



电力人工智能发展报告

Progress Report on Electric Artificial Intelligence

中国电机工程学会人工智能专业委员会

2019年11月

当前正处于能源革命和数字革命的交汇期，人工智能是引领这一轮革命的战略技术。人工智能与电力系统的结合，必将对电力系统发展和技术进步产生巨大的推动作用。为分析凝练人工智能在电力系统的主要应用场景和应用现状、发展趋势和未来愿景，推进人工智能与电力系统各专业融合发展，特编制电力人工智能发展报告。





中华人民共和国中央人民政府
www.gov.cn



简 | 繁 | EN | 注册 | 登录



国务院



总理



新闻



政策



互动



服务



数据



国情



国家政务服务平台

首页

>

信息公开

>

国务院文件

>

科技、教育

>

科技



索 引 号: 000014349/2017-00142

发 文 机 关: 国务院

标 题: 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知

发文字号: 国发〔2017〕35号

主 题 词:

主题分类: 科技、教育\科技

成文日期: 2017年07月08日

发布日期: 2017年07月20日

国务院关于印发
新一代人工智能发展规划的通知
国发〔2017〕35号

各省、自治区、直辖市人民政府，国务院各部委、各直属机构：
现将《新一代人工智能发展规划》印发给你们，请认真贯彻执行。
国务院
2017年7月8日
(此件公开发布)

新一代人工智能发展规划

相关报道

- 国务院印发《新一代人工智能发展规划》

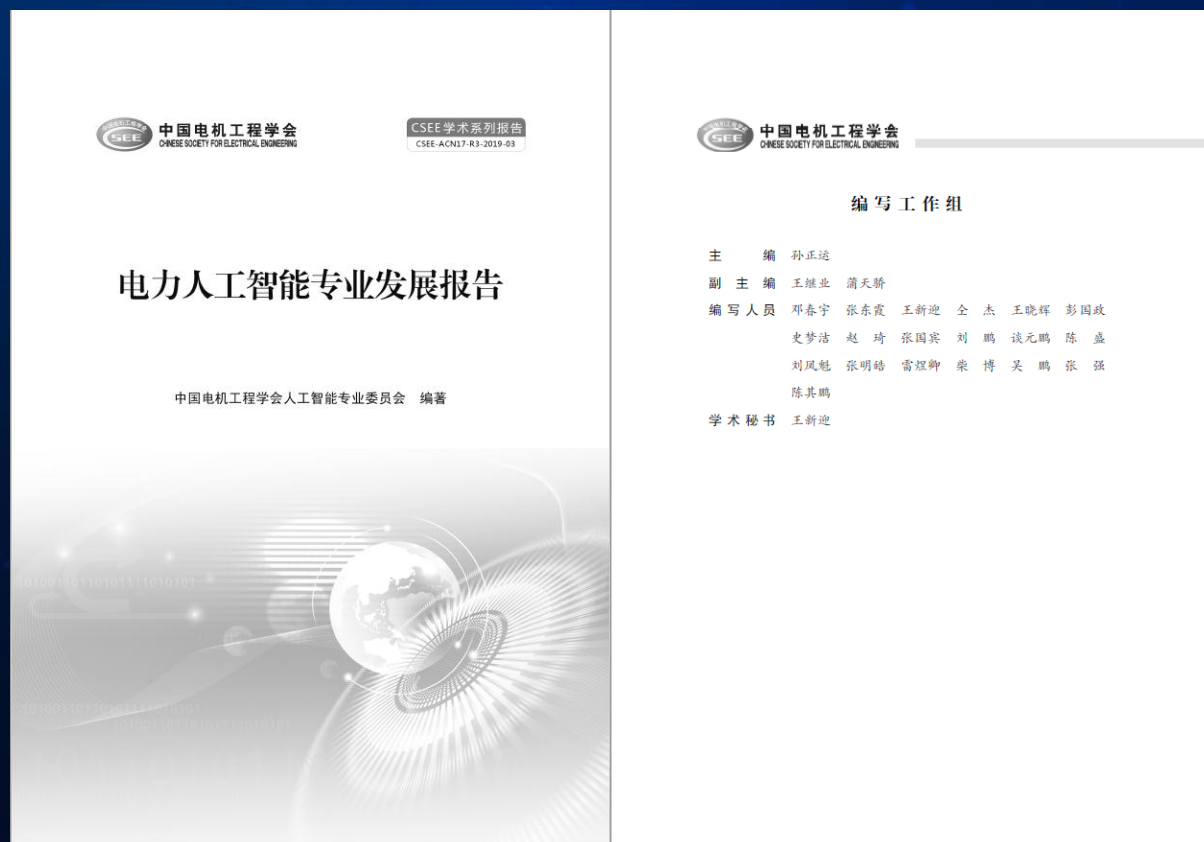
图解

- 国务院印发《新一代人工智能发展规划》

解读

- 总理政府工作报告带火的这件事，有了国家规划！
- 构筑人工智能先发优势 把握新

电力人工智能发展报告编制由专委会主任委员孙正运任主编，由专委会副主任委员王继业任副主编，集合相关专家力量，历时八个月，完成编制。





目录

CONTENTS

01 电力人工智能概述

02 电力人工智能技术应用现状

03 发展趋势分析与展望

04 创新发展建议



01 电力人工智能概述

01 电力人工智能概述

人工智能发展背景

在理论算法的发展、计算能力的提升、数据资源的增長，以及经济社会发展强烈需求的共同驱动下，人工智能呈现出深度学习、跨界融合、人机协同、群智开放和自主智能的新特点，进入新的发展阶段，称之为“**新一代人工智能**”。



01 电力人工智能概述

电力人工智能

电力人工智能是人工智能的相关理论、技术和方法与电力系统的物理规律、技术与知识融合创新形成的“**专用人工智能**”。针对当前和未来电网高随机性、强耦合性、多时间尺度等特点，将人工智能技术和电力领域专业知识相结合形成针对性解决方案。



01 电力人工智能概述

技术与应用研究重点

在理论与技术方面，人工智能目前正在向**强鲁棒的人机协同混合增强**、**高泛化性迁移学习**、**具备可解释性的知识与数据融合**等方向发展；

在业务应用方面，电力人工智能将从浅层特征分析发展至**深度逻辑分析**，从环境感知发展至**自主认知与行为决策**，从电力系统业务辅助决策发展至**核心业务决策**。





02 电力人工智能技术应用现状

02 电力人工智能技术应用现状

电力人工智能涉及智能感知、智能平台、智能计算和智能认知四方面核心技术。

芯片
边缘计算

智能感知

传统机器学习
深度学习
强化学习

智能计算

智能平台

训练框架
服务平台

智能认知

自然语言处理
知识图谱
认知计算

国外对人工智能在电力系统的应用研究单位大体可分为四类，研究应用各有侧重：

科研机构：主要参与能源部门、国家实验室主导的科技项目。

如**斯坦福大学**通过对历史数据分析识别电力波动和电网薄弱环节，自动对重大事件作出快速而准确的反应。

互联网巨头：将先进的人工智能技术应用到能源电力系统中。

如Google旗下的**DeepMind**与英国国家电网合作，通过机器学习技术精准预测电力供需，以充分利用可再生能源。

传统能源电气公司：偏向专业物理模型与数据分析模型结合，提供完整解决方案。

如美国**GE公司**的Predix物联网云平台使用了元数据+物理建模+人工智能与机器学习的组合方式来提供工业级完整解决方案。

小型高科技公司：针对用电、配电与新能源领域数据进行深入分析，利用人工智能技术优势开展轻量级创新案例。

如美国**C3 IoT公司**通过纯粹的数据模型分析方式来挖掘能效潜力、识别异常用电、优化投资决策。

电力人工智能的国内应用研究范围涉及电力系统发、输、变、配、用全环节，在发电功率预测、设备智能巡检、设备异常与故障应急处理、客服智能服务、电网故障处理及紧急控制等业务中已有相关应用研究。

发电领域

- 新能源：光伏超短期功率预测、风电集群功率预测
- 传统发电：火力发电机组控制优化

输变电领域

- 输变电设备故障智能诊断和状态评估
- 变电站监控视频图像智能识别
- 输电线路巡视图像（视频）智能识别
- 基于可穿戴设备的变电站智能巡检专家系统

配用电领域

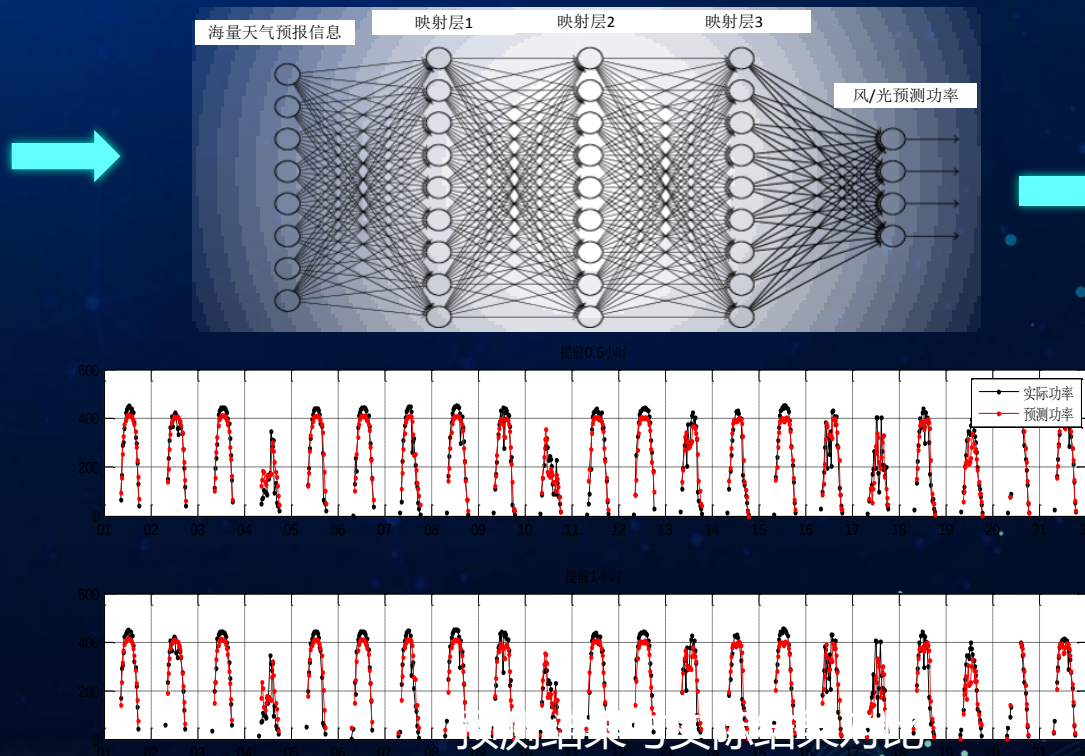
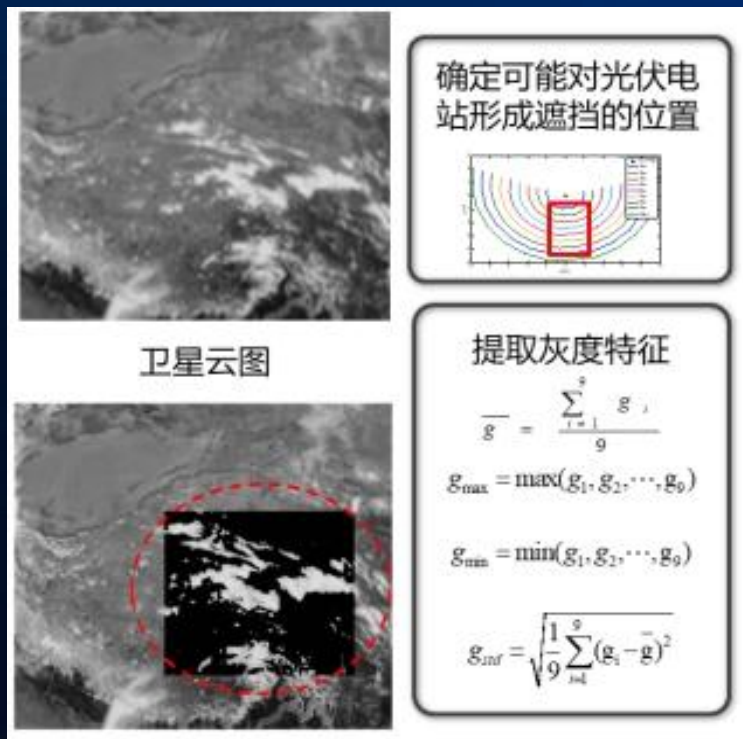
- 基于引导学习的配电网健康指数评估
- 基于知识图谱的客服智能问答
- 低压配电台区拓扑智能识别
- 用户用电行为分析
- 配网故障智能研判分析

电网安全与控制领域

- 电网紧急控制策略
- 智能调度机器助手参与调度辅助决策
- 系统主动安全防御
- 系统自愈与网络重构
- 基于多源数据融合的电网故障分析及应用

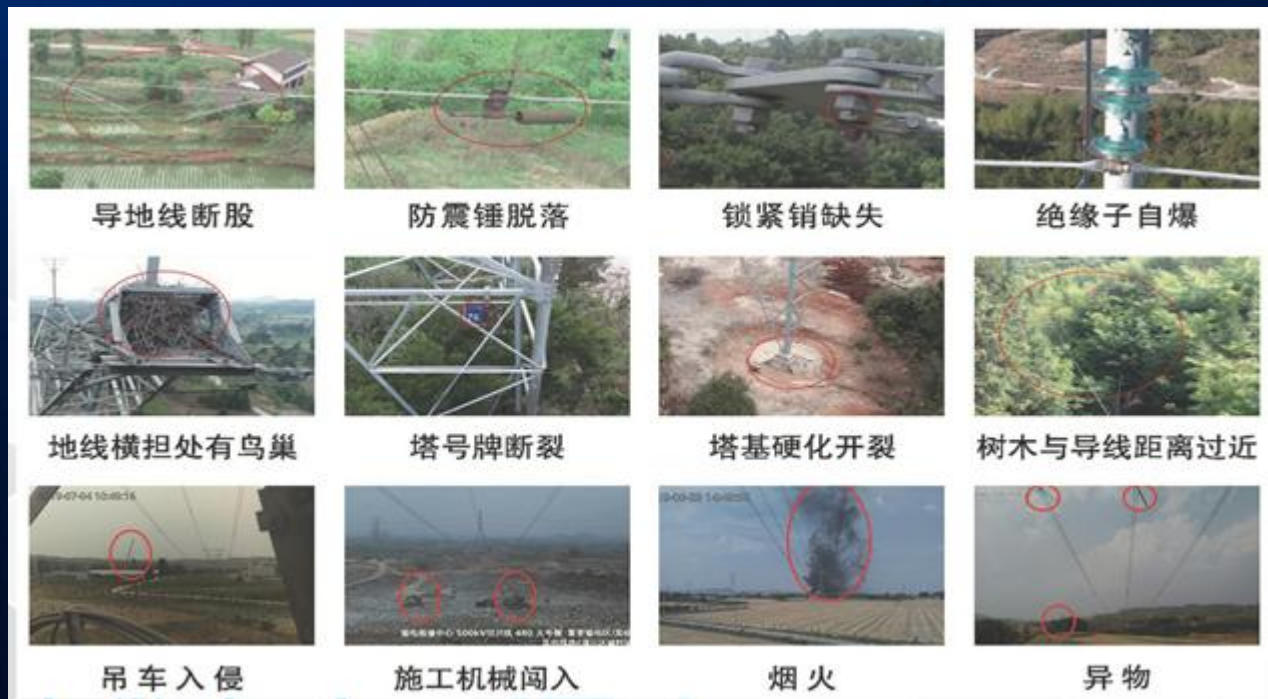
光伏超短期功率预测

借助**卷积神经网络**等深度学习技术，对云观测图像中的云层，特别是多云系叠加条件的云系进行**识别和辨识**；采用**数据驱动与知识引导相结合**的方法，对云层旋转、形变等场景下云层的非线性演化进行**预测**；结合电站的云层遮挡**智能感知技术**，实现对云层遮挡条件下**光伏功率快速波动的预测**。



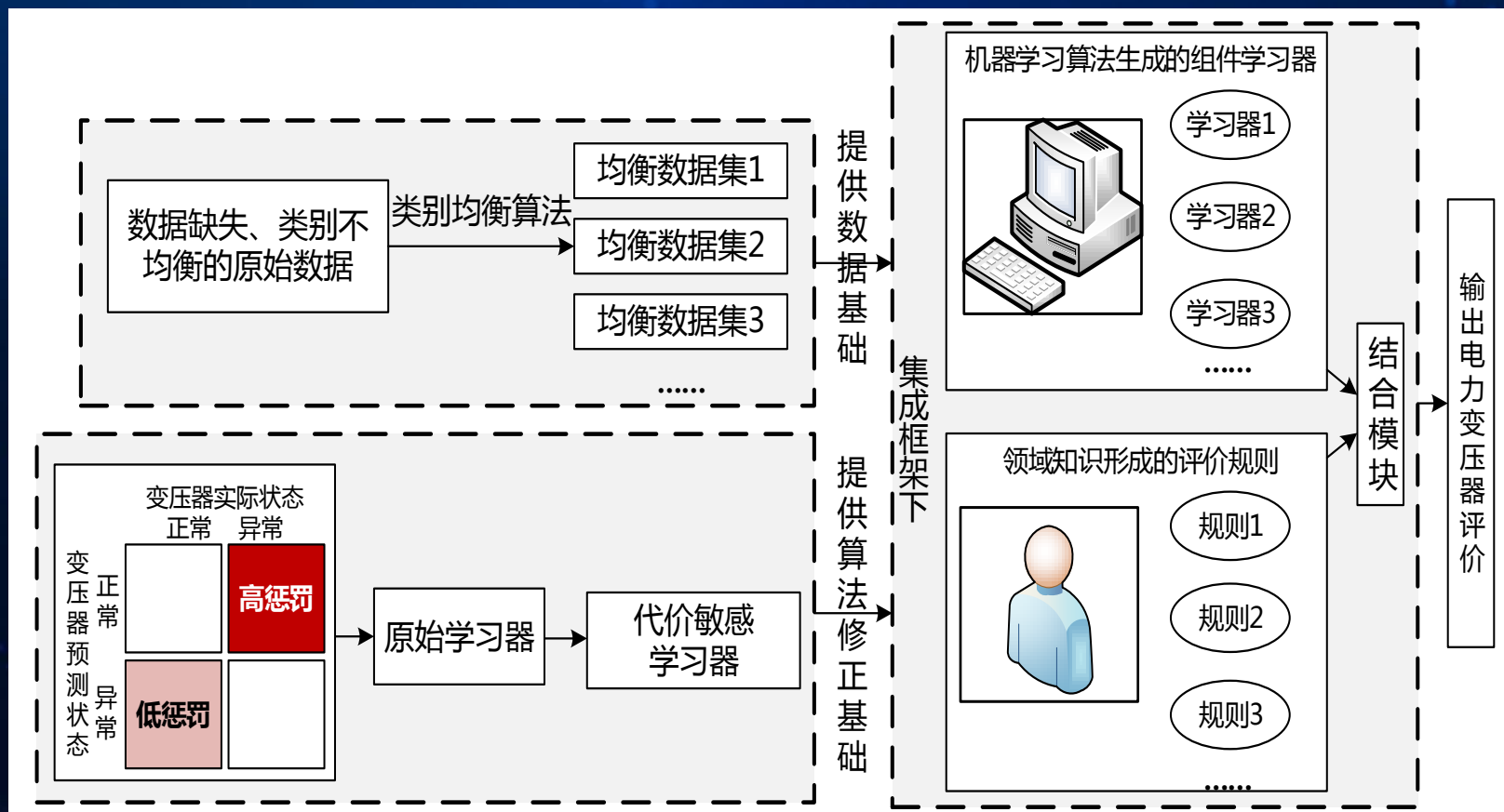
基于图像识别的线路及设备智能巡检

对直升机、无人机、线路固定监控、变电站内巡检机器人、站内固定摄像头等采集的图像（视频）进行**预处理**和**特征提取**，采用**深度学习**和传统**图像处理技术**结合的技术实现**巡检图像智能理解**，实现线路和变电站**设备识别**、**缺陷检测**等，提升本质安全。



输变电设备故障智能诊断和状态评估

针对变压器等**设备健康状态评价**中的数据缺失、故障样本稀缺等问题，综合应用**非均衡数据学习**、**代价敏感学习**与**集成学习**等算法，给出变压器设备的自动化、差异化、客观量化状态评价结果。

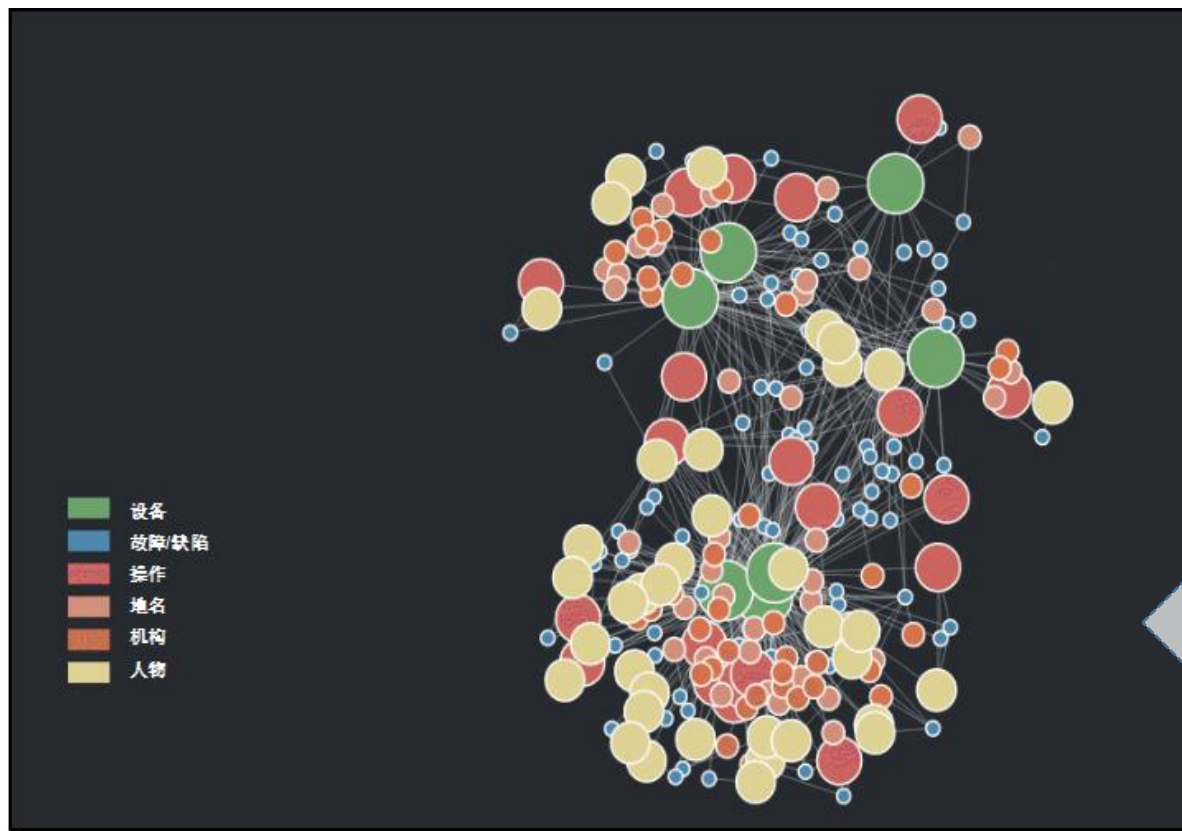


02 电力人工智能技术应用现状

输变电领域

基于领域知识图谱的智能运维

结合领域知识图谱与专家规则库，构建智能运检知识管理与认知推理系统，实现一线运检工作人员各类运维问题的快速解答，实现工单到工作票的智能生成以及工作票与修试记录的消缺比对。

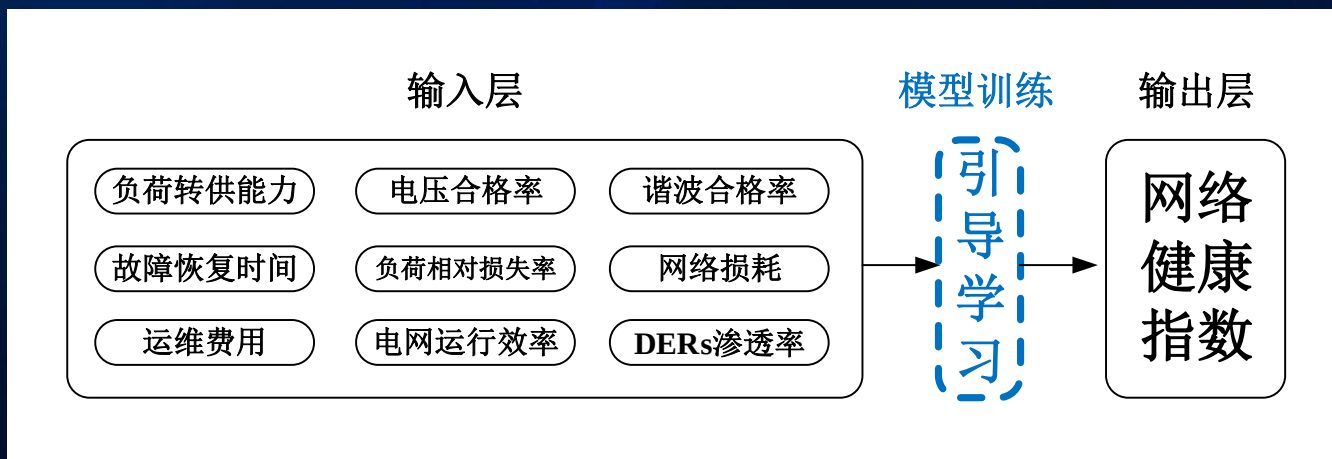
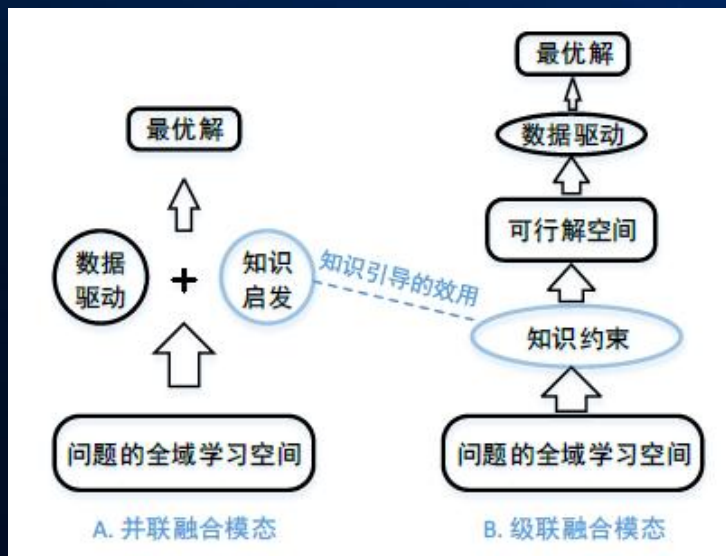


user @newbeta (cxzx) - 表							
文件 编辑 查看 窗口 帮助							
导入向导 导出向导 筛选向导 网络查看 表单查看 备注 十六进制 图像 升序排序 降序排序							
usid	username	parent_id	ususer	uspswd	uslogin	ustext	ent
1	q'4'9éÉz	0	panshunfei	123456	ee56æce"		201
2	æ"â@â"œ	40	æ"â@â"œ	yhn123	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
36	e""e%œ"â	44	chenyicong	chen654321	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
37	eez-â"zâ"	40	lay	777	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
38	æ"¼âé"‰œ	40	zengrong	654321	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
39	æœæ±â¼‰œ	40	zhuhui	654321	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
40	çZ.â"â"±	0	vjvp	123456	â"ç@j	A	(N)
41	æ"çZ3œâ¼½	43	cdxrtcfghj755	etvbhn8784781jmk	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
42	eCEfæ""e"f	43	fanxiaoling	qwert!@#%\$	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
43	â"æ"çj	0	â"æ"çj	654321	â"ç@j	B	(N)
44	eez-â"œœ"	0	linkeci	123456	â"ç@j	D	(N)
45	â"â@â"	43	wuqian	qwert!@#%\$	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
49	eez-çZçZz	44	eez-çZçZz	ling666	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
47	e""â"ç"¼	43	chl678TYU	6YGBz!21	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
48	eez-â"¼çç	43	lls	546789xcvbnm	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
50	e""é"âéé	44	e""é"âéé	cxy678	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
51	eez-âS.éé	43	linliying	qwert!@#%\$	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
52	ttest	0	ttest	luhfuisdbsfdbjdsjv	æµæ"e"jâ"		(N)
53	æ±ç¼Zâ@±	43	æ±ç¼Zâ@±	qwert!@#%\$	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
54	eez-â"¼œY±	0	eez-æY±	lgz168Fjpt	Cç"â"ç@j		(N)
55	e""ççç*	40	e""ççç*	qwert!@#%\$	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
56	â¼ççâ	44	zhangqinshu	zhang654321	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
57	eCEfæ""æ""f	43	eCEfæ""æ""f	fan654321	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
58	âçé%œ"éœez	43	âçé%œ"éœez	lu123456	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
59	â"â%œéœez	43	â"â%œéœez	kang654321	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
60	eez-â%œ"â"	43	eez-â%œ"â"	lyy159	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
61	â"âZ	54	â"âZ	987123	â"âZ		(N)
68	â"æµç"Y	43	â"æµç"Y	wu654321	é#é"±		(N)
63	â"â@çZz	43	â"â@çZz	feng123456	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
64	éf"æç¼œ¼	40	éf"æç¼œ¼	mengmiao789	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
65	é-âççç	40	é-âççç	wls666	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)
66	é"ç¼Zçµ	40	é"ç¼Zçµ	meiling123	ee-We"-a.ââSjâ"		(N)

SELECT * FROM 'user' LIMIT 0, 10

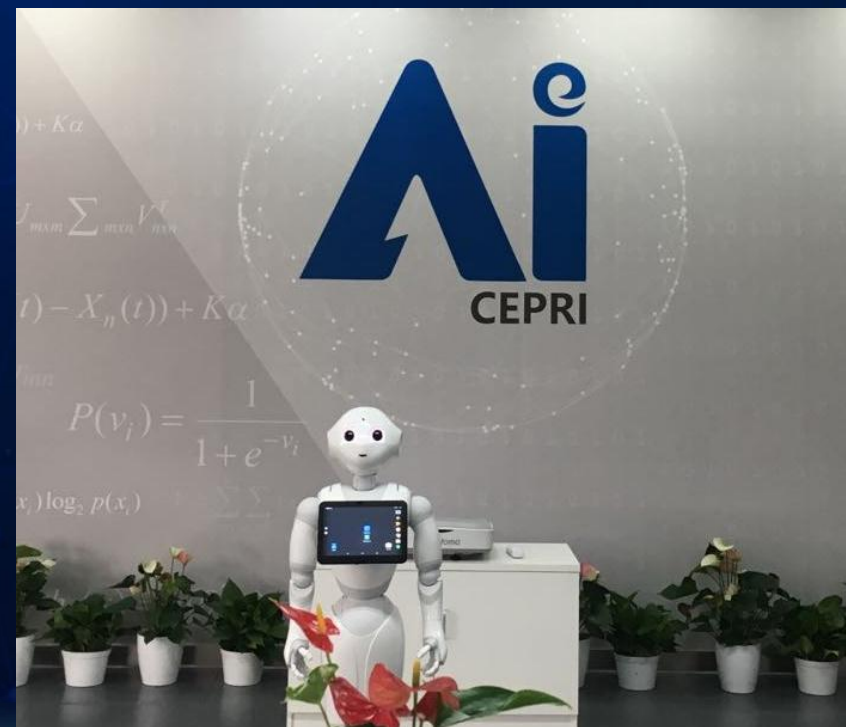
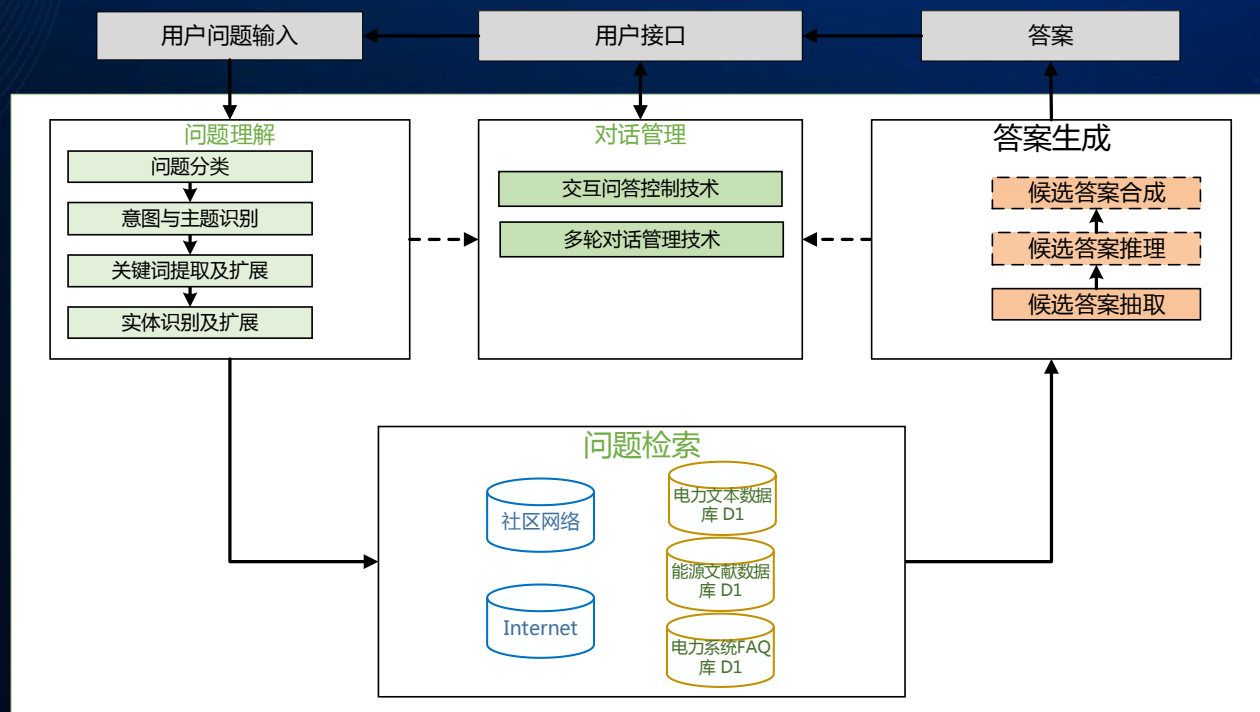
基于引导学习的配电网健康指数评估

通过将电力领域知识经验引入机器学习形成**知识与数据融合**的**引导学习**方法，并实现基于设备健康指数、网络拓扑结构、运行现状与历史数据、外部因素（如天气）等数据的配电网健康指数准确评估。



基于知识图谱的客服智能问答

通过**自然语言处理**、**语音\图像识别**、**文本语义分析**等一系列技术，建立电力客服语料基础库和电力营销领域主题词典，构建电力客服领域知识图谱并开发**电力客服智能问答系统**，精准响应客户需求、提高服务效率，全面提升电力营销客户服务水平。

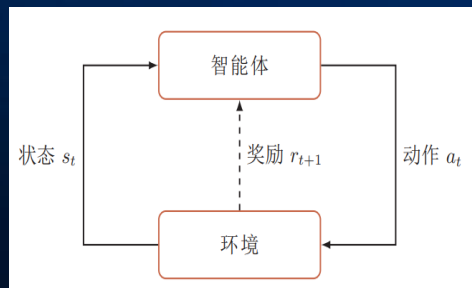


02 电力人工智能技术应用现状

电网安全与控制领域

基于深度强化学习的电网紧急控制

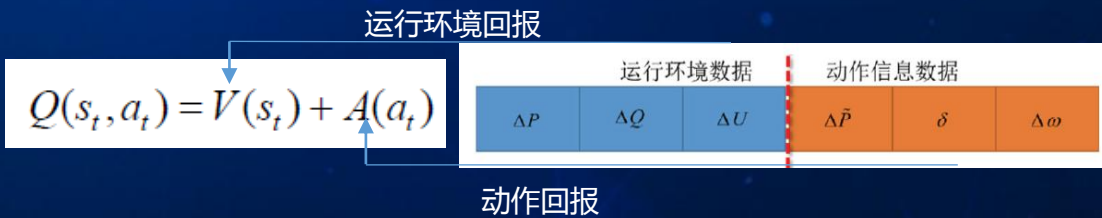
利用**随机矩阵理论**得到动作策略评价值函数，构建**强化学习**模型，在仿真环境中通过大量模拟建立能够应对各种突发情况的泛化**决策模型**，根据不同运行方式和电网运行状态迅速给出**实时控制**方案，提升紧急控制策略与真实工况的匹配程度。



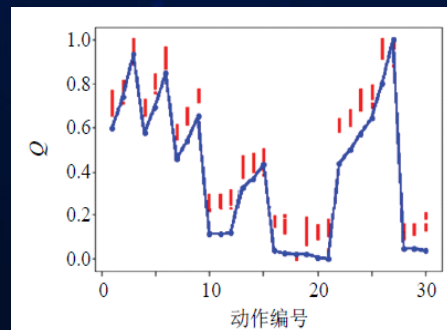
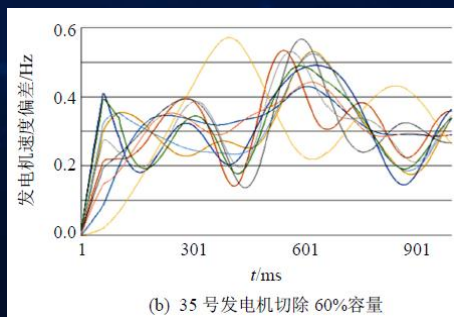
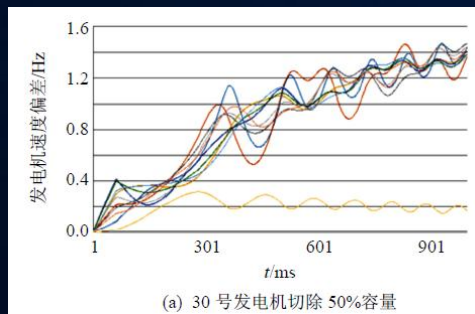
竞争Q网络



双重Q网络

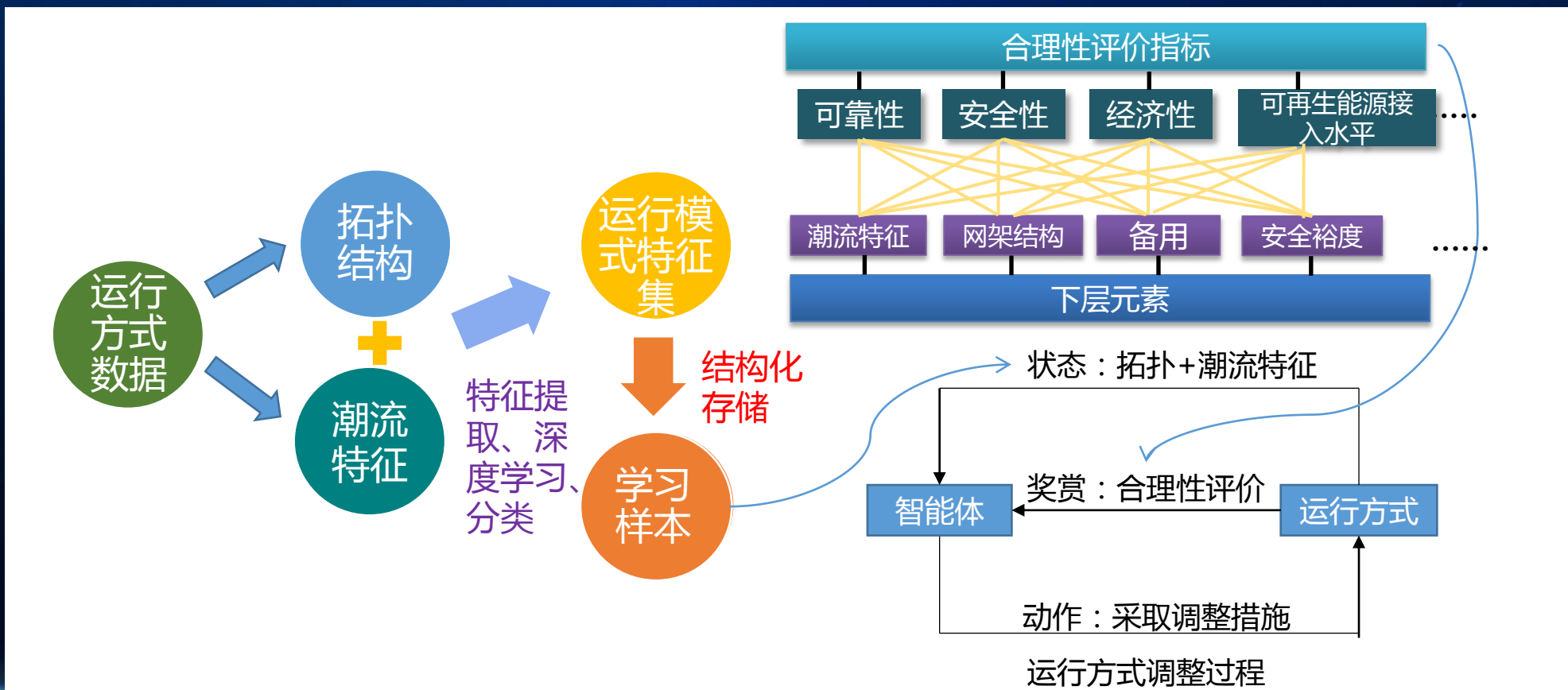


$$Q_t^{\text{Double}Q} = R_{t+1} + \gamma Q_{\text{target}}(S_{t+1}, \arg \min (Q_{\text{main}}(S_{t+1}, a)))$$



运行方式自动生成与分析

基于**专家数据调整行为分析**方法构建学习样本集，建立以电网运行方式合理性评价指标为奖赏值的**深度强化学习模型**，实现运行方式的自动生成、调整以及智能分析，提升方式分析效率。

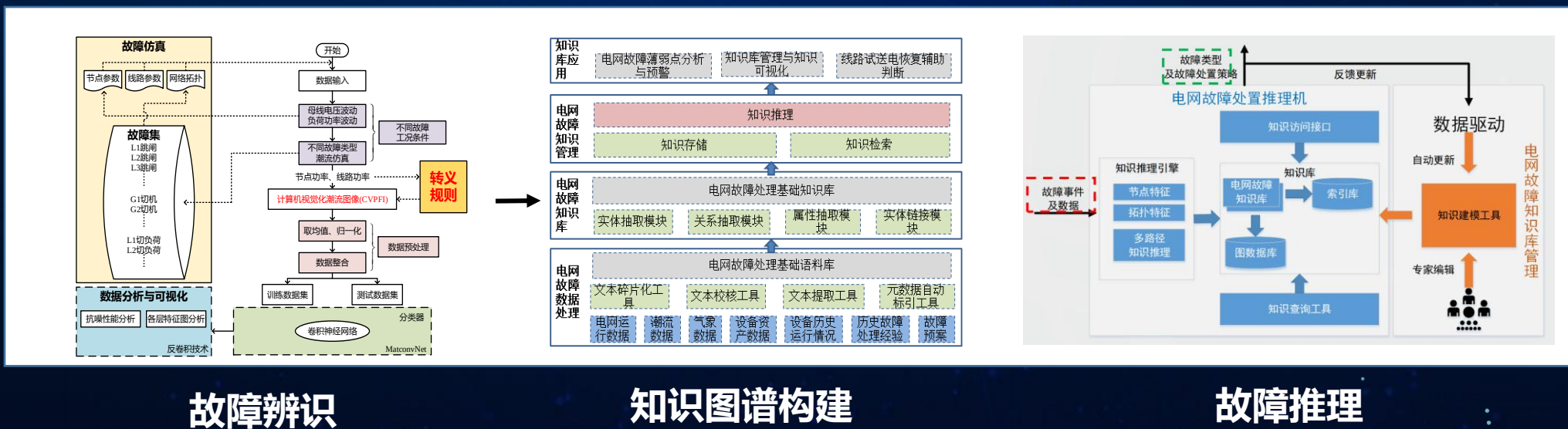


02 电力人工智能技术应用现状

电网安全与控制领域

智能型电网故障决策

基于电网故障前后潮流各状态量的变化规律，利用**深度卷积神经网络**提取故障信息的关键特征变量。基于电力系统调度规则、故障预案、专家经验等先验知识，构建**故障处理业务知识图谱**，提供辅助决策，实现调度人员对电网故障信息的准确把控，使电网故障处理从经验型向智能型转变。

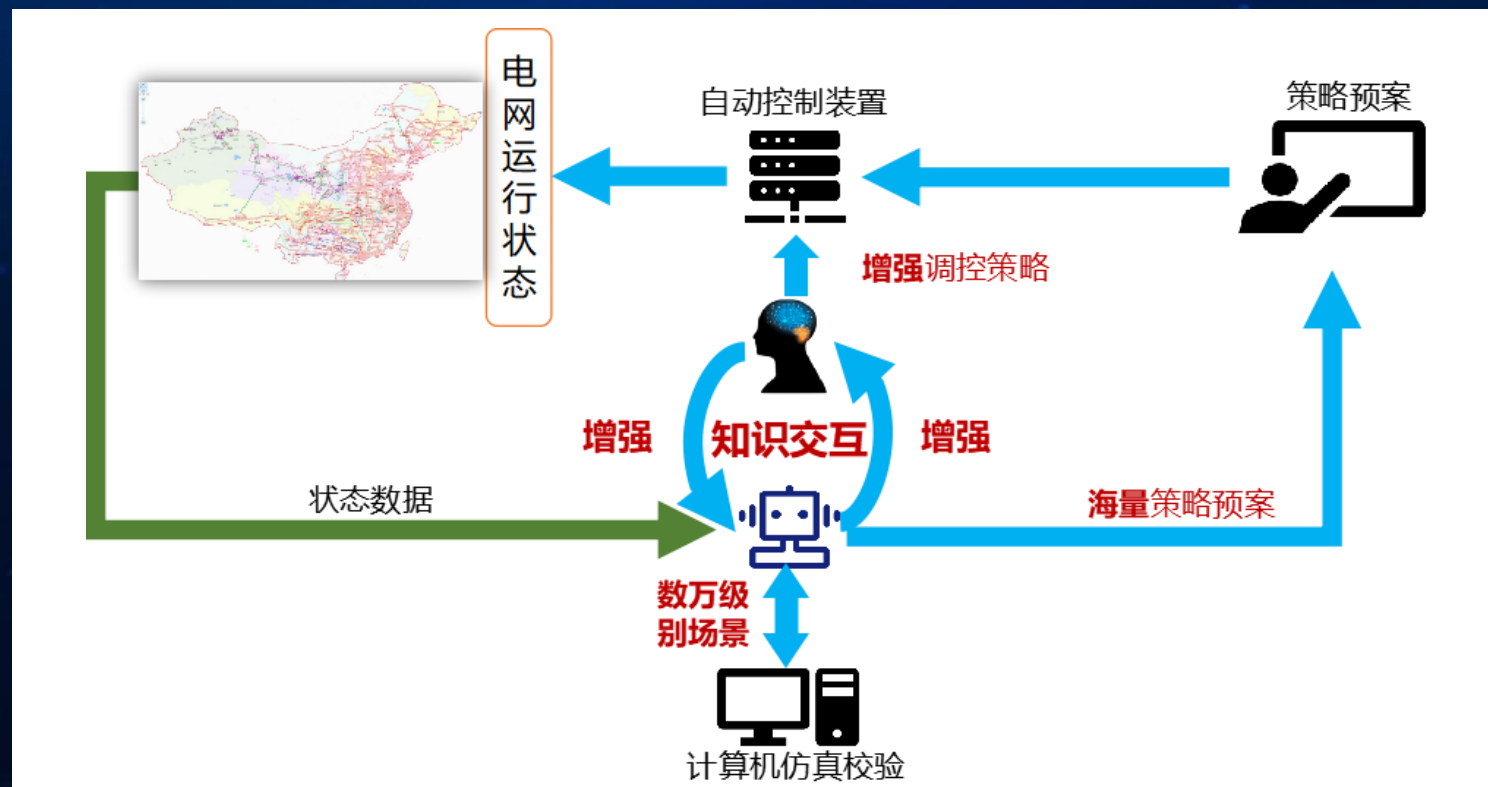


02 电力人工智能技术应用现状

电网安全与控制领域

基于人在回路混合增强智能的大电网调控

建立大电网调控**人机混合智能融合模型**，将调度员的认知能力和机器的计算能力有机融合，实现超越人类智能和机器智能的混合增强智能，提升电网**态势感知**和**运行决策**能力。



- 在电力人工智能**技术**方面，先进算法、训练框架等多以国外原创为主，国内多为改进和应用。
- 在电力人工智能**应用**方面，国外多种研发主体在整体解决方案、创新应用案例、先进算法研发等形成了系列成果，国内实际应用多集中在机器人、智能运维、智能巡检等方面。



03

发展趋势分析与展望

电力人工智能在各业务领域的应用主要由以下三种因素驱动：安全驱动、效率驱动和数据驱动。

安全驱动

- 存在人力安全风险或电力系统运维风险，需要依靠人工智能技术替代原有工作人员或工作流程。

效率驱动

- 传统工作方法及模式效率低，难以适应发展需求，需依靠人工智能技术提高业务效率。

数据驱动

- 产生并积累了大量数据，而目前并未进行有效利用，需要依靠人工智能技术发掘数据价值。

发电领域应用前景

- **新能源消纳**：针对具有随机性和间歇性特征的风电和太阳能等新能源，以全面的感知、边缘智能和群体智能自动生成策略和智能响应来实现自适应的平衡。
- **传统发电**：可利用人工智能技术实现燃煤优化，动态建立燃煤锅炉的氮氧化合物排放浓度和锅炉煤耗的综合模型，通过群智算法优化实现锅炉燃烧，降低经济成本并改善环境。

输变电领域应用前景

- **电力资产管理**：利用机器学习对电力设备状态数据、环境数据、历史数据的深度挖掘，实现电力设备的健康状态综合评价与诊断，构建知识图谱并结合知识推理技术给出针对性的运维方案和投资建议。
- **智能化运维**：利用智能化的手段代替人工进行高效的资产运维，实现对对状态的感知、监控和自动处理，利用小样本学习和因果推理等技术，提高偶发事件预测和自然灾害的预警水平，最终实现电力资产的全面监测、实时在线、科学管理和智能运维。

配用电领域应用前景

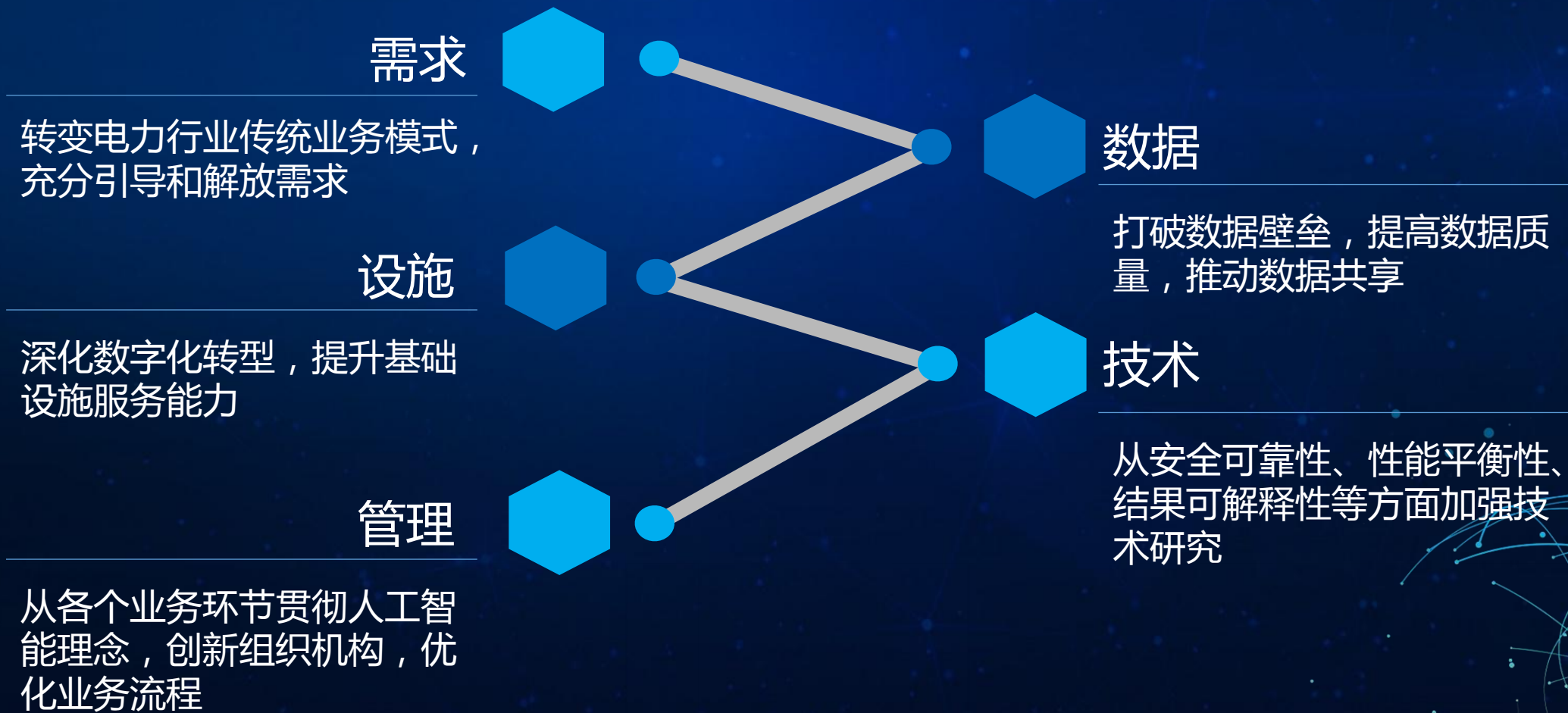
- **配电网运行优化**：利用态势感知技术预测发展状态，结合深度强化学习算法提出优化协调控制策略。
- **新兴负荷感知与预测**：将负荷的数据和电网数据进行融合共享，利用特征学习方法，对电动汽车、智能家居等新兴负荷进行精准感知和辨识。

电网安全与控制领域应用前景

- **电网故障防御**：基于智能传感采集的全景全域数据和离线仿真数据，利用深度学习的复杂特性和非线性关系进行映射，形成数据驱动的电力系统快速判稳、故障点和故障类型辨识。
- **电网运行控制**：利用关联分析和因果推理等技术，实现电网运行过程的薄弱环节识别和影响因素溯源，利用深度强化学习进行状态评估和策略选择。基于电网运行数据直接形成预防控制和紧急控制措施，应对电网各种复杂的状态。

03 发展趋势分析与展望

核心挑战





04

电力人工智能创新发展建议

04 创新发展建议



The background is a deep blue gradient. In the center is a sphere composed of a complex web of thin, light blue and yellowish lines, resembling a molecular structure or a network. Surrounding this sphere are numerous small, glowing blue dots of varying sizes, some of which are connected by faint lines, creating a starry or nebula-like effect. The text '谢谢!' is written in a bold, white, sans-serif font, positioned slightly to the left of the center of the sphere. The overall aesthetic is futuristic and technological.

谢谢!