

中国联通5G行业专网白皮书



中国联通
2020年8月



目录

引言	2
1. 5G 专网背景及需求	3
1.1 5G 专网的优势.....	3
1.2 行业应用对专网需求分析.....	3
1.3 5G 专网是向垂直行业数字化转型的精准供给	5
2. 中国联通 5G 专网	6
2.1 5G 虚拟专网.....	6
2.2 5G 混合专网.....	9
2.3 5G 独立专网.....	12
3. 5G 专网与 MEC 融合	16
3.1 CT-VAS 能力提供	16
3.2 IT-VAS 能力提供.....	17
3.3 用户网络/VAS 自服务管理能力提供.....	18
4. 5G 专网终端及卡号	19
4.1 专网终端及模组分类.....	19
4.2 专网终端的通信能力	20
4.3 专网终端的 eSIM 能力	21
5. 5G 专网安全	23
6. 5G 专网的协同能力	25
7. 结束语.....	29

引言

5G 万物智联时代，垂直行业生产方式智能化、数字化转型升级将持续加速，行业用户对运营商移动网络服务提出了新的要求。一方面生产要素的数字化进程积聚新的动能，新型信息化应用不断涌现，业务场景在灵敏感知、智慧决策、敏捷执行多个层面不断突破和创新。另一方面，行业企业现有的信息化管理模式仍将存续，其对通信网络在可管可控、安全、业务自主性方面有特殊的要求。因此，运营商在 5G 时代需要提供安全可控、能力丰富且具有差异化定制能力的通信网络来满足行业用户多元化的业务场景。

本册白皮书对行业专网需求进行分析，提出中国联通 5G 专网产品定义并对其能力进行阐述，同时从专网终端及模组、专网安全能力、专网协同能力等多个维度进行介绍。为行业客户部署中国联通 5G 专网提供参考。

1. 5G 专网背景及需求

随着 5G 商用步伐加快以及新基建对 5G 应用的大力推进，利用 5G 实现生产方式智能化、数字化转型的必要性愈发显著。传统专网技术难以满足企业网络的日新月异的信息化业务需求。5G 技术凭借通信性能指标的大幅提升，将在工厂、能源、矿山、电力、交通、医院、教育等领域，以专属网络的形态赋能行业数字化应用场景创新及信息化业务演进，推动生产要素的数字化智能化转型。在当前阶段，用户对行业网络的需求呈现差异化和碎片化，通用化的网络产品已经无法完全满足需求，需针对行业用户提供量身定制、灵活便捷的网络服务。

1.1 5G 专网的优势

现有行业无线专网的实现方式主要基于窄带物联网、Wi-Fi 网络、专有频段 LTE 局域网。其中，窄带物联网设备移动性受限，不方便实际应用；工业级 Wi-Fi 由于技术原理的限制，导致稳定性和安全性较差，无法满足实际行业需求；LTE 专有频段终端模组在实际应用中需要定制开发，无规模化优势，会导致成本非常高；此外，部分无线专网使用非 3GPP 标准，限制颇多、技术更新缓慢，跟不上行业应用的演进。

5G 专网具有大带宽、广连接、低时延、安全性高等诸多优势。同时，5G 专网具备适用部署区域化、网络需求个性化、行业应用场景化等特点。所谓部署区域化，是指 5G 专网服务的部署范围可根据区域设计，可面向封闭式的使用场景，如制造业园区、港口、矿山等；网络需求个性化，是指对时延要求严苛、可靠性要求高、上行速率需求高、数据安全和隔离要求严格等，5G 专网中的网络切片、边缘计算、NFV/SDN 实现园区网络灵活部署；行业应用场景化，是指 5G 网络将为不同的行业场景就近部署算力并提供能力开放。5G 专网可与现有 IT 网络实现兼容互通，网络能力、网络技术也将不断演进升级。最后，对于多数企业重要的一点是，5G 公网与专网的融合部署可缩短建设周期，进而大大降低成本。

1.2 行业应用对专网需求分析

行业用户的生产园区及业务场景对无线网络覆盖质量、时延、上行带宽、数据保密性、设备移动性、网络控制权等的要求均高于公共大网。对于特定场景需要综合型、灵活便捷的

5G 行业专网，为行业用户按需提供定制化的网络解决方案，解决现有无线专网的痛点，补充现有公共大网的能力，为垂直行业的信息化、智能化、数字化转型进行深层次赋能。

行业用户对于专网的需求呈现以下几个特点：

1. 覆盖场景多样化

行业用户不同的应用场景对网络能力的需求也存在差异，例如工业控制场景要求的网络时延可达到毫秒级别；AR/VR 视频类场景需要保障高带宽、高吞吐量；再如在智慧矿山的场景中，地下挖掘作业环境的网络覆盖能力需要深达数百米，地面人员及运煤车辆调配场景下的网络则需要有较强的移动切换能力，需要一套可以灵活满足洗煤厂、办公楼、综采面、掘进面等多个应用场景的专网解决方案。

2. 网络部署局域化

不同于公共网络广范围覆盖的需求，行业用户对于网络覆盖的需求聚焦在局部区域，例如在智能港口领域，港口的地理位置偏远，占地面积广，需要对吊车作业区域进行针对性的网络覆盖与优化；同时智慧港口作业效率是关键，岸桥装卸区和堆场区的远程作业对于无线网络的时延要求极为苛刻，大约 20ms 左右，而公网发生断连、拥塞会对港口的生产效率带来影响。通过在园区范围内部署专网对所有生产作业区域进行重点覆盖、保障园区数据安全、降低数据传输时延，提高港口的调度能力及运输效率。

3. 网元资源定制化

不同行业用户在部署行业网络时，对于通信设备的资源配置需求也不尽相同，这就需要对网络资源进行差异化定制，例如制造业企业对网络可靠性、隔离性、安全性要求高，需要保证工业数据不出园区、对园区设备进行自动化管控，在安全隔离要求极高的情况下，园区需要将无线基站、核心网控制面及用户面网元全套部署在生产园区；对于安全隔离度要求不高的场景，例如在赛事、演唱会现场需要实现媒体机构的视频采编、回传，在线用户可以观看赛事直播内容，场馆无需部署全套的核心网设备，只需将用户面网元以及 MEC 平台部署在场馆附近实现视频数据的本地分流、分发，无线基站以及控制面网元与公网用户共享，这样既可以节约建设成本又可以满足业务快速上线。

4. 网络性能可配置

行业专网还需要满足网络性能可以灵活化配置的需求，例如在电力行业，公众网络出现通信拥塞时会造成数据丢失、调度失灵等电网安全事故，通过部署专网打造智能电力无线专网，将时延、带宽、可靠性等重要网络性能进行配置，保障电力调度指令及时传达到关键节

点、避免网络拥塞带来的调度失灵。

5. 网络运维可管可控

区别于公网用户，行业用户对园区专网的网络设备、终端设备、数据流量等运行信息有自管自控及可视化管理的需求，包括对终端、网络设备、防火墙运行状态信息、设备活跃度等进行实时监控，通过网络运行数据来监测或预报自身的业务数据、生产效率、能耗分布区域等，实现园区海量生产设备的一站式管理。

6. 现有系统平滑对接

行业用户在进行网络升级的过程中，还需要考虑与现有 IT/CT 系统的兼容性以及可扩展性，这样利于降低园区内的网络运维成本、提高运营效率。

1.3 5G 专网是向垂直行业数字化转型的精准供给

5G 技术将广泛提升垂直行业生产要素的数字化水平，应用于各行业生产过程中的数据感知、生产决策、操作执行等环节。为行业而生的 5G 专网将是 5G 技术对垂直行业的精准供给。

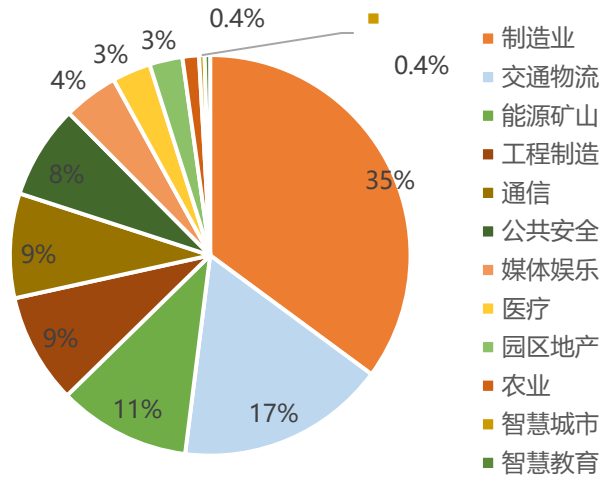


图 1 全球 5G 行业应用发布情况（数据来源 OMDIA，截至 2020 年 3 月）

根据咨询机构 OMDIA 的测算，全球范围 5G 行业应用的经济贡献将达到 13.2 万亿美元。其中对制造业的贡献最为明显，5G 将带动全球制造业新增产出 4.7 万亿美元。部署 5G 专网是垂直行业推动 5G 创新应用、拓展生产效能、提速数字化转型不可或缺的必要手段。

2. 中国联通 5G 专网

5G 网络演进的趋势是向网元虚拟化、架构开放化、编排智能化方向发展，这为 5G 专网服务能力的灵活化、定制化提供了有力的技术保障，中国联通 5G 专网产品根据不同的应用场景进行定制化设计，以实现网络时延、安全隔离度、网络可靠性、网络带宽、上下行配比、峰值速率等重点因素的差异化能力，满足行业用户生产、办公、管理等应用的通信服务需求。

中国联通 5G 专网包括：5G 虚拟专网、5G 混合专网以及 5G 独立专网。中国联通 5G 专网利用运营商网络频谱资源及移动网络运营优势，针对工业制造、能源矿山、交通物流、港口码头、公检法机构、城市安防、新媒体、医疗及大型企业等场景，为行业用户打造“专建专维·专用专享”的专有网络，提供以 5G 为核心技术的综合型专网，融合切片、MEC 等技术，为行业用户提供具有定制化资源和服务质量保障、业务隔离的精品安全网络。

2.1 5G 虚拟专网

2.1.1 定义

5G 虚拟专网产品是指基于中国联通 5G 公众网络资源，利用端到端 QoS 或切片技术，为客户提供一张时延和带宽有保障的、与中国联通公众网络普通用户数据隔离的虚拟专有网络。从无线基站、传输到核心网用户面及控制面端到端共享中国联通公众网络，通过切片技术，为用户提供具有特定 SLA 保障的逻辑专网。

2.1.2 方案

5G 虚拟专网产品网络架构如下图所示。在 5G 虚拟专网模式的接入选网流程中，专网用户终端开机搜集到 5G 无线信号，并发起接入注册流程，基站根据终端上带切片标识选择核心网 AMF，AMF 基于终端上带/签约切片对用户进行接入认证和鉴权（UDM 配合），认证成功建立会话，用户可正常进行数据业务。

5G 虚拟专网终端注册成功后可发起数据业务、进行数据转发时，用户数据流是：5G 专网终端—>中国联通公众网络基站—>中国联通公众网络 UPF—>企业内部应用。

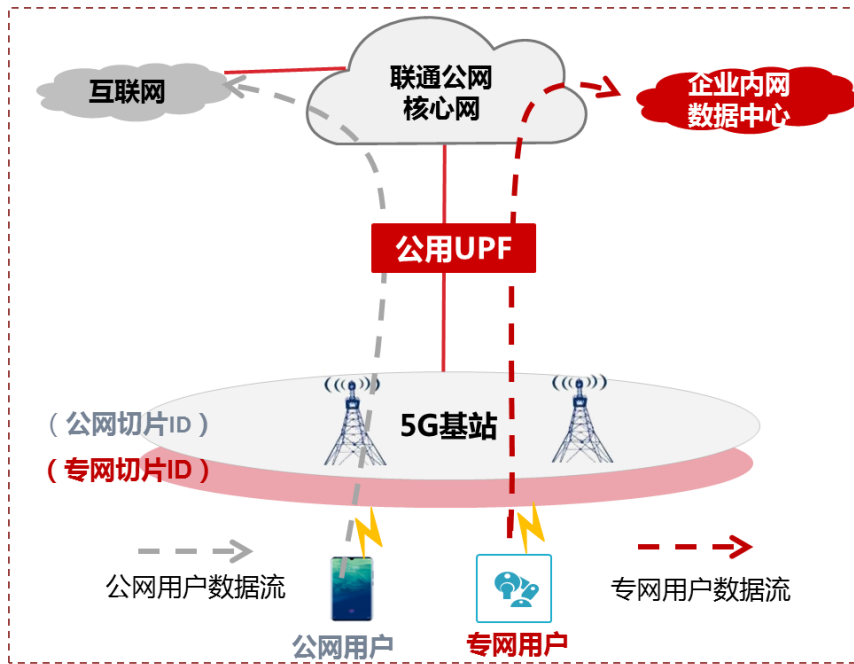


图 2 5G 虚拟专网产品网络架构

2.1.4 特点及优势

5G 虚拟专网产品通过灵活切片配置，提供不同等级的带宽、时延保障等网络能力及服务，此类专网部署模式具备以下特点及优势：

1. 服务范围广：中国联通公众网络覆盖的地方均可提供软切片服务。
2. 可靠安全：通过 5G 切片技术，为用户提供逻辑隔离专网的专属管道，实现专网用户与公共用户的业务隔离，互不影响，保障用户业务安全。
3. 高灵活性：灵活签约专属切片，可将专网自主管理，自主配置、告警提醒等能力权限开放给专网用户，为用户提供大屏监控、业务管理等灵活自服务能力。
4. 低成本：用户无需承担核心网络、无线网络建设及维护成本。
5. 建设周期短：无需采购专属设备，建设周期短，通过网络数据配置即可提供专网服务。
6. 可选业务应用：在基础连接能力之上，可为客户提供集群调度、AR 远程协作、5G 专网语音、安全网关等。

2.1.5 适用场景

5G 虚拟专网适用于广域专网业务，包括智慧城市、智慧景区、新媒体、高端小区及办公、智能交通（含自动驾驶）等场景。例如在城市园区景区的监控、直播；智能交通中的自动驾驶与车路协同；体育场馆演出场馆的专属通信服务。上述场景中的专网部署方案往往具备以下特点：

1. 接入区域不固定或广域覆盖，既服务公网个人用户也服务专网用户；
2. 有较为确定的业务质量要求和一定程度的数据隔离要求；

5G 虚拟专网典型业务场景对网络通信能力的需求如下：

表 2 5G 虚拟专网典型场景网络要求

行业	5G 场景	5G 应用	时延要求	隔离度要求	可靠性要求
医疗健康	院前	基于 5G 急救通信网关 院前急救平台 5G 移动卒中单元	中	中	高
	院内	基于 5G 的移动查房与影像传输 多连接医疗动态监护体系 基于数字化室分的院内物资管理	高	中	高
	院间	基于 5G 远程会诊系统 智慧手术示教及远程指导 基于 5G 的远程手术机器操控	低	中	高
金融	银行服务	金融综合服务一体机 AR 辅助眼镜 高清视频回传	高	中	高
	保险	5G 数字保险	低	中	高
教育	远程互动教学	4K&全息远程互动教学	中	低	中
	虚拟现实沉浸式教学	虚拟现实沉浸式教学 AI 教育和校园智能化管理	中	低	中
文旅	旅游	实景导览导航 AR 辅助讲解 游客自助航拍服务 远程内容互动讲解 文物修复辅助	中	低	中
	文娱	演唱会 5G 演播车 晚会全息互动	中	低	中
	体育	远程观赛 智慧场馆 智慧训练 智慧指导	低	低	中
公共安全	巡检	5G 安防巡检机器人 AR 可穿戴式设备及移动布控	中	高	中

生态环境	水域监控	5G 无人机 无人船 水下无人机	中	低	中
	交通巡逻	网联无人机高速巡逻产品	中	低	中
	能源	5G 电力巡检 5G 智慧发电场	中	低	中
新媒体	直播	5G 直播平台 5G 视频背包 5G 轻量级转播车	高	低	中
	融媒体	5G 智能融媒体平台 5G 全能一体机 5G 虚拟演播室	低	低	中
	影视	5G 4K/8K 视频 5G VR/AR/全息视频	中	低	中
智慧交通	车路协同	本地化处理智能 RSU V2X 与蜂窝网协同部署	高	低	中
	远程驾驶	基于 5G 远程驾驶平台 5G 远程驾驶舱 远程驾驶关键组件	高	低	中
	智能驾驶	云端/车端算力协同 基于 5G 远程接管和远程诊断	高	低	中

2.2 5G 混合专网

2.2.1 定义

5G 混合专网产品是指以 5G 数据分流技术为基础，通过无线和控制网元的灵活定制，为行业用户构建一张增强带宽、低时延、数据不出园的基础连接网络。5G 混合专网的核心网用户面网元 UPF 为行业用户私有化部署，无线基站、核心网控制面网元根据客户需求灵活部署，为用户提供部分物理独享的 5G 专用网络。满足行业用户大带宽、低时延、数据不出园区的需求。该模式下行业用户网内业务数据本地卸载，可通过功能定制优化，减小公众网络故障对用户生产业务的影响，保障生产安全。

2.2.2 方案

5G 混合专网产品网络架构如下图所示：

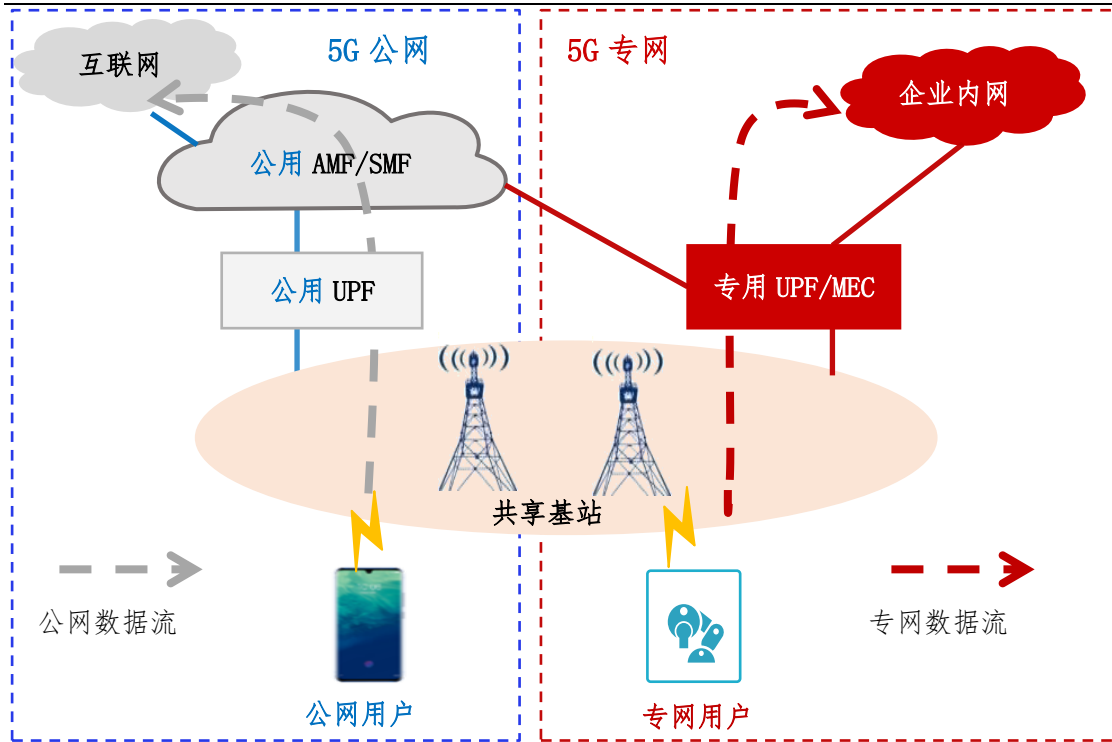


图 3 5G 混合专网产品网络架构

专网网元组成

5G 混合专网的 NR 无线子系统由 gNodeB 组成，部署方式可选公众网络共享或企业侧独立部署，NR 系统通过 N2 接口与用户侧部署的 AMF 进行对接，通过 N3 接口与用户侧部署的 UPF 进行对接。支持下行高达 Gbps 的用户体验速率、数十 Gbps 的用户峰值速率。支持整个区域的流量密度至少可以达到 Tbps/km²，即使用户在 60km/h 移动的情况下，依然满足上述需求。

5G 混合专网的核心网元 UPF/MEC 是独立部署于行业用户的园区内，AMF 以及 SMF 可选共用公众网络核心网资源或在行业用户园区内独立部署。

专网业务路由

在 5G 混合专网模式的接入选网流程中，无线基站对接核心网 AMF、UPF，专网用户规划专有切片标识。专网用户终端在园区可正常搜索到无线信号，并发起接入注册流程，基站根据终端上带切片标识选择用户侧专用核心网 AMF，AMF 负责对用户进行接入认证和鉴权 (UDM 配合)，认证成功后建立会话，用户可正常进行数据业务。在基站专用模式下，外部访客用户终端在用户园区可正常搜索到无线信号，但在发起注册过程中，核心网经过判断无法用户上报/签约切片提供服务，拒绝用户接入，用户接入失败。在基站共享模式下，

外部访客用户终端在用户园区可正常搜索到无线信号，并发起接入注册流程，基站根据终端上带切片标识选择公众网络核心网 AMF，AMF 负责对用户进行接入认证和鉴权（UDM 配合），认证成功后建立会话，用户可进行数据业务。

5G 混合专网模式下的专网用户与园区访客的数据转发流程各不相同：专网用户或专网终端注册成功后可发起数据业务、进行数据转发时，用户数据流如下：专网终端—>专网基站—>专网 UPF/MEC—>企业内部应用。园区访客用户/终端注册成功后可进行正常数据业务，用户数据流如下（基站共享模式）：访客终端—>共享基站—>公众网络 UPF—>互联网。

2.2.3 特点及优势

5G 混合专网可根据用户场景及业务特点，提供端到端精细规划、设计、建设、维护及优化服务，实现覆盖、速率、容量、上下行配比的灵活配置。5G 混合专网具有以下特点及优势：

1. 超低时延：通过核心网本地部署+空口预调度技术，有效提升端到端时延指标，网络端到端时延<15ms，部分场景时延<10ms。
2. 上下行带宽增强：上行增强通过空口资源上下行配比专属优化、载波聚合、增强上行覆盖、TDD+FDD 的方式合力提升上行吞吐率。
3. 多载波聚合：通过双载波聚合技术，实现速率翻倍，同时基于高低频聚合，有效增强下行速率。
4. 灵活自服务：将专网自主管理，自主配置、告警提醒等能力权限开放给专网用户，为用户提供网络监控、业务管理、用户策略配置（黑白名单、限速、IP 地址分配、DNN、QoS 等）等灵活自服务能力。
5. 数据不出园区：通过部署专用 UPF 网元，实现用户数据不出园区，本地灵活卸载，业务安全隔离。
6. 覆盖优化：针对用户园区提供一定程度的勘察、无线规划、优化服务，灵活规划部署宏站、数字化室分，实现园区高质量覆盖。
7. 可选业务应用：在基础连接能力之上，可基于 MEC 平台为客户提供集群调度、AR 远程协作、5G 专网语音、安全网关等服务。

2.2.4 适用场景

5G 混合专网产品适用于局域开放园区，包括：交通物流/港口码头、高端景区、城市安防、工业制造等。

2.3 5G 独立专网

2.3.1 定义

5G 独立专网产品是指利用 5G 组网、切片和边缘计算等技术，采用专有无线设备和核心网一体化设备，为行业用户构建一张增强带宽、低时延、物理封闭的基础连接网络，实现用户数据与中国联通公众网络数据完全隔离，且不受中国联通公众网络影响。

该模式下行业用户网内业务数据及终端/用户行为信息高度保密，企业专网与中国联通公众网络端到端完全隔离。从无线基站、传输到核心网用户面+控制面端到端为行业用户单独建设，提供物理独享的 5G 专用网络，满足行业用户大带宽、低时延、高安全、高可靠的数据传输需求。

2.3.2 方案

5G 独立专网网络架构如下图所示：

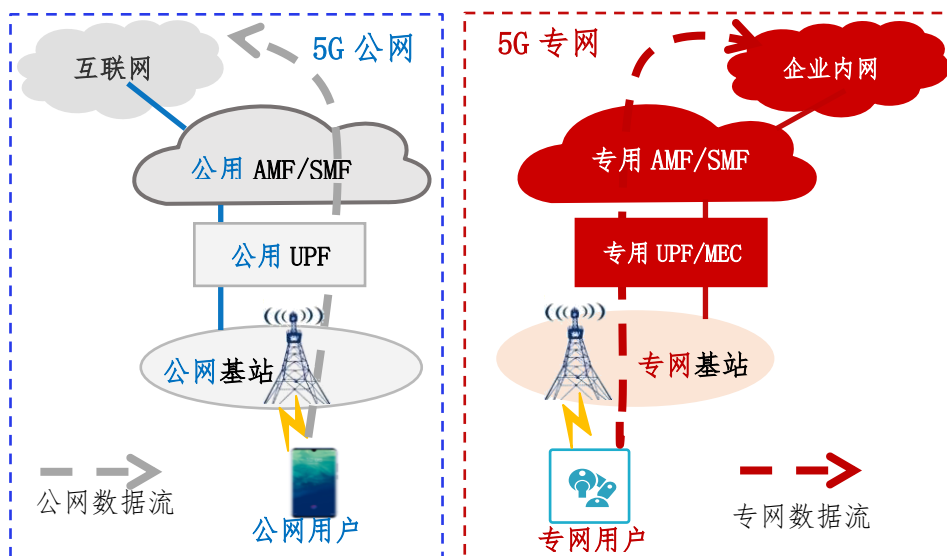


图 4 5G 独立专网网络架构

专网网元组成

5G 独立专网的 NR 无线子系统由 gNodeB 组成。gNodeB 即 NR 的基站设备，对一个或多个小区进行控制，同时提供无线资源管理、调度等功能。NR 系统通过 N2 接口与用户侧部署的 AMF 进行对接，通过 N3 接口与用户侧部署的 UPF 进行对接。

5G 独立专网将 UPF (MEC) 作为移动锚点，负责分组路由、转发、包检测及策略执行、流量上报等功能，并负责计费报告生成。基于 MEC 网业协同平台提供边缘 CT-VAS 及 IT-VAS 能力，满足行业用户对于边缘网络及业务能力的需求。

此外，5G 独立专网的核心网网元还包括专用 AMF、SMF：AMF 用于注册、连接、可达性及移动性管理，完成用户的接入认证和鉴权；SMF 用于会话管理、IP 地址分配、策略执行、计费等功能。

专网业务路由

独立专网模式下，无线基站对接私有化部署的核心网 AMF、UPF，专网用户规划专有切片标识。专网用户终端在园区可正常搜索到无线信号，并发起接入注册流程，基站根据终端上带切片标识选择核心网 AMF，AMF 负责对用户进行接入认证和鉴权（UDM 配合），认证成功后建立会话，用户可正常进行数据业务。外部访客用户终端在行业用户园区可正常搜索到无线信号，但在发起注册过程中，核心网经过判断无法为用户上报/签约的切片提供服务，拒绝用户接入，用户接入失败。

5G 独立专网用户或专网终端注册成功后可发起数据业务、进行数据转发时，用户数据流将执行以下路由规则：专网终端—>专网基站—>专网 UPF/MEC—>企业内部应用。

2.3.3 特点及优势

5G 独立专网可根据场景及业务特点，提供端到端精细规划、设计、建设、维护及优化服务，实现覆盖、速率、容量、上下行配比的灵活配置，具备以下特点及优势：

1. 覆盖无死角：通过专业团队，针对行业用户园区提供定制化勘察、无线规划、优化服务。灵活规划部署宏站、数字化室分，实现无盲区覆盖。
2. 数据不出园：通过核心网控制面及用户面网元下沉，保障专网行业用户业务数据及用户行为信息不出园区，为行业用户提供刚性安全保障。
3. 生产不中断：企业专网与中国联通公众网络端到端完全隔离，不受联通公众网络故障影

响，保障企业专网业务不中断。

4. 上下行带宽增强：上行带宽增强主要面向 2B 行业应用，提供超级上行能力，通过增强上行覆盖、优化基站上下行资源配比、TDD+FDD 的方式合力提升上行吞吐率，并缩短时延。典型配置下，单用户上行速率可由 280 Mbps 提升至 560Mbps。下行带宽增强通过载波聚合技术提升下行吞吐量，典型配置下单用下行峰值速率可由 1.5Gbps 左右提升至 3Gbps。
5. 超低时延：通过核心网本地部署+空口预调度技术，有效提升端到端时延指标，网络端到端时延<15ms，部分场景下时延<10ms。
6. 灵活自服务：基于联通专网+MEC 服务管理平台，为行业用户提供业务策略(黑白名单、限速、IP 地址分配、DNN、QoS 等)、用户权限灵活配置的自服务能力。
7. 可选业务应用：在基础连接能力之上，可基于 MEC 平台为客户提供集群调度、AR 远程协作、5G 专网语音、安全网关等服务。

2.3.4 适用场景

5G 独立专网适用于局域封闭区域，包括矿井、油田、核电、高精制造、监狱、军队等。例如矿井、油田区域的无人调度、远程作业、系统控制与通信；高精制造厂区的智能制造、监控场景；监狱、军队所属区域的专属通信。上述场景中的专网部署方案具备以下特点：

1. 专属程度高、安全要求高、数据隔离要求高、业务连续性要求极高；
2. 某些通信指标（时延、上下行速率）要求极高，且需要定制，对业务自主性要求高；
3. 5G 专属通信为主导且优先级最高；

5G 独立专网典型业务场景对网络通信能力的需求如下：

表 3 5G 独立专网典型场景网络要求

行业	5G 场景	5G 应用	时延要求	隔离度要求	可靠性要求	网络速率要求
工业制造	矿井、油田自动化/无人化远程控制	5G 高清视频叠加远程控制 高灵敏度工业控制	高	高	高	上下行配比
	大型高精制造	5G 高灵敏度工业控制 设备数据采集与控制 工业安全可靠设备接入	高	较高	高	上下行配比

行业	5G 场景	5G 应用	时延要求	隔离度要求	可靠性要求	网络速率要求
军队	军队应用	特定人员专属通信 无人机等保密应用	中	高	高	--
监狱	智慧监狱	安防巡检 特定人员专属通信	低	高	高	--

3.5G 专网与 MEC 融合

为了实现大带宽、低时延、高可靠的用户体验，多接入边缘计算（MEC）是 5G 网络部署中不可缺少的环节。在实际部署时，5G 专网+MEC 可以为行业用户提供从最基础的网络分流能力到各种 CT-VAS (Value-Added Service) / IT-VAS 能力的不同组合，充分满足企业业务对网络及 PaaS 能力的需求。CT-VAS/IT-VAS 需要基于运营商的 MEP (MEC Platform) 边缘平台来统一提供：

边缘节点：边缘业务分布式下沉部署

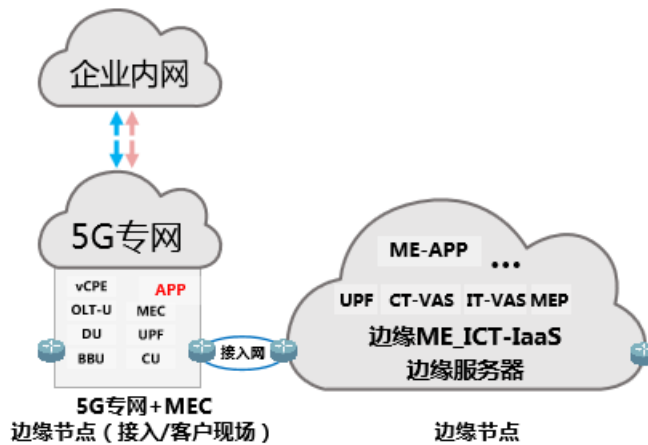


图 5 边缘节点 MEC 与专网融合部署

当部署 5G 专网时，在企业侧部署的 MEP 可以与边缘 UPF、5GC 对接，MEP 提供基础的平台 ICT-IaaS 功能，MEP 上部署 CT-VAS/IT-VAS 能力以及各种 SaaS 应用，并对企业用户提供自运维接口，适配用户侧业务对于网络能力、ICT-VAS、SaaS 的灵活调度需求。

3.1 CT-VAS 能力提供

MEP 可以为行业用户提供 CT-VAS 能力开放、配置和调用，CT-VAS 主要可以包括如下几类：

1. 基础 IP 地址/DNS 的分流配置能力：行业用户侧可以通过 MEP 对外的接口，灵活配置本地业务分流规则，配置规则可以基于 IP 五元组、DNS 域名等，MEP 通过与 UPF、5G 核心网之间的接口，将相应的规则传递给网络侧，由网络侧实现动态以及精准的分流；

2. DNS 解析能力：用户应用部署在 MEP 平台上，用户确定 DNS 和 IP 地址的映射关系，MEC 为用户提供 DNS 域名解析服务，由 MEP 提供用户配置接口；
3. LB 负载均衡服务：支持根据 IP 地址或者 DNS 地址的负载分担配置，通过轮询算法，优化访问后台资源池的负载；
4. 边缘 API 网关服务：MEC 可提供边缘 API 网关能力，可聚合各系统对外暴露的服务，所有要调用服务的应用都通过 API 网关进行访问，可通过开放 Restful API 的方式进行调用。API 网关支持宏服务(Macro-Service)和微服务(Micro-Service)的聚合；
5. NAT 转换：用户侧需要对终端的地址做变换和映射，MEC 根据用户需求，按照相应的映射关系为用户提供地址变换功能，由 MEP 提供用户配置接口；
6. 无线网络位置服务：提供基于无线基站定位的用户位置信息；
7. 无线网络带宽及 QoS 管理：用户应用需要对无线网络上下行带宽进行差异化控制，由 MEP 和无线网络联动实现；
8. 黑白名单控制：用户可设置黑白名单对边缘业务使用的权限进行控制，由 MEP 及 UPF 联动来控制实现；
9. AAA 系统：用户需要根据企业需求进行相应的终端管理、鉴权、地址分配等，可以通过在 MEP 上部署 AAA 系统来实现。

3.2 IT-VAS 能力提供

MEP 还可以为行业用户提供 IT-VAS 能力升级，满足用户上层行业应用的需求。IT-VAS 可以根据用户需求进行灵活定制，例如：

1. 边缘通用中间件服务：MEC 可提供常用中间件服务，提供常用消息队列、关系数据库、时序数据库、缓存服务和 Web 服务基本组件；
2. AI 识别：MEC 业务服务器配置 GPU 等增强型硬件，基于 AI 能力实现工业机器视觉、人脸识别、图像识别、动态捕捉等功能，并可以提供边缘节点与中心云深度学习-模型训练-业务识别的云边协同；
3. 视频编解码：面向流媒体、监控类场景，为上层应用提供统一的视频处理、特定格式转码等服务；
4. AR/VR 渲染：MEC 提供 AR/VR 的渲染能力，帮助用户实现 AR 教学、远程维修辅助、游戏渲染、虚拟现实等功能；

5. CDN 类服务：MEC 与用户中心云协同，提供 CDN 调度和边缘节点内容分发类服务；
6. 大数据分析：MEC 基于获取到的相关数据，为用户提供业务大数据识别、分析和辅助决策服务；
7. 边缘安全漏洞扫描服务：MEC 可提供边缘安全漏洞扫描服务，支持针对云主机和针对网站的漏洞扫描，并提供安全报告和加固建议。

3.3 用户网络/VAS 自服务管理能力提供

边缘节点通过 MEP 为行业用户提供统一自服务管理 API 接口，企业管理员可以通过 API 接口实现对本地网络、CT-VAS/IT-VAS 等的自助查询、配置、管理等功能。

基于 5G 专网+MEP，企业用户的需求可以实时转化为网络及 VAS 能力的响应和调用，提升行业用户的业务感知，真正实现网业联动：

1. 支持自助分流管理，允许客户在预定的分流插座、访问设备和带宽配额下，自助配置 MEP 中的域名分流、IP 分流、VAS 查看和安全组访问控制的能力；
2. 支持客户的网络状态自监控，客户可以自助查看基站/核心网网元的状态信息、网络策略配置、网络负载数据、网络访问统计、网络故障监控、业务质量分析。在独享模式下，可以支持可视化监控基站、核心网网元等设备的状态信息；
3. 支持客户侧应用的自部署和自维护，允许用户应用镜像的自助上传，实现客户应用的自助部署，支持边缘自助资源的监控，实现资源的实时监控、历史监控、业务分析。

4.5G 专网终端及卡号

5G 专网终端的品类、形态、功能具有多样化的特点，因此须将依据不同专网场景，嵌入不同能力的通信模块，实现定制化、个性化的功能。除保障基础的通信能力，中国联通 5G 专网终端还具备 eSIM 能力及灵活的号卡管理能力。依据业务场景对终端防水性、耐高低温性、防爆防震等性能及外形进行设计。

4.1 专网终端及模组分类

4.1.1 基于通信功能的专网终端分类

按照通信功能可以将专网终端分为以下几类：

1. 语音数据类专网终端：既能支持电路域或分组域语音，也能支持分组域承载业务的终端设备，如专用手机终端、对讲设备等；
2. 数据类专网终端：仅支持分组域承载业务的终端设备，如工业 CPE、MIFI、工业网关、企业路由器、工业模组等。其中有些 CPE、网关、路由器可根据不同使用场景布放，通过虚拟化技术集成多类应用。

4.1.2 基于行业应用场景的专网终端分类

按照行业应用场景可以将专网终端分为以下几类：

1. 工业互联网场景的专网终端形态：工业相机、高清摄像头、AR 眼镜、机械手臂等，可应用于智能制造行业（如汽车制造业等）；巡检无人机、巡检机器人、岸桥监控摄像头、远程驾驶车、远程控制吊车，可应用于智慧港口行业；以及数据类连接设备，例如：工业 CPE、MIFI、工业网关、企业路由器等。
2. 智慧医疗行业的专网终端形态：5G 医疗智能机器人、远程手术机械臂等。
3. 公共安全行业的专网终端形态：5G 热成像机、报警传感器、对讲设备。
4. 高清视频场景的专网终端形态：直播背包、高清/4K 摄像机、VR 头显，可应用于医疗、安防、教育、文旅、远程办公等行业和场景。
5. 智慧交通行业的专网终端形态：远程物流运输无人机、汽车移动智能终端。

6. 智慧金融行业的专网终端形态：银行智能一体机、远程业务办理终端。
7. 矿山能源的专网终端形态：防爆类专网终端、远程遥控采矿设备。
8. 特殊环境下定制类专网终端形态：根据行业、使用场景对终端性能有特殊需求而定制的专网终端。首先是在不同场景下对终端时延、速率、安全性、可靠性有不同需求；其次在复杂场景下行业对终端性能也有特殊需求，如高低温、高湿度、沙尘、易腐蚀等环境下工作，要求终端的高可靠性和业务的稳定性。均需要定制化终端满足使用需求。

4.1.3 专网模组分类

5G 工业模组相比于消费级模组要求更严苛,可适应更复杂的环境,要求生命周期更长、耐高低温、防盐雾、更可靠安全。按照场景划分可分为：

1. 基础连接类模组：纯 5G 接入能力。
2. 通用场景类模组：支持系统集成、软件开发。
3. 行业定制类模组：具有特定形态和特殊功能，例如搭载了 AI 人工智能、快速图像识别能力芯片的定制化专网模组。

5G 工业模组还需要在天线定向、扩展 USB 接口、预留 eSIM、预留 GNSS 以及二层 VPN/NAT 进行规划设计。

4.2 专网终端的通信能力

1. 5G 专网终端在 5G-NR 模式下可支持的频段和带宽如下表所示，专网终端的通信能力还可以根据行业客户的需求，支持 LTE FDD/TD-LTE/WCDMA/CDMA/GSM 模式。

表 4 专网终端 5G-NR 工作频段和带宽

工作频段	上行频段 (MHz)	下行频段 (MHz)	最大带宽 (MHz)	双工模式
n78	3300 - 3800	3300 - 3800	100/200 ^{*1}	TDD
n41	2496 - 2690	2496 - 2690	100	TDD
n1	1920 - 1980	2110 - 2170	20/30/40/50 ^{*2}	FDD
n3 ^{*3}	1710 - 1785	1805 - 1880	30	FDD
n8 ^{*3}	880 - 915	925 - 960	20	FDD
n79 ^{*3}	4400 - 5000	4400 - 5000	100	TDD
n77 ^{*3}	3300-4200	3300-4200	100	TDD
n258 ^{*3}	24250-27500	24250-27500	NA	TDD

*1: n78 100MHz 带宽要求必选支持, n78 200MHz 带宽推荐支持;

- *2: 根据芯片支持情况要求支持;
- *3: 可选支持。

2. 5G 专网终端分别在 SA 组网模式下, n1 以及 n78 频段上可达到的行峰值速率如下图所示。其中 NR TDD 基本配置为: 2.5ms 双周期, 特殊时隙配比 10: 2: 2, 下行采用 4 流 256QAM, 上行采用 2 流 256QAM; FDD 基本配置为: 单载波 20/50MHz, 下行采用 4 流 256QAM, 上行采用 2 流 256QAM。

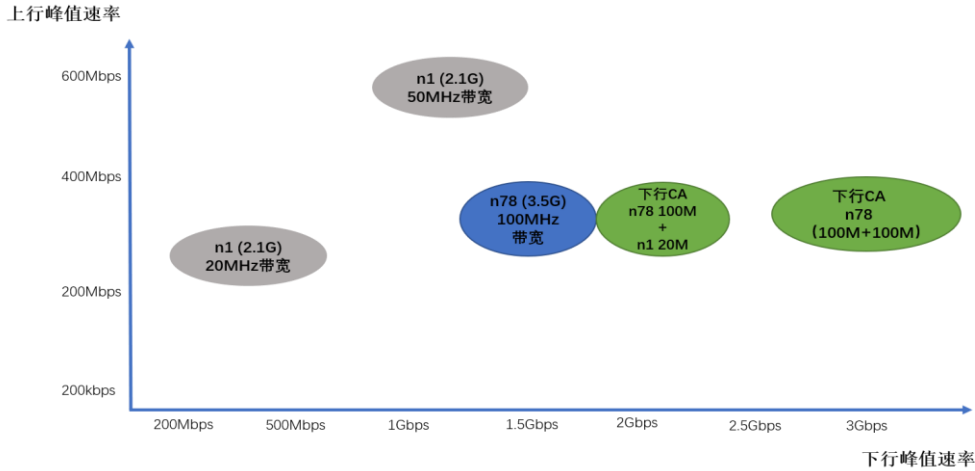


图 6 n1 以及 n78 频段上下行峰值速率 (SA 组网)

如果专网在 3.5GHz 频段上采用了与公网不同的帧结构, 那么相应的专网终端、专网模组也可进行定制。对于其他的时隙配比、调制机制、带宽容量的情况下, 5G 专网终端的上下行峰值速率会有相应的表现。

3. 中国联通 5G 专网终端可以支持时隙配比灵活可调, 支持子载波间隔, 支持多 MIMO 能力以及 CA 载波聚合能力。
4. 中国联通 5G 专网终端的下行信号可以兼容 Wi-Fi6, 实现与 Wi-Fi 网络的平滑对接。
5. 中国联通 5G 专网终端的可以支持 IPv4 单栈、IPv6 单栈以及 IPv4/v6 双栈。
6. 在 SA 架构下, 5G 专网终端的移动性管理支持空闲态和连接态下 NR 到 NR 移动性过程, 包括小区重选、切换和重定向; 还要支持空闲态和连接态下 NR 到 LTE 移动性过程以及空闲态和连接态下的 LTE 到 NR 移动性过程。5G SA 专网终端还支持网络切片选择及管理能力, 切片和 5G 专网终端上的业务进行绑定。

4.3 专网终端的 eSIM 能力

中国联通 5G 专网终端既支持普通 SIM 卡, 也支持 eUICC 卡 eSIM 远程管理能力。为

中国联通 5G 专网提供更为灵活便捷的卡号管理能力。

1、提升专网终端环境适应能力：由于无需配备可插拔 SIM 卡及卡槽，终端机身无需进行物理打孔，具备 eSIM 能力的专网终端对于耐高温、防尘、抗震场景将更有优势，进而增加设备预期寿命，满足工业及特殊环境对专网终端的性能要求。

2、卡号灵活管理：行业用户可以通过中国联通 eSIM 管理平台专属资源管理模块对专网终端 eUICC 卡进行远程写卡、按需激活、可视化管理，行业用户不需要对实体 SIM 卡进行插拔即可实现设备的远程激活。也可以借助近端的管理设备批量为 5G 专网终端进行终端 eSIM 号卡管理。

3、机卡绑定更安全：eUICC 在设备出场时即封装在专网终端中，出厂后的终端不再与 eUICC 分离，可满足专网业务对于机卡绑定的安全要求。

5. 5G 专网安全

5G 专网的多种应用场景中会涉及到多品类的终端设备、多种接入认证方式、开放的网络能力，对专网的安全性能提出新的要求。中国联通 5G 专网产品的安全架构综合考虑了网络认证密钥管理架构与公网的一致性、专网安全能力开放布局以及专网多层次的安全隔离度等内容，满足电信级通信设备安全要求，确保网络及业务的安全、完整、可用，为企业发展保驾护航。

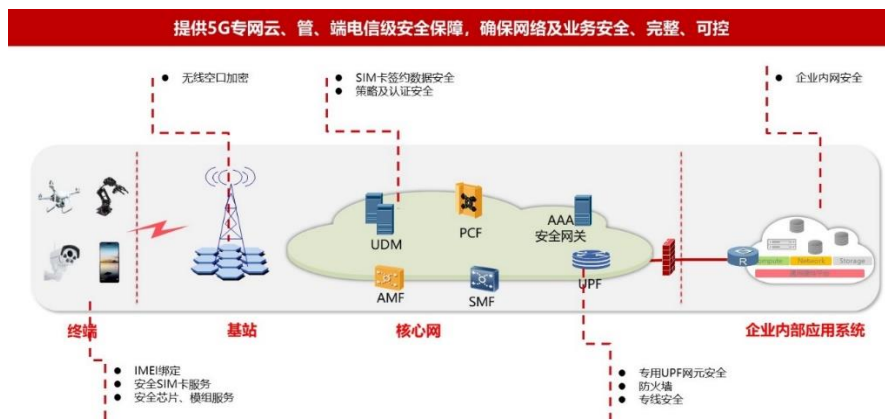


图 7 5G 专网安全架构示意图

1. 中国联通 5G 专网产品提供的认证框架与公网一致，并支持多种接入方式和接入凭证，从而保证各类终端设备安全地接入专网。通过采用与公网统一的认证框架、建立统一的密钥体系，可以保障用户实现专网及公网的无缝切换，灵活并且高效地支持各种应用场景下的身份鉴权。采用电信级 EAP-AKA 和 5G AKA 认证方法，严防非法用户接入。
2. 中国联通 5G 专网产品考虑到安全能力开放布局，既能保证开放的网络能力安全地提供给第三方，也能保证网络的安全能力（如加密、认证等）能够开放给第三方使用。5G 专网的开放安全能力主要包括（但不限于）：一是基于专网接入认证向第三方提供业务层的访问认证，即如果业务层与网络层互信时用户在通过网络接入认证后可以直接访问第三方业务，简化用户访问业务认证，提高业务访问专网的效率；二是基于终端智能卡（如 UICC/eUICC/iUICC）的安全能力，拓展业务层的认证维度，增强专网对业务认证的安全性。
3. 中国联通 5G 专网产品提供可靠的终端安全保障，通过 IMEI 绑定、SIM 卡 SUCI 加密、定制化安全芯片/模组等技术手段为专网行业用户终端层面提供安全保障。

4. 此外联通专网产品还考虑了多层次的安全隔离度，包括园区内专网自身的硬件安全、机房安全管理、专网与公网之间的安全以及加密管理、跨区域专网之间通信的安全管理等。通过在外部网络出口部署防火墙或安全网关设备，实现网络安全隔离，有效防止外部攻击。
5. 联通专网产品为空口安全提供保证，无线 NR 支持对空口信令和用户面数据的加密和完整性保护，配置多种加密及信息完整性安全算法。
6. 联通专网产品具备容灾安全保障，通过提供硬件备份、链路容灾及网元级容灾等不同程度的网络容灾保障，在网络单点故障情况下保障业务连续性。

6. 5G 专网的协同能力

5G 专网与垂直行业的深度融合将加速应用场景创新、改变生产方式提升生产效率、支持垂直行业生产效能可持续增长。中国联通 5G 专网以“多园区云网融合”、“MEC 边网一体”、“资源灵活定制”、“管家式企业托管”、“企业 IT 平滑对接”的协同能力，满足行业用户面向宽带化、移动化、物联化、多业务融合发展的需求。为企业用户提供专建专维、专用专享、量身定制、灵活便捷的 5G 专网服务。在工业园区、交通、电力、医院、教育等领域重塑行业应用场景及业务形态，推动全社会生产要素的数字化、线上化和智能化。

1. 多园区云网融合能力

行业 5G 专网客户通常也对园内组网以及公司数据上云有着一体化解决方案的需求，中国联通 5G 专网可为用户提供云联网融合的解决方案，保障用户便捷接入联通云联网，实现一点接入，快速访问公有云、私有云及行业云资源，享受端到端云网一体化服务。通过联通 5G 专网接入云联网还可以保证云链接的安全性，提高园区网络的接入能力，为行业用户接入更多的生产设备、保障更大的传输容量、提升更高的传输效率，进而为企业创造更多的生产效益。5G 专网支持多厂区协同管理，在一些大型客户多个边缘机房实现互联互通的情况下，提供统一的界面管理不同厂区的边缘资源，实现多厂区资源的模块集群、主机、虚拟机、存储、网络可管理资源的信息统计和展现。

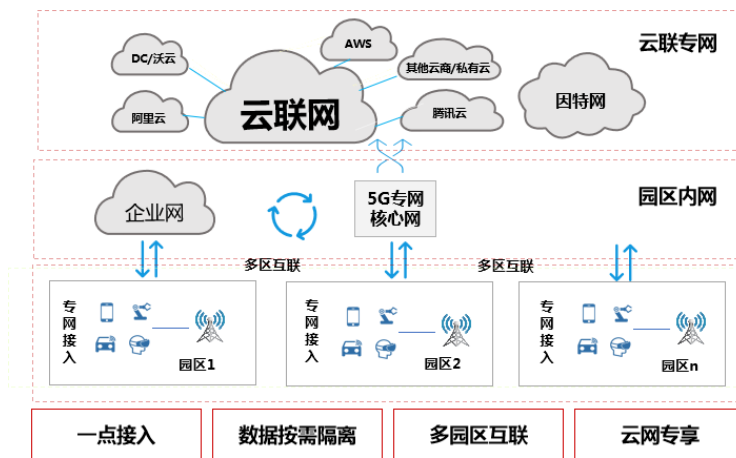


图 8 联通 5G 专网能力：多园区云网融合

2. MEC 边网一体能力

中国联通全力构建“云、网、边、端、业”五位协同体系，联通 5G 专网搭载中国联通 MEC 边缘云生态，在本地化卸流的同时提供了计算资源与运行环境的就近部署，一方面降低网络通信时延，另一方面实现企业应用的快速搭建、部署与上线。MEC 平台增强了网络联接的控制与管理，融合了算力下沉、动态路由/TCP 加速/RNIS 无线网络信息等 CT 增值应用能力、实时编解码/AI 推理/VR 渲染/VCDN 等 IT 增值应用能力。通过联通的边缘生态应用商店，可以根据行业用户的多元化需求，按需将边缘应用和服务，按需推送到 EdgePOD 实现开通、升级或者替换。

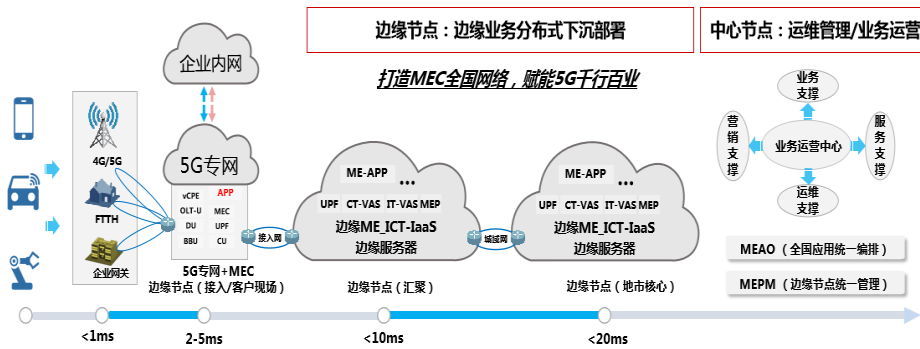


图 9 联通 5G 专网能力：MEC 边网一体能力

3. 无线资源灵活定制能力

中国联通 5G 专网具有无线资源灵活定制的特点，可面向行业用户多种应用场景、多元业务类型提供量身定制的解决方案并匹配相应资源。对于虚拟专网用户，联通 5G 专网可通过灵活切片配置，提供不同等级的带宽、时延保障等网络能力及服务，为用户缩短建设周期，降低专网部署成本；对于混合专网用户，联通 5G 专网可提供部分频谱定制，同时，为行业客户带来不同业务的 QoS/RB 资源定制；对于独立专网用户，联通 5G 专网可以提供独立基站、多个频谱等资源定制，可根据业务需求提供上行时隙配比、以及 QoS/RB 资源预留和安全隔离能力。

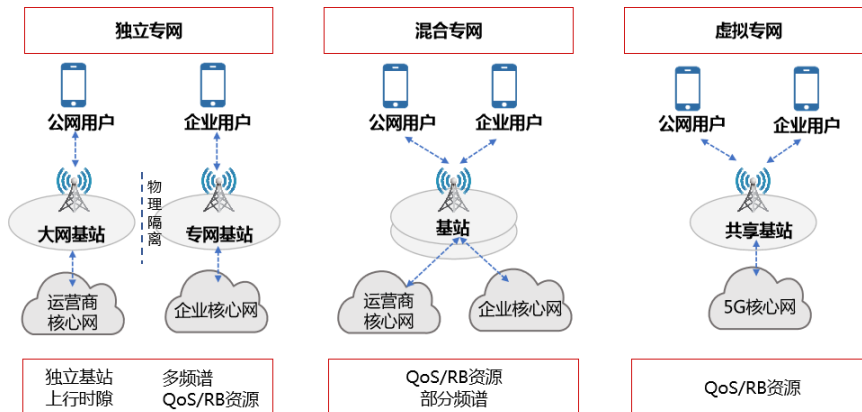


图 10 联通 5G 专网能力：无线资源灵活定制能力

4. 企业 IT 平滑对接能力

联通 5G 专网还可以与企业 IT 平台实现平滑对接，通过将专网核心网元私有化部署、开放专有接口对接企业服务器，实现专网在行业用户现有 IT 系统上“即插即用”，将专网的运维与企业现有的 IT 业务管理有机融合，实现现有业务的平滑继承，从而实现现有业务的提质增效，为行业用户打通 CT 与 IT 以及生产平台、业务管理平台之间的数据孤岛，通过网络运行数据来监测或预报自身的业务数据、生产效率、能耗分布区域，提升企业生产要素的数字化水平。

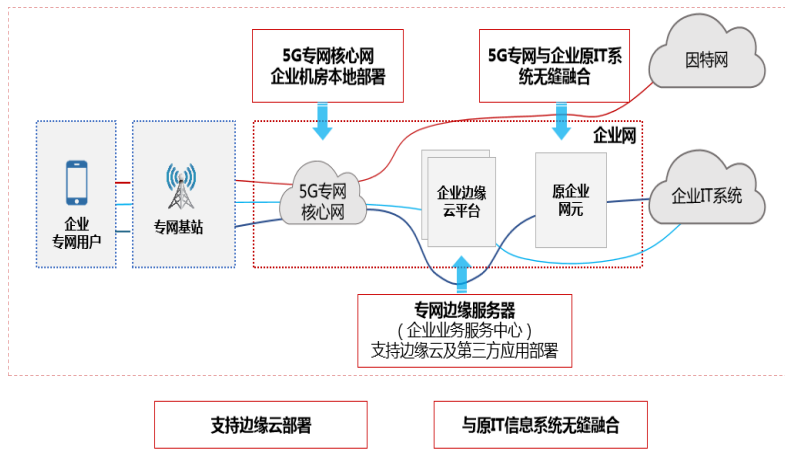


图 11 联通 5G 专网能力：企业 IT 平滑对接能力

5. 管家式企业托管能力

联通 5G 专网专注于为客户提供网络服务。管家式的网络运维及支撑服务，为客户提供成本最优、体验最佳的产品是我们的追求。中国联通利用多年的网络运营经验，形成专业化的管家式运维服务，园区专网“专建、专维、专享”的特性为行业用户提供了网络通道尊享权益的保障：提供基础硬件、组网、辅材等设备并完成专网方案设计、勘查、规划、集成、安装及调试等工作；提供企业级号卡服务；配合客户业务进行的网络接口适配；提供集群通信、语音服务、消息服务、AI 分析、视频转码、AR 增强等增值应用等。在第一时间响应行业用户对网络性能的差异化需求并随时灵活调整，提前感知网络风险，规避网络问题。



图 12 联通 5G 专网能力：管家式企业托管能力

7. 结束语

随着 5G 应用的不断成熟，将有越来越多的行业用户部署 5G 专网。中国联通 5G 专网凭借联通 5G 资源禀赋，承诺了更好的数据隐私性、更安全的隔离度、更灵活的自管理能力和更高效稳定的连接性能。在国内大循环为主体的新发展格局下，5G 专网产品是中国联通响应国家号召，持续践行新基建，面向行业客户提供的基于新一代信息通信技术的精准供给。未来 5G 专网的部署形态将随 5G 行业应用的演进覆盖从局域专网为主扩展为多园区互联的跨域专网，5G 专网亦有望成为行业用户数字化转型和创新应用孵化平台。在 5G 网络发展的初期，端到端网络切片技术及产品在不断完善中，中国联通将发挥频谱资源、网络建设及运维等优势，积极拓展定制化专网业务，与行业用户共同探索智能化网络与 5G 应用的融合与创新，为行业客户提供专属的精品网络服务，推动生产方式向更智能高效的方向发展。