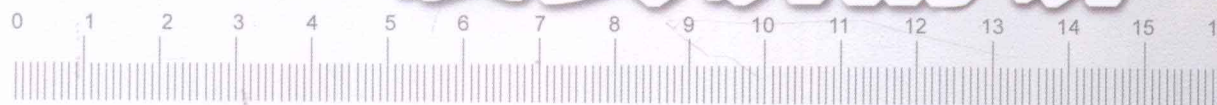


高职高专模具与数控技能实训规划教材

FANUC

数控铣床编程 及实训精讲



主编 杨海琴 侯先勤



取材典型 实例丰富 ◉ 讲解独到 经验点评



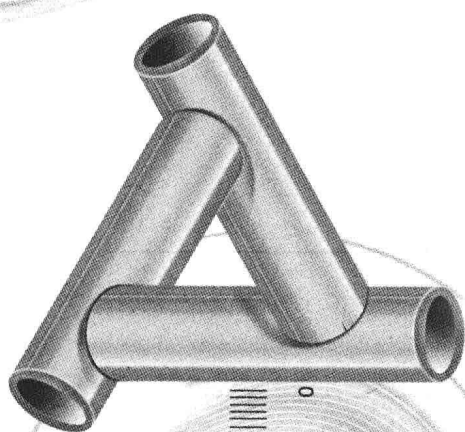
西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

高职高专模具与数控技能实训规划教材

FANUC

数控铣床编程 及实训精讲

主编 杨海琴 侯先勤



西安交通大学出版社
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS

内容简介

本书以 FANUC Oi 系统为基础,详细讲解了数控铣床的操作方法及编程。1~4 章依次介绍了数控铣床基础、加工工艺、切削原理以及编程基础。第 5 章详细讲解了 FANUC Oi 系统的指令,每个指令都附以实例来帮助读者更好地理解指令功能。在学习了第 5 章的指令后本书在第 6 章紧接着详细讲解了 FANUC Oi 系统数控机床的操作方法。第 7 章全部是编程实例,每个实例都按照数控机床的实际情况,通过案例分析、基点坐标、案例实施、案例总结的方式来表述,每个程序都以表格的形式(程序+注释)详细清晰地编写出来,并且都通过了数控机床的验证。第 8 章专门讲解了数控仿真软件的操作方法,从基础上降低了误操作和废品的产生,同时又保护了人身安全与设备安全。第 9 章讲述了数控铣床及加工中心操作规程。

本书适合作为高职高专、中等职业技术学校数控加工、模具制造、机电类专业的实训教材,也可作为数控铣床技术工人中、高级工、技师、高级技师的培训教材以及从事数控加工的工程技术人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

FANUC 数控铣床编程及实训精讲/杨海琴,侯先勤主编.

—西安:西安交通大学出版社,2010.8

ISBN 978-7-5605-3616-3

I. ①F… II. ①杨…②侯… III. ①数控机床:铣床
—程序设计 IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 128872 号

书 名	FANUC 数控铣床编程及实训精讲
主 编	杨海琴 侯先勤
责任编辑	雷萧屹

出版发行	西安交通大学出版社 (西安市兴庆南路 10 号 邮政编码 710049)
------	---

网 址	http://www.xjtpress.com
电 话	(029)82668357 82667874(发行中心) (029)82668315 82669096(总编办)

传 真	(029)82668280
印 刷	西安市新城区兴庆印刷厂

开 本	787mm×1 092mm	1/16	印 张	13.75	字 数	326 千字
版次印次	2010 年 8 月第 1 版		2010 年 8 月第 1 次印刷			
书 号	ISBN 978-7-5605-3616-3/TG·32					
定 价	25.00 元					

读者购书、书店添货、如发现印装质量问题,请与本社发行中心联系、调换。

订购热线:(029)82665248 (029)82665249

投稿热线:(029)82664954

读者信箱:jdlgy@yahoo.cn

版权所有 侵权必究

Foreword

本系列教材是依据高职高专职业学校、技工学校数控技术应用专业领域技能型紧缺人才培养培训指导方案和国家颁布的数控技术应用专业教学大纲编写而成。分别涉及目前数控机床的主流操作系统:FANUC 系统、SIEMENS 系统、华中系统的车、铣、加工中心。全套教材的编写坚持以就业为导向,将数控加工工艺(工艺路线的确定、刀具的选择等)和程序的编制融合到实际操作中,每个程序都以表格的形式(程序+注释)详细清晰地编写出来,并且都通过了数控机床的验证,充分体现了“教、学、做”合一的职教办学特色。旨在培养既有一定的理论知识,又能编制加工程序,同时能熟练操作数控机床的实用型人才。

本书内容

全书共分 9 章,内容完整,由浅入深,层层剖析。在阐明基本加工原理的同时又为读者推荐好的加工方法和加工经验。主要内容简介如下:

- 第 1 章 数控铣床及加工中心基础知识
- 第 2 章 数控铣床及加工中心加工工艺
- 第 3 章 切削原理
- 第 4 章 编程基础知识
- 第 5 章 FANUC 0i 系统数铣编程指令
- 第 6 章 FANUC 0i 数控铣床及加工中心基本操作
- 第 7 章 FANUC 0i 系统数铣编程综合案例
- 第 8 章 FANUC 0i 系统数控仿真
- 第 9 章 数控铣床及加工中心操作规程

读者对象

本书语言简洁,层次清晰,实例丰富经典,步骤详细,适合作为高职高专、中等职业技术学校数控加工、模具制造、机电类专业的实训教材,也可作为数控铣床技术工人中、高级工、技师、高级技师的培训教材以及从事数控加工的工程技术人员的参考用书。

本书的主编是杨海琴、侯先勤。此外,参与本书编写的还有龚小龙、田俊飞、丁荣跃、张继先等,在此一并表示感谢!

由于编写时间较为仓促,书中难免会有疏漏和不足之处,恳请广大读者提出宝贵意见。如有问题可以通过电子邮件 xylyabc666@sohu.com 与编者联系。

编 者

2010 年 8 月



Contents

前 言

第 1 章 数控铣床及加工中心基础知识	(1)
1.1 数控机床基础	(1)
1.1.1 数控机床的功能特点	(1)
1.1.2 数控机床基本概念	(2)
1.1.3 FANUC 数控系统简介	(3)
1.2 数控机床分类	(4)
1.2.1 按工艺用途分类	(4)
1.2.2 按运动轨迹分类	(6)
1.2.3 按伺服系统分类	(7)
1.3 数控铣床及加工中心的组成及分类	(11)
1.3.1 数控铣床及加工中心组成	(11)
1.3.2 数控铣床及加工中心的分类	(13)
1.4 数控铣床及加工中心的功能与特点	(16)
1.4.1 数控铣床及加工中心的主要功能	(16)
1.4.2 数控铣床及加工中心的特点	(16)
1.5 数控铣床及加工中心的插补原理	(17)
1.5.1 插补概念	(17)
1.5.2 插补分类	(17)
1.5.3 逐点插补原理	(17)
1.6 本章小结	(20)
第 2 章 数控铣床及加工中心加工工艺	(21)
2.1 切削对象及加工方法	(21)
2.2 数控加工工艺	(22)
2.2.1 加工工艺的主要内容	(22)
2.2.2 数控加工工艺文件	(23)
2.3 工艺路线的拟定	(24)
2.3.1 加工方法的选择	(24)
2.3.2 加工工序的安排	(26)
2.3.3 进给路线的确定	(27)
2.4 数控铣床及加工中心的夹具	(30)

2.4.1	夹具的作用	(30)
2.4.2	夹具的组成	(31)
2.4.3	夹具的基本要求	(31)
2.4.4	夹具的种类	(31)
2.4.5	夹具的选择	(32)
2.5	工件的定位与找正	(33)
2.5.1	工件在夹具中的定位及定位基准	(33)
2.5.2	确定定位和夹紧方案	(36)
2.5.3	工件的定位元件	(36)
2.5.4	六点定位原理	(36)
2.5.5	工件及夹具的校正	(37)
2.6	数控铣床及加工中心的刀具	(37)
2.6.1	刀具的分类及用途	(37)
2.6.2	数控铣床及加工中心的刀柄	(42)
2.6.3	数控铣床及加工中心刀具的合理选用	(42)
2.6.4	数控铣削刀具的要求及特点	(43)
2.6.5	加工中心的换刀装置与刀具库	(43)
2.7	本章小结	(45)
第3章	切削原理	(47)
3.1	数控铣床及加工中心切削参数的选择	(47)
3.1.1	铣削用量的选择原则	(47)
3.1.2	背吃刀量及侧吃刀量的选择	(47)
3.1.3	进给量的选择	(48)
3.1.4	铣削速度的选择	(49)
3.2	常用材料的切削性能	(49)
3.3	切削刀具材料	(50)
3.3.1	切削部分的基本性能	(50)
3.3.2	常用的刀具材料	(51)
3.4	切削液	(55)
3.4.1	切削液的分类	(55)
3.4.2	切削液的作用	(55)
3.4.3	切削液的选用	(57)
3.5	本章小结	(59)
第4章	编程基础知识	(60)
4.1	数控铣床及加工中心编程概述	(60)

4.1.1	数控编程的流程	(60)
4.1.2	数值的计算	(61)
4.1.3	数控铣床及加工中心的编程分类	(62)
4.2	程序的结构与格式	(64)
4.2.1	程序的结构	(65)
4.2.2	程序格式	(65)
4.3	数控铣床及加工中心坐标系	(66)
4.3.1	机床坐标系的确定原则	(66)
4.3.2	机床坐标轴的确定方法	(67)
4.3.3	机床的两种坐标系	(68)
4.3.4	数控机床的原点	(69)
4.4	数控铣床及加工中心功能指令	(70)
4.4.1	指令基础	(70)
4.4.2	准备功能 G 指令	(71)
4.4.3	辅助功能	(72)
4.4.4	主轴控制	(74)
4.4.5	进给功能	(75)
4.4.6	刀具功能	(76)
4.5	本章小结	(76)
第 5 章	FANUC 0i 系统数铣编程指令	(78)
5.1	FANUC 0i 系统 G 指令	(78)
5.1.1	工件坐标系零点偏移指令 G54~G59	(78)
5.1.2	绝对坐标和相对坐标 G90/G91	(80)
5.1.3	平面选择指令 G17,G18,G19	(81)
5.1.4	快速点定位 G00	(81)
5.1.5	直线插补 G01	(82)
5.1.6	圆弧插补指令(G02,G03)	(83)
5.1.7	刀具半径补偿指令(G41,G42,G40)	(87)
5.1.8	刀具长度补偿指令(G43,G44,G49)	(92)
5.2	简化编程指令	(95)
5.2.1	极坐标指令	(95)
5.2.2	可编程镜像(G50.1,G51.1)	(99)
5.2.3	比例缩放指令	(101)
5.2.4	坐标系旋转指令	(103)
5.3	子程序	(106)
5.3.1	子程序的概念	(106)

5.3.2	子程序调用格式	(106)
5.3.3	子程序调用的应用	(107)
5.4	固定循环	(109)
5.4.1	固定循环基础	(109)
5.4.2	常用固定循环指令	(111)
5.5	用户宏程序	(124)
5.5.1	宏程序分类	(124)
5.5.2	宏程序变量	(124)
5.5.3	宏程序的算术与逻辑运算	(126)
5.5.4	宏程序循环和转移语句	(127)
5.5.5	宏程序调用	(128)
5.6	本章小结	(128)
第 6 章	FANUC 0i 数控铣床及加工中心基本操作	(130)
6.1	FANUC 0i 数控铣床控制面板介绍	(130)
6.2	FANUC 0i 数控铣床操作面板介绍	(132)
6.2.1	操作方式选择键	(133)
6.2.2	程序检查键的标识和用途	(133)
6.2.3	机床操作面板各键介绍	(133)
6.3	数控机床操作步骤	(135)
6.4	FANUC 0i 数控铣床手动回参考点	(136)
6.4.1	数控铣床及加工中心回参考点操作的作用	(136)
6.4.2	数控铣床及加工中心回参考点的步骤	(136)
6.4.3	数控铣床及加工中心回参考点的注意事项	(136)
6.5	FANUC 0i 数控铣床及加工中心的对刀	(137)
6.5.1	数控铣床及加工中心对刀的基本工具	(137)
6.5.2	数控铣床及加工中心的对刀原理	(138)
6.5.3	数控铣床及加工中心的对刀步骤(使用刀具对刀)	(138)
6.6	FANUC 0i 数控铣床及加工中心程序的编辑	(141)
6.6.1	加工程序的输入方法	(142)
6.6.2	手动输入程序的步骤	(142)
6.6.3	加工程序的编辑	(142)
6.6.4	程序输入时的注意事项	(143)
6.7	FANUC 0i 数控铣床及加工中心程序校验	(143)
6.7.1	空运行操作方法	(143)
6.7.2	机械锁定操作方法	(143)
6.7.3	程序的试切削验证	(144)

6.8 本章小结	(144)
第7章 数控铣床及加工中心综合实训	(145)
7.1 对称内轮廓零件	(145)
7.1.1 实训案例	(145)
7.1.2 案例分析	(146)
7.1.3 相关知识	(146)
7.1.4 实训操作	(146)
7.1.5 实训总结	(150)
7.2 对称外轮廓零件	(150)
7.2.1 实训案例	(150)
7.2.2 案例分析	(151)
7.2.3 相关知识	(152)
7.2.4 实训操作	(152)
7.2.5 实训总结	(156)
7.3 内外轮廓零件	(156)
7.3.1 实训案例	(156)
7.3.2 案例分析	(157)
7.3.3 相关知识	(157)
7.3.4 实训操作	(158)
7.3.5 实训总结	(164)
7.4 薄壁零件	(164)
7.4.1 实训案例	(164)
7.4.2 实训分析	(164)
7.4.3 相关知识	(165)
7.4.4 实训操作	(165)
7.4.5 实训总结	(170)
7.5 孔系类零件	(170)
7.5.1 实训案例	(170)
7.5.2 实训分析	(171)
7.5.3 相关知识	(171)
7.5.4 实训操作	(171)
7.5.5 实训总结	(175)
7.6 配合类零件 I	(175)
7.6.1 实训案例	(175)
7.6.2 实训分析	(176)
7.6.3 相关知识	(176)

7.6.4	实训操作	(176)
7.6.5	实训总结	(181)
7.7	配合类零件Ⅱ	(182)
7.7.1	实训案例	(182)
7.7.2	实训分析	(183)
7.7.3	相关知识	(183)
7.7.4	实训操作	(183)
7.7.5	实训总结	(191)
第8章	数控仿真	(192)
8.1	数控仿真软件的作用与安装方法	(192)
8.1.1	数控仿真软件的作用	(192)
8.1.2	数控仿真软件的安装过程	(192)
8.2	数控仿真软件的启动与操作	(195)
8.2.1	数控仿真软件的启动	(195)
8.2.2	数控加工仿真软件的操作方法	(196)
8.3	本章小结	(203)
第9章	数控铣床及加工中心操作规程	(204)
9.1	数控铣床操作规程	(204)
9.2	操作时的注意事项	(205)
9.3	数控铣床及加工中心日常维护和保养	(206)
9.4	数控铣床及加工中心常见操作故障及分析	(207)

第1章 数控铣床及加工中心 基础知识

普通机床已有近两百年的历史,随着社会生产和科学技术的发展,机械产品日趋精密复杂、且频繁改型,特别是在航空、航天、造船、军工、汽车等领域所需要的零件,具有精度高、形状复杂等特点,为了满足上述要求,新型数控机床应运而生。数控机床是电子技术、计算机技术以及自动化、精密仪器与测量等技术的综合产物。数控机床是现代化制造技术的核心设备,其先进程度和拥有数量代表了一个国家制造工业现代化水平。

与普通铣床相比,数控铣床的加工精度高,精度稳定性好,适应性强,操作劳动强度低,特别适应于板类、盘类、壳体类、模具类等复杂形状的零件或对精度保持性要求较高的中、小批量零件的加工。

本章介绍数控铣床及加工中心的组成、分类及特点以及插补原理,以便于增加读者对数控机床的感性认识,同时为后续的数控编程奠定基础。



1.1 数控机床基础



1.1.1 数控机床的功能特点

数控机床与普通机床加工零件的区别在于:数控机床是按照设定好的程序自动加工零件,而普通机床主要由人工手动操作来加工零件。在数控机床上只要改变控制机床动作的程序,就可以达到加工不同零件的目的。因此,数控机床特别适用于加工批量小、精度高、形状复杂的零件。数控机床具有以下特点。

(1) 简化加工过程 传统加工需要认真编制工艺规程,严格划分工序,然后设计和制造夹具,确定定位方案。而使用数控加工可以集中工序,减少零件的装夹次数,通过数控程序可以轻松实现对复杂三维零件的加工,大大简化了加工过程。

(2) 加工效率高 数控加工在数控程序引导下有序进行,受到的人工干预少,加工过程中工件的转位时间及换刀时间短,还可以实现多刀并行加工,提高加工效率。

(3) 加工精度高 数控加工在程序控制下有序进行,具有较小的加工误差。同时现在数控机床还采用了闭环控制,可以对出现的误差进行补偿,提高加工精度。

(4) 加工重复性好 数控加工中编制好的程序可以在加工中重复使用,还可以对已有的程序进行适当的修改和完善,以适应相似的加工对象,特别是随着 CAD/CAM 技术的不断



断发展和进步,复杂数控程序的编制变得越来越简单,为高效的加工出高精度的复杂零件创造出良好的条件。



1.1.2 数控机床基本概念

数控技术及其数控机床的应用,成功地解决了一些几何形状复杂、一致性要求较高的中小批量零件自动化加工问题,大大提高了加工效率和加工精度,而且减轻了工人的劳动强度,缩短了生产周期,提高了企业的竞争能力。本节介绍几个常用的数控概念。

1. 数控

即数字控制(Numerical Control,简称 NC),就是用数字化的信息对机床的运动及其加工过程进行控制的一种方法。简单地说,数控就是采用计算机或专用计算机装置进行数字计算、分析处理、发出相应指令,对机床的各个动作及加工过程进行自动控制的一门技术。

2. 数控机床

数控机床是一种利用信息处理技术实现自动加工控制和金属切削的机床,是数控技术运用的典范。如图 1-1 所示。

3. 计算机数字控制

计算机数字控制(Computer Numerical Control 简称 CNC)是用计算机存储系统软件实现数字控制功能,使数控系统由模拟控制系统发展为数字控制系统。计算机数字控制不论是运算速度、精度、还是系统的稳定性、可靠性,都比早期的数控系统有很大的提高,为数控技术的发展提供了强大的生命力。

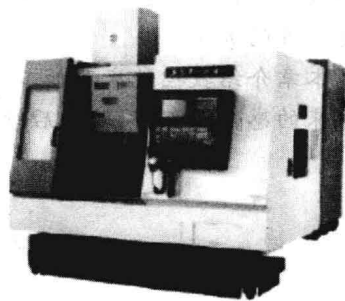


图 1-1 数控机床

4. 数控系统

数控系统是指利用数控技术实现自动控制的系统,是数控机床的核心,可对 NC 代码进行识别、存储和插补运算,并输出相应的脉冲指令经驱动伺服系统变换和放大,驱动机床完成相应的动作。数控系统主要用于控制对象的位置、角度、定位精度、定位速度、切削速度、温度、压力等。

5. 数控加工

数控加工是把根据工件图样和工艺要求等原始条件,编好的加工程序输入数控装置,数控装置再将输入的信息进行运算处理后转换成驱动伺服机构的指令信号,最后由伺服机构控制机床刀具与工件的相对运动,实现工件自动加工。

6. 数控加工的内容

一般来说,数控加工流程如图 1-2 所示,主要包括以下几方面的内容。

(1)分析图样 确定加工方案对所要加工的零件进行技术要求分析,选择合适的加工方式,再根据需要的加工方式,选择合适的数控加工机床。

(2)工件的定位与装夹 根据零件的加工要求,选择合理的定位基准,并根据零件批量、精度、加工成本选择合适的夹具,完成工件的装夹与工件在夹具中的找正。

(3)刀具的选择与安装 根据零件的加工工艺性与结构工艺性,选择合适的刀具材料与

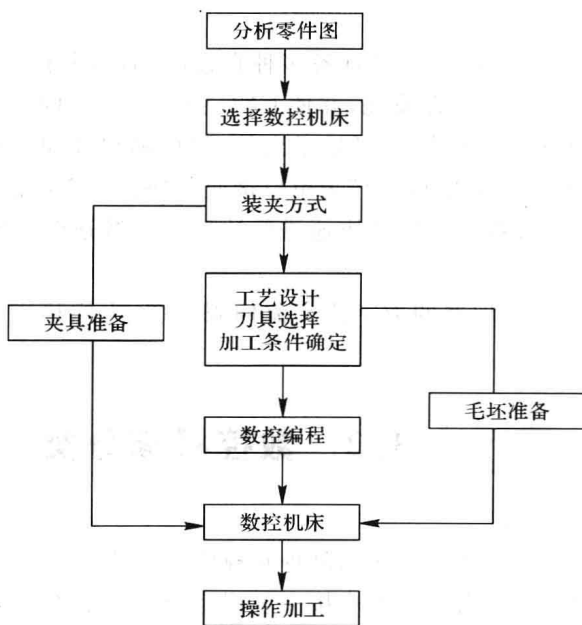


图 1-2

刀具种类,完成刀具在机床中的安装与对刀,并将对刀所得参数在数控系统中进行正确的设定。

(4)编制数控加工程序 根据零件的加工要求,对零件进行正确的编程,并将这些程序通过控制介质或手动方式输入机床数控系统。

(5)试切削、试运行并校验数控加工程序 对所输入的程序进行试运行,并进行首件的试切削。试切削一方面用来校验所编制的数控程序,另一方面用来校验工件的加工精度。

(6)数控加工 当程序正确无误后,便可进入数控加工阶段。

(7)工件验收和质量误差分析 工件入库前,应先进行工件的检验,并进行质量分析,分析误差产生的原因,找出纠正误差的方法。



1.1.3 FANUC 数控系统简介

目前国内外数控系统种类繁多,数控机床也不尽相同,但数控系统的操作与编程原理基本相同。本书以我国较为广泛使用的 FANUC 系统为例,有针对性地讲述数控机床的操作与编程。

在众多系统中,FANUC 0i 系统得到了各国用户的高度评价,成为世界范围内用户最多的数控系统之一。其主要特点有:彩色图形显示、会话菜单式编程、专用宏功能、多种语言(汉、德、法)显示、目录返回等功能。新型号的数控系统是在原有型号后加字母“i”,如 FANUC 0i 系列、FANUC 18i 系列等。FANUC 0i 是一种采用高速 32 位微处理器的高性能数控系统。其中 FANUC 0i-M 和 FANUC 0i-T 分别用于数控镗铣床和数控车床。FANUC 0i 系列数控系统具有以下特点。

(1) 本系统是一种小型高精度、高性能的软件固定型 CNC。这不仅提高了系统可靠性,



还提高了系统的性价比。

(2) 为了便于系统的维修,系统内部具备多种自诊断功能,并能分类显示 CNC 内部状态。一旦发生故障,报警指示灯立即发亮,并使 CNC 停止工作。同时,在 CRT 上可分类显示出故障详细内容。在 CRT 显示器上,可显示出从 CNC 输出或向 CNC 输入的接通、关断信号,通过 MDI(手动数据输入),能以“位”为单位接通、关断从 CNC 输出的接通、关断信号。

(3) 可用 CRT 显示检查数控系统的快速进给速度、加、减速时间常数等各种参数设定值。

(4) 由于采用了高速微处理器的数字式交流伺服系统,无漂移影响,实现了高速、高精度的控制。



1.2 数控机床分类

随着数控技术的飞速发展,数控机床的品种和规格越来越多,本节将数控机床按工艺用途、运动轨迹以及伺服系统进行分类。其中按工艺用途分为一般数控机床、加工中心和特种数控机床;按运动轨迹分为点位控制系统、直线控制系统和轮廓控制系统;按伺服系统分为全闭环伺服系统、半闭环伺服系统、开环伺服系统和混合闭环伺服系统。



1.2.1 按工艺用途分类

1. 一般数控机床

一般数控机床是在普通通用机床的基础上发展起来的,其工艺用途与普通机床相似,不同的是它适合加工单件、小批量和复杂形状的零件,生产效率和自动化程度比普通机床高。其种类主要有数控铣床、数控车床、数控磨床、数控镗床、数控钻床、刨床、拉床等。如图 1-3、图 1-4、图 1-5、图 1-6 所示。各类数控机床的功能简述如下。

(1) 铣床是用多刃铣刀进行连续切削加工的机床,铣床的运动是铣刀的旋转运动,生产效率和加工质量较高。铣床的应用范围很广,主要用于加工平面、沟槽、螺旋面以及分齿零件等。因此,它是重要的切削加工机床。

(2) 车床主要用来对旋转体零件进行车削、镗削、钻削、铰削、攻丝等工序的加工。一般能自动完成内外圆柱面、圆锥面、球面、螺纹、槽及端面等工序的切削加工。

(3) 钻床是孔加工机床,主要用来加工外形较复杂、没有对称回转轴线的工件上的孔,如箱体、机架等零件上的各种孔。在钻床上加工时,工件不动,刀具做旋转主运动,同时沿轴向移动,做进给运动。钻床可完成钻孔、扩孔、铰孔、攻螺纹等工作。

(4) 镗床类机床的主要工作是用镗刀进行镗孔。此外,还可进行钻孔、铣平面和车削等工作。

(5) 用磨料或磨具(砂轮、砂带、油石或研磨料等)作为工具对工件表面进行切削加工的机床,统称为磨床。它们是因精加工和硬表面加工的需要而发展起来的。磨床可用于磨削内、外圆柱面和圆锥面、平面、螺旋面、齿面以及各种成形表面等。

(6) 刨床主要用于加工各种平面和沟槽,表面成形方法是轨迹——轨迹法。机床的主运

动和进给运动均为直线运动。

(7)拉床用拉刀进行通孔、平面及成形表面的加工。拉削时,拉刀使被加工表面一次切削成形,所以拉床只有主运动,没有进给运动。



图 1-3 数控铣床



图 1-4 数控车床

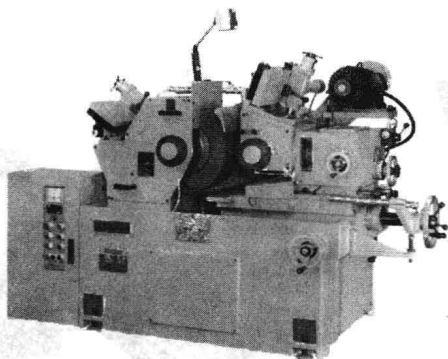


图 1-5 数控磨床

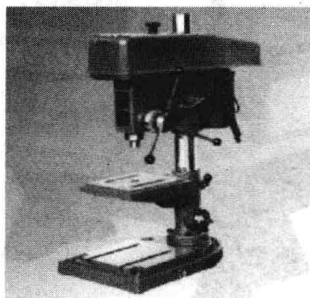


图 1-6 数控钻床

2. 加工中心

数控加工中心机床,简称加工中心(Machining Centre,简称 MC),它与普通数控铣床的主要区别是加工中心是一种备有刀库并能通过程序或手动控制自动更换刀具(ATC, Automatic Tools Changer)对工件进行多工序加工的数控机床。最常用的数控加工中心有数控镗铣加工中心和数控车削加工中心。如图 1-7 所示。

3. 特种数控机床

特种数控机床是配置有专用的计算机数控系统并自动进行特种加工的机床。特种加工的含义,主要是指加工手段特殊,工件的加工部位特殊,加工的工艺性能要求特殊等。例如,数控线切割机床、数控电火花机床、数控冲床、数控激光切割机等。如图 1-8、图 1-9、

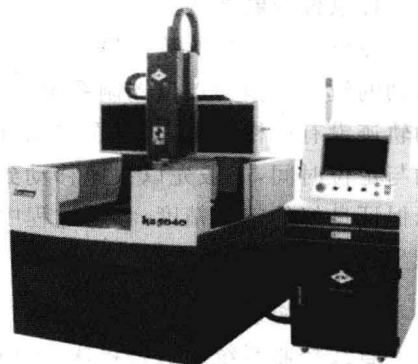


图 1-7 立式加工中心



图 1-10、图 1-11 所示。

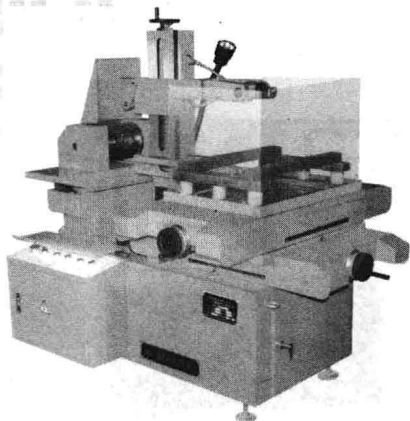


图 1-8 数控线切割

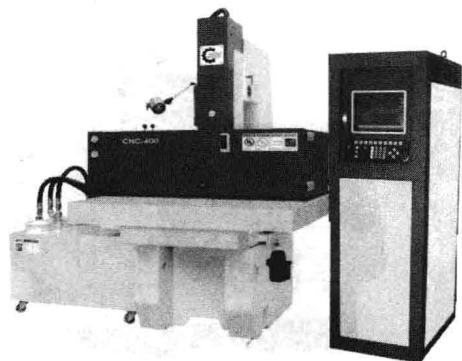


图 1-9 数控电火花



图 1-10 数控冲床

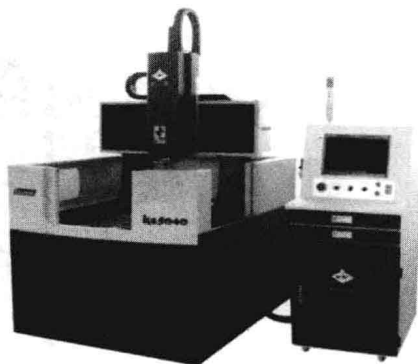


图 1-11 数控激光切割机



1.2.2 按运动轨迹分类

1. 点位控制系统

点位控制系统的数控机床,其数控装置只能控制刀具从一点到另一点的位置,而不控制移动的轨迹。因为点位控制系统的数控机床只要求获得准确的加工坐标点的位置,而对移动轨迹没有严格要求,并且在移动和定位过程中不进行任何加工。为了减少移动部件的运动与定位时间,一般先以快速移动到终点附近位置,然后以低速准确移动到终点定位位置,以保证良好的定位精度,移动过程中刀具不进行切削。常见的点位数控机床有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲床等。如图 1-12 所示。

2. 直线控制系统

直线控制系统的数控机床,不但要求刀具或数控工作台从起点坐标运动到终点坐标,而且要求刀具或数控工作台以给定的速度沿平行于某坐标轴方向运动的过程中进行切削加工。该类系统也可以控制刀具或数控工作台同时在两个轴向以相同的速度运动,从而沿某

坐标轴成 45° 的斜线进行加工。常见的直线数控机床有数控车床、数控镗铣床、数控磨床、数控加工中心等。如图 1-13 所示。

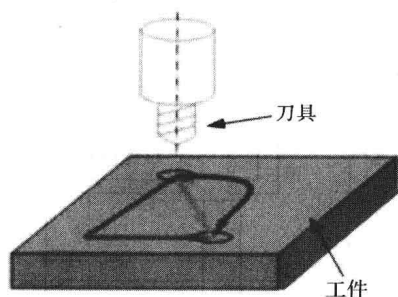


图 1-12 点位控制系统

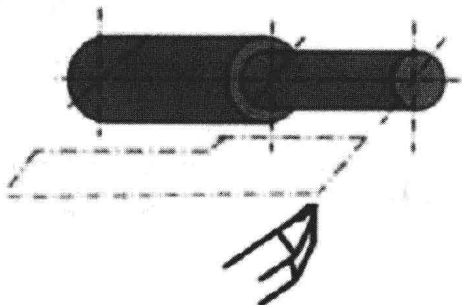


图 1-13 直线控制系统

3. 轮廓控制系统

轮廓控制系统的数控机床,能够对两个或两个以上的坐标轴同时进行控制,它不仅能够控制机床移动部件的起点和终点坐标值,而且能够控制整个加工过程的每一点的速度与位移,既能控制加工轨迹又能加工出符合要求的轮廓。其加工工件可以用直线插补或圆弧插补的方法进行切削加工。常见的轮廓数控机床有数控车床、数控铣床、数控磨床、数控加工中心、线切割等。如图 1-14 所示。

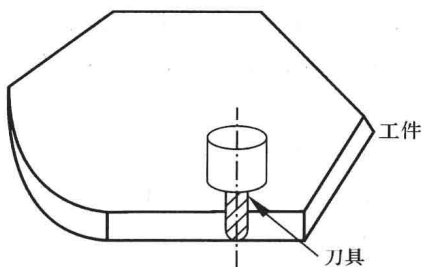


图 1-14 轮廓控制系统



1.2.3 按伺服系统分类

伺服,英文为 servo,本意为“服从”的含义。数控机床伺服系统(servo-system)通常是指进给伺服系统。它是数控系统和机床机械传动部件间的连接环节,是数控机床的重要组成部分。包含传动、电气驱动、检测、自动控制等方面的内容,涉及强电与弱电控制。

进给伺服系统是以机床移动部件的位置和速度作为控制量的自动控制系统。数控机床伺服系统的一般结构如图 1-15 所示。它是一个双闭环系统,内环是速度环,外环是位置环。可以认为数控系统是数控机床的大脑,它是发布“命令”的指挥机构。伺服系统是数控机床的“四肢”,是执行机构。它接受来自数控系统的指令,经过放大和转换,驱动数控机床上的执行件(工作台和刀架)实现预期的运动,并将运动结果反馈回去与输入指令相比较,直至与输入指令之差为零,使机床精确地运动到所要求的位置,加工出所需工件的外形和尺寸。