



中国移动 新型智慧城市白皮书

5G专网分册

2023版



「前言」

近年来，数字经济蓬勃发展，已成为构建新发展格局、构筑国家竞争新优势的重要力量。5G 作为新基建的领头羊，为云计算、边缘计算、人工智能、区块链等多种前沿技术提供底层网络支持，网络性能的飞跃促进上层应用技术性能发生实质性提升。5G 与云、边、AI 相互融合，形成了数字时代从终端到边缘云再到中央云的一体化生产工具，5G 的可靠网络、云计算的海量算力与 AI 的应用智能相互协同，可以深入各行各业，支撑其创造出新的业务体验、新的行业应用以及新的产业布局。同时，5G 为区块链、量子计算等技术创造出更加广泛的应用场景，进一步拓展了行业应用创新的深度和范围。5G 不仅是通信技术的演进，也将全面促进新兴技术的创新与进步，5G 与新兴技术融合将形成放大、叠加和倍增作用，带来技术的“聚变”反应和能力激增，释放行业变革新动能，为各行各业带来新的技术生态和商业模式，改变人们体验世界的方式。

2023 年是中国 5G 商用第四周年，在央地政策的支持引领和产业各界的共同推进下，中国的 5G 发展取得显著成效。在基础设施上，5G 网络已实现城乡连续覆盖，并逐步加深加厚，已开通 5G 基站突破 300 万个，占全球 5G 基站的 60% 以上。在产业发展上，5G 手机渗透率已超 80%，截止 2023 年 7 月底 5G 移动电话用户近 7 亿户，占比超 40%。

在融合应用方面，5G 行业应用“广度”和“深度”双管齐下，已覆盖国民经济 97 个大类中的 40 个，应用案例超 5 万个，在智慧城市、工业能源、交通矿山等行业实现规模复制。

作为 5G 产业发展的基础和引领，5G 标准化进程经历了多次的提速过程。2022 年 6 月在匈牙利布达佩斯召开的 3GPP RAN 第 96 次会议上，3GPP Release 17 标准宣布冻结，标志着 5G 第三个版本标准正式完成。R17 让更多 5G 系统增强功能逐步走向成熟，将 5G 持续扩展至全新终端、应用和商用部署。同时，作为 5G 标准第一阶段的最后一个版本，R17 标准的冻结也意味着 3GPP 面向 5G-Advanced 的标准制定工作将全面展开。

R17 之后的 Rel-18/19/20 这三个版本，称为第二轮 5G 创新，2021 年 4 月，在 3GPP 第 46 次 PCG 会议上，正式确定 5G 演进标准名称为 5G-Advanced。随着 R17 标准的冻结，3GPP 也启动了面向 R18 的标准制定工作，R18 是业界对 5.5G (5G-Advanced) 关注的重点。5G-Advanced 是全球标准从 5G 演进到 6G 的关键“承上启下”阶段。5G 技术标准向 R18 推进，演进方向逐步明确：一是持续增强宽带能力（定义 5G 演进能力与需求、优化频谱资源配置和使用方式）；二是面向垂直行业的精细化设计（上行能力、定位等能力增强，更灵活的组网方案）；三是新业务场景开发（对新业务场景及网络要求研究，AI 增强网络能力，网络支持 AI 应用）。

随着 5G 标准的不断演进，其商用空间也随之不断拓展。通过 R17 在商用性能提升、新特性引入和新方向探索等方面的努力，5G 将进入更多应用场景，并与我们的日常生活和工作产生更紧密的联系。

「本书编写组」

指导单位

中国移动集团公司政企事业部

编写单位

中移系统集成有限公司

华为技术有限公司

亚信科技控股有限公司

主 编

龚杭

(中移系统集成有限公司)

参 编

柳行、胡冬升、胡桂华、王海强

(中移系统集成有限公司)

郭兴鑫、肖力、白云哲

(华为技术有限公司)

曾港、王迎、王丽梅

(亚信科技(中国)有限公司)

「目录」

01

行业趋势

02

愿景内涵

03

整体架构

04

应用场景

05

典型实践

06

产业协作



01

行业趋势



1.1 政策导向

1.1.1 5G 扬帆为专网发展打开政策空间

工业和信息化部《“十四五”信息通信行业发展规划（2021~2025年）》（下称《规划》）中涵盖了4大部分、26条发展重点、近3万字，描绘了信息通信行业的发展蓝图，是未来五年加快建设网络强国和数字中国、推进信息通信行业高质量发展、引导市场主体行为、配置政府公共资源的指导性文件。规划到2025年5G个人用户普及率达到56%，每万人拥有5G基站数达到26个。面向行业应用需求，推动5G行业虚拟专网建设模式、运营服务、技术方案创新与成熟，促进5G行业虚拟专网规模化发展。

在大的政策背景下，全国各个区域纷纷发布行动计划：北京计划在十四五期间建成5G基站2.5万，总数达到6.3万个，建成高质量、大规模独立组网5G网络。加快在工业互联网、车联网等领域的行业虚拟专网建设，积极引入网络切片、边缘计算等技术、进一步提升5G网络服务能力。广东计划到十四五末期，建成全国领先的泛在智能、互联互通、绿色高效、高安全高可靠的新型数字基础设施体系，建设5G基站25万座，5G用户普及率达到80%，5G虚拟专网数达到500个，创新能力达到世界领先。上海计划到2023年底，5G基站密度提升到每平方公里10个，每万人拥有5G基站数提升至28个，80%楼宇实现5G室内覆盖，积极推进5G应用“海上扬帆”行动计划，5G

应用案例总规模超 1000 项，获得国家层面认定的重点专项和试点的 5G 融合应用已有超过 200 项。。

1.2 行业发展

1.2.1 5G 标准化为 5G 专网提供强力支撑

北京时间 2022 年 6 月 9 日晚 10 点，在匈牙利布达佩斯召开的 3GPP RAN 第 96 次会议圆满结束。在本次会议上，3GPP Release17 标准（以下简称 R17）宣布冻结，标志着 5G 标准演进第一阶段圆满结束。

从技术演进阶段来划分，5G 第一轮技术标准分为三个阶段，分别是 R15、R16 和 R17。其中 R15 版本将主要解决 eMBB 类业务的接入问题，同时解决部分 uRLLC 业务接入问题。而 R16 将解决 5G 网络的大部分问题，满足对三大类业务场景的支持，实现 5G 的完全网络能力。作为前两个 5G 标准版本的持续推进，5G R17 为多项基础性技术带来了更多增强特性，包括容量、覆盖、时延、能效、移动性，R17 版本的冻结，将进一步促进 5G 能力再上新台阶。中国移动全面深入参与了 R17 标准的制定工作，技术提案总量达 3000 余篇，主导立项 30 余项，在技术贡献和标准影响等方面作出了突出贡献。

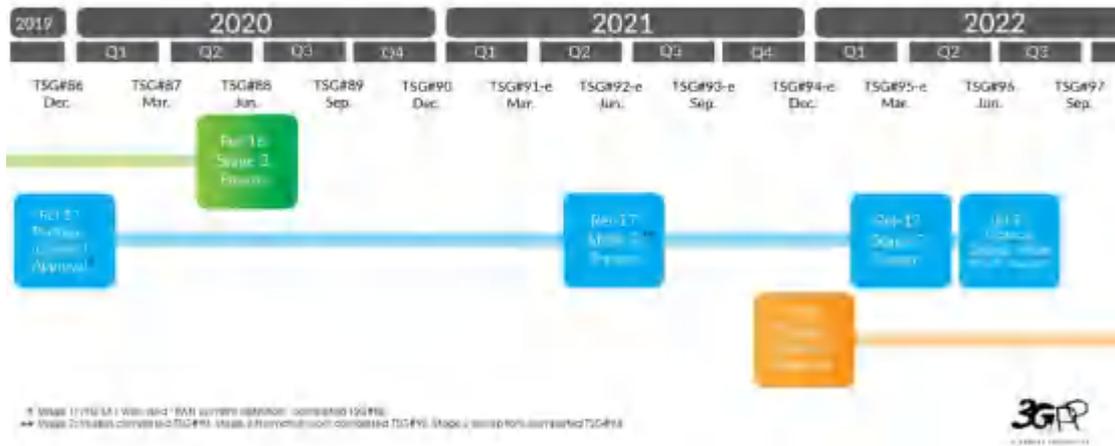


图 1 5G 演进路线

R17 版本引入了“新终端”“新网络”和“新功能”，对进一步拓展 5G 应用场景大有裨益。R17 重要的扩展特性是引入了面向较低复杂度物联网终端的“NR-Light”（即 RedCap），通过对 5G 功能和特性进行裁剪，降低终端的带宽和天线数目、简化双工传输、裁减协议流程功能、减少功耗开销，将 5G NR 普及到更低复杂度的物联网终端，同时有利于降低这类终端的能耗和价格。在智慧城市、工厂传感、视频监控及可穿戴设备等更多应用场景中，打造新型轻量级终端，满足低成本、低功耗、中等数据速率的物联需求；在公共安全、赛事直播等多种场景中，R17 版本中的天地一体新网络技术的卫星天链中继与地面通信相辅相成，共同构建空天地一体化立体融合网络，为用户提供无处不在、无时不在的通信服务。

R17 之后的 Rel-18/19/20 这三个版本，称为第二轮 5G 创新，2021 年 4 月，在 3GPP 第 46 次 PCG 会议上，正式确定 5G 演进标准名称为 5G-Advanced。随着 R17 标准的冻结，3GPP 也启动了面向 R18 的标准制定工作，R18 是业界对 5.5G（5G-Advanced）关注

的重点。5G-Advanced 是全球标准从 5G 演进到 6G 的关键“承上启下”阶段。5G 技术标准向 R18 推进，演进方向逐步明确：一是持续增强宽带能力（定义 5G 演进能力与需求、优化频谱资源配置和使用方式）；二是面向垂直行业的精细化设计（上行能力、定位等能力增强，更灵活的组网方案）；三是新业务场景开发（对新业务场景及网络要求研究，AI 增强网络能力，网络支持 AI 应用）。

中国移动积极进行 5G 演进技术研究，深度参与了标准、系统、应用等多个环节的发展。2021 年 2 月，中国移动联合产业界在 GTI 产业峰会上发布《5G 无线技术演进白皮书》，明确了中国移动对 5G 标准进一步演进的构思。2021 年 8 月，中国移动就联合伙伴发布“5G-Advanced 创新链产业链融合行动计划”；2022 年 6 月，发布《5G-Advanced 新能力与产业发展白皮书》。2022 年 12 月 12 日，中国移动研究院携手 65 位产业合作伙伴成功发布了《5G-Advanced “创新链 - 产业链”双链融合行动计划年鉴（2022 年版）》。中国移动计划以试验验证牵引产业链，以产业链激活技术创新，从而实现创新链和产业链的螺旋式良性融合推进，进一步推进 5G 可持续发展，助力早日实现 5G-A 有价值的新技术落地。

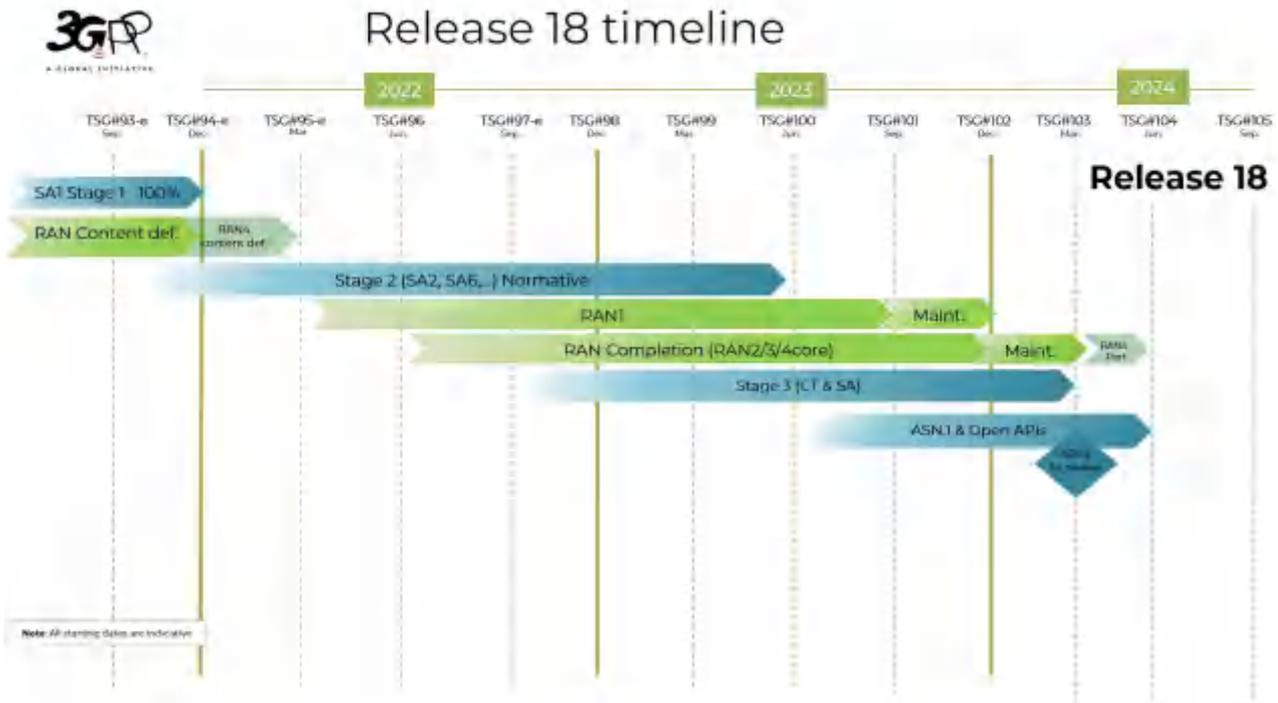


图 2 5G3GPP R18 标准演进路线

1.2.2 5G 专网加速在行业市场创新应用

随着 5G 标准的完善和商用的加速推进，5G 正在引领和催生各行各业的变革，移动网络将能够与更多的产业深度融合，实现“人和物”“物和物”快速相连，人类社会加速迈入万物互联时代。以 5G 为代表的“新基建”成为经济发展的新动能，重点发展的各大新兴产业如工业互联网、车联网、人工智能、远程医疗等都需要 5G 作为产业支撑。

ToB 市场呈现需求多样化特点，垂直行业领域众多，制造、电力、安防、金融等行业，对网络覆盖、可靠性、安全隔离性、数据保密性、设备移动性、网络控制权等特性的要求均不同于公网，基于公网的 5G

网络方案难以满足需求，需针对行业的特定场景提供定制化专用网络服务。

传统专网技术已无法完全满足垂直行业日新月异的业务需求，4G LTE 专网频率带宽窄、时延较大、网络和终端成本高；Wi-Fi 网络受限于其技术原理，在可靠性、稳定性和移动性等方面表现较差，且无法承载多域多类业务。5G 在速率、时延、可靠性及连接数等关键连接能力指标上都有跨越式提升。5G 定义的 eMBB、uRLLC、mMTC 三大业务场景，与人工智能、物联网、云计算、大数据、边缘计算等技术深度融合，极大地拓展了通信技术的应用范畴。服务化架构以及网络切片等新特性，增强了网络的柔性和灵活性，支持根据不同行业用户的需求，进行网络功能的重组定制、独立升级演进，使得 5G 网络可为各行业领域的业务应用提供理想网络支撑。

智慧城市是把新一代信息技术充分运用在城市各行各业，基于知识社会下一代创新（创新 2.0）的城市信息化高级形态，实现信息化、工业化与城镇化深度融合。5G 技术可以利用三大场景（eMBB、uRLLC、mMTC）将分布广泛、零散的人、机器和设备很好地连接起来，构建统一的互联网络。5G 商用四年取得突出成绩，如今越来越多的垂直行业场景，呼唤更强大的 5G。5G-A 要将 5G 的带宽速度提升 10 倍、时延降低 10 倍、连接密度提升 10 倍，引入 AI 等技术，实现更高效、更节能的网络服务。5G 的优势使其成为构建深层感知、广泛互联的新一代智慧城市基础设施，使多个 ToB 场景创新业务真正规模发展。

智慧城市必然是多场景多连接的场景，面向多样化的 5G 目标场景，3GPP 提出了三类 RedCap 典型应用场景对实现智慧城市具有重大意义，分别为：无线传感器、视频监控、可穿戴设备。

(1) 无线传感器

无线传感器设备包括城市环境中的压力传感器、湿度传感器、运动传感器、温度计、加速度计、驱动器等。该类用例的电池使用寿命要求至少可持续几年。

(2) 视频监控

5G 应用于城市管理、工业/农业或各类区域监测场景中，存在实时的视频监控需求，以应对安全风险问题、提升管理手段，从而更有效地管控城市资源。通过将 5G 终端模组与监控摄像机集成，为视频监控提供灵活、低成本的回传手段。

(3) 可穿戴设备

可穿戴设备主要包括智能手表、智能手环、医疗监控设备等，普遍要求设备体积小、功耗低。电池的理想工作续航为数天甚至 1-2 周。

未来，基于智慧城市的不断发展，5G、人工智能、大数据的能力将不断融合，并最终实现智慧的数字孪生城市。在此过程中，安全框架与安全能力将不断演进与完善，切片安全、安全智能、数据安全、安全可视化等技术将得到深化应用，最终为政府、行业、人民提供更便利、更安全的城市生活环境。

02

愿景内涵



2.1 愿景

中国移动致力于打造 5G 精品网络,推动 5G 最大化地使能千行百业。构建创新 5G 应用及行业平台,以 5G+AICDE 为技术方向,打造平台模式,推动 5G 专网+应用、5G 专网+平台、5G 专网+生态的模式,提供咨询、解决方案、交付、运维一体化服务,为各行各业提供端到端一站式服务。5G+智慧城市以 5G 为核心,以顶设、建设、融资、运营为路径,以国家新型智慧城市发展规划为指引,以成为数字孪生城市的构建者、整合者、运营者为目标,致力于推动以 5G 技术与城市融合,赋能城市闭环经营,发展数字经济,助力城市变革。

2.2 内涵

推动城市治理能力将大幅提升。随着 5G 网络和其他下一代设备的推广,社会将在人工智能、区块链、增强和虚拟现实等领域拥有以数据为中心的应用,并将进一步促进数据供求,使世界成为一个真正的数字社会。智慧城市在经历了以应用驱动的概念导入阶段、以技术驱动的试点探索阶段,以数据推进的统筹推进阶段,已经进入数字化转型的 4.0 阶段。数字化转型阶段的特点是技术赋能结合机制创新,用数字化转型的方式整体驱动生产方式、生活方式和治理方式的变革,最终达到城市化转型升级和可持续发展的目的。

推动城市感知的灵活度+城市服务的精细度。很多以前需要开挖路面、繁复布线的摄像头、智慧表计,现在可以通过 5G 专网实现安全的无线互联。5G+传感设备可以按需要临时或长期布设,即安即用,

极大地提升了城市感知的灵活度，为全域感知、数字孪生城市提供完善的数据基础，助力智慧城市建设从有线互联迈入移动互联时代。在5G加持下，物理城市正在和虚拟城市相融合，过去的物理信息正在变成极具价值的数字资产，指导城市治理、生产生活的优化，持续发挥数据动能，释放数据价值。

03

整体架构



3.1 业务架构

智慧城市数字化转型向纵深发展，对带宽、时延、安全性等方面的要求越来越苛刻，需要在靠近用户端，提供快速灵活部署的计算和连接能力，满足低延时、高带宽的业务发展新趋势。通过搭建云网边端体系，搭建符合智慧城市云网融合体系。



图 3 5G 专网整体架构

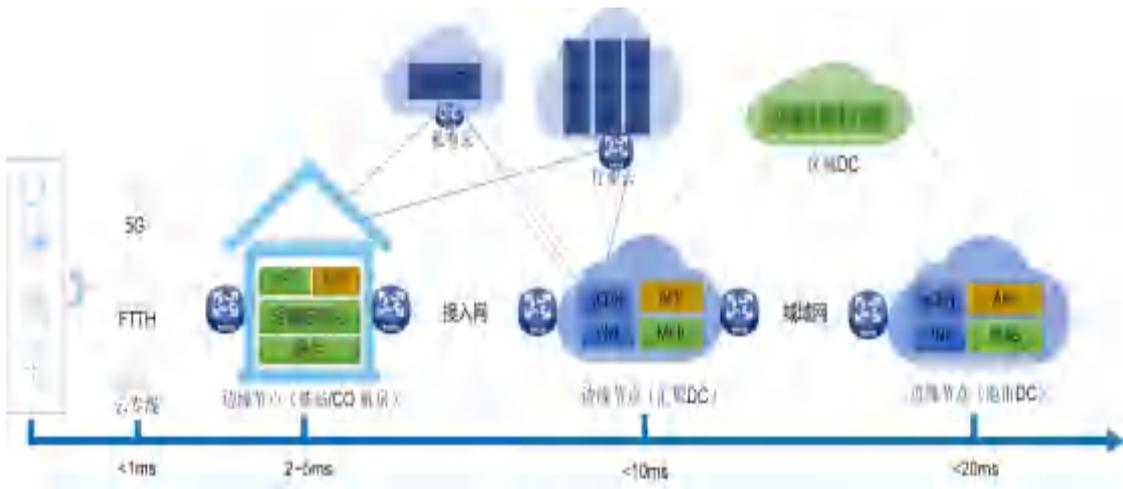


图 4 5G+边缘计算整体架构

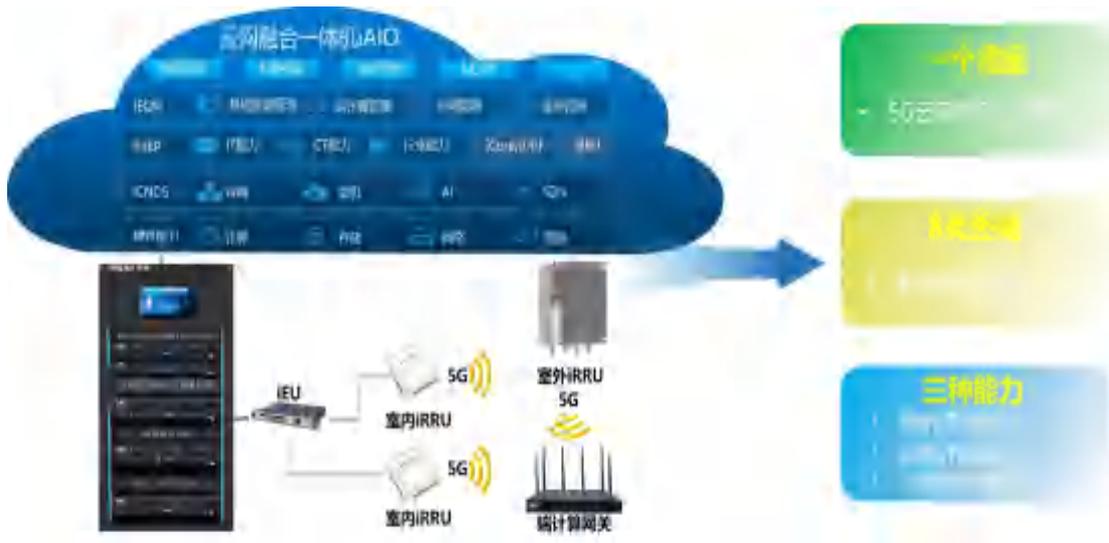


图 5 5G+云网融合整体架构

3.2 专网架构

中国移动 5G 行业专网核心网与面向大网用户的 SA 网络相对独立，采用“核心网独立部署，无线共用为主按需专用，共用传输资源按需隔离”的方式组网。



图 6 5G SA 组网架构图

3.2.1 优享模式

优享模式的 5G 专网,提供面向公众的无线资源,通过 QoS、DNN、网络切片等手段,实现业务逻辑隔离,满足客户对特定网络速率、时延及可靠性的优先保障需求,支持按需灵活配置。该种模式主要面向大部分广域业务和部分局域业务,如工业园区视频监控、人员及物品跟踪、数据采集类业务等。

(1) 业务范围

优享模式 5G 专网面向行业客户提供专网及增值产品订购及管理,面向物联网卡提供开卡、产品订购及业务管理等服务。

(2) 业务特征

1) 业务加速

为签约用户提供优先调度能力,基于 5QI 优先级调度用户的数据包,提供差异化业务质量。物联网卡订购卡产品时选择不同的加速档位完成业务办理。

2) 业务隔离

共享大网 UPF 资源,使用 DNN 和网络切片为签约用户提供专用业务数据通道,实现流量的定向汇聚,确保数据安全,并降低业务时延。

行业客户选择办理业务隔离产品,则网络侧基于全网默认切片为其开通全网/省内专用 DNN 完成业务办理,另外包含可办理的业务还有多 DNN、PCC 策略等。

3) 网络运维服务

为签约用户提供网络运行状态、切片指标查询，网络监控报警能力。该服务只面向监控切片。该能力仅适用于 SA 网络。

5G 专网优享模式面向行业客户、客户经理、专网运营管理人员提供面向监控切片的网络运行状态、网络监控报警能力，以上能力支持通过 5G 专网自服务门户查看。

3.2.2 专享模式

5G 专网的专享业务模式，通过数据分流和边缘计算等技术手段，结合优享业务能力，提供监控切片或专用切片及专用用户面下沉园区，满足企业客户数据不出场、超低时延、专属网络的需求，达到数据流量卸载、本地业务处理的效果。该种模式主要面向局域业务，且对网络时延和隔离保障有较高的要求，网络部署成本较优享方案更高。如：工业园区 AGV 物流配送、AR/VR 辅助远程现场等业务。

(1) 业务范围

5G 专网的专享业务模式面向中国移动的省内及跨省的使用物联卡及码号的行业客户提供专享产品的订购及管理，包括开卡、产品订购及业务管理等服务。

(2) 业务特征

1) 5G 专网专享模式网络能力

- 公网专用

为行业客户提供基于 SA 无线网络基础上定制化增强型无线网络，采用切片 PRB 资源预留。

切片 PRB 资源预留是指将一个或者多个切片的用户划分为一个切片用户组（普通切片无需配置切片用户组），并预留 PRB 资源。

- 能力类

本地业务保障

为行业用户提供低时延数据传输，通过在靠近用户侧的移动机房（如地市、区县及区县以下）新建用户面网元 UPF，将业务时延缩短至 20-40ms，提供业务低时延传输保障。

通过为行业用户分配专用 DNN，实现业务的定向流量和业务隔离服务。

数据不出场

通过将用户面网元 UPF 下沉至企业园区提供超低时延保障（ $\leq 20\text{ms}$ ），并提供分流功能，将用户特定业务流量在园区内分流至业务系统，保证敏感业务数据不出园区，同时提供数据传输的超低时延保证保障。

通过为行业用户分配专用 DNN，实现业务的定向流量和业务隔离服务。

边缘节点

为行业用户提供边缘计算节点的基础设施及边缘计算平台，满足用户对边缘业务和超低时延应用的部署需求。

边缘节点包括边缘云基础设施资源、边缘计算平台及边缘计算应用/能力。边缘云基础设施资源上可以部署虚拟化 UPF、边缘计算平台

和边缘应用。边缘计算平台统一服务框架，为应用提供网络能力和垂直行业能力，并代理开放大网能力。

2) 5G 专网专享模式服务类能力

SA 专享专网为行业客户提供网络设计、网络优化、网络运维、重保等服务。

- 网络设计服务

为签约用户提供无线、传输、核心网等多个领域高品质、定制化网络解决方案。

- 网络优化服务

明确服务质量，结合客户需求持续对无线、接入等网元进行优化，确保客户高品质体验。

- 网络运维服务

为签约用户提供网络运行状态、切片指标查询、边缘计算指标查询、网络监控报警等能力。

- 重保服务

根据客户需求，提供 7*24 小时的远程/现场服务，确保系统高可靠性运行。

3.2.3 尊享模式

5G 专网的尊享业务模式，通过基站、频率、核心网设备的专建专享，基于专用切片，来进一步满足超高安全性、超高隔离度、定制化网络的需求，达到专用 5G 网络、VIP 驻场服务的效果。尤其是通过丰

富基站站型、定制化无线频谱保障、上下行性能增强和差异化服务等多种定制化资源和定制化技术手段将重点保障无线空口传输能力，定向优化工业领域的 VIP 应用。该种模式主要面向局域业务，且对网络覆盖、速率、时延和可靠性等部分或全部网络关键性能指标和安全隔离保障有极高的要求，网络部署成本较专享方案更高。如：工厂产线 PLC、基于机器视觉的作业及部分远程控制等业务。

(1) 业务范围

尊享模式通过对基站、频率等专建专享，为行业企业客户构建专用无线网络，提供高安全性、高隔离度的尊享定制化建网服务；面向客户提供开卡、产品订购及业务管理、网络业务监控维护等服务。

(2) 业务特征

1) 5G 专网尊享模式网络能力

- **专网专用：**

为行业客户提供专用 5G 基站，在特定场景为行业客户提供专用无线覆盖和物理隔离保障，如地下矿山、工厂等场景。园区内不允许 2C 卡及非企业 2B 卡接入，且企业 2B 卡离开园区后不允许接入大网网络。

- **能力类：**

1. 业务隔离
2. 本地业务保障
3. 数据不出场
4. 边缘节点

以上能力参考优享模式和专享模式业务特征。

5. 超级上行

针对专网用户需求，目前通过调整帧结构实现上行速率增强，理论单用户峰值速率可达 750Mbps，满足上行带宽要求高的行业业务需求后续持续引入 CA、SUL 等上行增强能力。

6. 用户专用接入

通过基站白名单功能，实现特定基站仅允许特定用户接入。用户专用接入能力与专网专用绑定提供。

2) 5G 专网尊享模式服务类能力

尊享专网为行业客户提供网络设计、网络优化、网络运维、重保等服务。

- 网络设计服务

为签约用户提供无线、传输、核心网等多个领域高品质、定制化网络解决方案。

- 网络优化服务

明确服务质量，结合客户需求持续对无线、接入等网元进行优化，确保客户高品质体验。

- 网络运维服务

为签约用户提供网络运行状态、切片指标查询、边缘计算指标查询、网络监控报警等能力。

- 重保服务



根据客户需求，提供 7*24 小时的远程/现场服务，确保系统高可靠性运行。

04

应用场景



4.1 智慧治理

4.1.1 应用需求

智慧城市建设将探索“5G+治理”的新模式，使5G成为推动智慧城市建设和发展的“使能器”，充分发挥5G高带宽、低延迟、大流量的优势，把固定视频监控智能识别能力延伸到车辆、无人机、移动终端。

4.1.2 应用方案

(1) 车载巡查

对各部门配备有移动视频的作业车辆（执法、环卫、市政等）进行5G+AI+安全改造。利用成熟的后端视频智能识别算法服务，将端侧采集的视频或识别结果，通过加密方式实时回传，对城市治理中的游商、沿街乱晾晒、户外广告、垃圾箱满溢、乱堆物料、暴露垃圾、道路破损等问题进行动态实时分析上报。

(2) 无人机巡航

传统无人机在城市治理方面的应用，囿于无线网络速度、延迟等限制，主要是配合传统巡检方式采集海量视频图片，回来后再通过算法后台自发现存在的问题；或者投入高额成本在现有的无人机巡检设备上加载算法，实现实时自动巡检。

5G网络将赋予网联无人机超高清图视频传输（50~150Mbps）、低时延控制（10~20ms）、远程联网协作和自主飞行（100kbps，

500ms) 等重要能力, 可以实现对联网无人机设备的监视管理、航线规范、效率提升。5G 网联无人机将使无人机群协同作业和 7×24 小时不间断工作成为可能。

(3) 5G 单兵

5G 执法记录仪不仅可以作为执法人员工作时的现场作业留痕和现场执法取证, 也可以作为基层工作人员的移动作业利器。5G 执法仪设备能够通过 5G 网络接入城运指挥中心, 基层网格员、民警、执法人员、综治人员等在处理负责纠纷现场, 可以将现场的画面实时回传到指挥中心大屏上。指挥中心值班领导可以根据现场事态的发展, 指挥调动周边部门同事协同处置现场。做到看得见、调得动的目的, 及时控制突发事件, 预防事件升级。

5G 执法仪在一线执法之后, 可以通过网络将执法过程的音视频记录文件通过采集站, 或者 5G 网络, 回传到证据管理平台, 减少人力和工时, 提升工作效率。

(4) 智慧灯杆

智慧灯杆是未来城市物联网的重要信息采集载体。路灯智能物联网平台的建设是智慧城市的一个重要组成部分, 能够实现城市治理及市政服务能力的提升, 也是智慧城市的一个重要入口, 可促进智慧市政和智慧城市在城市照明业务方面的落地。

(5) 城市大型安保

对于大型赛事及重大会议, 应急处置是贯穿整个活动的重中之重, 对工作人员调度、现场视频监控都存在着需求。5G 执法记录仪实时录

制现场证据，在出现冲突时，可以及时录制证据，保护工作人员合法权益。政务终端支持双系统运行，在参与重大安保时可切换到安全系统，接入专用安全网络，保证过程信息安全，避免信息泄露。同时无线集群通信可以提供专业的指挥功能，应急事件可第一时间反馈到指挥中心；同时可以通过移动专用宽带通道，用于迎宾仪式全程保障、开闭幕全程保障、赛事场馆保障、车辆和在职人员的管理和指挥调度。

4.1.3 应用效果

5G+智慧治理可以充分利用 5G 网络将视频、语音、移动数据等信息及时上传到智慧城市管理平台，在日常事务处理协调和发生重大事件时，通过一网统管平台及时知晓，并通过融合通信平台将城运中心和部分委办局统一协调参与到事务处理中，高效地将各委办局通信手段拉通。同时赋予网联无人机超高清图视频传输（50~150Mbps）、低时延控制（10~20ms）、远程联网协作和自主飞行（100kbps，500ms）等重要能力，可以实现对联网无人机设备的监视管理、航线规范、效率提升，延伸了管理范围。

4.2 智慧消防

4.2.1 应用需求

国家统计局“2022 年国民经济和社会发展统计公报”统计：2022 年年末全国常住人口城镇化率为 65.22%。城镇之中人口密度高，建筑多，环境复杂；暴雨、洪涝、台风和火灾等灾害频发；随着城镇建

设与发展进一步加快，各城镇多样化的综合建筑体越来越多。多因素叠加导致多类灾害事故频次增高与规模增大，消防救援通信保障压力大，痛点多，难度大。特别是城市室内救援场景下，室内人员实时定位、通信覆盖、战场可视化难度极大，现有通信定位手段设备多、技术复杂，使用不便。

4.2.2 应用方案

通过低频段 5G 覆盖优势和射频技术解决室内定位问题；应用增强 5G+APClient 自组网协议技术解决室内深度覆盖接续问题；通过 5G 双光头盔与 5G 自组网绿盒子的高度集成为消防员减负增能；利用中频段 5G 大网解决与后方指挥中心回传通信问题；基于 CAD 图纸三维快速建模进行消防数字可视化战场建设；利用大网 MR 数据库获取受困人员名单；通过 5G 消息向受困人员发送施救信息和指南。

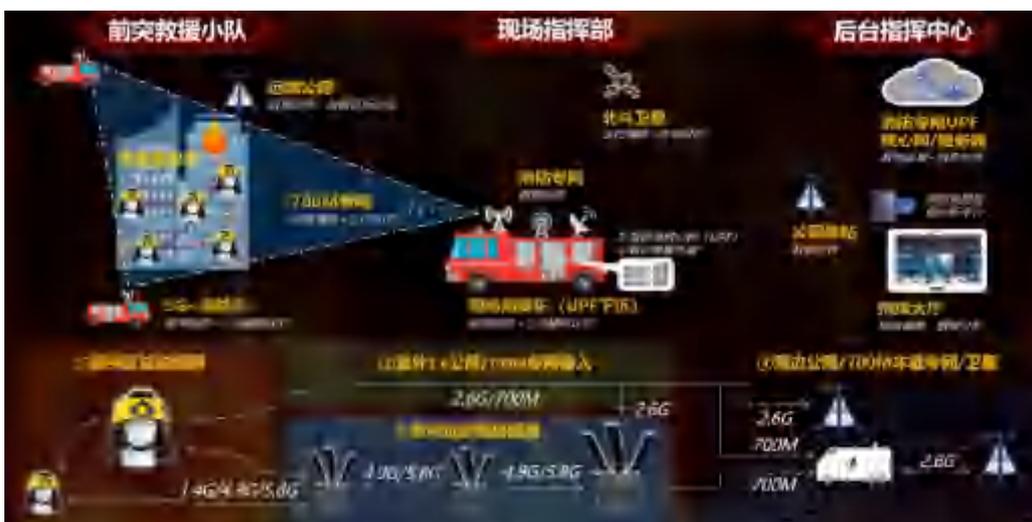


图 7 组网架构

(1) 5G+网络融合

5G 频率资源和 5.8GHz 全频资源巧妙组合，实现最大能力组网。中低频 5G 小区采用广播/控制信道干扰识别和自动规避、多段式深度滤波功能指标拉齐公网。增强 APClient 自组网协议利用广频谱资源，突破传统自组网 20M 频宽的限制，实现全双工的高频宽的 5G+自组网。每跳：时延+7ms，速率-5.12Mbps；38 跳：时延 250ms，速率 80Mbps。满足 99%消防场景网络需求，相比原有覆盖网络方式可提升 40%室内救援场景网络覆盖率。

(2) 5G+设备融合

将火场消防员设备 10 件+，重量 25kg+的典型装备（无人机、指挥平板、摄像机、卫星电话、手持对讲、单兵图传等），优化为 2kg+的 5G 双光头盔与 5G 自组网绿盒子，减轻消防员负担 90%的同时提升装备数字化能力。秒级危险探测及双光识别，保障消防员生命安全。综合定位和运动追踪；多频段自组网；双光组合（可见光和红外光）双向视频传送，260°温度下 5 分钟的国际热成像标准；有害气体监测、生命体征监测等传感器。

(3) 5G+数据融合

两智一图，三屏联动，使救援更快更准。有效将后方/现场指挥中心、消防救援人员、受困群众三现场相融合；结合大网后台 MR 指纹库数据和 5G 消息，系统对接消防智能接处警系统、消防智慧指挥调度系统、消防作战一张图，实现多方数据的有效融合，提升救援效率，打通信息孤岛。基于建筑 CAD 图纸快速建模生成三维作战地图，关联定位信息，打造数字化可视救援战场体系。

4.2.3 应用效果

通过引入 5G 通信网络技术能力，深度契合消防救援行业应用需求，为消防救援提供强有力的网络服务能力底座，形成 5G+ 立体救援能力。形成消防员-被困人员双向救援（从消防员单一施救升级为受困人员与消防员双向互动救援），指挥中心-消防员双重救援（指挥中心由单一的监控指挥职能升级为监控+救援双重职能）的救援新方式。

4.3 智慧警务

4.3.1 应用需求

公安部十四五规划指出：5G 智慧警务建设一是完善公安移动信息网，建立省际互联链路，实现各省 5G 智慧警务平台之间互联互通。二是提升部省两级 5G 智慧警务平台网络接入能力，实现向 5G 的平滑过渡，探索建立在 5G 环境下物联网无线感知设备的接入和管理能力。三是建设基于云架构的 5G 智慧警务平台。扩容平台计算与存储，扩充平台功能和服务水平。四是完成 5G 智慧警务安全与国产密码改造。按照国家有关要求完善 5G 智慧警务安全保障体系，深化 5G 智慧警务密码技术应用。五是优化 5G 智慧警务应用服务支撑体系，实现全国移动应用和服务资源跨层级调用、跨区域共享，促进 5G 智慧警务组件化、场景化、智能化开发应用。

4.3.2 应用方案

(1) 车载/船载巡查

对各部门配备有移动视频的执法车辆/舰船（治安、交警、水警、巡警等）进行 5G+AI+安全改造。利用成熟的后端视频智能识别算法服务，将端侧采集的视频或识别结果，通过加密方式实时回传，提升巡防前端实时感知预警，报警等信息的处理能力。

(2) 无人机巡航

传统无人机在警用巡查、侦察方面的应用，囿于无线网络速度、延迟等限制，主要是配合传统巡检方式采集海量视频图片，回来后再通过算法后台自发现存在的问题；或者投入高额成本在现有的无人机巡检设备上加载算法，实现实时自动巡检。

5G 网络将赋予网联无人机超高清图视频传输（50 ~ 150Mbps）、低时延控制（10 ~ 20ms）、远程联网协作和自主飞行（100kbps, 500ms）等重要能力，可以实现对联网无人机设备的监视管理、航线规范、效率提升。5G 网联无人机将使无人机群协同作业和 7×24 小时不间断工作成为可能。

(3) 5G 单兵

5G 执法记录仪不仅可以作为执法人员工作时的现场作业留痕和现场执法取证，也可以作为基层工作人员的移动作业利器。5G 执法仪设备能够通过 5G 网络接入综合指挥中心，基层民警、执法人员等在处理负责纠纷现场，可以将现场的画面实时回传到指挥中心大屏上。指挥中心值班领导可以根据现场事态的发展，指挥调动周边部门同事

协同处置现场。做到看得见、调得动的目的，及时控制突发事件，预防事件升级。

5G 执法仪在一线执法之后，可以通过网络将执法过程的音视频记录文件通过采集站，或者 5G 网络，回传到证据管理平台，减少人力和工时，提升工作效率。

(4) 5G 警务通

5G 智慧警务终端作为警员的移动“工作台”，实现警务大数据、情报系统的分析研判结果、情报信息直接精准推送至指定警员终端，同时利用视频、音频、GIS 技术，推进可视化调度指挥，构建扁平化、移动化的高效指挥能力。

(5) 5G 布控球

5G 大带宽、低时延保障了无线环境下的高清视频实时传输；多重 AI 算法实现了人脸、车牌的自动检测抓拍和在线/离线比对、违停抓拍取证、违法变道抓拍取证、区域入侵检测等。应用于需要临时布控与图传的场景：公安缉查布控、交警违章整治、大型活动安保等。

4.3.3 应用效果

5G 智慧警务是为紧急和突发事务的处理供应了信息保障，可避开重特大案件的发生，为突发案件的快速侦破创建信息条件。对预报警、堵卡、蹲点、布控、监视、跟踪等侦破手段供应有利的数据信息服务。同时，5G 智慧警务通还可以进行现场执法、取证、核查、记录日志，

满意干警值勤、治安、交管、刑侦等工作须要，实现了“一机在手，尽显神通”的强大威力，非常适合公安警务快速响应

4.4 智慧发电

4.4.1 应用需求

利用 5G+物联网、工业互联网、大数据、人工智能、工业机器人、虚拟现实等高新技术加强信息管理和服务、清楚地掌握生产流程、提高生产过程的可控性、减少人工干预、及时正确地采集生产过程数据从而科学地制定生产计划、构建高效节能、绿色环保、环境舒适的人性化电厂，最终达到降本增效提高生产力的目的，5G+智慧发电是电厂从信息化走向数字化到智能化的重要手段和方向。

4.4.2 应用方案

(1) 5G+数字三维可视化系统

基于移动云、物联网、BIM、VR、GIS 等多种技术，通过三维动态可视化监控技术，将电厂内管路、设备等进行真实比例建模，在三维场景内将模型与生产监控数据、拆装仿真内容相关联，打通子系统之间的信息孤岛，可与分散控制系统 (DCS)、厂级监控信息系统 (SIS) 及视频监视系统 (VMS) 对接，以直观、动态的方式展示厂区内的设备运行情况、安全监控、异常报警信息等，提高运营能力和智慧化水平。

(2) 5G+一体化的视频监控系统

基于一体化物联网平台基础上，建设发电企业全业务及数据统一的视频监控平台，用于支撑电厂多领域的传统监控和机器视觉应用需求。利用 5G 大带宽、低延时的特点，建立边缘计算平台（MEC），提供近距离算力支撑通过边缘计算平台部署机器视觉算法，利用图像识别技术，实现对视频监控下的设备异常检测、仪器仪表数据采集、人员安全行为分析等进行实时分析监测，提升电厂生产安全的管理效率和有效性。

(3) 5G 机器人巡检系统

4G 机器人由于受限于网络环境，不能回传超高清视频，导致电厂运维人员无法通过图像找出在运维过程中发现的各位问题及缺陷。目前通过 5G 技术的加持，通过配置 4K/8K 超高清摄像头，5G 机器人巡检系统可以将故障区域的高清画面实时传输至管理平台，让工作人员身临其境地查看现场实景，及时发现问题、快速处理。前端和管理后台的协同作业，可让电力巡检工作更具针对性、更及时，大大提高工作效率。

4.4.3 应用效果

通过“5G 智慧电厂”建设，对生产、经营数据的一体化集成分析，实现经营在线和实时决策；最终形成全景可视、人机互联，智能作业、本质安全，状态检修、精益生产，实时决策、智慧经营的高效新型智慧电厂。

4.5 源网荷储

4.5.1 应用需求

5G 技术对源网荷储系统具有重要的价值。它可以提供高速、低延迟的数据传输能力，实现源网荷储系统中各个组件之间的实时通信、数据共享和协同控制。通过 5G 技术，源网荷储系统可以实现实时监测和控制、大规模数据传输、分布式能源管理、网络安全与隐私保护以及能源交易与市场运营等功能。这将提高能源系统的运行效率和稳定性，优化能源资源的利用，推动能源领域的智能化、数字化发展，为可持续能源未来的建设和应对能源挑战提供强有力的支持。

4.5.2 应用方案

(1) 实时监测和控制

源网荷储系统中的能源发电、传输和储存设备需要进行实时监测和控制。通过 5G 技术，可以实现对这些设备的远程监测、数据采集和远程控制，提高系统的响应速度和管理效率。

(2) 大规模数据传输：

源网荷储系统产生大量的数据，包括电力负荷、能源产量、设备运行状态等信息。利用 5G 技术的高速传输和低延迟特性，可以实现大规模数据的高效传输和处理，支持实时的数据分析和决策。

(3) 分布式能源管理：

源网荷储系统中涉及分布式能源资源的管理和协同。通过 5G 技术，可以实现对分布式能源资源的实时监测和管理，包括能源发电量、消耗量、流向等信息的采集和传输，提高能源的利用效率和系统的稳定性。

(4) 能源交易与市场运营：

源网荷储系统中的能源交易和市场运营是必不可少的环节。借助 5G 技术的高速通信和低延迟特性，可以实现能源市场的实时交易和信息传递，支持能源市场的管理和优化，提高能源的分配效率和市场运行的灵活性。

4.5.3 应用效果

5G 技术具有更快的数据传输速度和更低的延迟，且还提供了更强的网络安全和隐私保护机制，能够实现更快速、更可靠和更安全的通信，为能源系统的智能化、数字化发展带来了显著的提升。

4.6 智能车联网

4.6.1 应用需求

车联网已进入产业爆发前的战略机遇期，知识产权保护和运用能力已成为保障和促进车联网产业发展的重要推手。车联网技术体系包括车辆数据收集、汇聚与传送技术、车联网数据分析融合决策技术、车联网业务运营与管理技术，具体涉及车联网 V2X、车载元器件、自动驾驶、车联网相关边缘计算、车联网安全技术、车联网业务等。工

信部要求到 2020 年掌握辅助驾驶关键技术，2025 年掌握自动驾驶关键技术。

随着工信部正式发放 5G 商用牌照，5G 车联网测试验证逐步完善，5G 车联网大规模部署的条件日益成熟，完全可以依托现有车载终端和电子车牌相关技术，把握行业机遇，向 C-V2X 车载设备和路侧设备布局，以产业融合为主线，打造产业生态圈，推动车联网的创新发展。

4.6.2 应用方案

C-V2X 场景的典型应用包括信息服务类的紧急呼叫业务、交通安全类的交叉路口碰撞预警、交通频率类的车速引导和自动驾驶类的远程遥控驾驶、车辆编队行驶等。

业内现有方案较多集中在单点业务的应用上，但在城市实际交通运行中，必须要考虑每一种业务在多个交通场景中的具体应用情况，简单来说，必须考虑前向车防碰撞技术在城市主干道、隧道等真实交通环境的应用。本方案以领先的 5G 技术、完备的解决方案、丰富的应用实践和完善的商业生态来服务于汽车智能联网，帮助构建人、车、路、网、云等多维协同的 5G 车联网。

4.6.3 应用效果

(1) 交通安全：通过在单个点位如城市十字路口中部署红绿灯信息下发、防碰撞预警及行人检测预警等应用，来提醒行人、乘客注意安全，避免“亲人两行泪”的惨痛事故发生。

(2) 交通引导：在城市主干道、城市环岛、立交和隧道等较为复杂的交通系统中，可通过车载设备、路侧设备及汽车电子标识相结合的方式，实现交通诱导、绿波通行、限速提醒、事故提醒及汽车电子标识流量检测等综合功能的应用。比如，通过车路协同的部署，将红绿灯的信息，提前几公里推送到 RSU（路侧设备）上，再由 RSU 推送给汽车，以确保车主提前获取交通状况，进行自主交通判断。

(3) 车辆编队行驶：编队行驶状态可以在节省油耗的同时更高效地完成货物运输，减少驾驶员疲劳驾驶等情况带来的事故风险，也可释放更多车道，缓解交通压力。以排头的卡车作为头车，跟随车们通过 V2V (Vehicle-Vehicle) 车联网实时连接，根据头车操作而变化驾驶策略。

4.7 智慧园区

4.7.1 应用需求

智慧园区是指运用信息和通信技术感测、分析、整合城市运行核心系统的各项关键信息，对安全、办公、停车、环保在内的各种需求做出智能响应。在 5G 时代，利用 5G 高速率、低时延、大连接的特性，将园区安防、智慧办公、智能停车等多种应用场景融于园区中，为园区中的人创造更美好的工作和生活环境，为园区产城融合提供新的路径。

4.7.2 应用方案

为更充分利用 5G 网络优势，更好服务企业客户，为智慧园区搭建起一套完整解决方案，在网络覆盖、智慧运营、物业管理、园区安防、园区办公等多个方面赋予 5G 智能园区建设。

园区安防：智慧园区安防将打造无死角、高清晰度、实时回传的园区监控体系。基于 AI 智能人脸识别，将采集数据与员工数据进行交叉对比，识别出园区内陌生人员和车辆，并联动安保部门核验身份，实现陌生人预警和黑名单告警。基于自动巡检机器人，精准自主 360 度全景实时呈现视频监控画面回传，自主绕道、自主充电、火灾预警、异常告警、环境监测感知。5G 网络与 IoT 技术相结合，对园区路灯、井盖、电表、温控设备、环境监测系统等进行智能化升级。

智能停车：针对停车位缺口大，效率低、入库难、管理弱等痛点，制定了 5G 网联自动停车解决方案，通过 5G 车联网的车位引导，实现区域内车位的共享利用。建设 5G 智能停车场，通过 5G 车联网平台，将地下车位、地面车位进行统一标识管理，并利用融合高精度定位技术，解决室内定位困难问题。

移动办公：新一代智慧园区将传统的固定终端办公，延伸为无所不在的云办公场景。园区内办公文件将存储在云端，通过边缘计算平台构建云存储、云协同、视频会议等办公 SaaS 服务生态圈，用户可通过笔记本电脑、Pad、手机等设备直连 5G，一步上云，随时随地接入办公，提高办公效率，提升办公体验。利用 5G 大带宽、低时延独有特性，随时随地安全接入公司会议，让沟通更顺畅。

4.7.3 应用效果

在企业用户访问办公系统时,UPF 分流技术会根据访问人员身份、访问业务类型和数据收发地址等属性,判断消息分流途径,并将数据流转至本地 MEC 机房,确保内部数据不出园区,保障数据安全。

4.8 智能制造

4.8.1 应用需求

智能制造是工业升级的必由之路,5G 给工厂带来大量的实时数据,带来更多可能:更精湛的设计(全机协同设计优化)、更可靠的制造(柔性、可追溯、全连接工厂)、更优质的服务(专家异地、AI 远程指导)以及直观的购买体验(AR/VR 数字双胞胎)。

4.8.2 应用方案

(1) 5G 升级工业总线

传统传感数据采集、资产管理、定位基于短距无线(蓝牙、Zigbee),导致设备数量、工作距离受限;基于 Wi-Fi 仓储移动扫码、AGV 调度性能不稳定、存在安全风险;工业专用无线在部分实时可靠性要求高的控制场景下产业链较窄、部署成本高、高安全和高可靠的控制场景下采用的有线网络则布线施工影响大、成本高,不易变化;设备远程监控,2G/3G/4G 带宽时延高。

5G 升级工业总线，通过低时延调度、云端算力智能、专家高清视频远程接入，加快工业 4.0 进程发展：

1) 柔性制造：5G 对网络布线的要求升级，工厂各工序产能不匹配时，无线方式有利于快捷且低成本实现。

2) 自动化升级：固定移动设备替换人工，移动装备 ≥ 100 台，实时调度需求 $< 10\text{ms}$ ，效率提升。

3) 智能及故障预测升级：终端算法置于云端，更多数据助力算法更加智能，低成本迭代优化。

4) 故障处理：随时随地专家接入，高效故障处理，上行 $> 20\text{Mbps}$ ，时延 20ms 。

(2) 飞机制造

飞机制造是制造业工业皇冠，5G+飞机制造的创新实践将成为最典型应用示范并具有最强带动效应。在升级转型到智能制造的过程中，有 4 大典型场景存在难点：

1) 机器视觉，不实时：行业对机器视觉四大期望，模式识别/计数、视觉定位、尺寸测量和外观检测。但传输能力制约机器视觉图像及时回传。WiFi 连接不稳定，经常断续，固网布线难而且维护成本高。

2) 柔性制造，低效率：从单一、密集生产，到柔性制造，典型场景是 AGV（自导航车）部署，完成单车按需完成物料传送。进一步常会有多机器人高密度并发、多机器人协同场景，当前 WiFi 连接缺乏全场区控制（常因边缘无信号，无法切换，导致 AGV 停机）和高精定位方法（准确达到位置，后续实现多机器人协同）。

3) AR 辅助+AI 智能, 差体验: AR 辅助结合 3D 数字化设计, 实现所见即所检, 已经被广泛用于表面检测和装配检查。但 AR 场景使用中, 有线连接限制工人活动范围, WiFi 不稳定延时带来佩戴的眩晕感。

4) 数字化可回溯, 等数据: 连接当前独立生产岛、生产线的数据成为 5G 数字化工厂是行业趋势, 从数字化、到全流程可视、精益生产、大数据促进 AI 智能。但实现中, WiFi 和 4G 的低速率, 常会导致大屏幕显示, 需要等数据 (海量数据、多种接口协议、多种连接速率)

4.8.3 应用效果

通过 5G+机器视觉改变生产和质检, 实现生产制造效率提升。5G+AR 辅助, 100%还原工业场景的机器视觉效果; AR 辅助组装, 毫秒级时延使能辅助航空插头插线; 飞机制造的复合材料检测, 从停机检测升级为边生产边质检, 缩短铺贴时间, 节约材料。制造行业高度关注信息安全, 华为自主产权 5G 方案, 符合高安全要求。

4.9 智慧教育

4.9.1 应用需求

为推进“互联网+教育”发展, 加快教育现代化和教育强国建设, 推动人工智能技术在教学中的深度应用, 增强和改善教育教学的有效性, 提高学习者的学习体验, 实现更加公平而有质量的教育。5G 高速率、低时延特性, 有效支持高码率音视频内容的实时传输、双向交互、

端云协同等，推进 5G+AI 人工智能学习+IoT 校园物联感知+Cloud 校园云+Data 教学大数据+Edge 教育边缘计算的落地进程，为交互式教学、同步课堂、沉浸式学习、校园管理与监控提供支持。

4.9.2 应用方案

(1) 5G+VR 教学

目前虚拟现实内容需要实时进行图形渲染，导致虚拟现实终端价格昂贵、设备笨重、同时需要 HDMI 线连接终端影像移动性，内容也以本地为主，得不到高效地分发，用户无轻便的渠道获取 VR 内容，内容厂商版权也无法得到有效保护，从而制约了虚拟现实教育领域的发展。而通过 5G 的大带宽、低时延，将虚拟现实的渲染功能放到云端，将终端无绳化、渲染实时云化、内容统一分发，让学生能够更好地沉浸到虚拟现实教育内容中，提升学习效果；同时让厂商优质内容得到保护，促进整个虚拟现实教育生态链的发展。VR 教育技术可以实际应用与课堂教学、实验课堂以及远程研究等方面

(2) 5G+远程互动

借助 5G eMBB 增强移动宽带和 uRLLC 超可靠低时延通讯的支撑，受益于 4K/8K 超高清视频、虚拟与增强现实技术、人工智能等新技术的引入，新一代远程互动教学将在教学体验和教学效果上获得颠覆性的改观和提升，实现超清视频的沉浸式互动学习、AR 虚拟课堂、远程 AR 实验与协作、全景课堂录播与直播、智慧教室等创新应用，并通过高速快捷的用户组网与接入，实现灵活的移动学习和广阔的地域覆盖。

4.9.3 应用效果

借助 5G 网络切片技术、边缘计算、云计算和大数据的应用，新一代的云教育资源与管理平台将支持远程互动教学实现多种教学体系资源共享，多媒体智慧教室与在线教学、移动教学紧密结合，形成集中管理、统一维护、互联互通、灵活智能、共享开放的应用模式。

4.10 远程医疗

4.10.1 应用需求

通过 5G 和物联网技术可承载医疗设备和移动用户的全连接网络，对无线监护、移动护理和患者实时位置等数据进行采集与监测，并在医院内业务服务器上进行分析处理，提升医护效率。借助 5G、人工智能、云计算技术，医生可以通过基于视频与图像的医疗诊断系统，为患者提供远程实时会诊、应急救援指导等服务，例如基于 AI 和触觉反馈的远程超声理论上需要 30Mbps 的数据速率和 10ms 的最大延时。患者可通过便携式 5G 医疗终端与云端医疗服务器与远程医疗专家进行沟通，随时随地享受医疗服务。

4.10.2 应用方案

(1) 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。

(2) 远程超声

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。相较于传统的专线和 WiFi，5G 网络能够解决基层医院等偏远地区专线建设难度大、成本高，及院内 WiFi 数据传输不安全、远程操控时延高的问题。

(3) 院前急救

。5G 在高速移动场景下具有更高的传输速率，能够支持移动急救车与远端指挥中心间的实时信息交互，为患者赢取宝贵的救治时间。在患者院前急救转运途中，医护人员可通过车载移动医疗设备持续监护患者生命体征，并将患者体征数据和超声影像数据快速传输到应急指挥中心和医院。同时，利用高清音视频交互系统，使医疗专家第一时间贴近患者进行现场救助指导，并为患者入院抢救做好充分准备。

(4) 协同视讯

在疫情防控等突发环境下，能够完成政府、医院、医护、患者的基本沟通，是最基本也是优先级最高的场景，基于华为云 Welink+企业通信+5G CPE+智慧大屏等终端，实现跨地域、跨组织多方协同与互联互通。有效解决因距离、环境受阻问题的信息共享与及时沟通。

4.10.3 应用效果

基于 AI 和触觉反馈的远程超声理论上需要 30Mbps 的数据速率和 10ms 的最大延时。患者可通过便携式 5G 医疗终端与云端医疗服务器与远程医疗专家进行沟通，随时随地享受医疗服务。

05

典型实践



5.1 秦山核电 5G 网络建设项目

5.1.1 项目背景

中国核能电力股份有限公司（简称“中国核电”）提出了《智能核电实施方案》，方案总目标中指出：采用物联网技术，建立电厂系统与设备数据采集网络系统，提升对电厂状态的数字化监控水平；建立电厂无线网络覆盖，为运行维修过程数字化、移动化及全过程跟踪提供基础。根据国家新基建以及中国核电的统一战略部署的要求，更利于工业产业的数字化转型升级，秦山核电开展 5G 网络基础建设。

5.1.2 建设内容

建设一张满足网络安全等级保护三级要求、与互联网物理隔离、覆盖秦山 9 机组生产厂房和厂前区的秦山核电 5G 生产专网（以下简称 5G 专网），同时实现与核电基地指定内部管理网络的互连互通。实现移动通信、集群调度、定位跟踪、智能终端分配、系统集成等功能。开展电厂数据互通传输、物联网建设、定位管理、安全生产管理等数字化应用的开发。

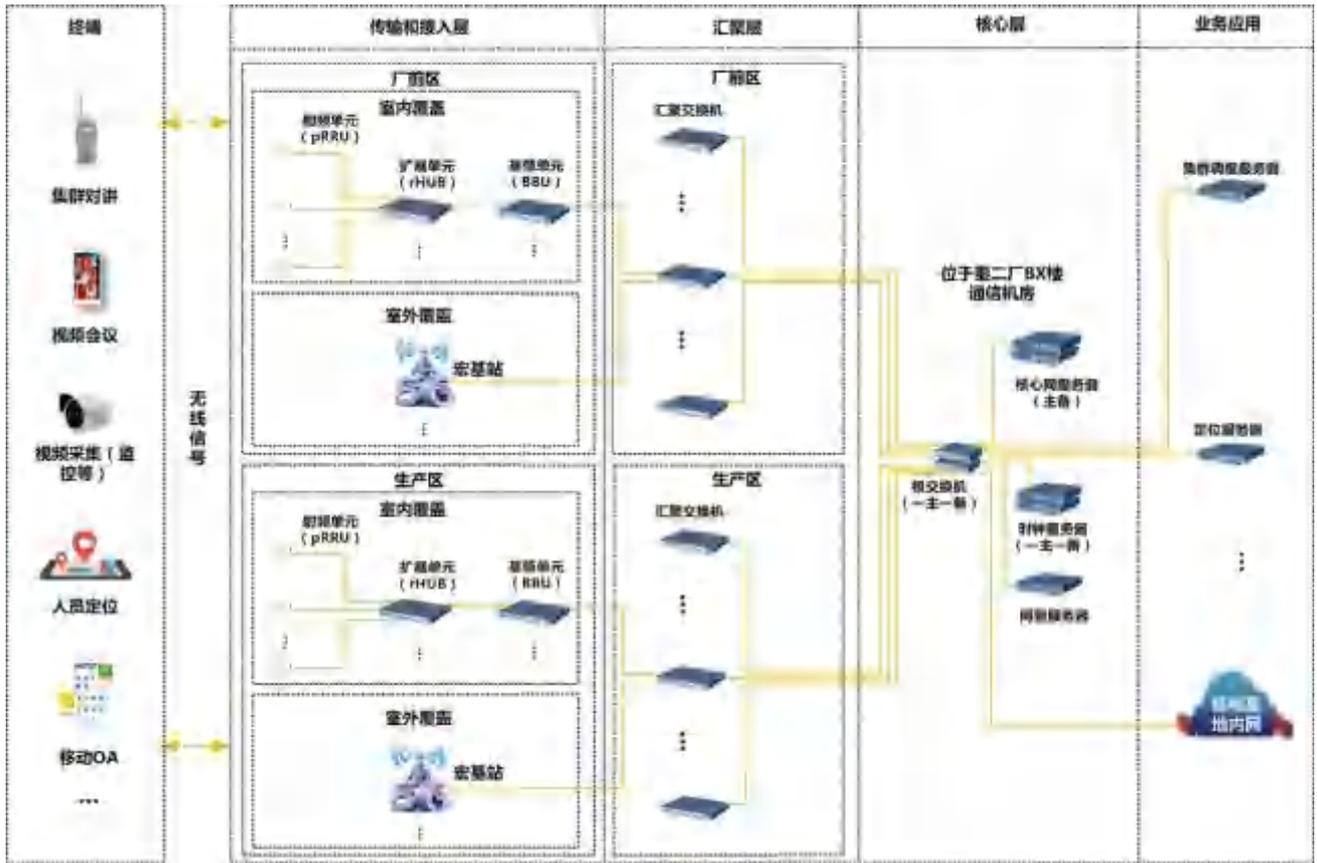


图 8 组网架构

5.1.3 实现价值

建设了一套与外网物理隔离，具备高安全性 5G 生产专网，实现核电站基地内部网络的数据互通，5G 专网确保与互联网安全隔离，并在保证安全的前提下实现整个核电基地的内网信息交互。为新时代秦山核电机组运行注入强大的数字化、智慧化能力。

助力秦山核电场站建设安全、高效、便捷、可扩展的通信网络，协助秦山核电降低网络建设及运营成本，优化生产流程，提高运营效率，让厂区生产、运营管理真正实现数字化和智慧化。探索核电基地高质量发展的新途径，开启中国核电高质量发展的新担当。

5.2 甘肃常乐 5G+智慧电厂项目

5.2.1 项目背景

常乐电厂 5G+智慧电厂项目将建设甘肃电投统一的工业互联网平台，形成集团经营决策数据湖，建立生产经营分析决策系统，支持集团统一管控、统一决策，实现对发电板块的统一监管与决策支持。常乐电厂依托集团统一的工业互联网平台，电力板块统一的成熟应用软件、5G 网络、云平台实现全要素连接和平台的一体化支撑，打造基于工业互联网平台的智慧生产、智慧管理和智慧安全的智慧电厂。

5.2.2 建设内容

常乐 5G+智慧电厂项目聚焦国有资本市场化运作专业平台和新能源及数据信息产业链主作用发挥，以 5G 技术为通讯手段、工业互联网系统为连接工具，建设 5G+智慧的发电企业，构建成一体化的智慧发电、智慧管理、智慧厂区、智慧安全的新型数字化电力系统。

其中 5G 智慧应用系统包含有 5G 输煤皮带机巡检机器人、智能巡检、AR 设备辅助、设备状态监测、5G+AR 远程专家辅助诊断内容

5.2.3 实现价值

建立甘肃电投数字化转型的数字底座：通过大数据、物联网、AIOT、三维工厂、5G、边缘计算等新技术打造甘肃电投工业互联网平台，实

现数据中台支撑的、端边云网业一体化的、多维度数据融合和多场景交互的智慧应用，成为甘肃电投数字化转型的数字底座。

甘肃电投的集团决策和管控能力提升：在集团侧建设经营监管等各类应用，提升集团的经营决策和运营管控能力。

六大板块的标准化管理及智慧应用建设：在各板块建设各类管理应用以及智慧电厂、智慧能源等领先应用，实现对各板块的标准化和集约化，并进一步支持统一监管与决策支持。

5.3 山西移动数智中心 5G+智慧园区项目

5.3.1 项目背景

新一轮科技革命，产业变革方兴未艾，5G、物联网、人工智能、云计算、边缘计算、大数据、区块链等新一代信息技术加快应用，深刻改变生活方式，引发经济格局和产业形态深度变革，形成发展数字经济的共识。

数智园区是数字社会的产物，它基于数字与人工智能技术的应用，渗入产业园区的所有业务活动——生产运行、园区管理与运营、职场各类人员的服务等，通过产城融合改变了城市、产业、市场、社会以及家庭的运行理念和方式，成为智慧社会架构的基层组成部分和智慧目标的基础设施，可谓新基建的抓手。

相比于广域场景的网络建设，园区场景在本地化、轻量化、智能化等方面存在特殊需求。同时，园区面临数字化、智能化转型，柔性生产伴随着从有线网络到无线网络的融合与转变，为保障原有的生产

业务不受影响，园区对 5G 专网提出更严格的确定性和稳定性保障。本次建设的 5G 园区专网系统是集成信息收集、分析整理、指挥调度、综合管理、事件控制及业务部门的办公、会议等多项功能为一体的大型综合系统，具有满足专业管理、服务和集成控制中心的高效性、安全性、前瞻性等特点。本项目的建设可使园区充分利用数字信息化技术，提高企业管理工作效率，提升日常工作质量，促进新时期企业建设更快更好的发展。

5.3.2 建设内容

本项目整体建设分为三层：下层为接入层，接入新增智能设备及园区已有系统；中层为统一管理中台，用于对接入数据的归集分析处理，并形成统一的标准接口，给上层应用赋能，同时对各个系统进行有序的统筹调度，实现系统间的联动，建设完成的中台部分为整个山西移动园区的核心能力底座，后续可接入各地市园区数据，打造全省统一平台；上层为 IOC 展示层，用于展示园区实时的综合态势及各专题页面，提供专题应用和一屏通览决策支撑等。

园区建设统一的 5G 专网，利用 5G 消息提供访客预约、授权和放行，利用 5G 物联网提供智慧停车、绿化灌溉、垃圾箱/路灯杆的智能监测，利用 5G 边缘计算实现了园区无人巡逻机器人、无人摆渡车、无人机等的自动驾驶控制等 5G 智慧园区应用。



图 9 总体架构

5.3.3 实现价值

通过本项目 5G+智慧园区建设，综合运用云计算、大数据、物联网、数字孪生、人工智能等现代信息技术，充分发挥 5G+大数据对园区资源的集聚作用，实现综合决策、精准招商、物业管理、运营管理、智能办公、企业服务、安防监控等园区管理和服务功能，形成完备的园区运、管、服整体解决方案。实现了智能化和智慧化一网通办、一网通管、一网通服的园区运营体系，园区信息化基础设施及园区智能化平台体系建设完备，统一运行监测实现全面覆盖，园区智能化管理与服务对园区创新发展的引领推动作用显著增强，园区智能产业生态初步形成，智能产业发展水平显著提高，决策中心实现园区营商精准管理、一网通办实现企业行政统一办理、一网通管实现园区综合智能管控、一网通服实现园区综合智慧服务。实现“基础设施网络化、建设管理精细化、服务功能专业化、产业发展智能化”四化目标。

06

产业协作



5G 行业专网针对不同行业及应用场景，通过差异化的组网服务于行业用户的不同业务需求。根据垂直行业多样化的业务场景，提炼出共性需求并映射为明确的 5G 网络需求。中国移动期望通过和各产业合作伙伴的通力合作，共同打造具备开放、灵活、高安全和高可靠的面向垂直行业的 5G 行业专网服务能力，与垂直行业相互促进、协同发展。

6.1 5G 核心网

3GPP 标准中定义了大量的 5GC 控制面网元，用来满足 5G 公网中不同网络场景的需要。但在 5GC 专网场景下，网络场景相对简单，非必要的网元会导致资源占用增加、部署困难等问题，需要对网元进行了精简与合并。

从市场需求端来看，近年来，行业专网对网络连接能力和性能、安全性等需求愈发迫切。不同应用场景对 5G 核心网提出了多种需求，例如独立组网、三网元下沉、四网元下沉、网络切片和 IMS 语音通信等。

从设备供给侧来看，5G 终端、基站、传输以及核心网设备的技术研发与产业化日趋成熟，符合商用要求的轻量化 5GC 设备已逐步研发投产，众多 CT、IT、OTT 厂家均推出了轻量化 5GC 产品。云服务商、行业平台服务商、行业应用集成商等纷纷积极参与轻量化 5G 定制专网建设。

国内外运营商持续开展轻量化 5GC 技术和标准研究，并积极探索试点落地。

单体网络型 5GC 方案指部署基本的 SMF、AMF、UPF 网元，是性价比最高、部署速度最快、市场化最成熟的极简轻量化 5GC 产品。单体网络型 5GC 能够快速响应行业客户的“数据不出园区”诉求。通过轻量化 5GC 实现分流，从物理上将企业内部数据保存在本地，保护隐私，减少数据泄露风险；并能够避免 UPF 下沉的混合专网方案对 N4 接口解耦的依赖，大大减少对接工作量，降低核心网部署难度和风险。

单体网络型 5GC 适合于业务种类相对单一且固定的专网场景。例如：构建产学研等机构的 5G 应用创新网络。工信部“521 工程”提出，打造一批“5G+工业互联网”内网建设改造标杆、样板工程，形成至少 20 大典型工业应用场景。单体网络型 5GC 可以为改造标杆、样板工程等提供快速部署的 5G 网络环境，降低了创新机构使用 5G 能力的门槛，加快形成高校研究、企业开发、快速推向市场的产学研协同创新模式。

6.2 5G 基站

5G 基站是 5G 专网解决方案的重要组成部分，为智慧城市提供 5G 无线的接入能力。行业应用 5G 基站产品主要分为扩展型小基站与大功率基站两种类型。5G 扩展型小基站是由远端射频单元 pRRU、扩展

单元 EU 和基带处理单元 BBU 三种设备共同组成，特点是体积小、发射功率小、部署灵活，主要应用于室内、船舱、工厂等小空间场景。5G 大功率基站有 BBU\RRU 分布式产品形态和一体化产品形态，主要用户室外远距离覆盖，例如工业园区、矿山、风电场等场景。

目前 5G 基站在行业中广泛应用，行业需求推动 5G 基站产品提升了新的特性，主要包括：1、支持上行大带宽传输，满足行业应用场景中对上行带宽大于下行的需求；2、高精度室内定位，在无 GPS 的室内环境中支持定位应用；3、智能节能降低功耗，实现绿色基站；4、支持通用服务器部署以及云化部署两种形态，满足不同客户使用场景；5、支持算力内生能力，在不改变网络基础功能与架构的前提下，将 5G BBU 的 CPU 能力抽象虚拟化，转化为通信能力和计算能力，实现 5G BBU 同时支持通信业务和计算业务。

6.3 5G 终端

6.3.1 5G 模组

5G 模组产品涵盖 2G/3G/4G/5G/NB-IoT/eMTC 等无线通信模块及整机、管道云、接入云，广泛应用于智慧能源、车联网、工业物联网、商业零售、智慧城市等行业。

5G 模组内置丰富的网络协议，集成多个工业标准接口，并支持多种驱动和软件功能，可广泛应用于工业级路由器、家庭网关、机顶盒、工业级 PDA、加固型工业平板电脑、视频监控和数字标牌等。

6.3.2 行业终端

行业终端包含但不限于 5G 机器人、5G AGV、5G 摄像头、5G 记录仪等。

随着 R16 的发布,未来 5G 专网内的终端应具备 uRLLC 双向 7ms 超低时延及 99.999%的高可靠性特性,可应对任何行业应用场景的考验;同时,还应具备超级上行、5G LAN、后路由、切片、URSP、5G 定位等行业应用特性,以满足不同应用场景对 5G 组网、定位的需求。

5G 工业路由器应用在智慧工厂、车联网、智慧城市、远程医疗诊疗等场景中。

基于 5G 通信 +5G 边缘计算 + 云平台一整套解决方案,从底层工业协议解析、到工业数据采集、通信设备联网、设备智能运维以及到整个业务系统打造,重点解决工业数据如何上云和工业数据价值问题,目前已成功应用在制造装备、AGV 小车、工厂联网等领域。



图 10 5G+工业场景行业终端

6.3.3 5G 机器人

在智慧工厂的规划中，移动机器人不只是简单地把货物搬运到指定的位置，而是要把大数据、物联网、云计算等贯穿于产品的设计中，让移动机器人成为一种实时感应、安全识别、多重避障、智能决策、自动执行等多功能的新型智能工业设备。

第一，数据通信更高效：5G 下行峰值速率 20Gbps，它的速率达千兆级 4G 网络的 20 倍，移动机器人在应用过程中，接收信息、任务指令会更加高效快捷，可以实时监控机器人工作状态。

第二，多端柔性化程度更高：WIFI 通信方式存在着易干扰、切换和覆盖能力不足问题，基于 5G 技术在工厂的应用，覆盖面积更广泛，

这意味着网络技术的改进而更好地获得整体数据信息，为方案设计提供更有效快捷的数据分析。也在一定程度上节省了网络通信上的成本。

第三,云化机器人趋势:5G 是实现云化机器人的基础技术,5G 带来的高带宽、低时延,可以将大部分计算放到云端,在安全有保障的前提下,机器人大规模部署时,云端作为中控平台,可实现远程遥控对机器人进行反控。

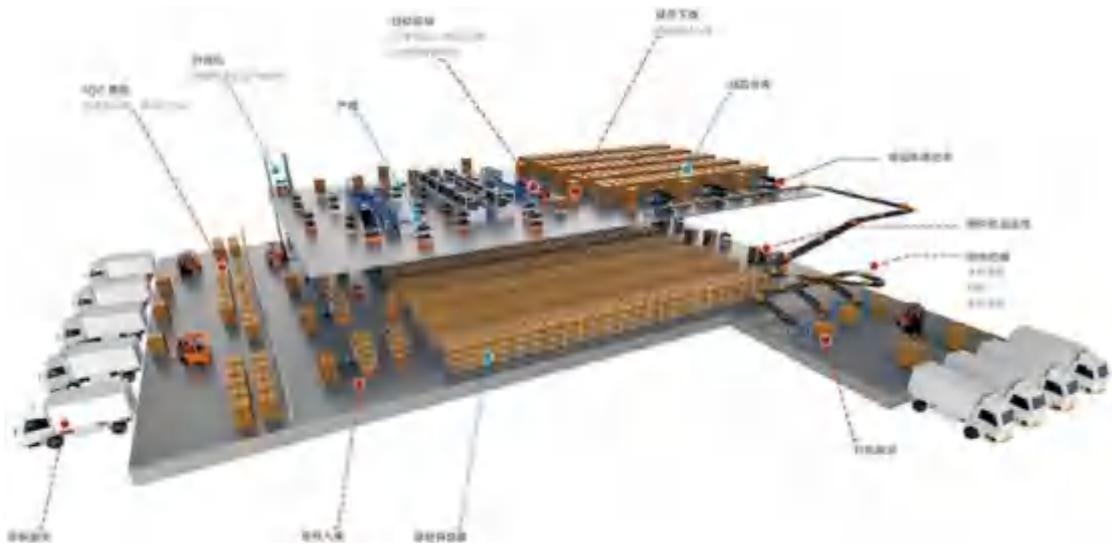


图 11 5G+仓储物流机器人

参考文献

- 1、十四五”信息通信行业发展规划（2021~2025年），工信部
- 2、2023年1—7月份通信业经济运行情况，工信部
- 3、2022年国民经济和社会发展统计公报，国家统计局
- 4、中国5G发展和经济社会影响白皮书（2022），中国信通院
- 5、5G商业模式创新发展白皮书，IMT-2030（6G）推进组&5G

应用产业推进方阵

- 6、5G无线技术演进白皮书，中国移动

附录 英文缩写对照表

AMF	Access and Mobility management Function	接入和移动性管理功能
CA	Carrier Aggregation	载波聚合
DNN	Data Network Name	数据网络名称
eMBB	Enhanced Mobile Broadband	增强移动宽带
ITU	International Telecommunication Union	国际电信联盟
MEC	Multi-access Edge Computing	多接入边缘计算
MEP	Multi-access Edge Platform	边缘计算平台
mMTC	Massive Machine Type Communication	大规模机器通信
PDU	Protocol Data Unit	协议数据单元
PRB	Physical Resource Block	物理资源块
QCI	QoS Class Identifier	QoS 级别标识符
SA/NSA	Standalone/Non-Standalone	独立组网/非独立组网
SMF	Session Management Function	会话管理功能
SPN	Slicing Packet Network	切片分组网
SUL	Supplementary Uplink	补充上行链路
TSN	Time Sensitive Networking	时间敏感网络

UPF	User Plane Function	用户平面功能
uRLLC	Ultra-Reliable and Low Latency Communications	超可靠低时延通信

声明

本白皮书在编制过程中引用了互联网公开信息资源并尽可能地对有明确来源的信息注明了出处，在此对各类信息资源的提供者表示感谢，所引用内容其著作权和版权归原作者、来源媒体、原网站所有。但是我们也知道，凡事总有可能挂万漏一，对本白皮书没有注明来源的内容提供者同样表示感谢。如果任何单位或个人认为本白皮书内容可能不规范使用，欢迎及时联系我们，我们将对相关内容进行处理。

本白皮书的版权归中国移动所有，未经书面授权，任何单位或个人不得擅自使用(包括但不限于复制、传播、展示、镜像、上载、下载、转载、摘编)或许可他人使用本白皮书之部分或全部内容。中国移动保留依法追究其法律责任的权力。

白皮书编制组联系方式: liujinying@cmict.chinamobile.com。

