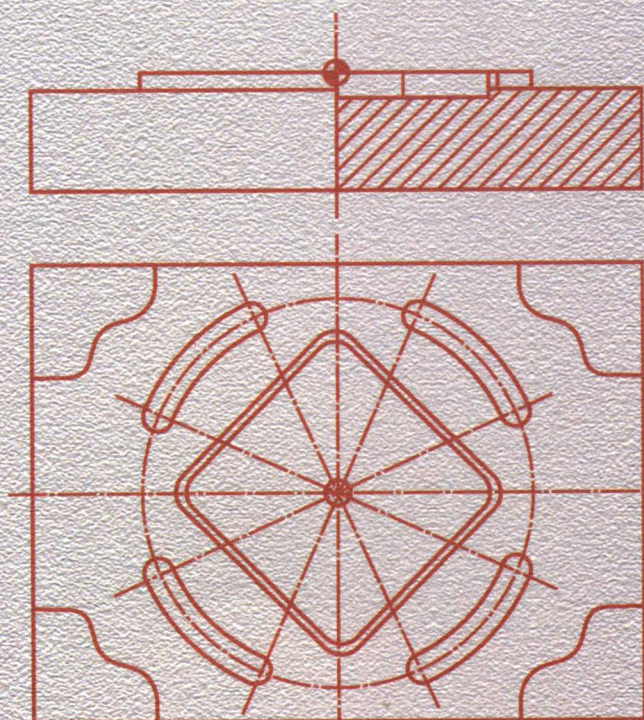


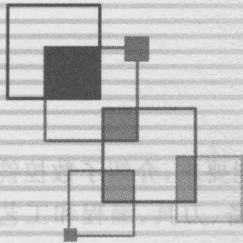
高等职业院校机电类“十二五”规划教材

# 数控铣床(加工中心) 编程与加工

主编 雒钰花  
张飞鹏



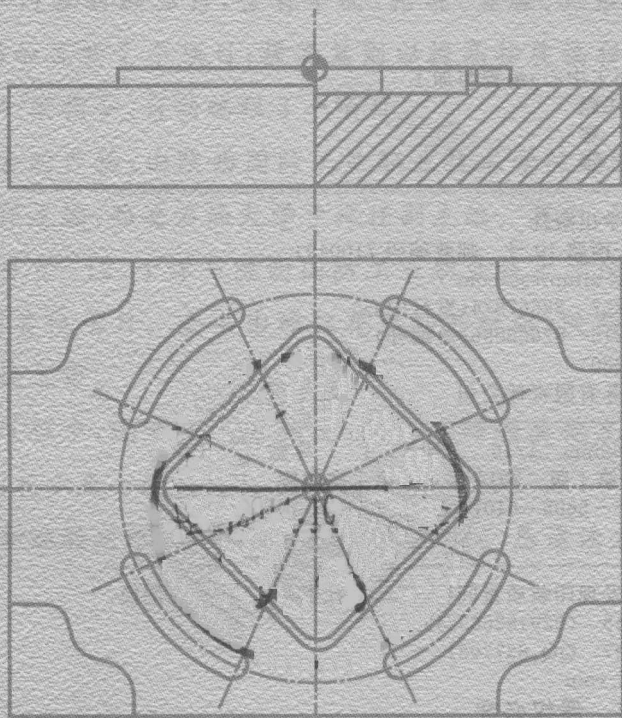
西安交通大学出版社  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY PRESS



高等职业院校机电类“十二五”规划教材

# 数控铣床(加工中心) 编程与加工

主 编	雄钰花	张飞鹏
副主编	于 洋	
参 编	周信安	李 智
	赵小刚	周宏菊
主 审	侯晓方	



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

## 内容简介

本书根据数控铣床(加工中心)中级、高级职业岗位能力知识和技能要求,介绍了数控铣床(加工中心)编程与操作所需的知识和技能,内容包括数控铣削加工设备、刀具、编程和工艺知识,FANUC系统、SIEMENS系统和华中HNC-21M系统数控铣床(加工中心)的操作方法与维护,按照数控铣床(加工中心)中、高级操作工的编程和加工技能要求,将理论和实操紧密融合,由基础篇、应用篇和提高篇构成,共计14个项目。

本书收集了大量的企业生产实例、加工技巧和编程技巧,实用性强,适用面宽。

本书可作为职业院校数控、模具和机电一体化类专业的教材,也可作为数控铣床(加工中心)中、高级操作工训练的教材,以及相关工程技术人员的参考用书。

---

### 图书在版编目(CIP)数据

数控铣床(加工中心)编程与加工/锥钰花,张飞鹏主编. —西安:  
西安交通大学出版社,2014.4  
ISBN 978-7-5605-6107-3

I. ①数… II. ①锥… ②张… III. ①数控机床-铣床-程序设计  
②数控机床加工中心-程序设计 IV. ①TG547 ②TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第061688号

---

书 名 数控铣床(加工中心)编程与加工  
主 编 锥钰花 张飞鹏  
策划编辑 雷萧屹 张 梁  
责任编辑 雷萧屹 张 梁

---

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.xjtupress.com>  
电 话 (029)82668357 82667874(发行中心)  
(029)82668315 82669096(总编办)  
传 真 (029)82668280  
印 刷 陕西丰源印务有限责任公司

---

开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 14 字数 336千字  
版次印次 2014年4月第1版 2014年4月第1次印刷  
书 号 ISBN 978-7-5605-6107-3/TG·51  
定 价 33.00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)82669097 QQ:8377981

读者信箱:lg\_book@163.com

版权所有 侵权必究

# 前 言

## 第一篇 基础篇

本书以项目任务为驱动,从培养学生综合职业能力与学生工艺实施的生产实际出发,以数控铣削加工为主线,将数控铣床(加工中心)操作与编程、数控加工工艺、数控加工刀具等内容有机结合起来,强调内容的实用性、实践性和先进性,注重学生综合工程实践应用能力的培养。项目任务的知识学习、技能训练等内容符合数控铣床(加工中心)中级国家职业资格要求。

本书具有很强的可操作性,书中内容布置符合初学者认知规律,可作为理实一体化课改教材使用。本书由基础篇、应用篇、提高篇构成。基础篇注重铣削加工的基础知识与基本技能的培养,内容涉及数控铣削设备、数控铣削程序、数控铣削加工、仿真加工共4个项目;应用篇中以数控铣削实际加工技能和职业素养为目标,突出工艺、编程、操作之间的紧密融合,项目之间按由易到难、由浅入深的层级性关系设计,载体内容新颖独特,含有平面、轮廓、型腔、孔系、薄壁、综合复杂件、配合件的编程与加工共7个项目;提高篇则以提高拓展编程能力和技巧为出发点,含有高级指令、宏指令、自动编程3个项目。

本书是校际联合的产物,由陕西国防工业职业技术学院雒钰花、陕西工业职业技术学院张飞鹏任主编,西安石油大学于洋任副主编。其中,张飞鹏编写项目1~3,雒钰花编写项目6~12,于洋与陕西国防工业职业技术学院的周信安、李智、赵小刚、周宏菊编写其他项目。全书由雒钰花策划并统稿,陕西国防工业职业技术学院侯晓方副教授主审。

在编写本书的过程中,编者得到了相关企业、老师和其他兄弟院校同行的大力支持,在此向他们表示衷心的感谢!

由于编者水平和经验所限,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

## 第二篇 应用篇

项目5 平面类零件的编程与加工

编者

任务5.1 任务导入

2013年12月

# 目 录

## 第一篇 基础篇

项目 1 数控铣削设备 .....	(1)
任务 1.1 认识铣削加工设备 .....	(1)
任务 1.2 数控机床安全操作规程及养护 .....	(11)
任务 1.3 数控铣床(加工中心)基本操作 .....	(13)
任务 1.4 学会建立工件坐标系 .....	(21)
项目 2 数控铣削程序 .....	(26)
任务 2.1 数控铣削程序编辑训练 .....	(26)
任务 2.2 相对编程训练 .....	(35)
任务 2.3 刀具半径补偿训练 .....	(38)
任务 2.4 子程序调用训练 .....	(46)
项目 3 数控铣削加工 .....	(51)
任务 3.1 数控铣削刀具认识 .....	(51)
任务 3.2 铣削加工装夹方法 .....	(58)
任务 3.3 对刀操作 .....	(61)
任务 3.4 量具的使用 .....	(64)
项目 4 数控铣削仿真加工 .....	(69)
任务 4.1 机床台面操作 .....	(69)
任务 4.2 铣、加工中心机床面板操作 .....	(74)
任务 4.3 仿真自动加工 .....	(79)
任务 4.4 机床其他功能操作 .....	(80)
思考与练习 4 .....	(84)

## 第二篇 应用篇

项目 5 平面类零件的编程与加工 .....	(85)
任务 5.1 任务导入 .....	(85)

# 目 录

任务 5.2 任务实施 .....	(86)
任务 5.3 任务评价 .....	(89)
相关知识 5 .....	(90)
<b>项目 6 轮廓类零件的编程与加工 .....</b>	<b>(99)</b>
任务 6.1 任务导入 .....	(99)
任务 6.2 任务实施 .....	(100)
任务 6.3 任务评价 .....	(103)
相关知识 6 .....	(104)
<b>项目 7 型腔类零件的编程与加工 .....</b>	<b>(107)</b>
任务 7.1 任务导入 .....	(107)
任务 7.2 任务实施 .....	(108)
任务 7.3 任务评价 .....	(111)
相关知识 7 .....	(112)
<b>项目 8 孔系零件的编程与加工 .....</b>	<b>(117)</b>
任务 8.1 任务导入 .....	(117)
任务 8.2 任务实施 .....	(118)
任务 8.3 任务评价 .....	(121)
相关知识 8 .....	(122)
<b>项目 9 薄壁类零件的编程与加工 .....</b>	<b>(136)</b>
任务 9.1 任务导入 .....	(136)
任务 9.2 任务实施 .....	(137)
任务 9.3 任务评价 .....	(140)
相关知识 9 .....	(141)
<b>项目 10 综合复杂件的编程与加工 .....</b>	<b>(143)</b>
任务 10.1 任务导入 .....	(143)
任务 10.2 任务实施 .....	(144)
任务 10.3 任务评价 .....	(147)
相关知识 10 .....	(148)
<b>项目 11 配合件的编程与加工 .....</b>	<b>(152)</b>
任务 11.1 任务导入 .....	(152)
任务 11.2 任务实施 .....	(154)
任务 11.3 任务评价 .....	(156)

相关知识 11 .....	(158)
思考与练习 11 .....	(160)

## 第三篇 提高篇

项目 12 底板的编程与加工 .....	(162)
任务 12.1 任务导入 .....	(162)
任务 12.2 任务实施 .....	(163)
相关知识 12 .....	(165)
项目 13 椭圆的编程与加工 .....	(174)
任务 13.1 任务导入 .....	(174)
任务 13.2 任务实施 .....	(175)
相关知识 13 .....	(175)
项目 14 六角模板的数控自动编程与加工 .....	(182)
任务 14.1 任务导入 .....	(182)
任务 14.2 任务实施 .....	(183)
相关知识 14 .....	(193)
思考与练习 14 .....	(201)
附录 1 华中数控铣床(加工中心)指令表 .....	(203)
附录 2 常用切削用量表 .....	(206)
参考文献 .....	(215)

# 项目 1 数控铣削设备

## 任务 1.1 认识铣削加工设备

### 1.1.1 数控铣削加工特点及用途

铣削加工是机械加工中最常用的方法之一,利用铣刀在铣床上加工零件,使零件获得所需形状、尺寸、位置精度,满足特定表面粗糙度要求的加工方法。其经济加工公差等级一般为 IT9~IT7,表面粗糙度  $Ra=12.5\sim1.0\mu\text{m}$ 。铣削加工在机械制造业中占有重要地位。能够实现数控铣削加工的设备有数控铣床(见图 1-1)和加工中心(见图 1-2)。两者的区别在于

2. 变斜角类零件

沿一条或几条表面曲线量具刃, 率刃刃具心中工

加工面与水平面的夹角随连续变化的零件称为变斜角类零件(见图 1-4)。这类零件的特点是加工面不能展开。在加工中加工面与铣刀法线的瞬时为曲线, 一般采用四坐标或五坐标。

# 第一篇 基础篇

## 学习目标:

### 知识目标:

1. 了解数控铣削的应用铣削设备型号命名规则。
2. 了解数控铣床、加工中心组成及分类。
3. 了解数控铣床(加工中心)的安全操作规程与日常维护保养。
4. 掌握数控铣削机床的各种坐标系功能。
5. 掌握上海宇龙软件仿真操作加工过程。

### 技能目标:

1. 通过对机床控制面板操作学习, 能够掌握机床启停, 手动、手摇 MDI 等基本操作方式。
2. 通过对机床坐标系的学习, 掌握建立工件坐标系的方法。
3. 通过手工输入程序、图形模拟训练, 能够掌握程序建立、输入、编辑方法, 熟悉模拟校验操作步骤。
4. 通过看图编程训练、专项相对编程训练等, 能够使其独立编写完整程序、依据校验图形, 判断程序正确与否。达到正确编写程序目的。
5. 通过数控铣床(加工中心)刀具系统、夹具系统的学习, 能正确使用刀具、工装。通过对刀原理的学习, 能进行手工试切对刀。
6. 通过对宇龙仿真软件数控铣削操作内容的学习, 能使用宇龙软件验证零件加工程序。

## 项目 1 数控铣削设备

### 任务 1.1 认识铣削加工设备

#### 1.1.1 数控铣削加工特点及用途

铣削加工是机械加工中最常用的方法之一, 利用铣刀在铣床上加工零件, 使零件获得所需形状、尺寸、位置精度, 满足特定表面粗糙度要求的加工方法。其经济加工公差等级一般为 IT9~IT7, 表面粗糙度 Ra12.5~1.6 $\mu$ m。铣削加工在机械制造业中占有重要地位。能够实现数控铣削加工的设备有数控铣床(见图 1-1)和加工中心(见图 1-2)。两者的区别在于加



工中心具有刀库,刀具管理方面更为复杂一些。



图 1-1 数控铣床

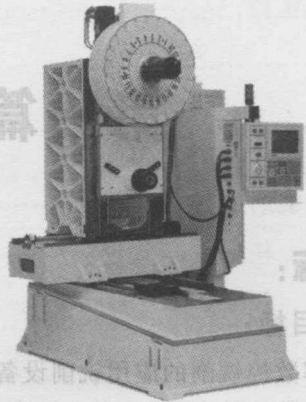


图 1-2 加工中心

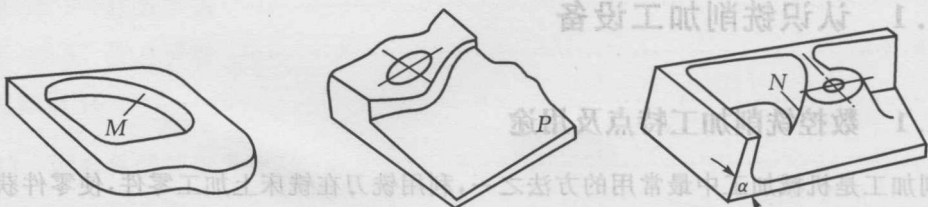
数控铣削设备是集成了数字控制系统的铣床,控制方式的改变使机床运动更加灵活,可以在程序代码控制下以多种方式精确进行铣削加工。相对于传统加工设备,数控铣削设备综合性更高,它是集机械、电、气、液为一体的一个综合产品,结构更简单,电器更复杂,功能更强大。除具有普通铣削加工的所有特点外,还能够实现普通机床无法加工的轮廓形状特别复杂或难以控制尺寸零件的加工,如用数学模型描述的复杂曲线零件以及三维空间曲面类零件。

数控铣床、加工中心以加工适应性强、灵活性好,可实现多道工序集中,加工精度高、质量稳定可靠的特点,非常适合于加工模具类、壳体类零件。我们日常生产中的机械设备零部件和生活用品的模具加工制造都离不开数控铣削加工。同时它也是现代工业自动化的重要组成部分,由于其生产自动化程度高,生产效率高,大幅减轻操作者劳动强度,有利于生产管理自动化,可大幅降低生产中劳动力成本,因此在工厂中大有取代传统铣削设备的发展趋势。

数控铣削是机械加工中最常用和最主要的数控加工方法之一,它除了能铣削普通铣床所能铣削的各种零件表面外,还能铣削普通铣床不能铣削的需要 2~5 坐标联动的各种平面轮廓和立体轮廓。从铣削加工角度考虑,主要加工对象有如下几类零件。

### 1. 平面类零件

这类零件的加工面平行或垂直于水平面,或加工面与水平面的夹角为定角的零件称为平面类零件。其特点是加工面可展开为平面,例如图 1-3 所示的三个零件均为平面类零件,其曲面轮廓面  $M$  和正圆台面  $N$ ,展开后均为平面, $P$  为斜平面。目前在数控铣床上加工的大多数零件都是平面轮廓类零件。



(a)带平面轮廓的平面类零件 (b)带斜平面的平面类零件 (c)带正圆台和斜筋的平面类零件

图 1-3 平面轮廓类零件

## 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(见图 1-4)。这类零件特点是加工面不能展开为平面,且在加工中加工面与铣刀接触的瞬间为一条直线。一般采用四坐标或五坐标数控铣床摆角加工。

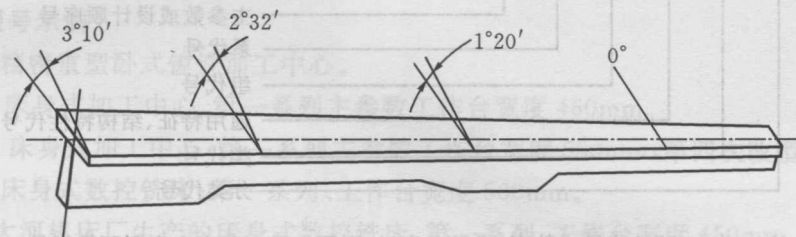


图 1-4 变斜角类零件

## 3. 曲面类零件

加工面为空间曲面的零件称为曲面类零件,如图 1-5 所示。曲面通常由数学模型设计给出,因此常借用计算机来编程,其加工面不能展开为平面。加工时加工面与铣刀始终为点接触。一般采用三轴联动的三坐标数控铣床或用球头铣刀采用两轴半的数控铣床来加工。当曲面较复杂、通道较狭窄、会伤及毗邻表面及需刀具摆动时,要采用四坐标或五坐标数控铣床加工,如模具类零件、叶片类零件、螺旋桨类零件等。

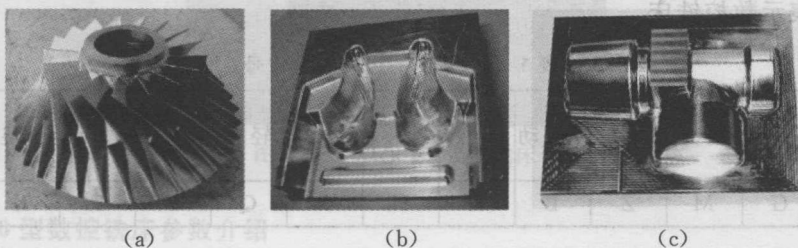


图 1-5 曲面类零件

### 1.1.2 数控铣床/加工中心的型号

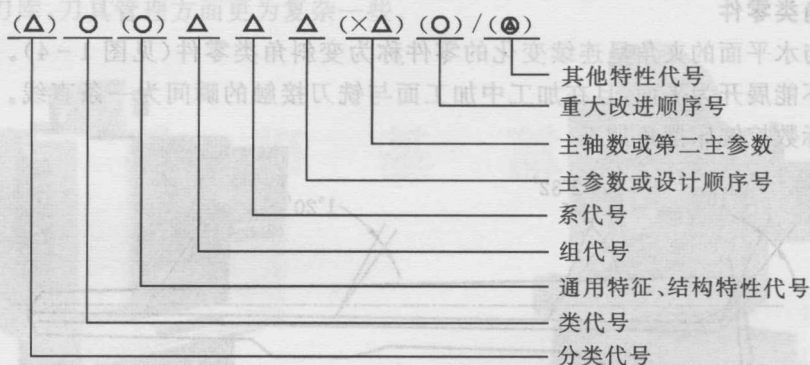
#### 1. 机床型号表示方法

现在使用的数控机床大部分生产于 2008 年前,使用的是 GB/T 15375—1994 金属切削机床型号编制方法。机床型号由基本部分和辅助部分组成,中间用“/”隔开,如图 1-6 所示。

数控机床按其工作原理划分为车床、钻床、镗床、磨床、齿轮加工机床、螺纹加工机床、铣床、刨插床、拉床、锯床和其他机床等共 11 类,见表 1-1。

表 1-1 机床分类代号

类别	车床	钻床	镗床	磨床	齿轮加工机床	螺纹加工机床	铣床	刨插床	拉床	锯床	其他机床
代号	C	Z	T	M	Y	S	X	B	L	G	Q



注 1:有“( )”的代号或数字,或无内容时,则不表示。若有内容则不带括号。

注 2:有“O”符号的,为大写的汉语拼音字母。

注 3:有“Δ”符号的,为阿拉伯数字。

注 4:有“ ”符号的,为大写的汉语拼音字母,或阿拉伯数字,或两者兼有之。

图 1-6 铣削加工设备型号

通用特性代号、结构特性代号位于类代号之后。通用特性代号有统一的规定含义,它在各类机床的型号中,表示的意义相同,见表 1-2。结构特性代号应排在通用特性代号之后,对主参数值相同而结构、性能不同的机床,在型号中加结构特性代号予以区分。例如,在“X”后面加上“K”,就表示数控铣床。

表 1-2 机床的通用特性代号

通用特性	高精密	精密	自动	半自动	数控	加工中心	仿形	轻型	加重型	柔性加工单元	数显	高速
代号	G	M	Z	B	K	H	F	Q	C	R	X	S

在铣类机床中,将主要布局或使用范围基本相同的机床归为同一组,铣床共划分为十组。在同一组机床中,将主参数、主要结构及布局型式相同的机床归为同一系,每组又划分为十个系列。机床的组代号位于通用特性代号、结构特性代号之后。系代号位于组代号之后。

数控铣床型号中主参数用折算值表示,位于系代号之后。当折算值大于 1 时,取整数值,当机床无法用一个主参数表示时,则在型号中用设计序号表示。设计序号由 1 起始,当设计序号小于 10 时,由 01 开始编号。

对于多主轴机床,其主轴数应以实际数值列入型号,置于主参数之后,用“/”分开,单轴可以省略不写。第二主参数(多轴机床的主轴除外),一般不予表示,如有特殊情况,需在型号中表示。在型号中表示的第二主参数,一般以折算成两位数为宜,最多不超过三位数。以长度深度值等表示的,其折算系数为 1/100;以直径、宽度值表示的,其折算值为 1/10;当机床的结构、性能有更高的要求,需按新产品重新设计、试制和鉴定时,才按改进的先后顺序选用 A、B、C 等汉语拼音字母加在型号基本部分的尾部,称为机床的重大改进顺序号。小改型号不变,以区别原机床。

其他特性代号,置于辅助部分之首,其他特性代号主要用以反映各类机床的特性。对于数

控机床,可以用来反映不同的控制系统等;对于加工中心,可以反映控制系统、联动轴数、自动交换主轴头、自动交换工作台等;对于柔性加工单元,可以反映自动交换主轴箱;对于一机多能机床,可用以表示某些功能;对于一般机床,可以反映同一型号机床的变型等。其他特性代号,可用汉语拼音字母表示,其中L表示联动轴数,F表示复合。

## 2. 机床型号示例

HMC50 精密重型卧式镗铣加工中心。

XH7146 床身式加工中心、第一系列主参数工作台宽度 460mm。

XH715D 床身式加工中心、第一系列主参数工作台宽度 500mm,第四次改型。

XK7132 床身式数控铣床、第一系列、工作台宽度 500mm。

DXK45 大河机床厂生产的床身式数控铣床、第一系列、工作台宽度 450mm。

SK5L-70100 高速 5 轴数控铣床,工作台 700mm×1000mm。

### 1.1.3 数控铣床介绍

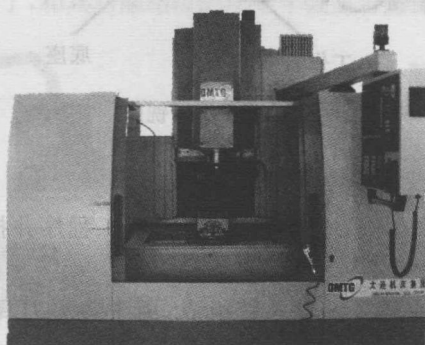


图 1-7 XD-40 数控铣床

#### 1. XD-40 型数控铣床参数介绍

##### 1) 主要技术参数

机床型号	XD-40		
数控系统	西门子 802D		
工作台尺寸	910mm×400mm		
工作台最大承载重量	300kg		
工作台左右行程(X向)	600mm	X、Y 快移	20m/min
工作台前后行程(Y向)	400mm	Z 快移	15m/min
主轴箱上下行程(Z向)	510mm	最大钻孔直径	φ22mm
主轴转速	25~5000r/min	最大镗孔直径	φ100mm

##### 2) 主要功能

(1) 同时控制轴: X、Y、Z 三轴。

(2) 自诊断功能: 故障、信息显示。

(3) 编程简化功能: 固定循环、对话编程。

(4) 程序检测功能: 机床锁住、测试方式。

(5) 图形显示功能(模拟)。

自(6)DNC加工功能。

## 2. 数控铣床的基本结构

数控铣床是在一般铣床的基础上发展起来的,其结构与普通铣床相似,但数控铣床是靠程序控制的自动加工机床,因此其结构又有特殊之处。数控铣床一般由数控装置、主传动系统、进给伺服系统、辅助装置和机床基础件等几大部分组成,如图1-8所示。

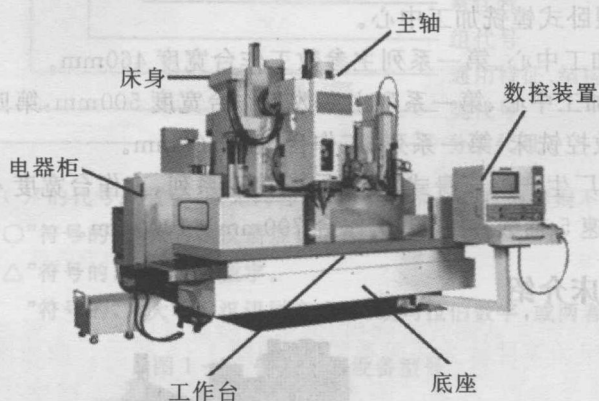


图 1-8 数控铣床

### 1) 数控装置(CNC 装置)

数控装置是数控铣床运动控制的中心,执行数控加工程序并控制机床进行加工。

### 2) 主传动系统

主传动系统由主轴电机、主轴及传动系统组成,用于装夹刀具并带动刀具旋转,主轴转速范围和输出扭矩对加工有直接的影响。

### 3) 进给伺服系统

进给伺服系统由进给电机和进给执行机构组成,按照程序设定的进给速度实现刀具和工件之间的相对运动,包括直线进给运动和旋转运动。

### 4) 辅助装置

辅助装置是指数控铣床的一些配套部件,包括液压和气动装置、润滑和冷却系统、排屑和防护等装置。

### 5) 机床基础件

机床基础件通常是指底座、立柱、横梁等,它是整个机床的基础和框架。

## 3. 数控铣床的分类

### 1) 按主轴位置分类

(1)立式数控铣床。立式数控铣床的主轴轴线垂直于水平面,是数控铣床中最常见的一种布局形式,应用范围也最广泛。如图1-9所示为立式数控铣床,一般用于加工盘、套、板类零件,一次装夹后,可对上表面进行铣、钻、扩、镗、攻螺纹等工序及侧面轮廓的加工。

(2)卧式数控铣床。卧式数控铣床(如图1-10所示)与通用卧式铣床相同,其主轴轴线平行于水平面,主要用于加工箱体类零件。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,而且可以实现一次安装中,通过转盘改变工位,进行“四面加工”。



数控铣床5台

图 1-9 立式数控铣床



图 1-10 卧式数控铣床

(3) 立卧两用数控铣床。主卧两用数控铣床如图 1-11 所示,也称为万能数控铣床。由于这类铣床的主轴方向可以更换,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,使一台铣床同时具备立式数控铣床和卧式数控铣床的功能。其使用范围更广,功能更全,选择加工对象的余地更大,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,和其功能相似的还有车铣复合加工中心,如图 1-12 所示。



图 1-11 立卧两用数控铣床



图 1-12 车铣复合加工中心

高速数控铣床(如图 1-13 示)是数控加工的一个发展方向,它采用全新的机床结构、功能部件和功能强大的数控系统,并配以加工性能优越的刀具系统,可对大面积的曲面进行高效率、高质量的加工,目前技术已比较成熟,已逐渐得到广泛使用。

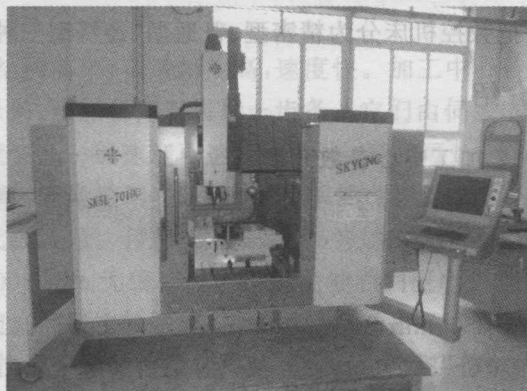


图 1-13 SK5L-70100 高速数控铣床

## 2)按运动方式分类

(1)点位控制数控机床。点位控制数控机床是指能控制刀具相对于工件的精确定位控制系统,而在相对运动的过程中不能进行任何加工。通过采用分级或连续降速,低速趋近目标点,来减少运动部件的惯性过冲而引起的定位误差。

(2)直线运动控制数控机床。直线运动控制数控机床是指控制机床工作台或刀具以要求的进给速度,沿平行于某一坐标轴或两轴的方向进行直线或斜线移动和切削加工的机床。这类数控机床要要求具有准确的定位功能和控制位移的速度,而且也要有刀具半径和长度的补偿功能以及主轴转速控制的功能。现代组合机床也算是一种直线运动控制数控机床。

(3)轮廓控制的数控机床。轮廓控制的数控机床是指能实现两轴或两轴以上的联动加工,而且对各坐标的位移和速度进行严格的不间断控制,具有这种控制功能的数控机床。现代数控机床大多数有两坐标或以上联动控制、刀具半径和长度补偿等等功能。按联动轴数也可分两轴联动、两轴半、三轴、四轴、五轴联动等。随着制造技术的发展,多坐标联动控制也越来越普遍。

## 3)按控制方式分类

(1)开环控制系统数控机床。开环控制系统数控机床是指没有位置检测反馈装置的控制方式。特点是结构简单、价格低廉,但难以实现运动部件的快速控制。广泛应用于步进电机低扭矩、高精度、速度中等的小型设备的驱动控制中,特别在微电子生产设备中。

(2)半闭环控制系统。半闭环控制系统是指在电动机轴或丝杆的端部装有角位移、角速度的检测装置,通过位置检测反馈装置反馈给数控装置的比较器与输入指令比较,用差值控制运动部件。特点是调试方便、良好的系统稳定性、结构紧凑,但在机械传动链的误差无法得到校正或消除。目前采用滚珠丝杠螺母机构,它有很好的精度和精度保持性和采取可靠的、消除反向运动间隙的机构,可以满足大多数的数控机床用户。因此被广泛地采用且成为首选的控制方式。

(3)闭环控制系统。闭环控制系统是在机床最终的运动部件的相应位置安装直线或回转式检测装置,将直接测量到的位移或角位移反馈到数控装置的比较器中,与输入指令位移量比较,用差值控制运动部件。优点是将机械传动链的全部环节都包含在闭环内,精度取决于检测装置的精度,超过半闭环系统。缺点是价格昂贵、对机构和传动链要求严格,不然会引起振荡,降低系统的稳定性。

## 4)按功能水平分类

按功能水平分类一般把数控机床分为精密型、普通型、经济型三种。

### 1.1.4 加工中心介绍

#### 1. FALCON - 2033VMC 加工中心参数介绍

##### 1)主要技术参数

机床型号 FALCON - 2033VMC

主电机功率 5.5kW

工作台面积 1000mm×500mm

切削进给速度 X、Y 轴 6~3200mm/min

切削进给速度 Z 轴 3~1600mm/min

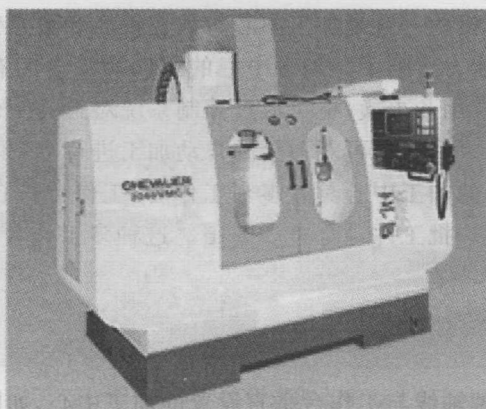


图 1-14 2033VMC 加工中心

工作台行程(X向)850mm	快进速度 X、Y轴 24 000mm/min
工作台行程(Y向)510mm	快进速度 Z轴 20 000mm/min
主轴箱行程(Z向)510mm	脉冲当量 0,001mm
工作台最大承载重量 300kg	定位精度 $\pm 0,015/300\text{mm}$
主轴转速范围 80~8000r/min	重复定位精度 $\pm 0,002\text{mm}$
数控系统 FANUC 0I-MC	用户存储容量 512KB

## 2) 主要功能

- (1) 三轴联动。
- (2) 故障、信息显示等自诊断功能。
- (3) 固定循环等编程简化功能。
- (4) 机床锁住,程序检测功能。
- (5) 图形显示功能(模拟)。
- (6) DNC 加工功能。

## 2. 加工中心的结构特点

(1) 机床的刚度、抗振性好。为了满足加工中心高自动化、高速度、高精度、高可靠性的要求,加工中心的静刚度、动刚度和机械结构系统的阻尼比都高于普通机床(机床在静态力作用下所表现的刚度称为机床的静刚度;机床在动态力作用下所表现的刚度称为机床的动刚度)。

(2) 机床的传动系统结构简单,传递精度高,速度快。加工中心传动装置主要有三种,即滚珠丝杠副、静压蜗杆-蜗母条、预加载荷双齿轮-齿条。它们由伺服电机直接驱动,省去齿轮传动机构,传递精度高,速度快。一般速度可达 15m/min,最高可达 100m/min。

(3) 主轴系统结构简单,无齿轮箱变速系统(特殊的也只保留 1~2 级齿轮传动)。主轴功率大,调速范围宽,并可无级调速。目前加工中心 95% 以上的主轴传动都采用交流主轴伺服系统,速度可从 10~20 000r/min 无级变速。驱动主轴的伺服电机功率一般都很大,是普通机床的 1~2 倍,由于采用交流伺服主轴系统,主轴电动机功率虽大,但输出功率与实际消耗的功率保持同步,不存在大马拉小车那种浪费电力的情况,因此其工作效率最高,从节能角度看,加工中心又是节能型的设备。



(4)设置有刀库和换刀机构。这是加工中心与数控铣床和数控镗床的主要区别,使加工中心的功能和自动化加工的能力更强了。加工中心的刀库容量少的有几把,多的达几百把。这些刀具通过换刀机构自动调用和更换,也可通过控制系统对刀具寿命进行管理。

(5)控制系统功能较全。它不但可对刀具的自动加工进行控制,还可对刀库进行控制和管理工作,实现刀具自动交换。有的加工中心具有多个工作台,工作台可自动交换,不但能对一个工件进行自动加工,而且可对一批工件进行自动加工。这种多工作台加工中心有的称为柔性加工单元。

### 3. 加工中心的分类

#### (1)立式加工中心

立式加工中心是指主轴轴线与工作台垂直设置的加工中心,如图 1-15 所示,主要适用于加工板类、盘类、模具及小型壳体类复杂零件。立式加工中心能完成铣、镗削、钻削、攻螺纹和切削螺纹等工序。立式加工中心最少是三轴二联动,一般可实现三轴三联动。



图 1-15 立式加工中心

#### 2)卧式加工中心

卧式加工中心是最常用的数控机床之一,是数控机床产业发展水平的标志性产品之一。卧式加工中心主要通过数控系统、伺服驱动装置控制机床基本运动,其结构的主要特征是主轴水平设置,通常由 3~5 个运动部件(主轴箱、工作台、立柱或主轴套等)组成。在卧式加工中心上设置自动交换工作台,构成柔性制造单元(FMC),实现工件自动交换,即在加工的同时可进行另一个工件装卸。加工工件经一次装夹后,完成多工序自动加工,自动选择及更换刀具,自动改变机床主轴转速和进给速度,自动实现刀具与工件的运动轨迹变化以及自动实现其他辅助功能。

#### 3)龙门式加工中心

龙门式加工中心是指主轴轴线与工作台垂直设置的加工中心,主要适用于加工大型零件,如图 1-16 所示。

#### 4)多工作台加工中心

多工作台加工中心有时称为柔性加工单元(FMC)。它有两个以上可更换的工作台,通过运送轨道可把加工完的工件连同工作台(托盘)一起移出加工部位,然后把装有待加工工件的工作台(托盘)送到加工部位,这种可交换的工作台可设置多个,实现多工作台加工。其优点是可实现在线装夹,即在进行加工的同时,下边的工作台进行装、卸工件,另外可在其他工作台上