

ZTE中兴

PowerPilot

4G/5G 网络节能降耗 技术白皮书



目录

02 5G 时代，网络能耗带来新挑战

03 无线移动网络节能降耗技术不断发展

06 PowerPilot 节能增效 持续降低运营成本

06 网络能耗匹配网络负荷 / 业务需求时达到能效最佳

07 基础节能手段是网络节能立身之本

10 基于负荷预测的 AI 节能，一站一策提升节能效率

14 基于业务导航的 AI 节能，网间深度协同，提升整网能效

17 结束语

18 附录 1 缩略语



随着移动通信逐步迈入 5G 时代，新技术和新特性层出不穷，新业务和应用不断涌现。与 4G 网络相比，5G 网络在传输速率、传输时延、连接规模等关键性指标上有了质的飞跃，从而可以支撑更加丰富的业务场景和应用，但与此同时也给移动运营商带来了 CAPEX 和 OPEX 不断攀升的挑战，尤其是能源消耗方面。

根据 GSMA 的预测，在当前运营场景上升级支持 5G 网络至少需要增加 140% 以上的能源消耗。根据通讯网络及使用终端的发展，在较长一段时间内，5G 网络将与存量的 2G/3G/4G 网络并存，能耗的只增不减将会是运营商大规模部署 5G 网络不得不面临的棘手问题。

ICT 行业对全球温室气体排放的直接影响占比约 4%，其中移动通信网络的影响占比 10% 以上、如果移动通信网络能采取有效的节能减排措施，降低碳排，将会成为全球节能降耗的有力助推力：

如何降低通讯网络能耗不仅是运营商和设备商共同关注的重点，也是维护地球可持续发展的共同责任。



5G 时代，网络能耗带来新挑战

5G 网络的部署正在全球各地如火如荼的展开。为了支撑 eMBB、mMTC、URLLC 三种 5G 典型业务场景并保证良好的网络性能，诸如 Massive MIMO、灵活空口等复杂性较高的新技术在 5G 中被引入，用以满足峰值速率、频谱效率、低时延、高可靠性、连接密度等更苛刻的技术指标，同步也带来了 5G 能耗的大幅增长。

在缺乏 5G 杀手应用的情况下，仅依靠当前的应用无法带来数据业务需求的大幅提升，难以实现 5G 收入的快速增长；而行业应用还处于培育和探索阶段，短期同样难以带来规模应用和收入。5G 网络能耗增加带来的运营成本增加已成为运营商面临的棘手问题。

除了运营成本压力外，降低网络能耗和碳排放，更是移动运营商关注的一种社会责任与承诺。2020 年伊始，ITU 发布 1470 号建议书《ICT 行业根据联合国气候变化框架公约 < 巴黎协定 > 采用的温室气体排放轨迹》，提议移动运营商 2020 年至 2030 年降低 45% 碳排。

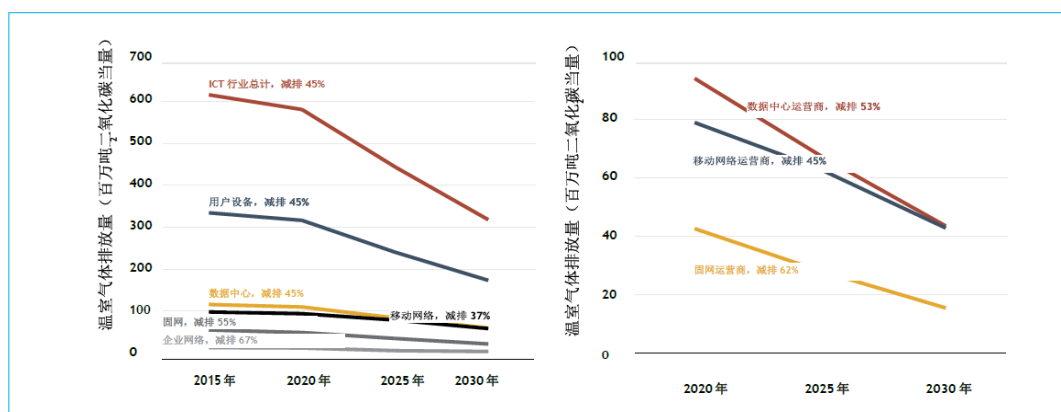


图 1 ICT 行业碳排轨迹及运营商碳排轨迹

据研究估计，全球 ICT 能耗每年约以 9% 的速度增长。面向 5G 时代，基于设备器件到站点再到网络层的全面高效协同的节能方案将成为未来的必然趋势。



无线移动网络 节能降耗技术不断发展

电信运营商及设备商自 2G 时代起就不断研究网络节能手段，启动节能减排计划，应对气候及能耗的挑战，在过去的 10 年间，取得了很大的进步，技术与产品的更新换代使单位能耗持续下降，领先的运营商取得了高达 50% 以上的能源节约。

在通信网络中，基站的数量远远大于其

他设备的数量，且随着覆盖范围和容量的增大，网络演进带来的复杂度的上升，多家移动运营商的无线站点能源消耗为 70% 以上，部分网络甚至可高达 80%。通讯网络的节能首先是站点的节能。

受环境、话务场景、机房布局等多种因素影响，每个站点内的各部分能耗占

比会有所不同。根据相关文献统计：对于宏站，制冷能耗约占站点总能耗的 20%-40%，供配电能耗占比 5%-20%，通信主设备能耗占比 50% 以上。降低通信主设备能耗是站点降耗的重中之重。主设备节能的主要手段包括：硬件设备能耗降低和无线软件节能两方面。

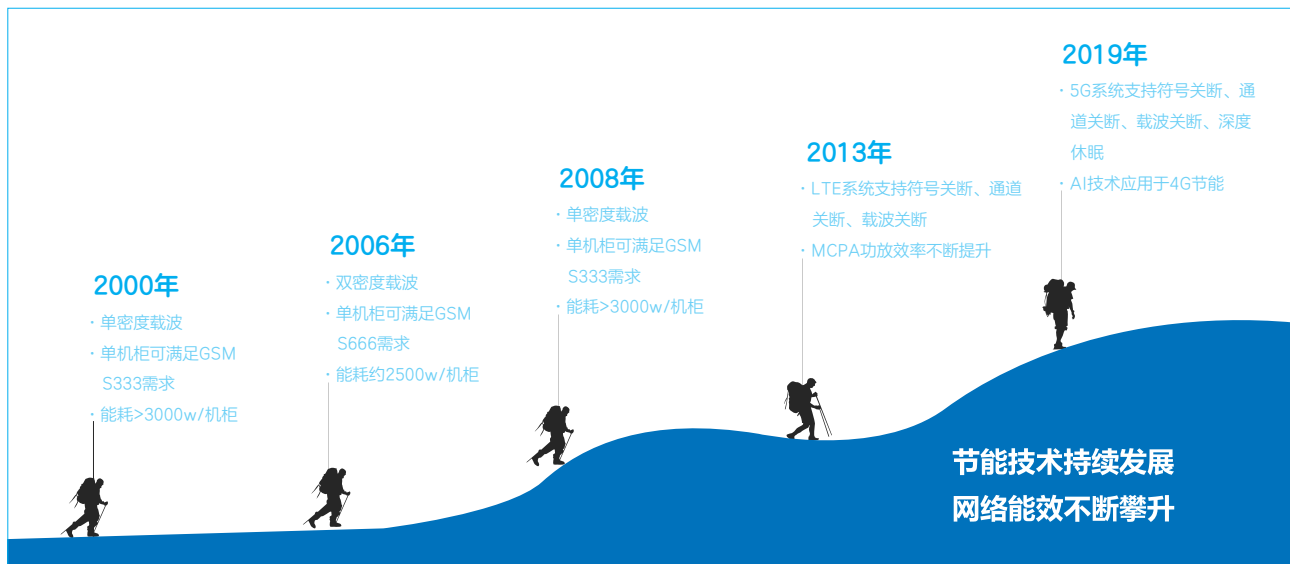
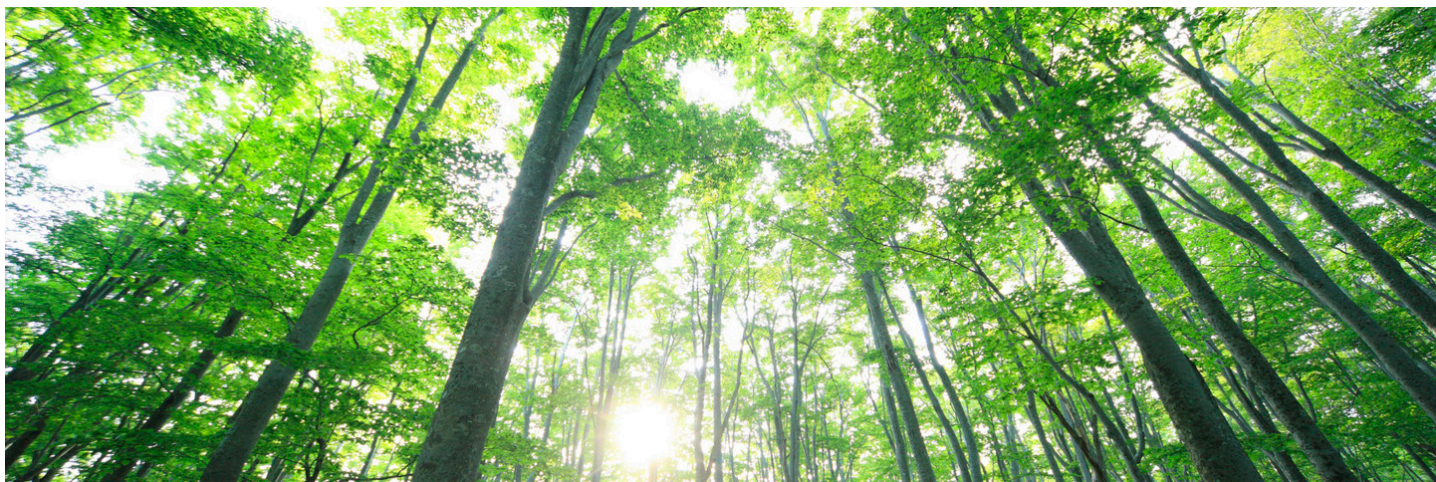


图 2 通信业界网络节能技术发展



硬件设备降耗

随着产业链的不断发展与成熟，芯片技术的不断提高，通过不断优化电路设计、硬件实现算法，当前通信设备能耗基本处于通信业史上较低水平。

在业界主流 BBU+RRU/AAU 架构下，假设以单频三扇为例进行通信主设备能耗占比计算，射频单元可占据站点 75%

以上的能耗，随频谱资源的增加和扇区数的增加，其能耗占比甚至可达 90% 以上。降低射频单元能耗是硬件设备降耗的关键。

分析 5G AAU 组成主要可分为电源功耗、基带 / 数字中频、小信号与功放，其功耗随着业务负荷的变化而变化，各

功能模块能耗占比也随之发生变化。当前运营网络中常规 AAU 在满载条件下，功放能耗占比最高，可达 60% 或以上；在空载条件下，基带 / 数字中频部分的能耗占比最高，平均可达 40% 或以上。因此要降低 5G AAU 的能耗需要做到提升功放效率，同时降低基带 / 数字中频的基础能耗。

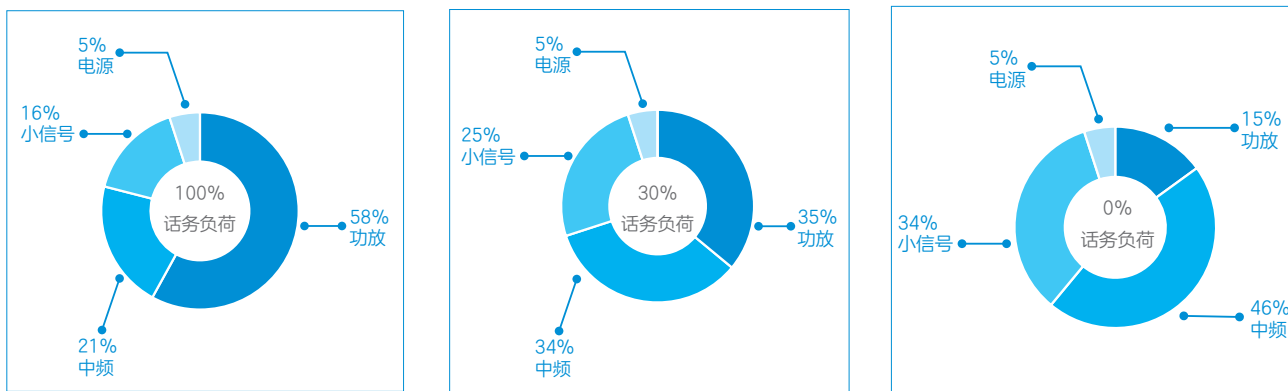


图 3 AAU 功耗占比

中兴通讯通过自研高集成度、高性能基带处理、数字中频处理芯片，配合使用高集成度收发信机，不断优化电路设计和 DPD 处理，有效提升功放效率，全面降低 5G AAU 设备整机能耗，力争无论空载还是满载情况下，均达到能耗最优。

无线软件节能

能效提升的另一个方面是减少浪费。移动网络话务量在闲时和忙时极不平均，如何解决网络闲时功耗下降也是关键点。无线软件节能技术负责实现此功能，即：依据话务负荷的高低，配置相应的设备资源，其余暂时不用的资源关闭。

当前国内外运营商都对网络节能软件技术提出了明确的需求，虽未对节能实现层面做详细的规定，但软件节能已作为运营网络的必选功能。

功能类别	子功能	中国移动	中国电信	中国联通	Vodafone	Deusch Telekom	Orange	Softbank
能耗监控	BBU/RRU/AU功耗上报	√	√	√	√	√	√	√
设备级	PA调压	√	√	√	√	√	√	√
	包络跟踪	×	×	×	√	×	×	×
	风扇调速	√	√	√	√	√	√	√
站点级	符号关断	√	√	√	√	√	√	√
	通道关断	√	√	√	√	×	√	×
	载波关断	√	√	√	√	√	√	×
网络级	AI节能	√	√	√	×	×	×	×

图 4 国内外运营商对节能技术的要求

中兴通讯提出 PowerPilot 节能解决方案实现软件技术节能。利用其自 2G 时代起积累的节能技术经验，辅以 AI 和大数据，灵活选择基于负荷预测的多频多制式协同节能和基于业务导航的多频多制式协同节能。在保证用户体验和网络性能的前提下，预测网络负荷，评估业务需求，让网络需求匹配网络能耗，实现整网能效比最佳，每比特能耗最低。

PowerPilot 节能增效 持续降低网络运营成本

网络能耗匹配网络负荷 / 业务需求时达到能效最佳

从长期发展来看，话务负荷的增长是平滑的，渐进式的，而网络设备能耗的增长则是阶梯的，跃进式的。超前的网络建设必然对网络能效产生负面影响，使能效曲线不完全伴随硬件技术和空口无线技术的发展而单调上升，而是呈现出一种在波动中缓慢上升的趋势。

尤其是在新一代无线制式开始部署时，大量新频谱和新技术引入无线网络，大幅提升了网络容量和网络能耗。而话务负荷总是需要伴随终端升级和应用演进而缓慢提升。导致新制式部署初期，反而是整体无线网络能效表现最差的时候。

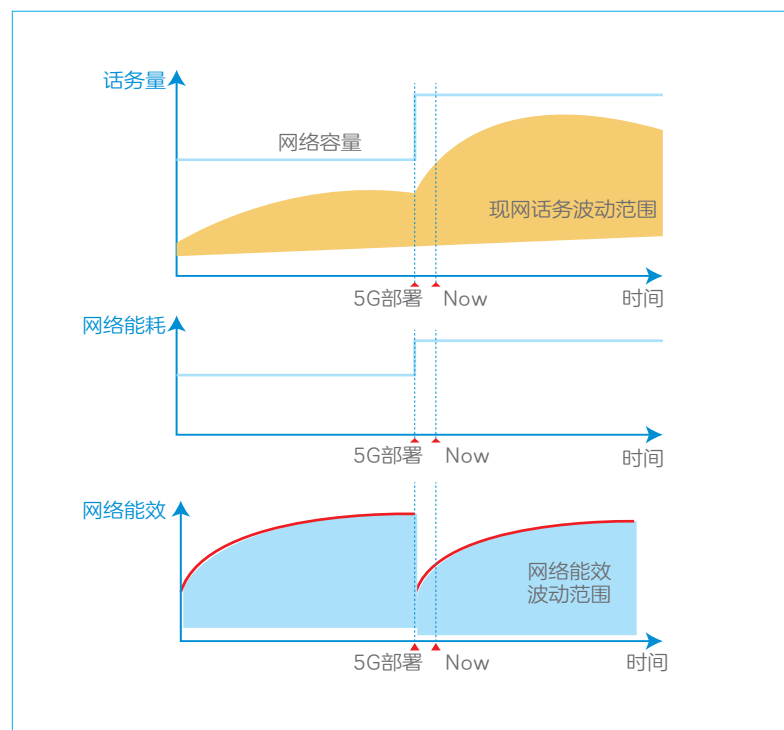


图5 话务负荷 / 网络能耗 / 网络能效的长期发展趋势

可见，提升网络能效的主要手段，除了改进空口无线技术，优化设备硬件能效，还应该重点研究如何更好的完成话务负荷和网络容量之间的匹配，这也是 PowerPilot 方案的主要技术路线。



图6 PowerPilot 方案架构与演进

基于话务负荷调整网络容量

通过关闭部分无线能力，降低网络冗余容量，网络能耗匹配分布在网络中的话务负荷；这同样也是无线软件节能技术的核心技术点。

基于网络容量调整用户分布

通过调整用户分布，将话务负荷从源频层集中到目标频层，这时只要源频层可以因为话务负荷降低，关闭更多的无线能力，降低网络能耗，同时目标频层可以保持网络能耗不变，就可以实现整体的能耗降低，能效提升。

基础节能手段是网络节能立身之本

由于人类活动的规律性，针对同一片区域而言，通信网络负荷会随着时间呈规律性变化，话务量的分布在闲时和忙时其实并不平均，如何解决网络闲时功耗下降是基础节能解决的关键点，也是站点节能的立身之本。

基站侧的节能算法负责实现这个功能，即：在话务需求量低，用户数少的情况下，不需要所有基站都工作，可以对部分不使用的资源进行关断，以达到节能降耗的目的。综合全球运营商的需求，比较常见的基础节能功能包含符号 / 时隙关断、通道关断、载波关断和设备深度休眠。

符号 / 时隙关断

LTE/NB-IoT/NR 系统在实际通信过程中，基站不是任何时候都处于最大流量的状态，所以对于子帧 (Sub Frame) 中的符号 (Symbol) 来说不是时时刻刻都填满了有效信息。开启符号 (时隙) 关断功能后，可根据负荷繁忙程度，通过业务数据量预测，AAU/RRU 自检在无有效信息传输的符号时间关闭功放，或者将少量的用户数据调度集中在几个时隙传输，在剩余无用户数据的时隙上进行功放关闭，使得在更大的时间范围内可以获得符号关断的节能收益，降低实时能耗。

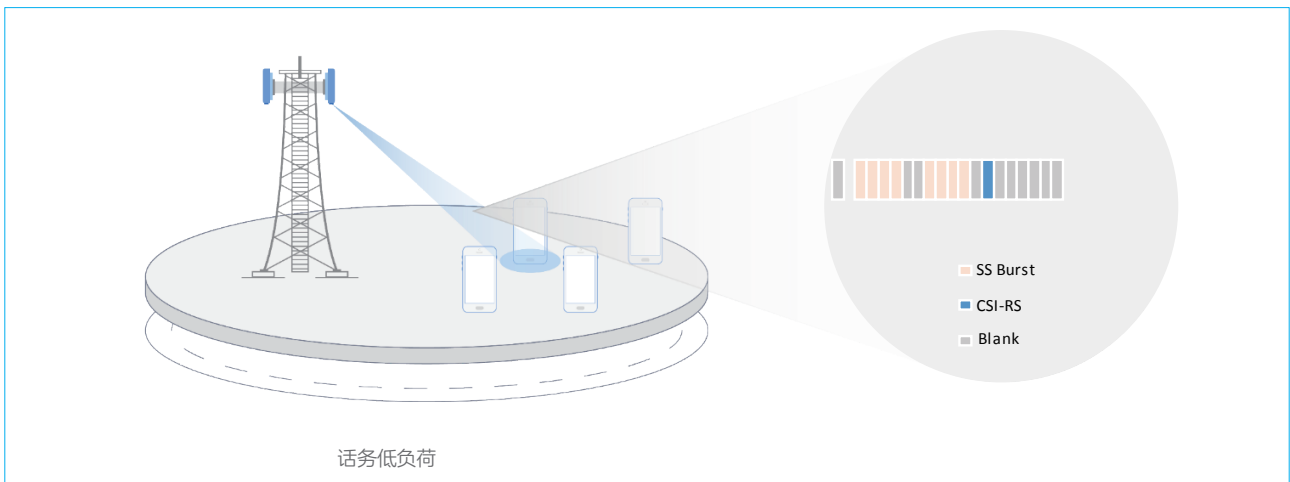


图 7 符号 / 时隙关断示意图

通道关断

通道关断是指当某小区负荷很轻时，允许关闭本小区的部分发射通道，以节省能耗。为了保证控制信道覆盖和业务不受影响，系统会自动调整小区用户的传输模式并提升控制信道的发射功率。当检测到业务负载增加后，退出智能关断模式，恢复原有的通道发射状态。通道关断 / 开启均需判断相应小区的 PRB 利用率、RRC 连接用户数、语音用户数等负荷状态。

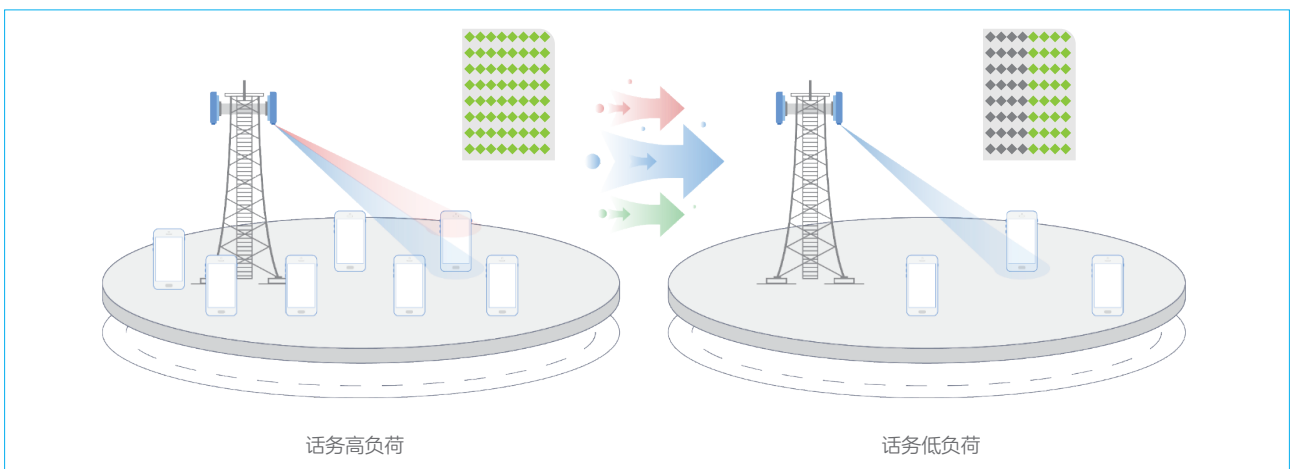


图 8 通道关断示意图

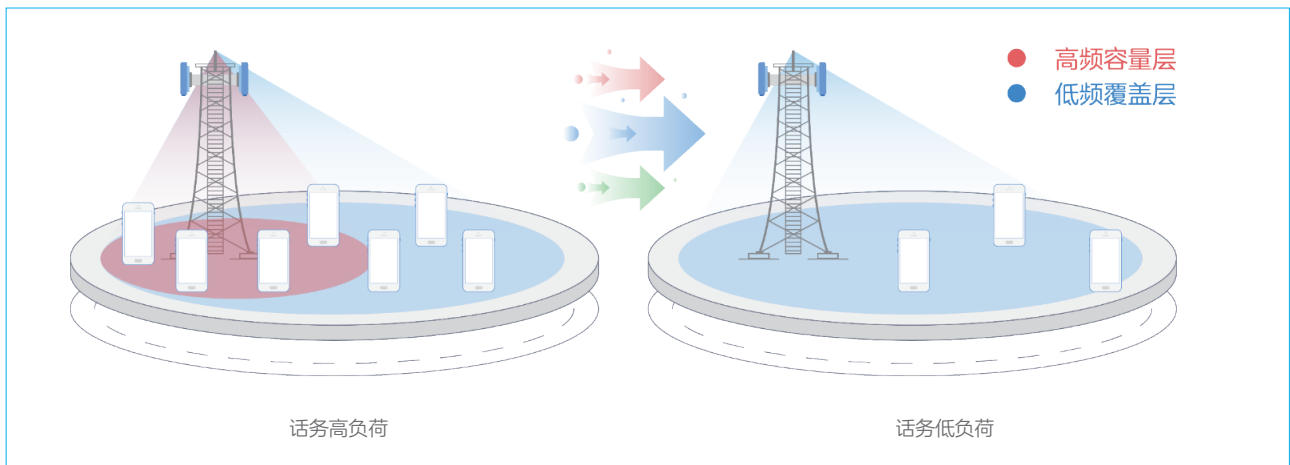


图9 载波关断示意图

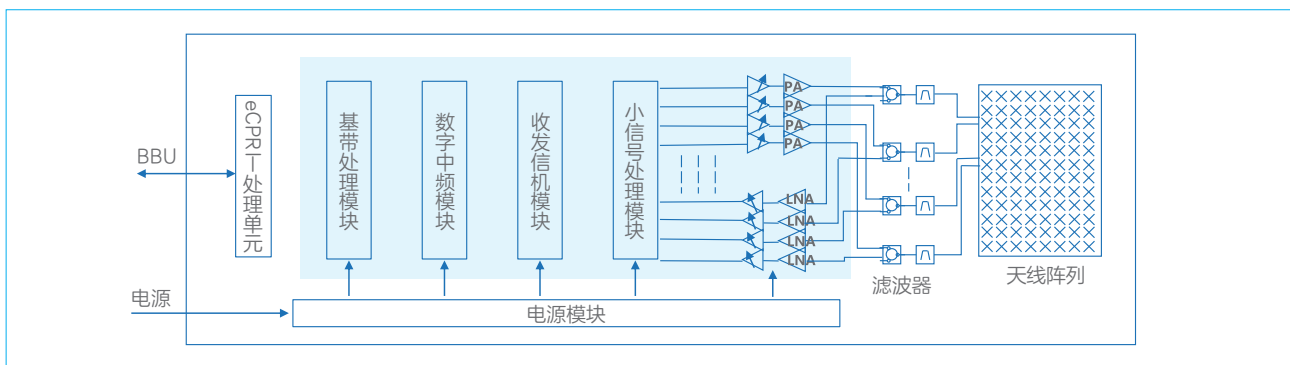


图10 深度休眠示意图

载波关断

当网络有多频多制式小区同覆盖时，当小区负荷低的情况下，可以考虑关闭其中一个或者多个载波，降低站点能耗。

载波关断可以分为制式内载波关断（LTE 制式内或者 NR 制式内）和制式间载波关断（4G/5G 协同载波关断）。将其中一层作为覆盖层，另一层作为容量层，在小区负荷低的情况下，关断容量层，保留覆盖层。

深度休眠

基站关闭 AAU 功放等大部分射频及数字通路，仅保留 AAU 上最基本的电源模块和 eCPRI 接口处理模块，使 AAU 进入深度休眠状态以达到节能最大化的目的。深度休眠功能适用于 5G 低负荷场景或者时段，在 AAU 进入深度休眠前会进行相应的用户迁移以保证用户体验不受影响，其恢复时间约 5-10 分钟，属于慢恢复功能。

在宏微组网的场景下，同样可以对微站进行深度休眠，尤其针对 Qcell 室内覆盖场景，每个 pRRU 均可以分别独立控制，在低负荷时段进行 pRRU 深度休眠。

基础节能功能已是当前通信网络中必备功能，是基站节能的基础手段也是根基所在。中兴通讯多年来致力于节能基础技术的研发，并取得了丰硕的成果。自 2008 年以来，基础节能功能已在全球 20 多个运营商网络中广泛使用，商用规模超过 60 万站点，网络平均节能超过 5%。

基于负荷预测的 AI 节能，一站一策提升节能效率

基础节能功能在实际运营网络规模部署时，通常是由人工对网络的 KPI、话务量等海量历史数据进行分析，制定出对应的基站关断策略，包括基站关断方式、基站关断的时间和周期等。关断策略制定后，通过网管统一配置后下发给基站，基站在固定的时间段 / 统一的节能门限设置下执行关断操作。基础节能功能在进行功能验证时得到的节能效果无法辐射到整个运营网络，节能效果无法真正令人满意。

人工分析投入大

- 需要对大量基站 KPI 分析以确定适合的节能策略
- 以 10,000 小区为例。需要 1,440 工时方可达到 AI 同等节能效果

节能策略固化

- 统一策略及参数配置，无法匹配网络各站点真实需求

网络性能影响大

- 策略固化易导致部分站点 KP 恶化，更改策略需要重新分析，无法实时进行响应

策略缺乏前瞻性

- 组网 / 配置一旦出现变化(扩容、频点重耕(址)变化)，既有节能策略无法继续使用，需要重新进行策略分析制定

中兴通讯在基础节能功能上引入大数据分析和人工智能技术，结合具体场景选择基站关断策略，并根据节能效果的评估，迭代更新现有的节能策略，在负荷预测的基础上实现多层多制式网络智能节能，一站一策优化节能效果，实现能耗与性能之间的平衡。

其核心技术主要包括：识别场景定制策略、预测负荷优化节能。

识别场景定制策略

看全球运营通讯网络，2G/3G 网络正在慢慢走向退网，4G 网络已至成熟，5G 网络蓬勃发展。就目前网络架构而言，4G 网络发展至今已然是一张完整的多频覆盖网，是当前通讯业务的主要承载层，5G 网络当前主要作为容量提升层及新业务应用层。根据网络负荷的分布不同，可对相应的空闲网络、资源进行节能。

覆盖识别

当前网络实现的覆盖自动识别主要依赖于工程参数信息和 MR 数据统计

工程参数信息一般由运营商提供，且按一定周期性进行数据的细化更新，主要是包含站点名称、所处经纬度、天线挂高及方向角等信息

MR 数据统计主要通过终端测量信息携带小区标识、信号强度、TA，并以此计算小区的覆盖范围、是否存在上下行弱覆盖等场景

通过综合两种信息的大数据分析，进行多频多制式小区覆盖识别，寻找区域内同覆盖小区关系（包括大部分重叠覆盖）。

配置识别

随着网络不断的发展和演进，网络中存在多种不同的组网类型：包括 SA/NSA 组网、共建共享、不同的硬件设备型号（包括同硬件是单模 / 混模）、不同的网络组网拓扑（如 4G/5G 共 BBU 框、4G/5G 分 BBU 框等）。大数据通过基站、小区的配置识别来区分设备类型，并从 OMC 后台数据配置表中获取服务小区信息和邻区关系信息，用于分析符号关断、通道关断、载波关断、深度休眠等节能策略如何与相应的配置信息做匹配。

初始策略自配置

将配置分析结果、覆盖识别结果结合历史话务分析，识别站点所处不同网络部署场景，利用 AI 算法可实现初始策略自配置。其流程如下：

- 基于区域小区历史数据确定负荷闲时；
- 基于区域小区闲时总体负荷水平确定节能门限；
- 确定门限兼顾不同节能策略应用的负荷场景，比如符号关断 -> 通道关断 -> 载波关断应用场景对应的负荷水平由高到低，根据负荷门限确定每个小区适用节能时间段。

实现基站级 / 小区级基于负荷预测的 AI 节能策略自配置。

预测负荷优化节能

为了使节能策略可以自适应话务负荷实时启动，AI 节能同样引入了负荷预测的内核。基于网络负荷性能数据（上行 / 下行 PRB 利用率，RRC 用户数等负荷信息）统计，区分不同的部署场景、工作日 / 节假日的时间特性等进行建模，利用时间序列预测算法完成话务负荷预测，驱动节能时段和节能门限的适时应用，保证网络性能的同时优化节能效果。

话务负荷预测

话务预测算法在建模时根据历史数据，区分出正效应、负效应以及无效应三类小区，采用周内同天的子序列拆分预测法，同时结合节假日因子对预测指标的影响，利用二阶指数平滑预测的算法，得到计算性能最优、优化效果最好的预测模型。

- 小区场景划分：正效应小区指假期开始指标值增大，假期结束，指标值回落；无效应小区指节假日期间指标值无明显变化；负效应小区指假期开始指标值减小，假期结束指标值回升
- 拟合方法：对比指数平滑回归、Linear Regression 线性回归、ARIMA 差分移动平均自回归、LSTM 长短期记忆网络等算法优劣性，选择二阶指数平滑算法作为后续话务负荷预测算法
- 同步考虑节假日因子，负荷发展趋势性 / 周期性。

同时对于一些负荷突发特性很强小区，概率性导致预测结果比较差。在这种情况下，考虑从负荷稳定性、负荷的波动性来进行小区的筛选，对数据进行平滑处理。

根据这几项评价指标划分场景，除负荷暴升 / 暴降的场景外，小区级话务预测准确性基本可到达 90% 以上。



图 11 话务预测迭代流程



KPI 在线迭代调优

针对节能而言，进入关断的门限值越高，节能效果越好，但传统的节能方案，为了顾及网络中各种场景的差异性，一般情况下设置关断进入门限较为保守，使得节能效果受损。使用 KPI 回滚式自优化策略，可寻找节能进入门限与网络性能的拐点，最大化节能。

系统根据全场景话务模型，节能效果和 KPI 趋势的大数据分析，强化自学习，在线不断迭代优化。每小区每日提取性能数据，利用聚类算法寻求不同门限参数最优调整步长，每日 KPI 基线优化刷新后监控网络核心 KPI（包括建立类、掉话类、切换类、用户体验类等），在允许浮动范围内，不断迭代预测模型，最终达到节能和系统性能的最佳平衡点。

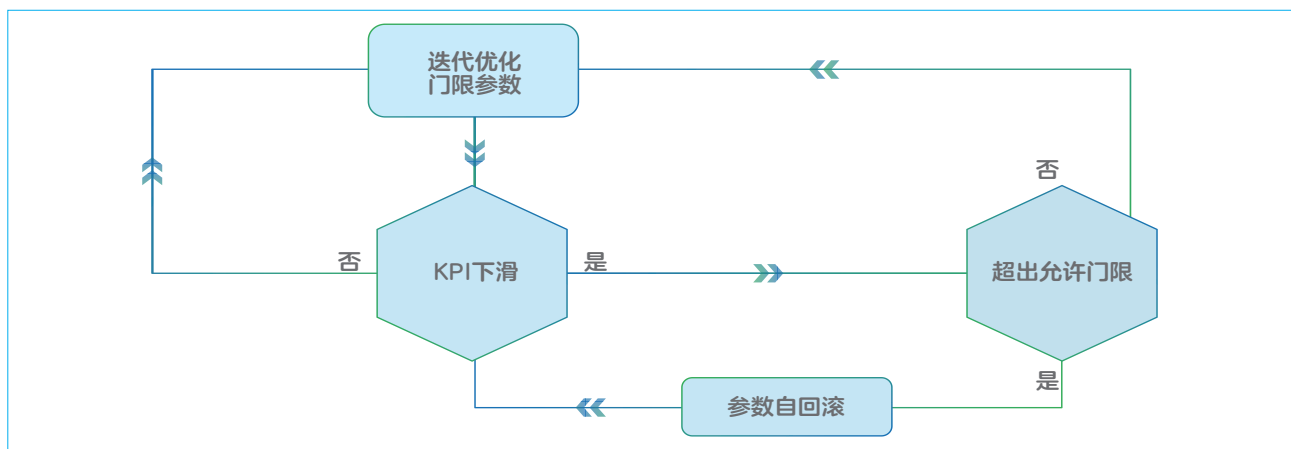


图 12 KPI 在线迭代优化

基于负荷预测的 AI 节能解决方案自 2019 年中起在国内广泛商用，先后在山东、重庆、四川、福建、湖南、辽宁等多地多运营商部署，累积应用规模超过 10 万小区；同时，海外商用网络如马来、南非、意大利、印尼等超过 5 万小区也在同步部署验证。经商用验证，可提升 80% 及以上节能真实生效时间，有效降低网络基站能耗约 10%。

基于业务导航的 AI 节能，网间深度协同，提升整网能效

增加了基于负荷预测的 AI 节能之后，虽然更好的发挥了基础节能功能的效果，但是针对多制式多频层组网的场景，还有一定的局限性，无法进一步发挥基础节能的作用，例如：网络闲时，基于各频层分别判断话务负荷，所有频层都有少量的用户分布，各频层只能启动符号关断或通道关断，但是如果将所有用户都集中到部分频层，其他频层就可以启动载波关断或者深度休眠，明显后者的节能效果会更好。

引入基于业务导航的 AI 节能，就是用一种更主动的方法，在

不影响用户体验的前提下，将用户集中在适当的小区，使其他小区更好的发挥基础节能效果，最终进一步提升网络整体能效。5G 部署初期，5G 终端必须进行下行大带宽盲检，并且同时，5G 终端支持多流时多发多收也会带来更大的能耗，将小流量业务承载到能效比更佳的网络同样有助于终端的电池续航。

业务导航无论对运营网络亦或终端用户而言都是提升能效的“双赢”技术，其核心包括：基于能效的用户分布调整，多维度用户分布策略协同。

基于能效的用户分布调整

基于能效的用户分布调整，从实现过程来看，可以分为三个环节：频层选择、用户选择、用户迁移。

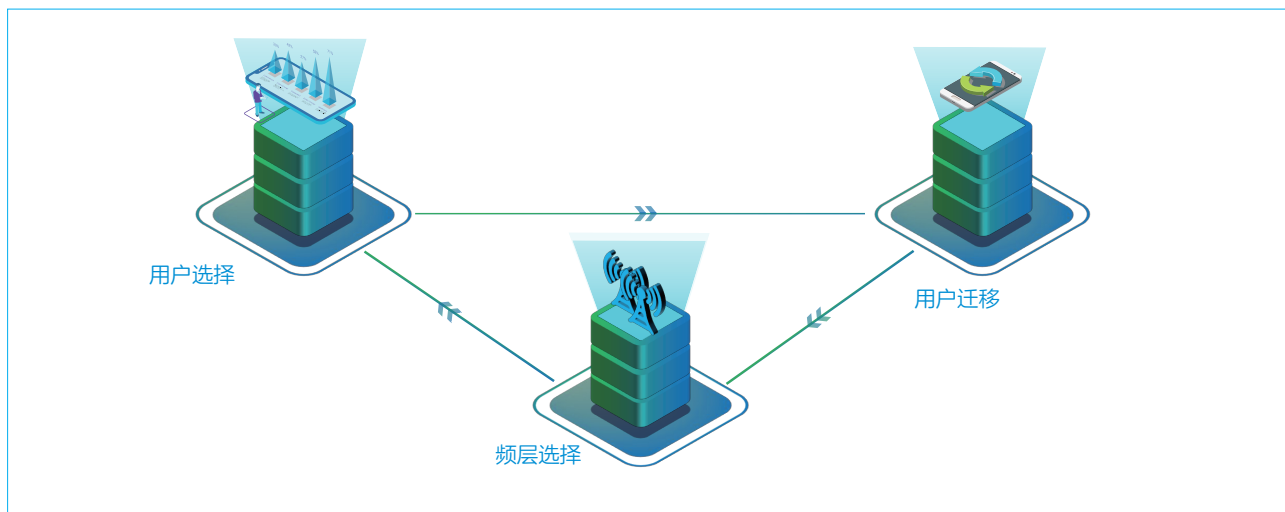


图 13 用户分布调整

频层选择

基于负荷预测的 AI 节能中获得的网络覆盖识别，话务负荷预测，节能策略，选择需要调整用户分布的源频层和目标频层。频层选择过程中需要考虑的主要因素包括

- 源频层和目标频层之间存在覆盖重叠区域
- 源频层中存在可以迁移到目标频层的用户

- 源频层通过迁移用户，可以启动更多的基础节能功能
- 目标频层不会因为用户迁移而关闭已经启动的基础节能功能

这里说的目标频层和源频层，针对的不是单个小区，而是小区簇，这样就不会因为目标小区太少，选择不到适合的用户进行迁移。小区簇的划分需要考虑

- 网络覆盖

一个小区簇通常覆盖一个相对独立的区域：大楼，园区

- 用户移动性

大部分的用户移动性发生在小区簇内，而小区簇之间的用户移动性较少

- 小区数量

小区簇内的小区数不能太多，因为选择频层，选择用户，会涉及到话务数据分析，网络参数调整，小区数量过多不仅会增加存储和计算的开销，也会带来更多不确定的风险；

用户选择

确定了源频层和目标频层后，选择待迁移的用户时，主要目的是不能因为用户迁移到目标频层而影响业务体验，需要考虑的主要因素包括

- 用户所有业务能够由目标频层承载

综合终端能力，核心网配置的移动性限制，网络切片等因素，只有用户所有的业务都能够有目标频层承载时，才能作为迁移的备选用户

- 用户所有业务体验不受影响

不同频层的无线能力不同，对应的不同业务在不同频层之间的体验也可能不同。基于能效迁移用户的过程中不需要保证业务体验完全不变，但是要保证用户迁移到目标频层后，业务体验还能够满足预期的要求。所以业务体验评估算法需要考虑

精细化业务识别

商用场景中，仅通过核心网配置的 5QI 等 QoS 参数，很难明确用户当前使用的应用，通过精细化的识别，可以将业务细分为：网页浏览，FTP 下载，不同清晰度和帧率的视频，这样再评估目标频层的业务体验时可以更有针对性，也更准确。

基于大数据分析的业务体验评估

细分后的业务很难直接通过 KPI 计数器来统计不同频层的业务保障结果，就需要综合 MR，CQT，KPI 等多维度数据，通过大数据分析，获得比较准确的评估结果。

特定运维要求

商用场景中，针对 VIP 用户，网络共享用户，特定网络切片用户，漫游用户等特定用户或业务场景，需要根据运营商的运营和维护要求，判断用户是否可以迁移到目标频层。

用户迁移

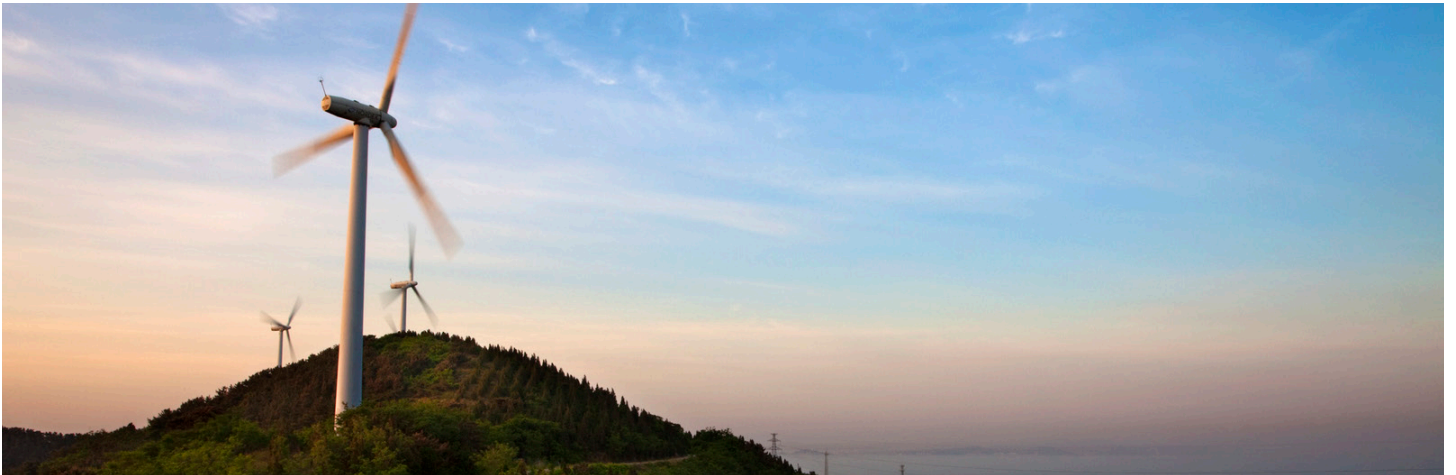
完成频率选择，用户选择后，在执行用户迁移时，不仅需要迁移已选定的处于连接态的用户，还需要处理空闲态用户的分布。

- 针对连接态用户迁移

根据目标频层的不同，选择系统内异频切换或异系统切换。部分场景受限于终端能力，或组网场景的限制，采用异频重定向或异系统重定向。

针对空闲态用户分布调整：

- 对于已经迁移到目标频层的用户，为避免用户后续通过小区重选再次驻留并接入源频层，针对这些用户后续都应该将源频层的小区重选专用优先级设置为最低。



多维度用户分布策略协同

协同覆盖和节能之间不同的用户分布策略

通常部署新制式或新频段时，都会设置为优先用户驻留，以体现新制式的网络覆盖或分流业务，这类针对控制用户分布的策略与节能触发用户分布调整的策略一般都是冲突的。除非基于特定的运营需求，原则上都建议节能触发用户分布调整策略优先。

具体到执行过程中，只要小区启动的节能策略包含载波关断和深度休眠，就需要将该小区的公共小区重选优先级设置为最低。

协同负荷均衡和节能之间不同的用户分布策略

基于负荷均衡的需要，也会通过迁移连接态用户，主动调整用户分布。这里用户迁移的方向通常也都是与节能触发的用户迁移方向相反。因为负荷均衡的触发都是用于提升用户体验的，所以除非基于特别设置的节能策略，原则上都建议负荷均衡触发的用户迁移策略优先级更高。

具体到执行过程中，要是因为负荷均衡迁移到新小区的用户，在基于能效的用户分布调整时，不应该再作为备选用户。

协同业务分层和节能之间不同的用户分布策略

基于业务分层的要求，用户当前接入的频层通常就是运营商指定的，对应业务的优选频层，而基于能效的用户分布调整，可能会选择该用户迁移到其他频层。对于这类用户迁移策略的冲突，建议由运营商根据运营需求设置优先执行的策略。

具体到执行过程中，如果运营商设置业务分层策略优先，那么在基于能效的用户分布调整时，不能选择正在使用业务优先频层的用户。如果运营商设置节能策略优先，那么对于因节能触发迁移的用户，就不在执行基于业务的频层间迁移。

结束语



PowerPilot 节能解决方案已在全球 20 多张网络超过 600,000 站点商用，为运营商节省电费累计超过 10 亿美金；自动化和人工智能技术的使用，实现网络智能节能，同步降低了大量的网络维护（O&M）和人力成本；全天候监控网络性能与能耗使用，在保证网络高性能使用的同时，帮助运营商履行其对联合国可持续发展目标（SDG）的承诺。

而气候变化威胁着日常生活的方方面面，每个行业都有责任提高能效和减少温室气体排放，以帮助应对危机。在广泛的 ICT 平台内，5G 通信网络具有高带宽、实时响应、高可靠性、支持海量设备、传感器等多个方面的优势。这些功能使 5G 能够提供连接，从而将数十亿个项目连接到云端，所以通信网络会是许多行业实现全数字化转型的重要推动者。如果利用节能降耗技术保证通信网络功耗尽可能小，让科技实现增效降耗，也可帮助其他行业采用新的实践和流程来降低能耗，共同守护地球家园。



缩略语	英文全称	中文全称
AAU	Active Antenna Unit	有源天线单元
AI	Artificial Intelligence	人工智能
ARIMA	Autoregressive Integrated Moving Average model	差分整合移动平均自回归模型
BBU	Building Baseband Unit	室内基带处理单元
CAPEX	Capital Expenditure	资本性支出
CQT	Call Quality Test	呼叫质量拨打测试
DPD	Digital Pre-Distortion	数字预失真
ECPRI	Enhanced Common Public Radio Interface	增强型通用公共无线接口
EMBB	Enhanced Mobile Broadband	增强移动宽带
ICT	Information and Communications Technology	信息与通信技术
ITU	International Telecommunication Union	国际电信联盟
KPI	Key Performance Indicator	关键绩效指标
LSTM	Long Short-Term Memory	长短期记忆网络
LTE	Long Term Evolution	泛指 4G
MIMO	Multiple Input Multiple Output	多进多出
MMTC	Massive Machine Type of Communication	海量机器类通信
MR	Measurement Report	测量报告
MTO	Multinational Telecom Operator	跨国电信运营商
NB-IOT	Narrow Band Internet of Things	窄带物联网
NR	New Radio	泛指 5G
NSA	Non-Standalone	非独立组网
OMC	Operation and Maintenance Center	操作维护中心
OPEX	Operating Expense	企业管理支出
PRB	Physical Resource Block	物理资源块
RRC	Radio Resource Control	无线资源管理
RRU	Remote Radio Unit	射频拉远单元
SA	Standalone	独立组网
TA	Timing Advance	时间提前量
URLLC	Ultra-reliable and Low Latency Communication	极可靠低时延通信



中兴通讯版权所有

转载、编摘或利用其他方式使用本白皮书的全部或部分内容的，应注明来源
违反上述声明者，著作权方将追究其相关法律责任