

5G助力智能电网 应用研究



主讲人：洪丹轲
单 位：中国南方电网电力调度控制中心

创新引领 融通发展

2019 工业互联网峰会
INDUSTRIAL INTERNET SUMMIT 2019

创新引领 融通发展

2019工业互联网峰会

INDUSTRIAL INTERNET

SUMMIT 2019

目录

Contents

01 智能电网发展带来新挑战

02 5G应用研究进展

03 下一步发展展望

2019 工业互联网峰会



智能电网发展趋势

清洁低碳、网源协同、灵活高效

多能互补、
开放共享、
高效协同、
价值创新



多元友好、双向互动
灵活多样、节约高效



聚合多种分
布式电源

聚合分散
储能/电
动汽车



聚合分
散可控
负荷

聚合各
种分布
式能源

清洁友好的
发电

智慧能源与
能源互联网

安全、可靠
绿色、高效

安全高效的
输变电

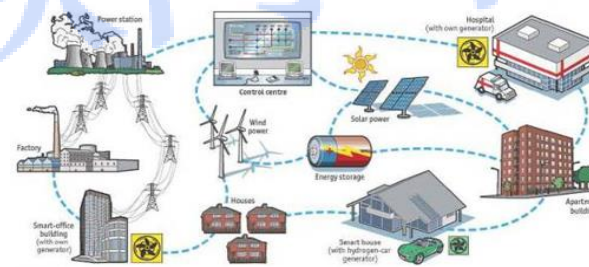
安全高效、态势感知
柔性可控、协调优化



多样互动的
用电

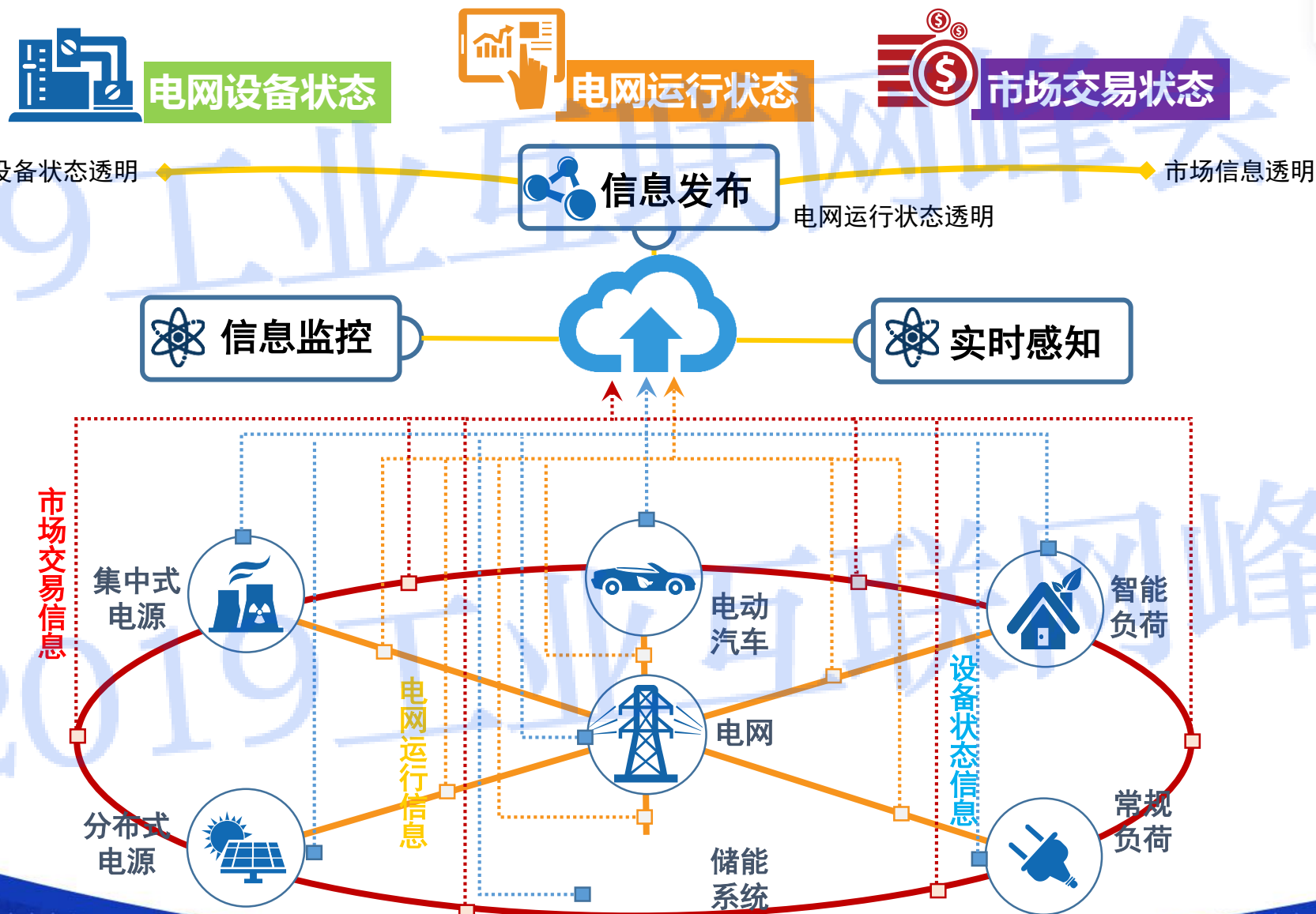
灵活可靠的
配电

灵活可靠、
开放兼容、
可观可控
经济适用



南方电网转型发展目标

目标：向智能电网运营
商、能源产业价值
链整合商、能源生态
系统服务商转型



智能电网发展新需求

- **电网设备状态透明**：设备健康状态、环境状态等在线实时感知；实现电网在线实时状态监测、态势感知、智能运维、状态检修。
- **电网运行状态透明**：电网传输能力、电能质量、安全性、可靠性等在线实时感知；实现电网运行的在线安全风险评估、优化经济运行、智能决策调度。
- **电网市场信息透明**：电网输配电价格、各类电力市场及辅助服务价格、交易过程/结果实时发布；源、网、储、荷等所有参与者可以自由选择交易；市场监管及所有参与者可实时监控交易过程。

海量传感

传输与
通信

现场控制

数据处理

...

智能配电网典型业务



配电自动化

- 配电自动化及电力负载管理
- 电力设备数据获取



在线监测

- 传输线路状态
- 故障监测&告警
- 环境监测&告警



智能抄表

- 远程自动抄表
- 高抄表成功率
- 高抄表频率



视频监控

- 变电站
- 电缆及电塔
- 变压器
- 施工现场



指挥调度

- 施工监督
- 维护调度
- 任务安排
- 应急电力保护



移动作业

- 机器人巡检
- 无人机巡检
- 移动巡检
- 移动办公

业务名称

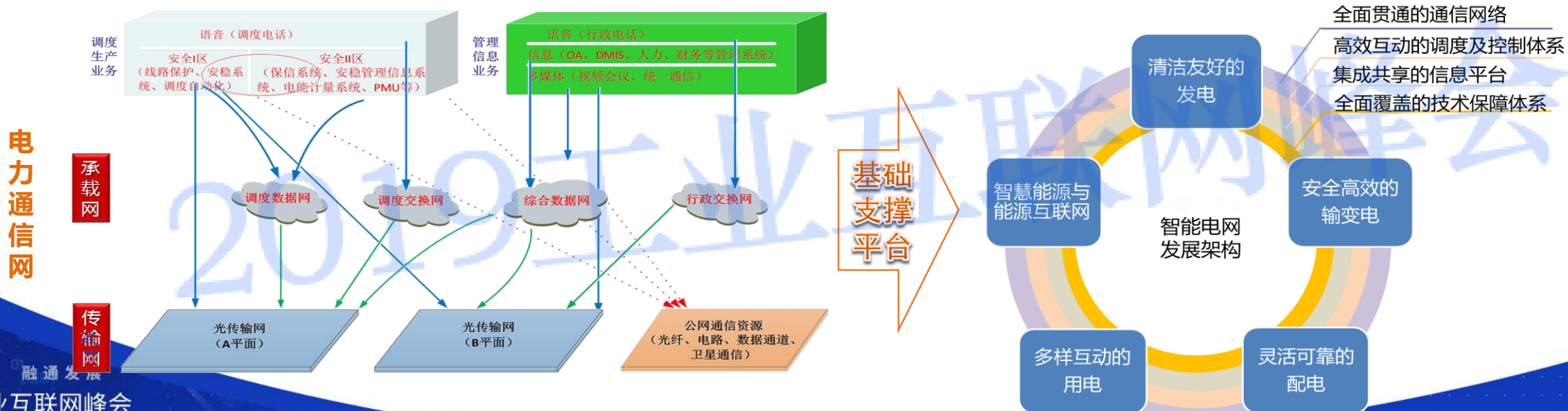
- 配网保护与控制
- 配网自动化
- 分布式能源站
- SCADA、AGC、AVC控制
- 分布式能源站负荷管理
- 大客户负荷管理
- 汽车充电桩管理
- 配电房环境监测系统及视频监控
- 配电设备运行状态监测信息
- 保护信息与故障录播
- 储能站监测管理
- 配变监测
- 低压集抄
- 高级计量 (AMI)
- 移动售电
- 移动巡检
- PDA现场办公
- 数字宽带集群

配用电网业务对通信网的核心诉求：窄带+宽带+实时+稳定+安全可靠

通信面临的新挑战

- **海量终端通信低成本覆盖问题**：当前通信终端数量为百万级，未来千万级~过亿。
- **信息传输安全性问题**：调度自动化、继电保护等业务涉及电网实时控制，若被恶意攻击，可能导致大面积停电。3G、4G等公网通信不能满足安全性要求。
- **高质量传输问题**：继电保护等电网控制类业务需要毫秒级低时延通信、通道可测可控。
- **业务差异化问题**：电网业务种类异常丰富，通信的带宽、安全性要求、时延要求、成本要求差异性非常大，通信平台的弹性、适配性面临挑战。
- **通信智能管控问题**：智能电网发展、应用高度依赖通信，海量物联网终端的通信质量可监测、故障可定位、资源可管控面临巨大挑战。

- **在骨干通信网侧**，已具备完善的光纤骨干网络和可靠高效数据网络，光纤资源已实现35kV及以上厂站、自有物业办公场所/营业所全覆盖
- **在配电通信网侧**，建设大带宽、高可靠性、终端接入灵活、具备双向互动体验能力的“泛在化、全覆盖”配用电终端通信网络，有效支撑配电网自动化遥控可靠动作、用电信息采集及用户交互用能需求 —摘自《南方电网“十三五”智能电网规划纲要》



创新引领 融通发展

2019工业互联网峰会

INDUSTRIAL INTERNET

SUMMIT 2019

目录

Contents

- 01 智能电网发展带来新挑战
- 02 **5G应用研究进展**
- 03 下一步发展展望



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

5G应用研究进展

□ 一年多来，南方电网与中国移动，联合各合作单位在产、研、用各环节开展合作，共同推进**5G国际标准制定，5G承载配网差动保护测试，首个行业白皮书发布，5G安全隔离分析，相关接口规范制定，平台预研、实验室测试等工作**

18年2月

- 1、南网正式成为CCSA/3GPP标准化组织的全权会员单位

18年4月

- 1、已陆续向3GPP递交9项国际标准提案（其中7项已采纳，2项已提交）
- 2、形成《白皮书》初稿

18年6月

- 1、上海电信展与移动、华为联合发布《5G智能电网应用白皮书》，现场演示5G承载配网差动保护业务
- 2、深圳启动试验网建设；
- 3、启动5G承载配网差动保护业务实验室测试
- 4、细化已采纳需求提案的技术实现方案，编制技术提案

18年10月

- 1、完成5G试验网建设；
- 2、启动1-2项业务验证，开展业务接入方案研究和外场测试；
- 3、启动终端、平台系统等接口规范研究

20年10月

- 1、完成终端、平台间接口适配、规范制定和功能定义，并开展终端入网测试；
- 2、总结5G成果，策划十四五规划，全网推广应用

18年3月

- 1、启动授时业务与四方在北京的继电保护装置实验室的对接测试；
- 2、明确业务需求、示范地点、网络建设规划

18年5月

- 1、完成端到端技术解决证方案
- 2、启动终端适配性研发及平台建设
- 3、《5G助力智能电网应用白皮书》定稿

18年8月

- 1、瑞典3GPP会议，宣读相关技术实现方案提案；
- 2、形成《南方电网“5G+能源互联网”项目储备库》
- 3、形成《5G承载电网业务安全隔离分析报告》

19年10月

- 1、完成国家发改委项目验收，完4类业务接入和外场测试验证；
- 2、形成《面向智能电网的5G无线通信技术应用发展分析报告》

5G应用研究进展

□ 南方电网公司内部成立专项工作组，并成功加入3GPP国际标准化组织

□ 成立“南方电网5G无线通信技术专题研究工作组”，确保应用研究顺利开展，成果按时交付

□ 制定《南方电网5G无线通信技术专题研究工作方案（2017年-2020年）》，每年滚动修编具体实施计划内容，逐步明确未来基于5G无线网络承载电网业务的技术路线、技术规范、设备选型、网规网优、测试标准、应用场景等，有力指导和支撑智能电网通信领域的快速发展

□ 成功加入3GPP、CCSA标准化组织

南方电网已于2月份正式成为CCSA/3GPP标准化组织的全权会员单位

5G应用研究进展

南方电网致力于将智能电网需求纳入5G国际标准，已向3GPP提交14篇电力需求提案，内容涉及5G公网授时、5G承载配网差动保护、网络能力开放、网络切片管理能力、电力终端二次认证等，其中9篇已被采纳，分别纳入4项国际标准中。

国际标准提案号	国际标准提案名称	提案起草单位	已纳入的国际标准号
S1-180548	智能分布式差动保护业务在配电网中的应用案例	中国南方电网有限责任公司，华为技术有限公司	3GPP TR 22.804
S1-180383	基于智能配电网应用场景的5G网络开放能力增强	中国南方电网有限责任公司，华为技术有限公司、西门子	3GPP TR 22.830
S5-181356	更新TS 28.530中有关网络切片即服务的概念描述	华为技术有限公司，中国南方电网有限责任公司	3GPP TS28.530
S5-181383	增加TS 28.530中网络切片作为服务的网络需求和高层业务场景描述	华为技术有限公司，中国南方电网有限责任公司	
S5-182377	增加TS 28.530中网络管理数据能力开放的高层业务场景描述	中国南方电网有限责任公司，华为技术有限公司，中国移动通信有限公司	
S5-183507	增加TS 28.530中对于网络网管系统的需求描述	中国南方电网有限责任公司，华为技术有限公司	
S5-182380	更新TS 28.531中5.2节网络切片作为服务的需求	华为技术有限公司，中国南方电网有限责任公司	
S5-182381	增加TS 28.531中获取网络切片管理数据的业务场景和需求描述	华为技术有限公司，中国南方电网有限责任公司	3GPP TS 28.531
S5-183410	增加TS 28.531中网络切片管理能力开放的应用场景和需求描述	中国南方电网有限责任公司，华为技术有限公司，中国移动通信有限公司，爱立信	



5G新特性带来全新的解决方案

5G网络为配电网业务无线接入提供了一种更优的解决方案

- 各类电网设备、电力终端、用电客户的通信需求爆发式增长，迫切需要构建安全可信、接入灵活、双向实时互动的“泛在化、全覆盖”配电通信接入网，并采用先进、可靠、稳定、高效的新兴通信技术及系统予以支撑

5G多场景适配为智能电网不同业务提供差异化的网络服务能力

- 智能电网业务需求广泛，同时包含了eMBB（如巡检机器人、无人机巡检、应急通信等智能电网大视频应用）、uRLLC（智能分布式配电自动化）、mMTC（低压集抄、分布式能源等）三大场景。多场景适配可同时满足海量连接、大带宽、低时延、授时等多样化需求，更有针对性地解决智能电网不同业务的通信需求

5G网络切片为电网不同分区业务提供高可靠的安全隔离能力

- 5G网络切片技术可为电网不同分区业务提供物理资源、虚拟逻辑资源等不同层次的安全隔离能力，为智能电网的业务承载提供更好的安全保障

5G能力开放为海量接入终端提供高效灵活的运营管理能力

- 电力企业可利用公网运营商提供的各种能力开放，实现电力通信终端的连接管理、设备管理、业务管理、网络切片管理等创新业务，满足电力终端通信的可管可控要求

5G智能电网典型业务场景梳理

□ 5G智能电网典型业务场景梳理，总体上可分为控制、采集两大类

- ✓ **控制类**：包含智能分布式配电自动化、用电负荷需求侧响应、分布式能源调控等。随着精准负控、分布式能源接入等业务迅速发展，主站系统将逐步下沉，出现更多的本地就近控制，且与主网控制联动的需求，**未来时延需求将达到毫秒级**
- ✓ **采集类**：包括低压集抄、站所内外场景的智能电网大视频应用等。**未来采集对象将趋于多媒体化、深入用户行为分析；采集内容将趋于视频化、高清化；采集频次将趋于准实时，且从单向采集向双向互动演进**

业务类型	典型场景	当前通信特点	未来通信趋势
控制类	智能分布式配电自动化、精准负控、分布式能源	1、连接模式：子站/主站模式，主站集中，星型连接为主 2、时延要求：秒级	1、连接模式：分布式点对点连接与子站主站模式并存，主站下沉，本地就近控制 2、时延要求：毫秒级
采集类	低压集抄、智能电网大视频应用（包括变电站巡检机器人、输电线路无人机巡检、配电房视频综合监控、移动式现场施工作业管控、应急现场自组网综合应用等）	1、采集频次：月、天、小时级 2、采集内容：基础数据、图像为主，单终端码率为100kbps级 3、采集范围：电力一次设备，配网计量一般采用集抄方式，连接数量百个/km ² 级	1、采集频次：秒级，准实时 2、采集内容：视频化、高清化，带宽在4-100Mbps不等 3、采集范围：近期扩展到电力二次设备及各类环控、物联网、多媒体场景，连接数量预计至少翻一倍；中远期若产业驱动集抄方式下沉至用户，连接数预计翻50-100倍

5G智能电网典型业务场景梳理：关键通信指标

业务名称	业务类别	通信需求				
		时延	带宽	可靠性	安全隔离	连接数
控制类	智能分布式配电自动化	≤15ms	≥2Mbps	99.999%	安全生产I区	X*10个/km2
	精准负控	≤200ms	10kbps~2Mbps	99.999%	安全生产I区	
	分布式能源调控	采集类≤3s 控制类≤1s	≥2Mbps	99.999%	综合包含I、II、III区业务	百万~千万级
采集类	低压集抄	≤3s	1~2Mbps	99.9%	管理信息大区III	集抄模式X*100个/km2 下沉到用户后翻50~100倍
	电站巡检机器人	≤200ms	4~10Mbps	视频<200ms 控制<100ms 99.9%	管理信息大区III	集中在局部区域1~2个
	输电线路无人机巡检					
	配电房视频综合监控					
	移动现场施工作业管控					
应急现场自组网综合应用	20~100Mbps		局部区域内5~10个			

5G应用研究进展

南方电网首次参展2018年世界移动大会（上海），与中国移动合作展示了5G智能电网五大典型应用场景、5G承载配网差动保护技术实现方案，引起业界高度关注。



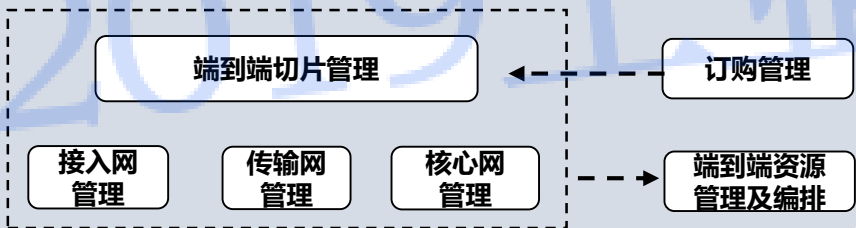
在上海世界移动大会期间，南方电网与中国移动、华为公司联合对外正式发布《5G助力智能电网应用白皮书》。这是5G电网领域应用的第一份正式宣告，将电网特色需求融入5G解决方案，推动了5G与智能电网深度融合。



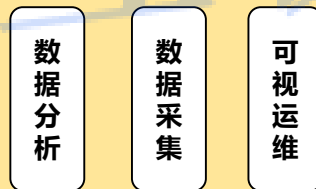
5G应用研究进展

□ 《5G助力智能电网应用白皮书》首次对5G电力业务进行了顶层设计：根据智能分布式配电自动化、用电负荷需求侧响应、分布式能源调控、高级计量、智能电网大视频应用等5大类典型应用场景，首次提出了5G智能电网端到端网络切片解决方案

关键技术3-网络切片端到端管理技术



关键技术4-网络切片端到端SLA保障技术

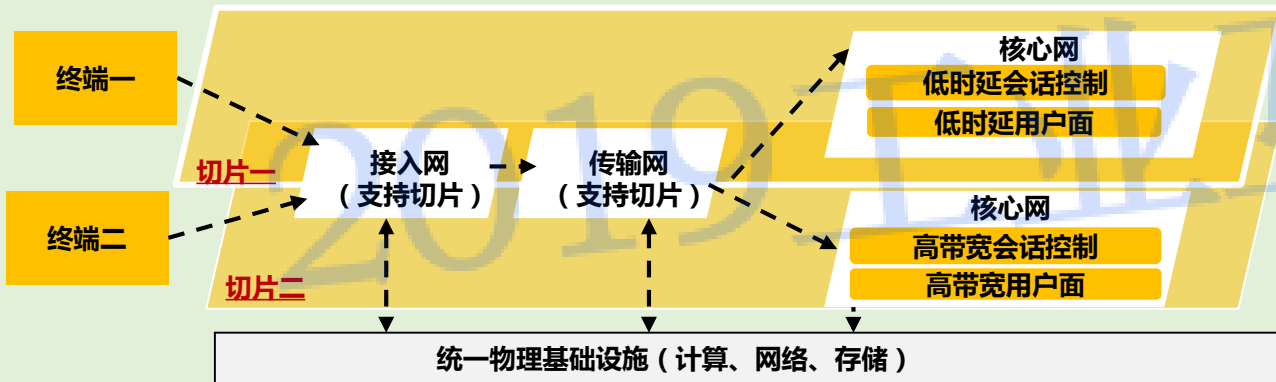


- 关键技术1-接入、传输、核心网域切片使能技术：作为基础支撑技术，实现接入网、传输网、核心网切片的处理
- 关键技术2-网络切片标识及接入技术：实现网络切片实例与终端业务类型的映射，并将终端注册至正确的网络切片实例

关键技术2-网络切片标识及接入控制技术

切片选择功能

关键技术1-接入网、传输网、核心网的各域支撑技术



- 关键技术3-网络切片端到端管理技术：实现端到端网络切片的订购、创建、删除、更新等
- 关键技术4-网络切片端到端SLA保障技术：可以对各域网络性能指标进行采集分析和准实时处理，保证系统的性能满足用户的SLA需求



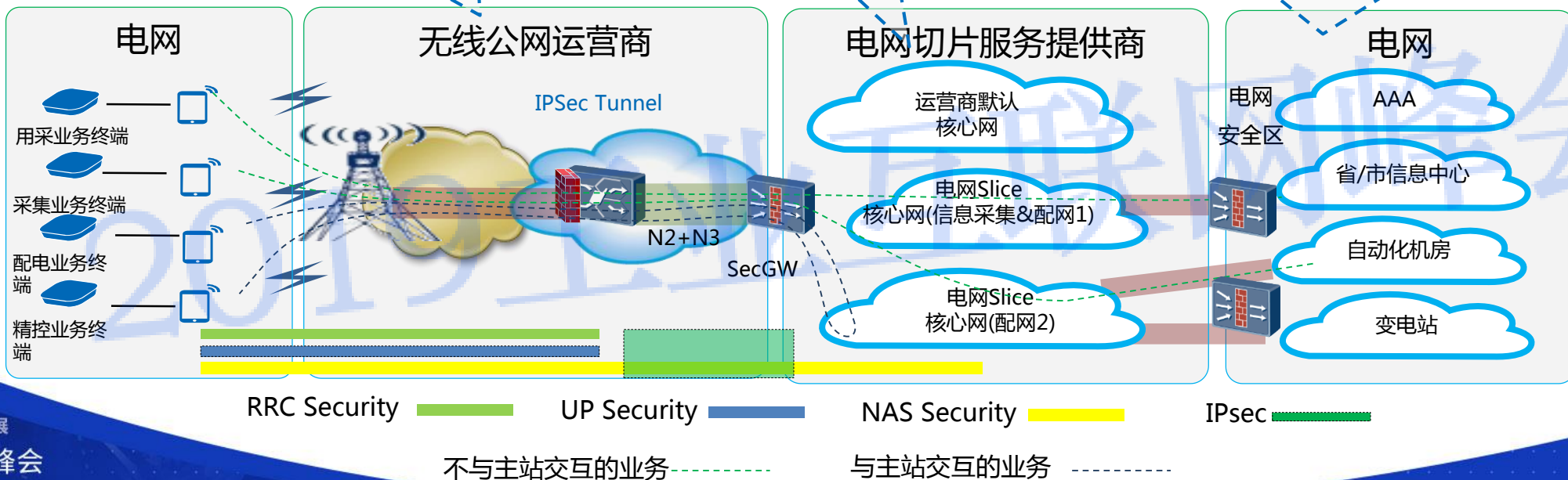
5G应用研究进展

- 依据**电力监控系统安全防护总体方案要求**，南方电网联合中国移动、华为公司，首次结合5G承载电网业务模型，从终端（含电力终端和通信终端）、无线空口、基站、传输网、核心网侧，端到端分析和评估了5G网络的安全隔离能力，**形成了国际标准提案。**

- 网络可用性保障：为了防范恶意干扰对电网引发基础设施的攻击，需要检测恶意干扰安全事件。

- 定位信息开放：防止USIM卡和通讯终端被盗/异常，支持卡位置绑定。

- 二次认证：防范电网USIM卡插入恶意终端，攻击电网或滥用USIM卡，支持二次认证终端身份和运营商认证身份绑定（机卡绑定）。



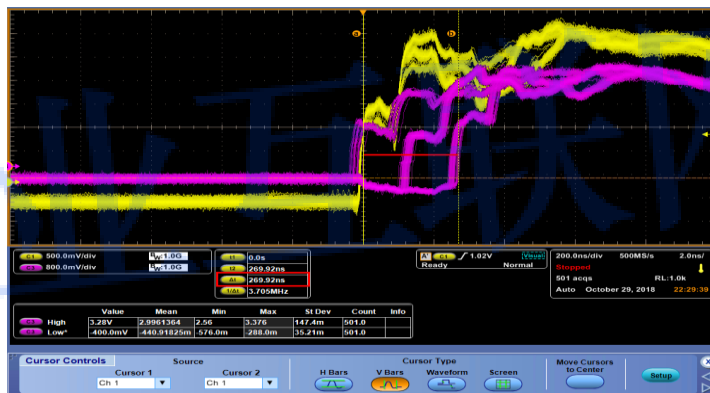
5G应用研究进展

5G承载电力DTU配网差动保护+三遥业务

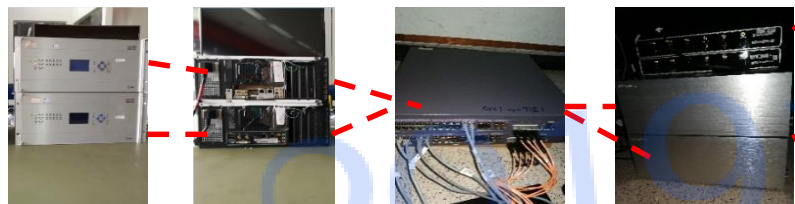
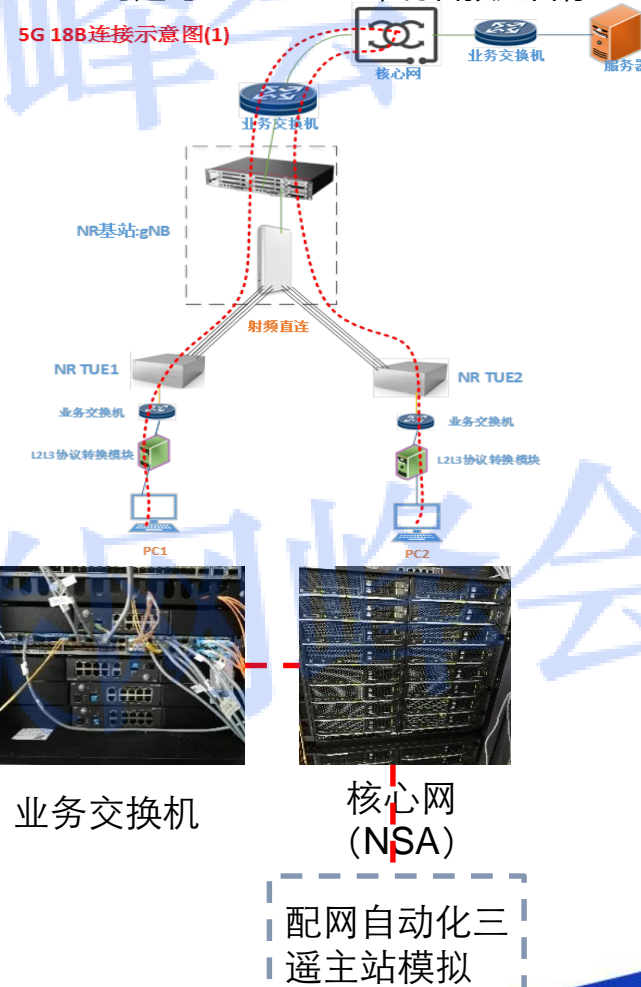
实验室测试 (NSA版本) 结论:

- 5G通信系统端到端平均时延 **7.5ms~8.5ms**, 最大时延约**9ms~10ms**, 符合预定目标;
- 通信终端对DTU授时精度 **<300ns**, 优于10us预定目标

通信终端对DTU授时精度测试结论<300ns



端到端时延测试结论:
端到端平均时延**7.5ms~8.5ms**, 最大时延约**9ms~10ms**, 符合预定目标



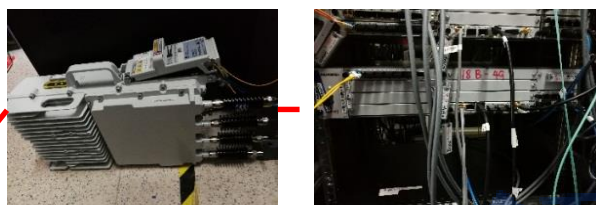
DTU

L2/3协议转换模块

交换机

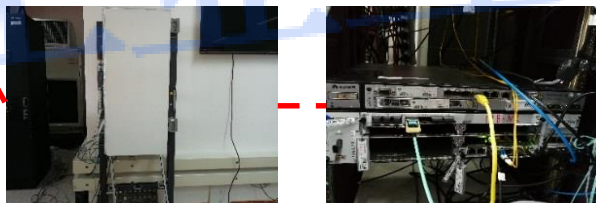
TUE (面向4G空口)

TUE (面向5G新空口)



4G RRU

4G BBU



5G AAU

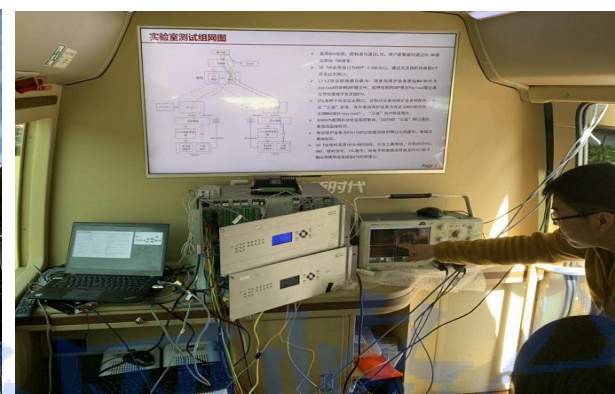
5G BBU

基站

5G应用研究进展

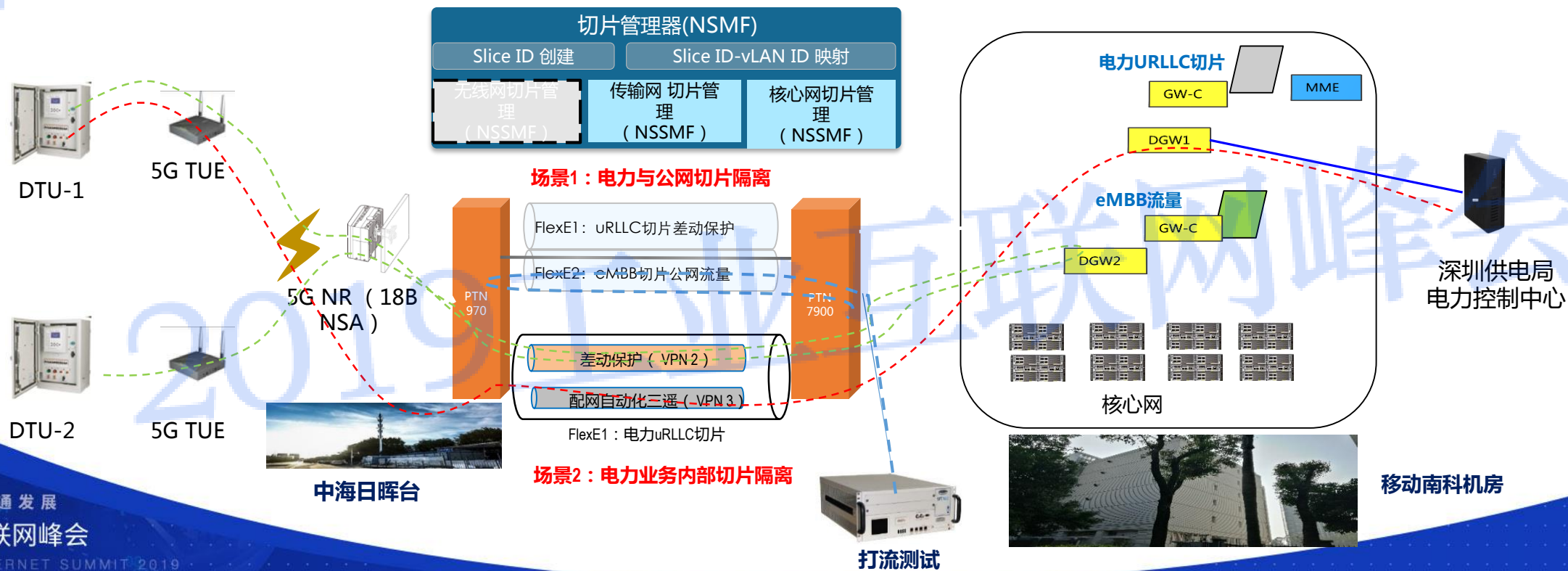
深圳外场测试情况

- 2018年底，5G NSA版本，3.5GHz频段的基站建成，端到端传输链路已开通，该5G基站覆盖两个电力环网柜开关站点，覆盖距离在234米左右；
- 目前，电网DTU环网柜正在施工中，2019年底将陆续完成该配网馈线上其余4个DTU站点，以及20个计量终端、应急通信等典型业务的外场测试。



5G应用研究进展

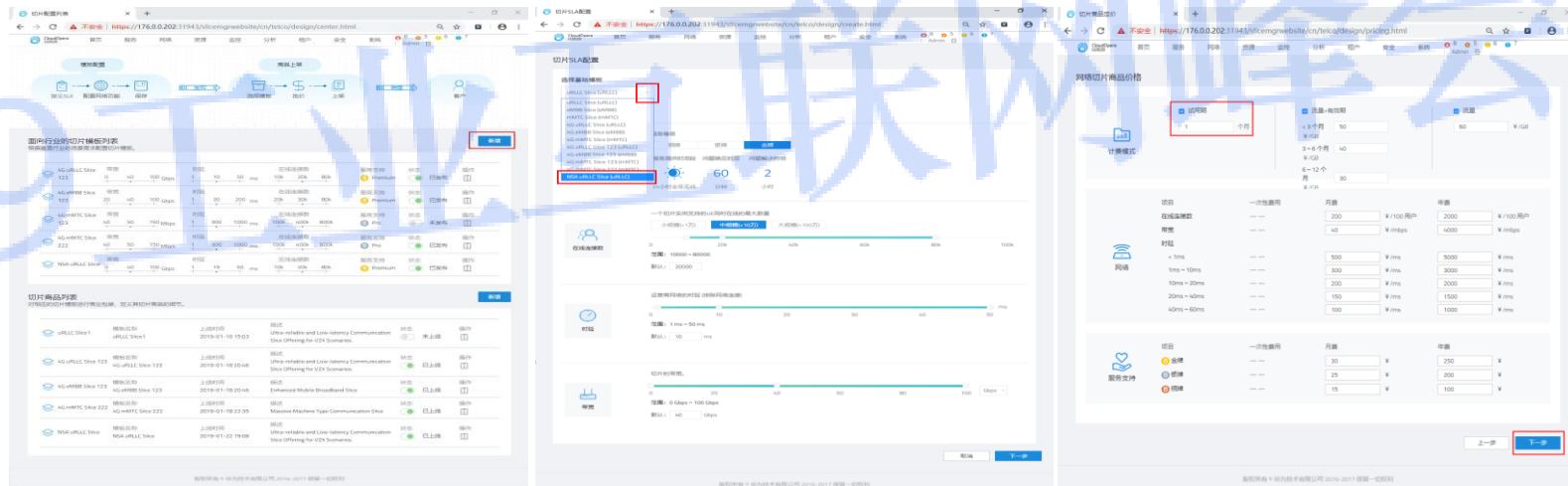
- 深圳外场实际测试结论（测试前提为5G NSA版本，3.5GHz频段，2个TUE站点接入同一个基站，回传路径30公里）：
 - 端到端时延：可以满足差动保护业务需求：**平均时延8ms，最大9.8ms，丢包率为0**
 - 网络切片承载业务时的相互影响：**两个FlexE切片分别承载电力与公网业务时**，切片间互不影响，业务QoS可保障；**单个FlexE承载两个电力业务时**，业务映射到入不同VPN管道，需根据一定策略实现差异化QoS保障；
 - 验证了切片管理器管理、配置、发布及性能监测等功能，当前已实现对核心网切片的自动管理



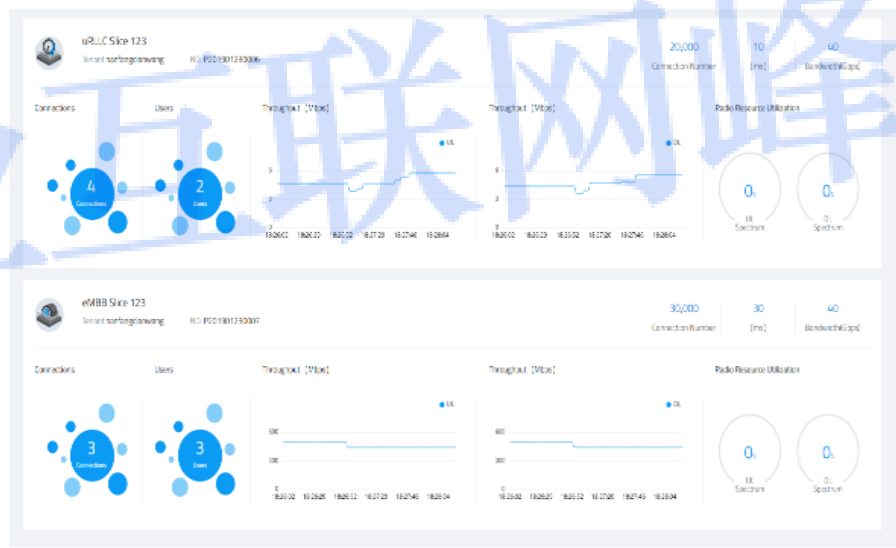
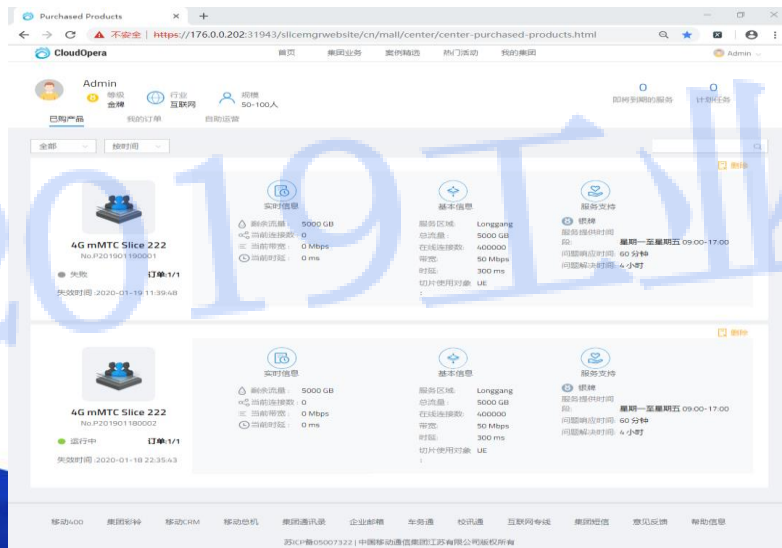
5G应用研究进展

- 深圳外场实际测试还验证了核心网切片的自动管理功能，包括切片模板配置、发布、实例化及监测等，传输网的切片暂时需要手工配置，切片管理器的自动化管理配置功能需运营商进一步推动相关接口的标准化

核心网切片管理器进行模板配置及切片发布

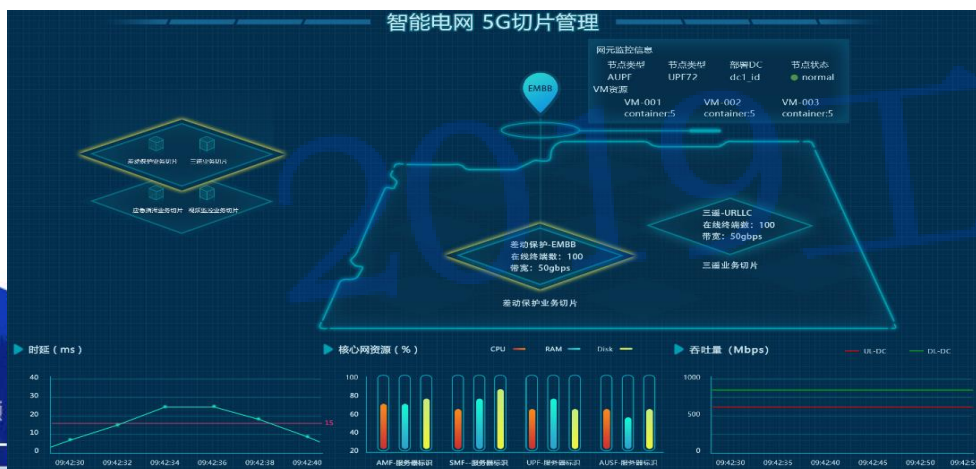


核心网切片管理器进行切片实例化，并在切片创建后，实时监控切片相关性能



5G应用研究进展

- 智能电网5G能力开放服务平台正在开发中，运营商拟结合电网的管控需求，向电网开放切片性能监控、通信质量监视、故障分析、卡申请、切片规划、切片订购等能力；



创新引领 融通发展

2019工业互联网峰会

INDUSTRIAL INTERNET

SUMMIT 2019

目录

Contents

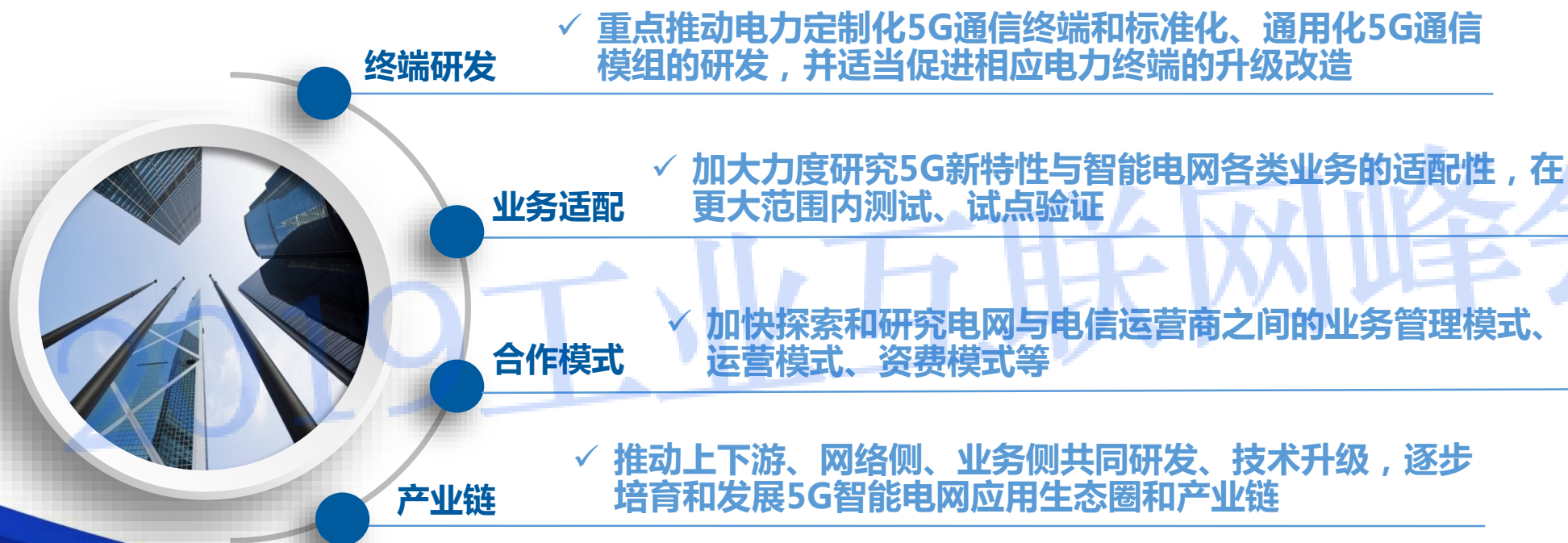
- 01 智能电网发展带来新挑战
- 02 5G应用研究进展
- 03 下一步发展展望



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

下一步发展展望

- 5G将给智能电网的发展带来深刻变革，推动大量智能微型传感器应用，促进电网“透明化”、“可感知”，助力电网向智能电网运营商、能源产业价值链整合商、能源生态系统服务商转型发展。
- 电网行业与运营商的合作模式将发生变革，“B to C普遍性服务”向“B to B差异化服务”过渡。推动共享式、深度嵌入式的双赢、高质量发展。
- 围绕5G智能电网应用整体目标，在**终端研发**、**业务适配**、**合作模式**、**产业链**方面，后续工作展望如下



Thanks

创新引领 融通发展

2019 工业互联网峰会
INDUSTRIAL INTERNET SUMMIT 2019