

佛山隆深机器人有限公司

研究生联合培养项目需求表

联 培 项 目 编 号： FSNEU-2026-LSROBOT-2

联 培 项 目 名 称： 面向工业特定场景的具身智能机
器人高精度导航技术研究

联 培 单 位： 佛山隆深机器人有限公司

项 目 负 责 人： 邓 超

联 系 电 话： 15520019246

单 位 负 责 人： 赵伟峰

联 系 电 话： 13825559999

东北大学佛山研究生创新学院

填表说明

- 1、 本表由联合培养基地填写，务必保证信息全面准确。
- 2、 联合培养基地每年 3 月前将本表交于东北大学佛山研究生创新学院，用于本年度接收联合培养研究生。
- 3、 一份需求表只能填写一个项目，且需求表上交后原则上不允许取消或更改。
- 4、 联培项目编号为：东北大学佛山研究生创新学院简称佛山研究生创新学院，简称代码-FSNEU、年份-202X、基地名称简称代码-XXX(美的集团中央研究院简称美的中研院，简称代码 MDZYY)、本基地本年度项目序号 X X，例如：
FSNEU-2026-MDZYY-1。
- 5、 各栏目内容可续页。

东北大学佛山研究生创新学院联培基地项目需求表

| | | | |
|-----------|---|------|---------------------------|
| 项目编号 | FSNEU-2026-LSROBOT-2 | 项目名称 | 面向工业特定场景的具身智能机器人高精度导航技术研究 |
| 联培课题方向 | 动态复杂工业场景的多传感器融合实时建图与定位技术、基于任务与语义理解的具身智能机器人分层导航规划、基于强化学习与仿真迁移的导航策略自进化技术。 | | |
| 所需研究生专业方向 | 085405 软件工程 085406 控制工程 085404 计算机技术 085410 人工智能-计算机 0811J1 机器人科学与工程 | | |
| 需求人数 | 2 | | |
| 岗位要求 | 1. 具备扎实的数学基础和良好的英文文献阅读与写作能力。 2. 对工业机器人前沿技术研发充满热情，责任心强，具备优秀的团队协作和沟通能力。 3. 对具身智能、大模型在机器人中的应用有深入理解和探索兴趣。 4. 熟悉激光 SLAM/视觉 SLAM、多传感器融合（激光雷达/相机/IMU），有实际部署经验。 5. 优先考虑在相关领域顶级会议（如 RSS，ICRA，IROS，CVPR）或期刊发表过论文。 6. 优先考虑具有工业机器人、无人驾驶、移动机器人等实际大赛项目或工程项目研发经验。 | | |

项目简介

一、项目背景：

近年来，随着工业自动化技术的纵深发展、传感器性能的持续提升以及智能控制理论的不断突破，面向集装箱装卸作业的智能底盘系统正经历深刻的技术变革。当前，相关技术研发呈现出三大主流趋势：其一，在动力与控制层面，基于液压驱动与高精度伺服控制的底盘系统逐步普及，通过闭环反馈机制实现毫米级的集装箱定位与平稳高效的装卸作业；其二，在环境感知与导航层面，融合激光雷达（LiDAR）、视觉传感器（如深度相机）与惯性测量单元（IMU）的智能底盘系统，能够实时构建三维环境地图，动态识别障碍物，并自主规划最优路径，初步具备在特定场景下的无人化运行能力；其三，在结构与能耗层面，采用高强度轻质材料（如铝合金、碳纤维复合材料）与拓扑优化设计的底盘结构，不仅显著提升了承载能力与抗扭刚度，还有效降低了整机能耗与全生命周期运营成本。

然而，尽管取得了上述进展，当前集装箱装车底盘系统在面向复杂工业场景的实际应用中，仍面临一系列亟待突破的关键技术瓶颈。首先，在环境感知与高精度导航方面，港口、货运站等实际作业环境往往存在光照剧烈变化、雨雪雾天气干扰、地面标识磨损以及大量移动人员与车辆混行的动态非结构化特征。现有感知系统在多源数据融合的鲁棒性、动态障碍物轨迹预测的准确性以及极端工况下的定位连续性方面仍存在不足，难以稳定实现厘米级甚至毫米级的高精度导航与实时避障。其次，系统的可靠性与耐久性仍面临严苛考验。集装箱装卸作业具有高强度、长周期、高负载的特点，要求底盘系统在连续作业数千小时的情况下，仍能保持控制精度与机械结构的稳定性。当前在关键执行部件的疲劳寿命、复杂工况下的故障自诊断与容错控制等方面，仍缺乏成熟的理论方法与技术方案。此外，智能化技术的深度集成与协同优化尚显不足。现有系统多采用分立的感知、决策与控制模块，缺乏端到端的联合优化机制，在多机协同作业、人机协作安全、云端智能调度等方面仍有较大提升空间。如何突破异构传感器信息融合、实时智能决策与精准运动控制的跨层级协同难题，成为提升系统整体智能化水平的关键所在。

二、研究现状：

1、基于激光雷达建模与基于语义地图的导航是目前自动驾驶、无人机和复杂环境中的移动机器人(如救援机器人)中，但其计算复杂度较高，对硬件性能和算法适应优化提出了更高的要求。

目前箱体装载低速高精度导航主要采用以下技术路线：

(1) 基于激光扫描的高精度建图方法

利用激光点云融合 IMU 构建激光里程计信息，同时提取箱体两边特征点云并提升匹配权重，构建高精度箱体模型。优点是计算简单、执行稳定，局限是对装箱后的动态环境适应性低。

(2) 基于箱体特征的拟合定位方法

利用箱体两边的波浪形特征，拟合成单独平面，获取靠墙距离来定位；此方法无法过滤非标准箱体的异形特征和变形，从而在非标准箱体的定位精度大大降低。

(3) 基于加减速平滑规划的控制方法

集装箱装箱机器人底盘一般设计较重，针对大负载底盘如何实现有效的路径跟踪控制是导航最终精度呈现形式。当前主要采用 PID 控制策略，如何有效的做好底盘加减速自适应控制也需要思考。

2、基于语义地图的导航研究现状

在集装箱堆场的智能装箱场景中，基于语义地图的导航系统能够实现更高效、更安全的自动化作业流程。系统通过搭载传感器（如激光雷达、视觉相机）的履带底盘，实时感知堆场动态环境，并构建具有丰富语义信息的数字地图——不仅标注集装箱位置、堆叠层数、箱型尺寸、重量等级等物理属性，还会标识作业区域（如装卸区、缓冲区、通道）、交通规则（如单向行驶路段、限速区）以及临时状态（如“待检箱”“危险品隔离区”）。

通过深度融合语义理解与导航决策，该系统不仅实现从“点对点移动”到“场景化作业”的跨越，更通过动态环境交互与协同优化，显著提升装箱效率、设备利用率和堆场安全水平。

三、关键性问题或技术：

围绕面向工业特定场景的具身智能机器人高精度导航技术研究，本项目拟重点突破以下关键问题：

1、工业具身智能动态场景高精度建模技术

如何应对工业环境中人、机、物等动态目标的实时变化，构建兼具高精度、强适应性及轻量化特征的场景模型，是实现可靠导航决策的基础。研究将重点突破动态目标实时检测与跟踪技术，并融合多源感知数据（如激光雷达、视觉、IMU等），建立可在线更新的场景语义地图，支撑机器人对动态障碍物的预测与避障。

2、基于激光点云的快速智能语义分割技术

针对工业场景中结构复杂、目标多样、光照变化大等特点，研究轻量化、高效率的点云语义分割算法，实现对设备、货架、行人、工作区域等关键目标的实时识别与分类。重点突破点云特征提取与上下文建模技术，提升分割精度与推理速度，为场景理解与导航决策提供结构化感知信息。

3、工业具身智能动态场景高精度定位技术

在动态干扰下实现机器人的厘米级定位是导航可靠性的核心。研究将融合激光SLAM、视觉里程计与惯性导航，结合语义信息辅助定位，增强系统对动态物体干扰的鲁棒性。同时，探索基于先验地图与实时观测的匹配优化方法，确保在长廊、相似结构区域等挑战环境中的定位稳定性。

4、多负载底盘驱动及浮动机构设计与优化

面向工业搬运、装配等任务中负载变化大、地面不平整的应用需求，研究高承载、高机动性的底盘驱动系统与自适应浮动机构。重点突破多电机协同控制、悬挂系统柔顺调节、重心自适应平衡等技术，提升机器人在复杂地面条件下的运动平稳性与操控精度，保障导航执行的可靠性与安全性。

四、预期目标：

本项目拟在技术与应用层面实现以下目标：

1、技术目标

构建一套面向装柜与卸柜场景的稳定建图定位导航算法体系，提升大负载移动机器人在复杂场景下运动的准确率与鲁棒性，实现底盘自动控制的高精度、稳定输出。

2、系统与应用目标

(1) 适配典型应用场景：集装箱/货柜车智能装/卸系统

(2) 在复杂混箱工况下：

① 建图精度： $\leq 2\text{cm}$ ；

② 定位精度： $\pm 2\text{cm}$ ，航向精度： $\leq 1^\circ$ ；

③ 导航重复精度： $\pm 2\text{cm}$ 。

3、成果目标

(1) 形成可复用的算法模块与系统原型

(2) 申请相关发明专利与软件著作权

(3) 为后续产品化和规模化应用提供技术支撑

项目 负责人 项目 经历

| 起止时间 | 项目名称 | 主要内容 |
|-----------------------|-------------|--|
| 2018. 12- 2020. 12 | AGV 移动机器人研发 | (1)负责基于 2D 激光雷达室内定位导航系统总框架设计，通信架构采用 <code>protobuf</code> (2)负责 AGV 驱动模块算法开发，兼容差速、麦轮、对角舵轮多种底盘运动模型，模块化 (3)负责基于 2D 激光雷达的定位算法模块的设计、仿真和实现 (4)负责 AGV 上位机部署软件的设计和实现（基于 Qt 环境） (5)负责 2D 激光雷达建图算法模块的开发和优化，熟悉多种建图框架（ <code>gmapping/cartographer</code> ） |

| | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|---|--------------|
| 2021. 1- 2022. 12 | 星地间激光相干通信跟踪控制系统 | (1) 负责前期控制算法优化论证和实验室验证 (2) 光束扰动抑制控制算法研究（第一作者 SCI 一篇） (3) 在基于视觉跟踪系统控制方法上提出误差观测器控制优化方法（第二作者 SCI 一篇） (4) 控制优化算法产生专利 3 篇 | |
| 2023. 1-2025. 12 | 重载 AGV 自主移动底盘的机械设计制造生产和激光自主导航系统软件开发 | (1) 研制具备物料搬运、支撑与固定功能的履带式底盘，确保其在动态运行中无晃动、翻转或滑脱风险，满足连续生产作业的安全性与可靠性要求。 (2) 开发前、后向激光雷达融合感知系统，结合物理防撞机构与声光预警装置，实现灵敏度可调的紧急停机功能，全面提升底盘在复杂环境下的主动安全防护能力。 (3) 设计具备越障能力的轮系结构，实现高度不小于 100mm 的台阶跨越及宽度不小于 300mm 的沟壑通过，保障底盘在工业场地中的全区域可达性。 (4) 在履带底盘四周布设急停按钮，确保紧急情况下可快速响应；底盘底部加装静电释放拖链，消除静电积累对设备及作业环境的影响。 | |
| 工 作 计 划 安 排（2026. 7-2028. 4） | | | |
| 序号 | 起止时间 | 阶段内容 | 工作量估计 （天） |
| 1 | 2026. 7 -2027. 3 | 方案设计与关键技术攻关：完成系统总体方案设计与核心算法初步验证 | 240 |
| 2 | 2027. 4 -2027. 11 | 系统集成与平台研制：完成集成化算法与样机平台研制 | 210 |
| 3 | 2027. 12 - 2028. 3 | 平台联调与实地验证：完成典型工业场景实地联调与性能优化 | 120 |
| 4 | 2028. 3 - 2028. 4 | 应用示范与项目验收：完成应用验证与项目结题 | 60 |