



全国高职高专机电工程教育“十一五”规划教材

教育部高职高专机电设备技术类教学指导委员会精品课教材



机电工程系列

数控机床编程与工艺

主编 闫巧枝 彭新荣

西北工业大学出版社

全国高职高专机电工程教育“十一五”规划教材
教育部高职高专机电设备技术类教学指导委员会精品课教材

数控机床编程与工艺

主 编 闫巧枝 彭新荣
副主编 张 君 王岗岭 张立娟

江苏工业学院图书馆
藏书章



西北工业大学出版社
NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY PRESS

【内容简介】 本书共分五个课题,课题一是数控机床编程所必需的数控技术、数控加工工艺知识,课题二~课题五分别是数控车床、数控铣床、数控加工中心和数控电火花线切割的编程与工艺知识。本书结构新颖,有较强的综合性和实践性。每个课题配有思考与能力训练,以帮助学习者及时全面地掌握内容与提高技能。

本书为高等职业技术学院和高等专科学校机械类专业、机电类专业、数控专业及其他非机电类专业数控机床编程与操作课程的教材,也可作为数控中级操作工职业资格培训教程,同时还可供从事数控加工的技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床编程与工艺/闫巧枝,彭新荣主编. —西安:西北工业大学出版社,2009.9
ISBN 978-7-5612-2635-3

I. 数… II. ①闫…②彭… III. 数控机床—程序设计 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 154820 号

出版发行:西北工业大学出版社

通信地址:西安市友谊西路 127 号 邮政编码:710072

电 话:(029)88493844 88491757

网 址:www.nwpup.com

印刷者:陕西丰源印务有限公司

开 本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印 张:13.875

字 数:335 千字

版 次:2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷

定 价:26.00 元

前 言

本书以满足高等职业教育人才培养为基本宗旨,以数控机床编程的基本知识为起点,详尽地介绍了数控车床、数控铣床、数控加工中心、数控电火花线切割的编程及工艺,本书内容丰富翔实,图文并茂,通俗易懂。在编写本书的过程中吸收了学校近年来的教学改革成果,是集体智慧的结晶。

在本书的编写过程中,我们始终注重把握高职教育的特点,以工、学结合为原则设计教学内容,力求贴近生产,使本书内容适应生产现状和发展的需要,力争具有鲜明的实用性、先进性、启发性、应用性和科学性,突出职业教育的特色,满足培养应用型人才的需要。本书力求做到:

(1)体现工、学结合的特色。本书中的加工实例,力求贴近生产,按照实际生产过程进行工艺分析与编程,让学生在真实的环境中学习。

(2)具有较强的综合性。全书介绍了数控机床编程所必需的基础知识,详细介绍了典型的FANUC、SIEMENS、华中数控系统的数控车床、数控铣床、数控加工中心、数控电火花线切割的工艺与编程。各院校可根据自己的不同情况选择学习。

(3)突出多功能性。为配合双证书的实行,编者考虑了数控中级操作工和数控工艺员职业资格认证的要求,所以,本书可作为数控技术的理论课教材,又可作为数控加工的实训教程,同时还可作为数控机床中级操作工职业资格培训的教材。

本书由闫巧枝、彭新荣任主编,张君、王岗岭、张立娟任副主编。全书由闫巧枝统稿。

编者在编写过程中利用和参考了许多文献资料,在此谨向这些文献资料的编著者和支持编写工作的单位表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,望读者多提宝贵意见和建议。

编 者

2009 年 5 月

目 录

课题一 数控加工编程与工艺基础	1
1.1 数控技术的发展	1
1.2 数控机床的工作原理及基本组成	3
1.3 数控机床的分类	5
1.4 数控机床的特点和应用范围	10
1.5 典型数控系统简介	12
1.6 数控机床坐标系	14
1.7 数控加工工艺分析	19
1.8 数控机床刀具	24
1.9 数控加工程序的格式及编程方法	41
思考与练习	44
课题二 数控车床编程与工艺	46
2.1 数控编程概述	46
2.2 与坐标和坐标系有关的指令	47
2.3 运动路径控制指令	50
2.4 辅助功能及其他功能指令	57
2.5 数控车床加工概述	61
2.6 数控车床加工工艺分析	63
2.7 数控车床程序编制	72
2.8 数控车床程序编制综合实例	93
2.9 数控车床的操作	96
2.10 数控车床加工编程综合实训	107
思考与练习	113
课题三 数控铣床编程与工艺	114
3.1 数控铣床加工的特点	114
3.2 数控铣床加工的刀具补偿功能指令	115
3.3 固定循环	119

3.4 CNC 系统高级编程方法	137
3.5 数控铣床的操作	149
3.6 数控铣床加工编程综合实训	154
思考与练习	158
课题四 数控加工中心编程与工艺	160
4.1 加工中心的特点	160
4.2 加工中心的换刀程序	164
4.3 加工中心的操作	166
4.4 加工中心编程综合实训	178
思考与练习	184
课题五 数控电火花线切割编程与工艺	186
5.1 概 述	186
5.2 数控电火花线切割工艺与工装基础	187
5.3 线切割编程	195
5.4 综合编程实训与加工操作	199
思考与练习	214
参考文献	215

课题一 数控加工编程与工艺基础

1.1 数控技术的发展

1.1.1 数控机床的产生

数控是数字控制(Numerical Control, NC)的简称,是用数字化信号对机床的运动及加工过程进行控制的自动控制技术。采用数字控制的机床或装备了数控系统的机床称为数控机床,它把机床的加工程序和运动变量(如:坐标轴方向、位移量、轴的转向和转速等)以数字形式预先纪录在控制介质上,通过数控装置自动地控制机床运动,同时具有完成自动换刀、自动测量、自动润滑、冷却等功能。

1.1.2 数控技术发展的几个主要阶段

数控机床发展到今天,完全依赖于数控系统的发展。自1952年,美国研制出第一台数控铣床起,数控系统经历了两个阶段的发展。

1. 数控(NC)阶段(1952—1970年)

早期计算机的运算速度低,这对当时的科学计算和数据处理影响还不大,但不能适应机床实时控制的要求。人们不得不采用数字逻辑电路“搭”成一台机床专用计算机作为数控系统,被称为硬件连接数控,简称为数控(NC)。随着元器件的发展,这个阶段经历了三代,即:

第一代数控:1952—1959年,采用电子管元件构成的专用数控装置;

第二代数控:1959—1964年,采用晶体管电路的数控装置;

第三代数控:1965—1970年,采用小、中规模集成电路的数控装置。

2. 计算机数控阶段(1970年至现在)

到1970年,通用小型计算机已出现成批生产。其运算速度比五六十年代有了大幅度的提高,这比专门“搭”成的专用计算机成本低、可靠性高。于是将它移植作为数控系统的核心部件。从此进入了计算机数控阶段。随着计算机技术的发展,这个阶段也经历了三代,即:

第四代数控:1970—1974年,采用大规模集成电路的小型通用计算机控制系统(CNC);

第五代数控:1974—1990年,微处理器应用于数控系统;

第六代数控:1990年以后PC机(个人学习机,国内习惯称微机)的性能已发展到很高的阶段,可满足作为数控系统核心部件的要求,数控系统从此进入了基于PC时代。

1.1.3 我国数控技术发展概况

我国从1958年开始研究数控技术,1966年研制成功晶体管数控系统,并将样机应用于生

产。1968 年研制 X53K—1 立式铣床。20 世纪 70 年代初,加工中心研制成功。1988 年,我国的 FMS 通过验收投入运行,用于生产伺服电动机的零件。1981—2000 年,我国数控技术经历了引用国外先进技术、消化吸收、科技攻关和产业化攻关四阶段,使我国的数控技术飞速发展。2003 年,全国数控机床产量达到 36 813 台,同比增值 47.73%。品种有 1 500 多种,其中,数控车床产量居世界第一。

1.1.4 数控技术发展趋势

数控机床是机械制造业乃至整个工业生产中不可缺少的复杂工具。随着微电子技术和计算机技术的发展,数控系统的性能日趋完善,数控机床的应用领域日趋扩大。总的发展趋势是朝着高速化、高精度化、多功能化、小型化、系统化、多样化、成套性与高可靠性等方向发展,以满足社会生产发展中的各种需要。

1. 高速化、高精度化

速度、精度是机械制造技术的关键性指标。由于采用了高速 CPU 芯片、多 CPU 控制系统以及带高分辨率检测元件的交流数字伺服系统,同时采用了改善机床动态、静态特征等有效措施,机床的速度、精度已大大提高。

提高微处理器的位数和速度是提高数控系统的最有效的手段。现代数控系统已经逐步由 16 位 CPU 过渡到 32 位 CPU,日本已开发出 64 位 CPU 的数控系统。日本的 FANUC 公司的数控系统已广泛采用 32 位 CPU,如 FANUC—15 数控系统采用 32 位机,实现了最小位移单位为 $0.1\ \mu\text{m}$,最大进给速度达到 $100\ \text{m/min}$ 。

在数控机床的高速化中,提高主轴旋转速度非常重要。由于主轴旋转的高速化,使得切削时间比过去缩短了 80%。目前很多数控机床采用高速内装式主轴电动机,使主轴的驱动不必通过齿轮箱,而是直接把电动机与主轴连接成一体装入主轴部件中,可将主轴转速提高到 $4\ 000 \sim 5\ 000\ \text{r/min}$ 。第 13 届欧洲国际机床展览会上展示的数控机床,其主轴最高转速已达 $7\ 000 \sim 10\ 000\ \text{r/min}$ 。

提高数控机床的加工精度,可经过减少数控系统的误差和采用补偿技术实现,如提高数控系统的分辨率,使 CNC 控制单元精细化,提高位置检测精度(日本交流伺服电动机有的已安装每转可产生 100 万个脉冲的内藏位置检测器,位置检测精度能达到 $0.01\ \mu\text{m}/\text{脉冲}$)。目前加工中心的定位精度由过去的 $\pm 5\ \mu\text{m}$ 提高到 $\pm 1\ \mu\text{m}$ 。

2. 多功能化

数控加工中心(Machining Center, MC)可以将许多工序和许多工艺过程集中到一台机床上完成,实现自动换刀及自动更换工件,一次装夹完成全部加工工序,可以减少辅助时间,实现一机多用,最大限度地提高机床的开机率和利用率。

3. 高效化

数控机床加工提倡以减少工序及辅助时间为主要目的的复合加工,而且正朝着多轴、多系列控制功能方向发展。工件在一台机床上一次装夹后,通过自动换刀、旋转主轴头或转台等各种措施,完成多工序、多表面的复合加工,数控技术的进步提供了多轴和多轴联动控制,如 FANUC—15 系统的可控轴数和联动轴数为 $2 \sim 15$ 轴,西门子 880 系统控制轴数可达 24 轴。装有滚珠丝杠的数控机床快速移动可达 $60\ \text{m/min}$,装有直线电机的数控机床可达 $120 \sim$

160 m/min;磨床的砂轮线速度可达 120 ~ 160 m/min,甚至达 200 m/min。自动换刀时间可在 1s 以下,托盘交换时间为 8s 左右。

4. 智能化

早期的系统通常针对相对简单的理想环境,其作用是如何调度任务,以确保加工在规定期限内完成。而目前人工智能则试图用计算机模型实现人类的各种智能行为。在数控技术领域,智能控制的研究和应用正沿着几个重要分支发展:自适应控制(Adaptive Control, AC)、模糊控制、神经网络控制、专家控制、学习控制、前馈控制等。自适应控制是在加工过程中不断检查表示加工状态的相关参数,如切削力、切削温度,通过与机内设定参数的对比及响应的处理,对主轴转速、执行部件进给速度等进行校正,使数控机床始终在最佳的切削状态下工作,从而提高加工精度。在数控系统中还可以配备编程专家系统、故障诊断专家系统、参数自动设定和刀具自动管理及补偿等自适应调节系统,在压力、温度、位置、速度控制等方面采用模糊控制,使数控系统性能大大提高,从而达到最佳控制的目的。

5. 先进制造系统

柔性制造单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)是一种几乎不用人参与而且能连续地对同一类型零件中不同零件进行自动化加工的最小加工单元和独立使用的加工设备,又可以作为柔性制造系统或柔性自动线的基本组成模块。

柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)是由加工系统、物料自动储运系统和信息控制系统三者相结合并能自动运行的制造系统。这种系统可按任意顺序加工一组不同工序与不同加工节拍的零件,工艺过程随加工零件的不同作适当调整,能在设备的技术范围内自动地适应加工零件和生产规模的变化。

计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)是一种企业经营管理的手段,它强调企业的生产经营是一个整体,必需用系统工程的观点来研究和解决生产经营中出现的问题。集成的核心不仅是设备的集成,更主要的是以信息为主导的技术集成和功能集成。计算机是集成的工具,计算机辅助的各单元技术是集成的基础,信息交换是桥梁,信息共享是目标。

1.2 数控机床的工作原理及基本组成

1.2.1 数控机床的工作原理

数控机床的工作原理如图 1-1 所示。首先根据被加工零件的形状、尺寸及工艺要求等,采用手工或计算机进行零件加工程序编制,把加工零件所需机床的各种动作及工艺参数变成数控装置所能接受的程序代码,并将这些程序代码存储在控制介质(穿孔带、磁带、光盘)上,然后经输入装置读出信息并送入数控装置。当控制介质为穿孔带时,用光电读带机输入;若控制介质为磁带或光盘时,可用驱动器输入,或用计算机和数控机床的接口直接进行通信。进入数控装置的信息经一系列的处理和运算转变成脉冲信号,有的脉冲信号被传送到机床的伺服系统,经传动装置驱动机床有关运动部件;有的脉冲信号则传送到可编程控制器中,按顺序控制机床的其他辅助动作,如工件夹紧、松开,冷却液的开关,刀具的自动更换等。

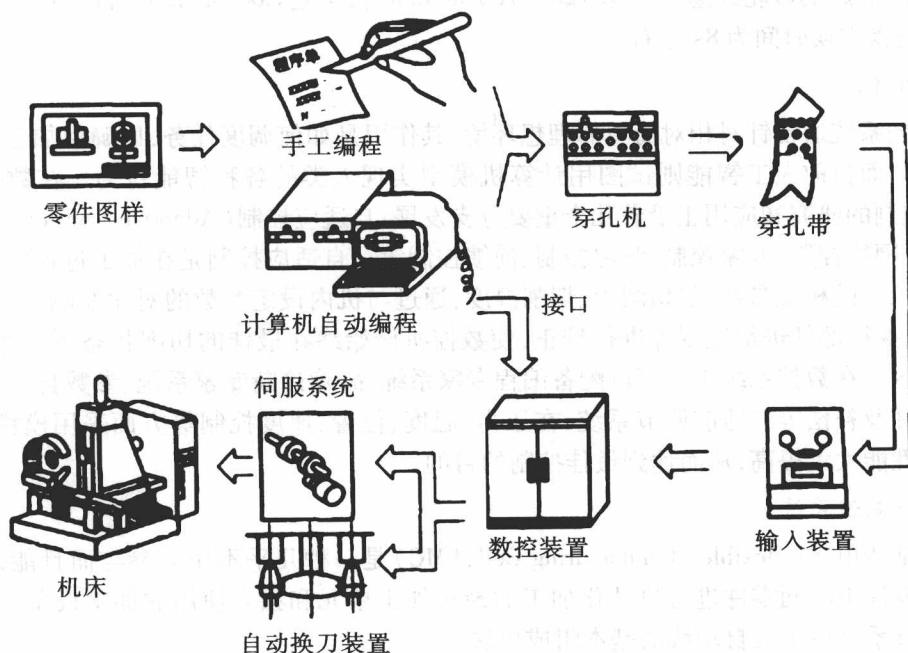


图 1-1 数控机床的工作原理示意图

1.2.2 数控机床的组成

1. 数控机床的组成

数控机床一般是由输入输出设备、数控装置、伺服系统、机床本体和检测反馈装置组成,其基本组成框图如图 1-2 所示。

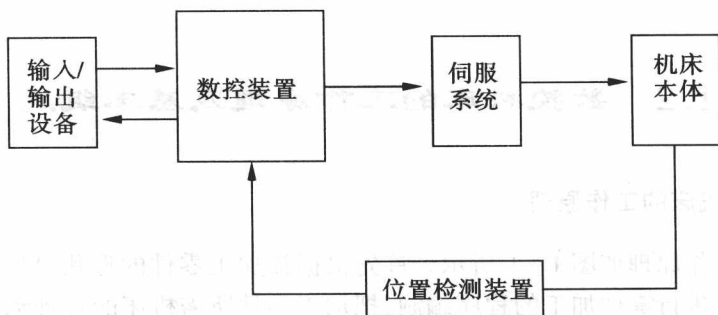


图 1-2 数控机床的组成

(1) 输入/输出设备。输入/输出设备是用于记载零件的加工工艺过程、工艺参数和位移数据等各种加工信息,从而控制机床的运动,实现零件的机械加工。常用的信息载体有穿孔纸带、磁带、磁盘等,并通过输入机将记载的加工信息输入数控系统中。有些数控机床也可采用操作面板上的按钮和键盘直接输入加工程序,或通过串行口将计算机上编写的加工程序输入

到数控系统中。

(2) 数控装置。数控装置是数控机床的核心,它的作用是接收输入装置输入的加工信息,完成数值的计算、逻辑判断、输入输出控制等功能。目前数控装置一般使用多个微处理器,以程序化的软件形式实现数控功能。它是一种位置控制系统,根据输入数据插补出的理想的运动轨迹,然后输出到执行部件,从而加工出所需的零件。

(3) 伺服系统。伺服系统是数控系统的执行部件,它包括电动机、速度控制单元和测量反馈单元和位置控制等部分。伺服系统将数控系统发来的各种运动指令,转换成机床移动部件的运动,由于伺服系统直接决定刀具和工件的相对位置,所以伺服系统的性能是决定数控机床加工精度和生产率的主要因素之一。目前许多数控机床使用了全数字伺服驱动的直线电动机,这种电动机刚性好,可高速转动。

(4) 机床本体。数控机床的主体是完成各种切削加工的机械部分,主要包括床身、底座、立柱、横梁、滑座、工作台、主轴箱、进给机构、刀架及自动换刀装置,与普通机床相比,数控机床具有更好的刚性和抗震性,相对运动面的摩擦因数小、传动间隙小。所以数控机床的外观、整体结构、传动系统、刀具系统以及操作机构与普通机床有着很大的差异。

(5) 检测反馈装置。检测反馈装置的作用是将机床的实际位置、速度等参数检测出来,转变成电信号,传输给数控装置,通过比较,校核机床的实际位置与指定位置是否一致,并由数控装置发出指令修正所产生的误差。检测反馈装置主要使用感应同步器、磁栅、光栅、激光测量仪等。

2. 数控机床的工作过程

数控机床的工作过程如图 1-3 所示。当加工零件时,应先根据零件加工图纸的要求确定零件加工的工艺过程、工艺参数和刀具位移数据,再按照编程的有关规定编写加工程序,然后把制作信息载体的加工信息输入到数控装置,在数控装置内部的控制软件支持下,经过处理计算后,发出相应的指令,通过伺服系统使机床按预定的轨迹运动,完成对零件的切削加工。

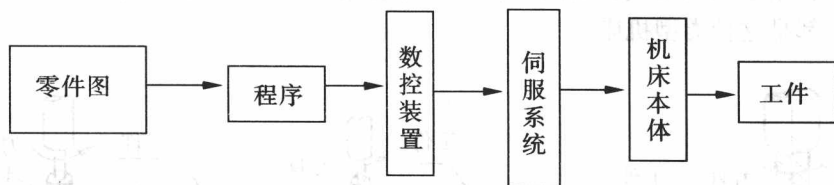


图 1-3 数控机床的工作过程

1.3 数控机床的分类

数控机床的种类很多,为了便于了解和区分,可从以下几个方面对其进行分类。

1.3.1 按加工方式分类

1. 金属切削类数控机床

此类数控机床有数控车床、数控钻床、数控铣床、数控镗床、数控磨床和加工中心等。

2. 金属成形类数控机床

此类机床有数控折弯机、数控弯管机、数控回转头压力机等。

3. 特种加工类数控机床

此类数控机床包括数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机等。

4. 其他类数控机床

如数控火焰切割机、数控三坐标测量仪等。

1.3.2 按控制系统功能分类

1. 点位控制 (Positioning Control) 数控机床

如图 1-4(a) 所示, 这类数控机床仅能控制两个坐标轴, 带动刀具或工作台从一个点 (坐标位置) 准确地快速移动到下一个点 (坐标位置), 然后控制第三个坐标轴进行钻削、镗削等切削加工。它具有较高的位置定位精度, 在移动过程中不进行切削加工, 因此对运动轨迹没有要求。点位控制的机床主要有数控钻床、数控铣床及数控冲床, 用于加工平面内的孔系。

2. 直线控制 (Strait Cut Control) 数控机床

如图 1-4(b) 所示, 这类数控机床不仅要求有准确的定位功能, 而且要求从一点到另一点要按直线 (一般是平行坐标轴的直线) 运动, 并能控制位移速度, 这一类机床在两点之间移动时要进行切削加工, 故对于不同的刀具和加工工件, 应选用不同的切削用量及进给速度。这类机床包括数控镗铣床、简易数控车床、加工中心等。

3. 轮廓控制 (Contouring Control) 数控机床

如图 1-4(c) 所示, 这类数控机床具有同时控制几个坐标轴协调运动, 即具有多轴联动的功能, 使刀具相对于工件按程序制定的轨迹和速度运行, 能在运动过程中进行连续切削加工, 这类数控机床有用于加工曲线和曲面形状零件的数控车床、数控铣床、加工中心等。现在的数控机床基本上都是这种类型机床。

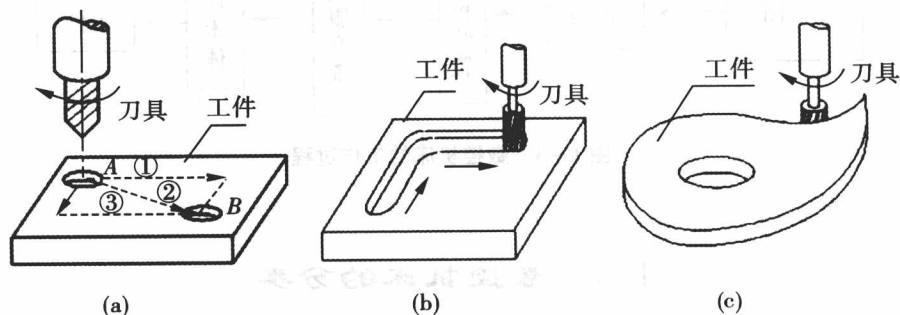


图 1-4 按相对运动轨迹分类

1.3.3 按伺服控制方式分类

1. 开环控制(Open Loop Control)系统数控机床

这类机床不带位置检测反馈装置。数控装置输出的指令脉冲由驱动电路功率放大,驱动步进电动机转动,再经传动机构带动执行部件运动,如图 1-5 所示。

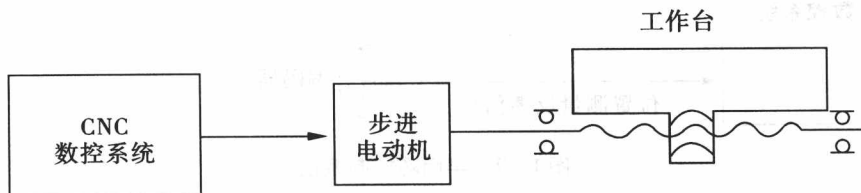


图 1-5 开环控制系统

开环控制系统控制的数控机床工作比较稳定,反应快,调试维修方便,结构简单,但控制精度低,故这类数控机床多为经济型数控机床。

2. 闭环控制(Close Loop Control)系统数控机床

这类机床的工作台上安装了位置检测反馈系统,用以检测机床工作台的实际移动位置,并与数控装置的指令位置进行比较,对差值进行控制,使其误差减少。其控制框图如图 1-6 所示。闭环控制的数控机床加工精度高,但结构复杂,造价高,调试维修困难。

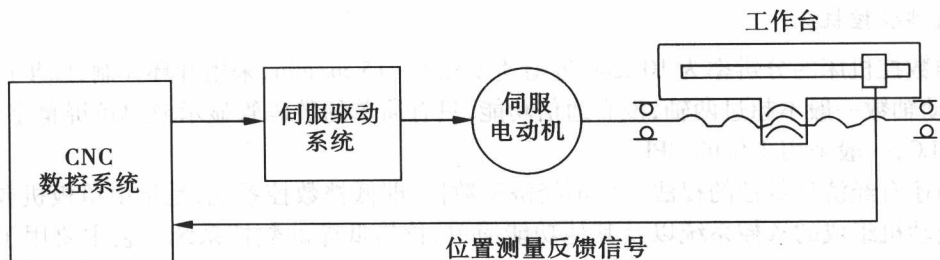


图 1-6 闭环控制系统

3. 半闭环控制(Semi - Close Loop Control)系统控制机床

将检测元件与电动机或丝杠同轴安装,则为半闭环控制数控机床,如图 1-7 所示。由于半闭环的环路内不包括丝杠螺母副及工作台,所以具有比较稳定的控制特性,调试比较方便,因而被广泛采用,但其控制精度不如闭环控制数控机床。

1.3.4 按数控系统的功能水平分类

这种分类方法的界线是相对的,不同时期的划分标准会有所不同。就目前的发展水平而言,大体可按以下标准进行划分。

1. 高档数控机床

此类数控机床的分辨率为 $0.1\ \mu\text{m}$,进给速度在 $15 \sim 100\ \text{m/min}$,采用闭环控制,以直流或

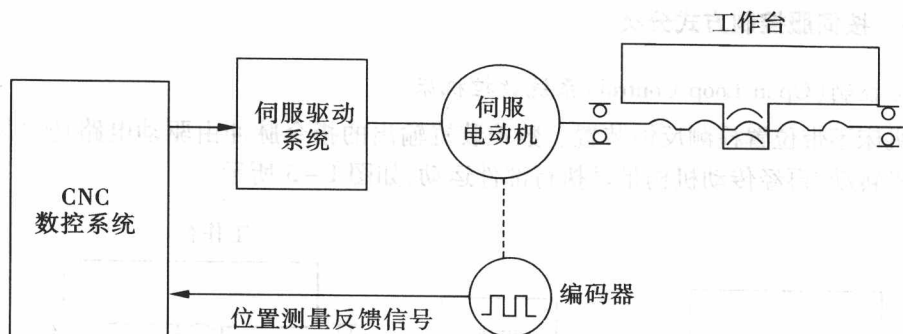


图 1-7 半闭环控制系统

交流伺服电动机驱动,联动轴数为 3 ~ 5 轴以上,有制造自动化协议(Manufacturing Automation Protocol, MAP)通信接口,具有联网功能,可以进行三维图形显示,内装有强大功能的 PLC(可编程控制器),配有 32 位以上 CPU。

2. 中档数控机床

此类数控机床的分辨率为 $1\ \mu\text{m}$,进给速度在 $15 \sim 24\ \text{m/min}$,采用半闭环控制,以直流或交流伺服电动机驱动,联动轴数 2 ~ 4 轴,有 RS-232C 或直接数控(Direct Numerical Control, DNC)接口,具有较齐全的屏幕显示功能(不仅可以显示字符,还可以显示图形),具有人机对话及自诊断功能,有内装 PLC, CPU 一般为 16 ~ 32 位。

3. 低档数控机床

此类数控机床的分辨率为 $10\ \mu\text{m}$,进给速度在 $8 \sim 15\ \text{m/min}$,采用开环控制,以步进电动机驱动,联动轴数一般不超过两轴,没有通信功能,只有简单的数码管显示或单色屏幕字符显示,无内装 PLC,一般采用 4 位的 CPU。

我国还有经济型数控的提法。所谓经济型数控,即低档数控系统,是指由单板机或单片机和步进电动机组成的数控系统以及其他功能简单、价格低廉的数控系统。它主要用于旧机床的改造。

1.3.5 按可联动的轴数分类

1. 两轴控制

两轴控制指的是可以同时控制两个坐标轴。如图 1-8(a)所示是 X, Y, Z 三个坐标轴中同时控制 X, Y 两个坐标轴所加工的曲线形状。如果控制 X, Z 坐标轴或 Y, Z 坐标轴,则可加工如图 1-8(b)所示形状的零件。

2. 两轴半控制(两个轴是连续控制,第三轴是点位或直线控制)

可实现三个主要轴 X, Y, Z 之间的二维控制。

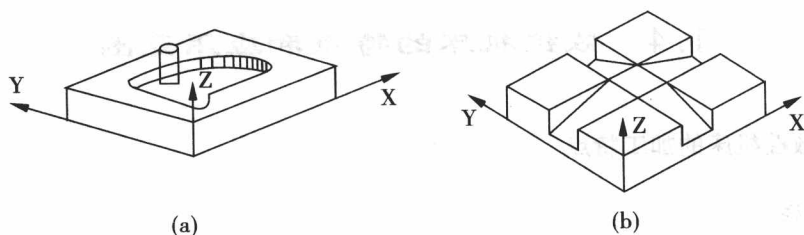


图 1-8 两轴控制

3. 多轴控制

三轴控制,三个轴同时插补,实现三维连续控制,刀具在空间可作任意方向的移动,用于加工三维立体形状的零件。如图 1-9 所示。

四轴控制,同时控制三个坐标轴和一个旋转坐标轴,用于加工叶轮或圆柱凸轮。如图 1-10 所示。

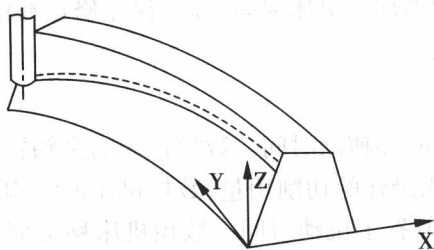


图 1-9 三轴控制

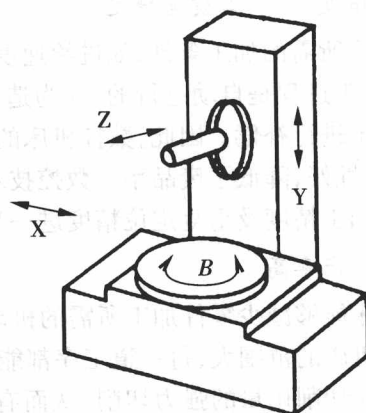


图 1-10 四轴控制

五轴控制,三个坐标轴再加上转台的回转及刀具的摆动。刀具可在空间任意方向移动,当加工如图 1-11 所示的曲面时,刀具可以相对曲面保持一定角度,还可以加工圆锥台的外圆周面。此性质决定了五轴控制特别适合加工蜗轮机叶片、机翼等复杂零件。

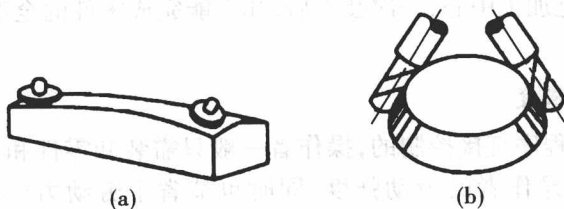


图 1-11 五轴控制

1.4 数控机床的特点和应用范围

1.4.1 数控机床的加工特点

1. 适应性强

数控机床加工形状复杂的零件或新产品时,不必像通用机床那样采用很多工艺装备,仅需要少量夹具。一旦零件图有修改,只需修改相应部分的程序就可在短时间内将新零件加工出来。因而生产周期短,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. 适合加工复杂型面的零件

由于计算机具有高超的运算能力,可以准确地计算出每个坐标轴瞬间应该运动的运动量,因此数控机床能完成普通机床难以加工或根本不能加工的复杂型面的零件。所以数控机床在航天、航空领域(飞机的螺旋桨及涡轮叶片)及模具加工中,得到了广泛应用。

3. 加工精度高、加工质量稳定

数控机床所需的加工条件,如进给速度、主轴转速、刀具选择等,都是由指令代码事先规定好的,整个加工过程是自动进行的,人为造成的加工误差很小,而且传动中的间隙及误差还可以由数控系统进行补偿。因此,数控机床的加工精度较高。此外,数控机床能进行重复性的操作,尺寸一致性好,降低了废品率。数控技术中增加了机床误差、加工误差修正补偿的功能,使数控机床的加工精度及重复定位精度进一步提高。

4. 加工生产率高

数控机床能够减少零件加工所需的机动时间和辅助时间。数控机床的主轴转速和进给量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,数控机床的结构刚性允许数控机床进行大切削用量的强力切削,从而有效节省了机动时间。数控机床移动部件在定位中均采用加减速控制,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。使用带有刀库和自动换刀装置的加工中心时,工件往往只需进行一次装夹就可完成所有的加工工序,减少了半成品的周转时间,生产效率非常高。数控机床加工质量稳定,还可减少检验时间。数控机床可比普通机床提高效率2~3倍,复杂零件的加工,生产率可提高十几倍甚至几十倍。

5. 一机多用

某些数控机床,特别是加工中心,一次装夹后,几乎能完成零件的全部工序的加工,可以代替5~7台普通机床。

6. 减轻操作者的劳动强度

数控机床的加工是由程序直接控制的,操作者一般只需装卸零件和更换刀具并监视数控机床的运行,大大减轻了操作者的劳动强度,同时也节省了劳动力(一人可同时看管多台机床)。

7. 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,这些都有利于生产管理的现代化。

8. 价格较贵

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渗透形成的机电一体化产品,它涉及了机械、信息处理、自动控制、伺服驱动、自动检测、软件技术等许多领域,尤其是采用了许多高、新、尖的先进技术,使得数控机床的整体价格较高。

9. 调试和维修较复杂

由于数控机床结构复杂,所以要求调试与维修人员应经过专门的技术培训,才能胜任此项工作。

此外,由于许多零件形状较为复杂,目前数控机床编程又以手工编程为主,故编程所需时间较长,这样会使机床等待时间长,使得数控机床的利用率不高。

1.4.2 数控机床的应用特点

数控机床是一种可编程的通用加工设备,目前应用越来越广泛,但因其加工费用较高,故数控机床有其特定的适用范围。以下几类零件加工时应首选数控机床。

- (1) 轮廓形状复杂、加工精度要求高或必须用数学方法解决的复杂曲线、曲面的小批量(100件左右)零件。
- (2) 试制中尚需多次改变设计的零件。
- (3) 加工工序较多的零件(如箱体类零件、航空附件壳体等)。
- (4) 价格昂贵的零件(如飞机大梁)。
- (5) 要求精密复制的零件。

1.4.3 数控机床的应用范围

在机械加工业中大批量零件的生产宜采用专用机床或自动线。对于小批量产品的生产,由于生产过程中产品品种变换频繁、批量小、加工方法区别大,因此宜采用数控机床。数控机床的使用范围如图1-12所示。

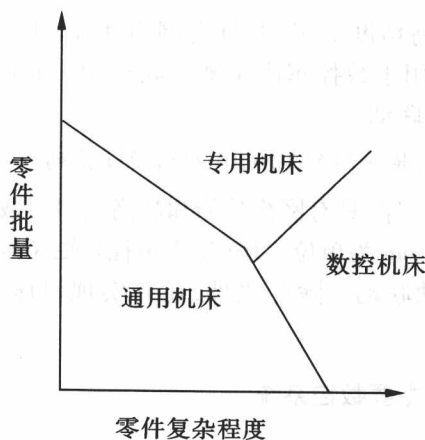


图 1-12 零件复杂程度与生产批量的关系