基于数字电子技术的智能化数控机床在汽车制造中的应用

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：基于数字电子技术，探讨了智能化数控机床在汽车制造中的应用，重点分析了其在汽车零部件加工中的优势与实现路径。首先，介绍了数控机床的基本构成与工作原理，并阐述了数字电子技术在智能化数控机床中的应用，如数字信号处理、嵌入式控制技术及数据采集与处理技术。其次，讨论了智能化制造的核心技术，包括自动化控制、人工智能应用以及大数据与云计算的结合，阐明了智能化制造系统在汽车制造中的应用框架和工作流程。然后，通过国内外实际案例分析，展示了智能化数控机床在汽车制造中的实际应用效果与挑战，进一步探讨了当前智能化制造面临的技术瓶颈和解决方案。

关键词：智能化数控机床；汽车制造；数字电子技术；智能制造

DOI:10.16173/j.cnki.ame.2025.z1.002

随着全球汽车制造业的持续发展和竞争的日益激烈，传统的汽车生产模式已逐渐难以满足高效、精确和灵活生产的需求。智能化数控机床作为汽车制造中的核心工具，凭借其优异的加工能力和灵活性，广泛应用于汽车零部件的加工中，尤其是在发动机、变速器、车身结构等关键部件的精密加工中，发挥了不可或缺的作用。然而，随着汽车产品多样化、生产工艺复杂性增加，以及制造成本压力的加大，传统数控机床在汽车制造中面临着智能化升级的紧迫需求。特别是在智能制造与数字化转型的背景下，基于数字电子技术的智能化数控机床成为汽车制造业的重要发展方向[1, 2]。

数控机床智能化设计的基本概念与发展

1.数控机床的基本构成与工作原理

数控机床（Numerical Control Machine Tools，NCMT）是利用计算机数控技术来实现对机械加工过程的控制与管理的设备。数控机床通常由控制系统、驱动系统、执行机构和反馈系统四大部分组成[3]。

1）控制系统负责接收并处理输入的程序指令，将其转化为控制信号，指挥机床的运动。控制系统常由数控计算机、数控操作面板和软件组成，支持G代码编程和自动化操作。

2）驱动系统根据控制系统发出的指令，驱动机械部件（如电动机、伺服电动机等）进行精确的运动。现代数控机床采用高精度伺服驱动系统，以确保高效、准确的加工。

3）执行机构是数控机床的“肢体”，包括工作台、刀架、主轴等机械部分，负责实际的加工操作。

4）反馈系统用于监控机床运动过程中的实际状态（如位置、速度等），及时反馈给控制系统进行修正，以实现闭环控制，提高加工精度。

2.数字电子技术在数控机床设计中的应用

随着数字电子技术的发展，传统数控机床在设计上已经逐步引入了数字化、智能化的元素。数字信号处理（DSP）、嵌入式控制系统、传感技术和物联网技术等数字电子技术的应用，不仅提高了机床的控制精度，也增强了其灵活性和适应性[4]。

（1）数字信号处理技术（DSP）　通过数字化信号的高速处理，数控机床能够在更短的时间内进行复杂的计算和信号转换，提高了控制的精度和响应速度。DSP技术被广泛应用于运动控制、故障诊断以及信号滤波等方面。

（2）嵌入式控制技术　嵌入式系统为数控机床提供了更加高效、稳定的控制平台。通过集成化的硬件和软件设计，嵌入式控制系统能够在实时控制和数据处理上提供更为强大的支持，尤其在智能化控制和自动化操作中发挥了重要作用。

（3）传感技术与实时监控　在数控机床中，传感器被用于实时监测机床的工作状态，包括温度、压力、振动及位置等重要参数。这些数据可以通过反馈机制实时传输到控制系统，从而对加工过程进行动态调整，以提高加工精度和稳定性。

（4）物联网（IoT）技术　随着物联网技术的应用，数控机床可以实现与其他生产设备的互联互通，形成智能化的生产网络。通过实时数据的收集与分析，设备状态可以远程监控，生产调度也可以实现智能化管理。

数控机床智能化制造技术

1.智能化制造的核心技术

自动化控制是数控机床智能化制造的基础。传统的数控机床依赖于预先设定的程序指令，执行固定的加工任务。而在智能化制造中，自动化控制系统不仅可以精确地执行指令，还能根据实时数据调整加工参数，优化加工过程。自动化控制系统的核心在于其能实现高效地实时反馈和调整能力，确保加工过程中的精度与效率[5]。现代数控机床的自动化控制系统通常采用数字信号处理（DSP）技术和实时控制技术，结合高性能的伺服驱动系统，使机床能够自适应不同的加工环境和材料。例如，数控系统通过传感器实时获取温度、压力及振动等数据，依据这些数据动态调整加工参数，从而实现自适应控制。

2.智能化制造系统的结构与工作流程

1）智能化制造的生产计划与调度系统负责实时调整生产任务，并根据资源的实际情况进行智能调度。它基于大数据分析和预测模型，能够根据生产需求、设备负载以及工艺要求进行动态调度，从而最大化地提高生产效率，减少空闲时间和等待时间。

2）数据采集系统通过传感器和数据采集卡实时监测数控机床的各项工作参数，如温度、压力、振动及切削力等。通过传感器获取的数据会被传输至中央控制系统或云端平台，供后续分析与决策使用。生产监控系统还可对设备状态、生产进度等进行实时监控，确保加工过程的顺利进行。

3）反馈系统能够根据实时采集到的数据调整数控机床的加工参数，保证加工精度和稳定性。传统的数控机床依赖于人工输入参数，而智能化反馈系统通过实时数据分析，根据机床运行状态自动进行调整，以确保加工过程中的每个环节都达到最优状态。

3.数控机床智能化制造中的关键技术与数据应用

智能感知技术是数控机床智能化制造的基础之一。通过精确的传感器和数据采集系统，机床能够实时感知其工作状态，包括加工过程中的温度、压力、振动、刀具磨损等信息。这些信息被实时传输给中央

控制系统，通过数据处理和分析，系统能够及时发现异常情况并做出调整。例如，通过振动传感器，数控机床可以监测到刀具的磨损情况或工件的加工偏差，从而在问题发生前采取必要的预防措施。这种智能感知技术不仅提高了加工精度，也延长了设备的使用寿命。

数控机床智能化设计与制造的实践案例分析

某精密加工企业长期依赖传统的数控机床进行高精度零部件加工，但由于设备老化和技术落后，导致生产效率低下，且加工精度难以保障。为此，该企业进行了智能化改造，引入先进的数字化控制技术与人工智能优化算法，提升了生产能力和产品质量（见表1、表2）。

1）设备联网与数据采集　企业通过物联网技术将数控机床连接至中央控制系统，实时采集设备的运行状态、温度及振动等数据。

2）智能调节与优化　引入人工智能算法，根据实时数据对数控机床的切削参数进行动态调整，以确保加工精度和稳定性。

3）智能监控与故障预测　通过监控系统对机床状态进行实时监测，提前预测可能发生的故障并自动进行调整，从而减少停机时间。

表1　数控机床智能化改造前后生产效率对比

设备型号	改造前加工时间 /h	改造后加工时间/h	提升幅度（%）
设备A	12	9	25
设备B	15	11	26.70

表2　智能化改造后产品合格率提升

设备型号	改造前产品合格率（%）	改造后产品合格率（%）	提升幅度（%）
设备A	85	95	12
设备B	88	92	4.50

通过上述案例分析，智能化改造显著提升了数控机床的加工效率和质量，并有效优化了设备的利用率和维护成本。该案例不仅表明了智能化设计与制造的技术优势，还展示了其在实际应用中的可行性和效果。从中可以看出，物联网、大数据和人工智能等先进技术的应用，在智能化改造过程中发挥了重要作用，推动了生产效率的提升与制造模式的革新。

结语

智能化数控机床在汽车制造中的应用不仅是现代制造业发展的必然趋势，也是提升生产效率、优化资源配置、提高产品质量和实现柔性化生产的重要手段。通过引入数字电子技术、人工智能及物联网等先进技术，智能化数控机床在汽车制造领域的性能得到了显著提升，能够满足高精度、高效率、灵活性和智能化的生产需求。本文通过案例分析，验证了智能化技术在数控机床中的实际应用效果，特别是在汽车制造这一高精度、大批量生产的环境中。通过设备联网、实时数据监控与智能优化调节，汽车制造企业能够有效减少加工时间、提高产品合格率，并增加设备的利用率和运行稳定性。在复杂零部件和高精度组件的生产过程中，智能化改造为企业带来了显著的竞争优势。然而，尽管智能化技术在数控机床领域取得了诸多成果，但在技术集成、设备升级、系统维护及跨部门协作等方面仍面临一定的挑战。随着汽车制造行业对个性化、柔性化生产需求的不断增长，数控机床的智能化升级将持续推动行业的技术革新和生产模式的转型。未来，随着数字电子技术、人工智能、物联网和大数据的深入应用，智能化数控机床将在提升汽车制造业生产效率、降低成本、缩短交付周期等方面发挥更加重要的作用，推动制造业朝着更加高效、智能、绿色和可持续的方向发展。

参考文献：

[1] 姜庆华.数控技术在机械加工制造领域的智能化应用[J].信息技术时代，2022（6）：148-150.

[2] 杨鹏鹏.数控机床发展历程及未来趋势[J].中国机械工程，2021，32（7）：757-770.

[3] 马志斌.数控机床装配车间物料配送优化方法[D].大连理工大学，2020.

[4] 胡军宝.面向智能化的数控机床优化研究[J].现代工业经济和信息化，2023，13（2）：44-46.

[5] 王阳.基于数控技术的农机智能化发展研究[J].农机使用与维修，2024（5）：82-84.