

# 产业攻关赛道--产业核心技术攻关与探索

## 赛题说明

### 一、赛项名称

赛项名称：产业攻关赛道--产业核心技术攻关与探索

主办方：中国自动化学会

承办方：苏州汇川技术有限公司

### 二、赛项背景

当前，我们正身处一场波澜壮阔的全球产业变革之中，新一轮科技革命与产业变革深度融合。中国制造业正处于由“制造大国”迈向“制造强国”的关键时期，以科技创新推动产业创新，促进创新链和产业链深度融合，突破产业关键核心技术瓶颈、构建自主可控的产业供应链，已成为国家发展的战略基石和产业界的内在渴求。

第三届“汇川杯”大赛特设“产业攻关”赛道，是对国家创新驱动发展战略的积极响应，是一次将高校智力资源与产业前沿需求进行精准对接的深度实践。本赛道的课题直接源于汇川技术及生态伙伴在研发与生产一线遇到的“真问题”与“硬骨头”，这些课题往往代表着当前产业升级的共性痛点与技术瓶颈。希望这种以实际问题为导向的研究，能催生具有实用价值的原创性技术成果，打破高校与产业界之间的“信息壁垒”，让学术研究更接地气，也让产业需求更早地融入人才培养体系。

对于参赛选手而言，这是一个从“学习者”向“创造者”蜕变的关键一步。通过大赛为这些难题探索创新性的技术方案，要求参赛选手必须考虑工程的复杂性、环境的约束性与应用的鲁棒性，综合运用所学知识，解决一个有明确价值、有实际影响的复杂工程问题。这一过程将极大地锤炼其系统思维能力、创新实践能力与团队协作精神，作品与成果更是选手通往顶尖企业、开启辉煌职业生涯的“最强简历”，实现个人成长与产业贡献的双重价值。

### 三、任务要求

本赛项设置了多个真实课题作为选题。参赛选手自行选择一个选题进行攻关。每个选题

---

均对应一个明确的企业出题方和具体的技术指标要求。团队需在充分理解选题背景与技术边界的基础上，运用相关知识、技术与工具，提出并实现具有创新性、可行性和竞争力的技术方案。

整体赛程分**初赛**和**全国总决赛**两个比赛阶段。选手在初赛阶段需要提交的成果包括课题研究的阶段性成果报告及 PPT(主要内容包括但不限于课题理解与分析、总体技术路线，研究进展，阶段性成果，问题与困难，后继计划等)；全国总决赛接待需要提交的成果必须包括课题研究成果报告文档及 PPT（主要内容包括但不限于课题理解与分析、总体技术路线，技术方案（如核心算法/模型/设计详述等），成果展示与性能分析（含仿真与实验），创新点，结论总结与未来展望，参考文件与附录，配套的附件如 AI 模型/程序源代码/工程文件/仿真模型等。每个课题的特殊要求参见选题说明。

## 四、参赛支持与激励

**1、真数据/真环境：**部分课题，出题企业将提供脱敏的工业数据、真实的工业产品、标准的仿真测试环境进行成果测试。

**2、企业导师：**入围决赛的队伍将有机会获得出题企业专家的线上指导。

**3、优先录用权：**在本赛项中表现优异的参赛者，将获得汇川技术及其生态企业的实习机会与校招绿色通道。

**4、成果落地机会：**具有高应用价值的技术方案，大赛组委会将协助推动与出题企业的进一步合作，如横向课题、产品孵化、成果转化。

## 五、赛程说明

### 1、参赛报名

#### 参赛对象：

全国高等学校全日制在校学生（含博士研究生、硕士研究生、本科、高职，不含在职研究生），包括但不限于的自动化类、电气类、计算机类、机械类、电子信息类专业。

#### 报名规则：

1.参赛选手以团队的方式报名参加，鼓励参赛选手跨院系、跨专业组队；但不接受跨院校组队；

2.每支队伍最多可以报**4名选手**（最少1名），每位选手只能参加1支队伍；本赛项每个团队**不限制研究生的数量**；

3.每支队伍最多可以有2名指导老师；本赛项鼓励指导老师实际参与课题研究工作；

4.本次大赛**报名截止日期为2026年3月31日**，参赛选手需在截止日期之前在大赛平台上完成报名。

## 2、初赛

初赛竞赛规程和评分标准预计于2026年3月15日前在大赛官网发布。

参赛团队报名成功后，自行确定选题方向，开展课题研究，完成初赛课题报告的编制，并在**2026年4月15日前**在大赛平台上提交初赛课题报告。

大赛组委会经过初审后，对于符合赛项选题且提交资料完整的课题报告，公布进入初赛的名单。

初赛计划于**2026年5月通过线上方式**举行。入围团队按时进入线上会议进行初赛，主要采用课题报告讲解和答辩的方式，评审专家组进行同步打分。

## 3、全国总决赛

全国总决赛的入围团队名单将在各赛项初赛全部举行完成后统一公布，并于2026年6月中旬在大赛官网发布决赛竞赛规程和评分标准。

全国总决赛预计于**2026年8月初**举行。采用决赛报告讲解+成果演示+现场答辩的方式，参赛选手完成课题的研究任务和指标要求并现场展示，评审专家组进行现场评估及打分。

## 六、选题说明

### 选题一：高反光工件抗干扰2D视觉引导精准分拣技术

#### 一、选题背景

在汽车制造、3C电子、五金加工等重点行业中，大量精密零部件（如轴承、连杆、抛光外壳、冲压件等）具有高反光金属表面特性。当前，随着新型工业化进程加速，针对此类工件的自动化分拣与柔性上下料已成为产线“机器换人”的关键环节。然而，在实际生产环境中，高反光工件的视觉引导面临着极大的技术挑战。

**光学成像难题：** 金属表面的镜面反射（Specular Reflection）会导致图像局部过曝或产生伪影，掩盖工件真实的边缘和纹理特征。同时，环境光照的变化往往会在工件表面形成不确定的光斑，导致传统机器视觉算法失效。

**传统方案局限：** 目前解决该问题通常依赖昂贵的 3D 结构光相机或复杂的定制光源系统，成本高昂且部署周期长。而普通的 2D 视觉方案识别率低，难以满足工业现场对稳定性（99.9% 以上）的严苛要求。

**人工分拣痛点：** 依赖人工分拣不仅效率低下、劳动强度大，且人手接触容易对精密镜面工件造成二次污染或划伤，严重影响良品率。因此，攻克基于低成本 2D 视觉的高反光工件抗干扰识别与定位技术，对于推动制造业降本增效具有重要意义。

- **提升产线柔性：** 实现对不同反光特性、不同形状金属件的通用化识别，降低换产成本。
- **降低部署门槛：** 相比 3D 方案，高性能 2D 方案可将硬件成本降低 60% 以上，有利于在中小企业大规模推广。
- **填补技术空白：** 突破强光干扰下的特征提取算法瓶颈，提升国产机器视觉软件在极端光照环境下的竞争力。

## 二、任务要求

### （一）关键技术挑战

选择本选题的团队需要重点解决高反光环境下“看不清、定不准、抓不稳”的核心问题，攻克以下关键技术：

**1. 高动态范围（HDR）成像与多光谱融合增强技术：** 针对高反光造成的“过曝”与“黑死”现象，研究基于多重曝光融合的 HDR 成像算法，或利用偏振光成像原理消除镜面反射光干扰。开发自适应图像增强预处理模块，在不损失边缘精度的前提下，抑制光斑噪声，还原工件表面真实特征。

**2. 抗光照干扰的鲁棒特征提取与定位算法：** 研究基于深度学习的抗干扰特征提取网络。不同于传统基于灰度梯度的匹配，该算法需具备在复杂光照（如车间顶灯倒影、自然光变化）下，依然能精准锁定工件轮廓的能力。重点攻克“伪边缘”剔除技术，有效区分工件真实边界与反光形成的虚假边界。

**3. 高精度手眼标定与视觉伺服控制：** 在视觉定位坐标存在微小跳动的情况下，研究基于视觉反馈的机器人运动补偿策略。建立高精度的手眼标定模型，确保图像像素坐标系与机器人基座坐标系的精准映射，实现对随机摆放的高反光工件的精准抓取。

### （二）成果提交要求

**初赛阶段：** 提交技术方案白皮书及 PPT（包含算法原理、光学方案设计、仿真测试数据、初期实验视频）。

**决赛阶段：** 提交完整的原型系统或演示视频，包括：

- 核心算法库： 包含图像预处理、抗反光特征提取、位姿解算模块（提供 API 接口）。
- 测试报告： 在模拟工业现场强光干扰下的实测数据报告。
- 演示Demo： 能够现场演示机器人/模组对高反光金属件的连续、精准分拣。

### （三）核心技术指标

#### 1. 识别准确率与稳定性：

在典型工业光照（500-1000 Lux）及强干扰光照条件下，工件识别成功率 $\geq 99.5\%$ 。  
误检率（将反光噪点误认为工件） $\leq 0.1\%$ 。

#### 2. 定位精度与速度：

2D 平面定位精度：误差 $\leq \pm 0.2\text{mm}$ （或 $\leq 0.5$  个像素）。

角度定位精度：误差 $\leq \pm 0.5^\circ$ 。

视觉处理节拍（从拍照到输出坐标）： $\leq 300\text{ms}$ 。

#### 3. 算法鲁棒性（抗干扰能力）：

能够适应工件表面一定程度的油污、指纹干扰。

在光源亮度波动 $\pm 20\%$ 的情况下，识别率无明显下降。

支持至少 3 种不同材质（如不锈钢、铝合金、电镀件）的高反光工件通用识别。

## 选题二：复杂受限空间下的双臂机器人协同焊接规划

### 一、选题背景

智能制造正向“柔性化”与“协作化”深度迈进。在船舶制造、核电装备、工程机械及大型钢结构桥梁等高端领域，存在大量位于狭窄箱梁内部、密集加强筋区域或多管相贯处的复杂焊接作业。此类场景空间极度受限，工件结构非标，且对焊枪姿态、焊缝精度及电弧稳定性有着严苛的工艺要求。单臂机器人在应对此类复杂任务时，常受限于构型，难以兼顾灵活性与负载能力。相比之下，双臂/多臂机器人具备类人操作能力，能够在有限空间内实现多点协同作业，显著提升生产效率，已成为行业突破的重点方向。然而，双臂协同焊接并非单臂能力的简单叠加，其面临着极具挑战性的技术瓶颈：

高维构型空间的计算灾难：双臂系统通常包含 12~14 个自由度，搜索空间呈指数级增长（维数灾难）。传统的规划算法在高维空间中搜索效率极低，采样以及碰撞检测耗时高，难以满足工业生产节拍。

复杂受限环境下的避障：在多机协同下，机器人不仅需避开环境障碍，还需处理机器人间直接的干涉。一方面要处理机器人在面对多障碍物运动规划难题，另一方面还需要考虑机器人彼此间的干涉问题。

轨迹质量与工艺合规性：传统算法生成的路径往往曲折且不平滑，导致的焊枪抖动会直接影响焊缝成形质量。如何在避障的同时保证双臂运动的连续性与平滑性，是需要解决的难题。

本选题旨在攻克双臂机器人在复杂受限空间任务中的“高成功率、高效率、高平滑度”三重瓶颈，为大型复杂构件的自动化、免示教焊接提供核心算法支撑。

## 二、任务要求

### （一）关键技术挑战

高维窄通道避障：针对 12~14 自由度双臂系统，解决“高维空间”与“窄通道”耦合的难题，确保机器人本体及焊枪在安全避障的前提下，实现从自由空间进出复杂深腔的可行路径生成。

自适应规划策略：研究具备环境感知能力的规划机制，能够根据障碍物的稀疏程度动态调整搜索策略，在规划效率与安全性之间取得最优平衡，避免无效计算。

高效碰撞检测：建立高性能的环境表示模型（如基于 OBB 树的层次包围盒、距离场等），实现双臂与环境障碍物及双臂之间互碰撞的毫秒级检测。

轨迹平滑与工艺约束：规划结果必须满足焊接工艺约束。包括但不限于：保证焊枪末端严格跟踪焊缝轨迹、焊枪姿态在工艺允许范围内平滑过渡、机器人关节速度/加速度/加加速度连续（无突变），确保焊接过程平稳。

### （二）创新点要求

架构与策略创新：提出针对高维受限空间规划的原创性核心算法或架构，有效解决在极端狭窄缝隙穿越时的问题。

性能显著领先：建立科学的评估对比体系，在相同的复杂焊接测试场景下，证明所提方案在计算耗时、规划成功率及路径平滑度等关键指标上，优于目前主流的开源基准算法（如 OMPL 库中的标准算法）。

### （三）作品提交要求

初赛阶段：提交阶段性研究报告及 PPT。内容需包含：技术路线图、算法架构设计、阶

---

段性仿真演示视频、遇到的关键问题及后续攻关计划。

决赛阶段：提交完整算法代码库（C++/Python，必须支持 SDK 封装或 API 接口调用）、仿真或实机演示软件，以及详细的研究报告和答辩 PPT。需直观展示双臂系统在复杂受限空间下的避障能力、规划速度及轨迹平滑度。

#### （四）核心技术指标

**规划成功率：**在随机生成的复杂受限焊接测试场景（不少于 50 组）中，单次规划成功率 $\geq 95\%$ 。

**计算效率：**针对 12~14 自由度双臂系统，单次完整规划平均耗时 $\leq 1s$ 。

**路径优化质量：**生成路径长度相比标准基准算法（不少于三种）缩短 $\geq 15\%$ ，曲率变化平滑，轨迹具备连续性。

**鲁棒性：**算法具备抗干扰能力，在障碍物位置发生轻微扰动（如 $\pm 5mm$ ）时，仍能保持规划结果的稳定性，无剧烈路径突变。

### 选题三：多功能异形机械手控制器设计

#### 一、选题背景

超市琳琅满目的货架上，休闲食品，酒水饮料，日化用品，生活用纸等都属于快消品。快消品需求波动大，品类迭代越来越快，品质追求短保新鲜，使得快消品行业越来越看重柔性制造。在快消品的包装产线中，机械手以固定的机械结构，通过示教或搭配视觉引导，可以满足不同规格物料的装盒、装箱等需求，提升产线柔性化。

当前机械手已经融入到设备中，作为设备的一个模块而不是产线中的独立工站，与其他机构高效配合完成任务。常见的异形机械手模型有 Delta2、Delta3、H-BOT、SCARA3、四轴码垛、六轴码垛，用于完成裱花、堆叠、乱序分拣、装箱、码垛等任务。不同场景对机械手性能指标要求不同，主要关注节拍、震动抑制、轨迹优化方面。功能方面需要示教系统，针对装箱码垛、跟随抓取、任意轨迹裱花等场景，做工艺抽象和操作易用性设计。

#### 二、任务要求

##### （一）关键技术挑战

选择本选题的团队，需要基于汇川现有 PLC 或自行开发控制器，基于 EtherCAT 总线，使用汇川伺服，解决以下的关键技术挑战：

---

1. 异形机械手运动学和插补器：至少选择一种并联机械手和一种串联机械手。可选择用途最广泛的 Delta3 和六轴码垛机械手，建立运动学模型。设计插补器，完成点到点动作、跟随外部轴同步、连续插补等基础动作。动作参数可设备，具备轨迹优化如可设置过渡模式。具备基础的保护功能如关节速度限制和运行区域限制。插补器要求支持工件坐标系和工具坐标系。

2. 工艺抽象与示教器易用性提升：跟随抓取工艺（输送带或转盘？世界坐标系或极坐标系？怎么描述）、码垛工艺（如垛型自动生成）等，抽象工艺模型，并绘制易用性参数设置界面。针对任意轨迹连续插补，可设计 Cam 软件或外部代码导入功能。

3. 异形机械手动力学：基于动力学限制机器人速度、优化机器人轨迹、动态调整伺服系统参数、提升节拍、降低震动和冲击等。

## （二）作品提交要求

本选题的作品，在初赛阶段需要提交的成果包括课题研究的阶段性成果报告及 PPT(主要内容包括但不限于选题背景和研究目标，研究进展，阶段性成果，问题与困难，后继计划等)。

全国总决赛接待需要提交的成果必须包括课题研究成果报告文档及 PPT（主要内容包括但不限于选题背景与研究目标，技术方案与创新点，成果展示与性能分析，结论总结与未来展望，参考文件与附录），配套的核心算法库，包含机械手动力学，工艺模型抽象，插补器轨迹优化等。

## （三）核心技术指标

作品将从以下维度进行评估：

### 1. 支持的异形机械手种类

至少 1 种并联机械手和 1 种串联机械手。

### 2. 控制器功能和易用性

(1) 能完成点到点门型，给定位位置跟随抓取，任意轨迹连续运行功能。

(2) 示教器界面通俗易懂，参数尽量简化。

(3) 数字孪生仿真，验证机械手动作。

### 3. 控制器性能

现场使用统一提供的机械手硬件，跑规定的门型轨迹：

(1) 比较节拍上限。

(2) 比较同一速度下的震动情况。



## 选题四：风电机组轮毂智能检测系统

### 一、选题背景

风电机组轮毂作为传动链的核心部件，长期承受复杂的交变载荷，其健康状态直接关系到整机安全与寿命。传统维护依赖定期巡检与事后维修，存在“过度维修”或“维修不足”的风险，且无法感知轮毂的动态受力状态。

本项目旨在开发一套模拟集成陀螺仪传感器（MEMS）、温度传感器等多种传感技术，并深度融合数字孪生模型的轮毂智能检测系统。该系统能够实现对轮毂转速、方位角、载荷等的实时在线监测、智能诊断与预测性维护，从“被动维修”转向“主动预警”，是风电场智能化运维的典型解决方案，对保障风电资产安全、降低运维成本具有重大意义。

### 二、任务要求

#### （一）关键技术挑战

设计并开发一套完整的“风电机组轮毂智能检测系统”，具体任务包括：

##### 1. 硬件模拟系统设计与部署

- 设计一个集成三轴 MEMS 陀螺仪（核心）、温度传感器等技术的智能传感节点。
- 设计模拟机组的硬件结构，包含轮毂、偏航、主轴编码器以及实际工况下可能的硬件设计。
- 论证传感器在轮毂上的最优布局方案（如中心轴线、near 变桨轴承处）。
- 电气拓扑方案搭建（应用汇川 PLC、伺服、变频器等标准产品进行，传感器不做要求）。

##### 2. 软件数据采集以及关键算法模型输出

- 基于陀螺仪数据：设计软件算法，计算叶轮加速度、转速以及方位角。
- 基于加速度计数据：设计软件模型分析振动频谱，识别模拟轴承、齿轮的早期故障特征。

##### 3. 数字孪生模型构建

- 建立轮毂及传动链的数字孪生体。该模型应能接收边缘端上传的实时数据（特别是陀螺仪测得的角速度/加速度）。
- 在虚拟空间中，模型能够实时映射轮毂的受力状态与动态行为，并通过仿真预测

关键部位的应力分布，实现载荷的虚拟测量。

(3) 开发一个可视化监控平台（Web 或移动端），实时展示轮毂三维模型的实时状态动画（与数字孪生体同步）；传感器数据曲线、健康状态评分、故障预警信息。

## （二）作品提交要求

本选题的作品，在初赛阶段需要提交的成果包括课题研究的阶段性成果报告及 PPT(主要内容包括但不限于选题背景和研究目标，研究进展，阶段性成果，问题与困难，后继计划等)。

全国总决赛接待需要提交的成果必须包括课题研究成果报告文档及 PPT（主要内容包括但不限于选题背景与研究目标，技术方案与创新点，成果展示与性能分析，结论总结与未来展望，参考文件与附录），配套的硬件系统以及核心算法库，包含基于加速度数据的转速方位角合成、振动分析频谱模型、数字孪生软件等。

## （三）核心技术指标

作品将从以下维度进行评估：

### 1. 硬件模拟系统的结构复杂度

至少包含陀螺仪、轮毂、偏航系统的模拟。

### 2. 性能

(1) 轮毂不同转速下合成转速、方位角的精度，转速误差控制在 1%，方位角误差控制在 $\pm 2^\circ$ 以内。

(2) 振动信号软件模型分析的准确率不低于 60%。

### 3. 数字孪生功能

可视化平台与硬件实体的行为一致性。

## 选题五：新能源汽车驱动电机系统故障诊断

### 一、选题背景

驱动电机系统是新能源汽车的核心“三电”部件之一，直接承担动力输出、能量回收等关键功能，其状态不仅决定车辆动力性能、续航里程，更直接关联行车安全。随着全球新能源汽车渗透率快速提升（2024 年全球渗透率已超 20%），驱动电机系统朝着高转速、高功率密度、高集成度方向发展，同时需适应频繁启停、急加速减速、高低温循环等复杂工况，

这对其故障诊断的实时性、准确性提出了严苛要求。

从行业痛点来看,新能源汽车驱动电机系统故障已成为影响车辆安全与用户体验的关键问题。2024 年新能源汽车召回事件中,约 28% 源于驱动电机相关故障,其中定子绕组绝缘失效、轴承卡滞、转子永磁体退磁等故障占比超 60%。此类故障若未及时诊断,轻则导致车辆动力中断、续航骤降,重则引发电机烧毁、车辆失控等安全事故——2024 年某品牌纯电动车因电机轴承磨损未及时预警,导致高速行驶中动力突然切断,引发多起追尾事故。此外,传统售后维修中,驱动电机故障定位依赖拆解检测,单次维修周期长达 3-5 天,维修成本超万元,严重影响用户使用体验,也推高了车企售后成本。

从技术发展趋势来看,新能源汽车驱动电机故障诊断正从“事后维修”向“实时监测 - 预测性维护”转型。当前主流诊断方式多依赖电机控制器 (MCU) 的基础故障码 (如过流、过温),仅能识别严重故障,无法预警早期潜在问题;而基于车载传感器 (如电流、电压、振动、温度传感器) 的多维度数据融合诊断,结合深度学习算法的早期故障识别技术,已成为行业研发热点。例如,通过电机三相电流谐波分析,可提前预警轴承早期磨损;基于电机壳体振动信号,能识别转子永磁体退磁或轴承早期失效等。

## 二、任务要求

### (一) 初赛阶段任务:

1. 调研新能源汽车驱动电机典型故障类型,包括但不限于:

- 机械故障: 高速轴承磨损、转子动不平衡、减速器齿轮啮合异常;
- 电气故障: 定子绕组匝间短路、绝缘老化、三相电流不平衡;
- 磁路故障: 转子永磁体退磁、磁钢脱落;
- 控制系统故障: 逆变器 IGBT 模块失效、位置传感器 (旋变) 信号异常。

结合车载工况分析故障产生机理,并提炼各类故障的典型信号特征。

2. 整理新能源汽车驱动电机故障诊断的主流技术,对比不同技术在车载场景下的适用性,重点考虑: 计算复杂度是否适配车载 MCU 算力,是否需额外加装传感器,诊断延迟是否满足实时性要求,能否实现故障预测功能。

3. 针对新能源汽车驱动电机“高转速、多工况、强耦合”特点,选择一项或一类典型故障,设计一套基于车载现有传感器 (优先利用电机控制器已有的电流、电压传感器,车载 CAN 总线的温度、转速数据,可选加装低成本振动传感器) 的故障诊断方案,需覆盖“信号采集 - 特征提取 - 故障识别 - 结果输出”全流程。

### (二) 决赛阶段任务

1. 基于新能源汽车驱动电机测试台架(或采用 dSPACE、RT-LAB 等硬件在环仿真平台), 模拟新能源汽车典型工况(如 NEDC 循环工况、急加速急减速工况、启动工况、巡航工况), 并注入典型故障, 采集正常与故障工况下的车载传感器数据, 数据采样频率需匹配车载实际情况。

2. 基于采集的车载数据, 按设计方案在嵌入式系统上完成信号预处理、特征提取, 通过诊断模型进行故障识别, 记录故障诊断关键指标。

3. 提交所采集的故障数据、测试报告、算法流程图、核心代码片段。

### (三) 核心技术指标

1. 传感器采样频率 $\leq 1\text{kHz}$ ;

2. 鼓励采用创新的方法导入典型故障;

3. 适用典型工况数量 $\geq 2$ ;

4. 算力需求 $\leq 300\text{MFLOPS}$ 。

## 选题六：面向多料号复用的矩阵式码垛智能算法研究

### 一、选题背景

矩阵式码垛(按行列规则排列物料的摆放方式)是机械手、XYZ 轴等自动化设备实现产品有序、高效摆放的核心工艺, 广泛应用于汽车零部件、3C 电子、精密模具等行业。在“多品种、小批量”生产模式主导下, 码垛设备需频繁适配尺寸、形状、重量、材质各异的料号, 且常伴随 Tray 盘规格与抓取工装(如夹爪数量)同步变更。

传统人工编程模式存在两大瓶颈:

1. 复用性低, 编程效率低: 每个新料号需工程师从零设计算法逻辑——定义行列间距、抓取点位、规避路径, 并反复调试 Tray 盘参数与安全互锁。因缺乏统一规则抽象与复用机制, 即使布局相似也需重复设计, 导致部署周期长, 严重制约产线柔性切换效率。

2. 动态适应性差, 调试成本高: 不同料号的 Tray 盘行列数与摆放方向各异; 机构与 Tray 盘安装平行度偏差造成落点随机偏转; 设备空间限制使抓取工装物理可达性受限, 无法覆盖全部理论位置。工程师不得不进行繁琐的手动规避与“试错—调整”, 耗时且难以保证方案的稳定性与空间利用率。

研究目标与意义:

目标：构建可复用、可优化、可落地的矩阵式码垛智能算法体系。

意义：显著缩短新料号部署时间，推动自动化设备向高柔性、低门槛升级，提升产线响应速度与竞争力。

## 二、任务要求

### （一）关键技术挑战

团队需攻克以下关键技术挑战：

#### 1. 多料号码垛规则的可复用结构化建模：

（1）输入：料号 CAD 模型/实物测量数据（尺寸、重量、材质）、Tray 盘规格、抓取工装参数（夹爪数量、工作半径）。

（2）特征提取：构建多维特征向量（行/列数、行列间距、夹爪数、形状类别等），并进行归一化处理。

（3）规则挖掘：基于特征相似度（欧氏距离/余弦相似度）+ 聚类分析（K-Means/DBSCAN），识别相似料号的共性码垛约束（标准矩阵排布、层间旋转策略等）。

（4）输出：可跨料号调用的规则模板库（含基础矩阵参数与安全边界），解决相似料号重复设计问题，提升编程效率。

#### 2. 多目标优化的矩阵式码垛方案智能生成：

（1）目标函数：轨迹优化最大化、摆放位置精准、空间利用率最大化、堆叠稳定性最高、设备负载最小。

（2）约束条件：料号特征、Tray 盘数量与尺寸、机械手抓取能力、夹爪可达空间。

（3）智能求解：

常规料号：改进遗传算法（GA）/粒子群优化（PSO），在规则模板上快速搜索最优矩阵参数（行列数、间距、坐标位置），保证实时性与稳定性。

复杂料号（异形件、多规格混垛）：引入强化学习（RL），在历史优质垛型数据上训练策略网络，通过“试错—奖励”生成高适配堆叠策略，提升动态场景适应能力。

（4）可解释性增强：结合 SHAP 值分析输出关键参数影响度，辅助人工校验与调优。

### （二）作品提交要求

本课题在初赛阶段需提交阶段性成果报告及 PPT，内容包括选题背景、研究目标、研究进展、阶段性成果、问题与困难及后续计划等。

全国总决赛阶段需提交完整研究成果报告及 PPT，内容涵盖选题背景与研究目标、技术方案与创新点、成果展示与性能分析、结论总结与未来展望、参考文献与附录等，并需配套

---

开发多料号复用的矩阵式码垛智能算法核心模块，支持 Tray 盘矩阵的数量与料号配置、抓取工装夹爪数量及可达位置解算等功能，具体实现范围参赛团队可根据实际研究进展灵活规划。

### （三）核心技术指标

作品将从以下维度进行评估：

#### 1. 规则建模效果

- （1）可一键生成抓取工装各夹爪的精确位置坐标；
- （2）支持处理的料号类型不少于 15 种；
- （3）规则模板匹配准确率不低于 90%。

#### 2. 方案生成性能

- （1）常规料号方案生成时间不超过 3 分钟；
- （2）复杂料号方案生成时间不超过 10 分钟；
- （3）生成方案的空间利用率不低于人工设计的 90%。

#### 3. 系统实用性

- （1）跨领域适应性：至少在 2 个不同制造领域验证有效；
- （2）工艺复用率达到 70%以上；
- （3）新料号小样本适配所需样本数不超过 50 组。