

附件

《国家信息化领域节能技术应用指南与案例(2022年版)》 之七：通信网络节能提效技术（小型基站机房节能提效技术）

（一）通信站点综合节能技术——智能站点电源

1.技术适用范围

适用于通信网络基站、机房整体或局部新建及改造。

2.技术原理及工艺

采用高密高效、全模块化设计技术，搭配高密智能锂电，可实现整站高密部署；集成新型石墨间隙浪涌保护器、稀土永磁接触器、热插拔式智能空开，可支持通信设备融合供备电、精准计量、远程通断，满足第五代移动通信时代站点差异化供备电、计量的需求。智能站点电源可实现功能如图 1 所示。



图 1 智能站点电源功能实现图

3.技术指标

(1) 整流效率：8%；

(2) 集成智能空开，单路负载可管可控，实现精细负载管理。

4.技术功能特性

(1) 采用高密高效、全模块化设计技术，搭配高密智能锂电，可实现整站高密部署；

(2) 实现能源多输入输出，且单套电源可支持通信设备融合供电，支持平滑叠光，降低市电消耗。

5.应用案例

贵州省某站点改造项目，技术提供单位为华为技术有限公司。

(1) 用户用能情况：站点由3个机柜组成，占地面积大，设备效率低，运维费用高。

(2) 实施内容及周期：采用智能站点电源（iSitePower）解决方案进行改造，移除原站老旧机柜，将柜内通信主设备集成在一体化室外柜中，安装塔上太阳能板等设备并接入系统。实施周期10天。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，站点三柜变一柜，占地面积减少67%，节能量为2万千瓦时/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——室内机房电源技术

1.技术适用范围

适用于通信网络基站、机房整体或局部新建及改造。

2.技术原理及工艺

采用独特“温供备一体化”设计，密闭式精准温控，提升制冷效率；同时，可调温控组件设计助力改善风道方向、消除局部热点，实现冷量高度共享；同时支持配合网管系统智能联动，实现节能。工作原理如图 2 所示。

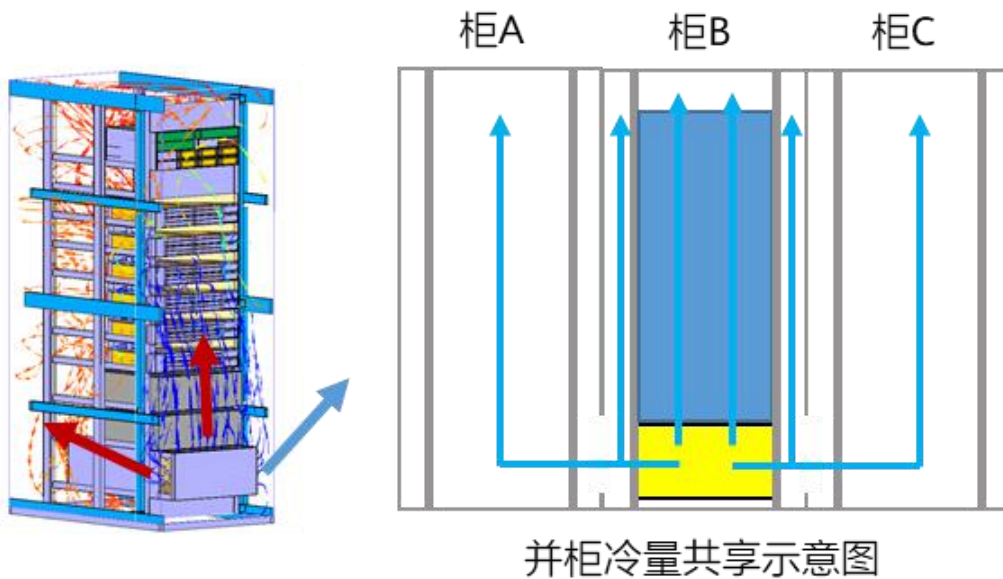


图 2 室内封闭柜机房电源工作原理图

3.技术指标

- (1) 单柜最高制冷能力：10 千瓦；
- (2) 站点能源效率（SEE）：75%；
- (2) 占地面积减少：75%。

4.技术功能特性

采用独有“温供备一体化”设计，有效改善设备收容难点和温控瓶颈，可提升制冷效率，提高站点能效。

5.应用案例

某运营商站点机房改造项目，技术提供单位为华为技术有限公司。

（1）用户用能情况：地铁站现有机房难以满足业务扩容需求，机房效率低于60%。

（2）实施内容及周期：采用封闭柜解决方案进行改造，安装室内封闭柜2台、600安智能电源1台以及400安时智能锂电（100安时锂电共计4块）。实施周期1天。

（3）节能减排效果及投资回收期：改造完成后，实现2柜代替8柜极简改造，经测算，站点能效提升25%，单站节能量为2万千瓦时/年。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) 基于深度强化学习的无线网络节能管理系统

1. 技术适用范围

适用于通信网络基站、机房动环系统运维管理及改造。

2. 技术原理及工艺

系统面向单位信息流能耗评测及能量流建模，通过对网络结构、能量流、业务流、覆盖场景及用户感知等多维深度学习，实时预测业务/能耗潮汐效应长短期变化，输出节能策略，同时系统与现网指令/大数据平台对接执行软硬联动节能。无线网络节能管理系统架构如图 3 所示。

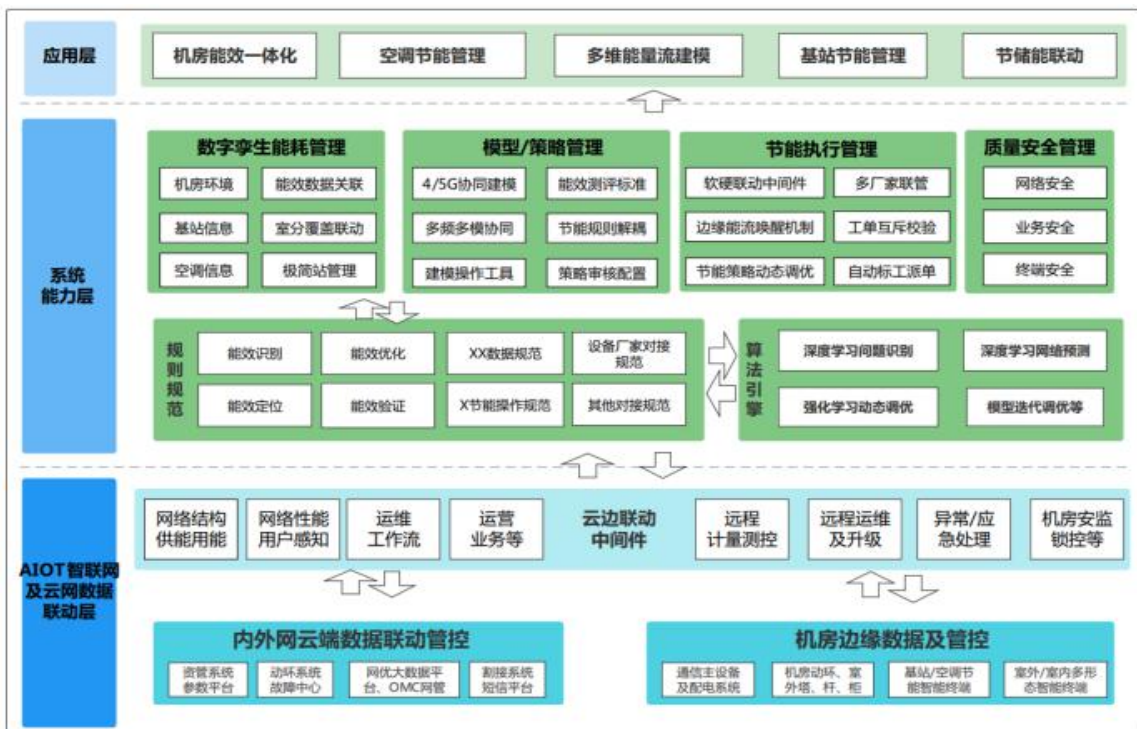


图 3 无线网络节能管理系统架构图

3. 技术指标

(1) 无线基站节电率：30%~40%；

(2) 机房综合节能效果：10%~15%。

4.技术功能特性

(1) 智慧节能终端具备高扩展性、多场景适配性、异常问题处理及云边管控机制融合的高稳定性、安全性；

(2) 系统融入了卷积神经网络(CNN)、递归神经网络(RNN冗余)、深度神经网络(DNN)等模型算法，智能化程度高。

5.应用案例

东南某省无线基站智慧能耗节能服务项目，技术提供单位为东联信息技术有限公司。

(1) 用户用能情况：东南某省拥有超过120万网络小区，日服务客户超过1.1亿，单个第五代移动通信基站一天耗电量达50千瓦时。

(2) 实施内容及周期：依据项目实际网络环境及能效提升要求，提供3.1万套适合多场景、多形态的智慧节能硬件终端及人工智能数智算法及策略系统。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，3.1万个第五代移动通信网络小区及环控设备年节电率达到40%，节能量为6789万千瓦时/年。投资回收期约10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5万吨/年及以上。

（四）通信基站自驱型回路热管散热系统

1.技术适用范围

适用于通信网络基站冷却系统运维管理及改造。

2.技术原理及工艺

散热系统在基站室内外小温差驱动下利用室外自然冷源降低室内温度。智能控制系统依托机器学习技术及自适应控制算法，实现散热系统与原有空调联动运行和平滑切换，充分利用自然冷源。通信基站自驱型回路热管散热系统工作原理如图 4 所示。

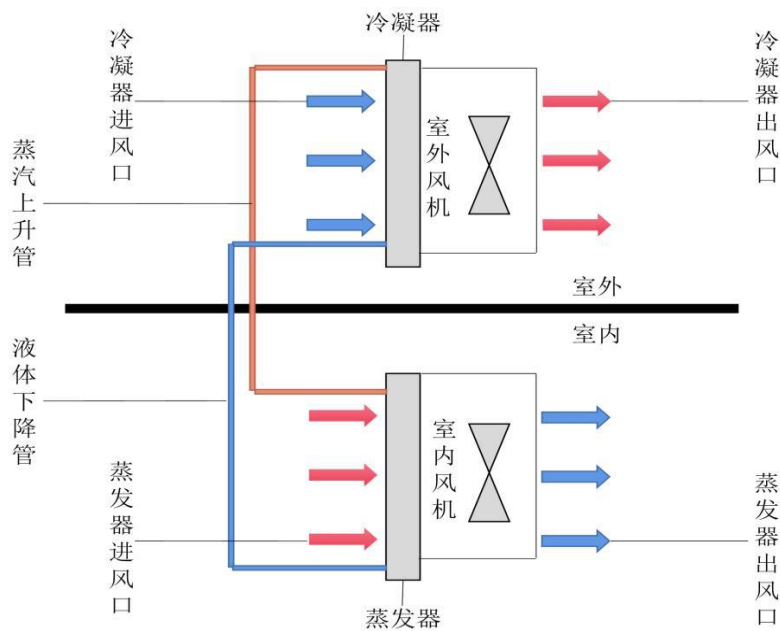


图 4 通信基站自驱型回路热管散热系统工作原理图

3.技术指标

- (1) 平均节电率： $\geq 70\%$;
- (2) 能效比（EER）： ≥ 16 ;
- (3) 名义工况性能系数（COP）： ≥ 15 。

4.技术功能特性

(1) 通信基站自驱型回路热管散热系统在室内外空气温差驱动下充分利用自然冷源，高效换热，且不引入水汽粉尘，有效隔离室外污染源；

(2) 全铝一体式结构与成形工艺，紧凑度高，质量轻；

(3) 可实现高维散热器风机智能调速。

5.应用案例

广西壮族自治区某大学基站项目，技术提供单位为广西自贸区见炬科技有限公司。

(1) 用户用能情况：基站内通信设备功率 8 千瓦，采用空调系统温控，两台空调系统功率为 3650 瓦，耗电量高。

(2) 实施内容及周期：采用通信基站自驱型回路热管散热系统进行节能改造。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，基站温控系统节电率达到 79%，节能量为 1 万千瓦时/年。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。

（五）喷淋液冷型模块化机柜

1.技术适用范围

适用于通信网络基站、机房整体新建及改造。

2.技术原理及工艺

采用模块化、一体式设计，冷却系统主要由冷却塔、液冷中央处理单元、液冷喷淋机柜等构成。工作时低温冷却液通过喷淋芯片等发热单元带走热量，喷淋后所形成高温冷却液返回液冷中央处理单元与冷却水换热处理为低温冷却液后再次进行喷淋，冷却液全程无相变。喷淋液冷型模块化机柜工作原理如图 5 所示。

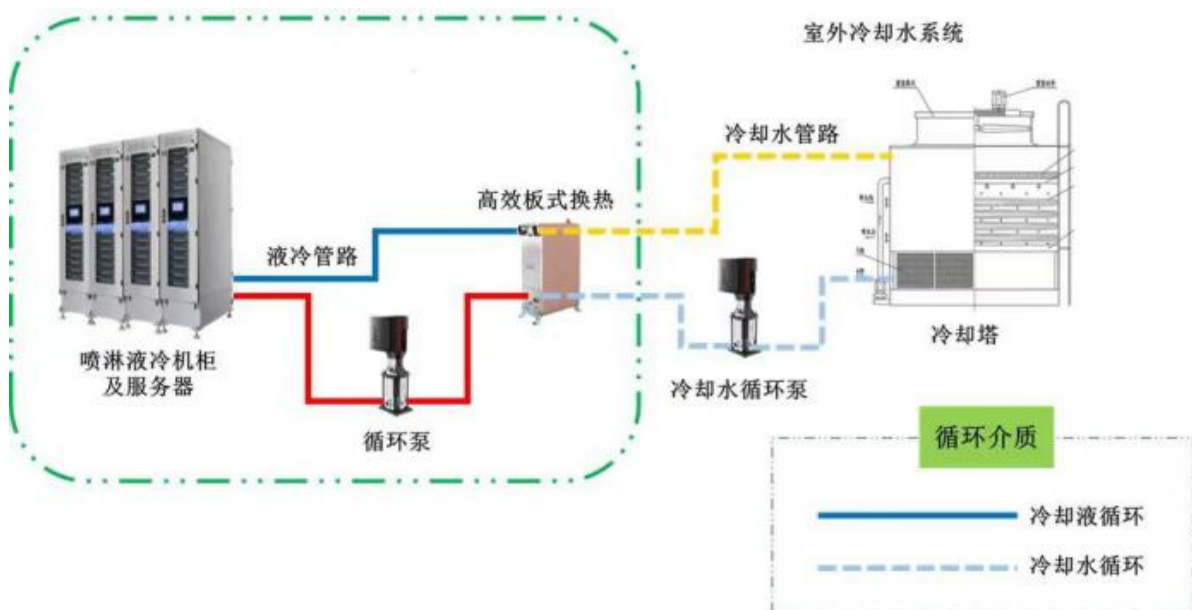


图 5 喷淋液冷型模块化机柜工作原理图

3.技术指标

- (1) 最低电能利用比值：1.10；
- (2) 单机架功率：56 千瓦。

4.技术功能特性

(1) 芯片运行不受风扇振动影响，冷却液覆盖服务器内元器件表面，有效隔离空气，设备对外部环境要求低，安全性、稳定性、适用性更高；

(2) 支持机柜单排或双排布置，灵活选择，模块拼装，满足扩容需求。

5.应用案例

某公司高性能机房项目，技术提供单位为广东合一新材料研究院有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目为新建项目。新建 100 个喷淋液冷机柜，单台服务器功率达 7 千瓦，单柜功率达 21 千瓦。

(2) 实施内容及周期：采用喷淋液冷和单相浸没液冷散热解决方案，单柜采用 3 个相互独立插框式服务器结构设计，支持信息设备满负荷运行，同时提供液冷全套设备及服务。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，新系统拆除了原风冷系统中冷冻机、水泵、蓄冷罐等设备，节约占地面积 80%，液冷系统电能利用比值约 1.10，节能量为 174 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 5 万吨/年及以上。

（六）浸没式液冷型基带处理单元（BBU）机柜

1.技术适用范围

适用于通信网络基站、机房整体新建及改造。

2.技术原理及工艺

将无线网接入设备完全浸没在绝缘冷却液中，通过冷却液流动，将发热元器件热量带走，通过换热系统将热量传递至冷却塔或干冷器，再将热量散发到室外环境，可实现完全自然冷源冷却。浸没式液冷型基带处理单元机柜工作原理如图 6 所示。

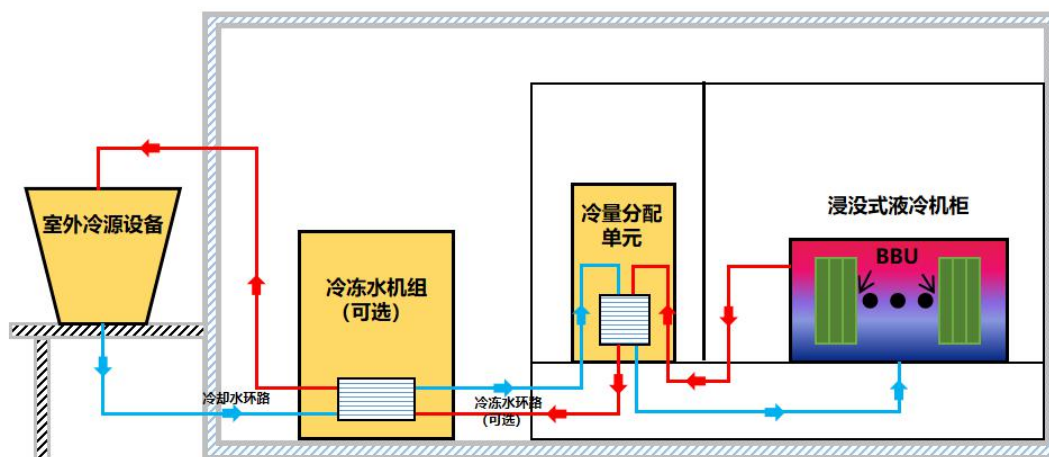


图 6 浸没式液冷型基带处理单元机柜工作原理图

3.技术指标

- （1）最低电能利用比值：1.10；
- （2）单柜运行噪声：<42 分贝。

4.技术功能特性

- （1）相比风冷，环境温度场更稳定、更均匀，消除热点，

有效提升设备稳定性、使用寿命及系统可靠性；

(2) 冷却液的储热能力是空气的 1000 倍，传热速度是空气的 6 倍，具有更高功率密度，节省大量占地空间；

(3) 基站用电总容量降低 35%。

5.应用案例

河南省某运营商项目，技术提供单位为深圳绿色云图科技有限公司。

(1) 用户用能情况：运营商基站现场环境差，设备功耗大，散热难，现场采用风冷散热，已经达到散热瓶颈，电能利用比值达到 2。

(2) 实施内容及周期：采用模块化设计，设置 1 台浸没式液冷型基带处理单元机柜，将液冷机柜、配电模块、硬件资源集成于一体。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，系统平均耗能约 71~75 千瓦时/天，日均电能利用比值约 1.19，节能量为 6 万千瓦时/年。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 5%。可实现节约标准煤 6.8 万吨/年及以上。

(七) 精密空调和集装箱式机房解决方案——变频基站精密空调技术

1. 技术适用范围

适用于通信网络基站、机房冷却系统或整体新建及改造。

2. 技术原理及工艺

通过直流变频压缩机、直流电机以及大规格换热器，实现高换热效率和低使用功率；采用具备自学习模糊控制算法的自研控制器，实现对基站、小型机房自适应调节，避免室内温度频繁波动，提高机房温度控制精度，使实时能效达到最优。变频基站精密空调工作原理如图 7 所示。

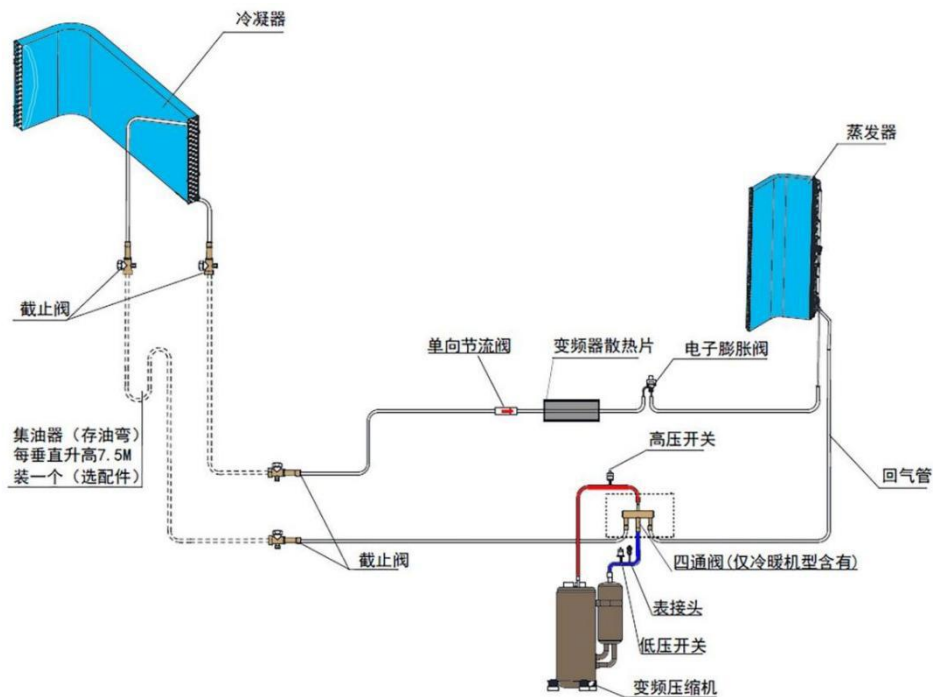


图 7 变频基站精密空调工作原理图

3. 技术指标

(1) 年节电率：30%；

(2) 能效比 (3P 三相单冷机组) : 5.48;

(3) 能效比 (5P 三相单冷机组) : 5.23。

4.技术功能特性

(1) 整机全套钣金开模设计, 一体化成型, 重量轻, 强度高; 压缩机、风机、控制器等关键器件可实现全正面维护;

(2) 采用智能液晶显示屏, 可智能检测及判断故障, 实时获取机组运行状态, 同时具备四遥功能, 可实现远程监控;

(3) 采用自研控制器, 根据机房内外的环境温度变化趋势, 对压缩机频率实现智能调节, 实现多机组群控, 主机统一管理, 根据负荷可自动调节运行机组数量。

5.应用案例

广东省某公司基站动力环境改造项目, 技术提供单位为广东海悟科技有限公司。

(1) 用户用能情况: 采用 5 匹家用舒适性定频柜机, 空调老旧、积灰严重, 耗电高, 站内平均温度 28~29°C。

(2) 实施内容及周期: 采用变频基站精密空调技术进行节能改造, 并进行安装调试。实施周期 1 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期: 改造完成后, 站内平均温度 27~28°C, 空调平均耗电量 21 千瓦时/天, 节能量为 4896 千瓦时/年。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 1 万吨/年及以上。

(八) 双冷源集成式机柜

1.技术适用范围

适用于通信网络基站、机房整体新建及改造。

2.技术原理及工艺

集成柜级制冷、双冷源协同等多项技术，具备信息与通信设备综合收容能力及柜内动态精确供冷功能，实现多冷源高效协同利用，降低制冷能耗，提升制冷系统可靠性，可发展为逻辑集成型设备。制冷系统工作原理如图 8 所示。

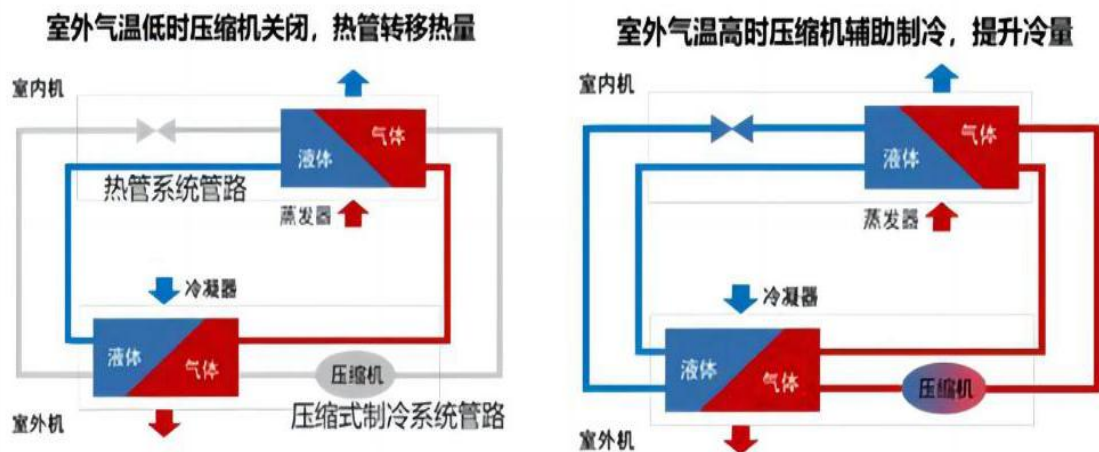


图 8 制冷系统工作原理图

3.技术指标

- (1) 电能利用比值可接近：1.20;
- (2) 站点制冷能耗降低：20%~50%;
- (3) 机房空间利用率提升：30%~60%;
- (4) 设备工作环境温度降低：10~15℃。

4.技术功能特性

(1) 将制冷单元室内机集成于机柜，对柜内进行封闭制冷，将柜内设备产生的热量通过室外机排至机房外，解决高功耗设备散热问题；

(2) 在传统电压缩式制冷系统基础上集成热管系统，双冷源动态协同工作，实现室外自然冷源有效利用，制冷系统能效由 3 提升至 10；

(3) 压缩机 - 热管双系统集成及交、直流双路供电设计，可实现市电中断、压缩机故障等紧急情况下的设备散热，降低宕机风险，保障网络可靠运行。

5.应用案例

湖南省某机房一体化节能柜应用项目，技术提供单位为中国移动通信集团设计院有限公司。

(1) 用户用能情况：项目机房采用传统机房空调的散热方式，BBU 最高温度超过 50°C，空调用电量 18 千瓦时/天，机房电能利用比值为 1.59。

(2) 实施内容及周期：采用机柜级制冷方式，将空调室内机集成于机柜并将机柜封闭，将柜内热量通过室外机排至室外，单个制冷单元额定制冷量 6 千瓦，风量 2500 立方米/小时。实施周期 1 天。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，BBU 最高

温度不超过 50°C，机柜电能利用比值为 1.08，空调节电量 15 千瓦时/天，节能量为 5439 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。

(九) 机房双回路热管空调技术

1. 技术适用范围

适用于通信网络机房冷却系统新建及改造。

2. 技术原理及工艺

结合热管和压缩机两套制冷系统，分别使用不同的蒸发器和冷凝器，仅在室外温度高于室内时启动压缩机，充分利用自然冷源，能使热管系统换热能力增强，大幅降低系统制冷所需耗电，提高节能效率。热管工作原理如图 9 所示。

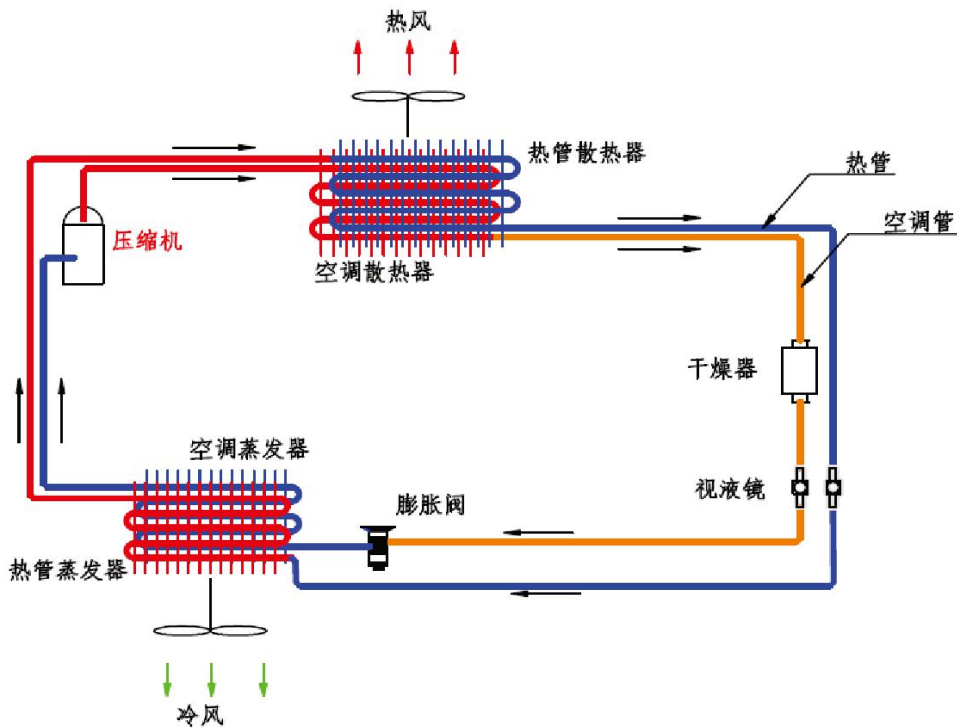


图 9 热管工作原理图

3. 技术指标

- (1) 机械制冷模式 COP: 3.21;
- (2) 混合制冷模式 COP: 5.72;

(2) 全年综合能效比 (AEER): 12.26。

4.技术功能特性

(1) 采用双系统模式，热管系统内没有压缩机冷冻油，不会对蒸发器和冷凝器的换热效率构成影响，热管系统优先运行，增强热管系统换热能力；

(2) 采用蒸发温度控制技术，保持蒸发温度在机房露点温度以上，减少冷凝水的产生，提高空调有效显冷比；

(3) 系统根据室内外温度自动选择最优的制冷模式，无需人工参与调整。

5.应用案例

某通信运营商综合机房节能改造项目，技术提供单位为湖北兴致天下信息技术有限公司。

(1) 用户用能情况：机房电能利用比值偏高，空调耗电占机房耗电比例过高。

(2) 实施内容及周期：采用 1 台 5P 双回路热管空调一体机代替原机房同等规格的传统空调。实施周期 1 年。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，综合节电率达到 67%，节能量为 18476 千瓦时/年。投资回收期约 2.5 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 1 万吨/年及以上。

(十) 无线数据机房智能化能耗管理系统

1.技术适用范围

适用于通信网络基站、机房整体运维管理及改造。

2.技术原理及工艺

采用人工智能和远程物联网控制技术，快速定位低话务、高能耗基站，动态制定“一站一策”基站节能策略，实现自适应多网协作软硬关断、空调精细化管理、高能耗设备定位、机柜风道智能化调整等功能。同时基于蓝牙定位技术和人工智能摄像头人脸、人体和图像识别等视觉能力，实现机房设备资产精细化监管。无线数据机房智慧能耗管理系统技术原理如图 10 所示。

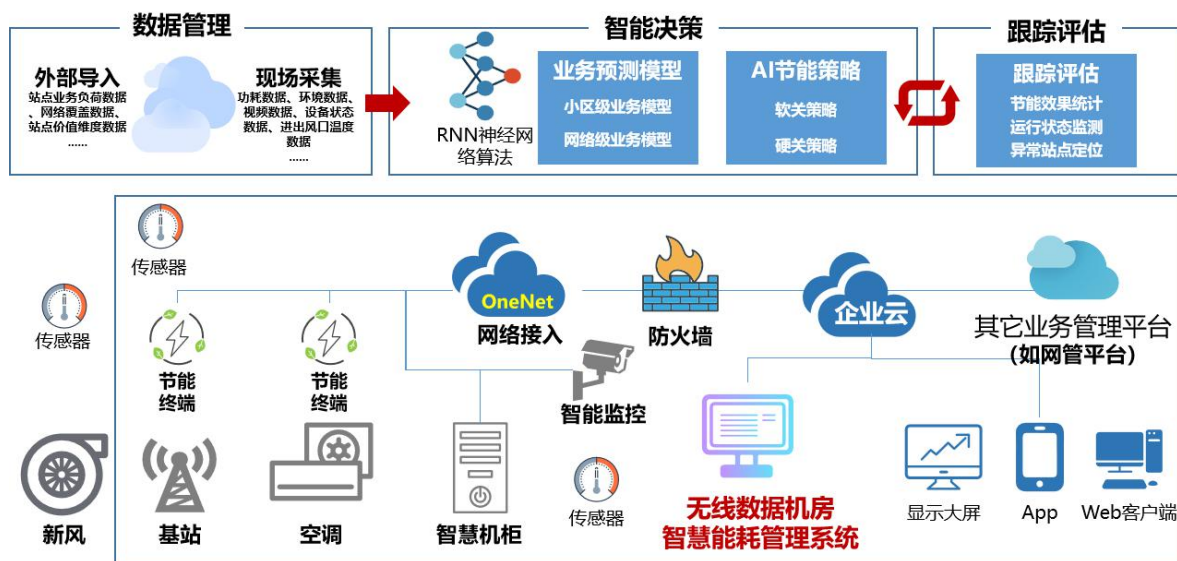


图 10 无线数据机房智慧能耗管理系统技术原理图

3.技术指标

(1) 单站（按典型 1 空调，3 小区计算）节电量：1.5~5 千瓦时/天；

- (2) 10 万套设备查询结果反应时间：≤2 秒；
- (3) 每秒钟最大设备上报并发数量：900 个；
- (4) 温控终端承载数量：10 万套。

4.技术功能特性

(1) 制定网络/小区流控节能策略、条件软关+硬关+小区协同，对业务量的变化进行深度学习，自适应调整节电时段；

(2) 可对温度影响因素进行建模学习，结合热成像摄像头进行温度热力图的 3D 呈现，完成精细化管理；

(3) 通过在机柜内部设置温度采集点，控制机柜风道机械调控，实现对冷热风道的动态调整。

5.应用案例

某运营商第五代移动通信智能硬关断项目，技术提供单位为中移（成都）信息通信科技有限公司。

(1) 用户用能情况：该项目为新建项目。

(2) 实施内容及周期：实施智慧节能服务、运维服务、节能站点改造服务 3 个部分。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，单个 AAU 日均关断时长 5.2 小时，平均节电 2 千瓦时/天，节能量为 462 万千瓦时/年。投资回收期约 8 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。

(十一) 支持基带处理单元堆叠布置冷热场控制技术

1.技术适用范围

适用于通信网络机房冷却系统新建及改造。

2.技术原理及工艺

该技术由基带处理单元（BBU）散热机柜和集排热系统两部分组成。散热机柜通过冷热通道隔离技术、微通道送风技术，使基带处理单元堆叠时冷热场分区，形成散热气流循环通道。集排热系统收集散热机柜热通道热量，自动检测基带处理单元温度及机房室内外温湿度，自动调节风量，将热量通过风管排放至室外。系统工作原理如图 11 所示。

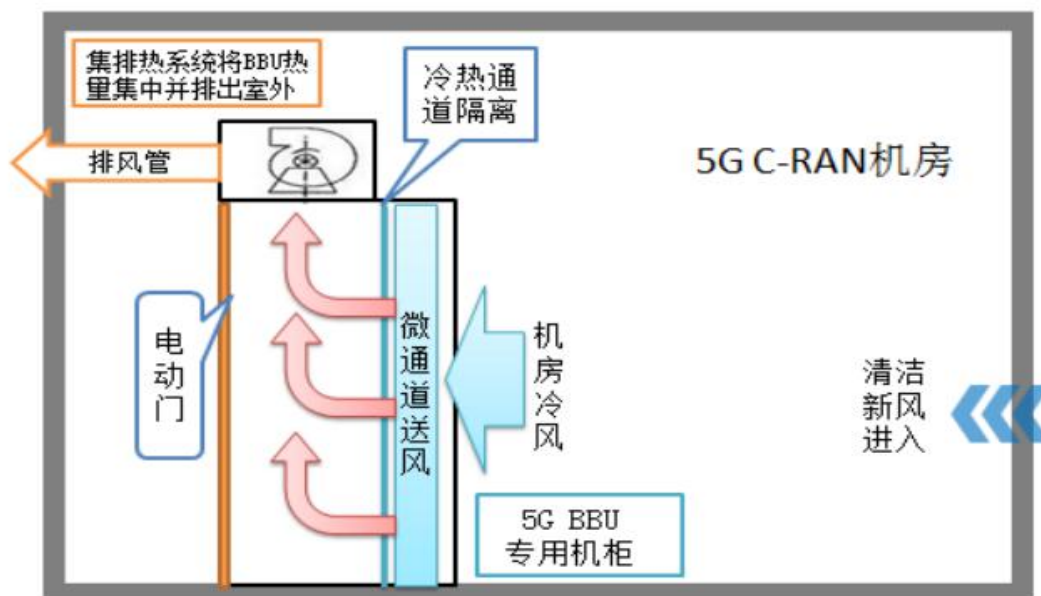


图 11 系统工作原理图

3.技术指标

- (1) 系统能效比：28.80；
- (2) 降低单个机柜机房面积占比：50%；

(2) BBU 出风口温度降低: 18.6°C。

4.技术功能特性

(1) 通过冷热通道隔离技术、微通道送风技术, 优化气流组织, 使得 BBU 形成散热大循环通道, 降低排放温度, 避免高温宕机、导线局部热熔等问题;

(2) BBU 专用散热机柜加装集排热系统, 实现风量、功率与 BBU 工作温度自适应, 将热通道收集的热量通过低功率风机及风管排放至室外。

5.应用案例

某通信运营商节能服务项目, 技术提供单位为杭州蓝光通信科技有限公司。

(1) 用户用能情况: 堆叠机房内布置众多基带处理单元, 能耗较大, 形成局部超高温。

(2) 实施内容及周期: 集中采购第五代移动通信站点智能冷热场控制系统, 加装专用散热机柜、集排热系统、智能控制系统, 并进行安装调试。实施周期 8 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期: 改造完成后, BBU 排放至机房温度降低 18.6°C, 节能量为 215 万千瓦时/年。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 10%。可实现节约标准煤 1 万吨/年及以上。

(十二) 通信机房智能温控技术

1.技术适用范围

适用于通信网络机房冷却系统运维管理及改造。

2.技术原理及工艺

运用物联网技术对机房温湿度、能耗、设备运行数据进行采集、分析及处理，结合新风系统，依靠智能节能模型，自动远程调整控制，通过实时监测数据平台，发现设备故障及机房高温情况并自动告警。通信机房智能温控技术结构原理如图 12 所示。

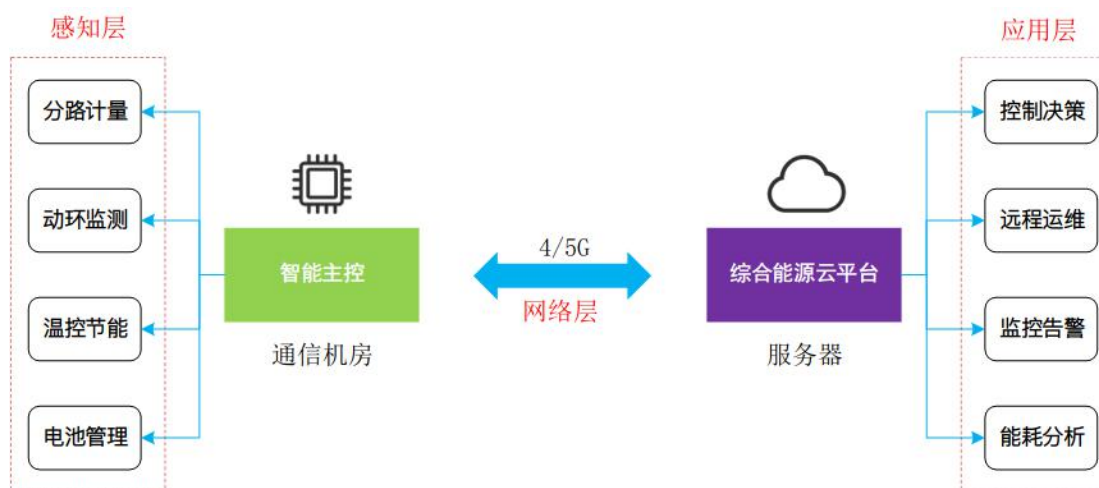


图 12 通信机房智能温控技术结构原理图

3.技术指标

- (1) 电能利用比值： ≤ 1.20 ;
- (2) 数据采集精度： $\leq \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ；湿度： $\leq \pm 3\%$;
- (3) 中央控制器控制精度： $\geq 99\%$ ；遥控响应时间： ≤ 2 秒。

4.技术功能特性

采用物联网和大数据分析技术，根据机房实际环境温度，按

需制冷，降低机房能耗，实现机房和空调设备的智慧运营。

5.应用案例

某公司基站空调节能项目，技术提供单位为湖南恩杰康科技有限公司。

(1) 用户用能情况：机房空调随机房主设备一起全年不间断的运行，可服务基站约 53 个。

(2) 实施内容及周期：采用智能冷热交换系统与自适应控制机房空调，对项目机房进行节能改造。实施周期 1 个月。

(3) 节能减排效果及投资回收期：改造完成后，经过抽检核验，年平均节能率达 75%，1 个机房综合节电约 25 千瓦时/天，按每个月工作 28 天计算，节能量为 45 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。