

# 典型铣削零件 数控编程与加工

DIANXING XIXIAO LINGJIAN  
SHUKONG BIANCHENG YU JIAGONG

◎主编 宋志良 欧阳玲玉 ◎主审 林知秋



 北京理工大学出版社  
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

# 典型铣削零件数控编程与加工

主 编 宋志良 欧阳玲玉

副主编 裴质明 吴 超

祝建孙 赵 薇

主 审 林知秋

 北京理工大学出版社  
BEIJING

ESS

## 内 容 简 介

本书由校企合作共同开发,按照工作过程系统化进行编写。本书共分7个学习情境,分别为数控铣削编程基础、平面类零件、轮廓类零件、型腔类零件、特征类零件、孔系零件、综合类零件,学习情境从易到难、由浅入深。全书细分为19个任务,每个任务由“任务导入”“知识链接”“任务实施”“知识拓展”“习题训练”5个部分组成。教材内容选择典型铣削零件为载体,实现工艺知识、编程和操作技能的有机结合,体现数控铣削编程与加工的一体化。本书采用任务驱动方式编写,便于实施“教学做一体”教学模式。

本书可作为高等学校数控技术类、机电类专业的教材,也可供机械制造业有关工程技术人员职业培训、技能鉴定使用。

版权专有 侵权必究

### 图书在版编目(CIP)数据

典型铣削零件数控编程与加工/宋志良,欧阳玲玉主编. —北京:北京理工大学出版社,2014.8

ISBN 978-7-5640-9011-1

I. ①典… II. ①宋… ②欧… III. ①机械元件-数控机床-铣削 IV. ①TH13②TG547

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第206279号

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

电 话/(010)68914775(总编室)

82562903(教材售后服务热线)

68948351(其他图书服务热线)

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京高岭印刷有限公司

开 本/787毫米×1092毫米 1/16

印 张/18

字 数/395千字

版 次/2014年8月第1版 2014年8月第1次印刷

定 价/49.00元

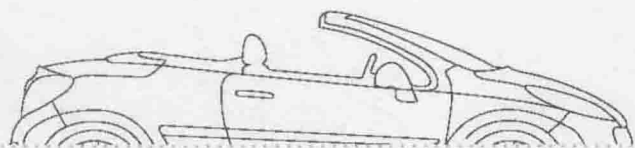
责任编辑/郭锦程

文案编辑/张慧峰

责任校对/周瑞红

责任印制/马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



# 前言

P R E F A C E

“典型铣削零件数控编程与加工”是数控技术专业一门重要的专业核心课程。本书由校企合作共同开发，在编写过程中以工学结合为切入点，以工作过程为导向，打破传统的学科型课程框架，根据企业的工作实际，从分析数控铣工、加工中心操作工岗位的要求和工作内容入手，并依据数控铣工、加工中心操作工国家职业标准，精心编排组织教学内容。

本书共分7个学习情境，内容从易到难、由浅入深，包括：数控铣削编程基础、平面类零件、轮廓类零件、型腔类零件、特征类零件、孔系零件、综合类零件。全书细分为19个任务，每个任务都采用任务驱动的编写模式，以企业典型工作任务构建结构，每个任务由“任务导入”“知识链接”“任务实施”“知识拓展”“习题训练”5个部分组成。

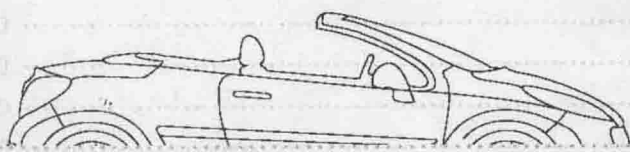
本书内容丰富、实用性强、版式新颖、图文并茂、方便教学。本书采用任务驱动模式，将理论与实践有机结合起来，编写过程中力求理论与实践技能的培养并重。内容选择典型铣削零件为载体，实现工艺知识、编程和操作技能的有机结合，加强了教材的实用性，培养学生的实际操作能力和应用能力，体现数控铣削编程与加工的一体化。

本书由宋志良、欧阳玲玉担任主编，裴质明、吴超、祝建孙、赵薇参与编写。全书由林知秋主审。本书在编写过程中得到了赣州群星机械有限公司胡德平、赣州经纬汽车零部件有限公司廖为健的大力支持和指导，在此表示衷心感谢。

本书可作为高等学校数控技术类、机电类专业的教材，也可供机械制造专业有关工程技术人员职业培训、技能鉴定使用。

由于编者水平有限，书中难免有不当之处，恳请广大读者批评指正。

编 者



# 目 录

## CONTENTS

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 学习情境1 数控铣削编程基础 .....      | 001 |
| 任务1 数控铣削编程基础知识 .....      | 001 |
| 【任务导入】 .....              | 001 |
| 【知识链接】 .....              | 002 |
| 一、数控铣床概述 .....            | 002 |
| 二、数控编程基本知识 .....          | 007 |
| 三、数控加工工艺基础 .....          | 015 |
| 【任务实施】 .....              | 025 |
| 工艺分析 .....                | 025 |
| 【知识拓展】 .....              | 026 |
| 一、数控机床的起源 .....           | 026 |
| 二、数控机床的发展 .....           | 027 |
| 【习题训练】 .....              | 028 |
| 任务2 FANUC Oi 数控系统操作 ..... | 029 |
| 【任务导入】 .....              | 029 |
| 【知识链接】 .....              | 029 |
| 一、初识 FANUC Oi 数控系统 .....  | 029 |
| 二、机床的基本操作 .....           | 032 |
| 三、数控铣床/加工中心对刀操作 .....     | 036 |
| 四、数控程序处理 .....            | 042 |
| 五、工件的自动加工 .....           | 045 |
| 【知识拓展】 .....              | 046 |
| FANUC Oi 系统其他面板简介 .....   | 046 |
| 【习题训练】 .....              | 050 |
| 学习情境2 平面类零件 .....         | 051 |
| 任务3 平行面零件的编程与加工 .....     | 051 |
| 【任务导入】 .....              | 051 |
| 【知识链接】 .....              | 051 |

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 一、平行面零件铣削加工工艺   | 051 |
| 二、程序指令          | 056 |
| 【任务实施】          | 059 |
| 一、工艺与编程         | 059 |
| 二、技能训练          | 061 |
| 三、检查与评价         | 061 |
| 【知识拓展】          | 063 |
| 一、平行面铣削相关的注意事项  | 063 |
| 二、数控铣床夹具选择      | 063 |
| 【习题训练】          | 063 |
| 任务4 台阶面零件的编程与加工 | 064 |
| 【任务导入】          | 064 |
| 【知识链接】          | 065 |
| 一、台阶面零件铣削加工工艺   | 065 |
| 二、程序指令          | 065 |
| 【任务实施】          | 065 |
| 一、工艺与编程         | 065 |
| 二、技能训练          | 067 |
| 三、检查与评价         | 068 |
| 【知识拓展】          | 069 |
| 【习题训练】          | 070 |
| 学习情境3 轮廓类零件     | 072 |
| 任务5 外轮廓零件的编程与加工 | 072 |
| 【任务导入】          | 072 |
| 【知识链接】          | 072 |
| 一、外轮廓零件铣削加工工艺   | 072 |
| 二、程序指令          | 076 |
| 【任务实施】          | 082 |
| 一、工艺与编程         | 082 |
| 二、技能训练          | 085 |
| 三、检查与评价         | 085 |
| 【知识拓展】          | 086 |
| 【习题训练】          | 089 |
| 任务6 内轮廓零件的编程与加工 | 091 |
| 【任务导入】          | 091 |
| 【知识链接】          | 092 |
| 一、内轮廓零件铣削加工工艺   | 092 |
| 二、程序指令          | 092 |
| 【任务实施】          | 093 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 一、工艺与编程          | 093 |
| 二、技能训练           | 094 |
| 三、检查与评价          | 095 |
| 【知识拓展】           | 096 |
| 【习题训练】           | 096 |
| 任务7 内外轮廓零件的编程与加工 | 098 |
| 【任务导入】           | 098 |
| 【知识链接】           | 099 |
| 一、内外轮廓零件铣削加工工艺   | 099 |
| 二、程序指令           | 099 |
| 【任务实施】           | 100 |
| 一、工艺与编程          | 100 |
| 二、技能训练           | 104 |
| 三、检查与评价          | 104 |
| 【知识拓展】           | 105 |
| 【习题训练】           | 106 |
| 学习情境4 型腔类零件      | 109 |
| 任务8 槽类零件的编程与加工   | 109 |
| 【任务导入】           | 109 |
| 【知识链接】           | 109 |
| 一、槽类零件铣削加工工艺     | 109 |
| 二、程序指令           | 114 |
| 【任务实施】           | 117 |
| 一、工艺与编程          | 117 |
| 二、技能训练           | 119 |
| 三、检查与评价          | 119 |
| 【知识拓展】           | 120 |
| 【习题训练】           | 120 |
| 任务9 型腔类零件的编程与加工  | 122 |
| 【任务导入】           | 122 |
| 【知识链接】           | 123 |
| 一、型腔类零件铣削加工工艺    | 123 |
| 二、程序指令           | 124 |
| 【任务实施】           | 124 |
| 一、工艺与编程          | 124 |
| 二、技能训练           | 130 |
| 三、检查与评价          | 130 |
| 【知识拓展】           | 132 |
| 常用测量仪器及使用方法      | 132 |

|                  |     |
|------------------|-----|
| 【习题训练】           | 136 |
| 学习情境5 特征类零件      | 138 |
| 任务10 子程序的调用编程与加工 | 138 |
| 【任务导入】           | 138 |
| 【知识链接】           | 138 |
| 程序指令             | 138 |
| 【任务实施】           | 143 |
| 一、工艺与编程          | 143 |
| 二、技能训练           | 146 |
| 三、检查与评价          | 146 |
| 【知识拓展】           | 148 |
| 三坐标测量机           | 148 |
| 【习题训练】           | 149 |
| 任务11 旋转类零件的编程与加工 | 150 |
| 【任务导入】           | 150 |
| 【知识链接】           | 150 |
| 程序指令             | 150 |
| 【任务实施】           | 152 |
| 一、工艺与编程          | 152 |
| 二、技能训练           | 156 |
| 三、检查与评价          | 156 |
| 【知识拓展】           | 157 |
| 极坐标编程            | 157 |
| 【习题训练】           | 159 |
| 任务12 对称类零件的编程与加工 | 160 |
| 【任务导入】           | 160 |
| 【知识链接】           | 161 |
| 程序指令             | 161 |
| 【任务实施】           | 166 |
| 一、工艺与编程          | 166 |
| 二、技能训练           | 168 |
| 三、检查与评价          | 168 |
| 【知识拓展】           | 170 |
| 高速铣削方法           | 170 |
| 【习题训练】           | 170 |
| 任务13 宏程序的编程与加工   | 171 |
| 【任务导入】           | 171 |
| 【知识链接】           | 171 |
| 一、用户宏程序的概念       | 171 |

|                    |     |
|--------------------|-----|
| 二、变量及变量的使用方法       | 172 |
| 三、变量的类型            | 173 |
| 四、变量的算术和逻辑运算       | 174 |
| 五、转移和循环            | 175 |
| 六、宏程序的调用           | 177 |
| 七、宏程序应用举例          | 179 |
| 【任务实施】             | 182 |
| 一、工艺与编程            | 182 |
| 二、技能训练             | 184 |
| 三、检查与评价            | 184 |
| 【知识拓展】             | 184 |
| A 类宏程序             | 184 |
| 【习题训练】             | 186 |
| 学习情境 6 孔系零件        | 189 |
| 任务 14 孔类零件的编程与加工   | 189 |
| 【任务导入】             | 189 |
| 【知识链接】             | 189 |
| 一、孔加工方法            | 189 |
| 二、孔加工指令            | 190 |
| 【任务实施】             | 196 |
| 一、工艺与编程            | 196 |
| 二、技能训练             | 199 |
| 三、检查与评价            | 199 |
| 【知识拓展】             | 200 |
| 【习题训练】             | 201 |
| 任务 15 螺纹孔类零件的编程与加工 | 202 |
| 【任务导入】             | 202 |
| 【知识链接】             | 203 |
| 一、螺纹的加工方法          | 203 |
| 二、螺纹循环指令           | 203 |
| 【任务实施】             | 204 |
| 一、工艺与编程            | 204 |
| 二、技能训练             | 205 |
| 三、检查与评价            | 205 |
| 【知识拓展】             | 206 |
| 螺纹底孔直径的确定          | 206 |
| 【习题训练】             | 207 |
| 任务 16 孔系零件的编程与加工   | 208 |
| 【任务导入】             | 208 |

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 【知识链接】            | 208 |
| 一、位置精度要求高的孔加工路线   | 208 |
| 二、多孔最短走刀路线        | 209 |
| 【任务实施】            | 209 |
| 一、工艺与编程           | 209 |
| 二、技能训练            | 213 |
| 三、检查与评价           | 213 |
| 【习题训练】            | 214 |
| 学习情境7 综合类零件       | 216 |
| 任务17 薄壁类零件的编程与加工  | 216 |
| 【任务导入】            | 216 |
| 【知识链接】            | 216 |
| 【任务实施】            | 217 |
| 一、工艺与编程           | 217 |
| 二、技能训练            | 221 |
| 【习题训练】            | 221 |
| 任务18 配合件的编程与加工    | 222 |
| 【任务导入】            | 222 |
| 【知识链接】            | 222 |
| 一、配合件加工原则         | 222 |
| 二、加工配合件的注意事项      | 223 |
| 三、加工配合件时容易出现的问题   | 223 |
| 【任务实施】            | 223 |
| 一、工艺与编程           | 223 |
| 二、技能训练            | 227 |
| 【习题训练】            | 227 |
| 任务19 综合零件的编程与加工   | 230 |
| 【任务导入】            | 230 |
| 【知识链接】            | 230 |
| 【任务实施】            | 231 |
| 一、工艺与编程           | 231 |
| 二、技能训练            | 239 |
| 【习题训练】            | 239 |
| 附录                | 242 |
| 附录A 数控铣工国家职业标准    | 242 |
| 附录B 加工中心操作工国家职业标准 | 255 |
| 附录C 数控机床安全操作规程    | 269 |
| 附录D 数控机床的维护       | 273 |
| 参考文献              | 276 |

# 学习情境 1

## 数控铣削编程基础

### 任务 1 数控铣削编程基础知识

#### 任务导入

加工如图 1.1 所示的工件，材料为板材 45 钢，小批量生产，分析其加工工艺。

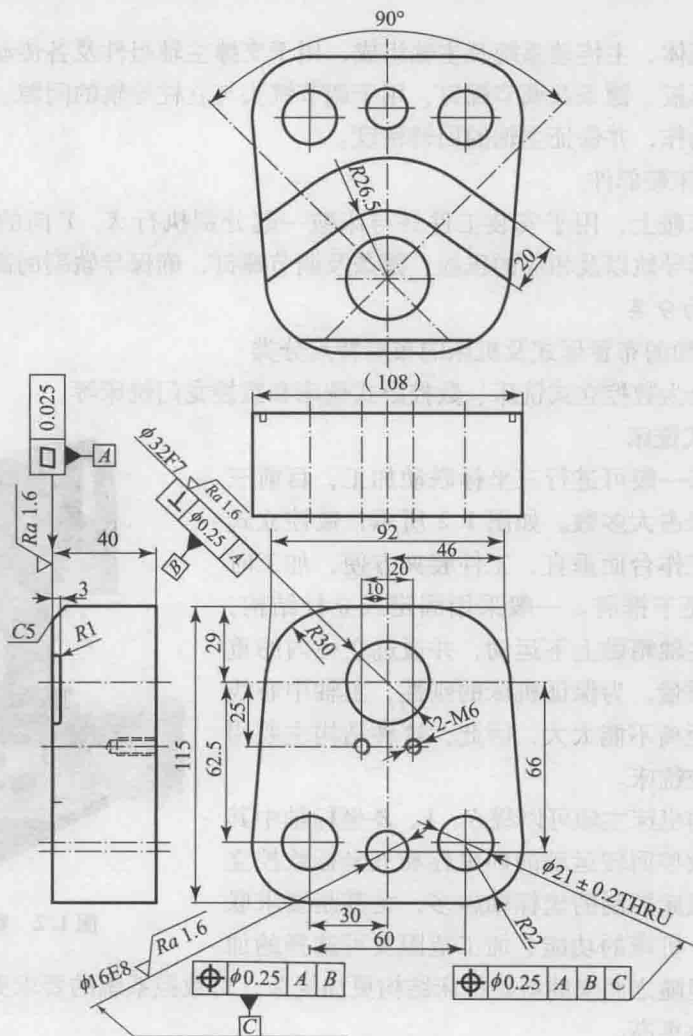


图 1.1 任务 1 的零件图

## 知识链接

## 一、数控铣床概述

## 1. 数控铣床的结构特点

以北京第一机床厂 FANUC 0i XKA714/B 型立式加工中心为例,其主要结构特点如下。

## 1) 床身部分

床身是整个机床的基础。床身底面通过调节螺栓和垫铁与地面相连。调整调节螺栓可使机床工作台处于水平。床身上的 Y 向矩形导轨连接床鞍,并使其沿导轨运动。

## 2) 立柱部分

立柱安装于床身后部,上面设有 Z 向矩形导轨用于连接铣头部件,并使其沿导轨作 Z 向进给运动。内部空间安放平衡锤,用于平衡铣头部件重量,减少垂直方向滚珠丝杠的拉力。它是由铣头上下移动经铣头上连接杆、套筒滚子链、链轮等带动而上下运动的。

## 3) 铣头部分

铣头由铣头壳体、主传动系统及主轴组成,用于支撑主轴组件及各传动件。壳体后部的垂直导轨处装有压板、镶条及调节螺钉,用于调节铣头与立柱导轨的间隙。主传动系统用于实现夹刀、装刀动作,并保证主轴的回转精度。

## 4) 工作台、床鞍部件

工作台位于床鞍上,用于安装工件并与床鞍一起分别执行 X、Y 向的进给运动。工作台、床鞍采用矩形导轨以及相应的压板、镶条及调节螺钉,确保导轨副的高精密配合。

## 2. 数控铣床的分类

## 1) 按机床主轴的布置形式及机床的布局特点分类

数控铣床可分为数控立式铣床、数控卧式铣床和数控龙门铣床等。

## (1) 数控立式铣床

数控立式铣床一般可进行三坐标联动加工,目前三坐标数控立式铣床占大多数。如图 1.2 所示,数控立式铣床主轴与机床工作台面垂直,工件装夹方便,加工时便于观察,但不便于排屑。一般采用固定式立柱结构,工作台不升降。主轴箱做上下运动,并通过立柱内的重锤平衡主轴箱的质量。为保证机床的刚性,主轴中心线距立柱导轨面的距离不能太大,因此,这种结构主要用于中小尺寸的数控铣床。

此外,还有的机床主轴可以绕 X、Y、Z 坐标轴中其中一个或两个做数控回转运动的四坐标和五坐标数控立式铣床。通常,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、加工范围及可选择的加工对象也越多。但随之而来的就是机床结构更加复杂,对数控系统的要求更高,编程难度更大,设备的价格也更高。

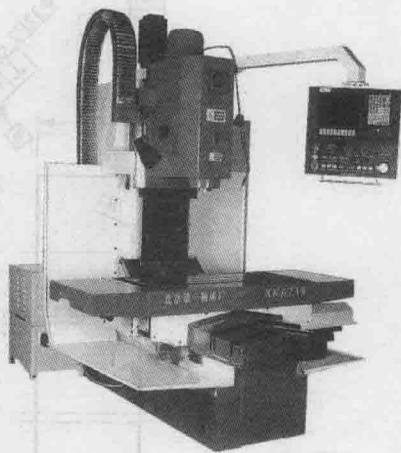


图 1.2 数控立式铣床

数控立式铣床也可以附加数控转盘,采用自动交换台,增加靠模装置来扩大它的功能、加工范围及加工对象,进一步提高生产效率。

### (2) 数控卧式铣床

数控卧式铣床与通用卧式铣床相同,其主轴轴线平行于水平面。如图 1.3 所示,数控卧式铣床的主轴与机床工作台面平行,加工时不便于观察,但排屑顺畅。为了扩大加工范围和扩充功能,一般配有数控回转工作台或万能数控转盘来实现四坐标、五坐标加工,这样不但工件侧面上的连续轮廓可以加工出来,而且可以实现在一次安装过程中,通过转盘改变工位,进行“四面加工”。尤其是万能数控转盘可以把工件上各种不同的角度或空间角度的加工面摆成水平来加工,这样可以省去很多专用夹具或专用角度的成形铣刀。虽然数控卧式铣床在增加了数控转盘后很容易做到对工件进行“四面加工”,使其加工范围更加广泛,但从制造成本上考虑,单纯的数控卧式铣床现在已比较少,而多是在配备自动换刀装置(ATC)后成为卧式加工中心。

### (3) 数控龙门铣床

对于大尺寸的数控铣床,一般采用对称的双立柱结构,以保证机床的整体刚性和强度,这就是数控龙门铣床,如图 1.4 所示。数控龙门铣床有工作台移动和龙门架移动两种形式。它主要用于大、中等尺寸,大、中等质量的各种基础大件、板件、盘类件、壳体件和模具等多品种零件的加工,工件一次装夹后可自动、高效、高精度地连续完成铣、钻、镗和铰等多种工序的加工,适用于航空、重机、机车、造船、机床、印刷、轻纺和模具等制造行业。



图 1.3 数控卧式铣床

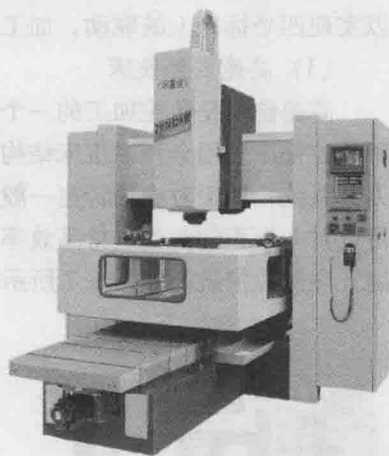


图 1.4 数控龙门铣床

## 2) 按数控系统的功能分类

按数控系统的功能分类,数控铣床可分为经济型数控铣床、全功能数控铣床和高速数控铣床等。

### (1) 经济型数控铣床

经济型数控铣床(图 1.5)一般采用经济型数控系统,如 SIEMENS802S 等采用开环控制,可以实现三坐标联动。这种数控铣床成本较低,功能简单,加工精度不高,适用于一般复杂零件的加工,一般有工作台升降式和床身式两种类型。

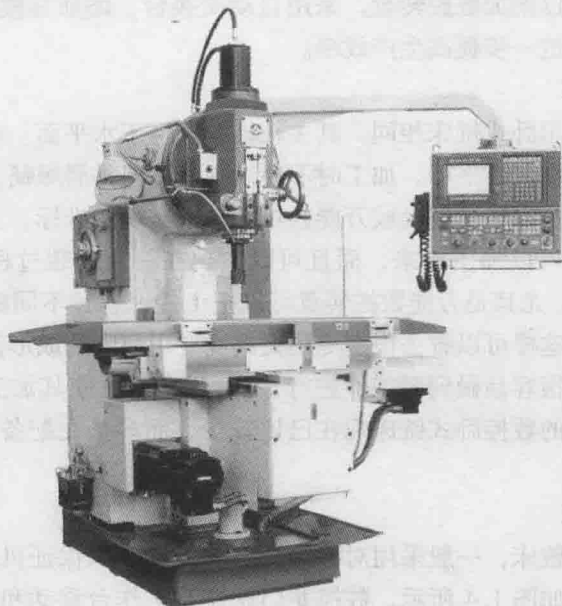


图 1.5 经济型数控铣床

### (2) 全功能数控铣床

全功能数控铣床(图 1.6)采用半闭环控制或闭环控制,其数控系统功能丰富,一般可以实现四坐标以上的联动,加工适应性强,应用最广泛。

### (3) 高速数控铣床

高速铣削是数控加工的一个发展方向,技术已经比较成熟,已逐渐得到广泛的应用。这种数控铣床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,加工时主轴转速一般为  $8\,000 \sim 40\,000 \text{ r/min}$ ,切削进给速度可达  $10 \sim 30 \text{ m/min}$ ,可以对大面积的曲面进行高效率、高质量的加工。但目前这种机床价格昂贵,使用成本比较高。高速数控铣床如图 1.7 所示。



图 1.6 全功能数控铣床

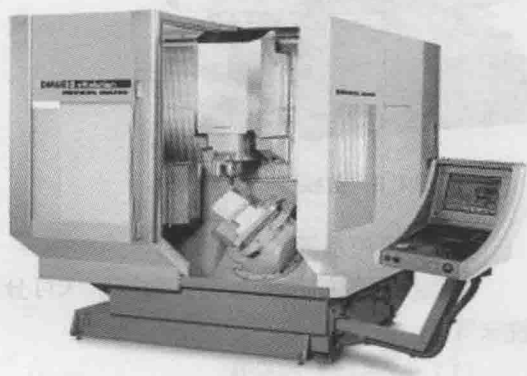


图 1.7 高速数控铣床

## 3. 数控铣床的组成

数控铣床一般由控制介质、数控系统、伺服系统、辅助装置等部分组成。

①控制介质：由程序及载体共同构成。

②数控系统：数控机床的核心部分，控制数控机床几乎所有的控制功能。

③伺服系统：数控机床执行机构的驱动部件，主要包括主轴电动机和进给伺服电动机，经济型数控机床常采用步进电动机。伺服系统把来自数控装置的运动指令进行放大，驱动铣床的运动部件，使工作台按规定轨迹移动或准确定位。

④辅助装置：主要指数控铣床的一些辅助配套部件，如手动换刀时用的气动装置，加工冷却时用的冷却装置，冲屑时用的排屑装置等。

#### 4. 数控铣床的主要功能

数控铣床主要可完成零件的铣削加工以及孔加工，配合不同档次的数控系统，其功能会有较大的差别，但一般都应具有以下主要功能。

##### 1) 铣削加工功能

数控铣床一般应具有三坐标以上联动功能，能够进行直线插补、圆弧插补和螺旋插补，自动控制主轴旋转带动刀具对工件进行铣削加工。

##### 2) 孔及螺纹加工

加工孔可采用定尺寸的孔加工刀具，如麻花钻、铰刀等进行钻、扩、铰、镗等加工，也可采用铣刀铣削加工孔。螺纹孔可用丝锥进行攻螺纹，也可采用螺纹铣刀，铣削内螺纹和外螺纹，螺纹铣削主要利用数控铣床的螺旋插补功能，比传统丝锥加工效率高得多。

##### 3) 刀具补偿功能

刀具补偿功能包括半径补偿功能和刀具长度补偿功能。半径补偿功能可在平面轮廓加工时解决刀具中心轨迹和零件轮廓之间的位置尺寸关系，同时可改变刀具半径补偿值实现零件的粗精加工。刀具长度补偿解决不同长度的刀具利用长度补偿程序实现设定位置与实际长度的协调问题。

##### 4) 公制、英制转换功能

公制、英制转换功能可根据图样的标注选择公制单位编程和英制单位编程，不必单位换算，使程序编程更加方便。

##### 5) 绝对坐标和增量坐标编程功能

在程序编制中，坐标数据可以用绝对坐标或者增量坐标，使数据的计算或程序的编写更加灵活。

##### 6) 进给速度、主轴转速调节功能

进给速度、主轴转速调节功能用来在程序执行中根据加工状态和编程设定值来随时调整实际的进给速度和主轴转速，以达到最佳的切削效果。

##### 7) 固定循环功能

固定循环功能可实现一些具有典型性的需多次重复加工的内容，如孔的相关加工、挖槽加工等。只要改变参数就可以适应不同尺寸的需要。

##### 8) 工件坐标系设定功能

工件坐标系设定功能用来确定工件在工作台上的装夹位置，对于在单工作台上一次加工多个零件非常方便，且可对工件坐标系进行平移和旋转以适应不同特征的工件。

##### 9) 子程序功能

对于需要多次重复加工的内容可将其编成子程序在主程序中调用。子程序可以嵌套，嵌

套层数视不同的数控系统而定。

#### 10) 通信及在线加工 (DNC) 功能

数控铣床一般通过 RS-232 接口与外部 PC 实现数据的输入、输出, 如把加工程序传入数控铣床, 或者把机床数据输出到 PC 备份。有些复杂零件的加工程序很长, 超过了数控铣床的内存容量, 可以利用传输软件进行边传输边加工的方式。

#### 5. 数控铣削加工对象

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。数控铣床与普通铣床相比, 具有加工精度高、加工零件的形状复杂、加工范围广等特点。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 个坐标联动的各种平面轮廓和立体轮廓。数控铣床加工内容与加工中心加工内容有许多相似之处, 但从实际应用效果来看, 数控铣削加工更多地用于复杂曲面的加工, 而加工中心更多地用于有多工序内容零件的加工。对采用数控铣削加工的内容, 正确选择适合数控铣床加工的零件就显得很有必要, 适合数控铣削加工的零件主要有以下几种。

##### 1) 平面曲线轮廓类零件

平面曲线轮廓类零件是指有内、外复杂曲线轮廓的零件, 特别是由数学表达式等给出其轮廓为非圆曲线或列表曲线的零件。平面曲线轮廓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, 各个加工面是平面, 或可以展开成平面, 如图 1.8 所示。

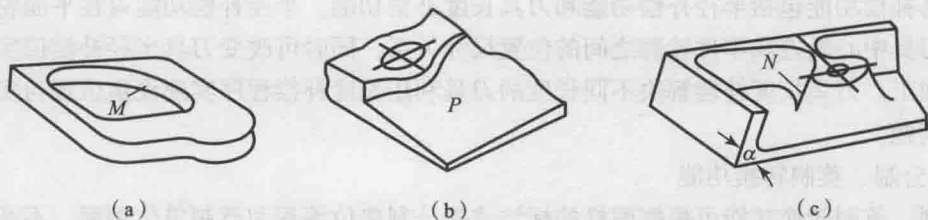


图 1.8 平面曲线轮廓类零件

(a) 带平面轮廓的平面零件; (b) 带斜平面的平面零件; (c) 带正圆台和斜筋的平面零件

目前在数控铣床上加工的大多数零件属于平面曲线轮廓类零件。

平面曲线轮廓类零件是数控铣削加工中最简单的一类零件, 一般只需用三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) 曲面类 (立体类) 零件

曲面类零件一般指具有三维空间曲面的零件, 曲面通常由数学模型设计出, 因此往往要借助于计算机来编程。曲面的特点是加工面不能展开为平面, 加工时, 铣刀与加工面始终为点接触, 一般采用三坐标数控铣床加工曲面类零件。

常用曲面加工方法主要有两种。

①采用三坐标数控铣床进行两轴半坐标控制加工, 加工时只有两个坐标联动, 另一个坐标按一定行距周期性进给。这种方法常用于不太复杂的空间曲面的加工。

②采用三坐标数控铣床三坐标联动加工空间曲面。所用铣床必须能进行 X、Y、Z 三坐标联动, 进行空间直线插补。这种方法常用于发动机及模具等较复杂空间曲面的加工。

### 3) 其他在普通铣床难加工的零件

①形状复杂, 尺寸繁多, 划线与检测均较困难, 在普通铣床上加工又难以观察和控制的零件。

②高精度零件: 尺寸精度、形位精度和表面粗糙度等要求较高的零件。如发动机缸体上的多组尺寸精度要求高, 且有较高相对尺寸、位置要求的孔或型面。

③一致性要求好的零件: 在批量生产中, 由于数控铣床本身的定位精度和重复定位精度都较高, 能够避免在普通铣床加工中, 因人为因素而造成的多种误差。故数控铣床容易保证成批零件的一致性, 使其加工精度得到提高, 质量更加稳定。同时, 因数控铣床加工的自动化程度高, 还可大大降低操作者的体力劳动强度, 显著提高其生产效率。

虽然数控铣床加工范围广泛, 但是因受数控铣床自身特点的制约, 某些零件仍不适合在数控铣床上加工。如简单的粗加工面, 加工余量不太充分或很不均匀的毛坯零件, 以及生产批量特别大而精度要求又不高的零件等。

### 4) 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。这类零件的特点是加工面不能展开为平面, 但在加工中, 铣刀圆周与加工面接触的瞬间为一条直线。如图 1.9 所示是飞机上的一种变斜角梁椽条, 该零件在第②肋至第⑤肋的斜角均匀变化为  $2^{\circ}32'$ , 从第⑤肋至第⑨肋的斜角再均匀变化为  $1^{\circ}20'$ , 从第⑨肋至第⑫肋的斜角又均匀变化至  $0^{\circ}$ 。变斜角类零件一般采用四轴或五轴联动的数控铣床加工, 也可以在三轴数控铣床上通过两轴联动用鼓形铣刀分层近似加工, 但精度稍差。

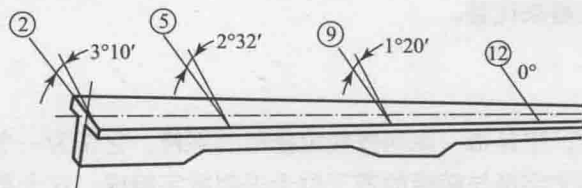


图 1.9 飞机上的变斜角梁椽条

## 二、数控编程基本知识

### 1. 程序编制的概念

程序即按规定格式描述零件几何形状和加工工艺的数控指令集。在数控铣床上加工零件时, 需要把加工零件的全部工艺过程及工艺参数以相应的 CNC 系统所规定的数控指令编制程序来控制机床动作, 最终完成零件的加工。

### 2. 程序编制的方法

#### 1) 手工编程

由操作者或数控程序员以人工方式完成零件整个加工程序编制工作的方法称为手工编程。对于加工形式较简单的零件, 手工编程省时、方便、快捷, 具有较大的灵活性, 节省编程费用。

#### 2) 自动编程

自动编程也称计算机辅助编程, 是以通过计算机辅助设计 (CAD) 建立的几何模型为