

智能化数控加工技术在汽车制造加工工艺中的应用

刘海军

国家知识产权局专利局专利审查协作广东中心 广东广州 510550

摘要：旨在研究智能化数控加工技术在汽车制造中的应用，探讨其优势、应用实例及面临的挑战，为推动这一技术在汽车行业的普及与发展提供理论依据和实践指导。

关键词：智能化数控技术；汽车制造；加工精度；生产效率

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.03.003

随着全球汽车工业的快速发展，制造过程中对零部件精度、生产效率及成本控制的要求日益提高。传统的数控加工技术虽然在一定程度上满足了这些需求，但随着生产规模的扩大和技术的不断进步，单一的数控系统逐渐无法应对复杂的加工任务，尤其是在高精度零部件的加工中，存在着一定的局限性。因此，智能化数控加工技术应运而生，成为提升汽车制造加工工艺的关键技术之一。智能化数控加工技术结合了现代计算机控制技术、自动化技术、人工智能及大数据分析，能够实现加工过程的实时监控、精准控制和自适应调整，从而大幅度提高了加工精度和生产效率。这一技术的应用不仅能够解决传统数控技术在复杂零部件加工中的不足，还能够有效降低生产成本，优化生产流程，提高生产线的柔性和自动化水平。

目前，智能化数控加工技术已在汽车制造的多个环节中得到了广泛应用，尤其是在发动机部件、底盘部件等精密加工领域，表现出巨大的优势。然而，在实际应用过程中，仍面临着技术瓶颈、设备标准化及技术推广等挑战。因此，探索智能化数控技术在汽车制造中的应用现状与发展趋势，成为推动汽车制造业

智能化升级的重要课题。本文首先介绍了智能化数控技术的基本概念与发展历程，接着重点分析了其在发动机、底盘等汽车零部件加工中的应用，特别是在精密加工中的优势。同时探讨了智能化数控技术在提高生产效率和降低成本方面的贡献。本文指出了当前技术应用中的挑战，并对未来发展趋势进行了展望。为汽车制造业的智能化升级提供了理论支持和实践参考。

智能化数控加工技术概述

1. 智能化数控技术的基本概念

智能化数控加工技术是将传统的数控技术与现代信息技术、自动化技术、人工智能以及大数据分析相结合的一种新型加工技术。传统的数控技术主要依赖程序控制和机器人的执行，通过输入预设的加工路径和操作指令来实现零部件的自动加工。智能化数控技术则通过引入传感器、视觉系统、实时数据采集与分析等手段，实现对加工过程的动态监控、实时调整和自适应优化。智能化数控技术的核心在于通过人工智能算法和大数据分析，能够根据实际加工情况自动调

整加工参数，预测和修正加工中的误差，从而实现更高精度、更高效率的加工。同时，智能化数控系统能够通过云计算和物联网技术，实时上传和共享加工数据，为生产管理和决策提供支持，进一步提高生产线的智能化水平。

2. 智能化数控加工技术的特点

(1) 高精度和高可靠性 智能化数控系统能够实时监控加工过程中的振动、温度、切削力等关键参数，确保加工精度在设定范围内，同时通过反馈机制进行自我校正，极大地减少了误差和加工缺陷。

(2) 自动化与自适应能力 智能化数控技术能够自动识别和适应不同材料、不同加工条件下的变化，自动调整加工路径和参数，以确保加工质量和效率。此外，系统还能够自我学习，不断优化加工策略，提升生产效率。

(3) 实时监控与预测性维护 智能化数控技术通过传感器和数据分析，可以实时监控设备运行状态，预判设备故障风险，从而提前进行维护，避免了生产中的突发停机，减少了设备维护成本。

(4) 智能决策与优化 通过对加工过程中的大数据进行分析，智能化数控系统能够帮助生产管理人员进行智能决策，优化生产调度和资源配置，提高生产效率和降低生产成本。

智能化数控加工技术在汽车制造中的应用

1. 汽车零部件加工的技术要求

在汽车制造过程中，零部件的加工精度和生产效率直接关系到整车质量和生产成本。特别是发动机、底盘和车身等核心零部件的加工要求更为严格。随着汽车制造的技术发展，零部件对精度的要求越来越高，材料使用的复杂性和多样性也进一步增加。智能化数控加工技术在此背景下应运而生，通过实时数据监控、反馈控制和自适应调整，大大提升了零部件加工的精度和效率。对于发动机零部件来说，其加工精度要求通常在微米级别，例如气缸盖和曲轴等部件，需要达到 $5\sim 10\mu\text{m}$ 的加工精度。底盘部件的精度要求较高，通常在 $10\sim 20\mu\text{m}$ 之间，而车身零部件对加工精度的要求则在 $8\sim 15\mu\text{m}$ 之间。

2. 智能化数控技术的核心优势

智能化数控加工技术不仅能够提高加工精度，还能够显著提升生产效率。通过实时采集和分析数据，系统可以在加工过程中自动调整切削参数，减少人为干预，从而提高零部件加工的精度和生产效率。此外，智能化数控技术还可以进行设备故障预测和预防，降低设备的故障率，减少生产停机时间。

3. 智能化数控技术在汽车零部件加工中的应用

(1) 发动机零部件的精密加工 发动机零部件（如曲轴、气缸盖等）要求极高的精度。传统的数控技术在加工这些零部件时，精度不稳定，易受切削力、温度等外部因素的影响。此外，智能化数控技术通过实时监控加工状态，能够根据工况自动调整加工路径和参数，从而有效保证了加工精度。

(2) 底盘零部件加工 底盘部件往往采用高强度钢和铝合金等难加工材料，传统加工方法存在切削力大、刀具磨损快等问题。智能化数控系统通过传感器实时反馈加工状态，能够自动调节切削参数，减少刀具磨损，提高加工效率和零部件的精度。

(3) 车身零部件加工 车身零部件（如车门、车顶、车窗框架等）加工过程复杂，通常需要精密切割和焊接。智能化数控技术通过结合视觉系统和实时数据分析，能够自动调整加工路径和焊接参数，确保加工质量和装配精度。

4. 数据表和图表分析

不同汽车零部件加工中的精度要求以及传统数控技术与智能化数控技术的精度对比见表1。

表1 智能化数控技术与传统数控技术在不同汽车零部件加工中的精度比较

零部件	加工精度要求/ μm	传统数控技术精度/ μm	智能化数控技术精度/ μm	改善率(%)
发动机部件	$5\sim 10$	$10\sim 30$	$5\sim 10$	50
底盘部件	$10\sim 20$	$30\sim 50$	$10\sim 20$	40
车身零部件	$8\sim 15$	$20\sim 40$	$8\sim 15$	45

从表1中可以看到，智能化数控技术在所有零部件的加工精度上都有显著的改善，改善率在40%~50%，尤其在发动机部件和底盘部件的精度提升方面表现突出。

智能化数控技术应用前后生产效率的对比见表2。在各类汽车零部件加工中，曲轴的生产效率提升了

66.7%，气缸盖提升了60%，轮毂提升了58.3%，车门框提升了42.9%。

表2 智能化数控技术对生产效率提升的影响

部件	传统生产效率 / (件/h)	智能化数控技术应用后效率/ (件/h)	效率提升 (%)
曲轴	4.5	7.5	66.7
气缸盖	5	8	60
轮毂	6	9.5	58.3

智能化数控加工技术在汽车制造中的实际应用与优化策略

1.智能化数控技术在汽车制造中的应用

智能化数控技术已在汽车制造领域的多个环节得到广泛应用。以下是智能化数控技术在几个关键环节中的应用效果。

(1) 发动机零部件加工 智能化数控技术通过集成传感器与实时数据反馈，有效提高了发动机零部件加工的精度和稳定性。例如，在曲轴和气缸盖的加工中，实时监测切削力与刀具磨损状态，自动调节进给速率，从而减少加工误差。智能化数控技术在不同发动机零部件加工中的精度提升效果见表3，曲轴和气缸盖的加工精度分别提高了40%和33.33%。

表3 智能化数控技术对发动机零部件加工精度的提升

部件	精度提升前/mm	精度提升后/mm	精度改善 (%)
曲轴	0.1	0.06	40%
气缸盖	0.12	0.08	33.33%
活塞	0.14	0.1	28.57%

(2) 车身零部件的焊接与切割 在车身制造中，智能化数控技术通过传感器实时监测焊接过程中的电流、温度和应力等关键参数，自动调整焊接和切割工艺，从而显著降低缺陷率，提升产品一致性。智能化数控技术在焊接与切割工艺中的缺陷率对比见表4，焊接接头缺陷率从12%降至3%，切割部件缺陷率下降80%。

表4 智能化焊接与切割工艺缺陷率对比 (%)

部件	传统焊接缺陷率	智能化焊接缺陷率	缺陷率下降
焊接接头	12	3	75%
切割部件	10	2	80%
局部连接	15	5	66.67%

2.智能化数控技术的优化策略

为了进一步提升智能化数控加工技术的性能，以

下是几项关键优化策略。

(1) 多传感器融合技术 传统数控系统多依赖单一传感器进行监测，而多传感器融合技术能够综合监测多个参数，如切削力、振动、温度等，提高了加工的精度与稳定性。

不同传感器融合方案对加工精度的提升效果如表5所示，采用多传感器融合技术时，精度提升了66.67%。

表5 多传感器融合技术的精度提升效果

传感器类型	精度提升前 /mm	精度提升后 /mm	精度提升 (%)
单一传感器	0.12	0.08	33.33
双传感器融合	0.12	0.06	50
多传感器融合	0.12	0.04	66.67

(2) 基于大数据的优化算法 智能化数控系统结合大数据分析机器学习，能够实时优化加工参数，预测刀具磨损情况并调整切削路径，从而提高加工效率与质量。数据优化前后生产效率的对比见表6，曲轴的生产效率提升了66.7%，气缸盖提升了60%，轮毂提升了50%。

表6 大数据优化前后加工效率对比

部件	优化前效率 / (件/h)	优化后效率 / (件/h)	提升效率 (%)
曲轴	4.5	7.5	66.70
气缸盖	5	8	60
轮毂	6	9	50

结语

智能化数控加工技术在汽车制造中的应用，为提升生产效率、精度和产品质量提供了有力支持。随着技术的不断发展，智能化数控系统已经从传统的机械加工模式转变为更加灵活、精准和高效的生产方式。在发动机零部件加工、车身焊接与切割等领域，智能化数控技术通过实时监测、数据分析和动态调整，不仅大幅度提升了加工精度和稳定性，而且显著减少了缺陷率，优化了生产流程。通过引入多传感器融合技术和大数据优化算法，智能化数控系统能够实时响应加工过程中出现的变化，自动调整加工参数和刀具路径，极大地提升了加工效率和产品一致性。特别是在复杂的汽车零部件加工中，智能化系统能够有效应对高精度、高复杂度的加工要求，推动了汽车制造的精细化、自动化和智能化。**AUTO1950**