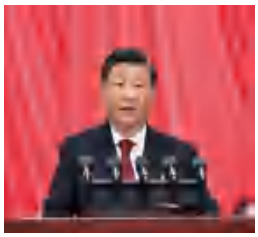
新一代智能制造浅析及应用场景探索

闵超庆
西安交通大学机械工程学院

2026.11.23

目录

1 新一代智能制造发展背景与挑战
2 智能制造应用场景案例
3 总结展望



2026年7月8日，习近平总书记在国家科学技术奖励大会、两院院士大会、中国科协第十一次全国代表大会上指出，要聚焦人工智能等前沿领域和先进制造等重点领域，加强关键核心技术攻关，以产业智能化需求牵引科技创新，加快科技成果转化应用。

未来发展需求

工信部等八部门明确指出：**“十四五”**及未来相当长一段时期，**推进智能制造**，要立足制造本质，紧扣智能特征，**以工艺、装备为核心，**以数据为基础，构建虚实融合、知识驱动、动态优化的智能制造系统……；**“十五五”**期间，**深化人工智能技术在制造全过程中的融合应用**，促进生产分析、决策、执行智能化。

行业迫切需求

宁夏《自治区制造业高质量发展实施方案（2026—2027年）》提出，深入实施“**人工智能+制造业**”行动，加快智能工厂建设，推动**人工智能、大模型等数智技术**融入研发设计、生产制造、质量管控等全过程，促进装备制造业向**高端化、智能化、绿色化**发展。



推动人工智能与制造业深度融合，促进智能制造高质量发展将成为必然趋势！

3/63

1 PART 新一代智能制造发展背景与挑战

数据驱动与知识沉淀
生产数据持续积累并转化为可复用知识

数字孪生与虚实融合
构建设备、产线和工厂的实时映射

人机协同与智能决策
形成“感知—分析—决策—执行”闭环

数字化 → 网络化 → 集成化 → 智能化 → 自主化

设备互联与工业互联网
实现人、机、料、法、环全要素连接

人工智能赋能
机器学习、视觉识别与大模型加速应用落地

全国规模以上工业企业开展数字化改造比例	全国规模以上工业企业数字化设备普及率	全国累计建成各级智能工厂	“灯塔工厂”数量占全球45%
89.6%	57.7%	4.3万家+	85家

智能制造正由单点数字化应用向全流程协同、由规模扩张向提质增效深化，逐步形成“技术突破—场景落地—效能提升—生态完善”的协同发展格局。

4/63

1 PART 新一代智能制造发展背景与挑战

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基本内涵

新一代智能制造是智能制造的高级范式与主体范式，是**新一代人工智能技术与先进制造技术的融合创新**，能够**自主感知、自主决策、自主执行、自主学习**，极大提高制造质量、效率和可靠性，推进智能制造系统更精、更快、更可靠，越用越聪明。

三大核心支柱：构建智能制造的坚实底座

工业数据
汇集设备、工艺与质量数据，
为状态识别和生产决策提供依据。

工业模型
融合工艺机理、行业知识与算法，
支持状态预测、方案评估和参数优化。

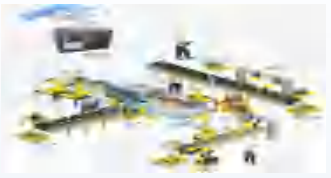
工业智能体
按任务调用模型与工具，
协调人员和装备执行生产指令。

四大智能方向：打造自主进化的制造系统

自主感知
融合多源现场信号
识别设备状态与工况变化



自主决策
利用数字孪生评估方案
根据工况调整工艺参数



自主执行
将生产方案转为作业指令
协调柔性装备完成多道工序



自主学习
用实际运行结果校验模型
根据生产反馈更新模型与策略



1 PART 新一代智能制造发展背景与挑战

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

数据 订单/需求 设计/BOM 工艺/知识 设备/传感器 质量/检测 运维/日志 ……

01 数据多源异构
- 多系统并存，数据格式不一
- 结构、图像、文本等多模态混杂

02 长尾分布显著
- 正常样本多，异常样本少
- 极端工况覆盖不足，泛化能力弱

03 小样本与少标签
- 专家标注成本高
- 新品、新工艺样本稀缺

04 样本冲突与噪声
- 标签口径不一，历史版本冲突
- 数据漂移、缺失与误标并存

01 黑盒性强
- 模型内部机理不透明
- 输出结果成因难解释

02 可解释性不足
- 工艺、质量依据难追溯
- 决策过程难校核、难复用

03 幻觉与错误推断
- 易生成错误工艺与知识
- 高风险场景放大决策偏差

04 置信度缺失
- 输出结果缺少不确定性表达
- 异常工况下可信度难评估

严重影响

数据融合、模型训练难

↓

决策可信度不足

↓

模型泛化能力差

↓

落地应用受限

模型 智能选型 BOM配置 工艺生成 质量预测 进度预测 排产调度 ……

目录

1 新一代智能制造发展背景与挑战

2 智能制造应用场景案例

3 总结展望

2 PART 案例1：高端控制阀智能选型-研发设计

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基于大模型-异构图神经网络HGT融合的高端控制阀智能选型

工程问题背景

不同种类功能的高端控制阀及零部件



高端控制阀智能选型现有问题

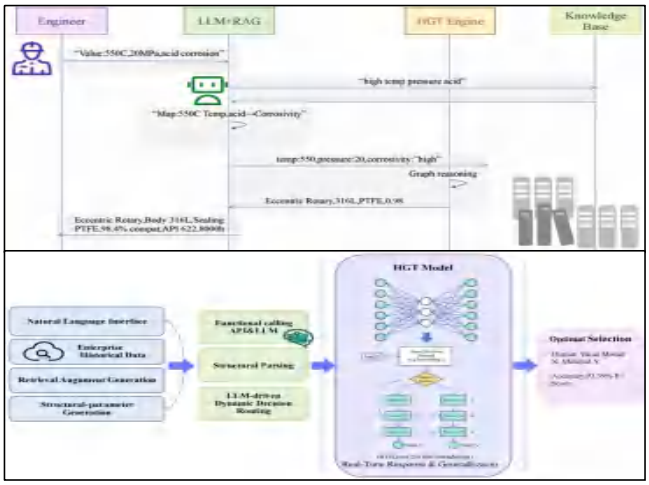
- 需求难以准确描述
- 选型依赖经验
- 规则系统灵活性差
- 传统机器学习无法解析非结构语义
- 早期神经网络异构数据及动态关系推理差
- 选型结果复用性差



传统人工选型与智能选型成本对比

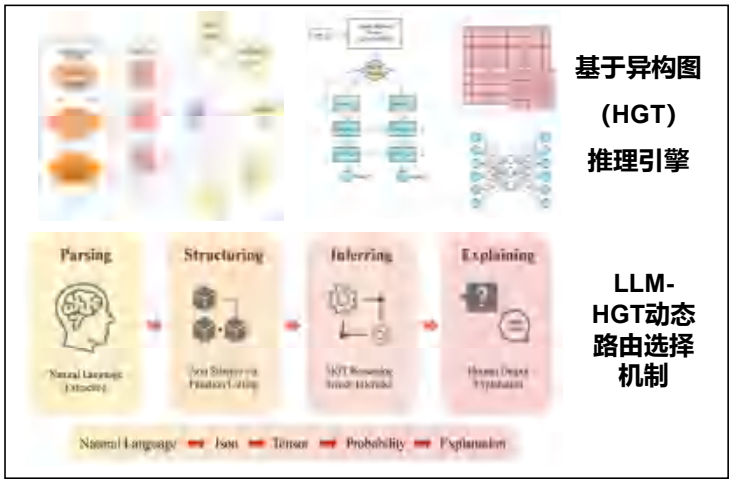
基于大模型-异构图神经网络HGT融合的高端控制阀智能选型

研究方案与技术路线 “自然语言→结构化参数→图推理→选型结果”端到端选型



基于LLM-HGT融合的高端控制阀智能选型系统架构

架构支撑



基于异构图(HGT)推理引擎

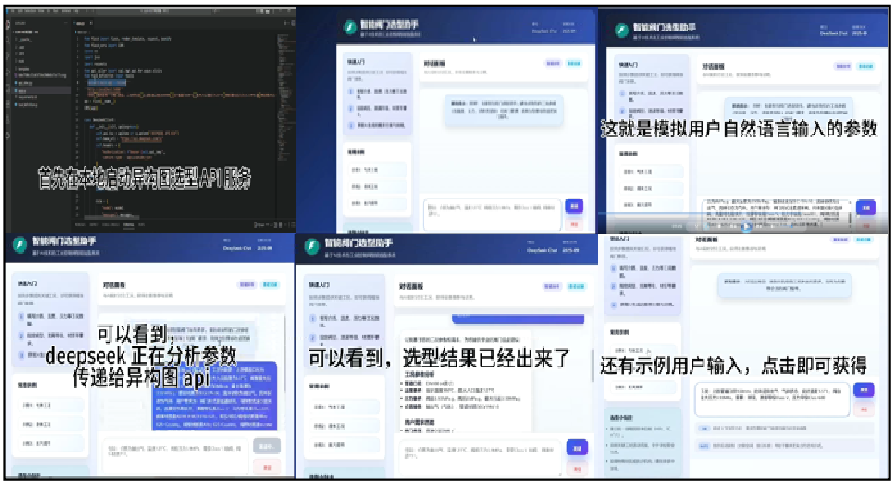
LLM-HGT动态路由选择机制

子功能模型构建

基于大模型-异构图神经网络HGT融合的高端控制阀智能选型

性能对比与系统展示

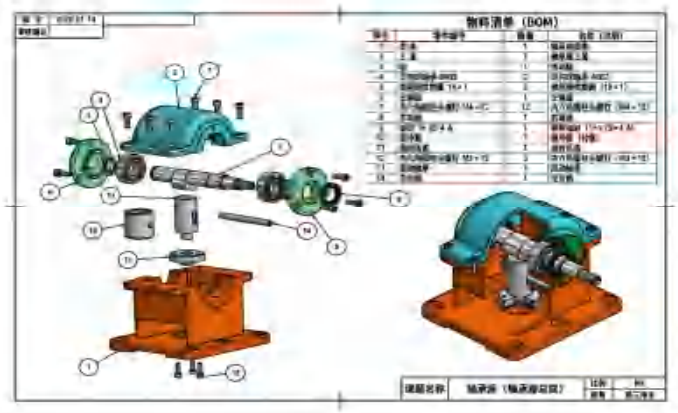




应用价值 构建了融合大语言模型与异构图神经网络的智能选型系统，实现控制阀基于自然语言交互端到端智能化，选型准确率达95.37%，较传统方法提升约32%。

基于双视图知识蒸馏与门控知识图谱审计的可制造性感知BOM配置

工程问题背景



机械产品零部件与BOM结构配置示意图

工业订单数据语义分散

结构化参数　半结构化文本　非结构化备注　历史演化编码

信息分散在异构系统与字段中，难以直接用于BOM配置

BOM配置现有问题

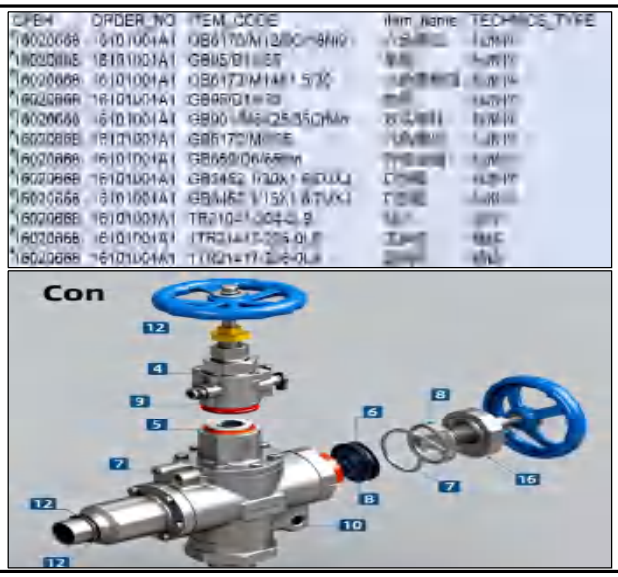
准确性受限　可解释性弱 难以审计追溯　缺乏知识约束

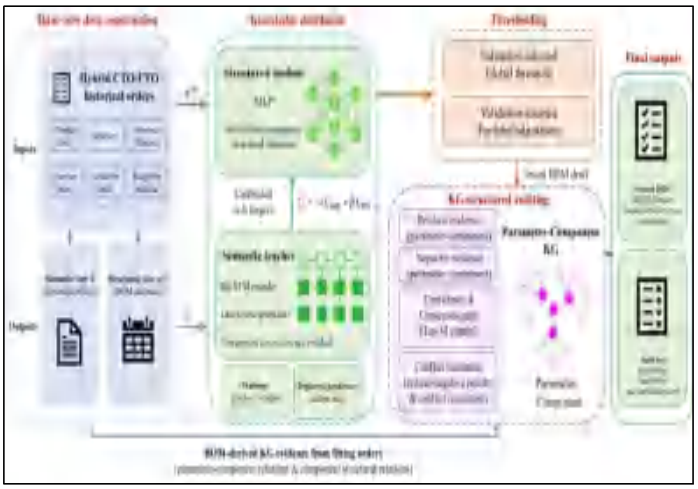
数据质量参差不齐　成本与风险难以平衡　部署复杂

2 PART 案例2：高端控制阀EBOM智能配置-研发设计

基于双视图知识蒸馏与门控知识图谱审计的可制造性感知BOM配置

研究方案与技术路线

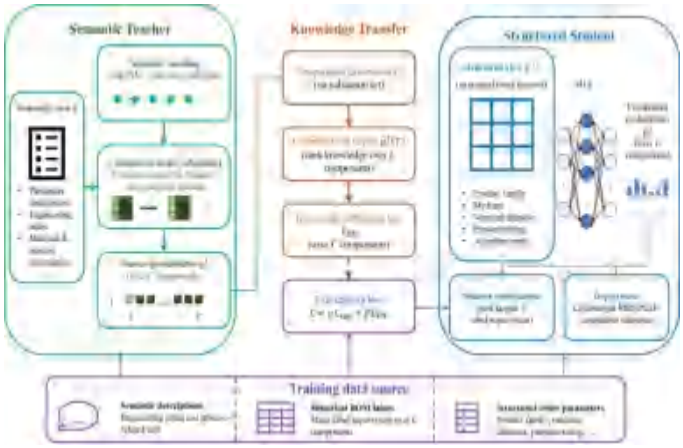




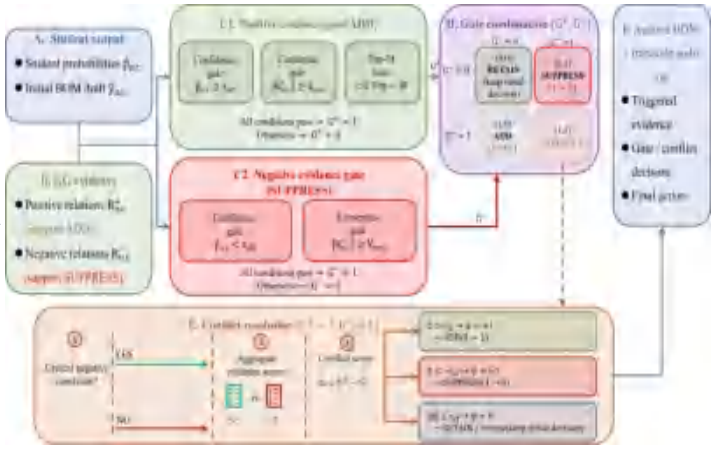
面向混合CTO–ETO控制阀订单的BOM配置流程

基于双视图知识蒸馏与门控知识图谱审计的可制造性感知BOM配置

研究方案与技术路线



从语义训练信息到结构化部署推理的教师–学生知识迁移过程

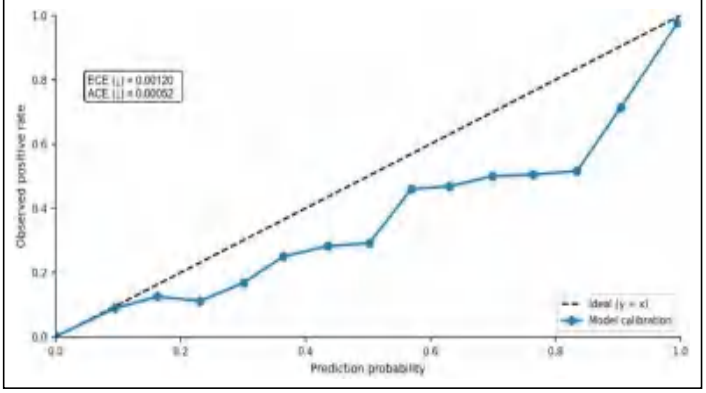


基于置信度与门控知识图谱审计的BOM冲突修正机制

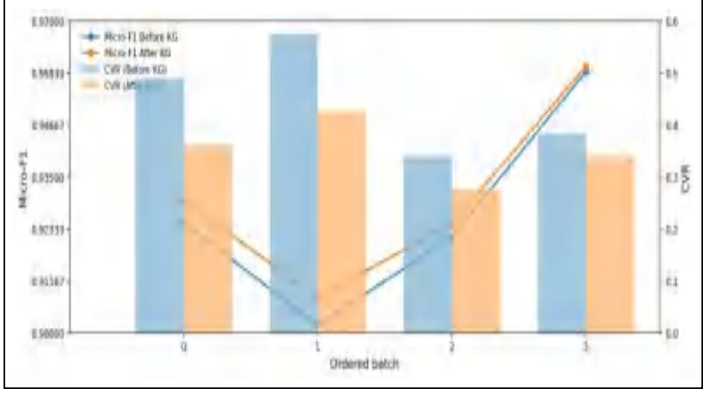
基于双视图知识蒸馏与门控知识图谱审计的可制造性感知BOM配置

结果可视化

校准后蒸馏学生模型的可靠性分析

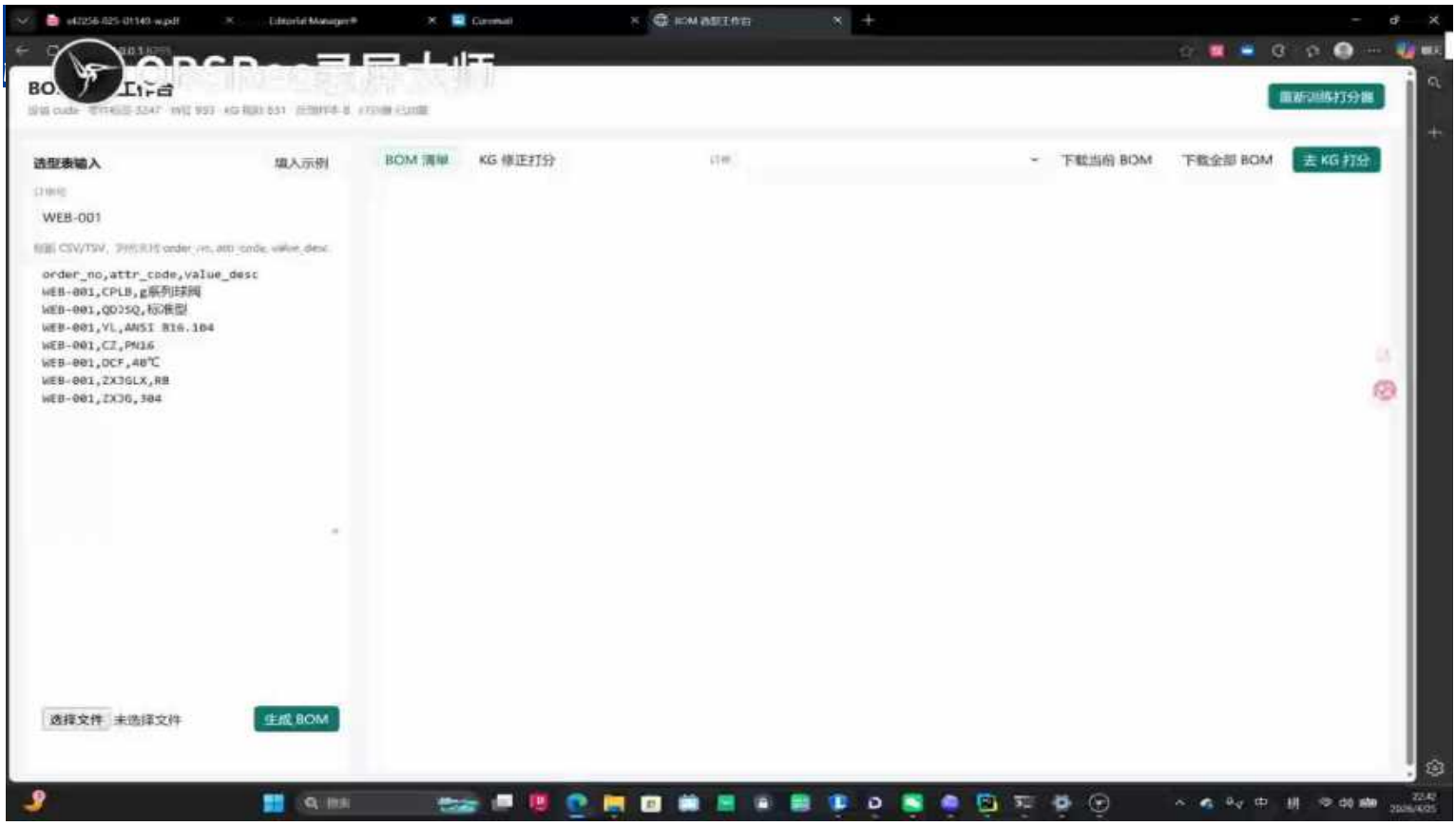


知识图谱结构化审计前后的订单批次稳定性分析



应用价值

实现了高精度、可制造约束感知的BOM智能配置，Micro-F1达到0.9303，在提升部件预测准确性的同时显著降低配置冲突与制造违规风险。

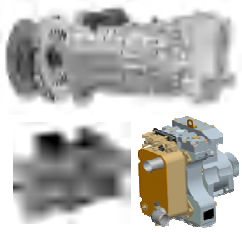


2 PART 案例3：装备制造关键零部件工艺智能生成-研发设计

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

新能源车变速器迭代升级快致使高精齿轮加工工艺高效高质量设计面临挑战！

产品迭代升级快



2000 余个 变速器



10000 余种 自制零件

典型零件



新能源车变速器齿轮齿轴

工艺设计影响因素众多





70000余种 工艺资源

铸造	煅造	热处理
机加	清洗	加工
装配	测试	包装

9大工艺门类

工艺设计问题突出

- 工艺数据关系错综复杂
- 工艺设计严重依赖经验
- 70%的零件具有相似性，大量重复工作
- 工艺设计时间占工艺开发30%，开发效率低

工艺知识图谱构建 **工艺路线智能规划** **工艺参数智能推荐** **工序简图智能编制**

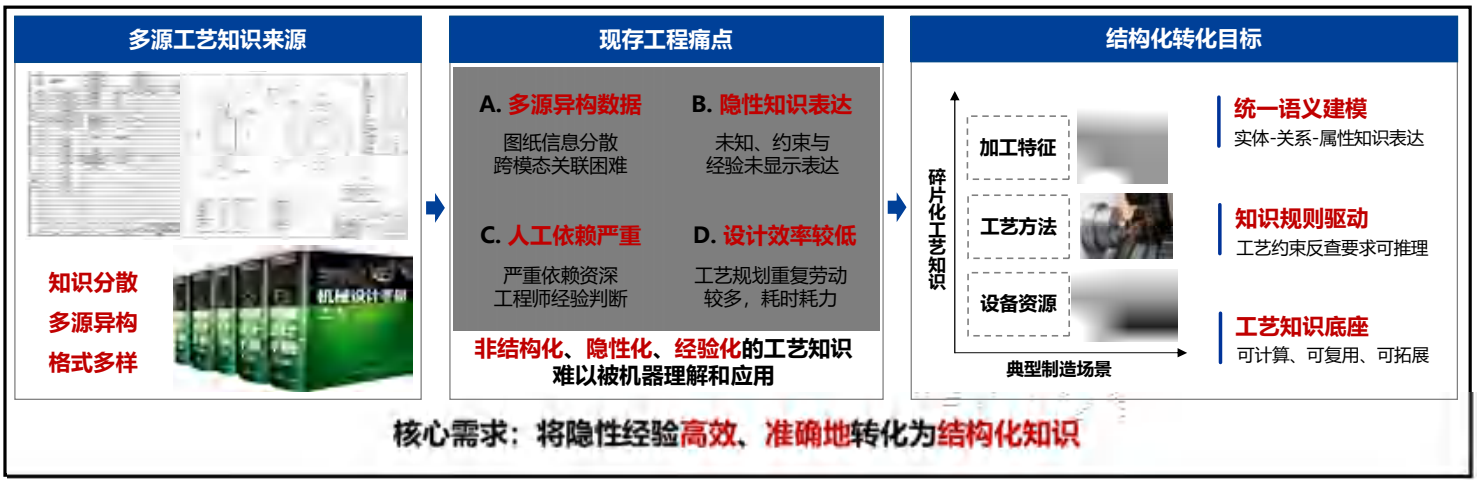
16/63

案例3：装备制造关键零部件工艺智能生成-研发设计

基于大语言模型驱动与约束增强的工艺知识图谱构建方法

难点挑战 工艺卡排版复杂，OCR 抽取误差大，大模型易幻觉，实体关系对齐难，工艺知识构建依赖人工、成本高。

工程问题背景

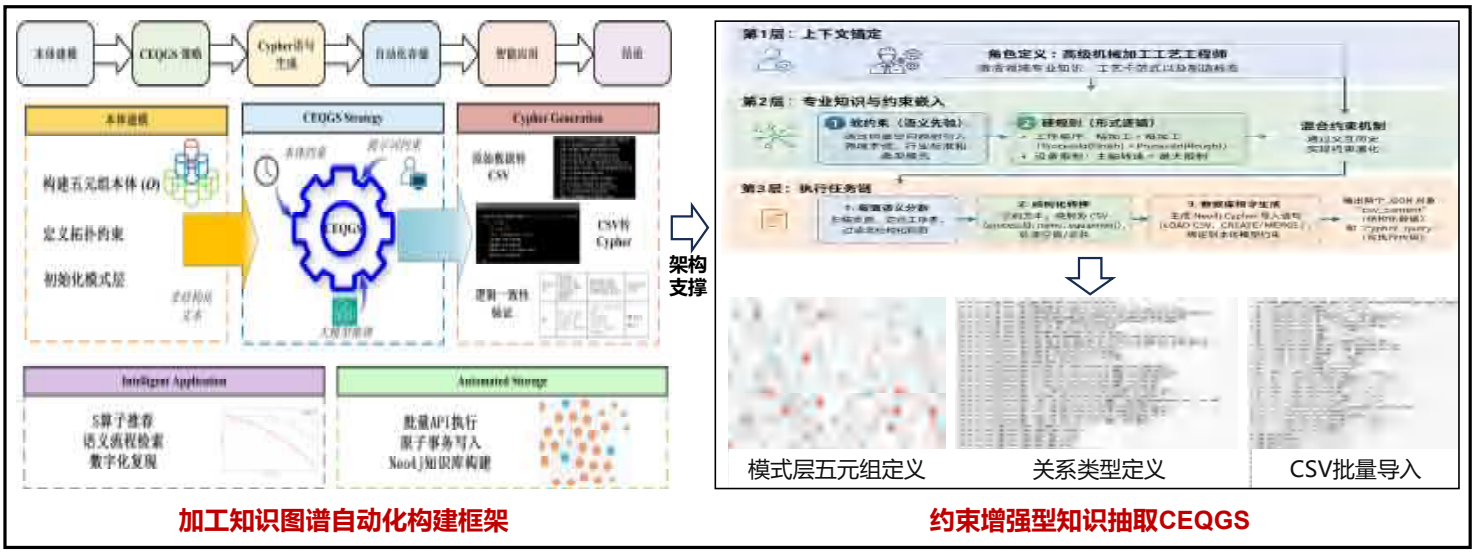


2 PART 案例3：装备制造关键零部件工艺智能生成-研发设计

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

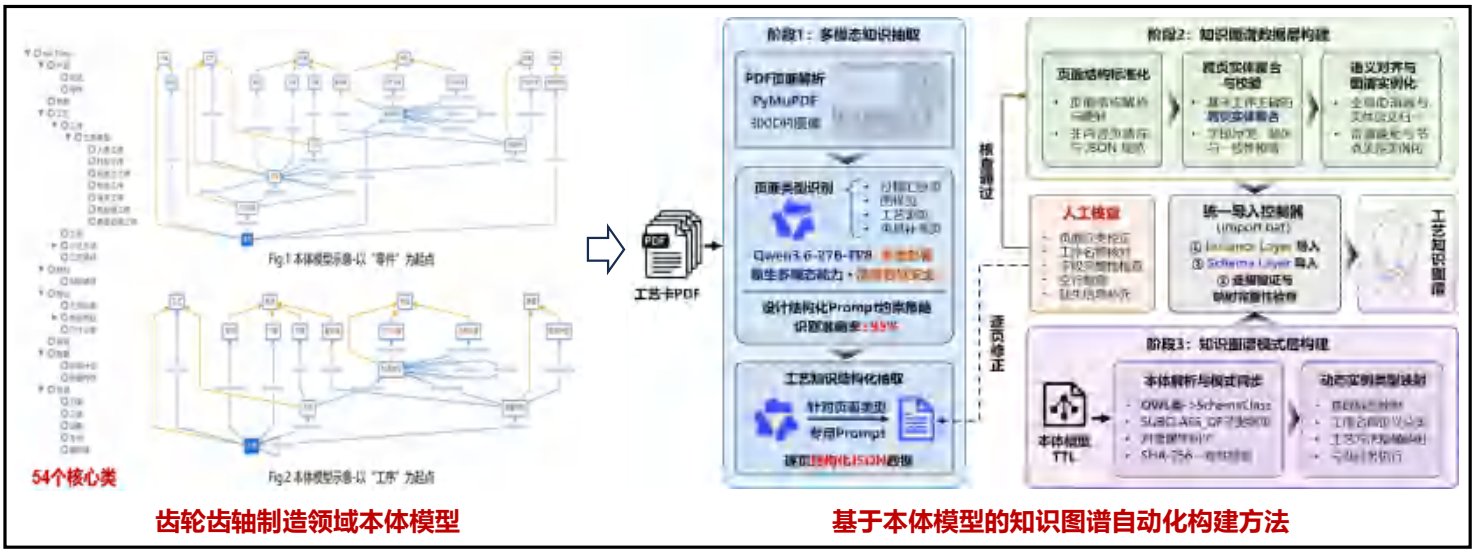
基于大语言模型驱动与约束增强的工艺知识图谱构建方法

研究方案与技术路线



基于大语言模型驱动与约束增强的工艺知识图谱构建方法

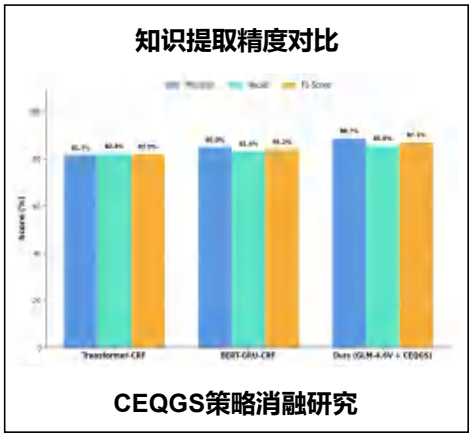
研究方案与技术路线



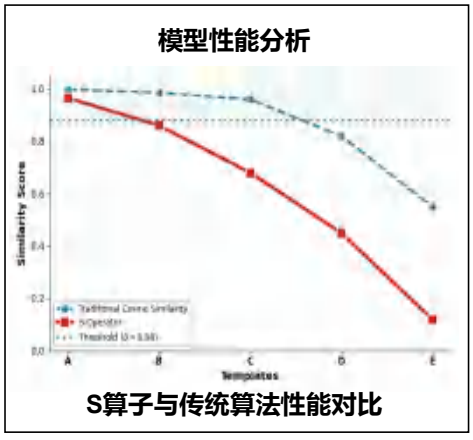
齿轮齿轴制造领域本体模型　　基于本体模型的知识图谱自动化构建方法

基于大语言模型驱动与约束增强的工艺知识图谱构建方法

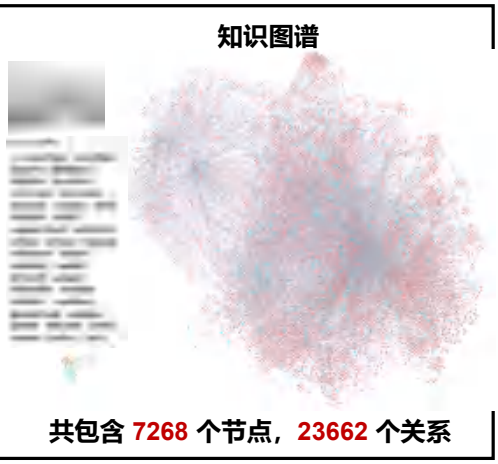
性能对比



CEQGS策略消融研究



S算子与传统算法性能对比



共包含 7268 个节点，23662 个关系

应用价值　该方案知识抽取精确度≥95%，将工艺知识梳理成本降至人工的10%以内，为工艺路线智能推荐提供可推理的数据底座。

基于异构图表示与分层推理的工艺路线智能规划方法

工程问题背景

个性化制造场景特征

- ■ **多品种、小批量订单**
  - □ 零件类型多样，工艺复用难
- ■ **复杂零部件结构差异大**
  - □ 孔、槽、齿形、台阶等特征组合复杂
- ■ **多源异构工程数据**
  - □ 工程图、工艺卡、设备资源分散
- ■ **小样本制造场景**
  - □ 高质量工艺数据积累不足

传统CAPP工程痛点

A. **图纸理解困难**
几何与语义信息跨模态关联复杂

B. **关系表达不足**
传统规则库难以表达复杂工艺约束

C. **人工依赖强**
严重依赖资深工程师经验判断

D. **可靠性不足**
新型结构件规划结果可解释性弱

高质量工艺**数据稀缺**，**知识隐含**且**经验依赖**性强，制约工艺生成稳定性

智能工艺规划目标



图纸到工艺路线自动映射
实现几何与语义信息统一建模

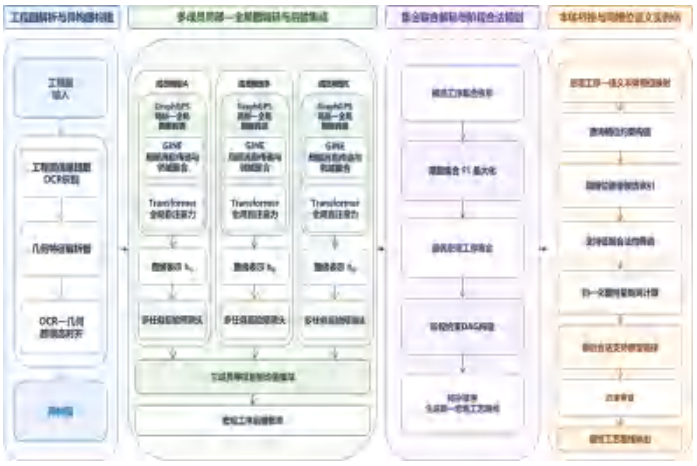
复杂约束可推理
工序集合、制造资源合法规划

输出可验证、可复用
稳定可靠的工艺路线生成能力

难点挑战 复杂零部件个性化制造过程中**高质量工艺数据稀缺**、**人工经验依赖强**以及**自动规划可靠性不足**

基于异构图表示与分层推理的工艺路线智能规划方法

研究方案与技术路线



智能工艺规划框架

架构支撑



工程图解析与异构图构建

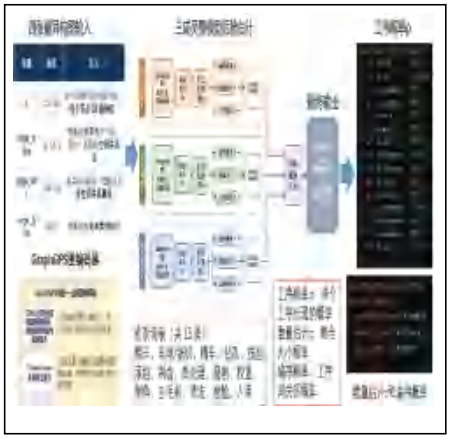
2 PART

案例3：装备制造关键零部件工艺智能生成-研发设计

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基于异构图表示与分层推理的工艺路线智能规划方法

研究方案与技术路线







多成员局部—全局图编码与后验集成　　集合联合解码与阶段合法规划　　本体桥接与同槽位语义实例化

3 PART

案例3：装备制造关键零部件工艺智能生成-研发设计

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基于异构图表示与分层推理的工艺路线智能规划方法

结果可视化

HeteroCAPP端到端工艺智能生成系统



模型性能分析



参与训练：法士特样本24个，测试样本5个
语义工序覆盖率达 90.42%，0违规输出

应用价值　在有限样本条件下，基于异构图表示与分层推理的智能工艺规划框架语义工序覆盖率为90.42%，保持较高的工艺覆盖能力、集合预测能力与输出可靠性。

基于多智能体强化学习的多工艺参数协同优化方法

难点挑战 工艺参数强耦合、工艺拓扑复杂、多工序协同困难，传统局部优化方法难以实现跨层级、跨单元的全局多操作参数协同优化

工程问题背景

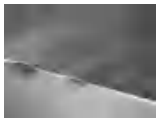
工艺参数优化

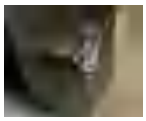
通过对切削速度、进给量、切削深度、刀具几何参数等工艺参数进行优化组合，实现加工效率、加工质量与刀具寿命的综合最优。



主要问题


加工效率低


加工质量不稳定


刀具寿命短


加工成本高


工艺经验依赖强

优化目标


提高加工效率
缩短加工时间


提升加工质量
保证稳定一致


最优工艺窗口
支撑智能决策


延长刀具寿命
降低刀具成本


降低综合成本
提升经济效益

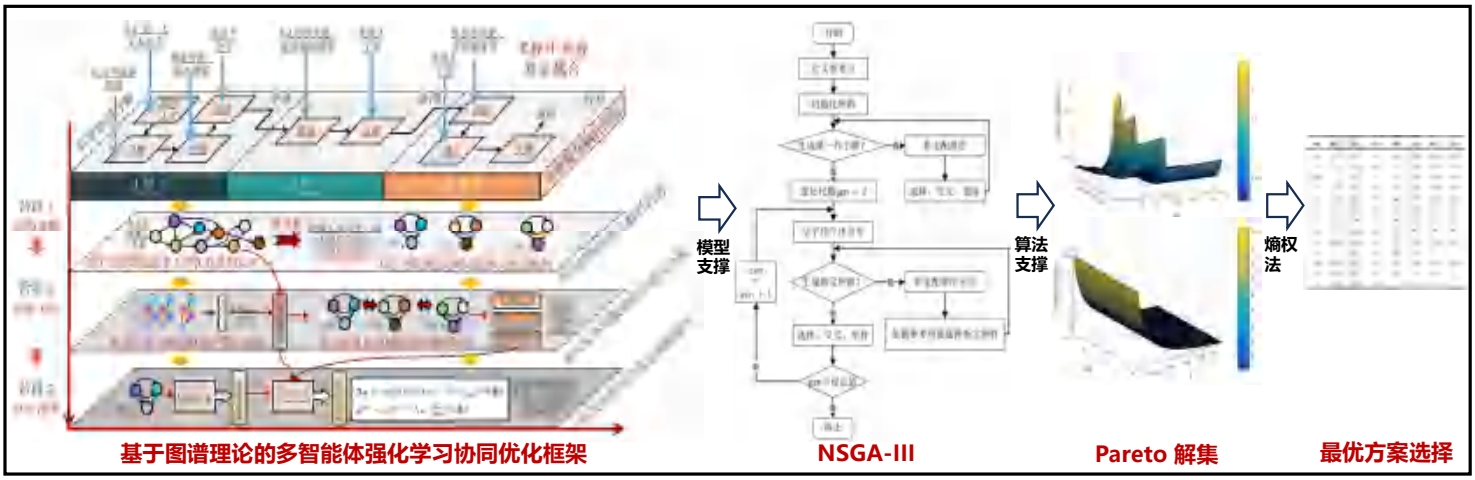

降低制造能耗
促进绿色制造

25/63

4 PART 案例3：装备制造关键零部件工艺智能生成-研发设计

基于多智能体强化学习的多工艺参数协同优化方法

研究方案与技术路线



应用价值 实现加工参数的自适应寻优与性能综合提升，提高加工效率和工件质量，推动加工过程参数优化向智能化、精细化方向发展。

26/63

3 PART

案例3：装备制造关键零部件工艺智能生成-研发设计

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基于大模型驱动的新能源车变速箱关键零部件加工工序简图生成

工程问题背景

应用场景与输入特征

- ■ 多品种小批量生产场景
  - □ 订单驱动明显，个性化定制需求强烈
- ■ 多源设计输入
  - □ SLDPRT/STEP、工程图、MBD
- ■ 信息部分结构化
  - □ 尺寸、参数可提取，但语义分散
- ■ 零部件结构复杂
  - □ 轴齿类零件加工工序状态变化明显

现有工程痛点

- **A. 语义分散**：订单、模型与工艺信息难以统一理解
- **B. 知识分散**：绘图标准、工艺知识与经验难以协同
- **C. 人工依赖**：工序规划、简图绘制依赖工程师
- **D. 可靠性差**：难以兼顾预测准确性和可制造性

工序简图生成不仅要“画出来”，更要满足几何一致、工艺可行、制图合规

工序简图生成目标



- 统一语义表达：几何/PMI统一建模
- 规则约束协同：图谱约束+确定性校验
- 可编辑可校验：输出DXF草图

难点挑战：实现从设计模型到可校验工序简图的高可靠闭环生成

3 PART

案例3：装备制造关键零部件工艺智能生成-研发设计

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基于大模型驱动的新能源车变速箱关键零部件加工工序简图生成

研究方案与技术路线

① 多源设计输入

二维工程图纸



三维MBD模型

② 零件信息提取

- 几何形状提取
- 设计特征识别
- PMI/尺寸/公差解析
- 二维/三维关联
- 结构化JSON输出

③ 工艺知识图谱

- 绘图标准KG：GB/T 4458、GB/T 1182 等规则与标注；“标注2应当合图”
- 加工工艺KG：工艺案例、工序、工步、状态与要求；“端面A基准先行”

④ 工序与工步参数生成

- 大模型选择工艺路线
- 程序校验与部位绑定
- 计算过程尺寸与质量目标
- 形成逐工序中间工序模型

⑤ 工序简图绘制

- 当前工序状态重建
- 三视图与投影求解
- 标注与符号参数生成
- DXF草图自动绘制

⑥ 多源设计输入

- 规则校验
- 多模态视觉自检
- CAD可编辑输出
- 人工核查与修改

模型职责：制造语义理解与候选动作选择

规则职责：约束校验、余量与阶段值计算

工程职责：几何轮廓构建、标注与图面规范校验

融合大模型推理能力、加工知识规则约束与规范化绘图程序，构建完整的工序简图智能生成链路

案例3：装备制造关键零部件工艺智能生成-研发设计

基于大模型驱动的新能源车变速箱关键零部件加工工序简图生成

研究方案与技术路线

未知毛坯 → 粗加工目标 → 热前目标 → 最终目标

可靠受控尺寸加工状态链：根据后续加工所需余量反向推算各阶段的工序尺寸

以某外圆切削加工尺寸为例，工步参数形成流程如下：

1. **确定最终制造目标：**信息识别给出的最终成品尺寸如果为：$D^{(+e_s)}_{(+e_i)}$，系统可以取公差带中值作为制造目标：$D_{"}target" = D + (e_s + e_i)/2$
2. **反向分配各加工阶段余量，形成合理尺寸链：**最终制造目标为D_f，半精加工目标为$D_s = D_f + Z_s$，粗加工目标为$D_r = D_f + Z_r$，尺寸状态表现为$D_{毛坯} > D_r > D_s > D_f$
3. **由材料和加工方法查询切削参数范围：**查询确定工步类型的切削速度范围、每转进给量范围等规则约束，再根据切削速度和直径计算主轴转速$n = \frac{1000v_c}{\pi D}$。
4. **同理根据规则与状态计算刀次、切深等信息。**



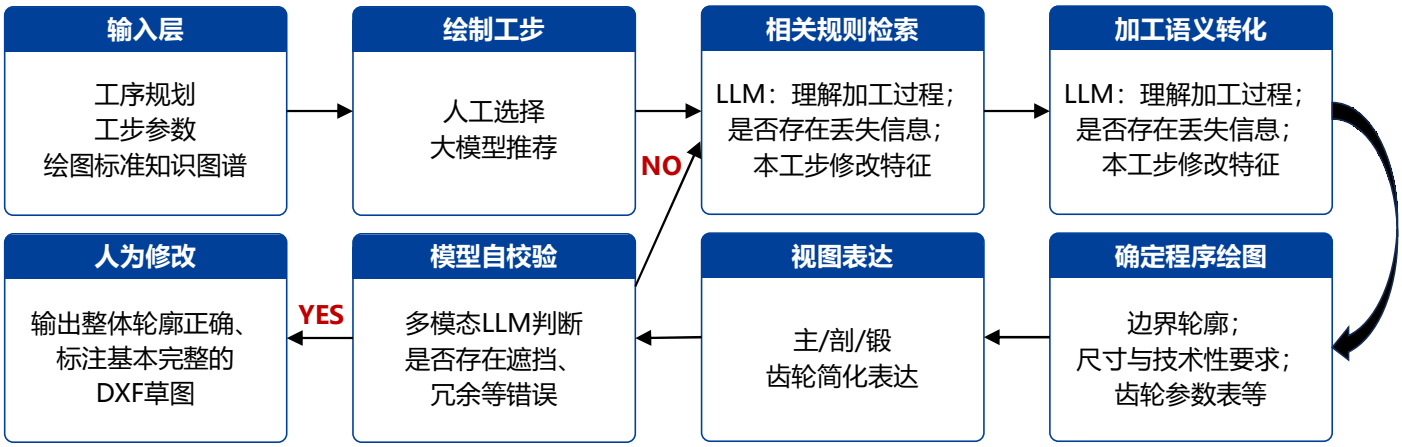
某工步参数结果

3 PART 案例3：装备制造关键零部件工艺智能生成-研发设计 西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基于大模型驱动的新能源车变速箱关键零部件加工工序简图生成

研究方案与技术路线

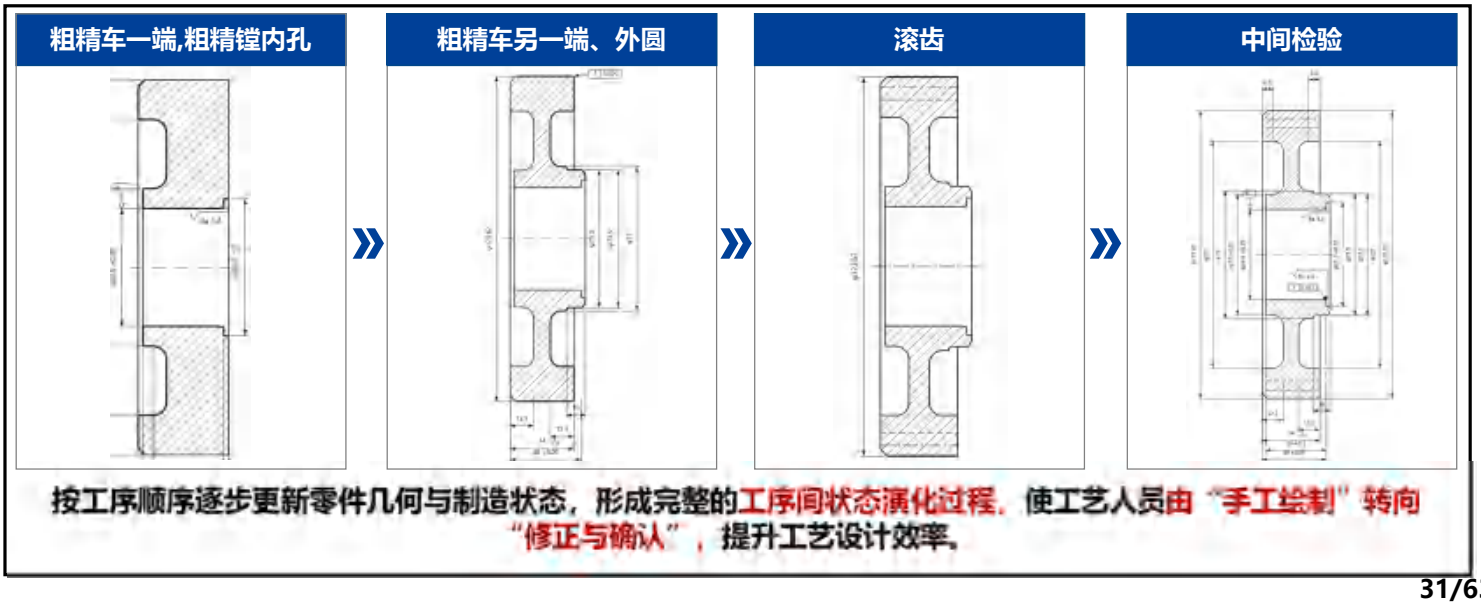
使用大模型实现半自动化生成工序简图



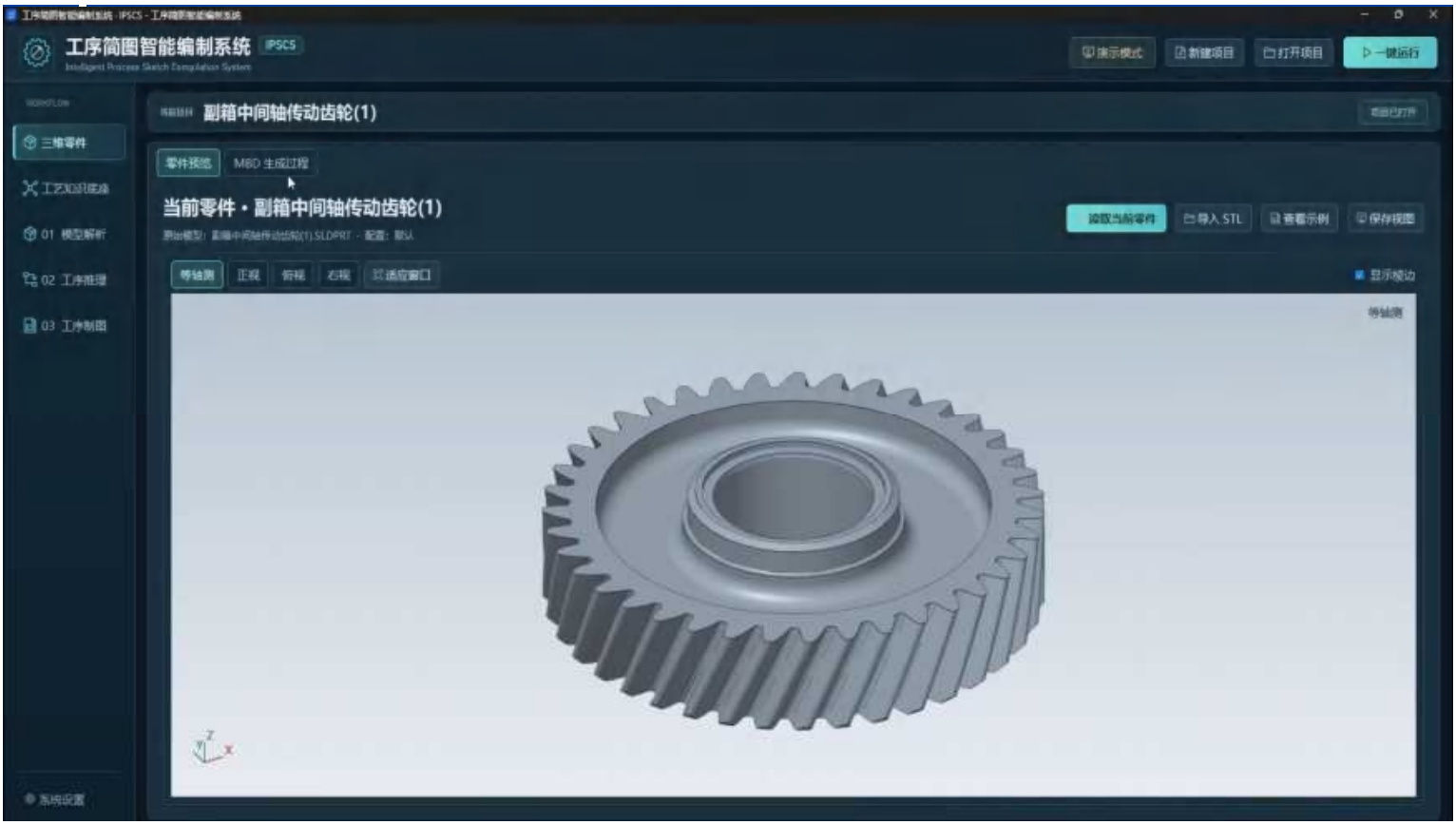
案例3：装备制造关键零部件工艺智能生成-研发设计

基于大模型驱动的新能源车变速箱关键零部件加工工序简图生成

完整中间工序简图



31/63



2 PART

案例4：工业母机加工刀具磨损智能监测-生产制造管控

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基于非线性动力学与相空间重构的门控时序Swin Transformer铣削刀具磨损监测

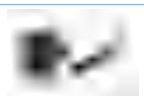
工程业务场景

01 加工装备



BOCHI VMC 850B 数控加工中心

02 监测对象


铣刀

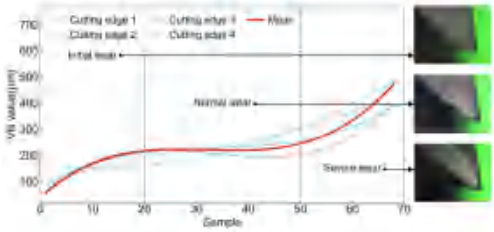

车刀


钻头


镗刀

本案例监测对象：铣削刀具

03 磨损演化



初始磨损　正常磨损　严重磨损

磨损随加工过程非线性累积，后期失效风险快速上升

数控铣削过程中，刀具与工件持续接触，切削载荷、振动和热作用共同驱动刀具磨损演化

4 PART

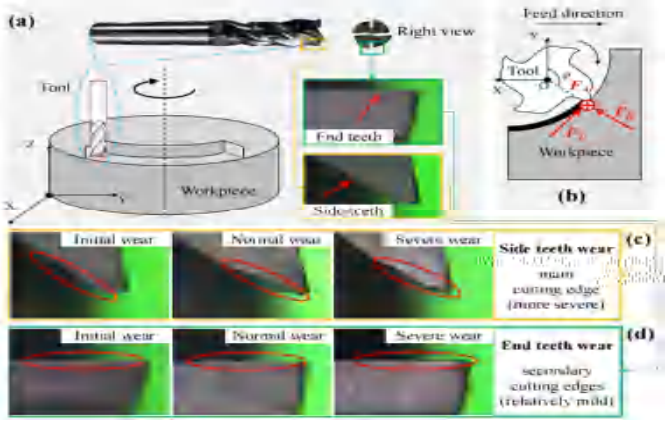
案例4：工业母机加工刀具磨损智能监测-生产制造管控

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

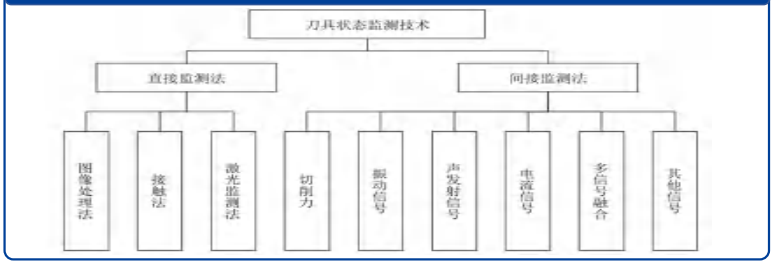
基于非线性动力学与相空间重构的门控时序Swin Transformer铣削刀具磨损监测

工程问题背景

端面铣削中的非线性动力学与磨损演变



常用刀具状态监测方法

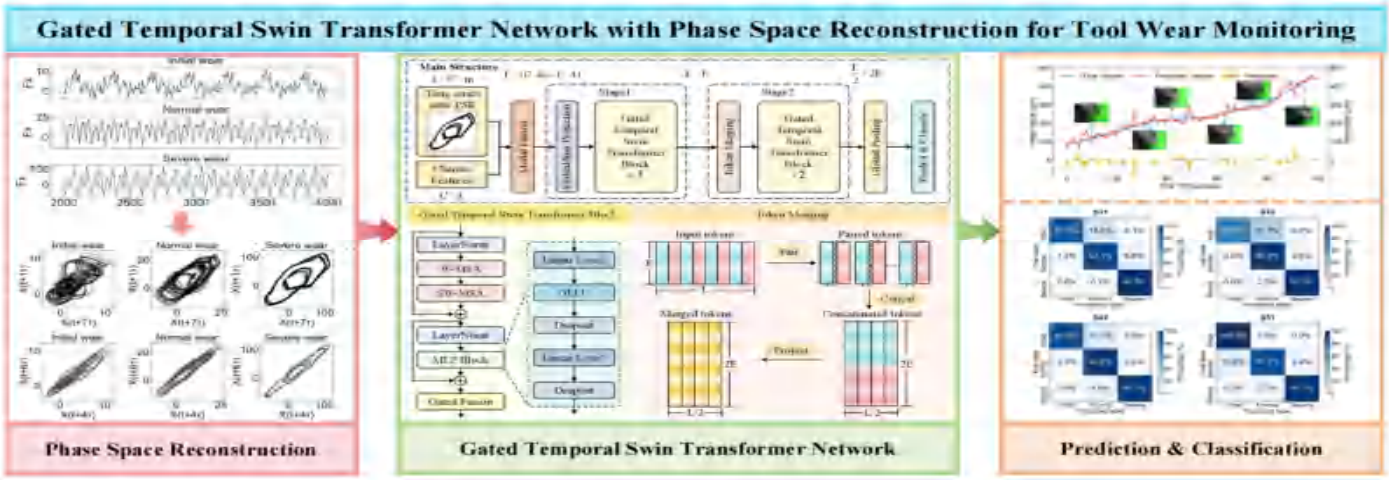


- 影响刀具寿命的因素复杂多样
- 高度依赖人工特征工程
- 多源异构信号融合困难
- 算法处理速度延迟，实时性差
- 长程、全局建模能力弱
- 物理可解释性差

基于非线性动力学与相空间重构的门控时序Swin Transformer铣削刀具磨损监测

研究方案与技术路线

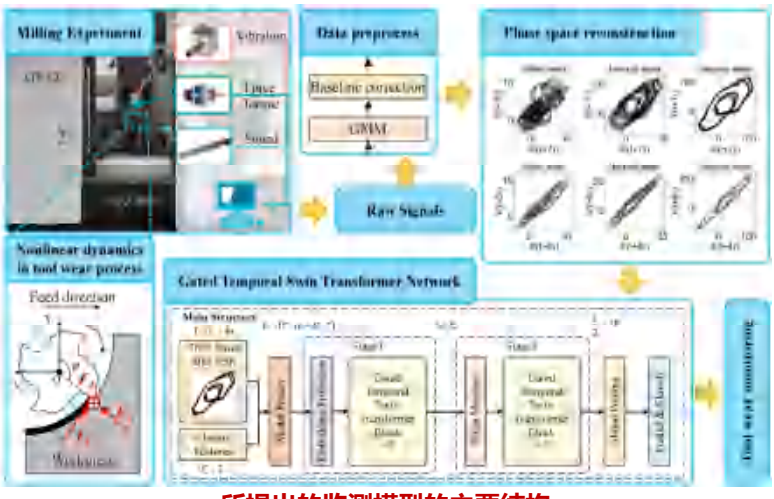
基于非线性动力学与相空间重构的门控时序Swin Transformer铣削刀具磨损监测总体框架



4 PART 案例4：工业母机加工刀具磨损智能监测-生产制造管控

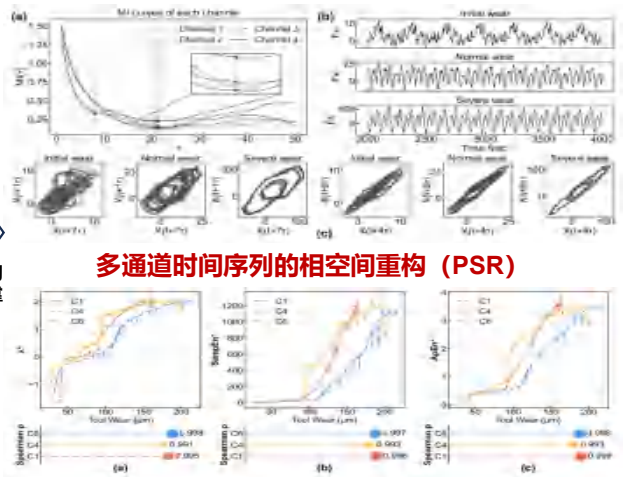
基于非线性动力学与相空间重构的门控时序Swin Transformer铣削刀具磨损监测

研究方案与技术路线



所提出的监测模型的主要结构

架构支撑

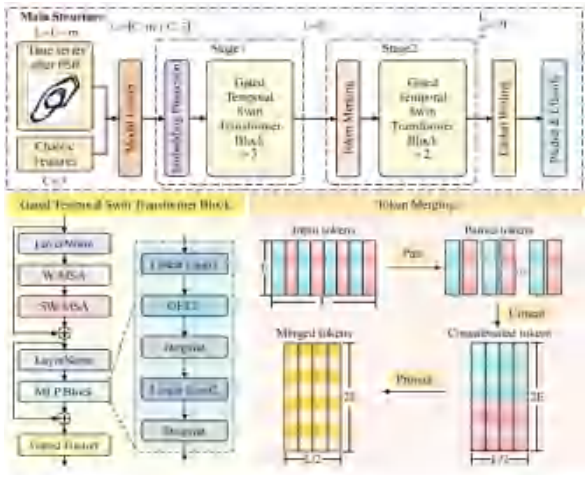


多通道时间序列的相空间重构（PSR）

混沌信息统计特征随刀具磨损的演化及其相关性

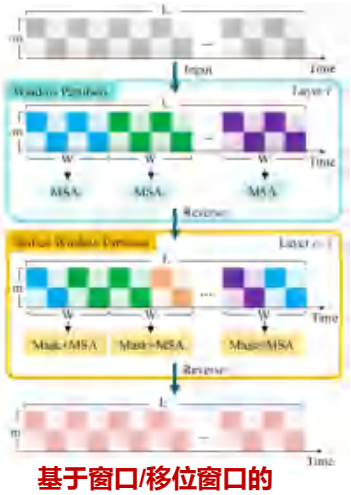
基于非线性动力学与相空间重构的门控时序Swin Transformer铣削刀具磨损监测

研究方案与技术路线

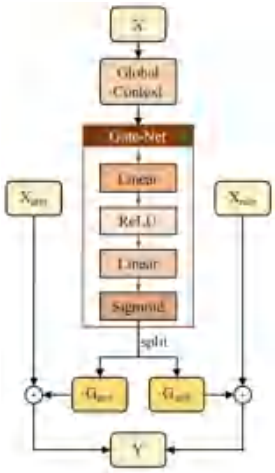


GTST-Net的总体结构

架构支撑



基于窗口/移位窗口的多头自注意力

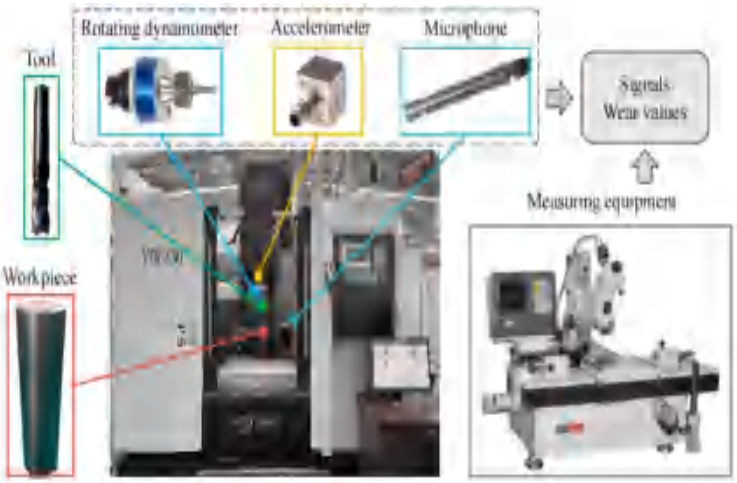


自适应门控特征融合模块

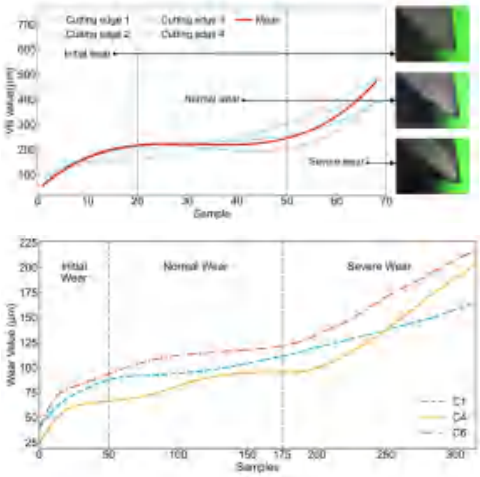
4 PART 案例4：工业母机加工刀具磨损智能监测-生产制造管控

基于非线性动力学与相空间重构的门控时序Swin Transformer铣削刀具磨损监测

研究方案与技术路线



实验平台布局示意图



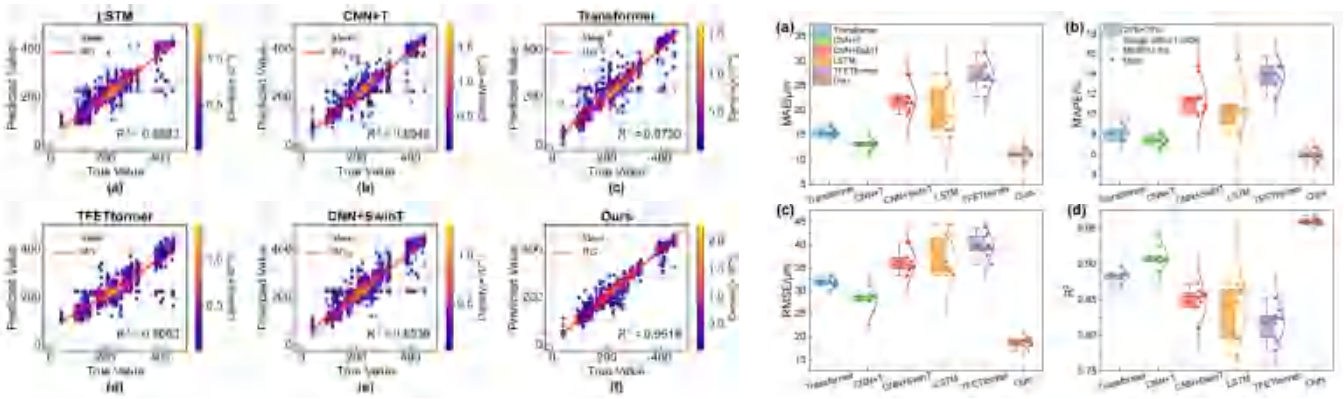
刀具全寿命周期磨损曲线

Ti6Al4V铣削实验

基于非线性动力学与相空间重构的门控时序Swin Transformer铣削刀具磨损监测

性能对比

模型性能对比



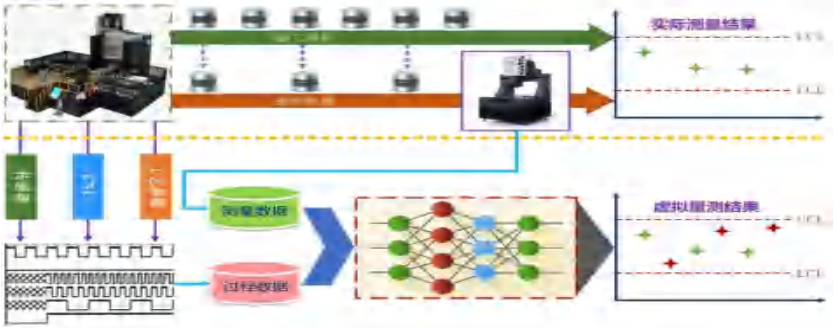
应用价值 实现刀具磨损的高精度预测与状态识别，跨刀具磨损状态分类准确率达到91.4%–96.2%，为刀具状态评估与维护决策提供可靠依据，从而提升加工质量、降低能耗与生产成本。

基于可解释性物理信息驱动Swin Transformer架构的铣削表面加工质量预测

工程问题背景

表面粗糙度是衡量零件表面质量的重要技术指标之一，也是零件缺陷最为直接的评价指标之一。表面粗糙度与零件的耐磨性、耐腐蚀性、疲劳强度、密封性、接触刚度和配合精度等性能有着密切的关系。



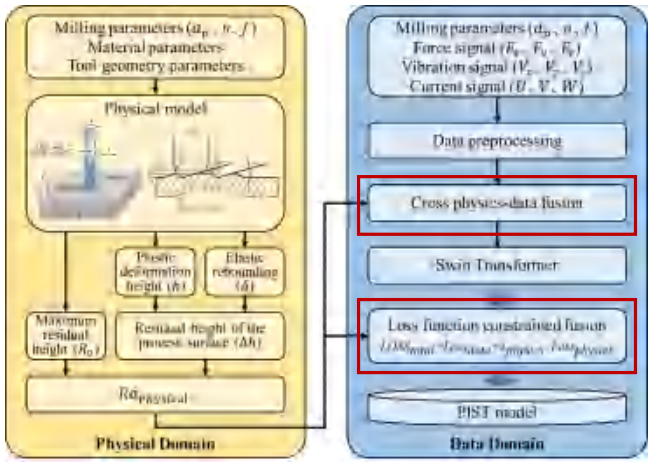


随着传感器技术与数据驱动方法的蓬勃发展，构建过程监测信息与表面粗糙度之间的关联关系，为零件表面粗糙度的虚拟量测带来了新的视角。

难点挑战 表面粗糙度是评价加工质量的核心指标，但物理驱动模型预测精度低、数据驱动模型可解释性差

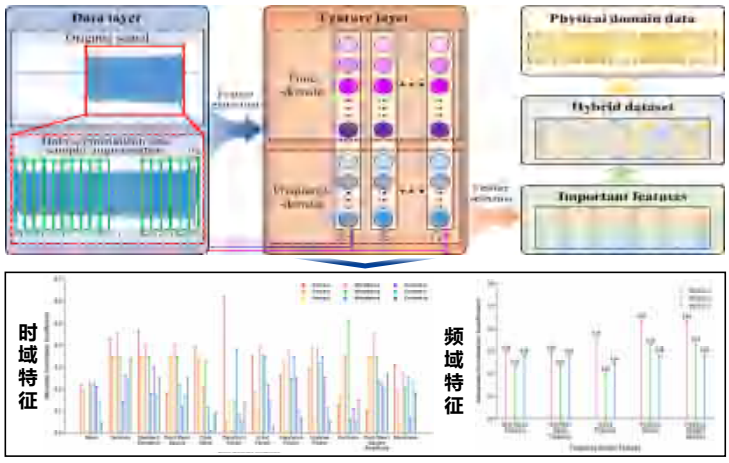
基于可解释性物理信息驱动Swin Transformer架构的铣削表面加工质量预测

研究方案与技术路线



物理信息驱动的Swin Transformer架构

架构支撑

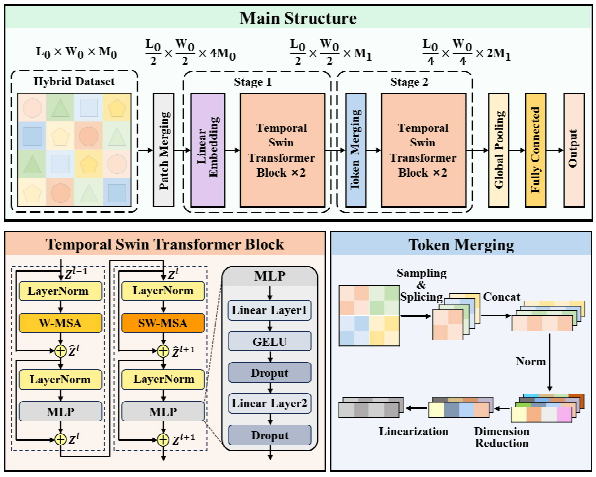


多源数据预处理与混合数据集构建

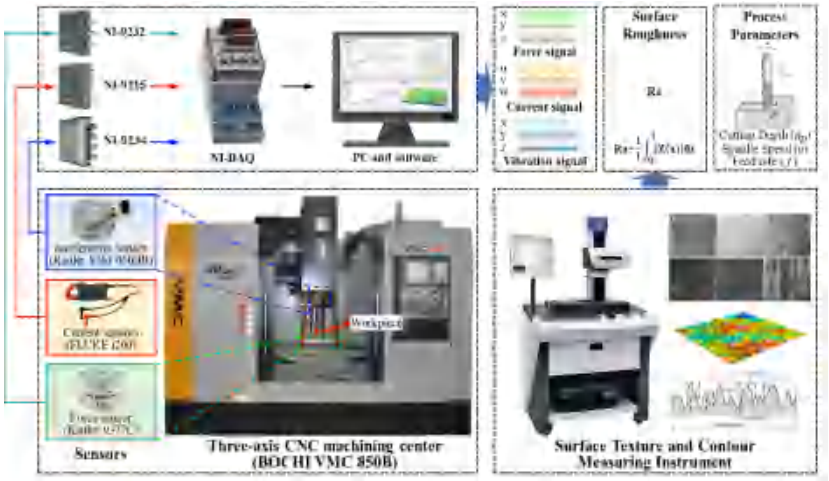
4 PART 案例5：工业母机加工表面质量智能预测-生产制造管控 西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基于可解释性物理信息驱动Swin Transformer架构的铣削表面加工质量预测

研究方案与技术路线



Swin Transformer预测模型的主要结构

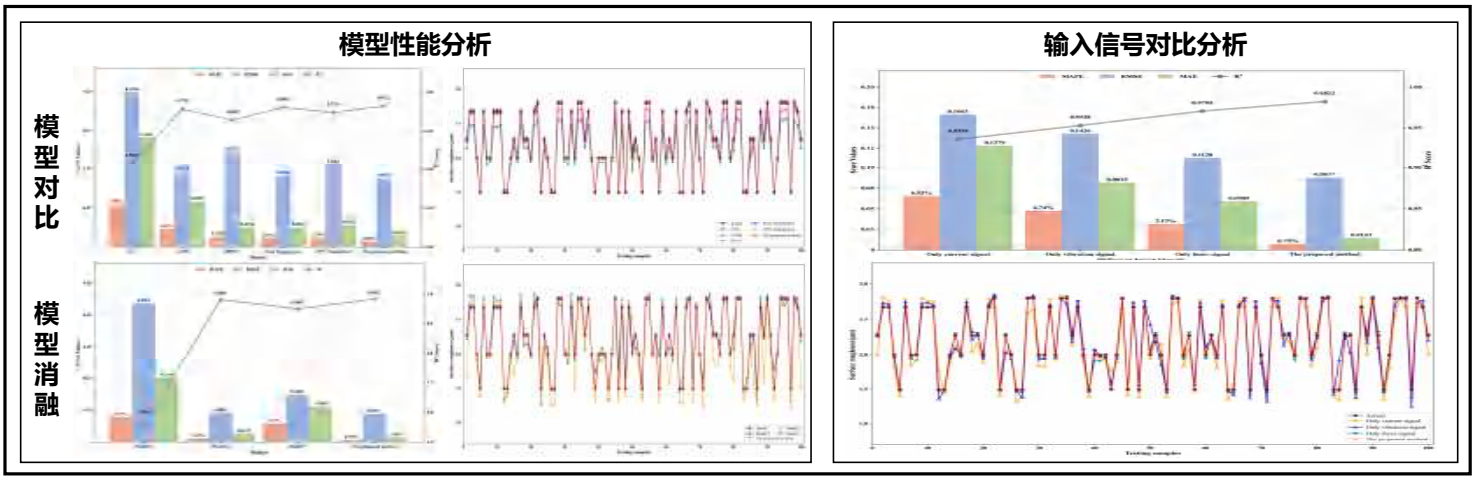


实验平台布局示意图

案例5：工业母机加工表面质量智能预测-生产制造管控

基于可解释性物理信息驱动Swin Transformer架构的铣削表面加工质量预测

结果可视化



应用价值

将加工机理与Swin Transformer架构进行耦合，从而提高预测性能和可解释性。所提出的PIST架构MAPE仅为0.70%，为数字化制造环境下的表面粗糙度预测提供了一种机理引导的监测框架。

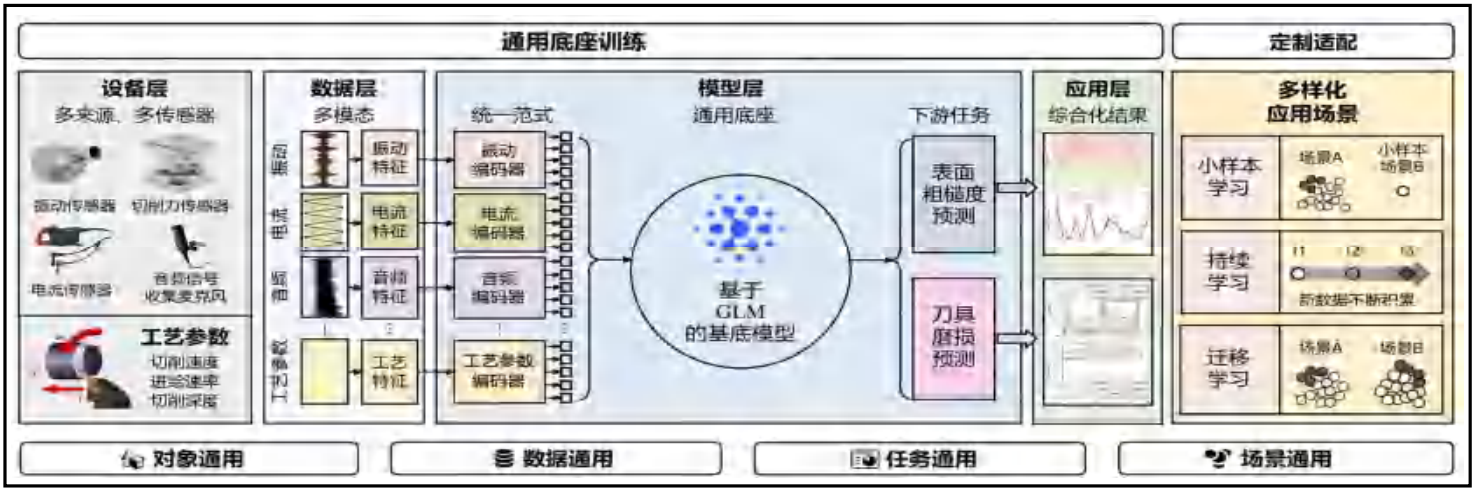
案例5：工业母机加工表面质量智能预测-生产制造管控

基于端到端通用时序大模型的加工质量预测框架

难点挑战

传统小模型通常依赖大量特定工况数据，且在小样本、跨工况和跨设备场景下泛化能力不足。

研究方案与技术路线



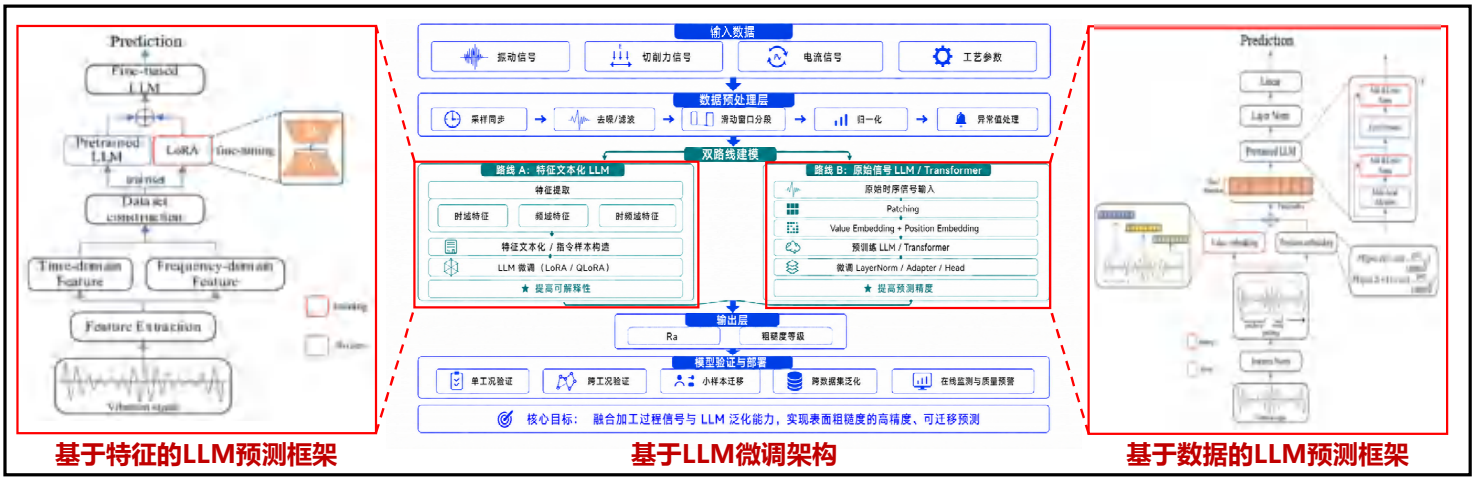
4 PART

案例5：工业母机加工表面质量智能预测-生产制造管控

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基于端到端通用时序大模型的加工质量预测框架

研究方案与技术路线



基于特征的LLM预测框架　　基于LLM微调架构　　基于数据的LLM预测框架

应用价值　构建基于LLM的表面粗糙度预测框架，实现加工信号与粗糙度之间的精准映射，并提升模型在小样本、跨工况和跨设备条件下的泛化能力。

4 PART

案例6：半导体晶圆映射图无监督异常检测-生产制造管控

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

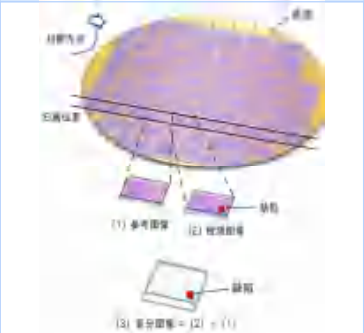
基于Transformer正常参考重构与覆盖归一化残差聚合的晶圆映射图异常检测

难点挑战　异常样本稀缺、缺陷形态多样，局部高残差易被均值稀释，随机掩码覆盖不均影响异常评分的准确性与稳定性。

工程问题背景

晶圆检测

晶圆图像对比检测



晶圆测试产线



研究对象：晶圆映射图（WBM）



记录芯片电测状态及空间分布

存在的问题

01 **异常训练样本稀缺甚至缺失**
正常样本可积累，异常模式难以充分覆盖

02 **缺陷空间形态多样**
局部聚集、边缘环状等分布难以统一表征

03 **局部异常易被整体统计稀释**
少量高残差区域的贡献容易被削弱

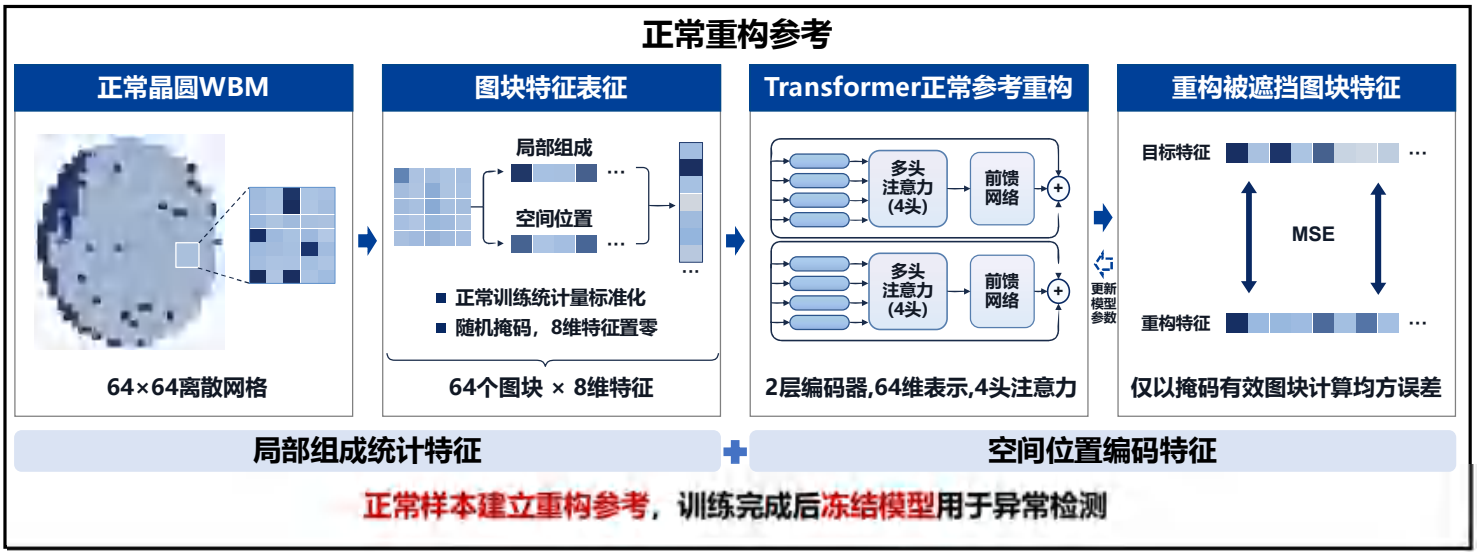
04 **异常评分准确性与稳定性不足**
随机掩码覆盖不均，影响残差评分的可比性

仅用正常样本建立参考，支撑晶圆异常筛查与复核排序

案例6：半导体晶圆映射图无监督异常检测-生产制造管控

基于Transformer正常参考重构与覆盖归一化残差聚合的晶圆映射图异常检测

研究方案与技术路线

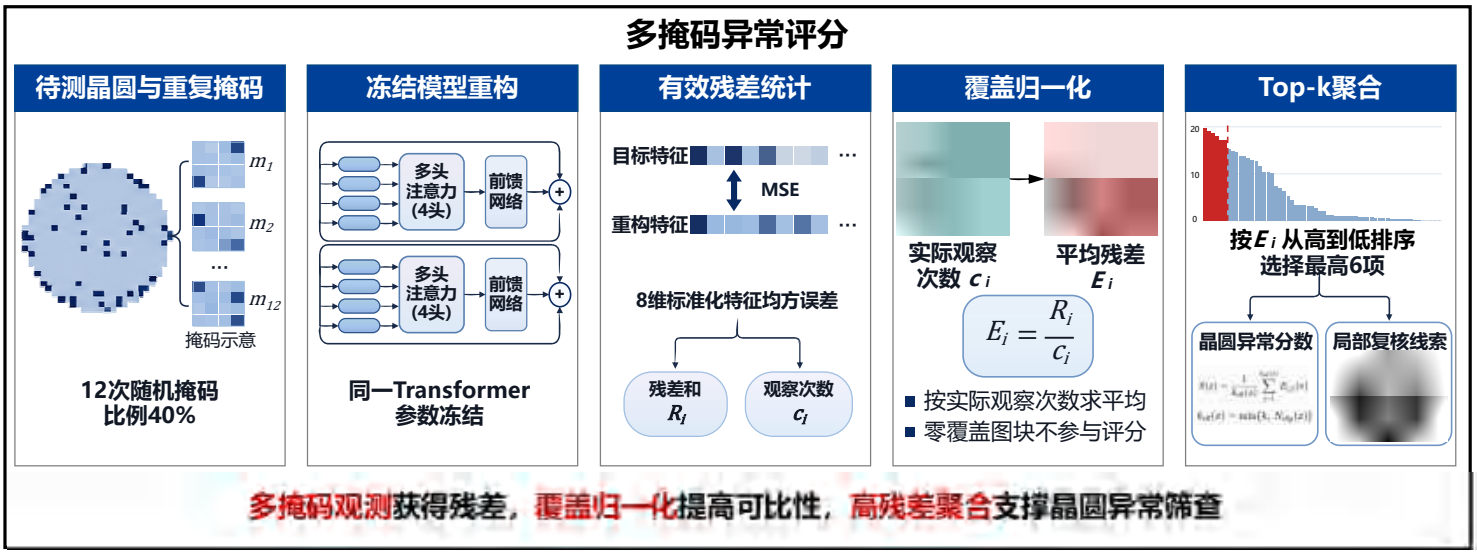


案例6：半导体晶圆映射图无监督异常检测-生产制造管控

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基于Transformer正常参考重构与覆盖归一化残差聚合的晶圆映射图异常检测

研究方案与技术路线



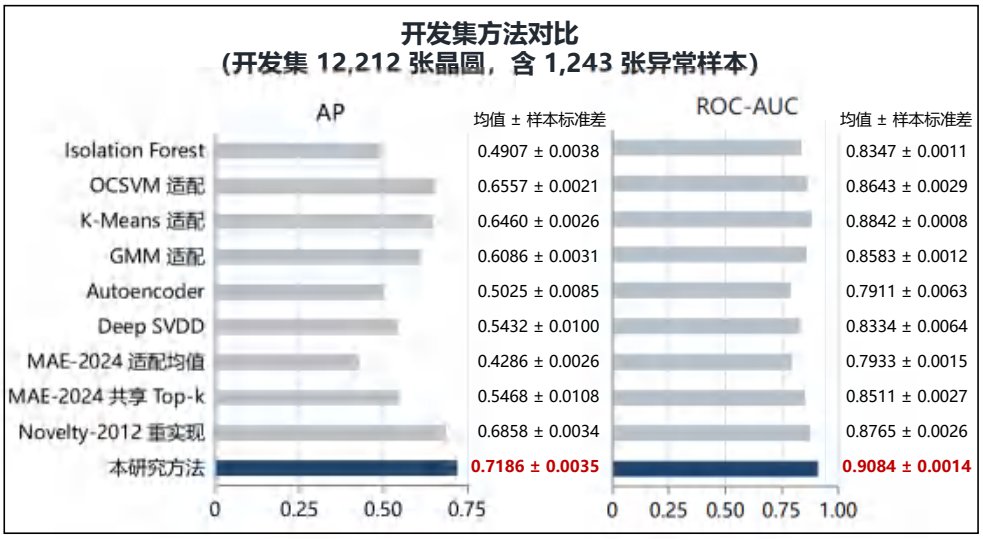
4 PART

案例6：半导体晶圆映射图无监督异常检测-生产制造管控

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基于Transformer正常参考重构与覆盖归一化残差聚合的晶圆映射图异常检测

性能对比



分缺陷类型

缺陷类型	正例数	AP	ROC-AUC
Edge-Loc	790	0.6734 ± 0.0055	0.9143 ± 0.0020
Edge-Ring	46	0.2123 ± 0.0210	0.8958 ± 0.0043
Loc	407	0.5995 ± 0.0018	0.8984 ± 0.0005

外部方法配对比较

对照方法	ΔAP (95% CI)	ΔROC-AUC (95% CI)
MAE-2024 适配均值	+0.2841 [0.2616, 0.3077]	+0.1111 [0.1011, 0.1217]
MAE-2024 共享 Top-k	+0.0846 [0.0693, 0.0996]	+0.0284 [0.0229, 0.0343]
Novelty-2012 重实现	+0.0316 [0.0185, 0.0434]	+0.0312 [0.0220, 0.0396]

49/63

4 PART

案例7：离散制造多订单生产进度并行预测-生产制造管控

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基于双流深度学习与共形化分位数回归的离散制造多订单生产进度并行预测

难点挑战 多订单生产中资源竞争关系动态耦合，且设备故障、物料短缺等扰动引入不确定性，导致生产进度难以准确预测。

工程问题背景



某企业机加车间

50 台加工设备 · 多品种小批量

工艺路线多

阀体需经镗、车、钻，同工序可选不同机床

订单争用资源

多订单并行，共享机床和零件，等待时间相互影响

完工时间波动

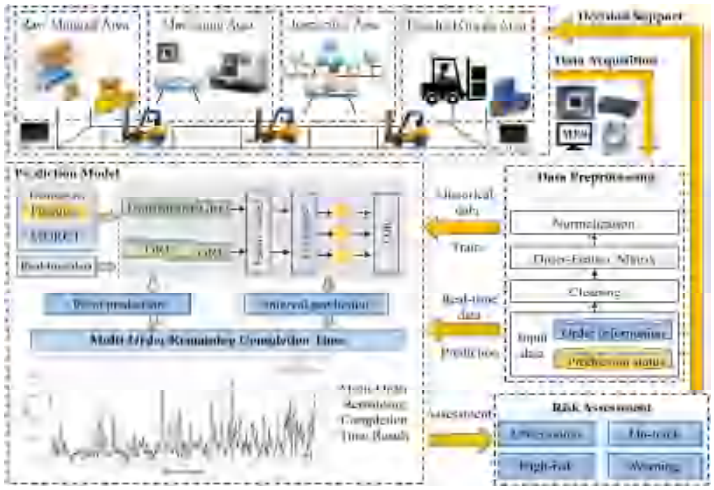
设备故障、插单等扰动改变在制订单进度

预测剩余完工时间及区间，识别延期风险

50/63

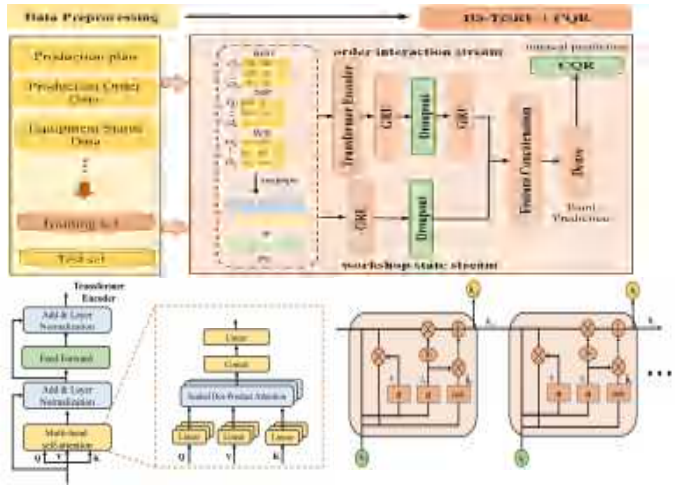
基于双流深度学习与共形化分位数回归的离散制造多订单生产进度并行预测

研究方案与技术路线



所提出的预测架构

架构支撑

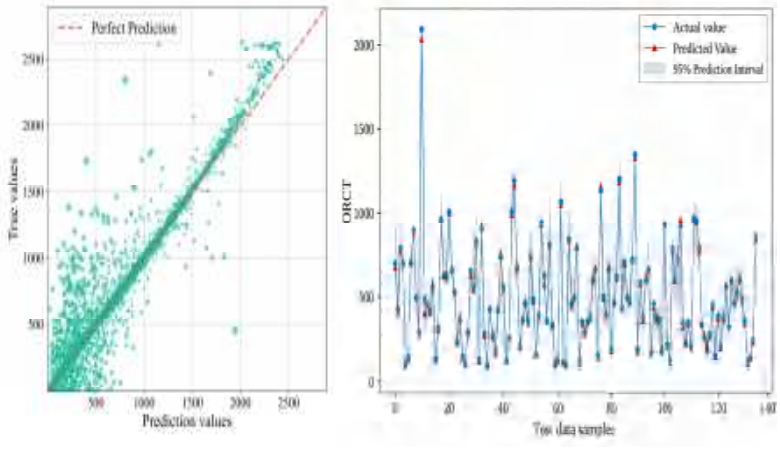


基于Transformer与GRU的双流深度学习架构

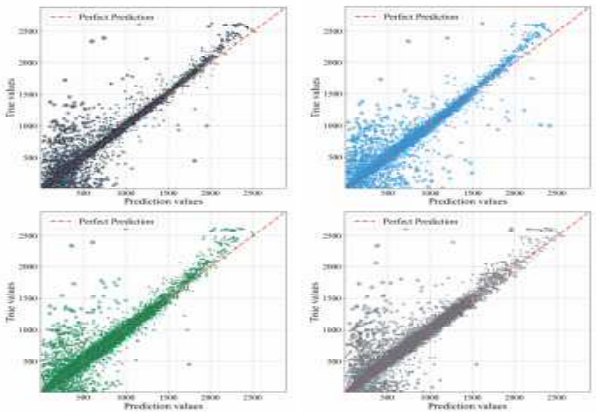
基于双流深度学习与共形化分位数回归的离散制造多订单生产进度并行预测

性能对比

模型预测结果



模型性能对比



提出的DS-TGRU与DMTR-LSA、BiLSTM、1DCNN、2DCNN模型预测效果对比

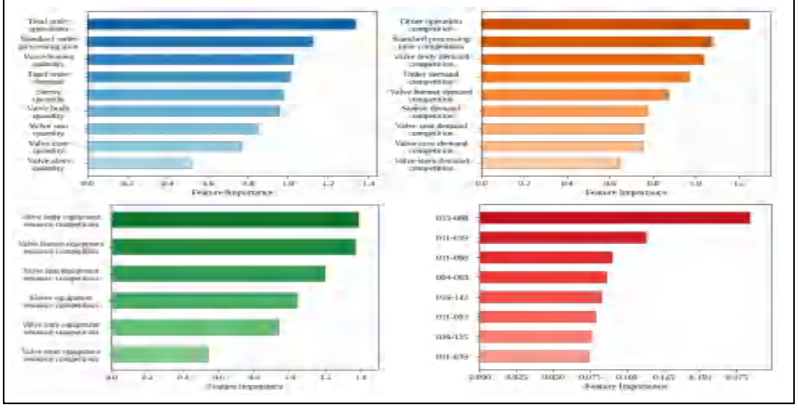
4 PART 案例7：离散制造多订单生产进度并行预测-生产制造管控

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

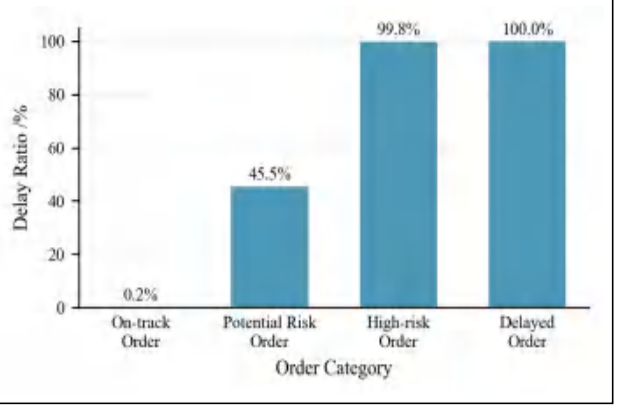
基于双流深度学习与共形化分位数回归的离散制造多订单生产进度并行预测

性能对比

基于SHAP的预测区间宽度特征重要性分析



不同订单风险类别的实际延期率分布



应用价值 实现**订单剩余完工时间**的精准预测与不确定性量化，预测的高风险订单实际延期率达 99.8%，准确**识别延期风险**，为生产调度、资源配置和交付决策提供**数据支撑**。

3 PART 案例8：融合AI的高端装备运动伺服控制-生产制造管控

西安交通大学 XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

基于降阶GPIO和神经网络近似求解控制量的精密对位平台环耦合模型预测速度控制

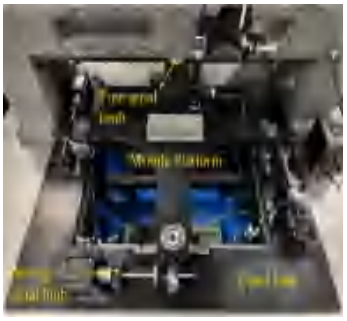
难点挑战 并联平台动力学耦合、参数不确定及外部扰动导致**多轴同步困难**，且**模型预测控制计算量大、双环采样不匹配**。

工程问题背景

精密定位平台/机器人/机械臂





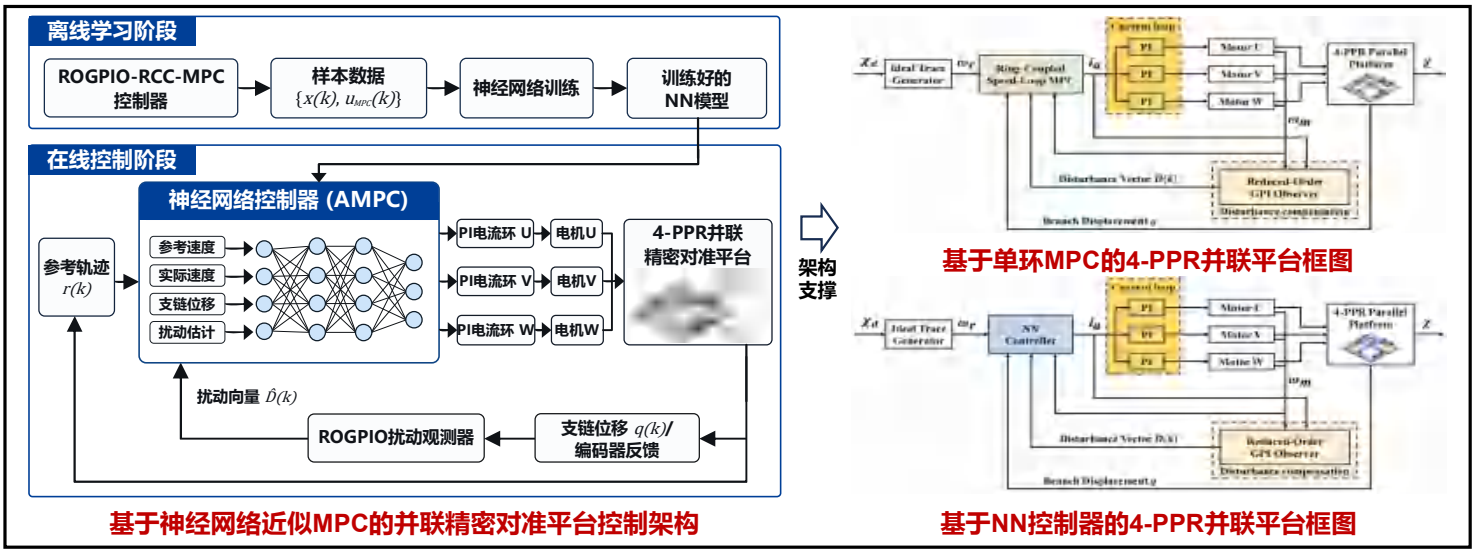


存在的问题

- **动力学强耦合**
  多轴相互影响，**同步控制困难**
- **参数不确定性**
  参数变化**影响跟踪精度**
- **外部扰动**
  外界干扰导致**轨迹跟踪精度下降**
- **控制实现受限**
  在线**计算量大**

基于降阶GPIO和神经网络近似求解控制量的精密对位平台环耦合模型预测速度控制

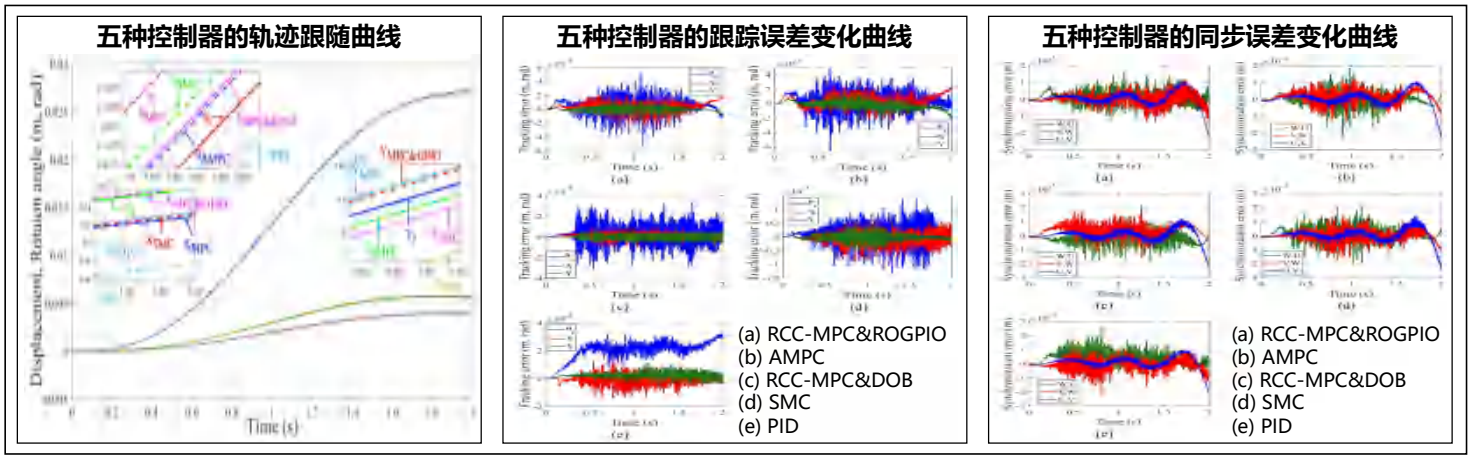
研究方案与技术路线



3 PART 案例8：融合AI的高端装备运动伺服控制-生产制造管控

基于降阶GPIO和神经网络近似求解控制量的精密对位平台环耦合模型预测速度控制

结果可视化



应用价值 构建了融合ROGPIO扰动观测、环形耦合MPC与神经网络近似的控制方法，实现了轨迹跟踪误差RMSE 5.0772 μm、多轴同步误差RMSE 4.0697 μm，控制频率提升至原来的10倍。

目录

1 新一代智能制造发展背景与挑战

2 智能制造应用场景案例

3 总结展望



（1）已初步完成制造系统的**单点局部智能**，未来将逐步走向全局智能集成，打造**具身智能制造单元**！

（2）**生产高度自主**将成为制造系统运行方式变革的核心标志，系统将**从基于规则的刚性执行走向智能驱动的动态优化**！



1995年创刊；中文月刊

计算机集成制造系统

Computer Integrated Manufacturing Systems

聚焦先进制造技术研究、开发与应用

EI	CSCD	中文核心
工程索引	中国科学引文数据库	

主办单位：中国兵器工业集团第210研究所

热门主题

- 业务流程管理
- 深度强化学习
- 闭环供应链
- 数字孪生
- 企业生产调度
- 大语言模型
- 产品设计
- 智能制造
- 路径规划

ISSN：1006-5911 | CN：11-5946/TP | 期刊官网：www.cims-journal.cn



智能制造

Intelligent Manufacturing

致力于打造中国智能制造领域智库型传播与服务平台

1994	双月刊	中国科技核心期刊
创刊年份	出版周期	

主管单位：中国机械工业联合会
主办单位：机械工业信息研究院

热门主题

- 前沿热点与综述
- 智能装备
- 智能工厂
- 软件应用
- 智慧供应链
- 创新技术应用
- 产业研究
- 人才培养

ISSN：2096-0581 | CN：10-1315/TP | 期刊官网：www.idnovo.com.cn



Journal of Advanced Manufacturing Science and Technology

刊发先进制造领域的英文研究论文与综述

2021	开放获取	Scopus
创刊年份	出版模式	数据库收录

联合创办： 大连理工大学、西北工业大学
出版单位： 清华大学出版社

热门主题

- 人工智能
- 微纳制造
- 特种金属功能材料
- 增材制造
- 材料成形技术
- 先进复合材料
- 机构与机器人
- 智能加工工艺
- 机器故障诊断与预测

ISSN：2709-2135 | eISSN：3008-0991 | 期刊官网：http://jamstjournal.com

61/63

E-mail：chaoqing.min@xjtu.edu.cn
西安交通大学兴庆校区机械工程学院西二西266
创新港校区2号巨构机械工程学院高端装备研究院2-5055
宁夏回族自治区六盘山实验室
https://gr.xjtu.edu.cn/chaoqing.min/

62/63


谢谢!
63/63