



普通高等学校“十二五”规划教材

现代机床 数字控制技术

王世刚 张洪军 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

普通高等学校“十二五”规划教材

现代机床数字控制技术

王世刚 张洪军 编著

国防工业出版社

· 北京 ·

前 言

机床数字控制技术是现代先进制造技术的基础和核心。当今世界各国制造业广泛采用数控技术,以提高制造能力和水平,提高对发展经济的适应能力和竞争能力。数控机床是电子信息技术与传统机械加工技术结合的产物,它集现代精密机械、计算机、通信、液压气动、光电等多学科技术为一体,具有高效率、高精度、高自动化和高柔性的特点,是当代机械制造业的重要装备。数控机床大大提高了机械加工的性能,有效提高了加工质量和效率,实现了柔性自动化,并向智能化、集成化方向发展。数控机床不但是机电工业的重要基础装备,也是汽车、航天、船舶、电子等产业进行现代化生产的主要手段。总之,大力发展以数控技术为核心的先进制造技术,已成为世界各国加速经济发展,提高综合国力和国家地位的重要途径。

为了发展数控技术,培养数控技术人才,我们在总结多年教学和科研经验的基础上,编写了这本《现代机床数字控制技术》。本书编写过程中,在重视系统基础知识的同时,着重吸收国内外数字控制技术的新发展和新成果,力求做到内容的先进性、科学性和实用性,取材新颖、结构严谨、系统性强。

全书共分9章。第1章介绍了数控技术及数控机床的基本概念、组成、工作原理、分类和新发展;第2章介绍了计算机数控装置的硬件和软件结构、PLC在数控系统中的应用和典型计算机数控系统;第3章介绍了各种插补方法及其实现步骤,刀具半径补偿和速度控制;第4章介绍了数控机床的主轴部件、进给系统、导轨、刀具和自动换刀装置等机械结构;第5章介绍了步进电机、直流电机、交流电机和直线电机的驱动控制方式;第6章介绍了数控机床上的各种检测装置;第7章介绍了数控机床的加工工艺;第8章介绍了数控加工编程的相关知识,包括数控工艺处理、数学处理、常用编程指令等;第9章给出了典型零件的车削加工实例、铣削加工实例和加工中心加工实例。

全书由齐齐哈尔大学王世刚、张洪军编著。第1、2、3、8章由王世刚编写,第4、5、6、7、9章由张洪军编写。该书已被批准为齐齐哈尔大学重点教材立项,并受到重点资助。

在编写过程中,编者参阅和引用了相关书籍、期刊以及技术资料,特此向其作者表示诚挚的感谢。由于编者学识水平有限,书中难免存在错误疏漏之处,诚恳希望读者提出宝贵意见。

编者
2010年9月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 数控机床的基本概念	1
1.2 数控机床的工作原理及组成	1
1.2.1 数控机床的工作原理	1
1.2.2 数控机床的组成	1
1.3 数控机床的分类	3
1.3.1 按运动轨迹分类	3
1.3.2 按伺服控制系统分类	5
1.3.3 按工艺用途分类	6
1.3.4 按照功能水平分类	6
1.4 机床数控技术的发展	7
1.4.1 数控机床的产生和发展	7
1.4.2 我国数控机床的发展概况	7
1.4.3 机床数控技术的发展趋势	8
1.5 数控机床的特点及适用范围	10
1.5.1 数控机床的特点	10
1.5.2 数控机床的适用范围	10
1.6 常见的数控机床	10
1.6.1 数控车床	11
1.6.2 数控铣床	11
1.6.3 加工中心	11
第 2 章 数控机床计算机数控装置	13
2.1 CNC 装置的组成	13
2.1.1 CNC 系统	13
2.1.2 CNC 装置的组成	13
2.2 CNC 装置的功能	14
2.3 CNC 装置的硬件结构	16
2.3.1 单微处理器结构	16

2.3.2	单微处理器 CNC 的结构特点	20
2.3.3	多微处理器结构	20
2.4	CNC 装置的软件结构	22
2.4.1	CNC 装置的软硬件界面	22
2.4.2	CNC 装置的数据转换流程	22
2.4.3	CNC 系统的软件结构特点	24
2.5	数控机床的可编程序控制器	27
2.5.1	PLC 的原理	28
2.5.2	数控机床中 PLC 的功能	29
2.5.3	PLC 的指令和程序编程	30
2.6	典型 CNC 系统简介	34
2.6.1	FANUC 公司的主要数控系统	34
2.6.2	武汉华中数控公司的主要数控系统	37
第3章	数控机床控制原理	42
3.1	插补的概念及分类	42
3.1.1	插补的概念	42
3.1.2	对插补器的基本要求	42
3.1.3	插补分类	42
3.2	逐点比较法插补	43
3.2.1	插补原理	43
3.2.2	直线插补	44
3.2.3	圆弧插补	47
3.3	数字积分法插补	48
3.3.1	插补原理	48
3.3.2	数字积分直线插补	49
3.3.3	数字积分圆弧插补	53
3.4	直线函数法	56
3.4.1	直线函数法直线插补	56
3.4.2	直线函数法圆弧插补	57
3.5	扩展数字积分法	58
3.5.1	扩展 DDA 直线插补	58
3.5.2	扩展 DDA 圆弧插补	59
3.6	曲面直接插补	61
3.6.1	概述	61
3.6.2	实现 SDI 的软件系统结构和工作流程	62

3.7	刀具补偿原理	63
3.7.1	刀具半径补偿原理	63
3.7.2	刀具长度补偿原理	65
3.8	速度控制	65
3.8.1	开环系统进给速度的计算	66
3.8.2	半闭环和闭环系统的速度计算	66
第4章	数控机床机械结构与装置	68
4.1	概述	68
4.1.1	数控机床机械结构的特点	68
4.1.2	数控机床机械结构的基本要求	68
4.2	数控机床主运动系统	74
4.2.1	主传动方式	74
4.2.2	主轴部件的结构	75
4.2.3	主轴部件的支承	75
4.2.4	主轴的准停装置	77
4.2.5	自动换刀装置	78
4.3	数控机床的进给传动系统	80
4.3.1	齿轮传动副	81
4.3.2	滚珠丝杠螺母副	82
4.3.3	齿轮齿条副	84
4.3.4	回转工作台	85
4.4	数控机床的导轨	89
4.4.1	带有塑料层的滑动导轨	89
4.4.2	滚动导轨	90
4.4.3	静压导轨	91
4.5	数控机床刀具	92
4.5.1	刀具材料	92
4.5.2	数控刀具选择	94
4.5.3	数控铣刀种类	94
4.5.4	数控车刀种类	98
4.5.5	刀柄	99
4.6	自动换刀装置	101
4.6.1	自动换刀装置的形式	101
4.6.2	换刀过程及换刀方式	103
4.6.3	刀具的选择方法	105

4.6.4	刀具(刀座)识别装置	106
4.6.5	对刀装置	107
4.7	数控机床的辅助装置	108
4.7.1	液压和气动装置	108
4.7.2	排屑装置	108
4.7.3	其他辅助装置	109
第5章	数控机床伺服系统	110
5.1	概述	110
5.1.1	数控机床伺服系统的分类	110
5.1.2	数控机床对伺服系统的要求	112
5.2	直流伺服电机及应用	114
5.2.1	直流伺服电机的分类	114
5.2.2	直流伺服电机的基本结构及工作原理	115
5.2.3	直流伺服电机在数控机床中的应用	115
5.3	步进电机及应用	115
5.3.1	步进电机的分类及应用	115
5.3.2	步进电机的组成及工作原理	116
5.3.3	步进电机的主要参数及特性	118
5.4	交流伺服电机及应用	119
5.4.1	交流电机的分类及应用	119
5.4.2	交流伺服电机的类型和特点	119
5.4.3	永磁式交流伺服电机工作原理	120
5.5	直线电机及其应用	120
5.5.1	直线电机的特点	121
5.5.2	直线电机的分类	122
5.5.3	直线电机的基本工作原理	122
5.5.4	直线电机在机床上的应用	123
第6章	数控机床位置检测装置	125
6.1	概述	125
6.1.1	位置检测装置分类	125
6.1.2	数控测量装置的性能指标	126
6.2	旋转变压器	126
6.2.1	工作原理与结构	126
6.2.2	应用	127

6.3	感应同步器	127
6.3.1	结构与工作原理	127
6.3.2	应用	128
6.3.3	感应同步器特点	128
6.4	脉冲编码器	129
6.4.1	结构与工作原理	129
6.4.2	应用	130
6.5	光栅	130
6.5.1	光栅的结构	130
6.5.2	工作原理	130
6.5.3	光栅位移—数字变换电路	131
6.6	容栅	131
6.6.1	容栅的特点	131
6.6.2	容栅测量原理	131
6.6.3	容栅传感器的误差分析	132
第7章	数控机床加工工艺	134
7.1	概述	134
7.1.1	数控加工的工艺特点	134
7.1.2	数控加工工艺设计的主要内容	134
7.2	数控加工内容的选择	135
7.2.1	数控加工零件的选择	135
7.2.2	数控加工内容的选择	135
7.3	零件的工艺分析	136
7.3.1	零件图样分析	136
7.3.2	零件的结构工艺性分析	137
7.4	数控加工的工艺路线设计	142
7.4.1	选择加工方法	142
7.4.2	划分加工阶段	146
7.4.3	划分工序	147
7.4.4	安排加工顺序	148
7.5	数控加工工序设计	149
7.5.1	进给路线的确定和工步的顺序安排	149
7.5.2	定位基准与夹紧方案的确定	152
7.5.3	工件的安装与夹具的选择	154
7.5.4	切削用量的选择	154

7.5.5	对刀点与换刀点的确定	156
第8章	数控机床加工编程	158
8.1	概述	158
8.1.1	数控编程的基本概念	158
8.1.2	数控编程的内容和步骤	158
8.2	程序的结构与格式	159
8.2.1	加工程序的结构	159
8.2.2	程序段格式	160
8.2.3	主程序和子程序	161
8.3	数控机床的坐标系统	162
8.3.1	坐标轴及运动方向的规定	162
8.3.2	常用坐标系及原点	164
8.3.3	机床参考点与装夹原点	166
8.4	程序原点的确定与对刀	166
8.4.1	程序原点的确定	166
8.4.2	数控车床对刀	167
8.4.3	数控铣床对刀	169
8.5	编程指令	170
8.5.1	准备功能(G 指令)	170
8.5.2	宏程序简介	191
8.5.2	F 指令、S 指令、T 指令	192
8.5.4	辅助指令(M 指令)	193
8.6	数控编程中的数学处理	194
8.6.1	直线、圆弧类零件的数学处理	195
8.6.2	非圆曲线节点坐标计算	196
8.6.3	列表曲线轮廓零件的数学处理	200
8.6.4	刀位点轨迹的计算	203
8.7	数控编程的方法	205
8.7.1	数控编程方法的分类	205
8.7.2	计算机辅助数控加工编程的一般原理	207
8.7.3	语言编程技术	207
8.7.4	图形编程技术概述	212
8.7.5	数控程序的检查与仿真	217
8.7.6	典型系统的数控编程功能简介	219
8.7.7	自动编程技术的新进展	223

第9章 典型零件数控加工实例	224
9.1 锥孔螺母套车削加工.....	224
9.2 凸轮铣削加工实例.....	229
9.3 端盖卧式加工中心加工实例.....	230
9.3.1 工艺方案及工艺路线的确定	231
9.3.2 确定工件坐标系	232
9.3.3 加工程序	232
思考题与习题	234
参考文献	238

第1章 概 述

1.1 数控机床的基本概念

数控技术是综合了计算机、自动控制、电机、电气传动、测量、监控、机械制造等学科领域最新成果而形成的一门边缘学科,是指用数字量及字符发出指令并实现自动控制的技术,它已成为制造业实现自动化、柔性化、集成化的生产基础技术。在现代机械制造领域中,数控技术已成为核心技术之一,是实现柔性制造、计算机集成制造、工厂自动化的重要基础技术之一。数控技术较早地应用于机床装备中,本书中的数控技术具体指机床数控技术。

国家标准(GB8129—1987)把机床数控技术定义为“用数字信号对机床的运动及加工过程进行控制的一种方法”,简称数控(NC)。数控机床就是指采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的机床,是一种典型的机、电、液、气、光高度一体化的产品。

在数控技术中引进计算机技术,称为计算机数控系统,简称CNC。CNC具有柔性好、功能强、可靠性高、经济性好以及易于实现机电一体化等特点,使数控技术在质的方面完成了一次飞跃。

1.2 数控机床的工作原理及组成

1.2.1 数控机床的工作原理

数控机床加工零件时,首先将加工零件的几何信息和工艺信息编制成加工程序,由输入部分送入数控装置,经过数控装置的处理、运算,按各坐标轴的分量送到各轴的驱动电路,经过转换、放大后驱动伺服电机,带动各轴运动,并进行反馈控制,使刀具与工件及其他辅助装置严格地按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数有条不紊地工作,从而加工出零件的全部轮廓。

1.2.2 数控机床的组成

数控机床一般由控制介质、输入输出装置、数控装置、伺服系统、测量反馈装置和机床主机组成,如图1.1所示。

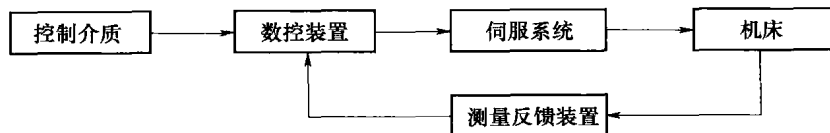


图 1.1 数控机床的组成

1. 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,又称信息载体,它记载着零件的加工程序。数控机床中,常用的存储介质有穿孔带(也称数控带)、穿孔

卡片、磁带和磁盘等。在数控机床产生的初期,人们使用的是 8 单位(8 孔)穿孔纸带,并规定了标准信息代码 ISO(国际标准化组织制定)和 EIA(美国电子工业协会制定)两种代码。尽管穿孔纸带趋于淘汰,但是规定的标准信息代码仍然是数控程序编制、制备存储介质唯一遵守的标准。

2. 输入、输出装置

输入、输出装置主要实现加工信息的输入、显示、存储和打印,是机床与外部设备的接口,目前输入装置主要有纸带阅读机、软盘驱动器、RS-232C 串行通信口、MDI 方式等。

3. 数控装置

数控装置是数控机床的核心,现代数控机床都采用计算机数控装置,即 CNC 装置。它包括微型计算机的电路、各种接口电路、CRT 显示器、键盘、可编程序逻辑控制器(PLC,也称可编程序控制器)等硬件以及相应的软件。数控装置能完成信息的输入、存储、变换、插补运算以及实现各种控制功能。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) 多种程序输入功能(人机对话、手动数据输入、由上级计算机及其他计算机输入设备的程序输入),以及编辑和修改功能。

(4) 信息转换功能,即 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) 补偿功能,即刀具半径补偿、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。可以实现各种加工循环、重复加工、凹凸模加工和镜像加工等。

(7) 具有故障自诊断功能。

(8) 显示功能,用 CRT 可以显示字符、轨迹、平面图形和动态三维图形。

(9) 通信和联网功能。

4. 伺服系统

伺服系统是接收数控装置的指令,驱动机床执行机构运动的驱动部件,是数控系统和机床本体之间的电传动联系环节。包括主轴驱动单元(主要是速度控制)、进给驱动单元(主要有速度控制和位置控制)、主轴电机和进给电机等。一般来说,数控机床的伺服驱动系统,要求有好的快速响应性能,以及能灵敏而准确地跟踪指令功能。现在常用的是直流伺服系统和交流伺服系统,而交流伺服系统正在逐渐取代直流伺服系统。

5. 测量反馈装置

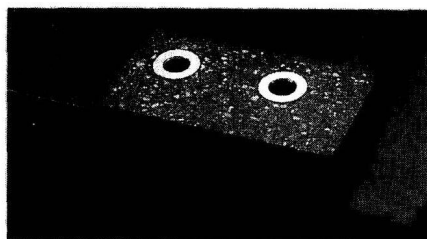
该装置可以包括在伺服系统中,它由检测元件和相应的电路组成,其作用是检测速度和位移,并将信息反馈回来,构成闭环控制。没有测量反馈装置的系统称为开环系统。常用的测量元件有脉冲编码器、旋转变压器、感应同步器、光栅和容栅等传感器。

6. 机床主机

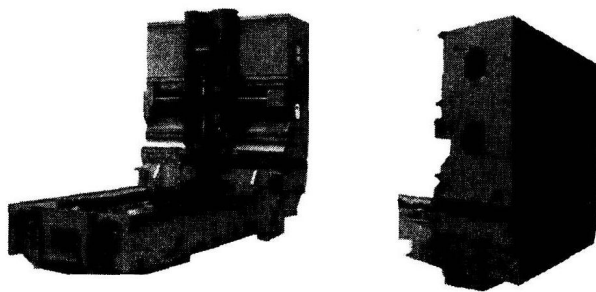
机床主机是指数控机床机械结构实体。它与传统的普通机床相比较,同样由主传动机构、进给传动机构、工作台、床身以及立柱等部分组成,但数控机床的整体布局、外观造型、传动机构、刀具系统及操作机构等方面都发生了很大的变化,如图 1.2 所示。这些变化的目的是为了满足数控技术的要求和充分发挥数控机床的特点,归纳起来有以下几点:

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

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



(a)



(b)

图 1.2 数控机床主机结构特点
(a) 大理石床身；(b) 封闭整体箱形结构。

(3) 较多地采用高效传动件,如滚珠丝杠副、直线滚动导轨等。

为了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)。

1.3 数控机床的分类

数控机床品种繁多,功能各异,为了更好地研究数控机床,可以从不同的角度来进行分类。

1.3.1 按运动轨迹分类

1. 点位控制数控机床

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,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,如图 1.3 所示。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 级~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、数控冲床和数控测量机等。

2. 直线控制数控机床

这类数控机床不仅要求具有准确的定位功能,而且要求从一点到另一点之间按直线运动进行切削加工,其路线一般是由和各轴线平行的直线段组成(也包括 45° 的斜线)。运动时的速度是可以控制的,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、数控磨床、数控镗铣床、加工中心等,其数控装置的控制功能比点位控制系统复杂,不仅控制直线运动轨迹,还控制进给速度及自动循环加工等功能。这些机床有 2 个到 3 个可控轴,但同时控制轴只有 1 个。

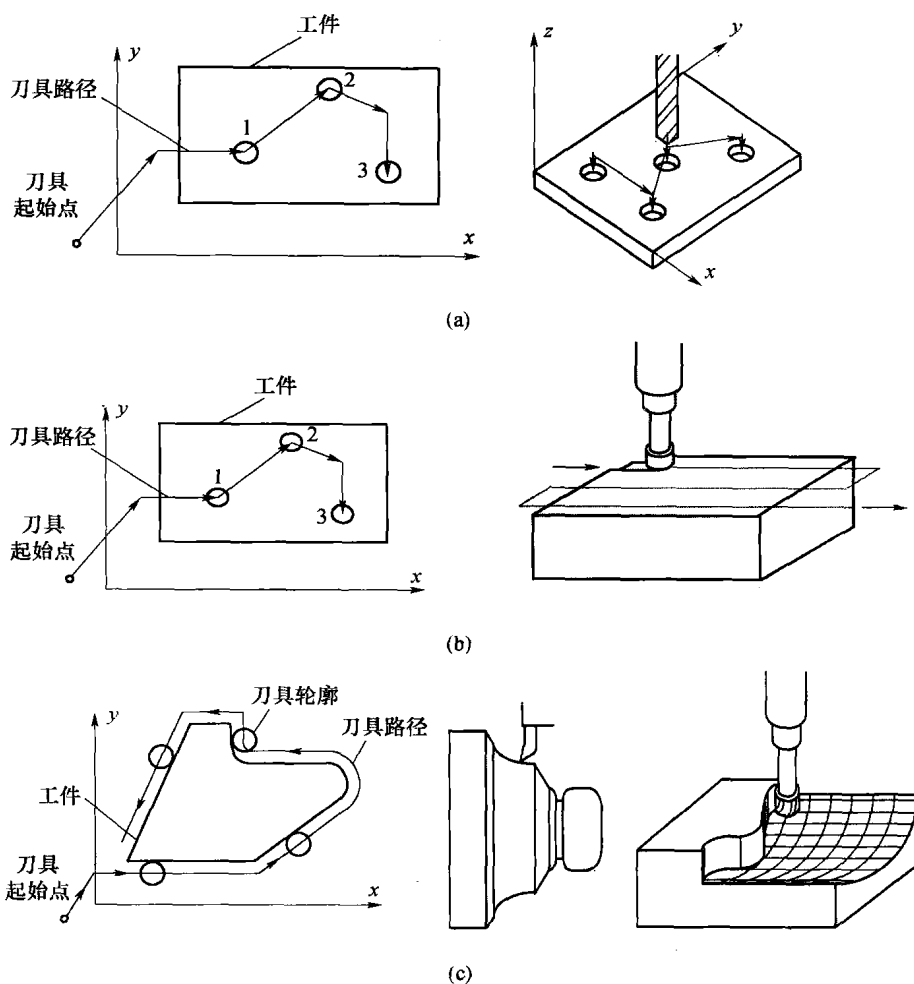


图 1.3 数控系统的运动控制方式
(a) 点位控制方式; (b) 直线控制方式; (c) 轮廓控制方式。

3. 轮廓控制的数控机床

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,具有插补功能。对位移和速度进行严格的不间断的控制。具有轮廓控制功能,即可以加工曲线或者曲面零件。轮廓控制数控机床包括二坐标及二坐标以上的数控铣床,可加工曲面的数控车床、加工中心等,如图 1.4 所示。现代数控机床绝大部分都具有两坐标或两坐标以上联动的功能。

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。

(1) 2 轴联动:主要用于数控车床加工曲线旋转面或数控铣床加工曲线柱面。

(2) 3 轴联动:一般分为两类,一类是 x 、 y 、 z 3 个直线坐标轴联动,比较多地用于数控铣床、加工中心等。另一类是除了同时控制 x 、 y 、 z 其中两个直线坐标轴联动外,还同时控制围绕其中某一直线坐标轴旋转的坐标轴。

(3) 4 轴联动:即同时控制 x 、 y 、 z 3 个直线坐标轴与某一个旋转坐标轴联动,此类数控机床可加工飞机大梁零件。

(4) 5 轴联动:除了同时控制 x 、 y 、 z 3 个直线坐标轴联动外,还同时控制围绕这些直线坐标轴旋转的 A、B、C 坐标轴中的两个坐标,即形成同时控制 5 个轴联动。

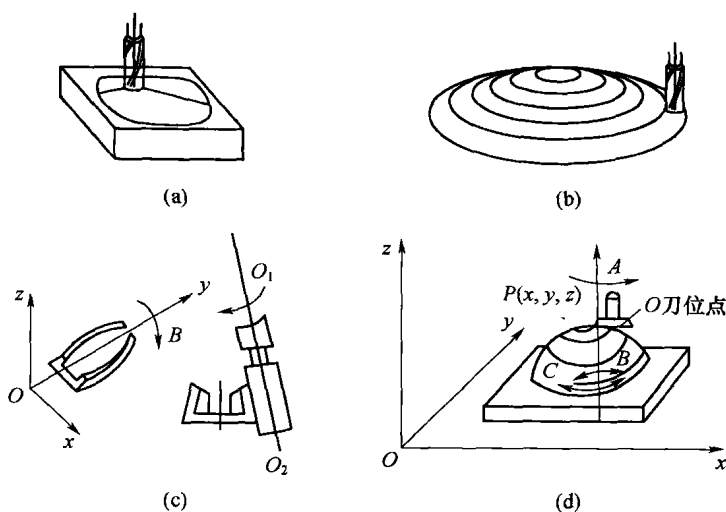


图 1.4 坐标加工示意图

(a) 两坐标加工; (b) 三坐标加工; (c) 四坐标加工; (d) 五坐标加工。

(5) 2.5 轴联动:是指 3 个主要控制轴(x 、 y 、 z 轴)中,任意两个轴联动,另一个是点位或直线控制。

1.3.2 按伺服控制系统分类

1. 开环控制数控机床

这类数控机床没有检测反馈装置,数控装置发出的指令信号的流程是单向的,开环控制系统框图如图 1.5 所示,其精度主要决定于伺服系统的性能,这类机床比较稳定,调试方便。适用于经济型、中小型机床。



图 1.5 开环控制系统框图

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,直至差值消除时为止。图 1.6 所示为闭环控制系统框图。采用闭环控制的数控机床可以消除由于传动部件在制造中存在的精度误差给工件加工带来的影响,从而得到很高的精度。但是,由于很多机械传动环节包括在闭环控制的环路内,各部件的摩擦特性、刚性以及间隙等都是非线性量,直接影响伺服系统的调节参数。因此,闭环系统的设计和调整都有较大的难度,设计和调整得不好,很容易造成系统的不稳定。因此,闭环控制数控机床主要用于一些精度要求很高的镗铣床、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。图 1.7 所示为半闭环控制系统框图。这种系统的闭环环路内不包括机械传动环节,因此可以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与速度。

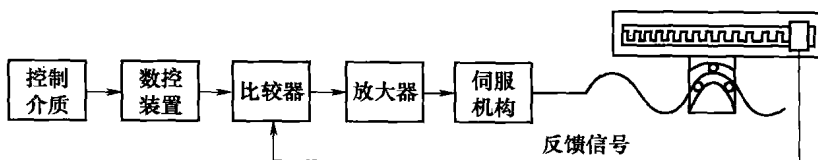


图 1.6 闭环控制系统框图

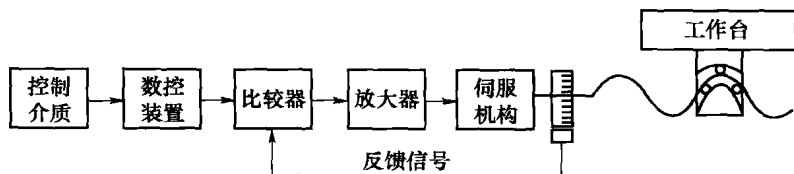


图 1.7 半闭环控制系统框图

1.3.3 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产品种类一样,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。数控加工中心是带有自动换刀装置,在一次装夹后,可以进行多种工序加工的数控机床。

2. 金属成形类数控机床

如数控折弯机、数控弯管机、数控回转头压力机等。

3. 数控特种加工及其他类型数控机床

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、数控三坐标测量机等。

1.3.4 按照功能水平分类

可以把数控机床分为高、中、低(经济型)档3类。这种分法没有一个确切的定义,但可以给人们一个清晰的一般水平概念。数控机床水平的高低由主要技术参数、功能指标和关键部件的功能水平来决定。以下几个方面可作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 $(8 \sim 15)\text{m/min}$ 为低档;分辨率为 $1\mu\text{m}$,进给速度为 $(15 \sim 24)\text{m/min}$ 为中档;分辨率为 $0.1\mu\text{m}$,进给速度为 $(15 \sim 100)\text{m/min}$ 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阴极射线管(CRT)字符显示。中档数控机床有较齐全的 CRT 显示,不仅有字符,而且还有图形、人机对话、自诊断等功能。高档数控机床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。中档数控机床有直接数控,也称群控(Direct Numerical Control, DNC)或 RS-232 接口。高档数控机床有制造自动化协议(Manufacturing Automation Protocol,

MAP)等高性能通信接口,具有联网功能。

5. 中央处理单元 CPU(Central Processing Unit)

低档数控机床一般采用 8 位 CPU,中、高档数控机床已经由 16 位 CPU 发展到 32 位、64 位 CPU,并用具有精简指令集的 RISC 中央处理单元。

此外,进给伺服水平以及 PLC 的功能也是衡量数控机床档次的标准。

经济型数控机床是相对于标准数控机床而言的,不同时期,不同国家含义是不一样的。经济型数控机床是根据实际机床的使用要求,合理的简化系统功能、降低成本的产物。区别于经济型数控机床,把功能比较齐全的数控机床称为全功能数控机床,或称为标准型数控机床。

1.4 机床数控技术的发展

1.4.1 数控机床的产生和发展

数控机床最早诞生于美国。1948 年,美国帕森斯公司在研制加工直升机叶片轮廓检查用样板的机床时,提出了数控机床的设想,后受美国空军委托与麻省理工学院合作,于 1952 年试制了世界上第 1 台三坐标数控立式铣床,其数控系统采用电子管。此后,德国、日本、中国等都陆续地开发、生产及使用数控机床。中国于 1958 年研制出了首台数控机床。1974 年,微处理器直接用于数控机床,进一步促进了数控机床的普及应用和飞速发展。

数控机床的发展大致经历了以下 6 个阶段。

第 1 阶段,1952 年由 Parson 公司和麻省理工学院联合研究开发的第 1 台电子管数控系统。

第 2 阶段,1960 年,出现了晶体管和印制电路板的数控系统。

第 3 阶段,1965 年,出现了小规模集成电路的数控系统。

第 4 阶段,1970 年,出现了小型计算机数控系统的硬件,并以软件形式实现数控功能的数控系统。

第 5 阶段,1974 年,出现微处理器或微型计算机数控系统。

第 6 阶段,20 世纪 90 年代后期,出现了 PC + CNC 智能数控系统。以 PC 为控制系统的硬件部分,Windows NT 为 PC 的操作系统平台,在 PC 上安装 NC 软件系统,即为加工中心的控制系统。德国 Roeders 公司生产的 RFM600 型加工中心就是典型的 PC + CNC 系统。PC + CNC 系统的优点集中表现为如下几点:

(1) 与 PC 硬件的完全通用,使数控系统能随着 PC 技术的升级而升级,系统维护方便。

(2) 充分共享 PC 丰富的软件资源。

(3) 由于 PC 有标准化的接口,方便地联入局域网及因特网,易于实现网络化制造。

20 世纪 80 年代以来,数控技术的发展,形成了一批著名的专业生产厂。如德国的西门子、Bosh、Roeders,日本的三菱电机、FANUC,法国的 NUM,西班牙的 FAGOR 等。

1.4.2 我国数控机床的发展概况

我国于 1958 年研制出了首台数控(NC)机床,到 1979 年为止,由于缺乏技术基础,总体设计实力差,各种机、电、液、气配套基础元件、数控系统不过关,我国 NC 机床无法正式生产,也无法在生产中正式使用。从 1980 年起,先后引进日、德、美、西班牙的 CNC 系统,各种 NC 机床,各类机、电、液、气基础元件等进行合作生产,提高了产品的质量,解决了可靠性问题,由此 NC 机床开始在我国批量生产,并正式用于生产制造。1980 年,我国 NC 机床产量为 692 台,至 1999 年,产