

NOKIA
上海贝尔



全球5G洞察报告

2024年2季度

前言

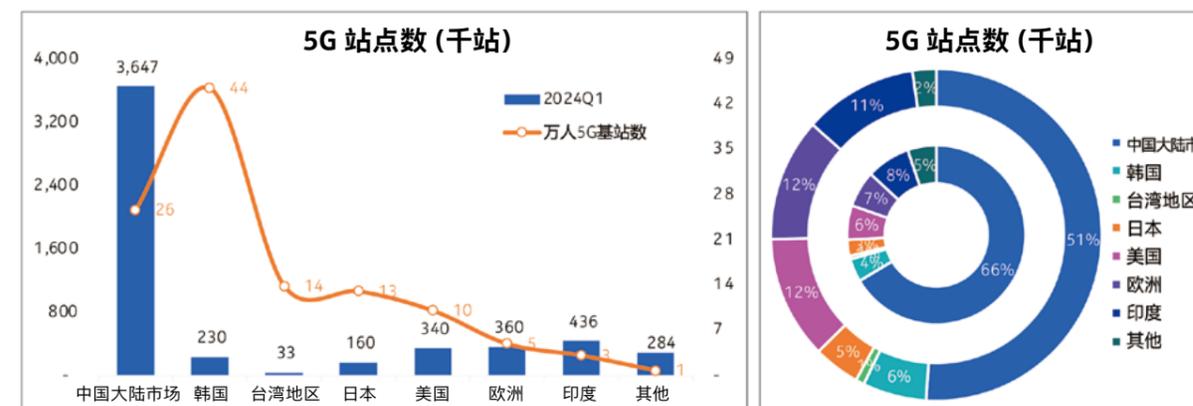
2024 年第一季度, 5G 网络的商用规模稳定扩大, 尤其在中国, 5G 基础设施的领先优势相比全球进一步巩固, 5G 用户渗透率也远超全球平均水平。全球智能手机市场的出货量同比增长 7.8%, 5G 终端渗透率同比增长 14%, 反映出用户对 5G 服务的接受度和使用率持续增长。整体来看, 5G 技术的成熟和应用的推广已经显著提升用户体验, 并推动全球数字经济的发展。尽管短期面临投资回报的挑战, 但 5G 市场的长期发展态势是积极的, 5G 在全球移动互联网和数字经济中将扮演更加关键的角色。

随着 5G 毫米波在工信部 IMT2020 测试阶段性完成, 关于毫米波在 5G 新领域的创新应用和经济价值备受业界关注。本期洞察介绍了毫米波在全球市场的发展的三个阶段, 分享了毫米波最新的市场、产业和应用动态; 并结合贝尔实验室咨询团队对于毫米波的典型应用报告, 分析了毫米波独特的价值定位; 最后回顾了毫米波在中国的进展, 展望了毫米波在 5G-A, 工业 4.0, 低空经济等领域的应用愿景。

今年第一季度, 诺基亚贝尔发布《新质生产力, 释放网络无限潜能》白皮书, 这是信息通信业首份新质生产力白皮书。诺基亚贝尔认为新质生产力的提出对于移动通信网络发展来讲正逢其时, 是引领未来通信产业变革高瞻远瞩的布局。本期洞察将带领大家从无线通信的角度解读这本白皮书的精华内容。在无线通信领域, 诺基亚贝尔创新地推出“弹性网络”概念以构建更具效能和开放能力的 5G 网络; 强化人工智能技术与移动网络的深度融合, 以推动满足新质生产力要求的无线网络全场景、全智能、全体系等多维生产要素持续协同演进, 进一步释放无线网络的无限潜能。

睽违五载, F1 中国大奖赛再一次在上海举行。诺基亚贝尔与上海移动在 F1 上海赛事中展现了 5G-A 网络的卓越性能, 为观众提供了前所未有的赛事体验。诺基亚贝尔提供的技术升级包括了大容量池化 BBU、自动天线调节、基于 AI 算法的实时监控和流量预测等。这些技术手段不但确保了高峰时段的网络稳定, 还支撑了运营商新频段 (4.9Ghz) 的引入和多频多制式高密度组网策略, 满足了赛事期间无论是高清直播还是实时互动对高质量通信的严苛要求。本期洞察将带领大家解密 F1 赛事幕后的最新通信技术。

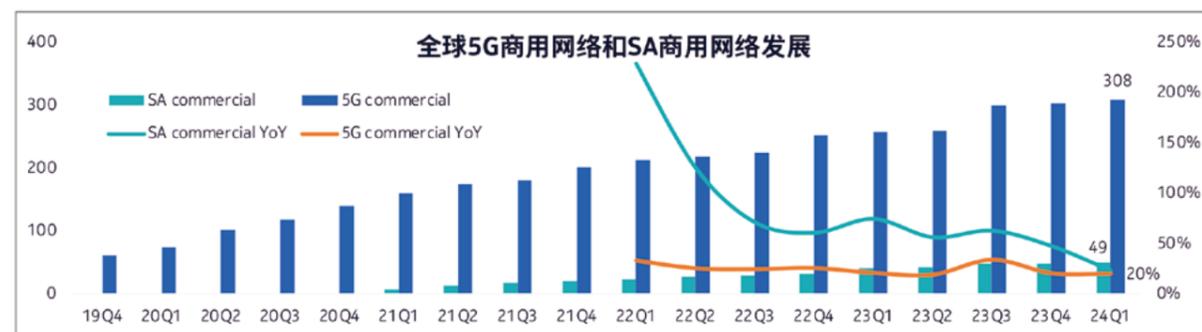
2024 年第一季度全球 5G 市场 呈现显著增长态势



数据来源: MIIT, TDIA

商用网络的扩展与基站建设

截至 2024 年第一季度, 全球 5G 商用网络数量增至 308 个, 5G 独立组网 (SA) 商用网络达到 49 个。

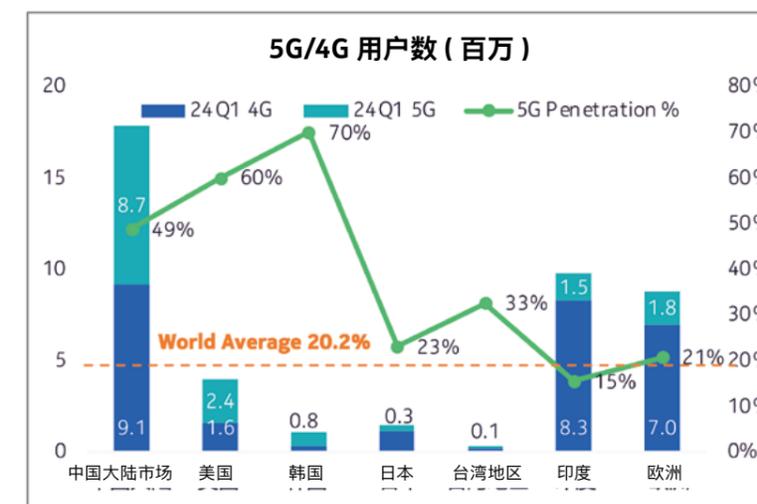


数据来源: Public-Networks-and-Operators April 2024; GSA-Standalone_5G_April_24_Summary.pdf

从 2023 年第四季度到 2024 年第一季度, 全球 5G 基站的部署总量从 517 万个增加到 549 万个, 新增了约 32 万个 5G 基站。中国的 5G 基站建设继续保持全球领先, 累计建成开通 364.7 万个, 占全球 5G 基站部署量的 66.1%。中国新增约 27 万站, 得益于中国政府对 5G 基础设施建设的持续投入, 以及运营商对 5G 网络的积极部署。此外, 印度市场保持了较高增速, 本季度新增近 3 万站, 成为全球 5G 建设的亮点。

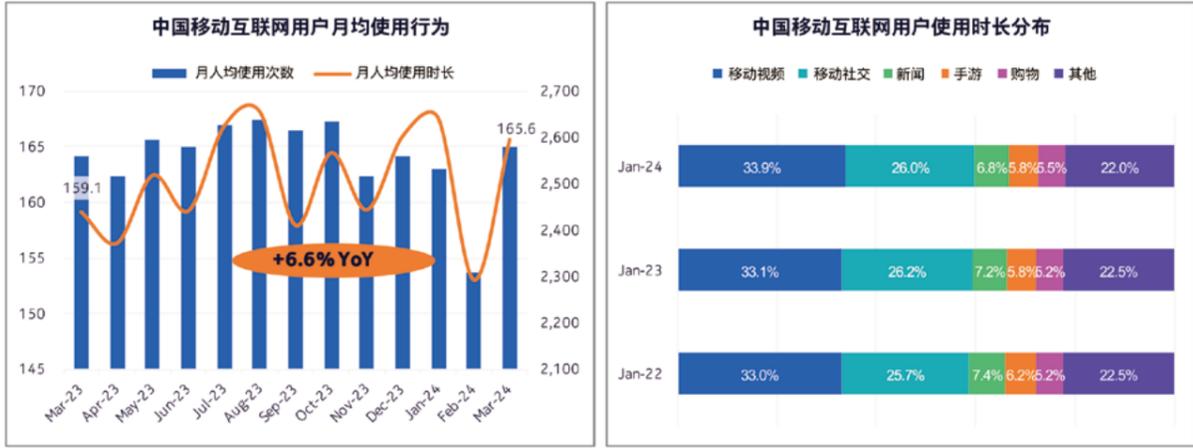
用户数增长与 5G 渗透率

全球 5G 用户总数在 2024 年第一季度超过了 16.8 亿, 其中中国 5G 用户数达到 8.74 亿, 占全球 5G 用户数的 52%。中国的 5G 用户渗透率是全球平均水平 (20.2%) 的 2.5 倍, 达到 49%。



数据来源: GSMA, CSP monthly report, MIIT report

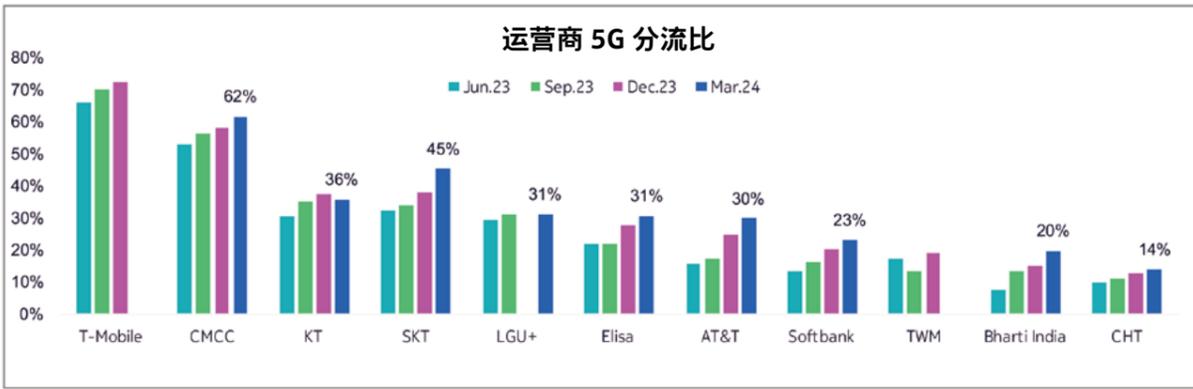
同期, 中国移动互联网活跃用户规模达到 12.32 亿, 同比增长超 2,000 万, 这表明 5G 用户增长的同时, 移动互联网用户整体也在增长。与此同时, 随着移动互联网市场的成熟, 用户可能更加倾向于使用那些已经证明其价值和便利性的服务, 这可能是移动视频和社交类业务保持高占比的原因之一。



数据来源: QuestMobile

数据流量特点与分流比

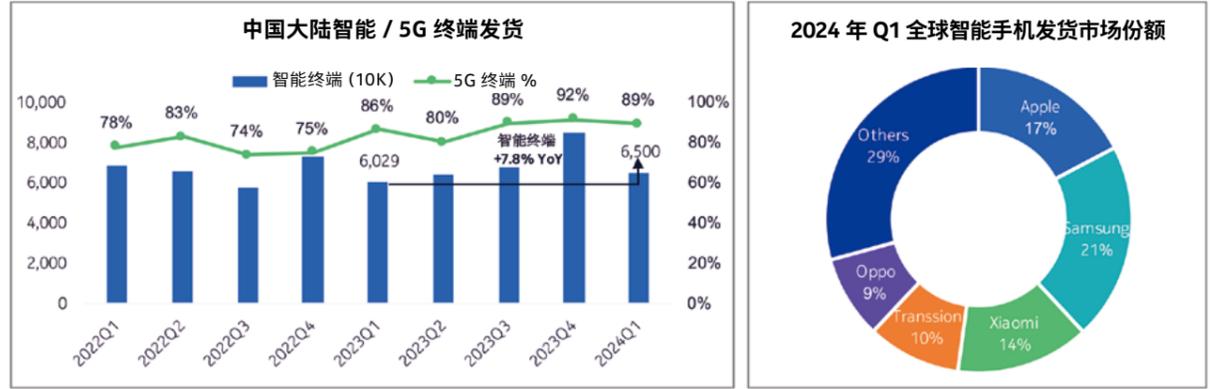
数字经济已成为中国经济增长的新动力, 5G 作为数字基础设施的重要组成部分, 正在推动数字产业化和产业数字化的深度融合。中国大陆运营商的 5G 分流超过 50%, 其中中国移动约 62% (同比增长 12 个百分点) 这一数据不仅显示了中国 5G 网络的高使用率, 也反映了中国在 5G 基础设施建设上的大力投入和用户对 5G 服务的高接受度。中国 5G 用户规模的持续扩张, 以及 5G 套餐用户的增加, 进一步推动了 5G 流量的增加。韩国作为全球 5G 技术的先驱之一, 一直在积极推动 5G 技术的应用和发展, 其中 SK Telecom (SKT) 在 5G 分流比上也有所增长 (同比增长 14 个百分点), 与 SKT 在 5G 新应用和服务的推广、持续的网络覆盖优化以及提供有吸引力的 5G 套餐有关。



数据来源: Nokia installed base

终端发展趋势

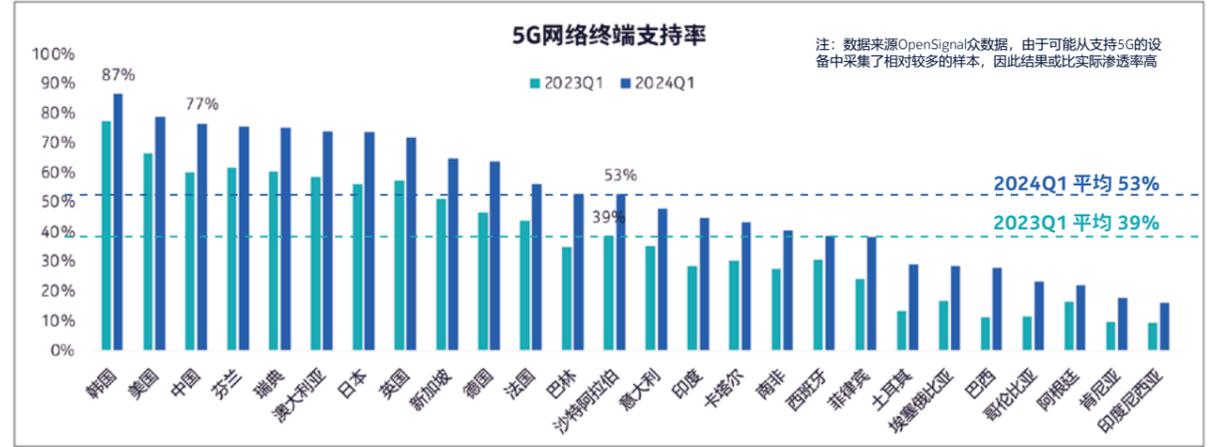
手机用户置换新机时对 5G 支持的重视, 进一步促进了 5G 流量的增长。2024 年第一季度, 全球智能手机出货量达到了 2.89 亿部, 同比增长 7.8%, 中国智能手机出货量约为 6500 万部, 其中 5G 手机出货量约 5800 万部, 占比约 89%。国产手机激活设备数量 TOP10 机型均支持 5G, 显示出 5G 终端的市场需求强劲。



数据来源: CounterPoint, TDIA

5G 终端渗透率

全球 5G 终端渗透率快速增长, 2024 年第一季度 5G 手机已成为市场主流。全球国家 (抽样样本) 平均 5G 终端渗透率 53%, 相比 2023 年第一季度 (39%) 提升 14 个百分点, 其中发达国家和地区 (如欧洲, 美国等) 相对渗透率较高。



数据来源: OpenSignal

毫米波市场报告

前言

国际电信联盟 (ITU) 在 2019 年世界无线电通信大会 (WRC-19) 就确定了 24-86 GHz 之间的毫米波频段用于国际移动通信 (IMT)。此后毫米波开始全球商用历程, 经历过起起伏伏。

阶段一：早期毫米波在美国主要用于 5G 连续覆盖, 但受限於 5G 应用和流量发展的限制, 以及毫米波的覆盖较弱, 毫米波作为广域连续覆盖的投资回报比并不理想。

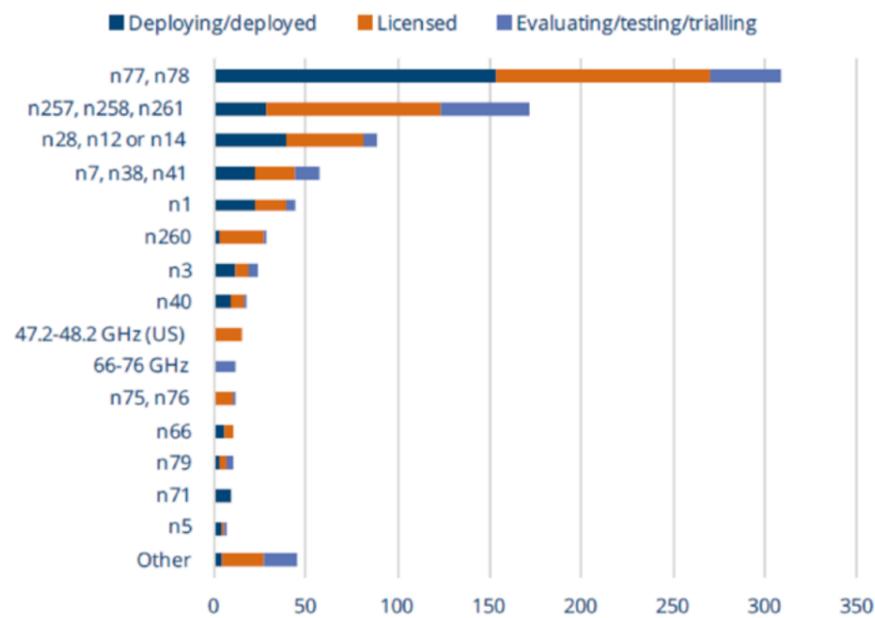
阶段二：毫米波的第二轮部署浪潮来自于 FWA (Fixed Wireless Access) 的应用。毫米波大带宽特性能够为没有光纤覆盖的区域提供类似固网传输的带宽, 且部署成本更低。毫米波与 FWA 的结合在北美市场证明商业成功, 从今年开始将在印度市场规模部署, 并进一步推动毫米波产业的成熟。

阶段三：随着 AR/VR, 工业 4.0, 以及低空网络等 5G-A 新应用的出现, 毫米波大带宽、时延低, 设备尺寸小等优势逐渐被关注。同时, 由于终端和基站性能的不斷提升, 毫米波将成为厘米波的有效补充, 为运营商在特定场景下的投资回报比优化做出贡献。



毫米波市场更新

频谱的选择是 5G 商用部署重要的环节。Sub-6Ghz 被认为是能够最好的平衡覆盖与容量的频段，也是目前全球大多数 5G 商用网络部署频段。毫米波对网络容量、速率和时延显著提升，作为 Sub-6Ghz 的补充在主要市场也有部署案例。根据 GSA 统计，截至 2024 年 3 月有 25 个运营商部署毫米波网络。



全球运营商投资 5G 频谱情况
(截至 2024 年 3 月)

数据来源：GSA

美国 一直是毫米波的主要推动者。5G 初期因为美国缺乏大带宽频谱，比其他地区更早地采用 5G 毫米波方案以满足覆盖和容量需求。自 2019 年初以来，美国已进行了 3 次毫米波频谱拍卖，释放了总带宽为 4950 MHz 的毫米波频谱。所有美国运营商都有毫米波频谱，其中 Verizon 和 AT&T 拥有频谱最多。随着 2021-2023 年美国 Sub-6Ghz 频谱大规模部署的结束，以及 FWA 对于网络容量的拉动效应，预计美国毫米波的需求将从 2024 年开始增加。

日本 四家移动运营商在 28 GHz 均获得 400 MHz 的频谱，并于 2020 年推出毫米波商用服务。值得注意的是日本政府还预留了 100MHz(28.2-28.3 GHz) 作为 5G 专网频段，低价授权给企业使用。

韩国 三个运营商 (SK、SKT、LGU) 均在 n257 (26.5-29.5 GHz) 拥有 800 MHz 频谱。政府要求每个运营商在 5 年内部署至少 15,000 个毫米波基站。然而到 2022 年 KT 和 LGU+ 由于部署基站数量不足被吊销频谱许可，SKT 暂时保留。政府下一步毫米波频谱分配计划正在商讨中。

印度 于 2022 年 8 月完成包括厘米波和毫米波在内的频谱拍卖。毫米波频谱范围是 24.25-28.5 GHz。Reliance Jio 全国范围获得 1000Mhz 带宽，Bharti 在特定区域获得 800Mhz 频谱，Vodafone Idea 在不同区域获得 200-800MHz 频谱，新运营商 Adani 在特定区域获得 50-100Mhz 频谱。毫米波在印度目标场景是室外热点和 FWA。

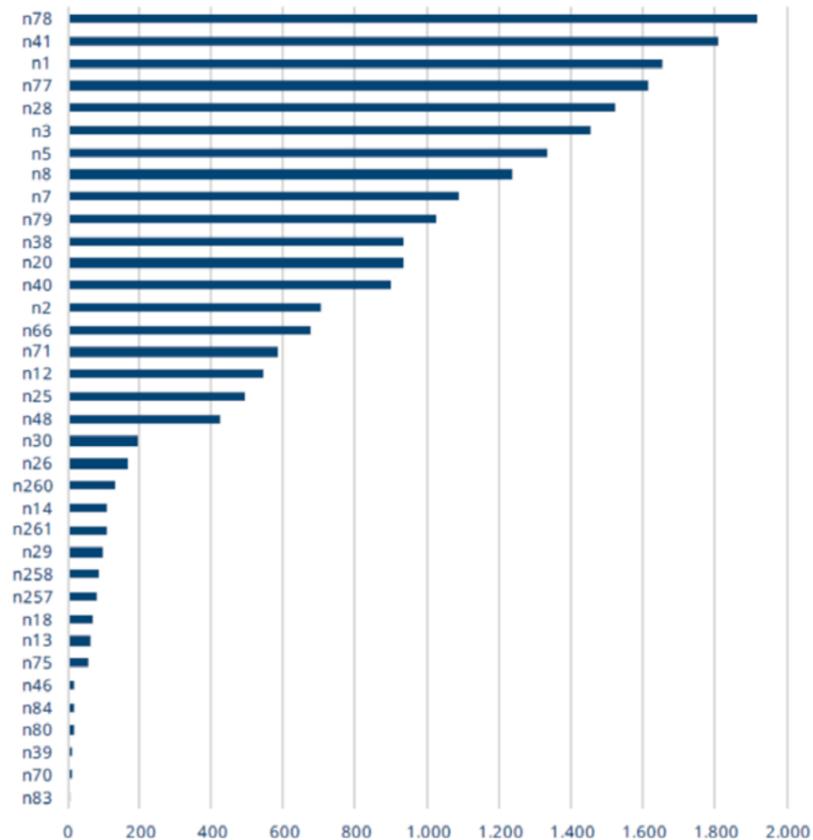
欧洲 由于 5G 整体部署缓慢，毫米波部署晚于厘米波，因此整体市场活跃度相对较低。一些欧洲国家计划使用 n258 频段 (24.25-27.5 GHz) 或者 40-43 GHz 频段部署毫米波。意大利运营商 Fastweb 已经基于毫米波部署 FWA。

毫米波芯片和终端

根据 GSA 统计,目前支持毫米波的芯片数量为 40,模组数量为 15,和 Sub-6Ghz 相当。但是由于商用网络有限,因此支持毫米波终端数量 (n258,n257,n260,n261) 和 sub-6Ghz 相比差距明显。

毫米波手机的主要出货市场在美国,自 2021 年苹果发布 iPhone 12 以来,几乎所有 iPhone 都支持毫米波,美国已累计售出超过 1 亿部支持毫米波的 iPhone。

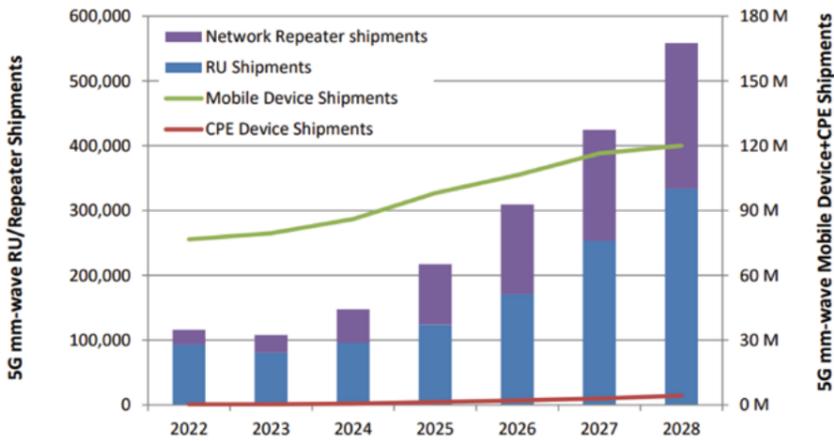
随着 FWA 在毫米波的部署,毫米波 CPE 的市场需求将会增加。印度将成为 FR2 CPE 设备需求的推动力,出货量的增加自然会压低价格,这将对全球 CPE 市场产生积极影响,因为 CPE 设备的较低价格将使 FWA 部署在其他市场更具吸引力。



5G 终端频谱支持情况 (截至 2024 年 3 月)

数据来源: GSA

Mobile Expert 预计毫米波的全球发货量将从 2024 年开始逐年增加。到 2028 年,毫米波射频模块的发货量将超过 30 万片/年,支持毫米波的手机发货量将达到 1.2 亿部/年,CPE 设备的年出货数量在几百万部/年。



5G 毫米波发货量预测

数据来源: Mobile Experts



毫米波应用

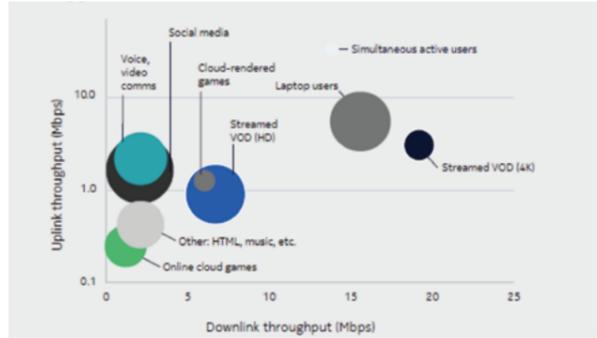
1. 热点区域容量补充

虽然毫米波的传播特性对于广域室外部署来说是一个挑战，但毫米波信号的波长较短，外形尺寸更紧凑，采用波束赋形技术后能有效提高频谱效率并减少小区之间的同频干扰，因此毫米波比较适合热点区域和室内场景。

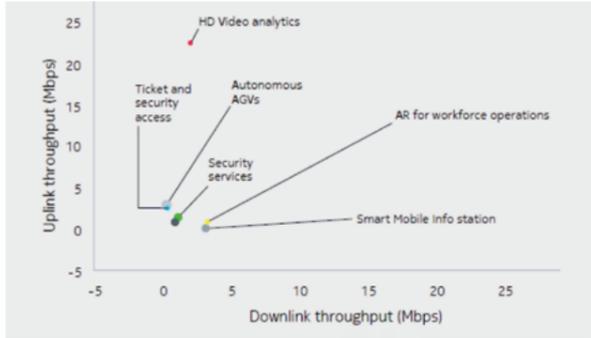
关于毫米波在热点区域部署的另一个担忧是成本过高。运营商一般会选择在体育场、机场或火车站等高流量场所部署更多的基站，以确保用户体验不大幅下降。大容量场景下毫米波由于带宽优势，单站容量数倍于 Sub-6GHz 基站，因此站数更少。如果综合考虑设备、光纤、站址租金、耗电和维护人员等成本，毫米波 TCO 将远低于 sub-6GHz。

以火车站为典型场景分析，除了传统的视频电话、视频流、社交媒体之外，还会出现应用如增强现实 (AR)、虚拟现实 (VR) 和云游戏等需要更高的吞吐量和更低的延迟要求的应用。单个应用需要的带宽虽然不高，但在多用户并发环境中这些应用程序同时使用，只能用毫米波来满足。

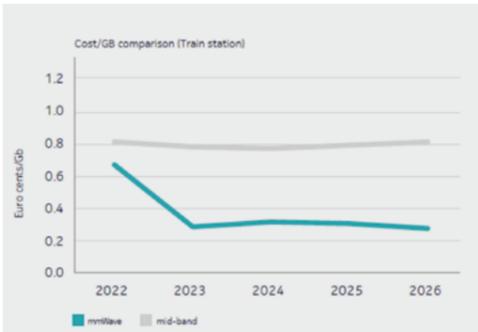
5G 毫米波与 Sub-6GHz 的主要区别在于它能够以更具成本效益的方式捕获高密度位置的增量数据流量。下图显示火车站区域 5G 毫米波 26GHz (n258) 为 400MHz，相比而 Sub-6 GHz 为 100MHz，毫米波能够提供 75% 的容量提升，更具综合成本优势。



火车站热点地区个人用户的应用技术需求



火车站热点地区企业用户的应用技术需求



火车站热点地区 5G 毫米波和 Sub-6GHz 的成本对比 (/GB)

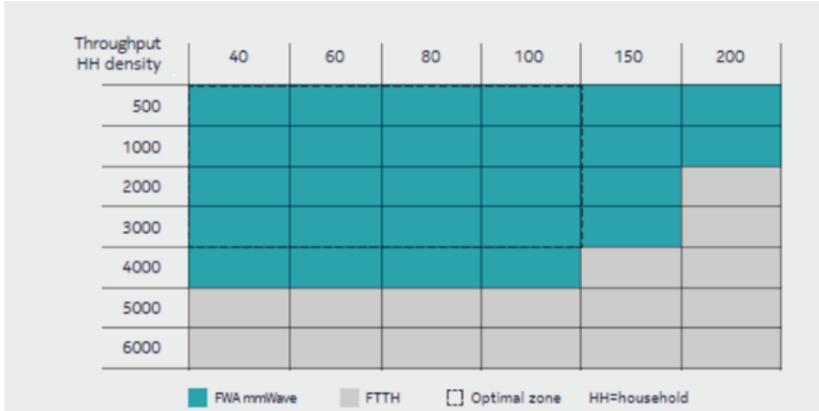
数据来源: Bell Labs Consulting

需要注意的是，这里的前提假设必须是人流量密集、终端渗透率高、数据需求大的场景。这些场景下毫米波可为电信运营商提供巨大的盈利潜力，通过经济高效地捕获移动数据，优化投资回报比。

2. 固定无线接入 FWA

近年来全球范围内 FWA 业务一直保持稳定增长。在毫米波上部署 FWA，能够利用毫米波的带宽和指向性更强的窄波束，实现数据高速上传和下载。Verizon 预计在毫米波上部署 FWA 能在未来 3~4 年每年新增 100 万用户。TMO 是另一家积极推动 FWA 服务的运营商，随着其 FWA 业务发展，sub-6GHz 的容量将很快被消耗掉，预计 TMO 将从 2024 年开始毫米波 FWA 部署。

印度将成为下一个潜力巨大的毫米波 FWA 市场。印度的第一大运营商 Reliance Jio 计划在三年之间发展 2 亿 FWA 家庭用户。业界普遍期待印度运营商凭借其强大的产业影响力，能够带动毫米波终端市场的进一步繁荣和多元化。



5G 毫米波 FWA 和 FTTH 在不同场景下的成本对比

数据来源: Bell Labs Consulting

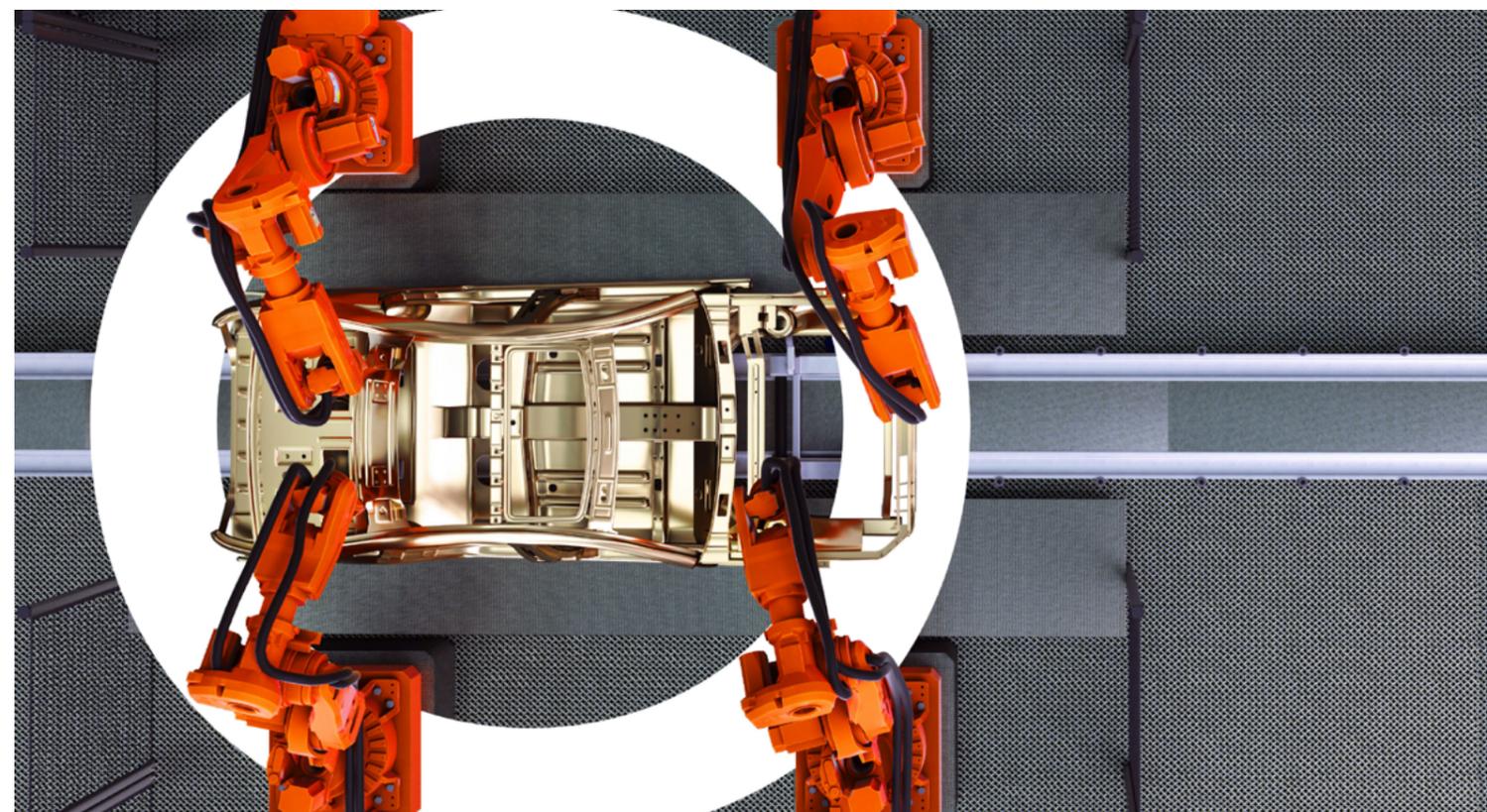
上图对比了毫米波 FWA 与 FTTH 在不同家庭密度和平均带宽目标下的优劣势。建模分析表明，基于现有宏蜂窝共站址建设的 5G 毫米波在家庭密度高达 3,000 户 /km² 且平均带宽在 150 Mbps 的农村、郊区和特定市区，相比 FTTH 有成本优势。但在密集城市且接入带宽大于 150 Mbps 的场景下 FTTH 是更好的选择。

3. 5G 工业专网

工业产线的自动化需要在有限区域内部署大量的机械臂和机器人，并且每个设备同时生成或接收的大量数据。毫米波可以提供大容量、低延迟的无线连接来实现设备互联和流程自动化。毫米波专网方案不受限于大网方案，更加灵活和轻量化。可以由企业自主部署。毫米波专网在美国和日本有部署案例。

GSMA 总结了毫米波在工业专网里的典型应用，包括远程控制系统、工业机器人、远程监控和质量控制以及自主工厂运输等。其共同特征是连接密度高、传输数据量大，高可靠、大容量、低延迟等，适合毫米波的空口特性。同时工厂车间的覆盖面积相对较小，也非常适合毫米波频段频谱的自然传播特性。

<p>远程控制</p> 	<p>实施远程对象监控和操作，以提高智能工厂的效率和安全性。通过工厂设备的远程操作，可以使涉及挥发性化学品或温度敏感材料的工业流程变得更加安全。</p>
<p>工业机器人</p> 	<p>智能工厂中的每台机器可以立即响应请求，从而满足生产需求的实时变化，实现“柔性制造”，满足产品的定制化生产要求。</p>
<p>远程监控和质量控制</p> 	<p>支持实时数据收集和分析，尤其是高速成像以及 AR/VR 应用等数据密集型应用：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 员工可以查看工厂车间的实时数据，并将有缺陷的机器的图像与正常工作的机器进行比较； • 通过虚拟模拟对新员工进行培训； <p>顾问 / 专家提供远程协助，或建立自动化流程，让工人独立于专家进行故障排除。</p>
<p>自动驾驶</p> 	<p>在工厂环境中的自动驾驶车辆（例如推车、起重机等）可以与中央控制或监控中心以及工厂内的其他机器、设备、物体和更广泛的基础设施进行通信。</p>



毫米波在中国

国际电信联盟 (ITU) 在 2019 年世界无线电通信大会 (WRC-19) 就确定了 24-86 GHz 之间的毫米波频段用于国际移动通信 (IMT)。包括 24.25-27.5 GHz、37-43.5 GHz、45.5-47 GHz、47.2-48.3 GHz 和 66-71GHz 频段。该频谱约 85% 已实现全球统一，这是实现毫米波 5G 最佳性能和规模经济的坚实一步。

早在 2017 年中国工信部在明确 5G 部署的初始频段 3300-3600MHz 和 4800-5000MHz 之后，就立刻公开对 24.75-27.5GHz、37-42.5GHz 或其他毫米波频段 5G 系统频率规划的意见征集，并由 IMT2020(5G) 推进组组织相关毫米波实验室和外场测试。

截至 2019 年 10 月底，华为、中兴、诺基亚贝尔三家系统厂家全部完成了 IMT2020 的测试工作，完成了毫米波关键技术测试。

2020 年 3 月，工信部发布《关于推动 5G 加快发展的通知》提出适时发布部分 5G 毫米波频段频率使用规划，开展 5G 行业（含工业互联网）专用频率规划研究。

2022 年 11 月，工信部向中国商飞公司发放首个企业 5G 专网频率许可，涵盖 5925-6125MHz 和 24.750-25.15GHz 的工业无线专用频段。

2023年1月工信部新增毫米波频段(E波段, 71-76/81-86GHz)大带宽微波通信系统频率,为5G、工业互联网以及未来6G等预留了频谱资源。

2023年7月,工信部新增了毫米波频段24.75-27.5GHz、37-43.5GHz、66-71GHz的IMT使用权及相关约束条件,旨在促进毫米波等高频技术规划,加快缩小国际差距。

诺基亚贝尔积极参与IMT2020(5G)推进组的毫米波相关测试:

- 2021年8月26日,在北京怀柔毫米波外场性能测试中,使用n258/26GHz频段商用级毫米波基站产品与搭载高通骁龙X55 5G调制解调器及射频系统和高通QTM527毫米波天线模组的毫米波终端,在外场取得高达924.4 Mbps的上行峰值速率。这是继2020年IMT-2020(5G)推进组5G增强技术研发试验首家创造4Gbps的下行峰值速率记录后,诺基亚贝尔再次验证了自己在毫米波领域的产品技术优势。
- 2021年12月,顺利完成了5G增强技术研发试验5G毫米波独立组网(SA)模式下高低频双连接(NR-DC)测试,并验证毫米波4x200MHz下行载波聚合能力。
- 2022年10月27日,使用商用级毫米波基站产品,支持最大800MHz带宽,采用搭载高通骁龙X65 5G调制解调器的毫米波CPE终端,在实验室验证了下行4x200MHz载波聚合、上行2x200MHz载波聚合,取得下行6.8Gbps和上行2.1Gbps的峰值速率。
- 2022年11月10日,完成5G毫米波独立组网外场性能测试。单用户下行最大速率超过7.1Gbps,上行最大速率达2.1Gbps,同时完成了视距和非视距不同场景下的好点/中点/差点用户速率、时延和波束切换等组网关键功能和性能测试,为毫米波FR2 only商用组网奠定了基础。
- 2023年10月,高通技术公司和诺基亚贝尔宣布,为支持5G-Advanced超高速场景需求,双方成功在外场环境利用商用芯片组,采用5G空口双连接技术,展示了5G的端到端5G万兆速率(10Gbps)能力。

展望未来,在全产业链的共同努力下,毫米波在中国一定能发挥其自身独特的技术优势,为5G-A,工业4.0,低空经济做出贡献:

中国智能制造布局已处于世界领先地位,工业机器人的需求处于全球领先地位。中国在智能制造已经有丰富的工业机器人流程部署和改造的经验。毫米波频谱可以为制造商提供必要的网络条件,通过提供高容量、低延迟的无线连接来实现互连设备和自主流程的全部潜力。毫米波的技术潜力为促进工业4.0以及提高效率和生产力提供了众多机会。

目前低空经济逐渐成为重点,中国正在打造以无人飞行器(UAV)产业为核心,涵盖城市管理、快递物流、地理测绘、应急救援等领域的经济体系。中国运营商也在积极构建基于移动蜂窝系统的低空信息网络,提供“通信、感知、智算”一体化的服务。毫米波作为全新的部署频段,可以灵活适配低空网络的信道模型,重新设计波形和帧结构,控制对地面网络的干扰,提升目标识别的精准度和可靠性,助力低空经济和5G-A的发展。



打造新质生产力, 释放无线网络无限潜能

“新质生产力”作为当前技术革新引领的热门话题, 它象征着生产力发展的新趋势, 是推动经济新旧动能转换的总要求, 是打造数字新基建的信息生产力新质态。

站在通信产业发展的脉络上看, 四十年前, 摩尔定律和香农定理带来了技术爆炸, 生产力呈现指数增长的态势。在随后的几十年中, 通信业发展一直处于技术红利释放期, 但伴随移动互联网的快速发展, 用户红利增长逐渐饱和, 给 5G 变现能力带来挑战, 包括能效比、投资效率, 以及 ICT 融合效率等。如何突破今天的“瓶颈”, 实现全要素生产力升维是至关重要的。在诺基亚贝尔看来, 新质生产力的提出对于移动通信网络发展来讲正逢其时, 是引领未来产业变革高瞻远瞩的布局。

在无线通信领域, 诺基亚贝尔创新地推出“弹性网络概念”以构建更具效能和开放能力的 5G 先进网络、面向 5G/A/6G 深化对于全场景的支持、强化人工智能与移动网络的深度融合, 推动新质生产力要求的无线网络全场景、全智能、全体系等多维生产要素持续协同演进, 进一步释放无线网络的无限潜能。

弹性无线网络打造卓越性能

中国已经完成 5G 上半场建设部署, 建成全球基站规模最大、用户最多、技术最先进的 5G 网络。未来 5G 下半场的建设规划, 将聚焦如何实现 5G 高性价比、高效能比和价值场景上, 实现技术功能增强和突出能力变现的平衡发展。

诺基亚贝尔积极创新, 针对 5G 集约高效、绿色低碳、结构简化、降本增效的发展总要求, 创新地推出了“弹性网络”概念, 结合中国运营商的频谱特点和网络结构, 构建更具效能和开放能力的 5G 先进网络。致力 5G 超高速连接、无线网络智能化和物联网等新技术研发, 在 XR 应用、无线定位、物联网等场景上, 推动网业协同, 实现 5G 网络从功能实现到场景、能力变现, 赋能新质生产力。

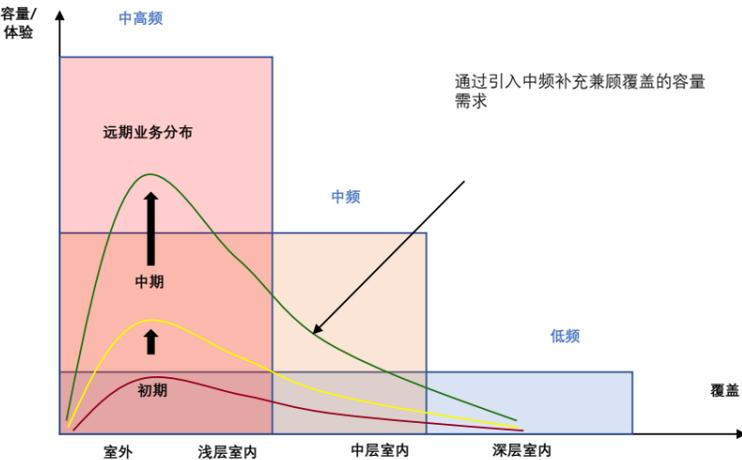
放眼未来, 诺基亚贝尔将面向 5G-A/6G 深化对于全场景的支持, 从人类增强到数字物理世界的深度融合, 依托未来网络所内生的计算、感知、AI, 以及存储等, 满足极致连接、泛在感知、内生智能、安全可信以及灵活高效架构等诸多融合技术的部署需求。诺基亚贝尔致力于携手产业生态打造新一代的新型基础设施, 推动新质生产力要求的无线网络全场景、全智能、全体系等多维生产要素持续协同演进。

4/5G 弹性网络增强组网效率

随着 5G 网络的部署进入下半场, 5G 网络规划聚焦在提高网络极致性、提升网络效能和降低运营成本的价值方向上, 诺基亚贝尔创新提出的弹性网络的先进组网方案, 满足运营商“部署场景多样化”、“频谱资源高效化”、“网络能耗轻量化”、“网络结构极简”等多维部署需求, 并完成了规模测试和系统验证, 取得良好效果。

诺基亚贝尔弹性网络通过推动频谱组合优化和网络结构简化, 构建更具效能和开放能力的先进网络, 是运营商实现 TCO 最优、构筑运营优势的重要手段。诺基亚贝尔 5G 全频谱产品系列能按网络的弹性部署要求涵盖高 / 中 / 低频组网需求、实现低成本及高效网络建设 (如下图)。此外, 为兼容多制式演进出发, 将逐步推出 700M+900M 双频, 2.6G+4.9G 超宽频等多模多制式新设备, 满足网络弹性化演进的极致灵活性要求。

高 / 中 / 低频组网满足多样化场景弹性部署



1) 部署场景多样化, 兼容容量和覆盖的弹性能力, 满足覆盖、场景、负荷等多样化场景

从全球 5G 网络部署经验来看, 运营商普遍从中高频(C 波段, 1GHz 到 6GHz 之间)及低频(小于 1GHz)开始部署, 这有利于快速提升网络覆盖率及吸收热点业务。但是随着网络部署的深入, 也会出现部分场景业务“溢出”的情况, 即网络缺乏兼顾覆盖的容量支持能力。低频覆盖打底网受限于频谱资源, 其容量略显不足; 而中高频则受限于其传播特性, 覆盖能力不足。在某些特定场景, 中频的引入将会大大提升网络在覆盖及容量上的均衡性。无线弹性网络此类场景主要存在于城区容量场景或者无条件部署室分系统的场景, 这些场景普遍需要提供兼顾覆盖的容量方案。

2) 频谱资源高效化, 提升频谱资源利用率和效率、降低运营成本

提升频谱效率的方向主要有两类, 一是通过创新网络制式, 提升频谱效率, 比如 5G 和 6G 能把 4G 的频谱效率提升 60%+ 和 200%+, 这类提升主要取决于新技术的成熟及网络发展的迭代; 二是通过频谱的优化调整, 即基于现网终端换新节奏及新业务导入预期, 对现有的频谱进行重构, 从而达到资源的最优利用, 避免出现不同制式网络 / 频点的业务承载“冷热不均”的情况。

3) 网络能耗轻量化, 5G 基站能耗约是 4G 基站的 3 倍, 节能降碳是重要价值方向

根据诺基亚贝尔 5G 运营经验, 网络能耗轻量化可通过四个方面推进。一是引入节能新设备及低能耗器件, 比如采用智能超表面技术, 实现无线信号的优化覆盖, 或采用更先进的 5nm/3nm 芯片工艺实现关键器件的节能; 二是挖掘创新无线传输的节能技术, 比如新的编码技术、新的调制解调技术、新的传输技术等, 这部分工作主要在 6G 上开展研究; 三是充分利用 AI 节能技术, 实现网络的高效利用, 根据实际网络运营情况减少无线基站能耗, 或关闭部分载频, 或关闭核心网侧不需要的服务; 四是实施网络扁平化及减少网络冗余, 推动用户面下沉、低效设备拆闲、4/5G 网络协同等。诺基亚贝尔通过实际外场规模验证, 在异厂家组网的复杂场景, 可促进网络扁平化、减少设备冗余, 结合引入先进节能技术(符号关断 / 通道关断 / 深度休眠等), 此类场景可最大降低 35% 能耗。

4) 网络结构极简化的, 4/5G 联合规划和优化, 实现资源共享

网络结构简化是实现“性能好、维护简、能耗低、演进易”的基础, 通过构建同厂家目标网, 采用 BBU 融合、5G 反开 4G、利旧 4G 开通 5G、老旧设备退网、4G 拆闲等手段, 使得网络结构、设备数量、运维复杂度及整体能耗有较大降低。诺基亚贝尔已开展现网极简改造实践, 总计 210 个 4G 和 5G 站, 可最大减少 38% 设备, 并降低 20% 能耗, 且实现 4/5G 共用一套网管。

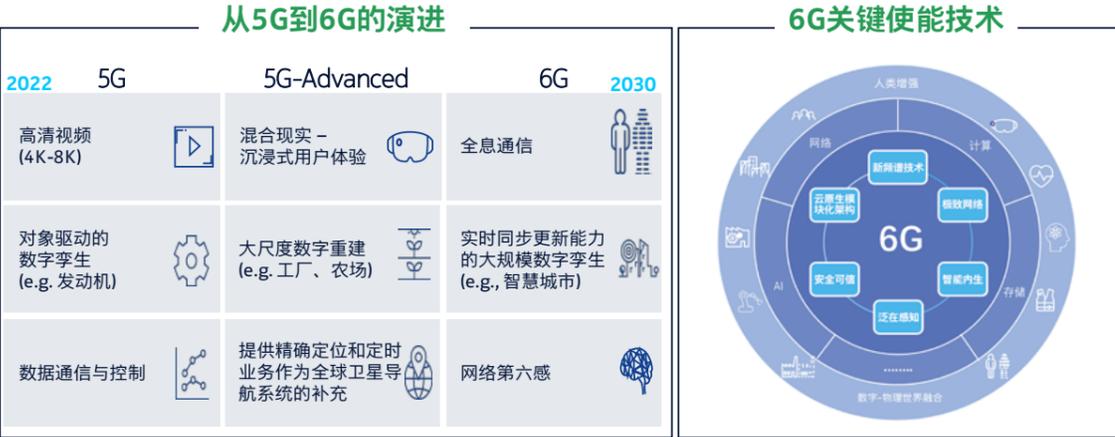


5G-A/6G 打造全场景全要素演进网络

诺基亚贝尔认为 5G-A/6G 网络演进是通过数字世界、物理世界和人类世界的高度融合释放人类和网络无限潜能。随着从 5G 到 5G-A 到 6G 的层次演进, 无线网络能力将进一步全面提升, 高速、泛在、智能、感知、安全的泛在信息和智能互联, 将不断强化赋能新质生产力发展的基础底座(如下图)。

进入 5G-A 时代, 诺基亚贝尔在行业内最早提出了 5G-A 的 4E 演进方向: 提供更好的用户体验 (Experience), 对更多新用例的支持扩展 (Extension), 支持纯通信之外的新业务扩张 (Expansions), 给运营商提供创新的卓越运营手段 (Excellence)。相比 5G, 5G-A 支持泛在的移动 XR 体验、提供高精度定位的通感一体服务、支持千亿物联感知控制等, 这些作为新质技术, 不仅将创新沉浸式的消费者新体验, 也将推动创新更多的 ToB 产业应用, 如低空经济、工业物联网、工业元宇宙等。

诺基亚贝尔 5G-A 和 6G 技术愿景



随着 ITU-R IMT-2030 框架的达成, 全球标准化组织面向 6G 的标准化工作的大幕正式拉开。6G 在 5G 定义的三种基础能力上增强沉浸式通信、超大规模连接、超可靠低时延通信, 以改善数据速率、区域流量容量、连接密度、时延和可靠性, 还将支持通感一体, 内生智能以及空天地一体通信等新能力。

6G 网络系统对于全场景的支持将不仅仅局限于网络本身, 将实现网络与计算、智能、数据乃至更多要素的相互融合, 并综合各要素能力为全场景应用打造一个全能力底座。全场景应用基于全要素的开放接口实现对资源的灵活按需调用, 打造全场景全能力网络有赖于一系列关键技术的驱动, 涉及新频谱技术、AI 原生空口、通感、极致连接以及智能和安全等诸多领域, 实现一个具备极致体验, 智能内生, 泛在感知, 灵活高效和安全可信的下一代网络。诺基亚贝尔秉承一贯的创新理念与研发投入, 已在上述领域开展广泛而深入的研究。

人工智能与移动网络深度融合

AI 是新质生产力的核心动能。机器学习 (ML) 对移动网络来说并不是全新的概念。例如, 在自优化网络 (SON) 上已经广泛使用。网络管理的 SON 方法始终基于将传统的机器学习技术应用于大量不断变化的运营数据, 以得出随时间变化的最佳网络参数设置。同时, 深度学习被应用于解决 SON 和无线资源管理 (RRM) 问题, 例如: 负载均衡、载波聚合、切换优化和异常检测等。

随着人工智能与移动网络的深度融合, 端对端的原生 AI 服务将成为未来无线网络的关键特征。今后将不再是工程师告诉网络中的各个网络节点它们如何通信, 这些节点可以自己确定它们, 从数以百万计的配置可能性中选择最优的通信方式。诺基亚贝尔实验室正将基于 AI 的空口把这种智能更加紧密地嵌入到网络中, 将其应用于发射机和接收机中的实时信号处理任务, 以实现具备自优化能力的空口, 去完美适应任何信道环境、硬件和业务应用, 最终这些接口将赋予无线系统学习周边环境以及相互学习的能力。

与 AI 深度融合的无线网络也成为一种新型的复合新质生产力技术。无线内生 AI 既可以服务于无线网络本身, 可以助力网络自主地进行数据处理、学习和决策, 通过网络的自我学习和优化, 以提高网络的效率和可靠性, 同样也可以服务于未来移动用户的应用。从用户的角度来说, 这为用户创造了最贴近用户的泛在分布式智能, 同时降低了端侧设备复杂度与能耗。从网络运营的角度来说, AI 成为通信系统变现的新维度, 为运营商创造新的收入来源。

AI 与无线网络的结合已经成为 5G/6G 的重要技术方向, 诺基亚贝尔深耕无线网络智能化的技术创新, 致力于利用人工智能推动提升 RAN 性能和能力, 此外我们还致力于优化 RAN 资产利用率, 并开辟新的收入来源, 通过在 RAN 领域开拓基于人工智能的创新, 我们希望能以有利可图的方式推动电信行业迈向 6G, 并重点关注如下三个方向:

人工智能与移动网络深度融合三大方向



- 1) “AI-For-RAN”, 利用 AI 提高无线接入网络的性能和效率;
- 2) “AI-On-RAN”, 在网络边缘部署 AI 应用, 提高运营效率并为移动用户提供新服务;
- 3) “AI-And-RAN”, 生成式 AI 与 5G/6G 共享软硬件资源, 打造下一代通信网络。

发展新质生产力是提高全要素生产率的必由之路, 诺基亚贝尔将立足中国, 携手产业伙伴打造协同创新的繁荣生态, 推动传统产业稳步转型、促进新兴产业蓬勃发展, 为新质生产力引领的产业链创新发展持续贡献力量。

5G-A 网络赋能 F1 赛事: 技术革新与体验升级

睽违五载, 世界一级方程式锦标赛 (F1) 再度登陆上海国际赛车场。诺基亚贝尔携手上海移动, 通过 5G-A 网络的极致速率、数智化的精准调控、高效的绿色节能手段, 为车队和车迷们带来全新升级的赛事体验。让 F1 的速度与精准, 完美彰显。

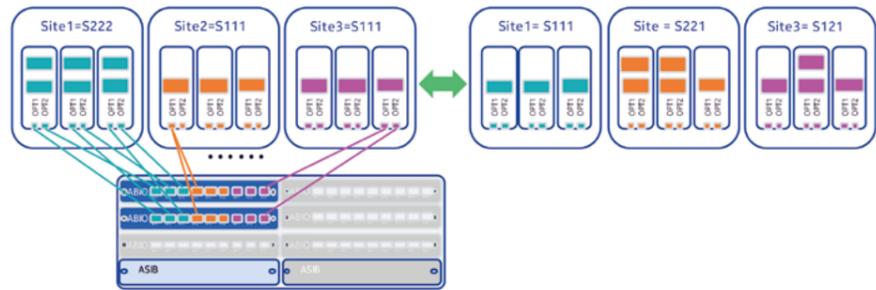
从 2014 年, 诺基亚贝尔就开始助力上海移动上赛场。

从 2019 年到 2024 年, 5 年间中国市场的平均数据流量增长 3 倍, 同期 F1 赛事的流量增长了 4.6 倍。

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2024
移动网络	Macro 53 cells/19 sites	Hetnet 82 cells/28 sites 20 SCs	FZC+MEC 118 cells/37 sites 97 SCs	Dense Network 155 cells/37 sites 114 SCs	Full frequency +FDD+Wifi 159 cells/37 sites 199 SCs	3D-MIMO +5G+LAA 275 Macro cells 238 SCs	4G+5G Hetnet 5G 203 cells 4G 321 cells 230 SCs
数据流量 3天	75GB	879GB	2.24TB	3.64TB	6.15TB	12.25TB	57.18TB
激活用户 高峰时段	848	13268	16823	23281	24837	29008	33904
	4G	4G	4G	4G	4G	4G	4G+5G



2024 年第 20 届 F1 赛事的日均观众达到 80,000 人，日均数据流量达到 19TB，其中 5G 流量占比 65% 以上，日均话务量 1671erl，VoNR 占比 41% 以上。赛事期间，通过大容量 BBU 池化配置和自动天线调节系统，实现了赛场内外多站点间的动态载波调整，有效应对了话务量的潮汐波动。结合分钟级 KPI 监控和先进的 AI 算法，通过 20*20 厘米网格精度的热图技术，对用户流量进行了实时监控与精准预测，显著提升了 5G 网络的响应速度和用户体验。



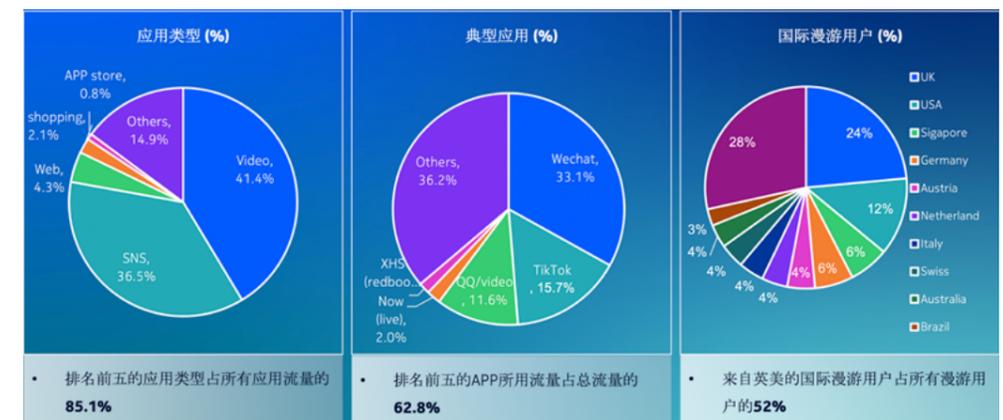
卓越的网络性能为 F1 赛事保驾护航，4 月 21 日下午 3 点到 4 点高峰时段的网络平均 KPI 如下：



继上海移动今年初率先打造了全球首个千站规模的三载波聚合连片商用网络实现最高 4Gbps 的下载速率之后，此次在 F1 赛场实现网络再升级，引入多频多制式高密度组网，引入了全新 4.9GHz 频段，通过 5G-A 网络升级，轻松实现下行 10Gbps，上行 2.4Gbps 的超带宽。

本次 4.9GHz 无线设备部署于赛场出入口以及车队维修区域，很好地应对了入场和退场时的突发大话务量挑战，并满足了车队对于高质量通信的严苛要求。不管是高清直播，还是闲暇时的游戏互动亦或是实时视频点播，和转圈卡顿说拜拜。极致速率，不仅是眼前一闪而过的赛车，还有流畅的网上冲浪。

2024 年的上赛场，来自本地和各种漫游用户的视频和 SNS 流量占主导地位，其中视频类应用占总流量的 41.4%，SNS 应用（以微信为主）占总流量的 36.5%。



极致速率、精准调控、绿色节能，F1 中国大奖赛 20 周年之际，诺基亚贝尔携手上海移动，让世界看到中国通信的现代化实力。

NOKIA 上海贝尔

5G

www.nokia-sbell.com

诺基亚移动网络业务集团
诺基亚贝尔战略与技术部

关注诺基亚贝尔



电子版报告下载

