

中国联通5G专网PLUS成果

5GC toB一朵云案例集



目录

1. 5G高可靠专网在燕家河智慧煤矿创新应用

- 1.1 案例综述
- 1.2 行业挑战
- 1.3 解决方案和价值
 - 1.3.1 5G高可靠联接
 - 1.3.2 煤矿工作面安全生产监控
- 1.4 经验总结和后续计划

2. 5G LAN使能长安汽车建设全联接工厂

- 2.1 案例综述
- 2.2 行业挑战
- 2.3 解决方案和价值
- 2.4 经验总结和后续计划

3. 美的洗碗机工厂智能仓储的创新应用

- 3.1 案例综述
- 3.2 行业挑战
- 3.3 解决方案和价值
- 3.4 经验总结与后续计划

4. “大都东南”艺术节视频直播5G切片自动开通方案

- 4.1 案例综述
- 4.2 行业挑战
- 4.3 解决方案和价值
- 4.4 经验总结与后续计划

5. 5GCtoB一朵云助力全球首个跨域多厂区5G MEC专网商用部署

- 5.1 案例综述
- 5.2 行业挑战
- 5.3 解决方案和价值
- 5.4 经验总结与后续计划

6. 5G切片+边缘计算，使能珠海格力电器打造5G+智慧工厂

- 6.1 案例综述
- 6.2 行业挑战
- 6.3 解决方案和价值
- 6.4 经验总结与后续计划

7. 复旦大学智慧校园5G随行专网解决方案

- 7.1 案例综述
- 7.2 行业挑战
- 7.3 解决方案和价值
- 7.4 经验总结与后续计划

8. 基于DevOps的网元自动化升级

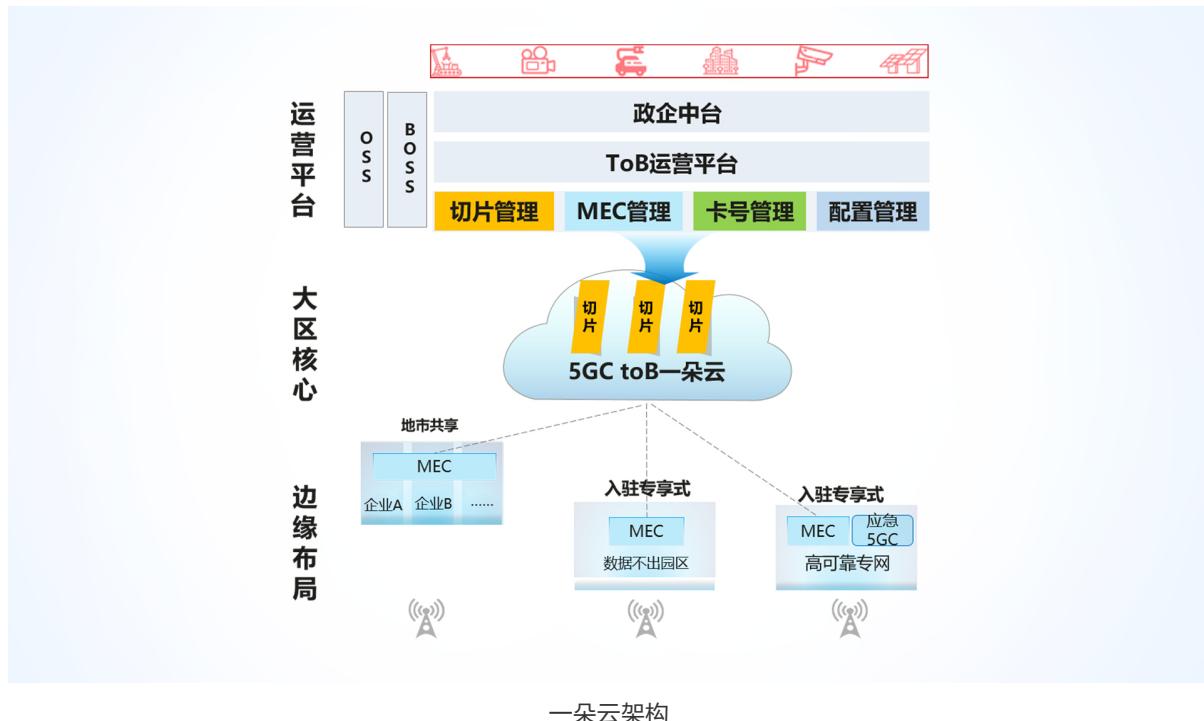
- 8.1 案例综述
- 8.2 行业挑战
- 8.3 解决方案和价值
- 8.4 经验总结与后续计划

前言

5G时代，B2B场景为市场带来了无限的新机遇与新潜能，5G网络在全球范围内快速商用部署，特别是在中国市场，5G在工业互联网、智慧港口、智慧矿山、智慧教育、智慧医疗等多个行业得到广泛应用。需求端加速，但5G toB作为全新的市场，要求网络运维集约化、网络运营敏捷化，从而适应日新月异的市场需求和迅速扩大的市场规模。而传统的建网与运维模式无法满足从toC拓展到多样化toB场景后带来的这些新挑战，为企业实现商业成功带来了多重障碍：

1. 传统建网模式面临着用户放号周期长、新业务上新慢的问题，往往一地放号，需要全网配合联动修改局数据，放号周期长达1~2月。
2. 省份创新，多厂商协同难，各省涉及3~4家厂商，网络能力差异大，全国复制慢，无法满足行业企业快速创新，业务快速上线的需求。
3. 切片业务开通，逐省对接，接口定制，平均每个省开通切片需要2个月。

5GC toB一朵云由中国联合网络通信集团有限公司与华为技术有限公司联合打造的集中一朵云、分布一张网的立体网络架构，匹配中国联通构建集约化、互联网化的运营模式，实现一点订购，一键开通，一站服务，一致体验，加速5G toB产业发展，助力中国联通超越标准，领跑5G。5GC toB一朵云总体架构如下：



5G toB一朵云实现一点开户，全国可用、一点开通，全网可用、一地创新，全网复制的新型建网模式：

1. 构建全网统一的集约化运营平台，MEC完成O/B打通，行业内率先贯通5G专网运营全流程，业界首个5GC大区切片专线自动化天级开通。

2. 全程全网建设快，合作升维创新快：首先是网络建设快，仅5个月便完成了中国8大区5G核心网建设，全网高稳可靠，体验一致。其次，面向企业快速创新需求，中国联通和华为战略合作，建成了北京、广东两大创新中心，携手产业伙伴超越标准联合创新，实现一地创新，全国复制。

3. CDCT，实现行业首个商用网元小时级自动化升级，保障企业生产业务安全，全面提升云化网络规建维优的效率。

5GC一朵云的建设成功有赖于多项技术创新：

1. 公网专用：磐石跨DC N-way容灾容灾方案，MEC下沉地市或企业园区部署，采用华为风筝高可靠专网方案，网断业不断，网沉人不增。
2. 随行专线：免VPN访问企业内网，实现全国范围内安全访问内网一致体验。
3. 电信级高可靠：极致可靠工业现场网，确保企业生产安全。
4. 高效工业组网：工业边缘交换，打造无处不在的工业极简组网。
5. 极简企业运维：极简部署，边缘免维，企业个性化自服务。
6. 场景化解决方案：端到端聚合联接、计算和应用形成基线化场景方案。

截至目前，依托一朵云全程全网的优势，支撑中国联通5G行业专网规模上量，打造了800多个5G行业专网，4000多个5G商业化项目，其中灯塔级项目300多个，规模布局边缘，当前已部署300多个MEC边缘节点。

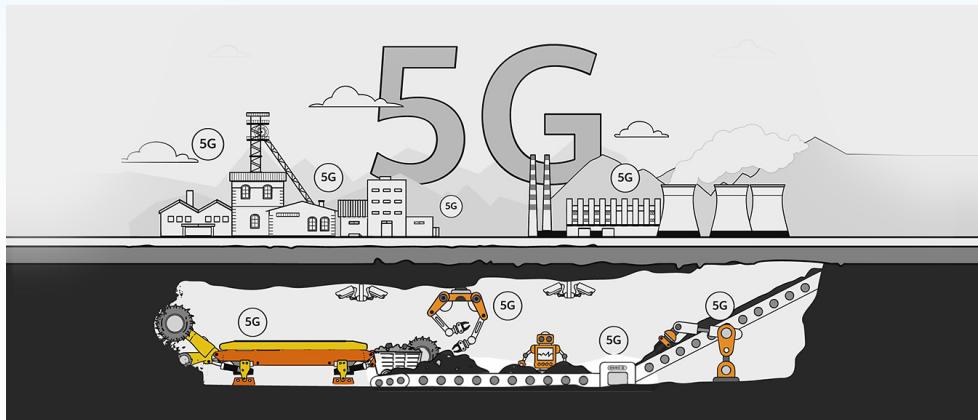
一朵云多项toB领域的创新，促进了5G标准、终端等上下游产业链成熟，推动5G产业发展。未来，依托一朵云广域全程全网的优势，面向多园区集团大客户，打造一致体验，一地创新，全国推广的行业专网。局域从工业外网走向工业内网，扩大行业场景范围，同时不断提升5G行业专网的规建维优能力，一朵云将引领5G toB产业发展。

本案例集精心收录了基于一朵云在中国的5G优秀项目实践，希望这些案例能给致力于5G产业与应用发展的运营商、企业以借鉴和启发，加速5G使能千行百业数字化转型进程，并涌现出更多的创新与实践。

5G高可靠专网在燕家河智慧煤矿创新应用

01

合作单位: 山西乡宁焦煤集团燕家河煤业有限公司、中国联合网络通信集团有限公司、联通(山西)产业互联网有限公司、华为技术有限公司



1.1 案例综述

在5G建设的大背景下,山西乡宁焦煤集团燕家河煤矿于2021年10月启动5G专网建设,为了满足生产安全要求,燕家河煤矿希望打造一张5G高可靠专网,应用到安全生产的各个环节,通过科技手段逐渐替代人工,打造可持续发展的能源企业。高可靠专网要求在极端情况下,5G核心网大网与MEC中断后,煤矿业务还能正常运行。中国联通产业互联网山西公司、华为公司联合提供基于5GC一朵云的高可靠专网解决方案,通过煤矿园区部署高可用MEC, MEC部署5G核心网应急控制面,在矿井下部署经防爆处理基站、手机、CPE,为煤矿提供高可靠联接,为井下提供掘进面安全监控、皮带监控等。

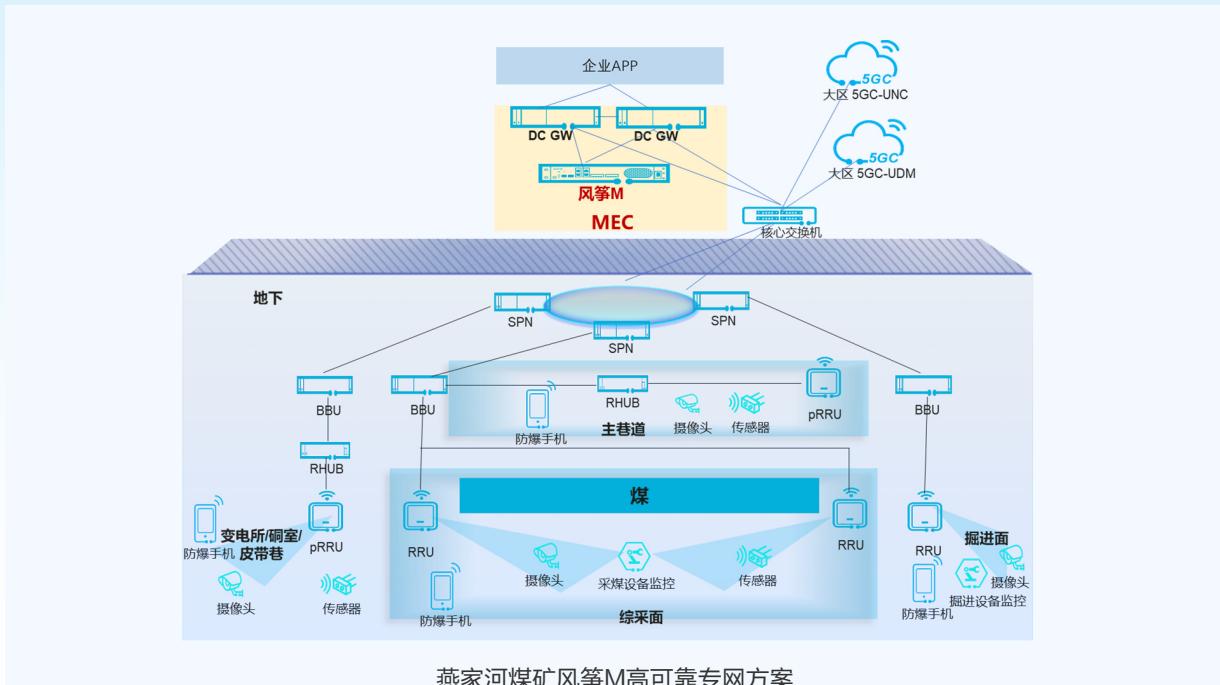
1.2 行业挑战

煤矿矿井作业环境恶劣,首先,煤矿作业伴随着瓦斯爆炸、冒顶、中毒等大量风险,巷道经常出现透水,井下环境湿度较大,严重威胁着矿下人员的生命安全。矿下情况极难监测,采煤、掘进、通风、机电、排水、供电、运输等系统中,任何部位或任何一个环节出现问题,都可能酿成事故。输煤皮带等设备,部署在冗长的采煤巷道中,每次例行检修都耗费大量人力,极大制约了生产效率。

1.3 解决方案和价值

1.3.1 5G高可靠联接

燕家河接入中国联通5GC核心网大区,大区5GC软件版本支持高可靠专网,在煤矿园区部署高可用MEC, MEC部署5G核心网应急控制面,通过井下5G网络将井下的摄像头视频流等回传到井上机房,并对接到视频监控系统。MEC除提供标准的UPF功能外,还可支持本地应急控制面,提供高可靠能力,在出现大网断连等极端情况时,井下5G业务不会中断保持惯性运行,并可以在大网断连期间支持新的5G终端接入。



1.3.2 煤矿工作面安全生产监控

燕家河煤矿稳步推进通过5G高可靠专网采煤工作面、掘进面替代现有光纤等其他联接，在掘进工作面、运输转载点、运输车场部署5G高清摄像头，实时采集分析现场视频，例如，部署镜像输煤皮带高清监控系统，系统智能识别出皮带跑偏、皮带堆煤、皮带有大块物体、皮带坐人等不安全的情况，第一时间报警，提醒管理人员和现场作业人员及时处理异常情况，消除安全隐患。



1.4 经验总结和后续计划

5G toB业务向行业市场高价值行业深入，面临严苛高可用需求，基于5G一朵云打造的高可靠专网满足了运营商和企业园区toB应用各自诉求。

运营商尽可能用大网5GC网络：

- 1) 充分利用已建立的5GC大网网元。
- 2) 沿用已有的大网维护模式、团队、经验等，共享运维人员节省OPEX。
- 3) 业务开展快，园区仅入驻部署用户面，部署、调试工作量小。

企业客户：

- 1) 为企业提供稳定可靠的专网，保障业务业务连续性。
- 2) 保障企业数据安全，数据不出专网。

5G LAN使能长安汽车建设全联接工厂

合作单位：重庆长安汽车股份有限公司、中国联合网络通信集团有限公司、中国联通重庆分公司、华为技术有限公司

2.1 案例综述

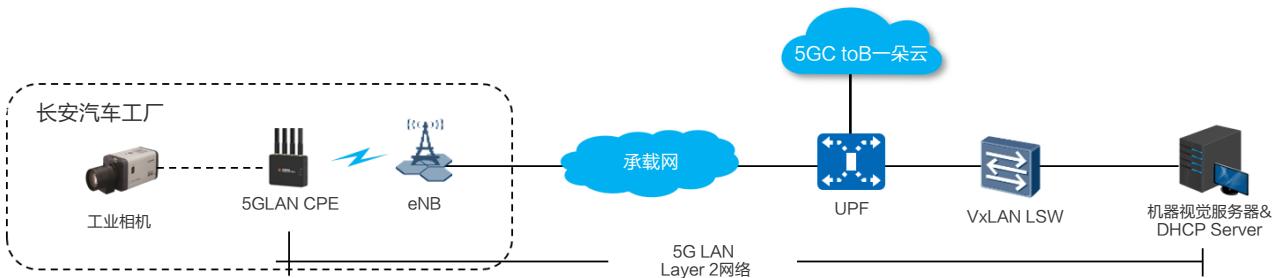
重庆长安汽车股份有限公司（以下简称长安汽车）是中国领先的汽车制造企业，是中国汽车行业首家“国家智能制造示范企业”，长安汽车以5G发展为契机，把5G行业专网引入到汽车生产领域，加速企业数字化转型，打造5G全联接工厂。本项目采用5GC toB 一朵云创新快的优势，由中国联通一朵云创新中心提供5GC核心网控制面，本地部署MEC，长安汽车选择采用5G LAN提供的原生的二层组网技术，通过5G LAN将长安汽车多个厂区的工业相机与服务器进行集中管理，满足长安汽车极简组网，集约化管理的需求，5G LAN作为联通5GC ToB一朵云重点的创新孵化成果，获得了长安汽车的认可。

2.2 行业挑战

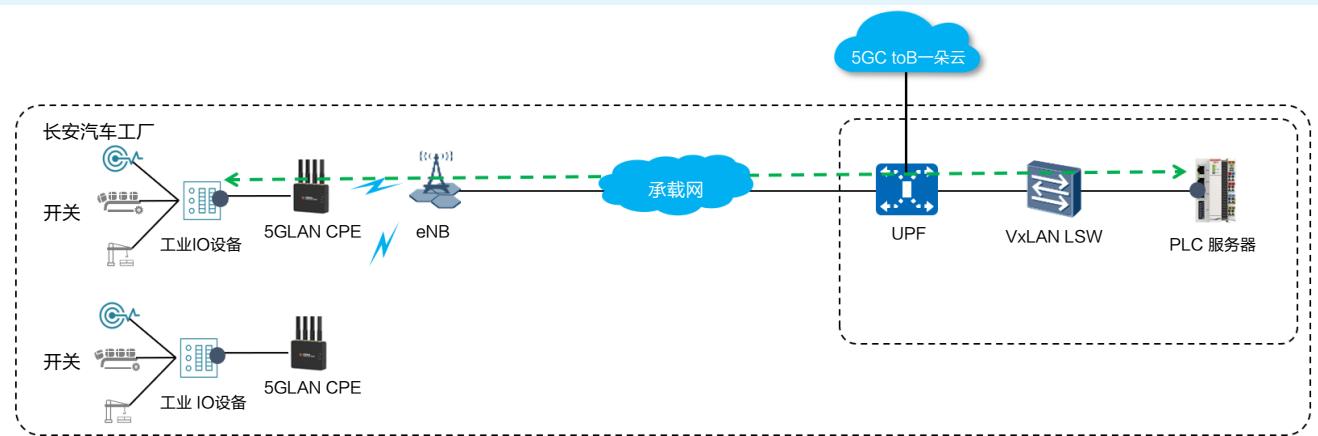
当下全球汽车产业面临数字化转型与碳排放两大挑战，同时随着互联网造车新势力的竞争崛起，汽车行业竞争日趋白热化，汽车企业数字化转型成为全行业是不得不做出的选择，因此工业互联网是车企探索与实践的重要领域，通过新技术实现汽车生产要素“人、机、料、法、环、测”全面进行联通，实现对工业数据的全面感知，并且能够形成智能的决策和控制，最终帮助企业真正实现高效、精益、柔性、可视的生产目标。长安汽车是中国领先的国产汽车品牌，车型出新快，产线调整频次高，长安汽车原有产线采用传统模式的有线连接，布线难度大，调整周期长，需要为产线“剪辫子”，而纯5G网络联接需要协调运营商配置5G隧道数据，部署难度大，无法满足长安汽车生产线需求。

2.3 解决方案和价值

5G LAN技术是3GPP标准在R16引入的新特性，通过5G接入提供LAN和VPN类似功能的服务，解决了原来5G只支持三层通信问题，无需增加AR路由器，无需运营商网络配置隧道，实现了运营商网络与企业网络解耦，以5G LAN一张工业互联网简化了网络架构、节约部署成本。长安汽车通过5G LAN技术融入汽车生产内网，在产线的工业相机、PLC场景逐渐尝试用5G LAN替代有线。通常机器视觉和PLC控制都是采用二层协议通信，但传统5G不支持二层协议，需要叠加AR路由器，将二层报文转换为三层报文才可以实现互通，设备成本高，交付难度大。5G LAN可以直接实现设备间的二层互通，无需增加AR设备，不需额外增加配置和维护负担，保持内网应用不变、拓扑不变、配置不变，让产线上的设备真正摆脱线缆束缚，更加灵活调整。长安汽车5G LAN应用场景如下图所示：



通过5G LAN技术能够实现工业相机通过5G网络接入工业相机服务器，完成图像数据采集功能，工业相机与工业相机服务器平均时延为15.42ms。在完成工业相机联接场景外，长安汽车项目还验证了工业PLC场景通过5G LAN网络进行互联，同时，长安汽车继续深入挖掘厂区其他边缘互联场景。



5G LAN基于中国联通5GC一朵云创新孵化，一朵云DevOps敏捷创新，，全程全网快速开通5G LAN，领先行业6个月实现快速商用，创新即商用。

2.4 经验总结和后续计划

随着3GPP 5G技术标准不断推进和完善，5G LAN凭借其技术优势，在工业制造、电网、园区网络等各领域具有非常广阔的应用空间。例如在园区网络场景，传统模式下，企业新建一个园区通常要建设多张物理网络，生产WiFi网络、生产有线局域网络、办公WiFi网络等，这样烟囱式建网不仅建设成本高，而且管理维护复杂。在使用5G LAN网络后，可以建设一张5G物理网络，然后灵活划分出多个虚拟局域网，生产、管理、办公等各种子网独立管理，从而实现5G一张网替代多张网络，一网多用，降低网络投资，简化网络运维。

美的洗碗机工厂智能仓储的创新应用

合作单位：美的集团股份有限公司、中国联通、华为技术有限公司

3.1 案例综述

美的集团股份有限公司（以下简称“美的集团”）从1968年创立，总部佛山，2020年营业总收入2857亿元，居中国家电行业第一位，世界500强排名288名。美的集团秉承用科技创造美好生活的经营理念，经过53年发展，已成为一家集智能家居事业群、机电事业群、楼宇科技事业部、机器人及自动化事业部、数字化创新业务五大板块为一体的全球化科技集团，产品及服务惠及全球200多个国家和地区约4亿用户。2020年起，美的集团战略核心转向基于5G的全面数字化和全面智能化。与中国联通，华为公司合力建设基于5GC toB 一朵云的“5G+MEC+切片+智能应用”端到端整体解决方案。该方案结合5G网络提供超大带宽、低时延、广联接的能力，边缘计算（MEC）是融合计算、存储和电信网络业务核心能力的开放平台，通过部署各类工业应用，满足制造业在数字化变革过程中对实时控制、人工智能、数据聚合与互操作、安全与隐私保护等方面的关键需求。在5G+MEC的基础上结合切片技术为企业构建业务粒度级别的虚拟企业专网，满足美的对不同业务流安全隔离的要求。基于中国联通一张5G定制专网+MEC架构，美的工厂部署融合定位、5G专网自服务、切片管理、智能分析四大平台，实现16场景、300+点位业务连接和应用处理。工厂通过室外宏站及室内小站，完成全场景5G覆盖，UPF下沉至园区，保障数据安全不出园区。

3.2 行业挑战

家电行业竞争不断加剧，仓储成本在上涨明显，高效、低成本的仓储物流模式是离散制造企业提升竞争力的核心手段。

目前仓储物流存在周转效率、过程不可视、追溯难度高等痛点。中国联通通过5GC toB一朵云的快速构建广域场景下的专网开通与运维优势，提出了以5G融合定位为基础实现物流端到端数字化转型的解决思路。同时以智慧物流为核心突破口，构建5G全连接工厂，为工厂全价值链四大核心痛点物流管理效率低、柔性制造成本高、质量控制难度大、生产安全隐患多提供整体解决方案。

3.3 解决方案和价值

1. 5G融合定位

中国联通和美的集团基于5G+蓝牙AOA融合定位技术的智能仓储技术是5G融合定位技术在全球智能工厂中首次应用，方案基于中国联通5G室内基站和MEC专网架构，本地化部署融合定位引擎，提供5G+AOA融合定位能力，并成功对接美的生产系统。项目采用通导一体5G融合定位平台，通过收集多个基站对终端机器人上行信号的到达角度数据，上报5G融合定位引擎，根据数据结算出终端实时坐标。该平台同时具备5G、WiFi(6)、BLE、北斗RTK等定位数据的接入和结算能力，面对复杂应用场景，能够实现5G和卫星协同、亚米级和米级、高低密度覆盖、室内外无缝的一站式定位，对于复杂工厂、仓储环境和复合定位业务场景（车辆、载具、人员位置管理）并行的项目能够提供傻瓜式的定位服务。



2. 5G远程运维辅助



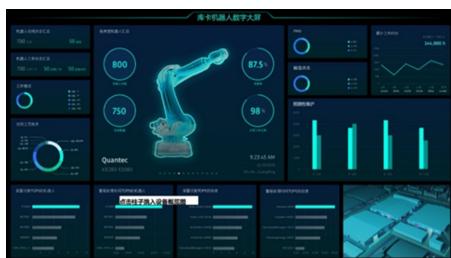
碗篮是洗碗机的核心工艺件，碗篮浸粉的生产制造大量依赖于自动化设备。钣金车间冲压设备也是如此，自动化设备故障率高（各类设备平均每天故障的总数为40次）。在晚上或周末时间，由于值班工程师数量有限，且同时负责其他工作内容，产线工人缺乏快速有效的指导对故障进行快速恢复，时常导致停线，影响生产效率。通过5G大带宽和低时延的特点，满足AR眼镜单台上行带宽>10Mbps，时延<50ms，产线工人佩戴5G+AR眼镜，将现场情况和设备情况第一时间传到不在现场的工程师，工程师实时看到现场画面，可通过实时标注方式，协助指导问题快速解决。相关数据实时上传记录，远端工程师可实现1对多的支持，减少差旅成本70%，提升员工培训效率40%。

3. 5G智能物流机器人

传统AGV使用WIFI通信，而WIFI信号在遇到门、墙、货架等复杂地形时容易出现丢包、 WiFi AP切换两个问题，从而导致AGV停顿5到10秒，极端情况下需手动触发重启，影响物流效率。采用5G专网承载AGV网络，杜绝了传统WIFI跨AP切换掉线、干扰等问题，满足了企业大范围使用智能AGV实现物流运转需求，节省物流转运人员。



4. 预测性维护平台



美的厨热工厂通过引入5G网络技术全面实施了库卡机器人自动化作业，当机器人发生故障便会导致产线停产。据统计，机器人平均每年故障的时长达到36个小时，而接入5G无线网络的机器人可以做到实时采集基础数据，减少车间内有线网络部署，增加产线柔性；同时利用平台管理智能算法，5G网络实时回传的数据进行分析预测并提前维护，5G广连接和高可靠的特性能确保数据采集高效稳定，上线后故障时长下降40%，单产线每年为工厂减少停产损失56万元，同时大大降低有线部署成本和设备改造周期。

3.4 经验总结与后续计划

本项目基于5G网络形成云边协同、融合定位、AR远程协作、工业视觉、设备联机与预测性维护等一系列具备行业特性的典型应用场景，部署企业网络化创新应用。而基于5GC toB一朵云全程全网建设快，入网快，合作升维创新快的特点，美的正在通过应用部署边缘云，实现一点创新全国复制。将“5G+MEC+切片+智能应用”端到端整体解决方案向美的集团在全国范围内的多园区进行快速复制上线，引领家电产业转型。

“大都东南”艺术节视频直播5G切片自动开通方案

04

合作单位：中国联合网络通信集团有限公司、中国联通北京分公司、华为技术有限公司

4.1 案例综述

2021年5月28日晚，北京经济技术开发区首届“大都东南”科技艺术节正式拉开帷幕，首都东南自此再添一张文化新名片。在此活动中，北京联通依托于华为一朵云集约化平台，克服了时间紧张的困难，在接到客户业务需求后，快速、精准地设计并开通端到端5G网络切片，提供了端到端切片虚拟专网产品，一天时间内迅速完成全流程端到端的切片开通测试工作，并为本次活动的4K网络视频直播提供全程SLA保障，保证了本次艺术节在线视频直播的顺利进行。



4K摄像机



在线直播



上行50 M带宽

一朵云平台保障艺术节网络直播SLA

4.2 行业挑战



一朵云“天”级切片开通效率

4.3 解决方案和价值

一朵云集约化运营平台提供从产品上线，到订购，到开通，到运营的切片全流程自动化能力，实现“天”级切片开通。



一朵云切片端到端自动化开通流程

- 1. 模板驱动，灵活发布**: 华为基于丰富的行业场景经验，形成了10+基线化的切片模板，同时提供灵活的定制化设计能力，帮助运营商实现切片商品的灵活发布。
- 2. 多维建模，精准映射**: 运营商完成切片发布后，企业租户可以自助购买切片，实现切片商品的在线购买。只需要输入简单的业务指标需求，通过华为独有的多维建模能力，将SLA需求转换成网络资源需求（虚机，存储，微服务等），完成由SLA到网络资源的精准映射。
- 3. 动态编排，一键部署**: 华为基于资源的需求进行网络拓扑的自动生成，合理选择切片关联的网元；提供在线的容量评估功能，在部署切片之前有效评估当前网络资源是否满足切片SLA，确保切片能够成功部署；通过自动化切片配置能力，实现配置信息自动下发，自动配置，真正实现一键式的切片部署。

① 切片拓扑自动生成

一朵云平台支持自动生成切片网络拓扑结构。基于位置、切片类型、资源容量等属性在线自动选择切片网元，再基于现网网元VNFD在线自动生成切片资源部署模型NSD，自动生成切片配置业务脚本。

② 网络资源自动估算

与传统离线设计不同，一朵云通过NSSMF在线设计编排核心网切片，由NSSMF在线评估系统资源。NSSMF根据SLA勘测切片所需网元提供的资源大小（如虚机数量等），评估当前能提供的网络资源是否能满足业务需求。如果资源不够，则返回评估结果，以供运营商调整业务需求大小。

③ 一键切片自动部署

一朵云支持一键式切片部署，实现网络切片自动实例化，极大程度上提高了网络切片的上线效率。平台收到客户订单后，由CSMF将实际业务需求转化成SLA，并下发SLA到NSMF，由NSMF分析SLA并分别下放到NSSMF-AN、NSSMF-TN和NSSMF-CN，再由NSSMF将SLA转化为网络切片配置，下发到对应网元，实现客户业务需求。全流程采用自动化部署，无需不同平台与厂家手动协作，实现了“天”级的切片开通。

一朵云集约化平台成功打通了网络切片的运营和运维，解决了以往切片跨域、跨厂家打通效率低、周期长的问题，切片开通时长由“月”级降低到“天”级，实现了一键式切片自动部署。

- 4. SLA可视，所见即所得**: 切片部署完成后，一朵云提供可视化的SLA保障能力，如实时监控切片用户数量以及网络上下行速率，为企业提供所见即所得SLA可视化能力。

4.4 经验总结与后续计划

依托于华为一朵云自动化切片配置能力，北京联通在短短一天之内完成了5G网络切片端到端的设计和开通，为大都东南艺术节在线视频直播的顺利进行提供了强有力的网络保障。未来，一朵云平台将实现切片更多指标的SLA可视化，并提供故障及时感知能力等，为5G切片视频直播的实时可视化监控与故障及时处理提供更可靠的技术支持，进一步推进中国联通5G切片在各个垂直领域的业务拓展。

5GCtoB一朵云助力全球首个跨域多厂区5G MEC专网商用部署

05

合作单位: 杭州大和热磁电子有限公司、中国联通浙江分公司、华为技术有限公司

5.1 案例综述

大和热磁作为国际知名的半导体产品与解决方案供应商，工厂分布在浙江杭州、衢州及江苏东台等6个厂区，对于全国多厂区的互联协同、网络统一管理、客户自服务、业务跨域复制有强烈诉求。现有的有线组网结构复杂，运维困难；产线柔性低，新增设备、车间建设部署慢；不同车间存在信息孤岛，无法支持跨系统操作；当前园区网络难以快速满足客户柔性制造、向智慧化转型发展的需求。

中国联通、华为与杭州大和热磁电子有限公司联手打造了业界首个多园区5G+MEC专网。该项目依托5GCtoB一朵云，通过联通全国统一运营平台实现业务在边缘MEC上快速部署，打造了全国首个5G 跨域互联智慧园区，实现集约运营，使能业务快速上线。

5.2 行业挑战

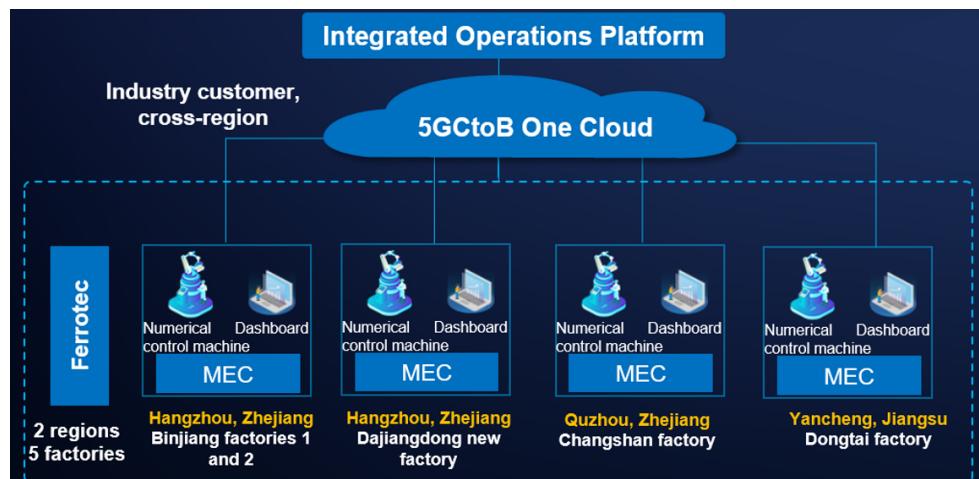
杭州大和热磁电子有限公司，全国分布30个厂区，在集团公司数字化转型中主要面临两大痛点：

一、厂区分散，且物理距离较远，分布在浙江杭州、衢州及江苏东台等6个园区对于多厂区跨地域互联协同、网络统一管理、客户自服务、业务跨域复制有强烈诉求。

二、现有的有线网络存在布线难、维护难、升级难等问题；且由于有线网络结构复杂，导致不同车间之间信息孤岛林立，无法支持跨系统操作，这些阻碍了企业向柔性化、数字化、智能化生产升级。

5.3 解决方案和价值

针对大和热磁厂区跨地域分布的情况，中国联通联合华为公司不仅分别在不同位置的园区机房建设了专享的MEC资源池，还构建了统一的运营平台，可对多个地域分布的边缘MEC进行整体调度和统一管理，并在业务层面实现了“一点开通，全国复制”的能力。



基于这样的架构，一方面可通过集约化的运营平台统一下发应用，实现业务在边缘MEC上快速部署，多省多局址MEC业务同步交付上线；另一方面为大和热磁构筑了全国首张跨省跨域的5G行业专网，可帮助企业实现厂区网络部署一体化、工业设备数字化、工厂操作标准化、加工过程智能化的数字化转型目标。

针对各个跨地域分布的厂区，除了在三个厂区机房部署了独立的MEC资源池外，在另外两个杭州滨江的厂区部署共享MEC，将业务数据（比如OT数采流量、看板访问流量）在MEC进行本地分流处理，并部署了信号全覆盖的5G无线网络来连接终端，从而可就近提供“联接+计算”能力，大幅缩短数据采集、传输、处理和结果反馈时延。

同时，为了保障工厂数据安全，实现工业数采设备与其他企业用户的流量完全隔离，本项目还通过基于空口5QI和FlexE的传输网络切片技术，实现了OT/IT不同业务流在时隙层面的物理隔离。

本次5G+MEC在多厂区场景成功部署，不仅通过低时延、大带宽的5G无线网络让企业摆脱了有线连接的束缚，切实解决了工业生产中网络部署难、运维难、升级难等问题，让企业柔性化生产成为了可能；还通过MEC本地部署让企业可就近利用算力和智能实现对数据实时处理，推动了智能提质增效、数字化车间、AR辅助维修、AGV统一调度等丰富的行业应用落地，大大提升生产效率和产品品质。

5.4 经验总结和后续计划

此项目依托5GCtoB一朵云和联通集约运营平台实现了园区业务快速上线，完成了1200台加工车床和300个工业看板5G化改造，2省5个厂区复制，新增一个园区，MEC即插即用部署周期从2周缩短至1.5小时，机床数采、控制应用集成周期从2周缩短至1天。

自5G商用以来，5G行业应用实践主要落地于单个园区场景，但对于很多大型企业而言，其在全国各地乃至全球各地分布有多个工厂或园区，如何实现不同车间、不同工厂之间的跨地域协同，如何快速同步实现数字化升级，是摆在他们面前的痛点和刚需需求，而本次项目及时的帮助企业解决了这一痛点。

5GCtoB一朵云为企业多厂区跨省跨域场景的互联协同、业务快速复制、网络统一管理提供了新的解决方案，极大的促进5G应用在多厂区的推广和落地速度，加速推进行业数字化转型。

5G切片+边缘计算，使能珠海格力电器 打造5G+智慧工厂

06

合作单位：珠海格力电器股份有限公司、中国联合网络通信集团有限公司、中国联通广东分公司、华为技术有限公司

6.1 案例综述

珠海格力电器股份有限公司是一家多元化的全球型工业集团，主营家用空调、中央空调、智能装备、生活电器、空气能热水器、手机、冰箱等产品。格力电器拥有近9万名员工、15大生产基地和6大再生资源基地，产品远销160多个国家和地区，为全球4亿用户提供专业化服务。

基于5GCtoB一朵云架构和中国联通5G全连接工厂合作项目，2021年4月，中国联通携手格力电器、华为，率先突破国内首个制造领域5G端到端硬切片并正式商用，5G从高速正式迈向“专用高速”。5G端到端硬切片正式在智能制造领域展开应用。

珠海格力联合中国联通成功中标工信部工业互联网创新发展工程项目，在该项目中，广东联通联合华为根据格力生产制造环节对5G网络的诉求和智能制造业务场景的规划，制定了5G+MEC边缘云+切片的专网总体方案，通过专属MEC边缘云下沉部署实现了企业业务与公众用户业务物理隔离，确保了企业数据不出园区，保障生产数据安全，结合5G切片技术，实现了端到端按业务场景隔离的“5G硬切片”，有效保障关键岗位视频监控、无纸化首检、AGV运输车等不同业务不同专属通道承载。

6.2 行业挑战

家电制造行业面临三大挑战。一是传统产线部署缺乏灵活性，目前通信基本为有线连接，部分设备采用WiFi通信，存在可靠性和稳定性痛点；第二，家电制造业是劳动力密集型产业，人口红利逐渐消失，人力成本上升，产业有外流压力，需要提升自动化水平，信息化水平，通过机器代人工，来释放重复性人力；第三，家电制造领域竞争加剧，应对竞争企业成本控制要求高、良品率，生产工艺要求持续改进；

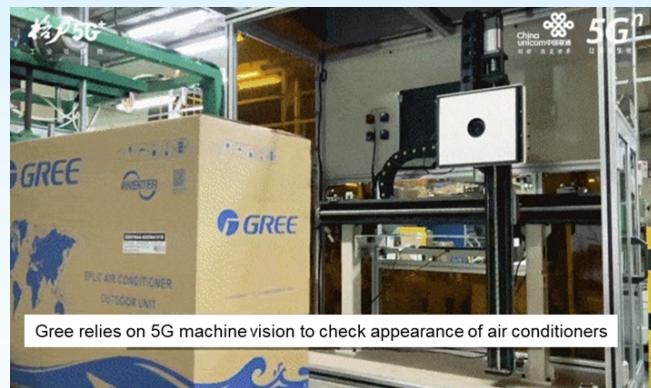
6.3 解决方案和价值

中国联通助力格力打造5G+智慧工厂，使管理效率提升超10%，作业准确率提升30%，控制调度系统响应时间减少50%，年节约生产成本超1500万元。

在研发设计方面，打造5G智能工艺行为分析。原有场景工人加工动作缺乏监测管理，产线编排布局依靠经验，缺乏数据支撑。5G智能实时记录工人操作规范性，大数据定期统计分析支撑产线改造优化，产线改造周期减少2天，动作规范提升95%。



在生产制造方面，打造5G空调安规视觉检测，原有场景采用人工肉眼检测，检测效率低，作业强度大，误检漏检频次高。5G检测自动定位拍照，5G设备参数自动调取，结果智能判定。检测成本减少120万元/年，检测达标率100%。



在物流调度方面，打造5G云化AGV，线边仓物流调度主要依赖人工调度派单，出货已线下沟通方式为主。5G云上调度系统、智能化路径规划，5G车辆管理、交通管理、可视化管理。带来综合运营成本降低100万元每年，物流调度效率提升15%。



在运营管理方面，打造5G无纸化首检，人工纸笔记录效率低下，数据无法实时在线同步，信息不准确。5G智能快速操作，速度快效率高，在线快速比对检查，信息保持实时同步。耗材成本减少150万元每年，首检准确率达100%。



此次落地部署的5G硬切片，采用无线RB资源预留、承载网FlexE、客户专属UPF等技术实现了无线、传输、核心网端到端硬隔离，实现了带宽资源独占和即用即有，按业务场景匹配端到端硬隔离、专属高速通路，整体将格力园区内5G终端到企业内网的时延从原来的20ms降低到9ms，降低了55%，为企业提供了按业务场景更高速率、更大带宽、更低时延、更安全可靠的专属网络，有效保证了园区业务的独立性、安全性和稳定性。

在现场业务验证中，5G硬切片技术为格力工厂某产线关键岗位视频监控提供上行60M确定性带宽保障，在160M灌包压力测试下，该业务带宽稳定在60M左右，现场视频清晰流畅不卡顿，现场测试效果完全符合预期。

6.4 经验总结和后续计划

基于5GCtoB一朵云，中国联通打造了全国集约运营平台，率先打通现网CSNF/NSMF和全国无线、承载、核心网端到端自动编排，一键部署网络切片。在格力项目中，成功实现端到端网络切片自动化天级开通，快速复制到150条产线。

未来，为了实现5GtoB创新项目的规模复制，中国联通将继续依托全连接工厂合作项目，将行业创新方案场景化，基线化，依托全国集约运营平台，统一纳管专网、切片部署开通脚本，实现5G创新在全国各地快速复制。

复旦大学智慧校园5G随行专网解决方案

07

合作单位：复旦大学、中国联合网络通信集团有限公司、中国联通上海分公司、联通（上海）产业互联网有限公司、华为技术有限公司

7.1 案例综述

复旦大学（Fudan University），简称复旦（FUDAN），位于上海市，是中华人民共和国教育部直属的全国重点大学。位列国家首批“双一流”（A类）、“985工程”、“211工程”重点建设高校。是中国首屈一指的高等教育学府。

随着大数据、人工智能、5G、虚拟现实等新一代信息技术应用的不断深入，高校迈入数字化转型的关键时期，数字化校园的建设对信息化基础设施提出了更高的要求。为响应国家在“十四五”规划中提出的“加速 5G 网络规模化部署”的要求，复旦大学信息办积极协调中国联通，通过与华为技术有限公司的联合研究，实现了 5G 网络与传统校园网的深度融合，建成了全国首个落地、首个跨域跨省、首个运营商全覆盖的校园专网。

7.2 行业挑战

传统校园网多为WLAN/光宽带的建设方式，校园师生用户通过Wi-Fi或者固定方式接入，校园外需要通过VPN拨号来访问内网资源，VPN接入用户数受限、安全系数低、带宽受限、时延高，体验差，且校园外访问内网需要部署VPN网关，建设成本高，建设周期长。随着校园智慧化教育不断深入，要求用户随时随地高速接入、不受地域的限制，便捷安全的访问校园内网。传统的VPN接入模式已经无法满足用户要求。

7.3 解决方案和价值

5G随行专网解决方案基于3GPP标准，通过ULCL（Uplink Classifier）本地分流，满足校园网用户在园区内同时访问Internet和本地业务的诉求。漫游场景下，为提升校园网客户端远程接入园区网的业务体验，降低校园广域网承载压力，5G随行专网解决方案超越标准，实现了同省跨地市、跨省节点之间的互通，将漫游地业务数据直接通过5G校园专网回传至园区，实现校园网客户端在全国各地，随时访问园区业务的诉求。



从方案具体实施层面来看，实现Internet本地卸载需要在漫游地为用户进行网络地址转换，需要漫游地运营商与归属地运营商进行协调，在漫游地核心网侧做相应配置，因此运营商在建网时需提前考虑跨地市、跨省网络部署、协调问题。

中国联通与华为联合打造了集中一朵云、分布一张网的立体网络架构，匹配中国联通构建集约化、互联网化的运营模式，实现一点订购，一键开通，一站服务，一致体验。全程全网一朵云，打通各省UPF，组建了一张覆盖全国的随行专网，使校园网用户可以轻松实现跨省市的全国漫游。

方案价值

1. 超越标准，实现跨省漫游多业务灵活分流

多业务场景下，用户在园区同时访问Internet和本地业务可以基于标准定义的ULCL功能实现本地分流。但是对于跨园区漫游、跨地市漫游、跨省漫游场景，如何将园区业务数据分流回园区标准尚未定义。5G随行专网超越标准，替代传统VPN方案，为移动设备提供随时随地安全访问校内系统的5G校园专网，满足用户在园区内、漫游地同时访问Internet和校园专网的诉求。

2. 更高性能，更低成本的超值业务体验

从安全性来看，5G随行专网方案通过5G校园专网实现漫游地业务流量无需经过Internet回传，实现校园网业务数据不出专网，提供更高安全性的解决方案。从成本上来看，5G随行专网方案替代应用层VPN，节省VPN设备、软件授权、维保费用。从方案性能方面来看，VPN方案对数据进行加解密处理，存在性能瓶颈，Internet网络中的时延、网络丢包也导致业务访问速度减速，严重影响办公效率。随行漫游方案提供的5G校园专网可通过QoS，提升业务体验，在某项目的实测数据中，5G专网对比应用层VPN方案，达到下载速率近2倍提升的效果。

7.4 经验总结和后续计划

随行专网方案为用户打造了更加安全，便捷，灵活的入网方式，但需要借助一朵云平台才能发挥其最大的价值，真正做到“网随人动，全国漫游”，才能实现业务的上线即开通，创新即复制，在全国范围内迅速推广。

在后疫情时代，“全国范围内安全接入行业内网”成为政务、教育、医疗等社会民生服务的共性需求，联通超越3GPP标准定制了“随行专网”方案，相对于传统通过VPN穿越互联网接入内网的方式，该方案具有随时随地接入、安全可信、超低时延的优势。借助联通一朵云建设的覆盖全国的大网，我们可以实现该方案在全国范围内的快速推广复制，智慧校园专网，智慧政务专网，智慧医疗专网……用5G助力教育普惠，提升政务信息化水平，平衡医疗资源，让社会民生服务更公平、更有质量。

基于DevOps的网元自动化升级

合作单位：中国联合网络通信有限公司 中国联通广东分公司 华为技术有限公司

8.1 案例综述

5G时代，以工业互联网、智能自动驾驶、智慧城市等垂直行业ToB业务百花齐放，进入规模化发展的黄金期，对社会发展和人们生活方式产生了巨大的影响。丰富的5G应用往往需要敏捷快速上线，而目前的传统升级流程复杂，升级周期长，已经无法满足5G业务创新需求。网元自动化升级是5GC ToB一朵云的核心能力，中国联通与华为进行了深入的思考与讨论，并大胆开展创新项目实践，希望运用自动化手段重构电信网络的架构和运维体系，积极引入IT领域中的CI/CD理念，从思想上创新运维核心理念，组织上重构运营商与设备商的合作关系，技术上部署先进的自动化的工作流引擎，以面向未来的电信网络运营模式转型为目标，能够大规模，全流程地提升效率，达到业务发放敏捷，运维简化快捷，和低成本高效的目标。

双方基于华为iMaster MAE-CN工作流编排引擎系统依托5GC ToB一朵云领先架构完成全球首个5G核心网商用网元自动化升级，为商用用户提供更高品质的5G通信服务。整个升级过程实现一键式自动化的活动调度，打通升级过程的手工断点，升级操作全部自动化执行，无需人工干预。这是全球首次实现基于DevOps的5G核心网商用网元的自动化升级，为5G核心网敏捷创新、可靠上线奠定了坚实的基础，也为业界提供了自动驾驶网络应用的优秀示范。



8.2 行业挑战

随着5G全云化网络的快速建设和规模商用，核心网愈加复杂，垂直行业快速发展，运营商网络面临运维复杂度高，网络安全风险大和业务上线慢等运维挑战。尤其是联通大区制建设后，网络规模和影响范围更大。中国联通5G核心网华南大区，覆盖包括大区所在省广东省，以及福建、湖南、海南和广西等四个接入省份。5G核心网网元包括一级NRF、二级NRF、NSSF、AMF、SMF、CHF、PCF、UDM、UPF等共100多个网元。每一次大区网络的升级，需要将100多个网元分割成20多个批次，历时3个多月，难以支撑业务的快速上线；同时，一个网元升级，需要历经软件获取、升级前准备、升级操作、升级后拨测、升级值守多个环节，全程100+手工操作，容易出错，对运维工程师是一次身心的挑战，对网络安全更是一次重大的考验。传统升级方式已经无法满足千行百业5G应用的敏捷创新、可靠开通业务诉求，在一定程度上阻碍了5G业务的快速发展。

5G网络架构的转变，从原先集中式逐步走向分布式，网络功能逐渐独立和解耦，每个网络功能逐步走向独立的升级和扩展以及运维，且不影响周边功能。在这样的背景下，运营商非常适合在这个时候参考互联网厂商使用CI/CD的方式，让网络更加敏捷和高效的进行非常小而安全的变更，探索云化网络的价值，从而更好的满足千行百业的网络诉求。同时，通过逐渐引入CI/CD的运作方式，能够逐步提高电信运营商的自身竞争力从而帮助实现从技术，到流程，到企业文化等方面的转型，更好的应对5G时代的发展。

8.3 解决方案和价值

为了解决传统升级方式存在的问题，进一步加速推动5G应用的规模商用，中国联通广东省分公司华南大区运营中心携手华为云核心网产品线成立联合专项工作组，创新性引入DevOps技术，双方联合制定了自动化升级标准，软件下载安全性机制及软件版本的管理机制，基于华为iMasterMAE-CN工作流编排引擎灵活调度，实现：



技术方案领先性：

0手工断点，降低人为风险：通过工作流编排引擎的灵活调度，打通了27个手工断点，实现了核心网升级过程的全流程自动化；通过归一化的操作界面完成核心网软件包一键式下载，风险自动排查及升级操作自动执行，人机交互次数从100+减少到10次，极大的降低了手工误操作引入的风险；升级过程中，通过智能机器值守实现对各类指标、异常告警进行自动监控和对比，提前识别异常并采取相应措施，防止异常逐渐扩大，引发网络故障。同时，通过异常回退功能，支持异常出现时人工介入，实现一键刹车，保障升级结果可靠。

4路并发升级，提高运维效率：引入4路网元并发升级能力，相对传统模式1个操作时间窗1人单发升级1网元，整个大区升级需要20+批次操作3个月的周期；iMaster MAE-CN实现了1个操作时间窗1人并发升级4网元，一个大区升级仅仅需要8批次1个月即可完成，很好的保障了5G应用的敏捷上线。

运维模式领先性：

项目通过iMaster MAE-CN工作流编排引擎，改变传统人拉肩扛的升级模式，将重复性，高风险的操作进行标准化，自动化的改造。整个升级过程实现一键式自动化的活动调度，打通升级过程的手工断点，升级操作全部自动化执行，无需人工干预。从人工操作到自动化的运维模式转型，为5G核心网敏捷创新，可靠上线奠定了坚实的基础。

项目成果领先性

中国联通广东省分公司华南大区运营中心联合华为云核心网产品线基于iMaster MAE-CN工作流编排引擎成功完成了5G核心网商用网元自动化升级，成为全球首次5G核心网网元自动化升级流程验证。目前，广东联通通过华为iMaster MAE-CN工作流实现了5GC商用网元自动化升级任务。除此之外，项目还引入了多路网元并发升级能力，极大的提高了升级效率，很好的保障了5G应用的敏捷上线。

合作模式领先性：

中国联通&华为双方开展合作升维的模式，双方通过紧耦合的方式，深度参与自动化升级端到端环节，不论从网络打通，到流程打通，组织协同，为业界提供优秀典范。

8.4 经验总结和后续计划

网络数智化运维转型并非一蹴而就，需要全行业的共同探索和努力，广东联通&华为自动化升级项目的成功，极大的提升了广东联通5G核心网运维可靠性和效率，为业界提供了宝贵的实践经验和技术创新。但这只是中国联通运维数智化转型的第一步，未来中国联通会联合华为在灰度升级，自动化测试，自动化扩容，智能运维等方向持续开展联合创新，探索并固化运维流程和活动，不断优化成熟合作模式，同时将项目成果进行进一步的应用和推广，持续构筑领先竞争力，打造产业示范样板。