



CNCC

NeuroSymbolic TAMP: 推动工业机器人具身化的创新实践

英特尔中国研究院：王志刚

目录

01 背景

02 现状

03 展望

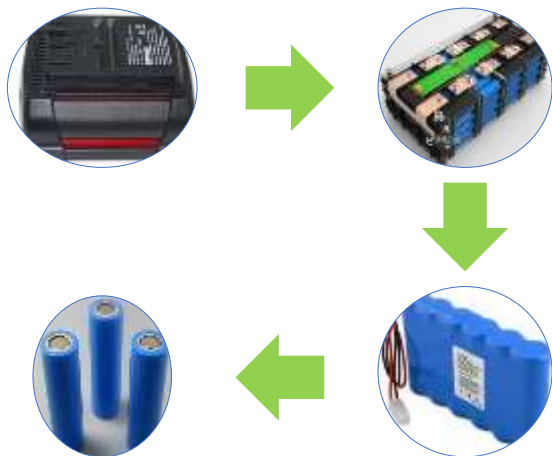
动力电池的拆解回收问题亟需解决

图 12：2021-2030 年动力电池总退役量预测(GWh)



https://k.sina.com.cn/article_7426890874_1baad5c7a001013y47.html

- ✓我国新能源汽车产销量至今已经连续8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。预计未来几年将迎来动力电池退役的高峰期。这为电池回收行业带来了巨大的市场需求，同时也提出了更高的技术要求和处理能力需求。
- ✓大量退役的动力电池如果处理不规范，将对环境造成严重污染。电池中含有的重金属如锂、镍、钴等会渗入土壤和水源，对生态系统造成破坏。
- ✓动力电池中含有的金属资源如锂、镍、钴等是稀缺资源，具有很高的经济价值。通过回收和再利用，可以减少对原生矿产资源的依赖，避免战略性矿产金属资源的“卡脖子”问题。



动力电池的拆解的诸多挑战导致该行业仍以人工拆为主

精细化拆解

拆解越精细，后期回收利用的价值越高



破坏性拆解无法应用于该行业

非结构化

回收电池中大量存在变形腐蚀等情况



定制的批量拆解生产线技术难度非常高

小批量

拆解的数量和型号是由回收情况决定的



定制的批量拆解生产线很难收回成本

安全要求高

处理不当容易引发安全事故



拆解人员要求具备电工资质，人力成本高

L4级高度智能拆解流水线

知识数据双驱动

注重知识与数据的协调应用实现高效拆解

柔性混流拆解

流水线不固定，通过多机器人和设备，包括移动机器人，固定机器人，移动符合型机器人等协作完成任务。

高度智能

自主完成任务、自主协作



绿色环保可持续



NSAiHome
神经符号人工智能社区

机器人

自主

机器人自主完成任务，并实现协作

敏捷

机器人工作效率不低于人

可信

机器人决策逻辑可控，可靠，无幻觉

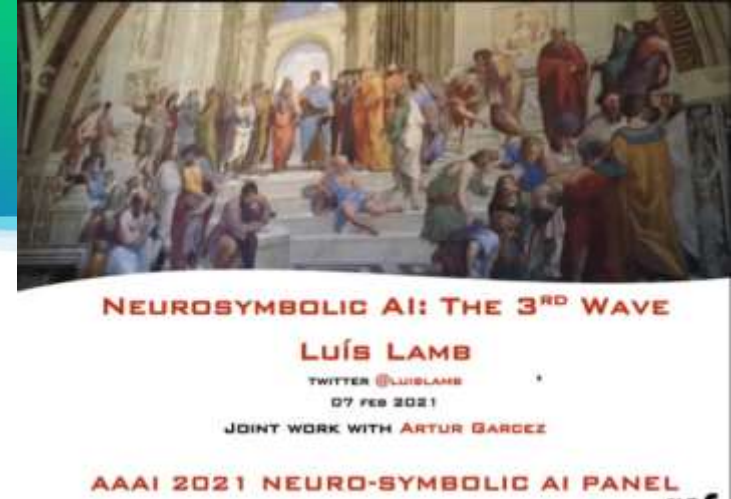
具身

机器人能够通过工作持续进化



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

NeuroSymbolic AI



离散符号空间

AI 1.0
知识驱动

连续的
准符号空间

AI 3.0
知识和数据
混合驱动

连续的
无结构空间

AI 2.0
数据驱动

Battery disassembly AmMr (BEAM-1)

(a)

Hardware level

Part 1

UR10e-6DOF Manipulator



Part 2

Sleeve quick-change device
Self-designed

Part 3

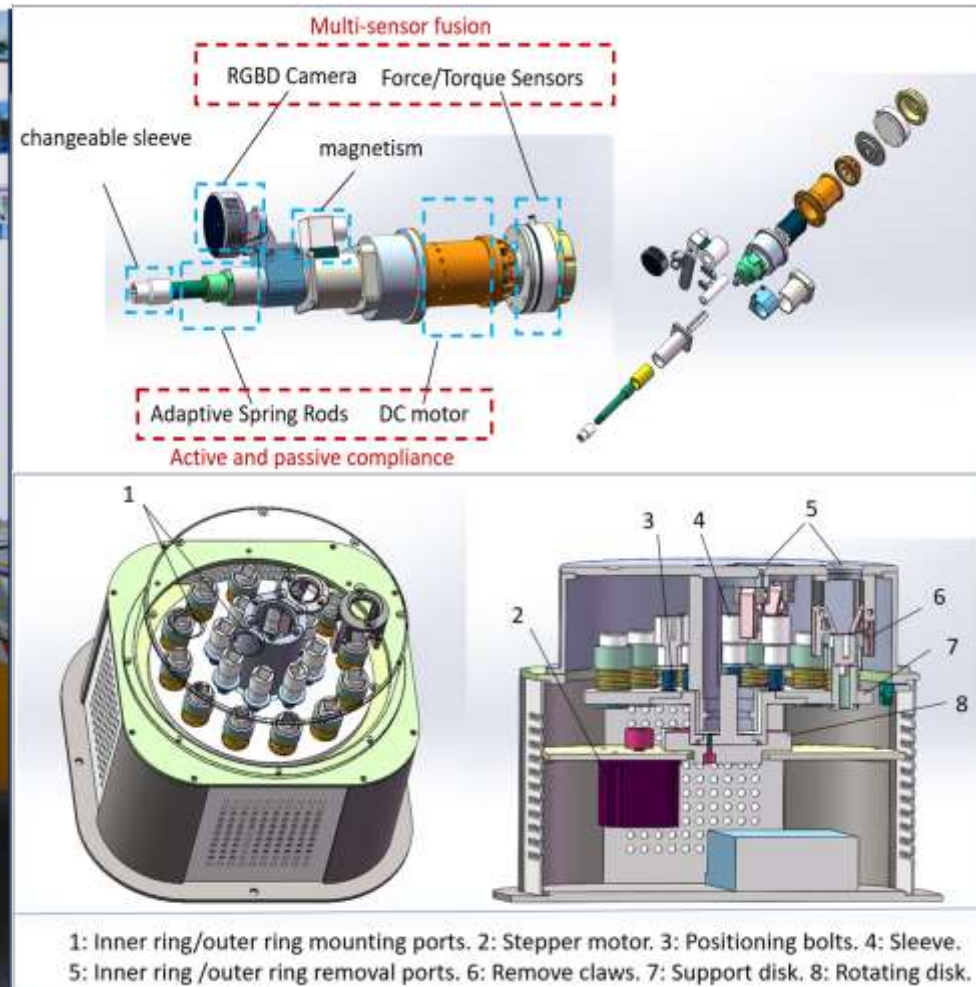
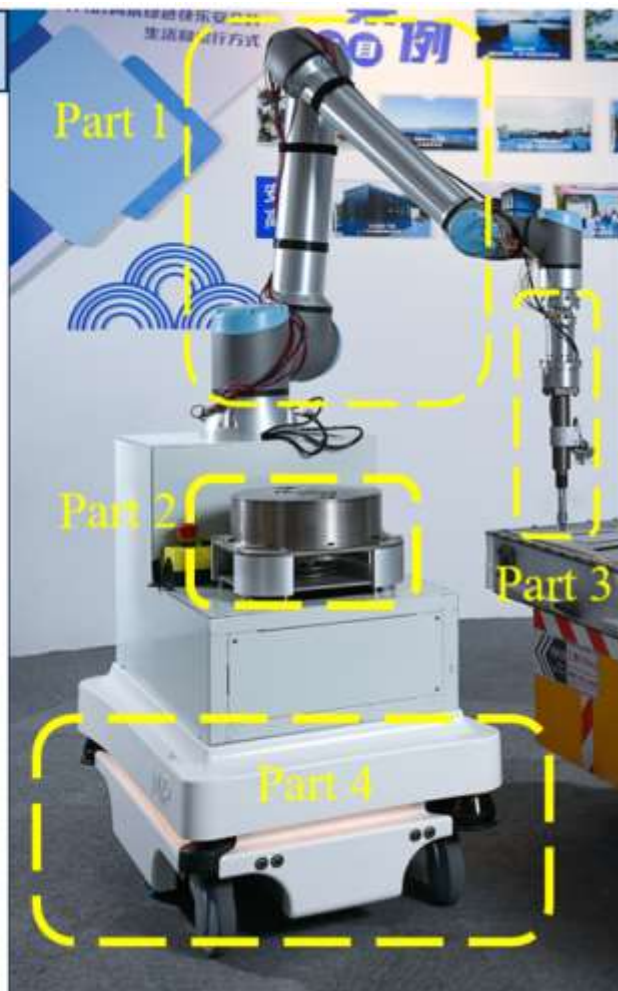
active and passive
compliance end-effector
Self-designed

Part 4

Mir mobile chassis



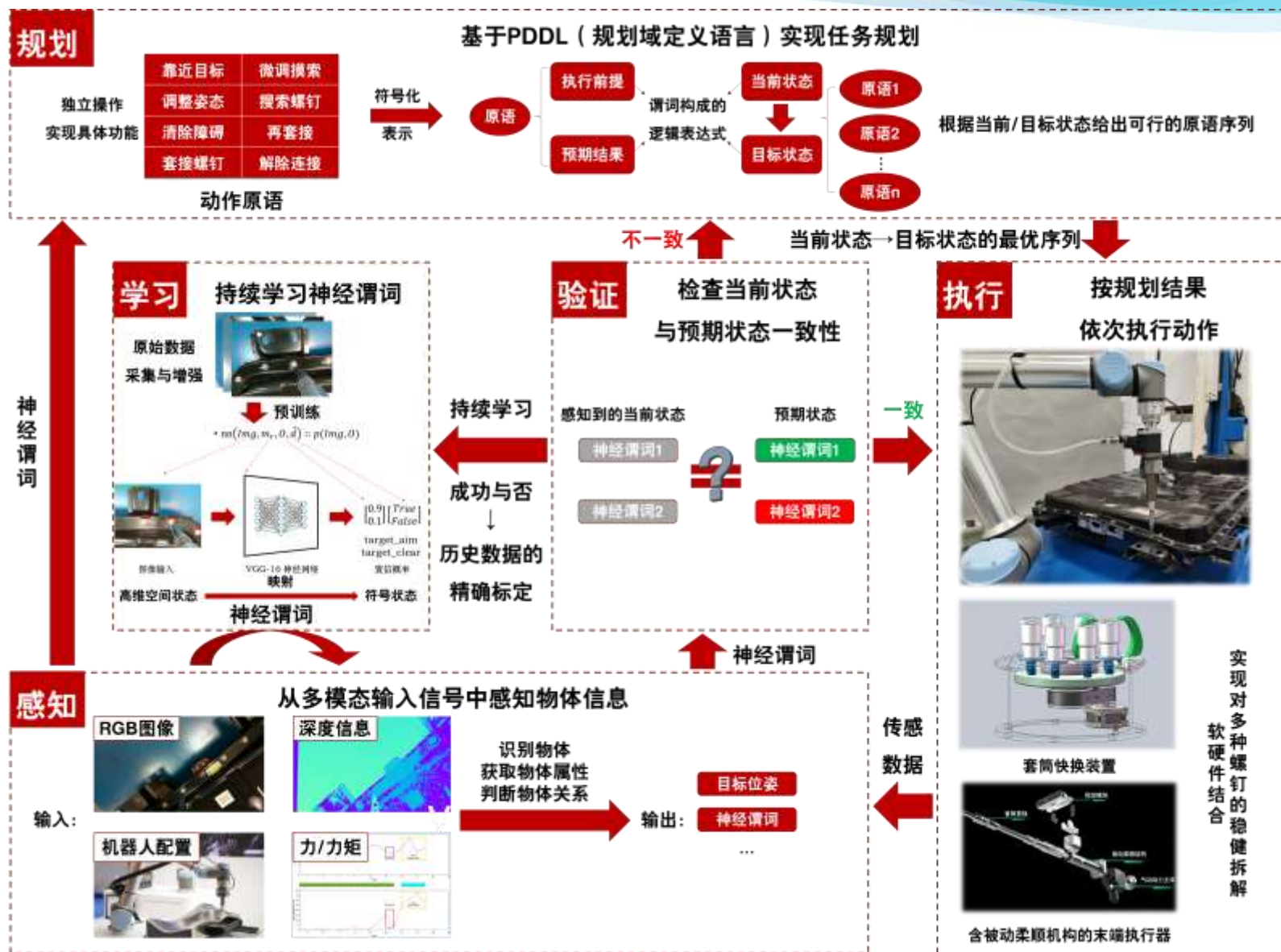
Self-designed bolt disassembly AMMR



Battery disassembly AmMr (BEAM-1)



NeuroSymbolic task and motion planning (TAMP)

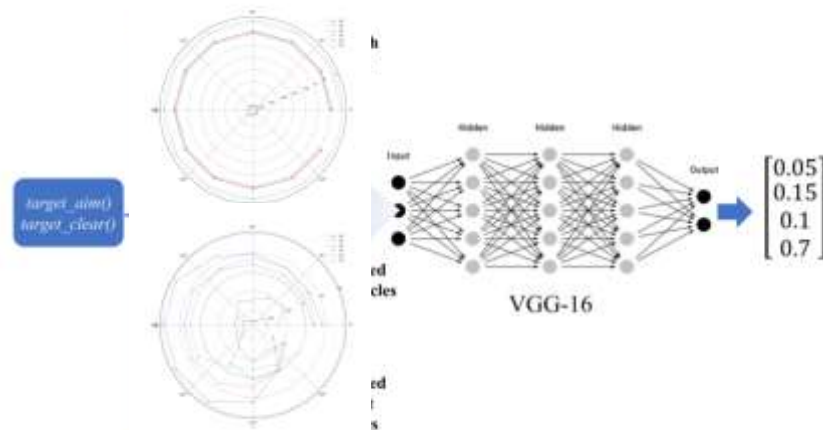


NeuroSymbolic AI for task planning

- 动作原语: 预定义的机器人技能, 可以通过参数进行调整
- 目前是人工定义的, 但并不排斥强化学习, 模仿学习等方法.
- 目前系统中有12个原语

- 神经谓词: 对环境状态的描述, 用于定义动作原语可执行的条件已经执行后的效果。
- 我们用神经网络来实现从传感器到神经谓词的预测。
- 系统有15个神经谓词

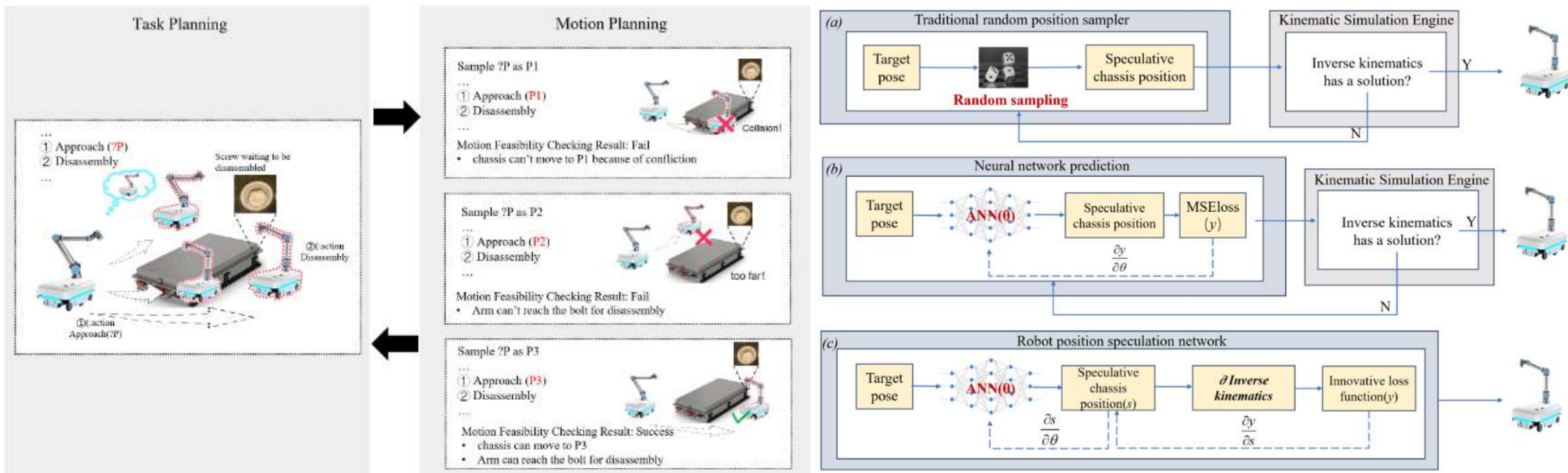
动作原语 action(a)	前提条件 pre(a)	预期结果 eff(a)	原语功能 function
靠近目标 (Approach)	(and(have(coarse_pose)) (not(above_screw)))	(and(above_screw) (target_aim(sensor)) (target_clear(sensor)))	该原语驱动机械臂靠近目标螺钉。
姿态调整 (Mate)	属性识别 (Recognize)	(and(above_screw) (target_aim(sensor)) (target_clear(sensor)))	该原语识别当前正在拆卸的螺钉的类型、规格和腐蚀程度。确定是否存在套筒更换装置中的匹配套筒。
清除编码 (Push)		(not(target_rust(sensor)))	该原语驱动机械臂替换与当前螺钉形状和规格匹配的套管。
套接螺钉 (Insert)	套筒更改 (Change)	(and(complete_recognize) (exist_sleeve(sensor)) (not(target_match(sensor))) (not(target_rust(sensor))))	此原语将没有匹配套管的螺钉切割出凹槽。
拆解螺钉 (Disassemble)	切割 (Cut)	(and(complete_recognize) (not(exist_sleeve(sensor))) (not(target_rust(sensor))))	改原语将锈蚀严重的螺丝磨平。
	铣削 (Mill)	(and(complete_recognize) (target_rust(sensor)))	



NeuroSymbolic AI for motion planning

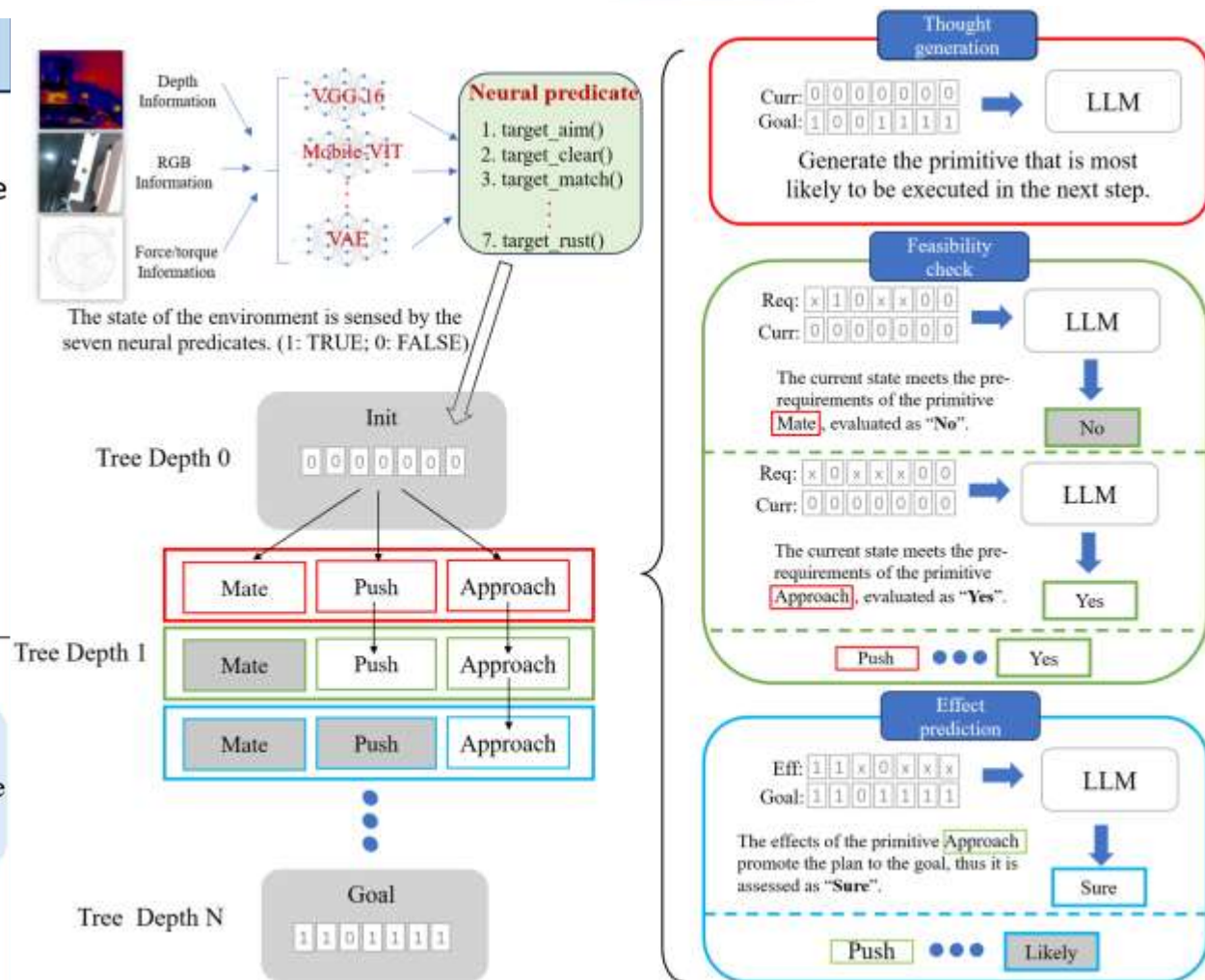
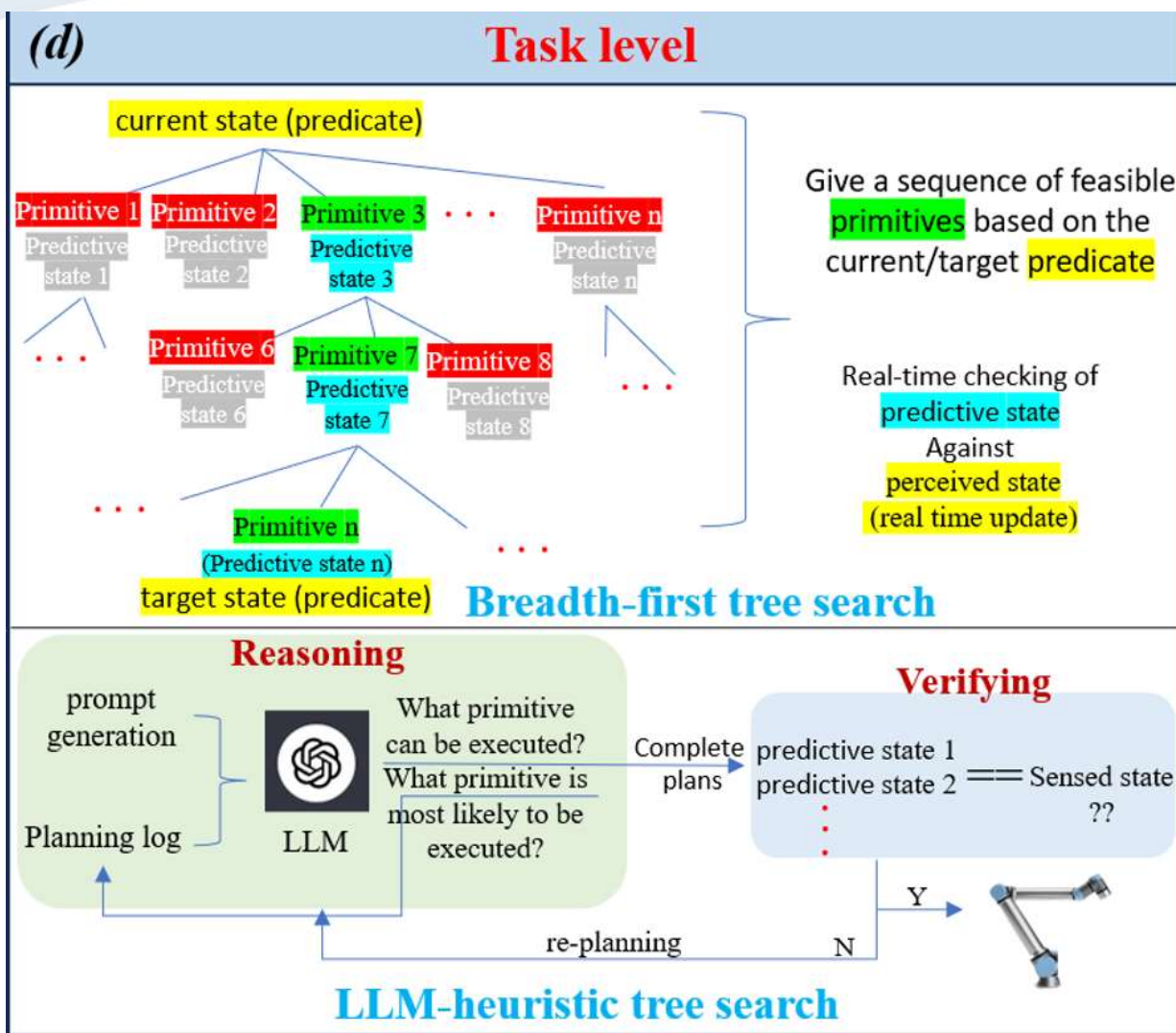
Motion planning: 为动作原语计算相关的参数

- 快速预测出目标参数 (20x加速)
- 减少数据样本的需求量 (100x)



<https://arxiv.org/abs/2402.16281>

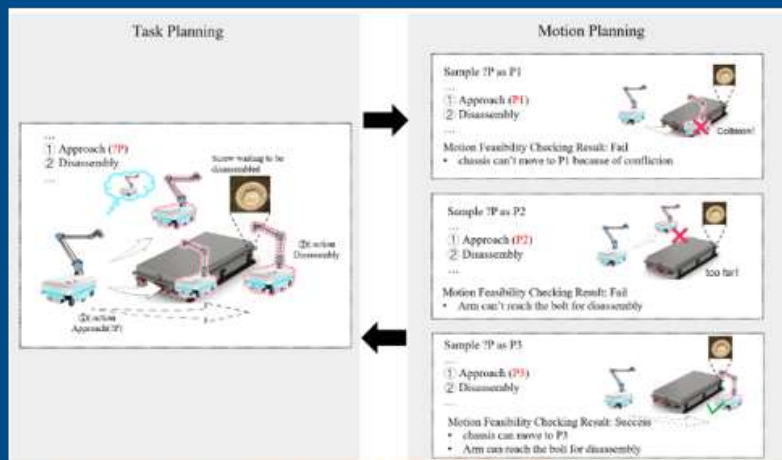
LLM增强的规划



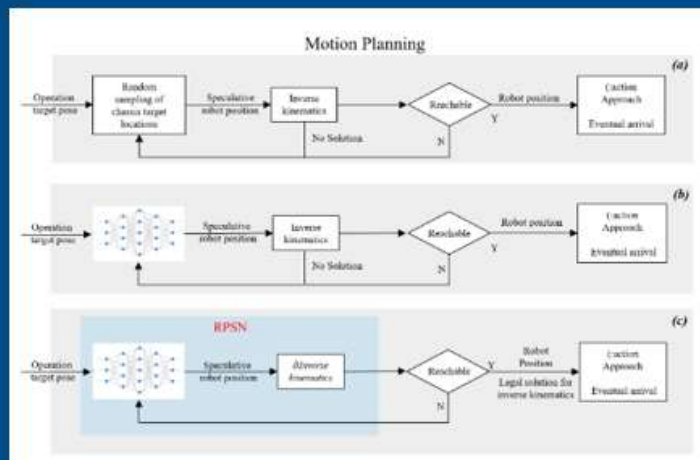
BEAM-1 的具身性

Motion planning: Assign values to the parameters of primitive.

- Intuitive speculation (speed up 20x)
- NeuroSymbolic Method to improve data efficiency (100x)

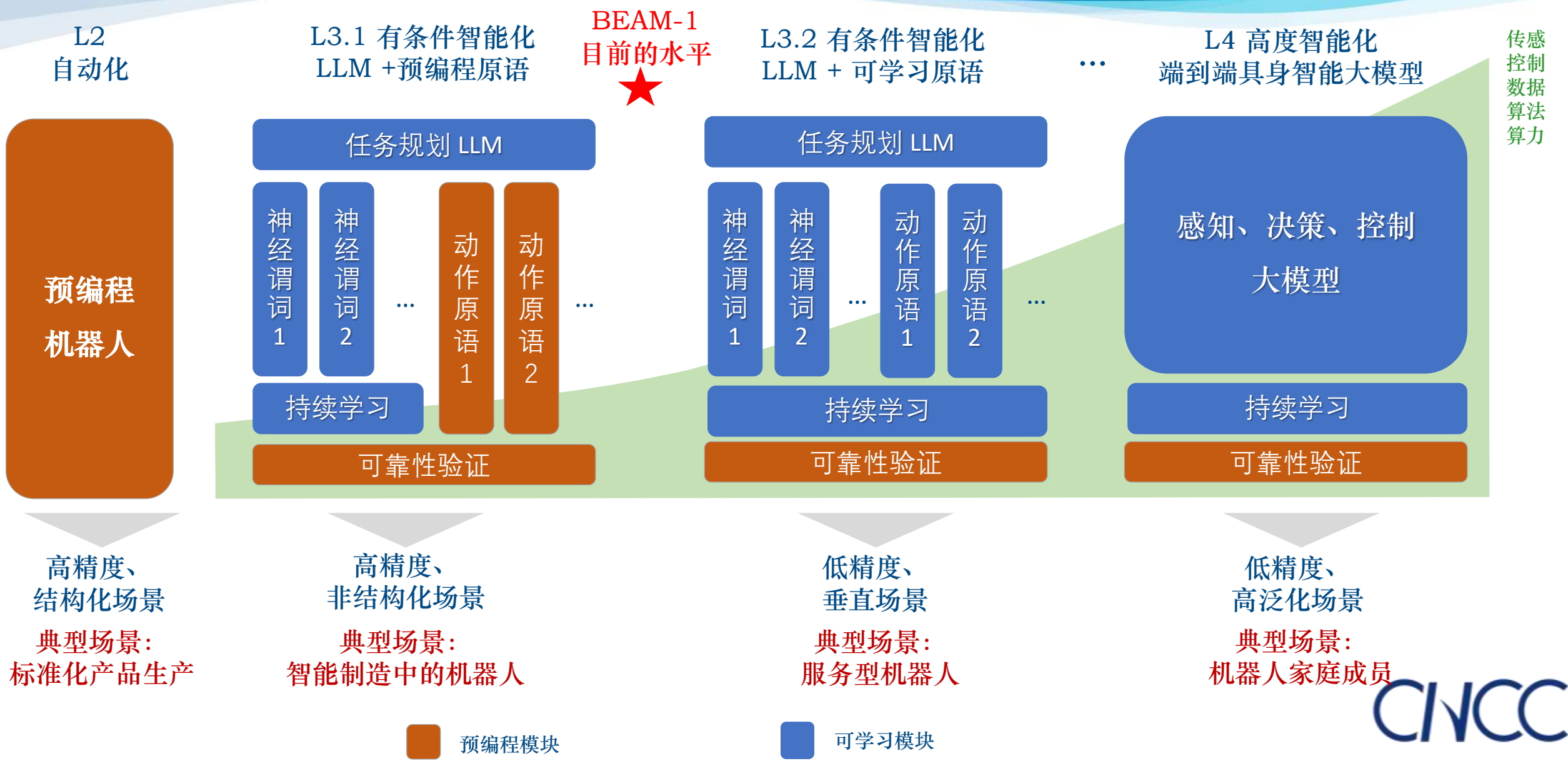


<https://arxiv.org/abs/2402.16281>

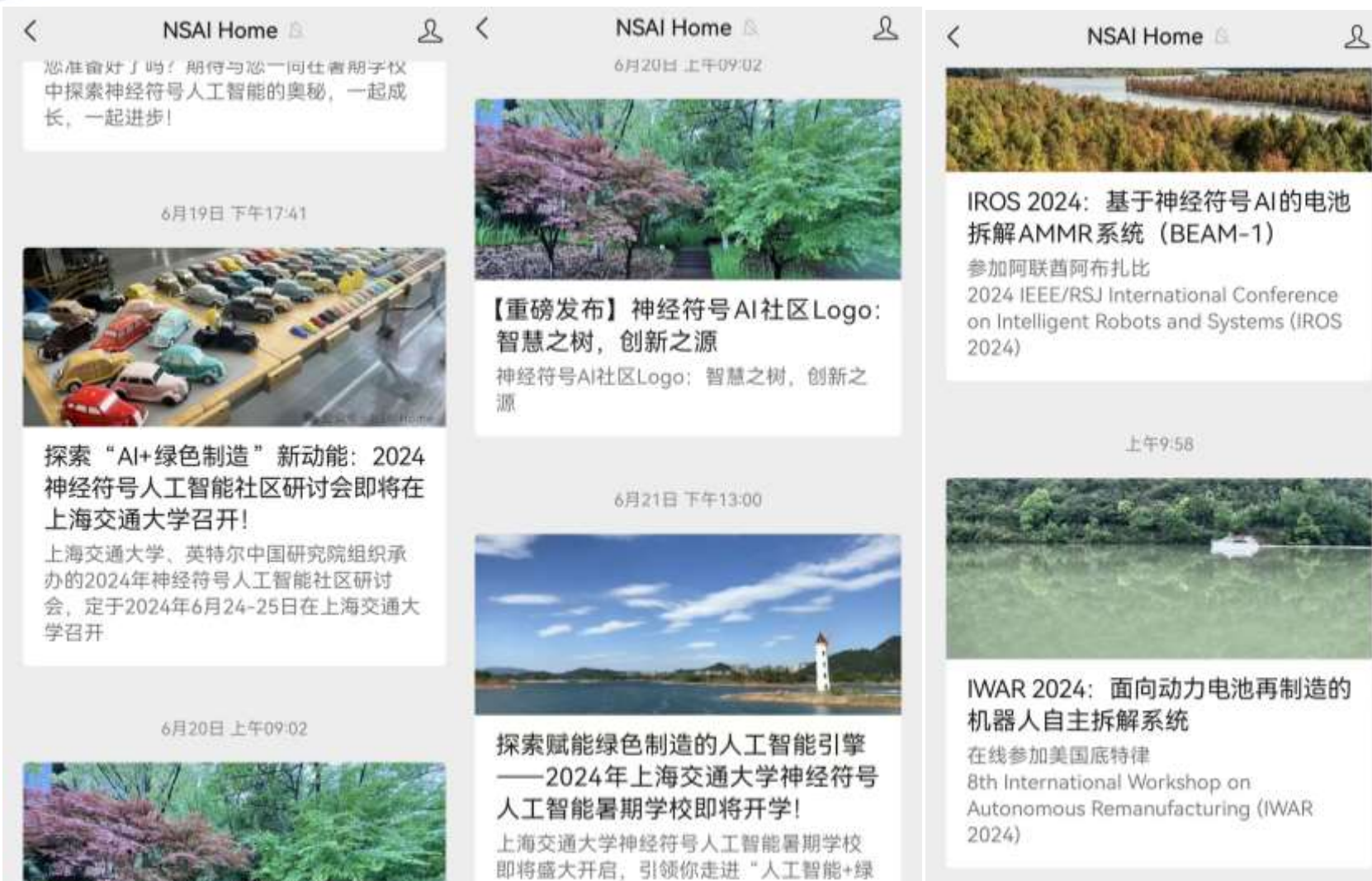


- 持续性构建非第三方智能
 - 神经谓词
 - 任务规划 (LLM)
 - 运动规划 (投机网络)

前景展望



产学研协作



构建了一个研发社区，涉及高校、科研院所、企业等，定期组织研讨会，持续修正和发布研究路线图，引导产业系统性的协同解决问题。

感谢关注



NSAiHome
神经符号人工智能社区



CNCC