



工业和信息化高职高专“十二五”规划教材立项项目



21 世纪高职高专机电工程类规划教材

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN JDIANGONGCHENGLEI GUIHUA JIAOCAI

数控编程与操作

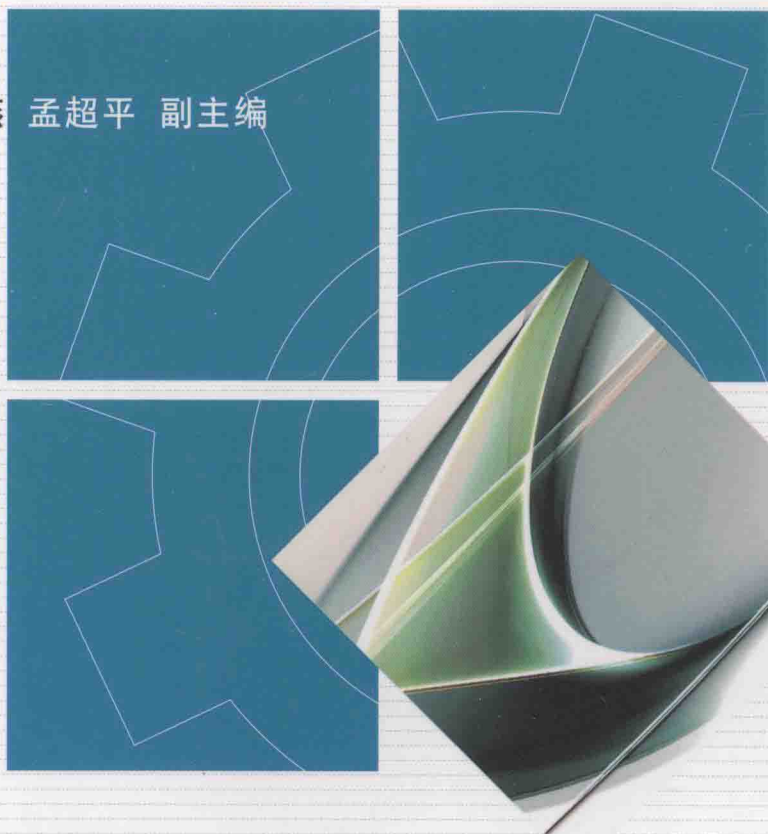


hukong Biancheng Yu Caozuo

■ 康俐 主编

王京 刘玲 谢燕燕 孟超平 副主编

吴水萍 主审



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化部高职高专“十二五”规划教材立项项目



21 世纪高职高专机电工程类规划教材

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN JDIANGONGCHENGLEI GUIHUA JIAOCAI

数控编程与操作

■ 康俐 主编

王京 刘玲 谢燕燕 孟超平 副主编

吴水萍 主审

人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

数控编程与操作 / 康俐主编. — 北京 : 人民邮电出版社, 2011. 9

21世纪高职高专机电工程类规划教材

ISBN 978-7-115-26027-7

I. ①数… II. ①康… III. ①数控机床—程序设计—
高等教育—教材②数控机床—操作—高等教育—
教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字 (2011) 第168767号

内 容 提 要

本书以华中数控系统为例, 介绍数控机床的产生及发展趋势、数控机床的加工特点及适用范围、数控机床的组成、工作原理及功能等。对数控编程的基本概念、数控编程的内容和方法、机床坐标系的确定、工件坐标系、数控机床坐标系的原点与参考点、数控编程程序的结构与格式等也做了介绍。

工业和信息化部高职高专“十二五”规划教材立项项目

21 世纪高职高专机电工程类规划教材

数控编程与操作

◆ 主 编 康 俐

副 主 编 王 京 刘 玲 谢燕燕 孟超平

主 审 吴水萍

责任编辑 潘新文

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

北京鑫正大印刷有限公司印刷

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 13.75

2011 年 9 月第 1 版

字数: 344 千字

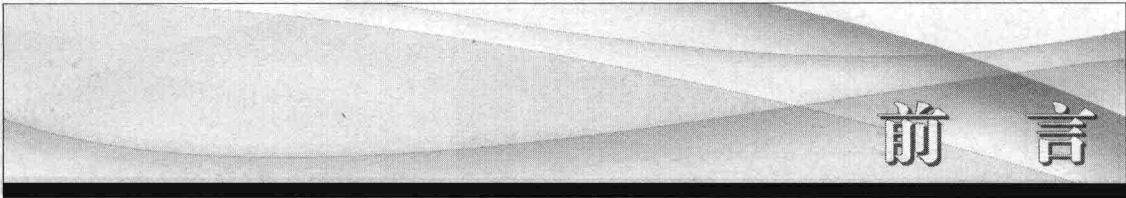
2011 年 9 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-26027-7

定价: 29.80 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154



前言

2011 年是我们国家实施“十二·五”规划的第一年，规划中要求高等职业院校加快教育改革，建立以企业为主体，市场为导向的教育教学体系。本书就是遵照国家“十二·五”规划的指导思想，为了适应新形势下加工制造行业对高等技术应用型人才的要求编写的。

本书由曾在企业多年从事数控编程加工的技师、学校数控基地的实训指导教师以及从事数控专业教学的专职教师精心编写。在编写过程中，我们充分考虑到机电类高职高专学生应具备的知识结构和实践技能，按照现阶段机电类高职学生的理论水平和将来的就业方向，去掉了一些纯理论性的推导和计算，增加了大量实用性较强的编程例题。在内容安排上注重由理论到实践、由浅入深、通俗易懂、图文并茂。力争做到每一个加工指令都配有相应的图形及例题，所编写的例题与实践紧密结合。使学生在学完编程理论与操作后，能够尽快上手操作。同时，本书在介绍数控车、铣、加工中心等编程与加工的基础上，五轴联动数控加工、数控加工中特种加工做了较为详细的讲解，如数控线切割加工、数控电火花成形等，使学生能够更多地了解这些高新技术知识，走出校门后能够尽快适应行业企业的需求。对数控加工技术人员而言，学习手动编程是学习数控编程加工的基础。但是，由于手动编程的局限性，自动编程已成为编程技术的主流，它能够解决复杂零件的编程加工问题。因此，本书在学习基础知识之后，在第 10 章，还进行了自动编程方法的详细讲解，其中包含 CAXA 软件的使用方法及典型零件的自动编程实例。

全书共分 10 章，第 1 章是数控加工系统概述，第 2 章是数控编程基础，第 3 章是数控车床的程序编制，第 4 章是数控车床的操作，第 5 章是数控铣床编程，第 6 章是数控铣床操作，第 7 章是数控加工中心的编程，第 8 章是数控加工中心的操作，第 9 章是数控线切割与电火花成形简介，第 10 章是计算机自动编程。

本书中第 1 章、第 2 章由孟超平编写，第 3 章、第 4 章由王京编写，第 5 章、第 6 章由谢燕燕编写，第 7 章至第 9 章由康俐编写，第 10 章由刘玲编写。全书由康俐任主编。

本书在编写过程中得到了内蒙古机电职业技术学院机电系袁广、胡迪川以及数控实训中心教师们的大力支持和帮助，在此深表感谢。

限于编者水平，书中难免存在不足或错误之处，敬请广大读者批评指正。

编 者
2011 年 6 月

目 录

第 1 章 数控加工系统概述	1
1.1 数控机床的产生及发展趋势	1
1.1.1 数控机床的概念	1
1.1.2 数控机床的产生	2
1.1.3 数控机床发展的趋势	2
1.2 数控机床的加工特点及适用范围	4
1.2.1 数控机床的加工特点	4
1.2.2 数控机床的适用范围	5
1.3 数控机床的组成及工作原理	5
1.3.1 数控机床的组成	5
1.3.2 数控机床的工作原理	7
1.4 数控机床的分类	8
1.4.1 按加工工艺方法分类	8
1.4.2 按控制运动轨迹分类	10
1.4.3 按伺服控制方式分类	12
1.5 数控机床的主要指标及功能	13
1.5.1 数控机床的主要指标	13
1.5.2 数控机床的主要功能	14
1.6 华中数控系统概述	16
习题	16
第 2 章 数控编程基础	18
2.1 数控编程概述	18
2.1.1 数控编程的基本概念	18
2.1.2 数控编程的内容和方法	18
2.2 数控机床的坐标轴与运动方向	20
2.2.1 机床坐标系的确定	20
2.2.2 机床各坐标轴及其正方向的 确定原则	21
2.3 数控机床坐标系及与坐标系 有关的点的定义	22
2.3.1 数控机床坐标系及机床 原点与机床参考点	22
2.3.2 工件坐标系及工件原点	23
2.3.3 绝对坐标和增量坐标	24
2.4 数控编程程序的结构与格式	25
2.4.1 程序的结构组成	25
2.4.2 数控程序段格式	25
2.4.3 常用功能指令	26
2.4.4 其他功能指令	29
习题	30
第 3 章 数控车床的程序编制	32
3.1 数控车床概述	32
3.1.1 数控车床的分类	32
3.1.2 数控车床的加工对象	33
3.1.3 数控车床的编程特点	34
3.2 常用的准备功能 G 指令	35
3.2.1 单位设定指令	36
3.2.2 编程方式指令	36
3.2.3 工件坐标系指令	37
3.2.4 回参考点控制指令	39
3.2.5 恒线速度车削指令	40
3.2.6 基本加工指令	40
3.2.7 单一固定循环指令	50
3.2.8 复合固定循环指令	55
3.2.9 螺纹加工指令	62
3.2.10 刀具补偿指令	68
3.2.11 子程序	72
3.3 车床编程实例	74
习题	77
第 4 章 数控车床的操作	80
4.1 华中数控车床操作面板的组成及 功能	80
4.1.1 华中数控车床操作面板功能 区域组成	80
4.1.2 华中数控车床操作面板功能 说明	80
4.2 操作方法和步骤	84
4.2.1 开机、关机、急停、复位、 回参考点、超程解除操作 步骤	85
4.2.2 手动操作步骤	85
4.2.3 对刀	86
4.2.4 数据设置	87
4.2.5 程序编辑	89
4.2.6 程序运行	90
4.3 综合实例	90

习题	94	6.7.2 编辑程序	139
第 5 章 数控铣床的编程	95	6.7.3 新建程序	140
5.1 数控铣床的概述	95	6.7.4 校验程序	140
5.1.1 数控铣床的分类	95	6.7.5 运行程序	141
5.1.2 数控铣床的加工对象	96	习题	141
5.2 数控铣床的编程	97	第 7 章 数控加工中心的编程	142
5.2.1 数控编程的内容与步骤	97	7.1 加工中心概述	142
5.2.2 机床坐标轴	98	7.2 加工中心的主要加工对象	142
5.2.3 机床坐标系	98	7.3 加工中心的分类	144
5.2.4 工件坐标系	98	7.3.1 按主轴在空间所处的 状态分类	144
5.3 常用的准备功能 (G) 代码	98	7.3.2 按加工中心立柱的 数量分类	146
5.3.1 基本加工指令	99	7.3.3 按加工中心运动坐标数和 同时控制的坐标数分类	146
5.3.2 刀具半径补偿功能 G40/G41/G42	105	7.3.4 按工作台的数量分类	146
5.3.3 刀具长度补偿	108	7.3.5 按加工精度分类	146
5.3.4 简化编程指令	110	7.4 加工中心的编程特点和 加工特点	146
5.3.5 固定循环	113	7.4.1 编程特点	146
5.3.6 宏指令编程	119	7.4.2 加工特点	147
习题	123	7.5 五轴加工中心简介	147
第 6 章 数控铣床操作	126	7.5.1 五轴加工中心的分类	148
6.1 数控铣床概述	126	7.5.2 五轴加工的特点	149
6.1.1 数控铣床的基础知识	126	7.5.3 五轴联动数控技术的应用	149
6.1.2 数控铣床的操作装置	126	7.6 加工中心的主要换刀形式	150
6.1.3 软件操作界面	128	7.6.1 转塔头式换刀	150
6.1.4 软件菜单功能	128	7.6.2 无机械手换刀	150
6.2 数控铣床的操作方法和步骤	129	7.6.3 有机械手换刀	152
6.2.1 开机操作	129	7.7 加工中心的换刀程序	152
6.2.2 复位操作	129	7.7.1 换刀指令说明	152
6.2.3 急停操作	129	7.7.2 加工中心的编程实例	153
6.2.4 超程解除	130	习题	155
6.2.5 关机	130	第 8 章 数控加工中心的操作	158
6.3 数控铣床的手动操作	130	8.1 概述	158
6.3.1 手动进给	131	8.2 操作面板与基本操作	158
6.3.2 增量进给	131	8.2.1 开机、复位、返回参考点、 急停、超程解除、关机 操作	159
6.3.3 手摇进给	132	8.2.2 机床手动操作	160
6.3.4 其他手动操作	132	8.2.3 手动数据输入 (MDI) 运行	161
6.4 手动数据输入 (MDI)	133	8.2.4 坐标系参数输入	162
6.4.1 输入 MDI 指令段	133	8.2.5 刀具及刀库参数输入	162
6.4.2 运行 MDI 指令段	134	8.2.6 输入程序	164
6.5 对刀	134	8.2.7 自动加工	164
6.6 数据设置	135		
6.6.1 坐标系设置	135		
6.6.2 刀库表设置	136		
6.6.3 刀具表设置	137		
6.7 程序的编辑与运行	138		
6.7.1 选择程序	138		

8.2.8 工件的装夹、刀具入库及 换刀操作、对刀操作	165	绝对零点)	179
8.2.9 安全操作规程	166	9.4.3 利用手动盒移动机床各轴	179
习题	166	9.4.4 执行加工程序	179
第 9 章 数控线切割电火花成形简介	168	习题	180
9.1 数控线切割加工	168	第 10 章 计算机自动编程	183
9.1.1 概述	168	10.1 计算机自动编程概述	183
9.1.2 数控线切割加工原理	168	10.1.1 自动编程类型	183
9.1.3 线切割机床的分类	169	10.1.2 计算机自动编程内容	184
9.1.4 线切割加工的特点	169	10.1.3 计算机自动编程技术发展 趋势	184
9.1.5 线切割加工的应用	170	10.1.4 常用的数控编程系统简介	185
9.1.6 线切割程序编制	170	10.2 CAXA 数控车编程相关知识	186
9.2 线切割操作	174	10.2.1 CAXA 数控车简介	186
9.2.1 操作准备	174	10.2.2 系统的交互方式	190
9.2.2 操作步骤	175	10.3 CAXA 数控车编程实例	192
9.2.3 线切割操作的基本 注意事项	175	10.3.1 工艺分析	192
9.3 数控电火花成形加工	176	10.3.2 造型	193
9.3.1 电火花成形加工原理	176	10.3.3 轨迹生成与验证	196
9.3.2 电火花成形加工的特点	177	10.3.4 G 代码生成	201
9.3.3 电火花成形加工须具备的 条件	177	10.4 CAXA 制造工程师编程实例	202
9.3.4 电火花成形加工中常用电极 设计	178	10.4.1 CAXA 制造工程师 2008 简介	202
9.4 电火花机床操作	178	10.4.2 界面与菜单介绍	203
9.4.1 开机操作过程	178	10.4.3 系统的交互方式	206
9.4.2 回原点操作过程 (返回机床的 绝对零点)	179	10.4.4 编程实例	206
		参考文献	214

第1章

数控加工系统概述

本章导读：本章主要介绍数控机床的产生及发展过程，数控机床的加工特点，数控机床的工作原理、组成、分类，数控机床的主要指标及功能，并简单介绍了华中数控系统。

重点掌握数控机床的加工特点、工作原理及点位、直线、轮廓控制机床的特点，开环、半闭环、全闭环控制系统的组成特点。

引言：马克思曾经说过“各种经济时代的区别，不在于生产什么，而在于怎样生产，用什么劳动资料生产”。而且专家们也预言“二十一世纪机械制造业的竞争，其实质是数控技术的竞争”，因此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发达国家加速经济发展、提高综合国力和国家地位的重要途径。并且，随着计算机技术的快速发展，数控技术也发生了根本性的变革，是我国近年来应用领域中发展十分迅速的一项综合性的高新技术，随着加工技术以及一些其他相关技术的发展，对数控系统的发展和进步也提出了新的要求。

1.1

数控机床的产生及发展趋势

数控技术，简称“数控”（Numerical Control technique，简称 NC），是指以数值和符号构成的数字信息自动控制机床的运转。现在，数控技术也叫计算机数控技术，即 Computer Numerical Control（CNC），它是采用计算机实现数字程序控制的技术。这种技术通过计算机按事先存储的控制程序来执行对设备的控制功能。

1.1.1 数控机床的概念

数字控制机床（Numerical Control Machine Tools）简称数控机床，是一种将数字计算机技术应用于机床的控制技术。它把机械加工过程中的各种控制信息用代码化的数字形式表示，再通过信息载体输入到数控装置，经运算处理后发出各种控制信号来控制机床的动作，按图纸要求的形状和尺寸，自动地将零件加工出来，因此可以较好地解决复杂、精密、小批量、多品种的零件加工问题，是一种柔性的、高效能的自动化机床，代表了现代机床控制技术的发展方向，

也是一种典型的机电一体化产品。

1.1.2 数控机床的产生

1. 数控机床产生的原因

随着机械产品日趋精密、复杂,改型也日益频繁,因此对机床的性能、精度、自动化程度等也就提出了越来越高的要求。在机械制造业中,单件、小批量生产的零件约占机械加工总量的 70%~80%,为满足多品种、小批量,特别是结构复杂、精度要求高的零件的自动化生产,迫切需要一种灵活的、通用的、能够适于产品频繁变化的“柔性”自动化机床。

2. 数控机床产生的过程

随着电子技术的发展,1946 年世界上第一台电子计算机问世,由此掀开了信息自动化的新篇章。1948 年美国北密支安的一个小型飞机工业承包商帕森斯公司(Parsons)在制造飞机的框架及直升飞机螺旋桨叶片轮廓时,提出了采用电子计算机对加工轨迹进行控制和数据处理的设想,得到美国空军的支持并与美国麻省理工学院(MIT)合作,于 1952 年研制出第一台三坐标数控铣床。1954 年底美国本迪克斯公司采用电子管生产出第一台工业用数控机床,这是第一代数控系统。

随着电子计算机应用晶体管元件和印制电路板的发展,使数控机床系统跨入了第二代。20 世纪 60 年代,集成电路的出现使数控系统发展到第三代。以上三代为数控机床发展的第一阶段,称为逻辑数字控制(NC)阶段。随着计算机技术的发展,小型计算机应用于数控机床中,由此组成的数控系统称为计算机数控(CNC),使数控系统进入了以小型计算机化为特征的第四代。

20 世纪 70 年代初,美、日、德等国都迅速推出了以微处理器为核心的数控系统,称为第五代数控系统(MNC,通称为 CNC)。自此,开始了数控机床的大发展时代。进入 80 年代,微处理器的迅速升级极大地促进了数控机床向柔性制造单元、柔性制造系统方向发展。90 年代开始,随着 PC 的发展,基于 PC 平台的数控系统应运而生,使数控机床的发展进入第六代。

当今世界,工业发达国家对机床工业高度重视,竞相发展机电一体化、高精、高效、高自动化的先进机床,以加速工业和国民经济的发展。中国加入 WTO 后,也正式参与世界市场的激烈竞争,而且加强了自主知识产权数控系统的研制工作,并且取得一定的成效,如在五轴联动数控系统(分辨率为 0.02 μm)、高精度车床数控系统、数字仿形系统、中低档数控系统等方面都取得了较好的成果。

1.1.3 数控机床发展的趋势

1. 继续向开放式的、基于 PC 的第六代发展

基于 PC 所具有的开放性、低成本、高可靠性、软硬件资源丰富等特点,更多的数控系统生产厂家都向这个方向发展。采用 PC 作为它的前端机,来处理人机界面、编程、联网通信等问题,由原有的数控系统承担数字控制的任务。PC 具有友好的人机界面,将应用到所有的数控

系统。远程通信, 远程诊断和维修也将更加普遍。

2. 向高速化和高精度化发展

高速切削加工不仅可以提高生产效率, 而且可以改善加工质量, 所以, 自 20 世纪 90 年代初以来, 便成为机床技术重要的发展方向。各国相继推出主轴转速 10 000 r/min~60 000 r/min 的加工中心和数控铣床。高速切削加工与硬切削加工、干切削和准干切削加工以及超精密切削加工相结合; 从铣削向车、钻、镗等其他工艺扩展; 向较大切削负荷方向发展。

当前, 在数控机床精密化方面, 美国的水平最高, 因为它不仅生产中小型精密机床, 而且由于国防和尖端技术的需要, 还研究开发了大型精密机床。DTM—3 型精密车床和 LODTM 大型光学金刚石车床, 是世界公认水平最高、达到当前技术最前沿的大型精密机床。

3. 向智能化方向发展

随着人工智能在计算机领域的不断渗透和发展, 要求数控系统的智能化程度不断提高。

(1) 应用自适应控制技术。数控系统能检测到过程中的一些重要信息, 并能自动地调整系统的有关参数, 达到改进系统运行状态的目的。

(2) 引入专家系统指导加工。将熟练工人和专家的经验、加工的一般规律和特殊规律存入系统中, 以工艺参数数据库为支撑, 建立具有人工智能的专家系统。

(3) 引入故障诊断专家系统。

(4) 智能化数字伺服驱动装置。通过自动识别负载调整参数, 使驱动系统获得最佳的运行状态。

4. 向开放式方向发展

为解决传统数控系统的封闭性和数控应用软件的产业化生产存在的问题, 出现了开放式数控系统, 就是数控系统的开发可以在统一的运行平台上, 面向机床厂家和最终用户, 然后通过改变、增加或剪裁结构对象, 形成系列化, 并且可以方便地将用户的特殊应用和技术技巧集成到控制系统中, 快速实现不同品种、不同档次的开放式数控系统, 形成具有鲜明个性的产品。

5. 向网络化方向发展

网络化数控装备是近两年国际著名机床博览会的一个新亮点。数控装备的网络化将极大地满足生产线、制造系统、制造企业对信息集成的需求, 也是实现新的制造模式如敏捷制造、虚拟企业、全球制造的基础单元。

6. 向环保化方向发展

随着人们对环境保护意识的加强, 对环保的要求也越来越高, 不仅要求在机床制造过程中不产生对环境的污染, 也要求在机床的使用过程中不产生二次污染。因此, 装备制造领域对机床提出了无冷却液、无润滑液、无气味的环保要求, 对应的机床排屑、除尘等装置也发生了深刻的变化。

目前, 欧洲大批量的机械加工中, 已有 10%~15% 的加工实行了干切削或准干切削。美国 HARDING 的 QUEST 系列车床、德国 HUELLER 的高速加工中心均采用了干切削技术; 日本

原洲公司加工中心采用了液氮冷却技术；日本富士公司的数控车床采用了冷风冷却技术。这种绿色加工工艺愈来愈受到机械制造业的重视。

7. 采用五轴联动加工

采用五轴联动对三维曲面零件进行加工的过程中，可用刀具最佳几何形状进行切削，不仅粗糙度好，而且效率也大幅度地提高。由于当前电主轴的出现，使得实现五轴联动加工的复合主轴头结构大为简化，其制造难度和成本也大幅度降低，数控系统的价格差距缩小了，因此促进了复合主轴头类型五轴联动机床和复合加工机床（含五面加工机床）的发展。

1.2

数控机床的加工特点及适用范围

1.2.1 数控机床的加工特点

数控机床对零件的加工过程，是严格按照加工程序所规定的参数及动作执行的。它是一种高效能自动的或半自动机床，与普通机床相比，具有以下明显特点。

1. 适合于复杂异形零件的加工

数控机床可以完成普通机床难以完成或根本不能加工的复杂零件的加工，因此在航天、造船、模具等加工业中得到广泛应用。

2. 加工精度高

目前数控机床的脉冲当量普遍达到了 0.001 mm ，而且进给传动链的反向间隙与丝杠螺距误差等均可由数控装置进行补偿。数控机床的加工精度由过去的 $\pm 0.01\text{ mm}$ 提高到 $\pm 0.005\text{ mm}$ 。定位精度在 20 世纪 90 年代初中期已达到 $\pm 0.002\sim\pm 0.005\text{ mm}$ 。

3. 加工稳定可靠

通过计算机控制技术，排除了人为误差，零件的加工一致性好，质量稳定可靠。

4. 高柔性

当加工对象改变时，一般只需要更改数控程序，体现出很好的适应性，可大大节省生产准备时间。在数控机床的基础上，可以组成具有更高柔性的自动化制造系统——FMS。

5. 高生产率

由于数控机床本身的精度高、刚性大，因此可选择有利的加工用量，生产率高，一般为普通机床的 3~5 倍，对一些复杂零件的加工，生产效率可以提高十几倍甚至几十倍。

6. 劳动条件好

由于机床的自动化程度高, 操作人员的劳动强度大大降低, 工作环境较好。

7. 有利于管理现代化

采用数控机床有利于向计算机控制与管理生产方面发展, 为实现生产过程的自动化创造了条件。

8. 投资大, 使用费用高

9. 生产准备工作复杂

由于整个加工过程采用程序控制, 数控加工的前期准备工作较为复杂, 包括工艺的确定、程序的编制等。

10. 维修困难

数控机床是典型的机电一体化产品, 技术含量高, 对维修人员的技术要求很高。

1.2.2 数控机床的适用范围

数控机床最适合加工具有以下特点的零件。

- (1) 多品种、小批量生产的零件。
- (2) 形状结构较复杂的零件。
- (3) 精度要求高的零件。
- (4) 需要频繁改型的零件。
- (5) 价格昂贵, 不许报废的关键零件。
- (6) 生产周期短的急需零件。
- (7) 批量较大, 精度要求高的零件。

对以上零件采用数控加工, 可以最大限度地发挥出数控加工的优势。

1.3

数控机床的组成及工作原理

1.3.1 数控机床的组成

数控机床一般由输入/输出设备、数控装置(CNC)、伺服单元、驱动装置(或称执行机构)、可编程控制器(PLC)及电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量装置组成。图 1.1 是数控

机床的硬件构成。

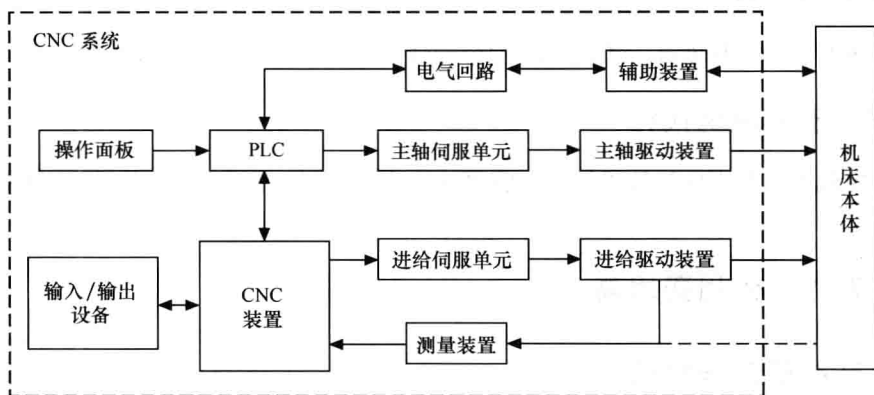


图 1.1 数控机床的硬件组成

1. 输入/输出设备

键盘、磁盘机等是数控机床的典型输入设备。除此以外，还可以用串行通信的方式将零件加工所需要的全部操作和刀具，相对工件的位移信息等输入到数控系统装置中。

2. 数控装置

数控装置是数控系统的核心，主要包括微处理器（CPU）、存储器、局部总线、外围逻辑电路以及与数控系统的其他组成部分联系的各种接口等。将输入的信息载体加以识别、储存、运算，输出相应指令脉冲以控制机床动作，一般由专用或通用的一台计算机来完成。

3. 伺服单元

伺服单元是数控装置和机床本体的联系环节，它将来自数控装置的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。根据接收指令的不同，伺服单元有数字式和模拟式之分，而模拟式伺服单元按电源种类又可分为直流伺服单元和交流伺服单元。

4. 驱动装置

驱动装置把经放大的指令信号转变为机械运动，通过机械传动部件驱动机床主轴、刀架、工作台等精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动，最后加工出图纸所要求的零件。和伺服单元相对应，驱动装置有步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等。

伺服单元和驱动装置合称为伺服驱动系统，它是机床工作的动力装置，数控装置的指令要靠伺服驱动系统付诸实施。所以，伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上说，数控机床功能主要取决于数控装置，而数控机床性能的好坏主要取决于伺服驱动系统。

5. 可编程控制器

可编程控制器（PC，Programmable Controller）是一种以微处理器为基础的通用型自动控制装置，专为在工业环境下应用而设计。由于最初研制这种装置的目的是为了解决生产设备的逻辑及开关控制，故称它为可编程逻辑控制器（PLC，Programmable Logic Controller）。当 PLC

用于控制机床顺序动作时,也可称之为编程机床控制器(PMC, Programmable Machine Controller)。PLC已成为数控机床不可缺少的控制装置。CNC和PLC协调配合,共同完成对数控机床的控制。

6. 辅助装置

辅助装置是把计算机送来的辅助控制指令转换成强电信号,控制主轴电动机启停和变速、冷却液的开关及分度工作台的转位和自动换刀等动作。它主要包括储备刀具的刀库、自动换刀装置、自动托盘交换装置、工件夹紧机构、回转工作台以及液压、气动、冷却、润滑、排屑装置等。

7. 机床本体

数控车床由于切削用量大、连续加工发热量大等因素对加工精度有一定影响,加工中又是自动控制,不能像普通车床那样由人工进行调整、补偿,所以其设计要求比普通机床更严格,制造要求更精密,采用了许多新结构,用来加强刚性、减小热变形、提高加工精度。它是数控机床的机械结构实体。

8. 检测与反馈装置

检测与反馈装置的作用是将机床导轨和主轴移动的位移量、移动速度等参数检测出来,通过模数转换变成数字信号,并反馈到数控装置中,数控装置根据反馈回来的信息进行判断并发出相应的指令,纠正所产生的误差。

1.3.2 数控机床的工作原理

数控机床的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,执行机构接受命令后产生各种动作,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。

数控加工与普通机床在加工的方法和内容上有很多相似之处,只是控制方式的表现形式有差异。普通机床的加工往往由操作者手工操作控制、改变相关切削参数,而数控机床加工均被数控系统的自动控制所取代。图1.2所示为数控机床的工作过程示意图。

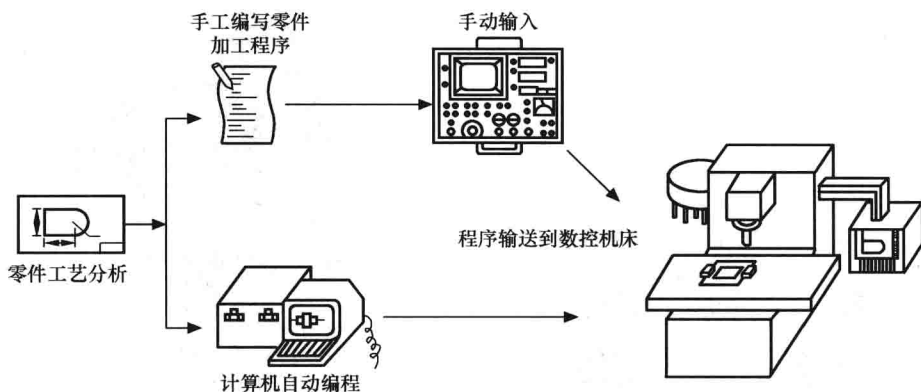


图 1.2 数控机床工作过程示意图

如图 1-2 所示, 首先, 根据被加工零件的图纸进行工艺分析与设计, 通过手工编程或计算机自动编程的方法, 将加工零件所需的各种机床动作及工艺参数编写成加工程序。

其次, 通过手工输入方式或者计算机和数控机床接口直接通信等方式, 将加工程序输送到数控机床。然后根据零件工艺设计方案中所确定的刀具方案和夹具方案, 对刀具和夹具进行安装和调节。

最后, 数控机床会对加工程序进行识别、译码、运算处理, 然后发出相应的命令来驱动各个运动部件, 控制刀具和工件的相对运动, 自动完成零件的加工。

1.4

数控机床的分类

数控机床的品种很多, 根据其加工、控制原理、功能和组成, 可以从不同的角度进行分类。

1.4.1 按加工工艺方法分类

按工艺用途对数控机床进行分类是最基本的分类方法, 可分为以下四类。

1. 金属切削类数控机床

与传统的车、铣、加工中心、钻、磨、镗、齿轮加工相对应的金属切削类数控机床有数控车床、数控铣床、数控加工中心、数控钻床、数控磨床、数控镗床、数控齿轮加工机床等。

常用的有数控车床、数控铣床、数控加工中心。图 1.3 所示为数控车床, 在数控车床上除了能完成普通车床上的工艺内容外, 还能完成各种复杂的内外回转表面的加工。

典型的数控铣床图 1.4 所示, 其布局和普通立式铣床相同, 都是主轴带动刀具旋转, 升降台可以做纵向、横向和垂直三个方向的移动, 除了可以完成普通铣床所能完成的所有工艺内容, 由于数控系统通过伺服进给机构可以同时控制两个或者三个坐标轴的运动, 所以数控铣床还可以进行具有曲线轮廓的平面凸轮以及复杂三维曲面零件的加工。

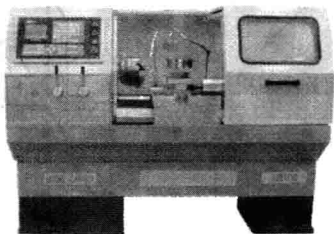


图 1.3 数控车床

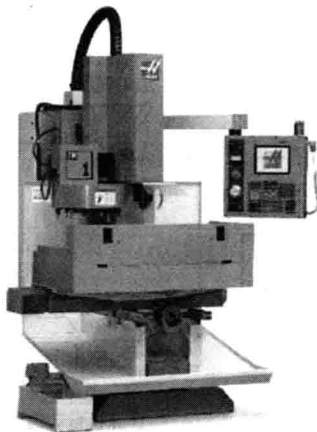


图 1.4 数控铣床

如果在普通数控机床上安装刀库和自动换刀装置,就成为数控加工中心。数控加工中心可以提高普通数控机床的自动化程度和生产效率。例如,铣、镗、钻加工中心,它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而形成的。工件一次装夹后,可以对箱体零件四面甚至五面的大部分进行铣、镗、钻、扩、铰以及攻螺纹等工序的加工,适合箱体类零件的加工。加工中心还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,提高了生产效率和加工质量。图 1.5 所示为立式加工中心。

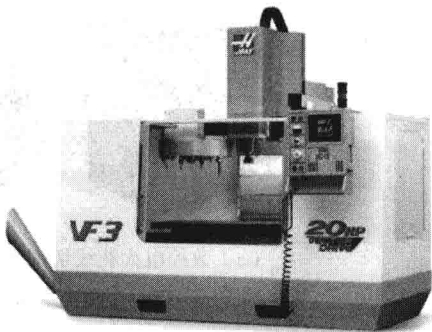
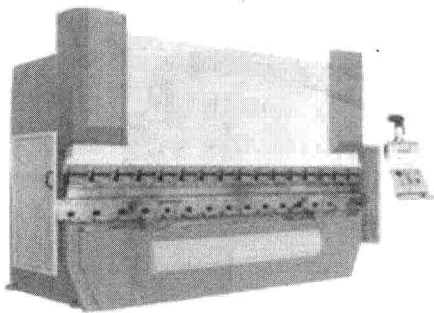


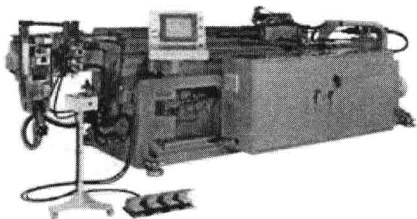
图 1.5 立式加工中心

2. 成型加工类数控机床

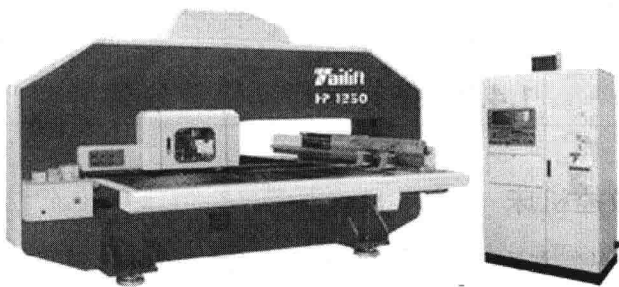
成型类数控机床是指采用挤、冲、压、拉等成型工艺方法加工零件的数控机床,如数控折弯机、数控弯管机、数控冲床等,图 1.6 所示。



(a) 数控折弯机



(b) 数控弯管机

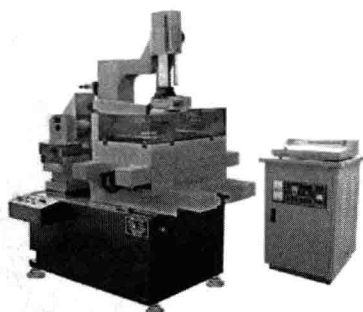


(c) 数控冲床

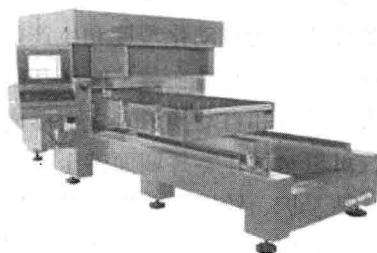
图 1.6 成型加工类数控机床

3. 特种加工类数控机床

特种加工类的数控机床是指采用电或者激光加工技术加工零件的数控机床,如数控电火花线切割机床、数控电火花成型机床、数控激光热处理机床、数控激光切割机床、数控激光板料成型机床等,图 1.7 所示。



(a) 数控电火花线切割机床

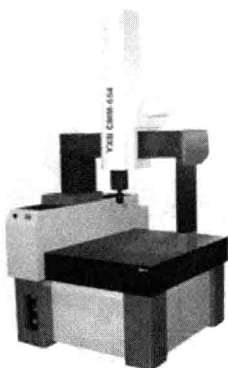


(b) 数控激光切割机床

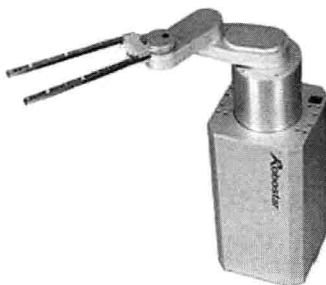
图 1.7 特种加工类数控机床

4. 其他类型数控机床

其他类型数控机床有数控三坐标测量仪、数控装配机、机器人等，如图 1.8 所示。



(a) 三坐标测量仪



(b) 搬运机器人

图 1.8 其他类型的数控机床

1.4.2 按控制运动轨迹分类

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并不进行任何加工，也就是说机床数控系统只控制行程终点的坐标值，而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。

点位控制数控机床的特点是为了减少运动部件的运动和定位时间，一般运动部件先快速运动至终点坐标附近，然后低速准确运动到终点位置，保证准确的定位精度。

这种类型的数控机床主要应用于平面孔系，如数控钻床、数控镗床、数控冲床、数控弯管机等，随着数控技术的发展和数控系统价格的降低，单纯用于点位控制的数控系统已不多见。图 1.9 所示为点位控制数控钻床加工示意图。