

中兴通讯技术

简讯

ZTE TECHNOLOGIES | 第29卷 第01期 · 2025年01月

视点

06 多频段感知助力行业应用



专题：5G-A毫米波

10 毫米波：开启5G-A通信的无限可能





1996年创办 总第436期
2025年01月 第29卷 第01期

中兴通讯技术 (简讯)
ZHONG XING TONG XUN JI SHU (JIAN XUN)
中兴通讯股份有限公司主管

《中兴通讯技术 (简讯)》顾问委员会
主 任: 刘 健
副主任: 孙方平 俞义方 张万春 朱永兴
顾 问: 柏 钢 方 晖 胡俊劼 华新海
阚 杰 李伟正 刘明明 陆 平
唐 雪 王 全 张卫青 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 黄新明 姜永湖
柯 文 孔建华 卢 丹 梁大鹏
刘 爽 林晓东 马小松 施 军
夏泽金 杨兆江 朱建军

《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
发行: 王萍萍

主办单位: 中兴通讯技术杂志社
编辑: 《中兴通讯技术 (简讯)》编辑部
发行范围: 国内业务相关单位
印数: 5000本
出版频次: 按月
地址: 深圳市科技南路55号
邮编: 518057
发行部电话: 0551-65533356
网址: <http://www.zte.com.cn>

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: 2025年1月25日



顾翔
中兴通讯副总裁

毫米波，开启5G下半场的精彩

5G-Advanced (5G-A) 作为5G技术的高级演进形态，正逐渐成为驱动全球数字化进程的关键因素。5G-A不仅标志着通信技术领域的一次重大突破，还是提升国家新质生产力水平的重要手段，为各行各业的数字化、智能化转型带来前所未有的机遇。

随着我国5G网络基础设施建设的全面加速，5G-A愿景的实现不止在于技术突破，还需依赖频谱资源的扩展，以满足未来超宽带应用的需求和多场景融合的可能性。毫米波频谱作为不可或缺的关键资源，不仅承载了更高的数据传输需求，也为实现5G-A目标提供了强大的技术保障。

自2022年起，工业和信息化部积极规划并实施毫米波频段的布局，加速频谱资源的分配与使用，旨在适应不断增长的多样化应用场景需求。作为5G-A技术体系中的关键，毫米波以其卓越的频谱效率、大带宽、高速率及低延迟特性，持续拓展应用场景和应用业务，不仅极大地丰富了消费者的多媒体体验，如高清视频流、虚拟现实 (VR) 与增强现实 (AR)，还为工业互联网、智能城市建设和远程医疗服务等领域的创新应用奠定了坚实的技术基础。

提升国家综合竞争力的关键在于发展新质生产力，这需要依靠技术创新和产业升级来达成。唯有通过技术创新与频谱资源的协同优化，才能充分释放5G-A技术的潜力，促进数字经济的高效、可持续发展。毫米波技术不仅对于促进地区间的均衡发展和产业结构的优化调整具有长远影响，也为打造智能、环保的社会环境提供了强有力的支持。政府、电信运营商、设备供应商及企业可在确保毫米波频谱资源合理配置的同时，充分利用毫米波技术优势。

展望未来，毫米波技术与数智化发展的深度融合，将不仅重塑人们的生活模式，还将为国家新质生产力提供源源不断的创新动力。我们深信，通过社会各界的共同努力，中国必将在5G-A技术领域取得更加辉煌的成就，为全球通信技术的发展贡献更多的智慧与力量。

目次

中兴通讯技术（简讯）2025年第01期



毫米波： 开启5G-A通信的无限可能

随着业界不断攻克毫米波在传播、成本、集成等方面的技术难题，毫米波技术正逐步成为更加实用可靠的商业化解决方案。

视点

- 06 多频段感知助力行业应用
赵志勇，韩志强

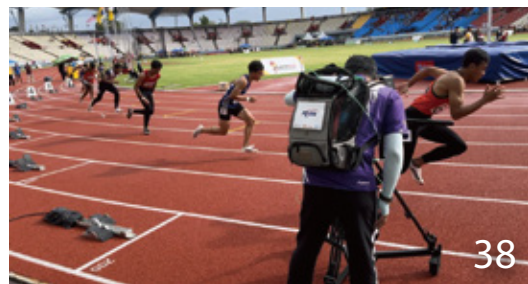
专题：5G-A毫米波

- 10 毫米波：开启5G-A通信的无限可能
刘爽，郭青
- 14 毫米波极简专网，解锁VR大空间的无限潜能
宋姝丽，常虹
- 16 5G-A极简专网无线制播方案，助力媒体制播行业模式转型
成旭曼
- 19 5G-A毫米波技术领航，开启电网数字化转型新时代
曹妮
- 21 5G-A毫米波，铁路数字化转型新引擎
刘嘉

- 24 毫米波技术在工业行业的应用与展望
马文德，韩营
- 26 毫米波赋能“万兆大回传”，为密集场景用户提供网络畅享体验
范英鹰
- 28 毫米波FWA：引领宽带接入未来，解锁5G-A网络价值
魏涛
- 30 通感一体赋能低空新经济
任涛
- 33 通感一体探索水域发展新纪元
海振坤，王庆红

技术论坛

- 35 毫米波发展概况和演进趋势
吴明皓，高波



成功故事

- 38 中兴通讯联合CelcomDigi、U Mobile实现全球首个5G-A赛事无线直播商用
成旭曼，Tey Khang Lian
- 40 中兴通讯助力域上和美实现全球首个5G-A VR大空间沉浸剧场商用
宋姝丽，汪奇

02 新闻资讯

中兴通讯助力长江委水文局发布九派大模型，携手推进水文数智化建设

2024年12月6日，由水利部长江水利委员会水文局（以下简称“长江委水文局”）、长江技术经济学会智慧水文专业委员会和长江水文感知创新联盟联合主办的长江流域智慧水文技术交流会在云南召开。

大会期间，中兴通讯作为重要技术支撑单位，与长江委水文局共同为“长江水文智算中心”挂牌，联合发布“九派”大模型，见证“九派”在河道演进、水文监测等核心业务场景的最新技术成果。水利部水文司技术处处长彭辉，长江水利委员会副主任吴道喜，长江委水文局局长程海云及中兴通讯副总裁、产业数字化方案部总经理陆平出席此次发布仪式。

中兴通讯携手常州移动、微亿智造打造5G+多维工业AI模型具身机器人，荣获“绽放杯”全国一等奖

在近期落幕的第七届“绽放杯”5G应用征集大赛全国总决赛中，由中兴通讯、常州移动与微亿智造联合打造的《打造超级虚拟工厂：5G+多维工业AI模型》项目荣获全国一等奖。本项目通过5G+多维工业AI模型的融合创新，打造具身机器人“创TRON”，实现了产线改造免驻场、自运维的轻量化运营模式，改造成本降低46%，整体效益提升超50%，为制造业的转型升级提供了可复制的成功范例。

“创TRON”提供了一种全新的单点自动化升级模式，不需要复杂的协

同环境，只需连接上5G网络并固定位置，便能即刻上岗。依托5G的大上行带宽和云端算法，机器人基于感知技术，实现了面向对象的识别+工作模式；通过多模态传感器的高频感知及本地算力支持，机器人能够像“人”一样以视觉驱动操作，实现小于5ms的感知追踪时间，无序抓取成功率高达99.9%，有效解决了局部改造与上下游衔接的问题。

同时，“创TRON”无需工程师建模、编程或调试，只需工人实际演示操作一次，机器人就能通过其视觉模块精确捕捉操作流程，完成主动学习。

中兴通讯联合合作伙伴成立开放智算产业联盟

为加速人工智能及大模型技术在行业的落地，中兴通讯与40余家合作伙伴联合，共同发起了开放智算产业联盟（COIA）。联盟成立大会于2024年12月18日在北京隆重召开。

开放智算产业联盟旨在加速人工智能及大模型技术的实际应用，助力各领域企业实现“AI+”转型。联盟将孵化多样化的人工智能应用项目，扶持人工智能领域独角兽公司，联合产业链上下游共建人工智能产业生态。

江西移动携手中兴通讯完成T8000核心路由器800GE技术现网试点

2024年12月，江西移动在中国移动集团指导下，携手中兴通讯成功完成T8000核心路由器800GE技术现网试点。此次试点设备对800GE端口的传输性能、包转发能力以及综合业务承载能力进行全面验证。测试结果显示，所有测试指标均达到预期，不仅为800G以太网的成熟应用铺平道路，也为未来网络加快应用奠定基础。

绍兴移动联合中兴通讯完成“光指纹”数智化ODN方案现网试点

2024年12月，绍兴移动联合中兴通讯在绍兴市盛世名苑小区成功完成“光指纹”数智化ODN创新方案的现网试点。通过对现有光接入ODN网络改造升级，方案实现了家宽场景下ODN网络的拓扑可视化、资源可视化、运维智能化等数智化管理和维护，将ODN资源准确率提升至95%以上，盘活分光器端口沉默资源约16.1%，平均故障定界时长缩短约90%。

中兴通讯第十一次荣获中国专利金奖， 引领5G核心场景应用创新

国家知识产权局公布《第二十五届中国专利奖评审结果公示》，中兴通讯以其突破性的“一种数据处理方法及装置”专利技术荣获中国专利领域的最高荣誉——中国专利金奖。至此，中兴通讯在中国专利奖评选中已累计获得11项金奖、3项银奖、35项优



秀奖，为通信行业获奖最多的企业。

随着5G技术对传输可靠性和数据速率提出更高要求，极化码凭借其卓越性能被确定为5G上下行控制信道和物理广播信道的编码方式。但在初期，极化码无法同时满足高性能和低复杂度，有很大优化和提升空间。为适配多样化应用场景的编译码复杂度及可靠性需求，中兴通讯创新性地提出了极化码的最佳编码方式与速率匹配方案，成功解决了传统极化码的编码难题。

该技术方案显著提升了极化码在5G网络中的灵活性，使其能够高效支持不同信道类型、信息比特长度及链

路方向的需求，同时确保数据传输的高可靠性和低复杂度。这一技术推动了极化码在增强移动宽带（eMBB）、大规模机器类型通信（mMTC）和超可靠低时延通信（URLLC）三大5G核心场景中的广泛应用。

基于高强度的研发投入和持续的技术积累，截至2024年上半年，中兴通讯累计申请9.15万余件全球专利、历年全球累计授权专利4.6万件，其中在AI领域已拥有约5000件专利申请，累计授权专利超2000件，为公司在数智浪潮下的市场竞争力持续提供动能。

2024年9月中国信息通信研究院发布的《全球5G标准必要专利及标准提案研究报告（2024年）》显示，有效全球专利族，中兴通讯排名第五，稳居全球专利布局第一梯队，是全球5G技术研究、标准制定主要贡献者和参与者。

中兴通讯携手中兴新云，共筑数智财务新篇章

2024年12月，中兴通讯与中兴新云服务有限公司（以下简称“中兴新云”）联合发布了基于数字星云的数智财务解决方案。

此次双方合作推出的数智财务解决方案，将中兴数字星云的先进技术与财务管理要素紧密结合，覆盖财务共享、业财一体、司库管理、发票税务、核算报表、产权管理、全面预算等多个业务场景，旨在为企业提供一站式的数智化财务管理服务。

吉林移动携手中兴通讯实现OTN网络智能高效诊断，准确率超95%

2024年12月，吉林移动携手中兴通讯，在OTN 400G现网上成功完成了智能故障诊断的创新测试。该项目聚焦于提升OTN网络运维效率和故障诊断准确性，取得了显著成果。

此次合作基于中兴通讯的智能管控系统ElasticNet UME/ZENIC ONE，系统实现了对OTN网络各类复杂故障场景的分钟级智能诊断，诊断准确率由人工模式的85%提升至95%以上。

中兴通讯与域上和美签署战略合作协议，携手推动数字文旅创新发展

2024年12月，中兴通讯与域上和美集团有限公司（以下简称“域上和美集团”）在成都签署战略合作协议，双方将在文旅科技应用场景创新、内容开发、项目运营、等方面深入合作，形成全面战略合作伙伴关系。中兴通讯副总裁、产业数字化方案部总经理陆平，域上和美集团联合创始人、副董事长何平，域上和美集团董事、总裁李元媛等双方领导出席签约仪式。



菲律宾DITO携手中兴通讯部署32TR Massive MIMO

2024年12月，菲律宾第三大移动运营商DITO与中兴通讯合作，成功完成32TR Massive MIMO的首站部署，为提升网络容量和优化用户体验迈出重要一步。

2024年DITO启动了2.6GHz频段TDD Massive MIMO技术调研，综合考虑当前网络现状和投资回报预期，32TR作为合适的方案，一方面显著提升2.6G TDD网络容量，另一方面实现投资效率最大化。

中兴通讯携手上海电信、交通运输部东海航海保障中心斩获第七届“绽放杯”全国一等奖

第七届“绽放杯”5G应用征集大赛全国总决赛于2024年12月9日—10日在上海成功举办。在此次大赛中，中兴通讯携手上海电信、交通运输部东海航海保障中心共同打造的《“通感智”融合赋能智慧浦江行业应用》项目，经过层层选拔，在全国600个案例中脱颖而出，斩获全国一等奖。这是通过5G-A技术升级传统船舶交通服务系统的又一创新性突破，此项荣誉体现了各方在水上交通安全、航道管理领域携手推动数字创新的共同努力。

中兴通讯联合上海电信、交通运输部东海航海保障中心打造的联合团

队，率先在上海黄浦江航道试验了基于5G-A基站的通感智一体化能力。通过利用现有的5G-A网络实现了对船舶航行状态、航标设施等目标物体的实时精准感知，为水上交通管理和航道基础设施管理提供更先进、更精准的保障手段。

展望未来，中兴通讯将继续致力于探索和丰富5G-A在船舶航运领域的应用，携手产业合作伙伴进一步改善航道安全环境，助力提升水运航道的保障能力，体现连接与智能化水上安全服务的优势，展现出水上“0”事故与航标设施“0”损失的未来愿景。

中兴通讯ECSS成功通过信创产品适配认证，全面助力国家信创战略

2024年12月，中兴通讯企业合规服务系统（Enterprise Compliance Service System）凭借其自主研发实力和功能表现，正式通过中国信息通信研究院（CAICT）颁发的《信息技术应用创新软件产品兼容适配能力要求》和《信息技术应用创新软件产品自研质量评价要求》双重验证。这标志着ECSS可以运行于信创国产化软硬件环境中，并助力国家信创战略的深入实施。

中兴通讯在深举办“筑路低空”主题体验交流活动

2024年12月5日，中兴通讯“筑路低空”主题体验交流活动在中国移动联合中兴通讯打造的低空经济示范区深圳人才公园开展。体验交流活动现场，中兴通讯进行了多无人机复杂轨迹飞行、商用美团无人机轨迹感知演示，同时，中兴通讯无线未来实验室主任崔亦军、中兴通讯5G-A通感产品总监赵志勇从政策、技术、行业应用等层面分享了中兴通讯在低空经济领域的创新实践和思考。

中兴通讯携手中国移动云能力中心推出自主化可编程云网关

2024年12月，中兴通讯携手中国移动云能力中心（以下简称中移云能）成功推出自主创新可编程云网关，实现了边界云网关的灵活可编程，标志着中兴通讯突破了云网络场景下自研网关产品的市场空白。这一成果有力见证了双方在网络创新技术领域的深度合作，也彰显出中兴通讯与中移云能的长期合作对云网发展起到了积极推动作用，为云网健康发展注入了新的活力。

总台携手北京移动、 中兴通讯推出的5G-A赋能春晚无线直播项目 荣获第七届“绽放杯”全国总决赛一等奖

2024年12月12日，第七届“绽放杯”5G应用征集大赛全国总决赛在上海圆满落幕。由中央广播电视总台、北京移动和中兴通讯共同打造的“5G-A保障总台春晚直播，直播模式迎来无线变革”项目荣获一等奖。据悉，项目在总台2024龙年春晚直播中的应用，是总台春节联欢晚会首次将5G-A技术应用于无线制播保障，也是媒体制播行业迈向无线化转型的重要探索，具有极大的行业影响力。

自2018年起，“绽放杯”5G应用征集大赛已连续举办六届，成为我国信息通信领域的重要品牌活动，据中国新

闻网报道，赛事今年共收到超4.4万个参赛项目，所有项目在12个区域赛道、19个专题赛道中切磋角逐。

“5G-A保障总台春晚直播，直播模式迎来无线变革”项目一路过关斩将，先后斩获5G演进技术赛道一等奖和全国总决赛一等奖殊荣。

项目采用的“5G-A无线移动极简专网方案”，在总台2024龙年春晚直播中，实现多路浅压缩（1:10）视频流的无线稳定传输，摄影师背着5G-A无线背包在演播厅内灵活游走拍摄，全程画面稳定可靠、为观众呈现了全新的春晚视角。

中移国际与中兴通讯签署战略合作协议

2024年12月11日，中国移动国际有限公司（以下简称“中移国际”）和中兴通讯股份有限公司（以下简称“中兴通讯”）签署战略合作协议。中移国际董事长兼行政总裁王华、中移国际董事兼行政副总裁林二维，中兴通讯执行董事兼执行副总裁顾军营、中兴通讯高级副总裁张健鹏出席签约仪式。中移国际企业业务部总经理王猛、中兴香港营销副总经理王欢代表双方签署协议。

根据协议，双方将在海外DICT市场联合开拓及发展，围绕ICT解决方案、云计算、产品集成等领域充分发挥各自资源优势，开展深度合作。此次签约也标志着双方将开启海外市场合作新篇章。

中兴通讯连续第六次中标中国移动网络云资源池数据中心交换机项目

2024年12月，中国移动2024—2025年集中网络云资源池六期工程数据中心交换机采购项目的采购结果正式揭晓。中兴通讯在此次项目中综合排名第二，并成功中标该项目30%的份额。此次集采中标的设备，能够满足全国15个省份共计18个城市网络云资源节点的部署需求，将对中国移动在5G时代的网络云化发展产生强有力的推动作用。

中兴通讯助力中国电信成功发布国内首个IoT NTN运营级商用网络

2024年12月3日，在中国电信举办的数字科技生态大会—科技创新合作论坛上，中国电信携手产业合作伙伴，成功发布了国内首个IoT NTN运营级商用网络，正式拉开了卫星互联网技术新纪元。中兴通讯作为中国电信5G NTN产业技术创新战略联盟的核心成员，全力支撑电信5G NTN产品能力整合与技术验证，持续推进NTN技术的商业化进程。

中兴通讯CDO崔丽受邀出席2024年《财富》MPW女性峰会

2024年12月13日，2024年《财富》MPW女性峰会在上海举办。这场峰会以“当下的力量”为主题，汇聚了来自商界、学界、文艺体育界等社会各界的200多位女性领导者。中兴通讯首席发展官崔丽受邀参与“人工智能时代的超级人才”圆桌论坛，与受邀嘉宾就AI时代企业人才选用应做出哪些改变、高阶思维的人如何更好的利用AI等热点话题展开深入探讨。



赵志勇

中兴通讯通感产品总监



韩志强

中兴通讯技术预研资深专家

多频段感知助力行业应用

根

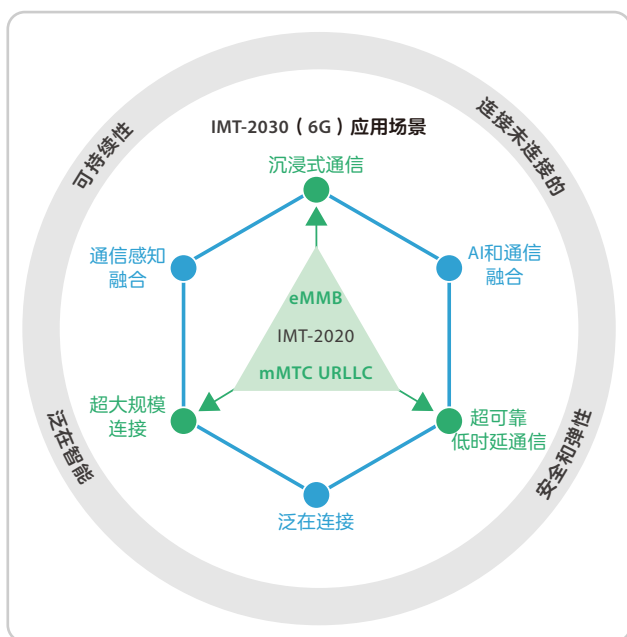
工信部公布的最新信息，截至2024年8月底，中国累计开通5G基站数超400万，5G基本实现网络覆盖，中国5G发展已从网络建设步入应用创新的新阶段。基于5G网络在功能上的进一步演进和增强，引入通

感一体化等全新的革命性技术，能更好地匹配低空经济、智能驾驶、高端制造等应用场景。

2023年11月，国际电信联盟ITU-R发布了《IMT-2030及未来的新框架建议》。该建议书也被称为全球统一的6G愿景，是制定全球6G标准的蓝图。建议书定义了6G的6个主要应用场景，其中3个是5G的eMBB、URLLC和mMTC基础上增强的通信场景，包括沉浸式通信、超可靠低延迟通信、大规模通信（见图1）。通信感知一体化、AI和通信、无处不在的连接是6G新引入的三大场景，其中通感一体化是感知引入到6G移动通信网络，将使得6G移动通信网络具备通信和感知双引擎。

传统通信行业致力于电磁波每赫兹承载信息的增长。目前发展到新的阶段，直接利用电磁波进行感知，形成通感一体技术，打开通信频谱利用的另一个维度。利用丰富的通信频谱以及站址资源，构建泛在感知网络，能够更好地支持应用。感知能力成为连接物理世界和数字世界的桥梁，也为数字孪生、AI提供更多的生

图1 ITU-R IMT-2030
应用场景





成式内容素材。这些是5G-Advanced到6G的重要发展方向。

在移动通信网络的发展过程中，通信和感知都需要承载在无线电磁波上，因此无线电频谱扮演着至关重要的作用，是移动通信生存和发展的根本。目前，5G系统主要的应用频段是Sub-6GHz。在新版的《中华人民共和国无线电频率划分规定》中将6.425~7.125GHz（U6G）全部或部分频段划分用于IMT（国际移动通信，含5G/6G）系统。在3GPP开展了FR3（7~24GHz）频段的信道建模研究。毫米波频段在5G应用方兴未艾，在5G-A和6G中必将占据重要的地位。这些频段将在5G-Advanced和6G中扮演重要的角色。

本文对上述频段的感知应用进行分析，并探索不同频段感知协作的方法，为更多频段支持感知能力提供思路。

不同频段适合的感知应用

感知是通过分析无线电磁的回波来提取感知目标或环境特征的技术，在消费娱乐、行业等领域均有应用价值。根据感知目标的不同，可以分为四大类应用：

- 监测、定位和跟踪类应用。这类应用的检测目标包括行人、无人机、车辆、AGV、动物、船只等用例。这类应用可以分为检测目标有无、目标位置以及目标的移动轨迹。
- 动作识别类应用。这类应用的检测目标是人的身体局部运动，包括呼吸监测、运动监测、跌倒检测、手势识别等用例。
- 环境监测类应用。这类应用是对环境现象进行监测，包括降雨监测、洪水监测、塌方监测等用例。
- 环境重构、成像类应用。这类应用是对环境

进行三维重构或成像，包括3D地图、游戏娱乐、网络优化等用例。

不同的用例具有不同的需求，可适用的频段不同。结合频段的特点，不同用例潜在适合的频段如表1所示。

随着大带宽、多天线、毫米波等技术在5G的应用，5G已经初步具备了感知的能力。中兴通讯和业界伙伴一起积极探索基于Sub-6GHz和毫米波的5G-Advanced感知应用，在低空场景已经取得了较大进展，实现了组网连续对无人机入侵检测、无人机轨迹跟踪，并已经和运营商伙伴实现了规模商用。

多频段协作方式

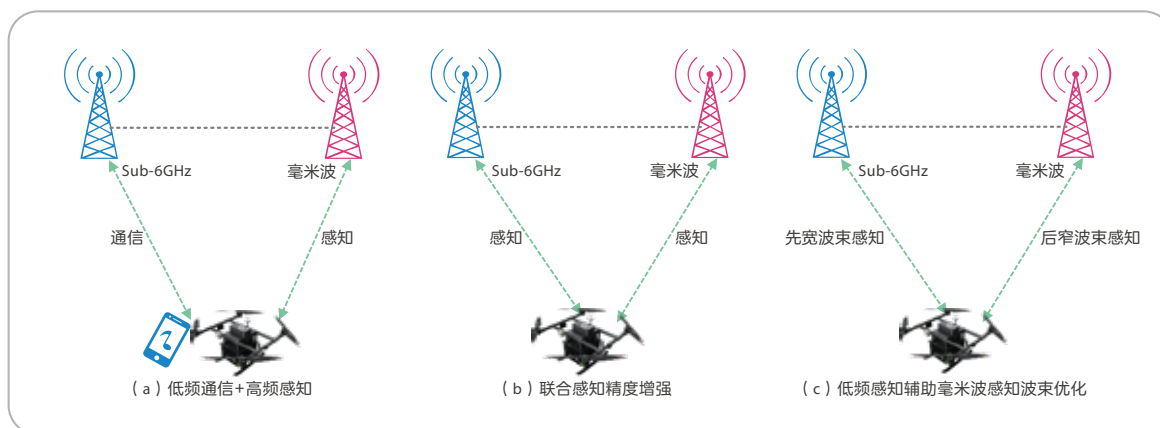
未来的通感系统一体化系统将在多个频段联合完成通信和感知功能。在多个频段协作的方式

有以下三种：

- 不同频段承担不同的角色，如Sub-6GHz通信加毫米波感知，如图2（a）所示。利用Sub-6GHz通信覆盖大，结合毫米波感知精度高的特点，分别实现通信功能和感知功能。但这种方式没有对两种频段的频谱进行充分开发和利用，而且感知功能和通信功能割裂，是在已有Sub-6GHz通信网络尽量小的改动情况下的一种折中办法，不是未来通感一体化的主流或广泛部署的方式。
- 不同的频段联合完成感知或通信工作，可以采用载波聚合，也可以采用多链路的方式，比如Sub-6GHz和毫米波用多链路的方式，联合完成通信或感知功能，如图2（b）所示。不同频段联合进行通信和感知业务，频谱资源不再局限在一个频段，将极大地扩展可以使用的带宽。更大的传输带宽可以为通

▼ 表1 感知场景潜在适用频段

用例 \ 频段	Sub-6GHz	U6G	7~24GHz	毫米波
无人机入侵检测	适用	适用	适用	适用
无人机轨迹跟踪	适用	适用	适用	适用
无人机避障	可能适用	可能适用	适用	适用
车辆跟踪	适用	适用	适用	适用
自动驾驶	可能适用	可能适用	适用	适用
船只检测	适用	适用	适用	适用
降雨监测	适用	适用	适用	适用
洪水监测	可能适用	可能适用	适用	适用
手势识别	—	—	—	适用
人的运动监测	适用	适用	适用	适用
形变监测	适用	适用	可能适用	可能适用
户外健康监测	适用	适用	适用	可能适用
紧急搜索与救援	适用	适用	Sub-6GHz和U6G的补充	Sub-6GHz和U6G的补充
感知辅助通信	7~24GHz、>24GHz的补充	7~24GHz、>24GHz的补充	适用	适用
AGV跟踪	—	—	—	适用
低精度的环境重构	—	—	适用	适用
高精度的环境重构	—	—	—	适用
成像	—	—	—	适用



信提供更高的传输速率，为感知提供更高的分辨率。但是，不同频段覆盖是存在差异的，并且为了支持不同频段的载波聚合或多链路技术，终端的复杂度和功耗都会增加。此外，不同频段的载波聚合或多链路技术需要精确的功率控制和干扰协调机制。

- 不同频段相互辅助，配合完成一个通信或感知业务，如图2(c)所示。比如在感知中，先用Sub-6GHz的宽波束进行扫描，识别出感知目标的大体位置，然后用毫米波的窄波束进行精准扫描。一方面，可以降低毫米波波束扫描的时间，另一方面可以将Sub-6GHz和毫米波的感知数据进行融合以提高感知的性能。

潜在的关键技术

为了在移动通信系统中支持感知能力，需要对一些潜在的关键技术进行研究。

- 波形、序列和图样设计。研究同时支持多个频段的感知波形、序列和图样，并且需要支持对象目标的检测、定位、识别、成像、重构等感知功能，提供丰富的感知服务。中兴通讯业界首次提出在基站自发自收模式下，在OFDM波形的基础上，补充线性调频以解决感知覆盖的解决方案，并得到良好的应用。

- 感知测量上报。有不同层级的感知测量上报，对于检测、定位和跟踪类应用，充分利用基站的算力和基站对多个AAU的管理，对多个AAU的感知数据进行融合，在基站获得感知结果，有助于提高感知精度、降低传输开销。
- 多频段的感知协作。通感一体网络综合利用不同频段的优势和特点，提供综合的优化解决方案，有助支持更多的感知应用，为终端用户和行业用户带来更多可能。多种频段的协作有助于提升感知精度或扩大感知范围，但是数据融合的技术、同步问题、波束管理等需要进一步展开研究。

在技术研究的基础上，需要搭建通感原型样机去验证各种通感技术，推动技术走向产业；寻找各个频段合适的场景，做好商业推广，孵化相关产业链，为通感一体化在商业应用大放异彩做好产业铺垫和准备。

中兴通讯积极探索感知在不同频段的应用，已经和运营商伙伴在Sub-6GHz、毫米波频段基于5G网络开展了多种感知应用的技术和应用探索，涉及低空无人机检测和跟踪、地面车辆和行人检测、河道船只检测和跟踪等场景的组网验证和测试，并已经在部分城市落地商用。中兴通讯也在积极探索U6G等频段的应用，为未来这些新频段的应用打下坚实基础。ZTE中兴

毫米波： 开启5G-A通信的无限可能



刘爽
中兴通讯RAN产品副
总经理



郭青
中兴通讯RAN产品方
案经理

在 5G网络的浪潮中，中国以其卓越的发展成就引领全球。随着5G基站数量突破400万站，中国5G用户即将迈入10亿大关，5G技术已深入钢铁、电力、矿山等22个国民经济的关键行业，应用案例超1万，积累了宝贵的行业经验。面对网络容量、网络时延、连接能力等日益增长的需求，无线网络技术逐渐向5G-A（5G-Advanced）演进。5G-A不仅解锁了新的技术，还拓展了新的频谱应用，实现了更大容量、更多连接、更低时延，更进一步实现全域感知、泛在智能、空天地一体，向传统无线通信未曾触及的应用领域拓展。

在这一进程中，毫米波技术无疑为5G-A网络的发展注入了新的动力。中兴通讯作为毫米波技术产品方案的先行者，一直致力于该技术的研究和适用场景的探索。本文将深入剖析毫米波技术的特点，充分挖掘其适用场景。让我们一起揭晓毫米波技术如何显著提升业务体验，为更多行业应用赋能，开启无线通信技术的新时代。

毫米波技术：5G-A时代的先锋力量

毫米波是指30GHz~300GHz频率范围的电磁波，以其1~10mm的波长，与传统Sub-6G频段相比，展现出令人瞩目的物理特性（见图1），为高速通信和精准服务开辟了新天地。

● 超大带宽，提供万兆能力

毫米波技术拥有高达26.75GHz的可用带宽，覆盖多个关键频段。在800MHz带宽的频谱资源下，上下行单用户峰值速率可达2Gbps/6.8Gbps，为大视频下载和实时直播上传业务带来前所未有的流畅体验。

● 毫秒级时延，极致响应速度

毫米波的子载波间隔为120kHz，slot时长仅为0.125ms，是Sub-6G NR的四分之一。这一特性大幅降低了物理层的时延，为工业物联网、AR/VR、云游戏、实时计算等对时延要求极高的业务场景提供了强有力的支持。



● 波束能量集中，精准高效覆盖

毫米波波长短，天线阵子小，更适合采用大规模天线阵列产品，与波束赋形技术结合，可实现精准覆盖和高效传输。这一特性提高了能量的集中度，降低了对单根天线的发射功率要求，实现了更低的功耗，绿色节能。

● 精准感知，拓展通信应用边界

毫米波基站利用无线电波的直射、反射、散射等特性，能够实现对目标的测距、测速和测角，为低空经济、水域航道、智能交通等领域提供强有力的技术支持。

尽管毫米波技术拥有诸多优势，但是在覆盖



▲ 图1 毫米波6大技术优势

上也面临着一些挑战，尤其是与Sub-6G频段相比，毫米波的穿透损耗更大，绕射能力也相对较弱。因此，我们在毫米波技术的应用上需要巧妙地“扬长避短”，以确保其在最合适的场景中发挥最大的潜力。在不断的探索和实践过程中，我们发现毫米波不仅适用于室外广场、室内热点、大型体育场馆等无遮挡LOS径的场景，对于轨道交通隧道、室外街道等多径效应明显的狭长空间，通过多次反射、多径叠加效应，也能充分发挥其技术优势，为用户提供卓越的通信体验。

中兴通讯：引领毫米波技术方案不断创新

作为业内领先的毫米波技术产品解决方案提供商，中兴通讯一直致力于产品方案的创新和突破，包括灵活的组网架构和帧格式设计，满足不同场景下的多样化业务需求。在产品形态方面，室内外机型结合，满足全场景部署需求。

- 多种组网架构，按需保障网络覆盖

在组网架构方面，NSA以其快速部署能力在网络部署初期占据优势，有效利用现有的4G基础设施，大幅降低部署成本；而SA则以高数据速率、低延迟和高可靠性实现卓越的网络性能。中兴通讯提供的NSA、SA组网产品解决方案已在意大利规模商用。在SA基础架构上，中兴通讯进一步支持NR-DC（NR双连接）和NR-CA（载波聚合）技术，不仅提供更丰富的配置选项，还为多样化的业务需求和网络性能提供保障。

- 灵活帧格式设计，满足潮汐业务需求

中兴通讯率先实现了毫米波灵活帧格式设计，每0.625ms周期包含1个全下行时隙和1个全上行时隙，其余3个时隙可根据业务实时需求灵活调度。这种设计使得毫米波系统能够实现上下行容量的弹性调整，满足多样化业务场景的需求。

- 大带宽宏AAU产品，提供卓越性能

中兴通讯在2024年7月于马来西亚通过NR-DC

组网实现业内最高容量30.8Gbps；同年9月与高通智能手机测试终端进行联合验证，在NR-DC组网条件下结合1024QAM调制方式，单用户速率高达9.34Gbps。

- 分布式室分MiCell，多样化场景部署

中兴通讯率先推出毫米波分布式微站MiCell，该产品采用创新的中频池化技术，实现前端设备的小型化，支持轻松快捷的部署与扩展，满足室内大空间的应用需求。

树立毫米波商用实践新典范

通过以上创新的技术方案，中兴通讯不仅提升了毫米波技术的性能，也为全场景的部署提供了强有力的产品支撑，满足多样化应用需求。2020年至今，中兴通讯毫米波技术产品方案已在中国、意大利、泰国等多个国家，完成FWA、大带宽回传、XR大空间业务、直播等多种场景的商用落地（见图2）。

- 毫米波FWA，引领固定宽带无线接入新纪元

FWA（fixed wireless access）是一种利用无线技术实现固定宽带接入的解决方案。它以快速部署、低成本和广泛覆盖范围为显著特点。毫米波的超大带宽可提供更大系统容量和速率，从而进一步提升终端用户体验。中兴通讯在意大利已成功为多家运营商提供了毫米波FWA解决方案，为超过2万家庭用户提供1Gbps下载速率保障，满足了用户对高速互联网接入的需求。

- 万兆大带宽回传，构建上海地铁万兆回传系统

地铁隧道场景中，传统的5G漏缆改造方案不仅成本高、周期长，还会遇到部署空间不足、电源容量饱和等实际部署问题。中兴通讯在上海地铁4号线推出的“车地双用”解决方案，通过在地铁隧道内部署毫米波AAU，构建了一个无需漏缆改造的万兆回传系统，同时，在车厢内部署一套5G数字室分系统。毫米波技术以其高达15Gbps的下行回传能力，让超过1800名乘客能够同时享



图2 中兴通讯毫米波方案多场景应用

受高清视频。

- XR大空间，毫米波技术开启沉浸式体验

XR大空间应用因毫米波技术而焕新，告别了5kg重的本地渲染背包，让用户享受到云端渲染带来的高清、免背包的沉浸体验。2024年11月，中兴通讯与域上和美集团合作，全球首次推出5G-A XR项目《我的时间都是你》，通过5G-A毫米波技术向全球幾米粉呈现这一经典IP，利用毫米波的大容量、低延迟以及智能化XR业务保障技术，让用户轻松享受极致XR乐趣。这一创新突破不仅提升了用户的体验，也预示着娱乐产业未来发展的新方向。

- 万兆新制播，毫米波技术革新直播体验

传统有线直播方式在大型活动中受限于布线复杂性，限制了摄像机位置和拍摄范围，中兴通讯毫米波万兆网络提供了全新的无线直播方案。2024年春晚，中兴通讯毫米波室分微站MiCell，在春晚全程直播中稳定保障了多个无线移动机位的高清直播。同年8月，马来西亚国家运动会采用中兴通讯的毫米波宏AAU方案，通过马来西亚广播电视台圆满完成了首个赛事无线直播。这一方案使得摄影师们轻装上阵，灵活拍摄，超低时延技术实现了无线与有线画面的无缝混切，为观众带来多角度、沉浸式的观赛体验。毫米波技术正引领直播行业进入一个自由度更高、视觉体验

更丰富的新时代。

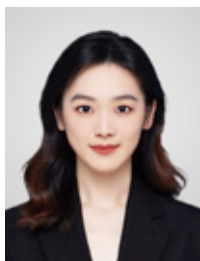
未来可期：毫米波技术开启多领域创新应用新篇章

毫米波技术在固定无线宽带接入、万兆回传、XR文娱新体验、万兆新制播等多个领域展现出广泛的应用前景。随着芯片、模组、多种形态终端等产业链的不断完善，以及网络设备类的技术储备日益成熟，毫米波技术的创新应用正不断拓展至更多行业和领域。其中毫米波的通感一体技术，已在“低空经济”中崭露头角。

通感一体，标志着通信与感知技术的深度融合，而这也是低空经济对低空网络的两大核心需求：低空通信和低空监管。毫米波通感一体站除了完成传统通信功能外，还能够实时精准感知无人机的飞行轨迹、速度、经纬度等飞行数据，并上报管理平台，为“低空高速公路”提供有效的监管手段，为低空飞行的安全和秩序提供有力保障。

随着业界不断攻克毫米波在传播、成本、集成等方面的技术难题，毫米波技术正逐步成为更加实用可靠的商业解决方案。我们共同期待这一变革，见证毫米波技术为无线通信领域带来的崭新篇章。ZTE中兴

毫米波极简专网， 解锁VR大空间的无限潜能



宋姝丽
中兴通讯RAN产品方案
经理



常虹
中兴通讯研发规划无线
总工

2023年，工业和信息化部、教育部等五部门联合印发了《元宇宙产业创新发展三年行动计划（2023—2025年）》，旨在推动我国元宇宙产业的发展。“计划”明确指出，“建设5G-A/6G等新型网络，满足元宇宙高速率、低时延、全域立体覆盖的应用需求”。在此背景下，VR大空间（又称LBE VR，location-based entertainment VR）步入快速发展期，在文旅、科普和爱国教育等多个领域实现了初步的商业化，彰显了其商业和社会价值。

LBE VR进入爆发期

2023年，VR探索项目“消失的法老”登陆上海兴业太古汇，并取得巨大成功。项目日接待观众超过750人次，10个月内吸引超过10万名观众到场体验，项目收入超过1500万元，带动南京西路商圈及周边消费超过1亿元。“消失的法老”项目的成功显示出LBE VR产业有巨大的商业潜能。

作为全球元宇宙领军市场之一，LBE VR项目在中国正快速迈入产业爆发期。目前在全国投入运营的基于原创IP的LBE VR项目已经超过100个，内容选材以华夏文化为主，占比达41%。业界数据分析表明，2026年中国大空间沉浸式产业总体

规模有望突破2500亿元，成为新质生产力标志性的现象级产业。

为何LBE VR这么火？强IP加持下的优秀叙事能力是关键。这些IP作品不仅抵消了用户对VR新技术的陌生感，还提供了完整的世界观和更优质的互动体验。同时，整体用户体验是市场认可的核心，任何环节的欠缺都可能导致市场反馈不佳，比如，画面的精细度影响用户的沉浸感，叙事和互动性决定了用户参与度和情感连接。

高品质LBE VR内容发展面临技术瓶颈

全球LBE VR项目在获得市场快速认可的同时，仍面临规模化、技术标准不统一等方面的巨大挑战，直接影响了内容质量和用户体验的提升，不利于运营方的长期盈利。

目前，主流的技术方案存在明显不足：

- 背包式设备沉重，不利于长时间体验：传统的背包本地渲染方案面临背包设备重量大、散热差、续航短等多重挑战；
- 头显类设备算力有限，画质不高：头显一体机本地渲染，因头显的算力有限，在玩家体验过程中会出现画质严重下降、画面卡顿、定位不准等问题，无法提供沉浸式体验；
- Wi-Fi组网互干扰，限制用户数量：由于Wi-Fi

非授权频谱和设备实时算力等技术限制，画面精度显著降低，观众的数字分身实时交互难以实现，虽然能够支持一定数量的用户同时体验，但远达不到沉浸式体验的用户需求，难以支持高品质VR的规模发展。

因此，寻求一个在有限空间中支持更多用户同时在线、高坪效比的解决方案至关重要。

毫米波极简专网，引领下一代LBE VR新浪潮

中兴通讯创新的毫米波极简专网解决方案，为端边协同渲染提供最优解。方案将边缘计算与5G-A网络的强大能力相结合，利用毫米波的高速率和低时延特性，打造了一个专为LBE VR应用量身定制的低时延、高可靠、智能化的极简专网，为用户带来前所未有的沉浸式体验。

● 极简专网，实现网络设备快速部署

毫米波专网的网络架构极简，客户仅需运营商的频谱支持，基带单元可以实现核心网的“轻量化”功能，使得该方案在人流密集的商业区域尤为适用，能够在有限的空间内释放最大的网络效能。

● 毫米波基站，支持超大容量并发用户数

中兴通讯推出的业界创新的中频池化毫米波室分小站MiCell支持800MHz超大带宽，单小区峰值6Gbps，搭配基站级算力引擎NodeEngine，结合SuperMicell方案的智能波束管理，增强业务覆盖，满足VR大空间下大量XR业务数据并发的用户需求，这是无线网络“从0到1”级别的解决方案，使该业务的商业模式得以成立。

● 智能调度，降低XR业务等待时延

XR视频源编码方式呈现准周期规律，基站可自动学习不同XR业务流的数据报文周期特征，匹配高效的调度策略，减少XR业务时延及时延抖动。通过XR专属保障策略，实现时隙级



▲ 图1 业界首个5G-A多并发大空间XR竞技游戏业务试点场景

的智能调度和优化，为大量VR业务数据并发提供确定性保障。

2024年初，中兴通讯携手中国移动、当红齐天集团、高通技术公司在首钢一高炉进行了业界首个5G-A多并发大空间XR竞技游戏业务试点（见图1）。在此次验证中，中兴通讯采用毫米波室分小站MiCell提供大容量、低时延的网络覆盖。对战中画质清晰度达到业界主流的4K@90fps的高画质，确保了XR数据包稳定可靠的传输，使平均空口时延低于15ms，体验者实现了大空间自由行走的真人对战沉浸式体验。该方案支持超过50人同时在共享的虚拟世界中自由探索，为LBE VR的未来发展开辟了新的可能性。该联合创新案例荣获ICT中国案例（2024年度）杰出案例、2024通信世界5G-A十大优秀创新应用案例等多项行业大奖。

放眼未来，中兴通讯将秉持开放包容的心态，与战略合作伙伴紧密合作，持续为VR产业注智赋能，同时不断丰富毫米波解决方案，拓展其在文旅、教育、艺术等多个领域更广泛的应用落地，为消费者和企业带来稳定的连接体验。ZTE中兴

5G-A极简专网无线制播方案， 助力媒体制播行业模式转型



成旭曼
中兴通讯RAN产品方案
经理

2024年是5G-A（5G-Advanced）商用元年，如何进一步发挥5G-A网络赋能作用，以新能力牵引产业创新发展、新动能助力行业升级转型、新价值酝酿市场商业变现成为运营商及各行业的关注重点。面向媒体制播行业存在的现有问题，结合国家网媒融合政策要求，中兴通讯提出5G-A极简专网无线制播方案，高效解决传统有线制播模式的弊端，弥补了现有无线转型方案的性能劣势，在充分满足多场景业务需求的同时，具备高效部署、灵活定制、长期演进等亮点。方案在中央广播电视总台2024春节联欢晚会与马来西亚2024国家运动会等重量级直播活动中应用，为媒体制播行业注入了全新动能，并进一步催生了新的业务模式和商机。

媒体制播行业现状和痛点

顺应媒体行业的技术融合发展与用户市场需求，制播业务在向场景与体验纵深化发展。结合工业和信息化部、国家广播电视总局、中央广播电视总台联合印发的《超高清视频产业发展行动计划》等政策，广播电视行业与网络媒体平台都在积极探索业务模式转型与新技术融合实践，旨在寻求新的方案以呈现更优的节目直播效果。

在传统有线制播模式中，摄像设备通过线缆将音视频数据传输至导播中心，再由导播组进行

画面播出。这种模式存在拉网繁琐、成本高昂、运维困难、施工周期长等问题，且现场线缆密布，存在一定安全隐患。当涉及到机位移动，线缆也为摄影师带来了极大不便。

行业也曾采用Wi-Fi及4G技术进行视频制播的无线化改造，但Wi-Fi非3GPP授权频谱，所有设备和个人之间共享Wi-Fi频谱，安全等级低，易受干扰；4G整体容量小、时延大、干扰强，都无法满足直播场景的高可靠性要求。传统Sub-6G则受限于带宽资源，100MHz带宽可支持的无线机位数量有限，无法面向4K/8K、浅压缩等需求演进，面向时延要求严苛的直播场景，难以满足端到端业务时延百毫秒级的需求。结合媒体制播场景对大容量、低时延的刚性需求，5G-A毫米波成为媒体制播无线化转型的最优选择。

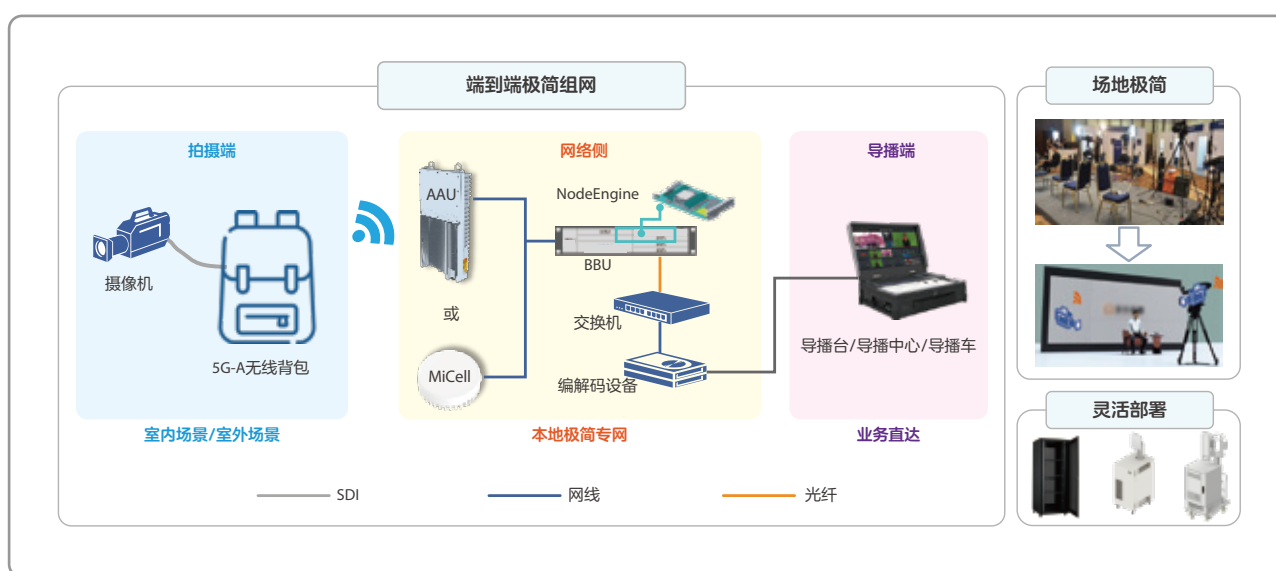
5G-A极简专网无线制播方案

基于5G-A毫米波大带宽与低时延特性，中兴通讯推出5G-A极简专网无线制播解决方案。方案结合多类型5G-A射频设备与NodeEngine基站级算力引擎，打造了无线化、高性能、超可靠的极简制播专网（见图1）。

- 无线化——拍摄端背包集成，高适配性，摆脱线缆束缚
在业务的最前端，方案采用5G-A无线背包，



中兴通讯提出5G-A极简专网无线制播方案，高效解决传统有线制播模式的弊端，弥补了现有无线转型方案的性能劣势，在充分满足多场景业务需求的同时，具备高效部署、灵活定制、长期演进等亮点。



▲ 图1 中兴通讯5G-A极简专网无线制播端到端组网方案

集成编码、供电及传输设备，使得摄像人员背上背包，拿起摄像机即可开始灵活地移动拍摄，全程无需再被线缆限制。背包整体采用轻量化设计，体积仅约3L，重量约5kg，可支持摄影师无压力的长时间工作。且5G-A无线背包可适配市面上所有通用开放接口（SDI/HDMI）的摄像设备，真正实现在传统方案基础上向无线化制播平滑迈进。

- 高性能——超大容量与超低时延，满足长期演进需求

在网络侧，方案支持依据不同场景灵活选择射频设备。室外场景，可优选业界独家支持1.6GHz的5G-A毫米波AAU设备，保障大面积的优质网络覆盖；室内场景，可选择5G-A毫米波室分

微站MiCell，美观小巧，并可通过多头端级联，实现覆盖面积再扩大。

拍摄现场的数据经无线背包回传至头端，进一步传输至5G-A BBU，数据通过共机框部署的NodeEngine算力单板进行业务识别与本地卸载，直接分流至本地导播中心，实现业务“一跳直达”的最短路径传输。

在拍摄端到导播端的传输中，方案支持最大单机位上行速率达2Gbps，无线传输空口RTT平均时延仅4ms，实现端到端业务时延在百毫秒级，可与有线机位画面无缝混切。方案的超高性能充分满足现有业务的使用需求、短期业务演进的性能需求、模式转型及过渡的方案融合需求。且整体方



案中的多类型设备也将随市场发展做进一步优化提升，充分匹配长期演进需求。

- 超可靠——极简专网架构，高效便捷部署，数据安全有保障

方案仅需在现场部署5G-A网络环境，在BBU侧部署NodeEngine板卡（即插即用）即可快速搭建无线制播专网。在完成前期对接验证的前提下，一个新场景的方案部署仅需1位技术人员2天时间即可完成网络开通。组网在高效部署的同时，能够确保原始数据的传输不出本地制播区，充分保障了直播业务的安全性。基站部署形态还可结合场地需求灵活选择，支持传统机房中的机柜部署，也可采用游牧式基站定点部署，真正满足客户的多样需求，提供可靠的方案定制与保障。

综合以上特性，5G-A极简专网无线制播方案能够解决有线制播中存在的线缆问题，在保障画面质量的前提下，实现灵活抓拍、跟随运镜、特写直拍等移动性需求，满足AR叠加、分辨率提

升、云制播融合等演进需求，为行业提供强有力的方案支撑。

在总台央视2024龙年春晚直播中，5G-A极简专网无线制播方案在全程直播中稳定保障多个无线机位的高清移动直播超5小时，可靠性达到99.99999%（7个9）。方案首次实现了无线机位与有线机位画面的无缝混切，被总台央视认可为新媒体制播领域的一项突破性成就。值得一提的是，最终零点倒计时的直播特写镜头也由5G-A无线移动机位所拍摄，充分印证了5G-A方案的稳定性与高可靠性。据官方数据统计，“竖屏看春晚”直播播放量4.2亿次，较去年同时段提升57.58%，制播“剪辫子”打响了第一枪。

5G-A赋能媒体制播行业，推进了制播模式技术化转型，创新了媒体内容生产方式，更加快了新型产业链的发展，是5G-A领域价值的高价值兑现。[ZTE中兴](#)

5G-A毫米波技术领航， 开启电网数字化转型新时代

在全球能源转型与数字化浪潮的交汇点，电力行业的数字化转型成为必然趋势。5G商用以来，已为千行百业的数字化之路注入强劲动力。电力行业在5G商用之初即开启“5G+智慧电网”的探索，随着应用深入，需求也在持续升级。毫米波作为5G-Advanced（5G-A）阶段的新频谱，具备超大带宽、超低时延、通感一体等独特优势，可为电网数字化转型提供更完善的支撑。

电网数字化深入，毫米波价值凸显

2020年起，电力行业启动5G赋能智慧电网的应用实践。5G具备低时延高可靠、切片等特点，为电网提供了一张泛在的通信网络，可在控制、采集及移动巡检等业务中发挥优势，提升电力信息化水平。然而，随着5G应用的不断深入，电网需求也在持续升级。例如随着电网可视化运

维范围扩大、多样化运维方式共存，将带来高并发超大流量需求，要求更大的通信带宽；此外，随着外部环境变化，如何进一步保障电网安全成为不可忽视的挑战，典型如无人机等非法入侵行为，需有效手段进行防范。

5G-A是5G的演进版本，毫米波作为5G-A阶段的新频谱，优势明显：首先，毫米波频段与当前5G公网隔离，利于打造专频专网，满足电网超高安全隔离需求；其次，毫米波可用带宽大，可支撑电网更高的数据传输流量需求；第三，毫米波调度时间缩短，网络时延进一步降低，可充分响应控制类业务的超低时延要求；最后，超高通信性能之外，毫米波还可实现高精度感知，使电网能够更加精准地识别、定位并响应外部入侵。

毫米波在电网领域的创新应用（见图1），可为电网的数字化转型带来新的活力，拓展电力数字化转型的广度与深度。毫米波将在以下几类电网业务场景中充分发挥优势：



曹妮
中兴通讯RAN产品方案
经理



图1 毫米波在电网领域的应用

- 高并发大容量类业务

随着智能化管理运维的深入，发输变电等环节均存在视频监控、机器人/无人机巡检等业务，此类业务特征是容量大、通信带宽要求高。以变电站为例，可存在上百台安防摄像头，同时还有若干机器人等移动巡检终端，此外，还有多个传感器需要回传监测数据。视频回传时，单路上行容量需求为6~25Mbps（1080p~4K），多类业务高并发回传时，变电站上行数据量将达1Gbps以上，毫米波可满足需求。

- 低时延高可靠类业务

为提升电网智能化水平，电网中存在大量实时采集及控制类业务，典型代表有差动保护、精准负荷控制等。此类业务的特征是低时延、高可靠，以差动保护为例，差动保护终端需要实时比较两端或多端同时刻电流值，端到端时延需小于20ms，可靠性需达到99.999%，毫米波可满足此超低时延超高可靠需求。

- 感知安防类业务

面对日益严峻的安全挑战，电网需要更智能、精准的感知能力来对潜在威胁进行实时监测与预警。常见风险包含不法分子、车辆、黑飞无人机等不安全因素非法入侵变电站等电网区域。毫米波支持通感一体，可为电网构建一张全天候精准感知防护网络。

中兴通讯毫米波方案，全面支撑电网应用探索

面向电力行业，中兴通讯提供系列化毫米波基站产品适配不同部署场景，包括高性能室外宏站、业界首发的分布式微站MiCell。此外，面向电网的实际应用，中兴通讯推出创新的场景化方案，助推电网走向数字化转型新阶段。

- 灵活帧结构调整，匹配多样化容量需求

电网高并发大容量业务，如视频监控、无人机巡检等大多是上行为主的业务，中兴通讯支持通过调整帧结构来实现大上行传输速率。

经实测，400MHz带宽下，采用“DSUUU”帧结构时，可实现上行峰值速率2Gbps，完全满足电网需求。此外，中兴通讯独家支持动态帧结构，AI加持下，可基于上下行实时负荷，迅速预判及动态调整帧结构，完美匹配实时业务需求变化。

- NodeEngine边缘算力助力实现业务本地化和低时延高可靠确定性保障

NodeEngine（NE）是中兴通讯业界首发的基站级边缘算力方案，可在BBU中即插即用，支持业务本地分流及确定性保障。电网变电站等场景一般需部署本地安防及巡检视频平台，通过NE即可轻量化实现，无需核心网UPF下沉。此外，对于差动保护等低时延类业务，除毫米波本身带来的空口调度时延降低之外，基于NE可实现终端的跨基站本地互通，大幅降低传输时延。同时，NE还支持业务精准识别和智能调度优化，最终实现低时延高可靠类业务的确定性保障。

- 创新通感一体方案，实现全天候无死角地空一体安防网络

电网感知场景中，既有对黑飞无人机的感知需要，也有对地面车辆、人员入侵的监测需求，基于中兴通讯业界首发的自发自收大张角AAU，可实现600m高度的感知，真正做到地空一体“一网打尽”。此外，中兴通讯业界首家提出双波形智能感知技术，兼顾远距离感知和近点无盲区，可为电网提供一张全天候无死角的守护网络。在基本感知功能的基础上，中兴通讯在BBU中引入智算单板，使得基站具备原生AI能力，可以实现网联无人机身份识别等进阶能力，从而更好地实现低空管控。此外，感知服务器同样可以在NE上轻量化部署。

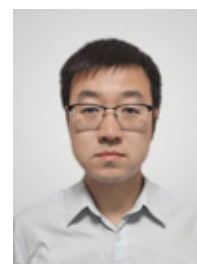
毫米波技术作为5G-A的关键组成部分，在电网数字化转型中具有巨大的应用潜力。未来，中兴通讯愿与业界伙伴一起推动毫米波在电力行业的场景探索、技术研发、示范应用，为毫米波技术的广泛商用提供有力保障。 ZTE中兴

5G-A毫米波， 铁路数字化转型新引擎

2023年，国铁集团在《数字铁路规划》中制定明确目标：“到2027年，铁路数字化水平大幅提升，重点领域实现智能化，基本形成纵向贯通各层级业务场景，横向联通各专业系统的推进格局，数字铁路建设取得重要进展。”构建数字铁路，首当其冲需要提升铁路数字基础设施能力，补强数字网络基础设施。

当前铁路正在推进的5G-R系统，主要承载高速铁路列车控制、指挥调度通信等铁路核心业务，

是保障铁路行车安全、顺畅的关键基础设施。然而5G-R系统容量有限，重点承载铁路沿线的行车类高优先级的语音和数据业务。《数字铁路规划》所描绘的应用场景广泛而深入，全面覆盖铁路业务的各运营环节，5G-R无法满足铁路全域的专网应用需求。以车地间的海量数据转储和基于数字孪生的智能整备为代表的大数据量业务，需要容量更大、频谱资源更丰富的基础网络作为载体。5G-A毫米波技术凭借其独特的优势，有望成为铁路专网的又一重要技术选项。



刘嘉
中兴通讯无线产品方案
经理



毫米波实现车地海量数据转储

铁路机车的设备监控与数据记录工作，对于保障列车运行的安全性和提升整体运输效率具有举足轻重的作用。通过部署远程监测与诊断系统（CMD）、列车运行监测管理系统（LMD）以及晃车监控系统等一系列先进的监控手段，机务段工作人员可以收集并分析机车运行的各项实时数据，以便及时发现并解决潜在的安全隐患，确保列车的安全、稳定运行。

机车上的多个系统在日常运营中会生成海量数据，这些数据的转储是铁路数字化转型中要考虑的关键问题之一。以机车6A视频文件为例，每台关键摄像头每小时产生约1GB数据，这意味着一台机车在一天内就可能累积约24GB数据。对于连续运行数日的机车而言，其数据量更是高达数百GB之巨。Wi-Fi传输速率相对较低且无法实现跨站传输。当前，这些数据的转储工作主要依赖于机务段工作人员的手动拷贝，这一过程不仅费时费力，而且极易出错，增加了潜在的安全风险。

为了应对这些挑战，可以在机车和轨道沿线部署先进的车地无线设备，借助5G-A毫米波的超大带宽特性，构建一个高效稳定的无线车地通信系统。特别是，可以充分利用机车在大型车站和机务段停留的宝贵时间窗，通过无线传输方式，实现车载设备数据的快速转储。

为此，中兴通讯打造了一套面向路局级的整体解决方案，该方案涵盖了轻量化5G专属核心网、系列化无线产品矩阵、专用毫米波车载终端、跨产品融合的网络管理系统以及业务导向的运维管理平台，满足网络及业务端到端的统一管理需求。车内多个系统数据汇聚后，统一接入毫米波车载终端进行回传。鉴于车载设备数据传输横跨车站、机务段等多个地域，网络建设规划需灵活应对，提前规划毫米波基站的部署位置，保证车载终端与基站之间没有明显遮挡。针对机车停留的关键地点，可以对现场环境进行3D数字地图建模和信道模型SLA仿真，以确保网络覆盖效

果和容量最优化。此外，考虑到铁路业务以上行为主的业务特点，可以将系统帧结构调整为1D3U，将更多的资源分配给上行链路，使得上行吞吐量得到数倍提升。车内设备数据经过毫米波基站回传至专属核心网后，可以直接分流至业务分析系统进行处理。这一创新方案为车地间海量数据的迅速转储提供了高效的解决途径。

相较于传统Wi-Fi，毫米波技术在传输速率上具有显著优势，能够更快速地完成大数据量的传输，如50GB的设备数据仅需5分钟即可完成传输。此外，毫米波采用专用网络频段，这极大减少了外部干扰的可能性，所有数据均在路局内部流转，确保了数据的传输安全。多路数据融合的无接触传输，能将机车上多个系统的数据进行高效聚合，并通过机车顶部的毫米波车载终端进行统一回传。这一创新技术不仅支持在多个地点进行分段无线传输，还极大地节省了时间和人力，为机车数据传输带来了前所未有的便捷性。

毫米波打造铁路数字空间

在传统的机车整备车间中，机车数量众多且作业流程错综复杂，操作人员需执行一系列繁琐的任务，包括监测机车部件状态、调试各项性能参数等，这些工作高度依赖于人工经验，导致整备周期长、效率低下。鉴于此，将整备车间进行数字孪生构建，实现对车间内业务的实时动态监控与深入数据分析，提升整备作业效率，无疑是铁路行业迈向未来数字化的重要趋势。

在构建数字化整备车间时，数字孪生系统需实时同步车间各项数据，确保虚实一致。这要求无线网络支持高速数据传输与即时反馈，使虚拟操作能即时影响物理实体。鉴于机务段整备车间用户少、应用范围有限，中兴通讯提供车间级5G极简专网方案，无需专用核心网，以NodeEngine算力基站和毫米波室内产品Micell为核心，实现现场业务与数字孪生平台的实时反馈。



▲ 图1 机务段整备车间

NodeEngine还能作为轻量化云基础，低成本为数字孪生平台提供计算资源与运行环境，加速现场应用的搭建、部署与能力开放。机务段整备车间实体环境如图1所示。

在传输复杂的3D模型数据及海量的设备实时运行数据时，毫米波凭借其卓越的低时延特性，确保了数字孪生平台在控制与操作时流畅无阻，避免了卡顿或延迟现象的发生，不仅有效防止了操作失误，更确保了虚拟世界与物理世界的无缝对接与高度一致。

毫米波技术与数字孪生相结合，能够实时获取整备车间的数据动态，并将其以高精度的三维模型形式反馈至数字孪生平台。这一创新手段赋予了操作人员前所未有的视觉洞察力，使他们能够轻松洞察机车的内部结构及其部件间的复杂关联，进而精确识别潜在故障点与维修需求，极大地提升了整备作业的效率。

5G毫米波带来更多可能

2024年11月，工业和信息化部携手其他十一部门共同推出《5G规模化应用“扬帆”行动升级方案》，明确提出“推动5G专用网络的建设，并探索5G毫米波技术在制造业、铁路、采矿业以及国防工业等关键领域的创新应用”。在这份蓝图中，5G毫米波技术被赋予了推动行业革新、引领数字化转型的新使命。随着5G毫米波技术和产业链的日益成熟，其吉比特级上行传输速率和毫秒级网络延迟的商用能力，为铁路数字化转型升级奠定坚实的技术基础。

在铁路行业，5G毫米波技术的应用前景极为广阔，它不仅能显著提升机车数据传输效率与安全性，还将在智能运维、自动化巡检等关键领域展现出巨大的潜力，推动铁路行业向着更加智能、高效、安全的未来迈进。ZTE中兴

毫米波技术在工业行业的应用与展望



马文德
中兴通讯无线产品方案
经理



韩莹
中兴通讯行业规划总监

在 当今工业企业向智能化转型的浪潮中，5G无线技术的引入无疑为其注入了一股强劲动力，开辟了新的发展路径与无限可能。这场转型不仅是技术层面的革新，更是对传统生产模式与思维方式的深刻重塑。在这一变革的洪流中，毫米波技术凭借其卓越的高带宽与低时延特性，成为构建高效、稳定的工业专网体系的坚实基石。

5G毫米波技术特性

相较于传统的Sub-6GHz 5G技术，5G毫米波技术在带宽、时延、容量以及方向性等多个维度上展现出显著优势，这些优势为毫米波技术在工业行业的广泛应用与深入发展奠定了坚实基础。

● 大带宽：数据传输的高速公路

毫米波频段拥有极为丰富的频谱资源，其单载波带宽轻松跨越400MHz乃至800MHz的广阔区间。这一特性赋予了毫米波技术提供超高数据传输速率的能力，单用户下行峰值速率可飙升至7Gbps，上行峰值速率亦可达2Gbps。相比之下，Sub-6GHz频段的带宽显得捉襟见肘，通常仅局限于数百兆赫兹范围内。因此，在处理大规模、高频率的数据传输任务时，毫米波技术展现出更为突出的优势。在工业场景中，这一特性使得毫米波技术能够游刃有余地支持高清视频传输、

大数据处理以及实时控制等关键应用，为工业自动化与智能化转型提供强有力的技术支撑。

● 低时延：快速响应的守护神

毫米波技术的另一大亮点在于其极低时延的特性。得益于毫米波较大的子载波间隔与较短的单个时隙周期，其空口时延仅为Sub-6GHz的四分之一左右。这一特性使得毫米波技术在需要快速响应的工业应用场景中大放异彩，如工业自动化控制、远程实时监控等场景。在工业自动化领域，毫秒级的时延差异足以影响生产线的流畅运行与产品质量，而毫米波技术则凭借其低时延特性，确保了数据传输的实时性与准确性，从而显著提升生产效率与产品质量。

● 波束赋形：精准聚焦，降干扰

毫米波信号的波束较窄，具有极强的方向性，这一特性使得毫米波技术能够更好地聚焦信号，有效减少干扰，提高空间复用率。在工业场景中，毫米波技术的波束赋形特性使得设备之间的通信更加稳定可靠，减少了信号衰减与干扰对通信质量的影响。同时，毫米波信号因易于被阻挡而传播路径明确，这在一定程度上增强了通信的安全性，降低了数据被截获的风险。因此，毫米波技术在工业环境中为设备间的通信提供了更加安全、稳定的保障。

● 集成度高：灵活部署，便捷应用

毫米波设备天线尺寸的小巧，为毫米波技术

的广泛应用提供了极大的便利。这一特性使得毫米波技术能够轻松融入各种终端设备中，为工业互联网的灵活部署与便捷应用开辟了新途径。在智慧工厂中，毫米波设备可以大量部署，实现高密度连接与实时数据传输，为工业自动化与高清视频监控等领域提供技术支持。此外，毫米波设备的小型化也为其在远程医疗、智能交通等领域的应用提供了可能。

工业场景下毫米波技术的应用

在工厂中，毫米波技术以其高带宽与低时延特性，成为工业自动化与智能生产的得力助手。通过毫米波技术，可以实现远程控制机械臂的精准操作、实时监控生产线的运行状态以及高效传输工业数据等应用。这些应用不仅显著提升了生产效率，还确保了生产线的安全性与稳定性。同时，毫米波技术还支持高清视频监控与质量检测等关键应用，为产品质量控制提供技术保障。

毫米波技术在远程医疗领域的应用同样前景广阔。利用毫米波技术的高带宽与低时延特性，可以实现高清视频传输与实时诊断等应用，提高医疗服务的效率与质量。在远程医疗中，医生可以通过高清视频与患者进行实时交流，进行远程会诊与手术指导，从而有效缩短患者就医时间，提高医疗服务的便捷性与可及性。

在智能交通系统中，毫米波技术凭借其高精度定位与低时延特性，成为车辆自动驾驶与交通管理的重要支撑。在车辆自动驾驶方面，毫米波技术能够提供高精度的车辆定位与速度测量数据，为自动驾驶系统的决策提供可靠依据。在交通管理方面，毫米波技术可以实现交通流量的实时监测与智能调度，显著提升交通运行的效率与安全性。

在钢铁冶炼工厂中，毫米波技术为机器视觉与无人运输等应用带来变革。在机器视觉方面，

毫米波技术支持高清视频的实时回传与处理，实现对钢水颜色、质量等参数的精准检测。在无人运输方面，毫米波技术实现无人钢水运输车的精确定位与远程监控，确保铁水运输的安全性效率。此外，毫米波技术还可以应用于天车远控等场景，通过改造传统天车，加装高清摄像头等设备，实现无人化运行，为工人提供更加安全、舒适的工作环境。

在矿山采矿领域，毫米波技术为露天矿的无人矿卡提供强有力的技术支持。露天矿场矿卡数量众多，无人化改造需求迫切。利用毫米波技术的大带宽、高精度定位与低时延特性，可以实现无人矿卡的自主导航与远程监控。这不仅显著提高了采矿作业的安全性与效率，还降低了人工成本与环境风险，助力矿山采矿行业的可持续发展。

在港口场景中，毫米波技术为岸桥远控、龙门吊远控以及水域通感等应用提供强有力的技术支持。港口设备密集部署，对高清视频回传与远程作业监控的要求极高。毫米波技术凭借其大带宽能力，能够实现高清视频的实时回传与远程作业监控，提高港口装卸作业的效率与安全性。在水域通感方面，毫米波技术能够实现船只停泊感知与避碰预警等功能，确保水域交通的顺畅与安全。

5G毫米波技术凭借其高带宽、低时延、高度方向性以及设备小型化等显著优势，在工业行业中展现出了巨大的应用潜力与发展前景。随着技术的不断成熟与完善，毫米波技术将在更多领域得到广泛应用，为工业自动化、高清视频监控、远程医疗、钢铁工厂、露天矿场以及港口等多个工业场景提供更加高效、安全、智能的技术支持。展望未来，我们有理由相信，毫米波技术将在工业行业发挥更加重要的作用，为社会的智能化转型与可持续发展贡献更多力量，开启工业行业发展的新篇章。ZTE中兴

毫米波赋能“万兆大回传”， 为密集场景用户提供网络畅享体验



范英鹰
中兴通讯无线产品方案
经理

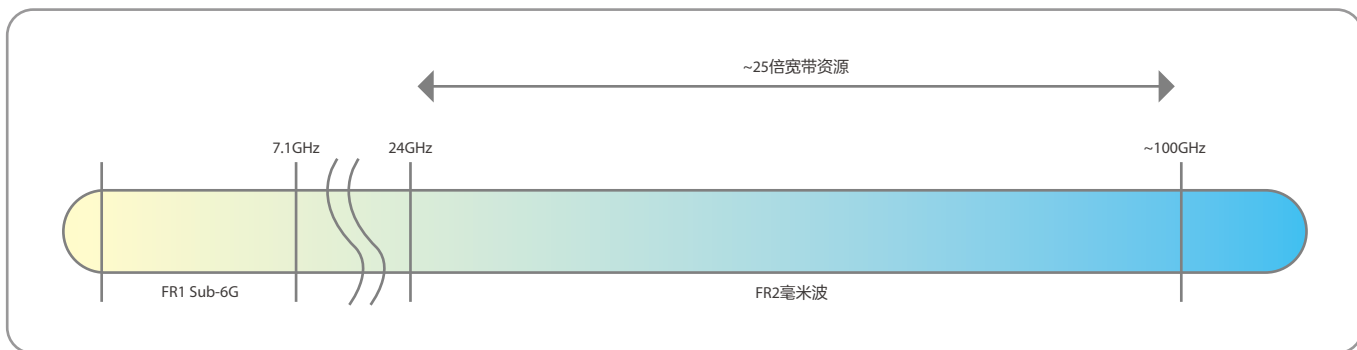
在 当今通信技术迅猛发展的背景下，数据需求正以空前的速度增长。无论是旅游景点、商务区，还是轨道交通系统及大型演出场地，都对网络连接的数量、数据传输速率和稳定性提出了极高的要求，现有网络基础设施正面临前所未有的压力。

毫米波技术凭借其显著的技术优势，成为应对未来高密度通信场景和多元化服务需求的关键解决方案。尤其是在实现“万兆大回传”——即从终端设备向核心网络传输大量数据的场景中，毫米波技术展现出无可比拟的优势：极大的带宽资源、极高的数据传输速率，可以有效补充现有5G频段，缓解密集场景中网络拥塞的状况，提高网络的整体效率和服务质量，为用户提供更加流畅、快速的互联网体验。

毫米波为“万兆大回传”赋能

毫米波技术的最大特点在于丰富的频率资源和极大容量带宽，这使其成为5G网络实现“万兆连接”能力的核心技术之一。相比传统Sub-6GHz频段，毫米波提供了更多的频谱资源（见图1）。例如，在26GHz频段内分配连续800MHz频谱，可以通过多载波聚合技术实现高效传输。基于3GPP标准，结合先进的天线设计和射频处理技术，毫米波单终端可实现7Gbps以上的峰值吞吐量。

2024年9月，中兴通讯与中国联通及高通合作，完成了手机终端高低频NR-DC（New Radio-Dual Connectivity）速率验证，实现了手机单终端下行峰值速率9.3Gbps的突破，小区级



▲ 图1 毫米波频谱资源

峰值容量甚至超30Gbps，为超高速网络体验树立了新的标杆。

毫米波的高频段和短波长特性，使其非常适合与波束赋形技术结合。波束赋形通过将信号能量聚焦在特定方向，不仅能增强目标区域的信号强度，还能有效降低非目标区域的干扰。这一技术优势使毫米波系统特别适合部署在人流密集的大型场所，如景区、CBD、体育馆和地铁站等。

目前，中兴通讯毫米波AAU设备内的天线阵子数量已达到1536，后续可达更高，大大提升了波束赋形增益，无论上行还是下行链路，均可实现显著的性能提升。

“万兆大回传”应用场景与成功案例

热点区域用户数多，高峰时间内对数据业务需求极大，通过部署5G毫米波进行覆盖，利用其“万兆大回传”能力进行精准分流，可解决热点流量问题。室外典型的热点区域有室外广场、体育场、核心主干道等，室内的典型热点区域有交通枢纽、体育馆和购物中心等。

赋能轨道交通5G新速度

北京、上海、广州等大型城市中，轨道交通客运量占公共交通客运总量的70%以上。但这些地区地铁综合5G覆盖率不足20%，用户在地铁上网经常遭遇卡顿、掉线等问题。影响地铁5G网络建设的因素包括：地铁运营安全及隧道空间不足、设计要求及预留资源无法满足升级需求、运营后可投入施工的时间窗口短。

针对以上问题，中兴通讯提出新型“车地双用”解决方案：即在地铁隧道内部署毫米波AAU作为万兆回传系统；同时在地铁车厢内部署一套完整的5G数字室分系统，既满足了轨交乘客用网的需求，又满足后续轨交数字化、智能化转型的需求。

- 地铁隧道内，毫米波万兆回传：毫米波提供高达15Gbps的下行回传能力，可满足1800

位乘客同时观看高清视频的需求。与波束赋形技术的结合，大幅降低隧道内信源数量，降低总能耗。以上海地铁4号线改造项目为例，全线减少了78%的隧道通信能耗，每年节约370万度电。

- 地铁车厢内，5G QCell提升乘客用网体验：随车室分系统的部署不仅解决了由隧道空间不足导致的5G新线缆安装数量受限甚至无法安装的问题，也同步解决了车厢金属车体带来的信号穿损及高速运动带来的信号多普勒频移问题，车厢内单用户峰值体验速率可从600Mbps提升到2.1Gbps。

支撑10万人音乐节，狂欢High翻天

泰国“大山音乐节”是东南亚最具影响力的音乐盛事之一，每年吸引超10万名音乐爱好者汇聚一堂，共享音乐与自然的完美融合。然而，随着参与人数的增加，现场网络连接问题日益凸显，尤其是在高峰时段，网络拥堵严重，影响了观众的体验。为了提升音乐节的网络质量和观众满意度，毫米波部署站点与音乐会场地间视距距离（LoS: Line of Sight）达1.5km，为音乐会提供超22Gbps的小区峰值速率，为观众提供超高速、低延迟的网络连接。

音乐节活动期间，回传站点最大同时在线用户达3600+，累计流量接近2400GB；观众可以随时随地通过社交媒体分享现场照片和视频，记录难忘瞬间。据统计，音乐节期间社交媒体的互动量增加了300%，观众对现场网络体验的满意度远高于往年。

毫米波技术正在开创通信技术的新纪元。无论是在密集景区、商务区、轨道交通，还是在直播和VR场景，它都展现出强大的应用价值。随着技术的进一步成熟，毫米波技术将助力我们构建更加智能、高效的未来社会，为用户提供极致的通信体验。让我们共同期待毫米波技术带来的更多可能性！[ZTE中兴](#)

毫米波FWA： 引领宽带接入未来， 解锁5G-A网络价值



魏涛
中兴通讯RAN产品方案
经理

随着5G通信技术的普及，固定无线宽带接入（FWA）成为5G时代首个绽放异彩的成功业务场景。在5G-A时代，伴随网络端到端能力的增强，该业务将为运营商缔造可观的投资回报。根据第三方权威数据预测，2024年—2030年，FWA全球连接数量将从1.6亿增长到3.5亿，增长超过118%，整体连接数将占全球宽带连接数的近20%，其中80%连接数将由5G-A网络承载，市场潜力巨大。

目前，FWA的部署在很大程度上依赖于中低频段，FWA用户的数据用量通常是移动用户的十几倍，网络容量的提升无疑是确保FWA用户与移动用户服务品质的关键。基于毫米波的FWA是实现容量提升的最有效手段。据统计，某大型体育赛事，低频承载数据业务量8%，中频承载数据业务量41%，而高频承载了高达51%的数据业务量，容量承载能力突出。

毫米波具备大带宽、高传输速率以及低干扰等显著特性，全球端到端产业链较为成熟，毫米波FWA正逐步跃升为固定宽带接入的主流形态。

毫米波FWA引领极致性能体验

毫米波的大带宽和系列化解决方案有效提升

了网络性能，带给用户更好的体验。

● 超大带宽，超高速率

凭借大带宽与大规模天线技术的强力支撑，毫米波FWA能够展现出令人惊叹的极高传输速率，中兴通讯联合马来西亚领先运营商在外场实测速率高达30+Gbps。这一惊人的传输速率将用户的在线体验推向了一个前所未有的高度，为家庭和中小企业应用提供强大支撑。对于高清视频流、在线游戏、视频会议等对宽带需求极为苛刻的应用场景而言，毫米波FWA无疑提供了无与伦比的性能。

● 端到端协同，克服覆盖挑战

毫米波频段较高，其物理传播特性相较于低频偏弱，因而毫米波的网络覆盖一度成为棘手难题。依托最新的端到端系统解决方案，中兴通讯能够切实有效地弥补毫米波覆盖短板，大幅增强覆盖能力，为毫米波FWA的商业应用实现降本增效，并助力其快速推广。2023年，中兴通讯与泰国领先运营商进行了外场毫米波超远覆盖性能摸底测试，在11km远点下行速率高达2.25Gbps。

此外，毫米波FWA无需进行获取路权、挖沟埋缆、穿墙打洞等操作，部署5G毫米波FWA能够极大地缩短部署时间，这对于连接偏远地区，迅速满足市场需求具有至关重要的意义。



▲ 中兴通讯联合马来西亚运营商外场测试实现毫米波峰值30+Gbps，被马来西亚记录大全认可

● 系列方案保障性能最优

经过积极的探索与验证，中兴通讯形成了完备的毫米波FWA部署方案，成功实现了从尽力而为向确定性性能保障的跨越。借助基站内生智能的DeepEdge、smart PBR、Smart Steering等智能化方案，中兴通讯实现了对FWA业务以及用户级极致业务体验的确定性保障。

● 多产品序列满足客户多样化需求

经过多年研发，中兴通讯目前可提供系列化多场景的毫米波产品组合：面向室外宏覆盖的宏站，支持1.6GHz超大带宽，业界第一；创新型中频池化小站解决方案MiCell，面向工厂、办公室和CBD等场景室内覆盖；面向高热、应急等场景，游牧型CampSite基站实现1小时极速建站，大容量部署。

中兴通讯助力毫米波FWA规模部署

中兴通讯在全球范围内成功实现了大规模的

5G部署。在欧洲，我们助力某运营商积极发展毫米波FWA业务，取得了卓越成效，近3年来每年的平均每用户收入（ARPU）均实现了2个百分点的稳步提升。同时，基于毫米波的端到端解决方案，实现体育赛事的全景直播，成功探索出了“付费用户—内容服务商—运营商”的全新商用模式，为行业发展开辟新路径。毫米波FWA为用户提供便捷的宽带服务的同时也为运营商实现了较好的商业回报与品牌价值提升。

毫米波FWA凭借其高速率、大带宽等显著特点，能够出色地满足未来高清视频、大数据等业务强劲增长需求。通过持续不断地创新端到端方案，中兴通讯实现了毫米波FWA的快速部署以及网络性能的大幅提升。毫米波FWA将以更卓越的姿态服务社会，普及数字价值，深度改变人们的生活方式，并成功开辟出全新的商业赛道，为社会的发展与进步注入强大动能。ZTE中兴

通感一体赋能低空新经济



任涛
中兴通讯RAN产品方案
经理

发展新质生产力，低空经济崛起

得 益于政策的积极扶持、应用场景的不断拓宽以及技术的日新月异，低空经济，一个由通用航空与无人机产业蓬勃发展所催生的多元化新业态与新模式的集合体，正显示出其作为国民经济增长新引擎的巨大潜力。

2021年2月，在《国家综合立体交通网规划纲要》里，“低空经济”概念首次被写入国家规划。2024年3月，全国两会《政府工作报告》提出，积极打造生物制造、商业航天、低空经济等新增长引擎，低空经济首次被写入政府工作报告，并被纳入新质生产力范畴。2024年以来，全国已有近30个省份将发展低空经济写入政府工作报告或出台相关政策。国家政策的春风为低空经济的发展提供了肥沃的土壤，据工信部赛迪研究院发布的《中国低空经济发展研究报告（2024）》显示，2023年中国低空经济规模达5059.5亿元，预计到2026年低空经济规模有望突破万亿元。

低空经济对低空网络的核心需求

随着无人机、eVTOL等低空飞行相关技术装备的逐步成熟，低空经济不再局限于传统的航空运输，而是深入到物流运输、应急救援、空中巡检、空中游览等众多领域，形成了一个多元化、丰富多彩的应用场景图谱。然而，低空经济这一

应用多元化趋势也对网络基础设施带来了更为严格的要求和挑战，特别是在低空通信与低空监管两大领域。

在低空通信领域，核心需求聚焦于无人机与地面站之间的数据传输（数传）及图像传输（图传）。数传要求网络能够确保无人机在低空作业期间与地面站保持连续、稳定、高可靠且低时延的通信，以便无人机接收操作指令，同时地面站能实时追踪无人机的飞行状态并给予即时反馈。图传则侧重于将无人机摄像头捕获的高清图像与视频信息高效传输至地面，这类传输特点在于对上行带宽的需求较大，例如，1080P分辨率的图像上行速率需求约为5Mbps，而4K分辨率则高达25Mbps。

在低空监管领域，一方面需要对合作类无人机进行监视和服务，确保飞行有序可控；另一方面需要对非合作类无人机进行探测与反制，确保空域安全。

当前传统低空通信与监控技术面临诸多局限，如点对点通信的覆盖范围有限、频谱监测的定位精度不足、低空雷达连续组网难度大等问题，限制了低空经济的深入发展。在5G-A阶段横空出世的通感一体技术成为解决上述问题的法宝。

毫米波通感一体，实现低空泛“联”易“管”

通感一体技术实现了通信与感知技术的深度融合。在传统技术架构中，通信与感知是两个截

然分离的功能领域。通信主要负责信息的传递，是4G/5G蜂窝网络的核心功能；而感知则专注于对周遭环境和物体的监测与识别，这一任务通常由雷达、摄像头等传感设备来承担。而5G-A阶段通感一体技术的引入，为通信基站赋予了前所未有的“视觉”能力，即类似雷达般的物体探测与感知功能。

通感一体基站的核心在于其“通”与“感”的双重能力，这两种能力均利用同一频段的电磁波实现。具体而言，通信功能通过对电磁波进行调制，以承载并传递语音、数据等信息；而感知功能则侧重于分析电磁波的回波信号，从而精准地定位、测距及测速目标物体。这一技术突破，使得通信基站不仅能传递信息，还能“看见”并理解其周围环境，极大地拓宽了其应用场景

与潜力。

在频段选择上，毫米波凭借其卓越的带宽优势与波束窄化特性，成为通感一体技术实现高精度探测的理想选择。毫米波的大带宽为信息的高速传输提供了可能，而其波束的狭窄性则有助于实现更精确的探测与定位，为低空经济中的无人机通信与监管带来革命性的变革。

中兴通讯通感算智一体化核心技术

中兴通讯凭借深厚的蜂窝通信技术底蕴与卓越的创新能力，成功推出了多项业界顶尖的通感一体核心技术，引领行业发展潮流，为低空经济发展提供强有力的技术支撑与保障。

在通信技术领域，针对低空通信面临的严重



▲ 在南京滨江经济开发区，实现业界最大规模毫米波低空通感一体组网



在南京滨江经济开发区，完成5G-A毫米波最大规模低空通感一体组网，采用10个毫米波通感一体基站协同组网，实现滨江上空10平方公里低空通感覆盖；完成了低空复杂航道模拟验证、低空物流支线、低空空气监测等多项低空通感业务验证，这是5G-A通感一体化技术迈出商用的重要一步。

干扰、频繁切换及网络抖动等挑战，中兴通讯推出了以用户为核心的5G-A分布式超大阵列D³-ELAA方案。该方案通过动态协同与分布式赋形技术，确保用户体验的稳定性与确定性，成功打破蜂窝网络边界，实现了低空环境下的超稳态通信，为无人机等低空飞行设备提供稳定可靠的通信保障。

在感知技术领域，中兴通讯同样展现出强大的创新能力。为解决传统基站覆盖高度不足的问题，中兴通讯业界首发自发自收大张角机型，实现了垂直扫描角度超过60°的突破。此外，针对传统雷达技术在远距离感知与近点盲区之间的矛盾，中兴通讯创造性地提出了双波形智能感知技术，通过时分发送脉冲波与连续波，完美兼顾了远距离感知与近点无盲区的需求，进一步提升了感知技术的实用性。

在基本感知功能的基础上，中兴通讯更进一步，通过在基站BBU中引入智算单板，赋予了基站原生AI能力。这一创新举措使得基站能够实现对无人机、飞鸟等感知目标的分类识别，以及网联无人机的身份识别等进阶功能，为低空管控提供了更加精准、高效的技术支持。

中兴通讯积极推进低空经济商用实践

中兴通讯目前与运营商及第三方合作伙伴联合，在25个省市完成了超80个低空通感试点项目，覆盖物流配送、低空巡检、重点区域低空安全等多种应用场景。

在深圳南山区人才公园，完成5G-A通感一体基站建设，成功验证低空安防的电子围栏入侵预警、多目标无人机轨迹跟踪、美团外卖无人机航线感知等应用，基本覆盖了低空感知场景全业务。

在南京滨江经济开发区，完成5G-A毫米波最大规模低空通感一体组网，采用10个毫米波通感一体基站协同组网，实现滨江上空10平方公里低空通感覆盖；完成了低空复杂航道模拟验证、低空物流支线、低空空气监测等多项低空通感业务验证，这是5G-A通感一体化技术迈出商用的重要一步。

在河南安阳，完成5G-A低空通感大规模无人机机群试验。试验中，20架无人机机群同时飞行，采用毫米波通感一体基站实施了多轮次精准检测，成功达成零漏检的目标。这一成就不仅验证了5G-A毫米波低空通感技术在复杂环境下的稳定性和可靠性，也为后续的实际应用铺平了道路。ZTE中兴

通感一体探索水域发展新纪元

我国水域资源丰富，有超过50万条河流，总长度达43万公里，其中流域面积超1000平方公里的约1500条；有1.8万公里海岸线，管辖海域面积约473万平方公里。丰富的水域资源为航运、渔业、旅游等产业提供了广阔空间，2023年我国海洋经济总量超10万亿元。与此同时，随着5G等新一代信息通信技术的快速发展，水域领域各项信息基础设施建设和信息化应用进程不断加速，传统水域产业逐步向数字化、绿色化、智能化升级，也催生了一批水域新产业、新业态、新模式，加速了水域经济与数字经济的深度融合与协同发展。

水域安全亟需经济高效的监管手段

我国水域经济发展迅速，亟需经济高效的监管手段。

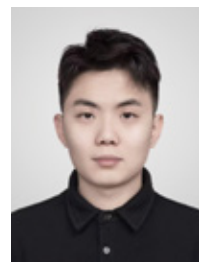
在航道交通运输系统中，智慧港口需要对船舶、货物等进行全面监测，确保水域安全和合规运营；随着旅游业的不断升温，湖区数量不断增长，湖区发展也需要合理监管，比如禁渔期监管。当前航道的感知手段主要依赖船舶自动识别系统、船舶交通管理系统、海事视频监控系统和北斗导航系统等四大系统。这些传统感知管理系统都是由船舶接收GPS/北斗卫星定位信号，并由船舶通过通信网络主动上报。恶劣天气会影响卫星的定位精度，同时水面会出现无通信定位功能的船舶、漂浮物等，导致主动上报技术无法感知到水域的情况。

而针对海域监管，海域监测业务场景主要集中在三类：近海执法、非法捕捞、非法入侵。非

法船只一般不接入GPS系统，整体监控难度大。当前海防主要依赖于雷达+红外摄像头感知，存在部署成本高、无法连片组网、实时性弱等问题。红外热成像技术利用的频段主要集中在2500~750nm波长的频谱，无法透过非透明障碍物成像，且探测距离受海平面曲率影响，同时数据回传光缆部署难，整体部署成本高；路基雷达技术用于覆盖孤立岛屿、港口、海上钻井平台，监视10km距离的海上小型船只，整体部署成本高，全场景覆盖困难，且通过第三方接口传输数据至监控平台，时延长，往往接收到告警信号时船只已驶离原位；移动监测船集多种检测技术于一体，但成本最高，且无法完成7×24小时不间断监测，只能针对重点海域部署。

毫米波通感技术赋能水域监管

毫米波通感一体技术在支撑水域船舶感知方面具有广阔的应用前景。毫米波通感一体技术整合通信、感知和计算能力，通过毫米波频谱的多功能应用，显著提升网络资源利用效率和感知能力。通感一体化技术在通信与感知上共享资源，避免了额外部署独立传感设备，减少了硬件开销和能耗，这符合现代智慧交通“绿色低碳”的发展目标。凭借频谱资源丰富、带宽大、速率高等特点，毫米波通信具有极高的数据传输速度和容量，同时，毫米波频段对物体感知精度有着天然优势，可以实现高精度的测距、测速和定位等功能，尤其在船舶感知场景，毫米波能通过精确的目标反射信号分析，支持动态水面监测、船舶轨迹追踪等功能；借助可组网等特性，毫米波



海振坤
中兴通讯无线产品方案
经理

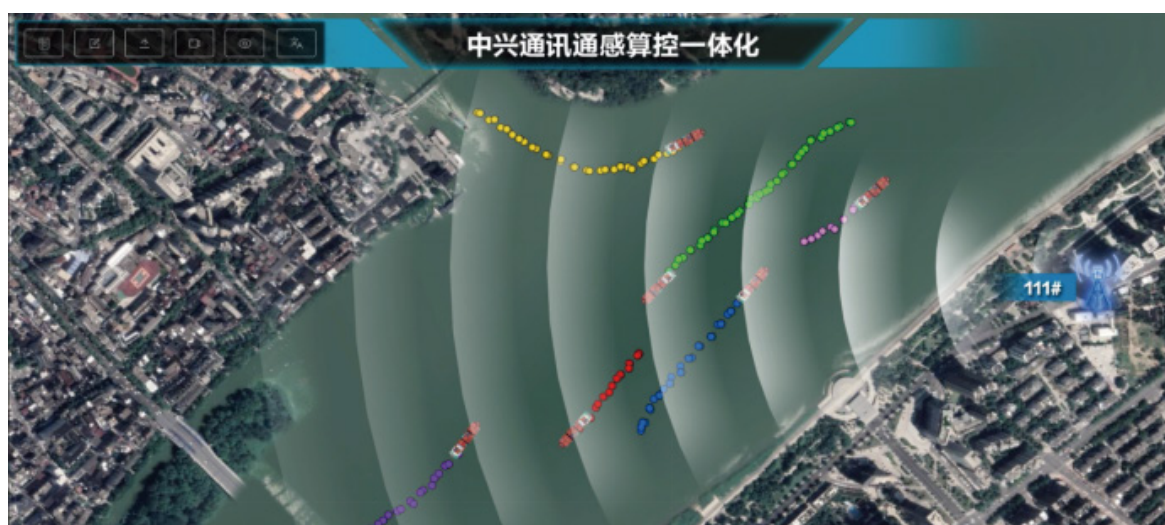


王庆红
中兴通讯毫米波通感产品
规划经理



对于运营商来说，通过部署通感算控一体化系统，将发挥5G网络的更大价值，实现一网多能、一数多用。

中兴通讯通感一体平台界面



能够实现全天候、无死角感知覆盖，满足多种业务需求。

中兴通讯积极推进水域毫米波通感一体研究与应用

中兴通讯推出业界首个自发自收毫米波通感一体AAU，单个AAU完成感知信号的发射和接收；业界独家采用连续波加脉冲波组合的方式提供高精度、远距离的感知能力；同时采用BBU内生算力进行感知信号处理和站间轨迹协同整合和实时上报，成本低、时延小、安全性高。毫米波通感一体系统可以实时采集和处理大量的船舶感知数据，为水域安全管理和船舶调度提供有力支持。

中兴通讯深入探索毫米波通感一体技术在水

域监管领域的应用：在黄浦江航道完成江城通感一体部署，即使在大雾大雨天气下也能实时感知船舶轨迹、航速等，极大保障了航道安全，提升黄浦江航道的日常船只管理效率；在长江航道武汉段构建水域电子围栏，可对非法进入禁航区域的船只精准感知并实时告警，保障水域合法安全；在哈尔滨太阳岛园区实现对多船只同步检测，感知时延达到秒级，满足船舶避险要求，为打造高科技的智慧“亚冬会”奠定基础。

随着毫米波技术的演进和发展，通感一体化技术将具备大范围连续覆盖、低成本、易部署等多方面优势，成为通信行业赋能千行百业的强大助力。对于运营商来说，通过部署通感算控一体化系统，将发挥5G网络的更大价值，实现一网多能、一数多用。ZTE中兴

毫米波发展概况和演进趋势

通

通信技术发展的每一次技术迭代都为人类社会带来了全新的通信体验和发展机遇。毫米波作为一种高频段的通信技术，在5G-Advanced（5G-A）到6G这一演进历程中扮演着至关重要的角色，推动通信技术迈向更高台阶。

毫米波在5G-A中的发展概况

5G-Advanced以R18为演进起点，对5G技术作进一步深化与拓展。毫米波作为5G-A关键技术之一，其频段通常在30GHz到300GHz之间，相比传统通信频段，具有波长短、频段宽的特点，这使得其在相同的天线尺寸下能实现更多的天线阵子，为大规模多输入多输出（MIMO）技术的应用提供了良好条件。

毫米波在5G-A阶段的主要应用场景包括：

- 大型高密度人群聚集场所：如大型体育场馆、商业中心等人员密集且数据流量需求巨大的场所；
- 工业互联网领域：在工厂车间内，毫米波可以实现高精度的设备互联，实时传输生产设备的运行数据、监控数据等，便于企业进行智能化生产管理和故障预测；
- XR应用领域：XR体验场景，比如沉浸式VR游戏或AR导览应用中，毫米波能够确保快速、稳定的数据传输，使得虚拟场景能够以极高的清晰度和流畅度呈现给用户；
- 高清视频与4K视频直播场景：大型音乐会、体育赛事等活动的直播；

- 毫米波通感场景：在低空领域，毫米波频段凭借其高精度的感知特性，可广泛应用于低空安防、低空物流等领域；在水域航道中，毫米波技术能够有效进行船只检测与跟踪，辅助海事部门进一步丰富监管业务；此外，毫米波通感的高精度特性在车路协同、桥梁/山体滑坡的微形变检测等场景中也得到了研究与应用探索。

5G-A到6G毫米波的演进趋势

毫米波从5G-A到6G的演进是技术上的不断升级与增强，旨在实现更高速率、更低时延、更广覆盖的智能化网络。

频段拓展：迈向更高频段

随着通信技术向6G迈进，毫米波频段将进一步拓展到更高频段。从3GPP的角度看，将进一步引入FR2-2，即大于52.6GHz的频段，随后，在6G有进一步拓展频谱的可能。例如，可能会涉及到太赫兹频段（0.1THz~10THz）的初步探索和应用。更高的频段将带来更宽的可用带宽，实现比5G和5G-A阶段更高的峰值速率，以满足未来全息通信、超高清8K/16K视频传输等对带宽要求极高的应用需求。

技术集成化与小型化

在6G时代，毫米波通信设备将朝着更高集成度更小型化的方向发展。基站设备将更加紧凑，便于部署，并降低部署成本。这一进展得益于半



吴明皓
中兴通讯无线首席架构师



高波
中兴通讯技术预研资深专家

导体技术、微纳加工等技术的不断进步，使得基站内部各组件可以更加紧密地集成，从而显著减小设备的体积和重量。

同样，终端设备，如智能手机、智能穿戴设备和无人机通信模块等，将进一步实现毫米波通信模块的小型化集成。这提升了终端设备的便携性，并能充分发挥毫米波的通信性能，从而推动毫米波技术在各类终端设备中的广泛应用。

智能波束管理与自适应通信

为了支持6G Native-AI毫米波通信，6G中的毫米波将采用更加智能的波束管理和自适应通信技术。智能波束管理能根据复杂的环境条件（如动态变化的障碍物、用户分布等）自动调整波束

的特性，实现最优的信号传输。基站（BS）或用户设备（UE）可以自行决定使用哪种类型的AI算法。标准化对基于AI的波束管理的支持主要体现在定义信令框架，以便于实现AI驱动的波束管理。图1中的这些示例展示了3GPP标准如何通过信令框架支持基于AI的波束管理，而无需对具体的AI算法进行标准化。

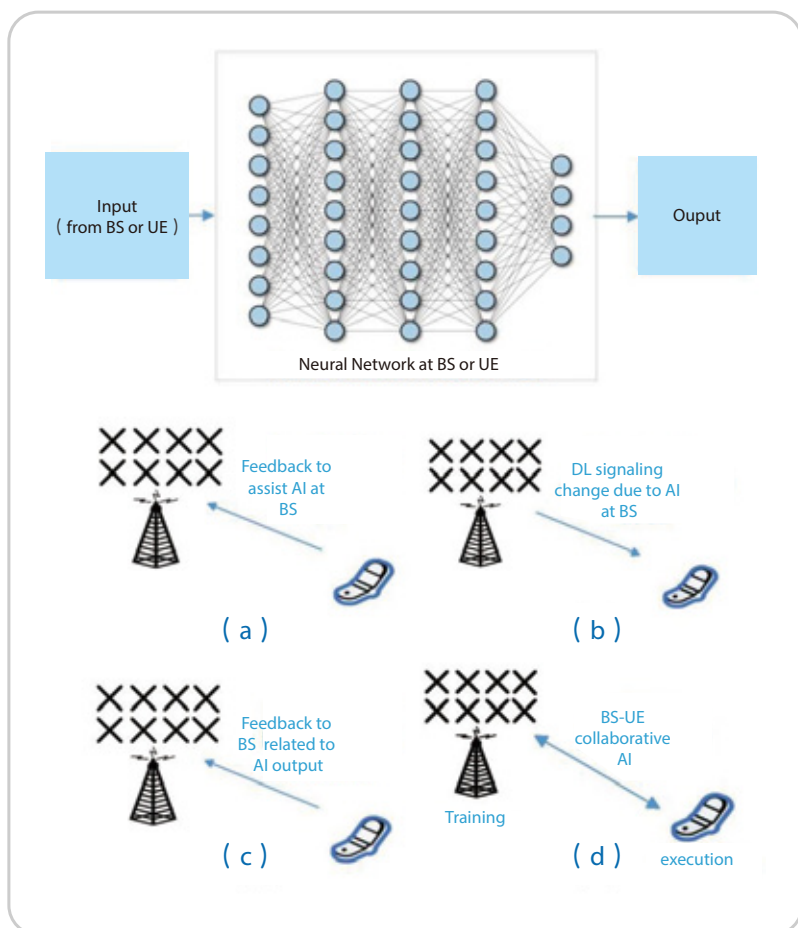
- 图1a：用户设备（UE）反馈其移动性信息的机制被标准化，以便这些信息可以作为基站（BS）神经网络输入，用于基于AI的波束管理。
- 图1b：基站（BS）执行基于AI的波束管理，用于预测未来的波束，并通过信令将带有时间戳的未来波束指示信息发送给用户设备（UE）。
- 图1c：在这种情况下，神经网络实现于用户设备（UE）端。标准化的反馈支持来自UE的AI输出结果，例如波束预测结果或推荐的解调导频信息。
- 图1d：基站（BS）和用户设备（UE）之间进行协作式AI。基站负责训练并将训练好的神经网络下载到用户设备（UE）。用户设备（UE）执行神经网络以生成最终的波束预测结果。

多站点协助通信

为了进一步增强5G毫米波通信的鲁棒性和组网灵活性，6G毫米波通信需要在第一个版本开始考虑多站点联合传输，包括非相关多点协助和相干多点协作。除了5G-A已经支持的多站点上下行信道重复（multi-TRP based channel/RS repetition），需要考虑全新的拓扑结构，例如上行和下行解耦。在全新的拓扑结构中，上行和下行可以通过不同的物理站点来进行服务：下行站点选择可以根据最佳的接收信号功率或SINR，而上行可以基于路径损耗选择，以实现最佳上行接收。

多模态感知

在未来6G时代，通信感知一体化技术将依托太赫兹、可见光等新频段，以及空天地一体化、



▲ 图1 6G Native-AI毫米波通信架构



未来的通感一体系统将利超用大规模天线阵列、大带宽、多频段融合、网络多点协作、内生算力AI感知、多模态感知等诸多特性，提供高精定位追踪、目标成像与重构、动作识别、智能体交互等能力，赋能智能交通、低空经济、智慧工厂、智慧医疗等业务场景的发展成熟，推动业态转型升级。

内生AI等新技术，赋予6G系统内生的感知能力。多模态感知作为未来感知技术的重要演进方向，融合多种感知技术和数据源，主要涉及移动通信信号、雷达、传感器、摄像头、Wi-Fi、超声波、蓝牙、RFID等。利用不同感知技术的特点和独特优势，结合数据融合技术，可以显著提升检测、定位、识别、估计等性能的准确性和安全性。未来的关键技术将集中于探索多粒度、多模态感知信息的先进融合方法，深度强化学习等工具的协同应用，以及多源感知信息的协同利用。多模态感知信息的协同感知将为6G系统能力的广域拓展提供有力支撑。

6G毫米波应用场景展望

6G毫米波的应用场景十分广阔，主要包括沉浸式通信、全息通信、XR在工业设计中的深化、AI感知和高精定位追踪等多个应用场景。

全息通信与沉浸式体验

随着6G毫米波能够提供超高的通信速率和带宽，全息通信将成为可能。用户可以通过毫米波网络实现全息影像的实时传输，进行远程的全息会议、全息演出等活动，使得虚拟与现实的界限更加模糊。

XR应用的深化与拓展

在6G时代，随着毫米波技术的进一步发展，XR应用将迎来更高层次的拓展。例如在建筑设计、工业维修等领域，通过毫米波支持的AR/MR应用，将虚拟的设计方案或维修指导信息叠加在真实的场景或设备上，提高工作效率和准确性。

毫米波通感场景的深化与拓展

ITU-R已经明确IMT-2030将拓展为六大应用场景，全新场景包括通信感知一体化（ISAC）、AI与通信和泛在连接。未来的通感一体系统将利超用大规模天线阵列、大带宽、多频段融合、网络多点协作、内生算力AI感知、多模态感知等诸多特性，提供高精定位追踪、目标成像与重构、动作识别、智能体交互等能力，赋能智能交通、低空经济、智慧工厂、智慧医疗等业务场景的发展成熟，推动业态转型升级。

毫米波技术在太赫兹、AI驱动的智能MIMO波束、空天地一体化等新技术、新需求、新业务的引导下，结合政策支持，将极大丰富网络可提供的业务范围。毫米波将搭建起物理世界与数字世界的桥梁，引领万物智联的新浪潮，真正开启万物感知、万物互联、万物智能的新时代。ZTE中兴



中兴通讯联合CelcomDigi、 U Mobile实现全球首个5G-A赛事 无线直播商用



成旭曼
中兴通讯RAN产品方案
经理



Tey Khang Lian
中兴通讯马来西亚市场
CMO

Sukma (Sukan Malaysia) 是马来西亚两年一届的国家级运动盛会，赛事覆盖所有州和联邦属地，汇集全国顶级运动员，也被誉为“马来西亚的奥林匹克运动会”。在Sukma2024中，马来西亚移动网络运营商CelcomDigi、U Mobile联合中兴通讯推出了5G-A无线直播方案，在马来西亚广播电视台（RTM）为观众呈现了高质量、多视角、强互动的开幕式与赛事直播，实现了全球首个5G-A赛事无线直播商用。

Sukma2024：全球首个5G-A赛事无线直播商用

2024年8月17日，备受瞩目的2024年马来西亚运动会（Sukma）在砂拉越盛大开幕。RTM联合CelcomDigi、U Mobile与中兴通讯共同推出了

5G-A极简专网无线移动直播方案，圆满保障了高质量的全程直播。

在容纳4万人的砂拉越体育场中，方案共部署4台5G-A AAU，为2个高清无线直播机位提供了全场范围内的信号覆盖。在开幕式与赛事直播中，2个无线机位在体育场内灵活移动，摄影师根据要求快速到位，实现了及时、精准、高效的画面捕捉。现场原始数据无线传回BBU，在基站侧通过NodeEngine本地分流，直接流向本地导播车。整体方案实现了端到端数据的最短路径传输，在低时延传输的同时保障了数据的安全性。方案切实提升了观众观赛体验，“5G-A观赛”更成为社交媒体热门话题。

线上/线下观赛体验多重升级

通过5G-A无线相机，线上观众可以享受多角

度直播，近距离体验摄像机互动、多镜头稳定混切等；同时，全球观众可以通过VR“传送”到赛场，以最佳视角沉浸其中；现场观众则通过高可靠的网络支持，享受到高速数据传输和现场大屏观赛体验。5G-A技术为多种摄像机（规格、分辨率和传输速率各不相同）提供无线支持，与不同设备都可高效适配，成功实现了新视角捕捉、场景探索和动态镜头互动，为线上、线下所有观众带去极佳的观赛体验。社交媒体上“5G-A观赛”引发大量讨论，吸引了更多观众参与到此次赛事直播中来。

赛事方实现部署体验升级：新视角呈现高质量画面

在Sukma2024中，RTM通过5G-A无线制播方案高效提升了部署效率和直播体验。无线解决方案简化了现场摄像机部署，同时使摄像师能够在整个运动场内自由移动。摄像师实现了精准的镜头捕捉，为导演组提供了引人入胜的直播画面。与传统有线解决方案相比，无线方案显著提高了操作便利性、拍摄安全性以及直播画面质量，且画面呈现质量及与有线的流畅混切得到RTM的高度认可。凭借无线方案的灵活性，RTM在此次赛事直播中创造了多个经典镜头，良好的镜头互动性得到观众的一致好评。

运营商部署体验提升：灵活高效可复用

经过前期的成功对接测试后，现场5G-A无线方案部署仅用时1天。且专网方案架构极简，部署完全“自给自足”，不需要对现有网络进行任何更改，大大减少了施工周期和人力投入。方案实现了人工成本降低36%，部署周期缩短23%，设备复用率提高67%，为体育赛事直播开创了新的应用范式，也提升了赛事基础设施的部署效率和可持续性。

作为新冠疫情后的首届Sukma，2024年的赛事直播承载着人们对于市场状态恢复的期望。此

次选用5G-A无线制播方案，成功为全球观众呈现了高质量、多视角、多互动的赛事直播，为体育赛事直播提供了全新的高可靠性商用方案，更为未来直播行业演进提供了发展与探索方向。据官方数据统计，本届Sukma直播收视率大幅上升：电视和社交媒体平台的总观众人数达到8500万，比上届提升32.66%。

5G-A无线制播方案厚积薄发

制播无线化转型的探索并非一蹴而就。采用通信技术赋能行业发展一直是中兴通讯的企愿与坚持，在传统有线方案无法满足业务需求，而市场采用4G、Wi-Fi、传统5G进行无线化转型却不达预期时，中兴通讯将目光转向具有大带宽与低时延特性的5G-A毫米波。在2023年杭州亚运会上，中兴通讯采用5G-A技术提升了无线直播的画质和稳定性；在2024年央视总台春节联欢晚会中，5G-A极简专网无线制播方案充分保障了多机位的全程稳定直播。而在此次Sukma运动会中，中兴通讯进一步优化了技术方案，实现大型室外场馆中多个无线机位的全场游走拍摄，在6小时的开幕式与7天×12小时的赛事直播中，充分保障了多视角、强互动、低时延的高质量直播。

体育赛事直播行业正处于爆发式增长期，经官方数据统计预测，2030年市场将从2023年的751.4亿美元飙升至1142.1亿美元。伴随市场增长趋势，广大观众对于直播体验的要求也越来越高，将进一步推动新技术在体育赛事业务中的融合应用。可以预见，使用通信技术赋能赛事无线制播将是未来体育赛事直播行业的重要探索方向。

面对赛事直播的无线化探索，5G-A交出了圆满答卷。中兴通讯也将继续深耕媒体制播行业，引领领域发展与创新，赋能业务应用与转型，为全球用户带去更多惊喜。ZTE中兴



中兴通讯助力域上和美实现

全球首个5G-A VR大空间沉浸剧场商用



宋姝丽

中兴通讯RAN产品方案经理



汪奇

中兴通讯通信开发专家级工程师

幾

米的作品如同一抹温暖的阳光，照亮了无数人的青春岁月。他的绘本以其独特的艺术风格和深刻的情感表达，抚慰了一代又一代人的心灵。现在，这份温暖与感动，以全新的VR大空间形式来到成都。

2024年10月31日，由域上和美出品，四川电信、中国电子云、中兴通讯联合打造的“幾米绘本VR剧场：《我的世界都是你》VR戏剧体验”首演仪式，在成都东湖公园域上和美先锋剧场启幕。这是全球首个5G-A VR大空间沉浸剧场应用，剧目以幾米绘本五大经典之作——《四季》《地下铁》《我的世界都是你》《世界别为我担心》《履历表》为蓝本创编而成，运用前沿的元宇宙数字技术，打造多元、全场域的观演新形态，为观众全方位呈现幾米绘本的原著精髓和治愈之美。

该剧讲述了一个关于宠物、失去与离别的温

暖治愈系故事。随着故事情节的推进，当绘本中的故事展开在身畔，观众将在VR大空间中拥有飞翔升起等新奇感受。充满童趣的美学氛围、简单纯粹的情节内容，让不同年龄阶段的人均会对故事有着不一样的解读与感受。

《我的世界都是你》方案设计之初，在兼顾商业运营效率和沉浸式用户体验方面面临诸多挑战。首先，如果采用传统的背包本地渲染方案，用户需要背负重达5kg的双肩包和内置渲染机“负重前行”45~60分钟，这对成年人来说已相当吃力，更不用说儿童和老人了。此外，电源过热问题也严重影响了用户的沉浸感。尽管业界已经从背包渲染转向基于头显的渲染，但由于头显的计算能力有限，大大影响了画面呈现细节和实时交互体验，难以展现剧目的高品质内容。域上和美把目光转向“云渲染”，将算力资源集中部

“毫米波技术的引入 正引领一场产业革命， 预示着一个全新VR时代的到来。”

署到网络的“边”侧，利用无线串流方式实时推流。此时，如果使用Wi-Fi做无线串流，会因用户的增加而产生用户间Wi-Fi信号的相互干扰，大大限制了玩家数量，严重影响了运营效率及用户满意度。

在此背景下，中兴通讯毫米波超密集XR并发专属方案完美适配客户要求。该方案巧妙地将边缘计算与5G-A网络的强大能力相结合，通过提供高速率、低时延的5G-A室内网络覆盖及智能化的XR业务保障，打造了一个专为VR大空间应用量身定制的低时延、高可靠、智能化的极简专网，解决了传统技术方案中的诸多痛点。

在近500平方米的大空间内，中兴通讯仅部署了一套极简的高低频共框网络设备。通过XRExplore平台，灵活地调度所需的渲染资源，并将业务数据传输至5G-A网络。利用5G-A网络的高速率和低延迟特性，边缘计算的数据传输变得更加可靠。依托业界创新的轻量化室内分布式微站MiCell，搭配基站级算力引擎NodeEngine，结合SuperMicell方案的智能波束管理，增强业务覆盖，满足XR应用的移动性需求，实现大量VR业务数据并发的确定性保障。

此外，通过5G-A XR业务的时隙级智能调度和优化策略，结合XRExplore进行网媒融合，实现XR业务的端到端稳定性、可靠性保障，平均空口时延低于15ms，实现了体验过程中4K@90 fps的高

画质，解决了头显一体机因算力限制，出现的画质下降、卡顿和Wi-Fi串流VR头显导致的并发数受限，极大限制了运营方的盈利能力等问题。

目前，《我的世界都是你》已经正式投入商业运营，画质清晰度达到业界主流的高画质，多人体验数据实时交互，体验者进入“漫画世界”，实现了大空间自由行走的沉浸式体验。体验游客中，有多年的幾米粉丝带着全家来体验，也有养宠物的零零后和闺蜜一起来体验。其中一位来自成都的王女士带着自己孩子来体验，体验完毕摘下头盔的那一刻眼睛湿润了，感觉走进了多年前自己读过的那些书里，完全沉浸其中感动了30分钟。值得一提的是，本次轻量化高沉浸的方案对儿童和女性非常友好，最小年龄的体验者仅有6岁。还有一位VR资深玩家表示：“以前总是担心网络延迟和卡顿，但现在毫米波技术让我完全忘记了这些烦恼，我可以更专注于体验本身。”

毫米波技术的引入正引领一场产业革命，预示着一个全新VR时代的到来。通过毫米波的加持，VR大空间不仅解决了高效运营的难题，更将用户体验推向了一个新的高度，电影般的沉浸感体验正在成为现实。VR大空间的市场规模预计超过百亿元，有望成为VR规模商用的先锋，开启一个全新的商业和娱乐时代。ZTE中兴

ZTE中兴

让沟通与信任无处不在