

典型零件数控编程方法解析系列教程



典型零件

数控铣床/加工中心 编程方法解析

王亚辉 任保臣 王全贵 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



典型零件数控编程方法解析系列教程

典型零件数控铣床/加工中心编程方法解析

王亚辉 任保臣 王全贵 编著



机械工业出版社

本书以数控铣床操作工为主要对象,以数控铣床/加工中心的加工工艺、编程为核心内容,从数控铣床/加工中心加工实训的要求出发,注重技能训练,结合典型实例,详细介绍了发那科(FANUC)、西门子(SIEMENS)以及国产华中(HNC—21/22M)系统的编程指令、铣削加工工艺分析等。全书共分7章,内容包括开篇导读、凸模板零件的数控编程、型腔类零件的数控编程、孔系零件的数控编程、曲面类零件的数控编程、加工中心手工编程综合训练和数控铣削自动编程。书中精选了大量的典型零件铣削加工实例和数控加工程序,分门别类,由浅入深,既有利于读者的学习,又方便同仁们工作时参考。

本书可供数控铣床操作工,工科类高等职业学校和大专院校机械类各专业师生选为参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

典型零件数控铣床/加工中心编程方法解析/王亚辉,任保臣,王全贵编著. —北京:机械工业出版社,2011.4

(典型零件数控编程方法解析系列教程)

ISBN 978-7-111-33795-9

I. ①典… II. ①王… ②任… ③王… III. ①数控机床:铣床—程序设计—教材 IV. ①TG547

中国版本图书馆CIP数据核字(2011)第045201号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:周国萍 责任编辑:周国萍 高依楠

版式设计:张世琴 责任校对:刘志文

封面设计:姚毅 责任印制:杨曦

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2011年6月第1版第1次印刷

169mm×239mm·20.75印张·399千字

0001—4000册

标准书号:ISBN 978-7-111-33795-9

定价:39.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

策划编辑:(010)88379733

社服务中心:(010)88361066

网络服务

销售一部:(010)68326294

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649

教材网:<http://www.cmpedu.com>

读者购书热线:(010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

数控加工是机械制造业中的先进制造技术，在企业生产过程中数控机床的使用已经非常广泛。随着国内数控机床用量的剧增，企业急需掌握数控加工技术的中、高级技术人员。目前，中、高级技术人员的短缺已经严重影响了数控设备的使用。本书就是为了满足数控操作人员以及职业技术教育发展的需要而编写的。

本书选用了技术先进、市场份额最大的发那科(FANUC)、西门子(SIEMENS)以及国产华中(HNC—21/22M)系统的数控铣床与加工中心，以典型零件为载体，以项目方式组织内容，系统讲述了各种典型零件的数控铣削编程方法。零件举例从简单到复杂，循序渐进，便于工程技术人员理解掌握。

本书内容基本涵盖了所有类型的数控铣床及加工中心典型零件的编程方法解析。全书共分7章，包括开篇导读、凸模板零件的数控编程、型腔类零件的数控编程、孔系零件的数控编程、曲面类零件的数控编程、加工中心手工编程综合训练和数控铣削自动编程。

本书主要是为数控铣床操作工编写的参考资料，也可作为工科类高等职业学校和大专院校机械类各专业数控铣削加工课程的试用教材，同时也可作为夜大、函授大学、职工大学相应专业的教材。

本书由华北水利水电学院王亚辉、濮阳职业技术学院和濮阳市技工学校任保臣、王全贵编写。全书由王亚辉负责统稿和修改。

由于数控技术发展迅速，作者水平和经验有限，时间仓促，书中难免有疏漏和欠妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目 录

前言

第1章 开篇导读.....1

1.1 数控铣床和加工中心.....1

1.1.1 数控铣床的分类及 加工对象.....1

1.1.2 加工中心的分类及 加工对象.....6

1.1.3 数控铣床及加工 中心的结构及各部分作用.....11

1.1.4 加工中心的加工和 编程特点.....16

1.2 数控编程基础.....17

1.2.1 数控铣削加工坐标 系的建立.....17

1.2.2 数控铣削编程基本知识.....21

第2章 凸模板零件的数控编程.....27

2.1 凸模板零件的编程样件一.....27

2.1.1 零件导入.....27

2.1.2 相关知识.....28

2.1.3 零件编程.....60

2.1.4 拓展知识.....64

2.2 凸模板零件的编程样件二.....74

2.2.1 零件导入.....74

2.2.2 零件编程.....75

第3章 型腔类零件的数控编程.....81

3.1 型腔类零件编程样件一.....81

3.1.1 零件导入.....81

3.1.2 相关知识.....81

3.1.3 零件编程.....100

3.1.4 拓展知识.....108

3.2 型腔类零件的

编程样件二.....113

3.2.1 零件导入.....113

3.2.2 零件编程.....114

第4章 孔系零件的数控编程.....120

4.1 调整板零件的数控编程.....120

4.1.1 零件导入.....120

4.1.2 相关知识.....121

4.1.3 零件编程.....144

4.1.4 拓展知识.....149

4.2 支撑座零件的数控编程.....167

4.2.1 零件导入.....167

4.2.2 零件编程.....168

第5章 曲面类零件的数控编程.....176

5.1 曲面（凹）类零件

编程样件一.....176

5.1.1 零件导入.....176

5.1.2 相关知识.....177

5.1.3 零件编程.....182

5.1.4 拓展知识.....188

5.2 曲面（凸）类零件

编程样件二.....195

5.2.1 零件导入.....195

5.2.2 零件编程.....196

第6章 加工中心手工编程

综合训练.....204

6.1 加工中心手工编程

综合训练样件一.....204

6.1.1 零件导入.....204

6.1.2 相关知识.....205

6.1.3 零件编程	210	综合训练样件六	249
6.2 加工中心手工编程		6.6.1 零件导入	249
综合训练样件二	218	6.6.2 零件编程	250
6.2.1 零件导入	218	第7章 数控铣削自动编程	261
6.2.2 零件编程	219	7.1 连杆锻模数控铣削	
6.3 加工中心手工编程		自动编程	261
综合训练样件三	228	7.1.1 零件导入	261
6.3.1 零件导入	228	7.1.2 相关知识	262
6.3.2 零件编程	229	7.1.3 连杆锻模型腔自动编程	300
6.4 加工中心手工编程		7.1.4 拓展知识	311
综合训练样件四	232	7.2 可乐瓶底凹模的	
6.4.1 零件导入	232	数控自动编程	314
6.4.2 零件编程	234	7.2.1 零件导入	314
6.5 加工中心手工编程		7.2.2 可乐瓶底凹模型	
综合训练样件五	242	腔的造型	315
6.5.1 零件导入	242	7.2.3 可乐瓶底型腔的	
6.5.2 零件编程	243	数控加工自动编程	316
6.6 加工中心手工编程		参考文献	323

第1章 开篇导读

学习要点:

本章主要介绍了数控铣床和加工中心，以及数控编程基础。其中包括数控铣床和加工中心的分类及加工对象、数控铣床和加工中心的结构及各部分作用、加工中心的加工和编程特点、数控铣削加工坐标系的建立、数控铣削编程基本知识等内容。要求能够掌握数控铣床和加工中心的加工对象，熟练掌握数控铣削加工坐标系的建立，熟练掌握数控铣削编程基本知识。

1.1 数控铣床和加工中心

通常数控铣床和加工中心（Machine Center, MC）在结构、工艺和编程等方面有许多相似之处。全功能型数控铣床与加工中心相比，区别主要在于数控铣床没有自动刀具交换装置（Automatic Tools Changer, ATC）及刀具库，只能采用手动方式换刀，而加工中心因具备自动刀具交换装置（ATC）及刀具库，故可将使用的刀具预先安排存放在刀具库内，需要时再通过换刀指令，由 ATC 自动换刀。数控铣床和加工中心都能进行铣削、钻削、镗削以及攻螺纹等加工。数控铣削是机械加工中常用的数控加工方法，数控铣床和加工中心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 2~5 坐标轴联动的各种平面轮廓和立体轮廓。特别是加工中心，除具有一般数控铣床的工艺特点外，由于工序的集中和自动换刀，减少了工件的装夹、测量和机床调整等时间，使机床的切削时间达到机床开动时间的 80% 左右（普通机床仅为 15%~20%）；同时也减少了工序之间的工件周转、搬运和存放时间，缩短了生产周期，经济效益明显。

由于数控铣床和加工中心既有区别又有密切的联系，因此对二者的分类及加工对象予以分别介绍。就一般的指令和功能而言，二者是相同的。

1.1.1 数控铣床的分类及加工对象

1. 数控铣床的分类

数控铣床是主要采用铣削方式加工工件的数控机床。其加工功能很强，能完成各种平面、沟槽、螺旋槽、成形表面、平面曲线、空间曲线等复杂型面的加工。配上相应的刀具后，数控铣床还可以用来对零件进行钻、扩、铰、镗孔和镗孔加工

及攻螺纹等。通常数控铣床按机床主轴的布置形式及机床的布局特点进行分类。

(1) 立式数控铣床 立式数控铣床的主轴轴线垂直于机床加工工作台平面，即垂直于水平面，如图 1-1a 所示。它是数控铣床数量最多的一种，应用范围也最为广泛。主要用于加工机械零件类的平面、内外轮廓、孔、螺纹和各类模具，如电视机前盖、洗衣机面板等塑料注射模具成型零件、摩托车气缸等压铸模具及连杆等锻压模具。

立式数控铣床可分为 2.5 轴数控立铣、3 轴数控立铣、4 轴数控立铣和 5 轴数控立铣。3 轴数控立铣可进行 3 坐标轴 (X , Y , Z) 联动加工，立式数控铣床中以 3 坐标轴联动居多。所谓 4 轴数控立铣和 5 轴数控立铣，是指机床除了三个坐标轴可以联动加工之外，机床主轴还可以绕三个坐标轴中的一个或两个轴作摆角运动。一般来说，机床控制的坐标轴越多，尤其是要求联动的坐标轴越多，机床的功能就越齐全，机床的加工范围和加工对象也就越广。但是，与之对应的，机床结构和数控系统也更加复杂，编程难度更大，设备更加昂贵。

(2) 卧式数控铣床 卧式数控铣床主轴轴线与机床加工工作台平面平行，即平行于水平面，如图 1-1b 所示。主要用于加工零件侧面的轮廓，如箱体类零件加工；在模具制造中常用于具有深型腔的模具零件铣削，如洗衣机桶体模具的型腔及冰箱内胆的模具型腔等。为了扩充其功能和扩大加工范围，卧式数控铣床通常采用增加数控转盘或万能数控转盘等方式实现第 4 坐标轴、第 5 坐标轴的加工。这样不仅可以加工出工件侧面上的连续回转轮廓，而且可以在一次装夹中，通过转盘改变工位实现“四面加工”。

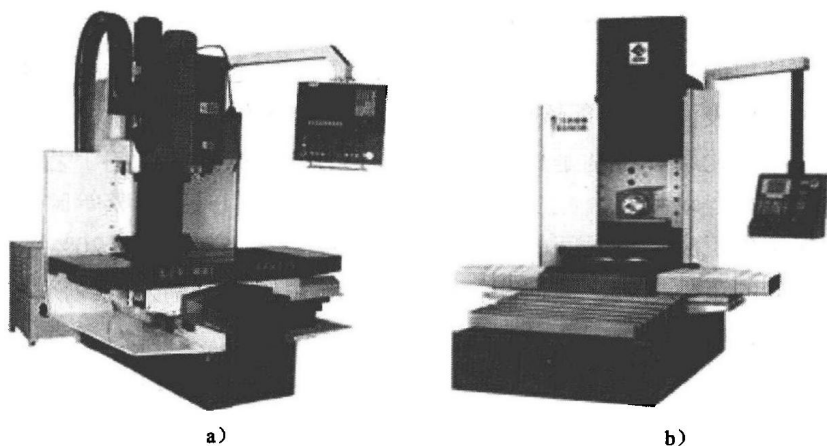


图 1-1 数控铣床主轴布局形式简图

a) 立式数控铣床 b) 卧式数控铣床

卧式数控铣床最大的优势在于排屑方便。对于模架等零件或在一次安装中需要改变工位的工件来说，选择带数控转盘的卧式数控铣床进行加工将非常方便。

(3) 立卧两用数控铣床 立卧两用数控铣床是指一台机床上有立式和卧式两个主轴，通过主轴方向的变换，在一台机床上既可以进行卧式加工，又可以进行立式加工，从而具备立式和卧式两类机床的功能。这类铣床对加工对象的适应性更强，应用范围更广，其性能价格比很高，能获得较好的经济效益。

有些立卧两用数控铣床采用主轴头可任意方向转换的万能数控主轴头，可以加工出与水平面呈不同角度的工件表面。此外，还可在其工作台上增设数控转盘，实现对零件的“五面体加工”。当然，配有 ATC、APC 的五面体加工中心功能更强，应用范围更广。立卧两用数控铣床主要用于箱体类零件以及各类模具的加工。图 1-2 所示为具有立式和卧式两个主轴的立卧两用数控铣床。

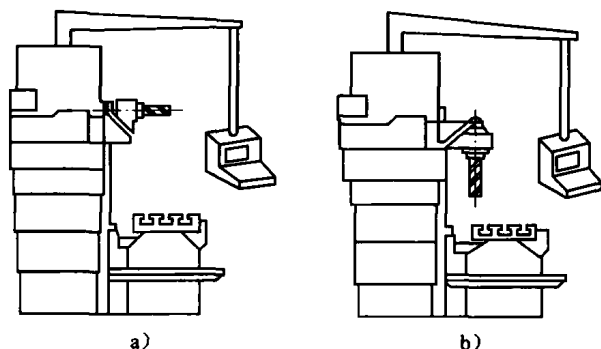


图 1-2 立卧两用数控铣床

a) 卧式加工状态 b) 立式加工状态

(4) 龙门数控铣床（龙门数控镗铣床） 对于大尺寸的数控铣床，一般采用对称的双立柱结构，保证机床的整体刚性和强度，即龙门数控铣床。龙门数控铣床主轴固定于龙门架上，主要用于大型机械零件及大型模具的各种平面、曲面和孔的加工。在配置直角铣头的情况下，可以在工件一次装夹中分别对 5 个面进行加工。对单件、小批量生产的复杂、大型零件和框架结构零件，能自动、高效、高精度地完成上述各种加工。图 1-3 所示为龙门数控镗铣床的典型结构及铣头附件。龙门数控铣床有工作台移动和龙门架移动两种形式。

(5) 万能数控铣床 万能数控铣床的主轴可以旋转 90° 或工作台带着工件旋转 90° ，一次装夹后可以完成对工件 5 个表面的加工。

2. 数控铣床的加工对象

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各种复杂曲面轮廓。主要包括平面铣削和轮廓铣削，也可以对零件进行钻、扩、铰、镗、铰加工及螺纹加工等。数控铣床主要用于加工各种材料如钢铁材料、非铁金属及非金属的平面轮廓类零件、空间曲面类零件和变斜角类零件等。

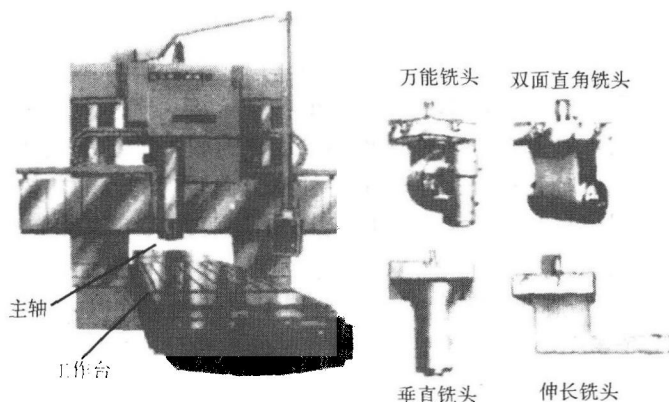


图 1-3 龙门数控镗铣床的典型结构及铣头附件

(1) 平面轮廓类零件 平面轮廓类零件是指零件的各个加工单元面均是平面，或可以展开为平面，如图 1-4 所示。这类零件的数控铣削相对比较简单，一般只用数控铣床的两坐标轴联动就可以加工出来。例如一般的凸轮类零件都属于此类工件。目前数控铣床加工的多数零件属于平面轮廓类零件。

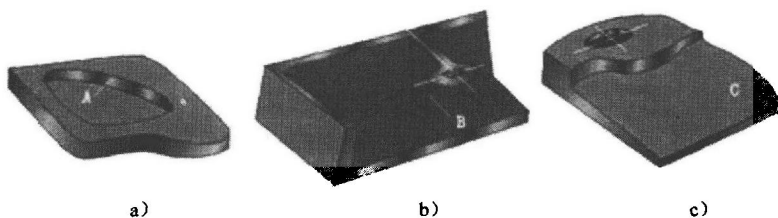


图 1-4 平面轮廓类零件

a) 带平面轮廓的平面零件 b) 带正圆台和斜肋的平面零件 c) 带斜平面的平面零件

(2) 变斜角类零件 变斜角类零件是指加工面与水平面的夹角呈连续变化的零件，其加工面不能展开为平面，例如飞机上的整体梁、框、椽条、肋筋等。图 1-5 所示是飞机上的一种变斜角梁椽条。该零件的上表面在第 2~5 肋的斜角 α 从 $3^{\circ}10'$ 均匀变化为 $2^{\circ}32'$ ，从第 5~9 肋再均匀变化为 $1^{\circ}20'$ ，从第 9~12 肋又均匀变化为 0° 。

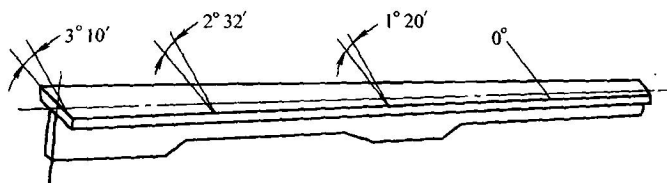


图 1-5 飞机变斜角梁椽条

这类零件的加工，一般采用多轴联动的数控铣床加工，也可以在三轴数控铣床上通过 2.5 轴联动近似加工，但精度稍差。

(3) 空间曲面类零件 加工面为空间曲面的零件称为空间曲面类零件，例如模具、叶片、螺旋桨等。空间曲面类零件不能展开为平面，如图 1-6 所示。加工时，从理论上讲，铣刀与加工面始终为点接触，一般用球头刀在三轴数控铣床上加工。当曲面较复杂、通道较狭窄，会伤及相邻表面和需要刀具摆动时，要采用 4 坐标或 5 坐标数控铣床加工。

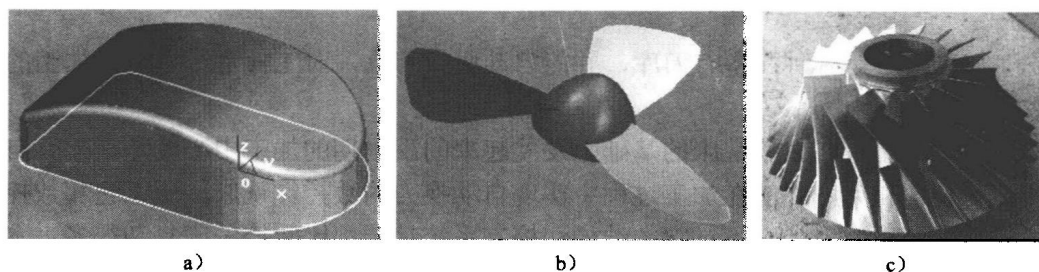


图 1-6 空间曲面类零件

a) 鼠标模型 b) 风扇叶片 c) 叶轮

(4) 箱体类零件 孔及孔系的加工可以在数控铣床上进行，如钻、扩、铰和镗等加工。由于加工多采用定尺寸刀具，需要频繁换刀。当加工孔的数量较多时，就不如用加工中心加工方便、快捷。孔类零件一般都有多组不同类型的孔，如箱体、泵体类零件，如图 1-7 所示。由于孔的位置精度要求较高，特别适合在数控铣床和加工中心上加工。通过特定的孔加工功能指令进行一系列孔的加工，如钻孔、扩孔、铰孔、镗孔、攻螺纹孔等。

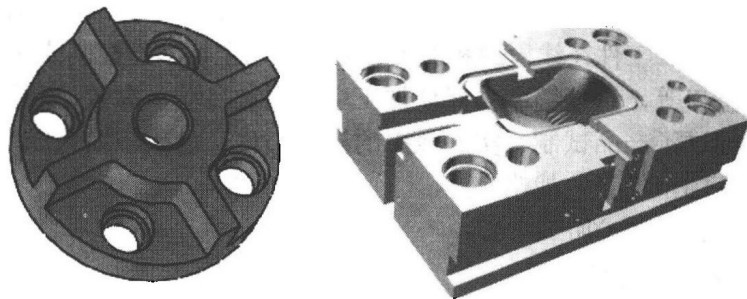


图 1-7 孔类零件

箱体类零件一般是指具有一个以上孔系，内部有不定型腔或空腔，在长、宽、高方向有一定比例的零件。

箱体类零件一般都需要进行多工位孔系、轮廓及平面加工，公差要求较高，特别是几何公差要求较为严格，通常要经过铣、钻、扩、镗、铰、镗、攻螺纹等

加工工序，需要刀具较多，在普通机床上加工难度大，工装套数多，费用高，加工周期长，需多次装夹、找正，手工测量次数多，加工时必须频繁地更换刀具，工艺难以制订，更重要的是精度难以保证。这类零件在数控铣床尤其是加工中心上加工，一次装夹可完成普通机床 60%~95%的工序内容，零件各项精度一致性好，质量稳定，同时节省费用，缩短生产周期。

(5) 螺纹 内、外螺纹，圆柱螺纹，圆锥螺纹等都可以在数控铣床上加工。

1.1.2 加工中心的分类及加工对象

加工中心是一种配备有刀库，并能自动更换刀具，对工件进行多工序加工的数控机床。

加工中心是在数控铣床的基础上发展起来的。早期的加工中心就是指配有自动换刀装置和刀库并能在加工过程中实现自动换刀的数控镗铣床。所以它和数控铣床有很多相似之处，不过它的结构和控制系统功能都比数控铣床复杂得多。本书所涉及的加工中心是指镗铣类加工中心，它把铣削、镗削、钻削、攻螺纹和切削螺纹等功能集中在一台设备上，使其具有多种工艺手段，又由于工件经一次装夹后，能对两个以上的表面自动完成加工，并且有多种换刀或选刀功能及自动工作台交换装置（APC），从而使生产效率和自动化程度大大提高。加工中心为了加工出零件所需形状至少要有三个坐标轴运动，即由三个直线运动坐标轴 X 、 Y 、 Z 和三个转动坐标轴 A 、 B 、 C 适当组合而成，多者能达到十几个运动坐标轴。其控制功能应最少 2.5 轴联动，多的可实现 5 轴、6 轴联动，现在又出现了并联数控机床，从而保证刀具按复杂的轨迹运动。加工中心应具有各种辅助功能，如各种加工固定循环、刀具半径自动补偿、刀具长度自动补偿、刀具破损报警、刀具寿命管理、过载自动保护、丝杠螺距误差补偿、丝杠间隙补偿、故障自动诊断、工件与加工过程显示、工件在线检测和加工自动补偿乃至切削力控制或切削功率控制、提供 DNC 接口等，这些辅助功能使加工中心更加自动、高效、高精度。同样，生产的柔性促进了产品试制、实验效率的提高，使产品改型换代成为易事，从而适应灵活多变的市场竞争战略。

图 1-8 为三轴立式加工中心。

1. 加工中心的特点

加工中心作为一种高效多功能机床，在现代化生产中扮演着重要角色，它的制造工艺与传统工艺及普通数控加工与普通机床加工有很大不同。加工中心自动化程度的不断提高和工具系统的发展使其工艺范围不断扩展。现代加工中心更大程度地使工件一次装夹后实现多表面、多特征、多工位的连续、高效、高精度加工，即工序集中。但加工中心只有在合适的条件下才能发挥出最佳效益。

加工中心相对于数控铣床有如下特点：



图 1-8 三轴立式加工中心

(1) 具有自动换刀装置 能自动更换刀具，在一次装夹中完成铣、钻、扩、铰、镗、攻螺纹等加工，工序高度集中。

(2) 带有自动摆角的主轴 工件在一次装夹后，自动完成多个平面和多个角度位置的加工，避免了重复装夹带来的定位误差，实现高精度定位和加工。

(3) 许多加工中心带有自动交换工作台 一个工件在加工的同时，另一个工作台可以实现工件的装夹，从而大大缩短辅助时间，提高加工效率。

2. 加工中心的加工对象

加工中心的加工工艺有着许多普通机床无法比拟的优点，但加工中心的价格较高，一次性投入较大，零件的附加成本就随之升高。所以，要从零件的形状、精度要求、周期性等方面综合考虑，从而决定是否适合用加工中心加工。一般来说，加工中心适合加工精密、复杂零件加工，周期性重复投产零件加工，多工位、多工序集中的零件加工，具有适当批量的零件加工等。

(1) 周期性重复投产的零件 有些产品的市场需求具有周期性和季节性，如果采用专门生产线则得不偿失，用普通设备加工效率又太低，质量不稳定，数量也难以保证，以上两种方式必然会被市场淘汰。而采用加工中心首件（批）试切完后，程序和相关生产信息可保留下来，下次产品再生产时，只要很少的准备时间就可开始生产。进一步说，加工中心工时包括准备工时和加工工时，加工中心把很长的单件准备工时平均分配到每一个零件上，使每次生产的平均实际工时减少，生产周期大大缩短。

(2) 高效、高精度工件 有些零件需求甚少，但属关键部件，要求精度高且工期短，用传统工艺需用多台机床协调工作，周期长、效率低，在长工序流程中，受人为影响容易出废品，从而造成重大经济损失；而采用加工中心加工，生产完

全由程序自动控制，避免了长工艺流程，减少了硬件投资及人为干扰，具有生产效益高及质量稳定的特点。

(3) 既需要加工平面又需要加工孔系的零件 既需要加工平面又需要加工孔系的零件是加工中心的首选加工对象。利用加工中心的自动换刀功能，使这类零件在一次装夹后就能完成平面的铣削和孔系的加工。节约了装夹和换刀的时间，零件的生产效率和加工精度都得以提高。这类零件常见的有箱体类零件和盘、套、板类零件，如图 1-9 所示。

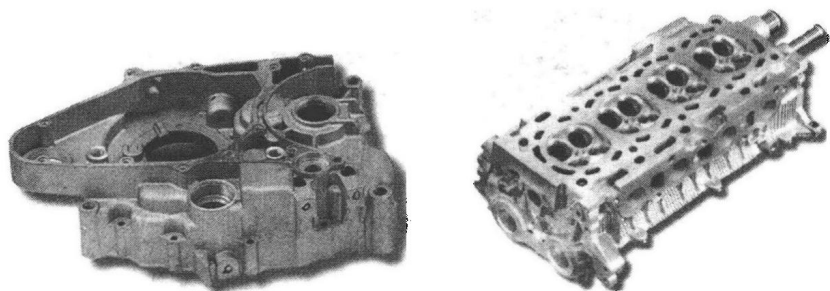


图 1-9 箱体类零件

(4) 要求多工位加工的零件 这类零件一般外形不规则，且大多要点、线、面多工位混合加工。若采用普通机床，只能分成好几个工序加工，工装较多，时间较长。利用加工中心擅长多工位点、线、面混合加工的特点，可用较短的时间完成大部分甚至全部工序。

(5) 结构形状复杂的零件 结构形状复杂的零件其加工面是由复杂曲线、曲面组成的，通常需要多坐标轴联动加工。4 轴联动、5 轴联动加工中心的应用以及 CAD/CAM 技术的成熟、发展使加工零件的复杂程度大幅提高。DNC 的使用使同一程序的加工内容足以满足各种加工需要，使复杂零件的自动加工成为易事。加工中心加工的结构复杂零件如图 1-10 所示。

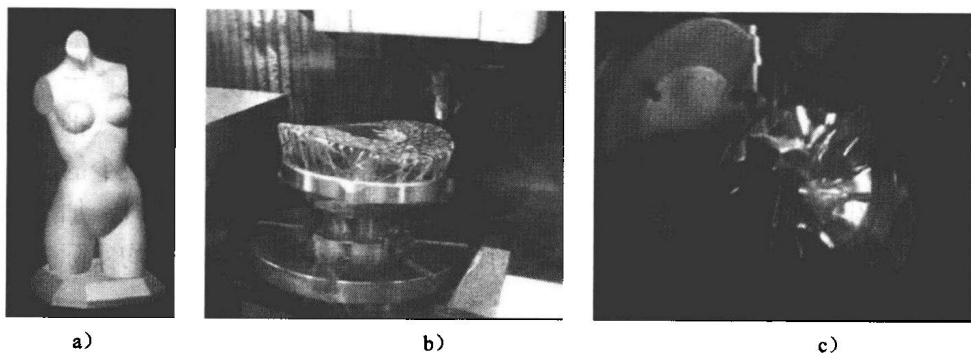


图 1-10 结构复杂零件

a) 断臂维纳斯模型加工 b) 鸟巢加工 c) 叶轮加工

(6) 具有合适批量的工件 加工中心生产的柔性不仅体现在对特殊要求的快速反应上,而且可以快速实现批量生产,拥有并提高市场竞争能力。加工中心适合于中小批量生产,特别是小批量生产,在应用加工中心时,尽量使批量大于经济批量,以达到良好的经济效益。随着加工中心及辅具的不断发展,经济批量越来越小,一些复杂零件 5~10 件就可生产,甚至单件生产时也可考虑用加工中心。

(7) 需要频繁改型的零件 此类零件通常是新产品试制中的零件,需要反复试验和改进。使用加工中心加工时,只需要修改相应的程序及适当调整一些参数,就可以加工出不同的零件形状,缩短试制周期,节省试制经费。

3. 加工中心工序集中带来的问题

加工中心的工序集中加工方式固然有其独特的优点,但也带来一些问题,如:

- 1) 粗加工后直接进入精加工阶段,工件的温升来不及回复,冷却后尺寸变动。
- 2) 工件由毛坯直接加工为成品,一次装夹中金属切除量大、几何形状变化大,没有释放应力的过程,加工完了一段时间后内应力释放,使工件变形。
- 3) 切削不断屑,切屑的堆积、缠绕等会影响加工的顺利进行及零件表面质量,甚至使刀具损坏、工件报废。

4) 装夹零件的夹具必须满足既能克服粗加工大的切削力又能在精加工中准确定位的要求,而且零件夹紧变形要小。

5) 由于 ATC 的应用,使工件尺寸、大小、高度都受到一定的限制,钻孔深度、刀具长度、刀具直径、质量等也要予以考虑。

4. 加工中心的分类

加工中心的分类方法很多,按主轴在加工时的空间位置分为立式加工中心、卧式加工中心、龙门式加工中心和万能加工中心等。

(1) 立式加工中心 立式加工中心的主轴处于垂直位置,如图 1-11 所示。立式加工中心能完成铣削、镗削、钻削、攻螺纹、切削螺纹等工序,立式加工中心装夹工件方便,便于操作,易于观察加工情况,调试程序容易,应用广泛。但受立柱高度及换刀装置 ATC 的限制,不能加工太高的零件,也不适于加工箱体;在加工型腔或下凹的型面时切屑不易排除,严重时损坏刀具,破坏已加工表面,影响加工的顺利进行;立式加工中心的结构简单,占地面积小,价格相对较低。故适宜加工高度方向尺寸相对较小的盘套板类零件,如箱盖、端盖和平面凸轮等。

(2) 卧式加工中心 卧式加工中心的主轴处于水平位置,通常都带有自动分度的回转工作台,一般具有 3~5 个运动坐标轴,在一次装夹后,可以完成除安装面和顶面以外的其余四个表面的加工,如图 1-12 所示。与立式加工中心相比,卧式加工中心的结构复杂,占地面积大,有能精确分度的数控回转工作台,可实现对零件的一次装夹,多工位加工,适合于加工箱体类零件及小型模具型腔。特别是对箱体类零件上的一些孔和型腔有位置公差要求,以及孔和型腔与基准面(底

面)有严格尺寸精度要求的零件加工,如箱体、泵体、阀体和壳体等。但调试程序及试切时不宜观察,生产时不宜监视,装夹不便,测量不便,加工深孔时切削液不易到位(若没有用内冷却钻孔装置的话)。由于许多不便,使卧式加工中心准备时间比立式更长,但加工件数越多,其多工位加工、主轴转速高、机床精度高的优势就表现得越明显,所以卧式加工中心适合于批量加工。同样规格(指工作台宽度)的情况下,一般卧式加工中心的价格要比立式加工中心贵 50%~100%。因此,从经济性角度考虑,完成同样工艺内容,宜选用立式加工中心,但卧式加工中心的工艺范围较宽。

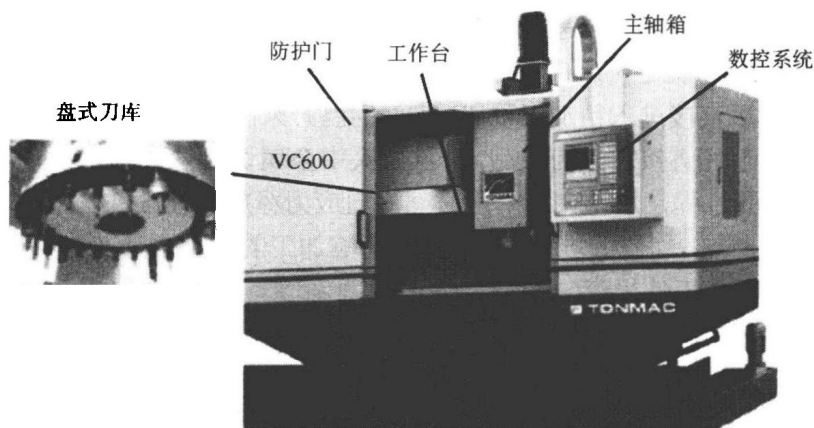


图 1-11 立式加工中心

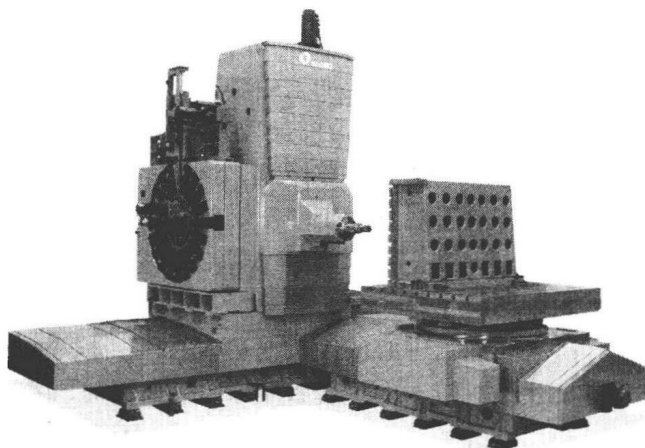


图 1-12 卧式加工中心

(3) 龙门加工中心 龙门加工中心的形状与龙门数控铣床相似,主轴多为垂直设置,除自动换刀装置外,还带有可更换的主轴头附件,数控装置的功能比较齐全,能够一机多用,适用于大型和形状复杂的零件加工。

(4) 5 轴加工中心 5 轴加工中心也称为万能加工中心，具有立式加工中心和卧式加工中心的功能。用 5 轴加工中心加工，工件一次安装后能完成除安装面以外的其余 5 个面的加工，同时可有效避免刀具干涉，有效地扩大工艺范围。

另外，按运动坐标轴数和同时控制的坐标轴数的不同可以分为 3 轴联动、4 轴 3 联动、4 轴联动、5 轴联动等。同时可控轴数越多，加工中心的加工和适用能力越强。一般的加工中心为 3 轴联动，3 轴联动以上的为高档加工中心。

按工作台数量和功能分类，加工中心可分为单工作台加工中心、双工作台加工中心和多工作台加工中心。这里不做详细说明。

1.1.3 数控铣床及加工中心的结构及各部分作用

1. 数控铣床及加工中心的工作过程

数控铣床及加工中心的工作过程如图 1-13 所示。

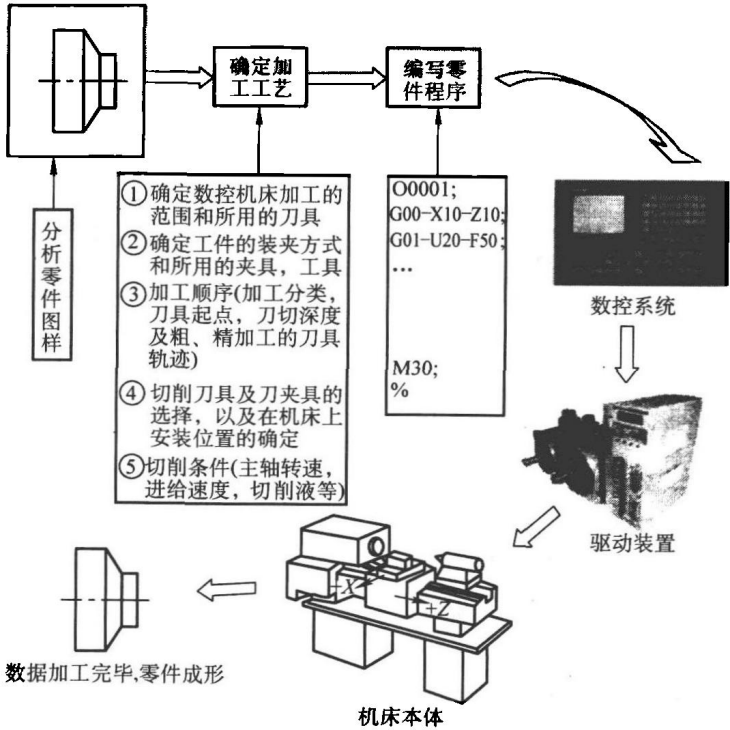


图 1-13 数控铣床的工作过程

(1) 零件工艺分析 根据零件加工图样进行工艺分析，确定加工方案、工艺参数和位移数据。

(2) 编写零件的加工程序 用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单，或用自动编程软件进行 CAD/CAM 工作，直接生成零件的加工程序文件。