

● 数控技术丛书 ●

数控机床

第2版

全国数控培训网络天津分中心 组编

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



■ 数控技术丛书 ■

数控机床

全国职业院校数控专业教材编审委员会 编

机械工业出版社



数 控 机 床

第 2 版

全国数控培训网络天津分中心 组编

天津机电职业技术学院 编



外圖部計發售本館圖書。並贈。可獲官印。注本處。

机械工业出版社

全书共六章。分别介绍了数控机床的分类、应用及发展趋势；数控机床的典型结构；数控车床与车削中心的传动与结构；数控铣床与加工中心的传动与结构；电火花加工和电火花线切割加工的基本原理、特点与适用范围；数控电火花加工机床和数控电火花线切割机床的机械装置；数控机床的安装、验收、维护与故障排除等。

本书可以作为高职高专数控技术应用、机电一体化、模具制造等专业的课程教材，也可以作为继续教育数控培训教材，还可以作为从事加工制造业的工程技术人员参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床/全国数控培训网络天津分中心组编. —北京: 机械工业出版社, 2006.7

(数控技术丛书)

ISBN 7-111-19441-1

I. 数... II. 全... III. 数控机床 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 069643 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 贡克勤 版式设计: 冉晓华 责任校对: 董纪丽

封面设计: 鞠 杨 责任印制: 杨 曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 8 月第 2 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 13.25 印张 · 318 千字

定价: 20.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线电话 (010) 88379727

封面无防伪标均为盗版

数控技术丛书编委会

主任委员 李认清

副主任委员 贡克勤 张维津 杨嘉孟

委员 刘英杰 姜锐 李占军

赵云霞 李秀梅 刘文芳

梁宇栋 赵学东 孔祥清

王克圣

第2版前言

数控技术丛书自1997年3月出版发行以来,因其简明扼要,实用性和操作性强,深受广大读者欢迎,至今重印多达十余次,畅销不衰。鉴于目前计算机技术、微电子技术、自动检测和精密加工等高新技术发展迅猛,原丛书部分内容已陈旧,故急需对原书进行修订。

本次修订,保持了原书简明扼要、实用性强的特色,删去了落后陈旧部分,增加了近年科研、生产新成果及典型应用实例,对原书内容作进一步的完善与补充,以满足应用型与技能型人才培养对教材的需求。

本丛书的内容编排深入浅出、详略得当。既注重数控技术的先进性,又注重实用性;既有理论,又有实例,特别是将作者教学、科研和生产的实践经验、典型应用及兄弟院校使用教材的反馈意见,均选编入册。本丛书的文字论述通俗易懂,图文并茂,每一章最后增加了复习思考题。本书主要适合中、高级数控技术人员的技术培训。同时,在内容编排上也适合高等职业技术教育的教学特点,可作为高职院校教学用书。

本书修订由全国数控培训网络天津分中心组编,天津机电职业技术学院编写。

天津大学张世昌教授、梅江平博士和天津第一机床总厂胡广曦教授级工程师审阅了本书,并提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

修订版的《数控机床》全书共分六章。其中,第一、三章由娄锐编写;第二章由赵学东编写;第四、六章由梁宇栋编写;第五章由罗学科、娄锐编写。本书由娄锐任主编并负责统稿。

本书在编写过程中参阅了同行专家学者的教材、资料和文献,参阅了济南一机床集团公司、大和胜杰工业公司、德国DMG公司、福裕事业公司、哈斯自动数控机械公司、西班牙DANOBAT公司、宝鸡机床厂、苏州市宝玛数控公司等制造商的产品样本,在此谨致谢意。

由于作者水平所限,书中难免存在不足和错误之处,诚望读者批评指正。

编者

第 1 版前言

数控机床是综合应用计算机、自动控制、自动检测及精密机械等高新技术的产物，是典型的机电一体化产品。它的出现及所带来的巨大效益，引起世界各国科技界和工业界的普遍重视。发展数控机床是当前我国机械制造业技术改造的必由之路，是未来工厂自动化的基础。

随着数控机床的大量使用，急需培养大批能熟练掌握现代数控机床编程、操作、维修的人员和工程技术人员。为了适应初、中级数控技术人员培训和学习的需要，并供大中专、职校、技校学生学习现代加工技术之用，全国数控培训网络天津分中心组织编写了“数控技术丛书”，由数控原理、数控编程及数控机床三册组成。各册内容简明扼要、图文并茂、通俗易懂，所采用的实例翔实可靠。

在组织编写过程中，得到天津市人事局、天津市机电一体化办公室、天津市机电工业总公司的大力支持和帮助，天津大学杜君文教授、赵忠堂教授、邓广敏教授及天津理工学院刘树琪教授、吴建华教授等为丛书提出了宝贵的意见并提供了资料，天津分中心陈卫平、刘淑丽、王丽、魏颖、徐士军、回健永等同志对丛书的文稿、图稿进行了打印和绘制，在此一并致以衷心的感谢。

由于我们水平有限，经验不足，加之资料不全，书中难免存在错误疏漏之处，希读者给予指正。

数控技术丛书编委会

1996 年 8 月

目 录

第2版前言

第1版前言

第一章 数控机床概述 1

第一节 数控机床简介 1

一、数控机床的产生 1

二、数控机床的工作过程 1

三、数控机床的组成 2

四、数控机床的特点 4

第二节 数控机床的分类与应用范围 5

一、按工艺用途分类 5

二、按运动方式分类 8

三、按伺服驱动的控制方式分类 10

第三节 数控机床的主要性能指标 14

一、数控机床的精度 14

二、数控机床的可控轴数与联动轴数 15

三、数控机床的运动性能指标 16

第四节 数控机床的发展 17

一、数控机床的发展历程 17

二、数控机床发展趋势 19

第五节 柔性制造与计算机集成制

造简介 22

一、柔性制造单元(FMC) 22

二、柔性制造系统(FMS) 23

三、计算机集成制造系统(CIMS) 25

复习思考题 27

第二章 数控机床的典型结构 28

第一节 数控机床的主传动系统 28

一、数控机床主传动的特点 28

二、数控机床主轴的变速方式 28

三、主轴部件 30

四、电主轴 33

第二节 数控机床进给运动传动部件 35

一、对进给运动的要求 35

二、滚珠丝杠螺母副 35

三、传动齿轮间隙消除机构 41

四、数控机床的回转工作台 44

第三节 数控机床的支承部件 50

一、床身 50

二、导轨 51

第四节 自动换刀装置 58

一、自动换刀的形式 58

二、刀具交换装置 62

三、刀库 65

复习思考题 69

第三章 数控车床与车削中心 71

第一节 数控车床概述 71

一、数控车床的布局、用途及分类 71

二、MJ-50 数控车床的用途、布局及

技术参数 77

第二节 数控车床的传动与结构 79

一、主传动系统及主轴箱结构 79

二、进给传动系统及传动装置 83

三、自动回转刀架 86

四、机床尾座 87

第三节 数控车床的液压原理图及换

刀控制 88

一、液压系统原理图 88

二、回转刀架转位换刀的控制 90

第四节 数控车削中心 91

一、车削中心的工艺范围 91

二、C轴功能与伺服控制 91

三、自驱动刀具的典型结构 93

复习思考题 95

第四章 数控铣床与加工中心 96

第一节 数控铣床 96

一、数控铣床的布局及主要技术参数 96

二、机床的传动结构及调整 100

第二节 加工中心 104

一、加工中心概述 104

二、立式加工中心 109

三、卧式加工中心 121

复习思考题 136

第五章 数控电加工机床 137

第一节 概述 137

一、电加工的主要名词术语	137	选择	172
二、电火花加工的基本原理、特点和适用范围	141	五、数控系统的选择	173
三、电火花线切割加工的基本原理和特点	144	六、加工节拍与机床台数估算	173
第二节 数控电火花加工机床	145	第二节 数控机床的安装与调试	174
一、电火花加工机床及其组成	145	一、加工中心的安装	174
二、数控电火花穿孔成形加工机床的机械装置	147	二、加工中心的调试	179
三、电火花加工机床的工作液过滤系统	153	三、机床的试运行	182
第三节 数控电火花线切割机床	155	四、机床性能检验	183
一、数控电火花线切割机床的型号与参数	155	五、数控功能检验	185
二、数控电火花切割机床的机械装置	157	第三节 数控机床的验收	185
三、线切割机床的工作液系统	168	一、机床几何精度检验	185
复习思考题	170	二、机床定位精度检验	186
第六章 数控机床的安装、验收、维护与故障排除	171	三、机床切削精度检验	189
第一节 数控机床的选型	171	第四节 数控机床的维护与故障排除	194
一、确定被加工工件	171	一、数控机床使用中应注意的问题	194
二、机床规格的选择	171	二、数控系统的维护	195
三、机床精度的选择	171	三、机械部件的维护	196
四、自动换刀装置和刀库容量的选择	172	四、故障分类	198
		五、检测故障的原则	199
		六、故障诊断一般步骤	200
		七、常用的故障诊断技术	200
		八、故障诊断方法	202
		复习思考题	203
		参考文献	204

第一章 数控机床概述

第一节 数控机床简介

一、数控机床的产生

数字控制是利用数字化信息对机械运动及加工过程进行控制的一种方法，简称数控 (Numerical Control, NC)。数控机床是指采用了数控技术进行控制的机床，或者说是装备了数控系统的机床，也称作 NC 机床。由于现代数控系统是通过计算机进行控制的，因此，将数控机床又称为 CNC 机床。

数控机床的产生，是机械制造业发展的必然，世界上第一台数控机床是为了满足航空工业制造复杂工件的需要而产生的。1948 年，美国 PARSONS 公司在研制加工直升飞机叶片轮廓检验样板的机床时，首先提出了应用电子计算机控制机床来加工复杂曲线样板的设想，并与麻省理工学院伺服机构研究所合作从事研制工作，1952 年第一台由专用电子计算机控制的三坐标立式数控铣床研制成功。之后，又经过改进和完善，于 1955 年进入实用阶段，美国空军花费巨额经费订购了大约 100 台数控铣床。这在当时不仅对美国飞机制造业的发展起了重要作用，而且标志着制造业和控制领域一个崭新时代的到来。

随着科学技术的不断发展，对机械产品的质量和生产率提出了越来越高的要求。特别是近年来，制造业的全球化竞争日趋激烈，生产厂家不仅要为用户提供高质量的产品，同时要为满足市场上不断变化的需要进行频繁的改型和开发设计新品，以提高产品的性能价格比，提高市场竞争力。统计资料表明，在机械制造业中单件小批量生产占据机械加工总量的 80% 左右。其中，航空航天、船舶、机床、食品包装机械及重型机械等产品，具有加工批量小，加工零件的形状比较复杂，加工精度要求高的特点。数控机床的问世，恰好解决了制造业所面临的这些问题，数控机床取代普通机床可以完成许多在普通机床上无法完成的工艺内容，使得产品质量大幅度提高，新产品开发周期明显缩短，极大地促进了制造业的技术进步和行业发展。如今，数控机床已经广泛应用于宇航、汽车、船舶、机床、轻工、纺织、电子、通用机械、工程机械等几乎所有的制造行业。

经过数十年的努力，伴随着电子技术及计算机技术的发展，数控机床不断地更新换代，飞速向前发展。可以说，数控机床的发展将自动控制理论与技术的发展提升到一个更高的水平，带动了精密测量技术和先进制造技术的发展，促进了全球的技术进步和经济发展。

二、数控机床的工作过程

数控机床工作过程示意图如图 1-1 所示。

第 1 步：编制加工程序

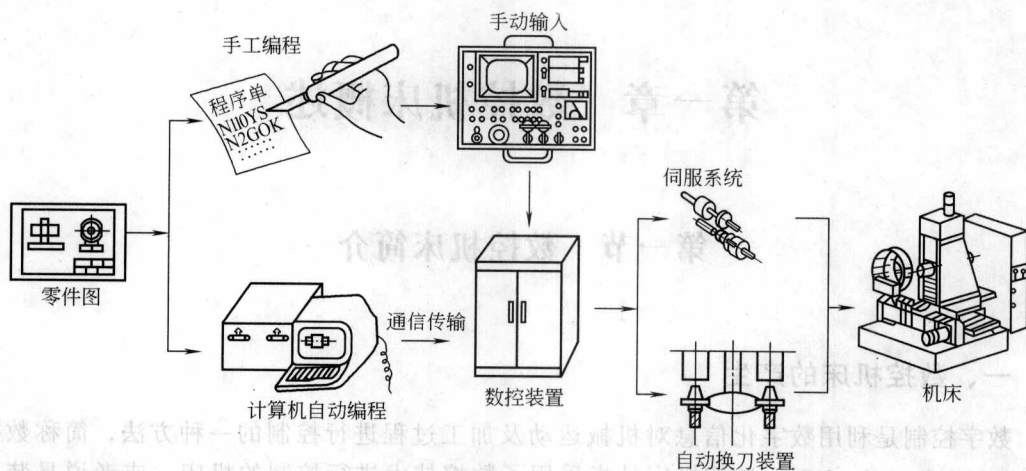


图 1-1 数控机床工作过程示意图

根据被加工零件的图样进行工艺方案分析与设计，用手工编程或自动编程方法，将加工零件所需的机床各种动作及工艺参数等编写成数控系统能够识别的信息代码，即加工程序。

第 2 步：加工程序的输入

可以通过手动输入方式、光电读带机输入、驱动器输入或用计算机和数控机床的接口直接进行通信等方法，将所编写的零件加工程序输入到数控装置。

第 3 步：预调刀具和夹具

根据零件的工艺设计方案中所确定的刀具方案和夹具方案，在机床加工之前，需要分别安装、调整刀具和夹具。

第 4 步：数控装置对加工程序进行译码和运算处理

进入数控装置的信息代码经一系列的处理和运算变成脉冲信号，有的脉冲信号送到机床的伺服系统，经传动机构驱动机床相关部件，完成对零件的切削加工；有的脉冲信号送到可编程控制器中，按顺序控制机床的其他辅助部件，完成工件夹紧、松开、冷却液的开闭、刀具的自动更换等动作。

第 5 步：加工过程的在线检测

机床在执行加工程序的过程中，数控系统需要随时检测机床的坐标轴位置、行程开关的状态等，并与程序的要求相比较，以决定下一步动作，直到加工出合格的零件。

三、数控机床的组成

数控机床是典型的机电一体化产品，主要由程序载体、输入/输出装置、数控装置、伺服系统和机床本体等五部分组成，如图 1-2 所示。

1. 程序载体

要对数控机床进行控制，就必须在人与数控机床之间建立某种联系，这种联系的中间媒介物被称为程序载体。如穿孔带、磁带、磁盘等。

在数控机床上加工零件，首先要对零件图样上的几何形状、尺寸和技术条件进行工艺分析，在此基础上确定加工路顺序和进给路线；确定主运动和进给运动的工艺参数；

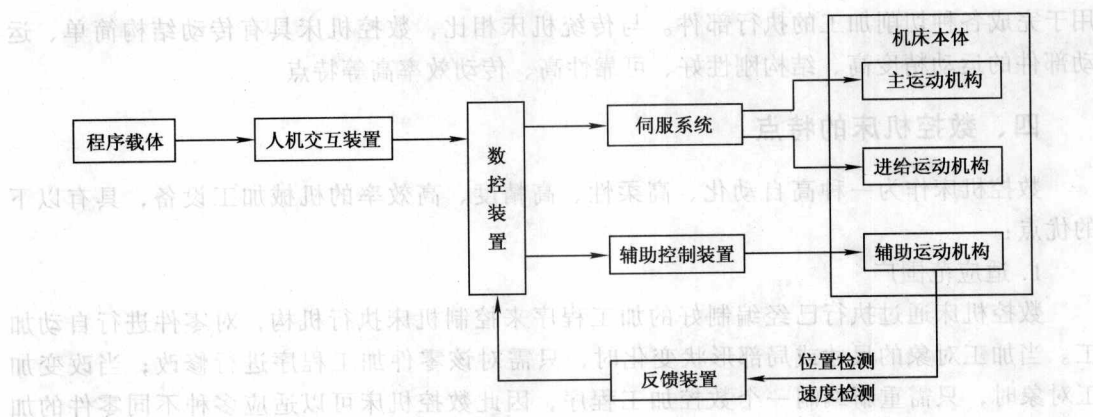


图 1-2 数控机床的组成框图

确定加工过程中的各种辅助操作，之后用标准格式和代码编制出工件的加工程序，再将加工程序存储到程序载体上。

2. 人机交互装置

数控机床的操作人员要通过人机交互装置对数控系统进行操作和控制。键盘和显示器是数控系统不可缺少的人机交互设备。现代数控机床，可以利用机床上的显示屏及键盘以手动方式输入加工程序，或是对输入的加工程序进行编辑、修改和调试；也可以通过计算机用通信方式将自动编程产生的加工程序传送到数控装置。数控系统通过显示器显示机床运行状态、机床参数以及坐标轴位置等，高档的显示器还具备显示加工轨迹图形的功能。

根据程序载体的不同形式，人机交互装置还可以是光电阅读机、磁带机或软盘驱动器等。其中光电阅读机是一种传统的人机交互装置，在过去的加工程序的输入中，发挥了重要的作用。光电阅读机利用红外光敏元件识别穿孔带上每排孔的代码，并将孔所排列的二进制图案转换成电信号送入数控装置。随着计算机技术的发展，计算机中的软、硬磁盘驱动器作为通用外设存储装置已融入数控系统，与光电阅读机相比，后者存取速度快，存取方便，所以得到越来越多的应用。

3. 数控装置

数控装置是数控机床最重要的组成部分，主要由输入/输出接口线路、控制器、运算器和存储器等组成。数控装置的作用是将人机交互装置输入的信息，通过内部的逻辑电路或系统的控制软件进行译码、存储、运算和处理，将加工程序转换成控制机床运动的信号和指令，以控制机床的各部件完成加工程序中规定的动作。

4. 伺服系统

伺服系统是由伺服控制电路、功率放大电路和伺服电动机组成的数控机床执行机构。其作用是接受数控装置发出的指令信息并经功率放大后，带动机床移动部件作精确定位或按规定的轨迹和速度运动。伺服系统作为数控机床的最后控制环节，其控制精度和动态响应特性，对机床的工作性能、加工精度和加工效率有直接的影响。

5. 机床本体

机床本体是数控机床的主体，从布局到结构都充分考虑适应数控加工的特点，它是

用于完成各种切削加工的执行部件。与传统机床相比,数控机床具有传动结构简单、运动部件的运动精度高、结构刚性好、可靠性高、传动效率高等特点。

四、数控机床的特点

数控机床作为一种高自动化、高柔性、高精度、高效率的机械加工设备,具有以下优点:

1. 适应范围广

数控机床通过执行已经编制好的加工程序来控制机床执行机构,对零件进行自动加工。当加工对象的尺寸或局部形状变化时,只需对该零件加工程序进行修改;当改变加工对象时,只需重新编制一个数控加工程序,因此数控机床可以适应多种不同零件的加工。

2. 生产准备周期短

在数控机床上加工新的零件,大部分准备工作是针对零件的工艺分析和编制数控加工程序,而不是去准备专用的工具、夹具等工艺装备,这样大大缩短了生产准备时间。因此应用数控机床,十分有利于企业产品的升级换代和新产品的研制。

3. 工序高度集中

为了体现高自动化、高柔性、高精度的特点,数控机床在结构和功能的设计上,充分考虑了工序的集中,既保证机床粗加工时有足够的刚度,又保证精加工时有可靠的精度。在数控机床上加工,特别是在带有自动换刀系统的数控机床上加工,往往是工件一次装夹后,完成尽可能多的加工内容。这样就可以减少机床、夹具的数量和因重复装夹定位造成的误差,同时还能够缩短转序、等待和装夹等辅助加工时间。

4. 生产效率和加工精度高

在结构设计上,对数控机床的高速、高精度和高刚度要求进行针对性的设计,数控机床加工时可以采用较大的切削用量。特别是一些重切数控机床,其切削用量可以是普通金属切削机床常用量的十几倍。加上自动换刀等辅助动作的自动化,使得数控机床的生产效率比普通机床有大幅度的提高。同时,数控机床还具有相当高的加工精度和质量稳定性。这主要是由机电结合的设计特点所决定的,首先是在结构上应用了滚珠丝杠、滚动导轨等滚动摩擦传动副和机械传动消隙结构等,使机械传动的误差尽可能小;其次是采用了软件精度补偿技术,对机械传动误差进行补偿,提高传动精度;第三是用程序控制加工,减少了人为因素对加工精度的影响。这些措施不仅保证了数控机床较高的加工精度,同时还保证了加工质量的稳定性。

5. 能完成复杂型面的加工

数控系统不仅可以控制机床多个轴的运动,而且能够驱动多个轴联动,使刀具在三维空间中能实现任意的轨迹运动,使得许多在普通机床上无法完成的复杂型面的加工成为可能。

6. 有利于生产管理的现代化

在数控机床上加工零件,能准确地计算加工工时和费用。由于工序高度集中,节省工装夹具、简化了中间检验工序、减少了半成品的管理环节,有利于实施现代化的生产管理模式。同时,数控机床使用了数字信息控制,为计算机辅助设计、制造及实现生产

过程的计算机管理与控制奠定了良好的基础。

由于数控机床与普通机床相比,价格昂贵,养护与维修费用较高,如果使用和管理不善,容易造成浪费并直接影响经济效益。因此,要求设备操作人员和管理者有较高的素质,严格遵守操作规程和履行管理制度,以利于降低生产成本,提高企业的经济效益和市场竞争能力。

第二节 数控机床的分类与应用范围

数控机床的分类有多种方法,最常用的分类方法有以下三种:

一、按工艺用途分类

数控机床是在通用机床的基础上发展起来的,它们和传统的通用机床工艺用途相似。因此,按工艺用途对数控机床进行分类,是最基本的分类方法。

1. 切削类

(1) 普通型数控机床 最常用的数控机床有数控车床、数控铣床、数控钻床、数控镗床、数控磨床和数控齿轮加工机床等金属切削类机床。

1) 典型的数控车床如图 1-3 所示,从布局上看,刀架的结构与普通车床相比变化较大,工件装夹在主轴前端,随主轴旋转;刀具安装在回转刀架上,刀架作纵向和横向两个坐标轴的移动。在数控车床上除了能够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,例如加工图 1-4 所示的手把零件。

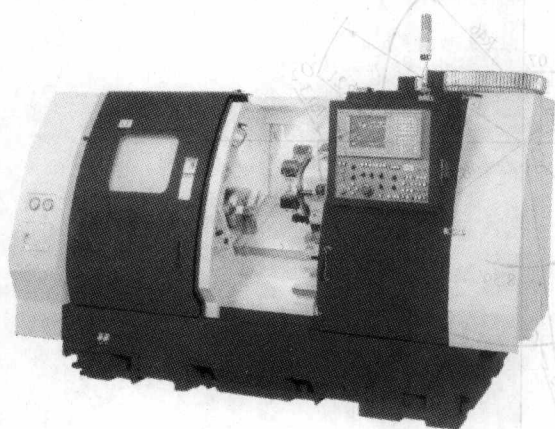


图 1-3 数控车床

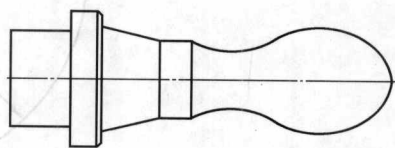


图 1-4 手把零件

2) 典型的数控铣床如图 1-5 所示,其布局 and 结构与普通立式铣床相同,主轴带动刀具旋转,升降工作台可以作纵向、横向和垂直方向三个坐标轴的移动。普通铣床所能完成的工艺内容,数控铣床都能完成。除此之外,由于数控系统通过伺服进给机构可以同时控制两个或三个坐标轴的运动,所以数控铣床还可以加工如图 1-6 所示的具有曲线轮廓的平面凸轮和如图 1-7 所示的复杂三维曲面。数控铣床主轴前端的结构与普通铣床不同,可以分别安装铣刀、钻头和镗刀,因此还具有数控钻床和数控镗床的加工功能,图 1-8 所

示为利用数控铣床加工的连接板零件。

3) 图 1-9 所示为带有转塔主轴头的数控钻床, 转塔上安装有多主轴头, 主轴头上预先安装有各工序所需要的旋转刀具, 加工过程中各主轴头依次地转到加工位置, 并带动刀具旋转, 此时处于非加工位置的主轴头均与主运动脱开。数控钻床主要完成钻孔、扩孔、铰孔、镗孔和攻螺纹等工艺内容, 还可以完成简单的铣削功能。

4) 图 1-10 所示为数控平面磨床的外观图, 主要用于高硬度、高精度零件的平面加工。随着自动砂轮补偿技术、自动砂轮修正技术和磨削固定循环技术的发展, 数控磨床的加工功能越来越强。

(2) 加工中心 普通数控机床一般只能完成一到两种工艺的加工, 适用于单件、小批量和多品种的零件加工。在普通数控机床上加装刀库和自动换刀装置, 构成一种带自动换刀系统的数控机

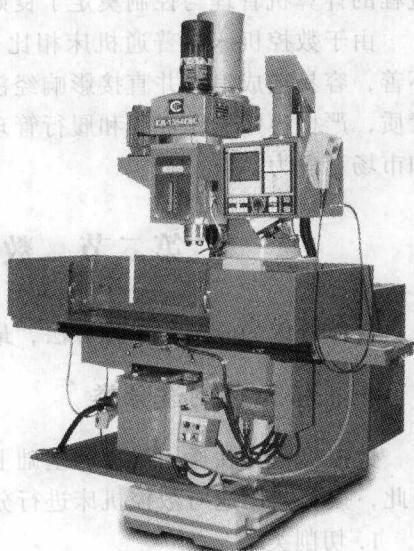


图 1-5 数控铣床

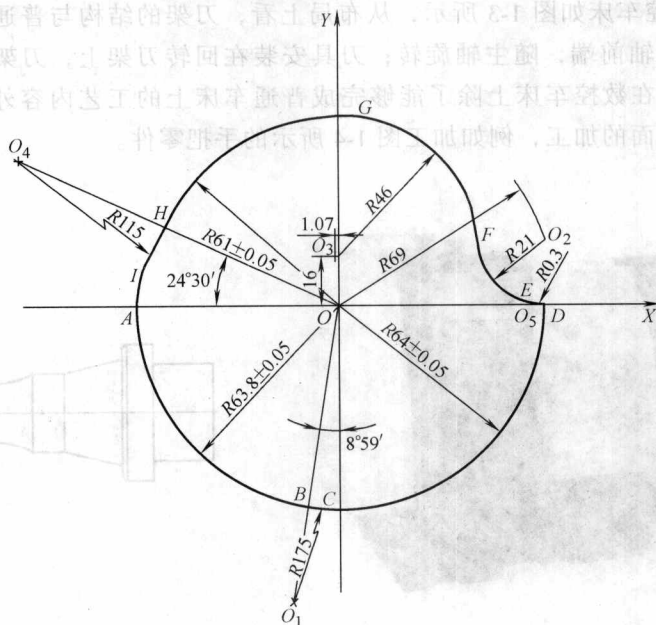


图 1-6 凸轮零件

床, 称为加工中心。以镗铣加工中心为例, 它将数控铣床、数控钻床和数控镗床的功能组合在一起, 工件在一次装夹后, 可以对零件的大部分加工表面进行铣削、镗削、钻孔、扩孔、铰孔和攻螺纹等多种加工。图 1-11 所示为立式加工中心, 安装在机床侧面的刀库为圆盘式刀库。图 1-12 所示为卧式加工中心, 链式刀库 1 安装在机床侧面, 主轴 2 可以垂直移动, 工作台 4 可以作纵向和横向移动, 3 是机床工作台。卧式加工中心上一般都配置有回转工作台, 分度工作台用于完成工件分度, 数控回转工作台用于完成圆周进给运

动。如图 1-13 所示的发动机机体，需要一次安装后加工多个面，每个面上又有许多加工要求，很适合在卧式加工中心上加工。

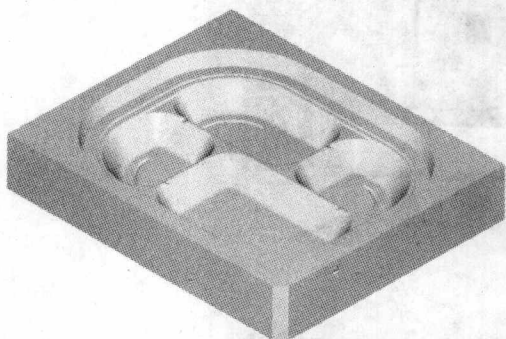


图 1-7 三维曲面凹模

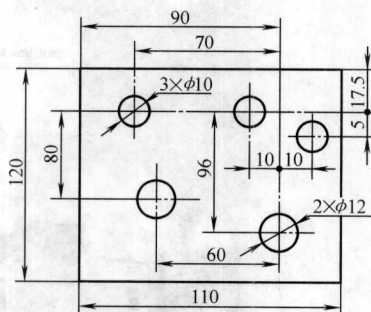


图 1-8 连接板零件

2. 成形类

成形类数控机床是指采用挤、冲、压、拉等成形工艺方法加工零件的数控机床，常见的有数控液压机、数控折弯机、数控弯管机、数控旋压机等。

图 1-14 所示为 WC67K 系列数控折弯机外形图，该机床主要由床身 1、滑块 4、凸模 3、凹模 7、工作台（凹模固定在工作台上）、前托料架 2、挡块机构 5 及悬挂式操作台 6 等组成。8 是电器箱，9 是脚踏开关。折弯机的加工方式是利用通用或专业模具，在冷态下将板材折弯成各种几何截面形状的工件。如图 1-15 所示，折弯机工作时先将板材放到前托料架 5 上，再推入凸模 3 和凹模 4 之间，当板材碰到后挡料器 7 的挡块时，采下脚踏开关，滑块 1（凸模用压板 2 固定在滑块上）带动凸模下移，板材便在凹、凸模之间被弯曲成要求的角度。6 是工作台。

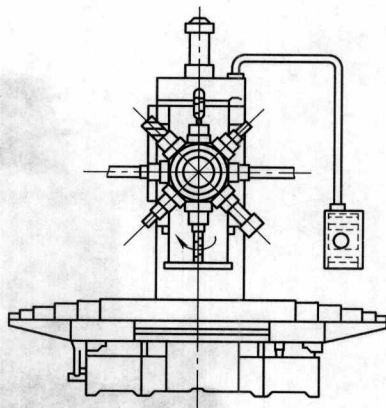


图 1-9 数控钻床

3. 电加工类

电加工类数控机床是指采用电加工技术加工零件的数控机床，常见的有数控电火花成形机、数控电火花线切割机、数控火焰切割机、数控激光加工机等。

图 1-16 所示为数控电火花成形机床；图 1-17a 所示为高速走丝数控电火花线切割机床；图 1-17b 所示为低速走丝数控电火花线切割机床。数控电火花成形机床和数控电火花线切割机床的工作原理、机床的组成及结构见第五章。

4. 测量、绘图类

主要有三坐标测量机、数控对刀仪、数控绘图机等。

图 1-18 所示为三坐标测量机的外观图，它是利用测量技术、计算机测控技术和动态测量系统进行工件表面点的采集和数据处理。三坐标测量机主要用于机械、汽车、模具、

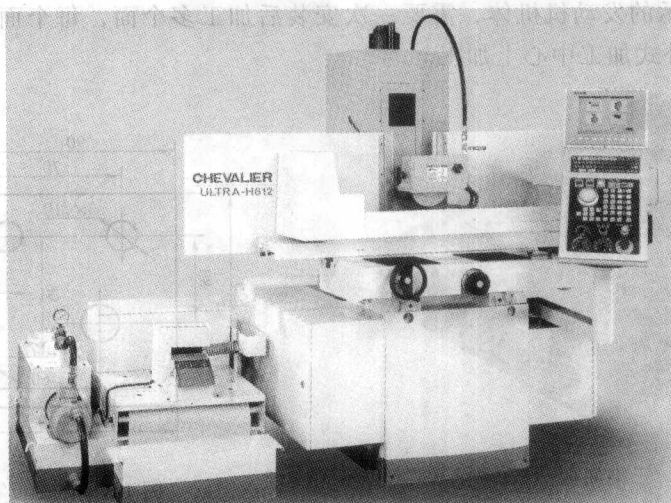


图 1-10 数控平面磨床

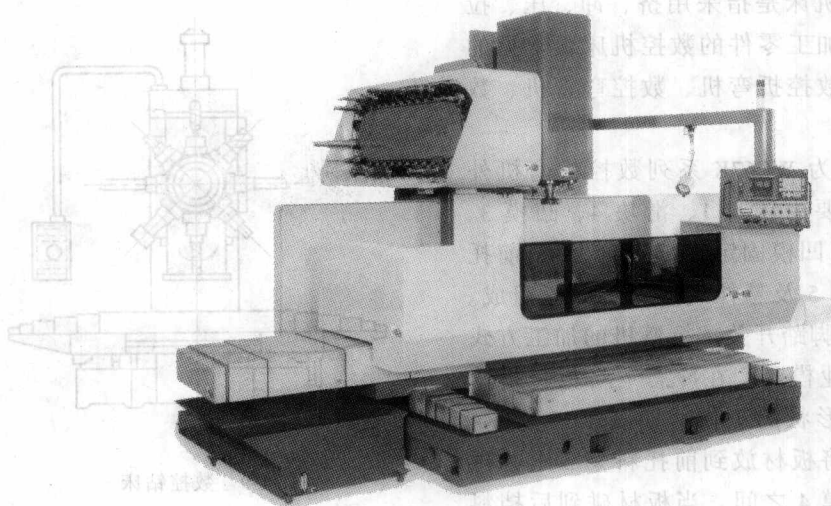


图 1-11 立式加工中心

航空、等行业对齿轮、凸轮、蜗轮、蜗杆、机架、箱体、叶轮、叶片及其他零件上的曲线或曲面的测量。

二、按运动方式分类

1. 点位控制数控机床

点位控制数控机床的特点是数控系统只控制机床的运动部件运动的起点和终点的坐标值而不控制运动部件的运动路径。为了减少运动部件的运动和定位时间，一般运动部件先以快速运动至终点坐标附近，然后以低速准确运动到终点位置，以保证稳定的定位精度。由于点位控制数控机床是在刀具或工件到达指定位置后才开始加工，因此在运动过程中刀具不进行切削。数控钻床、数控坐标镗床、数控冲床、数控点焊机、数控弯管