



全国高等职业教育机电类“十二五”规划教材

SHUKONG JICHUANG BIANCHENG YU CAOZUO

数控机床编程与操作

张学明 周会强 主编
霍苏萍 主审



黄河水利出版社

全国高等职业教育机电类“十二五”规划教材

数控机床编程与操作

主编 张学明 周会强

主审 霍苏萍



黄河水利出版社

· 郑州 ·

内 容 提 要

本教材是根据高职高专教育专业人才培养目标及规格要求编写的。本书针对数控机床的使用技术,较全面地介绍了数控加工编程基础,数控加工工艺分析,数控车床、铣床、加工中心的程序编制及操作,数控仿真操作等内容。本书在内容选择上,突出实用性、综合性、先进性;在编写方式上,强调通俗易懂,由浅入深,并力求全面、系统和重点突出。

本书可作为高职高专数控技术、机电一体化技术、机械设计与制造、模具设计与制造等专业的教材,也可作为有关工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程与操作/张学明,周会强主编. —郑州:黄河水利出版社,2011.6

全国高等职业教育机电类“十二五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5509 - 0043 - 1

I. ①数… II. ①张… ②周… III. ①数控机床 - 程序设计 - 高等职业教育 - 教材②数控机床 - 操作 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 108919 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼 14 层 邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371 - 66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail:hhslcbs@126.com

承印单位:河南地质彩色印刷厂

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:16.75

字数:387 千字

版次:2011 年 8 月第 1 版

印数:1—4 100

印次:2011 年 8 月第 1 次印刷

定价:32.00 元

前 言

数控制造技术是集机械制造技术、计算机技术、微电子技术、现代控制技术、网络信息技术、机电一体化技术于一身的多学科高新制造技术。数控技术水平、数控机床的拥有量已成为衡量一个国家工业现代化程度的重要标志。

本书以高等职业教育人才培养目标为依据,结合教育部为加快数控技能型人才培养所提出的要求,突出了教材的基础性、实用性、科学性,贯彻了工学交替、生产实训与工程实践相结合的原则。

本书以 FANUC、SIEMENS 两大主流数控系统为例,介绍数控机床的各种常用编程指令与操作规程。全书共分八章,主要内容包括数控机床概述、数控加工编程基础、数控加工工艺分析、数控车床程序编制及加工操作、数控铣床及加工中心程序编制、数控铣床及加工中心的基本操作、宏程序、数控仿真操作等。

全书由济源职业技术学院张学明、郑州职业技术学院周会强担任主编,由三门峡职业技术学院霍苏萍担任主审,具体编写分工如下:第一、七章由商丘科技职业技术学院黄胜银编写,第二、三章由三门峡职业技术学院王莉静编写,第四、八章由郑州职业技术学院周会强编写,第五章由济源职业技术学院张学明编写,第六章由济源职业技术学院王娜编写。

由于编者水平、经验有限,加之编写时间仓促,书中难免存在不妥或错误之处,恳请读者批评指正。

编 者

2011 年 5 月

目 录

前 言

第一章 数控机床概述	(1)
第一节 数控机床的产生	(1)
第二节 数控机床的概念及组成	(2)
第三节 数控机床的种类、特点	(5)
第四节 典型数控系统	(11)
思考与练习题	(14)
第二章 数控加工编程基础	(15)
第一节 数控机床坐标系	(15)
第二节 数控编程的步骤及方法	(18)
第三节 数控编程格式	(21)
第四节 常用编程指令	(26)
第五节 数控编程的数据处理	(31)
思考与练习题	(33)
第三章 数控加工工艺分析	(35)
思考与练习题	(46)
第四章 数控车床程序编制及加工操作	(47)
第一节 数控车床加工工艺	(47)
第二节 数控车刀的选择及装夹	(52)
第三节 数控车床基本编程指令	(55)
第四节 数控车削的刀具补偿	(59)
第五节 单一固定循环指令	(63)
第六节 复合固定循环指令	(66)
第七节 螺纹加工编程指令	(75)
第八节 子程序的应用	(81)
第九节 FANUC Oi 数控系统的操作	(83)
第十节 数控车床的对刀操作	(88)
第十一节 SIEMENS 系统数控车床基本编程指令	(90)
第十二节 SIEMENS 802D 常用循环指令	(98)
第十三节 SIEMENS 系统数控车床操作	(109)
思考与练习题	(121)
第五章 数控铣床及加工中心程序编制	(124)
第一节 数控铣削加工工艺	(124)

第二节	FANUC Oi - MA 系统数控铣床的编程	(130)
第三节	典型零件的数控编程(FANUC Oi - MA)加工	(151)
第四节	SIEMENS 802S/C 系统数控铣床的编程	(158)
	思考与练习题	(186)
第六章	数控铣床和加工中心的基本操作	(190)
第一节	FANUC Oi - MA 系统数控铣床的操作	(190)
(1) 第二节	SIEMENS 802S 系统数控铣床的操作	(200)
(1) 思考与练习题		(212)
第七章	宏程序	(213)
(2) 第一节	FANUC Oi - MA 系统 A 类宏程序介绍及应用	(213)
(11) 第二节	FANUC 系统 B 类宏程序应用	(220)
(41) 第三节	SIEMENS 系统参数编程应用	(227)
(21) 思考与练习题		(230)
第八章	数控仿真操作	(233)
(X1) 第一节	数控车床仿真操作	(233)
(15) 第二节	FANUC Oi 数控铣床仿真操作	(248)
(85) 思考与练习题		(258)
参考文献		(261)

第一章 数控机床概述

第一节 数控机床的产生

随着科学技术的发展,机械产品结构越来越合理,其性能、精度和效率日趋提高,更新换代频繁,生产类型由大批量生产向多品种小批量生产转化,如图 1-1 ~ 图 1-3 所示。因此,对机械产品的加工相应地提出了高精度、高柔性 with 高度自动化的要求。数控机床就是为了解决单件、小批量,特别是复杂型面零件加工的自动化并保证质量要求而产生的。



图 1-1 数控车床加工的典型零件

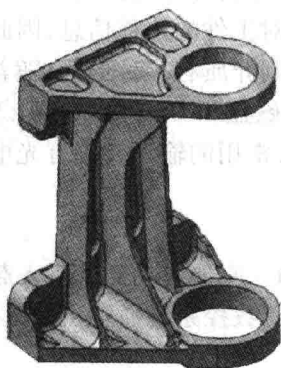


图 1-2 建模完毕的零件实体

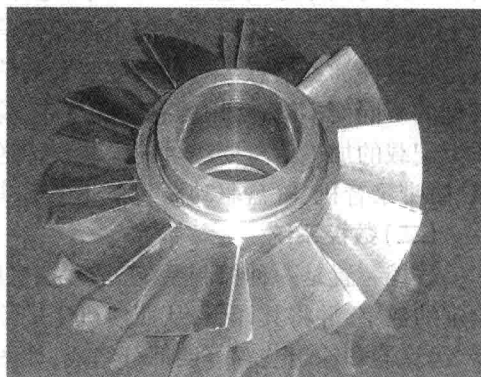


图 1-3 加工完毕的飞机上的叶轮

第二节 数控机床的概念及组成

一、数控机床的概念

数控技术是 20 世纪中期发展起来的机床控制技术。数字控制(Numerical Control,简称 NC)是一种自动控制技术,是用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的一种方法。

数控机床(NC Machine)就是采用了数控技术的机床,或者说是装备了数控系统的机床。它是一种综合应用计算机技术、自动控制技术、精密测量技术、通信技术和精密机械技术等先进技术的典型的机电一体化产品。

二、数控机床的组成

数控机床的种类很多,但任何一种数控机床都是由控制介质、数控系统、伺服系统、辅助控制系统、反馈系统和机床本体等若干基本部分组成的,如图 1-4 所示。

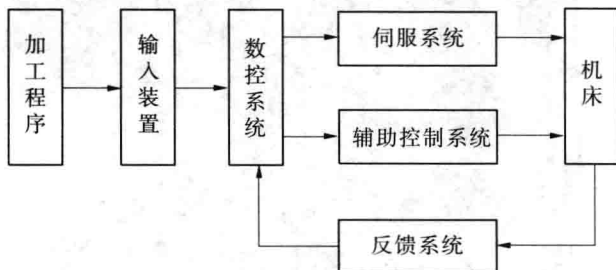


图 1-4 数控机床的组成

(一) 控制介质

数控系统工作时,不需要操作工人直接操纵机床,但机床又必须执行人的意图,这就需要在人与机床之间建立某种联系,这种联系的中间媒介物即称为控制介质。在控制介质上存储着加工零件所需要的全部操作信息和刀具相对工件的位移信息,因此控制介质就是将零件加工信息传送到数控装置的信息载体。控制介质有多种形式,随着数控装置类型的不同而不同,常用的有穿孔纸带、穿孔卡、磁带、磁盘和 USB 接口介质等。控制介质上记载的加工信息要经过输入装置传送给数控装置,常用的输入装置有光电纸带输入机、磁带录音机、磁盘驱动器和 USB 接口等。

(二) 数控系统

数控装置是一种控制系统,是数控机床的中心环节。它能自动阅读输入载体上事先给定的数字,并将其译码,从而使机床进给并加工零件。数控系统通常由输入装置、控制器、运算器和输出装置等四部分组成,如图 1-5 所示。

输入装置接受由穿孔纸带、阅读机输出的代码,经识别与译码之后分别输入到各个相应的寄存器,这些指令与数据将作为控制与运算的原始数据。

控制器接受输入装置的指令,根据指令控制运算器与输出装置,以实现对机床的各种

操作(如控制工作台沿某一坐标轴的运动、主轴变速和冷却液的开关等)以及控制整机的工作循环(如控制阅读机的启动或停止、控制运算器的运算和控制输出信号等)。

运算器接受控制器的指令,将输入装置送来的数据进行某种运算,并不断地向输出装置送出运算结果,使伺服系统执行所要求的运动。对于加工复杂零件的轮廓控制系统,运算器的重要功能是进行插补运算。所谓插补运算,就是将每个程序段输入的工件轮廓上的某起点和终点的坐标数据送入运算器,经过运算之后在起点和终点之间进行“数据密化”,并按控制器的指令向输出装置送出计算结果。

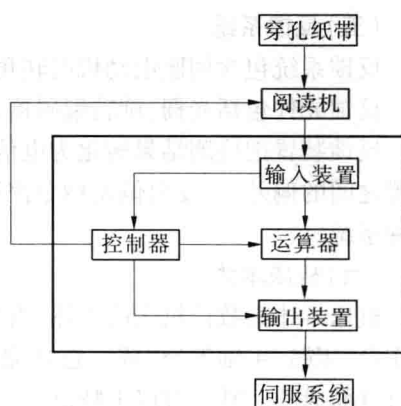


图 1-5 数控装置结构

输出装置根据控制器的指令将运算器送来的计算结果输送到伺服系统,经过功率放大驱动相应的坐标轴,使机床完成刀具相对工件的运动。

目前均采用微型计算机作为数控装置。微型计算机的中央处理单元(CPU)又称微处理器,是一种大规模集成电路。它将运算器、控制器集成在一块集成电路芯片中。在微型计算机中,输入与输出电路采用大规模集成电路,即所谓的 I/O 接口。微型计算机拥有较大容量的寄存器,并采用高密度的存储介质,如半导体存储器和磁盘存储器等。存储器可分为只读存储器(ROM)和随机存储器(RAM)两种类型,前者用于存放系统的控制程序,后者用于存放系统运行时的工作参数或用户的零件加工程序。微型计算机数控装置的工作原理与上述硬件数控装置的工作原理相同,只是前者采用通用的硬件,不同的功能通过改变软件来实现,因此更为灵活与经济。

(三) 伺服系统

伺服系统由伺服驱动电动机和伺服驱动装置组成,是数控系统的执行部分。伺服系统接受数控系统的指令信息,并按照指令信息的要求带动机床本体的移动部件运动或使执行部分运动,以加工出符合要求的工件。指令信息是脉冲信息的体现,每个脉冲使机床移动部件产生的位移量叫做脉冲当量。机械加工中,一般常用的脉冲当量为 0.01 mm/脉冲、0.005 mm/脉冲、0.001 mm/脉冲,目前所使用的数控系统脉冲当量一般为 0.001 mm/脉冲。

伺服系统是数控机床的关键部件,它的好坏直接影响着数控加工的速度大小、位置高低、精度高低等。伺服机构中常用的驱动装置,随数控系统的不同而不同。开环系统的伺服机构常用步进电机和电液脉冲马达,闭环系统的伺服机构常用宽调速直流电机和电液伺服驱动装置等。

(四) 辅助控制系统

辅助控制系统是介于数控装置和机床机械、液压部件之间的强电控制装置。它接受数控装置输出的主运动变速、刀具选择交换、辅助装置动作等指令信号,经过必要的编译、逻辑判断、功率放大后直接驱动相应的电器、液压、气动和机械部件,以完成各种规定的动作。此外,有些开关信号经过辅助控制系统传输给数控装置进行处理。

(五) 反馈系统

反馈系统包含伺服电动机的转角位移的反馈、数控机床执行机构(工作台)的位移反馈。反馈元件包括光栅、旋转编码器、激光测距仪、磁栅等。

反馈装置把检测结果转化为电信号反馈给数控装置,通过比较,计算实际位置与指令位置之间的偏差,并发出偏差指令控制执行部件的进给运动。反馈系统包括半闭环、闭环两种系统。

(六) 机床本体

机床本体是数控机床的主体,由机床的基础大件(如床身、底座)和各种运动部件(如工作台、床鞍、主轴等)组成。它是完成各种切削加工的机械部分,是在普通机床的基础上改进而成的。其具有以下特点:

- (1) 数控机床采用了高性能的主轴与伺服传动系统、机械传动装置。
- (2) 数控机床机械结构具有较高的刚度、阻尼精度和耐磨性。
- (3) 更多采用了高效传动部件,如滚珠丝杠副、直线滚动导轨。
- (4) 与传统的手动机床相比,数控机床的外部造型、整体布局、传动系统与刀具系统的部件结构及操作机构等方面都发生了很多变化。这些变化的目的是满足数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点,因此必须建立数控机床设计的新概念。

三、数控机床的工作原理

在数控机床上,为了进行零件的加工,可以通过如下步骤进行(见图 1-6):

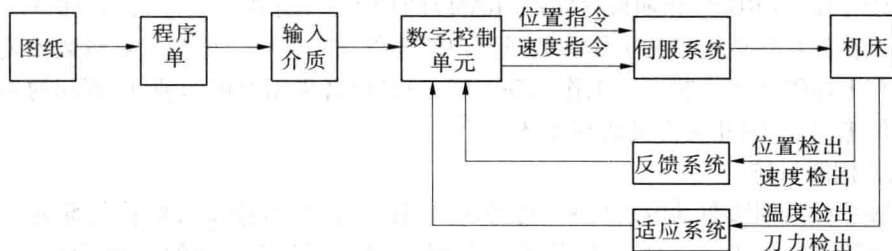


图 1-6 数控机床加工的工作原理

(1) 根据被加工零件的图样与工艺方案,用规定的代码和程序格式,将刀具的移动轨迹、加工工艺过程、工艺参数、切削用量等编写成数控系统能够识别的指令形式。

(2) 将所编写的加工程序输入数控装置。

(3) 数控装置对输入的程序(代码)进行译码、运算处理,并向各坐标轴的伺服驱动装置和辅助机能控制装置发出响应的控制信号,以控制机床各部件的运动。

(4) 在运动过程中,数控系统需要随时检测机床的坐标轴位置、行程开关的状态等,并与程序的要求相比较,以决定下一步动作,直到加工出合格的零件。

(5) 操作者可以随时对机床的加工情况及工作状态进行观察、检查,必要时还需要对机床动作和加工程序进行调整,以保证机床安全、可靠地运行。

由此可知,数控加工原理就是将预先编好的加工程序以数据的形式输入数控系统,数控系统通过一定的数据处理和数据运算,将信号传给伺服系统,伺服系统再控制机床本

体,加工出合适的工件。

第三节 数控机床的种类、特点

一、数控机床的种类

当前数控机床的品种很多,结构、功能各不相同,通常可以按下述方法进行分类。

(一)按机床运动轨迹进行分类

数控机床按机床运动轨迹不同,可分为点位控制数控机床、直线控制数控机床和轮廓控制数控机床。

1. 点位控制数控机床

点位控制(Positioning Control)又称点到点控制(Point to Point Control)。刀具从某一位置向另一位置移动时,不管中间的移动轨迹如何,只要刀具最后能正确到达目标位置,就称为点位控制。

点位控制数控机床的特点是只控制移动部件由一个位置到另一个位置的精确定位,而对它们运动过程中的轨迹没有严格要求,在移动和定位过程中不进行任何加工。因此,为了尽可能地减少移动部件的运动时间和定位时间,两相关点之间的移动先以快速移动到接近新点位的位置,然后进行连续降速或分级降速,使之慢速趋近定位点,以保证其定位精度。点位控制加工示意图如图 1-7 所示。

这类机床主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控点焊机和数控折弯机等,其相应的数控装置称为点位控制数控装置。

2. 直线控制数控机床

直线控制(Straight Cut Control)又称平行切削控制(Parallet Cut Control)。这类控制除控制点到点的准确位置外,还要保证两点之间移动的轨迹是一条直线,而且对移动的速度也有控制,因为这一类机床在两点之间移动时要进行切削加工。

直线控制数控机床的特点是刀具相对于工件的运动,不仅要控制两相关点的准确位置(距离),还要控制两相关点之间移动的速度和轨迹,其轨迹一般由与各轴线平行的直线段组成。它和点位控制数控机床的区别在于当机床移动部件移动时,可以沿一个坐标轴的方向进行切削加工,而且其辅助功能比点位控制的数控机床多。直线控制加工示意图如图 1-8 所示。

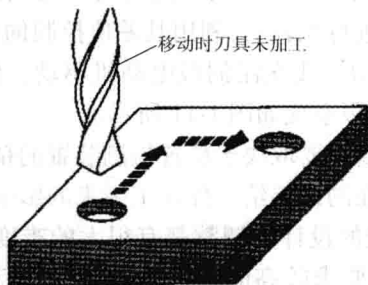


图 1-7 点位控制加工示意图

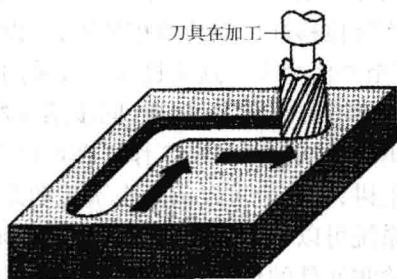


图 1-8 直线控制加工示意图

这类机床主要有数控坐标车床、数控磨床和数控镗铣床等,其相应的数控装置称为直线控制数控装置。

3. 轮廓控制数控机床

轮廓控制又称连续控制,大多数数控机床具有轮廓控制功能。轮廓控制数控机床的特点是能同时控制两个以上的轴联动,具有插补功能。它不仅要控制加工过程中每一点的位置和刀具移动速度,还要加工出任意形状的曲线或曲面。轮廓控制加工示意图如图 1-9 所示。

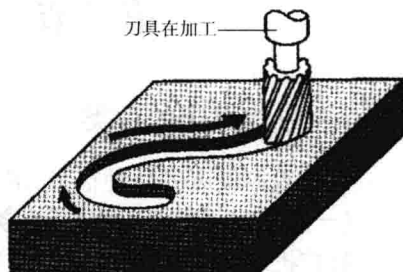


图 1-9 轮廓控制加工示意图

属于轮廓控制数控机床的有数控坐标车床、数控铣床、加工中心等。其相应的数控装置称为轮廓控制装置。轮廓控制装置比点位、直线控制装置结构复杂得多,功能齐全得多。

(二) 按伺服系统类型进行分类

数控机床按伺服系统类型不同,可分为开环控制数控机床、闭环控制数控机床和半闭环控制数控机床。

1. 开环控制数控机床

开环控制(Open Loop Control)数控机床通常不带位置检测元件,伺服驱动元件一般为步进电动机。数控装置每发出一个进给脉冲后,脉冲便经过放大,并驱动步进电动机转动一个固定角度,再通过机械传动驱动工作台运动。开环伺服系统如图 1-10 所示。这种系统没有被控对象的反馈值,系统的精度完全取决于步进电动机的步距精度和机械传动的精度,其控制线路简单,调节方便,精度较低(一般可达 $\pm 0.02 \text{ mm}$),通常应用于小型或经济型数控机床。

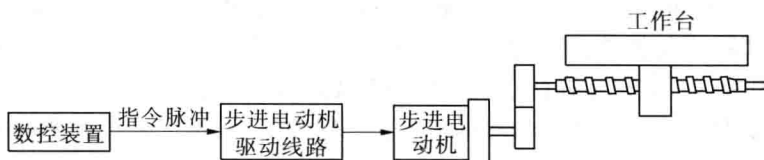


图 1-10 开环伺服系统

2. 闭环控制数控机床

闭环控制(Closed Loop Control)数控机床通常带位置检测元件,随时可以检测出工作台的实际位移并反馈给数控装置,与设定的指令值进行比较后,利用其差值控制伺服电动机,直至差值为零。这类机床一般采用直流伺服电动机或交流伺服电动机驱动。位置检测元件常有直线光栅、磁栅、同步感应器等。闭环伺服系统如图 1-11 所示。

由闭环伺服系统的工作原理可以看出,系统精度主要取决于位置检测装置的精度,从理论上讲,它完全可以消除由于传动部件制造中存在的误差给工件加工带来的影响,所以这种系统可以得到很高的加工精度。闭环伺服系统的设计和调整都有很大的难度,直线位移检测元件的价格比较昂贵,主要用于一些精度要求较高的镗铣床、超精车床和加工中心。

3. 半闭环控制数控机床

半闭环控制(Semi-Closed Loop Control)数控机床通常将位置检测元件安装在伺服电动机的轴上或滚珠丝杠的端部,不直接反馈机床的位移量,而是检测伺服系统的转角,将此信号反馈给数控装置进行指令比较,用差值控制伺服电动机。半闭环伺服系统如图 1-12 所示。

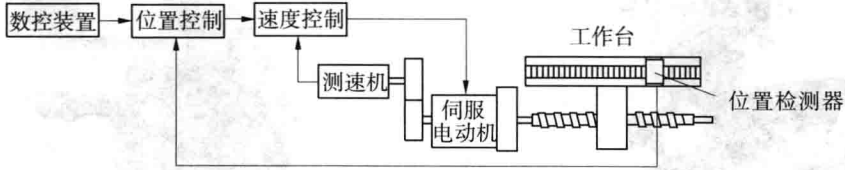


图 1-11 闭环伺服系统

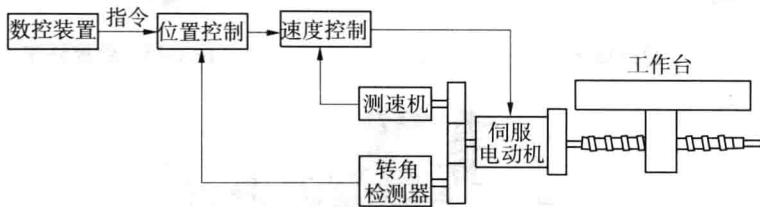


图 1-12 半闭环伺服系统

因为半闭环伺服系统的反馈信号取自电动机轴的回转,因此系统中的机械传动装置处于反馈回路之外,其刚度、间隙等非线性因素对系统稳定性没有影响,调试方便。同样,机床的定位精度主要取决于机械传动装置的精度,但是现在的数控装置均有螺距误差补偿和间隙补偿功能,不需要将传动装置各种零件的精度提得很高,通过补偿就能将精度提高到绝大多数用户都能接受的程度,再加上直线位移检测装置比角位移检测装置昂贵得多。因此,除对定位精度要求特别高或行程特别长,不能采用滚珠丝杠的大型机床外,绝大多数数控机床均采用半闭环伺服系统。

(三)按工艺用途进行分类

数控机床按工艺用途不同,可分为金属切削类数控机床、金属成型类数控机床、数控特种加工机床和其他类型的数控机床。

1. 金属切削类数控机床

金属切削类数控机床包括数控车床(见图 1-13)、数控钻床(见图 1-14)、数控铣床(见图 1-15)、数控磨床、数控镗床以及数控加工中心(见图 1-16)。切削类机床发展最早,目前种类繁多,功能差异也较大,加工中心能实现自动换刀。这类机床都有一个刀库,可容纳 10~100 把刀具。其特点是工件一次装夹可完成多道工序。为了进一步提高生产效率,有的加工中心

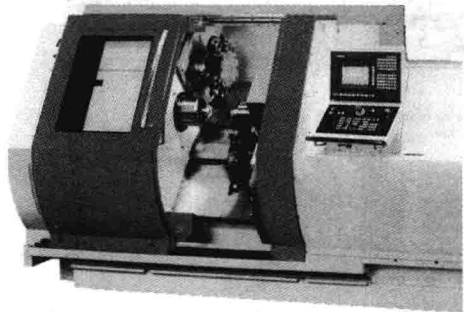


图 1-13 数控车床

使用双工作台,一面加工,一面装卸,工作台可以自动交换。

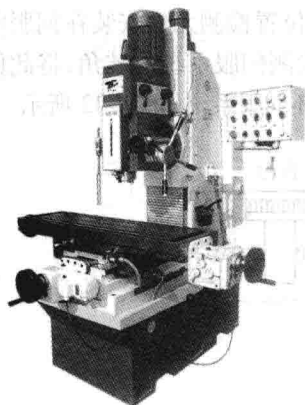


图 1-14 数控钻床

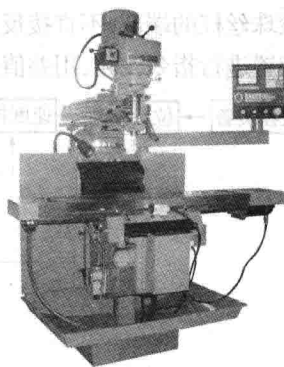


图 1-15 数控铣床

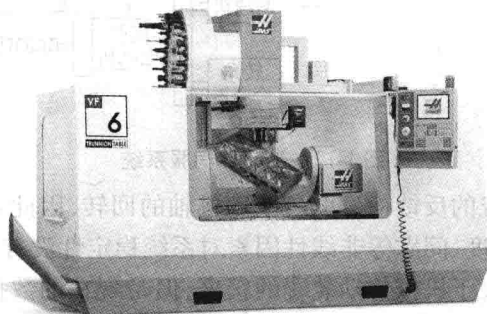


图 1-16 数控加工中心

2. 金属成型类数控机床

金属成型类数控机床包括数控折弯机(见图 1-17)、数控剪板机(见图 1-18)、数控组合冲床(见图 1-19)和数控回转头压力机等。这类机床起步晚,但目前发展很快。

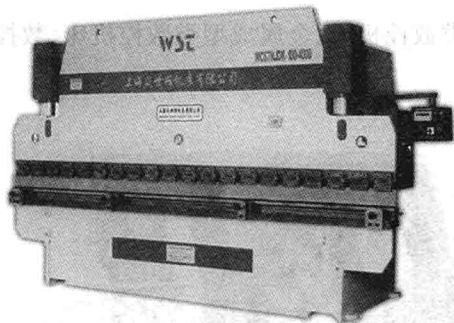


图 1-17 数控折弯机



图 1-18 数控剪板机

3. 数控特种加工机床

数控特种加工机床有线切割机床、数控电火花加工机床(见图 1-20)、火焰切割机床和数控激光机切割机床等。



图 1-19 数控组合冲床

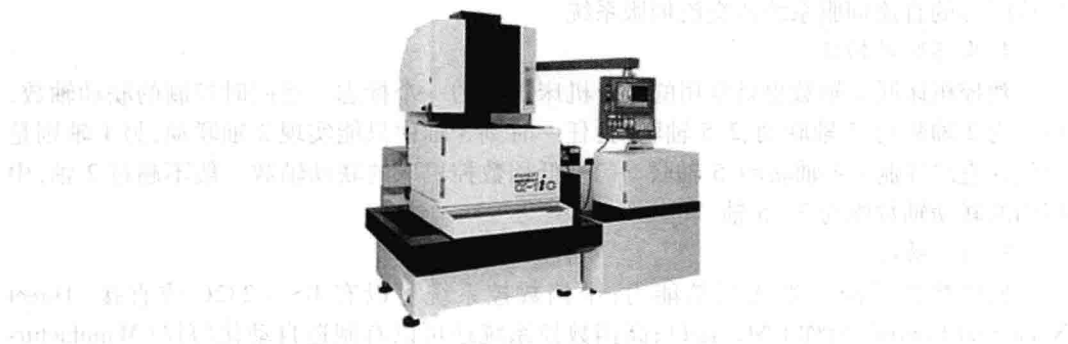


图 1-20 FANUC 慢走丝电火花线切割机床

4. 其他类型的数控机床

其他类型的数控机床有数控三坐标测量机床(见图 1-21)、机器人(见图 1-22)等。

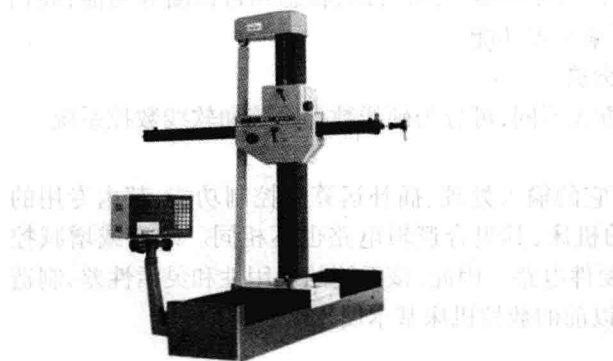


图 1-21 数控三坐标测量机床

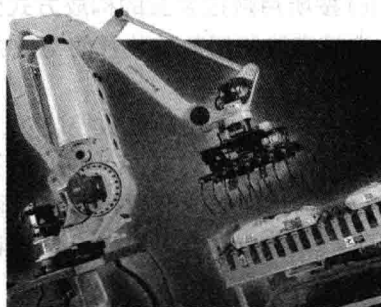


图 1-22 机器人

(四) 按数控系统功能水平进行分类

按数控系统的主要技术参数、功能指标和关键部件的功能水平,数控机床可分为低、中、高 3 个档次。国内还分为全功能数控机床、普及型数控机床和经济型数控机床。这些分类方法划分的界线是相对的,不同时期的划分标准有所不同,大体有以下几个方面。

1. 控制系统 CPU 的档次

低档数控系统一般采用 8 位 CPU,中高档数控系统采用 16 位或 64 位的 CPU,现在有

些 CNC 装置已采用 64 位的 CPU。

2. 分辨率和进给速度

分辨率为位移检测装置所能检测到的最小位移单位,分辨率越小,则检测精度越高。它取决于检测装置的类型和制造精度。一般认为:分辨率为 $10\text{ }\mu\text{m}$,进给速度为 $8\sim 10\text{ m/min}$ 是低档数控机床;分辨率为 $1\text{ }\mu\text{m}$,进给速度为 $10\sim 20\text{ m/min}$ 是中档数控机床;分辨率为 $0.1\text{ }\mu\text{m}$,进给速度为 $15\sim 20\text{ m/min}$ 是高档数控机床。通常分辨率应比数控机床所要求的加工精度高一个数量级。

3. 伺服系统类型

一般采用开环、步进电动机进给系统的为低档数控机床,中高档数控机床则采用半闭环或闭环的直流伺服系统或交流伺服系统。

4. 坐标联动轴数

数控机床联动轴数也是常用的区分机床档次的一个标志。按同时控制的联动轴数,可分为 2 轴联动、3 轴联动、2.5 轴联动(任时刻 3 轴中只能实现 2 轴联动,另 1 轴则是点位或直线控制)、4 轴联动、5 轴联动等。低档数控机床的联动轴数一般不超过 2 轴,中高档的联动轴数则为 3~5 轴。

5. 通信功能

低档数控系统一般无通信能力;中档数控系统可以有 RS-232C 或直接(Direct Numerical Control,简称 DNC)接口;高档数控系统还可以有制造自动化协议(Manufacturing Automation Protocol,简称 MAP)通信接口,具有联网功能。

6. 显示功能

低档数控系统一般只有简单的数码管显示或单色 CRT 字符显示;中档数控系统则有较齐全的 CRT 显示,不仅有字符,而且有二维图形、人机对话、状态和自诊断等功能;高档数控系统还可以有三维图形显示、图形编辑等功能。

(五) 按所用数控装置的构成方式分类

数控机床按所用数控装置的构成方式不同,可分为硬线数控系统和软线数控系统。

1. 硬线数控系统

硬线数控系统使用硬线数控装置,它的输入处理、插补运算和控制功能,都由专用的固定组合逻辑电路来实现,不同功能的机床,其组合逻辑电路也不相同。改变或增减控制、运算功能时,需要改变数控装置的硬件电路。因此,该系统的通用性和灵活性差,制造周期长,成本高。20 世纪 70 年代初期以前的数控机床基本属于这种类型。

2. 软线数控系统

软线数控系统也称计算机数控系统,它使用软线数控装置。这种数控装置的硬件电路由小型或微型计算机再加上通用或专用的大规模集成电路制成,数控机床的主要功能几乎全部由系统软件来实现,所以不同功能的数控机床,其系统软件也就不同,而修改或增减系统功能时,也不需要改动硬件电路,只需要改变系统软件。因此,该系统具有较高的灵活性,目前几乎所有的数控机床都采用软线数控系统。

二、数控机床的加工特点

与普通机床相比,数控机床是一种机电一体化的高效自动机床,它具有以下加工特点。

(一)具有广泛的适应性和较高的灵活性

数控机床更换加工对象,只需要重新编制和输入加工程序即可实现加工;在某些情况下,甚至只要修改程序中部分程序段或利用某些特殊指令就可实现加工(如利用缩放功能指令就可实现加工形状相同尺寸不同的零件)。这为单件、小批量多品种生产,产品改型和新产品试制提供了极大的方便,大大缩短了生产准备及试制的周期。

(二)加工精度高,质量稳定

由于数控机床采用了数字伺服系统,数控装置每输出一个脉冲,通过伺服执行机构使机床产生相应的位移量(称为脉冲当量),可达 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$;机床传动丝杠采用间歇补偿,螺距误差及其传动误差可由闭环系统加以控制,因此数控机床能达到较高的加工精度。如普通精度加工中心,定位精度一般可达到每300 mm长度误差不超过 $\pm(0.005 \sim 0.008)\text{mm}$,重复精度可达到0.001 mm。另外,数控机床结构刚性和热稳定性都较好,制造精度能保证;其自动加工方式避免了操作者的人为操作误差,加工质量稳定,合格率高,同批加工的零件几何尺寸一致性好。数控机床能实现多轴联动,可以加工普通机床很难加工甚至不可能加工的复杂曲面。

(三)加工生产率高

在数控机床上可选择最有利的加工参数,实现多道工序连续加工,也可实现多机看管。由于采取了加速、减速措施,使机床移动部件能快速移动和定位,大大节省了可加工过程中的空程时间。

(四)可获得良好的经济效率

虽然数控机床分摊到每个零件上的设备费(包括折旧费、维修费、动力消耗费等)较高,但生产效率高,单件、小批量生产时节省辅助时间(如画线、机床调整、加工检验等),节省直接生产费用。数控机床加工精度稳定,能减少废品率,使生产成本进一步降低。

第四节 典型数控系统

一、日本 FANUC 系列数控系统

FANUC 公司生产的 CNC 产品主要有 FS3、FS6、FS0、FS10/11/12、FS15、FS16、FS18 和 FS21/210 等系列。目前,我国用户主要使用的有 FS0 系列、FS15、FS16、FS18 和 FS21/210 等系列。

(一)FS0 系列

图 1-23 是 FANUC 系统操作面板(FS0 系列)。它是可组成面板装配式的 CNC 系统,易于组成机电一体化系统。FS0 系列有 FS0-T、FS0-TT、FS0-M、FS0-ME、FS0-G 和 FS0-F 等型号。FS0-T 型用于单刀架单主轴的数控车床,FS0-TT 型用于单主轴双刀架或双主轴双刀架的数控车床,FS0-M 型、FS0-ME 型用于数控铣床或加工中心,FS0-G 型用于数控磨床,FS0-F 型是对话型 CNC 系统。

(二)FS15 系列

FS15 系列是 FANUC 公司较新的 32 位 CNC 系统,被称为 AICNC 系统(人工智能