



教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校模具设计与制造专业教学用书

数控加工实训

◎ 周志强 主编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

教育部职业教育与成人教育司推荐教材
中等职业学校模具设计与制造专业教学用书

数控加工实训

周志强 主编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本教材介绍各种数控机床的编程和加工原理,通过八个典型的实训项目,详细阐述各种数控机床的手工编程的工艺分析、程序的编制和自动编程的工艺分析、程序的编制方法。每章后面都附有练习题。

本教材共分为八章。第1章简要介绍数控技术发展的历史、数控机床的基本组成、数控机床的发展趋势及数控机床的分类。第2章介绍手工编程的基本方法及常用的程序编制指令。第3章重点介绍 Mastercam 的工作界面、常用命令和编程方法。第4和5章都是先以项目的方式介绍一个典型的实例的手工编程的工艺分析、程序的编制、上机操作及实际加工,而后对同一个实例介绍自动编程方式。第6章是本书重点,介绍数控铣床、加工中心的组成部分、主要参数、工作原理、特点及应用,并详细介绍数控铣床、加工中心各类考点及坐标的定义,并通过三个典型的实例详细描述数控铣床和加工中心的各种编程方法。

本教材适用于中等职业学校的工业造型、数控(CAD/CAM)、模具设计与制造、机电等专业学生的数控课程学习(90~150学时)。

本书还配有电子教学参考资料包(包括教学指南、电子教案、习题答案),详见前言。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工实训 / 周志强主编. —北京: 电子工业出版社, 2006. 6

教育部职业教育与成人教育司推荐教材. 中等职业学校模具设计与制造专业教学用书

ISBN 7-121-02578-7

I. 数… II. 周… III. 数控机床—加工—专业学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 054657 号

责任编辑: 李 玮

印 刷: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 9.5 字数: 243.2 千字

印 次: 2006 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 5000 册 定价: 14.00 元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。
联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

中等职业学校教材工作领导小组

组长： 陈贤忠 安徽省教育厅厅长
副组长： 李雅玲 信息产业部人事司技术干部处处长
尚志平 山东省教学研究室副主任
睦 平 江苏省教育厅职社处副处长
苏渭昌 教育部职业技术教育中心研究所所长
王传臣 电子工业出版社副社长

组员：（排名不分先后）

唐国庆 湖南省教科院
张志强 黑龙江省教育厅职成教处
李 刚 天津市教委职成教处
王润拽 内蒙古自治区教育厅职成教处
常晓宝 山西省教育厅职成教处
刘 晶 河北省教育厅职成教处
王学进 河南省职业技术教育教学研究室
刘宏恩 陕西省教育厅职成教处
吴 蕊 四川省教育厅职成教处
左其琨 安徽省教育厅职成教处
陈观诚 福建省职业技术教育中心
邓 弘 江西省教育厅职成教处
姜昭慧 湖北省职业技术教育研究中心
李栋学 广西自治区教育厅职成教处
杜德昌 山东省教学研究室职教室
谢宝善 辽宁省基础教育教研培训中心职教部
安尼瓦尔·吾斯曼 新疆自治区教育厅职成教处

秘书长： 李 影 电子工业出版社

副秘书长： 蔡 葵 电子工业出版社

前 言



对于数控技术专业技能型紧缺人才的培养,要把提高学生的职业能力放在突出的位置上,加强实践性教学环节,使学生成为企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者。随着科学技术的飞速发展,以及现代制造技术(数控)、信息科学、管理科学的不断引入,机械制造业也进一步走向更加科学、先进、规范的管理模式。一些先进的三维设计和加工软件(CAD/CAM)及加工方法已不断应用在机械制造业的产品设计及制造等过程之中。

根据企业对中等职业学校学生的需求和岗位定位情况,为了满足培养技能型紧缺人才的需求,为不断向市场输送职业技能强、岗位效率高的毕业生,并使我们的教学改革真正做到“面向企业”、培养应用型人才,我们编写了这本《数控加工实训》。在编写本教材的过程中,力求体现简单、明了、实用性强的特点。首先让学生对数控技术的发展及各种数控机床的基本功能有一些了解和认识,再由浅入深地分别介绍数控机床的手工编程和自动编程方法,并按项目教学的方法,分别对数控车床、线切割机床、数控铣床和加工中心的编程和加工方法进行详细的讲解,所选的实例都是在数控加工中具有典型性和代表性的。通过介绍不同零件的数控加工和编程方法,把各种数控机床的编程特点和加工方法及编程技巧由浅入深地展现出来。

本书融入作者长期应用 CAD/CAM 软件和各种数控机床进行加工编程及教学的经验,根据数控技术的特点,采用项目式教学的方式,逐步引导学生熟悉并掌握各种零件图的生成及编程加工方法,可使学生以轻松的方式达到良好的学习效果。

本教材适用于中等职业学校的工业造型、数控(CAD/CAM)、模具设计与制造、机电等专业学生的数控课程的学习(90~150学时)。

本教材插图中的词汇、文字及线型等均为该软件所使用的词汇、文字及线型。有一些与技术制图、计算机绘图的国家标准不一致,敬请学生注意。参加教材编写的人员有,中山市中等专业学校张晓红、陈华健、黄勇刚。同时,本书由广东省机械研究所高级工程师黄文钧和广西桂林电子科技大学廖宏谊教授担任主审,通过教育部审批,作为教育部职业教育与成人教育司推荐教材。另外,在教材编写过程中还得到了出版社和学校领导的大力支持,在此表示感谢!

为方便教师教学,本书还配有教学指南、电子教案及习题答案(电子版),请有此需要的教师登录华信教育资源网(www.huaxin.edu.cn 或 <http://www.hxedu.com.cn>)免费注册后再进行下载,在有问题时请在网站留言板留言或与电子工业出版社联系,我们将免费提供(E-mail:hxedu@phei.com.cn)。

编 者
2006年6月





第 1 章 数控技术概述及各种数控机床功能简介	(1)
1.1 概述	(1)
1.1.1 什么是数控	(1)
1.1.2 什么是数控机床	(1)
1.1.3 数控机床的发展	(1)
1.2 数控机床的组成	(2)
1.2.1 控制介质	(2)
1.2.2 计算机数控装置	(3)
1.2.3 伺服系统	(3)
1.2.4 机床床身	(4)
1.2.5 反馈系统	(4)
1.2.6 数控机床的坐标轴及其运动方向	(4)
1.3 数控机床的发展趋势	(5)
1.3.1 更高的加工速度和精度	(5)
1.3.2 更高的可靠性	(5)
1.4 数控机床的分类	(5)
1.4.1 数控车床简介	(5)
1.4.2 线切割机简介	(5)
1.4.3 数控铣床简介	(7)
1.4.4 加工中心简介	(7)
1.4.5 电火花机床简介	(7)
1.4.6 其他数控机床	(8)
习题与思考题 1	(8)
第 2 章 数控机床编程方法及手工编程简介	(9)
2.1 数控机床编程种类及程序结构	(9)
2.1.1 手工编程	(9)
2.1.2 自动编程	(9)
2.1.3 加工程序结构	(9)
2.1.4 程序段格式	(10)
2.2 程序编制中的指令代码及手工编程简介	(11)
2.2.1 常用的程序编制指令	(11)
2.2.2 常用准备功能 G 指令	(11)
2.2.3 辅助功能 M 指令	(19)
2.2.4 常用准备功能指令和辅助功能指令的编程方法	(22)
2.2.5 子程序概念	(23)

习题与思考题 2	(24)
第 3 章 自动编程简介	(26)
3.1 Mastercam 的工作界面	(26)
3.1.1 图形显示区 (绘图区)	(27)
3.1.2 工具列 (TOOL) 区	(27)
3.1.3 屏幕功能区	(27)
3.1.4 系统回应区	(27)
3.1.5 退出 Mastercam	(27)
3.2 Mastercam 常用命令简介	(28)
3.3 Mastercam 的编程介绍	(28)
习题与思考题 3	(32)
第 4 章 数控车床加工实例	(33)
4.1 手工编程 (项目 1)	(33)
4.1.1 车削用量的选择	(34)
4.1.2 工艺分析	(35)
4.1.3 程序的编制	(36)
4.1.4 上机操作及实际加工 (以广州数控设备厂 GSK980T 数控系统为例)	(39)
4.2 数控车床自动编程 (项目 2)	(40)
4.2.1 软件工具的介绍	(40)
4.2.2 绘图	(41)
4.2.3 程序的编制	(42)
习题与思考题 4	(56)
第 5 章 线切割机床加工实例	(58)
5.1 手工编程 (项目 3)	(58)
5.1.1 工艺分析	(58)
5.1.2 程序编制	(59)
5.1.3 上机操作, 实际加工	(61)
5.2 线切割机床自动编程 (项目 4)	(61)
习题与思考题 5	(66)
第 6 章 数控铣床、加工中心	(68)
6.1 数控铣床、加工中心的组成部分及主要参数	(68)
6.1.1 数控铣床的组成部分	(68)
6.1.2 加工中心的组成部分	(68)
6.2 数控铣床、加工中心的主要参数	(69)
6.3 数控铣床、加工中心的工作原理、特点及应用	(69)
6.3.1 数控铣床和加工中心的工作原理	(69)
6.3.2 数控铣床、加工中心的特点及应用	(70)
6.3.3 数控铣床工艺装备的特点	(71)
6.4 数控铣床、加工中心各类参考点及坐标的定义	(72)
习题与思考题 6	(74)

第 7 章 数控铣床的编程	(75)
7.1 数控铣床手工编程 (项目 5)	(75)
7.2 数控铣床自动编程 (项目 6)	(80)
7.2.1 线架结构	(80)
7.2.2 绘制曲面	(83)
7.2.3 绘制变圆角曲面	(84)
7.2.4 加工部分	(84)
第 8 章 应用实例	(92)
8.1 手机面壳的绘制及加工 (项目 7)	(92)
8.1.1 线架结构	(92)
8.1.2 实体与曲面构造	(97)
8.1.3 手机模型的加工	(101)
8.2 照相机绘图及模型加工 (项目 8)	(114)
8.2.1 绘制线架构	(114)
8.2.2 绘制曲面	(117)
8.2.3 加工部分	(122)
习题与思考题 8	(139)

第1章 数控技术概述及各种

数控机床功能简介



1.1 概述

1.1.1 什么是数控

数控是数字控制 (Numerical Control, NC), 是指用数字指令来控制一台或一台以上机械的动作。它所控制的一般是位置、角度、速度等机械量, 也有温度、压力、流量等物理量。

随着科学技术和社会生产的迅速发展, 对机械产品的精度要求越来越高, 表面形状越来越复杂, 而且造型改变频繁。这不仅给机床设备提出精度与效率的要求, 也提出了通用性与灵活性的要求。尤其在模具制造行业, 加工的模具多数批量小 (或单件)、形状复杂、经常改型且精度要求高。使用普通机床加工, 不仅劳动强度大、生产效率低, 精度难以保证, 而且对于表面形状复杂的零件或模具甚至都无法加工。

随着计算机的应用日渐广泛, 为人类提供了实现机械加工工艺过程自动化的理想手段。当把计算机作为一种控制装置移栽到机床中时, 一种新的产品——数控机床诞生了。近年来, 随着计算机技术的不断发展及其软、硬件技术的不断提高, 数控机床也得到了迅速的发展和广泛的应用。

1.1.2 什么是数控机床

顾名思义, 数控机床就是以数字化的信息实现机床控制的机电一体化产品。它把刀具和工件之间的相对位置、机床电机的启动和停止、主轴变速、工件夹紧和松开、刀具的选择、冷却系统的启动和停止等各种动作信息, 用代码化的数字保存在计算机中 (或软盘中), 然后将数字信息送入数控机床的控制装置, 经过译码、运算, 发出各种指令, 控制机床的伺服系统或其他执行元件, 使机床自动加工出所需工件。

1.1.3 数控机床的发展

世界上第一台数控机床是为了适应航空工业制造复杂工件的需要而研制生产的。1952 年美国麻省理工学院和帕森斯公司合作, 研制成功世界上第一台具有信息存储和处理功能的新型机床及数控机床; 之后又经过三年的改进与自动程序编制的研究, 于 1955 年进入实用阶段。

数控机床是综合应用了计算机、微电子、自动控制、自动检测及精密机械等技术的最新成果而发展起来的完全新型的机床。五十多年来, 它经历了研制、工业应用和高速发展三个



阶段,在品种、数量、加工范围及加工精度等方面有了惊人的发展。

从数控机床本身来看,随着电子与计算机技术的发展,它经历了以下几代变化。

- ◆ 第一代:1952年至1959年,采用电子管元件。
- ◆ 第二代:从1959年开始,采用晶体管元件。
- ◆ 第三代:从1965年开始,采用集成电路。
- ◆ 第四代:从1970年开始,采用大规模集成电路及小型通用计算机。
- ◆ 第五代:从1974年开始,采用微处理器或微计算机。

我国从1958年开始研制数控机床,1975年又研制出第一台加工中心。近年来,随着经济的不断发展和改革开放的不断深入,数控机床在我国的应用领域不断扩大,数控机床的生产水平不断提高。因此,我国与先进的工业国家之间的差距也不断缩小。随着我国国民经济的迅速发展,各行各业对各种数控机床的需求量将大幅度增加,这将有力地促进数控机床的发展。

1.2 数控机床的组成

数控机床是一种利用数控技术来控制机床的伺服系统或其他驱动元件,使机床自动加工出所需要的工件。

数控机床通常由以下几部分组成:控制介质(或数据传输接口)、数控装置、伺服系统、机床及反馈系统,如图1.1所示。

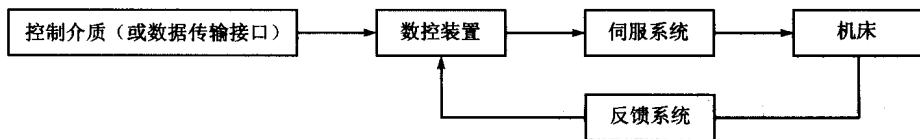


图 1.1 数控机床的组成

1.2.1 控制介质

要对数控机床进行控制,就必须在人与机床之间建立某种联系,这种联系的中间媒介物既称为控制介质,也称为信息载体。在控制介质上保存着加工零件所必需的全部操作信息。

控制介质这个概念随着数控技术和计算机技术的发展,赋予了它不同的内涵。最初,控制介质所指的仅仅是穿孔纸带或磁带,如今,产生了磁盘作为控制介质;从更广的意义上讲,DNC(计算机直接控制数控机床)技术也可归为控制介质之列。换句话说,目前数控加工程序的保存和传送(到数控机床)有以下三种方法。

① 使用穿孔纸带或磁带作为信息载体,把零件加工指令及数据先用规定的文字、数字和符号书写在程序单上,即手工编制零件程序,再按一定的规则在纸带上穿出一排排的孔。纸带上孔的排列规定称为代码,国际上通常使用EIA(Electronic Industries Association)代码和ISO(International Organization for Standardization)代码。我国规定ISO代码为标准代码。

使用穿孔纸带或磁带的数控机床,它本身必须备有读带机(例如光电阅读机)。纸带上的代码由读带机逐行地转换为数控装置可以识别和处理的电信号,把程序送入机床。

程序编制与穿孔纸带等控制介质的准备,在一定程度上影响了数控机床的使用效率,并且穿孔纸带存储的信息量也有限,满足不了人们更高的要求。早期的数控机床使用的都是这



种方式。

② 使用磁盘作为信息载体。它是把零件加工指令和数据先用规定的文字、数字和符号书写在程序单上,即手工编制零件程序,也可直接在计算机中自动编程,再把编制好的程序复制到磁盘上。当然,数控机床本身也必须具备有可以阅读磁盘的磁盘驱动器。

相对于穿孔纸带来讲,使用磁盘作为信息载体的优点很明显。它不但可使存储数据的信息量加大,而且使用起来也比较方便快捷。目前,还有许多数控机床(大多为线切割机床)使用这种方式。

③ DNC(计算机直接控制数控机床)。计算机直接控制数控机床就是直接在计算机中自动编程,再把编制好的加工程序通过 DNC 系统直接传送到数控机床进行数控加工。同时,它也可以把数控机床中的数据传送到计算机中,实现了双向传送。它的优点是传送的数据量几乎不受限制,使用起来方便快捷。目前大多数数控机床(特别是数控铣床、加工中心等)都采用这种方式来进行数据交换。

1.2.2 计算机数控装置

数控装置是数控机床的中枢,目前绝大部分数控机床采用微型计算机控制。它接收控制介质输入的信息,经过处理及运算后控制机床的动作。图 1.2 为数控装置结构框图,虚线内为数控装置,它由输入装置、输出装置、运算器、控制器、存储器等组成。

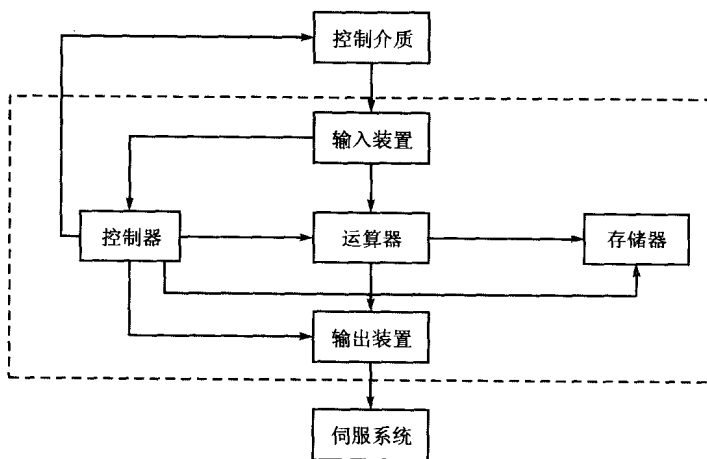


图 1.2 数控装置结构框图

输入装置接收由控制介质送入的代码信息,经过识别及译码之后分别输送到各相应的寄存器,作为控制和运算的原始数据。

控制器接收输入装置的指令,根据指令控制运算器和输出装置以实现机床的各种控制。

运算器接收控制器的指令,将输入装置送来的数据进行某种运算,并不断向输出装置送出运算结果,控制伺服系统的相应动作。

输出装置根据控制器的指令,将运算器送入的结果输送到伺服系统。

1.2.3 伺服系统

伺服系统的作用是把来自数控装置的运动指令转变成机床移动部件的运动,使工作台和



主轴按规定的轨迹移动, 加工出符合程序的产品。

伺服系统包括驱动装置和执行装置两部分。它的伺服精度和动态响应是影响数控机床加工精度、表面质量和生产效率的重要因素之一。常用的伺服电机有步进电机、直流伺服电机和交流伺服电机。

1.2.4 机床床身

与传统的机床相比, 数控机床具有加工精度高及加工效率高等特点, 因此对机床床身的刚度和抗震性也提出了更高的要求, 所以其设计要求比通用机床更严格。

1.2.5 反馈系统

反馈系统的作用是将机床导轨和主轴移动的位移量及移动速度等参数检测出来后, 通过模数转换, 变成数字信号, 并反馈到计算机中; 计算机根据反馈的信息进行判断, 并发出相应的指令, 纠正所产生的误差。

1.2.6 数控机床的坐标轴及其运动方向

数控机床的坐标轴命名及其运动方向的规定, 是一个十分重要的问题。每一位数控机床的编程员和操作人员都必须对坐标轴及其运动方向有一个正确的理解, 否则编程就会发生混乱, 操作就会发生事故。因此, ISO 对数控机床的左边轴及其运动方向进行了如下规定。

1. 数控机床的坐标系

数控机床的坐标系统采用右手法则, 直角笛卡儿坐标系统。基本坐标轴为 X, Y, Z 直角坐标, 相对于每个坐标轴的旋转运动坐标为 A, B, C , 如图 1.3 所示。

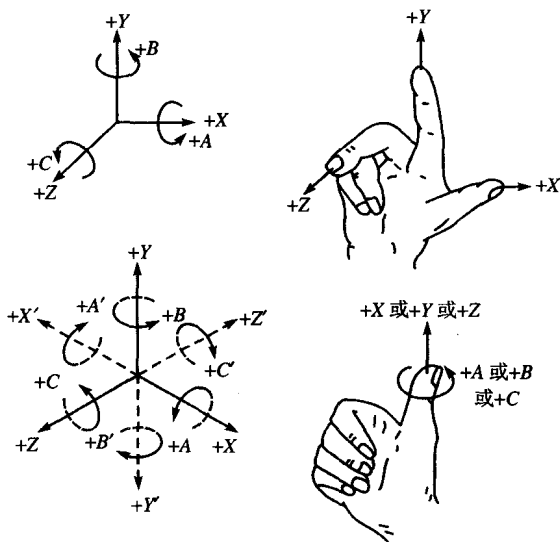


图 1.3 右手直角笛卡儿坐标系

2. 数控机床的运动方向

无论数控机床的具体运动方式是工件静止、刀具运动的, 还是工件运动、刀具静止的, 为便于数控编程, 规定数控机床的运动是刀具相对于静止的工件坐标系的运动。

Z 轴作为平行于机床主轴的坐标轴, 其正方向定义为从工件到刀具夹紧的方向。



X 轴作为水平轴,平行于工件装夹平面的轴,平行于主要的切削方向,且此方向为正向。

Y 轴的运动方向则根据 X 轴和 Z 轴按右手法则确定。旋转运动坐标 A,B,C 相应地在 X,Y,Z 坐标轴正方向上,按右手螺旋纹前进的方向来确定。

1.3 数控机床的发展趋势

数控机床是在微电子、计算机、自动控制、自动检测及精密机械制造等技术的基础上发展起来的新型机床。目前,数控机床正朝着高速、高精度、高可靠性的方向发展。

1.3.1 更高的加工速度和精度

随着数控技术的不断发展,数控机床的主轴转速、进给速度和分辨率都有很大的提高,从而极大地提高了数控加工的生产率和加工精度。最为典型的是数控铣床和加工中心,高速铣床的主轴转速一般为15 000r/min以上(普通的数控铣床或加工中心的主轴转速一般为4000r/min以下),由于提高了主轴的转速,使加工速度大大地提高,其效率大致为普通数控铣床的3倍。

1.3.2 更高的可靠性

数控机床的可靠性主要取决于数控系统的可靠性。现代数控机床的数控系统采用模块化硬件结构形式。根据不同用户对数控机床数控功能的不同需求,可选择不同功能的模块进行组合。这些功能模块的设计和制造,是在标准化、通用化和优化的原则指导下进行的,因而大大地提高了数控机床的可靠性。

1.4 数控机床的分类

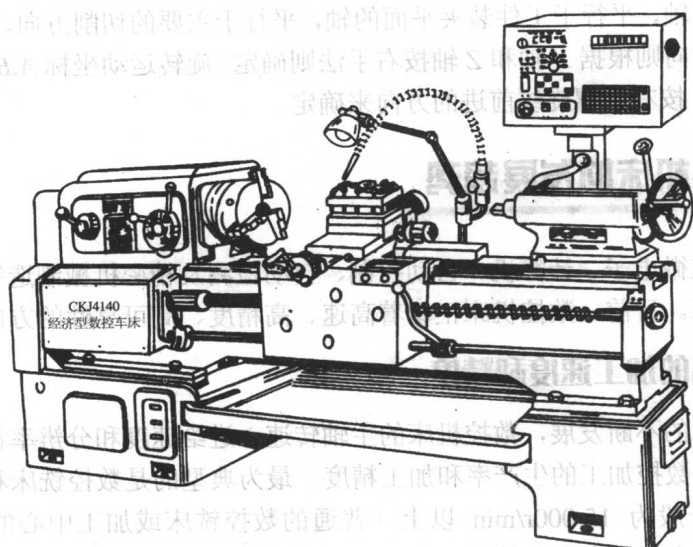
目前,应用在机械制造行业(主要是模具行业)的数控机床大致上可分为如下五种。

1.4.1 数控车床简介

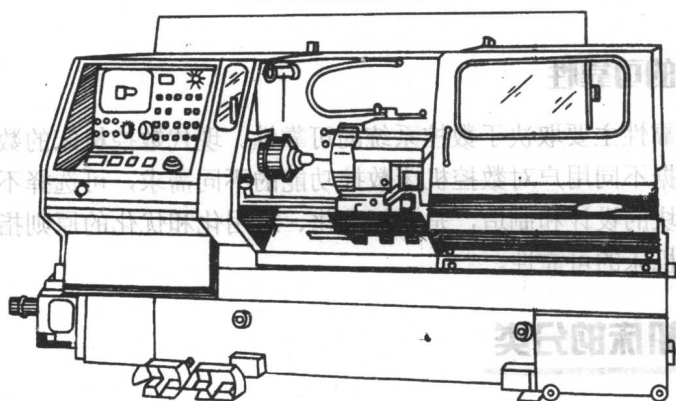
数控车床是目前应用较为广泛的一种数控机床。它主要由床身、刀架进给洗头、尾座、液压系统、润滑系统、排屑器等部分组成。数控车床主要用于旋转体零件的车、钻、铰、镗孔及攻丝等加工。一般能自动完成内外圆柱面、圆锥面、球面、圆柱螺纹、圆锥螺纹、槽及端面等工序的切削加工。数控车床都具备两轴的联动功能。各类数控车床的示意图如图1.4所示。

1.4.2 线切割机床简介

线切割机床是在模具加工中应用较为广泛的一种数控机床。它主要分为慢走丝线切割机床和快走丝线切割机床两种,主要用于圆孔、异型孔等的加工。它是用电极放电腐蚀的原理来切割工件的。常用的电极一般为钼丝(快走丝线切割机床)和铜丝(慢走丝线切割机床)。线切割机床都具备两轴的联动功能,有些还具有四轴联动的功能。线切割机床的示意图如图1.5所示。



(a) 经济型数控车床



(b) 数控车削中心

图 1.4 各类数控车床的示意图

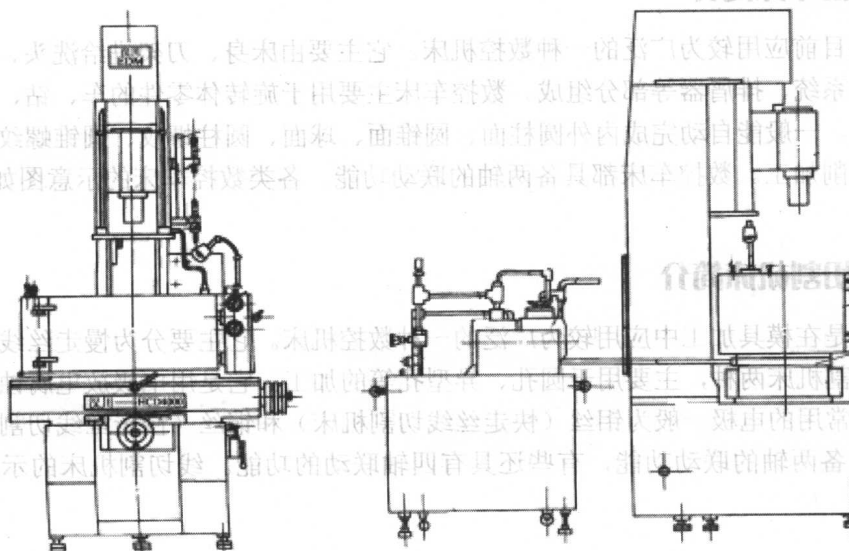


图 1.5 线切割机示意图



1.4.3 数控铣床简介

数控铣床在模具制造行业中的应用非常广泛。各种平面轮廓和立体曲面的零件（例如模具的凸凹模型腔等）都采用数控铣床进行加工。数控铣床还可以进行钻、扩、铰、镗孔及攻丝等加工。数控铣床分为立式数控铣床和卧式数控铣床两种，如图 1.6 所示的为各类数控铣床的示意图，其上的坐标系符合 ISO 标准的规定，即符合右手定则。数控铣床有两轴联动、三轴联动、四轴联动及五轴联动等不同档次。其中，两轴联动数控铣床较少使用。现在应用最广泛的是三轴联动的数控铣床。四轴联动和五轴联动数控铣床多数应用在军工企业、汽车和航天工业。

1.4.4 加工中心简介

加工中心与数控铣床的区别在于加工中心备有可自动换刀的装置和刀库系统，刀库中存放着若干事先准备好的刀具和检具。数控铣床与加工中心也分为立式和卧式两种，如图 1.6 和图 1.7 所示。其上的坐标系符合 ISO 标准的规定，即符合右手定则。

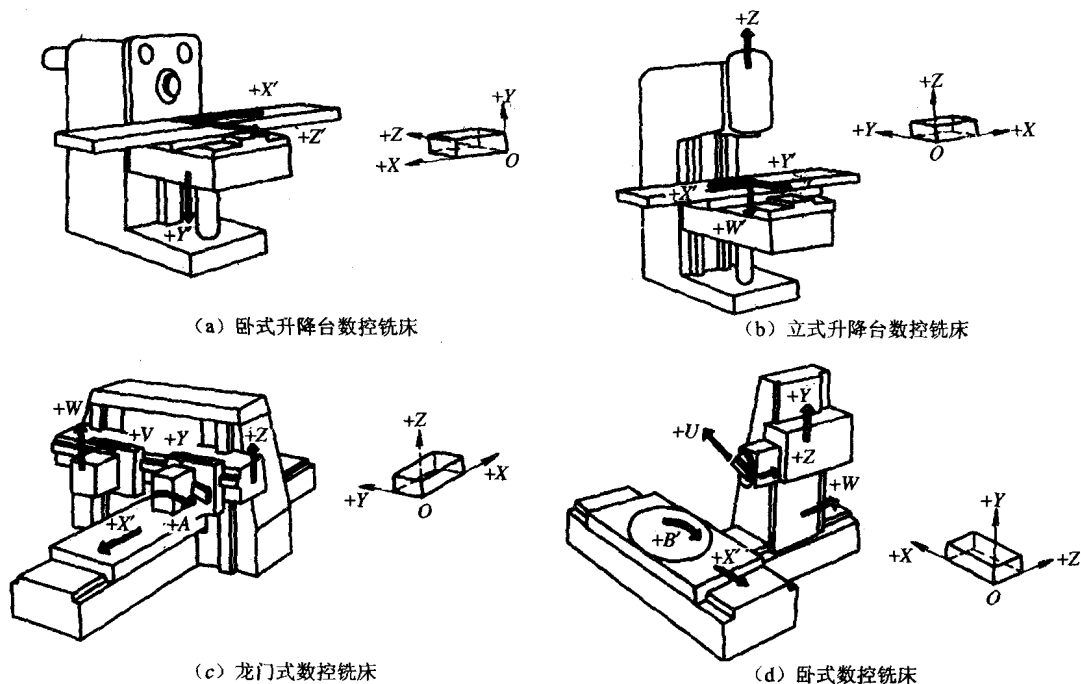


图 1.6 各类数控铣床的示意图

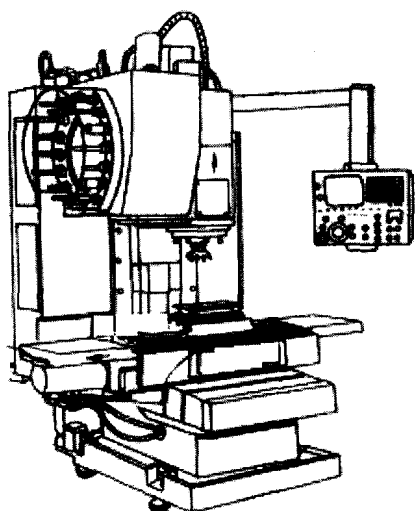
加工中心在模具制造行业中的应用也非常广泛。各种平面轮廓和立体曲面的零件（例如模具的凸凹模型腔等）都可在加工中心上进行加工。加工中心同样可以进行钻、扩、铰、镗孔及攻丝等加工。加工中心有两轴联动、三轴联动、四轴联动及五轴联动等不同档次。现在应用最广泛的是三轴联动的加工中心。四轴联动和五轴联动的加工中心参数应用在军工企业、汽车和航天工业，而在模具制造行业中的应用较少。

1.4.5 电火花机床简介

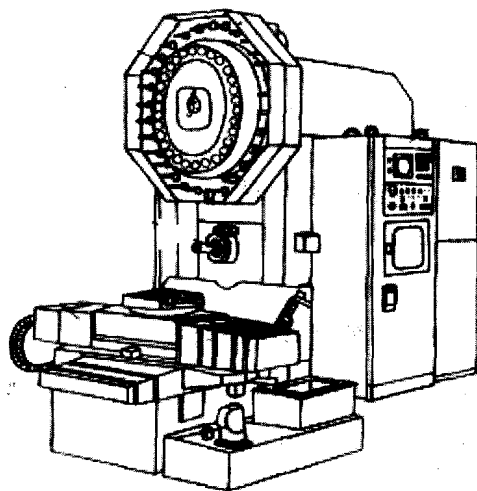
电火花机床是在模具加工中应用较为广泛的一种数控机床，主要用于模具型腔的放电加工。它是用电极和工件之间脉冲放电的电腐蚀作用，对工件进行加工的一种方法。常用的电



电极材质一般为紫铜和石墨。电火花机床的示意图如图 1.8 所示。



(a) 立式加工中心



(b) 卧式加工中心

图 1.7 加工中心

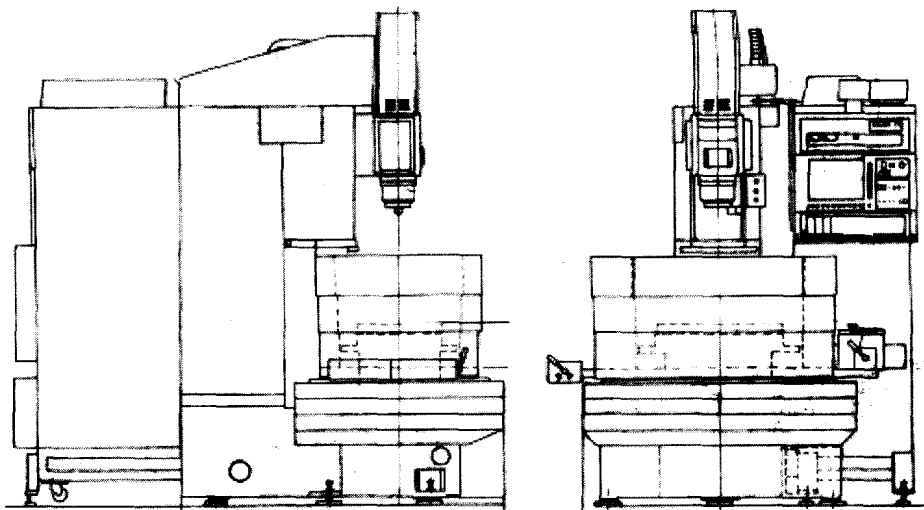


图 1.8 电火花机床的示意图

1.4.6 其他数控机床

除了以上在模具行业比较常用的数控机床以外，还有一些其他类型的数控机床，例如专门用来镗孔的数控镗床、专门用来钻孔攻丝的数控钻床、专门用来打磨平面的数控磨床等。在此就不进行详细介绍了。



习题与思考题 1

1. 数控机床由哪几部分组成？各有什么作用？
2. 数控机床大致有哪些种类？
3. 简述数控机床的右手法则。
4. 简述加工中心与数控铣床的相同之处和不同之处。

第2章 数控机床编程方法 及手工编程简介



2.1 数控机床编程种类及程序结构

对数控机床进行数控加工程序编制的方法有两种：手工编程和计算机自动编程。

2.1.1 手工编程

手工编程是指数控加工程序编制的全过程由人工完成。这种方法主要用于二维简单零件的编程，特别是对简单的点位加工（例如钻孔）和简单的轮廓加工（例如仅仅由直线和圆弧组成的轮廓）。但是，对于一些复杂的零件（例如二维中的2次曲线及复杂模具表面的曲面等），或者用手工编程的工作量很大的零件，用手工编程就显得力不从心了。

另外，我们学习手工编程的目的并不在于能使用手工编程的方法来解决多少复杂的编程问题，而在于掌握数控编程的原理，为今后学习自动编程打下坚实的基础。

2.1.2 自动编程

自动编程就是使用计算机进行辅助编程。随着计算机辅助设计及计算机辅助制造（CAD/CAM）技术的迅速发展，赋予了自动编程不同的含义。目前所说的自动编程是指把运用计算机辅助设计（CAD）技术产生的模型（例如曲线、曲面、实体等），运用计算机辅助制造（CAM）技术，输入刀具参数、刀具加工路径及加工精度等参数，计算机会自动产生加工程序，并可在计算机上对所产生的加工程序进行模拟现场的加工分析，经过后置处理成数控机床使用的加工程序。

计算机自动编程减轻了编程人员的劳动强度、提高了工作效率，尤其对于复杂零件（例如注塑模型腔等三维曲面），其效果更好。

2.1.3 加工程序结构

一个完整的加工程序中间总是由若干程序段组成的。程序段是一个完整的机床控制信息，表示机床的一种操作。程序段由一个或若干个字组成。

例如，某一个加工程序：

```
%  
O110
```