



中等职业学校数控专业教学用书

数控铣及加工中心编程

主 编 杨 钢
参 编 简小川
李 渝 昆



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

数控铣及加工中心编程

主 编 杨 钢

参 编 简小川
李渝昆

重庆大学出版社

内 容 简 介

本书是教育部规划教材——中等职业教育数控技术应用系列教材之一。全书包括理论和实验两部分,以FANUC Oi—MA 系统为主要讲解内容。本书根据当前中职学生的层次和社会对数控专用技能型人才的要求,强调学生的编程和实际操作能力,内容清晰、直观、易懂。在每节后都有相应的练习题,并且对于指令的学习都安排有相应的实验以便能灵活地掌握各种指令的编程方法。

本书主要包括:数控铣及加工中心编程概述;数控铣及加工中心常用指令编程;数控铣及加工中心的用户宏程序编程;数控铣及加工中心的刀(辅)具介绍;常用指令的实验内容等。

本书可作为中等职业技术学校数控技术应用专业和机电、模具、机械制造等专业的教学用书,可供从事相关工作的工程技术人员参考,也可作为数控铣及加工中心编程的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣及加工中心编程/杨钢主编. —重庆:重庆大学出版社,2007.3

(中等职业教育数控技术应用系列教材)

ISBN 978-7-5624-3639-3

I. 数... II. 杨... III. ①数控机床:铣床—程序设计—专业学校—教材②数控机床加工中心—程序设计—专业学校—教材 IV. ①TG547②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 032108 号

数控铣及加工中心编程

shukongxi ji jiagongzhongxin biancheng

主 编 杨 钢

参 编 简小川

李渝昆

责任编辑:谭 敏 曾春燕 版式设计:谭 敏

责任校对:任卓惠 责任印制:张 策

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(市场营销部)

全国新华书店经销

重庆大学建大印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:9.5 字数:237千

2007年3月第1版 2007年3月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-3639-3 定价:13.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

随着数控铣床的大量普及和该领域新技术的不断更新,社会急需一大批能熟练掌握数控铣床编程和操作的应用型技术人才。本书正是为了满足当前这一迫切需要,根据中等职业学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养方案进行编写的。

本书是教育部规划教材——中等职业技术教育数控技术应用系列教材之一。全书分为理论和实验两大部分。理论部分包括4章,第1章为数控铣及加工中心编程概述(配有多媒体课件);第2章为数控铣及加工中心常用指令,是本书的重点部分;第3章为用户宏程序编程;第4章为数控铣及加工中心的刀(辅)具介绍(配有多媒体课件)。其中第3章内容较第2章的内容难,因此,本章根据专业和具体学时,可作为选讲内容。实验部分共有24个实验,包括了大部分FANUC Oi—MA系统常用的指令,使学生能通过具体操作灵活掌握各种指令的编程技巧。实验内容可根据各校的具体设备情况进行开设。

本书主要是让中职教育的学生在较快的时间里掌握数控铣及加工中心的常用编程方法及技巧。并通过一定的实验安排,使学生既有一定的操作数控铣及加工中心机床的能力,又有编制常见程序并进行一定的程序调试的能力,同时对加工过程中常用和较先进的刀(辅)具有一定的认识。

本书由杨钢任主编,简小川、李渝昆任参编。其中理论部分第1、4章由重庆市五一高级技工学校简小川和重庆市工业学校杨钢编写,第2、3章由杨钢和望江机器制造总厂李渝昆编写,实验部分由杨钢和李渝昆编写。全书由重庆市工业学院米林教授主审。

本书在编写过程中得到了相关单位领导的关心和大力支持,同时在编写时参考了FANUC Oi—MA系统的操作和编程用户手册,在此表示衷心感谢。

由于编者的水平有限,书中错漏之处在所难免,恳请读者对本书提出宝贵意见和建议,以便不断改进。

编 者

2006年3月

目 录

第1章 数控铣及加工中心概述	1
1.1 数控铣及加工中心概述	1
1.2 数控铣和加工中心的组成及工作流程	3
1.3 数控铣及加工中心的特点和应用范围	9
1.4 加工中心的发展趋势	15
本章提要	17
复习与思考	17
第2章 数控铣及加工中心常用指令	18
2.1 数控铣及加工中心的程序结构与格式	18
2.2 数控加工坐标系的确定	24
2.3 G54 ~ G59 指令的格式及应用	25
2.4 G00 G01 G90 G91 指令编程	29
2.5 G02, G03 指令的格式及应用	34
2.6 G40, G41, G42 指令的格式及应用	39
2.7 G43, G44, G49 指令的格式及应用	44
2.8 孔加工固定循环指令的格式及应用	47
2.9 G04, G20, G21, G28, G29, G94, G95 指令的格式及应用	59
2.10 G33 指令的格式及应用	62
2.11 子程序调用(M98, M99)指令的格式及应用	64
2.12 极坐标(G15, G16)指令的格式及应用	67
2.13 镜像(M21, M22, M23, M24)指令的格式及应用	70
2.14 坐标旋转(G68, G69)指令的格式及应用	72
2.15 螺旋插补(G02, G03)指令的格式及应用	74
本章提要	75
复习与思考	75
第3章 用户宏程序编程	77
3.1 变 量	77
3.2 算术和逻辑运算	79
3.3 宏程序语句的特点	80
3.4 转移和循环	80
3.5 宏程序的调用	84
本章提要	89
复习与思考	89

第4章 数控铣及加工中心的刀(辅)具	90
4.1 数控铣及加工中心的刀具简介	90
4.2 数控铣及加工中心的辅具简介	103
4.3 高速切削加工介绍	105
本章提要	109
复习与思考	109
实 验	110
实验1 数控铣及加工中心机床简介	110
实验2 G00,G01,G90,G91 指令编程一	114
实验3 G00,G01,G90,G91 指令编程二	115
实验4 G02,G03 指令编程一	117
实验5 G02,G03 指令编程二	118
实验6 G40,G41,G42 指令编程	119
实验7 G43,G44,G49 指令编程	120
实验8 孔加工固定循环指令编程一	121
实验9 孔加工固定循环指令编程二	122
实验10 孔加工固定循环指令编程三	123
实验11 孔加工固定循环指令编程四	123
实验12 孔加工固定循环指令编程五	124
实验13 孔加工固定循环指令编程六	125
实验14 G33 指令编程	126
实验15 子程序指令编程	128
实验16 极坐标指令编程	128
实验17 镜像指令编程	129
实验18 坐标旋转指令编程	130
实验19 综合实例编程一	131
实验20 综合实例编程二	132
实验21 螺旋插补指令编程	139
实验22 用户宏程序编程一	139
实验23 用户宏程序编程二	141
实验24 用户宏程序编程三	141
参考文献	144

第 1 章 数控铣及加工中心概述

1.1 数控铣及加工中心概述

数控机床就是采用了数控技术的机床,简称 NC。数控机床将零件加工过程所需的各种操作(如主轴变速、主轴启动和停止、松夹工件、进刀退刀、冷却液开或关等)和步骤以及刀具与工件之间的相对位移量都用数字化的代码来表示,由编程人员编制成规定的加工程序,输入到计算机控制系统,由计算机对输入的信息进行处理与运算,发出各种指令来控制机床的运动,使机床自动地加工出所需要的零件(图 1.1)。现代数控机床综合应用了微电子技术、计算机技术、精密检测技术、伺服驱动技术以及精密机械技术等多方面的最新成果,是典型的机电一体化产品。数控铣床和加工中心在数控机床中是占有重要地位的数控机床。

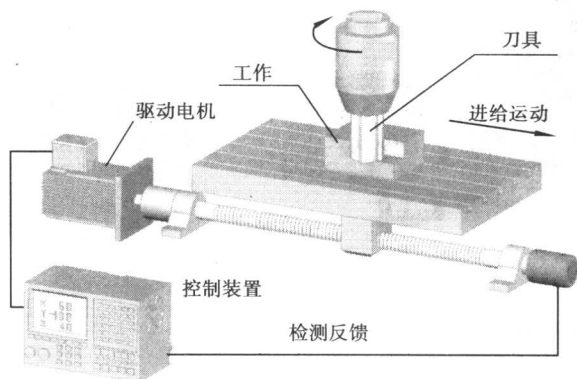


图 1.1 数控加工示意图

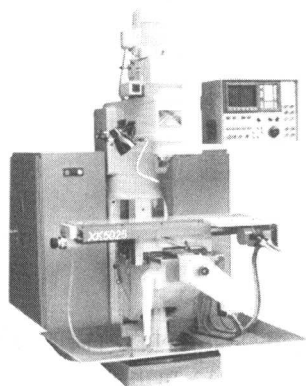
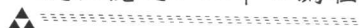
1.1.1 数控铣床概述

铣削加工是在铣床上或者铣镗床上利用铣刀或者镗刀等刀具进行切削加工的方法。铣削加工的主要特点是用旋转的多刃刀具对工件进行切削,加工的精度和效率较高。铣削加工在金属切削加工中,占有显著的地位。数控铣床就是采用了数控技术的铣床。

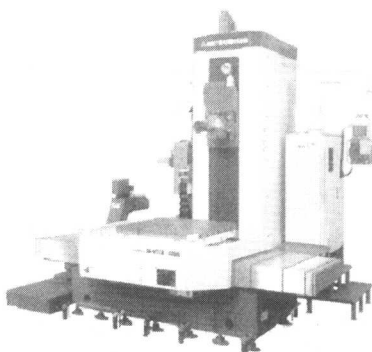
世界上第一台数控机床就是 1952 年美国帕森斯和美国麻省理工学院合作研制的成功的三坐标数控铣床。随后,数控铣床得到了迅速的发展。数控铣床铣削生产效率高,加工范围广,可以进行平面铣削、平面型腔铣削、外形轮廓铣削、三维及三维以上复杂型面铣削,还可进行钻削、镗削、螺纹切削等孔加工。加工中心(MC)、柔性制造单元(FMC)等都是在数控铣床的基础上产生和发展起来的。数控铣床是数控机床中应用得最广泛的切削机床。

数控铣床的种类较多(图 1.2)。按主轴的空间位置可以分为立式数控铣床,卧式数控铣床和立卧两式数控铣床以及功能强大的数控龙门铣床。

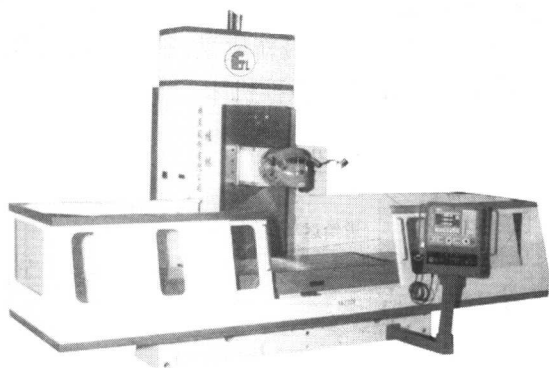
数控铣床的加工工艺复杂,需要解决的技术问题较多,人们在研究和开发数控机床和自动



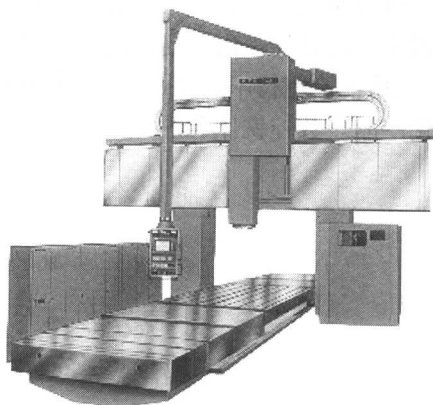
(a)立式数控铣床



(b)卧式数控铣床



(c)立卧两用数控铣床



(d)龙门铣床

图 1.2 数控铣床

编程软件时,一直把铣削加工作为重点。

1.1.2 加工中心概述

20 世纪 60 年代的初期,在一般的数控铣床的基础上开发了数控加工中心 (Machining Center) 简称 MC,是一种带有自动换刀装置的数控机床,机床的机械手可以自动地换刀,连续地对工件进行多工序加工。能实现三轴或三轴以上的联动控制以保证刀具进行复杂表面的加工。加工中心除具有直线插补和圆弧插补功能外,还具备各种加工固定循环、刀具半径自动补偿、刀具长度自动补偿、加工过程图形显示、人机对话、故障自动诊断、离线编程等功能。

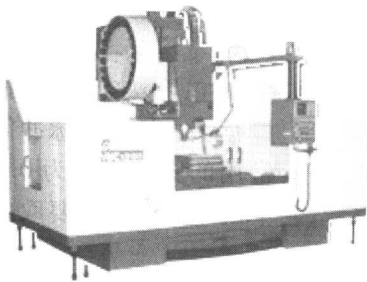
加工中心和数控铣床的最大区别在于加工中心具有自动交换加工刀具的能力,通过在刀库上安装不同用途的刀具,通过自动换刀装置改变主轴上的加工刀具,实现多种加工功能、多道工序的加工。装备了回转工作台或者分度头的加工中心,可以在一次装夹中完成多道工序,极大地减少了辅助时间、减少了重复定位误差,是一种高效、高质量的数控机床。

加工中心的出现突破了一台机床只能进行一种工艺加工的传统模式。它是以工件为中

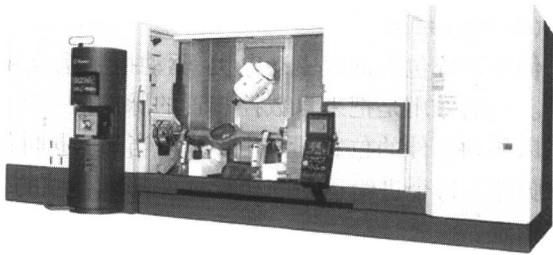


心,能实现工件在一次装夹后自动地完成多工序的加工。常见的有以加工箱体零件的铣镗加工中心和几乎能够完成各种回转零件加工的车削加工中心。

加工中心从大体上可分为立式、卧式和复合等。立式加工中心的主轴垂直于工作台,主要适用于加工板材类、壳体类工件,也可用于模具加工[图 1.3(a)、图 1.23]。卧式加工中心的主轴轴线与工作台台面平行,它的工作台大多为由伺服电动机控制的数控回转台,在工件一次装夹中,通过工作台旋转可实现多个加工面的加工,适用于箱体类工件加工(图 1.24)。复合加工中心主要是指在一台加工中心上有立、卧两个主轴或主轴可 90°改变角度(功能复合),因而可在工件一次装夹中实现 5 个面的加工[图 1.3(b)、图 1.26]。



(a)立式加工中心



(b)车铣加工中心

图 1.3 加工中心

1.2 数控铣和加工中心的组成及工作流程

1.2.1 数控机床的组成

现代的数控铣床和加工中心的组成和其他数控设备一样,主要由数控系统、伺服系统和机床本体组成,如图 1.4。

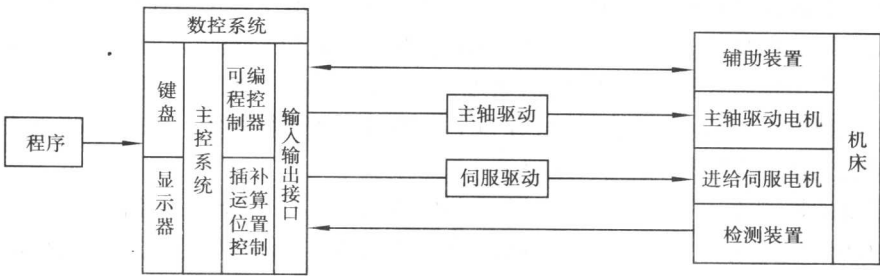


图 1.4 数控机床的组成和工作过程

(1) 数控系统

数控系统即机床的数字控制系统,系统自动地阅读输入载体上信息,自动地译码,输出符合指令的脉冲,控制机床的运动。

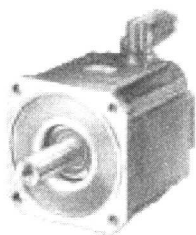
现代的数控系统包括了控制介质和阅读装置,输入和存储装置、主控制系统、可编程控制器、

输入输出接口、显示与操作装置等组成的一个完整的控制系统,这些装置在相关的软件的支持下实现对机床的控制。数控系统所控制的一般对象是位置、角度、速度以及压力和流量等。其控制方式可以分为数据运动控制和时序逻辑控制两大类。其中,主控制器内的插补运算模块,就是进行相应的刀具轨迹插补运算和对刀具运动的控制。其时序控制主要由可编程序控制器 PLC 完成,在运行过程中,按照预定的逻辑顺序进行刀具更换,主轴的起停、变速,零件的夹紧和装卸,切削液控制等 S,M,T 功能信息的控制和面板信号的控制和处理,使机床各部件有条不紊地按序工作。

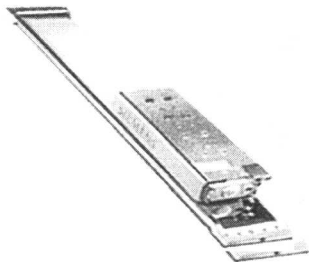
在国内比较有影响的数控装置有 GSK(广州数控)、HNC 系统(华中)、SINUMERIK 系统(德国)、FUNAC 系统(日本)。

(2) 伺服系统

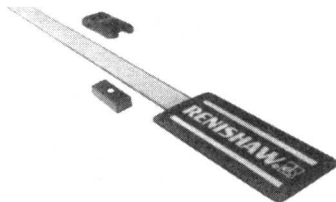
伺服系统包括伺服驱动电机、驱动控制系统和位置检测反馈装置等,它是数控系统的执行部分。它的作用是把来自数控装置的脉冲信号转换成机床移动部件的运动,每一个脉冲信号使机床移动部件的位移量,叫做脉冲当量(也叫最小设定单位)。常用的脉冲当量为 0.001 mm/脉冲。每个进给运动的执行部件都有相应的伺服驱动系统,整个机床的性能主要取决于伺服系统。



(a) 伺服电机



(b) 直线电机



光栅尺

图 1.5 伺服元件

图 1.6 检测元件

常用伺服驱动电机(图 1.5)有步进电机、交流伺服电机和直线电机。

驱动控制系统则是伺服电机的动力源。不同类型的伺服电机配置不同的驱动控制。

检测反馈装置的作用是对机床的实际运动速度、方向、位移量以及加工状态加以检测,把检测结果转化为电信号反馈给数控装置,通过比较,计算出实际位置与指令位置之间的偏差,并发出纠正误差指令。检测反馈系统可分为半闭环和闭环两种系统。位置检测主要使用感应同步器、磁栅、光栅(图 1.6)、激光测距仪等。

伺服系统的控制方式:按伺服系统的控制的不同方式,可以分成开环伺服控制、半闭环伺服控制和闭环伺服控制,对应的也可以分成开环数控机床、半闭环数控机床和闭环数控机床。

开环伺服系统没有位置检测装置,一般使用步进电机作为驱动元件,也称步进电机驱动系统(图 1.7)。在开环伺服系统的工作中,不需要比较其指令位置与实际位置的差异,也不存在对误差进行补偿控制。这类系统的控制精度主要取决于伺服系统的传动链及步进电机本身,控制的精度不高。但其结构简单,反应迅速,工作稳定可靠,调试维修方便,价格低廉,往往使用在经济型的数控铣床上。这类机床也称为开环数控机床。

半闭环控制系统是在开环系统的丝杠上装有角位移测量装置(如感应同步器和光电编码

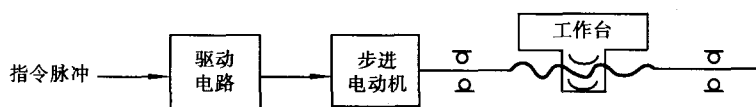


图 1.7 开环控制原理

器等),通过检测丝杠的转角间接地检测移动部件的位移,然后反馈到数控系统中(图 1.8)。由于惯性较大的机床移动部件不包括在检测范围之内,因而称为半闭环控制系统。这类伺服系统能自动地进行位置的检测和误差比较,可以对加工系统的部分误差进行补偿,所以其精度比开环系统高。使用这类伺服系统的数控机床也称为半闭环数控机床。

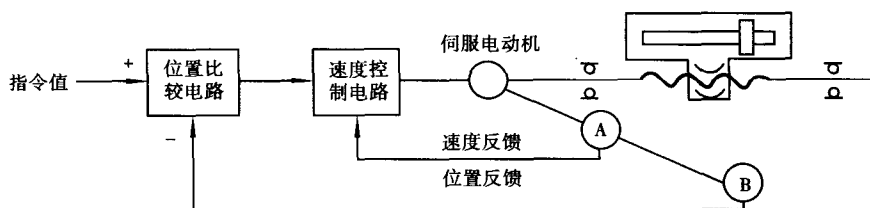


图 1.8 半闭环控制原理

闭环控制系统是在机床移动部件上直接装有位置检测装置,将测量的结果直接反馈到数控装置中,与输入的指令位移进行比较,用偏差进行控制,使移动部件按照实际的要求运动,最终实现精确定位(图 1.9)。闭环伺服系统的调试、维修都较为困难、价格较高。它适用于加工中心这类高档的机床。这类机床也称为全闭环数控机床。

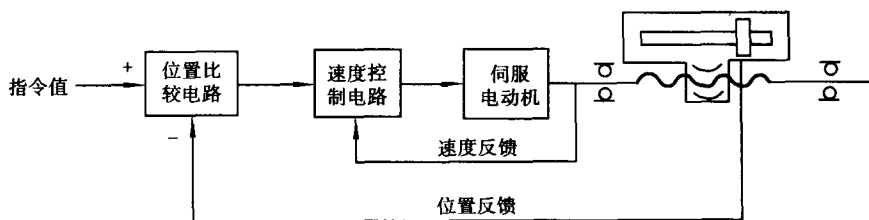


图 1.9 闭环控制原理

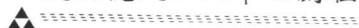
(3) 机床本体

它指的是数控机床机械结构实体。它与传统的普通机床相比较,同样由主传动机构、进给传动机构、工作台、床身以及立柱等部分组成,也包括 ATC 刀具自动交换机构、APC 工件自动交换机构、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、过载与限位保护功能等部分。机床加工功能与类型不同,所包含的部分也不同。数控机床的整体布局、外观造型、传动机构、刀具系统及操作机构等方面都发生了很大的变化。

1) 床身机架具有很高的动、静刚度。床身机架是数控机床的基础件,由床身、立柱、横梁、工作台、底座等构成,形成了机床的基本框架(图 1.14、图 1.15)。高刚度是其基本的要求。

2) 采用高性能主传动及主轴部件。具有传递功率大、刚度高、抗震性好及热变形小等优点。

数控铣床和加工中心的主传动系统包括了主轴电机、传动系统和主轴部件。数控铣和加



工中心的变速功能大部分或者全部由主轴电机无级调速完成,与普通铣床比较,结构相对简单,在加工中心上使用的电主轴(图 1.16),是主轴驱动电机和主轴为一体直接驱动系统,能实现 0 至上万转/min 的无级调速。在一般的数控铣床上,往往只有二级或三级的齿轮变速系统,满足各种切削运动对转矩的要求,并具有大范围的调速。

3) 进给传动采用高效传动件。具有传动链短、结构简单、传动精度高等特点,一般采用滚珠丝杠副、直线滚动导轨副和采用直接驱动的直线驱动系统。

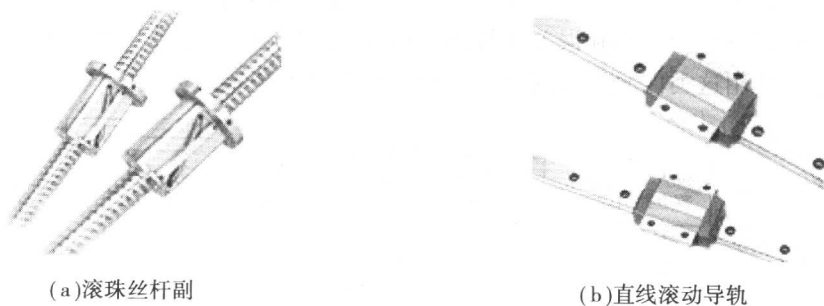


图 1.10

滚珠丝杆螺母副是回转运动和直线运动相互转换的装置,在一般的数控铣床上和加工中心上广泛地使用[图 1.10(a)]。其结构特点是在具有螺旋槽的丝杆和螺母之间装有滚珠作为中间传动元件,减小了摩擦。其优点是摩擦系数小,传动效率高,灵敏性高,传动平稳;随动精度和定位精度高;磨损小,精度保持性好。运动具有可逆性。

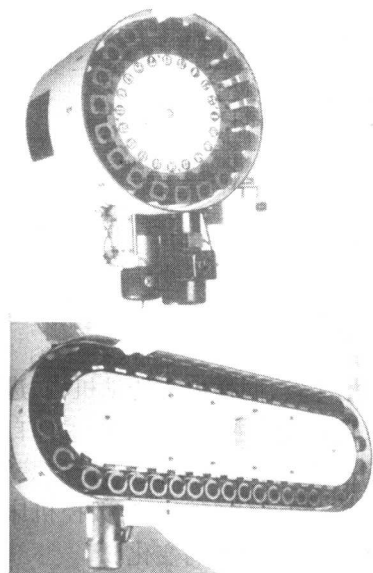


图 1.11 盘式刀库(上)
和链式刀库(下)

为了提高进给系统的快速响应特性,现在的一般铣床和加工中心上往往采用塑料导轨和直线滚动导轨[图 1.10(b)];在高档的加工中心上采用直线电机驱动系统(图 1.18),具有更高的高速响应特性和高的精度(避免了机械传动系统引起的误差),具有更高的稳定性。

4) 有较完善的刀具自动交换和管理系统。工件在加工中心类机床上一次安装后,能自动地换刀,完成或者接近完成工件各面的加工工序。具有带刀库的自动换刀装置是加工中心所必须的,由刀库和刀具交换机构组成(图 1.11,图 1.17)。加工中心的刀库常见的有盘式和链式两种(图 1.9)。

换刀方式可以分成直接交换和采用机械手进行刀具交换。直接交换通过刀库和主轴的相对运动实现,结构简单,换刀时间长,减少了工作台的使用面积。机械手换刀灵活,动作快,结构简单,在加工中心上应用最广泛(图 1.17)。换刀机械手有单臂式、双臂式、回转式和轨道式等。由于双臂式机械手换刀时,可在一只手臂从刀库中

取刀的同时,另一只手臂从机床主轴上拔下已用过的刀具,这样既可缩短换刀时间又有利于使机械手保持平衡,所以被广泛采用。常用双臂式机械手的手爪结构形式有钩手、抱手、伸缩手

和叉手(如图 1.12)。

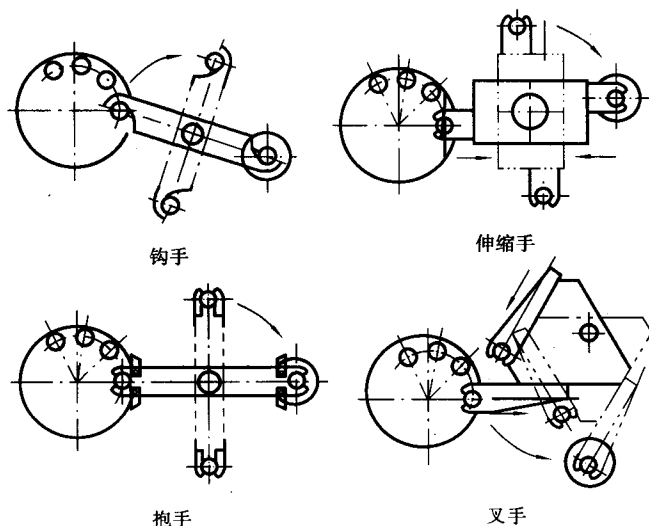


图 1.12 双臂式机械手换刀

5) 有工件自动交换、工件夹紧与放松机构。加工中心中最为常见的换料装置是托盘交换器 (Automatic Pallet Changer —— APC), 它不仅是加工系统与物流系统间的工件输送接口, 也起物流系统工件缓冲站的作用。托盘交换按其运动方式有回转式和往复式两种, 如图 1.13 所示。托盘交换器在机床单机运行时是加工中心的一个辅件。

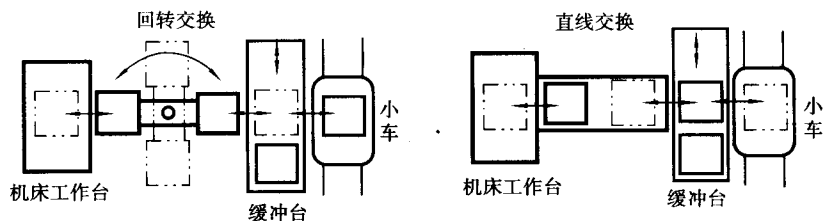


图 1.13 托盘交换方式

6) 采用全封闭罩壳。由于数控机床是自动完成加工, 为了操作安全等, 一般采用移门结构的全封闭罩壳, 对机床的加工部位进行全封闭(图 1.25, 图 1.28)。

1.2.2 数控加工工作步骤

一个零件的加工往往要经过多道工序。在数控机床上加工的零件, 往往处于切削加工的后期。数控机床上加工零件经过以下步骤:

(1) 准备阶段

根据加工零件的图纸, 确定有关加工数据(刀具轨迹坐标点、加工的切削用量、刀具尺寸信息等), 根据工艺方案, 进行夹具选用、刀具类型选择等, 确定有关其他辅助信息和相关准备。

(2) 编程阶段

根据加工工艺信息, 用机床数控系统能识别的语言编写数控加工程序, 程序就是对加工工

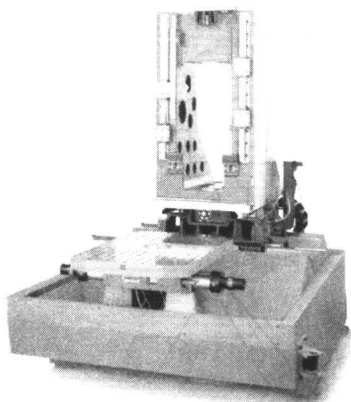


图 1.14 机床床身

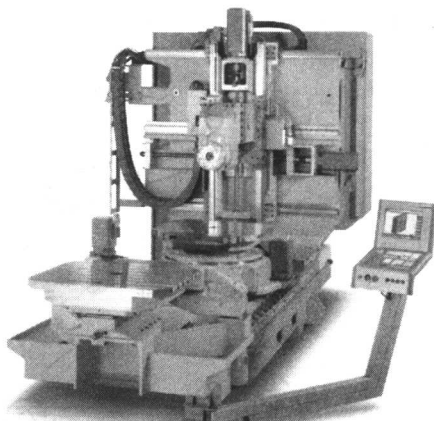


图 1.15 具有工作台交换装置的加工中心

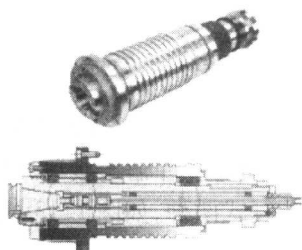


图 1.16 电主轴

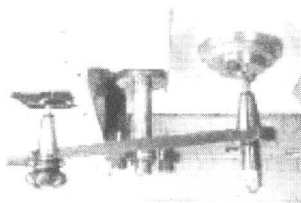


图 1.17 换刀装置

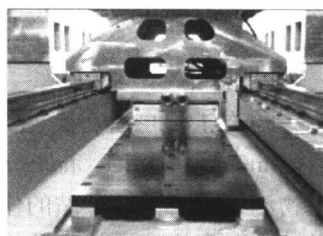


图 1.18 直线驱动

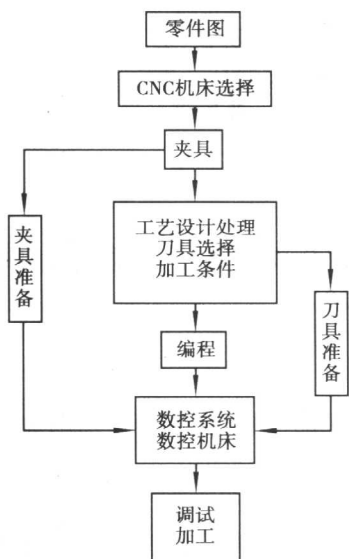


图 1.19 数控加工流程图

艺过程的描述,并填写程序单。

(3) 程序输入

根据已编好的程序通过键盘或其他输入方式输入到数控系统。目前,随着计算机网络技术的发展,可直接由计算机通过网络与机床数控系统通信(DNC)。

(4) 加工阶段

当执行程序时,机床数控系统将程序译码、寄存和运算,向机床伺服机构发出运动指令,以驱动机床的各运动部件,自动完成对工件的加工。

由此,数控机床就完成了普通机床中由人来进行的操作。不过,尺寸精度和形状精度等加工质量的好坏与操作人员编制的程序和夹具、刀具以及调试操作有极大的关系。因为数控机床不是通过人的双手来操作的,故而,程序的编制以及完善的器具准备和调试都显得很重要。



1.3 数控铣及加工中心的特点和应用范围

1.3.1 数控铣床和加工中心的基本特点

数控机床是现代制造业中重要的装备,与传统的切削机床比较,在性能和功能上都发生了很大的改变,相比之下有以下一些特点:

(1) 机床的主体刚度高、传动机构简单

数控机床采用了具有高刚度、高抗震性及较小热变形的结构,具有良好的抗震和承载能力,满足了数控机床连续加工、大功率切削的需要。

广泛地采用了高性能的主轴伺服系统和进给驱动装置,使数控机床的传动链缩短,简化了机械传动体系的结构,传动精度高,运动平稳。

(2) 加工精度高、质量稳定

数控机床的脉冲当量一般为0.001 mm,高精度的数控机床可达0.000 1 mm,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,可将移动部件的实际位移量或丝杠、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。

数控机床加工零件的质量由机床保证,无人操作误差的影响,所以同一批零件的尺寸一致性好,质量稳定。

(3) 工艺复合化和功能集成化

可以进行铣、镗、钻、攻螺纹等工序的复合加工。可以多面加工,也可以实现多达六轴连动的各类复杂零件的加工。

为实现更多功能集成化的要求,有的还带有自动刀具测量装置、刀具破损及寿命监控装置、工件检测装置和精度监控装置等。这些复合加工功能和多功能的结构和装置的控制都与机床数控系统密切相关,在应用中两者相互促进、不断发展。

(4) 高度的柔性

适用性强,所谓柔性即“灵活”、“可变”,是相对于“刚性”的组合机床和专用机床而言的。而采用数控机床,当加工对象改变后,只需变换加工程序、调整刀具参数等,生产准备周期大大缩短,故特别适合于多品种、中小批量和复杂型面的零件加工。它对企业激烈的市场竞争中不断开发新产品发挥了很大的作用。

(5) 能加工复杂型面

因数控机床能实现多坐标联动而容易实现许多普通机床难以完成或无法加工的空间曲线、曲面。因此,数控机床首先在航空、航天、军工领域得到应用,并在复杂型面的模具加工中得到广泛应用。

(6) 加工生产效率高

数控机床能够减少零件加工所需的机动时间与辅助时间。数控机床的主轴转速和进给量的范围比普通机床的范围大,良好的结构刚性允许数控机床进行大切削用量的强力切削甚至高速切削,从而有效地节省了机动时间。数控机床移动部件在定位中均采用了加速和减速措施,并可选用很高的空行程运动速度,缩短了定位和非切削时间。对于复杂的零件可以采用计

算机辅助编程,而零件又往往安装在简单的定位夹紧装置中,从而加速了生产准备过程,尤其是在使用带有刀库和自动换刀装置的数控加工中心机床时,工件往往只需进行一次装夹,就能完成所有的加工工序,减少了半成品的周转时间,生产效率的提高更为明显。此外,数控机床能进行重复性操作,尺寸一致性好,减少了次品率和检验时间。由于数控机床加工零件不需手工制作靠模、凸轮、钻模板等专用工装,使生产成本进一步降低。

(7)减轻了操作者的劳动强度

数控机床的动作是由程序控制的,操作者一般只需装卸零件和更换刀具并监视机床的运行,从而减轻了操作者的劳动强度、实现加工自动化和操作简单化。

(8)具有故障诊断的能力

现代 CNC 系统一般具备软件查找故障的功能,包括查找计算机本身和外围设备的故障,如 SINUMERIK880 数控系统等。计算机本身和外围设备的故障可通过 CRT 上显示的菜单和按键自动地查找出来,并能诊断出故障的种类,极大地提高了检修的效率。

(9)监控功能强

CNC 的计算机不仅控制机床的运动,而且可对机床进行全面监控,例如可对一些引起故障的因素提前报警,有效地预防一些故障的发生。

相对于普通机床,数控机床的成本较高,调试和维修比较复杂,需要专门的技术人员。而加工中心在数控机床中又是各种综合运用了各种先进的技术,成本更高,调试和维修更加复杂。另外,对于复杂工件的加工,需要有高度熟练和经过适当培训的零件加工编程人员来操作。

1.3.2 铣床加工的特点和应用范围

数控铣床(包括镗床)在切削加工机械中是很重要的数控机床,广泛地应用在航空航天、军工、汽车制造、一般机械加工和模具制造业中。

(1)数控铣床的主要功能特点

各种类型数控铣床所配置的数控系统虽然各有不同,但各种数控系统的功能,除一些特殊功能不尽相同外,其主要功能基本相同。

1) 点位控制功能 此功能可以实现对相互位置精度要求很高的孔系加工。

2) 连续轮廓控制功能 此功能可以实现直线、圆弧的插补功能及非圆曲线的加工。

3) 刀具半径偏置功能 此功能可以根据零件图样的标注尺寸来编程,而不必考虑所用刀具的实际半径尺寸,从而减少编程时的复杂数值计算。

4) 刀具长度偏置功能 此功能可以自动偏置刀具的长短以适应加工中对刀具长度尺寸调整的要求。

5) 比例及镜像加工功能 比例功能可将编好的加工程序按指定比例改变坐标值来执行。镜像加工又称轴对称加工,如果一个零件的形状关于坐标轴对称,那么只要编出一个或两个象限的程序,而其余象限的轮廓就可以通过镜像加工来实现。

6) 旋转功能 该功能可将编好的加工程序在加工平面内旋转任意角度来执行。

7) 子程序调用功能 有些零件需要在不同的位置上重复加工同样的轮廓形状,将这一轮廓形状的加工程序作为子程序,在需要的位置上重复调用,就可以完成对该零件的加工。

8) 宏程序功能 该功能可用一个总指令代表实现某一功能的一系列指令,并能对变量进

行运算,使程序更具灵活性和方便性。

(2) 数控铣床的加工工艺范围

铣削加工是机械加工中最常用的加工方法之一,它主要包括平面铣削和轮廓铣削,也可以对零件进行钻、扩、铰、镗、铹加工及螺纹加工等。数控铣削还适合于下列几类零件的加工。

1) 平面类零件 平面类零件是指加工面平行或垂直于水平面以及加工面与水平面的夹角为一定值的零件,这类加工面可展开为平面。图 1.20 所示的 3 个零件均为平面类零件。其中,(a)图中曲线轮廓面 A 垂直于水平面,可采用圆柱立铣刀加工。(b)图中凸台侧面 B 与水平面成一定角度,这类加工面可以采用专用的角度成型铣刀或者采用仿型铣刀加工。(c)图中曲面 C ,在工件尺寸不大时,可以用斜板垫平后加工;工件尺寸较大时,常采用行切加工法加工,这时会在加工面上留下进刀时的刀锋残留痕迹,要用钳修方法加以清除。

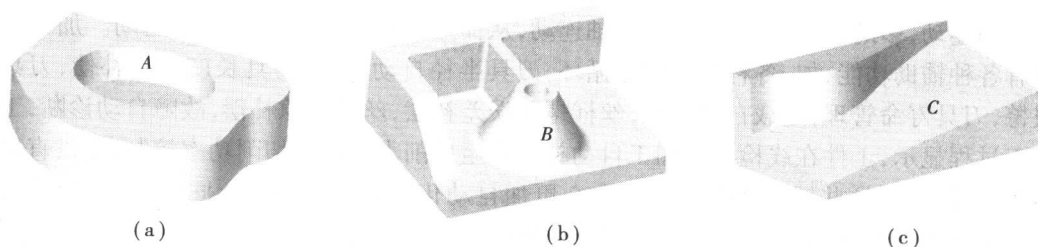


图 1.20

2) 直纹曲面类零件 直纹曲面类零件是指由直线依某种规律移动所产生的曲面类零件。如图 1.21 所示零件的加工面就是一种直纹曲面,当直纹曲面从截面(1)至截面(2)变化时,其与水平面间的夹角从 $3^{\circ}10'$ 均匀变化为 $2^{\circ}32'$,从截面(2)到截面(3)时,又均匀变化为 $1^{\circ}20'$,最后到截面(4),斜角均匀变化为 0° 。直纹曲面类零件的加工面不能展开为平面。

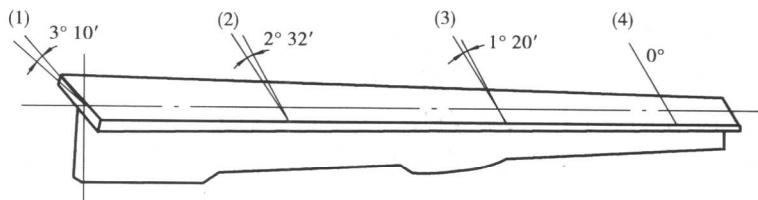


图 1.21

当采用四坐标或五坐标数控铣床加工直纹曲面类零件时,加工面与铣刀圆周接触的瞬间为一条直线。这类零件也可在三坐标数控铣床上采用行切加工法实现近似加工。

3) 立体曲面类零件

加工面为空间曲面的零件称为立体曲面类零件[图 1.22、图 1.23、图 1.31(a)、图 1.31(b)]。这类零件的加工面不能展成平面,一般使用球头铣刀切削,加工面与铣刀始终为点接触,若采用其他刀具加工,易于产生干涉而铣伤邻近表面。加工立体曲面类零件一般使用三坐标数控铣床,常采用行切法(图 1.22)和三坐标连动加工(图 1.23)。

1.3.3 加工中心的特点和应用范围

(1) 加工中心的基本特点