

移动网络建设中绿色节能技术的集成应用与效果评估

马德旺

中国联合网络通信集团有限公司北京市分公司，北京，100038；

摘要：移动网络建设规模随通信需求增长持续扩大，基站、机房等基础设施的能耗问题日益突出，绿色节能技术的集成应用成为推动网络建设可持续发展的核心路径。当前，单一节能技术难以应对网络全周期能耗需求，且缺乏系统的效果评估体系，导致节能效益无法充分释放。本文围绕移动网络建设展开，先明确绿色节能技术集成应用的核心原则与关键场景；再从基站、机房、传输链路三大核心环节，设计绿色节能技术的集成应用方案；最后构建多维度效果评估体系，量化节能效益与综合价值，为移动网络绿色建设提供兼具实操性与科学性的参考。

关键词：移动网络建设；绿色节能技术；集成应用；效果评估；能耗管控

DOI：10.69979/3041-0673.26.03.006

引言

5G已全面普及，6G技术研发持续推进，移动网络的基站与核心机房规模不断扩大。这些基础设施能耗需求突出，能耗成本逐步成为运营商的核心运营负担，且高耗能模式与绿色低碳的发展理念相悖。过往移动网络建设中，绿色节能技术多为零散应用，例如单一加装基站节能模块或微调机房空调参数，未覆盖从建设到运营的全生命周期，导致节能效果受限。此外，缺乏统一的能效评估标准，难以量化节能技术的实际效果与投入回报比，阻碍了绿色节能技术的规模化推广。因此，移动网络建设需系统性整合绿色节能技术，构建科学的评估体系，在保障网络服务质量的前提下，践行绿色低碳发展要求。

1 移动网络建设中绿色节能技术集成应用的核心原则与关键场景

1.1 核心集成原则

绿色节能技术的整合需平衡“节能效果、网络性能、成本投入”三大要素，遵循三项核心原则。一是性能优先原则：节能不可以牺牲网络性能为代价，需确保网络覆盖无盲区、信号质量稳定、传输速率达标。例如调节基站功率前需完成全覆盖测试，保障功率下调后信号满足使用需求；机房节能改造需维持设备运行所需的温湿度标准，避免设备故障。二是全周期集成原则：节能需贯穿“建设-运营”全生命周期，而非局限于单一环节。摒弃过往仅在运营阶段采取节能措施的模式，建设阶段优先选用低耗能设备、搭建高效网络架构，从源头控制能耗；运营阶段优化设备运行参数、强化环境管控，实

现全流程节能。三是成本适配原则：技术选型需兼顾投入与回报，优先采用性价比高、易落地的成熟技术。避免依赖单一高价技术，通过多技术组合应用，在控制成本的同时保障节能效果，满足不同运营商的成本承受能力。

1.2 关键集成场景

结合移动网络设施的耗电特点，节能技术需聚焦三大核心场景，针对性破解能耗难题。一是基站场景：作为移动网络的主要耗能单元，其能耗占比超总能耗的60%，核心耗电源为设备运行、配套供电与散热系统，需整合设备节能、供电优化、散热管控三类技术协同降耗。二是机房场景：承载核心网设备与存储设备，能耗主要来自设备运行及温湿度控制（空调能耗占机房总能耗的40%左右），需融合设备节能与智能环境管控技术。三是传输链路场景：负责基站与机房的连接，能耗源于传输设备（如光纤收发器、信号放大器）运行及传输损耗，需通过传输设备节能与链路优化技术降低能耗。

2 移动网络建设中绿色节能技术的集成应用方案

2.1 基站场景：多技术协同降低设备与配套能耗

围绕基站设备运行、供电、散热三大耗电源，整合三类技术协同发力，兼顾节能效果与网络稳定性。一是设备节能技术整合：选型阶段优先采用国家一级能效低耗能基站（新一代5G基站较传统基站节能30%以上），并依据区域需求适配基站类型，城区选用大容量低耗能基站，郊区部署小容量微基站，避免资源闲置耗能；运行阶段加装智能功率调节模块，根据用户量动态调整功

率，白天满负荷运行保障信号，夜间用户量减少时将功率降至50%以下，城区重叠覆盖区域可让基站闲置模块休眠，仅保留核心通信模块，额外节能15%-20%。二是供电节能技术整合：采用“市电+可再生能源”混合供电模式，偏远及光照、风力资源丰富区域加装太阳能电池板或小型风力发电机，西北光照充足地区太阳能供电可满足基站30%-50%能耗需求；配置储能电池存储多余电能，应对停电或可再生能源供应不足的情况，保障基站连续运行；更换低损耗供电线路，加装智能电压监控设备，动态调节电压，避免异常电压导致能耗增加或设备损坏。三是散热节能技术整合：优先采用自然散热方案，常温地区优化基站机箱结构，通过加大散热孔、采用铝合金导热材质、加装散热鳍片实现无能耗散热；高温地区加装温度传感器，30℃以下采用自然散热，30℃-35℃自动启动智能风扇（随温度升高调节转速），35℃以上满负荷运行风扇，较持续运行风扇节能40%-50%。

2.2 机房场景：设备与环境管控联动节能

机房节能需构建“设备降耗减热+环境精准控耗”的联动机制，形成“设备少耗电、少产热，环境少耗能、精准控温”的良性循环，最大化降低整体能耗。

一是设备节能技术整合，从选型与资源优化双维度发力。选型阶段，优先选用国家一级能效的核心网设备与服务器，新一代低耗能服务器较传统机型节能25%以上，且数据处理效率同步提升；存储设备优先选择高密度机型，同等存储容量下，设备部署数量可减少40%，直接降低设备运行能耗与产热量。资源优化阶段，部署虚拟化平台，将10台传统物理服务器的功能整合至3台虚拟服务器，减少7台物理设备的投入与运行，能耗降低超50%；同时搭建设备动态调度系统，实时监测各设备负载情况，将高负载设备的任务调度至低负载设备，避免高负载设备过载耗能、低负载设备空转浪费，额外实现15%-20%的能耗节省。二是智能环境管控节能技术整合，聚焦精准控温与余热回收两大方向。精准控温方面，在机房核心设备区、备用设备区、存储区等不同区域，分别部署温湿度传感器，依据各区域设备的运行需求设定差异化温湿度标准——核心设备区控制在18-25℃，备用设备区控制在15-30℃，再针对区域差异调节空调参数：核心设备区采用中高风速、22℃左右恒温控制，备用设备区采用中低风速、25℃左右恒温控制，摒弃传统“全域统一标准”的控温模式，较传统方案节

省30%-40%的空调能耗。余热回收方面，冬季将机房空调排出的热风进行回收，一方面用于机房自身供暖，替代额外供暖设备；另一方面用于设备预热，降低设备启动时的能耗损耗，将原本闲置的余热转化为可用能源，进一步压缩机房整体能耗。

2.3 传输链路场景：优化设备与链路降低传输能耗

针对传输链路“设备运行能耗+信号传输损耗”两大核心问题，集成两类节能技术，提升传输链路的整体能效，实现“降耗不降速”。一是传输设备节能技术集成，从选型与运行优化入手。设备选型时，优先选用低功耗交换机、路由器等传输设备，从源头降低设备基础能耗；运行阶段，集成设备智能休眠技术，在数据传输低谷期（如夜间），对低负载传输设备启动非核心端口休眠模式，仅保留核心传输端口运行，减少设备无效耗能；同时集成设备协同调度技术，将多条链路的传输任务集中分配至部分高效运行设备，闲置设备切换至低功耗待机模式，提升单台设备的传输效率。二是链路优化节能技术集成，通过架构优化、动态调节与损耗控制实现降耗。架构优化上，梳理现有传输链路，删减冗余链路，避免信号重复传输产生的能耗浪费，构建“精简高效”的链路架构；动态调节上，集成智能链路带宽调节技术，根据实时数据传输量调整链路带宽——大流量传输（如高清视频分发、直播）时自动扩容带宽保障速率，小流量传输（如日常文本传输）时自动收缩带宽，减少链路空转能耗；损耗控制上，针对长距离传输链路，集成信号增强与损耗管控技术，降低信号在传输过程中的能耗损耗，进一步提升链路能效。

3 移动网络建设中绿色节能技术集成应用的效果评估体系

3.1 节能效益维度：量化能耗降低与成本节省

该维度通过两组核心指标，将节能技术带来的直接效益转化为具体数据，清晰呈现能耗与成本的节省情况。一是能耗降低指标，覆盖三大场景与可再生能源应用：基站场景统计单位时间（小时/天/月）的能耗降低百分比；机房场景按单台设备核算能耗降幅，规避设备数量变化对评估结果的干扰；传输链路场景按每传输1GB数据的能耗计算降幅，精准体现链路优化效果；同时统计太阳能、风能等可再生能源在总供电量中的占比，量化可再生能源的节能贡献，所有数据均实现全程可追溯。

二是成本节省指标，分为能耗成本与运维成本两类核算：能耗成本按“总节省电量×单位电价”计算，统计每月/每季度的电费节省金额，混合供电模式需区分市电与可再生能源的价格差异，精准核算成本；运维成本对比技术集成前后的设备故障次数、零件更换频率，计算由此节省的维修费用，明确节能投入的回本周期。

3.2 网络性能维度：保障节能不损性能

该维度通过三组关键指标，确保节能技术应用后，网络服务质量不下降，守住“节能不损性能”的底线。一是覆盖与信号指标：核查基站覆盖范围达标率，对比技术集成前后，覆盖范围符合规划要求的基站数量占比；测试信号强度达标率，统计符合信号标准的测试点占比变化；统计信号中断次数，确保基站功率调节、设备休眠后，信号不会频繁中断，保障用户通话、上网体验不受影响。二是传输与处理指标：测试数据传输速率达标率，确保高清视频播放、云游戏等业务的速率无下降；核算传输时延，保障直播、远程办公等实时业务的时延未增加；评估设备数据处理效率，确保核心网设备、服务器不会因节能措施导致处理能力下降。三是设备运行指标：统计单台设备平均故障次数，验证节能技术不会提升设备故障概率；核算设备连续无故障运行时长，确保设备不会因节能调整频繁停机，保障网络整体稳定性。

3.3 综合价值维度：考量长期与社会价值

该维度跳出“短期能耗与成本”的局限，从长期发展与社会贡献角度，评估节能技术集成的深层价值。一是长期发展指标：评估节能技术的使用寿命，判断其是否与基站、机房等基础设施的服役周期匹配，避免提前更换导致的成本浪费；测试现有节能技术对后续 6G 设备的适配性，规避未来技术升级时的重复改造成本；核算长期运维与升级成本，确保“短期节能”不会引发“长期高成本”，保障方案的长期经济性。二是社会价值指标：统计单位规模网络建设（如每万平方米基站覆盖区域）的碳排放量降幅，量化对绿色低碳发展的贡献；根据可再生能源替代市电的电量，计算由此减少的二氧化碳排放量，契合环保发展需求，提升移动网络建设的社会意义。三大维度相互补充，形成“直接效益—性能底

线—综合价值”的完整评估闭环，既解决节能效果“无法量化、难以衡量”的问题，又避免“重节能、轻性能”的误区，同时兼顾长期成本与社会价值。实际评估中，需按固定周期（每月/每季度）收集数据，对比技术集成前后的指标变化，及时优化调整——若能耗降低但信号达标率下降，需重新设定基站功率阈值；若成本回本周期过长，需优化技术组合，增加高性价比技术的应用比例。通过该体系，运营商可精准判断节能技术集成的实际价值，决策是否规模化推广；同时能持续迭代优化节能方案，在“节能、控本、保性能、促低碳”之间找到最佳平衡，推动移动网络建设既符合行业发展需求，又契合绿色低碳的社会导向。此外，该体系还可作为后续项目的参考标准，将效果优异的节能技术组合与参数固化，减少重复摸索成本；随着 5G 深化与 6G 推进，可动态调整指标阈值（如提升可再生能源利用率目标、适配 6G 低时延要求），确保评估体系始终贴合技术演进与环保需求。

4 结语

移动网络建设中绿色节能技术的集成应用，需以“性能优先、全周期集成、成本适配”为原则，针对基站、机房、传输链路三大核心场景，通过多技术协同实现全维度节能，而非单一技术的零散应用；同时，依托“节能效益+网络性能+综合价值”的多维度评估体系，可精准衡量节能效果，确保“节能不降质、降本又增效”。这一模式既降低了移动网络建设与运营的能耗成本，缓解了能源压力，也契合绿色低碳的发展理念，为移动网络从“规模扩张”向“绿色高效”转型提供了可行路径，助力通信行业实现可持续发展。

参考文献

- [1] 康兴. 新型绿色节能技术在建筑工程施工中的应用[J]. 四川建材, 2024, 50(06): 38-39+42.
- [2] 唐诚鸿. 建筑施工中绿色节能技术应用现状与发展趋势[J]. 中国建筑金属结构, 2024, 23(05): 118-120.
- [3] 吴金瑞. 绿色建筑中节能施工技术的应用[J]. 佛山陶瓷, 2024, 34(04): 64-66.