准印证号：（粤B）L0260079

中兴通讯技术 简讯

ZTE TECHNOLOGIES | 第30卷 第10期 · 2026年10月

视点

4 5G独立专网：重构工业智造生产关系

8 5G专频专网赋能行业数智化关键问题探讨



专题：5G专频专网

11 打造新一代5G专频专网技术体系

内部资料 免费交流

扫码体验移动阅读



1996年创办
第30卷 总第456期
2026年10月 第10期（月度出版）

中兴通讯技术（简讯）
ZHONGXING TONGXUN JISHU（JIANXUN）

《中兴通讯技术（简讯）》顾问委员会
主　任：刘　健
副主任：方　晖　彭爱光　孙方平　张万春
顾　问：柏　钢　陈新宇　董伟杰　胡俊劼
胡立华　华新海　阚　杰　李　强
李晓彤　唐　雪　王　全　杨运东
郑　鹏

《中兴通讯技术（简讯）》编辑委员会
主　任：林晓东
副主任：卢　丹
编　委：邓志峰　代岩斌　关　凯　黄新明
梁大鹏　林晓东　卢　丹　马小松
孙　岳　施　军　王卫斌　肖　伟
杨兆江　余方宏　赵建超

《中兴通讯技术（简讯）》编辑部
总编：林晓东
常务副总编：卢丹
编辑部主任：刘杨
执行主编：方丽

主管：中兴通讯股份有限公司
主办：中兴通讯技术杂志社
编印：《中兴通讯技术（简讯）》编辑部

地址：深圳市科技南路55号中兴通讯研发大楼
Email：magazine@zte.com.cn
网址：https://www.zte.com.cn/china/about/magazine

发送对象：本行业、本单位内部赠阅
印数：5000本

设计：深圳市奥尔美广告有限公司
印刷：深圳市旺盈彩盒纸品有限公司
印刷日期：2026年10月25日

未经中兴通讯股份有限公司书面授权，禁止以转载、摘编、复制等方式使用本资料的任何内容。



李晓彤
中兴通讯副总裁、RAN产品总经理

把握5G独立专网产业变局，夯实工业智造数字底座

当前，我国正加快推进新型工业化，大力发展新质生产力。作为全球全门类制造大国与5G建设第一大国，我国制造业规模优势与5G通信产业优势双向叠加，为“5G+工业制造”深度融合创造得天独厚的发展土壤。历经多年实践，我国5G+工业互联网实现从0到1的试点突破，大量标杆项目落地。伴随工业智造持续向纵深演进，同时面向5G-A迭代以及6G技术前瞻布局，产业也对通信网络提出更高要求：网络具备自主调度迭代能力，满足产线快速迭代；生产数据安全可控、本地闭环；核心生产业务对网络时延、抖动的确定性也提出更高标准。

工信部等五部门印发工业5G独立专网试点相关文件，标志行业迎来关键产业拐点。独立专网本质是一场工业智造领域生产关系的深刻调整，将网络建设、运维调度、数据主权交还制造企业，让最懂生产的主体掌握网络主导权，为匹配工业全新发展诉求打开空间。生产关系的调整需要匹配技术底座的革新，传统面向公众大网的三层网络架构并不适配车间严苛的工业生产需求，算网一体极简二层架构等创新方案为独立专网落地提供硬核技术支撑，兼顾生产效率与投入产出效益，同时具备向6G平滑演进的能力底座。

专网的价值不止于一张高可靠无线底座，更要打通CT与OT壁垒，走向网智一体，对接工业大模型、边缘智能，支撑工厂从自动化迈向自主智能。独立专网不是要制造企业包揽全部通信能力，而是构建多元协同的产业生态，通信与制造两大行业双向赋能，共同探索可复制、可推广的落地路径。

本期专题围绕5G独立专网赋能工业智造这一核心命题，从模式变革、技术架构、场景实践、生态演进多维度展开探讨。专题重点解读了安全专网技术方案，并分享了工业、轨交、电力、矿山、航空、商飞等重点行业的专网落地实践，剖析独立专网带来的生产关系重塑，解读算网一体等技术创新，沉淀产业实践思考。期待藉此期专题汇聚产业共识，推动5G独立专网真正扎根各行业核心业务现场，以可平滑演进的数字底座赋能产业高质量发展，衔接5G-A与6G产业创新进程，为新质生产力落地注入澎湃动力。

目次

中兴通讯技术（简讯）2026年第10期



打造新一代5G专频专网技术体系

行业当前正加速向5G专频专网演进，即使用专用分配频率，构建独立专属的5G网络，实现“频率专用、网络专建、数据专管、服务专供”。

11

视点

4 5G独立专网：重构工业智造生产关系
胡凯伟，徐法禄

8 5G专频专网赋能行业数智化关键问题探讨
赵丁，何继青

专题：5G专频专网

11 打造新一代5G专频专网技术体系
韩营

14 国之重器，5G独立专网保驾护航
汪竞飞，章松

16 城市轨道交通5.9GHz专频专网：从多制式并存到5G综合承载
官科，胡浩

18 专频筑安全底座，数智赋能智慧民航
刘君

20 空天地一体化覆盖，构筑新一代电力无线专网
刘君，王昕

22 中兴通讯工业5G独立专网赋能矿山智能化升级
张亚飞

25 5G专频专网助力智慧水利建设
王伟

27 5G专网赋能教育高质量发展，构建产教融合新范式
王红欣

成功故事

29 国网江苏电力携手中兴通讯建成全国最大1.8G电力无线专网
汪大洋，刘君，王昕

32 吐鲁番交河机场落地5G专频专网，打造支线机场数字化转型标杆
汤永誉，周建华

34 狮洋变电站5G-A毫米波通感一体专网：赋能电网数智化，激活电力新质生产力
陈立业，宾怀键

36 从4G LTE到5G-A毫米波，迎接轨交专频新时代
刘蕾

2 新闻资讯

中兴通讯PT展亮出6G与AI融合答卷，服务“十五五”新一代通信网建设

“十五五”规划为新一代通信网指明了方向。作为国家“六张网”的重要组成部分，新一代通信网不仅是“六张网”体系的连接枢纽，也是数字中国与万智智联的信息大动脉。这一跃迁意味着智能时代的通信网络在连接对象、覆盖范围、连接能力、网络功能等维度上的系统性重构。

如何建好这张网，是产业链共同面对的时代命题。9月22日，在2026年中国国际信息通信展览会（PT展）上，中兴通讯给出答案：以“连接+算力”的战略纵深，从6G前瞻布局与AI和通信融合两大方向全线发力，为新一代通信网构筑坚实的技术底座。

6G前瞻布局：面向6G商用，中兴通讯从标准、核心技术、关键验证到生态协同系统布局，多维度推进6G产业发展。从核心技术攻关到空天地立体覆盖，中兴通讯正以全链路创新能力，推动6G迈向规模发展，为沉浸式通信、车联网、具身智能等未来应用筑牢网络根基。

AI与通信融合：中兴通讯以AI原生能力为核心，系统性驱动通信网络从“Bit管道”向“Token中枢”转型。从技术可行性到商业闭环，AI与通信的深度融合正重构智能底座，为“十五五”期间数字经济高质量发展注入强劲动能。

此外，面向智算产业规模化商用，中兴通讯展台还集中展示全栈智算方案，覆盖算力、网络、能效、平台与数据库，以系统级协同优化打造TCO最优的“AI工厂”。面向人机交互的革新体验，现场重磅集结全球首款AI智能体手机努比亚NaviX Ultra、AI FTTR、AI中屏、AI安防、AIDN、AI云电脑、运营商定制AI手机、直播神器TopFlow、卫星通信终端等创新终端矩阵，引领终端从“被动响应”走向“主动服务”。

从6G的前瞻布局，到AI与通信深度融合，中兴通讯正以底层技术创新，支撑运营商建设一张覆盖更广、能力更强、运营更智的新一代通信网；并携手运营商，推动这张网融入工业、民航、轨道交通、矿山电力等关键行业，为数字中国建设筑牢坚实底座。

中兴通讯与XLSMART联合发布自智网络最新成果

9月，在马来西亚吉隆坡举行的中兴通讯全球峰会暨用户大会上，中兴通讯携手印度尼西亚电信运营商XLSMART联合发布双方在自智网络领域的最新合作成果。此次发布重点展示了AI驱动的网络智能化与智能体技术在部分现网场景中的实践进展，标志着XLSMART在迈向L4自智网络进程中迈出关键一步。

中兴通讯携手XLSMART联合部署了网络优化智能体，通过部分现网验证，双方成功展示了AI智能体在感知、分析、决策到执行的运营闭环能力，并输出了可落地的实践洞察与可量化成效，为自智网络持续演进提供有力支撑。



金篆信科GoldenDB连续三年银行业第一

近日，IDC中国正式发布的《中国银行业本地部署分布式事务型数据库市场份额，2025》与《中国金融行业分布式事务型数据库市场份额，2025》两份权威研究报告显示：金篆信科GoldenDB以28.7%的市场份额稳居银行业第一，已连续三年蝉联冠军；同时以18.4%的整体份额晋级金融行业前三，全年实现54.7%的高速增长。



物流及供应链多元技术研发中心与中兴通讯（香港）正式签署合作备忘录，携手推进香港多元化数智化建设

10月，物流及供应链多元技术研发中心（Logistics and Supply Chain MultiTech R&D Centre，以下简称“LSCM”）与中兴通讯（香港）有限公司（以下简称“中兴香港”）于香港科学园举行的2026 LSCM物流峰会期间正式签署合作备忘录。

双方代表出席签署仪式：LSCM董事局主席林晓锋教授、工程师与中兴通讯高级副总裁梅中华先生共同见证并鉴签；LSCM行政总裁黄广扬先生与中兴香港代表处总经理王欢女士代表双方签署合作备忘录。

双方本着优势互补、平等互利、合作共赢的原则，就聚焦香港数智化建设、加强电子政务信息安全保障，以及促进安全可靠多元技术在香港落地应用达成合作共识，并决定联合培育适配香港实际需求的数智化产业生态。

中兴通讯HI-OTN优智光网络方案获Light Reading 2026年度唯一满分方案

9月，全球通信权威媒体Light Reading正式公布2026年度Leading Lights奖项评选结果，中兴通讯凭借HI-OTN（优智光网络）方案，荣获“最具创新性光网络产品/解决方案（系统）”大奖，并成为本届评选所有类目中唯一获得全体评委一致满分的方案。

目前，HI-OTN方案已在全球超过20个项目中实现部署，完成5项行业领先的现网验证，包括2026年3月完成的全球首个C+L（12THz）全频段集成1.6Tbps现网试验。

Leading Lights奖项被誉为通信行业风向标，评审流程严谨，所有申报方案均需经过实测数据、现网部署案例和公开信息的交叉核验。中兴通讯HI-OTN方案在如此高标准的评审机制下获得全场唯一的评委一致满分，充分彰显了业界对其技术创新能力与商业化落地成效的高度认可。

中兴通讯OEX超节点获“算力中国·年度重大突破成果”奖

9月，在2026中国算力大会上，中兴通讯基于OEX架构的国产高性能Matrix集群超节点，荣获“算力中国·年度重大突破成果”奖。这是继2025年获奖后，中兴通讯智算产品再次获此殊荣。

作为全球领先的综合信息与通信解决方案提供商，中兴通讯坚持“连接+算力”双轮驱动战略，搭建起全栈AI技术体系。此次获奖的OEX超节点，具有以下亮点：

首创正交无背板架构，重塑算力底座。中兴通讯推出OEX正交无背板互联架构，实现零线缆互联，缩短SerDes链路，降低插损，显著提升信号完整性。

开放生态，灵活多芯即插即用。中兴通讯创新性地提出“OEX算力集装箱”理念，支持CPU、GPU、DPU等多芯灵活组合，释放“1+1>2”的集群效能；开放机械与电气接口规范，统一工程语言，芯片适配周期压缩至3~6个月，显著降低合作伙伴试错成本。

光电协同创新，突破集群通信瓶颈。该方案基于OEX超节点，构建万卡的Matrix集群超节点；同时探索基于OEX与分布式光交换架构的Matrix超节点，按需调整物理拓扑，减少光电转换层级，实现百纳秒级极致时延，大幅降低光模块功耗，为超大规模AI训练与推理提供澎湃算力支撑。



胡凯伟
中兴通讯RAN产品
副总经理



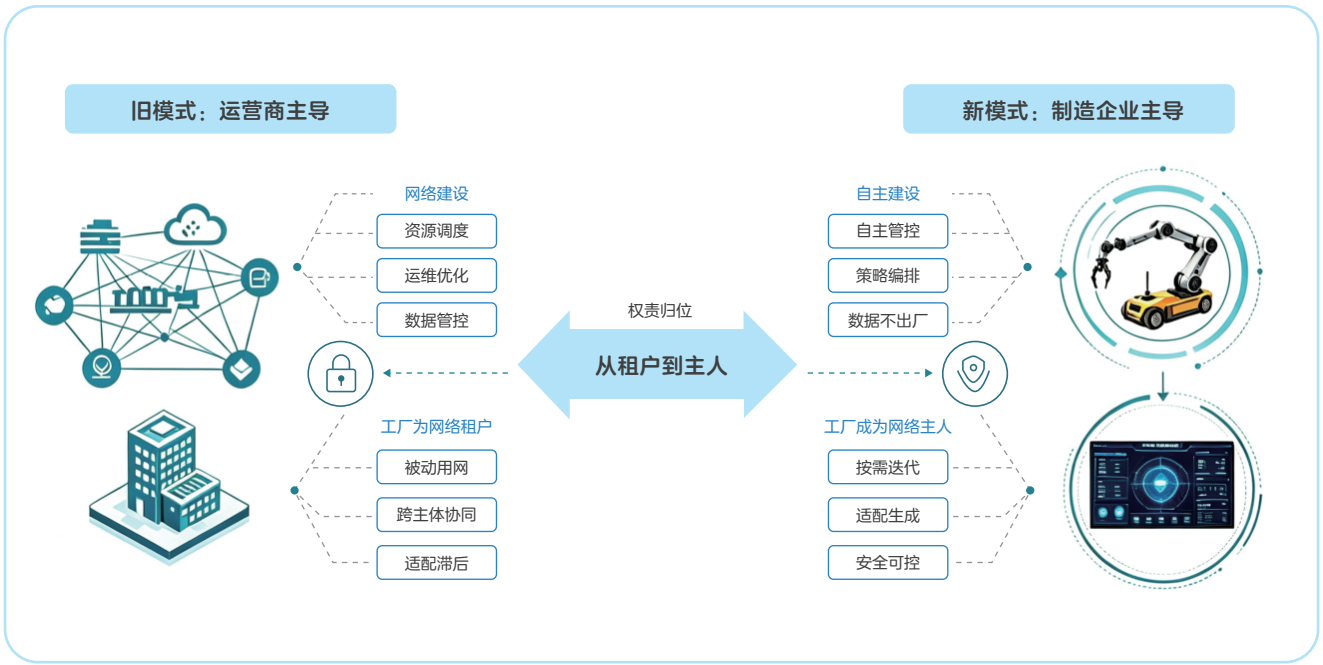
徐法禄
中兴通讯无线专网
总工

5G独立专网：重构工业智造生产关系

如今，工业5G独立专网的普及，正在智能制造领域带来深刻变革：网络建设、运维、资源调度的主导权从通信运营主体回归制造企业，成为工业智造领域一次深刻的生产关系重构。工厂从网络租户转变为网络主人，有效打破IT、CT、OT融合壁垒，让“5G+工业制造”走出试点示范阶段，稳步迈入规模化、深度化落地的新阶段。在5G向5G-A、6G迭代、新质生产力加速培育的关键时期，5G独立专网为我国新型工业化建设提供了坚实的数字底座。

我国是全球唯一拥有全门类工业体系的制造大国，制造业增加值占全球比重近30%，产业规模连续多年位居世界第一，海量的工业场景与完备的产业体系，为智能制造发展筑牢根基。与此同时，我国建成全球规模最大的5G网络，基站数量、用户规模均领跑全球，形成成熟的5G技术、产业与应用体系。制造产业与5G通信产业的双重优势叠加，让“5G+工业制造”成为我国培育新质生产力、推进新型工业化的核心抓手。

近年来，国内“5G+工业互联网”建设成果丰硕，技术应用覆盖离散、流程等全品类制造行业，在智能物流、设备巡检、远程运维、厂区安防等场景落地大量标杆案例，顺利完成技术从0到1的试点验证，示范效应持续释放。面向工业



▲图1　5G独立专网带来智能制造生产关系重构

智造纵深发展，行业对网络提出全新需求：生产产线迭代、工艺升级、车间改造节奏持续加快，需要网络具备自主调度、灵活迭代能力；核心生产业务要求生产数据本地闭环、安全可控；PLC协同控制、精密运动控制等核心生产场景，对网络时延、抖动确定性提出严苛标准。

在产业转型的关键拐点，工信部等五部门印发《关于开展工业5G独立专网试点的通知》，从国家层面确立工业5G独立专网的发展路径。政策明确，工业独立专网可由制造企业自主建设、独立运行、自主管控，无需依托公网，将网络建设权、调度权与数据主权全面交还制造企业。这一举措重塑了工业智造的产业权责关系与生产协作模式，为5G工业应用规模化落地破除了制度与模式壁垒，标志行业迈入全新发展阶段（见图1）。

生产关系的重构为产业升级扫清障碍，但传统技术架构与行业思维惯性，仍是生产力释放的核心阻碍。长期以来，通信行业的网络架构、协议体系、运维逻辑均围绕公众大网设计，适配广域、共享的民用通信场景，与工业车间局部化、专属化、高实时的生产需求适配性不足。通信团队擅长公网建设，对工业OT协议、生产工艺、现场逻辑认知不足；制造企业深耕生产场景，却缺乏网络定制优化的技术能力，行业壁垒导致CT与OT融合长期难以落地。

传统公众网络采用终端、接入网、核心网三层分离架构，层级冗余、转发链路复杂、协议转换繁琐，不仅端到端时延波动大、可靠性不足，还增加了设备部署、施工运维、能耗管理的综合成本，是制约5G深耕核心生产场景的关键技术瓶颈。针对行业痛点，中兴通讯依托长期的通信与算力技术积累，创新推出算网一体极简二层架构，完成工业专网底层架构的颠覆性升级。方案将接入网、核心网、算力平台、边缘计算、协议适配能力高度集成，整合为一体化算网设备，将传统三层复杂架构精简为“终端+算网一体机”

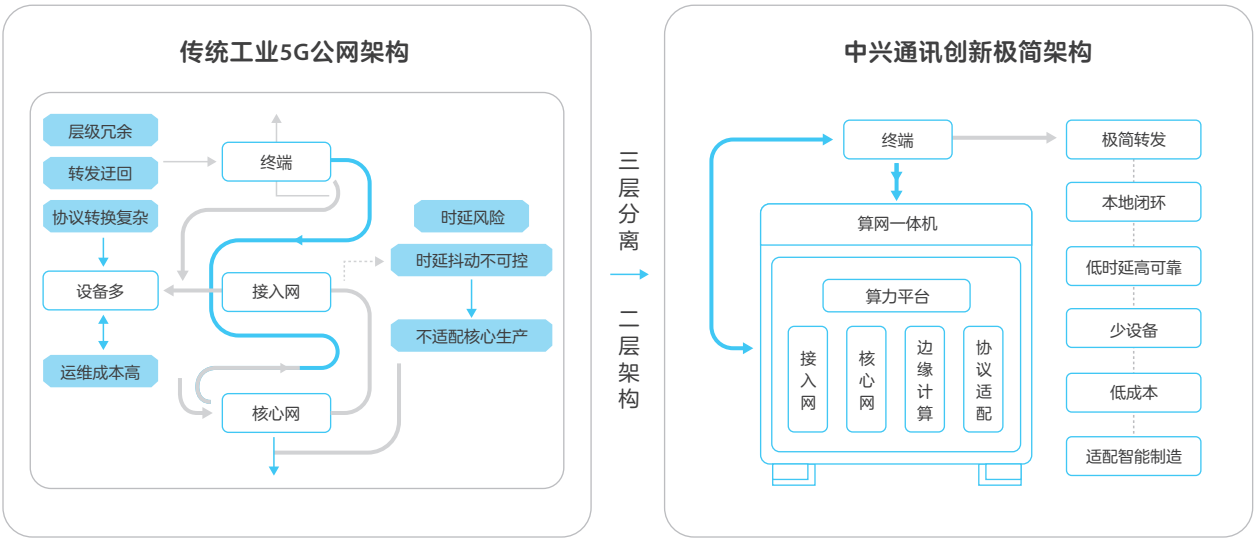
的极简二层架构，实现算网一体、本地协同、极简组网（见图2）。

该原创性技术创新，从效率与成本两大维度为制造业赋能增效。生产效率层面，二层架构简化转发链路，消除多层设备冗余转发与复杂协议转换，实现车间数据本地闭环传输，大幅优化网络时延与抖动性能，完美适配AGV集群调度、精密设备联动、实时工控等严苛场景，有效提升产线运行稳定性与柔性生产能力。投入产出层面，高度集成的算网一体机大幅减少组网设备数量，精简机房部署空间，显著降低硬件采购、工程施工、日常运维成本；一体化架构故障率更低、运维难度更小，有效降低企业人力与时间成本，彻底解决传统三层组网“投入高、适配差、复用低”的痛点。依托全新架构与自主网络权限，制造企业可完全根据生产需求自定义网络能力，让网络精准适配产线迭代与工艺升级。

三层转二层、算网一体的架构革新，是独立专网技术升级的起点，而非终点。传统模式下，通信厂商交付标准化网络，制造企业被动适配；独立专网时代，产业逻辑全面反转，网络必须主动适配多元化的制造工艺，依托可灵活编排的网络能力，匹配制造业多品种、小批量、快迭代的生产特征，真正实现技术服务生产。

中兴通讯紧扣独立专网时代的产业变革趋势，以自研算网一体技术为核心，打造高适配、可落地、易运维的工业5G独立专网整体解决方案，助力制造企业掌握网络主导权，全面激活智能制造生产力。

在底座建设上，中兴通讯极简算网一体架构，实现接入、核心、算力、边缘能力一体化集成，从底层完成三层转二层的架构革新，精简协议转换流程，保障工业业务低时延、高可靠、确定性传输。产品形态兼顾大型工厂规模化部署与中小车间轻量化落地，硬件通用、软件可裁剪，完全贴合工业场景极简高效、降本增效的建设需求。配套专属自运维平台，降低专网运维技术门槛，企业可自主完成网络配置、策略调整、终端管控与故障排查，彻底摆脱外部技术依赖，实现网络权责全面归位。



▲ 图2 传统三层网络与中兴通讯算网一体二层架构对比

> 中兴通讯紧扣独立专网时代的产业变革趋势，以自研算网一体技术为核心，打造高适配、可落地、易运维的工业5G独立专网整体解决方案，助力制造企业掌握网络主导权，全面激活智能制造生产力。

在场景融合上，中兴通讯深耕工业现场，持续推进OICT深度融合，打通5G专网与工业总线、PLC控制系统、MES生产系统的对接壁垒，将通信能力转化为工业场景可直接调用的标准化组件。始终坚持网络适配产线、技术服务工艺，针对柔性换产、移动组网、多设备协同等高频场景，提供动态可编排的网络能力。南京滨江“用5G制造5G”标杆工厂，已依托自研算网一体专网落地百余项5G创新应用，覆盖生产全流程，充分验证了方案的落地价值。

在智能演进上，中兴通讯打造网智一体的升级路径，推动5G独立专网与人工智能深度耦合。独立专网不仅是传输载体，更是工厂智能化的核心数据与算力底座。通过将边缘AI能力内生集成至算网一体架构，可实现生产数据实时采集、预处理与智能分析，赋能工业大模型落地质量检测、工艺优化、预测性维护等智能场景，构建“数据采集—边缘推理—产线执行”的本地智能闭环。依托网络智能体实现专网自配置、自优化、自修复，支撑自动化工厂向自主智能工厂升级，同时兼容5G-A、6G通感一体、高精度定位等前沿技术，为产业长期升级预留演进空间。

在生态构建上，中兴通讯打造多元化落地模式，充分尊重制造企业的网络主体地位，不片面推行单一建设标准。依托自研核心产品与全链条技术服务，支持企业自建自营、政企协同、三方赋能等多种建设模式，适配不同规模、不同类型制造企业的技术储备与运维能力，推动独立专网模式规模化复制、全行业普及。

5G独立专网带来的产业变革，核心在于重构工业智造生产关系，将网络主导权交还最懂生产的制造企业，破除标准化公网体系对工业场景的束缚。而中兴通讯算网一体二层架构，正是适配全新生产关系、破解行业痛点的核心技术抓手，为产业转型提供硬核支撑。

生产关系调整为产业升级铺路，技术创新为生产力跃升赋能。随着5G独立专网与算网一体技术的规模化落地，制造与通信产业将实现双向升级。制造业将彻底打破5G应用的场景局限，让数字技术深度嵌入核心生产环节，实现提质、降本、增效、安全的全方位升级，加速新型工业化建设；通信产业也将跳出公众大网的单一赛道，深耕工业专网蓝海，推动5G-A、6G技术实现场景化、产业化落地。

生产关系重构点燃生产力之火，技术创新夯实产业升级之基。伴随5G独立专网带来的模式革新与中兴通讯的技术赋能，通信与制造产业将深度共生、双向突破，持续激活新质生产力，为我国制造业高质量发展、数字经济与实体经济深度融合注入持久动力。ZTE中兴



赵丁
中兴通讯无线
5G ToB产品总监



何继青
中兴通讯无线
5G ToB方案总监

5G专频专网赋能行业数智化关键问题探讨

2026年6月，工信部等五部门联合印发《关于开展工业5G独立专网试点的通知》，标志着我国5G专频专网大门正式开启，迈入规模化落地新阶段。

2026年将是5G专频专网商用新起点，行业关注点聚焦在落地层面，比如，行业专网发展趋势如何，5G专频专网能解决什么问题，什么样的企业适合建设，产业生态是否成熟，如何建设和运营？本文将探讨5G专频专网落地部署的关键问题，期望能为企业决策者提供一些思路。

行业专网进入5G专频时代

行业无线专网从模拟通信起步（1G），经历了窄带数字化时代（2G/3G）、宽带数字化时代（4G），正进入通感算智一体化时代（5G/5G-A/6G），朝着专频化、扁平化、融合化方向发展。

随着人工智能在各行业全环节加速渗透，智能化装备、具身机器人、智能体等对带宽、时延、可靠性和安全性要求越来越高，而传统专网

因安全风险高、承载能力不足、技术过时、设备老旧、运维成本高等而不能满足需求。5G专频专网作为行业算网智一体化能力底座，加速行业向智能化、绿色化、融合化发展。

全球已有41个国家分配5G专网频谱，德国是最活跃的5G专网市场，博世、奔驰、宝马、大众、西门子、巴斯夫、汉莎航空等企业已建成5G专频专网。

5G专频专网的核心价值

5G专频专网是指基于授权频谱由企业主导建设接入网、核心网等关键设施，可不依赖于公网独立运行的企业专属5G网络，可满足特殊行业领域、大型特大型企业对自主管控网络设施和生产数据的刚性要求。5G专网具备高安全、灵活调整、自主管控、低时延、高可靠等特点。

- 资源专属

企业独享频谱、网络设备等资源，规避了公网的干扰、业务影响和拥塞问题。

- 灵活定制

企业可基于应用场景、业务流程和工艺节拍要求，在覆盖规划、技术组合、性能保障、协议适配、业务隔离等方面，对5G专网进行深度定制，并可按需部署、灵活配置、动态调整，从而实现网业协同。

- 融合承载

5G专网可将一张物理专网在逻辑上切割成多张虚拟专网，同时承载高带宽、大容量、高可靠等不同类型业务，实现多种业务的综合承载。

- 自主管控

企业可自主进行参数调整、版本更新和网络维护，快速响应产线工艺迭代需求，快速定位故障并恢复业务。

- 安全可靠

全套网络设施部署在企业内部，与外网完全物理隔离，企业掌握网络全部管控权限，网络端口的开闭由企业自主操作；仅限授权设备接入，并可采用更高等级的无线接入权限控制与空口数据传输加密标准，降低专网业务受到外部攻击的风险。

产业生态走向成熟

3GPP R16定义了5G独立专网标准SNPN（stand-alone non-public network）。中国通信标准化协会（CCSA）于2026年4月27日发布TCCSA 858-2026《工业5G独立专网 总体技术要求》，涵盖网络架构、功能要求、性能指标、接口要求、安全要求及管理要求。

国内5G专频专网候选频率主要包括L6G频段（N102，5.925~6.425GHz）、26GHz毫米波（N248，24.75~25.5GHz）、5G-R试点验证频率、5.9G频段（5.85~5.905GHz）、授权基础电信运营商的5G公众移动通信频率等。

L6G专频专网端到端产品已可规模商用

工信部2022年11月为中国商飞发放第一张企业5G专网频率许可，后续又向乌鲁木齐机场和吐鲁番机场发放了许可，都包含5.925~6.125GHz的L6G频段。

商飞智能联合合作伙伴全面开拓L6G专频专网产业化，聚焦产品研发、产业链构建、试验测试等，成功打造轻量化核心网、算网一体机、室外微基站、数字室分基站、终端模组、工业终端、网管平台、安全加密等端到端解决方案，经过多年试点示范已成熟稳定，具备规模商用的基础。

中国商飞建成了大飞机研制领域的规模化L6G专频专网，覆盖设计研发、生产制造、试飞运营全流程，实现了柔性机器人协作控制、移动机器人机加检验、柔性涂胶、百万量级生产要素数据实时采集等创新应用。吐鲁番机场L6G专频专网已规模商用，接入1000+作业保障车、无人

牵引车、行李分拣机器人、节点录入等。

5G毫米波等专频专网端到端产业链成熟稳定

国家已明确24.75~25.5GHz用于工业企业/工业互联网+物联网，鼓励在制造、采矿、能源、港口、铁路、国防工业等领域申请试点。截至2026年1月，国内已建设超15个26GHz频段5G毫米波工业专网试点项目。26GHz频段5G毫米波网络主设备核心部件均已实现国产化，支持独立组网部署，主要国产厂商均已推出量产级毫米波基站、模组和终端，可充分支撑专频专网的建设与规模化拓展。

铁路行业5G-R专网，经历了实验室测试、环形跑道测试、合新高铁示范线功能测试，从网络产品到终端生态已稳定成熟，具备规模化商用部署的基础。

城市轨道交通5G专网，处于产业生态培育阶段，多地已做好试点示范准备，待相关部门发放频谱许可后启动试点验证。

建设运营建议

不同行业、不同企业、不同场景对无线专网的要求差异较大，5G专频专网适用于有自主管控要求、有刚需业务、有综合实力的特殊行业的大型、特大型企业。

- 极高安全需求。对网络设施和业务数据要求极高安全的国计民生行业，如国防科技、政务应急、能源交通、装备制造等行业。
- 自主管控。需要根据业务场景和工艺流程深度定制、自主优化、动态调整，需要自管理、自运维。
- 极高确定性。工业控制、设备远控、信号/列控、自动驾驶等控制类业务对时延、抖动、可靠性等确定性网络能力要求极高，而传统无线专网或5G公网专用难以满足。
- 柔性生产。AGV、机器人、集卡/矿卡等移动设备，定制化生产频繁调整产线等剪辫子场景需要5G无线专网支撑。
- 综合实力强。需要具备5G专网“建、用、维、管”的资金、技术、组织和人才基础。

针对专频专网建设，不同行业、不同规模的企业，需要匹配差异化的需求和建设模式，做好前期准备、网络建设和业务上线、全生命周期自主运维和管控等工作。

- 前期准备

企业需评估5G专频专网的必要性和可行性，是否存在真实的刚需业务，是否有足够的能力保障专网建设和运营；根据自身情况选择独立建设，还是企业牵头、支撑单位参加的方式组成联合体，并向相关部门申请频率许可。

- 建设与上线

优选主流设备供应商，需评估厂家综合实力，是否自研端到端产品、是否具备产品性能调优和工程化能力、是否在当地有售后团队、是否有对应行业的成功案例等。网业深度融合定制网络解决方案，需结合业务场景、工艺流程、厂房环境、设备分布等精准设计专网解决方案。按需对企业现有设备和业务系统联网改造，实现系统互联、数据互通、信息互操作，保障业务平稳上线。

- 运营运维

企业需具备长期独立运维能力，需评估专网运维管理平台是否具备“免规划、免调测、免运维”的三免自服务能力，支撑自主开卡放号、网络性能监控、业务状态监测、快速响应告警、及时恢复业务等。

综上所述，5G专频专网具有资源专属、灵活部署、自主管控、安全可靠等优势，但对企业综合实力有较高的门槛要求，适合具有刚性业务需求的特殊行业、大型特大型企业。5G专频专网端到端产业生态稳定成熟，已可规模商用，企业需优选综合实力强的主流设备供应商、定制“建、用、维、管”方案，将专频专网的价值发挥到极致，深入推进数智化转型。ZTE中兴

打造新一代5G专频专网技术体系



韩营

中兴通讯无线产品专网市场总监

随着数字化、智能化进程的加速，各行各业对通信网络的可靠性、安全性、低时延和高带宽提出了更高要求。行业当前正加速向5G专频专网演进，即使用专用分配频率，构建独立专属的5G网络，实现“频率专用、网络专建、数据专管、服务专供”。

2026年，国家推进一系列支持5G独立专网的发展措施，中国专网向5G化、专频化、全行业等趋势发展。中兴通讯积极响应国家政策，推出行业全系列5G专频专网体系，面向铁路、民航、工业、轨交等多个行业场景应用，为企业数字化转型提供端到端解决方案。

图片由AI辅助生成

新一代铁路通信系统5G-R

5G-R是面向铁路行业的专用5G移动通信系统，旨在替代传统的GSM-R技术，为铁路运输提供更高速率、更低时延、更高可靠性及更大连接能力的无线通信支持。其主要亮点如下：

- 高可靠与高可用性：满足铁路系统对通信“零中断”的严苛要求，支持双链路冗余、快速切换和多层级保护机制，确保调度指挥、列车控制等关键业务连续不中断。
- 高速移动与容量补偿技术：中兴通讯具备模拟500km/h高速列车的试验环境，可检测并补偿多普勒频移，改善无线链路性能。此外，提供业界独有的UltraCell技术，将多个位置组小区组合为一个逻辑小区，小区间调度独立，容量提升最大可达6倍。
- 环境适应性强：5G-R设备需满足TB/T 2846-2015等铁路行业机械振动、高低温、高海拔（可达5000m）、强电磁干扰等严苛环境要求。例如，RRU支持高铁隧道挂墙、桥梁轨道旁3米内安装，BBU可与铁路机房共柜部署，pRRU支持吸顶安装。

5G-R不仅是铁路通信技术的代际升级，更是铁路智能化、自动化和数字化转型的关键基础设施。中兴通讯依托在5G领域的深厚积累，积极参与标准制定，推出适配铁路场景的定制化产品与解决方案，助力中国铁路迈向“智慧化”新时代。

新一代民航机场场面通信系统5G AeroMacs

5G AeroMACS（5G for aeronautical mobile airport communication system）主要面向机场地面通信场景，旨在提升机场地勤调度、航站楼运营、飞机滑行引导等关键环节的通信能力与智能化水平。其主要方案与亮点包括：

- 采用5.1GHz民航专属频率、独立组网（SA）架构，部署于机场内部，不依赖电信运营商网络资源，确保关键业务通信不受公网拥塞或干扰影响。
- 系统支持高精度数字地图分发、实时滑行路径规划、设备位置追踪、数字化指令交互等功能，实现塔台管制员、飞行员、地勤车辆驾驶员之间的信息共享与协同决策。
- 中兴通讯实现系统、芯片、终端全链条自研，保障技术安全与供应链稳定，具备完整的知识产权和定制化演进能力。

5G AeroMACS的应用将传统依赖语音通信的机场场面运行模式升级为数字化、可视化、智能化的新范式，降低人为差错风险，提升跑道与滑行道使用效率，减少航班延误，助力智慧机场建设迈向新阶段。

面向5G-A工业场景的26G毫米波专网

5G毫米波（mmWave）是5G-A的关键技术之一，具备超大带宽、超高速率、超低时延和高精度波束赋形等优势。中兴通讯基于多年研发积累，推出端到端毫米波解决方案，涵盖基站、终端、网络架构与行业应用，推动毫米波从技术探索走向规模商用。其主要技术方案与亮点包括：

- 超大带宽设备支持。中兴通讯推出支持业界最大1.6GHz带宽的毫米波基站设备，单小区峰值速率可达28Gbps，满足超大上行业务通信需求。
- 灵活组网与微小区部署。毫米波信号传播距离短、易被遮挡，适合按需部署于热点区域。除室外通信产品外，还可采用微小区（Microcell）灵活组网方式，在体育馆、商场、机场、工厂车间等高密度场景实现精准覆盖，同时支持与Sub-6GHz网络协同组网，实现“广覆盖+热点增强”的融合组网模式。
- Massive MIMO与波束赋形技术，提升信号增

益与空间复用效率，有效补偿毫米波路径损耗，增强覆盖能力与系统容量。

- 通感一体，利用毫米波高频率、高精度感知特性，在低空安防、水域航道监测、车路协同、桥梁/山体微形变检测等场景，可实现通信与感知功能融合，拓展5G-A新边界。

随着产业链与应用的不断成熟，毫米波正加速商用进程，成为5G下半场的核心驱动力。

新一代独立工业专网L6G

L6G工业5G独立专网是中兴通讯近年来推出的面向工业龙头企业的端到端物理隔离的专用通信网络，采用独立专网架构，从无线基站、传输到核心网控制面与用户面均为企业独立建设、独立部署，实现资源物理独享、数据完全隔离，满足工业场景对安全性、可靠性与低时延的严苛要求。

其主要技术亮点包括：

- 端到端物理隔离，专有数百兆大带宽频段满足独立建网要求，确保网络资源独享、数据安全可控，满足高等级安全需求。
- 超低时延与高可靠，满足企业生产要求的确定性、可靠性以及链路级保障，业界独有的SuperMIMO保障上行容量需求。
- 端到端加密安全技术，采用国密算法保障，实现无线接入网到终端的端到端安全接入与管理保障。
- 专网自主运维，打造企业侧自主运维能力，降低运维成本，可实现端到端故障一键快速定界定位。

L6G工业独立专网方案高度匹配智能制造、智慧矿山、智慧港口等关键行业信息化需求，可为工业智能化提供坚实可靠的连接基础设施。

新一代城市轨交通信系统

轨道交通5.9GHz无线专网解决方案是面向城市轨道交通智能化、数字化升级需求，基于专用5.9GHz频段构建的高可靠、大带宽、低时延的5G专网系统。该方案可解决传统轨交专网多制式并存、频谱紧张、运维复杂等痛点，推动轨道交通向全自动运行、智慧运维和数字孪生等高级形态演进。其主要技术亮点包括：

- “一张网”统一承载多业务：实现对轨道交通原有列车自动控制系统、集群调度通信系统及车地无线通信系统三大核心系统的综合承载；支持未来新兴业务，如高精度定位、车车通信（TACS）、智能巡检机器人、数字孪生等，实现“承前启后”的业务融合。
- 端到端专网架构：频率专用，采用国家拟分配的5.9GHz专用频段，避免公网干扰，保障业务独立性与安全性；基站覆盖，采用“BBU+RRU+天线”组网方式，在隧道、车站、车辆段、高架等全场景实现连续覆盖，支持虚拟小区（SuperCell）、频谱共享等关键技术；终端类型丰富，支持TAU（车载终端）、车载台、手持台、固定台、CPE等多种终端，满足不同业务接入需求。
- 全场景覆盖与工程适配：满足隧道、车站、车辆段、高架等轨交多个场景下的通信需求。

轨道交通5.9GHz无线专网通过专频专用、一网多能、安全可信、智能运维的核心设计理念，为城市轨道交通构建了一张高可靠、高性能、高智能的下一代无线通信网络。

专频专网正成为行业数字化转型的核心支撑，中兴通讯依托5G-R、5G AeroMACS、毫米波、L6G工业专网、5.9G新轨交专网等创新方案，打造端到端独立专网体系，实现频率专用、网络专建、数据专管、服务专供，全面赋能多行业关键领域智能化升级。ZTE中兴

国之重器，5G独立专网保驾护航



汪竞飞

中兴通讯无线ToB产品规划总监



章松

中兴通讯无线安全方案总监

2026年6月，工信部、国防科工局等五部门联合印发《关于开展工业5G独立专网试点的通知》。政策首次明确工业5G独立专网的定义，即由企业自主建设全套接入网、核心网与边缘算力，完全区别于运营商虚拟切片的专网，彻底打破了以往企业租用公网资源的传统模式。

以飞机制造、船舶制造、重型机械等为代表的高端装备制造业，对生产精度、过程追溯、质量控制要求极高。其通信系统必须做到“物理隔离、逻辑闭环、全程加密”，需要确保“涉密信息不上公网”，科技信息安全不外泄。同时，在生产过程中还需要实现远程精准控制，达到毫秒级响应的协同装配。对于装备工艺参数、核心设计图纸等核心知识产权数据，还需要防止越权调取、链路窃听等风险，确保商业秘密安全，并进行全生命周期数据追踪。

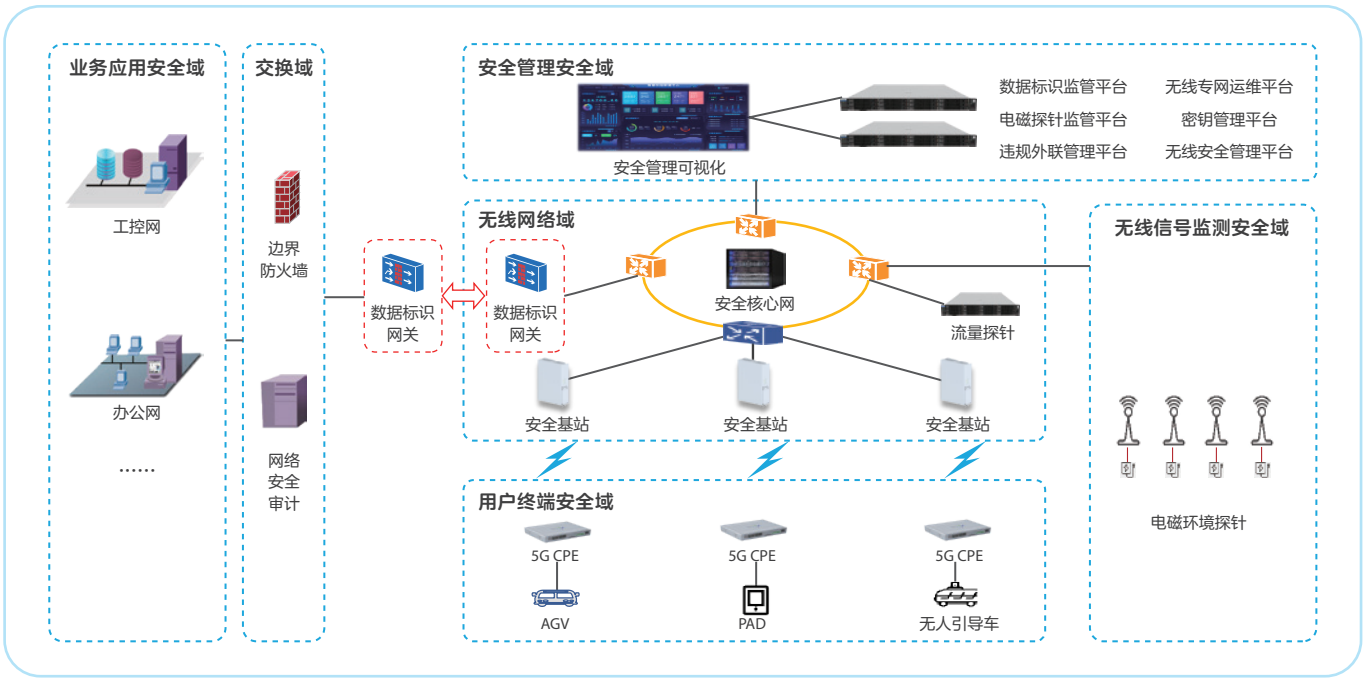
5G独立专网一方面实现了企业对专网的自主可控，另一方面可以完成安全防护能力升级。5G独立专网全程与公网无互通。在性能层面，摆脱公网资源限制，灵活实现上下行配比，达到稳定超低时延与超高可靠性，带宽、算力资源专属独享，可动态灵活适配柔性产线、机动试验场景；应用层面，可在自有设备上深度适配数据采集、远程控制、数字孪生等核心场景，兼顾生产效率与安全可控。

5G独立专网一般分为四层架构：

- 终端接入层：适配工业的加固终端、数控设备、试验终端，需要绑定专属频段与设备白名单；
- 无线接入层：企业自建国产化微基站、宏基站，涉密区域配套电磁屏蔽设备，可按需关停射频信号；
- 核心网与边缘层：轻量化5G独立核心网本地部署，实现数据本地闭环、不流出厂区，联动TSN网络保障确定性传输；
- 运维平台层：搭建自主管控平台，实现网络监控、权限管理、流量审计、故障自愈全流程管控。

更重要的是，为应对特殊行业与大型企业对无线通信网络及关键生产数据的高安全需求，5G独立专网从顶层设计之初，即系统构建“物理隔离、自主可控、安全内生、安全监测”四大核心安全能力（如图1）。

- 物理隔离：5G专网建设需要通过专用频谱审批，部署区域内，需实现无线空口的绝对独占与网络设备的物理隔离；建设区域外部署电磁探针，对厂房边界与园区边界实施信号溢出监测，并依托基站空口干扰检测机制，实时感知频段异常，构筑无死角的物理安全边界。
- 自主可控：5G专网设备采用国产化关键芯片与核心软件，筑牢供应链安全基石；应用强化国密算法，满足设备入网身份认证与数据传输端到端加密，实现专网设备接入可控。
- 安全内生：设备在身份鉴权、访问控制、安全审计与入侵防御的基础能力之上，深度定制高安全增强功能。终端禁用非必要通信模块，网络设备支持1588v2精密时钟同步，禁用GPS等时钟源，杜绝地理信息泄露，同时



▲图1 5G独立专网安全网络架构

内置信令智能分析引擎，实现异常信令的实时告警与上报。

- 安全监测：系统整合网络安全策略、违规外联、密钥管理、专网运维、数据流转与电磁探针六大监管平台，构建统一可视化监控中枢，实现安全资产、策略执行与威胁态势的全生命周期实时感知与快速响应，为工业核心生产系统提供可审计、可追溯、可管控的坚实保障。

为适配不同场景需求，5G独立专网有三类主要建设模式：

- 强安全管控企业采用全自建模式：企业完全自主投资并建设专网基础设施，拥有网络全部控制权，实现物理隔离与深度安全管控，满足最高级别保密要求；
- 通用装备企业采用联合共建模式：由企业与通信服务商共同投资建设，资源共享、责任共担，在保障安全可控的同时降低初期投入压力，支持灵活扩展与专业化运维；
- 企业内的小型安全管控区域采用轻量化极简模式：采用一体化基站设备，快速部署、运维简便，适配临时试验或机动产线，兼顾安全隔离和建设成本需要。

随着AI应用越来越多地向生产核心渗透，无论是具身机器人，还是智能体应用，都需要企业具备更广泛更灵活的无线网络，与此同时，关乎国计民生的安全防护也需持续加强。

当前5G独立专频专网的发展刚刚拉开帷幕，还需不断探索和完善：各行业需完善顶层架构设计，明确建设的安全规范和技术标准；更多专用频段有待进一步开放，探索“频谱高效利用”机制；产业生态有待成熟，通信、工控、安全等企业与制造行业需联合攻关，打造多样化的产品解决方案。随着试点政策持续落地、国产化5G产业链不断完善，5G独立专频专网将成为高端装备制造、国防科技领域的标准通信底座。ZTE中兴

城市轨道交通5.9GHz专频专网

从多制式并存到5G综合承载



官科

北京交通大学电子信息工程学院教授



胡浩

中兴通讯轨交5G方案总监

在城市轨道交通专用无线网络的技术演进中，采用5G制式的专频专网正成为重要发展方向。在频谱分配层面，全球范围内越来越多国家和地区将5.9GHz频段用于智能交通相关领域的通信，频谱使用策略也逐步由单一业务独占向关键业务保护、弹性共享和多业务融合演进。国内也在探讨轨交专用5.9GHz频谱的频率规划，推动产业发展。在网络制式层面，国际干线铁路正以FRMCS为主要演进方向，其基于5G传输层和MCX（mission critical services）业务层的架构为城市轨道交通综合承载提供了重要参考；国内城市轨道交通5G公/专网已实现规模化应用，铁路5G-R也在持续推进技术验证和应用准备。由此可见，5G正在成为轨道交通无线通信的重要技术底座，其发展重点也将由单纯提升连接能力，转向面向不同场景和业务安全等级的综合承载。

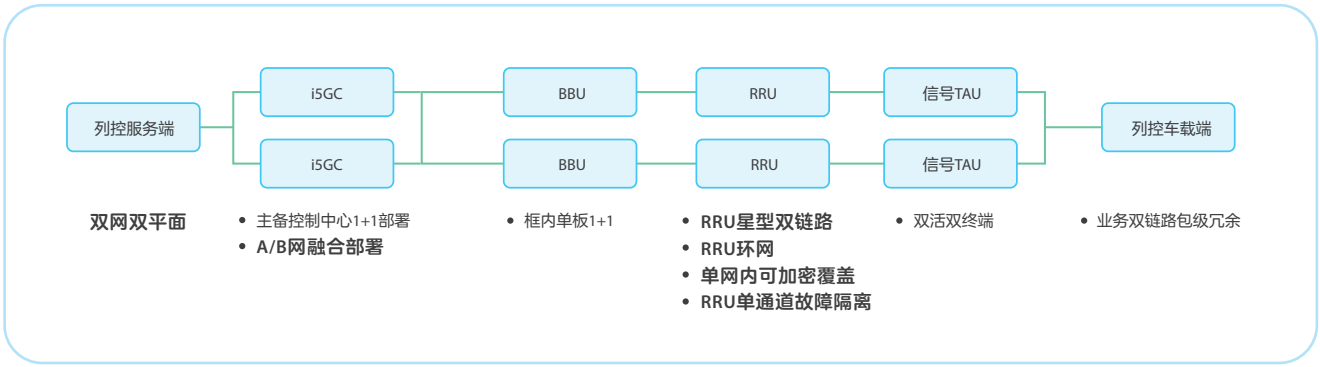
现有城市轨交无线专网的多制式困境

当前，轨交无线系统普遍采用TETRA、LTE-M、Wi-Fi 6、UWB及5G公/专网并存的多网架构，存在显著瓶颈：LTE-M受限于1.8GHz频段共享，单网有效带宽仅5~10MHz，难以支撑高带宽业务；TETRA为窄带语音系统，加密机制存在安全风险，且非国产化；Wi-Fi 6工作于非授权频段，移动性差、QoS无保障，安全性薄弱；UWB需独立组网，增加投资；5G公/专网依赖公网切片，缺乏业务可靠性兜底能力，无法承载列控类关键任务。此外，多网叠加导致接口繁杂、频率干扰频发、管理边界模糊，严重制约城市轨交智慧化升级。

5.9GHz专频专网技术发展分析

5G制式5.9GHz轨交专频专网以“一网承载、多业务融合”为架构核心，可全面突破上述瓶颈。

在性能层面，5.9G频段可使用40MHz载波带宽，结合1D3U帧结构与专门定制的2:2:10时隙配比，显著强化上行能力。同时支持多通道小天线部署，实现4通道及以上的分集增益，提升抗衰落能力。理论估算表明，在120km/h运行条件下，相较10MHz LTE-M系统，平均上行速率由25Mbps提升至140Mbps，边缘上行速率由8Mbps提升至25Mbps，满足实时视频监控、区间智慧运维、机器人巡检等高带宽大上行业务需求。还可利用5725 ~ 5850 MHz非授权频段开设更多5G小区，通过载波聚合进一步提升单个车载TAU终端的上行传输能力，用于非关键的超大带



▲图1　5G制式用于列控业务的可靠性能力分析

宽业务。

在可靠性方面，采用较LTE-M更先进的工艺、器件及技术，单设备可靠性更优。如图1所示，系统延续LTE-M的A/B双网独立冗余架构，并实现多维度增强：核心网采用1+1主备部署融合A/B网，BBU支持框内单板冗余；RRU支持星型双链路与环网组网，单RRU故障或单通道故障时单网小区仍可降质运行；业务层实现双活终端、包级冗余与车站级本地集群。通过数字孪生仿真，可精准建模隧道遮挡、同频干扰与切换风险，实现故障组合推演与覆盖优化，确保冗余保障能力落地。

在成本效益上，一张5.9GHz专网可替代原有TETRA、LTE-M、Wi-Fi等多套系统，大幅削减基站、传输、机房及配套建设投入。虽因高频覆盖半径较小，站间距加密到约500m，但充分利用天线相对漏缆的成本低、部署快的工程优势，显著降低工程成本与施工周期。运维层面，统一技术体系降低人员技能门槛，减少备件种类，结合智能网管与数字孪生平台，实现故障预测、参数自优化与能耗动态调控，全生命周期成本显著优于多网并存模式。

产业进展与展望

产业推进方面，中兴通讯已建成涵盖核心网、无线接入网及车载终端的端到端5.9GHz专网产品体系，支持新建线路部署与既有线路改造。下一阶段，行业应建立“场景建模—仿真验证—线路实测—运营迭代”闭环体系：基于高精度三维电磁仿真构建数字孪生环境，开展覆盖、容量与切换推演；通过实验室信道仿真、空口测试与故障注入验证系统韧性；在典型隧道、高架、站台、车辆段开展实测校准；最终依托运营数据持续优化网络模型，实现从“能用”到“可规划、可验证、可运维”的跨越。

进入5G时代，国内移动通信技术正在从“连接”迈向“智能”，无线网络也由单一通信基础设施演进为支撑行业数字化转型的综合信息底座。对于城市轨道交通而言，依托5.9GHz频谱、自主可控的5G技术和完整产业链，通过关键业务保护、多业务分级承载以及场景化智能规划，有望逐步形成统一且可持续演进的国产化无线专网体系，为列车运行控制、运营调度、乘客服务、设备运维和未来智能化业务提供长期支撑。ZTE中兴

专频筑安全底座，数智赋能智慧民航



刘君

中兴通讯RAN产品行业市场总监

随着全球民航运输业的持续增长，国内枢纽机场运行主体日益多元化，空管、机场、航司、机务等多单位协同需求不断激增。传统的模拟对讲、有线传输以及公网切片方案已难以满足飞行区安全运行的刚性要求。机场是国家关键基础设施，采用公网方案存在诸多制约：信道干扰风险突出、数据管控权外移、终端缺乏适航认证；业务优先级无保障，无法支撑滑行引导、防跑道侵入等毫秒级控制业务；同时，公网频谱易受干扰，可能影响机载导航设备，不满足CTSO（China Civil Aviation Technical Standard Order）适航标准。

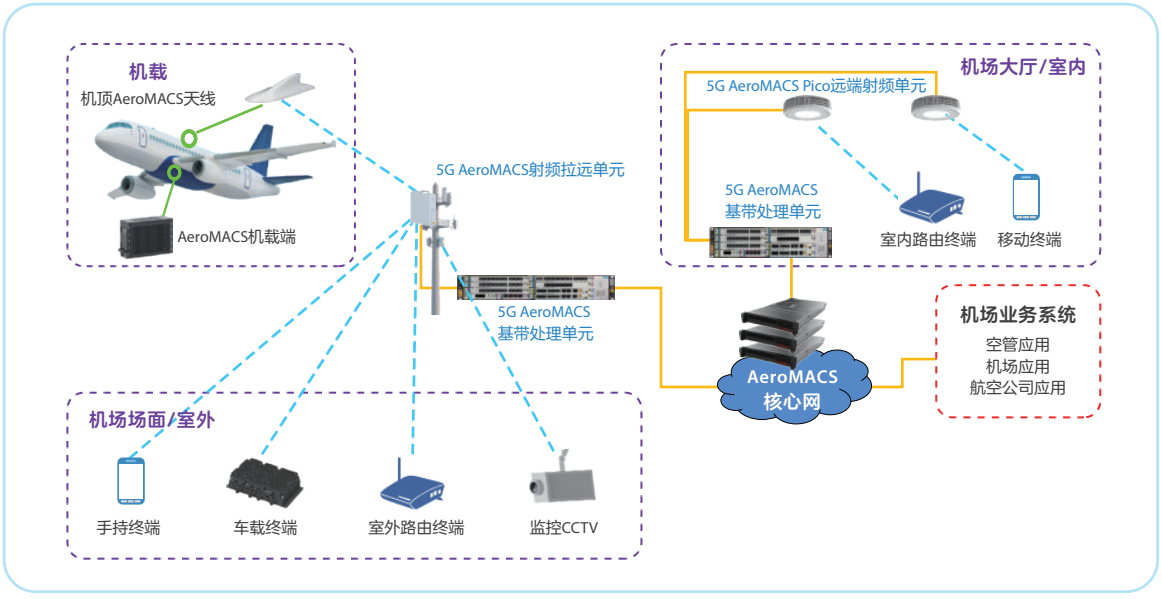
根据民航局发布的《航空5G机场场面宽带移动通信系统建设应用实施方案》，机场飞行区Ⅰ、Ⅱ级安全业务（包括航空器管制、场面运行保障等）必须采用5091~5150MHz 5G AeroMACS航空专网。中兴通讯推出业界首款端到端5G AeroMACS专频专网方案，为机场提供安全高效、自主可控的场面通信基础设施。

中兴通讯5G AeroMACS专频专网方案

中兴通讯5G AeroMACS专频专网方案以专属频段、自主架构、全栈国产化、航空级安全为核心，致力于构建机场飞行区“数字跑道”，为民航安全通信提供坚实底座。

方案采用“机载终端—地面无线接入—轻量化核心网—机场业务平台”四层独立组网架构（见图1），全程物理隔离，不与公网互通，确保最高级别的安全保障。

- 机载层：搭载5G AeroMACS机载端与专用天线，自研模组适应机载严苛环境。
- 无线接入层：室外宏站覆盖跑道、滑行道，室内Pico覆盖塔台、机坪，利用通信抱杆、灯光杆、楼顶立杆等实现轻量化部署。
- 核心网层：i5GC集成于iCube云网一体柜，提供统一运维门户，实现机场自主管控。
- 业务层：对接空管场监、电子进程单、机场协调



▲ 图1 5G AeroMACS四层组网架构图

管理等现有系统，实现全域数据共享。

方案具有以下核心优势：

- 合规专频，规避航空干扰

方案采用ITU、ICAO（International Civil Aviation Organization）全球统一划定的5091~5150MHz航空保护频段，从根本上解决射频干扰顽疾。机载设备可取得CTSOA适航证，地面设备可取得民航通讯导航监视设备许可证，匹配《5G AeroMACS机载移动台CTSO适航标准》和《航空5G AeroMACS地面站技术要求》，满足Ⅰ、Ⅱ级安全业务准入门槛。

- 端到端全栈自研，自主可控

中兴通讯实现从芯片、终端、基站到轻量化核心网i5GC的全链路自主研发。芯片层采用6nm S1航空基带芯片、16nm射频芯片；模组层采用AM2010民航专业M.2模组；地面覆盖提供R9015 S51室外宏站、R8159 T5100室内Pico、V9200基带、iCube云网一体柜；机载端采用标准化AeroMACS终端，适配国产大飞机。设备实现100%器件国产化，核心代码自研率超过99.7%。网络资产、频谱权限及运维权完全归属机场，数据本地闭环运行，规避第三方管控风险。

- 航空级高可靠安全架构

方案严格匹配民航三级业务分级：Ⅰ级航空器安全与Ⅱ级机场运行安全采用独立物理专网，与公网物理隔断。同时部署空口国密加密、终端双向鉴权、无线入侵监测、白名单管控等一体化安全措施，全面抵御APT攻击、勒索软件、虚假注入等威胁。

全网可靠性达99.999%，端到端时延仅10~15ms，实测下行峰值527Mbps、上行154Mbps。资源独享，支持毫秒级自愈，完美适配机场监视指挥等实时控制场景。

- 全场景业务适配

方案覆盖机场15大类核心业务，包括可视化滑行引导、助航灯光智能控制、跑道防侵入、泊位引导、机场协同决策、机坪AI监管、驱鸟导航、低能见度电子围栏、应急指挥等，一套网络即可承载民航局规定的全部50项Ⅰ、Ⅱ级安全业务。

此外，方案支持跨机场、跨境无缝漫游，机载终端转场无需重新注册，全面遵循ICAO全球标准，为机场运营提供灵活、统一的解决方案。

标杆实践：郑州新郑机场国产真机验证

2023年11月，中兴通讯联合河南空管分局、郑州新郑机场、中国商飞，启动国内首个5G AeroMACS规模化试点。项目规划5处室外站址、7个小区，覆盖北跑道、滑行道、停机坪，利用雷达塔、机坪塔台等现有抱杆部署。

2024年8月，项目完成C909机型滑行验证，实现三大突破：

- 可视化滑行引导：实时推送路径、气象、流控信息，提供语音与图形告警；
- 机－车－场道一体化态势感知：北斗高精度定位结合电子围栏，有效预警跑道侵入；
- 管制与机组实时视频协同：高清传感与电子放行工单实现超低时延传输。

实测数据显示，滑行道RSRP稳定在-80dBm~-120dBm，用户面时延控制在10~14ms，极限拉远场景下仍保持上行10Mbps、下行70Mbps的性能表现。

试点成果已成功复制至杭州萧山、南宁吴圩、上海虹桥等机场。

中兴通讯作为EUROCAE正式会员、CCSA TC7副组长单位，深度参与5G ATG、AeroMACS CTSO适航标准制定，构建空地一体通信矩阵（包括5G AeroMACS机场场面专网、5G ATG地空宽带、WAIC机载内部无线、L-DACS数据链）。

在信创配套方面，GoldenDB数据库、海光服务器、安全操作系统已完成与中国航信、东航、南航等单位的国产化替代，系统时延从300ms降至50ms以内。面向6G未来，公司依托国家6G战略实验室，持续拓展低空eVTOL、无人机管控等新应用场景。

5G AeroMACS专频专网是政策合规、技术自主、运行安全的必然选择。中兴通讯凭借三十年通信积淀、全栈自研能力和丰富实践经验，成功打破航电技术壁垒，为机场提供安全高效、自主可控的场面通信基础设施。未来，公司将持续推动全国规模化商用，助力机场运行无人化、调度一体化、安全智能化，全面支撑智慧民航高质量发展。ZTE中兴

空天地一体化覆盖
构筑新一代电力无线专网



刘君
中兴通讯RAN产品行业市场总监



王昕
中兴通讯RAN产品行业规划总监

随着国家双碳目标落地与新型电力系统建设的推进，我国电网发展呈现源网荷储协同、分布式电源大规模接入、无人化运维普及的全新特征，电力通信业务也从传统调度语音、简易数据采集，升级为精准负荷控制、低时延数据采集、实时高清视频、多维度感知的多业务并行承载模式。2021年，国家发展改革委、国家能源局等四部门印发《能源领域5G应用实施方案》，鼓励电力行业建设专属隔离通信专网。

中兴通讯深耕电力通信领域多年，推出电力无线专网分层异构专频组网方案。方案四大频段分工互补、协同联动，配套统一专网管控平台，针对性解决电力通信远区终端连接、站内业务调控、高清画面传送、厂区安防等痛点，助力电网完成数字化向智能化的升级。

电力无线专网四层通信频段依托各自传播特性、带宽资源、部署成本形成互补体系，精准匹配电网四层业务需求，构建“远覆盖、稳传输、大带宽、全兜底”的完整频谱矩阵（见图1）。

- 低频（Sub3GHz）：电力广域覆盖的地基基础网

低频（Sub3GHz）绕射、穿透性能优异，路径损耗小，单站覆盖半径可达数公里，山体、杆塔、建筑物遮挡场景信号衰减小，建站密度低、长期运维成本可控，适配海量低速率物联网终端接入，如配/用电FTU三遥采集、DTU二遥终端、智能电表、低压分布式电源等。

低频（Sub3GHz）产业链相对成熟，高通、中兴微电子可提供5G芯片支撑；美格、移远、广和通等模组厂商已推出专用模组；中兴通讯等设备商完整布局基站、核心网等设备。

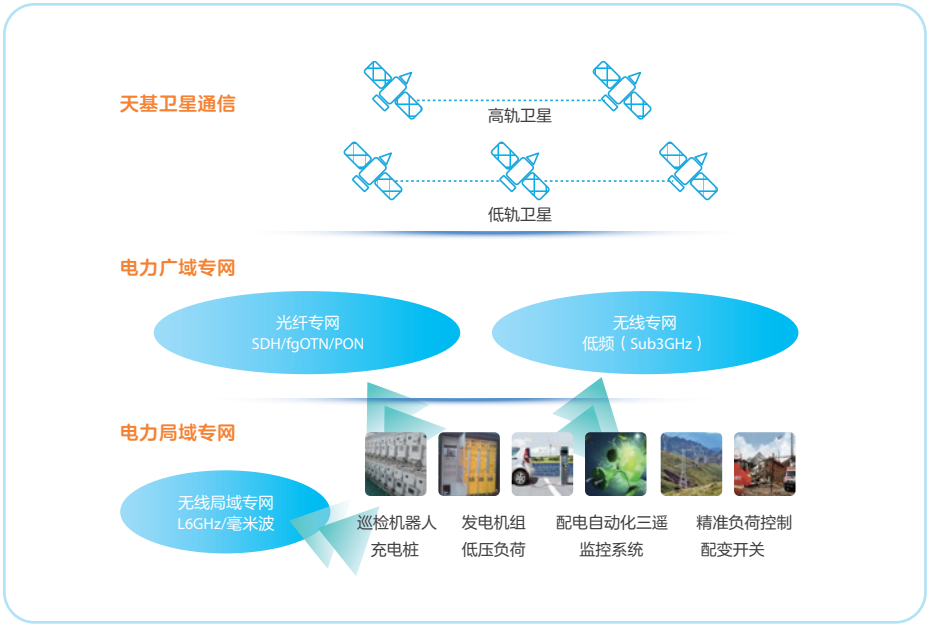
- L6GHz：兼具覆盖和容量优势的黄金中频

L6GHz频段范围为5925~6425MHz，规划用于固定通信、移动业务、无线定位等应用，是5G-A/6G时代的黄金频段之一。作为中频段，L6GHz天线易于小型化、实现高增益波束赋形，定向传输抗干扰能力突出，适配变电站至调度中心高清图像回传、继电保护信息传输等点对点稳定通信场景。L6GHz拥有500MHz连续大带宽，支持TDD工作模式，容量空间充足，可承载4K/8K超高清视频监控、广域同步相量数据并发、无人机高清动态图传、数字孪生大数据回传等低时延、高流量业务。

产业链方面，中兴通讯已实现室内外L6GHz基站商用交付；芯片端，中兴S1芯片完整覆盖L6G频段，2026年迭代的S2芯片功耗可降低60%~70%，紫光展锐V620网关芯片、T820终端芯片同步推出；基于国产芯片的模组、终端设备均已具备商用条件。

- 5G毫米波：场站智能化高带宽业务承载层

行业专用5G毫米波频段为24.75~25.5GHz，拥有超大连续带宽、超低时延、超高吞吐优势。毫米波集中部署于变电站、换流站等区域，小范围密集组网实现千兆无线接入，弥补光纤难以布线区域的大带宽传输缺口，支撑场站无人值守智



◀ 图1 电力空天地一体多频段融合架构图

能化改造。毫米波可主要承载变电站巡检机器人、4K/8K全景监控、站内无人机实时图传等高流量业务。同时，毫米波原生集成通感一体能力，可完成目标测距、测速、角度识别，实现厂区入侵检测、环境三维重构，支撑智慧安防创新应用。

当前毫米波端到端产业链成熟，中兴通讯、高通、联发科等厂商推出多规格芯片、模组与CPE终端，支持NSA/SA双模；中兴通讯等设备商可提供全套基站、核心网产品方案。

- 卫星NTN通信：天基全域兜底应急保障网

结合电力现有业务发展需求，为全面提升电力通信网络全域覆盖、全时可靠、智能协同能力，保障电网安全稳定运行与新型电力系统建设，建议采用“高轨保底覆盖、低轨增强容量”的架构，构建全域、全时、高可靠的电力专用卫星通信网络。

高轨卫星（GEO）作为偏远区域基础覆盖层，以IoT-NTN业务为主，提供全天候、不间断通信保障，适用于偏远站点常态化数据采集、应急备用链路、广域物联网接入。

低轨卫星（LEO）作为容量增强层，以NR-NTN业务为主，提供低时延、大带宽服务，适用于视频回传、无人机巡检、动中通、配电自动化等高带宽业务。

中兴通讯是3GPP NTN标准核心参与者，掌握星载处理、相控阵天线等关键技术，联合三大运营商完成多轮在轨与实验室验证，可交付全套端到端卫星通信解决方案。

新型电力系统建设中，通信网络已从配套支撑转变为电网安全稳定运行的核心基础设施。中兴通讯整合低频（Sub3GHz）、L6GHz、毫米波地面专频网络与NTN卫星通信，打造“地基为主、天基补强”的空天地一体化专网，一站式满足电网广域覆盖、业务分级承载、高带宽智能场景、极端灾害保底通信等业务需求。当前毫米波方案已在多省电网配网改造、新能源场站专网、电力应急演练项目完成试点，时延、可靠性、传输带宽等关键指标满足电网运行标准。

后续中兴通讯将持续优化多频段协同调度算法，迭代星地5G无缝切换技术，融合通感一体、无源物联网前沿技术持续升级方案，以高韧性、全国产自主可控的一体化专属通信网络，支撑我国新型电力系统高质量建设与能源数字化安全发展。ZTE中兴

中兴通讯工业5G独立专网赋能矿山智能化升级



张亚飞
中兴通讯RAN产品规划高级工程师

2026年6月，工信部等五部门联合印发《关于开展工业5G独立专网试点的通知》，明确支持能源交通等重点领域的大型工业企业建设自主可控、可独立运行的5G专属网络，探索“建、用、维、管”全新模式。作为能源安全的核心支柱产业，矿山行业兼具高危作业属性与强数字化转型需求，传统通信体系难以支撑行业井下无人化、智能化生产的严苛要求。在此背景下，工业5G独立专网以资源专属、数据闭环、低时延高可靠的核心特性，成为矿山从“机械化”迈向“智慧化”的关键通信底座。

传统矿山通信体系长期面临多重瓶颈。井下巷道狭长曲折、地形复杂，Wi-Fi、4G等无线技术存在覆盖盲区多、切换频繁、抗干扰能力弱等问题，难以满足移动作业设备的连续通信需求。原有调度通信、人员定位、视频监控等系统多为独立建设，制式各异、数据割裂，无法实现跨系统协同联动。更为关键的是，高危作业场景对数据安全、网络可靠性要求极高，依托公网切片的虚拟专网存在数据出域风险，且无法在公网中断时保障井下核心生产与安全业务连续运行。

工业5G独立专网由矿山企业主导建设接入网与核心网全链路设施，可不依赖公网独立运行，精准匹配矿山场景的核心诉求。一方面，专频专网实现物理隔离，生产数据全流程在矿区内部流转，筑牢工业数据安全防线；另一方面，专属网络资源可针对井下采掘、运输、通风等核心工序进行定制化调度，满足毫秒级时延、99.999%可靠性的工业级要求。这与《通知》提出的“安全可靠、自主可控”建设原则高度契合，也为矿山智能化建设提供了合规且高效的技术路径。

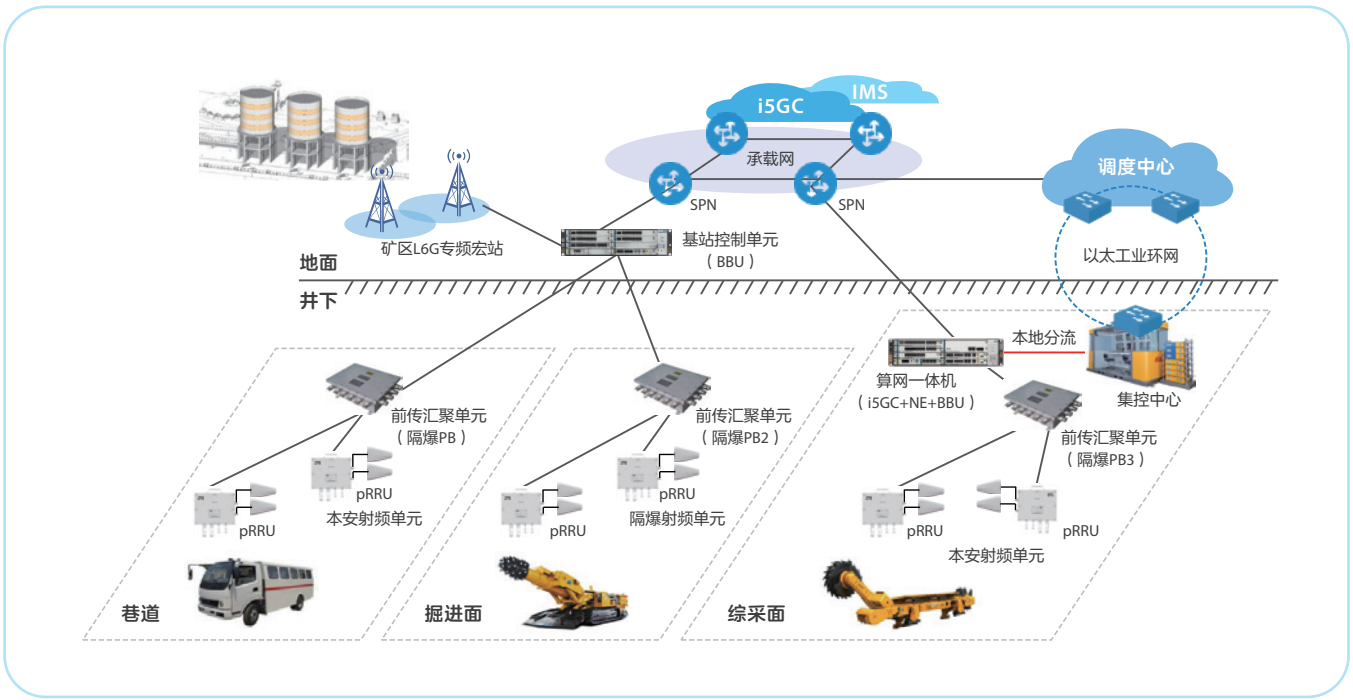
中兴通讯矿山5G独立专网方案

中兴通讯基于多年能源行业实践，结合轻量化i5GC核心网、矿用本安型基站、工业级终端等全栈产品，打造“地面核心网+井下接入网+全域承载网”一体化矿山5G独立专网方案，实现井上井下一张网、生产安全一张网（见图1）。

- 核心网层：轻量化部署，自主可控闭环

方案采用中兴通讯轻量化i5GC，部署于矿山地面机房，完整承载AMF、SMF、UDM等核心网元，整套系统软硬一体化设计，体积小、能耗低，可适配矿山现有机房条件，无需大规模改造。作为独立专网的核心枢纽，i5GC完全归属矿山企业自主管理，所有生产控制、人员定位、设备监测数据均通过井下UPF本地卸载，全程不流出矿区网络，从物理层面保障数据安全。

针对矿山多业务差异化需求，i5GC支持基于不同DN的业务隔离，将采掘控制、视频监控、办公调度等业务流量划分独立通道，互不干扰；同时原生支持5G LAN、FRER、QoS Monitoring



▲图1 矿山工业5G独立专网整体架构

等工业增强特性，可直接对接井下PLC（可编程逻辑控制器）、控制器等OT设备，实现端到端低时延高可靠传输，为远程操控、无人巡检等核心场景提供稳定网络支撑。系统还支持4G/5G融合接入，可兼容矿山存量通信终端，保护企业既有投资。

- 无线接入层：矿用本安定制，井下全域覆盖

井下环境具有防爆要求高、空间封闭、遮挡严重的特点，常规基站无法直接部署。中兴通讯推出系列矿用本安型5G基站及防爆5G基站，取得完整矿用产品安全标志认证，可直接部署于采掘工作面、运输巷道、机电硐室等各类井下场景。基站采用波束赋形与巷道覆盖增强算法，针对狭长空间优化信号传播特性，单基站可覆盖超千米巷道，大幅减少部署点位与施工量。

终端侧配套高增益工业级5G终端，采掘设备采用定向天线保障高速移动下的链路稳定，巡检机器人与人员终端采用全向天线适配灵活移动场景；同时支持终端外置天线改造，进一步提升井下复杂环境下的射频增益，确保数据传输速率与连接稳定性。所有井下基站与终端均满足本安防爆标准，可在瓦斯、粉尘环境下长期稳定运行，符合矿山安全生产规范。

- 承载与运维：极简部署，全域统一管理

承载层面，井下采用工业环网光纤连接各基站与UPF节点，地面通过OTN专线联通矿区各分厂与调度中心，构建高可靠冗余传输网络，单链路故障不影响整体业务运行。所有区域基站统一接入地面核心网，实现井下作业设备、人员终端在不同工作面、不同巷道间的无缝切换，满足移动作业连续通信需求。

运维层面，方案部署统一网管系统，实现无

中兴通讯将持续深化矿用5G产品与方案创新，助力更多矿山企业建成自主可控、安全高效的5G独立专网，推动我国矿山行业从“人力密集型”向“数据驱动型”跨越，为国家能源安全与工业数字化转型筑牢通信根基。

线、核心网、传输全链路可视化管理，提供故障监控、性能统计、版本升级、安全管理等完整运维能力。内嵌企业门户与可视化大屏，可直观呈现网络运行态势、终端在线状态与业务流量分布。针对矿山运维团队通信技术能力有限的特点，中兴通讯提供“免设计、免安装、免调试”三免交付模式，设备出厂前完成预配置，现场接线加电即可快速开通，单站点部署时间小于24小时，大幅缩短工程周期，降低矿山落地门槛。

推动矿山核心场景智能化变革

基于独立专网的专属性能与安全能力，5G技术可深度融入矿山生产、安全、管理全流程，推动核心场景智能化变革。

在采掘生产环节，通过5G独立专网的低时延高可靠链路，实现井下采煤机、掘进机的地面远程操控，操作人员在地面调度中心即可完成井下采掘作业，将工人从高危工作面解放出来，配合5G LAN技术，采掘工作面各类传感器、控制器、执行器可直接组建虚拟局域网，无需复杂路由配置，实现设备间端到端直连通信，进一步降低控制时延。

在安全管控环节，5G高清视频监控实现井下工作面、运输巷道全域无死角覆盖，AI算法实时识别违规操作、设备异常与环境风险，结合5G和UWB（ultra-wideband）高精定位能力，实现井下人员厘米级实时定位与电子围栏管控，越界、超时作业自动预警，应急救援时可精准定位被困人员位置。

在设备运维环节，井下大型采掘、运输设备通过5G终端实时上传振动、温度、电流等运行数据，云端AI模型开展预测性维护，提前识别故障隐患，减少非计划停机。井下巡检机器人搭载5G高清摄像头与多类传感器，自主完成巷道巡检、环境监测，替代人工进入危险区域。

矿山5G专频专网的落地，不仅是通信技术的升级，更是矿山生产范式的重构。它彻底打破了传统矿山“数据出域不安全、公网依赖不可靠、多网并存难协同”的困局，为高危行业数字化转型提供了可复制的通信底座方案。

随着工业5G独立专网试点的深入推进，矿山作为能源领域的典型场景，将成为独立专网规模化落地的重点方向。中兴通讯将持续深化矿用5G产品与方案创新，助力更多矿山企业建成自主可控、安全高效的5G独立专网，推动我国矿山行业从“人力密集型”向“数据驱动型”跨越，为国家能源安全与工业数字化转型筑牢通信根基。ZTE中兴

5G专频专网助力智慧水利建设



王伟

中兴通讯RAN产品规划工程师

水利作为基础性、保障性民生事业，关系到国家供水安全、防洪安全和生态安全，是保障生产生活、护航社会稳定的重要支撑。2022年，水利部印发《关于大力推进智慧水利建设的指导意见》，明确提出构建“天空地一体化”水利感知网和“数字孪生流域”的战略目标，这对水利行业的通信网络提出了全新要求。5G专频专网凭借其专属频段、专网专用、高安全可控等特性，正成为赋能智慧水利数字化转型的关键基础设施。

5G专频专网与水利场景的天然契合

水利行业场景具有显著特殊性：流域面积广袤，监测点位分散且常处于偏远地区；野外环境复杂，山区、峡谷、水面等场景对信号覆盖提出极高要求；业务类型多样，从水雨情遥测的“小数据”到大坝视频监控的“大流量”，差异巨大；关键业务如闸门控制、防汛指挥，对实时性和可靠性要求严苛。

传统通信方式存在明显不足：公网覆盖盲区多，在偏远水利设施处信号薄弱；部分区域公网容量有限，难以满足汛期集中传输需求；数据经公网回传存在安全隐患；通用LTE等传统专网带宽不足，无法承载高清视频回传、无人机巡检等新兴业务。

5G专频专网的出现，为破解水利行业通信难题提供了全新选择。5G专频专网利用工信部为行业划拨的专用频段，由行业用户自主建设使用，在物理层面即与公网隔离，具备四大核心优势，完美契合水利行业需求。

- 频段隔离，保障关键业务

5G专频专网采用行业专用频段独立组网，网络资源专网专用专享，从根本上避免了公网共享模式下业务高峰期拥塞、时延抖动等问题，满足闸门远程启闭、泵站精准控制、防汛抢险指挥等关键业务对通信确定性的极致要求，将“误操作、慢响应”风险降至最低，为水利关键业务提供确定性通信保障。

- 高安全可控，守护水利命脉

水利关键基础设施关乎国计民生，5G专频专网数据不出专网，可与水利办公网、监测专网深度融合，从物理层、网络层、应用层构建全方位安全防护体系，满足水利关键信息基础设施的安全要求。

- 大带宽能力，赋能数字孪生流域

5G专频专网可提供上行数百兆的传输速率，支撑4K/8K高清视频监控、无人机高清巡检、三维点云建模等大带宽业务，为数字孪生流域提供实时、鲜活的数据底座。

- 灵活组网部署，适配复杂地形

方案支持宏微结合、固定与机动结合的灵活组网方式，可针对不同水利场景（库区、坝区、河道、堤防等）进行定制化覆盖规划，解决山区、峡谷、水面等复杂环境下的覆盖难题。

中兴通讯5G专频专网水利解决方案

中兴通讯作为全球领先的综合信息与通信技术解决方案提供商，凭借深厚的技术积累和丰富的行业经验，面向水利行业打造了“端、网、云、应

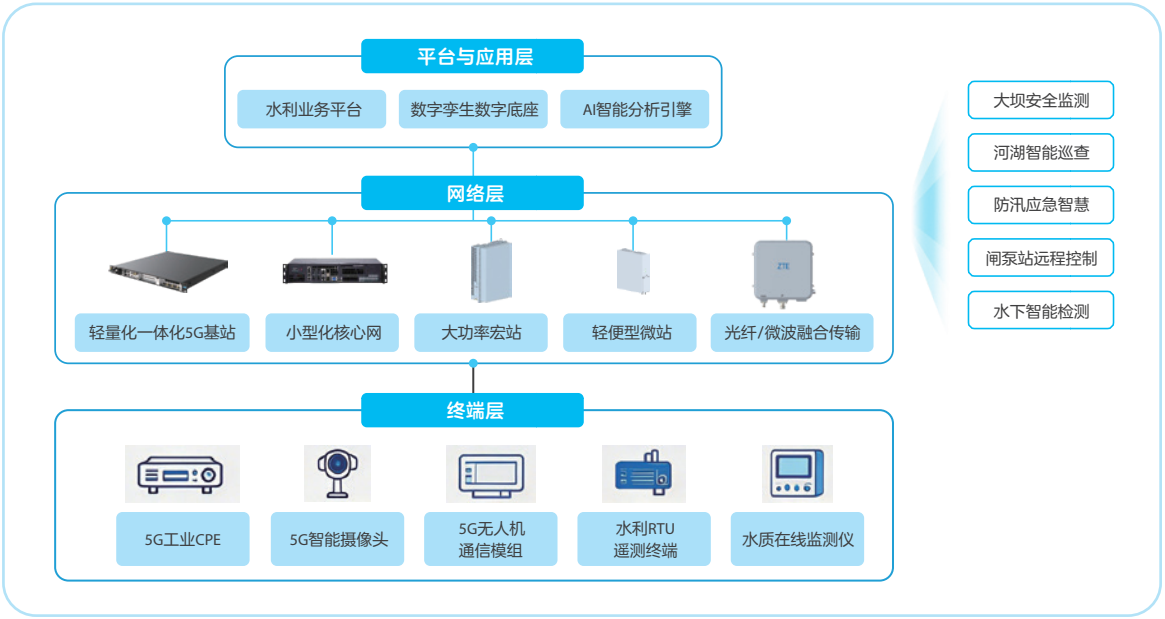


图1 中兴通讯5G专频专网▶
水利解决方案架构

用”全栈式5G专频专网解决方案（见图1）。

在网络层面，中兴通讯提供轻量化、一体化5G专网基站和小型化核心网设备，设备支持室外快速部署，开机即用。针对水利场景的广域覆盖需求，中兴通讯创新推出大功率宏站与轻便型微站协同组网方案，实现库区、坝区、河道等重点区域的无缝覆盖。同时提供与水利现有光纤、微波等传输网络的融合对接方案，保护既有投资，降低建设成本。

在终端层面，中兴通讯联合生态伙伴构建了丰富的5G专网终端体系，包括5G工业CPE、5G智能摄像头、5G无人机通信模组、5G RTU遥测终端、5G水质在线监测仪等，全面覆盖水利感知、监控、控制等业务需求。

在平台与应用层面，中兴通讯5G专网可与水利业务平台深度对接，支撑水库安全监测、河湖智能巡查、防汛应急指挥等典型应用场景。

- 水库大坝安全监测：5G专网实时回传大坝渗流、位移、应力等传感器数据及高清视频，结合AI智能分析，实现安全隐患的早发现、早预警、早处置。
- 河湖智能巡查：5G网联无人机开展河道堤防自动化巡检，4K高清影像实时回传指挥中心，AI自动识别违章建筑、非法采砂、水体污染等问题，巡查效率较人工提升5~10倍。
- 防汛应急指挥：依托5G专网的大带宽和低时延特性，实现抢险现场与后方指挥部之间的高清音视频实时互通，支撑远程会商和科学决策。
- 水闸泵站远程控制：通过5G专网对闸门启闭、泵站机组进行远程精准控制，实现“少人值守、无人值守”，提升运行管理效率。
- 水下智能检测：5G专网支撑水下机器人实时回传高清检测画面，完成大坝坝体、水下构筑物的智能化检测，替代高风险人工潜水作业。

目前，中兴通讯已在全国多个水利项目中开展5G专网的探索实践。在某大型水库项目中，通过部署5G专网实现了库区全域覆盖，承载高清视频监控、无人机巡检、大坝安全监测等10余类业务统一接入，显著提升了水库综合管理水平和应急响应能力。

展望未来，随着5G-A技术的演进，5G专频专网将在确定性时延、感知一体、天地一体等方向持续突破，进一步拓展智慧水利的应用边界。中兴通讯将持续深耕水利行业，以5G专频专网为连接底座，携手水利行业伙伴，共同打造“感知全面、传输可靠、决策智能”的智慧水利新生态，为保障国家水安全贡献通信力量。

5G专网赋能教育高质量发展
构建产教融合新范式



王红欣
中兴通讯RAN产品规划工程师

2026年是“十四五”收官之年，教育现代化进入关键阶段，随着《教育强国建设规划纲要（2024—2035年）》的深入实施，国家对高素质技术技能人才需求迫切。《关于深化现代职业教育体系建设改革的实施意见》中明确提出，推动新一代信息技术与教育教学深度融合，加快建设基于5G、人工智能、工业互联网的智慧实训基地，构建“教学—实训—认证—就业”一体化人才培养闭环。

中兴通讯作为全球领先的综合信息与通信技术解决方案提供商，依托自身在5G无线网络领域的深厚积累，积极探索5G专网在教育行业的深度融合应用，致力于打造“连接+算力+平台+应用”一体化的智慧教育解决方案，助力构建面向未来的产教融合新生态。

职业教育与高等教育当前的挑战

当前，我国职业教育与高等教育正处于从“规模扩张”向“质量提升”转型的关键阶段。2026年，国家政策对教育数字化的支持力度持续加码，教育部文件强调“强化实践教学环节，提升学生工程实践能力和技术创新能力”，并提出“到2026年底，全国建成不少于500个高水平专业化产教融合实训基地”，职业教育正从“知识传授”向“能力培养”加速转型，对真实产业环境下的实训平台提出更高要求。

此外，随着智能制造、工业互联网、低空经济、人工智能等新兴产业快速发展，企业对高素质技术人才的需求日益迫切。传统教学模式普遍存在“重理论、轻实践”“教学内容滞后于产业技术发展”等问题，导致学生动手能力不足、岗位适配周期长，难以满足产业对复合型、创新型人才的需求。

打造可演进的智慧教育新型基础设施

为应对社会数字化转型中对复合型人才的迫切需求，中兴通讯依托在5G领域的深厚技术积累，提出以5G专网为数字基座，构建“端—边—云—用”协同的一体化智慧实训平台。该平台基于中兴通讯全系列商用级5G产品体系，包括5G基站、核心网、网管平台，构建端到端可管、可控、可演进的校园专网环境，全面支撑教学实训、科研创新与智能化管理，打造契合产业真实场景的高阶人才培养底座（见图1）。

首先，网络架构完全复制商用网络架构，实现“所学即所用”。中兴通讯基于智慧教育专网的一体化智慧实训平台采用与运营商及行业专网完全一致的设备形态与系统架构，部署真实商用基站、5GC核心网、传输网及网管平台，通过还原真实网络部署流程，学生可系统掌握5G网络的规划、开通、参数配置、业务调试等关键技能，显著缩短从校园到岗位的能力适配周期，真正实现“实训即上岗”。

其次，平台深度融合“规建维优”实战经



▲图1 中兴通讯一体化智慧实训平台

验，赋能教学内容升级。中兴通讯将多年网络建设中沉淀的“规划—建设—维护—优化”全生命周期管理方法论，转化为可教学、可实践的课程模块。同时，通过ToBeEasy智能运维平台，提供可视化网络健康度监测、AI驱动的故障定位与根因分析功能，帮助师生理解现代通信网络的智能运维逻辑，培养具备工程思维与问题解决能力的复合型人才。

此外，5G网络具备面向5G-Advanced（5G-A）的平滑演进能力，全面支持通感一体、万兆上行、RedCap等关键技术特性，确保实训内容始终与产业技术发展同步。例如，在低空经济相关专业建设中，利用5G-A通感一体能力，基站可在通信的同时实现对无人机飞行轨迹的实时感知与空域状态监测，构建“通信+感知”融合实验环境，支撑空地协同控制、智能安防等前沿技术研究。

中兴通讯以自身技术为根基，以商用级产品体系为载体，以网络“规建维优”实战经验为内核，构建的智慧教育新型基础设施，为培养适应新质生产力发展的高素质、创新型、工程化人才提供坚实支撑。

产教融合，迈向教育智能化新阶段

基于5G专网底座，中兴通讯构建覆盖多专业的智慧实训体系，已在龙门实验室、重庆航天某学院、济南某职业学院、江苏电子信息某校等十余所院校落地应用，形成可复制、可推广的建设模式。5G专网不仅是技术设施，更是连接产业与教育的桥梁。通过校企共建共管，学校获得前沿技术资源，企业精准获取适配人才，真正实现“双赢”。

中兴通讯将持续深化5G网络在教育领域的创新应用拓展，构建涵盖网络、算力、平台与应用的端到端实训环境，支撑网络规划、设备安装、业务开通、故障排查、维护优化等全流程实操训练，为学生从事5G研发、工程、维护等岗位奠定坚实基础。

同时，在国家政策指引下，中兴通讯将持续携手广大院校、教育合作伙伴，共同探索“技术赋能教育、教育反哺产业”的可持续发展路径，为建设教育强国、科技强国、人才强国贡献力量。ZTE中兴



国网江苏电力携手中兴通讯

建成全国最大1.8G电力无线专网

国网江苏电力信息通信分公司 汪大洋；中兴通讯 刘君，王昕

国网江苏省电力有限公司作为国内领先的省级电网运营主体，承担着全省13个地市的能源保供与新型电力系统建设重任。在智能配网全面升级过程中，企业面临四大通信瓶颈：光纤铺设成本高、周期长，城乡管线资源紧张；配电自动化“三遥”覆盖率低，终端在线率不稳，供电可靠性提升受限；分布式光伏爆发式并网，传统建设周期长，无法匹配快速接入需求；公网承载控制业务存在互联网渗透风险，生产控制区无法物理隔离，工控安全存短板。为此，国网江苏电力启动1.8GHz TD-LTE电力无线专网全域建设，打造频谱、网络、终端“三专用”的电力通信底座。

2016—2020年，中兴通讯深度参与江苏电力无线专网三阶段项目建设，依托成熟的1.8GHz TD-LTE方案，有序完成试点验证、规模推广、全省覆盖的递进式建设。专网架构严格匹配电网I/II、III/IV区安全分区规范，适配电力业务安全生产控制与信息管理业务需求，助力国网江苏电力构建自主可控的专属无线体系（见图1）。

- 阶段一（2016—2017年）：深化试点，验证可行性

在南京、苏州、常州三大负荷区开展试点，提供全套1.8GHz宏基站、地市双核心网及自研4G模组CPE终端，部署59座基站。方案首创地市双核心网物理分区架构：一套独立承载I/II区配电自动化、精准负荷控制等涉控业务，另一套承载III/IV区用电采集、视频巡检等非控制业务，基站主控、电源冗余配置，实现业务硬件隔离，规避跨区风险。重点验证1.8GHz频段城乡复杂场景覆



汪大洋

国网江苏省电力有限公司信息通信分公司通信运检中心副主任



刘君

中兴通讯RAN产品行业市场总监



王昕

中兴通讯RAN产品行业规划总监

盖能力及多终端并发承载能力，单基站可同步接入数十台站所终端（DTU）、馈线终端（FTU）及光伏终端，稳定传输三遥指令与处理数据。试点证明，无线专网可替代80%以上末端光纤，终端在线稳定性优于公网，为规模化推广奠定基础。

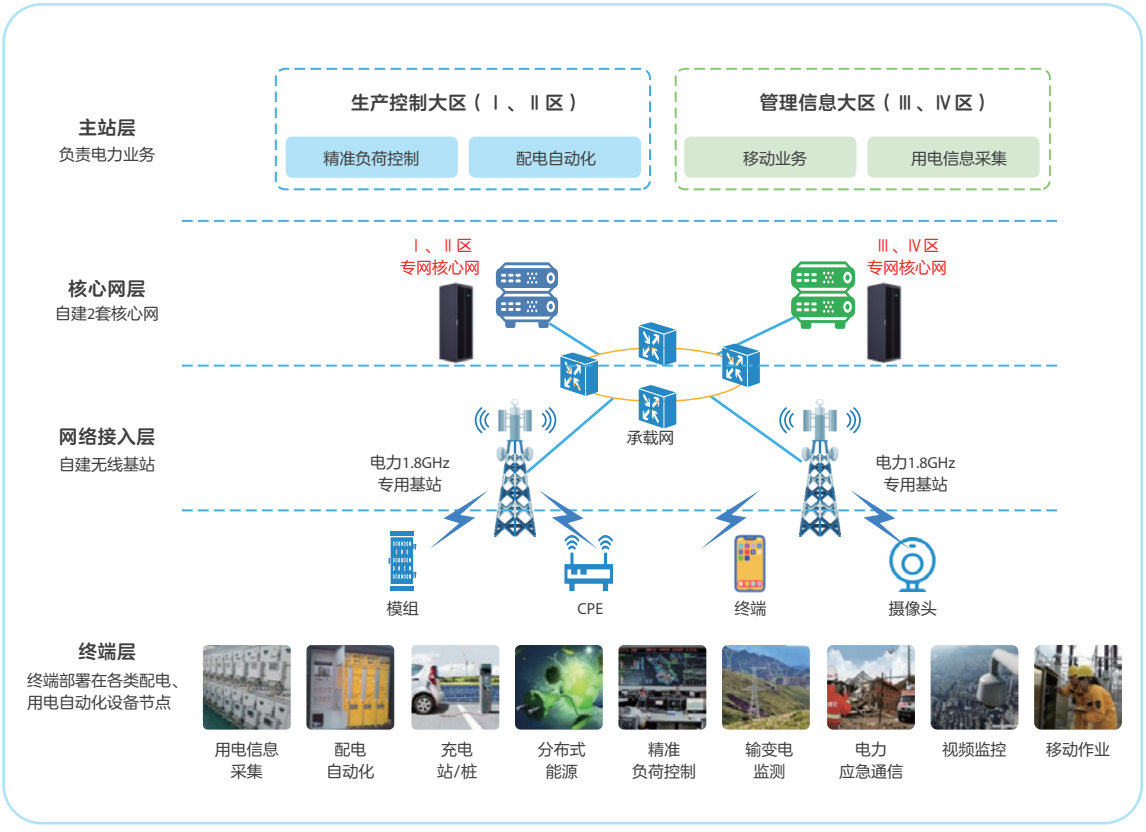
- 阶段二（2018年）：规模化推广，覆盖地市核心负荷区

在试点成熟基础上输出标准化组网方案，在南京、苏州、常州加密C类（普通县城城区、经济发达中心镇、重点工业园区）负荷区，以及其余10个地市累计建成基站超1200座。针对站址获取难的问题，方案采用轻量化宏站、一体化射频单元，依托变电站、配电房自有杆塔部署，无需新增机房，缩短施工周期。优化上行带宽调度策略，为三遥业务预留专属PRB资源，保障毫秒级指令时延。同时，统一全省终端接入标准，兼容南瑞与苏逸两类CPE，实现跨厂商统一纳管运维；协助客户完成频谱统一规划，优化频段占用配置，为后续海量接入预留容量。

- 阶段三（2019—2020年）：全域攻坚，实现全省C类区域全覆盖

这一阶段聚焦县域、乡镇中低压负荷补盲，输出统一网络规划模板，批量交付设备，累计支撑新增约3000座基站，全网基础建成度达80%。针对光伏并网需求，优化CPE轻量化部署方案，设备支持就地供电，无需配置配套光缆、光端设备，将传统复杂的开通流程简化为现场调试、后台注册两步完成，彻底解决扭转长周期弊端。网络安全方面，专网与互联网物理隔离，所有控制指令与运行数据仅在电力内部闭环传输，配套端到端加密鉴权，拦截外部攻击，满足电力系统安全规范。

项目建成全国规模最大的省级电力无线宽带



▲图1 江苏电力无线专网架构

> 项目兼顾经济效益、供电保障、新能源发展与网络安全多重价值，验证了1.8GHz自主专网在海量配网控制承载场景的核心优势，为能源行业无线专网规模化建设提供实践参考。

专网，全网累计建成3842座基站，覆盖4.48万平方公里，频段占用度超80%、区域覆盖率超90%、年时间占用度达100%，实现频谱资源高效利用。相较于5G虚拟专网覆盖不足5%、投入数亿的模式，1.8GHz自主专网具备低成本、广覆盖、高安全、强适配控制业务的独特优势，为各省级电力公司配网通信基础设施升级提供成熟借鉴，树立新型电网通信基础设施建设标杆。

- 基建投资大幅节约，光缆利用率显著提升

以无线专网替代末端光纤，全省累计减少光缆铺设13万余公里，相较于全光纤方案节约总投资40亿元。单基站复用既有变电站光缆回传，单根光缆可承载近百台终端，骨干传输资源利用率实现数倍提升。分布式光伏单站通信成本降低超100万元，全省7万余户中低压光伏累计节约配套成本超4.1亿元。

- 配电自动化水平跨越提升

专网覆盖区域内配电终端100%具备三遥能力，全省三遥覆盖率由21%提升至83%；终端平均在线率98.56%，超出行业标准2.7个百分点。实测显示，单县平均每年减少停电时户489.9户，停电时户数下降4.23个百分点，故障处置效率大幅提升，全方位夯实供电可靠性根基。

- 新能源并网显著提速

光伏站点通信建设周期从60~90天压缩至2天。2025年上半年集中并网高峰期，按时完成726座光伏站点接入，有效缓解通道拥堵，加速分布式能源规模化，助力江苏高比例新能源消纳。

- 筑牢工控安全底座

专网与互联网物理隔离，阻断外部高危攻击渗透至配网末端，互联网攻击拦截压力大幅降低；从底层规避遥控篡改、非法接入与控制等安全风险，全面契合电力监控系统安全分区、横向隔离的监管规范，筑牢电网安全底座。

国网江苏省电力有限公司与中兴通讯联合打造的省级1.8GHz电力无线专网，直面成本高、覆盖难、安全弱、接入慢四大行业痛点，以分阶段、标准化、安全隔离的TD-LTE方案实现全域落地。项目兼顾经济效益、供电保障、新能源发展与网络安全多重价值，验证了1.8GHz自主专网在海量配网控制承载场景的核心优势，为能源行业无线专网规模化建设提供实践参考。未来双方将深化合作，持续推动通信技术与新型电力系统的深度融合。ZTE中兴

吐鲁番交河机场落地5G专频专网，打造支线机场数字化转型标杆



汤永誉

商飞智能高级网络规划工程师



周建华

中兴通讯RAN产品规划高级工程师

新疆维吾尔自治区中东部，古丝绸之路上的重镇吐鲁番，正悄然迎来一场智慧民航的深刻变革。作为乌鲁木齐天山国际机场的主备降场，吐鲁番交河机场2025年旅客吞吐量已突破88.69万人次，同比增长48.3%。面对日益增长的航空业务需求与智慧化转型的迫切要求，交河机场率先迈出关键一步——建成国内首个机场领域5G专频专网规模化项目，依托5G+数字化技术实现从“经验驱动”向“数据驱动”的全面跃迁，树立了中小机场智能化升级的典范。

突破传统瓶颈，构建智慧机场数字底座

长期以来，国内中小机场在智慧化转型过程中普遍面临通信支撑不足、安全管控盲区多、运行协同效率低等核心难题。公网通信难以满足高清视频回传、低时延指令交互等高可靠性需求；人工巡检覆盖有限，安全隐患响应滞后；各系统数据孤岛林立，资源调度依赖经验判断，影响机场运营效率。

为破解这一系列难题，交河机场联合商飞智能、中兴通讯等单位，创新引入5G专频专网技术，构建起一张和5G公共网络物理隔离、安全可控的专属网络。项目获批使用5925～6125MHz低频段与24.75～25.15GHz毫米波高频段，采用“低频+高频”双层组网架构，实现飞行区、航站楼、机务场务楼等关键区域5G专频信号高质量覆盖（见图1）。核心网、传输、基站等设备全部下沉至机场，实现数据物理隔离、自主可控。

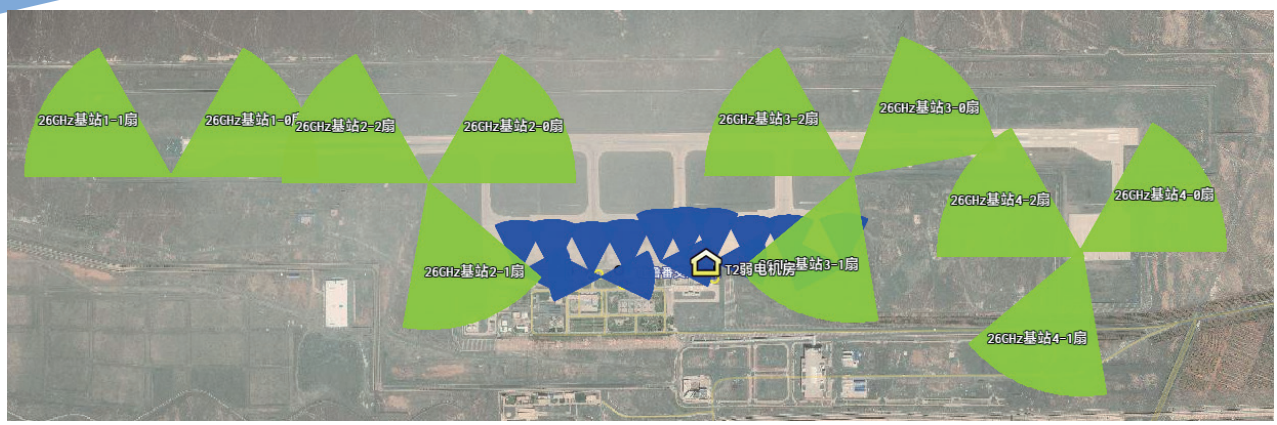
这张5G专频专网双层网络，低频上行峰值速率≥500Mbps、毫米波上行峰值速率≥2Gbps、时延≤20ms，支持数万终端接入，满足全域上百路高清视频稳定回传。基于低频和高频双层网，双模组5G网关实现业务数据双发选收功能，支持99.99%以上可靠性，为全域智能终端的高效联动提供了坚实底座。

多场景融合应用，释放数字化转型价值

依托5G专频专网，交河机场同步推进GIS系统、机场协同决策系统（A-CDM）、机器狗巡检系统、无人行李车运送系统的建设或升级，形成“一网多用、协同联动”的智能化运营体系。手持终端、无人行李车、巡检机器狗、保障车辆等设备稳定接入，开启机场无人化作业的新篇章。

在安全防控方面，部署的巡检机器狗搭载高清摄像头与AI识别算法，可24小时自动巡检围界区域，实时发现设施损坏、非法入侵等风险，并通过5G网络将高清视频回传至指挥中心，实现“早发现、早预警、早处置”，推动安全管理由被动响应向主动预防转变。

在运行协同方面，交河机场是乌鲁木齐天山



▲图1 交河机场专网覆盖图

机场重要的备降机场，A-CDM系统实现航班备降全流程信息共享与协同决策，精准录入保障节点信息，强化与航司、铁路等多方协同联动，旅客转运高效，全面提升了机场综合保障能力与服务水平。

在行李转运方面，联网的无人行李车自动穿梭在停机位和航站楼之间转运行李，实时回传多路高清视频和交互指令。结合未来上线的RFID行李全流程追踪系统，与行李分拣联动，将显著提升转运效率与安全性，推动机坪作业向无人化转型。

降本增效显著，彰显客户综合价值

项目采用“统一规划、分步实施”的集成方案，由具备深厚航空背景的专业团队总体统筹，整合通信、AI、物联网等多领域资源，避免重复投资与系统割裂。

运行效率方面，机场整体运行效率得到全面提升，地面保障人力需求减少，降低运营成本。航班准点率的提高，不仅增强了旅客满意度，也为航空公司减少了因延误带来的燃油消耗与机组成本。

经济外溢效应明显，随着机场保障能力增强，航空业务量稳步增长，预计带动当地旅游、餐饮、物流等相关产业收入增加，作为区域交通枢纽，交河机场的智能化升级进一步巩固了其在“一带一路”沿线的地位，助力区域经济高质量发展。

引领行业变革，擘画智慧民航新图景

交河机场5G专频专网项目的成功落地，不仅是技术的创新，更是理念与模式的革新：通过专属频率、本地部署、数据闭环的架构设计，真正实现了通信系统与航空安全标准的深度契合。该项目已纳入新疆机场集团全疆推广计划，未来将在更多支线机场复制落地。

交河机场正以5G专频专网为基座，书写着中国支线机场数字化转型的成功故事。它不仅提升了机场自身的安全、效率与服务品质，更为“四型机场”建设、“数字中国”战略落地贡献了宝贵的实践样本，擘画出智慧民航高质量发展的崭新图景。ZTE中兴



狮洋变电站5G-A毫米波通感一体专网：赋能电网数智化，激活电力新质生产力



陈立业

广州供电局通信中心设备检修班班长



宾怀键

中兴通讯RAN产品方案经理

狮洋500千伏变电站是广州南沙核心电力枢纽，也是南方电网广州供电局建设新型电力系统、推进电网数智化升级、培育电力新质生产力的核心示范载体。伴随能源数字化转型持续深化，电网管控向智能化、精细化、安全化升级，高压变电站对通信网络的传输速率、时延、运行可靠性提出了更高标准的要求。

传统无线网络带宽有限、上行能力较弱，且仅具备单一数据传输功能，无智能感知能力，无法开展空域监测、风险预警、全域智能巡检等新型业务，对临时检修、机动监测等动态场景适配性较差。为提升通信能力、打造高压电网数智化升级标杆，广州供电局携手中兴通讯，落地全国电力行业首个26GHz毫米波通感一体专网外场应用项目，以前沿技术构建电力通信底座，全面推进变电站数字化、智能化转型。

精准落地创新方案，构建电力智能通信底座

结合狮洋变电站的通信业务需求，广州供电局引入中兴通讯26GHz毫米波通感一体专网解决方案，打破传统电力网络单一传输局限，搭建起“高速通信+空域感知+智能预警”一体化电力数字底座。

部署层面，项目适配变电站7万平方米作业区域与高压复杂电磁环境，单站设备即可实现全站无死角覆盖。该方案架构精简、抗干扰能力强，完美适配高压电力场景，大幅缩短建设周期，节约站内基建与设备资源，以低成本、高效率模式完成传统电力设施数字化重塑，为电网规



变电站电子围栏黑飞闯入告警

模化改造提供标准化落地路径。

功能层面，毫米波专网融合超大带宽、超低时延、高精度感知核心优势，打破传统无线网络“只传数据、无感知”的技术壁垒。传输端可稳定承载全站固定及移动终端高并发数据传输，兼顾日常数据常态化回传与临时检修、机动监测等动态场景需求，支持终端随接随传，无需改造基础网络即可适配短时高并发业务，大幅提升数字化作业灵活度。感知端可实现变电站全天候全域扫描，精准识别空域异常、追踪目标轨迹、提前预警安全风险，构建全自动智能安防体系，支撑自主智能巡检，推动电网管控从人工被动处置向数字主动预判升级，可长期稳定适配高压复杂工况。

多维提质增效，全面激活电网新质生产力

毫米波通感一体专网落地后，助力狮洋变电站在数据传输、安全管控、运维降本、业务创新等维度全面提质增效，以技术创新激活电力新质生产力，实现变电站从传统电力枢纽向智慧数字枢纽的升级蜕变。

电网数据传输能力实现跨越式提升，解决传统无线网络带宽不足、时延偏高、传输不稳、物理隔离的问题。依托超强传输性能，电网运行数据可实现毫秒级上报，全站高清监测画面实时无损回传，为电网智能分析、故障溯源、精准研判、全域管控提供高速可靠的数据支撑，显著提升电网调度与运维的智能化、精准化水平。

变电站安全防控效能大幅提升，依托专网高精度通感融合能力，建成全天候全覆盖数字化感知网络，可迅速完成空域异常识别、轨迹追踪与风险预警，提升新型电力系统运行安全韧性，筑牢电网稳定运行安全屏障。

同时，基站部署模式有效节约基建资源，高稳定性设备大幅降低运维频次与故障概率，持续压降变电站运营成本。专网具备极强的场景适配能力，可灵活承载各类新型电力数字化业务，丰富电网数字应用生态，推动电力生产、运维、管控全流程向数字化、精益化深度迭代。

作为全国电力行业首个26GHz毫米波通感一体专网外场项目，本次应用填补了高频毫米波专网在高压电力场景的应用空白，充分验证了该技术赋能电力新基建、培育新质生产力的核心价值，为行业规模化数智化转型打造了可复制、可推广的标杆范例。

本项目是电力行业深耕新型电力系统建设、赋能电网数智化转型的重要创新实践，为高压电网数字化升级开辟了新技术路径与落地范式。

未来，电力行业将持续深化与通信科技企业的战略合作，依托5G-A、毫米波通感算一体等前沿技术，持续优化电力数字底座、丰富智慧电网应用场景，快速推进创新技术规模化落地，持续赋能电力行业高质量数智化转型。ZTE中兴



从4G LTE到5G-A毫米波，迎接轨交专频新时代



刘蕾

中兴通讯RAN产品行业市场总监

在城市轨道交通数字化、智能化发展浪潮中，通信系统作为“神经中枢”，正从单一功能支撑向多业务融合、高速率、低时延的综合承载平台演进。中兴通讯凭借前瞻性的技术布局和深厚的行业积累，早在4G时代就率先投身轨道交通专频专网建设，持续引领行业技术创新与商用落地，逐步构建起技术领先、稳定可靠的轨道交通无线通信体系。

4G时代：LTE-M先行者，打造全国轨交通信“样板间”

基于自主研发的1.8GHz LTE-M轨道交通综合承载解决方案，中兴通讯构建了统一、高效、安全的车地无线通信平台，实现通信与信号系统的多业务融合承载。自2011年起，中兴通讯便积极参与轨道交通移动通信标准制定与试验验证，是国内最早推动LTE技术在轨道交通领域应用的企业之一，落地多个行业标杆项目，实现技术突破。

- 杭州地铁4号线：全球首条采用空口组播技术承载PIS（乘客信息业务）的商用线路，首次在运营正线上完成LTE承载CBTC（列车自动控制系统）的跑车测试，验证了LTE-M系统在严苛运营环境下的可靠性，被业界誉为LTE-M商用元年的标志性工程。
- 重庆地铁10号线：全国首例基于LTE技术实现CBTC系统跨线互联互通的商用线路，支持跨线列车灵活调度与网络化运营，入选国家发改委互联互通示范工程。
- 温州市域铁路S1线：全球首个以LTE-B-TrunC

集群替代TETRA系统的项目，成功实现宽带集群在轨道交通调度通信中的全面应用，为传统窄带集群向宽带化升级提供成熟实践路径。

截至目前，中兴通讯LTE-M解决方案已在杭州、哈尔滨、乌鲁木齐、西安、合肥、青岛、南宁、成都、昆明等城市超过30条地铁及有轨电车线路成功部署，里程超千公里，形成了可复制、可推广的专网建设经验，奠定了中兴通讯在轨交专网市场的领先地位。

5G时代：毫米波破局，开启车地通信“高速时代”

进入5G时代，随着车载视频、智能运维、边缘计算等新业务的爆发式增长，传统LTE系统面临的带宽瓶颈日益凸显。为破解“列车进站几分钟，数据拷贝几小时”的运维难题，中兴通讯再次率先突破，推出5G-A毫米波车地无线转储解决方案，实现车载数据的高速、自动、智能化下载。

通过与地铁业主的联合创新，方案在落地过程中实现多项能力跃迁：

- 基站侧，充分挖掘环境中的用户空间隔离度特性，支持上行多用户多AAU空间复用并行传输，成倍提升频谱资源利用效率，小区上行峰值流量提升2.5~3.5倍，单个车站网络上行速率可达6Gbps。
- 终端侧，全新平台支持更完整的SA only商用能力，发射功率比业内模组高3dB，TAU（train access unit）接入时间更短，传输速率更稳定。
- 地铁列车10GB视频数据仅需30秒就可以完成传输，整条线路可实现车辆离开传输站点后即完成上一区间的视频传输。

利用毫米波大带宽特性，方案实现“GB级数据传输，全程零人工干预”，彻底告别传统人工拷贝或Wi-Fi低速传输模式，实现“到站即传、离站即完”的准实时数据回传能力，极大提升了公共安全事件响应效率。

2025年起，中兴通讯接连中标南京地铁1、2号线，厦门地铁6号线无线高速转储改造项目，其中南京地铁项目更标志着5G-A毫米波技术在全球轨道交通行业的首次规模应用。这些项目不仅验证了毫米波在复杂隧道环境下的稳定性和移动性适应能力，更展示了中兴通讯从芯片、终端、基站到网络管理的全栈自研实力。未来，该方案将拓展至市域铁路、货运铁路、高铁动检车等更多场景，助力轨道交通迈入“智慧运维”新时代。

展望未来：5.9GHz专频打造轨交“智联底座”

尽管毫米波带来了极致速率，但其覆盖距离受限、部署成本较高，仅适用于站点级高速转储场景，难以作为全线连续覆盖的主用网络。而传统LTE系统受限于带宽，难以承载高清视频、AI分析等新兴业务。面向未来，业界共识正在形成：5.9GHz专用频段将成为下一代轨道交通无线通信的打底网络。

5.9GHz频段兼具大带宽、良好的传播特性、连续覆盖能力以及国际标准化支持，是真正实现“三网融合”的理想选择。目前，国内相关主管部门正在积极推进5.9GHz用于城市轨道交通的频谱规划，中兴通讯已提前完成技术储备与产品布局。未来，中兴通讯将继续携手产业链伙伴，推动5.9GHz专网标准落地与商用进程，为更安全、更高效、更智能的城市轨道交通体系构建坚实底座，助力中国智慧轨交走向世界。ZTE中兴

ZTE中兴

致力于成为网络连接和智能算力的领导者
让沟通与信任无处不在