

题目：基于神经符号学的动力蓄电池智能化拆解规划与位姿估计研究

姓名：张恒玮

学号：120020910249

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：神经符号学，动力蓄电池，拆解智能化，拆解规划，位姿估计

摘要：

随着新能源汽车产销量的爆发性增长，回收利用产业将会迎来动力蓄电池的大规模退役潮。动力蓄电池的拆解作为回收利用的必要步骤，当前广泛采用人工拆解的方式。这种方式拆解效率低下，拆解工人面临高压触电、化学危害等诸多安全隐患。与正向制造过程相比，废旧动力蓄电池产品种类多、报废状态复杂，往往具有较多的不确定性。为了满足高效、柔性、绿色的拆解需求，动力蓄电池的拆解方式迫切需要从人工拆解、机械化拆解向自动化、智能化拆解方式转变。

本文围绕非结构化拆解环境和多种不确定性拆解条件下的拆解规划、实时高精度螺钉紧固件的位姿估计两个关键技术问题，开展了动力蓄电池智能化拆解工艺、动力蓄电池的智能化拆解规划、螺钉紧固件的目标检测和姿态估计及其滤波算法等关键技术研究，提出了基于神经符号学的拆解规划系统、基于视觉的实时高精度螺钉紧固件位姿估计方法，为工业场景下非结构化拆解环境中的动力蓄电池智能拆解，提供可行的方案。

论文的主要内容和创新性成果如下：

(1) 针对动力蓄电池的智能化拆解问题，在人工拆解工艺的基础上，提出了人机协作的智能化拆解工艺和知识驱动的柔性人机混流拆解生产线框架，并初步设计了智能化拆解工作站和螺钉紧固件的智能拆解末端执行器。

(2) 针对非结构化拆解环境和多种不确定性拆解条件下的智能化拆解规划问题，提出了基于神经符号学的拆解规划方法，通过 PDDL 形式化定义动作原语和神经谓词、设计拆解规划算法，实现了基于神经符号学的螺钉紧固件智能拆解。

(3) 针对实时高精度的螺钉紧固件位姿估计问题，提出了基于视觉的螺钉紧固件位姿估计算法。通过基于 HOG+SVM 和 YOLOv5 的目标检测算法、基于随机采样一致的法向量估计、基于卡尔曼滤波的位姿估计，实现了螺钉紧固件的实时高精度位姿估计，为动力蓄电池的智能拆解提供支撑。