

普通高等教育
兵工类规划教材

现代数控机床 结构与设计

王爱玲 主编



兵器工业出版社

现代数控机床结构与设计

兵器工业出版社

13659

现代数控机床结构与设计

王爱玲 主编

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书为适应我国现代制造技术发展的需要,特别是对底层设备——数控机床的结构与设计方面提供了较系统的资料。

全书共分8章,重点介绍现代数控机床的基本知识,典型数控加工中心及数控机床分类、性能、结构特点,并配以大量的结构图,简述了柔性制造系统(FMS),并介绍了数控机床主要零部件的设计及数控机床的使用、维护等有关知识。

本书可作为高等工科院校机械设计制造及其自动化有关专业本科生教材;还可作为从事计算机应用研究,特别是从事数控技术工作的高、中层次工程技术人员,生产管理人员继续工程教育的培训教材及参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

现代数控机床结构与设计/王爱玲主编.-北京:兵器工业出版社,1999.9

ISBN 7-80132-664-4

I. 现… I. 王… III. ①数控机床-构造②数控机床-设计 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 32798 号

出版发行:兵器工业出版社
责任编辑:张凤英 张小洁
社 址:100089 北京市海淀区车道沟10号
经 销:各地新华书店
印 刷:华北工学院印刷厂印刷
版 次:1999年9月第1版第1次印刷
印 数:1—1000册

封面设计:安 雅
责任校对:白恩远
责任印制:李翠兰
开 本:787×1092 1/16
印 张:23.125
字 数:575.6千字
定 价:30.00元

出版说明

在 21 世纪即将来临之际,根据兵器工业科技与经济发展对于人才素质和质的要求,兵器工业总公司教育局组织兵工专业教学指导委员会制定了《兵器工业总公司“九五”教材编写与出版规划》。在制定规划的过程中,我们力求贯彻国家教委关于“抓重点,出精品”的教材建设方针,根据面向 21 世纪军工专业课程体系 and 教学内容改革的总体思路,本着“提高质量,保证重点”的原则,精心遴选了在学校使用两遍以上,教学效果良好的部分讲义列入教材规划,兵工专业教学指导委员会的有关专家对于这些规划教材的编写大纲都进行了严格的审定。可以预计,这批“九五”规划教材的出版将促进兵工类专业教育质量的提高、教学改革的深化和兵器科学与技术的发展。

本教材由吕秉德教授主审。

作者殷切地希望广大读者和有关单位对本教材编审和出版中的缺点与不足给予批评指正。

1997-08-17

前 言

现代制造技术,如柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)、并行工程(C. E)、精益生产(L. P)、敏捷制造(A. M)等正在我国兴起并逐步实施。作为以上各项现代化生产哲理和生产模式的最底层设备——数控机床是最终生产出合格产品的重要环节。

但以往介绍数控机床本身的结构与设计方面的教材不够系统,或在某些数控技术书中作一简单介绍,或在某些样本中有些零散的资料。为培养机械设计制造及其自动化领域跨世纪的机电、计算机复合型人才,编写了本教材。

本教材编写时收集参考了大量有关数控机床结构方面的资料。全书共分8章,包括现代数控机床的分类、性能、结构特点,特别是提供了大量的结构图,突出体现了其实用性。对数控加工中心、数控车床及车削中心作了较详细的介绍。为适应企业对现代制造技术的需求,还介绍了FMS知识。为进一步提高学生的实践能力和对现代数控设备的感性认识,还较系统地介绍了数控机床关键部件,如主传动系统、主轴组件、齿形带、进给伺服系统、床身与导轨、电气驱动部件等的设计及数控机床总体设计内容。第8章还介绍了数控机床的使用、维修和故障诊断基本知识。

本书可作为高等工科院校机械设计制造及其自动化有关专业本科生教材;还可作为从事计算机应用研究,特别是从事数控技术工作的高、中层次工程技术人员,生产管理人员继续工程教育的培训教材及参考资料。

本书由王爱玲教授担任主编,负责审查及统稿,并编写绪论和第3章。第1、5、7章由赵学良副教授编写,第2、4、8章由白恩远教授编写,第6章由赵建强副教授编写。本书作者所编的同名讲义作为机制专业本科生教材已使用3次,并为企业继续工程教育培训使用8次,深受学员欢迎,尤其是来自兵总70多家企业的学员对改进本书内容提出了不少好的建议,在此表示衷心感谢。

本书由北京理工大学吕秉德教授担任主审,并提出许多宝贵的指导性意见,高志红和黄丽两同志描完书中全部插图,在此,一起表示衷心感谢。由于作者水平有限,时间仓促,书中错误之处,敬请读者批评指正。

作 者

1999年5月

目 录

0	绪论	1
0.1	数控机床的基本概念	1
0.2	数控机床的组成及加工特点	2
0.3	数控机床的分类	8
0.4	数控机床的坐标规定	10
0.5	数控机床的产生及发展趋势	12
1	加工中心(MC)	19
1.1	概述	19
1.2	JCS-018 型立式加工中心	24
1.3	加工中心的结构特点	38
2	数控车床	106
2.1	CK7815 型数控车床	106
2.2	数控车床的结构特点	121
2.3	车削中心	131
3	柔性制造系统(FMS)	138
3.1	概述	138
3.2	FMS 的硬件系统	142
3.3	FMS 的物流系统	156
3.4	FMS 的信息流系统	161
3.5	FMS 的软件系统	167
3.6	FMS 的应用实例	170
4	数控机床的主传动系统设计	174
4.1	主传动变速系统的参数	174
4.2	主传动系统的设计要求	175
4.3	主传动变速系统的设计	176
4.4	主轴组件设计	182
4.5	齿形带传动设计	200
4.6	计算机辅助主传动系统设计	203
5	进给伺服系统设计	214
5.1	进给伺服系统的设计要求	214
5.2	进给伺服系统的组成及其数学模型	215
5.3	进给伺服系统的动态响应特性及伺服性能分析	220
5.4	系统增益的设计	238
5.5	电气驱动部件的设计	242
5.6	机械传动部件的设计	249

5.7	机械传动部件设计举例	278
5.8	进给伺服系统 CAD	285
6	床身与导轨	292
6.1	床身结构	292
6.2	贴塑滑动导轨设计	296
6.3	液体静压导轨设计	305
6.4	滚动导轨设计	314
6.5	导轨的润滑与防护	319
6.6	导轨的超音频加热淬火	321
7	数控机床的总体设计	324
7.1	数控机床的结构设计要求	324
7.2	数控机床的总体布局	333
7.3	机床总体布局的 CAD	340
8	数控机床的使用与维修	345
8.1	数控机床的选用	345
8.2	数控机床的使用	348
8.3	数控机床的故障诊断与维修	359
	主要参考文献	363

0 绪 论

0.1 数控机床的基本概念

0.1.1 何谓数控机床

数字控制(Numerical Control 简称 NC)是近代发展起来的一种自动控制技术,是用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法。

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 即 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。

数控系统是一种控制系统,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,从而实现控制刀具与工件相对运动,加工出所需要的零件。

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。

0.1.2 数控机床的加工原理

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。

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(即控制刀具运动轨迹),从而实现刀具与工件的相对运动,完成对零件加工。

刀具沿各坐标轴的相对运动,是以脉冲当量 δ 为单位的(mm/脉冲)。

当走刀轨迹为直线或圆弧时,数控装置则在线段的起点和终点坐标值之间进行“数据点的密化”,求出一系列中间点的坐标值,然后按中间的坐标值,向各坐标输出脉冲数,保证加工出需要的直线或圆弧轮廓。

数控装置进行的这种“数据点的密化”称做插补,一般数控装置都具有对基本函数(如直线函数和圆函数)进行插补的功能。

对任意曲面零件的加工,必须使刀具运动的轨迹与该曲面完全吻合,才能加工出所需的零件。

例如,欲加工轮廓为任意曲线 L 的零件,如图 0-1 所示,可将曲线 L 分成 $\Delta L_0, \Delta L_1, \Delta L_2, \dots, \Delta L_i$ 等线段,设切削 ΔL_i 的时间为 Δt_i ,当 $\Delta L_i \rightarrow 0$,即把曲线划分的段数越小,则刀具运动的

轨迹越逼近曲线 L , 即

$$\lim_{\Delta t_i \rightarrow 0} \sum_{i=0}^{\infty} \Delta L_i = L$$

在 Δt_i 时间内, 刀具在各坐标的位移量为 ΔX_i 和 ΔY_i 即

$$\Delta L_i = \sqrt{\Delta X_i^2 + \Delta Y_i^2}$$

进给速度:

$$v_i = \sqrt{\left(\frac{\Delta X_i}{\Delta t_i}\right)^2 + \left(\frac{\Delta Y_i}{\Delta t_i}\right)^2} = \sqrt{\Delta v_{X_i}^2 + \Delta v_{Y_i}^2}$$

当加工直线时, ΔL_i 的斜率不变, 各坐标轴速度分量的比值 $\frac{\Delta v_{Y_i}}{\Delta v_{X_i}}$ 不变, 因此进给速度 v_i 可各持常量。

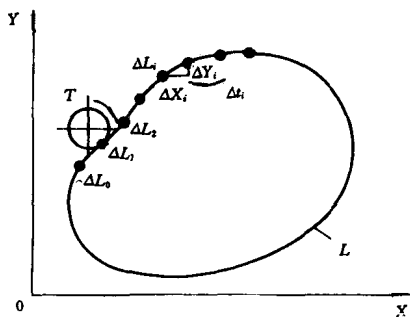


图 0-1 数控机床加工原理

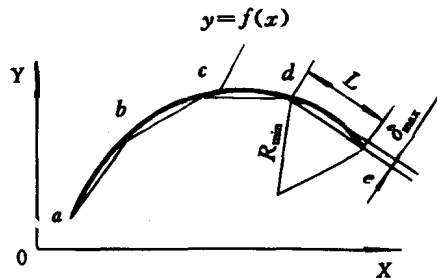


图 0-2 用直线逼近线

当加工任意曲线时, ΔL_i 的斜率不断变化, $\frac{\Delta v_{Y_i}}{\Delta v_{X_i}}$ 的比值也不断变化。只要能连续地自动控制二坐标方向运动速度的比值, 便可实现任意曲线零件的加工。

实际上, 在数控机床上加工任意曲线 L 的零件, 是由该数控装置所能处理的基本数学函数来逼近的, 例如用直线、圆等。自然, 逼近误差必须满足零件图样的要求。

图 0-2 示出用直线逼近一任意曲线 L 的情况。

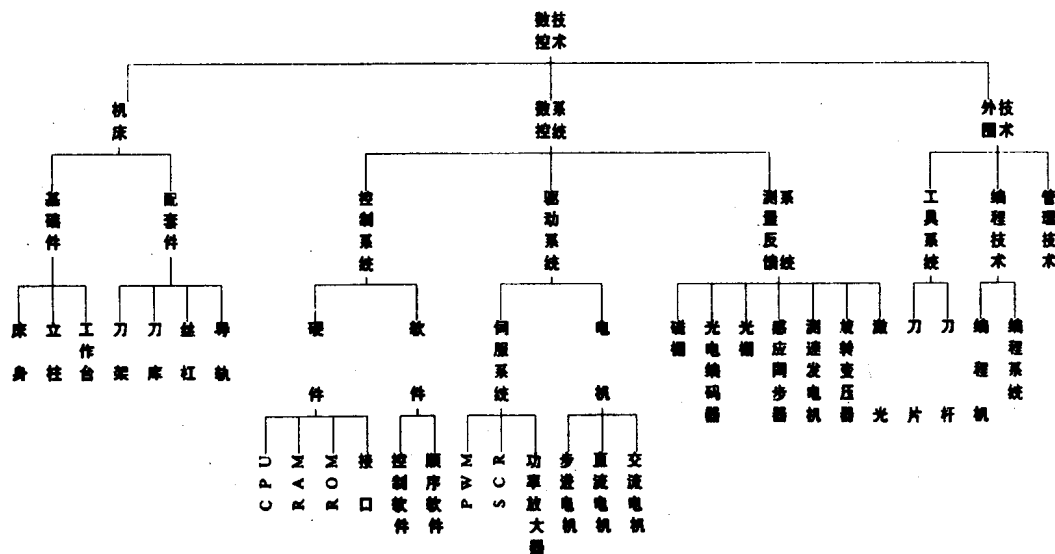
只要求出节点 a, b, c, \dots 的坐标值, 按节点写出直线插补程序, 数控装置则进行节点间“数据点的密化”, 并向各坐标轴分配脉冲数, 控制刀具完成该直线段的加工。逼近误差 δ 应满足零件公差要求, 即 $\delta_{\max} < \delta$ 。

0.2 数控机床的组成及加工特点

0.2.1 机床数控技术及组成

机床的数控技术包括机床、数控系统和外围技术, 其组成见表 0-1。

表 0-1 机床数控技术的组成



数控机床一般由控制介质、数控装置、伺服系统、测量反馈装置和机床主机组成(见图 0-3)。现对各组成部分简介如下:

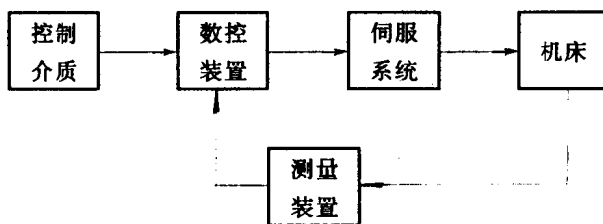


图 0-3 数控机床的组成

1. 控制介质

数控机床加工时,所需的各种控制信息要靠某种中间载体携带和传输,这种载体称作“控制介质”。控制介质是存储数控加工所需要的全部动作和刀具相对于工件位置信息的媒介物,它记载着零件的加工程序。

控制介质有多种,如穿孔带、穿孔卡、磁带及磁盘等,也可通过通信接口直接输入所需各种信息,采用何种则取决于数控装置的类型。

常用的控制介质是八单位标准穿孔带。如图 0-4 所示,每一行可有四个孔,其中 8 个 $\varnothing 1.33\text{mm}$ 的孔为信息孔,一个 $\varnothing 1.17\text{mm}$ 的孔为同步孔。穿孔带上的孔与二进制的数字“1”和“0”相对应。每一行都由孔和非孔按有关标准表示一个代码。所谓信息,就是被称作代码的阿拉伯数字、文字和符号等。

国际上采用的八单位穿孔带有两种标准代码,一种是 EIA(美国电子工业协会)代码,另一

种是 ISO(国际标准化组织)代码(见表 0-2)。ISO 为补偶代码,其第八列为补偶列,即每行孔的个数必然是偶数个,若为奇数个,则在第八列补一个孔凑成偶数个。其余七列为编码列,所以可表示 $2^7=128$ 个不同的二进制信息。而 EIA 为补奇代码,第五列为补奇列。

目前,国际上趋向采用 ISO 编码,1982 年 4 月 28 日,我国第一机械工业部发布了《数字控制机床用七单位编码字符》部颁标准 JB3050-82,它与 ISO 标准相同,见(列表 0-3)。

尽管穿孔纸带趋于淘汰,但是规定的标准信息代码仍是数控程序编制和制备控制介质唯一遵守的标准。

2. 数控装置(Computer Numerical)

数控装置是数控机床的核心,是高技术密集型产品。它集成了微电子技术、信息技术、自动控制技术、驱动技术、监控检测技术、软件工程技术和机械加工工艺知识。数控机床正是在它的控制下,按照给定的程序自动地对机械零件进行加工。自 50 年代数控机床问世以来,数控装置已由 NC 发展到 CNC(Computer Numerical Control—计算机数控)。特别是微处理机和微型计算机(Micro Computer Numerical Control—(MNC)—微机数控)在数控装置上成功地应用后,使计算机数控装置的性能和可靠性不断提高,成本不断下降,其高性能价格比促进了数控机床的迅速发展。

CNC 装置由硬件和软件组成。CNC 的硬件为一专用计算机,由软件来实现部分或全部数控功能,通过改变软件很容易更改或扩展其功能。其硬件结构如图 0-5 所示,软件结构如图 0-6 所示。

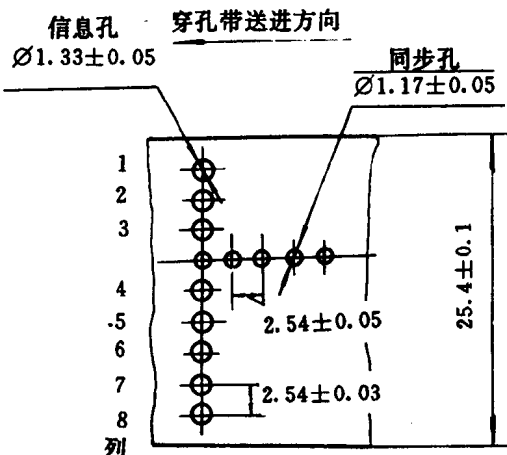


图 0-4 八单位标准穿孔带

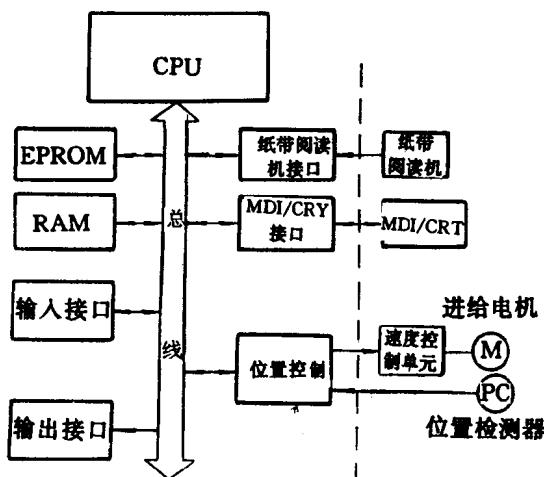


图 0-5 CNC 装置的硬件结构

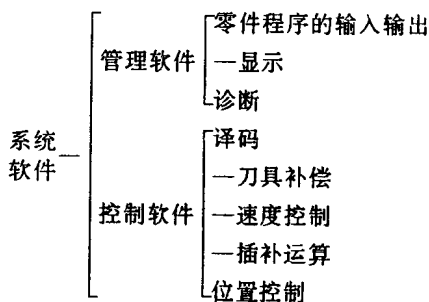


图 0-6 CNC 装置的软件结构

表 0-2 数控机床 ISO 编码表

代 码 孔								代 码 符 号	定 义
8	7	6	5	4	3	2	1		
		0	0		0			数字 0	0
0		0	0		0		0	1	数字 1
0		0	0		0		0	2	数字 2
		0	0		0		0	3	数字 3
0		0	0		0	0		4	数字 4
		0	0		0	0	0	5	数字 5
		0	0		0	0	0	6	数字 6
0		0	0		0	0	0	7	数字 7
0		0	0	0	0			8	数字 8
		0	0	0			0	9	数字 9
	0						0	A	绕着 x 坐标的角度
	0					0		B	绕着 y 坐标的角度
0	0					0	0	C	绕着 z 坐标的角度
0	0				0			D	特殊坐标的角度尺寸;或第三进给速度功能
0	0				0	0	0	E	特殊坐标的角度尺寸;或第二进给速度功能
0	0				0	0	0	F	进给速度功能
0	0				0	0	0	G	准备功能
0	0		0					H	永不指定(可作特殊用途)
0	0		0				0	I	沿 x 坐标圆弧起点对圆心值
0	0		0			0		J	沿 y 坐标圆弧起点对圆心值
0	0		0			0	0	K	沿 z 坐标圆弧起点对圆心值
0	0		0		0			L	永不指定
0	0		0		0		0	M	辅助功能
0	0		0		0	0	0	N	序号
0	0		0		0	0	0	O	不用
0	0		0					P	平行于 x 坐标的第三坐标
0	0		0				0	Q	平行于 y 坐标的第三坐标
0	0		0			0		R	平行于 z 坐标的第三坐标
0	0		0			0	0	S	主轴速度功能
0	0		0			0		T	刀具功能
0	0		0			0	0	U	平行于 x 坐标的第二坐标
0	0		0			0	0	V	平行于 y 坐标的第二坐标
0	0		0			0	0	W	平行于 z 坐标的第二坐标
0	0		0	0				X	x 坐标方向的主运动
0	0		0	0			0	Y	y 坐标方向的主运动
0	0		0	0			0	Z	z 坐标方向的主运动
	0		0	0			0	.	小数点 ^①
	0		0	0			0	+	加/正
	0		0	0			0	-	减/负
0	0		0	0			0	*	星号/乘号 ^①
0	0		0	0			0	/	跳过任选程序段(省略)/除
0	0		0	0			0	,	逗号 ^①
0	0	0	0	0			0	=	等号 ^①
0	0		0	0			0	(左圆括号/控制暂停
0	0		0	0			0)	右圆括号/控制恢复
	0		0	0			0		单无符号 ^①
	0	0	0	0			0	:	对准功能/选择(或计划)倒带停止
	0	0	0	0			0	NL or LF	程序段结束, 新行或换行
0	0		0	0			0	%	程序开始
	0		0	0			0	FT	制表(或分隔符号)
0	0		0	0			0	CR	滑座返回(仅对打印机适用)
0	0	0	0	0			0	DEL	注销
0	0	0	0	0			0	SP	空格
0	0		0	0			0	BS	反绕(退格)
0	0	0	0	0			0	NUL	空白纸带
							0	EM	载体终了

①表示补充的不常用。

表 0-3 七单位字符编码表

				b ₇	0	0	0	0	1	1	1	1
				b ₆	0	0	1	1	0	0	1	1
				b ₅	0	1	0	1	0	1	0	1
b ₄	b ₃	b ₂	b ₁	列 行	0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0	0	NUL		SP	0		P		
0	0	0	1	1				1	A	Q		
0	0	1	0	2				2	B	R		
0	0	1	1	3				3	C	S		
0	1	0	0	4				4	D	T		
0	1	0	1	5			%	5	E	U		
0	1	1	0	6				6	F	V		
0	1	1	1	7				7	G	W		
1	0	0	0	8	BS		(8	H	X		
1	0	0	1	9	HT	EM)	9	I	Y		
1	0	1	0	10	LF(NL)		*	:	J	Z		
1	0	1	1	11			+	;	K			
1	1	0	0	12			.		L			
1	1	0	1	13	CR		-	=	M			
1	1	1	0	14			.		N			
1	1	1	1	15			/		O			

CNC 装置的基本工作有:输入、译码、刀具补偿、进给速度处理、插补、位置控制、I/O 处理、显示和诊断等,它具备的主要功能如下:

- 1)多坐标控制(多轴联动);
- 2)实现多种函数的插补(直线、圆弧、抛物线等);
- 3)多种程序输入(人机对话、手动数据输入,由上级计算机及其它计算机输入设备的接口输入),以及编辑和修改;
- 4)信息转换(EIA/ISO 代码转换,英制/公制转换,坐标转换,绝对值/增量值转换,计数制转换等);
- 5)补偿(刀具半径补偿,刀具长度补偿,传动间隙补偿,螺距误差补偿等);
- 6)多种加工方式选择(可实现各种加工循环,重复加工,凹凸面加工和镜像加工等);
- 7)故障自诊断;
- 8)显示,用 CRT 可显示字符、轨迹、平面图形和动态三维图形;
- 9)通讯和联网。

3. 伺服系统

机床伺服系统是数控装置与机床的联接环节,它是以机床移动部件(工作台)的位置和速度作为控制量的自动控制系统,它接受数控装置(或计算机)插补生成的进给脉冲或进给位移量,驱动机床执行机构的运动部件。它包括主轴驱动单元(主要是速度控制)、进给驱动单元(主要是速度控制和位置控制)、主轴电机和进给电机等。一般来说,数控机床的伺服系统要求有良好的快速响应性能,进给速度范围要大,灵敏而准确地跟踪指令功能和转速,在较大范围内有

良好的工作稳定性。现在常用的是直流伺服系统和交流伺服系统,且交流伺服系统正在取代直流伺服系统。

4. 测量反馈装置

该装置可以包括在伺服系统中。它由检测元件和相应的电路组成,其作用主要是检测速度和位移,并将信息反馈回控制系统,构成闭环控制。无测量反馈装置的系统称为开环系统。常用的测量元件有脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、光栅、磁尺及激光位移检测系统等。

5. 机床主机

主机是数控机床的主体,包括床身、箱体、导轨、主轴、进给机构等机械部件。数控机床主机的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,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(程编机和对刀仪等等)。

0.2.2 数控机床的加工特点

数控机床是新型的自动化机床,它具有广泛通用性和很高的自动化程度。数控机床是实现柔性自动化最重要的环节,是发展柔性生产的基础。数控机床在加工下面一些零件中更能显示出它的优越性。它们是:①批量小(200件以下)而又多次生产的零件;②几何形状复杂的零件;③在加工过程中必须进行多种加工的零件;④切削余量大的零件;⑤必须控制公差(即公差带范围小)的零件;⑥工艺设计经常变化的零件;⑦加工过程中的错误会造成严重浪费的贵重零件;⑧需全部检测的零件,等等。

数控机床的优点:

1) 提高生产率。数控机床能缩短生产准备时间,增加切削加工时间的比率。采用最佳切削参数和最佳走刀路线,缩短加工时间,从而提高生产率。

2) 数控机床可以提高零件的加工精度,稳定产品质量。由于它是按照程序自动加工不需要人工干预,其加工精度还可以利用软件进行校正及补偿。故可以获得比机床本身精度还要高的加工精度和重复精度。

3) 有广泛的适应性和较大的灵活性。通过改变程序,就可以加工新产品的零件,能够完成很多普通机床难以完成或者根本不能加工的复杂型面零件的加工。

4) 可以实现一机多用。一些数控机床,例如加工中心,可以自动换刀。一次装卡后,几乎能完成零件的全部加工部位的加工,节省了设备和厂房面积。

5) 可以进行精确的成本计算和生产进度安排,减少在制品,加速资金周转,提高经济效益。

6) 不需要专用夹具。采用普通的通用夹具就能满足数控加工的要求,节省了专用夹具设计制造和存放的费用。

7) 大大减轻了工人的劳动强度。

数控机床是具有广泛的通用性又具有很高自动化程度的机床。它的控制系统不仅能控制

机床各种动作的先后顺序,还能控制机床运动部件的运动速度,以及刀具相对工件的运动轨迹。数控机床是计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)、柔性制造系统(FMS)、计算机集成制造系统(CIMS)等柔性加工和柔性制造系统的基础。

但是,数控机床的初投资及维修技术等费用较高,要求管理及操作人员的素质也较高。合理地选择及使用数控机床,可以降低企业的生产成本,提高经济效益和竞争能力。

0.3 数控机床的分类

目前,数控机床品种齐全,规格繁多,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。加工中心是带有自动换刀装置,在一次装卡后,可以进行多种工序加工的数控机床。

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。

3)数控特种加工及其它类型数控机床 如数控线切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机床、数控火焰切割机床等。

2. 按控制运动的方式分类

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)。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坐标点的定位精度,见图 0-7,而不管从一点到另一点是按照什么轨迹运动。在移动过程中不进行任何加工。为了精确定位和提高生产率,首先系统高速运行,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)直线控制数控机床 直线切削控制(Straight Cut Control)又称平行切削控制(Parallel cut Control)。这类数控机床不仅要求具有准确的定位功能,而且还要保证从一点到另一点之间移动的轨迹是一条直线。其路线和移动速度是可以控制的。对于不同的刀具和工件,可以选择不同的切削用量。这一类数控机床包括:数控车床、数控镗铣床、加工中心等,如图 0-8 所示。

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。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(见图 0-9)。

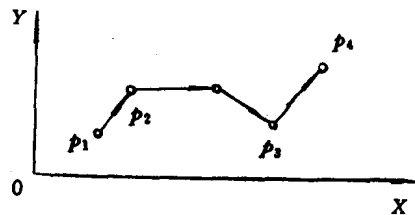


图 0-7 数控机床的点位加工

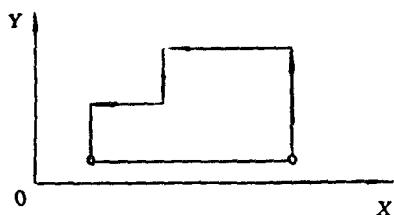


图 0-8 点位直线加工

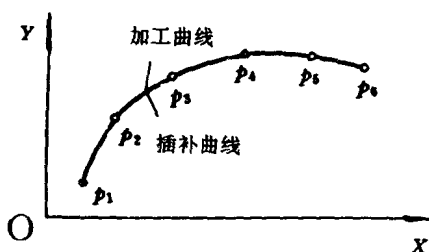


图 0-9 轮廓控制加工

按照联动(同时控制)轴数分,可以分为 2 轴联动、2.5 轴联动、3 轴联动、4 轴联动、5 轴联动等数控机床。2.5 轴联动是三个坐标轴(X、Y、Z)中,任意两轴联动,另一个是点位或直线控制。

3. 按伺服系统的类型分类

根据有无检测反馈元件及其检测装置,机床的伺服系统可分为开环伺服、闭环伺服和半闭环伺服。

1) 开环控制数控机床 这类数控机床没有检测反馈装置(见图 0-10),数控装置发出的指令信号的流程是单向的,其精度主要取决于驱动器件和电机(如步进电机)的性能。



图 0-10 开环伺服系统

工作台的移动速度和位移量是由输入脉冲的频率和脉冲数决定的。这类数控机床结构简单、成本低、工作比较稳定、调试方便。它适用于精度、速度要求不高的场合,如经济型、中小型机床。

2) 闭环控制数控机床 这类机床数控装置中插补器发出的指令信号与工作台末端测得的实际位置反馈信号进行比较,根据其差值不断控制运动,进行误差修正,直至差值在误差允许的范围内为止。采用闭环控制的数控机床(见图 0-11(a))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,从而得到很高的加工精度。但是,由于很多机械传动环节(尤其是惯量较大的工作台等)包括在闭环控制的环路内,各部件的摩擦特性、刚性及间隙等都是非线性量,直接影响伺服系统的调节参数。故闭环系统的设计和调整都有较大的难度,设计和调整的不好,很容易造成系统的不稳定。

3) 半闭环控制数控机床 大多数数控机床采用半闭环控制系统,它的检测元件装在电机

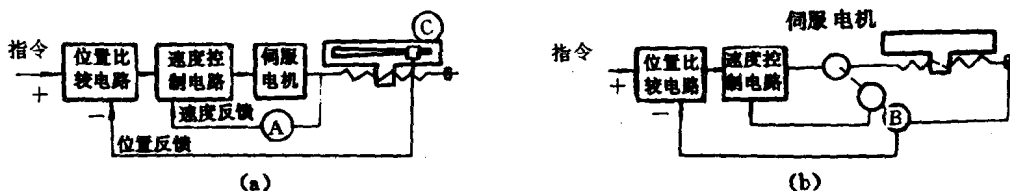


图 0-11 闭环和半闭环伺服系统

所以,闭环控制数控机床主要用于一些精度要求高和速度高的精密大型数控机床,如镗铣床、超精车床、超精磨床等。

3) 半闭环控制数控机床 大多数数控机床采用半闭环控制系统,它的检测元件装在电机

或丝杠的端头,如图 0-11(b)所示。这种系统的闭环路内不包括机械传动环节,因此,可获得稳定的控制特性。由于采用高分辨率的测量元件(如脉冲编码器),又可以获得比较满意的精度和速度。半闭环系统的控制精度介于开环与闭环之间。

4. 按照功能水平分类 可将数控机床分为高、中、低档三类。这种分类方法没有一个确切定义。但可以给人们一个清晰的一般水平概念。数控机床水平高低由主要技术参数、功能指标和关键部件的功能水平决定。下列几个方面可做为评价数控机床档次的参考条件。

1)分辨率和进给速度 分辨率为 $10\mu\text{m}$,进给速度为 $8\sim 15\text{m}/\text{min}$ 为低档;分辨率为 $1\mu\text{m}$,进给速度为 $15\sim 24\text{m}/\text{min}$ 为中档;分辨率为 $0.1\mu\text{m}$,进给速度为 $15\sim 100\text{m}/\text{min}$ 为高档。

2)多坐标联动功能 低档数控机床最多联动轴数为 $2\sim 3$ 轴,中、高档则为 $3\sim 5$ 轴以上。

3)显示功能 低档数控机床一般只有简单的数码管显示或简单的 CRT 字符显示(Cathode Ray Tube 阴极射线管)。而中档的有较齐全的 CRT 显示,不仅有字符,而且还有图形、人机对话、自诊断等功能。高档数控还有三维动态图形显示。

4)通信功能 低档数控机床无通信功能。中档数控机床有 RS232 或 DNC(Direct Numerical Control 直接数控、或称群控)接口。高档的有 MAP(Manufacturing automatically protocol—制造自动化协议)等高性能通信接口,具有联网功能。

5)主 CPU(Control Processing Unit—中央处理单元) 低档数控机床一般采用 8 位 CPU,中、高档数控已经由 16 位 CPU 发展到 32 位、64 位 CPU,并具有精简指令集的 RISC(Reduced Instruction Set Computer)中央处理单元。

此处,进给伺服水平以及 PC(Programmable Controller—可编程控制器)功能也是衡量数控档次的标准。

在我国还有经济型数控机床的提法,所谓经济型数控是相对于标准型数控而言的,一般均属低档数控机床,是指由单板机、单片机和步进电机组成的数控系统及其他功能简单,价格低的数控系统。区别于经济型数控机床,把功能较齐全的数控系统称为全功能数控机床,或称为标准型数控机床。

0.4 数控机床的坐标规定

在数控机床上加工零件时,刀具与工件的相对运动,必须在确定的坐标系中,才能按规定的程序进行加工。

为了编程时描述机床的运动,简化程序的编制方法,保证记录数据的互换性和穿孔纸带的通用性,数控机床的坐标轴和运动方向均已标准化。我国 JB3051—82 数控机床坐标和运动方向的命名标准,与 ISO841 等效。该标准的主要内容如下:

1. 刀具相对于静止的工件运动原则 即在考虑机床坐标命名时,被加工件的坐标系均看作是相对静止的,而刀具是运动的。该原则是为了编程人员在不知道是刀具移近工件,还是工件移近刀具的情况下,就可以根据零件图样,确定机床的加工过程。

2. 标准坐标系的规定 一个直线进给运动或一个圆周进给运动定义一个坐标轴。标准坐标系是一个用 X、Y、Z 表示的直线进给运动的直角坐标系,用右手法则判定。大拇指指向 X 轴的正方向,食指指向 Y 轴的正方向,中指指向 Z 轴的正方向。这个坐标系的各个坐标轴通常与机床的主要导轨相平行。