

中兴通讯技术

简讯

ZTE TECHNOLOGIES | 第29卷 第8期 · 2025年8月

视点

04 通信能源的智能运营

08 按需变革，新一代HVDC成为未来智算中心新选择



专题：数字能源

12 AIDC智算中心基础设施架构创新与发展趋势





1996年创办

第29卷 总第443期

2025年8月 第8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 孙方平 俞义方 张万春

顾问：柏钢 董伟杰 胡俊劼 华新海

阚杰 李伟正 刘明明 陆平

唐雪 王全 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

孔建华 卢丹 梁大鹏 刘爽

林晓东 马小松 施军 余方宏

杨兆江

《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

主管：中兴通讯股份有限公司

主办：中兴通讯技术杂志社

出版：《中兴通讯技术（简讯）》编辑部

编辑部地址：深圳市科技南路55号中兴通讯研发大楼

发行部地址：合肥市金寨路329号国轩凯旋大厦12楼

发行部电话：0551-65533356

<https://www.zte.com.cn/china/about/magazine>

发行范围：国内业务相关单位

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：2025年8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。



俞义方

中兴通讯数字能源经营部总经理

绿电+算力双轮驱动： “零碳”能源网重构绿色能源新范式

当全球算力需求以每年超50%的速度飙升，数据中心耗电量占比突破全球电力消耗的1.5%，全球已有151个国家提出碳中和目标——算力激增与低碳转型的双重挑战，正成为横亘在ICT行业面前的“关键难题”。中兴通讯数字能源产品以“零碳”能源网为战略支点，在通信与数据中心两大能源战场，用技术创新破解“高算力-高能耗”矛盾，重构绿色数智化的能源新范式。

在通信能源领域，我们实现5G供电极简化的，重构无线基站动力基座，当前已为全球80万5G基站提供供电保障；智能光伏多样化，将光伏与储能、能源运营相结合，为站点、机房、数据中心及整个园区提供绿电引入，实现全场景平滑叠光，稳定供电的同时优化供电成本30%以上；智能锂电全网化，解决传统锂电能效不足的瓶颈，实现普通锂电的智能化升级，充分挖掘储能全生命周期价值，智能锂电全球发货量增速保持在30%以上。

在数据中心领域，我们以预制模块化技术锚定绿色算力坐标。预制全模块数据中心集约化，将模块化、预制化理念应用于设计、生产和建造全过程，实现数据中心建设周期缩短40%；实现浸没式液冷、冷板式液冷等全链条液冷自研产品，建成滨江液冷智算中心，采用冷板式液冷方案，PUE低至1.1；高压直流、预制电力模块等产品进一步优化电能利用；结合AI驱动的iDCIM管理系统，实现运维效率提升与能耗智能调控。在东数西算节点，我们的预制化、模块化方案构建“绿色算力走廊”。当前全球450个案例，30万个机架、250万平米机房的部署量，充分印证数据中心的综合竞争力。

站在算力与绿能革命交汇点，中兴通讯正以“零碳”能源网为蓝图，让算力生长于绿色基底。这不仅是技术迭代，更是以中国方案回应全球可持续发展的必然选择——在能源革命中，我们正用数智力量书写行业转型新篇章。

目次

中兴通讯技术（简讯）2025年第8期



AIDC智算中心基础设施 架构创新与发展趋势

预测显示，2023—2028年期间，中国智能算力规模三年复合增长率预计达到46%，通用算力规模增长率预计达到18.8%，增势迅猛。

12

视点

04 通信能源的智能运营

柯文，何杰，章坚

08 因需变革，新一代HVDC成为未来智算中心新选择

方宏宽

专题：数字能源

12 AIDC智算中心基础设施架构创新与发展趋势

汪尔敏，蒋钢，万积清

17 中兴通讯数据中心全场景制冷方案，构建绿色高效的数据中心

谢凯，张俊凡

20 突破限制，快速交付——中兴通讯装配式智算数据中心解决方案

黄忠艺

22 快速应变、弹性供电——中兴通讯240V HVDC系统解决方案

王沁灰

24 “零碳”能源网，以技术创新实现可持续发展

张长岭

26 中兴通讯GaN开关电源方案，助力运营商绿色能源建设

王鸿，万全

28 能源矩阵，助力新型基站储能整治和智能化运营

黄元华

30 工商业储能及光储柴微电网应用分析

汪之义

成功故事

32 甘肃移动庆阳数据中心：模块化建设引领快速交付新风向

甘雨凡

34 全网端到端能源改造，助力南非MTN网络运营降本提效

王芸

37 上海联通：率先完成联通首个50G-PON三代时分共存方案

现网验证

苏红海，苏思源

39 基于电联共享5G 2CC的实践研究

贺光宇，刘剑，黄寅

02 新闻资讯

中兴通讯联合合作伙伴斩获2025世界人工智能大会SAIL奖

2025年7月27日，2025世界人工智能大会的主论坛上。由上海仪电、中兴通讯、曦智科技、壁仞科技联合打造的“分布式OCS全光互连芯片及超节点应用创新方案”脱颖而出，摘得2025世界人工智能大会最高奖——SAIL奖（卓越人工智能引领者奖）。

这一创新方案成功打造了国内首个光互连光交换GPU超节点，构建起低延迟、超高带宽可扩展GPU算力网络，能够高效适配各类大模型算力需求，实现全栈自主可控，为我国人工智能算力基础设施发展注入强大动力。

中国联通与中兴通讯签署战略合作协议

7月19日，在中国联通合作伙伴大会期间，中国联通与中兴通讯在上海签署战略合作协议，中国联通集团总经理简勤、中兴通讯高级副总裁石铨等出席签约仪式。一直以来，双方有着深厚的合作历史与坚实的互信基础，在基础通信网络、算力基础设施、云智产品等多领域持续开展合作，同时在关键技术创新、自主可控

等方面形成优势互补，为深化本次战略级合作奠定了坚实基础。

根据协议，双方将充分发挥各自优势，围绕“融合创新”战略，在网络向新、技术向新、服务向新等多个战略性领域展开深度合作，协同打造更具创新力、竞争力的联网通信、算网数智产品及解决方案，共同构筑更智能、更融合、更安全

的新型数字信息基础设施，真正做到让沟通更信任、算力更普惠、应用更普及。

此次签约标志着中兴通讯与中国联通的合作迈入更高水平、更宽领域、更深层次的全新阶段。



WAIC2025：中兴终端借力上海产业优势，打造沪产AI终端品牌努比亚

7月26日，2025世界人工智能大会（WAIC）在上海召开，中兴终端宣布将借力上海产业优势，打造沪产AI终端品牌努比亚。此次展会，中兴通讯终端业务带来AI游戏&二次元、AI宠物等主题展区，并首度公开亮相全新AI宠物Mochi，携全队列多形态AI终端，全方位呈现了AI技术的创新成果，为用户带来一场科技与潮流文化深度碰撞的盛宴。

中兴通讯携手中国联通发布远航60 Plus云智手机

7月18—19日，2025中国联通合作伙伴大会在上海世博中心盛大举行。会上，中兴通讯携手中国联通重磅发布搭载联通云智OS系统的云智融合终端——中兴远航60 Plus。该款手机为中兴通讯与中国联通深度合作定制，基于联通云网底座，融合云应用、云存储、云通信及AI智能体四大核心能力，实现“云网端协同”，为消费者带来轻端强云、端云融合新体验，开启云智新时代。

杭州电信携手中兴通讯圆满护航王源巡演，EasyOn·Live多维提升场馆体验

7月12日，王源演唱会杭州站热力开唱，杭州电信联合中兴通讯在杭州奥体中心部署EasyOn·Live极简专网直播方案，以5G-A公专一体网络，为主办方提供了“又快又省”的现场大屏无线直播方案，让每个角落的粉丝“零距离360°无死角”欣赏偶像演出；同时，又解决了高热场景下话务拥塞的痛点，让5G-A用户可以享受极速上网体验，真正实现了一网多能。



中兴通讯“Signal Reach Program”荣膺WSIS2025冠军奖

7月，在瑞士日内瓦举行的2025年信息社会世界峰会WSIS（World Summit on the Information Society）颁奖盛典上，中兴通讯凭借其在非洲大陆实施的“Signal Reach Program”从众多提案中脱颖而出，荣获WSIS冠军奖（Champion Projects）。

中兴通讯“Signal Reach Program”项目以“极速连接、绿色能源、普惠共享”为核心理念，针对非洲偏远地区数字基础设施薄弱的痛点，打造了一套从基站部署到终端服务的全链条解决方案。

中兴通讯董事长方榕亮相总台《ESG大讲堂》：科技向善 弥合鸿沟 共创未来

近日，中央广播电视总台财经节目中心推出的“中国ESG（企业社会责任）发布暨榜样盛典系列活动”之《ESG大讲堂》栏目再次重磅播出，打造国内首档沉浸式教学的“ESG公开课”。

中兴通讯董事长方榕受邀担任主讲嘉宾，以《科技向善 弥合鸿沟 共创未来》为主题，分享了中兴通讯在环境（Environmental）、社会

（Social）和治理（Governance）三大维度的创新思考与实践，并与多位企业嘉宾展开互动交流。

方榕在演讲中指出：“作为一家高科技企业，我们希望，我们企业的一切工作都是向阳而生，向善而行，弥合数字鸿沟，共创人类可持续的美好未来。”她强调，自1985年成立以来，中兴通讯始终秉持可持续发展理念，将其融入企业战略与日常运营。

中兴通讯与深圳市前海大数据中心联合发布企业出海数据跨境合规服务平台

7月7日，由深圳市前海大数据资源管理中心主办的深圳前海企业出海数据跨境合规服务平台产品发布会在深圳市前海国际人才港隆重举行。发布会上，中兴通讯与前海大数据中心举行了企业出海数据跨境合规服务平台合作签约仪式。未来，中兴通讯将持续为中国企业提供专业、高效的合规服务，助力其应对复杂的跨境数据合规环境。

中兴通讯第十四届高校年会成功举办

7月24日，中兴通讯高校战略合作发展委员会第十四届年会（以下简称“年会”）在深圳隆重开幕。本次年会以“数联世界，智启未来”为主题，来自教育部、全国多所高校及中兴通讯的120余位嘉宾齐聚一堂，与会嘉宾聚焦AI与数智化转型升级机遇，深入探讨校企协同合作新模式，共绘未来人才培养新蓝图。

6G技术创新与产业发展峰会成功举办

7月5日，“6G技术创新与产业发展峰会”在北京隆重举行。本次峰会由全球数字经济大会组委会主办，中兴通讯和中关村泛联移动通信技术创新应用研究院联合承办，旨在积极落实北京市委、市政府关于促进未来产业创新发展实施方案，加快推动北京市6G产业生态布局和发展。政府领导、业内权威专家、企业代表等齐聚一堂，共同探讨6G前沿技术突破、产业生态构建、应用场景拓展等重要议题。



柯文

中兴通讯数字能源市场研究专家



何杰

中兴通讯数字能源运营产品经理



章坚

中兴通讯数字能源市场研究总监

通信能源的智能运营

通

信网络数据的高速流转离不开支撑其稳定运行的通信能源系统。伴随通信技术从2G演进到5G，通信能源系统也经历了从孤岛式管理到智能化演进的深刻变革。随着通信系统从4G向5G演进，各负载的功耗快速增加且负荷变动较大，绿色低碳的要求使得通信能源引入光伏发电、风力发电、氢燃料电池等新能源供给。通信能源系统正逐步构建能源运营的全栈能力，这使得基于原先分散的各类管理系统构建全网范围的融合一体的网络运维成为可能。同时，受益于近年来数字化与AI技术的持续赋能，通信能源正迈入智能化运营的门槛，不断进化成为能感知、会思考、懂协作的“智能生命体”，通信能源系统将真正具备“自我运营”的能力。

智能运营的全栈能力

随着通信能源系统向智能化、自智网络方向

发展，通信能源的网络化运维也持续演进。当通信能源系统具备“感知-决策-执行-进化”的全栈能力时，其运营体系正经历从“救火式”响应向“无人化”自智的质变，其核心价值从“保障供电”升级为“能效最优与精算运营”。

能源运营的功能重构

通信能源系统的传统运维依赖人工经验，面临网络复杂度指数级增长、故障定位效率低下和Opex居高不下（人力成本占总成本50%以上）的三大矛盾。通信能源的网络运营也从“人管设备”到“网管自身/自智管理”，为实现智能化辅助决策、智能运营和多智能体协作的自智运营，通信能源系统需要功能重构，需构建三大能力层：

- 感知层：全域数据采集，包括各类设备/网元的性能指标、电压/电流阈值告警、多能供给全景监测（光伏出力预测+电池SOH评估+空调COP能效比等）。

- 分析/决策层：在能源系统“能效最优与精算运营”的整体策略下，通过智能化工具实现预测性维护、AI辅助决策、精算化运营和自智化管理。
- 执行层：根据运营策略实现“感知-决策-执行”闭环，如电价峰值期自动启用电池放电、低价期自动充电等。

感知：异构厂商的集成

感知网络是通信能源系统智能化运营的基础。在通信能源系统中，通信能源、储能电池、空调、油机等各个厂商的协议、工作逻辑和管理系统各异，要把这些厂商的异构系统接入到NoC中心进行统一的运维和运营，解决的方法有以下三种：

- 专业第三方集成：选择一个专业的第三方厂商来集成系统中不同厂商的管理系统；
- 以某厂商为主构建：以某主流电源、储能设备厂商为主，其他厂商的设备/网元接入到这个主厂商系统中；
- 网络划分区域管理：每个分区选择一个厂商提供端到端全部系统。

目前这三种方式共存，方式一适用于技术能力和专业度较强且有较强厂商驱动力的客户；方式二、三能够在较好平衡供应商格局的基础上快速经济地搭建系统并有效运营。

决策：智能化辅助工具

能源系统的运营正从统一运维向智能辅助决策阶段迈进。目前能源系统在设备监控、设备告警、报表管理以及日常运维和系统管理上已功能齐全。在能源运营理念下，为了实现“能效最优与精算运营”，会逐步开发并部署以下辅助决策工具：

- 自动化巡检工具：网元实时数据和状态巡检，支持历史数据巡检，关联数据逻辑判断并预判站点健康度等；
- 电池预防性维护：通过收集电芯温度、电压、一二次下电等数据，进行电池寿命预测

及电池延寿；

- 网络故障预测工具：结合经验库的故障预测，提前进行宕机风险分析和调整，对PAV（power availability）排名，并对低PAV站点尤其是重点Hub站点、成环站点进行预防性维护等；
- AI智能助手：提供AI智能助手，如报表助手、告警助手、线上问答助手，帮助运维人员开展业务。

此外，能源运营系统还支持设置不同的策略，比如绿能优先、油机节油省成本、峰谷电价情况下使用低价电等，按照这些预先配置的策略综合调度能源供给来落实精算运营。在各种工具、AI助手和运营策略的支撑下，能源运营团队可以用较少的人员完成全网的日常维护，并通过预测性维护提升能源系统可用性PAV，保证能源系统安全可靠地供电。

执行：智能柔性的调度

在能源智能运营系统的策略和决策下，执行层面要实现对多种能源供给进行灵活、柔性的调度和执行。智能柔性调度的基础是较为准确地预测电力需求和供应。能源供需预测，一方面对负荷需求进行预测，例如4G、5G网络的负载潮汐效应，停电频繁地区备电电池充电电流预测等。另一方面，通过对电网故障（时间/频率/范围/原因等）、储能电池（SoC/健康度/预测寿命）、油机（开关时间/燃料消耗等）和太阳能供电（气象/光照/系统效率等）的信息感知，可以对市电供给、电池备电、油机供电和太阳能供电出力情况做出预测。

基于能源供需准确地预测并应用预设的策略，就可以执行灵活的能源供给调度（注意：这里是能源信息维度的匹配和控制，不涉及跨站点/跨区域的能量流调度）。

进化：能源运营的自智协同

在能源系统向自智化系统演进的过程中，如何构建AI原生智能，精确灵活地实现“需求-供

给”的自主映射，面向客户打造自服务、自调度、自保障能力，其突破点在于：

- 实现能源运营的重构，在通信能源的管理系统中构建“感知-决策-执行-进化”的全栈能力。同时，支持端到端AI原生智能，实现跨域的AI Agent自主协商。
- 在业务应用场景，通过数据感知、预算算法和动态决策来进行训练和学习，构建自主决策能力。
- 在智能运营上，要实现商业价值的升华。把传统运维中心从成本中心逐步过渡到利润中心，而且能源系统的网络运维可部署开放平台实现“运维即服务”。

通信能源的智能运营，本质是将人类的认知范式沉淀为系统的决策机制。当网络具备“感知-决策-执行-进化”的全栈能力时，运维不再仅是“保障供电”的工具，而成为能源业务创新的核心引擎。未来的竞争，将是运营体系智能化水平之争，谁率先实现“三自”能源系统，谁就掌握了数字经济的能源供应生命线。

能源智能运营的价值

通信能源系统运营的核心价值从传统运维的“保障供电”升级为“能效最优与精算运营”。因此，能源系统运营的核心在于构建以PAV为核心的运营体系，并安全、低成本地实现从“成本中心”到“利润引擎”的转变。

要达成PAV目标首先需要明确PAV规则，需要和客户就PAV计算规则以及能源运营的步骤、阶段目标等达成一致。PAV可以从网络层（全网/区域、Ring/环、站点级）、供电类型（市电、太阳能、风能、油机、燃料电池等）区分测算。可通过网络故障预测、低PAV站点、Hub站/Ring站点的根因分析等报告，针对性提升PAV，从而保证整网的PAV目标达成。

通过能源智能运营的支撑，不仅能达成高PAV的目标，基于智能平台还给客户带来自服

务、自调度、自保障的良好体验，从端到端环节帮助客户节省TCO，真正帮助客户将能源运营从“成本中心”落实为“利润中心”。

帮助运营商节省Opex

能源运营可以从以下四个方面来节省运营商的运营开支Opex。

- 提升二次运维技能，降低二次运维成本：对关键告警分类分组，通过短信、外呼电话及时通知维护团队；对关键的告警、故障进行根因分析积累经验库，并通过根因分析，拟定告警、故障处理要求并快速派发工单处理。
- 减少一线运维上站次数，显著节约成本：采用网元自动巡检工具、远程视频辅助定位（AI分析视频、图片）等工具，做到少上站或不上站，上站一次性解决问题，并在后台路径规划指导下执行，降低上站成本。
- 电池延寿，减少电池替换费用：对电池进行智能维护、故障预警和智能延寿，使更换周期从3年延至5年，单站电池投资降40%。
- 通过“智能监测-吓阻-闭锁-解锁”等实现防盗。通过防盗线、陀螺仪、监测心跳线、离开机柜距离以及远程视频监控侵入检测等多种手段进行监测；通过现场拍照、警报声、远程喊话等进行吓阻；监测到已被盗，进行电池的输出闭锁让盗窃者无法使用电池。通过GIS等追踪追回电池后可以对电池进行解锁，解锁还会按照区域进行设定，防止监守自盗。

减少网络Capex投资

能源运营能从多方面减少建设成本：

- 在分区管理的原则下，同一厂商对自身的历史老旧设备可以部分利旧或改造，电源模块和储能电池还可以根据站点实际PAV情况调度和配置，从而节约成本；
- 分区建设下，选择单一厂商，实现对站点的电源、电池、动力环境、油机、太阳能的一



随着能源系统的多能接入与控制、AI智能决策支撑、能源运营工具的逐步成熟，通信能源将朝着绿色低碳、低成本高可靠、智能自治方向发展，而能源系统的运营管理必将朝着更专业化、基于PAV指标的精准运营的方向发展。

体化建设，可以一体化上站一体化实施和集成，减少建设费用；

- 单一厂商的一体化建设，可以快速开通调试，手机App进行调站、远程下载和升级，有效减少建站工时，节约建站成本。

能源运营的模式探讨

能源运营一般有三类运作模式，分别是运营商自建/自运营模式、基于PAV核心指标的运营外包和整网运营分成模式。自建/自运营模式是比较传统或主流的模式，运营商或塔商自建能源基础设施，以自己的核心团队为主，辅以少部分一线外包伙伴或设备厂商做二线核心能力共建，独立地进行能源系统运营的模式。

基于PAV的运营外包是运营商通过类似月租方式付费获得可靠稳定的供电PAV保证的合作模式。客户通常以PAV为核心指标引入合作方进行能源运营的外包，典型的指标体系包括：能源PAV目标，一般按照全网/单站、Hub站、末端站规定PAV指标；MTTR指标，比如某客户要求塔站MTTR不大于4小时；节能指标，比如要求未来5年节电10%，节省能耗10%等。这类基于PAV的运营外包，指标目标和付费模式非常清晰，但具体能源运营涉及的方面非常多，客户和合作方需要详

细沟通和谈判，一旦签单合作期限通常大于5年。

对于整网电源基础设施老旧、能效不高但又没有较大预算投入进行网络规模改造和替换的客户，更倾向于整网改造和运营分成的模式。即由合作方投资对能源基础设施进行改造，而客户仍然按照能源设施使用按月付费，而合作的投资方，通过能源基础设施的替换改造带来的能效提升和电费节省来长期稳定地按月获取回报。这类客户以欧洲跨国运营商最为典型，一些网络情况类似但技术能力相对比较弱的南亚、非洲和中美客户也有类似需求。

能源系统的运营管理从最初的人工逐站手工维护，到3G/4G时代的融合一体的远程管理，再进化到智能自智的能源运营。随着能源系统的多能接入与控制、AI智能决策支撑、能源运营工具的逐步成熟，通信能源将朝着绿色低碳、低成本高可靠、智能自治方向发展，而能源系统的运营管理必将朝着更专业化、基于PAV指标的精准运营的方向发展。再加上投资方、运营方、合同能源管理公司等各方的积极参与，使得基于PAV核心指标的能源运营和合作分成模式越来越多地被客户重视和实践。在这样的大背景下，掌握信息通信技术、软件定制和能源端到端方案核心能力的厂商无疑会获得更多的机会。ZTE中兴



方宏宽

中兴通讯数据中心产品线首席专家

因需变革，新一代HVDC 成为未来智算中心新选择

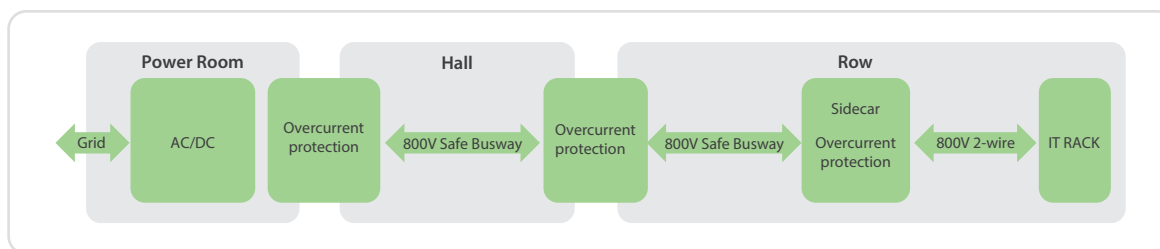
过去十年，数据中心机架功率密度从2~4kW/机架逐步增至8~12kW/机架。而在过去的2—3年，受AI需求浪潮推动，机架功率密度飙升至40~60kW/机架，部分甚至超过100kW/机架。AI任务依赖的GPU，其热设计功耗可达1200W以上，远超CPU的300~500W。此外，为了智算性能，AI工作负载需将GPU尽可能密集部署，形成超万颗及以上的超大智算集群，使得在较小空间内功率高达10~100+MW。智算单机柜功率快速跃升，是算力基于网络Scale-up的必然结果。

当前数据中心供电体系难以应对未来超高密机柜部署，需要重构。智算中心超高密机柜供

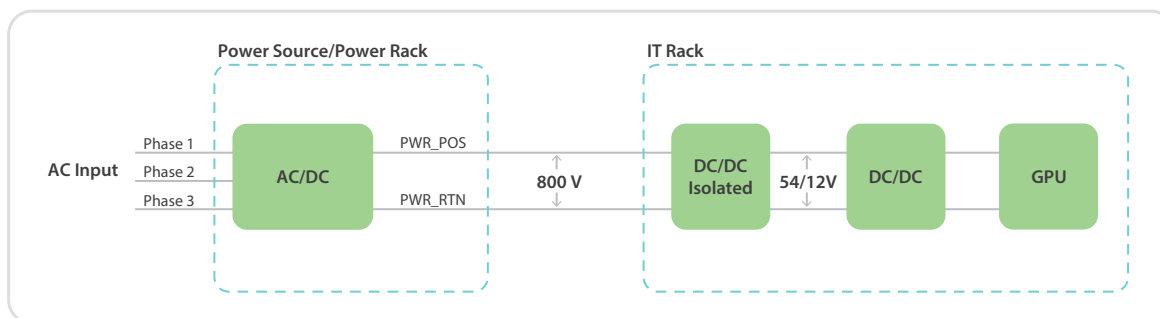
配电系统与通算数据中心的关键区别是超大功率传输、动态冲击，产生对更高电压制式、更高效率、更高功率密度、抑制动态冲击保护等方面的关键需求。

NVIDIA积极推进800V HVDC供配电架构和生态构建

鉴于GB200 NVL36和NVL72工程落地的一系列问题，为保障未来超高功率密度的智算整机柜产品从研发设计到可工程落地的顺利进行，NVIDIA利用自己在智算领域的行业地位，从新技术蓝图、行业生态两方面布局，积极推进800V



▲ 图1 NVIDIA 800V HVDC 架构-分布式电源边柜



▲ 图2 NVIDIA 800V HVDC 架构-集中式AC/DC电源

HVDC架构。

NVIDIA发布的智算中心未来供配电架构

NVIDIA跳跃式选择800V HVDC制式，摒弃400V HVDC和±400V HVDC制式。根据规划，从2027年开始，NVIDIA将引领向800V HVDC数据中心电力基础设施的过渡，以支持1MW及以上的IT机架。

产品形态上有两种，一种是分布式电源边柜sidecar，内置储能锂电BBU和超容CBU，输出800V HVDC，且至少末端的800V HVDC是稳电压输出，供配电架构如图1所示。一种是电源间放置的直连电网的集中式AC/DC中压直流电源，输出800V HVDC，Server输入电压为800V，两级DC/DC转换为GPU的12V，供配电架构如图2所示。

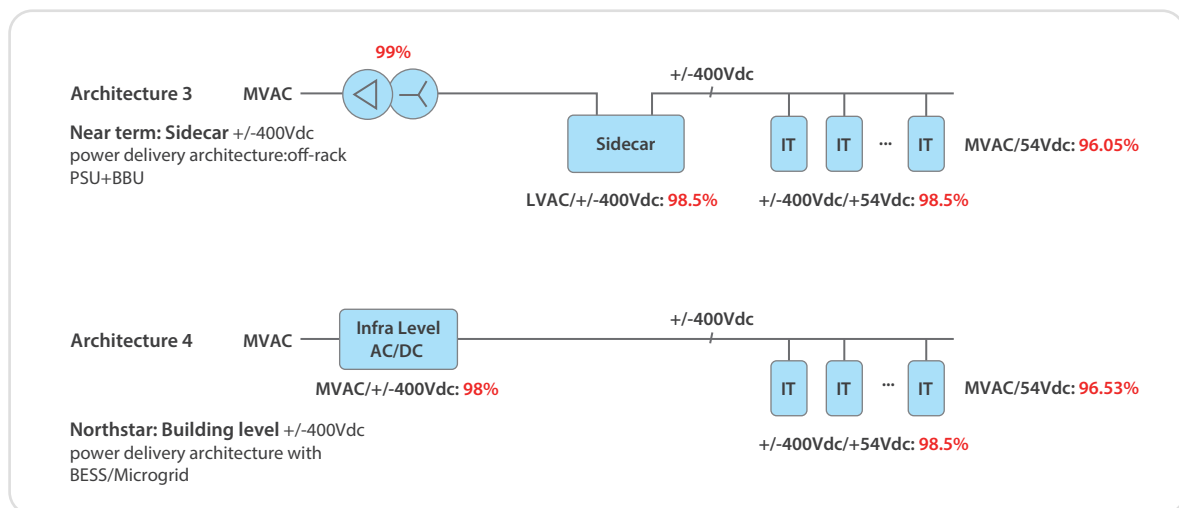
同时整个供配电链路包括直连电网的集中式AC/DC电源、新型过流保护装置、800V HVDC

安全母线（金属屏蔽层+惰性气体密封）、分布式电源边柜Sidecar，为邻近的IT机柜提供800V HVDC供电。其中集中式AC/DC电源和分布式电源边柜Sidecar的系统效率也将提升到98%级别，需要在器件、电路拓扑和散热等方面实现技术突破。

生态构建

为了推动800V HVDC被行业和客户接受，NVIDIA从超大CSP云商客户、供配电领域厂商两个方向加速推进。一方面与数据中心知名的开源组织OCP合作，公开GB200 NVL72设计，为META、微软、GOOGLE、AWS等厂商指明道路。另一方面，NVIDIA正在与数据中心电气生态系统中的主要伙伴合作，包括：

- 芯片提供商：Infineon（英飞凌）、MPS（芯源）、TI（德仪）、ST（意法）、ROHM（罗姆）、Navitas（纳微）；



▲ 图3 Architecture 3和Architecture 4架构

- 电源系统组件：Delta（台达）、Flex Power（伟创力）、Lead Wealth（领裕/比亚迪）、LiteOn（光宝）、Megmeet（麦格米特）；
- 数据中心电力系统：伊顿（Eaton）、施耐德电气（Schneider Electric）、维谛技术（Vertiv）。

面向未来智算机柜的供配电架构和新一代HVDC电压制式

针对智算机柜超高功率挑战，行业内形成了两种供配电架构和两种新一代HVDC电压制式（见图3）。

Architecture 3，把智算整机柜里的PSU电源系统等从整机柜内移出，使整机柜形成纯IT机柜。移出的PSU电源系统，再加上可选的备电锂电BBU、超容CBU等，形成新的电源边柜Sidecar。现有数据中心前端的供配电不受影响，类似现在超算中心的做法。

Architecture 4，彻底变革，结合新能源和微网，构建全直流智算供配电系统，关键是集中式中压HVDC电源。

从NVIDIA发布的800V HVDC架构看，融合了以上两种架构，同时Sidecar采用800V HVDC输

入。而北美四大CSP云商，目前更倾向Architecture 3中480Vac/400Vac输入的Sidecar，以及Architecture 4的直流微网架构。

两种新一代HVDC电压制式分别是400V和800V。 $\pm 400\text{V}$ HVDC使机架电源系统能够从整机柜中移出，并重新部署，从而整机柜内的宝贵空间均可用于IT计算。800V HVDC因与智算节点的板载电压变比还不成熟，需要在整机柜增加一级800V HVDC到54V的DC-DC电源模块。

目前NVIDIA选择跳跃式的800V HVDC制式重点推进，北美三家头部CSP云商微软、Google、META更倾向于 $\pm 400\text{V}$ HVDC的渐进式新型HVDC电压制式。

国内中国电信集团、信通院和百度等公司，在CCSA推进 $\pm 375\text{V}$ HVDC（类似 $\pm 400\text{V}$ HVDC电压制式）的立项提案，而字节在委托第三方电源厂商做新型的供配电演进路标规划，阿里和腾讯也都在关注或准备相关技术试点。

400V和800V电压制式特点如下：

- 0-400V电压制式：优点是具有相对成熟的组件生态系统和较低的绝缘要求，从而更安全，可实现更高功率密度的DC-DC设计；缺点是要部署笨重的高功率机架直流电源线，而且有更重的组件，相比800V，热损耗导致

效率降低。

- 0-800V电压制式：优点是更轻的线缆/组件和更少热损耗，相比400V电压要求更低，更高的功率密度；缺点是生态系统较新，有更高的绝缘要求。
- $\pm 400\text{V}$ 电压制式：结合了0-400V和0-800V架构的优势，但需要3根直流电源线供电，需要功率管理控制以实现负载均衡。

新一代800V HVDC面临的挑战及发展趋势分析

800V HVDC发展在技术上面临一些待解决的问题，在生态上，发展态势尚不明朗。

技术上，首先，800V HVDC对IGBT、SiC、GaN等器件可靠性要求高，电源设计复杂度显著提升。第二，行业缺乏统一标准，800V HVDC需广泛生态支持。第三，800V HVDC带来的安全风险，导致对过流保护、维护人员安全有了更高要求。

虽然国内三大运营商已经在自用数据中心集采或省采、部分头部云商自建数据中心也主要采用240V HVDC，但整体上通算数据中心和目前智算数据中心还是UPS为主。因此800V HVDC技术即使成功，也主要面向超高密度智算机柜，而在通算数据中心和单柜100kW级的智算中心，也难以快速替代UPS。

大型和超大型智算中心的技术方案、运行数据、投入产出等，都是商业机密，尤其是在头部客户开始流行定制AI加速卡以部分替代NVIDIA GPU的情况下，是否有意愿采用NVIDIA制定的800V HVDC制式和架构路线，目前还不明朗。从北美三大云商公开的信息看，目前更倾向 $\pm 400\text{V}$ HVDC，且架构的详细规格也不尽相同。

在展望新一代HVDC的发展之前，不妨先回顾一下HVDC 240/336V的发展情况。国际上，2010年左右谷歌、微软等公司率先试水380V HVDC，如谷歌在俄勒冈州数据中心部署380V

HVDC；国内2008年，中国电信牵头推出240V HVDC，随后阿里、百度、腾讯等规模商用；2012年，中国移动推出了336V HVDC。当时，从技术上336V HVDC（等同380V HVDC）也属于跳跃式的HVDC电压制式，虽然技术和性能上领先，但行业生态一直没有成熟。反而是渐进式的240V HVDC，经过10年以上历练，最终存活了下来，并在经历专利风波后，逐渐在云商和电信运营商市场成长壮大。

800V HVDC属于跃进式电压制式，而 $\pm 400\text{V}$ HVDC属于渐进式的电压制式，是否会重演240/336V HVDC的历史剧本，3年内还难以明朗。

总结

技术趋势上，虽然市场选择的最终电压制式还暂不明朗，但为了超高密智算机柜的可规模部署，经济性、更大的功率输出、高效节能，更高电压制式的技术方向是明确的。

产品形态上，分布式电源边柜Sidecar可能更利于前期的超高密智算机柜的灵活部署。从中长期看，集中式中压HVDC电源更适合未来新能源直接供给、直流微网、储能等构建的智算中心用能环境。两种产品的长期可靠性、经济性是成功关键。

中兴通讯从2024年开始，密集调研大型云商客户、功率器件和同行厂商，同时启动面向未来智算超高功率的电源产品和解决方案规划，目前已经完成HPPD研发立项。我们产品化的核心思路是提炼出多种功能模块的粒度，按需实现系统级的不同功能容量比例的弹性配置；同时输出电压选择大型云商看好的 $\pm 400\text{V}$ HVDC，且 $\pm 400\text{V}$ HVDC也支持输出800V HVDC电压。系统产品覆盖2MW级的集中电源、1MW级电源边柜Sidecar，全面支持未来智算中心的供配电需求。 **ZTE中兴**

AIDC智算中心基础设施架构创新与发展趋势

中兴通讯 汪尔敏，蒋钢，万积清

2025年中国智能算力规模将达到1037.3EFLOPS，预计到2028年将达到2781.9EPLOPS。预测显示，2023—2028年期间，中国智能算力规模三年复合增长率预计达到46%，通用算力规模增长率预计达到18.8%，增势迅猛。

随着生成式人工智能（AIGC）的发展，通用基础大模型参数量从千亿向万亿、十万亿增长，驱动训练集群规模从千卡向十万卡演进。国内外头部企业竞相部署万卡训练集群及百万卡、千万卡级别精调训练及推理集群。AI机柜功率从12kW向40kW、120kW、240kW上升，训练池功率达到130MW。同时叠加AI加速卡在训练时的动态冲击特性，智算中心供配电和暖通制冷架构及方案需要创新，以满足智算中心的空间集约、绿色高效、安全可靠运行要求。

供配电全链路架构创新

传统数据中心供配电架构针对通算业务场景需求采用不间断电源（UPS/HVDC）、市电直供以及不间断电源和市电直供混合的三种形式，满足GB50174不同等级的可靠性和经济性需求。随着AI加速卡功率、算力超节点功率的阶跃性增长，2025年北美已有头部CSP开始规模部署功率~120kW（动态功率~200kW）的AI机柜。2027—2028年，AI加速卡厂商发布新AI机柜（型号Kyber）的功率暴增至~600kW（动态功率~1000kW），现有供配电架构和方案产品都难以满足其安全性及业务需求，引发供配电架构和方案产品的创新变革。

在开源组织OCP（Open Compute Project）的牵引下，供配电系统从集约性、效率、电压制



式、动态特性等多个维度进行创新，新的解决方案呈现为电压制式和架构两个方向，即两种直流电压制式（800Vdc、 ± 400 Vdc）和两种供配电链路架构（包括核心产品电源边柜、SST）。新的解决方案在满足下一代智算及超算数据中心需求的同时，其生态构建过程也将为行业带来全新的挑战与机遇。两种新的供配电链路架构如图1所示。

供配电产品技术及趋势

随着数据中心和算力需求的快速发展，供配电架构及其产品技术正经历着变革，以满足高功率密度、高可靠性和高效率的要求。产品技术趋势朝着高效、节能、模块化、预制化的方向发展，同时结合绿能与储能技术，实现算

电协调。

供电预制模块集成化趋势

传统数据中心，尤其是中小型的供配电系统普遍采用零散式的部署方式，包括变压器、低压成套、UPS/HVDC等设备，集成商现场部署和调试，导致供配电项目时间长、调试对接难度大、投入较大等问题。

针对CSP数据中心项目，为了实现6~9个月从零基础到完成验收交付，同时降低成本和供电部署的占地集约化，集10kV输入变配电和不间断电源于一体的预制模块化产品成为成为主流，进入规模化部署阶段。

未来2~3年，新型的电源边柜Sidecar、中压直流电源等也将采用类似的或部分类似的预制模块化产品形态。



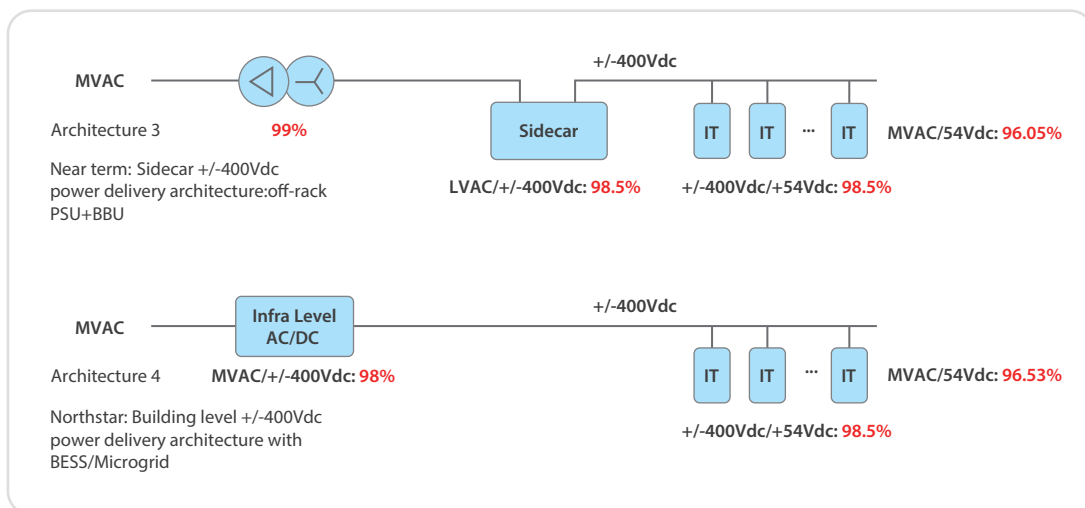
汪尔敏

中兴通讯数字能源IDC
产品规划总工

蒋钢

中兴通讯数字能源IDC
产品配电规划工程师

万积清

中兴通讯数字能源IDC
产品暖通规划工程师

▲ 图1 两种创新的供配电链路架构

平抑智算动态的超级电容产品

针对AI服务器算力训练及推理过程中的动态冲击特性，供电侧如何去适应调节平抑这部分瞬间能量？其核心是通过满足AI服务器动态特性的储能装置，避免智算中心AIDC供配电的毫秒级、超大比例的电流波动。例如英伟达GB300芯片，其电源方案引入超级电容模组，可在0.1秒内响应负载突变，避免GB300因高功率产生的电压暂降问题。同时AI芯片并行计算时也易瞬间电流激增导致供电不稳，超级电容可以作为缓冲器平滑电流波动，保护硬件。

高压直流HVDC

通信机房和数据中心应用高压直流HVDC（240/336Vdc）已有10年以上历史，尤其是国内。目前随着AI机柜功率达到~120kW，同时英伟达发布2~3年后AI机柜功率~600kW的路标，现有的HVDC已无法满足AI机柜高密的需求，体现在电压较低、效率较低、难以较好平抑智算动态特性、功率密度较低等方面。

为此，面向AI高密机柜功率的新型HVDC成为OCP组织推荐和超大型云服务商选择的产品技术方向。其特点：一种是一体化电源边柜Sidecar形式，系统效率98%，380/480Vac输入，可

达~1MW，内置智算PSU、超级电容CBU、锂电池电BBU功能于一体，贴近AI高密机柜部署；另一种是中压输入的直流电源，系统效率98%，10kVac输入，可达几MW容量，集中部署于电源电池室。

算力园区高压能量路由器产品SST

多端口固态变压器SST（solid state transformer）以其灵活调控、电能质量治理以及端口间能量互联互济和故障相互隔离的卓越优势，在未来高密AI超节点及大模型百万卡/千万卡规模的训练园区扮演关键枢纽角色，前景广阔。SST实现端口间的解耦控制、多台SST间的集群智能管理、PET与电网和负荷间的故障保护配合，同时提供交流和直流端口，这意味着多端口SST技术的发展与直流微电网以及直流配电技术相辅相成。

暖通链路架构的演进与重构

随着AI服务器热密度的大幅攀升，传统风冷架构在单柜功率超过20kW时已显乏力。为了提升散热能力，IT端正在大规模转向液冷路径。从物理特性来看，液体的载热能力远超空气，水的体积热容约为相同体积空气的3400倍。这意味着在相同流量下，液冷系统可传输的热量是风冷系

统的数千倍，显著提升了散热效率。

液冷的出现，使得整个热通道链路发生结构性改变（见图2）：原本依赖空气组织气流的末端设备被液冷交换装置（如CDU）所替代；传统的“送风一回风”路径逐步让位于“供液一回液”的闭式循环系统。因此，液冷链路的出现不仅改变了IT端散热方式，也推动了暖通链路从气冷路径向液冷路径的深度重构。

尽管液冷技术快速发展，风冷系统在数据中心中仍不可或缺。非核心器件（如内存、硬盘、电源模块）依赖空气散热，混合部署场景下风冷可作为协同或备用机制。当前数据中心呈现“液冷为主、风冷协同”的复合模式。例如，主流智算数据中心中，液冷覆盖80%的AI训练负载，风冷负责20%的低密度负载及辅助散热，整体PUE降至1.15。

暖通产品技术及趋势

液冷与风冷链路的架构重构驱动了产品技术的创新，以下从多个方面分析其技术特征和趋势。

冷却液分配单元（CDU）：液冷架构中的关键中枢

作为连接IT侧液冷与机房冷冻水系统的核心设备，CDU（coolant distribution unit）产品形

态正逐步演进，形成多种典型配置以适配不同规模与部署场景：

- In-rack CDU：部署于整机柜内部，专为整机柜交付模式设计，具备高度集成、即插即用特性，支持液冷系统的快速部署与上线。
- 集中式 CDU：适用于大规模冷板液冷部署场景，单机散热能力覆盖300kW至1MW以上，常部署于列间、设备间或专用冷却区。
- 预制撬装式CDU：通过结构平台化和接口预设，能够结合不同数据中心项目的具体负载规模、空间布局与部署节奏，实现泵组、换热器、控制单元等组件的高度定制集成，具备良好的项目适应性和场景工程化复制能力。

除上述主流形态外，行业中还涌现出多种新兴技术路线的CDU产品，如负压型CDU（提升系统泄漏容错能力）、两相CDU（适配相变冷却需求）等，尽管尚未成为主流，但显示出液冷CDU技术路径的多样化发展趋势。

控制系统能力提升：应对一二次侧联动下的动态温控挑战

AI服务器训练功耗波动大，GPU并行计算产生短周期热量冲击，对冷却系统响应速度和精度要求更高。传统风冷系统有空气缓冲和风量调节能力，而液冷系统负载高、调节余量低，快速响应容错空间更小。

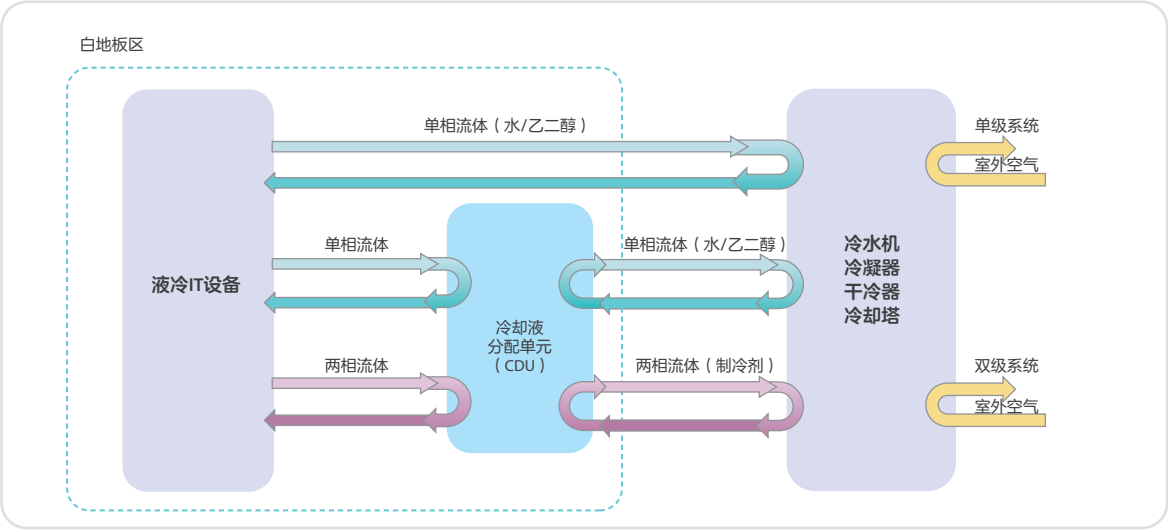


图2 液冷场景下的暖通架构链路图

过去液冷系统一次侧（如冷冻水）与二次侧（如冷板回路）多采用“解耦”模式，独立控制，但在AI高热密度场景下，难以协调热量传递与能效优化，易导致局部过热或能耗偏高。新一代液冷系统向“一二次侧联动控制”演进，动态协同调节能力显著提升。通过调节泵速、水阀开度与热交换流量等，实现热负载-液流-换热三维联动；构建基于功率/温度协同的预测性调节逻辑，如AI训练任务启动前预判冷量分配节奏；动态优化冷却液温差策略，在保证散热的同时减少不必要的低温冗余，提升系统整体能效。

风冷系统的协同存在与演进

液冷技术快速发展，但风冷系统仍发挥补充作用，尤其在混合部署或多样化散热场景中。创新的风冷技术包括：

- 风墙：集成冷水换热，支持模块化部署；
- 背板换热器：适用于高密度机架；
- 氟泵一体机：三种模式切换，PUE可降至1.2以下；
- 间接蒸发冷却：干湿模式灵活切换，避免污染。

绿色发展方向：热能回收与节水路径

液冷技术由于具备稳定可控的高温回水能力，也为系统性节能提供了新契机。一方面，余热回收成为值得关注的方向。液冷系统的回水温度普遍可达45°C~60°C，具备一定热值基础，可通过热泵或板式换热器进行能量回收，用于区域供暖、生活热水或工业预热等场景。国外已有多个项目实现与园区供热系统对接，形成“算力-热力”融合模式。国内也有部分智算中心正探索结合清洁能源的“液冷+热能复用”方案，虽尚处于示范阶段，但具备较强的技术可行性与政策支持前景。

另一方面，液冷系统的一次侧冷却方式也正朝着节水型架构演进。传统冷却塔虽具备高效换热能力，但水耗较大，尤其在干旱或水价高地区使用受限。近年来，更多数据中心开始采用闭式

干冷器、间接蒸发冷却器（IEC）、膜蒸发等低水耗/无水冷却技术，构建“高温冷却水+自然冷源”的节水链路结构。一些新建项目已明确提出“禁用开式冷却塔”的绿色要求，倒逼冷源方案加快向干式/间接式路径转型。

综合来看，未来AIDC暖通系统将在保障高热密散热能力的同时，更加注重对回收热价值的利用与对自然资源（水）使用的控制，以实现算力基础设施的绿色转型与长期可持续运行。

未来算电协同趋势

算电协同通过优化计算负载、能量调度和热管理协调，实现资源的高效利用，提高可再生能源的消纳，降低能耗与碳排放，提升智算中心AIDC的能耗效率和可持续性发展。

总体来说，算电热协同还处于处于研究和试验阶段，且算电系统的内涵表述也有较大差异，主要分为电力围绕算力调度、算力（实际是算力作业）围绕电力调度两大方向。但基于电力市场管理和交易机制的制约、并网新能源波动的影响，电力围绕算力调度相当长一段时间内商业化困难，目前主要是算力围绕电力调度进行落地。

算热协同强调全链路热管理，指在数据中心的各层级（板上芯片、服务器、机柜、机房）实施综合的热量管理策略，调控不同层级的热负荷、气流组织路径，以实现热量的有效传递、分配和控制，确保全链路热管理性能最优，确保高热流密度散热和节能冷却目标的达成。

随着未来每年算力需求以35%以上速率增长，机柜功率密度越来越高，带动基础设施供电及暖通等技术不断演进，AIDC基础设施将朝着高效节能、AI智能运维、模块化部署的方向持续发展。未来碳排放要求带来绿色能源的深度应用，新型电力电子器件、高热效转换技术以及AI驱动智能运维及节能将成为主流趋势。 ZTE中兴

中兴通讯数据中心全场景制冷方案， 构建绿色高效的数据中心

在 数字经济加速演进的背景下，中兴通讯以“连接+算力”为战略核心，将数据中心作为算力基础设施的关键载体，伴随AI大模型、云计算等技术的广泛应用，数据中心算力需求激增。据工业和信息化部的最新数据显示，2024年在用算力中心标准机架数超过880万架，算力规模同比增长16.5%，且单机柜功率向高密度化发展，传统制冷技术已难以满足极端能效、弹性部署及智能运维需求。为此，中兴通讯依托自研温控产品矩阵，构建“风-液-蒸发”多技术协同的全场景制冷体系，以智能连接技术优化算力基础设施能效，以算力需求牵引制冷方案迭代，助力客户构建绿色高效的数据中心。

数据中心制冷方案发展趋势

在算力密度攀升与“双碳”目标驱动下，数据中心制冷技术演进呈现三大核心趋势：高热密度场景催生极端散热技术突破，传统风冷面临能效瓶颈；业务动态扩容推动模块化弹性部署；复杂负载场景倒逼智能运维与全生命周期管控升级。

高密散热与极端能效

服务器功率密度显著提升，部分机柜已突破100kW，远超传统5~10kW水平；先进制程芯片

功耗持续攀升（单芯片超1000W），集成度更高，对散热精度和效率提出更严苛要求，传统风冷技术面临瓶颈。为满足国家枢纽节点要求东（西）部 PUE ≤ 1.25 （1.2）指标，并进一步追求 PUE 低于 1.1 的目标，液冷技术成为关键解决方案。面对大规模计算集群产生的成倍增长的散热需求，高密度散热技术成为同步提升算力密度与能源效率、支撑未来高性能计算场景不可或缺的技术支撑。

模块化与弹性部署

数据中心业务更新迭代加速，传统集中式制冷系统建设周期长，难以及时响应“按需扩容”的要求；边缘计算等场景的业务波动性和不确定性，对制冷系统的快速部署和灵活调整能力提出了更高标准。模块化设计成为主流方向。采用预制化、标准化的制冷模块，实现即插即用，能显著缩短交付时间，并动态匹配算力增长与制冷资源需求。这种模式避免了前期过度投资造成的资源闲置和浪费，有效降低建设成本，推动数据中心向更高效、可持续的弹性部署模式发展。

智能运维与全生命周期管理

制冷系统运维成本高昂，据行业统计，可占数据中心人力成本的80%，传统运维依赖人工监控和经验决策，效率低、故障响应滞后，难以在复杂多变的负载条件下实现能源的精准管理与优



谢凯
中兴通讯IDC智能温控产品
市场总监



张俊凡
中兴通讯IDC智能温控产品
经理

化，智能化与全生命周期管理成为核心方向。通过实时监控系统动态跟踪和分析制冷设备状态，利用AI算法优化运行效率，智能化运维平台能够预测潜在故障、自动调节运行参数，实现能源的高效分配与精细化管理，从而大幅提升数据中心运行的可靠性、能源分配效率和管理精细化水平。

中兴通讯“连接+算力”战略下的温控解决方案

基于上述三大核心趋势，中兴通讯提出“三位一体”的制冷协同架构：以模块化风墙适配中低密中高温冷冻水冷源场景需求，以间接蒸发冷却空调覆盖中低密纯风冷场景，以液冷系统突破高密场景散热瓶颈（见图1）。三大技术路径既可独立部署，亦可形成“风冷液冷协同”的混合架构，全面覆盖数据中心从边缘节点到核心枢纽的多样化需求。通过模块化预制理念实现即插即用与弹性扩容，结合AI算法驱动能效管控与智能运维，最终达成绿色低碳、高效部署与全生命周期智能化管理的目标。

模块化风墙

中兴通讯模块化风墙以“模块化架构+智能调控”为核心，聚焦数据中心中低密场景的高效

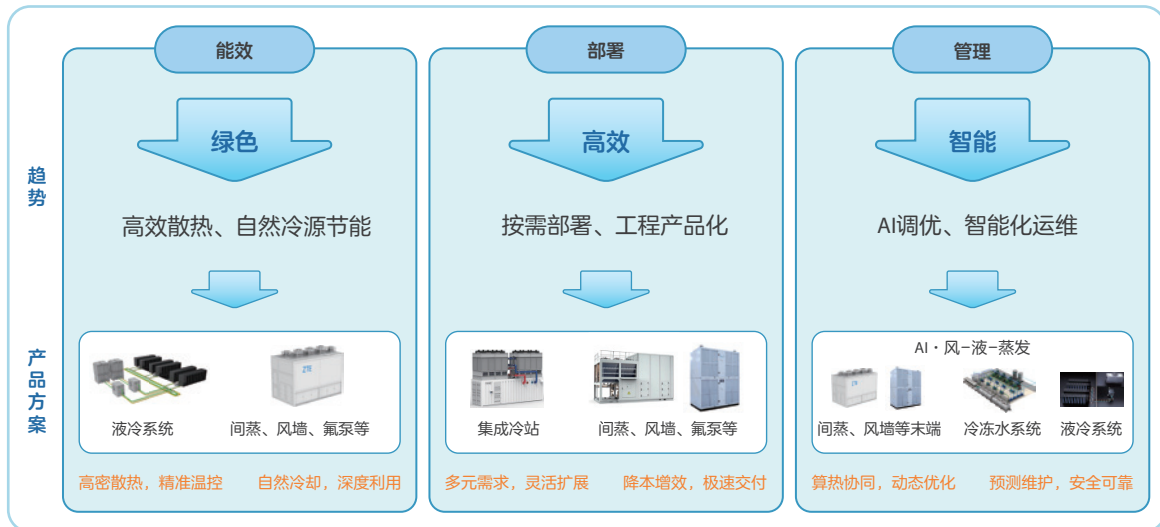
制冷需求，同时可作为冷板式液冷场景中协同的风冷方案。模块化风墙采用预制化、标准化、模块设计，支持单机独立、双机冗余及多机集群并联模式，可实现即插即用与灵活扩容，部署周期缩短60%以上；通过双层保温面板+高温冷冻水设计，系统能效比 ≥ 20 ，较传统方案节能30%以上；搭载PICV调节阀与PLC主控平台，结合AI算法实现水力平衡自动化调控与负载自适应调速，动态匹配算力负载波动。模块化冗余设计（如双路电源ATS切换）与高可靠性部件，保障极端环境稳定运行。

在印尼DCI数据中心应用案例中，针对印尼热带高温高湿环境（年均温 $25^{\circ}\text{C}\sim 32^{\circ}\text{C}$ ，湿度70%~90%），中兴通讯部署70多套ZXETM F510模块化风墙，采用预制化设计，部署工期缩短60%，同步完成调试；采用 15°C 冷冻水控温与送风 $21^{\circ}\text{C}/50\%$ ，项目实现PUE < 1.25 ，满足高温环境能效要求；结合G4过滤器与机房正压（ $\geq 10\text{Pa}$ ）防尘方案，运维成本降低40%。该案例验证了模块化风墙在复杂气候条件下的快速部署、高效制冷能力，同时为“东数西算”枢纽节点建设提供了可复用的绿色温控经验。

间接蒸发冷却空调

中兴通讯间接蒸发冷却空调基于“空气-空

图1 中兴通讯“三位一体”制冷协同架构



气换热芯体+喷淋蒸发”协同制冷，第三代产品ZXETM E400E采用自研高分子芯体，换热效率提升5%，支持干/湿/混模式智能切换，最大限度利用自然冷，满足国家枢纽节点对PUE的要求；部件模块化组合，搭配集装箱框架，单机组吊装仅需半小时，适配“按需、灵活扩容”需求；自研温控平台与AI算法，集成多种传感器，实时监测环境与负载，动态优化运行模式，制冷负载系数CLF可降低10%以上；IP55防护与8烈度抗震设计保障极端环境可靠性，芯体全生命周期免更换，喷淋系统节水耐用。

在建设银行和林格尔数据中心案例中，部署480套中兴通讯间接蒸发冷却空调（降容后单机制冷量230kW），通过自然冷源高效利用与智能模式切换实现 $PUE \leq 1.2$ ，较传统方案节能60%；智能预警系统监测300+参数，故障响应缩短至分钟级；平均半小时即可完成1台机组的吊装/就位/固定，剩余安装工作仅需对接水管、风管。项目验证了方案在大型数据中心的规模化应用价值，为“东数西算”枢纽节点金融行业数据中心低碳建设提供标杆。

液冷系统

中兴通讯液冷系统以“高密散热+模块化架构+智能调控”为核心，适配AI训练集群等极端高密场景需求。冷板式液冷系统ZXETM L200M CDU采用模块化架构，通过增加插槽模块配置，制冷量可弹性扩展至1200kW，单位面积制冷量达1600kW/m²。系统通过智能群控模块实时同步算力节点温度，高精度恒温控制，智能判断设备运行状态，优化控制逻辑，实现液冷系统内各类设备的智能联调，风液系统联动寻优，较传统控制方案可提升节能效果5%。通过软件功能实现智能运维管理和数据可视化，最大程度提升运维效率。冷板式液冷较传统最优风冷方案节能18%以上，节水55%以上，为高密散热场景提供高效精准温控方案。



▲ 图2 中国电信浙江金华数据中心液冷机房

在中国电信浙江金华数据中心案例中（见图2），部署24个液冷机柜（单柜35kW），配套6套ZXETM L300 CDU（单套300kW），一次侧供水35℃、二次侧供液40℃，利用冷却塔自然冷源预冷高温回风，自然冷却时长延长3156小时；通过液冷与风冷冷源共享设计，投资成本降低25%；预留热回收接口，接入相邻机楼水冷系统并配置蓄冷罐，实现15分钟连续供冷与能源复用。项目整体 $PUE < 1.2$ ，验证了液冷系统在高密场景下的节能性与稳定性，为AI大模型训练中心建设提供了低碳、高可靠的参考样本。

中兴通讯以“连接+算力”为战略核心，通过模块化风墙、间接蒸发冷却空调、液冷等产品矩阵，实现“冷源-算力-管理”的全链路连接。目前，正在开发的两相浸没液冷产品将进一步提升散热效率，支撑单机柜功率密度突破100kW。未来，中兴通讯将深化制冷与算法的融合，同时推动“可再生能源-液冷散热-零碳算力”闭环，为“东数西算”战略提供绿色算力底座。

随着量子计算、脑机接口等新兴技术的发展，数据中心的散热需求将面临新的挑战。中兴通讯将持续加大研发投入，探索新型散热材料和制冷技术，为数据中心的可持续发展提供强大的技术支持。ZTE中兴

突破限制，快速交付——

中兴通讯装配式智算数据中心解决方案



黄忠艺
中兴通讯IDC方案产品
市场总监

全

球范围内，数字驱动的经济已发展成为各国广泛认同的战略方向，各国政府与企业均致力于通过数字化转型来激发经济活力，全球数字化转型进程加速。同时，云计算、大数据、人工智能等前沿技术的深度应用与产业深度融合，极大地促进了数据处理和存储需求的上升，全球数据中心市场规模持续增长。

随着人工智能的高速发展，数据中心建设也面临诸多挑战与需求：

- 算力增长迅速：数据中心急需实现快速交付，提升业务上线效率，以满足日益增长的算力需求。
- 能源转型要求：随着各国加强能源绿色化转型，数据中心绿色要求也日趋严格，需要在节能减排方面做出更多努力。
- 资源限制与优化：在有限的土地资源、电力资源和网络资源限制下，数据中心需要为客户提供更优的解决方案，以实现高效利用。
- 架构灵活性：数据中心应提供灵活的架构，支持多种制冷方式、分期部署、扩展改造等，以适应不断变化的技术和业务需求。
- 可持续性：数据中心要满足未来3~5年内高速发展的高性能算力基础设施需求，以保持可持续性。

为应对数据中心建设挑战，中兴通讯推出快速交付的智算中心基础设施解决方案：装配式集装箱数据中心。

模块化、可预制化设计理念

中兴通讯装配式集装箱数据中心基于模块化、可预制化设计理念，将传统土建建筑和机电系统有机结合。方案以各功能模块箱为最小单元，实现产品模块化、工厂预制化、运输标准化、安装极简，可快速部署、灵活拓展，支持风冷通算、风冷智算、液冷智算等多种业务形态部署。

● 创新架构

方案结合传统土建建筑和标准集装箱堆叠的优势，独创了框架式模块架构。这种架构实现了空间利用、灵活性、快速交付、标准化作业的结合，为数据中心建设提供高效解决方案。

● 建筑与机电一体化预制模块

采用建筑和机电一体化预制模块化技术，将机电集成在模块箱内部，模块箱组成建筑。这种设计使得项目最小颗粒度为模块箱，从而实现快速部署，交付周期缩短40%，降至7个月以内。

● 突破层高限制

数据中心设计层高达5.75m，突破市面集装箱预制数据中心4.15m的高度限制。这一设计可以满足高密风冷机柜、液冷机柜等智算需求，为数据中心提供了更大的空间灵活性和更高的散热效率。

● 高效散热与节能

搭载中兴通讯自研的新技术液冷模块，高效解决高功率密度散热难题。风液比为4:6~2:8可调，PUE低至1.15，比传统数据中心（PUE 1.4）

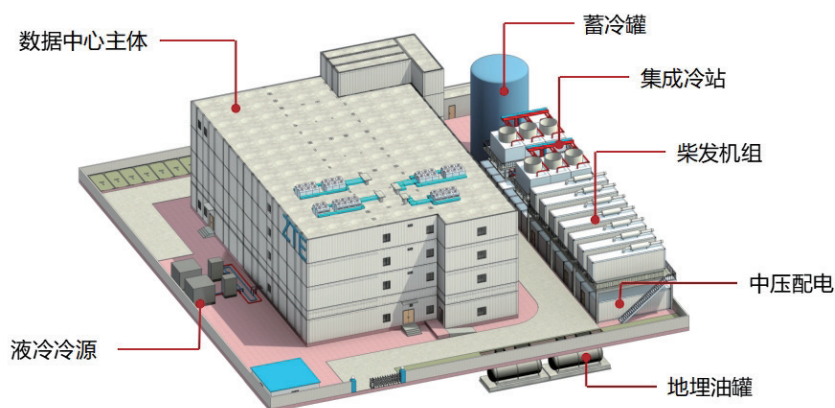


图1 中兴通讯装配式
集装箱数据中心

节能18%以上。

● 绿色环保材料

框架箱模块主体材料采用钢材和铝材，代替传统建筑的水泥和砂，材料可回收率超过60%，实现了数据中心生命周期的绿色节能。

可灵活堆叠的功能模块

ZXEDC C6000B中兴通讯装配式集装箱数据中心的各组成单元均为标准框架箱模块。各功能模块包含IT模块、低压供电模块、风墙模块、电池模块、集成冷站、中压模块、柴发模块等，各模块可根据项目需求灵活搭配，组成功能完善的数据中心产品，最高支持4层堆叠（见图1）。

ZXEDC C6000B 3.0装配式数据中心将机电设备、管路桥架和装修全部集成在集装箱模块内部，集装箱外形尺寸和装配接口均采用标准形式，实现快速搭建、模块化扩容及制冷、配电、业务的弹性部署。方案所有子系统均集成在模块化集装箱箱体中，包括建筑子系统、供配电系统、暖通系统、IT模块系统、弱电智能化系统、消防系统等。

框架箱主体结构采用ISO标准的集装箱主体结构，由角件、四柱八梁组成基础框架，根据内部设备部署情况设置6面、底梁、门窗等辅助结构。标准框架箱分为4种箱型，长度均为40英尺（12192mm），宽度分为8英尺（2438mm）和3495mm两种，高度分为1600mm和4150mm两种。

4150mm高度的两种箱型可单独使用，作为风冷IT业务的标准箱型，也可以和高度1600mm的两种箱型组合，组成层高4150mm+1600mm的空间，突破传统集装箱数据中心层高限制，用于液冷智算业务的部署。

应用案例：菲律宾Converge 3层堆叠集装箱数据中心

近几年，中兴通讯预制化集装箱堆叠数据中心解决方案在东南亚国家规模应用。2025年3月，中兴通讯在菲律宾Caloocan为客户交付一座3层堆叠集装箱数据中心，该项目也是菲律宾首个TCCF建造认证数据中心。数据中心按照Uptime Tier III设计和建造认证标准落地，满足最高的Zone 4抗震等级要求；采用预制化电力模块，共291个机柜，并预留未来液冷业务部署条件（预留41个液冷机柜）。项目实现7个月交付，助力客户业务快速上线。

在当前算力爆发式增长的需求背景下，装配式集装箱数据中心是解决客户智算业务快速上线痛点的重要解决方案，尤其是在海外一些基础设施能力落后的国家。采用装配式预制化技术，通过标准化设计将工程产品化，大大降低现场施工难度和交付周期；同时通过工厂预制+系统联调，可有效减少现场施工问题，规避交付风险，为客户打造一站式质量交付的智算数据中心。ZTE中兴

快速应变、弹性供电——

中兴通讯240V HVDC系统解决方案



王沁灰
中兴通讯数字能源DC市场
产品总监

随着人工智能（AI）技术的迅速发展，数据中心的智算需求也迎来前所未有的增长，同时面临诸多挑战。

- 数据中心为应对业务快速上线而面临需求不确定性，需支持不同功率密度的IT设备混合部署，同时适应未来3~5年IT设备的演进。
- 机架功率密度快速攀升，传统数据中心单机架功率为4~6kW，而智算中心（AIDC）单机架功率已提升至20~40kW，预计未来将达40~120kW。
- 动态负载波动加剧，AI训练和推理任务导致GPU瞬时负载波动显著，需动态调整供电策略。

因此，智算数据中心对电源系统提出更高要求，电源系统需支持不同功率密度的IT设备混合部署，以及未来弹性供电，并应对单机架功耗的宽幅变化。

中兴通讯基于240V高压直流电源系统推出的电力模块可满足不同集群部署及未来弹性扩容需求，并适应机架功耗宽幅变化能力。

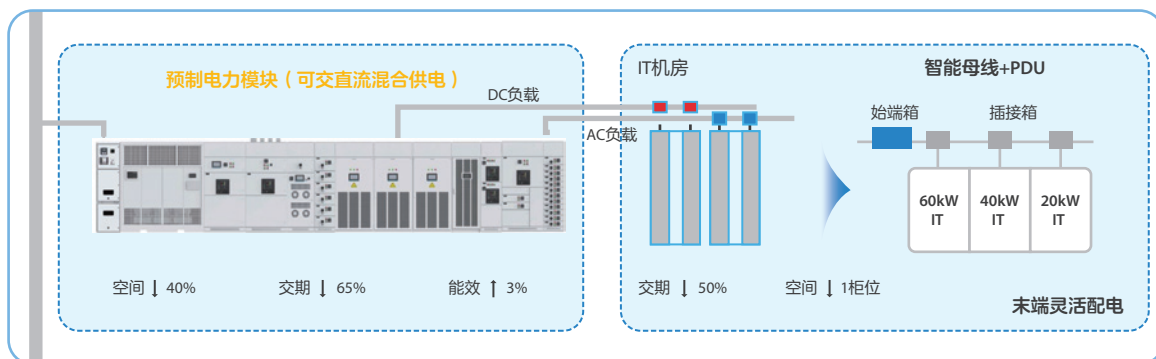
中兴通讯预制电力模块（ZXEDC F7000）融

合从中压、变压器到负载馈线端的全功率链路，为中大型数据中心提供兆瓦级的供、配、备电一体化解决方案（见图1）。该产品输入10kV交流，输出直流240V，同时可输出交流380V，系统可匹配不同IT机柜电压等级。系统包含变压器前置中压柜、变压器、低压进线柜、母联柜、补偿柜、HVDC系统、UPS系统，以及一体化集中监控系统。系统及组件采用模块化设计，便于系统灵活配置及后期弹性扩容；系统电源支持休眠和负载动态调节功能，适应机架功耗宽幅变化；整机一体化设计、高密部件集成，减少供电系统占地面积；通过预制化、去工程化，降低交付复杂度，大幅缩短工期；通过智能管理，实现全链可视化管理和预防性维护，保障系统运行安全。

中兴通讯预制电力模块（ZXEDC F7000）产品具有以下亮点：

- 弹性供电：交直流混合输出，支持不同IT机柜需求；模块化设计，支持系统灵活配置及后期弹性扩容。
- 空间紧凑：系统高度集成，去线缆为铜排，母排集成在柜体内，与传统供电方案相

图1 中兴通讯ZXEDC F7000-MIX解决方案



比,节省占地40%以上。

- 极速交付:整体在工厂提前预制,工期由10周缩短至3.5周。
- 高效节能:HVDC采用业界领先的30kW高效模块,系统效率大于97%,变压器采用一级能效变压器,整体链路效率可达96%以上。
- 智能管控:实现全链路可视化,告警可视化;母排温度监测、温度预警功能替代人工巡检,实现三级健康度诊断。

系统弹性供电

整个系统可直流/交流混合供电,同时可以灵活配置为HVDC直流供电系统或UPS交流供电系统。

- 可适配交流和直流负载,满足客户多元类型负载需求;
- 电力模块HVDC/UPS设备可灵活配置,可按期扩容HVDC/UPS设备;
- 电力模块系统可按照终期容量部署,模块逐步增加,同时配套小母线实现服务器机柜弹性供电需求;
- 电力模块最大容量3MW,可分期部署多个电力模块,满足后期扩容需求。

系统空间紧凑

电力模块内部采用铜排连接,减少柜间电缆连接。HVDC集成交流配电柜、直流配电柜、整流柜,三柜变一柜。补偿柜集成SVG和APF模块,两柜变一柜。电力模块集成监控系统,减少监控系统和管控柜配置。HVDC单模块为30kW,后续整流模块将提升到100kW以上,HVDC单机柜功率目前为900~1200kW,后续单机柜功率将提升为2000kW。

系统快速交付

电力模块相关设备在工厂完成生产、组装、调试工作,减少现场作业,现场完成整体落地安装即可,极大减少现场的交付时间。

系统模组化设计,便于灵活配置和更换。系统可分解为中压模组、低压模组、HVDC模组、

UPS模组。交付时,可采用模组形式分批运输交付,解决整体吊装、二次运输困难等问题。

系统高效节能

整个预制240V HVDC系统从10kV交流输入到240V直流输出,整个链路做到最小距离,减少电缆连接、跨房间布置。同时采用一级能效变压器及高效HVDC系统,整体链路效率可达96%以上。

系统智能安全可靠

系统配置智能化系统,可直观看到整个系统运行状态及告警情况。同时具备AI温度预警、三级健康度预警功能,从被动维护到主动预防转变。

核心部件具备模块化插拔设计,便于后期快速维护。其中关键部件如SVG模块可在线更换,HVDC/UPS功率模块、监控模块可热插拔更换;断路器可选用抽出式,便于后续快速更换。

- 系统风道特殊设计,确保系统可靠运行

整体风道为前进后出,发热量集中区域采用强排风设计,如补偿柜、进线母联柜等配置风扇。

- 系统可配置母联开关,提升可靠性

与巴拿马系统相比,系统配置母联开关,具备自动投切控制,提升系统可靠性。

- 对机架功耗宽幅变化具有强适应性

低带载情况下,采用整流模块休眠功能,HVDC整流模块可工作在效率最高区间;高带载情况下,可通过模块扩容或系统扩容,保证系统工作在效率合理区间;匹配负载动态变化,通过优化整流模块硬件和软件参数,系统具备快速响应及强过载能力,同时整个系统支持储能系统和超级电容接入,可解决负载功耗突变对电网的影响。

240V HVDC是数据中心能效升级的基石技术,基于预制电力模块构建解决方案,大大提升快速交付能力,减少占地面积,同时具备快速扩容、弹性供电和智能化管理能力。未来5年HVDC技术将随AI算力需求爆发式增长,240V HVDC凭借成熟度、兼容性及成本优势,仍将在过渡期保持主流地位。ZTE中兴

“零碳”能源网， 以技术创新实现可持续发展



张长岭
中兴通讯通信能源产品
规划总工

ICT是能源低碳化的重要技术支柱之一，作为ICT使能方案提供者，中兴通讯于2021年提出“零碳”能源网方案，并持续创新迭代方案，全力支持ICT网络能源的低碳化可持续发展之路。

中兴通讯“零碳”能源网方案依托智能光伏、智能变换、智能锂电、智能配电、智能温控等关键技术，提供极简站点、绿色机房、预制全模块数据中心的全场景零碳解决方案，重构网络能源基础设施的新形态，实现运营商网络从接入到汇聚、到核心的全网低碳、零碳部署和运行。同时，中兴通讯能源云管理系统iEnergy基于大数据和AI技术，提供统一的网络能源管理平台，进一步提升全网能效和运维效率。

“零碳”能源网方案将关注重点从网络能耗转向绿电应用、网络能效和智能运营，为通信站点供电全链端到端的节能减排和提效降费做出贡献，助力ICT网络的绿色低碳演进，同时把零碳方案由通信行业向其他行业拓展，助力千行百业绿色能源自由。

能源云管理：智能调度，多维寻优

中兴通讯iEnergy管理系统是基于大数据和AI技术的统一能源云管理平台，覆盖从发电到用电全能源链管理，通过全网多维度能效分析、评估和优化，实现整体能效最优，进一步降低用电成本。

“零碳”能源网通过iEnergy实现精细化的智能能源运营，通过站点能源设备数据的采集和

管理，并结合大数据和人工智能分析，实现了基于客户需求和业务导向的功能开发，从传统的告警监控转变为网络智能分析优化。这使得客户能够更加直观地了解整个供电系统的运行情况，帮助客户提升全网供电的可靠性、资产利用率和运营效率，降低总体成本。

中兴通讯iEnergy能源运营平台通过精细化管理，实现“一站一策、一日一策”（见图1）；通过AI预测，给出最适合单个基站的最优能源智能调度策略，多维度寻优，综合降低TCO，提升全网PAV（power availability）。

能效提升创新：高效电源、能源矩阵、智能机柜

核心客户的网络能源诉求集中于两防（防盗+防火）、两省（省油+省电）、一发（光伏发电）。“零碳”能源网V2.0在安全、防盗、省油、节电、高效光伏发电等方面已有完整方案部署，V3.0通过技术创新为客户创造更多价值。

高效电源

在V2.0方案中，中兴通讯通过应用GaN材料，将转换效率提升至98%，有效提高了网络能效，节约了电力开支。此外，系统功率密度更高，5U高机型的容量可达到36kW，减少了站点机柜空间的要求，对于现网老旧电源改造具有重要意义。演进到V3.0，中兴通讯进一步实现了整机模块化设计，电源系统支持在中兴通讯电源及

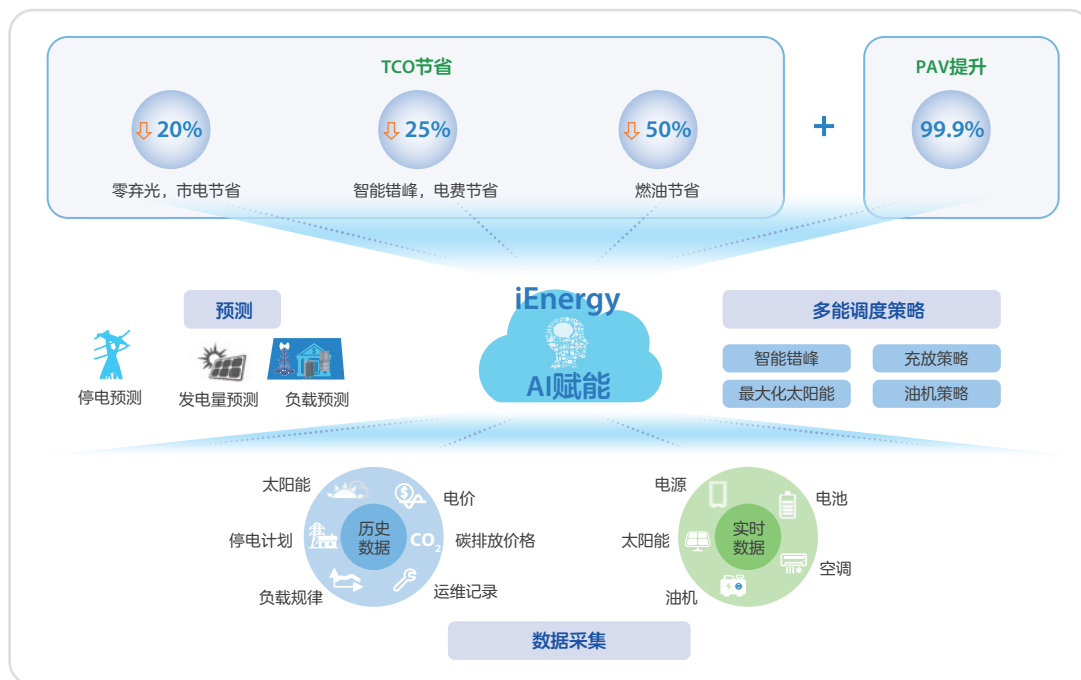


图1 AI调控，一站一策

第三方电源系统上进行并机扩容，最小化初始投资，可灵活平滑扩容到大容量系统。

能源矩阵

中兴通讯能源矩阵作为新一代通信基站储能系统，凭借全面的电池管理技术与精准的核容能力，通过对基站储能单元的深度智能化管理与优化升级，实现一站式能量管理和调度，单系统200Ah~1200Ah配置，支持并机/并柜扩容，满足不同场景需求。

该方案可支持3种以上储能单元完整的能量管理和调度，支持常规备电、不同储能单元按优先级充放电，支持对储能单元核容、智能错峰功能，系统容量可灵活配置，支持多系统并机应用。通过策略优化，现网锂电可延寿20%，铅酸电池可多放出25%电池容量。该方案可支持钠电池、固态电池等新型储能单元管理，并支持峰谷套利、需求响应等创新业务应用。

智能机柜

机柜温控能耗是室外机柜电费的主要来源，同时随着锂电池应用的普及，电池偷盗现象在某些地区日益严重。中兴通讯系列智能机柜是新一代高智能、高安全机柜产品，通过智能温控策略和多级防盗配置与防盗策略，支持平滑扩展，为客户提供高安全、低运维费的长期价值。

绿色、低碳方案向工商业拓展

在碳中和的大背景下，全球各国大企业积极响应双碳战略，勇担重任；与此同时，光伏组件与锂电池原材料价格显著下降，使得光伏发电与储能峰谷套利的经济性日益突出；此外，亚非拉部分国家缺电严重，且电网不稳定，给负载持续供电成为主要诉求。因此，运用新能源以实现节能减排和确保电力供应，减少或替代油机使用，成为运营商及行业客户的核心关注点。为顺应这一趋势，全球各大运营商积极出台政策以促进新能源的应用，积极践行社会责任，助力国家实现碳中和目标。中兴通讯将发挥自身在能源和ICT方面的技术优势，把通信行业“零碳”能源网核心技术拓展到新能源方案，助力运营商和行业客户实现低碳、节费的用能方案。

中兴通讯提供绿色发电、智慧储能、智能用电、能源管理等产品及解决方案，为全球运营商、政企行业客户提供智慧清洁能源，助力客户节能减排。目前，中兴通讯数字能源产品已服务于全球160多个国家和地区。

在这个变革的时代，唯有创新才能应对各种变化带来的挑战。中兴通讯将继续围绕通信能源高效、高密、绿色、智能的发展方向，持续创新，携手全球客户共建低碳未来。ZTE中兴

中兴通讯GaN开关电源方案， 助力运营商绿色能源建设



王鸿
中兴通讯数字能源TE研发
总工



万全
中兴通讯数字能源产品
市场总监

在全球“双碳”目标驱动下，通信行业正加速向绿色低碳转型。以5G为代表的新一代通信技术赋能千行百业数字化转型，同时其基站数量激增与能耗攀升的矛盾日益凸显——5G基站功耗是4G的2~3倍，运营商网络电费支出占比逐年攀升，降低能耗、提升能源使用效率已成为运营商实现可持续发展的关键。与此同时，用户对网络体验的极致追求与能源成本、碳排放约束形成尖锐对立。基于硅基的开关电源由于硅材料特性的限制正逐渐达到其物理极限，已难以支撑绿色通信网络的可持续发展。在此背景下，结合第三代半导体氮化镓（GaN）的开关电源，凭借“高转换效率”“高功率密度”“绿色”特性，为运营商绿色能源建设提供了创新解决方案，成为行业破局的利器。

行业发展趋势

在网络能耗激增与节能降耗的双重压力之下，运营商通信基站以“房变柜，柜变杆”的路径演进。整流器的价值不再是单一的AC/DC能量转换部件，更承担了双碳背景下“绿色”可持续发展的使命。从硬开关到软开关，从模拟到数字，以及材料和器件的不断演进，整流器的大规模迭代发展可分为四个阶段：

- 第一阶段：硬开关技术加模拟控制，功率密度低（ $1.3\sim 6.5\text{W}/\text{in}^3$ ），效率低（ $88\%\sim 90\%$ ），质量重（ $7.8\sim 12\text{kg}$ ）。
- 第二阶段：硬开关技术，控制方式从低频模

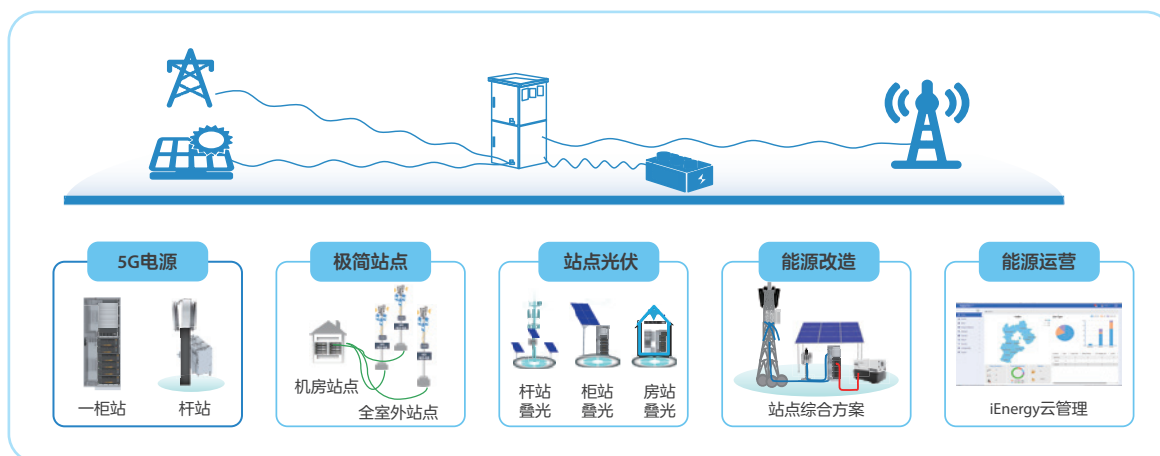
拟控制演进到高频数字控制，功率密度提升到 $14\sim 32\text{W}/\text{in}^3$ ，效率提升到 $92\%\sim 96\%$ ，重量为 $2.0\sim 3.8\text{kg}$ 。

- 第三阶段：软开关技术替代硬开关，全数字高频控制，功率密度提升至 $32\sim 50.0\text{W}/\text{in}^3$ ，效率提升到 $96\%\sim 98\%$ ，重量为 $1.8\sim 2.0\text{kg}$ 。
- 第四阶段：材料技术功率管由Si晶体管逐步转向氮化镓（GaN），磁性器件由分立式到磁集成，效率和功率密度同步得到提升；效率为 $97\%\sim 98\%$ ，功率密度为 $50\sim 70\text{W}/\text{in}^3$ ，重量为 $1.6\sim 1.8\text{kg}$ 。

现阶段，运营商对超高效模块有迫切需求，中国移动、中国电信已将效率纳入电费计算打分，国际客户如德国O2、WINTRE对 $98\%+$ 超高效整流器的需求持续存在。

开关电源技术突破

本世纪以来，以氮化镓（GaN）、碳化硅（SiC）、氧化锌（ZnO）、氮化铝（AlN）为代表的第三代半导体材料在智能手机、新能源汽车、机器人等新兴电子科技领域迅速发展。氮化镓（GaN）作为第三代宽禁带半导体的核心材料，具有高电子迁移率和高饱和电子速度，使其在高频、高功率电子器件中具有巨大优势，目前在消费电子领域已广泛使用，如氮化镓充电器具有体积小、重量轻、充电速度快等优点。尽管氮化镓在消费电子领域已成熟商用，但在通信电源等大功率变换领域还处于发展阶段，主要面临的

图1 中兴通讯系列化
GaN开关电源方案

挑战如下：

- 运行环境较为复杂

一方面，开关电源输入包括市电、油机、光伏等多种能源的电压、频率波动，要求具备宽输入电压范围和动态响应能力；另一方面，异常情况多，例如户外雷击和浪涌、电网异常电压冲击等，传统硅基方案通过关断保护，但GaN硬开关特性易导致误导通和寄生振荡。

- 高精度控制算法适配

GaN支持兆赫兹级开关频率，需要匹配智能化控制算法，如数字信号处理器DSP或自适应PID，以优化动态响应和抗干扰能力，提高电源系统的抗干扰能力和环境适应性，同时解决高频寄生参数对控制精度的影响。

- 系统集成设计

开关电源除了功率器件外，还需要集成控制芯片、电容、电感等多种元器件，要充分发挥出GaN器件本身的特性，就需要与系统中其他部件紧密配合，以达到系统级最优。

高效GaN整流器，开启开关电源节能新篇章

中兴通讯自主开发了全新一代GaN超高效3kW和4kW整流器ZXEPS R4850H1和R4875H1，产品峰值效率达98%，功率密度高达70.2W/in³，满足低碳绿色发展需求。新一代GaN整流器产品

相比传统开关电源有如下优势：

- 节能：电源系统整体效率提升至98%以上，以18kW电源系统为例，效率从96%提升至98%，可节省电费1260kWh/年，2年内即可收回成本。
- 省材：GaN高功率密度特性使电感、电容等无源器件体积减少50%~60%，电源系统整体体积小、重量轻，包装材料用量和运输成本均相应减少。
- 综合性能更优：能耗损失降低50%以上，意味着低温升，降低系统温控设备的能耗，同时小型化、轻量化设计便于城市密集区域灵活部署。

基于高效GaN整流技术，中兴通讯推出系列化GaN开关电源方案，构建“发-转-储-用-管”一体化能源体系。方案提供从大型中心机房电源到微站电源、从室内电源到室外电源、从单产品到“端到端能源运营”服务的全场景产品，满足运营商在不同场景下的能源需求（见图1）。

目前，中兴通讯GaN开关电源方案已在全球多个运营商项目中商用。随着通信技术的不断发展，对绿色能源的需求将更为迫切，中兴通讯将持续深耕GaN开关电源技术，不断优化方案性能，拓展应用场景，携手全球运营商共同推动通信行业绿色低碳转型，为构建可持续发展的绿色未来贡献力量。ZTE中兴

能源矩阵， 助力新型基站储能整治和智能化运营



黄元华

中兴通讯数字能源通信
储能产品方案经理

随着物联网、5G、云计算等新一代信息技术的快速推广和应用，通信基站数量和规模持续扩大，对通信储能的需求也随之增长。锂电池因其高能量密度、长循环寿命和快速充放电能力，逐渐成为通信基站储能的主流选择；而随着钠离子电池技术的成熟，其在通信基站储能中的应用也在逐渐增加；随之而来，铅酸电池市场份额逐渐下降。通信基站储能市场正朝着技术多样化、储备一体化和智能化管理的方向发展。

当前通信基站储能面临的挑战

在无线网络升级演进过程中，多种电池在通信基站被叠加使用，导致基站储能面临多重挑战。

首先，现网电池型号多样，不同厂家、不同容量、不同类型的电池在性能、维护方式、使用寿命等方面存在差异，电池维护成本高，融合管理难，同时混用不当将导致性能下降、供电可靠性低，甚至引发安全事故。

其次，电池实际备电能力无法被准确获取，部分站点存在备电不足，且无法提前发现潜在备电风险，影响供电可靠性。

第三，电池缺乏寿命管理，部分电池未能工作在最佳状态，加速电池寿命衰减，从而增加电池的更换成本。

最后，在市电良好、有峰谷电价差的场景下，电池性能未被充分利用，并释放全生命周期价值，导致资源浪费和初始投资增加。

能源矩阵，多场景端到端供电方案

为应对以上挑战，中兴通讯推出创新的能源矩阵方案，实现一站式储能管理和调度，最大化提高网络资产利用效率，同时提升供电可靠性并降低TCO（见图1）。

● 全连接一站式管理

能源矩阵支持市电、油机、太阳能等多种能源输入和多种类型电池接入，并对所有能源设备进行统一管理，从而帮助客户利旧现有资产，实现站点平滑扩容，减少初始投资。

● 电池混用，统一调配

为了更好地利旧现有电池资产，让电池使用价值最大化，能源矩阵支持不同类型的电池混用，包括铅酸电池、铁锂电池，以及未来可能用到的钠离子电池。同时支持软件自定义电池充放电管理，并进行统一调配，包括：定义电池优先级，各种电池按照优先级次序充放电；根据电池类型和健康状态，定义电池同时充电或同时放电时各自电流大小；根据电池循环性能，定义电池按照不同的放电深度来放电。

● 电池精准核容

能源矩阵支持对所有接入的电池进行自动核容，精准获取电池的实际容量。核容完成后，中兴通讯能源运营平台iEnergy实时显示电池的实际容量、电池健康度，并对低健康度的电池进行告警，提前发现潜在掉站风险。能源矩阵在核容过程中，通过新增加的电池进行托底，提升供电可靠性。

● 容量最大化

通常电池放电电流越大，电池能放出的容量

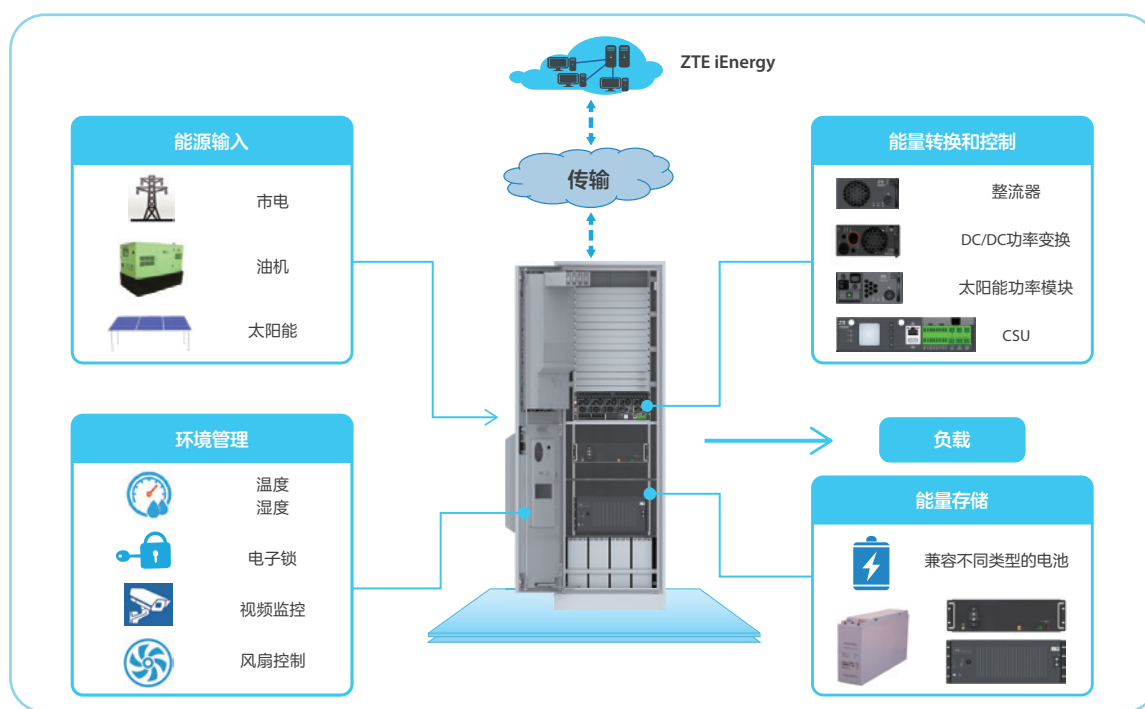


图1 中兴通讯能源矩阵方案

越少，铅酸电池表现更为明显，这跟电池本身的材料和电化学特性相关。为了利旧现网电池，能源矩阵支持不同种类电池共同带载，根据电池健康度高低，调整电池放电电流大小，减少低健康度电池的放电电流，让低健康度电池工作在最合适的带载状态，实现物尽其用、放电容量最大化，在保障通信基站备电可靠性的同时减少电池配置数量，从而减少初始投资。

举例来说，比如某现网站点有2组200Ah铅酸电池，平均负载电流100A，现网铅酸电池备电时长仅16分钟，性能劣化严重。增加1组100Ah新锂电池，当新锂电池独立供电时，能提供57分钟的备电时长；新锂电池与现网铅酸电池混用，并按照健康度的高低来共同分担负载时，总计提供107分钟的备电时长，超过铅酸电池和新锂电池各自独立带载时的备电时长之和，达到1+1>2的效果。共同带载时铅酸电池放电电流比独立带载时的放电电流小，从而释放出更多的电池容量，使现网电池使用价值最大化。

● 电池寿命统一管理

能源矩阵可以平衡不同循环性能电池的生命周期，通过调整放电深度，让循环性能好的电池放电深度大一点，循环性能差的电池放电深度小一些，从而使各种电池预期使用寿命达到一致，实现电池使用寿命一起终结、一起报废、一次上

站处理，减少电池上站次数和维护成本。

● 灵活扩容

能源矩阵系统容量可灵活配置，支持模块、电池按需平滑扩容，分阶段投资，减少初期建设成本。初始时为减少投资，不用配置过多模块，后期按需要增加DC变换模块，如果有光伏接入的需求，能源矩阵支持增加太阳能功率模块和PV组件，实现平滑叠光。同时利旧现有电池，按需要增加新的锂电池。

● 储备一体

能源矩阵在减少初期建设成本和维护成本之外，还能帮助客户赚取额外收益。在一些有峰谷电价差的地区，通过让一部分电池参与错峰用电，在高电价时电池放电，低电价时电池充电，达到节省电费开支的目的，同时其他电池做备电，保障站点供电可靠性。另外还可以与虚拟电厂聚合协调平台对接，获取电网调峰、调频等电力辅助服务价值收益，实现通信基站储能价值最大化。

中兴通讯能源矩阵已在国内多个省份获得部署应用，成功验证电池智能精准核容、自定义充放电管理、智能削峰等功能，同时不影响原有电源正常下电，帮助客户盘活现有电池资产，并实现峰谷套利，激活站点价值。ZTE中兴

工商业储能及光储柴微电网应用分析



汪之义

中兴通讯新能源产品市场
总监

据

统计，2024年全球工商业储能新增装机容量达到12.749GWh，同比增长52.7%；其中中国市场约为8.2GWh，同比增长72%，全球占比64.32%。工商业储能快速增长态势背后有三重驱动因素：首先是全球范围内电价机制改革，分时电价差持续扩大，为储能套利创造了空间；其次是各国电网公司逐步将储能纳入辅助服务市场，开放调峰、调频等收益渠道；第三是锂电池成本持续下降，过去5年降幅超过60%，使得储能项目投资回报周期显著缩短。

中国市场主要受华东等地区高电价差及政策补贴推动，商业模式以合同能源管理（EMC）为主，投资回收期在5年以下。欧洲等海外成熟电力市场的动态电价政策、叠加一次调频需求响应，使工商业储能内部收益率（IRR）提升至15%以上，投资回收期缩短至3~5年，具备经济性。

而在亚非相关新兴市场如缅甸、南非等地区，储能则更多扮演电力保障角色，解决频繁限电带来的生产损失问题。特别是，据世行统计，截至2023年底全球仍有7.59亿人口无电可用，主要分布在撒哈拉以南非洲、南亚及偏远岛屿；另无市电地区主要依赖柴油发电机发电，燃料成本高、污染严重，也有储能配合光伏构建光储微电网的场景需求，一定程度减少或者替代油机，预计带来15~20GW功率的装机空间。

以上不同区域的差异化特征为储能产品设计和解决方案提供了多样化需求场景，考虑业界有较多的工商储峰谷套利等成熟商业模式介绍，本文更侧重微电网等差异化应用场景的解读和实践分析。

工商业储能技术特征

工商业储能作为用户侧储能的核心构成，具有配置灵活、功能多元、经济性显著等特点。从技术路线看，当前主流选择为磷酸铁锂（LFP）电池，其安全性能优异、循环寿命可达8000次以上，完全适配工商业场景的频繁充放电需求。

工商业储能主流产品形态为一体柜架构。该架构将电池模块、电池管理系统、储能变流器、液冷机组、消防系统、本地能量管理系统EMS、高压箱等高度集成于标准机柜。储能柜里的设备采用模块化设计，储能电池电芯-电池模块-电池簇-模块化储能系统，层次分明，功能完善。典型如中兴通讯ZXEPGE260C8一体柜（125kW/261kWh）产品，具有部署快捷、占地面积小（落地仅1.53m²）、即插即用等特点，特别适合中小型工商业场景。其技术特征为：

- 电池系统：采用LFP电芯，4个1P65S液冷电池模块，成组方式为1P260S，0.5P。
- PCS：集成125kW双向变流器，带并离网功能，并离网转换时间<20ms，无缝切换。
- 智能管理：AI制定和优化工作策略，收益最大化。一键建站、设备巡检诊断，运维更简便更智能；带HMI触摸屏，支持可视化
- 安全防护：包括温感、烟感、灭火装置及管路等，支持主动探测+气溶胶被动消防、热失控预警、消防联动，多重消防保障。

这种高度集成化设计大幅降低了部署门槛，使得没有专业电力背景的工商业用户也能快速应用储能系统，是推动市场普及的关键产品形态。

东南亚某海岛度假村采用3台中兴ZXPG E260C8储能柜与300kW光伏、500kW柴油发电机构建微电网,实现柴油机运行时间从24小时/天降至5小时/天,黑启动时间<30秒,关键负载供电可用性达到99.99%。

工商业储能典型应用场景和经济模型分析

在实际商业环境中,储能系统通过多种价值流创造收益,主要应用场景包括峰谷套利、需量电费优化、需求响应与辅助服务、微电网与并离网供电等。

● 峰谷套利

通过谷时充电、峰时放电,利用分时电价差降低用电成本。以中国浙江某制造企业为例,配置261kWh储能系统后,在10kV大工业电价(峰谷价差0.9元/kWh)下,每日两充两放可产生约470元收益,投资回收期约4~5年。

● 需量电费优化

通过平滑负荷曲线,避免变压器容量超限引发的需量电费惩罚。美国加州某园区项目数据显示,合理配置储能可降低30%~50%的需量费用,对物流冷库等高负荷波动场景尤为有效。

● 需求响应与辅助服务

参与电网调峰等市场化服务获取收益。欧洲某容量市场中,储能系统每年可获得£45/kW的固定收益。

● 微电网与并离网供电

结合光伏与柴油发电机构建独立微电网,可解决电网不稳定地区的供电问题。基于2024年底的光储微电网典型配置,其度电成本(levelized cost of electricity, LCOE)已降至0.25~0.4美元/kWh,低于柴油发电机的0.5~0.8美元/kWh,成本降低约50%。

值得注意的是,场景叠加能显著提升经济性。澳洲某项目中,当储能系统同时参与峰谷套利和频率控制辅助服务(FCAS)时,内部收益率

(IRR)可从单模式的9%提升至18%。

光储柴微电网构建关键技术

光储柴微电网作为工商业储能的高阶应用形态,其技术架构包含光伏阵列、储能系统、柴油发电机、智能控制系统和负荷中心五大组件。其中储能一体柜作为能量缓冲中枢,其性能直接影响系统可靠性。构建此类微电网需重点关注以下技术指标:

● 无缝切换时间

当市电中断时,储能需在20ms内完成并离网切换,接管关键负载,避免生产设备停机。这要求功率转换系统PCS具备并离网快速切换模式,此外,需要配置额外的静态转换开关STS并离网控制柜。

● EMS管理协调控制

在工商储一体柜本地EMS基础上,还需要增配微电网独立的EMS管理平台,实现对于微电网系统内光伏功率、储能SOC、柴发启停控制等统一管理和调度。策略上可以支持:有市电时,优先使用市电,光伏发电先存储到ESS系统;市电停电时ESS变为支撑电源,光伏有出力时优先消纳;进行储能SOC动态管理(通常保持20%左右的最小容量);控制柴油机最小运行时间(避免频繁启停)。

● 容量配置原则

光储微电网的典型配置逻辑为:储能容量,根据负载功耗与备电时间选择PCS及电池容量,电池按90%放电深度计算;负载匹配,储能系统的PCS出力总功率必须大于支撑负荷的最大功率。

未来随着虚拟电厂(VPP)技术的发展,分布式光储柴微电网还将具备参与电力市场聚合交易的能力,进一步拓展工商业储能的价值边界。在这一演进过程中,标准化、智能化的储能一体柜产品将成为构建新型电力系统的重要基石。ZTE中兴



甘肃移动庆阳数据中心： 模块化建设引领快速交付新风向



甘雨凡
中兴通讯数据中心方案
策划总监

在数字经济蓬勃兴起的浪潮中，数据中心作为数字经济的核心基础设施，其建设速度与交付效率成为衡量地区数字竞争力的关键指标之一。作为中国移动积极响应“东数西算”国家战略的标杆项目，甘肃庆阳数据中心以其创新的建设模式和卓越的交付成果，成为行业内的成功典范。

甘肃庆阳数据中心建设规模宏大，在一期园区初期规划137亩的土地上，将新建多栋数据中心机楼及相关配套设施，装机能力约3500架。中兴通讯凭借在数据中心领域的深厚技术沉淀、领先的产品解决方案以及杰出的项目交付能力，成

功中标N02机楼南区7个机房模块项目。该项目共涉及256个23kW机柜和512个12kW机柜，IT总功率高达12032kW，规模庞大，需求复杂。

N02机楼项目是机电EPC（工程总承包）工程，涉及设计、设备采购、施工等端到端环节，任务艰巨。而且土建设计的不确定性更是给机电设计带来了重重困难，传统建设模式难以满足项目对交付速度与质量的严苛要求。

面对诸多挑战，经过多轮深入的方案研讨与沟通，项目团队最终采用“钢结构+模块化”的创新建设模式，将N02机楼分为南北两区同步推进，打破建设瓶颈，开启加速交付的新路径。

“作为中国移动积极响应“东数西算”国家战略的标杆项目，甘肃庆阳数据中心以其创新的建设模式和卓越的交付成果，成为行业内的成功典范。”

● 钢结构+集装箱方案，3个月交付

中兴通讯运用大颗粒度预制化的先进理念，进行科学合理的设计与深度预制。供配电侧采用67个电力集装箱，分为高压模块、低压模块、电池模块，并全面应用一体化电力模块，打造高度标准化、功能完备的“积木块”。在交付现场，模块化建设的优势得到了充分体现。由于大部分工作已在工厂完成，现场的组装工作大大简化，缩短了建设周期。同时，模块化的设计还增强了建设的灵活性，可以根据实际需求对模块进行灵活配置和扩展，为数据中心未来的升级和扩容提供了便利。

● 电力模块链路超融合，部署周期缩短65%

电力模块融合了从中压、变压器、UPS到负载馈线端的全功率链路，通过一体化设计、高密度部件集成，减少供配电系统占地面积；通过预制化、去工程化，降低交付复杂度，大幅缩短工期；通过智能管理，实现全链可视化管理和预防性维护，保障系统运行安全。

● 应用多种节能技术，PUE<1.2

中兴通讯深知节能降耗对于数据中心运营的重要性，分区采用不同的制冷方式，建成后年均

PUE低至1.2。IDC机房模块采用蒸发冷型磁悬浮相变空调/风冷型磁悬浮相变空调+列间空调，热通道封闭；传输机房模块采用精密空调下送风，热通道封闭；配电室采用氟泵变频空调，优化气流组织。

在甘肃庆阳数据中心N02机楼项目的建设过程中，中兴通讯与各方建立了紧密高效的合作关系，攻克了一个又一个技术难题，化解了一个又一个建设困境，共同推动了项目的高质量交付。与中国移动甘肃省分公司保持深度战略协同，紧密围绕项目目标，全力配合各项建设任务；与设计院无缝对接，确保设计方案的精准落地；与公司内部团队紧密沟通，保障设备供应和交付的及时性和准确性。

甘肃庆阳数据中心N02机楼项目的圆满成功，是中兴通讯在数据中心建设历程中的又一重要里程碑。展望未来，中兴通讯将继续秉持创新驱动、客户至上的发展理念，持续加大在数据中心技术研发、产品创新等方面的投入，不断优化模块化建设方案与交付流程，为全球更多的数据中心项目提供优质的产品与服务。ZTE中兴

全网端到端能源改造， 助力南非MTN网络运营降本提效



王莹
中兴通讯能源品牌策划
资深专家

在当前全球5G快速部署、能源危机持续发酵、通信网络日益复杂以及数字化转型加速推进的背景下，通信网络面临能耗激增、运维复杂化、绿色转型等多重挑战，亟需具备端到端能力的解决方案提供商，从整网规划和区域协同的角度出发，通过系统性改造实现能效提升——从单站设备的硬件升级，到区域级的能源协同管理，最终实现整网级的智能优化，构建高效、低碳、智能的新一代通信能源网络，助力运营商在保障网络性能的同时显著降低运营成本和碳足迹。

MTN是非洲最大的跨国电信集团，在非洲16个国家运营，总用户数达2.97亿。MTN集团（MTN Group）旗下全资子公司——南非MTN，是南非最佳网络提供商，全国拥有约13000个站点，为3920万客户提供服务。凭借97%的4G覆盖率和超过44%的5G覆盖率，南非MTN正推动数字经济转型，并在关键经济领域实现技术革新。

为应对日趋严重的停电趋势和站点改造等诸多挑战，南非MTN与中兴通讯合作，对现网4000多个低供电可用率站点进行端到端全产品综合能源改造升级，确保站点备电能力，提升站点供电可用率。中兴通讯“零碳”能源网解决方案，将

“高效、低成本、柔性、稳定、智能运营”的设计理念贯穿站点发电、转电、储电、用电、管电各环节，实现端到端全能源链的网络运营综合降本提效。

现网能源改造场景复杂，需求紧迫

南非国供电情况近年来持续恶化，2021年停电时间为2.1%，2022年为10%，2023年，每天超过1/4的时间都处于停电状态。同时，停电场景复杂，分为8级限电，单站停电时长为2.5h~13.5h不等。MTN现网面临诸多挑战：站点交流输入不足、站点电池备电能力不足，长时间离网，每天中断2~3次；站点偷盗情况严重，机柜、电池、线缆丢失；站点无针对能源设备的监控，全网在低能效、高OPEX下运行；网络供电可用率（power availability, PAV）持续走低，客户流失严重。

上述情况导致南非MTN全网迫切需要进行网络成片能源改造。同时，改造场景复杂，包括老旧电源、电池、油机升级、太阳能降碳、混合能源方案、站点防盗、站点监控、能源运营提效等多维度需求，方案复杂，改造难度大，时间紧迫。南非MTN需要具有端到端综合改造能力的专

业能源供应商针对全网整体升级改造, 并满足交付进度, 尽快改变网络现状。

专业的方案设计能力, 实现全网最优方案设计

中兴通讯最大化、最优利旧MTN现网设备, 节省投资, 提供针对性的“一站一方案”, 实现单站差异化能源改造, 深度定制, 方案与实际场景适配性强, 低TCO实现整网改造, 提升整网能源效率。

首先, 电源利旧与替换相结合, 充分利旧现网中兴通讯电源, 并采用多种结构设计方案, 最大限度利旧室外柜和室内机架, 有效节省客户投资。采用中兴通讯高效电源, 替换现网容量不足的第三方电源, 可搭配扩展单元, 平滑升级, 实现按需容量扩展、分阶段投资并降低初始成本。整流器效率达98%, 极大程度提升转换效率, 降低能量损耗, 实现低碳。搭配智能空开, 支持远程通断控制, 满足各负载差异化备电需求, 精细化管理, 降低电池配置。

第二, 储能电池利旧与替换相结合。针对客户现网近期部署的电池, 若性能良好, 利旧现有电池, 同时采用中兴SmartLi智能锂电与利旧电池直接混用, 实现站点电池容量平滑扩容, 以应对更长时间的站点备电需求。针对现网性能差的老旧电池, 采用中兴SmartLi智能锂电进行替换, 150Ah大容量3U高度高密设计, 极大节省客户机柜空间。中兴锂电支持电池混用功能, 让现网电池容量充分释放, 最大化利旧。

第三, 充分引入太阳能降碳。中兴太阳能功率模块能完美接管利旧太阳能板, 无需改变组件连接方式, 最小程度改造, 最大价值收益。针对原油机站点, 新建太阳能, 实现多能源混用。采用业界领先的单组件MPPT跟踪技术, 在有阴影遮挡的场景下, 增加20%发电量。

此外, 针对狭小空间能源改造需求, 采用中兴Pad电源+电池方案, 模块化扩容, 灵活配置。

iEnergy能源运营管理系统, 助力运维效率提升25%

中兴通讯在全网部署iEnergy能源运营平台, 支持电源、电池、太阳能、油机能源设施综合管理、动环监控等多种需求。针对MTN部分无权限改造的重要站点, iEnergy搭配管理单元, 可实现现网第三方电源、锂电监控和管理。

全平台iEnergy智能运维, 为电池、太阳能电池板和油机提供详细的维护指导, 如提供电池SOC、SOH、电池寿命预测以避免电池风险和站点断站; 设置油机维护计划和加油日历, 将运维从被动变为主动; 提供远程巡检和故障分析以减少现场上站费用; 站点综合运维效率提升25%。



◀ 专业的改造方案设计, 最大化利旧现网设备

“中兴通讯在南非MTN能源改造项目中，通过全场景、全产品的端到端能源解决方案，实现一站式交付与全网智能管理。

立体防盗，构建通信站点安全防护体系

项目团队针对低风险、中风险、高风险地区，以及现有电池是否有环氧树脂保护等维度，分别构建差异化的电池防盗改造方案，采用增加电池安全柜、机柜&油机安全笼、新灌入电池环氧树脂、加固型方仓等措施，提升站点物理防盗措施。

同时，通过提供全网站点安全、动环监控方案，帮助MTN及时掌握全网状况，保护站点

安全。

一站式整体快速交付，资源整合

中兴通讯为MTN提供工勘、设计、交付、运维的一揽子能源改造服务，完成全场景客户需求方案改造升级。

中兴通讯具备专业的方案实施能力，资源整合、调度能力强。例如，在项目执行交付过程中，充分调用主产品交付资源，同时，整合本地供应商、分包商资源，高效交付，快速提升网络质量。每月实际峰值交付可达1000站点，超出客户期望，最终6个月完成了4200个站点改造，帮助客户最大化减小停电带来的损失。

中兴通讯在南非MTN能源改造项目中，通过全场景、全产品的端到端能源解决方案，实现一站式交付与全网智能管理。凭借业界领先的技术指标和性能，采用多举措并行策略，成功将MTN全网PAV从85%提升至98%以上，显著降低OPEX。该项目不仅解决了客户新建与改造需求，更以统一生态实现网络运营降本增效。MTN高层发来感谢信，充分认可中兴通讯在复杂供电场景下的综合改造能力。ZTE中兴



▲ 项目团队举行阶段性庆功会

上海联通： 率先完成联通首个50G-PON 三代时分共存方案现网验证

随着“新基建”战略的深入推进和数字中国战略的加速落地，万兆光网已成为城市数字化转型的关键基础设施。50G-PON作为万兆光网的关键使能技术，支撑在EPON环境下实现50G-PON、10G-EPON、EPON三代PON系统的兼容共存，已成万兆光网演进的迫切需求。传统波分兼容方案需要更换现网海量的宽频EPON终端或重新铺设ODN网络，这将带来巨大的网络升级改造成本。相较之下，50G-PON时分三代技术凭借其灵活的兼容性与经济性，成为更优的网络升级候选方案。

50G-PON时分方案的技术特点

业界提出的50G-PON、10G-EPON、EPON Combo方案主要分为时分方案和波分方案两类。从技术实现来看，两种方案在下行方向均采用波分方式，但在上行方向分别采用时分复用方式和波分复用方式。这种差异直接影响了两种方案在兼容现有终端设备方面的能力，进而决定了他们在实际部署中的适用性与演进路径的优劣。

时分方案的核心优势在于其全兼容能力。波

分方案无法兼容波长未收窄EPON终端，而现网中存在大量波长未收窄EPON终端。其辅助手段，例如终端替换或新建ODN网络，都需额外投入大量成本，这显然不利于运营商实现降本增效与可持续经营的目标。而时分方案则彻底解决了万兆光网与现网海量未收窄EPON终端的兼容难题，实现了EPON终端的全兼容共存，现网终端无需退网，也无需新建ODN，从而为网络的平滑升级扫清了障碍。

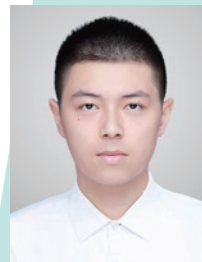
中兴通讯50G-PON三代时分共存方案

中兴通讯提出了创新的50G-PON三代时分共存方案。该方案在上行方向基于1G/10G/25G/50G四速率时分接收和混合DBA调度机制，实现了EPON体系三代六类终端带宽按需分配。这一创新方案大幅降低了网络升级成本，同时提升了网络可持续性和经济性。

该时分方案的核心优势是全兼容能力：时分方案的上行带宽通过统一调度带宽，按需分配给三类终端，带宽利用率更高。时分方案实现了全体系终端的兼容，其方案价值优势更大。同时，



苏红海
中兴通讯固网产品策划
经理



苏思源
爱解答信息科技有限公司
测试工程师



▲ 图1 上海联通50G-PON三代时分方案的现网业务验证

实现统一DBA调度，时延无劣化。江苏、北京、天津、宁夏、四川等多地调研结果显示，主流网络采用G.652D光纤，基本未发现水峰光纤，可见水峰光纤对时分方案基本无影响。中兴通讯倡导的时分方案在兼容能力、建设成本以及部署便捷性等核心能力方面都有着明显的优势。

创新引领，助力上海打造全球双万兆标杆城市

50G-PON技术是工信部“万兆光网试点”的核心技术，作为上海持续开展“光耀申城 万兆启航”建设的重要实践，上海联通联合中兴通讯，率先完成联通首个50G-PON三代时分共存方案现网验证（见图1）。

上海联通在本次现网验证中采用了中兴通讯业界首创的50G-PON三代时分Combo板。在同一PON口下，成功接入了多代终端，三代、四速

率、六种终端在同一PON口下同时工作，成功实现了50G-PON、10G-EPON和EPON三代PON系统在同一ODN网络中的兼容共存，并顺利承载了现网宽带、IPTV、语音等业务。

现网实践表明，三代PON系统共存时业务运行稳定，用户体验显著提升，为50G-PON规模商用提供了关键技术支撑。此次验证彻底攻克了EPON体系向50G-PON演进过程中涉及的ITU-T与IEEE标准兼容难题。

通过创新技术的应用和实践，上海联通在万兆光网建设中取得了显著成果。这一成果不仅标志着现网向万兆光网平滑演进取得了实质性进展，更为现网的规模商用提供了关键实证支撑，为EPON覆盖小区向多代共存的万兆光网平滑演进开辟了新路径。这无疑是上海联通“双万兆”网络建设迈向新台阶的重要标志，为打造全球双万兆标杆城市奠定了坚实基础。ZTE中兴

基于电联共享5G 2CC的实践研究

5G网络是国家战略的重要组成和行业数字化转型的关键支撑,持续完善5G深度覆盖并拓展广度覆盖是关系到民生保障和网络强国的重要举措。2024年,随着数据业务快速向5G网络迁移,5G流量已超过4G流量,国家相继推进“信号升格”“千兆普及万兆启航”行动,这对于重点场景5G网络供给能力和移网用户端到端业务感知提升提出了更高要求。

面对新的形势和挑战,中国电信和中国联通基于5G中频网络全面共建共享,4G中频网络基本实现一张网,5G/4G高中低频网络共享向纵深推进的同时,提出发挥电联频率资源共享优势,形成互补合力,推进重点城市、热点地区5G-A网络覆盖,并精准部署载波聚合(carrier aggregation, CA),打造差异化优势的整体策略。

云南电联携手中兴通讯开展载波聚合技术验证

云南电信和云南联通积极践行电联集团战略,联合中兴通讯,率先在昆明实施了基于FAST(Fusion Assisting Super TDD)方案的900MHz与3.5GHz跨运营商载波聚合现网技术试点验证。该试点验证为解决密集及一般城区居民小区、城中村、商业区等环境复杂、室内浅层覆盖不足问题,探索了一条可行路径,为下一步规模部署5G 2CC(2 component carriers)提供了更多可选的解决方案。

目前,云南电联在城区部署5G的主流频段是3.5GHz,该频段属于TDD模式,频谱资源充足,但也存在明显的弱点,即频率高、传播衰减快、穿透损耗高,导致覆盖性能相对不佳。尤其是在

上行方向,虽然终端可支持大功率26dBm双通道发射,且基站还可支持多通道接收,在室外低路损场景下的覆盖和1.8GHz相当,但在室外覆盖浅层室内的场景下,受TDD模式上下行分时发送、分给上行的时隙较少(以2.5ms单周期为例,上行时间占比仅为23%)的影响,3.5GHz穿透损耗大的瓶颈凸显。随着云南电联低频共享推进,联通在城区规模开展900M NR(new radio)升级,而900MHz频段属于FDD模式,载波带宽较小,但由于频段较低,传播损耗和穿透损耗都较小,而且可以在上行所有时隙发送数据,正好和TDD载波互为补充。云南电联将基于中兴通讯FAST方案,整合双方高中低频现网资源,满足TCO(total cost of ownership)最优、用户感知显著提升的需求。

中兴通讯FAST方案是一种创新的时频双聚合方案,其基于成熟的载波聚合框架,创新性地引入了上行TDM(time division multiplexing)调度技术,能够在不同频段的覆盖和帧结构特性基础上,灵活支持FDD和TDD NR频段,以及多个TDD NR频段之间的深度协同和聚合,在时域和频域双维度提升了无线资源利用率,实现上下行容量覆盖的双增强。

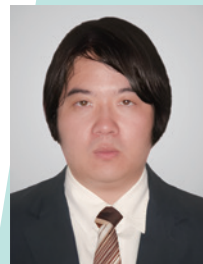
FAST方案已经在多个场景中得到了验证和应用,表现出了显著的效果。例如,与运营商合作完成了2.6G+4.9G 3CC百站连片部署,并与云南电信合作完成了2.1G+3.5G跨时时频双聚合验证。而本次跨运营商在共享的同时部署900M+3.5G 2CC现网验证则是首次。中兴通讯针对云南电联的需求推出了端到端验证方案(见图1),开展了同站址和近站址两种场景下室外和室内的测试验证。



贺光宇
云南联通5G共建共享
工作组总经理

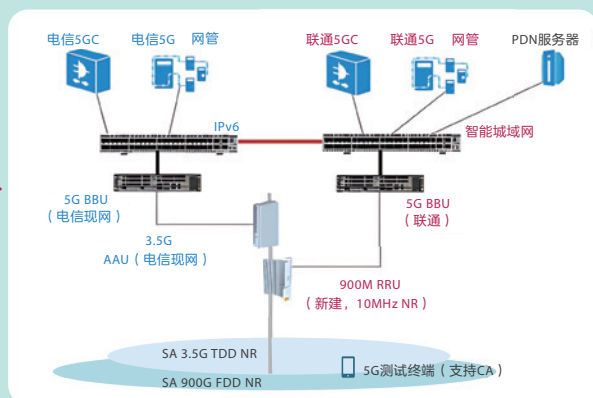


刘剑
云南联通5G共建共享
工作组室经理



黄寅
云南电信5G共建共享
办公室主管

图1 云南电联900M+3.5G 2CC验证组网示意图



验证成果：实现容量、覆盖、时延三方面性能提升

通过现网验证，中兴通讯FAST方案把FDD和TDD频谱在时域和频域上进行了巧妙协同，在充分利用成熟技术并不对终端增加额外成本的基础上，引入创新性的载波间协同与调度技术，化解3.5GHz单频组网面临的三大挑战，实现容量、覆盖和时延三方面性能的提升。

● 5G覆盖提升

通过5G时频双聚合技术，终端能够同时连接FDD和TDD两个载波，在小区边缘时继续享受TDD载波下行大带宽，而上行传输则可以切换到覆盖更好的FDD载波上，不再因为上行受限脱离5G网络服务。双载波优势互补比单TDD载波服务范围更大，比单FDD载波下行速率也更高。

验证中，终端到达3.5GHz上行覆盖边缘时切换到900MHz，上行传输时隙比单3.5GHz增加，而下行可用带宽比单900MHz提升，产生了1加1大于2的收益，远点覆盖对比3.5GHz单载波增益5dB左右。

● 5G容量提升

上行采用轮发方式，确保FDD+TDD载波聚合时其中TDD载波上行的2×2 MIMO（multiple-input multiple-output）能力，即在TDD上行时隙终端双发全部用于TDD 2×2 MIMO传输，而在TDD下行时隙则立即切换到使用FDD进行上行传输，这

种快速切换机制使得上行方向不但可用时隙提升到接近100%，而且不牺牲TDD 2×2 MIMO能力，容量提升显著。

经验证，下行峰值速率达1.43Gbps，对比3.5GHz单载波下行峰值速率1.31Gbps增益9.16%，对比900MHz单载波下行峰值速率109Mbps增益1218.35%；近点上行峰值速率360Mbps，对比3.5GHz单载波上行峰值速率352Mbps增益2.27%，对比900MHz单载波上行峰值速率31Mbps增益1061.29%。

● 5G时延降低

终端能够利用FDD和TDD两个载波进行选择收发，从而在任何时刻都有可用的发送时隙，无需额外等待，有效降低了传输时延。经验证，上行平均传输时延约为1.5ms，相较于3.5GHz单载波的上行平均传输时延约2.2ms，降低0.7ms，降幅达31%。

价值凸显：电联共建共享的关键实践

FAST方案可应用于站间和扇区间，组网方式上具有很大的灵活性，无需强制要求900MHz和3.5GHz共建站建设，部署更为简便。此外，每一个3.5GHz载波都可以与多个900MHz载波同时进行时频双聚合，反之亦然，每一个聚合组合都是为特定终端动态建立的；通过时域和频域、上行和下行灵活协同和融合，能充分兼容多种终端的差异性；在满足业务需求的情况下使用900MHz与3.5GHz进行2CC拓展覆盖，与新型室分相比，主设备建设成本可节省超过50%，与采用2.1GHz室外照射室内方案相比，主设备建设成本也可降低20%左右。

本次跨运营商部署900M+3.5G 2CC现网验证为电联低频一张网全面推进，有效解决室内浅层覆盖不足问题提供了可行的解决方案，也为后续5G 2CC、3CC规模商用推广及部署提供了重要参考依据。ZTE中兴



nubia Neo 3 GT

机甲战神 天生赢家

6000mAh*
80W超级快充

120Hz OLED
6.8英寸全高清护眼屏

4083mm²*
VC散热系统

电竞级肩键
极致操控

赛博机甲
设计

ZTE中兴

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