

中国联通 5G 智能节能 技术白皮书 V3.0

中国联通研究院

2022 年 5 月

版权声明

本报告版权属于中国联合网络通信有限公司研究院，并受法律保护。转载、摘编或利用其他方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：中国联通研究院”。违反上述声明者，本院将追究其相关法律责任。

目录

前言.....	1
一、 背景.....	3
二、 5G 网络节能需求与应用场景	4
(一) 节能需求	4
(二) 节能场景	5
1. 5G 共建共享网络节能场景	5
2. 4G/5G 多网络协作节能场景	6
三、 5G 网络智能节能技术体系	7
(一) 设备级节能	7
1. 硬件节能方案	7
2. 软件节能方案	8
(二) 站点级节能	14
(三) 网络级节能	15
四、 5G 网络能效评估体系.....	16
(一) 业界主流的能效评估标准.....	16
(二) 5G 网络能效评估体系.....	18
五、 5G 节能技术演进路标.....	20
(一) 5G 节能技术演进路标.....	20

(二) 5G 基站功耗演进路标.....	21
六、 总结与展望	23



前 言

节能技术一直都是业界关注的热点，随着 5G 技术与基站设备的发展，业界对于节能的重要性、节能技术的发展目标、设备的基本节能技术要求已基本形成统一认识。在运营商、设备商及业界各方的共同努力下，5G 基站设备节能方案已逐步发展成熟，商用基站设备均已支持基础节能特性，初步满足现网规模化商用需求。

随着 5G 网络建设规模的扩大，5G 网络能耗与碳排放仍将持续快速增长，成为通信行业节能降碳的难点。在国家双碳战略的大背景下，整合行业力量，持续推进 5G 网络节能技术的发展与演进，继续大幅提升 5G 网络能效水平，是未来几年 5G 网络高质量发展面临的重要任务。

中国联通从 2019 年起，与产业合作伙伴联合开展 5G 智能节能新技术联合创新研发工作，共同推进 5G 智能节能新技术研究、新产品研发，新研究成果应用落地，实现 5G 网络整体能效大幅提高，推动了 5G 无线网络向着绿色低碳高质量的目标发展。

本白皮书将从 5G 网络节能需求、应用场景、智能节能技术体系、5G 网络能耗评估体系等方面，探讨未来 5G 网络节能技术的发展方向与演进目标，为实现通信行业的双碳目标提供技术引领与支持。

编写组成员（排名不分先后）：

吕婷、曹亘、李福昌、李露、高谦、梁婷婷、刘郑海、韩振东、王蕾、梁辉、魏进武、李红五



中国联通研究院

一、背景

实现碳达峰、碳中和，是贯彻新发展理念、构建新发展格局、推动高质量发展的内在要求，是党中央统筹国际国内两个大局作出的重大战略决策。中国联通积极响应新时代国家“双碳战略”，全面落实“强基固本、守正创新、融合开放”新战略，打造服务数字经济发展的国家队、主力军和排头兵。

通信行业的碳排放主要由无线网络、基础网络和数据中心等三部分构成，无线网络部分占比超过 65%。截至 2021 年底，我国累计建成并开通 5G 基站 142.5 万个，基本实现乡镇以上覆盖。2021 年 5G 网络整体能耗约 250 亿度，碳排放超过 1500 万吨。预计 2020-2030 年，5G 基站数量将增长 9.6 倍，能耗与碳排放增长 8 倍以上，累计增加碳排放 5.9 亿吨。

5G 网络作为重要的数字信息基础设施，目前正处于规模建设及高速发展期，能耗与碳排放将持续快速增长，预计到 2025 年，通信行业将消耗全球 20% 的电力，5G 网络实现绿色低碳高质量发展对于国家双碳战略实施至关重要。节能降碳不仅是电信运营商必须承担的社会责任，也是电信运营商提高市场竞争力、实现高质量发展的内在需要。

二、5G 网络节能需求与应用场景

(一) 节能需求

电信运营商为了保证网络业务质量，建设了数百万的无线基站。这些基站设备地理分布广泛、数量巨大，其能耗在运营商电费支出成本中占有加大比重。从 4G 发展到 5G，移动通信技术与产品都发生了深刻变化，随着高清视频、VR、AR、在线游戏等 5G 新业务的不断涌现、数据流量激增，运营商需要不断扩大 5G 基站建设规模，而 5G 网络能耗激增将带来越来越大的运营成本压力。5G 网络带来的不仅是更高速率、更低时延、更大连接密度的全新网络能力和崭新的数字化生态圈，同时对运营商网络建设、运营、管理也带来新的挑战。

为了满足 5G 丰富的业务场景的要求，5G 采用了 NR 新空口标准，对 5G 基站设备的硬件能力、软件功能等都提出更高要求。例如，5G 基站需要支持更大带宽，在 Sub-6GHz 频段支持 100MHz 带宽，毫米波频段支持 400 至 800MHz 带宽，大带宽对软件、硬件处理能力要求更高，功耗需求也更大。

随着 5G 商用网络的发展，5G 基站商用设备已经历了多轮平台与技术迭代，随着新工艺、新器件、新器件的广泛应用，设备硬件能效水平较 5G 商用初期已有较大提升。目前，主流规格的 5G 共享基站设备（单站 S222）最大功耗已经比 2019 年早期商用设备（单站 S111）降低了 15%。

然而，5G 无线网络能耗依然是通信行业碳排放构成中的重头，

占比超过 65%。基站能耗费用在运营商年用电量中的占比超过 25%，5G 网络节能需求依然迫切，亟需业界各方统一目标、共同努力，通过技术创新、产业合作，推动 5G 无线网络能耗持续降低。

(二) 节能场景

1. 5G 共建共享网络节能场景

5G 共建共享不仅在降低 5G 网络建设、运维等总体投入成本、快速实现 5G 连续广域覆盖方面获得了显著成效，在降低 5G 网络整体能耗与碳排放方面也带来了极大收益。5G 共建共享作为 5G 网络节能降碳的重要举措，还需要继续深化推进，为实现 5G “双碳”目标提供基础保障。

5G 共建共享网络场景下的节能呈现出新的需求与挑战：

5G 共建共享基站设备能力大幅提升，3.5G 设备从 100MHz 带宽、200W 最大发射功率增加为 200MHz 带宽、320W 最大发射功率，2.1GHz 设备带宽能力达到 50MHz，大带宽、高功率能力对 5G 基站设备的软件、硬件处理能力提出更高要求，设备功耗也更大，给 5G 网络节能带来了更大的挑战。

5G 共建共享网络需要面向多运营商的用户提供服务，在共享设备节能的同时，还需要兼顾各共享方的用户感知，保障用户感知的一致性，对基站的节能功能提出了更高的要求，需要支持更加精细化、智能化、兼顾节能与业务感知的节能策略。

2. 4G/5G 多网络协作节能场景

随着 5G 网络的商用部署以及 5G 用户渗透率的增加，5G 网络覆盖规模将逐步接近 4G 网络。作为当前主力承载网的 4G 网络将会长期存在，4G/5G 多制式网络融合将成为未来主要组网方案。因此，网络节能需要考虑 4G 与 5G 之间的协同，使全网的能耗与网络性能达到最优。

在 5G 发展的当前阶段，增强 5G 网络广覆盖、深度覆盖，做好多模多频协同，对于促进 5G 产业高质量发展、夯实数字社会新底座具有重要意义。中国联通正在开展 900MHz、2.1GHz 频谱的重耕，通过与 3.5GHz 频谱协同，构建热点地区多网并存、边远地区一网托底的网络格局，实现 5G 网络的全面覆盖。

面向 4G/5G 多模多频网络并存的场景，有必要研究如何通过多网协作的方式、融合智能化管控，降低网络整体能耗，从存量网络中挖掘潜在的节能收益。



三、5G 网络智能节能技术体系

为了加强 5G 网络节能技术创新，聚焦绿色发展方向，实现无线网络智能化、精细化、规模化绿色低碳运营，解决 5G 网络能耗大的难题，中国联通构建了 5G 网络智能节能技术体系，从设备级、站点级、网络级多个层面开展技术创新，从多维度推动无线网络向绿色、高效、智能化可持续发展。

面向多制式、多频层、多设备的节能场景，智能节能技术体系基于网络级、站点级、设备级三级节能架构，实现多制式无线网络智能化节能管理、“一站一策”差异化节能调度，满足“用户无感知、网络高能效、运维低成本”的需求。

(一) 设备级节能

设备级节能主要考虑从基站设备硬件、软件特性等方面降低设备能耗，通过硬件节能可降低基站设备的基础功耗，利用软件节能特性可以对硬件资源进行合理调配，让基站设备更高效运行。

1. 硬件节能方案

硬件节能方案主要通过优化设备硬件设计、改进生产工艺以及设备集成度等手段达到降低基站设备基础能耗、不断提高基站设备能源利用率的目的。

基站设备硬件节能主要包括如下方案：

➤ 继续提高硬件平台集成度，特别是基带处理芯片、数字中频芯片、射频模块等关键器件。进一步加快 ASIC 等高集成度器件替代

FPGA 等高功耗器件比例，在保证 5G 系统性能及设备升级余量的基础上，提高器件集成度，从而降低设备基础功耗。

➤ 加快半导体工艺更新换代， 加快工艺升级应用 10nm/7nm 工艺，后续使用 5nm/3nm 工艺等。半导体新工艺的使用，将减少单片面积、提高芯片集成度，有利于优化 IC 设计，不仅大幅提高 5G 系统性能，也有利于进一步降低基站设备功耗。

➤ 加快新材料、新技术、新工艺等技术创新和产品应用，持续降低基站设备能耗水平。通过 GaN 半导体器件工艺优化、数字预失真 DPD 算法增强、功放架构优化等技术，实现宽带 GaN 器件的效率最大化；通过功放参数实时调优，实现功放效率最优化；通过 AAU 智能散热技术提高模块的自然散热能力，解决大带宽高功率设备的功耗设计难题。

5G 基站设备能耗优化需要产业链的合作伙伴共同参与，在产品 设计、研发、生产、优化等各流程中都把降低基站硬件功耗作为设备能力的重要指标之一，使 5G 基站功耗将持续不断下降，满足运营商降本增效的需求。

2. 软件节能方案

根据通信网络业务在时间、空间等分布特征，以及网络负荷的变化，在保证预定指标的前提下通过基站软件功能配置，对硬件资源进行合理调配，实现高效利用资源的目的。在网络中，为了实现软件节能功能，基站除了要支持软件功能对相应硬件的控制外，还需要支持

能耗数据的采集、交互、上报，以及 BBU 和 AAU/RRU 与网管之间的状态信息交互。

➤ 符号关断

符号关断功能在网络低负荷时通过不连续发射来降低功放模块消耗的总功率。当符号关断功能开启时，在下行符号没有用户数据发送的时候，基站设备通过主动关闭射频部分中功放模块的发射功率来实现节能的目的。

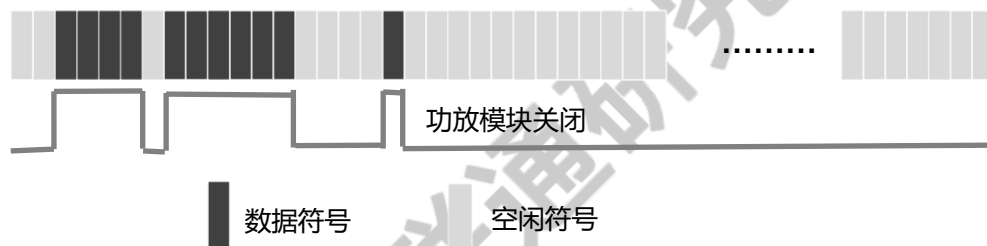


图 三-1 符号关断功能示意图

对于必要的控制信道和信号，例如 5G 系统中的 CSI-RS, SSS, PSS 和 PBCH 等，仍保持原有发射周期和功率，并且当基站业务量增加时，功放模块立即进入工作状态，符号关断功能终止，保证 5G 网络性能不受影响。

在低负荷场景下，待发送的用户数据在调度器中是随机零散分布，降耗效果有限，且符号关断功能的开启使功放模块开关频繁切换。为了提高节能效果，可采用优化调度算法，延迟某些用户数据块的发送，将小数据包集中在特定时隙调度，增加空白符号的数量，从而达到更优的节能效果。

➤ 通道关断

5G 标准引入 Massive-MIMO 技术,在基站业务负荷较低场景,比如夜间闲时、非容量小区场景等,可考虑关闭部分射频通道的发射功率,达到节能效果。当基站业务负荷增加达到一定阈值时,开启已关闭的射频通道,恢复多通道发射状态。启用通道关断方案,一般会影 响系统容量,同时由于总发射功率的降低会改变下行天线波束形状,影响原有覆盖和某些业务性能。

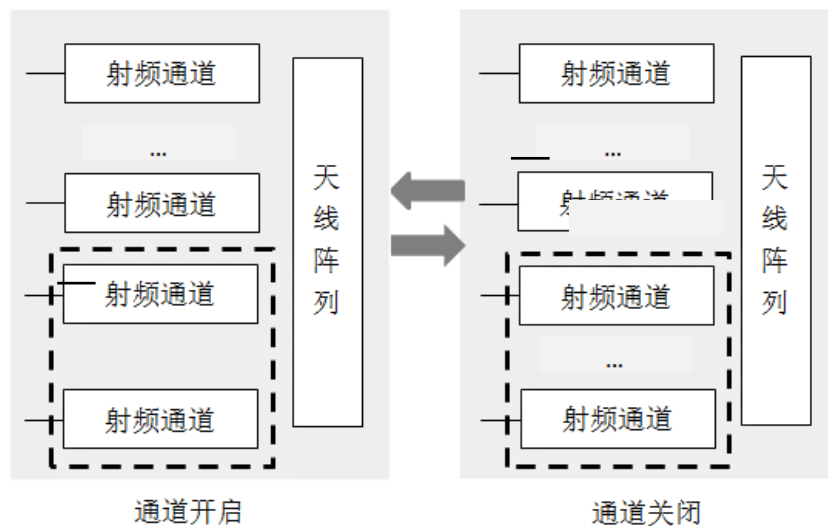


图 三-2 通道关断功能示意图

基站实施通道关断时,一方面需要考虑对网络 KPI 的影响,另一方面还需要考虑上行接收性能,避免由于通道数的降低而导致终端接入的漏检概率增加,错误估计业务负荷情况。因此,也可以分别考虑上下行通道关断功能,即只对下行进行通道关断,上行仍然维持原接收通道数。

➤ 小区关断

小区关断功能主要用于覆盖区域同时有两个或多个频点同时覆盖的场景，其中一个频点规划为基础覆盖小区，其他小区规划为补热小区。小区关断功能通过判断覆盖区域内各频点业务量，对于低业务量小区或者无业务量小区，并对该小区进行关断，以达到节能的目的。例如，在容量层 5G 小区业务负荷较低的情况下，关断 5G 小区、保留提供覆盖层的 LTE 小区，达到减少 5G 设备能耗的目的。

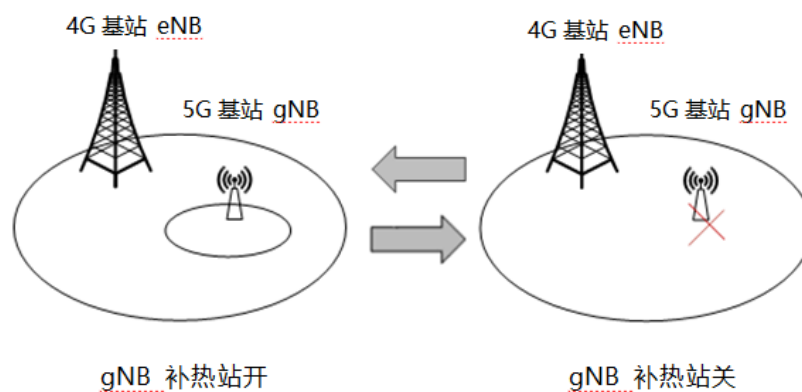


图 三-3 NSA/SA 场景 5G 小区关断功能示意图

➤ 深度休眠

深度休眠功能根据业务量变化情况，在用户数量低于预设门限关断 AAU/RRU 尽量多的器件，保留基本的传输链路。传统的节能方案只关闭功放模块或射频通道，其他硬件资源功耗之和仍然占总能耗一定比例，节能效果受限于功放数量和通道数量。随着节能技术不断提高，结合工艺、架构、算法等软件、硬件技术的发展，需要考虑关闭尽量多的射频硬件资源，例如：射频模块、功放器件、数字中频、甚至基带芯片等器件。深度休眠节能功能属于基站级节能手段，通过关闭尽量多的器件，仅保留 BBU 与 AAU 之间的传输链路，如 eCPRI

传输链路，让 AAU 设备进入/退出深度休眠模式。通过这种方式，实现最大程度节能。例如：4/5G 网间协作节能场景，4G 小区为基础覆盖小区，5G 小区为容量小区，通过判断 5G 小区的覆盖情况和业务负荷状态，自动识别低业务小区或者无业务小区，当 5G 小区将剩余业务全部迁移到 4G 小区后，5G 基站进入深度休眠模式；当 4G 基站业务量或 5G 终端数增加并超过预定门限，则通过网管激活 AAU 设备。

➤ 动态调压

功放器件的总功耗在 5G AAU 设备总功耗的占比约 50%，因此，提高功放效率是提升基站设备能效的关键点之一。目前，功放普遍采用 GaN 等材料，功放模块的高度集成，再结合包络跟踪技术，以静态或动态的方式调整功放输入直流电压等级、提高小功率信号的功放效率，可进一步提高功放输出功率，达到提升功放器件效率并降低功放热耗的使用效果。

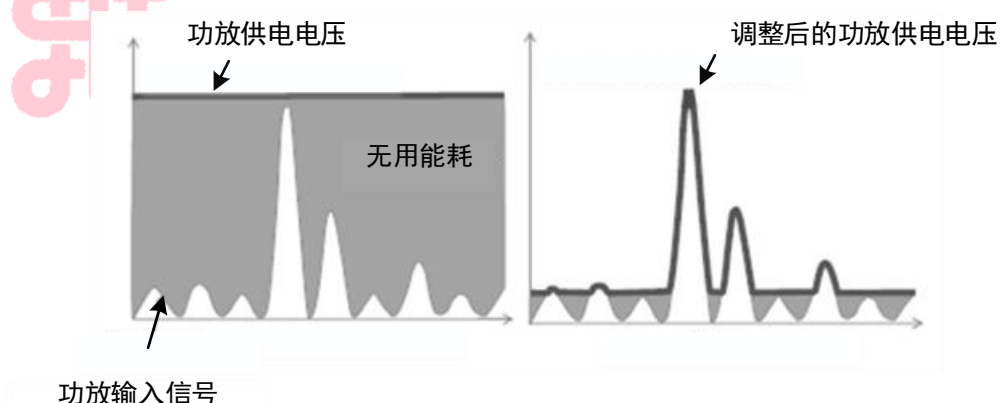


图 三-4 功放调压示意图

➤ 4G/5G 协同节能

随着 5G 网络的商用部署以及 5G 用户渗透率的增加，5G 网络覆盖规模将逐步接近 4G 网络。作为当前主力承载网的 4G 网络将会长期存在，4G/5G 多制式网络融合将成为未来主要组网方案。因此，网络节能需要考虑 4G 与 5G 之间的协同，使全网的能耗与网络性能达到最优。

4G/5G 节能技术正在快速融合人工智能技术和大数据技术等新技术方案，5G 网络可以实现智能节能策略、参数自动化配置，实现网络性能和节能效率最优的目标，不断降低移动通信网络的运维成本，助力电信运营商的网络向绿色、高效的更高水平持续发展。

4G/5G 覆盖区域内，可根据 4G 与 5G 网络的业务量等指标的变化情况，灵活管理 AAU/RRU 设备的关断时段，实现降低基站设备能耗的目的。若 5G 网络的业务负荷较低，则可动态关断 5G AAU/RRU 载波，降低 5G 网络的能耗，同时，5G 网络的业务量可由 4G 网络承载。若 5G 网络负荷超过预定门限，则开启 5G 小区，恢复正常的 5G 网络覆盖。若 4G 网络的负荷低于预定门限，可通过关断 4G 射频通道或载波的方式，降低 4G 网络的能耗。

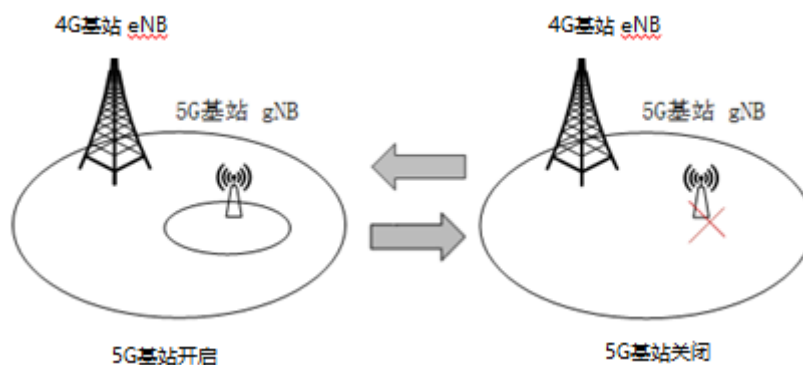


图 三-5 4G/5G 协同节能示意图

(二) 站点级节能

站点级节能基于站点资源可视化、远程智能管理，实现对电源、备电等网络基础设施按照多种系统制式进行智能化管控，支持功耗数据精确采集上报以及按系统制式和设备类型分路智能供电等功能，支持根据网络基础设施状态实现灵活的电源、备电等机房基础资源智能化管控能力。

基于智能配电单元或 5G 智能电源，5G 电源智能控制系统可以实现锂电池组的自动维护，自动分析锂电池组的健康度及实时容量等数据，提供给系统做专家决策。

电源智能控制方案能够对通信局（站）内的电源、空调设备及环境量进行遥测、遥信、遥控、遥调，实时监视系统和设备的运行状态，记录和处理相关数据，及时侦测故障，通知人员处理，从而实现移动通信机房、基站的无人值守，以及电源设备的集中监控维护管理，提高动力系统的可靠性，保障移动通信设备的安全正常运行。

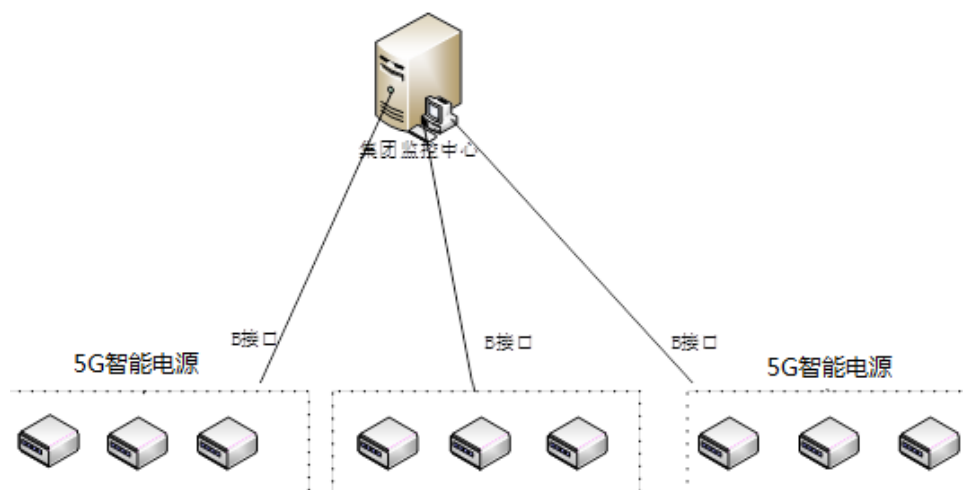


图 三-6 5G 基站电源智能控制系统架构

(三) 网络级节能

传统的基站设备节能技术从基站业务特征出发，基于网管系统话务统计分时段关断设备，无法支持实时、跨网络、灵活智能的节能管理，导致节能效果不佳。

网络级智能节能方案通过构建统一云化管理平台，支持多制式、多频层、多设备的智能化节能策略管理，以全网能耗最优为目标，通过对基站业务量智能预测以及多制式网络智能协同实现网络区域级的智能节能，提高全网的节能效率。

网络级智能节能方案将 AI 创新算法与节能技术融合，支持灵活、实时、智能化的节能策略管理，支持 4G/5G 多制式、多厂家设备的统一管理，突破了传统节能方案中管理难度高、节能效果欠佳的瓶颈，实现智能化、精细化、协同化的能耗管理。

网络级智能节能方案包括如下基本功能：

- 多网协同控制：自动识别基础覆盖小区和补热小区，支持与基站设备及 OMC 管理平台的接口，热点覆盖小区可根据业务量等指标变化进入节能模式，实现更灵活的节能效果；
- 业务预测：基于 AI 算法、基于现网基站数据，训练业务负载模型，实现对网络业务负荷的精确预测；
- 节能策略选择：基于业务预测结果，支持节能策略的自动选择、调整、配置更新和自动执行功能，同时满足预设置的节能目标和 KPI 目标；
- 能效评估：具备后向评估节能效果以及对网络 KPI 性能的综合分析能力。

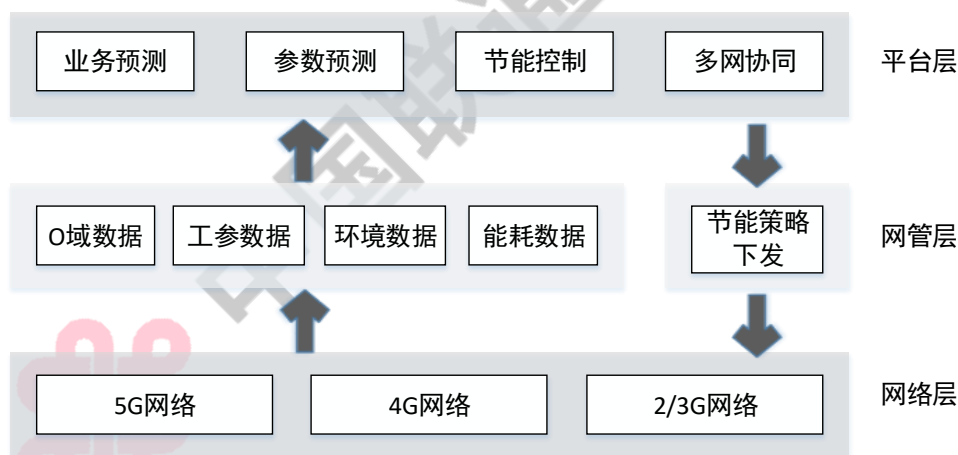


图 三-7 网络级智能节能方案

四、5G 网络能效评估体系

(一) 业界主流的能效评估标准

为了科学合理的评估移动通信网络的能效水平，国内外各标准化组织制定了相关的指标体系与评价标准。

CCSA 标准化组织定义了移动通信设备节能参数, 基站整机的节能参数包括: 基站的功耗、基站的输出功率、基站的输入输出功率比。其中, 基站的功耗为在不同参考业务负荷模型下测量的输入功率加权平均值或满负荷下的输入功率值 (仅用于 LTE 基站); 基站的输出功率为在不同参考业务负荷模型下测量机顶输出功率的加权平均值或满负荷下测量机顶输出功率值(仅用于 LTE 基站); 基站的输入输出功率比为基站的功耗和基站的机顶输出功率的比值。

ETSI 标准化组织制定了基站设备的功耗指标, 用于评估无线接入网设备的能耗情况。基站设备的功耗指标考虑了基站在高、中、低三种负荷水平下的功耗, 并根据不同负荷水平的持续时长占比, 计算得到基站的平均功耗。此外, ETSI 标准将基站流量与基站能耗的比值定义为基站能效指标, 以评估基站单位能耗所能提供的业务流量。

从能效评估层级区分, ITU-T、ETSI 等组织分别提出了设备级、站点级、网络级不同层级的能效评估指标。设备级能效指标主要用于评估基站设备本身的功率效率, 包括射频模块能效、基站整机能效, 分别用于评估射频模块 (AAU/RRU)、基站整机 (BBU+AAU/RRU) 的能效, 射频模块能效=机顶输出功率/射频模块能耗, 基站整机能效指标=基站流量/基站能耗。站点级能效可对标数据中心 PUE, 定义为主设备能耗与站点总能耗之比, 站点总能耗考虑了主设备、电源、空调及其它站点配套设施的整体能耗。网络级能效指标可以反映单位能耗所提供的网络性能的差异, 可定义为网络性能指标与网络能耗之

比，性能指标可以包括流量、连接数等。

表 1 业界各层级能效指标

层级	标准组织	指标定义
网络级	ETSI	网络能效=性能指标/网络能耗
站点级	ITU-T	站点能效=主设备能耗/站点总能耗
设备级	ETSI/ITU-T	基站能效=基站流量/基站能耗 射频模块能效=射频机顶输出功率/射频模块能耗

(二) 5G 网络能效评估体系

现有的能效评估标准主要面向 2/3/4G 无线网络，主要是通过基站设备的功耗、功率效率、流量能效比等指标评估设备的能效水平。从 4G 发展到 5G，移动通信技术与产品都发生了深刻变化，5G 基站设备的硬件能力、软件功能都实现了较大的提升，单站功耗也更大。相比与 4G 基站，5G 基站单站功耗增加了 3-5 倍，相应的，单站的数据处理能力也有了较大提升，5G 基站单站下行平均速率约为 4G 的 10 倍以上。

为了更全面、更科学的衡量 5G 网络能效，能效评估体系还需不断演进，在现有的流量能效比指标的基础上，将 5G 网络能效评估指标体系扩展到更多维度，综合考虑能耗与环境影响、业务量、业务质量之间的关系，在实现节能目标的同时，满足 5G 大带宽、低时延、

大连接等更多类型、更高性能的业务需求。通过建立更多维度的能效评估体系，推动 5G 网络实现网络能效优、业务体验优的双优目标。



五、5G 节能技术演进路标

(一) 5G 节能技术演进路标

随着 5G 基站设备与节能技术的发展,5G 网络能耗将稳步下降,实现网络绿色低碳化演进的目标。

➤ 设备硬件方面:

2022~2024 年内,通过平台迭代,不断提高硬件平台集成度,由 7nm 工艺水平逐步向 5nm 工艺演进,推动功放模块、数字基带、收发机等对功耗影响较大的关键器件的技术升级,降低基础功耗;通过数字预失真算法增强、功放架构优化等方案,提升功放效率;利用高性能导热材料、新型散热技术,提高模块的自然散热能力,持续降低设备基础功耗。

➤ 设备软件方面:

2022~2024 年内,持续推进符号关断、通道关断、小区关断、深度休眠、4G/5G 协同节能等基础节能功能的应用与功能增强,挖掘存量网络的节能潜力,提升软件节能效果。随着 5G 多频协同组网的发展与规模化部署,2023 年起,规划支持 5G 多频层协同节能功能,通过多频层网络之间的协同实现网络覆盖与能效的最优;同时,考虑基于 AAU 自动启停、AAU 动态调压、BBU 休眠等增强型设备级节能功能,进一步降低设备动态功耗。

➤ 智能化节能方面:

持续优化 AI 智能节能技术方案,支持业务精准预测、智能参数

配置优化，支持多模多频网络协同节能，实现业务体验和网络能效双优的节能策略。增强“一站一策”的场景化节能定制能力，支撑无线网络精细化、智能化、绿色低碳化运营。随着基站硬件能力的提升，可考虑基于基站 AI 内生能力实现器件级智能节能。



图 五-15G 节能技术演进路标

(二) 5G 基站功耗演进路标

随着 5G 商用化进程加速，5G 基站设备经历了原型设备、实验网设备、商用设备等不同的设备阶段，基站设备的能耗逐步下降。在 5G 商用设备硬件平台迭代以及各类节能技术演进的驱动下，基站能耗还将持续降低。

面向 5G 场景化的部署需求，需要采用不同频段、不同规格的设备协同组网，通过 900MHz、2.1GHz、3.5GHz 等多频协同，实现 5G 网络全面覆盖。不同频段的 5G 基站设备支持的带宽、功率、通道数等硬件能力不同，设备能耗性能也存在差异。随着设备部署规模的扩大以及设备软硬件版本迭代发展，预计每年新入网设备功耗平均年降幅水平为 5%-10%。

依托 5G 智能节能体系，在设备功耗降低的基础上，可进一步结合站点级、网络级智能化节能方案，提升 5G 网络的能效水平。未来，随着 5G 用户和业务的发展，5G 网络分流比将持续提升，5G 业务负荷将逐年增加，整体能耗也将随之上升，给 5G 网络绿色低碳化演进带来更加严峻的挑战。综合利用设备级、站点级、网络级多层面节能措施，可推动 5G 网络能效持续提升，以更少的能耗承载更多的业务量，保障在 5G 发展成熟期负荷增加的情况下，将网络能耗控制在一个合理的水平。

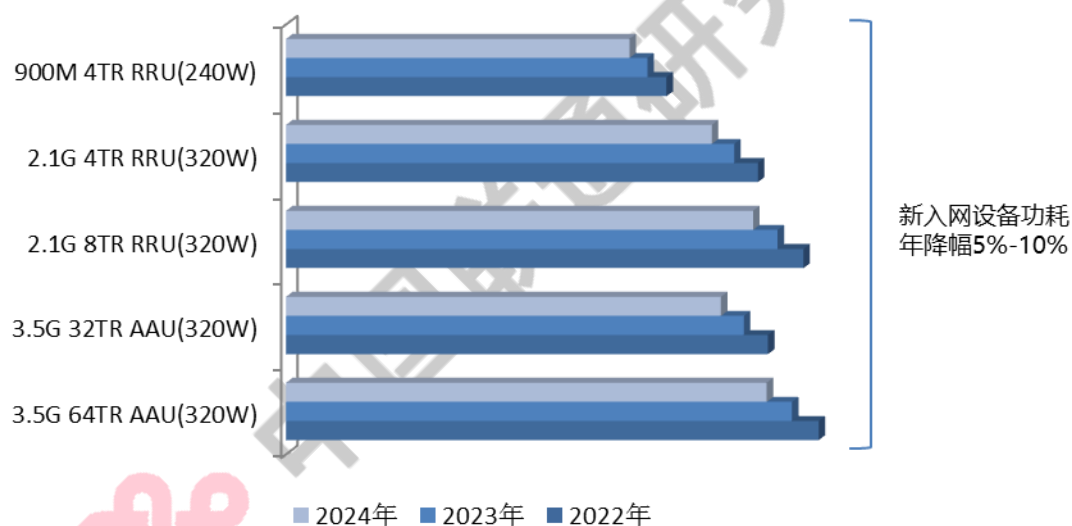


图 五-2 5G 基站设备功耗演进路标

六、总结与展望

在“碳达峰、碳中和”双碳战略的驱动下，我国正在加快制定“碳达峰”行动计划，中国联通提出“3+5+1”行动计划，预计十四五期间累计节约用电 650 亿度，要控制能耗消耗总量同比增幅逐年下降，计划于 2028 年提前实现“碳达峰”。

2021 年底，共建共享 5G 基站规模已达到 69 万，随着 5G 网络的发展，5G 站点数还将进一步增加，预计到 2022 年年底，在用 5G 基站将超过 99 万站。面对 5G 网络能耗成本的倍增，迫切需要业界各方通力合作，加速 5G 节能技术研发与应用，共同应对 5G 能耗带来的严峻挑战。

经过近几年的 5G 商用部署，5G 节能技术研究已取得了较大的进展，未来，仍需要在现有成果的基础上进一步拓展，以 5G 网络智能节能技术体系为框架，以人工智能、大数据技术为突破口，推动设备级、站点级、网络级各层面的节能技术创新，构建科学高效的 5G 能效评估体系，打造出极简、智能、绿色的新型 5G 网络基础设施。

中国联通研究院是根植于联通集团（中国联通直属二级机构），服务于国家战略、行业发展、企业生产的战略决策参谋者、技术发展引领者、产业发展助推者，是原创技术策源地主力军和数字技术融合创新排头兵。联通研究院以做深大联接、做强大计算、做活大数据、做优大应用、做精大安全为己任，按照4+1+X研发布局，开展面向CUBE-Net 3.0新一代网络、大数据赋能运营、端网边业协同创新、网络与信息安全等方向的前沿技术研发，承担高质量决策报告研究和专精特新核心技术攻关，致力于成为服务国家发展的高端智库、代表行业产业的发言人、助推数字化转型的参谋部，多方位参与网络强国、数字中国、智慧社会建设。联通研究院现有员工近700人，平均年龄36岁，85%以上为硕士、博士研究生，以“三度三有”企业文化为根基，发展成为一支高素质、高活力、专业化、具有行业影响力的人才队伍。

战略决策的参谋者 技术发展的引领者 产业发展的助推者

态度、速度、气度

有情怀、有格局、有担当

中国联合网络通信有限公司研究院

地址：北京市亦庄经济技术开发区北环东路1号

电话：010-87926100

邮编：100176



中国联通研究院



中国联通泛终端技术