

# 局部环境中任务动作生成

基于模型的方法（model-based methods）和无模型的方法（model-free methods）；其中的无模型方法又可以类为基于奖励函数工程法与生成式对抗强化学习法。

## 有模型方法分类：

### 机器人分层规划体系

以下从高层规划、中层规划和底层规划三个层级，分别总结其架构、数据需求及未来发展方向：

#### 一、高层规划（Task-Level Planning）

维度	内容
核心功能	任务分解与逻辑推理（如“整理房间”→“抓取衣物→折叠→放入衣柜”）
典型方法	ViLa（具身大模型）、基于LLM的符号推理系统
架构特点	- 基于大语言模型（LLM）的语义理解与任务分解 结合视觉输入（如ViLa）的多模态推理
数据需求	- 语言指令与任务分解的配对数据 环境语义地图（物体类别、空间关系） 常识知识库
未来方向	- 多模态融合：增强视觉-语言-动作的联合推理能力 动态场景适配：实时调整任务分解

	逻辑 小样本学习：减少对海量标注数据的依赖
--	-----------------------

## 二、中层规划（Motion-Level Planning）

维度	内容
核心功能	物理可行性验证与运动轨迹生成（如预测袋子形变轨迹、规划刀具切割路径）
典型方法	ATM（粒子轨迹预测）、基于学习的动力学模型（GNN+MPC）
架构特点	- 粒子/图结构状态表示（GNN处理交互） 模型预测控制（MPC）优化多步动作 流匹配（Flow Matching）生成连续轨迹
数据需求	- 物体运动轨迹数据（仿真或真实世界） 物理交互数据集（碰撞、形变） 多传感器融合数据（RGB-D、力觉）
未来方向	- 通用物理建模：统一刚体/可变形体/流体的动力学模型 零样本泛化：适应未见物体与场景 高效仿真：加速数据生成与模型训练

## 三、底层规划（Control-Level Planning）

--	--

维度	内容
核心功能	高频动作生成与动态响应（如实时调整关节力矩、补偿外部扰动）
典型方法	Diffusion Policy（扩散策略）、基于强化学习（RL）的闭环控制
架构特点	- 扩散模型生成概率动作分布 动态系统建模（状态-动作映射） 硬件级优化（低延迟计算）
数据需求	- 高频控制信号（50Hz+）与状态反馈 扰动恢复数据（如外力干扰下的调整记录） 硬件参数标定数据
未来方向	- 超高频控制（100Hz+）实现类人响应 跨平台兼容：统一不同机器人的控制接口 安全增强：故障检测与自恢复机制

## 四、层级协同与系统整合

挑战	解决方案
层级间信息断层	- 建立统一状态表示（如SE(3)位姿+粒子坐标） 设计双向反馈机制（高层 $\longleftrightarrow$ 中层 $\longleftrightarrow$ 底层）
数据异构性	- 构建多模态数据集（语言+轨迹+控制信号） 开发跨层级仿真平台（如NVIDIA Isaac Sim）
实时性瓶颈	- 分层异步计算（高层低频更新、底层高频执行） 边缘计

	算硬件加速（如Jetson+FPGA）
--	---------------------

## 五、未来技术趋势

### 1. 端到端学习 vs 模块化设计

- 折中路径：保留层级可解释性，但通过可微分接口实现联合优化（如Diffusion Policy与MPC的混合架构）。

### 2. 仿真-现实闭环

- 发展方向：构建物理精确的实时仿真器（如NVIDIA Omniverse），支持大规模并行训练与零样本迁移。

### 3. 具身智能基座模型

- 目标：训练跨层级通用模型，实现“感知-预测-规划-控制”一体化（类似GPT-4在机器人领域的延伸）。

## 六、落地应用场景

场景	层级侧重
工业装配	- 高层：工序分解 中层：精密零件轨迹规划 底层：力控抓取
家庭服务	- 高层：自然语言指令理解 中层：衣物折叠轨迹生成 底层：柔顺触控
医疗手术	- 高层：手术步骤规划 中层：器械-组织交互预测 底层：亚毫米级运动控制

---

通过分层规划体系，机器人系统既能处理抽象任务推理，又能实现物理精确的运动控制，为通用具身智能的落地提供了可扩展的技术框架。

### **tips：更流畅的trick**

1. 美国斯坦福大学计算机科学家和助理教授切尔西·芬（Chelsea Finn）带领的研究团队，提出了基于动作分块（Action Chunking）策略的一种双向解码（Bidirectional Decoding, BID）方法，能够在保持动作分块优点的同时，提高了机器人策略在复杂任务中的表现。