

21世纪高等教育规划教材

数控机床编程技术

胡育辉 主编



西南交通大学出版社
[Http://press.swjtu.edu.cn](http://press.swjtu.edu.cn)

总顾问:张晋峰

21 世纪高等教育规划教材

数控机床编程技术

胡育辉 主编

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

内 容 提 要

本书主要对数控车床、数控铣床及加工中心的基本操作、手工编程、自动编程进行了详尽描述,并对 Pro/E 软件作了介绍。书中例举了大量实例,内容丰富。

本书适合作为高等院校本、专科机电类专业教材,也可作为数控技术人员业务参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程技术 / 胡育辉主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2006.8

(21 世纪高等教育规划教材)

ISBN 7-81104-406-4

I. 数... II. 胡... III. 数控机床—程序设计 —
高等学校:技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 089793 号

21 世纪高等教育规划教材

数 控 机 床 编 程 技 术

Shukong Jichuang Biancheng Jishu

胡育辉 主编

*

责任编辑 张华敏 张晓燕

封面设计 水木时代

西南交通大学出版社出版发行

(成都市二环路北一段 111 号 邮政编码: 610031 发行部电话: 028-87600564)

<http://press.swjtu.edu.cn>

安徽蚌埠广达印务有限公司印刷

*

成品尺寸: 185mm×260mm 印张: 22.25

字数: 630 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 7-81104-406-4

定价: 32.00 元

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

编审说明

随着数控化率的显著提高,技术市场对数控机床人才的需求越来越大。据有关部门对我国 2005 年用工缺口的统计数据显示,我国数控人才的缺口达到 60 万,在技术人才的缺口一直位居前列。可见,培养既有理论知识又有动手能力的数控机床编程及操作人才早已势在必行。

数控机床具有高柔性、高精度、高效率等突出优点,但它对操作人员也提出了较高的技术要求。一些企业斥资购置了数控机床,却很难聘到熟练的编程及操作人员,设备闲置现象严重。针对这一现象和社会需求,我们通过多年教学与生产实践经验与总结,编写了这部适于高等院校本、专科层次的《数控机床编程技术》教材。

本书针对应用较广的数控车床、数控铣床及加工中心,以占市场份额较大的 FANUC(法那科)数控系统的手工编程方法为核心内容,并辅以德国 SIEMENS(西门子)系统和国产华中系统编程实例作比较。自动编程以 CAXA 制造工程师及 Pro/E 软件作以介绍。全书语言通俗易懂,图文并茂,力求用实例说明问题,许多典型例子都来源于企业当前加工的零件,增强了全书的系统性、实用性和需求性。此外,本书附录还精选了全国历届数控工艺员考试编程部分的习题,并附以答案。

经审定,本书可以作为高等院校数控类专业、机电一体化等专业教材,也可作为广大数控技术人员业务参考书。

本书在编写过程中,作者参考了国内外数控技术方面的诸多论述、文献和 FANUC 系统数控编程与操作手册。

本书由胡育辉主编,编写人员分工如下:袁志华(第 2 章),赵洪志(第 5 章),孙洪雨(第 7.1),王素艳(第 7.2、7.3 节及附录)。

本书在编写过程中,得到作者所在单位领导、教务处和机械工程系同仁的关心和大力帮助,在此一并表示感谢。

限于编者水平及时间仓促,书中错误、疏漏之处,恳求有关专家教授和广大读者不吝批评指正,以便不断修订完善。

21 世纪高等教育规划教材编审指导委员会

2006 年 8 月

目 录

第1章 数控机床概述	(1)
1.1 数控机床的组成及其功能	(1)
1.2 数控机床的分类	(3)
1.3 数控技术的发展趋势	(9)
习题1	(10)
第2章 数控编程中的工艺处理	(11)
2.1 工艺参数的确定与刀具的选择	(11)
2.2 数控车床的加工工艺路线	(26)
2.3 数控铣床加工中心的工艺路线	(34)
习题2	(42)
第3章 数控车床的手工编程	(43)
3.1 数控车床编程基础	(43)
3.2 FANUC Oi-TA 数控系统的编程方法	(50)
3.3 西门子数控系统的编程综合实例	(78)
3.4 华中数控系统的编程综合实例	(84)
习题3	(88)
第4章 数控铣床及加工中心的手工编程	(90)
4.1 程序编制的基本概念	(90)
4.2 数控铣床及加工中心的编程基础	(93)
4.3 FANUC Oi-MA 数控系统的编程	(103)
4.4 西门子数控系统的编程综合实例	(179)
4.5 华中数控系统的编程综合实例	(188)
习题4	(191)
第5章 数控车的自动编程	(192)
5.1 自动编程概述	(192)
5.2 Pro/E 数控车的自动编程	(194)
5.3 CAXA 数控车的自动编程实例	(203)
习题5	(226)
第6章 CAXA 数控铣的自动编程	(227)
6.1 基本操作与基本概念	(227)
6.2 零件的加工方法	(233)
6.3 数控铣的自动编程实例	(250)
习题6	(260)
第7章 FANUC 数控系统数控机床的基本操作	(262)
7.1 数控车床的操作	(262)

7.2 数控铣床的操作	(295)
7.3 数控加工中心的操作	(308)
习题 7	(322)
附 录	(326)
附录 A 全国数控工艺员历届考试题(数控车编程部分)精选及答案	(326)
附录 B 全国数控工艺员历届考试题(数控铣编程部分)精选及答案	(343)
参考文献	(349)

第 1 章 数控机床概述

【本章要点】 本章简要介绍数控机床的组成及其功能,数控机床按不同方式的分类情况,数控技术的发展趋势等内容,使读者在整体上对数控机床有一定的了解。

1.1 数控机床的组成及其功能

1.1.1 数控加工过程

利用数控机床完成零件数控加工的过程如图 1-1 所示,主要包括:

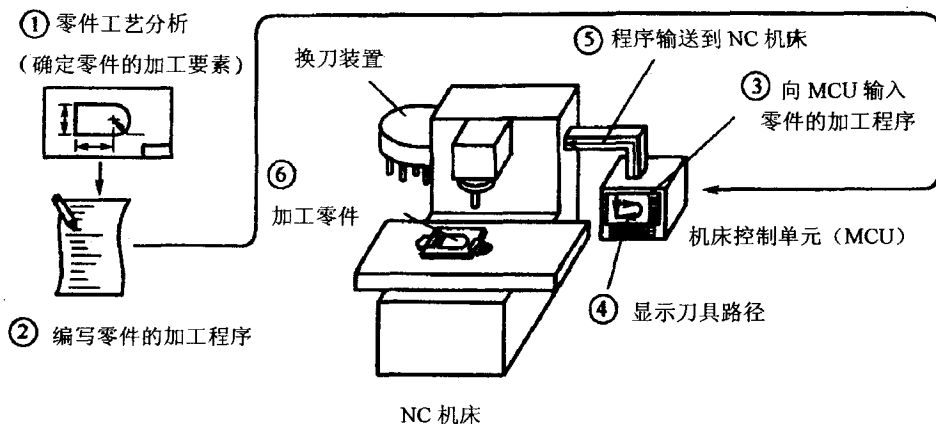


图 1-1 数控加工过程示意图

①根据零件加工图样进行工艺分析,确定加工方案、工艺参数和位移数据。

②用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单,或用自动编程软件进行 CAD/CAM 工作,直接生成零件的加工程序文件。

③程序的输入或传输。手工编写的程序可以通过数控机床的操作面板输入,由编程软件生成的程序可通过计算机的串行通信接口直接传输到数控机床的数控单元(MCU)。

④将输入/传输到数控单元的加工程序,进行试运行、刀具路径模拟等。

⑤通过对机床的正确操作,运行程序,完成零件的加工。

⑥加工零件。

1.1.2 数控机床的组成及其功能

数控机床一般由数控系统、包含伺服电动机和检测反馈装置的伺服系统、强电控制柜、机床本体和各类辅助装置组成,如图 1-2 所示。

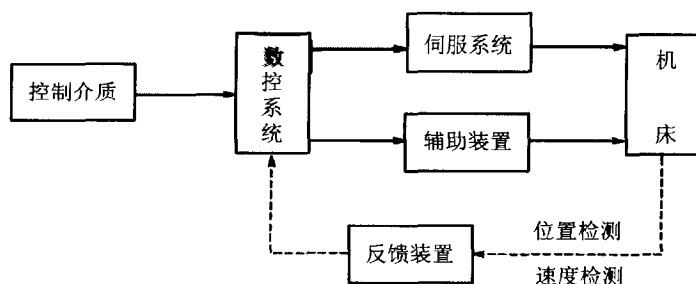


图 1-2 数控机床的组成框图

1. 控制介质

要对数控机床进行控制,就必须在人与机床之间建立某种联系,这种联系的媒介物即称为控制介质。在控制介质上保存着加工零件所必需的全部操作住处和刀具移动、工件移动信息。“控制介质”这一概念随着数控技术和计算机技术的发展,赋予了它不同的内涵。控制介质可以是穿孔纸带、磁带和磁盘,从更广的意义上理解,计算机直接控制(DNC)也可属于控制介质之列。

2. 数控系统

数控系统是机床实现自动加工的核心,是整个数控机床的灵魂所在。其主要由输入装置、监视器、主控制系统、可编程控制器、各类输入/输出接口等组成。主控制系统主要由 CPU、存储器、控制器等组成。数控系统的主要控制对象是位置、角度、速度等机械量,以及温度、压力、流量等物理量,其控制方式又可分为数据运算处理控制和时序逻辑控制两大类。其中主控制器内的插补模块就是根据所读入的零件程序,通过译码、编译等处理后,进行相应的刀具轨迹插补运算,并通过与各坐标伺服系统的位置、速度反馈信号的比较,从而控制机床各坐标轴的位移。而时序逻辑控制通常由可编程控制器 PLC 来完成,它根据机床加工过程中各个动作要求进行协调,按各检测信号进行逻辑判别,从而控制机床各个部件有条不紊地按顺序工作。

3. 伺服系统

伺服系统是数控系统和机床本体之间的电传动联系环节。它主要由伺服电动机、驱动控制系统和位置检测与反馈装置等组成。伺服电动机是系统的执行元件,驱动控制系统则是伺服电动机的动力源。数控系统发出的指令信号与位置反馈信号比较后作为位移指令,再经过驱动系统的功率放大后,驱动电动机运转,通过机械传动装置带动工作台或刀架运动。

4. 辅助装置

辅助装置主要包括自动换刀装置 ATC(Automatic Tool Changer)、自动交换工作台机构 APC(Automatic Pallet Changer)、工件夹紧放松机构、回转工作台、液压控制系统、润滑装置、切削液装置、排屑装置、过载和保护装置等。

5. 机床本体

数控机床的本体指其机械结构实体。它与传统的普通机床相比较,同样由主传动系统、进给传动机构、工作台、床身以及立柱等部分组成;但由于数控机床具有加工精度高、加工效率高等特点,因此对机床床身的刚度和抗震性也提出了更高的要求,其设计要求比普通机床更严格,制造要求更精密。

1.2 数控机床的分类

数控机床的品种规格很多,分类方法也各不相同。一般可根据功能和结构,按下面介绍的4种原则进行分类。

1.2.1 按加工工艺用途分类

1. 数控车床

数控车床是目前应用较为广泛的一种数控机床,主要用于轴类或盘类等回转体零件的车、钻、铰、镗孔和攻螺纹等加工。一般能自动完成内外圆柱面、圆锥面、球面、圆柱螺纹、圆锥螺纹、切槽及端面等工序的切削加工。数控车床具备两轴的联动功能。图1-3是两类数控车床的示意图。

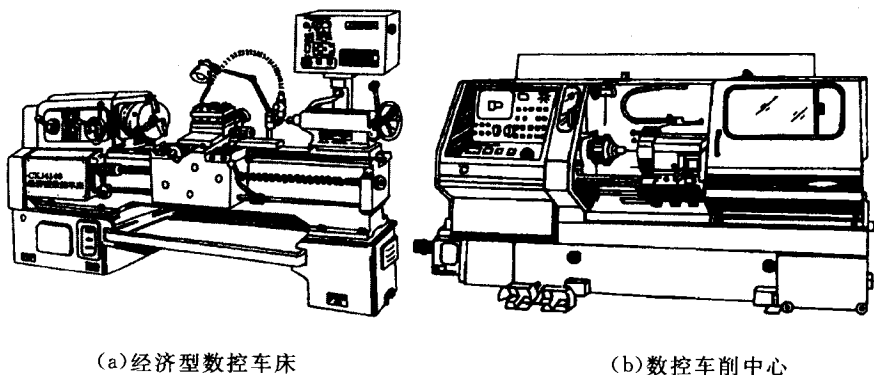


图 1-3 数控车床

2. 数控铣床

数控铣床在机械制造行业中的应用非常广泛,各种具有平面轮廓和立体曲面的零件(如模具的凸凹模型腔等)都采用数控铣床进行加工。数控铣床还可以进行钻、扩、铰、镗孔和攻螺纹等加工。数控铣床分为立式数控铣床和卧式数控铣床两种,图1-4为数控铣床的示意图,其上的坐标系符合ISO标准的规定,即符合右手定则。

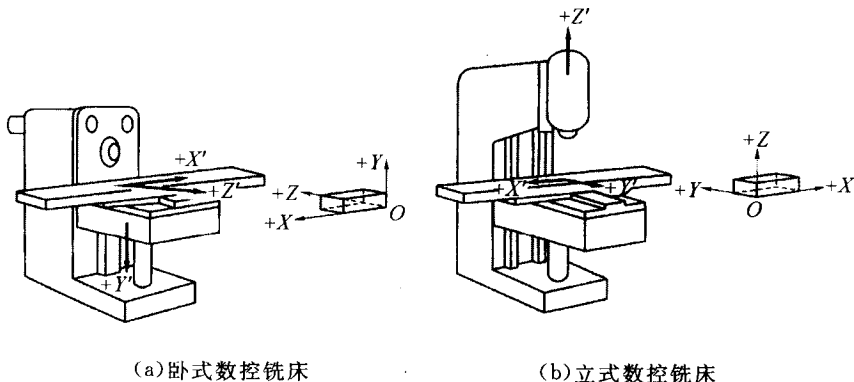
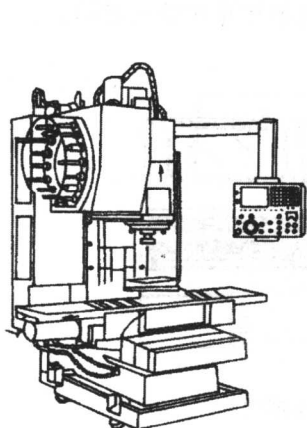


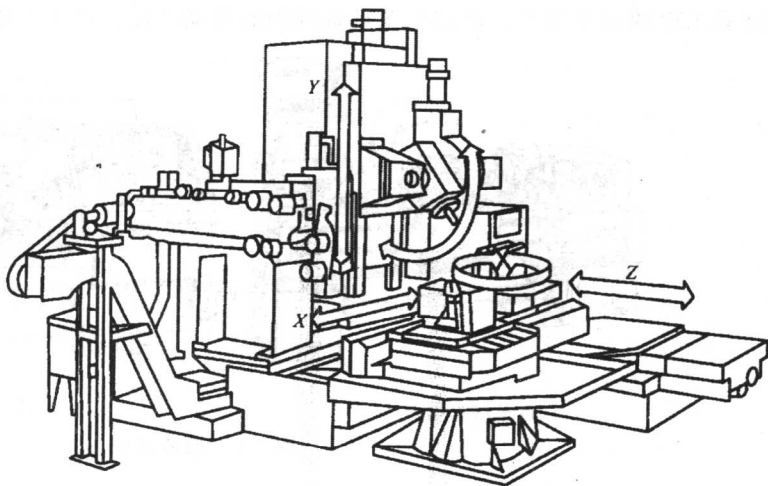
图 1-4 数控铣床示意图

3. 加工中心

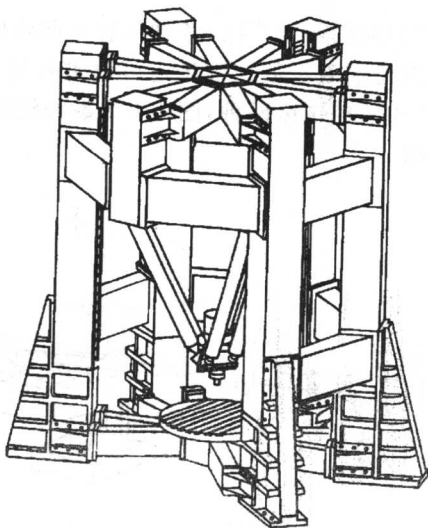
加工中心与数控铣床的区别在于加工中心备有可自动换刀的装置和刀库系统,刀库中存放着若干事先准备好的刀具,可对工件进行多工序加工。加工中心在机械制造业中的应用非常广泛,各种平面轮廓和立体曲面的零件都可在加工中心上加工。加工中心同样可以进行钻、扩、铰、镗孔和攻螺纹等加工。加工中心按主轴在空间所处的状态分为立式和卧式两种,图 1-5(a)为立式加工中心。加工中心有两轴联动、三轴联动、四轴联动和五轴联动等不同档次,现在应用最广泛的是三轴联动的加工中心,四轴联动和五轴联动的加工中心一般都应用在军工、汽车和航天工业。图 1-5(b)为五轴加工中心示意图。目前,还有虚轴加工中心[见图 1-5(c)],虚轴加工中心改变了以往传统机床的结构,通过连杆的运动,实现主轴多自由度的运动,完成对工件复杂曲面的加工,同时由于工件不做运动,还可提高工件的加工精度。



(a) 立式加工中心



(b) 五轴加工中心



(c) 虚轴加工中心

图 1-5 加工中心示意图

4. 线切割机床

线切割机床是在模具加工中应用较为广泛的一种数控机床,主要分为慢走丝线切割机床和快走丝线切割机床两种,主要用于圆孔、异型孔以及各种轮廓的加工。它是用电极放电腐蚀的原理来切割工件的。常用的电极一般为钼丝(快走丝线切割机床)和铜丝(慢走丝线切割机床)。线切割机床都具备两轴的联动功能,有些还具有四轴联动的功能。图 1-6 为线切割机床的示意图。

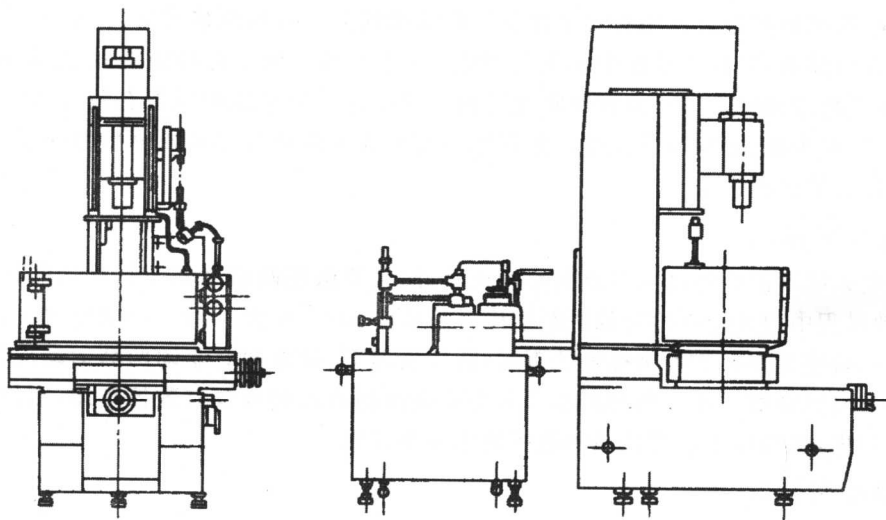


图 1-6 线切割机床示意图

5. 电火花机床

电火花机床是在模具加工中应用较为广泛的一种数控机床,主要用于模具型腔的放电加工。它是用电极放电腐蚀的原理来加工工件的,常用的电极一般为紫铜和石墨。图 1-7 为电火花机床的示意图。

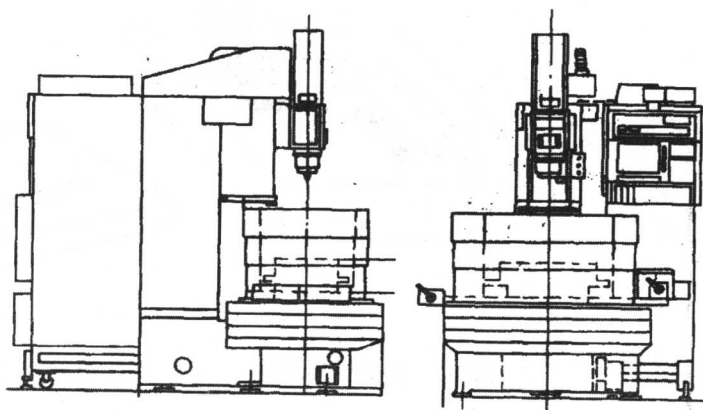


图 1-7 电火花机床示意图

6. 其他数控机床

除了以上在机械行业较常用的数控机床以外,还有一些其他类型的数控机床,如金属成形类的

数控机床,常用的有数控压力机、数控折弯机、数控弯管机等,另外还有测量、绘图类数控设备如三坐标测量仪、数控绘图仪等。

1.2.2 按运动轨迹分类

1. 点位控制系统

这类控制系统只控制刀具相对于工件从一点移动到另一点的准确位置,而对于点与点之间移动的轨迹不进行控制,且移动过程中不进行切削(见图 1-8)。为了提高加工效率,保证定位精度,系统采用“快速趋近,减速定位”的方法实现控制。采用这一类系统的设备有数控钻床、数控镗床、数控冲床、数控折弯机、数控点焊机等。随着数控技术的发展和数控系统价格的降低,单纯用于点位控制的数控系统已不多见。

2. 直线控制系统

这类控制系统不但要控制点与点的准确位置,而且要保证两点之间刀具移动的轨迹是一条直线,且在移动过程中刀具能以给定的进给速度进行切削加工(见图 1-9)。一般情况下,直线控制系统的刀具运动轨迹是平行于各坐标轴的直线;特殊情况下,如果同时驱动两套运动部件,其合成运动的轨迹是与坐标轴成一定夹角的斜线。采用此类控制方式的设备有数控车床、数控磨床和数控镗铣床等。同样,单纯用于直线控制的数控机床也不多见。

3. 连续控制系统

连续控制系统又称为轮廓控制系统,大多数数控机床具有连续控制功能。这类系统能对两个或两个以上的坐标方向进行严格控制(见图 1-10)。连续控制系统是多坐标同时控制,信息处理比较复杂,它需要进行复杂的插补运算。插补运算的作用是:根据给定的运动代码指令和进给速度,计算刀具相对于工件的运动轨迹,实现连续控制。轮廓控制装置要比点位、直线控制装置结构复杂得多,功能齐全得多。采用此类控制方式的设备有数控车床、数控铣床、数控线切割机床、数控加工中心等。

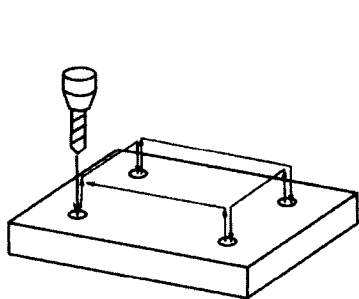


图 1-8 点位控制系统

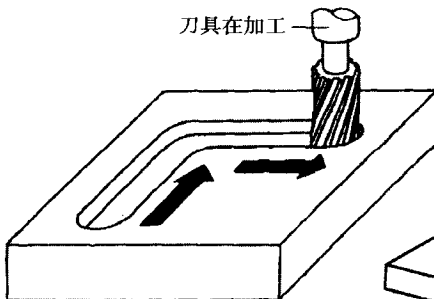


图 1-9 直线控制系统

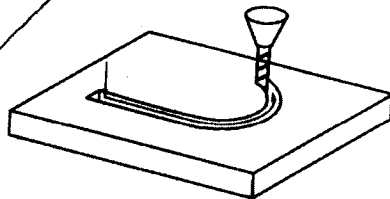


图 1-10 连续控制系统

1.2.3 按伺服系统分类

1. 开环控制系统

开环控制系统结构简单,没有测量反馈装置。同时,控制装置发出的指令信号流是单向的,所

以不存在系统稳定性问题。因为无位置反馈,所以精度不高,其精度主要取决于伺服驱动系统的性能。

开环控制系统的工作原理如图 1-11 所示。开环控制系统是这样工作的:首先将控制机床工作台或刀架运动的位移距离、位移速度、位移方向、位移轨迹等参量通过输入装置输入 CNC 装置,CNC 装置根据这些参量指令计算出进给脉冲序列;然后对脉冲单元进行功率放大,形成驱动装置的控制信号;最后,由驱动装置驱动工作台或刀架按所要求的速度、轨迹、方向和移动距离,加工出形状、尺寸与精度符合要求的零件。开环控制系统一般用功率步进电动机作为伺服驱动单元。

开环控制系统具有工作稳定、反应迅速、调试方便、维修简单、价格低廉等优点,在精度和速度要求不高、驱动力矩不大的场合得到了广泛的应用。但是,由于步进电动机的低频共振及丢步等原因,其应用有逐渐减少的趋势。一般适用于经济型数控机床和旧机床的数控化改造。

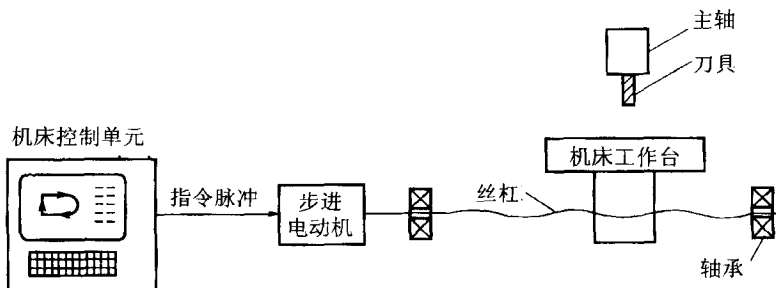


图 1-11 开环控制系统的工作原理框图

2. 半闭环控制系统

这类系统的位置检测装置安装在电动机或丝杠轴端,通过角位移的测量间接得出机床工作台的实际位置,并与 CNC 装置的指令值进行比较,用差值进行控制。这类系统可矫正部分环节造成的误差,精度比开环高,以交、直流伺服电动机作为驱动元件。

半闭环控制系统的工作原理如图 1-12 所示,由伺服电动机采样旋转角度而不是检测工作台的实际位置。因此,丝杠的螺距误差和齿轮或同步带轮等引起的误差都难以消除。半闭环控制系统的环路内不包括或只包括少量机械传动环节,因此系统控制性能稳定。而机械传动环节的误差,大部分可通过误差补偿的方法消除,因而仍可获得满意的精度。

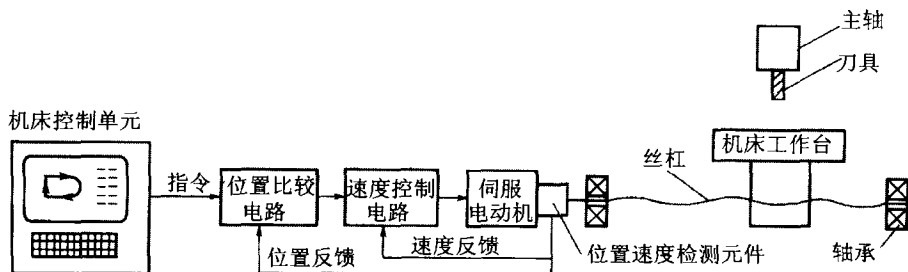


图 1-12 半闭环控制系统的工作原理框图

3. 闭环控制系统

这类系统的位置检测装置安装在机床工作台上,将工作台的实际位置检测出来,并与 CNC 装

置的指令位置进行比较,用差值进行控制。这类系统可矫正全部传动环节造成的误差,其精度很高,系统的精度主要取决于检测装置的精度。以交、直流伺服电动机作为驱动元件,用于高精度设备的控制。

闭环控制系统的工作原理如图 1-13 所示,采样点从机床的运动部件上直接引出。通过采样工作台运动部件的实际位置,即对实际位置进行检测可以消除整个传动环节的误差、间隙,因而具有很高的位置控制精度。但是,由于位置环内的许多机械环节的摩擦特性、刚性和间隙都是非线性的,故容易造成系统的不稳定以及调试困难。这类系统主要用于精度要求很高的精铣床、超精车床和螺纹车床等。

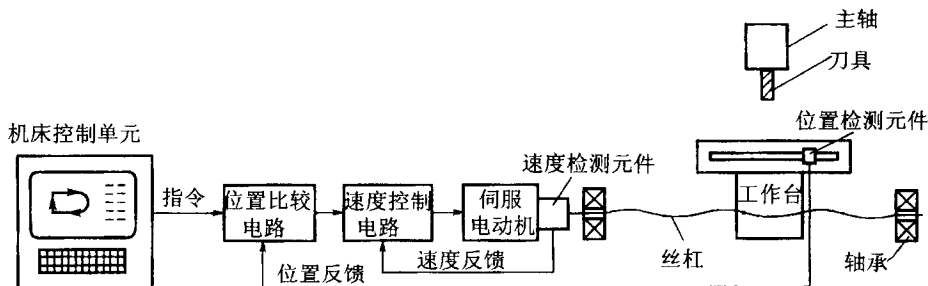


图 1-13 闭环控制系统的工作原理框图

1.2.4 按数控系统的功能水平分类

按数控系统的功能水平,通常把数控系统分为低、中、高三类。低、中、高三档的界限是相对的,不同时期,划分标准也会不同。就目前的发展水平看,可以根据表 1-1 的一些功能及指标,将各种类型的数控系统分为低、中、高档三类。其中中、高档一般称为全功能数控或标准型数控。经济型数控属于低档数控,是指由单片机和步进电动机组成的数控系统,或其他功能简单、价格低的数控系统。经济型数控主要用于车床、线切割机床以及旧机床改造等。

表 1-1 数控系统不同档次的功能及指标

功 能	低 档	中 档	高 档
系统分辨率	10 μm	1 μm	0.1 μm
G00 速度	3~8 m/min	10~24 m/min	24~100 m/min
伺服类型	开环及步进电动机	半闭环及直、交流伺服	闭环及直、交流伺服
联动轴数	2~3	2~4	5 轴或 5 轴以上
通信功能	无	RS232 或 DNC	RS232, DNC, MAP
显示功能	数码管显示	CRT:图形、人机对话	CRT:三维图形、自诊断
内装 PLC	无	有	功能强大的内装 PLC
主 CPU	8 位、16 位 CPU	16 位、32 位 CPU	32 位、64 位 CPU
结 构	单片机或单板机	单微处理器或多微处理器	分布式多微处理器

1.3 数控技术的发展趋势

1.3.1 数控系统的发展趋势

从1952年美国麻省理工学院研制出第一台试验性数控系统,到现在已走过了54年历程。数控系统由当初的电子管起步,经历了晶体管、小规模集成电路、大规模集成电路、小型计算机、超大规模集成电路和微机式的数控系统。到1990年,全世界数控系统专业生产厂家年产数控系统约13万台套。数控系统技术的总体发展趋势介绍如下。

1. 采用开放式体系结构

进入20世纪90年代以来,世界上许多数控系统生产厂家利用PC机丰富的软硬件资源开发开放式体系结构的新一代数控系统。开放式体系结构使数控系统有更好的通用性、柔性、适应性、扩展性,并向智能化、网络化方向大大发展。近几年许多国家纷纷研究开发这种系统,如欧共体的“自动化系统中开放式体系结构”OSACA、日本的OSEC计划等,开发研究成果已得到应用。开放式体系结构可以大量采用通用微机的先进技术,如多媒体技术,实现声控自动编程、图形扫描自动编程等;利用多CPU的优势,实现故障自动排除;增强通信功能,提高联网能力。这种数控系统可随CPU升级而升级,结构上不必变动。

2. 控制性能大大提高

数控系统在控制性能上向智能化发展。随着人工智能在计算机领域的渗透和发展,数控系统引入了自适应控制、模糊系统和神经网络的控制机理,不但具有自动编程、模糊控制、学习控制、自适应控制、工艺参数自动生成、三维刀具补偿、运动参数动态补偿等功能,而且人机界面极为友好,并具有故障诊断专家系统使自诊断和故障监控功能更趋完善。伺服系统智能化的主轴交流驱动和智能化进给伺服装置,能自动识别负载并自动优化调整参数。直线电动机驱动系统已实用化。新一代数控系统技术水平大大提高,促进了数控机床性能向高精度、高速度、高柔性化方向发展,使柔性自动化加工技术水平不断提高。

1.3.2 数控机床的发展趋势

为了满足市场和科学技术发展的需要及现代制造技术对数控技术提出的更高的要求,当前世界数控技术及其装备的发展趋势主要体现在以下几个方面。

1. 高速、高精度、高可靠性

20世纪90年代以来,欧、美、日各国争相开发应用新一代高速数控机床,加快机床高速化发展步伐。依靠快速、准确的数字量传递技术,对高性能的机床执行部件进行高精密度、高响应速度的实时处理,由于采用了新型刀具,车削和铣削的切削速度已达到 $5\,000\sim 8\,000\text{ m/min}$ 以上;主轴转速可高达 $100\,000\text{ r/min}$;工作台的移动速度(进给速度),在分辨率为 $1\text{ }\mu\text{m}$ 时,达到 200 m/min ,在分辨率为 $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 时,达到 24 m/min 以上;自动换刀速度在 1 s 以内;小线段插补进给速度达到 12 m/min 。由于新产品更新换代周期加快,模具、航空、军事等工业的加工零件复杂且品种不断更新。

从精密加工发展到超精密加工,是世界各工业强国致力发展的方向。当前,普通的加工精度提高了1倍,达到 $5\text{ }\mu\text{m}$;精密加工精度提高了两个数量级,超精密加工精度进入纳米级,主轴回转精

度达到 $0.01\sim 0.05\ \mu\text{m}$,加工圆度为 $0.1\ \mu\text{m}$,加工表面粗糙度 $Ra=0.003\ \mu\text{m}$ 等。

数控系统的可靠性要高于被控设备的可靠性一个数量级以上。对于每天工作两班的无人工厂而言,如果要求在 16 h 内连续正常工作,无故障率 $P(t)=99\%$ 以上的话,则数控机床的平均无故障运行时间 MTBF 就必须大于 3 000 h。此时数控系统的 MTBF 就要大于 33 333.3 h,而其中的数控装置、主轴及驱动等的 MTBF 就必须大于 100 000 h。当前国外数控装置的 MTBF 值已达 6 000 h 以上,驱动装置达 30 000 h 以上。

2. 模块化、智能化、柔性化

为了适应数控机床多品种、小批量的特点,机床结构模块化,数控功能专门化,机床性能价格比显著提高并加快优化。个性化是近几年来特别明显的发展趋势。

为追求加工效率和加工质量方面的智能化,数控机床采用自适应控制,工艺参数可自动生成;为提高驱动性能及使用连接方便方面的智能化,引进电动机参数的自适应运算、自动识别负载、自动选定模型等;为实现编程、操作方面的智能化,数控系统采用智能化的自动编程和智能化的人机界面等。

数控机床向柔性自动化系统发展的趋势是:从点(数控单机、加工中心和数控复合加工机床)、线(FMC,FMS,FTL,FML)向面(工段车间独立制造岛)、体(分布式网络集成制造系统)的方向发展。柔性自动化技术是制造业适应动态市场需求及产品迅速更新的主要手段,是各国制造业发展的主流趋势,是先进制造领域的基础技术。数控机床及其构成柔性制造系统能方便地与 CAD、CAM、CAPP、MTS 连接,向信息集成方向发展;网络系统向开放、集成和智能化方向发展。

为适应制造自动化的发展,向 FMC、FMS 和 CIMS 提供基础设备,要求数字控制制造系统不仅能完成通常的加工功能,而且还要具备自动测量、自动上下料、自动换刀、自动更换主轴头(有时带坐标变换)、自动误差补偿、自动诊断、进线和联网等功能,广泛地应用机器人、物流系统、FMC、FMS Web-based 制造及无图纸制造技术;围绕数控技术、制造过程技术在快速成型、并联机构机床、机器人化机床、多功能机床等整机方面和高速电动机主轴、直线电动机、软件补偿精度等单元技术方面先后有所突破。并联杆系结构的新型数控机床实现实用化,这种虚拟轴数控机床用软件的复杂性代替传统机床机构的复杂性,开拓了数控机床发展的新领域;以计算机辅助管理和工程数据库、因特网等为主体的制造信息支持技术和智能化决策系统,对机械加工中大量信息进行存储和实时处理。应用数字化网络技术,使机械加工整个系统趋于资源合理支配并高效地应用。由于采用了神经网络控制技术、模糊控制技术、数字化网络技术,使得机械加工开始向虚拟制造的方向发展。

习 题 1

1. 数控加工过程是怎样的?
2. 数控机床由哪几部分组成? 各有什么作用?
3. 数控机床都有哪些种类?
4. 简述加工中心与数控铣床的相同之处和不同之处。
5. 简述数控机床的发展趋势。

第2章 数控编程中的工艺处理

【本章要点】 本章主要介绍数控编程中的工艺处理的相关内容,包括数控加工中切削用量及加工刀具的选择,并举例说明数控车床与数控铣床加工中心的工艺路线的确定方法。

2.1 工艺参数的确定与刀具的选择

2.1.1 编程的一般步骤

1. 确定工艺过程

数控机床与普通机床的加工工艺有许多相似之处,通过对工件进行工艺分析,拟定加工工艺路线,划分加工工序;选择机床、夹具和刀具;确定定位基准和切削用量。不同之处主要体现在控制方式上:在普通机床上,由操作人员根据加工工艺操作机床对工件进行切削加工;而在数控机床上,操作人员把加工工艺过程、工艺参数等操作步骤编成程序,记录在控制介质上,通过数控系统控制数控机床对工件切削加工。

2. 计算刀具轨迹坐标值

为方便编程和计算刀具轨迹坐标值,先设定工件坐标系,随后根据零件的形状和尺寸计算零件待加工轮廓上各几何元素的起点、终点坐标以及圆和圆弧的起点、终点和圆心坐标,从而确定刀具的加工轨迹。

3. 编写加工程序

对于形状简单的工件采用手工编程,对于形状复杂的工件(如空间曲线和曲面)则需要采用CAD/CAM方法进行自动编程。

4. 程序输入数控系统

将程序输入到数控系统的方法有两种:一种是通过操作面板上的按钮直接把程序输入数控系统,另一种是通过计算机RS232等接口与数控机床连接传送程序。

5. 程序检验

通过图形模拟显示刀具轨迹或用机床空运行来检验机床运动轨迹,检查刀具运动轨迹是否符合加工要求。可用单步执行程序的方法试切削工件,即按一次按钮执行一个程序段,发现问题及时处理。

2.1.2 切削用量的选择

1. 数控车床切削用量的选择

数控车床加工的切削用量包括:背吃刀量 a_p ,主轴转速 n 或切削速度 v_c (用于恒线速切削)、进给速度或进给量。

合理选择加工用量的原则是:粗加工时,一般以充分发挥机床潜力和刀具的切削性能为主;半精加工和精加工时,应着重考虑如何保证加工质量,并在此基础上尽量提高生产率。在选择切削用