

doi: 10.7690/bgzdh.2019.11.008

一种用于数控深孔拉削机床的数据采集装置

张天佑¹, 李全英²

(1. 绵阳市维博电子有限责任公司智能检测事业部, 四川 绵阳 621000;
2. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司产品制造事业部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 为直观地了解数控机床深孔拉削的加工过程, 设计一种实时记录分析机床各轴位置和扭矩等参数的采集系统。介绍了系统的组成及功能, 采用 DSP+FPGA 架构实现机床数据的高速采集, 通过嵌入式工控机实现采集数据的存储, 设计了数字化细分装置, 使用带距离编码的光栅尺实现全闭环控制功能, 并对采集的数控深孔拉削机床加工数据进行分析。分析结果表明: 该装置在数据异常超差时能提供报警信号, 保护设备和产品的安全。

关键词: 数据采集; 数控系统; DSP; FPGA

中图分类号: TN710.9 **文献标志码:** A

A Data Acquisition Device for Numerical Control Deep Hole Broaching Machine

Zhang Tianyou¹, Li Quanying²

(1. Department of Intelligent Testing, Mianyang Weibo Electronic Co., Ltd, Mianyang 621000, China; 2. Department of Product Manufacture, Automation Research Institute Co., Ltd. of China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China)

Abstract: In order to intuitively understanding the machining process of deep hole broaching of CNC machine tools, an acquisition system for real-time recording and analysis of parameters such as position and torque of each axis of the machine tool is designed. The composition and function of the system are introduced. The high-speed acquisition of machine data is realized by DSP+FPGA architecture. The data acquisition is realized by embedded industrial computer. The digital subdivision device is designed. The full-closed control function is realized by using the grating with distance coding. And analyze the processing data of the collected CNC deep hole broaching machine. The analysis results show that the device can provide alarm signals when the data is abnormally out of tolerance, and protect the safety of equipment and products.

Keywords: data acquisition; CNC system; DSP; FPGA

0 引言

数控深孔拉削机床^[1-2]在石油机具等深孔加工领域有着广泛的应用。在深孔拉削加工过程中, 不能直接观察刀具切削情况, 只能凭工作经验听切削时的声音、看切屑、手摸振动与工件温度等方式来判断切削过程是否正常, 对加工操作人员的要求较高。同时在机床出现异常时, 操作人员的反应时间过慢可能导致设备卡死、工件损坏的极端情况。对于工艺人员而言, 无法直观地了解加工过程, 更无法从理论上对加工工艺进行优化改进, 导致深孔加工的产品质量不稳定, 产量也不高。

针对这种情况, 笔者设计一种基于专用数据采集卡^[3-4]和嵌入式工控机^[5]的数据采集装置。该装置可以实时采集 4 个坐标的位置信号和 4 个轴的扭矩信号, 并通过嵌入式工控机存储在硬盘中, 同时在采集数据超过可设置的安全阈值后, 通过数字量输

出通知可编程逻辑控制器 (programmable logic controller, PLC) 或数控系统, 由 PLC 或数控系统进行相应的后续操作。

1 系统组成结构

1.1 系统的组成

该控制系统主要由专用数据采集卡、嵌入式工控机、触摸屏和数字化细分装置^[6]等组成, 数据采集卡与嵌入式工控机间采用 CAN 通信, 数据采集卡放置在数控深孔拉床的电控柜中, 嵌入式工控机和触摸屏放置在操作台附近。系统的基本构成如图 1 所示, 机床各轴的光栅反馈信号通过数字化细分装置处理后, 一路 1Vpp 信号给数控系统闭环控制使用, 一路差分 TTL 信号连接在数据采集卡的对应接口上, 以实现机床位置的实时采集。由于数控深孔拉削机床只需要 X 轴、Z 轴和 C 轴, 所以留有一路数据采集口作为备用。

收稿日期: 2019-07-09; 修回日期: 2019-07-23

作者简介: 张天佑(1980—), 男, 四川人, 硕士, 高级工程师, 从事数控技术研究。E-mail: Zty_113@sina.com。

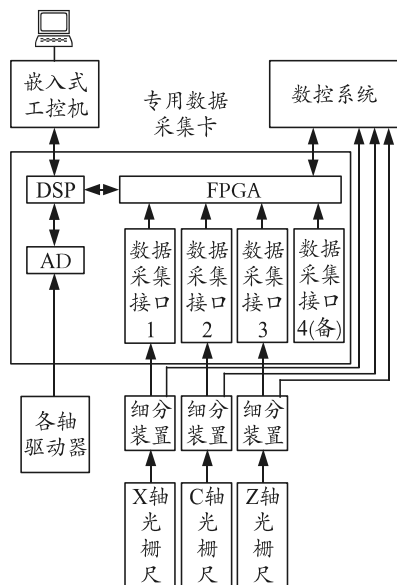


图 1 系统构成

1.2 系统的功能及技术指标

数据采集系统主要具备以下功能：

- 1) 可采集 4 路相位差 90°的 A、B 脉冲和 Z 脉冲，最高脉冲输入频率 1 000 kpps；
- 2) 可采集 4 路 0~5 V 模拟量信号，对应 4 路交流伺服电机扭矩，采样精度 12 bit；
- 3) 可采集数据采集卡所处位置的环境温度，温度采集范围-55~+125 °C；
- 4) 隔离输入点接口 24 个，NPN 型；
- 5) 隔离输出点接口 12 个，最大输出电流 50 mA；
- 6) 采集数据存储在硬盘中，可通过 USB、以太网传送数据；
- 7) 通过触摸屏进行系统操作，具备友好的人机界面。

2 系统详细设计

2.1 专用数据采集卡

专用数据采集卡采用 DSP+FPGA 架构，DSP 采用 TI 公司的 TMS320F2812 芯片。该芯片是 TI 公司的一款高性能、多功能的 32 位定点 DSP 芯片，最高可在 150 MHz 主频下工作，并带有 18 K 字 0 等待周期片上 SRAM 和 128 K 字片上 FLASH(存取时间 36 ns)。其片上外设包括一路 SPI、一路 eCAN 等，另外该器件还有 3 个独立的 32 位 CPU 定时器，以及多达 56 个独立编程的 GPIO 引脚。

FPGA 芯片采用 Altera 公司 Cyclone II 系列的 EP2C8Q208C。该芯片具备 8256 个 LEs，36 个 M4K

RAM blocks，同时具备 165 888 bit 的 RAM，资源配置十分丰富。数据采集卡的原理如图 2 所示。

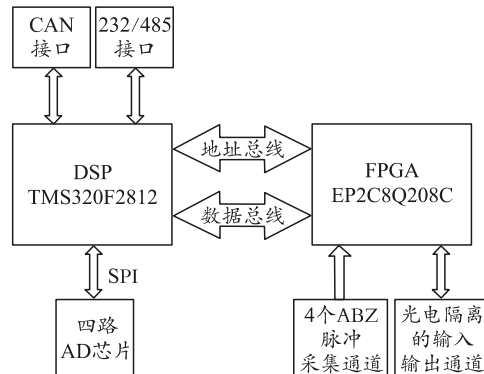


图 2 数据采集卡原理

2.1.1 A、B 脉冲和 Z 脉冲采集通道设计

数据采集卡具有 4 路相位差 90°的 A、B 脉冲和 Z 脉冲采集通道，可采集的信号类型如图 3 所示。

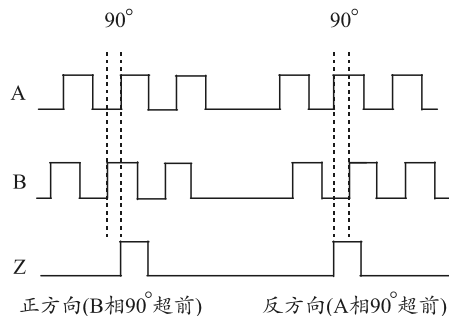


图 3 相位差 90°的 A、B 脉冲

输入的 AB 脉冲差分信号的接收是通过高速光耦 TLP115。该芯片开关速度高达 10 M，同时具备很高的抗干扰能力。差分信号经过光耦转换成如图 3 所示的信号类型，送到 FPGA 内部，由 FPGA 硬件实现 4 倍频功能并计数，从而获得较高精度的机床位置信息。

2.1.2 模拟量采集通道设计

模拟量采集通道主要采用 1 片 Microchip 公司的 MCP3204 四通道 A/D 转换芯片实现。该芯片具备 4 路 12 bit A/D 转换通道，通过 SPI 口与控制器传送数据，使用较为简单。为了提高 A/D 通道的抗干扰能力，系统采用了隔离的 DC-DC 给 MCP3204 供电，SPI 通信口均采用高速光耦隔离，放置外部干扰引入系统内部。

2.1.3 数字量输入输出设计

为了实现在采集数据超出设定阈值时通知机床数控系统，数据采集系统设计了 24 个隔离数字量输入信号和 12 个隔离数字量输出信号。

2.1.4 通信接口设计

数据采集卡具备 1 个 CAN 接口、1 个 485 接口和 1 个 RS232 接口。这 3 个通信接口均采用隔离设计，经过高速光耦隔离后连接在 DSP 的对应接口上。专用数据采集卡的实物如图 4 所示，CAN 接口主要用于与嵌入式工控机通信，传送采集到的相关数据以及接收工控机的控制指令。485 和 232 接口主要用于与数控系统或 PLC 的通信，以实现功能的扩展。

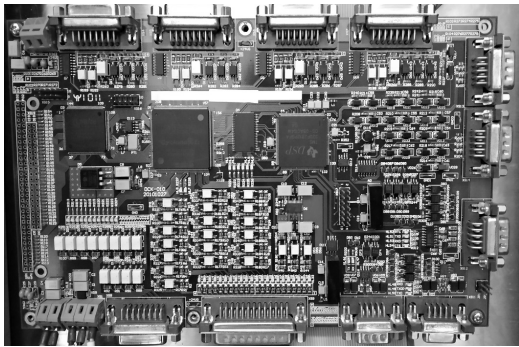


图 4 专用数据采集卡实物

2.2 嵌入式工控机

嵌入式工控机采用研华的 PCM-9376。该工控机具备 1 个 PC104 接口, 2 个以太网接口, 2 个 SATA 接口, 4 个 USB 接口, 3 个串口, 同时配置 1GB 内存, 运行 Win XPE 嵌入式操作系统, 满足应用程序的需求。PCM-9376 的外观如图 5 所示。

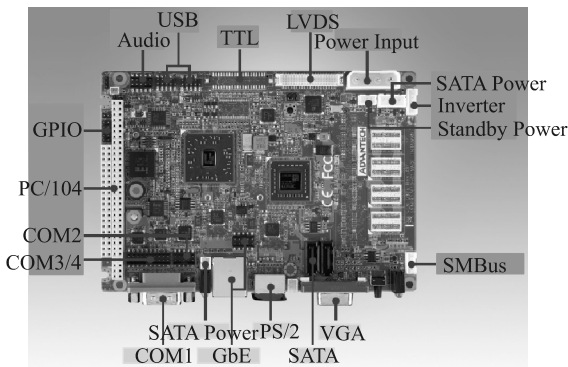


图 5 PCM-9376 的外观

嵌入式工控机的 CAN 通信功能通过 PCM-9376 的 PC104 接口扩展 1 块 PCM-3680-AE 双 CAN 接口的标准 PC104 板卡实现。该 CAN 卡采用隔离的 CAN 通信接口, 最高通信速率达到 1 Mbit/s, 满足系统需求。

2.3 数字化细分装置

数字化细分装置采用海德汉公司的 IBV6172。该细分装置输入端可接收 1Vpp 信号, 输出包括一

路原 1Vpp 信号, 一路经过 2 倍细分后输 TTL 方波脉冲和一路细分倍数可设置为 5 倍或 10 倍的 TTL 方波脉冲。海德汉公司的 IBV6172 在设置为 10 倍细分时, 输入频率能达到 100 kHz, 按照海德汉 LB382 光栅尺 0.04 mm 的节距计算, 输入的机床最大运行速度可达 240 m/min, 远远大于机床的实际运行速度, 满足设计需求。

2.4 光栅尺位置的计算

数控深孔拉床多使用带距离编码的光栅尺实现全闭环控制功能。这种光栅尺可通过计算 2 个标记 (Z 脉冲) 之间的 AB 脉冲数量来判断出当前机床运动部件的实际位置, 而不用像只有一个零点的光栅尺那样, 每次都需要进行长距离回机床零点操作, 并且带距离编码的光栅尺在价格上比绝对式光栅尺要有优势。图 6 是带距离编码的参考标记刻线示意图。

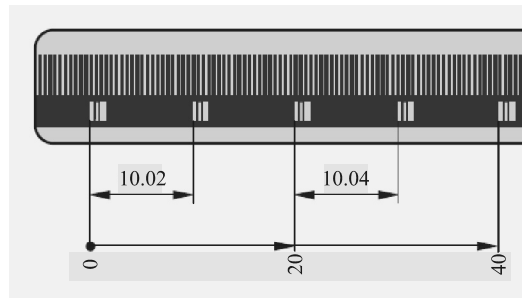


图 6 带距离编码的参考标记刻线

绝对位置的计算公式如下:

$$P_1 = (\text{abs}B - \text{sgn} B - 1) \times \frac{N}{2} + (\text{sgn} B - \text{sgn} D) \times \frac{\text{abs}M_{RR}}{2}$$

其中: $B = 2 \times M_{RR} - N$; P_1 为以信号周期数计的首先移过的参考标记的位置; abs 为绝对值; sgn 为符号函数 (“+1” 或 “-1”); M_{RR} 为移过的参考标记之间的信号周期数; N 为以信号周期数计的 2 个固定参考标记之间的名义距离 (见表 1); D 为移动方向 (+1 或 -1)。

表 1 固定参考标记之间的名义距离

标记	信号周期/ μm	以信号周期数计的 名义增量距离 N	最大移动距离/ mm
LF	4	5 000	20
LS	20	1 000	20
LB	40	2 000	80

在数据采集系统采集光栅尺的位置信息时, 可通过累加 AB 脉冲和不断计算光栅实际位置 2 种方式得到数据。在光栅尺存在故障的情况下, 如被污染, 通过 2 种方式计算的 actual 位置会有偏差, 可给出报警信息, 提醒设备维护人员做相关维护工作。

3 系统工作流程

数据采集系统通过输入口接收到数控系统发出的加工启动信号后,开始以定时的方式读取采集到的机床各轴的光栅反馈计数和电机的扭矩值并顺序记录。在机床运行到加工关键的远端点、近端点、起点等位置时,数控系统发出信号通知数据采集系统。数据采集系统通过分析当前关键点位置的光栅位置等数据,与预设参数比较,超过阈值发送给数

控系统一个报警信号,由数控系统进行下一步的处理。加工关键位置点如图 7 所示。系统工作流程如图 8 所示。

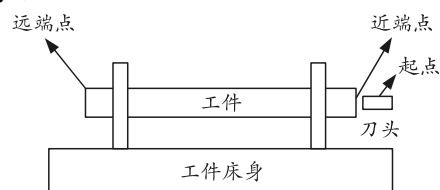


图 7 加工关键位置点

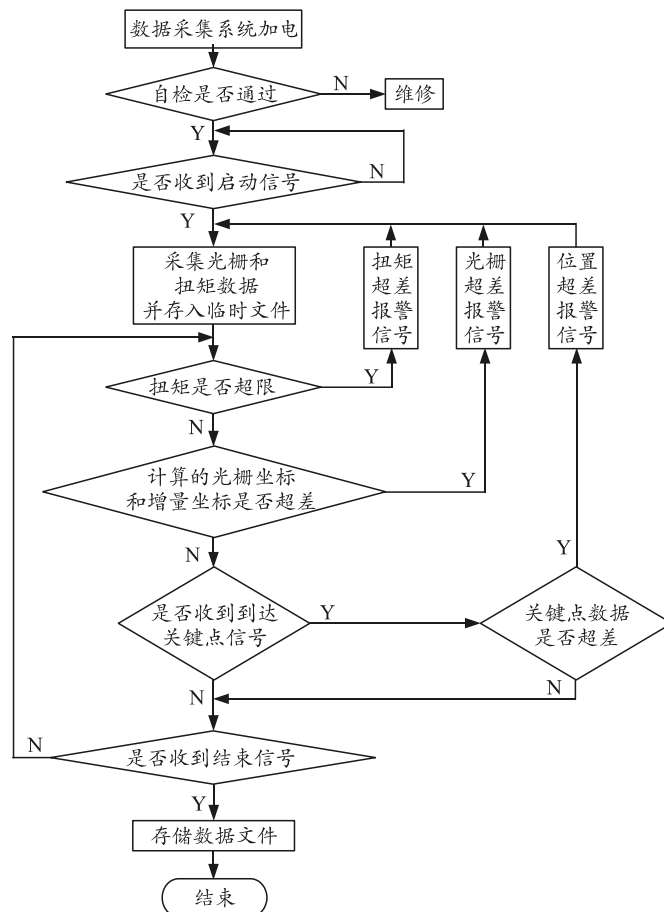


图 8 系统工作流程

4 结束语

分析结果表明:该系统不影响原设备功能,数据采集方式简单可靠,采集的数据可作为加工工艺改进的基础,也可作为质量追溯的证据。该数据采集系统还可用于其他全闭环控制的数控机床,具有一定的市场应用价值。

参考文献:

[1] 郭丽,石航飞.基于 DSP 的双轴交流伺服运动控制系统[J].兵工自动化,2010,29(9):79-81,96.

[2] 赵毅忠,陈志锦,祝本明.基于通用缝制设备控制平台的 430F 套结机控制系统开发[J].兵工自动化,2014,33(2):75-76,81.

[3] 祝本明,陈军.特种工业缝纫机控制系统设计及实现[J].电子设计工程,2016(1):109-111.

[4] 童卓,方浩舟.运动控制器在地面效应试验中的应用[J].兵工自动化,2011,30(10):88-89,93.

[5] 肖春华,张洪涛.嵌入式技术在特种工业缝纫机上的应用[J].电子设计工程,2014(7):154-157,160.

[6] 王天放.基于 FPGA 步进电机细分控制系统[J].电子设计工程,2016(1):121-123.