



NSAiHome
神经符号人工智能社区

神经符号具身智能

—— 赋能绿色制造的创新实践

第三届人本智造学术会议

2025年10月31日-11月2日 北京

一、人工智能赋能绿色制造的人本思考

人工智能+绿色制造的人本意义

- 人工智能正在从前沿技术上升为驱动中国式现代化的核心战略：“**重塑人类生产生活范式，促进生产力革命性跃迁和生产关系深层次变革**”的核心引擎（《国务院关于深入实施“人工智能+”行动的意见》国发〔2025〕11号）。
- 人工智能赋能绿色制造产业：贯彻**新发展理念**，推动**高质量发展**，以制造模式的深度变革推动传统产业**绿色转型升级**，推动制造业**高端化、智能化、绿色化**发展，形成绿色低碳的**生产方式和生活方式**，为实现**碳达峰碳中和**目标提供有力支撑。

“AI+绿色制造”践行**习近平新时代中国特色社会主义思想**和**党的二十大精神**，是符合**新质生产力特征与高质量发展要求**的先进生产力形态。

人工智能+绿色制造的人本意义

- 我国新能源汽车产销量至今已经连续多年位居全球第一
- 动力电池产业链完整，全球70%的产能在中国
- 动力电池得不到规范处理将会造成严重的环境安全风险和战略性矿产金属资源的“卡脖子”问题
- 以人为本的新能源汽车安全管理：“创新召回监管体系，建立并推动实施新能源汽车火灾事故企业报告制度”（2025年10月17日，国家市场监督管理总局）
- 由于人口结构、劳动力转移、劳动力供需、工资调整等因素，报废产品回收利用产业迫切需要解决弹性生产需求与刚性人力结构之间的矛盾，实现结构和拆解工艺相似、多品种小批量报废产品在有人监督下的高效、柔性、自主拆解，保证较高的人工替代率。

拆解智能化的人本意义

- 拆解行业“机器换人”场景：枯燥乏味（简单、重复）、高强度，危险隐患、恶劣环境（噪声、粉尘、异味、高温等）
- 工业机器人只适合在结构化工作环境下的固定工序替代，非结构化、高动态环境下多品种、小批量的精细化拆解，无能为力。

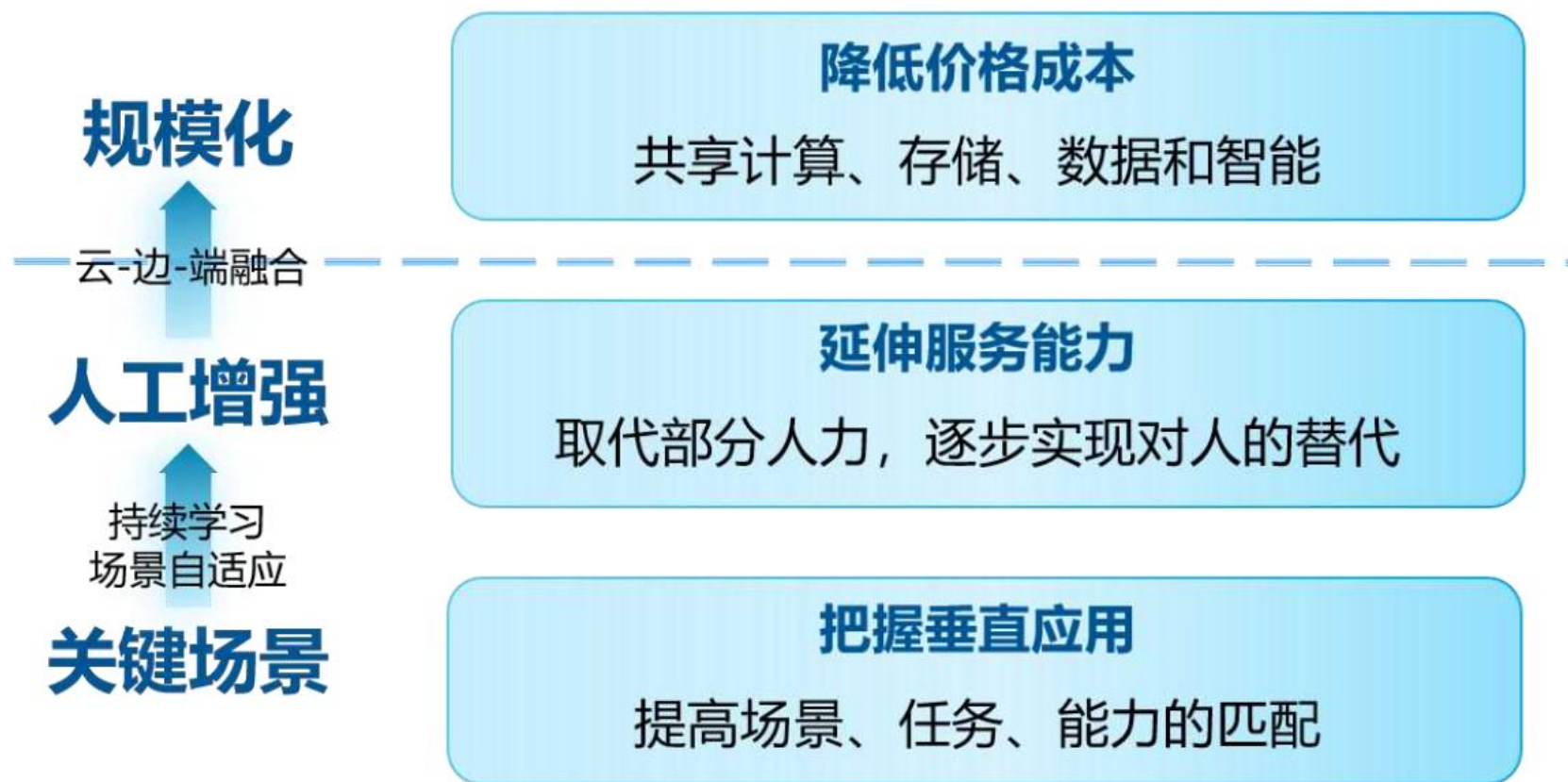
拆解智能化的行业痛点

- 环境适应性差、任务完成率低（对策：新一代人工智能框架）
- 数据依赖、场景依赖（对策：在真实工作场景中积累操作数据）
- 技术迭代演进速度快（对策：新的技术创新模式，如，开源共享社区）
- 开发、部署成本高（对策：商业模式的创新，如，ROI导向的RaaS模式）

拆解智能化 从 *L0* 到 *L4*

人工拆解-L0	人工操作 未知对象、人的决策	手动/电动/气动工具	
机器辅助拆解-L1	机器辅助操作 已知对象、人的决策	全自动轮胎拆卸设备	
自动化拆解-L2	人的辅助操作 已知对象、机器辅助决策	iPhone全自动拆解线	
有条件智能拆解-L3	机器自适应操作 已知对象、人的辅助决策	机器感知、适应、交互、决策、互联	
高度智能拆解-L4	机器自主操作 未知对象、机器自主决策	机器自主推理、自主决策	

机器人 4.0 时代：机器人即服务（RaaS）



机器人即服务（RaaS）模式，实现高度智能拆解（L4）的愿景。

二、神经符号具身智能

——构建人类监督模式下的自主拆解具身智能体

机器人混合模式控制

为同时满足精度、安全性与泛化能力，**混合模式控制**，特别是**神经符号具身智能**，融合规则推理与深度学习的优势，成为机器人控制智能化、自主化发展的重要方向。

显式模型控制



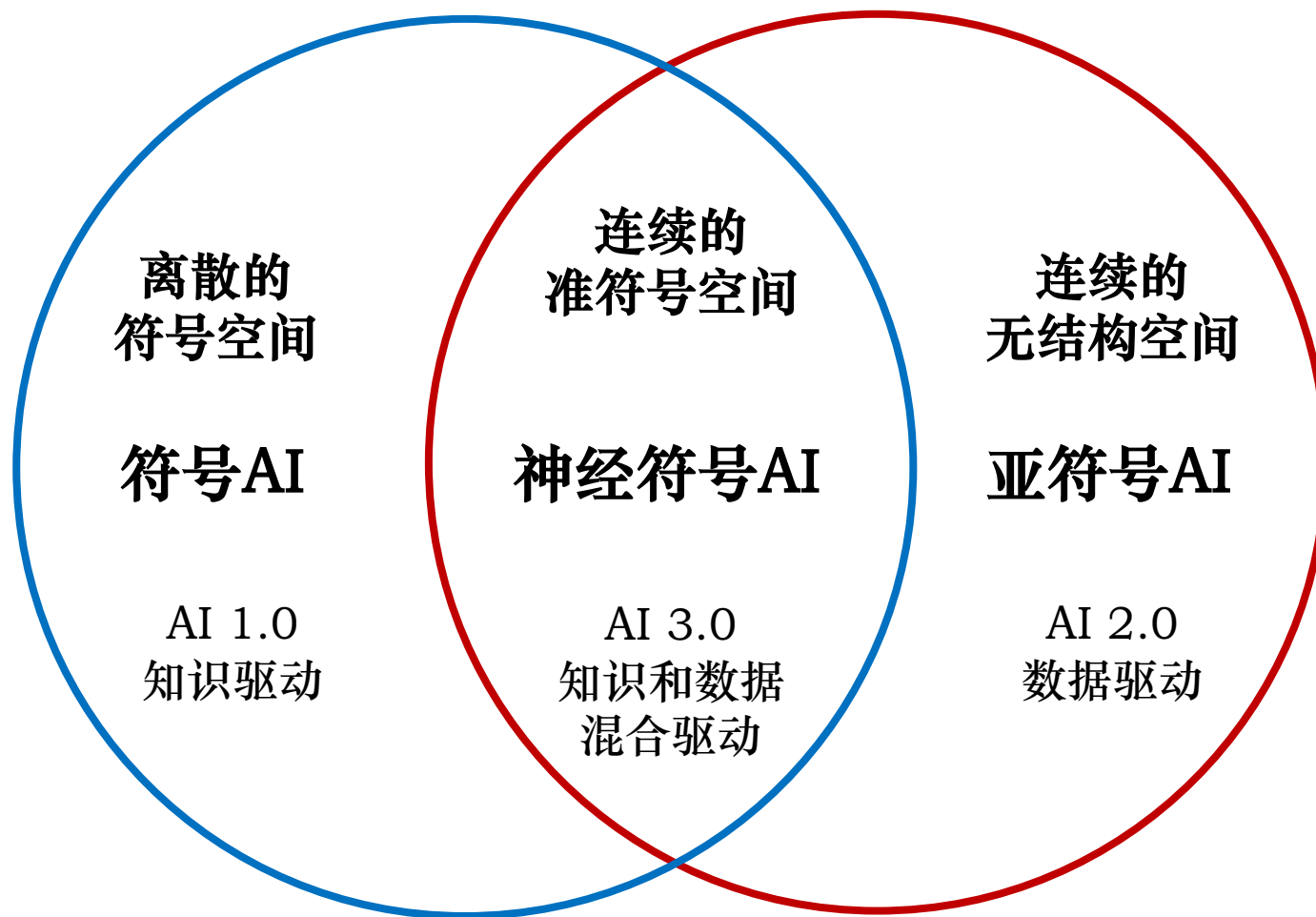
隐式模型控制



混合模式控制



神经符号人工智能

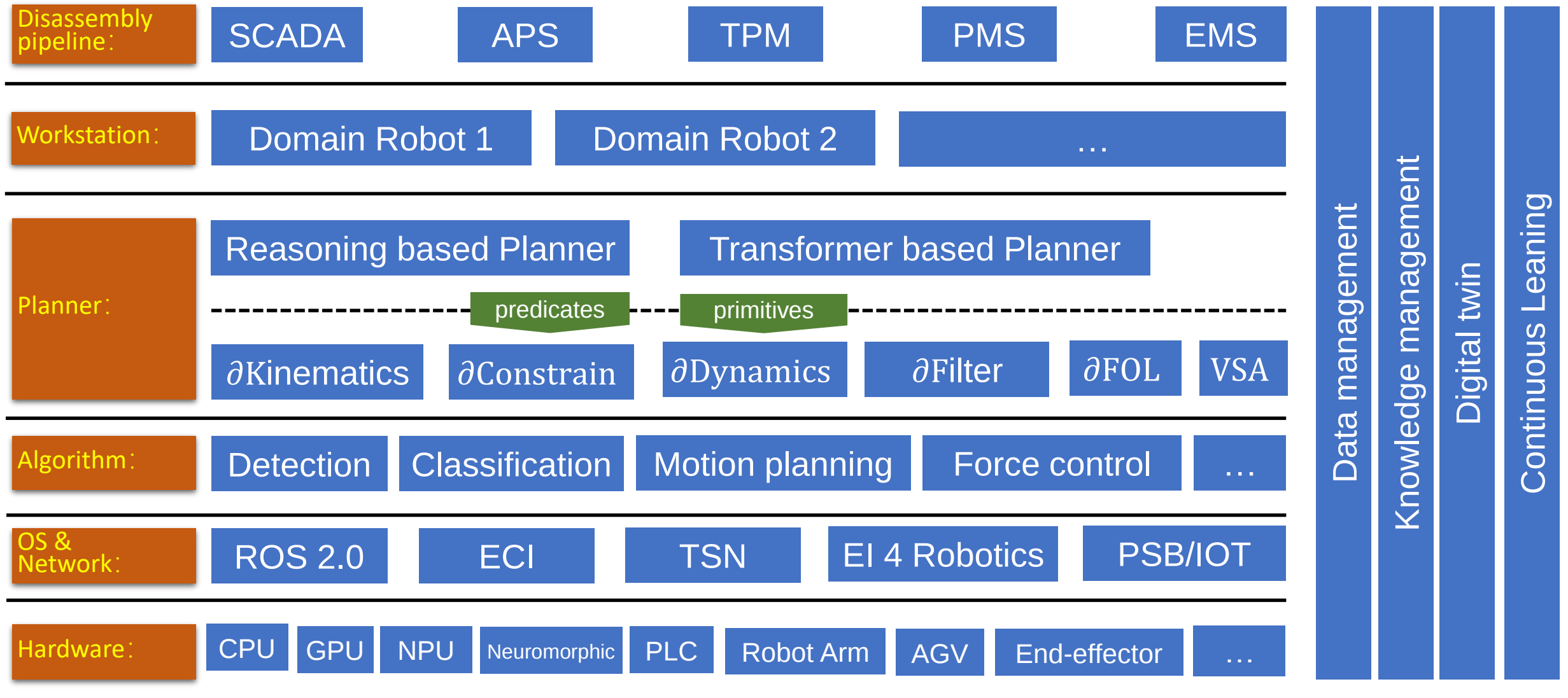


符号AI：基于显式表示的人类知识，通过形式化的规则与逻辑系统进行推理和问题求解。

亚符号AI：不依赖预设的符号规则，而是通过数据驱动的方式，从原始数据中自动学习隐式的特征与模式表示。

神经符号AI：结合符号人工智能的推理机制与神经网络的感知学习能力，构建兼具可解释性与泛化能力的高级混合智能模型。

神经符号AI架构



- SCADA: Supervisory Control and Data Acquisition
- APS: Advanced Planning and Scheduling
- TPM: Total Productive Maintenance
- PMS: Production Management System
- EMS: Energy Management System

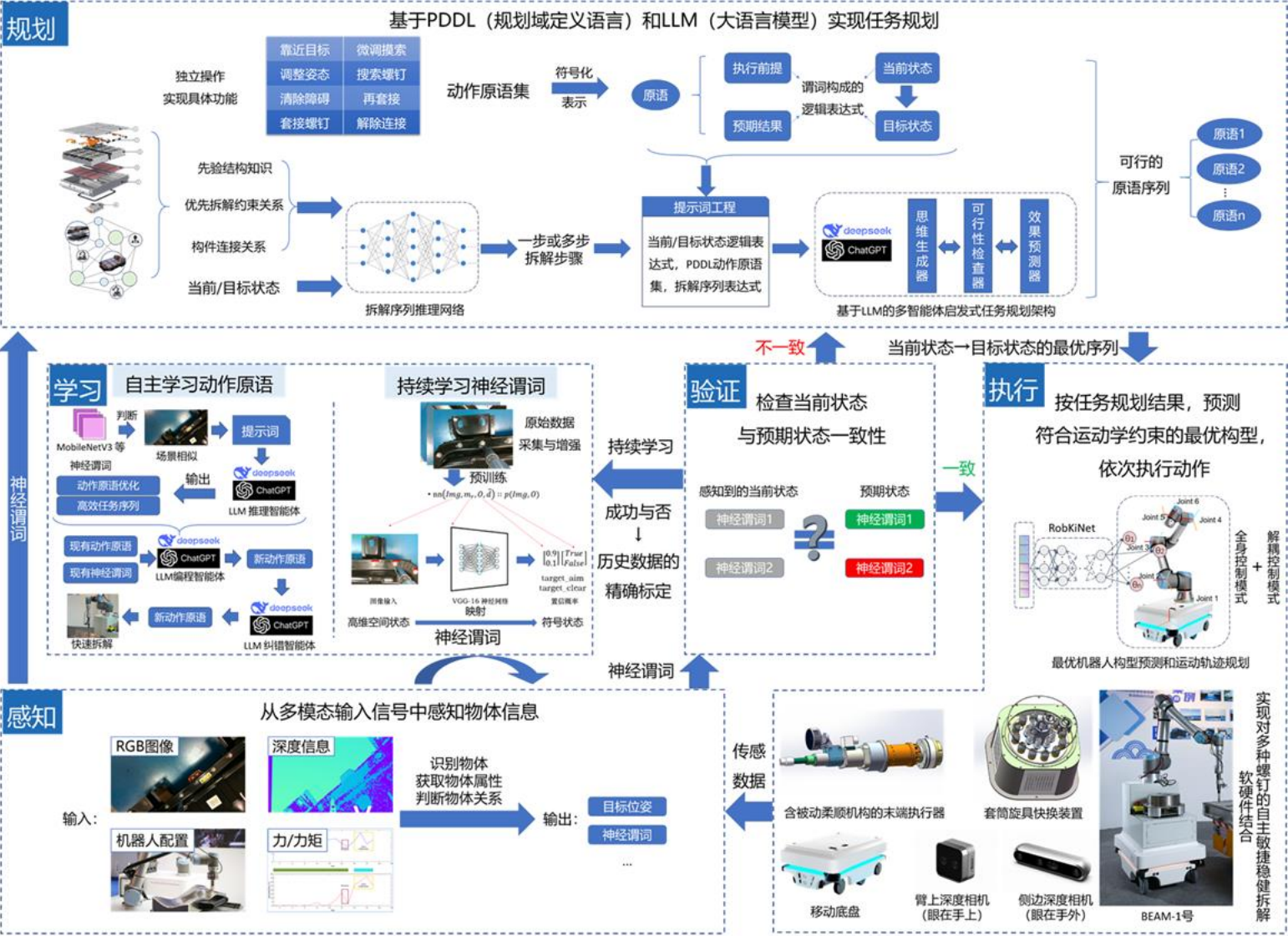
- FOL: First Order Logic
- VSA: Vector Symbolic Architecture
- ROS: Robot Operating System
- ECI: Edge Controls for Industrial
- TSN: Time-Sensitive Networking

- EI 4 Robotics: Edge Insights for Robotics
- PSB: Plant Service Bus
- IOT: Internet of Things
- NPU: Neural Processing Unit

面向退役产品拆解的神经符号具身智能控制架构

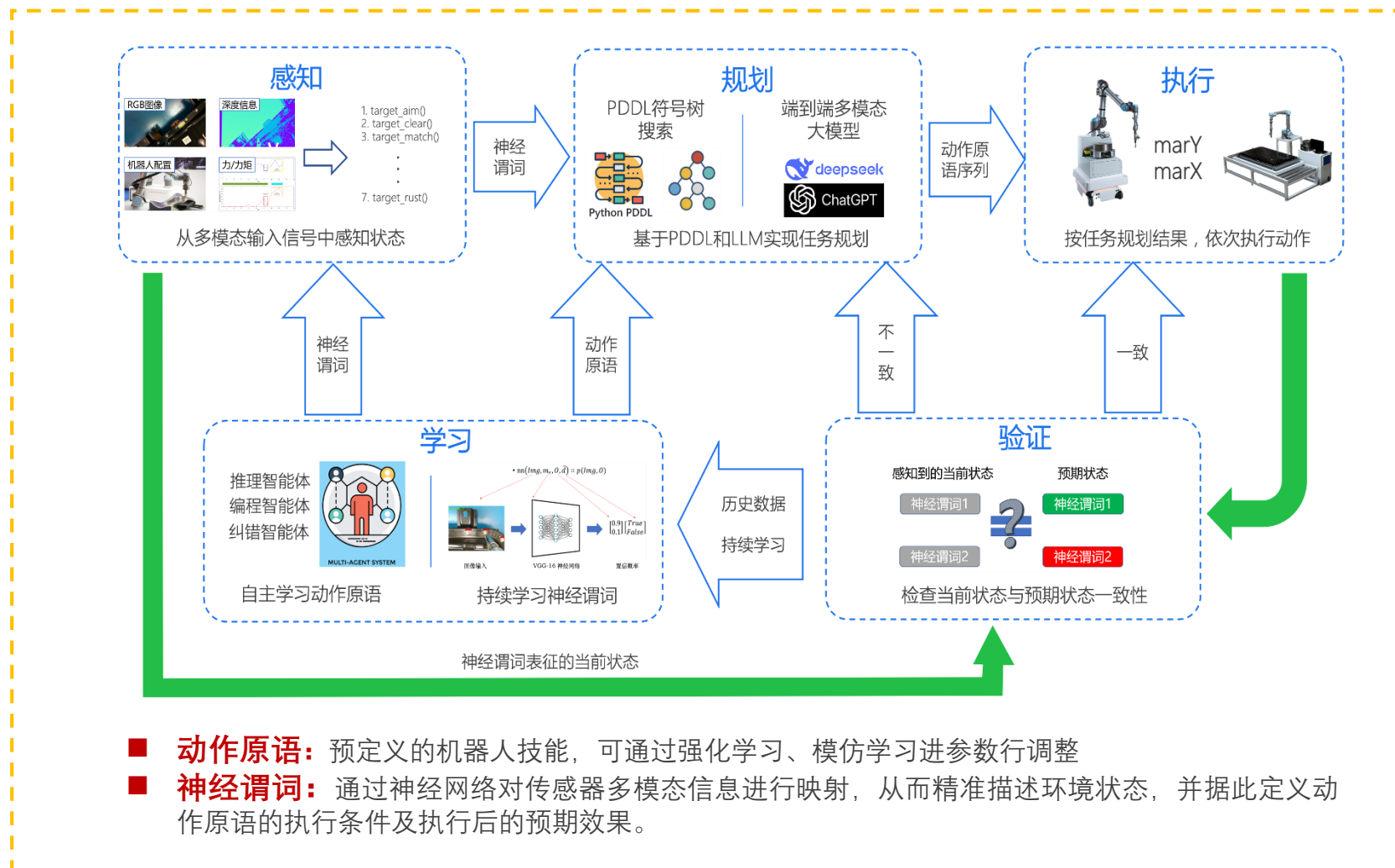
知行合一、训推一体、可信具身
既是认识论、又是方法论

逻辑符号运算与神经网络深度融合，形成感知、学习、决策、控制“**知行合一**”，训练与推理“**训推一体**”，可解释、可追溯“**可信具身**”的机器人具身智能控制架构，赋予机器人像人一样的直觉思维（系统1）和逻辑思维（系统2）能力，支持动态、非结构化拆解环境下的机器人实时拆解任务与运动规划。



基于神经符号AI的拆解具身智能体

- 神经符号拆解具身智能体是基于拆解世界模型（神经谓词+动作原语）的具身智能系统，通过与所处环境进行持续、动态的感知-行动交互，实现“自主可信、具身敏捷”的机器人智能拆解。



- **动作原语**：预定义的机器人技能，可通过强化学习、模仿学习进参数行调整
- **神经谓词**：通过神经网络对传感器多模态信息进行映射，从而精准描述环境状态，并据此定义动作原语的执行条件及执行后的预期效果。

自主

系统能够根据现场实际情况，**基于世界模型进行推理，自主规划任务执行路径**，而非依赖预编程模式。这种自主性使其能够更好地适应环境变化，灵活应对各种复杂场景

可信

推理过程赋予了系统明确的目标意识和行动逻辑，使其清楚地知道自己要做什么 以及为何而做。**操作执行成功率(OES)与任务执行成功率(TES)达到100%**

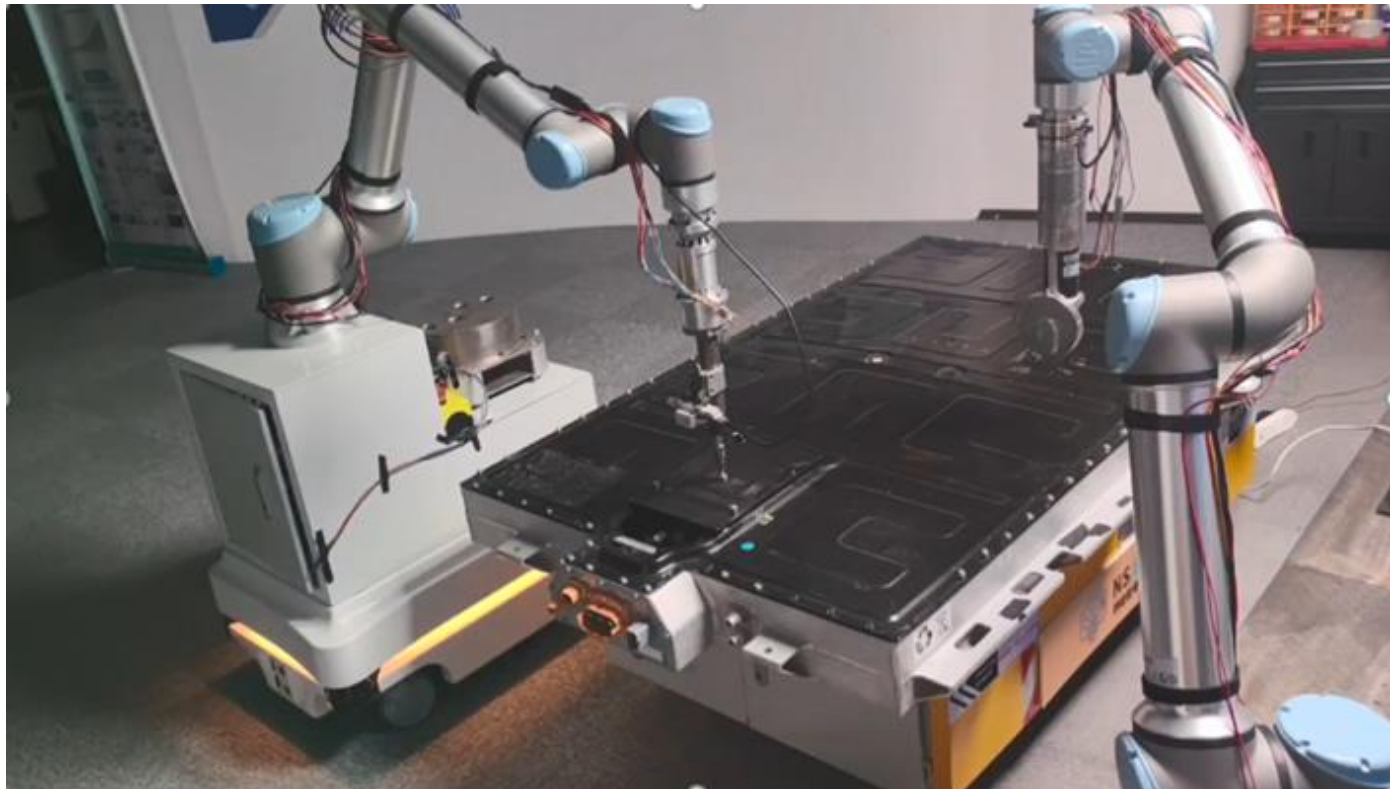
具身

系统内置的验证模块能够实时检测前期推理是否存在偏差。通过与**环境交互**，机器人能够不断调整自身行为，实现具身学习，进一步提升任务执行的**准确性**和**适应性**。

敏捷

凭借具身学习的能力，机器人能够快速适应环境变化，并在熟悉环境中实现快速、灵活、高效地执行任务的工作表现，显著提升任务执行效率。**目标位置推测效率，SET>90%**

拆解具身智能体执行的自主长程拆解任务



示例场景描述

- 当Mary在拆卸螺钉过程中遇到难以拆卸的情况时，
- 将调度Marx更换具有切割功能的末端执行器，在螺钉头部切割出一字槽，
- 同时，Mary将更换一字旋具，完成后续的拆卸作业。

动机-行动-推理

Motivation-Action-Reasoning

动力电池多机器人自主协作拆卸系统

- 基于神经符号具身智能的机器人自主拆解：

System 1（预定义+神经网络）+System 2（符号+LLM）混合模式的感知-决策-执行-验证-学习闭环架构。

- 多机器人自主协作拆卸：

融合固定+移动机器人，采用多智能体架构与分布式任务调度，基于ROS局域网通信，实现全局任务-运动一体化规划。

- 数字孪生系统：

基于虚幻引擎（Unreal Engine）平台，构建多源数据融合、人机交互控制的动力电池多机器人自主协作拆卸数字孪生系统。

“2025英特尔人工智能创新应用大赛”个人赛道特等奖



人类监督模式下的电池自主拆解具身智能体

实现动力电池整包有人监督下的机器人自主拆解作业，保证较高的人工替代率



拆解智能体

自主完成大部分操作

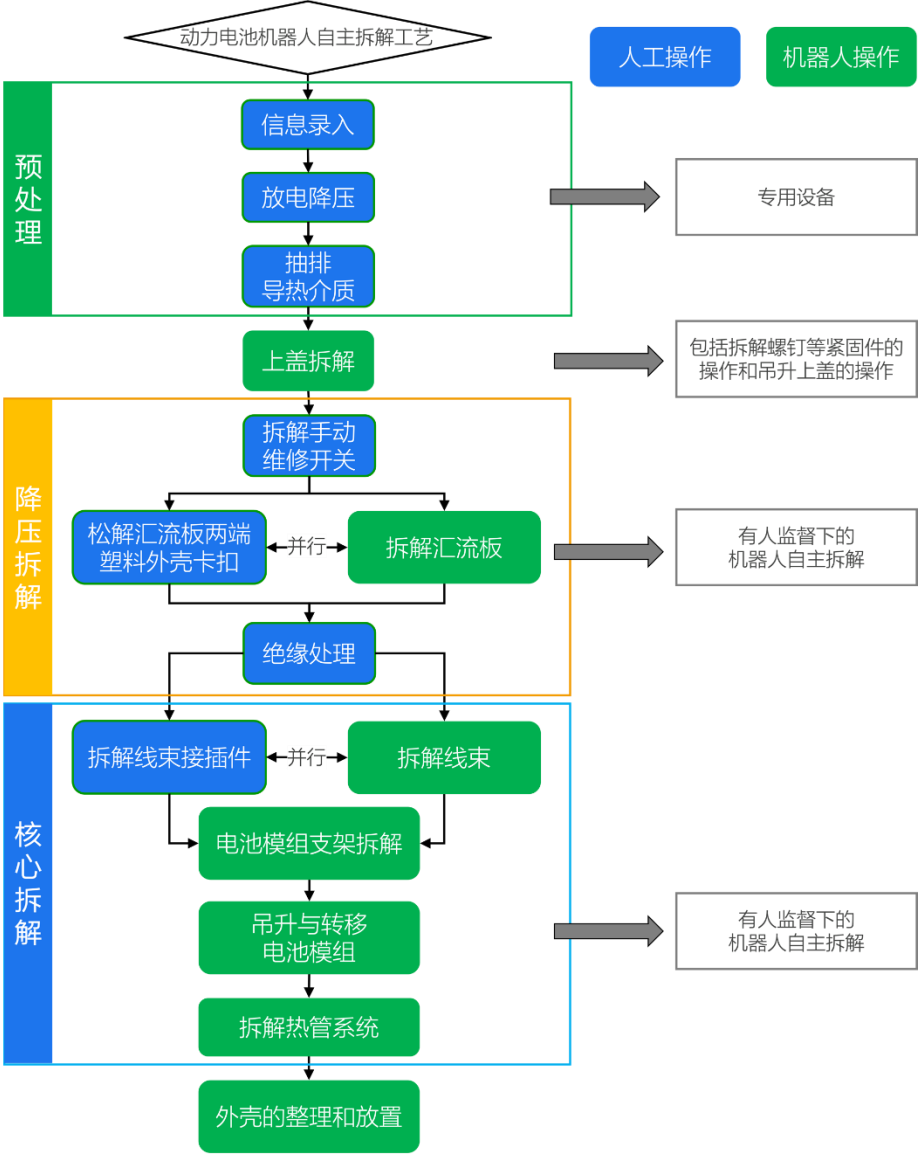
80% 承担工作量



人类监督员

管理、决策、协同、保障

20% 承担工作量



人类的监督——管理、决策、协同、保障

管理：规划、执行与优化

- 作业前的任务规划、工艺加载、资源准备。
- 作业过程中的流程监控、进度管理、物料流管理。
- 作业后的数据归档、数据分析、知识库更新。

协同：人机交互与配合

- 作业前的系统标定辅助。
- 作业过程中的高精度确认、分步授权、遥操作介入。
- 作业后的协同检查、持续进化。

决策：风险、异常与处置

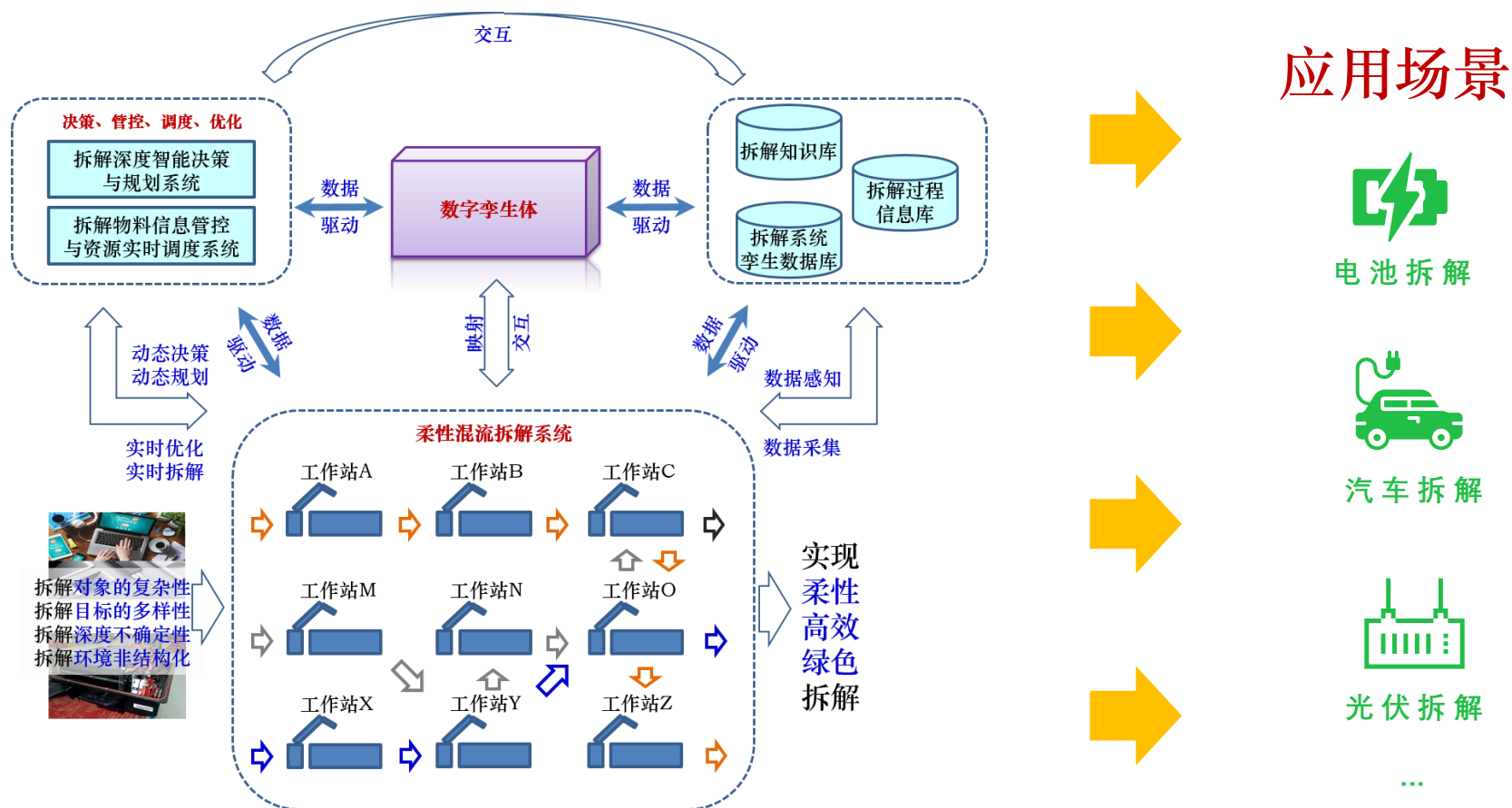
- 作业前的安全审批、风险评估。
- 作业过程中的异常处置、工艺变更决策、安全边界决策。
- 作业后的质量仲裁、事件升级决策。

保障：系统、安全与环境

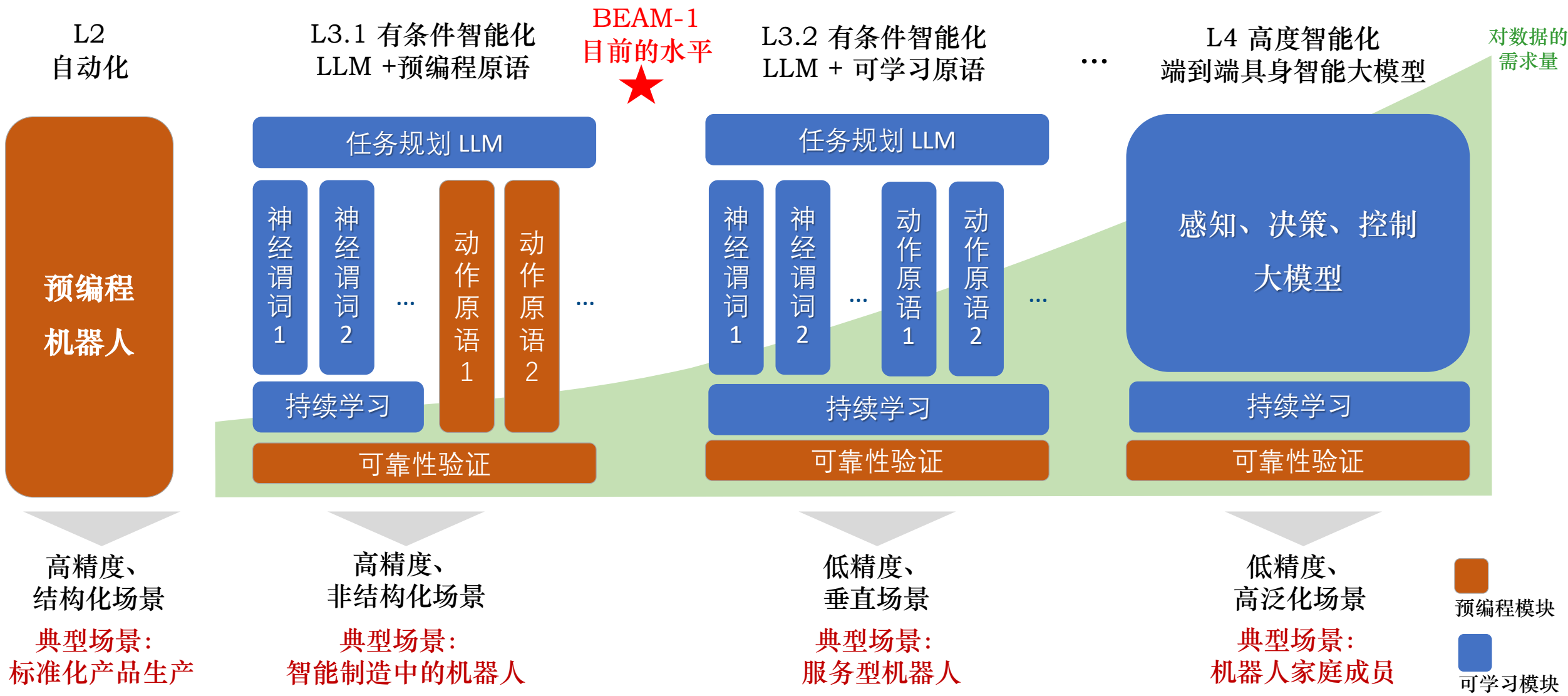
- 作业前的系统状态确认、安全措施核查。
- 作业过程中的全局安全监控、系统健康监控、应急响应执行。
- 作业后的系统复位确认、预防性维护安排。

知识驱动的柔性混流拆解系统

基于神经符号自主拆解具身智能工作站，构建**针对退役产品拆解场景的具身智能体拆解工厂**，实现结构和拆解工艺相似、多品种小批量退役产品的高效、柔性、自主拆解。



神经符号具身智能更广阔的应用场景

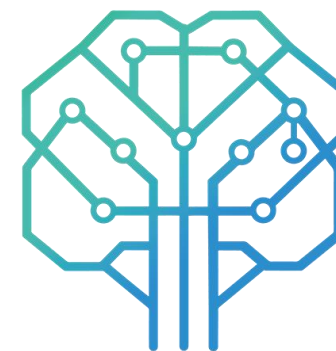
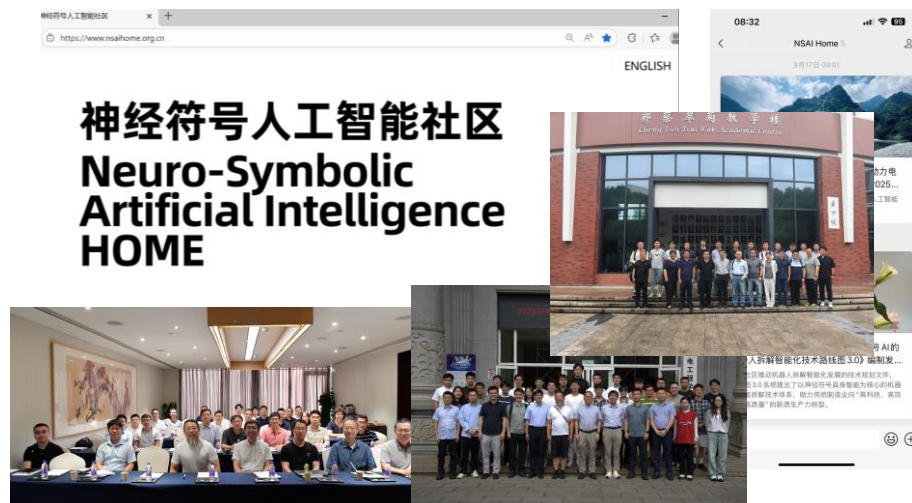


三、神经符号AI社区

——探索新的技术创新模式

神经符号AI社区

- 编制技术路线图
- 研究共享项目
- 开源数据集与模型
- 举办暑期学校
- 组织学术交流
- 建设卫星实验室



NSAiHome
神经符号人工智能社区

<https://www.nsaihome.org.cn/>
微信公众服务号 (NSAI Home)

活跃的参与者 (部分) :

上海交通大学	昆明理工大学	武汉科技大学	合肥工业大学	重庆大学
北京理工大学 (珠海)	哈尔滨工业大学 (威海)	都灵理工大学, 意大利	圣安德鲁斯大学, 英国	北京科技大学
清华大学深圳国际研究生院	浙江大学	山东大学	大连交通大学	集美大学
上海电机学院	宁波职业技术学院	重庆城市职业学院		

企业参与者 (部分) :

英特尔中国研究院	重庆赛宝工业技术研究院有限公司	武汉动力电池再生技术有限公司	宁德时代未来能源研究院	四川长虹电器股份有限公司
上海蔚来汽车有限公司	上海新金桥环保有限公司	南通乐创新能源有限公司	上海锐满机械科技有限公司	广西几何智能设备有限公司

社区卫星实验室群(部分) :

上海奉贤卫星实验室	上海闵行卫星实验室	上海松江卫星实验室	武汉青山卫星实验室	昆明大学城卫星实验室
-----------	-----------	-----------	-----------	------------

基于神经符号AI的机器人拆解智能化技术路线图3.0

发展目标与基本策略3.0

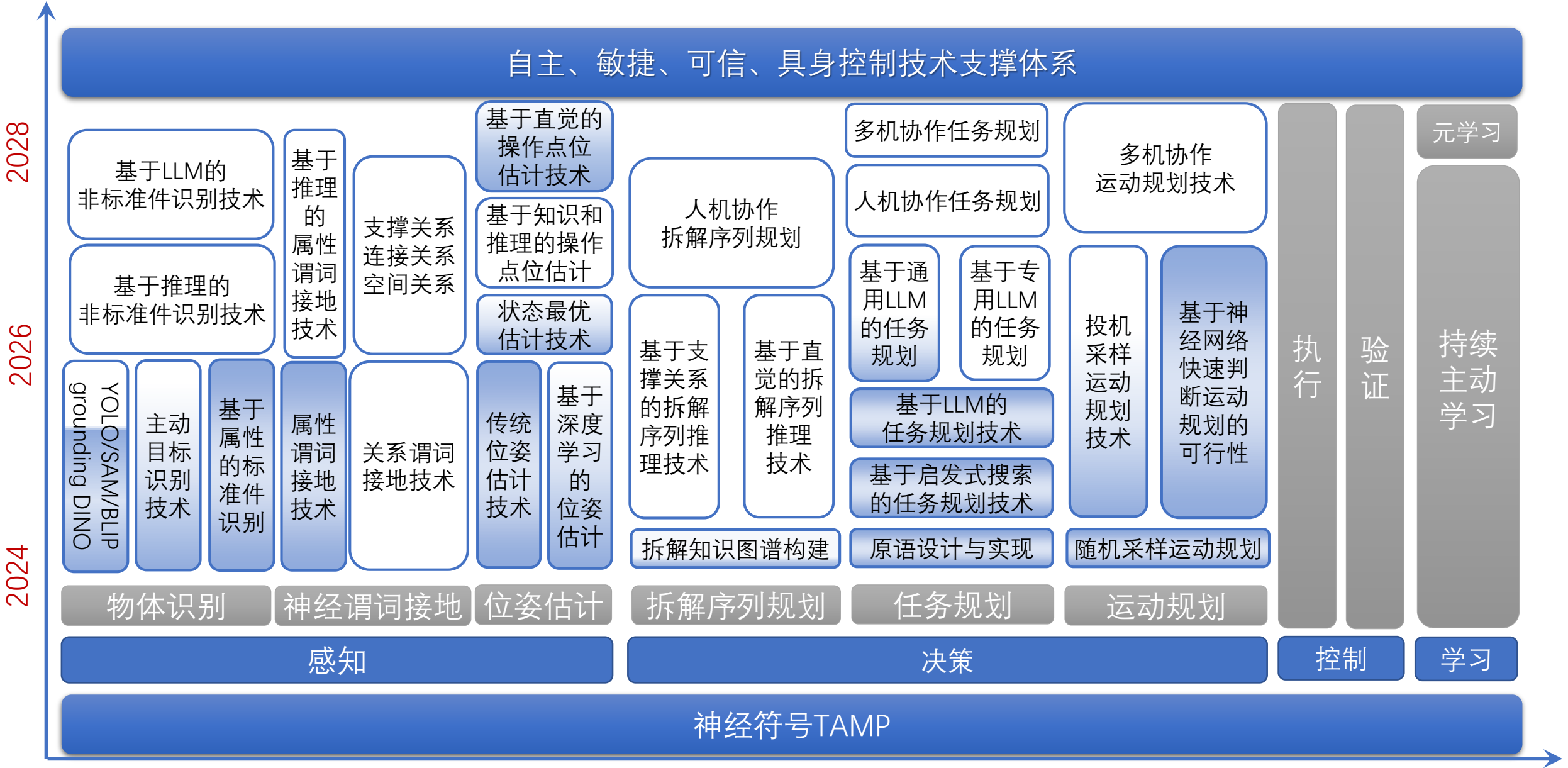
发展目标 (3.0)

以培育制造业“高科技、高效能、高质量”的新质生产力为核心导向，攻克和掌握符合市场需求、实现机器人**自主、敏捷、稳健**拆解的神经符号具身智能技术，构建自主可控技术体系和标准、专利、人才支撑体系，探索建立软硬件协同创新生态，推动我国机器人拆解智能化共性基础技术和重大前沿技术的自主发展。

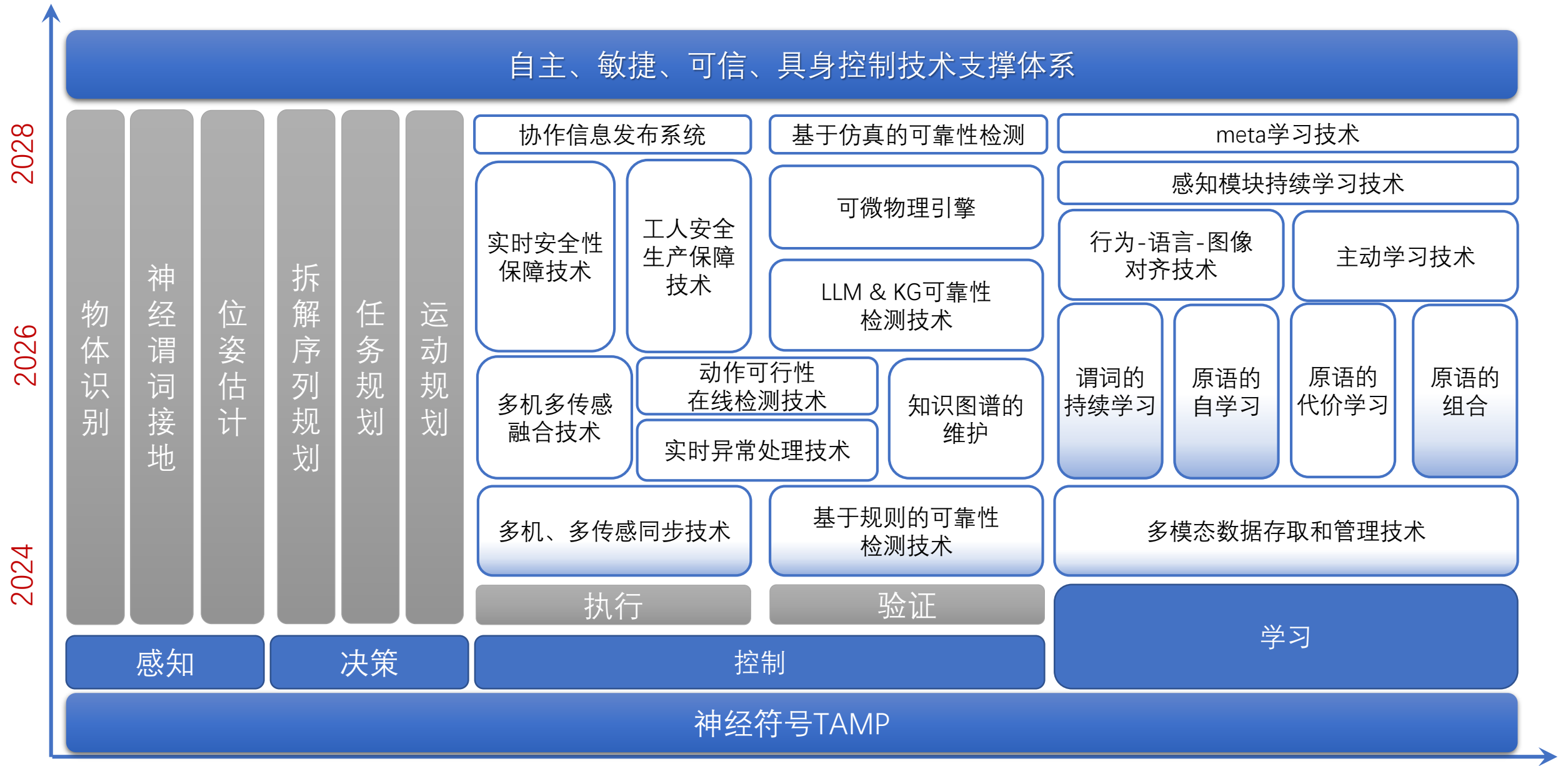
基本策略

- 发展“**知行合一、训推一体、可信具身**”的机器人**具身智能控制架构**和**安全可控**的拆解智能化**技术支撑体系**；
- 发展创新、协调、绿色、开放、共享的**神经符号AI开源社区**，探索新型产学研用协同创新范式；
- 探索**技术创新、应用示范、产业孵化**无缝对接的成果转化新体制和新机制，通过神经符号AI赋能绿色制造产业。

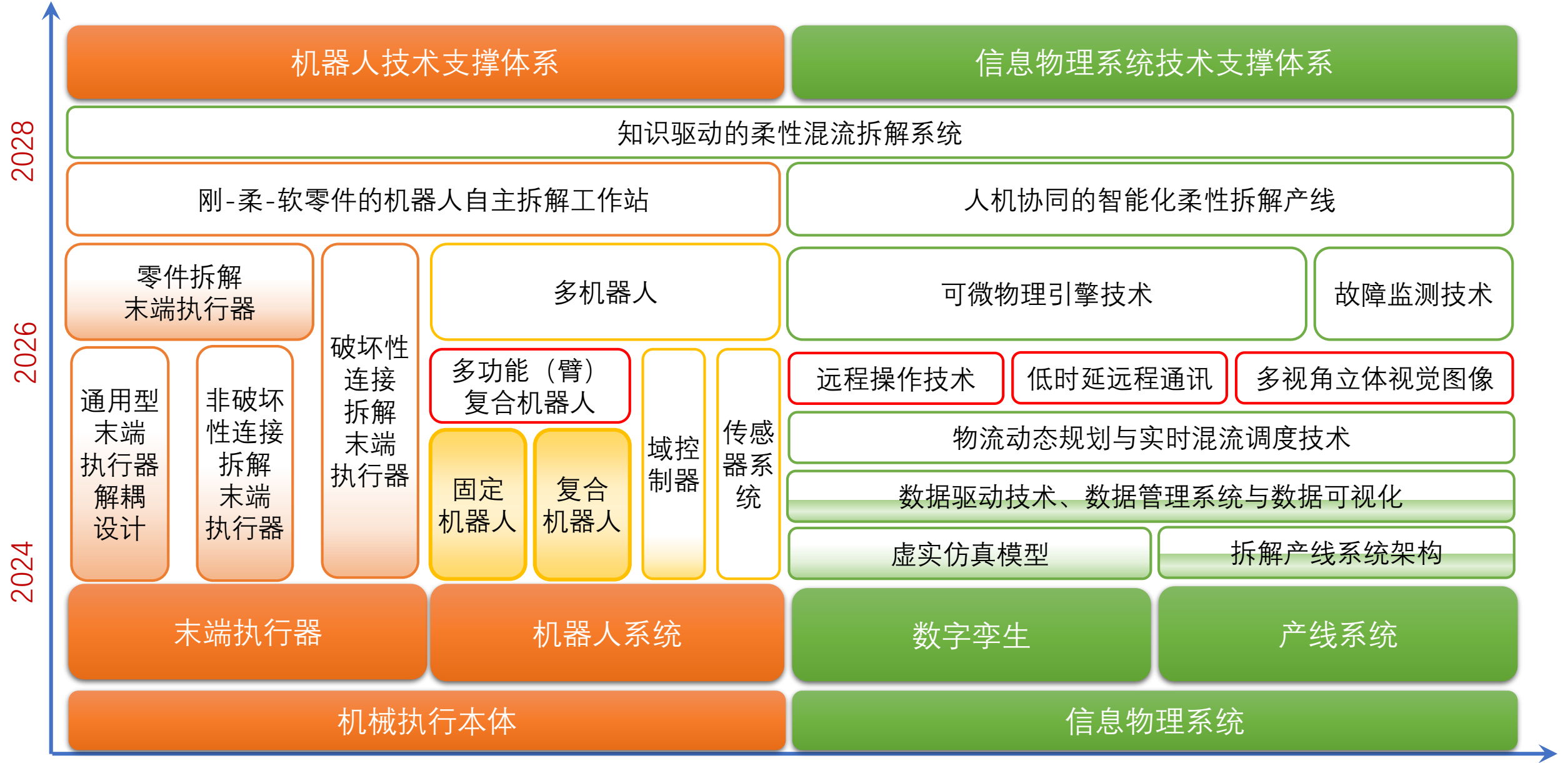
基于神经符号AI的机器人拆解智能化技术路线图2.0实施进展



基于神经符号AI的机器人拆解智能化技术路线图2.0实施进展



基于神经符号AI的机器人拆解智能化技术路线图2.0实施进展



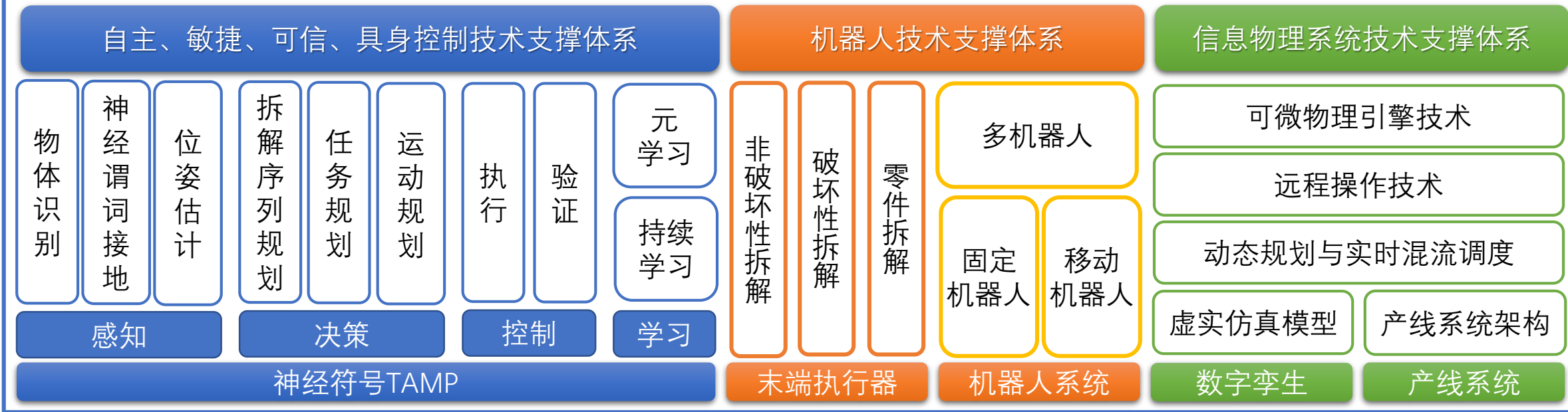
基于神经符号AI的机器人拆解智能化技术路线图3.0

国家需求：神经符号AI赋能绿色制造产业，通过掌握领域专门技能的具身智能体，培育制造业“高科技、高效能、高质量”的新质生产力，为实现“碳达峰、碳中和”目标提供有力支撑。

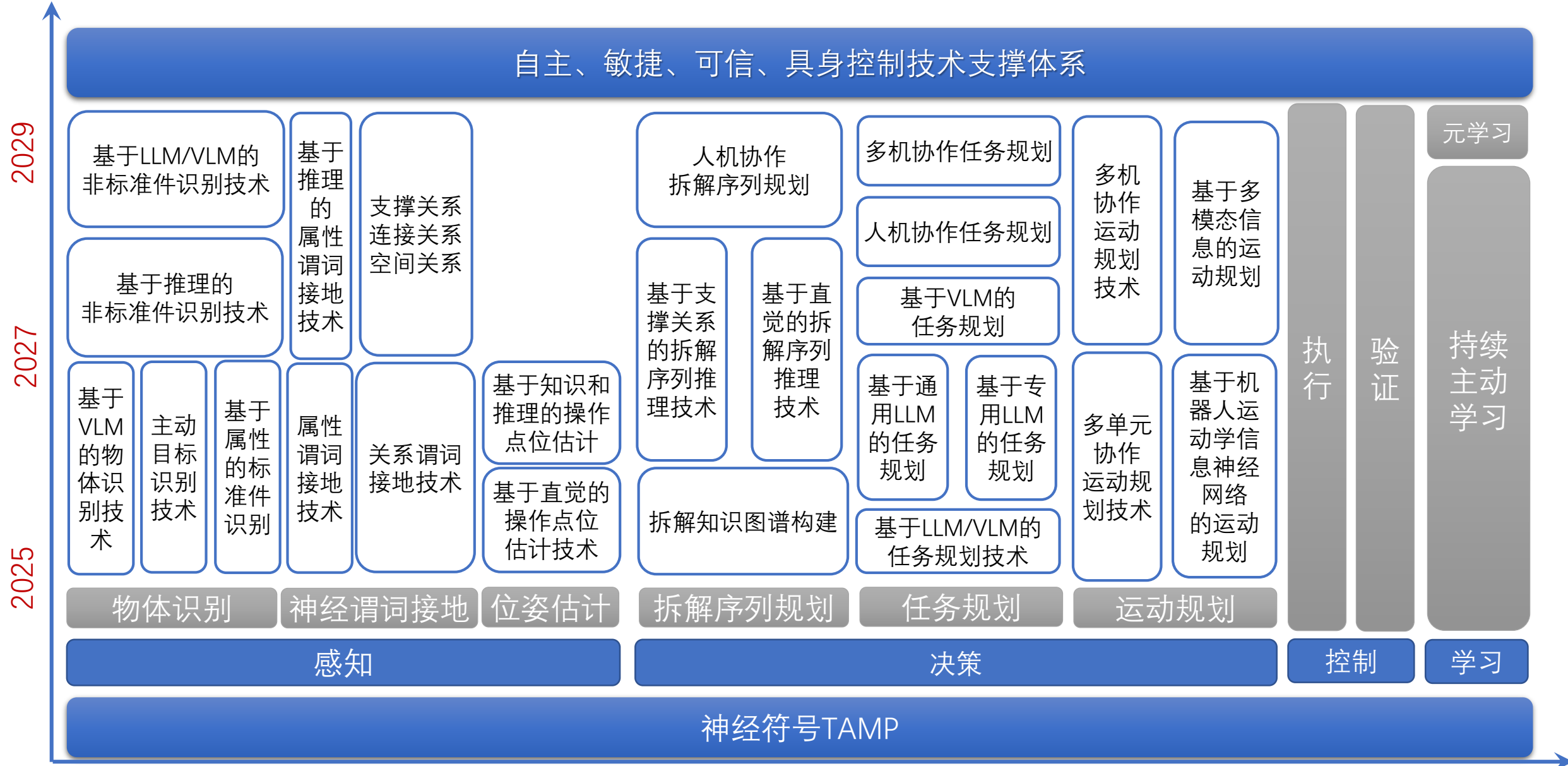
中长期目标：建立知识驱动的柔性混流拆解系统，实现机器人自主拆解（L4级-高度智能拆解）

近期目标：建立“自主敏捷、可信具身”的神经符号具身智能框架、刚-柔-软零件的自主拆解工作站、人机协同的智能化柔性拆解产线，实现机器人自适应拆解（L3级-有条件智能拆解）

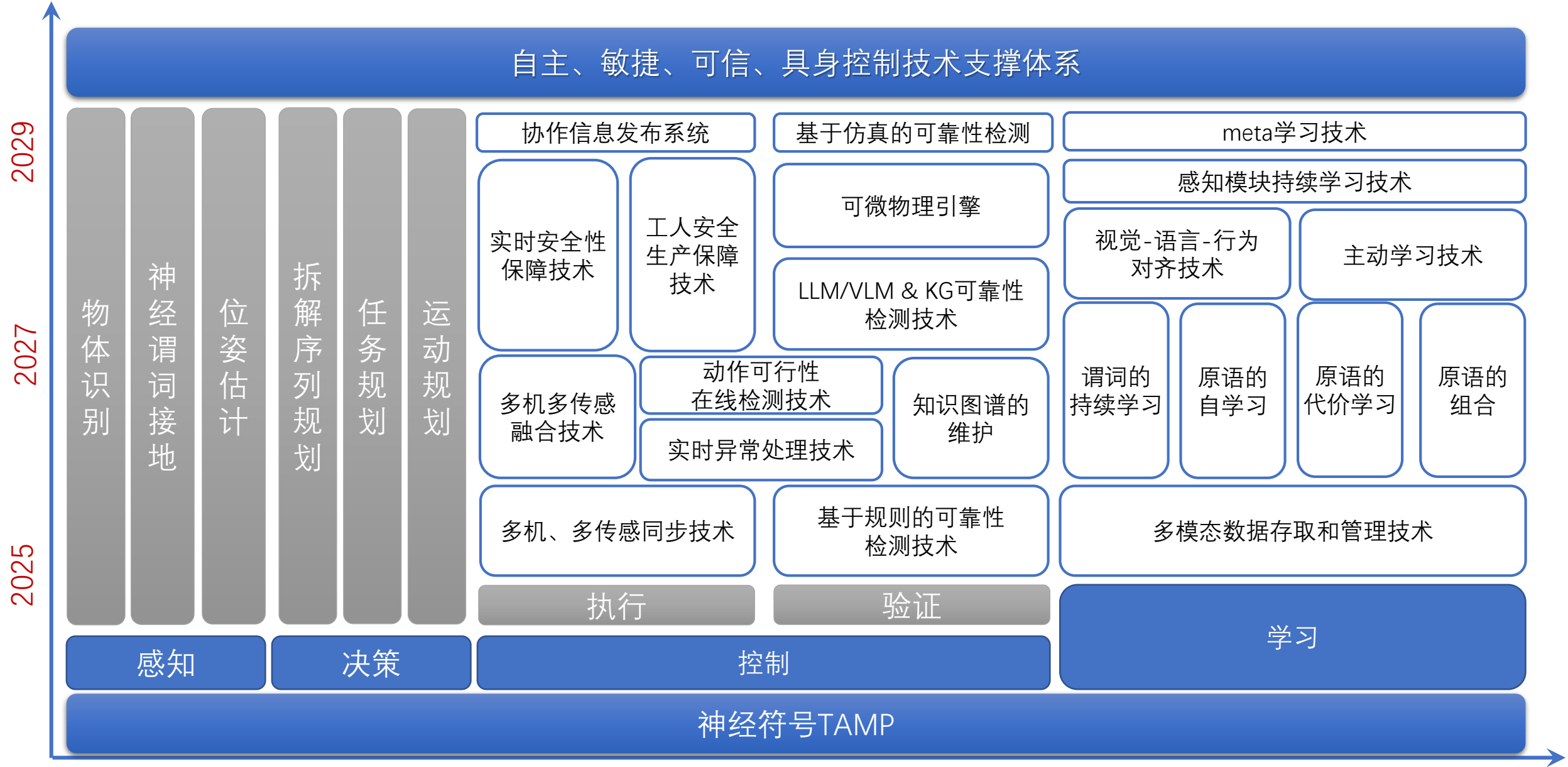
构建机器人拆解智能化技术、标准、专利、人才支撑体系



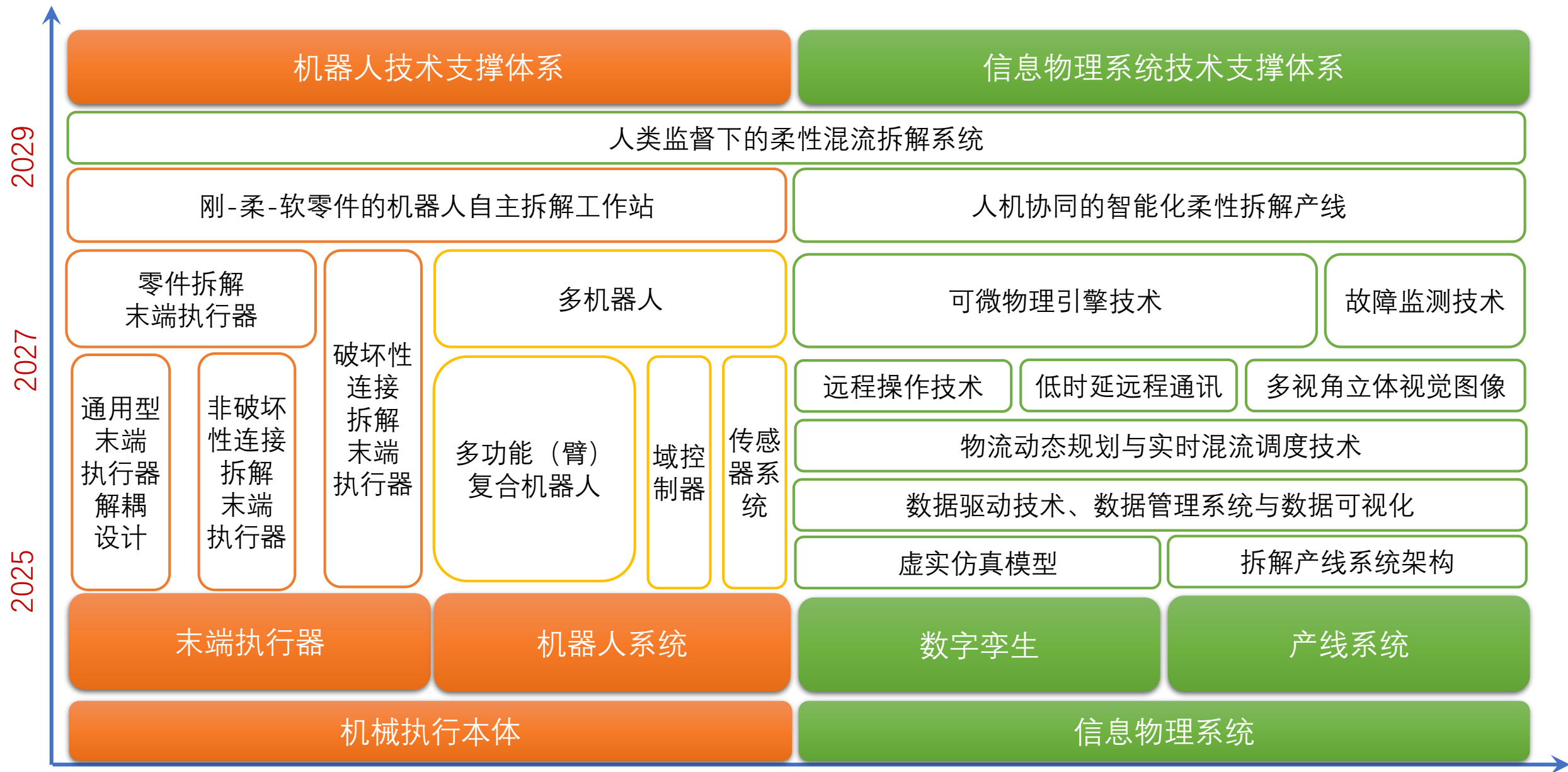
基于神经符号AI的机器人拆解智能化技术路线图3.0-感知、决策



基于神经符号AI的机器人拆解智能化技术路线图3.0-控制、学习

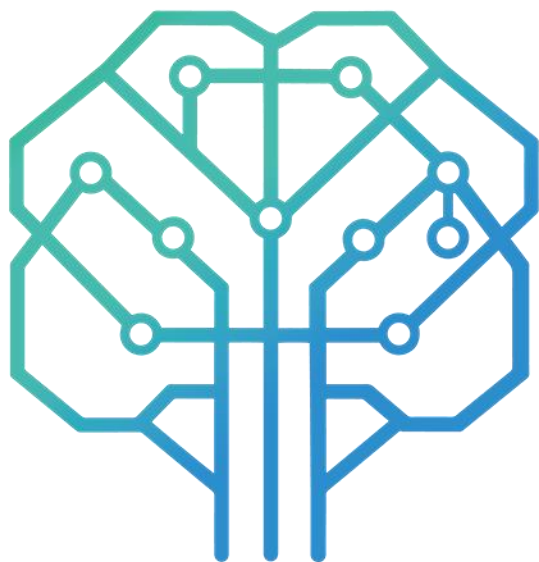


基于神经符号AI的机器人拆解智能化技术路线图3.0-执行本体与CPS



结束语

- 神经符号具身智能赋能绿色制造的实践，为“以人为本”的全生命周期制造领域注入了新动力。
- 传统方法在应对高度动态、复杂多变的拆解环境时，难以同时满足长程规划推理与精细机械操作的双重需求。神经符号人工智能融合符号推理与神经网络，既具备系统1的直觉响应能力，又具备系统2的逻辑规划能力，实现感知-决策-控制的高度协同。
- 神经符号AI开源共享社区，聚焦退役动力电池、3C产品等垂向领域场景，推动产学研用协同创新，构建标准、专利、人才三位一体的支撑体系，助力绿色制造向“以人为本”的范式转变



NSAiHome
神经符号人工智能社区