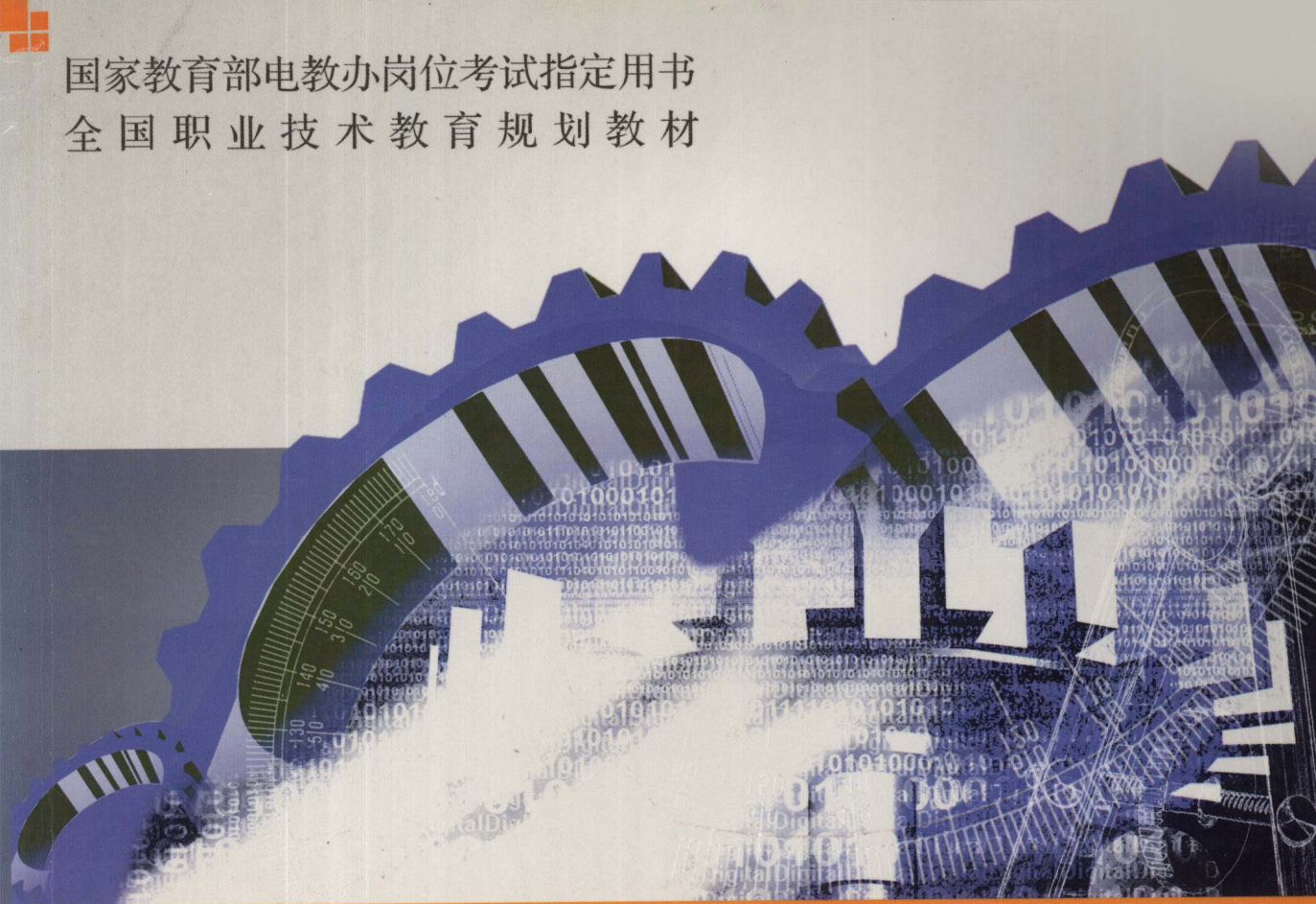


国家教育部电教办岗位考试指定用书
全国职业技术教育规划教材



数控机床操作与实训

主 编 谢 超
副主编 张文健 迟涛
主 审 邵 刚

上海交通大学出版社

国家教育部电教办岗位考试指定用书

全国职业技术教育规划教材

数控机床操作与实训

主 编 谢 超

副主编 张文健 迟涛

主 审 邵 刚

上海交通大学出版社

内 容 简 介

本书翔实地介绍了数控机床 FANUC、广州数控系统加工操作及维护方法。全书以突出操作技能为主导,在分析加工工艺及编程的基础上,应用了近年来全国各省数控大赛实例,重点讲述了对常见产品类型进行数控加工的操作方法和编程思路,并给出了参考程序。

本书理论表述简洁易懂,步骤清晰明了,便于初学者学习掌握。本书可作为高等职业技术院校机械类、数控类及机电类专业的数控加工实训教材,也可作为数控加工技术岗位培训教材或数控加工人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床操作与实训/谢超主编. —上海:上海交通大学出版社,2007
国家教育部电教办岗位考试指定用书. 全国职业技术教育
ISBN 978 - 7 - 313 - 04981 - 0

I. 数… II. 谢… III. 数控机床 - 操作 - 技术培训 - 教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 150710 号

数控机床操作与实训

谢 超 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话:64071208 出版人:韩建民

合肥学苑印务公司印刷 全国新华书店经销

开本:787mm × 1092mm 1/16 印张:12.5 字数:290 千字

2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 次印刷

印数:1 ~ 6050

ISBN 978 - 7 - 313 - 04981 - 0/TG · 060 定价:18.00 元

版权所有 侵权必究

前 言

随着数控技术在全球的迅猛发展,数控技术在很多行业得到广泛应用,尤其是加工制造业出现了喜人的局面,新的机械产品层出不穷,新的加工技术不断更新。作为一名现代高职院校学生,需要全面了解和掌握数控加工这一技术。

本书是在作者多年教学实践的基础上,以培养和提高学生在数控加工过程中的工艺分析能力以及实际加工的操作技能为目标进行编写的。全书以突出操作技能为主导,在分析加工工艺的基础上应用多种实例,重点介绍了采用国内外主流数控系统(FANUC、广州数控)的数控机床的加工操作、维护方法以及编程思路,并给出了参考程序。此外,各章均附有思考与实训题,可供学生练习或作为实训课题。

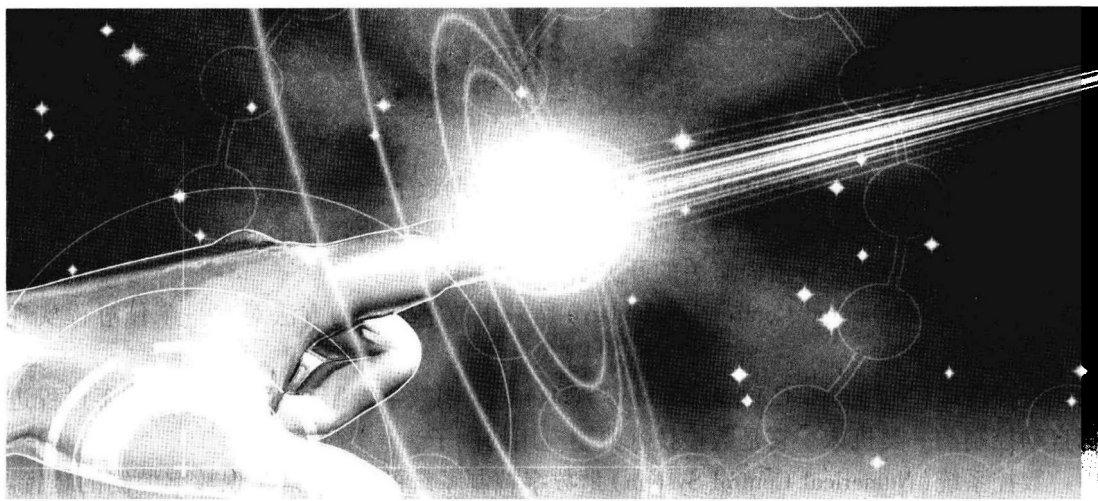
本书由合肥通用职业技术学院谢超主编,合肥通用职业技术学院副教授邵刚主审。其中,第1章、第2章2.1节、第5章、第6章由谢超编写;第2章2.2节和第4章由天津机电职业技术学院数控实训中心副主任张文健编写;第2章2.3节和第3章由天津冶金职业技术学院机械系(第二届全国数控技能大赛教师组第三名、全国技术能手)迟涛编写。全书由谢超负责统稿和定稿。

本书在编写的过程中得到了合肥通用职业技术学院邵刚副教授的大力支持,同时在图文处理方面,实训中心李正、李红、温燕群老师给予了很大帮助,其中李正老师参与编写了第1章部分内容,在此一并感谢。

由于编者的水平和经验所限,书中欠妥和错误之处,恳请读者批评指正。编者电子邮件地址:hfxc201@126.com。

编者

2007年6月



第1章 绪 论

数控机床是由普通机床发展而来的,它们之间最明显的区别是数控机床可以按事先编制的加工程序自动地对工件进行加工,而普通机床的整个加工过程必须通过技术工人的手工操作来完成。图1-1说明了这两者之间的主要区别。

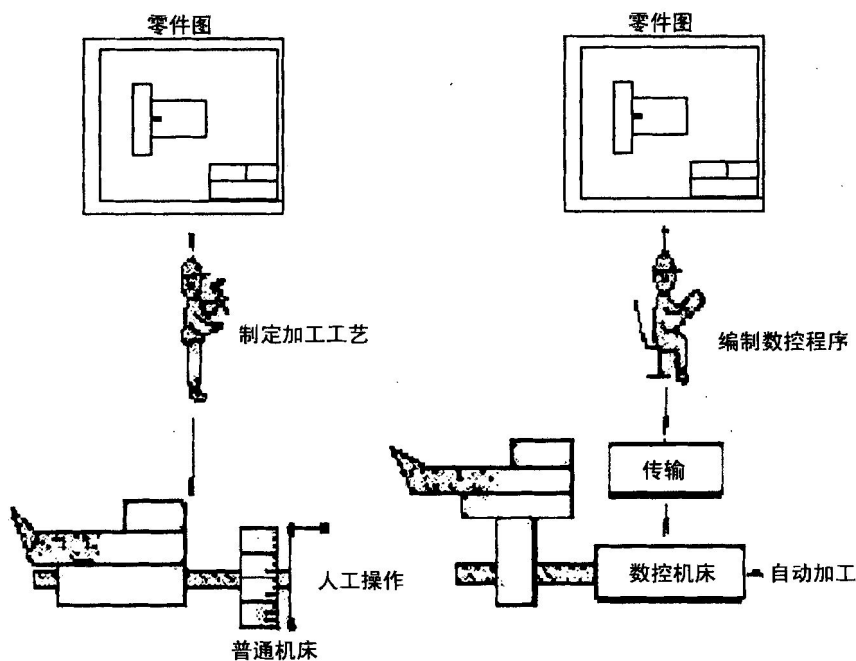


图1-1 数控机床与普通机床的区别



1.1 基本概念

数字控制(Numerical Control,简称 NC)是一种借助数字、字符或其他符号对某一工作过程(加工、测量、装配等)进行可编程控制的自动化方法。它所控制的通常是位置、角度、速度等机械量和与机械能量流向有关的开关量。

数控技术(Numerical Control Technology)是采用数字控制的方法对某一工作过程实现自动控制的技术。

数控机床(Numerical Control Machine Tools)是采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的一类机床。它是数控技术典型应用的例子。

数控系统(Numerical Control System)是数字控制系统的简称,是实现数字控制的装置。早期的数控系统是由硬件电路构成的,称为硬件数控(Hard NC)。1970年以后,硬件电路元件逐步由专用的计算机代替,称为计算机数控系统(Computer Numerical Control,简称 CNC)。CNC 系统根据计算机存储器中存储的控制程序,执行部分或部分数值控制功能,并配有接口电路和伺服驱动装置的专用计算机系统。

1.2 数控机床概述

数控机床把机械加工过程中的各种控制信息用代码化的数字表示,通过信息载入数控装置。经过运算处理由数控装置发出各种控制信号,控制机床的动作,按图纸要求的形状和尺寸,自动地将零件加工出来。数控机床较好地解决了复杂、精密、小批量的零件加工问题,是一种柔性的、高效能的自动化机床。

1.2.1 数控机床的组成

数控机床主要由控制介质、程序输入设备、数控装置、伺服系统、机床本体及辅助装置组成,如图 1-2 所示。

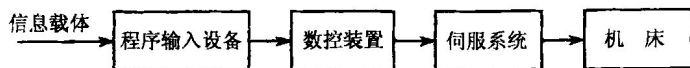


图 1-2 数控机床的组成

1. 信息载体

信息载体是人与机床之间建立联系的媒介物,上面记载了人命令机床对零件加工整个过程的各各种信息,如加工速度、进给方向和大小、吃刀深度、冷却液的开闭及夹紧机构与放松等。信息载体有穿孔纸带、磁盘或磁带等类型。

2. 输入装置

输入装置的作用是将信息载体上的数控代码变成相对应的电脉冲信号,并将其传送并存入数控装置内。根据程序存储介质的不同,输入装置可以是光电阅读机、录放机或软盘驱动器。目前常用的数控机床是将数控程序的内容通过数控装置上的键盘用手工方式(MDI方式)输入,或将数控程序由编程计算机用通信方式传送到数控装置中。

3. 数控装置

数控装置是数控机床的中枢,其功能是将输入的各种信息经CPU计算处理后再经输出装置向伺服系统发出相应的信号,由伺服系统带动机床按规定轨迹、速度及方向运动。当前绝大部分数控机床都是采用微型计算机控制,包括输入装置、CPU(包括运算器、控制器、存储器及寄存器等)和输出装置几部分,如图1-3中虚线方框所示。

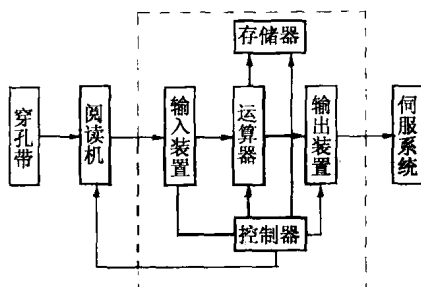


图 1-3 数控装置结构简图

4. 伺服系统

伺服系统是数控系统的执行部分,主要由伺服电机、驱动控制系统和位置、速度检测装置组成。伺服电机是系统的执行元件,驱动控制系统是伺服电动机的动力源。数控系统发出的指令信号与位置、速度反馈信号相比较作为位移、速度指令,再经驱动控制系统功率放大后,驱动电动机运转,从而通过机械传动装置拖动机床执行器件(主轴、工作台、刀架等)运动。

5. 辅助控制装置

该装置的主要作用是:接收数控装置输出的主运动换向、变速、启停、刀具的选择和交换以及其他辅助装置动作等指令信号,经必要的编译、逻辑判断和运算,在经功率放大后直接驱动相应的电器,带动机床机械部件和液压气动等辅助装置完成指令规定的动作。此外,机床上的限位开关等开关信号经它的处理后送数控装置进行处理。可编程控制器(PLC)已广泛作为数控机床的辅助控制装置。

6. 数控机床本体

数控机床本体由主运动部件、进给运动执行部件、床身及工作台以及辅助装置运动部件、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。对于加工中心类的数控机床,还有存放刀具



的刀库、交换刀具的机械手等部件。数控机床的组成与普通机床相似,但传动结构要求更为简单,在精度、刚度、抗震性方面要求更高,而且其传动和变速系统便于实现自动化控制。

1.2.2 数控机床的分类

数控机床的分类有很多种。

1. 按加工工艺方法分类

1) 普通数控机床

与传统的车、铣、钻、磨、齿轮加工相对应的数控机床有数控车床(见图1-4)、数控铣床(见图1-5)、数控钻床、数控磨床、数控齿轮加工机床等。尽管这些数控机床在加工工艺方法上存在很大差别,具体的控制方式也各不相同,但机床的动作和运动都是数字化控制的,具有较高的生产率和自动化程度。

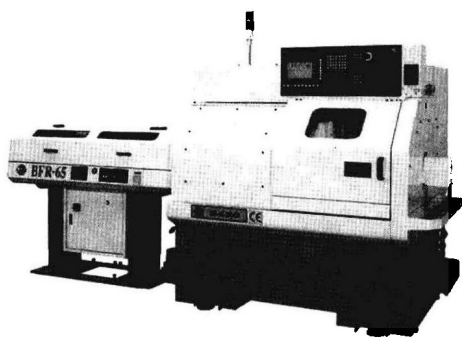


图1-4 普通数控车床

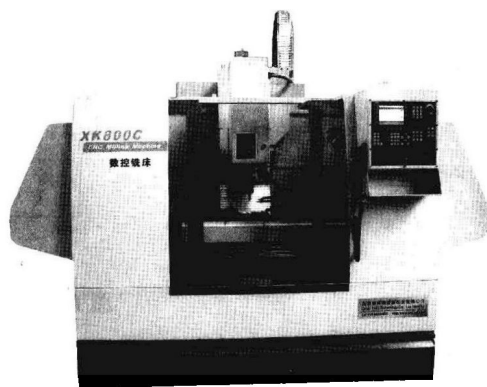


图1-5 普通数控铣床

在普通数控机床上加装一个刀库和换刀装置即成为了数控加工中心机床(见图1-6)。加工中心机床进一步提高了普通数控机床的自动化程度和生产效率。例如,铣、镗、钻加工中心,它是在数控铣床基础上增加了一个容量较大的刀库和自动换刀装置形成的,工件一次装夹后,可以对箱体零件的四面甚至是五面大部分加工工序进行铣、镗、钻、扩、铰以及攻螺纹等多工序加工,特别适合箱体类零件的加工。加工中心机床可以有效地避免由于工件多次安装造成的定位误差,减少了机床的台数和占地面积,缩短了辅助时间,大大提高了生产效率和加工质量。

2) 特种加工类数控机床

除了切削加工数控机床以外,数控技术也大量应用于数控电火花线切割机床(见图1-7)、数控电火花成型机床(见图1-8)、数控等离子弧切割机床、数控火焰切割机床以及数控激光加工机床等。

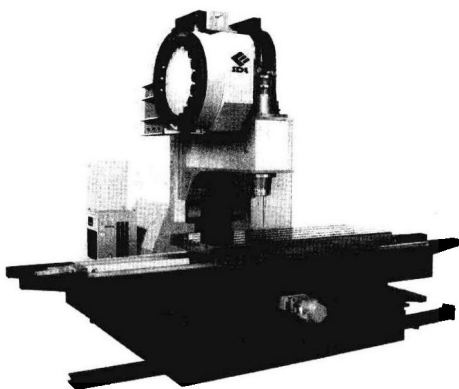


图 1-6 加工中心

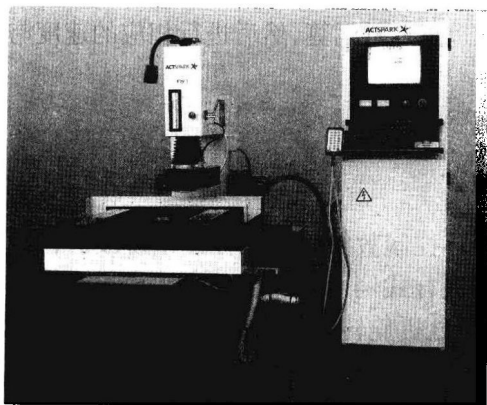


图 1-7 数控快走丝线切割机床

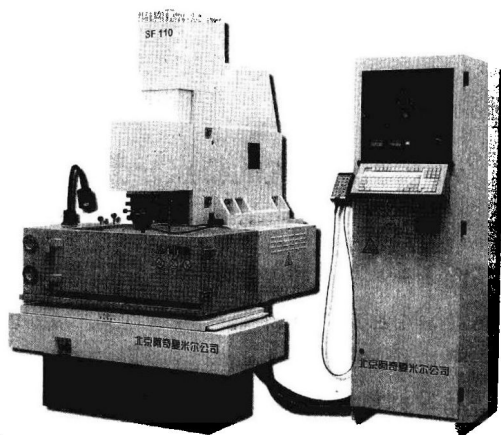


图 1-8 数控电火花机床

3) 板材加工类数控机床

板材加工类数控机床常用于金属板材的加工,包括数控压力机、数控剪板机和数控弯折机等。

近年来,其他机械设备中也大量采用了数控技术,如数控多坐标测量机、自动绘图机及工业机器人等。

2. 按控制运动轨迹分类

1) 点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是机床移动部件只能实现由一个位置到另一个位置的精确定位,在移动和定位过程中不进行任何加工,机床数控系统只控制行程终点的坐标值,不控制点与点之间的运动轨迹。

这种数控系统一般用于数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床、数控点焊机等。点位控制数控机床的数控装置称为点位数控装置。

2) 点位/直线控制数控机床

这种数控机床除了能够控制由一个位置到另一个位置的精确定位外,还可控制刀具或



工作台以指定的进给速度,沿着平行于坐标轴的方向进行直线移动和切削加工,进给速度根据切削条件可在一定范围内变化。

例如,直线控制的简易数控车床,可加工阶梯轴。直线控制的数控铣床,有三个坐标轴,可用于平面的铣削加工。现代组合机床采用数控进给伺服系统,驱动动力头带有多轴向的轴向进给进行钻镗加工,它也可算是一个直线控制数控机床。

这种数控系统一般可用于数控车床、数控镗铣床、加工中心等机床。

3) 轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床能够对两个或两个以上运动的位移及速度进行连续相关的控制,使之合成平面曲线或空间曲线的运动轨迹以满足零件轮廓的加工要求。它不仅能控制机床移动部件的起点与终点的位置精度,而且能控制整个加工轮廓每一点的速度和位移,将工件加工成要求的轮廓形状。

常用的数控车床、数控铣床、数控磨床都是典型的轮廓控制机床。数控火焰切割机、电火花加工机床以及数控绘图机等也采用了轮廓控制系统。轮廓控制系统的结构要比点位/直线控制系统更为复杂,在加工过程中需要不断地进行插补运算,然后进行相应的速度与位移控制。

3. 按驱动装置的特点分类

1) 开环控制数控机床

图1-9为开环控制数控机床的系统框图。开环控制数控机床的控制系统没有位置检测元件,伺服驱动部件通常为反应式步进电动机或混合式伺服步进电动机。数控系统每发出一个进给指令,经驱动电路功率放大后,驱动步进电机旋转一个角度,再经过齿轮减速装置带动丝杠旋转,通过丝杠螺母机构转换为移动部件的直线位移。移动部件的移动速度与位移量由输入脉冲的频率与脉冲数决定。此类数控机床的信息流是单向的,即进给脉冲发出后,实际移动值不再反馈回来,所以称为开环控制数控机床。

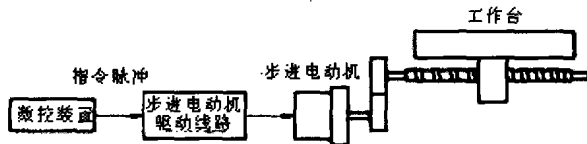


图1-9 开环控制数控机床的系统框图

2) 闭环控制数控机床

闭环数控机床是在机床移动部件上直接安装直线位移检测装置,直接对工作台的实际位移进行检测,将测量的实际位移值反馈到数控装置中,与输入的指令位移值进行比较,用差值对机床进行控制,使移动部件按照实际需要的位移量运动,最终实现移动部件的精确运动和定位。从理论上讲,闭环系统的运动精度主要取决于检测装置的检测精度,与传动链的误差无关,因此其控制精度较高。图1-10为闭环控制数控机床的系统框图。

3) 半闭环控制数控机床

半闭环控制数控机床是在伺服电机的轴或数控机床的传动丝杠上装角位移或角速度测量装置(如光电编码器等),通过检测丝杠的转角间接地检测移动部件的实际位移,然后反馈

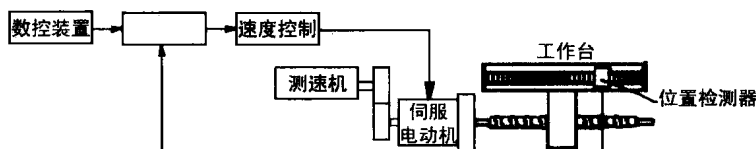


图 1-10 闭环控制数控机床的系统框图

到数控装置中去,并对误差进行修正。图 1-11 为半闭环控制数控机床的系统框图。图中,通过测速机和转角检测器可间接检测出伺服电机的转速,从而推算出工作台的实际位移量,将此值与指令值进行比较,用差值来实现控制。由于工作台没有包括在控制回路中,因而称为半闭环控制数控机床。

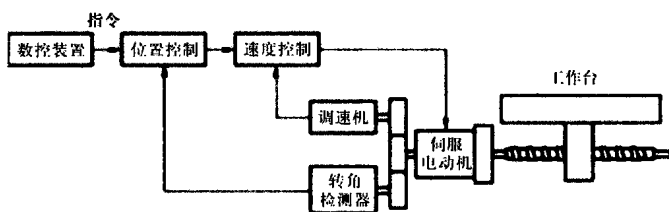


图 1-11 半闭环控制数控机床的系统框图

4) 混合控制数控机床

将以上三类数控机床的特点结合起来,就形成了混合控制数控机床。混合控制数控机床特别适用于大型或重型数控机床,因为大型或重型数控机床需要较高的进给速度与相当高的精度,其传动链惯量与力矩大,如果只采用全闭环控制,机床传动链和工作台全部置于控制闭环中,闭环调试比较复杂。混合控制系统又分为两种形式:开环补偿型和半闭环补偿型。

1.2.3 数控机床的主要性能指标

1. 数控机床的可控轴数与联动轴数

数控机床的可控轴数是指机床数控装置能够控制的坐标数目,即数控机床有几个运动方向采用了数字控制。数控机床可控轴数和数控装置的运算处理能力、运算速度及内存容量等有关。国外最高级数控装置的可控轴数已达到 24 轴,我国目前最高级数控装置的可控轴数为 6 轴。图 1-12 为可控 6 轴加工中心的示意图。

数控机床的联动轴数是指机床数控装置控制的坐标轴同时达到空间某一点的坐标数目,目前有两轴联动、三轴联动、四轴联动、五轴联动等。三轴联动数控机床可以加工空间复杂曲面,实现三坐标联动加工;四轴联动、五轴联动数控机床可以加工飞行器叶轮、螺旋桨等零件。图 1-13 为螺旋桨叶片形状的五坐标联动加工的叶轮图。由于叶面的曲率半径较大,所以常用端面铣刀加工,以提高生产率并简化程序。为保证铣刀端面始终与曲面贴合,铣刀还应绕坐标轴 x 和坐标轴 y 做摆角运动,在摆角的同时,还应做直角坐标的附加运动,以保证铣刀端面中心始终位于编程值所规定的位置上。

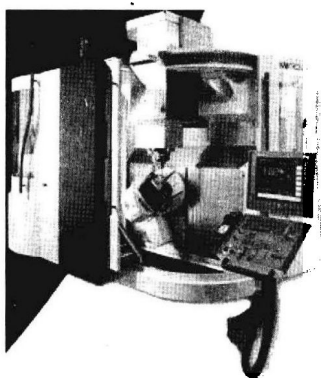


图 1-12 可控 6 轴加工中心示意图

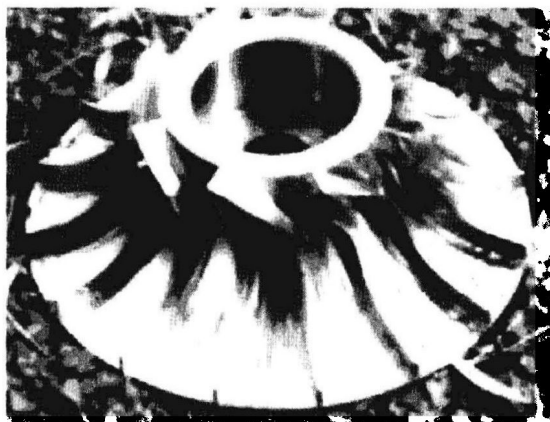


图 1-13 五坐标联动加工的叶轮

2. 数控机床的主要运动性能指标

1) 主轴转速

数控机床的主轴一般均采用直流或交流调速主轴电动机驱动,选用高速精密轴承支承,保证主轴具有较宽的调速范围和足够高的回转精度、刚度及抗振性。目前,数控机床主轴转速已普遍达到 $5\,000 \sim 10\,000 \text{ r/min}$,甚至更高,这样对各种小孔加工以及提高零件加工质量和表面质量都极为有利。

2) 进给速度

数控机床的进给速度是影响零件加工质量、生产效率以及刀具寿命的主要因素,受数控装置的运算速度、机床动特性及工艺系统刚度等因素的限制。目前,国内数控机床的进给速度可达 $10 \sim 15 \text{ m/min}$,国外数控机床的进给速度一般可达 $15 \sim 30 \text{ m/min}$ 。

3) 坐标行程

数控机床坐标轴 X, Y, Z 的行程大小,构成了数控机床的空间加工范围,即决定了加工零件的大小。坐标轴行程是直接体现机床加工能力的指标参数。

4) 摆角范围

具有摆角坐标的数控机床其转角大小也直接影响到加工零件空间部位的能力。但转角太大又造成机床的刚度下降,因此给机床设计带来许多困难。

5) 刀库容量和换刀时间

刀库容量和换刀时间对数控机床的生产率有直接影响。刀库容量是指刀库能存放加工所需要的刀具数量,目前常见的中小型加工中心多为 $16 \sim 60$ 把刀具,大型加工中心达 100 把刀具。换刀时间指带有自动交换刀具系统的数控机床,将主轴上使用的刀具与装在刀库上的下一工序需用的刀具进行交换所需要的时间。目前国内数控机床均在 $10 \sim 20 \text{ s}$ 内完成换刀,国外不少数控机床的换刀时间仅为 $4 \sim 5 \text{ s}$ 。

3. 数控机床的精度指标

1) 定位精度

定位精度是指数控机床工作台等移动部件在确定的终点所达到的实际位置的精度,即



实际位置与指令位置的一致程度。不一致量表现为误差,因此移动部件实际位置与指令位置之间的误差称为定位误差。被控制的机床坐标的误差(即定位误差)包括驱动此坐标的控制系统(伺服系统、检测系统、进给系统等)的误差在内,也包括移动部件导轨的几何误差等。定位误差将直接影响零件加工的位置精度。

2) 重复定位精度

重复定位精度是指在同一条件下、用相同的方法、重复进行同一动作时,控制对象位置的一致程度。即在同一台数控机床上,应用相同程序、相同代码加工一批零件,所得到的连续结果的一致程度,也称为精密度。重复定位精度受伺服系统特性、进给系统的间隙与刚性以及摩擦特性等因素的影响。一般情况下,重复定位精度是成正态分布的偶然性误差,它影响一批零件加工的一致性,是一项非常重要的性能指标。

3) 分度精度

分度精度是指分度工作台在分度时,理论要求回转的角度值和实际回转的角度值的差值。分度精度既影响零件加工部位在空间的角度位置,也影响孔系加工的同轴度等。

4) 分辨率与脉冲当量

分辨率是指两个相邻的分散细节之间可以分辨的最小间隔。对测量系统而言,分辨率是可以测量的最小增量;对控制系统而言,分辨率是可以控制的最小位移增量。数控装置发出的每个脉冲信号,机床移动部件的位移量称为脉冲当量。坐标计算单位是一个脉冲当量,它标志着数控机床的精度分辨率。脉冲当量是设计数控机床的原始数据之一,其数值的大小决定数控机床的加工精度和表面质量。目前,普通精度级的数控机床的脉冲当量一般采用 0.001 mm/pulse ,简易数控机床的脉冲当量一般采用 0.01 mm/pulse ,精密或超精密数控机床的脉冲当量采用 0.0001 mm/pulse 。脉冲当量越小,数控机床的加工精度和加工表面质量越高。

1.2.4 数控机床的特点

如何充分发挥数控机床的功能和性能,需要数控加工工艺和数控程序的紧密配合,使用数控机床具有以下特点:

1. 加工精度高,质量稳定

数控机床的传动装置与床身结构具有很高的刚度和热稳定性,而且在传动机构中采取了减小误差的措施,并由控制系统进行补偿,所以数控机床本身的定位精度和重复定位精度都很高。同时,由于数控机床是按所编程序自动进行加工的,消除了操作者的人为误差,因此很容易保证零件尺寸的一致性。因此,数控机床不仅具有较高的加工精度,而且质量稳定。

2. 生产效率高

由于数控机床加工时能在一次装夹中加工出许多待加工部位,既省去了在普通机床加工中的不少中间工序(如划线、检验等),也大大缩短了生产准备时间。如果采用加工中心,可在一台机床中实现多道工序的加工,缩短了半成品的周转时间,明显提高了生产效率。



3. 对加工对象的适应性强

在数控加工中,只需重新编制程序就能实现对新零件的加工,一般不需要重新设计制造工装,这就为单件、小批量生产以及试制新产品提供了极大的方便。数控机床还能完成那些普通机床很难加工或无法加工的精密复杂零件的加工。

4. 自动化程度高,劳动强度低

数控机床的加工过程是按输入程序自动完成的,一般情况下,操作者只要做装卸工件、更换刀具、关键工序的中间检测以及观察机床运行等工作,与操作普通机床相比,劳动强度大为降低。

5. 便于实现现代化管理

采用数控机床加工能准确计算零件的加工工时和费用,并有效地简化检验、工夹具和模具的管理工作。数控机床及其加工技术是实现计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)的基础,也是构成柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS)的基础。

数控机床虽然有上述的优点,但其初期投资大,维修费用高,对操作及管理人员的素质要求较高。因此,应合理地选择与使用数控机床,提高经济效益。

1.2.5 数控机床的加工适应性

从经济角度考虑,数控机床最适用于加工以下零件:

- (1) 多品种、小批量零件。
- (2) 形状复杂、精度要求较高,在普通机床上无法加工或难以加工的零件。
- (3) 需要多次更改设计后才能定型的零件。
- (4) 价格昂贵,不允许报废的零件。
- (5) 需要最小生产周期的零件。

1.2.6 数控机床的发展

1. 数控机床的产生

数控机床的研制始于美国,1952年美国麻省理工学院研制成功第一台三坐标数控铣床。随着电子技术、计算机技术、自动控制技术和精密测量技术的发展,数控机床也在迅速地发展和不断更新换代。目前,数控机床及其数控系统正在向高精度、高速度、高可靠性、高智能化以及高通信功能等方向发展。

2. 柔性制造技术的发展

为满足现代化生产日益提高的要求,具有多功能和一定柔性的现代化生产系统相继出现,使数控加工技术向更高层次发展。现代化生产系统主要有柔性制造单元(FMC)、柔性

制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)。

FMC可由一台或多台数控设备组成,既具有独立的自动加工的功能,又部分具有自动传送和监控管理功能。所谓柔性,就是通过编程或稍加调整就可同时加工几种不同的工件。FMC有两大类:一类是数控机床配上机器人;另一类是加工中心配上托盘交换系统。若干个FMC可组成一个FMS。

FMS是一个由中央计算机控制的自动化制造系统,是由一个传输系统联系起来的一些数控机床和加工中心。传输装置将工件放在托盘或其他连接设备上,送到加工设备,使工件加工能够准确、迅速和自动地进行。

CIMS就是利用计算机进行信息集成,从而实现现代化的生产制造,以求得企业的总体效益。CIMS是建立在多项先进技术基础上的高技术制造系统,是面向21世纪的生产制造技术。它综合利用了CAD/CAM、FMS、FMC及工厂自动化系统,实现了无人管理。我国开始在CIMS的发展和应用方面进行了初步的探索,并取得了可喜的成果。

1.3 数控系统

本节主要介绍我国常见的数控系统以及数控系统的发展趋势。

1.3.1 常用数控车床系统

目前,在我国使用的数控车床控制系统从来源地区主要可以分为国内产品、日本产品、欧盟产品等。

1. 国内代表产品

1) 南京华兴数控系统

其产品有WA-21DT、WA-21SN。主要用于经济型数控车床。其中,WA-21DT可采用全数字式交流伺服单元或三相矢量细分步进电动机,分辨率达到0.001mm,具有较高的性价比。

2) 广州数控系统

广州数控应用于数控车床的控制系统,主要有GSK980i车床数控系统、GSK980T普及型车床数控系统等。其中GSK980i车床数控系统(CNG)为新一代的中高档数控系统,其功能强大,具有多种复合循环功能。

3) 北京凯恩帝数控系统

目前常见的有KND100T数控系统,其编程应用与FANUC OT系列数控系统类似。

除上述产品外,国内还有以华中数控系统HNC-21T和北京航天数控系统CASNUC 2100为代表的数控车床控制系统。

2. 日本代表产品

1) 日本FANUC数控系统



日本发那科公司的 FANUC 数控系统是在中国得到广泛应用的数控系统之一。目前中国的业务由北京 FANUC 机电有限公司全面开展。

BEIJING - FANUC Oi - TB 是目前广泛使用的数控车床控制系统,它以高品质、高可靠性、高性价比在国内得到广泛应用。

2) 日本三菱数控系统

日本三菱数控系统(MITSUBISHI)在国内也有广泛的应用,它的主流产品主要有 MELDAS50L 全功能型数控车床控制系统和 MELDSAS520AL 高级型数控车床控制系统。

3. 欧盟代表产品

1) 德国西门子数控系统

西门子数控系统在中国的使用非常广泛,它由西门子(中国)有限公司自动化与驱动集团(SIEMENSAD)在中国推广。它的主流产品主要有 SIUMERIK802S、802C、802D 以及 810D、840D 等。

2) 欧盟其他产品

欧洲产品主要有法国施耐德自动化的 NUM1020T、西班牙法格(FAGOR)自动化有限公司的 8025/8030 系列等产品。FAGOR 8025/8030 系列数控系统在我国拥有较多用户,它有 T、TG、TS 三个系列,其中 T 系列为车床数控系统,TG 为带有图形功能的车床数控系统,TS 为具有刀具自旋功能的车床数控系统。

数控系统的类别很多,每一种不同产品,甚至同类产品的不同型号间的编程都有差异,但本质并没有差别。本书以 FANUC 和广州数控两种典型数控系统为例,介绍数控机床的编程和操作。

1.3.2 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,数控系统已走过了 50 多年的历程。数控系统由当初的电子管式起步,经历了几个发展阶段:分立式晶体管式、小规模集成电路式、大规模集成电路式、小型计算机式、超大规模集成电路、微机式的数控系统。到 20 世纪 80 年代,总体的发展趋势是:数控装置由 NC 向 CNC 发展,即由硬件数控向软件数控发展;广泛采用 32 位 CPU 组成的多微处理器系统;提高系统的集成度,缩小体积,采用模块化结构,便于裁剪、扩展和功能升级,满足不同类型数控机床的需要;驱动装置向交流、数字化方向发展;CNC 装置向人工智能化方向发展;采用新型的自动编程系统;增强通信功能;数控系统的可靠性不断提高。总之,数控机床技术不断发展,功能越来越完善,使用起来越来越方便,可靠性越来越高,性能价格比也越来越高。

20 世纪 90 年代以来,计算机技术的飞速发展,推动了数控机床技术的更新换代。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、网络化方向发展。近几年,许多国家纷纷研究开发这种系统,如美国科学制造中心(NCMS)、与空军共同领导的“下一代工作站、机床控制器体系结构(NGC)”、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,如 Cincinnati - Milacron 公司从 1995 年开始在其生产的加工中心、数控铣床、数控车床等产品中采用了开放式体系结构的 A2100 系统。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功能。数控系统继续向高集成度方向发展,每个芯片上可以集成更多的晶体管,使系统更加小型化、微型化,可靠性大大提高。利用多 CPU 的优势实现故障自动排除,可增强通信功能,提高进线、联网能力。

开放式体系结构的新一代数控系统,其软、硬件和总线规范都是对外开放的,由于有充足的软、硬件资源可供利用,不仅使数控系统制造商和用户进行的系统集成得到有力的支持,而且也为用户的二次开发带来了极大的方便,促进了数控系统多档次、多品种的开发和广泛应用;它既可通过升档或剪裁构成各种档次的数控系统,又可通过扩展构成不同类型数控机床的数控系统。这种数控系统可随 CPU 升级而升级,结构上不必变动。

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、前馈控制、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。

1.4 数控机床的坐标系

我国根据 ISO 841 国际标准制定的 JB 3051 - 82 数控标准,对数控机床的坐标轴及运动方向作了明文规定。

1.4.1 标准坐标系及其运动方向

1. 命名原则

标准规定,不论机床在加工中是刀具移动,还是被加工工件移动,都一律假定刀具相对于静止的工件移动。并且,将刀具与工件之间距离增大的方向作为坐标轴的正方向。

2. 标准坐标系

标准中规定数控机床的坐标系采用右手笛卡儿坐标系,如图 1 - 14 所示。右手笛卡儿坐标系中的三个直角坐标轴 X 、 Y 、 Z 与机床的主要导轨相平行, X 、 Y 、 Z 轴之间的关系及其正方向由右手定则规定。三个旋转坐标 A 、 B 、 C 相应表示其轴线平行于 X 、 Y 、 Z 的旋转运动,其正方向根据右手螺旋方法确定。

编程时,一律假定工件不动而刀具运动,所以对于编程人员来说,即使不知道是刀具移近工件,还是工件移近刀具,也能编出正确的程序。对于工件运动而不是刀具运动的机床,在命名坐标系命名时,在坐标系的符号上应加注标记“'”(如 X' 、 Y' 、 Z' 等),以示区别。