



中国联通轻量化 5G 核心网白皮书

中国联合网络通信有限公司

2020 年 12 月

前 言

当前数字化浪潮席卷全球，在新基建政策推动下，5G 产业加速发展，5G 网络将助力各行业向数字化智能化转型，开启数字经济新时代。行业市场领域众多，工业、交通、电力、安防、金融、医疗等行业对网络的 SLA 能力、隔离性、安全性、成本等有不同的要求，5G 网络需要针对行业应用场景，提供功能灵活、部署便捷、安全可靠、绿色经济的行业网络解决方案，满足 5G 行业客户的个性化需求。

本白皮书分析了 5G 行业专网的需求、技术和产业现状，提出了轻量化 5G 核心网产品方案，深入阐述了其典型特性、系统架构、设计原则，总结了轻量化 5GC 的技术演进趋势，最后给出了基于轻量化 5GC 的定制专网案例，并做了进一步总结和展望。旨在为产业界规划设计轻量化 5GC 方案及行业客户本地部署 5G 定制专网提供参考。

本白皮书的版权归中国联通所有，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明来源。

目录

1	5G 行业专网发展趋势	1
1.1	5G 行业市场成为新的价值增长点	1
1.2	5G 行业专网发展潜力巨大	1
2	5G 行业专网解决方案对比分析	2
2.1	端到端网络切片的虚拟专网	2
2.2	UPF 下沉的混合专网	3
2.3	基于轻量化 5GC 的定制专网	3
2.3.1	SBA 服务化架构支持专网定制和剪裁	4
2.3.2	网络能力持续增强，满足多场景业务需求	5
2.3.3	产业链已趋成熟，轻量化 5GC 蓄势待发	5
3	轻量化 5GC 特性与系统架构	5
3.1	典型特性	6
3.2	系统架构	7
3.2.1	单体网络型 5GC	9
3.2.2	切片管理型 5GC	9
3.2.3	网络能力开放型 5GC	9
3.2.4	运营能力开放型 5GC	10
3.3	设计原则	10
4	新技术与新方向	12
4.1	基于云原生，打造敏捷、高效 5G 核心网	12
4.2	引入 AI，提升 5G 运营运维智能化水平	13

4.3	接入异构化, 提供一致业务使能泛在网络	14
4.4	关注新特性, 赋能智能制造与 IIoT	14
5	典型案例	15
5.1	山东兖矿携手中国联通打造智慧矿山	15
5.2	马栏山视频产业园联合中国联通打造智慧文创园	16
6	总结和展望	17
7	联合编写单位	17

1 5G 行业专网发展趋势

1.1 5G 行业市场成为新的价值增长点

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。5G技术的上下游产业链涵盖广泛，根据IHS的预测，到2035年5G将给全行业带来超过13.2万亿美元的市场空间。从通信产业的发展趋势看，5G与2B市场的结合将是移动通信的新蓝海，5G的重点将从2C市场转向2B市场。运营商传统业务领域增收乏力，需寻求创新领域新突破，2B市场毫无疑问是5G盈利增长的关键点，全球运营商将战略重点转向垂直行业领域。

2B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。

1.2 5G 行业专网发展潜力巨大

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。

5G技术标准的演进使其更加符合行业需求。2020年7月冻结的3GPP Release 16标准对垂直行业的多个特性进行了增强。例如，面向工业控制自动化、电网配电自动化等场景，支持5G与TSN集成；uRLLC的增强保障终端的连接可靠性。同月底，ETSI发布MEC和3GPP规范的协同架构，支撑边缘计算生态发展。未来3GPP Release 17及Release 18针对行业网络将

会有更加完善的功能增强。例如在业务体验保障上，通过基于AI和负向反馈机制的SLA动态闭环，实现5G网络自优化，更好地服务于具有强移动性、强漫游性、强业务延续性需求的垂直行业。

2 5G 行业专网解决方案对比分析

针对行业客户的个性化需求，中国联通提出了具有针对性的网络方案，主要包括共享公网资源的端到端网络切片的虚拟专网、UPF 下沉的混合专网以及与公网隔离的基于轻量化 5GC 的定制专网三个方案。

2.1 端到端网络切片的虚拟专网

虚拟专网组网方案如图 1 所示，专网与公网共享基站、频谱、承载网和核心网，通过网络切片、端到端 QoS 等技术虚拟出多个逻辑子网，为客户定制一张具有一定 SLA 保障的虚拟专网。该方案存在以下特点：

- 公网覆盖的地方均可提供软切片服务。
- 通过网络数据配置即可提供专网服务，用户无需承担网络建设及维护成本，建设周期短。
- 专网的 SLA 能力受限于公网资源配置，网络调整时易造成公专网的相互影响。
- UPF 及 5GC 部署在运营商侧，各类数据会出园区。

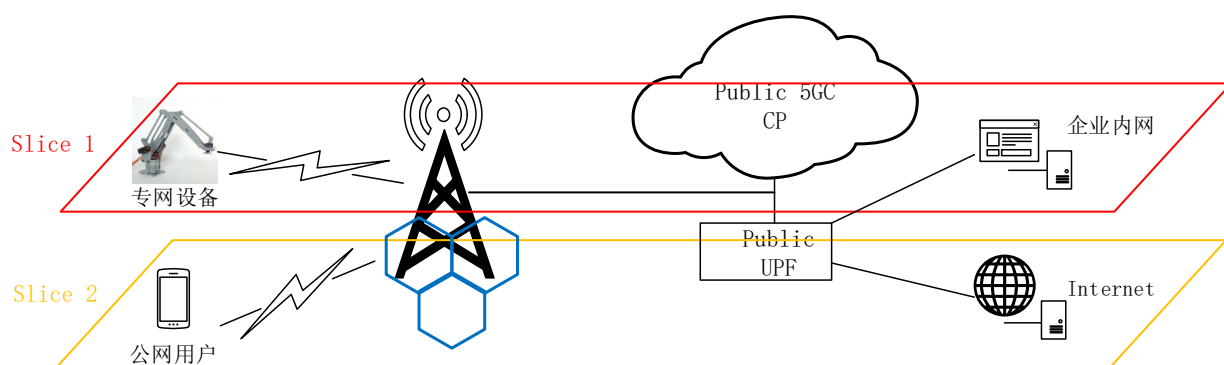


图1 虚拟专网方案

该方案适用于广域场景，包括价格敏感、有一定数据隔离要求的业务场景，或基于公网漫游的业务场景，如智慧城市、新媒体等。

2.2 UPF 下沉的混合专网

混合专网组网方案如图2所示，在行业用户本地部署专用UPF，5GC控制面与公网共用，通过数据分流技术实现行业业务数据不出园区，行业用户可以修改本地UPF的业务QoS策略，边缘计算平台上的IT业务可以动态调整本地UPF服务质量。此外，UPF下沉的混合专网方案可与网络切片方案结合，下沉部署的UPF网元可通过虚拟化的方式划分为多个网元实例，实现垂直行业用户私有业务间的软隔离。此方案存在以下特点：

- 业务数据流在用户本地处理，可保障低时延、高质量的服务效果。
- 提供物理设备上的用户业务数据强隔离，保证数据的高安全性。
- 与公网共用 5GC 控制面，调整业务 SLA、运维管理网络切片并利用网络切片的开放能力等方面存在困难。

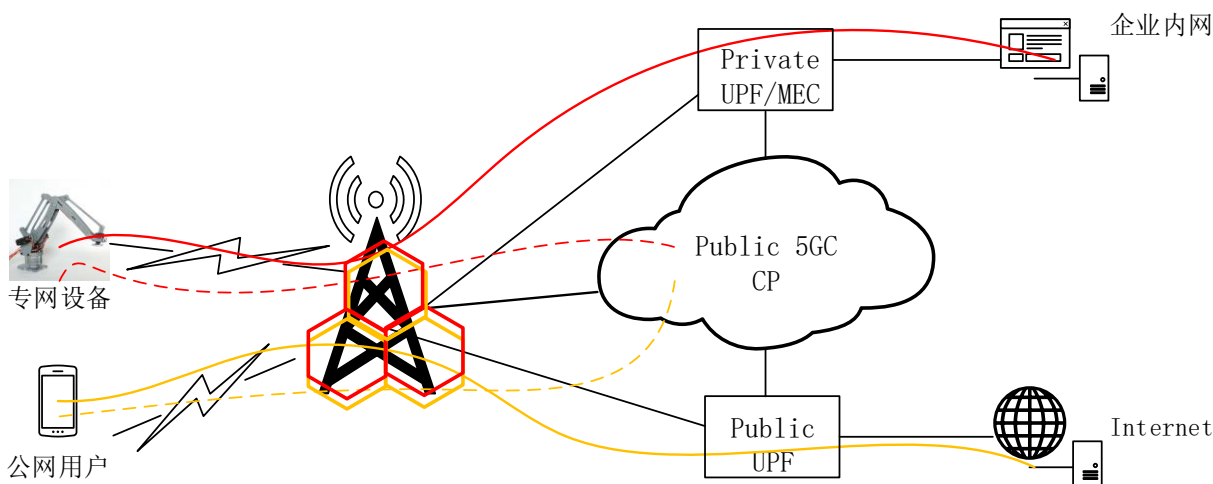


图2 混合专网方案

该方案适用于局域开放园区场景，如交通物流、港口码头、高端景区、城市安防、工业制造、大型企业分支机构等。

2.3 基于轻量化 5GC 的定制专网

基于公网实现的专网方案，信令数据、网络功能等仍依赖公有网络实现，网络质量受公网实时状况影响，而高端制造、交通运输、航空服务等领域的大中型企业以及矿井、油田、码头、核电、监狱、军队等局域封闭场景对、可靠稳定性、安全隔离性、数据保密性、网络控制权等特性的要求较高且不同于公网，现有基于公网的专网方案不能

完全满足其需求，此类行业场景更倾向于使用网元按需组合的定制专网。定制专网组网方案如图 3 所示，采用按需下沉的核心网，保证公网故障或网络调整时专网业务不受影响，可实现专网行业业务的控制指令、业务数据流不出园区，为行业用户提供刚性安全保障。行业客户可将专网资源视为自有信息基础设施，实现网络的自管理自配置和网络能力的自由调用。

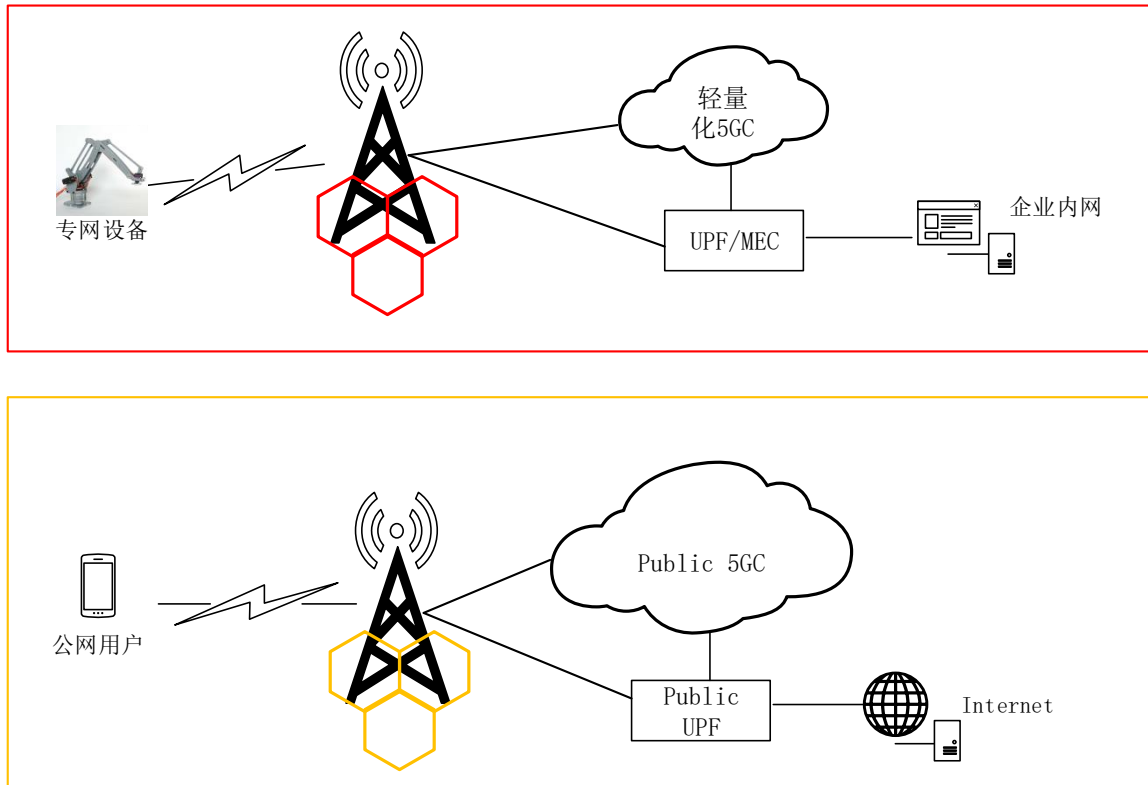


图 3 定制专网方案

面向公有网络设计的 5G 核心网，设备成本高、网元众多且功能复杂、步长大、运行环境要求高、部署及维护复杂，难以向垂直行业用户推广，因此低成本可定制、硬件设施精简、设备形态多样化、部署运维简单的轻量化 5G 核心网产品应运而生，采用该产品来打造一张可独享可管控、安全可靠、成本可控的定制专网将为 To B 应用提供有力支撑。

2.3.1 SBA 服务化架构支持专网定制和剪裁

3GPP 定义的服务化架构设计理念为核心网轻量级部署提供了系统架构保障。通过服务化架构将 5GC 网元功能拆分为细粒度可重用的若干个网络服务，解耦后的网元采用统一的消息总线连接，即插即用，网络服务可以合一部署或者分布式部署，为轻量化 5GC 提供敏捷的系统架构支持。基于服务化架构的 5G 核心网可裁剪掉不必要的网元，打造网元功能服务按需组合的轻量化核心网产品。

2.3.2 网络能力持续增强，满足多场景业务需求

3GPP 定义的众多 5GC 特性为轻量化 5GC 的技术研究和商用发展提供了坚实的基础，使得轻量化 5GC 能够更加灵活的支持各种垂直行业应用。

- 引进 SCP 功能以支持非直接通信和代理网络功能的发现功能，引入 NF Set 和 NFS Set 的概念以更好地支持无状态网络架构，新增了 Set 之间用户上下文直接传递等过程；
- 支持多种专网部署方案，包括 PNI-NPN，SNPN 以及 NPN 间共享；
- Rel-16 重点关注 mMTC 和 URLLC 场景，支持低时延高可靠业务并加强保障各业务的连续性。
- Rel-17 将进一步研究边缘计算增强，GSMA 切片模板参数支持，人工智能增强，NPN 专网增强以及 TSN 增强等，可扩展轻量化 5GC 支持的功能并提高现有功能的效率。

NFV、边缘计算等技术的逐渐成熟为轻量化 5GC 的部署应用提供了多方面保障。仅需少量的基础设施即可完成网络的部署开通，也可根据场景需求定制开发，将轻量化核心网与基站、MEC、安全防护软件、AI 系统等集成为一体化设备灵活部署。

2.3.3 产业链已趋成熟，轻量化 5GC 蓄势待发

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。

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。

3 轻量化 5GC 特性与系统架构

针对行业用户的特定场景及需求，设计满足客户要求的定制化 5G 核心网，能够解决现有专网的痛点，补充现有公网的能力，深层赋能垂直行业的信息化、智能化、数字化转型。

3.1 典型特性

针对垂直行业用户对网络的共性和个性需求，轻量化 5GC 需具备以下典型特性：

低成本

行业客户使用 5G 网络的成本主要包括网络设备成本、建设成本及网络运营运维成本。其中，网络的设备成本和建设成本与软件复杂度、系统开销和所用的硬件设备规格及数量直接相关。为最大化网络利用率，达到降低成本的目的，要求专网能共享现有运营商 5G 网络资源和产业链，实现产品研发、芯片和设备建设及更新的低成本化，并且设备功能和容量设计精准，能精确匹配用户需求，不过度冗余，一体化快速开通部署。网络运营运维成本则主要由网络使用成本和网络维护成本组成，一方面，基于轻量化 5GC 的定制专网可实现业务本地化处理，相对其他方案更能降低流量传输成本；另一方面，可根据客户需求提供多种协作运维模式，相对传统专网更能简化行业客户的网络运维工作。

易定制

不同行业用户的业务类型以及应用场景不同，对时延、可靠性、带宽、数据安全等要求也各异。例如，工业控制、自动驾驶等场景要求低时延高可靠，视频、VR 等应用需要大带宽，物联网中传感器类业务需要网络具备海量接入能力。因此轻量化 5GC 需要考虑不同行业在功能、性能、组网和可靠性等方面的多样性需求，按需提供基本功能和灵活多样的增强功能。此外，不同企业规模大小不同，业务容量不同，对于通信设备的资源配置需求也不尽相同，轻量化 5GC 方案设计应具备容量步长小、设备规格多档的特点，可根据用户需求规划设备形态和部署方案。例如，能满足单车间、同园区多车间、以及跨园区等多种不同场景的设备资源需求和可靠性保障。

自服务

不同于公网用户，行业客户需要参与网络的管理运维，对专网网络设备的运行状态、关键 KPI、重要告警、操作行为和数据流量信息进行实时监控或预报，并且要求可根据自身需求按需扩容、按需升级，根据业务和用户调整需求进行用户权限、业务性能保障等的变更。因此，轻量化 5GC 方案既需使行业客户在本地能进行网络、业务和用户的自我管理自配置，又需使行业维护人员可快速获取系统运行状态以便对网络系统和海量设备进行诊断和排查，规避网络风险以及故障定界定位。

高安全

安全始终是行业客户重点关注的问题，保障专网终端、网络、应用及数据等多维度安全是行业引入 5G 的前提条件。行业本地部署的定制专网方案已完全满足生产数据、业务数据不出园区、强隔离性等基本的安全需求。此外，对某些有更高安全需求的特殊场景，还可根据行业用户的增强安全需求，在轻量化 5GC 侧增加保护措施，提供更高的安全保障，为企业发展保驾护航。

互联互通

在严格保证公专网间隔离性和专网安全稳定的同时，定制专网还应满足某些行业用户与公网互联互通的需求，保障其在公专网之间移动时的网络接入、切换及业务的连续性。例如工业园区员工要求能够从园区专网接入运营商公网，并且在进出公专网时能无缝切换以保证业务连续性。

3.2 系统架构

为满足各行业对网络建设及业务承载方面的需求，轻量化5GC采用基于SBA的“3+2+X”的系统架构，如图4所示。

- “3”是指“AMF+SMF+UPF”，负责5G核心网的移动性管理、会话管理及用户数据转发的基础功能，是下沉到行业用户本地的轻量化5GC的必选功能实体；
- “2”是指“UDM+AUSF”，负责用户数据鉴权、认证及管理功能，作为运营商维护管理用户的开户及码号信息的重要网元；
- “X”是指PCF、NSSF、CHF等网络功能实体。其中PCF主要负责策略管理，可根据用户不同业务类型使能不同的策略；NSSF用于切片选择，提供具有特定 SLA 保障的网络切片；CHF主要负责网络计费功能，使能可运营网络，提升网络的价值创造能力，全面加速5G网络的价值变现和商业模式创新；NEF作为外部用户接入的API网关，完成网络能力的收集、分析和重组，可将5G网络的能力开放给外部网元，同时网络内的NF也可通过NEF向其他NF公开功能和事件。

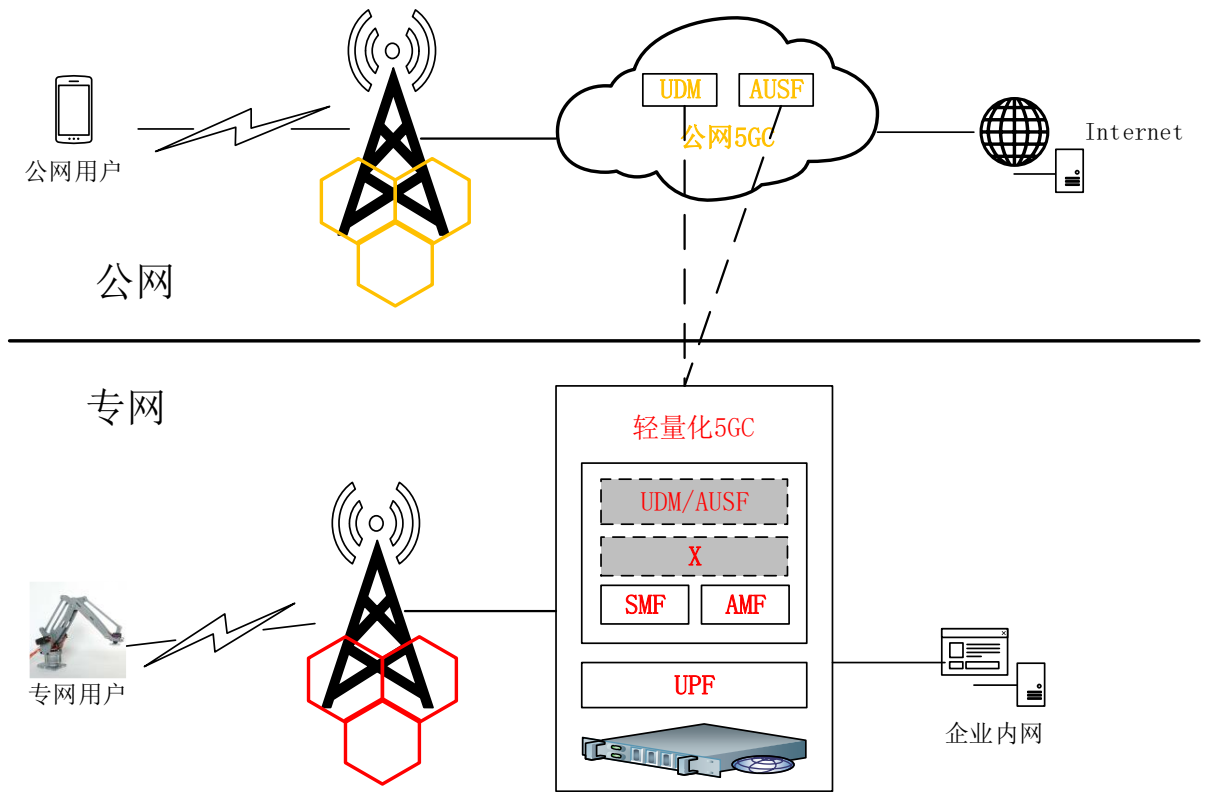


图 4 轻量化5GC系统架构

该架构可支持不同行业客户在不同场景下灵活、差异化的部署策略，带动5G定制专网在各领域大规模快速部署。根据架构的不同，轻量化5GC主要分为图5所示的四类系统模型，每种类型的轻量化5GC有不同的适用场景。

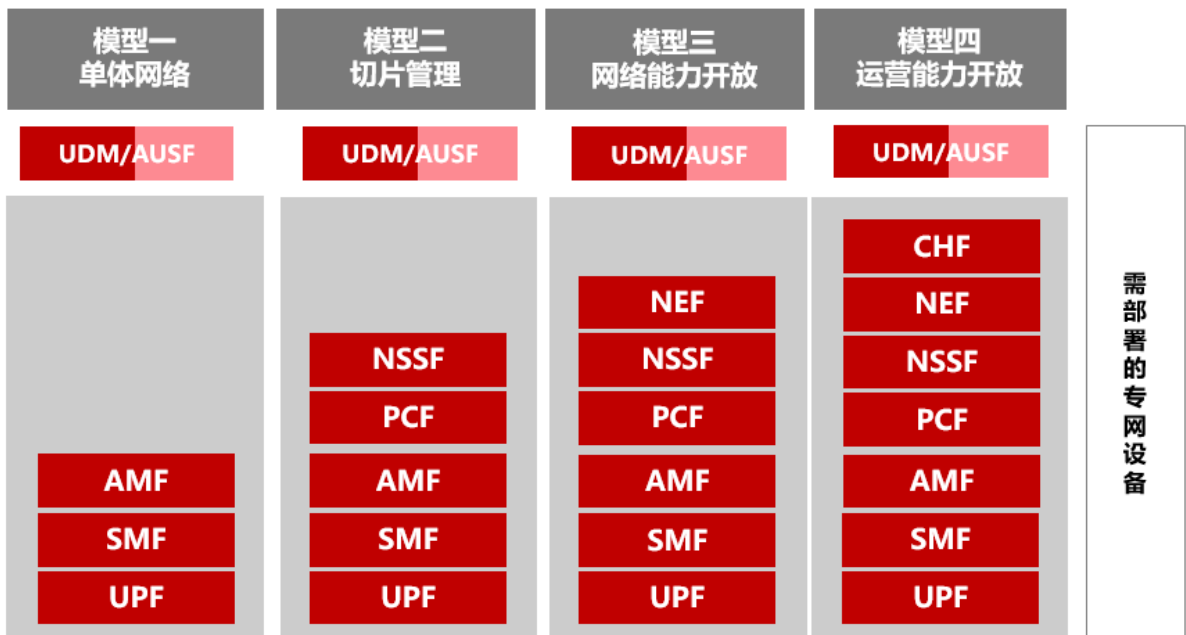


图5 轻量化5GC系统模型

3.2.1 单体网络型 5GC

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，在2022年前打造一批“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。

3.2.2 切片管理型 5GC

切片管理型5GC，在单体网络型5GC方案的基础上，一并引入PCF和NSSF网元，使能网络的策略控制、QoS、网络切片等能力。除了具备单体网络型5GC的优势外，本方案还能够为不同的业务和应用打造专用虚拟网络切片，提供量身定做的QoS和SLA保障。

切片管理型5GC能够满足客户“一网多用”的需求，打造部署极简、TCO极低的专网。例如：轨道交通存在四张网需求，包括用于公众服务的移动通信网，用于集群通信的调度指挥网，用于视频监控的宽带接入网，用于执法的公安图传网等，而切片管理型5GC有能力建立起一张“一网四用”的轨道交通专网，既能为不同业务提供差异化网络支撑，又能实现统一管理、统一运维、统一保障。

3.2.3 网络能力开放型 5GC

网络能力开放型5GC，在之前方案的基础上引入NEF网元，使网络具备开放能力。NEF位于轻量化5GC和客户的第三方应用之间，负责对外开放网络数据和能力，可支持LBS位置、RNIS无线网络信息、QoS、带宽等能力开放，加速培育5G、人工智能、大数据、云计算等数字化融合技术新动能。

网络能力开放型5GC可助力各行业孵化更多5G创新应用，挖掘5G网络价值。例如：

1、让视频监控永远在线。通过NEF向边缘计算平台开放带宽管理能力，安防应用能够按照业务需求调整网络的带宽保障，从而使视频监控更加可靠，不受其它业务的影响，让园区和企业更加安全。

2、让手机游戏更加流畅。在手机游戏赛场，网络能力开放型5GC能够快速搭建手游竞赛专网，通过NEF向边缘计算平台开放带宽管理能力、QoS管理能力，游戏应用可以按需定制网络带宽和QoS保障，手游竞赛选手能够获得低时延大带宽的专用体验，从而使游戏更加流畅，保障竞赛选手的高水平发挥。

3、让园区更加安全。通过NEF开放的位置服务能力，园区管理员能够结合边缘计算应用及时掌握巡检人员出勤情况，随时查询访客路线，并及时发现陌生来客。

3.2.4 运营能力开放型 5GC

运营能力开放型5GC，通过引入CHF使网络具备计费能力，配合运营平台，部署可运营的5G专网，使生态合作伙伴共享5G行业专网红利，从而提高合作伙伴的投资积极性，提高企业驻地网络服务商的服务质量，优化行业客户的业务体验。

运营能力开放型5GC能够赋能B2B2X的业务创新模式，行业客户通过自主运维门户进行业务开通用户管理网络维护等，通过CHF进行计费，实现专网的可视、可维、可度量，使5G专网成为可运营网络，激发B2B2X业务的快速发展，从而带动5G网络的快速部署、加快5G垂直行业应用的创新，增加合作伙伴的收益。

3.3 设计原则

结合轻量化5G核心网的典型特征和系统架构，轻量化5GC的设计遵从以下几大原则：

网元及功能定制化

服务化架构是5G核心网的重要特征，5GC可划分为若干个可重用的服务网元，但许多网元并非针对垂直行业场景而设计，而是面向公网用户需求。因此在系统架构层面，轻量化5GC应裁剪冗余网元保留共性需求，在简化部署维护难度的同时降低成本；并可将功能类似、流程联系紧密的简单网元进行合设，使其外部接口交互变成组件内部的通信，节省系统资源的开销。在网元层面，公网为了适应不同的场景需求，功能十分丰富，但垂直行业场景相对单一，因此应对网元进行针对性的功能裁剪，将网元内不必要的功能项去除，为网元

减重。经上述轻量化裁剪后，还应充分考虑不同垂直行业的个性化需求，支持对网元功能定制增强，助力专网业务发展。

设备规格与形态多样化

针对垂直行业的不同场景和性能需求，轻量化5GC方案应提供不同规格和形态，以精准匹配不同的客户和应用场景。例如：用户面设备可使用FPGA硬件加速卡等特殊部件，以保障大流量场景的业务转发能力。此外，还能根据专网场景需求，定制开发适应环境和结构要求的专用设备，如应急场景下的极轻量化形态。

部署便利运维灵活

为降低现场非专业人员安装部署及后期维护的复杂度和工作量，需考虑部署的便利性，做到开箱即用，或仅需简单连线配置即可上线使用。相比传统专网长达数月的部署周期，轻量化核心网即插即用式服务体验具有极强的竞争力。

行业客户可灵活选择多种运维模式，例如：运营商集中全面运维、采用本地系统来监控告警和简单配置的基础运维、行业客户与运营商交叉运维或委托运营商代维。

增强安全保障

在安全框架方面，轻量化核心网将继承公网核心网的分层分域安全架构，在传送层、服务层和应用层之间实现相互隔离的基础上，将接入、网络、业务、管理等多层次安全保障技术进行整合，向不同行业不同业务提供能满足其安全需求的精品专用网络。

- (1) 接入域需建立统一的密钥体系来确保只有合法的终端能够通过身份认证接入 5G 网络，并实现专网用户在公专网间的无缝切换，同时防止用户信息被篡改、窃听。可通过对终端进行二次认证来实现用户的业务访问权限控制。
- (2) 网络域需保障网络节点安全、网络节点之间消息传输安全，并解决 5GC 虚拟化和网络能力开放引入的安全问题。采用具备物理安全保护机制的可信服务器增强专网设备硬件安全，并强化机房安全管理。对基础设施使用的操作系统、中间件、数据库以及 web 管理接口进行安全加固提升软件系统的安全。组网支持不同网络平面隔离，保证网元之间通信安全与加密管理。
- (3) 业务域需保障用户访问各应用系统的安全，解决业务报文的传输安全，防止业务报文被窃听和篡改。在业务访问时，可以按需建立安全传输隧道；对存储的敏感数据进行加密存储并对访问进行控制，保证数据传输安全。

- (4) 管理域应支持网管及运营支撑系统与核心网之间进行接口调用时的认证和授权，并部署防火墙或网闸进行隔离。同时应赋予垂直行业客户自行管理配置权限，以及用户定制化权限分配能力。

提高可靠性

轻量化5GC系统应支持长时间稳定运行，并根据不同应用场景需求，灵活提供可靠性方案。在软件层面，轻量化核心网通过多点部署、备份、故障检测和恢复等多种方案，满足用户不同级别的高可靠性需求。另外，还可通过硬件层面以及可靠性组网来满足更苛刻的可靠性需求。

4 新技术与新方向

4.1 基于云原生，打造敏捷、高效 5G 核心网

5G时代面临灵活多样化的业务场景，要求网络具备快速上线的能力，并满足5G业务场景对可扩展性、灵活性以及性能的需求，以实现不同行业业务诉求。相较于传统的电信业务，这些业务特点与IT互联网相似度更高，运营商需要借鉴IT架构的设计和实现理念，吸纳IT行业的优秀实践，更经济、更敏捷的提供5G服务。云原生作为云计算发展的最新成果，成为运营商网络云化的关键方向和核心技术。3GPP定义的5G网络架构，采用了IT云原生的设计思路，基于服务化架构（Service Based Architecture）将网络功能拆分成若干个网络功能服务(network function service)，5G核心网NF软件可基于微服务架构实现，微服务间松耦合实现独立的发布、部署、升级、运维，加快开发周期和升级速度；业务处理、数据处理、业务转发等单元可基于微服务解耦实现无状态设计，实现业务的弹性伸缩。基于云原生理念和微服务架构成为5GC核心网的更好选择。

- 更细粒度的定制能力：NF 微服务间解耦，基于应用场景或客户要求，按照微服务粒度定制 NF，并可基于电信级 DevOps，让运营商和第三方开发者调用微服务组件和模板库实现网络功能的可视化设计、分钟级部署、实时监控、全生命周期管理。
- 更快速的市场响应：解耦的微服务支持独立升级、发布和扩展，软件由网元为单位的大颗粒交付转变为微服务粒度灰度发布，实现新业务快速上线，软件发布周期从传统的半年缩短到一个月以内。
- 更高效的资源利用：公共功能抽取并解耦为公共微服务组件，支持多 NF 共享，进

一步降低虚拟化资源开销。例如，针对 AMF、SMF 等 3GPP 定义的 NF 进行重构，把链路管理、功能发现等功能，分拆为独立的微服务，实现业务逻辑和通用服务分离。业务逻辑专注于处理业务，通用服务共享给其它网络功能使用，大幅提升公共服务利用率。基于微服务重构的 5G 网络，系统更加轻量，弹缩更加灵活。

基于云原生的全新核心网架构，可以更好地切合不同业务场景和垂直行业。使运营商能够敏捷、快速地发布新业务，缩短产品上市的时间。

4.2 引入 AI，提升 5G 运营运维智能化水平

5G 网络已经发生了革命性的变革，多样化业务、灵活部署要求及复杂网络形态等给 5G 网络规划设计、开通部署、运维保障、业务运营带来了重大挑战。依靠传统的分散、手工、半自动运维方式已经适应不了 5G 需求，为此基于轻量化 5GC 应引入人工智能技术匹配专网业务发展，加速端到端的自动化智能运维系统改造和升级实现各运维场景的自动化和智能化。通过采用网络敏捷设计、自动化部署、闭环智能运维等措施大幅降低运维成本，提高运维效率，具体如下：

- 可视化蓝图设计：基于模型驱动设计理念，内置丰富的模板库，通过向导式图形化设计，提供了切片/NS/VNF 设计、 workflow 设计、策略设计、沙箱测试和发布等全套敏捷设计套件，可以实现业务的按需设计、仿真测试和业务敏捷创新；
- 端到端自动化部署：可以实现从硬件、虚层和 5GC 网元的端到端一键自动部署和配置，实现业务快速开通部署，可以大幅节省人力和缩短开通周期；
- 自动化运维：引入 AI 技术，采集和分析告警中时间、地点、事件描述等多个维度的特征，结合告警的历史频度信息、位置信息、KPI、日志等关联信息，通过 AI 训练和推理实现快速准确的故障定位；支持 0 中断的灰度升级，确保网络平滑、自动化、高可靠升级；提供全方位的自动化健康诊断功能，巡检条目可灵活定制，输出可视化的巡检报告，及时发现问题，防患于未然。
- 闭环智能运营：提供基于策略设计的闭环自动化运维，使网络具备了自优化以及自愈能力。通过“设计-部署-运行-分析-再设计”这种自我进化的能力，不断验证各种策略设置的合理性；引入机器学习，实现智能策略预测，通过的分析预测能力可有效完善模型和策略设计，转被动为主动，构建运营运维的智能化体系，使网络具备了自优化以及自愈能力。

4.3 接入异构化，提供一致业务使能泛在网络

在 5G 系统设计上考虑了其他多种网络技术接入到 5G 核心网的能力，未来随着终端侧、基站侧产品的逐渐成熟，面向垂直行业的轻量化 5GC 也将支持多种接入技术的融合，实现接入异构化，全方位满足行业终端的差异化需求。如支持 3GPP Release 16 中提出的对 C-IoT 业务（如 NB-IoT 技术）的接入支持。同时轻量化 5GC 也支持 WI-FI、固网等传统接入技术以非 3GPP 制式接入到核心网，并由核心网提供接入鉴权及会话控制，实现接入无感知，随时随地的无缝切换体验。

- 融合架构，简单高效

核心网基于微服务化设计，在架构层面实现了多网络的深度融合通过原子组件的灵活组合可快速构建网络服务，加速业务创新。融合后的核心网简化了网络拓扑，减少了跨网络的互操作和信令交互，降低网络切换时延，终端设备在不同接入网间切换时，业务不中断。

- 融合接入，一致体验

核心网基于融合架构全面支持 2G / 3G / 4G / 5G /Fixed/WiFi 等异构接入形式，为各种接入方式提供融合的会话控制、策略调度，按需分配网络资源，提供统一的业务使能，满足行业终端的泛在接入需求。

4.4 关注新特性，赋能智能制造与 IIoT

随着 5G 技术的垂直行业应用的持续渗透，新的业务需求不断提出，基于 3GPP 标准的演进，未来轻量化 5GC 将重点增强如下新特性：

- 5G LAN

5G LAN 支持在一组接入终端间构建二层和三层转发网络，通过几个 UPF 组成虚拟交换机，构建直连隧道实现终端虚拟网络组内的数据交换，使不需要经过 N6 口上路由器或应用服务器的介入即可完成 LAN 区域内的 UE 的点对点通信。5G LAN 提供了跨区域的网络能力并缩短了数据转发路径，使得局域网可以构建在更大的地理区域内，实现广播，组播等功能。同时，5G LAN 技术还提供虚拟网络组的管理功能，行业客户可灵活指定终端的 IP 地址、要求终端只能与特定的终端通信、授权终端属于特定群组并进行动态加入和删除等操作。

- uRLLC

为了支持工业领域的低时延、高可靠通信需求，需要逐步引入 uRLLC 功能。在 5GC 方面，需要支持可靠性增强，包括支持双隧道，双 UE，双传输链路等技术来抵御无线环境恶化以及传输异常等，保障通信链路的可靠性。uRLLC 适合工业控制，汽车，电力自动化，医疗，无人机等对时延敏感且要求高可靠性的业务场景中。

- TSN

TSN 时间敏感网络为标准以太网增加了确定性和可靠性，以确保以太网能够为关键数据的传输提供稳定一致的服务，TSN 将应用于专业音视频、商用电子领域汽车控制以及工业控制等实时领域。5G 系统作为 TSN Bridge 与 TSN 网络集成部署，在 5G 网络侧需要部署 NW-TT，通过 TT 提供 TSN 网络的出口与入口，同时完成 5G 网络与 TSN 网络的互操作。5G 网络对 TSN 应用来说是一个透明的系统。5G 与 TSN 集成后，可通过 5G 无线替代工厂内的有线网络，让工业生产更加柔性化，效率更高效。

5 典型案例

5.1 山东兖矿携手中国联通打造智慧矿山

矿业企业一般距离城市较远网络覆盖差，生产环境安全性要求高，自建网络难度大，利用 5G 技术打造无人工作面，提升煤矿安全管控能力，建设智慧矿业是 5G 新基建实践的关键领域。山东兖矿集团与中国联通、中兴通讯合作成立“5G+智慧矿业联合实验室”，依托各自优势，加快 5G 矿业应用进程。

矿区作业包括井上部分和井下部分，都包含施工作业监控和设备控制命令下发两方面的需求，一方面需要监控施工面，通过视频分析监测异常事件如塌方、人员聚集等，异常人员，如不带安全帽，危险地带电子围栏等；另一方面需要利用现场视频回传进行工程机械控制命令的下发和自动控制。

中国联通基于 5G 高带宽、低时延、高可靠等通信能力，结合企业对覆盖区域化、应用场景化和安全隔离的要求，在本地部署端到端 5G 定制专网，包含终端、无线、传输、核心网等，覆盖井上和井下，满足企业生产管理和应急通信需求。

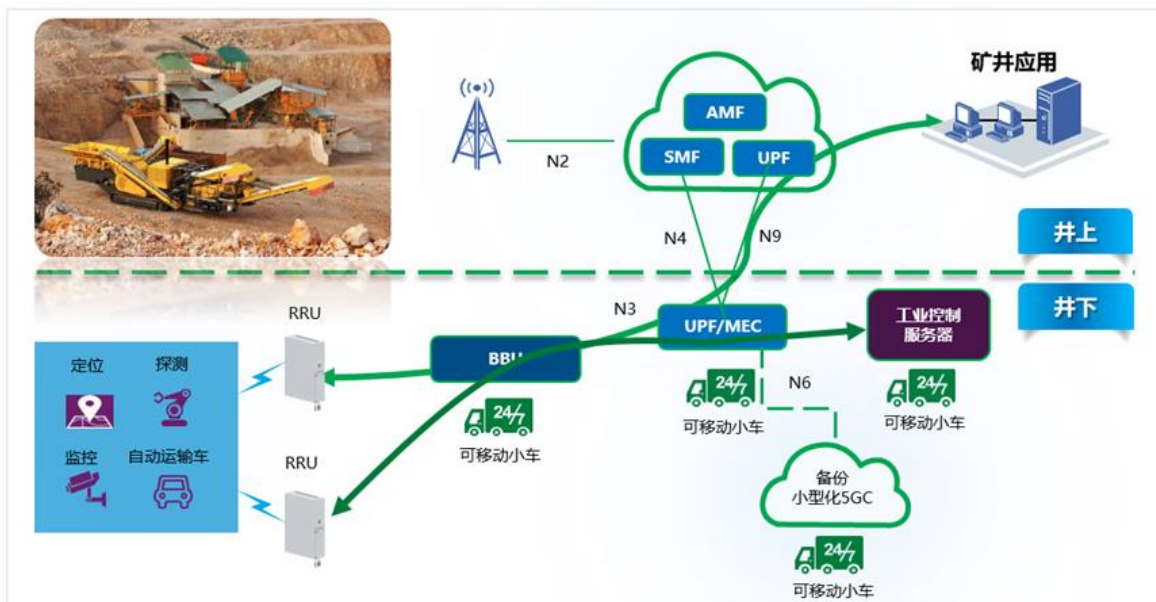


图6 兖矿集团5G专网方案

其中核心网采用轻量化5GC方案，包括以下几个关键点：

- 1、专网5GC采用基于容器的轻量化平台实现，满足行业对产品轻量化、移动性等个性化需求；
- 2、井下部署UPF/MEC实现视频分流进行本地化业务处理，提高业务的实时性；
- 3、基于矿井特殊的生产环境，井下设备采用紧凑型设计，满足安全、功耗、尺寸等方面的特殊要求。

基于云原生的轻量化5GC满足矿业企业特定的业务场景需求，打造5G+智慧矿业方案，可有效提升煤矿安全管控能力，提高生产环境的安全性，降低人力成本，提高煤矿生产效率。

5.2 马栏山视频产业园联合中国联通打造智慧文创园

长沙马栏山视频产业园是全国唯一的国家级广播电视园区、全国重要的视听节目制作输出基地，中国联通为其建设了湖南第一张5G定制专网，可提供满足产业园智能化需求的专网环境，助力视频产业创新升级，打造5G智慧产业园。

产业园目前涉及的主要业务为视频类行业应用，如高清视频分发、VR/AR、直播、云游戏等。借助轻量化5G核心网，结合MEC应用，搭建了基于5G的企业本地无线专网，支持园区企业大视频、大流量、大数据产业的需要，实现园区视频数据存储、计算、交换等快速响应，兼顾敏感内网业务数据闭环。同时考虑到部分本地应用需访问Internet、专网与公网之间存在互通需求，本地MEC平台与轻量化5GC通过安全增强全面保障了专网和外部网络的互信与隔离。

马栏山文创产业园5G专网建设内容包括1套5G轻量级核心网、1套5G边缘云（MEC）、月湖科研楼及创智园一期和二期三个点位的白盒化5G小基站的布放（3-5个小基站）。系统架构如下图所示：

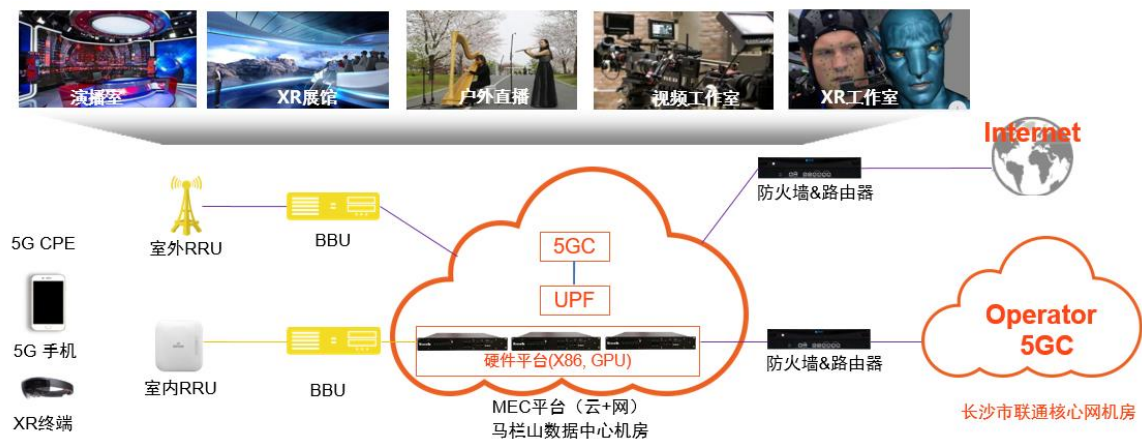


图7 马栏山视频产业园5G专网方案

项目一期已承载HTC高清建模视频，千博手语3D展示，红色档案馆AR视频业务，完成文创产业园应用场景下的5G网络稳定性、可靠性、安全性验证和优化。二期计划扩大覆盖以及业务扩容，并打通公网与专网对接，丰富业务使用场景，进行业务创新，增加多媒体视频用户、室内外直播用户、动画创作用户、在线游戏创作用户、大宽带视频流媒体用户等。

6 总结和展望

中国联通致力于推动5G专网在垂直行业中的部署应用，提供适用于不同应用场景的专网部署方案，包括资源共享基于切片的虚拟专网方案；实现数据本地化处理，UPF下沉的混合专网方案；基于资源独享的轻量化5GC定制专网方案。轻量化5GC方案市场前景广阔，能够帮助行业客户快速构建安全隔离、性能稳定的定制化专属网络，将助推信息通信业与垂直行业融合发展，加速中大型企业数字化转型与智能化升级。

中国联通将继续以行业需求为出发点，始终坚持产品方案创新，以更加开放的姿态与设备商、集成商、解决方案提供商等密切合作，加快推进轻量化5GC的部署应用，为垂直行业打造性能优良、安全可靠、成本可控、灵活敏捷的本地化5G精品专网，实现价值共创、开放合作、共享共赢。

7 联合编写单位

牵头编写单位：中国联合网络通信有限公司研究院

参与编写单位：中兴通讯股份有限公司、浪潮软件科技有限公司