

附件

《国家信息化领域节能技术应用指南与案例(2022年版)》 之六：通信网络节能提效技术（通信基站节能提效技术）

（一）通信站点综合节能技术——超大规模天线阵列技术

1. 技术适用范围

适用于通信网络基站整体或局部新建及改造。

2. 技术原理及工艺

采用超大规模天线阵列算法、跨代数模混合波束管理技术、超高系统集成架构技术，运用超低插损馈电网络、数字移相器等提高天线阵子数，提升垂直维度的覆盖范围，实现覆盖和能效突破创新，同时提升小区上下行覆盖与边缘用户平均体验，所需站点更少，从而降低基站能耗。工作原理如图 1 所示。

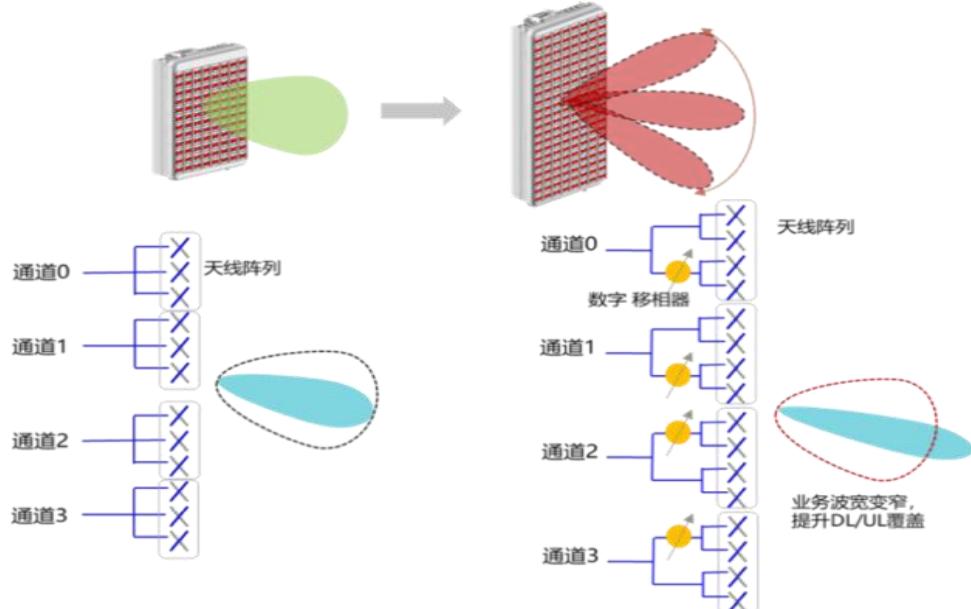


图 1 MetaAAU 工作原理图

3.技术指标

- (1) 功耗: 490 瓦;
- (2) 发射功率: 320 瓦。

4.技术功能特性

通过增大主设备 (AAU) 发射功率提升下行覆盖, 通过提升天线阵列数量, 在不增加功率的情况下, 提升覆盖效果。

5.应用案例

某运营商 2022 年第五代移动通信建设项目, 技术提供单位为华为技术有限公司。

- (1) 用户用能情况: 该项目为新建项目。
- (2) 实施内容及周期: 采用绿色超大规模天线阵列 Massive MIMO 产品, 在乡镇、农村等大站间距场景, 建设 500 个室外宏站。实施周期 7 个月。
- (3) 节能减排效果及投资回收期: 改造完成后, 经测算, 较传统设备, 1500 片 AAU 节省用电量 118 万千瓦时/年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 20%。可实现节约标准煤 5 万吨/年及以上。

（二）通信站点综合节能技术——智能储能系统

1. 技术适用范围

适用于通信网络基站整体或局部新建及改造。

2. 技术原理及工艺

系统采用电力电子技术、物联网（IoT）技术、云计算平台管理系统技术，为通信站点提供可靠电源备份。云平台管理系统通过数字化连接技术与智能储能锂电池智能协同，进行储能数据的数据采集与智能分析，实现云平台管理系统管理智能储能锂电池和铅酸电池或旧锂电池的混合搭配使用，管理锂电池的升压参数，在不换现有线缆情况下实现远端负载用电电压范围满足要求、保障锂电池的放电深度与设计匹配、管理锂电池参与电网错峰用电、检测电池在位和位置信息实现防盗、远程进行电源、电池状态和性能的检测、维护等功能，节省投资、节省电费及运维费用。同时智能储能系统拥有三层架构，可在部署不同品牌电源的通信站点中实现智能储能。云锂通信原理如图 2 所示。

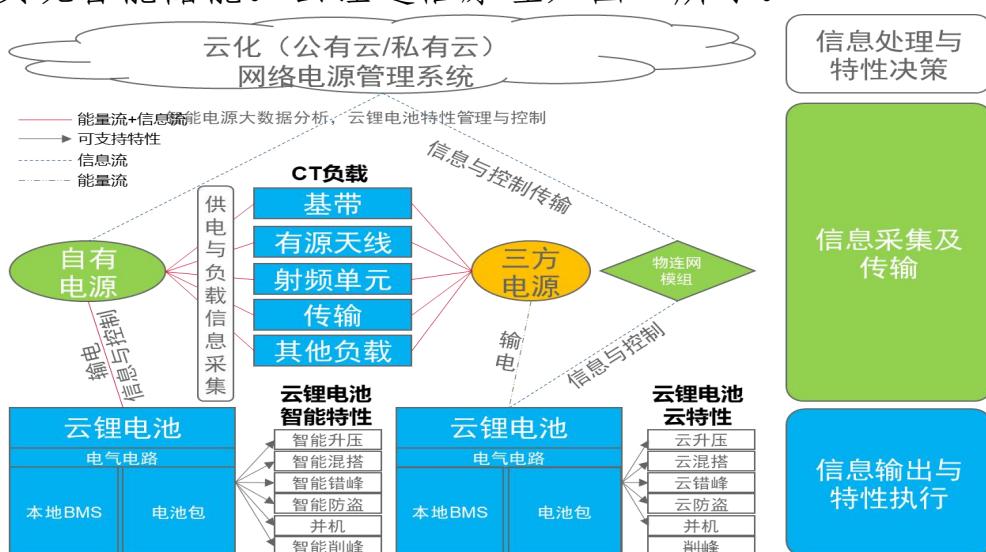


图 2 云锂通信原理图

3.技术指标

- (1) 充电工作温度: 0~45°C;
- (2) 放电工作温度: -20~45°C;
- (3) 运输温度: -40~60°C;
- (4) 仓储温度: 0~40°C。

4.技术功能特性

- (1) 智能锂电内置合路功能, 不因偏流环流而影响电池寿命;
- (2) 通过智能锂电池管理系统, 将输出端口电压稳定至 57 伏, 不随放电而降低线缆损耗;
- (3) 在谷电价时充电存储电量, 峰电价时释放电量, 并通过人工智能技术智能调整锂电充放电深度及时长, 保障站点备电;
- (4) 内置蜂鸣器, 陀螺仪, 全球定位系统, 当锂电发生位移或加速度超过设定值时, 触发蜂鸣告警, 同时被盗信息上报云, 云下发软件指令, 将锂电池放电功能锁定, 同时定位系统会上报锂电被盗后的位置信息, 便于追回, 实现云防盗。

5.应用案例

某运营商绿色站点改造项目, 技术提供单位为华为技术有限公司。

(1) 用户用能情况: 该运营商现网站点采用传统铅酸电池备电, 电池维护成本高。

（2）实施内容及周期：将存量铅酸电池升级改造为循环型云锂电池。实施周期 2 个月。

（3）节能减排效果及投资回收期：改造完成后，经测算，每个基站每年通过云锂电池的使用，能够带来 3000 千瓦时以上绿电消纳，同时带来 4200 元左右的收益。投资回收期约 2 年。

6. 预计到 2025 年行业普及率及节能能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 20%。可实现节约标准煤 5 万吨/年及以上。

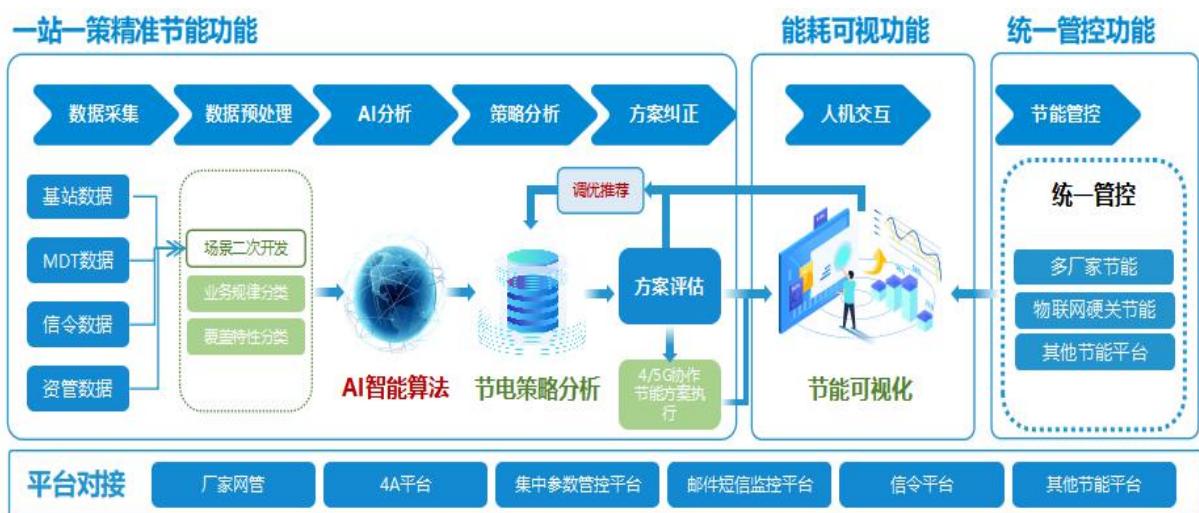
（三）基于人工智能的多网协作节能管理技术

1. 技术适用范围

适用于通信网络基站通讯设备运维管理及改造。

2. 技术原理及工艺

利用现网业务规律数据，引入人工智能算法，预测 24 小时业务走势，分时关闭超闲容量层，在保障网络感知同时实现节能。在业务闲置时段实现主设备智能硬关断，实现一站一策、软硬一体化节能。基于人工智能的多网协作节能管理系统架构如图 3 所示。



3. 技术指标

- (1) 单站节能效率：15%~32%；
- (2) 无线基站人工智能节能策略精准度：>98%。

4. 技术功能特性

- (1) 智慧节能平台可实现 5 分钟高精度实时唤醒；
- (2) 引入人工智能预测算法，在业务闲置时段实现主设备智能硬关断，实现节能。

5.应用案例

某通信运营商节能项目，技术提供单位为中国移动通信集团江苏有限公司。

- (1) 用户用能情况：基于传统的第四/五代移动通信小区智慧节能系统利用率低、能耗高，多厂家设备管控困难。
- (2) 实施内容及周期：获取能耗采集数据和网管节能数据等，搭建能耗评估管理体系。实施周期 2 个月。
- (3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，据统计，该项目节能量为 17170 万千瓦时/年。投资回收期约 1 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 20%。可实现节约标准煤 10 万吨/年及以上。

（四）基于无线网的综合网络能效提升管理系统

1. 技术适用范围

适用于通信网络移动通信系统运维管理及改造。

2. 技术原理及工艺

在不影响用户感知前提下，引入人工智能算法，通过智能关断、载波功率动态共享和无线软资源动态调配等方式优化移动通信系统资源利用率。在不影响用户感知的情况下，根据业务量的变化情况进行载波关断，同时无线资源动态调配突破小区静态功率配置的限制，降低网络运行能耗和运营成本。多维网络系统工作原理如图 4 所示。

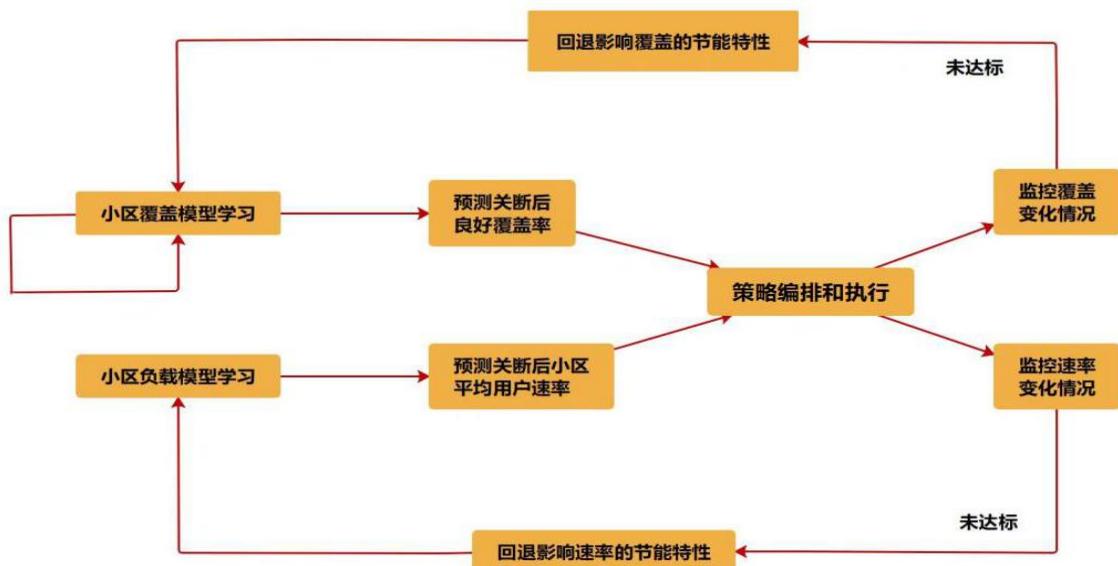


图 4 多维网络系统工作原理图

3. 技术指标

- (1) 第四/五代移动通信基站能耗下降: $\geq 6\%$;
- (2) 无线资源利用率提升: $\geq 30\%$;

(3) 第五代移动通信双载波机顶功率使用率提升: $\geq 50\%$ 。

4. 技术功能特性

(1) 采用人工智能算法对载波关断后的用户感知进行预测, 确保用户感知不下降;

(2) 通过同一射频模块通道内多个载波之间功率共享技术, 使占用满带宽且仍有数据需调度的载波可以瞬时使用空闲载波的功率, 突破小区静态功率配置的限制, 整体设备效能提升大于 50%。

5. 应用案例

某通信运营商网络节能项目, 技术提供单位为中国联合网络通信集团有限公司江苏省分公司。

(1) 用户用能情况: 该项目为新建项目。

(2) 实施内容及周期: 通过应用多维网络协同节能策略解决方案, 在满足用户业务诉求和网络诉求的前提下进行编排优化。实施周期 5 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期: 改造完成后, 据测算, 基站平均能耗下降 57 千瓦时/月, 13 个地市涉及 5.6 万站点, 节能量为 3840 万千瓦时/年。投资回收期约 3 个月。

6. 预计到 2025 年行业普及率及节能能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 30%。可实现节约标准煤 3 万吨/年及以上。

（五）第五代移动通信（5G）基站智能关断控制系统

1. 技术适用范围

适用于通信网络基站运维管理及改造。

2. 技术原理及工艺

通过智能化运算业务量、信号覆盖强度等数据，在不影响通信质量前提下，由无线网管系统对符合条件的基站主设备（AAU）进行休眠，并可通过物联网智能开关远程关闭AAU，实现运营商主设备配套电源可管可控，在不降低通信质量的基础上进行断电节能，降低能耗。基站智能关断控制系统工作原理如图5所示。

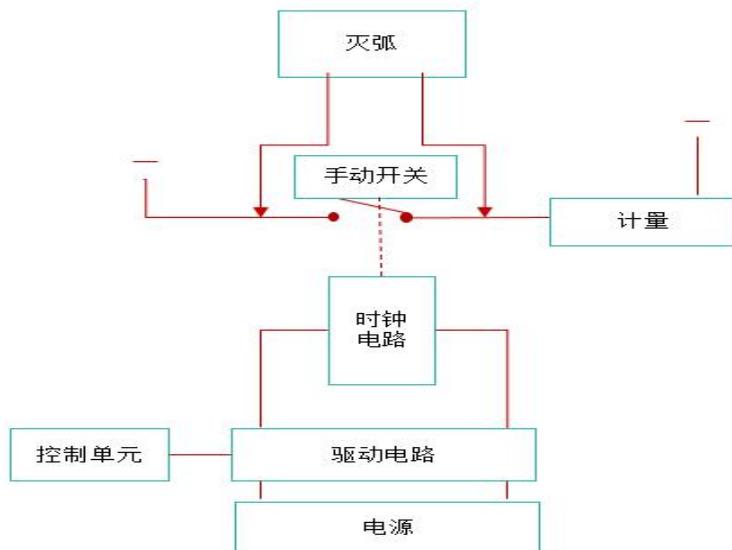


图5 基站智能关断控制系统工作原理图

3. 技术指标

- (1) 设备功率消耗: 10 瓦;
- (2) 电压、电流测量基本误差: 1%;
- (3) 电量计量误差: 2%;
- (4) 基站节能率: 6%。

4.技术功能特性

(1) 可对每个无线 AAU 进行小区级精准计量，并进行精准节能效果分析，实现节能效果准确评估；

(2) 根据第五代移动通信实时话务分析数据产生的关断策略，实现第五代移动通信无线主设备远程自动开/关节能控制。

5.应用案例

重庆市某第五代移动通信设备基站节能项目，技术提供单位为中国铁塔股份有限公司重庆分公司。

(1) 用户用能情况：该项目涉及基站 3000 个，每天固定时段对特定基站的主设备进行定时的闭启工作，每个基站夜间低业务量时段休眠后功耗约为 450 瓦，未休眠基站功耗为 1680 瓦。

(2) 实施内容及周期：将原有普通空开更换为物联网智能开关，配置相关智能开关数据，将智能开关通过物联网模组调试后与后台的智慧能源管理系统接通。实施周期 4 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，600 个基站主设备具备休眠功能，休眠后功耗 150 瓦，节约电量 59 万千瓦时/年，另有 2400 个基站主设备不具备休眠功能，节约电量 883 万千瓦时/年，综合节能量为 952 万千瓦时/年。投资回收期约 6 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 20%。可实现节约标准煤 1 万吨/年及以上。

（六）基于机器学习与区块链的基站侧分布式储能系统

1. 技术适用范围

适用于通信网络基站不间断电源系统运维管理及改造。

2. 技术原理及工艺

以基站备用电池作为储能载体，利用储能算法和智能化储能控制装置，统筹规划储能实施区域，调控储能实施时长，实现设备供电方式分时调控。开展基于区块链的智能合约开发，在用电谷段对储能系统进行充电，在用电峰段放电对设备供电。基站侧分布式储能系统工作原理如图 6 所示。

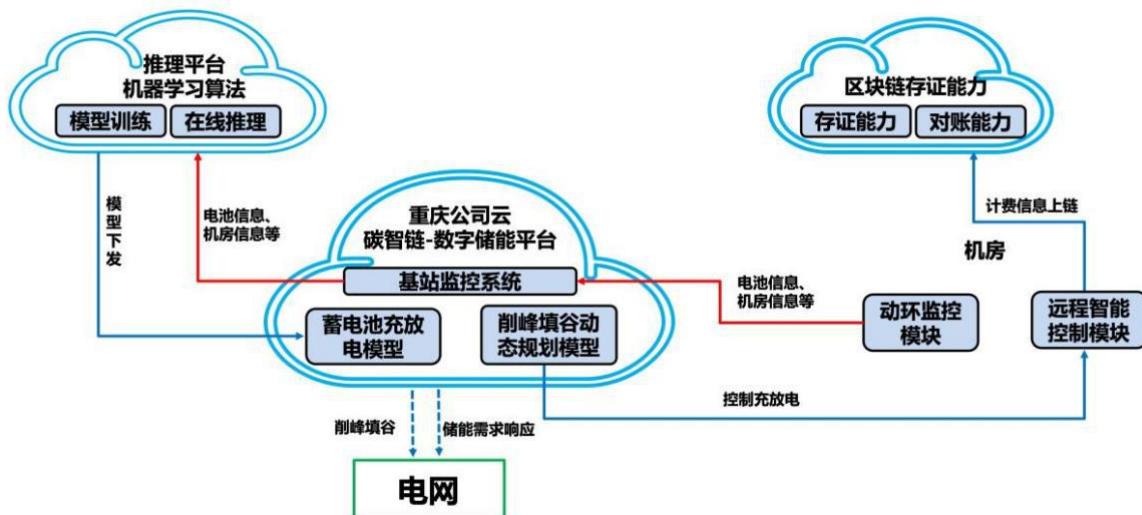


图 6 基站侧分布式储能系统工作原理图

3. 技术指标

- (1) 储能系统 60% 放电：平均放电时长 ≥ 5 小时；
- (2) 储能系统 100% 放电：平均放电时长 ≥ 7 小时；
- (3) 高高峰期用电可降低：30%。

4.技术功能特性

(1) 将机房备用蓄电池作为储能设备，通过数字智能储能控制模块基于基站类、电池类数据结合深度学习算法，精准预测和调控蓄电池充放电时段和时长，执行削峰填谷用电策略，降低电网供电压力，增强电网协调能力；

(2) 引入区块链技术，将电费数据实时上链，数字化存储用电数据，调用区块链存证、对账能力，保证数据可追溯、可存取、防篡改。

5.应用案例

某分布式储能系统通信机房试点项目，技术提供单位为中国移动通信集团重庆有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目共 321 个通信基站机房，平均每个机房均配置 1 组 20 千瓦时的备用电池，通信基站平均功耗约为 3 千瓦，平均耗电量约 2 万千瓦时/天。

(2) 实施内容及周期：对机房电源系统进行简单改造及调试，接入数字储能平台。实施周期 2 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，每个机房平均每天用电高峰期使用储能系统放电时长约 7.13 小时，可节约高峰期用电 228 万千瓦时/年。投资回收期约 6 个月。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 30%。可实现节约标准煤 4.6 万吨/年及以上。

(七) 相控阵可重构智能表面技术

1. 技术适用范围

适用于通信网络野外环境基站新建。

2. 技术原理及工艺

相控阵可重构智能表面由金属、介质和可调元件构成，其中每个单元均具有集成调相和辐射功能，主控芯片控制电路板对表面单元上集成的二极管进行数字控制，当电磁波照射整个表面时，通过控制每个单元的相位实现波束聚焦和扫描，实现智能重构无线传输环境，降低基站耗电，大幅度提高传输距离。相控阵通信系统如图 7 所示。

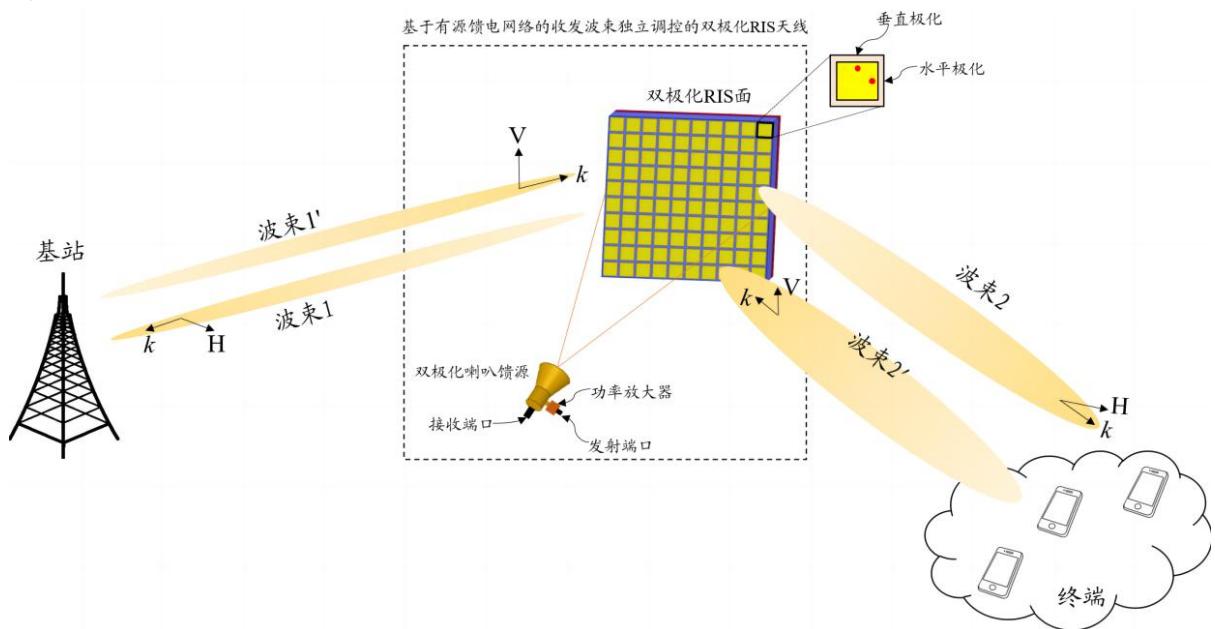


图 7 相控阵通信系统图

3. 技术指标

(1) 天线聚焦性能提升 100 倍以上，功耗降低 60% 以上；

(2) 平面结构厚度: 4.5 毫米;
(3) 响应时间: 2 微秒; 捷变速度: 50 万次/秒;
(4) 野外环境下综合能耗可降为传统第五代移动通信技术
1/26.6。

4. 技术功能特性

(1) 不依赖周围环境而实时对入射电磁波进行定向反射、
折射或透射, 具有强大的覆盖能力;
(2) 由大量可编程的人工电磁单元排列组成, 通过智能控
制电路, 实现动态调整电磁波在无线环境的传播; 通过编程控制
电磁单元, 实现三维空间内无线信号传播特性的智能化重构, 突
破传统无线环境被动适应的局限性。

5. 应用案例

云南省输电线路补盲项目, 技术提供单位为中国电信股份有
限公司云南分公司。

(1) 用户用能情况: 输电线路 10 公里处于深山盲区, 环境
恶劣, 故障定位慢、管理难度大、人工成本高、巡检周期长, 安
全事故频发。

(2) 实施内容及周期: 开展第五代无线通技术+相控阵可重
构智能表面试点建设工作, 实现无人区电网输电监控。实施周期
约 20 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期: 改造完成后, 实现覆盖

距离达 100 千米，相控阵可重构智能表面耗电仅为 36 瓦，节能量为 19 万千瓦时/年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 10%。可实现节约标准煤 1 万吨/年及以上。

（八）具有能耗管理功能的户外一体化电源柜

1. 技术适用范围

适用于通信网络基站配电系统新建及改造。

2. 技术原理及工艺

配电单元将市电输入转换成直流输出，管控单元对所有分路负载进行远程独立开启 / 关断控制，负荷低峰时段自动关断部分负载实现节能，不间断换电单元实现蓄电池热插拔更换，换电过程中对负载供电不中断。分级负荷管理系统原理如图 8 所示。

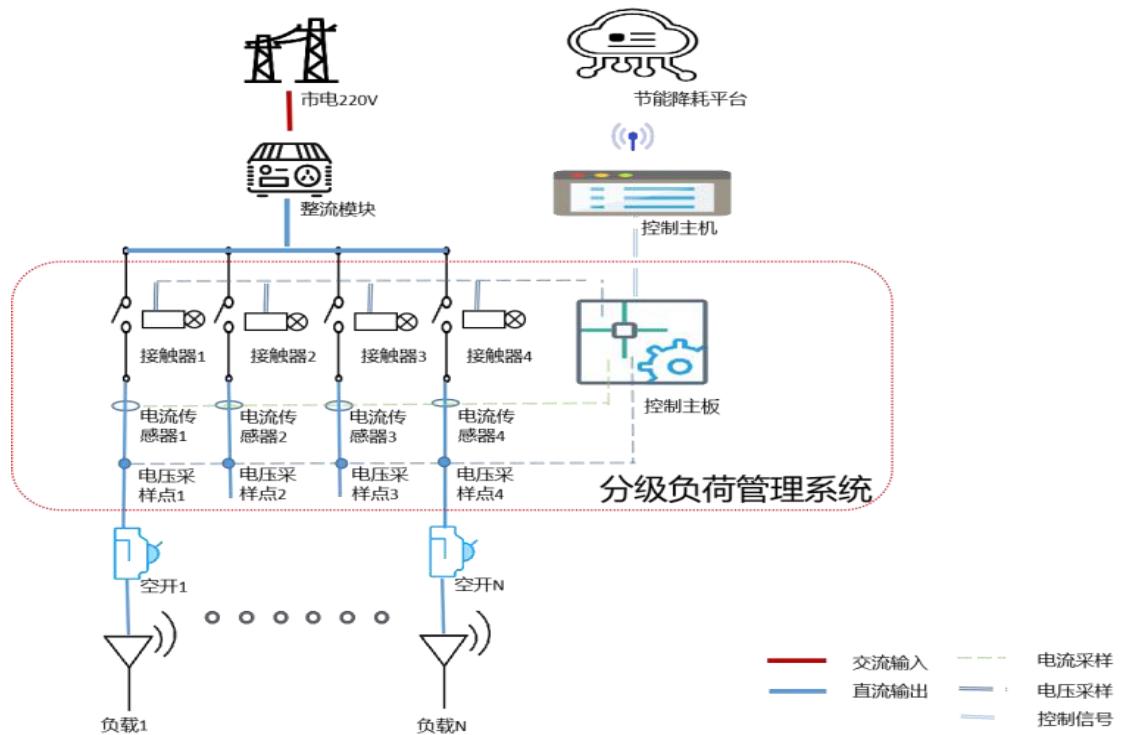


图 8 分级负荷管理系统原理示意图

3. 技术指标

- (1) 单站节能率：8%；
- (2) 换电过程负载不断电。

4.技术功能特性

(1) 具有分级负荷控制功能，实时采集并传输相应数据，同时可以远程控制主动丢弃非必要负荷，实现对所有分路的独立开启/关断控制；

(2) 具有不间断换电功能，换电过程不影响负载工作，新旧电池无环流，解决电池防逆流和电池正常充放电问题。

5.应用案例

某无线网工程户外一体化电源柜建设项目，技术提供单位为中国电信股份有限公司四川分公司。

(1) 用户用能情况：运营商基站应用传统机柜，不具备负载远程控制能力，无法实现基站低负荷时段远程开启/关断，且不具备换电功能，停电后需采用柴油发电机发电。

(2) 实施内容及周期：使用具有能耗管理功能的户外一体化电源柜替代传统基带处理单元机柜作为基站配套的电源柜，并配合安装节能平台。实施周期 10 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，据测算，单点位能耗降低 8%，可节约柴油 2480 升/年，节约电量 23 万千瓦时/年。投资回收期约 6 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 10%。可实现节约标准煤 5 万吨/年及以上。

（九）通信基站直发直供型光储一体解决方案

1. 技术适用范围

适用于通信网络基站配电系统新建及改造。

2. 技术原理及工艺

光伏采用“直发直供，就地消纳”工作模式，储能采用“智能并联，升压放电”工作模式。光伏适配器采用母排电压跟随机制，输出电压始终高于开关电源输出电压1伏，优先给直流负载供电，就地完全消纳光伏发出电量。通信基站节能降耗方案工作原理如图9所示。

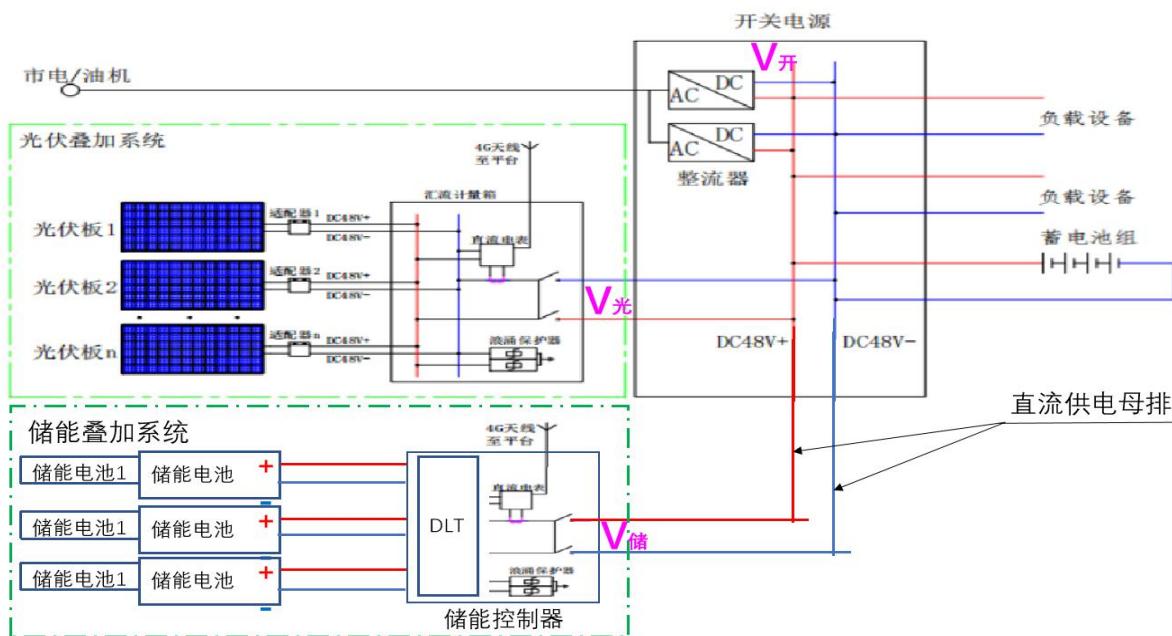


图9 通信基站节能降耗方案工作原理图

3. 技术指标

- (1) 负载设备平均功率: ≥ 3 千瓦;
- (2) 太阳能利用效率: $>95\%$;

- (3) 储能系统电池容量配置: >3 小时;
- (4) 与传统光伏技术相比, 建设时间缩短: 50%;
- (5) 减少“交转直”损耗: 6%~10%。

4. 技术功能特性

- (1) 利用光伏组件发出直流电经稳压后就地消纳, 供基站直流负载使用, 利用效率高;
- (2) 利用“谷充峰放”原理, 且光伏与储能输出均为直流供电, 无交流/直流转换过程, 提升电能利用率。

5. 应用案例

某光伏新能源合作服务项目, 技术提供单位为中国铁塔股份有限公司浙江省分公司。

- (1) 用户用能情况: 该项目具有 1.15 万个机房顶和 6900 个机柜顶。
- (2) 实施内容及周期: 采用“直发直供, 光储一体”技术, 在机房站点顶和室外机柜站点顶引入光伏系统, 光伏装机规模约 62 兆瓦。实施周期 10 个月。

- (3) 节能减排效果及投资回收期: 改造完成后, 改善能源结构, 无烟尘、二氧化硫、氮氧化合物和其他有害物质排放, 提升机房电能利用比值, 节能量为 6000 万千瓦时/年。

6. 预计到 2025 年行业普及率及节能能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 30%。可实现节约标准煤 2 万吨/年及以上。

(十) 基于人工智能(AI)的移动通信基站节能管理技术

1. 技术适用范围

适用于通信网络基站运维管理及改造。

2. 技术原理及工艺

通过对用户话务潮汐、手机上报信号测量报告、基站重叠覆盖等数据进行采集、处理、分析，提取移动通信基站小区级特征，依托大数据技术及人工智能算法输出每个基站小时级节能控制策略，并自动完成节能前后能耗评估，实现网络节能自动化运行。

移动通信基站节能管理技术系统架构如图 10 所示。

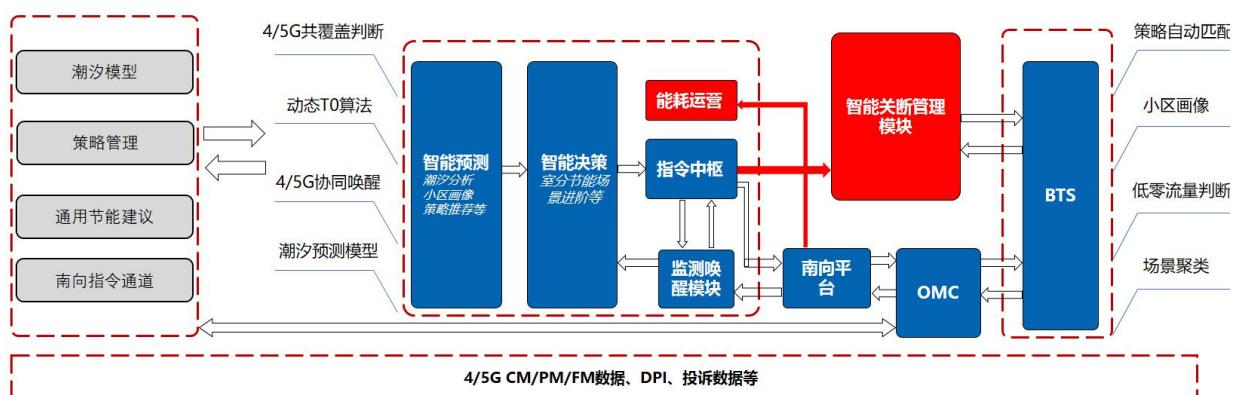


图 10 移动通信基站节能管理技术系统架构图

3. 技术指标

- (1) 第五代移动通信节能效率: >16%;
- (2) 第四代移动通信节能效率: >12%;
- (2) 平均休眠/关断节能生效比例: >45%;
- (3) 平均节能生效时长: >4 小时。

4.技术功能特性

(1) 可实现设备基础能耗回溯, 提高能耗测算准确率达 98%, 降低常规测算成本及工作量;

(2) 可实现节能指令自动下发、业务数据质量自动监测, 通过无线网智慧节能平台进行节能分析、决策、实施、评估等全流程自动化、智能化管理。

5.应用案例

某智慧节能技术项目, 技术提供单位为中国电信股份有限公司广东分公司。

(1) 用户用能情况: 该运营商网络规模庞大, 移动通信网能耗占比超 35%, 造成严峻的运营成本压力。

(2) 实施内容及周期: 采集网络运行数据, 通过节能算法模型分析, 输出多层网络精细化场景进阶节能方案, 完成基站节能技术集中部署。实施周期 9 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期: 改造完成后, 第五代移动通信小区部署占比 100%, 生效占比 50.8%, 综合节能效率 16.9%; 第四代移动通信小区部署占比 74.7%, 生效占比 32%, 综合节能效率 12.7%, 项目节能量为 1 亿千瓦时/年。投资回收期 2 年。

6.预计到 2025 年行业普及率及节能能力

预计到 2025 年行业普及率可达到 30%。可实现节约标准煤 3.4 万吨/年及以上。