

# 基于网络的 PCB 钻床控制系统的开发

固高科技（深圳）有限公司 王瑞

摘要：本文论述了基于网络的 PCB 钻床控制系统的基本原理、拓扑结构和工作流程。针对 PCB 钻床的运动特点，研究了运动规划策略对其加工性能的影响。详细阐述了使用固高科技基于网络的开放式运动控制器开发 PCB 钻床控制系统的基本步骤，以及调整系统参数的方法。

关键字：运动控制器、PCB 钻床、SERCOS、PROFIBUS

## 1 前言

半导体产业的飞速发展，对装备制造业提出了越来越高的要求。制造装备一方面继续提高运动控制性能，向高速高精度方向发展；另一方面则不断提高系统可靠性、可维护性，向网络化、集成化、节点智能化方向迅速发展。随着自动控制、微电子技术的进步，大量智能芯片不断出现，开发高性能运动控制器已成为工业控制领域研究的热点，运动控制技术正在逐渐成为一门大规模集成电路、经典及现代控制理论、计算机仿真与辅助设计、电机技术等多学科交叉的综合技术。

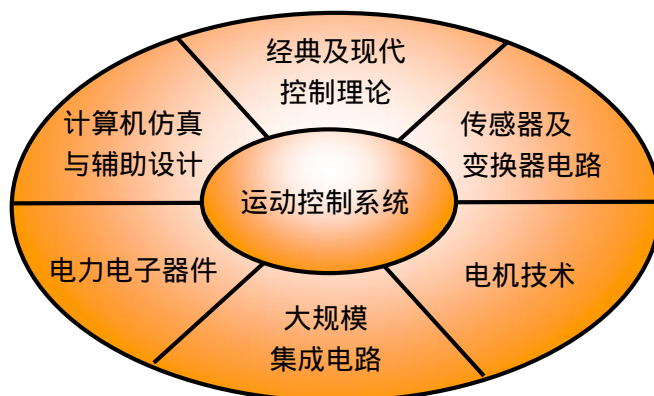


图 1 运动控制系统的相关技术

固高科技基于网络的开放式运动控制器采用 DSP + SOC 架构，充分利用 DSP 的强大运算能力，进行复杂的运动规划、实时误差补偿、运动学动力学计算、智能自适应伺服控制，使得运动控制器控制精度更高、速度更快、运动更加平稳，同时集成 PROFIBUS、SERCOS 和工业以太网等现场总线接口，能够方便灵活的建立基于各种现场总线的控制网络。

基于网络的运动控制器广泛应用于工业自动化的各个领域，例如电子加工设备、集成电路芯片制造设备、机器人等。

## 2 基于网络的 PCB 钻床控制系统的组成

为了减少运动控制系统各模块之间的信号连接线，简化安装过程，降低生产成本，节省维护开销，提高系统的准确性和可靠性，PCB 钻床一般采用现场总线集成在一起，构成分

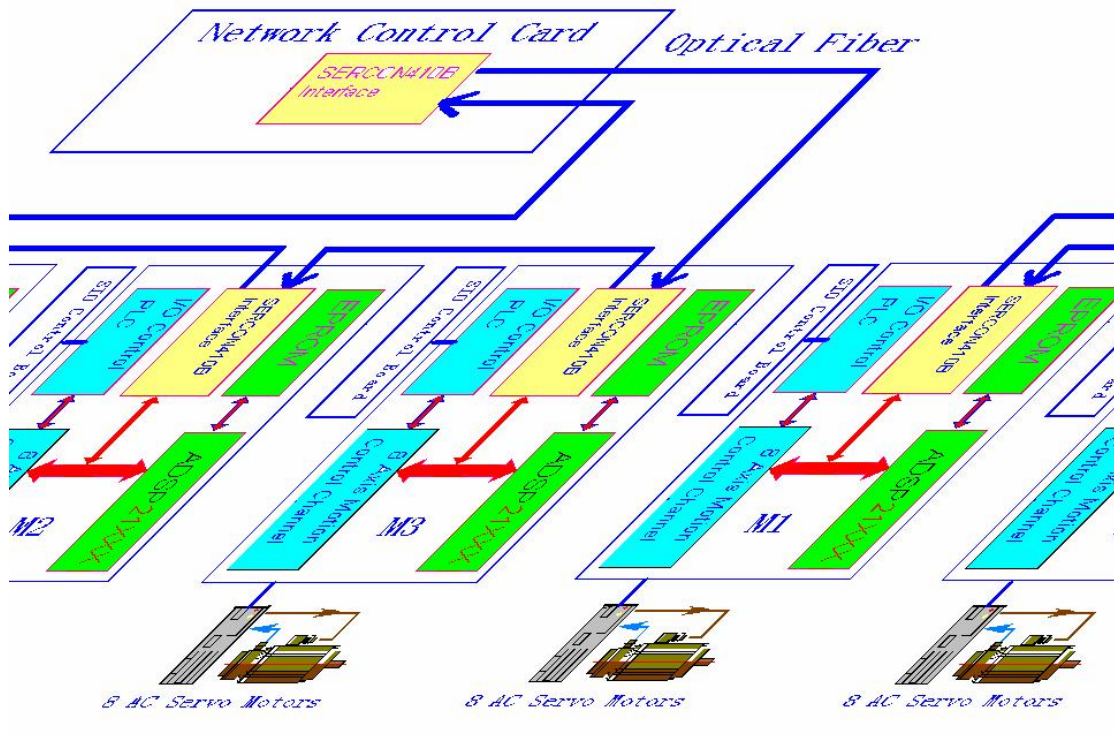


图 2 基于网络的 PCB 钻床控制系统拓扑结构

布式控制系统。安装了固高科技基于网络的运动控制器的 PCB 钻床可以方便的建立基于 PROFIBUS、SERCOS 和工业以太网的控制网络。系统各个模块之间采用国际上标准的高速现场网络协议作为信息接口，和上位机主卡通信，完成整个控制过程。图 2 显示了基于 SERCOS 总线的网络运动控制器的拓扑结构。

图中 M1、M2、M3 表示网络运动控制器，通过 DSP 实现 8 路伺服控制，集成了可编程可扩展的 I/O 模块管理 PCB 钻床的各种外部逻辑状态，使用 EPROM 保存系统和用户数据的，嵌入 SERCOS 专用芯片（SERCON410B、SERCON816 等）完成通信及驱动功能。

PCB 钻床通过光纤与中心监控计算机或其它控制节点高效地传输信息和控制指令，组成一个分布式的自动化智能控制系统。由于现场总线系统的结构和接线十分简单，可以方便地增加新设备，减少了安装和维护的工作量，提高了系统的工作可靠性。固高科技的网络运动控制器支持包括 SERCOS、PROFIBUS、工业以太网在内的多种网络标准。

SERCOS 是一种用于数字伺服系统的开放的标准接口，是一种以光纤为传输介质的周期式网络通讯协议，主要是针对自动化系统中的多轴运动控制系统而设计，能够实现 IPC、运动控制器、驱动器、传感器和 I/O 口之间的实时数据通讯。SERCOS 明确定义了伺服马达位置、速度、力矩控制命令，能够实现多个马达的运动控制，从而使数控系统具有更高的开放性和经济性，在各种数控机械装备中获得了广泛的应用。

PROFIBUS 是一种国际性、开放式的、已在世界范围内得到广泛应用的现场总线。PROFIBUS-PA 是专为过程自动化设计的，可使传感器和执行机构连在一根总线上。PROFIBUS-FMS 用于车间级网络监控，是一种令牌结构。PROFIBUS-DP 是一种高速低成本通信，用于设备级控制系统与分散 I/O 的通信。

## 3 PCB 数控钻床运动控制系统的设计

### 3.1 PCB 钻床的特点

PCB 钻床是一种典型的点位运动控制系统。在加工过程当中，其运动规律为小距离快速起停。为了提高加工效率，通常采用较高的加速度，以缩短运动时间。但是随着系统加速度的提高，系统的到位振荡会随之加剧，影响定位精度，通常通过增大床身和工作台质量提高机械系统的稳定性。

工作台的高加速度和大质量大大提高了系统的控制难度，如何快速起停又减小系统的到位振荡，成为 PCB 钻床控制系统的核心。

### 3.2 运动规划

PCB 钻床的加工过程实际上是一个能量快速积累和释放的过程。系统需要在极短的时间中积累动能，完成运动过程，同时又必须快速合理的释放系统能量，最大限度地缩短定位时间，降低系统振荡，因此必须对系统能量的积累和释放进行精确控制。

为了抑制系统的到位振荡，可以降低系统的加速度，但是这样会降低 PCB 钻床的工作效率。梯形曲线之所以会使系统产生较大的振荡，是由于梯形曲线本身虽然连续，但是并不连续可导，从而整个运动过程不够光滑。如果将梯形曲线不可导的那些点去除，用光滑曲线进行拟合，例如抛物线、指数曲线等，将会有效改善系统振荡情况，如图 3 所示。因此对于大质量高加速度系统，应当采用 S 型曲线改善系统性能。

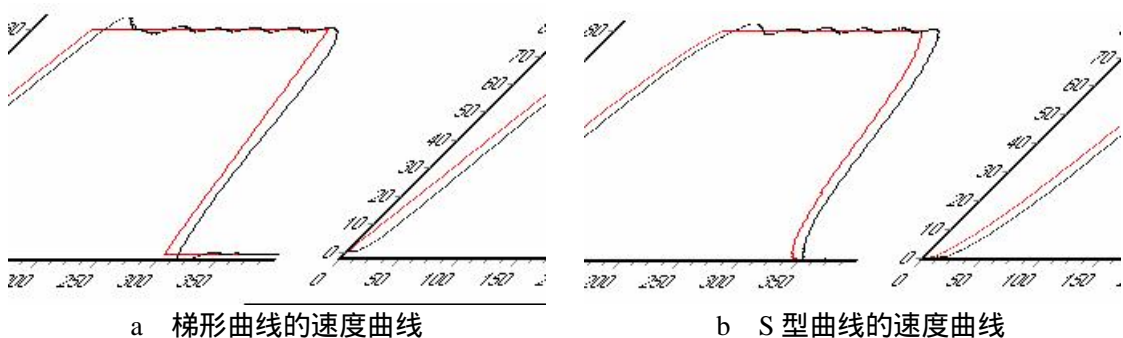


图 3 梯形曲线和 S 型曲线的到位振荡特性对比

### 3.3 软件开发步骤

#### 3.3.1 发送数据

PCB 数据文件有自己特定的格式，必须将其翻译成运动控制器能够识别的指令，才能对其进行控制。固高科技的运动控制器将其运动控制指令封装 C 语言函数库和动态链接库中。在 DOS 环境下可以使用 Borland C++ 3.1 调用 C 语言函数库开发应用程序，在 Windows

环境下可以使用任何支持动态链接库的开发工具开发应用程序，例如 Visual C++、Visual Basic、Delphi 等。

从 PCB 数据文件提取出数据以后，可以调用指令将其传递给运动控制器，所需指令如表 1 所示。

表 1 设置运动参数的运动控制器指令

指令	说明
GT_PrflT	设置指定控制轴为梯形曲线加减速
GT_PrflS	设置指定控制轴为 S 曲线加减速
GT_SetPos	设置指定控制轴的目标位置
GT_SetVel	设置指定控制轴的目标速度
GT_SetAcc	设置指定控制轴的加速度
GT_SetMAcc	设置指定控制轴的最大加速度，仅用于 S 曲线
GT_SetJerk	设置指定控制轴的加加速度，仅用于 S 曲线
GT_Update	刷新指定控制轴的运动控制参数

### 3.3.2 检查控制轴状态

PCB 钻床控制系统必须检查各轴运动状态才能确定后续运动。例如只有 X 轴和 Y 轴运动完成且到位停止以后，Z 轴才能下钻。调用指令 GT\_GetSts 检查控制轴状态字的 bit10 能够方便的确认控制轴的运动状态，调用 GT\_GetAtlPos 可以检查控制轴实际到位情况。

### 3.3.3 精确回原点

为了实现 PCB 钻床的自动换刀功能，必须保证具有较高的重复定位精度。运动控制器支持高速 HOME 捕获和 Index 捕获，实现精确回原点。具体过程如图 4 所示。图中左边是原点 (Home) 开关，实心垂线表示 Home 信号产生时的位置，虚线表示 Index 信号产生时的位置，方块表示工作台。

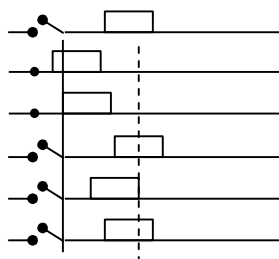


图 4 Home + Index 回原点

1. 工作台向原点 (Home) 开关方向运动，启动 Home 捕获；
2. 当 Home 信号产生时，平滑停止工作台；
3. 调用指令 GT\_GetCapt 读取 Home 信号触发时工作台的实际位置，然后反向运动回到该位置；
4. 启动 Index 捕获，继续运动一圈多一点，当 Index 信号产生时，平滑停止工作台；
5. 调用指令 GT\_GetCapt 读取 Index 信号触发时工作台的实际位置，然后反向运动到该位置；

- 反向运动一小段距离，消除丝杠的反向间隙，等工作台停稳以后调用指令 GT\_ZeroPos 将工作台位置清零，建立机床坐标系。

### 3.3.4 外部状态管理

PCB 钻床具有很多的外部 I/O 状态需要进行管理，例如气阀的打开和关闭，运动控制器提供了 16 路带光隔的通用数字输入和 16 路带光隔的通用数字输出。调用指令 GT\_ExInpt 能够读取外部通用 I/O 输入状态，调用 GT\_ExOpt 能够设置外部通用 I/O 的输出状态。

## 3.4 参数调整

PCB 钻床控制系统开发完成以后，还需要对系统控制参数进行调整，以获得最佳的控制性能。运动控制器提供了相关的指令，可以方便地调整系统参数。

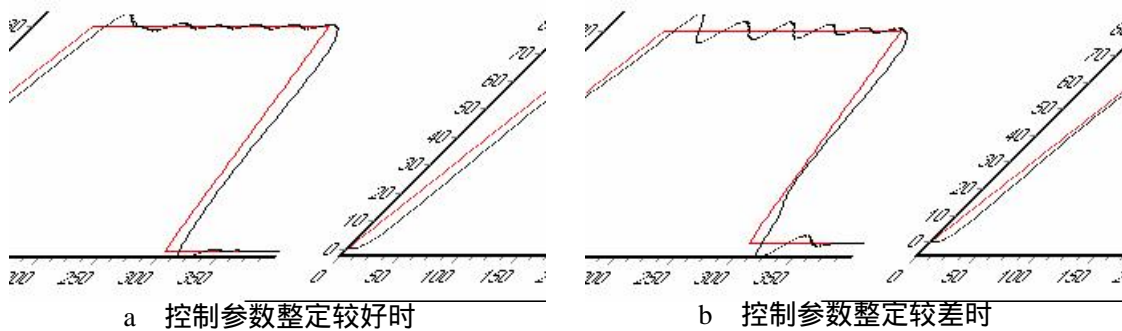


图 5 不同控制参数速度曲线的对比

图 5 显示了控制参数对系统性能的影响。只有将控制系统调整到最佳状态时，才能有效抑制到位振荡，保证加工精度。

## 4 结束语

PCB 钻床的使用特点使其一般采用网络化结构，以简化系统接线，提高系统可靠性和可维护性。PCB 钻床运动特点决定了必须对其能量的积累和释放过程进行精确控制，抑制系统的到位振荡。同时为了保证系统具有最佳的控制性能，必须正确调整系统的控制参数。

### 参考文献

- [1] 《GE 系列运动控制器编程手册》 固高科技
- [2] 《信号与系统》 Simon Haykin (加), Barry Van Veen (美)