



国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院

CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

2024年国家能源互联网大会
电力碳中和专委会分论坛

电力物联网智能应用技术

蒲天骄 中国电力科学研究院
2024年6月20日 北京昌平

目录

CONTENTS

01. 研究背景意义

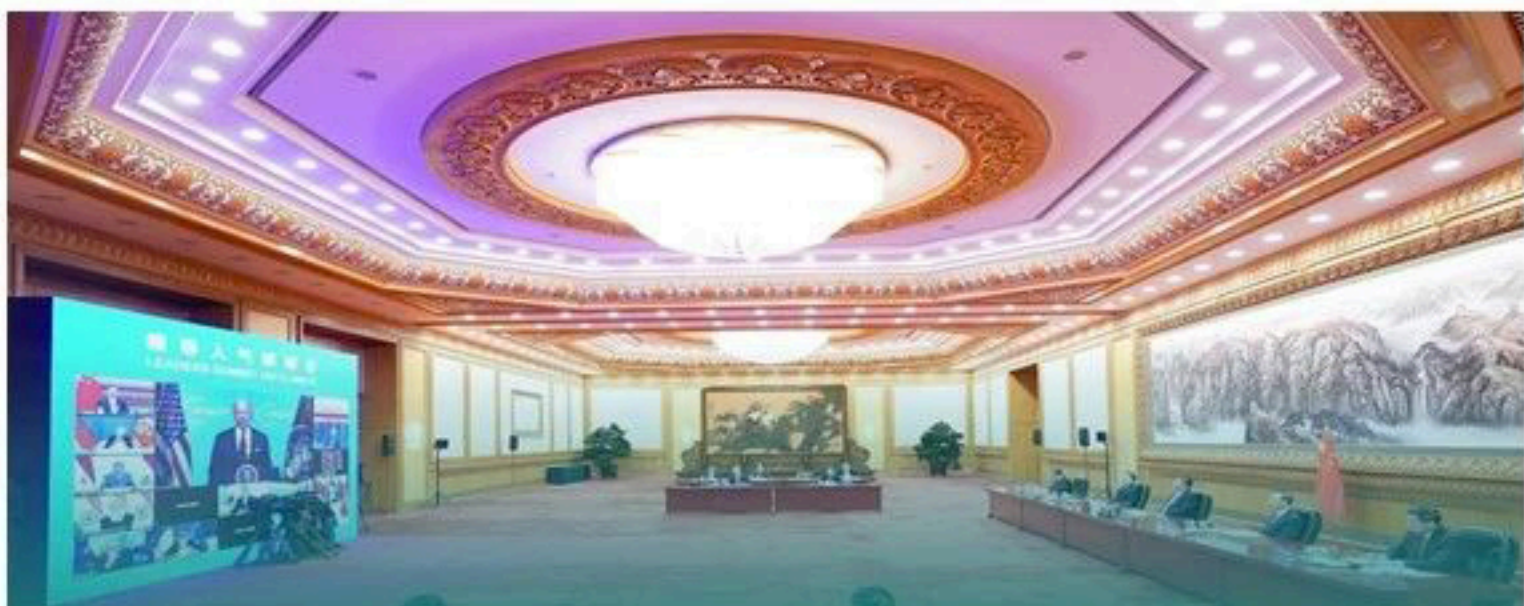
02. 主要关键技术

03. 智能应用实践

04. 未来趋势展望

1 背景意义

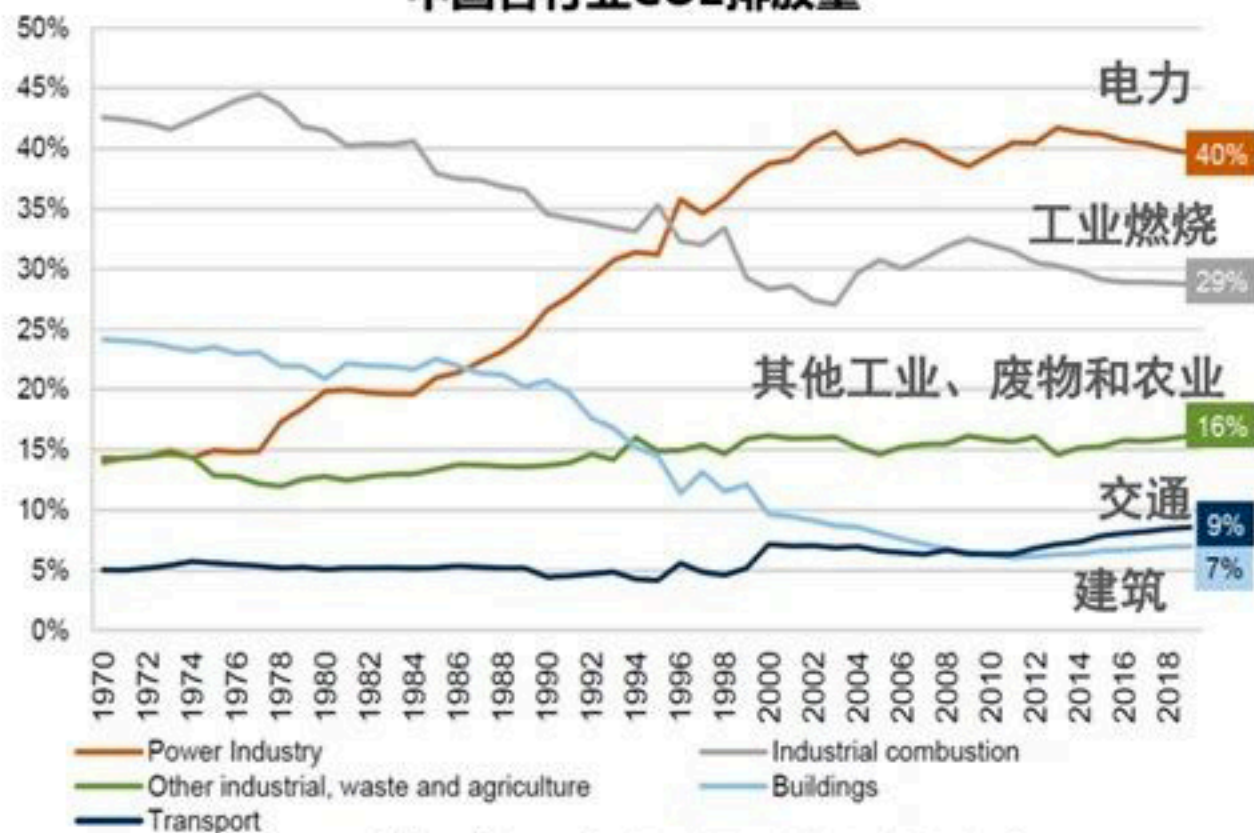
能源燃烧占我国全部二氧化碳排放的88%左右，电力行业排放约占能源行业排放的41%。**实现碳达峰碳中和，能源是主战场，电力是主力军。**新型能源体系是实现“双碳”目标的必然要求，**新型电力系统是新型能源体系的关键内容和重要载体。**



到2030年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右，**风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上。**

——2020年12月，气候雄心峰会

中国各行业CO2排放量



数据来源：高盛 中国碳中和技术革命

1 背景意义

新型电力系统**需要深度融合低碳能源技术与先进数字化智能化技术**，实现能量流和信息流的深度融合，支撑实体电网在数字空间的实时动态呈现、计算推演、智能决策和引导趋优，全面提升新型电力系统可观可测、可调可控水平。**先进数字化智能化技术的关键是电力物联网和人工智能技术，为电力系统数字化转型、智能化升级提供基础载体。**

设备
运维



调度
运行



营销
客服



...



清洁低碳



数字呈现



智慧赋能

低碳能源技术



先进数智化技术

电力物联网技术
电力人工智能技术

1 背景意义

电力物联网是**应用于电力领域的工业级物联网**，围绕电力系统各个环节，充分利用现代信息通信技术，实现电力系统各个环节设备、网架、人员的万物互联与人机交互，最终支撑电网业务在数字空间中的呈现、仿真与决策。面对新型电力系统，**传统的电力物联网技术尚不具备信息物理系统支撑能力**，一方面需要**实现实体电网的实时精准数字呈现**，将其实时完整映射为数据和算法定义的数字电网；另一方面需要**引导双系统的虚实交互与动态演化**，实现实体电网与数字电网的共同迭代趋优进化。



1
如何形成实体电网的动态多维、多时空尺度高保真数字模型，实现**实时精准数字呈现**。

2
如何进行实体电网与数字电网双系统的虚实交互与动态演化，实现**电网迭代趋优进化**。

1 背景意义

为解决上述**数字呈现与趋优进化**两大科学难题，需要重点突破电力物联网“采-传-存-用”4层级的核心技术：**全景状态感知、广域高效传输、海量接入管理和智能辅助决策**，实现物理空间与数字空间虚实互动，支撑电网运行、设备运维、供电服务等典型业务在数字空间的呈现、推演和决策，有效推动新型电力系统建设。



目录

CONTENTS

01. 研究背景意义

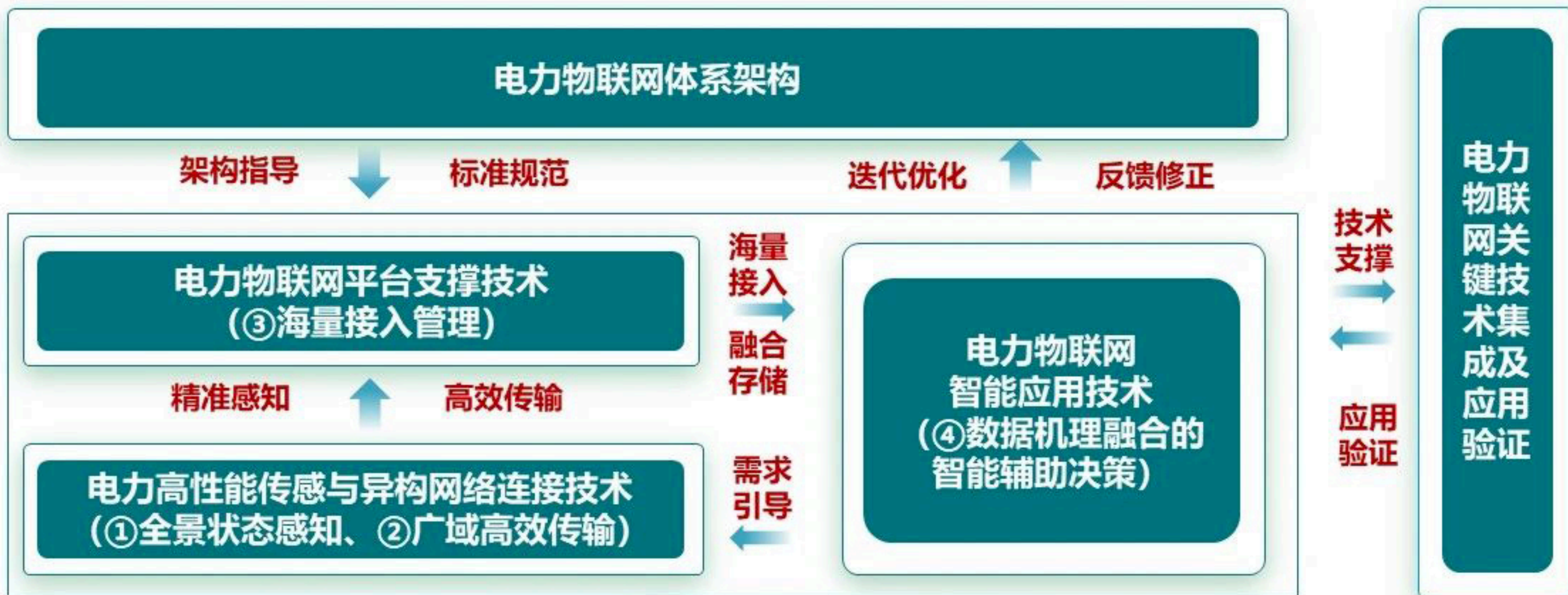
02. 主要关键技术

03. 智能应用实践

04. 未来趋势展望

2 依托项目概况

中国电科院于2020年起牵头承担了**国家重点研发计划“智能电网技术与装备”重点专项“十三五”的压轴项目“电力物联网关键技术”**。历时3年半，项目建立了一套贯通“智-云-管-边-端”全环节的**电力物联网理论与技术体系**，在**天津滨海全域建成电力物联网示范工程**，提供了可复用可推广的电力物联网整体解决方案，引领了电网数字化转型及智能化升级。



2.1 全景状态感知

电力多参量物联技术

目前电网存在大量感知终端，其所处环境差异大、通信机制不统一、信息系统壁垒严重，仍存在**算力资源异构、边缘计算功耗较高、通信协议兼容性不佳**等问题，难以实现全景状态感知与多源数据就地处理。相较于基于传统芯片所采用的ARM指令集，RISC-V指令集架构具备**扩展方法可定制、工具链开源、开发环境便捷**等优势，可有效支撑**高算力、低功耗、自主可控**的多参量物联终端。

集成RISC-V加速单元的多核同构/异构架构



RISC-V(NB2)芯片	ARM(T3)芯片
能效3.32DMIPS/MHz	能效1.9DMIPS/MHz



2.1 全景状态感知

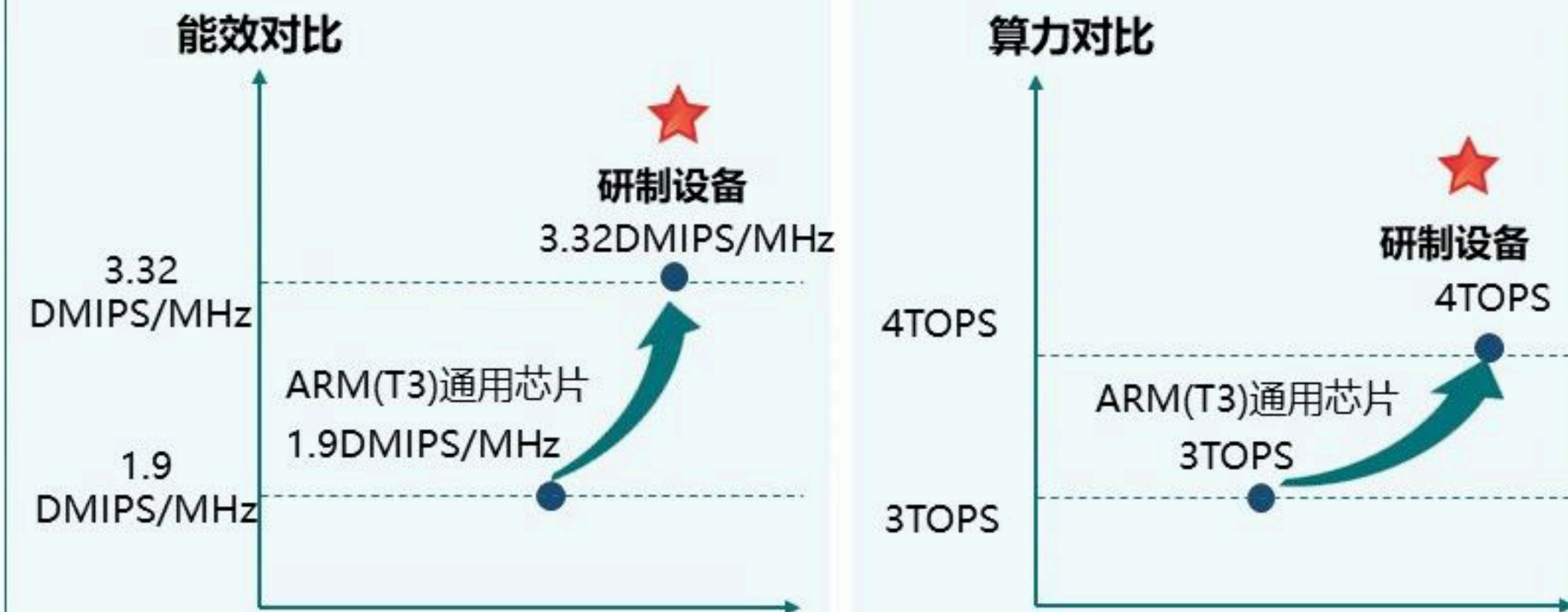
电力多参量物联技术

研制了**基于自主可控RISC-V芯片的电力多参量物联终端**，可适配不同电力场景下各类传感器加密及通信需求，应用自研边缘计算框架，**实现了传感信息在边缘侧的互联互通、数据融合、就地实时分析**，有效降低了通信开销与主站压力，相比于基于传统ARM芯片的终端，能效**提升75%**，算力提升约30%，平均协议**处理时延由10ms降为7.44ms**，可接入**41种**工业互联网协议。

电力多参量传感终端研制



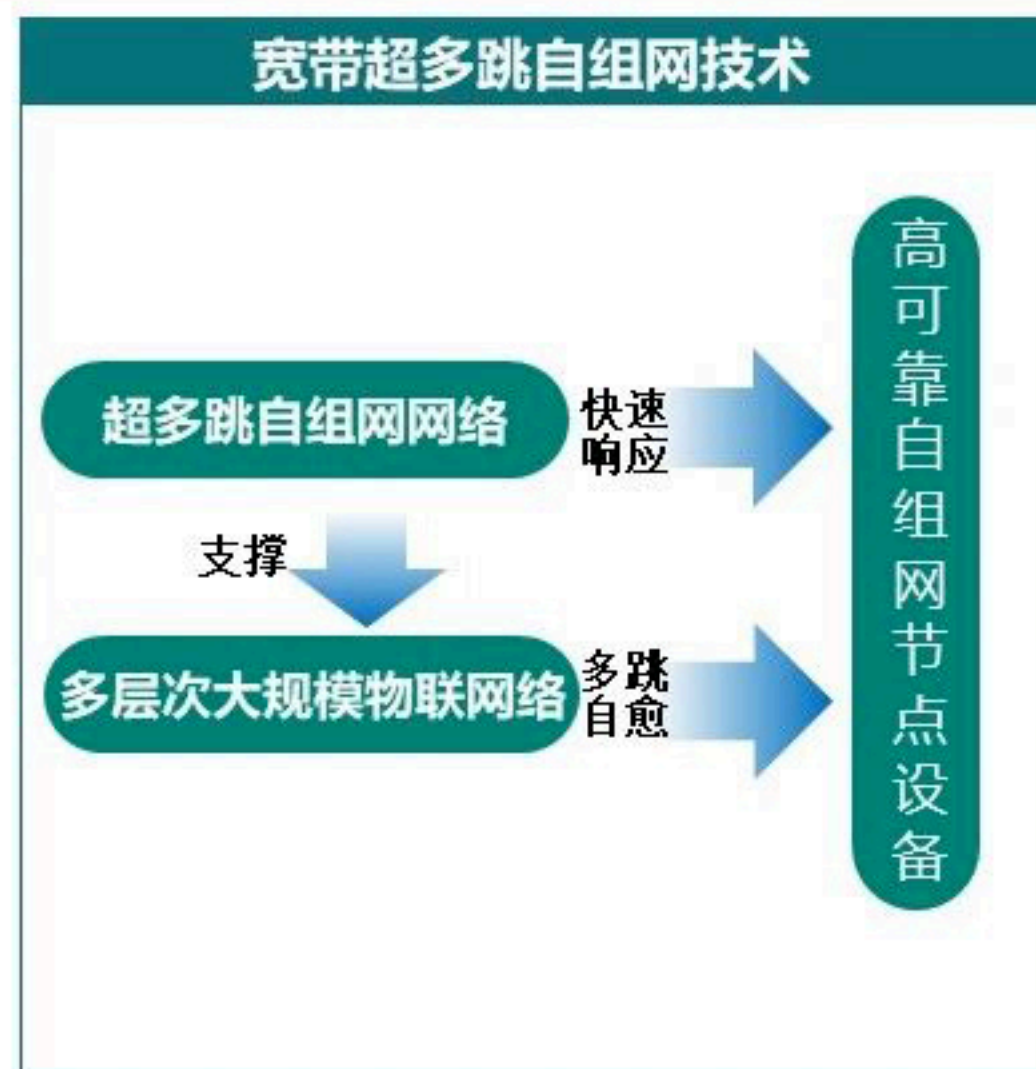
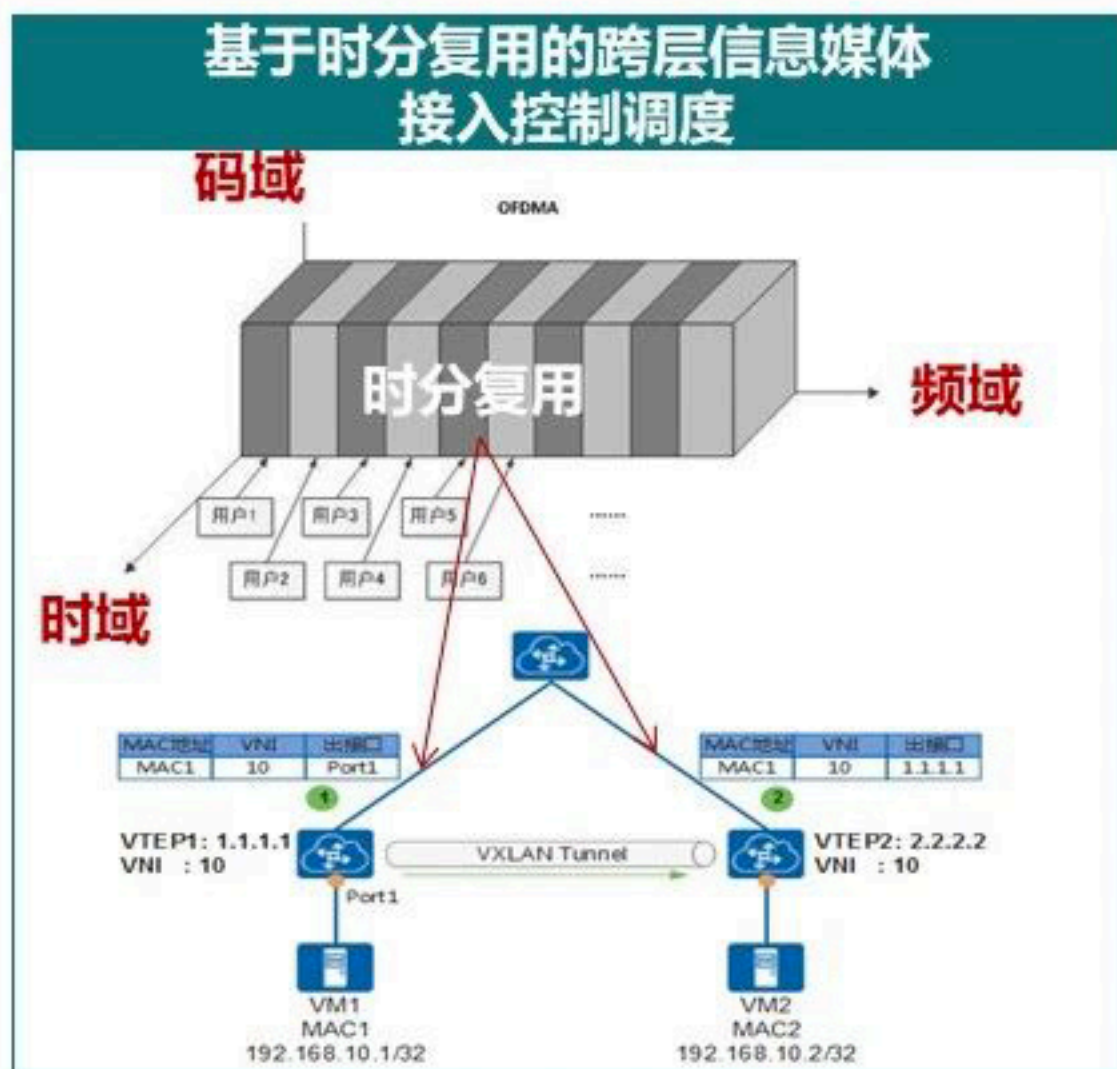
电力多参量物联终端性能



2.2 广域高效传输

宽带超多跳自组网技术

当前电力通信面临**网络覆盖不全、无线信号综合抗干扰难等问题**，而传统宽带自组网技术通常最大支持9~10跳，且传输性能随着跳数增加急剧下降。面对海量物联设备信息与转发接入拥挤情况，亟需**宽带超多跳安全自组织网技术**实现**异构灵活接入、深度覆盖与资源合理分配**。

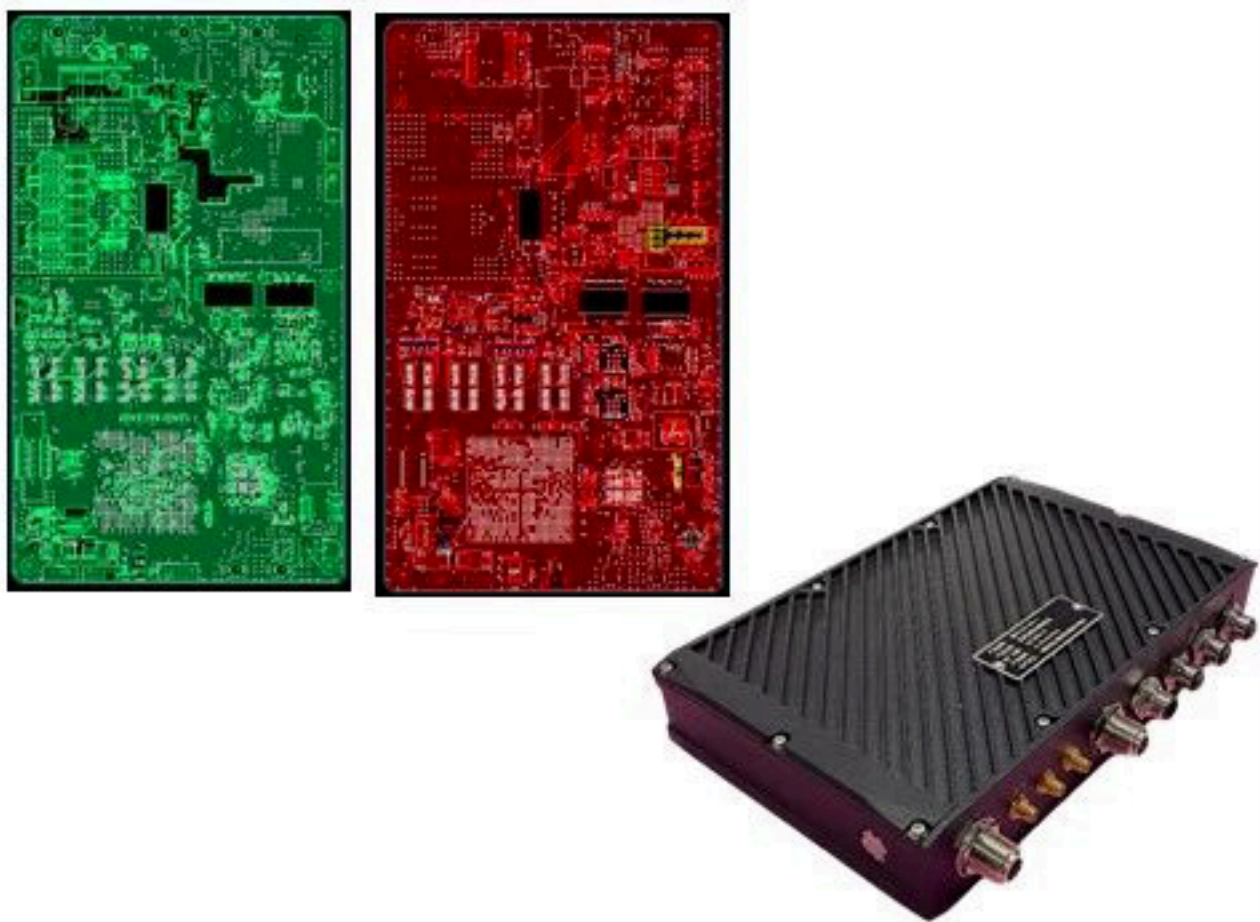


2.2 广域高效传输

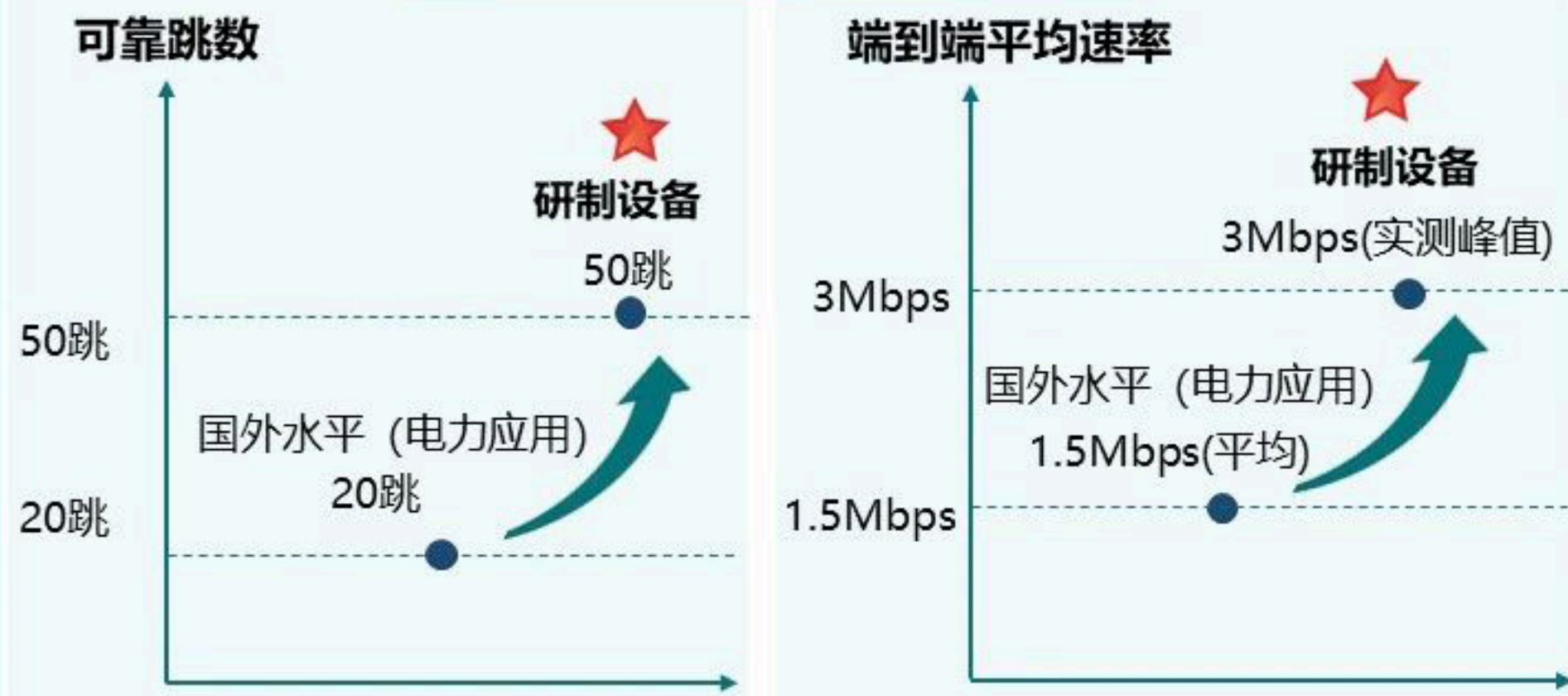
宽带超多跳自组网技术

提出了**数据物联网网络全覆盖的宽带超多跳自组网通信技术**，可解决超多跳传输中重传引发的**链路拥塞问题**和电力物联网海量传感器**安全接入难题**。支持50跳**宽带超多跳自组网设备**，可实现端到端平均速率3Mbps，跳数指标**达到国际领先水平**。

宽带超多跳自组网设备研制



宽带超多跳自组网设备性能

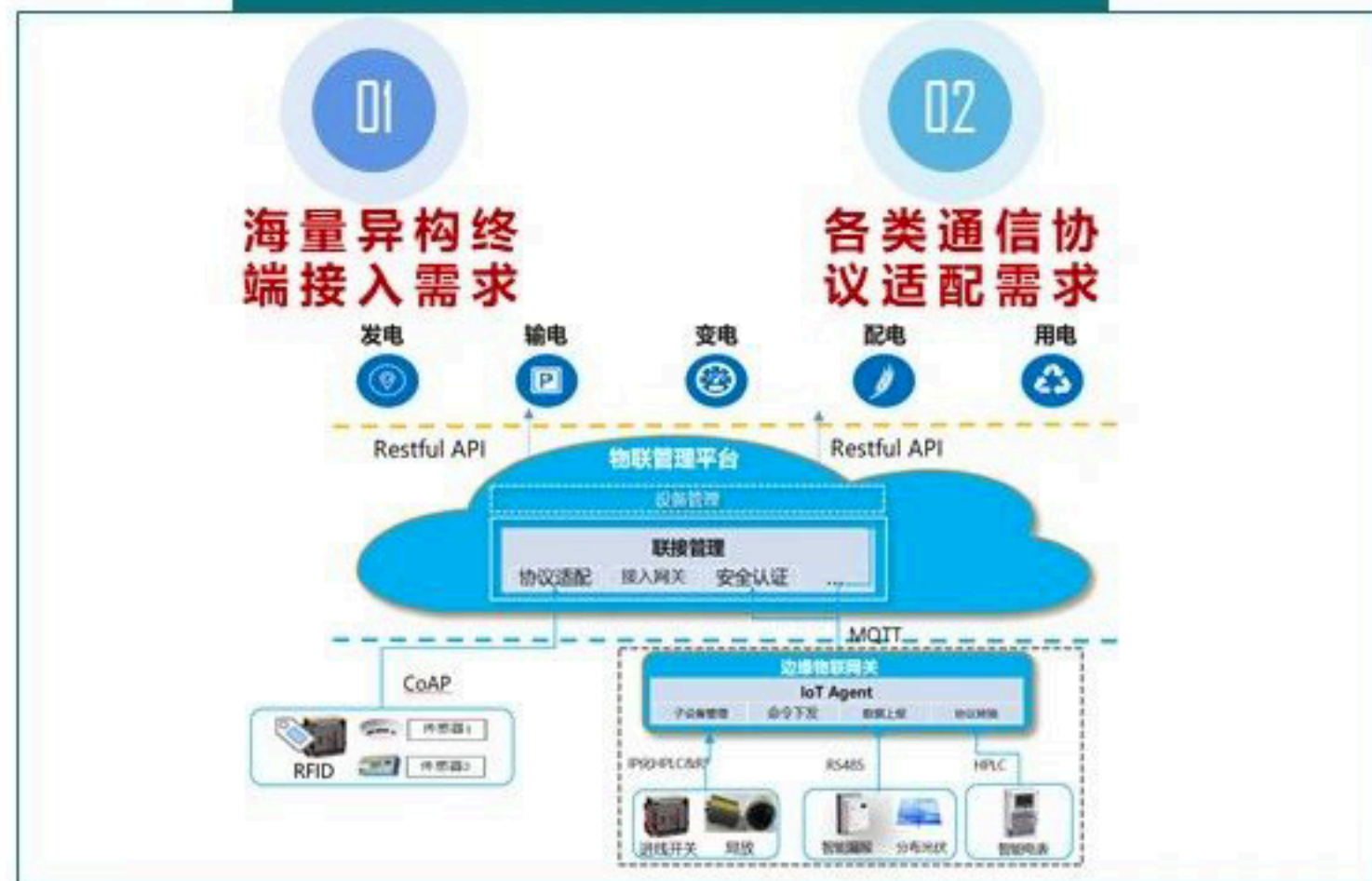


2.3 海量接入管理

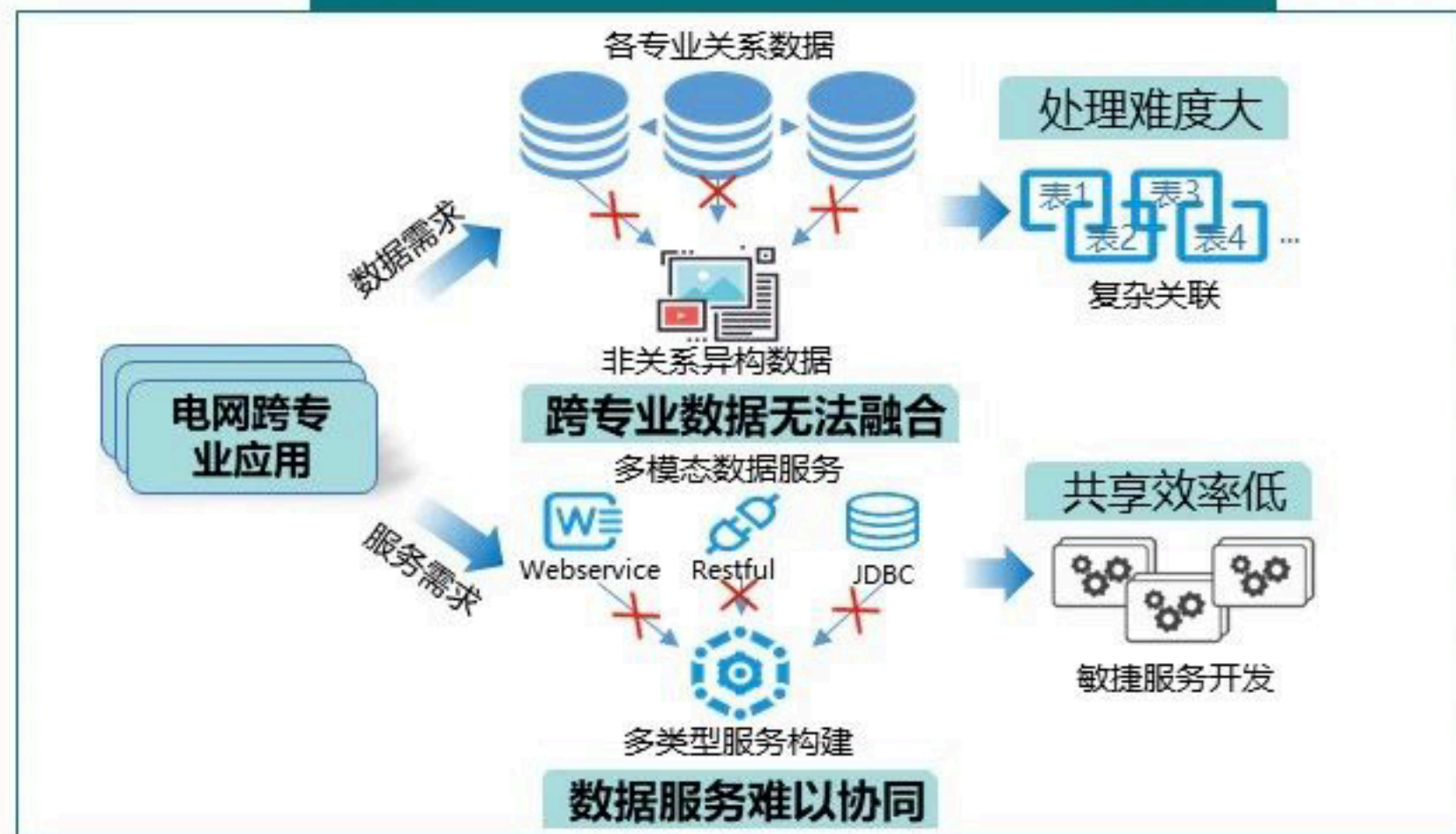
高并发接入与海量数据管理技术

针对现有已建成的物联管理平台存在的**异构终端并发能力低、协议适配差，数据中台多源异构数据存储与融合分析难度大**等问题，亟需突破**异构终端高并发连接技术、多业务数据共享管理技术**，提升电力物联网海量异构终端连接管理能力和数据协同分析能力。

异构终端高并发接入与管理问题



多模态数据融合共享分析问题

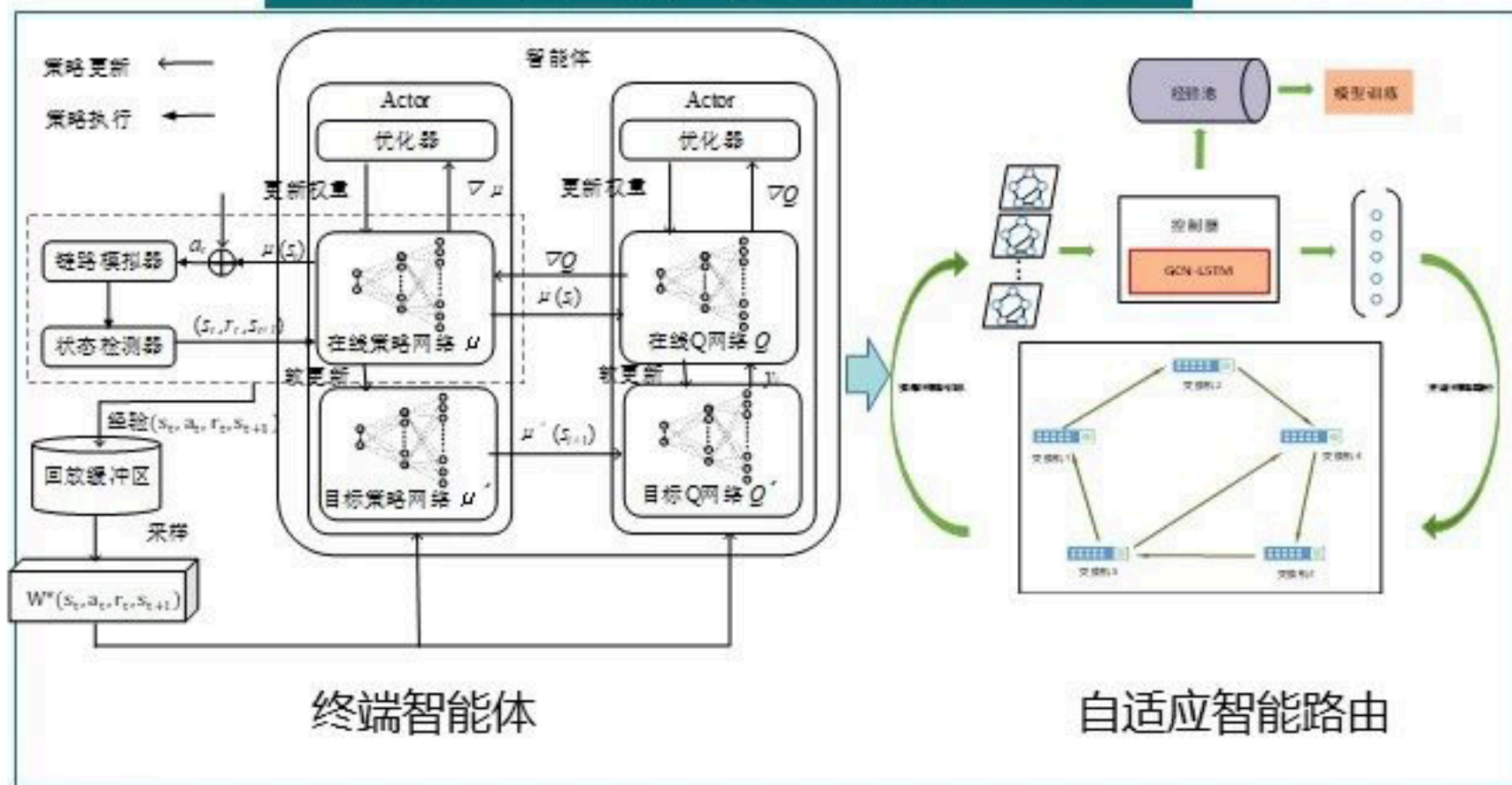


2.3 海量接入管理

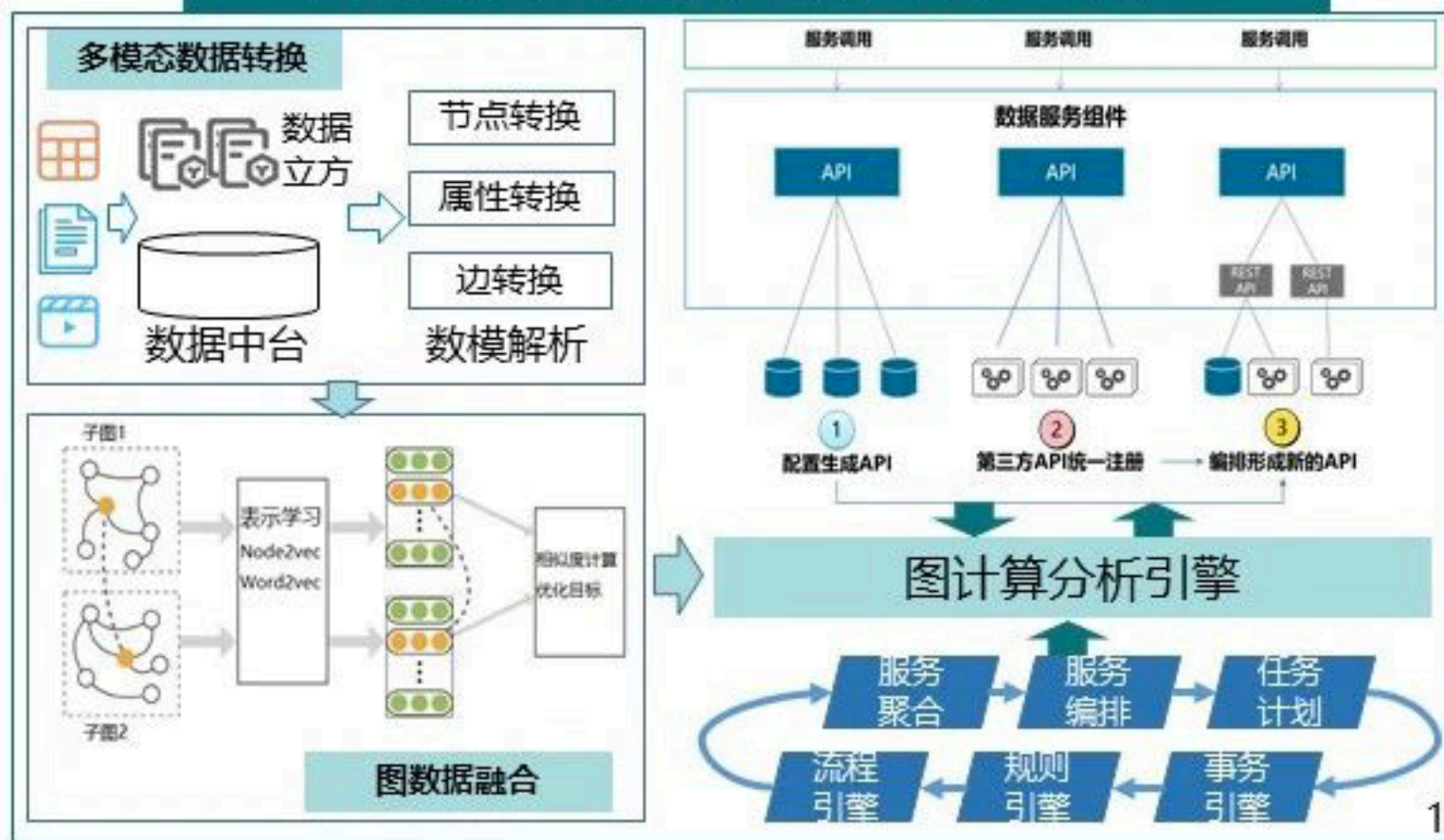
高并发接入与海量数据管理技术

提出了**软件定义的终端全异步连接管理技术**和**基于图计算的多模态数据存储共享技术**，通过软件定义终端智能体、自适应路由、图数据融合及动态数据服务编排技术，解决了异构物联终端高并发连接和跨专业数据融合应用难题。经权威第三方机构检测表明，终端并行连接数突破**1000万**，在1.04PB多模态融合数据集的万行关联检索响应时间低至**0.137秒**，达到**行业领先水平**。

软件定义的终端全异步连接管理技术



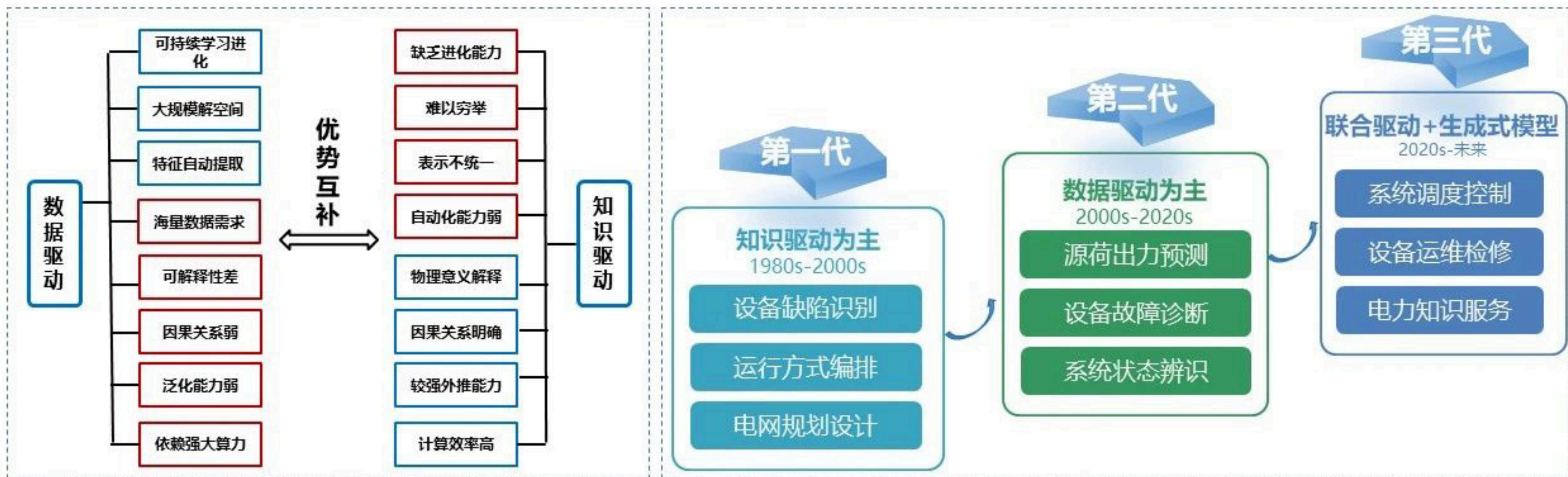
基于图计算的多模态数据存储共享技术



2.4 数据机理融合的智能辅助决策

数据机理融合驱动建模方法

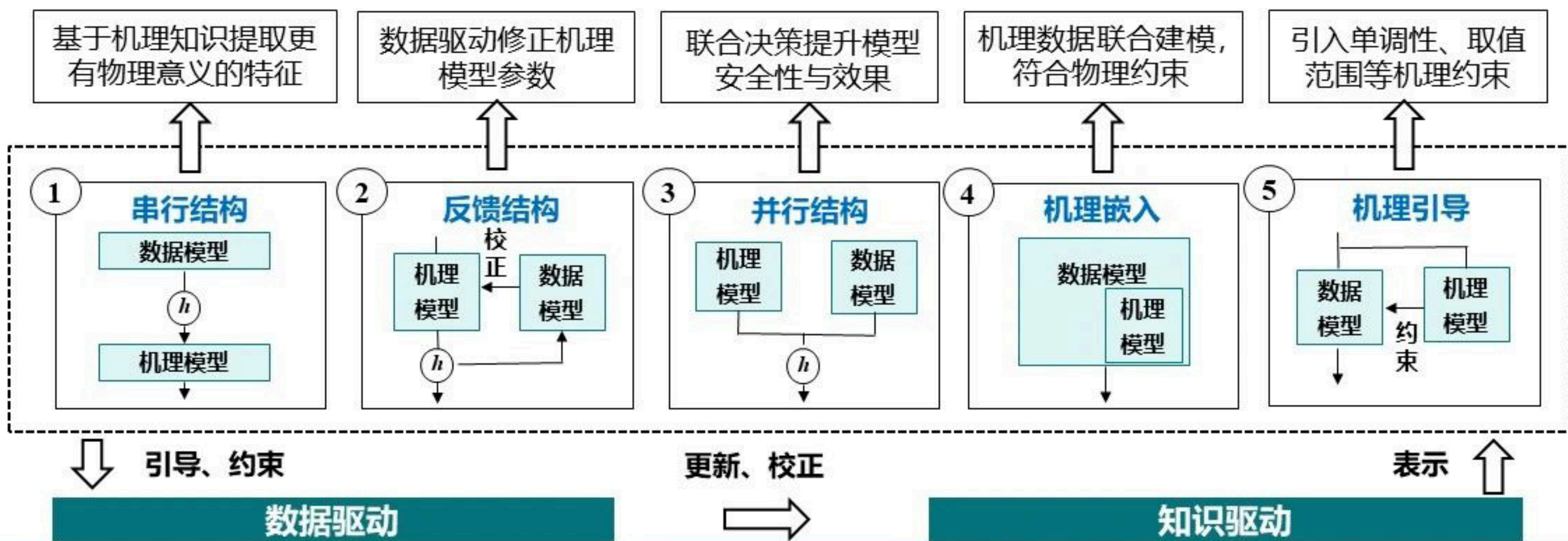
第一代电力人工智能以**知识驱动**为主，纯机理模型存在精度不足、部分复杂模型优化求解困难问题。第二代电力人工智能以**数据驱动**为主，纯数据模型存在泛化性弱、可解释性差等缺点。第三代电力人工智能基于**知识数据联合驱动模式**，将两类模型进行优势互补，可有效提升自主学习能力、智能计算效率与决策泛化能力。



2.4 数据机理融合的智能辅助决策

数据机理融合驱动建模方法

提出了**数据机理融合建模方法**，构建**5种数据机理融合模式**，有效融合电力物联网多模态数据及电网机理知识，**解决了电网在物理空间与数字空间的迭代交互难题**。①**串行**结构可提取更有物理意义的特征；②**反馈**结构修正机理模型关键系数；③**并行**结构联合决策提升模型安全性与效果；④**嵌入**结构可提升数据模型精度；⑤**引导**结构在数据模型中加入知识（机理）引导可提高模型适应性。



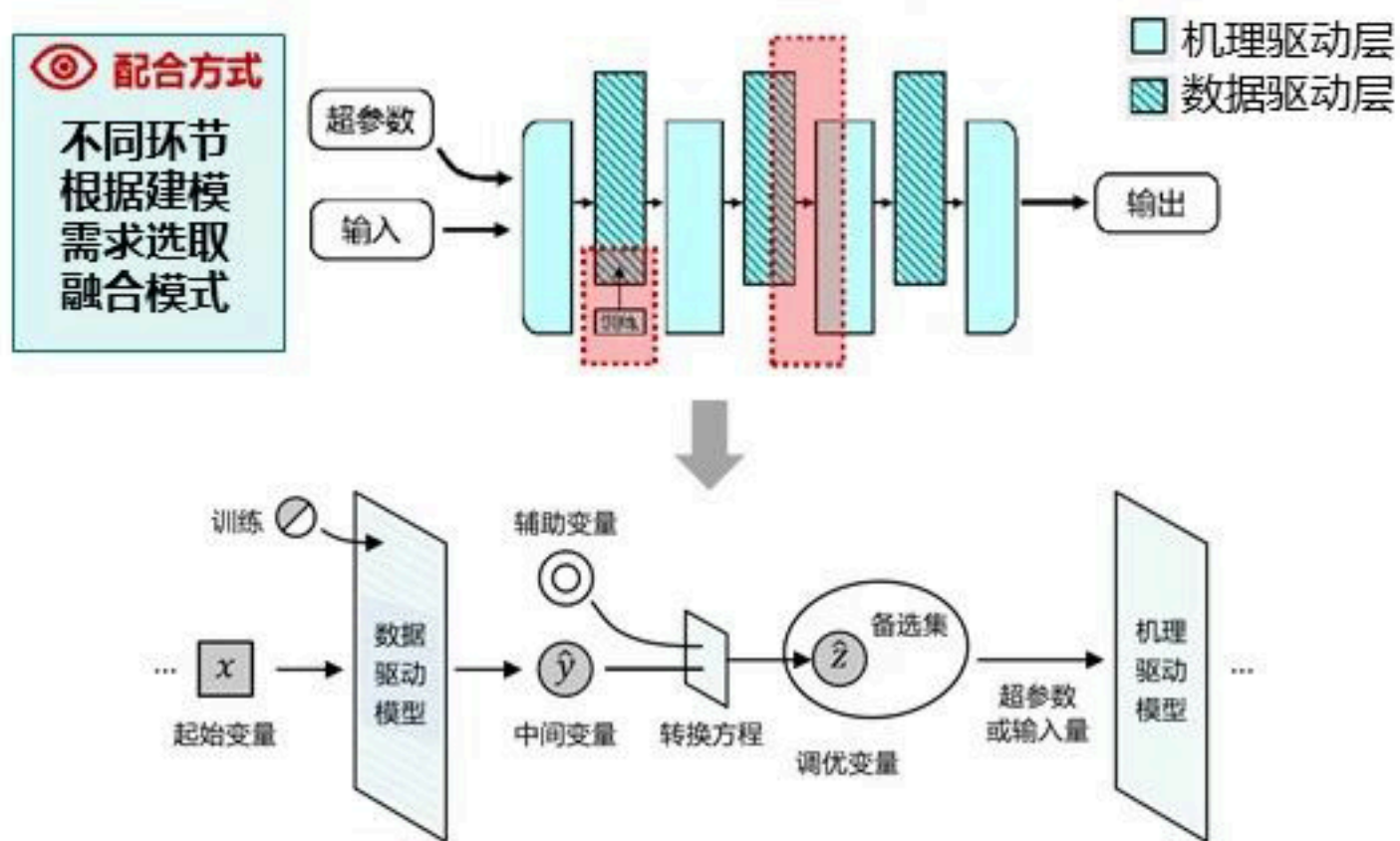
2.4 数据机理融合的智能辅助决策

数据机理融合建模方法

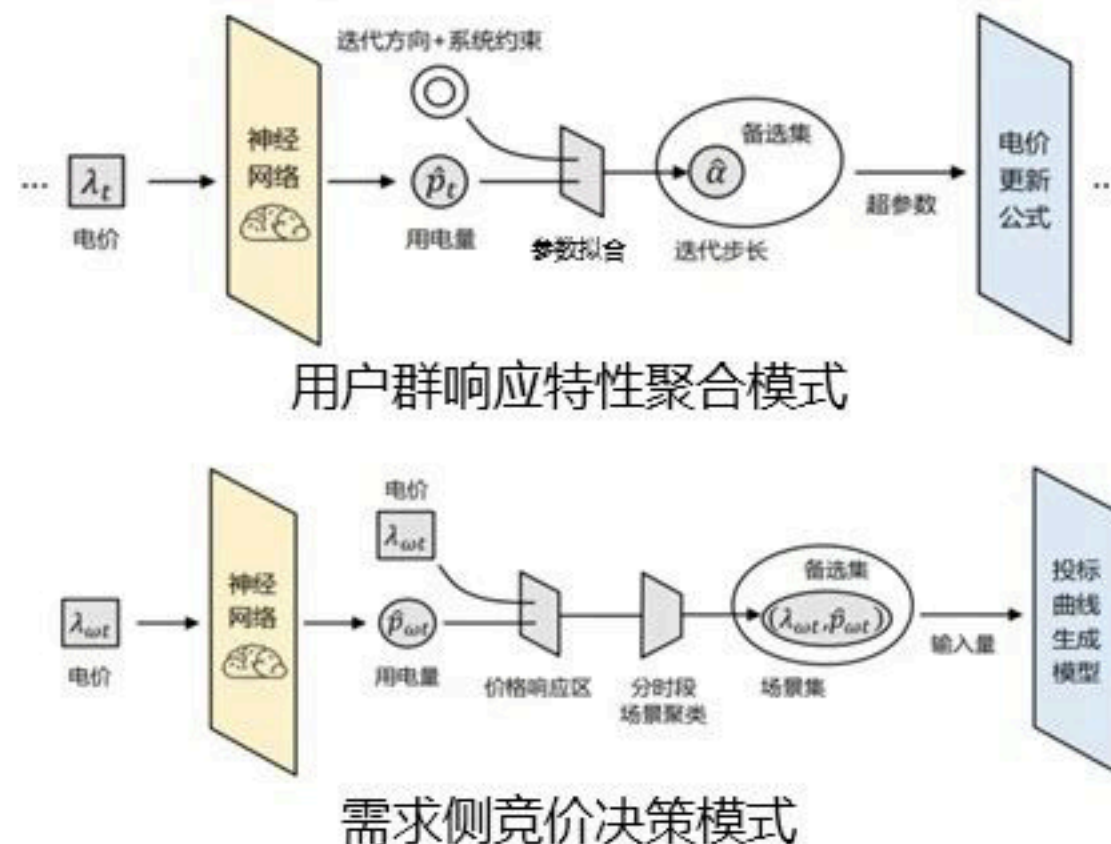
基于机理模型与数据模型的交互模式，提出具有通用性的**层叠式解耦融合建模方法**，实现建模对象的**高效拆解**与融合模式的**灵活组合**。

基于层叠架构的数据机理融合建模方法

层叠式融合建模架构和建模方法



基于层叠式架构的需求侧竞价融合建模（示例）

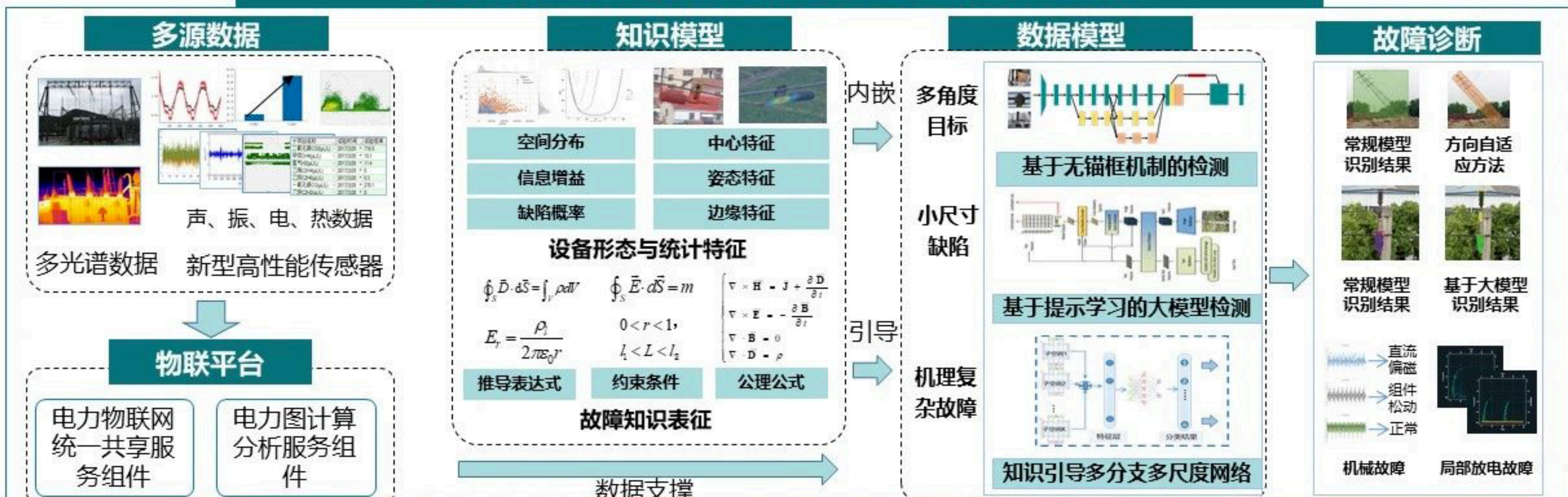


2.4 数据机理融合的智能辅助决策

设备故障智能感知诊断技术-嵌入和引导模式

针对巡检目标角度多样、监测数据信息密度低，导致缺陷识别与故障辨识可靠性不足的问题，基于形态特征、故障机理等**业务知识**，提出**基于知识模型嵌入与引导深度神经网络**的设备故障诊断技术，实现电力设备典型故障诊断准确率的显著提升。

基于知识模型嵌入与引导深度神经网络的设备故障诊断技术

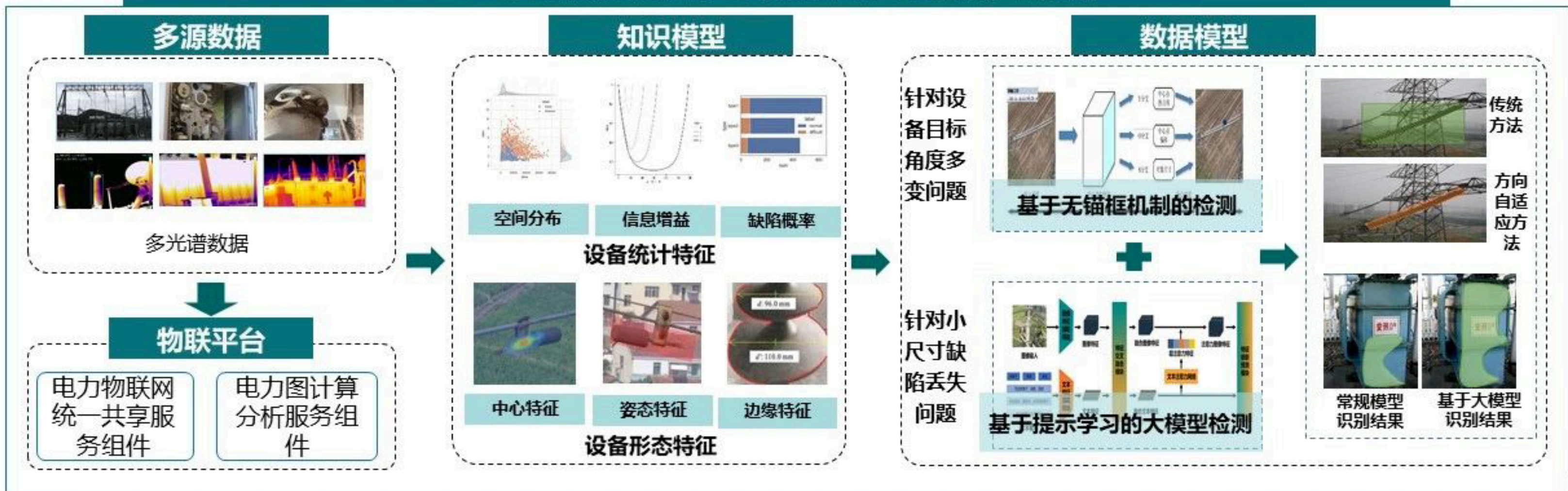


2.4 数据机理融合的智能辅助决策

设备可视缺陷识别-嵌入模式

针对现有设备巡检算法模型可靠性不足等问题，提出**基于知识嵌入深度神经网络的设备可视缺陷识别技术**，通过在神经网络中内嵌**无锚框机制**，提升小尺寸、多角度可视缺陷识别精度；通过引入**跨模态大模型**技术，结合物联平台中的设备知识图谱，实现小样本可视缺陷的精确检测与分割。

基于知识嵌入深度神经网络的设备可视缺陷识别技术



2.4 数据机理融合的智能辅助决策

设备可视缺陷识别-嵌入模式

采用知识嵌入的可视缺陷识别技术，结合自组网监拍图像，实现21种电力设备可视缺陷识别准确率高**于91.6%**，识别准确率相比行业平均水平提升10%以上，解决了**导线断股、金具脱落、变压器渗漏油**等5类缺陷识别难题。

类型	故障类型	诊断精度	行业现状	样本规模
输电 (10种)	1 塔头变形	92.6%	83.1% ^[1]	300
	2 倒塔	98.7%	90.4% ^[3]	200
	3 杆塔倾斜	98.8%	84.5% ^[1]	200
	4 导线断线	97.7%	87.5% ^[3]	300
	5 导线异物	93.0%	83.4% ^[3]	400
	6 导线断股	93.4%	89.3% ^[1]	300
	7 弧垂过大	96.5%	82.5% ^[1]	200
	8 金具磨损	93.8%	86.5% ^[2]	600
	9 金具变形	97.9%	84.2% ^[1]	500
	10 金具脱落	96.2%	91.3% ^[2]	400

类型	故障类型	诊断精度	行业现状	样本规模
变电 (11种)	11 变压器渗漏油	93.7%	81.3% ^[4]	800
	12 变压器锈蚀	95.0%	83.8% ^[3]	600
	13 发热异常	98.1%	90.6% ^[3]	1000
	14 变压器表计异常	96.8%	84.6% ^[4]	600
	15 呼吸器硅胶变色	97.1%	87.9% ^[3]	400
	16 套管破损	94.8%	83.5% ^[3]	700
	17 套管表计异常	96.8%	82.6% ^[3]	600
	18 套管污秽	94.0%	82.3% ^[3]	400
	19 套管发热	94.6%	84.8% ^[3]	600
	20 断路器渗漏油	91.6%	81.5% ^[3]	500
	21 断路器发热	94.1%	88.4% ^[3]	600

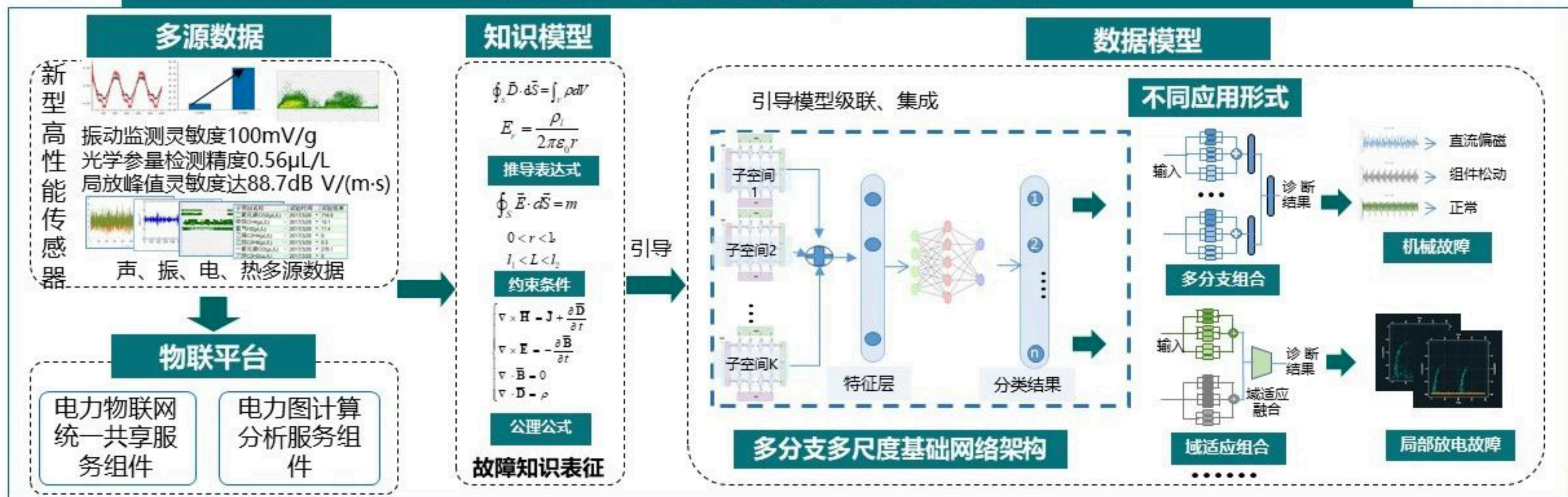
数据来源：[1] 国网公司. 关于公司无人机规模化应用推动运维模式转型的汇报, 公司调研报告, 2023; [2] 南方电网公司. 输电设备图像识别统计结果. 南网调研报告, 2023; [3] 国网公司. 数字化部设备专业种子模型揭榜挂帅结果统计, 公司调研报告, 2023; [4] 国网公司. 变电智能巡视图像算法年度验证比赛. 国网算法比武, 2024.

2.4 数据机理融合的智能辅助决策

设备故障智能诊断-引导模式

针对**设备故障判别规则复杂、监测数据信息密度低**导致的故障诊断准确率低、故障误报问题，提出**基于知识引导的多分支多尺度故障辨识技术**，通过知识引导**多尺度特征融合**和**多分支特征迁移**，实现特征的融合增强，显著提升电力设备典型机械、电气故障的诊断准确率。

基于知识引导深度神经网络的设备故障诊断技术



2.4 数据机理融合的智能辅助决策

设备故障智能诊断-引导模式

采用知识引导的故障辨识技术，结合传感器采集的数据，实现**10种**电力设备典型故障诊断准确率高于**93.5%**，诊断准确率相比行业平均水平提升9%以上，解决了**变压器铁心夹件松动**、**局部放电**等设备内部故障诊断难题。

类型	故障类型	诊断精度	行业现状
配电 (1种)	1 温升故障	93.5%	88.2% ^[2]
保护 (4种)	2 硬件故障	99.6%	86.2% ^[3]
	3 软件故障	98.0%	85.3% ^[3]
	4 通道故障	95.9%	87.5% ^[3]
	5 二次回路故障	96.9%	84.4% ^[3]

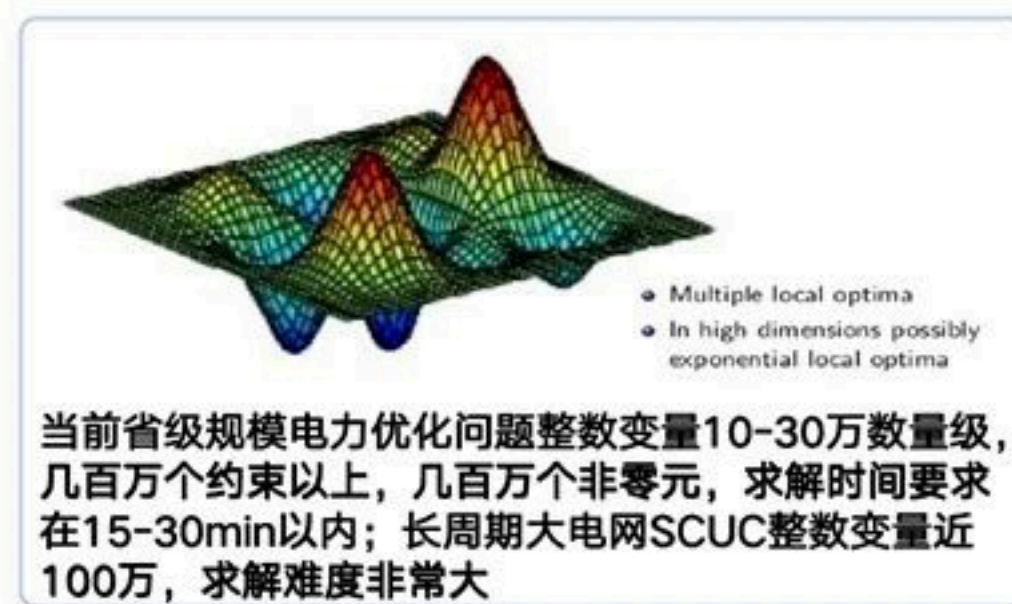
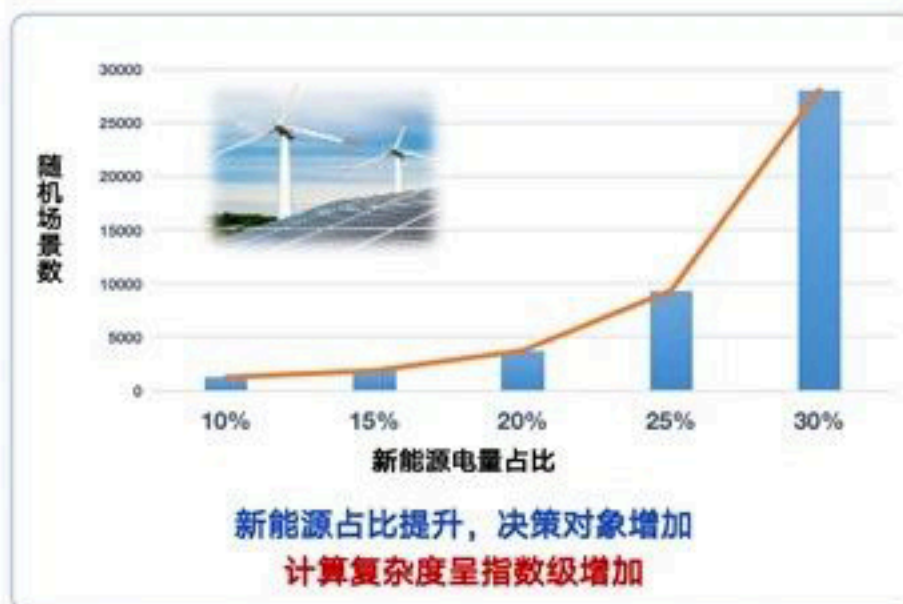
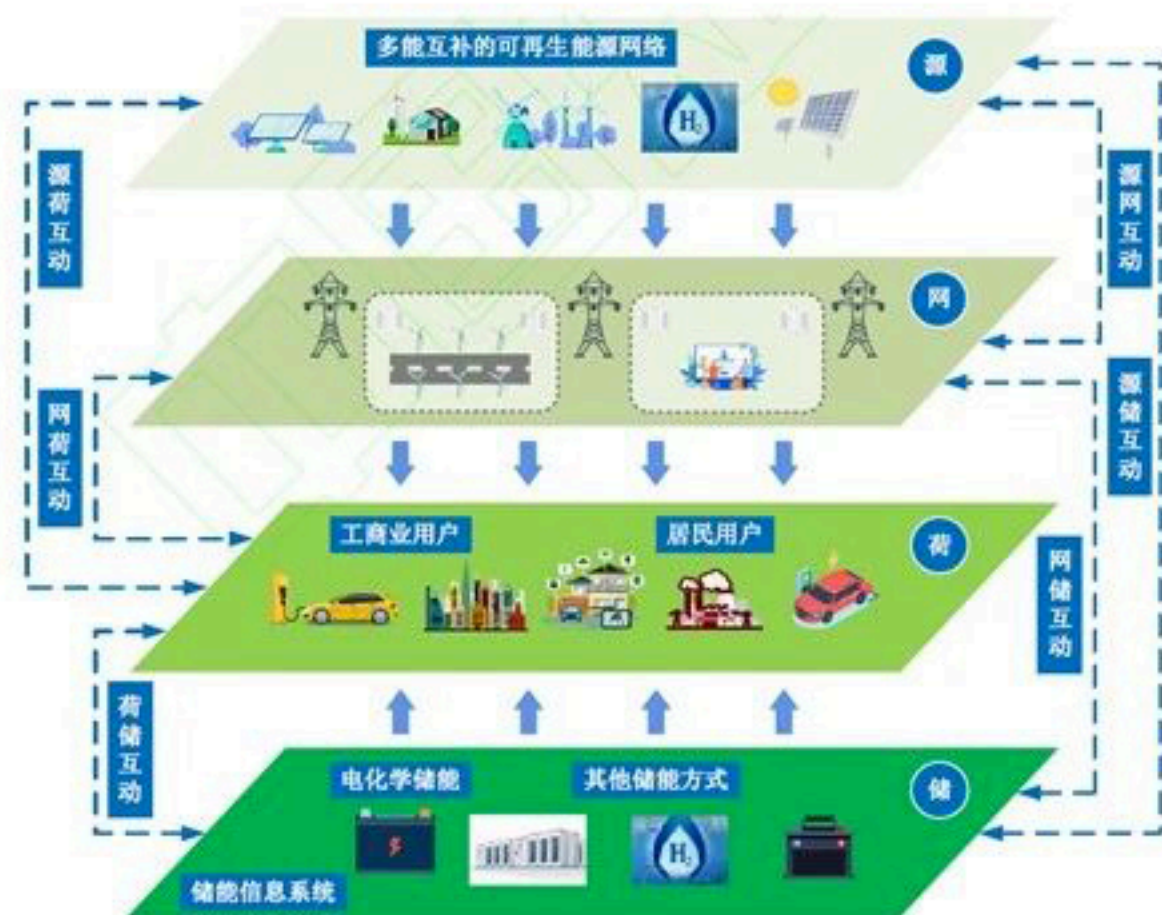
类型	故障类型	诊断精度	行业现状
变电 (5种)	6 铁心夹件松动	99.5%	97.7% ^[1]
	7 直流偏磁	99.4%	97.2% ^[1]
	8 绝缘油发热性故障	95.3%	86.9% ^[2]
	9 悬浮放电故障	97.3%	84.5% ^[2]
	10 内部气隙放电故障	96.9%	85.3% ^[2]

数据来源：[1] 国家电网公司. 国网设备部声纹算法比武结果, 公司算法比武公布成绩, 2023; [2] 南方电网公司. 变电设备状态感知能力统计, 南方电网发展报告, 2023; [3] 国家电网公司. 二次设备缺陷智能诊断与识别应用, 公司调研报告, 2023。

2.4 数据机理融合的智能辅助决策

源网荷储自主智能调控技术-串行模式

随着随机波动的新能源占比提升，传统的“源随荷动”平衡模式将向“源网荷储互动”转变。同时，分布式电源、电动汽车、虚拟电厂等交互式主体在配网大量涌现。针对**源网荷储互动面临的源荷双侧不确定性、决策对象海量等调控优化难题**，提出基于人工智能的源网荷储智能调控方法。

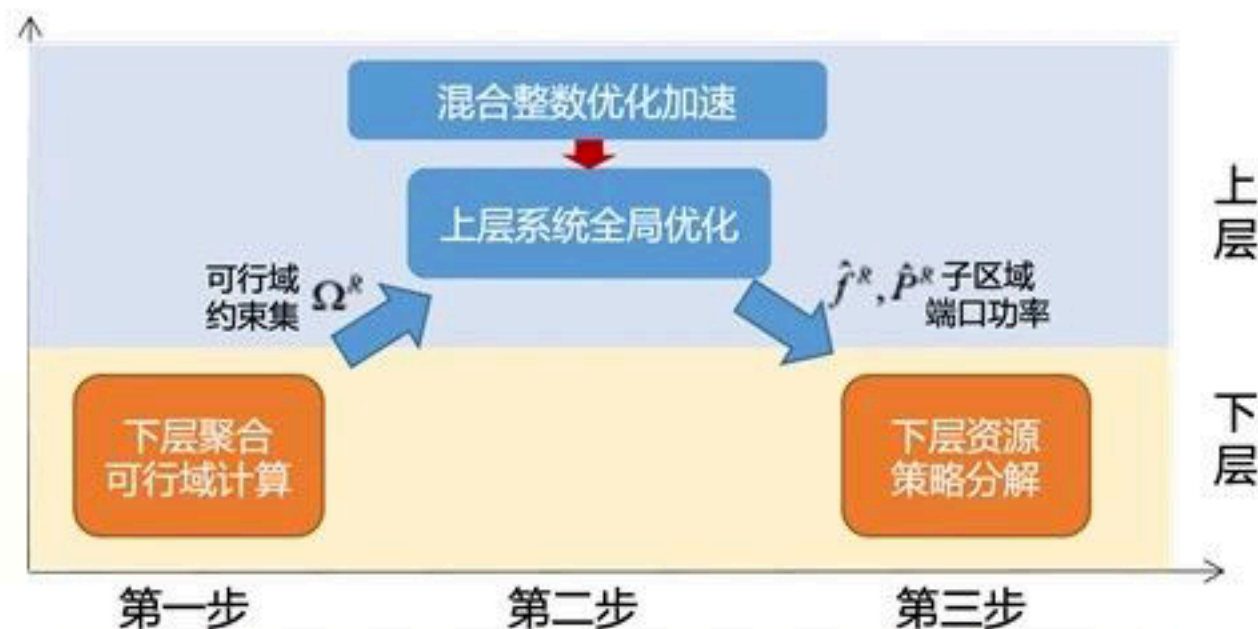


- 随着新能源占比提升和储能、可控负荷等决策对象爆发增加，电网优化计算复杂度呈指数级增加，传统基于运筹优化的商业求解器难以高效求解；
- 电力优化问题0-1变量多、电量爬坡等耦合约束多，混合整数规划求解难度随问题规模和复杂度指数上升。

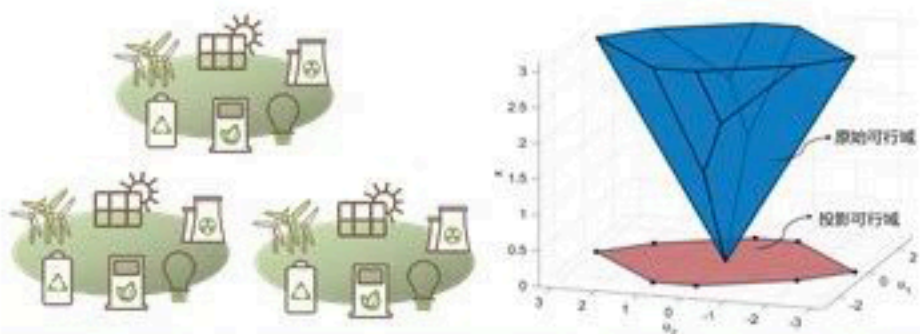
2.4 数据机理融合的智能辅助决策

源网荷储自主智能调控技术-串行模式

构建模型/数据交互驱动的协同调度优化模型，上层基于**深度强化学习加速的优化求解器**进行混合整数优化求解；下层基于**可行域降维**方法实现各区域可控对象和约束的快速聚合。实现分布式电源、储能、可控负荷的全局优化和协调控制，**秒级生成**考虑低碳经济运行的**源网荷储调度策略**。



基于有序顶点搜索的投影可行域计算

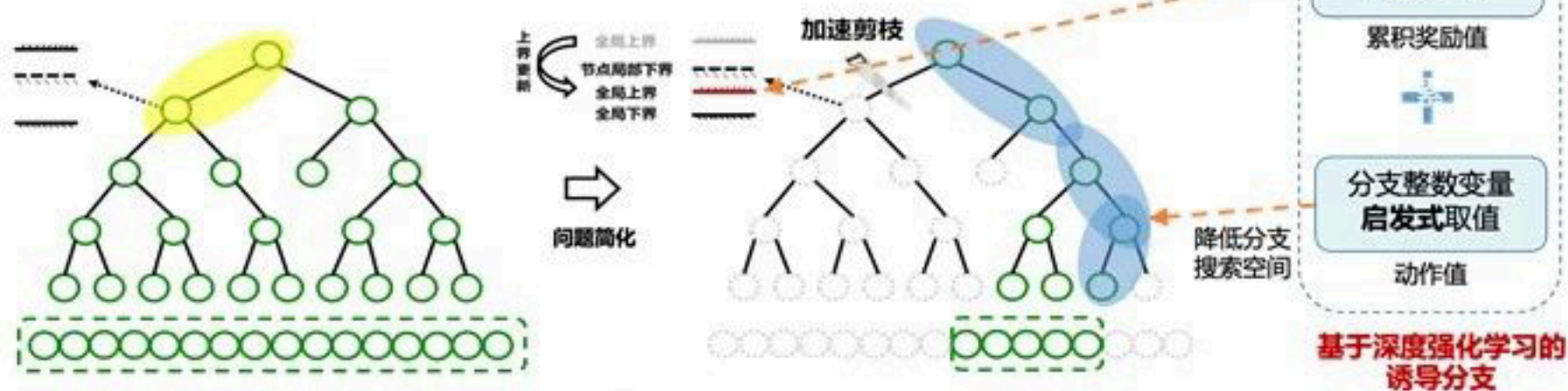


基于深度强化学习的分支诱导加速

$$P_j(t) = P_j^L(t) + 1_{j \in S} P_j^S(t) - 1_{j \in G} P_j^{DG}(t)$$

$$P_j^S(t) = I_j^{S,dis}(t) P_j^{S,dis}(t) - I_j^{S,ch}(t) P_j^{S,ch}(t)$$

整数变量：电源启停、线路开关状态、储能充放、购售电状态等

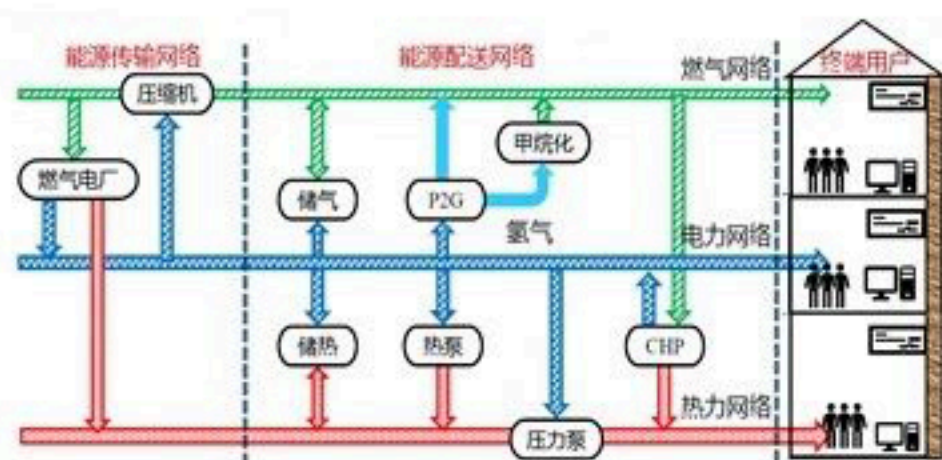


电网规模	10024节点
本方法	26s
Cplex	>3min

2.4 数据机理融合的智能辅助决策

综合能源自治协同技术-嵌入模式

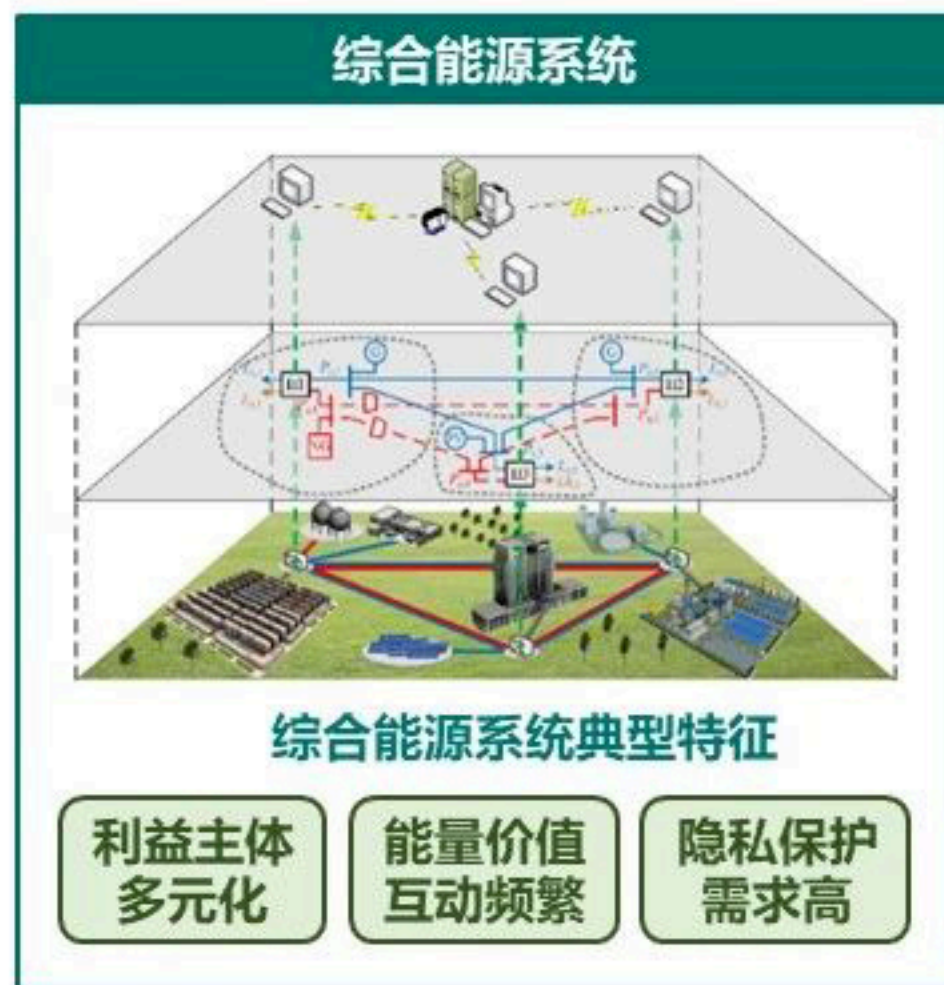
随着能源市场逐步呈现投资多主体化、运营多能流化的发展态势，以“多方投资、多方参与”为特征的综合能源系统必将成为未来能源领域的重要发展形态。针对**多能流时空耦合**、**多利益主体博弈**、**互动机理复杂**等难题，提出兼顾综合能源系统运行优化与多主体利益均衡的**自治协同策略生成方法**。



多能时空耦合



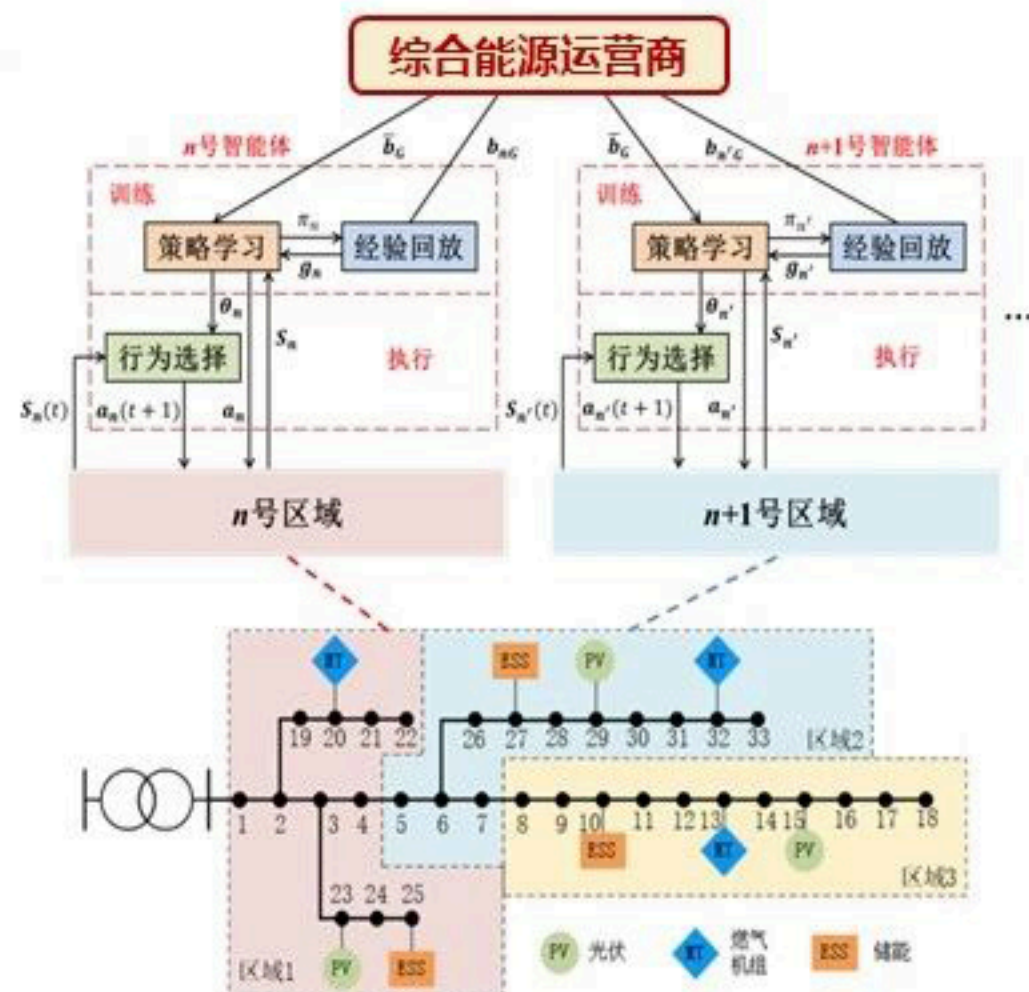
多元利益主体



协同互动决策



博弈机理复杂



智慧社区多能微网

工业园区多能微网

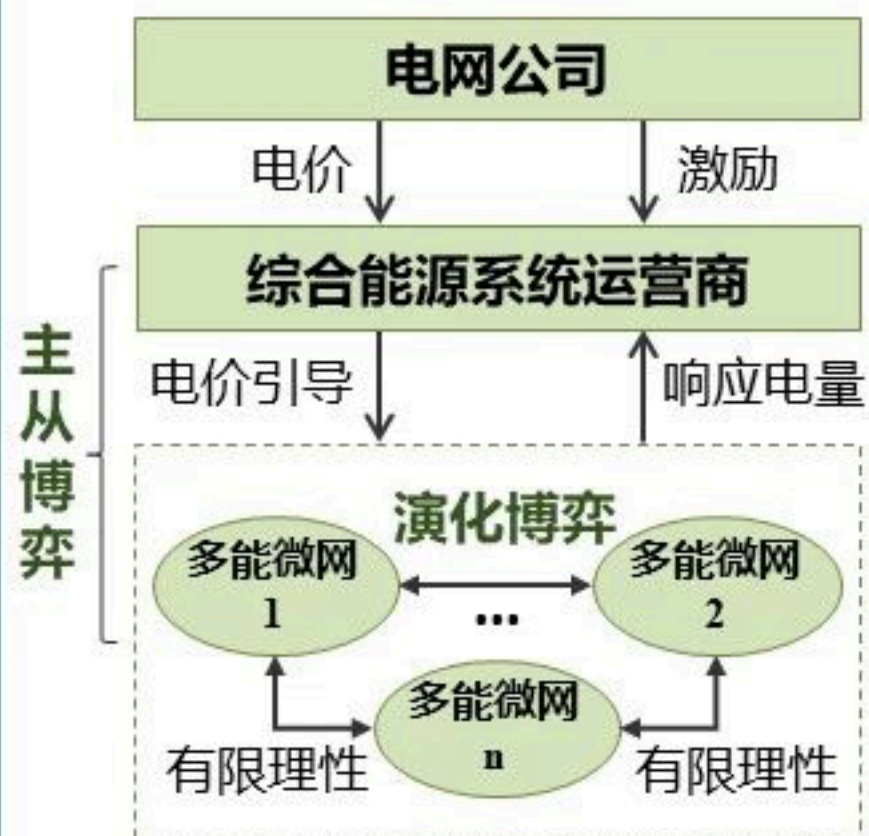
2.4 数据机理融合的智能辅助决策

综合能源自治协同技术-嵌入模式

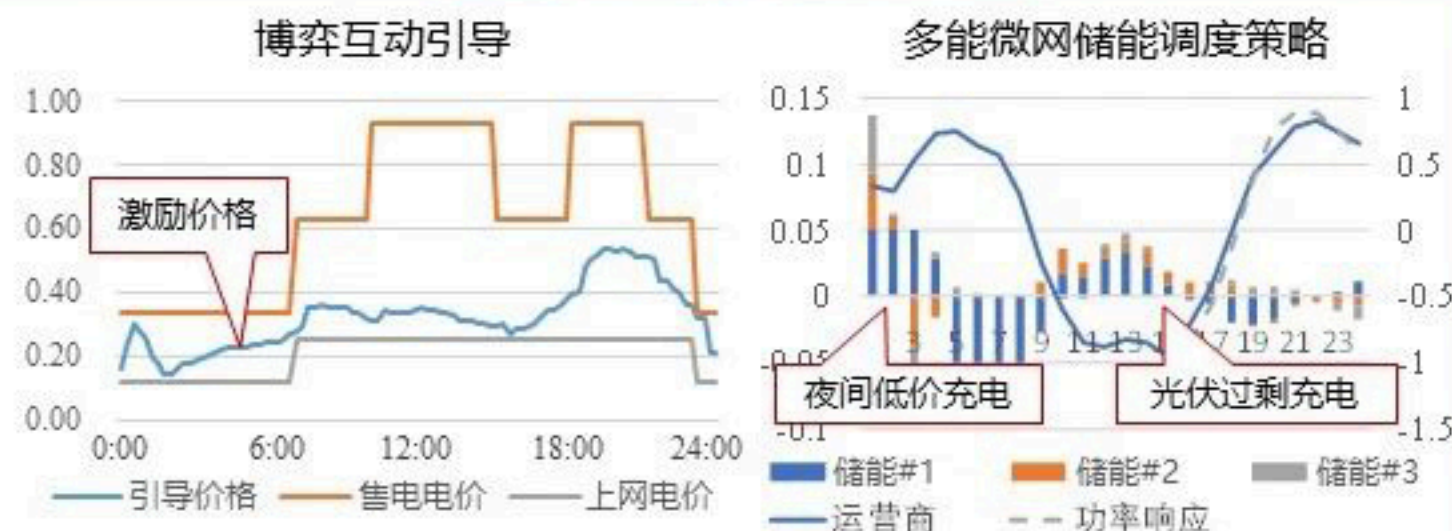
提出**考虑有限理性的“主从+演化”分层博弈模型**，上层运营商以收益最大化为目标调整激励价格；下层多能微网以运行成本最小为目标，基于激励价格调整购售电量。运营商通过制定合理的激励价格，可引导**多能微网自治协同优化决策**，实现**运营商收益提升6.98%**，**多能微网运行总成本降低19.76%**。

分层博弈模型

多能微网间博弈自治协同



博弈结果对比分析



各个多能微网运营成本对比

运营模式	总成本/元
电网直购	4561.97
主从博弈	4166.30 (降低8.67%)
主从+演化	3660.51 (降低19.76%)

运营商效益提升

运营商效益对比

主体效益	互动前	互动后	提升
运营商收益	665.51	711.94	6.98%



目录

CONTENTS

01. 研究背景意义

02. 主要关键技术

03. 智能应用实践

04. 未来趋势展望

3 应用实践

概况

将智-云-管-边-端五个层级的**四大技术突破**整体应用于**天津滨海电力物联网示范工程**。示范工程贯通生产控制大区、管理信息大区、互联网大区以及社会大众之间的数据流，端侧部署高性能传感器，边侧部署多参量物联终端，通过无线自组网、光纤/无线专网等通信方式，将数据汇聚到电力物联网支撑平台，平台之上部署应用系统，**提供对内对外服务**，整体提升电网的**感知深度和智能化水平**。

五个层级

十项工程应用

四大技术突破



3 应用实践

自主可控电力多参量物联应用

研制了基于自主可控RISC-V芯片的**电力多参量物联终端**，整数计算能效**提升75%**，在天津市滨海新区220kV滨幸一线、500kV滨海站以及塘沽自贸区TM292等4座配电室部署。通过电力多参量物联终端实现干级节点传感器的**即插即用**、**快速接入**以及影像数据的**就地处理**。

输电环节

220kV滨幸一线安装多参量物联终端，接入**51套可视化终端**，实现线路及通道状态的初步诊断及告警



变电环节

500kV滨海站安装多参量物联终端，接入等**15类共1244套(只)**变电设备状态感知传感器，上传至物联管理平台



配电环节

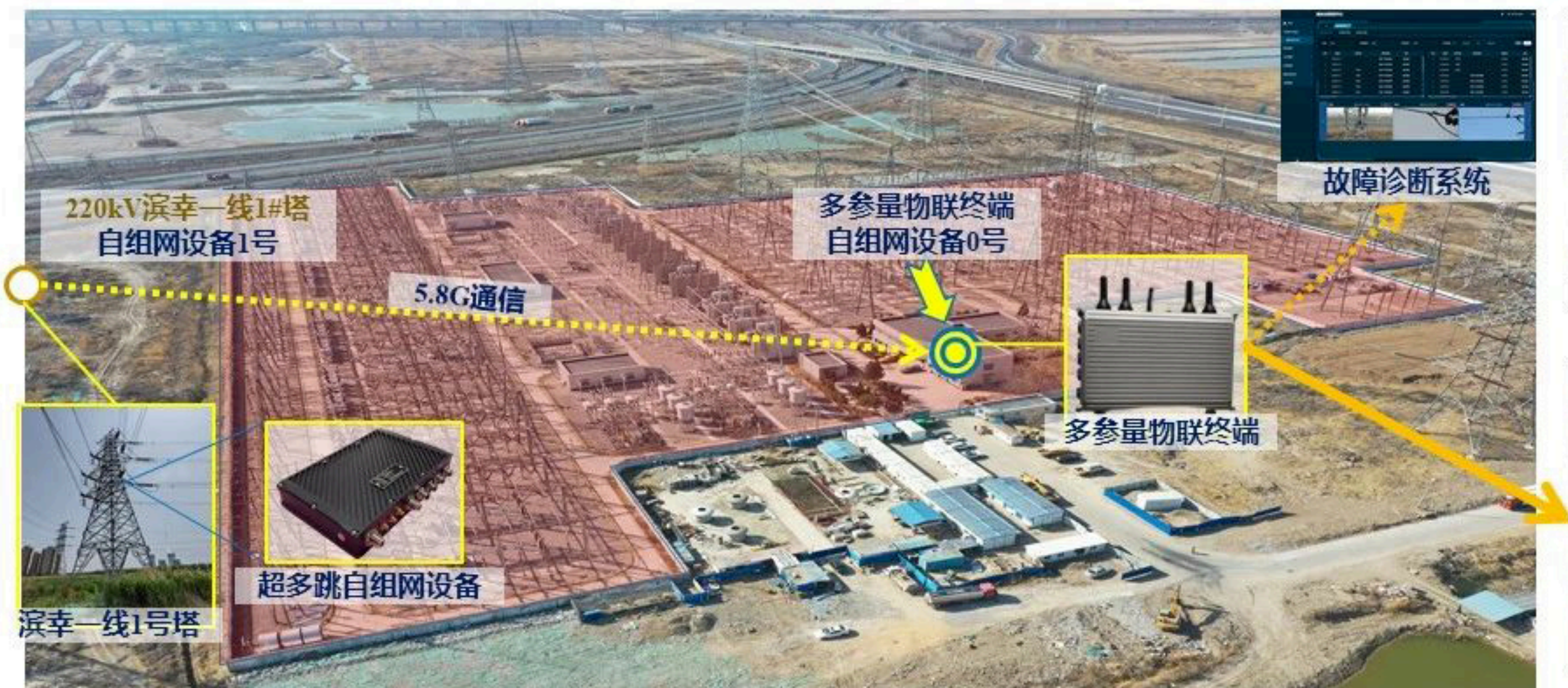
TM292等4座配电室内安装4台多参量物联终端，接入**14类共314只**传感器数据，并上传至物联管理平台



3 应用实践

超多跳自组网应用

在220kV滨幸一线上安装**自组网设备**，接入51基杆塔线路可视数据，经过滨海站内多参量物联终端数据传输至**物联管理平台/全景平台**，为**输电设备故障诊断系统**提供输电线路视频/图像数据。完成**宽带自组网50跳数据高可靠传输、断点网络自恢复**以及多参量物联终端实时**智能识别能力**验证。

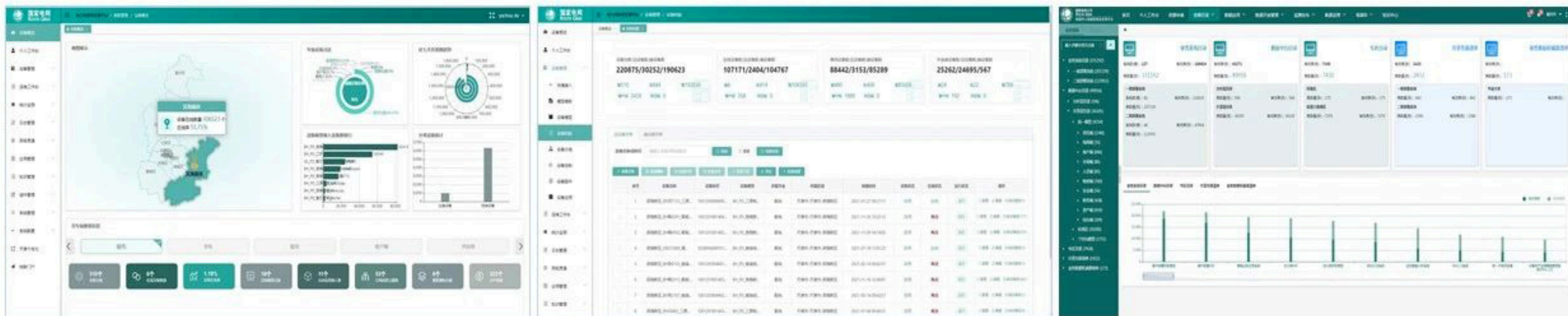


就地实时智能识别

3 应用实践

电力物联网支撑平台应用

电力物联网支撑平台部署于天津滨海示范区，已接入**多参量物联终端和4类新型传感器采集数据**，以及中新生态城**能量管理系统、分布式能源等数据**，同时支撑运检、营销等专业3大类型392种数据采集，日均采集数据8700万余条，**提供多模态数据定制化接入分发**。支撑输变配电设备故障诊断、源网荷储智能调控、综合能源自治协同等应用，推进了跨领域业数融合和统一数据服务的质效提升。

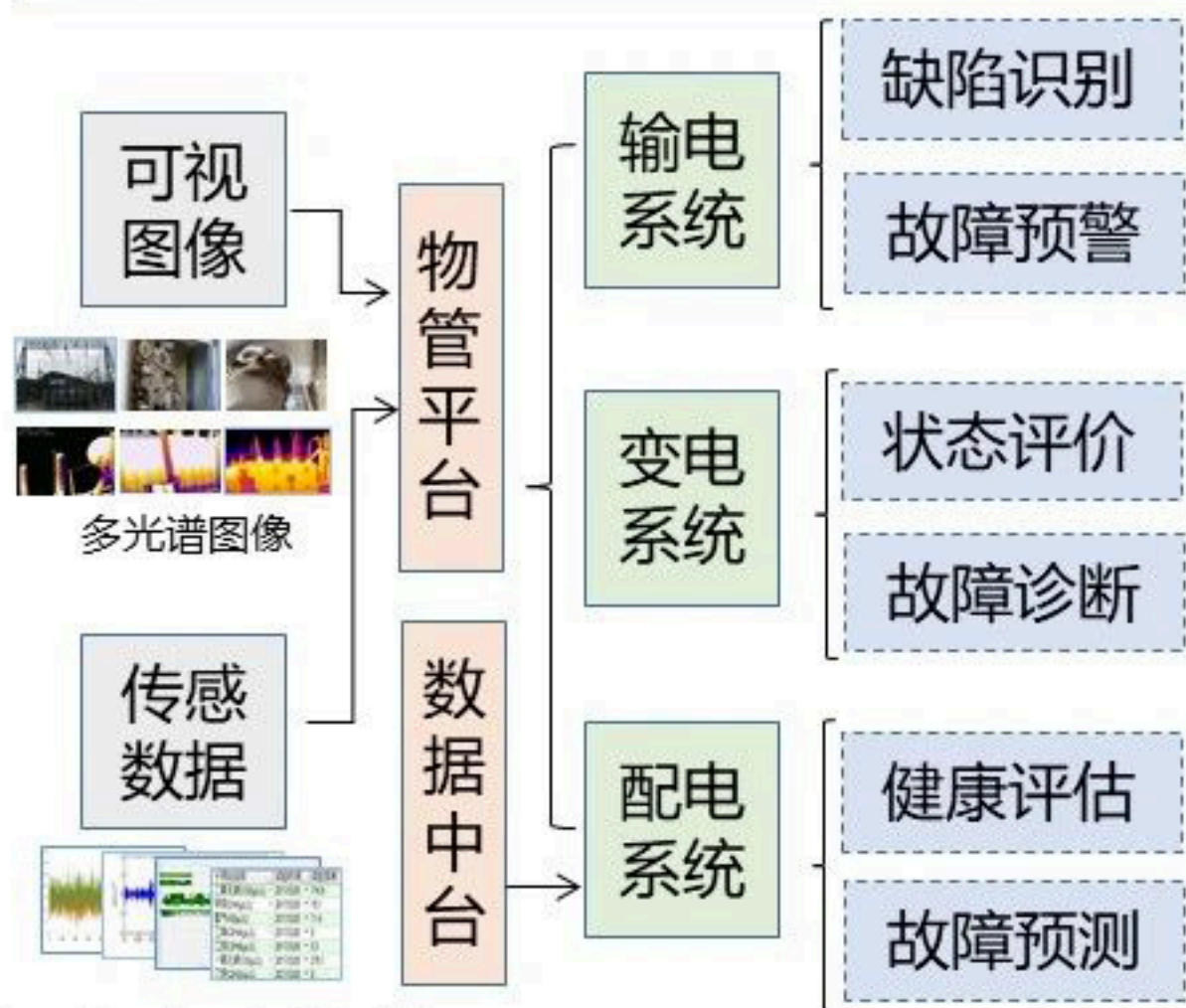


电力物联网支撑平台界面

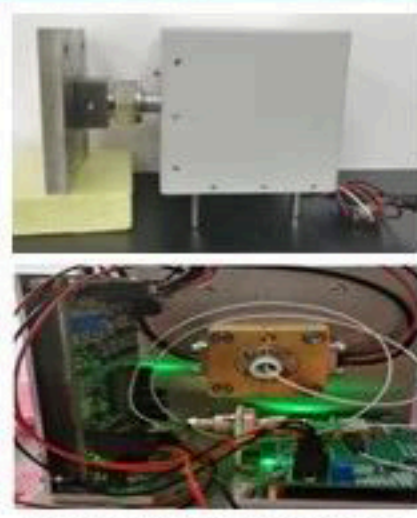
3 应用实践

电力设备故障智能感知与诊断应用系统

电力设备故障智能感知与诊断应用系统可对电力设备**31种**典型缺陷、故障进行智能辨识与诊断，典型故障综合诊断准确率从82%提升至**90%以上**，系统经过近一年的运行，累计发现**3次**设备状态异常（**油中溶解气体异常、接地电流异常、振动信号异常**），有效指导检修班组开展消缺工作，支撑设备运检质效提升。



2023年10月，疑似220kV鄱阳路站某变压器油中气体异常



2023年12月，现场排除异常干扰，保障变压器正常运行

3 应用实践

源网荷储自主智能调控应用系统

源网荷储自主智能调控系统具有源荷场景生成、优化储能出力、管理可控负荷、维持系统稳定运行等功能，千级计算节点调度策略平均计算时间13.68s，实现了**可再生能源100%就地消纳和源网荷储资源高效利用**。

数据接入方式

调度自动化系统

电力物联网支撑平台

源网荷储自主智能调控系统



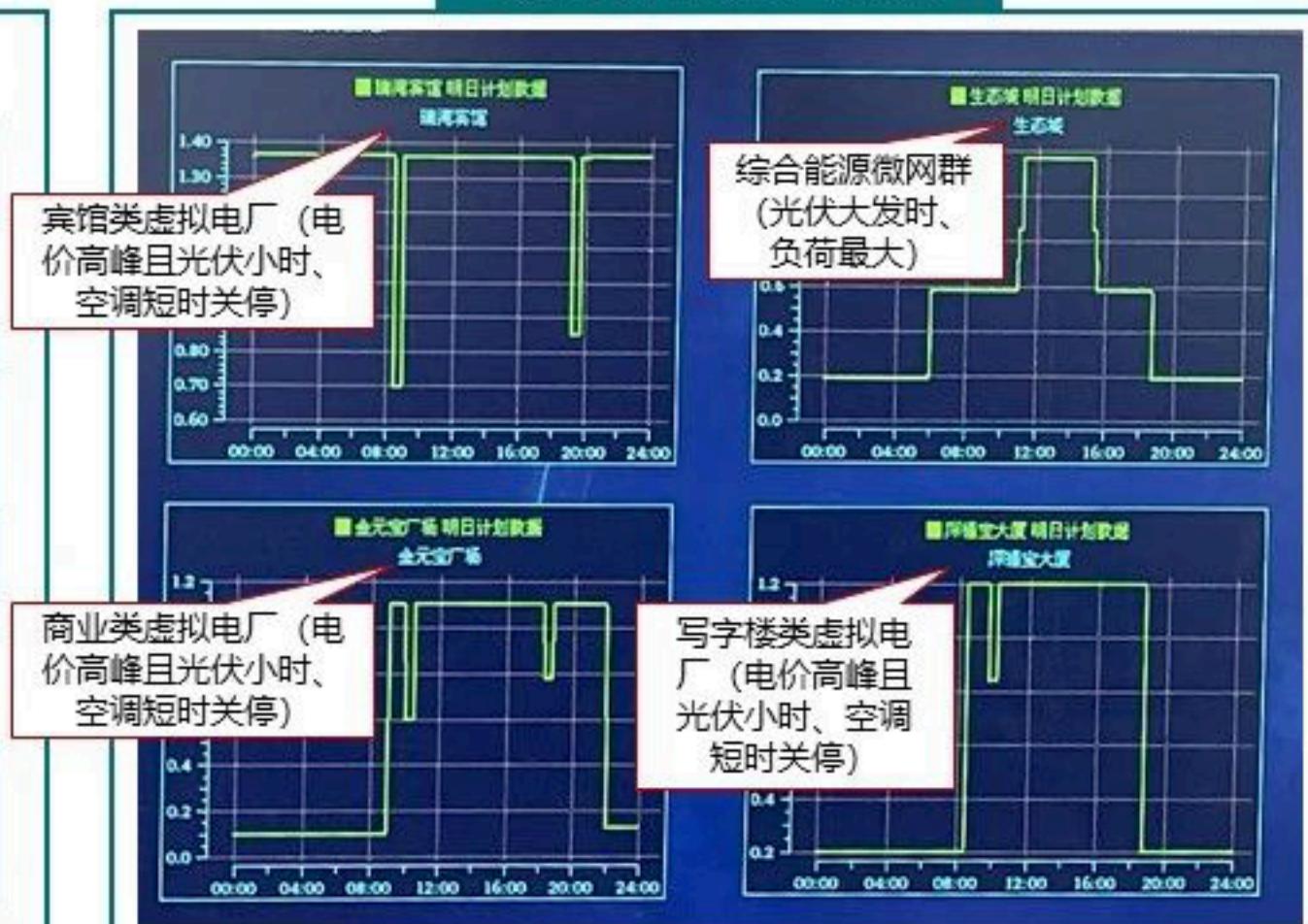
可调范围 ↑ ↓ 调节总量

综合能源自治协同应用系统

滨海源网荷储情况

对象	个数	容量(MW)
集中式 新能源场站	19	1972
分布式 新能源	87	433
虚拟电厂	37	43
储能	1	10
调度策略计算平均时间	13.68s	

源网荷储调控案例



3 应用实践

综合能源自治协同应用系统

综合能源自治协同应用系统集成了综合能源多能流分析、自治运行及协同优化等智能算法模型，可引导多能微网调整能量资源调度策略，提升多能微网间互动水平，实现**运营商收益提升6.98%**，**多能微网运行总成本降低19.76%**。

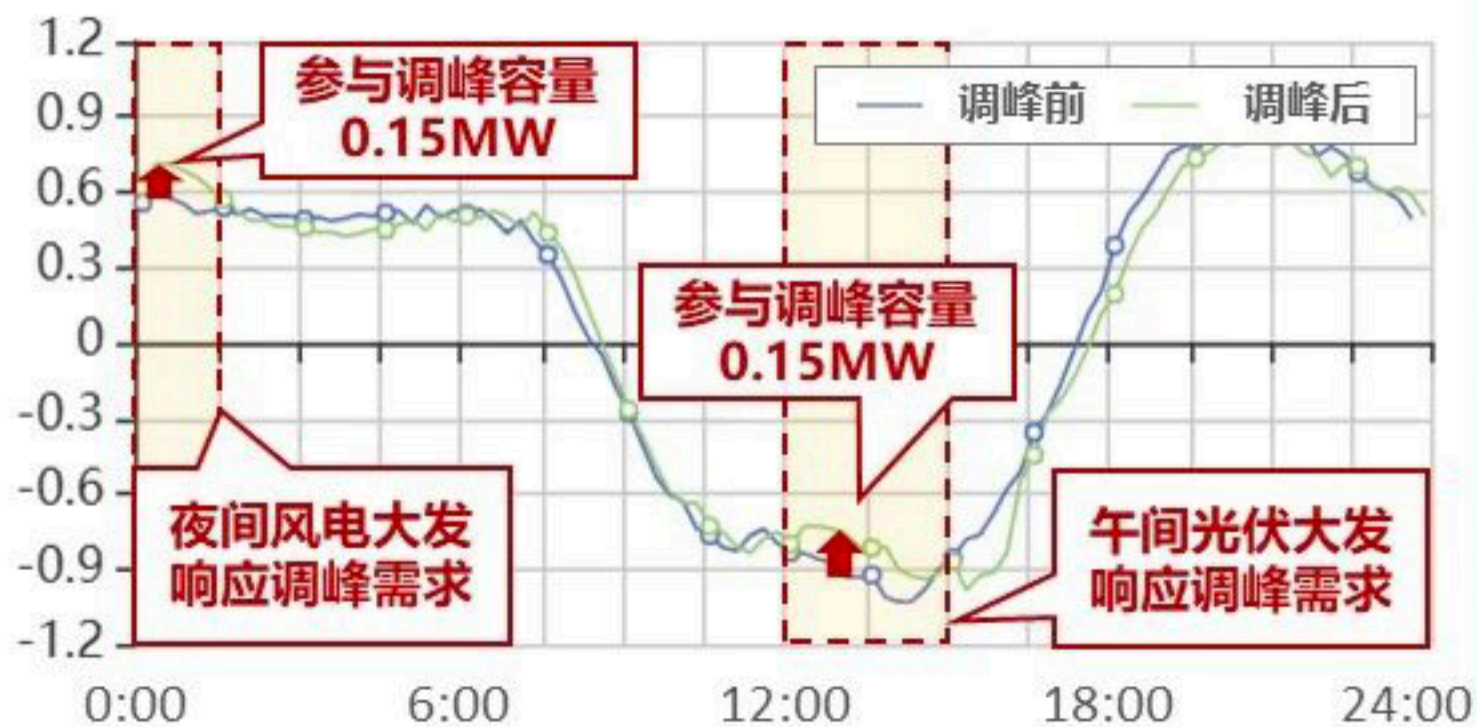
数据接入方式



综合能源自治协同应用案例



聚合多能微网



负荷调控快速响应，决策时间0.2秒

目录

CONTENTS

01. 研究背景意义

02. 主要关键技术

03. 智能应用实践

04. 未来趋势展望

4 未来展望

未来发展方向

针对新型电力系统的实际应用需求，未来需要进一步以**电力专用智算平台及专用大模型**为底座，构建**电网数字孪生系统**，采用**科学智能第五范式（AI4S）**，实现**数据知识融合与大小模型协同决策**。

应用层面：大小模型协同

针对源荷随机的高度复杂电网，基于边云协同的全局优化与区域自治来实现实时、精准、高效决策制定

系统层面：数字孪生系统

突破集成智能、自主趋优等技术，构建物理数字双向迭代趋优进化的电网运行指挥大脑

范式层面：科学智能第五范式（AI4S）

突破知识数据融合、大模型-专业模型协同等技术，实现更加高效、可信的电力科学计算

电力专用智算平台+专用大模型

突破价值对齐、可信增强、具身智能等技术，打造电力专用智能底座

4 未来展望

AI4S

科学研究范式经历了**实验观察**、**理论推导**、**计算仿真**、**数据驱动**四次演变。**AI for Science (AI4S)**作为驱动科学研究的**第五范式**，将利用AI推动科学发现和理论创新，提高科学研究的效率和准确性。

数字化智能化是电网高质量发展的重要特征。**AI4S**够借助机器学习在高维问题的表示能力，真实细致地**刻画复杂系统的机理**，同时把基本原理以更加高效、更加实用的方式**应用于解决实际问题**中，对于赋能电力科研范式变革，**提升电力科研创新质效**，具有重要推动作用。



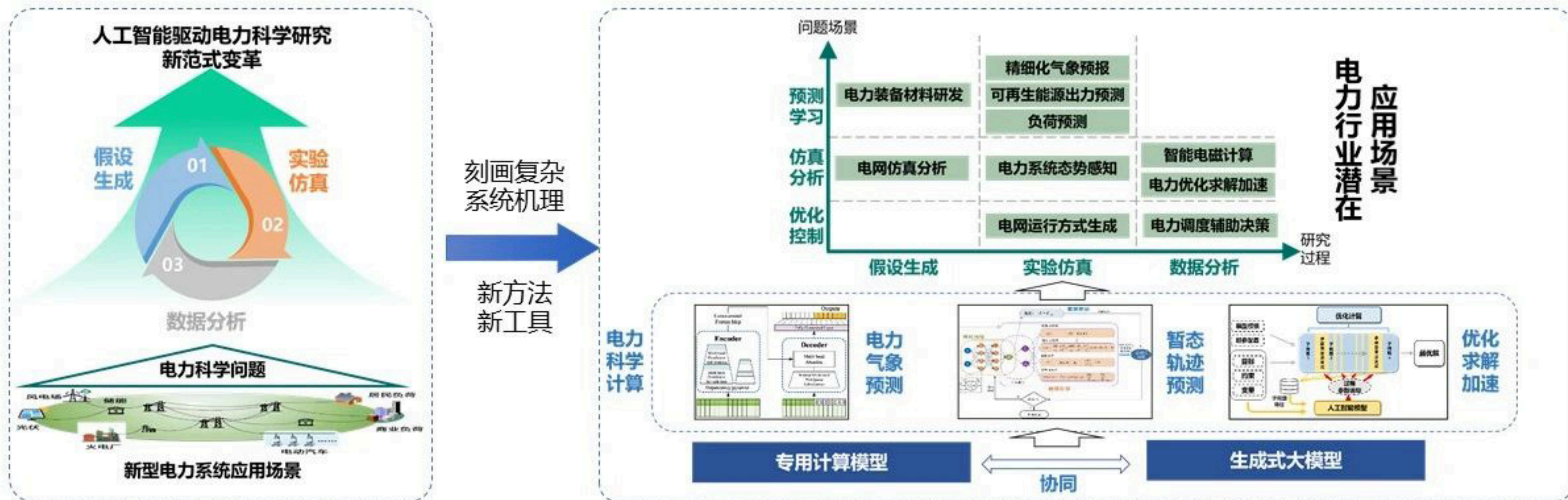
注：范式主要是指各个学科在一定历史时期形成的对某种专业知识的见解与共识。

4 未来展望

AI4S

新型电力系统**预测、分析、优化**问题直接建模复杂，机理方法难以处理。AI4S通过AI技术引导科学**假设生成**、助力科学**实验仿真**、辅助科学**数据分析**，积极赋能电力应用技术研发。

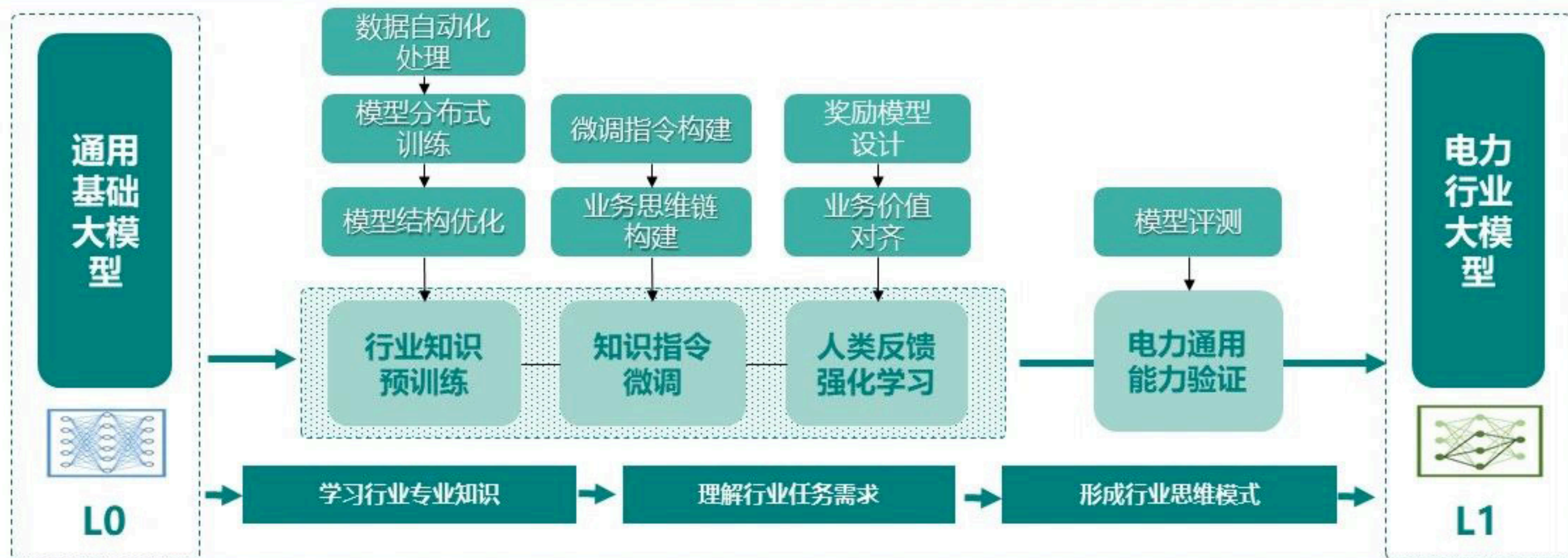
聚焦新型电力系统人工智能应用典型场景，构建专用计算模型与生成式大模型，并通过**大模型-专用模型**协同实现电力气象预测、暂态轨迹分析、优化求解加速等**电力科学计算**。



4 未来展望

电力行业大模型

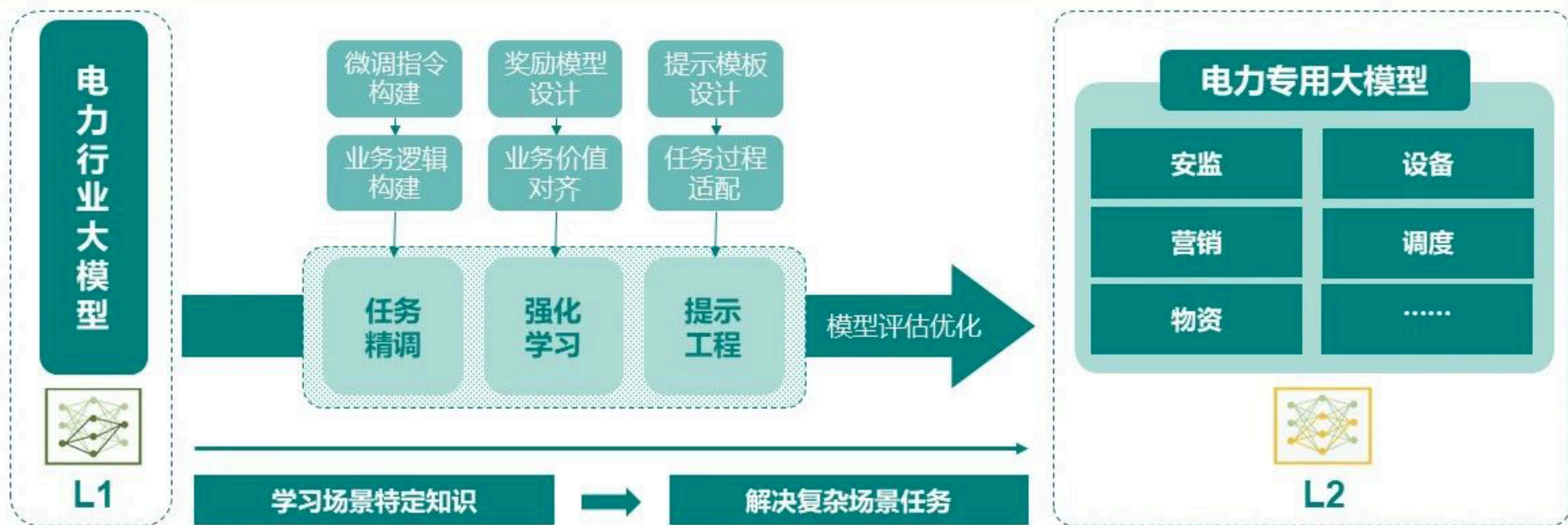
近年来，以**大模型**为代表的**生成式人工智能**快速兴起，能够对电力业务文本中所包含的知识进行自监督学习，大幅提升电力人工智能的感知与认知能力。首先，通过对**通用基础大模型（L0）**进行电力通用数据继续预训练，实现电力通用业务理解能力，进一步通过指令微调、强化学习，对齐电力业务价值，完成**电力行业大模型（L1）**构建。



4 未来展望

电力专用大模型

基于**电力行业大模型 (L1)**，通过任务样本构建、任务精调、强化学习、提示工程、评估优化等环节，开展**电力专用大模型 (L2)** 构建，支撑安监、设备、营销、调度等专业细分场景应用。**大模型**采用生成式人工智能范式，对知识驱动和数据驱动的人工智能进行融合，利用知识、数据、算法、算力四个要素，构建了新的可解释和鲁棒的AI理论与方法，为业务人员提供更灵活、更智能的应用体验。





国家电网
STATE GRID

中国电力科学研究院

CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

结语

能源电力产业与先进数智化技术融合发展是落实“四个革命、一个合作”能源安全新战略和建设新型能源体系的有效措施。物联网技术是信息物理系统的支撑底座，人工智能技术是新质生产力的驱动要素。二者应用于电力领域，为赋能电力行业数智化转型升级、破解新型电力系统环境-安全-经济挑战提供了重要支撑。

感谢国家重点研发计划项目“电力物联网关键技术”的资助。