



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

面向新型配电系统的数据机理融合 人工智能技术及应用



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



目录

CONTENTS

1. 背景意义
2. 数据机理融合技术
3. 应用探索
4. 总结展望

1. 背景意义

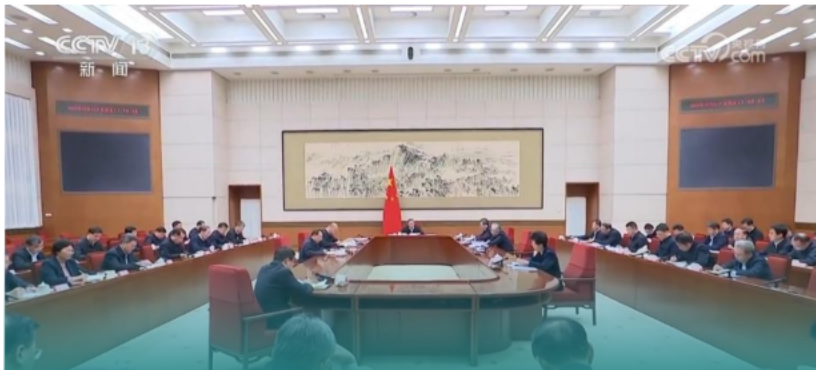


国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



随着新一轮科技革命和产业变革的持续深化，**人工智能是新质生产力重要的驱动力，是抢占未来竞争制高点和构建国家竞争新优势的新赛道。** 2025年9月4日，国家发展改革委国家能源局《关于推进“人工智能+”能源高质量发展的实施意见》指出，要抢抓人工智能发展重大战略机遇，突出应用导向，**加快推动人工智能与能源产业深度融合，支撑能源高质量发展和高水平安全。**



全面实施“人工智能+”行动，以**人工智能引领科研范式变革**，加强人工智能同产业发展、文化建设、民生保障、社会治理相结合，抢占人工智能产业应用制高点，全方位赋能千行百业。

——2025年10月，中共中央关于制定十五五规划的建议

首页 > 政务公开 > 政策发布

国家发展改革委 国家能源局关于推进“人工智能+”能源高质量发展的实施意见

2025-09-08 来源：国家能源局

© (1110)

国家发展改革委 国家能源局关于
推进“人工智能+”能源高质量发展的实施意见

国能发科技〔2025〕73号

各省、自治区、直辖市及计划单列市、新疆生产建设兵团发展改革委、能源局，有关中央企业，有关行业协会：

为深入贯彻党中央、国务院关于发展人工智能的决策部署，落实《国务院关于深入实施“人工智能+”行动的意见》（国发〔2025〕11号）有关工作要求，抢抓人工智能发展重大战略机遇，突出应用导向，加快推动人工智能与能源产业深度融合，支撑能源高质量发展和高水平安全，现提出如下意见。

以拓展人工智能与能源领域深度融合应用场景为重要依托，以提升能源领域**人工智能创新应用技术水平**为主攻方向，着力提升能源系统安全可靠与灵活高效运行能力，保障能源安全稳定供应和绿色低碳转型。

——2025年9月，推进“人工智能+”能源高质量发展的实施意见

1. 背景意义



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



到2030年，人工智能技术将实现**跨领域、跨行业、跨业务**场景赋能，在**电力智能调控、新能源智能预测**等方向取得突破，具身智能、科学智能等关键场景实现落地应用。《十五五规划建议》明确提出要引领科研范式变革，**以大模型、智能计算等重构科学研究与工程开发路径**。人工智能将成为新一轮科技和产业革命的核心驱动力，以及支撑新型电力系统建设的核心技术之一。



2027年
目标

- 推动**五个以上专业大模型**在电网、发电、煤炭、油气等行业深度应用；
- 挖掘**十个以上**可复制、易推广、有竞争力的**重点示范项目**；
- 探索**百个典型应用场景赋能路径**；
- 制定完善**百项技术标准**，培育一批行业级研发创新平台。

2030年
目标

推动能源领域人工智能专用技术实现**体系化突破与规模化落地**。注重核心技术自主创新与深度融合应用，通过人工智能技术增强能源系统**安全性、绿色化和效率**，支撑我国**新型能源体系建设**。

1. 背景意义

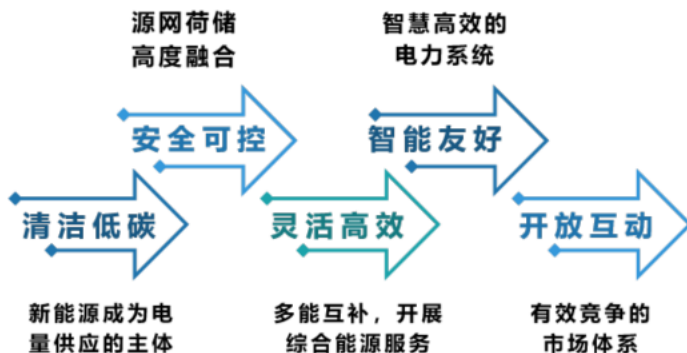


国家电网
STATE GRID

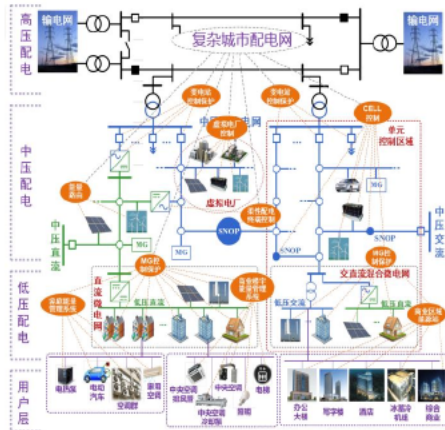
中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



新型配电系统作为电力系统重要组成部分，是联接用能端与用户的“最后一公里”。在双碳目标的新格局下，其所承担的角色不仅是单纯的电能分配网络，还是融合了“**源-网-荷-储**”的**数字化主动配电与多能耦合系统**，是新型电力系统的重要载体。



新型配电系统主要特点



大型城市/地区配电网日趋复杂

1. 背景意义



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



作为新型配电系统建设的重要支柱，人工智能技术取得了较为成功的应用实践成果。然而传统人工智能技术受限于**样本依赖强、泛化能力弱、知识表达能力不足以及缺乏物理机理约束**等特点，在**计算推演、源荷预测、调度决策、协同优化**等领域依然面临诸多技术挑战。



配电网测点少、精度不足，无法实时感知拓扑和参数变化，传统人工智能方法无法有效完成状态计算。



传统人工智能方法依赖均匀同分布数据样本，难以满足源荷随机波动下的调度策略快速生成需求。

计算推演

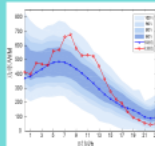
源荷预测

技术挑战

调度决策

协同优化

分布式光伏、电动汽车、储能等新型源荷的大量接入，显著增加了传统人工智能方法进行源荷预测的难度。



配网功率流动由单向变为双向，加之冷热电气等多类能源形式的协同互补，传统人工智能方法面临挑战。



建设可观、可测、可控、可信的透明化数字电网

1. 背景意义

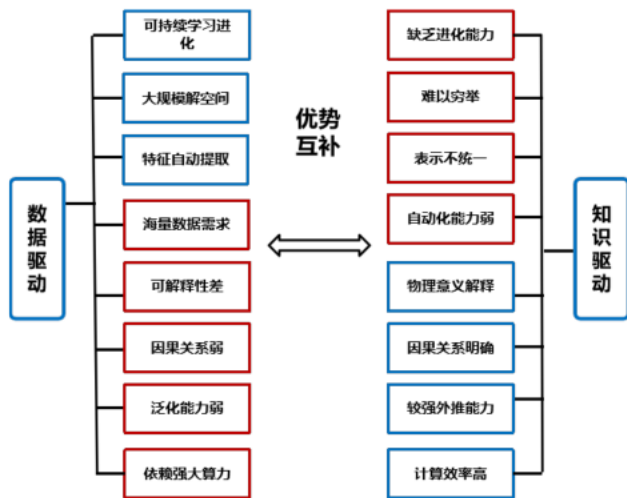


国家电网
STATE GRID

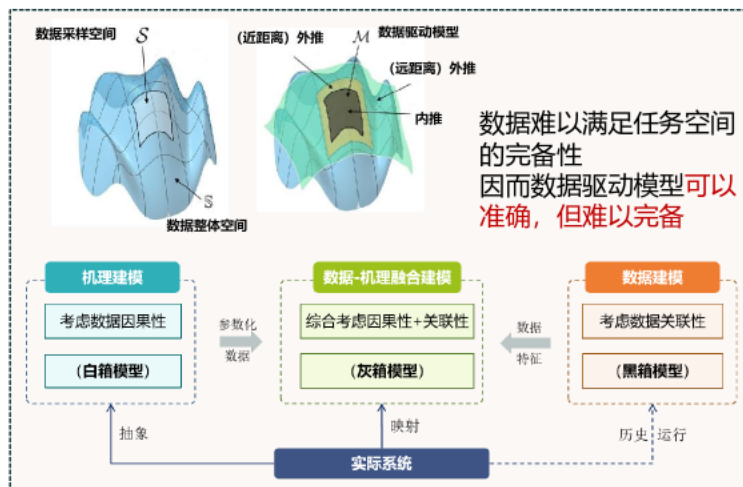
中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



数据机理融合方法为人工智能向科学智能演进、提升对于新型配电系统运行机理认知与智能决策能力提供了重要支撑。通过将机理约束与数据驱动深度融合，使模型能够在不确定性条件下保持推理一致性与认知可解释性，从而**突破传统人工智能技术“经验学习”**的局限。



数据机理融合驱动优势互补



数据机理融合驱动解决纯数据驱动方法局限性



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



目录

CONTENTS

1. 背景意义
2. 数据机理融合技术
3. 应用探索
4. 总结展望

2. 关键技术



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



科学智能

科学智能 (AI for Science, AI4S) 是人工智能驱动的科学研究的科学新范式，即**第五科研范式**，是利用人工智能对自然现象进行学习、模拟、预测和优化，从而**推动科学发现和技术创新的科研方式**。

经验
范式

依靠大量实验和观察获取
数据与经验

理论
范式

通过建立理论模型，进行
逻辑推理和数学推导

仿真
范式

利用计算机模拟和数值计
算解决问题

数据
范式

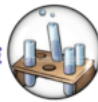
侧重于对数据的收集、存
储和分析

智能
范式

利用人工智能技术进行学
习、模拟、预测和优化

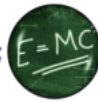
上千年前

实验



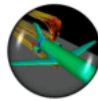
几百年前

理论



几十年前

计算



十年前

数据



①

超级计算

科学计算

②

人工智能 (机器学习)

2. 关键技术



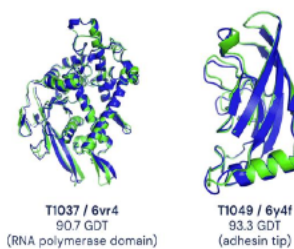
国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

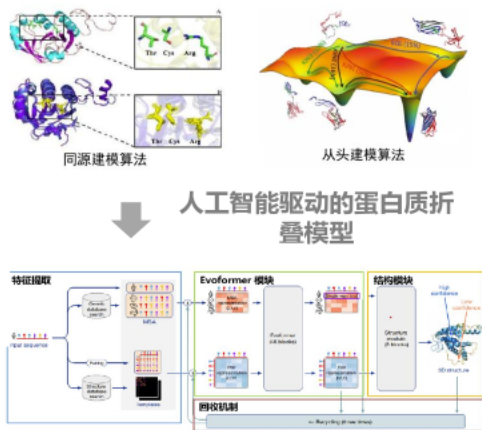


科学智能

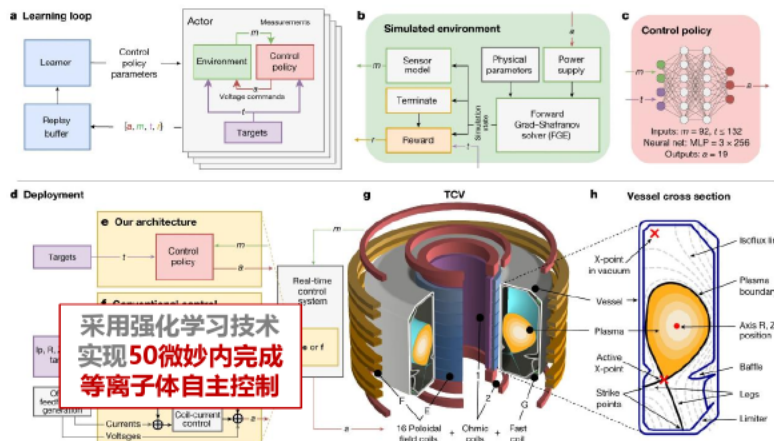
科学智能概念于2018年首次提出，2021年DeepMind的AlphaFold推出后，AI4S获得国际认可。科学智能目前在**蛋白质结构预测、可控核聚变等领域已经取得显著成效**，在电力系统领域处于**初步探索阶段**。



**AlphaFold已成功预测出
98.5%人类蛋白质结构**



利用AlphaFold实现蛋白质结构预测



通过深度强化学习对托卡马克等离子体进行磁控制

2. 关键技术



国家电网
STATE GRID

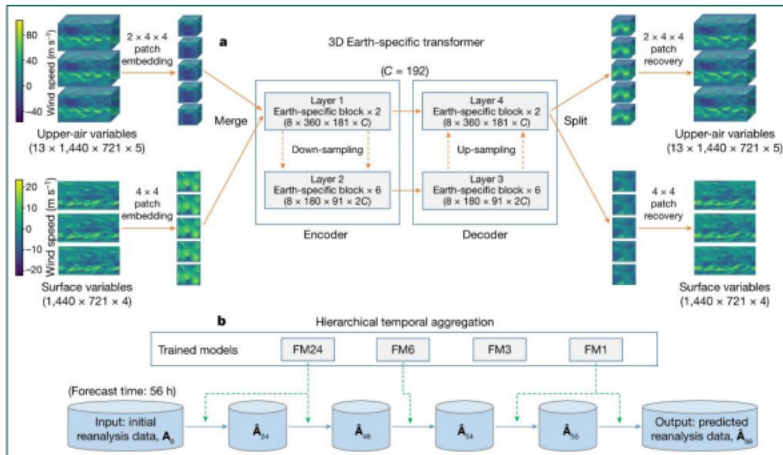
中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



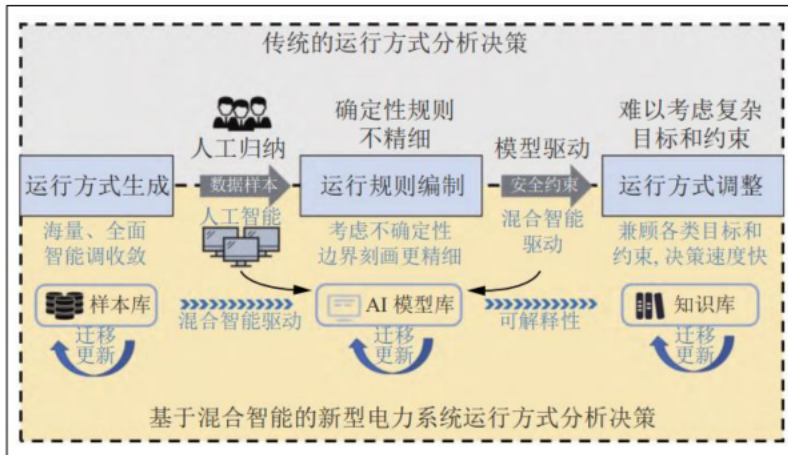
科学智能

相较于传统方法，**科学智能**技术具有特征自主学习、高维数据处理、复杂关系拟合等方面的技术优势。在电力系统领域，可应用于**电力气象功率预测、运行方式分析、优化运行决策**等场景。

电力气象预测



运行方式分析



2. 关键技术



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



数据机理融合

数据与机理（知识）的融合是科学智能技术的重要特征之一，可充分利用数据驱动方法的非线性拟合与特征提取能力和机理模型的泛化、可解释能力，在**提升模型计算效率**的同时**保证建模结果的准确性与可信性**。



代数方程	微分方程	仿真结果	逻辑规则	先验概率	不变性	先验概率	不变性
$E = m \cdot c^2$ $v \leq c$ 潮流方程	$\frac{\partial u}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}$ $F(x) = m \frac{d^2 x}{dt^2}$ 电磁暂态		与、或、非 $A \wedge B \Rightarrow C$	 神经网络 预训练模型	 神经网络 预训练模型	 神经网络 预训练模型	 神经网络 预训练模型

数据机理融合建模

人机混合+大模型

2. 关键技术



国家电网
STATE GRID

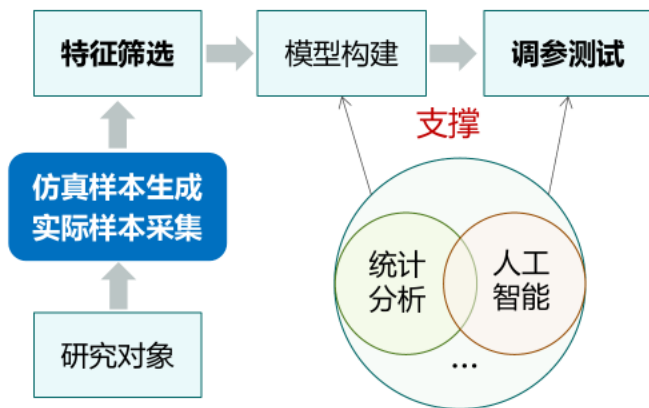
中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



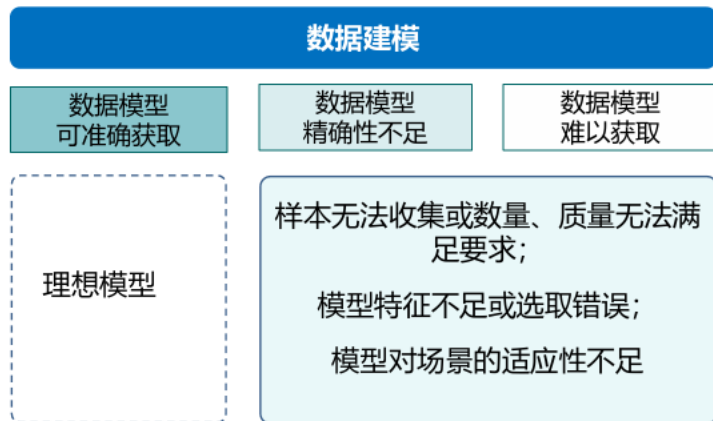
数据机理融合

数据驱动方法

数据驱动方法是指根据建模对象应用场合和模型使用目的，按表征状态、特性、运行环境等影响因素历史数据和实时数据，采用**数据挖掘、机器学习、深度学习等人工智能手段建立数字模型的方法**，适用于**系统内部结构和特性不明确，且难以进行实验观测系统特性时进行建模**。



数据驱动建模方法分析过程



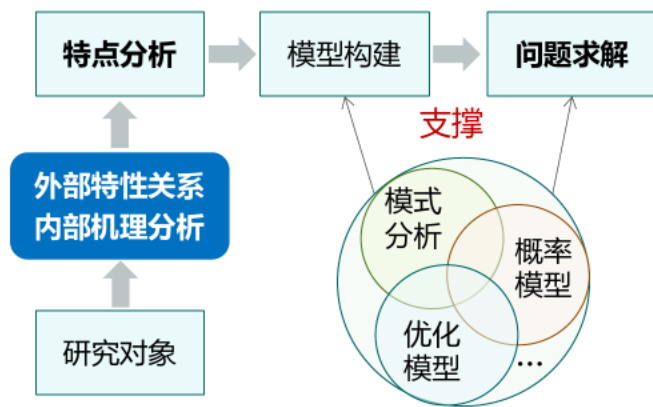
数据驱动建模方法面临的问题



数据机理融合

机理驱动方法

机理驱动方法是指根据建模对象应用场合和模型使用目的合理假设后，**按机理建立数字/规则模型的方法**。通过认识问题机理，提取普适规则，能够通过模型细化或参数修改等方式应对场景变化，适用于**对内部运行机理和结构较为清晰的对象进行建模**。



机理驱动建模方法分析过程



机理驱动建模方法面临的问题

2. 关键技术



国家电网
STATE GRID

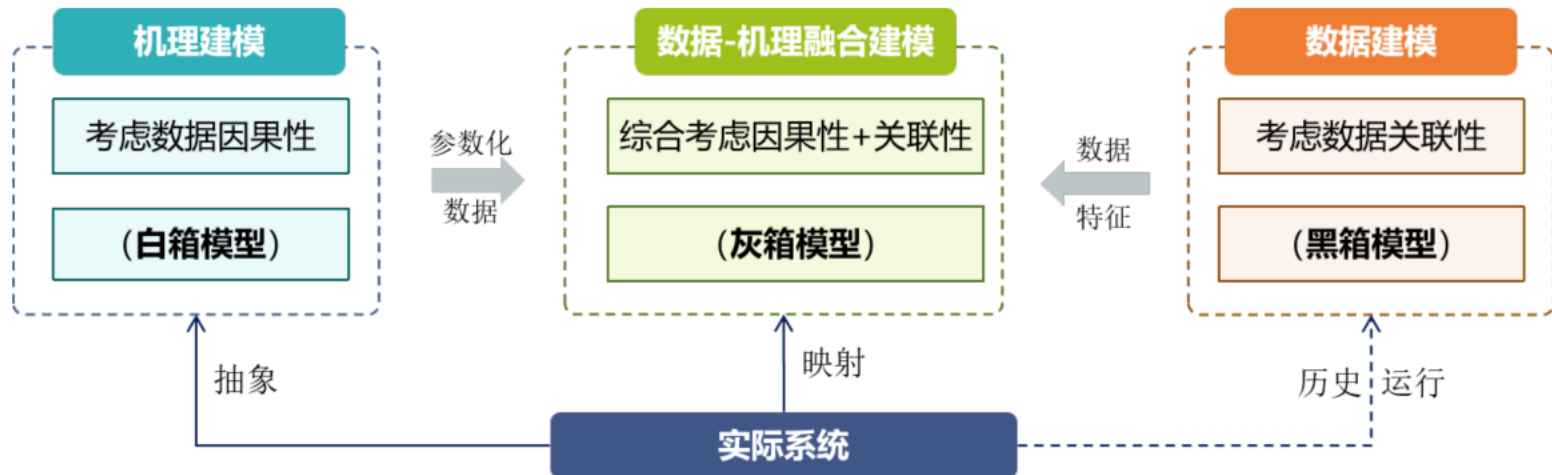
中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



数据机理融合

数据机理融合驱动建模

数据机理融合驱动建模可实现传统建模方法中数据驱动和机理驱动二者的**优势互补**，利用电力机理与物理规律引导数据驱动模型，提升模型泛化性与决策安全性，利用数据驱动模型构建、修正、更新机理模型，在**提升模型计算效率**的同时**保证建模结果的准确性与可信性**。



2. 关键技术



国家电网
STATE GRID

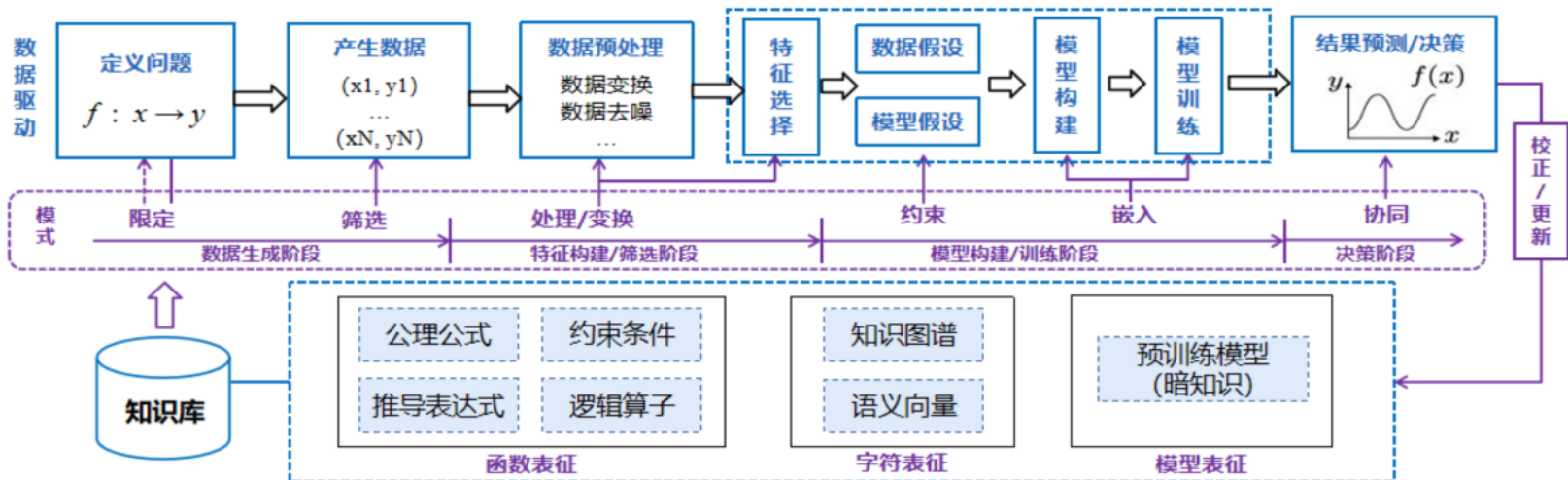
中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



数据机理融合

数据机理融合模式

机理知识具有函数、字符与模型等多种表征方式，可与数据驱动的建模方法在**数据生成、特征构建筛选、模型训练以及模型决策**等多个阶段进行融合。



2. 关键技术



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



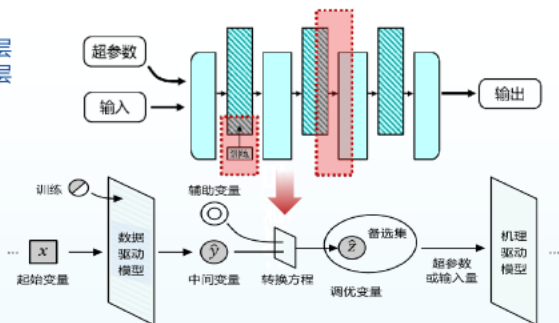
数据机理融合

数据机理融合模式

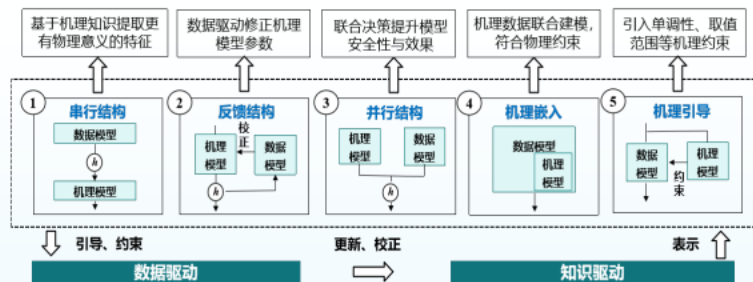
采用层叠式解耦的电力数据机理融合建模方法，构建了5种数据机理融合模式：**串行模式、反馈模式、并行模式、引导模式与嵌入模式。**

层叠式解耦融合建模方法

□ 机理驱动层
■ 数据驱动层



5种数据机理融合模式



2. 关键技术



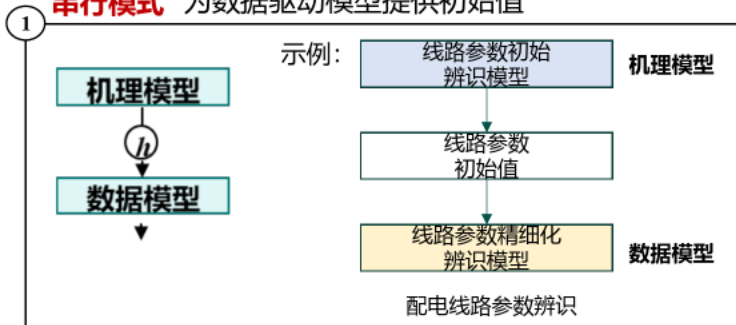
国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

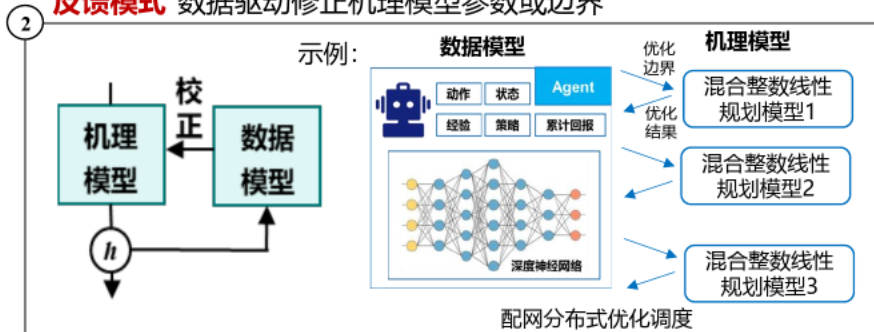


数据机理融合

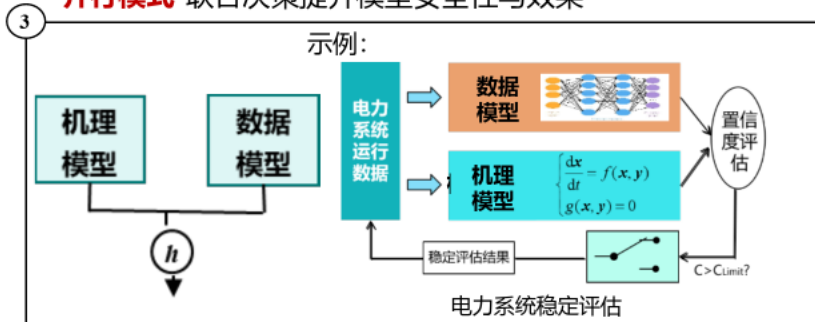
串行模式 为数据驱动模型提供初始值



反馈模式 数据驱动修正机理模型参数或边界



并行模式 联合决策提升模型安全性与效果



2. 关键技术



国家电网
STATE GRID

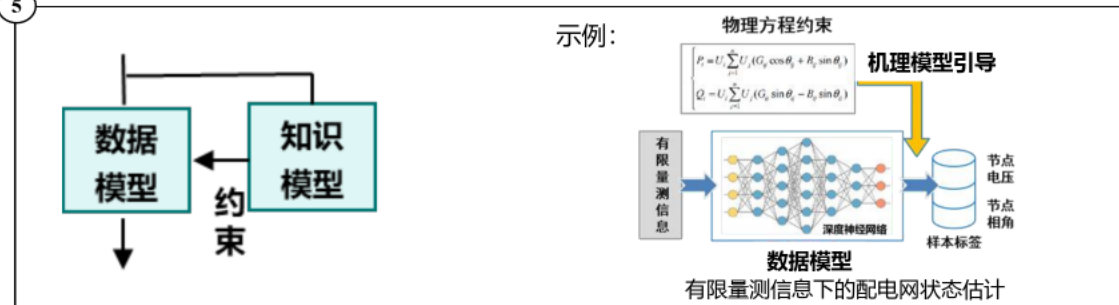
中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



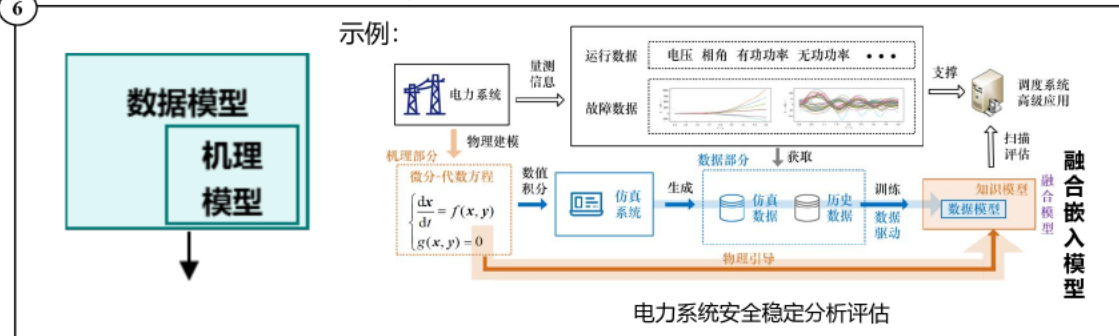
数据机理融合

数据机理融合模式

5 **引导模式** 引入单调性、取值范围等机理约束



6 **嵌入模式** 机理数据联合建模，符合物理约束





国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



目录

CONTENTS

1. 背景意义
2. 数据机理融合技术
3. 应用探索
4. 总结展望

3. 应用实践



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



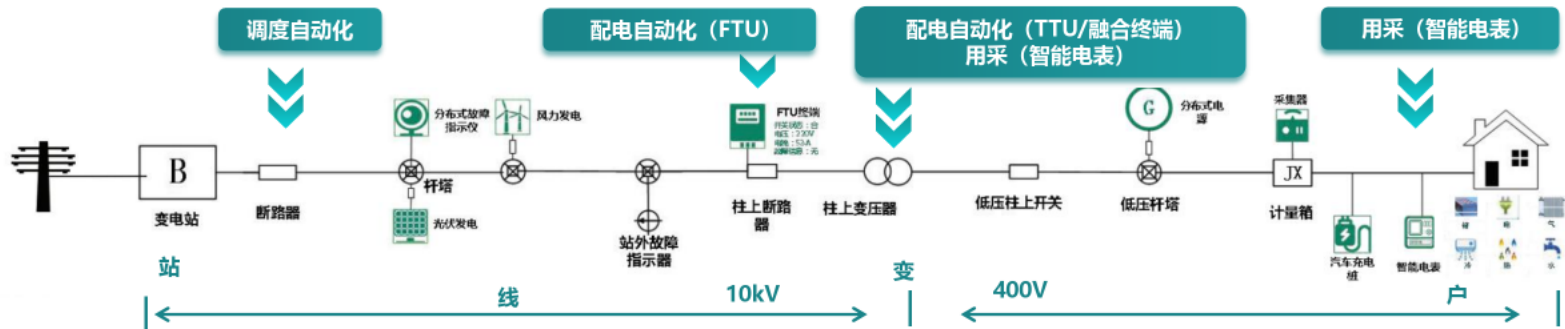
3.1 计算推演

配电网的透明感知是其他高级应用与决策的基础。台账信息错误、缺失或环境气温变化，可能导致配网线路参数不准确；配网量测设备故障、数据传输延迟/缺失等问题，可能导致动态拓扑在线更新不及时。亟需通过人工智能技术，实现配电网**参数透明化**、**拓扑透明化**，并进行精准**状态估计**。

参数透明化

拓扑透明化

状态透明化

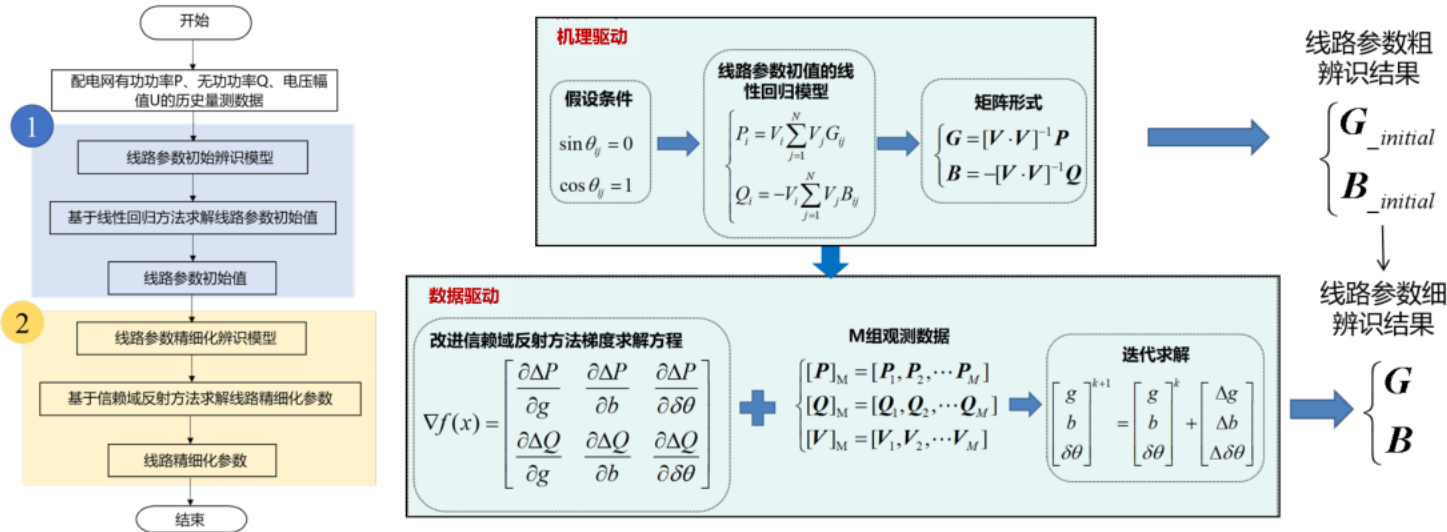




3.1 计算推演

数据知识串行联合驱动的线路参数辨识

采用机理和数据**串行驱动**的两阶段配网线路参数辨识方法。**第一阶段**利用线性潮流方程和量测数据，采用**线性回归**方法在相角未知情况下得到**参数初值**；**第二阶段**提出基于机理和数据联合驱动的**改进信赖域反射方法**，得到**精细化**线路参数。解决了**无相角量测数据，难以进行线路校核**难题。

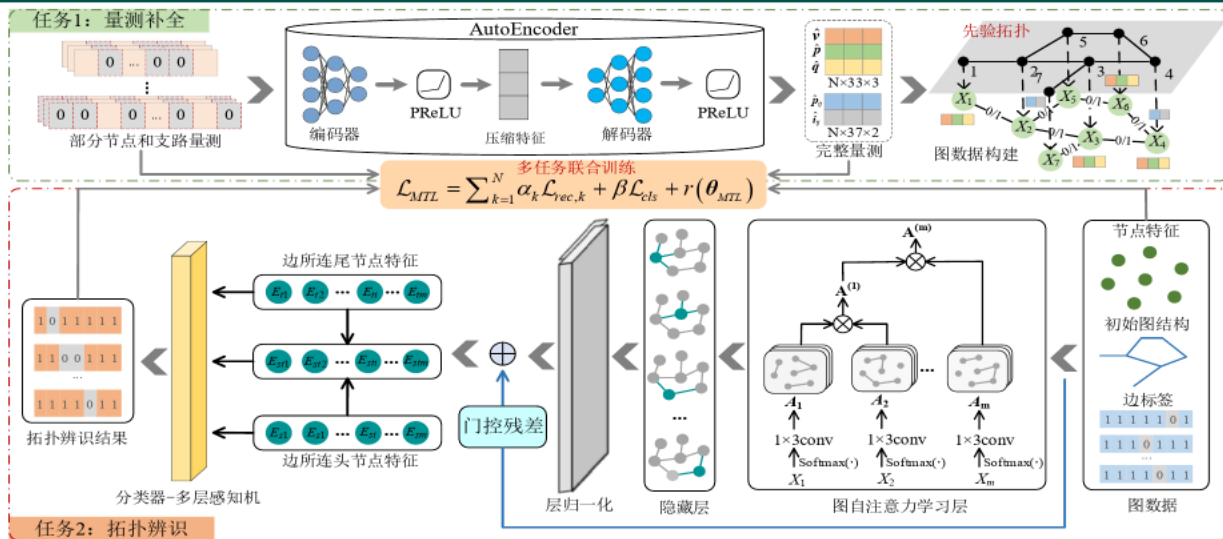




3.1 计算推演

机理嵌入的线路动态拓扑跟踪

基于多任务**图自注意力学习** (MT-GSAL) 的配电网动态拓扑跟踪方法 (任务1: 量测补全; 任务2: 拓扑辨识), **依据配网拓扑建立图学习模型结构**, 实现在量测不完备条件下的拓扑辨识, 通过共享表示的端到端多任务联合训练策略共同引导模型参数更新方向, 提升模型**泛化性与抗噪性**。





3.1 计算推演

知识引导的配网状态估计

提出了基于**深度学习模型与知识引导的配电网少量测状态计算方法**。通过将物理方程约束加入到神经网络训练的损失函数中，**引导神经网络训练朝着更符合物理规律**方向进行，提升模型计算精度。利用知识引导深度学习模型实现了**少量测条件**下的状态估计。

量测数据

部分节点电压幅值、有功和无功功率，及部分线路有功和无功功率

$$\begin{cases} [U_i]_M = [U_1, U_2, \dots, U_i]_M \\ [P_i]_M = [P_1, P_2, \dots, P_i]_M \\ [Q_i]_M = [Q_1, Q_2, \dots, Q_i]_M \\ [P_{ij}]_M = [P_{12}, P_{23}, \dots, P_{ij}]_M \\ [Q_{ij}]_M = [Q_{12}, Q_{23}, \dots, Q_{ij}]_M \end{cases}$$

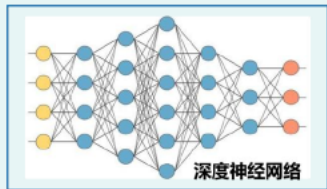
物理知识

潮流方程

$$\begin{cases} P_i = U_i \sum_{j=1}^n U_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) \\ Q_i = U_i \sum_{j=1}^n U_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) \end{cases}$$

深度学习模型

深度神经网络



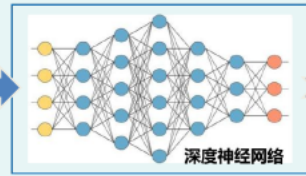
基于深度学习模型与知识引导的状态估计方法

物理方程约束

$$\begin{cases} P_i = U_i \sum_{j=1}^n U_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) \\ Q_i = U_i \sum_{j=1}^n U_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) \end{cases}$$

物理引导

有限量测信息



数据驱动

节点电压
节点相角

样本标签



3.1 计算推演

应用成效

研发**配网智能计算推演系统**，实现模型计算推演结果和单线图数据融合展示，增强数据的可视化交互能力。已在**江苏、上海、冀北等9家省公司完成了试点应用**，能够有效提升配网态势透明化感知能力，进一步支撑**配网监测分析、辅助决策、规划设计**等业务。

数据知识串行联合驱动的线路参数辨识

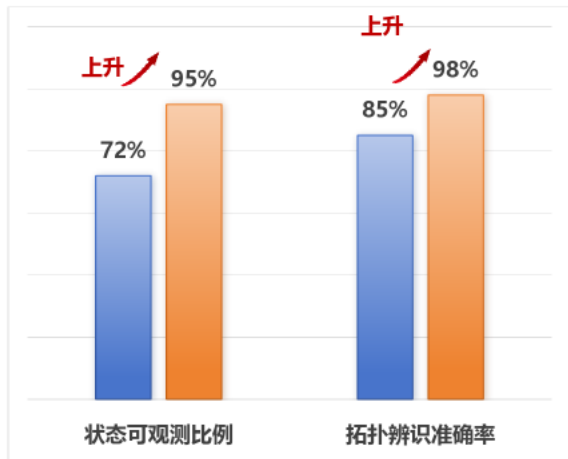
基于实际配网数据，线路参数辨识误差降到**10%以下**，解决了**无相量测数据，难以进行线路校核**难题。

机理嵌入的线路动态拓扑跟踪

在拓扑辨识任务中，在不完全信息下对配电网拓扑的辨识性能明显优于其他数据驱动方法，同时**具备很强的泛化性与抗噪性**。

知识引导的配网状态估计

少量测条件下计算的电压误差小于**1%**，有功和无功潮流误差小于**10%**，在**量测缺失比例达到20%以上**的情况仍可实现配电网状态计算。





3.1 计算推演

应用成效

在江苏南京部署了配电网采集优化配置与状态智能计算系统，示范区内包含5609条配网线路、100367台公专变，系统每15分钟对系统动态拓扑，及运行状态进行计算，线路首端电压、功率计算**准确率达97%以上，合格率达90%以上**，增强配电网**可观测、可描述、可计算**能力。



系统基于江苏南京数据开展应用验证



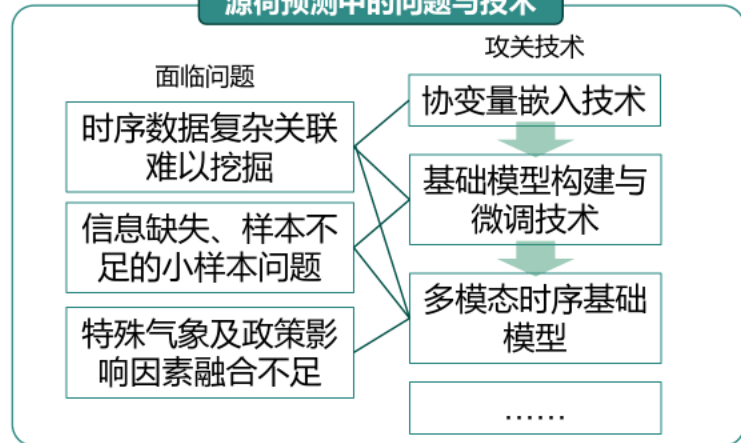
少量测配电网透明感知计算系统在江苏电网实际应用



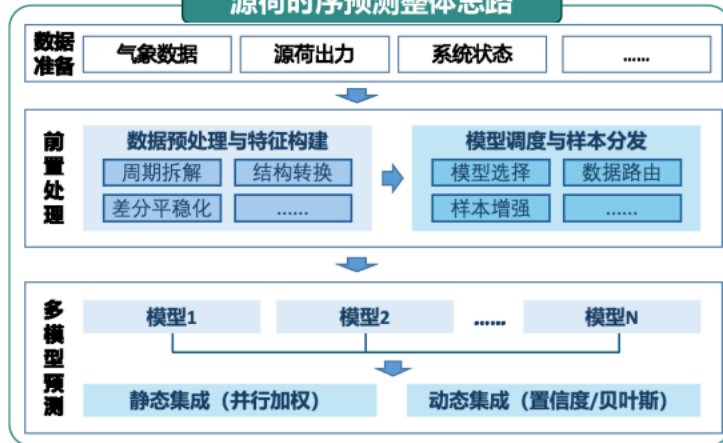
3.2 源荷预测

在源荷预测中，存在**时序数据复杂关联难以挖掘、信息缺失及新建场站样本不足、特殊气象及政策影响因素融合不足**的难题，对此递进地通过协变量嵌入技术、基础模型构建与微调技术、多模态时序基础模型技术等构建核心技术体系，推动实现**高精度源荷时序预测的关键技术突破**。

源荷预测中的问题与技术



源荷时序预测整体思路

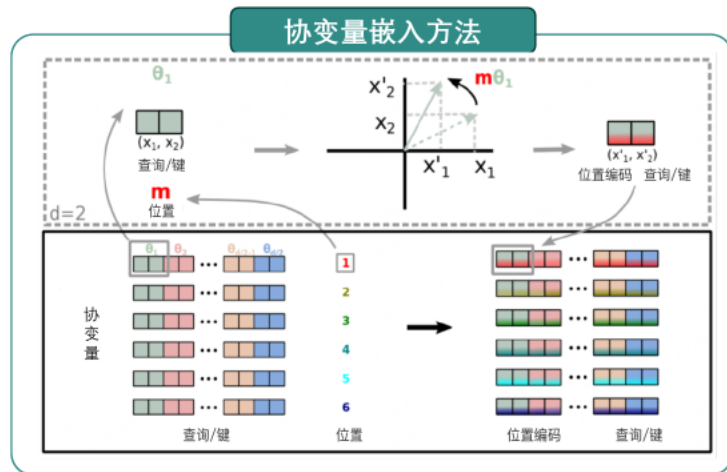
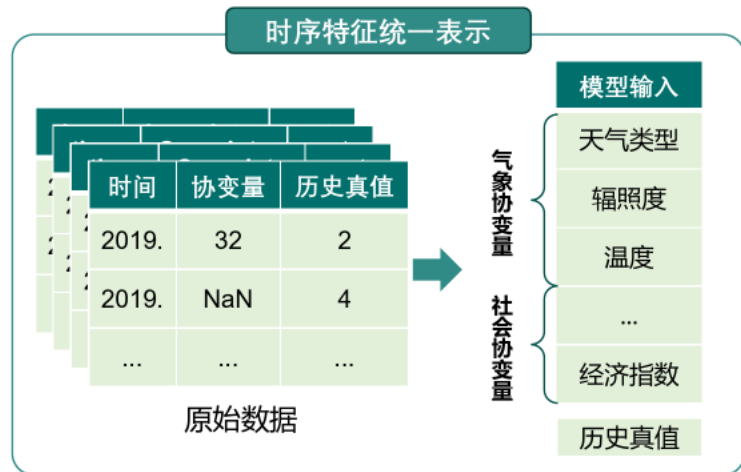




3.2 源荷预测

协变量嵌入增强技术

在源荷预测中，协变量指的与预测目标趋势相关的影响因素。采用**协变量嵌入技术**，可将多维影响因素与目标时间序列共同转换为模型可处理的一维表示，再利用注意力机制构建动态权重矩阵，**对协变量与预测目标之间的关系进行分析判断和加权**，从而**精准捕捉变量之间的时序关联特征**。

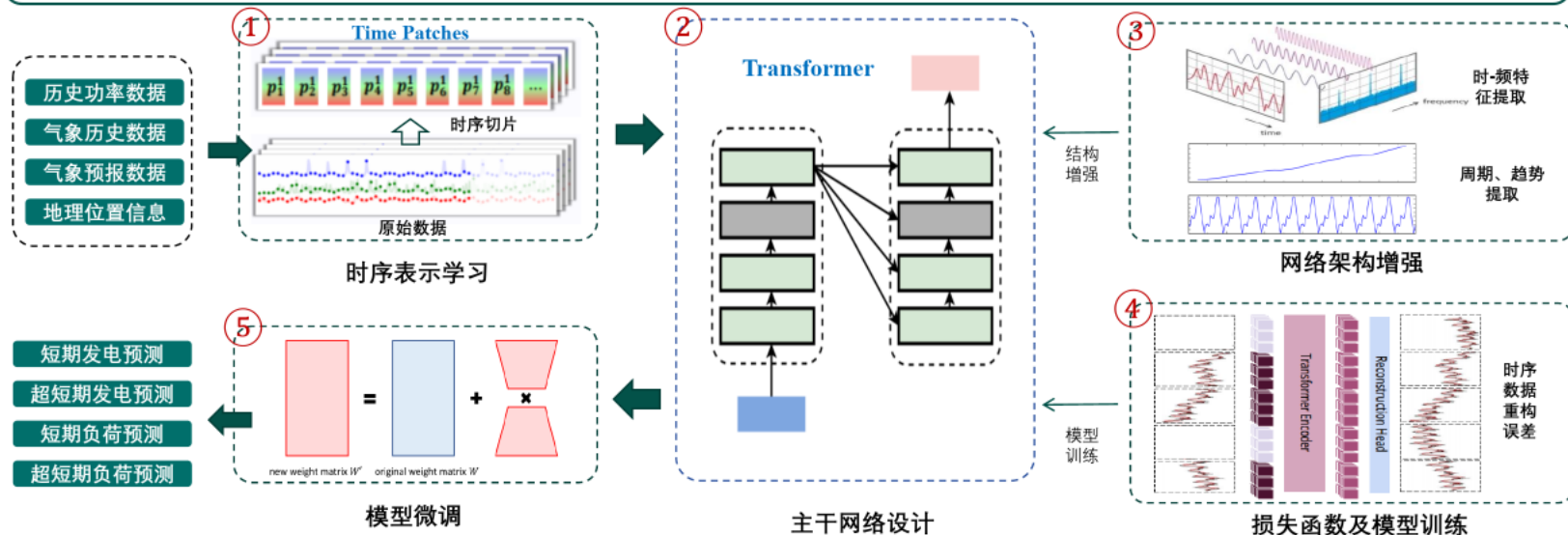




3.2 源荷预测

基于因果双向注意力机制的时序模型主干网络

构建**基于因果双向注意力机制的时序模型主干网络**，通过在海量异构时间序列数据上的自监督预训练，使模型**掌握多领域、多粒度时间序列规律**，在下游任务中实现少样本乃至零样本的快速适配，解决**复杂时序关联挖掘、模型跨场景迁移、样本稀缺场景预测、时序概率区间预测**等难题。





3.2 源荷预测

语义嵌入的多模态时序模型

通过集成文本语义嵌入适配器，构建**源荷预测语义-时序多模态模型**。将语义信息与时序数据拼接，利用大模型的语义信息理解与推理能力，通过**非均匀采样**、**推理路径奖励**、**目标函数构建**等方式，实现多模态时序基础模型**强化学习训练**，提升多模态时序模型预测准确性。



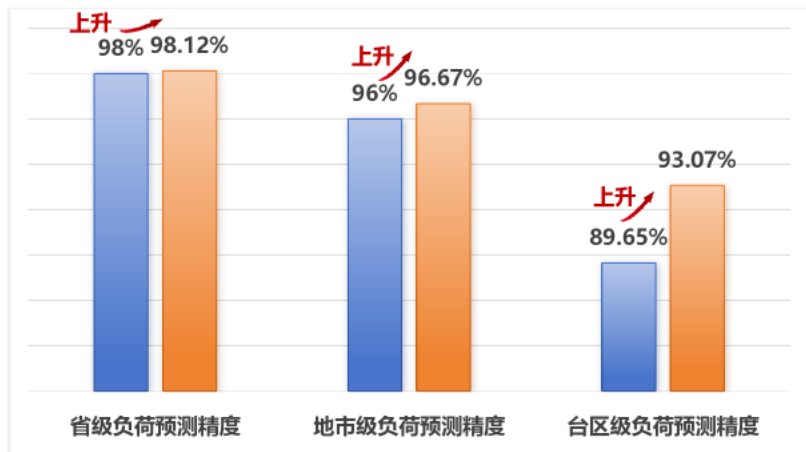


3.2 源荷预测

应用成效

负荷功率预测方面，自研电力时序大模型及相关核心成果已在**浙江和江苏**落地应用验证，全面覆盖**省级、地市级、台区级**负荷功率日前预测场景；日前预测验证结果**相较现网**，**省级负荷**平均准确率**提升0.12%**，**地市级负荷**平均准确率**提升0.67%**，**台区级负荷**提升**3.42%**。

测试集时间	分类	自研模型准确率 (1-MAPE)	现网准确率 (1-MAPE)	提升
2025年7月	省级	98.12%	98%	0.12%
	地市级	96.67%	96%	0.67%
	台区级	93.07%	89.65%	3.42%



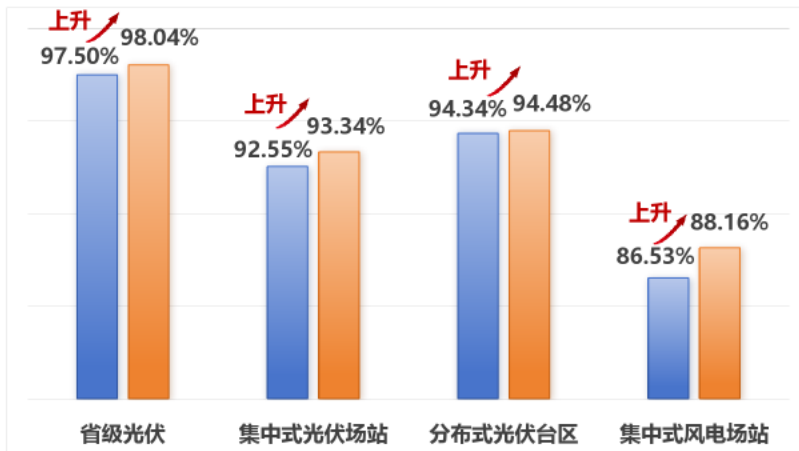


3.2 源荷预测

应用成效

新能源功率预测方面，自研电力时序大模型及相关核心成果已在**浙江、河北、陕西和江苏**落地应用验证，全面覆盖**省级总光伏、台区级分布式光伏、集中式光伏场站、风电场站**多颗粒度新能源功率日前预测场景。与主流时序预测模型相比，自研模型预测准确率在多场景下均有提升。

场景名称	自研模型	XGBoost	LightGBM	TSMixer	LSTM
省级光伏	98.04%	97.50%	97.44%	97.34%	97.08%
集中式光伏场站	93.34%	92.45%	92.55%	93.03%	92.01%
分布式光伏台区	94.48%	94.34%	94.09%	93.41%	92.95%
集中式风电场站	88.16%	86.01%	83.47%	86.53%	83.98%



新能源日前预测精度对比

3. 应用实践



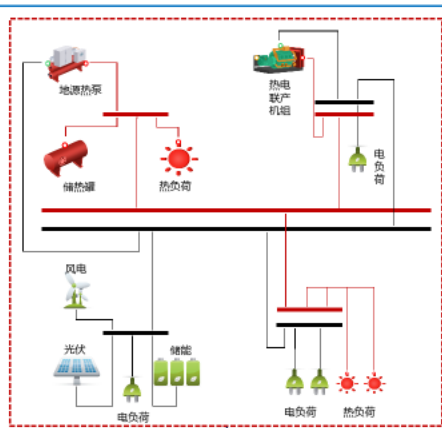
国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



3.3 运行优化

区域能源互联网具备**分布式资源广泛、数据维度庞大、多主体特性显著**等特征。集中式优化的计算量显著增大、实时求解困难，且无法保证多主体的数据隐私安全性。**边云协同技术**充分结合了边缘计算和云计算的优势，提供了**高效、灵活和可扩展**的计算架构，在边缘侧就地处理敏感数据，而将非敏感数据传输到云中心进行集中处理，**降低了数据泄露的风险，提高了计算效率并缓解了通信压力**。



区域能源互联网集中调度

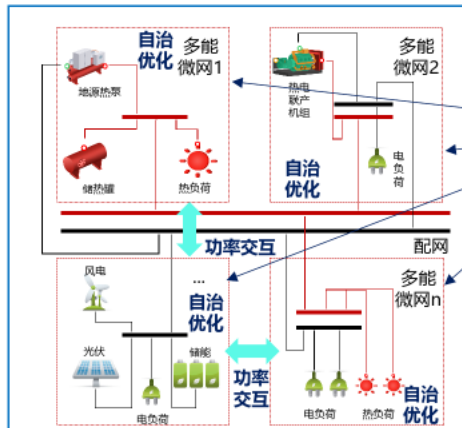
全局信息

调度指令

云中心

边云协同

- 无法实时高效求解
- 难以维持数据边界
- 通信压力显著增大
- 无法实现灵活扩展



边缘自治+边云协同

部分信息

云中心

- 计算效率高
- 数据隐私性高
- 通信压力降低
- 可扩展性强

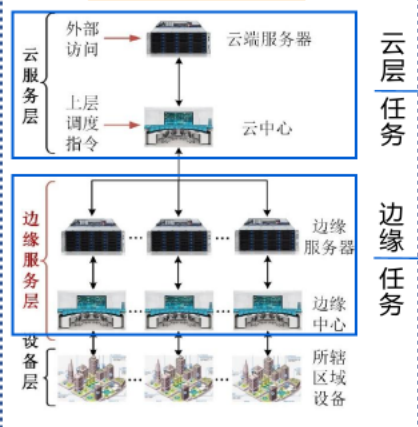


3.3 运行优化

数据机理融合边云协同建模

针对区域能源互联网的数据驱动智能优化方法可解释性、鲁棒性不足，以及传统方法计算效率低、难以应对不确定因素的问题，建立**数据驱动与机理驱动模型的融合框架及边云协同方法**，例如提出**物理嵌入式机器学习建模方法**，提升模型决策的鲁棒性与优化精度；根据**云、边**的优化任务特点，**分别采用机理优化与数据驱动优化**，实现两种方法的**并行与交互迭代优化**。

边云协同架构



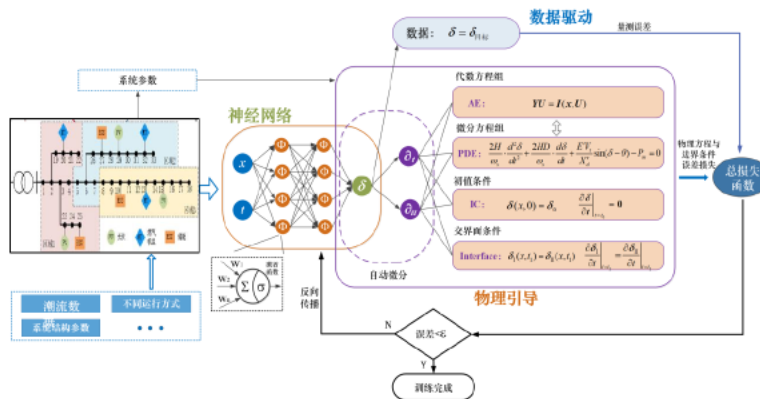
云层任务

边缘任务

优化任务分配

边缘节点间优化计算

边缘节点内优化计算



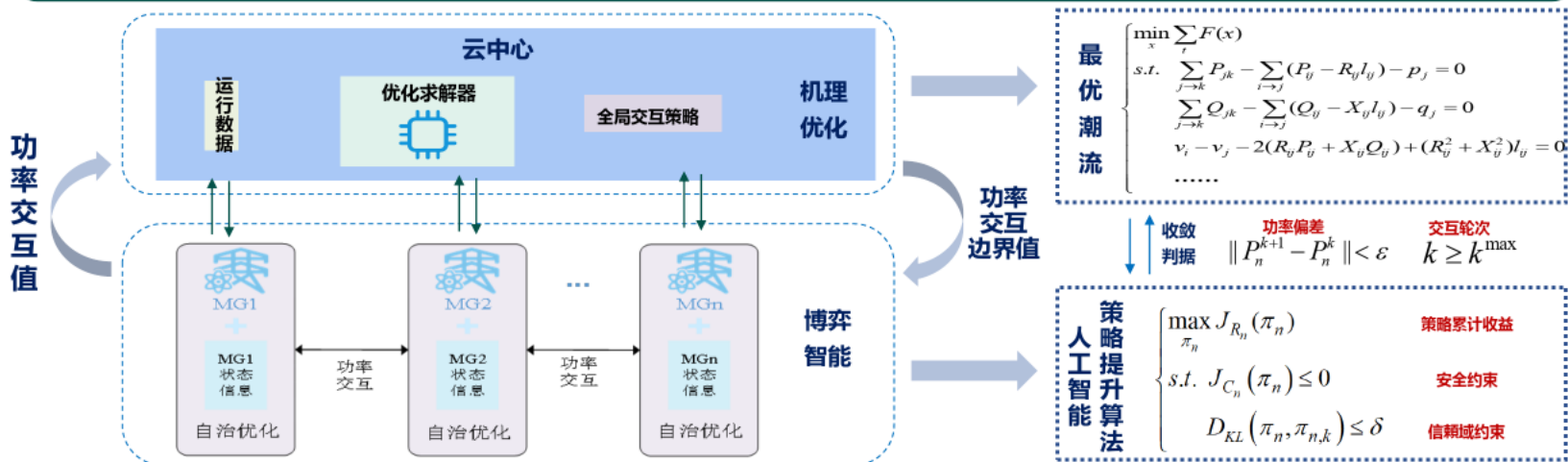
物理嵌入的机器学习建模方法



3.3 运行优化

数据机理融合的边云协同优化方法

针对区域能源互联网边云协同优化问题，提出了**数据机理串行融合的边云协同交替迭代优化方法**。在边缘侧，基于**博弈智能策略提升算法**完成智能体本地优化；当自治优化出现异常时，边端将当前决策**功率需求值**上传云中心，在云中心利用**优化求解器**协调全局资源；云侧下发修正后的**功率交互边界值**指导边缘智能体进一步优化，边云交替计算迭代直至收敛。



3. 应用实践



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



3.3 运行优化

数据机理融合优化加速方法

针对复杂约束下的高维混合整数优化问题，提出**数据/机理串行融合模式**的优化加速求解方法。上层基于**深度强化学习的诱导分支方法**加速最优整数取值，下层基于**可行域降维与有序顶点搜索**减少决策变量与约束条件，兼具模型驱动求解稳定性和数据驱动求解快速性，**可实现万级计算节点调度策略秒级生成**。

可行域降维与有序顶点搜索效果

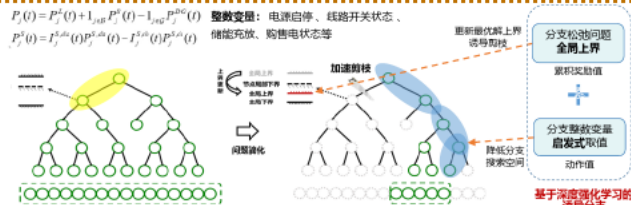
决策变量与约束条件规模

变量个数	降维前	17
	降维后	2
约束条数	降维前	46
	降维后	11

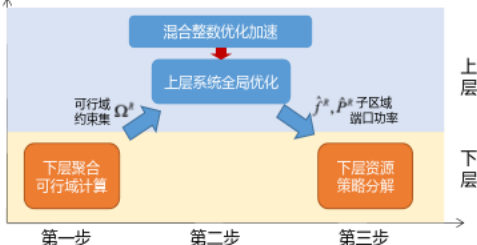
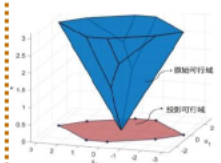
问题规模
缩减比例 **97.2%**

方法	传统投影算法	有序顶点搜索
计算速度	>1200s	0.79s

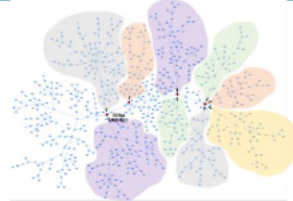
上层强化学习诱导分支定界过程



下层可行域降维



整体优化加速求解效果



10024节点测试算例，可调控资源包括传统机组、分布式可再生能源、虚拟电厂与储能。

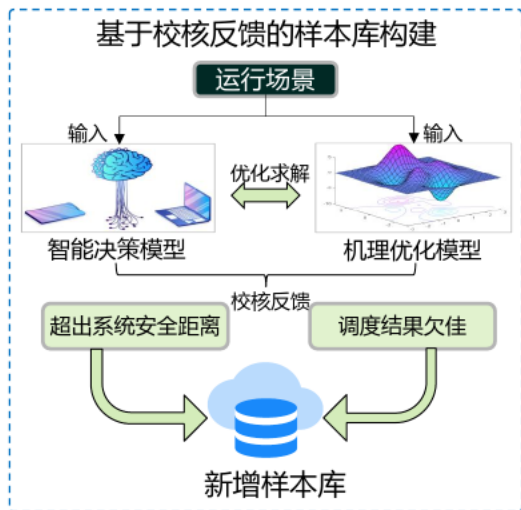
电网规模	10024节点
所提方法计算时间	26s
Cplex	>3min



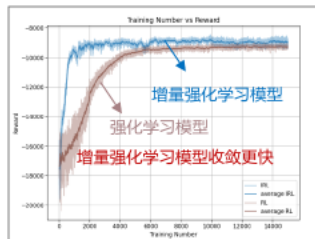
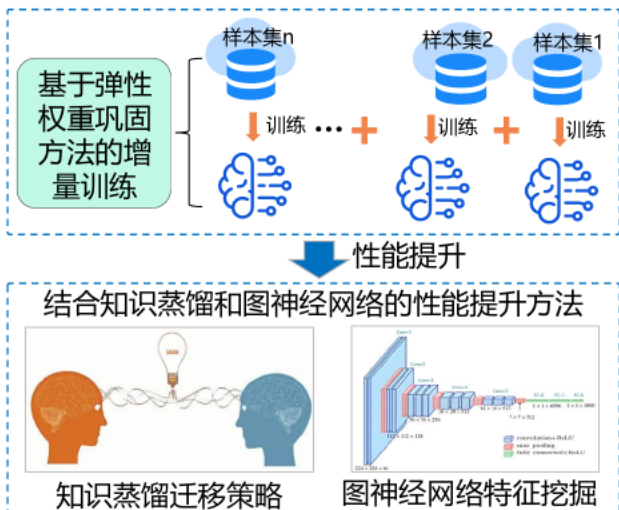
3.3 运行优化

数据机理融合的在线增强方法

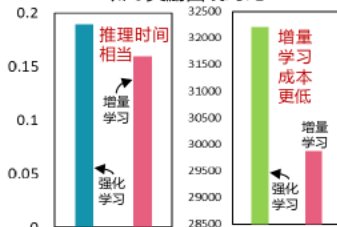
针对当前智能模型无法有效应对训练数据中未出现的复杂新增场景问题，提出**数据/机理反馈融合模式的在线增量强化学习方法**。通过**校核反馈机制**得到新增样本集，进而提出基于弹性权重巩固的**增量强化学习**框架，实现智能决策模型的自主演进，并结合**知识蒸馏**的迁移策略进一步提升了增量模型的优化性能。



增量训练



训练奖励曲线对比



两种模型测试结果

3. 应用实践



国家电网
STATE GRID

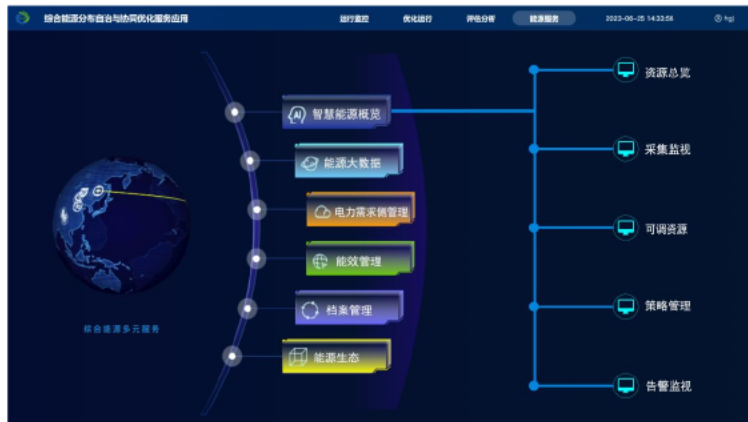
中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



3.3 运行优化

应用成效

在**天津滨海国家动漫园**等多园区开展区域能源互联网**协同优化**试点验证，**提升整体能效5.3%**。
成果推广至北京、黑龙江等省市电网，提升了**源网荷储协同运行**的智能化水平。



集成提供7类37种综合能源服务



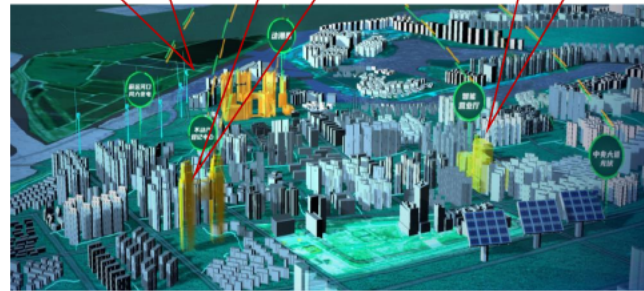
国家动漫园



滨海公屋



营业厅





国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



目录

CONTENTS

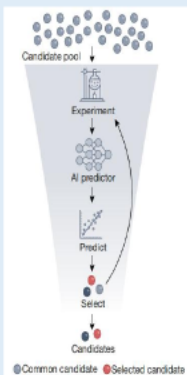
1. 背景意义
2. 数据机理融合技术
3. 应用探索
4. 总结展望



电力科学智能

面向新型配电系统**不确定性和复杂性特征**，未来以科学仿真数据为基础，科学定理为导向，实现覆盖**理论推导、实验仿真、数据分析**的全流程科学智能技术形态，推动**电力时序预测、运行分析、调度决策**等领域的创新和突破。

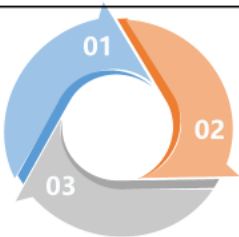
AI引导科学理论推导



通过**高通量筛选**，人工智能预测器有效检查候选假设，并**选择使下游模拟和实验结果最大化的假设**。

假设生成

- 海量知识假设及跨学科交叉融合

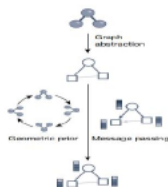


实验仿真

- 参数最优组合
- 实验技术路线组合优化
- 人工智能新算法

数据分析

复杂高维数据处理
数据结构性关联性分析

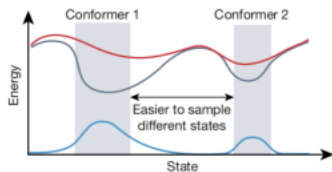


AI辅助科学数据分析

几何深度学习通过图形和信息传递，**将复杂的结构信息整合到深度学习模型中**，帮助理解和操作具有复杂几何结构的科学数据，如分子和材料领域。

AI助力科学实验仿真

Enhanced = Original + AI compensated



在复杂系统的计算模拟中，人工智能系统可以**加快对罕见事件的检测**，例如蛋白质不同构象结构之间的过渡。

4. 未来展望



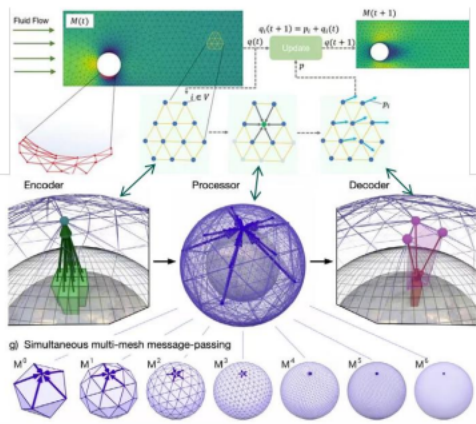
国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

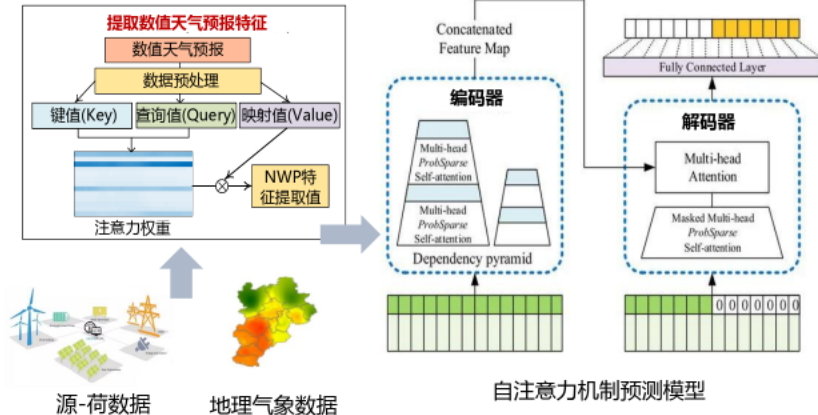
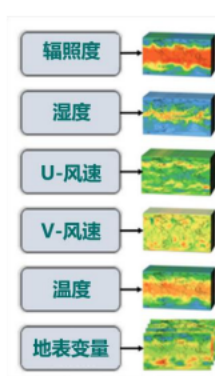


电力科学智能

未来，将进一步深化电力行业大模型及其应用技术，探索世界模型、原生大模型等前沿技术，例如构建**“全球-全国气象大模型”**、**基于大规模预训练的电力时序预测基础模型等**，为赋能新型电力系统建设、破解电网环境-安全-经济挑战提供重要支撑。



基于大模型的电力气象预测



基于时序大模型的新能源功率预测

4. 未来展望



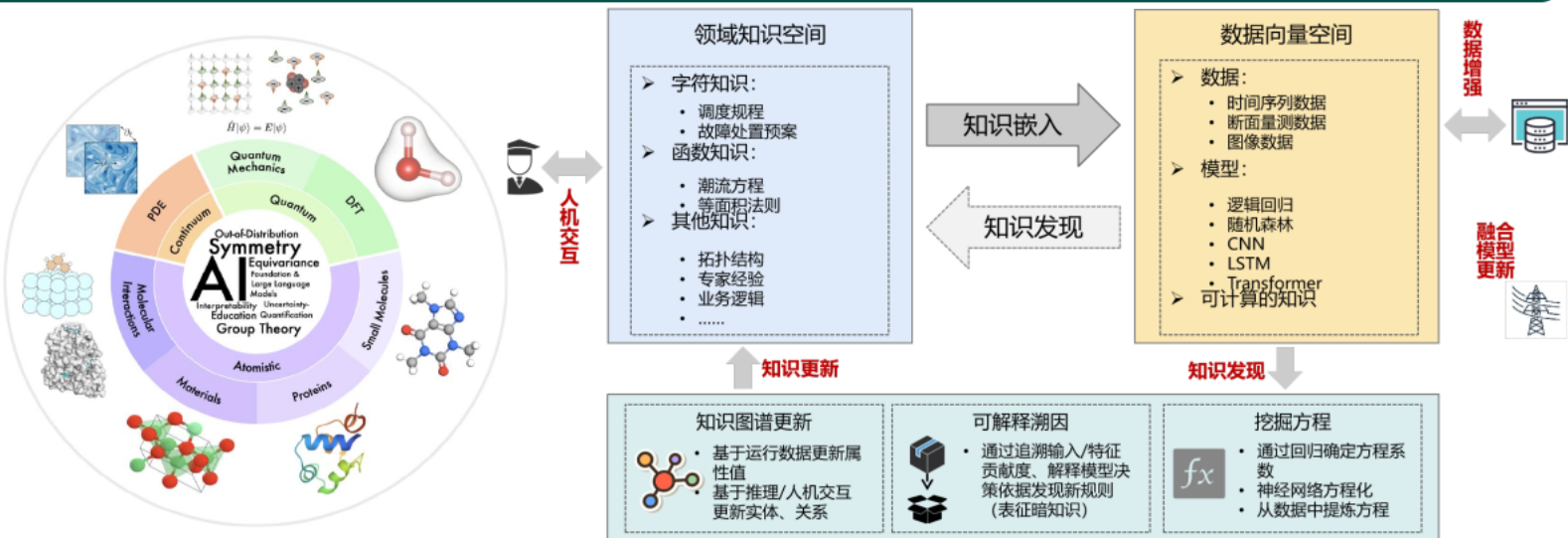
国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



数据机理融合

数据机理融合技术发展的核心在于进一步优化数据知识的双向过程。一方面，进一步突破**知识的统一表示与嵌入方法**，通过领域知识增强机器学习模型的性能和可解释性；另一方面，通过知识发现技术实现**领域知识的迭代更新**，甚至获得人类认知之外的新知识、新规则。



4. 未来展望



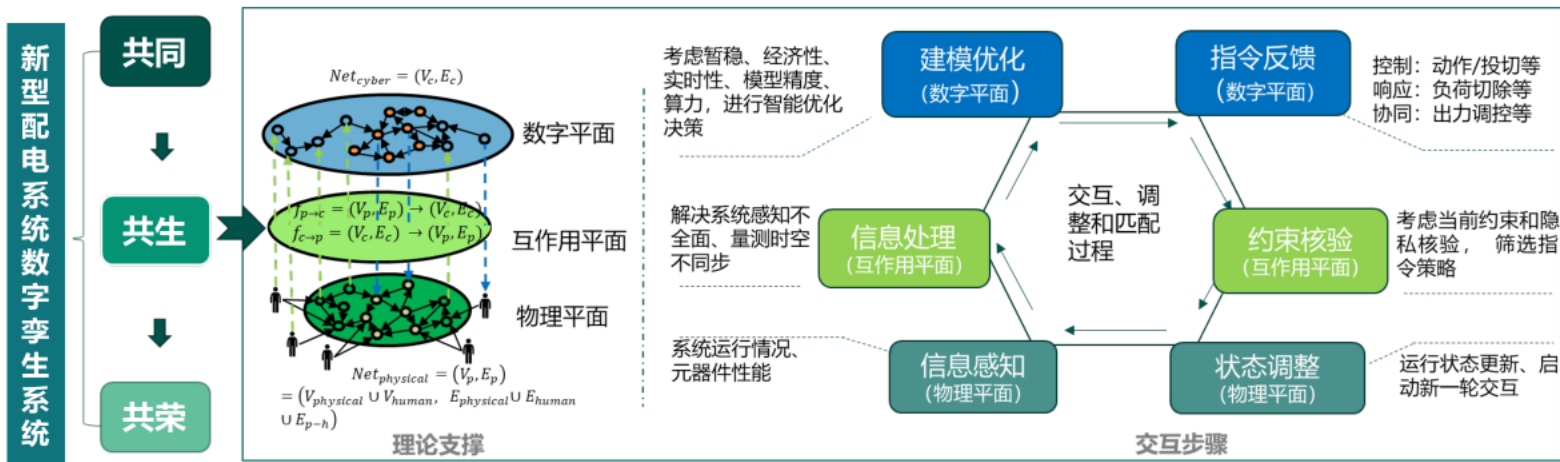
国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



数据机理融合

未来构建以**物理虚拟实时映射、高保真仿真推演、智能决策反馈**等为代表的数字孪生系统构建技术，有助于实现新型配电系统的**共同、共生和共荣**，基于数字孪生构建系统的数字镜像与智能大脑，**对人工智能策略进行校核，进而消除风险。**



4. 未来展望



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



数据机理融合

为了应对多维耦合复杂性，未来将进一步突破可信保障限制，适应动态随机波动性，重点突破**电力科学智能研究范式**与**大小模型协同应用模式**，在保障电网调度等核心业务的强安全可靠要求前提下，满足高维复杂巨系统的高效智能决策需求。





国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院有限公司
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

感谢聆听