

全国职业技术学院数控加工专业一体化精品教材



JIAGONG ZHONGXIN BIANCHENG YU CAOZUO

# 加工中心编程与操作

主审 徐国权

主编 范为军



苏州大学出版社  
Soochow University Press

全国职业技术学院数控加工专业一体化精品教材

# 加工中心编程与操作

主 审 徐国权

主 编 范为军

编 者 陈为华 陆建军 陈亚岗

王 军 孙 浩 何国旺

周清卿 王泽民 丁进宇

陈 涛

苏州大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

加工中心编程与操作 / 范为军主编. —苏州: 苏州大学出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-5672-1446-0

I. ①加… II. ①范… III. ①数控机床加工中心—程序设计—职业教育—教材②数控机床加工中心—操作—职业教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 195103 号

## 加工中心编程与操作

范为军 主编

责任编辑 肖 荣

---

苏州大学出版社出版发行

(地址: 苏州市十梓街1号 邮编: 215006)

虎彩印艺股份有限公司印装

(地址: 东莞市虎门镇北栅陈村工业区 邮编: 523898)

---

开本 787 mm×1 092 mm 1/16 印张 28.75 字数 682 千

2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷

ISBN 978-7-5672-1446-0 定价: 58.00 元

---

苏州大学版图书若有印装错误, 本社负责调换

苏州大学出版社营销部 电话: 0512-65225020

苏州大学出版社网址 <http://www.sudapress.com>



# 前 言

为更好地适应广大职业院校数控加工专业的教学要求,全面提升教学质量,根据人社部《技工院校一体化课程教学改革试点工作方案》(人社厅发[2009]86号)、《关于大力推进技工院校改革发展的意见》(人社部发[2010]57号)精神,围绕国家新型工业化和地方产业结构调整对技能人才的要求,坚持“以人为本、高端定位、需求第一、服务诚信”的办学理念,加大教学改革力度,建立以职业活动为导向、以校企合作为基础、以综合职业能力培养为核心,将理论教学与技能操作融会贯通的课程体系,提高技能人才的培养质量。

本书的编写遵循以下原则:

(1) 严格按照大纲要求,以职业标准为依据,以职业能力为核心,以职业活动为导向,以工作任务为载体,以提高从业人员的核心技能、核心素质为目标。

(2) 工作任务的设置由浅入深、循序渐进,充分体现了“做中学、学中做”的职业教学特色。教材以“使学生获得工作体验、形成良好的职业技能”为核心,以“教师主导、学生主体”为学习特征,指导学生按工作过程开展学习活动,并注重培养学生的社交能力、协作能力和终身学习能力。

(3) 教材的教学核心内容形成对职业岗位群技能的支撑,构成全新的教材模式,既便于实践性教学,同时也便于指导学生自主学习。

本书从培养职业技术型高级技能人才的目的出发,注重实用性,同时兼顾高等及中等职业技术教育的教学要求,强调理论联系实际,书中各章节内容简明扼要、图文并茂、通俗易懂、实例翔实可靠。

本书共分为11个模块,主要内容包括加工中心基本操作、加工中心仿真加工、轮廓加工、凹槽加工、孔加工、特征轮廓加工、宏程序编程加工、自动编程加工、零件综合加工、常用其他数控系统的编程与操作、多轴加工应用技术等。

本书由徐国权主审,范为军担任主编并统稿,陈为华、陆建军、陈亚岗、王军、孙浩、何国旺、周清卿、王泽民、丁进宇、陈涛参加编写。本书的主审、主编及参编者都有丰富的教学经验和国际、国内数控大赛经历,因此,本书不论从理论知识还是实践技能方面,都能满足数控加工专业的学习要求。

限于作者水平及时间所限,书中难免存在不足之处,望各位读者批评指正。

编 者



# 目 录

<b>模块一</b>	<b>加工中心基本操作</b>	1
课题一	认识加工中心	1
课题二	手动操作加工中心	12
课题三	程序输入与编辑	22
课题四	加工中心对刀操作	36
课题五	加工中心操作规程及维护	42
<b>模块二</b>	<b>加工中心仿真加工</b>	48
课题一	操作宇龙数控仿真软件	48
课题二	仿真加工零件	57
<b>模块三</b>	<b>轮廓加工</b>	65
课题一	台阶加工	65
课题二	轮廓加工	81
课题三	轮廓综合加工	91
<b>模块四</b>	<b>凹槽加工</b>	100
课题一	槽加工	100
课题二	型腔加工	109
课题三	凹槽综合加工	118

<b>模块五</b>	<b>孔加工</b>	129
课题一	钻孔、铰孔及攻螺纹加工	129
课题二	镗孔加工	148
课题三	孔综合加工	161
<b>模块六</b>	<b>特征轮廓加工</b>	171
课题一	旋转编程加工	171
课题二	极坐标编程加工	177
课题三	镜像编程加工	184
课题四	特征轮廓综合加工	192
<b>模块七</b>	<b>宏程序编程加工</b>	205
课题一	孔系加工	205
课题二	椭圆加工	215
<b>模块八</b>	<b>自动编程加工</b>	222
课题一	轮廓铣削自动编程加工	222
课题二	曲面铣削自动编程加工	240
<b>模块九</b>	<b>零件综合加工</b>	251
课题一	零件综合加工(中级)训练一	251
课题二	零件综合加工(中级)训练二	259
课题三	零件综合加工(中级)训练三	267
课题四	零件综合加工(中级)训练四	275
课题五	零件综合加工(高级)训练一	283
课题六	零件综合加工(高级)训练二	294
课题七	零件综合加工(高级)训练三	305
课题八	零件综合加工(高级)训练四	318

**模块十 其他常用数控系统的编程与操作** ..... 332

课题一 华中世纪星 HNC-21M 系统加工中心 ..... 332

课题二 SIEMENS 802D 系统加工中心的编程与操作 ..... 355

**模块十一 多轴加工应用技术** ..... 396

课题一 柱面凸轮槽四轴加工 ..... 396

课题二 斜面零件五轴加工 ..... 418

课题三 叶轮零件五轴加工 ..... 436



## 模块一

# 加工中心基本操作

### 课题一

### 认识加工中心



#### 学习目标

1. 了解数控基本知识。
2. 了解数控铣床/加工中心的种类、组成、特点及应用场合。
3. 了解数控系统的基本知识。
4. 通过现场参观了解数控加工设备,体验车间生产氛围,提高学习兴趣。
5. 通过现场参观了解数控加工零件。



#### 工作任务

数控机床是指采用数字控制技术对机床的加工过程进行自动控制的机床,数控机床在结构上与普通机床有很大的不同。因此,在学习数控机床之前,我们先通过参观来认识数控机床。



#### 相关理论

##### 一、数控机床的知识

随着社会生产和科学技术的发展,机械产品日趋精密复杂,且需频繁改型。特别是在宇航、造船、军事等领域所需的零件,精度要求高,形状复杂,批量小,普通机床已不能满足这些要求。为了满足上述要求,一种新型的机床——数字程序控制机床(简称数控机床)应运而生。

最早进行数控机床研制的是美国人。1948年,美国帕森斯(Parsons)公司在研制加工直升机叶片轮廓样板时提出了数控机床的初始设想,1949年与美国麻省理工学院伺服机构实验室一起开始研制,于1952年,成功地研制出世界上第一台数控铣床(电子管式、直线插补和连续控制的三坐标立式数控铣床)。但这台数控机床仅是一台试验性的机床,经过三年的试用、改进与提高,数控机床于1955年进入实用化阶段。在计算机技术应用于数控机床后,数控机床才真正得到了普及。我国数控机床的研制是从1958年起步的。



## 1. 基本概念

### (1) 数控的概念。

数控(Numerical Control,简称 NC)是以数字化信号对机床运动及加工过程进行控制的一种方法。

目前,数控机床的控制系统基本采用了计算机数控(Computer Numerical Control,简称 CNC)系统,它由硬件和软件两部分组成。

### (2) 数控机床的概念。

数控机床是指应用数控技术对加工过程进行控制的机床。

## 2. 数控机床的组成

数控机床的种类繁多,但从组成一台完整的数控机床来讲,它由控制介质、数控装置、伺服系统和机床本体四大部分以及辅助装置组成。

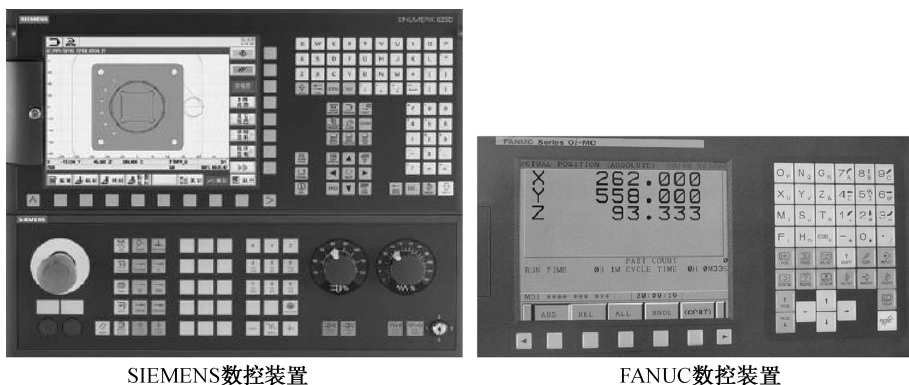
### (1) 控制介质。

控制介质是指将零件加工信息传送到数控装置上的信息载体。控制介质有多种形式,它随着数控装置的类型不同而不同。现在大多数程序采用磁盘、移动存储器作为控制介质。

当数控加工程序较简单时,可利用数控系统上的键盘直接将程序及数据输入。另外,随着 CAD/CAM 技术的发展,一些数控设备利用 CAD/CAM 软件在计算机上进行编程,然后通过计算机与数控系统通信,将程序和数据直接传送给数控装置。

### (2) 数控装置。

数控装置是数控机床的控制中心。现在的数控装置通常由一台通用或专用微型计算机构成。它由输入装置、控制运算器和输出装置等构成,如图 1-1-1 所示为常用的数控装置。



SIEMENS数控装置

FANUC数控装置

图 1-1-1 常用的数控装置

### (3) 伺服系统。

伺服系统是数控机床的执行机构,包括驱动和执行两大部分。伺服系统接受数控系统的指令信息,并按照指令信息的要求带动机床的移动部件运动或执行部分动作,以加工出符合要求的零件。

目前,数控机床的伺服系统中,常用的位移执行机构有功率步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机。

#### (4) 机床本体。

机床本体是数控机床的主体,是用于完成各种切削加工的机械部分,它是在原普通机床的基础上改进而得到的。

除上述四个主要部分外,数控机床还有一些辅助装置和附属设备,如电器、液压、气动系统与冷却、排屑、润滑、照明、储运等装置以及对刀仪等。

### 3. 数控机床的分类

数控机床的分类如表 1-1-1 所示。

表 1-1-1 数控机床的分类

序号	分 类	应 用	
1	按控制系统的特点分	点位控制系统	如数控坐标镗床、数控钻床、数控冲床等
		直线控制系统	如数控车床、数控磨床等
		轮廓控制系统	如加工中心等
2	按执行机构的控制方式分	开环控制系统	适用于经济型数控机床和旧机床数控化改造
		半闭环控制系统	中档数控机床广泛采用半闭环控制系统
		闭环控制系统	主要用于一些精度要求较高的镗铣床、超精车床和加工中心等
3	按工艺用途分	金属切削类数控机床	数控车床、数控钻床、数控铣床、数控磨床、数控镗床以及加工中心等
		金属成型类数控机床	数控折弯机、数控冲床、数控弯管机、数控回转头压力机等
		数控特种加工机床	数控线(电极)切割机床、数控电火花机床、火焰切割机、数控激光切割机床等
		其他类型的数控机床	如数控三坐标测量机等
4	按数控机床的性能分	低档数控机床	主要用于车床、线切割机床以及旧机床的数控化改造等
		中档数控机床	常采用半闭环控制系统
		高档数控机床	常采用闭环控制系统,主要用于一些精度要求较高的数控机床

### 4. 数控机床的特点

#### (1) 加工精度高。

数控机床是高度综合的机电一体化产品,它由精密机械和自动化控制系统组成。所以,机床的传动系统与机床的结构都有很高的刚度和热稳定性。在设计传动结构时采取了减少误差的措施,并由数控装置进行补偿,所以数控机床有较高的加工精度。数控机床加工零件,不受零件复杂程度的限制,这一点是普通机床无法与之相比的。由于数控机床是按所编程序自动进行加工的,消除了操作者的人为误差,提高了同批零件加工尺寸的一致性,使加工质量稳定,产品合格率高。对于需多道工序完成的零件,特别是箱体类零件,使用

加工中心,一次安装能进行多道工序连续加工,减少了安装误差,提高了零件的加工精度。

#### (2) 加工生产率高。

数控机床具有良好的刚性,可以进行强力切削,而且空行程可采用快速进给,节省了机床空行程时间。数控机床进给量和主轴转速范围都较大,可以选择最合理的切削用量。在数控机床上加工零件,对工具、夹具要求低,机床不需进行复杂的调整,数控机床有较高的重复定位精度,大大缩短了生产准备周期,节省了测量和检测时间。所以,数控机床比一般普通机床的生产率高得多。如果采用加工中心,实现自动换刀,利用回转工作台自动换位,使一台机床上实现多道工序加工,缩短半成品周转时间,生产效率的提高尤为明显。

#### (3) 减轻劳动强度,改善劳动条件。

利用数控机床进行加工,首先,按图样要求编制加工程序,然后输入程序,调试程序,安装零件进行加工,观察监视加工过程并装卸零件。除此之外,不需要进行繁重的重复性手工操作,劳动强度与紧张程度均可大为减轻,劳动条件也因此得到相应的改善。

#### (4) 良好的经济效益。

在数控机床上改变加工对象时,只需重新编写加工程序,不需要制造和更换许多工具、夹具,更不需要更新机床,节省了大量工艺装备费用。又由于加工精度高,质量稳定,减少了废品率,使生产成本下降,生产率提高,所以能够获得良好的经济效益。

#### (5) 有利于生产管理的现代化。

利用数控机床加工零件,能准确地计算零件的加工工时,并有效地简化对检验,工具、夹具和半成品的管理,易于构成柔性制造系统(FMS)和计算机集成制造系统(CIMS)。

虽然数控机床有上述优点,但初期投资大,维修费用高,要求管理及操作人员的素质也较高,因此,应合理地选择及使用数控机床,提高企业经济效益和竞争力。

### 5. 数控机床的应用范围

数控机床是一种高度自动化的机床,有一般机床所不具备的许多优点,所以数控机床的应用范围在不断扩大,如图 1-1-2 所示为数控机床加工的零件。

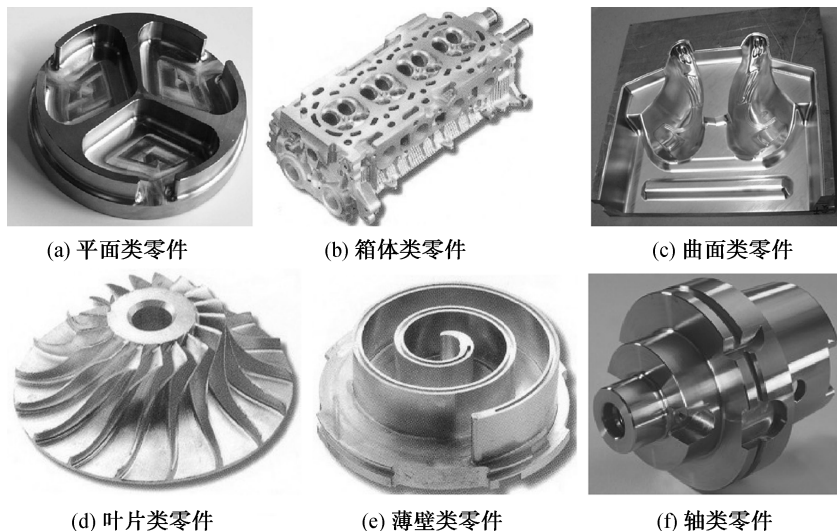


图 1-1-2 数控机床加工的零件

## 二、数控铣床/加工中心的知识

### 1. 概念及分类

#### (1) 数控铣床的概念及分类。

用于完成铣削加工或镗削加工的数控机床称为数控铣床。图 1-1-3 为立式数控铣床，图 1-1-4 为卧式数控铣床。



图 1-1-3 立式数控铣床



图 1-1-4 卧式数控铣床

#### (2) 加工中心的概念及分类。

加工中心是指带有刀库和刀具自动交换装置(ATC)的数控机床。本文所指的加工中心是指以铣削功能为主的铣削加工中心,图 1-1-5 为立式加工中心,图 1-1-6 为卧式加工中心。



图 1-1-5 立式加工中心

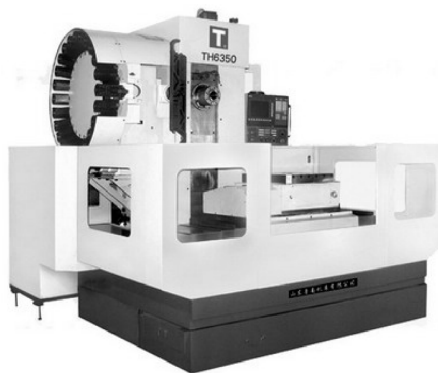


图 1-1-6 卧式加工中心

### 2. 组成

数控铣床一般由机床本体、数控装置、驱动装置、辅助装置等几部分组成,加工中心在结构上比数控铣床增加了刀库和换刀装置,如表 1-1-2 所示。

表 1-1-2 数控铣床/加工中心组成部分

序号	组成部分	说明	图示
1	机床本体	它是数控铣床/加工中心的基础构件,可以是铸铁件,也可以是焊接钢结构,均要承受加工中心的静载荷以及在加工时的切削载荷,是质量和体积最大的部件。它包括床身、床鞍、工作台、立柱、主轴箱、进给机构等	
2	数控装置	它是数控机床的控制核心,由各种数控系统完成对机床的控制	
3	驱动装置	驱动装置是数控机床的执行机构,作用是把来自数控装置的信号转换为机床移动部件的运动,其性能是决定机床加工精度、表面质量和生产效率的主要因素之一,包括主轴电动机和进给伺服电动机	 <p style="text-align: center;">主轴电动机</p>  <p style="text-align: center;">进给伺服电动机</p>

续表

序号	组成部分	说明	图示
4	辅助装置	主要包括润滑、冷却、排屑、防护、液压和随机检测系统等部分	 <p>排屑装置</p>  <p>润滑系统</p>
5	刀库及自动换刀装置	它是加工中心特有的部件。刀库是用来储存刀具和辅助工具的地方;自动换刀装置是将加工中心主轴上的刀具与刀库中的刀具交换的机构,由换刀指令完成加工中心的换刀	

### 3. 加工特点

数控铣削加工除了具有普通铣床加工的特点外,还有如下特点:

(1) 零件加工的适应性强、灵活性好,能加工轮廓形状特别复杂或难以控制尺寸的零件,如模具类零件、壳体类零件等。

(2) 能加工普通机床无法加工或很难加工的零件,如用数学模型描述的复杂曲线零件以及三维空间曲面类零件。

(3) 能加工一次装夹定位后需进行多道工序加工的零件。

(4) 加工精度高、加工质量稳定可靠。

(5) 生产自动化程度高,可以减轻操作者的劳动强度,有利于生产管理自动化。

(6) 生产效率高。

(7) 从切削原理上讲,无论端铣或是周铣都属于断续切削方式,而不像车削那样连续切削,因此对刀具的要求较高,具有良好的抗冲击性、韧性和耐磨性。在干式切削状况下,还要求有良好的红硬性。

## 4. 应用场合

数控铣床比一般机床具备许多优点,但是这些优点都是以一定的条件为前提的。数控机床的应用范围在不断扩大,但它并不能完全代替其他类型的机床,也还不能以最经济的方式解决机械加工中的所有问题。它常最适用于以下几种情况:

### (1) 多品种、小批量生产的零件。

图 1-1-7 为三类机床的零件加工批量数与综合费用的关系。零件加工批量大时选用数控铣床是不利的,而选择专用机床效率高、费用低。通常,采用数控机床加工的合理生产批量为 10~100 件。

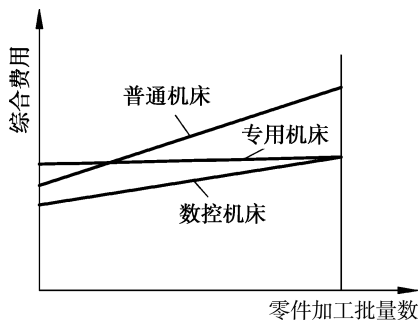


图 1-1-7 零件加工批量数与综合费用的关系

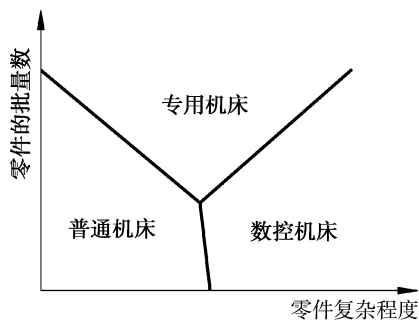


图 1-1-8 零件复杂程度与批量数的关系

### (2) 结构比较复杂的零件。

图 1-1-8 为三类机床的被加工零件复杂程度与零件批量大小的关系。通常数控机床适宜加工结构比较复杂、在非数控机床加工时需要昂贵的工艺装备(工具、夹具及模具)及无法加工的零件。

### (3) 需要频繁改形的零件。

当生产的产品不断更新时,使用数控机床只需要改相应数控加工程序即可,从而节约大量的工艺装备,使综合费用降低。

### (4) 价值昂贵、不允许报废的关键零件。

### (5) 设计制造周期短的急需零件。

## 5. 工作过程

数控铣床/加工中心的工作过程是根据零件图样,制订工艺方案,采用手工或计算机自动编制零件加工程序,把零件所需的机床各种动作及全部工艺参数变成机床的数控装置能接受的信息代码,并把这些代码存储在信息载体(移动存储器)上,将信息载体送到输入装置,读出信息并送入数控装置(以上是常用的程序输入方法)。另一种方法是利用计算机和加工中心直接进行通信,实现零件程序的输入和输出。

进入数控装置的信息,经过一系列处理和运算转变为脉冲信号。有的信号送到机床的伺服系统,通过伺服机构进行转换和放大,再经过传动机构,驱动机床有关零部件,使刀具和工件严格执行零件程序所规定的相应运动。还有的信号送到可编程序控制器中用以顺序控制机体的其他辅助动作,如实现刀具自动更换等,如图 1-1-9 所示。

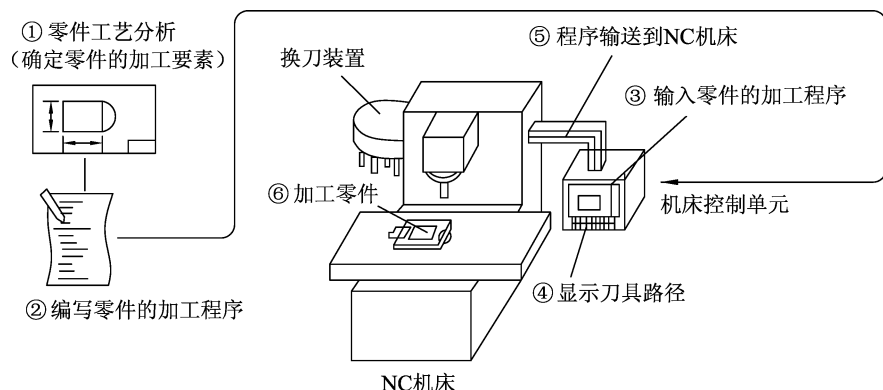


图 1-1-9 加工中心工作原理图

### 三、数控系统的知识

#### 1. FANUC 数控系统

FANUC 数控系统是由日本富士通公司研制开发的。该公司创建于 1956 年,是生产数控系统的著名厂家。公司自 20 世纪 60 年代生产数控系统以来,已经成功开发出 40 种左右的系列品种,如 F0、F10、F11、F12、F15、F16、F18 等系统。FANUC 数控系统在我国得到了广泛的应用。我国市场上用于数控机床的 FANUC 数控系统主要有 FANUC 0、FANUC 0i、FANUC 18i 等。本教材主要介绍 FANUC 0i 数控系统。

#### 2. SIEMENS(西门子)数控系统

SIEMENS 数控系统由德国西门子公司开发研制的,该数控系统在我国数控机床中的应用也相当普遍。目前,在我国市场上常用的 SIEMENS 系统有 SIEMENS 802D/C/S、SIEMENS 810T/M、SIEMENS 840D/C 等型号。

#### 3. 国产数控系统

自 20 世纪 80 年代初期开始,我国数控系统的生产与研制得到了飞速发展,并逐步形成了广州数控、华中数控、航天数控、华兴数控等以生产普及型数控系统为主的国有企业,以及北京发那科机电有限公司、西门子数控(南京)有限公司等合资企业。目前,常用于数控机床的国产数控系统有华中数控系统、广州数控系统、航天数控系统等。



### 任务实施

#### 一、参观数控铣床/加工中心实训车间

数控铣床/加工中心实训车间如图 1-1-10 所示。





图 1-1-10 数控铣床/加工中心实训车间

## 二、认识数控铣床/加工中心各组成部分

### 1. 加工中心的组成(图 1-1-11、图 1-1-12)

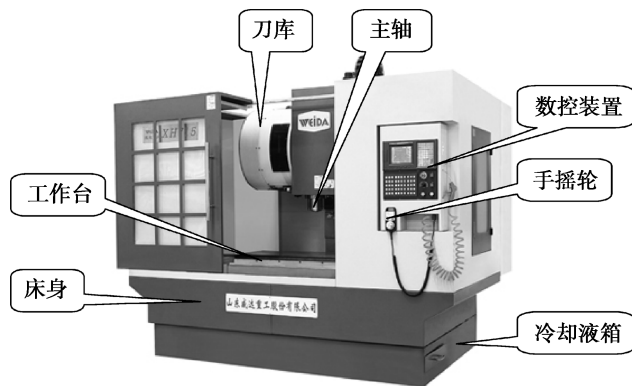


图 1-1-11 立式加工中心

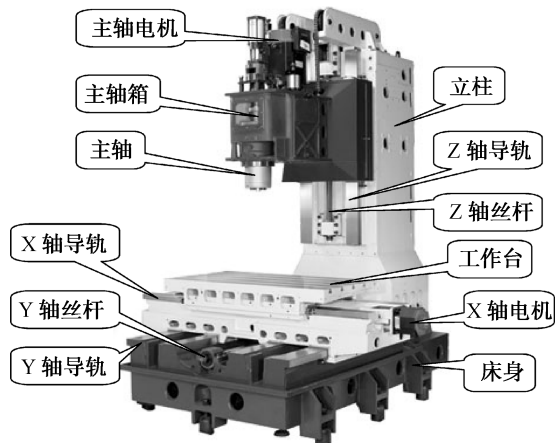


图 1-1-12 结构图