

题目编号：CS-202618

面向实验室智能管理的协作机器人环境感知与动作规划方法研究比赛方案

一、发榜单位

企业名称：中车株洲电力机车有限公司

企业类型：中央企业

企业地址：湖南省株洲市石峰区田心路 1 号

二、题目名称

面向实验室智能管理的协作机器人环境感知与动作规划方法研究

三、题目介绍

1. 题目背景

轨道交通装备制造领域正加速向数字化与智能化转型。实验室作为技术研发、工艺验证与质量检测的核心载体，其运行效率与管理水平直接决定科研创新能力与装备制造质量。然而，轨道交通实验室普遍存在设备类型多样、空间布局复杂、任务流程高度异构等问题，传统依赖人工操作与规则驱动的管理模式，已难以满足高效、精准与安全协同的需求。

随着机器人技术、计算机视觉与智能控制的发展，协作机器人在柔性制造与复杂环境中的应用逐步成熟，为实验室智能

管理提供了新的实现路径。但现有系统仍面临关键瓶颈：其一，环境感知依赖单一或弱融合传感，难以支撑复杂场景的高精度建模与动态理解；其二，动作规划缺乏任务语义与流程约束支撑，难以适应多任务切换与工艺变化；其三，人机协同机制不完善，在安全性、实时性与灵活性方面仍存在不足。

2. 目标介绍

针对上述问题，本项目面向轨道交通装备实验室典型应用场景，聚焦协作机器人环境感知与动作规划关键技术，构建融合多源感知、任务语义理解与自主决策的“感知—决策—执行”一体化智能系统，推动实验室作业过程由人工驱动向智能自治转变，实现高效、安全、柔性的实验室智能管理。

3. 选题意义

在轨道交通装备实验室中，协作机器人需在人员密集、设备复杂且任务动态变化的环境下执行多类型作业，对环境理解与自主决策能力提出更高要求。通过重点突破复杂环境感知与动态建模、面向任务语义的行为理解与决策、安全高效的动作规划与控制等技术，推动具身智能在实验室场景中的应用落地，实现机器人由“被动执行”向“自主协同”转变，为轨道交通装备智能制造提供关键技术支撑。

通过引入协作机器人替代重复性操作与人工调度，优化实验流程、缩短实验周期，提高设备利用率，降低人力与管理成本；同时，在人机协同环境中融合智能感知与主动避障技术，

有效降低安全风险，提升实验过程的稳定性与可控性。在此基础上，项目将形成可复制、可推广的实验室智能管理技术体系，为轨道交通装备制造企业数字化与智能化转型提供示范路径，并推动机器人技术在检修、检测及生产等多场景的应用落地，促进跨领域技术融合与高端人才培养。进一步地，通过提升实验室运行效率与科研能力，加快关键技术迭代，增强行业创新能力与示范带动效应，为轨道交通装备高质量发展提供有力支撑。

四、参赛对象

1. 学生赛道

2026 年 6 月 1 日以前正式注册的国内全日制非成人教育的普通高等学校在校专科生、本科生、硕士和博士研究生（不含在职研究生），以及全日制职业教育本科、高职高专在校学生，可通过学生赛道申报作品参赛。

2. 青年科技人才赛道

在高等院校、科研院所、企业等各类创新主体中具有较高科研热情和较强科研能力的青年科技工作者可通过青年科技人才赛道申报作品参赛。参赛人员年龄在 40 周岁以下，即 1986 年 6 月 1 日（含）以后出生。

高校青年教师在指导学生参赛的同时不得以参赛人员身份参加同一选题比赛。发榜单位及同发榜单位有相关隶属关系单位的青年不得参加本单位选题比赛。

各赛道参赛对象可以团队或个人形式参赛，每个团队不超过 10 人，每件作品可由不超过 3 名指导教师进行指导。可以跨专业、跨学校、跨单位、跨地域组队，但同一团队所有成员均应符合本赛道相关年龄、身份要求。每件作品只可由 1 所高等院校、科研院所或企业等作为参赛主体提交申报。

五、答题要求

参赛者围绕实验室协作机器人环境感知与动作规划方法进行研究攻关，并提交完整的技术方案。方案应具备科学性、创新性和可行性。具体要求如下：

（一）技术研究报告（必选）：提交一份不少于 8000 字的深度技术研究报告，报告需涵盖以下核心内容：

1. 系统架构与多模态感知体系设计：阐述协作机器人的硬件集成与软件架构、多源异构传感器融合策略，此外，应引入触觉传感器以增强机器人在精密抓取过程中的感知精细度，实现力-位混合控制。

2. 复杂实验室环境的目标识别与高精度语义建图：参赛者需提出一种能够在动态、弱光照、强反射环境下稳定运行的感知算法，对于环境建模，地图不仅要包含几何信息，还需具备语义属性（如：设备工作状态、危险区域边界等）。

3. 基于任务理解的动作规划与路径优化：需描述如何将复杂的实验任务转化为机械臂的关节运动序列。研究分层任务规

划方法，利用大模型进行任务逻辑拆解，生成一系列原子动作序列。

（二）机器人仿真模型及算法源码（必选）：参赛者需提供机器人仿真模型及核心源码（建议基于 ROS2 框架）及详细的部署说明：

1. 感知算法：包含物体识别、位姿估计及点云处理模块，需支持在主流深度学习框架下运行。

2. 规划算法：包含路径规划引擎、逆运动学求解器及多任务调度逻辑。

3. 仿真模型：需在 Gazebo、Unity 或 PyBullet 等环境下构建高保真的实验室仿真场景，场景内应包含协作机器人模型、典型的实验工作台及可操作的器具模型。

（三）原型系统（加分项）

鼓励参赛团队展示实物原型系统。演示内容包括但不限于：机器人在真实实验场景中，有人员干扰的情况下平稳自主完成物品移动摆放、抓取安装等操作，根据语音或文本指令完成跨工位的复杂实验操作流程。

六、作品评选标准

本选题围绕实验室协作机器人环境感知与动作规划方法展开研究，对参赛作品的技术创新性、方案科学性、性能指标达成度、可行性与工程价值、报告质量与答辩表现这五个维度进行评分，满分 100 分，各维度按照指标点完成情况给分，评分

细则如下：

1. 技术创新性（30 分）

核心算法创新（15 分）：是否采用了具身智能领域的前沿技术，如视觉-语言-动作大模型（VLA）、神经网络运动规划器等；是否在感知算法中实现了深层特征级融合，解决了实验室特有的复杂光学干扰问题。

系统功能前瞻性（15 分）：方案是否具备任务自学习能力，能够随着实验环境的变化自主优化操作技能；是否实现了从“感知”到“意图理解”的跨越。

2. 方案科学性（15 分）

模型建立准确性（10 分）：机械臂动力学与运动学分析是否准确；环境感知模型是否考虑了传感器噪声与多模态对齐误差；路径规划算法是否具备收敛性与完备性证明。

验证体系完备性（5 分）：是否设计了充分的对比实验，测试样本是否覆盖了实验室的各类典型极端工况（如遮挡、动态干扰、暗光等）。

3. 性能指标达成度（30 分）

感知性能（10 分）：环境感知与目标识别准确率 $\geq 98\%$ 、目标空间定位误差 $\leq 1\text{mm}$ 。

规划效率（10 分）：动态避障算法响应延时 $\leq 200\text{ms}$ 、任务分解与规划成功率 $\geq 95\%$ 。

执行精度（10 分）：机械臂末端重复定位精度 $\leq \pm 0.05\text{mm}$ 、

复杂物体抓取成功率 $\geq 90\%$ 。

4. 可行性与工程价值（10 分）

环境适应性（5 分）：系统能否稳定运行；算法是否轻量化，能否在主流算力平台实现实时部署。

行业推广潜力（5 分）：方案是否具备模块化特征，易于集成到不同类型的实验室；是否能显著降低实验过程中的人力参与度，具有明确的降本增效逻辑。

5. 报告质量与答辩表现（15 分）

文档规范性（5 分）：技术报告结构严谨，引用详实，符合学术与工程报告规范。

实证材料（5 分）：提供了测试结果对比图，演示视频，以证明方案的真实有效性。

陈述与答辩（5 分）：团队能够精准阐述技术核心，对评审提出的技术挑战有深刻的见解与合理解答。

七、作品提交时间

2026 年 5 月至 9 月上旬，各参赛团队选择榜单中的题目开展研发攻关，各高校、企业、科研机构等组织协调机构应组织学生和青年科技工作者参赛，安排专业人员给予指导，为参赛团队提供支持保障。

2026 年 9 月 15 日前，各参赛团队要向发榜单位完成作品提交，具体要求详见本方案第八点第（二）款，并严格遵照发榜单位明确的提交规范执行。

2026 年 9 月 30 日前，由发榜单位完成初审，确定入围终审擂台赛的晋级作品和团队。

2026 年 10 月，发榜单位安排专门团队提供帮助和指导，各晋级团队完善作品。

2026 年 11 月，组织终审擂台赛，角逐“擂主”。

八、参赛报名及作品提交方式

（一）报名方式

（1）参赛选手登录“挑战杯”官网 www.tiaozhanbei.net，在“揭榜挂帅”擂台赛报名入口注册账号，登录大赛申报系统在线填写报名信息。报名信息提交后，下载打印系统生成的报名表。

（2）申报人在报名表对应位置加盖所在学校或所在单位公章。

（3）将盖章版报名表扫描件上传至报名系统，等待系统审核。请参赛选手注意查看审核状态，如审核不通过，需重新提交。

（4）系统开放报名时间为 2026 年 5 月 30 日—6 月 30 日，逾期后系统将自动关闭报名功能。

（二）作品提交方式

本选题正式发布后，参赛者需在 2026 年 9 月 15 日前提交完整作品，同步报送 1 份经报名系统审核通过的参赛报名表，报名表所有信息须与系统内填报内容完全一致。

期间可组织阶段性进展汇报，并组织一次线下测试，本单

位将提供必要的技术答疑支持。本单位将在作品提交后，组织线下测试和终审，综合得分评选出优秀方案，并择优推动成果转化应用。

作品提交渠道：h2471237466@163.com

九、赛事保障

中车株洲电力机车有限公司可为参赛选手提供实验室主要应用场景说明，必要的参数等（有保密需求），有条件可申请公司内相关传感器、试验环境和设备，并且为参赛选手配备相关领域专家提供指导。

十、设奖情况及奖励措施

1. 设奖情况

两个赛道独立评审、单独设奖，除擂主外，两个赛道获奖比例控制在 40%-60%之间。根据评分规则，综合评定参赛队伍。本榜题原则上两个赛道各评出 1 个“擂主”，评出特等奖、一等奖、二等奖、三等奖各 5 个，最终授奖数量可视作品申报数量和质量情况动态调整。

2. 奖励措施

分别对两个赛道的“擂主”的奖励税后 10 万元，特等奖税后 2 万元/个，一等奖税后 1 万元/个，二等奖税后 0.5 万元/个，三等奖税后 0.2 万元/个。

此外，表现优异的可推荐优先录用。

3. 奖金发放方式

以上奖金以汇款方式兑现，赛后 50 个工作日内兑现。

十一、比赛专班联系方式

1. 专家指导团队

顾问专家：刘宏达，联系电话：17773371188

顾问专家：何辉永，联系电话：19891937296

负责比赛期间技术指导保障。

2. 赛事服务团队

联络专员：吴渊，联系电话：18034796961

负责比赛期间组织服务及后期相关赛务协调联络。

3. 联系时间

比赛期间工作日（9:00-17:00）

4. 申报联系人

姓名：何辉永，职务：具身智能工程师，联系电话：

19891937296

微信号：19891937296，邮箱：h2471237466@163.com

附：发榜单位简介

中车株洲电力机车有限公司是中车旗下核心子公司、湖南千亿轨道交通产业集群龙头企业。公司创建于 1936 年，新中国成立以来始终保持快速健康发展，创造了中国轨道交通装备领域的诸多纪录。目前，在国内外设有 34 家子公司，在全球范围内拥有 1 万 4 千余名员工。公司建立了中国业内型谱最全、品种最多的产品体系，形成了以电力机车、城轨车辆、动车组等三大主业为核心，重要零部件、维保及机电总包服务等新产业协调发展的“3+X”产业格局。公司坚持创新驱动发展，秉持“面向市场、服务工艺制造系统”的技术创新原则，持续打造“平台化、模块化、简统化、标准化”四化创新体系建设，超过 25% 的员工从事研究与开发，包含 1 名中国工程院院士、1 名“万人计划”科技创新领军人才及 19 名享受国务院特殊津贴的行业专家，工程技术人员 3500 余名，其中拥有正高级职称 190 人。公司拥有国家级企业技术中心，建成了国内行业独有的重载快捷大功率电力机车全国重点实验室等 3 个“国家级”创新平台，牵头组建了行业唯一的国家级制造业创新中心，在土耳其、奥地利等国建立了 3 家海外研发机构，掌握了系统集成、交流传动、重载运输、磁悬浮、车辆储能、超级电容、低地板、故障预测与健康管理等多项前沿技术。