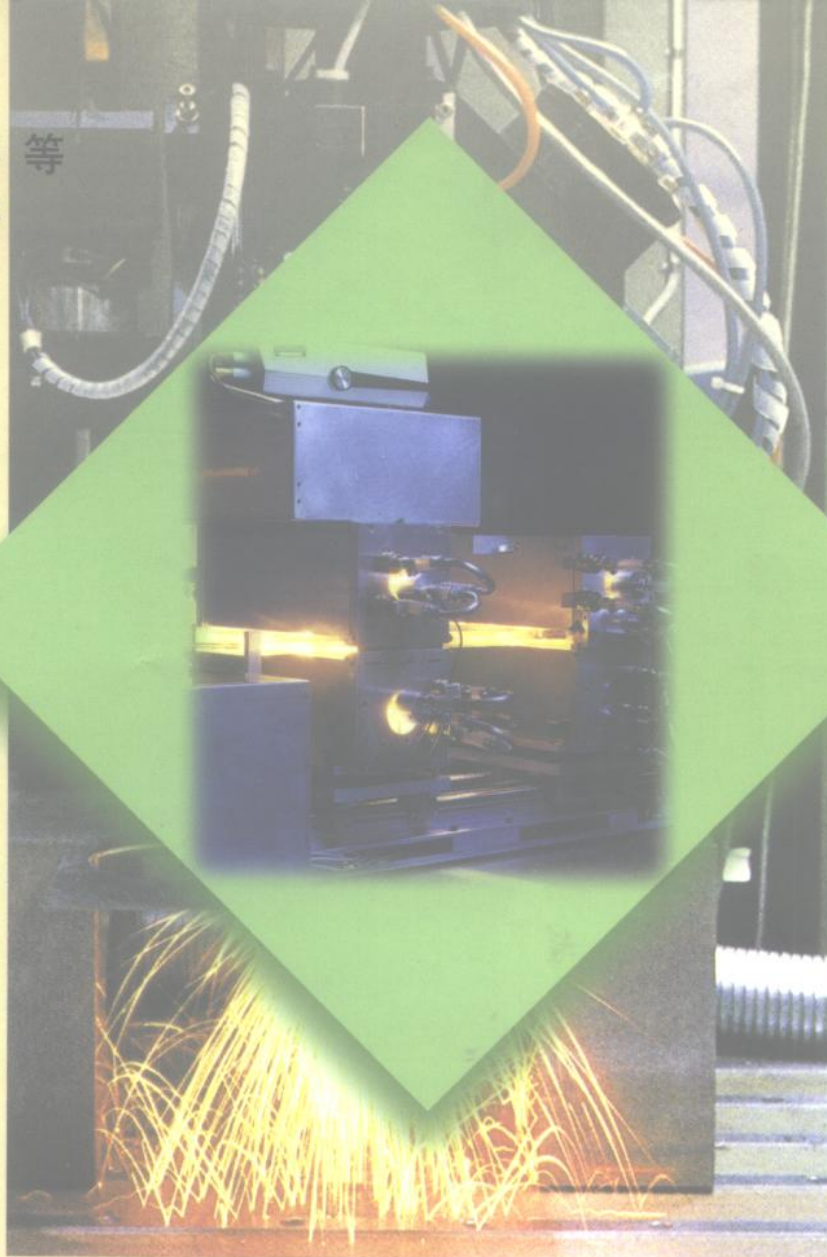


李爱平等
编 著



现代机床的控制技术



同济大学出版社

现代机床的控制技术

李爱平 朱志浩 编著

同济大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

现代机床的控制技术/李爱平等编著. —上海:同济大学出版社, 1999.8

ISBN 7-5608-1999-0

I. 现… II. 李… III. 数控机床-高等学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 31362 号

责任编辑:陆菊英

封面设计:李志云

现代机床的控制技术

李爱平等 编著

同济大学出版社出版

(上海市四平路 1239 号 邮编:200092)

新华书店上海发行所发行

丹阳市教育印刷厂印刷

开本:787×1092 1/16 印张:8.25 字数:210 千字

1999 年 8 月第 1 版 1999 年 8 月第 1 次印刷

印数:1—2000 定价:12.00 元

ISBN7-5608-1999-0/TP·215



前 言

计算机数控(CNC)系统、可编程控制技术、自适应控制技术、工业机器人控制技术等是现代机床控制的新技术,它是集计算机、自动控制、电力传动、测量、机械制造等技术为一体而发展起来的一门综合科学,是先进制造技术的技术基础。

本书是作者多年来从事现代机床控制技术教学、科研工作的总结。本书力图做到理论联系实际,着重于应用,注重理论的系统性、完整性、系统实现的可参考性、技术的先进性。本书可作为高等院校机械制造及自动化等有关专业的教材,也可供从事现代机床控制技术研究的技术人员和研究人员参考阅读。

全书共分六章。首先,在绪论中对现代机床控制技术进行了概述;第一章着重介绍了计算机数字控制(CNC)装置的硬、软件的结构特点,以及一般插补原理,同时简要介绍了数控技术的典型应用实例;第二章对数控机床的程序编制进行了介绍;第三章介绍了伺服与驱动系统的原理,同时,对直线电机及其伺服系统的应用作了介绍;第四章对可编程控制技术进行了较详细的讲述,介绍了数控机床用可编程控制器的应用;第五章介绍了自适应控制原理以及在机床上的应用;第六章讲述了工业机器人的控制技术及其应用。

本书由同济大学李爱平教授主编。绪论、第一、三、四、五、六章由李爱平编写,第二章由朱志浩编写。全书由李爱平统稿。

在本书的选题、编写和定稿过程中,张曙教授和陈炳森教授给予了作者多方面的指导,并对本书提出了许多宝贵的修改意见,特此表示感谢。同时,对唐永芳先生在本书出版过程中给予的支持和帮助表示感谢。

由于作者水平有限,在现代机床控制技术方面一定还有许多好的内容在书中没有得到反映,恳请读者谅解;书中也难免有欠妥或错误之处,殷切希望有关专家和广大读者给予批评指正。

作 者
于同济大学
1998年6月

目 录

绪 论	(1)
第一章 计算机数控(CNC)系统	(3)
第一节 概述	(3)
一、什么是数控机床	(3)
二、数控机床是如何加工机械零件的	(3)
三、数控机床的分类与特点	(5)
第二节 计算机数控(CNC)装置	(10)
一、CNC 系统和 CNC 装置的组成	(10)
二、CNC 装置的硬件和软件结构特点	(11)
第三节 CNC 装置插补原理	(18)
一、数字积分法	(19)
二、逐点比较法	(22)
第四节 国外几家主要生产厂家的 CNC 装置	(26)
一、德国 SIEMENS 公司的 SINUMERIK 系列 CNC 装置	(26)
二、日本 FANUC 公司的 CNC 装置	(29)
第二章 数控加工编程技术	(31)
第一节 概述	(31)
一、数控编程的基本概念	(31)
二、数控编程的过程	(31)
三、数控编程方法概述	(33)
第二节 数控机床加工编程基础知识	(34)
一、数控机床的坐标系统	(34)
二、数控机床的零点偏置点和参考点	(36)
三、数控程序结构及代码	(38)
第三节 手工编程	(40)
一、准备功能	(40)
二、开关和附加功能 M,S,T,D 指令	(47)
三、轮廓编程	(48)
四、子程序编程	(50)
五、R 参数及特殊功能函数@编程	(50)
六、切削加工循环	(52)
七、加工实例	(54)

第三章 伺服与驱动系统	(58)
第一节 概述	(58)
一、伺服系统的分类	(58)
二、数控机床对伺服系统的要求	(60)
第二节 检测元件	(61)
一、对检测元件的要求和分类	(61)
二、旋转变压器	(62)
三、感应同步器	(63)
四、光栅	(65)
五、绝对值脉冲编码器	(67)
第三节 开环伺服驱动系统	(68)
一、步进电机	(68)
二、步进电机的驱动及控制系统	(69)
第四节 闭环伺服驱动系统	(70)
一、伺服电机的种类、特点和选用原则	(70)
二、直流伺服系统	(71)
三、交流伺服系统	(72)
四、直线电机及其伺服系统的应用	(75)
第四章 可编程控制技术	(79)
第一节 概述	(79)
第二节 可编程控制器(PC)的基本概念	(80)
一、存储程序控制的基本概念	(80)
二、PC 的工作原理	(82)
第三节 PC 的程序及结构	(84)
一、系统程序和应用程序的概念	(84)
二、PC 程序结构及表达方式	(85)
第四节 PC 的应用设计	(86)
一、应用 PC 的设计步骤	(86)
二、顺序控制的设计方法	(87)
第五节 数控机床用 PC	(89)
一、PC 与 RLC 在数控机床上的应用比较	(89)
二、数控机床用 PC	(90)
第五章 自适应控制技术	(93)
第一节 自适应控制的概念	(93)
第二节 自适应数控系统	(95)
一、自适应数控系统	(95)

二、约束控制·····	(97)
三、最佳自适应控制·····	(99)
第三节 过程变量的检测·····	(102)
一、切削力检测·····	(102)
二、转矩检测·····	(103)
三、温度检测·····	(103)
四、空切检测·····	(104)
第四节 自适应控制的应用·····	(105)
一、自适应控制铣床·····	(105)
二、自适应控制加工中心·····	(106)
三、磨床的自适应控制问题·····	(107)
第六章 工业机器人控制技术·····	(108)
第一节 机器人概述·····	(108)
一、机器人的定义·····	(108)
二、机器人的发展历史及工业机器人·····	(108)
第二节 机器人系统·····	(109)
一、机器人系统的构成·····	(109)
二、机器人作业示教法·····	(111)
第三节 机器人控制系统·····	(114)
一、机器人控制器的构成·····	(114)
二、机器人控制器的硬件构成·····	(116)
三、机器人编程的种类与特征·····	(116)
第四节 工业机器人的应用·····	(118)
一、机器人在切削加工中的应用·····	(118)
二、机器人在焊接生产中的应用·····	(120)
参考文献·····	(122)

绪 论

一、从作坊到大量生产

劳动创造了世界,人类文明的进步是与制造技术的发展分不开的,200多年前由于蒸汽机的出现而导致的工业革命,揭开了工业化的序幕。回顾历史,制造技术经历了三个主要发展阶段:

第一阶段是用机器代替手工,从作坊形成工厂;

第二阶段是从单件生产方式发展到大量生产方式;

第三阶段是制造的柔性化、系统化和智能化。

到本世纪初,各种机械加工的工艺方法陆续形成。经过100多年,从车、钻、铣、刨,发展到齿轮加工和磨削,出现了高速钢刀具,可以对金属零件进行复杂的精密加工,近代的制造技术已成体系。但是,这种作坊式的单件生产方式,使用手动操作机床,生产效率不高,成本却很昂贵。然而,从业者在产品设计、机械加工和装配方面都有高度的技艺。他们中的大多数是从学徒开始,最后成为制作整台机器的技师或作坊的业主,工厂的组织结构松散,管理层次简单,由业主与所有的顾客、雇员和协作者联系。这种机械作坊的单件生产方式在19世纪初从英国传到法国、德国和美国,在美国这块新兴的资本主义的土壤上,率先形成了小型的机械工厂。

推动这种单件生产方式发生根本变革的是两位美国人。泰勒(F. W. Taylor, 1856—1915)首先研究了刀具寿命和切削速度的关系,发明了高速钢切削刀具,继而提出了以劳动分工和计件工资制为基础的科学管理方法,成为制造工业的科学奠基人。继而福特(H. Ford, 1863—1974)运用泰勒等人提出的理论,找到了克服单件生产方式弱点的方法。他首先在福特汽车公司推行所有零件都按照一定的公差要求来加工,使汽车装配时不用人工修配,然后把汽车装配分解成简单的操作:拧紧螺丝、焊接、涂漆三种基本操作。每个工人只承担每种操作的一小部分,他不必关心整台汽车是怎样构成的,不必去领取零件,也不必去知道别人在做什么。移动的流水装配线把待装配的汽车传送到工人面前,他只要拧紧螺丝就可以了。经过简单的培训,工人就可以在流水装配线上工作。

福特的技术大大缩短了生产周期,降低了成本,提高了生产效率,保证了产品质量。汽车装配的平均周期从500多分钟缩短到2分钟。福特原理的推广应用,出现了代表本世纪工业文明的、以高效自动化专用设备和流水线生产为特征的大量生产方式。

大量生产方式对社会结构、劳动分工、教育制度和经济发展都产生了不可想象的作用。首先,大量的农村劳动力进入工厂,简单劳动使工人成为机器的附属物,工人被强制按照一定的节拍重复进行简单的操作。分工和专业化,不仅造成蓝领阶层与白领阶层的分界,在蓝领阶层中也分为不同工种的熟练工人、半熟练工人和非熟练工人。作为白领阶层的代表——工程师也分为设计、工艺、生产、设备工程师。随着科学技术的发展,学校教育也开设了越来越多的不同专业,以适应社会分工的需要。福特的“剑”是双刃的,大量生产方式推动了大量消费和经济的高速度发展,同时,它也使工作领域变得越来越狭窄,变得枯燥无味。

为了不断地提高生产效率和产品质量,各种专用的、多刀和多过程的、同时加工多个工件的、具有自动循环的机床设备日益增多。由于可以大幅度提高效率,在许多工业领域都采用了大量生产方式,生产力发生了飞越,社会物质财富迅速增长,到战后的 50 年代,大量生产方式发展到了顶峰。

二、机床控制技术的发展

随着计算机技术的飞速发展,新产品不断涌现,产品的复杂程度也随之增高,而产品的市场寿命日益缩短,更新换代加速,大量生产方式遇到了挑战,因为在大量生产方式中,柔性和生产率是相互矛盾的。因为只有产品品种单一、生产批量大、设备专用、效率高,大量生产方式才能构成规模经济效益。面临市场多变这一新问题,必须寻求新的制造模式,同时提高制造工业的柔性和生产率,缩短生产周期,保证产品的质量,以进一步降低能耗和物耗,从而降低生产成本。最终使中小批量生产能够与大量生产抗衡,以致逐步加以取代。这不仅给制造设备提出精度与效率的要求,也提出了通用性与灵活性的要求,这种要求主要是体现在宇航、造船、军事等工业部门。

仿形机床使小批量、复杂零件的自动化加工得到了部分的解决。它借助靠模能加工出比较复杂的零件,有一定的灵活性。但是靠模的制造、安装与调整要花费许多手工劳动,为批量很小、甚至单件零件制造靠模也很不经济。另外,仿形机床加工出的零件精度受靠模制造误差的影响,不能满足一些高精度零件的加工要求。

程序控制机床不使用靠模,用事先调整好尺寸的档块或凸轮来控制刀具对工件的相对运动,由行程开关发信号来控制机床按预定顺序动作切削。在程序控制机床中使用的信号均属模拟量信号,如电压、电流等。这种机床对形状不太复杂的零件加工,有一定的通用性。但是它精度较差、加工准备时间长,而且使用很不方便。

大批量的零件加工使用专用自动化单机、组合机床,以及由它们组成的加工自动线,可以得到高的加工效率。但是,约占机械加工总量 80% 的单件、小批量零件的加工,不宜使用这类不宜变更的“刚性”自动化制造设备。这就对制造设备提出了“柔性”的要求,即要求它灵活、通用,能迅速地适应加工零件的频繁变化,而不需要对设备进行专门的调整及更换专用的工夹具。

数字控制机床简称数控机床,这是一种将数字计算技术应用于机床的控制技术。它把加工的要求、步骤与零件尺寸用代码化的数字表示,通过信息载体输入数控装置。经过处理与计算,它发出各种控制信号,控制机床的动作,按图纸要求的形状与尺寸,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、多变的零件加工问题,是一种灵活的、高效能的自动化机床,它是现代机床控制的一个重要发展方向。

工业机器人随着数控技术同时发展,第一个商业机器人在 1962 年诞生,但直到 1970 年末才在制造系统中起着重要的作用。

自 1952 年数字控制(NC)的引入,开创了柔性自动化的新纪元。从 70 年代初,柔性自动化开始进入实用阶段,20 多年来,从单台数控车床和铣床的应用,逐渐发展到自动换刀的加工中心、自动更换工件的柔性制造单元(FMC)和柔性制造系统(FMS),直至物流和信息流全面自动化的计算机集成制造系统(CIMS)。

第一章 计算机数控(CNC)系统

第一节 概 述

一、什么是数控机床

数字控制(Numerical Control)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,简称为数控(NC),它是一种自动控制技术。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—IFIP)第5技术委员会,对数控机床作了如下定义: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(定义中所提到的程序控制系统,就是所说的数控系统)。

第一台数控机床是为适应航空工业制造复杂零件的需要而产生的。1948年,美国帕森兹公司(Parsons Co.)在研制加工直升飞机叶片轮廓检查用样板的机床时,提出了数控机床的初始设想。后来受空军委托与麻省理工学院合作开始了将三坐标铣床数控化的研究工作。1952年公开发表了世界上第一台数控机床样机,这是一台直线插补连续控制的三坐标立式铣床。从第一台数控机床诞生起,由于微电子、自动化和计算机技术的不断发展,数控机床的数控系统也随之不断更新,它发展得异常迅速,已经历过以下几代变化:

第一代数控:1952~1959年采用电子管构成的专用数控系统(NC);

第二代数控:从1959年开始采用晶体管电路的数控系统;

第三代数控:从1965年开始采用小、中规模集成电路的数控系统;

第四代数控:从1970年开始采用大规模集成电路的小型通用电子计算机控制的系统(CNC);

第五代数控:从1974年开始采用微型电子计算机控制的系统(Microcomputer Numerical Control—MNC)。

当然,这不是简单的取代,而是2~3代之间的渗透和共存。当今,数控系统正不断采用最新技术成果,朝着高速化、高精度化、多功能化、智能化、小型化、系统化与高可靠性等方向发展。

二、数控机床是如何加工机械零件的

数控机床的加工,是把刀具与工件的运动坐标分割成一些最小的单位量,即最小位移量,由数控系统按照零件程序的要求,使坐标移动若干个最小位移量,从而来实现刀具与工件的相对运动,以完成零件的加工。而金属切削机床加工零件的方式,是由操作者根据图样的要求,不断地改变刀具与工件之间的运动参数,使刀具对工件进行切削加工,以得到所需要的合格零件。

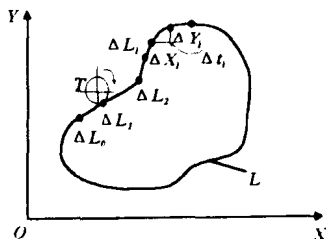


图 1-1 数控机床加工原理

通过图 1-1 可以了解数控机床加工机械零件的原理。

例如,在平面上,要加工任意曲线 L 的零件。要求刀具 T 沿工件形状的曲线轨迹运动,进行切削加工。可以将曲线 L 分解成: $\Delta l_0, \Delta l_1, \Delta l_2, \dots, \Delta l_i$ 。

设 切削 Δl_i 的时间为 Δt_i 。

则 当 $\Delta t \rightarrow 0$ 时,折线段之和接近曲线。

$$\text{即} \quad \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \sum_{i=0}^{\infty} \Delta l_i = L$$

如果在 Δt_i 时间内,在 x 坐标及 y 坐标方向移动量分别是 $\Delta x_i, \Delta y_i$, 即

$$\Delta l_i = \sqrt{\Delta x_i^2 + \Delta y_i^2}$$

进给速度

$$v_i = \frac{\Delta l_i}{\Delta t_i} = \sqrt{\left(\frac{\Delta x_i}{\Delta t_i}\right)^2 + \left(\frac{\Delta y_i}{\Delta t_i}\right)^2}$$

在 $v_i = \text{常数}$ 时,称为恒定速度。

由于 Δl_i 的斜率是不断变化的,因此进给速度在 x 方向及 y 方向的分量 Δv_{xi} 与 Δv_{yi} 之间的比值 $\Delta v_{yi}/\Delta v_{xi}$ 是在不断变化的。只要能连续地自动控制 x, y 两个坐标方向运动速度的比值,就可以实现曲线零件的数控加工。

在数控加工中,使数控机床动作的是数控装置给数控机床传递运动命令的脉冲群,每一个脉冲对应于机床的单位位移量。

在进行曲线加工时,可以用一给定的数学函数来模拟线段 Δl_i 。比如,线性函数、圆函数或高次函数,在理想的轨迹或轮廓上的已知点之间,进行数据点的密化,确定一些中间点的方法,称之为插补。插补运算方法有直线插补、圆弧插补、二次曲线插补或高次函数插补等。

由此可知,数控装置就是一台能够接受零件图样加工要求的信息,并按照一定的数学模型进行插补运算,实时地向各坐标轴发出速度控制指令(如 $\Delta v_{xi}, \Delta v_{yi}, \dots$)及切削用量的特殊用途的计算机。为了使数控机床运转,除了数控装置以外,还需要有一个具有足够功率、能够快速响应的驱动装置。

在数控机床上采用的驱动装置,按其原理基本上是两种控制方式。它是按照任意轨迹信息(path-information)的指令 W , 与实际测量值(控制变量) X , 在比较器中比较形成的控制分量来区分的。

1. 关断电路(cut-off) 在关断电路中,比较器发出的一个信号,符合

$$X - W = 0$$

2. 调节电路(regulating) 信号由调节电路送到执行机构时

$$X - W \neq 0$$

关断电路原理,用于点位(point-to-point)控制,而调节电路则用于连续轨迹(continuous-path)控制。

点位控制和直线控制一般是单轴或两轴联动。而连续轨迹控制则是两轴或两轴以上的联动。

当然,数控机床要实现数控加工,还必须要有能满足和实现上述加工方式要求的机床主机、刀具以及其他一整套辅助、配套设备。所以,只要具备了数控装置、驱动装置、机床主机以及相应的配套设备,就可以组成一台数控机床,完成各种零件的数控加工。

三、数控机床的分类与特点

目前,为了研究数控机床,可从不同的角度对数控机床进行分类。

1. 按机床运动轨迹的分类

(1) 点位控制数控机床

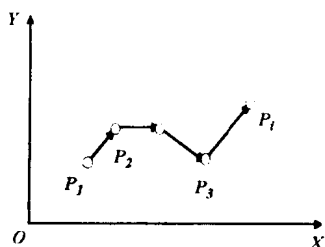


图 1-2 点位控制

点位控制又称为点到点控制。该系统的特点是控制刀具对工件的定位,而对它们定位过程中的运动轨迹及移动速度没有严格要求(如图 1-2 所示)。这类数控机床主要有数控钻床、数控坐标镗床和数控冲剪床等,其采用的数控系统称为点位数控系统。

这种点位控制系统,为了确保准确的定位,系统在高速运行后,一般采用 3 级减速,以减少定位误差。但是由于移动件本身存在惯性,而且在低速运行时,摩擦力有可能变化,所以

即使系统关断后,工作台并不立即停止,形成定位误差 Δd ,而且,这个值有一定的分散性。

(2) 直线控制数控机床

直线切削控制又称为平行切削控制。这类数控机床不仅要求具有准确定位的功能,而且要求从一点到另一点之间按直线移动,并能控制位移的速度(如图 1-3 所示)。因为这一类型的数控机床在两点间移动时,要进行切削加工,所以对于不同的刀具和工件,需要选用不同的切削用量和进给速度。这类数控机床主要有数控镗铣床、数控车床和加工中心等组成。一般情况下这些数控机床,有 2—3 个可控坐标轴,但同时控制的坐标轴只有 1 个。

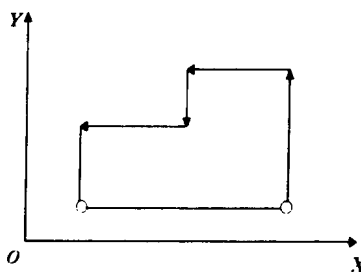


图 1-3 直线控制

为了能在刀具磨损或更换刀具后得到合格的零件,这类机床的数控系统常常具有刀具半径补偿功能、刀具长度补偿功能和主轴转速控制的功能。

(3) 轮廓控制数控机床

轮廓控制又称为连续轨迹控制。这类数控机床能够对两个或两个以上运动坐标的位移及速度进行曲线或曲面的切削,即能同时控制两个或两个以上的轴,它具有插补功能,能对位移和速度进行严格的不断控制(如图 1-4 所示)。这类数控机床主要有两坐标及两坐标以上的数控铣床、可

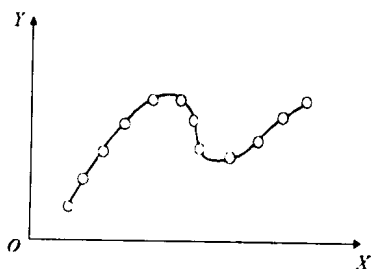


图 1-4 轮廓控制

加工曲面的数控车床、加工中心等。

现代数控机床绝大多数具有两坐标或两坐标以上联动的功能,而且具有刀具半径补偿、

丝杠和齿轮的间隙补偿等功能。

按同时控制且相互独立的轴数,可以有 2 轴控制、2.5 轴控制和 3,4,5 轴控制等。

2 轴控制指的是可以同时控制 2 轴,但机床也可能多于 2 轴。 X, Y, Z 三个坐标同时控制 X, Y 两个坐标时,可以进行图 1-5a)所示的曲线形状加工。同时控制 X, Z 坐标和 Y, Z 坐标时,可以加工图 1-5b)所示形状的零件。

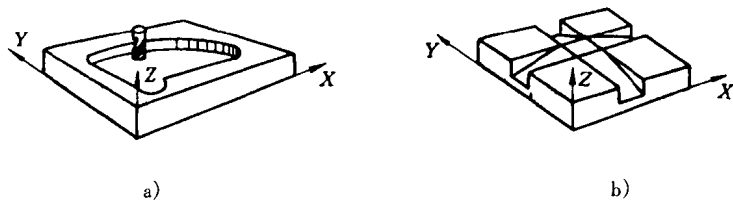


图 1-5 同时控制两个坐标的轮廓控制

2.5 轴控制是指两个轴连续控制、第 3 个轴点位或直线控制,从而实现三个主要轴 X, Y, Z 内的二维控制。

3 轴控制是指同时控制 X, Y, Z 三个坐标,这样,刀具在空间的任意方向都可移动,因而能够进行三维的立体加工,如图 1-6 所示。

4 轴控制是指同时控制四个坐标运动,即在三个坐标之外,再加一个旋转坐标。同时控制四个坐标的数控机床如图 1-7 所示,它可以用来加工叶轮或圆柱凸轮。

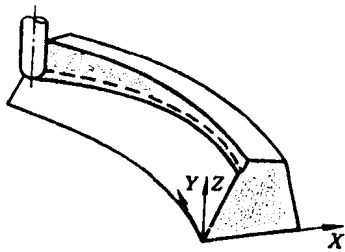


图 1-6 3 轴联动的数控加工

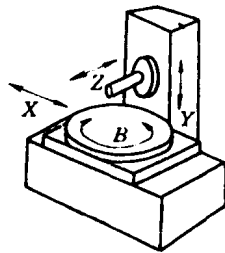


图 1-7 同时控制四个坐标轴的数控机床

5 轴控制中的五轴是指在直线坐标 X, Y, Z 以外,再加上围绕这些直线坐标旋转的旋转坐标 A, B, C 中的两个坐标,形成同时控制五个坐标,这时,刀具可以给定在空间的任意方向。因而当进行图 1-8a)所示的曲面切削时,可以使刀具对曲面经常保持一定的角度,也可以进行图 1-8b)所示零件侧面的切削。

由于刀尖可以按数学规律导向,使之垂直于任何双倍曲线(double curve)平面,因此,它

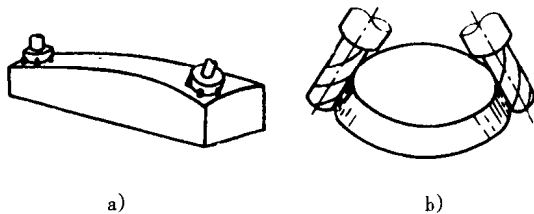


图 1-8 5 轴联动的数控加工

特别适合于加工透平叶片、机翼等。

2. 按伺服系统类型的分类

(1) 开环伺服系统数控机床

这是一种比较原始的数控机床。这类机床的数控系统将零件的程序处理后,输出数据指令给伺服系统,驱动机床运动,没有来自位置传感器的反馈信号。最典型的系统就是采用步进电机的伺服系统。这类机床较为经济,但是速度及精度都较低。

(2) 闭环伺服系统数控机床

这类机床带有检测装置,直接对工作台的位移量进行检测,与插补器的指令进行比较,并根据其差值不断地进行误差修正。这类数控机床可以消除由于传动部件制造中存在的精度误差给工件加工带来的影响。

这种采用闭环伺服系统的数控机床(如图 1-9 所示),可以得到很高的加工精度,但是,由于很多的机械环节,例如丝杠副、工作台都包括在反馈环路内,而各种机械传动环节,包括丝杠与螺母、工作台与导轨的摩擦特性,各部件的刚性以及位移测量元件安装的传动链间隙等,都是可变的,直接影响伺服系统的调节参数。有一些是非线性的参数,因此,闭环伺服系统的设计和调整都有较大的难度,设计与调整得不好,很容易形成系统的不稳定。所以,闭环伺服系统数控机床主要用于一些精度要求很高的镗铣床、超精车床和超精铣床等。

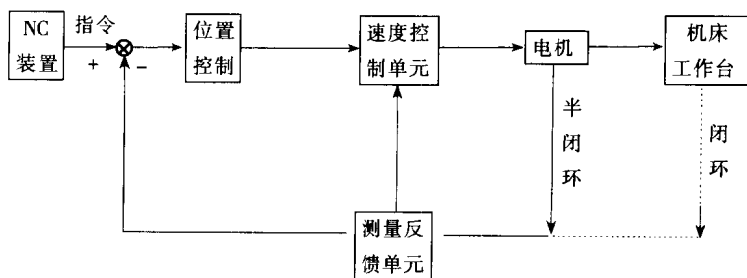


图 1-9 数控机床的伺服系统

(3) 半闭环伺服系统的数控机床

大多数数控机床是半闭环伺服系统,这类系统用安装在进给丝杠轴端或电机轴端的角位移测量元件(如旋转变压器、脉冲编码器、圆光栅等)来代替安装在机床工作台上直线测量元件,用测量丝杠或电机轴旋转角位移来代替测量工作台直线位移。这种系统的闭环环路内不包括丝杠、螺母副和工作台,即不能补偿位置闭环系统外的传动装置的传动误差,却得以获得稳定的控制特性。这类系统介于开环与闭环之间,精度没有闭环高,调试却比闭环方便,因而得以广泛的应用。

3. 按加工工艺类型的分类

(1) 普通数控机床

这类数控机床和传统的通用机床一样,有车、铣、钻、镗、磨床等,而且每一类中又有很多品种,例如数控铣床中就有立铣、卧铣、工具铣、龙门铣等,这类机床的工艺性能和通用机床相似,所不同的是它能加工具有复杂形状的零件。

(2) 加工中心机床

这是一种在普通数控机床上加装一个刀具库和自动换刀装置而构成的数控机床。它和普通数控机床的区别是:工件经一次装夹后,数控系统能控制机床自动地更换刀具,连续自动地对工件各加工面进行铣(车)、镗、钻、铰、攻螺纹等多工序加工,故此,有些资料上又称它为多工序数控机床。

(3) 金属成形类数控机床

这类机床如数控折弯机、数控弯管机、数控回转头压力机等。

(4) 数控特种加工机床

这类机床如数控线(电极)切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床等。

(5) 其他类型的数控机床

这类机床如火焰切割机、数控三坐标测量机等。

4. 按数控系统功能水平的分类

数控机床按数控系统功能水平可分为低、中、高三档。就目前的发展水平来看,大体可从以下几方面区分:

(1) 分辨率和进给速度

分辨率为 $10\mu\text{m}$ 、进给速度在 $8 \sim 15\text{m/min}$ 的为低档;分辨率为 $1\mu\text{m}$ 、进给速度在 $15 \sim 24\text{m/min}$ 的为中档;分辨率为 $0.1\mu\text{m}$ 、进给速度在 $15 \sim 100\text{m/min}$ 的为高档。

(2) 伺服进给类型

采用开环、步进电机进给系统的为低档;中、高档的则采用半闭环或闭环的直流伺服系统或交流伺服系统。

(3) 联动轴数

低档数控机床联动轴数一般不超过 2 轴;中、高档的则为 3 ~ 5 轴。

(4) 通信能力

低档数控一般无通信能力;中档的可以有 RS-232C 或 DNC(Direct Numerical Control)接口;高档的还可以有 MAP(Manufacturing Automation Protocol——制造自动化协议)通信接口,具有联网功能。

(5) 显示功能

低档数控一般只有简单的数码管显示或单色 CRT 字符显示;而中档的则具有较齐全的 CRT 显示,不仅有字符,而且有图形、人机对话、状态和自诊断功能等;高档的还可以有三维图形显示。

(6) 内装可编程控制器(Programmable Controller,简称 PC)

低档数控一般无 PC,而中、高档的都有内装 PC。

(7) 主 CPU

低档数控一般采用 8bitCPU,中、高档的已经逐步由 16bitCPU 向 32bitCPU 过渡,国外一些新的数控系统甚至已选用了 64bitCPU。

根据以上的一些功能指标,就可以将各种类型的数控系统分为低、中、高三档,相应的数控机床也有低、中、高三档。

所谓经济型数控,都是相对标准型数控而言。在不同的国家和不同的时期,其含义是不同的。其目的是根据实际机床的使用要求,合理地简化系统,以降低产品价格。在我国,把由单板机、单片机和步进电机组成的数控系统以及其他功能简单、价格低的数控系统称为经

济型数控。它主要用于车床、线切割机床以及老机床改造等。它属于低档数控的一种。

5. 数控机床的特点

采用数控机床加工零件,大致有以下几个优点:

(1) 适应性强

用数控机床加工形状复杂的零件或新产品时,不必像采用通用机床那样需要很多工装,而仅需要少量工夹具和数控加工用的控制介质。一旦零件图有修改,只需修改控制介质上的相应部分,就可在短时间内把修改后的零件加工出来。因而其生产准备周期短,灵活性强,为多品种、小批量的生产和新产品的研制提供了有利条件。

(2) 提高加工精度

数控机床所需的加工条件,如进给速度、主轴转速、容差指定、刀具选择等,都是由控制介质上的指令代码事先规定好的,加工是自动完成的,消除了操作者的人为误差,并且进给传动链的换向间隙与丝杠传动误差等均可由数控系统进行补偿。因此,数控机床能够达到较高的加工精度。

(3) 提高生产效率

数控机床能够减少零件加工所需的机动与辅助时间。数控机床的主轴转速和进给量的范围比通用机床的范围大,每一道工序都能选用最佳的切削用量,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,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,数控机床可以用计算机编程和迅速制备加工用的控制介质,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具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,生产效率的提高更加明显。此外,数控机床能进行重复性的操作,尺寸一致性好,从而减少了次品率和检验时间。由于数控机床加工零件不需要手工制作靠模、凸轮、钻模板等许多专用工装,使生产成本进一步降低。

(4) 减轻操作者劳动强度、实现加工自动化和操作简单化

数控机床的动作是由控制介质(程序)信息直接控制的,操作者一般只需装卸零件和更换刀具并监督机床的运行,因而大大减轻了操作者的劳动强度,减少了对熟练技术工人的需求。

(5) 有利于生产管理的现代化

用数控机床加工零件,能准确地计算零件的加工工时,并有效地简化了检验、工装和半成品的管理工作。这些特点都有利于生产管理现代化。

由数控机床的特点可知,数控机床是一种可编程的通用加工设备,但是,因其设备费用较高,故数控机床有一定的加工适用范围(如图 1-10 所示)。一般来说,数控机床特别适用于加工零件形状比较复杂、精度要求高的场合以及产品更新频繁、生产周期要求短的场合。

由图 1-10,可见因零件复杂程度和生产批量的不同,三种机床适用范围的变化。图中定性地说:当零件不太复杂、生产批量又较小时,宜采用通用机床;当生产批量很大时,宜采用专用机床;而随着零件复杂程度的提高,数控机床的适用度也显著提高。

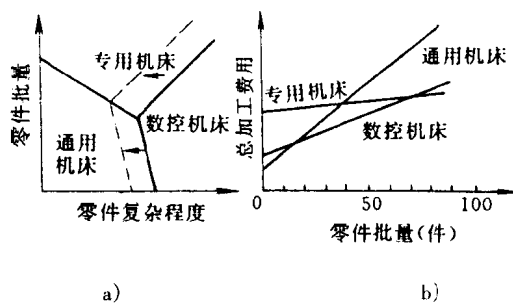


图 1-10 数控加工的适用范围

第二节 计算机数控(CNC)装置

一、CNC 系统和 CNC 装置的组成

数控系统是一种程序控制系统,它自动阅读输入载体上事先给定的数字值,并将其译码,从而使机床运动。与普通机床相比,数控机床取代了手工操作。在传统的加工中,是操作人员操纵机床手轮使刀具沿着工件表面移动而进行零件的加工;而在数控机床中,凡是以前需要操作人员干的活,现在都可以由数控系统在程序控制下自动完成。

数控系统是由程序、输入输出设备、计算机数控装置、可编程控制器、主轴控制单元及速度控制单元等部分组成,习惯上又称为 CNC(Computer Numerical Control)系统。图 1-11 是 CNC 系统框图。

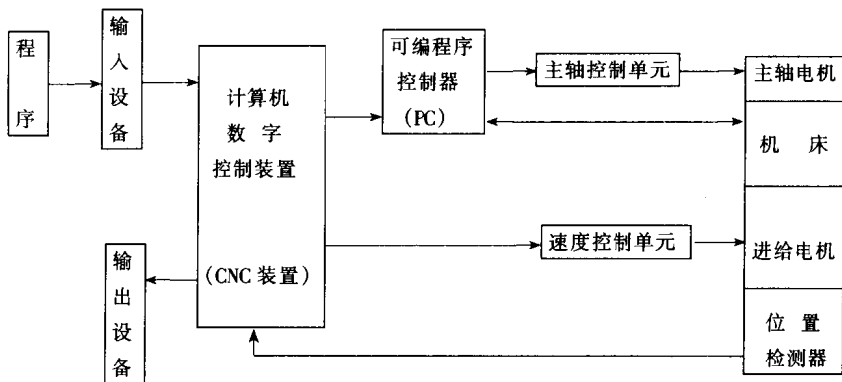


图 1-11 CNC 系统框图

数控系统的核心是计算机数字控制(CNC)装置。CNC 装置是由硬件和软件组成的,CNC 装置的工作是在硬件的支持下,执行软件的全过程。硬件的组成如图 1-12 所示,软件的组成如图 1-13 所示。