

高长银 赵汶 编著

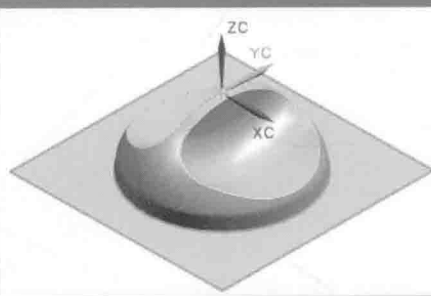
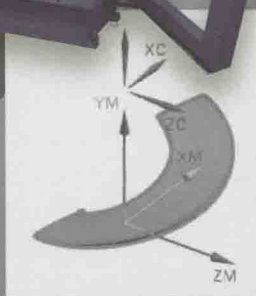
UG NX 8.0

数控多轴加工

实/例/精/粹



- 先精练地介绍了数控多轴机床结构与加工特点
- 加工工艺与基本操作
- UG四轴加工和五轴加工技术
- 引导读者登堂入室
- 从技术的层面，按照由浅入深的方式
- 讲解了2个四轴加工与4个五轴加工实例



 化学工业出版社



高长银 赵汶 编著

UG NX 8.0

数控多轴加工

实/例/精/粹



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

UG NX 8.0 数控多轴加工实例精粹 / 高长银, 赵汶编著.
北京: 化学工业出版社, 2013.1
ISBN 978-7-122-15609-9

I. ①U… II. ①高… ②赵 III. ①数控机床-加工-
计算机辅助设计-应用软件 IV. ①TG659-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 244194 号

责任编辑: 王 焯
责任校对: 蒋 宇

文字编辑: 陈 喆
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 化学工业出版社印刷厂

787mm×1092mm 1/16 印张 14½ 字数 385 千字 2013 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 58.00 元

版权所有 违者必究

前言

UG NX 软件作为世界上最先进的 CAD/CAM/CAE 集成的大型高端应用软件，现在广泛应用于航空、航天、汽车、造船、通用机械和电子等工业领域。UG NX8 具备强大的数控加工能力，除了提供基本的三轴加工外，还提供了强大的多轴加工技术。但是市面上关于 UG 多轴加工的图书比较少，而实例丰富的书则更少，给广大读者的学习带来了困难。本书就是为了弥补这种不足而编写。

本书通过加工技术和大量实例结合的形式，深入浅出地介绍了 UG NX 8.0 多轴数控加工的流程、方法和技巧。本书共分 10 章，具体内容安排如下：

第 1 章介绍了数控多轴机床结构与加工特点，包括数控四轴联动机床、数控五轴联动机床以及车铣复合机床。读者通过学习，将对数控多轴加工的机床有一定的了解。

第 2 章介绍了数控多轴加工工艺与基本操作，这是比较重要的数控多轴加工专业知识，读者需要认真掌握。

第 3 章介绍了 UG NX 8.0 四轴加工技术，包括可变轴曲面轮廓铣和刀轴控制。

第 4 章介绍了 UG NX 8.0 五轴加工技术。包括用户界面、五轴数控加工的父级组、可变轴曲面轮廓铣的驱动方法、投影矢量和刀轴控制以及顺序铣加工参数设置等。读者通过学习，将对 UG 五轴数控加工的常用操作设置和使用技术有所熟悉。

第 5 章和第 6 章为四轴数控加工实例篇，按照入门到提高的顺序，介绍了回转凸轮和小叶轮的四轴加工操作方法和流程。

第 7 章为五轴数控加工入门实例，通过橄榄球曲面实例，介绍了可变轴曲面轮廓铣和顺序铣等五轴加工方法的操作流程和简单性应用。

第 8 章为五轴数控加工提高实例，通过液化气按钮曲面实例，深入讲解了 UG 可变轴曲面轮廓铣和顺序铣加工技术的实际应用。

第 9 章和第 10 章为五轴数控加工经典实例，通过头盔曲面、螺旋叶片 2 个实例，详细分析了五轴加工方法在具体复杂产品中的应用。读者通过学习，加工技能可以快速提高，实现从入门到精通的技术飞跃。

本书的最大特点是以实际项目为背景，通过常用技术以及典型实例的方式来讲解，专业知识和实际相结合，工程实践性强。书中实例类型丰富、难度由浅入深，讲解直观，图文并茂，大大降低学习难度，缩短学习时间，提高读者学习效率。通过本书，读者可以举一反三，掌握 UG 多轴数控加工的各种编程方法与应用技巧。

书中所有实例的素材文件可在出版社网站 www.cip.com.cn 中“资源下载”区下载，以方便读者使用。

本书适合作为培训教程使用，可作为高等院校、高职高专等工科院校机械类相关专业学生的教材，同时也可作为公司机械工程师的自学参考书。

本书由高长银、赵汶编著。马龙梅、孙红亮、杨学围、邓力、王乐、张秋冬、涂志涛、闫延超、岳战胜、董延、贺红霞、史丽萍、郭小琴、袁丽娟、刘汝芳、夏劲松、刘媛媛、赵普磊、李晓磊、孙红亮等为本书的编写提供了帮助，在此一并表示感谢。

由于时间有限，书中难免会有一些不足之处，欢迎广大读者及业内人士予以批评指正。

编著者

目 录

第 1 章 数控多轴加工机床

1.1 数控多轴加工特点	1
1.2 数控四轴联动机床	2
1.2.1 数控立式四轴联动机床	2
1.2.2 数控卧式四轴联动机床	3
1.3 数控五轴联动机床	4
1.3.1 数控立式五轴联动机床	4
1.3.2 数控卧式五轴联动机床	4
1.4 多轴数控车铣复合机床	5
1.5 本章小结	8

第 2 章 数控多轴加工工艺与基本操作

2.1 数控多轴加工工艺	9
2.1.1 数控多轴加工工件、工艺装备及切削液	9
2.1.2 数控多轴加工刀具	16
2.1.3 数控多轴加工机床的坐标系及设定	23
2.1.4 数控多轴机床加工切削用量	25
2.1.5 数控多轴加工步骤及常用工艺路线	28
2.2 数控多轴机床基本操作	32
2.2.1 数控多轴机床操作面板的组成和基本操作	32
2.2.2 机床的手动操作	38
2.2.3 程序文件的调用与编辑	40
2.2.4 数控多轴机床的对刀	45
2.2.5 机床与刀具参数的设置	46
2.2.6 数控多轴机床的 MDI 操作	49
2.2.7 数控多轴机床自动加工	50
2.3 本章小结	51

第 3 章 UG NX 8.0 四轴加工技术

3.1 UG NX8.0 四轴加工简介	52
3.2 UG NX8.0 四轴加工方法	53
3.2.1 可变轴曲面轮廓铣介绍	53
3.2.2 刀轴控制	54

3.3 本章小结	56
----------	----

第4章 UG NX 8.0 五轴加工技术

4.1 UG NX 8.0 五轴加工简介	57
4.1.1 UG NX8.0 五轴加工功能	57
4.1.2 UG NX8.0 五轴加工的一般流程	58
4.2 UG NX8.0 五轴加工父级组	59
4.2.1 创建程序组	59
4.2.2 创建刀具组	60
4.2.3 创建几何组	62
4.2.4 创建方法组	66
4.3 可变轴曲面轮廓铣	69
4.3.1 驱动方法	69
4.3.2 投影矢量	91
4.3.3 刀轴控制	95
4.4 顺序铣	101
4.4.1 顺序铣介绍	101
4.4.2 “顺序铣”对话框	102
4.4.3 顺序铣操作参数	104
4.5 本章小结	113

第5章 四轴加工提高实例——回转凸轮数控加工

5.1 实例分析	114
5.1.1 实例整体分析	114
5.1.2 实例加工分析	115
5.2 加工流程与每步所用知识点	115
5.3 具体的加工操作过程	117
5.3.1 初始化加工环境	117
5.3.2 创建加工父级组	118
5.3.3 可变轴曲面轮廓铣凹槽精加工	121
5.3.4 可变轴曲面轮廓铣侧面精加工	126
5.3.5 可变轴曲面轮廓铣另侧面精加工	132
5.3.6 刀具路径后处理	134
5.4 实例小结	135

第6章 四轴加工经典实例——小叶轮数控加工

6.1 实例分析	136
6.1.1 实例整体分析	136
6.1.2 实例加工分析	136
6.2 加工流程与每步所用知识点	136
6.3 具体的加工操作过程	138
6.3.1 初始化加工环境	138

6.3.2	创建加工父级组	139
6.3.3	可变轴曲面轮廓铣左侧面精加工	142
6.3.4	可变轴曲面轮廓铣右侧面精加工	147
6.3.5	可变轴曲面轮廓铣顶面精加工	148
6.3.6	旋转阵列工序	151
6.3.7	刀具路径后处理	152
6.4	实例小结	153

第7章 入门实例——橄榄球曲面数控加工

7.1	实例分析	154
7.1.1	实例整体分析	154
7.1.2	实例加工分析	154
7.2	加工流程与每步所用知识点	155
7.3	具体的加工操作过程	157
7.3.1	初始化加工环境	157
7.3.2	创建加工父级组	157
7.3.3	型腔铣粗加工	160
7.3.4	可变轴曲面轮廓铣精加工	164
7.3.5	刀具路径后处理	168
7.4	实例小结	168

第8章 提高实例——液化气按钮数控加工

8.1	实例分析	169
8.1.1	实例整体分析	169
8.1.2	实例加工分析	169
8.2	加工流程与每步所用知识点	170
8.3	具体的加工操作过程	173
8.3.1	初始化加工环境	173
8.3.2	创建加工父级组	173
8.3.3	型腔铣粗加工	176
8.3.4	可变轴曲面轮廓铣精加工	178
8.3.5	清根加工	183
8.3.6	刀具路径后处理	186
8.4	实例小结	186

第9章 经典实例1——头盔曲面数控加工

9.1	实例分析	187
9.1.1	实例整体分析	187
9.1.2	实例加工分析	187
9.2	加工流程与每步所用知识点	188
9.3	具体的加工操作过程	190
9.3.1	初始化加工环境	190

9.3.2	创建加工父级组	190
9.3.3	型腔铣粗加工	193
9.3.4	等高轮廓铣半精加工	196
9.3.5	可变轴曲面轮廓铣精加工	198
9.3.6	刀具路径后处理	202
9.4	实例小结	203

第 10 章 经典实例 2——螺旋叶片数控加工

10.1	实例分析	204
10.1.1	实例整体分析	204
10.1.2	实例加工分析	204
10.1.3	加工流程与每步所用知识点	205
10.2	具体的加工操作过程	207
10.2.1	初始化加工环境	207
10.2.2	创建加工父级组	207
10.2.3	叶片上表面精加工	210
10.2.4	叶片下表面精加工	213
10.2.5	叶片外侧面精加工	218
10.2.6	刀具路径后处理	222
10.3	实例小结	223

参考文献

第1章

数控多轴加工机床

航空航天、发电、船舶等行业产品往往具有复杂的型面，同时有较高的精度要求。加工此类复杂型面零件时，对机械加工设备的要求非常严格。为了满足这些行业的需求，多轴联动数控机床应运而生。本章将首先介绍常用的多轴加工机床。

1.1 数控多轴加工特点

所谓多轴数控机床，是指在一台机床上至少具有第四轴。如四轴数控机床有三个直线坐标轴和一个旋转坐标轴，并且四个坐标轴可以在计算机数控系统的控制下同时协调运动进行加工。五轴数控加工机床具有三个直线坐标轴和两个旋转坐标轴，并且可以同时控制、联动加工。与三轴联动数控机床相比，多轴加工具有如下特点。

① 可以一次装夹完成多面多方位加工，从而提高零件的加工精度和加工效率。当前，为了进一步提高产品性能和质量，现代产品，不仅包括航空、航天产品和运载工具，而且包括精密仪器、仪表、运动器械等产品的零件，都愈来愈多地采用整体材料铣成，而且其上面还有许多各式各样的复杂曲面和斜孔，如果采用三轴加工，必须经过多次定位安装才能完成，而采用五轴数控加工可一次装夹完成大部分工作。

② 由于多轴机床的刀轴可以相对工件状态而改变，刀具或工件的姿态角可以随时调整，故可以加工一般三轴数控机床不能加工或很难在一次装夹中完成加工的连续、平滑的自由曲面，如航空发动机和汽轮机的叶片、螺旋推进器等。

③ 由于刀具或工件的姿态角可调，所以可以避免刀具干涉、欠切和过切现象发生，可以提高空间自由曲面的加工精度、质量和效率。例如三轴加工复杂曲面时，多采用球头铣刀，球头铣刀是以点接触，切削效率低，刀具/工件姿态在加工过程中不能调整，一般很难保证用球头上的最佳切削点（即球头上线速度最高点）进行切削。如果采用五轴机床加工，由于刀具/工件姿态在加工过程中随时调整，可获得更高的切削速度、切削效率和切削质量。

④ 多轴加工机床的应用，可以大大简化刀具形状，从而降低刀具成本，同时还可以改善刀具的长径比，使刀具的刚性、切削速度、进给速度大大提高。

⑤ 在多轴机床上进行加工时，工件夹具较为简单。由于有了坐标转换和倾斜面加工功能，

使得有些复杂型面加工转变为二维平面加工。由于有了刀轴控制功能，斜面上孔加工的编程和操作也变得更加方便。

1.2 数控四轴联动机床

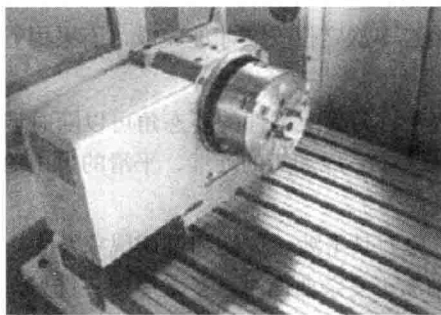
数控四轴联动有三个直线坐标轴和一个旋转轴（ A 轴或者 B 轴），并且四个坐标轴可以在计算机数控（CNC）系统的控制下同时协调运动进行加工。图 1-1 为典型的四轴联动数控机床。



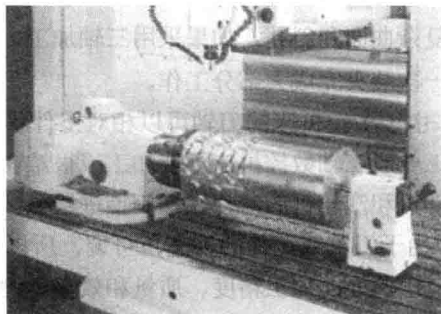
图 1-1 四轴联动数控机床

1.2.1 数控立式四轴联动机床

3+1 形式的四轴联动机床是在三轴立式数控铣床或加工中心上附加具有一个旋转轴的数控转台来实现四轴联动加工，如图 1-2 所示。



(a) 数控转台安装于工作台上



(b) 数控状态装夹工件

图 1-2 数控转台

由于以立式铣床或加工中心作为主要加工形式，所以数控转台只能算是机床的一个附件。这类机床的特点是：

- ① 价格相对便宜。由于数控转台是一个附件，所以用户可以根据需要选配。

② 装夹方式灵活。用户可以根据工件的形状选择不同的附件，既可以选择三爪卡盘装夹，也可以选配四爪卡盘或者花盘装夹。

③ 拆卸方便。用户在利用三轴加工大工件时，可以把数控转台拆卸下来。当需要时可以很方便地把数控转台安装在工作台上进行四轴联动加工。

立式加工中心可以选用沈阳机床厂的 VMC850E 机床。该机床的特点是：结构紧凑，性价比高，如图 1-3 所示。

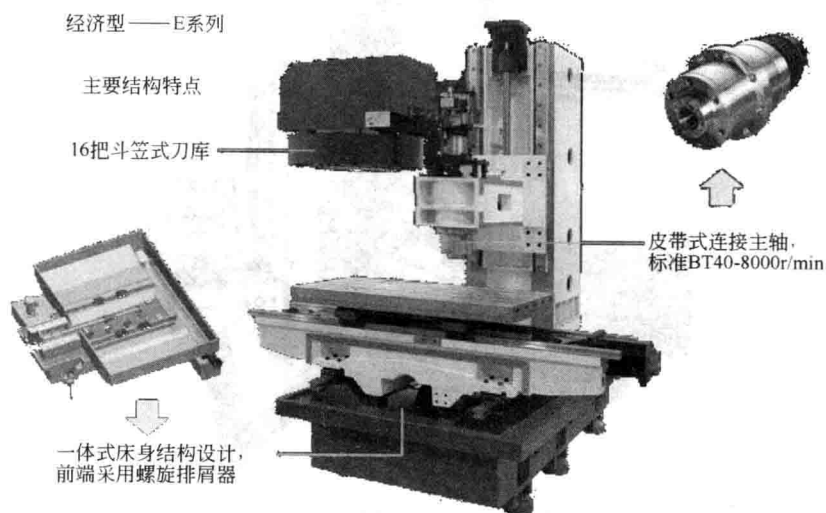


图 1-3 沈阳机床厂的 VMC850E 机床

1.2.2 数控卧式四轴联动机床

如图 1-4 所示为日本三井精机的 HR-3C 卧式加工中心。该机床是高精度加工中心，它采用全闭环控制系统。反馈元件是精密直线光栅尺和圆光栅。主机采用横床身、框架式动立柱布局，分度转台采用高精度多齿盘。数控系统是 FANUC-11M。该机床配有两个可自动交换的工作台，当左工作台上的工件处于加工状态时，操作者可在右工作台上对另一个工件进行准备工作，从而提高加工效率。该机床适合于箱体类零件的加工，例如减速箱、阀体以及需多面加工的零件等。

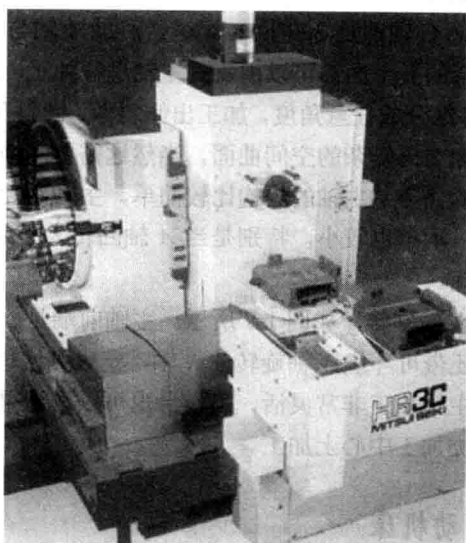


图 1-4 日本三井精机的 HR-3C 卧式加工中心

1.3 数控五轴联动机床

五轴数控加工就是指在一台机床上至少有五个坐标轴（三个直线坐标轴和两个旋转坐标轴），而且可在计算机数控系统控制下同时协调运动进行加工。图 1-5 为典型的五轴联动数控机床。

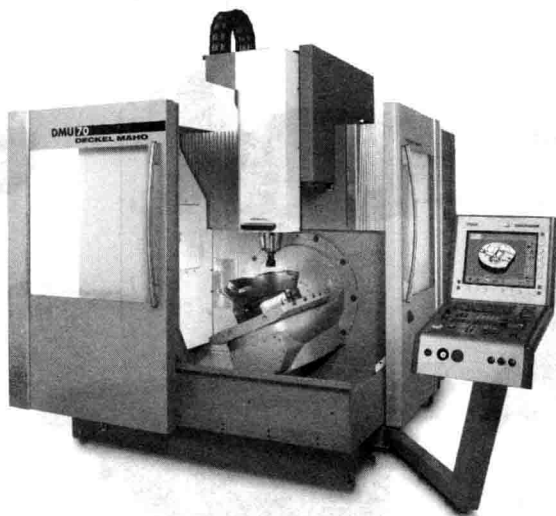


图 1-5 五轴联动数控机床

和三轴联动数控机床相比，五轴联动数控机床多了两个转动轴。但是在结构布置方面，往往不仅是在三轴联动数控机床上添加两个转动轴就可以的。按照主轴的位置关系可分为两大类：立式五轴联动机床和卧式五轴联动机床。

1.3.1 数控立式五轴联动机床

如图 1-6 所示为工作台回转的立式五轴加工中心，设置在床身上的工作台可以环绕 X 轴回转，定义为 A 轴， A 轴一般工作范围 $+30^{\circ}\sim-120^{\circ}$ 。工作台的中间还设有一个回转台，在图示的位置上环绕 Z 轴回转，定义为 C 轴， C 轴都是 360° 回转。这样通过 A 轴与 C 轴的组合，固定在工作台上的工件除了底面之外，其余的五个面都可以由立式主轴进行加工。 A 轴和 C 轴最小分度值一般为 0.001° ，这样又可以把工件细分成任意角度，加工出倾斜面、倾斜孔等。 A 轴和 C 轴如与 X 、 Y 、 Z 三直线轴实现联动，就可加工出复杂的空间曲面，当然这需要高档的数控系统、伺服系统以及软件的支持。这种设置方式的优点是主轴的结构比较简单，主轴刚性非常好，制造成本比较低。但一般工作台不能设计太大，承重也较小，特别是当 A 轴回转大于或等于 90° 时，工件切削时会给工作台带来很大的承载力矩。

另一种是依靠立式主轴头的回转，如图 1-7 所示。主轴前端是一个回转头，能自行环绕 Z 轴 360° ，称为 C 轴，回转头上还带可环绕 X 轴旋转的 A 轴，一般可达 $\pm 90^{\circ}$ 以上，实现上述同样的功能。这种设置方式的优点是主轴加工非常灵活，工作台也可以设计得非常大，客机庞大的机身、巨大的发动机壳都可以在这类加工中心上加工。

1.3.2 数控卧式五轴联动机床

图 1-8 为传统的工作台回转轴式五轴加工中心，设置在床身上的工作台 A 轴一般工作范围

+20°~−100°。工作台的中间也设有一个回转台 *B* 轴，*B* 轴可双向 360° 回转。这种卧式五轴加工中心的联动特性比较好，常用于加工大型叶轮的复杂曲面。回转轴也可配置圆光栅尺反馈，分度精度达到几秒，当然这种回转轴结构比较复杂，价格也昂贵。

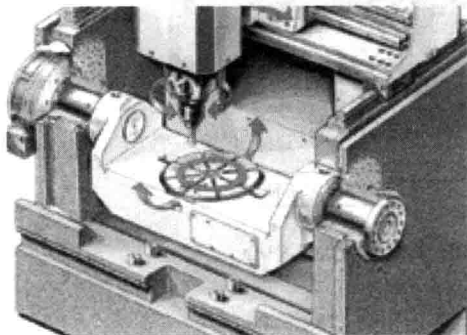


图 1-6 工作台回转的立式五轴加工中心

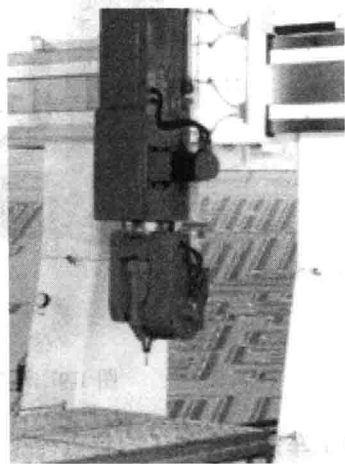


图 1-7 主轴回转的立式五轴加工中心

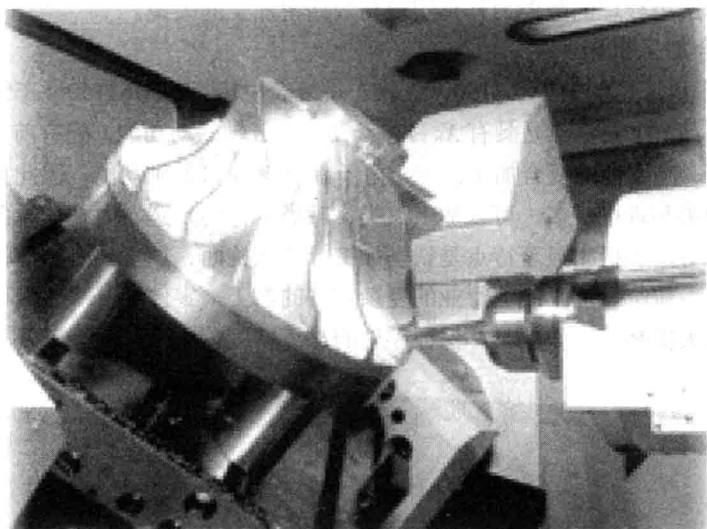


图 1-8 工作台回转的卧式五轴加工中心叶轮

1.4 多轴数控车铣复合机床

复合加工是机械加工领域目前国际上最流行的加工工艺之一，是一种先进制造技术。复合加工就是把几种不同的加工工艺，在一台机床上实现。复合加工中应用最广泛、难度最大的就是车铣复合加工。车铣复合加工中心相当于一台数控车床和一台加工中心的复合。

图 1-9 为车铣复合加工中心。车铣中心的车床主轴和铣削主轴头都采用带编码器、能精确定位和锁紧的电主轴，在车削时车床主轴带动工件旋转，铣削主轴锁紧，作带 *B* 轴的车床刀架使用，

而在铣削时，车床主轴则反过来作 A 轴转盘使用。

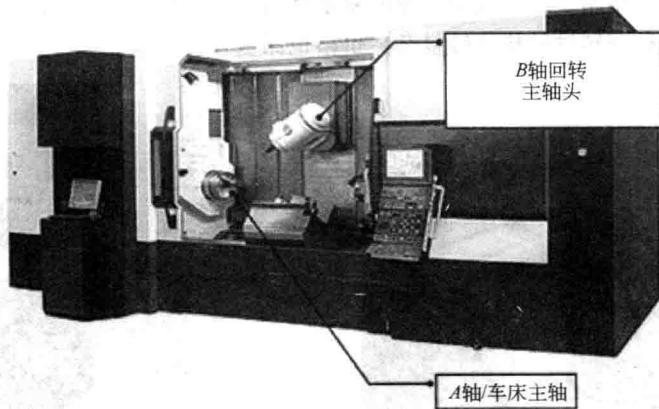


图 1-9 马扎克Integrex-420H 车铣复合加工中心

(1) 车铣复合加工的特点

与常规加工设备不同的是，一台车铣复合加工中心实际上相当于一条生产线，工序集中是复合加工最为鲜明的工艺特点。如何根据零件工艺特性和车铣复合加工的工艺特点制定合理的工艺路线、装卡方法和选用合理的数控刀具是实现高效精密加工的关键。

(2) 车铣复合加工机床

图 1-10 为沈阳机床厂的 HTM63150iy 五轴车铣复合机床。HTM63150iy 车铣中心是一台具有国际先进水平的产品，主要特点是具有 X、Y、Z、B、C 五轴联动功能，配有前后主轴，是一种具有高转速、高精度、高刚性的复合加工机床，由于具有 Y 轴和 B 轴功能，因此机床加工工艺范围广，采用的刀具种类和规格较多，可以加工盘类、轴类零件的外圆、内孔、端面、切槽、螺纹以及锥面、圆弧曲面等，该机床显著特点是铣削加工叶片螺旋面、加工偏心零件、铣削斜面，特别适合于军工、航天、航空等加工制造行业的复杂零件的加工，零件经一次装卡可以加工完成全部或大部分工序，大大提高了工作效率，保证零件的加工精度。

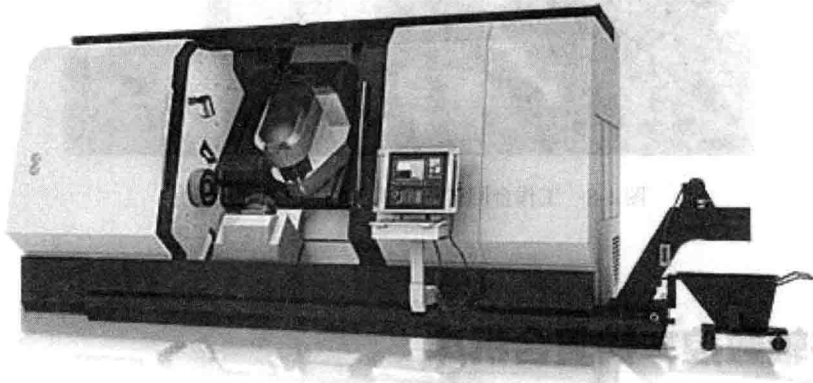


图 1-10 HTM63150iy 五轴车铣复合机床

图 1-11 为德国的 Mill 800 铣车复合加工中心。它是在 Mill800 优异的铣削性能基础上，进一步增加了车削功能，可实现功能强大的铣车复合加工。为了满足不同类型的加工需求，该机床的配置非常丰富，包括：铣头的数控 B 轴摆动功能 ($\pm 100^\circ$)、转速达 5000r/min 的高速车削主轴、

多种长度规格的棒料库及自动送料装置、顶尖和虎钳合二为一的数控尾座、自动下料装置、9000~20000r/min 不同转速的电主轴以及不同容量的刀库系统等。Mill800 不但可以进行复杂的五轴联动铣削加工，也可以进行立式或卧式车削加工，一次上料可以完成六面完全加工。其最大可加工棒料直径达 100mm。

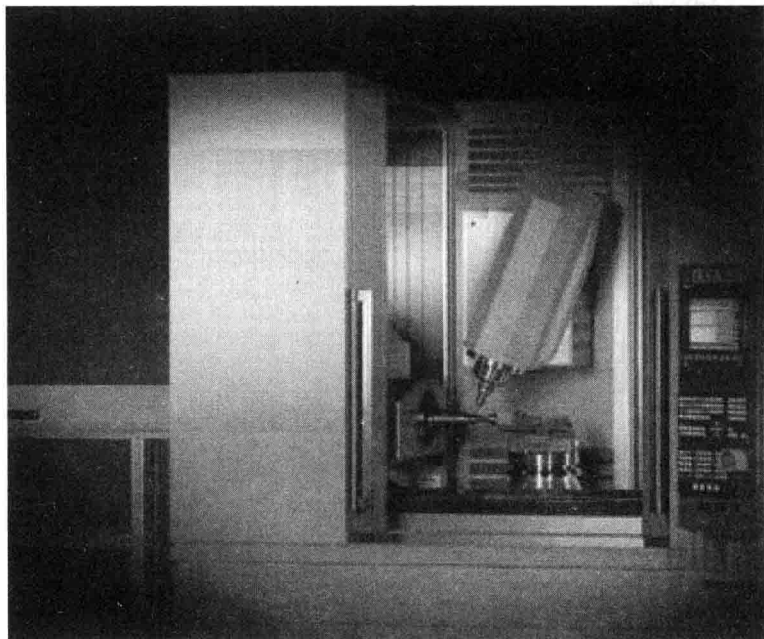


图 1-11 德国的 Mill 800 铣车复合加工中心

图 1-12 为德马吉生产型车铣复合加工中心 GMX 200 S linear。除了保留 GMX linear 车铣加工系列机床的所有优点外，还吸取了 DMG 其他机床的众多优点。集合了 Siemens SolutionLine 和 ShopTurn 的编程控制系统是全球独一无二的一项创举。德马吉生产型车铣复合加工中心 GMX 200 S linear 首次采用图形辅助编程技术，解除了大多数人对于万能车削加工中心操作编程复杂的顾虑，这项技术可以应用于零件的 3D 模拟加工，甚至可以加入 B 轴的模拟加工。

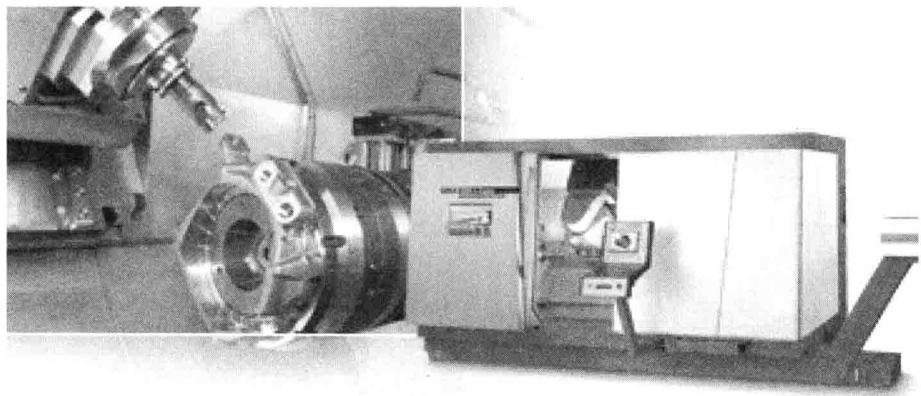


图 1-12 德马吉生产型车铣复合加工中心 GMX 200 S linear

1.5 本章小结

本章首先介绍了多轴数控加工特点，然后介绍了四轴联动机床、五轴联动机床以及多轴数控车铣复合机床。通过本章的学习，读者将掌握多轴数控加工机床的相关知识，为利用 UG NX 8.0 进行数控编程奠定理论基础。

