

SHUKONG JICHUANG YU WEIXIU

数控机床与维修

李跃军 主编

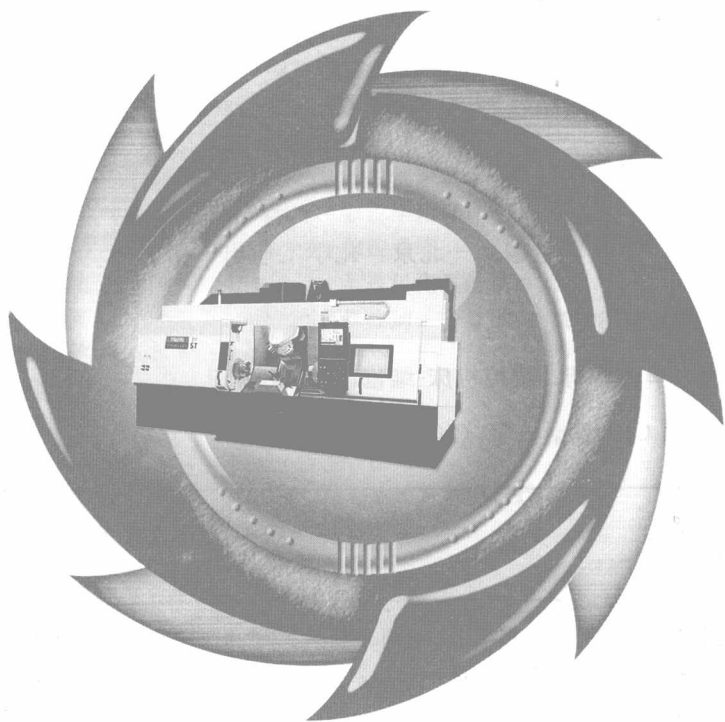


化学工业出版社

SHUKONG JICHUANG YU WEIXIU

数控机床与维修

李跃军 主编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床与维修/李跃军主编. —北京: 化学工业出版社, 2008.9

ISBN 978-7-122-03583-7

I. 数… II. 李… III. 数控机床-维修 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 129391 号

责任编辑: 王 烨

装帧设计: 韩 飞

责任校对: 周梦华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷: 大厂聚鑫印刷有限责任公司

装 订: 三河市万龙印装有限公司

720mm×1000mm 1/16 印张 12½ 字数 261 千字 2008 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 29.00 元

版权所有 违者必究

前言

随着我国加快新型工业化的进程,机械制造业得到了迅速的发展,以数控机床为代表的先进装备在企业生产中的应用越来越普及。随着数控车床、数控铣床和加工中心等数控机床用量的剧增,培养大量掌握数控机床编程、操作和维修的应用型技能人才的重任就责无旁贷地落到了中、高等职业院校的身上,而数控技术应用专业的任务就是培养和造就大批的数控专业技术工人。随着人才竞争的加剧和企业对复合型人才的需求,数控操作人员学习和掌握一定的数控机床维护、维修专业知识就显得尤为重要了。

正是在此基础上,根据职业技术教育的定位和特点,本书重点讲述了数控操作工岗位的数控机床维护常识和设备管理员岗位的数控设备及维修知识。

本书具有如下特色:

1. 目前数控设备维护维修类的教材和专业书籍较多,但专门针对我国中、高等职业教育实情的不多,本书就是从数控职业教育的要求和现状出发介绍数控设备的维修理论和技能的。

2. 本教材编写突出了“现场实际应用”的特色,精选了大量的应用实例和图片,以丰富读者对实际现场的感知和对理论知识的理解。

3. 书中涉及到的专业内容,既有学科前沿的最新知识,又有必备的基本理论知识。

4. 本书的定位清晰,就是帮助数控机床的操作人员和设备管理人员掌握数控设备的基本原理和维护维修管理的基本技能。

本书作为职业教育数控专业教材和培训教程,采用了循序渐进的内容结构,从数控操作员的岗位能力要求出发,将知识与技能组合成独立的模块单元,以理论联系实际为指导,以技术应用为目标,在内容上力求体系完整、通俗易懂,对数控岗位具有实际指导意义。全书共分为七个模块单元:认识数控机床、数控系统、数控机床伺服系统、数控机床 PLC 模块、数控机床机械结构、数控机床的维修、数控机床设备管理。

本书由李跃军高级技师担任主编,集美轻工业学校林岩副校长、朱来发老师及湖南三一学院贺秋群老师担任副主编。参加编写的有湖南三一学院阳同光,集美轻

工业学校黄江波、骆书芳，湖南铁道职业技术学院杨超，厦门高级技工学校张利军，东方电气集团杜江华，湖南软件职业学院罗丹、张显、陈慧君，上海建桥学院张云玲，广东揭阳综合职业中专朱小红、简晓镔。本书在编写过程中，得到了湖南软件职业学院王福庆教授、向代佳高级工程师及湖南铁道职业技术学院廖兆荣副教授的大力支持，在此一并表示感谢，正是由于大家的辛勤劳动才使得本书提前与各位读者见面。在全文统稿阶段，得到了湖南软件职业学院肖桂兰老师的热情帮助，在此表示深深的谢意。

本书可作为高等、中等职业技术学院机电、数控、模具等专业数控设备维护维修课程的教材，也可作为从事数控机床设备维修和管理的工程技术人员参考用书，同时也可作为数控机床维修电工的培训教材。

由于编者的水平和时间有限，书中难免有疏漏和不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 认识数控机床	1
1.1 数控机床原理	1
1.1.1 数控机床的组成	1
1.1.2 数控机床的工作原理	3
1.2 数控车床	4
1.2.1 数控车床的类型	4
1.2.2 数控车床的加工功能	6
1.3 数控铣床	6
1.3.1 数控铣床类型	6
1.3.2 数控铣床的加工功能	8
1.4 加工中心	9
1.4.1 加工中心类型	9
1.4.2 加工中心加工功能	10
1.5 数控发展趋势	12
思考题	17
第 2 章 数控系统	18
2.1 数控系统概述	18
2.1.1 数控系统的配置	18
2.1.2 数控系统的功能	19
2.1.3 数控系统的一般工作过程	21
2.2 数控系统结构	23
2.2.1 计算机数控系统硬件	23
2.2.2 计算机数控系统硬件连接	23
2.2.3 计算机数控系统硬件结构	24
2.2.4 数控系统硬件分类	25
2.2.5 数控系统的软件结构	26
2.3 典型数控系统	28
2.3.1 FANUC 系统	28

2.3.2	SIEMENS 系统的介绍	33
2.3.3	华中数控系统	34
2.4	开放式数控系统	37
2.4.1	传统数控系统的问题	37
2.4.2	开放式数控系统的特点	37
2.4.3	开放式数控系统的特点	38
2.4.4	开放式数控系统的结构组成	38
	思考题	39

第3章 数控机床伺服系统 40

3.1	伺服系统概述	40
3.1.1	数控机床伺服系统的分类与特点	40
3.1.2	数控机床伺服系统的要求	44
3.2	变频器	45
3.2.1	变频器的基础知识	45
3.2.2	西门子 MICROMASTER 420 通用型变频器	48
3.2.3	变频器日常维护保养的具体内容	54
3.3	驱动器	54
3.3.1	FANUC 驱动器	54
3.3.2	SIEMENS 驱动器	57
3.3.3	伺服驱动器的日常维护	59
3.4	执行电机	60
3.4.1	主轴电动机	60
3.4.2	步进电动机	61
3.4.3	进给伺服电动机	62
3.5	检测元件	64
3.5.1	感应同步器	64
3.5.2	编码器	65
3.5.3	光栅	68
	思考题	71

第4章 数控机床 PLC 模块 72

4.1	PLC 概述	72
4.1.1	认识 PLC	72
4.1.2	接触 PLC	74
4.2	梯形图编程语言	76
4.2.1	基本指令	76
4.2.2	功能指令	80

4.3 数控机床 PLC 控制实例	88
4.3.1 主轴正、反转 M 功能控制实例	88
4.3.2 T 控制功能实例	89
4.3.3 PLC 报警显示控制	90
思考题	91

第 5 章 数控机床机械结构

92

5.1 数控机床机械特点	92
5.1.1 数控机床机械系统的结构应满足的要求	92
5.1.2 数控机床机械系统结构特点	93
5.1.3 数控机床总体布局	93
5.2 数控机床传动系统	97
5.2.1 数控机床对主传动系统的要求	97
5.2.2 主传动的变速方式	97
5.2.3 主轴部件	98
5.2.4 数控机床进给传动系统要求	101
5.2.5 数控机床进给传动系统的构成	101
5.2.6 滚珠丝杠螺母副	102
5.2.7 数控机床对导轨的要求	105
5.2.8 导轨的基本类型	105
5.3 自动换刀装置	107
5.3.1 自动换刀装置的形式	107
5.3.2 刀库	108
5.4 数控机床的辅助装置	110
5.4.1 数控机床的液压和气动系统	110
5.4.2 数控机床的自动排屑装置	111
思考题	112

第 6 章 数控机床的维修

113

6.1 数控机床故障分类	113
6.1.1 根据故障的种类分类	114
6.1.2 根据故障的表现形式分类	117
6.1.3 根据故障发生规律分类	119
6.1.4 根据发生故障的部位分类	120
6.2 数控机床故障诊断方法	121
6.2.1 诊断的基本流程和内容	121
6.2.2 常用的诊断方法	123
6.3 常见故障的处理	128

6.3.1 数控系统常见故障的处理	129
6.3.2 电气部分的常见故障处理	131
6.3.3 机械部分的常见故障处理	137
思考题	141

第7章 数控机床设备管理	142
---------------------------	------------

7.1 设备管理常识	142
7.1.1 了解设备管理的基本常识	142
7.1.2 TPM 管理模式	146
7.2 数控机床安装与维护	150
7.2.1 数控机床安装调试	150
7.2.2 数控机床日常维护	151
7.2.3 冷却及润滑保养	153
7.2.4 数控机床的点检	155
7.3 安全与注意事项	158
7.3.1 安全事项	158
7.3.2 注意事项	158
思考题	159

附录一 FANUC 0 数控系统报警信息	160
----------------------------	-----

附录二 SINUMERIK 840D 系统报警信息	176
---------------------------------	-----

参考文献	190
------------	-----

第 1 章

认识数控机床

知识点

熟悉数控机床的组成结构
了解数控机床的工作过程
了解数控机床的分类

技能点

能识别常见数控机床的组成结构
能领会数控机床的工作原理

1.1 数控机床原理

1.1.1 数控机床的组成

你见过数控机床吗？如果见过，你知道它的基本组成吗？

如图 1-1 所示为一台自动化程度很高的数控复合车铣加工中心机床。

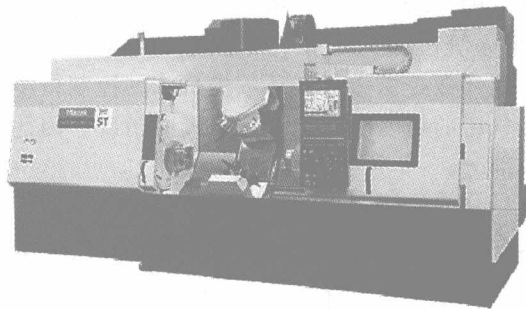


图 1-1 Mazak 复合车铣加工中心

数控机床主要由数控程序控制介质、计算机数控系统、伺服驱动系统和机床本体四大部分组成,如图 1-2 所示。



图 1-2 数控机床的组成

(1) 数控程序

数控加工程序存储着加工零件所需的全部操作信息,加工程序可存储在控制介质上,再通过输入装置输入数控系统中。加工程序的获得可由编程员经工艺分析后,用文字、数字和

符号组成的标准数控代码按规定的方法和格式手工编写而成,也可在计算机上进行自动编程(即 CAM)。数控机床加工程序也可通过键盘用手工方式直接输入数控系统;数控加工程序还可由编程计算机用 RS232C 或采用网络通信方式传送到数控系统中。

(2) 数控系统

数控系统(即 CNC 系统)是数控机床的核心,它接收外来信息,如数控加工程序和数控机床的操作面板输入信号等,CPU 将输入信息分类、处理,并发出控制信号,再输出运动信号给主轴系统、坐标轴伺服系统和 PLC 控制的辅助功能部件等。

数控系统的工作过程是:脉冲信号→编译→机器语言→运算和处理→信息和指令→控制机床动作。

(3) 伺服系统

伺服单元和驱动装置统称为伺服驱动系统。伺服系统是 CNC 系统和机床主体的联系环节,是数控机床工作的动力装置,CNC 系统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,数控机床功能的强弱主要取决于 CNC 系统,而数控机床性能的好坏主要取决于伺服驱动系统。

伺服驱动系统包括主轴伺服系统和进给伺服系统。主轴伺服系统的主要作用是实现零件加工的切削运动,其控制量为速度。进给伺服系统的主要作用是实现零件加工的成型运动,其控制量为速度和位置。它们的一个共同特点是能灵敏、准确地跟踪 CNC 系统的位置和速度指令。同时伺服系统还包括了检测和反馈装置,完成位置和速度的检测,通常安装在机床的工作台、丝杠或驱动电机的转轴上,相当于普通机床的刻度盘和人的眼睛,它把机床工作台的实际位移或速度转变成电信号反馈给 CNC 系统或伺服系统,以实现闭环和半闭环控制。按有无检测反馈装置,数控机床可分为开环与闭环数控机床。开环数控机床的控制精度取决于步进电机和丝杠的精度,闭环数控机床的精度取决于测量装置的精度。因此,测量装置是高性能数控机床的重要组成部分。

(4) 机床本体

数控机床的机床本体,是数控系统的被控对象,是实现制造加工的执行部件。数控机床的机床本体与传统机床相似,由主轴传动装置、进给传动装置、床身、工作台以及辅助运动装置、液压气动系统、润滑系统、冷却装置等组成。但数控机床在整体布局、外观造型、传动系统、刀具系统的结构以及操作机构等方面都已发生了很大

的变化。这种变化的目的是为了**满足数控机床的要求和充分发挥数控机床的特点**。

1.1.2 数控机床的工作原理

你能说说数控机床加工与传统机床加工的区别吗？

如图 1-3 所示，在普通机床上加工零件，一般先由机械加工工艺人员制定零件加工的**工艺规程**。在工艺规程中规定了加工工序、使用的机床、刀具选择、夹具安装等内容，机床操作者则根据**工序卡**的要求，在加工过程中操作机床，自行选定切削用量、走刀路线和工序内的工步安排等，不断地改变刀具与工件的相对运动轨迹和运动参数，使刀具对工件进行切削加工，从而得到所需要的合格零件。

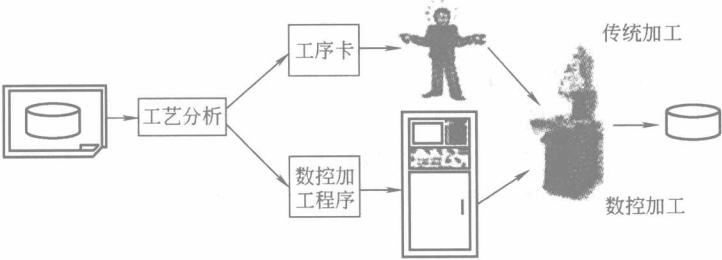


图 1-3 数控加工与传统加工的区别

在数控机床上，传统加工过程中的人工操作均被数控系统自动控制所取代。其工作过程如图 1-4 所示：首先要将被加工零件图上的几何信息和工艺信息数字化（即编成加工程序），再将加工程序单中的内容记录在磁盘等控制介质上，然后将该

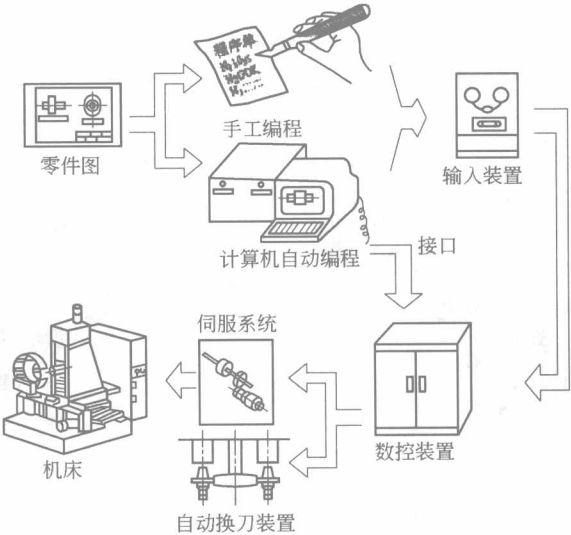


图 1-4 数控机床的工作过程

程序输入数控系统。数控系统则按照程序的要求,进行相应的运算、处理,然后发出控制命令,使各坐标轴、主轴以及辅助动作相互协调运动,实现刀具与工件的相对运动,自动完成零件的加工。下面讲一步说明。

① 根据零件图制定工艺方案,采用手工或计算机进行零件程序的编制,并把编好的零件程序存放于某种介质上。

② 经过相应的输入装置把存放在该介质上的零件程序输入至数控系统。

③ 数控系统根据输入的零件程序和操作指令进行相应的处理,输出位置控制指令到进给伺服驱动系统以实现刀具和工件的相对移动,输出速度控制指令到主轴伺服驱动系统以实现切削,从而加工出符合图纸要求的零件。

1.2 数控车床

1.2.1 数控车床的类型

数控车床的外形与普通车床相似,即由床身、主轴箱、刀架、进给系统、液压与气动系统、冷却和润滑系统等部分组成。数控车床的进给系统与普通车床有质的区别,传统普通车床有进给箱和交换齿轮架,而数控车床是直接用电机通过滚珠丝杠驱动溜板和刀架实现进给运动,因而进给系统的结构大为简化。

数控车床品种繁多,规格不一,可按如下方法进行分类。

(1) 按车床主轴位置分类

① 卧式数控车床 卧式数控车床又分为数控水平导轨卧式车床和数控倾斜导轨卧式车床,如图 1-5 所示。其倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性,并易于排除切屑。

② 立式数控车床 立式数控车床简称为数控立车,其车床主轴垂直于水平面,一个直径很大的圆形工作台用来装夹工件,如图 1-6 所示。这类机床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。

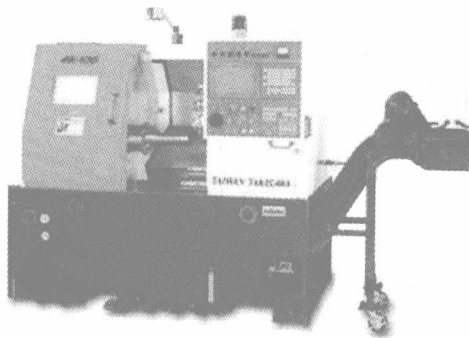


图 1-5 卧式数控车床

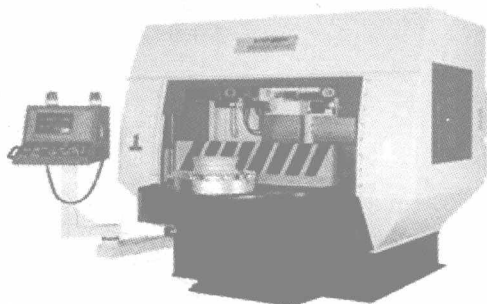


图 1-6 立式数控车床

(2) 按刀架数量分类

① 单刀架数控车床 数控车床一般都配置有各种形式的单刀架,如图 1-7 所

示,如四工位卧动转位刀架或多工位转塔式自动转位刀架。

② 双刀架数控车床 这类车床的双刀架配置平行分布,也可以是相互垂直分布,如图 1-8 所示。

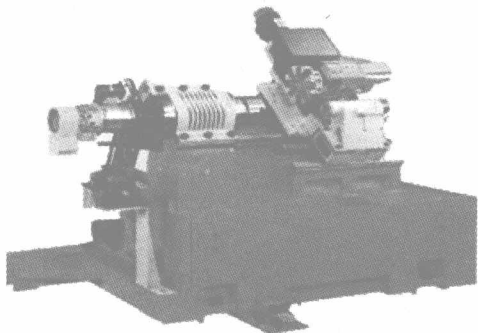


图 1-7 单刀架数控车床

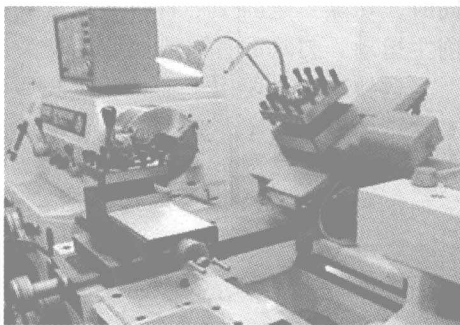


图 1-8 双刀架数控车床

(3) 按功能分类

① 经济型数控车床 采用步进电动机和单片机对普通车床的进给系统进行改造后形成的简易型数控车床,成本较低,但自动化程度和功能都比较差,车削加工精度也不高,适用于要求不高的回转类零件的车削加工,如图 1-9 所示。

② 普通数控车床 根据车削加工要求在结构上进行专门设计并配备通用数控系统而形成的数控车床,数控系统功能强,自动化程度和加工精度也比较高,适用于一般回转类零件的车削加工。这种数控车床可同时控制两个坐标轴,即 X 轴和 Z 轴,如图 1-10 所示。

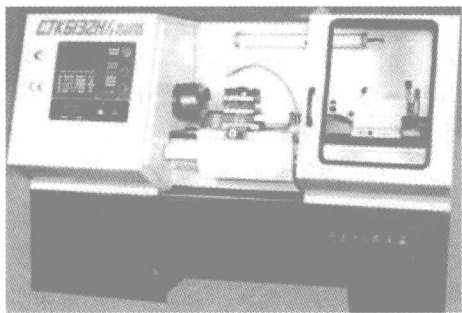


图 1-9 经济型数控车床

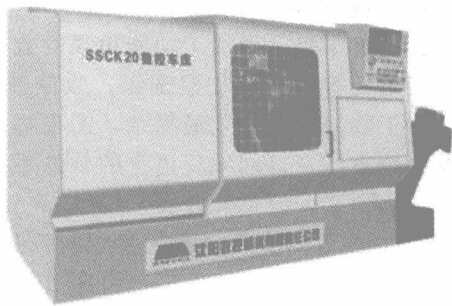


图 1-10 普通数控车床

③ 车削加工中心 在普通数控车床的基础上,增加了 C 轴和动力头,更高级的数控车床带有刀库,可控制 X 、 Z 和 C 三个坐标轴,联动控制轴可以是 $(X、Z)$ 、 $(X、C)$ 或 $(Z、C)$ 。由于增加了 C 轴和铣削动力头,这种数控车床的加工功能大大增强,除可以进行一般车削外,还可以进行径向和轴向铣削、曲面铣削、中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削等加工。车削加工中心内部结构如图 1-11 所示。

1.2.2 数控车床的加工功能

数控车床比较适合于车削具有以下要求和特点的回转体零件。

数控车削时,工件做回转运动,刀具做直线或曲线运动,刀尖相对工件运动的同时,切除一定的工件材料从而形成相应的工件表面。其中,工件的回转运动为切削主运动,刀具的直线或曲线运动为进给运动。两者共同组成切削成形运动。

数控车床主要用于轴类和盘类回转体零件的多工序加工,如图 1-12 所示,具有高精度、高效率、高柔性化等综合特点,其加工范围较普通车床广,不仅可以进行车削还可以铣削。

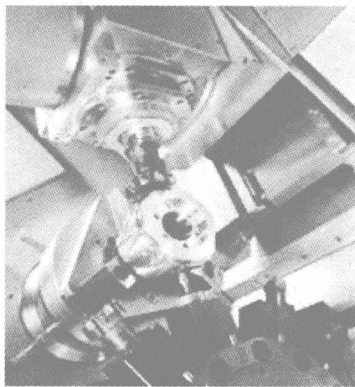


图 1-11 车削加工中心内部示意图

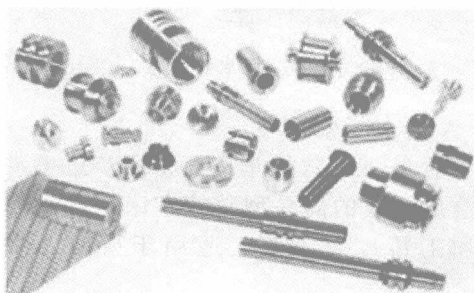


图 1-12 车削的典型零件

1.3 数控铣床

1.3.1 数控铣床类型

数控铣床是一种加工功能很强的数控机床,目前迅速发展起来的加工中心、柔性加工单元等都是在数控铣床、数控镗床的基础上产生的,两者都离不开铣削方式。由于数控铣削工艺最复杂,需要解决的技术问题也最多,因此,人们在研究和开发数控系统及自动编程语言的软件系统时,也一直把铣削加工作为重点。

(1) 按主轴的位置分类

① 立式数控铣床 数控立式铣床在数量上一直占据数控铣床的大多数,应用范围也最广,如图 1-13 所示。从机床数控系统控制的坐标数量来看,目前 3 坐标数控立铣仍占大多数,一般可进行 3 坐标联动加工,但也有部分机床只能进行 3 个坐标中的任意 2 个坐标联动加工(常称为 2.5 坐标加工)。此外,还有机床主轴可以绕 X、Y、Z 坐标轴中的其中一个或两个轴作数控摆角运动的 4 坐标和 5 坐标数控立铣。

② 卧式数控铣床 与通用卧式铣床相同,其主轴轴线平行于水平面,如图 1-14 所示。为了扩大加工范围和扩充功能,卧式数控铣床通常采用增加数控转盘或万能数控转盘来实现 4、5 坐标加工。这样,不但工件侧面上的连续回转轮廓可以加工出来,而且可以实现在一次安装中,通过转盘改变工位,进行“四面加工”。

③ 立卧两用数控铣床 目前,这类数控铣床已不多见,由于这类铣床的主轴

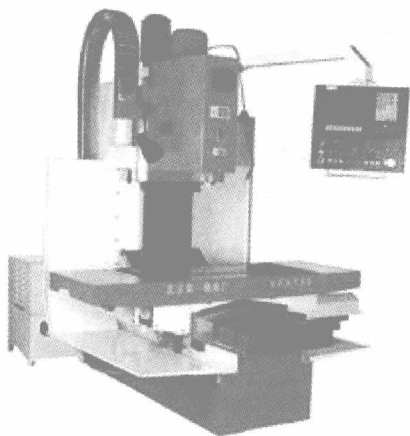


图 1-13 立式数控铣床

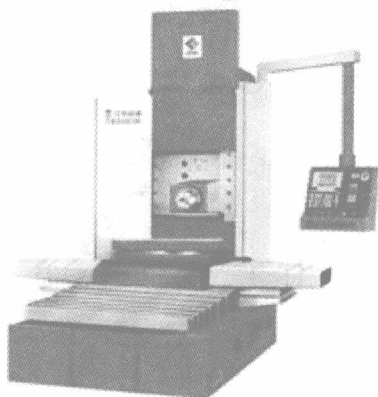


图 1-14 卧式数控铣床

方向可以更换,能达到在一台机床上既可以进行立式加工,又可以进行卧式加工,如图 1-15 所示。而同时具备上述两类机床的功能,其使用范围更广,功能更全,选择加工对象的余地更大,且给用户带来不少方便。特别是生产批量小,品种较多,又需要立、卧两种方式加工时,用户只需买一台这样的机床就行了。

(2) 按构造分类

① 工作台升降式数控铣床 这类数控铣床采用工作台移动、升降,而主轴不动的方式。小型数控铣床一般采用此种方式。

② 主轴头升降式数控铣床 这类数控铣床采用工作台纵向和横向移动,且主轴沿垂向溜板上下运动。主轴头升降式数控铣床在精度保持、承载重量、系统构成等方面具有很多优点,已成为数控铣床的主流。

③ 龙门式数控铣床 这类数控铣床主轴可以在龙门架的横向与垂向溜板上运动,而龙门架则沿床身作纵向运动,如图 1-16 所示。大型数控铣床,因要考虑到扩大行程,缩小占地面积及刚性等技术上的问题,往往采用龙门架移动式。

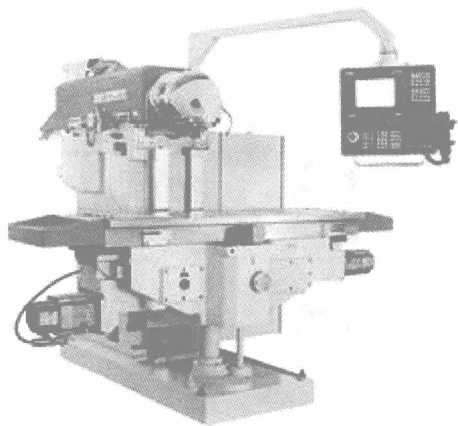


图 1-15 立卧两用数控铣床

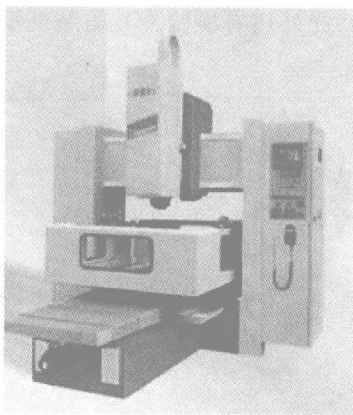


图 1-16 龙门式数控铣床

1.3.2 数控铣床的加工功能

(1) 数控铣床的典型加工

数控铣床的典型加工零件如图 1-17 所示。



图 1-17 数控铣床的典型加工零件

(2) 数控铣床的工作方式

与加工中心相比，数控铣床除了缺少自动换刀功能及刀库外，其他方面均与加工中心类同，也可以对工件进行钻、扩、铰、镗和镗孔加工与攻丝等，但它主要还是被用来对工件进行铣削加工，这里所说的主要加工对象及分类也是从铣削加工的角度来考虑的。

① 平面类零件 加工面平行、垂直于水平面或其加工面与水平面的夹角为定角的零件称为平面类零件。根据定义，如图 1-18 所示。

目前，在数控铣床上加工的绝大多数零件属于平面类零件。平面类零件的特点是，各个加工单元面是平面，或可以展开成为平面，例如图 1-18 中的曲线轮廓面和正圆台面，展开后均为平面。平面类零件是数控铣削加工对象中最简单的一类，一般只须用 3 坐标数控铣床的 2 坐标联动就可以把它们加工出来。

② 变斜角类零件 加工面与水平面的夹角呈连续变化的零件称为变斜角类零件，如图 1-19 所示，这类零件多数为飞机零件，如飞机上的整体梁、框、缘条与肋等，此外还有检验夹具与装配型架等。变斜角类零件的变斜角加工面不能展开为

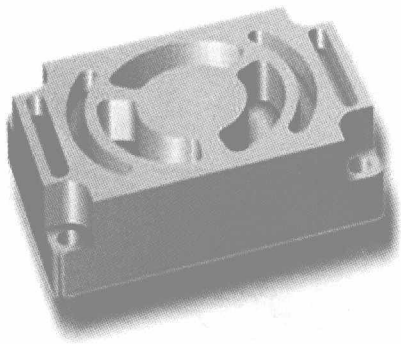


图 1-18 平面类零件

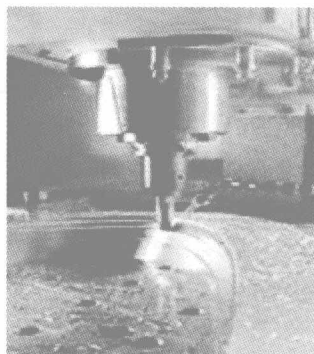


图 1-19 变斜角类零件