

题目：面向动力电池机器人自主稳健拆解的持续学习方法研究

姓名：张翌盛

学号：121020910041

导师：陈铭（上海交通大学）、王志刚（英特尔中国研究院）

学校：上海交通大学（机械与动力工程学院）

专业名称：机械工程

申请学位：硕士

关键词：神经符号系统，多模态感知，位姿估计，持续学习，机器人拆解，动力电池

摘要：

在新能源汽车市场持续扩张的背景下，动力电池作为关键组件之一，其高效和环保的回收处理显得尤为重要。特别是在电池拆解环节，面对非结构化工作环境的挑战，如何有效提升拆解精度和效率成为了迫切需要解决的技术难题。

本研究针对非结构化拆解环境下动力电池的智能化拆解需求，围绕基于神经符号人工智能的自主拆解规划、基于持续学习的高精度位姿估计、基于多模态感知交叉验证的持续学习等关键技术展开研究，建立基于神经符号人工智能的动力电池机器人自主拆解系统，通过引入持续学习机制，使系统能够在实际操作中不断自我优化，应对环境的动态变化，显著提升操作的精确性和适应性，为实现动力电池拆解任务的自主性与智能化，提供了坚实的理论基础和技术支撑。主要内容和创新性成果如下：

（1）基于神经符号人工智能的自主拆解规划方面，为了应对动力电池拆解过程中遇到的复杂多变环境，首先专门设计了动作原语和神经谓词，随后采用了大型语言模型和基于规划域定义语言的逻辑推理流模型，以实现对环境变化的高效适应。这一框架整合了感知、学习、规划、执行、验证的多个环节，通过引入持续学习机制，系统能够根据拆解过程中收集到的数据不断更新和优化拆解策略，提高了任务执行的灵活性和精确性，有效应对拆解过程中的不确定性。

（2）基于持续学习的高精度位姿估计方面，采用了改进的 YOLOv5 目标检测网络，用以精确识别螺钉等紧固件。结合 MobileNetV3 构建的位姿估计模型和 Kalman 滤波技术，我们进一步优化了估计结果的精度。此外，系统还通过持续学习机制，根据实际操作中的反馈不断优化位姿估计模型，以适应复杂的操作环境和不断变化的实际条件。

（3）基于多模态感知交叉验证的持续学习方面，通过整合视觉与力觉数据，并采用实时反馈与动态策略调整，优化决策和操作过程。这种学习框架显著提升了拆解操作的效率和准确性，同时增强了系统对环境变化的适应能力。

通过仿真和真机实验，本研究验证了所提系统的有效性。实验结果表明，该系统在多种拆解场景中均能实现高精度的目标识别和操作，显著优于传统方法。基于神经符号人工智能的机器人自主拆解系统不仅在理论上拓展了机器人技术在动力电池回收领域的应用，而且在实践中证明了其操作的精确性和适应性。通过实施持续学习，系统的自适应能力和操作效率得到进一步提升，为未来智能化拆解技术的发展提供了新的视角和参考。