

ZTE中兴

CO₂

中兴通讯

绿色5G核心网白皮书



目录

01 引言

01 绿色发展，网络先行

- 01 绿色发展的机遇与挑战
- 02 绿色低碳是未来网络演进的基础

04 绿色5G核心网关键技术及实践

- 04 影响核心网绿色转型的关键因素分析
- 05 核心网绿色转型关键技术
- 20 绿色5G核心网实践

23 未来网络绿色演进展望

1 引言

随着 5G 在全球大规模商用，大量基站、边缘数据中心、大型数据中心陆续部署，网络流量持续增长，能耗大幅攀升，5G 网络及应用的绿色转型迫在眉睫。核心网作为 5G 网络的核心，需要不断探索节能降耗技术，引入智能元素，在整个网络绿色转型过程中发挥大脑作用，实现端到端联动节能，并引入新材料、新架构、新算法提升资源能效。

本白皮书通过对影响核心网绿色转型的关键因素进行分析，找出转型的方向和目标，然后着重介绍服务器、云平台、网元、运维管理等各个层面的关键节能提效技术和收益，并提供行业实践案例，旨在为运营商和行业在构建绿色网络时提供理论支撑和借鉴参考，促进业界共同推进网络节能技术的研究和创新，为国家“双碳”目标和绿色地球贡献力量。

2 绿色发展，网络先行

2.1 绿色发展的机遇与挑战

根据 GSMA 分析，近一个世纪以来，全球气温正趋向变暖，如图 2-1 所示，尤其是进入八十年代后，全球气温明显上升。如果不加以管控，2100 年全球平均温度将升高 3℃，地球不再适宜人类居住。

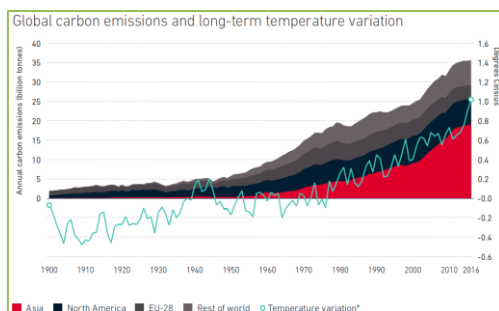


图 2-1 全球碳排放和气温变化

当前气候变化对全球各个居住地区的影响越来越大，伴随着极端气候变化，全球经济发展和人类生活受到巨大冲击，气候变暖已经变成人类共同面对的巨大挑战。因此“碳减排”成为了全球重要国家的共识。截至到 2021 年底，已有 130 多个国家、116 个地区、234 个城市以及 683 家企业提出碳中和目标。中国也在 2020 年 12 月 12 日联合国气候峰会上，承诺力争绿色发展，在 2030 年前实现碳达峰，努力争取 2060 年前实现碳中和的目标。世界已开始进入双碳时代，全球经济发展模式正从能源资源依赖型走向能源技术依赖型。

我国处于工业化中后期，工业生产过程中的单位产品能源消耗与国际先进水平还存在较大差距，对这些行业进行绿色转型潜力巨大。与此同时，5G 商用迄今已三周年，5G 从网络建设、用户规模、智能终端等方面取得了巨大成就，5G ToB 业务也从 1 到 N，实现了与千行百业的深度融合。5G 新基建作为推进千行百业数智化转型的发动机，在双碳时代到来之际，通过数智化转型，持续推进绿色网络建设，优化网络节能技术，实现行业绿色转型，将为 5G 网络带来巨大机遇。

随着用户业务向多感官、富媒体、强交互、高度沉浸转变，网络需要更大带宽和更低时延，导致 5G 网络流量快速增长并将远超 4G 流量，对比相同 4G 覆盖范围，需要几倍的 5G 站点才能满足用户覆盖需求，从而产生数倍于 4G 的能耗。因此如何通过创新技术打造绿色数字化基础设施是 5G 网络发展面临的主要挑战。

2.2 绿色低碳是未来网络演进的基础

面对未来社会发展需要，国内外知名行业协会 IMT-2030 (6G)推进组、NGMN、美国 ATIS（电信行业解决方案联盟）、欧盟 Hexa-X（6G 旗舰研究计划）一致认为绿色低碳是未来网络演进技术基础。

NGMN 认为下一代网络三大核心目标包括：社会和环境效益、体验新颖的扩展的且差异化的服务，以及创造更高价值的运营。社会和环境效益要求环境可持续性，改善端到端环境的影响、能源效率和数字包容性等是未来技术考虑的核心。



图 2-2 NGMN 6G 动机和驱动力

美国 ATIS 正致力于“在未来 10 年内推动北美 6G 移动技术以及未来技术的领先地位”，并认为下一代网络等于 Green G，可持续性（Sustainability）是其六大目标之一：从根本上改变用电力支持下一代通信和计算机网络的方式，同时加强信息技术在保护环境方面的作用。



图 2-3 ATIS 发布的下一代网络目标

Hexa-X 定义全新的 6G 智能网络架构，认为可持续性（Sustainability）是 6G 三大基石之一，目标为：优化数字基础设施，实现节能降耗，有效减少温室气体排放，为行业、社会和决策者提供高效且可持续的数字化工具。

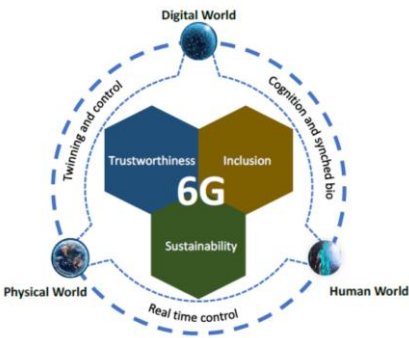


图 2-4 Hexa-X 定义的 6G 网络基石

3 绿色 5G 核心网关键技术及实践

3.1 影响核心网绿色转型的关键因素分析

核心网作为 5G 网络的核心和大脑，一方面，核心网自身需要实现节能减排。根据 GSMA 的报告分析，5G 核心网能耗在 5G 通信网络中占比 11% 左右。由于核心网网元类型多、数量多、部署分散，存在资源冗余，并且业务潮汐对资源利用率影响大，因此，核心网自身面临节能降耗的挑战。另一方面，核心网需要发挥核心大脑作用，精准感知网络数据流量上传下发的拥塞状态、业务动向、用户位置等信息，实时调度和动态编排网络能力，协同网络其他域，赋能千行百业，实现端到端节能降耗。综合这两方面要求，核心网节能降耗技术的研究和应用不可或缺。按照典型配置计算，如下图所示：核心网控制面能耗占比 74%，组网配套能耗占比 21%，用户面能耗占比相对较少。因此核心网绿化关键是实现控制面的节能降耗。

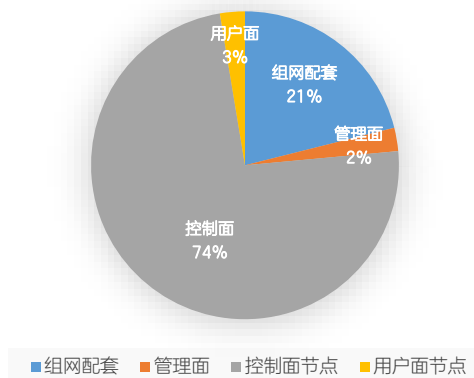


图 3-1 典型配置下的核心网能耗组成

在 NFV/SDN 技术支撑下，5G 核心网控制面已经实现了全面云化，从而可以集中部署，并构建以数据中心为基础的统一物理网络，通过软硬解耦和硬件资源池化实现资源的最大共享，改变传统的一个应用一个硬件的“烟囱”架构；通过统一管理来实现资源的按需分配和调度，从而最大地提升资源利用率。因此实现绿色核心网需要进行三个层面的绿色转型：

- 1、基础设施绿色转型：打造绿色服务器和绿色云平台，充当绿色基座。
- 2、网络功能绿色转型：优化网元架构，实现绿色使能。

3、网络管理绿色转型：精准监测、管理优化能耗，充当绿色大脑。

3.2 核心网绿色转型关键技术

3.2.1 基础设施 — 绿色底座

核心网全面云化后，基础设施从“专用设备 + 专用平台”升级到“各类服务器 + 云平台”。控制面基于通用服务器集中部署，用户面按需下沉到各类边缘服务器。低碳节能重点在于各类服务器和云平台的能耗控制。

3.2.1.1 绿色服务器

服务器的能效提升涉及供电和用电两大环节。

供电环节的提升，重点在于提高效率，减少传输损耗。

用电环节的提升，需要从三个方面入手：一方面要不断提高电力到算力的转换效率，减少热能损耗；另一方面要从算力的应用出发，按照业务特点和场景匹配算力，提高计算效率；同时，还要在算力的体系结构上不断创新，通过新型的高效架构，从源头上提升能效。



图 3-2 绿色服务器四维优化

3.2.1.1.1 高效供电

供电环节包含机房供电链路和服务器内部供电系统两大部分。核心网设备的供电需要高可靠性的保障，为了应对市电的不稳定性，供电链路上的备电系统不可或缺。服务器支持外部 AC+HVDC 混合供电，为备电系统提供了更多的选择和可能。HVDC 作为备电系统可以提升传统 AC 备电系统的传输效率，电池直接挂在 HVDC 总线上（传统 AC 方式下，电池需经过 DC 到 AC 逆变器，才能给服务器供电），省去了逆变器的损耗，提升了供电效率。

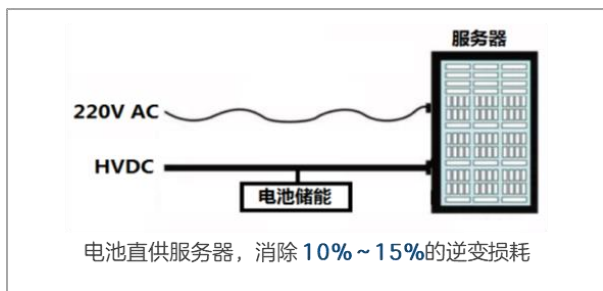


图 3-3 AC+HVDC 混合供电

服务器内部 CPU 和内存是功耗大户，这部分的能效优化对于整个供电系统至关重要。两者的供电大多采用多相电源，总的相数与 CPU 和内存的最大功耗相关。CPU 和内存的工作状态根据业务情况动态变化。低功耗的情况下，所有的相数都工作会带来较多的工作损耗，降低了电源的转换效率。服务器电源设计上支持 APS（Active Phase Switching）模式，可以根据负载功耗情况，自动调整供电相数，从而在满足负载供电的情况下，最大限度地提升转换效率，降低损耗。



图 3-4 自动关相

3.2.1.1.2 高效散热

服务器性能不断提升，芯片功耗高速增长，未来单 CPU 功耗可攀升至 500W，芯片散热成为未来产品热设计面临的巨大挑战。按照 ASHRAE 的分析，当 CPU 功耗超过 400W 时，当前的风冷散热无法支撑，必须采用液冷散热。

液冷散热利用液体的高导热、高热容的特性，在散热能力、节能效果、技术成熟度、架构兼容性、生态环境等各个维度具有显著的技术优势，成为政企、运营商、互联网企业的关注焦点。现阶段整个 ICT 产业都加快了液冷技术的研究和部署。

当前主流的液冷散热技术有冷板式液冷和浸没式液冷两种。现阶段，冷板式液冷的行业成熟度最高，供应链最完善，市场应用最广。可延续当前服务器架构，兼容风冷散热，同时适用于新旧机房。浸没式液冷采用全新架构，更适用于新建机房，PUE 相对冷板式液冷更低，是未来液冷的发

展趋势，但通用性和适应性还需要加强。

维度	冷板式液冷	浸没式液冷
通用性	延续当前服务器架构， 可同时兼容风冷	全新架构， 业内无标准
	☆☆☆☆☆	☆☆☆
适应性	新旧机房都可采用	只支持新建机房
	☆☆☆☆☆	☆☆☆
能耗水平	PUE : 1.2 ~1.3	PUE : 1.01~1.09
	☆☆☆	☆☆☆☆☆

图 3-5 两种液冷技术的比较分析

3.2.1.1.3 高效计算

随着摩尔定律放缓，计算多元化的发展，特别是应用类型的多样化，使得通用 CPU 在处理海量计算、海量数据/图片时遇到越来越多的性能瓶颈，例如：并行度不高、带宽不够、时延大。

越来越多的场景开始引入异构计算，使用 GPU、FPGA、NP 等硬件进行加速。所谓异构，就是 CPU、GPU、FPGA、NP 等各种不同体系架构的计算单元组成一个混合的系统，共同执行计算的特殊方式。每一种不同类型的计算单元都可以执行自己最擅长的任务。

5G 时代，数据流量将数倍增长，需要重点关注 bit 能耗。通过在 5GC 的 UPF 网元上采用异构计算（比如：CPU+FPGA），可以突破虚拟化转发的性能和时延瓶颈，大幅降低 bit 功耗。

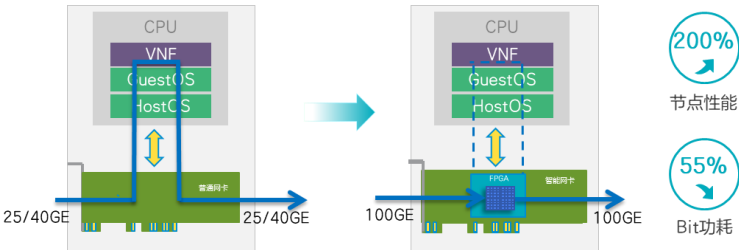


图 3-6 智能网卡加速方案

3.2.1.1.4 高效架构

经典冯诺依曼计算架构采用计算和存储分离架构，将整个计算架构分成计算、控制、内存和输入输出五个部分。计算流水包括取指、译码、执行、访存、回写五个阶段，很多应用场景下用于计算的能耗占比小于 10%，大多数能量都被用于访存、Cache 处理、译码、分支预测等处理。随着大数据和人工智能应用的发展，传统计算架构在内存墙和功耗墙的双重限定下，对新兴数据密集型应用的影响变得越来越突出，亟需新的计算架构解决这一问题。

存算一体技术就是从应用需求出发，减少数据的有效搬移、增加数据的读写带宽，提升计算的能效比，进行计算和存储的最优化联合设计，从而突破现有内存墙和功耗墙的限制。

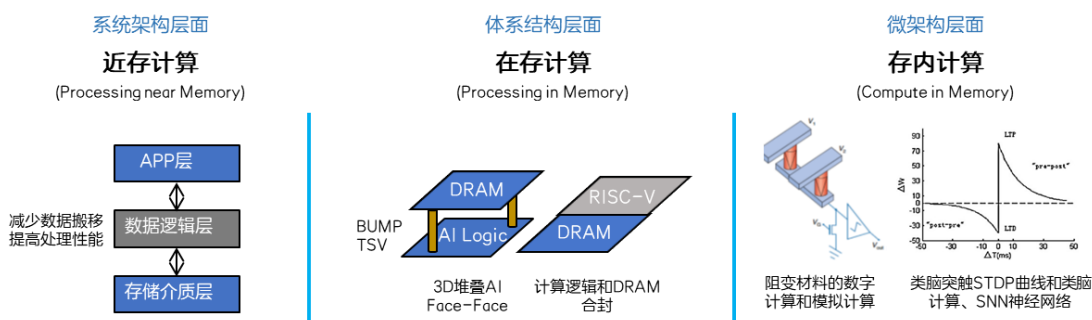


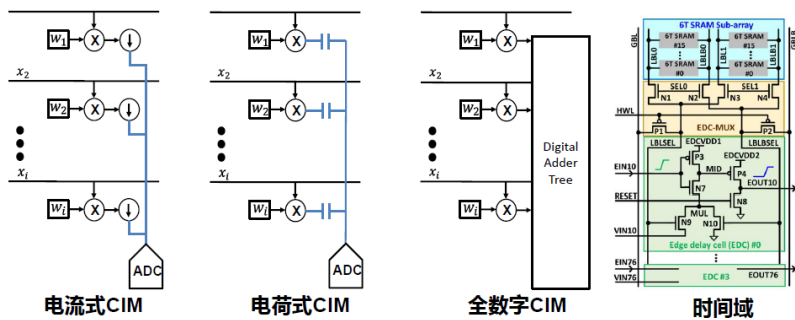
图 3-7 存算一体定义

近存计算通过在存储单元添加计算功能，使得处理能够直接在存储单元中执行，在本地产生处理结果并直接返回，可以有效避免数据搬移引发的诸多问题，例如：减少数据移动并加快处理速度可以显著提升性能，数据不离开存储单元进行处理，也有助于提升安全性。业界已开始对基于存储盘的近存计算进行标准化。存储网络行业协会提交了计算存储体系结构和编程模型草案，包括设备体系结构、设备组件、使用模型、编程模型和使用示例的定义。NVM Express 其中一个工作组致力于存储计算的标准化，如 SNIA 的草案，将在不久后发布。

在存计算主要在主存储器内部集成计算引擎，主存主要存储媒介是 DRAM。可以在数据读写的同时完成简单的计算，例如摄氏和华氏温度的转换。由于 DRAM 主要是由三星、镁光、长江存储和合肥长芯等大厂提供，一般用户很难对其进行定制。

存内计算的实施风格主要有四种类型：电流型、电荷型、全数字型和时域型。基于电流的存内计算单元具有更少的晶体管；基于电荷的存内计算单元可以带来高并行性；全数字存内计算方法近

来吸引了很多关注，具有全精度的优点；时域存内计算的面积成本较小，但延迟较大。



来源：中兴通讯和复旦的联合实验室

图 3-8 存内计算的四种实施风格

存算一体当前还处于技术探索阶段，期待在不远的未来可以规模商用，减少数据中心内/外数据低效率搬移，从系统层面提升计算能效比。

3.2.1.2 绿色云平台

万物互联时代，云平台已在在电信、政企、金融、交通、能源等各大行业得到广泛部署和应用，助力千行百业数字化转型。在“碳达峰碳中和”战略目标的驱动下，节能降耗、高效部署、精准赋能的绿色云平台，已成为现代化低碳智能数据中心的主流底层基础设施，如何降低功耗成了云平台的重要任务。

在部署和形态上，绿色云平台可屏蔽资源在规模、类型、布局等方面的复杂性，为多应用提供一体化抽象算力；并通过多种途径提升资源利用率，降低能耗投入，优化平台部署和架构，精准赋能应用，多维度推进节能降耗的云平台建设。主要体现在以下三方面：

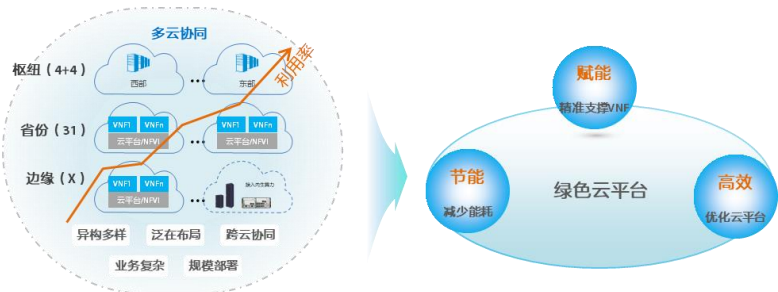


图 3-9 绿色云平台

- **节能：**绿色云平台可通过智能分析、容量预测、提前规划资源池等措施，实现资源的预测调整，然后利用动态资源调度技术和动态电源管理技术，实现资源碎片归拢、电源多级精细化管理，减少能源消耗。
- **高效：**绿色云平台可针对不同的部署场景进行功能和组件的裁剪，减少云平台自身占用，实现平台的自身优化；并可通过混合部署不同潮汐的应用，提升资源利用率，实现应用的部署优化。
- **赋能：**绿色云平台可基于应用特征，按需裁剪、供给针对性资源，实现资源最佳适配；并可利用云原生架构的特点，充分共享核心基础能力和功能组件，赋能应用轻量化。

3.2.1.2.1 动态调整资源，节能降耗

传统业务平台独立建设，资源无法复用、无法按需调度，设备使用率低。而绿色云平台可以实现资源池化部署、按需动态调整，供所有业务共享共用及复用，从而有效提升资源利用率，节能降耗。动态调整资源，是通过动态地监测资源使用情况，根据实际情况做出相应的资源精准化调整。主要涉及的功能技术包括智能容量预测、动态资源调度和动态电源管理。

- **智能容量预测功能，可提前规划调整资源池容量**

智能容量预测功能，通过采集性能指标数据，结合 AI 模型，呈现出指标数据的使用情况，并分析得出全局视角的趋势预测和忙闲阶段预测。趋势预测可指导资源池扩容采购，忙闲阶段预测可指导资源池弹缩计划。根据预测数据，管理员可精准定义资源池弹缩计划，在不影响业务 QoS 前提下提前进行能耗管理，包括下电资源和低功耗资源的设定。预测越精准，能耗管理越精细，资源消耗节约越多。

- **动态资源调度，结合电源管理，减少能耗投入**

作为基础设施的云平台将动态资源调度功能与动态电源管理功能配合使用，实现对资源的动态优化和功耗的精细控制，即，将分散的应用实例资源进行一定程度的聚合，将空闲节点按照冗余比进行下电节能处理，并对上电的资源硬件根据主机负荷情况进行精细化电源管理，从而达到节能增效的目的。

动态资源调度功能可实现业务应用无损在线迁移，确保资源碎片率维持在较低水平。

动态电源管理功能可基于业务及时间段的组合策略，定义在线主机冗余比及主机功耗，实现 D/G/P/C 态的电源能耗分级管理。

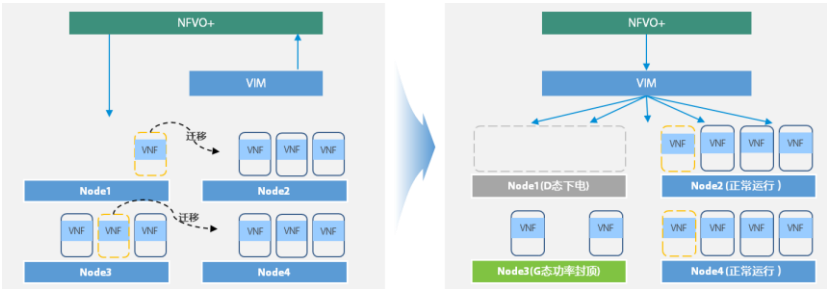


图 3-10 动态资源调整&动态电源管理

根据电信云的部署实践评估，通过动态资源调整和精细化电源管理后，5G 核心网的资源池云平台可有效减少能耗。

3.2.1.2.2 按需优化平台，高效部署

云平台集成 IaaS/PaaS/FaaS 多种服务类型，面向全场景业务。但在某些部署规模小、硬件资源有限的场景中，如“边缘云”、“私有云”等，若部署全部云平台功能和组件，则过于“笨重”，资源浪费严重。因此云平台需要“瘦身”，根据不同场景下的业务资源需求，软件按需裁剪，只保留必要组件，去除多余组件，实现“轻量化部署”，提升资源利用率。而根据业务的不同潮汐效应，还可以通过“应用混合部署”，提升资源池的综合利用率。

- 软件按需裁剪，轻量化平台部署

根据部署场景及业务的内外特性需求，定制灵活组合的产品和版本，包括组件选取、服务提供、版本裁剪等方面，提供轻量化的云平台部署，减少资源占用，降低能耗。云平台软件裁剪示例如下图所示：



图 3-11 轻量化云平台

- 业务灵活部署，提升资源池的综合利用率

根据应用场景分析，网络运维、营业开通等服务存在规律的业务潮汐现象，呈现出周期性的峰值和谷底流量区间；大数据分析等服务，对资源要求高，对时间不敏感，可“随时”运行。

利用业务特点，云平台可灵活地进行“应用的混合部署”，即将不同应用部署到同一个节点，大数据分析服务可充分利用网络运维服务的谷底流量区间运行，从而减少大数据分析服务的计算资源，节省成本开支，提升资源池的综合利用率。

“应用混合部署”需要部署“统一智能调度平台”动态感知各个资源池的算力负荷，智能预测应用潮汐特征，实现多资源池多业务的混合调度，削峰平谷，提升资源综合利用率。

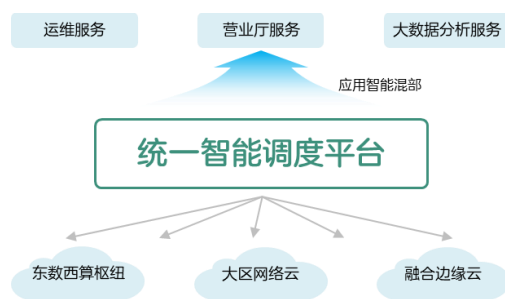


图 3-12 潮汐业务混合部署

3.2.1.2.3 精准适配应用，敏捷赋能

千行百业的数字化转型中，不同行业不同业务对网络性能、传输时延、成本开支、安全防护等均存在差异化需求，但云平台的资源有限，需要聚焦应用场景，精准编排资源，采用差异化的方式为应用提供资源供给服务，以减少资源消耗。

一方面，聚焦应用的关键特性和差异化资源需求，精准指定资源，实现快速选配和最精简部署，构建量身定做的应用服务平台；另一方面聚焦网络的分离化结构，针对网络不同位置的业务特征和环境条件，提供精准适配的资源服务，实现全网“边”、“管”、“云”资源的一体化供给、运维和运营，达到资源按需调度、高效利用和品质保障的目的，从而更好地匹配不同行业的转型和创新需求。在 5G 核心网中，可根据应用的差异化需求和云平台资源需求的复杂性，通过增强的应用编排管理中心，实现电信网络中不同云、不同应用的资源精准适配，提升资源利用率。

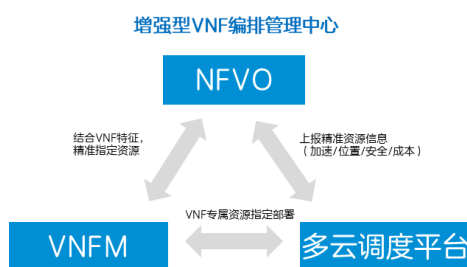


图 3-13 增强型 VNF 编排管理中心

另外，行业云的网络建设目前正从云化资源阶段向云原生阶段迈进。云化资源阶段，以资源为中心，各类应用共享统一的各类资源池，如计算、存储、网络等，但应用组件还处于烟囱式状态。云原生阶段，以应用为中心，将业务应用的核心基础能力和功能组件标准化、平台化，形成共享能力层，敏捷赋能各类应用，实现应用的敏捷开发、快速交付、自动化部署。故而共享通用能力，敏捷赋能应用，也将成为云平台的关键能力。

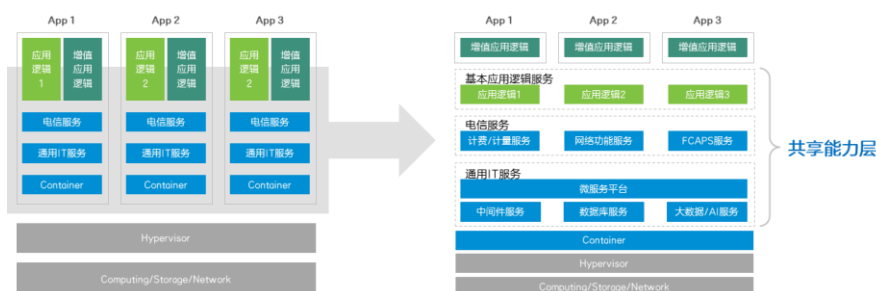


图 3-14 构建共享 PaaS 能力层

如上图所示，目前业界也正在推动 5G 核心网的通用能力层的建设，基于容器平台，将通用的 IT 服务、电信服务、基本应用逻辑服务等构建为共享的 PaaS 能力层，统一管理、统一运维，供各类 APP 应用按需调用，满足快速迭代要求。

3.2.2 网元优化 — 绿色使能

基于 SBA 架构设计的 5G 核心网，通过全新网络架构、云技术的引入践行绿色节能。SBA（Service Based Architecture）服务化架构是 5G 最重要的标志性创新，使 5G 核心网各网元的功能模块化，接口统一化，结构简单化以及去中心化，通过按需部署、按需复用、按需互通使 5G 核心网绿色节能成为可能。CUPS（Control and User Plane Separation）作为 5G 核心网关键技

术，通过 C 面与 U 面分开建设，且 C 与 U 可以按照 Full-Mesh 的方式互联，使得 5G 核心网组网更灵活，业务更可靠，转发面更接近用户和应用，资源利用更高效。

采用云原生相关技术使得 5G 核心网可以以微服务的形式进行编排和组装，实现软硬解耦，并支持跨资源部署，充分利用各类硬件资源，实现最大化节能。并且，微服务更轻量化，可以按不同种类业务选择微服务类型和规格，实现最有效降耗。

3.2.2.1 SBA&云原生设计，内生节能

云原生基于微服务架构提高业务单元的灵活性和可维护性，借助敏捷方法和 DevOps 流程实现持续迭代和运维自动化，基于全融合的微服务化组件可以实现服务/编排/运维超融合一体化的 VNF 设计，从设计、开通、部署、运维等层面构建超轻 5GC 网络。VNF 能够通过内生智能算法，根据 CPU 负荷、用户上线率、数据吞吐量大小、周边网元状态监测结果等参数，智能评估设备状态，进而实现自动弹性伸缩、动态服务调度、CPU 自动调频等方案实现资源利用率的优化。通过内生节能，大幅降低运营能耗，实现绿色 5G。

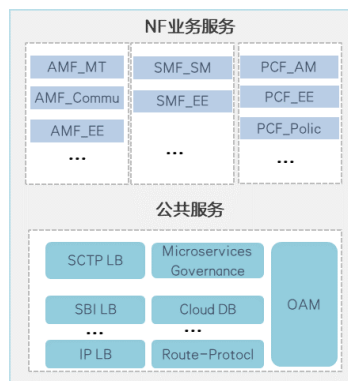


图 3-15 5GC 云原生微服务架构

按照单 DC 满足 4000 万用户话务测算，相对于传统专有硬件设备，云原生超融合 5GC 引入后年度能耗降低约 30%。

3.2.2.2 高性能一体化 UPF，智能节能

CU 分离架构的引入，使得控制面可以通过 SBA 架构实现集中、高效、智能部署，用户面可以在控制面拉远管理下实现分布式、低成本、灵活部署。因此，作为用户面最主要的数据转发网元，UPF 可以更聚焦高性能数据转发，为用户带来极速带宽体验。随着 5G 网络的规模商用，移动

用户流量将迎来爆炸式增长，移动数据的高性能转发已成为用户核心需求，高性能、一体化的 5G 转发面网元 UPF 成为 5G 节能的重要实现点。

传统 UPF 为了满足高性能转发，需要处理器无论业务忙闲情况下 CPU 始终 100%运行，能耗始终最大。由于用户作息时间、聚集程度、移动路线等存在一定时间规律，流量潮汐效应明显。因此，如何根据 U 面业务量执行节能操作，达到智能节能减排是高性能一体化 UPF 需要解决的问题。

高性能一体化 UPF 方案内置节能算法，内部自带多线程负载均衡器，自适应话务模型变化。根据网络流量负载，按需上电/下电或休眠 CPU 核，智能值守，无需人工干涉。为实现开关核时的业务无损，网元内部流量基于 ring 队列分发，CPU 核开关通过快速切换，完成 ring 队列的连续接管，实现切换过程平滑业务无损。

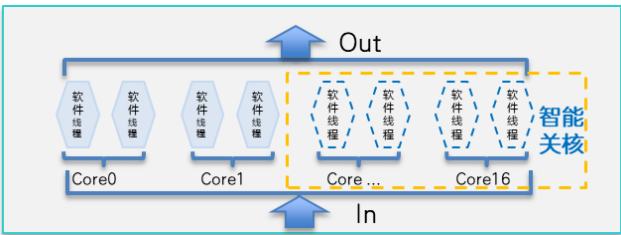


图 3-16 高性能一体化 UPF 智能节能方案

高性能一体化专用 U 面（UPF/SAE-GW-U/GGSN-U）以 400Gbps 转发吞吐量为例，与传统硬件的 SAE-GW/GGSN 相比，所需能耗可下降约 50%。

3.2.2.3 物联网特性优化，精准节能

万物互联时代，不同类型的物联网用户有着不同的业务特征。例如路灯、井盖等物端设备的特征包括固定接入、小包传输、定时通信等，而安防、监控等物端设备的特征包括固定接入、大数据量、实时传输等。因此，针对差异化业务特征的物联网用户，5G 核心网可以提供针对性的能效控制方案：

业务特征	能效控制方案
固定接入	低移动性：寻呼策略当前 NR/eNB
定时通信	智能节电：eDRX/PSM
小包传输	小包数据传输优化：控制面优化、用户面优化
大数据量实时传输	海量数据：带宽控制

除了在信令流程上进行能效控制，还可以根据物联网用户的不同特征，通过多种手段优化用户信息的存储，对于用户上下文、会话管理上下文、移动性管理上下文等内部数据结构做到存储与计算的精准管理和优化。

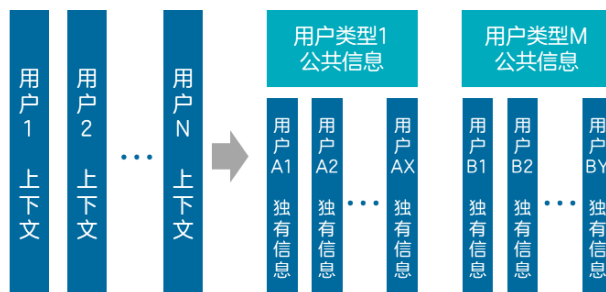


图 3-17 区分用户类型，共性信息统一存储

经过上述全方位的物联网特性优化，单物网用户能耗约为单 ToC 用户能耗的 1/5，能耗下降约 80%。

3.2.2.4 全场景专用核心网，绿色使能

随着 5G 端到端产业链的不断成熟，在 5G 三大应用场景之下，以“5G 专网+应用”为目标的垂直行业亟需数字化转型。然而垂直行业领域众多，细分场景多样，5G ToB 市场呈现需求碎片化特点。专网业务面临着“三多一快”挑战：

- 融合接入，网元“多”
- 千行百业，场景“多”
- 业务需求“多”
- 工业互联，技术发展“快”

为匹配专网行业应用的特点，面向 ToB 行业应用的网络需支持多样化的通信服务能力，电信运营商和行业客户亟需全场景专用 5G 核心网。

相对于 ToC 5GC 网元大规格、满容量的部署形式，专用 5G 核心网应根据行业客户需求做扩展和叠加，定制化更强。并且支持多样化、灵活的业务部署能力，支持现场接入、边缘侧、集中部署等，满足行业客户需求的同时，显著降低物理资源消耗，为行业专网绿色使能。

以 5~10Gbps 吞吐量需求的中小型行业应用为例，通过一台服务器部署专网 5GC，与 ToC 模式的全套 5GC 产品相比，能耗降低约 90%。

3.2.3 智能运维 — 绿色大脑

随着 5G 网络大规模建设部署，网络将面临多制式 (2G/3G、4G、5G) 共存的环境，加大了管理协同和互操作难度；为降低网络云化架构下故障定界定位的难度，智能化运维在当前整体网络运维中，已被提升到重要的战略方向。同时，为达到核心网绿色转型的目标愿景，运维运营管控层作为核心智慧大脑，成为核心网绿色转型的重要锚点，其需要解决当前绿色运营转型所面临的诸多挑战：

- 1、**什么地方能耗低？** 东数西算、资源云边端动态分布，如何实现业务和能耗的全网最优设计和精准部署？
- 2、**什么业务能耗高？** 识别高能耗业务是能耗优化的前提，如何准确统计业务能耗？
- 3、**如何进行能耗调优？** 如何实现业务层面节能降耗？硬件和业务层面优化如何协同？

针对以上绿色运维运营挑战，构建面向核心网智能运维的绿色大脑，支撑运维规、建、维、优、营等全流程生命周期的同时，实现资源利用、能耗消耗、业务质量的精准最优匹配。

3.2.3.1 绿色规建，实现网络精准部署

节能要从源头抓起，结合业务需求，面向节能减排目标，实现绿色设计。通过资源监控掌握网络的实时运行状况及资源利用情况，通过历史数据仿真，构造出能准确反映实际资源使用模型，建立资源仿真规划中心。仿真规划中心可完成业务和能耗发展趋势预测，完成资源/能耗智能评估，建立资源发展趋势模型。当有新的业务请求发生，需要进行网络部署、扩容时，采集管理系统将业务指标、预测模型等发送给资源仿真规划中心，由资源仿真规划中心根据 AI 模型，匹配当前满足业务需求的最优资源。基于业务和能耗规划仿真，仿真规划系统依据最优资源指示，完成网络服务的部署。网络按需智能部署，既有效保证了业务 QoS 的满足，又使资源消耗实现最佳平衡，提升业务和能耗匹配精确度。

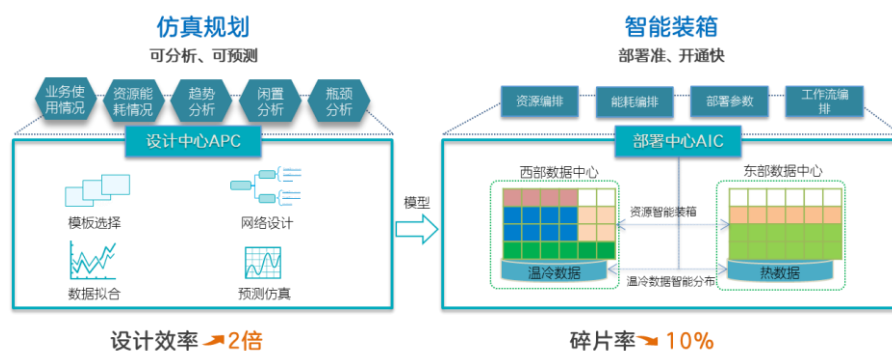


图 3-18 仿真规划&智能装箱

在云化核心网中，传统资源的部署通常采用基本的编排配置方案，根据资源需求规格在已有资源池系统内顺序编排发放，这种方式容易造成资源空洞，整体资源利用率低。采用智能化绿色装箱算法对部署方案进行调优，同时匹配资源的规格配置与能耗要求，实现资源与能耗的综合评估与发放，利用总体范围的资源可调度特性，让每个核发挥最大价值。

3.2.3.2 能耗可视管理，满足网络精准监视

传统网络管理仅限于网络基础设施的指标监控或故障监控，同时传统能耗管理也仅限于机房、服务器等硬件能耗，缺失切片/网元等软件业务能耗管理。由于能耗管理与设备指标、故障等业务类监控无关联，故管理系统无法精确定位耗能根因。

为解决此问题，需引入资源-能耗综合监控算法，将总体能耗进行细化拆分，与网络拓扑、业务特性进行结合，形成关联关系，构建一体化绿色智能监控方案。

首先，需要解决被管设备的多层级监控，其中包括资源层监控、网络层监控、业务层监控。其次，需要对DC、机架、服务器等硬件设备进行能耗的监控。通过人工经验拆分或机器学习建立能耗与资源、网络、业务的关联模型，尤其是业务层的关联模型需通过业务特性，如流量、时延、带宽等业务占比关联到能耗占比。通过此能耗可视化分析过程，可轻松锁定高能耗业务所在，快速排查网络层、资源层高能耗原因。绿色智能监控方案由实到虚、由设备到业务、多维统计、智能钻取发现高能耗设备，实现精准能耗监控。



图 3-19 绿色智能监控方案

3.2.3.3 智能能耗调优，实现客户 SLA 与能耗达到最佳匹配

传统网络运维中，当发现设备故障后，可由人工或自动排障实现网络故障定位或系统调优，以满足既定的客户 SLA 需求。持续的系统优化，也必然会导致投入更大的资源来实现，如对资源能耗消耗没有很好的控制，则可能出现采用较高能耗的代价换取少量性能的情况。采用绿色智能监控方案后，可以对 DC 机房能耗与资源、网络、业务进行关联，通过这种关联关系，实现在系统调优保障客户 SLA 需求的同时，进行联动能耗调优，从而实现业务 SLA 和能耗的最佳匹配。具体针对能耗调优的方案应包含三个级别的维度：

- “细胞级”绿色网元调优：网元设备级微服务组件采用微服务自休眠、网元智能弹缩、POOL 动态迁移等方案实现系统节能；通过网元话务量能耗感知，实现在忙闲状态下智能切换节能模式。
- “组织级”绿色 DC 调优：可对 DC 级设备制定降频、休眠、下电、功控等策略，在不同资源状态下实现节能调整；跨 DC 整网动态业务无感迁移，实现资源智能碎片整理，避免资源空洞的不断出现或扩散；通过机房智能温度、湿度调控策略，可关联业务或设备状态，智能调整 DC 机房内环境，以达到节能目的。
- “生态级”绿色切片：通过 UPF 资源节能控制等策略实现核心网子切片级能耗调优；关联无线、传输子切片级能耗调优可实现端到端切片级能耗调优；结合业务发生在跨切片级忙闲调度场景，可实现整网多切片下能耗调优方案。

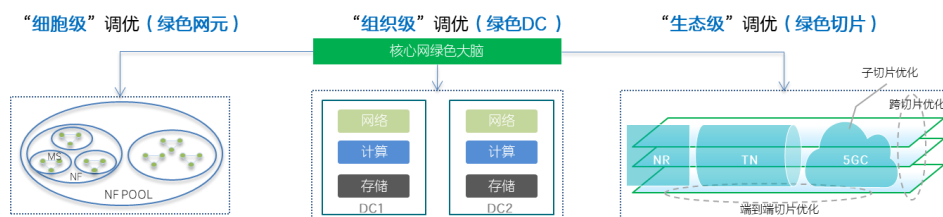


图 3-20 多层级能耗调优

采用全网多维度、多级别调优方案，基于能耗、环境、业务的实时感知分析，实现业务质量和能耗最优匹配。

3.3 绿色 5G 核心网实践

3.3.1 “4+3+2” 架构新模式

随着 5G 网络规模建设和广泛应用，大量基站、边缘站点和数据中心陆续部署，网络流量持续增长，能耗大幅攀升，通信网络及应用的绿色转型迫在眉睫。核心网作为 5G 网络的大脑，需要不断采用创新技术、并探索节能降耗技术，实现核心网自身的绿化，并为网络中其他域及其他行业应用的绿色发展提供动力。



图 3-21 GreenEngine “4+3+2” 架构

中兴通讯在 5G 云核心网基础上，聚焦“节能”和“提效”，并肩负“赋能”使命，推出 GreenEngine 解决方案。以云原生、超融合、软硬一体和 AI/自动化 4 大技术为基础，实现从基础设施、网元到运维的 3 层端到端绿色转型升级，面向 ToC 和 ToB 这 2 类场景，打造算力时代

的 GreenEngine，帮助运营商网络节能，赋能行业数智化生产，助力千行百业实现“双碳”目标。

基础设施层：中兴通讯推出冷板式液冷服务器，对 CPU 等高能耗部件进行高效、安全可靠的散热，数据中心资源池规模采用冷板式液冷服务器后，将会促使 PUE 降低至 1.2 以下，为核心机房节省大量电力。TECS 云平台支持电源能耗分级管理，根据节电策略对主机进行 P 态/G 态/C 态精细化控制。云平台支持 XPU 异构算力协同调度管理，实现算力资源提效，比如 NEO 云卡，将虚层卸载到卡上，减少云平台对 CPU 资源的占用，主机算力密度可提升 20%以上。

网元层：融合核心网 Common Core 采用云原生架构，支持 VNF 动态弹缩，资源按需，实现内生节能。高性能一体化 UPF 内置 RSE 推理引擎，根据 CPU 负荷按比例触发 CPU 核智能休眠和唤醒，实现 U 面智能节电。面向 ToB 多样化场景，中兴通讯提供全系列超融合专网产品，精准满足行业对网络容量、功能、占地、SLA 等差异化定制化需求，实现专网集约化部署，资源最优。

口袋型	极简型	标准型	嵌入式	云网一体型
				
PC版	1台服务器	3台服务器	嵌入BBU或OLT机框	云网柜
应急救援、家庭	中小型行业 5~10 Gbps	大、中型行业 高可靠 10~50Gbps	机房空间受限，无线 或有线共部署 5~10 Gbps	中大型行业 云网业统一部署 ~20Gbps

图 3-22 全场景 5G 专网选型方案

管理运维层：管理域实时感知业务负荷，并基于 AI 进行忙闲负荷预测，通过能耗看板进行可视化管理，经过碳能分析锁定高能耗业务。运维层协同基础设施和网元层进行端到端的联动能耗调优，通过精细化的组件级弹缩实现资源按需，通过业务动态迁移减少资源碎片，并对空载的 CPU 核或主机按比例实施智能关核或下电，从而实现整系统端到端智能动态降耗。

3.3.2 全场景专用核心网赋能智慧电网



在电力领域，风能、太阳能等清洁能源的快速发展，可以有效减少火力发电引起的温室气体排放。但是由于风能、太阳能受天气、地域的影响比较大，输出功率不稳定，而且站址多、分布广，给新能源并入电网带来了挑战。

为了让新能源能够高效、稳定、可靠地并入电网，中兴通讯与中国移动、南瑞继保共同发布了业界首个 5G TSN 绿色电网解决方案，以包括 GreenEngine 绿色 5G 核心网在内的无线网络为技术基座，集成了 5G TSN/5G LAN/URLLC/SLA 精准控制，为电网行业提供时间可承诺的 SLA。该方案能够在严苛的环境下替代昂贵的光纤，实现“最后一公里”的无线确定性接入，为大规模、分布式可再生能源的部署提供了灵活的扩展性；提供确定性低时延，助力电网实现实时监控和调度，避免新能源并网的不稳定可能对电网线路带来的安全影响，保障电网安全稳定运行。

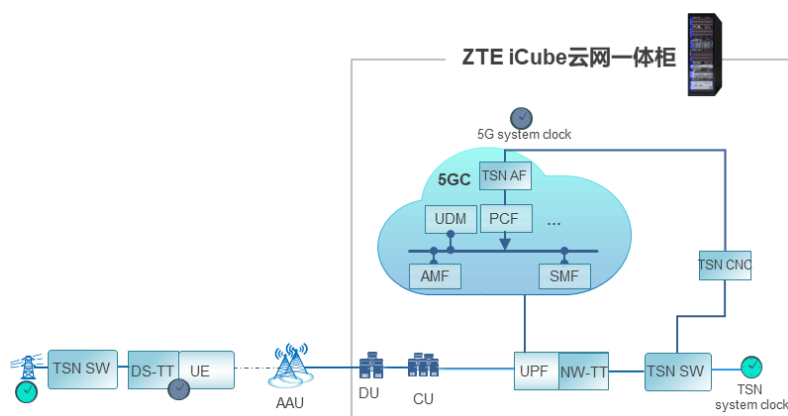


图 3-23 5G TSN 绿色电网方案架构

此外，该方案还可广泛应用在电网差动保护、配电自动化、配网同步相量测量（PMU）和电网负荷精确调度等电力业务场景，加速“风光水火储”各种电力的高效协同，助力电力行业实现“碳达峰、碳中和”的战略目标。

3.3.3 高性能一体化 UPF 赋能智慧铝业

中国是电解铝生产大国，如何推动电解铝行业绿色低碳转型？除了进一步引入清洁能源优化能源结构之外，生产过程和管理的数字化水平提升对生产提效和节能有深远的影响。

云南神火铝业作为目前中国西南片区最大的电解铝制造企业之一，联合中国移动和中兴通讯构建铝业新型数字化基础设施，基于 GreenEngine 方案部署企业专网+MEC，并打造工业互联网创新平台，实现对生产节点的精细化能耗管控，并对工厂环境、生产线、人员进行实时数据采集和分析，从而实现自动化智能化生产和管理。

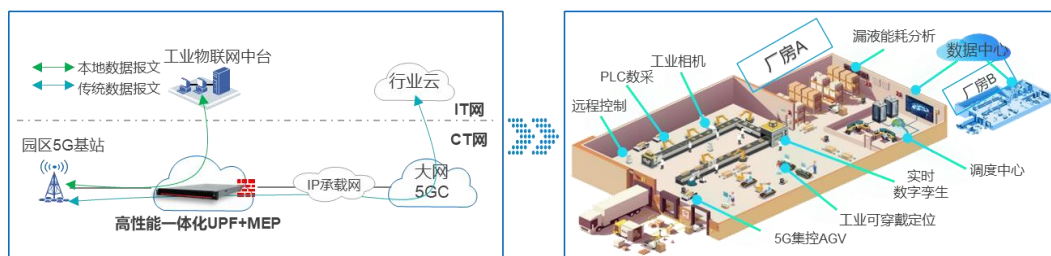


图 3-24 智慧铝业数字化基础设施架构

在新型数字化底座和创新平台的加持下，云南神火铝业逐步实现自动化生产、智能化管控、一体化精准运营，大幅降低单位铝耗电量，减少人力成本，加速向智慧工厂的转型升级，实现绿色可持续发展。作为云南首个 5G 智慧工厂，云南神火铝业智能化绿色转型在地区和行业内极具示范效应，正在成为一个面向未来的现代化冶金行业标杆，促进有色金属冶炼产业的可持续发展。

4 未来网络绿色演进展望

面向 5G-Advanced 和 6G，中兴通讯坚持绿色低碳发展理念，以节能降耗和绿色赋能为目标，聚焦智能化自动化、全生命周期、新架构、新材料等方面，持续不断研究节能降耗创新技术，一方面实现绿色 5G 核心网降低运营商网络基础设施能耗，另一方面充当绿色赋能者，满足行业用户绿色转型需求，助力国家实现碳达峰碳中和目标。当前 5G 网络节能降耗创新技术层出不穷，同时 5G 网络在与千行百业深度融合实现绿色转型过程中，也需要产业界合作伙伴通力协作，探索绿色赋能的平滑演进路径，携手促进绿色难题的解决：

一、合理使用 AI/ML，实现高效智能节能

智能化和机器学习技术在适应不断变化的网络方面拥有天生优越条件，具备通过学习和训练了解不同网络参数之间复杂关系的能力，帮助运维人员实现节能设计和优化，但是不同深度神经网络的模型训练、验证和测试需要大量数据存储和预处理设备，带来高能耗，而且用于训练和推理的专用硬件也会带来高能耗，因此需要产业界联合共同推动 AI/ML 的发展，提升算法效率，

共建基于行业的网络节能知识库。

二、单域到多域，端到端网络能效在线监控和优化

当前能耗测量和优化都是离线方式，各网络域能耗都是各自为政，无法实现端到端能效在线监控、在线优化和联动能耗调优，无法实现端到端业务 SLA 和能耗的最佳匹配。因此需要推动从单域的在线能耗监控和优化，到多域协同实现端到端网络能效监控和优化。

三、从网络规划到部署优化，基于生命周期设计绿色网络

传统网络设计仅从网络业务考虑，能耗只作为需求，而未作为网络设计目标。未来的网络设计需要从源头抓起，基于网络生命周期设计绿色网络，以网络节能降耗为目标，结合业务需求，资源与能耗编排协同，通过全网能耗/环境/业务的实时感知分析，实现业务质量和能耗最优匹配。

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



ZTE中兴

中兴通讯股份有限公司
ZTE CORPORATION

地址：深圳市高新科技产业园科技南路中兴通讯大厦

电话：+86-755-26770000

传真：+86-755-26771999

邮政编码：518057

网址：www.zte.com.cn