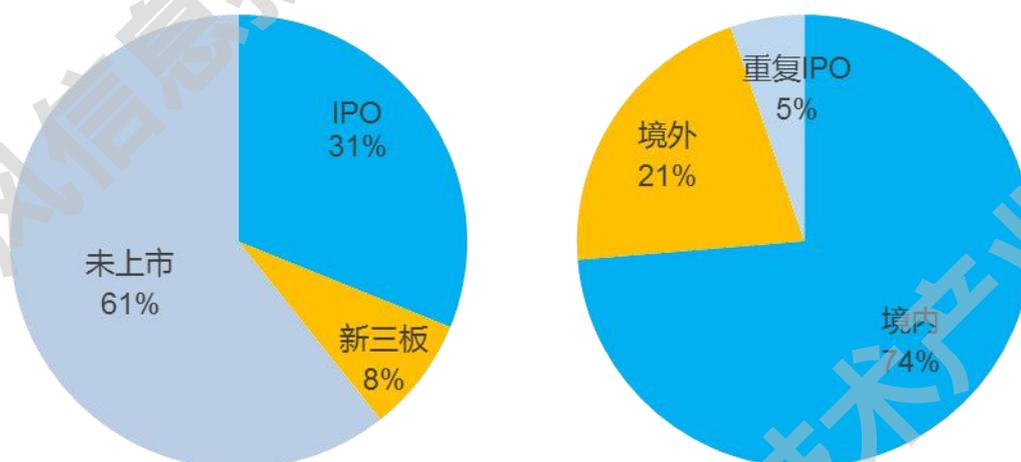
应用层、场景层	百度	老虎基金	2013	243.67
---------	----	------	------	--------

*本章数据来源：清科私募通

3.1.3.2 北京地区 5G 产业链企业上市情况

(1) 上市企业总体情况

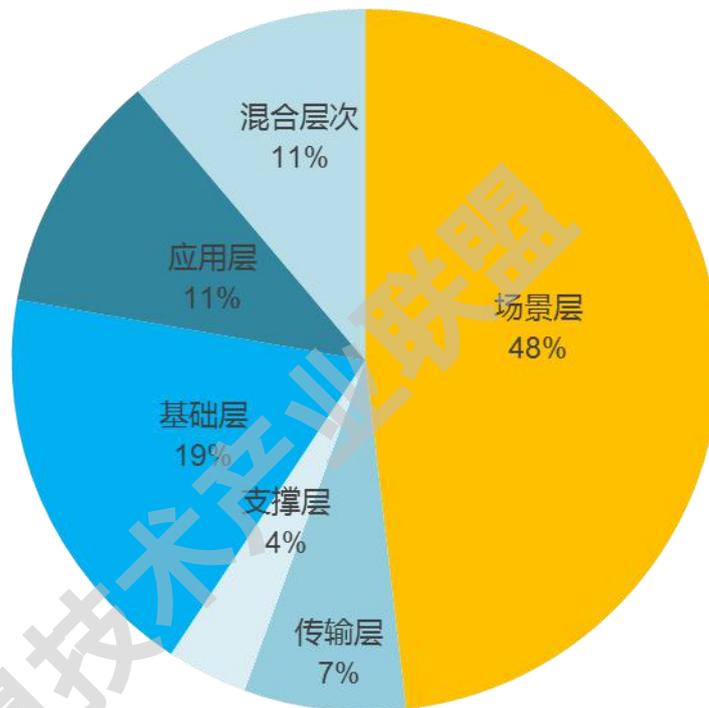
北京地区 5G 产业链上近四层的企业上市交易,七层以上 IPO 企业登录境内市场。截止 2018 年 9 月底,北京地区 5G 产业链上企业上市交易累计 24 家,其中 IPO 和新三板挂牌数量分别为 19 家和 5 家,占比分别是 31%和 8%,累计占比 39%;其中九企业 IPO 而言,74%的企业于登录境内交易市场,25%企业登录境外交易市场,其中中国石化不仅登录境内市场,也登陆了港交所、纽交所、伦敦交易所等境外交易市场。



图：5G 产业链上企业上市情况

(2) 各细分产业链上企业上市情况

北京地区 5G 产业链上近 5 层的上市企业处于场景层。截止 2018 年 9 月底,北京地区 5G 产业链上上市企业所处层次包括支撑层、基础层、传输层、应用层、场景层等全产业链,其中位列前三的分别是场景层、基础层和应用层,占比分别是 48%、19%、11%。此外,可以看出部分上市企业处于两个或两个以上的混合层次,占比为 11%。



图：产业链上上市企业所处的层次分布情况

表：北京地区 5G 产业链各细分层上的上市企业列表

产业链细分层次	上市公司简称	上市时间	交易所	上市类型	筹资额(亿人民币)
支撑层	星河亮点	2016	全国中小企业股份转让系统	新三板	--
基础层	圣邦股份	2017	深圳证券交易所创业板	IPO	4.47
	东土	2012	深圳证券交易所创业板	转板	2.78
	东土(退市)	2009	全国中小企业股份转让系统	新三板	--
	确安	2011	全国中小企业股份转让系统	新三板	--
	有研新材	1999	上海证券交易所	IPO	5.55
传输层	邦讯技术	2012	深圳证券交易所创业板	IPO	5.34
	紫光股份	1999	深圳证券交易所主板	IPO	4.70
应用层	爱奇艺	2018	纳斯达克证券交易所	IPO	141.27
	电旗通讯	2015	全国中小企业股份转让系统	新三板	--
	京东	2014	纳斯达克证券交易所	IPO	109.73
场景层	中科创达	2015	深圳证券交易所创业板	IPO	5.82
	暴风	2015	深圳证券交易所创业板	IPO	2.14
	绿盟	2014	深圳证券交易所创业板	IPO	8.67
	易华录	2011	深圳证券交易所创业板	IPO	5.18
	千方科技	2010	深圳证券交易所中小板	IPO	4.90
	华力创通	2010	深圳证券交易所创业板	IPO	5.22

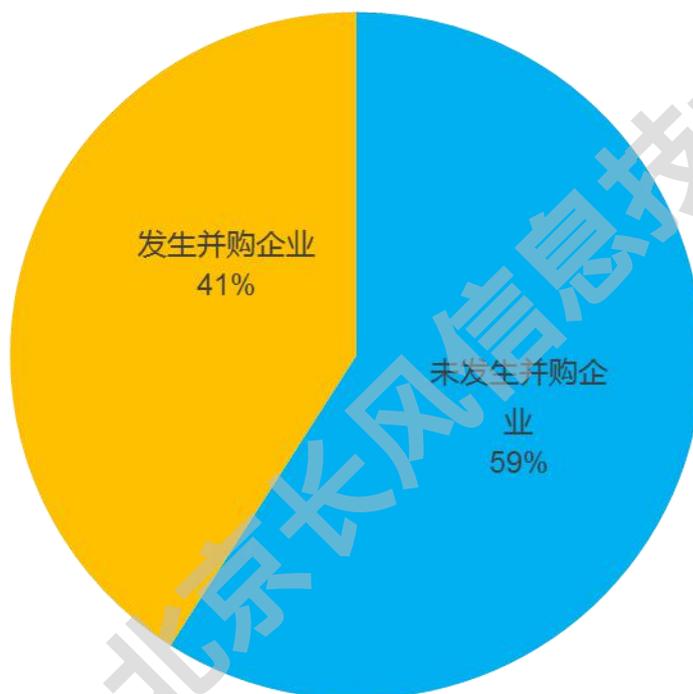
	启明星辰	2010	深圳证券交易所中小板	IPO	6.25
	中国石化	2001	上海证券交易所	IPO	118.16
		2000	香港证券交易所主板	IPO	283.11
		2000	纽约证券交易所	IPO	--
		2000	伦敦证券交易所	IPO	292.44
	天智航	2015	全国中小企业股份转让系统	新三板	--
	京东方	1997	深圳证券交易所主板	IPO	10.08
基础层、应用层、场景层	小米	2018	香港证券交易所主板	IPO	313.21
基础层、传输层、场景层	大唐	1998	上海证券交易所	IPO	5.98
应用层、场景层	百度	2005	纳斯达克证券交易所	IPO	0.08

*本章数据来源：清科私募通

3.1.3.3 北京地区 5G 产业链企业并购情况

(1) 企业并购总体情况

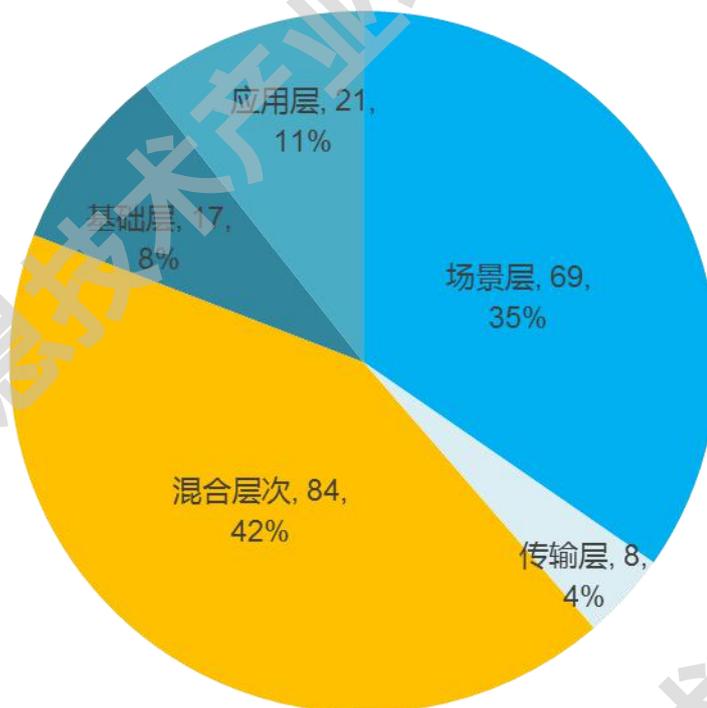
北京地区 5G 产业链上仅有四层的企业发生并购交易。截止 2018 年 9 月底，北京地区 5G 产业链上企业作为并购方发生并购交易的企业仅有 25 家，占全部北京地区 5G 产业总数量的 41%；有近 6 层的企业目前尚未向外进行并购扩张。



图：各细分产业链层次上发生并购企业情况

(2) 各细分产业链上发生并购企业情况

北京地区 5G 产业链上四层的并购企业处于两个或两个以上层次，其次有三层以上的企业处于场景层。截止 2018 年 9 月底，北京地区 5G 产业链上发生并购企业涉及基础层、传输层、应用层、场景层等层次，共涉及 199 次并购事件，其中占比前三的分别是混合层、场景层和应用层，数量分别是 84 起、69 起和 21 起，占比分别是 42%、35%、11%，累计占比 88%。



图：产业链上发生并购企业所处的层次分布情况

表：北京地区 5G 产业链各细分层上的 TOP20 并购企业事件列表

产业链细分层次	并购方简称	被并购方简称	并购结束时间	交易币种	并购金额(百万)
基础层	有研新材	有研稀土	2014	人民币	774.00
	东土	宏图科技	2016	人民币	550.00
传输层	紫光股份	华三通信	2016	人民币	18,850.92
	紫光股份	展讯	2013	美元	1,780.00
应用层	京东	金蝶国际	2015	港币	1,300.00
	爱奇艺	PPS 网络电视	2013	美元	370.00
场景层	千方科技	交智科技	2018	人民币	4,337.04
	千方科技	宇视科技	2017	美元	535.50
	启明星辰	赛博兴安	2016	人民币	579.15

	中石油	阿萨斯巴卡-多佛油砂区块	2014	加拿大元	1,320.00
	京东方	京东方显示	2014	人民币	8,533.00
	京东方	SES	2018	欧元	323.68
	北汽集团	北京汽车制造厂	2015	人民币	1,500.00
基础层、传输层、场景层	大唐	要玩游戏	2014	人民币	1,680.74
基础层、应用层、场景层	神华集团	金马旅游	2013	人民币	714.78
传输层、应用层	中国电信	天翼视讯	2013	人民币	1,195.00
应用层、场景层	百度	91 无线	2013	美元	1,900.00
	百度	AC 米兰	2016	美元	437.00
	百度	PPS 网络电视	2013	美元	370.00
	百度	糯米网	2013	美元	160.00

*本章数据来源：清科私募通

3.1.5 其他优势企业和研究团队

表见附表：北京市 5G 领域重点企业情况分析

表：北京市 5G 领域高校重点实验室

机构名称	依托单位	机构简介
下一代互联网核心网国家工程实验室	清华大学	该室于 2009 年 5 月 31 日获批立项，依托于清华大学建立；针对下一代互联网的发展需求，建立核心网技术研发、测试和试验平台，开展关键技术以及运营管理技术研究，推动下一代互联网技术试验、应用示范和产品开发。
清华信息科学与技术国家实验室(筹)	清华大学	该室是科技部于 2003 年 11 月 25 日批准筹建的第一批 5 个国家实验室之一，依托清华大学筹建。实验室拥有建筑占地面积近 2 万平方米，总建筑面积为 3.6 万平方米。实验室主要从事海量智能信息处理理论、技术与应用；下一代互联网络的理论、技术与应用；新一代宽带无线与光通信理论与技术；新型微电子、光电子器件核心与技术；面向未来的前瞻性交叉性创新探索等。
北京大学微处理器及系统芯片开放实验室	北京大学	该室在自主微处理器和系统软件等方面开展了大量的系统性研究和开发工作，成功研制了中国第一套支持微处理器正向设计的软硬件协同设计环境及 16 位微处理器原型。制订了北大众志 UniCore16、UniCore32 等多套自主指令系统标准；开发成功 200MHz、300MHz 和 600MHz 等系列北大众志微处理器及配套系统软件和关键应用软件；面向网络计算机应用、手持信息终端、信息安全、网络通信等市场开发了北大众志系列系统芯片及整机系统。
微电子器件与电路教育部重点实验室	北京大学	该室依托北京大学微电子学研究院，主要在 ULSI 新结构器件、射频 SOI 器件、宽禁带半导体材料与器件、MOS 器件可靠性物理及应用、嵌入式微处理器、信息安全芯片、多目标芯片、硅基 MEMS 加工与设计技术、MEMS 器件、MEMS 封装与测试技术等方面从事研究工作;2013 年 5 月 14 日通过验收。
通信与信息系统北京	北京交通	该室是北京市教委于 2001 年 6 月 4 日批准建立的，2005 年通过验收；是由

市重点实验室	大学	北京交通大学与国内知名企业深圳中兴通信公司合作建设的科研、教学、培训基地，占地面积 450 平方米，设备投资总额超过 2500 万。实验室在现代信息技术、网络安全等方面取得了一系列的标志性成果。
泛网无线通信教育部重点实验室	北京邮电大学	该室依托北京邮电大学，于 2005 年 12 月通过教育部批准立项建设，主要从事移动通信网络、泛在无线网络和短距离无线通信方面的研究，2008 年 1 月 18 日通过验收。近年来，实验室主持各类科研项目 110 多项，成果获国家级省部级科技奖励共 10 余项。
北京航空航天大学北航计算机学院分布与移动计算实验室	北京航空航天大学	该室是面向航空航天需要，计算机软件技术与通信技术相结合，进行跨学科研究。在分布与移动计算领域软件与硬件相结合、理论研究与应用系统相结合，针对分布与移动计算的体系结构进行了系统深入研究。
多元信息系统国防重点学科实验室	北京理工大学	该室依托北京理工大学，于 2007 年申报批准建立，由北京理工大学电子工程系已有的“信号采集与处理”国家重点专业实验室、“数字通信技术研究中心”共同支撑。目前，该室承担国家项目多项，包括国际合作项目、国家自然科学基金重点项目、杰出青年基金、863 探索项目等。近年来，实验室获国家技术发明一等奖，获北京市科学技术二等奖 1 项，获教育部科技进步一等奖 1 项；发表论文 300 余篇，其中三大检索收录 100 余篇；出版著作 10 余部。
北京市嵌入式系统重点实验室	北京工业大学	该室于 2003 年 2 月成立，是一个全新的大型的、先进的嵌入式系统实验室，是系统级芯片(SOC)复合型设计人才的培养基地，2004 年 9 月 2 日教育部正式批准北京工业大学北京市嵌入式系统重点实验室为“国家集成电路人才培养基地”筹建单位之一。

3.1.6 广阔的应用市场及成功案例

3.1.4.1 智能手机

行业调研数据显示，2017 年全球共出货了 14.6 亿部智能手机，同比下降了 0.5%，这是自智能手机诞生以来首次出现下滑趋势。面对过饱和的市场，真正的创新应用可能只有等待 5G 的到来了。在智能手机市场，北京拥有小米、联想两大行业巨头：作为国内智能手机的领军企业，小米与高通达成战略合作，借助高通的 5G 技术以及自身在 IoT 领域的大数据优势，积极部署 5G 手机的研发和生产；联想是最早进行 5G 研发的国内企业之一，面对 5G 时代的到来，最先整合的是智能手机和 PC 业务，2018 年 8 月发布的 Moto Z3 是全球首款可通过 5G 模块连接 5G 网络的智能手机。

3.1.4.2 无人驾驶

5G 很适合信息交互复杂的无人驾驶，可以保障车与车、车与路、车与其它障碍物的信息延时在 1 毫秒内，即时处理周边的各种突发情况。中兴通讯携手中国电信、百度在河北雄安新区完成了基于 5G 网络实况环境下的无人驾驶车测试，这是国内首个在 5G 网络环境下完成的无人驾驶。大唐移动与北汽集团新技术研究院在北汽集团测试道路区域进行了基于 5G 优先技术和无人驾驶技术的首次实地测试，实现了 L3 级别的车辆编组行驶。2018 年 7 月，百度与金龙汽车联合生产的全球首款 L4 级量产无人驾驶巴士“阿波龙”量产下线，开创了无人驾驶产品化元年。除了以上行业巨头，一些无人驾驶创业企业推进速度惊人，Pony.ai（小马智行）已拿到国内最高级别的 T3 路测牌照；Momenta（初速度）正处于 L3 级产品化阶段；图森未来直奔 L4 级自动驾驶，且场景限定在卡车的高速货运上；驭势科技自主研发了国内首款无人驾驶的轻出行电动车，实现了限定场景无人驾驶 L4 级别的商业应用；景驰科技诞生于硅谷，现已完成开放道路无人驾驶路测，并获得加州路测牌照。

3.1.4.3 物联网

物联网应用对设备数量、数据规模、传输速率等要求较高，而 5G 可以支持长时间、大规模连接需求的物联网应用。可以说，5G 技术是推动物联网发展的动力。小米除了手机科技产品，在家居用品和智能硬件方面陆续推出众多产品，其 IoT 平台联网设备超过 8500 万台，日活设备超过 1000 万台，合作伙伴超 400 家，已经稳居全球最大的智能硬件 IoT 平台。阿里云借助 5G 技术可以实现对海量设备的实时动态管理和智能分析，也为海量的数据存储和计算提供了有力的技术和服务支持，阿里云已与中国联通、Semtech 达成合作，发布了国内首个 LoRa 城域物联网试商用，覆盖杭州、宁波两个城市的主城区。恒华科技围绕智慧能源、智能交通、智慧环保、智慧城市四大领域，实现软件产品及服务、工程设计与服务、工程总承包与项目管理三大业务。用友能源推出能源云，帮助能源行业企业“云化”和“互联网化”，为能源企业 IT 系统向云平台转型提供从规划到落地

的端到端服务。原点生活专注于智能产品研发，研发的空气质量监测设备能够让使用者快捷地检测出自己身处的环境空气质量。

3.1.4.4 车联网

车联网技术是未来智能汽车、无人驾驶、智能交通运输系统的基础和关键技术，5G网络将支持更多的车联网应用场景。中国移动与长安大学、清华大学共建了联合实验室，重点对“与关键技术”、“车联网行业大数据应用”、“车联网基础设施与车载设备测试”等关键方向开展产、学、研的探索研究。高德的定位是以高精地图数据产品为基础，持续赋能自动驾驶企业，使车企顺利使用测试高精地图，最终配合车企共同实现自动驾驶高精地图云服务。四维图新研发全语义三维地图，支持视觉、激光雷达和毫米波雷达定位技术；与here等多家图商组成OneMap联盟，计划在2020年为行业提供统一标准的全球自动驾驶地图。北斗星通为自动驾驶行业用户提供高精度定位定姿产品及综合位置姿态感知传感器整体解决方案，已成功应用于百度高精度地图、自动驾驶等领域，并于2017年成为百度Apollo导航定位参考硬件供应商。北醒光子基于ToF技术的近红外环境感知雷达——DE-LiDAR系列，已实现量产并销往欧美及日本市场，市场认可度高。

3.2 存在问题

3.2.1 遇到的困难

3.2.1.1 核心技术掌控不足，高频产业链基础薄弱

与全国发展情况类似，北京在核心元器件、高端通信芯片等关键技术研发能力上与西方国家仍有一定差距，5G领域跨行业联合创新能力不足，企业研发资金投入不集中，无形中增加了企业形成核心竞争力的成本，加上美国日本和欧洲等国的出口管制，极大影响和制约我国5G高频通信产业的发展，以及商用网络的部署。2018年上半年开始的中美贸易战中，美国对中兴公司、华为公司的制裁就是这方面的一个鲜活例证。美国《Race to 5G》研究报告的一个调查认为：“中

国、韩国和美国目前领先于 5G，而中国则以微弱优势领先”。而正是我国移动通信行业的发展势头引起了西方国家的普遍关注和高度警觉，在诸如芯片这样的关键核心技术上扼杀中国已成事实，又一次倒逼我们必须自主创新。

3.2.1.2 行业应用的配套政策、机制尚需完善

国内外的研究实践表明，5G 的行业应用范围十分广阔，且大多属于高端产业范畴，如：车联网、无人机、电力、医疗卫生、远程教育、智能制造等，但与之相配套的政策环境仍相对薄弱甚至空白。以车联网为例，智能网联汽车商用频率尚未分配，网络汽车的管理办法和相关法律法规尚未出台，所有这些都严重影响了车联网的商用进程；再如无人机监管方面，虽然有关部门出台政策实现了部分突破，但对无人机重量，飞行高度等仍有严格限制，开放力度仍需加大。因此，5G 急需引入垂直行业与移动通信产业的跨界融合，需要移动通信产业的功能切合垂直行业的发展需求，拉动市场需求牵引力，这样才能推动 5G 市场的快速发展。

3.2.2 对策建议

3.2.2.1 积极发展示范应用

充分发挥政府引导作用，率先开展 5G 网络建设和应用发展。借助冬奥会、副中心以及新机场等重大示范项目，率先开展 5G 网络建设，同步推进各项 5G 应用，为 5G 应用创造更广阔的市场需求空间；鼓励在消防救火、抢险救灾、反恐维稳、城市交通等领域采购 5G 产品，带动全社会 5G 网络建设和应用发展；鼓励企业深入开展车联网、虚拟现实、移动医疗、智慧灯杆等 5G 应用试点。

3.2.2.2 重点行业突破

由 5G 衍生的行业众多，北京有先天的科技优势，5G 应用主要集中在车联网、无人机等领域，应分门别类、精准施策。在车联网方面，鼓励企业针对汽车联网开展智能网联汽车应用研发，在金融、保险、立法以及行业管理等相关方面为智

能网联汽车商用创造制度环境。在无人机方面，积极推进国家智能网联低空无人机发展规划、标准规范和法律法规体系建设，通过采取“民航监管+行业监管+区域监管”三级监管模式，先行在平谷、门头沟及延庆等区开展试点。

3.2.2.3 关键技术研发

加大对 5G 高频器件方面的政策扶持和资源投入，提升企业核心技术和制造水平，完善 5G 核心芯片、滤波器等 5G 高频器件的产业配套，尽快实现国产化和规模化，满足 5G 高频商业应用需求。同时，加强毫米波射频元器件研发与产业化力度，鼓励国内 5G 基站、终端设备采购国产毫米波射频元器件，通过技术试验、规模试验试商用等多个阶段逐步提升本市 5G 射频元器件企业的科研实力。特别是在 5G 芯片设计领域，北京具有先天优势应率先实现产业落地和技术突破。

3.2.2.4 多措并举推进

一是积极开展 5G 产业发展试点，优先考虑在通州落地，尽快形成以 5G 为核心的行业生态链；二是发挥 5G 技术在通信产业和衍生行业的溢出效应，积极支持百度、小米、京东等龙头企业在优势领域扩展应用市场，鼓励 5G 与大数据、云计算、人工智能以及工业设计等领域的融合创新；三是进一步针对性加强高端人才引进和产业人员培训，特别是芯片等短板领域的高端人才，做好与北京总体战略和产业布局相匹配和适应的人才保障。