

ToB 场景化专网设计 白皮书



目录

前言	01
专网架构的探索	02
原子能力的成型	03
行业场景化解决方案	04
电力	04
业务场景及价值	04
网络设计	07
解决方案亮点	09
案例	10
矿山	11
业务场景及价值	11
网络设计	14
解决方案亮点	17
案例	20
港口	21
业务场景及价值	21
网络设计	23
解决方案亮点	25
案例	28
钢铁	29
业务场景及价值	29
网络设计	30
解决方案亮点	33
案例	35

智能制造	36
业务场景及价值	36
网络设计	39
解决方案亮点	40
案例	43
轨交	45
业务场景及价值	45
网络设计	49
解决方案亮点	51
案例	52
石化	53
业务场景及价值	53
网络设计	57
解决方案亮点	58
案例	59
商超、医院、校园	60
业务场景及价值	60
网络设计	61
解决方案亮点	62
案例	63
网规模型和支撑平台	64
网络规划和模型	64
网络服务工具	67
行业趋势和解决方案总结	70
附录：缩略语	71
参考文献	73

前言

5G 赋能千行百业，推动全社会数字化、壮大数字经济，工业和信息化部等十部门联合印发《5G 应用“扬帆”行动计划（2021-2023 年）》，明确提出未来三年中国 5G 发展的目标，开创了我国 5G 应用创新发展新局面。

《行动计划》分别从标准体系构建、产业基础强化、信息消费升级、行业应用深化、社会民生服务、网络能力强基、应用生态融通、安全保障提升等方面提出了 8 大专项行动。同时为了进一步促进《行动计划》的落地实施，在专项行动中设置了 4 大重点工程，包括实施 5G 应用标准体系构建及推广工程、面向行业需求的 5G 产品攻坚工程、5G 应用创新生态培育示范工程和 5G 应用安全能力锻造工程，重点明确了主要突破方向，以及需要产业各方合力推动的重大事项，透过 8 大专项行动和 4 大重点工程，可以清晰地看到 5G 网络强基的重要性。



图 1-1 “扬帆”计划解读

专网架构的探索

经过一段时间的探索，5G 的多种专网架构在多个行业已形成一定的共识，5G 专网需要根据不同的应用场景和客户需求进行定制化设计，并需充分考虑公网专网隔离度、部署成本、部署时间、运维模式等各方面因素，分为三种专网模式：

公网共用：

利用网络切片等相关技术，为客户提供一张时延和带宽有保障的、与基础网络普通用户数据隔离的虚拟专网，通过灵活配置网络切片和资源预留等技术，按需为专网用户提供带宽、时延保障，及其他网络能力和服务。5G 公网共用专网模式适用于覆盖范围广泛的专网业务，例如智能电网、智慧城市、智慧景区、新媒体、车联网等场景。

公网专用：

以本地数据分流技术为基础，通过 UPF 下沉或者部署站点级算力引擎 NodeEngine，为行业用户提供一张增强带宽、低时延、数据不出园区的 5G 专网。5G 公网专用专网模式适用于局域园区，例如：工业制造、港口、交通物流、高端景区、城市安防等。

专网专用：

采用专有无线设备和小型化核心网设备，为行业用户构建一张端到端专建、物理独享的 5G 专用网络，实现用户数据与运营商公众网络数据完全隔离，且不受公众网络影响，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。5G 专网专用模式适用于局域封闭区域，例如矿井、油田、核电、大型工业园区等。

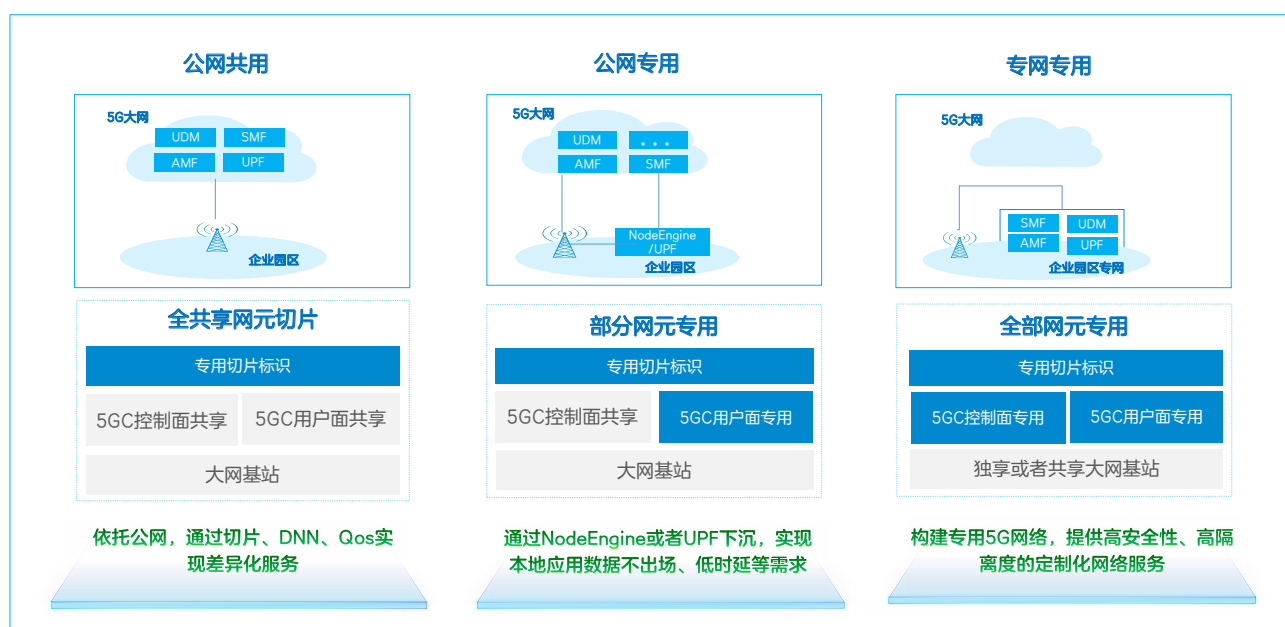


图 1-2 5G 专网建设模式

原子能力的成型

为了匹配千行百业差异化的网络需求，中兴 5G 网络面向垂直行业领域，构建全面、灵活基础核心原子能力，打造可复制的解决方案，服务于各行各业。



图 1-3 无线核心原子能力

在无线侧增强上

开发了高频设备、防爆 / 本安设备等硬件形态设备，创新提出了 QCell 链形组网，提供极简边缘算力 NodeEngine，即插即用，提供本地分流、本地互联互通等功能。

在组网增强上

轻量化 5GC，包括通用型 iCube、紧凑型 iCube、单机型 i5GC，最简单台 2U 服务器即可部署一套 5G 核心网，以极小空间、极低能耗提供极简的 5G 网络。

在运维增强上

ToBeEasy 提供一站式集成云网运维，五合一网管，实现云网一体端到端高效交付，即插即用的轻量化部署，使行业客户可以像操作光猫一样自主运维无线网络，轻松实现行业应用的可视可管。

与此同时

原子能力可以为智能电网、工业控制等行业提供时延低至 10ms 可靠性达 99.999% 的精准业务保障能力；在工业等需要大带宽回传的场景，可提供上行 Gbps 级速率；5G+X 融合定位，提供从米级到厘米级不同等级的综合解决方案等。

行业场景化解决方案

中兴通讯通过与行业龙头企业进行摸索形成特定场景化的解决方案，并参与共同制定行业应用规范以及综合行业解决方案，从而形成一系列可复制的专网方案，实现从 1 到 N 的快速推广，辐射全行业。

电力

业务场景及价值

电力是典型的广域覆盖场景，而且涉及发电、输电、配电、变电、用电、储电多个电力生产、配送和使用全环节，业务类型众多，既有涉及电力生产控制域超低时延实时控制类业务，也有大量信息采集类的海量接入业务，还有大量视频监控、机器人及无人机巡检类大视频类业务，而且电力对业务和网络安全有着超高的要求，“业务分区、网络横向隔离、纵向认证”是基准性要求。为此电力对配套通讯网络的核心需求可整体归纳为：

全域覆盖：

电网基本覆盖全国每处角落，是典型的全域覆盖网络。

电力业务与公网业务严格隔离：

电力业务安全性要求高，需要承载网络具备端对端业务隔离能力，实现电力业务跟公众业务隔离控制。

电力生产及管理业务划区隔离：

电力内部业务严格划分生产区业务和管理区业务，需要电力承载专网具备电力业务划区隔离能力。

多业务并存及确定性保障：

电力内部业务众多，各种业务特性差异较大，需要电力通讯网络具有很好的业务识别和端对端业务保障能力。

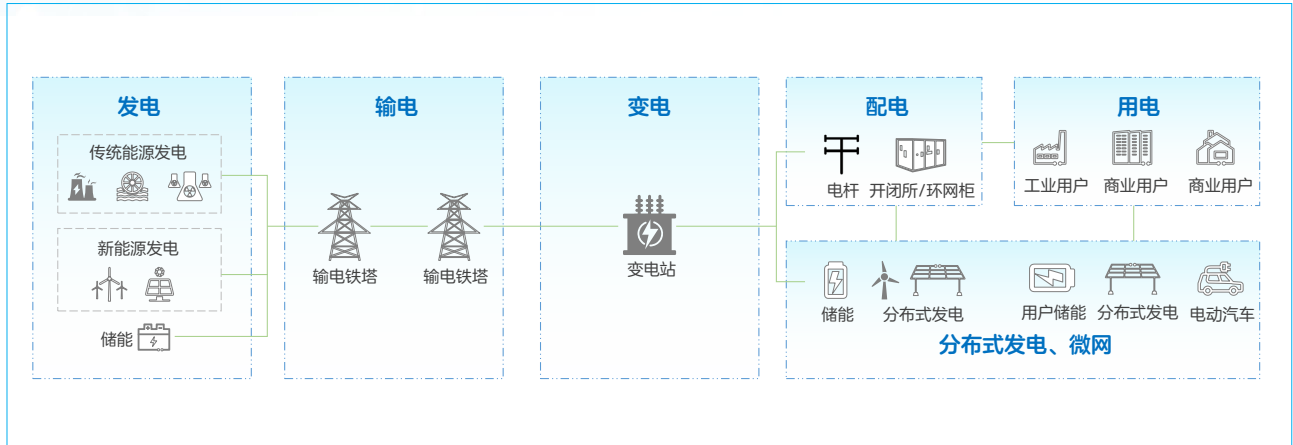


图 2-1 电网业务全流程

配电网差动保护：

差动保护终端通过比较两端或多端同时刻电流值（矢量），判定故障状态，及时执行差动保护动作，隔离故障线路，并快速切换备用线路，以保障线路安全。

根据差动保护要求，保护装置之间需实时快速通信，以前

只有光纤能够满足这种高要求，但配电网存在光缆敷设困难和投资太高的问题，制约了该业务在配网侧的推广应用。同时传统的差动保护设备还需配置时钟同步设备才能满足精准授时的需求，进一步增加了业务建设的成本。5G 网络低时延高可靠特性，非常适宜发展此类业务。

业务场景	时延	带宽	可靠性	时间同步精度	安全隔离	连接数
配网差动保护	15ms	≥2.5Mbps	99.99%	≤10us	生产控制大区	X*10 个 /km ²



配电自动化三遥：

三遥包括遥信、遥测和遥控，遥信是对设备状态信息的监控，如告警状态或开关位置，阀门位置等；遥测是电网的测量值信息，如被测电流和电压数值等；遥控是完成对设备运行状态的控制，如断开开关等。三遥通过与继电保护自动

装置配合，实现配网线路区段或配网设备的故障判断及精确定位，有效提高配电网的供电可靠性。该业务属于生产调控类业务，安全性要求高，5G 的切片隔离特性为其全面应用提供更好的安全基础。

业务场景	时延	带宽	可靠性	安全隔离	连接数
配电自动化三遥	≤2s	≥19.2kbps	99.99%	生产控制大区	X*10 个 /km ²

智能化巡检：

通过无人机、机器人等巡检终端搭载高清和红外摄像头等专业设备，代替传统人工巡检，将电力线路和设备的运行状态通过视频图像、红外感知等信息实时回传至调度控制中心，全面排查线路和设备运行状况，实时发现并清除各类故障，保障电力系统安全高效地运行。

通过 5G 技术，智能化巡检终端可充分利用大带宽、大连接、低时延特性实现巡检高清视频的实时回传，尤其是野外输电线路的较大范围应用。

业务场景	时延	带宽	可靠性	移动性	安全隔离	连接数
无人机巡检	≤100ms	4~10Mbps	99.99%	低空飞行，距离 <10km	管理信息大区	2-10 个 /km ²
机器人巡检	≤100ms	4~10Mbps	99.99%	园区内移动	管理信息大区	2-10 个 /km ²



网络设计

从覆盖范围来看，电力场景主要为广域、局域两类，广域尤其适宜运营商大网切片的方式，对于电厂、变电站、地下管廊等局域及室内可以做网络专建覆盖。广域组网示例如下图。

为匹配电力业务需求和电网运营需要，网络设计需要从网络部署模型、业务 SLA 保障及运维、授时等特殊功能多方面考虑。

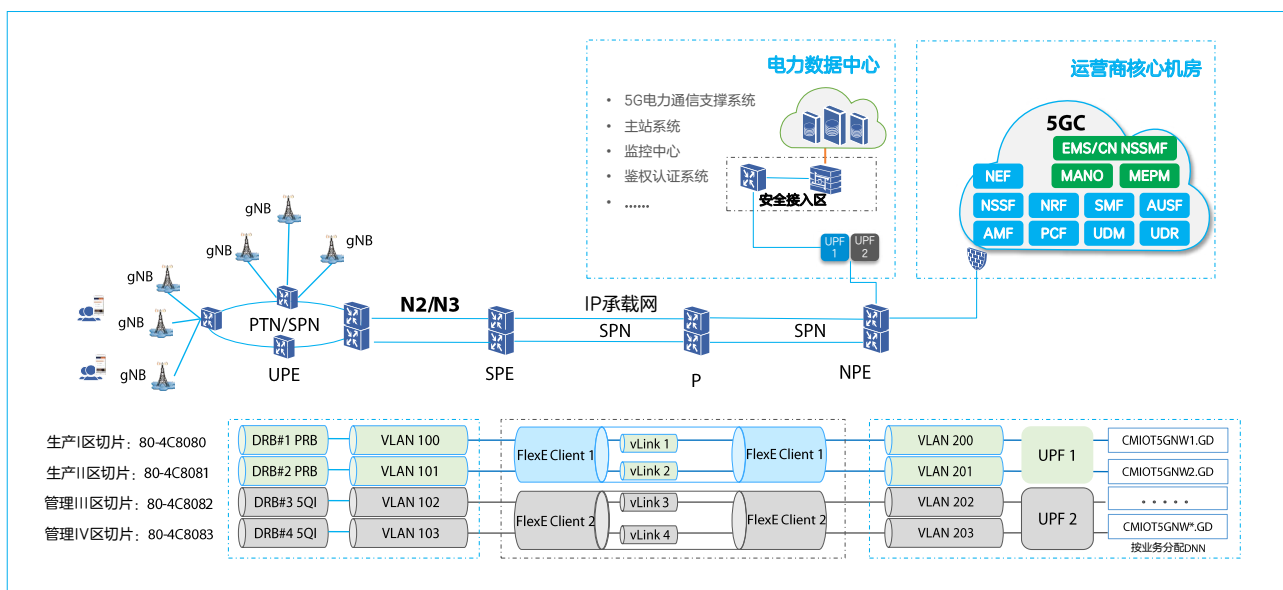


图 2-2 电力虚拟专网设计

切片网络及隔离

当前针对 5G 网络端到端（无线、传输、核心网）的切片隔离保障，主要给出了三种不同方案，分别为基于 QoS 保障、专属 5G 服务、专用 5G 网络。电力企业可以根据其业务特点，对不同的网络环节进行不同的方案组合，按大区隔离或业务隔离需求，可以按生产大区管理大区 2 个大区切片或 I~IV 区 4 个业务分区划分切片，也可以按业务划分切片，形成具有行业特色的 5G 切片隔离方案。一个电力切片中可能有多个不同 SLA 需求的电力业务。

电力 5G 目前已经基本形成基于运营商 5G 公网以切片为主构建虚拟专网的总体架构方案，充分运用 5G 核心网尤其是用户面 UPF 可按需灵活下沉部署的特征，结合电力安全管控要求，进行在省份、地市乃至园区的生产区 UPF 专建，管理区 UPF 共享下沉等建设思路。

涉及到无线网部分，主要共享运营商 5G 公网基站，通过切片虚拟专网本地分流，实现本地电力装置通过 5G 终端直接进入电力内网业务服务区。对偏远或者常规电力设备缺乏覆盖或者有特殊要求的区域也可专建基站，满足电力业务对网络覆盖、容量、上行带宽的需求。

网络领域 \ 保障方案	QoS 保障	专属 5G 服务	专用 5G 网络
无线	5QI 优先级保障	5QI 高优先级 +RB 无线空口资源预留	载频独享的专用基站或小区
传输	VPN 隔离 +QoS 调度	FlexE 接口隔离 +VPN 隔离	FlexE 接口隔离 +VPN 隔离
核心网	共用大网、ToB 核心网	UPF 网元资源专建专享	UPF、SMF 网元或更多定制化的 5GC 资源专建专享

在业务隔离与保障方面，通过 RB 资源预留技术实现电力生产控制类业务在 5G 空口资源的隔离与专用，通过切片技术实现电力不同分区业务之间的逻辑隔离，通过切片级 5QI 技术实现不同电力业务的差异化 QoS 保障。

对于差动保护类 15ms 低时延保障的高要求业务，充分考虑业务 SLA 保障保障，推荐采用 PRB 优先预留资源，同时考虑到频谱节约利用，按 5%PRB 小颗粒起步结合网规进行资源预留。

对于电力常规调控业务如配电自动化三遥等带宽需求较低，推荐 1% PRB 小颗粒资源预留。

SLA 保障及维测

同一张网络中，切片虚拟专网无线网具备 ToB 和 ToC 单独进行网络参数配置和网络自优化能力，实现 ToC 业务和 ToB 业务隔离，网络配置、运维配置升级等互不影响。

对上述电力多切片，包括不同 SLA 能力的开通，宜支持快速自动化的模板式部署能力，并通过管理平台的配合，实现端到端分段时延、吞吐率、PRB 资源用量、终端连接状态等网络指标监测，并支撑电力客户以及运营商故障定界。

对于电力尤其关注的标志性业务差动保护，其需要低时延抖动的网络要求（一般 15ms 网络时延，99.99% 包可靠性），无线网宜支持 20ms@99.99% 的确定性低时延抖动控制保障能力。而一般 ToC 大网可能的端到端时延最大值超过 200ms，需要在 ToC 大网基础上引入额外的 ToB 的低时延高可靠原子能力。

行业特殊功能

此外，电力业务往往需要高精度授时，5G 网络可以通过空口授时来替代 BD/GPS。基于基站已有的 BD/GPS/1588 等时钟源，使通讯终端获取 1us 级别时间同步，再通过本地有线接口如 IRIG-B 码进一步传递到业务终端。



解决方案亮点

(1)

全场景覆盖方案助力电力全面无线覆盖目标达成：

针对电力广域全场景覆盖，我们提供各种不同规格的宏站、微站、Pico 基站来实现宏、微、室内以及隧道 / 地铁等场景的最佳覆盖，另外针对电力的大型变电站、新能源发电场站等本地场景，我们特别设计了一体化的游牧式基站来解决这类场景的快速部署难题。另外针对电力高压线巡检场景我们创新性的设计了 SSB 1+X 空域波束优化覆盖方案，借助波束调优快速实现 5G 公网低空连续覆盖。

(2)

创新的端到端软 / 硬切片方案打造专业的电力虚拟专网：

借助创新的 5G 端到端切片技术，我们快速推出基于 5G 公网的电力端到端虚拟切片专网解决方案，借用切片方式很好的实现了 5G 公网业务和电力专网业务的全面隔离。

中兴率先发布 PRB 资源预留硬切片，满足 1%PRB 小颗粒度的资源调度，并积极联合运营商率先验证切片的自动化开通部署、模板化参数管理、报文级时延监控及 SLA 自优化，保障电力业务的 SLA，引领切片规模成熟商用。

(3)

切片 +5QI 业务精准保障有效实现电力多业务的差异化调度：

切片 +5QI 业务精准保障方案实现电力切片专网内多业务流的智能识别和业务性能保障。该方案采用了智能预调度、目标 BLER 选择、重传增强、以及自适应保守 MCS 调度等技术，从而实现降低调度时间，提升调制解调的容错性和数据传输的可靠性；网络可以基于切片 +5QI 的静态匹配或者实时的自动识别并匹配 SLA 保障模板，以此来激活一系列针对该业务的低时延高可靠的功能列表和参数设置，并结合业务发包规则、生存周期进行网业协同优化，从而为不同业务提供差异化的低时延高可靠保障。

(4)

业界首发 5G 空口高精度授时助力电网 PMU 全面部署：

联合电网客户进行 5G 空口高精度授时技术研究并推动 3GPP 标准化落地，率先推出 5G 空口高精度授时商用产品，对基站内部处理时延校准和时钟信息传输安全等做了全面优化，并第一时间推出商用终端模组和定制化的电力授时 CPE，商用实测授时精度优于 300ns，完全满足 1us 产业指标要求。

案例



图 2-3 南方电网打造 5G+ 数字电网业务示范区

中国移动、南方电网和中兴通讯自 2020 年开始建设广州南沙 5G+ 数字电网应用示范区，该示范区是以明珠湾为核心，是全球规模最大、覆盖场景最全的 5G+ 数字电网应用示范区。三方已陆续完成切片虚拟网络方案设计、网络建设、端到端切片规模拉通、业务验证上线等工作。

广州南沙 5G+ 数字电网应用示范区，在安全隔离方面，按电力安全分区划分了四个切片，无线生产区通过 PRB 资源预留做硬隔离，传输采用 FlexE 接口隔离 +VPN 隔离方式，核心网采用 UPF、SMF 网元专建专享的方式。在无线 SLA 方面，已开启切片 +5QI 级的参数隔离及调度保障以及分级模板，实现差异化业务精准保障；开通了空口授时功能，实现 PMU 业务上线；并对业务级端到端 SLA 维测率先进行了试点验证。

矿山

业务场景及价值

矿产资源是国民经济建设与社会发展的物质基础，矿业在我国国民经济中占有重要地位，人民日常生活中 95% 的能源，80% 的原材料，70% 以上的农业生产资料都是由矿业提供的。我国矿业资源主要集中在煤炭和有色金属行业，其中煤炭在我国能源体系中发挥着兜底和基础性保障作用。目前全国煤矿数量约 5300 处，从业人员超过 300 万人。

矿山生产环境恶劣，工作环境复杂，安全生产的重要性非常突出，数字化转型建设智慧矿山是大势所趋。中央以及

地方政府也先后出台了多项政策，推进矿山行业的升级。在建设智慧矿山的进程中，5G 网络以其低时延大宽带大连接的能力，可以为矿山提供一个可靠高效的基础网络，支撑视频监控、远程控制、信息采集、人员通讯等业务在矿山的应用。

将 5G 技术应用于智慧矿山的建设，可以实现矿山生产环节的智能感知、泛在连接、精准控制，催成熟多个智慧矿山应用场景，比如智能采煤、智能掘进、巷道智能巡检、露天无人矿卡等。

典型业务	应用场景	带宽	时延	可靠性
人员通讯	井下重要高位、跟班队干、安全监督人员配置实时通讯装备	上下行 <5Mbps / 人	<100ms	99.90%
视频监控	综采面、掘进面、运输转载点、运输车场视频监控	上行 <4Mbps / 节点	<100ms	99.90%
远程控制	综采面三机、液压支架、泵站远程集中控制	上下行 <30Mbps / 节点	<20ms	99.99%
信息采集	皮带机、地压、瓦斯、电力等环境监控节点	上下行 <1Mbps / 节点	<100ms	99.90%



图 2-4 矿山典型工作场景



智能采煤

回采与掘进是煤矿企业生产流程中非常重要的两个环节。综采工作面大型设备多，作业空间狭小、视觉环境差，潜在安全事故风险高。而且综采面液压支架、采煤机、装载机经常需要移动，原有的信号传输线缆经过多次折叠后较易发生断裂，给综采面的日常运维带来巨大困难。综采面减人、少人已经成为煤矿安全生产智能化升级改造迫切需要解决的问题。通过在综采面部署 5G 网络，一方面通过把高清摄像视频流回传集控中心，实现对综采面环境的实时立体感知；另一方面，在综采面的大型机械由厂家完成对控制系统改造再通过 5G 接入后，可以实现设备的状态数据采集和远程控制。这样工作人员就在集控中心就可以直接操控各类设备，从而达到作业现场少人化、无人化的目标。而实现综采面环境的全面感知，需要密集部署大量高清摄像头，因此对井下 5G 专网的上行大宽带能力提出了很高的要求。

综采面典型业务	人员通讯	视频监控	远程控制	信息采集
需求规格	10 人 / 百米	20 端 / 百米	2-3 端 / 百米	300 端 / 百米

智能掘进

煤矿巷道掘进施工是一个复杂的多工序交替进行的过程。传统掘进机与操作中心采用光纤通信，由于掘进机的来回移动存在光缆被刮断的风险。而且掘进工作面环境恶劣，存在瓦斯突出、片帮、冒顶等事故风险，粉尘也严重影响了井下工人的身体健康。为降低工作面现场工作危险程度，减轻劳动强度，政策要求对综掘工作面进行智能化改造，实现机械化换人，自动化少人，智能化无人。通过在掘进工作面部署 5G 网络，能够实现对掘进设备的远程智能操控，另外掘进面的 5G 专网还为锚杆机、破碎机、皮带机等机器高清视频回传、指挥调度、AR 现场作业 / 培训、生产数据统计等应用提供了必要条件。在智能掘进场景，5G 的低时延高可靠特性提供了坚实的基础网络支撑。

掘进面典型业务	人员通讯	视频监控	远程控制	信息采集
需求规格	10 人 / 百米	10 端 / 百米	2-3 端 / 百米	100 端 / 百米



巷道智能巡检

煤矿巷道和硐室都有定期巡检的要求。特别是巷道内的皮带运输系统，有的长度超过 20 公里，巡检难度大，效率低；如异物容易导致皮带损伤，皮带跑偏导致火灾。通过井巷道和硐室的 5G 覆盖，巡检机器人可以代替人工对复杂、恶劣的环境进行巡检，将采集到的高清画面及环境数据通过 5G 网络实时回传至后端平台进行分析处理，及时对可能的井下安全隐患进行告警。井下巷道由于距离长，无缝覆盖需要部署较多的基站，因此需要尽可能提高基站的覆盖性能，提高井下巷道覆盖的经济性。

综采面典型业务	人员通讯	视频监控	远程控制	信息采集
需求规格	20 人 / 百米	5 端 / 百米	1-2 端 / 百米	50 端 / 百米

露天无人矿卡

露天矿山作业条件艰苦枯燥，人员的成本比较高，因此矿山行业对无人驾驶矿用卡车有着广阔的需求。矿山场景是一个地理范围限定的区域，交通状况简单，非常适合自动驾驶的部署。通过一张 5G 无线网络，提供矿卡 - 矿卡，矿卡 - 监控中心的实时通信连接，借助监控中心的调度系统，可以实现无人矿卡的远程操控、精准停靠、自动装卸、停车避让等作业任务。无人矿卡可以降低矿区的安全事故，减少司机的人员成本，以及由不良驾驶习惯带来的高油耗和高磨损。该场景需要保障无人矿卡业务与地面其他公网业务的安全隔离，并通过多种措施实现无人矿卡业务流的低时延高可靠传送。

综采面典型业务	人员通讯	视频监控	远程控制	信息采集
需求规格	100 人 / 平方公里	100 端 / 平方公里	5 端 / 平方公里	2000 端 / 平方公里

随着 5G 在矿山应用的深入，会有越来越多的场景得到探索利用。5G 与智慧矿山的深度融合，将促进矿山数字化、少人化、无人化的转型，提升企业的安全生产水平，降低生产成本，提高经济效益。

网络设计

矿山的网络情况较为复杂，分为井上部分和井下部分，井下部分有巷道和工作面，网络设计需要综合考虑组网设计、无线覆盖设计。矿山的网络要求高，需要同时满足语音和数据业务的要求，当井下与井上网络断开时，井下业务要满足 24 小时不断。

矿山专网设计

矿山 5G 专网组网方案通常涉及以下三种场景以及语音方案：

1) 独立专网：

独立专网旨在为行业用户提供物理隔离、自主运维、端到端网络设备，等同于企业自主建设专用网络，专网专用，信令和数不出园区，完全保障矿山数据的高度安全，为矿山提供确定性的端到端网络服务保障。

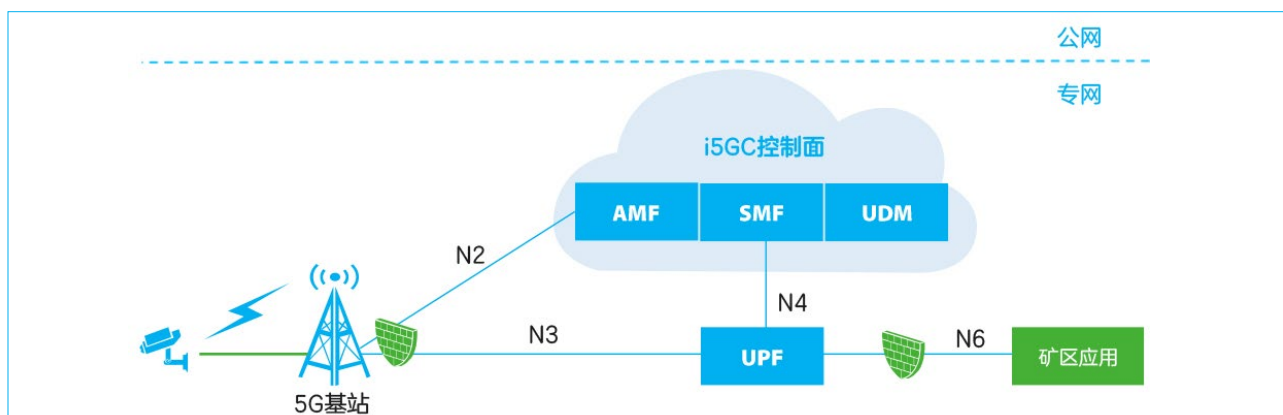


图 2-5 矿山独立组网

2) UPF 下沉：

UPF 下沉方案可以最大程度上共享网络资源，包括无线、承载、核心网等，通过共享运营商的公网网络建设，将 UPF 下沉矿区，公网专用，满足矿山高带宽、低时延的通信需求，同时通过运营商统一的专业运维服务，提升矿山企业的生产效率。

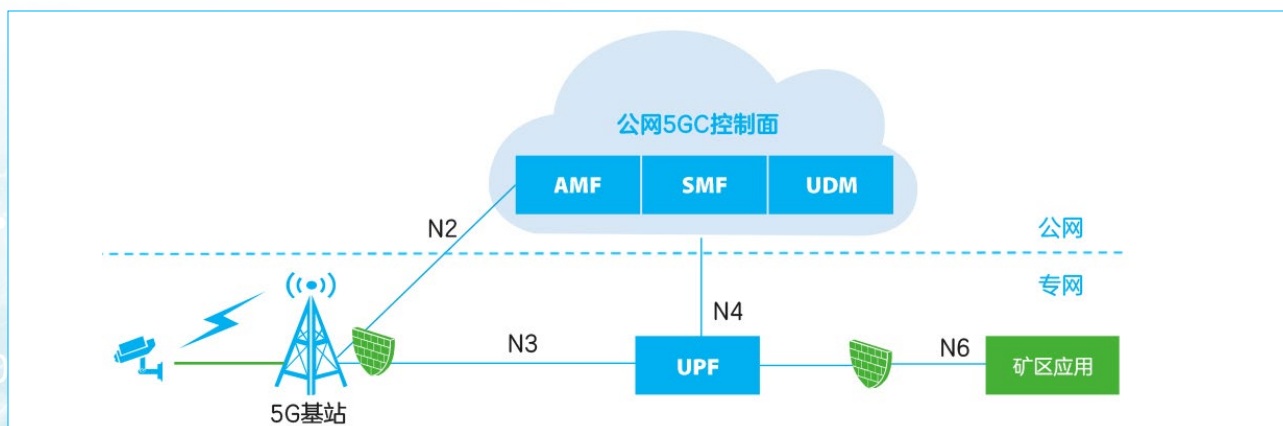


图 2-6 矿山 UPF 下沉组网

3) 应急备份核心网:

控制面复用运营商公网，用户面（UPF）下沉矿区，在此基础上叠加 i5GC 轻量化的应急控制面。当在矿区 and 公网之间的链路异常或者故障时，由应急备份核心网接管业务，提供极致容灾和双网可靠性，实现“网断业不断”。当链路恢复时，可自动切换回公网运行。这种高可靠组网方案不仅可以复用 5G 成熟商用公网，让企业快速建网，同时提供了极致可靠保障，满足矿山不间断的业务作业需求。

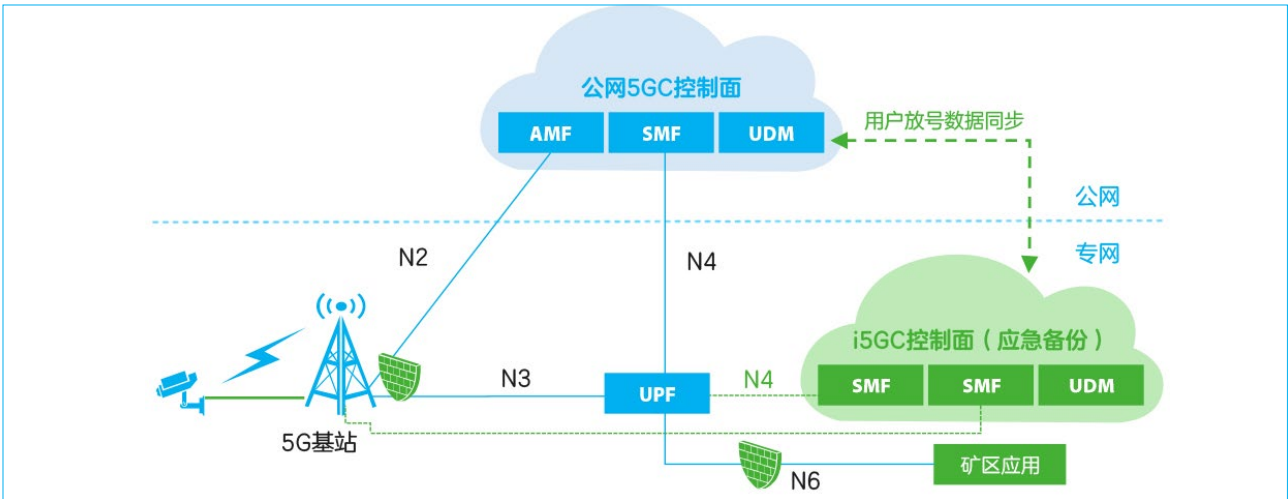


图 2-7 矿山应急备份核心网

4) 矿山专网语音方案:

在矿山专网建设中，专网数据和语音融合需求成为矿山智能化网络的重要组成部分。为了满足矿山 5G 行业专网的语音业务需求，中兴 i5GC 可叠加部署轻量化 iIMS 语音系统，提供专网端到端语音解决方案。中兴 i5GC+iIMS 专网解决方案支持与现网中矿山语音调度系统对接，满足应急广播、指挥调度、对讲通话等语音和视频通话的普适需求，为行业用户提供成本低、功能全、体验佳的语音通信能力。

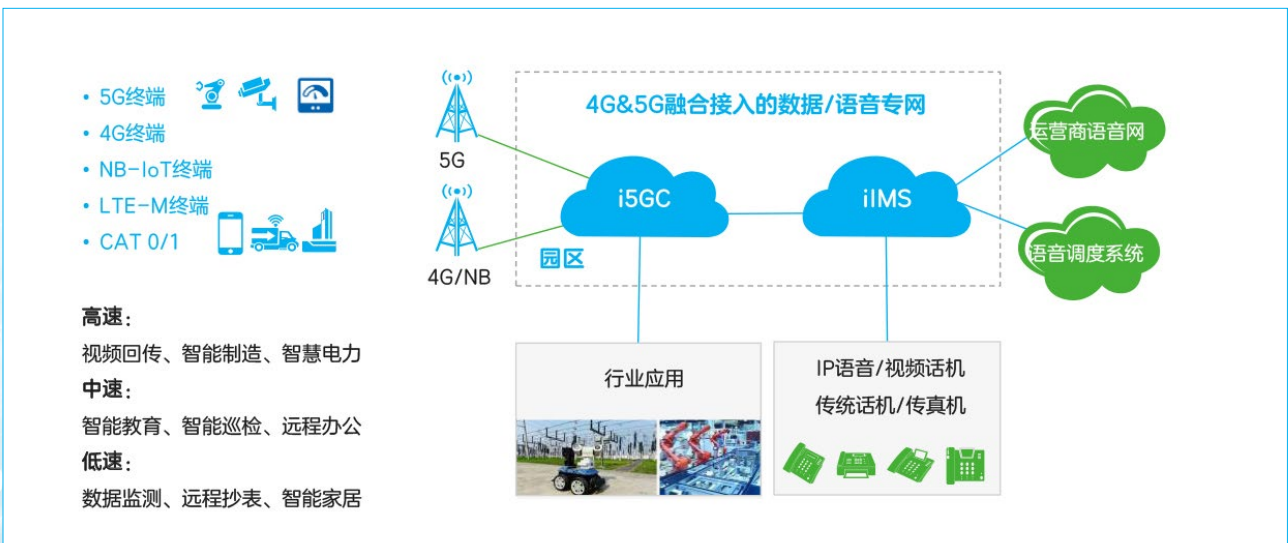


图 2-8 矿山专网语音方案

井下 5G 无线覆盖方案

矿井下 5G 网络覆盖使用皮基站设备，经防爆设计改造后，具备隔爆、功率低、安装灵活等特点，用于矿井下 5G 覆盖。井下巷道网络覆盖如图：

矿井下，每个点位一个 5G 皮基站并外拉 2 面定向天线覆盖两个方向。皮基站挂墙安装在隧道侧壁或者顶部，本地取电，最大拉远可到 10 公里。

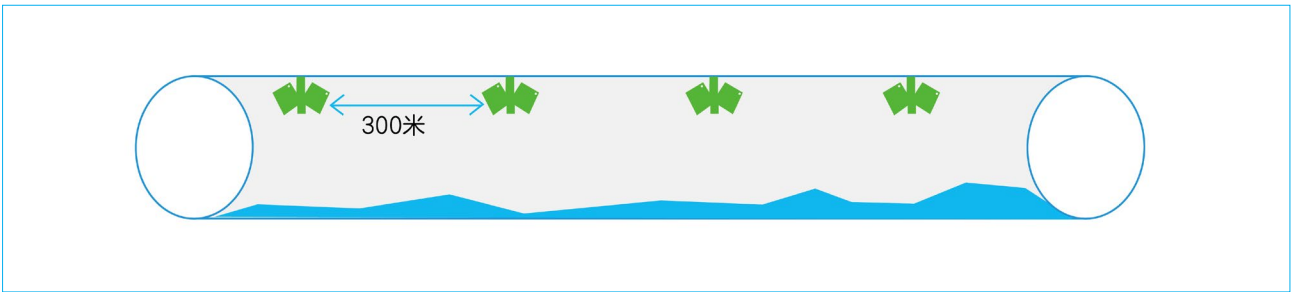


图 2-9 矿山巷道覆盖示意图

井下 5G 网络规划分为如下三种场景：

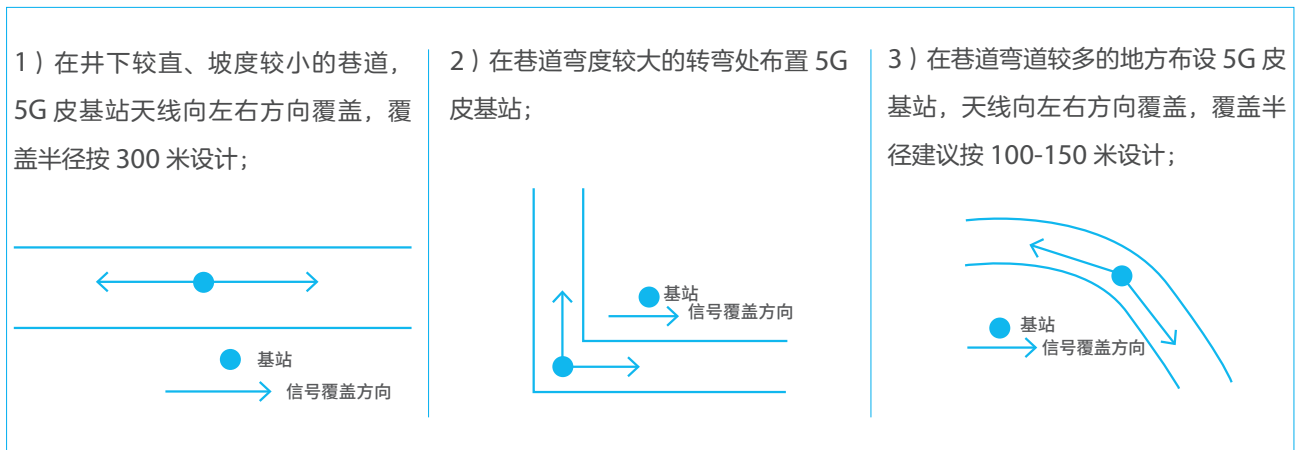


图 2-10 矿山较直巷道覆盖

图 2-11 矿山拐角巷道覆盖

图 2-12 矿山多弯巷道覆盖

除此之外，网络设计还需考虑矿井巷道起伏坡度，为实现信号全覆盖，对各个重要区域进行基站安装位置设计，具体位置及数量根据实际工勘进行调整。



图 2-13 安装环境示例



解决方案亮点

小型化核心网

中兴通讯面向电信运营商和行业客户，针对 ToB 行业需求，推出行业专用的 i5GC 产品，在标准 5GC 基础上实现轻量化、专业化，既满足运营商对设备的专业通信要求，又满足行业对网络服务的定制需求。

1) 软硬件一体化设计，最低仅需一台服务器。

2) 网络功能，灵活组合。i5GC 可以量体裁衣，灵活组合 NF，满足不同场景下的网络功能需求。

• AMF+SMF+UDM+PCF+UPF+IMS: 核心网全量下沉，提供融合数据 & 语音接入；

• AMF+SMF+UDM+UPF: 核心网全量下沉，提供数据接入；

• AMF+SMF+UPF: 复用大区 UDM，其它网元可下沉部署，运营商统一开卡放号；

• UPF: 仅下沉部署极简 UPF，提供低成本分布式用户面解决方案。

3) 融合接入，广泛连接。

i5GC 可以扩展支持 4G/5G/eMTC/NB-IoT 等融合接入能力，支持矿区内各种终端的泛在接入，满足高速、中速、低速等多种网络连接需求。

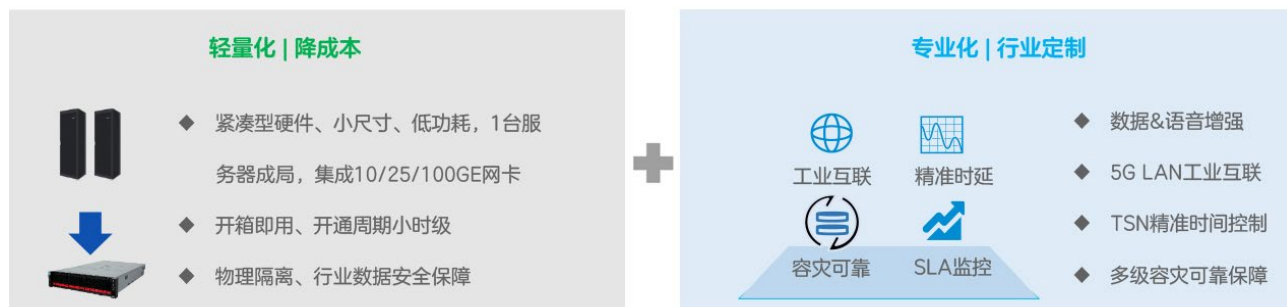


图 2-14 小型化核心网优势

网络容灾

矿山生产作业装备和环境都是在移动和推进中进行，出现光纤中断等故障非常常见，除了进行设备和链路级的冗余保护设计外，中兴通讯提出了 L1 和 L2 级网络容灾解决方案，确保断纤不断网。

L1 级网络容灾：基站部署 NodeEngine 或核心网 UPF 下沉到矿区部署，当出现传输链路故障而导致核心网和矿区内无线系统控制面和用户面连接断开时，确保已经进入网络的终端和应用能保持而不影响生产作业，待故障修复后

系统自行恢复。

L2 级网络容灾：在 L1 基础上，在矿区本地部署备份 i5GC 控制面系统，本地 i5GC 与大网 5GC 实时同步该企业切片业务内的业务数据。当出现传输链路故障而导致核心网和矿区内无线系统控制面和用户面连接断开时，自动切换到本地 i5GC 进行工作。确保已经进入网络的终端和应用能保持而不影响生产作业，新接入用户也不受影响，待故障修复后系统倒换恢复。

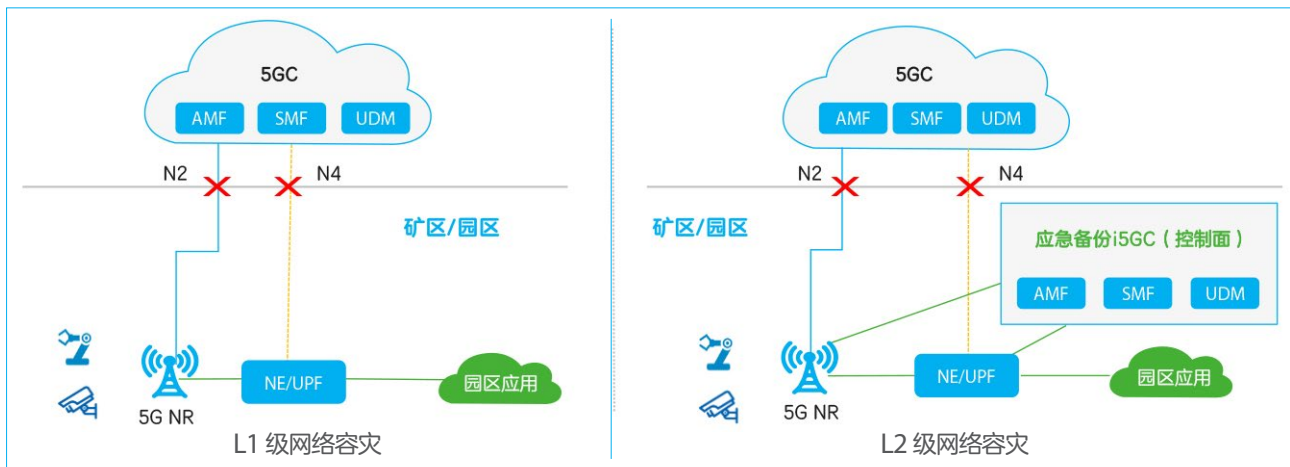


图 2-15 网络容灾解决方案

5G 防爆产品

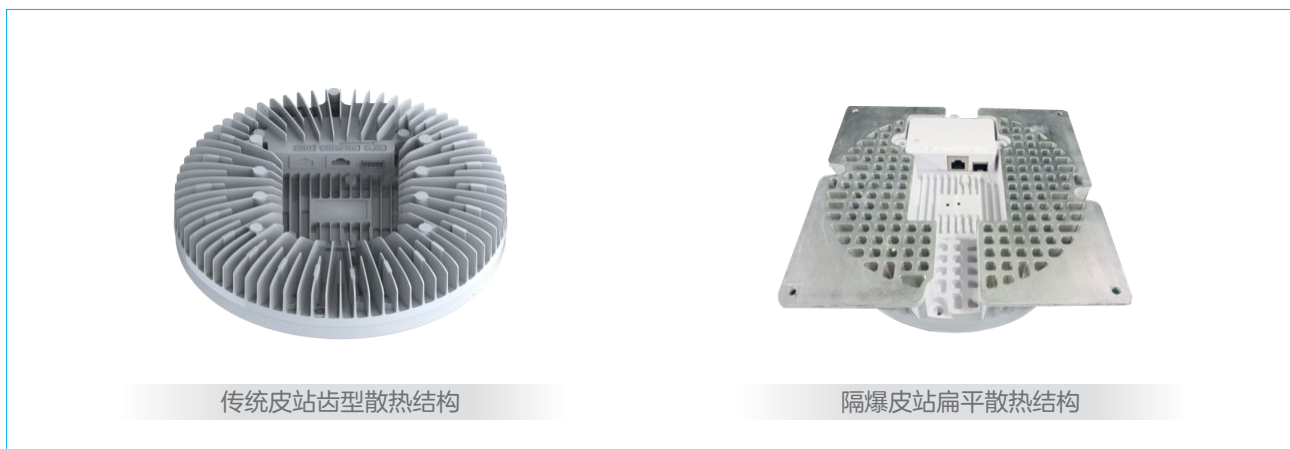


图 2-16 5G 基站产品优化设计

中兴通讯与业界领先的矿山行业集成商合作,选择适合煤矿井下部署和使用的低功率皮基站产品进行结构、散热、授时、前传、耐压隔离方面的优化和改造,共同推出了隔爆型防爆 5G 基站产品。优化和改造后的隔爆型防爆 5G 基站产品综合体积重量可以减少 50%,支持挂墙安装,可以有效节省巷道内的占用空间。扁平的贴壳散热设计,散热效率提升 40%,有效防止高温导致的器件失效,提高设备运行稳定性。

本安防爆是等级最高的防爆方式,要求将设备内部和暴露于潜在爆炸性环境的连接导线可能产生的电火花或热效应能量限制在不能产生点燃的水平。本安设备安全性高、体积重量更小、功耗更低,可以更好的满足井下安全生产和全面覆盖的要求。中兴通讯联合领域内专业的企业和机构进行研究,在 ERIP 功率限制、5G 设备散热、电磁兼容性等方面取得了重大突破。

组网简化

传统皮基站采用 BBU-PB-pRRU 三级的星型组网架构,网络结构复杂、设备层级多、占光纤资源多。根据矿山井下巷道环境的部署和覆盖特征,中兴通讯正在对矿山行业组网进行优化,将三级的星型组网架构调整为两级链型组网架构,可以有效节约约 60% 光纤资源,降低实施成本。

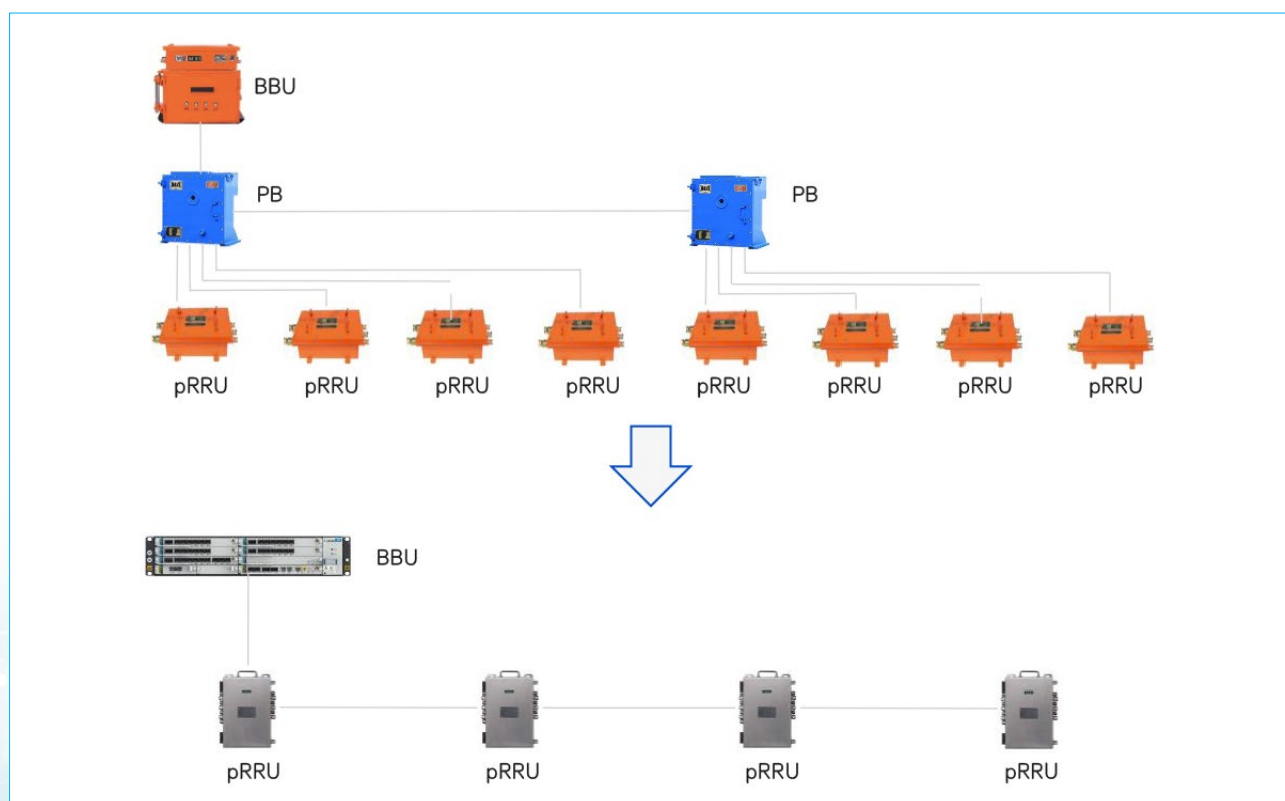


图 2-17 5G 基站组网简化

案例

陕西隆德煤矿示范

华电煤业集团有限公司、中国移动上海产业研究院和中兴通讯联合成立了实验室，并联合发布 5G+ 智慧矿山解决方案。

该方案基于一站、一柜、一平台的创新架构，通过新型云网基础设施部署 i5GC&EPC、iIMS、统一网管等产品，构建大带宽、低时延、高安全隔离的定制化专网，以“井上井下一张网”的形式承载矿区各种业务，灵活满足矿山场景需求，提高矿山行业生产安全水平，推进以降本增效为核心的产业升级，助力矿山行业数字化转型。



图 2-18 陕西隆德煤矿 5G+ 智慧矿山解决方案

港口

业务场景及价值

海洋货运作为重要的运输方式，承担了全球贸易中的 90% 运输量，港口是海洋运输的重要枢纽。随着通信、IT、云等技术的发展，港口的数字化和智能化程度也在逐步提升，智慧港口的典型业务有岸桥远控、智能理货、无人集卡、无人机巡检、海面锚地通讯等。港口智能化极大地优化业务流程，改善员工工作环境，提升作业效率，降低了港口的运营成本。

岸桥远控

岸桥将集装箱在货船与集装箱卡车之间进行装卸。传统的岸桥需要一个驾驶员位于桥上，岸桥的移动与货物的装卸主要通过驾驶员在桥上目视与地面工作人员的指挥来操作。这种工作方式要求驾驶员长期低头操作，待在狭小的驾驶舱，工作时间长加上工作环境恶劣，容易得职业病。

通过引入远程控制，驾驶员可以工作在舒适的远程控制中心，通过 5G 或光纤远程接入岸桥进行操控，除了工作环境大大改善以外，一个驾驶员还可以操控多台岸桥，节约人力。



图 2-19 港口现场图

业务场景	时延	带宽	可靠性	连接数
岸桥远控	PLC 控制 <20ms 视频端到端时延 <300ms	上行 80-100mbps	99.99%	X*10 个 /km

智能理货

传统理货, 理货员在岸桥下方, 对着待装卸的集装箱进行信息确认、记录。人工处理效率较低, 且理货工作要经受烈日、暴风雨等恶劣天气影响。通过安装在岸桥上的摄像头对集装箱进行拍照, 利用 OCR 技术自动识别出箱号、舱位、拖车号、残损等信息, 并通过 5G 网络将相关信息、照片、视频回传到办公室, 理货员在办公室远程完成理货工作, 工作效率得到提升, 工作环境得到极大改善。



图 2-20 智能理货业务流程

智能理货需要网络回传一路视频, 十多张不同视角照片, 网络要求:

业务场景	时延	带宽	可靠性	连接数
智能理货	50ms	上行 10Mbps	99%	X*10 个 /km

无人集卡

无人集卡主要实现集装箱货物在码头岸桥侧与堆场侧的运输, 通过离线预先规划的运行路径实现固定路线的无人驾驶。部署 5G 网络后, 可同时实现多路视频回传和控制指令交互, 当无人集卡出现问题时, 远程人员实时介入, 人工接管驾驶, 将无人集卡远程驾驶至维修处。



图 2-21 无人集卡

无人集卡对 5G 的网络要求:

业务场景	时延	带宽	可靠性	连接数
无人集卡	50ms	上行 2Mbps	99%	X*10 个 /km ²
人工接管驾驶	20ms	上行 10-20Mbps	99.99%	X*1 个 /km ²

无人机巡检

港口的码头、堆场、水域等区域面积达数百平方公里，巡检的工作量巨大。传统的巡检方式，无人机记录的视频无法实时回传到监控大厅，需要飞行结束后通过 SD 卡拷贝，同时无人机飞行与遥控器的距离受 1 ~ 4 公里限制。部署 5G 网络后，无人机巡检飞行距离可达数十公里以上，实时回传多路高清 4K 视频，实时智能分析并输出巡检结果，及时发现异常事件。无人机对网络的要求：

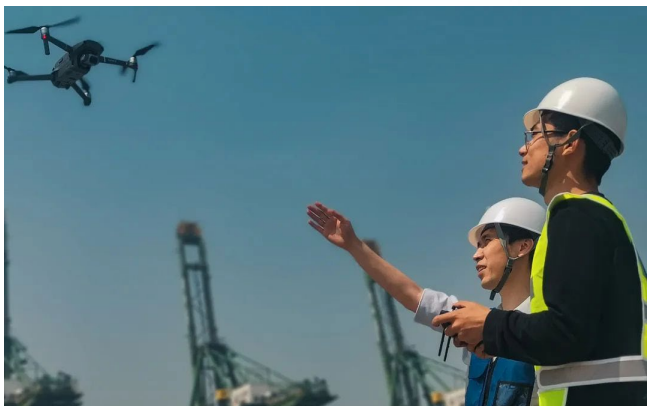


图 2-22 无人机巡检现场图

无人机对网络的要求				
业务场景	时延	带宽	可靠性	连接数
无人机巡检	20ms	上行 16Mbps	99.9%	共 X 个

网络设计

港口的作业区域分为泊位、堆场、低空、锚地等。泊位停泊着大型船只，融合了岸桥、集卡、理货等业务，从地面集卡到高 50 米的岸桥吊车需要垂直立体的网络覆盖。堆场是集装箱周转存放处，有移动的集卡、场桥等，上行容量要求高，无线信号易被金属箱体遮挡。无人机在港口低空巡检，高度在 80 ~ 120 米，空中无线信号复杂，需要抑制干扰。海面锚地，距离岸边 20 ~ 100km，有超远覆盖需求。

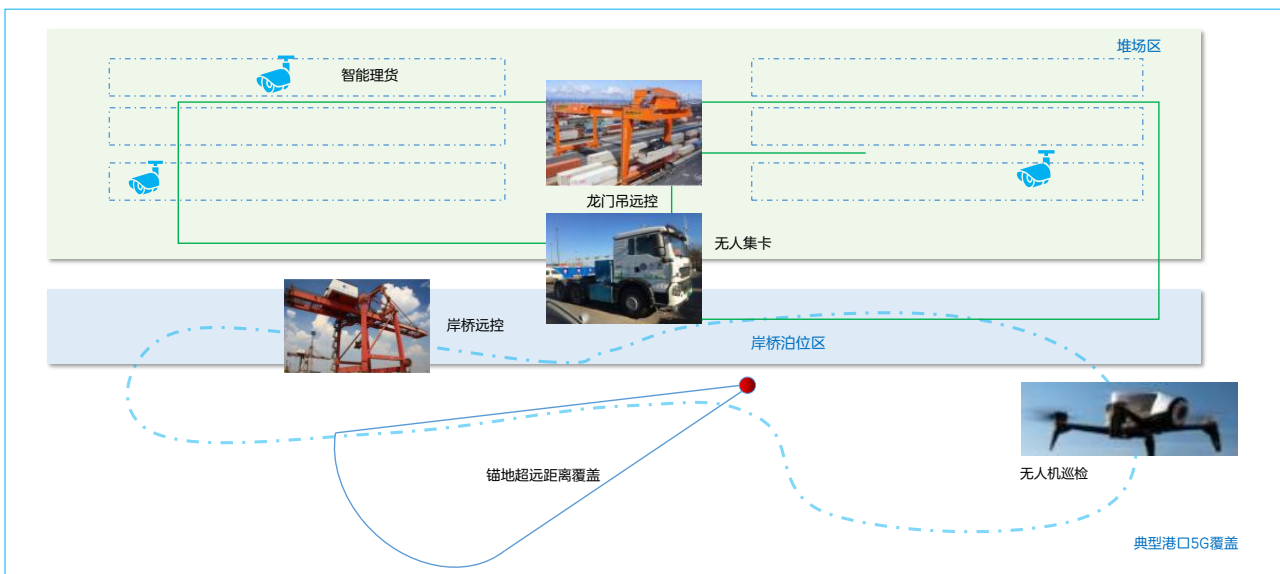


图 2-23 港口作业区网络设计

堆场和泊位的多频段超密覆盖设计

港口的堆场和泊位是业务密集运行的区域，主要业务有无人集卡、场桥、远程岸桥、智能理货等，堆场和泊位网络上行边缘速率要求高，需要考虑增加站点密度，构建超密覆盖。同时为了满足更大的上行容量，可以共站址多频组网。同时引入上行 MU-MIMO 技术，优化配对参数和策略，可进一步提升小区上行容量能力。

不过，超密覆盖带来较强的同频干扰，又会影响网络整体的容量和时延指标，需采用干扰协同技术来降低干扰影响。在网络规划和优化阶段，使用包括小区方位角和下倾角调整等基础网优手段，并可开启 AAPC 功能，自动优化广播和赋形权值，实现小区间干扰协同。

低空覆盖设计

无人机巡检，要求在 80 ~ 120 米低空有良好的网络覆盖。5G 基站传统的水平多波束，主要是提升地面覆盖性能，空中的网络覆盖性能不满足无人机需求。

针对低空覆盖，需要采用 SSB 1+X 技术，水平和垂直方向可定制优化的多波束，满足不同垂直高度上的网络覆盖需求。



图 2-24 低空覆盖示意

锚地超远覆盖设计

中兴超远覆盖方案覆盖半径最大可超过 100km，因为地球曲面对无线信号传播具有影响，通常需要保证天线挂高，即“站的高看的远”，通常站高选择在 200m 以上，可能需要借助山体、热气球等。同时，超远覆盖方案，基站需选用窄波束高增益天线，接收终端需要外接高增益天线，频段选择上，建议尽量选用低频段。

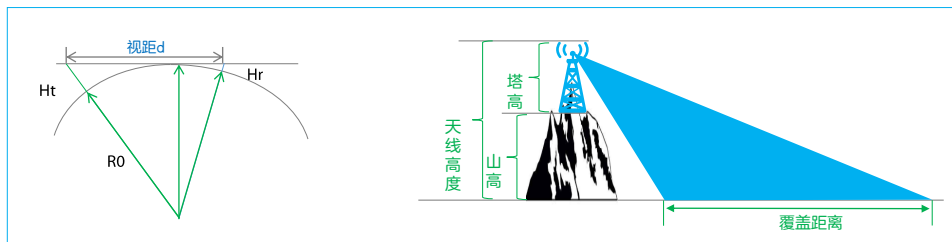


图 2-25 超远覆盖站址选择及天线挂高

解决方案亮点

远程岸桥低时延方案

远程岸桥有视频流和 PLC 控制流，操作人员需要根据观看视频画面进行操控，所以视频端到端传输时延要尽可能低，可以提升操控安全性。PLC 控制业务是小数据包，发包周期几十毫秒，端到端传输时延和可靠性一般要求 20ms@99.99%。对于远程控制视频回传的时延非常重要，一旦时延超过人体的感受，操控就会出现迟滞感，需要驾驶员提前预判，不但影响驾驶员的操作体验，也需要驾驶员有非常丰富的经验。

网络低时延保障上，引入切片 +5QI 业务精准保障方案，将不同类型业务进行隔离，PLC 控制用专属切片和高优先级 5QI 承载，预留优先的 PRB 资源保障。同时在该切片和 5QI 上，配置差异化的调度参数，例如智能预调度、低

阶 MCS、1%BLER 智能 AMC 控制重传等，满足网络时延保障。

对于视频流编解码时延上，传统 IP 摄像头端到端时延在 300-500ms 之间，引入低时延视频解决方案可以将视频端到端时延减少到 100ms 左右，大大提升了驾驶员使用体验，操控迟滞感明显消失。该方案通过引入低时延视频网关，直接将视频的编码从摄像头移到视频网关上，通过强大的硬件及特定的算法，直接减少了端侧的处理时延，同时，视频在空口的传送能够根据无线信道的质量自适应调整传输速率。此外，通过部署在 NodeEngine 上的低时延视频服务软件，实现多路视频解码、高速分发与并发，配合视频软硬件播放端大大的提升了视频解码效率。

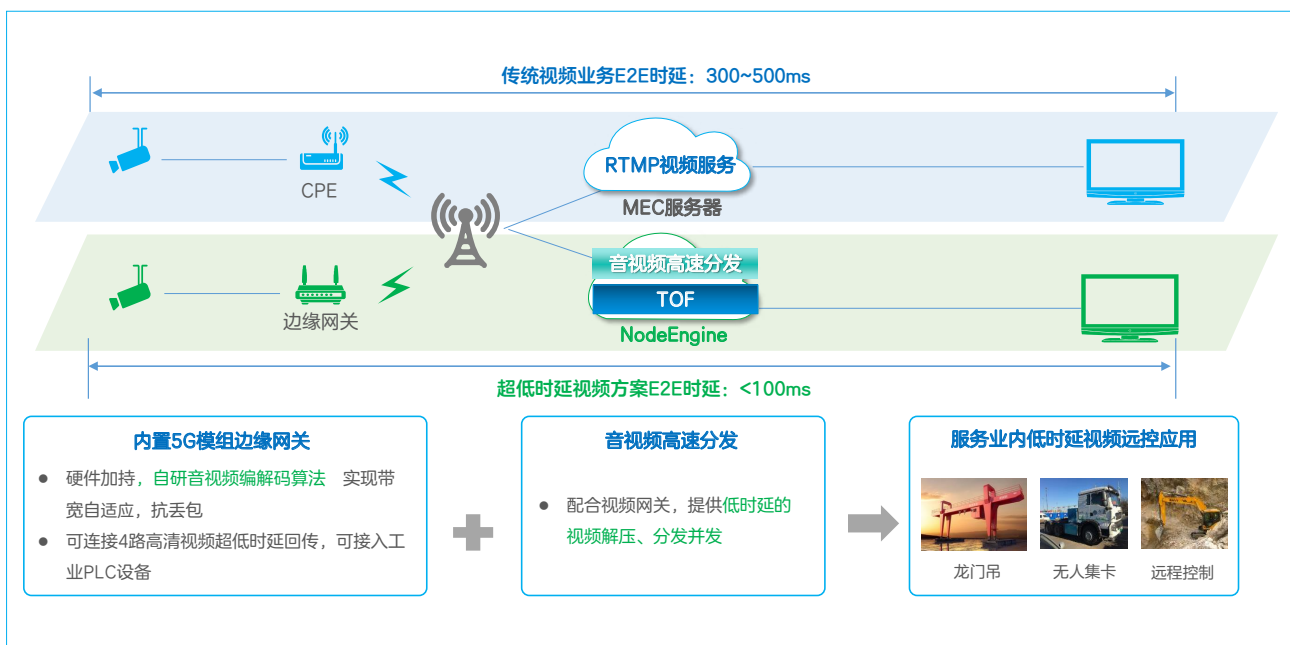


图 2-26 远程岸桥低时延方案

高可用方案

1) 有线与无线的备份方案

现场侧和业务平台侧之间已经部署了有线网络，引入 5G 无线和有线链路的备份冗余，既可以提高网络可靠性，又保护了企业的前期投资。

在终端侧和服务器侧分别设置一台路由设备，两台路由设备之间通过 5G 专网和有线网络各建立一条 GRE 隧道，并设置两条 BFD over GRE 用来检测网络设备间的双向网络连通性，当发现主用链路故障时，触发路由切换，实现快速切换至备用路径，业务流量毫秒级快速倒换，保障业务的高可用。

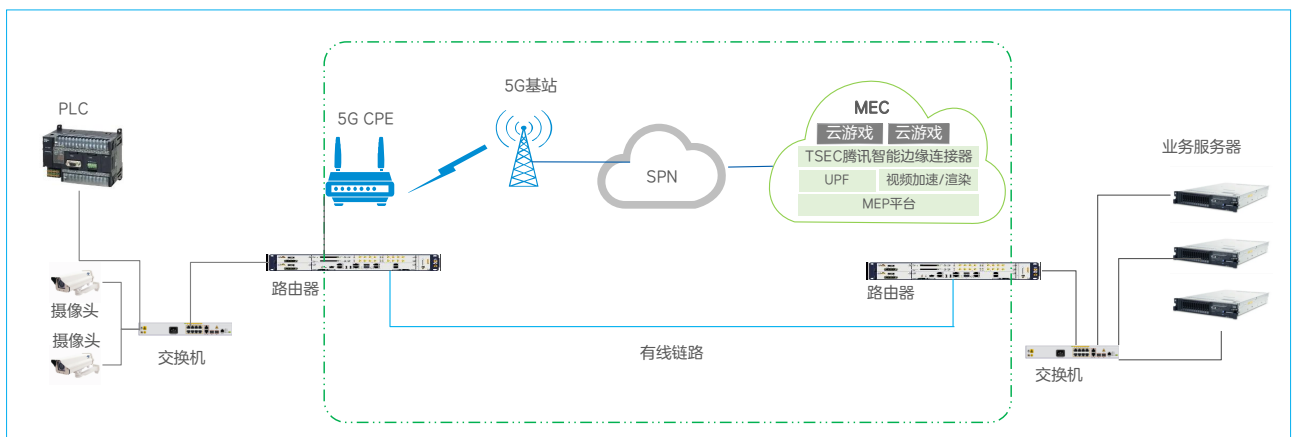


图 2-27 有线与无线的备份方案示意

2) 双 CPE+ 双无线备份方案

针对网络高可用性，可以通过引入双 CPE+ 双无线备份方案进一步提升。建立双链路（包括终端，基站，传输，UPF），同一份业务数据在发送端路由器和接收端路由器进行“双发选收”。该方案业务接入使用 2 个 CPE，不同的 CPE 通过频段选择接入到不同的 5G 基站，5G 基站和 UPF 之间使用独立的承载，两条链路独立，确保单节点故障时，业务不受影响。

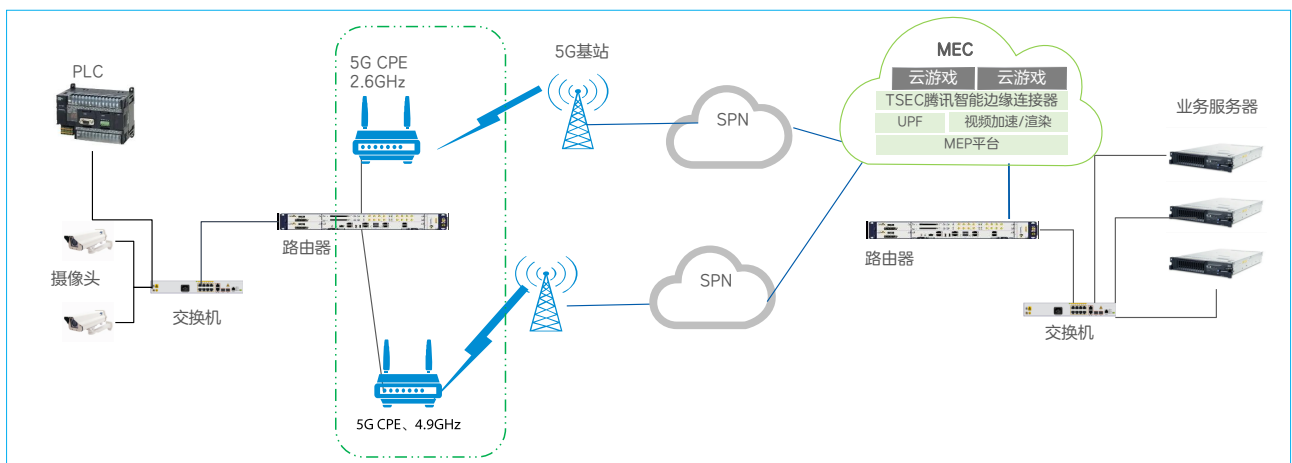


图 2-28 双 CPE+ 双无线备份方案示意

视频 1 对多分发方案

远程岸桥业务，岸桥上安装 25 台摄像头，有安防、录像和远控三个不同的业务系统会拉取岸桥摄像头视频，一共有 3 路视频流经过空口传输，其中两路视频流是重复的，导致岸桥的上行速率达到 100Mbps 以上。通过引入视频网关+NodeEngine 基站分流方案，只有一路视频流经空口传输到 NodeEngine 的视频服务平台，再向安防、录像和远控三个系统进行视频分发。岸桥的上行速率可以降到 40Mbps 左右，从而一个 5G 基站可以服务更多的岸桥。

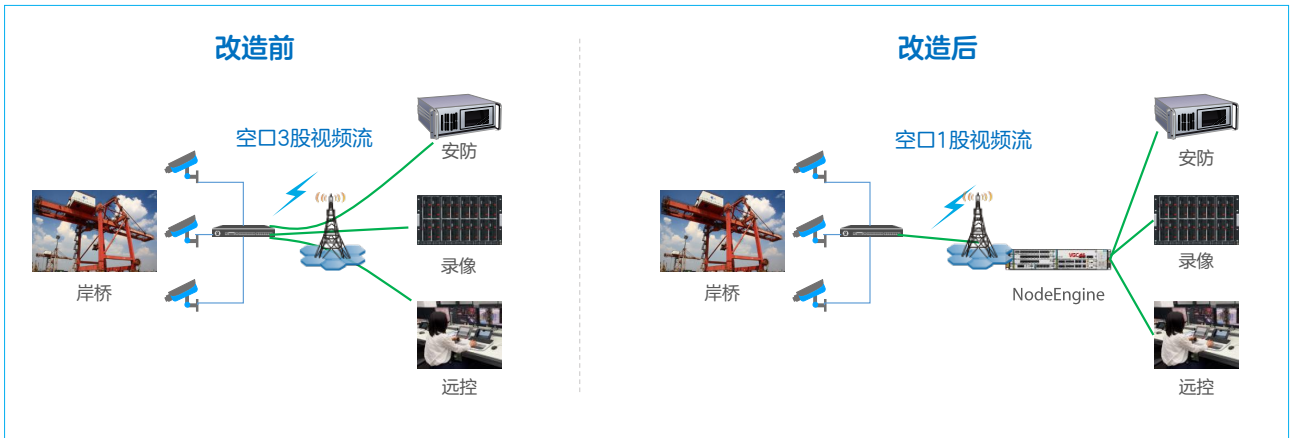


图 2-29 视频 1 对多分发方案

多路视频回传拥塞保障方案

港口的智能业务和视频紧密相关，有多达几十台摄像头同时通过 5G 进行视频回传，5G 的空口资源有限，当视频密集传输时会引起网络拥塞，导致视频花屏、卡顿等问题。为了满足视频上传，除了 5G 上行增强提高上行容量外，同时采用应用侧技术改造，降低上行速率需求。

视频拼接，在远程控制操控室显示器上，经常出现多屏画面，即一个显示器通过 2 分屏、4 分屏同时显示多个摄像头的内容，实现方式通常是在将多路视频在显示端拼接合并并在同一个屏上。这样就为我们提供了一种节约视频带宽的方法，即在摄像机侧进行视频拼接合并，将合并后的视频再回传到显示器显示，这样相当于将多路视频压缩成一路视频，大大的节约了带宽。

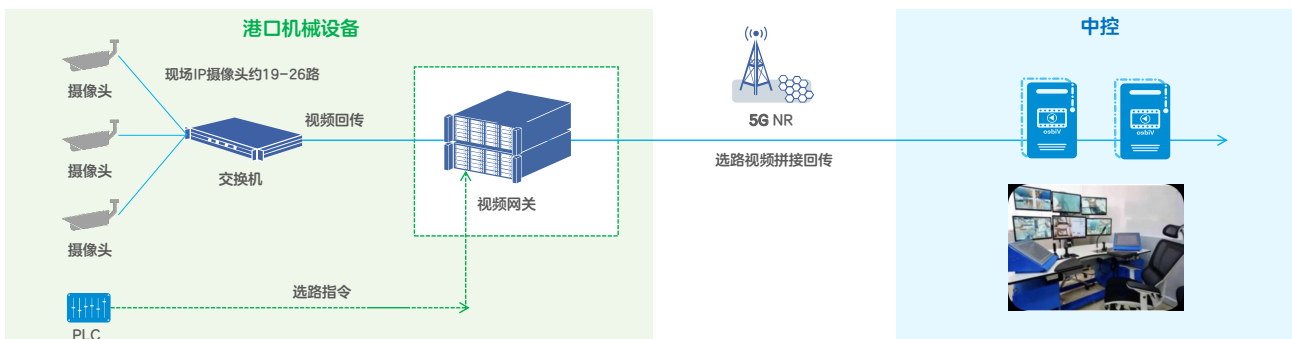


图 2-30 多视频拼接回传

案例

天津港联合天津联通和中兴通讯进行了智慧港口试点，定制化设计并建设了港口 5G 独立专网，实现 5G 网络资源独享，业务数据物理隔离。已完成基于 5G 专网的远程岸桥、智能理货、无人集卡等核心业务验证，并逐步商用。在该港口，5G 专网同时叠加了多项增强方案：

- 1) 切片 +5QI 差异化保障策略满足不同类型业务需求；
- 2) 叠加 VxLAN 功能，实现了本地终端通过 5G 网络与港口内网大二层互通；
- 3) 双 5G 终端主备负荷分担提升了网络可用性。

天津港未来进一步部署无人机低空 5G 网络，海面超远覆盖网络，实现 5G 专网陆海空立体化覆盖。5G 专网逐步深度融合智慧港口各项业务，为港口的全面数字化转型升级打下了坚实的基础。

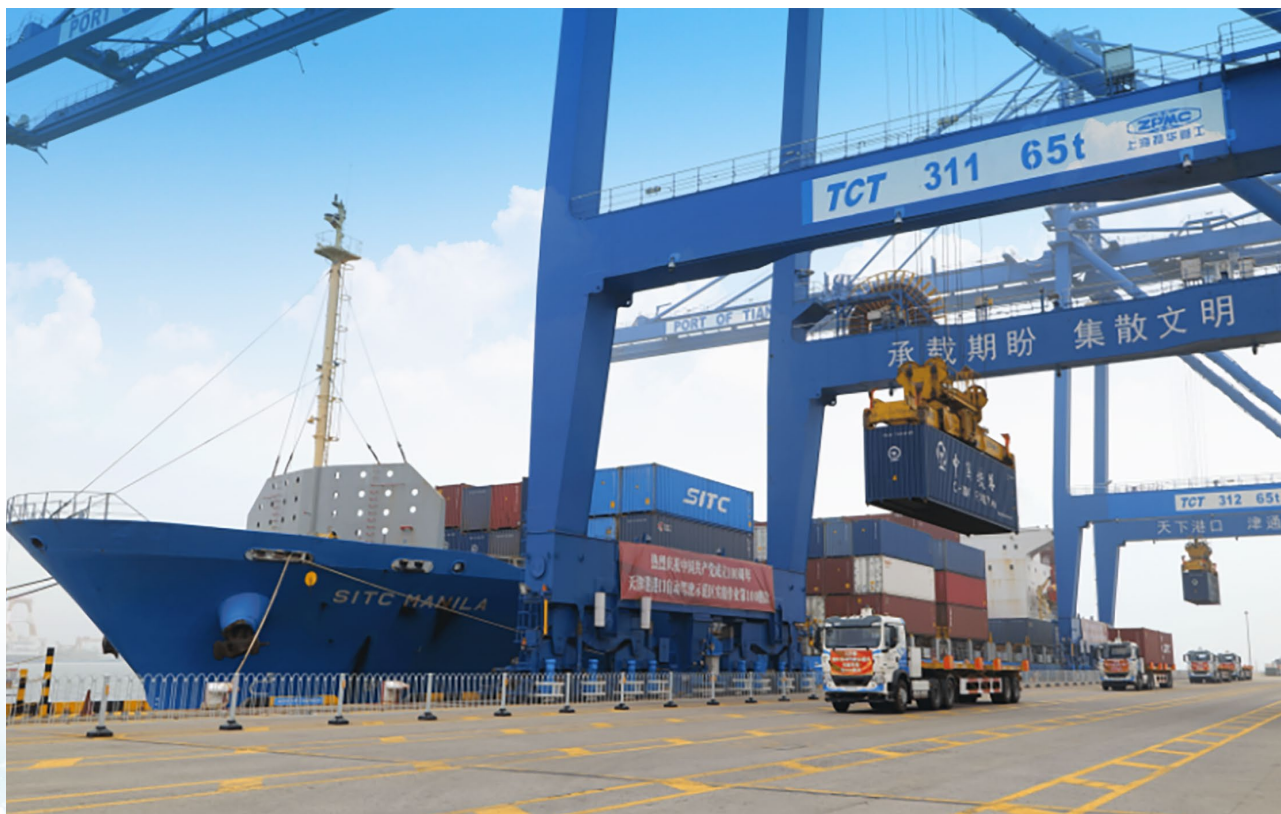


图 2-31 天津港口作业现场图

钢铁

业务场景及价值

钢铁行业正处于转型升级的关键期，信息化水平参差不齐，很多环节尚需大量人工操作（如：钢坯 / 钢材表面质量检测，生产设备点检）。钢铁智慧化作为行业发展的必然趋势，以 5G+ 工业互联网为载体，融合钢铁行业智能制造创新技术，将会为钢铁行业智能制造及我国工业转型升级带来革命性的变化。

5G 在钢铁行业的应用，主要涉及铁前、炼钢、轧钢等生产环节。

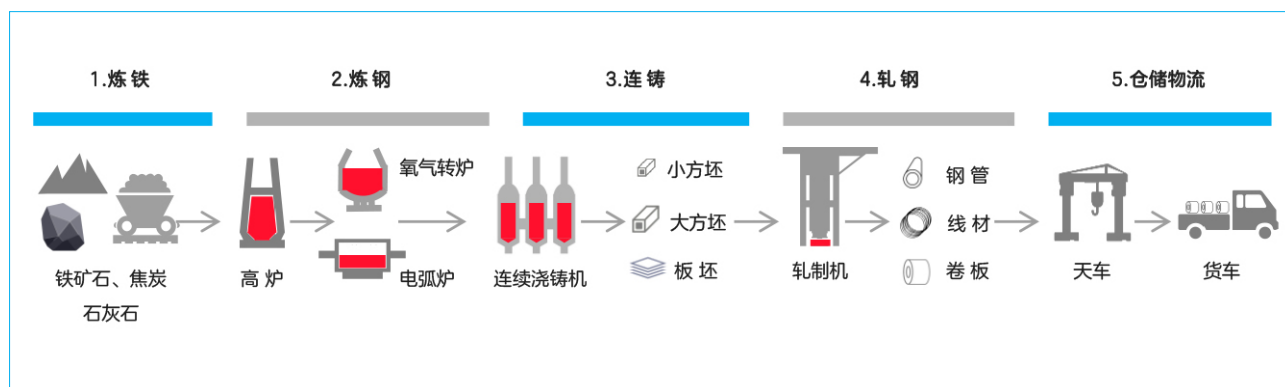


图 2-32 钢铁生产全流程

行车远控

目前钢厂现场的行车主要是靠人工手动操作，在行车操作室进行，环境恶劣，劳动强度大。利用 5G 网络的低时延，实时回传现场视频画面，操作人员在集中操作室进行远控操作，大大改善工作环境，保障人员安全，提高生产效率。行业远控。在这个过程中，需要通过 5G 网络，传输包括视频实时回传、低时延 PLC 控制、设备状态检测数据采集等信息，还可能需多个行车协同作业。

应用场景	通信速率	平均时延	可靠性
图像 / 视频流上传	上行 >50Mbps(8K)	<20ms	99.9%
PLC 控制指令下达	下行 >50kbps	<20ms	99.9%

带钢表面智能检验

传统的带钢表面检测靠人工检测，精准度低，无法识别小缺陷；检测效率低，导致产线生产效率下降。使用基于高清相机的机器视觉质检，受限与钢厂环境，若采用有线部署的方式，施工要求繁杂，折旧成本较高；使用的工业 WIFI 易受高温、高辐射、高噪音、高湿度的钢铁生产环境干扰，导致网络稳定性和可靠性差。利用 5G 网络低时延、大带宽、高可靠的特性，结合人工智能机器视觉技术，实时采集传输多个检测点的表面高清图像至 MEC 边缘云平台进行算法比对，大大提升识别质量缺陷实时检测，避免人为漏检、错检，同时利用 MEC 边缘灵活部署方式，便于机器视觉工艺改进、技术升级，快速上线业务。

应用场景	通信速率	平均时延	可靠性
图像 / 视频流上传	上行 >50Mbps(8K)	<20ms	99.9%

无人铁水运输机车

铁水运输是连通高炉出铁到炼钢环节的唯一纽带，被称为钢铁界面的“生命线”。一般在钢企园区中使用有轨机车牵引鱼雷罐车实现上千度高温的铁水运输，往返于高炉和炼铁厂之间。由于钢企园区不同区域炼铁炼钢高炉林立，园区内道路纵横交错，环境复杂，机车驾驶室内在机车前进中提前确认路口环境状况往往难以视距可见，目前人工操作只能尽可能低速和提前设置栅栏等，影响运输效率。应用 5G 技术的铁水罐车可实现机车内对前方道口非视距范围的路况查看，并进一步工作人员可在远端智能调度系统操控室内，直接以大屏幕实时查看路况、铁水罐车温控等信息，通过远程操控与智能调度系统操控铁水罐车，实现无人自动驾驶。

应用场景	通信速率	平均时延	可靠性
无人铁水运输机	上行 >50Mbps	视频 300ms 远控 <20ms	99.9%

网络设计

钢铁作为工业流程制造的典型代表，企业往往具有非常大的园区（内部绵延几公里长宽），园区又会根据生产环节进一步分为多个不同的厂区，实现不同的生产环节的全连通。由于钢铁生产过程中的需求，高温环境在钢铁企业中普遍存在，如炼钢、炼铁等场景，不利的工作环境对 5G 网络设备也对基站形态提出了较高的要求。此外，厂房内部的大量钢结构和大型设备也对电磁波的正常传播产生较大的干扰。



图 2-33 钢铁环境特点

站型选择

钢铁厂房内部环境普遍不佳，在一些高温多粉尘的场景，优先推荐使用 AAU 和 PAD 形态产品进行部署，在温度一般环境相对较好的场景，可以考虑部署皮基站。

覆盖、点位设计

针对钢铁厂区内厂房多由钢铁、钢结构覆盖，存在电磁屏蔽、信号衰减大、环境恶劣、灰尘多、高温高热高湿等种种恶劣条件，通过综合运用精准规划、智能干扰检测、协同算法等 5G 专网基站增强技术，来保障钢铁复杂电磁干扰环境下的网络性能。

在传统网络传播模型基础上，基于钢铁环境特性修正链路预算仿真模型，评估生产车间的覆盖和容量，构建站点级精准网规的方法论。

对于反射衰减小的钢表面环境，常见的高大厂房往往容易出现无线传播多径出窗，以及邻区干扰大的现象。基于钢铁场景特有的网规方法论优化，合理选址部署基站和天线方向，并重点考虑 CPE 部署位置，降低干扰的网络设计原则和手段包括：

- 1) 选择匹配场景的窄波束定向天线；
- 2) 结合具体实际项目场景，精准规划基站尤其 CPE 的位置；
- 3) 通过网络可视的干扰和具体点位业务体验水平的监测，详细优化业务连接。



Link Budget - RUSCH		NR 2.6G 64R SA	NR 2.6G Pcell 4TR	NR 4.9G 64R SA	NR 4.9G 8R Imaco
Data Rate	Mbps	50.00	50.00	50.00	50.00
Carrier Frequency	GHz	2.60	2.60	4.90	4.90
Channel Bandwidth	MHz	100.00	100.00	100.00	100.00
Subcarrier Space	kHz	30.00	30.00	30.00	30.00
Uplink Ratio	#	20%	20%	30%	30%
Total RB Number	#	273	273	273	273
eNodeB/gNodeB Antenna Configuratic	#	64T64R	64T64R	64T64R	64T64R
UE Antenna Configuration	#	2T4R	2T4R	2T4R	2T4R
Used resource blocks	#	256	256	270	270
Thermal Noise Density	dBm/Hz	-174.00	-174.00	-174.00	-174.00
eNodeB/gNodeB Noise Figure	dB	3.00	3.00	3.00	3.00
Required SINR	dB	2.95	0.67	-0.86	-0.86
Receiver Sensitivity	dBm	-88.51	-90.79	-92.49	-92.49
eNodeB/gNodeB Antenna Gain	dBi	25.00	11.00	25.50	12.50
UL Interference Margin	dB	7.00	9.00	3.00	4.00
Environment (3GPP) Inf SH					
Penetration Loss	dB	0.00	0.00	0.00	0.00
Extra loss	dB	10.00	10.00	13.00	13.00
Std Dev of Slow Fading	dB	8.00	8.00	8.00	8.00
Cell Area Coverage Probability	%	95.00	95.00	95.00	95.00
Shadow Fading Margin	dB	8.38	8.38	8.38	8.38
Handover Gain	dB	0.00	0.00	0.00	0.00
NR	dB	109.13	95.41	114.62	100.62
4G	m	945	239	943	232
3GPP (LOS)	m	1691	389	1799	388

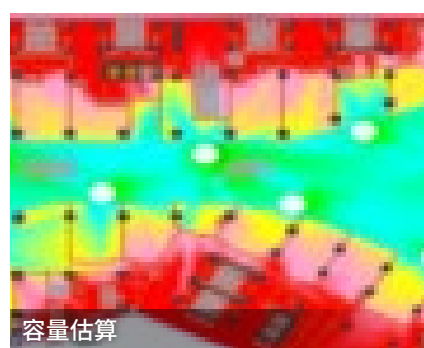


图 2-34 钢铁厂内网络规划

SLA 保障设计

对于钢企非常关注的本地业务 SLA，可以通过端到端的业务 SLA 监控来满足，包括如下功能：

- 1) 业务 SLA 质量，通过现场 web 接入，随时随地可视化管理；
- 2) 基于标准 Echoplus 协议，支持多类 CPE 终端接入；
- 3) 基于测量结果调整网络参数，使业务低时延需求得以快速闭环；
- 4) 提供实时上下行业务带宽的测量和监控，对业务问题及时时进行预警；
- 5) 提供基于业务的实时端到端时延测量，便于问题发生后的快速分段定界；

组网设计

在引入 5G 之前，钢企通常通过有线部署内部专网，5G 因其特有广覆盖、大带宽、低时延、高可靠、易部署等特点，比有线网络更适应钢企复杂的生产环境。5G 引入之后，结合钢企的本身园区本身的特点，匹配其生产和管理流程，考虑整体网络架构：

1) 5G 园区专网，满足 ToB、ToC 用户同时接入且业务完全隔离；

2) 支持园区公共业务，在园区内分流进入园区数据中心，实现园区业务不出园；园区内不同生产分厂业务可直接本地分流，实现厂区业务不出厂；

3) 通过合理的 PLMN 或者切片网络规划，支持不同类型业务，如工控、视频、数采等，进入钢企指定不同的业务服务器。

4) 为保障数据不园区的管控需要，需具备在园区内完成网络的运维管控，无线、承载、核心网多网元一体化的运维。

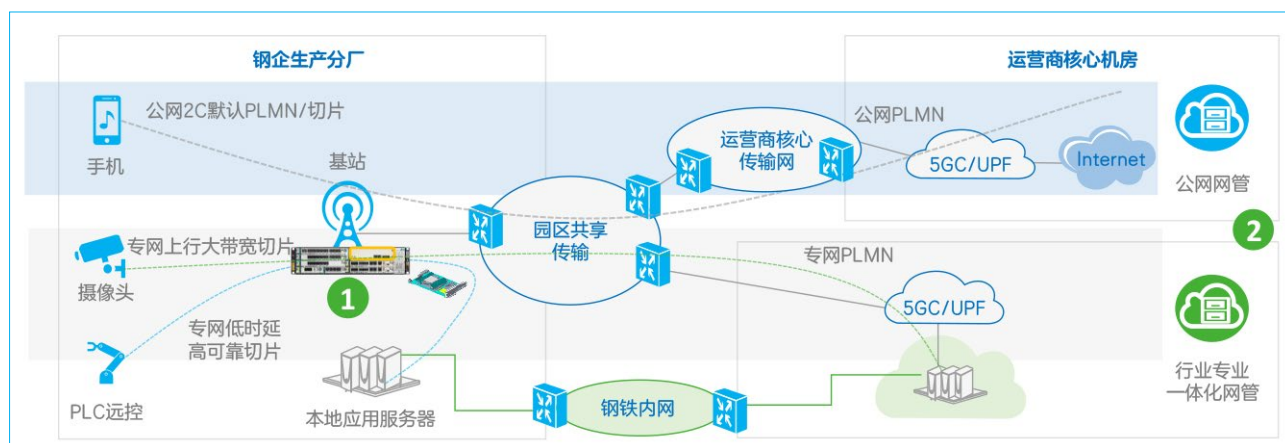


图 2-35 钢铁园区 5G 专网架构

网络高可用保障

钢铁行业的生产普遍是全年不间断进行的，用于支撑业务进行的网络设备也要满足 365 天 × 24 小时、全天候生产需求。钢铁厂内部作业环境普遍不佳，有高温、多尘等因素的不利影响，对设备工作环境提出较高要求。车间内设备工作时，存在明显振动，某些无人干预的设备也具有一定危险性，也存在不确定的因素。此外，厂房内设备或大型机械较多，可能存在 WIFI、微波等其它无线系统，阻挡比较多、无线环境复杂。在 5G 针对钢铁行业应用的过程中，如何提高 ToB 网络可靠性，尤其是无线网络部分的可靠性，已成为电信运营商和行业客户关注的一个重点内容之一。5G 网络高可用保障，在钢铁场景，重点是考虑支持冗余链路备份，避免单点故障。

解决方案亮点

面向钢铁行业的 5G 专网，在覆盖、速率、时延等方面都有较高的要求，同时钢铁企业还要求网络稳定可靠，对数据不出园区有相关的要求。特大型钢铁企业，对业务隔离、网络安全要求很高，针对此类企业可提供独立专有的无线站点和 MEC 平台，提供高安全性、高隔离度的服务。对于中大型钢铁企业，对于网络的性能和数据安全性的要求有所降低，可通过 UPF 下沉，为企业用户提供专属的网络服务，满足数据不出场、超低时延等业务需求。

园区多级分流融合网络方案

结合独有的 NodeEngine 平台部署基站本地分流，可直接对接钢企厂区车间内网及业务服务器，同时 NodeEngine 平台算力支撑视频远控、PLC 控制等典型应用，实现生产类业务的本地终结，充分保障 5G 专网快速融入工业互联网架构。

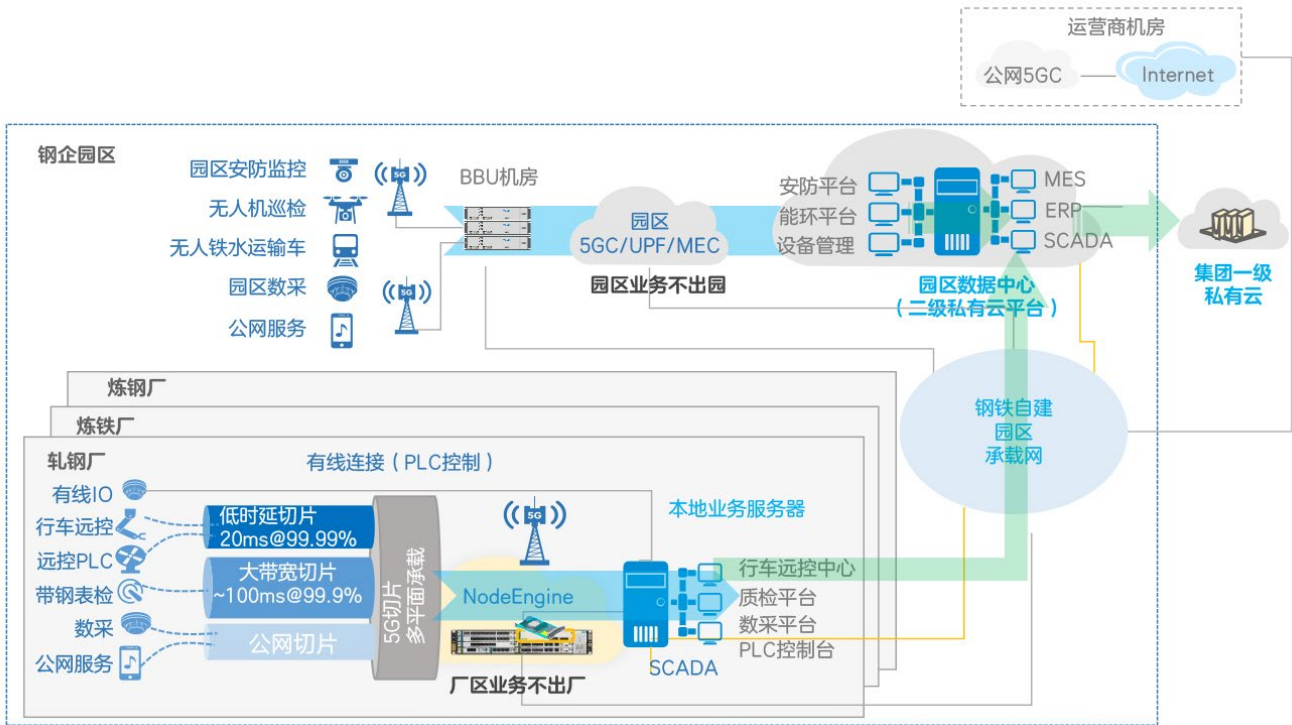


图 2-36 园区多级分流，融合网络方案



适合钢铁的
无线网络传播模型

针对钢铁厂区内厂房多由钢铁、钢结构覆盖,存在电磁屏蔽、信号衰减大、环境恶劣、灰尘多、高温高热高湿等种种恶劣条件,通过创新的综合运用精准规划、智能干扰检测、协同算法等 5G 专网基站增强技术,来保障钢铁复杂电磁干扰环境下的网络性能。在规划部署阶段精细化站点位设计,运用面向钢厂无线传播模型和链路预算,基于高精度仿真及摸底测试准确建模无线环境,支撑站点位置的精确选择,保障优质的信号覆盖。

在网络建成运行和优化维护阶段,基于系统收集的干扰及业务行为信息,通过机器学习算法寻找该环境下的最优资源配置,以精准、高效的场景智能进一步确保稳定的低干扰和优质体验。基于 5G 特有的灵活时频测量机制(配置不同位置的干扰测量参考信号),精确捕捉外部干扰的时间-频率特征,并结合精准的智能调度算法和数据打孔机制有效规避外来干扰,保障稳健的系统性能。

网络高可用保障

针对钢铁行业用户的特点和需求,从降低故障发生概率和缩短故障恢复时间的两个角度出发,从网络级、链路级、节点级、单板级等不同级别综合考虑,并结合提升网络可靠性的相关功能,给予行业客户多层次多维度的行业综合解决方案,保障钢铁企业生产和业务的正常运行。



图 2-37 网络可用性保障方案

案例

湛江宝钢、中国联通与中兴通讯三方合作进行了 5G 智慧钢铁探索，经过应用场景选择、5G 网络规划与建设、网络与业务测试，于 2020 年 6 月正式开启商用。目前已经覆盖了厂区 12.5 平方公里面积与多个主要的应用场景，为湛江宝钢提供了一个完全独立的园区专网，保障了企业的数据完全在园区内流动的安全性要求，同时通过切片规划与隔离，也确保了园区 ToC 用户的 5G 使用体验。

湛江宝钢 5G 应用场景目前已经实现了厚板厂 PLC 远程控制与视频监控、皮带机器人巡检、危险区域巡检与视频监控、AR 检修远程指导等。同时，中兴通讯还在行业头部企业展开合作，在天车远控、带钢表面质检、无人铁水运输、辊道电机生命周期等应用场景进行深入探索。

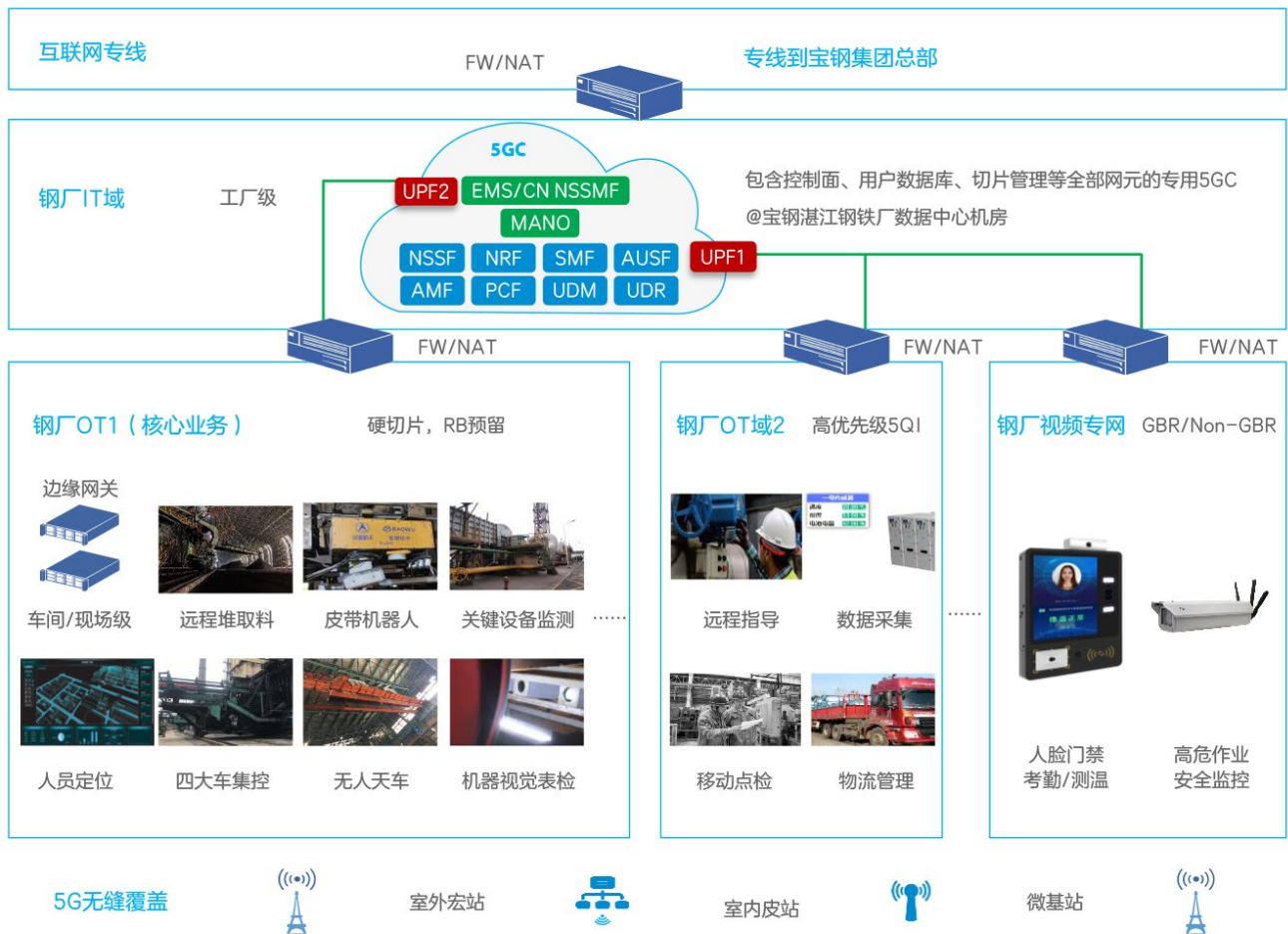


图 2-38 湛江宝钢 5G 专网架构

智能制造

业务场景及价值

随着“中国制造 2025”国家战略的不断推进,制造业逐渐向信息化、数字化、智能化转型升级。行业数字化转型对联接、算力以及应用的快速集成提出新的要求,迫切需要一种全集成、按需加载、整体交付的一站式解决方案,解决工业园区专网建设在网络联接、算力下沉、业务集成以及开通运维等方面的挑战。依托 5G 行业专网,进一步深化 5G 与工业制造园区生产融合,持续推动 5G+ 工业互联网创新应用场景落地,赋予制造业自动化、数字化、智能化新能力,打造 5G 智能制造应用样板。

远程设备操控:

制造行业,存在高温,高尘,高危险的工作环境,迫切需要改善工作条件,提高安全生产等级。通过引入远程设备操控技术,结合 5G 网络,实现随时随地连接工业设备,低时延和上行大带宽技术保障操控业务体验。工人在舒适的环境中作业,可以接管多台工业设备,整体效率能提升 30% 以上。

通过在工厂内部署 5G 网络,将工业设备、摄像头、传感器等数据采集终端进行连接,实现工业设备与各类数据采集终端的网络化,设备操控员可以通过 5G 网络远程实时获得生产现场全景高清视频画面及各类终端数据,并通过设备操控系统实现对现场工业设备的实时精准操控,有效保证控制指令快速、准确、可靠执行。

业务场景	速率要求	时延	可靠性
远程设备操控	视频上行 10 ~ 30Mbps	控制指令 <20ms	控制指令: 99.99%

云化 PLC 设备协同作业:

在工业生产过程中,最终的控制过程还需要 PLC 来进行控制,MES、ERP 或者工业 APP 不仅需要从 PLC 直接采集数据,而且还需要 PLC 能够直接执行来自 MES、ERP 或者工业 APP 的指令。5G+MEC 云化 PLC 将满足工厂在柔性生产制造过程中对实时控制、数据集成与互操作、安全与隐私保护等方面的关键需求,支持生产线根据生产要求进行快速重构,实现同一条生产线根据市场对不同产品的需求进行快速配置优化。

业务场景	速率要求	时延	可靠性
云化 PLC	<1Mbps	<10ms	99.99%

机器视觉质检：

在生产现场部署工业相机或激光扫描仪等质检终端，通过内嵌 5G 模组或部署 5G 网关等设备，实现工业相机或激光扫描仪的 5G 网络接入，实时拍摄产品的高清图像，通过 5G 网络传输至部署在 MEC 上的专家系统，专家系统基于人工智能算法模型进行实时分析，对比系统中的规则或模型要求，判断物料或产品是否合格，实现缺陷实时检测与自动报警，并有效记录瑕疵信息，为质量溯源提供数据基础。同时，专家系统可进一步将数据聚合，上传到企业质量检测系统，根据周期数据流完成模型迭代，通过网络实现模型的多生产线共享。

业务场景	速率要求	时延	可靠性
机器视觉质检	上行 30~100Mbps	50ms	99%

厂区智能物流：

厂区智能物流场景主要包括线边物流和智能仓储。线边物流是指从生产线的上游工位到下游工位、从工位到缓冲仓、从集中仓库到线边仓，实现物料定时定点定量配送。智能仓储是指通过物联网、云计算和机电一体化等技术共同实现智慧物流，降低仓储成本、提升运营效率、提升仓储管理能力。通过内置 5G 模组或部署 5G 网关等设备可以实现厂区内自动导引车辆（AGV）、自动移动机器人（AMR）、叉车、机械臂和无人仓视觉系统的 5G 网络接入，部署智能物流调度系统，结合 5G MEC+ 超宽带（UWB）室内高精度定位技术，可以实现物流终端控制、商品入库存储、搬运、分拣等作业全流程自动化、智能化。

业务场景	速率要求	时延	可靠性
厂区智能物流	1Mbps	50ms	99.9%

XR 协同研发设计：

主要包括远程研发实验和异地协同设计两个环节。远程研发实验是指利用 5G 及增强现实 / 虚拟现实（AR/VR）技术建设或升级企业研发实验系统，实时采集现场实验画面和实验数据，通过 5G 网络同步传送到分布在不同地域的科研人员；科研人员跨地域在线协同操作完成实验流程，联合攻关解决问题，加快研发进程。

业务场景	速率要求	时延	可靠性
XR 协同研发设计	上行 10 ~ 30Mbps	50ms	99%



异地协同设计是指基于 5G、数字孪生、AR/VR 等技术建设协同设计系统,实时生成工业部件、设备、系统、环境等数字模型,通过 5G 网络同步传输设计数据,实现异地设计人员利用洞穴状自动虚拟环境(CAVE)仿真系统、头戴式 5G AR/VR、5G 便携式设备(Pad)等终端接入沉浸式虚拟环境,实现对 2D/3D 设计图纸的协同修改与完善,提高设计效率。

生产现场监测:

在工业园区、厂区、车间等现场,通过内置 5G 模组或部署 5G 网关等设备,各类传感器、摄像头和数据监测终端设备接入 5G 网络,采集环境、人员动作、设备运行等监测数据,回传至生产现场监测系统,对生产活动进行高精度识别、自定义报警和区域监控,实时提醒异常状态,实现对生产现场的全方位智能化监测和管理,为安全生产管理提供保障。

业务场景	速率要求	时延	可靠性	连接数
生产现场监测	上行 2~10Mbps	50ms	99%	X*10 个 /500m ²

无人智能巡检:

通过内置 5G 模组或部署 5G 网关等设备,实现巡检机器人或无人机等移动化、智能化安防设备的 5G 网络接入,替代巡检人员进行巡逻值守,采集现场视频、语音、图片等各项数据,自动完成检测、巡航以及记录数据、远程告警确认等工作;相关数据通过 5G 网络实时回传至智能巡检系统,智能巡检系统利用图像识别、深度学习等智能技术和算法处理,综合判断得出巡检结果,有效提升安全等级、巡检效率及安防效果。

业务场景	速率要求	时延	可靠性	连接数
生产现场监测	上行 10 ~ 20Mbps	50ms	99%	X 个 /500m ²

网络设计

云网一体化设计

采用高密度服务器，通过物理共部署、统一云底座提供集中算力资源，根据园区实际场景灵活配置 BBU/OLT，无线、核心网、有线、MEP 功能按需搭配，达到模块化组合效果。同时，支持无线、有线和核心网设备的统一管理，为行业客户提供端到端的网络解决方案和云服务。

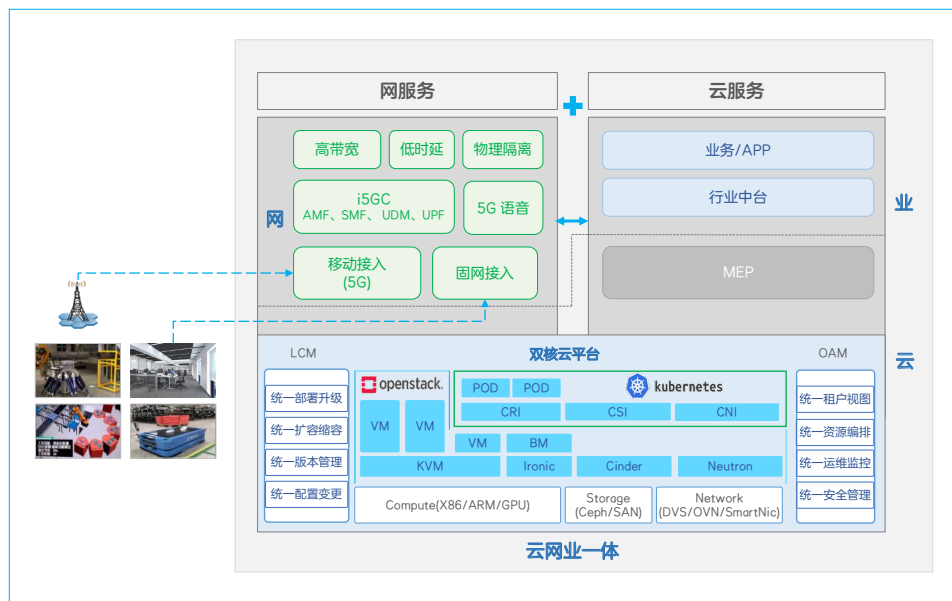


图 2-39 云网一体化架构

无线网络双频组网的频段选择

室内 ToB 高可靠低时延大带宽业务选择基站频段与室外基站异频，对 5G 无线网络性能影响较小；

对于承载低可靠低容量需求的 ToB 业务及全部的 ToC 用户业务选择基站频段与室外同频，为 5G 无线接入的次选承载频段；

专网 RAN 切片设计

无线侧切片支持优先级差异化配置，解决不同切片下相同 5QI 差异化保障：同一业务使用相同的 5QI，当多个用户使用同一业务时，一旦资源受限时，则无法保障哪个用户优先调度。通过在 5QI 的基础上叠加切片的方式，将高优先级用户放到高优先级切片中，从而确保该用户优先调度。对于低时延要求严格的业务，放到高优先级切片中，从而保障其优先调度，减少时延。

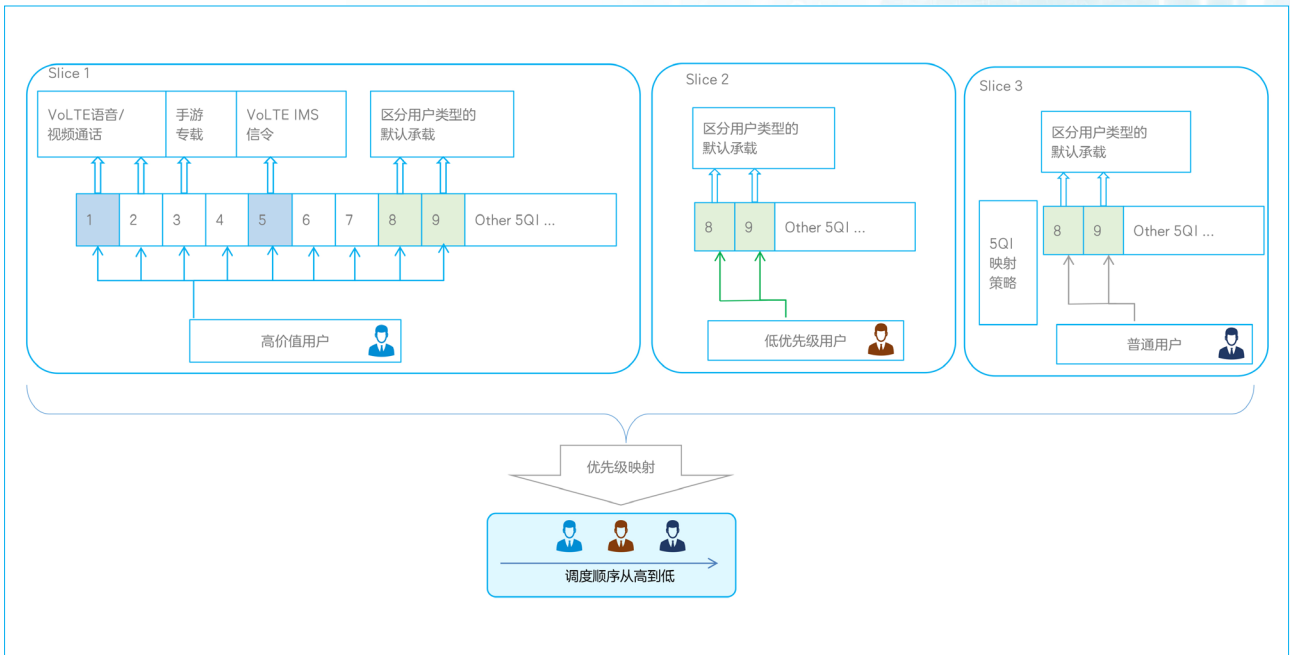


图 2-40 切片优先级差异化配置

解决方案亮点

iCube云网一体解决方案



紧凑型单柜



通用型双柜

iCube 行业云网一体解决方案，以 i5GC 为基础能力，按需集成 5G 模组、NR、传输、MEC 以及第三方应用等组件，以云网一体柜形态构建云网一体的基础设施。通过打造靠近用户的轻量 5G 网络，构建支持虚拟机和容器的双核驱动的云基础设施，以及统一极简网管，为行业客户提供网随云动、云随需生的联接和算力资源，同时，通过工厂预装、现场一键开通，极大降低专网落地建设和维护的复杂度。在运营商独享专网落地过程中，对于网络建设形态、行业应用部署方式，云网一体端到端交钥匙的交付模式等方面都实现了创新突破。

根据场景的不同，iCube 提供两种模型，为行业提供差异化的网络和算力资源。

- 1) 典配模型：在紧凑型机柜中部署云网资源，提供 5 万用户接入和 20Gbps 的转发能力，满足典型园区专网建设的需要。
- 2) 高配模型：采用双标准机架云网隔离的方式部署，默认提供 10 万用户接入和 50Gbps 的转发能力，满足超大型行业应用的部署需要。

图 2-41 iCube 不同模式

基于 NodeEngine 的一站式智简行业网解决方案

基于 NodeEngine 的一站式智简行业网解决方案，实现数据不出园区，“空口一跳直达”。该方案通过在基站 BBU 机框上提供计算、存储、网络、加速器等资源，将算力下沉至基站，采用容器化的微服务架构，将本地分流、无线网络能力等功能下沉到基站，提供基于 PLMN、切片 ID 的专网模式，构建基站级的行业边缘计算，为专网业务提供极致站点级的解决方案，赋能行业数字化转型。

同时 NodeEngine 配合低时延视频网关，在端侧进行智能计算，压缩照片和视频流速率，并采用视频并行编解码技术，在 NodeEngine 部署低时延视频分发服务，将端到端视频传输时延缩短到 100ms 以内，从而满足 AGV 导航、天车远控、龙门吊远控等基于视频的工业远控类应用的需求。

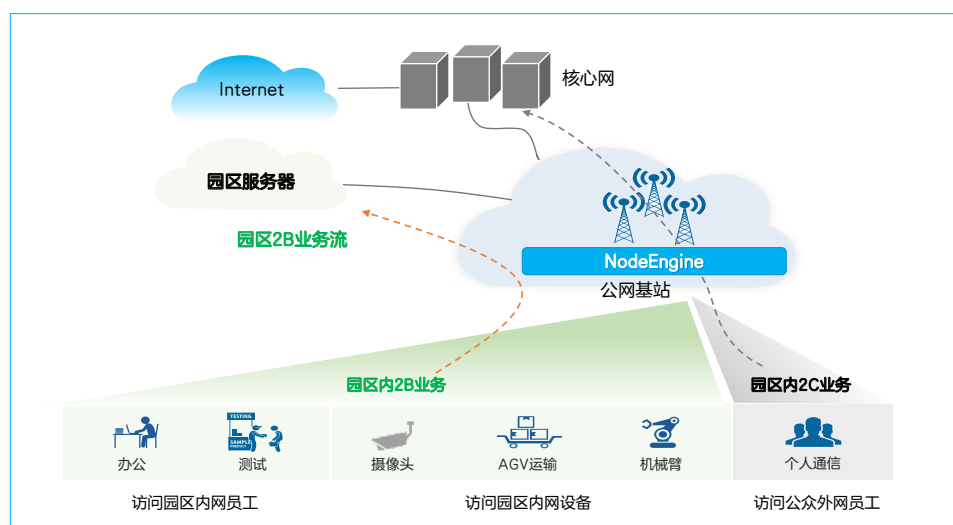


图 2-42 基于 NodeEngine 的一站式智简行业网解决方案

超级小区 (SuperCell) 部署方案

超级小区 (SuperCell) 是将 2 个或多个的 RRU 或扇区配置成一个逻辑小区，有相同的 Cell ID，进行统一的资源调度。将相邻几个 NR 小区，合并起来组成一个超级小区，每个常规小区成为 SuperCell 的一个组成部分，称为 CP (Cell Portion)。

超级小区的主要应用场景是室分和高速移动场景，其主要优势：

减少小区间干扰：通过超级小区对小区边缘用户进行频域和时域的协同调度和多小区信号的联合发送接收，从而减少小区间干扰；

减少小区间切换：通过超级小区增大单个小区的覆盖范围，从而减少小区间切换，保证通信可靠性。

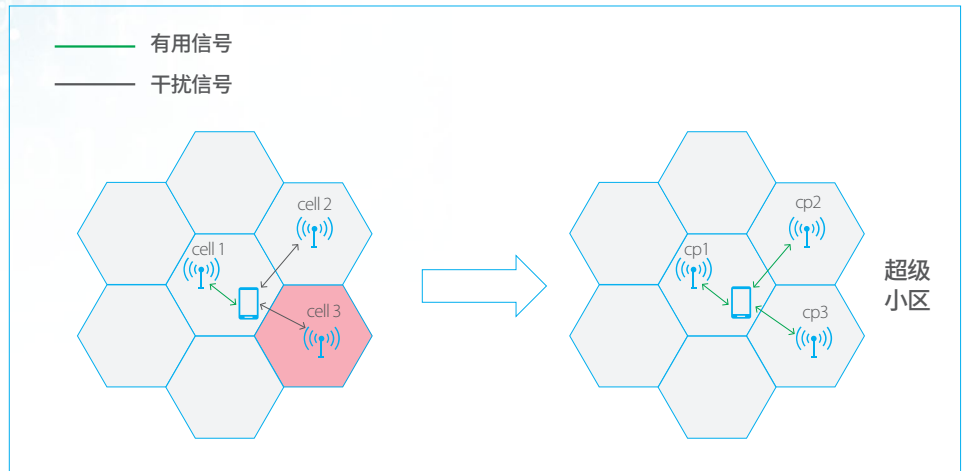


图 2-43 超级小区 MU-MIMO 部署方案

SuperMIMO 技术

超级小区（SuperCell）合并后会导致该场景下容量降低，降干扰和提容量无法同时兼顾。SuperMIMO 方案利用分布式天线优势，灵活融合干扰方案、容量提升、用户感知提升为一体的高效室分方案。对于小区容量提升，该方案能够根据 UE 分布位置自适应进行多 UE 的空配对，容量提升可达 2-3 倍，最高可达 4 倍。

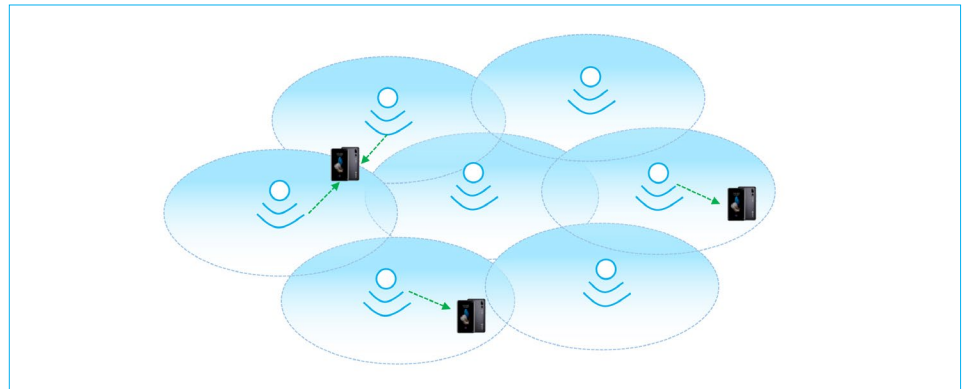


图 2-44 SuperMIMO 技术



案例

三一重工

中兴通讯联合北京移动基于 iCube 行业云网一体解决方案助力三一重工（北京）构建新型云网，实现云、网、业、维一体化部署，精准匹配工业园区业务场景，按需加载数字采集、机器视觉、数字孪生、天车远控、云化 AGV 以及融合定位等行业创新应用，促进工厂车间提质增效，推动 5G+ 工业互联网应用的融合创新。

该方案基于 iCube 云网柜部署，提供包含无线、核心网 i5GC、MEC、APP 等在内的端到端 5G 专网，为三一园区提供高隔离、强安全、一站式的专用网络服务，为三一重工的数字化转型按下了快进键，为智能制造注入新活力，为打造精细化、集约化企业增添新动能。



图 2-45 三一重工云网柜

三一重工（常熟）与中国电信、中兴通讯联合开展基于 NodeEngine 的 5G 基站引擎方式的数字化工厂项目，依托 5G 网络高带宽、大连接、低时延、高可靠等特性，实现工厂内部设备互联互通，满足各项专业系统上线过程，使生产和感知设备快速组网、数据信息精准采集，实现数字化工厂的目标。

基于基站引擎 NodeEngine 的 5G 专网架构，数据从基站一跳直达三一华威数据中心，相对于传统分流方式，时延进一步减小；在数据可靠性方面，数据采集后直接发送给本地网络，缩短传输路径，数据更加安全可靠。实现园区 5G 专网的快速部署，最快网络部署时间仅需两小时，有效缩短企业施工时间，保证企业的生产效率。

南京滨江

南京滨江全球 5G 智能制造基地以中兴通讯自身既懂生产、又懂 5G 网络技术为优势，将自身工厂投入工业互联网建设的实践中，秉持“用 5G 制造 5G”理念，生产制造全方位数字化、智能化转型升级并与 5G 技术深度绑定、融合，探索 5G+ 工业互联网切实降本增效场景、攻克工业现场高要求 5G 网络技术难题。

滨江已探索 16 大类、40 余项 5G+ 工业场景的融合创新应用，向柔性化、智能化、少人化、无人化智能制造工厂演进，通过合作和自身研发投入，在 5G+ 工业互联网安全、5G 工业确定性网络、5G 边缘计算、云网融合技术等方面不断深耕，于滨江全球 5G 智能制造基地初步实现 5G 全连接工厂，为全球用户提供最佳产品与服务。



图 2-46 滨江园区架构图

轨 交

业务场景及价值

轨道交通作为“新基建”的重要领域之一，正迎接智能化、电气化、轻型化的发展趋势，与同为“新基建”的5G和人工智能等新一代信息技术紧密衔接、融合发展，加快在智能感知、车车通信、无人驾驶、智能运维等方面数字化转型进程。5G是智慧轨道交通无线通信系统的重要支撑。随着运营里程的增长，客运量的提升，轨道交通在运营、维护、安防、调度等各方面均面临更大挑战，各种轨交宽带移动通信业务需求与日俱增，主要体现在以下几方面：

车载视频监控回传

车载视频监控图像回传包括：列车驾驶室、车顶受电弓、列车走行部、列车车厢的视频监控。在司机驾驶室，安装4到6个高清摄像头，对列车运行情况进行远程监控。在车厢内，为确保乘客的安全，每节车厢分别安装了4-8个摄像头。这些高达300Mbps的视频监控需要实时回传，同时对视频实时智能分析，判断车厢拥挤情况安排乘客出行，帮助乘客及时寻找丢失物品等。

在4G时代，因受带宽资源限制，仅部分列车2路关键视频实时回传，其它大量视频通常到站后使用USB拷贝的方式进行数据收集，在5G网络部署后，通过覆盖行车路线的网络，可以将视频实时回传，并做实时分析。

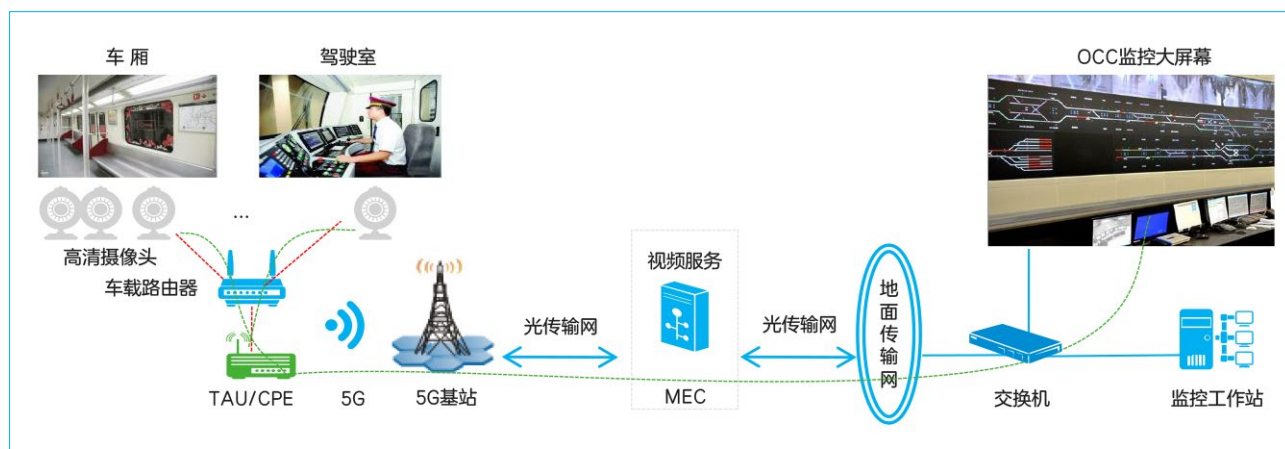


图 2-47 车载视频监控回传

业务场景	时延	上行带宽	连接数	丢包率	可靠性
车载视频监控回传	不超过 150ms 的概率不小于 99%	2-4Mbps/ 路	30-72 路 / 列车	<1%	MTBF 大于 5000 小时

**列车运行状态
监测数据实时回传**

随着列车智慧化的改造,列车的状态数据也需要实时上传到后台,以实现列车状态的在线监控,确保运行安全。当前列车编组 8 节车厢,大概有 4000 多个传感器,需要同步传输海量数据。由于局限于现有系统的带宽,目前 TCMS 数据只有部分关键数据约 60KB 实时上传。为满足列车智能运维的需求,列车其他存储数据,如走行部、制动、弓网的波形文件数据等,也需要实时上传。

列车运行状态监测数据实时回传,是指通过在列车上部署数据采集处理与发送设备,实现各车载子系统原始数据的分布式收集、数据融合、本地存储等功能。同时将数据借助 5G 传输网络,下传至地面运维系统平台,实现对子系统及关键部件状态进行状态监视、故障预警及健康评估等功能,为列车运行提供远程诊断与专家技术支持。

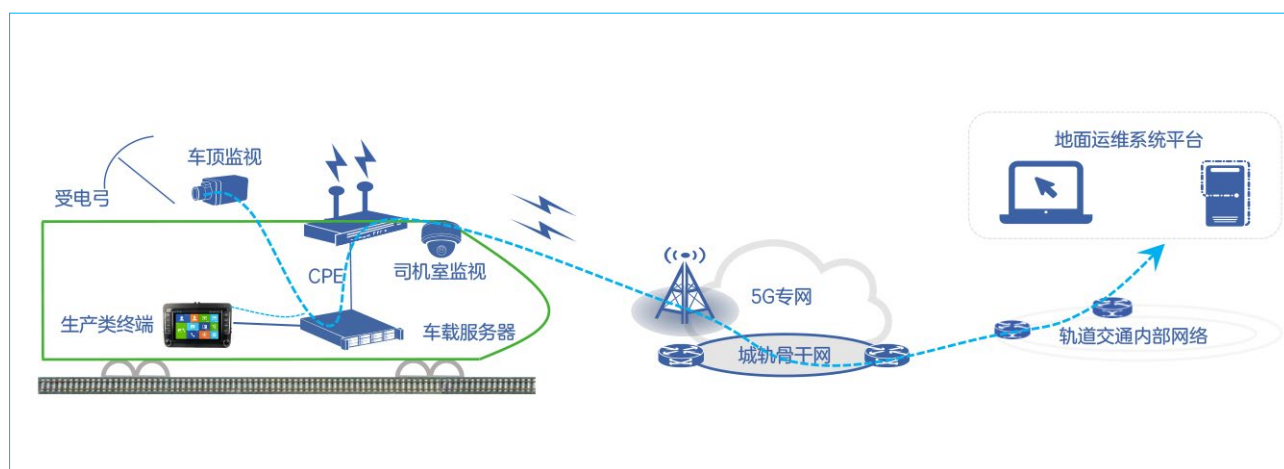


图 2-48 列车运行状态检测数据实时回传

业务场景	时延	上行带宽	连接数	丢包率	可靠性
列车运行状态监测数据实时回传	≤ 100ms@99%	≥ 50Mbps	1 路 / 列车	<1%	MTBF 大于 5000 小时

轨旁视频监控实时上车

轨旁视频监控实时上车,是指将轨道环境监测数据,远端路况信息实时回传到机车显示屏,辅助驾驶,提升行车安全,尤其是隧道环境、设施的智能监控,对隧道进行数字化感知,同时联通列车和平台,实现行车环境上车,让车更懂路。

系统采用车地两层架构,基于 5G 网络,车载层主要实现列车位置信息的采集、回传、上车视频的显示以及异物侵入界限信息的报警。地面层主要实现列车位置信息的实时运算,列车运行前方视频的匹配运算,轨旁监控视频的实时采集、图像识别以及图像处理和流媒体服务功能。

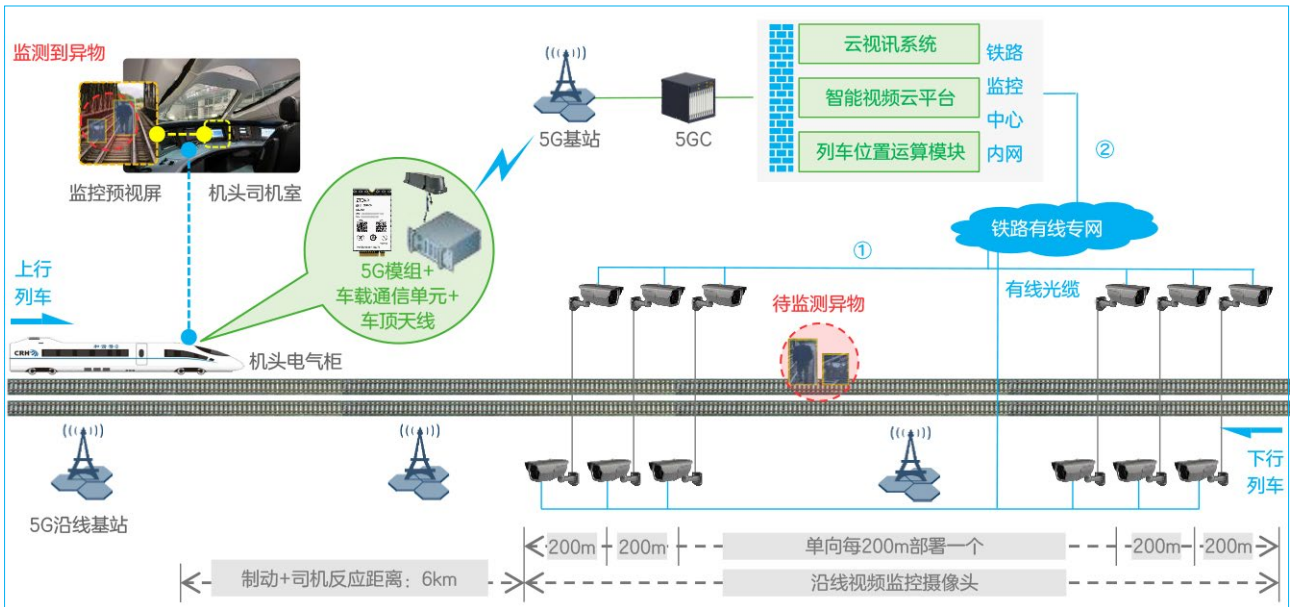


图 2-49 轨旁视频监控实时上车

业务场景	时延	上行带宽	下行带宽	连接数	丢包率	可靠性
轨旁视频监控实时上车	不超过 150ms 的概率不小于 99%	2-4Mbps/ 路	2-4Mbps/ 路	1 路 / 列车	<1%	MTBF 大于 5000 小时

乘客信息系统 (PIS)

乘客信息系统 (PIS) 需将播控中心下发的播放节目, 如紧急文本信息、行车信息、新闻广播、旅行指南、换乘信息、在线广告等便民信息在车载 PIS 显示屏上实时显示。

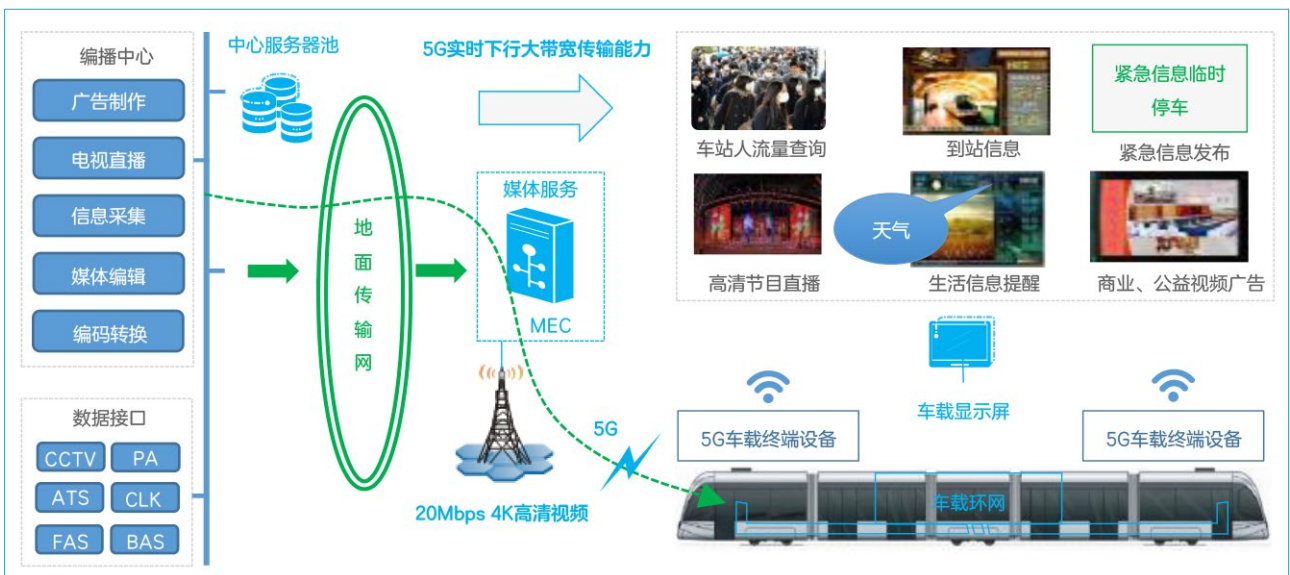


图 2-50 乘客信息系统

业务场景	时延	上行带宽	连接数	丢包率	可靠性
乘客信息系统 (PIS)	≤ 300ms@98%	2 - 20Mbps	1 路 / 列车 (广播)	<1%	MTBF 大于 5000 小时

重大 / 突发事件应急处理

在重大 / 突发事件发生时，需要实时掌握人流精确分布，有效组织人流疏散，需要在特定区域临时搭建监控系统，部署无线视频监控摄像头，需要机动部署安检、安防、售票、闸机、临时出入口等设备设施，需要与当地政府应急指挥中心、消防、急救等部门多媒体通讯。当前轨道交通带宽专网和集群通信网络无法满足应急情况下设备设施机动灵活部署、大带宽数据回传和多媒体通信的需求。



图 2-51 重大 / 突发事件应急处理

业务场景	时延	上行带宽	连接数	丢包率	可靠性
无线摄像机	不超过 150ms 的概率不小于 99%	2-4Mbps/ 路	1-30 多路	<1%	MTBF 大于 5000 小时
无线安检设备	300ms	30Mbps/ 台	1-5 台	<1%	MTBF 大于 5000 小时
无线闸机	30ms	512kbps/ 台	1-10 台	<1%	MTBF 大于 5000 小时

网络设计

轨道交通 5G 专网采用 5G 公网专用模式,以本地数据分流技术为基础,通过 MEC + UPF 下沉、部署车站级引擎 NodeEngine 和网络切片,为轨道交通应用提供一张增强带宽、低时延、高可靠、数据不出园区的 5G 专网。

轨道交通 5G 专网络主要覆盖场景为车站、正线 / 隧道、段场和列车。车站的站台站厅采用新型室分 QCell 系统覆盖,部分隧道使用 RRU 通过传统 DAS 馈入泄露电缆覆盖,正线、段场和部分隧道采用 RRU + 高性能天线覆盖。

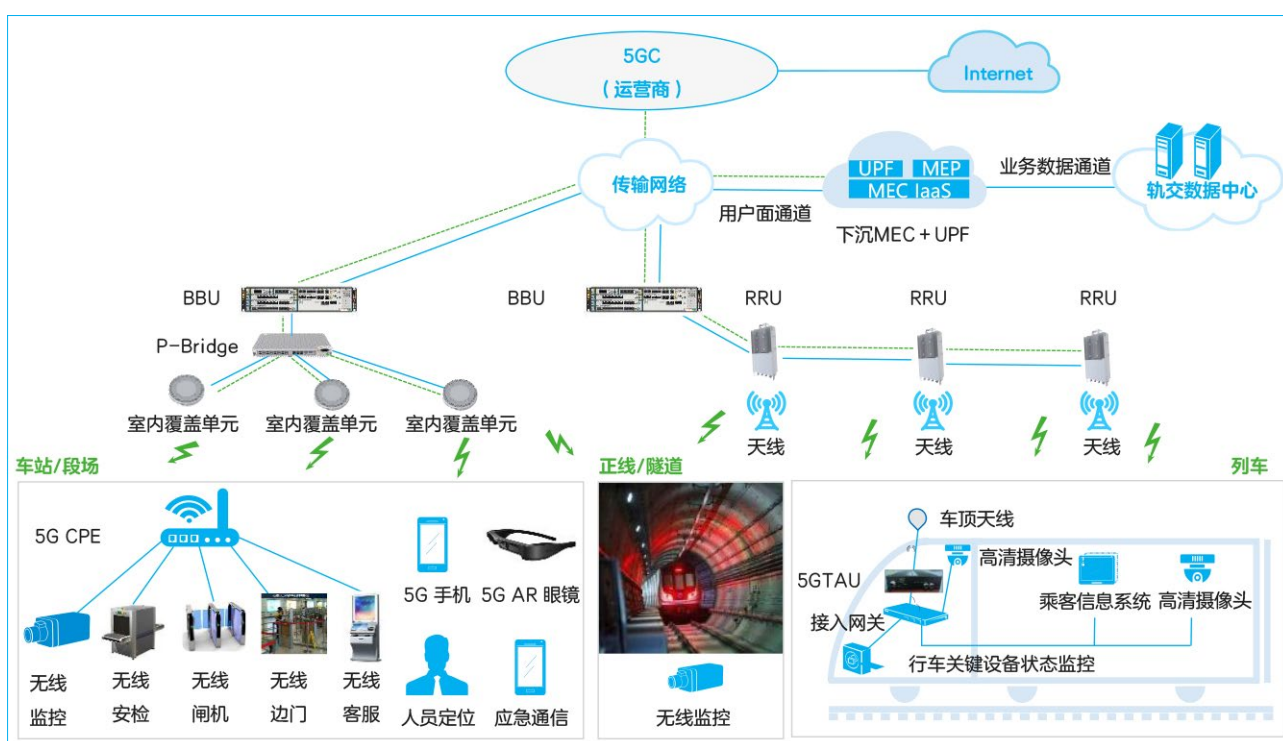


图 2-52 轨道交通 5G 网络架构

列车 TAU 终端 + 车顶天线覆盖

为规避列车高达 30dB 左右的穿透损耗,增强车内终端接收信号强度,增加边缘速率,减少轨旁基站的密度,中兴通讯为轨道交通行业定制的车载 5G TAU 和车顶天线,已通过轨道交通行业标准认证。

TAU 是面向轨道交通行业定制设计的 CPE 终端,同时支持 4G 和 5G,满足国家和轨交产行业规范: 50121 (EMC 电磁兼容测试)、50155 (环境测试)、61373 (冲击测试)、45545-2 (防火测试)。另外,TAU 车载设备的尺寸和供电满足列车设计要求: 机架式安装高度 1U,供电电源直流 110V,额定电流 1A,脱口特性 B 级,冲击电流 1.1A,持续时间 3ms,设置独立空开。



图 2-53 TAU+ 车顶天线覆盖示意

车顶天线安装是难点，对车载设备后装场景，需要工勘选择合适的安装车厢，对车体进行安装改造。选择开孔车厢需要考虑车厢同车载 5G TAU 机架之间的距离、车顶是否有足够的空间可供 5G 天线安装。

车站覆盖

站厅包含安检、购票、闸机等区域，3/4G 时代都采用传统室内分布系统进行覆盖，5G 时代由于频段高、室内分布系统不支持（特别是 3.5G）等原因，建议采用数字室分系统 QCell 产品进行覆盖。QCell 数字室分系统替代传统 DAS 系统。有如下优势：

- 1) 良好的话务吸收和负荷分摊能力，便于后续灵活的小区分裂和扩容
- 2) 便于拓展室内定位、导航和智能停车等增值业务。



图 2-54 车站覆盖示意

隧道泄漏电缆覆盖

- 1) 隧道内一般采用 BBU + RRU + 泄漏电缆方式覆盖，并结合实际情况进行超级小区合并，降低干扰和切换重选频次；
- 2) 结合 POI 实现多系统的合路，避免室内分布系统建设的重复投资；
- 3) 新建站点选择支持全频段全制式的无源器件，避免后期再次改造。



图 2-55 隧道 BBU+RRU+ 泄露电缆覆盖方案

隧道贴壁天线覆盖

部分隧道采用 8TR RRU 劈裂为 2 个 4TR，外接 2 个 4TR 贴壁天线背靠背双向覆盖。

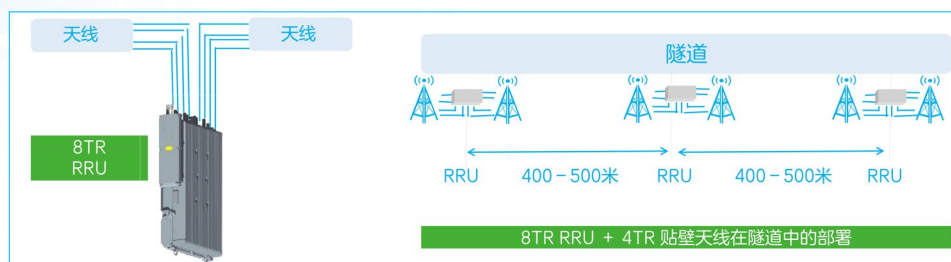


图 2-56 隧道 BBU+RRU+ 贴壁天线覆盖

正线地面部分覆盖

正线地面 BBU + 8TR RRU + H30 高增益天线覆盖方案，需要考虑：

- 1) 尽量利用旧网站址新建 5G 站点，在现网覆盖不足的区域，新建站址；
- 2) 不同入射角的穿透损耗不同，当信号垂直入射时的穿透损耗最小，入射角越小穿透损耗越大，当入射角小于 10 度时，穿透损耗增加的斜率明显变大，因此掠射角需要大于 10 度；
- 3) 合理站轨距范围需要综合考虑掠射角要求和最佳的覆盖性能要求，尽量减少工程成本并提升网络性能。结合现网经验，取 50m~150m 为佳；
- 4) 站点交错部署在轨道两侧，尽量部署在轨道的内拐弯，有利于信号的均匀分布，同时可以改善切换区域覆盖；

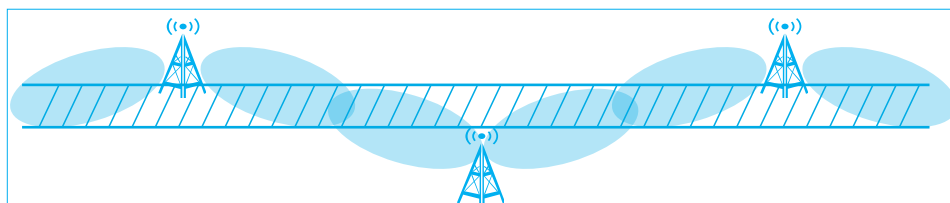


图 2-57 正线地面 BBU + 8TR RRU + H30 高增益天线覆盖方案

解决方案亮点

中兴通讯为轨道交通行业定制了端到端的 5G 公网专用解决方案，包括轻量化核心网 i5GC、下沉本地的 MEC/UPF 边缘计算和本地分流平台、车站级本地分流平台 NodeEninge、覆盖正线 / 隧道 / 段场的宏 RRU 产品、覆盖车站的数字室分 QCell、车载 TAU 终端和车顶天线等。

亮点一 轨道交通全场景覆盖方案，确保极致 5G 网络覆盖，包括车站数字室分覆盖方案、隧道漏缆覆盖方案、隧道贴壁天线覆盖方案、正线 / 段场 RRU+ 定制天线覆盖方案等。

亮点二 轨道交通专用隧道贴壁天线、车载 TAU 终端和车顶高增益天线，解决车地通信覆盖难题。

亮点三 全场景灵活部署的轨道交通行业云和确定性的精准网,为轨道交通行业应用提供上行大带宽、低时延、高可靠和高安全的 SLA 性能保障

亮点四 成熟的多谱射频偏校正算法及超级小区解决方案,极大提升高速行驶下的列车内的无线网络性能。

案例

针对地铁运营管理中面临的监控视频常拥塞、应急响应时延大、网络灵活性不足、客流预测准确率低、客流监测滞后等痛点,2019年开始中兴通讯联合广州移动、广州地铁启动了5G智慧地铁示范项目。2020年,项目获得了第三届“绽放杯”5G应用征集大赛全国二等奖。

项目创新地采用了“1+3+X”整体架构,包括:

一张基于地铁业务量身定制的5G专享网络:以广州移动5G网络为基础,通过专用MEC+UPF下沉、站厅站台5G QCell数字室分精准覆盖和端到端地铁业务精准切片,实现了地铁多业务的融合承载和不同业务差异化网络性能需求的精准保障。

三大应用领域的X应用场景示范:项目聚焦车站运营管理、乘客出行服务和列车基地维修三大领域,验证和示范了5G智慧安检、5G移动高清视频监控、5G AR眼镜安防、5G地铁边门求助、5G高精度室内定位和5G列车基地维修等多个地铁应用场景。

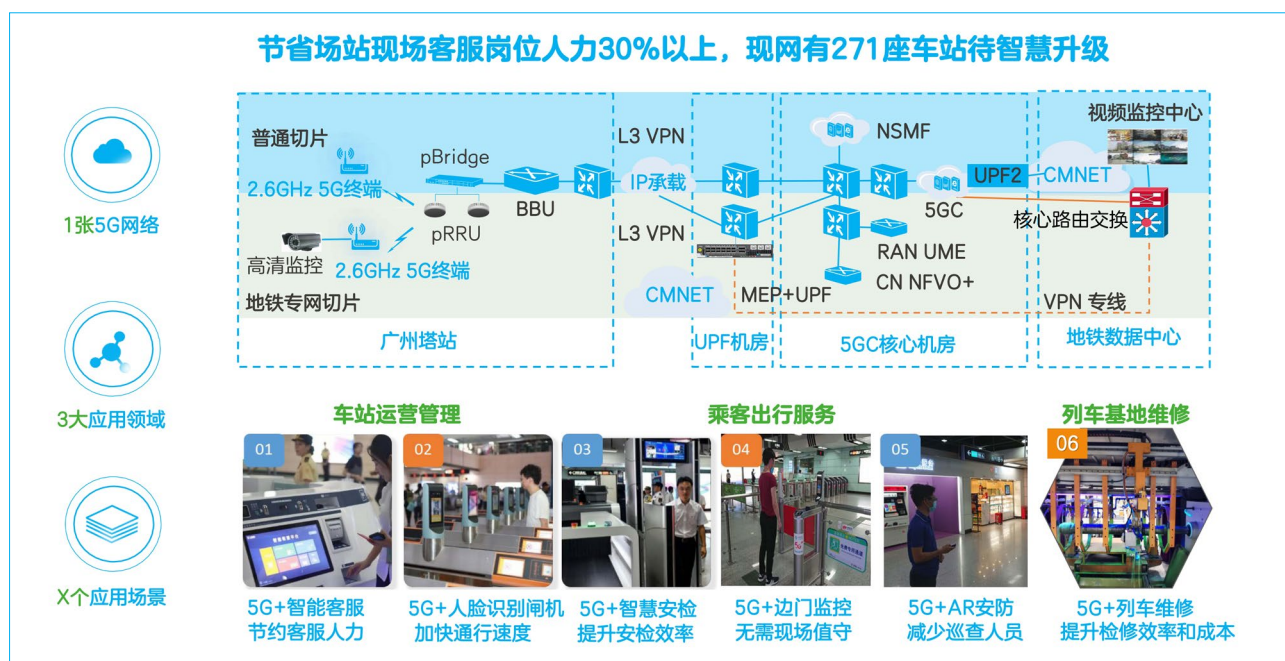


图 2-58 5G 智慧地铁 1+3+X 架构

石化

业务场景及价值

石化行业是国家战略基础产业之一，产业规模大、技术要求高，且较多领域和生产环境涉危，生产安全和产业智能化提升是一项核心诉求。另外石化行业较多分布在城市边缘、偏远地区、沙漠地带，网络覆盖基础薄弱。同时石化企业大多为集团制，集团产业往往分布在全国多个化工产业园区，具有产业分布广域化、园区化、封闭化的特点。

5G 在石化行业的应用需求较广，从现阶段规模应用导入的角度来看，生产管控数字化、生产监控无人化、危险故障处理等尤为重要。几个重点的业务应用简要汇总如下。

5G+ 作业电子流

石化作业环境比较复杂，涉及易燃易爆及有毒有害物质，同时生产过程复杂，很多危害无法仅凭经验直接判断辨识和预防。通过 5G+ 作业电子流把石化生产流程信息化和电子化，可以有效提升生产作业的效率和安全。5G+ 作业电子流首先把现场作业的工序和管理流程电子化，实现整体流程可视化管理，同时，基于 5G 网络的视频实时回传监控现场作业画面，辅以视觉检测 AI 分析等手段来快速识别操控风险：

- 高危作业中是否存不佩戴安全帽等违规作业情况；
- 高危作业中是否存在不穿工作服违规作业的情况；
- 检测动火作业中是否存在易燃易爆物品（氧气瓶）；
- 检测动火作业中是否存在无灭火器违规作业情况；

以便及时发现施工人员违规作业行为；实时检测作业现场气体，实现危险源的实时识别与报警，提升园区安全管理。

业务场景	时延	带宽	可靠性	连接数
5G+ 作业电子流	视频端到端时延 <300ms	上行 10~20Mbps	99.9%	X 个 /km ²

5G 智能巡检

巡检主要包括：生产设备状态检测（测温、测振），检查各类塔器、加热炉、反应器、管廊管道等的温度、压力、流量等。对化工园区生产设备和设施的巡检，采用数字巡检和无人巡检相结合的方式：

- 1) 在室外储罐等开阔区域，采用 5G 智能防爆巡检机器人，巡检机器人搭载多种传感器，实时采集现场的图像、声音、红外热像及温度、烟雾、多种气体浓度等参数；5G 巡检机器人具有智能识别功能，采用智能感知关键技术算法，能够准确判断设备当前运行状态，并基于大数据分析预警技术，对设备运行故障超前预判、预警，减少故障停机时间；
- 2) 在机器无法到达的区域，工作人员通过手持 5G 防爆点巡检仪，按照设定巡检任务与路线进行巡检，巡检仪支持设备振动侦听和表计识别，在巡检过程中发现的异常现象以及超出阈值的测量项，可直接上报隐患，以照片、视频等形式展示给相关责任人，并可以通过语音和视频的方式进行沟通和交流；
- 3) 对园区整体的巡检，采用 5G 巡检无人机，对储罐、管线、产区作业设备等进行巡视检查，内容包括管线及相关设备的损坏、受腐蚀情况、使用年限是否超期；通过携带气体探测吊舱通过探测空中中气体浓度变化，能够迅速检测到有无管道泄漏，第一时间采取处置措施，避免损失和安全事故；

业务场景	时延	带宽	可靠性	连接数
5G 智能巡检	视频端到端时延 <300ms	上行 10~20Mbps	99.9%	X 个 /km ²

5G+ 园区危险源监管

重大危险源远程监管，通过在园区储罐部署大量无线传感器和 5G 摄像头，对压力、温度、液位等对实存数据进行采集，实时同步罐号、品种、压力、温度、液位信息，终端随时查询；异常预警，及时通报；集成作业视频，现场情况随时掌握；

业务场景	时延	带宽	可靠性	连接数
5G+ 园区危险源监管	视频端到端时延 <300ms	上行 10~20Mbps	99.9%	10*X 个 /km ²

移动险源（车辆）监管，实现园区车辆综合管理和人员车辆备案，通过在装卸货重点区域部署基于 5G 高精度融合定位的电子围栏，对违规车辆进行实时检测；通过在园区部署 5G 智能监控系统实现车辆超速、超载、停留、偏航异常等行为被动报警。

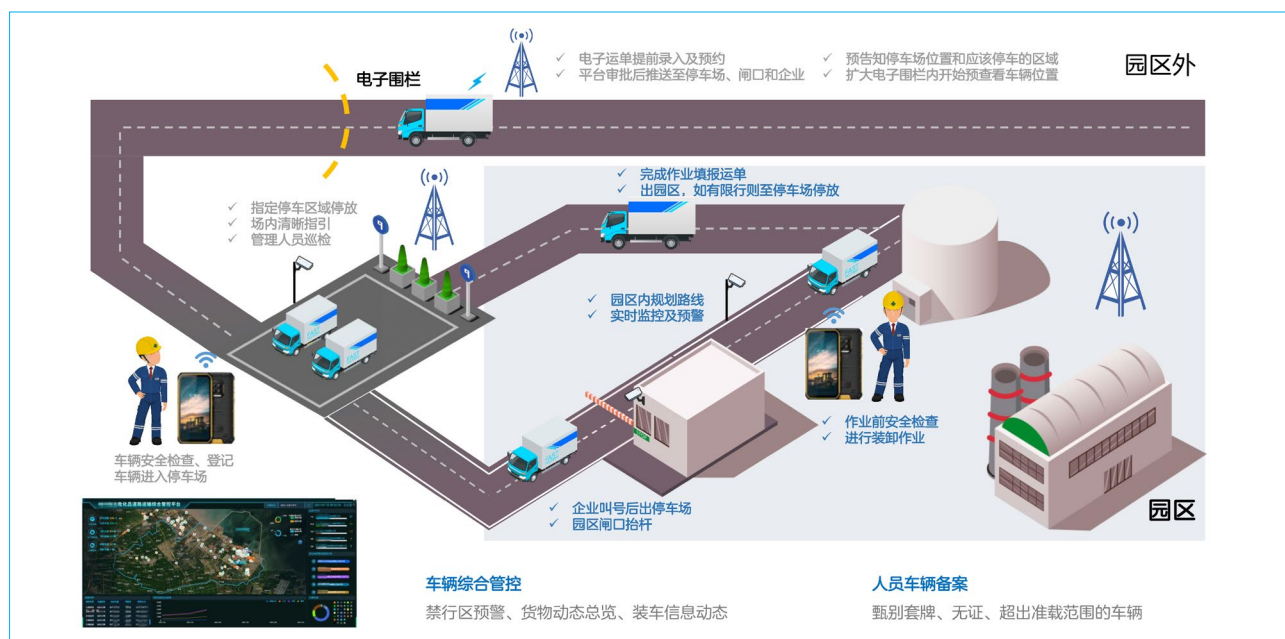


图 2-59 园区危险源监管

业务场景	定位精度	带宽
5G+ 园区危险源监管	米级	X 个 /km ²

园区人员定位

化工园区面积大、人员多、危险区域多，为了保障园区人员安全，需要对园区人员位置进行管理，通过在园区内定位服务，通过 3D 数据建模呈现人员位置信息和多维度联动分析，支持人员资产轨迹跟踪、电子围栏、一键求救、电子巡更、报警管理、视频联动等功能，可以提供：

- 园区重点区域，危险区域限制最大进入人数，尽量减少人员伤亡，可减少危险事件发生；
- 监控室重要区域，24 小时不能缺人，当检测无人时，告警通知等，加强园区监控。
- 爆炸或者其他紧急情况，员工可通过“一键求助”，救援人员可以快速定位员工位置，快速实施救援。
- 外来人员管理，可以对人员轨迹进行回溯，增强园区安全管理。

业务场景	定位精度	时延	可靠性	连接数
园区人员定位	3~5 米	秒级	99.9%	X*100 个 /km ²

5G+XR 远程协助

化工厂都是大型设备，结构复杂，同时其维修的需要人员专业性高，对维修、培训带来难题。

- 1) 5G+AR 远程专家指导。在对设备 / 设施进行维护的过程中，5G 网络作为数据桥梁，工作人员佩戴 AR 眼镜可以将设备供应商、维修专家、现场操作人员以及工程部门协同排查，让专家和现场人员能够在低延时的网络条件下流畅沟通，实时分享指导意见或操作手册等帮助信息，同时现场操作人员协助设备及维修专家进行远程诊断，无需专家到达现场，提高专家的有效时间，快速解决现场故障。
- 2) 5G+VR 虚拟实训。通过基于 5G VR 虚拟仿真系统，可对维护人员进行装置开停工处置、设备拆解等维护课题的培训，大大缩短实操的时长，帮助工人短时间掌握运维技能；

业务场景	时延	带宽	可靠性	连接数
5G+AR 远程指导	30ms	上行 10~30Mbps	99%	X 个 /km ²
5G+VR 虚拟实训	20ms	下行 20~40Mbps	99%	X 个 /km ²

5G+ 生产数据采集

在化工园区，除核心生产设备的 DCS/SCADA 数据采集外，还包含园区大量表计的数据采集；另外，为了获得生产设备和设施的状态数据，也需要加装大量的无线传感器对设备的振动、温度进行监测；基于 5G 传感器 +IOT，可大量降低布线难度，可在恶劣环境下对设备状态数据进行采集，然后将采集的信息通过 5G 网联回传至园区物联网平台实现设备在线诊断与远程运维。

业务场景	时延	带宽	可靠性	连接数
5G+ 生产数据采集	30ms	30~100Kbps	99.9%	100*X 个 /km ²

5G+VOCs 在线监测

在石化行业，相对于有组织 VOCs (挥发性有机化合物) 排放，无组织 VOCs 的排放量更大，化工企业无组织废气排放源主要集中在储罐区及炼油段，点位多、监测困难且有移动性巡检需求，5G 成为更好的传输方案。

随着人工智能的逐步应用，石化行业的数字化、智能化转型，需 5G 网络加持，催生多个业务应用，实现智能感知、精准控制、安全生产，实现“安全、环保、高效”的目标，首要保障环境安全性检测、人员安全防控，实现社会、企业、员工和环境和谐发展。

网络设计

石化企业一般分布在城市边缘、偏远地区、沙漠地带，本身无线网络基础薄弱。化工企业的数字化，例如电子 workflow、机器人巡检、AR 远程指导、人员管理等，需要大带宽、低时延的无线网络。同时园区内有易燃易爆有毒气体风险，难以进行拉缆布线等常规作业，需要安全评估，5G 基站宜考虑以园区边缘建设 5G 宏站为主的覆盖方案，覆盖盲区可使用 5G 室分设备进行覆盖，特殊区域基站需要考虑防爆。



图 2-60 化工园区覆盖设计

化工园区安全生产要求高，对于生产性网络无法容忍企业外网络链路的断链导致企业内网络瘫痪，5G 基站和核心网间可以通过复用园区已有的专线传输资源，为 5G 专网建设的基站提供回传透明的传输通道。同时生产数据可以通过园区内本地分流，保障数据不出园区，保证安全隔离要求。

化工园区面积大，室外区域多，人员定位考虑使用室内外一体化定位融合方案。

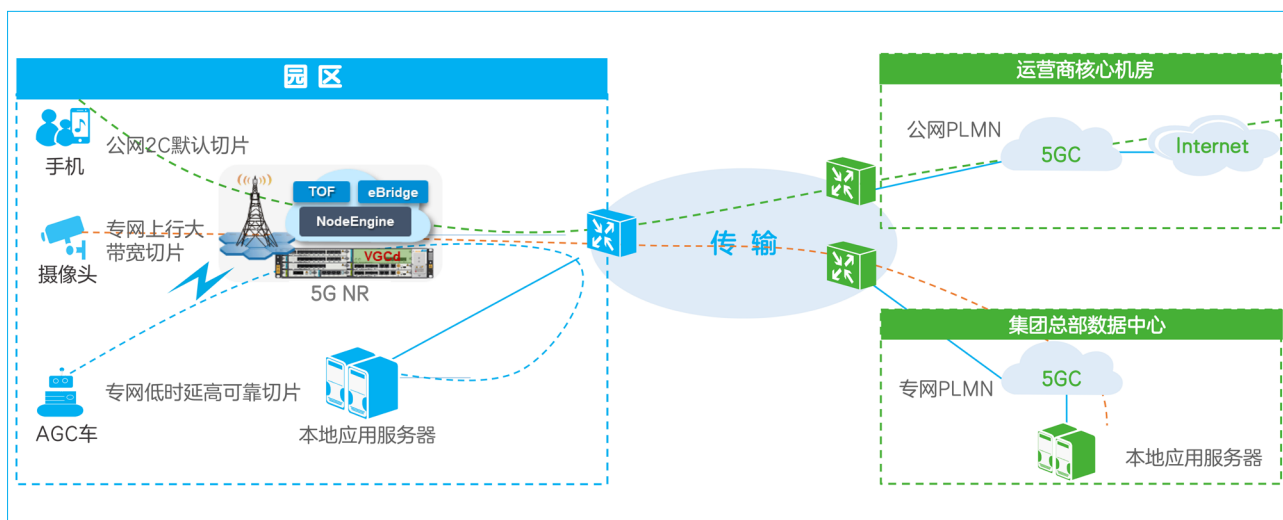


图 2-61 企业园区组网

化工行业存在防爆区，和矿山类似，5G 基站硬件设备也需要有针对性的考虑防爆防腐要求。

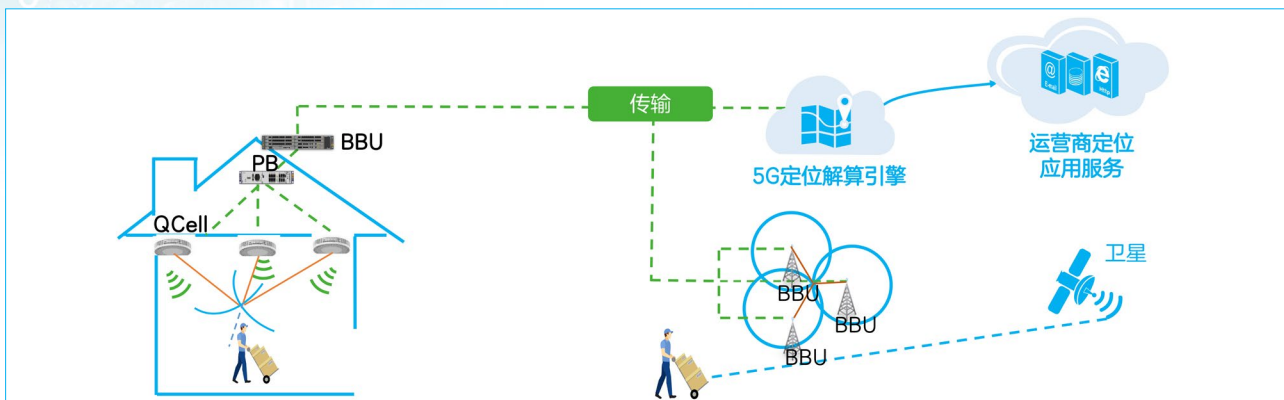


图 2-62 企业园区定位解决方案

解决方案亮点

游牧式基站组网，降低部署难度，施工成本

开发紧凑、灵巧的游牧式基站，建立信令流复用园区专线，和远端核心网打通，基站可以快速搭建、开通，满足快速建站、灵活移站的要求。游牧基站可以根据现场环境、业务、容量等需求，灵活采用 relay GW 方案或者 NodeEngine 方案。

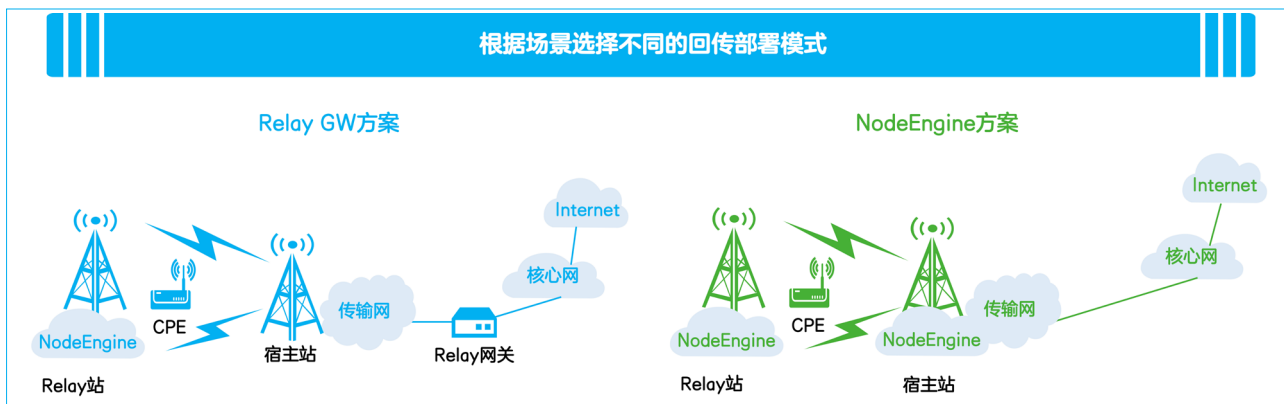


图 2-63 游牧式基站多种接入方式

5G 定位架构采用本地化架构

创新设计的无线侧本地化定位服务架构，可以共用游牧基站本地分流 NodeEngine 平台，无需公网架构做任何改动，直接实现本地定位服务器部署，快速为客户提供本地 5G 高精度定位服务。

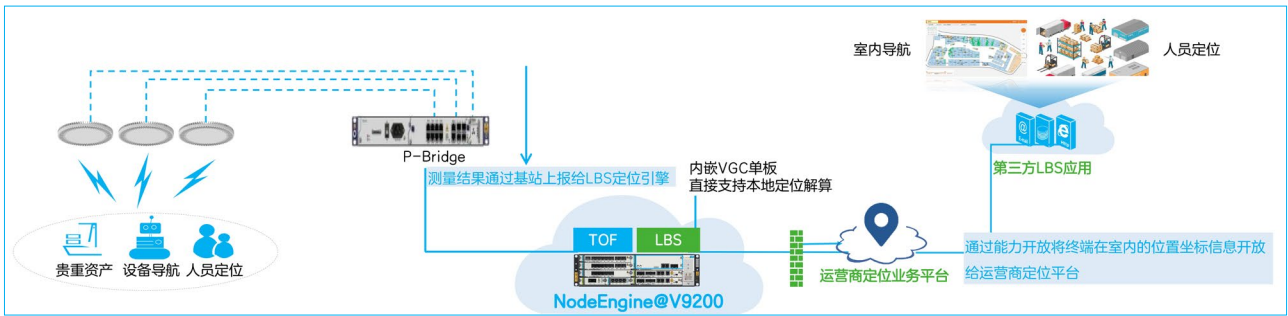


图 2-64 5G 定位本地化架构

5G 融合定位

针对兼有更高的亚米级定位的需求场景，创造性地实现 5G 融合蓝牙 /UWB 带外定位技术，5G 基站新增带外蓝牙 /UWB 定位基站级联接口，不仅能为蓝牙 /UWB 定位基站提供本地 POE 供电，而且利用 5G 网络内部传输层实现对 UWB/ 蓝牙定位信息的融合封装传输处理，提供统一定位服务，大幅降低建设成本，可提供亚米级一体化高精度定位能力。

案例

山东汇丰石化集团有限公司与中国电信淄博分公司联合中兴通讯共同探索打造 5G 智慧炼厂深化应用，结合厂区实际生产特点，积极探索炼化行业 5G 相关垂直应用，推动企业数字化转型。

项目依托 1 张 5G+MEC 虚拟化专网，打造智慧化工一体化解决方案，基于 5G 技术、大数据挖掘、人工智能技术等创新技术应用，规划设计危险作业管理、人员定位管理、巡检到位管理、5G 视频联动、大数据分析等功能，构建多个 5G 应用场景，包括施工现场作业高清视频回传、无人机管廊巡检、智能机器人巡检、人员定位、AR 远程精准指导等。未来，汇丰石化将不断探索、创新进取，持续搭建 5G 应用新场景，实现企业安全生产、绿色环保、节能减排等全方位升级和资源整合优化，积极探索 5G 智慧化工新模式。



图 2-65 汇丰石化一体化解决方案

商超、医院、校园

业务场景及价值

商超、医院、校园等是同一类比较典型的局域园区 ToB 和 ToC 一体化场景，一般为开放性场所，人流密集，通讯网不仅需要满足公众用户业务需求，还需同时兼顾企业内部网络需求，而且通常以无线覆盖为主。

智慧商超

通过对人、货、场的大数据分析，基于 5G 网络，不仅满足消费者网络通讯的需求，同时对于企业管理者可对商业圈消费者逗留时间、路线进行热力分析，制定精准营销策略，指导商场促销活动，同时提供 5G AR 互娱、智慧停车等服务，提升消费者体验，引流促销。

业务场景	时延	带宽	定位精度	连接数
5G 精准营销	/	/	3~5 米	X*1000/km ²
5G AR 互娱	30ms	上行 10~20Mbps	/	X*10/km ²
智慧停车	/	下行 2~5Mbps	3~5 米	X/km ²

智慧医疗

利用 5G 网络，实现 5G 远程会诊、远程示教等业务应用，避免医生和病人的直接的接触，保障医生自身安全，可以实现多个专家全方位观察病人，诊断更明确；同时实现了专家跨地域会诊，解决了区域医疗资源不均衡的问题。与此同时医院增加查房机器人后，机器人替代医生护士按照预定路径查房，检测采集病人数据，实时回传现场视频，采集现场数据和视频 AI 分析，及时发现预测异常情况，更好的照顾病人，减少医生护士工作量。

业务场景	时延	带宽	可靠性	连接数
5G 远程会诊	300ms	下行 4~10Mbps	99.9%	X/km ²
5G 查房机器人	300ms	上行 2~5Mbps	99.9%	X/km ²
远程示教	300ms	上行 10~20Mbps	99.9%	X/km ²

智慧校园

基于 5G 网络，实现数字化，满足学生网上课堂，学生随时随地都可以在线学习；同时以物联网、云计算、大数据分析等新技术为核心技术，老师可以通过虚拟教具、虚拟实验等 AR 形式精彩演示教授内容，让授课更加生动，提高学生学习兴趣。同时，5G 网络可以抵达光纤无法到达之地，让优质教育突破空间壁垒，辐射到更广的区域。同时校园内基于 5G 网络实时传输的视频，结合人脸 AI 智能识别，快速识别，满足校园安防场景的需求。

业务场景	时延	带宽	可靠性	连接数
在线课堂	300ms	下行 4~10Mbps	99.9%	X*100/km ²
AR 互动教学	30ms	上行 10~20Mbps	99.9%	X*10/km ²
平安校园	300ms	上行 2~5Mbps	99.9%	X*10/km ²

网络设计

商超、学校、医院等园区，为开放场所，人员流动大，需要满足 ToC 用户的业务访问，也包括特定场景的 ToB 终端的业务。ToC 用户可以使用智能终端，无感知的通过不同 APP 访问公网业务和园区内网业务；ToB 终端需要仅限在园区内可访问园区内网。此时可以通过设置不同的 DNN 或者切片，实现园区业务本地分流。

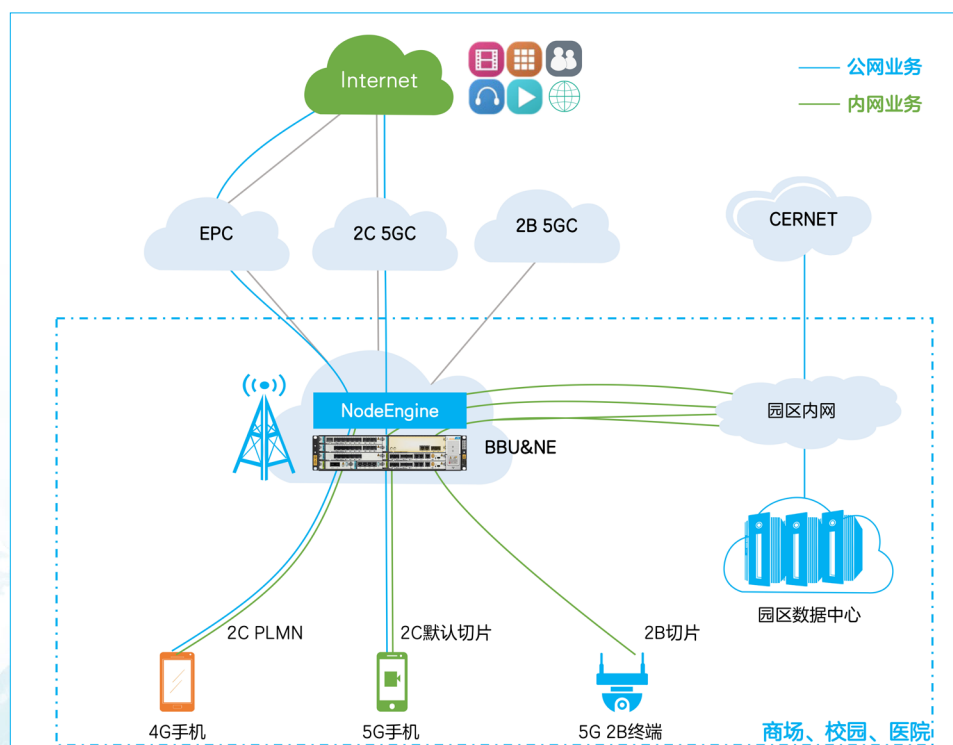


图 2-66 公网共用专网模式

ToB 终端的仅限于园区内的访问，可以通过单独规划 TAC，并且实施 TA 基于切片的绑定，来实现接入控制。

本地业务 QoS 保障：本地内网存在多种业务，如校园网有在线选课、在线课堂、视频监控等，其不同的业务对网络的需求不同，本地业务卡号采用默认签约放号即可，NodeEngine 根据业务类型、以业务流（APP 级）进行 QoS 保障。

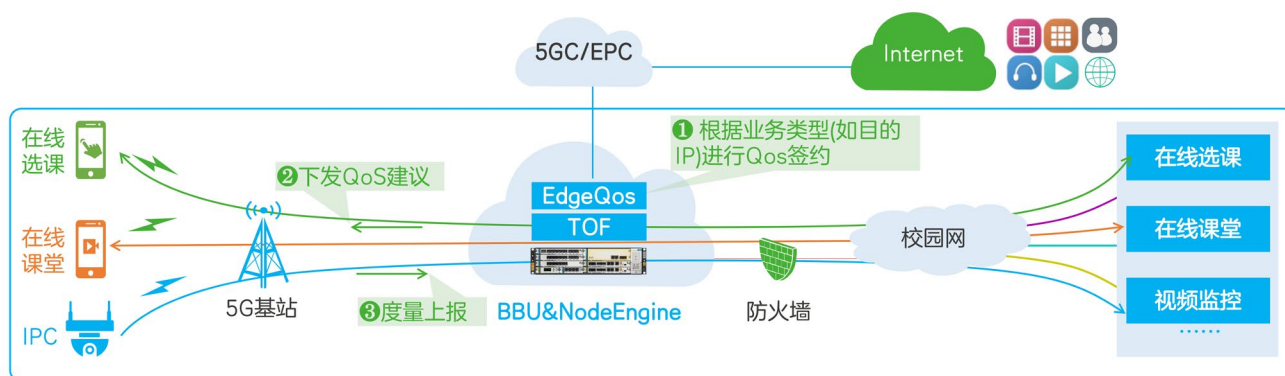


图 2-67 本地业务 QoS 保障

解决方案亮点

公专一张网 NodeEngine 极简 硬件快速本地分流

根据企业不同的需求，基于一张 5G 网络，同时满足 ToB、ToC 网络需求。基站支持边缘融合能力，内嵌 NodeEngine 算力单板既可快速提供本地业务分流、快速业务流识及 QoS 调度、高层业务 APP 叠加等，有力支撑 B 端客户快速业务定制。

5G 网络通讯 定位共用一张网

商超、医院、校园等区域是人流密集区域，其为了满足通讯需求，热点区域覆盖，已规划部署一定密度的 pRRU 硬件设备，可基于 5G 这张通讯网，叠加提供基于 R16 协议的 UTDOA 定位增值服务，基于一张网提供通讯、定位能力。

在 5G 网络基础上，通过 5G 基站融合带外蓝牙 /UWB 定位基站，大幅降低建设成本，可提供亚米级定位能力。

案例

中国移动联合中兴通讯在广州正佳商业广场,通过5G与边缘计算、大数据、室内定位、导航、5G消息等新技术的融合,加速数字商贸行业的发展,打造5G+数字商贸。

广州正佳广场业务应用,基于5G商用基站,提供通讯同时提供位置能力服务于业务应用,为商场构建可视化室内地图应用平台,将商场、人、产品、数据融合于室内地图应用中,为商超管理人员,实现了商超客流分析、顾客画像、精准营销管理等多种商用应用,满足商场管理、营销需求;为消费者提供路径规划、跨楼层导航、跨平台应用等服务,完成室内导航、运营支撑、停车服务等客户需求。

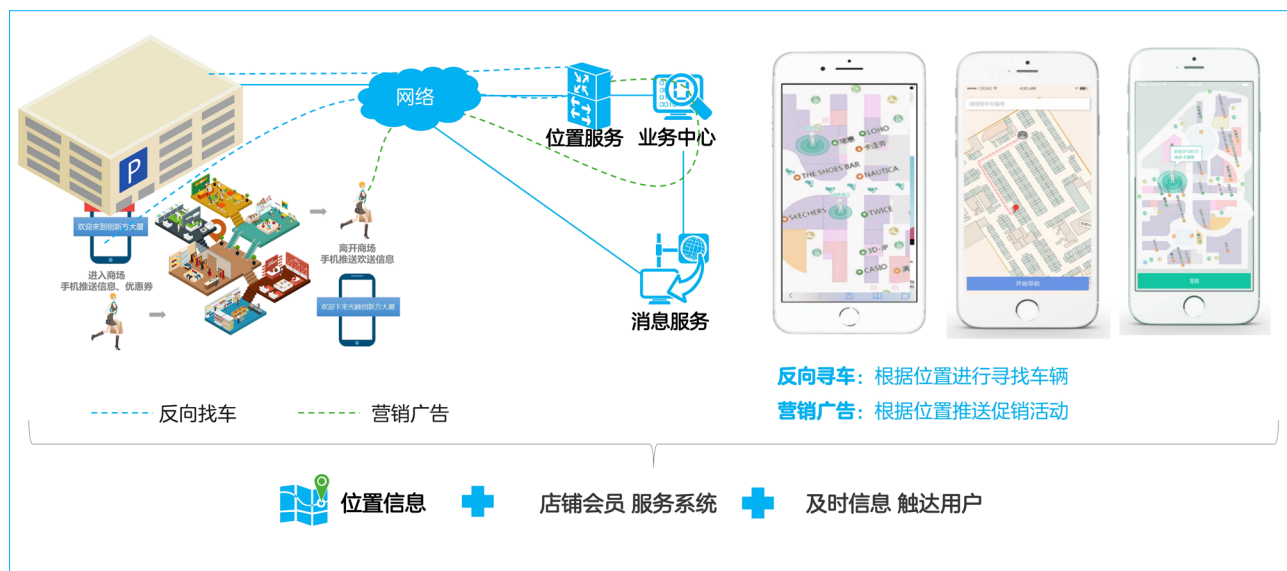


图 2-68 广州正佳广场精准营销



网规模型和支撑平台

网络规划和模型

ToB 网络规划区别于传统 ToC 网络规划，不仅仅对网络的容量进行规划，还需要对行业业务对象、建网目标和业务保障等级等几个方面进行精准保障。ToB 网络规划以保障行业业务 SLA 为主，聚焦行业业务面的下行速率、上行速率、时延和可靠性指标的重点保障，聚焦多维度场景下网络规划仿真并输出网络建设模型，支撑网随业动的网络需求和安全保障。

现有 ToB 业务主要分类：大上行、低时延、高可靠和混合型业务，通过分析具体行业业务需求和数据包模型，包括：包大小、包周期、帧变化情况，来定制满足业务 SLA 需求的网络规划模型。



图 3-1 ToB Vs. ToC 规划差异对比

基于 ToB 业务模型的无线网络规划

结合业务场景类型, 比如工业制造、钢铁生产、电力电网业务等, 基于不同的业务 SLA 要求, 包括但不限于时延、带宽、可靠性、终端数量、终端位置 / 运行线路、业务并发需求、特殊工作环境 (可能涉及独特的产品选型, 比如防爆 / 防尘需求) 等, 需要进行定制化的无线网络规划。

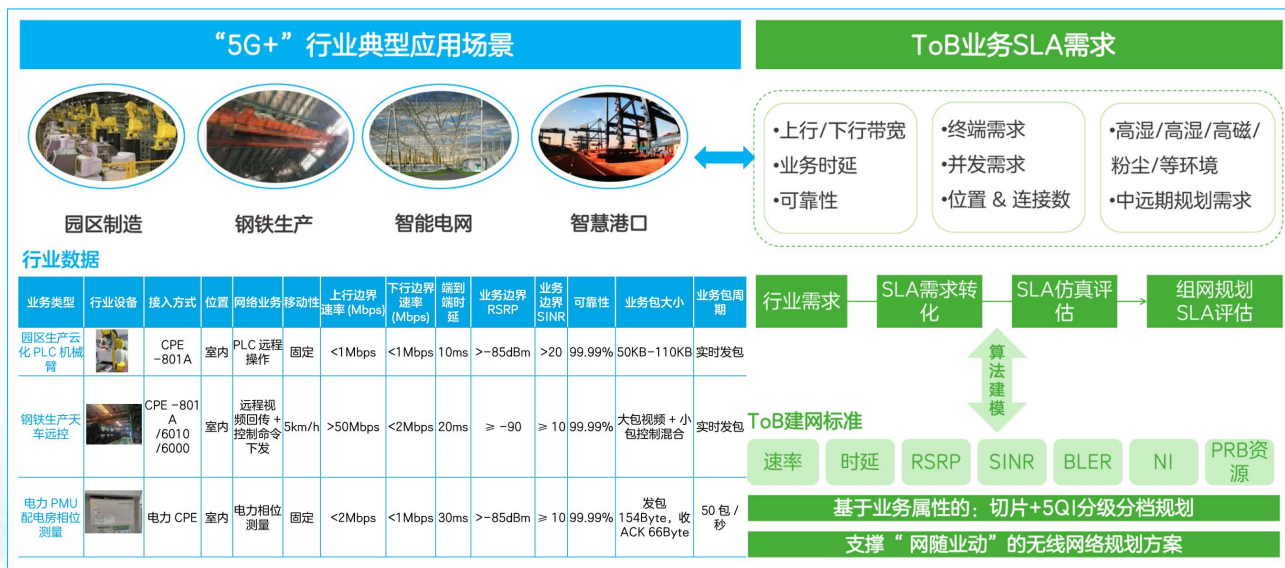


图 3-2 整体网络规划方法论

为了确保业务 SLA 的保障，需要对行业场景进行分类和规划设计：

- 1) 低时延 + 高可靠的业务纳入高优先级切片，按业务容量需求配置 x% 的 PRB 资源进行保障；
- 2) 大视频类业务对上行带宽要求高，纳入大上行业务切片，配置 PRB 资源进行保障；
- 3) 普通的 ToB 类业务建议放入通用 ToB 切片组，区分大网业务，配置相关 5QI 保障级别；
- 4) 针对不同业务类型的切片组，需进行目标规划小区的配套保障参数设计，确保业务平稳运行；



无线 ToB 网络规划流程

基于不同业务类型和 SLA 需求，依据如下“ToB 无线网络规划”原则，进行无线网络的规划和设计：

除了无线网络面的站点和容量规划，涉及到具体 ToB 业务的承载，为了满足业务的 SLA 指标需求和安全隔离需求，在无线网络规划期间，需要同步进行无线网络切片的规划和设计，达到网业规划协同，确保最终承载的行业业务能得到全面的质量保障。

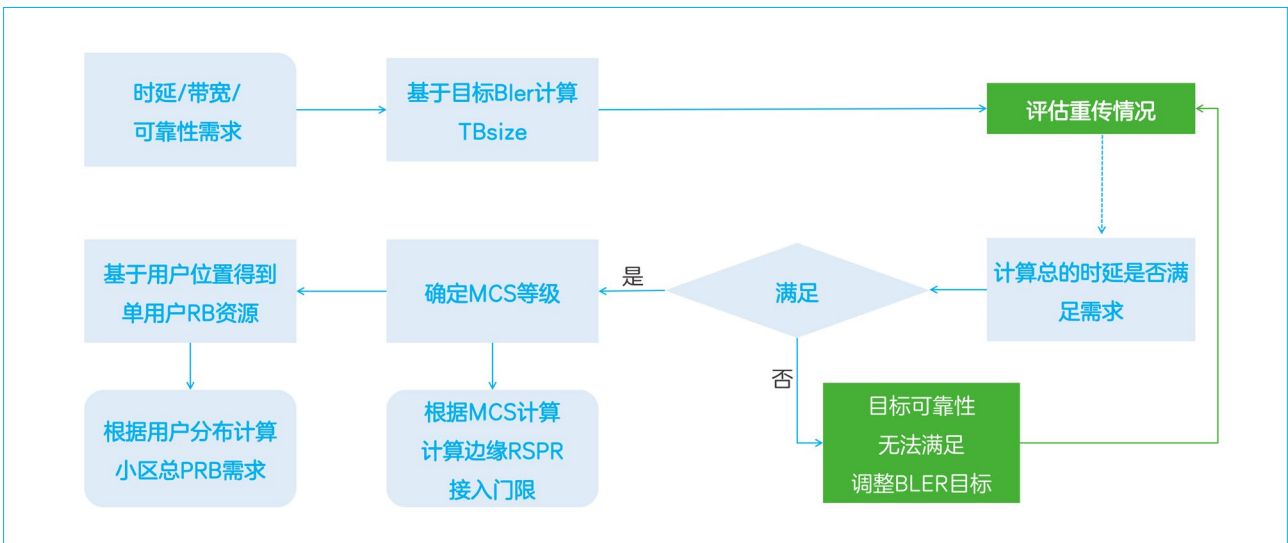


图 3-3 无线 ToB 网络规划

网络服务工具

5G ToB 服务千行百业, 场景多样、业务丰富, 如何高效便捷地做好规、建、维、监等全系统工作, 应用提效的工具不可或缺。ToB 网络运维管理生命周期包含: 网络规划、网络建设、网络优化 / 维护和网络业务监控与质量管理。



图 3-4 中兴通讯 ToB 网络服务工具集

工具简介

工具名称	功能描述
Hippo 规划平台	面向多制式无线网络的精准规划平台, 可支撑 ToC/ToB 网络精准规划
GSSC 仿真平台	无线网络仿真中心, 提供精准的无线网络规划仿真服务
NSSMF 切片部署工具	提供基于不同 ToB 业务模型的切片一键式配置服务
UniDeploy	支撑 5G 站点的快配开通, 支撑 5G 业务快速部署
NodeEngine 平台	业务时延和带宽测量为一体的综合维测平台, 支持单板级快速维测方案部署
大数据平台	基于探针化部署, 支持端到端 ToB 业务识别, 监控, 维测, 和问题界定定位

基于网管 +NodeEngine 平台重点维测方案

相比 ToC 大网，ToB 业务特性引出的端到端时延维测和端到端业务问题定界定位支撑，是当前各 ToB 业务外场核心关注的关键能力；ToB 网络从场景层面可以区分为局域专网和广域专网，通过不同的维测方案来满足不同的场景需求；

1) 局域专网场景：

针对传统网管 UME 进行了时延维测能力的增强，通过小区级和用户级维度来更便捷的体现时延情况，并重点规划开发了基于 NodeEngine 或 QoS monitoring 的业务 SLA 维测方案，进行端到端的时延分段可视化，大大提高了对时延敏感型业务（比如：云化 PLC 远控，天车远控业务等）的问题排查和业务恢复支撑；

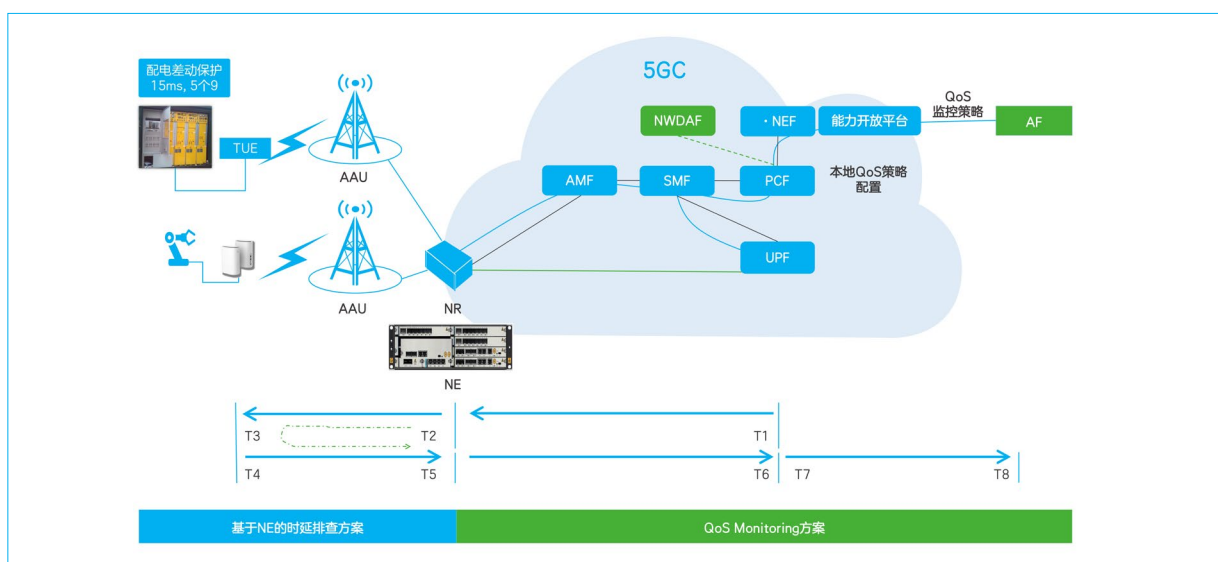


图 3-5 业务 SLA 维测方案

2) 广域专网场景：

面向广域专网场景，可引入大数据平台，通过轻量化大数据工具平台的部署应用，可以赋能提供主动型网络和业务质量安全巡检，帮助行业用户做到对业务风险可观和可控，防范于未然。

大数据平台需要进行端到端网元探针的部署，包含：无线和核心网控制面和媒体面的网元关联接口，通过数据采集，业务识别和建模，进行业务的可视化监控与维测，提供便捷的问题定界能力，为 ToB 业务质量的保障提供强有力支撑。

中兴通讯已在现网成功落地了基于 NodeEngine 智能平台的时延维测的应用案例，该方案基站单板级轻量部署，多类 CPE 终端（叠加标准 Echoplus 协议应用）通用，终端通过业务触发 EchoPlus 测量，进行业务时延的实时维测；然后终端通过业务触发 EdgeQoS 流程，NodeEngine 侧下发匹配后的 5QI 给基站侧，终端收到新的 RRC 重配命令，采用新 5QI+ 当前切片对应的 QoS 保障参数，适用于各 ToB 专网场景，使得 ToB 主动时延维测成为可能。



图 3-6 大数据平台示意图方案

终端通过业务触发 EchoPlus 测量，进行业务时延的实时维测；然后终端通过业务触发 EdgeQoS 流程，NodeEngine 侧下发匹配后的 5QI 给基站侧，终端收到新的 RRC 重配命令，采用新 5QI+ 当前切片对应的 QoS 保障参数。

验证结论：EdgeQoS 可识别业务特征模型，通知基站启用对应策略，优化业务 SLA；在电力场景下，在大网 5QI 未分离的现状下，也能做到业务级的区别保障、自动保障。

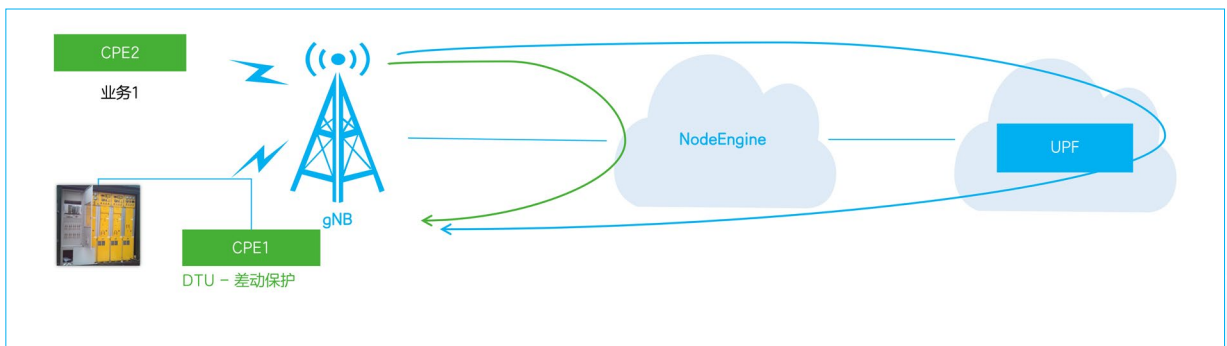


图 3-7 时延维测的应用案例

行业趋势和解决方案总结

根据权威预测，5G 的行业应用当前正处于导入期，随着行业应用的培育、网络技术的成熟、终端成本价格下探，预计 2024 年后进入发展期。

中兴通讯针对各行各业对 5G 应用的不同需求，总结沉淀出一定的共性，包括：视频回传、远程控制、机器视觉、云化 PLC、AGV 等典型业务，在电力、矿山、港口、钢铁、制造、轨交、化工、商超等多个行业，通过和行业龙头联合进行实践，积累经验，进而复制辐射到其他企业，推动 5G 应用从 1 到 N 的落地。

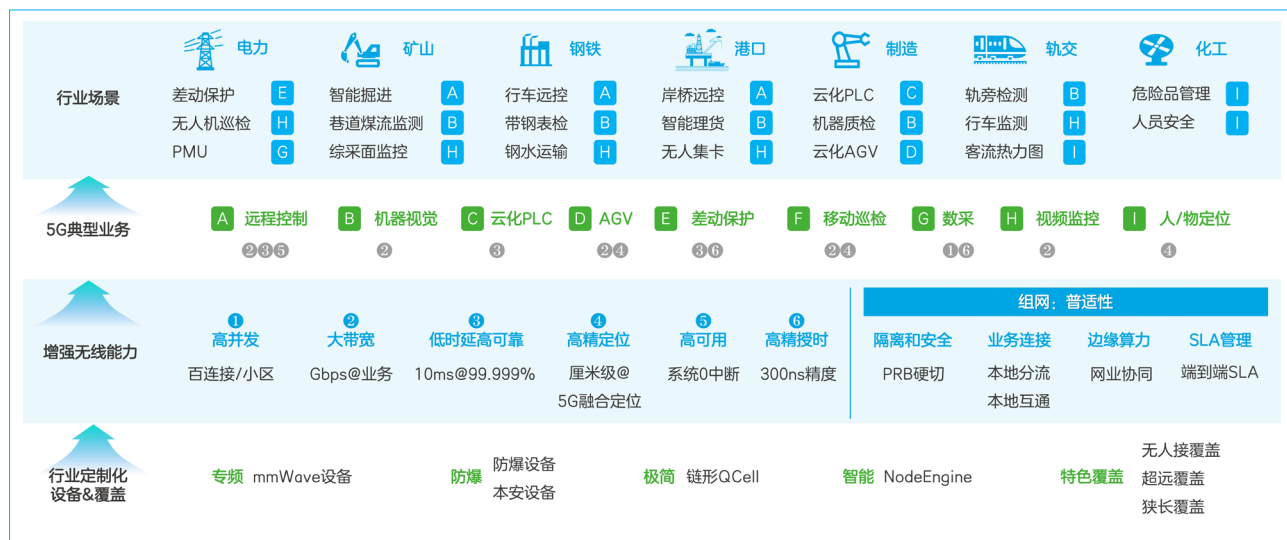


图 4-1 5G 服务千行百业

当然，5G ToB 要取得商业成功不仅是一个技术问题，还需要建立统一的行业标准、完善的端到端产业生态以及不断寻优实现共赢的商业模式。在扬帆行动的牵引下，需要整个产业链，包括基础电信企业、设备制造企业、垂直行业、信息技术、互联网等产业各方积极配合，打通产业链各环节，共筑良好产业生态，共同实现各行业的经济社会数字化、网络化、智能化转型升级。

附录：缩略语

缩略语	全称	释义
5G	5th Generation	第五代移动通信
5GC	5G Core Network	5G 核心网
5QI	5G QoS Identifier	5G QoS 标识
AAPC	Adaptive Antenna Pattern Change	天线权值自适应
AAU	Active Antenna Unit	有源天线单元
AFC	Automatic Fare Collection system	自动售检票系统
AGV	Automated Guided Vehicle	自动导引车
AMC	Adaptive Modulation and Coding	自适应调制编码
AMR	Automatic Mobile Robot	自主移动机器人
AI	Artificial Intelligence	人工智能
AR	Augmented Reality	增强现实
BDS	BeiDou Navigation Satellite System	中国北斗卫星导航系统
BBU	Base Band Unit box	基带单元
BLER	BlockError Rate	误码率
CCTV	Closed-Circuit Television system	闭路电视系统
DAS	Distributed Antenna System	分布天线系统
DCS	Distributed Control System	集散工控制系统
EMC	Electro Magnetic Compatibility	电磁兼容性测试
ERP	Enterprise Resource Planning	企业资源计划
IRIG-B	Inter-Range Instrumentation Group-B	一种串行时间交换码

BBU	Building Base band Unite	基带处理单元
DNN	Data Network Name	业务网络名字
EIRP	Effective Isotropic Radiated Power	有效全向辐射功率
EPC	Evolved Packet Core	4G 核心网
GRE	General Routing Encapsulation	通用路由封装
IMS	IP Multimedia Subsystem	IP 多媒体系统
ISCS	Integrated monitoring and control system	综合监控系统
QoS	Quality of Service	服务质量
MCS	Modulation and Coding Scheme	调制编码模式
MEC	Multi-Access Edge Computing	多接入边缘计算
MEP	Multi-Access Edge Platform	多接入边缘平台
MES	Manufacturing Execution System	制造执行系统
MU-MIMO	Multi-User Multiple-Input Multiple-Output	多用户 - 多输入多输出
MOCN	Multi-Operator Core Network	多个运营商核心网节点
MTBF	Mean Time Between Failures	平均故障间隔时间
NR	New Radio	新空口
OCR	Optical Character Recognition	光学字符识别
OLT	Optical Line Terminal	光纤线路终端
PLMN	Public Land Mobile Network	公共陆地移动网络
PRB	Physical Resource Block	物理资源块
PB	PBridge	远端汇聚单元
PCF	Policy Control Function	策略控制功能
PLC	Programmable Logic Controller	可编程逻辑控制器

PMU	Power Management Unit	电源管理单元
RRC	Radio Resource Control	无线资源控制
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition	分布式数据采集和监控系统
SLA	Service Level Agreement	服务等级协议
SMF	Session Management Function	会话管理功能
SSB	Synchronization Signal and PBCH block	同步信号和 PBCH 块
TAC	Tracking Area Code	位置区码
TAU	Locomotive Access Unit	机车接入单元
TCMS	Train Control and Management System	列车控制和管理系统
UDM	Unified Data Management	用户管理
UPF	User Plane Function	用户面功能
UTDOA	Uplink Time Difference Of Arrival	上行到达时间差
UWB	Ultra Wide Band	超宽带
VXLAN	Virtual eXtensible Local Area Network	虚拟扩展局域网
VR	Virtual Reality	虚拟现实技术

参考文献

DLT 1100.1-2018 电力系统的时间同步系统 第 1 部分：技术规范

中国城市轨道交通 5G 应用技术白皮书

综合轨道交通 5G 应用技术白皮书

智慧港口 5G 专网应用白皮书

作者

中兴通讯股份有限公司

柏 钢、柏燕民、白 玉、曹长江、曾 磊、查希平、杜华军、费 腾、高 飞、高皓媛、顾 翔、
韩 营、何继青、胡 浩、胡凯伟、黎云华、李树仁、李 颖、刘 嘉、刘 君、刘 蕾、刘 爽、
陆志恩、马 军、倪燕子、邵晶晶、束 裕、苏 杨、汤 红、唐 雪、童 年、田之继、汪竞飞、
王红欣、王晓明、邬圣音、袁文翀、张 帆、周 冲、周建华

© 202120212021 ZTE Corporation. All rights reserved.

202120212021 版权所有 中兴通讯股份有限公司 保留所有权利

版权声明:

本作品著作权由中兴通讯股份有限公司享有。文中涉及中兴通讯股份有限公司的专有信息，未经中兴通讯股份有限公司书面许可，任何单位和个人不得使用 and 泄漏该文档以及该文档包含的任何图片、表格、数据及其他信息。

本档中的信息随着中兴通讯股份有限公司产品和技术的进步将不断更新，中兴通讯股份有限公司不再通知此类信息的更新。