



深圳市

5G应用产业白皮书

指导单位：深圳市发展和改革委员会

编制单位：深圳市 8K 超高清视频产业协作联盟 5G应用工作组

深圳市 5G 应用产业白皮书

指导单位：深圳市发展和改革委员会

参编单位：中国电子技术标准化研究院

中国电信股份有限公司深圳分公司

深圳市天威视讯股份有限公司

华为技术有限公司

中兴通讯股份有限公司

中国移动通信集团广东有限公司深圳分公司

中国联合网络通信有限公司深圳市分公司

深圳广播电影电视集团

前 言

为深入贯彻落实深圳市发展和改革委员会发布的《关于大力促进 5G 创新应用发展的若干措施》，加快推动深圳市 5G 创新应用的发展，充分发挥深圳市政策环境优越、基站全面覆盖、龙头企业聚集的先发优势，持续扩大市委市政府“一赛一展一政策”系列措施的影响力，在市发展改革委的指导下，深圳市 8K 超高清视频产业协作联盟联合深圳市 5G 应用产业链上中下游企事业单位，编制《深圳市 5G 应用产业白皮书》，切实推动 2020 全球 5G 应用大赛（中国·深圳）获奖作品和深圳市 5G 创新成果的推广宣传，打造一批精品 5G 与终端、模组和场景等典型行业应用标杆，实现深圳市本地 5G 创新成果的宣传和推广，助力 5G 创新应用加速落地。

本白皮书主要阐述了 5G 技术和应用的基本概念，梳理了 5G 相关的标准化现状，分析了深圳市 5G 应用发展现状与趋势、产业分布、场景案例和重点领域分析等。最后针对深圳市 5G 发展遇到的挑战提出了相应的建议和措施，展望了深圳市未来 5G 的发展方向。希望与业内同仁共享成果，以期共同推动深圳市 5G 应用产业高质量高水平发展。

目录

一、导论.....	1
1.1 基本概念.....	1
1.2 5G 应用意义.....	8
1.3 发展背景.....	9
二、标准现状.....	21
2.1 标准制定意义.....	21
2.2 国际目前现状.....	21
2.3 深圳本地标准情况.....	26
2.4 发展趋势.....	30
三、5G 创新应用发展态势.....	34
3.1 5G 应用发展阶段.....	34
3.2 深圳市 5G 发展现状.....	35
3.3 深圳市 5G 应用“5+9+X”体系框架.....	37
四、5G 重点应用领域分析.....	39
4.1 深圳市 5G 全产业链分布.....	39
4.2 5G 应用发展阶段.....	42
4.3 5G 的发展现状.....	43
4.4 5G 应用“5+9+X”体系解析.....	45
五、深圳市 5G 应用典型案例.....	63
5.1 垂直行业应用.....	63

5.2 公共服务能力提升.....	80
六、未来展望.....	91
6.1 未来发展.....	91
6.2 下一代技术发展方向.....	91
6.3 5G 应用未来主要的应用场景.....	92

一、导论

1.1 基本概念

1.1.1 5G 通信概述

移动通信技术自发展以来逐渐成为社会的基础信息网络，通信技术的发展不仅深刻地变革了人们的生活生产方式，同时也成为推动国民经济快速高质量发展的重要力量。目前，第五代移动通信技术（5G）是新一轮科技革命和产业变革的代表性、引领性技术，是实现人、机、物互联的新型信息基础设施和经济社会数字化转型的重要驱动力量。目前，作为 5G 产业链落地的最后环节——5G 应用场景正在逐步成为发展中的焦点。

表 1-1 4G 和 5G 主要特点

移动通信	4G	5G
技术特征	正交频分多址	网络切片
应用业务	直播、网购	无人机、VR
用户速率	10Mbps	0.1~10Gbps
峰值速率	1Gbps	10~20Gbps
时间延迟	10ms	1ms

5G 网络整体架构延续前几代移动通信网络特征，在核心网引入网络功能虚拟化、网络切片新技术。在接入网引入大

规模多天线技术（Massive MIMO）、新型编码方式、毫米波通信、设备到设备通信（D2D）、边缘计算等关键技术。其中网络切片可以根据应用场景的不同需求提供相应的技术服务，使得 5G 能够真正实现全社会万物互联的新一代移动通信基础设施，支持更多样化的业务场景。

5G 的性能目标是高数据速率、减少延迟、节省能源、降低成本、提高系统容量和大规模设备连接。5G 通信系统还将解决机器海量无线通信需求，极大促进 To B 行业的发展。同时在传输过程中会呈现出低时延、高可靠、低功耗等特点。

1.1.2 5G 技术现状

根据工信部统计数据显示，2020 年底，中国已经建成全球最大的 5G 基础通信网络，5G 基站的数量达到 70 万个，占全球比重超过 70%。5G 移动通信网络主要核心网、承载网和接入网组成。

对于核心网部分，相比于 4G 的核心网，5G 的核心网络（5GC）以更灵活的控制方式和转发要求为设计思路，引入网络功能虚拟化（NFV）和软件定义网络（SDN），为 5G 应用场景下的使用者提供网络切片和边缘计算（MEC）等新型业务能力。5GC 创新的驱动力来自于业务场景的需要，目的在于构建高性能的网络基础设施，面向众多行业和产业应用。NFV 是实现云化组网的关键技术，目前在全球已有超 400

项部署和 100 多商用试点，涵盖 EPC、IMS、IoT 等多种网络场景。

在承载网中包括回传和前传网络。回传是接入网到核心网的链路，通常以有线方式部署为主。但是在某些环境下，有线方案难以实现，例如毫米波回传、点对点微波等，所以需要以无线回传方案代替。在 R16 版本中，回传网络被设计为无线回传技术，即 IAB（5G NR 集成无线接入和回传）。前传是 BBU 池连接拉远 RRU 部分，主要取决于传输速率和天线数量。4G 前传链路采用 CPRI（通用公共无线接口）协议，但由于 5G 时代传输速率的提升和大规模天线的应用导致 CPRI 不能满足 5G 时代的前传容量和时延需求，为此，相关协议正在加紧制定新的前传技术，以减小时延和前传容量等。

在接入网部分，为了提升容量、降低时延、提高频谱效率等关键性能指标。接入网侧的核心技术主要围绕云无线接入网（C-RAN）、软件定义无线电（SDR）、小基站、D2D、大规模多入多出（Massive MIMO）和毫米波（mmWave）等技术开展研究。在 C-RAN 构架下，将 BBU 功能虚拟化、集中化和池化部署，RRU 与天线分布式部署，RRU 通过前传网络连接 BBU 池，BBU 池可共享资源、灵活分配处理来自各路 RRU 的信号。SDR 可以实现部分或全部传统的物理层功能在软件中定义。这些软件计算可在 DSP 和 FPGA 中进行处理。小基

站是补充宏站的覆盖盲点和容量，由于 5G 无线频段越来越高，覆盖范围越小，小基站与宏站组合成为超级密集的混合异构（HetNet）网络，以更低成本的方式提高网络服务质量。在 D2D 数据的传输中，信号不经过基站，而是允许一个移动终端与另一个移动终端直接通信，有效地降低数据转发时所需的时间和系统的业务处理量。Massive MIMO 在基站和终端射频模块部分采用更大规模数量的天线，能够提升无线容量。多天线技术还将应用于波束赋形技术，通过调整天线幅度和相位，使无线信号能量集中于更窄的波束上，从而增强覆盖范围和减少干扰。5G 最大的特点之一就是引入毫米波技术，毫米波的频率范围在 30GHz 到 300GHz 之间，优点是能够实现大带宽、高速率。但是毫米波的传播损耗也较大，穿透能力弱。

1.1.3 5G 技术的优势

相比于前几代通信网络，5G 网络的目标是大幅提高传输速率、降低时间延迟、增加系统容量、扩大设备连接数量。

在传输速率方面，5G 网络的数据传输速率远远高于前几代通信技术，下行峰值速率最高可达 20Gbps，上行峰值速率最高可达 10Gbps。这将大幅度减少用户的等待时间，使用户能够体验更加流畅、高速率的传输体验。由于数据传输更快，5G 网络将不仅仅为手机提供服务，而且还将成为一般性的家庭和办公网络提供商，与有线网络提供商竞争。在网络传输

延迟方面，5G 可以达到单向空口时延最低 1ms，拥有更迅速的响应时间。低延时传输特性能够满足对实时传输性要求较高的场景应用需求。在设备连接数量方面，5G 能够满足万物互联的需求。每平方千米百万级数量的连接能力，实现了人与物、物与物之间的高效互通。万物互联使得数字化逐渐从互联网延伸到现实世界，智慧城市和工业互联网等场景得以实现。

此外，5G 的最大价值在场景多样化的 To B 市场，相比于主要面向 To C 市场的 4G 网络，5G 凭借超高速率、海量连接、超低时延等特性，主要可以面向行业类客户，满足不同的行业特性需求。

5G技术优势：传输更流畅，反应更灵敏，连接更广泛

- 相比于3G/4G，5G的性能目标是提高数据传输速率、减少延迟、增加系统容量、扩大设备连接。
- 作为数字产业的基础设施，通信技术的突破将进一步推动数字化场景模式和流程革新，这为产业发展带来了巨大的技术红利。

5G		
高速率——流畅	低延时——灵敏	广连接——万物互联
• 5G较4G在传输速率上有明显的提升，其下行峰值速率可达20Gbps，上行峰值速率可超过10Gbps。 • 这将大幅降低用户因为网络传输的等待时间，使用户体验更加流畅、数据传输更加高效。	• 5G技术支持单向空口时延最低1ms，低延时传输能够满足实时高效互动的场景需求。 • 这将为灵敏度、互动精确度要求更高的场景（如：远程医疗、智能驾驶等）带来更好的应用条件。	• 5G每平方千米百万级数量的连接能力和多种连接方式，实现了人与物、物与物之间的广泛链接。 • 这将使得数字化逐渐从互联网虚拟世界向现实世界延伸，工业互联网、智慧城市等应用场景开始发力。

图 1-1 5G 技术优势

1.1.4 5G 应用场景概述

5G 是信息化科技革命和产业变革的代表性技术，同时也是助力经济社会转型升级的关键网络基础设施。5G 作为经济

社会数字化转型的关键使能器，通过与大数据、人工智能、云计算等技术的交叉融合，赋能制造业转型升级和优化发展，将大幅度提高生产效率和服务水平，促进国民经济高质量发展。相比于前几代移动通信技术，5G 在速率、时延、可靠性及连接数等关键能力指标上都有较大地提升，这使得 5G 面向行业应用推广成为可能。技术方面的提升，将使得各行业在已经使用了无线技术的应用中获得更高的能力，促进行业数字化转型。

国际电信联盟（ITU）定义了 5G 三大场景：增强型移动带宽（eMBB）、超高可靠低时延通信（uRLLC）、大规模机器类通信（mMTC）。eMBB 场景主要以人为核心，适用于高速率、大带宽的业务场景需求，也是目前最为贴近人们日常生活的应用场景。目标是在现有移动宽带业务场景的基础上，进一步提升用户体验和网络性能，如应用在 VR/AR、超高清视频直播等场景中。该场景要求任一用户体验速率 $\geq 100\text{Mbps}$ ，峰值速率 $\geq 10\text{Gbps}$ 。

uRLLC 和 mMTC 主要面向以万物互联的应用场景需求，其中 uRLLC 通过高可靠性和提供低时延等特点满足垂直行业应用场景的需求，如工业互联网和车联网等。在工业互联网场景中，设备自动控制需要的时延大约为毫秒级，这一时延指标在 4G 的网络中是无法实现的。在车联网场景中，安全可

可靠性是第一位，因此对时延的要求则会进一步提升，要求时延不高于 1ms。

mMTC 需要满足海量机器类通信的通信连接，以小数据量的采集传感为主，提高人与机器，机器与机器之间的联动性。要求每平方公里可以连接 100 万个设备，目前发展最快、已经规模商用的 NB-IoT 技术，就是 mMTC 场景的前身。作为 5G 新定义的应用场景之一，该场景重点解决移动通信网络无法大规模支撑物联网等问题。物联网终端分布范围广、数量众多，不仅要求移动网络具备支持众多设备终端大规模连接的能力，还需要保证终端尽可能的降低功耗和成本。

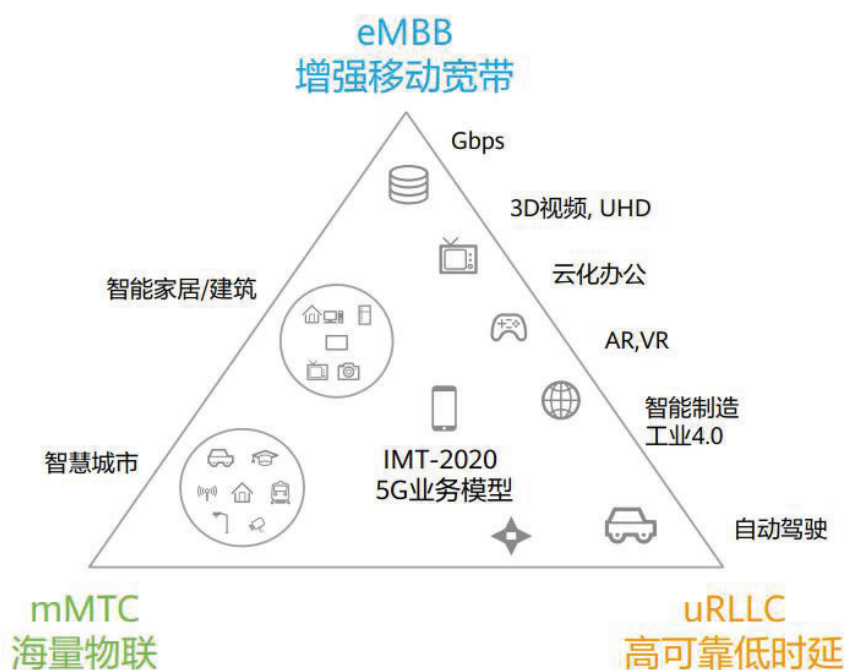


图 1-2 ITU 定义的 5G 三大应用场景

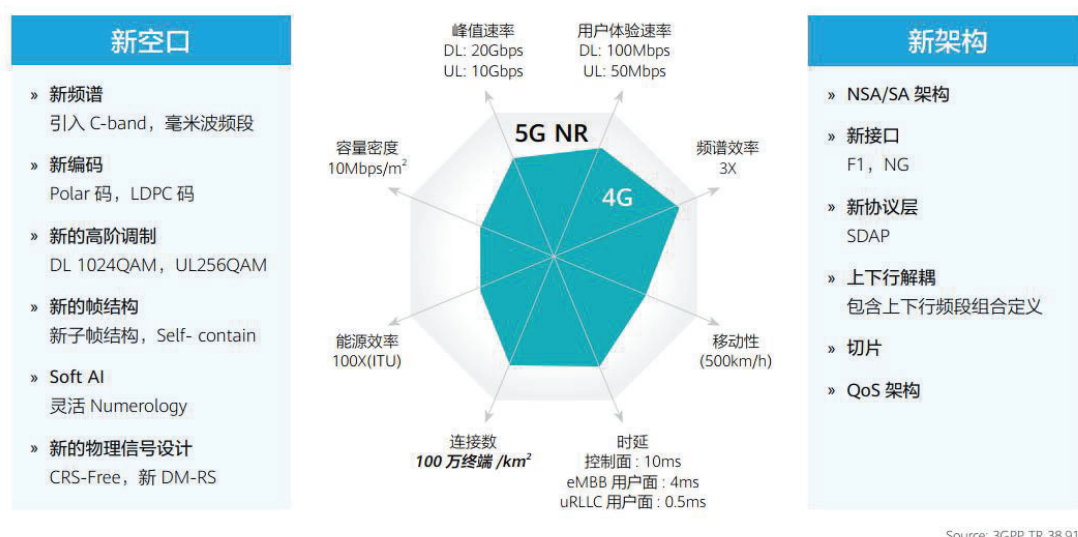


图 1-3 5G 通信技术特色

1.2 5G 应用意义

作为通用网络技术, 5G 将全面构筑经济社会数字化转型的关键基础设施, 5G 与垂直行业的融合应用将孕育新兴信息产品和服务, 改变人们的生活方式, 促进信息消费, 并逐步渗透到经济社会各行业各领域, 重塑传统产业发展模式, 并拓展创新创业空间。

1.2.1 对人民的影响

一是 5G 应用能够显著促进信息消费。5G 将实现人与人、人与物、物与物的广泛连接, 不仅直接推动 5G 手机、智能家居、可穿戴设备等产品消费, 还可培育超高清视频、下一代社交网络、VR/AR 浸入式游戏等新型服务消费。根据中国信息通信研究院测算, 预计 2020 到 2025 年, 带动新型信息产品和服务消费超过 8 万亿元。

1.2.2 对各产业的影响

二是 5G 应用能够有效带动产业发展。5G 与云计算、大数据、人工智能等技术深度融合，将支撑传统产业研发设计、生产制造、管理服务等生产流程的全面深刻变革，优化传统产业结构、提质增效。通过产业间的关联效应和波及效应，将放大 5G 对经济社会发展的贡献，带动国民经济各行业、各领域实现高质量发展。预计 2020-2025 年期间，我国 5G 商用间接拉动的经济总产出约 24.8 万亿元，间接带动的经济增加值达 8.4 万亿元。

1.2.3 对社会发展的影响

三是 5G 应用将拓展创新创业新空间。5G 促进应用场景从个人消费领域拓展至行业生产服务领域，除带动信息产业就业机会以外，还将创造大量具有高技术含量的就业机会。比如，5G 将催生工业数据分析、智能算法开发、行业应用解决方案等新型信息服务岗位，并培育基于在线平台的灵活就业模式。据测算，到 2025 年，5G 将直接创造就业岗位超过 300 万个。

1.3 发展背景

1.3.1 我国 5G 产业现状

1.3.1.1 国家地方联动打造政策高地

近年来，我国高度重视 5G 技术的发展，各级政府部门出台了一系列政策措施。全国 5G 政策类型大致可分为四个

方向：一是对 5G 相关基站建设部署进行支持，以此推进 5G 网络建设进度；二是对 5G 技术应用场景进行培育，促进 5G 产业与各产业融合发展、协同进步；三是加大 5G 技术研发力度，加强研发技术，对研发工程进行一定的补贴；四是构建 5G 安全保障体系，加强安全保障措施，构建良好的产业生态环境。

2013 年 2 月，工信部、发改委、科技部联合成立 IMT-2020（5G）推进组，在推进组的积极推动之下，2017 年 11 月出台了 中国 5G 中频频率规划方案；2019 年，5G 应用从移动互联网走向工业互联网，进入商用元年，国家政策对 5G 的重视度不断上升；2019 年 11 月，工信部印发《“5G+工业互联网”512 工程推进方案》，提升“5G+工业互联网”网络关键技术产业能力、创新应用能力、资源供给能力；2019 年 12 月，中共中央、国务院印发了《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》，到 2025 年，5G 网络覆盖率达到 80%，基础设施互联互通基本实现；2020 年 3 月，在中共中央政治局常务委员会上明确提出加快 5G 网络、数据中心等新型基础设施建设进度，随后国家发改委、中央宣传部、市场监管总局等 23 个部门联合印发《关于促进消费扩容提质加快形成强大国内市场的实施意见》，工信部发布《工业和信息化部关于推动 5G 加快发展的通知》，加快 5G 网络等信息基础设施建设和商用步伐。

地方政府结合各自特点积极部署 5G 产业规划，北京出台《北京市 5G 产业发展行动方案(2019-2022)》；上海印发《关于加快推进本市 5G 网络建设和应用的实施意见》；广东省工业和信息化厅、广东省通信管理局、广东省发展和改革委员会等多部委联合印发《关于应对疫情影响进一步促进信息服务和消费的若干政策措施》，其中提到全面提速 5G 网络建设；深圳市发改委印发《关于大力促进 5G 创新应用发展的若干措施》等。

2020 年 8 月，深圳在全国率先完成 5G 独立组网全覆盖，已经构建了全球领先的 5G 新基建基础设施平台，华为等一大批行业领军企业正在推动 5G 赋能千行万业；12 月举办的全球 5G 应用大赛（中国·深圳），充分展示了 5G 应用领域最新技术、产品、应用和场景，深圳市 5G 应用产业正式迈入快车道。

1.3.1.2 新基建战略全面加速 5G 基础建设

2019 年 6 月 6 日，工信部正式向中国电信、中国移动、中国联通、中国广电发放 5G 商用牌照，标志着我国正式进入 5G 商用元年。2020 年疫情催热了对 5G 的需求，中国的新基建战略加快了 5G 的建设力度。在“新基建”政策的机遇下，5G 网络覆盖建设不断深入，融合应用赋能持续深化，5G 产业链加速成熟。工信部透露，目前已经建成了 71.8 万座基站，5G 终端的连接数已超过 1.8 亿。

2020 年，5G 建设以独立组网（SA）架构为主。中国移动已建成全球规模最大的 5G SA 商用核心网络。截至 11 月初，中国移动实际开通 5G SA 基站总数已经高达 38.5 万，337 个城市具备 5G SA 商用能力。2021 年，中国移动的网络规模将迈上新台阶，基本实现全国市、县城区及部分重点乡镇 5G 良好覆盖。中国电信与中国联通已于今年 9 月 30 日完成全球第一张 5G 共建共享网络建设和商用，并且完成了 SA 独立组网模式的端到端能力部署。截至 2020 年 10 月，双方 5G 基站共享规模已达 30 余万座，覆盖全国所有地级以上城市。此外，结合多载波聚合技术，中国联通用户下载的速率峰值创下超过 2000Mbit/s 的新高。第四大运营商中国广电 5G 先导（一期）项目也已开启，中国广电已在北京、上海、广州等 6 个核心节点和北京、西安、上海、成都等 10 个骨干节点进行 5G 建设。除此之外，中国广电和中国移动签署战略协议，将以 1:1 的投资比例共建共享 700Mhz5G 无线接入网，释放 5G 的全新动能。截至目前，中国铁塔累计承建 5G 基站项目超过 70 万座，其中 97%是利用铁塔公司现有的资源共享实现，有效节约了行业投资成本，大大提升了 5G 规模部署效率，共建共享成为未来 5G 网络建设的新趋势。

1.3.1.3 5G 赛事助力培育 5G 应用新业态

5G 创新应用作为新一代信息通信技术的前沿领域及新型基础设施的关键组成，是全国经济架构升级、经济稳增长

的新动能，为加快全国产业转型升级、促进经济高质量发展，需要搭建规模大、影响广、创新性高的创新应用平台，刺激 5G 创新应用，推动 5G 赋能各行各业的发展。2020 年 6 月，由工业和信息化部主办，中国信息通信研究院联合 5G 应用产业方阵、IMT-2020（5G）推进组和中国通信标准化协会共同承办的第三届“绽放杯”5G 应用征集大赛，评选出了 10 名一等奖产品，涉及 5G+工业互联网、数字多媒体、智能电网、智能机器人等多个应用领域；2020 年 12 月，由深圳市人民政府指导、深圳市发展和改革委员会主办，深圳市 8K 超高清视频产业协作联盟承办的 2020 全球 5G 应用大赛（中国·深圳），评选出了 1 名最佳应用奖、5 名最佳场景奖和 5 名最佳作品奖，涉及 5G+工业互联网、数字多媒体、智能电网、智能机器人、智慧医疗、智慧园区等多个应用场景，加速培育 5G 新业态，引领 5G 产业整体创新发展。

1.3.2 国内外发展进程

1.3.2.1 欧盟及其主要成员国进程

3G、4G 期间，欧洲在移动通信领域总体上落后于亚洲，欧盟希望迅速发展 5G 以维持和加强欧洲的领先地位。欧盟在 2012 年 9 月启动了“5G NOW”的研究课题，该课题由 6 家科研机构承担，课题面向 5G 物理层的技术研究，2015 年 2 月结束。在 2012 年 11 月正式启动“METIS”5G 研发项目，投资预算达 2700 万欧元，由欧盟资助。项目组由 26 个成员

组成，其中包括阿尔卡特、朗讯、爱立信、华为、诺基亚、西门子 5 家通信设备厂商以及德国电信、日本 NTT、法国电信、意大利电信、西班牙电信 5 家电信运营商。2014 年 1 月正式推出“5GPPP”计划，总预算 14 亿欧元，计划在 2020 年前开发 5G 技术，到 2022 年正式投入商业运营。欧盟同时积极开展 5G 国际合作，先后与中国、韩国、日本、巴西签署了 5G 联合声明，5GPPP 也与中美日韩的 5G 组织签署了合作备忘录。欧盟将于 2016 年底发布 5G 行动计划，并计划于 2018 年启动 5G 规模试验，力争在 2020 年实现 5G 商用，重点将推动 5G 与车联网等垂直行业结合。英国于 2012 年 10 月率先推动国内的 5G 技术研发工作，并建立 5G 网络研发中心。11 月，英国信息通信管理局为移动运营商发放 700MHz 频段的频谱。2015 年 9 月 15 日，设在英国萨里大学的全球顶级 5G 创新中心（5GIC）正式成立，华为公司是创新中心的创始成员和重要合作伙伴，其他核心成员包括沃达丰、英国电信、Tefefonica、EE、BBC、三星等。华为公司按照业界最先进 5G 研究成果建设的 5G 测试床在英国萨里大学的 5GIC 正式开通，测试床位于萨里大学吉尔福德校区，占地约 4 平方公里，以业务创新和核心技术验证为目标，旨在建设推动 5G 全球统一标准的产业协作平台。德国于 2012 年 6 月在德累斯顿科技大学成立了 5G 无线通信系统专门实验室。在物联网领域，将研究经费增加至 7300 万英镑，以实现十

亿多的各种设备的低耗电低价格网络连接。德国计划的第一步是在 2018 年制定 5G 频率商用的框架条件，第二步是建立电信行业与应用行业之间的对话论坛，第三步是推进 5G 研究，使德国取得技术上的优势，并共同制定未来国际 5G 标准，第四步是应用项目，如 5G 实验城市，联邦政府可为此资助 200 万欧元，总额超过 8000 万欧元的自动驾驶汽车项目也将促进 5G 发展。第五步是促进基础设施建设，最迟到 2025 年在所有联邦主干道、最少 20 个大城市实现 5G 覆盖。德联邦交通部长多布林特表示，5G 将成为网络化时代数字核心化技术，德国希望成为 5G 市场引导者。

1.3.2.2 日韩发展进程

2013 年 10 月，日本无线工业及商贸联合会（ARIB）设立了 5G 研究组“2020andBeyondAdHoc”。该研究组对 5G 服务、系统构成以及无线接入技术等进行探讨。主要任务是研究 2020 年及以后移动通信服务、系统概念和主要技术，如用户行为和需求、频谱、业务预测以及无线接入技术、网络技术。据日本 NTT DoCoMo 5G 研究小组负责人奥村幸彦介绍，从 2014 年 5 月开始，日本 NTT DoCoMo 与多家企业联合开展了 5G 实验。2015 年 11 月 26 日，该公司与诺基亚网络共同实施了 5G 技术实验，在实际商业设施内以 70GHz 频带接收信号，实现了超过 2Gbit/s 的无线数据传输。实验证明了在客流量较大的商业设施内也可以进行高速数据传输。

韩国在 2013 年 6 月成立了 5G 论坛推进组 5GForum。论坛提出了 5G 国家战略和中长期发展规划，并负责研究 5G 需求，明确 5G 网络和服务的概念等。韩国 MSIP 在 2014 年 1 月宣布建立“未来移动通信产业发展战略”，并投资 1.6 万亿韩元用于 5G 核心技术研发，预计将在 2018 年平昌冬奥会上首次示范 5G 应用。韩国最大电信运营商 SKT 预计在 2017 年部署 5G。SKT 计划在室外环境中用 5G 技术试验端到端解决方案，其中包括用毫米波实现设备与网络间的高频无线连接，实现 LTE、5G 和 WiGig (60GHz) 互通，网络功能虚拟化，网络分层及分布式核心网络。SKT 的目标是在 2016 年底将关键技术融合，在室外环境下进行系统的端到端 5G 试验。

1.3.2.3 美国发展进程

2012 年 7 月，纽约大学理工学院成立了一个由政府和企业组成的研究 5G 的联盟。美国国家科学基金会（NSF）为其提供 80 万美元资助金，为合作者企业提供 120 万美元研发资助。另外，宽带无线接入技术与应用中心（BWAC）也在积极开展 5G 项目研发，自 2013 年后的 5 年，BWAC 将获得 NSF 的 160 万美元及产业界的 400 万美元专项资金支持。今年以来，美国政府主导的对 5G 的投资正在加速。2016 年 7 月 14 日，美国联邦通信委员会（FCC）开放 24GHz 以上频段用于 5G，包括 28GHz 频段（27.5~28.35GHz）、37GHz 频段（37~38.6GHz）、39GHz 频段（38.6~40GHz）和 64~71GHz 频

段。7月15日白宫发表推进5G研究的先进无线电通信研究计划（AWRI）的声明，今后7年将通过NSF投入4亿美元进行5G研究。AWRI将使用美国联邦通信委员会（FCC）开放的5G用频率，在美国4个城市进行5G技术推广和实验。

1.3.2.4 我国发展进程

国际电信联盟（ITU）于2015年2月开展了5G标准的研究工作。ITU明确提出：2015年中期完成IMT-2020国际标准前期研究，2016年开展5G技术性能需求和评估方法研究，2017年底启动5G候选方案征集工作，2020年底完成IMT-2020通信标准制定工作。中国的移动通信在3G时代取得了突破性进展，建立了具有自主知识产权的标准TD-SCDMA，中国提出的4G标准TD-LTE成为世界4G两大标准之一。为了迎接新一轮的技术、标准及市场竞争，中国开始全方位布局5G技术的研发工作。

我国率先成立了5G推进组，全面推进5G研发工作。2013年2月，工业和信息化部、国家发展和改革委员会、科学技术部成立了“IMT-2020（5G）推进组”，提出我国要在5G标准制定中发挥引领作用的宏伟目标。科学技术部投入1.6亿元人民币，先期启动国家5G移动通信系统前期研究开发重点项目。

在2020年之前，系统研究5G领域关键技术，其中包括体系架构、无线组网与传输、新型天线与射频、新频谱开发

与利用，完成性能评估和原型系统设计，进行技术试验和测试，实现支持业务总速率 10Gbit/s，频谱和功率效率比 4G 系统提升 1 倍。

迄今为止，中国 5G 推进组已经有 55 个成员，其中包括运营商、厂商、研究院及高校。中国 5G 推进组中有两家外国公司。为加强 5G 的国际合作、双边合作，2015 年 10 月在里斯本签订了 5G 国际合作谅解备忘录。2013 年以来，中国 IMT-2020 (5G) 推进组已经发布了四个白皮书，其中包括《5G 的愿景和需求》、《5G 的概念》、《5G 的无线技术架构》和 2016 年 6 月发布的《5G 的网络技术架构》。美国时间 2016 年 11 月 17 日，国际无线标准化机构 3GPP 的 RAN1（无线物理层）87 次会议在美国拉斯维加斯召开，就 5G 短码方案进行讨论。会议的三位主角是中国华为公司主推的 Polar Code（极化码）方案，美国高通公司主推的 LDPC 方案，法国主推的 Turbo2.0 方案。最终，华为公司的 Polar 方案从两大竞争对手中胜出。

2020 年 7 月 3 日晚 23 点，在 3GPP TSG 第 88 次会议上，5G R16 标准宣布冻结，标志着 5G 第一个演进版本标准正式完成。这也标志着 5G 标准已经确定，将不会再发生大的变化，将加速 5G 发展步伐。

R16 是史上第一个非面对面会议审议完成的技术标准，是全球产业团结协作的结晶。全球 30 余家公司参与了技术

讨论和标准制定工作，包括中国电信、中国移动、中国联通、中华电信、日本 KDDI、日本 NTT DOCOMO、韩国电信、法国电信、沃达丰、美国 Verizon、美国 T-Mobile 等国内外先进的运营商，华为、中兴、诺基亚、大唐、爱立信等网络设备商，高通、海思、联发科、展讯等芯片厂商，苹果、OPPO、vivo、三星等终端厂商。

在 R16 标准中，中国企业作出了重要贡献，仅中国三大运营商提交的文稿占到全球运营商的四成。

在 3GPP R16 标准中，中国电信主导完成 10 项技术标准制定，包括非公共网络组网、移动性增强、5G 性能指标定义与增强等关键标准领域。R16 标准周期内，在 3GPP RAN，中国电信主导立项数列位全球运营商第一，提交提案数列位全球运营商第三。

中国移动在 R16 标准化中继续发挥主力军作用，提交技术提案 3000 余篇，占全球运营商提案总数的三成以上，主导完成 15 项技术标准制定工作，包括旨在降本增效的无线数据采集与应用、应对大气波导的远端站干扰消除、高铁场景性能提升等。

中国联通在 R16 标准化中继续发挥重要作用，提交技术提案 1000 余篇，主导完成 6 项技术标准制定，包括 NR 2.1GHz 大带宽、从 5G 到 3G 的语音业务连续性、FDD-TDD 双连接高功率终端、4G 和 5G 基站一致性架构演进等。其中，2.1GHz

大带宽立项引领 5G 共建共享全球产业链发展；高功率终端弥补 5G 上行覆盖短板，首次完成涉及 FDD 频段的高功率终端。

华为、中兴、大唐、vivo、OPPO 等公司在 R16 标准制定中均发挥了重要作用。根据德国专利机构公布的数据显示，华为在 5G 领域的技术贡献为 5855 件，而美企的总和仅有 2958 件，仅有华为的一半。

二、标准现状

2.1 标准制定意义

自 5G 商用元年以来，5G 技术正快速释放通信潜能，促进各行各业转型升级，不断激发区域经济增长的活力，受到了政府、企业、高校、社会各界人士的广泛关注。5G 相关标准的制定，可以防止产业碎片化，为行业的发展提供技术底座。5G 网络由于 CT 与 IT 技术高度融合特性，和 4G 网络存在巨大差别，与各行各业都有着深层次的交互，是过去 30 年来移动通讯领域从未有过的大变局。这决定了 5G 更需要统一的国际和国内标准，更强调制定标准时，把垂直行业的需求、跨领域的技术与 5G 网络深度结合，从需求出发做架构和协议设计，推动应用与网络动态适配。

2.2 国际目前现状

2.2.1 标准体系

5G 国际标准主要由 ITU 和 3GPP 研究制定，ITU 定义了 IMT-2020 八大关键技术指标，其中峰值速率、移动性、时延和频谱效率是传统的移动宽带关键技术指标，另外针对 5G 新增了 4 个关键指标，分别是用户体验速率、连接数密度、流量密度和能效；3GPP 通过制定 R15 和 R16 两个版本的标准来满足 ITU IMT-2020 全部需求，其中 R15 为 5G 第一版本，聚焦增强移动宽带业务和基本的低时延高可靠业务，R16 为 5G 增强版本，将支持物联网等垂直行业新业务。

其中，3GPP 成立于 1998 年 12 月，多个电信标准组织伙伴共同签署了《第三代伙伴计划协议》。3GPP 最初的工作范围是为第三代移动通信系统制定全球适用的技术规范和技术报告。随后 3GPP 的工作范围得到了改进，增加了对 UTRA 长期演进系统的研究和标准制定。目前有欧洲的 ETSI、美国的 ATIS、日本的 TTC、ARIB、韩国的 TTA、印度的 TSDSI 以及我国的 CCSA 作为 3GPP 的 7 个组织伙伴（OP）。目前独立成员超过 550 多个，是最大的国际化标准组织。

2018 年 6 月，3GPP 发布了 5GR15 标准，基于 5G NR 和服务化架构的 5G 核心网支持网络切片、边缘计算、网络能力开放等新技术、新特征；2018 年 12 月，3GPP 发布了完整的 R15 标准，支持更多组网架构，支持 4G 基站接入 5G 核心网，以快速提供网络切片、边缘计算等业务能力。

目前，5G 网络 R16 版本已经冻结。5GR16 标准在增强移动宽带业务能力和基础网络架构能力的同时，重点提升对垂直行业应用的支持，包括多天线增强、载波聚合与大带宽增强、终端节能、定位增强、移动性增强、服务化架构增强、智能化运营、切片增强、5G 车联网、低时延高可靠（uRLLC）增强、工业物联网增强、切片安全、5G CIoT（蜂窝物联网）安全、uRLLC 安全等内容。R17 正在制定中，预计毫米波、空天地一体化网络等将被写入标准，同时工业互联网、车联网等垂直场景将得到细化满足。

每一代移动通信标准都有一个基础版本，以 4G 为例，2009 年发布的 LTE R8 版本是第一版本 4G 标准，基本确立了 4G 标准的主体框架和技术方案，之后 R9、R10 等版本的演进是对其性能的优化和增强。5G 国际标准的基础版本是 R15 版本，也是目前 5G 商用部署的标准版本，R15 版本于 2018 年 6 月发布，重点面向增强移动宽带场景，具备支持低时延高可靠场景的基本功能。

每年 3GPP 召开四次会议，定在每个季度末，以计划和开发新版本，这些版本将改进以前的版本并提供新的标准化功能。随着技术和用户需求不断变化，3GPP 可能会增加更多功能，他们已经为 5G 推出四个版本，分别是 R15、R16、R17 和 R18 版本。

表 2-1 R15、R16、R17 版本 5G 协议

Release	地位	功能冻结 (第 3 阶段完成)	结束日期 (协议稳定)
R17	开放	2022-03-18 (SA#95)	2022-06-10 (SA#96)
R16	冻结	2020-07-03 (SA#88-e)	2020-07-03 (SA#88-e)
R15	冻结	2019-03-22 (SA#83)	2019-06-07 (SA#84)

2.2.2 应用范围

5G 标准在设计之初就充分考虑对三大应用场景的可扩展能力和后向兼容性，基于统一空中接口和灵活可配置的架

构，通过设备软件升级即可支持新业务，实现投资收益最大化。

当前 5G 标准中增强移动宽带技术已成熟，可基本满足面向个人的 2C 业务和部分 2B 应用。当前的 5G 标准已经具备大带宽、高速率、低时延的移动宽带通信能力，支持 10Gbps 的峰值速率，毫秒级的空口时延，采用灵活的空口设计方案，可以满足多样化场景的差异化性能需求。对于面向个人的 2C 业务，可以为用户提供 4K/8K 超高清视频、AR/VR、沉浸式游戏等更加极致的业务体验，5G 云游戏、5G+超高清直播、5G+AR/VR 等特色业务在游戏娱乐、赛事/演艺直播、居住服务等领域的应用，给人们的生活、娱乐和沟通带来了全新的应用体验；对于面向行业应用的 2B 业务，目前在工厂、矿山、港口、医疗、交通等垂直行业领域的应用已经由探索走向实践，以当前最具热度的 5G+工业互联网应用为例，当前的 5G 网络可以满足工业互联网中大部分增强移动宽带场景及超高可靠低时延场景的网络传输需求，众多工业企业利用 5G 技术在研发设计、生产制造、运营管理及产品服务等环节开展了一系列应用场景的改造，多个场景已呈现出规模化落地推广的态势，但部分涉及生产核心环节的超高可靠低时延场景仍处于探索初期。

2.2.3 发展水平

3GPP 于 2017 年 3 月批准了第 15 版的初始程序包，第一阶段主要集中在非独立组网（NSA）5G 架构的移动宽带上，意味着 5G 将需要 4G 作为基础，而 5G 在顶部则可以提高容量或网络速度。第二个阶段引入了独立组网 5G 架构，除了 5G 架构外，还有整套 5G 功能，包括 5G 的组成部分：核心网络架构，这使 SA 架构成为可能。第三阶段使 5G 可以到 2019 年底支持商业用例，美国运营商开始部署自己的 5G 技术。引入了 3GPP 标准化的各种架构，以简化从 4G 到 5G 的迁移。

R16 继续了之前 R15 的功能，还引入 DSS、网络切片和专为 5G 专用网络设计的功能。其中，网络切片是 R16 的关键部分，因为它可以使企业随着时间的推移更改其网络方面。在此版本中，5G 开始专注于企业和业务应用程序。私有 5G 网络和网络切片功能将主要使企业用例受益，而不是使消费者受益，并开始模糊严格的蜂窝功能和严格的 Wi-Fi 功能之间的界限。

与 R16 一样，R17 将改进版本 15 和 16 中的功能，包括 DSS 和专用 5G 网络功能。R17 版还将引入新功能，例如改善电池健康状况和卫星访问。多年来，卫星公司主要使用专有无线电技术，并在其中苦苦挣扎。随着 5G 的到来，很多这些公司都希望将 5G NR 用于其卫星无线电技术，并将其成功地推向 3GPP。

4G 经历 10 年时间和六个不同的 3GPP 版本才实现其最终提供的功能，因此 5G 也将会包含多个版本。在 2020 年 12 月的会议之后，3GPP 更新了其公开记录的信息，以将 R18 作为 5G 版本。COVID-19 疫情推迟 R18 的进度，目前 3GPP 无法面对面开会讨论、辩论和确定 R18 功能。

2.3 深圳本地标准情况

2.3.1 深圳企业 3GPP 标准参与

我国高度重视 5G 标准制定工作，国际方面，基于 ITU 和 3GPP 框架，在 5GR15 的基础上，积极开展 5G 后续国际标准研制，引导 5G 国际标准创新，助推灵活系统设计、大规模天线、服务化架构等重点技术方向研究，推动形成全球统一 5G 国际标准，并进一步加强创新技术研究，推动 5G 增强技术的标准化；国内方面，结合我国市场需求，加快研制国内 5G 行业标准和国家标准。

随着中国通信业的发展，我国企业渐渐掌握了一些核心技术，直到 5G 标准的来临，中国企业昂首向前。现在，中国已经有几十家企业或机构成为了 3GPP 的伙伴，包括设备商华为、中兴、大唐、普天、芯片制造商海思、展讯等，手机厂商 VIVO、OPPO、努比亚、酷派、小米，运营商中国移动、中国联通、中国电信及中国信通院等。其中，华为已经成为世界最大的移动通信设备制造商，中兴是世界前五大移动通信设备制造商，在全球的移动通信市场上占据了半壁江山，

它们的 5G 技术研究也走到了世界前沿，引领未来通信发展的方向。

2.3.1.1 华为

华为在无线通信领域提交提案约 89800 件，排名全球第一。此外，超过 500 名标准和研究工程师以及超过 120 名资深标准专家在无线标准研究领域工作，在北京、上海、深圳、巴黎、慕尼黑、斯德哥尔摩、伦敦、渥太华、印度、莫斯科等地方设立 10 个标准研究机构。

当前，华为员工在国际标准组织中的 90 个关键角色，皆为主席或董事会成员级别，包括 3GPP RAN4 主席、3GPP SA 主席、3GPP CT 4 主席、3GPP SA5 副主席、ITU-R WP 5D WG Technology 主席、WWRF 主席、ETSI TFES 副主席等等。

极化码正是华为一直在积极倡导的 5G 技术，在极化码的技术研究上投入了数十亿美元，技术上已处于领先地位，拥有大量专利。当前，华为拥有 2063 个 5G 核心规范的批准贡献、1477 个 5G 核心规范的批准贡献、6524 个 LTE 核心规范的批准贡献以及 1695 项 5G 必要专利，占有所有 5G 的 26%必要专利。

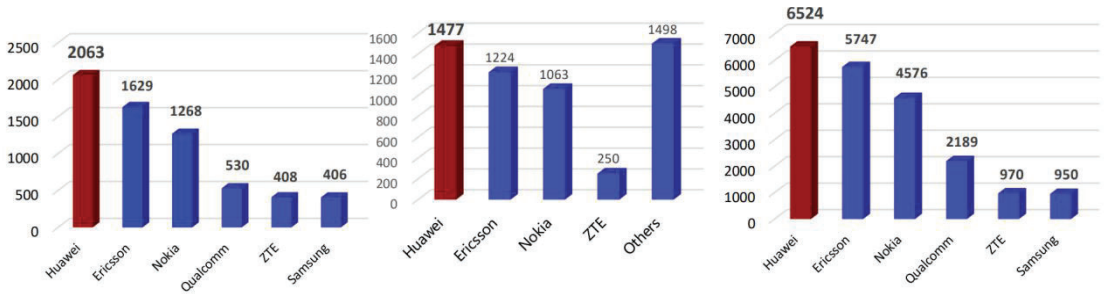


图 2-1 华为 5G 优势

华为参与了中国 100% 无线通信领域的标准制订工作，是中国无线标准的主要贡献者。担任 CCSA TC5 副主席、TC5WG5/9/10/12 副组长等多个重要职位。

华为积极参与产业发展工作，和行业伙伴共同主导了频谱、LTE-Advanced Pro、5G、NB-IoT、C-V2X、700MHz 频谱、3.5GHz 频谱、宽带集群、MEC、自动驾驶网络等产业的发展。华为在一些重要的产业联盟组织中担任关键职位，如 ETSI 董事会成员、GSA 董事会成员、5GAA 董事会成员、WWRF 董事会成员、Future Forum 副理事长、CIIAII 理事等。

随着 5G 在垂直行业应用的开展，华为深入各行业标准化组织，与产业伙伴一起推动多项行业标准的制定工作，包括在 TC124 开展 5G 工业应用系列国标的制定，在煤矿、钢铁、港口相关标委会、协会开展 5G 应用的行标/团标制定。

2.3.1.2 中兴

中兴通讯标准战略：聚焦 5G 标准生态协同、做大产业。中兴通讯标准研究工作聚焦 5G 领域，着力构建互联互通的 5G 极速网络，积极进行 5G+大视频、工业互联网、车联网等技术领域标准研究，提升 5G 产品经营和 IPR 防御能力。中兴通讯以标准开源工作支撑 5G 生态建设，努力做大产业，积极推进能力开放标准化，促进产业数字化转型。

中兴通讯目前已成为 ITU、3GPP、ETSI、IEEE、GSMA 等 70 多个国际标准化组织和论坛的成员。经过多年的积累，中兴通讯选拔和培养了一支技术精通、熟悉国际标准化规则、活跃在国际标准化活动中的专家队伍。累计向国际标准化组织提交文稿 51,000 多篇，担任了 120 多个主席和报告人等领导职务，同时取得了 380 多个国际标准编辑者(Editor)席位和起草权。

中兴通讯已成为全球 5G 技术研究和标准制定活动的主要参与者和贡献者。在 5G 技术标准制定的重要国际标准组织 3GPP 中，实现 RAN2 和 RAN3 双主席配置，并担任 NOMA、2-Step RACH、CoMP、5G 切片增强和未来工厂 5G 网络应用等多个技术标准的报告人。在 IEEE 中，担任下一代车联网 NGV 工作组主席、IEEE-SA adhoc 主席和 NesCom 委员会委员。在 JVET 中，担任 AHG9 High Level Syntax 副主席。在 ITU-T 中，担任 SG17（安全）副主席和 WP4 联席主席，SG15（传输、接入和家庭网络）担任 WP3 主席，策划推动网络主动威胁防御等相关标准立项，并担任多个技术标准的主编。19 年 10 月首次在 Linux 基金会旗下 AI 基金会（LF AI）孵化 Adlik 开源社区，推动人工智能应用产业化进程。

中兴通讯累计申请的专利资产超过 7.4 万件，全球授权专利超过 3.6 万件。5G 战略布局专利超过 5000 件。中兴通讯已向 ETSI 披露 3GPP 5G SEP(标准必要专利)位列全球前

三。中兴通讯已累计获得中国专利奖 8 项金奖、2 项银奖、33 项优秀奖，为通信行业获奖最多的企业。

2.3.2 本地 5G 应用标准制定

当前，深圳 5G 应用产业蓬勃发展，其标准制定相对滞后。5G 在各个行业的应用标准需求不一，基于各行业对于带宽、时延、链接数等不同的条件，深圳应该结合本地特色，推进具有创新性的 5G 应用标准。除了在技术、应用方面建立相应的标准外，也需要在人才培养、硬软件市场准入方面建立起统一的规则。

2.4 发展趋势

5G 后续国际标准的演进方向为：

一是满足细分物联网的应用需求，针对工业互联网、5G 车联网、医疗等特定物联网领域的不同场景及应用提供更精准的技术方案；

二是支持更多中频和更高频段，支持 6GHz 等潜在中频段，并将探索支持更高工作频段，目标频段预计将达到 100GHz；

三是 5G 与云/计算、AI 人工智能的深度融合，基于公有云/混合云、政务云等提供数据服务，利用人工智能技术提升 5G 网络效率，支持 5G 网络更高效地承载人工智能应用。5G、云计算、AI 人工智能，将共同支撑各行业/企业的产业

数字化转型升级、政务/公共服务升级、节能减碳绿色发展、以及整个数字经济快速增长；

四是通过各领域 5G 创新应用提升工程，结合行业龙头项目，捆绑建设 5G 行业应用标准，包括：5G 服务行业应用标准体系，比如《5G 工业应用标准》、《医院 5G 网络建设标准》等；行业应用无线接入安全规范，比如如《5G 电力行业安全标准》、《工业无线接入安全标准》等；行业模组标准/规范，比如 CCSA/GTI《5G 通用模组技术规范》；

为加强深圳在行业应用标准领域的领先，需要制定产业政策、应用示范项目实践和创新应用开发/标准建设等服务组织，比如制定并以 5G IOT 指数牵引、扶持行业应用模组推进、奖励 5G 行业应用标准工作、发展壮大行业应用平台组织 比如深圳市 5G 产业协会等行业带领贡献；

同时，需要加强行业组织带动、加强跨行业协同：5G 时代的移动产业将继续向机器通信领域扩展，连接更广泛的终端，与垂直行业更紧密地合作，共同探索新机遇。为了充分挖掘 5G 网络的潜力，运营商需要与垂直行业紧密合作，探索新的商业模式，加速数字化转型。但是由于运营商与垂直行业自身监管机制存在很大的多样性，将会导致行业协调问题复杂化。政府需要采用更全面的数字化政策，鼓励行业创新，包括协调跨行业、跨部门的政策制定，鼓励行业间合作等。

五是加强 5.5G 应用研究；5.5G 是 5G 的演进，期待与产业各方共同定义 5.5G，提升个人实时交互体验，增强蜂窝物联能力；并不断探索上行超宽带 UCBC、实时宽带交互 RTBC 和感知定位 HCS 等新场景，构建美好智能世界。

5G 是产业愿景，是对 5G 场景的增强和扩展。增强针对的是 ITU 定义的三大标准场景，即 eMBB、mMTC 和 URLLC。引入 REDCAP 增加终端类型，满足 mMTC 场景下，宽带物联对多样化终端的要求；增加基于可靠性的时延，使得 URLLC 场景满足智能制造对联接的需求，比如远程运动控制的要求。同时，行业智能化升级进程加快，物联场景更加多样化，我们还需要对 5G 场景进行扩展。比如有的场景既需要海量连接，又需要超大上行带宽；有的场景既需要通信能力，又需要感知能力等，因此，5.5G 在 5G 基础上扩展了 3 大新场景，包括 UCBC、RTBC 和 HCS。把 5G 场景定义的三角形变成 5.5G 的六边形，从支撑万物互联到使能万物智联，这就是 5.5G 愿景的核心内容。”

5.5G 愿景下，新场景能力为社会发展和行业升级创造新价值：1) UCBC 上行超宽带，加速千行百业智能化升级。UCBC 场景在 5G 能力基线，实现上行带宽能力 10 倍提升，满足企业生产制造等场景下，机器视觉、海量宽带物联等上传需求，加速千行百业智能化升级。同时，UCBC 也能大幅提升手机在室内深度覆盖的用户体验，可大幅提升上行容量和深度覆盖

的用户体验。2) RTBC 宽带实时交互，打造“身临其境”的沉浸式体验。RTBC 场景支持大带宽和低交互时延，目标是在给定时延下和一定的可靠性要求下的带宽提升 10 倍，打造人与虚拟世界交互时的沉浸式体验。3) HCS 融合感知通信，助力自动驾驶发展。HCS 主要使能的是车联网和无人机两大场景，支撑自动驾驶是关键需求。通过将蜂窝网络 Massive MIMO 的波束扫描技术应用于感知领域，使得 HCS 场景下既能够提供通信，又能够提供感知。如果延展到室内场景，还可提供定位服务。4) 重构 Sub100G 频谱使用模式，最大化频谱价值。要达成产业愿景，5.5G 需要在 Sub100GHz 内使用更多的频谱，从而实现全频段上下行解耦，全频段按需灵活聚合，重构 Sub100GHz 频谱使用模式，最大化频谱价值。5) +AI，让 5G 联接更高智能。5G 时代运营商的频段数量、终端类型、业务类型、客户类型都会远远高于之前的任何一个制式。化繁为简，5.5G 需要与 AI 的全面融合。全球无线通信产业发展的成功，核心 DNA 是标准的统一和产业链的协作。5.5G 的发展，需要产业链各方各司其职、通力合作。呼吁产业各方，在 3GPP 标准框架内尽快启动 5.5G 工作，共同繁荣 5.5G 的产业生态，用好 100GHz 以下频谱，提供多样化的网络能力和终端，全面提升蜂窝物联网的能力。深化 5G 与行业融合，希望全行业共同努力，孵化更多的应用场景，加速数字化和智能化转型。

5G 应用标准的持续演进，将进一步释放 5G 潜能，赋能各行各业，为我国 5G 新基建注入新动能，支撑经济社会数字化、网络化、智能化转型发展。

三、5G 创新应用发展态势

3.1 5G 应用发展阶段

从用户角度来看，5G 的发展将经历三个阶段：第一阶段为后 4G 时代到 5G 的过渡——“用户为王”阶段，即：线上平台通过应用创新和体验优化来捕获用户注意力，获得更多的用户；第二阶段为全面 5G 时代——万物互联阶段，即：越来越多的用户设备连接到线上，使数据和流量来源更加多元；第三阶段，随着用户量和设备量的积累，线上数据更加丰富，海量的数据沉淀足以描绘线下实体的各类特征，线上成为线下的映射，数字孪生实体出现。

从基站建设角度来看，5G 基础网络的发展将经历微基站大规模建设阶段：由于 5G 的频段较高，电磁波的穿透能力与频率成反比，因此 5G 宏基站信号在有障碍物阻挡的情况下穿透能力大幅下降，所以 5G 微基站的作用将凸显。相比于宏基站几百米的间隔，微基站间隔可以缩小至几十米，有效地解决了热点地区网络覆盖及容量问题。微基站作为宏基站的有效补充扩容，在增热点地区移动网络服务能力的同时，与 MEC 等技术相结合，可为垂直行业提供更高效的服务能力。

从应用场景角度来看，5G 网络在应用的发展过程中有如下趋势：一是 5G 首先在 eMBB 场景中面向个人大范围内推广使用，随后逐渐向 uRLLC 和 mMTC 类场景拓展，以机器类设备使用为主，逐步实现万物互联的世界。二是 5G 未来的应用将高度结合垂直行业应用，面向 To B 市场，实现多领域多产业的融合应用。三是超高清视频、云计算、无人机、感知定位和人工智能将会是基础性应用，各个行业应用场景会高度融合基础性应用，助力行业的快速智能化发展。



图 3-1 5G 应用场景趋势

3.2 深圳市 5G 发展现状

4G 改变生活，5G 改变社会。时值深圳经济特区建立 40 周年之际，深圳市紧抓 5G 时代发展新机遇，通过强有力的政策支持、完善的产业链生态、坚实的联接+计算基础设施、以及各行业领先的全场景智慧应用，打造万物互联的“5G 智慧之城”新名片。

2020 年 8 月，深圳市在全国率先实现 5G 网络全覆盖，5G 基站建设密度全国领先，掀开了 5G 时代的篇章，打造深

圳成为 5G 全球标杆城市，为 5G 应用的加速推广夯实了产业基础。目前，深圳市已经成为全球首个 5G 独立组网全覆盖的城市，加速释放 5G 行业应用红利和推广 5G 行业应用是深圳市下一阶段 5G 发展的重点工作内容。

2020 年 12 月，由深圳市人民政府指导、深圳市发展和改革委员会主办的 2020 全球 5G 应用大赛（中国·深圳）在深圳湾体育中心隆重举行，经过多位院士专家组成的评审团数轮评审，评选出了 5G 应用大奖和多个优秀获奖作品。



图 3-2 全球 5G 应用大赛（中国·深圳）颁奖礼

大赛颁奖礼上，王伟中书记亲自发布深圳《关于大力促进 5G 创新应用发展的若干措施》，向全球发出深圳 5G 应用合作邀请，欢迎海内外 5G 行业创新创业者来深发展、实现梦想，服务全球、赢得未来。



图 3-3 《关于大力促进 5G 创新应用发展的若干措施》正式发布

2021 年 4 月，为进一步推动 5G 创新应用发展，打造 5G 创新应用交流平台，大赛主办方在深圳市工业展览馆举办全球 5G 创新应用场景展，精选全球 5G 应用大赛获奖作品和国内外优秀 5G 应用，面向公众进行公开展示。场景展集中展示 5G+工业互联网、5G+超高清视频、5G+智慧医疗、5G+智慧城市等典型行业应用的最新产品、技术、成果。本次展览的举办，标志着通过一系列赛事、政策、展览的实施，深圳已在全国率先培育起完善的 5G 应用生态，有望带动我市 5G 产业发展能级跃升，彰显了我市建设全球一流的 5G 应用标杆城市的信心和决心。

3.3 深圳市 5G 应用“5+9+X”体系框架

深圳市着力构建 5G 应用“5+9+X”体系，即 5 大基础应用和 9 大行业应用和 X 个行业应用。5 大基础应用包括超高清视频 4K/8K、Cloud X、网联无人机、感知定位和 IoT & AI。

9 大应用场景包括智慧安防、工业互联网、智慧交通、媒体娱乐、智慧政务、智慧能源、智慧园区、智慧教育、智慧医疗。

随着商用进程全面开启和网络建设加速推进,5G 与垂直行业的融合应用成为未来发展的关键所在。深圳市 5G 应用在广度、深度、技术的创新性等方面都有一定的进步。各区各行业 5G 创新应用百花齐放,一些应用逐渐从单一化业务探索、试点示范阶段进入体系化应用场景、复制推广阶段。

从应用方向上看,深圳市主要包括优政、兴业和惠民三大方向。一是在优政方面,5G 通过给城市管理、照明、抄表、停车、公共安全与应急处置等行业带来新型智慧应用,提升社会治理能力和效率;二是在兴业方面,5G 与工业、医疗、交通、金融、教育等行业融合发展,融入到研发、生产、管理、服务等环节,可满足人、物、机器等各要素之间全连接,实现泛在深度互联和个性化定制,通过重塑传统产业发展模式,使行业变得更加数字化、网络化、智能化。三是惠民方面,5G 不仅支持 4K/8K 超高清视频、VR/AR、云游戏等文体娱乐业务,提供“不卡不顿不转圈”的观影体验和“身临其境”的沉浸式体验,还带来智能家居、云桌面等新的生活方式;

四、5G 重点应用领域分析

4.1 深圳市 5G 全产业链分布

5G 应用产业主要包括终端产品、应用场景等领域，当前深圳市已形成具有较强竞争优势和带动作用的 5G 产业集群。在深圳市大力实施“AI+5G+8K”新引擎战略的部署下，为抢抓 5G 应用产业发展战略机遇，2020 年，根据市委市政府的指示精神，深圳市发改委牵头编制并发布了《关于大力促进 5G 创新应用发展的若干措施》，进一步把握全球 5G 应用发展趋势，进一步巩固 5G 应用产业集群优势地位，促进产业迈向全球价值链高端，构筑我市新兴产业发展新优势。

相关的硬件、软件、应用企业构成了 5G 全产业链，完备的 5G 产业链将会成数字社会的发展提供重要的基础支撑。在 5G 产业链配套情况方面，深圳占有很大的优势，深圳市通信产业，包括手机、移动通信基站设备、服务器、路由器、光纤、通讯产品零部件及光电器件等，其产业规模和研发水平在全国乃至全球具有举足轻重的地位。背靠华为和中兴两大主设备厂商，深圳已建立起了相对完善的 5G 产业链，主要包括终端、基站系统、网络架构、应用场景等环节，其中终端包括手机、汽车、家电、穿戴设备等，基站系统包括天线、射频模块、小微基站等，网络架构包括核心网、传输网和承载网等。从 5G 产业链配套情况来看，深圳市不仅拥有众多本土的 5G 产业链相关企业，而且背靠大湾区，对深圳

既有的 5G 产业链进行了有力补充，整体升级为 5G 高质量全产业链可以说是顺势而为，深圳市 5G 应用产业链下游厂商如下所示。

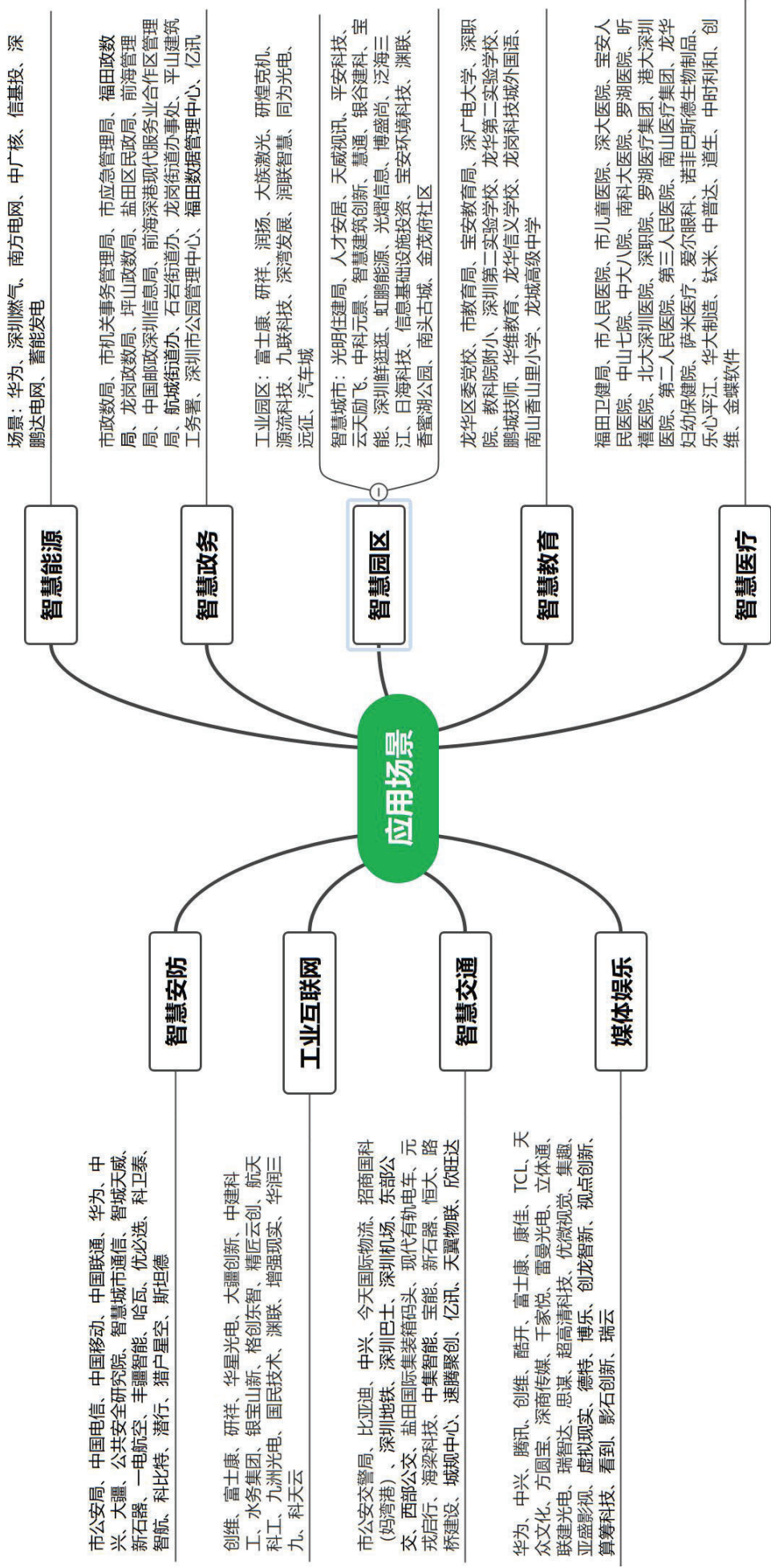


图 4-1 深圳市 5G 应用产业下游产业链

4.2 5G 应用发展阶段

“移动通信，十年一代”，21 世纪 20 年代，是 5G 时代。基于对 5G 技术演进脉络、5G 技术特征的理解，并结合 3G/4G 发展轨迹，5G 应用发展阶段可分为三个阶段。

阶段一，通用基础设施规模化建设与标杆案例建设阶段。从 2019 年 6 月，5G 商用牌照发放开始，国内启动大规模 5G 基站建设，截至 2021 年 7 月末，已经完成近百万数量，占全球 70%；与此同时，国内通用平台、芯片模组、终端等同步发展，为 5G 应用开展奠定基础。而在 5G 行业应用领域，第一，政府牵头，推动行业标杆案例的塑造，包括“工业互联网 512 行动方案”、绽放杯等；第二，所重点发展的应用，重点是基于 5G 的 eMBB 场景，一方面是在 R16 版本尚未落地时，可发展的领域，另一方面是可以充分延续 4G 的场景应用。

阶段二，重点强调应用标杆的规模化建设，为 5G 应用的全面发展奠定基础。相比较前一阶段而言，本阶段，一方面强调广度建设，即需要在更多的行业中打造应用标杆，每个行业中有更多的应用案例，需要构建完整的产业链；另一方面强调深度建设，即充分利用 5G 全部的三大场景（eMBB、uRLLC、mMTC），同时打造 5G 定制网，深度匹配行业需求。2021 年 7 月，十部委联合下发了《5G 应用“扬帆”行动计划（2021-2023 年）》，为本阶段的发展制定了明确的方向。

阶段三，推动 5G 与社会经济深度融合。即在前期形成了标杆案例的基础上，形成更加完善的产业能力底座，将 5G 及同时代关联的新技术，作为数字经济时代发展的基础，促进产业数字化与数字产业化的规模全面提升。

目前，5G 应用已经完成第一阶段，正处在第二阶段的起始，即以《5G 应用“扬帆”行动计划（2021-2023 年）》的发布为标志，全面推动标杆应用规模化发展，构建完整的产业链。

4.3 5G 的发展现状

国内 5G 正式商用至今，已有两年有余，目前 5G 发展势头良好，处在全球领先的地位。概述 5G 的发展现状，可从以下六个方面进行概括。

产业政策：首先，5G 商用牌照向四家企业颁发，旨在盘活 700Mhz 资源，加强网络底座；其次，从 2020 年初至今，5G 作为新基建的核心，从中央到地方出台多个政策，促进 5G 的发展，包括基础设施、应用等，如，《关于深入推进移动物联网全面发展的通知》、《关于组织实施 2020 年新型基础设施建设工程(宽带网络和 5G 领域)的通知》、《关于推动 5G 加快发展的通知》、《5G 应用“扬帆”行动计划（2021-2023 年）》、各地的数字经济政策等。

5G 网络：首先，在基站数量上，至 2021 年 7 月 21 日，国内已经完成 96.1 万的基站建设，占全球 70%；其次，在建

设模式上，采用电信和联通、移动和广电的共建共享，并共同共享中国铁塔站址资源，加快建设；第三，在技术标准上，3GPP R16 冻结，ITU 提出的 5G 三大场景均得到实现；第四，在网络应用上，除了通用网络外，各运营商均发布面向垂直行业的 5G 定制网产品。

关联设施：首先，推动云计算、边缘计算的发展，以匹配数据量爆发增长的需要，例如腾讯云将边缘计算中心打造成类似集装箱形态，可实现即插即用；其次，在 IPv6、区块链上，亦得到长做发展，并且《关于加快推动区块链技术应用和产业发展的指导意见》、《IPv6 流量提升三年专项行动计划（2021-2023 年）》等提供政策支持。

平台服务：通用型平台底座建设基本到位，包括面向 5G 的连接管理、终端管理、应用使能等平台；同时结合标杆试点，打造工业互联网等垂直平台。

芯片模组：5G 芯片，目前主要供应商是高通、三星、联发科、紫光，以高通芯片为主；5G 模组，国内已有十余家模组制造商，价格不断下降，有效推动行业应用发展。

5G 终端：个人手机占据了终端的绝大部分份额，价格门槛下降到 1000 元以下，其余个人终端包括平板、电脑等；行业终端，以 CPE 为主，旨在对存量产品兼容，降低终端成本（不带 5G 模块），实现快速普及，其余产品包括直播背包、无人机、视频监控、无人机等。

5G 应用：根据工信部的统计，截至 2021 年 6 月末，全国已经打造 9000 多个“5G+”的标杆案例，分布在工业、医疗、交通、矿山等多个产业，有效解决了相关产业的痛点，并且处在持续扩张当中。

4.4 5G 应用“5+9+X”体系解析

4.4.1 五大基础应用

4.4.1.1 超高清视频

根据《超高清视频产业发展白皮书（2021 年）》，2020 年，超高清视频产业总规模达 1.8 万亿元，其中超高清视频核心环节直接销售收入超过 8100 亿元，行业应用规模超过 9800 亿元，其硬件直接销售收入约 900 亿元，解决、集成方案等超过 8900 亿元。

目前，5G+超高清视频已经在众多的产经中得到了创新应用，例如：

广播电视领域：5G+4K/8K+AI 重塑超高清电视制播体系。5G 网络为超高清视频等大流量业务提供了技术基础，促成数字内容制作、分发、呈现的全产业链升级。AI 技术可以优化主观体验和智能调节编码，为画质增强，视觉效果提升，缩短内容审核时间，以及功耗的降低提供了最佳解决方案。例如，华为与湖南卫视合作，在《舞蹈风暴》第二季中引入蝶式升降、AI 多轴方案制作的 360 自由视角内容，通过 5G 网络，带来自由旋转、任意角度欣赏舞蹈的自由互动体验。

文教娱乐领域：2020 年的疫情成为了文教娱乐领域云化超高清应用不断涌现的催化剂，慢直播、网红直播和直播带货、云赛事、云演艺、云展览等新业态成为新的亮点。例如，中央广播电视总台对雷神山和火神山两所医院的建设过程进行直播；中国移动推出云端看珠峰 5G+4K+VR 慢直播活动等。

工业制造领域：超高清视频技术与工业物联网结合，可以实现精细原材料识别、精密定位测量等环节，与机器人巡查、人机协作等交互场景结合，从视觉端协同提升工业自动化和智能化水平。例如华为与中国移动合作，在山西阳泉煤业地下 534 米的矿井，实现了井上井下高清音视频通话、以及超高清环境视频的快速传输，减少工人在井下危险环境的暴露时间，保障了煤矿的安全生产，提高了生产效率。海尔、华为与山东移动合作，落地了 5G 机器视觉云化、5G+AR 远程运维指导以及 5G 智能设备管控等应用。

安防监控领域：超高清视频技术使视频监控图像更清晰，细节更丰富，可以更加准确地还原监控场景。而 5G+8K，让监控摄像头部署更为灵活且监控区域广，大大降低了部署成本。例如，广州博冠，推出 5G+8K 超高清重载云台监控摄像机，满足单片 8K 视频流输出，支持人脸识别和各类视频数据结构化分析，可以广泛应用于各种大场景视频采集和智能化应用场景中。

医疗健康领域：超高清显示的高清晰画面依托 5G 网络传输，可实现医疗影像及时共享，在远程专家会诊和远程手术时，为医生精准诊疗的有力支撑。例如，中国移动以 5G+4K 技术保障协和医院全球首例远程眼底手术示范。

4.4.1.2 Cloud X

5G 的超高网速（eMBB）和低延迟（uRLLC）的特性，使得构建将算力和数据存储部署在云端，本地仅仅起到展现作用的模式成为可能。用户不仅能够获得超高算力的支持（云端），同时在用户体验（主要是延迟）不弱于本地的体验。华为 Wireless X Labs 认为，Cloud X 有望成为 5G 时代的杀手级应用，而 X 可以包括电脑、游戏机、AR/VR 等形态。例如：

云电脑：云电脑实现了带宽换计算、带宽换存储，同时匹配分时租赁的发展模式，即需要时申请资源，退出时大部分资源释放留给他人。在联网过程中 GUI 完全通过互动视频流形式呈现，对于 PPT 等文档写作，10Mbps 的稳定带宽是必不可少的，而图形渲染等，则更需要百兆带宽。

云游戏：在云端完成本地的、复杂的渲染计算，通过网络实时反馈游戏画面。玩家只需要输入输出设备（如鼠标键盘或是无线手柄），以及一块屏幕，就可使用。根据业内分析，100~200Mbps+20ms 的网络保障，是产业发展基础。

云 AR/VR：AR/VR 由于终端形态的问题，决定了其本地算力和存储极其有限，需要较大程度的依靠云端；与此同时，为了保证使用的流畅性，即无眩晕感，则需要更高画质的传输。在 5G 赋能下，网络能够满足高带宽和低延时的业务要求。

4.4.1.3 网联无人机

根据工信部发布的《关于促进和规范民用无人机制造业发展的指导意见》，到 2020 年，民用无人机产值达到 600 亿元，2025 年，民用无人机产值达到 1800 亿元。在民用无人机的市场当中，预计消费类无人机增长平稳，而工业级无人机（用于行业应用）则将快速发展。

除了消费者购买无人机，用于拍摄等用途外；网联无人机拥有众多行业应用前景，例如：

物流场景：对比传统的物流，无人机物流拥有三大优势，即规避拥堵，运输快速高效；应对小批量任务，解放人力；摆脱地形限制，应对极端条件等方面优势。尤其适用于乡村、海岛运输，医疗等应急运输（药品、器官等）。

农业植保场景：相对于有人驾驶飞机喷洒而言，无人机植保具有作业效率高、单位面积施药液量小、无需专用起降机场、机动性好等优点，具体包括喷洒农药种子、巡逻监视、病虫害监察等应用。

公共安全场景：无人机在公共安全领域应用众多，如边防监控、消防监控、环境保护、刑侦反恐、治安巡逻等。突发事件中，无人机可以代替警力及时赶往现场，利用可见光视频及热成像设备等，把实时情况回传给地面设备，为指挥人员决策提供依据。在公共安全作业中，无人机典型网络需求包括：实时视频传输（多路）、飞行状态监控、远程操控以及网络定位。

测绘场景：无人机测绘领域中，通过无人机抓取数据制作实时实景地图的技术方案，可以实现在不同的应用场景基于地图的数据挖掘，在抢险、科研、教育、智慧农业、智慧城市、勘察、场景巡检等领域，提供强大的扩展空间，让行业应用人员根据需求定制理想的飞行平台。

直播场景：无人机可以将视野带入高空，以上帝视角俯瞰，通过无人机挂载 360 度全景镜头进行视频拍摄，全景相机完成视频采集、拼接处理与视频流处理，通过连入 5G 网络上行链路将 4K/8K 全景视频传输到核心网侧视频服务器，再通过下行链路传输给多位用户。

4.4.1.4 感知定位

精准的定位，是推动众多行业应用实现的基础，包括无人驾驶、山地滑坡监控、室内导航等。在 5G 时代，实现精确感知定位的方法，包括两种，第一，是基于 5G 本身的技术，实现较既往 Wifi、4G 基站定位精准度更高的模式，具

体而言，它是利用基站和终端之间直射径和反射径提供的信息，便可估计出物体的精确位置。无线信号在传播过程中遇到人体会发生反射、衍射但散射等现象，从而对信号的正常传播产生扰动。通过分析接收信号的扰动变化特征，便可感知信号在传播过程中所遇到的人体的状态。第二，是充分融合同期的北斗技术，一方面，北斗本身能够实现定位，另一方面通过二者融合，弥补卫星定位的不足，主要是城市高楼和峡谷的遮挡等。具体到应用领域：

山体滑坡监控：依托 5G 物联网技术，将大量用于探测地质松动、细小位移的监测传感器接入监测网，实现边坡滑坡地质灾害的智能分析、预警。同时将 5G 与北斗技术融合，实现优于 1 毫米的高精度定位，一旦发生异常位移，可精确定位隐患位置，便于迅速排查和第一时间处置。

无人驾驶：高速公路的无人驾驶导航，需要实现车道级的导航，需要高精度的定位，这需要 5G+北斗的融合技术进行实现。此外，室内的无人机器人等，需要 5G 的室内定位技术实现。

智慧商超：对于消费者来说，通过室内定位技术，为广大手机用户提供精准的商品推送、定位导航、停车场反向寻车等服务。

智能制造：借助室内定位技术，实现对工厂内的人、车、物、料等的精确定位、无缝追踪、智能调配与高效协同，用来大幅提升工厂的精益生产及精细化管理水平。

4.4.1.5 AIoT

智能物联网（AIoT）是指系统通过各种信息传感器实时采集各类信息（一般是在监控、互动、连接情境下的），在终端设备、边缘域或云中心通过机器学习对数据进行智能化分析，包括定位、比对、预测、调度等。在技术层面，人工智能使物联网获取感知与识别能力、物联网为人工智能提供训练算法的数据，在商业层面，二者共同作用于实体经济，促使产业升级、体验优化。从具体类型来看，主要有具备感知/交互能力的智能联网设备、通过机器学习手段进行设备资产管理、拥有联网设备和 AI 能力的系统性解决方案等三大类。从协同环节来看，主要解决感知智能化、分析智能化与控制/执行智能化的问题。

5G 为 AIoT 的发展提供了网络的底座，具体的场景包括：

建筑人居类场景：一是，通过单品+系统联动场景，向“管家模式”迈进；二是，增强安防措施、改善居住体验、运营降本增效是场景共性；三是，以智能端为入口，配合平台完成感知、分析与联动。

工业场景：目前 AIoT 在工业领域的使用体现为单点式应用，多通过工业物联网平台开发接口实现某几项与机器预

测相关的应用开发及数据处理强化，另外还有智能工业机器人及通过工业视觉相关的软硬件实现的一些感知识别与定位应用。

城市管理场景：城市的运营和管理涉及到巨量的人员、设备、数据、行为的管理，城市物联网能够利用遍在的城市基础设施，采集和处理原本需要大量城市管理人员才能处理的城市运营信息，实现城市的自动化运转。目前 AIoT 与城市公共管理的结合主要集中在视觉识别、分析预测、优化调度等领域，可通过功能开发应用于城市安全防控、交通监管调度、公共基础设施管网优化、智能巡检、民生服务。

4.4.2 九大应用场景

4.4.2.1 智慧安防

5G+智能安防网络解决方案由感知层、网络层、平台层、应用层四部分构成。

感知层：原有视频监控设备全面升级至全景、4K 及以上清晰度，通过海量的物联网终端接入提供多维度的信息采集，5G 网络加速无人机和机器人的商用普及，协助安防实现立体化的视频监控和信息监测，各类边缘计算能力也被部署至感知层。

网络层：依托 5G 大带宽、高可靠低时延、海量连接的网络接入和承载，同时 5G 网络切片，可为客户建立专用可靠的虚拟通道，保障客户视频大数据传输的安全及效率。

平台层：统一平台、云端部署、数据融通。云端实现大数据的深度处理和深度分析，为各政府各管理部门、各行各业提供内部数据共享并支撑决策。

应用层：依托统一的云端大数据，应用将更丰富、更智能化。

5G+智慧安防的应用场景，示例如下：

智慧要事安保：针对预设的关键路线，沿途部署 5G 移动摄像机，与固定摄像机、无人机一起组成立体的视频监控网络。各视频资源，汇聚到平台，平台基于地图全程显示车辆位置及沿途的多维视频，形成“上帝视角”。

施工场地视频监控：支持算法对工地的多个场景进行智能分析，替代人工，如安全帽识别、非法入侵检测等。高清视频还可以提供现场施工质量的更多细节，结合算法进行施工问题识别等。对于施工工期较短的场地，未来可以使用 5G 移动无线视频监控解决方案，降低成本，提升效率。

隐患监测：井盖丢失、水管破裂、渣土倾倒、垃圾桶不明物体等场景，可通过海量传感器（mMTC）将城市的各个设施连接起来，采集多维数据，全域覆盖的前端摄像机可以作为 IoT 的 Hub，结合自身的高清视频图像进行交互，进行边

缘智能计算，同时摄像机集成 5G 通信模块，可以将数据实时回传到城市治理管理平台，支持城市隐患的高效治理。

市容环境整治：对重点道路安装具备入侵检测能力的高清摄像机，对重点道路进行监控，通过入侵时长判断占道经营、出店经营或游摊小贩，联动平台调取实时监控视频进行确认。对于急需处置的事件，根据道路所属网格，向网格员发送处置工单，要求前往处置。

4.4.2.2 工业互联网

“5G+工业互联网”是指利用以 5G 为代表的新一代信息通信技术，构建与工业经济深度融合的新型基础设施、应用模式和工业生态。通过 5G 技术对人、机、物、系统等的全方面连接，构建起覆盖全产业链、全价值链的全新制造和服务体系，为工业乃至产业数字化、网络化、智能化发展提供了新的实现途径，助力企业实现降本、提质、增效、绿色、安全发展。

2021 年 5 月，工信部发布了《“5G+工业互联网”十个典型应用场景和五个重点行业实践》，其中的典型场景包括：协同研发设计、远程设备操控、设备协同作业、柔性生产早、现场辅助装配、机器视觉质检、设备故障诊断、厂区智能物流、无人智能巡检、生产现场监测。

4.4.2.3 智慧交通

5G+智慧交通，是以 5G 为基础，在交通领域中充分运用物联网、云计算、互联网、人工智能、自动控制、移动互联网等技术，通过高新技术汇集交通信息，对交通管理、交通运输、公众出行等等交通领域全方面以及交通建设管理全过程进行管控支撑，使交通系统在区域、城市甚至更大的时空范围具备感知、互联、分析、预测、控制等能力，以充分保障交通安全、发挥交通基础设施效能、提升交通系统运行效率和管理水平，为通畅的公众出行和可持续的经济发展服务。

基于 5G 的智慧交通的典型场景包括：

智慧路况监测：基于 5G+C-V2X 通信网络构建的智能路况监测平台可实现道路环境监控、流量分析、基础设施故障监控、智慧执法等业务。智能路侧设备对路面积水、路面结冰、雾霾天气、施工维护、隧道实景、车道异物、事故提醒、车速管控交通路况实施采集，通过 5G 网络将信息上传至云平台实时决策后，再通过 5G 和 C-V2X 将信息下发给车辆和行人，用于恶劣天气预警、道路施工预警、限速预警、闯红灯预警、车内标牌、拥堵提醒、绿波通行等场景。对于交通部门可用于道路精准监控、智能交通流量分析、路段环境同步监测、可变限速信息发布、交通事件预警、违章抓拍、

迅速响应指令的下发和执行，有效规避、减少交通拥堵和事故，保障出行安全、提高通行效率。

智慧高速编队行驶：指在高速专用道路上，将多辆车辆编成队列连接行驶，领队车辆为有人驾驶或一定条件下的无人驾驶，跟随车队为基于实时信息交互的无人驾驶车。

基于 5G 的远程驾驶：通过 5G 网络，实现对远端的无人车辆进行驾驶操控，尤其适合园区、矿山等相对低速的驾驶场景。

4.4.2.4 媒体娱乐

5G+媒体娱乐是充分利用 5G 的高速、低延迟等特征，前向为媒体行业，提供视频制播/直播等方面的应用。相关场景包括：

超高清视频制播：超高清视频主要是指 4K 及 8K 清晰度的平面视频，而超高清视频制播分为三个环节：超高清视频采集回传、视频素材云端制作、超高清视频节目播出。4K 视频在播出时需要 60-75Mbps 的传输带宽，8K 视频需要 100Mbps 的传输带宽，因此只有基于 5G 网络才能保证超高清视频回传质量。

VR 全景视频制播：5G+VR 全景视频制播整体架构与 5G+超高清视频制播架构类似，主要区别在于视频采集端和呈现端。VR 全景视频采集端需要借助 VR 全景摄像头，目前主流的 VR 全景摄像头都能进行视频画面的机内拼接，当视频清

晰度提高到 8K 时，则需要通过专用硬件设备进行拼接。此外，VR 全景视频呈现需要借助 VR 头盔一体机。

4.4.2.5 智慧政务

通过 5G 网络，结合超高清视频、VR/AR 等技术，可提升智慧政务远程服务水平与用户体验能力，真正做到让老百姓少跑腿，易办事。同时，5G+智慧政务将助力打通政务内部的数据收集和存储，破除“信息孤岛”，打造统一安全的政务云平台、数据资源整合和大数据平台、一体化网上政务服务平台，实现互联网和政务服务深度融合，推动政务服务的高效执行。相关场景包括：

5G 电子政务中心：基于 5G 网络+应用试点，可实现群众办事“毫秒办，目可提供办事材料高速上传、人脸识别、在线实时排队等服务，同时将提供 VR 政务服务、AI 引导、远程办事、移动审批、大厅人流监控等服务与管理功能。

5G 智慧海关：基于 5G 技术、物联网、大数据、云计算、人工智能等在智慧海关的应用，强化智能卡口、全景监管、移动查验等海关监管要素。

5G 智慧法：将 5G 技术与法院诉讼服务、庭审、审判、执行、安防等工作融合，实现远程庭审无时延、外出执行实时远程指挥、远程办公办案、VR 智能安保。

4.4.2.6 智慧能源

5G+智慧能源，是指采用具有长期成本效益的方法，利用 5G 网络，计算机、电子和先进材料等信息化工具，致力于提高能源利用效率，并尽量减少对环境的影响。其突出了三个方面的特点，第一是强调信息化的手段，即结合计算机、电子和先进材料等方面的技术进步，不断向能源领域进行渗透；第二是强调智能化的过程，使能源的储存、运输和使用更加智能，为相关者提供更多便利；第三是强调多样化的目的，包括更低的成本、更高的能源利用效力、更少的环境污染等，重视能源的经济性、高效性和环保性。具体到场景的应用，包括：

5G 智能站场：变电站、风电场、光伏电站等大多呈分散式分布，有些处于偏远地，光纤覆盖难，施工难度大，运行中产生大量的数据难以快速有效的进行传输。5 G 技术作为电力有线光纤通信的补充手段，可实时远程采集新能源发电的设备信息等各项数据，完成电网接纳响应，在海量接入的基础上，进行智能分析，提供高水平的运维服务，实现电力数据信息安全快速、高效交互。

5G 配网差动保护：该场景属于配电环节，配网差动保护的动作原理是配电自动化终端利用 5G 低时延及高精度网络授时特性，比较两端或多端同时刻电流量（矢量）。当电流差值超过门限值时判断为故障发生，执行差动保护动作，实

现配电网故障的精确定位和隔离，并快速切换备用线路，大幅减少停电时间。

5G 精准负荷控制：该场景属于配电环节，通过精确负荷设备解决电网故障初期频率快速跌落、省际联络线功率超用等问题。可分为毫秒级精准负荷控制系统场景（应用 uRLLC 超低时延）+配电站所秒级、分钟级智能控制系统场景（应用 eMBB 超大带宽特点）。

4.4.2.7 智慧园区

5G+智慧园区是指融合 5G 技术，具备迅速信息采集、高速信息传输、高度集中技术、智慧实时处理和服务提供能力，实现产业园区内及时、互动、整合的信息感知、传递和处理，以提高园区产业集聚能力、企业经济竞争、可持续发展为目标的园区发展理念。

目前 5G 智慧园区的典型应用场景包括：

5G 智能安防：通过 5G 提供的高带宽、低时延、实时位置感知实现海量高清视频流的采集、处理、智能分析，全面提升园区的安全防护能力。

5G 智慧出行：利用 5G 低时延高可靠场景，推广无人巴士、无人物流应用，方便园区公用出行。

5G 智能机器人：以 5G、AI（人工智能）、MEC（边缘计算）、激光导航、SLAM（即时定位与地图构建）技术、自主

避障技术、智能识别技术等技术，以服务机器人形式实现智能导航、智能巡检等服务，多方位提升园区智能服务水平。

5G 安全基础设施：通过在园区内布设 MEC 等基础设施，实现数据在园区内部的封闭，从而保证园区内部信息化应用的安全性。

4.4.2.8 智慧教育

5G+智慧教育，是指在教育领域（教育管理、教育教学和教育科研）全面深入地运用 5G 等现代信息技术来促进教育改革与发展的过程。其技术特点是数字化、网络化、智能化和多媒体化，基本特征是开放、共享、交互、协作、泛在。以教育信息化促进教育现代化，用信息技术改变传统模式。

目前 5G 智慧教育的主要场景包括：

5G 双师课堂：主要解决乡村教学点缺师少教、课程开设不齐的难题，促进城乡教育均衡发展。

5G 远程听评课：是在传统基于录播的远程听评课系统下，将录播终端 5G 化，基于 5G 移动网络来实现近端教室进行名师授课，远端教室进行互动、旁听，以及点评，促进教学反思，提升教学水平的 5G 教育应用

5G 校园智能监控：围绕学生的学习生活轨迹，从离/到家轨迹跟踪、校车人脸识别、到/离校门口无感人脸考勤、

校园边界视频监控预/告警、学生校内活动监控、食堂“明厨亮灶”监控等。有助于学校管理学生，家长了解学生等。

5G 远程巡考：建立教育考试网上巡查系统，实现多级网上巡查，对考试全过程实施全方位监控和即时录像。利用 5G 的高带宽、低延时特性，采集考试 4K/8K 巡查超高清视频数据，利用 5G 的边缘计算特性，对采集的海量视频信息资源进行视频数据的结构化分析，以实现相关的目标检测和跟踪、人物识别、动作识别、情感语义分析等功能，提升考场巡查视频智能考试 AI 行为判断核心能力，实现考生监控视频作弊行为的智能判断。

4.4.2.9 智慧医疗

5G+智慧医疗，是指基于 5G 技术，实现患者、医务人员、医疗机构、医疗设备之间的有效连接与互动，进而推动信息全面聚合，实现智慧化的应用。

目前 5G 智慧医疗的场景包括：

远程会诊：传统的远程会诊采用有线连接方式进行视频通信，建设和维护成本高、移动性差。5G 网络高速率的特性，能够支持 4K/8K 的远程高清会诊和医学影像数据的高速传输与共享，并让专家能随时随地开展会诊，提升诊断准确率和指导效率，促进优质医疗资源下沉。

远程超声：由于基层医院往往缺乏优秀的超声医生，故需要建立能够实现高清无延迟的远程超声系统，充分发挥优

质医院专家优质诊断能力。远程超声由远端专家操控机械臂对基层医院的患者开展超声检查，5G 的毫秒级时延特性，将能够支持上级医生操控机械臂实时开展远程超声检查。

远程手术：利用医工机器人和高清音视频交互系统，远端专家可以对基层医疗机构的患者进行及时的远程手术救治。5G 网络能够简化手术室内复杂的有线和 WiFi 网络环境，降低网络的接入难度和建设成本。利用 5G 网络切片技术，可快速建立上下级医院间的专属通讯通道，有效保障远程手术的稳定性、实时性和安全性，让专家随时随地掌控手术进程和病人情况，实现跨地域远程精准手术操控和指导。

远程监护：依托 5G 低时延和精准定位能力，可以支持可穿戴监护设备在使用过程中持续上报患者位置信息，进行生命体征信息的采集、处理和计算，并传输到远端监控中心，远端医护人员可实时根据患者当前状态，做出及时的病情判断和处理。

智慧导诊：医院通过部署采用云-网-机结合的 5G 智慧导诊机器人，利用 5G 边缘计算能力，提供基于自然语义分析的人工智能导诊服务，可以提高医院的服务效率，改善服务环境，减轻大厅导诊台护士的工作量，减少医患矛盾纠纷，提高导诊效率。

五、深圳市 5G 应用典型案例

5.1 垂直行业应用

5.1.1 南头古城案例

项目背景：由于疫情影响，节假日留深人员人数剧增，深圳南头古城有大量游客涌入，暴露出诸多古城日常管理的痛点。低效率人工监控和巡逻导致日常管理缺位、古迹保护要求和基础设施老旧难以改造施工、多厂家终端设备导致管理平台整合困难。



图 5-1 南头古城现场

解决方案：深圳电信通过对现场情况的深入摸排走访，提出以 5G 定制网为基础的 5G 融合物联感知平台方案。物联感知平台承载了 5G 高清影像采集和智能测距、人脸设备识别鉴权、AR/VR 文旅服务、影像监控云存储云备份等多种应用，以 5G 为抓手实现多场景、多技术、多终端、多厂家“一网通管”。同时，将 5G 定制网与政府服务内网打通，以 5G 物联感知平台整合政务多数据协同，实现民生服务和政务管理“一网通办”。



图 5-2 南头古城应用示意图

项目价值：5G 定制网实施部署快，能够迅速满足大量游客需求，轻量化施工保护古城遗迹。“一网通管”“一网通办”为古城市政管理和民生服务数字化转型升级打下坚实基础。

5.1.2 今天国际智慧仓储

项目背景：目前智能仓储在中国的战略地位将持续加强，未来智能仓储市场需求将进一步释放，智能仓储行业获得巨大的市场发展空间。今天国际主要面向生产制造和流通配送两大类型的客户，提供智慧物流和智能制造系统工程的一站式系统集成服务。今天国际与深圳电信签署 5G 战略合作协议，开展 5G 智能仓储深度合作，成立以 5G+工业互联网为核心的联合创新实验室。目前已开发纵向全栈、横向全线自主可控的 5G 工业级智能仓储系统解决方案。

解决方案：本项目结合中国电信自研 UPF 核心设备，建设比邻模式的 5G 企业专网，将 UPF 下沉至客户机房，端到端网络时延降低至 20ms 以内，并实现业务数据工厂内闭环。并同时根据行业建设了完善的 5G 智能仓储系统解决方案，开发了 10 个典型智能仓储应用场景，包括：5G+智能盘点、5G+集群调度、5G+云化控制、5G+C2C 控制、5G+AR 远程运维、5G+AR 智能拣选、5G+机器视觉、5G+户外导航、5G+数字仓储、5G+数字孪生管控系统等。



图 5-3 今天国际智慧仓储



图 5-4 智慧仓储现场效果

项目价值：该项目是全国首个基于自研 UPF 下沉的 5G 定制网方案，今天国际给予实际生产环境的一整套工业控制测试环境，可用于 uRLLC 工业控制场景的技术突破。同时今天国际作为系统集成商，中国电信可将 5G 定制网融合到场内物流的整体方案中，应用到千行百业，形成强大的社会影响力，目前今天国际已和中国电信共同申报今天国际全栈全线自主可控 5G 智能仓储解决方案。

5.1.3 5G+8K 城市之眼

项目背景：深圳市天威视讯股份有限公司联合深圳市气象局开展 5G+8K 超高清场景应用的建设。在深圳市天文台安装 8K 摄像机，作为城市之眼，通过 5G+8K 为深圳市气象局提供实时视频传输服务，实现对城市风光和自然风景在线实

时 8K 超高清直播。为了保证流畅、稳定的视频直播良好效果，关键是要解决网络传输中的时延和抖动难题。

解决方案：该项目采用 5G+8K 超高清视频监控系统整体解决方案。充分发挥中国广电 5G 网络(700M +4.9G)的“超高速率、超低时延”的技术特点，建设天威视讯 5G 超高清视频传输网络，采用独立组网模式、极简架构方案，满足 8K 超高清视频传送对低时延和低抖动的需求。接入网采用 700MHz+4.9GHz 低中频载波聚合技术，把不同频点的双载波资源有效聚合，发挥广覆盖和大带宽优势，为用户提供高速率、低时延、高可靠、低抖动的 5G 通信网络，为 8K 超高清视频的传输和控制提供稳定的网络保障。

8K 超高清视频监控系统是一款专业视频处理系统，可对 8K 超高清信号，通过 4K/HD 两种选框，选取 8K 全幅画面中任意部分，分别以 4K/HD 分辨率输出选框中画面，在电脑手机等终端设备实时观看。8K 视频信号通过 5G 网络传输到天威中心机房的视频服务器，显示终端可通过连接视频服务器获取 8K 视频码流进行播放。

项目价值：在城市的制高点、标志性建筑物上架设 5G+8K 的高清摄像机，在数据中心建立视频编辑和分发平台，旨在打造一张覆盖全市主要自然、人文、城市风景的高清直播网络，可为专业行业领域提供实时影像资料和城市数字底板，为普通民众提供大视角领略风光的便捷途径，为媒体提供高

清实时视频和素材库。在为城市建立数字档案库，记录城市的变迁和脚步，打造城市的高清数字名片的基础上，还可以结合深圳气象应用，随时监控深圳气象变化，为深圳气象防灾减灾提供重要技术支持。

5.1.4 腾讯云游戏

项目背景：5G 云游戏依赖高速的网络通道和边缘节点，远端部署的游戏将渲染后的游戏画面通过网络传送到用户终端。5G 的特性将解决云游戏发展的网络瓶颈，改善传统端游及手游业务延迟大、卡顿、丢包率高等问题，使得游戏变得轻便化、沉浸化，让玩家不再局限于设备的优劣、网络的快慢、端与端的差别，可以遵从内心深处的娱乐需求，实现轻端畅玩，尽享休闲时光。

解决方案：深圳移动与腾讯携手合作腾讯云游戏项目，共同开展 5G 与云游戏深度融合的技术探索，实现了 5G+边缘计算+网络切片+游戏的深度融合。利用游戏服务在边缘节点的下沉，成功将游戏时延从 100ms 降至 20ms，达到优质的游戏体验标准。基于 5G 核心网 UPF 转发面的联接能力和 GPU 服务器提供的算力，实现本地分流、本地渲染、本地计算等功能，使用户可以就近获得流畅无卡顿的云游戏业务体验，有效降低游戏延时，达到即连即玩、跨终端和优化体验的效果。

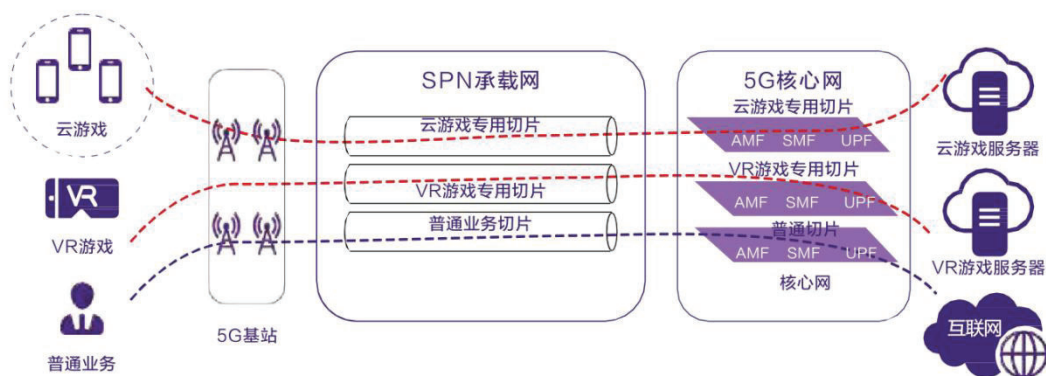


图 5-5 5G 网络切片技术保障

项目价值：在本地部署边缘计算节点，降低时延，同时将本地游戏用户进行分流，减少高峰期网络拥塞游戏掉线、卡顿等问题，实现 5G 云游戏内容集中到云端，杜绝对正版单机游戏的盗版破解、复制传播、游戏作弊等行为，保证游戏安全。

5.1.5 妈湾港 5G 智慧港口

项目背景：为解决传统港口自动化、智能化程度低，运营效率低、成本高的问题，深圳移动联合招商国科、华为等行业生态伙伴共同打造 5G 智慧港口，通过 5G 技术为港口提供可靠的网络运行环境，并不断探索 5G 应用场景，助力提升港口管理运营效率，保障信息安全，实现降本增效。

解决方案：妈湾港 0.5 平方公里的面积上，采用国内首创的 2.6GHz+4.9GHz 双频组网方式，下沉 UPF 部署边缘计算能力，实现网络切片自主配置。网络上行带宽约 180M、下行带宽约 900M、平均时延约 15ms，全面实现 5G 专网“大带宽、低延时、数据不出网”的特性。同时，持续探索智慧港口全

场景 5G 应用，5G 岸桥/场桥远控、5G 无人驾驶集卡、5G 智能理货、5G 网联无人机巡检、5G 智慧安防等五大场景已全部调通。

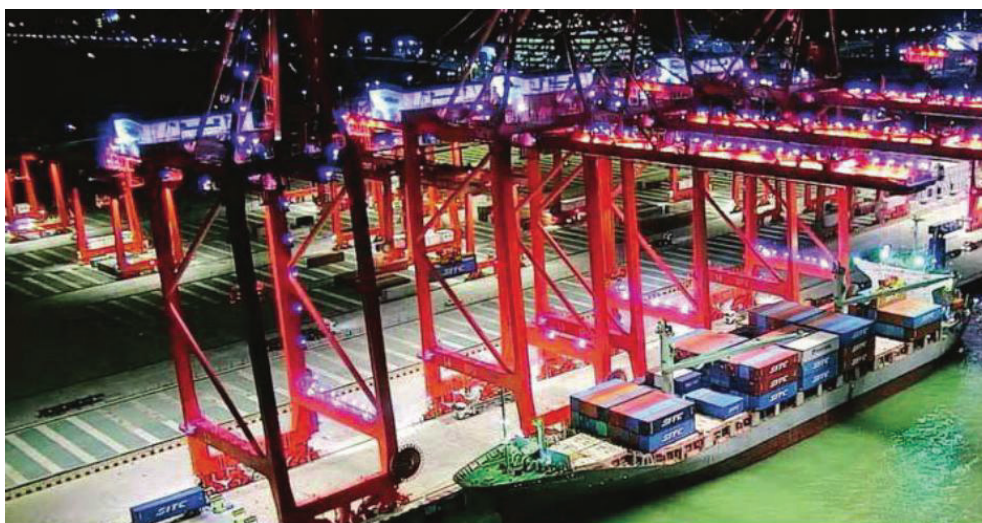


图 5-6 妈湾港 5G 智慧港口

项目价值：妈湾智慧港已初步建成粤港澳大湾区首个 5G 智慧港口，建成大湾区首张商用 5G 专网，在大湾区首次落地港口 5G 全场景应用，助力港口现场作业人员减少 80%，综合作业效率提升 30%。本项目获得第三届绽放杯一等奖，项目成果将作为智慧港口的中国方案，深度融入招商全球 50+ 港口布局，复制推广至国内外港口。

5.1.6 莲花山公园案例

项目背景：建设“智能公园”已成为我国旅游业发展的新趋势。2015 年 9 月，国家旅游局发布了《“旅游+互联网”行动计划》，明确规定到 2018 年，全国所有 5A 级景区将被提升为“智能旅游景点”。到 2020 年，旅游业各领域与互

联网达到全面融合，互联网成为我国旅游业创新发展的主要动力和重要支撑，网络化、智能化、协同化国家智慧旅游公共服务平台基本形成。所有 4A 级景区均实现了全部功能的覆盖，例如免费 WIFI，智能导游，电子说明，在线预订和信息推送。未来，新兴技术的发展，将为智慧公园，带来前所未有的机遇。为有效推进 5G 智能公园业务应用验证，逐步区域规模化，莲花山公园联合深圳联通，在深圳莲花山公园开展 5G 智慧公园应用。

解决方案：

（1）运用“互联网+”思维，利用 5G、物联网、大数据、云计算、移动互联网、信息智能终端等新一代信息技术，对公园的服务、管理、养护过程进行数字化表达、智能化控制和管理，实现公园智慧化服务、精细化管理，定制化数十个 5G 智慧公园产品，涉及“沉浸式”互动、“无人作业”精细养护、“智慧大脑”精细养护等方面，给市民带来充满科技感的 5G+智慧旅游体验。

（2）5G 服务机器人：基于 5G 网络大带宽、低时延的网络特性，智能服务机器人能提供游客测温、口罩佩戴识别、欢迎引导、互动提问等交互功能，与此同时通过自主定位、自主导航、自主避障等智能化行为，引导游客参观。

（3）AI 智能柜：在传统的实体物理柜基础上，通过 5G+AI 人脸识别技术，通过动态人像专用照相机抓取到的面部特征

进行分析并记录相关信息，通过智能人脸比对算法进行精准对比，然后控制开关柜门实现智能化存取控制和信息管理，不需要钥匙或者纸条，就能轻松存放东西，同时也减轻了公园管理处的工作。

（4）5G+智能健身步道：莲花山 5G+智能健身步道全长 1.5 公里，包含 2 块智慧步道显示大屏，5 根人脸识别杆，覆盖了莲花山漾日湖景点周边步道，可以让游客在健身休闲的过程中，通过人脸注册，体验到不用手机、不用手环就能实现跑步数据全记录。

（5）360° 全景慢直播：借助 5G 网络，以 5G+VR+8K 的科技手段呈现深圳城市名片，市民朋友足不出户就可以看到莲花山山顶广场的实时美景，可以 360 度尽览美景。



图 5-7 深圳莲花山智能汽车

项目价值：智慧公园是一个科学的系统，必须通过对公园的信息化建设与实施，从而实现信息资源、公园管理、园区体验等的全面整合。全面围绕游客的“吃、住、行、游、购、娱”等相关信息，构筑完善的游玩基础设施和信息化服务体系，为市民游客提供综合的智慧化公园体系，帮助市民游客获取便捷舒适的智慧公园游览体验。

5.1.7 5G+VR+8K “看见深圳”

项目背景：40 年短暂的历史，惊人的巨变，深南大道和它两边伫立的地标凝聚着深圳人对这座城市的情感记忆，也向路过这里的人们讲述着这座年轻的城市，一路艰辛闯荡的故事，它不仅仅具备交通的功能，更是这个城市展示所有精彩的电影胶带，“看见深圳”以深南大道为中心轴，通过录播+直播的方式，分别展示“深圳记忆、年轻活力、深圳绿、不夜城”四个方向。景色和人文精神的穿插，展现“看见深圳”的特有主题。

解决方案：深圳联通结合 5G、VR、8K 等技术，打造了深圳首个以 5G+VR+8K 的科技手段呈现城市名片的应用，深圳联通分别在东门临街楼宇、莲花山观景区、招商局广场顶楼、联通大厦顶楼、联通沙河信息园、梧桐山、人才公园、腾讯滨海大厦、深圳中心书城等多个站点采集城市数据，并提供广东联通官方抖音号、环球网、今日头条等多个途径，为全国各地的市民提供了 5G 窗口，沉浸式观赏美丽的深圳。

项目价值：在 24 小时的流畅直播下，白天可以尽览深圳繁华，夜晚则共赴璀璨多姿的灯光之旅。多视角、全方位观看深南大道地标，可以转换不同角度，看见不一样的深圳。VR 视角下沉浸式观赏，让深圳更加风情美丽。

5.1.8 比亚迪 5G 制造案例

项目背景：传统生产工厂往往面临生产环境复杂，移动设备多，数据回传设备线路铺设难度大、成本高等问题，有线组网方式复杂且损耗严重。

解决方案：中国联通深圳市分公司运用 5G MEC 边缘云技术在比亚迪园区实现企业级 5G 专网，基于一个边缘计算平台、一张 5G 网络实现比亚迪坪山园区内多个场景接入。目前，比亚迪焊装工厂、总装工厂、云巴等业务都已接入 5G 网络。焊装工厂：进行比亚迪汉、唐等高端车型的生产，基于 5G+MEC 架构实现工厂生产数据不出园区，采用 5G 联网之后实现工厂区域内的大规模设备联网，同时增加了设备的移动性，为焊装工厂扩建网络留下了空间，有效提升了工厂智能化水平；总装工厂：基于 5G 网络大带宽、低时延的特性，结合人工智能算法，打造可以满足汽车高柔性化生产的先进生产线，为后续 5G 机器视觉检测，提供更快的车辆外观检测速度；云巴：通过 5G 网络实现车地通信，并且通过 5G 专网给予不同业务不同的优先级和保障。



图 5-8 比亚迪智能车间

项目价值：5G+MEC 边缘云技术保障了生产数据的安全性和封闭性，针对复杂的工业现场环境也可提供无线接入的方式，实现快速部署，灵活接入，助力工业企业的数字化、智能化变革，为提升企业生产效率、实现降本增效提供稳定的网络化保障。

5.1.9 盐田国际码头“5G+智慧港口”

项目背景：盐田国际集装箱码头是中国进出口贸易出口的重要门户，也是全球最繁忙的集装箱码头之一。当前码头的光纤岸桥操控存在部署成本高、维护成本高、投资高、柔性差等问题，且现场存在有线通信、4G、WIFI 多网络共存现象，难以维护和数字化改造升级。

解决方案：深圳联通为客户部署 5G 定制网，核心网部署独立 5GC，所有网元均为客户专属，规划设计按需定制，

端到端网络协同优化。以 5G 定制网为基础赋能码头多种 5G 应用：通过岸桥 5G 化改造替换现有光纤网络，实现远程操作，减少维护和人力成本；通过对龙门吊的 5G 无人化改造，实现遥控操作，自动锁孔对位，人工监管自动吊装等作业；港区 AGV/IGV 自动驾驶，车载传感器数据实时回传，通过增强定位和低时延报障实现自动控制无人驾驶。通过 5G 无人机及 5G 监控实现港区无死角监控，提高巡检问题反馈的及时性和处理的高效性。

项目价值：大大降低客户港口运营成本，仅远程控制岸桥一项业务，即可节约人力成本约 1 亿/每年。5G 网络取代当前多制式网络，实现无处不在的宽带接入，满足环境监控、高清视频、海关作业、远程控制等多业务接入场景需要。

5.1.10 深圳巴士集团 5G 公交案例

项目背景：为深入贯彻落实国家建设网络强国、数字中国、智慧社会的战略部署，落实绿色出行理念和城市公交优先发展战略，提升公交智慧调度、运行监测、安全管理、应急指挥、决策支撑、信息服务等，深圳联通与深圳巴士集团合作开展 5G+公交创新项目研发，共建 5G 精品智慧公交线路及行业应用标杆，打造“5G 智慧公交”服务运营新模式，有效提升公交运营企业全方面、多维度的管控水平。

解决方案：5G+VR 观光巴士：车身外面搭载 N 路摄像头，通过 5G 网络向游客提供沉浸式 Cloud VR 旅游体验，构建商

业合作新内容，催熟 Cloud VR 新模式。摄像头拍摄画面通过 5G 网络实时处理拼接，推流到用户端进行观看，乘客可通过连接 VR 眼镜或头盔观看实时 360 直播画面，提供一种沉浸式的全新体验。同时亦可提供微信小程序直接观看直播画面，满足用户不同的体验需求；5G 超高清视频监控：通过 5G 大带宽网络，可实现全车多路高清视频实时回传至监控中心。并结合大数据、图像识别等高新技术，提高汽车行驶安全性。可在超高清视频监控的基础上实现对驾驶员和乘客的行为分析，保障驾驶安全。

项目价值：深圳联通结合 5G 网络技术特点，打造 5G+VR 定制化观光巴士，带动旅游观光巴士行业发展，建设为民、便民、惠民的 5G 智慧公交体系，以满足国内外游客多元化的旅游观光需求。同时致力打造中国旅游观光巴士新标杆，全方位展示深圳经济社会发展成就，提升城市形象，助力现代化国际化创新型城市建设。

5.1.11 创维“5G+8K” 柔性智能工厂

项目背景：创维作为具有全球竞争力的智能家电和信息技术领军企业，自 2019 年我国 5G 正式商用以来，创维与中国电信合作，率先在打造一张 5G 融合专网、建设一个数字化制造系统、落地四大核心 5G 场景。对深圳市宝安石岩创维工业园区的平板生产大楼、海外生产大楼工厂进行 5G 全覆盖，建设 5G SA 基站和室分。在客户侧机房全下沉部署中

国电信自研 UPF+MEC，深圳电信建设高质量的 5G 融合专网为创维工业园区提供业务隔离、业务可靠性和高安全要求提供网络基础，提供了低时延、大带宽、高算力的业务保障能力。5G “进厂”有力支撑制造行业的提质增效、转型升级，助力智能工厂建设。

解决方案：创维联合中国电信打造一张 5G 融合专网、建设一个数字化制造系统、落地四大核心 5G 场景；建设 5G 融合专网——以有线网络为基座，融合 5G，形成全流程覆盖，最大程度支持制造生产环节的云边协同；建设 DMS 数字化制造系统——对下连接设备、物料、产品，对上连接工业软件应用系统。深圳市“5G+工业互联网”第一批试点项目，落地四大核心生产场景。



图 5-9 5G 数字化制造系统界面

创维“5G+8K”柔性智能工厂基于优质 5G 融合专网为底座，以数字化制造系统为中间件，利用 8K 视觉、AI 大脑、云边协同等，实现企业降本增效和对外引领行业的效果。

项目价值：创维联合中国电信打造“5G+8K”柔性智能工厂，借助着 5G 的优秀特性，通过传统制造产线的升级和改造，通过 5G 实现融合网络升级，围绕生产的全流程，核心落地了四大 5G 应用场景，成立广东省 5G+8K 重点实验室，深入研究 5G+融合网络支持柔性生产、5G+AI “车间眼”智能视觉检测、5G+8K+VR/AR 智能远程运维、5G+智能物流，通过“5G+”，带来了具有借鉴意义的产业升级，为制造行业数字化战略转型升级探索了新路径。

5.1.12 立体通 5G+3D 立体显示

项目背景：随着 5G 的普及，互联网从二维向三维发展也将是必然趋势。三维互联网时代的相关应用将更具沉浸感，进一步模糊虚拟与现实之间的界线，也能够弥补当前二维互联网应用的不足。立体通借助于 5G 网络的大带宽、高速率、低时延的特性，结合 3DFan APP，让用户无需佩戴眼镜、头盔等辅助设备，裸眼即可实在在线观看 3D 电影，享受身临其境的 3D 显示效果。

解决方案：3D 游戏方面，通过手机、平板电脑等移动设备外贴立体通裸眼 3D 智慧膜，结合立体通 3D 游戏 APP，可以使用户体验震撼的游戏效果，3D 游戏的逼真画面将在 5G 的赋能下，变得无比流畅。对于 3D 直播，通过手机外挂 3D 直播设备，结合 3D APP 使用，让直播现场更真实，粉丝观

看更生动，实现主播与粉丝之间的“0 距离互动”。



图 5-10 5G+3D 立体显示

项目价值：裸眼 3D 技术作为显示领域的最新技术手段，应用于互联网领域后，其便利性、真实感、沉浸感、交互性等优势将使互联网信息介质实现革命性飞跃。无论是应用于影视、游戏等娱乐领域，还是应用于社交、直播等强信息交互领域、以及 3D 视觉训练等实用领域，都具有当前二维互联网无法比拟的优势。

5.2 公共服务能力提升

5.2.1 基于 5G SA 切片的智慧警务

项目背景：深圳公安坚持科技强警路线，与深圳电信有着深入的合作基础，5G 时代与深圳电信一起探索智慧警务新应用和新场景。新型警务应用有着以下三点要求：1. 满足新型警务设备（如警用无人机、无人车、ARVR、高清监控）的

大范围移动高清视频回传要求。2. 满足立体化快速部署要求。3. 满足网络连接高可靠和安全隔离要求。

解决方案：针对大带宽、立体化快速部署、高可靠、安全隔离等要求，深圳电信为客户打造警务专用 5G 定制网，落地城域级警务专属 UPF，承载网采用 FlexE 技术实现物理隔离，空口侧配置高优先级的 Qos，保障警务应用优先接入，并提供带宽保障。N6 口通过 IPRAN 专线连接公安内网，实现端到端的安全隔离。同时，5G 定制网与 5G 高清视频监控、5G 无人机、5G 服务机器人和警务机器人等新型警务应用相结合，打造了新洲路交警示范路、世界之窗智慧警务室、全国首个 5G 机器人义警等多种标杆应用场景。



图 5-11 5G+智慧警务应用

项目价值：在深圳重要反恐防恐区域，利用 5G 提升立体防控、应急处突能力。通过专用网络使警务数据实时、安全地接入公安内网，促进 5G 对警务的赋能，实现指挥中心

与单兵协同作战，打造海陆空立体化防控体系，助力民生安全保障。

5.2.2 5G+智慧水务

项目背景：福田区 5G+智慧水务项目，以广电 5G 700MHz 网络提供无线通信保障，围绕福田区水务局水污染治理、防洪排涝、水务设施管护与执法监管等业务管理内容，实施了水务基础数据采集、感知监测建设等建设内容。项目包括摄像头、水质监测传感器等采购设备安装、5G 网络覆盖敷设及系统集成等工作。

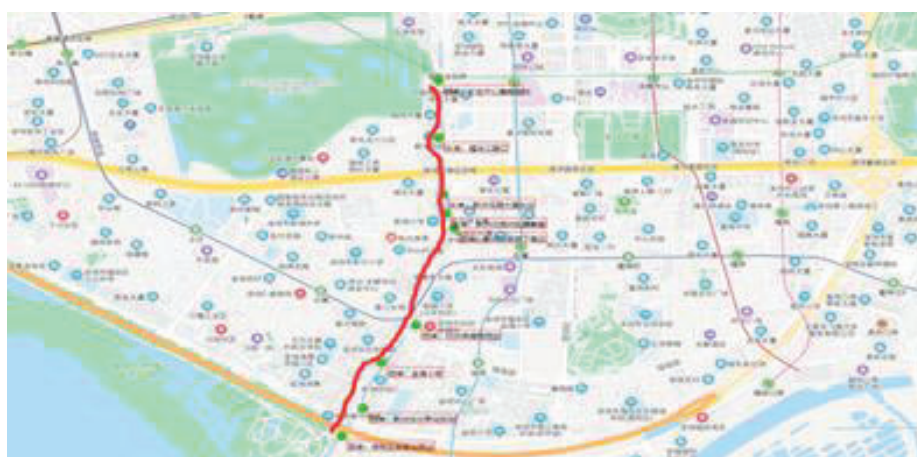


图 5-12 智慧水务覆盖范围

解决方案：智慧水务项目需动态监控福田区新洲河河流水域周边环境，在新洲河沿线（如下图）部署 11 个海康威视 5G 摄像头，为 11 个点位提供 1 年的广电 5G 通信服务，每个点位的要求上下行速率不低于 10Mbps 的带宽。利用 4K+AI 摄像头和物联感知等设备，对排口、积水风险点、大坝、排水渠等关键位置的水务相关数据进行采集。利用

700MHz 5G 网络将高清视频和数据实时回传到“福田区智慧管网监控平台”。平台利用 AI 图像识别技术判断潜在风险、识别违规行为等，并及时发出预警。

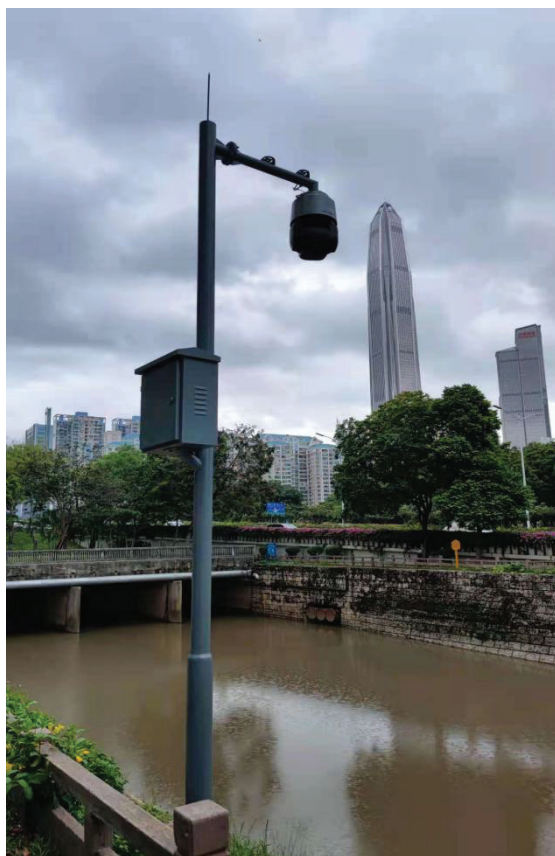


图 5-13 集成 700MHz5G 模组智能摄像头

项目价值：本项目已实现对新洲河部分流域 24 小时不间断的图像监测与识别，并在此基础上实现了风险和违规行为及时告警功能，极大地提高福田区水务管理效率。

5.2.3 坪山 5G 政务专网

项目背景：传统的政务办公模式存在三大痛点，一是办公便捷度低，缺少政务无线办公网络；二是有网络安全隐患，存在无线 Wi-Fi 共享设备私接政务网络的现象；三是办公效

率较低，政府部门日常要处理大量的办公信息，数据业务承载量过大时容易引起网络不稳定、数据下载速度较慢等现象。深圳市坪山区突破专网访问地域限制，降低网络安全风险，转变传统高成本建网模式，依照“数据多跑路，人民群众少跑路”，“全心全意为人民服务”的设计理念，大力推进“互联网+5G 政务服务”项目创新。

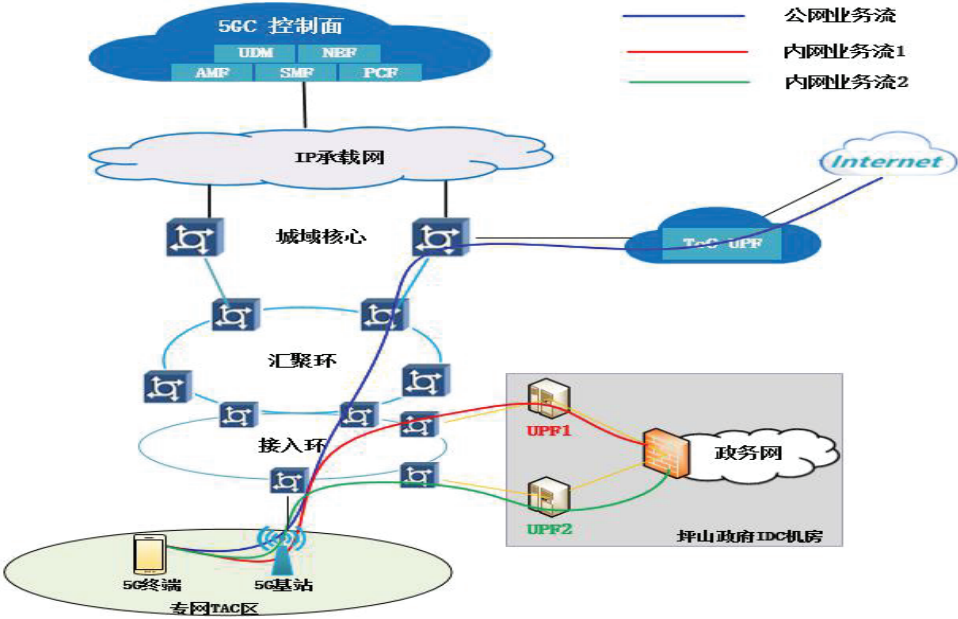


图 5-14 坪山区政务专网网络拓扑图

解决方案：为解决当前存在的痛点问题，深圳移动与坪山区政府共同探讨搭建基于 5G 专网的政务融合场景，核心网采用负荷分担的方式进行组网，不同的用户由 SMF 采用负荷分担算法分配不同的 UPF，建立相应的公网业务和专网业务接口。专网用户以公网接入 APN（CMNET）接入实现不换号不换卡，专网业务和公网业务双保障。项目已落地移动办公系统、视频平台、5G 摄像头及三维地图等多个应用场景，实

现了数据不出园、个人流量与公网流量分离、5G 专网与传统 VPN 解耦等效果。同时，项目首次实现了 ULCL 技术应用，各类应用可通过 API 定位码智能识别专网环境，并可通过切片方式为各类用户提供不同等级的接入体验。

项目价值：完成首个 5G 政务专网部署，取得多项技术突破：一是全国第一例 ULCL 技术应用，支持不换卡不换号快速接入 5G 专网；二是全国第一例专网计费分离，实现个人和专网计费分离，支持专网商用；三是全国第一张 VPN 解耦网络，5G 专网看齐内网，剥离 VPN 高效接入；四是打造全国第一个 2B2C 政务专网应用，将 5G 带入 2C 行业，双向带动产业链发展，迈开 5G 引领 2B2C 行业的标杆步伐，进一步推动智慧城市建设。

5.2.4 南方电网 5G 智慧电网

项目背景：国家能源发展“十三五规划”和党的十九大对现代能源体系都提出了更高要求，要让广大人民群众从“用上电”迈向“用好电”，不断减少停电时间，提高电能质量，打造安全、高效、绿色的智能电网系统。针对电网设备点多面广，光缆无法覆盖的现状，中国移动联合南方电网在深圳开展 5G 智能电网应用项目，充分利用 5G 低时延、高带宽、大连接的特性和网络切片技术满足电力业务差异化网络和安全隔离需求。

解决方案：项目在电力输、变、配、用各个环节开展 5G+智能电网应用创新，完成一条 10KV 线路和 500KV 变电站的 5G 网络覆盖，实现了网络切片、配网差动保护、配网三遥、高级计量和应急通信等 5G 场景应用。在输电环节，利用 5G 技术实现更灵活的视频监控调度、更高质量的视频采集、更低时延的数据回传；在变电环节，使用 5G 网络实现 AR 巡检、无人机/机器人巡检，降低人力成本；在配电环节，实现了配电差动保护、配电自动化，助力降低网络时延，提高数据传输的安全性；在用电环节，计量设备通过 5G 通信模组的适配性改造，实现设备与主站间的数据通信能力和秒级抄表频率，验证配网计量、智能电表直抄及费控通过 5G 网络实现的业务功能。

项目价值：打造了全球首个输电、变电、配电、用电全业务示范区，3GPP 5G 电网提案 20 余篇，创造了多项全球第一，包括首个配网差动保护外场测试、首个 PMU 外场测试、首个 SA 切片端到端外场测试等。输电环节，使用 5G 无人机巡检，500kV 输电线路巡视时间由 10 天降为 2 小时；变电环节，使用 5G 巡检机器人，设备巡检效率提升 80 倍；配电环节，完成了全球首个 5G 配网差动保护测试，利用 5G 低时延、高精度授时，故障恢复时间从天缩短至分钟；用电环节，使用智能电表，完成秒级电表数据远程直采，人工抄表逐渐成

为历史。项目荣获深圳全球应用大赛优秀场景奖，并连续获得三届绽放杯一等奖。

5.2.5 福田区医联体 5G 智慧医疗

项目背景：医疗行业信息化主要面临以下三方面挑战：一是新场景对通信保障提出了更高的需求，医学视频、影像类数据应用都对网络带宽、传输质量、传输速率、可靠性等提出了新的要求；二是病患信息存在泄漏风险，医疗信息系统采集大量的病患信息，如电子病历、医疗影像等，需要保护病人个人隐私和医疗数据不被泄漏，并降低被篡改的风险；三是数据资源共享难，由于各医疗机构医疗信息系统标准不统一，医院内外部缺乏临床信息共享和交换，数据整合性不高，健康数据共享难，医疗数据资源利用率低。

解决方案：深圳移动基于医院的实际场景，在医联体部署 5G 卫生专网，进行 5G 医疗终端研发，建立全场景的 5G 智慧医疗应用，从技术到业务实现网、端、业三大创新。在保证全区医疗机构信息高效安全互通的基础上，率先完成 5G 远程急救、5G 远程会诊、5G 移动诊疗、5G 社康急救指导、5G 智慧病房等应用，实现医联体服务的远程化、移动化、信息化快速升级改造。在疫情期间，基于 5G+MEC 的医疗专网，通过床旁会诊、远程会诊、社康急救切实落实分级诊疗，助力精准疫情防控。



图 5-15 福田区医联体 5G 智慧医疗

项目价值：福田区医联体 5G 智慧医疗项目以 5G MEC 和切片技术为底座，部署区域 5G 卫生专网，涵盖院内、院间、院外三大场景，满足医疗业务数据不出场、高带宽、低时延、灵活接入等需求。项目荣获绽放杯 5G 应用大赛二等奖、深圳双十政务项目，创下了 5 个全球第一：第一批 5G 建网标准制定、第一个 5G 医疗推车改造、第一个基于 5G 专网的院前急救、第一个 5G 智能抢救车、第一个区域级 5G SA 医疗专网，项目可复制性强，具有行业示范效应和里程碑意义。

5.2.6 北京大学深圳医院 5G 空中诊室

项目背景：由于中国人口众多，总体医疗资源有限，大城市集中了绝大多数三甲等大医院，而二三线城市医疗、农村地区医疗服务行业整体实力薄弱，大量患者无法享受到一

线城市三甲医院的医疗服务。对于患者来讲，人们就医时亦存在着费用高、交通不方便、就医程序繁杂等现象。

解决方案：为解决超声远程会诊系统图像画质、实用性、工作效率的问题，深圳联通携手北京大学深圳医院打造了“全国首家 5G 超声空中诊室”，利用 5G 网络引入流媒体服务器作为视频传输的枢纽，可支持多对多地视频播放、视频通话，云计算优化等功能，建设画质清晰、易用性高、低成本建设、效率高、功能完善的超声远程会诊系统。同时，5G 空中诊室提供了多方专家协同会诊、群组超声会诊等多种应用方式，突破地理位置、时间限制，实现随时随地可进行超声远程会诊。

项目价值：远程超声的运用，可以有效改变传统的医疗服务模式，提高医疗资源利用率，使老百姓在家门口就能享受三甲医院级别的超声检查。同时，还能防止出现医疗费用攀升等问题，促进医疗资源的共享，实现全新居民就诊就医模式。

5.2.7 深圳大学总医院新型疫情期间隔离病人监控手表

项目背景：新冠疫情爆发后，深圳大学总医院作为深圳市新冠肺炎疑似病例和确诊病例的定点收治医院，在新冠肺炎患者的管理方面面临着巨大的考验。在新冠肺炎爆发的初期，新冠疑似病例和密接病例的体温监控和位置监控，需要医护人员近距离进行，增加了医护人员暴露的风险。

解决方案：深圳大学总医院联合重庆邮电大学共同研发基于 5G+医疗物联网覆盖的疫情隔离人员精准监控系统，同时用可穿戴设备对隔离人员、传染病患者的位置和生命体征进行实时监测，定时上报隔离人员和传染病患者的体温、位置和重要的生命体征参数，供隔离区监管人员和传染病隔离病区的医护人员进行管理和判断，减少人员接触。并在发生数据异常或非正常拆卸即时报警。利用疫情隔离区已有的 2.6GHz 频段 5G 网络，采用“专享专网”模式，末端部署 5G-CPE+蓝牙 AOA 网关，通过 5G 专网，将末端疫情人员的监控数据信息回转至医院数据中心处理。

项目价值：减轻隔离区监管工作人员和医护人员工作量，较少工作人员与隔离人员和传染病患者的接触，降低传染风险。



图 5-16 联合设计的监测手表

六、未来展望

6.1 未来发展

未来，5G 技术带来的机遇和挑战将远超 3G 和 4G，将给各行各业带来巨大的应用价值和经济效益。目前，5G 正处于商用部署初期，增强移动宽带类的生活娱乐应用会最先得到普及，同时正逐渐渗透到各行各业等。5G 的生命力在于万物互联的创新应用。目前来看，在应用方面未知远大于已知，随着 5G 商用网络的部署，将有更多超乎想象的潜在可能性有待挖掘。

未来，我国将调动产学研用多方力量形成合力，共同推进 5G 网络商用部署和业务应用。持续加快 5G 网络建设，积极推动 5G 技术标准化工作，不断完善 5G 相关标准。进一步加强 5G 与云计算、大数据、人工智能等技术的融合创新，全面深化 5G 国际共识，推动国际合作。推动 5G 与垂直行业深度融合，探索新需求、新技术、新模式，构建开放共赢的 5G 全球产业生态。

6.2 下一代技术发展方向

网络架构未来的发展方向，人工智能技术将与无线通信系统、算法相结合，呈现出新一代智能无线网络架构。利用神经网络的黑盒建模能力可以从空口数据中估计物理信道，从而调整至最优调制编码方案。通过强化学习，基站和终端可自适应根据接收信号协调无线接入、资源调度等。

无线空中接口未来发展的方向，应用场景更加丰富，为满足不同场景对通信系统物理层技术指标的需求，需要对空口进行针对性的适配。在信道编码方案上，需要兼顾多元化的应用场景。对于多址接入技术，非正交多址接入会成为主流研究方向，通过优化可以提升用户承载数量、降低接入时延等。对于多入多出技术，超大规模的 MIMO 会被进一步升级，可在更宽的频率范围内实现更高的频谱效率。

通信频段未来发展的方向，太赫兹频段（0.1~10THz）位于微波与光波之间，频谱资源丰富，将会是未来重点研究频段。太赫兹具有传输速率高、抗干扰能力强等特点。同时，为了表征信道，还需要针对太赫兹通信不同场景进行信道测量与建模，建立精确实用化的信道模型。

6.3 5G 应用未来主要的应用场景

十四五规划建议进一步提出系统布局新型基础设施，加快 5G、工业互联网、大数据中心等建设，推动物联网、大数据、人工智能等同产业深度融合等相关要求，为信息通信产业发展指明了前进方向。从 5G 正式商用伊始，至今已两年有余，5G 前进的步伐也越来越清晰。基于 5G 网络的各种垂直行业应用，例如 4K/8K 超高清视频直播、XR、无人机等为用户带来了前所未有的体验。

由于 5G 时代数据量迅速的增长，未来的网络服务对用户有了更精准的分析，可以降低定制化服务的成本。服务模式从大规模标准化转变为小规模精细化服务。

人口老龄化问题，人们的健康管理水平会出现大幅度提升、寿命明显被延长。基于 5G 的新兴技术可以代替目前大部分需要人工操作的工作，加速产业智能化、自动化的发展，因此劳动者可以将更多的精力放在提高生活质量方面。

对于城市未来的发展，社会治理、交通管理、政务服务等方面会全面提升，社会的安全运转始终保持稳定性，可以使政府摆脱繁重的日常事务管理，聚焦政策的制定和服务的升级。

自然灾害带来的人身和财产损失巨大，目前对于自然灾害的监测和预防任务艰巨。5G 时代的到来，大规模 IoT 设备的互联解决了数据获取和分析的问题。在灾害发生的第一时间能够及时高效联动，迅速规划解决方案，处置紧急情况。通过事后大量的数据分析及统计，在水文气象、地质生态等方面的研究都会在 5G 的帮助下找到新的突破口。

5G 应用的快速发展重构了社会的经济力量，在传输速率、覆盖范围、接入方式上的巨大变革也带来社会管理效率的明显提升。5G 作为下一代通信技术，决定了未来十年电信行业的发展方向和进程。5G 的技术标准和应用场景同时也直

接决定了设备研发、网络规划、和运营服务等领域的未来走势。