

# Application of Intelligent Automation Technology in Mechanical Processing and Efficiency Enhancement

Kai Zhang

Anhui Xiangyuan Technology Co., Ltd., Bengbu, Anhui, 233000, China

## Abstract

This paper explores the application of intelligent automation technology in mechanical processing and the improvement of efficiency. By introducing the definition, development history, and specific requirements of intelligent automation technology in the mechanical processing industry, it analyzes the application cases of intelligent machines, numerical control systems, robot technology, as well as the Internet of Things and intelligent logistics systems. The article demonstrates how intelligent automation technology significantly enhances production efficiency, equipment utilization rate, optimizes quality control and costs, and simultaneously increases production flexibility and response speed. Additionally, it discusses the important role of intelligent automation technology in enterprise refined management and decision support.

## Keywords

Mechanical processing; Intelligent automation; Application and efficiency

## 机械加工中的智能化技术应用与效率提升

张凯

安徽祥源科技股份有限公司, 中国·安徽 蚌埠 233000

## 摘要

本文探讨了智能化技术在机械加工中的应用与效率提升。通过介绍智能化技术的定义、发展历程及其在机械加工行业的具体需求,分析了智能机床、数控系统、机器人技术以及物联网与智能物流系统的应用案例。文章展示了智能化技术如何显著提高生产效率、设备利用率,优化质量控制和成本,同时增强生产灵活性和响应速度。此外,还讨论了智能化技术对企业精细化管理和决策支持的重要作用。

## 关键词

机械加工中; 智能化; 应用与效率

## 1 引言

随着科技的飞速发展,智能化技术正逐渐渗透到各个行业领域,机械加工行业也不例外。在传统机械加工过程中,生产效率低、质量控制难、成本高等问题一直困扰着企业。而智能化技术的引入,为机械加工行业带来了革新的机遇。通过智能化、自动化的手段,可以显著提高生产效率,提升产品质量,降低生产成本。因此,研究智能化技术在机械加工中的应用与效率提升,对于推动机械加工行业的转型升级具有重要意义。

## 2 智能化技术在机械加工中的概述

### 2.1 智能化技术的定义与发展

智能化技术,作为一种集人工智能、机器学习、

物联网等先进技术于一体的综合性技术体系,其核心在于通过智能算法与自动化设备的深度融合,实现对生产过程的精准控制与高效管理。在机械加工领域,智能化技术不仅能够替代传统的人工操作,更能在复杂多变的加工环境中,通过自我学习与优化,不断提升加工精度与效率。

回顾智能化技术在工业领域的发展历程,可以清晰地看到其从最初的简单自动化生产线,逐步向高度智能化、集成化的方向发展。在机械加工行业,随着市场竞争的日益激烈以及客户对产品质量要求的不断提高,智能化技术已成为推动行业转型升级的关键力量。未来,随着技术的不断进步与成本的逐步降低,智能化技术在机械加工行业的应用前景将更加广阔。

从技术架构上看,现代机械加工的智能化已演变为“感知层-决策层-执行层”的三层闭环。感知层不再局限于简单的光电开关,而是扩展为高光谱视觉传感器(用于识别材料牌号)、声发射传感器(用于监听刀具崩刃)以及激光干涉仪(用于补偿机床热误差)。决策层的核心是工

【作者简介】张凯(1990—),男,中国安徽蚌埠人,本科,中级,从事自动化研究。

业 AI 算法，例如利用卷积神经网络 (CNN) 识别工件表面的微观纹理以判断刀具寿命，或使用强化学习 (RL) 优化切削参数 (如主轴转速  $S$ 、进给量  $F$ ) 以寻找效率与刀具磨损的最优平衡点。执行层则表现为协作机器人 (Cobot) 与 AGV (自动导引车) 的柔性集成，打破了传统流水线的物理限制。

## 2.2 机械加工行业对智能化的需求

机械加工行业作为制造业的重要组成部分，一直面临着生产效率、质量控制与成本控制等多重挑战。在传统加工模式下，生产效率受限于人工操作的熟练度与稳定性，质量控制则依赖于经验判断与事后检测，而成本控制则往往难以在提升效率与质量的同时实现有效降低。

智能化技术的引入，为机械加工行业提供了解决上述问题的有效途径。通过集成传感器、机器视觉等智能设备，智能化技术能够实现加工过程的实时监控与精准控制，有效提升加工精度与效率。同时，基于大数据分析与人机智能算法，智能化技术还能对生产数据进行深度挖掘，为企业的生产决策提供有力支持，帮助企业在保证产品质量的同时，实现成本的有效控制。

具体到业务痛点，机械加工行业对智能化的需求体现在三个“不确定性”的消除上：一是消除“人”的不确定性。高级技工 (八级钳工) 的短缺与流失使得工艺稳定性难以保证，智能 CAM (计算机辅助制造) 系统通过将专家的加工策略固化为算法，让新手操作员也能产出大师级的产品。二是消除“设备”的不确定性。老旧机床的丝杠反向间隙、主轴径向跳动会随使用年限劣化，智能补偿系统通过实时反馈数据动态修正 G 代码，让旧设备焕发新精度。三是消除“订单”的不确定性。面对紧急插单，智能排产系统 (APS) 能在秒级内重新计算物料齐套性和设备负载，实现“一键换产”。

## 3 智能化技术在机械加工中的具体应用

### 3.1 智能机床与数控系统

在机械加工领域，智能机床与数控系统的结合应用已成为提升加工精度与效率的关键手段。以某企业为例，其引入的智能机床通过先进的数控系统，实现了对复杂零件的高精度加工。这一系统不仅具备高度的自动化特性，还集成了自动化换刀功能，能够根据加工需求自动更换刀具，大大缩短了加工周期。

此外，智能机床还配备了在线监测与故障预警系统。在线监测系统能够实时检测加工过程中的各项参数，如温度、振动等，确保加工过程的稳定性。而故障预警系统则能通过分析监测数据，提前预测机床可能出现的故障，为维修人员提供及时的维护建议，有效避免了因故障停机带来的生产损失。

以西门子 840D sl 数控系统的“自适应进给控制 (AFC)”

功能为例，该技术是智能化的典型体现。在加工复杂曲面 (如叶轮、模具) 时，刀具与工件的接触面积 (Engagement) 是动态变化的。传统数控系统采用恒定的进给速率 ( $F$  值)，导致在接触面积大时切削力激增 (引起振刀或断刀)，在接触面积小时效率低下。AFC 功能通过实时监测主轴负载电流，反向推算出实际切削力，并动态调整  $F$  值，使切削力始终维持在安全阈值内。某航空发动机叶片加工企业应用此技术后，在保持表面粗糙度  $Ra < 0.4 \mu m$  的前提下，整体加工时间缩短了 15%，且刀具崩刀率下降了 60%。

此外，在机测量 (On-Machine Measurement, OMM) 技术将三坐标测量机 (CMM) 的功能集成到了机床上。加工完成后，机床主轴自动换上雷尼绍测头，对关键尺寸进行“在位”检测。若检测结果超差，系统不是简单地报警停机，而是自动调用刀具偏置 (Tool Offset) 补偿逻辑，微调下一工件的加工坐标原点。这种“测量 - 反馈 - 补偿”的闭环将首件检验时间从传统的 2 小时 (搬运 + 离线测量) 缩短至 5 分钟，实现了“零废品”生产。

### 3.2 机器人技术在机械加工中的应用

机器人技术在机械加工中的应用同样广泛且深入。以汽车制造厂为例，机器人被大量应用于焊接、装配、搬运等任务中。这些机器人不仅动作精准、速度快，还能在恶劣或危险的环境中稳定工作，大大减少了人工干预，提高了生产线的整体效率。

机器人技术的应用还显著提高了生产安全性。在焊接等高温、高压作业中，机器人能够替代工人完成危险任务，有效避免了工伤事故的发生。

除了传统的焊接与搬运，机器人在去毛刺和精密装配领域的应用正成为新增长点。针对铸铝件内腔交叉孔难以人工清理的毛刺，六轴机器人搭载力控磨头，能够模仿人的手感，根据接触力的大小自动调整磨削压力，避免了因压力过大导致的工件损伤或压力过小导致的清理不净。在精密装配中，视觉引导机器人解决了轴孔配合的“双眼皮”问题。机器人通过 2D/3D 相机获取工件的位置和姿态偏差，实时修正自己的运动轨迹，将装配精度从  $\pm 1mm$  提升至  $\pm 0.02mm$ ，满足了新能源汽车电机总成等高精度压装要求。

### 3.3 物联网与智能物流系统

物联网技术在机械加工中的应用也为生产流程的优化提供了新途径。某工厂通过物联网技术实现了设备之间的互联互通，使得生产过程中的各种信息能够实时共享。在此基础上，工厂引入了智能物流系统，该系统能够根据生产需求自动调度物料，减少了物料等待时间，提高了生产线的流畅度。

物联网技术还在实时监控与数据分析方面发挥了重要作用。通过物联网技术，工厂能够实时掌握生产设备的运行状态，及时发现并处理潜在问题。同时，数据分析功能还能在生产决策提供有力支持，帮助工厂实现生产流程的不断优

化与升级。

物联网 (IoT) 在机械加工中的核心价值在于构建了全要素数据链。以刀具管理为例,传统的刀具库房管理混乱,常出现“刀找不到”或“刀用错了”的情况。智能刀具柜通过 RFID (射频识别) 技术,为每一把刀柄和刀片赋予唯一身份 ID。当工人刷卡领用时,系统自动记录“谁、何时、领了哪把刀、用于哪个工单”。更重要的是,该系统与机床数控系统 (CNC) 联动:若工人试图将一把用于精加工的涂层刀具装入粗加工工序的程序中,CNC 会收到 MES (制造执行系统) 的指令并锁住主轴启动,从源头杜绝质量事故。这种“物-机-人”的互联,将刀具搜寻时间平均减少了 70%,并实现了刀具寿命的精准预警。

## 4 智能化技术提升机械加工效率的实践效果

### 4.1 生产效率与灵活性的提升

智能化技术在机械加工中的应用极大提升了生产效率与设备利用率,某企业引入该技术后,生产效率跃升 30%,设备利用率超 90%。此变革归功于智能技术的精准控制与高效调度,优化了生产流程。同时,智能技术还显著增强了生产灵活性,企业能快速响应市场,调整生产计划,生产不同规格产品,从而提升了市场竞争力。

智能化对效率的提升不仅体现在“快”,更体现在“挤干水分”。在离散制造业中,工件的装夹找正时间 (Setup Time) 往往占总工时的 30% 以上。通过应用零点定位系统 (Zero Point Clamping System) 配合机器人自动上下料,换产时间从原来的 45 分钟 (人工打表找正) 缩短至 90 秒 (卡盘自动拉紧定位)。此外,智能产线通过 OEE (整体设备效率) 看板实时暴露损失:例如,当系统发现某台机床的“空转率” (机床开机但未切削) 异常偏高时,会自动追溯 MES 日志,发现是因前道工序物料配送延迟所致,从而驱动物流系统进行优化。这种基于数据的持续改进 (Kaizen) 使有效切削时间占比从 65% 提升至 85% 以上。

### 4.2 质量控制与成本优化的实现

智能化技术在质量控制和成本优化方面也发挥了重要作用。某企业引入智能检测系统后,实时监测产品质量,及时发现并处理潜在问题,不良品率大幅降低,质量成本也

随之减少。

同时,智能化技术还优化了生产流程,减少了浪费。通过精准的物料配送和智能化的生产调度,企业避免了物料过度库存和浪费。此外,智能化技术还能有效降低能耗,通过智能化的能源管理系统,实时监测和控制能源使用,使得能耗得到显著降低。

在质量控制方面,智能化实现了从“事后检验”到“事中防错”的跨越。机器视觉被广泛应用于来料检验和工序防错。

### 4.3 智能化管理与决策支持

工厂利用大数据分析平台,对生产数据进行深度挖掘和分析,为管理层提供了有力的决策支持。通过数据分析,管理层可以实时了解生产状况,及时发现并解决潜在问题。

智能化技术还促进了企业的精细化管理。通过智能化的生产管理系统,企业可以实现对生产过程的全面监控和管理,提高整体运营效率。

## 5 结语

智能化技术在机械加工中的应用,为行业带来了显著的效率提升和转型升级。通过精准控制、高效调度和智能化管理,企业不仅提高了生产效率和产品质量,还降低了成本,增强了市场竞争力。未来,随着技术的不断进步,需要指出的是,智能化技术的落地并非一蹴而就。企业需克服数据孤岛 (设备协议不统一)、老旧设备改造难 (机械接口不兼容) 以及复合型人才短缺 (既懂机械工艺又懂 IT 算法) 等挑战。未来的趋势将是“云-边-端”协同架构,即复杂的工艺优化算法运行在云端 (拥有强大算力),实时的控制指令下发到边缘端 (保证低延迟),最终由现场的智能终端执行。只有将智能技术深度融合入工艺内核 (Know-how),而非仅仅进行表面自动化,才能实现真正的效率革命,智能化技术在机械加工领域的应用前景将更加广阔。

### 参考文献

- [1] 睢雪亮,马兆宾. 智能化技术在机械制造业中的应用[J]. 造纸装备及材料, 2023, 52(10):73-75.
- [2] 韦再峰. 现代机械加工中智能制造技术的应用与技术分析[J]. 模具制造, 2025, 25(1):187-189.
- [3] 冯锋. 食品加工中智能化技术的应用研究[J]. 现代食品, 2024, 30(2):104-106