



中国移动
China Mobile

智算时代动力能源设施 绿色智慧运维思路

中国移动通信集团公司 网络事业部
王振

2025.6

AI+时代，数据中心发展加速

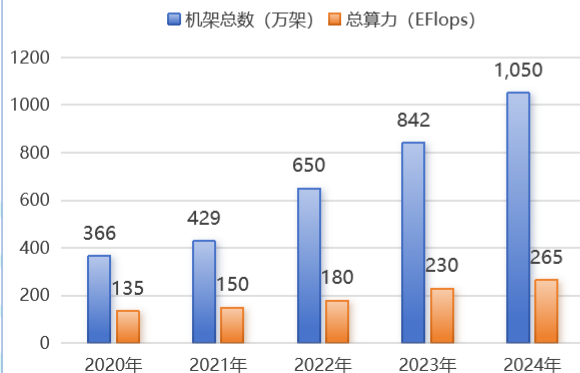
根据中国信通院等相关机构数据，中国算力基础设施近五年年均增速超**25%**，预计2025年底中国数据中心算力超过**300EFlops**，机架数量超过**1200万架**。中国移动已建成机架超120万架。

- 智能算力占比从2020年不足10%升至2024年**32%**。
- 数据中心单机柜功率密度从平均5-8kW逐步提升至**20-25kW**。
- 液冷机柜渗透率从不足1%升至**10%以上**。
- DeepSeek等AI大模型加速算力需求爆发，据IDC预测，2025年全球AI算力需求将达**6.8 ZFLOPS**，年复合增长率超50%。

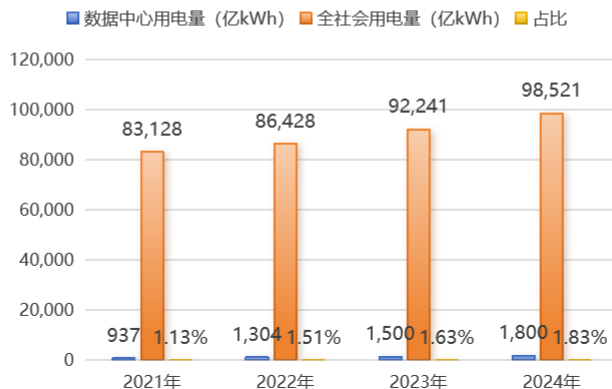
- 5G、6G及AI、大数据发展带来移动通信与算力网络能源基础设施需求激增，市场潜力巨大，通信能源行业面临**网络化、信息化、智能化、绿色化**转型

市场容量			
通信能源	清洁能源	分布式储能	综合能源服务
315亿 (2025) 来源：安信证券	10万亿 (2030) 来源：国家能源局	2400亿 (2025) 来源：方正证券	1.8万亿 (2035) 来源：国家电网

中国数据中心算力和机架增长情况



中国数据中心用电量占比和增长情况



AI能源

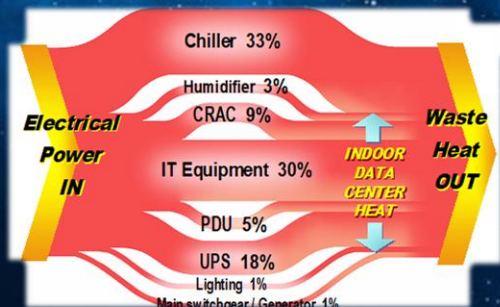


- 据国际能源署 (IEA) 统计，2022年，智算中心、AI和加密货币在全球范围内消耗了大约**460太瓦时 (TWh)** 的电力，占全球总需求的2%。
- IEA估计，到2026年，智算中心、人工智能和加密货币对全球电力需求可能翻倍，消耗**620到1050TWh**的电力，相当于增加一个德国的耗电量。
- 2024年，马斯克在博世互联世界大会上指出，一年多以前，短缺的是AI芯片，明年你会看到**电力短缺**的局面，可能导致无法满足所有AI芯片的需求。

能源设施的运营成本问题

电费和维护费作为运营成本的大头，呈**逐年增长**趋势，预计2025年三大通信运营商电费将接近**1000亿元**，维护费超过**100亿元**。**能耗控制、智能化AI运维**是未来降低运营成本的关键。

- 部分数据中心建成时间较早，**PUE**水平难以压降
- 空调在能耗成本中占比接近**30%**
- 电源、空调中哑设备较多，海量设备主要依靠**人工维护**，效率低、成本高
- 机房容量管理不够细致，导致机房**空间、供电、制冷容量**未充分利用



PUE监管要求越来越高

自2013年以来，政府部门对PUE监管要求不断提高，运营商面临较大PUE考核压力。

政府

中央政府部门对PUE要求不断提高

到2020年，新建数据中心PUE达到1.4以下

到2025年，新建数据中心PUE降到1.3以下。逐步改造PUE超过1.5数据中心

国家算力东、西部枢纽节点在1.25、1.2以下

到2025年，新建数据中心PUE降到1.3以下，改建核心机房PUE降到1.5以下

地方政府对存量PUE要求更加严格

已建成并稳定运行一个年以上以及改扩建的数据中心，PUE应符合1.35限定值要求

到2025年，PUE 1.3以上的存量数据中心依法依规全部腾退关停

扩建或改建后的PUE准入值应不大于1.4

2017年4月工信部《关于加强“十三五”信息通信业节能减排工作的指导意见》（工信部节〔2017〕77号）

2021年11月发改委《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求 推动数据中心和5G等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》（发改高技〔2021〕1742号）

2022年1月发改委同意启动建设全国一体化算力网络国家枢纽节点的系列复函

2022年8月工信部等七部门《信息通信行业绿色低碳发展行动计划（2022-2025年）》（工信部联通信〔2022〕103号）

2023年11月北京市经信局《数据中心能源效率限额》（DB11/T 1139-2023）

2021年12月河北省发改委《关于破解瓶颈制约 助推数字经济健康发展的若干政策》

2020年8月上海市市场监管局《数据中心能源消耗限额》（DB31/652-2020）

行业

标准规范：T/CCSA 508-2024

- 新投产数据中心运行指标应满足上架率和PUE要求：投产1年后上架率不低于30%，PUE不高于1.5；**投产2年后上架率不低于50%，PUE不高于1.3**
- 对上架率和PUE均不满足第一年或第二年对应要求的项目，需要进行**整改并再次验收**

第三方

- 百度北京亦庄数据中心（寒冷地区）
设计PUE1.3，采用顶置空调末端、高温服务器、高上架率（90%）等措施，通过精细化空调群控运行，**2024年实际运行PUE约1.13**。

友商

- 深圳联通深汕数据中心（夏热冬暖地区）
设计PUE1.4，采用集中式水冷系统，通过空调末端控制、冷却水温及水泵等冷源群控、高温等精细化运维，**2024年实际运行PUE约1.22**。

我司

智算中心规划设计

- 呼和浩特、哈尔滨、贵阳三大超万卡智算中心
根据中国移动高密算力基础设施建设要求，采用液冷机房和液冷机柜方式，智算中心设计PUE不高于**1.2**。

2025年网络领域工作会

- 确保**2025年底前**实现存量数据中心和核心机楼PUE **100%达标**

“C²三能计划”升级要求

- 新建大型、超大型数据中心PUE **1.3**以下（国家枢纽节点**1.25**以下，严寒和寒冷地区**1.2**以下）

能源设施的运维风险问题

维护工作量**大**

安全风险**高**

智能化程度**低**

经验积累性**强**



数据中心能源基础设施涉及40余类电源、空调、动环监控设备，任何一个环节的故障都可能引起灾难性后果，随着智算中心液冷机柜的快速部署，数据中心**系统复杂度**、**功率密度**急剧增长。

智算时代能源设施运维的价值

传统动环专业运维价值主要是确保机楼**供电制冷可靠性**，目前运营商面临较大经营压力，运维价值将主要体现在降低机楼整体**能耗水平**、提高机楼各类**资源利用率**。中国移动《网络条线“十四五”人才规划》中，将动环专业改称为“**动力能源专业**”。

面临智算数据中心的大规模建设，以及中央巡视对能耗PUE的管控力度提升，动力能源专业后续需要继续从三方面发挥自身价值，通过智能化手段提升维护效率。

能耗低

- **能源消耗总量**：机房消耗的总电量，按占比来看，基站无线设备、机房空调、服务器占比最大
- **能源消耗强度**：既包括PUE（机房整体能耗强度），也包括算力算效等服务器及程序能耗强度

可靠性高

- **系统可靠性**：从规划设计、验收、设备后评估，把控机房供电制冷设备及系统可用性级别
- **运维标准化**：从全生命周期把控机楼风险，EOP、MOP、SOP标准化运维操作

资源利用率高

- **分级分类科学配置管理**：机房电源空调合理配置，避免过度冗余；运维精细化提高资源利用率
- **容量利用率**：供电、制冷容量与机房/机架空间容量联动管理，提升平均单机柜功耗水平

中国移动智慧运维实践-1 能源运维智慧大脑

打造中国移动**数字能源智慧大脑**，实现全网1000+算力中心能耗实时监测，通过动环大模型、AI调优、节能运维闭环体系，推动算力中心绿色转型迈向新台阶。

通过能源智慧大脑建设，构建**"数据驱动、AI 赋能、风险可控"**的新型能源管理体系，实现从被动运维向主动治理的跨越，构建从数据采集到智能应用的完整体系。与各省数据中心的DCIM联动，实现数据共享、能力调用。

自动化监测稽核



稽核合格率**97%+**
能耗测点**32万+**

大模型智能分析



30+能耗因子分析
集群级、机楼级场景
全覆盖

电子化节能运维



450+月均作业提示单
33项标准化作业

空调系统AI调优



10%+节能率
69种参数**1011个**测点

中国移动智慧运维实践-2 全量设备集中管控

中国移动针对机房电源、空调、环境监控等设施，基于31省全面部署的动环监控系统，在总部层面自主研发了**集中运维管理平台**，开展机楼断电等情况下的应急指挥调度，以及精准的能耗管控，为客户提供**高可靠性、高可用度、绿色节能**的机房环境。

逐层钻取，实时对接

✓与各省动环监控平台对接，可通过地图点击相关省份，逐层向下钻取到相关机楼。

✓实时呈现各个机房的温湿度、开关电源和UPS电压电流、动环容量负载率、关键动环告警（断电、高温、烟感等）、机房能耗，以及机楼供电拓扑和业务对应关系等。



中国移动智慧运维实践-3 常态化能耗监测和稽核

总部平台已接入全网所有数据中心、通信枢纽楼，部分汇聚机房、基站。参照《数据中心能效限定值及能效等级》（GB 40879-2021），累计接入全网**32.3万个**电表计量点位，每天自动化采集3次全部电表数据，通过常态化**日、周、月度自动稽核管控**，确保平台能耗数据准确、可用。

主设备用电稽核

对各类不间断电源设备的性能数据与主设备用电量对比，**判断主设备用电量异常并发送提示单**。

日能耗数据修正

对每个站点**每个用电类型**的能耗数据缺失、跳变、逻辑**异常判断并自动修正**。

同比下降85.38%

发送稽核提示单
2795条

同比下降72%

自动修正电表数据异常
4.9万次

能耗
稽核成效

同比下降24.23%

自动修正日用电数据异常
472个

同比下降76.38%

月度数据变更工单
35条

电表级能耗修正

对**单个电表**出现偶发性的抖动、故障换表、量程归零、异常跳变等异常问题**识别并自动修正**。

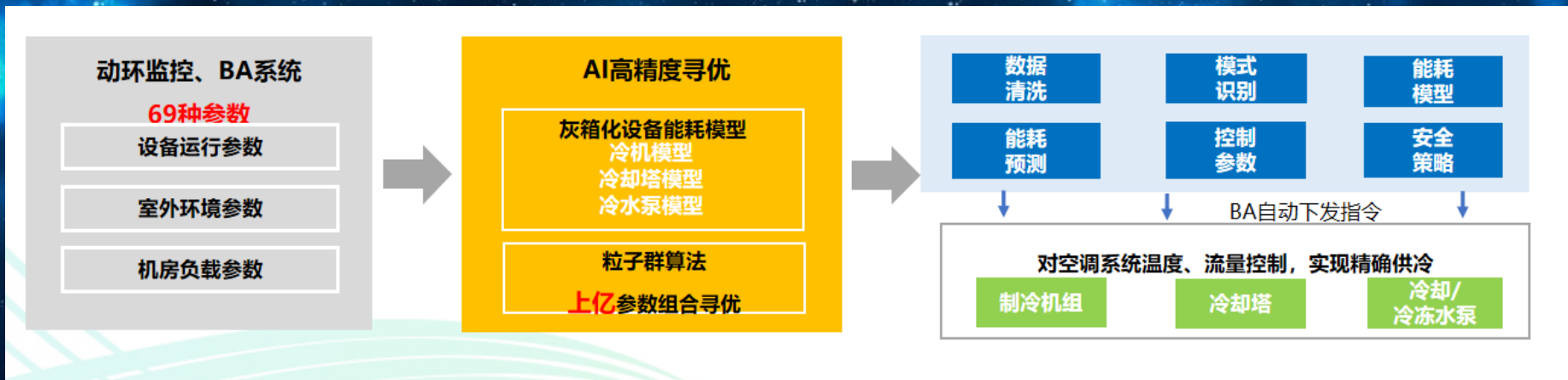
月能耗数据修正

对异常月度数据，提供**月度数据变更流程**，省公司可根据实际能耗对异常数据申请修改。

中国移动智慧运维实践-4 空调群控系统AI调优

开展空调群控数据处理、AI 模型构建、策略调优等核心技术研究攻关，在确保安全运行的前提下，推动数据中心应用**空调群控AI调优技术**。截至2025年5月底，我公司23个数据中心、135栋通信枢纽楼应用AI调优，空调系统节能效果在**10%以上**。后续将覆盖50%以上机楼。

2024年编制下发《空调群控系统AI调优应用技术指南》。



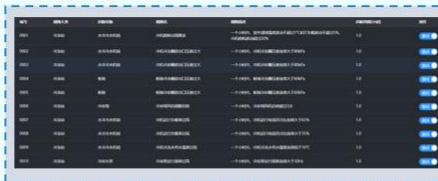
中国移动智慧运维实践-4 空调群控系统AI调优

以我公司某数据中心为例，依托AI训练推理平台，基于深度神经网络算法，建立能耗预测模型，构建**智算中心最优节能运行策略**。分析大环境温度、**设备热负荷**、**液冷设备运行参数**、制冷量等影响因素，建立**能耗预测模型**，准确预测不同温度状态的能耗情况，分析和寻优各类设备最佳运行状态点，提升冷源系统能效，构建最优节能运行策略。

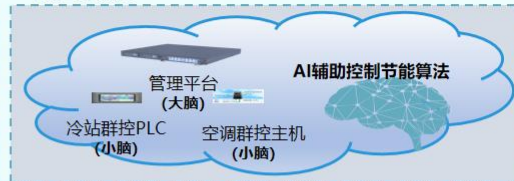
- 1 数据采集：共采集4000个参数测点，以5分钟为颗粒度自动采集IT负载数据、气象数据、运行数据、能耗数据等。



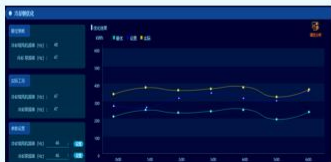
- 2 机理算法诊断调优：通过机理算法提供能效诊断和调优。



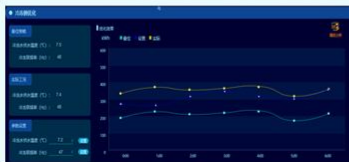
- 3 AI智能寻优：AI模型训练+AI数据推理，使能制冷系统运行最优。



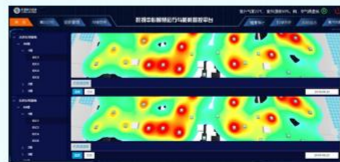
针对液冷一次侧系统效率遇到的瓶颈，数智AI能耗管理采用深度神经网络，深度学习算法找到不同设备、不同系统之间参数的关联性，利用现有的大量传感器数据建立数据中心能效模型，实时采集CDU、空调末端、IT负载、能耗等海量信息，实现能效模型动态训练、推理与决策。



一次侧优化策略



二次侧优化策略



CPU局部热点监测



AI在液冷系统节能运行策略

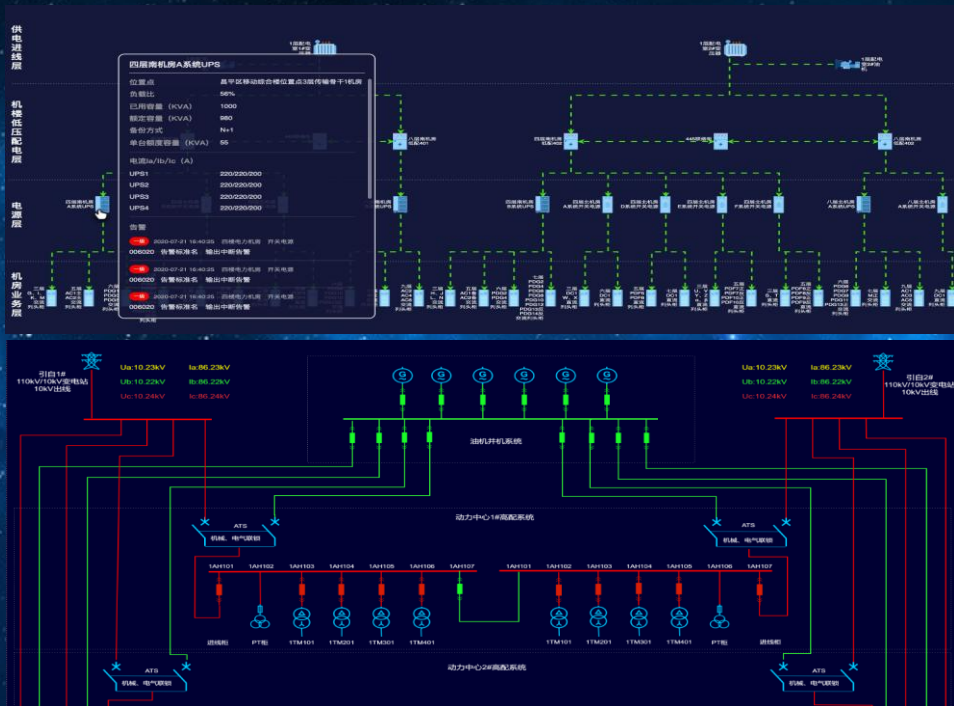
中国移动智慧运维实践-5 机楼供电拓扑管理

对现网所有机楼进行端到端供电拓扑呈现，建立了高压配电层、变压器层，低压配电层、电源设备层、末端配电层五层供电拓扑模型，依托大模型开发告警收敛及故障预判能力；通过快速调取机房各机柜相关业务对应关系表，可针对性启动应急预案，对各省开展指挥调度。

快速判断通断，有效指挥调度

✓通过实时掌控机房设备供电上下游、主备路由关系及供电通断状态，总部人员能实时判断机房设备供电状态；

✓通过快速调取客户业务的供电对应关系表，以及相关应急预案，总部人员可快速判断故障影响，有效支撑对各省故障处理及应急指挥调度工作。



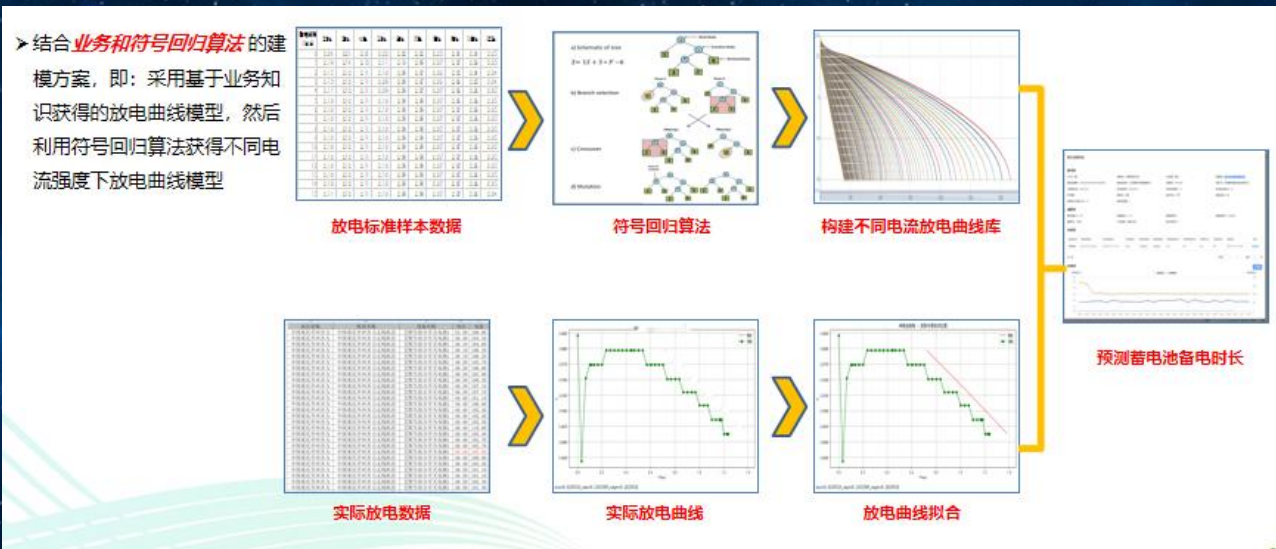
中国移动智慧运维实践-6 蓄电池放电容量预测

基于平台实时获取电池的使用年限、浮充电压、内阻、放电截止电压、温度等特征参数，构建**蓄电池健康度分析体系**，通过**AI算法智能动态分析**不同特征参数对应权重，建立蓄电池健康度分析模型，输出特征参数的健康度分值，用于辅助后续**电池储能、微电网、能量运营**等应用。

电池健康度管控

基于平台通过实时获取使用年限、浮充电压、内阻、放电截止电压、温度等特征参数，构建蓄电池健康度分析体系。

✓ 总部可看到通信机楼蓄电池的备电保障能力，及时发现劣化电池组和单体，确保断电情况下的保障。



中国移动智慧运维实践-7 数字化运维智能体（建设中）

针对数据中心梳理**33项标准化节能作业**，通过模型建立、标杆选取、对标分析、提示单推送，建立了较完善的**节能诊断闭环流程**，用于精准定位能耗问题并开展精准的**自动化督办**，循环迭代不断寻优。建立基于九天、DeepSeek等大模型的**本地化知识库**，开发**会话交互智能体**。



中国移动智慧运维实践-8 智能体运维机器人（待试点）

南方电网等公司已在电力行业试点应用“可进行电力巡检和母联柜倒闸操作”的人形机器人。通信行业已试点的智能巡检机器人，外形与酒店机器人类似，功能局限性大。后续将试点应用新型运维机器人，制订运维机器人相关应用标准、人员替代方案。

机器人机体需求		机器人安全需求	
多种模块组合 多种模块自由搭配，打造个性化巡检方案，提升运维效率	资产盘点 无源/有源RFID射频识别技术，免开机柜门，高效盘点准确率达99%	材质保障 环保级材料，耐刮耐磨、防腐耐油、防静电、耐高温、防潮、韧性好、抗冲击	加密保护 专用频段数据传输，使用SSL加密，防止数据丢失，防止非法控制
7*24h无人巡检 - 智能巡检，节省人力，降低成本 - 助力机房值守无人化、规范化 24h无死角云台监控，补漏洞	全面检测 机房巡检涵盖IT设备、动环、配电设备、消防在位、遗留物品等多种检测	防跌落 安装防跌落光电传感器，行走过程中如遇下行台阶、坑洞、悬空等，自主停止行进并告警	电池可靠 - 采用磷酸铁锂电池，单次测试充放电达到2000次以上，安全稳定、使用寿命长、耐高温 - 防自燃
无人化随工 支持远程操控，实时随工陪同，全程自动录像，助力运维流程规范化	接口标准易扩展 - 支持动环采集设备数据接入 - 支持数据向第三方平台输出	多重防碰撞 采用激光雷达、超声波传感器、防跌落传感器、防撞带四位一体防碰撞，自动避障绕障	紧急制动 设有急停按钮，发生异常情况时可随时中止任务





面临**智算时代**的挑战，
中国移动将积极与行业伙伴一起，
同心协力、合作共赢，
加快能源基础设施的
创新、节能、智慧运维！