

普通高等院校“十二五”规划教材

机床数控技术

JICHUANG

SHUKONG JISHU

王细洋 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等院校“十二五”规划教材

机床数控技术

王细洋 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书系统地介绍了机床数控技术的基本理论和应用实践,内容包括数控技术基本概念、数控编程基础、插补与刀补原理、计算机数控系统、数控检测装置、伺服控制系统以及数控机床的机械结构。本书注重理论阐述的系统性,加强了应用实践内容,介绍了机床数控技术的新进展和新技术。

本书可作为高等院校机械制造工艺及设备专业本科生教材或教学参考书,也可供机械制造工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机床数控技术/王细洋主编. —北京:国防工业出版社,
2012. 1

普通高等院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-118-07758-2

I. ①机... II. ①王... III. ①数控机床—高等学校—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 251172 号

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市鑫马印刷厂

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 16½ 字数 376 千字

2012 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

数控技术是金属切削机床出现以来意义最重大的技术进步。采用数控机床,提高机械工业的数控化率是机械制造业技术改造、技术更新的必由之路。数控机床较好地解决了复杂、精密、小批量、多品种的零件加工问题,是一种柔性的、高效能的自动化机床。数控技术的应用和发展正在改变着机械制造业的面貌。

机床数控技术综合了计算机、机械设计、机械制造工艺、自动控制、电工电子、传感器技术、软件技术等领域的理论和技术,学科综合性极强,学习难度大。数控技术是机械设计制造及自动化、机械工程及自动化等本科专业的必修专业课程,地位极其重要。该课程不仅具有较强的理论性,更具有较强的实践性。编者积多年教学经验和科研积累,在自编教案的基础上,编写了此书。

本书共7章,内容包括数控技术基本概念、数控编程基础、插补与刀补原理、计算机数控系统、数控检测装置原理、伺服控制系统工作原理,以及数控机床的机械结构。

与同类教材相比,本书的特点在于理论体系完整,内容详略得当,无跳跃性的内容和章节,更便于教学。注重理论阐述的系统性,加强了应用实践内容。在高速数控技术方面,着墨较多。

本书可作为高等院校机械制造工艺及设备专业、机械工程及自动化等本科专业的教材或教学参考书,也可供机械制造业工程技术人员参考。

本书由王细洋教授主编,王细洋、姚坤弟、于斐、董连红编写。由于作者水平有限,书中难免存在缺点和错误,恳请各位专家和读者批评指正。

编者的电子邮箱为:nchucnc@126.com。

编 者

2011年10月 南昌航空大学月亮湖畔

目 录

第1章 绪论	1
1.1 数控技术基本概念	1
1.1.1 数控技术及其产生背景	1
1.1.2 数控机床加工原理与工作流程	2
1.1.3 数控机床组成	3
1.1.4 数控机床特点	5
1.2 数控机床的分类	5
1.2.1 按工艺用途分类	5
1.2.2 按运动轨迹分类	7
1.2.3 按伺服系统控制原理分类	8
1.2.4 按坐标轴数与联动轴数分类	9
思考题与习题	11
第2章 数控加工程序编制	12
2.1 概述	12
2.1.1 数控编程概念	12
2.1.2 数控编程步骤	12
2.1.3 数控编程方法	13
2.2 数控编程基础	14
2.2.1 数控编程坐标系	14
2.2.2 数控加工程序	18
2.2.3 功能字	20
2.3 数控加工工艺设计	25
2.3.1 数控加工工艺内容选择	25
2.3.2 数控加工工艺性分析	26
2.3.3 数控加工工艺路线设计	28
2.3.4 数控加工工序设计	29
2.3.5 数控加工专用技术文件的编写	33
2.4 数控编程的数值计算	35
2.4.1 基点坐标的计算	35
2.4.2 节点坐标的计算	35
2.4.3 程序编制中的误差	37
2.5 数控编程基本指令	39

思考题与习题	48
第3章 插补原理、刀具补偿与速度控制	49
3.1 插补概念	49
3.2 逐点比较法	50
3.2.1 逐点比较法直线插补	50
3.2.2 逐点比较法圆弧插补	53
3.2.3 逐点比较法的速度分析	56
3.3 数字积分法	57
3.3.1 数字积分法的基本原理	57
3.3.2 DDA 直线插补	58
3.3.3 DDA 圆弧插补	61
3.3.4 改进 DDA 插补质量的措施	64
3.3.5 多坐标 DDA 直线插补	65
3.4 比较积分法	66
3.4.1 比较积分法直线插补	66
3.4.2 比较积分法圆弧插补	67
3.4.3 比较积分插补的一般算法	69
3.5 数据采样插补	71
3.5.1 数据采样插补基本原理	71
3.5.2 时间分割法	73
3.6 刀具半径补偿	74
3.6.1 刀具补偿的基本概念	74
3.6.2 刀具半径补偿计算	76
3.6.3 C 功能刀具半径补偿计算	77
3.7 进给速度与加减速控制	81
3.7.1 脉冲增量插补法的进给速度控制	82
3.7.2 数据采样插补算法的进给速度控制	83
思考题与习题	88
第4章 计算机数控系统	90
4.1 概述	90
4.1.1 CNC 系统组成	90
4.1.2 CNC 系统工作过程	90
4.1.3 CNC 系统功能	92
4.2 CNC 装置硬件结构	94
4.2.1 大板式结构和功能模块式结构	94
4.2.2 单微处理器结构和多微处理器结构	95
4.2.3 专用型结构和个人计算机型结构	100
4.2.4 按开放式程度划分的 CNC 装置结构	101
4.3 CNC 装置软件结构	107

4.3.1	CNC 系统软硬件功能划分	107
4.3.2	CNC 软件结构特点	108
4.3.3	CNC 软件结构模式	110
4.4	CNC 系统的可编程控制器	116
4.4.1	PLC 组成	117
4.4.2	数控机床用 PLC	118
4.4.3	PLC 工作方式	121
4.4.4	PLC 编程系统	122
4.4.5	数控机床 PLC 程序设计步骤	127
4.5	CNC 装置的输入/输出和通信接口	128
4.5.1	CNC 装置的输入/输出接口	128
4.5.2	CNC 装置的数据通信接口	130
4.6	典型 CNC 装置及开放式数控系统	133
4.6.1	典型 CNC 装置	133
4.6.2	开放式数控系统	135
	思考题与习题	136
第 5 章	数控检测装置	138
5.1	概述	138
5.1.1	数控检测装置作用及基本要求	138
5.1.2	数控检测装置分类	138
5.2	旋转变压器	140
5.2.1	旋转变压器结构和工作原理	140
5.2.2	旋转变压器应用	141
5.3	感应同步器	142
5.3.1	感应同步器结构和工作原理	142
5.3.2	感应同步器应用	144
5.4	光栅	145
5.4.1	光栅结构和工作原理	146
5.4.2	光栅辨向原理	147
5.4.3	光栅位移—数字变换电路	148
5.5	磁栅	150
5.5.1	磁栅结构和工作原理	150
5.5.2	磁栅应用	151
5.6	光电脉冲编码器	152
5.6.1	光电脉冲编码器结构和工作原理	152
5.6.2	光电脉冲编码器应用	155
	思考题与习题	157
第 6 章	数控机床伺服驱动系统	158
6.1	概述	158

6.1.1	数控机床伺服系统基本要求	158
6.1.2	数控机床伺服系统组成	159
6.1.3	数控机床伺服系统分类	160
6.2	步进伺服系统	162
6.2.1	步进电动机	162
6.2.2	驱动控制线路	166
6.2.3	提高步进伺服系统精度的措施	172
6.3	直流伺服系统	174
6.3.1	直流伺服电动机	175
6.3.2	直流伺服电动机的速度控制单元	179
6.4	交流伺服系统	183
6.4.1	交流伺服电动机	183
6.4.2	交流伺服电动机的速度控制单元	184
6.5	位置控制	185
6.5.1	鉴相式伺服系统	185
6.5.2	鉴幅式伺服系统	190
6.5.3	脉冲比较式伺服系统	196
6.5.4	CNC 数字伺服系统	198
6.6	主轴驱动	199
6.6.1	直流主轴电动机及其速度控制	199
6.6.2	交流主轴电动机及其速度控制	201
6.7	直线电动机	204
6.7.1	直线电动机	204
6.7.2	直线电动机直接驱动	205
	思考题与习题	207
第7章	数控机床机械结构	208
7.1	概述	208
7.1.1	数控机床机械结构组成	208
7.1.2	数控机床机械结构特点	208
7.2	数控机床总体布局	210
7.2.1	数控车床布局	210
7.2.2	加工中心布局	211
7.2.3	高速数控机床布局	213
7.3	数控机床主传动系统	214
7.3.1	数控机床主传动系统基本要求	214
7.3.2	数控机床主传动配置方式	215
7.3.3	主轴组件	219
7.4	数控机床进给传动系统	226
7.4.1	对数控机床进给系统机械结构的要求	226

7.4.2 数控机床进给系统传动方式	226
7.4.3 滚珠丝杆螺母副	227
7.4.4 齿轮传动间隙的消除装置	233
7.4.5 数控机床导轨	235
7.5 数控机床的自动换刀装置	239
7.5.1 数控车床换刀装置	239
7.5.2 加工中心换刀装置	240
7.6 数控回转工作台	248
7.6.1 分度工作台	249
7.6.2 数控回转工作台	250
思考题与习题	253
参考文献	254

第 1 章 绪 论

1.1 数控技术基本概念

1.1.1 数控技术及其产生背景

数控技术,简称数控(Numerical Control),在机床领域是指用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法。用数控技术实现加工控制的机床,或者说装备了数控系统的机床称为数控机床。数控系统是一种控制系统,它能自动阅读输入载体上预先给定的数字值,并对其译码、运算,从而控制刀具与工件的相对运动,加工出所需要的零件。

数控机床较好地解决了复杂曲面、精密、小批量、多品种的零件加工问题,是一种柔性的、高效能的自动化机床,是实现机械加工自动化的核心设备,也是一种典型的机电一体化产品。数控技术的应用是金属切削机床出现以来意义最重大的技术进步。

在数控机床出现以前,复杂曲面零件一般采用仿形机床加工,需要制造专用靠模并调整机床结构,生产效率低,零件的加工精度也难以提高。20 世纪 40 年代,数字电子计算机的诞生为数控机床的出现奠定了技术基础。1948 年,美国帕森斯(Parsons)公司在研制加工直升机叶片轮廓检验样板的机床时,提出了用电子计算机控制机床加工复杂曲线样板的新理念。受美国空军的委托,帕森斯公司与麻省理工学院伺服机构研究所合作研究,在 1952 年研制成功了世界上第一台用电子计算机控制的三坐标立式数控铣床。该机床采用了自动控制、伺服驱动、精密测量和新型机械结构等方面的技术成果。数控机床的诞生,对复杂曲线、型面的加工起到了非常重要的作用,同时也推动了美国航空工业和军事工业的发展。由于技术和价格上的原因,数控机床起初只局限在航空工业中应用。

数控机床不仅较好地解决了复杂曲面零件的加工问题,还使多品种、小批量零件的自动化加工成为可能。在大批量生产部门中,大都采用专用机床、组合机床和自动线,并配以专用的工艺装备,存在投资大、适应性差、改型困难等缺点。市场竞争全球化,用户需求多样化和快速化,迫使生产企业不断更新产品,并致力于提高产品的性能价格比,以满足用户的需要。在机械制造业中,单件与小批生产的零件仍然占机械加工总量的主要比例,尤其是在航空、航天、船舶、机床、重型机械、食品加工机械、包装机械和兵器制造领域等。如果仍采用专用化程度很高的自动化机床加工,就显得很不合理。经常改装和调整机床、工艺设备,对于这种专用的生产线来说,大大提高了产品的成本。数控机床(尤其是数控加工中心),利用加工程序的变化来适用产品品种的变化,减少了机床改装及专用工装数量,灵活、通用,能够适应产品频繁改型。

1.1.2 数控机床加工原理与工作流程

在数控机床上加工零件,首先要将被加工零件的几何信息和工艺信息用规定的代码和格式编写成加工程序,然后将加工程序输入数控装置。按照程序的要求,经过数控系统信息处理、分配,使机床各坐标移动若干个最小位移量,实现刀具与工件的相对运动,完成零件的加工。机床运动部件的运动轨迹取决于所输入的数控加工程序。

数控机床实际上是用逼近的方法进行曲面加工的。例如,对于平面(二维)任意曲线 L ,要求刀具 T 沿曲线轨迹运动,进行切削加工,如图1-1所示。将曲线 L 分割成 l_0 、 l_1 、 l_2 ...等线段。用直线(或圆弧)代替(逼近)这些线段,当逼近误差 δ 非常小时,这些折线段之和就接近了曲线。由数控机床的数控装置进行计算、分配,通过两个坐标轴最小单位量(即脉冲当量)的运动(Δx 、 Δy)的合成,连续地控制刀具运动,不偏离地走出直线,从而非常逼真地加工出平面曲线 L 。对于空间(三维)曲线也可以按照同样的方法进行加工。

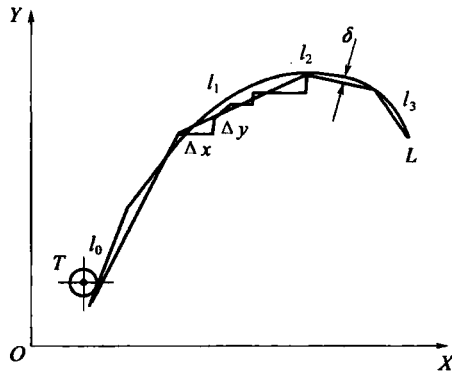


图1-1 平面曲线的数控加工

数控机床的工作流程如下:

1. 数控加工程序编制

在零件加工前,首先根据被加工零件图样所规定的零件形状、尺寸、材料及技术要求等,确定零件的工艺过程、工艺参数、几何参数以及切削用量等,然后根据数控机床编程手册规定的代码和程序格式编写零件加工程序单。早期的数控机床还需将零件加工程序清单由穿孔机制成穿孔带以备加工零件用。对于较简单的零件,通常采用手工编程;对于形状复杂的零件,则在编程机上进行自动编程,或者在计算机上用CAD/CAM软件自动生成零件加工程序。

2. 程序输入

输入的任务是把零件程序、控制参数和补偿数据输入到数控装置中去。输入的方法因输入设备而异,有纸带阅读机输入、键盘输入、磁带和磁盘输入以及通信方式输入。输入工作方式通常有两种。一种是边输入边加工,即在前一个程序段加工时,输入后一个程序段的内容;另一种是一次性地将整个零件加工程序输入到数控装置的内部存储器中,加工时再把一个个程序段从存储器中调用进行处理。

3. 译码

数控装置接受的程序是由程序段组成的,程序段中包含零件轮廓信息(如直线还是

圆弧、线段的起点和终点等)、加工进给速度(F 代码)等加工工艺信息和其他辅助信息(M、S、T 代码等)。计算机不能直接识别它们,译码程序就像一个翻译,按照一定的语法规则将上述信息解释成计算机能够识别的数据形式,并按一定的数据格式存放在指定的内存专用区域。在译码过程中对程序段还要进行语法检查,有错则立即报警。

4. 刀具补偿

零件加工程序通常是按零件轮廓轨迹编制的。刀具补偿的作用是把零件轮廓轨迹转换成刀具中心运动轨迹,加工出所要求的零件轮廓。刀具补偿包括刀具半径补偿和刀具长度补偿。

5. 插补

插补就是数控装置根据输入零件轮廓数据,通过计算,把零件轮廓描述出来,边计算边根据计算结果向各坐标轴发出运动指令,使机床在相应的坐标方向上移动一个单位位移量,将工件加工成所需的轮廓形状。所以说,插补就是在已知曲线的种类、起点、终点和进给速度的条件下,在曲线的起、终点之间进行“数据点的密化”。在每个插补周期内运行一次插补程序,形成一个个微小的直线数据段。插补完一个程序段(即加工一条曲线)通常需要经过若干次插补周期。需要说明的是,只有辅助功能(换刀、换档、切削液等)完成之后才能允许插补。

6. 位置控制和切削加工

插补的结果是产生一个周期内的位置增量。位置控制的任务是在每个采样周期内,将插补计算出的指令位置与实际反馈位置相比较,用其差值去控制伺服电动机,电动机使机床的运动部件带动刀具相对于工件按规定的轨迹和速度进行加工。在位置控制中通常还应完成位置回路的增量调整、各坐标方向的螺距误差补偿和方向间隙补偿,以提高机床的定位精度。

1.1.3 数控机床组成

数控机床由输入输出设备、数控装置、伺服系统、测量反馈装置和机床本体等部分组成,如图 1-2 所示,其中图(a)为数控机床组成框图,图(b)为三轴联动数控铣床组成框图。

1. 输入输出设备

输入输出设备主要实现程序编制、程序和数据的输入以及显示、存储和打印。这一部分的硬件配置视需要而定,功能简单的机床可能只配有键盘和发光二极管(LED)显示器;功能普通的机床则可能加上纸带阅读机和纸带穿孔机、磁带和磁盘读入器、人机对话编程操作键盘和显示器(CRT/LCD);功能较高的可能还包含有一套自动编程机或计算机辅助设计/计算机辅助制造(CAD/CAM)系统,也可以通过上位机通信接口输入。

2. 数控装置

数控装置是数控机床的核心,它接收来自输入设备的程序和数据,并按输入信息的要求完成数值计算、逻辑判断和输入输出控制等功能。数控装置通常是指由一台专用或通用计算机、输入输出接口板以及机床控制器(可编程序控制器)等所组成的控制装置。机床控制器的主要作用是实现对机床辅助功能 M、主轴转速功能 S 和刀具功能 T 的控制。为了完成各种形状的零件加工,数控装置必须具备多种功能,包括多坐标控制、函数插补、程序编辑和修改、刀具补偿、故障诊断、机床辅助动作控制、通信和联网等。

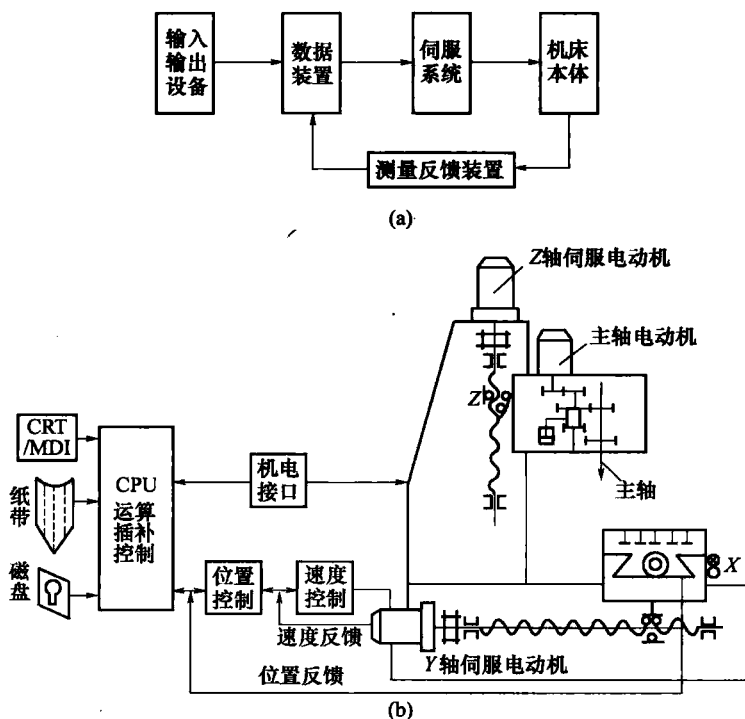


图 1-2 数控机床的组成
(a) 数控机床组成框图；(b) 三轴联动数控铣床组成框图。

3. 伺服系统

伺服系统接收数控装置运算处理后分配来的信号,经过调节、转换、放大后去驱动伺服电动机,带动机床的执行部件(刀具和工作台)运动。伺服系统包括伺服控制电路、功率放大线路和伺服电动机等。伺服电动机常用的有步进电动机、电液马达、直流伺服电动机和交流伺服电动机。一般来说,数控机床的伺服驱动,要求有好的快速响应性能,能灵敏而准确地跟踪由数控装置发出的指令信号。

4. 测量反馈装置

该装置随时检测工作台或伺服电动机的位移和速度,并将信息反馈给数控装置,进行严格的速度和位置反馈控制,以保证零件加工精度。没有反馈装置的系统称为开环控制系统。常用的测量部件有脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、光栅和磁尺等。

5. 机床本体

机床本体是数控机床的主体,是用于完成各种切削加工的机械部分。机床本体包括机床的主运动部件、进给运动部件、执行部件和底座、立柱、刀架、工作台等基础部件。数控机床是一种高精度、高效率 and 高度自动化机床,要求机床的机械结构应具有较高的精度和刚度,精度保持性要好,主运动、进给运动部件运动精度高。数控机床采用高性能的主轴及进给伺服驱动装置,其机械传动结构得到了简化。

为了保证功能的充分发挥,数控机床还包括一些配套部件(如冷却、排屑、防护、润滑、照明、储运等一系列装置)和辅助装置(程编机和对刀仪等)。

1.1.4 数控机床特点

数控机床是由普通机床发展演变而来的,与普通机床相比,数控机床具有以下特点:

(1) 精度高。数控系统每输出一个脉冲,机床移动部件的位移量称为脉冲当量,数控机床的加工精度取决于脉冲当量。数控机床的脉冲当量一般为 0.001mm ,高精度的数控机床可达 0.0001mm ,其运动分辨率远高于普通机床。另外,数控机床具有位置检测装置,可将移动部件实际位移量或丝杠、伺服电动机的转角反馈到数控系统,并进行补偿,因此,可获得比机床本身精度还高的加工精度。数控机床是按照预定程序自动工作的,工作过程一般不需要人工干预,这就消除了操作者人为产生的误差。

(2) 适应性强。数控机床只需通过改变数控加工程序即可适应不同类型的零件加工,不必像传统机床那样通过更换凸轮、靠模、样板或钻镗模等专用工艺装备,来适应零件类型的更换。

(3) 生产准备周期短,有利于产品的快速更新换代,特别适合多品种中小批量生产。

(4) 能完成普通机床难以完成或根本不能完成的复杂零件加工。例如,采用二轴联动或二轴以上联动的数控机床,可加工母线为曲线的旋转体曲面零件、凸轮零件和各种复杂空间曲面类零件。

(5) 提高了生产效率和自动化程度。利用数控机床进行加工,只要按图纸要求编制零件的加工程序单,然后输入数据并调试程序,安装坯件进行加工。数控机床还具有自动换速、自动换刀和其他辅助操作自动化等功能,并且无需工序间的检验与测量,使辅助时间大为缩短。对于多功能的加工中心,在一次装夹后几乎可以完成零件的全部加工,这样不仅可减少装夹误差,还可减少半成品的周转时间。因此,与普通机床相比,数控机床生产效率高出许多倍,自动化程度也大幅度提高,并减轻了操控者的劳动强度,减少了对熟练技术工人的需求。

(6) 有利于生产管理的现代化。用数控机床加工零件,能准确地计算产品生产的工时,并有效地简化检验、工夹具和半成品的管理工作。采用数控信息的标准代码输入,有利于与计算机连接,构成由计算机控制和管理的生产系统,实现制造和生产管理的现代化。

1.2 数控机床的分类

1.2.1 按工艺用途分类

数控机床按工艺用途可分为数控钻床、数控车床、数控铣床、数控镗床、数控磨床、数控齿轮加工机床、数控雕刻机等类型的金属切削加工机床。

除了金属切削加工的数控机床外,数控技术也大量用于冲床、压力机、弯管机、折弯机、线切割机床、焊接机、火焰切割机、等离子切割机、激光切割机和高压水切割机等非切削机床。另外,在非加工设备中也大量采用数控技术,其中最常见有自动装配机、多坐标测量机、自动绘图机、数控印染机、快速成型机和工业机器人等。

在数控机床中,加工中心(Machining Center)的应用越来越广。加工中心是带有刀库

和自动换刀装置的数控机床,可以在一台数控机床上完成多种加工。加工中心包括数控镗铣加工中心和车削中心。镗铣加工中心包括卧式(图 1-3(a))和立式(图 1-3(b))两种形式。在镗铣加工中心上,工件一次装夹后,可以对零件的大部分加工表面进行铣削、镗削、钻孔、扩孔、铰孔和攻螺纹等多工艺加工。近年来出现的五面体加工中心机床,在一次装夹中可以完成除安装面以外的箱体类所有表面的加工。车削加工中心(图 1-3(c))配有动力刀架,上面安装如钻头、铣刀、铰刀、丝锥等端部加工刀具。车削加工中心在一次装夹中能完成回转体零件的几乎所有加工工序(包括车削内外表面、铣平面、铣槽、钻孔和攻螺纹,以及端面上的螺旋槽、非回转轴线上的轴向孔、径向孔等加工)。

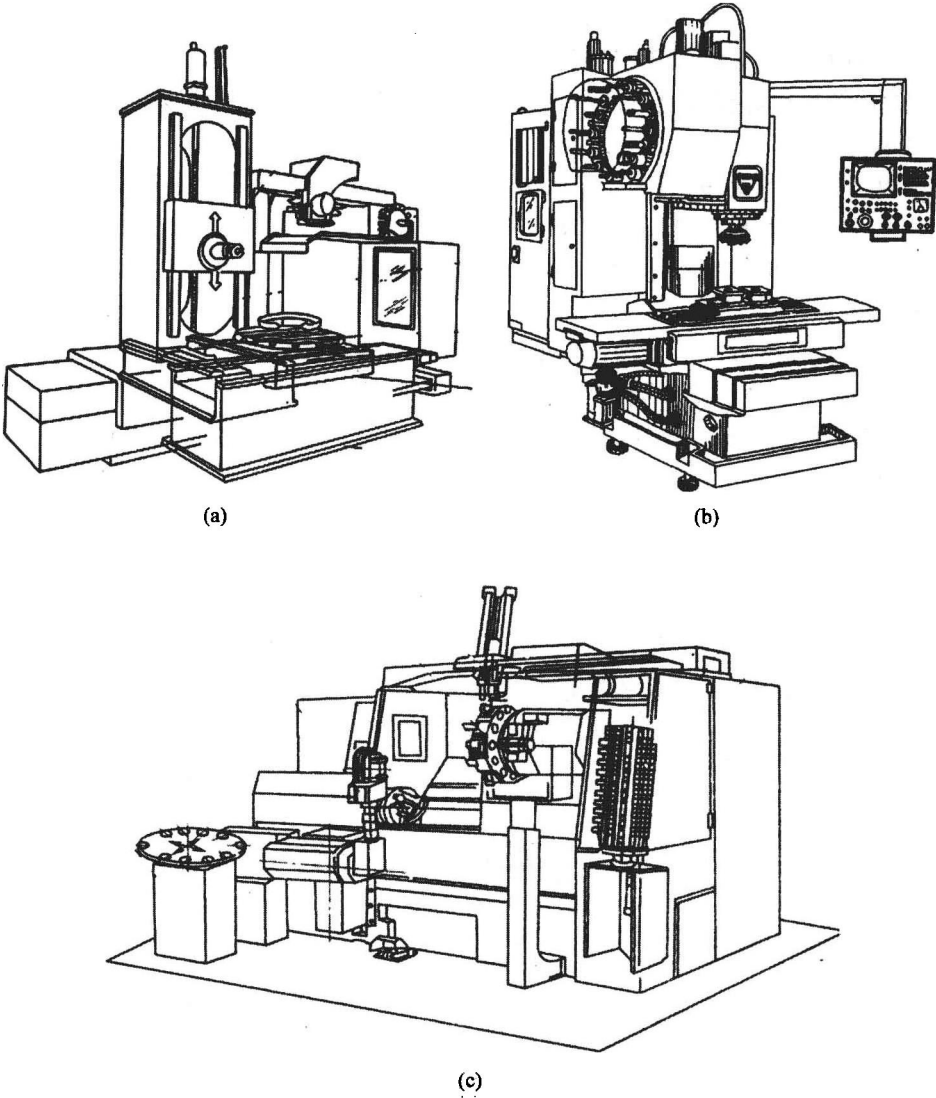


图 1-3 加工中心

(a) 卧式镗铣加工中心; (b) 立式镗铣加工中心; (c) 车削中心。

加工中心机床可以有效地避免由于多次装夹造成的定位误差;减少了机床的台数和占地面积;工序集中,从而减少了辅助时间;减少了专用工夹具的数量,进一步缩短了生产

准备时间;极大地提高了生产率和加工自动化水平。另外,传统的机械加工工艺学认为工序集中适用于单件小批生产,工序分散原则适用于大批量生产。加工中心的应用和发展,改变了这一传统认识,即工序集中原则也适用于大批量生产。

1.2.2 按运动轨迹分类

1. 点位控制数控机床

点位控制数控机床只控制和保证加工坐标点的准确定位,即只控制行程的起点和终点的坐标值,而不控制运动部件的运动轨迹,并且在运动和定位过程中机床不进行任何加工。

点位控制机床的坐标轴之间的运动不需要保持任何的联系。为了尽可能减少运动部件的运动和定位时间,并保证稳定的定位精度,通常先快速运动至接近终点坐标,然后再以低速准确运动到终点位置。最典型的点位控制数控机床有数控钻床、数控坐标镗床、数控点焊机和数控弯管机等。使用数控钻镗床加工零件可以节省大量钻模板的费用,并能达到较高的孔距精度。如图 1-4(a)所示为点位控制数控钻床加工示意图。

2. 直线控制数控机床

该类机床除了控制起点与终点的准确位置外,还要求刀具由一点到另一点之间的运动轨迹为直线,并能控制位移的速度,因为这类数控机床的刀具在移动过程中要进行切削加工。直线控制机床的刀具切削路径只沿着平行于某一坐标轴方向运动,或者沿着与坐标轴成 45° 的斜线方向进行直线切削加工,如图 1-4(b)所示。

采用这类控制系统的机床有简易数控车床和简易数控铣床等。这些数控机床在一般情况下,有 2 个~3 个可控轴,但同时可控制的只有一个轴。

3. 轮廓控制数控机床

轮廓控制(又称连续控制)数控机床的特点是机床的运动部件能够实现两个或两个以上的坐标轴联动控制。如图 1-4(c)所示,它不仅要求控制机床运动部件的起点与终点坐标位置,而且要求控制整个加工过程每一点的速度和位移量,即要求控制运动轨迹。刀具可以沿任意斜率的直线、曲线和曲面连续切削。典型机床有数控车床、数控铣床、加工中心等。

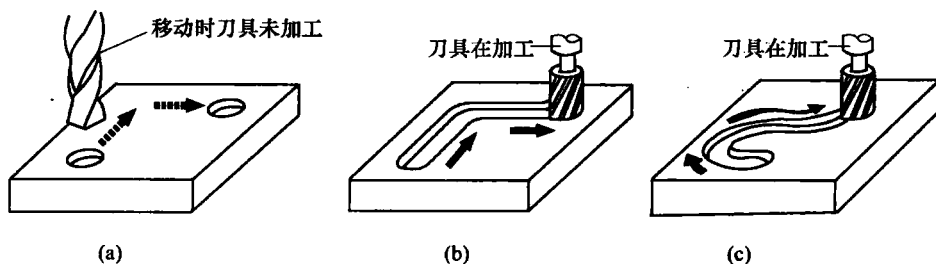


图 1-4 运动轨迹控制方式

(a) 点位控制; (b) 直线控制; (c) 轮廓控制。

轮廓控制加工包括平面(二维)轮廓加工和空间(三维)轮廓加工。平面轮廓加工只需要两轴联动,如数控车床和两轴联动数控铣床。空间轮廓加工需要两坐标轴以上的联动功能,包括三坐标两联动(用行切法加工)。三维轮廓控制要比二维轮廓

控制更为复杂,需要在加工过程中不断进行多坐标轴之间的插补运算,实现相应的速度控制和位移控制。

1.2.3 按伺服系统控制原理分类

1. 开环控制数控机床

这类数控机床不带有位置检测装置,数控装置将零件程序处理后,输出指令信号给伺服系统,驱动机床运动,如图 1-5 所示。指令信号的流程是单向的。这类数控机床的伺服驱动部件通常选用步进电动机。运动部件的速度与位移量由输入脉冲的频率和脉冲数所决定。开环控制数控机床输出的扭矩值的大小受到限制,而且当输入较高的脉冲频率时,容易产生丢步,难以实现运动部件的快速控制。受步进电动机的步距精度以及传动机构的传动精度的影响,该类机床也难以达到高精度。但由于其结构简单、成本较低、调试维修方便等优点,所以仍被广泛应用于经济型、中小型数控机床。

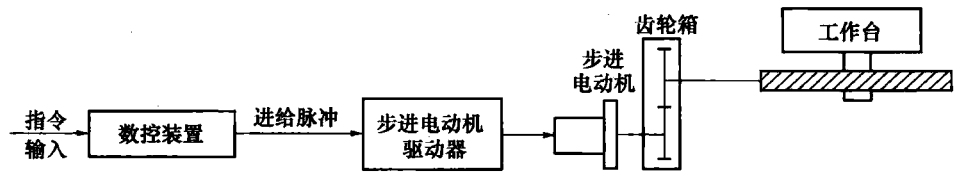


图 1-5 开环控制数控机床

2. 闭环控制的数控机床

这类机床带有检测装置。它随时接受在机床运动部件端(工作台或刀具)测得的实际位置反馈信号,并将其与数控装置发来的指令位置信号相比较,由其差值控制进给轴运动,直到差值为零时,进给轴停止运动。图 1-6 为闭环控制的数控机床的原理框图。安装在工作台的位置传感器(如光栅)把机械位移转变为电压值,反馈到位置比较环节与指令位置信号相比较,得到的差值经过放大和变换,驱动工作台向减少误差的方向移动。如果不断有差值指令信号输入,那么工作台就不断地跟随信号移动,只有在指令信号与反馈信号的差值为零时,工作台才静止,即工作台的实际位移量与指令位移量相等时,工作台才停止运动。

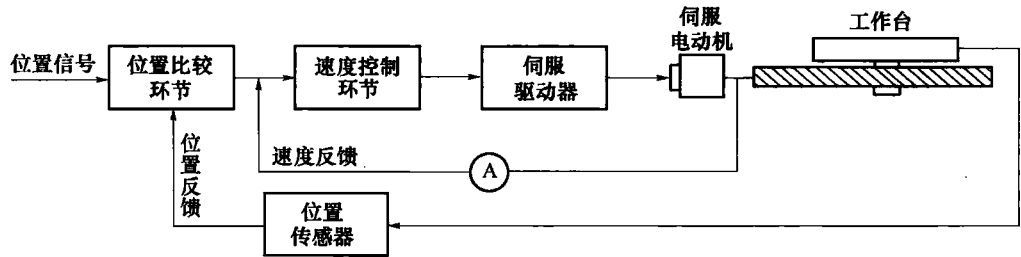


图 1-6 闭环控制的数控机床

在闭环系统中还装有速度测量元件,将实际速度与进给速度相比较,并通过速度控制电路对电动机运动状态随时进行校正,从而减少因负载等因素变动而引起的进给速度波动,提高位置控制的质量。