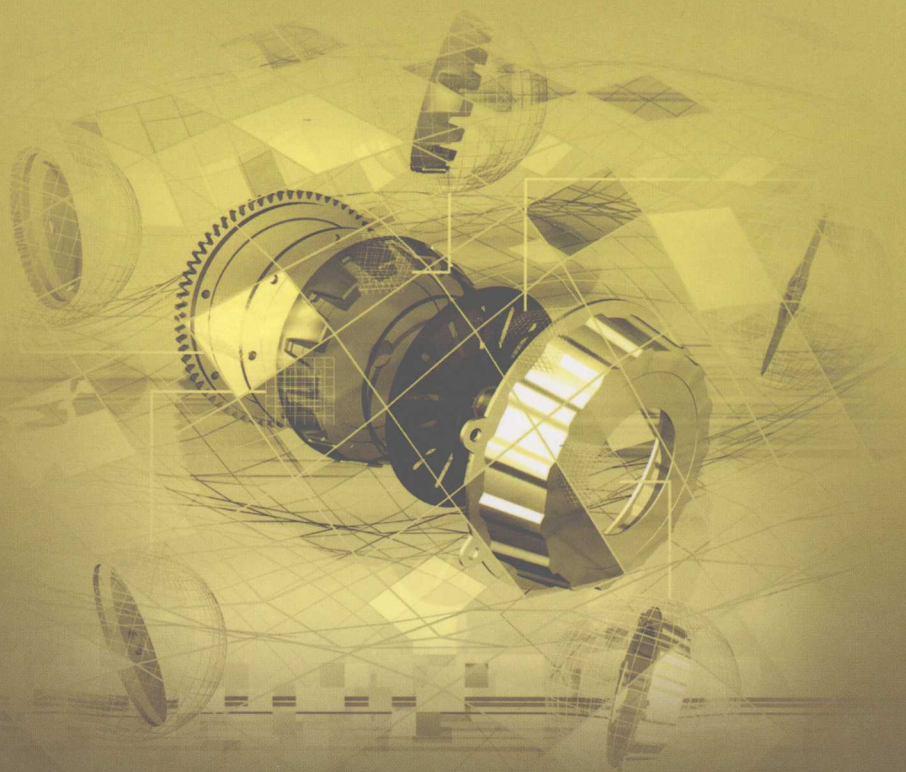


中、高等职业技术学院数控类一体化教材

数控铣床 / 加工中心 编程与操作实训

主编 沈建峰 主审 徐进扬



國防工業出版社
National Defense Industry Press

中、高等职业技术学院数控类一体化教材

数控铣床/加工中心 编程与操作实训 (SIEMENS 系统和 FANUC 系统)

主 编 沈建峰

副主编 虞 俊 高恒星

钱 屹 王守军

主 审 徐进扬

国防工业出版社

· 北京 ·

内容简介

本书是根据2005年劳动部颁布的《数控铣床/加工中心操作工国家职业标准》而编写的一本专业教材,内容包括数控铣床/加工中心编程、数控铣床/加工中心加工工艺,其内容涵盖了数控铣床/加工中心操作工中、高级技能的绝大部分知识点。

本书共分五章,分别为数控铣床/加工中心及其加工工艺、数控铣床/加工中心编程基础、FANUC系统的编程与操作、SIEMENS系统的编程与操作和中、高级数控铣床/加工中心编程与加工实例。本书在每一知识点讲解过程中,均以实例的形式体现,内容简单明了、通俗易懂。

本书主要用于中、高等职业院校的数控铣床/加工中心编程与操作的专业教学,也可作为数控铣床/加工中心编程与操作的职工培训教材和工人自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣床/加工中心编程与操作实训:SIEMENS系统和
FANUC系统/沈建峰主编. —北京:国防工业出版社,
2008.3

ISBN 978-7-118-05549-8

I. 数... II. 沈... 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③数控机床:铣床—操
作④数控机床加工中心—操作 IV. TG547 TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第000642号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100044)

腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 710×960 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$ 字数 340千字

2008年3月第1版第1次印刷 印数 1—4000册 定价 32.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422
发行传真:(010)68411535

发行邮购:(010)68414474
发行业务:(010)68472764

中、高等职业院校数控类一体化教材 编委会

(排名不分先后)

陈立群 江苏常州技师学院

徐进扬 江苏省经贸高级技工学校

顾颂虞 江苏苏州技师学院

林 森 江苏泰州技师学院

宋书善 常州信息职业技术学院

狄东涛 江苏溧阳职业高级中学

徐建忠 江苏常州市劳动局技工教研室

蒋春芳 江苏金坛职教中心

冯 斌 江苏镇江技师学院

陆伟明 江苏武进职教中心

芮桃明 江苏高淳职教中心

曹远建 江苏如皋市技工学校

刘 立 南京技师学院

徐 明 华东石油技师学院

前 言

为了适应中、高级数控技术人员学习和培训的需要,满足技工学校、职业学校和高职院校的数控教学之用,国防工业出版社于2005年组织编写了《中、高等职业技术学院数控类一体化教材》系列丛书,该丛书由《数控车床编程与操作实训》(第2版)、《数控铣床/加工中心编程与操作实训》、《Mastercam X数控造型与加工实训》组成。

该丛书自出版以来,受到了广大读者的好评,为了进一步提高该丛书的质量,我们对该丛书进行了改版。新书在原版的基础上增加了数控加工工艺的内容,并进一步丰富了各知识点的加工实例,增加了数控中、高级考级实例。另外,将原版中的SIEMENS 840D内容改版成SIEMENS 802D的内容,从而使该书更加通俗易懂,内容更与工厂所使用的设备紧密联系。

本书共分五章,分别为数控铣床/加工中心及其加工工艺、数控铣床/加工中心编程基础、FANUC系统的编程与操作、SIEMENS系统的编程与操作和中、高级数控铣床/加工中心编程与加工实例。本书在每一知识点讲解过程中,均以实例的形式体现,内容简单明了、通俗易懂。

本书主要用于中、高等职业院校的数控铣床/加工中心编程与操作的专业教学,也可作为数控铣床/加工中心编程与操作的职工培训教材和工人自学用书。

本书由常州技师学院沈建峰、常州信息职业技术学院的虞俊、淮安职业技术学院高恒星、武进职教中心的钱屹、宿迁高级技工学校王守军同志负责编写,沈建峰主编,江苏省经贸高级技工学校的徐进扬同志审稿。本书在编写过程中借鉴了国内外同行的最新资料与文献,并得到了编委会成员单位的大力支持,在此一并致以衷心的感谢。

由于我们水平有限,在书中难免存在错误之处,敬请读者给予批评指正。

编 者

2007年11月

目 录

第一章 数控铣床/加工中心及其加工工艺	1
第一节 数控铣床/加工中心概述	1
第二节 数控铣床/加工中心加工工艺路线的拟定	6
第三节 数控铣床/加工中心用刀具系统	17
第四节 数控铣床/加工中心夹具	31
第五节 数控铣床/加工中心加工常用量具	37
第六节 数控加工工艺文件	45
第七节 数控铣床/加工中心的维护保养	48
思考与练习	50
第二章 数控铣床/加工中心编程基础	52
第一节 数控编程概述	52
第二节 数控机床的坐标系	55
第三节 数控加工程序的格式与组成	59
第四节 数控机床的有关功能及规则	62
第五节 数控加工常用功能指令	69
第六节 刀具补偿功能的编程方法	80
第七节 子程序在数控编程中的运用	88
第八节 加工中心的刀具交换功能	95
思考与练习	98
第三章 FANUC 系统的编程与操作	101
第一节 FANUC 系统功能简介	101
第二节 FANUC 系统固定循环功能	105
第三节 FANUC 系统中的坐标变换指令	116

VI

第四节	A 类型用户宏程序	130
第五节	B 类型用户宏程序	138
第六节	FANUC 系统数控铣床及加工中心的操作	146
思考与练习		161
第四章	SIEMENS 系统的编程与操作	164
第一节	SIEMENS 802D 系统功能简介	164
第二节	SIEMENS 802D 系统的孔加工固定循环	168
第三节	SIEMENS 802D 系统的铣削加工固定循环	184
第四节	数控铣床坐标变换编程	201
第五节	参数编程	213
第六节	SIEMENS 系统数控铣床及加工中心的操作	219
思考与练习		240
第五章	中、高级数控铣床/加工中心编程与加工实例	243
第一节	中级数控铣床/加工中心应会试题 1	243
第二节	中级数控铣床/加工中心应会试题 2	249
第三节	中级数控铣床/加工中心应会试题 3	254
第四节	高级数控铣床/加工中心应会试题 1	259
第五节	高级数控铣床/加工中心应会试题 2	263
第六节	高级数控铣床/加工中心应会试题 3	270
第七节	自动编程过程简介	274
思考与练习		279
附录	数控铣床/加工中心操作工国家职业标准	280
参考文献		294

第一章 数控铣床/加工中心 及其加工工艺

第一节 数控铣床/加工中心概述

1. 数控机床简介

数控机床是指采用数控技术进行控制的机床。根据机床主轴的方向,数控机床可分成卧式机床(主轴位于水平方向)和立式机床(主轴位于垂直方向)。而根据其加工用途分类,数控机床主要有以下几种类型。

(1) 数控铣床 根据数控机床的用途进行分类,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 所示为立式数控铣床。



图 1-1 立式数控铣床

(2) 加工中心 加工中心是指带有刀库(带有回转刀架的数控车床除外)和刀具自动交换装置(Automatic Tool Changer, ATC)的数控机床。通常所指的加工中心即是指带有刀库和刀具自动交换装置的数控铣床。图 1-2 所示为卧式加工中心。

(3) 数控车床 数控车床是一种用于完成车削加工的数控机床。通常情况下,也将以车削加工为主并辅以铣削加工的数控车削中心归类为数控车床。图 1-3 所示为全功能型卧式数控车床。

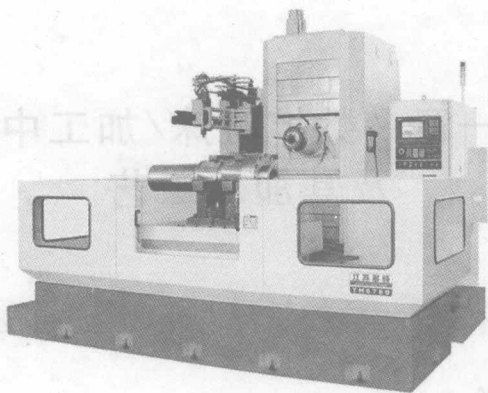


图 1-2 卧式加工中心

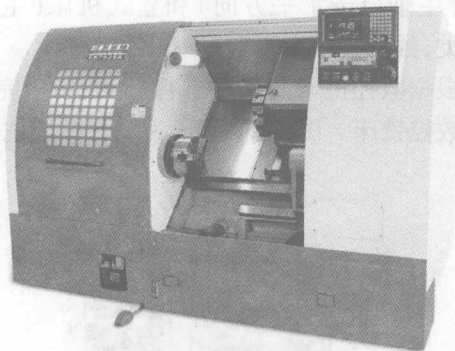


图 1-3 全功能型卧式数控车床

(4) 数控钻床 数控钻床主要用于完成钻孔、攻丝等功能,有时也可完成简单的铣削功能。数控钻床是一种采用点位控制系统的数控机床,即控制刀具从一点到另一点的位置,而不控制刀具移动轨迹。图 1-4 所示为立式数控钻床。

(5) 数控电火花成形机床 数控电火花(即通常所指的电脉冲机床)是一种特加工机床,它利用两个不同极性的电极在绝缘液体中产生的电蚀现象,去除材料而完成加工,对于形状复杂的模具及难加工材料的加工有其特殊优势。数控电火花成形机床如图 1-5 所示。

(6) 数控线切割机床 数控线切割机床如图 1-6 所示,其工作原理与电火花成形机床相同,但其电极是电极丝(钼丝、铜丝等)和工件。

(7) 其他数控机床 数控机床除以上的几种常见类型外,还有数控磨床、数控冲床、数控激光加工机床、数控超声波加工机床等多种形式。

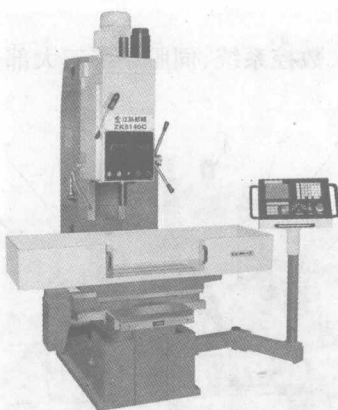


图 1-4 立式数控钻床

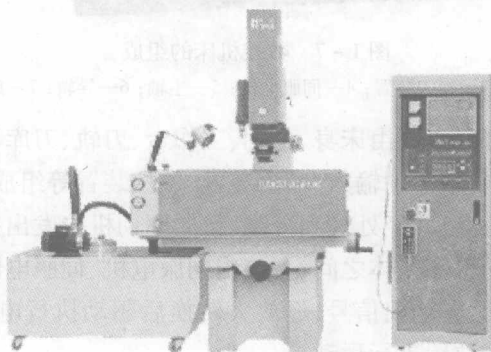


图 1-5 数控电火花成形机床

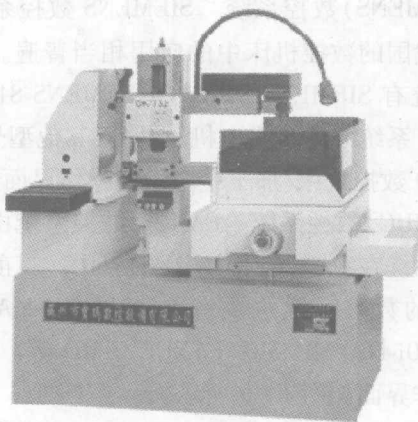


图 1-6 数控线切割机床

2. 加工中心的组成

加工中心由机床主体、数控系统、伺服系统三大部分构成。其具体结构以图 1-7 为例来加以说明。

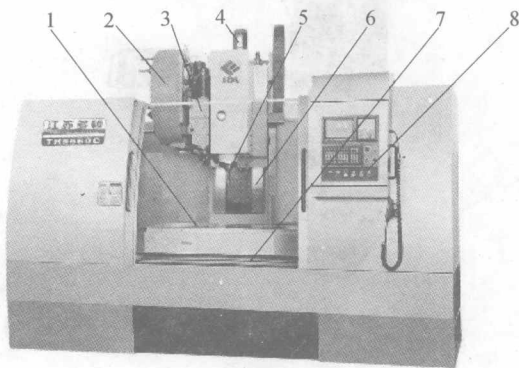


图 1-7 数控机床的组成

1—工作台；2—刀库；3—换刀装置；4—伺服电机；5—主轴；6—导轨；7—床身；8—数控系统。

加工中心本体部分主要由床身、主轴、工作台、刀轨、刀库、换刀装置、冷却装置等组成；数控系统由程序的输入/输出装置、数控装置等组成，其作用是接收加工程序等各种外来信息，并经处理和分配后，向驱动机构发出执行的命令。伺服系统位于数控装置与机床主体之间，主要由伺服电机、伺服电路等装置组成。它的作用是：根据数控装置输出信号，经放大转换后驱动执行电机，带动机床运动部件按约定的速度和位置进行运动。

3. 数控铣床/加工中心的数控系统介绍

(1) 西门子(SIEMENS)数控系统 SIEMENS 数控系统由德国西门子公司开发研制，该系统在我国数控机床中的应用相当普遍。目前，在我国市场上，常用的 SIEMENS 系统有 SIEMENS 840D/C、SIEMENS 810T/M、802D/C/S 等型号。以上型号除 802S 系统采用步进电机驱动外，其他型号系统则采用伺服电机驱动。SIEMENS 802D 数控铣床/加工中心系统操作界面如图 1-8 所示。

(2) 法那科(FANUC)数控系统 FANUC 数控系统由日本富士通公司研制开发。当前，该数控系统在我国得到了广泛的应用。目前，在中国市场上，应用于铣床(加工中心)的数控系统主要有 FANUC 21i-MA/MB/MC、FANUC 18i-MA/MB/MC、FANUC 0i-MA/MB/MC、FANUC 0-MD 等。FANUC 0i-MA 数控铣床/加工中心系统操作界面如图 1-9 所示。

(3) 国产系统 自 20 世纪 80 年代初期开始，我国数控系统生产与研制得到了飞速发展，并逐步形成了以航天数控集团、机电集团、华中数控、蓝天数控等

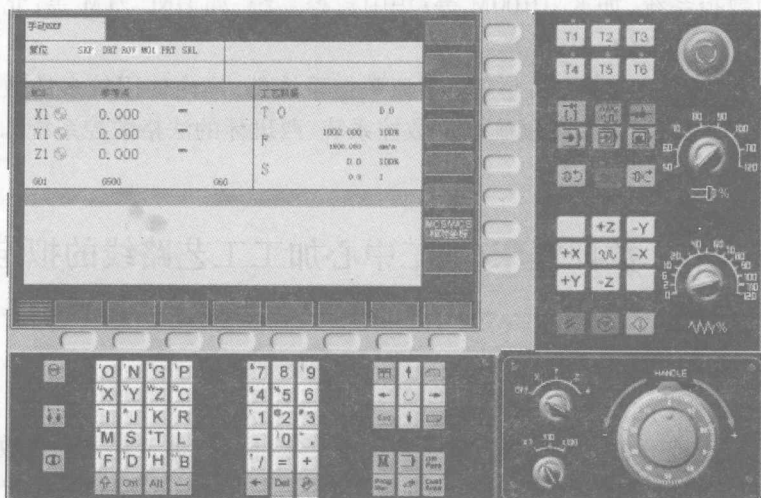


图 1-8 SIEMENS 802D 数控铣床/加工中心系统操作界面

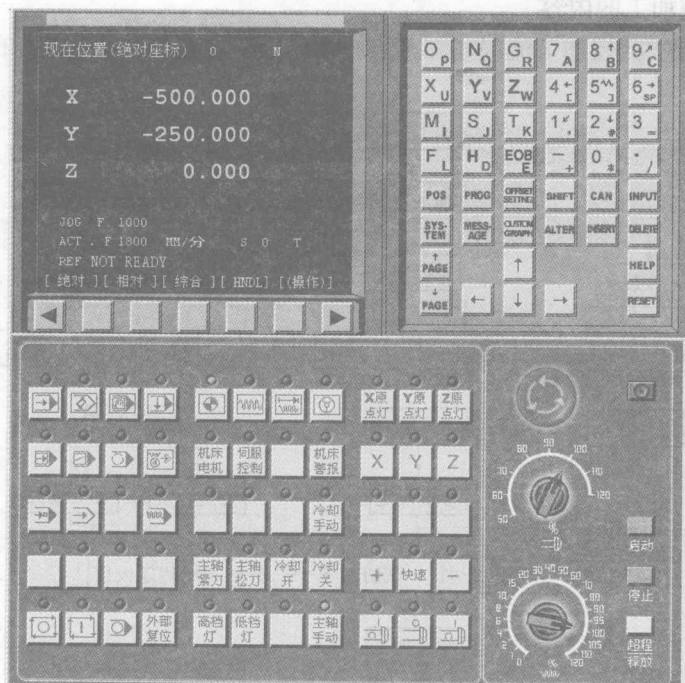


图 1-9 FANUC Oi 数控铣床/加工中心系统操作界面

以生产普及型数控系统为主的国有企业,以及北京一法那科、西门子数控(南京)有限公司等合资企业的基本力量。目前,常用于铣床的国产数控系统有北

京凯恩地数控系统,如 KND100M 等;华中数控系统,如 HNC-21M 等;北京航天数控系统,如 CASNUC 2100 等。

(4) 其他系统 除了以上三类主流数控系统外,国内使用较多的数控系统还有日本三菱数控系统、法国施耐德数控系统、西班牙的法格数控系统和美国的 A-B 数控系统等。

第二节 数控铣床/加工中心加工工艺路线的拟定

一、数控加工

1. 数控加工的定义

数控加工是指在数控机床上进行自动加工零件的一种工艺方法。数控加工的实质是:数控机床按照事先编制好的加工程序并通过数字控制过程自动地对零件进行加工。

2. 数控加工的内容

一般来说,数控加工流程如图 1-10 所示,主要包括以下几方面的内容。

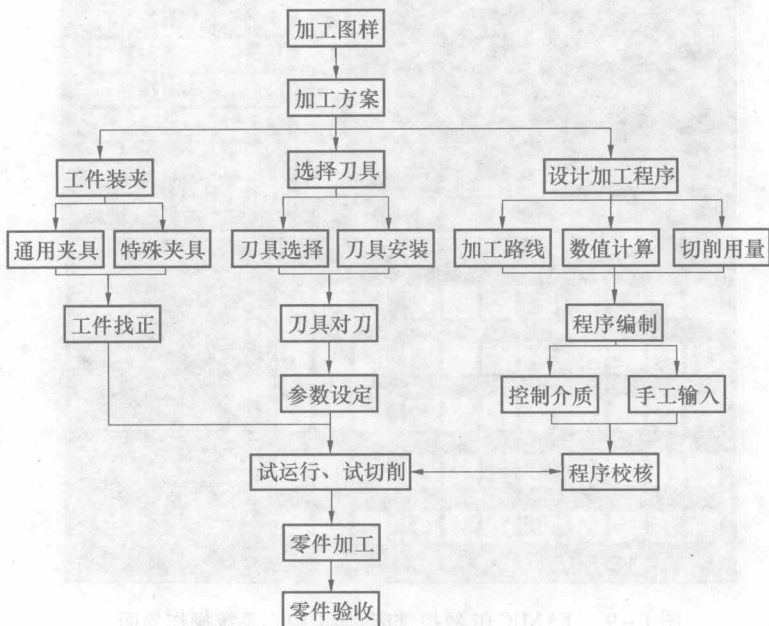


图 1-10 数控加工流程图

(1) 分析图样,确定加工方案 对所要加工的零件进行技术要求分析,选择合适的加工方案,再根据加工方案选择合适的数控加工机床。

(2) 工件的定位与装夹 根据零件的加工要求,选择合理的定位基准,并根据零件批量、精度及加工成本选择合适的夹具,完成工件的装夹与找正。

(3) 刀具的选择与安装 根据零件的加工工艺性与结构工艺性,选择合适的刀具材料与刀具种类,完成刀具的安装与对刀,并将对刀所得参数正确设定在数控系统中。

(4) 编制数控加工程序 根据零件的加工要求,对零件进行编程,并经初步校验后将这些程序通过控制介质或手动方式输入机床数控系统。

(5) 试切削、试运行并校验数控加工程序 对所输入的程序进行试运行,并进行首件的试切削。试切削一方面用来对加工程序进行最后的校验,另一方面用来校验工件的加工精度。

(6) 数控加工 当试切的首件经检验合格并确认加工程序正确无误后,便可进入数控加工阶段。

(7) 工件的验收与质量误差分析 工件入库前,先进行工件的检验,并通过质量分析,找出误差产生的原因,得出纠正误差的方法。

3. 数控铣/加工中心的加工对象

1) 数控铣加工对象

根据数控铣床的特点,适合数控铣削的主要加工对象有以下几类。

(1) 平面类零件 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是平面类零件(图1-11)。这类零件的特点是:各个加工面是平面或可以展开成平面,加工时,一般只需用3坐标数控铣床的两坐标联动(即两轴半坐标联动)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零件(图1-12)。变斜角类零件的变斜角加工面不能展开为平面,但在加工中,加工面与铣刀圆周的瞬时接触为一条线。最好采用4坐标、5坐标数控铣床摆角加工,若没有上述机床,也可采用3坐标数控铣床进行两轴半近似加工。

(3) 曲面类零件 加工面为空间曲面的零件(如模具、叶片、螺旋桨等)称为曲面类零件(图1-13)。曲面类零件不能展开为平面。加工时,铣刀与加工面始终为点接触,一般采用球头刀在3坐标数控铣床上加工。

2) 加工中心加工对象

(1) 既有平面又有孔系的零件 既有平面又有孔系的零件主要是指箱体类零件(图1-14(a))和盘、套类零件(图1-14(b))。加工这类零件时,最好采

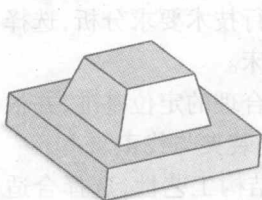


图 1-11 平面类零件

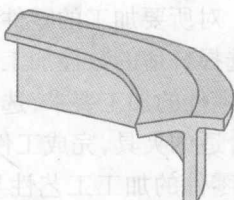


图 1-12 变斜角类零件

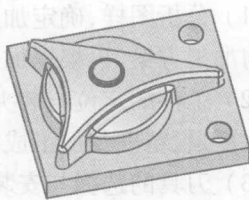
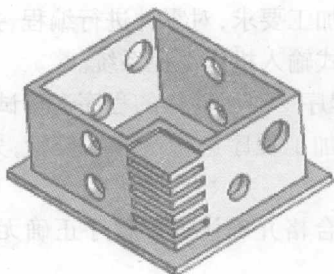
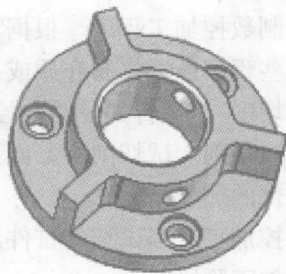


图 1-13 曲面类零件



(a)



(b)

图 1-14 既有平面又有孔系的零件

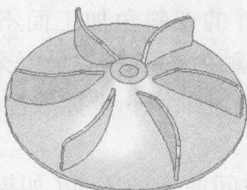
用加工中心在一次安装中完成零件上平面的铣削、孔系的钻削、镗削、铰削、铣削及攻螺纹等多工步加工,以保证该类零件各加工表面间的相互位置精度。

(2) 结构形状复杂、普通机床难加工的零件 结构形状复杂的零件是指其主要表面由复杂曲线、曲面组成的零件。加工这类零件时,通常需采用加工中心进行多坐标轴联动加工。常见的典型零件有凸轮类零件(图 1-15(a))、整体叶轮类零件(图 1-15(b))和模具类零件(图 1-8)。

(3) 外形不规则的异形零件 异形零件是指支架(图 1-16)、拨叉类外形不规则的零件,大多采用点、线、面多工位混合加工。



(a)



(b)

图 1-15 结构形状复杂的零件

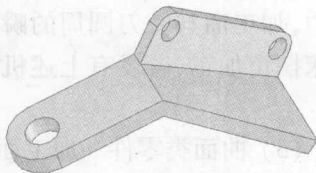


图 1-16 异形零件

(4) 其他类零件 加工中心除常用于加工以上特征的零件外,还较适宜加工周期性投产的零件,加工精度要求较高的中、小批量零件和新产品试制中的零件等。

二、常用数控加工方法的选择

加工方法的选择原则是保证加工表面的加工精度和表面粗糙度要求。由于获得同一级精度及表面粗糙度的加工方法有多种,因而在实际选择时,要结合零件的形状、尺寸、批量、毛坯材料及毛坯热处理等情况合理选用。此外,还应考虑生产率和经济性的要求以及工厂的生产设备等实际情况。常用加工方法的经济加工精度及表面粗糙度可查阅相关工艺手册。

1. 孔加工方法的选择

在加工中心上,常用于加工孔的方法有钻孔、扩孔、铰孔、粗/精镗孔及攻丝等。通常情况下,在加工中心上能较方便地加工出 IT7 级 ~ IT9 级精度的孔,对于这些孔的推荐加工方法如表 1-1 所列。

表 1-1 加工中心上孔的加工方法

孔的精度	有无预孔	孔 尺 寸				
		0 ~	12 ~	20 ~	30 ~	60 ~ 80
IT9 ~ IT11	无	钻—铰	钻—扩		钻—扩—镗(或铰)	
	有	粗扩—精扩或粗镗—精镗(余量少可一次性扩孔或镗孔)				
IT8	无	钻—扩—铰	钻—扩—精镗(或铰)		钻—扩—粗镗—精镗	
	有	粗镗—半精镗—精镗(或精铰)				
IT7	无	钻—粗铰—精铰	钻—扩—粗铰—精铰或钻—扩—粗镗—半精镗—精镗			
	有	粗镗—半精镗—精镗(如仍达不到精度还可进一步采用精细镗)				

关于表 1-1 的说明如下。

(1) 在加工直径小于 30mm 且没有预孔的毛坯孔时,为了保证钻孔加工的定位精度,可选择在钻孔前先将孔口端面铣平或采用打中心孔的加工方法。

(2) 对于表中的扩孔及粗镗加工,也可采用立铣刀铣孔的加工方法来代替。

(3) 在加工螺纹孔时,先加工出螺纹底孔,对于公称直径在 M6 以下的螺纹,通常不在加工中心上加工;对于公称直径在 M6 ~ M20 的螺纹,通常采用攻螺纹的加工方法;而对于公称直径在 M20 以上的螺纹,可采用螺纹铣刀铣削加工。

2. 平面类轮廓加工方法的选择

(1) 平面轮廓加工 平面轮廓由直线和圆弧或各种曲线构成,这些平面和装夹基准底平面平行或垂直,通常在 3 坐标铣床采用如图 1-17 所示的两轴半联动方式进行加工。

所谓两轴半联动是指 X、Y、Z 三轴中任意两轴作联动插补,第三轴作单独周期性进刀的一种联动方式。

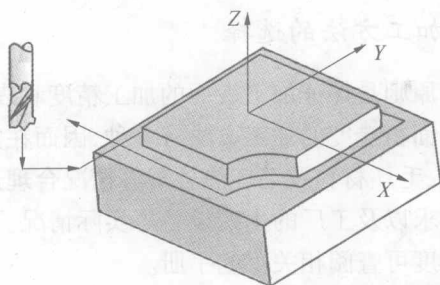


图 1-17 平面轮廓加工

(2) 固定斜角平面加工 固定斜角平面是指与水平面成一固定夹角的斜面。常用的加工方法有如下几种。

- ① 当零件尺寸不大时,可用斜垫铁垫平工件后再进行加工(图 1-18(a))。
- ② 当机床主轴可以摆动时,可将主轴摆成相应的角度(与固定斜角的角度相关)进行加工(图 1-18(b))。
- ③ 当零件批量较大时,可采用专用的角度成形铣刀进行加工(图 1-18(c))。
- ④ 当以上加工方法均不能实现时,可采用 3 坐标加工中心,利用立铣刀、球头铣刀或鼓形铣刀,以直线或圆弧插补形式进行分层铣削加工(图 1-18(d)),并用其他加工方式(如钳加工)清除残留面积。

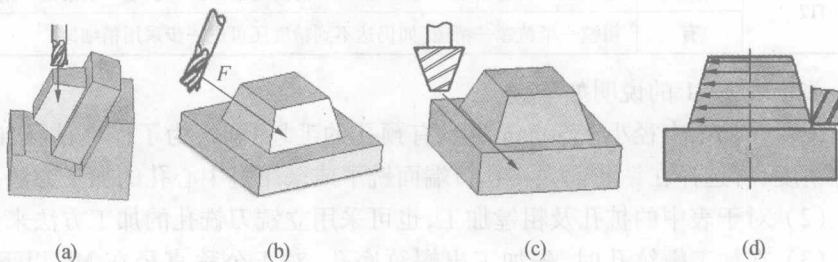


图 1-18 固定斜角平面加工

3. 曲面类轮廓加工方法的选择

(1) 规则公式曲面(如球面、椭球面等)数控铣削加工时,多采用球头铣刀,以“行切法”进行两轴半或三轴联动加工(类似于图 1-18(d))。编程方法选用手工宏程序编程或自动编程。

(2) 不规则曲面数控铣削加工时,通常采用“行切法”或“环切法”等多种切削方法进行三轴(四轴或五轴)联动加工。编程方法宜选用自动编程。