

智慧配用电系统AI化基础与实践

王鹏

南方电网电力科技股份有限公司

知识产权声明

本文件的知识产权属南方电网公司所有。对本文件的使用及处置应严格遵循南方电网公司有关规定或获取本文件的合同及约定的条件和要求。未经南方电网公司事先书面同意，不得对外披露、复制。

Intellectual Property Rights Statement

This document is the property of and contains proprietary information owned by CSG and/or its related proprietor. You agree to treat this document in strict accordance with the terms and conditions of the agreement under which it was provided to you. No disclosure or copy of this document is permitted without the prior written permission of CSG.



中国南方电网
CHINA SOUTHERN POWER GRID

南方电网电力科技股份有限公司



目录

CONTENTS



PART 01

背景



PART 02

技术基础



PART 03

实践探索



PART 04

总结与展望

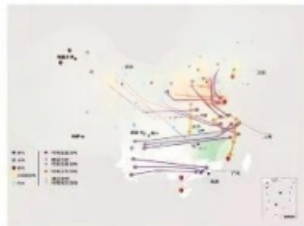


1.1 背景-新型配用电系统是新能源转型必由之路

- 配用电系统：分布式新能源、互动资源接入，呈现设备规模大、种类多、分布广的“长尾特性”；
- 传统大电网统一调度、定价，计划模式运行思路，难以适应当下及未来新型配用电系统发展。

集中式大电网

- 集中供电
- 统一调度
- 计划运行
- 统一定价



传统大电网

新型配用电系统（分布式智能电网）

- 高比例新能源、多分布式主配微
- 波动性、随机性、间歇性



分布式光伏



新型储能

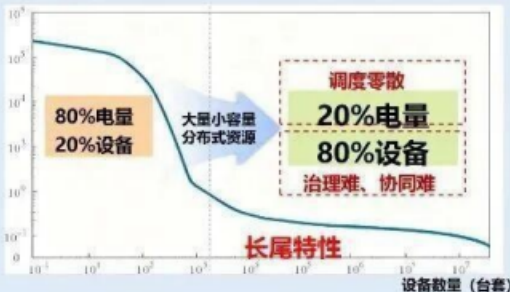


新能源充电桩



随机用电负荷

容量 (MW)



1.2 背景-新型配用电系统发展亟需新工具

■ 传统配用电系统**感知能力不足、人工依赖程度高、调控迟缓**等短板，制约着不确定性能源主体大规模接入，造成**新能源供需失衡、消纳受限**，亟需新方法工具，推动配用电系统转型升级。

存在问题

策略寻优慢

主站需在巨大状态空间中找最优策略，策略更新速度远落后于现场变化

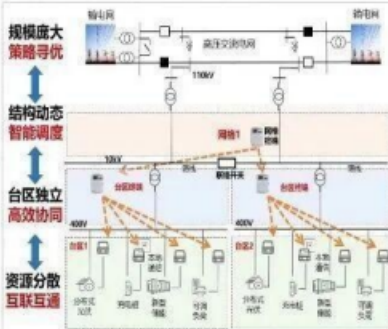
人工依赖高

区域协同主要靠固定规则和人工巡检，跨层级协同能力弱

感知能力弱

端侧感知设备算力低，多设备混合接入下特征推理与状态分析效果差

改进路径



能力提升

主站侧

复杂的场景下寻求全局最优调度策略

边侧

互动协同推理

实现台区间功率平衡

多台区协同快速支撑

实现台区灵活资源调控

端侧

设备状态实时感知

可调节负荷资源预测

台区内功率实时优化

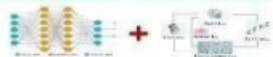
分布式资源高效消纳

1.3 背景-AI是推动新型配用电系统发展利器

■ AI海量数据**计算、推理、求解**能力，为大设备系统的协同、调度、能源管理等问题提供低成本、广适用的智能化方案；让构建**物理柔性、运行智慧、管理智能**的新型配用电系统成为可能。

AI关键能力

①高维非线性随机问题求解能力



深度学习

强化学习

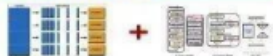
②云边端协同推理能力



边缘计算

AI云平台

③分布式计算能力



并行计算

轻量化模型

AI赋能设备

主站设备



界限突破

AI高维非线性随机问题求解能力赋能主站设备，解决复杂场景下的全局优化难题。

边侧设备



AI云边端协同推理能力赋能边侧设备，实现高效的跨层级协同。

端侧设备



AI分布式计算能力赋能端侧设备，赋予解决本地多设备混合接入及状态感知能力

新型配用电系统目标

管理智能

策略
寻优易

策略
寻优易

策略
寻优易

运行智慧

信息
处理强

调度
响应灵

跨区
协同优

物理柔性

状态
监测准

设备
控制快

源荷
互动稳



中国南方电网
CHINA SOUTHERN POWER GRID

南方电网电力科技股份有限公司



目录

CONTENTS



PART 01

背景



PART 02

技术基础



PART 03

实践探索



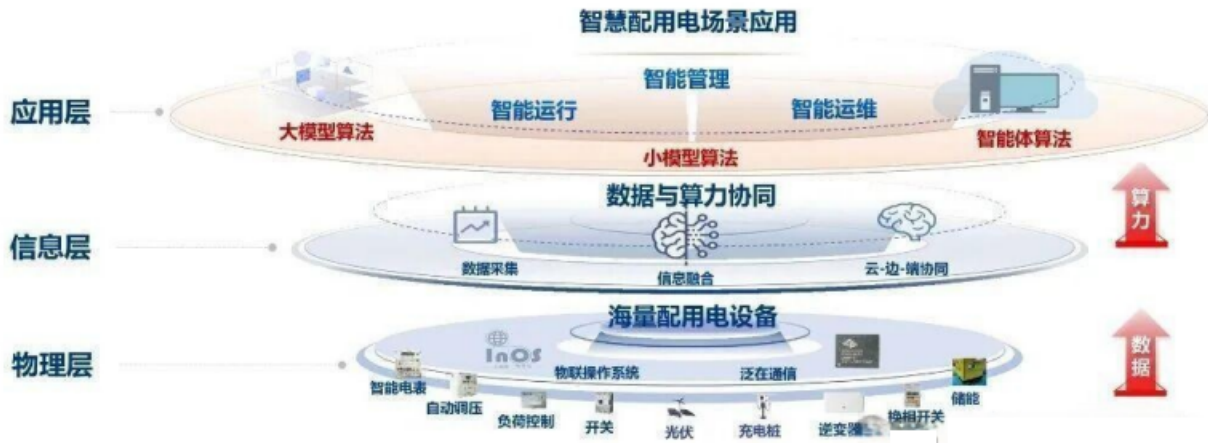
PART 04

总结与展望



2.1 智慧新型配用电系统AI技术基础架构

- 遵循“物理-信息-应用”三层原则，通过海量智能设备构建物理柔性载体；通过数据和算力协同，构建信息基础；通过大数据和人工智能算法赋能新型场景，最终实现新型配用电系统高效协同与自治。



2.2 物理层| “软硬分离+操作系统” 提供统一数智基座

■ 物理柔性的核心是建立“统一数智基座”：通过设备软硬件解耦，构建标准的配用电物联操作系统，解决设备间高效互操作问题，实现海量一二次设备柔性互联互通，为上层AI应用提供标准、清洁的数据。

配用电物联操作系统



2.3 物理层| 泛在互联保障配用电设备互联互通

■ 融合新一代高速电力线载波（HPLC）、高低频无线等多种通信技术，打造“通-感-融”一体的泛在通信网络。支撑从“分钟级数据采集”、“秒级实时控制”到“准实时应用”的全业务需求。



2.4 信息层| 分布式AI与“智能体”群决策

- 推动“范式转移”：AI赋能智能终端、电表等，将设备转化为具备资源和决策能力的“智能体”；
- 群体智能：各智能体通过区块链、强化学习等技术，实现去中心化的协商、决策与执行，形成“群体智能”。实现从“集中智能”向“分布智能”的演进。

范式转移

传统模式

- “电网大脑”集中控制，单向能量流，用户被动接受

未来生态

- “群体智能”协同自治，多向能量流，节点主动参与
- 分布式决策，每个节点都是主动的参与者与贡献者

协同效应

- 协商：区块链与智能合约P2P交易
- 决策：强化学习与多智能体自主优化
- 执行：云端到边缘算力协同快速响应



AI赋能

智能电表

AI价值：主动寻求最优交易途径，P2P认证及结算

光伏逆变器

AI价值：基于天气预测，主动参与市场报价与调度

储能EMS

AI价值：多目标优化（经济性、电池寿命、电网需求）

智能充电桩

AI价值：在满足出行需求前提下，实现车辆电池弹性储能价值

智能开关站

AI价值：协同本区域智能体，实现就地平衡，保障电网安全

智能终端

AI价值：聚合可调节负荷，将“省下的电”变为可交易资源

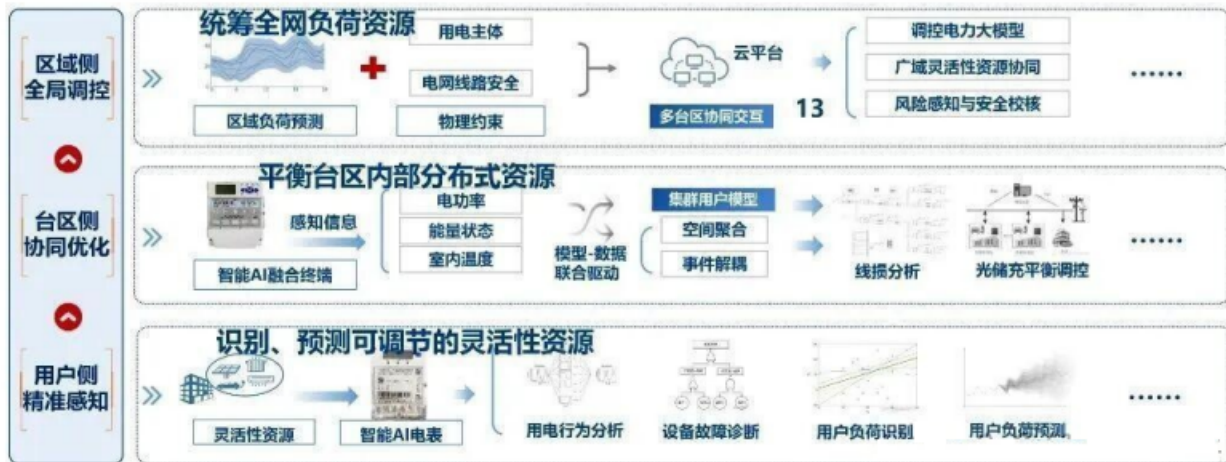
2.5 信息层| 云-边-端架构支撑信息高效协同

- 各类**智能AI融合终端**成为**信息中枢**，海量边端设备与AI云平台间**高效信息协同**，实现**数据/算力融合**。



2.6 应用层| 分层联动提升智慧调度运行能力

■ 三级联动**分层架构**实现智慧调度：“用户侧精准感知 - 台区侧协同优化 - 区域侧全局调控”
三级联动智慧调度体系，实现分布式智能配电网源网荷储全要素的智慧运行。



2.8 应用层|” 小模型+大模型 “协同应用提升管理效率

- **AI智能体促进管理升维：**多源数据融合的多模态运行风险评估体系，AI化人员管理和设备维护对策，实现中低压配网的低压台区自治、中压网格联动的全息感知和管理升维。

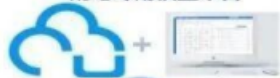


2.9 智慧配用电系统AI技术基础总结

■ **物理柔性**是AI数据获取与能力执行的基座，**云边端协同**下的多源信息融合，是**AI化落地**的关键，系统智慧运行、设备智能运维及管理机器人是**新型配用电系统AI化**终极目标与内在驱动力。

物理柔性

配电专用模型平台



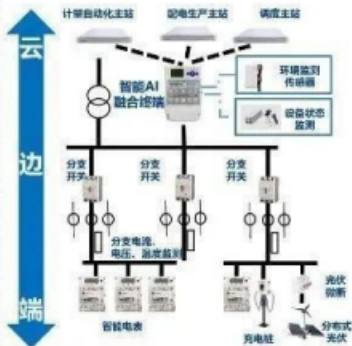
多源感知数据

- 保护控制类：馈线、分支箱、智能电表、智能开关
- 监测与监控类：配电自动化终端、摄像头、温度传感器
- 边缘网关类：智能网关、智能电表、智能开关
- 量测设备类：智能电表、智能开关、智能终端

AI数据基座

物联操作系统+泛在通信

信息融合



应用灵活

管理



数据聚合认知大模型



分布式资源调控模型

运维



检修决策模型



故障诊断模型

运行



设备消纳预测模型



运行态势预估模型



中国南方电网
CHINA SOUTHERN POWER GRID

南方电网电力科技股份有限公司



目录

CONTENTS



PART 01

背景



PART 02

技术基础



PART 03

实践探索



PART 04

总结与展望



3.1 新型配用电系统的实践探索

- 南网科技近年来聚焦新型配用电系统+AI关键技术，主要探索了AI感知诊断、AI协同调控、AI网荷互动等三类应用场景，解决“看的清”、“调的优”、“用的绿”的问题。

AI保障电网智慧高效灵活运行

AI感知诊断



AI的数据基础



配用电的可观可测

AI协同调控



AI的算法应用



配用电的可调可控

AI网荷互动



AI的算力释放



配用电的绿电消纳

构建用户侧能源应用新业态

3.2 AI感知诊断| “低压透明化”产品体系

- 基于AI+终端高速边缘计算能力，对海量配用电系统端侧设备数据高效处理分析，实现新型配用电系统“变-线-户”拓扑自动**精准感知**，方案应用于十五届全运会全链路保供电监测，并在海外埃及开罗等地规模应用。覆盖超1万个台区。

十五届全运会保供电



AI+透明化技术覆盖72座场馆，4000+监测点，实现全域感知和透明化监测，数智化守护全链路供电，保障**每个插座、每一盏灯**！

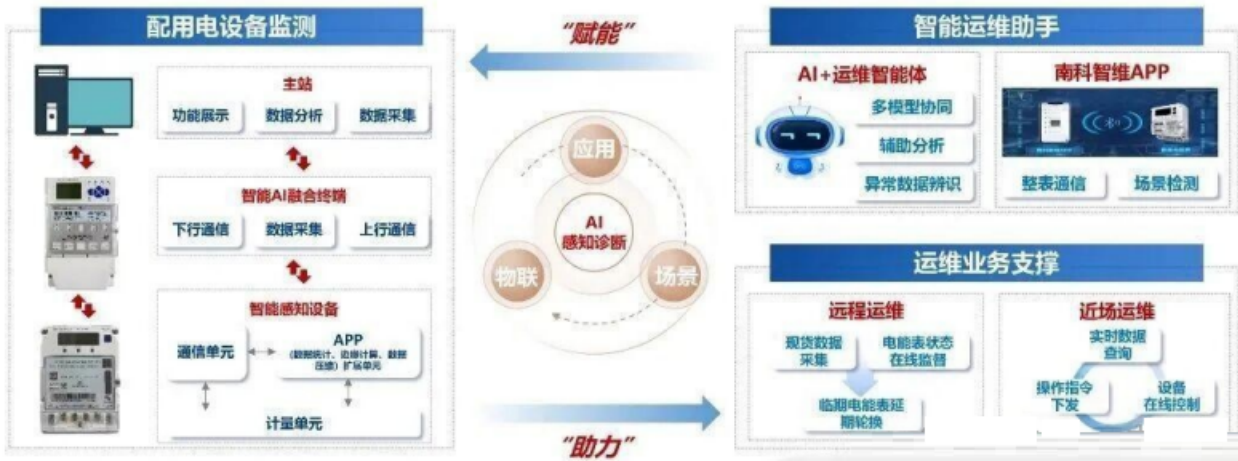
埃及配网降损



完成透明化技术埃及本地适配，部署53台终端，200+监测点，解决线损发现难题，精准定位隐蔽故障，实现线损率下降超过**12%**。

3.3 AI感知诊断| 设备智能运维体系

■ 当前现场电力设备繁杂，人工处理时效性低，**AI感知诊断**覆盖云边端全域设备，构建**AI+运维**协同体系，支撑新型配用电系统**智能运维**，实现从“被动救火”向“主动处置”变革。



3.4 AI协同调控| 车网灵活互动系统

■ 传统配网难以支撑新能源汽车规模化充电，利用多维数据融合、动态博弈与最优决策等AI技术，搭建车网互动AI智能控制系统，驱动车网动态协同调控，确保新型配用电系统稳定运行。

精准预测与智能调度

■ 融合电价、用户行为等海量数据，精准预测电动汽车的充放电潜力。应用深度强化学习调度算法，动态优化充放电策略，支撑电网动态平衡。



动态博弈与最优决策

■ 构建基于多智能体的车网互动博弈引擎，实现分布式协同优化，在非合作博弈中寻求纳什均衡，实现用户收益最大化与电网稳定性的精准平衡。



海量电动汽车多Agent博弈

强化学习智能决策

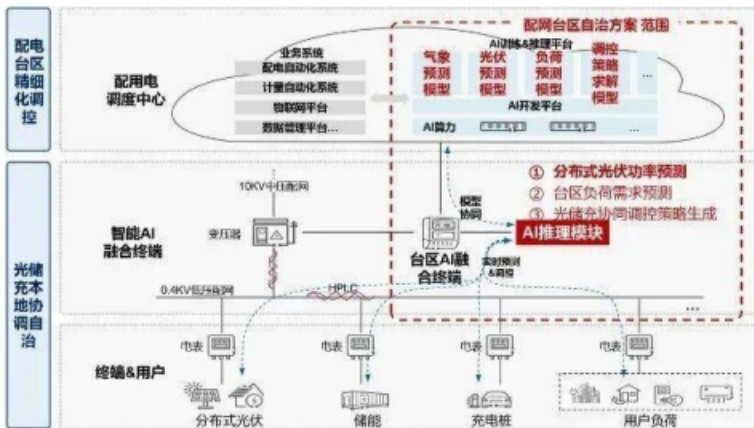
安全预警与协同防护

■ 针对车网互动全链条安全防护、车桩网协同控制等难题，研究全链条安全防护技术及本地自治智能调控策略，确保电网安全运行。

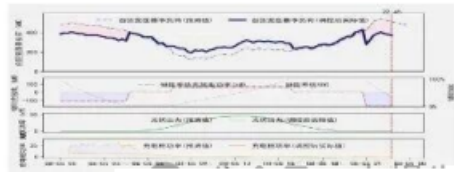


3.5 AI协同调控| 光储充协调自治平台

- 通过本地部署**AI终端**，实现对光储充用户特性分析及负荷预测，AI辅助生成**光储充协同调控策略**，实现光储充本地协调自治，支撑配电台区精细化调控。



- 分布式光伏功率预测:** 利用Transformer、LSTM等算法分析历史与实时气象数据和发电数据，精确预测光伏发电能力。
- 台区负荷需求预测:** 通过负荷历史运行数据的训练，构建专用模型进行负荷预测
- 光储充协同调控策略生成:** 通过构建多目标约束的运行策略求解算法，生成台区调控策略



3.6 AI网荷互动| 用户用电管理AI芯片

- 在用户用电管理设备部署**轻量化AI模型**，利用多模态融合感知、深度强化学习技术，实时感知分析用户用能情况，实现用户用能**智能化、精细化、绿色化管理**。

智能化



精细化

主动情境感知

能效最优管理

异常用电预警

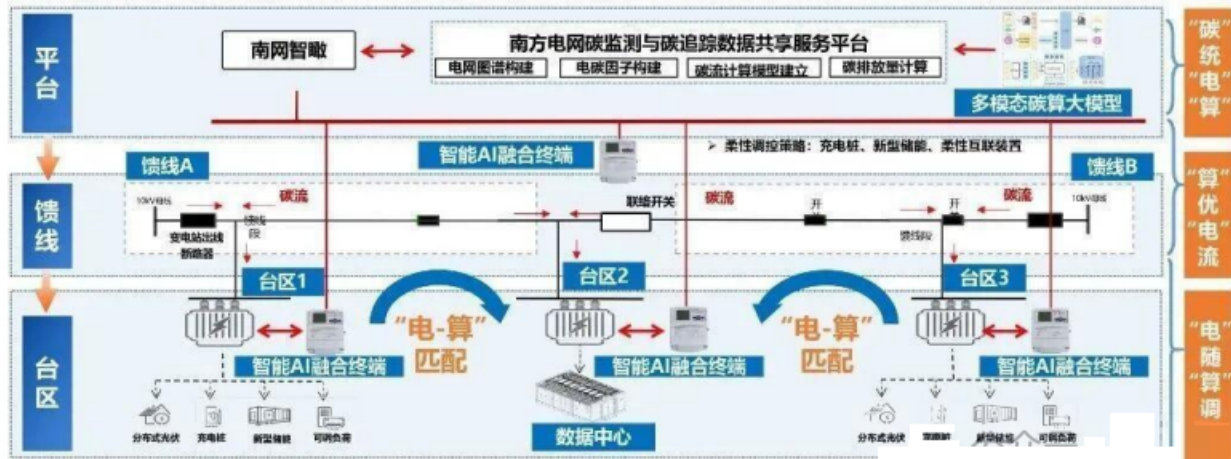
系统自主进化

绿色化



3.7 AI网荷互动| 电碳算协同体系

- 在端侧部署AI电碳监测模型，在边侧部署AI“电-算”匹配模型，云端部署AI多模态碳算大模型，在碳排约束下精准匹配算力节点与电力节点，推动电能量流、算数据流和碳价值流的深度融合。





中国南方电网
CHINA SOUTHERN POWER GRID

南方电网电力科技股份有限公司



目录

CONTENTS



PART 01

背景



PART 02

技术基础



PART 03

实践探索



PART 04

总结与展望



4.1 总结与展望

- 新型配用电系统的发展将长期处于与大电网协同共生的状态，能源智能体将蓬勃发展为产业新机遇。
- 面向未来，我们必须共同拥抱“电-算-碳协同”这一新发展范式。它要求电力、算力、碳排放在规划、运行、交易各环节深度耦合。这不仅是技术挑战，更是巨大的产业蓝海。

协同共生

- 面对分布式新型配用电系统与大电网协同共生的长期形势，需进一步探索AI在两者兼容并存的新技术和新应用

大电网

新型配用电系统



能源智能体

- 在信息化、数字化、智能化方面存在巨大挑战，同时也蕴含巨大产业机遇，未来将朝着能源智能体形态发展



能源智能体



“电-算-碳”协同

- 电力、算力、碳排存在相互制约又相互发展的耦合关系，未来需要建立“电-算-碳”协同的发展新范式



谢谢！ 敬请批评指正

南方电网电力科技股份有限公司