



国家电网
STATE GRID

国网江苏省电力有限公司
STATE GRID JIANGSU ELECTRIC POWER CO.,LTD.

AI计算推演赋能配电网 透明化与智能化

国网江苏电力



国家电网
STATE GRID

国网江苏省电力有限公司
STATE GRID JIANGSU ELECTRIC POWER CO.,LTD.

CONTENTS

目录



一、背景思路



二、主要做法



三、应用实践



四、未来展望

- ◆ 配电网规模大，变动频繁，其检修或故障易引起线路停电范围或用户供电方式的变更，导致**线路安全检修隐患、停电信息发布错误、线损管理失真**等问题
- ◆ 海量新能源多以分布式接入配网，在局部区域出现**关键节点电压越限**，乃至**光伏倒送主网现象**，影响电网安全稳定运行
- ◆ 新能源出力、电动汽车等新型负荷具有**时空不确定性**，在配网侧可能引起新的电力电量平衡问题，需要对未来进行预测和仿真，支撑配电网运行与规划，消除源荷双重不确定性的影响

主网采用加装采集装置实现全网网架、方式、潮流的实时监测、在线分析控制与仿真推演。配网点多面广，采用全量加装量测模式，**建设及运维投资大**，无法全网推广。

在国网公司数字化部指导下，江苏电力从2019年开始、历时5年，采用**AI计算推演**技术结合现有量测体系，在不大规模增加量测基础上，**在全国率先实现中压配网透明化**。



中压配网透明化以变电站10/20kV母线和出线开关，配电线路开关站、环网柜、柱上开关、配电变压器等电气节点作为观测、计算、推演对象，以调度自动化系统变电站内实时数据、配电自动化和用电信息采集系统量测为基础，运用**成熟电网计算理论**与**人工智能技术**相结合实现中压配网透明化即10/20kV配电网(以下简称配网)任一时空状态**可观测、可计算、可推演**。

推动配网拓扑在线分析、电网潮流实时可现、多时间尺度发展态势可预测推演，满足配网规划、建设及运行需求，**减少量测设备不必要配置**，支撑配网精益化管理水平提升。

最小化采集

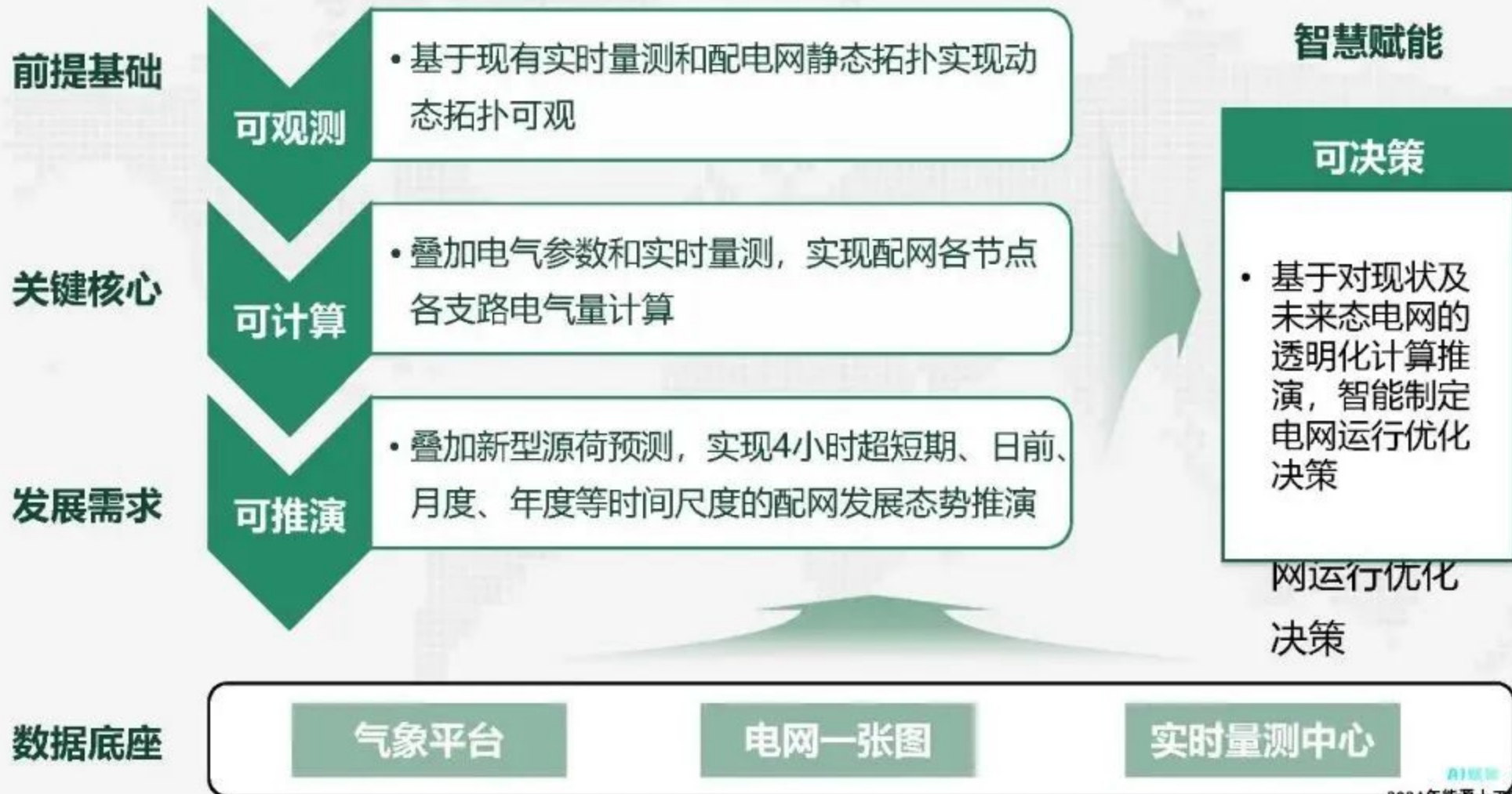


AI计算推演



一、

背景思路





国家电网
STATE GRID

国网江苏省电力有限公司
STATE GRID JIANGSU ELECTRIC POWER CO.,LTD.

CONTENTS

目录



一、背景思路



二、主要做法



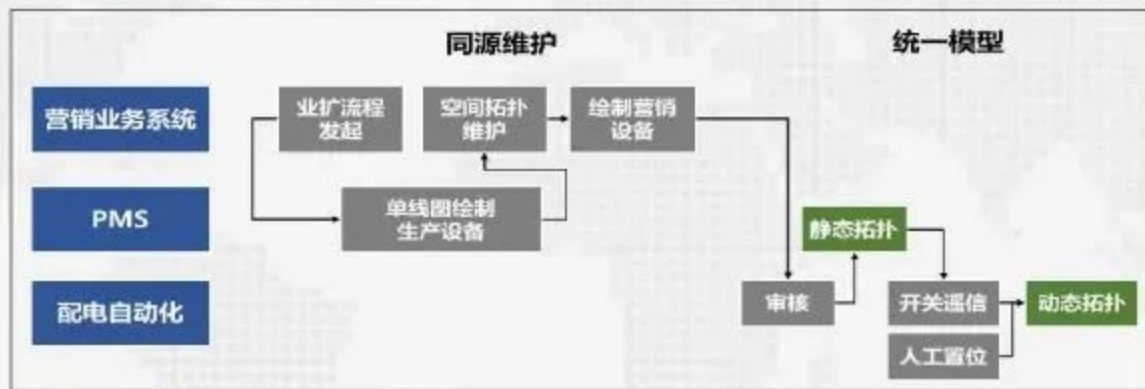
三、应用实践



四、未来展望

➤ 配网拓扑构建

- 通过业务流程驱动的生产、营销统一建模，形成统一的配网静态拓扑。
- 叠加配电自动化系统开关遥信分合状态（含人工置位信息），形成配网动态拓扑。



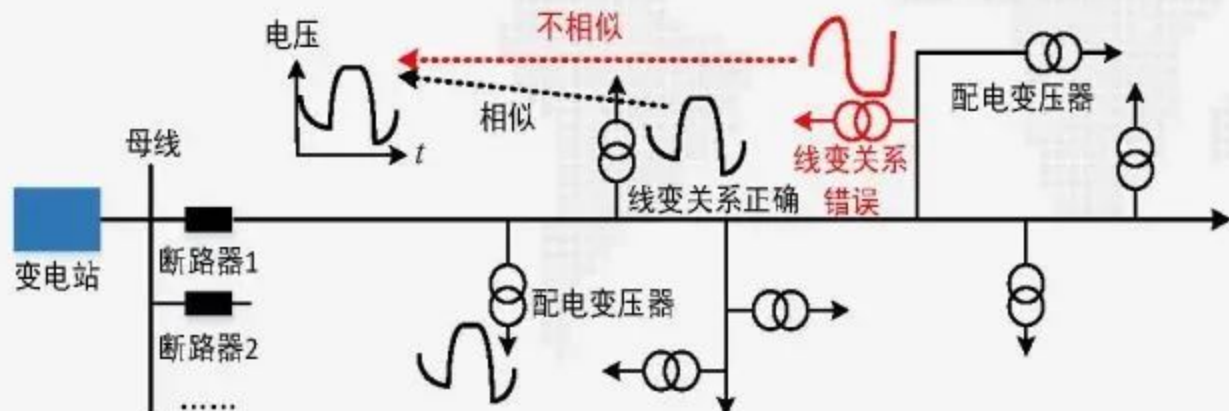
- 线变关系维护错误导致静态拓扑不准
- 开关状态误差导致动态拓扑不准

需要通过人工智能分析对静态和动态拓扑进行校核

➤ 静态拓扑校核

原理：挂接在同一馈线下的配变与出线端的电压变化具有相似性

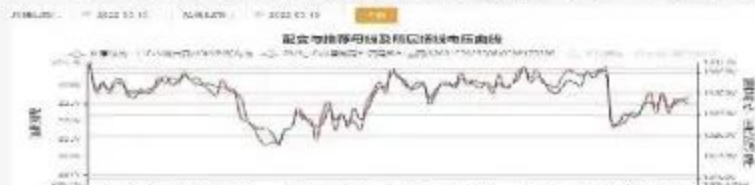
- **初步研判：**利用馈线和配变日电压数据计算皮尔逊相关系数，相关系数指标较低的判别为疑似线变关系错误
- **智能推荐：**计算疑似错误配变与疑似应挂接线路（考虑经纬度临近和联络信息生成）相关系数指标，满足自
小他大原则（与当前线路相关系数低、且与其他线路相关系数高），诊断为线变关系错误



考虑线路电压变化与配变电压变化相似性特征，研判线变关系准确性



某线变关系错误配变与原所属线路电压曲线



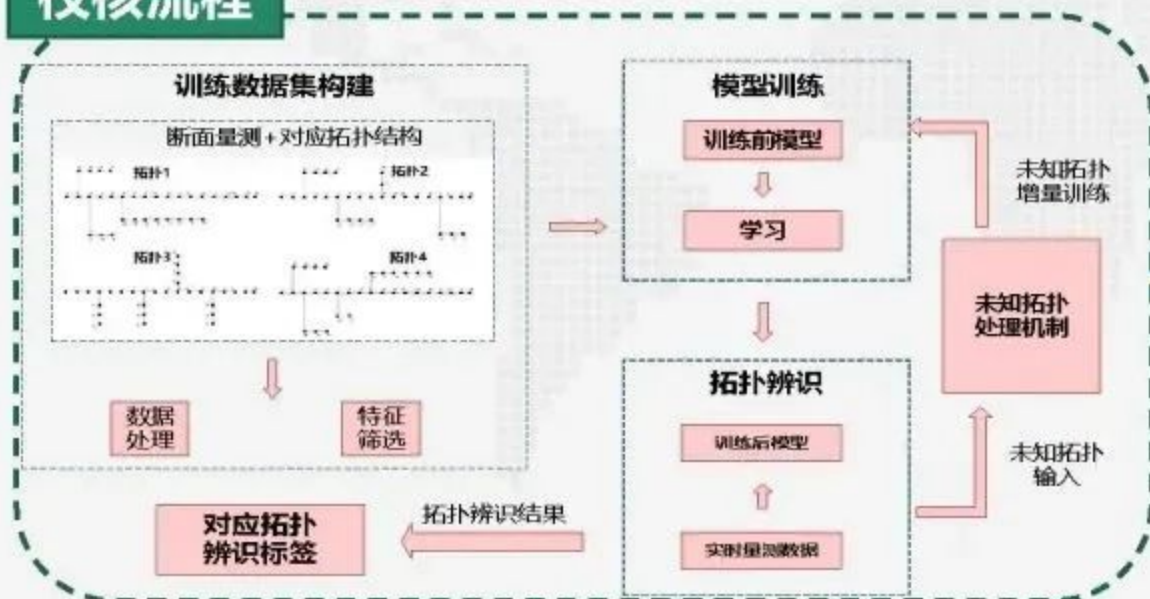
某线变关系错误配变与应所属线路电压曲线

➤ 动态拓扑校核

原理：不同运行方式下，各电气节点的量测数据特征不同，根据现有差异辨识开关分合位置和运行方式

1. **离线训练**：根据历史量测数据以及拓扑关系，训练**基于图神经网络的配电网拓扑辨识模型**。
2. **在线感知**：输入实时量测数据，输出**对应拓扑结构**。

校核流程

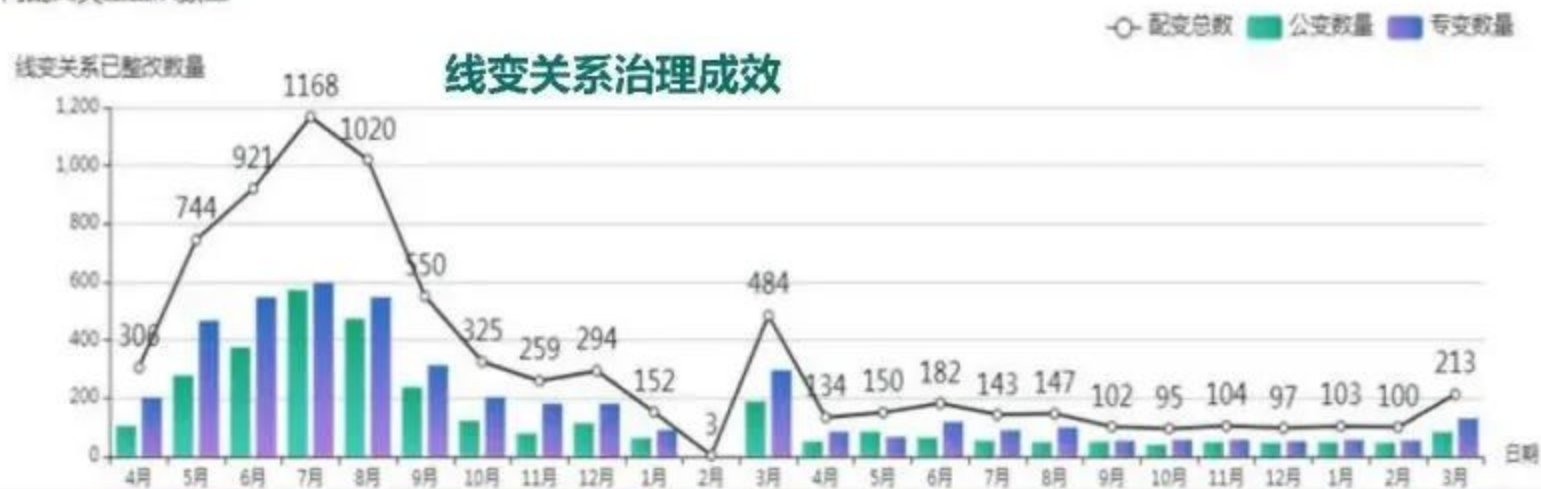


考虑拓扑结构的变化，基于不同拓扑下的历史量测数据，利用特征智能选择方法筛选关键特征，构造拓扑辨识模型，实现量测数据与拓扑结构间的映射，并在此基础上建立未知拓扑处理机制，实现实时拓扑结构的校核。

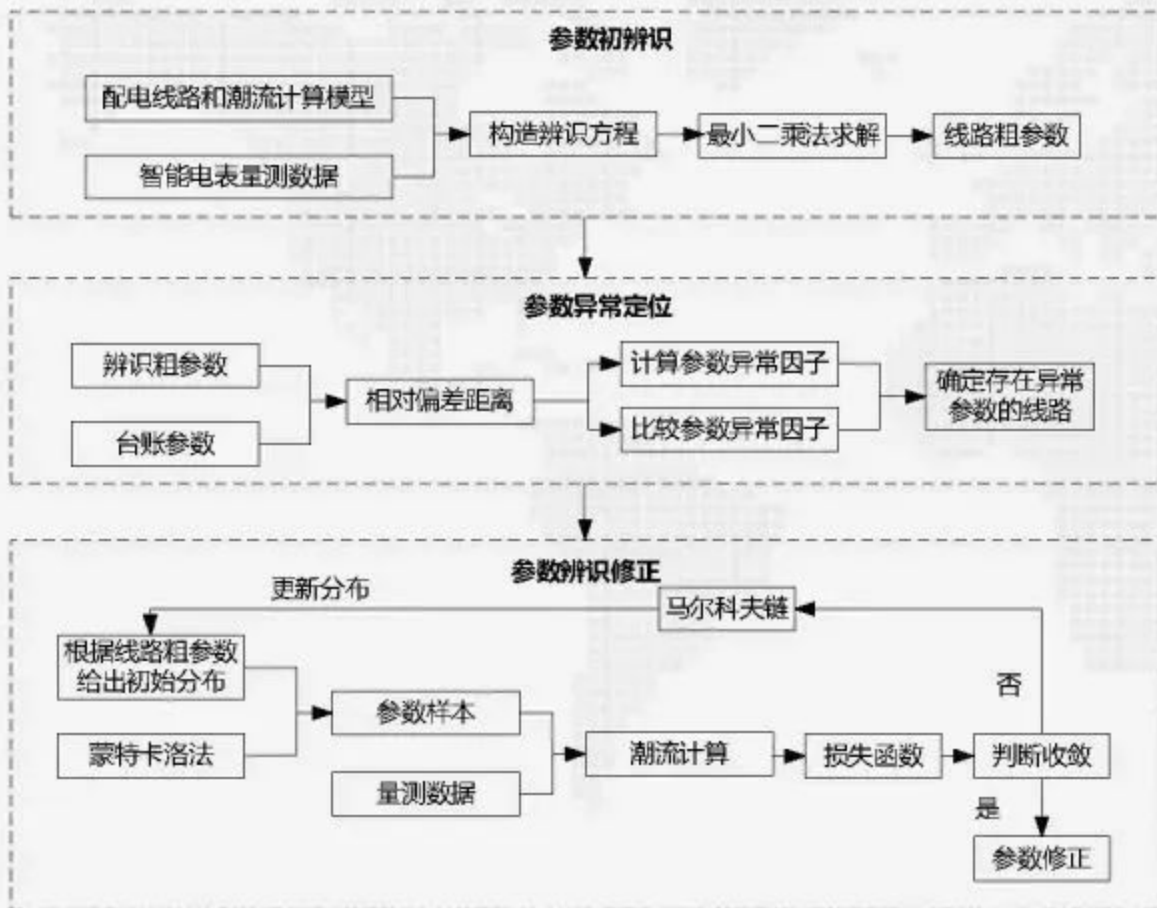
➤ 工作成效

- 建设完成线变关系诊断工具并在27家网省公司推广应用，诊断并辅助整改线变关系台账问题，诊断成功率**90%以上**

不同配变类型整改数量



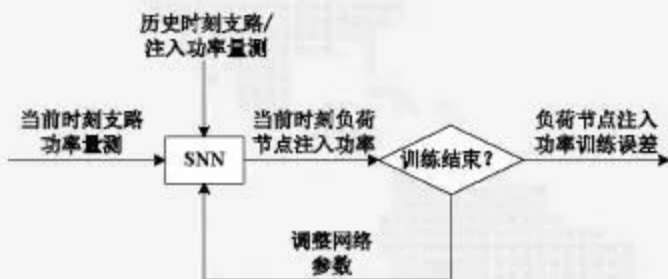
➤ 参数校正



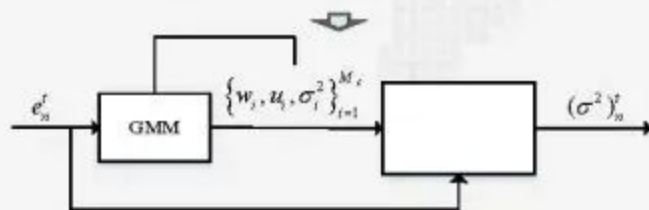
- **参数初辨识**，将参数作为状态量进行状态估计，用于后续的参数异常定位和参数辨识修正
- **参数异常定位**，利用辨识粗参数与台账参数的关系，判断参数异常情况，解决线路异常参数判别困难的问题
- **参数辨识校正**，基于潮流计算，通过迭代寻找粗辨识参数的分布中最优组合，从动态性和精细化两个方面综合考虑进行参数辨识校正

➤ 量测补足

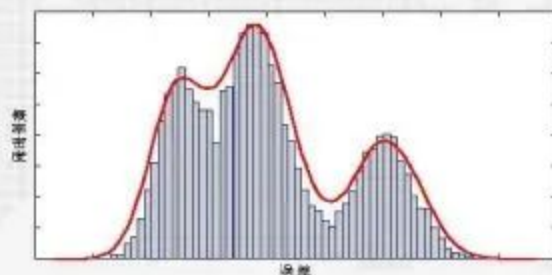
- 综合考虑实时支路功率量测和强相关历史量测，利用脉冲神经网络（SNN）对负荷节点注入功率量测值进行建模
- 通过高斯混合模型（GMM）拟合相应量测误差，提高伪量测建模精度



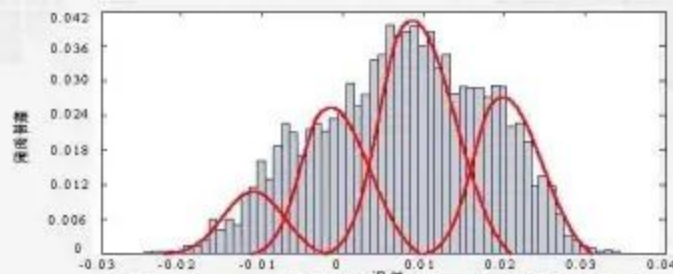
基于SNN的负荷功率模型训练图



基于GMM的伪量测误差拟合流程图



SNN输出误差的概率密度示意图



基于GMM的伪量测误差拟合结果

➤ 工作成效

首次实现省级配电网实时计算，开展全省**4万余条**线路15分钟自动计算，其中约15000条线路可直接计算，约23000条线路需要通过量测补足方可计算，可计算率通过量测补足提升了**57.5%**，计算整体合格率达到**99%**。



二、

主要做法

可观测

可计算

可推演

可决策

以中台服务为目标，建设企业级统一平台，服务公司各专业，重点将**基础数据标准化、预测模型评价和服务统一化**，以“**三个统一、一个差异化**”构建开放共享的源荷预测服务平台体系，**空间上**形成省市县、网格、母线、馈线、台区、可调负荷用户等不同范围，**时间上**形成超短期（未来4小时）、短期（1-3天）、中期（1个月-1年）和长期（1-3年）等不同尺度的源荷预测服务。



➤ 工作成效

国网首次实现配网级精细化源荷预测，**全省100万台配变、4万余条配电线路的超短期（4小时）、短期（48小时）多时间尺度负荷、分布式光伏预测精度达95%、85%以上**。根据光伏出力、电网负荷预测结果的匹配关联，自动筛选出重超载的电网设备，并生成告警信息。

源 荷 预 测 准 确 率

日期	负荷预测		分布式光伏预测	
	馈线	台区	馈线	台区
10.1	97.2	92.07	86.26	81.26
10.2	97.37	93.61	84.47	84.22
10.3	97.40	93.66	85.80	84.21
10.4	97.36	94.04	83.37	84.57
10.5	97.49	93.68	86.90	84.29
10.6	97.59	87.93	93.55	84.39
10.7	97.53	93.65	92.18	84.32
平均	97.42	92.66	87.50	83.89

➤ 主配协同运行智能体

海量分布式光伏接入导致局部配网乃至主网运行越限，运行决策压力日益增大。利用深度强化学习算法，设计决策智能体，通过不断试探动作并与计算推演平台交互反馈决策优劣，完成智能体训练，进而实现智能决策。





国家电网
STATE GRID

国网江苏省电力有限公司
STATE GRID JIANGSU ELECTRIC POWER CO.,LTD.

CONTENTS

目录



一、背景思路



二、主要做法



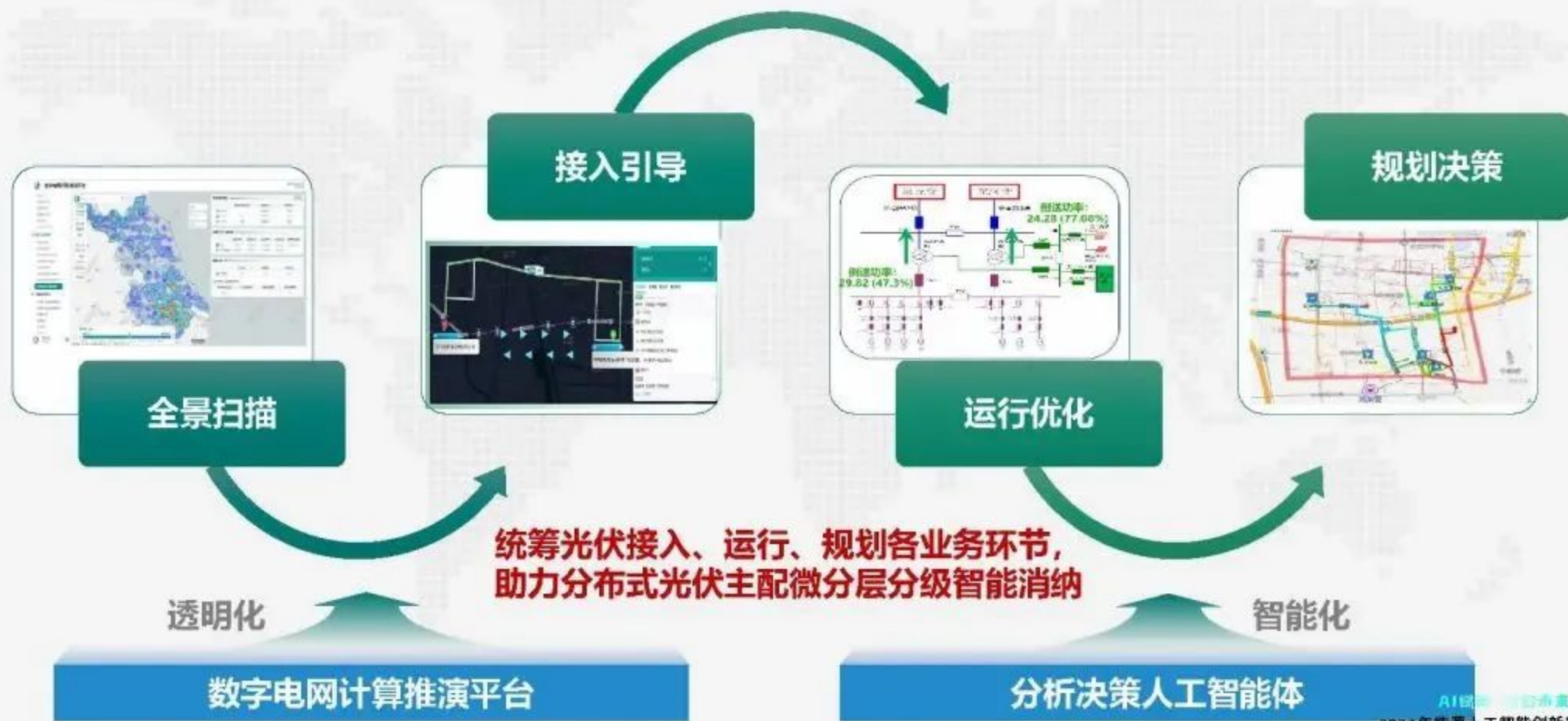
三、应用实践



四、未来展望



➤ 全面支撑光伏全环节消纳



➤ 全景扫描

基于全网贯通拓扑、营配数据打通、主配协同计算，从**全省-地市-区县-网格**各层级，全量统计计算分布式光伏装机户数、装机容量、渗透率等**实际装机**，结合电网网架与实际负荷，还原各层级分布式光伏出力、下网负荷及实际用电负荷功率与电量等**运行数据**，扫描因光伏倒送导致的配变、馈线、主变倒送重过载、电压越上限等**电网薄弱环节**。



装机一览：

光伏装机户数、装机容量、渗透率；

薄弱环节扫描：

配变、馈线、主变各层级倒送重过载、电压越上限风险；

运行归真：

实际用电负荷=下网负荷+分布式光伏出力

➤ 接入引导

依托主配协同计算仿真，结合相关标准规定实现**台区、馈线、主变、区域多级光伏承载力评估**，按月向政府相关部门报送承载力评估结果，引导光伏开发商有序发展。



✓ 参考标准:

- DL/T 2041
- GB/T 12325

✓ 6类承载力指标:

- 电压偏差
- 电流越限
- 线路损耗
- 配变超容
- 短路电流越限
- 反向负载率等



苏北农村等分布式光伏增速较快地区开展试点，引导**21个**分布式电站转移至合适地区，提升光伏就地消纳水平。

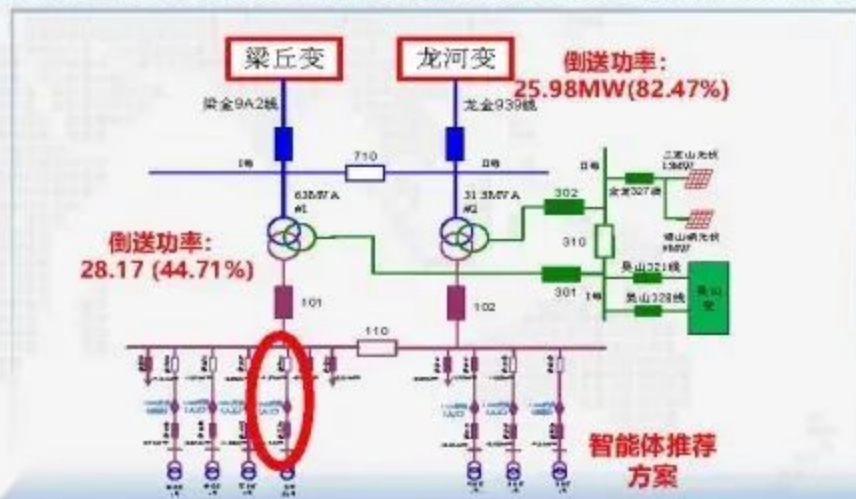
➤ 运行优化

在源荷预测叠加计算推演和AI智能体能力，实现**配网未来运行预警和运方预案提前制定**。今年10月以来，已在江苏全省全量100余万台公专变、4万多条馈线上应用，在试点区域辅助开展运方调整**32次**，有力缓解光伏消纳运行压力。



运行决策智能体

设备重过载预警准确率达90%



运行决策智能体

支撑试点区域制定运方调整预案11次，开展运行方式调整32次

➤ 规划决策

结合电网未来发展态势，对系统薄弱环节进行计算扫描，结合电网一张图及计算推演，智能编制线路切改、储能配置等规划方案并校核方案可行性与经济性。研发实用化规划计算推演辅助工具并融入业务流程，精准识别规划需求，累计校核并生成规划方案**132项**，显著提升规划成效。



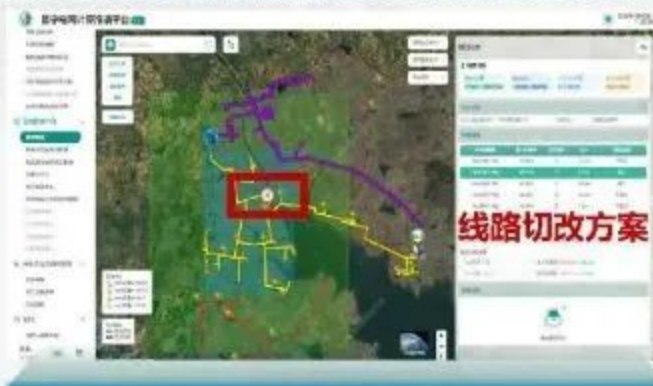
明确规划边界

- ◆ 基于电网一张图，开展有源配电网数字化规划相关实践



找准问题根源

- ◆ 应用计算推演平台开展全年时序扫描，累计扫描N-1不通过、供电半径过长等10余类电网问题，规划需求收集时间从1-3个月降低为1天，大大提升工作效率。



确定建设方案

- ◆ 基于电网一张图及计算推演能力，智能生成配网网架增强与储能优化布点等相关规划方案，累计校核并生成规划方案**132项**，显著提升规划成效。



国家电网
STATE GRID

国网江苏省电力有限公司
STATE GRID JIANGSU ELECTRIC POWER CO.,LTD.

CONTENTS

目录



一、背景思路



二、主要做法



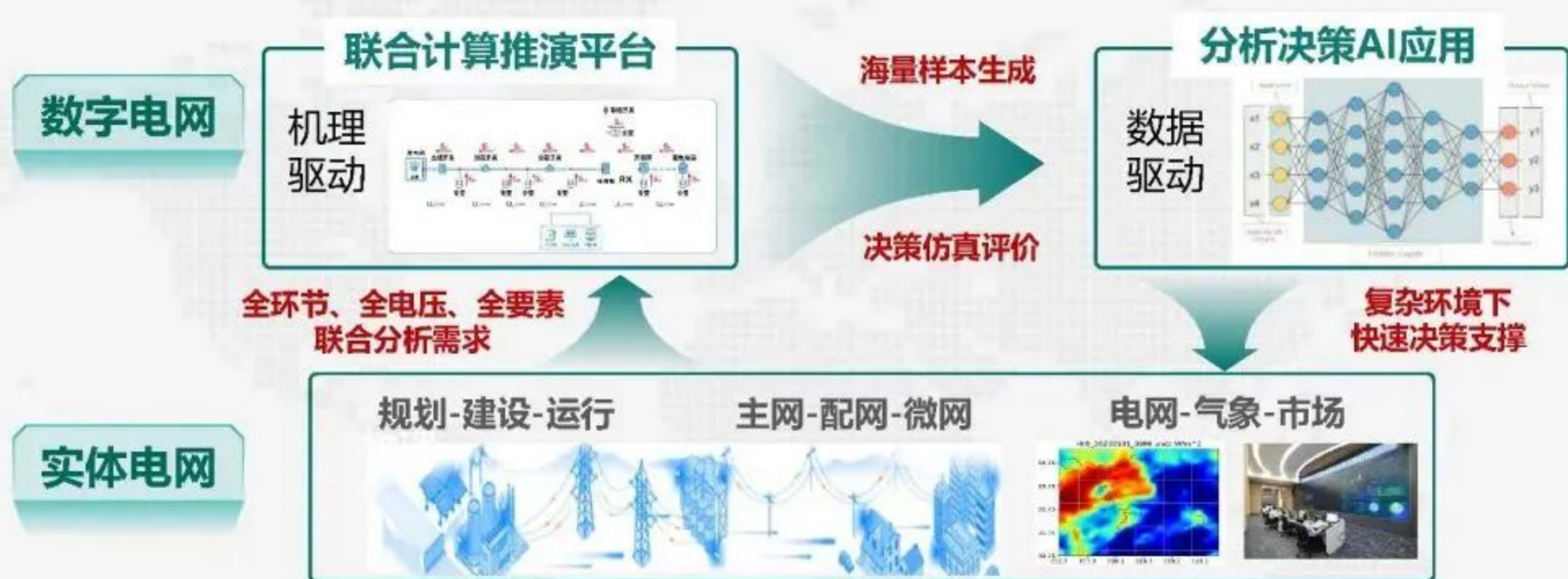
三、应用实践



四、未来展望



四、未来展望



- **构建新型电力系统联合计算推演平台：**打破数据边界、功能边界、业务边界，构建**规建运**联合计算推演、**主配微**联合计算推演、**市场气象**等多要素联合计算推演的企业级联合计算推演平台。
- **构建分析决策人工智能应用体系：**以联合计算推演平台为基础，通过“数据-机理”联合驱动方式，打造适用于电网计算分析决策领域的人工智能应用体系，**学习认知电网运行规律与发展态势，辅助科学高效决策。**