

文章编号:1000-582x(2000)06-0075-04

基于工业 PC 机的 HAND - CNC 车床数控系统

涂运华, 黄席樾, 柴毅, 马笑潇

(重庆大学自动化学院, 重庆 400044)

TG659.03
FG

摘要: 对基于 PC 机平台的 HAND - CNC(人机集成型)车床数控系统软件的结构、软件模块等进行了介绍, 主要在人机集成的概念、快速自动跨象限圆弧插补原理、步进电机升/降频控制等关键技术进行了阐述。该新型车床数控软件, 在人与数控车床之间建立起了一种新的人机关系——“伙伴式”合作关系, 使人的才能与设备的性能得以充分发挥, 显著地提高了系统的性价比。具有广泛的应用价值。

关键词: 数控系统; 车床; 步进电机 PC机, 人机集成型

中图分类号: TP 11

文献标识码: A

随着产业革命的进一步推进, 机械制造业向技术界提出了许多切实的要求, 以保证制造业向着高精度、高速度、高效率、快速的市场响应、易操作性等方向发展。数控技术在机械制造业中的推广应用, 为机械制造业由刚性自动化向柔性自动化的过渡和发展作出了重要贡献, 揭开了世界机械制造业的第三次历史性技术革命的序幕。从 70 年代中期开始, 机床数控系统由硬件数控(NC)走上了软件数控(Computer Numerical Control, CNC)的新阶段。

硬件式数控的所有功能均利用电路实现, 即采用硬件来实现插补、纸带格式的识别、绝对或增量定位、字符编码识别等功能; 软件式数控是取代 NC 的新型数控系统, 采用大规模集成电路, 超大规模集成电路及微处理机组成, 由一系列程序来实现控制功能, 具有很强的程序存储能力。

随着计算机技术的发展和普及, 以缩短产品设计周期, 提高加工过程的生产率, 增强工厂的市场竞争力为主题的“设计制造一体化系统”正逐渐风行。以柔性自动化生产过程为代表, 尤其在联机设计生产情况下, 对 FMS、CIMS 过程中的最小制造单元——数控单元提出了更加灵活、更加开放的要求, 基于个人计算机的数控单元, 由于其独特优势, 在数控单元中开始了广泛、深入的应用^[1]。

1 人机集成系统的基本概念

20 世纪是科学发展最剧烈的一个世纪, 其间机械科学发展的最大特征是自动化, 特别是 20 世纪后半叶计算机与机械科学的碰撞, 使机械领域发生了一场革命, 自动化 + 智能化成为机械领域新的重要特征。但是, 不难发现, 现代制造技术的发展, 从一开始就过于强调自动化和智能化, 忽略了人在系统中的作用。随着制造技术的深入发展, 逐渐暴露出自身发展的局限性。

改善人在自动化、智能化系统中的作用, 现在已被越来越多的人重视和关注, 建立一种新型的人机关系已成为当今制造技术发展的新方向。充分肯定人的因素, 使人与机器的关系更加密切, 形成一种以人为中心的人机集成系统, 发挥系统的最佳效益^[2]。

人机集成理论作为制造技术工业中一种新型的技术理论, 它是指采取以人为主, 人 - 机械一体的技术路线, 人与机械共同组成一个系统, 各自执行自己最擅长的工作, 形成达到甚至超过人的能力乃至智力的“超智能(Superhuman Intelligence)”系统。其核心内容是强调人在系统中的重要性, 以人为中心构成新型的机械系统。计算机系统是人机集成系统中的重要环节, 它沟通人与常规机械, 从而实现人机通信^[3,4]。

收稿日期: 2000-04-18

作者简介: 涂运华(1973-), 男, 重庆市江津人, 重庆大学博士生。主要研究方向: 智能控制与人工智能。

2 系统控制软件结构

现代 CNC 数控系统的控制软件,主要有后台型和中断型两种结构。由于该系统是基于工业 PC 机硬件平台和 DOS 单任务操作系统的软件平台上开发的,工业 PC 机虽有较快的处理速度,但属于单 CPU 处理机,而且中断也不丰实(被系统大量占用)。因此,根据这两种结构的特点,采用了后台型的软件结构,前台程序主要做插补工作,后台程序则做编辑、预处理等功能,其软件结构的基本组成如图 1 所示。

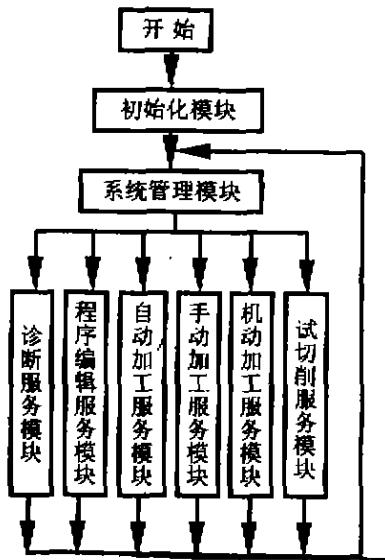


图 1 数控系统的控制软件结构

2.1 HAND-CNC 车床数控系统功能

现有车床数控系统,在自动加工过程中,一般不允许对加工过程进行人工中断处理。当然在一些高档数控系统中,它可以通过配置的自适应控制系统自动检测加工状态,进行自动调整,并完成加工,但这种自适应控制系统开发代价太大。现有的车床数控系统,在加工中若出现紧急情况(打刀、毛坯余量不均,进给量过大等),只有通过急停按钮停车,这样便造成系统中止和重新调整车床,严重时造成整个零件的破坏。于是便大大降低了生产率。因此,本系统实现的主要功能有:

2.1.1 人工干预性功能

数控自动加工过程中,可以随时插入手动操作功能,以应付可能发生的某些紧急情况,这是现有数控系统所不具有的功能。例如数控加工中由于毛坯余量不均,发现切削负荷愈来愈大,为了防止事故,操作者可轻摇手轮使刀尖退出一些。出现打刀等情况的处理类似。此操作并不破坏数控加工过程,待到第二个循环时,再摇动 X 方向手轮使刀尖进到规定的深度,从而

完成零件的加工。

2.1.2 非编程加工功能(包括手动和机动两种功能)

2.1.2.1 手动加工,调整功能

如同普通车床一样,可操作 X、Z 方向电子手轮,轻松自如地移动刀架拖板沿 X、Z 方向移动,实现对刀、调整及对零件加工。

2.1.2.2 手摇联动进给功能

这是本系统区别现有车床数控的突出特点之一。输入零件锥面、圆弧等程序以后,可通过摇动联动电子手轮,实现 X、Z 轴联动,控制刀架拖板,走出曲面轮廓的轨迹。此一功能首先可用于数控加工的程序检验和试切削,亦可用于普通车床手动操作状态下工件过渡曲面的加工。

2.1.2.3 进给机动功能

对刀调整好后,如同普通车床一样,可通过十字手柄操作,实现刀架拖板沿 X 或 Z 方向的快速机动进给,进给量可以在工作中实现无级调整。同时,也可进行锥度或圆弧的加工。

2.2 基于图形参数的输入

开发一种效率高、质量好的数控语言编程系统,是数控机床诞生以来人们一直追求的目标。然而现在采用的数控语言编程系统,虽然越来越接近自然语言,易于掌握,同时也能避免人为错误,提高编程质量,但是数控语言系统也具有缺点:1) 首先要求编程人员要学习和掌握数控语言,需要将加工零件的信息转换为文字信息,而文字信息远不如图形直观,且在这种转换中容易产生一些人为的错误;2) 数控语言编程目前还是采用批处理形式,即用数控语言编写的零件程序,输入给计算机后一次处理,在处理过程中编程人员不能对运行状态进行干预,也不能对其运行结果进行调整。因此,零件源程序的编写、编辑、修改等还不够直观和方便^[5]。为了使 HAND-CNC 数控系统易学易懂,操作方便,特别是便于那些使用惯了的普通车床但却又不熟悉数控编程的人员操作,设计了图形参数化编程系统。众所周知,车床上加工的零件,基本上均为回转体类零件,即它的外形相对于某一根轴中心对称,这就为用图形参数化编程创造了条件,图 2 为车床的典型加工零件。

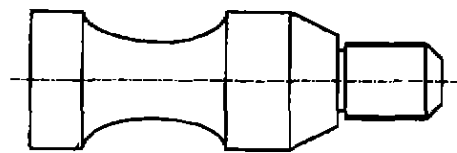
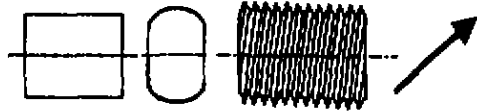


图 2 车床的典型加工零件

通过对该零件的分析,可以知道它由一段一段简单图形连接而成,基本上是圆柱形、圆弧形、螺纹形和快速进给(空行程)等 4 大类,这样,便可将这 4 类视为本数控系统软件的图形编辑系统的特征单元,如图 3 所示。



(a)圆柱类 (b)圆弧类 (c)螺纹类 (d)空行程类

图 3 HAND - CNC 编辑系统的特征单元

3 关键技术

3.1 自动跨象限的圆弧逻辑插补分析法

对于圆弧插补程序,一般必须对 4 个象限的顺、逆圆弧插补,各自编制一个插补分支程序,而且其插补计算复杂而烦琐。特别对于同一段存在跨象限的问题就更为复杂。针对这些问题,本系统采用了自动跨象限的逻辑插补分析法^[4],对 4 个象限的插补结果进行综合分析,并用逻辑式和卡诺图归纳出几个基本关系式,进而利用这些公式来解决圆弧的自动跨象限的处理,试图用一个普通的插补流程代替 4 个象限的流程,使编程优化,节约内存占用量。通过对圆弧插补原理的分析和归纳,把插补的影响因素看成自变量,它们是:

X_i - X 坐标极性变量。当 $X \geq 0$ 时, $X_i = 0$; 当 $X < 0$ 时, $X_i = 1$ 。

Z_i - Z 坐标极性变量。当 $Z \geq 0$ 时, $Z_i = 0$; 当 $Z < 0$ 时, $Z_i = 1$ 。

D_i - 偏差函数极性变量。当 $D \geq 0$ 时, $D_i = 0$; 当 $D < 0$ 时, $D_i = 1$ 。

S_{cyc} - 顺逆圆标志变量。当为逆圆时, $S_{cyc} = 0$; 当为顺圆时, $S_{cyc} = 1$ 。

因变量:

S_{dir} - 坐标方向变量。当向正向走时, $S_{dir} = 0$; 当向负向走时, $S_{dir} = 1$ 。

$S_{+,-}$ - 动点坐标加、减运算标志变量。当加时, $S_{+,-} = 0$; 当减时, $S_{+,-} = 1$ 。

D_{qf}, D_{hf} - 偏差函数 D 的前后部分的加减运算符号变量。当加时, $D_{qf} = D_{hf} = 0$; 当减时, $D_{qf} = D_{hf} = 1$ 。

由于采用了符号运算,故 $S_{+,-}$ 因变量可以省略。动点坐标修改运算时,如果是走正向,则坐标采用加运算;走负向,则坐标采用减运算。

因此,根据自变量和因变量的信息, S_{dir}, D_{qf}, D_{hf} 的逻辑表达式为:

$$S_{dir} = \bar{Z}_i \bar{S}_{cyc} \bar{D}_i + \bar{X}_i \bar{S}_{cyc} D_i + Z_i S_{cyc} \bar{D}_i =$$

$$\bar{D}_i (\bar{S}_{cyc} \oplus \bar{Z}_i) + D_i (X_i \oplus S_{cyc})$$

$$D_{qf} = \bar{X}_i \bar{Z}_i S_{cyc} + \bar{X}_i \bar{S}_{cyc} Z_i + X_i \bar{S}_{cyc} \bar{Z}_i =$$

$$S_{cyc} \oplus Z_i \oplus \bar{Z}_i$$

$$D_{hf} = \bar{D}_i$$

其中: \oplus - 异或运算

3.2 进给速度的控制

在进给速度控制中,一般都有一个升速、恒速和降速过程,以适应驱动系统的工作状态,保证工作的稳定性。目前数控系统中的软件控制方法常有等加减速控制法和变加减速控制法。通过对这些控制方法的比较,本系统的自动升、降频控制采用了等加减速控制法。

3.2.1 等加减速运动分析

图 4 描述了一个步进电机的等加减速的运动过程。在图中纵坐标是频率,它是以步/s 为单位,因此本质上是速度。横坐标是步数,其本质上是位移距离。

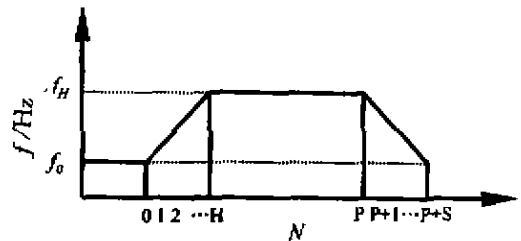


图 4 步进电机等加减速的运动过程

设步进电机以启动频率 f_0 启动后,以加速度 a 进行加速,经过 H 步运行后,得到最高频率 f_H ,以后执行匀速运行,行走一段时间后,则开始从最高频率 f_H 开始,经过 S 步之后降至 f_0 而停止。

在数控技术的设计时,参数 f_0, f_H, H, S 都是已知的,需要计算的参数是加速度 a 以及加速阶段某时刻的步进周期及减速阶段某时刻的步进周期和匀速阶段的步进周期。

3.2.2 加速阶段的参数求取

对于一个线性加速过程,在图 5 的坐标系下可表示为: $f = f_0 + at$, 式中: f 为瞬时频率(速度), a 为加速度, f_0 为启动频率(速度), t 为加速时间。

当步进电机运行了 X 步,所对应的频率为 f_x ,所用的时间为 t_x 时,根据运动学方程有:

$$X = f_0 t_x + 1/2 a t_x^2 \tag{1}$$

于是有:

$$t_x = (\sqrt{f_0^2 + 2Xa} - f_0)/a$$

$$(X = 1, 2, 3, \dots, H) \quad (2)$$

同理,当步进电机运行 $X - 1$ 步时,频率为 f_{X-1} ,所用的时间为 t_{X-1} 时,则有:

$$t_{X-1} = (\sqrt{f_0^2 + 2(X-1)a} - f_0)/a \quad (3)$$

那么相邻两个进给脉冲之间的时间间隔为:

$$T_x = t_x - t_{x-1} = (\sqrt{f_0^2 + 2Xa} - \sqrt{f_0^2 + 2(X-1)a})/a \quad (4)$$

但式(4)中仍含有未知数 a ,故必须求出 a 。

为此,把达到最好速度时对应的频率 f_H 和 t_H 分别代入(1)和(2)中,得到:

$$\begin{cases} f_H = f_0 + at_H \\ t_H = \sqrt{f_0^2 + 2Ha} - f_0/a \end{cases}$$

解得

$$a = (f_H^2 - f_0^2)/2H \quad (5)$$

把式(5)代入式(4)得:

$$T_x = 2 \left[\sqrt{H^2 f_0^2 + HX(f_H^2 - f_0^2)} - \sqrt{H^2 f_0^2 + H(X-1)(f_H^2 - f_0^2)} \right] / (f_H^2 - f_0^2) \quad (6)$$

当 $X = 1$ 时,取 $T_1 = 1/f_0$,以后各步 $X(X = 2 \sim H)$ 间的步间隔 T_x 可用式(6)逆推而得。同理可以求得匀速阶段和降速阶段的参数。

4 结论

笔者在对国内外数控系统的发展现状及趋势分析的基础上,以人机集成理论原则为指导,开发了一种兼有普通车床和数控车床二者优点的新型数控系统软件。它具有良好的人机干预性、协调性、合作性,使人的才能和设备的性能得以充分的发挥,不但显著地提高了系统的性价比,尤其是用于多品种、单件或小批量的零件加工,本系统具有广阔的应用前景和推广价值。

参考文献:

- [1] 黄勇,陈子辰. 机床数控系统的发展趋势[J]. 机械, 1997(1):12-17
- [2] ARUHLE KISHI, SHUYI HATA. The Concept of Future Man-Machine System and the Evaluation Method of Vigilance[J]. SAE Paper, 1991, 10(1):23-28.
- [3] 路勇祥,陈鹰. 人机一体化系统与技术立论[J]. 机械工程学报, 1994, 30(6):1-9.
- [4] ROUSE WILLIAM B, CODY WILLIAM J. On the Design of Man-Machine Systems: Principles, Practices and Prospects[J]. Automation, 1988, 24(2):227-228.
- [5] 栗全庆. 图形编程—数控加工自动编程技术的发展方向[J]. 组合机床与自动化加工技术, 1996(5):36-39.
- [6] 李恩林. 插补原理[M]. 北京:机械工业出版社, 1991

The Research of HAND-CNC Lathe Numerical Control System Based on Industrial Personal Computer

TU Yun-hua, HUANG Xi-yue, CHAI Yi, MA Xiao-xiao

(College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400044, China)

Abstract: This paper mainly introduces the research and development of HAND-CNC (Man-Machine Integrated NC) Lathe Numerical Control System based on Industrial personal Computer (IPC). Meanwhile, analyzes the concept of Man-machine System, the quick way in circular interpolation to pass quadrants automatically, Step-Motor increasing and decreasing frequency control and screw machines method. Constructing a new Man-Machine relationship—"Partnership" cooperation. Each part does work good and optimize system performance efficiency. The Man-Machine integrated Lathe NC system, fairly constructs Man-Machine relationship, and possesses extensive prospect for application.

Key words: numerical control system; lathe; step-motor