

度),判断设备是否处于异常运行状态,为风险等级判定提供多维度数据支撑。

### 3.3 传输层

承担数据交互与传输功能,采用“工业以太网+4G无线通信”的混合传输模式:流水线设备与感知模块之间通过工业以太网(传输速率1000Mbps)实现低延迟数据传输,保障实时性;偏远工位传感器与监控终端之间通过4G模块传输数据,确保信号覆盖无死角。同时,采用AES-256数据加密协议,保障传输过程中数据的安全性与完整性,防止信息泄露或篡改。

### 3.4 分级防护策略

基于感知层采集的“人员-设备距离”“设备运行速度”“人员动作状态”三个核心指标,构建风险等级评估矩阵,将风险划分为高、中、低三级,并匹配差异化的防护响应策略,既保障人员安全,又最大限度降低对生产的影响,具体如下:

- 高风险:判定条件为人员与设备距离 $\leq 100\text{mm}$ 且设备高速运行( $\geq 1.0\text{m/s}$ ),响应措施包括立即切断设备电源、启动声光报警与红色警示灯、联动伸缩隔离栏闭合、向监控终端推送紧急预警,响应时间 $\leq 0.3\text{s}$ 。

- 中风险:判定条件为 $100\text{mm} < \text{距离} \leq 300\text{mm}$ 且设备中速运行( $0.5\text{--}1.0\text{m/s}$ ),响应措施包括控制设备减速至 $0.2\text{m/s}$ 以下、启动声光报警与黄色警示灯、向现场作业人员手机APP推送预警,响应时间 $\leq 0.5\text{s}$ 。

- 低风险:判定条件为 $300\text{mm} < \text{距离} \leq 500\text{mm}$ 且设备低速运行( $< 0.5\text{m/s}$ ),响应措施仅为发出语音提示与绿色警示灯,监控平台记录风险事件但不干预设备运行,响应时间 $\leq 0.8\text{s}$ 。

## 4 系统应用与效果验证

### 4.1 试点部署与调试

为验证智能防护系统的实际应用效果,选取某通信终端制造企业S车间的智能手机组装流水线作为试点。该流水线全长60米,配置18台自动化设备,日均产能1.6万件,作业人员24人,实施前年均发生机械伤害事故5-6起,因传统防护停机导致的产能损失约3.2万件/年,符合行业典型场景特征。

根据流水线风险分布特点(如表1所示),在关键区域完成感知设备精准部署:在设备交互区,每台机械臂周边部署4个红外测距传感器,上方安装1台视觉识别摄像头;在传送带接驳区,于传送带两侧及转向机构处共部署6个红外传感器,监测间隙区域的人员肢体进入情况;在人工操作工位,每个工位配置1台视觉摄像头与1个紧急停止按钮,实现动作识别与人工干预的双重保障。

系统部署完成后,进行为期15天的调试与参数校准:通过采集1000组人员正常作业与模拟危险动作的样本数据,优化视觉识别算法的准确率,使其提升至98.5%;调整红外传感器的触发阈值,避免因设备振动导致的误报警;测试分

级防护策略的响应逻辑,确保设备联动动作的协调性与及时性。调试完成后,系统各项指标均达到设计要求:感知数据采集频率20Hz,风险决策延迟0.2秒,误报警率控制在0.3%以下,满足现场运行需求。

### 4.2 安全性能大幅提升

- 事故发生率显著降低:实施期间,流水线仅发生1起低风险场景下的轻微夹伤事故,事故发生率从实施前的0.0012次/小时降至0.0002次/小时,降幅达82%;高、中风险场景未发生任何事故,表明分级防护策略与多源感知技术有效规避了致命性风险,实现了从“被动应对”到“主动预防”的转变。

- 防护响应速度显著提升:系统平均防护响应速度从传统防护的1.2秒缩短至0.42秒,提升幅度达65%,彻底解决了传统防护的“滞后性”问题,为风险处置争取了关键时间。

- 风险追溯能力全面完善:系统累计存储风险事件数据127条,涵盖触发时间、风险等级、传感器数据、设备状态等全维度信息。某起中风险预警事件发生后,通过回溯视觉摄像头记录与设备运行参数,快速定位原因是操作人员违规跨越安全区域,为后续针对性安全培训提供了精准依据,同类违规行为为发生率下降70%。

### 4.3 生产效率协同优化

- 产能实现稳定增长:得益于分级防护策略对非必要停机的规避,实施后流水线单位时间成品产量从800件/小时提升至820件/小时,增长2.5%,6个月累计新增产能28.8万件,直接创造经济效益超百万元。

- 效率损失大幅压缩:传统防护模式下因误触发导致的5%效率损失被完全消除,系统运行期间的效率损失率仅为0.2%,且主要源于高风险场景下的必要停机,真正实现了“安全与效率”的协同平衡,验证了系统的实用价值。

## 5 结语

本文针对通信终端设备组装流水线机械伤害防控的核心痛点,设计并应用了一套基于多源感知与分级联动的智能防护系统,通过“感知-传输-决策-执行-监控”的五层闭环架构,突破了传统防护措施“被动、低效、无追溯”的局限性。现场应用结果表明,该系统可将机械伤害事故发生率降低82%,防护响应速度提升65%,同时实现生产效率2.5%的增长,有效解决了通信终端制造领域“安全与效率难以兼顾”的核心矛盾。

### 参考文献

- [1] 王昕.通信电源系统中的智能故障诊断技术应用研究[J].信息系统工程,2025,(09):63-66.
- [2] 姚仕聪.基于人工智能的移动通信网络安全防护策略研究[J].电脑编程技巧与维护,2025,(08):159-161.
- [3] 徐腾虎,徐宁,张飞,等.基于RK3229的5G智能通信终端研究[J].电脑编程技巧与维护,2025,(08):76-79.

# Exploring the Path of AI-Driven Intelligent Upgrading in Mechatronics Engineering

Suo Wei

Xinjiang Jiaoke Information Development Co., Ltd. Urumqi, Xinjiang, 830000, China

## Abstract

In the wave of digital transformation in manufacturing, the deep integration of artificial intelligence technology and mechatronics engineering has become a key pathway for industrial intelligent upgrading. By building an interdisciplinary technological innovation ecosystem, we can break through traditional technical barriers and achieve organic integration of intelligent algorithms with engineering practices. At the implementation level, it is necessary to establish a collaborative industry-academia-research talent cultivation mechanism, improve the full lifecycle data management system, and leverage a multi-level policy support system to provide institutional guarantees for technological integration and innovation. This systematic advancement strategy not only effectively addresses practical challenges such as technical integration difficulties and talent shortages, but also provides actionable implementation paths for intelligent transformation in mechatronics engineering. It holds significant strategic importance for promoting high-quality development in manufacturing.

## Keywords

AI integration innovation; intelligent manufacturing system; industry-university-research collaborative education

# 人工智能技术赋能机械电子工程智能化升级的路径探索

索伟

新疆交科信息开发有限责任公司，中国·新疆乌鲁木齐 830000

## 摘要

在制造业数字化转型的浪潮中，人工智能技术与机械电子工程的深度融合正成为推动产业智能化升级的关键路径。通过构建跨学科技术创新生态系统，突破传统技术壁垒，实现智能算法与工程实践的有机融合。在具体实施层面，需要建立产学研协同的复合型人才培养机制，完善全生命周期数据管理体系，同时依托多层次政策支持体系，为技术融合创新提供制度保障。这种系统性推进策略不仅能够有效解决当前面临的技术融合难度大、人才短缺等现实问题，更为机械电子工程领域的智能化转型提供了可操作的实践路径，对推动制造业高质量发展具有重要战略意义。

## 关键词

人工智能融合创新；智能制造体系；产学研协同育人

## 1 引言

随着“中国制造 2025”战略的深入推进，新一代人工智能与制造业深度融合已成为国家重要发展方向。近期工信部等部门联合印发的《“机器人+”应用行动实施方案》，进一步明确了人工智能技术在装备制造领域的应用导向。在这一政策背景下，机械电子工程作为制造业的核心支撑领域，其智能化升级进程直接关系到国家制造业整体竞争力的提升。当前，以人工智能为代表的新兴技术正在重塑机械电子工程的发展范式，通过智能感知、自主决策等能力赋能传统制造系统，推动产业向数字化、网络化、智能化方向转型升级。

## 2 人工智能技术赋能机械电子工程智能化升级的重要性

人工智能技术与机械电子工程的深度融合正成为推动产业变革的核心驱动力。在提升生产效率方面，人工智能通过机器学习算法对生产流程进行深度优化，实现生产系统的自主决策与实时调控。在自动化生产线中，智能系统能够根据订单波动、设备状态等动态参数，自主调整生产节奏与工艺参数，显著提升设备利用率和产能输出。同时，基于大数据分析的预测性维护技术，可精准预判设备故障周期，最大限度降低非计划停机时间，构建高效稳定的生产体系。在质量管控层面，人工智能技术通过多模态传感数据融合与计算机视觉分析，建立全过程质量追溯与精准调控机制。在精密制造场景中，智能检测系统可对微米级零部件进行三维形貌分析与缺陷识别，实现产品质量实时评判与工艺参数闭环优

【作者简介】索伟（1990-），男，回族，中国新疆乌鲁木齐人，本科，工程师，从事机械电子/电力研究。

化。这种数据驱动的质量控制模式，提升了产品一致性与可靠性。

### 3 人工智能技术赋能机械电子工程智能化升级遇到的难点

#### 3.1 技术融合难度大

人工智能技术与机械电子工程属于不同的学科领域，具有各自独特的技术体系和发展规律。人工智能技术主要涉及机器学习、深度学习、自然语言处理等领域，侧重于数据处理、模型训练和智能决策。而机械电子工程则主要包括机械设计、电子技术、控制理论等领域，侧重于机械结构设计、电子电路设计和系统控制。将人工智能技术应用于机械电子工程，需实现两领域技术深度融合，面临诸多困难。一方面，人工智能算法和模型复杂，需大量计算资源和数据支持，而机械电子工程系统对实时性和可靠性要求高，因此，如何在保证系统实时性和可靠性的前提下高效运行人工智能算法，是亟待解决的问题。另一方面，机械电子工程领域数据多样复杂，如何有效采集、处理和分析这些数据，为人工智能算法提供高质量数据支持，也是技术融合的一大难点。

#### 3.2 人才短缺问题突出

人工智能技术赋能机械电子工程智能化升级需要既懂人工智能技术又懂机械电子工程的复合型人才。然而，目前市场上这类复合型人才严重短缺。一方面，高校的人才培养模式相对滞后，专业设置和课程体系往往侧重于单一学科领域，缺乏对跨学科知识的融合和培养。导致培养出来的学生往往只具备单一学科的知识技能，难以满足人工智能技术与机械电子工程融合发展的需求。另一方面，企业对复合型人才的培养和引进重视不够，缺乏有效的人才培养机制和激励措施。导致企业内部的技术人员往往只熟悉自己所在领域的知识和技能，缺乏对其他领域知识的了解和掌握，难以开展跨学科的研发和创新工作。

### 4 人工智能技术赋能机械电子工程智能化升级的路径

#### 4.1 构建跨学科深度融合的技术创新生态系统

加强人工智能技术与机械电子工程的技术融合创新，需要构建一个开放协同的技术创新生态系统。建立跨学科研发团队是这一体系的核心支撑，通过组建由人工智能算法专家、机械设计工程师、电子控制系统工程师等多元背景人才构成的技术攻关团队，开展面向具体应用场景的协同创新。这种跨界融合不仅体现在人员构成上，更需要建立“知识共享平台”，促进机器学习、深度学习等人工智能算法与机械动力学、控制理论等传统学科的理论交叉与方法互鉴。

实践中，研发团队应聚焦机械电子工程领域特定痛点，如高精度运动控制、复杂工况故障诊断等，开发具行业特色的人工智能解决方案。加大研发投入是推动技术融合的物质基础，需建立多元化资金保障机制，除政府专项科研经费，

应鼓励行业龙头企业设“技术融合创新基金”支持前瞻性研究。深化产学研合作机制很重要，可通过建立“联合实验室”和“技术转化中心”，构建从基础研究到产业应用的快速通道，如精密传动系统智能故障诊断领域，有企业通过产学研合作开发出基于深度学习预测模型，实现设备故障早期预警与精准定位。技术标准体系建设是保障技术融合规范发展的重要环节，要加快制定人工智能在机械电子工程领域的数据接口、算法模型、系统集成等标准规范，尤其在工业机器人智能控制、智能检测系统等重点领域，应率先建立行业通用标准，促进系统互联互通。标准体系建设要兼顾技术先进性与产业实际，为技术创新留空间。

#### 4.2 创新产学研协同的复合型人才培养新模式

加快复合型人才培养需要构建多方协同的育人新机制。高校作为人才培养的主阵地，应当突破传统学科界限，开设“智能机电系统”“机器智能与控制”等交叉课程，将机器学习、计算机视觉等人工智能核心课程有机融入机械电子工程专业培养方案。在教学方法上，推广项目式学习模式，通过“智能机器人设计”“工业大数据分析”等综合性实践项目，培养学生的跨学科思维和解决复杂工程问题的能力。

校企共建的“智能制造实训基地”能够为学生提供真实的工程实践环境，使其在学期间就能接触行业前沿技术。企业在人才培养中扮演着关键角色，应当建立系统化的员工再培训体系。通过设立“企业技术学院”，开展人工智能技术专项培训，帮助现有工程技术人员更新知识结构。实施“技术骨干培养计划”，选拔优秀工程师参与人工智能前沿技术研修，培养既懂工艺又懂算法的复合型人才。实践层面，部分领先制造企业建“双导师制”，由人工智能与领域专家共同指导技术人员，加速人才成长。政府需完善人才政策体系，设“跨学科人才培养专项基金”支持高校教学改革，建“人才认证与评价体系”支持复合型人才职业发展。区域层面打造“人才创新共同体”，促进高校、科研机构和企业间人才流动与共享。多方协同培养模式既重知识传授，更重创新能力培养，通过项目实践锻炼学生解决复杂工程问题的能力，为产业输送跨界整合能力强的优秀人才（如图1）。

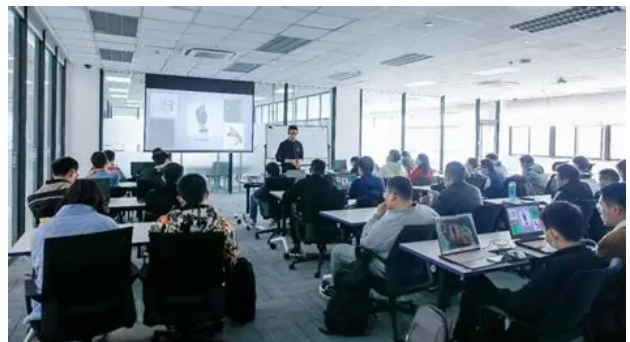


图1 复合型人才培养会议图

#### 4.3 建立全生命周期数据管理与价值挖掘体系

完善数据管理体系需要构建覆盖数据采集、治理、分