

题目编号：CS-202624

基于内置 AI 决策的航空复杂零件机器人铣磨抛智能轨迹生成技术研究比赛方案

一、发榜单位

企业名称：中国航发南方工业有限公司

企业类型：中央企业

企业地址：湖南省株洲市芦淞区董家塅 412002

二、题目名称

基于内置 AI 决策的航空复杂零件机器人铣磨抛智能轨迹生成技术研究

三、题目介绍

1. 题目背景

航空发动机作为国家战略高端装备，其机匣、叶片等复杂曲面零件的加工精度与表面质量直接决定发动机推力、燃油效率及运行可靠性。当前零件结构向薄壁、窄通道、大扭曲方向发展，机器人加工因其低成本、高灵活性以及高工艺适应性更适合复杂零件的磨抛加工。然而，现有机器人轨迹编程软件因缺乏上述关键零件变曲率不规则区域零件加工变形补偿及多源非线性误差消减技术，使得后续现场示教端调试周期长且加工精度低。其次，作为通用性轨迹开发工具，现有机器人所带轨

迹生成软件未考虑发动机特殊曲面结构的适配，无法实现深腔盲区机匣、双缘板类高扭曲叶片等复杂特征的无干涉轨迹规划。

当前智能制造转型大势所趋，基于智能体模型的事件规划、决策、开发与验证已取得初步成果。结合复杂曲面机器人磨抛的工艺需求、硬件信息以及加工区特性，有望利用智能体模型完成机器人磨抛轨迹的自动生成、优化与验证，替代现有人工或基于模型的机器人加工轨迹编程。实现工艺开发速度提升、加工稳定性提高与人工成本控制，满足核心技术掌握与控制的需求，故本题目具备极强的科研攻关必要性与现实紧迫性。

2. 目标介绍

本研究旨在攻克航空复杂零件机器人加工过程中因材料易变形、几何形状不规则等挑战引起的精度低、效率差等问题，系统研究机器人机匣、叶片复杂曲面铣磨抛智能轨迹生成技术，建立高适应性、高精度的轨迹规划方法，显著提升机器人自动化加工能力。开发适用于机匣、叶片等复杂曲面零件加工的内置 AI 推理引擎机器人铣磨抛轨迹生成软件，内置 AI 智能体模型应具备需求分析、工艺构建、代码编程和环境交互等方面的能力，软件应具备在约定条件下生成刀具选择、参数设定、加工方式、末端姿态调整、轨迹规划与干涉检查、空间坐标识别等要求的候选方案与代码，可实现针对机匣、叶片等复杂曲面零件铣磨抛轨迹开发。

3. 选题意义

技术意义：

航空发动机作为“工业皇冠上的明珠”，是“国之重器”，开展本研究具有重要现实意义与战略价值：

具身 AI 智能，实现智能加工。航空复杂零件加工过程中因材料易变形、几何形状不规则等挑战引起的精度低、效率差等问题；研究机器人智能轨迹生成技术，建立高适应性、高精度的轨迹规划方法，显著提升机器人自动化加工能力。建立航空发动机复杂零件的多源信息融合模型，基于工件 CAD 模型与加工工艺参数，实现几何特征识别、约束条件提取，为后续轨迹决策提供基础。其次，研发基于知识图谱与深度学习的智能编程系统，实现从工艺知识库、历史加工数据中自动推导加工路径规则，突破传统机器人编程中“点位+运动序列”的局限，构建自动化、可解释的智能编程框架。最终，通过构建面向机器人本体动作指令的生成引擎，打通从高级几何监控、路径生成到具体代码的完整链路，实现智能代码的自动输出与生成，显著降低人工编程负担与试错成本。

破解磨抛加工瓶颈，提升制造柔性。航空发动机机匣为复杂曲面结构，深腔盲区流道现行手工作业劳动强度大、一致性差，机床加工则受限于空间姿态及工具可达性不足，专用轨迹规划软件空白，加工策略规划难。亟需突破复杂曲面自适应轨迹规划、自动碰撞规避优化、机器人末端刀轴自动优化算法等关键技术，开发面向机匣铣削磨抛的专用离线编程方法，实现

高柔性、低成本加工模式转型。

突破叶片软件技术壁垒，填补技术空白。叶片加工尺寸精度高、表面质量完整性控制严、加工一致性要求高，而实际加工却存在材料加工难、变曲率边缘小半径区域精度保证难、变形控制难、多源非线性误差消减难等难点，磨抛作为叶片质量控制的最后一个环节，其质量直接影响发动机性能，需要专用抛光工具及离线编程软件。

经济社会效益：

降低企业生产和采购成本。削减航空制造企业软件采购、年度授权、技术服务费；自动离线编程减少高端技术对工人的依赖，节约人力调试成本。

提升生产效能与交付能力。专用离线编程技术能提高 50% 的编程效率和 60% 的停机调试时间，能加快加工节拍和新品型号试制进度。

提升国家高端制造国际核心竞争力。突破机器人精密编程核心技术，提升技术实力。

四、参赛对象

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

参赛选手应提供相关文件，包括但不限于报告、专利、论文、程序等，并通过验证，证实解决以下问题。

1.内置 AI 推理引擎。内置 AI 推理引擎应融合知识图谱与深度学习，构建基于规则与实例数据驱动的智能编程体系，将工艺文档、专家手册、过往项目数据等非结构化知识进行结构化解析，形成面向加工轨迹理解的语义层级架构。模型通过对“形位公差→切削策略→刀具路径→区域优先级”的分阶段决策推理，学习和记忆来自同类工件的历史有效路径模式，并可结合当前零件的材料属性、形状参数等对铣磨抛轨迹生成模块进行调用，实现路径规则自适应生成。此外，所提出的框架支持人类干预反馈回路，编辑同组路径逻辑能够“一键迁移”，有效解决现有加工编程中靠试错形成规则、算法黑箱等痛点。

2.深腔盲区机匣铣削抛光轨迹规划。本模块应具备面向包含深腔盲区机匣等其他所有类型机匣的铣削与抛光完整的轨迹规

划与后处理能力，轨迹生成方面应支持螺旋轨迹、单向轨迹、往返轨迹等多种切削路径，以及直线进退刀、圆弧进退刀等非切削辅助轨迹；参数方面，需涵盖进给速度、背吃刀量、主轴转速等切削参数；坐标系配置方面，需实现机器人工件坐标系与工具坐标系的识别与转换；后置处理与兼容性方面，需内置 ABB、KUKA 等主流机器人的后置处理器，且支持依据机器人各关节尺寸、连杆参数等信息进行定制化后置配置；路径干涉方面，应具备自动空间干涉检测与规避能力，确保生成轨迹的安全性、可靠性；机器人末端刀轴运动特性方面，应变化连续，姿态平稳，刀轴具备自动跟随的能力。

3.叶片全型面磨抛轨迹规划。本模块应具备面向叶身曲面、流道、叶根等变曲率不规则区域的完整轨迹规划和后置处理能力，轨迹生成方面需基于模型曲面特征与实际加工参数，生成单向轨迹、往返轨迹、螺旋轨迹、流线轨迹等切削路径、以及直线进退刀等非切削辅助轨迹；工艺参数方面，需涵盖进给速度、背吃刀量、主轴转速等切削参数，并集成残留高度法等行距控制策略，以及弦高误差法、弦长法、最大步长限制等步长离散方法；刀具选用方面，需支持圆柱抛光头、复杂母线抛光头等典型抛光工具的参数化定制管理；坐标系配置方面，需实现机器人工件坐标系与工具坐标系的识别与转换；后置处理与兼容性方面，需内置 ABB、KUKA 等主流机器人的后置处理器，且支持依据机器人各关节尺寸、连杆参数等信息进行定制化后

置配置。

六、作品评选标准

1. 交付作品完成度（40 分）

交付作品完成情况与作品要求进行对照，按百分比评价*40分评价。

2. 交付作品知识产权情况（20 分）

参赛选手为实现选题题目而形成的相关联知识产权情况，包含但不限于标准论文、专利、软件著作权等。按交付作品完成度*知识产权数量积分，知识产权数量 ≥ 20 按 20 计数。

3. 交付作品验证情况（20 分）

交付作品采用软件功能模块验证，按功能模块实现数量和效果进行计分。模块功能全部具备且效果达标计满分，不足功能模块按百分比积分，模块效果好根据实际情况进行加分。

4. 交付作品创新性（20 分）

达到国际先进水平按 20 分，达到国内领先水平按 18 分，达到国内先进水平按 16 分积分。

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，包括但不限于报告、专利、论文、程序等。各参赛

团队在提交作品时，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，分别组织线下测试和终审评审，综合两次得分最终评选出优秀案例，并择优推动成果转化应用。

作品提交渠道：liwei_aecc331@163.com

九、赛事保障

参赛队员可根据开发需求同发榜单位沟通需求内容，发榜单位对需求内容开展必要性评估并脱密处理后提供至参赛队员。发榜单位可提供指导人员开展需求辅导，供参赛队员就需求、目标的细节以及开发过程遇到的问题进行交流。

十、设奖情况及奖励措施

1. 设奖情况

本榜题原则上评出 1 个“擂主”，评出特等奖 5 个，一、二、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

对“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。

3. 奖金发放方式

比赛结束后，单位比赛专班工作人员与获奖团队取得联系，填写奖金申请表，待获奖团队提供银行卡详细信息后 1 个季度内，将奖金一次性发放至获奖团队提供的银行卡中。

十一、比赛专班联系方式

1. 专家指导团队

顾问专家：郭 钊，联系电话：18173390601

顾问专家：王 涛，联系电话：19173392432

2. 赛事服务团队

联络专员：李 伟，联系电话：15616353427

联络专员：龙永胜，联系电话：15802607063

3. 联系时间

比赛期间工作日（9:00-17:00）

附：发榜单位简介

中国航发南方主要从事航空发动机、辅助动力、燃气轮机、光机电产品的研制、生产、维修和服务。产品种类繁多，从各种金属、非金属零部件的制造到各类动力装置的装试交付，具有先进的技术水平和成熟的制造能力，是国内中小航空发动机制造基地，多型产品交付航空动力装置，企业经营情况良好，项目应用市场前景广阔。