

# 分布式集散型线切割群控系统的设计

马青玉

(南京师范大学新闻与传播学院, 210097, 南京)

[摘要] 分布式集散型线切割群控系统是以微型计算机为中心, RS-485 网络为数据通道, 单片机控制器为机床控制终端的系统, 实现工件加工控制、数据断电记忆、工件编程和数据传输、图像处理和存储等功能。

[关键词] 分布式集散型线切割群控系统, RS-485 网络, 单片机控制器

[中图分类号] TP368.1; [文献标识码] B; [文章编号] 1672-1292(2002)01-0042-06

计算机数控系统(CNC)是 20 世纪 70 年代发展起来的机床控制新技术, 它是综合了计算机、自动控制、电气传动、测量、机械制造等技术而形成的一门边缘科学<sup>[4]</sup>。计算机数控系统跟其他机床比较具有适应性强, 加工精度高、质量好, 加工速度快、生产效率高, 操作者劳动强度低, 有利于生产管理现代化, 监控功能和故障诊断功能强等优点<sup>[7]</sup>, 因此被广泛地应用于各种机床上。随着微电子技术和计算机技术的发展, 数控技术日臻完善, 数控系统的应用领域不断扩大, 数控技术正不断采用最新技术, 朝着高速度、高精度、高可靠性、多功能化、智能化、小型化、系统化等方向发展。

以微型计算机为中心, 利用计算机串行接口, 实现 RS-485 串行通讯网络, 可以扩展群控机床的数量; 作为控制器的单片机控制系统除具有控制和插补计算的功能外, 还具有工件程序存储、加工数据断电记忆、加工图像处理、加工速度自适应、按键控制等功能。该系统能联网使用, 也能控制器单独控制机床。中心控制计算机完成手工编程、自动编程、外设状态监控和操作控制、图形显示和跟踪等功能, 使系统真正做成 Windows 95 平台上的实时多任务系统。

## 1 总体结构和功能划分

本系统是以 RS-485 网络为总体结构, 如图 1 所示, 主机和单片机控制器之间的联系通过计算机通讯网络来实现。主机和分机之间可通讯, 分机之间不能通讯。每个单片机控制器又自成体系, 能单独工作, 实现已有工件程序的多次重复自动控制加工。这样微型计算机和单片机控制器之间形成集散型结构, 而单片机控制器之间形成一种分布式结构。

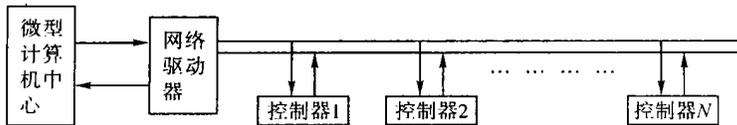


图 1 系统的总结结构

本系统以单片机控制器作为微型计算机的外设, 对每一台线切割机实现一对一的控制。它是以 AT-MEL89C55 为中心, AT89C55 是和 AT8051 基本相同的芯片, 它们具有大致相同的基本功能和指令系统。AT89C55 具有 32 根输入/输出线, P<sub>0</sub> 和 P<sub>2</sub> 口还可以作数据线和地址线使用, 用来对外部的数据和程序存储器进行读写操作, 芯片内部还带有 3 个 16 位定时器和 5 个中断源。AT89C55 的最大的优点

收稿日期: 2001-02-21

作者简介: 马青玉, 1970-, 南京师范大学新闻与传播学院讲师, 主要从事电教技术与计算机应用技术的教学与研究。

还在于具有 20KBYTE 的内部程序存储器 (EEPROM) . 本系统的许多高级程序由微型计算机执行, 单片机控制程序不是很大, 因此, 选用该芯片对编程和调试都很方便.

单片机控制器是系统的计算和直接控制部件, 它主要完成的以下的工作:

- (1) 接收中心计算机的命令, 并完成工作;
- (2) 接收并且存储为中心计算机传送来的工件程序;
- (3) 进行插补计算, 并且控制 X 方向和 Y 方向步进电机进给;
- (4) 计算并存储所走过的图形, 并且能实时传递给中心计算机处理图像;
- (5) 同时能响应按钮中断, 完成不联网单独工作.

单片机控制器的系统硬件框图如图 2:

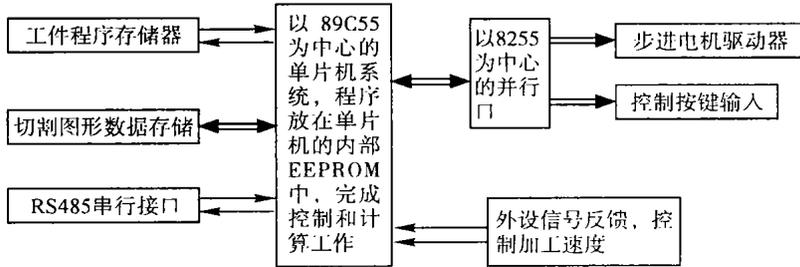


图 2 单片机控制器的系统硬件框

线切割控制器的设计是本系统的关键, 它担负着全系统中大部分的任务, 也是实现自动控制的计算者和执行者, 必须具有一定的运行速度和可靠的稳定性, 还必须为中心计算机提供数据和信息.

## 2 线切割控制器硬件设计

### 2.1 通讯网络

在系统中, 通讯网络是系统总的框架, 是通过通讯线路并根据一定的协议互连起来的各种计算机结合, 它的速度和正确率决定整个系统的稳定性决定系统的灵活性和实用性.

根据本系统的要求, 要使系统的传送速度快, 距离远, 抗干扰能力要强, 扩展性好, 因此, 选用 RS-485 网络, 芯片采用 MAXIM 公司的 MAX490.

MAX490 是美国 MAXIM 公司最近推出的网络芯片, 它的工作电压范围很大, 从 3V 到 +12V, 平时用在 +5V 和 +6V, 是标准的 RS-485 和 RS-422 通用型的电压信号转换器. 它将输入的高低电平信号转换成二线制的差分输出方式, 同时也将二线制的差分输入信号转换成单线输出的高低电平; 由于用差分方式传送信号具有很强的抗共模干扰能力, 可以降低线路长度和线路干扰造成的影响; 因此, 连接和布线十分方便, 有利于网络的使用.

MAX490 是全双工的芯片, 可以挂接 32 个同样的接收器, 具有过流和过载保护, 平时的静态电流为 300 A, 可以抗 15kV 的电压冲击, 输入信号的范围很大, 可以由 -7V 到 +12V, 有 3 态输出功能, 信号的传输延时为 30ns, 信号的上升和下降斜坡时间为 5ns, 工作的最高速度为 2.5M bps.

系统由微型计算机的串行端口 COM1 或 COM2 接网络驱动器, 计算机的引出 RXD 信号接到 MAX490 的 RO 接收的信号输出端, 接收由远处单片机送来的数据信号, TXD 信号接到 MAX490 的 DI 信号的输入端, 将计算机的发送信号经过网络驱动器差分处理后的信号由差分输出端 X、Y 经过长距离的 4 芯线送到远处的单片机上的差分信号输入端 A、B 上. 线切割控制器和计算机数据交换的原理和计算机的网络驱动器相同.

在系统的连接中, 单片机和计算机的使用电平相反, 计算机的串行端口是 RS-232 接口, 输出的是 12V 的信号电压, -12V 为 1; 而单片机的信号是 0-5V, 它的 +5V 信号为 1, 因此, 两者之间的连

接必须反向,将 MAX490 的输入和输出信号在相连时反向相接,即 A 接 Y, B 接 X,这样既方便又可靠。

图 3 是具体应用设计的系统网络结构图,在图中,左边的芯片(1)是在计算机串口上的网络驱动器,它是信号到达计算机的公共通道,其余的是在单片机上的信号处理芯片,将每一个线切割控制器和计算机相通讯。

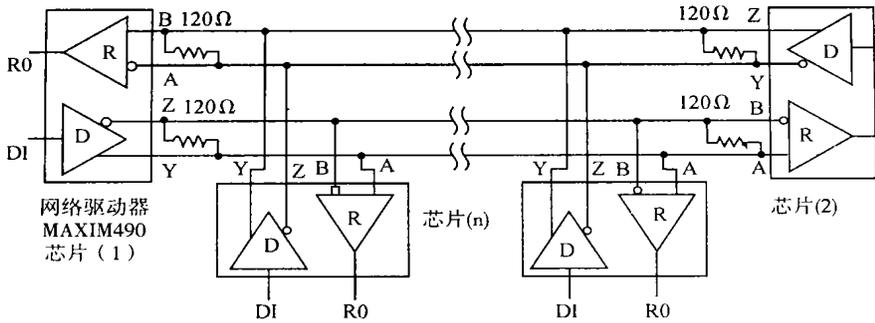


图 3 系统网络结构图

在系统网络中,每个线切割控制器都有自己独立的机号,机号是在程序编制时将不同的机器号码写入控制程序中。计算机读每个线切割控制器的控制命令是通过串行接口传送,而控制器在加工时接收命令是通过串行接口的中断来实现。如图 4 所示,区分命令的代码是识别码+机号+操作码,当前两个接收的数据是规定的识别码和自己的机号时,则确认命令并根据命令执行不同的程序,完成要做的工作。否则,退出中断。

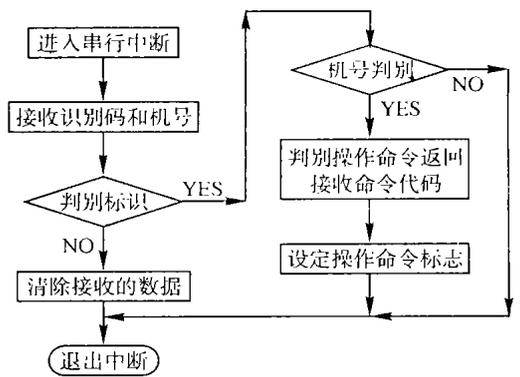


图 4 串行中断的流程图

根据本系统设计要求,数据传送的速度越快越好,但是,限于 AT MEL89C55 的串行通讯能力,一般不宜很高,这样可以提高系统的稳定性,系统中 MAX490 所用的通讯速度为 9 600 bps 或 19 200 bps,长期使用未曾出现误码。

## 2.2 存储系统

在本系统中,存储是一个不可缺少的部分,它包括程序的存储、数据的存储、图像的存储、工件程序的存储、断电记忆等多方面。下面逐一进行介绍。

### 2.2.1 程序的存储

在单片机控制器的设计中,程序是至关重要的,要求程序能长期使用而不能丢失或损坏。AT-MEL 89C55 内部程序存储器是一种电改写 ROM,能长期稳定存放加工程序。如果存储器容量不够,还有选用更高容量的芯片,如 78E58 程序容量可达到 32KBYTE。

### 2.2.2 工件程序的存储

在数控系统中,工件的程序代表工件的形状,是机床加工所分析和计算的对象,它的来源有如下几个方面:电报头读入纸带程序法;手工编程输入法;计算机自动编程法;计算机手工编程传输法等。各种方法各有利弊,有的烦琐,有的设备要求高,只有综合利用才能体现优点。

本系统中使用的是计算机自动编程和计算机手工编程相结合。自动编程是利用工件自动编程软件,它能产生工件程序文件,直接读取文件即可使用;手工编程是在计算机上用高级语言编写工件程序,输入后可以自动形成工件程序文件,并且当时计算显示工件的具体形状,以供编程者修改。

工件程序在线切割控制器中的存放和使用,必须具有以下要求:(1)能接收程序并按要求存放和

读取; (2) 断电后程序不丢失, 能耐受一般可能的冲击而不会变化; (3) 运行时和计算过程中的数据分开放置, 减少程序变化的可能性。

根据以上的要求, 分析各种数据存储器的特性, 选用 EEPROM 芯片 24C256, 它既具有程序存储器的特性, 又具有数据存储器的特性, 使用十分方便。24C256 是一种二线式串行 EEPROM, 8 脚双列直插封装, 容量为 32KBYTE, 只要单片机的两根口线即可实现存储和读取的功能。由于是串行数据, 因此存取速度较慢, 大约需要几个毫秒, 但是在数据串行传送时波特率不高, 所以不影响计算机的工作速度。

在线切割控制中, 工件程序一般用 3B 格式程序, 即 BXBYBJGXYZ 格式, 来表示一条曲线的形状和切割方向。在本系统中, BX 采用 4 个字节来表示, 最高字节最高位代表符号, 可以计算的值为  $-2\ 147\ 483\ 648\ m$  至  $2\ 147\ 483\ 648\ m$ , 范围足够使用, 同样 BY 和 BJ 也是用同样的位数, GXY 和 Z 合起来用 8 位表示, 最高位为 1 时表示 Y 方向计数, 为 0 时表示 X 方向计数, 因此, 一条程序共计需要 13 个字节的存储空间, 为了能向更高的更完善的技术发展, 在设计时将每条程序留 20 个存储空间。另外, 在每个工件程序的前面, 还要放置工件的总体工作参数, 如: 工件的程序总数、加工的初始位置坐标、计算机的图形显示比例和起始坐标, 共计用 20 个字节存放。这样计算, 一片存储器(32kbyte)可以存储的程序总数超过 1 600 条, 足够用来存放很大很复杂的工件程序, 如实在不够, 则可以再安装一片存储器即可扩展一倍的程序容量。

需要加工的工件程序是来源于计算机的自动编程或手工编程的程序, 单片机控制器的程序是由计算机通过传送命令, 将所有的数据一条一条地按照 3B 格式通过网络线传输过来而得到存到数据存储器中, 并且根据上面的存储规则将工件程序再保存到 24C256 中。如果按照 9 600bps 的传输速率, 100 条命令 2s 的时间足够完成。

### 2.2.3 加工数据和图形的存储

在加工过程中, 加工计算程序比较复杂, 加工时参与计算的参数很多, 仅靠单片机内部的数据存储器是不够的, 必须外加数据存储器扩展容量。数据存储器中既需要存放参数又需要存放加工图形, 而图形需要根据所设计图形的点阵大小来决定存储容量。为了做到断电记忆, 使下一次加工能从上一次加工的断点开始继续下去, 还能跟踪两次加工的总图形, 要选用断电不丢数据的芯片, 并且加工的每步参数采用冗余比较法判别断点; 由于加工计算速度较高, 存放和读取数据要快, 因此, 选用并行存储芯片。

根据以上要求选择存储器 HM62256, 外接电池保护供电, 实际使用后效果不佳, 经常丢失图形数据, 使返回的图形上有许多噪点。换用 HK1235, 该芯片是 8 位自带电池保护的易失 SRAM, 它和 HM62256 完全兼容, 存储器容量为 32KBYTE, 存取速度分别为 55ns 和 70ns; 可以单字节读写; 内置锂电池, 在无外电源的情况下, 可以 10 年数据不丢失; 单 5V 供电, 功耗 < 5mW, 双列直插封装, 超薄设计, 具有极强的抗震性, 内部集成英国抗冲击电路, 具有万无一失的抗干扰能力。

HK1235 存储单元的前一部分放置参数, 后一部分放置图形。由于图形要和以前的线切割系统设计相配合, 因此选用 600 400 的点阵格式, 并且用双色显示(走过的点为 0, 没走过的点全为 1); 根据以上设计, 图形需要 240 000 个存储位, 每个字节存储 8 位, 因此, 总共需要 30 000 个字节存放图形, 多余的足够存放参数。如果对图形的要求提高, 点阵变大, 则可以选用更大容量的存储器。存储器在系统中的片选位置决定它的地址是从 8 000h 开始, 到 0fffh 结束。

## 3 线切割控制系统的高级软件设计

本系统是计算机控制下的线切割群控系统, 计算机主要进行高级的计算和图形显示功能, 外围的线切割控制器进行状态监控和工作命令传送, 它要完成的主要工作如下:

- (1) 线切割控制器的状态监控和操作控制工作;
- (2) 工件程序的编制、读取、存储;

- (3) 工件程序的自动编程;
- (4) 加工跟踪和图形显示.

### 3.1 线切割控制器的状态监控

本系统是通过串行接口网络将计算机和线切割控制器相连接, 计算机必须预先知道各个线切割控制器的工作状态, 所以, 必须对线切割控制器进行状态监控. 对线切割控制器的状态监控是用计算机通过串行通讯对带有不同编号的线切割控制器进行定时扫描查询, 根据返回的数据确定外设的状态. 当计算机发送命令中的机号和某一台线切割控制器的内部设定机号相同时, 该线切割控制器会向计算机发送响应信号, 计算机判断该机器状态正常, 屏幕上该号的按键变亮, 可以控制; 如得不到响应信号, 认定该号码的线切割控制器不能正常使用, 并将该号的按键变灰, 不能控制.

### 3.2 串行通讯控制线切割控制器的工作

本系统中, 各个线切割控制器的工作主要是通过计算机的串行接口, 利用 RS-485 网络的通讯, 将计算机中的命令传达到每一台线切割控制器, 使系统能稳定地进行加工.

要使计算机的命令能被每一台线切割控制器准确无误地接收和确认, 二者之间必须有一种可靠的协议, 在本系统中是利用计算机传送一系列数据, 结构是: 标识符+ 机号+ 操作命令符, 当线切割控制器接收到命令, 判别命令的各个数据, 确定是否要工作, 根据判断结果, 执行不同的操作.

在软件设计时, 将系统的控制部分的程序全部放在菜单栏的控制下拉菜单中, 包括串口选择、系统复位、状态检测、加工、暂停、图形、跟踪等命令, 每个菜单命令都能完成一个独立的控制工作.

## 4 加工跟踪和图形显示

加工跟踪和图形显示是本系统显示加工图形的两种方法. 图形显示是将线切割控制器存储器中的已经加工的图形整个传送到计算机中, 计算机通过计算显示图形, 该图形只能是静态的, 不能实时反映当前的运行情况; 加工跟踪能跟踪线切割控制器加工的每一步, 并且动态显示图形; 如果原先已有部分加工过的图形, 可以先传送图形再跟踪.

图形跟踪用来实时反映加工过程每一步的方法. 设置一个跟踪命令, 则机床每前进一个需要显示的步进, 就给计算机发送一个要显示的加工点的坐标(X, Y), 计算机就计算并显示该加工点. 在整个系统中, 计算机能任意跟踪其中的每一台机床. 加工跟踪图形显示是通过计算机给线切割控制器发送命令, 接收到返回信号后开始接收图形数据, 完成图形接收和显示, 完成后, 不断接收新增加点的坐标和数据, 经过坐标转换, 在图中加上加工经过的点, 完成图形跟踪. 完整的流程见图 5.

在图形传送时, 为了使数据能够稳定可靠, 杜绝误码, 因此增加了数据检验和校验和误码检验功能.

在图形接收显示过程中, 一幅图像需要 30 000 个数据, 而其中真正有加工点的数据一般不到 5%. 为了提高速度, 在发送之前, 单片机控制器先对数据分类, 将有加工点的数据组合成数组; 然后将该数组的每一个数据(一个字节)和它的位置(两个字节)共 3 个字节一起发送, 加上 3 个数的校验和(一个字节), 共计发送 4 个字节的数据; 这样, 不但单片机控制器的数据传递速度得到提高, 而且, 计算机可以根据接收的数据、位置计算校验和, 再和接收的校验和进行比较, 如果不同就返回错误信息, 单片机控制器重新发送数据, 从而解决传送的误码问题, 使系统的图像显示迅速而且精确. 图形显示程序是将接收的图形数据的地址和数值转换成图形的过程. 由线切割控制器向计算机传送的图形数据是根据图形的具体坐标和整体布局映射而成的数据流, 因此计算机的计算方法必须和线切割控制器的图形存放原理和

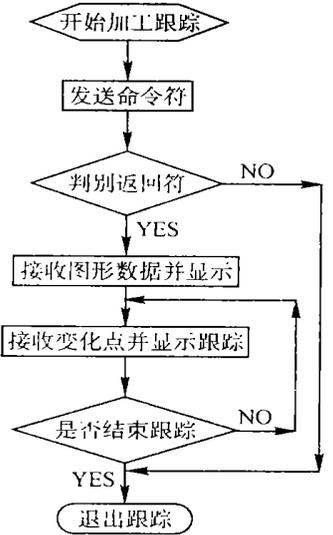


图 5 加工跟踪流程图

数据传送的方法对应起来分析. 通过高级程序的数据传送和计算显示, 就能将线切割控制器每前进一步需要显示的图形显示在屏幕上. 整个图形的显示传送大概需要 3~ 5s. 图 6 就是在加工结束后图像返回显示的加工形状.

在图形跟踪的过程中, 加工的步进每前进一步, 单片机控制器就计算图形显示的显示点的坐标, 将该数据存储到存储器中的对应位置上, 并且向计算机发送跟踪点的数据: 水平坐标(两个字节)、垂直坐标(两个字节), 校验和(一个字节), 计算机接收到数据进行数据校验, 确认正确时在屏幕的对应点上加上加工点, 如果不正确, 计算机发送错误信息, 单片机重新发送上一次的数据. 这样不断重复运行, 计算机就能跟踪显示加工的图形.

经过加工工件的图形跟踪, 计算机接收线切割控制器发送过来的图形显示数据, 经过计算, 得到每一个需要显示的坐标, 然后在屏幕的对应坐标上显示一点, 通过成千上万个点的不断连接就可以完成图形跟踪的连续显示.

本系统在研制成功以后, 已经在南京师范大学物理系的自动控制实验室试用, 它具有扩展数量多, 成本低, 稳定性好, 图像显示和跟踪清晰, 布线方便, 使用灵活等优点, 已经得到广泛的肯定.

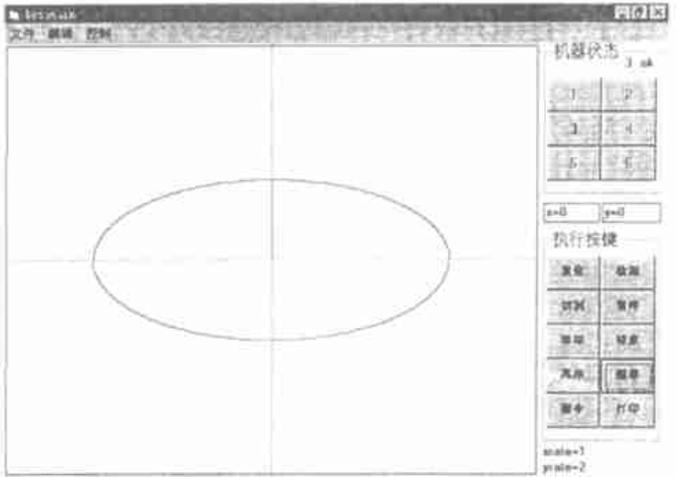


图 6 切割跟踪图形显示

#### [参考文献]

- [1] 谭锡林. 计算机数控双工方式与图象显示技术[M]. 南京: 江苏科技出版社, 1993.
- [2] 彭炎午. 计算机数控系统[M]. 西安: 西北工业大学出版社, 1988.
- [3] 毕承思. 现代控制机床[M]. 北京: 机械工业出版社, 1991.
- [4] Yoram Koren. Computer Control of Manufacturing System[M]. New York, McGraw-Hill, 1983.
- [5] Golden E. H. Open Architecture in CNCs[M]. Modern Machine Shop, 1991.

## The Design of the Distributed and Centralized Thread Incising Group Control System

Ma Qingyu

(College of News and Broadcast, Nanjing Normal University, 210097, Nanjing, PRC)

**Abstract:** The computer is the center of the distributed and centralized thread incising group control system and the MCU controller serves as the machine controller with the RS-485 net. The system can accomplish the following tasks: workpiece machining, programming, program transmitting and saving of the workpiece, and image processing of the thread incising machine.

**Key words:** distributed and centralized thread incising group control system, RS-485 net, MCU controller

[责任编辑: 黎]