

21世纪“十二五”高职高专规划教材

数控车编程与加工 项目式教程

SHUKONGCHE BIANCHENG YU JIAGONG
XIANGMUSHI JIAOCHENG

张琳 罗涛 窦美宁/主编

肖学东 宋延良/副主编

刘锡河 孙显佳/主审



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

21世纪“十二五”高职高专规划教材

数控车编程与加工 项目式教程

SHUKONGCHE BIANCHENG YU JIAGONG
XIANGMUSHI JIAOCHENG

组稿编辑：周小明 胡小捷
责任编辑：周小明
装帧设计：邱 丘

ISBN 978-7-5618-4178-5



9 787561 841785 >

定价：32.00元

21 世纪“十二五”高职高专规划教材

数控车编程与加工项目式教程

主 编 张 琳 罗 涛 窦美宁

副主编 肖学东 宋延良

主 审 刘锡河 孙显佳

内容提要

本书针对高等职业教育的特点,将工学结合、学做一体的教学理念有机融合,按“项目导向”和“任务驱动”的教学模式,科学地设计知识结构和能力养成体系。

根据数控车削加工对象类型的不同,本书共由 14 个项目组成。按照学生掌握数控加工的认知规律,内容由浅入深,循序渐进。结合生产与实际教学的需要,每个任务又由工作任务、相关知识、工艺准备、任务实施、考核评价、思考与练习等部分组成。本书从生产实际出发,注重知识与技能的结合,着重提高学生的学习能力以及分析问题和解决问题的综合能力。

本书既可作为高职院校数控专业的教材,也可供数控技术应用行业的工程技术人员使用,还可作为相关行业的岗位培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控车编程与加工项目式教程/张琳,罗涛,窦美宁主编.

—天津:天津大学出版社,2011.9

21 世纪“十二五”高职高专规划教材

ISBN 978-7-5618-4178-5

I. ①数… II. ①张…②罗…③窦… III. ①数控机床: 车床-程序设计-高等职业教育-教材②数控机床: 车床-加工-高等职业教育-教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 196170 号

出版发行 天津大学出版社

出 版 人 杨欢

地 址 天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)

电 话 发行部:022-27403647 邮购部:022-27402742

网 址 www.tjup.com

印 刷 河北省昌黎县第一印刷厂

经 销 全国各地新华书店

开 本 185mm×260mm

印 张 15.5

字 数 387 千

版 次 2011 年 11 月第 1 版

印 次 2011 年 11 月第 1 次

印 数 1-3 000

定 价 32.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究

21 世纪“十二五”高职高专规划教材

编写指导委员会

编委会主任:王杰恩

编委会副主任:于元涛 李一龙

编委会委员:孙国成 王宗贵 陆 民

巩华荣 孙显佳 刘锡河

马慎先 肖学东 宋延良

刘冬祥 李翠华 罗 涛

张 琳 窦美宁

前 言

数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础;数控技术的应用是提高制造业的产品质量和劳动生产率必不可少的重要手段;数控机床是国防工业现代化的重要战略装备,是关系国家战略地位和体现国家综合国力的重要标志。随着我国经济全面与国际接轨,中国正在逐步成为“世界制造中心”,进入一个空前蓬勃发展的新时期,为了增强竞争能力,中国制造业开始广泛使用先进的数控技术,同时也形成了对掌握现代信息化制造技术人才的巨大需求。为适应我国对数控技术应用型、操作技能型人才的需求,根据教育部“数控技能型紧缺人才培养工程”的要求,我们结合多年的教学和工作实践经验,编写了本教材。

本书针对高等职业教育的特点,按“项目导向”和“任务驱动”的理念编写,将工学有机结合,贴合实际教学。本书共选 14 个较为典型的项目,按照学生掌握数控加工知识的认知规律,内容由浅入深,循序渐进。结合生产与实际教学的需要,每个任务又由工作任务、相关知识、工艺准备、任务实施、考核评价、思考与练习等部分组成。本书从生产实际出发,注重知识与技能的结合,着重提高学生的学习能力以及分析问题和解决问题的能力。

本书综合了数控编程、数控加工工艺、数控刀具、机械制图、公差配合、数学等相关的基础知识,同时有所侧重地将国家职业资格鉴定有关数控车工中、高级的相关知识融入其中。

另外,本书在编写过程中重视训练耗材的节约与循环使用,既保证了项目内容的有效完成,同时又在降低实际教学成本方面下了一定的工夫。

本书由张琳、罗涛、窦美宁任主编,肖学东、宋延良任副主编,刘锡河、孙显佳任主审。参加项目编写的具体人员有:项目一——王文静、石莹、刘爱杰;项目二——窦美宁;项目三——朱秀梅;项目四——衣丰芬;项目五——宋海峰;项目六——邢旭春;项目七——吕玉萍;项目八——周红珠、于德清;项目九——杨江龙;项目十——唐玉林;项目十一——罗涛、于雪梅;项目十二——张琳、宋建国;项目十三——唐玉林;项目十四——刘爱杰。全书由张琳、窦美宁统稿。

由于时间仓促和编者水平所限,书中难免有不当和疏漏之处,敬请读者批评指正。

编者

2011 年 9 月

目 录

项目一 数控车床的基本操作	1
任务一 数控车床概述及面板操作	1
任务二 对刀操作	16
任务三 数控仿真加工	28
项目二 阶梯轴的加工	43
任务 阶梯轴的加工	43
项目三 锥度轴的加工	63
任务 锥度轴的加工	63
项目四 外沟槽零件的加工	75
任务 外沟槽零件的加工	75
项目五 简单成型面零件的加工	84
任务 简单成型面零件的加工	84
项目六 三角外螺纹的加工	93
任务 三角外螺纹的加工	93
项目七 复杂成型面零件的加工	101
任务 复杂成型面零件的加工	101
项目八 小孔零件的加工	114
任务 小孔零件的加工	114
项目九 套类零件的加工	127
任务 套类零件的加工	127
项目十 盘类零件的加工	137
任务 盘类零件的加工	137
项目十一 梯形螺纹及变导程螺纹的加工	146
任务一 梯形螺纹的加工	146
任务二 变导程螺纹的加工	157
项目十二 子程序、宏程序的应用	162
任务一 多槽零件的加工	162
任务二 椭圆轴的加工	167
项目十三 配合零件的加工(综合练习)	178
任务 配合零件的加工(综合练习)	178
项目十四 数控车床维护与精度检验	189
任务一 数控车床的维护和保养	189

数控车编程与加工项目式教程

任务二	数控车床几何精度、定位精度检验内容及方法	192
任务三	数控车床常见故障诊断及排除方法	194
任务四	数控车床专业外文知识	201
附表		206
附表一	数控车削加工程序单	206
附表二	数控加工刀具卡	207
附表三	机械加工工序卡片	207
附表四	机械加工工艺卡片	208
参考文献		209

项目一 数控车床的基本操作

项目导读

数控车床是当今应用较为广泛的数控机床之一,使用数量约占数控机床总量的 25%。它可以将车削、铣削、螺纹加工、钻削等功能集中在一台设备上,与普通车床相比,它具有使用能力强、加工精度好、生产率高、劳动强度低等优势。在切削加工中,数控车床的学习是非常必要的。本项目对数控车床做了一个整体介绍,可使学生掌握数控车床的基本构成、类别和加工类型、维护保养、工作过程 and 用户界面等。

最终目标

了解数控车床的基础知识,掌握数控车床的基本操作技能。

促成目标

- 1) 形成对数控、数控车床概念的认知,了解数控车床的特点。
- 2) 形成数控车床结构组成的认知,了解机床外形结构对加工过程的影响。
- 3) 了解市场中存在的各种数控车床的种类与差别。
- 4) 学会分辨零件加工应使用的机床类型。
- 5) 了解目前市场中的主流数控系统类型。
- 6) 掌握如何对机床进行维护和保养。
- 7) 了解 FANUC 0i 数控操作面板各按键功能。
- 8) 掌握 FANUC 0i 数控车床的开机、关机。
- 9) 掌握宇龙仿真系统的操作。

任务一 数控车床概述及面板操作

一、工作任务

- 1) 了解数控车床的特点、结构、分类及加工范围。
- 2) 输入以下程序并进行图形模拟与校验。

O0001;

T0101 M03 S800;

G00 X100. Z100.;

X37. Z2.;

G99 G01 Z-18. F0.2;

X39.;

T0202 M03 S300;

G00 X40. Z-18.;

G01 X32. F0.05;

X40. F0.2;

G00 X100. Z100.;

Z-25. ;	T0303 M03 S600;
X42. ;	G00 X38. Z3. ;
G00 Z2. ;	G92 X35. Z-16. F1.5;
X32.805;	X34.6;
G01 Z0 S1000;	X34.4. ;
X35.805 Z-1.5 F0.1;	X34.3;
G01 Z-18. ;	X34.181;
X38. ;	X34.181;
Z-25. ;	G00 X100. Z100. ;
X42. ;	M05;
G00 X100. Z100. ;	M30;

二、相关知识

(一)数控机床的概念及特点

1. 数控的概念

数控是采用数字化信息对机床的运动及其加工过程进行控制的一种方法。

2. 数控机床的概念

数控机床是指装备了计算机数控系统的机床,称为 CNC 机床。以完成车削加工工艺为主要功能的数控机床称为数控车床。

3. 数控机床的特点

(1)可加工具有复杂型面的工件

复杂零件在飞机、船舶、汽车等制造业中具有重要地位,其加工质量直接影响整机的产品性能。数控加工可完成普通加工无法进行的复杂型面加工。

(2)加工精度高、质量稳定

数控机床本身的精度较普通机床高,一般数控机床的定位精度为 $\pm 0.01\text{ mm}$,重复定位精度为 $\pm 0.005\text{ mm}$ 。在加工过程中操作人员不参与切削过程,因此加工精度全部由数控机床保证,消除了操作人员的人为误差。且数控加工工序集中,减少了工件多次装夹对加工精度的影响,工件精度高,尺寸一致性好,质量稳定。

(3)生产率高

数控机床可有效减少工件的加工时间和辅助时间。数控机床主轴转速和进给量的调节范围大,允许机床进行大切削量的强力切削,从而有效节省了加工时间;数控机床移动部件在定位中均采用了加速和减速措施,并可选用很高的空行程运动速度,缩短了定位和非切削时间;对于复杂工件可采用计算机自动编程,从而加快了生产准备过程。

(4)改善劳动条件

使用数控机床加工,操作人员的主要任务是程序编辑、程序输入、装卸零件、刀具准备、加工状态监测、零件检验等。劳动强度大大降低,机床操作人员的劳动趋于智力型。另外,数控机床一般是封闭式加工,既清洁又安全。

(5)有利于生产管理现代化

使用数控机床加工可预先精确估算出工件的加工时间,所使用的刀具、夹具可进行规范

化、现代化管理。目前,数控机床已与计算机辅助设计与制造(CAD/CAM)有机结合起来,成为现代集成制造技术的基础。

(二)数控车床的结构

数控车床一般由床身、主传动系统、进给传动系统、自动回转刀架等部分组成,如图 1.1 所示。有的数控车床还配有机外编程器。

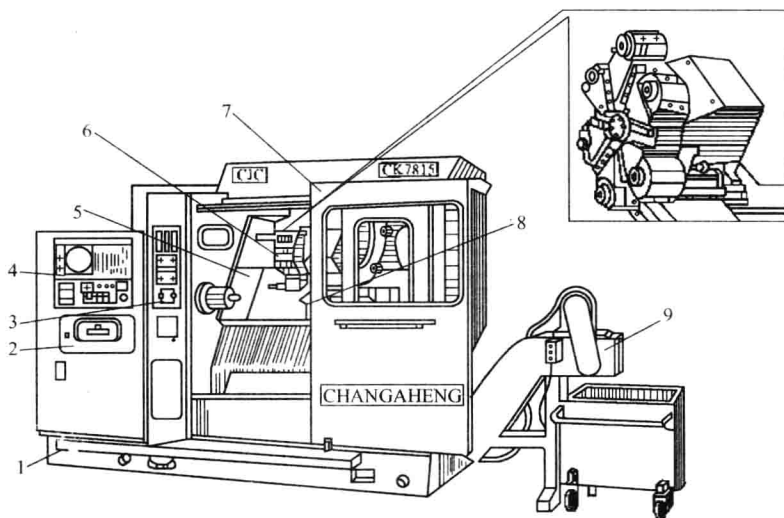


图 1.1 数控车床的组成

1—床身;2—光电阅读机;3—机床操作台;4—系统操作面板;5—倾斜导轨;
6—刀盘;7—防护门;8—尾座;9—排屑装置

1. 数控车床的组成

(1) 车床主体

车床主体是数控车床的机械部件,基本保持了普通车床的布局形式,主要包括床身、主轴箱、导轨、刀架、尾座等,取消了进给箱、溜板箱、小拖板、光杠、丝杠等普通车床的进给运动部件,取而代之的是步进电机、减速器、滚珠丝杠等部件,并配置了自动刀架,提高了换刀的位置精度。

数控车床的主轴箱采用了电机无级变速,省去了机械式的齿轮变速部件,与普通车床相比,大大简化了主轴箱的结构,但数控车床对主轴箱的材料要求更高,制造与装配精度也比普通车床要求高。图 1.2 为数控车床主轴箱的构造,从图中可以看到,皮带轮将主轴伺服电机的转矩传送给主轴箱内的变速齿轮,以带动主轴旋转,在主轴箱的前面有夹紧卡盘,可以装夹工件。

(2) 数控系统

数控系统也称为控制系统,是数控车床的控制核心,它由计算机主机、键盘、显示器、输入/输出控制器、功率放大器以及检测电路等组成,并配置监控程序来管理计算机的运行,用户的加工程序可以通过键盘输入,并在显示器上进行编辑运行。数控系统中使用的计算机通常是专用计算机,也有一些是工业控制用计算机(工控机)。

(3) 伺服驱动系统

伺服驱动系统是数控车床切削工作的动力部分,主要实现主运动和进给运动,包括驱动装置和执行机构。驱动装置主要采用功率放大器将计算机输出的脉冲信号放大以驱动执行

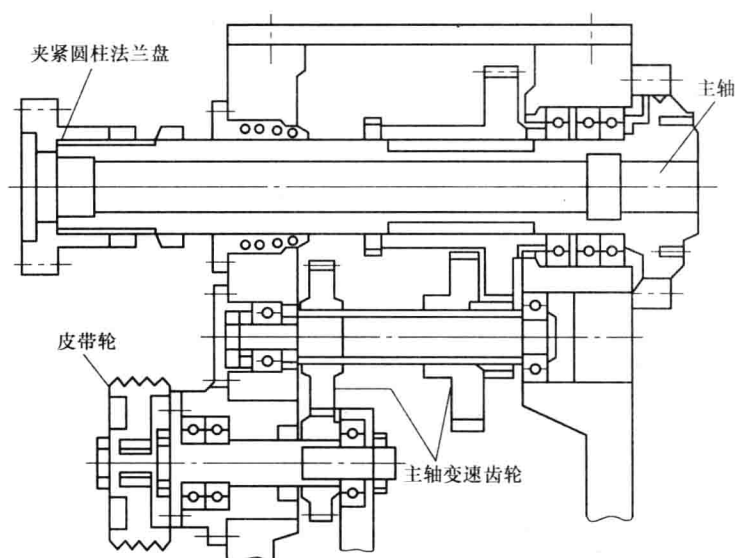


图 1.2 数控车床主轴箱的构造

机构；执行机构主要采用步进电机或者交、直流伺服电机。伺服驱动系统接收数控系统的指令信息，带动机床的移动部件，使刀具沿坐标轴移动，加工出符合要求的零件。

(4) 辅助装置

与普通车床类似，辅助装置是指数控车床中一些为加工服务的配套部分，如液压、气动装置及冷却、照明、润滑、防护和排屑装置等。

(5) 机外编程器

数控车床经常用于加工一些复杂的零件，如加工具有复杂母线的回转体零件等，如果在数控车床上编制这些加工程序，一方面要占用大量的工时，另一方面在程序的编制过程中也容易发生错误，于是机外编程器就应运而生了。机外编程器是在普通计算机上安装一套编程软件，使用这套编程软件和相应的后置处理软件，就可以自动生成加工程序。通过数控车床控制系统上的通信接口或其他存储介质（如软盘、光盘等），把生成的加工程序输入到数控车床的控制系统中以完成零件的加工。

2. 数控车床的布局及刀架的布局

(1) 数控车床的布局

数控车床的主轴、尾座等部件相对床身的布局形式总体与普通车床一致。但床身结构和导轨布局则发生了变化，数控车床的床身结构和导轨有多种形式，主要有水平式床身、倾斜式床身、水平床身斜滑板以及立式床身等，其布局形式如图 1.3 所示。

图 1.3(a)所示为水平式床身的布局，这种布局形式工艺性好，便于导轨面的加工。水平床身配上水平放置的刀架，可提高刀架的运动精度。这种布局一般可用于大型数控车床或小型精密数控车床，但是水平床身下部空间小、排屑困难。从结构尺寸上看，刀架水平放置使滑板横向尺寸较长，从而加大了机床宽度方向的结构尺寸。

图 1.3(b)所示为倾斜式床身的布局，其导轨倾斜的角度可以是 30° 、 45° 、 60° 和 75° 等。当

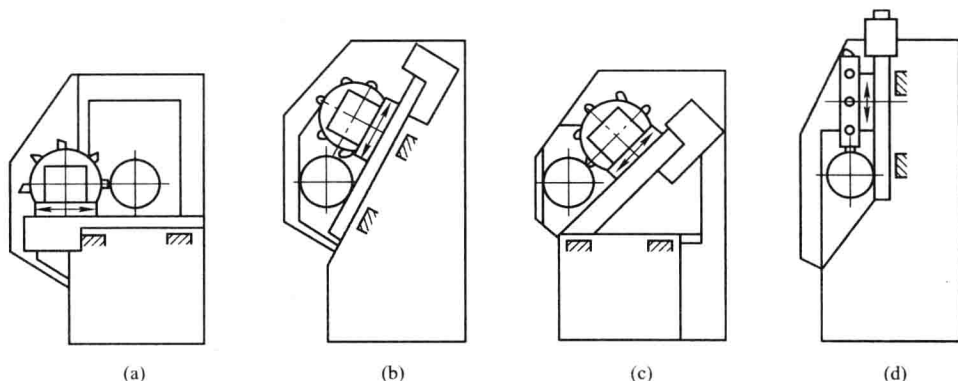


图 1.3 数控车床的床身结构和导轨布局示意图

(a) 水平式床身; (b) 倾斜式床身; (c) 水平床身斜滑板; (d) 直立式床身

导轨倾斜的角度为 90° 时,称为直立式床身,如图 1.3(d)所示。导轨倾斜角度小,排屑不便;倾斜角度大,导轨的导向性及受力情况差。倾斜角度的大小还直接影响车床外形尺寸高度与宽度的比例。综合考虑以上因素,中小规格的数控车床,其床身的倾斜度以 60° 为宜。

图 1.3(c)所示为水平床身斜滑板的布局,这种布局形式一方面具有水平床身工艺性好的特点,另一方面机床宽度方向的尺寸较水平配置滑板的要小且排屑方便。

水平床身斜滑板和倾斜床身的布局形式被中小型数控车床普遍采用。这是由于两种布局形式排屑容易,切屑不会堆积在导轨上,也便于安装自动排屑器;且操作方便,易于安装机械手,以实现单机自动化;另外,机床占地面积小,外形美观,容易实现封闭式防护。

图 1.3(d)所示为直立式床身的布局,其主轴垂直于水平面,工件装夹在水平的回转工作台上,刀架在横梁或立柱上移动,适用于加工较大、较重的工件。

(2) 刀架的布局

数控车床的刀架布局分为排式刀架和卧式回转刀架两大类,如图 1.4 和图 1.5 所示。目前两坐标联动数控车床多采用卧式回转刀架,它在机床上的布局有两种形式:一种是用于加工盘类零件的回转刀架,其回转轴垂直于主轴;另一种是用于加工轴类零件的回转刀架,其回转轴平行于主轴。

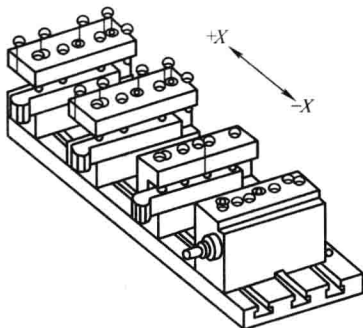


图 1.4 排式刀架

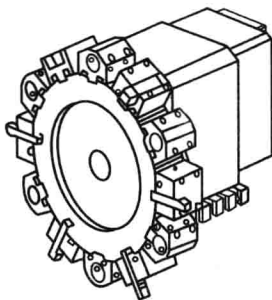


图 1.5 卧式回转刀架

四坐标控制的数控车床,床身上安装有两个独立的滑板和回转刀架,也称为双刀架四坐标数控车床。其上每个刀架的切削进给量是分别控制的,因此两刀架可以同时切削同一工件

的不同部位,既扩大了加工范围,又提高了加工效率。其适合于加工曲轴、飞机零件等形状复杂、批量较大的零件。

(三)数控车床的分类

随着数控技术的发展,根据用户的使用要求和经济承受能力的不同,而出现了各种不同配置和技术等级的数控车床。这些数控车床在配置、结构和使用上都有其各自的特点,可以按照数控系统的技术水平或机床的机械结构,将数控车床分为经济型数控车床、标准型数控车床、车削中心和 FMC 四类。

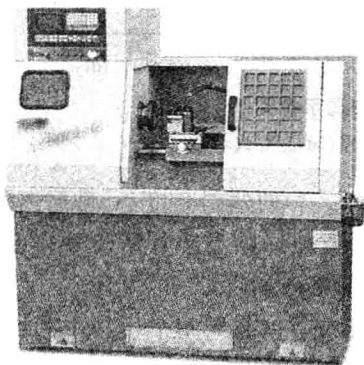


图 1.6 经济型数控车床

1. 经济型数控车床

经济型数控车床外观如图 1.6 所示。经济型数控车床也称为简易型数控车床,一般采用由步进电动机驱动的开环伺服系统,其控制部分采用单板机或单片机实现。经济型数控车床的特点是结构简单、价格低廉,但缺少诸如刀尖圆弧补偿和恒线速度切削等功能,一般只能进行两个平动坐标(刀架的移动)的控制和联动,同时在精度等方面也有所欠缺。这种车床在中小型企业中应用广泛,多用于一些精度要求不是很高的、大批量或中等批量的车削加工。

2. 标准型数控车床

标准型数控车床外观如图 1.7 所示,它的控制系统带有显示器,具有图形仿真、刀架和位置补偿等功能,带有通信或网络接口。它采用闭环或半闭环控制的伺服系统,可以进行多个坐标轴的控制,具有高刚度、高精度和效率等特点,因此最为常用。

3. 车削中心

车削中心外观如图 1.8 所示,它以标准型数控车床为主体,配备刀库、自动换刀器、分度装置、铣削动力头和机械手等部件,能实现多工序复合加工。在车削中心上,工件在一次装夹后可以完成回转类零件的车、铣、钻、铰、螺纹加工等多种加工工序。其功能全面,加工质量和速度都很高,但价格也较高。

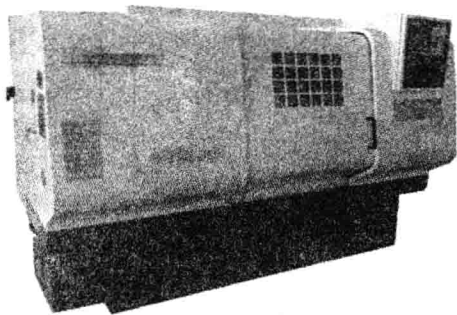


图 1.7 标准型数控车床

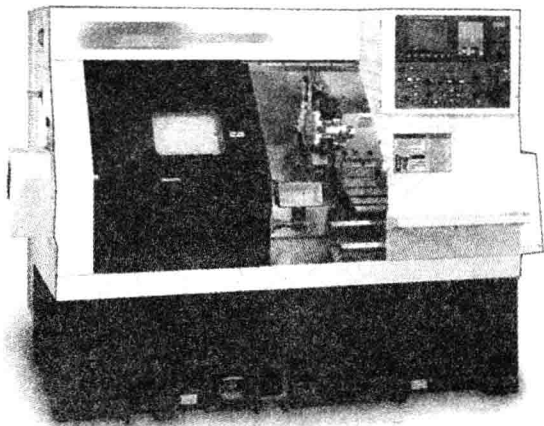


图 1.8 车削中心

4. FMC

FMC 是英文 Flexible Manufacturing Cell(柔性制造单元)的缩写,它的结构如图 1.9 所示。FMC 实际上就是一个由数控机床、机器人等构成的系统,它能实现工件搬运、装卸的自动化和加工调整准备的自动化操作。

另外,根据主轴的配置形式,数控车床可分为主轴轴线水平的卧式数控车床和轴线垂直的立式数控车床;具有两根主轴的车床,称为双轴卧式数控车床或双轴立式数控车床。目前我国使用较多的是中小规格两坐标轴控制的数控车床。

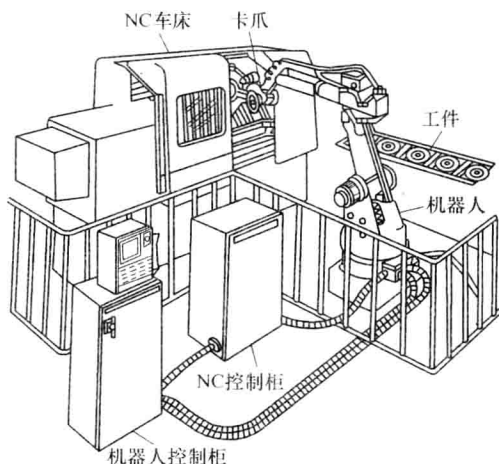


图 1.9 FMC(柔性制造单元)

(四)数控车床的加工范围

数控车床的主要加工范围是:

- 1)多品种、单件、小批量生产的零件或新产品试制中的零件;
- 2)几何形状复杂的零件;
- 3)精度及表面质量要求高的零件;
- 4)加工过程中需要进行多工序加工的零件;
- 5)用普通机床加工时,需要昂贵工装设备(工具、夹具和模具)的零件。

图 1.10 所示为能够用数控机床加工的零件。如图 1.11 所示,横轴是工件的复杂程度,纵轴是每批的生产件数,从图中可以看出数控机床的使用范围很广。图 1.12 所示为在各种机床上加工零件时批量和综合费用的关系。



图 1.10 能够用数控机床加工的零件

(五)典型数控系统介绍

1. 国内——广州数控系统

广州数控系统应用于数控车床的控制系统主要有 GSK980T 普及型车床数控系统等。其功能强大,具有多种复合循环功能,如图 1.13 所示。

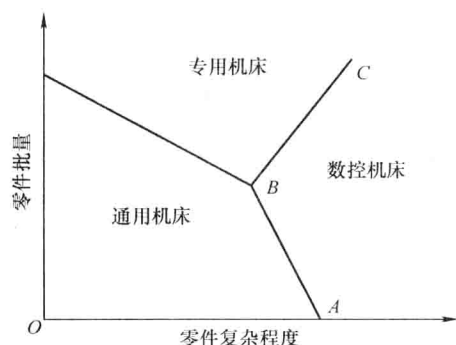


图 1.11 各种机床的使用范围

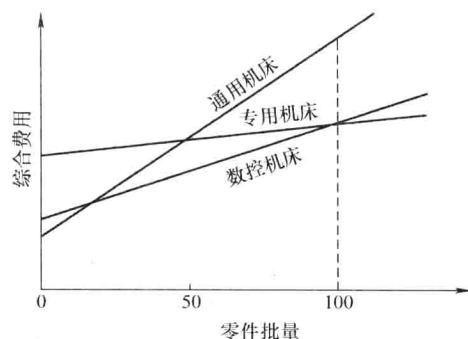


图 1.12 批量与综合费用的关系

2. 国内——华中数控系统

武汉华中数控股份有限公司以华中科技大学和“国家数控系统工程技术研究中心”为技术依托。常见产品主要有 HNC-21T 数控系统,它可与各种数控车床和车削中心配套,在控制精度、运算速度和图形界面等方面均有很强的功能,编程、加工操作方便,如图 1.14 所示。

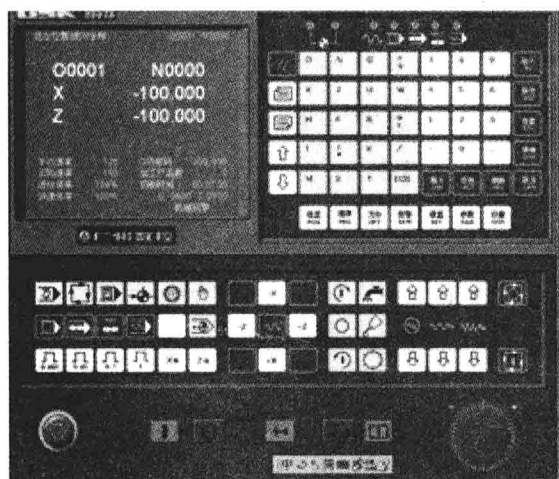


图 1.13 广州数控 GSK980T 系统界面图

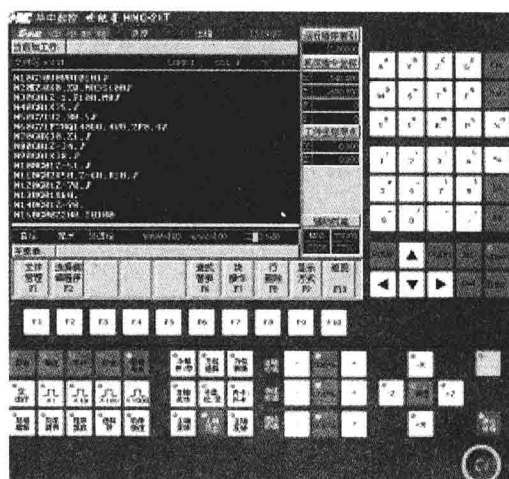


图 1.14 华中数控 HNC-21T 系统界面图

3. 日本——FANUC 数控系统

日本富士通公司的 FANUC 数控系统是在中国得到广泛使用的数控系统之一。目前中国的业务由北京 FANUC 机电有限公司开展。主要有 BEIJING-FANUC Series 18i-TB、BEIJING-FANUC Series 0i-TB、BEIJING-FANUC Series 0i MATE-TB、BEIJING-FANUC 0TD、BEIJING-FANUC 0TC、BEIJING-FANUC Power Mate 0 等。其中 FANUC Series 18i-TB 是目前国内广泛使用的数控控制系统,它可靠性高、性价比高,如图 1.15 所示。

4. 德国——西门子数控系统

西门子数控系统在中国的使用非常广泛,它由西门子(中国)有限公司自动化与驱动集团(SIEMENS A&D)在中国推广。它的主流产品主要有 SINUMERIK 802S、802C、802D 以及