



高职高专国家骨干院校

重点建设专业(机械类)核心课程“十二五”规划教材

数控机床控制原理

SHUKONG JICHUANG KONGZHI YUANLI

主编◎周巍松 主审◎张岐生



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS



中华人民共和国教育部
推荐教材

数控机床控制原理

第2版

主编 王 健 副主编 王 健

主审 王 健 副主审 王 健



高职高专国家骨干院校
重点建设专业(机械类)核心课程“十二五”规划教材

数控机床控制原理

主 编 周巍松

副主编 陈红江 朱海燕

主 审 张岐生

合肥工业大学出版社

内容提要

本书从实用观点出发,以全面学习掌握数控原理和应用为目的,系统地阐述了数控技术的基本概念、轨迹控制(插补)原理、数控装置的硬件结构与组成及工作原理、数控机床各组成部分的结构原理、数控系统中的检测技术和速度位移的伺服控制技术等内容,并通过电气控制系统把数控机床各组成部分有机地串连起来。本书注重理论联系实际,内容表达通俗易懂。

本书为高等职业院校机电类相关专业的教材,还可供数控加工技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床控制原理/周巍松主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2012.8

ISBN 978-7-5650-0886-3

I. ①数… II. ①周… III. ①数控机床—高等教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 193072 号

数控机床控制原理

主编 周巍松

责任编辑 汤礼广 王路生

出版	合肥工业大学出版社	版次	2012年8月第1版
地址	合肥市屯溪路193号	印次	2012年9月第1次印刷
邮编	230009	开本	787毫米×1092毫米 1/16
电话	理工编辑部:0551—2903087 市场营销部:0551—2903163	印张	15.25
网址	www.hfutpress.com.cn	字数	352千字
E-mail	hfutpress@163.com	印刷	合肥星光印务有限责任公司
		发行	全国新华书店

ISBN 978-7-5650-0886-3

定价: 32.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。

前 言

制造自动化是先进制造技术的重要组成部分，其核心技术是数控技术。随着数控技术的发展，我国的机械制造行业发生了日新月异的变化，国内数控机床的用量迅速增加。因此，亟须培养一大批了解数控机床原理、熟悉数控加工工艺、掌握数控机床操作和维护的应用型高级技术人才。为深化教育改革，推动高等职业教育的发展，培养与我国现代化建设相适应的、在制造领域中从事技术应用的应用型人才，我们在总结机械类专业技术人才培养模式的基础上编写了本教材。

本书的特点是：一是从实用观点出发，以全面学习掌握数控原理和应用为目的，系统地阐述了数控技术的基本概念、轨迹控制（插补）原理、数控装置的硬件结构与组成及工作原理、数控机床各组成部分的结构原理、数控系统中的检测技术和速度位移的伺服控制技术等内容，并通过电气控制系统把数控机床各组成部分有机地串联起来；二是注重理论联系实际，因而通俗易懂，易教易学。

本书还注重培养学生应用多学科知识进行分析问题的能力以及对机电系统进行综合设计能力，因而在本书的最后增加了一章数控系统设计的内容，这不仅提高了学生解决实际问题和自主分析问题的能力，而且便于学生在读完全书之后，对于数控设备的控制有一个更为深入而又统筹全局的理解。

本书为高等职业院校机电类数控技术应用专业、CAD/CAM 技术应用专业和模具设计与制造专业的教材，还可供数控加工技术人员参考。

本书由江西工业工程职业技术学院周巍松担任主编、江西科技师范大学陈红江和南昌理工学院朱海燕担任副主编。本书由数控设备专家张岐生教授审定。

在编写本书的过程中，我们还参考并引用了有关文献资料和插图等，在此对其作者表示由衷的感谢。

由于编者水平有限，书中不足之处在所难免，敬请读者和各位同仁批评指正。

编 者



目 录

学习情境一 数控机床组成原理及数控技术原理	(1)
任务 1 数控机床的组成分类	(2)
任务 2 国内外数控机床的现状与发展趋势	(13)
任务 3 数控装置的插补原理	(21)
任务 4 刀具半径补偿	(28)
任务 5 数控系统的硬件组成	(32)
任务 6 数控装置的技术特征	(40)
复习思考题	(45)
学习情境二 数控机床的电气控制系统	(47)
任务 1 数控机床电气原理图的绘图规则	(48)
任务 2 数控机床的电气控制	(51)
任务 3 数控车床电气部分设计示例	(64)
复习思考题	(72)
学习情境三 数控机床的 PLC 控制	(73)
任务 1 数控机床 PLC 及其功能介绍	(73)
任务 2 CNC、PLC、机床之间的信号处理	(77)
任务 3 数控机床 PLC 系统的设计及调试	(87)
任务 4 PLC 程序设计	(89)
任务 5 数控机床 PLC 控制实例介绍	(96)
任务 6 其他数控系统的可编程控制器	(106)
复习思考题.....	(128)



学习情境四 数控机床的伺服系统及位置检测装置	(130)
任务 1 进给伺服系统的类型	(130)
任务 2 步进电动机及其驱动系统	(136)
任务 3 直流伺服驱动系统	(150)
任务 4 交流伺服驱动系统	(154)
任务 5 主轴驱动单元	(159)
任务 6 位置检测装置的要求和分类	(163)
任务 7 常用位置检测装置简介	(166)
复习思考题.....	(193)
学习情境五 数控机床设计入门	(194)
任务 1 数控系统的设计	(195)
任务 2 步进电机驱动电路设计	(206)
任务 3 主轴驱动电路设计	(217)
复习思考题.....	(225)
附录	(226)
附录 1 数据采样插补	(226)
附录 2 比较积分插补	(232)
参考文献	(238)



学习情境一 数控机床组成原理及数控技术原理

学习目标

【终极目标】

掌握数控机床的基本结构和工作原理。

【促成目标】

- (1) 了解数控机床的组成分类及数控机床的发展趋势。
- (2) 掌握数控机床的插补原理和刀具补偿。
- (3) 掌握数控系统的硬件组成。
- (4) 掌握数控装置的技术特征。

情境导入

数字控制机床(Numerically Controlled Machine Tool)简称数控机床,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。国际信息处理联盟(International Federation of Information Processing,简称 IFIP)第五技术委员会对数控机床定义如下:数控机床是一个装有程序控制系统的机床。该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序。

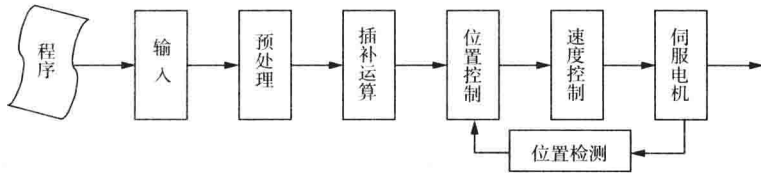
机床控制也是数控技术应用最早、最广泛的领域,因此,数控机床的水平代表了当前数控技术的性能、水平和发展方向。

数控技术,简称数控(Numerical Control,简称 NC),是利用数字化信息对机械运动及加工过程进行控制的一种方法。由于现代数控都采用了计算机进行控制,因此,也可以称为计算数控(Computerized Numerical control,简称 CNC)。

为了对机械运动及加工过程进行数字化信息控制,必须具备相应的硬件和软件。用来实现数字化信息控制的硬件和软件的整体称为数控系统(Numerical control system),数控系统的核心是数控装置(Numerical Controller)。

数控装置是一种控制系统,如下图所示。它自动阅读输入载体上预先给定的数字值,并对其译码、运算,并据此控制刀具与工件相对运动,加工出所需要的零件。

金属切削机床加工零件,是操作者依据工程图样的要求,不断改变刀具与工件之间相对运动的参数(位置、速度等),使刀具对工件进行切削加工,最终得到所需要的合格零件。机床数字控制的核心问题,是如何控制刀具或工作台正确运动从而加工出合格的产品。



任务 1 数控机床的组成分类

数控机床是以数控系统为代表的新技术对传统机械制造产业的渗透形成的机电一体化产品,其技术范围覆盖机械制造、信息处理、自动控制及软件技术等。计算机对传统机械制造产业的渗透,完全改变了制造业。制造业不但成为工业化的象征,而且由于信息技术的渗透,使制造业犹如朝阳产业具有广阔的发展天地。

一、数控机床的控制技术

数控机床是一种综合应用了微电子技术、计算机技术、自动控制、精密测量和机床结构等方面的最新成就而发展起来的高效自动化精密机床,是一种典型的机电一体化产品。它集高效率、高精度和高柔性于一身,代表了机床的主要发展方向。它是机械加工自动化的核心设备。

数控机床种类繁多,有钻铣镗床类、车削类、磨削类、电加工类、锻压类、激光加工类和其他特殊用途的专用数控机床等,凡是采用了数控技术进行控制的机床统称 NC 机床。

带有自动刀具交换装置(Automatic Tool change,简称 ATC)的数控机床(带有回转刀架的数控车床除外)称为加工中心(Machine Center,简称 MC)。它通过刀具的自动交换,可以一次装夹完成多工序的加工,实现了工序的集中和工艺的复合,从而缩短了辅助加工时间,提高了机床的效率;其次,由于减少了零件安装、定位次数,因而提高了加工精度。加工中心是目前数控机床中产量最大、应用最广的数控机床。

在加工中心的基础上,通过增加多工作台(托盘)自动交换装置(Auto Pallet Changer,简称 APC)以及其他相关装置组成的加工单元称为柔性加工单元(Flexible Manufacturing Cell,简称 FMC)。FMC 不仅实现了工序的集中和工艺的复合,而且通过工作台(托盘)的自动交换和较完善的自动检测、监控功能,可以进行一定时间的无人化加工,从而进一步提高了设备的加工效率。FMC 既是柔性制造系统的基础,又可以作为独立的自动化加工设备使用,因此其发展速度较快。

在 FMC 和加工中心的基础上,通过增加物流系统、工业机器人以及相关设备,并由中央控制系统进行集中、统一控制和管理,这样的制造系统称为柔性制造系统(Flexible Manufacturing System,简称 FMS)。FMS 不仅可以进行长时间的无人化加工,而且可以实现多品种零件的全部加工或部件装配,实现了车间制造过程的自动化,是一种高度自动化的先进制造系统。

随着科学技术的发展,为了适应市场需求多变的形势,对现代制造业来说,不仅需要发展车间制造过程的自动化,而且要实现从市场预测、生产决策、产品设计、产品制造直到产品销售的全面自动化。将这些要求综合,构成的完整的生产制造系统,称为计算机集成制造系



统(Computer Integrated Manufacturing System,简称 CIMS)。CIMS 将一个工厂的生产、经营活动进行了有机的集成,实现了更高效益、更高柔性的智能化生产,是当今自动化制造技术发展的最高阶段。

二、数控机床组成

数控机床是最典型的数控设备。为了了解数控机床的基本组成,首先需要分析数控机床加工零件的工作过程。

1. 数控机床加工零件的过程

在数控机床上,为了进行零件的加工,可以通过图 1-1 所示步骤进行。

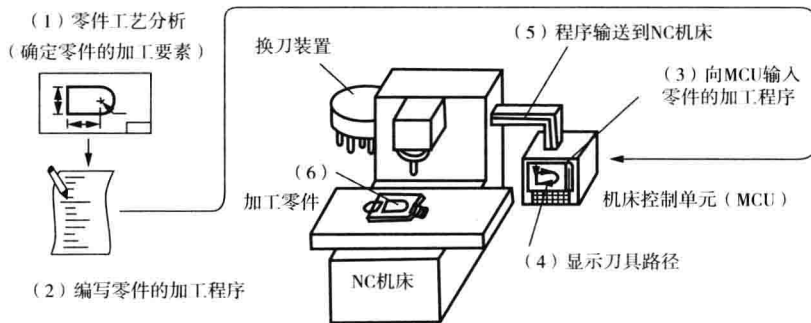


图 1-1 数控加工过程示意图

(1)根据零件加工图样进行工艺分析,确定加工方案、工艺参数和位移数据。

(2)用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单,或用自动编程软件进行 CAD/CAM 工作,直接生成零件的加工程序文件。

(3)程序的输入或传输。由手工编写的程序,可以通过数控机床的操作,进行面板输入;由编程软件生成的程序,通过计算机的串行通信接口直接传输到数控机床的数控单元(MCU)。

(4)对输入/传输到数控单元的加工程序,进行试运行、刀具路径模拟等。

(5)通过对机床的正确操作,运行程序,完成零件的加工。

2. 数控机床的组成

由上述零件的工作过程可知,作为数控机床的基本组成,它应包括:控制介质(输入/输出设备)、数控装置、伺服驱动和测量反馈装置、辅助控制装置以及工作本体等部分,如图 1-2 所示。

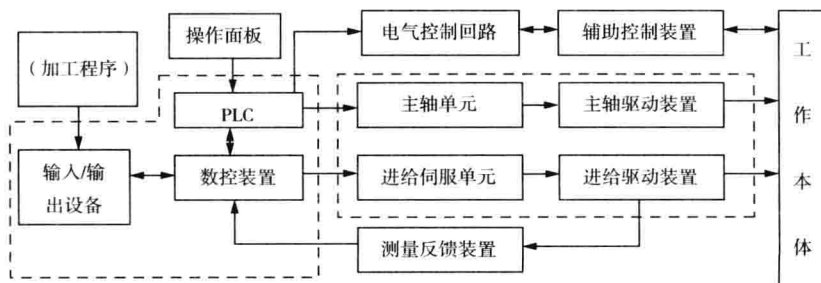


图 1-2 数控机床的组成



(1)控制介质。数控设备工作时,不需要操作者直接进行手工加工,但设备必须按人的意图进行工作,这就必须在人与设备间建立某种联系,这种联系的中间媒介物称之为控制介质,也称为信息载体。它可以是穿孔带、穿孔卡、磁带、软磁盘及存储卡等。加工时首先对产品零件图进行工艺分析,确定加工方案,工装选择与设计,确立合理的程序原点(对刀点)、走刀路线及切削用量;并根据编程计算获得零件轮廓相邻几何元素交点或切点的坐标值,得出几何元素的起点、终点、圆弧的圆心坐标值等数控加工数据;之后用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单并制成输入纸带、磁带或磁卡。

(2)数控装置。上述加工数据可通过光电阅读机、键盘或计算机接口3种方式输入给数控机床。加工时可将程序一段一段地输入(即一边加工一边输入),也可以先把程序全部输入,由数控系统中的存储器存储,等加工时再将程序一段一段调出。

无论哪种输入,都必须以一个程序段为单位,由系统程序及编译程序进行处理,将刀位数据和加工速度F代码及其他辅助代码(S代码表示主轴转速,T代码表示刀具号,M代码表示切削液等)均按语法规则解释成计算机所能认可的数据形式,并以一定的格式存放在内存专用区间。此外,对刀补(长度与半径补偿),进给速度(合成速度分解成沿各坐标的分速度以及自动增减速度等)作处理,再完成加工中的插补运算(由主CPU担任),数据由存储区间调入时依靠控制总线通过地址总线取址并将数据沿数据总线输入CPU运算,结果仍沿总线返回,分别送至相应输出接口。

输出信号也要通过一系列电路处理(分配、中断和缓冲)过程,才能使伺服电机进给,主轴按转速回转或停止,CRT显示出程序执行过程,位置环与速度环的反馈信号往返经总线由CPU进一步随机处理并获得输出。全部过程均以时钟频率的统一速率,有条不紊地进行工作。

数控装置是数控设备的核心,它接受输入装置送来的脉冲信号,经过数控装置的控制软件和逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理,然后将各种信息指令输出给伺服系统,使设备各部分进行规定的、有序的动作。

(3)伺服驱动系统。伺服驱动系统包括伺服驱动电路和伺服驱动元件,它们与工作本体上的机械部件组成数控设备的进给系统。其作用是把数控装置发来的速度和位移指令(脉冲信号)转换成执行部件的进给速度、方向和位移。每个作进给运动的执行部件,都配有一套伺服驱动系统。而相对于每一个脉冲信号,执行部件都有一个相应的位移量,称为最小设定单位,又称为脉冲当量,其值越小,加工精度越高。数控装置可以以足够高的速度和精度进行计算并发出足够小的脉冲信号,关键在于伺服系统能以多高的速度与精度去响应执行,所以整个系统的精度与速度主要取决于伺服系统。

在伺服系统中,伺服驱动电路要把数控装置发出的微弱电信号(5伏左右,毫安级)放大成强电的驱动电信号(几十伏至上百伏,安培级)去驱动执行元件——伺服电动机。伺服系统的执行元件主要有功率步进电动机、电液脉冲马达、直流伺服电动机和交流伺服电动机等,其作用是将电控信号的变化,转换成电动机输出轴的角速度和角位移的变化,从而带动机械本体的机械部件作进给运动。

(4)测量反馈装置。测量反馈装置是将运动部件的实际位移、速度及当前的环境(温度、振动、摩擦和切削力等因素的变化)参数加以检测,转变为电信号后反馈给数控装置,通过比较,得出实际运动与指令运动的误差,发出误差指令,纠正所产生的误差。测量反馈装置的



引入,有效地改善了系统的动态特性,大大提高了零件的加工精度。

由于先进的伺服都采用了数字式伺服驱动技术(称为数字伺服),伺服驱动和数控装置间一般都采用总线进行连接,反馈信号在大多数场合都是与伺服驱动进行连接,再通过总线传送到数控装置。只有在少数场合或采用模拟量控制的伺服驱动(称为模拟伺服)时,反馈装置才需要直接和数控装置进行连接。

(5)辅助控制装置。其主要作用是根据数控装置输出主轴的转速、转向和启停指令,刀具的选择和交换指令,冷却、润滑装置的启停指令,工件和机床部件的松开、夹紧,工作台转位等辅助指令所提供的信号,以及机床上检测开关的状态等信号,经过必要的编译和逻辑运算,放大后驱动相应的执行元件,带动机床机械部件、液压气动等辅助装置完成指令规定的动作。它通常由 PLC 和电气控制回路构成,PLC 在结构上可以与 CNC 一体化(内置式的 PLC),也可以相对独立(外置式的 PLC)。

(6)工作本体。数控系统的工作本体是加工运动的实际执行部件,它与传统的机床基本相同,也有主运动部件、进给运动执行部件、工作台、拖板及其部件和床身立柱等支撑部件,此外还有冷却、润滑、转位和夹紧等辅助装置,存放刀具的刀架、刀库及交换刀具的自动换刀机构等。但为了满足数控的要求,充分发挥机床性能,它在总体布局、外观造型、传动系统结构、刀具系统以及操作性能方面都已经发生很大的变化。机床本体在结构有下面几个特点:

① 由于采用了高性能的主轴及进给伺服驱动装置,简化了数控机床的机械传动结构,传动链较短。

② 数控机床的机械结构具有较高的动态特性、动态刚度、阻尼精度、耐磨性以及抗热变形性能,能适应连续自动化加工。

③ 较多的采用高效传动件,如滚珠丝杠副、直线滚动导轨、静压导轨等。此外,为保证数控机床功能的充分发挥,还有一些配套部件(如冷却、排屑、防护、润滑、照明、储运等一系列装置)和附属设备(程编机和对刀仪等)。

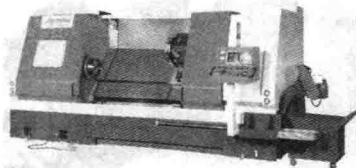
三、数控机床的分类

目前,数控机床品种齐全,规格繁多,为了便于了解和研究,可从不同角度和按照多种原则进行分类。

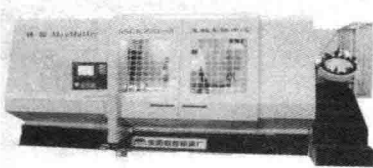
1. 按工艺用途分类

(1)金属切削类数控机床

这类机床和传统的通用机床品种一样,有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控镗床以及加工中心等。数控加工中心目前主要有两类:一类是在镗床、铣床基础上发展起来的,称为铣削加工中心;另一类是在车床基础上发展起来的,称为车削加工中心。图1-3a~图1-3f所示为数控车床、数控铣床、车铣复合中心、铣削加工中心。



a) 数控车床



b) 车铣复合中心

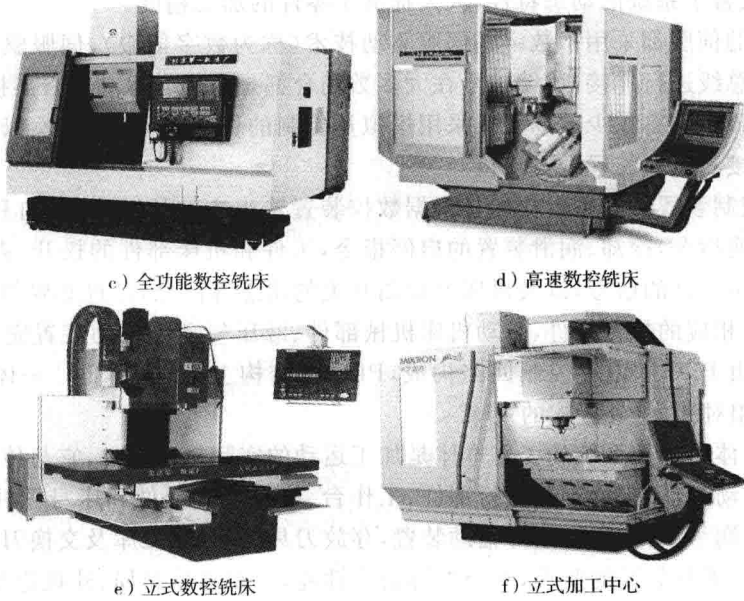
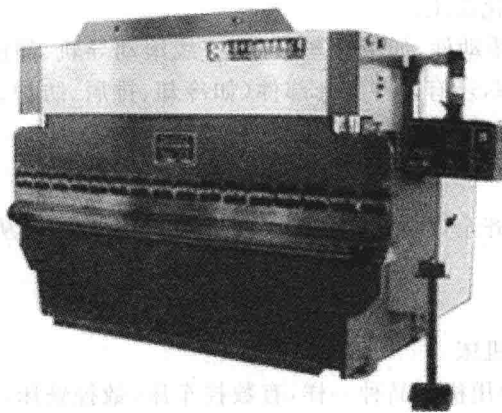


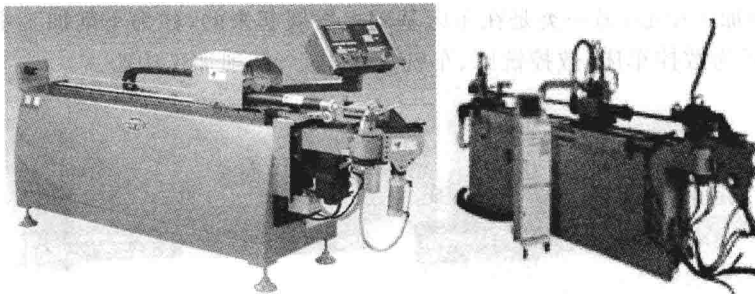
图 1-3 数控机床

(2) 金属成型类数控机床

如数控折弯机、数控弯管机、数控回转头压力机等,如图 1-4a~c 所示。



a) 数控液压板料折弯机



b) 数控弯管机

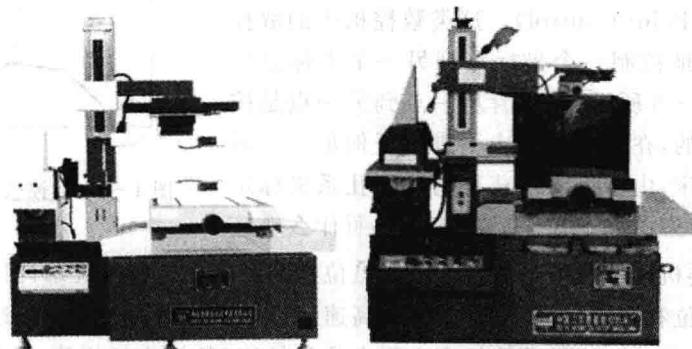


c) 数控冲模回头压力机

图 1-4 金属成型类数控机床

(3) 特种加工及其他类型数控机床

如数控线切割机床(见图 1-5a)、数控电火花加工机床(见图 1-5b)、数控激光切割机床(见图 1-5c)、数控火焰切割机(见图 1-5d)、数控三坐标测量机(见图 1-5e)、柔性三坐标测量臂(见图 1-5f)等。

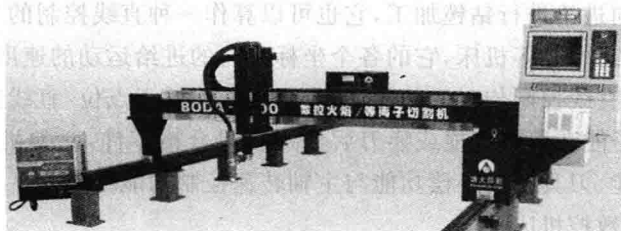


a) 数控线切割机床

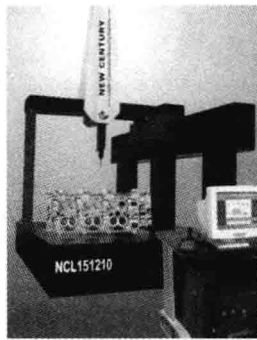
b) 数控电火花线切割机床



c) 数控激光切割机



d) 数控等离子切割机



e) 数控三坐标测量机



f) 柔性三坐标测量臂

图 1-5 特种加工及其他类型数控机床

2. 按数控系统的特征进行分类

(1) 点位控制的数控机床

数控机床点位控制(Positioning Control),又称点到点控制(Point to Point Control)。这类数控机床的数控装置只要求精确地控制一个坐标点到另一个坐标点的定位精度,见图 1-6 所示,而不管从一点到另一点是按照什么轨迹运动的,在移动过程中不进行任何加工。对孔加工的数控机床,由于仅要求获得精确的孔系坐标定位精度,而无需考虑由一个孔至另一孔是按照什么轨迹

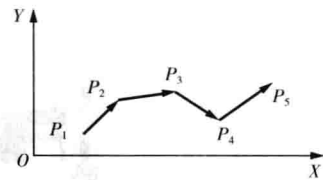


图 1-6 数控机床的点位加工

运动的,那么这类机床的数控系统就可采用点位检测系统。这种系统结构比较简单、价格低廉。为了精确定位和提高生产率,系统首先高速运行,然后进行 1~3 级减速,使之慢速趋近定位点,减小定位误差。这类数控机床主要有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲剪床和数控测量机等。使用数控钻镗加工零件可以省去钻模、镗模等工装,又能保证加工精度。

(2) 直线控制的数控机床

这类机床不仅要求具有准确的定位功能,而且要求从某一坐标点至另一坐标点作直线运动,同时进给启动后要求能够控制位移速度。直线控制数控机床可控制刀具或工作台以适当的进给速度,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调变。

直线控制的简易数控车床,只有两个坐标轴,可用于加工台阶轴。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,驱动力头带着多轴箱轴向进给进行钻镗加工,它也可以算作一种直线控制的数控机床。

数控镗铣床、加工中心等机床,它的各个坐标方向的进给运动的速度可在一定范围内进行调整,兼有点位和直线控制加工的功能,这类机床应该属于点位/直线控制的数控机床(见图 1-7 所示)。为了能在刀具磨损或换刀后仍可获得合格零件,此类机床的数控系统常备有刀具半径补偿功能、刀具长度补偿功能与主轴转速控制功能。

(3) 轮廓控制的数控机床

轮廓控制(Contouring Control),又称为连续轨迹控制(Continuous Path Control)。这



类数控机床的数控装置能同时控制两个或两个以上坐标轴,并具有插补功能,对位移和速度进行严格的不间断的控制,即可以加工曲线或者曲面零件,如凸轮及叶片等(见图 1-8 所示)。这一类数控机床占有较大比重,它可以加工曲线、曲面等复杂零件。这类机床绝大多数都具有两坐标或两坐标以上的联动功能,不仅有刀具半径及长度补偿功能,还有机床轴向运动误差补偿,丝杠、齿轮的间隙误差补偿等一系列功能。轮廓控制数控机床有两坐标及两坐标以上的数控铣床、可加工曲面的数控车床、加工中心等。

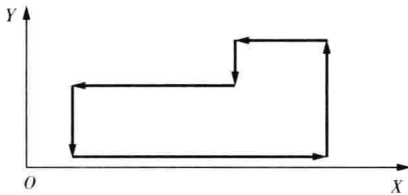


图 1-7 点位直线加工

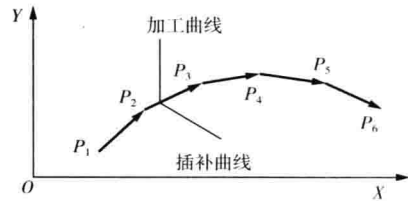


图 1-8 轮廓控制加工

1) 平面轮廓加工的数控机床

这类机床有加工曲面零件的数控车床和铣削曲面轮廓的数控铣床,其加工零件的轮廓形状如图 1-9a 所示。零件的轮廓可以由直线、圆弧或任意平面曲线(如抛物线、阿基米德螺旋线等)组成,如图 1-9b 所示。不管零件轮廓由何种线段组成,加工时通常用小段直线来逼近曲线轮廓,如图 1-9c 所示。

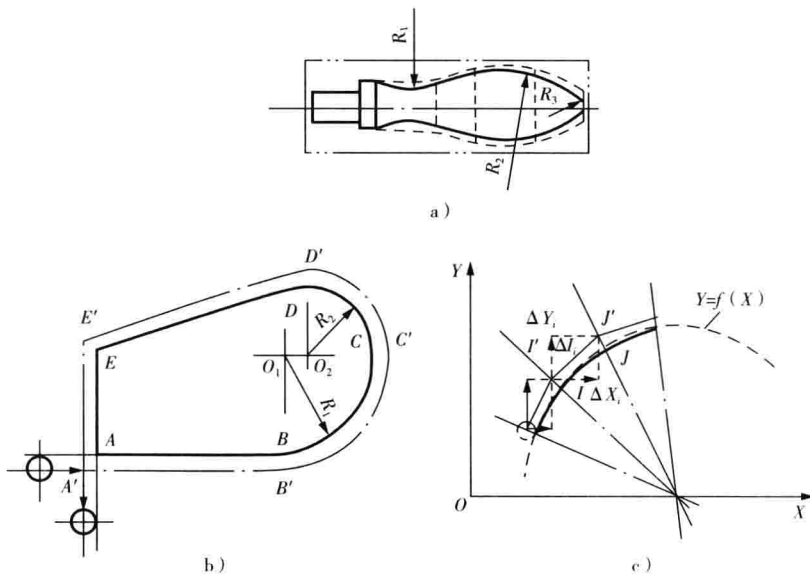


图 1-9 数控加工平面轮廓成形

在数控铣床上用圆柱铣刀铣削轮廓侧面时,数控系统控制刀具中心相对工件在单位时间内,同时在两个坐标轴方向上移动 X_i 、 Y_i ,刀具中心对工件的合成位移 L_i 则由轮廓曲线的等距线上的 I' 点移到点 J' ,从而在工件上加工出一小段直线 ΔI ,来逼近轮廓曲线上的 $I-J$ 弧段。连续控制两个相对位移分量 ΔX_i 、 ΔY_i ,便可加工出多段小直线组成的折线来逼



近曲线轮廓。进给分量 ΔX_i 、 ΔY_i 要根据合成进给速度,单位时间的长短,轮廓曲线的数学公式 $Y=f(X)$,由刀具半径 R 和加工裕量 ap 所决定的刀具中心对工件轮廓的偏移量 $D=R+ap$ 等诸条件,由数控系统实时计算。这样的运算称为插补运算和刀具半径补偿运算。用计算所得的两个位移分量分别控制两个坐标轴同时运动,这种控制方式称为两坐标联动控制。

当用半径为 R 的圆弧刀刃车刀车削曲面零件时,同样也要进行插补运算与刀具半径补偿运算。如果用半径 $R=0$ 的尖刃车刀进行加工时,可根据工件的轮廓直接运算而不需考虑刀具中心偏移的问题,因此无需进行刀具半径补偿的运算,只作插补运算。

这类机床又称为连续控制或多坐标联动数控机床,它具有两轴联动的插补运算功能和刀具半径补偿功能。这类机床的数控装置的功能是最齐全的,能够进行两坐标联动控制的数控机床,一般也能够进行点位控制和直线控制。

随着计算机数控装置向小型和廉价方向发展,它的功能也不断增加和完善,如增加轮廓控制功能,则只需增加插补运算软件,几乎不带来硬件成本的提高。因此,除了少数专用的数控机床,如数控钻床、冲床等以外,现代的数控机床都具有轮廓控制的功能。

2) 空间轮廓加工的数控机床

空间轮廓加工,根据轮廓形状和所用刀具形状的不同,有以下几种方法:

① 三坐标控制两坐标联动的机床上,用“行切法”进行加工。也有将这种方法称为 2 轴半控制的,即以 X 、 Y 、 Z 三轴中任意两轴作插补运动,第三轴作周期性进给,刀具采用球头铣刀。如图 1-10 所示,在 Y 向分为若干段,球头铣刀沿 XZ 平面的曲线进行插补加工,当一段加工完后进给 Δy ,再加工另一相邻曲线,如此依次用平面曲线来逼近整个曲面。其中 Δy 根据表面光洁度的要求及刀头的半径选取,球头铣刀的球半径应尽可能选得大一些,以利于提高光洁度,增加刀具刚度和散热性能。但在加工凹面时球头半径必须小于被加工曲面的最小曲率半径,以免产生刀刃干涉。

② 三坐标联动加工。图 1-11 为内循环滚珠螺母的回珠器示意图,其滚道母线 SS' 为一空间曲线,它可用空间直线去逼近。因此,可在有空间直线插补功能的三坐标联动机床上加工,但是编程计算较复杂,其加工程序可采用自动编程系统来编制。

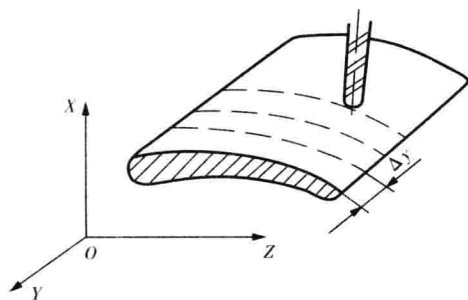


图 1-10 行切法加工空间轮廓

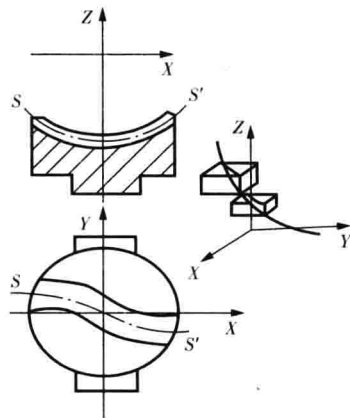


图 1-11 三坐标联动加工