

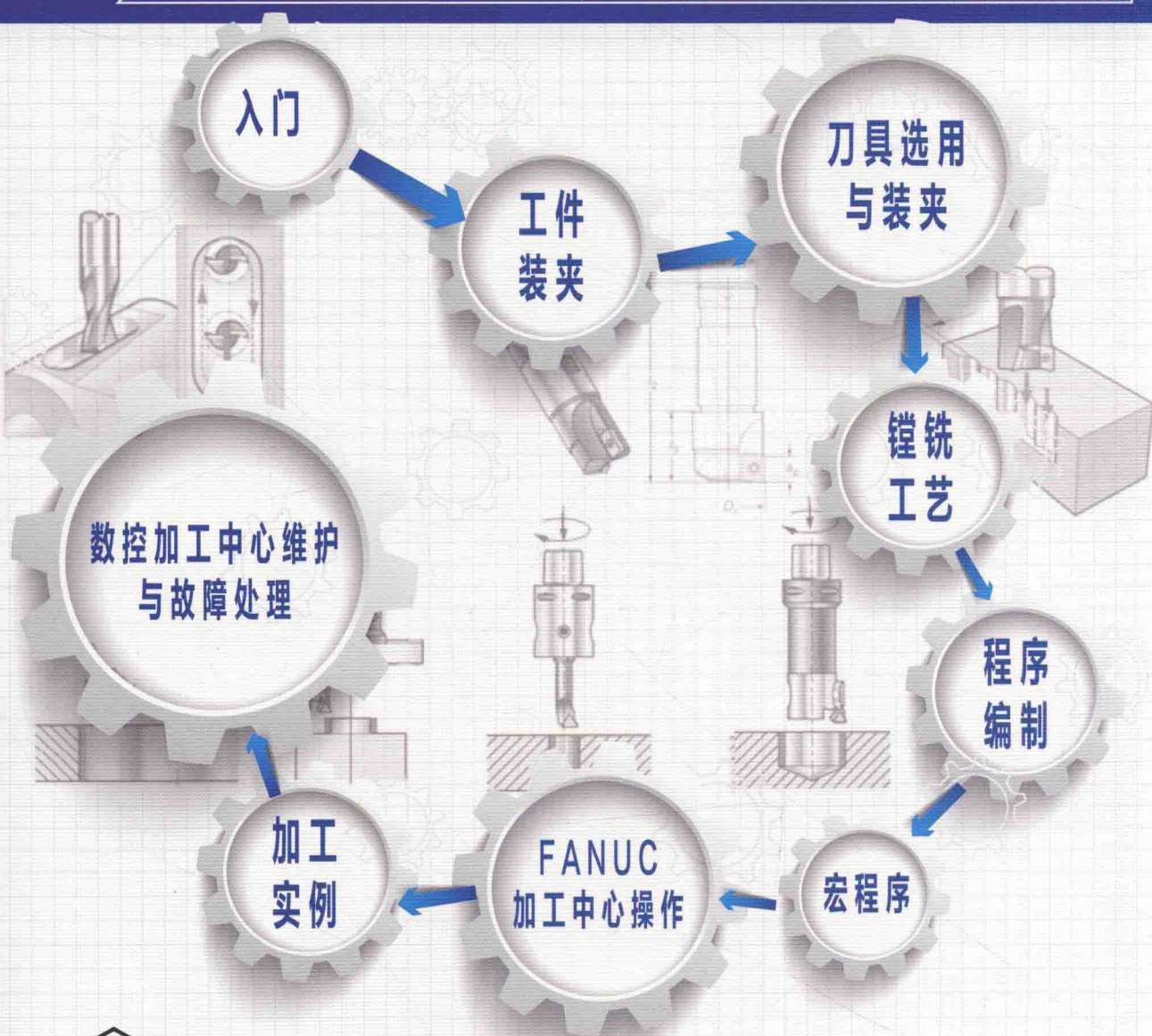
边 看 边 学



手机扫描封底二维码  
身临其境看现场加工视频

# FANUC 数控镗铣加工中心 加工一本通

徐衡 编著



化学工业出版社

边 看 边 学

# FANUC 数控镗铣加工中心 加工一本通

徐衡 编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书结合数控加工实例,精讲数控镗铣加工编程、机加工工艺基础、数控镗铣床操作技能等知识,可操作性和实用性强,利于读者自学;在数控机床操作技能中增加了数控加工工艺守则、数控镗铣床的维护保养等岗位知识,提升数控车工岗位能力和职业操守;介绍了数控操作工应会的几个实用数控系统操作方法,如手动数控数据备份与恢复、手动设置机床参数、数控机床与PC计算机通信等,扩展数控从业人员的知识面和操作技能;本书还附赠数控铣削现场加工视频,以增强读者学习的直观感受。本书内容注重实践环节,兼顾理论知识,力求做到理论联系实际,着眼于应用。

本书既适合初学者学习,又是数控镗铣加工人员提升岗位能力的参考书,可作为职业院校机械制造专业数控技术、机电技术等课程的学习参考书,还可作为数控加工岗位培训教材或自学用书。

#### 图书在版编目(CIP)数据

边看边学 FANUC 数控镗铣加工中心加工一本通/  
徐衡编著. —北京:化学工业出版社, 2018.1  
ISBN 978-7-122-30027-0

I. ①边… II. ①徐… III. ①数控机床-铣床-加工  
②数控机床-镗床-加工 IV. ①TG547.06 ②TG537.06

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 146321 号

---

责任编辑:王 烨 张兴辉  
责任校对:王素芹

文字编辑:项 激  
装帧设计:王晓宇

---

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 刷:大厂聚鑫印刷有限责任公司  
装 订:三河市宇新装订厂  
787mm×1092mm 1/16 印张13 字数321千字 2018年1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:59.00 元

版权所有 违者必究



随着数控加工技术在机械制造业中的广泛应用，社会需要大批既掌握数控编程知识，又具有数控机床操作能力的人才。本书是为有志学习数控加工的初学者、数控车床操作工、数控编程程序员及学习数控加工的学生编写的。本书以数控加工的应用为目的，基于目前企业中广泛使用的 FANUC 数控系统，介绍数控铣床、加工中心机床所用的手工数控加工程序编程方法、数控镗铣床操作、工艺参数的选择、数控镗铣加工典型实例、数控铣床与加工中心维护保养以及实用数控系统操作等知识。

本书依据数控加工职业资格标准，旨在培养具备编制数控程序、操作数控机床设备以及维护保养数控机床能力的实用型数控加工人才。本书内容围绕实践环节，兼顾理论知识，力求做到理论联系实际，着眼于应用。本书有以下四个特点。

一是结合数控加工实例，精讲数控镗铣加工编程、机加工工艺基础、数控镗铣床操作技能等知识，可操作性和实用性强，利于读者自学。

二是在数控机床操作技能中增加了数控加工工艺守则、数控镗铣床的维护保养等岗位知识，提升数控车工岗位能力和职业操守。

三是介绍了数控操作工应会的几个实用数控系统操作方法，如手动数控数据备份与恢复、手动设置机床参数、数控机床与 PC 计算机通信等，扩展数控从业人员的知识面和操作技能。

四是随书附赠数控铣削加工的现场操作视频演示，增强学习的直观感受，读者可扫描封底二维码观看。

本书属于实用型技术书籍，书中内容由浅入深，既满足初学者的学习需要，又是数控镗铣加工人员提升岗位能力的参考书。本书可作为职业院校机械制造专业的数控技术、机电技术等课程的学习参考书，还可作为数控加工岗位培训教材或自学用书。

本书由徐衡编著，李超、周光宇、栾敏、关颖、胡育辉、田春霞、段晓旭、赵宏立、孙红雨、杨海、汤振宁、赵玉伟、郎敬喜、徐光远、关崎炜、朱新宇、张元军、刘艳林、王丹、李宝岭、刘艳华等对本书的编写提供了很多帮助，在此一并表示感谢。

因时间及水平所限，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

编著者



## 第1章 数控镗铣加工基础 / 001

### 1.1 数控镗铣加工入门 / 002

- 1.1.1 数控铣床和加工中心 / 002
- 1.1.2 数控镗铣床组成 / 002
- 1.1.3 零件加工程序 / 003
- 1.1.4 数控机床加工零件过程 / 004
- 1.1.5 数控机床坐标系规定 / 006
- 1.1.6 数控镗铣床、加工中心坐标系 / 007

### 1.2 数控镗铣加工中工件的装夹 / 008

- 1.2.1 定位基准的选择 / 008
- 1.2.2 数控机床上工件装夹方法 / 009

### 1.3 数控镗铣常用刀具及其选择 / 015

- 1.3.1 常用刀具材料 / 015
- 1.3.2 常用铣刀 / 016
- 1.3.3 常用孔加工刀具 / 022
- 1.3.4 钻、铣刀具的选择 / 026
- 1.3.5 镶齿刀具硬质合金刀片的装夹 / 027
- 1.3.6 镗铣床（加工中心）上刀具的安装 / 028

### 1.4 铣削用量的选择 / 029

- 1.4.1 背吃刀量  $a_p$ （端铣）或侧吃刀量  $a_e$ （圆周铣）的选择 / 029
- 1.4.2 进给速度  $v_f$  的选择 / 030
- 1.4.3 切削速度  $v_c$  的选择 / 030
- 1.4.4 球头铣刀的切削厚度 / 030

### 1.5 数控镗铣方法 / 032

- 1.5.1 端铣和周铣 / 032
- 1.5.2 逆铣和顺铣 / 033
- 1.5.3 加工顺序的安排 / 034
- 1.5.4 立铣刀轴向下切路线 / 034
- 1.5.5 立铣刀径向切入、切出工件（进刀和退刀）路线 / 035
- 1.5.6 合理走刀路线的选择 / 036

## 第2章 FANUC 系统数控镗铣加工程序编制 / 039

### 2.1 数控编程概述 / 040

- 2.1.1 FANUC 系统数控程序组成 / 040
- 2.1.2 程序段格式 / 040
- 2.1.3 常用 M 代码 / 042
- 2.1.4 FANUC M (铣削) 系统准备功能 G 代码 / 043
- 2.1.5 数字单位英制与公制的转换 / 045
- 2.1.6 小数点编程 / 045

### 2.2 数控镗铣加工坐标系 / 045

- 2.2.1 数控铣床的机床坐标系 / 045
- 2.2.2 工件坐标系与程序原点 / 046
- 2.2.3 工件坐标系与机床坐标系的关系 / 046
- 2.2.4 用预置的 G54~G59 设定工件坐标系 / 047
- 2.2.5 用 G92 设定工件坐标系 / 048
- 2.2.6 G54 和 G92 设定坐标系的区别与应用 / 048
- 2.2.7 绝对坐标值编程 (G90) 与增量坐标值编程 (G91) / 049
- 2.2.8 坐标平面选择指令 G17、G18、G19 / 050

### 2.3 刀具进给编程指令 / 050

- 2.3.1 刀具定位 / 050
- 2.3.2 刀具沿直线切削 (直线插补 G01) / 050
- 2.3.3 刀具沿圆弧切削 (圆弧插补 G02、G03) / 052
- 2.3.4 刀具沿 Z 轴切入工件 / 054
- 2.3.5 直线、圆弧切削编程 / 055
- 2.3.6 小结: 零件加工程序的基本内容 / 057
- 2.3.7 螺旋线插补 / 058

### 2.4 返回参考点 / 059

- 2.4.1 参考点 / 059
- 2.4.2 返回参考点指令 / 059

### 2.5 刀具补偿功能 / 061

- 2.5.1 刀具长度补偿——刀具端刃补偿 / 061
- 2.5.2 刀具半径补偿——刀具侧刃加工补偿 / 066
- 2.5.3 利用程序指令设定刀具补偿值 (G10) / 070

### 2.6 孔加工固定循环 / 071

- 2.6.1 固定循环概述 / 071
- 2.6.2 钻孔加工循环 (G81、G82、G73、G83) / 071
- 2.6.3 攻螺纹循环 (G84、G74) / 074
- 2.6.4 镗孔循环 (G85、G89、G86、G88、G76、G87) / 075
- 2.6.5 孔加工固定循环应用举例 / 077

### 2.7 子程序 / 078

- 2.7.1 什么是子程序 / 078
- 2.7.2 调用子程序指令 / 078

- 2.7.3 含子程序的编程 / 079
- 2.8 简化程序的编程指令 / 081
  - 2.8.1 比例缩放功能 (G50、G51) / 081
  - 2.8.2 坐标系旋转功能 (G68、G69) / 083
  - 2.8.3 极坐标编程 / 085
  - 2.8.4 局部坐标系 / 086
  - 2.8.5 使用局部坐标系和坐标系旋转指令编程 / 087

## 第3章 数控铣削加工宏程序 / 089

---

- 3.1 FANUC 0i 系统用户宏程序基础 / 090
  - 3.1.1 用户宏程序用途 / 090
  - 3.1.2 变量与常量 / 090
  - 3.1.3 变量的算术和逻辑运算 / 093
  - 3.1.4 转移和循环 / 094
  - 3.1.5 宏程序调用 (G65) / 096
- 3.2 行切与环切宏程序 / 098
  - 3.2.1 圆槽环切宏程序 / 099
  - 3.2.2 平面行切宏程序 / 100
  - 3.2.3 矩形槽粗加工 (行切) 与精加工宏程序 / 101
- 3.3 孔系加工宏程序 / 104
- 3.4 用宏程序铣削椭圆 / 106
  - 3.4.1 椭圆槽加工 / 106
  - 3.4.2 椭圆外轮廓加工 / 107

## 第4章 FANUC 系统铣床及加工中心操作 / 111

---

- 4.1 数控机床操作基础 / 112
  - 4.1.1 数控机床准备 / 112
  - 4.1.2 阅读工艺文件, 明确加工任务 / 112
  - 4.1.3 工件装夹找正 / 112
  - 4.1.4 对刀 / 113
  - 4.1.5 加工过程中的主要事项 / 113
  - 4.1.6 加工后工件的处理 / 113
  - 4.1.7 数控加工工艺守则 / 113
- 4.2 FANUC 系统数控铣床、加工中心操作界面 / 114
  - 4.2.1 数控铣床 (加工中心) 操作面板组成 / 114
  - 4.2.2 FANUC 数控系统操作面板 / 114
  - 4.2.3 机床操作面板 / 116
- 4.3 手动操作数控机床 / 119
  - 4.3.1 通电操作 / 119
  - 4.3.2 手动返回参考点 / 120

- 4.3.3 手动连续进给 (JOG) / 120
- 4.3.4 手摇脉冲发生器 (HANDLE) 进给 / 121
- 4.3.5 主轴手动操作 / 122
- 4.3.6 安全操作 / 122
- 4.4 数控机床基本信息显示 / 123
  - 4.4.1 屏面显示内容 / 123
  - 4.4.2 屏面中显示的数控系统 (CNC) 当前状态信息 / 123
  - 4.4.3 显示屏面的切换 / 124
  - 4.4.4 在屏面上显示刀具的位置 / 125
  - 4.4.5 在屏面上显示程序运行状态 / 127
- 4.5 创建、运行加工程序操作 / 129
  - 4.5.1 创建加工程序 / 129
  - 4.5.2 检索数控程序 / 130
  - 4.5.3 自动运行程序 (自动加工) / 130
  - 4.5.4 MDI 运行数控程序 / 131
- 4.6 存储偏移参数操作 / 131
  - 4.6.1 用 G54~G59 建立工件坐标系 / 131
  - 4.6.2 手动对刀, 存储刀具长度补偿值 / 133
  - 4.6.3 手动设定刀具半径补偿值 / 135

## 第 5 章 数控镗铣加工工艺与编程实例 / 137

---

- 5.1 数控孔系加工 (数控加工步骤) / 138
  - 5.1.1 分析零件图 / 138
  - 5.1.2 确定加工工艺 / 138
  - 5.1.3 编程序 / 138
  - 5.1.4 检验程序 / 139
  - 5.1.5 装夹工件 / 139
  - 5.1.6 设置工件坐标系原点 (分中对刀) / 140
  - 5.1.7 试切削 / 141
  - 5.1.8 检查测量并修调加工尺寸 / 141
- 5.2 铣刀螺旋铣削加工孔 / 141
  - 5.2.1 工艺要点 / 141
  - 5.2.2 编程说明 / 142
  - 5.2.3 加工程序 / 142
  - 5.2.4 建立工件坐标系 (用工件孔找正主轴) / 143
  - 5.2.5 数控铣孔加工尺寸修调 / 143
- 5.3 偏心弧形槽加工 / 143
  - 5.3.1 工艺要点 / 143
  - 5.3.2 编程说明 / 144
  - 5.3.3 设定工件坐标系 (找正三爪卡盘) / 144
  - 5.3.4 加工程序 / 145

- 5.4 矩形腔数控铣削(环切法加工) / 145
  - 5.4.1 工艺要点 / 145
  - 5.4.2 编程说明 / 146
  - 5.4.3 加工程序(加工中心程序) / 147
- 5.5 形面(斜面及弧面)的数控铣精加工 / 148
  - 5.5.1 工艺要点 / 148
  - 5.5.2 编程说明 / 149
  - 5.5.3 加工程序 / 149
  - 5.5.4 调整 Z 轴加工尺寸 / 150
- 5.6 精密铣削键槽(V形槽定位) / 150
  - 5.6.1 工艺要点 / 150
  - 5.6.2 粗、精铣键槽轨迹 / 151
  - 5.6.3 加工程序 / 151
- 5.7 用球刀切削加工圆弧槽(用弯板装夹工件) / 152
  - 5.7.1 工艺要点 / 153
  - 5.7.2 由调整程序原点偏移值重新加工形面 / 154
  - 5.7.3 加工程序 / 154
- 5.8 坐标系旋转加工相同形面(用 CAD 查询功能确定点坐标) / 154
  - 5.8.1 工艺要点 / 155
  - 5.8.2 编程特点 / 156
  - 5.8.3 加工程序 / 156
- 5.9 四轴数控加工实例(采用列表曲线编程) / 157
  - 5.9.1 工艺要点 / 158
  - 5.9.2 加工靠模的数控工艺文件 / 159
  - 5.9.3 数控加工程序 / 160
  - 5.9.4 数控加工操作要点 / 161
  - 5.9.5 数控加工经验与技巧 / 162

## 第 6 章 数控镗铣床维护与数控系统实用操作 / 163

---

- 6.1 数控镗铣床维修与保养 / 164
  - 6.1.1 数控机床的维修和保养工作内容 / 164
  - 6.1.2 机床本体的维护 / 165
  - 6.1.3 数控机床电气控制系统日常维护 / 167
- 6.2 屏幕显示数控系统构成 / 167
  - 6.2.1 数控系统构成 / 167
  - 6.2.2 在屏面上显示数控系统构成 / 169
- 6.3 FANUC Oi 系统数据备份与数据恢复 / 171
  - 6.3.1 数控系统软件组成 / 171
  - 6.3.2 数据备份与数据恢复 / 172
  - 6.3.3 屏显本机系统软件 / 173
  - 6.3.4 由引导屏面进行数据备份与恢复 / 173

- 6.3.5 数据备份操作（把系统文件、用户文件读到快闪存储卡中） / 173
- 6.3.6 数据恢复操作 / 175
- 6.3.7 C-F 存储卡格式化 / 176
- 6.3.8 引导屏面备份数据注意事项 / 176
- 6.4 手动 MDI 键盘设定机床参数 / 177
  - 6.4.1 参数用途 / 177
  - 6.4.2 用屏幕显示参数 / 178
  - 6.4.3 数控系统 SETTING（设置）屏面的功能 / 180
  - 6.4.4 用 MDI 键盘设定参数 / 181
  - 6.4.5 决定数控机床基本功能的参数 / 182
  - 6.4.6 在维修中使用参数 / 184
- 6.5 数控系统与计算机通信 / 185
  - 6.5.1 数控系统通信 / 185
  - 6.5.2 设定数控系统与计算机通信所需参数 / 185
  - 6.5.3 在数控系统与计算机通信中输入/输出参数 / 188
  - 6.5.4 在数控系统与计算机通信中输入/输出数控程序 / 188
  - 6.5.5 数控系统与计算机通信时应注意的问题 / 189
  - 6.5.6 数控系统与计算机通信常见的故障 / 189
- 6.6 数控机床的安装调试 / 190
  - 6.6.1 机床的开箱检查 / 190
  - 6.6.2 机床的组装 / 190
  - 6.6.3 数控系统的连接与调整 / 190
  - 6.6.4 通电试车 / 192
  - 6.6.5 机床的精度检测与功能调试 / 193
  - 6.6.6 机床的验收 / 194

## 参考文献 / 196

---

## 第1章



# 数控镗铣加工 基础

## 1.1 数控镗铣加工入门

### 1.1.1 数控铣床和加工中心

数控铣床和加工中心是用于镗铣加工的数控机床，数控铣床与加工中心的区别是：数控铣床没有刀库，采用手动换刀；而加工中心装备了刀库，具有自动换刀功能。

镗铣类加工中心习惯上简称为加工中心。主轴垂直安置的加工中心为立式加工中心，如图 1-1 所示。该加工中心采用转盘刀库，换刀动作由换刀机械臂完成，当需要用某一刀具进行切削加工时，机械臂自动把刀具从刀库装夹到机床主轴上，切削完毕后，将用过的刀具从主轴上移回到刀库中。转盘式刀库容量较小，适用于小型加工中心。

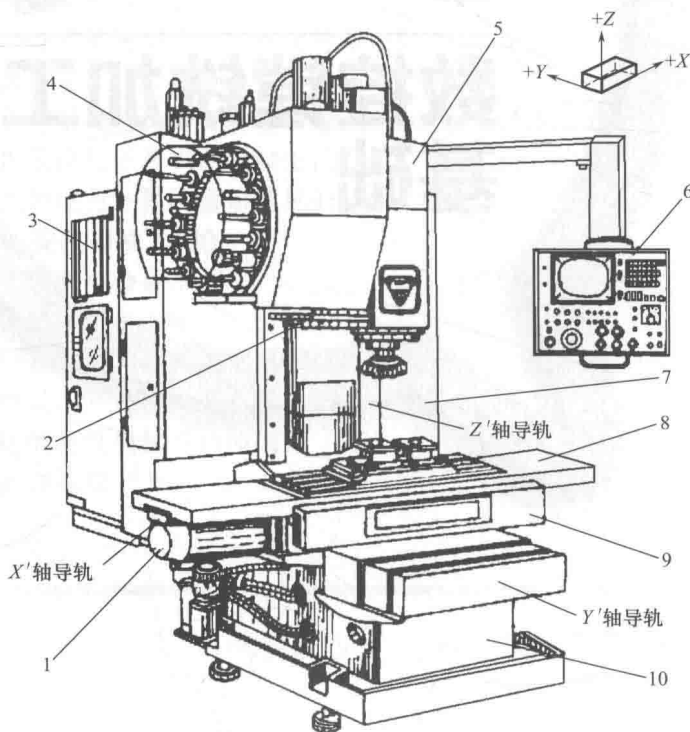


图 1-1 立式镗铣加工中心（转盘刀库）

1—X 轴伺服电动机；2—换刀机械臂；3—数控柜；4—盘式刀库；5—主轴箱；6—操作面板；7—电源柜；8—工作台；9—滑座；10—床身

图 1-1 所示的加工中心如果去掉机床上的刀库就是三轴立式数控铣床。

主轴水平安置的加工中心为卧式加工中心，其刀库采用回转盘或链式刀库，链式刀库的刀具容量较大。图 1-2 所示为具备链式刀库的卧式四轴加工中心。

### 1.1.2 数控镗铣床组成

数控镗铣床由三个部分组成，即数控系统、伺服驱动系统和机床本体（光机），如图 1-3 所示。

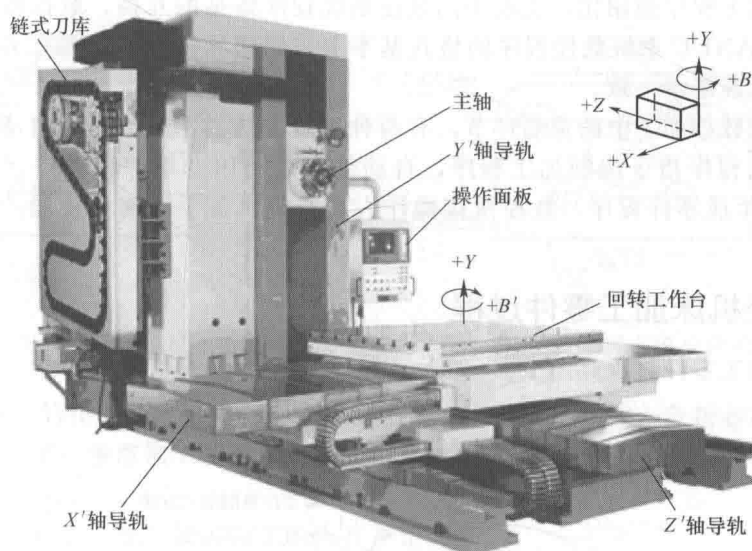


图 1-2 卧式加工中心（链式刀库）

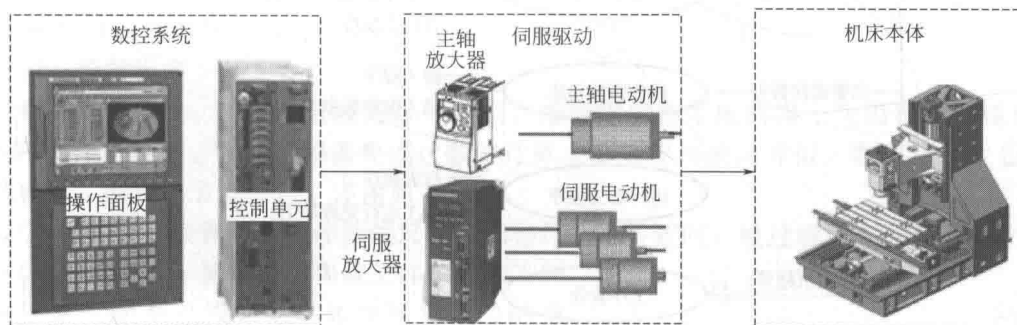


图 1-3 数控镗铣床的组成

数控系统是数控机床的智能指挥系统，由专用的计算机组成，称为 CNC 系统，用于处理数控程序，输出控制加工的信号。目前我国数控机床常用数控系统有 FANUC 数控系统（如 F0/F00/F0i Mate 系列和 FANUC 0i 系列）、西门子系统、华中理工大学的华中系统、中科院沈阳计算机所的蓝天一型系统、北京航天机床数控集团的航天一型系统等。

伺服驱动系统是机床的动力装置，由伺服放大单元和执行元件（伺服电动机等）组成，伺服单元把控制信号放大成大功率电流，用于驱动执行元件。常用的执行元件有主轴电动机、伺服电动机、步进电动机等。

机床本体是数控机床的机械部分，包括主运动部件、进给运动部件（工作台、刀架）和支承部件（如床身、立柱）等。有些数控机床还配备了特殊的部件，如回转工作台、刀库、自动换刀装置和托盘自动交换装置等。

### 1.1.3 零件加工程序

零件加工程序也称数控程序，数控机床的加工过程是由零件加工程序控制的，零件加工程序由一系列代码组成，国际通用的数控程序代码有两种，即 EIA 码（由美国电子工业协会规定）和 ISO 码（由国际标准化协会规定）。FANUC 数控系统能自动识别这两种代

码。为使零件加工程序通用化,实现不同数控系统程序数据的互换,数控程序格式有一系列国际标准,FANUC 系统数控程序的格式基本上采用国际标准。我国有关数控程序的国家标准与国际标准基本一致。

编制程序是数控加工中的重要环节,有两种编程方法:手工编程和自动编程。手工编程是由人工依据程序指令编制加工程序,自动编程是利用专用编程软件(CAD/CAM 软件),由计算机生成零件程序。数控机床操作人员必须具备手工编程技能。本书介绍手工编程知识。

### 1.1.4 数控机床加工零件过程

数控机床加工零件过程(图 1-4)如下。

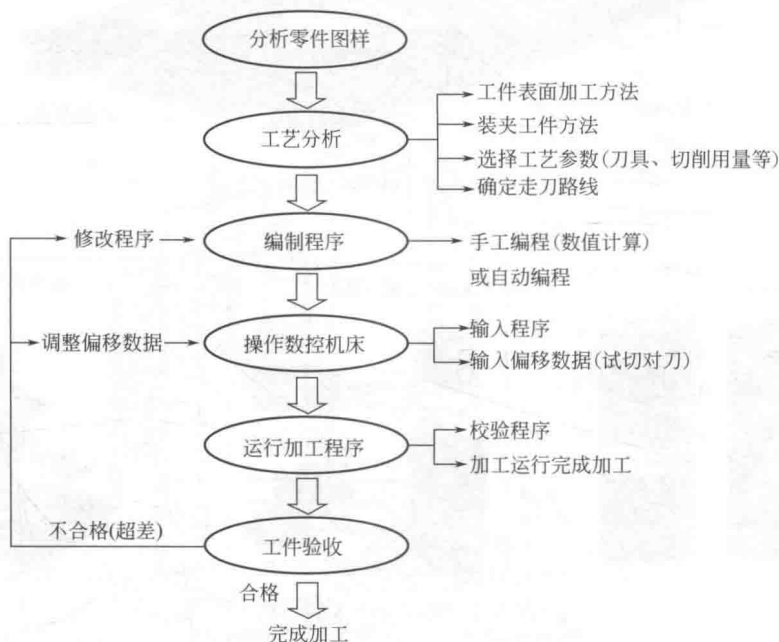


图 1-4 数控机床加工零件过程

#### (1) 分析零件图样

数控加工前,应认真分析零件图样,注意以下几点。

① 明确加工任务。确认零件的几何形状、尺寸和技术要求,本工序加工范围和对加工质量的要求。

② 审查零件图样的尺寸、公差和技术要求等是否完整。零件设计图样中几何要素的定位尺寸应尽量选同一表面,在加工中可以避免基准不重合误差的影响,容易保证几何要素的位置尺寸。例如图 1-5 所示零件图样,零件的 A、B 两面均为孔系的设计基准,加工孔时如采用 A 面定位,而“ $\phi 50H7$ ”孔和两个“ $\phi 30H7$ ”孔取 B 面为设计基准,定位基准与设计基准不重合,欲保证“ $70 \pm 0.08$ ”和“ $110 \pm 0.05$ ”尺寸,则受到上道工序“ $240 \pm 0.1$ ”尺寸误差的影响,为保证精度需要压缩“240”尺寸的公差,致使增加了加工难度和成本。如果改为图 1-6 所示标注孔位置的设计尺寸,各孔位置的设计尺寸都以 A 面为基准,加工孔的定位基准取 A 面,可使定位基准与设计基准重合,各孔的设计尺寸都直接由加工误差保证,避免基准不重合误差影响。

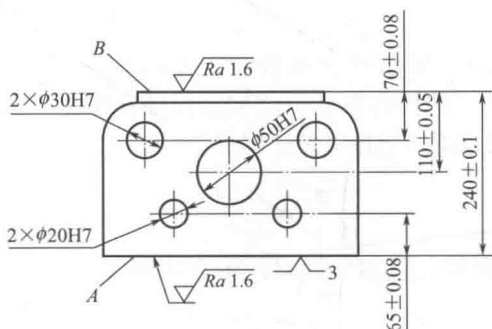


图 1-5 设计图中孔定位尺寸不统一

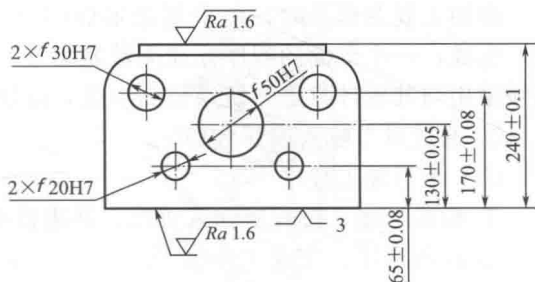


图 1-6 修改后孔定位尺寸统一

③ 分析零件的技术要求是否合理。根据零件在产品中的功能，分析各项几何粗糙度和技术要求是否合理；考虑加工能否保证其粗糙度和技术要求；选择何种加工方法。

## (2) 工艺分析

对工件工艺分析，确定数控加工的内容和走刀路线。

- ① 确定工件的加工表面。
- ② 工件在机床上装夹工件的方法。
- ③ 每一切削过程中的走刀路线。
- ④ 选择切削刀具和切削用量。

## (3) 编制程序

根据走刀路线、工艺参数及刀具等数据，按所用数控系统的指令代码和程序段格式，编写零件加工程序。手工编程需要通过数值计算求出编程用的尺寸值。数值计算主要包括数值换算，基点、节点计算，详述如下。

① 标注尺寸换算。当零件标注尺寸与编程尺寸不一致时，经过运算求解编程尺寸。

② 基点计算。基点是指构成工件轮廓的不同几何要素之间交点或切点，如直线与直线的交点、直线与圆弧的交点或切点、圆弧与圆弧的交点或切点等。例如图 1-7 所示凸轮，图中 A、B、C、D 点是凸轮的基点。基点计算相对方便，建立坐标系后，可用几何方法计算出。也可以借助 CAD/CAM 软件，画出工件的几何图形，通过软件查询功能，查出所需的基点坐标，如图 1-7 所示凸轮，用 CAD 软件 1:1 画出凸轮图形，在图上可查询基点坐标：A (X0, Y75)，B (X0, Y-30)，C (X-7.5, Y29.407)，D (X0, Y38.73)。

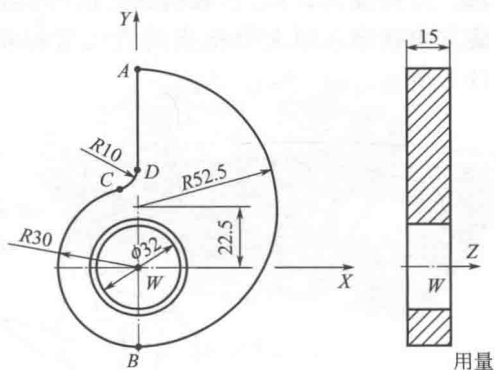


图 1-7 变速凸轮基点

③ 节点计算。一般数控系统只具备直线和圆弧插补功能，对椭圆线、抛物线复杂曲线只能用直线或圆弧逼近，具体方法是把复杂轮廓曲线按允许误差分割成若干小段，再用直线或圆弧逼近这些小段，逼近线段的交点称为节点。节点越密，轮廓曲线的逼近程度越高。人工计算节点很繁琐，宜采用自动编程。

## (4) 操作数控机床

- ① 装夹工件、刀具，检查、启动机床。
- ② 输入加工程序。可以操作数控系统键盘输入加工程序，也有可以采用程序介质 (U

盘等)输入、计算机通信输入等。

在加工复杂形面时,由于复杂形面的加工程序一般由自动编程(在CAD/CAM软件上)生成,一个形面的程序往往需数兆字节(Byte)的储存空间,用软盘传递程序不可能。必须采用与其他计算机系统通信的功能,以便直接接收CAD/CAM程序。

③ 通过对刀输入偏移数据。

(5) 运行加工程序

① 检验程序,将程序输入机床,并进行图形模拟、试运行等验证编程正确与否。

② 运行程序,完成工件加工。

(6) 工件验收

经检验合格工件进入下一道工序。如果工件超差,分析原因,对症采取措施,如改进工艺、调整偏移参数(刀具补偿等)、修改程序等。

## 1.1.5 数控机床坐标系规定

数控机床控制刀具运动,需要明确刀具运动方向,刀具运动方向就是数控机床坐标系的方向。数控机床坐标系和方向的规定已标准化。基本规定如下。

(1) 刀具相对工件运动的原则

数控机床上实体的进给运动,有采用刀具运动,也有采用工件运动,标准规定数控机床的坐标系是刀具相对工件运动,即工件静止,刀具相对工件运动,刀具远离工件方向为坐标轴正向。由于规定工件是静止的,数控程序中记录的走刀路线是刀具运动的路线,加工程序中编写的是刀具相对工件的运动轨迹。

(2) 数控机床坐标系

数控机床刀具直线运动的坐标轴用字母 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 表示,三轴关系遵循右手法则规定,即伸出右手,大拇指所指为 $X$ 轴,食指所指为 $Y$ 轴,中指所指为 $Z$ 轴,如图1-8(a)所示。刀具绕 $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 轴的旋转运动坐标轴分别用 $A$ 、 $B$ 、 $C$ 表示,其旋转的正向按右手螺旋方向确定,即大拇指指向直线坐标轴正向,其余四指指向为旋转运动正向,如图1-8(b)所示。

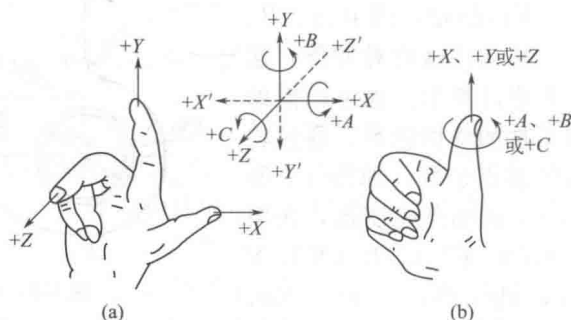


图 1-8 数控机床的坐标系

(3) 机床坐标轴的规定

机床坐标系的坐标轴与机床导轨平行。判断机床坐标轴的顺序是首先定 $Z$ 轴,然后定 $X$ 轴,最后根据右手法则定 $Y$ 轴。

①  $Z$ 轴。数控机床的 $Z$ 轴为平行机床的主轴方向,刀具远离工件的方向为 $Z$ 轴正向;对于镗铣类机床,机床主运动是刀具回转,钻入工件方向为 $Z$ 轴的负方向,退出工件的方向为 $Z$ 轴的正方向,如图1-9、图1-10所示。

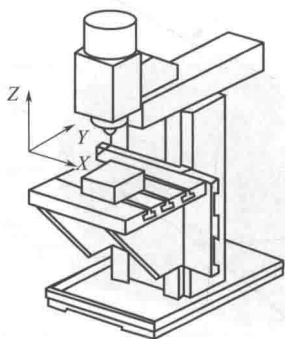


图 1-9 立式铣床坐标系

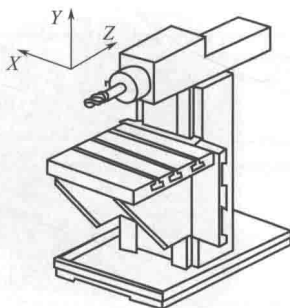


图 1-10 卧式铣床坐标系

②  $X$  轴。 $X$  轴一般是水平地平行于工件装夹面，对于立式数控镗铣床（ $Z$  轴是垂直的），从主轴向立柱的方向看，右侧为  $X$  轴正向，如图 1-9 所示；对于卧式镗铣床（ $Z$  轴是水平的），沿刀具主轴后端向工件看，右侧为  $X$  轴正向，如图 1-10 所示。

③  $Y$  轴。根据  $X$  和  $Z$  轴，按右手法则（图 1-8）确定  $Y$  轴的正方向。

④  $A$ 、 $B$ 、 $C$  坐标轴。 $A$ 、 $B$ 、 $C$  是旋转坐标轴，其旋转轴线分别平行于  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  坐标轴，旋转运动正向，按右手螺旋法则确定。

⑤ 工件运动时坐标轴的符号。如果数控机床实体上刀具不运动，而是工件运动，这时在机床上表示工件运动的坐标轴在相应的坐标轴字母上加撇表示，即  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$ 、 $A$ 、 $B$ 、 $C$  轴分别表示为  $X'$ 、 $Y'$ 、 $Z'$ 、 $A'$ 、 $B'$ 、 $C'$  等，即带撇字母表示的工件运动，如图 1-1 中的  $X'$ 、 $Y'$  轴，以及图 1-2 中的  $X'$ 、 $Z'$  和  $B'$  轴。工件运动的正向与刀具运动坐标轴的正向相反。

### 1.1.6 数控镗铣床、加工中心坐标系

#### (1) 立式加工中心和立式数控铣床

立式三轴加工中心如图 1-1 所示。该机床可以控制三个方向的直线运动，其中  $X$  轴、 $Y$  轴方向由工件（工作台）运动完成，坐标轴用符号  $X'$ 、 $Y'$  表示。 $Z$  轴方向是刀具（主轴）运动，坐标轴符号用  $Z$  表示。

#### (2) 数控回转工作台

数控回转工作台是数控镗铣床和加工中心的附件，由数控程序控制回转运动。立式数控回转工作台结构如图 1-11 所示，用于机床运动的第 4 轴（旋转轴），或直接作为机床的工作台使用。转台在主机相关控制系统控制下，可实现等分和不等分的孔、槽或者连续特殊曲面的加工。

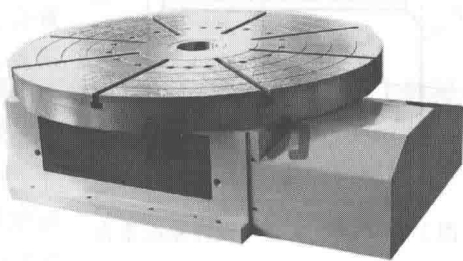


图 1-11 立式数控回转工作台

卧式回转工作台如图 1-12 (a) 所示，回转轴以水平方式安装于主机工作台上，用作机床运动的第 4 轴（旋转轴）。回转工作台上可安装板、盘或其他形状比较复杂的工件，也可利用与之配套的尾座安装轴类加工零件。数控回转尾座是数控回转工作台配套附件，如图 1-12 (b) 所示。

#### (3) 卧式加工中心

装备回转工作台的卧式四轴数控加工中心如图 1-2 所示，该机床可以控制三个直线运动和一个旋转运动，其中直线运动  $X$  轴、 $Z$  轴和旋转运动  $B$  轴由工件（工作台）运动完成，所以坐标轴用符号  $X'$ 、 $Z'$  和  $B'$  表示。 $Y$  轴直线运动是刀具（主轴）移动，坐标轴符号用  $Y$  表示。