

中兴通讯技术

ZTE TECHNOLOGIES | 2024年4月/第4期

简讯

视点

06 支撑铁路数字化转型，实现5G-R“六可”发展目标

09 GSM-R向5G-R代际演进拐点将至，铁路通信进入新时代



专题：新一代铁路专网5G-R

12 中兴通讯5G-R，为铁路发展注入新动力





第28卷/第04期

总第427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办

《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 李伟正 刘金龙

陆平 胡俊勤 华新海 王强

王全

《中兴通讯技术（简讯）》编辑委员会

主任：林晓东

副主任：黄新明

编委：邓志峰 黄新明 姜永湖 柯文

梁大鹏 刘爽 林晓东 马小松

施军 孙彪 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：黄新明

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：4000本

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：2024年4月25日



顾翔
中兴通讯副总裁

网联无际，智达四方

伴随着我国移动通信技术从3G突破到4G并跑，再到5G引领的迭代跨越式发展，铁路专用移动通信技术也将与时俱进从GSM-R升级到5G-R。2023年9月，工业和信息化部向国铁集团批复铁路新一代移动通信系统（5G-R）试验频率，标志着铁路行业5G-R通信系统建设按下“加速键”。

新一代铁路通信网络承载着既有业务的升级和未来多媒体、视频通信等新业务的创新。从技术上看，5G-R在带宽、上下行速率、系统时延上都比GSM-R更具优势，在安全性能方面也有很大提升，而5G-R本身的“5G”特性也将为铁路带来更多新场景新应用，打开铁路信息化新空间。

结合铁路未来宽带化、融合化、移动化发展趋势，中兴通讯持续深耕，开展面向铁路通信专网“可视、可管、可控、可测、可靠、可信”六可发展目标的核心技术攻关。一方面，从“六可”要求出发打造全套5G-R解决方案，首先是从产品到网络，中兴通讯提供谱系化5G-R产品，保障网络性能稳定可靠；其次通过网络多维管控，结合AI技术保障铁路通信系统的运营安全；此外，通过3GPP电信级端到端安全机制，确保整个铁路通信数据安全可信；最后，整体技术创新可持续，确保铁路通信网承载更多业务、适应更多业务场景。同时，中兴通讯深度参与5G-R各项标准规范研讨，对5G-R专网关键技术、行车应用、互联互通等相关应用展开研究，并于2023年9月业内率先完成5G-R的静态测试，包括无线及核心网关键功能、性能的测试，测试指标满足未来5G-R通信要求。

行而不辍，未来可期。中兴通讯将紧跟时代发展步伐，坚持以5G技术为依托，积极与各产业伙伴开展研究与合作，推进5G-R生态圈繁荣，为智慧铁路建设提供安全、高效的无线宽带通信产品和服务，共创我国铁路数智化高质量发展的全新未来。

目次

中兴通讯技术（简讯）2024年第4期



中兴通讯5G-R， 为铁路发展注入新动力

作为新一代铁路移动通信系统，5G-R是铁路信息化、数字化、智能化的重要基础设施和关键技术装备，在支撑铁路运营、保障行车安全、提高运输效率、提升维护水平等方面发挥着重要作用。

视点

06 支撑铁路数字化转型，实现5G-R“六可”发展目标

王玮，钟章队

09 GSM-R向5G-R代际演进拐点将至，铁路通信进入新时代

韩营，马文德

专题：新一代铁路专网5G-R

12 中兴通讯5G-R，为铁路发展注入新动力

陈强，胡云华

16 中兴通讯5G-R核心网，助力数字铁路高质量发展

张帆，靖晟

19 5G-R可靠性解决方案，为铁路数字化保驾护航

刘石，闫鹏周，王令斌

22 5G-R安全解决方案，坚守网络安全底线

章松，闫翠翠

24 5G-R极简站点解决方案，助力绿色智慧铁路建设

何喜文，邱雪梅

26 毫米波赋能高铁万兆数据智能转储

常虹，徐岱

28 铁路新一代移动通信系统5G-R智能运维解决方案

严海波

31 5G广播组播技术，助力高铁MCS应用高效部署

桑健，吴锦龙，娄笃仕

33 中兴通讯铁路无线创新中心，助力5G-R商用及

行业创新

李彬，王波



技术论坛

35 5G-R节能技术探究

张景煜，徐岱

37 中兴通讯5G-R抗干扰技术，保障系统稳定运行

曾召华，李群生，张贺

成功故事

39 全国首条跨海高铁正式通车，中兴通讯助力福厦

高铁成功交付运营

朱庆，田之继

02 新闻资讯



喜报！中兴通讯RoomPON5.0系列FTTR主从网关荣获德国“iF设计大奖”

3月，德国“iF设计大奖”获奖名单正式揭晓。中兴通讯RoomPON5.0系列FTTR主从网关凭借卓越的设计和创新的理念从众多参赛作品中脱颖而出，斩获2024年德国“iF设计大奖”。这是中兴通讯固网终端产品在继2023年成功荣获该奖项之后，再次斩获此项殊荣。

RoomPON5.0系列FTTR主从网关从中国古典美学中涉取灵感，辅以自然系的配色，传达出中式美学清雅圆融的特质。

中兴通讯2023年PON CPE发货量居全球第一

3月，全球知名咨询机构Dell'Oro Group发布了2023年第四季度固网宽带产品全球市场份额报告《Broadband Access&Home Networking Quarterly Report Q4 2023》。该报告数据显示：中兴通讯在2023年的PON CPE发货量稳居全球第一，市场份额达34.3%，最近3年（2021—2023年）持续保持全球第一。

作为全球领先的固网终端供应商，中兴通讯本着给客户带来更优质体验的宗旨，不断技术创新，提供客户化的产品和服务。中兴通讯发布LinkPro系列Wi-Fi 7家庭网关，Wi-Fi 7速率全球最快，家庭网络体验再升级；首发ASIC芯片FTTR-B主网关，助力节能减排和提升体验；全球首家一体化管理云平台SCP，实现网络的可视化和远程的管理

运维，助力运营商降本增收。

中兴通讯固网终端产品在全球100多个国家和地区实现了大规模部署，与全球200多个运营商开展了深度合作，在西班牙累计发货超过1000万台，在巴西累计发货超过1500万台；在意大利、西班牙和日本等市场签订了首批Wi-Fi 7 PON CPE订单。中兴通讯不断突破新的市场，助力客户创造商业价值。

凭借固网终端杰出的综合实力，中兴通讯在业界已受到广泛认可。在Global Data发布的FTTP评级报告中，中兴通讯在ONT维度获得最高“Leader”评级，领跑全球同类产品。在产品设计方面，多个系列的产品荣获“iF设计大奖”、“红点设计奖”和“IDEA设计奖”等行业大奖，彰显中兴通讯固网终端产品在科技和美感上的完美融合。

河北联通携手中兴通讯完成省内首个全频段RedCap规模商用

4月，河北联通携手中兴通讯在唐山成功完成河北首个5G全频段RedCap连片组网技术验证，切实加速5G RedCap商用，逐步落实“一城带动一个行业”的愿景。商用测试结果显示，单RedCap终端下行业务速率峰值达150Mbps，上行业务速率峰值达91Mbps，可有效满足多样多变的物联网差异化需求。

中兴通讯携手温州电信率先商用“FTTR-B融合8PON口”创新方案

3月，中兴通讯携手温州电信在国内率先完成“FTTR-B融合8PON口”创新方案的商用，帮助金帝鞋业、恒丰泰精密机械仪器工厂实现了企业高度融合全光网络的部署。这是中兴通讯FTTR-B技术结合企业实际场景化需求进行的一次创新，得到了浙江省电信、温州电信及企业客户的一致认可和好评。

中兴通讯承办CCSA大模型与自智网络研讨会

3月，中兴通讯承办的CCSA TC7“大模型赋能网络运营管理维护”研讨会在重庆成功举行。本次研讨会聚焦大模型赋能自智网络的应用场景、关键技术、标准影响、产业现状、未来发展，来自标准化组织、运营商、设备厂商以及高校科研机构等众多技术专家齐聚一堂，围绕大模型与自智网络的热点话题和前瞻技术进行探讨。

中兴通讯：稳健经营夯实韧性， 2023年净利93.3亿元，同比增15.4%

3月8日，中兴通讯发布2023年度报告。报告期内，公司实现营业收入1242.5亿元；毛利率41.5%；归母净利润93.3亿元，同比增长15.4%；扣非归母净利润74.0亿元，同比增长20.0%；经营性现金流净额达174.1亿元，同比增长129.7%；营业收入、净利润、经营性现金流净额均创新高。2023年度拟派发现金分红总额占归母净利润比例达35%。

2023年，面对外部复杂环境，中兴通讯精准务实，稳健经营，强化研发投入，夯实自身核心能力，以底层技术创新结合高端制造工艺不断提升产品竞争力。公司全年研发费用252.9亿元，占营业收入比例达20.4%，为业

务创新和可持续发展提供动能。

同时，中兴通讯持续增强风险防范能力，坚持数字化转型提升经营韧性，并抓住行业数字化、智能计算、绿色低碳等机遇，多赛道多产品布局，实现新业务拓展和整体稳健增长。

2023年，国内市场实现营业收入864.8亿元，占比69.6%；国际市场实现营业收入377.7亿元，占比30.4%；公司运营商网络、政企、消费者业务分别实现营业收入827.6亿元、135.8亿元、279.1亿元，占比66.6%、10.9%、22.5%。

在以“连接”为主的第一曲线业务上，中兴通讯紧跟运营商业务转型步伐及投资结构变化，保持在无线、

有线领域的领先地位，5G基站、5G核心网发货量连续四年全球排名第二，RAN、5G核心网产品获行业领导者评级，光接入产品10G PON市场份额全球排名第二。同时，围绕5G-A、全光网络、5G新应用等创新技术和方案不断演进，并联合运营商进行了万兆体验、工业现场网、通感算一体、RedCap等多场景的商用验证和部署。

在以“算力”为代表的第二曲线业务上，公司积极应对人工智能技术突破带来的算力基础设施建设新机遇与新挑战，基于多年积累的通信领域软硬件研发能力，在算力基础设施、软件平台、大模型及应用等领域加大投入，进行立体式布局，推出服务器及存储、数据中心交换机、数据中心、星云系列大模型等产品，加速从连接向算力深化拓展。

中兴通讯独家中标墨西哥Izzi MVNO项目，助力移动核心网技术革新

中兴通讯独家中标墨西哥Izzi电信MVNO项目，为Izzi提供基于红帽OSP+OCP双资源池的全网核心网+VAS业务，展现了中兴通讯在虚拟化领域的技术领先地位。

Izzi电信是墨西哥最大的付费电视运营商及第二大固网运营商，隶属于墨西哥最大的媒体公司Grupo Televisa。该公司拥有630万用户，为墨西哥众多城市提供宽带/电视/电话/无线四合一服务。

中兴通讯中标2023年中移动信息IT云系统框架采购项目

近日，中移(动)信息技术有限公司（以下简称中移动信息）公布2023年IT云资源池SDN系统框架采购项目招标结果，中兴通讯以第一名50%份额中标。本次中标的中兴通讯交换机系列产品ZXR10 9900X和ZXR10 5960X将用于建设中移动信息IT云资源池，进一步优化中移动信息IT基础设施，助力中移动信息实现数字化转型和智能化发展。

中兴通讯金篆GoldenDB助力广发银行信用卡核心业务系统投产

3月，中兴通讯金篆GoldenDB支撑广发银行信用卡核心业务系统投产，承载广发银行1.2亿信用卡客户，超1万笔/秒的金融交易、超1.5万笔/秒的非金融交易并发处理。该系统是广发银行基于国产分布式数据库中兴通讯金篆GoldenDB打造的第2个核心业务系统，也是继2023年5月广发银行分布式银行核心业务系统投产后，连续投产的第2个核心业务系统。

中兴通讯与vivo签订全球专利交叉许可协议

3月5日，中兴通讯宣布与vivo签订全球专利交叉许可协议，开启了双方在专利领域的战略合作。

中兴通讯知识产权部部长米瑶表示：“中兴通讯与vivo达成战略合作，体现双方对于知识产权的尊重，双方的交叉许可协议也体现了中国企业对彼此在通信领域标准贡献的互相认可，亦展现了国内创新企业具备寻找共赢方案的决心和能力。”

中兴通讯始终将技术创新作为企业发展的第一驱动力，2023年前三季度，研发投入达190.6亿元，占营收的21.3%，已累计申请8.95万余件全球专利。公司将凭借研发创新上的扎实功底，依托高价值专利的雄厚底蕴，打造可持续的知识产权经营体。

中兴通讯助力中国移动开通全球首条400G QPSK超长距骨干光链路

3月8日，中国移动在北京召开“光耀‘九州’，逐光联算：中国移动400G OTN省际骨干网首条链路贯通及应用”发布会，宣布自主研发的全球首条400G全光省际（北京—内蒙古）骨干网正式商用，并将于今年年中全面实现“东数西算”8大枢纽间高速互联。

中国移动与中兴通讯在400G方面长期保持深度合作，2023年3月，中兴通讯助力中国移动开通全球首个400G QPSK现网试验链路，并实现陆缆5616km极限传输，创造当期的400G QPSK无电中继现网传输距离纪录。今年3月，中兴通讯助力中国移动完成全球首条400G OTN链路的开通。

中兴通讯亮相中国高速公路信息化技术产品博览会

3月28—29日，第二十六届中国高速公路信息化技术产品博览会在合肥顺利召开。中兴通讯以“云网筑基，智领未来”为主题，携智慧高速、数字高速基础设施、交通企业数字化等方面的最新成果参展，全面展示在高速公路领域的创新技术和解决方案。

当前，我国高速公路数字化转型飞速发展，注重数字化、绿色化和智能化。中兴通讯基于云计算、大数据、人工智能等技术的数字化解决方案，为高速公路的“建、管、养、运、服”提供全生命周期的支持，现已服务高速行业20余年，服务范围超过25个省/市/自治区，参与高速里程超10万公里。

上海电信携手中兴通讯率先在黄浦江航道完成5G-A通感一体试验

3月，上海电信携手中兴通讯，在黄浦江航道率先试验了新型更高频率5G-A基站的感知能力，实现了对船舶等对象进行感知，获得船舶通过航道数据等功能，为航道管理、船舶运行提供更先进、更精准的保障手段。

此次试验的新型更高频率5G-A基站设备具备识别度更精准的优势，达到目前5G-A通感最高精度，在国内率先完成新型更高频率5G-A航道通感试验。

中国移动联合中兴通讯完成业界首个基于低频通感一体的车联网业务端到端验证

3月，中国移动研究院、中国移动北京公司联合中兴通讯，基于5G-A新技术二期试验，在北京中国移动国际信息港，部署完成了业界首个基于低频通感一体的车联网业务端到端验证。本次验证采用4.9GHz频段的5G-A通感一体技术，以单128TR AAU自收基站架构，实现对道路车辆和行人的实时感知，并通过全Uu口实现对“鬼探头”业务的实时预警。

上海电信携手中兴通讯率先开展5G-A万兆网络试点

上海市政府发布《上海市进一步推进新型基础设施建设行动方案（2023—2026年）》，明确到2026年底初步建成以5G-A和万兆光网为标志的全球双万兆城市。2024年2月，作为上海数字经济建设领军企业，上海电信积极响应号召，携手中兴通讯率先开展5G-A万兆网络试点验证，为打造全球首个双万兆标杆城市积极践行。

南京电信携手中兴通讯完成全国首个5G高铁64TR双载波覆盖

3月，南京电信联合中兴通讯完成了“沿江通道”宁安高铁南京段5G网络64TR AAU双载波专网覆盖。这是全国首次完成高铁3.5G 64TR覆盖。

南京电信携手中兴通讯自2023年11月启动规划，聚焦宁安高铁，采用64TR AAU的双载波大带宽高铁覆盖方案，同时兼顾高低速用户，完成12站点AAU的高铁覆盖，在全国首次完成高铁3.5G 64TR覆盖下5G极限性能的探索。充分利用64通道的波束赋型及200M大带宽优势，实现了宁安高铁南京段的连续覆盖。复兴号内测试，下行平均速率可达350~374Mbps，上行平均速率47Mbps；和谐号内测试，下行平均速率可达445Mbps，上行平均速率99Mbps。

中国电信联合中兴通讯发布首款集约定制Wi-Fi 7路由器

3月，中国电信联合中兴通讯推出首款集约定制灵妙系列Wi-Fi 7路由器ZXHN E3710。作为智慧家庭领域的先行者和引领者，中国电信多年来一直在积极推动智慧家庭产业创新发展，此次与中兴通讯强强携手首发超高速、低时延的新一代Wi-Fi 7路由器，通过终端与业务的强耦合，为用户带来更加美好的智慧家庭生活体验。



中兴通讯车载4G通信模组在上汽大通新途V80实现量产发布

3月，上汽大通与中兴通讯在深圳举办发布会，联合宣布中兴通讯车载4G通信模组在上汽大通畅销车型“高价值宽体轻客”新途V80实现量产上车。

上汽大通旗下新途V80智能互联系统搭载的通信模组ZM8201，是中兴通讯为顺应主机厂自主创新要求，基于自研4G通信芯片平台专门打造的车载通信模组，该产品可为汽车行业客户提供安全可靠的车载网联解决方案。

辽宁联通联合中兴通讯完成多场景5G-A三载波聚合创新方案

3月，在辽宁省通信管理局的帮助下和指导下，辽宁联通联合中兴通讯在沈阳、营口两地完成多场景5G-A三载波聚合创新技术商用验证，实现最高下行峰值速率4359Mbps，较单载波峰值速率提升300%。此次5G-A三载波聚合创新方案商用开通，突破了传统用户感知体验速率极限，是辽宁联通与中兴通讯在5G-A创新演进中迈出的重要一步。

湖北移动联合中兴通讯打造3CC连片示范区，5G-A解锁商业+文旅新体验

3月，湖北移动携手中兴通讯，在武汉中央文化区楚河汉街商圈及知名旅游景区东湖梅园正式部署5G-A三载波聚合连片示范区，在商业、文旅等行业为用户带来更丰富、更智能的体验，标志湖北正式进入5G-A商用阶段。

作为5G-A关键特征之一，三载波聚合（3CC）通过将2.6G（100M+60M）和4.9G（100M）频段三载波组网，可实现260M可用超大带宽，提供极致性能。楚河汉街和东湖梅园示范区开通部署该功能后，实测下载速率超过4Gbps，不仅为用户提供了更为卓越的网络体验，也为5G摄像头、高清直播等前沿5G+应用场景提供了强有力的支撑。

辽宁移动携手中兴通讯完成全国首个5G-A海域场景通感一体基站验证

3月，辽宁移动与中兴通讯在大连东港十五库海域成功完成全国首个5G-A通感海域商用测试。本次测试采用了业界领先的中兴通讯5G-A通感一体化基站，该基站不仅具备传统5G通信功能，还具有雷达感知能力，可实现海上船只定位、轨迹速度识别及海上设施防碰撞预警，可有效避免海上交通事故，提高海上搜救和海洋环境监测的效率和安全性。



王玮

中兴通讯铁路无线产品总工



钟章队

宽带移动信息通信铁路行业重点实验室主任

支撑铁路数字化转型， 实现5G-R“六可”发展目标

铁

路的发展经历了蒸汽机铁路到电气化铁路再到信息化铁路的三个时代、两次转型。当前，为拥抱数字经济，助力铁路高质量发展，铁路行业正积极探索数字化发展新道路，完成第三次转型——数字化。党的十八大以来，国家陆续出台了一系列政策文件和战略部署，系统推进各行各业数字化转型。2023年2月发布的《数字中国建设整体布局规划》为铁路行业实现数字化转型、高质量发展指明了方向和根本依据；2023年9月中国国家铁路集团有限公司（以下简称“国铁集团”）发布了《数字铁路规划》，为开展数字铁路建设提供重要依据和行动指南。《数字铁路规划》特别指出，要加强站场5G专网和宽带无线接入能力建设，全力推进5G-R系统建设。

2023年9月26日，工业和信息化部批复国铁集团铁路新一代移动通信系统（5G-R）试验频率。此次批复是引领铁路行业数字化转型、高质量发展的有力抓手，也是“着力铁路数字经济与

实体经济深度融合”的有力体现，有利于进一步提升铁路通信的安全保障能力、提高铁路行车效率、巩固我国铁路的世界领先优势，对于推动我国铁路移动通信技术的升级换代和可持续发展具有重大意义。在5G-R试验频率获批后，未来铁路移动通信系统将从“试验场”走向“竞技场”，从“象牙塔”走向“应用场”，在高速铁路、高原铁路、高寒铁路、重载铁路上进行充分的试验验证与示范应用；通过规模试验与考验，打造自立自强、世界领先的全体系配套系统与网络设备，铸就神州钢铁巨龙的“千里眼”与“顺风耳”。

推进5G-R系统建设和应用，铁路通信既面临新的发展机遇，也面临诸多重大挑战。针对5G-R系统建设，国铁集团提出“四智”“六可”的总体发展思路。“四智”即“网络智能运行、资源智能管理、系统智能维护、业务智能应用”的智能发展方向；“六可”即“可视、可管、可控、可测、可靠、可信”的智能铁路通信网发展目标

(见图1)。

铁路5G-R系统的“六可”发展目标中，“可视”是基础，“可管、可控、可测”是手段，“可靠、可信”是核心。

铁路5G-R“可视”技术及应用

铁路5G-R“可视”旨在建立铁路可视化平台，实现从图表可视化到三维可视化、虚拟现实、数字孪生可视化。利用物联网、全高清视频、虚拟现实/增强现实等技术实现可视化数字孪生，利用人工智能、大数据等技术实现网络状态可视化，并借助增强现实远程智能辅助决策。

铁路5G-R系统可实现网络资源可视、网络状态可视、维护管理可视、网络性能可视，以及网络安全可视，系统可视化贯穿整个5G-R规划、建设、维护、优化、运营生命周期。铁路5G-R可视的目标是让网络建设更加精准、网络运行更加透明、网络维护更加智能、网络安全更有保障，提升5G-R网络使用体验和管理水平。

铁路5G-R“可管”技术及应用

铁路5G-R“可管”对铁路通信网络的运维管



▲图1 铁路智能通信网“六可”发展目标

理流程和方式进行重构，增强全程、全网的安全运行管控能力，实现管理手段和模式的自动化、智能化和一体化。

5G-R作为新一代铁路移动通信系统，其网络管理系统架构在满足传统管理能力基础上，向大容量、集中化、智能化和开放化方向发展。5G-R“可管”应用体系架构如图2所示，包含可管应用、可管能力、可管技术、可管对象四层架构。

“可管”应用就是具体的应用平台或网元管理系统，5G-R网络可管应用既包括系统内生的存量部分，又包括拓展的增量部分。系统内生可管能力包括资源可管、运行可管、质量可管、安全可管；拓展部分主要指系统业务可管。



▲图2 5G-R“可管”应用体系架构

铁路5G-R“可控”技术及应用

铁路5G-R“可控”主要包括核心技术自主可控、供应链可控、安全可控、网络可控等方面，实现自主可控的软件、硬件、仪器仪表及芯片，集优势力量打造自主可控的全产业链，突破技术壁垒。

核心自主技术可控，包括芯片设计、嵌入式软件研发、云平台研发、设备冗余方案、可靠性方案等5G-R核心技术可控。

供应链可控，主要是指生产材料、供应商等下游产业生态安全，避免供应商单一风险，对材料产品进行安全管控，同时厂商实现制造安全管理；关键核心器件具备国产化选项。

安全可控，主要包括5G-R网络的基础设施安全、接入安全、传输安全、数据安全、运维安全等，端到端的产品设计都应考虑可控的技术要求。

网络可控，包括覆盖可控、容量可控以及网络服务质量可控。覆盖可控，是指通过无线网络规划技术、覆盖增强技术、多天线技术等实现对铁路沿线目标的全覆盖，避免过覆盖、弱覆盖等问题；容量可控，是指通过干扰检测和协调技术，提升设备的抗干扰能力，规避铁路5G-R系统内部，以及5G-R与电联系统、大S卫星系统之间的干扰，提升系统容量，容量规划符合铁路用户需求；服务质量可控，是指通过5G-R的5QI技术，为铁路特定的业务需求制定QoS策略，以满足带宽、时延、丢包率等需求，实现服务质量可控的目标。

铁路5G-R“可测”技术及应用

铁路5G-R“可测”针对不同网络建设阶段，以软件功能、硬件射频指标、动态检验检测、日常运维等不同目标进行测试，以终端、基站、核心网为测试对象进行分系统测试，以覆盖、电磁环境、干扰、路测为手段进行外场测试。同时，产品安全测试及独立安全测评也是“可测”必不可少的部分。

软件功能测试，根据《铁路5G专用移动通信（5G-R）系统基站设备暂行技术条件》的要求的功能，进行实验室及外场测试，以测评铁路设备对于用户需求的满足度。

硬件射频测试，对基站基带频谱、接收频谱、无源互调、驻波比位置测量、载频频谱等进行分析，以测评基站硬件对于协议一致性的满足。

动态验收测试，利用动检车，设置不同的速度级，测试网络优化是否达到预期、当前网络是否满足应用需求。

日常运维测试，根据通信中心的运维规范，周期性进行设备和网络测试，以评估设备和网络健康度。

铁路5G-R“可靠”技术及应用

铁路5G-R“可靠”技术，结合5G-R冗余组网架构，以及软件算法技术，提升铁路5G系统整体性能可靠性水平。冗余组网技术包括接入控制级、设备级、射频模块级、基带单板级等冗余技术；软件算法包括多普勒频偏补偿技术、超级小区技术、上行联合接收等技术。

铁路5G-R“可信”技术及应用

铁路5G-R“可信”借助安全存储、安全启动、安全版本等关键技术，构建无线设备可信环境，采用系统加固、传输加固、账户加固等方式，达成产品可信目标。同时，通过5G产品安全认证，进一步提升产品可信水平。

中兴通讯是5G网络全球领导者之一，研究铁路下一代移动通信系统超过十年，是全球GSM-R主要供应商。中兴通讯力图通过对产品设计、规划、研发、生产全流程的管控，实现铁路5G-R“六可”奋斗目标，在数字化转型、铁路智能通信网建设的大潮中，中兴通讯始终是铁路用户最有力的合作伙伴。



韩营
中兴通讯行业规划总监



马文德
中兴通讯无线产品技术经理

GSM-R向5G-R代际演进拐点将至， 铁路通信进入新时代

以

新一代信息技术与铁路深度融合为

特征的智能铁路是铁路高质量发展
的重要方向。铁路专用移动通信系统

是智能铁路技术体系的重要组成部分，目前正处于从GSM-R到5G-R的代际演进阶段。随着5G-R测试频率批复，5G-R测试全面展开，标志着我国铁路专用移动通信迈向5G时代。

5G-R伴随铁路建设迎来高速发展期

我国铁路建设水平位居世界前列，高铁营业里程增长迅速。根据国铁集团最新统计数据，截至2023年底，我国铁路营业里程达到15.9万公里，其中高铁里程达到4.5万公里。根据《新时代交通强国铁路先行规划纲要》，到2035年，全国铁路网运营里程达到20万公里，其中高铁7万公里，平均年新建里程3500公里，将形成20万人口以上城市实现铁路覆盖、50万人口以上城市高铁

通达的交通强国铁路网。

按照以往新标准会在新建铁路上大规模使用的惯例，5G-R通信专网将会伴随我国未来的铁路建设迎来一个快速发展阶段。我国从2015年开始系统推进5G-R标准项目。2020年，国铁集团先后发布《国铁集团关于加快推进5G技术铁路应用发展的实施意见》《铁路5G技术应用科技攻关三年行动计划》，并提出到2023年完成铁路5G专网关键技术攻关和主要专用设备研制，开展安全保障、出行服务等领域急需业务试验验证和试用考核，完成5G专网主要技术标准制定，为开展铁路5G专网建设和业务应用奠定基础。如今三年之期已到，5G-R将迎来快速发展期。

5G-R的发展优势

作为铁路运输系统的神经中枢，铁路通信是



基于5G发展的深厚积累，中国具有推动铁路行业数字化转型的有利条件。5G将为铁路行业提供更快速、更可靠的无线通信系统，为铁路运营和管理提供更高效的解决方案，推动铁路行业的现代化和智能化发展。

确保铁路安全与效率的核心。自20世纪90年代引入GSM-R技术，铁路通信迈入了数字化时代，为铁路运输提供了坚实的通信保障。然而随着高速铁路的快速发展，以及物联网、大数据、云计算等前沿技术的广泛应用，GSM-R系统的局限性逐渐显现，其在数据传输速率、网络覆盖范围以及设备兼容性等方面均有不足，已无法满足现代铁路通信的需求。

在这样的背景下，5G-R技术应运而生，它依托于5G技术的优势，包括高速数据传输、低延迟通信以及连接海量设备的能力，为铁路通信带来前所未有的变革。5G-R不仅能提供更加稳定和高效的通信服务，还能支持多样化的业务应用，如自动驾驶、远程控制和智能调度等，极大地提升铁路通信网络的性能，为铁路运输的智能化和自动化提供强有力的技术支撑。

从技术成熟度角度看，中国在5G领域取得了令人瞩目的成就，产品成熟可靠。中国已建成全球最大的5G网络，截至2023年底，拥有337.7万个5G基站，发展了8.05亿5G用户，终端出货量超过8.1亿，模组价格更是降至百元级别。在行业应用领域，5G应用已经涵盖国民经济的71个大类，有超过2.9万个虚拟专网、240多个工业互联网平台，超过8900万台工业设备连接到5G网络。基于5G发展的深厚积累，中国具有推动铁路行业数字化转型的有利条件。5G将为铁路行业提供更快速、更可靠的无线通信系统，为铁路运营和管理提供更高效的解决方案，推动铁路行业的现代化

和智能化发展。

铁路通信网络从GSM-R向5G-R迈进，不仅是原有业务的升级，还将带来多媒体、视频通信等新业务的创新。从技术上看，5G-R在带宽、上下行速率、系统时延方面都比GSM-R更具优势，在安全性能方面也有巨大提升。基于5G技术，5G-R容量及可靠性可提升至GSM-R的20倍，可以实现列车、信号设备等各类智能设备的互联互通。5G-R属于宽带通信系统，基于IP交换技术，可带动调度技术升级，增强系统可靠性。5G-R支持网络切片、边缘计算等业务，可以为铁路关键业务提供服务质量保障，而5G-R的“5G”特性也将为铁路通信带来更多新场景新应用，打开铁路信息化新空间。

未来技术演进

5G的三大愿景是eMBB（增强移动带宽）、mMTC（海量机器通信）、URLLC（超高可靠低时延）。当前5G已经实现了千兆体验、百亿连接的网络能力，未来将向5G-Advanced演进。5G-Advanced的目标是万兆体验、千亿连接，将带动5G三大愿景外延突破，从万兆体验、全域通感、千亿物联、确定性网络、内生智能、空天地一体六个方面，支撑互联网产业3D化、云化，万物互联智能化，通信感知一体化，智能制造柔性化等产业数字化升级的关键信息化技术，而这些技术，应用在铁路通信网，将带动5G-R智能化发



◀ 图1 铁路通信5G-Advanced演进

展(见图1)。

毫米波

针对高铁枢纽站这类对通信覆盖及容量要求高的热点区域，传统网络能力受限，而基于毫米波大带宽、低时延的特性，下行25Gbps或上行16Gbps的最强空口数据通道，可以显著提升此区域内的用户体验。

同时铁路车地数据转储方面，毫米波技术也可以大放异彩。毫米波车地高速转储方案，为机车和地面数据中心之间搭建了一条超大带宽的数据传输通道，一改往日需要机车入库后人工上车转储的情况，为机车数据传输和智能运维提供支撑。方案在车站、车辆段利用毫米波基站，将车载数据超高速上传到地面数据中心，通过内部网络访问地面数据中心，视频数据分析员可以利用网络平台实现异地查看、下载、在线分析数据，极大提升视频回传时效，省工、省时。

RedCap终端

轻量化RedCap(reduced capability)终端是指在确保应用需求和性能的前提下，通过减少部分带宽、收发天线数量、降低速率、调整调制方式、引入半双工模式等方式削减设备的能力，从而降低终端设备的复杂度，达到降低终端成本、功耗，延长使用寿命等目的，更利于5G网络大规模商业普及应用。

在铁路沿线，基础设施的通信需求也颇为强烈。万物互联时代，增强铁路沿线的安全性就必须掌握基础设施的实时状态，比如铁路沿线电务、工务等专业基础设施设备。近几年，铁路沿线洪水、山体滑坡等自然灾害频发，为了监测灾害，铁路部门设置了很多监测物联网节点，这些监测节点连接数量大，视频回传对速率也有一定要求，5G RedCap恰好与这一应用场景不谋而合，可助力快速低成本实现全域监控。

通感一体基站

为了保障高铁的安全运营，限制未经授权的人员或物进入高铁轨道区域非常重要，高铁安防要求高效的监控和防护措施。基于通感一体功能的无线基站打造电子围栏，可以用于实时监测列车轨道和限制未授权人员或物体，如无人机的非法进入。当前通感一体技术已在低空无人机及车路协同领域展开技术验证，商用落地也提上日程。

随着人们出行需求的不断增加，铁路运输的重要性也日益凸显。从GSM-R到5G-R的演进，正是为了满足市场对更高效、更安全、更智能的铁路通信系统的需求。随着技术的不断进步和社会经济的发展，我们有理由相信，未来铁路通信系统将会更先进、更智能，为铁路运营带来更多的便利和安全保障。**ZTE中兴**

中兴通讯5G-R， 为铁路发展注入新动力



陈强
中兴通讯铁路无线专网
产品经理



胡云华
中兴通讯铁路无线专网
产品方案总监

5G正在全球范围内引领第四次工业革命，以其高速率、低时延和大连接特性驱动各行业数字化转型。2020年，国铁集团确立了铁路无线通信向5G发展的技术路线，启动了5G技术应用技术攻关三年计划。作为新一代铁路移动通信系统，5G-R是铁路信息化、数字化、智能化的重要基础设施和关键技术装备，在支撑铁路运营、保障行车安全、提高运输效率、提升维护水平等方面发挥着重要作用。

中兴通讯围绕铁路新一代无线通信系统“四智”和“六可”目标（网络智能运行、资源智能管理、系统智能维护、业务智能应用；可视、可管、可控、可测、可靠、可信），推出谱系化定制5G-R产品和多层级可靠性方案，以及超级小区、智能运维等铁路定制方案，实现铁路全业务、全场景覆盖，提供安全、高效、智能、绿色的5G-R网络，为铁路带来运行安全、生产效率、服务能力等多方面的提升，为铁路发展注入新动力。中兴通讯5G-R网络架构如图1所示。

谱系化铁路定制产品，建设先进高效的5G-R网络

中兴通讯谱系化铁路专用5G-R产品，包括专

为铁路定制的基带处理单元BBU、多通道射频模块RRU、室内分布微站pRRU等多款产品。产品基于自研高性能SOC和ASIC芯片开发，RRU采用基于自研功放管和Super-N创新架构的高效功放，整机功耗业界最低。产品满足多层级冗余热备、RRU环形组网等要求，能够在低温、高海拔等恶劣环境下稳定运行。

中兴通讯高功率分布式射频拉远模块ZTERRU-508-R9018R基于最新RAN统一平台设计，支持8T8R（8路发射8路接收通道）。作为铁路定制的2.1GHz频段10MHz带宽专用产品，R9018R可有效减少与外部系统的相互干扰。产品采用自研GaN功放和Super-N创新架构，结合高精度的准神经网络DPD（QNN-DPD）算法，提升功放效率，降低TCO。它体积小、重量轻，支持挂墙和抱杆安装方式。相比4T4R，8T8R的RRU能显著提升5G-R网络覆盖能力，并有效提升小区边缘上下行速率。

此外，8T8R塔上安装可降低馈线损耗3dB左

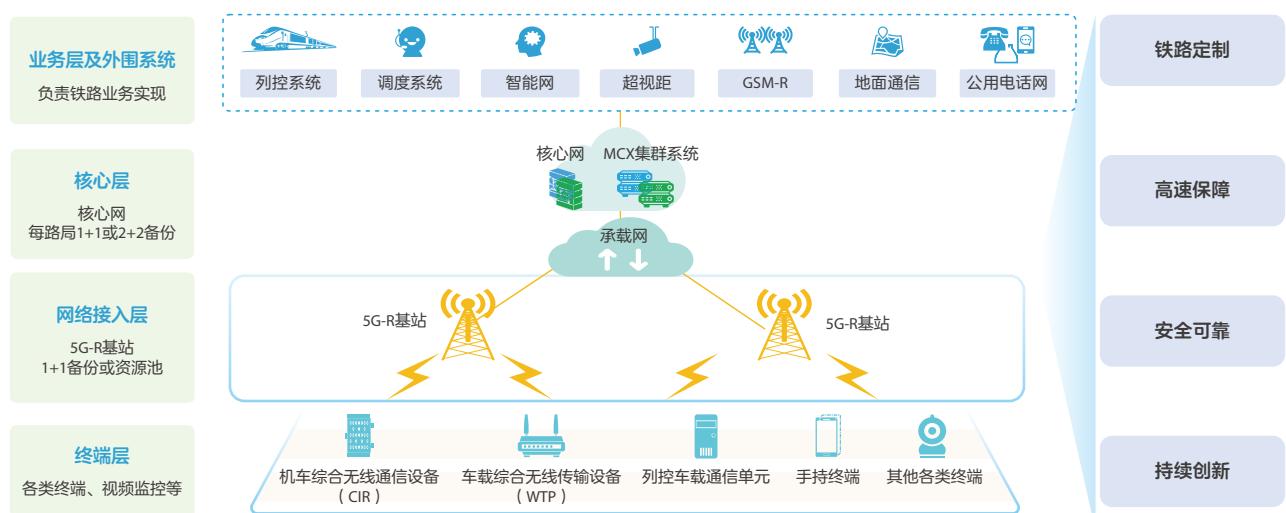




右，小区边缘下行速率可提升约27%，上行速率提升80%~100%；通过光纤拉远替代7/8馈线上塔，实现2根光缆替代18根馈缆，与塔下安装方案相比，上塔安装使得线缆重量减少近90%，大大降低线缆采购和安装成本，降低铁塔的承重和风载要求；上塔安装还可以降低机房建设要求和散热要求，降低

空调采购成本和机房能耗，助力绿色铁路建设。

借助谱系化的定制产品，中兴通讯5G-R方案可以满足铁路正线、隧道，以及车站、调度中心、编组站、动车所、货场、办公楼等各种场景覆盖要求，为铁路通信提供全面的覆盖方案，实现一网全覆盖，降低铁路无线网络管理、运维的



难度和成本（见图2）。随着5G-R网络的部署，它将极大提升铁路行车和运营维护智慧化智能化，下一代列控信息传送、多媒体调度通信、列车接近预警、列车超视距视频瞭望、自然灾害与异物监测、地震预警等业务都将由5G-R一网承载，为现代化铁路保驾护航。

多层级可靠性方案，确保服务不掉线

无线通信系统作为铁路运输的重要基础设施，肩负着列车控制、调度等行车信息的传送交互任务。中兴通讯提供多层次可靠性解决方案，从网络级、节点级、链路级、单板级、器件级等多层次提升5G-R通信系统的可靠性和安全性，为铁路安全运行保驾护航。

此外，5G-R通过5QI技术对不同类型业务实行精细化管理，铁路业务单位可以根据实际需求，灵活分配网络资源，确保关键业务的高优先级处理。5QI不仅提高了网络资源的利用率，还将推动铁路业务的创新和发展。

多项专利技术，保障高速列车信号稳定连接

自2008年第一条设计时速350公里的京津城

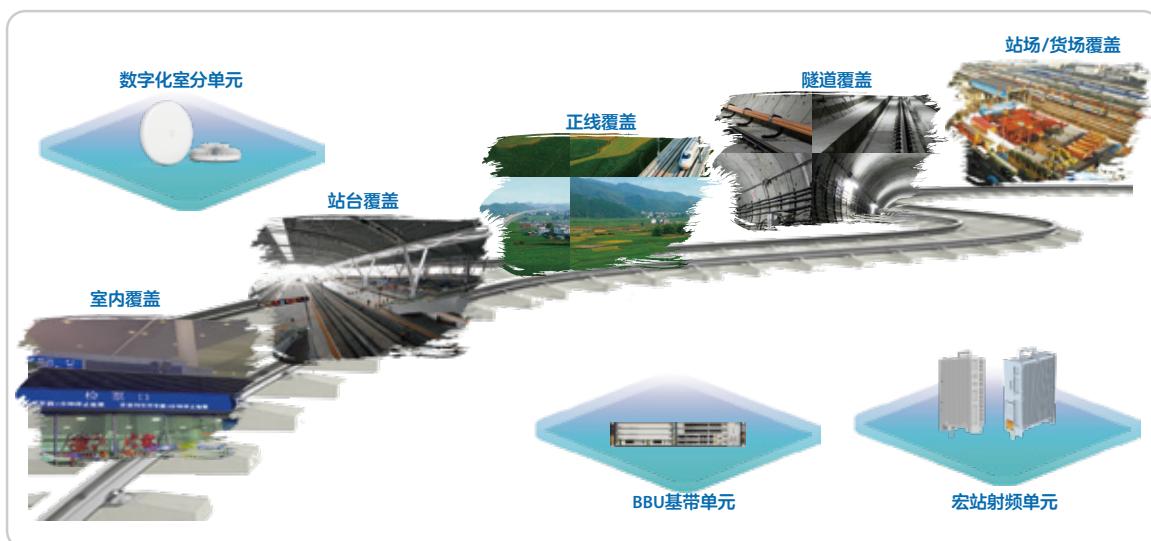
际铁路建成运营以来，我国高铁建设突飞猛进。2023年6月28日，福厦高铁湄洲湾跨海大桥段，搭载新技术部件的试验列车以单列最高时速453公里成功运行，我国高铁建设向着更高速度进发。高速移动的列车给通信系统带来挑战，主要包括多普勒频移和信号频繁切换。

中兴通讯多普勒频偏补偿算法支持更灵活的自适应DMRS（demodulation reference signal，解调参考信号），专利技术可检测并补偿UE高速运动中产生的多普勒频移，大幅改善无线链路性能，支持最高时速达500km/h。针对信号切换问题，中兴通讯特有的超级小区技术可显著减少切换频次，优化移动性能，还可结合MU-MIMO技术提升高铁超级小区容量和频谱效率；超级小区上行联合接收，可提高上行链路性能、增强链路可靠性。

智能运维方案，助力5G-R“可视、可管、可控”

5G-R应用场景和业务的多样化带来网络运维和业务质量保障的双重挑战。中兴通讯uSmartNet智能化网络方案基于内生智能，通过智算融合、孪生进化和意图驱动，实现多场景智能化，是5G-R网络可视、可管、可控的关键，让5G-R网络维护更智能、业务应用更智慧，助力铁路无线通

图2 5G-R产品实现全场景、▶
全业务覆盖





中兴通讯是5G-R标准制定重要参与者之一，积极参与《铁路5G专用移动通信（5G-R）系统总体技术要求》《铁路5G专用移动通信（5G-R）系统基站设备暂行技术条件》等规范编写，是编写组核心成员。

信网络智能化发展。

持续创新，助力5G-R演进

针对铁路业务中的难点和痛点，中兴通讯积极研究新技术、新方案，助力铁路智能、绿色、高效运营。

针对列车行车数据转储业务场景，中兴通讯正在同铁路科研单位一起，进行利用毫米波进行自动转储的技术和应用研究。毫米波具有超大带宽、超低时延、抗干扰的特性，利用5G毫米波实现车地数据传输可以保证车载数据完整、安全、高效地转储，提升运营效率。

在绿色节能方面，中兴通讯提出基于来车识别的来车点亮方案。列车间隙时段，以低碳运营为目标，站台小区和邻接小区作为哨兵小区持续保持激活状态，实时监测高铁来车状态，其他小区在无车时间进入休眠模式，当识别到来车时提前唤醒，保障网络覆盖。列车停运阶段，可根据列车时刻表优先采用深度休眠模式，晚间定时进入深度休眠，早晨列车运营前提前唤醒。高铁列车按照列车行驶速度350km/h、5G-R基站站间距3.5km测算，列车在单逻辑小区停留时间大约为41.5秒，而列车来车间隙时间一般在5分钟以上，存在很大的节能空间。

在铁路关键任务通信服务（mission critical services, MCS）中，列车的行车应用、运营及维护应用中都存在着大量点到多点的信息传输需求，系统传输带宽成为制约业务发展的瓶颈。5G MBS（multicast and broadcast services）技术通过多份应用数据共享一份传输资源的方式，很好

地解决了这个痛点。在接入网、承载网、核心网数据传输方面，中兴通讯各设备不仅支持点到点的数据传输，同样也支持点到对点的组播数据传输，极大地节省了回传网的传输带宽。

针对铁路沿线设备和环境监测，中兴通讯积极探索RedCap技术实现铁路沿线基础设施及自然环境的实时状态监测，助力铁路低成本实现全域监测，保障行车安全。

此外，中兴通讯还在开展功随车动、通感一体化、数字孪生等5G-A新技术在铁路系统的应用。

作为全球GSM-R供应商、中国铁路5G-R标准的重要参与者以及5G-R践行者，中兴通讯铁路移动通信专网产品覆盖近2万公里铁路线路。中兴通讯是5G-R标准制定重要参与者之一，积极参与《铁路5G专用移动通信（5G-R）系统总体技术要求》《铁路5G专用移动通信（5G-R）系统基站设备暂行技术条件》等规范编写，是编写组核心成员。中兴通讯策划并组织铁路5G-R“六可”技术应用系列白皮书编写，也是首批参与铁科院“铁路5G创新实验室”建设及5G-R环形道测试的厂家。为进一步提升5G-R技术的研发能力，中兴通讯在西安研究所设立端到端铁路行业无线创新中心，为5G-R精品网络的建设、5G-R快速部署及技术创新提供保障。

中兴通讯将继续秉持创新、可靠、高效的理念，为全球铁路行业提供最优质的铁路无线产品和服务。我们将与全球铁路合作伙伴紧密合作，推动铁路行业的数字化转型和智能化发展，共同见证一个更加智能、高效、绿色的未来铁路。

中兴通讯5G-R核心网， 助力数字铁路高质量发展



张帆
中兴通讯核心网产品规划
总工



靖昆
中兴通讯核心网产品方案
总监



2019年中国正式启动商用部署，5G已经渗透到经济社会的各行业各领域，成为支撑经济社会数字化、网络化、智能化转型的关键新型基础设施。

铁路作为国家重要的交通基础设施，对通信技术的要求极高。5G-R（5G-Railway）是基于5G技术的铁路新一代移动通信系统，具备超大带宽、超低时延、海量连接的特点，必然为铁路通信网络带来革命性的变化。

5G-R核心网是5G-R系统的中枢，承载无线调度通信、列车运行控制、行车指挥、运营维护信息传送等多种关键业务。围绕未来铁路通信智能化方向，以“六可”（可视、可管、可控、可测、

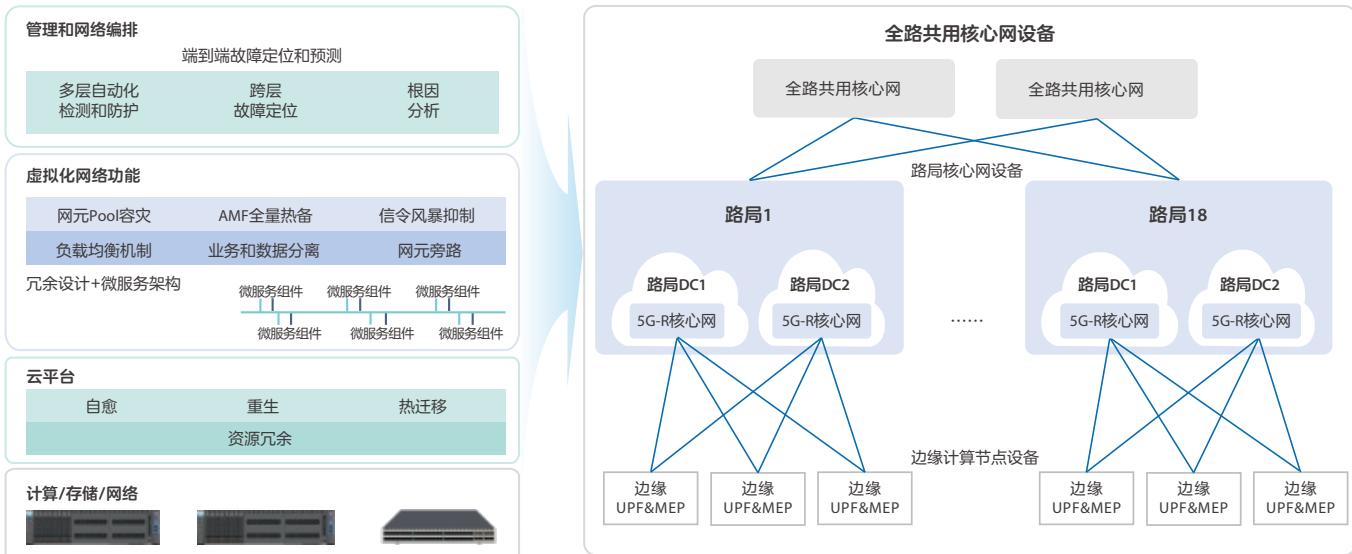
可靠、可信）为发展目标，建设一张自主可控、高质量的5G-R核心网，是铁路新一代移动通信系统演进的关键。

5G-R核心网网络架构

2023年12月，中国国家铁路集团有限公司（以下简称“国铁集团”）正式印发《铁路5G专用移动通信（5G-R）系统5GC设备暂行技术条件》等9项标准性技术文件，其中5GC（5G core network）设备暂行技术条件中详细描述了5GC设备架构和组成、5GC基本功能要求、容灾备份、组网等技术要求，为5G-R核心网的试验验证和



中兴5G-R核心网



▲ 图1 中兴通讯5G-R核心网产品架构

规模商用提供技术保障。

5G-R核心网分为路局设备和全路共用设备两级架构，其中路局核心网设备包括5GC设备、MC设备、二级DNS、RADIUS和位置服务设备（可选），全路共用核心网设备包括5G-EIR、5G-IN、一级NRF、一级SCP/IP STP、一级DNS和SMSC。路局设备和全路共用设备都采用双DC容灾备份组网保障网络可靠性。对于大带宽或低时延类的铁路应用业务，可靠近业务侧设置边缘计算节点设备。

5GC设备遵循3GPP协议标准，采用服务化架构（service based architecture, SBA），包含AMF、SMF/I-SMF、PCF、二级NRF、UDM、AUSF、NSSF、SMSF、UPF/I-UPF、CHF和二级SCP等网络功能。

中兴通讯5G-R核心网产品及解决方案

中兴通讯5G-R核心网产品匹配智能铁路“六可”总体发展目标，在架构、功能、性能上完全遵循铁路5G-R系统总体技术要求和5GC设备暂行技术条件，支持5GC按路局和全路共用设备两级架构部署、异址双DC容灾、边缘节点按需下沉、运维能力智能开放，构建具备内生安全能力的5G-R

核心网，为新型数字铁路的数据、语音、视频业务提供5G网络承载。

中兴5G-R核心网产品在云化架构、可靠容灾、安全可控、智能运维四个方面引入全新设计和创新方案，为未来铁路业务蓬勃发展提供新型基础设施，全面助力铁路无线专网向新一代移动通信系统升级演进（见图1）。

云化架构

中兴通讯5G-R核心网产品采用成熟的NFV（network functions virtualization，网络功能虚拟化）架构、微服务化组件设计，运行于电信级双核云平台之上，统一云资源池部署，为新一代铁路专用通信系统提供弹性可伸缩的虚拟化网络。

中兴通讯虚拟化网元遵循3GPP Release16协议标准，控制面网元和用户面网元在部署时可分可合。和信令处理相关的控制面网元集中部署在路局，提供高并发处理能力和持续扩容能力；和铁路应用相关的用户面网元可按需集中部署在路局或就近部署至铁路边缘数据中心，并可通过创新软硬件流量加速技术，为新型铁路业务提供高带宽、低时延的网络服务。

“中兴通讯致力于提供多层次、立体化的内生安全防护方案，在基础设施层、网络功能层、业务数据层、运维管理层都提供了可扩展、可编排的差异化安全能力，构筑高安全等级的5G-R核心网。”

可靠容灾

铁路无线专网具有极高可靠容灾要求，中兴通讯5G-R核心网设备从硬件到软件，从组件到网元提供了多级多维度的高可靠技术创新，满足铁路长期稳定运行和容灾需求。

- 高可靠云资源池：资源冗余机制防止软硬件故障时影响业务，双网双平面保证组网可靠，分布式存储提供数据多副本安全；
- 网元级容灾防护：通过网元Pool或AMF SET机制实现网元级或设备级的异地容灾，信令风暴抑制功能抵御64+倍网络信令冲击，网元旁路功能提供极端故障场景下业务降质可用。
- 针对核心网重大变更操作，例如数据中心容灾倒换、设备版本升级等，引入操作自动化流水线和操作看板功能，导航式自动执行操作步骤，通过易用的大屏监控网络运行情况，降低工程操作风险和提高工作效率。

安全可控

为保障铁路通信系统的供应链安全，中兴通讯5G-R核心网支持国产化服务器，在关键软硬件方面实现自主可控，确保专网产品长期可持续供应和维护。

中兴通讯致力于提供多层次、立体化的内生安全防护方案，在基础设施层、网络功能层、业务数据层、运维管理层都提供了可扩展、可编排的差异化安全能力，构筑高安全等级的5G-R核心网。

智能运维

云资源池的运维管理是云化核心网设备的重点和难点，中兴通讯提供强大的网络编排管理功能，对核心网资源进行智能统一的监控、配置、弹性缩扩容，极大降低NFV引入后的运维难度，有效提升运维效率。

在故障场景下，中兴通讯核心网提供多维度智能运维能力，通过多层次故障检测和预测手段（例如关键性能指标/告警/健康套件）、故障基因分析、跨层故障联动等方案，帮助铁路运维人员精准定界定位并快速解决故障。

中兴通讯5G-R核心网依托于国内运营商公网5G核心网的大规模商用部署经验和优势，提供从网络设计、硬件安装、网元部署、数据配置、安全加固到业务测试等一站式的商用交付流程，借助于成熟的端到端交付工具，实现核心网上线前的“质量自控零隐患”，为国铁集团交付高质量商用网络提供全流程保证。

作为全球领先的综合通信信息解决方案提供商，中兴通讯核心网产品服务于全球100多家运营商和500多个行业客户，拥有丰富和领先的5G规模商用经验。在5G-R市场，中兴通讯积极参与铁路5G-R技术规范的编制和实验室测试工作，凭借其深厚的技术积累和丰富的实践经验，加速5G-R技术成熟。中兴通讯5G-R核心网设备全面匹配并满足国铁集团技术规范和长期演进需求，持续助力数字铁路高质量发展。

5G-R可靠性解决方案， 为铁路数字化保驾护航

随着5G技术的发展和普及，其在各个领域的应用也日益广泛。2023年9月，基于5G技术的铁路新一代移动通信系统（5G-R）试验频率的批复，引起了业内外广泛关注，标志着铁路通信也将进入5G时代。

5G-R承载的业务包括高铁调度、指挥、运行控制、安全监控、应急处理以及自动驾驶等，事关行车安全，如何保证系统的可靠性和安全性是首要问题。中兴通讯积极探索，提出可靠性整体解决方案（见图1），方案总体采用硬件冗余备份技术架构，通过各种组网创新方案，从网络级、节点级、链路级、单板级、器件级等多层次保障网络可靠性，助力铁路列车安全运营。

网络级可靠性方案

中兴通讯5G-R核心网匹配铁路应用场景和可靠性技术要求，从网络级容灾备份、设备内冗余设计、NF（network function）间冗余设计、链路层冗余设计等多个层面提供多级冗余备份机制，全面保障5G-R网络健壮可靠。

在网络部署上，核心网以路局为单位建设，每个路局部署2套核心网，形成异地双DC容灾备份组网，冗余的NF分别部署在不同的DC，当一个DC或NF发生故障后，对端NF检测到故障后，自动切换实现业务恢复。

在核心网设备层面，中兴通讯5G-R核心网采



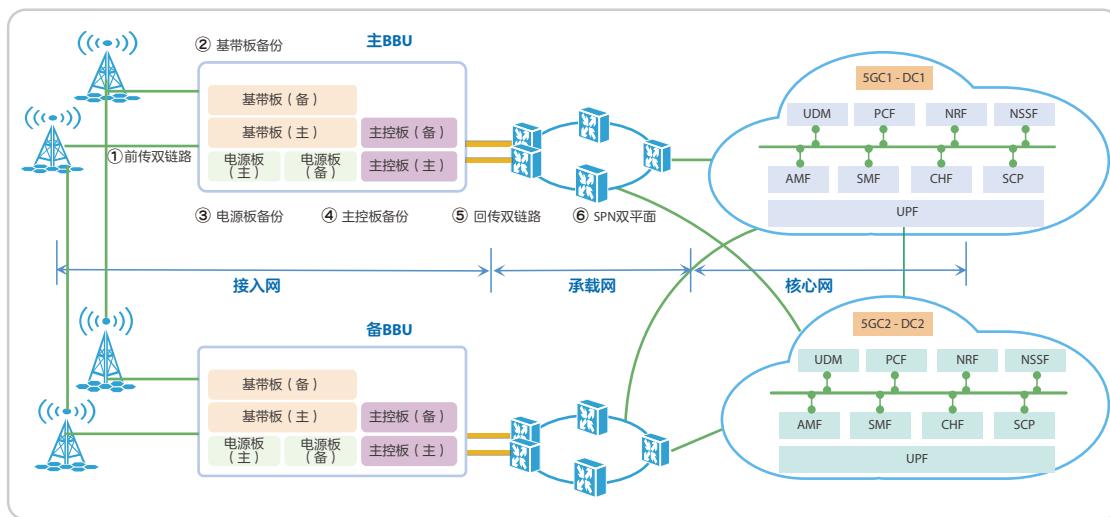
刘石
中兴通讯5G-R系统工程师



闫鹏周
中兴通讯5G-R系统交付总监



王令斌
中兴通讯无线资深架构师



▲图1 中兴通讯5G-R可靠性解决方案

用NFV (network function virtualization) 云化架构设计，组成NF的各类虚机或容器采用主备或负荷分担机制，并采用反亲和部署。核心网基于高可靠云资源池构建，通过虚拟化平台提供的自愈、重生、迁移能力，提供资源层面的弹性伸缩和冗余能力。

在核心网NF层面，提供主备或负荷分担机制，通过NRF (network repository function) 动态注册和发现机制快速感知NF故障。核心网提供AMF Set (access and mobility management function set) 增强冗余方案，并通过两套AMF之间的热备冗余机制优化业务恢复体验。核心网支持网元旁路功能 (NF Bypass)，当异地双DC的部分网元同时发生故障时，可保障基本业务降质可用。

在核心网链路层面，核心网在各链路都提供双网双平面组网，任一链路故障时，都有备份冗余链路可用。当核心网控制面和UPF之间的N4链路出现故障时，可提供惯性运行能力，保证连接态业务不受影响。

节点级可靠性方案

节点级提供BBU (base band unit) 级别和

RRU (remote radio unit) 级别的备份方案。

BBU按照热备方式，主用BBU和备用BBU按照星型或链型方式组网，2个BBU之间通过光纤连接多级RRU，沿铁路沿线异地或同步部署，在同一站址部署两台RRU，RRU先分裂后并柜完成10MHz网络覆盖。双BBU系统启动后，RRU和主用BBU建立连接，由主用BBU提供业务，当主用BBU故障后，RRU通过光口倒换到备用BBU，和备用BBU建立连接，由备用BBU提供服务，将业务影响时间降到秒级。当RRU设备单点故障时，BBU通过协同保证业务只降秩不发生中断。

RRU按照热备双活方式，同一个位置组部署两台RRU设备，RRU系统正常启动后，两个RRU设备通过分裂后并柜形成热备双活，8T分裂为2个4T的逻辑小区，基带单元将2个4T4R的逻辑小区合并为一个8T8R的逻辑小区，频谱效率提升，应对大容量业务。当其中一个RRU设备发生故障时，业务平滑降秩不中断，频谱效率和可靠性完美结合。

RRU设备快速倒换自适应各种不同的单点故障场景，支持RRU设备启动后的自由竞争模式光口快速倒换，也支持由BBU侧决策发起的强制倒换模式光口快速倒换，同时支持RRU发生故障后





在核心网链路层面，核心网在各链路都提供双网双平面组网，任一链路故障时，都有备份冗余链路可用。当核心网控制面和UPF之间的N4链路出现故障时，可提供惯性运行能力，保证连接态业务不受影响。

双活保持场景下的定向光口倒换。

单板级可靠性方案

对于单个BBU框内，为了应对单板发生异常，按照传输主控板冗余备份、基带处理单板冗余备份，以及电源板冗余备份方式进行方案设计。

其中传输主控板采用热备的方式，主控板正常工作时提供业务服务的容器在主板、备板按1:1部署，对业务数据包含数据库的公共数据、业务模块存放的私有数据进行实时备份，基站时钟以及通信实时备份，并且在运行过程中周期审计数据一致性，保证备份数据及时，准确无误，通过硬件中断信号+软件快速检测机制缩短故障检测时间，提高系统感知故障灵敏度，可以秒级识别故障触发倒换。

当系统监控到有故障触发主控板倒换，备板容器快速工作，业务逻辑小区不重建减少业务恢复时间，同时不复位基带板和RRU设备，外部的时钟、通信或数据链路快速切换到新主板，业务可以在秒级左右恢复。

链路级可靠性方案

链路主要包括BBU和RRU之间的前传链路以及设备和承载之间的回传链路。BBU和RRU之间通过光纤连接，光纤链路级可靠性解决方案主要通

过RRU环网连接方式解决。RRU环网连接需要2对光纤资源，当承载业务的一根光纤CPRI链路发生故障时，通过毫秒级光口快速检测，完成前向光口倒换，业务保持不中断。

BBU和承载设备之间的回传链路进行传输保护，当传输链路发生异常时，通过毫秒级的快速检测机制，触发传输保护机制，不触发单板倒换，提升倒换性能，降低业务影响。

器件级可靠性方案

中兴通讯依托行业多年研发经验，精选业界高等级器件和加工工艺，采用先进的芯片技术和优质材料生产制造，确保产品稳定，增强阻燃、防腐能力。针对5G-R场景，制定专项可靠性方案，由自动化工厂专线生产，进行智能化、全方位测试验证，保证产品可靠性，应对各种苛刻的安装部署场景。

随着5G技术的广泛应用，5G产业链已日趋成熟，为铁路专网升级奠定了坚实的基础。加快5G-R系统在铁路行业的技术研究和推广应用，有利于进一步提升我国铁路信息化、智能化水平，提高我国铁路自主创新能力，并为世界高速铁路发展共享中国智慧，贡献中国方案。中兴通讯将持续创新探索，携手中国铁路集团，守护铁路运营安全。

5G-R安全解决方案， 坚守网络安全底线



章松
中兴通讯无线产品安全
规划经理



闫翠翠
中兴通讯铁路无线专网
产品规划总监



家铁路集团公司于2020年8月发布《国铁集团关于加快推进5G技术在铁路应用发展的实施意见》，同年12月，发布《铁路5G技术应用科技攻关3年行动计划》，提出到2023年完成铁路5G专网关键技术攻关和专用设备研制，开展安全保障、出行服务等急需业务的试验验证和使用考核，完成5G专网技术标准制定，为开展铁路5G专网建设和业务应用奠定基础。5G-R将逐步代替GSM-R系统，而网络安全势必成为5G-R投入建设和应用的桥头堡。

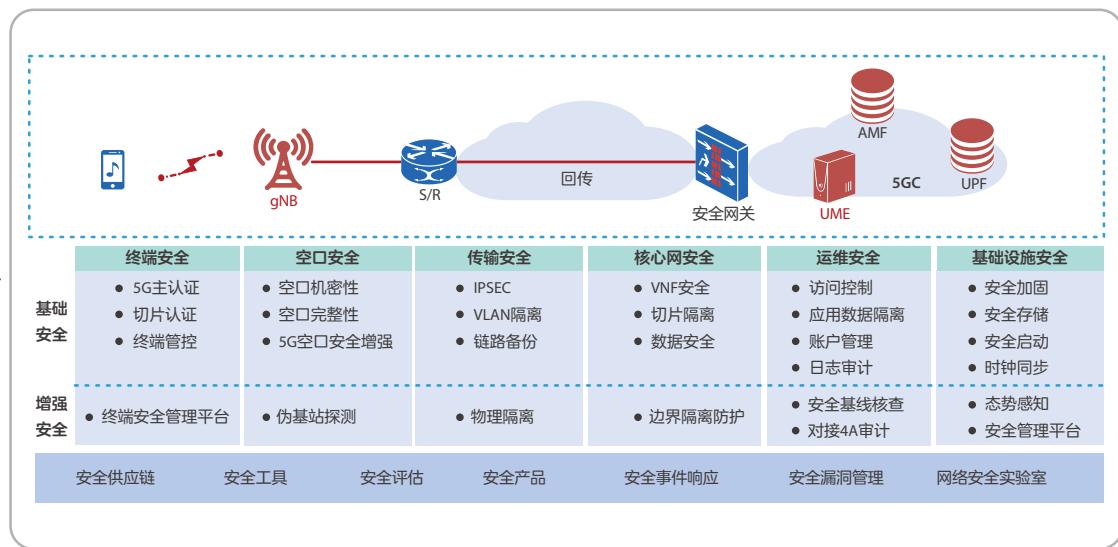
中兴通讯积极响应国铁集团5G-R发展目标，坚守网络安全底线，构建多层次、内生的5G-R安全解决方案。中兴通讯5G-R产品安全解决方案，针对终端安全、空口安全、传输安全、核心网安

全、运维安全及基础设施安全几大模块，提供基础安全能力和增强安全能力，以匹配不同安全级别的需求。同时，产品在安全设计、研发过程控制、交付及服务阶段，通过供应链、安全工具、安全评估、安全产品、事件响应、漏洞管理及安全实验室等安全服务，保障5G-R产品全生命周期的安全（见图1）。

补齐终端安全，建立全面管控体系

5G-R网络终端种类较多，形态多样，不同终端的计算能力和安全防护能力差异较大，是5G接入安全的薄弱环节。5G-R终端安全方案，提供5G网络级、切片级、业务级的多重认证方式，根据

图1 中兴通讯5G-R安全解决方案 ▶



业务安全级别灵活部署；其次，通过机卡绑定、接入位置控制等措施，提供基础的终端接入控制能力；此外，方案引入终端安全管控平台，集资产管理、基线安全、可信管理、安全加固等多种安全功能于一身，建立全面的终端纵深防御体系。

标准为基，强化空口防护

无线空口提供基于3GPP标准协议的机密性和完整性保护功能，用于保护铁路业务的信令和数据安全性。5G网络在空口上增强了安全能力，补充了用户面完整性保护方案，对关键隐私数据采用SUFI (subscription concealed identifier) 保护。

针对空口侧易于发起的干扰、DDOS、伪基站等攻击风险，我们在解决方案中建立了增强型的防护方案，包括伪基站探测、空口抗DDOS攻击、无线抗干扰及干扰检测等能力，为5G-R覆盖区域内的空口环境保驾护航。

灵活部署，保障传输安全

无线网络架构中，传输层提供Vlan、IPSec、TLS、HTTPS和SFTP等安全协议，构成了5G-R传输域基础的安全防护能力。这些功能可以根据不同应用场景的安全性需求灵活配置。

为了适配5G-R不同业务类型的需要，我们在基础的传输安全功能之上，推出传输链路备份方案、物理隔离方案。其中，物理隔离方案可以为不同业务进行精细化的安全隔离保障，通过灵活定制物理隔离通道，确保高安全需求的业务传输通道不受干扰。

提升边界防护，打造安全核心

作为铁路移动通信系统的关键基础设备，5G-R核心网强化了内生安全防护，基于虚机平台的系列安全防护技术，构建安全可信的软件平台；提供切片隔离技术，保证各业务资源的独立；

数据资源管理对标业界标准的安全技术手段，保障数据安全。

作为5G-R的核心资产，核心网设备具有更高的安全防护需求，还可部署防火墙、堡垒机、云WAF等安全防护设备，进一步增强安全边界的防护。

运维横向联动，拓展安全深度

运维安全方面，中兴通讯无线网管安全设计以保密性、完整性和可用性安全三要素为核心，保护管理通道及业务数据信息安全。以访问控制、日志审计、版本安全和数据安全为基础安全方案，对5G-R网络系统实现可管可控。针对更全面的安全需求，网管还集成了网元安全基线核查能力，南向安全一目了然，同时网管可以扩展对接北向4A审计系统，通过外部能力联动，对上报的日志进行动态分析，拓展了安全管理的深度。

加固基础设施，全面态势感知

基础设施层除了加强硬件、操作系统、虚机平台等基础安全外，还需要针对5G-R重要数据和业务增加安全启动、安全存储等功能，形成了对通信系统设施的基础保护方案。

展望5G-R发展目标，我们还考虑了安全态势感知能力，实现5G-R增强型内生安全方案，方案具有统一纳管、主动防护、灵活部署等特点。

5G-R安全解决方案，不仅提供各模块的安全技术，还从产品整个设计、研发、交付全链路生命周期考虑，通过安全供应链、安全评估、漏洞管理、安全事件响应等措施，保障网络交付每个环节的安全。

中兴通讯5G系统产品，对标国内外通信行业安全标准认证，积极拓展网络安全新技术，以交付安全的网络为目标，助力国铁集团加快推进5G-R的部署应用。**ZTE中兴**

5G-R极简站点解决方案， 助力绿色智慧铁路建设



何喜文
中兴通讯无线产品规划
总工



邱雪梅
中兴通讯站点部署方案
经理

基

于5G技术的铁路新一代移动通信系统（5G-R）试验频率的批复，引起了业内外广泛关注。5G与铁路行业各种应用深度融合，其大带宽、低时延、万物互联的特征可以全面满足铁路各类场景的通信需要，支撑铁路行业数字化、智能化高质量发展。5G高频段、高密度组网的特点则对网络覆盖能力提出更高的挑战，对配套工程提出了更高的要求，常常导致在5G建设期间遇到配套电源、工程施工、站点征地等方面的问题。为此，中兴通讯积极探索，推出5G-R极简站点解决方案，旨在通过创新化解决方案实现配套极简、部署极简、形态极简，助力5G-R以绿色低碳的方式快速可靠部署。

配套极简：设备高集成化设计，应用灵活广泛

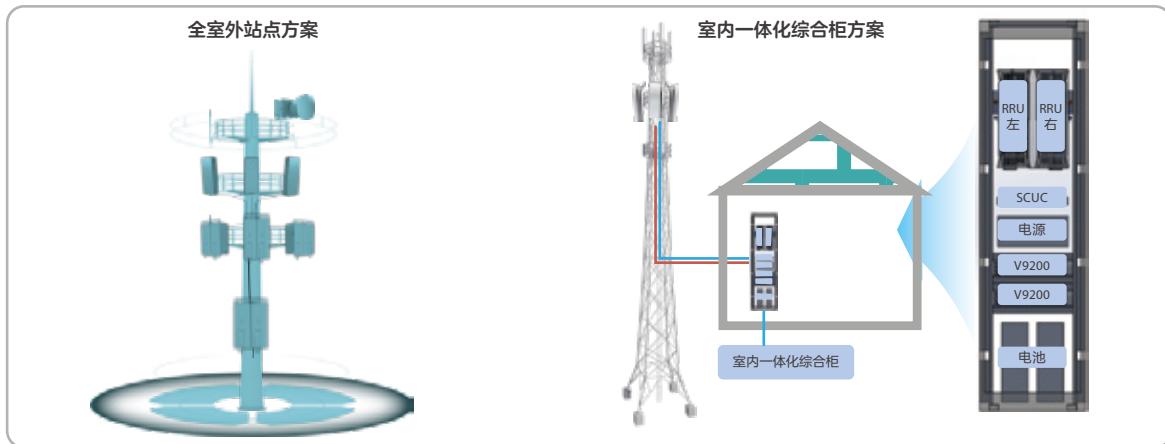
GSM-R拉远站点一般通过UPS加交转直方式对站点设备供电。电源通过AC-DC（整流）、DC-AC（逆变）、AC-DC（交转直流-48V）三次转换给RRU供电，供电效率为80%左右。主流UPS对工作环境要求严格，工作温度范围为0°C~+40°C，不能直接用在室外、隧道等场所，要配套温控设备和防护机柜方能使用。备用电池通常只在市电停电时才起作用，当UPS故障时，整个站点断电、断

网风险高。

面向5G-R，中兴通讯推出全新的一体化电源解决方案，其兼具不间断电源UPS和电源整流功能，支持220V交流和-48V直流输出，-48V直流给5G-R RRU供电，供电效率高达97%，逆变交流输出给摄像头等站点小功率交流设备供电。电源工作环境温度支持-40°C~+55°C广范围，外壳防护等级IP65，可以在机房、隧道等室内场景使用，也可以直接用在室外环境，环境适应性广；支持19英寸机柜入柜安装、挂墙安装和抱杆安装，安装方式灵活多样。市电停电和电源故障时，自动切换至备用电池给5G-R RRU等设备供电，保障站点设备可靠工作。

部署极简：降低站点施工难度，提升工程效率

GSM-R系统中，RRU一般采用2T2R设备下塔安装，上塔只有4根馈线，数量少，工程简单。5G-R系统采用8T8R设备，若仍保持下塔安装，则上塔馈线数量多达18根，馈线数量多，损耗高，接头多，工程复杂且故障率高，5G-R RRU上塔安装可以很好地克服这些问题。5G-R RRU上塔安装后，上塔线缆数量减少至4根，同时减少馈线损耗，提升边缘速率，并结合电力线载波、内置避雷器、铠装线缆等技术手段，简化工程部署，降低网络结构的复杂性，降低工程施工难度及安装



◀图1 中兴通讯5G-R极简站点形态示意

风险。测试数据显示：5G-R RRUs上塔安装后馈线损耗降低3dB+，小区边缘下行速率提升约27%，200mW信号车载台小区边缘上行速率提升约100%，2W通信车载台小区边缘上行速率提升约80%。

中兴通讯5G-R RRUs采用电力线载波通信PLC技术，将RS485信号线和直流电源线合二为一，实现有电源线就有RS485，省去RS485信号线缆工程布线；光缆采用多芯光缆代替2芯光缆，实现2根光缆替代18根馈缆；与下塔安装方案相比，上塔安装可使得线缆数量减少近80%，重量减少近90%。

按照《GB50689-2011通信局站防雷与接地工程设计规范》要求，借鉴公网RRU长期的运行经验，中兴通讯5G-R供电电源和RRU直流-48V端口均直接内置防雷器，工程上无需再单独安装-48V直流避雷器；RRU射频端口同样内置1/4波长的避雷器，免去天馈避雷器现场安装，降低了安装工时，也确保设备获得更好的雷击保护。

为了更好地保护线缆不受动物破坏并进一步简化工程安装，电源线和光缆全部采用铠装线缆，免去用蛇皮管进行线缆保护及其工程施工；线缆固定采用二联二环固定卡，实现在铁塔上快速固定，简化工程安装；采用防水型射频跳线，现场无需再进行跳线防水处理，预计工程操作可以再节约120分钟。

形态极简：节省站点空间资源，提升站点能效

铁路机房内供配电、UPS电源、空调等各设备分散放置，占用机房空间大，部分场景对机房的投资高于设备。为此，中兴通讯致力于建设5G-R极简站点（见图1），节约站点空间，降低站点能耗，节省建设成本。对于5G-R室外场景，推出全室外站点方案，免风扇设计的自然散热室外型电源、电池，同RRU一起上塔安装，免去三防机柜及配套空调，实现“0”占地、“0”制冷能耗，站点形态极简，安装便捷，节能减碳。对于5G-R室内机房场景，推出室内一体化综合柜方案，将原先分散放置的供配电、UPS、电池组、空调等设备进行一体化整合，统一放入600mm（宽）×600mm（深）×2200（高）mm的室内一体化综合柜内，充分利用机柜空间，减少对机房的空间需求，机房空间利用率提升50%以上。

5G-R作为中国铁路的新名片，将引领中国铁路朝着高质量数智化方向发展。中兴通讯将持续探索，在5G-R系统站点建设方案上不断寻求突破，进一步引入集约化、模块化、智能化、低碳化技术，保证铁路可靠、安全、高效和可持续运行的同时，提升铁路站点基础配套设施的实用性、耐用性和易用性，为实现铁路现代化，建设智慧铁路、绿色铁路持续贡献力量。**ZTE中兴**

毫米波赋能高铁万兆数据智能转储



常虹
中兴通讯研发规划无线
总工



徐岱
中兴通讯研发规划无线
总工

在 中国，高铁已经成为人们长途出行的首选方式，每年有约5000万人次通过不断扩展的高铁网出行。列车在运行过程中会产生大量数据，涉及列车调度、编组、机车和车厢状况，需要与运行控制中心和机车车辆维修厂实时同步。每辆列车需要转储的数据量高达几百GB，甚至达到TB量级，以往只能依靠人工硬盘拷贝，效率低，还容易造成数据丢失或泄露，存在安全隐患。而且随着高清摄像头的普及，监控数据量越来越大，车地数据的转储瓶颈日益凸显。毫米波具有大带宽、低时延、抗干扰的特性，单CPE可达万兆速率。采用5G毫米波传输设备，能实现数据在车地之间的高速无线传输，不仅可以自动完成列车数据高效转储，而且可以保证车载数据完整、安全。

中兴通讯基于对铁路通信需求的深刻理解以及在毫米波技术领域的丰富经验，提出基于

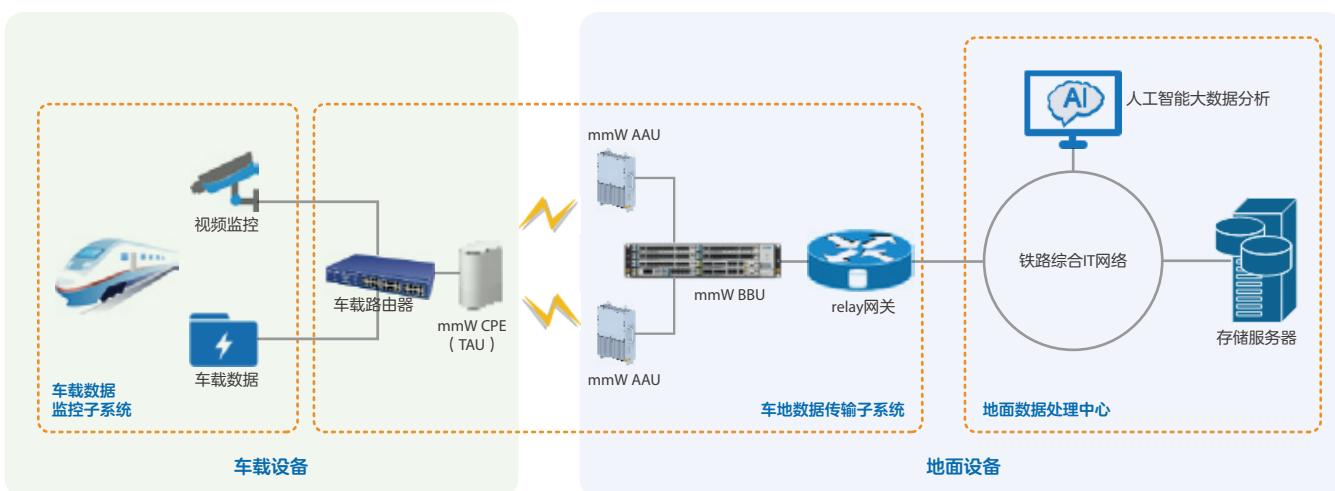
毫米波回传的大带宽自动转储解决方案，如图1所示。

基于毫米波回传的自动转储系统由车载数据监测子系统、车地数据传输子系统和地面数据处理中心组成。

车载数据监控子系统完成数据采集、数据处理、数据记录、数据传输和转储等，负责与机车网络控制系统、列车运行控制记录装置、以太网采集机车车载安全防护系统等设备通信。

车地数据传输子系统无线网络利用毫米波进行传输，完成车载到地面的数据传输；有线网络利用已有的铁路综合IT网络，完成铁路总公司、铁路局、机务段/检修段三级网络范围内的数据传输。

地面数据处理中心的主要任务是把“车地传输子系统”实时转发过来的机车运行状态和故障信息等数据，进行处理、存储、管理和故障诊



▲ 图1 基于毫米波回传的铁路自动转储方案

“毫米波自动转储解决方案，具备极简部署、一键转储、一键检测、自动备份等功能，可实现铁路机车车辆各子系统数据的自动对接、快速存储及各种数据处理，同时具备良好的数据边缘计算能力（含视频图像分析），是未来铁路系统数据转储的主流方案。”

断，并基于机车业务的数据进行大数据分析与统计，为其他信息系统提供数据接口。

下面主要介绍车地数据传输子系统。系统主要包括车载路由器、车载CPE（TAU）、地面毫米波基站（mmW gNB）、Relay网关和智算单元NE（NodeEngine）。

- 车载路由器：车载路由器连接监控摄像头、存储及其他相关设备，通过毫米波设备和网关建立VPN隧道，监控图像和车载监控数据经聚合路由器转发到车载TAU，通过TAU和mmW gNB，经由新建的UPF，连接到铁路综合IT网络；下行数据处理类似，方向相反。
- 车载CPE（TAU）：TAU安装在车顶，主要负责与地面mmW gNB自动建立连接，并高速上传车载路由器中的数据。
- mmW gNB：mmw AAU是射频单元，安装在动车所的墙上或停车站台的两侧，通过大规模天线阵列波束赋型与车载CPE建立无线连接，并通过光纤把基带数字信号传输给中心机房的mmW BBU；mmW BBU是基带处理单元，通过光纤或网线与数据中心的Relay GW连接。
- Relay网关：Relay网关模块接收到车载TAU发送过来的数据，并转发到相应的网元，如存储服务器或监控数据分析平台等。
- NE智算单元：智算单板一方面对于空口部分支持白名单等鉴权技术，解决了安全性的问

题，另一方面支持基于人工智能算法的业务识别、业务感知和业务保障策略，保障车地传输系统的高效、安全。

中兴通讯毫米波产品支持26GHz和28GHz频段，工作带宽最大支持1600MHz，采用大规模天线阵列，模拟波束赋型，最远覆盖距离可达10km以上；同时支持动态帧结构，可根据实际业务动态调整上下行帧比例，以适应不同业务的带宽需求，按照DDDSU帧结构，下行最大可以达到25Gbps，按照DSUUU帧结构，上行可达16Gbps；支持NSA、NR-DC、NR-CA、FR2 Only等多种组网形式，满足不同场景的组网需求。

毫米波回传相比传统的sub6G频段，具有更大的带宽优势；相比Wi-Fi，是授权频段，干扰更小，传输性能更有保障；相比微波，不仅支持点对多点的回传，还支持CPE的移动性，更适合多个列车并发回传的场景；相比有线传输，施工成本低，易于部署。

目前毫米波用于车地回传自动转储的方案已经在上海申通地铁成熟落地，回传速率达7Gbps以上。毫米波自动转储解决方案，具备极简部署、一键转储、一键检测、自动备份等功能，可实现铁路机车车辆各子系统数据的自动对接、快速存储及各种数据处理，同时具备良好的数据边缘计算能力（含视频图像分析），是未来铁路系统数据转储的主流方案。**ZTE中兴**

铁路新一代移动通信系统

5G-R智能运维解决方案



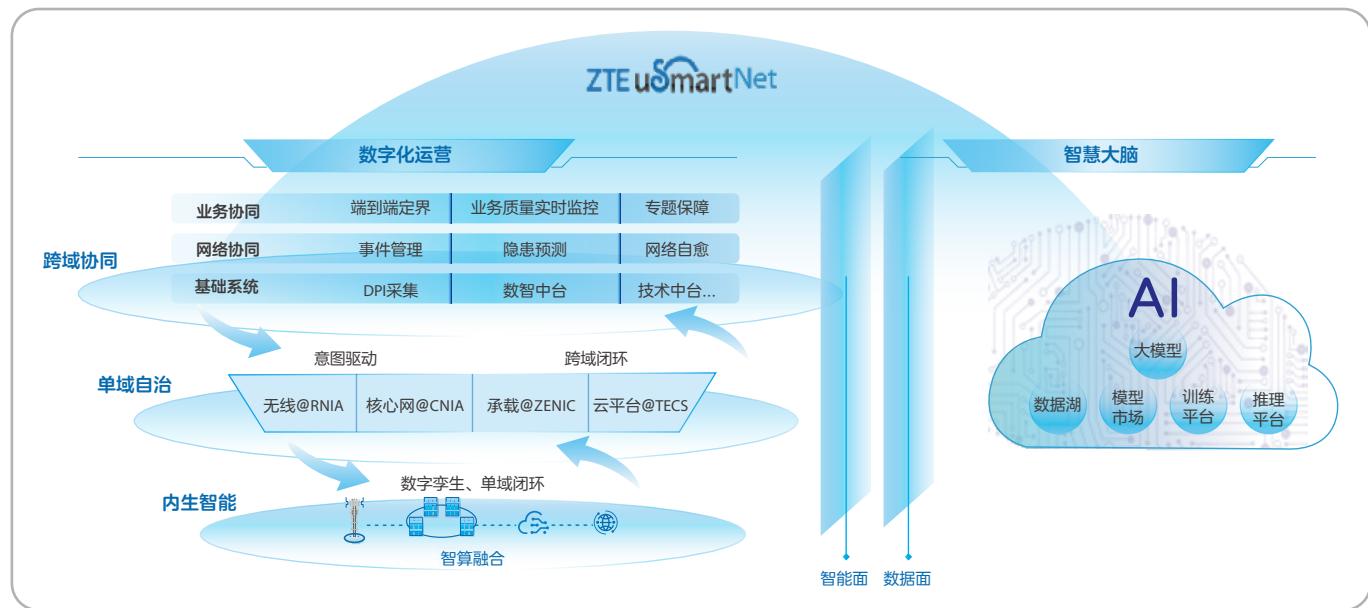
严海波
中兴通讯无线智能化方案规划总工

2023年9月，工业和信息化部向中国国家铁路集团有限公司批复基于5G技术的铁路新一代移动通信系统（5G-R）试验频率，用于开展5G-R系统外场技术试验，这标志着中国铁路移动通信迎来5G新时代。5G网络具有全新架构，对URLLC（高可靠低时延通信）、eMBB（增强移动宽带）、mMTC（海量机器通信）三大通信场景的全面支持，为铁路正线车地通信、铁路站场/枢纽通信、铁路沿线基础设施监测通信（物联）、车辆内部通信带来全新体验。应用场景和业务的多样化，也带来网络运维和业务质量保障的最大挑战。中兴通讯

uSmartNet智能化网络方案基于内生智能，通过智算融合、孪生进化和意图驱动，聚焦网络协同智能运维和业务协同智能运维，实现网元层、单域层和跨域层多场景智能化应用，是实现5G-R网络可视、可管、可控的关键，也为5G-R未来实现网络智能维护、业务智能应用打下坚实基础（见图1）。

网络协同智能运维，实现网络事件端到端闭环管理

5G-R网络由核心网、无线接入网、承载网及



▲ 图1 中兴通讯uSmartNet自智网络



管理系统等组成，传统运维方式是各域独立运维，各自为战，各域之间协同难度大，运维效率低。面向5G-R新一代铁路移动通信系统，我们需要跨过“面向设备故障的监控”，开启“面向网络事件的管理”的可持续演进的智能运维模式，即各域提供告警管理、性能监控等能力，通过能力开放，由上层应用调用并整合，形成基于场景的端到端事件管理运维模式，并引入AI技术，实现全面的智能运维管理。

网络事件端到端管理基于智能运维技术和应用组件，根据业务目标对各运维场景进行策略编排及规则部署，实现从感知、分析、决策到执行的事件闭环管理。网络事件端到端管理具备如下核心能力：

- **核心能力一：构建事件管理端到端闭环管理能力**

系统具备事件全生命周期管理能力，从事件感知、分析诊断、处理决策到执行和验证，实现流程自动化、智能化处理。系统基于各域标准化数据的采集和上报，通过多源特征关联，进行事件识别，再结合规则库和智能算法，实现根因的

定界定位，对确定的故障根因进行智能诊断，给出处理建议，部分故障可实现系统自动编排调度、下发指令，实现故障自愈。

- **核心能力二：构建AI一体化能力，实现智能运维可视化**

网元内生智能，网络管理内嵌AI引擎，支持多类型数据适配，采用自主研发Adlik推理加速和自动搜索最优模型，构建AI训练、推理和应用一体化能力。通过可视化建模和流水线编排，对事件规则配置更加灵活，提供多种维度的事件看板，对管理过程进行全面可视化呈现。

- **核心能力三：按场景构建个性化事件管理能力**

5G-R未来会有多种应用场景，不同场景下运维流程和关注事件内容不同。比如针对网元割接场景，构建针对割接场景的日志分析体系，基于海量日志数据的统计、分析、挖掘，引入AI能力，提供日志异常检测、高危操作检测、违规操作网元识别、IP地址冲突检测、割接网元状态评估等割接值守保障能力，帮助运维人员及时掌握网络存在的异常操作风险，及时消除网络操作安全隐患。

“ 网络协同和业务协同智能运维已在5G网络多个场景应用，如工单智能压降场景，通过告警关联知识图谱、优化告警关联规则和网络资源拓扑关系精细化，提升故障的定界定位准确性，实现工单在线分析和精准派单。

业务协同智能运维，实现业务质量全生命周期管理

5G-R网络业务质量是保障列车安全稳定运行的生命线，面向5G-R业务，聚焦指标建模、质量监测、问题溯源和感知修复四大环节，基于端到端问题定界、信令回溯及详单溯源、用户异常一键定界等方案，实现业务质量评估、问题溯源和闭环控制等能力建设，支撑5G-R网络业务质量的全生命周期管理，成为未来运维工作的核心。为了实现这一目标，需要重点关注以下几个方面：

- 业务质量数据采集是业务质量分析和协同运维的基础。建立多维数据采集渠道，实现对5G-R控制面、用户面和无线接口数据的采集、解析、关联合成以及信令溯源能力，支撑全接口信令分析和端到端业务质量分析。
- 业务质量实时监控，洞察异常及时排障。通过对网络层、传输层和业务层指标进行建模，分业务发展、网络质量、业务感知三个层次，面向DNN、切片、路局、编组、行政区域和网元建立多粒度的可视化监控能力，实现路局、编组和DNN等维度的控制面实时保障和指标告警配置，支撑网络和业务质量实时监控，及时发现异常问题并在第一时间响应，将影响降到最低。
- 跨域协同、一键定界，问题溯源更轻松。基于统一建模和数据关联，拉通5G-R核心网、无线网络和承载网络等单域自智能力，实现感知劣化的根因自诊断和自优化，进一步提

升端到端跨域分析能力、问题闭环管理能力，有效支撑业务感知提升。当有用户业务异常时，可以通过一键定界功能，根据业务或用户标识，结合业务发生时间、地点，对业务感知问题进行端到端定界分析，自动输出诊断结果，并给出优化处理建议，实现感知问题可溯源、易处理。

网络协同和业务协同智能运维已在5G网络多个场景应用，如工单智能压降场景，通过告警关联知识图谱、优化告警关联规则和网络资源拓扑关系精细化，提升故障的定界定位准确性，实现工单在线分析和精准派单。某外场日均工单数量682条，通过智能工单压降，每天减少重复工单48条，压降占比达7%，充分验证了网络协同智能运维提高工作效率的巨大潜力。5G专网统一运维基于业务体验实时保障、质差动态识别、实时跨域分析、事件闭环管理，建立面向5G专网感知的质量闭环管控机制，已在运营商市场应用，助力业务质量和保障效率双提升。

5G-R系统是未来承载铁路特别是高速铁路列车控制、指挥调度通信等核心业务，保障铁路行车安全、顺畅的关键基础设施。中兴通讯和产业链相关单位，积极围绕铁路通信“网络智能运行、资源智能管理、系统智能维护、业务智能应用”的智能发展方向和网络“可视、可管、可控、可测、可靠、可信”的发展目标，开展相关技术和应用的研究，致力于打造新一代高质量、高可靠的智简运维铁路移动通信系统，实现中国铁路移动通信的升级换代。ZTE 中兴

5G广播组播技术， 助力高铁MCS应用高效部署

铁路是我国交通运输体系的骨干，是国民经济的大动脉，国家“十四五”铁路科技创新规划中对铁路发展提出了2025年实现智能铁路技术全面突破、安全保障技术明显提升、总体技术水平世界领先的发展目标。

随着我国高速铁路的迅猛发展，通信网络中的移动终端数量出现了成倍增长，伴随智能调度、视频监控在列车运行控制系统中的大量应用，铁路移动通信系统面临大数据量传输的挑战。现有铁路通信系统GSM-R窄带数据带宽只有100kbps+，难以满足铁路行业数字化、网络化、智能化的转型需求。5G通信系统的高速率、低时延特性能够满足铁路不断涌现的新功能、新业务和新场景需求，提高铁路运营效率。铁路发展与5G融合，既是新时代提出的要求，也是铁路自身提升效益、保持高质量发展的迫切需要。

在铁路MCS (mission critical services, 关键任务通信服务) 应用中，列车的行车应用、运营及维护应用中都存在着大量点到多点的信息传输需求，例如预警信息的广播通知、调度台以及列车组人员的组呼通信、监控视频的传输等，群组用户众多，应用数据量大，系统传输带宽成为制约业务发展的瓶颈。铁路通信网如何高效、可靠地支撑这种点到多点的传输服务显得日益迫切和重要，5G广播组播MBS (multicast and broadcast services) 技术通过多份应用数据共享一份传输资源的方式，很好地解决了这个痛点。

5G MBS技术在不改变现有5G SA网络架构的基础上，通过网络功能增强与优化，实现从一个数据源向多个UE发送一份数据的方式，达到网络资源共享的目的。该技术除了共享移动核心网资源、接入网资源外，更重要的是能够共享日益紧张的频谱资源。5G MBS网络架构如图1所示。



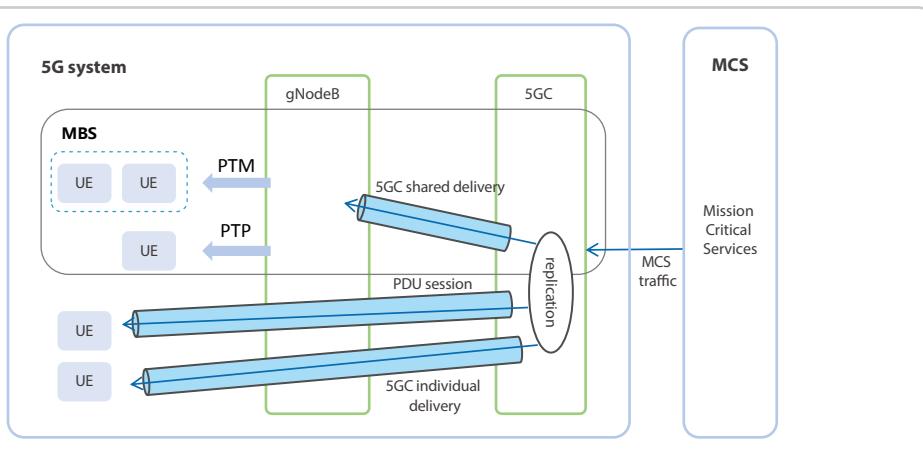
桑健
中兴通讯5G-R业务资深专家



吴锦龙
中兴通讯5G-R研发项目经理



黎锦欣
中兴通讯RAN产品研发总工



▲ 图1 MCS over MBS应用架构

5G MBS技术继承了5G系统的大带宽技术、切片技术和QoS框架，通过在空口引入点到多点传输技术、组播调度技术、传输方式转换技术，在系统效率和用户体验方面取得了实质性提升。

- 大带宽高速率，构建MCS服务的高速公路

在UE能力足够的情况下，5G MBS数据传输可用带宽理论上可达100MHz。MBS灵活的子帧设计与调度带宽，为MCS服务数据传输提供了足够的带宽支撑，能够满足各种业务场景下的数据传输需求。此外，中兴通讯5G MBS解决方案在空口侧支持灵活的MBS数据调度方式，能够满足不同场景下的传输带宽需求。

- 点对多点传输，节省传输带宽

为了满足铁路应用中MCPTT（关键任务呼叫）、MCVideo（关键任务视频）、MCData（关键任务数据）等各种应用大量的点对多点传输需求，3GPP完善了5G MBS技术在MCS服务中的应用。

在接入网的频率使用率方面，该技术在无线空口提供了一个所有组内用户共享的逻辑信道，无需为每个UE单独分配频谱资源，极大地节省了无线传输带宽。

在承载网、核心网数据传输方面，中兴通讯各设备不仅支持点到点的数据传输方式，也支持点到对点的组播数据传输方式，极大地节省了回传网的传输带宽。

- 点对点/点对多点灵活转换，确保无线传输高效可靠

在无线空口的组播数据传输方面，MBS机制提供了链路层的反馈功能，当网络收到来自UE的数据接收失败结果反馈后，会针对性地对该UE进行重复传输，这保证了组内每一个UE都能可靠地接收下行数据，该机制适应于那些处于小区边缘或无线覆盖较弱地方的UE。链路层的点对点、点对多点互相转换的机制，同时兼顾了下行数据的传输效率和个体UE数据接收的可靠性，既达到了高效传输，又保证了用户体验。

- 两种传输方式，易于MCS服务的部署和扩展

5G MBS技术定义了点到多点数据传输的两种方式，即5GC individual delivery方式和5GC shared delivery方式。对于MCS应用数据的点到多点传输，前者使用5G网络的单播技术实现了点到多点的数据传输，用于UE/gNodeB/5GC一方或多方不具备MBS能力的产业链成熟初期，以及MCS点到多点服务传输场景较少、传输数据量较小的网络初期。后者是5G网络组播技术，可实现通信网络端到端的资源共享，大大节省网络全域资源，减少后期投资。

- 端到端网络切片，提供多场景差异化SLA服务

铁路系统中的行车应用、运营及维护应用由铁路5G专网承载。行车应用数据传输量一般较小，但是对传输时延、可靠性较为敏感；运营及维护数据传输量较大，对时延和可靠性敏感程度较低。中兴通讯基于5G MBS技术，在无线接入网、承载传输网、核心网方面支持端到端的网络切片方案，能够满足不同业务QoS诉求，实现不同用户群体的隔离和差异化的SLA服务保证。

MBS技术广泛用于公共安全领域、紧急事务推送、V2X应用、IPTV、无线软件推送、组呼会议、物联网应用以及各个垂直行业和消费者市场。2014年，中兴通讯依托4G MBS技术助力中国电信完成了IPRAN组播电视业务。2020年，在超高清视频（北京）制作技术协同中心首家推出5G MBS技术，在700MHz频段上实现了端到端多路高清视频的广播业务。2023年，中兴通讯、广电集团、中移集团咪咕公司、主流终端厂商就5G MBS广播电视、组播业务进行密切合作，加速技术发展和产业成熟。

作为MBS技术的引领者和实践者，中兴通讯能够为高速铁路行业用户量身定制MCS服务解决方案，安全可靠地提升通信质量，降低运营成本，助力铁路行业提升运行效率和服务质量。

中兴通讯铁路无线创新中心， 助力5G-R商用及行业创新

2023年9月，国铁集团申请的5G-R频段得到工业和信息化部的批复，5G-R商用化进程加速。为了配合国铁集团推进5G-R商用部署，中兴通讯专门成立了铁路行业无线创新中心。该中心拥有完备的无线设备，能够进行端到端软硬件测试验证，将负责中兴通讯所有5G-R产品的研发、测试及创新课题研究。此外，中兴通讯还与中国铁道科学研究院、北京交通大学以及行业其他厂商建立了深度合作关系，共同打造这一业界领先的技术中心，推动铁路行业的数字化转型和技术创新。

硬件设备系列全，覆盖商用全部业务场景

中兴通讯铁路行业无线创新中心部署了全面的5G-R硬件产品，覆盖全部铁路通信场景，并具备端到端全链路测试验证能力。

覆盖C2列调&C3列控无线组网场景

创新中心部署中兴通讯5G-R系列全部硬件产品，包括宏覆盖的8T RRU、4T RRU产品以及室内覆盖的Qcell产品，射频单元部署规模总计达200+台。创新中心重点覆盖铁路组网中最重要的C2列调单BBU跨基带板环网及C3列控双BBU冗余备份两大应用场景。此外，BBU&RRU组网的设计与布局考虑了多种实际场景，如空间广覆盖、隧

道覆盖、站台覆盖、室内覆盖以及交叉并线覆盖等。

具备5G-R端到端全链路业务测试能力

创新中心综合测试环境确保了铁路专用移动通信系统能够达到高效、稳定和安全的运行要求。从铁路专用终端、无线基站、核心网到带宽集群通信设备MCX和多媒体调度系统MDS，整个铁路专用移动通信系统的各个网元都能够在创新中心中得到充分测试。

系统软硬件开发测试，助力外场商用部署及运行保障

中兴通讯铁路行业无线创新中心在5G-R技术研发及外场商用测试方面发挥着至关重要的作用，承担了多项关键任务。

- 铁路行业创新课题的预研及转化

中兴通讯积极参与铁路行业的课题创新及关键技术研究，通过对5G-R特点和应用痛点的研究，深入挖掘行业前沿技术及实际需求。现阶段，中兴通讯以5G-R系统可靠性为重点，规划了12项预研课题，通过预研课题的攻关，提升5G-R系统可靠性，助力铁路专用移动通信系统商用。

- 软硬件开发及测试

创新中心负责对5G-R铁路专用移动通信系统中的软硬件进行开发和测试。针对铁科院实验室



李彬
中兴通讯5G产品研发总工



王波
中兴通讯5G-R系统测试工程师



可靠性测试、铁科院环形道测试以及后续铁路实验线及考核示范线运行，中兴通讯研发符合《铁路5G专用移动通信（5G-R）系统基站设备暂行技术条件》的4T、8T及Qcell谱系化设备并完成对应组网及功能的软件开发和验证。

- 异厂家互联互通测试

创新中心与行业厂商紧密合作，积极引入不同厂家终端、调度台、带宽集群通信设备MCX和多媒体调度系统MDS，并进行对接测试，确保全链路的铁路专用移动通信系统能够协同稳定运行。

- 端到端全链路测试

车载终端、基站无线设备、核心网、带宽集群通信设备MCX、多媒体调度系统MDS等端到端全链路设备及业务场景都能够在创新中心进行全面测试。在商用前，创新中心提前对各种场景组网及业务进行预测试，确保整个系统的稳定性和可靠性。

- 外场故障定位

面对外场可能出现的故障和挑战，创新中心具备快速响应和复现外场故障环境的能力，助力研发人员对故障快速排查和定位，确保铁路专用移动通信系统的持续运行。

创新中心承接中兴通讯5G-R无线侧全课题研究、全产品软硬件研发、全IOT对接、全网元验

证、全外场故障复现，通过以上关键任务，创新中心将会作为5G-R产研、商用的重要一环，助力推动5G-R铁路专用移动通信系统的技术创新和发展，为铁路行业的数字化转型和智能化发展贡献力量。

协同创新

中兴通讯将继续深化与中国铁道科学研究院、北京交通大学的合作，充分利用各方技术优势，整合资源，持续开展前沿技术研究和应用探索。中兴通讯铁路行业无线创新中心的建立也标志着中兴通讯与铁科院以及北京交通大学之间合作关系的进一步加深和拓展。此外，中兴通讯也将积极与行业厂商开展合作，进行IOT对接测试与验证，拓展行业合作空间，共同推动整个行业的发展和进步。

中兴通讯铁路行业无线创新中心致力于建立全面、可靠的5G-R铁路专项移动通信网络，提供全谱系5G-R无线产品的部署并承担5G-R产品预研、开发、测试等工作，并通过持续加深和第三方科研单位及厂家合作的广度和深度，为铁路行业的数字化转型和智能化发展注入动力，推动行业迈向更加美好的未来。**ZTE中兴**

5G-R节能技术探究

5 G-R采用比GSM-R系统更高的频段，随着多天线技术的应用，5G-R基站较当前的GSM-R基站能耗明显增加，节能降耗是5G-R发展中的重要议题。铁路环境的高可靠性、高可用性QoS要求对5G-R系统的网络结构、冗余结构有特殊需求，5G-R基站组件与公网5G基站存在一定差别，加之铁路场景下基站安装使用方式也与公网有所不同，因此5G-R基站无法直接套用5G公网基站节能方案，而需要结合铁路应用特征专门开展研究。中兴通讯提出基于来车识别的载波点亮方案，通过准确识别来车，同时结合铁路通信网络业务潮汐效应特征，基于网络业务负荷在时间、空间上显著的不均衡分布等业务特

征对铁路线路基站开启节能控制措施，取得了很好的节能效果。

业务场景分析

铁路列车行驶速度一般在120~350km/h，列车发车间隔短则3分钟，长则10多分钟；5G-R网络多采用超级小区组网方式，单个超级小区覆盖距离约11km左右，列车在小区停留时间大概为0.5分钟到1分钟左右。综合分析，5G-R网络中，基站为列车实际服务时长有限，大部分时间段处于信号空发状态（见表1、表2）。

以上分析可见，站点大量的离散时间都是无

▼ 表1 单小区列车在不同车速下的驻留时间

列车速度	500km/h	350km/h	250km/h	120km/h
单小区驻留时间	38.1s	41.5s	46.1s	63.6s



张景煜
中兴通讯无线节能规划工程师

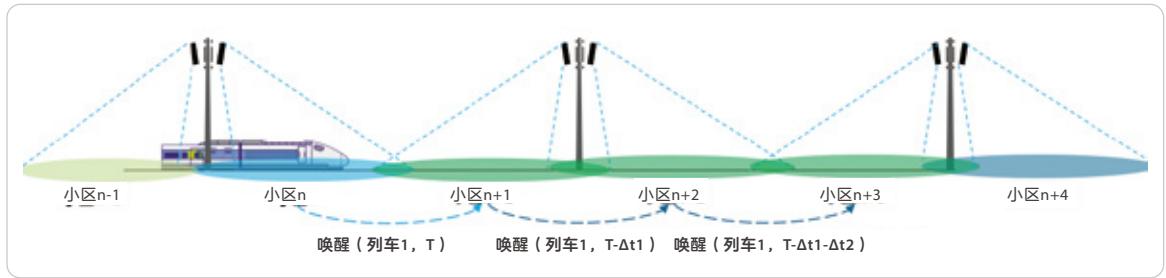


徐岱
中兴通讯研发规划无线总工

▼ 表2 单小区列车在不同车速下的无线信号空发占比

列车速度 \ 发车间隔	10分钟	5分钟	4分钟	3分钟
120km/h	93.7%	86.2%	80.8%	64.7%
250km/h	89.4%	78.8%	73.5%	64.7%
350km/h	93.1%	86.2%	82.7%	76.9%
500km/h	99.5%	84.6%	80.8%	74.4%

图1 列车来车唤醒示意图 ▶



用户的信号空发状态，基站持续激活就产生了大量的能源浪费，那么引入智能化技术，动态识别列车来与去，从而适时休眠，就是节能技术的着眼点。

节能技术实现

5G-R网络中列车自身是以快速时分的方式通过各小区的，每个5G-R小区为列车提供服务的时间很短，假如先将高铁小区常态设置为节能状态，仅在检测到有列车即将通过时及时退出相应小区的节能状态，当列车通过后再次进入节能状态，就可实现能效双赢。基于来车识别的载波点亮功能就是以此为方案切入点。

方案首先将沿线站点小区从逻辑上区分为“哨兵小区”和“节能小区”两类，通常将与站台小区邻接的小区设置为哨兵小区，哨兵小区负责动态识别来车，识别到来车后通过邻区广播消息向邻区（节能小区）广播自身来车状态，激活节能小区及时恢复无线服务。节能小区检测到列车来车消息后立刻唤醒，并击鼓传花的模式将设定好的下游节能小区依次唤醒做好服务准备，图1展示了列车来车唤醒的过程。当节能小区检测到小区去车之后，可以自行完成状态判断，进入载波关断状态实现节能。

需要关注的是，列车运行中会频繁发生会车和超车，如果不能准确区分列车的运行方向，或不能区分列车，就会导致基站唤醒和休眠的控制混乱，影响节能效果或用户感知。为了解决这个难题，技术实现中对于进入哨兵小区和离开节能小区的列车通过唯一标识的手段打上标签，通过

标识信息判断可判定运行方向，有了这个方向性判决便可解决两车进入同一小区后小区下一步工作状态的判决。

中兴通讯为5G-R网络建设提供了全新平台的射频设备，该设备具备中兴通讯业界独有的自动启停技术，可实现设备在节能状态下的待机功耗保持在3w左右，这一能力可帮助5G-R网络在停运阶段呈现出近零碳的极致节能状态。

在运营期间部署基于来车识别的载波点亮功能可实现30%的综合节能收益，停运期间部署自动启停节能收益可高于95%。5G-R无线网络中的哨兵小区是不进行休眠节能的，可以实时感知到维保列车进入，按需唤醒节能小区，同时也可人工修改节能策略及时实现整体网络的无线保障。

此外，基于来车识别的载波点亮功能在不对现网进行组网修改和设备引入的前提下可以后台控制开启。动态识别到车辆策略经过普通运营商高铁网络验证，用户识别准确性稳定，载波唤醒/关断等流程稳定正常，部署前后指标无异常波动，使用多部终端进行车上业务测试，测试感知正常。

解决5G基站的高能耗问题，降低碳排放，推动铁路的绿色发展，助力国家“双碳”目标如期实现，是目前铁路通信领域亟待解决的重要问题之一。后续中兴通讯基站会进一步迭代融入列车运行时刻表的学习结果与训练能力，确保列车提升运营时段的网络服务和智能化的节能技术的创新应用。同时我们将进一步推动设备的技术进步，做到更快更精准的按需唤醒。**ZTE中兴**

中兴通讯5G-R抗干扰技术， 保障系统稳定运行

随着智能铁路的发展，多媒体调度、新一代列控、超视距视频传输、车车接近预警等车地通信业务需求不断扩展，既有铁路移动通信系统承载能力不足、频率资源紧张、产业链支撑快速萎缩等问题日益突出，采用5G成熟技术的宽带化铁路移动通信系统成为必然趋势。2023年9月，工业和信息化部向中国国家铁路集团有限公司批复了基于5G技术的铁路新一代移动通信系统（5G-R）试验频率。根据频段分配情况，中国5G-R系统和中国电信、中国联通的5G网络以及天通卫星系统之间存在信号干扰，中兴通讯5G-R产品从硬件、软件、工具等多方面持续创新，提供全面的抗干扰解决方案，保障5G-R系统稳定运行。

频段干扰分析

国内5G-R的工作频段为上行1965~1975MHz、下行2155~2165MHz，采用2100MHz FDD制式，在3GPP定义的Band n1标准频段内；电信联通网络上行1920~1965MHz、下行2110~2155MHz；大S卫星上行1980~2010MHz、下行2170~2200MHz；5G-R频段同电信联通频段邻频，同大S卫星有5MHz的间隔；因此5G-R同电信联通公网之间的干扰主要为邻频干扰，同大S卫星系统间的干扰主要为杂散和阻塞干扰。

如图1所示，5G-R同电信、联通系统间干扰主要存在于以下场景：铁路5G-R基站对电信、联



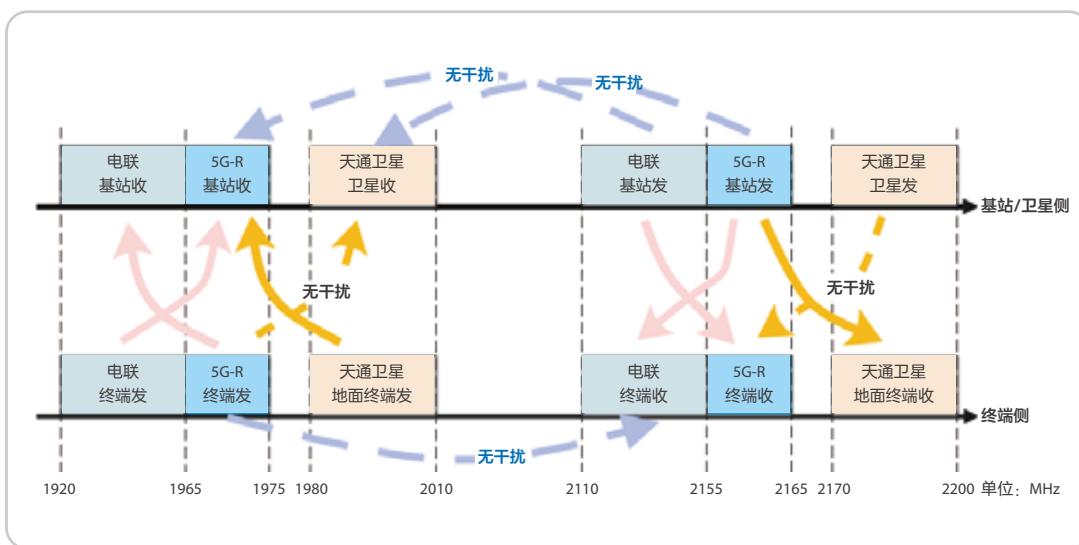
曾召华
中兴通讯无线性能总工



李群生
中兴通讯5G-R研发项目经理



张贺
中兴通讯无线产品规划总工



▲ 图1 5G-R与电信、联通系统以及卫星通信系统间的干扰示意图

通终端的下行干扰；电信、联通基站对铁路5G-R终端的上行干扰；电信、联通终端对铁路5G-R基站的上行干扰；铁路5G-R终端对电信、联通基站的上行干扰。而5G-R与大S系统间的干扰主要存在于以下场景：铁路基站对天通终端的下行干扰；天通终端对铁路5G-R基站的上行干扰。

抗干扰技术

针对5G系统外的干扰，为了减小系统基站间的干扰，可以通过增加系统基站间的布站间距、调整天线倾角等措施增加系统间的隔离度来解决。针对基站和终端、终端和终端间的系统间干扰，由于终端用户的移动性及位置的不确定性，无法通过调整终端位置来阻隔干扰，可以通过以下一系列抗干扰技术进一步减小系统间的干扰。

- 上下行干扰随机化，解决邻道干扰
5G-R与电信、联通2.1GHz和大S卫星系统相邻，特别是同电信、联通系统之间由于频率相邻、物理距离相近，会出现无线信号之间的邻道和杂散干扰。为了规避干扰的影响，改善用户体验，可以通过合理采用小区上行无线干扰的随机分配调度等功能，将小区相邻的无线资源的分配调度区域位置尽可能准确地与相邻网络的无线资源随机分配区域位置错开，从而降低系统间的干扰影响，提高本小区的用户感知度。
- 上行干扰抑制算法优化，减少阻塞和杂散干扰

上行信号的接收质量对于无线网络的覆盖、容量和数据速率具有至关重要的影响。通过合理配置接收天线的加权系数，可以增强接收机对抗衰落和干扰的能力，从而改善网络性能。

在接收分集技术中，最常见的是最大比合并MRC (maximum ratio combining)，它能够有效地整合各个接收分支的增益，达到最佳性能。然而，在系统中存在强烈的用户间干扰时，MRC合并仅将干扰视为噪声来处理，而实际上干扰可能成为主导因素，严重影响检测性能。为了应对这

种情况，干扰抑制技术变得至关重要。其中，干扰拒绝合并 (interference rejection combining , IRC) 算法能够估计并抑制干扰，提高上行检测性能和业务吞吐量。此外，干扰抑制合并技术根据信道、空间噪声和干扰的协方差矩阵确定加权系数，综合考虑了干扰信号的空间和时间属性，从而更有效地抑制干扰信号的影响。

在实际网络部署中，网络的干扰情况会不断变化，有时是噪声受限，有时是干扰受限。因此，在不同情况下需要选择适当的分集合并算法。基于接收到的上行数据干扰情况，可以自适应地选择使用MRC还是IRC，以实现最佳的性能优化。

- 5G-R定制RRU增加杂散和邻道抑制能力
5G-R RRU通过定制双工器增加特殊频段的发射杂散抑制能力。

根据国际电信联盟分析报告，当卫星地球站接收到的干扰信号总功率超过-60dBm时，将被阻塞导致地球站工作异常。增加双工每个端口在2170~2200MHz频段内的带外无用发射功率小于-65dBm/1MHz。通过测试，在该杂散条件下，当采用-65dBm/MHz杂散指标时，5G-R基站与大S移动终端和固定终端的最小隔离距离均小于6m。

通过定制双工增加RRU上下边带抑制能力。经过对5G-R同电信联通、大S之间的主要干扰场景的测试，各场景的空间隔离均小于150m。

- 中兴通讯网管工具智能定位、分析网间和网内干扰

中兴通讯5G-R通过网管集成工具和射频一致性测试工具RCT (radio consistence test , RCT)，可以通过基带频谱分析、接收频谱分析、无源互调检测、载波频谱分析等定位网内和网外干扰，并可通过对不同天线端口、不同频段的扫描，定位出网外干扰的来源方位。

通过RRU硬件定制、软件和工具改进后，经过内外部的大量测试，中兴通讯抗干扰技术可保证5G-R系统的可靠、稳定运行，助力铁路通信系统向5G-R顺利演进，推进铁路智能化发展。**ZTE中兴**



全国首条跨海高铁正式通车，

中兴通讯助力福厦高铁成功交付运营

2023年9月28日，我国首条设计时速350公里的跨海高铁——福厦高铁正式开通运营。福厦高铁穿山越海，连接起省会福州与副省级市厦门，线路正线全长277公里，沿线设福州南、福清西、莆田、泉港、泉州东、泉州南、厦门北、漳州8座客运车站，是我国“八纵八横”高速铁路网的主通道之一。

为了满足福厦高铁高速运行和高效运营的需求，通信系统的建设显得尤为重要。通信系统在整个项目中的作用，就如同人体的神经系统，既要保证信息的高速传递，又要保证系统的稳定与安全。中兴通讯采用全系统冗余通信方案，保证了系统的高可靠性和业务连续性，并解决了跨海大桥和多处交叉并线复杂场景的网络优化难点，助力项目成功交付。

全系统冗余方案为安全运营保驾护航

GSM-R承载了列车控制系统中关键的控制命

令，一旦发生故障，轻则引起列车降速、停运，重则可能引起整个铁路系统的混乱，给铁路运输造成巨大损失。在组网设计方面，中兴通讯采用单层交织冗余覆盖方案为主、同址冗余覆盖方案为辅的覆盖方案，确保全线任何一个站点故障都不会影响网络性能。在系统设备方面，采用中兴通讯全系统冗余的高可靠性解决方案，包括BSC、BTS等在内的所有网元单板都实现了冗余热备或资源池备份，特别是网络中最重要且容易出现故障的基站控制单板和射频单元都实现冗余热备，保证通信设备安全稳定运行，确保铁路可靠运营。

应对交付挑战，确保项目顺利通车

福厦高铁项目包含全国首例长达10公里的跨海大桥冗余组网和多达十几处的交叉并线复杂场景，这些特点给项目交付带来了巨大的挑战。首先面临的困难是跨海大桥的网络优化问题。福厦



朱庆
中兴通讯研发交付资深专家



田之继
中兴通讯RAN产品
副总经理

通过交付团队的努力，福厦高铁通信系统成功交付并投入使用。经过严格的验收测试，网络各项指标均达到要求，通信系统的稳定性和可靠性得到了充分验证，为福厦高铁的安全、高效运营提供了有力保障。

高铁跨越湄洲湾、泉州湾、安海湾三个海湾，其中泉州湾跨海大桥和湄洲湾跨海大桥海上桥梁部分里程近10公里，考虑到高铁的行车安全，无法单独为通信设备架设天线，只能安装在铁轨两边已有的4m高的柱子上，单站覆盖距离最长达2.5公里。如此低的天线挂高却要满足长距离的覆盖，这给项目的交付带来了巨大挑战。在项目设备调试阶段，现场通过步行的方式，手持测试设备测试整个大桥的网络覆盖，调整设备、天线和参数，让覆盖能达到基本要求。在动态联调阶段，根据每天动检车的测试结果，持续进行网络优化，解决了多径干扰、上下行质差等多种网优问题，保证了验收测试顺利通过。

其次，福厦线多区段线路和既有线交叉并线，也对组网带来了挑战。福厦高铁与既有福平铁路、杭深线（福厦段、厦深段）、永莆线、鹰厦线、雪肖线、斗尾支线、龙漳线、东吴支线存在交叉、并线情况，共涉及11个区段，约213公里。针对福厦高铁这种复杂场景，南昌铁路局和中兴通讯专业团队进行深入研究，对交叉并线区域逐一分析，采用调整组网方案、与既有线路共用站点、调整区域频率规划、调整信号覆盖和邻区关系等多种方式来保障交叉并线区域的网络性能。每个交叉并线区域都专门分析，出具专门的网优方案，最后汇总成福厦高铁的交叉并线专项网优方案。

通过交付团队的努力，福厦高铁通信系统成功交付并投入使用。经过严格的验收测试，网络

各项指标均达到要求，通信系统的稳定性和可靠性得到了充分验证，为福厦高铁的安全、高效运营提供了有力保障。

打造福厦“1小时生活圈”

2023年9月18日，以福厦高铁开通为契机，福建省印发《关于打造福厦“1小时生活圈”的若干措施》，目的为促进高铁沿线城市资源整合、交通互联、产业融通、协调发展，全方位推进高质量发展。福厦高铁建成通车后，福州至厦门列车运行时间将缩短到1小时以内，两地将形成“1小时生活圈”，厦门、泉州、漳州闽南“金三角”将形成半小时交通圈，福建省东南沿海城市群将串联起一条“黄金旅游带”。

福厦高铁是中兴通讯在铁路领域又一个成功交付的项目。中兴通讯GSM-R网络已经在铁路系统广泛商用，已经成功交付了近百个铁路GSM-R通信项目。这些项目覆盖了国内众多重要的铁路线路和站点，为铁路的安全、高效运行提供了坚实的通信保障。随着5G-R技术的日益成熟，铁路通信正迎来新一轮的技术升级。中兴通讯作为行业领先的通信设备供应商，已经在5G-R技术领域进行了大量研究和实验，中兴通讯将继续发挥其在铁路通信领域的优势，为铁路行业提供更加先进、高效、安全的通信解决方案。

nubia



nubia Flip 5G

国民小折叠 AI实力派

Neovision泰山AI影像 | AI智慧语音* | AI智慧翻译 | AI魔法*
轻巧设计 | 6.9英寸五重护眼柔性屏 | 5000万像素悬停摄影



*图片仅供参考，产品请以实物为准。
该功能后续FOTA升级实现，以版本实际情况为准。

ZTE中兴

让沟通与信任无处不在