

# 钣金制造工艺的机械自动化控制技术研究

苗晋硕

金隅电气(唐山)有限责任公司, 河北 唐山 063200

[摘要] 钣金制造工艺在现代工业中占据重要地位, 而机械自动化控制技术的应用进一步提升了钣金制造的效率和精度。文中将探讨钣金制造工艺的概述, 包括剪切、弯曲、拉伸和冲压等成型工艺, 分析机械自动化控制系统的关键技术, 探讨系统设计的总体架构、硬件与软件设计及系统集成与调试的方法。

[关键词] 钣金制造; 机械自动化; 控制技术; 数控技术

DOI: 10.33142/ec.v7i8.12980

中图分类号: TG3

文献标识码: A

## Research on Mechanical Automation Control Technology for Sheet Metal Manufacturing Process

MIAO Jinshuo

Jinyu Electric (Tangshan) Co., Ltd., Tangshan, Hebei, 063200, China

**Abstract:** Sheet metal manufacturing technology plays an important role in modern industry, and the application of mechanical automation control technology further improves the efficiency and accuracy of sheet metal manufacturing. The article will explore an overview of sheet metal manufacturing processes, including forming processes such as cutting, bending, stretching, and stamping. It will analyze the key technologies of mechanical automation control systems, explore the overall architecture of system design, hardware and software design, and methods for system integration and debugging.

**Keywords:** sheet metal manufacturing; mechanical automation; control technology; CNC technology

### 引言

钣金制造是一种通过各种加工工艺将金属板材制成特定形状和结构的制造过程。传统的钣金制造依赖于手工操作和机械设备, 而现代钣金制造则逐渐向自动化和智能化方向发展。机械自动化控制在钣金制造中的应用, 不仅提高了生产效率和产品精度, 还显著降低了生产成本和劳动强度。

### 1 钣金制造工艺概述

#### 1.1 钣金制造工艺简介

钣金制造工艺是指通过对金属板材进行一系列加工操作, 使其达到预期形状和尺寸要求的过程。这些加工操作包括剪切、弯曲、拉伸和冲压等。钣金制造广泛应用于汽车、航空航天、建筑、电器等多个领域。随着工业技术的发展, 钣金制造工艺不断演进, 从传统的手工操作逐渐向自动化、智能化方向迈进。

#### 1.2 钣金材料及其特性

钣金材料主要包括各种金属板材, 如钢板、铝板、铜板和不锈钢板等。①钢板: 钢板是最常用的钣金材料之一, 具有高强度和耐磨损性能, 适用于制造各种结构件和承载部件。②铝板: 铝板重量轻、耐腐蚀、导电性能好, 广泛应用于航空航天和电子设备制造。③铜板: 铜板具有优良的导电和导热性能, 常用于电气设备和热交换器的制造。④不锈钢板: 不锈钢板耐腐蚀性能强, 广泛应用于食品加工、医疗设备和建筑装饰等领域。

#### 1.3 钣金成型工艺

钣金成型工艺包括剪切、弯曲、拉伸和冲压等多种操作。每种工艺都有其独特的加工原理和适用范围。

##### 1.3.1 剪切

剪切是钣金加工的基础工艺之一, 通过剪切机或激光切割机将金属板材切割成所需的形状和尺寸。剪切工艺具有高效、精确的特点, 适用于各种材料和厚度的钣金板材。剪切设备主要包括机械剪切机、液压剪切机和激光切割机等。机械剪切机适用于中厚板材的加工, 液压剪切机则因其较大的剪切力, 适用于较厚和较硬材料的剪切。激光切割机则以其高精度、高速度和灵活性, 广泛应用于复杂图形和高精度要求的钣金加工。

##### 1.3.2 弯曲

弯曲是将金属板材通过外力作用, 使其沿直线或曲线弯曲成所需角度和形状的工艺。弯曲工艺在钣金制造中应用广泛, 主要用于制造各种箱体、管道和支架等结构件。弯曲设备主要包括折弯机、数控折弯机和机器人折弯系统等<sup>[1]</sup>。传统的折弯机依靠人工操作, 生产效率较低且精度难以保证。数控折弯机通过计算机控制, 能够实现高精度、高效率的自动化弯曲加工。机器人折弯系统则结合了工业机器人技术, 能够实现复杂工件的自动化弯曲加工, 进一步提高了生产效率和加工精度。

##### 1.3.3 拉伸

拉伸是通过模具和拉伸设备将金属板材拉伸成所需

形状和尺寸的工艺。拉伸工艺通常用于制造各种深度较大的容器、罩壳和复杂曲面零件。拉伸设备主要包括机械压力机和液压压力机等。机械压力机适用于中小型工件的拉伸加工，而液压压力机则因其较大的压力和稳定的操作，适用于大型和厚板材料的拉伸加工。随着机械自动化技术的发展，数控压力机和智能拉伸系统逐渐普及，实现了高精度、高效率的自动化拉伸加工。

### 1.3.4 冲压

冲压是利用冲床和模具，通过压力使金属板材在模具中成型的工艺。冲压工艺广泛应用于大批量生产的钣金零件制造，具有高效、低成本的特点。冲压设备主要包括机械冲床、液压冲床和数控冲床等。机械冲床适用于中小型工件的冲压加工，液压冲床则因其较大的压力和稳定的操作，适用于大型和厚板材料的冲压加工。数控冲床通过计算机控制，能够实现高精度、高效率的自动化冲压加工，适用于各种复杂形状和高精度要求的钣金零件制造。

## 2 钣金制造中的机械自动化控制技术

### 2.1 自动化剪切技术

#### 2.1.1 剪切机床自动化

剪切机床自动化是指通过自动化控制系统和机械装置，实现剪切机床的自动操作和控制。这一过程通常涉及多种自动化技术，包括传感器技术、控制算法、执行机构以及人机界面等。自动化剪切机床能够连续、稳定地运行，大大提高了生产效率。传统的手动操作需要工人不断调整和控制机器，容易受到疲劳和操作误差的影响，而自动化系统可以在较长时间内保持高效运行。自动化剪切机床通过精确的控制和定位系统，能够保证剪切的精度和一致性。自动化系统可以对每一次剪切进行精确的控制，减少了人为因素导致的误差，从而提高了产品的质量和一致性。尽管自动化剪切机床的初始投资较高，但通过提高生产效率和产品质量，可以显著降低单位产品的生产成本。此外，自动化系统可以减少对熟练工人的依赖，从而降低劳动力成本<sup>[2]</sup>。自动化剪切机床能够减少工人的直接操作，降低了工作环境中的噪音、振动和粉尘等不良因素，同时减少了工人操作过程中可能发生的安全事故。

剪切机床自动化的实现通常需要一套完整的控制系统，包括 PLC（可编程逻辑控制器）、HMI（人机界面）、伺服电机和传感器等。这些设备共同协作，实现对剪切过程的自动化控制。例如，PLC 可以根据预设的程序对剪切机床进行控制，伺服电机可以精确地控制剪切刀具的位置和速度，传感器则可以实时监测剪切过程中的各种参数，并将数据反馈给控制系统，从而实现闭环控制。

#### 2.1.2 数控剪切技术

数控（CNC，计算机数控）剪切技术是自动化剪切技术的高级形式，它通过计算机控制系统对剪切机床进行精确控制，实现复杂的剪切任务。数控系统能够对剪切机床

的各个部分进行精确控制，实现高精度的剪切操作。数控剪切技术可以根据预设的程序和参数，对每一次剪切进行精确控制，从而保证了产品的一致性和高质量。数控剪切机床能够快速切换不同的剪切任务和参数，适应不同的生产需求。通过编程，可以实现复杂的剪切路径和形状，提高了生产的灵活性和多样性。数控剪切技术可以与其他自动化系统（如机器人、传感器等）进行集成，实现全自动化的生产过程。这不仅提高了生产效率，还可以减少人工操作，降低劳动强度和生产成本。数控系统可以实时监控剪切过程中的各种参数，并根据反馈信息进行优化调整。例如，当发现剪切质量不佳时，系统可以自动调整剪切速度、压力等参数，以保证最终产品的质量。

数控剪切技术的实现依赖于先进的硬件和软件系统。硬件方面，数控剪切机床通常配备高精度的伺服电机、直线导轨和刀具系统，保证剪切操作的精度和稳定性。软件方面，数控系统需要强大的编程和控制功能，能够根据不同的剪切需求生成最优的剪切路径和操作参数。

### 2.2 自动化弯曲技术

#### 2.2.1 折弯机的自动化控制

自动化折弯机通常采用伺服电机、液压系统以及先进的控制系统，通过数控（CNC）技术实现高精度的折弯操作。这些自动化控制系统能够预先编程，自动调整折弯角度、压力和位置，从而大幅减少人工干预和人为误差。操作人员只需输入所需的折弯参数，折弯机便可自动完成多道复杂的工序。自动化控制系统还能实时监控折弯过程中的各种参数，如压力、速度和位置，及时纠正任何偏差，确保折弯质量。此外，自动化折弯机还可以通过联网实现远程监控和维护，提高设备利用率和运行稳定性。

#### 2.2.2 数控折弯技术

数控折弯技术利用计算机数控（CNC）系统对折弯机进行编程和控制，通过数字化手段精确管理折弯过程中的各项参数，如折弯角度、折弯速度、折弯压力等。数控系统可以根据预设的程序自动调整折弯机的工作状态，确保每个加工步骤的高度一致性和精确性。与传统的手动折弯相比，数控折弯技术具有更高的生产效率和加工精度，同时可以加工更加复杂的工件形状。数控折弯技术还具有良好的可重复性，能够在批量生产中保持产品的一致性。此外，通过与计算机辅助设计（CAD）和计算机辅助制造（CAM）软件的结合，数控折弯技术可以实现从设计到生产的无缝对接，大大缩短了产品的开发周期，降低了生产成本。

### 2.3 自动化拉伸技术

#### 2.3.1 拉伸设备的自动化

拉伸设备的自动化是现代制造业中的一个重要发展方向，旨在提高生产效率、产品质量和操作安全性。自动化拉伸设备通常集成了先进的传感器、控制系统和机械手臂，实现从材料装载、成型到成品卸载的全程自动化操作。

传感器可以实时监测拉伸过程中的各种参数,如拉力、位移和温度等,确保每一个步骤都在最佳条件下进行。控制系统则通过数据采集与分析,动态调整操作参数,以应对生产过程中可能出现的任何偏差或异常情况。此外,自动化设备还能够记录每次操作的数据,便于追溯和质量控制。通过减少人为干预,自动化拉伸设备不仅提升了生产速度和一致性,还大大降低了操作人员的劳动强度和安全风险,尤其是在处理大规模生产任务或复杂工件时,其优势尤为显著。

### 2.3.2 数控拉伸技术

数控拉伸技术是一种基于计算机数控系统(CNC)的先进成型工艺,广泛应用于航空航天、汽车制造和家电等领域。该技术利用数控系统对拉伸设备进行精确控制,通过编程设定拉伸路径、速度和力度等参数,实现高精度的金属成型。数控拉伸技术不仅能够处理复杂的几何形状,还可以大幅减少材料浪费,提高产品的尺寸精度和表面质量。与传统手动或半自动拉伸相比,数控技术的最大优势在于其高重复性和灵活性,可以快速适应不同的生产任务和设计变更。同时,数控系统还能与其他智能制造设备进行联动,如自动送料系统和质量检测系统,形成高度集成的生产线。

## 2.4 自动化冲压技术

### 2.4.1 冲压机床自动化

冲压机床自动化是指通过现代自动化技术,将冲压工艺中的各个环节进行自动化改造,实现冲压生产过程的高效、精确和稳定。自动化冲压机床通常集成了机械、电气、液压、气动及计算机控制技术,能够在无人工干预的情况下完成送料、定位、冲压、卸料等一系列操作。这样的自动化系统不仅能够大幅提高生产效率,还能保证产品的一致性和质量,减少人工成本和操作失误。此外,自动化冲压机床还能实现多工位、多工序的联动生产,进一步提升生产能力和柔性制造水平<sup>[3]</sup>。例如,在汽车制造业中,自动化冲压机床能够快速、高效地生产出复杂形状的车身零部件,满足大规模生产的需求,同时降低生产过程中的能耗和废品率。

### 2.4.2 数控冲压技术

数控冲压技术是指利用计算机数控(CNC)系统对冲压设备进行控制,使冲压过程实现高度自动化和精确化。该技术通过预先编程的数控程序来控制冲压机床的运动轨迹、冲压力度和操作步骤,从而实现复杂冲压件的高精度制造。数控冲压技术具有高度的灵活性和可编程性,可以方便地调整和优化生产参数,适应不同批量和多样化的生产需求。此外,数控冲压还具有较高的重复精度和稳定性,能够显著减少人为操作误差,提升产品质量。在实际应用中,数控冲压技术广泛应用于航空航天、汽车制造、电子产品等领域,能够加工出具有复杂曲面和精细结构的

零部件,极大地推动了现代制造业的发展。

## 3 机械自动化控制系统的核心技术

### 3.1 传感器技术

传感器技术将物理量转换为可测量信号的装置,用于监测和控制各种过程。传感器的选择对系统的性能和稳定性至关重要。在工业应用中,常见的传感器类型包括温度传感器、压力传感器、流量传感器等。现代传感器具有更高的精度、更快的响应速度和更广泛的工作范围。例如,智能传感器能够通过内置的处理单元进行数据处理和分析,从而实现更复杂的功能,如自我诊断和自适应控制。此外,无线传感器网络的发展使得传感器之间可以实现无缝的通信和协作,进一步提高了系统的可靠性和灵活性。

### 3.2 控制器技术

控制器技术是自动化系统中的核心部分,负责接收传感器反馈的信息,并根据预设的控制策略调节执行器以实现系统的稳定运行。常见的控制器包括PID控制器、模糊控制器和模型预测控制器等。随着计算机技术的发展,现代控制器具有更强大的处理能力和更丰富的功能。基于微处理器的控制器能够实现更复杂的算法和策略,如模型预测控制和自适应控制,从而提高系统的控制精度和响应速度。同时,网络通信技术的应用使得控制器之间可以实现远程监控和集中控制,实现对整个系统的统一管理。在工程实践中,正确选择和配置控制器对系统的性能和稳定性至关重要。这涉及到对系统动态特性的深入理解,以及对不同控制算法的优缺点进行评估。同时,控制器的参数调节和调试也是确保系统正常运行的重要环节。

### 3.3 伺服系统

伺服系统通常由伺服驱动器、伺服电机和反馈装置组成。伺服系统在工业生产中广泛应用于需要高精度定位和速度控制的场景,如机床加工、印刷设备和机器人系统等。伺服系统的核心是伺服电机,它能够根据控制信号精确地调节输出位置和速度。通过与编码器或传感器配合,伺服系统能够实现闭环控制,即实时监测执行器位置并进行反馈调节,从而提高系统的控制精度和稳定性。随着先进控制算法和电机技术的不断发展,现代伺服系统具有更高的响应速度和更低的误差,能够满足对系统性能和效率要求更高的应用场景。

### 3.4 人机界面(HMI)

人机界面(HMI)是人与机器之间的交互界面,通常用于控制和监视系统的运行状态。在工业自动化和控制系统中,HMI扮演着至关重要的角色,它能够将复杂的系统信息以直观易懂的方式展现给操作人员,使其能够有效地与系统进行交互和管理。现代HMI通常采用触摸屏技术,具有直观的图形用户界面(GUI)。通过触摸屏,操作人员可以轻松地执行各种操作,例如设定参数、启停设备、监视生产过程等。此外,HMI还可以与其他系统进行通信,

实现数据采集、报警管理、远程监控等功能，从而提高生产效率和系统可靠性。

### 3.5 软件编程与控制算法

在工业自动化系统中，软件编程通常涉及到多种编程语言和开发环境，例如 C/C++、Java、Python 等。不同的编程语言和开发环境适用于不同的应用场景和需求，例如，C/C++ 通常用于对实时性要求较高的控制系统，而 Python 则更适用于数据处理和算法开发等场景。控制算法是工业自动化系统中的另一个重要组成部分，它们负责根据系统的输入和状态信息，计算出相应的控制指令以调节系统的运行状态。常见的控制算法包括 PID 控制、模糊控制、模型预测控制等。这些控制算法在实际应用中通常需要根据具体的系统特性进行调整和优化，以实现系统的稳定性、响应速度和鲁棒性等性能指标。

### 4 结语

钣金制造工艺的机械自动化控制技术是现代制造业的重要发展方向，通过自动化控制技术的应用，可以大幅

提升钣金制造的效率和精度。本文详细探讨了钣金制造工艺的基本原理和自动化控制技术的具体应用，并分析了机械自动化控制系统的关键技术和设计方法。未来，随着科技的不断进步，钣金制造工艺的机械自动化控制技术将进一步发展，为制造业的智能化和高效化提供更强大的支持。

### [参考文献]

[1] 梁宝英, 邵智强, 王永清. 螺旋叶片调节式压制模具自动控制系统的设计[J]. 山西大同大学学报(自然科学版), 2023, 39(6): 96-100.

[2] 赵汉旺. 汽车钣金与喷漆领域数字化智能化技术的应用与发展[J]. 汽车维修技师, 2024(6): 94.

[3] 许超帆, 汪振华, 钟昇, 等. 基于 PLC 的柔性上下料生产线控制系统设计[J]. 机械制造与自动化, 2024, 53(2): 129-133.

作者简介: 苗晋硕(1997.2—), 男, 学历: 本科。毕业院校: 河北师范大学, 所学专业: 机械工艺技术专业, 目前职称: 助理工程师。