

数控编程与操作

孙小捞 张超凡 主编

清华大学出版社

数控编程与操作

孙心捞 张超凡 生 编
朱 峰 孟 瑾 副主编
田丽萍 王俊峰 参 编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书主要围绕数控车床、数控铣床、加工中心和计算机辅助编程加工技术进行全面阐述。在对数控机床、数控加工工艺等编程相关准备知识做介绍的基础上,以当前国内企业广泛使用的典型数控系统(SIEMENS、FANUC、华中)为主线,兼顾理论与实际操作,结合操作例子展开论述,使读者更好地理解 and 掌握数控编程加工的实质。本书内容精炼,深入浅出,在编写方式上力求通俗易懂、图文并茂,便于理解和记忆。每章配有习题,读者可以测试自己的学习效果。

本书适合作为高等院校机械类和机电类专业本科、专科教材,也可作为职工大学、培训机构、电视大学、函授大学等相关专业的教材或教学参考书,还可供机械加工及自动化行业广大科研、工程技术人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数控编程与操作/孙小捞,张超凡主编. —北京:清华大学出版社,2011.6

ISBN 978-7-302-25074-6

I. ①数… II. ①孙… ②张… III. ①数控机床—程序设计—高等职业教育—教材 ②数控机床—操作—高等职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 046436 号

责任编辑:贺志洪

责任校对:袁芳

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:14.75 字 数:355 千字

版 次:2011年6月第1版 印 次:2011年6月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:28.00 元

产品编号:036281-01



随着科学技术的进步,数控技术也飞速发展。由于国家经济建设的飞速发展,数控机床需求量出现了前所未有的增长势头,国内数控机床生产出现了供不应求的局面。当前,社会对数控技术人才的需求越来越多,要求也越来越高。而我国数控技术人才的缺口还相当大,加快高素质数控技术人才的培养成为当务之急,本书就是为快速、高质量培养数控技术人才而编写的。

本书主要围绕数控车床、数控铣床、加工中心和计算机辅助编程加工技术而全面地展开阐述。在对数控机床、数控加工工艺等编程相关准备知识进行介绍的基础上,以当前国内企业广泛使用的典型数控系统(SIEMENS、FANUC、华中)为主线,兼顾理论与实际操作,结合操作例子,使读者更好地理解 and 掌握数控编程加工的实质。

本书共分7章,第1章为机床数控技术概论,主要介绍了数控机床的组成、原理、分类、特点和应用范围;第2章为数控编程加工基础,主要介绍了数控机床的坐标系、加工程序的结构与格式、数控编程中的数学处理以及数控加工工艺规程及技术文件;第3章为数控车床编程与操作,主要介绍了数控车床的编程特点,华中 HNC-21T 系统、FANUC Oi Mate-TB 和西门子 802S 系统的编程及操作;第4章为数控铣床编程与操作,主要介绍了数控铣床的编程特点,华中 HNC-21M 系统、FANUC Oi 系统和西门子 802S 系统的编程及操作;第5章为加工中心的程序编制,主要介绍了加工中心的功能与分类、换刀系统和西门子 802D 系统的编程与操作;第6章为计算机辅助数控编程,主要介绍了计算机辅助数控编程的步骤与方法以及用 Mastercam 软件和 Pro/ENGINEER 软件辅助编程实例;第7章为数控机床的发展趋势,主要介绍了数控机床高速化、高精度化、复合化、智能化、高柔性化和开放式体系结构。

本书由洛阳理工学院孙小捞、漯河职业技术学院张超凡任主编,洛阳理工学院孟瑾、田丽萍、王俊峰,开封大学朱峰参加编写。其中第1、6章由孙小捞编写,第2章由朱峰编写,第3章由张超凡编写,第4章4.1、4.2节和第7章由田丽萍编写,第4章4.3~4.6节由王俊峰编写,第5章由孟瑾编写。本书在编写过程中,参考了大量的教材、手册等资料,在此对有关人员表示衷心的感谢。

限于编者水平和经验,书中难免有疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2011年1月



第 1 章 机床数控技术概论	1
1.1 数控机床概述	1
1.1.1 数控技术概念	1
1.1.2 数控机床的发展及常用数控系统	1
1.1.3 数控机床的主要技术指标	2
1.1.4 计算机数控的概念与发展	3
1.2 数控机床的组成与工作原理	5
1.3 数控机床的分类	7
1.4 数控机床的特点和应用范围	11
习题	13
第 2 章 数控编程加工基础	15
2.1 数控编程概述	15
2.1.1 数控编程的内容与步骤	15
2.1.2 数控编程的方法	16
2.2 数控加工工艺规程及技术文件	18
2.2.1 数控加工工艺分析与设计	19
2.2.2 数控加工工序设计	21
2.2.3 数控加工专用技术文件的编写	24
2.3 数控机床的坐标系	27
2.3.1 机床标准坐标系及坐标轴的确定	27
2.3.2 编程坐标系及其设定	29
2.3.3 工件坐标系及其设定	29
2.3.4 联动轴	31
2.4 数控编程中的数学处理	32
2.4.1 基点坐标的计算	33
2.4.2 节点坐标的计算	34
2.4.3 辅助计算	35
2.4.4 列表曲线的数学处理	36
2.5 数控加工程序的结构与格式	37

2.5.1	程序格式	37
2.5.2	程序段格式	37
2.5.3	程序段组成	38
2.5.4	准备功能、辅助功能与其他功能	39
2.5.5	主程序与子程序	40
习题	42
第 3 章	数控车床编程与操作	44
3.1	数控车床的功能与分类	44
3.2	数控车床的编程特点	44
3.2.1	数控车床的各坐标系	45
3.2.2	数控车床的工艺规程	46
3.2.3	数控车床的刀具系统	46
3.2.4	数控车床的刀具补偿	47
3.3	华中 HNC-21T 系统的编程指令与应用	49
3.3.1	辅助功能 M 代码	49
3.3.2	主轴功能 S、进给功能 F 和刀具功能 T	50
3.3.3	准备功能 G 代码	50
3.3.4	宏程序编程	67
3.4	华中 HNC-21T 系统编程实例与操作	68
3.4.1	华中 HNC-21T 系统数控车床操作面板	68
3.4.2	华中 HNC-21T 系统数控车床操作流程与方法	70
3.5	FANUC Oi Mate-TB 系统介绍	74
3.5.1	FANUC Oi Mate-TB 系统数控车床操作面板、操作流程与方法	74
3.5.2	FANUC Oi Mate-TB 系统编程实例	78
3.6	西门子 802S 车床系统介绍	80
3.6.1	西门子 802S 车床系统指令功能介绍	80
3.6.2	西门子 802S 车床系统操作面板、操作流程与方法	81
3.6.3	西门子 802S 车床系统编程实例	83
习题	85
第 4 章	数控铣床编程与操作	87
4.1	数控铣床的功能与分类	87
4.2	数控铣床的编程特点	90
4.2.1	数控铣床的各坐标系	90
4.2.2	数控铣床的工艺规程	92
4.2.3	数控铣床的刀具与刀柄系统	98
4.2.4	数控铣床的刀具半径补偿和长度补偿	102
4.3	华中 HNC-21M 系统的编程指令与应用	106

4.3.1	辅助功能 M 代码	106
4.3.2	主轴功能 S、进给速度 F 和刀具功能 T	108
4.3.3	准备功能 G 指令	108
4.3.4	宏程序编程	126
4.4	华中 HNC-21M 编程实例与操作	130
4.4.1	数控铣床操作流程与方法	130
4.4.2	华中 HNC-21M 系统数控铣床操作面板、操作流程与方法	131
4.4.3	华中 HNC-21M 编程实例	133
4.5	FANUC Oi 系统介绍	135
4.5.1	FANUC Oi 系统指令功能介绍	135
4.5.2	FANUC Oi 系统数控铣床操作面板、操作流程与方法	136
4.5.3	FANUC Oi 系统编程实例	138
4.6	西门子 802S 铣床系统介绍	140
4.6.1	西门子 802S 铣床系统指令功能介绍	140
4.6.2	西门子 802S 铣床系统操作面板、操作流程与方法	142
4.6.3	西门子 802S 铣床编程实例	147
	习题	148
第 5 章	加工中心的程序编制	150
5.1	加工中心的功能与分类	150
5.1.1	加工中心的功能	150
5.1.2	加工中心的分类与换刀方式	151
5.1.3	加工中心的刀柄系统	154
5.2	加工中心换刀系统	155
5.2.1	加工中心的自动换刀过程	155
5.2.2	换刀指令及换刀程序	156
5.2.3	换刀时注意事项	157
5.3	西门子 802D 系统的编程指令与应用	157
5.3.1	西门子 802D 指令系统介绍	157
5.3.2	西门子 802D 系统操作面板、操作流程与方法	189
5.3.3	西门子 802D 系统的编程实例与操作	192
	习题	196
第 6 章	计算机辅助数控编程	197
6.1	常用的 CAD/CAM 软件简介	197
6.2	计算机辅助数控编程的步骤与方法	198
6.3	Mastercam 软件辅助编程实例	198
6.4	Pro/ENGINEER 软件辅助编程实例	204
	习题	211

第 7 章 数控机床的发展趋势	212
7.1 数控机床的高速化与高精度化	212
7.2 数控机床的复合化	214
7.3 数控机床的智能化	217
7.4 数控机床的高柔性化	220
7.5 数控机床的开放式体系结构	224
习题	225
参考文献	226



机床数控技术概论

学习目标：熟悉数控机床的基本组成、加工原理、分类、特点及应用。通过学习，应该掌握数控机床的基本组成及工作原理、数控机床的分类方法和数控机床的特点以及应用领域。

1.1 数控机床概述

1.1.1 数控技术概念

数控(Numerical Control, NC)是采用数字化信息对机床的运动及其加工过程进行控制的方法。

数控技术(Numerical Control Technology)是利用数字化的信息对某一对象进行控制的技术,控制对象可以是位移、角度、速度等机械量,也可以是温度、压力、流量、颜色等物理量。它是近代发展起来的一种自动控制技术,是机械加工现代化的重要基础与关键技术。

1.1.2 数控机床的发展及常用数控系统

数控机床(Numerical Control Machine Tools)是用数字代码形式的信息(程序指令),控制刀具按给定的工作程序、运动速度和轨迹进行自动加工的机床。数控机床是在机械制造技术和控制技术的基础上发展起来的,其过程大致如下。

1948年,美国帕森斯公司接受美国空军委托,研制直升机螺旋桨叶片轮廓检验用样板的加工设备。由于样板形状复杂多样、精度要求高,一般加工设备难以适应,于是提出了采用数字脉冲控制机床的设想。

1949年,该公司与美国麻省理工学院(MIT)开始共同研究,并于1952年试制成功第一台三坐标数控铣床,当时的数控装置采用电子管元件。

1959年,数控装置采用了晶体管元件和印制电路板(旧称印刷电路板),出现了带自动换刀装置的数控机床,称为加工中心(Machining Center, MC),使数控装置进入了第二代。

1965年,出现了第三代的集成电路数控装置,不仅体积小,功率消耗少,且可靠

性提高,价格进一步下降,促进了数控机床品种和产量的发展。

20世纪60年代末,先后出现了由一台计算机直接控制多台机床的直接数控系统(DNC),又称群控系统,和采用小型计算机控制的计算机数控系统(Computer Numerical Control,CNC),使数控装置进入了以小型计算机化为特征的第四代。

1974年,研制成功使用微处理器和半导体存储器的微型计算机数控装置(MNC),这是第五代数控系统。

20世纪80年代初,随着计算机软、硬件技术的发展,出现了能进行人机对话式自动编制程序的数控装置;数控装置越趋小型化,可以直接安装在机床上;数控机床的自动化程度进一步提高,具有自动监控刀具破损和自动检测工件等功能。

20世纪90年代后期,出现了PC+CNC智能数控系统,即以PC为控制系统的硬件部分,在PC上安装NC软件系统。此种方式系统维护方便,易于实现网络化制造。

常用的数控系统有以下几种。

1. 国外公司生产的系统

- 德国SIEMENS(西门子)公司的SINUMERIK 802S、802D、810D和840D数控系统。
- 德国HEIDENHAIN(海德汉)公司的iTNC530数控系统。
- 日本FANUC(发那科)公司的FANUC Series 3/5/6/7、FANUC Series 10/11/12、FANUC Series 0、FANUC Series 15/16/18、FANUC Series 21/210和FANUC Series 30i/300/3000is等系列。目前,我国主要使用的有FANUC Series 0、FANUC Series 15/16/18和FANUC Series 21/210系列。

2. 国内公司生产的系统

- 华中HNC(世纪星)数控系统。
- 广州数控GSK 980、GSK 928和GSK 990数控系统。

1.1.3 数控机床的主要技术指标

1. 数控车床和数控车削中心

数控车床和数控车削中心的主要技术指标如表1-1所示。

表1-1 数控车床和数控车削中心的主要技术指标

序号	技术指标	序号	技术指标
1	床身上最大回转直径	11	主轴端径向圆跳动
2	最大车削直径	12	车削工件圆度
3	最大车削长度	13	机床体积(长×宽×高)
4	移动距离(最大行程)	14	机床重量
5	主轴转速	15	快速移动速度
6	联动轴数	16	顶尖锥度
7	主电机功率	17	刀位数
8	主轴最大扭矩	18	采用的数控系统及分辨率
9	重复定位精度	19	伺服系统类型
10	定位精度		

2. 数控铣床和数控加工中心

数控铣床和数控加工中心的主要技术指标如表 1-2 所示。

表 1-2 数控铣床和数控加工中心的主要技术指标

序号	技术指标	序号	技术指标
1	工作台宽度	9	主电机功率
2	主轴转速	10	主轴最大扭矩
3	主轴锥度	11	定位精度
4	刀柄采用标准	12	重复定位精度
5	刀位数	13	主轴端径向圆跳动
6	快移速度	14	采用的数控系统及分辨率
7	换刀速度	15	伺服系统类型
8	联动轴数		

1.1.4 计算机数控的概念与发展

计算机数控系统是以计算机为核心的数控系统。它是由零件加工程序、输入/输出设备、计算机数字控制装置、可编程序控制器、主轴驱动装置和进给驱动装置等组成的一种配有专用操作系统的计算机控制系统。

1. CNC 系统的特点

CNC 系统具有以下特点。

- 灵活性；
- 模块化；
- 可靠性；
- 易于实现多功能程序控制；
- 使用维护方便；
- 通信功能。

2. CNC 系统的硬件结构

(1) 物理结构

与一般的计算机系统一样,CNC 装置也是由硬件和软件两大部分组成的。根据其安装形式、板卡布局等硬件物理结构的不同,CNC 装置可以分为大板式和模块化结构两大类。

(2) 逻辑结构

根据 CNC 装置内部逻辑电路结构的不同,又可以将数控系统分为单 CPU 结构和多 CPU 结构两大类。

① 单 CPU 结构。所谓单 CPU 结构,即采用一个 CPU 来集中控制,分时处理数控的各个任务。单 CPU 结构 CNC 装置的系统组成框图如图 1-1 所示。

CNC 装置工作时,在系统程序(存储在 EPROM 中)的控制下,从 MDI/CRT 接口或者串行通信接口输入零件加工程序并将其存储到 RAM 中,然后进行译码、插补等处理,插补

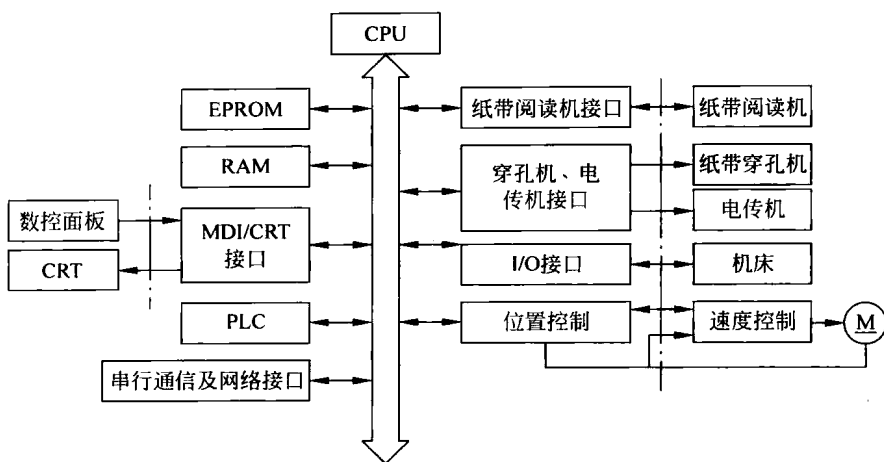


图 1-1 单 CPU 结构 CNC 装置的系统组成框图

结果通过位置控制接口输出，控制各坐标轴运动，并通过 I/O 接口输入/输出开关量信号，实现辅助动作的控制并同步零件程序的执行。

② 多 CPU 结构。所谓多 CPU 结构，即采用多个 CPU 来分别控制 CNC 装置的各个功能模块，以实现多个控制任务的并行处理和执行，从而大大提高整个系统的处理速度。多 CPU 结构一般采用共享总线的互连方式。在这种互连方式中，根据具体情况将系统划分成多个功能模块，各模块通过系统总线相互连接。典型的多 CPU 结构 CNC 装置的系统组成框图如图 1-2 所示。

3. CNC 装置的软件结构

CNC 装置的软件是为了完成 CNC 系统各项功能而设计和编制的专用软件，又称系统软件(系统程序)，其作用与计算机操作系统的功能相类似。

CNC 系统是一个多任务的实时控制系统。在许多情况下，CNC 装置的多个功能模块必须同时运行，这是由具体的加工控制要求所决定的。CNC 系统的管理软件和控制软件两部分经常是同时工作的。CNC 装置的软件组成如图 1-3 所示。

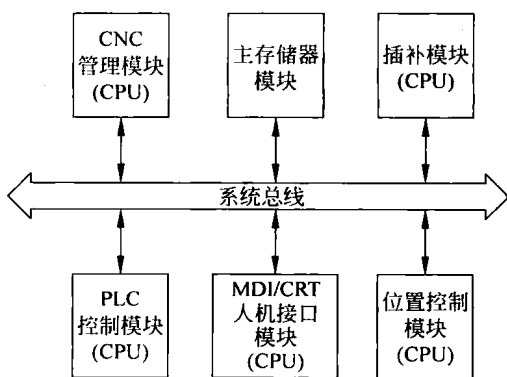


图 1-2 多 CPU 结构 CNC 装置的系统组成框图

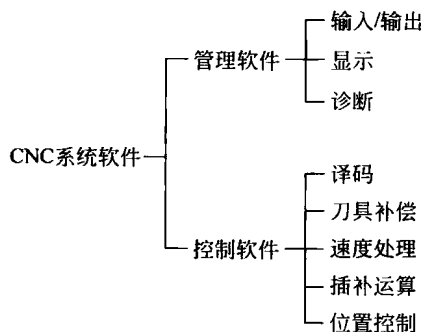


图 1-3 CNC 装置的软件组成

1.2 数控机床的组成与工作原理

1. 数控机床的组成

数控机床一般由输入装置、数控系统、伺服系统、测量环节和机床本体(组成机床本体的各机械部件)组成。数控机床组成示意图如图 1-4 所示。

(1) 输入/输出装置

数控系统必须接收由操作人员输入的零件加工程序,才能按零件加工程序发出相应的控制信号,指挥机床加工出所需要的零件。

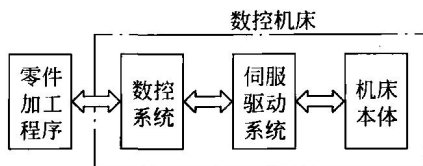


图 1-4 数控机床组成示意图

① 操作面板。它是操作人员与数控装置进行信息交流的工具,主要由按钮、状态灯、按键、显示器等部分组成。如图 1-5 所示为华中数控世纪星系统的操作面板。

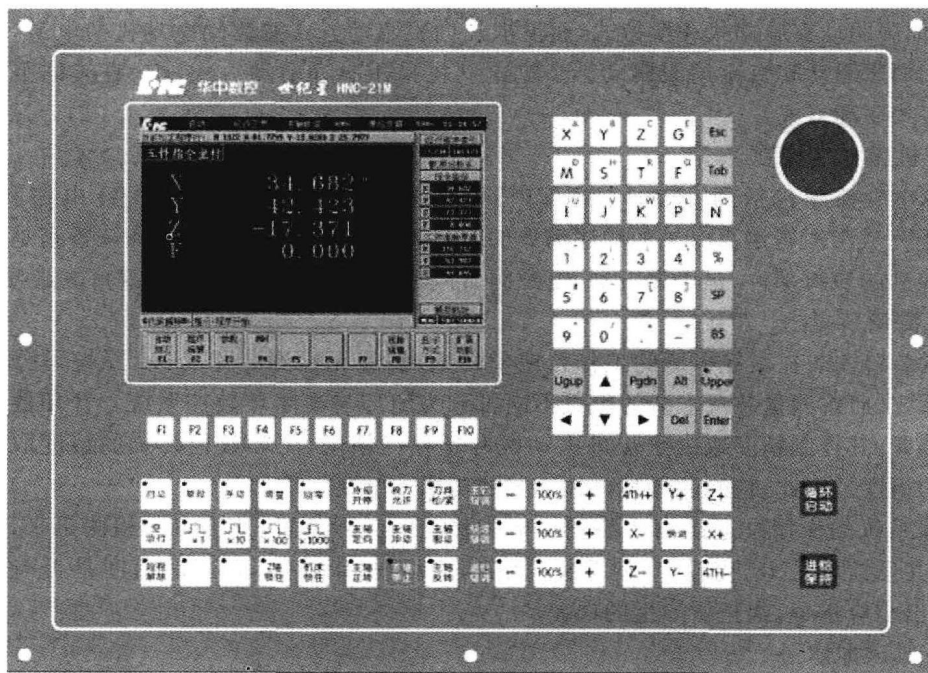


图 1-5 华中数控世纪星系统的操作面板实物图

② 控制介质。人与数控机床之间建立某种联系的中间媒介物就是控制介质,又称信息载体。常用的控制介质有穿孔带、穿孔卡、磁盘和磁带。

③ 人机交互设备。数控机床在加工运行时,通常都需要操作人员对数控系统进行状态干预,对输入的加工程序进行编辑、修改和调试,对数控机床运行状态进行显示等,也就是数控机床要具有人机联系的功能。具有人机联系功能的设备统称人机交互设备。常用的人机交互设备有键盘、显示器、光电阅读机等。

④ 通信。现代的数控系统除采用输入/输出设备进行信息交换外,一般都具有用通信

方式进行信息交换的能力。它们是实现 CAD/CAM 的集成、FMS 和 CIMS 的基本技术。采用的方式有串行通信(RS-232 等串口)、自动控制专用接口和规范(DNC 方式、MAP 协议等)、网络技术(Internet、LAN 等)。

(2) 数控系统

数控系统是数控机床的中枢。根据输入的零件加工程序进行相应的处理(如运动轨迹处理、机床输入/输出处理等),然后输出控制命令到相应的执行部件(伺服单元、驱动装置和 PLC 等),所有这些工作是由数控系统协调配合、合理组织,使整个系统有条不紊地进行工作的。

(3) 进给伺服驱动系统

进给伺服驱动系统由伺服控制电路、功率放大电路和伺服电动机组成。伺服驱动的作用是把来自数控装置的位置控制移动指令转变成机床工作部件的运动,使工作台按规定轨迹移动或精确定位,加工出符合图样要求的工件,即把数控装置送来的微弱指令信号,放大成能驱动伺服电动机的大功率信号。

常用的伺服电动机有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。根据接收指令的不同,伺服驱动有脉冲式和模拟式,而模拟式伺服驱动方式按驱动电动机的电源种类,可分为直流伺服驱动和交流伺服驱动。步进电动机采用脉冲驱动方式,交、直流伺服电动机采用模拟式驱动方式。

(4) 机床电气控制

机床电气控制包括两个方面:PLC(可编程的逻辑控制器),机床 I/O 电路和装置。PLC 用于完成与逻辑运算有关的顺序动作的 I/O 控制,而机床 I/O 电路和装置则是用来实现 I/O 控制的执行部件,是由继电器、电磁阀、行程开关、接触器等组成的逻辑电路系统。

(5) 测量装置

测量装置安装在数控机床的工作台或丝杠上,按有无检测装置,CNC 系统可分为开环和闭环系统,而按测量装置安装的位置不同可分为闭环与半闭环数控系统。开环数控系统无测量装置,其控制精度取决于步进电动机和丝杠的精度,闭环数控系统的精度取决于测量装置的精度。因此,检测装置是高性能数控机床的重要组成部分。

反馈系统的作用是通过测量装置将机床移动的实际位置、速度参数检测出来,转换成电信号,并反馈到 CNC 装置中,使 CNC 能随时判断机床的实际位置、速度是否与指令一致,并发出相应指令,纠正所产生的误差。

(6) 机床本体

数控机床的机械部件包括主运动部件,即进给运动执行部件,如工作台、拖板及其传动部件,床身、立柱等支承部件;此外,还有冷却、润滑、转位和夹紧等辅助装置。对于加工中心类的数控机床,还有存放刀具的刀库、交换刀具的机械手等部件。数控机床是高精度和高生产率的自动化加工机床,与普通机床相比,应具有更好的抗振性和刚度,要求相对运动面的摩擦因数要小、进给传动部分之间的间隙要小。所以其设计要求比通用机床更严格,加工制造要求精密,并采用加强刚性、减小热变形、提高精度的设计措施。辅助控制装置包括刀库的转位换刀、液压泵、冷却泵等控制接口电路。

2. 数控机床的工作原理

数控机床工作原理,是数控装置内的计算机对以数字和字符编码方式所记录的信息进

行一系列处理后,向机床进给等执行机构发出命令,执行机构则按其命令对加工所需各种动作如刀具相对于工件的运动轨迹、位移量和速度等实现自动控制,从而完成工件的加工。

1.3 数控机床的分类

1. 按工艺类型分类

(1) 金属切削类数控机床

与传统的车、铣、钻、磨、齿轮加工相对应的数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控磨床、数控齿轮加工机床等。尽管这些数控机床在加工工艺方法上存在很大差别,具体的控制方式也各不相同,但机床的动作和运动都是数字化控制的,具有较高的生产率和自动化程度。

在普通数控机床上加装一个刀库和换刀装置就成为数控加工中心机床。数控加工中心机床进一步提高了普通数控机床的自动化程度和生产效率。如铣、镗、钻加工中心是在数控铣床基础上增加了一个容量较大的刀库和自动换刀装置形成的,工件一次装夹后,可以对箱体零件的四面甚至五面大部分加工工序进行铣、镗、钻、扩、铰以及攻螺纹等多工序加工,特别适合箱体类零件的加工。数控加工中心机床可以有效地避免由于工件多次安装造成的定位误差,减少了机床的台数和占地面积,缩短了辅助时间,大大提高了生产效率和加工质量。

图 1-6 所示为数控车床,图 1-7 所示为数控铣床。



图 1-6 数控车床

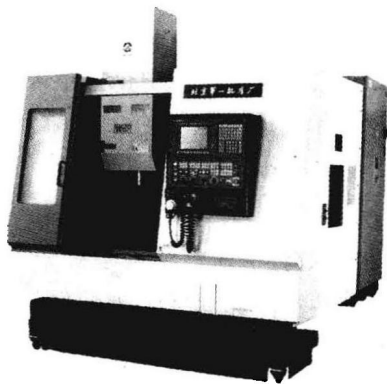


图 1-7 数控铣床

(2) 特种加工类数控机床

除了切削加工数控机床以外,数控技术也大量用于数控电火花线切割机床、数控电火花成形机床、数控等离子弧切割机床、数控火焰切割机床以及数控激光加工机床等。

图 1-8 所示为数控电火花线切割机床,图 1-9 所示为数控电火花成形机床。

(3) 板材加工类数控机床

常见的应用于金属板材加工的数控机床有数控压力机、数控剪板机和数控折弯机等。图 1-10 所示为数控剪板机,图 1-11 所示为数控折弯机。

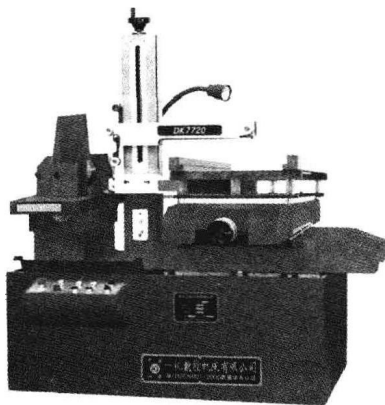


图 1-8 数控电火花线切割机床

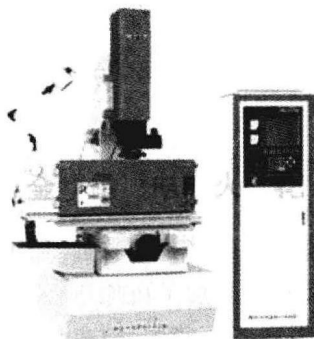


图 1-9 数控电火花成形机床

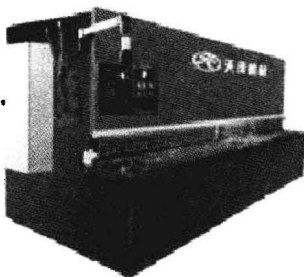


图 1-10 数控剪板机



图 1-11 数控折弯机

近年来,其他机械设备中也大量采用了数控技术,如数控多坐标测量机、自动绘图机及工业机器人等。

2. 按控制运动方式分类

(1) 点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是机床移动部件只能实现由一个位置到另一个位置的精确定位,在移动和定位过程中不进行任何加工。机床数控系统只控制行程终点的坐标值,不控制点与点之间的运动轨迹,因此几个坐标轴之间的运动无任何联系。几个坐标可以同时向目标点运动,也可以各个坐标单独依次运动,如图 1-12 所示。

这类数控机床主要有数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床、数控点焊机等。点位控制数控机床的数控装置称为点位数控装置。

(2) 直线控制数控机床

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变化。

直线控制的简易数控车床,只有两个坐标轴,可加工阶梯轴。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,驱动动力头带有多个轴的轴向进给进行钻镗加工,它也可算是一种直线控制数控机床。

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能在一定范围内

进行调整,兼有点位和直线控制加工的功能,这类机床应该称为点位/直线控制的数控机床,如图 1-13 所示。

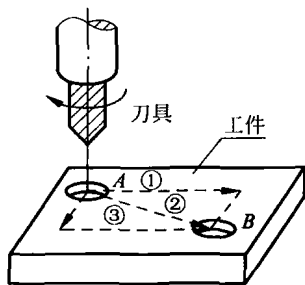


图 1-12 点位控制铣床加工

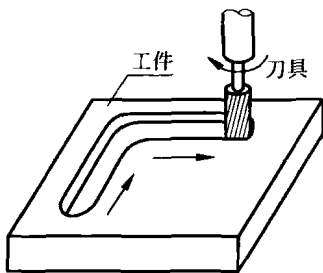


图 1-13 直线控制铣床加工

(3) 轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床能够对两个或两个以上运动的位移及速度进行连续相关的控制,合成的平面或空间的运动轨迹能满足零件轮廓的要求。它不仅能控制机床移动部件的起点与终点坐标,而且能控制整个加工轮廓每一点的速度和位移,将工件加工成要求的轮廓形状。

常用的数控车床、数控铣床、数控磨床就是典型的轮廓控制数控机床。数控火焰切割机、电火花加工机床以及数控绘图机等也采用了轮廓控制系统。轮廓控制系统的结构要比点位/直线控制系统更为复杂,在加工过程中需要不断进行插补运算,然后进行相应的速度与位移控制。

现代计算机数控装置的控制功能均由软件实现,增加轮廓控制功能不会带来成本的增加。因此,除少数专用控制系统外,现代计算机数控装置都具有轮廓控制功能,如图 1-14 所示。

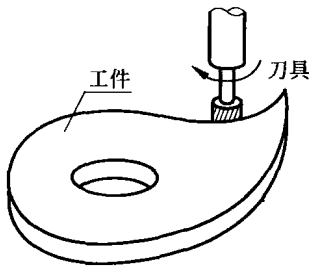


图 1-14 轮廓控制铣床加工

3. 按驱动伺服系统类型分类

(1) 开环控制数控机床

开环控制数控机床,其控制系统没有位置检测元件,伺服驱动部件通常为反应式步进电动机或混合式伺服步进电动机。数控系统每发出一个进给指令,经驱动电路功率放大后,驱动步进电动机旋转一个角度,再经过齿轮减速装置带动丝杠旋转,通过丝杠螺母机构转换为移动部件的直线位移。移动部件的移动速度与位移量是由输入脉冲的频率与脉冲数所决定的。此类数控机床的信息流是单向的,即进给脉冲发出去后,实际移动值不再反馈回来,所以称为开环控制数控机床,如图 1-15 所示。

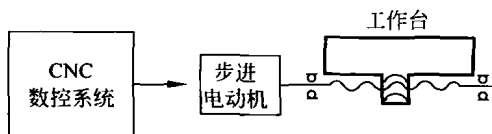


图 1-15 开环控制数控机床结构

开环控制系统的数控机床结构简单,成本较低。但是,系统对移动部件的实际位移量不进行监测,也不能进行误差校正。因此,步进电动机的失步、步距角误差、齿轮与丝杠等传动误差都将影响被加工零件的精度。开环控