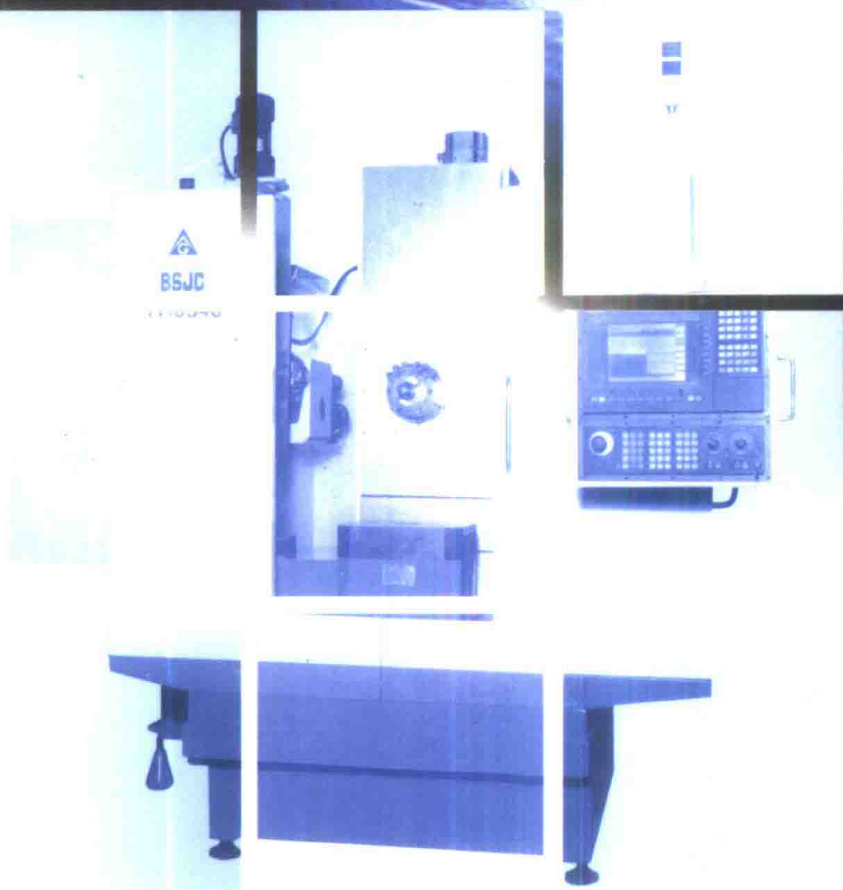


数控加工自动编程系列

数控铣床及加工中心自动编程

廖卫献 编著



国防工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控铣床及加工中心自动编程/廖卫献编著. —北京:
国防工业出版社, 2002. 6

(数控加工自动编程系列)

ISBN 7-118-02833-9

I. 数... II. 廖... III. ①数控机床: 铣床-程序设计
②数控机床加工中心-程序设计 IV. ①TG659②TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 018780 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 100044)

三河市新艺印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 16 $\frac{3}{4}$ 387 千字

2002 年 6 月第 1 版 2002 年 6 月北京第 1 次印刷

印数: 1—4000 册 定价: 25.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了用 CAD/CAM 软件编制数控铣及加工中心加工程序的各个方面。全书共分六章,第一章介绍数控铣床与加工中心及其加工的基本知识,第二章介绍 CAD/CAM 软件的基本操作,第三章介绍工件模型的计算机化处理(CAD),第四章介绍数控铣加工工艺及刀位轨迹生成,第五章介绍后置处理设置与数控代码程序的自动生成,第六章给出了 2 个实际例子,有详尽的操作步骤。本书的特点是把 CAD/CAM 软件数控编程与数控加工工艺结合起来,重在操作使用。书中详细介绍了流行的 CAD/CAM 软件(CAXA 制造工程师、Mastercam - Mill 及 AutoCAD)的操作使用。

本书适合高职高专、本科等各类学校及有关的培训教材,也可以供数控铣床及加工中心加工的技术人员参考。

前 言

数控铣床与加工中心在机械制造业已经得到了普及应用,尤其是模具制造业。手工编制数控铣床与加工中心的加工程序只能应付简单几何形状的零件,只有采用 CAD/CAM 软件进行编程,才能加工出具有复杂形状的零件,充分发挥数控铣床与加工中心的作用。但有关数控铣床 CAM 编程应用方面的图书较少。尽管有关 CAD 应用的各个层次的图书很多,由于数控编程比起一般的 CAD 应用来说,与加工工艺联系很紧,缺乏工艺知识将不能使用 CAM 软件编出合格的数控代码程序来。而已经出版的 CAM 软件使用的一些图书却很少介绍相关的工艺知识。

本书结合流行的 CAD/CAM 软件,介绍了数控铣床与加工中心 CAM 自动编程的各个方面,重在操作应用,包括:数控铣床与加工中心及其加工的基本知识、CAD/CAM 软件的基本操作、工件几何模型的计算机化、数控铣加工工艺及刀位轨迹生成、后置处理设置与数控代码程序的自动生成。最后给出了 2 个实际例子,有详尽的操作步骤。读者可以通过练习,由易到难,达到融会贯通。

作者假定的读者为以下两大类,一是打算掌握数控铣床加工技术的人,如高职等各类学校的学生,二是数控铣床与加工中心加工的技术人员。对于后者,可略去本书有关数控铣加工技术本身等内容。对于不懂得 CAD/CAM 的读者,按照本书的章节先后顺序学习、练习,完全可以独立地完成数控铣与加工中心的加工编程任务,从而优质高效地完成加工任务。读者也可以从有关公司的网站上下载本书涉及到的有关软件进行学习。

CAM 编程应用方面的图书较少,结合工艺知识来写软件应用也是一种尝试,限于编著者的水平,不足之处,欢迎批评指正。编著者的电子邮件地址是:

liaowx@mail.nhu.edu.cn

编 著 者

2002 年 2 月

目 录

第一章 数控铣床与加工中心及其编程	1
1.1 数控铣床与加工中心及其数控加工的基本原理	1
1.2 数控铣加工程序	15
1.3 计算机辅助数控铣加工编程(CAM)	20
第二章 CAD/CAM 软件的基本操作	22
2.1 CAD/CAM 软件中的几个基本概念	22
2.2 AutoCAD 2000 的基本操作	25
2.3 CAXA - ME 的基本操作	33
2.4 Mastercam - Mill 的基本操作	40
第三章 工件几何模型计算机化	46
3.1 绘制二维图形	46
3.1.1 用 AutoCAD 绘制工件图形	46
3.1.2 AutoCAD2000 的曲线编辑	51
3.2 用 CAXA - ME 设计曲线	57
3.2.1 绘制草图曲线	58
3.2.2 曲线绘制	59
3.2.3 曲线几何变换	69
3.2.4 曲线编辑	70
3.2.5 草图参数化修改	72
3.3 曲面设计	73
3.3.1 曲面绘制	74
3.3.2 曲面编辑	85
3.4 实体造型	101
3.4.1 基本概念	101
3.4.2 基本实体的生成	102
3.4.3 基本实体特征的编辑	109
3.4.4 特征修改	114
3.5 不同 CAD/CAM 软件之间的图形数据交换	115
第四章 数控铣加工工艺与刀位轨迹生成	121
4.1 数控铣加工的基本概念	121
4.2 刀具及刀具参数的设定	126
4.2.1 数控铣及加工中心的常用刀具	126

4.2.2	CAXA - ME 的刀具设定	129
4.2.3	Mastercam - Mill 的刀具设定	132
4.3	数控铣的切削方式与工艺参数	138
4.3.1	数控铣的切削方式	138
4.3.2	工艺参数及其设定	140
4.3.3	数控铣削工艺中的几个问题	144
4.4	用 CAXA - ME 生成数控铣加工刀位轨迹	147
4.4.1	刀具轨迹生成通用参数设置	148
4.4.2	平面轮廓加工	151
4.4.3	平面区域加工	155
4.4.4	参数线加工	156
4.4.5	限制线加工	162
4.4.6	曲面轮廓加工	163
4.4.7	曲面区域加工	165
4.4.8	曲线加工	165
4.4.9	粗加工	166
4.4.10	投影加工	167
4.4.11	钻孔	168
4.4.12	等高线加工	169
4.4.13	等高线补加工	170
4.4.14	轨迹批处理	171
4.4.15	轨迹编辑	172
4.5	用 Mastercam - Mill 生成数控铣加工轨迹	178
4.5.1	Mastercam - Mill 的加工方式与刀位轨迹生成过程	178
4.5.2	设置工件毛坯与加工参数	181
4.5.3	铣平面	182
4.5.4	铣轮廓	184
4.5.5	平面区域加工	187
4.5.6	钻孔	191
4.5.7	整圆加工	193
4.5.8	平行加工	193
4.5.9	放射线加工	198
4.5.10	投影加工	199
4.5.11	参数线加工	201
4.5.12	等高线加工	203
4.5.13	曲面区域加工	204
4.5.14	插削加工	204
4.5.15	陡斜面加工	205
4.5.16	浅面加工	206

4.5.17 清根.....	207
4.5.18 环绕等距加工.....	208
第五章 数控铣及加工中心加工程序的自动生成	209
5.1 数控加工程序格式	209
5.2 后置处理及其设置	209
5.2.1 后置处理	209
5.2.2 CAXA - ME 的通用后置处理设置.....	211
5.2.3 Mastercam - Mill 的后置处理设置	222
5.3 NC 程序的自动生成	225
5.3.1 用 CAXA - ME 生成 NC 程序	225
5.3.2 用 Mastercam - Mill 生成 NC 程序.....	229
第六章 编程实例	232
6.1 鼠标模型的加工	232
6.2 连杆加工	243
附录 JB3208 - 83 准备功能 G 代码与辅助功能 M 代码.....	257
参考文献.....	260

第一章 数控铣床与加工中心及其编程

1.1 数控铣床与加工中心及其数控加工的基本原理

一、数控铣床与加工中心

数控机床就是将加工过程的各种机床动作,由数字化的代码表示,通过某种载体将信息输入数控系统,控制计算机对输入的数据进行处理,来控制机床的伺服系统或其它执行元件,使机床加工出所需要的工件。数控机床的控制系统就是数控系统,它能够逻辑地处理具有使用号码或其它符号编码指令规定的程序。

1. 数控机床的组成与数控铣床及加工中心

数控机床的种类繁多,但从组成上讲,它由控制介质、数控装置、伺服系统和机床本体四大部分以及辅助设备组成,如图 1.1 所示。

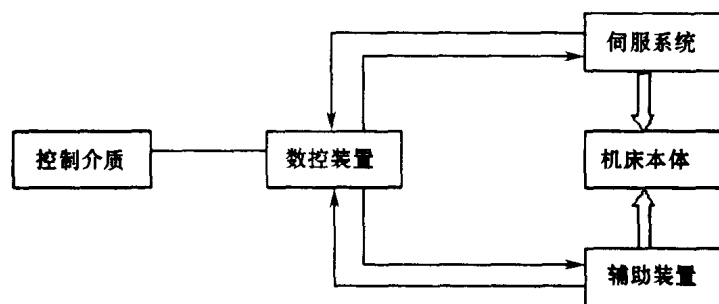


图 1.1 数控机床组成示意图

控制介质实际上是信息的载体,是操作者与数控机床发生联系的中间媒介物。它用于记载零件加工过程中所需要的各种加工信息,以控制机床的运动,实现零件的加工。常用的信息载体有穿孔纸带、磁盘、磁带等。对于计算机数控机床(CNC 数控机床),也可用操作面板上的键盘直接输入加工程序。现代先进的信息传输则是采用计算机联机通信的方式传送加工程序,即所谓的 DNC。

数控装置是机床实现自动加工的控制核心。它具有零件程序的读入、存储、输入信息的处理和计算,以及加工过程的实时控制等机能。其工作过程是:当由输入设备输入加工信息之后,经过处理与计算,发出相应的脉冲给伺服系统,通过伺服系统使机床按预定的轨迹运动。

数控装置一般有专用装置和通用数控装置两种类型。专用数控装置简称 NC 数控装置,它是指根据零件加工功能的要求,采用专用硬接线逻辑电路的方法构成的控制装置。要想增加或更改某种功能,就必须改变控制装置内部的逻辑电路。因此这种数控系统灵活性差,使用很不方便,现已逐渐被淘汰。通用数控装置简称 CNC 数控装置,它是由一台

小型或微型计算机作为控制硬件,再配以适当的接口电路构成的数控装置。将预先设计调试好的控制软件存入计算机内,以实现数控机床的控制逻辑和各种控制功能,只要改变控制软件就可改变控制功能。因此这种数控装置的灵活性和通用性很强,现代数控系统大都采用这种通用数控装置。图 1.2 是 CNC 系统的组成框图。

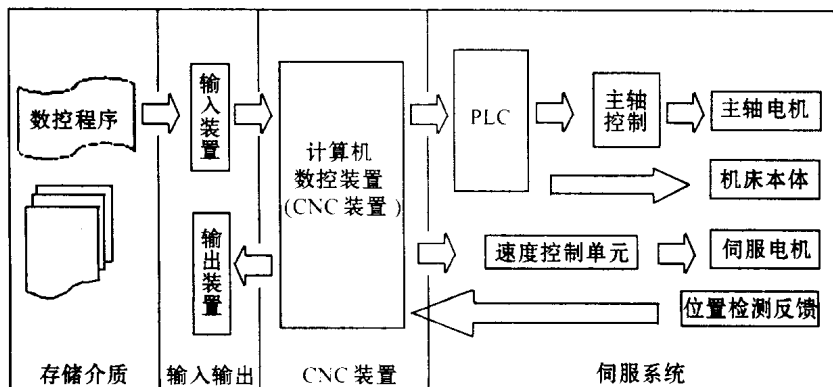


图 1.2 CNC 系统框图

伺服系统是数控系统的执行部分,是数控装置与机床本体间的电传动联系环节,由速度控制装置、位置控制装置、驱动伺服电动机和相应机械传动装置组成。其功能是接受数控装置输出的指令脉冲信号,使机床上的移动部件作相应的移动,并对定位的精度和速度加以控制。每一个指令脉冲信号使机床移动部件产生的位移量称为脉冲当量,常用脉冲当量为 0.01mm/脉冲、0.005mm/脉冲、0.001mm/脉冲等。因此,伺服系统的精度、快速性及动态响应是影响加工精度、表面质量和生产率的主要因素之一。

目前在数控机床的伺服系统中,常用的位移执行机构有功率步进电机、直流伺服电动机和交流伺服电动机,后两种都带有感应同步器、光电编码器等位置测量元件。所以,伺服机构的性能决定了数控机床的精度和快速性。

数控机床的伺服系统按其控制方式分为开环控制系统、半闭环控制系统和闭环控制系统三大类。开环控制系统是指不带反馈装置的控制系统。它是根据数据指令,经过控制运算发出脉冲信号,输送到伺服驱动装置(如步进电动机),使伺服驱动装置转过相应的角度,然后经过减速齿轮和丝杠螺母机构,转换为移动部件的直线位移。开环控制系统不具有反馈装置,所以对移动部件实际位移量不测量、不反馈,无法与原指令值进行比较,因而不能进行误差校正,故系统精度较低($\pm 0.02\text{mm}$)。虽然开环控制系统具有结构简单、工作稳定、使用维修方便及成本低的优点,但它已不能满足数控机床日益提高的精度要求。

半闭环控制系统是在开环控制系统的伺服机构中装有角位移检测装置,通过检测伺服机构的滚珠丝杠转角,间接检测移动部件的位移,然后反馈到数控装置的比较器中,与输入原指令位移值进行比较,用比较后的差值进行控制,使移动部件补充位移,直到差值消除为止。由于半闭环控制系统将移动部件的传动丝杠螺母机构不包括在闭环之内,所以传动丝杠螺母机构的误差仍然会影响移动部件的位移精度。半闭环控制系统调试方便,稳定性好,目前应用比较广泛。

闭环控制系统是在机床移动部件位置上直接装有直线位置检测装置,将检测到的实

际位移反馈到数控装置的比较器中,与输入的原指令位移值进行比较,用比较后的差值控制移动部件作补充位移,直到差值消除时才停止移动,达到精确定位的控制系统。闭环控制系统定位精度高(一般可达 $\pm 0.01\text{mm}$,最高可达 $\pm 0.001\text{mm}$),一般应用在高精度数控机床床上。由于系统增加了检测、比较和反馈装置,所以结构比较复杂,调试维修比较困难。

机床本体指的是数控机床机械构造实体。它与普通机床的差别,主要是机械传动结构及功能性部件,由此形式了数控机床构造上的特色。数控机床加工时,零件的粗、精加工通常是在机床上一次安装,自动完成整个加工过程,进给量的变换是靠伺服电动机本身变速来实现的。因此数控机床的机床本体要具有刚性好、热变形小、精度高和机械传动系统比较简单等特点。

数控铣床是数控机床家族中的一个大类,是最常见的一类数控机床。图 1.3 是 XK5040A 型数控铣床的布局图。床身 6 固定在底座 1 上,用于安装与支承机床各部件。操纵台 10 上有 CT 显示器、机床操作按钮和各种开关及指示灯。纵向工作台 16、横向溜板 12 安装在升降台 15 上,通过纵向进给伺服电机 13、横向进给伺服电机 14 和垂直升降进给伺服电机 4 的驱动,完成 X、Y、Z 坐标进给。强电柜 2 中装有机床电气部分的接触器、继电器等。变压器箱 3 安装在床身立柱的后面。数控柜 7 内装有机床数控系统。保

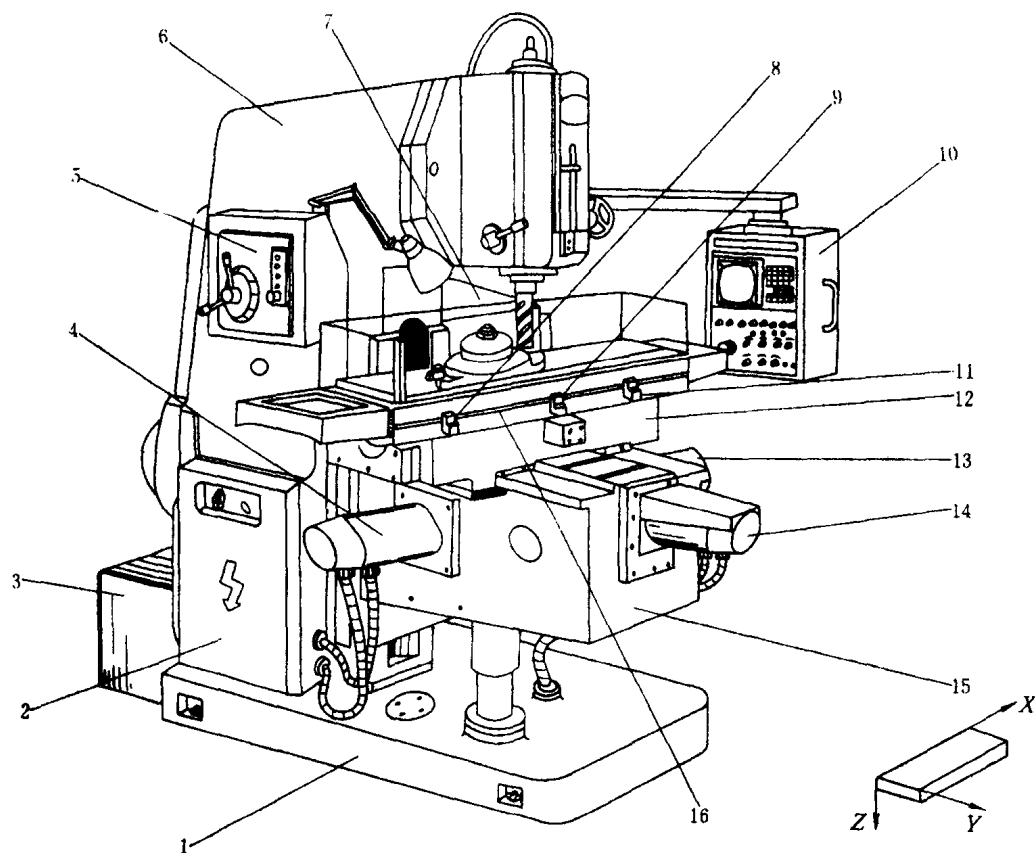


图 1.3 XK5040A 型数控铣床的外观图

- 1—底座; 2—强电柜; 3—变压器箱; 4—伺服电动机; 5—主轴变速手柄和按钮板; 6—床身; 7—数控柜;
8、11—保护开关; 9—挡铁; 10—操纵台; 12—横向溜板; 13—纵向进给伺服电机; 14—横向进给伺服电机;
15—升降台; 16—纵向工作台。

护开关 8、11 可控制纵向行程硬限位;挡铁 9 为纵向参考点设定挡铁。主轴变速手柄和按钮板 5 用于手动调整主轴的正、反转、停止及切削液开停等。

数控立式铣床是数控铣床中数量最多的一种,应用范围也最为广泛。小型数控铣床一般都采用工作台移动、升降及主轴不动方式,与普通立式升降台铣床结构相似;中型数控立式铣床一般采用纵向和横向工作台移动方式,且主轴沿垂直溜板上下运动;大型数控立式铣床,因要考虑到扩大行程,缩小占地面积及刚性等技术问题,往往采用龙门架移动式,其主轴可以在龙门架的横向与垂直溜板上运动,而龙门架则沿床身作纵向运动。

从机床数控系统控制的坐标数量来看,目前 3 坐标数控立式铣床仍占大多数。一般可进行 3 坐标联动加工,但也有部分机床只能进行 3 坐标中的任意两个坐标联动加工(常称为 $2\frac{1}{2}$ 坐标加工)。此外,还有机床主轴可以绕 X 、 Y 、 Z 坐标轴中其中一个或两个轴作数控摆角运动的 4 坐标和 5 坐标数控立式铣床。一般来说,机床控制的坐标轴越多,特别是要求联动的坐标轴越多,机床的功能、加工范围及可选择的加工对象也越多。但随之而来的是机床的结构更复杂,对数控系统的要求更高,编程的难度更大,设备的价格也更高。

数控立式铣床可以附加数控转盘、采用自动交换台、增加靠模装置等来扩大数控立式铣床的功能,加工范围和加工对象,进一步提高生产效率。

卧式数控铣床的主轴轴线平行于水平面。为了扩大加工范围和扩充功能,卧式数控铣床通常采用增加数控转盘或万能数控转盘来实现 4、5 坐标加工。这样,不但工件侧面上的连续回转轮廓可以加工出来,而且可以实现在一次安装中,通过转盘改变工位,进行“四面加工”。尤其是万能数控转盘可以把工件上各种不同角度或空间角度的加工面摆成水平来加工。可以省去许多专用夹具或专用角度成型铣刀。对箱体类零件或需要在一次安装中改变工位的工件来说,选择带数控转盘的卧式铣床进行加工是非常合适的。

此外,还有立、卧两用数控铣床。这类铣床目前正在逐渐增多,它的主轴方向可以更换,能达到在一台机床上既可以进行立式加工,又可以进行卧式加工,其使用范围更广,功能更全,选择加工的对象和余地更大,给用户带来了很大方便。特别是当生产批量小,品种较多,又需要立、卧两种方式加工时,用户只需买一台这样的机床就行了。

立、卧两用数控铣床的主轴方向的更换有手动与自动两种,采用数控万能主轴头的立、卧两用数控铣床,其主轴头可以任意转换方向,可以加工出与水平面呈各种不同角度的工件表面。当立、卧两用数控铣床增加数控转盘后,就可以实现对工件的“五面加工”。即除了工件与转盘贴合的定位面外,其它表面都可以在一次安装中进行加工。因此,其加工性能非常优越。

加工中心是一种功能较全的数控加工机床。它把铣削、镗销、钻削和切削螺纹等功能集中在一台设备上,使其具有多种工艺功能。加工中心设置有刀库,刀库中存放着不同数量的各种刀具或量具,在加工过程中由程序自动选用和更换。这是它与数控铣床、数控镗床的主要区别。加工中心与同类数控机床相比结构较复杂,控制系统功能较多。加工中最少有三个运动坐标系,多的达十几个。其控制功能最少可实现两轴联动控制,实现刀具运动直线插补和圆弧插补。多的可实现五轴联动、六轴联动,从而保证刀具进行复杂加工。加工中心还具有不同的辅助机能;如:各种加工固定循环,刀具半径自动补偿,刀具长度自动补偿,刀具破损报警,刀具寿命管理,过载超程自动保护,丝杠螺距误差补偿,丝杠

间隙补偿,故障自动诊断,工件与加工过程图形显示,人机对话,工件在线检测和加工自动补偿、离线编程等,这些功能提高了数控机床的加工效率,保证了产品的加工精度和质量,是普通加工设备无法相比的。

加工中心是一种综合加工能力较强的设备,工件一次装夹后能完成较多的加工步骤,加工精度较高,就中等加工难度的批量工件,其效率是普通设备的 5 倍~10 倍,特别是它能完成许多普通设备不能完成的加工。加工中心对形状较复杂,精度要求高的单件加工或中小批量多品种生产更为适合。特别是对于必需采用工装和专机设备来保证产品质量和效率的工件,采用加工中心加工,可以省去工装和专机。

数控铣床与加工中心的主要区别在于加工中心配有能自动换刀的自动刀库,当然,加工中心的功能比数控铣强很多。但从切削加工的角度来看,加工中心完全等同与数控铣。因此,本书所指的数控铣编程即包括了加工中心的编程。

图 1.4 为 JCS-018A 型立式加工中心的外观图。

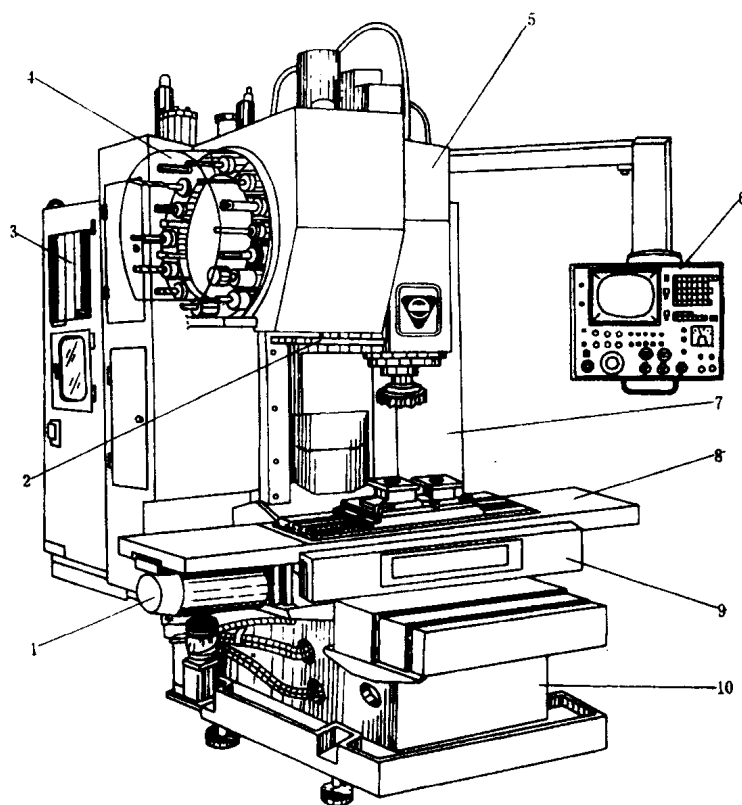


图 1.4 JCS-018A 型立式加工中心的外观图

- 1—X 轴的直流伺服电机; 2—换刀机械手; 3—数控柜; 4—盘式刀库, 能存 16 把刀;
5—主轴箱; 6—操作面板; 7—驱动电源柜; 8—工作台; 9—滑座; 10—床身。

2. CNC 数控系统

CNC 系统是数控机床的控制核心,它通常由一台带有专门系统软件的微机构成。因此,CNC 系统由软件和硬件组成。

CNC 系统根据输入的零件加工程序(NC 程序),计算出理想的运动轨迹,输出到执行部件,加工出需要的零件。在这个过程中,它要完成对进给坐标控制、主轴控制、刀具控

制、辅助功能控制等功能。此外,CNC 系统还要实现一些高度复杂的功能,如零件程序编辑、坐标系偏移、刀具补偿、图形显示、公英制转换、插补、固定循环等。

图 1.5 是 CNC 系统的硬件组成,图 1.6 是 CNC 系统的软件结构。由图中可以看出,CNC 系统的软件又分为管理软件和控制软件。所有的数控功能基本上都要依靠这些程序来实现。硬件是软件的物质基础,软件是整个系统的灵魂,CNC 系统的活动均依靠系统程序来指挥。

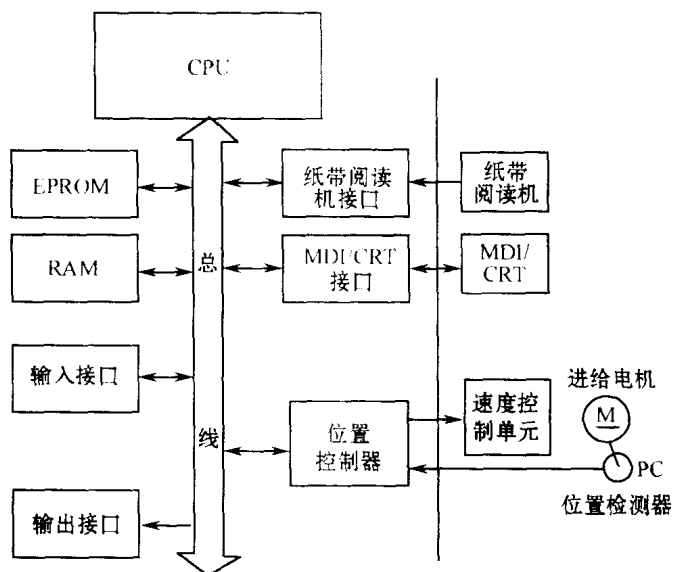


图 1.5 CNC 系统的硬件组成

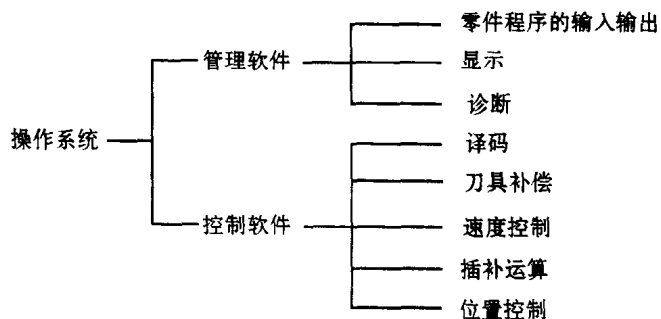


图 1.6 CNC 系统的软件组成

CNC 系统的工作过程是一系列程序的执行过程。

输入 CNC 系统的有零件程序、控制参数、补偿数据。输入的方式有阅读机纸带输入、键盘手动输入、磁盘输入、通信接口输入(串行口)以及连接上一级计算机的 DNC(Direct Numerical Control)接口输入。CNC 系统的输入过程中还需完成校检和代码转换等工作。输入的全部信息都放在 CNC 装置的内部存储器中。

译码处理程序将零件程序以一个程序段为单位进行处理,每个程序段含有零件的轮廓信息(起点、终点、直线、圆弧等)、加工速度信息(F 代码)以及其他如换刀、换挡、冷却液等辅助信息(M、S、T 代码等)。计算机依靠译码程序识别这些代码符号,并按照一定的语

言规则解释成计算机能够识别的数据形式,并以一定的数据格式存放在指定的内在区间。

数据处理程序一般包括刀具半径补偿、速度计算以及辅助功能处理。刀具半径补偿是把零件轮廓轨迹转化为刀具中心轨迹(因为轮廓轨迹是靠刀具的运动来实现的),从而大大减轻了编程员的工作量。速度计算是解决该加工程序段以什么样的速度运动的问题。编程所给的刀具移动速度,是在各坐标的合成方向上的速度。速度处理首先是根据合成速度来计算各坐标方向的分速度。此外对机床容许的最低速度和最高速度的限制进行判别并处理。辅助功能如换刀、主轴启停、冷却液开停等,大部分都是开关量。辅助功能处理的主要工作是识别标志,在程序执行时发出信号,让机床相应部件执行这些动作。

插补运算和位置控制是 CNC 系统的实时控制软件,一般都在控制程序中相应地控制机床运动的中断服务程序中进行。插补程序在每个插补周期运行一次,在每个插补周期中,根据指令进给速度计算出一个微小的直线数据段。通常经过若干个插补周期后,插补加工完一个程序段,即从数据段的起点走到终点。计算机数控系统是一边插补,一边加工。而在本次处理周期内插补程序的作用是计算下一个处理周期的位置增量。位置控制可以由软件也可以由硬件来实现。它的主要任务是在每个采样周期内,将插补计算的理论位置与实际反馈位置相比较,用其差值去控制进给电机,进而控制机床工作台(或刀具)的位移。这样机床就自动地按照零件加工程序的要求进行切削加工。

当一个程序段开始插补加工时,管理程序即着手准备下一个程序段的读入、译码、数据处理,即由它调动各个功能子程序,并保证在一个程序段加工过程中完成下一个程序段的数据准备,一旦本程序段加工完毕立即开始下一个程序段的插补计算。整个零件加工就在这种周而复始的过程中完成。

同一般计算机系统一样,由于软件和硬件在逻辑上是等价的,所以在 CNC 系统中,由硬件完成的工作原则上也可以由软件来完成。但是硬件和软件各有不同的特点。硬件处理速度较快,但造价较高,软件设计灵活,适应性强,但处理速度较慢。因此在 CNC 系统中,软件和硬件的分配比例是由性能价格比决定的。实际上,现代 CNC 系统中,软件和硬件的界面关系是不固定的。在早期的 NC 装置中,数控系统的全部工作都由硬件来完成,随着计算机技术的发展,特别是硬件成本的下降,计算机参与了数控系统的工作,构成了计算机数控(CNC)系统。但是这种参与的程度在不同的年代和不同的产品中是不一样的。

3. 伺服系统的工作原理

在数控机床中,伺服系统接受来自数控系统插补器的进给脉冲信号,将其变换、放大,转化为机床工作台(或刀具)的位移。通常将伺服系统分为开环系统、闭环系统和半闭环系统三大类。图 1.7 是闭环系统的构成。开环系统没有反馈检测环节和比较环节,半闭环系统与闭环系统的区别在于反馈检测传感器安装的部位与测量对象不同。

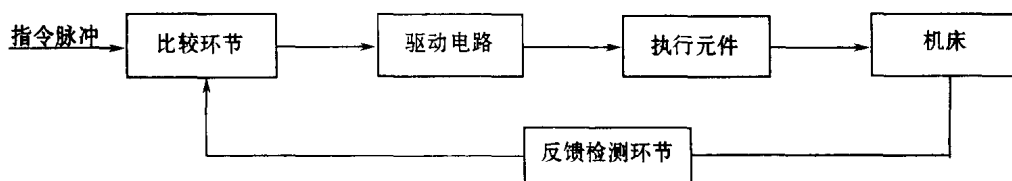


图 1.7 闭环系统的构成

反馈检测环节是将工作台的实际位移检测出来并转换成电信号,反馈给比较环节。它主要由检测元件和信号处理电路两部分组成。常用的检测元件有旋转变压器、感应同步器、光栅和编码盘等。

比较环节是将指令信号和反馈信号进行比较,两者的差值作为伺服系统的跟随误差,经驱动电路控制执行元件带动工作台移动,直到误差为零。根据进入比较环节的信号的形式以及反馈检测方式,闭环系统可分为鉴相式伺服系统、鉴幅式伺服系统和数字比较式伺服系统三种类型。

驱动电路的作用是将比较环节输出的信号进行整形、滤波、电压放大、功率放大从而驱动执行元件带动工作台。

执行元件的作用是将控制信号转化为机械位移,开环系统常用功率步进电机作执行元件。闭环系统常用的执行元件有交流伺服电动机、直流脉宽调速电动机和液压马达等。

4. 坐标系

数控机床的坐标系,包括坐标系、坐标原点和运动方向,对于数控加工及编程是一个十分重要的概念。每一个数控编程员和数控机床的操作者,都必须对数控机床的坐标系有一个完整、正确的理解,否则,程序编制将发生混乱,操作时更容易发生事故。为了使数控系统规范化(标准化、开放化)及简化数控编程,国际标准(ISO)对数控机床的坐标系作了若干规定。

(ISO)和我国部颁标准中规定数控机床的坐标系采用笛卡儿直角坐标系,右手定则法。如图1.8所示,大拇指的方向为 X 轴的正方向;食指为 y 轴的正方向;中指为 Z 轴的正方向。这个坐标系的各个坐标轴与机床的主要导轨相平行。

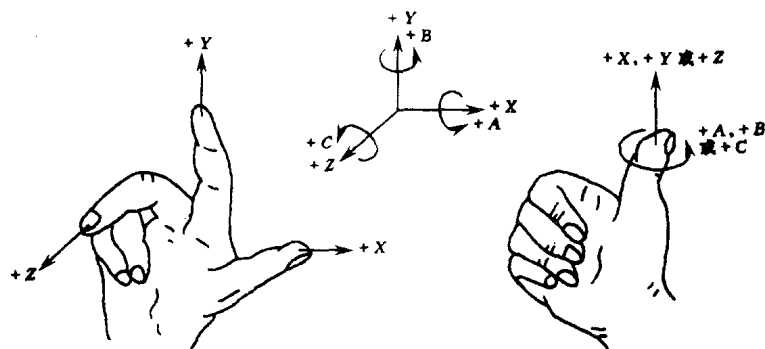


图 1.8 右手直角坐标系

a. 机床坐标系

为了编程人员能够在不知道是刀具移近工件,还是工件移近刀具的情况下,就能依据零件图纸来确定机床的加工过程、编制加工程序,规定以工件为基准,假定工件不动,刀具相对于静止的工件运动的原则。

JB3051—82中规定,增大工件与刀具之间距离的方向是机床运动的正方向。

与主轴线平行的坐标轴为 Z 坐标(Z 轴),工件远离刀具的方向为 Z 轴的正向。图1.9是铣床的坐标系。当机床有几根主轴时,则选取一个垂直于工件装夹表面的主轴为 Z 轴(如龙门铣床)。

X 轴规定为水平平行于工件装夹表面,它是刀具或工件定位平面内运动的主要坐

标。对于立铣,从主轴向立柱看,立柱右方规定为 X 轴的正方向,如图 1.9(a)所示;对于卧式铣床、卧式加工中心,从主轴向工件看, $+x$ 方向指工件的右方向,如图 1.9(b)所示。

y 坐标轴垂直于 X 、 Z 坐标轴。当 Z 轴、 Z 轴确定之后,按笛卡儿直角坐标系右手法则判断, y 轴方向就是惟一地被确定了。

旋转运动用 A 、 B 和 C 表示,分别为绕 X 、 Y 、 Z 轴旋转的运动。 A 、 B 、 C 的正方向,相应地表示在 x 、 y 和 Z 坐标轴的正方向上,按右手螺旋前进方向,如图 1.8 所示。

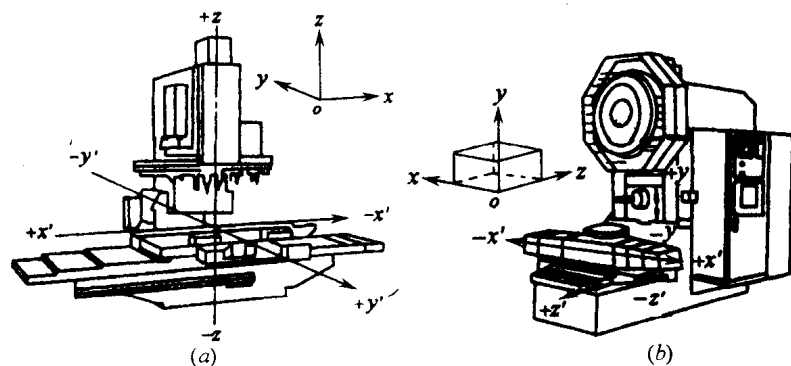


图 1.9 加工中心的坐标系
(a) 立式加工中心的坐标系; (b) 卧式加工中心的坐标系。

如果有第二或第三组坐标平行于 X 、 Y 、 Z ,则分别指定用 U 、 V 、 W 和 P 、 Q 、 R 表示。

对于工件运动而不是刀具运动的机床,规定用带“ $\cdot$ ”的字母和箭头表示。如用 $+Z$ 表示刀具相对于工件的正向运动, $+Z\cdot$ 表示工件相对于刀具的正向运动。二者表示的运动方向正好相反。机床设计者要考虑的是带“ $\cdot$ ”的运动,编程人员在编程时只考虑不带“ $\cdot$ ”的运动。

主轴顺时针旋转运动是按右手螺旋前进的方向为主轴的正向。如果正对主轴端面看主轴旋向,反时针方向为正向。

b. 工件坐标系

工件坐标系是编程时使用的坐标系,所以又称为编程坐标系。数控编程时,应该首先确定工件坐标系和工件原点。零件图样给出以后,首先应找出图样上的设计基准点,该基准点称之为工件原点。以工件原点为坐标原点建立一个直角坐标系,称为工件坐标系。

c. 绝对坐标系与增量坐标系

刀具运动位置的坐标值相对于固定的坐标原点给出时称为绝对坐标,该坐标系称为绝对坐标系。若刀具运动位置的坐标值是相对于前一位置,而不是相对于固定的坐标原点时,称为增量坐标系,增量坐标系的引入是为了方便编程时的数据换算。

5. 坐标原点

机床坐标系是用来确定工件坐标系的基本坐标系,其坐标和运动方向视机床的种类和结构而定。如数控车床、数控铣床都有自己的坐标系统,立式加工中心与卧式加工中心的坐标系也有较大的区别。即便都是卧式加工中心,其运动部件不同坐标系也有一定的差异,如工作台做 Z 向运动的与立柱做 Z 向运动的两种加工中心,其机床坐标就有较大的差别,但它们的标准坐标完全相同。

a. 机床坐标系中的各种原点

机床坐标系原点 机床坐标系原点简称机床原点,也称为机床零位。又因该坐标系是由右手笛卡尔坐标系而规定的标准坐标系,故其原点又称为标准原点。机床坐标系原点的位置通常由机床的制造厂确定,该原点是确定机床固定原点的基准。

机床固定原点 机床固定原点简称固定原点,又称为机床参考点或机械原点,许多数控机床(全功能型及高档型)都设有固定原点,该点至机床原点在其进给坐标轴方向上的距离在机床出厂时已准确确定,使用时可通过“寻找操作”方式进行确认。

数控机床设置固定原点是为了在需要时,便于将刀具或工作台自动返回该点;便于设置换刀点;可作为行程限制(超程保护)的终点;可作为送给位置反馈的测量基准点。

浮动原点 当其固定原点不能或不便满足编程要求时,可根据工件位置而自行设定的一个相对固定,又不需要永久存储其位置的原点,称为浮动原点。

具有浮动原点指令功能的数控机床,允许将其测量系统的基准点或程序原点设在相对于固定原点的任何位置上,并在进行“零点偏置”操作后,可用一个数控程序在不同的位置上,加工出相同形状的零件。

b. 工件坐标系原点

在工件坐标系上,确定工件轮廓的编程和计算原点,称为工件坐标系原点,简称为工件原点。在加工中,因工件的装夹位置是相对于机床而固定的,所以工件坐标系在机床坐标系中位置也就确定了。工件原点是人为设定的,设定的依据既要符合图样要求,又要便于编程。

c. 编程坐标系原点

在加工程序编制过程中,进行数值换算及填写加工程序段时所需各编程坐标系(绝对与增量坐标系)的原点。

d. 程序原点

刀具(或工作台)按加工程序执行时的起点。实质上,它也是一个浮动原点。对数控加工而言,程序原点又可称为起刀点,在对刀时所确定的对刀点位置一般与程序原点重合。

机床坐标系的原点也称机械原点、参考点或零点。这个原点是机床固有的点。机床启动时,通常要进行机动或手动回零。所谓回零,就是直线坐标或旋转坐标(如回转工作台)回到正向的极限位置。这个极限位置就是机械原点(零点)。如图 1.10(a)所示,各坐标轴回零比较直观,如工作台回到 X 向极限位置,立柱回到 Z 向极限位置,主轴箱回到 Y 向最上位置,它们都能够直接感觉和测量出来;而机床坐标系的原点是三维面的交点,无法直接感觉和测量,只有通过各坐标轴的零点,做相应的平行切面,这些切面的交点,即为机床坐标系的原点(机械原点),这个原点是机床一经设计和制造出来,就已经被确定下来的,所以说机械原点是机床坐标系中固有的点,不能随意改变。标准坐标系的原点是任意的,可以由编程人员自行设定。这就是两个坐标系不同之处;编程时切记不要混淆。

图 1.10(b)为一工件(工作台)移动的卧式加工的机械原点示意图。

6. 程序原点的设置与偏移

现代 CNC 系统一般都要求机床具有回零操作,即使机床回到机床原点或机床参考点(不同的机床采用的回零操作方式可能不一样,但一般都要求回参考点之后,才能启动。