

图解·一学就会系列

# 数控车床 加工编程与 操作 **图解**

陈为国 陈昊 编著

第2版



微  
智  
造

机械人APP



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

图解·一学就会系列

# 数控车床加工编程与操作图解

第2版

陈为国 陈 昊 编 著



机械工业出版社

本书以 FANUC 0i mate-TC 数控车削系统为对象,以数控车削加工为目标,以图解形式为表现手法,介绍了数控车削加工的手工编程、加工工艺及自动编程等基本理论,并详细介绍了数控车床的操作方法。最后还提供了数控车削操作示例供实际练习与应用。

书中的操作画面与实际的数控系统画面完全一致,读者按照书中的操作图解提示,结合数控机床及其数控系统,可一步一步地进行练习,快速掌握数控车床的操作。对于有一定基础的读者,可直接学习第4章和第5章的内容,迅速提高数控车削编程与操作水平。

本书适合从事数控工作的技术人员学习,也可作为应用型本科、高等职业技术学院数控技术专业学生参考。

## 图书在版编目(CIP)数据

数控车床加工编程与操作图解/陈为国,陈昊编著. —2版.

—北京:机械工业出版社,2016.12

(图解·一学就会系列)

ISBN 978-7-111-55531-5

I. ①数… II. ①陈… ②陈… III. ①数控机床—车床—程序设计—图解  
②数控机床—车床—操作—图解 IV. ①TG519.1-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第287365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

责任校对:张薇 封面设计:路恩中

责任印制:李飞

北京玥实印刷有限公司印刷

2017年3月第2版第1次印刷

184mm×260mm·21.75印张·529千字

0 001—2500册

标准书号:ISBN 978-7-111-55531-5

定价:69.00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

服务咨询热线:010-88361066

读者购书热线:010-68326294

010-88379203

封面防伪标均为盗版

网络服务

机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

# 前 言

本书第1版出版近5年，获得了很好的社会效益，对推广和普及数控加工技术起到了较好的效果，但在使用中也发现了一些问题与不足。针对这种情况，现修订出版第2版。

本书在保持第1版结构体系与图解风格的基础上，对其部分内容与章节做了修订，主要修订思想包括对书中涉及的国家标准内容，参照最新标准进行了修订；对于涉及自动编程部分的软件内容，按更新版本进行修订

本书以图解手法表现数控车削加工编程与数控车床操作技术，全书共分5章。

第1章数控车床基础知识，介绍了学习数控车削加工必需的数控车床基础知识与数控车削编程指令的基础知识，重点修订了固定循环指令G71和G72的内容，并根据数控加工的特性修订了部分插图表述。这一章是学习数控车削加工的必备基础。

第2章数控车削的加工工艺，介绍了数控车削加工工艺与刀具方面的知识，基于最新标准GB/T24740—2009修改了数控加工常用定位支承与夹紧符号以及常见装置符号部分内容。

第3章数控车床的基本操作，详细介绍了FANUC 0i mate-TC数控系统及其数控车床的操作方法，所有涉及的操作画面均来自于数控系统的画面“截屏”，操作画面与数控车床的数控系统完全一致。本章主要修订了第1版中的不足与错误部分，并对部分插图进行了更新。

第4章计算机辅助编程（CAM）基础。学习数控加工技术的人都知道，手工编程是学习数控加工的基础，一定必须掌握，而自动编程是数控加工实际应用的主要手段，学好自动编程是解决设计问题的可靠保证。本章由原来基于Mastercam X4版的内容更新为Mastercam X9版，并对其内容进行了修订，以更好地满足读者的需要。

第5章数控车床的典型操作示例分析，以作者最近几年的学习与教学体会，更新了部分操作示例，供读者检查自身的学习水平。

本书适合从事数控工作的技术人员学习，也可作为应用型本科、高等职业技术学院数控技术专业学生参考。图解的编排风格非常适合实际生产现场的学习，使读者实现“一书在手，一学就会”。

本书在编写过程中得到了南昌航空大学科技处、教务处和航空制造工程学院等部门领导的关心和支持，得到了航空制造工程学院数控技术实验室和工程训练中心数控教学部等部门相关老师的指导与帮助，在此表示衷心的感谢。

此次修订，虽然作者认真努力，但是限于水平，书中仍然不可避免地存在错误和不足之处，敬请读者和同仁提出宝贵意见。

编 者  
2017 年

# 目 录

## 前言

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 第 1 章 数控车床基础知识 .....                 | 1  |
| 1.1 数控车床的结构、组成与工作原理 .....            | 1  |
| 1.1.1 数控车床的分类 .....                  | 2  |
| 1.1.2 数控车床的结构与组成 .....               | 3  |
| 1.1.3 数控车床的工作原理 .....                | 7  |
| 1.2 数控车削刀具工作部分结构分析 .....             | 8  |
| 1.2.1 数控车削刀具工作部分的<br>基本概念与结构 .....   | 8  |
| 1.2.2 典型车削刀具工作部分的<br>标注角度及结构分析 ..... | 12 |
| 1.2.3 车削加工切削层参数 .....                | 13 |
| 1.3 数控车床的坐标轴与坐标系 .....               | 14 |
| 1.3.1 机床坐标系的标准规定 .....               | 14 |
| 1.3.2 坐标轴及其方向 .....                  | 15 |
| 1.3.3 机床参考点与坐标系 .....                | 15 |
| 1.3.4 工件坐标系 .....                    | 17 |
| 1.4 FANUC 0i mate-TC 数控系统指令 .....    | 17 |
| 1.4.1 G 指令 .....                     | 18 |
| 1.4.2 M 指令 .....                     | 20 |
| 1.4.3 T 指令 .....                     | 21 |
| 1.4.4 S 指令 .....                     | 21 |
| 1.5 数控车削加工程序的结构图解<br>与构成分析 .....     | 22 |
| 1.5.1 数控车削加工程序的格式分析 .....            | 22 |
| 1.5.2 数控车削加工程序段的一般格式 .....           | 22 |
| 1.6 数控车削基本编程指令图解与分析 .....            | 23 |
| 1.6.1 坐标系指令 .....                    | 23 |
| 1.6.2 坐标值与尺寸 .....                   | 26 |
| 1.6.3 插补功能指令 .....                   | 27 |
| 1.6.4 进给功能 .....                     | 33 |
| 1.6.5 主轴速度功能指令 .....                 | 35 |

|                                         |    |
|-----------------------------------------|----|
| 1.6.6 参考点指令 .....                       | 36 |
| 1.6.7 刀具偏置(补偿) .....                    | 37 |
| 1.6.8 刀尖圆弧半径补偿指令<br>(G41/G42/G40) ..... | 41 |
| 1.6.9 子程序及子程序调用指令<br>(M98/M99) .....    | 46 |
| 1.6.10 跳过任选程序段 .....                    | 47 |
| 1.7 数控车削固定循环指令图解与分析 .....               | 48 |
| 1.7.1 简单固定循环指令 .....                    | 48 |
| 1.7.2 复合固定循环指令 .....                    | 54 |
| 第 2 章 数控车削的加工工艺 .....                   | 66 |
| 2.1 加工顺序的分析与确定 .....                    | 66 |
| 2.1.1 数控车削的特点 .....                     | 66 |
| 2.1.2 加工方案的分析与确定 .....                  | 66 |
| 2.1.3 工序划分的原则与方法 .....                  | 67 |
| 2.1.4 工序划分的注意事项 .....                   | 68 |
| 2.2 加工路线的分析与确定 .....                    | 68 |
| 2.2.1 加工路径的划分原则 .....                   | 68 |
| 2.2.2 加工路径的划分图例 .....                   | 69 |
| 2.3 工件的装夹方式分析与确定 .....                  | 72 |
| 2.4 数控车削刀具的结构分析与选择 .....                | 76 |
| 2.4.1 车床刀具的结构类型 .....                   | 76 |
| 2.4.2 机夹可转位车刀 .....                     | 77 |
| 2.4.3 可转位刀片型号表示规则 .....                 | 80 |
| 2.4.4 机夹式车刀的结构类型和特点 .....               | 80 |
| 2.5 数控车削切削用量的选择 .....                   | 84 |
| 第 3 章 数控车床的基本操作 .....                   | 88 |
| 3.1 机床数控系统操作面板的组成 .....                 | 88 |
| 3.2 CKA6150 型卧式数控车床<br>操作面板 .....       | 92 |

|                                 |     |                                     |     |
|---------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|
| 3.3 数控车床的基本操作 .....             | 96  | 3.8.5 MDI 操作的程序画面 .....             | 157 |
| 3.3.1 开机与关机 .....               | 96  | 3.9 EDIT 方式下按功能键 <b>PROG</b>        |     |
| 3.3.2 手动返回参考点 .....             | 96  | 显示的畫面 .....                         | 157 |
| 3.3.3 手动进给、增量进给与                |     | 3.9.1 显示使用的内存和程序清单 .....            | 157 |
| 手轮操作 .....                      | 97  | 3.9.2 显示指定组的程序清单 .....              | 158 |
| 3.3.4 机床的急停与超程处理 .....          | 100 | 3.10 功能键 <b>OFS/SET</b> 显示的畫面 ..... | 160 |
| 3.3.5 数控车床的手动选刀与                |     | 3.10.1 刀具偏置量的显示与设定 .....            | 160 |
| 主轴手动起动 .....                    | 101 | 3.10.2 工件坐标系的显示与设定 .....            | 170 |
| 3.4 数控车床的运行方式 .....             | 102 | 3.10.3 显示和输入设定数据 .....              | 174 |
| 3.4.1 存储器运行 .....               | 102 | 3.10.4 顺序号的比较和停止 .....              | 176 |
| 3.4.2 MDI 运行 .....              | 104 | 3.11 功能键 <b>SYSTEM</b> 显示的畫面 .....  | 177 |
| 3.4.3 DNC 运行 .....              | 105 | 3.11.1 系统参数的显示与设定 .....             | 177 |
| 3.4.4 存储卡 (CF 卡) DNC 运行 .....   | 106 | 3.11.2 显示和设定螺距误差                    |     |
| 3.5 程序的试运行 .....                | 108 | 补偿数据 .....                          | 180 |
| 3.5.1 机床锁住运行 .....              | 108 | 3.12 功能键 <b>MESSAGE</b> 显示的畫面 ..... | 182 |
| 3.5.2 机床空运行 .....               | 109 | 3.12.1 外部操作信息履历显示 .....             | 182 |
| 3.5.3 程序单段运行 .....              | 109 | 3.12.2 报警信息的显示 .....                | 183 |
| 3.5.4 进给速度与快速移动速度               |     | 3.12.3 报警履历的显示 .....                | 184 |
| 倍率调整 .....                      | 110 | 3.13 功能键 <b>CSTM/GR</b> 及图形         |     |
| 3.5.5 程序的跳选与选择停 .....           | 111 | 显示功能 .....                          | 185 |
| 3.6 数控程序的输入与输出 .....            | 113 | 3.13.1 图形显示的基本知识 .....              | 185 |
| 3.6.1 数控程序的输入与输出方法 .....        | 113 | 3.13.2 图形显示的操作步骤 .....              | 187 |
| 3.6.2 数控程序的检索、建立与删除 .....       | 114 | 3.13.3 图形显示的缩放操作 .....              | 188 |
| 3.6.3 数控程序的输入 .....             | 119 | 3.14 帮助键 <b>HELP</b> 及其显示画面 .....   | 189 |
| 3.6.4 数控程序的编辑 .....             | 120 | 3.14.1 概述及帮助功能组织结构 .....            | 189 |
| 3.6.5 数控程序的编辑功能扩展 .....         | 128 | 3.14.2 报警的详细信息查询 .....              | 190 |
| 3.6.6 程序的后台编辑 .....             | 140 | 3.14.3 操作方法的查询 .....                | 192 |
| 3.6.7 RS232 通信传输程序输入 .....      | 142 | 3.14.4 参数表查询 .....                  | 193 |
| 3.6.8 存储卡程序传输输入 .....           | 143 | 3.15 清屏功能 .....                     | 194 |
| 3.7 功能键 <b>POS</b> 显示的畫面 .....  | 145 | 第 4 章 计算机辅助编程 (CAM) 基础 .....        | 195 |
| 3.7.1 绝对坐标位置显示 .....            | 146 | 4.1 Mastercam 功能简介 .....            | 195 |
| 3.7.2 相对坐标位置显示 .....            | 148 | 4.2 Mastercam 数控车削编程流程 .....        | 216 |
| 3.7.3 综合位置坐标显示 .....            | 150 | 4.2.1 编程的一般流程 .....                 | 216 |
| 3.7.4 功能键 <b>POS</b> 显示画面的      |     | 4.2.2 编程举例 .....                    | 217 |
| 其他功能 .....                      | 152 | 4.3 Mastercam 数控车削编程方法 .....        | 221 |
| 3.8 功能键 <b>PROG</b> 显示的畫面 ..... | 153 | 4.3.1 基本参数的设置与操作 .....              | 221 |
| 3.8.1 程序内容显示画面 .....            | 153 | 4.3.2 Mastercam 数控车削编程              |     |
| 3.8.2 程序检查画面 .....              | 154 | ——粗车编程 .....                        | 227 |
| 3.8.3 当前程序段显示画面 .....           | 155 | 4.3.3 Mastercam 数控车削编程              |     |
| 3.8.4 下一个程序段显示画面 .....          | 156 | ——精车编程 .....                        | 230 |

|                              |                                      |     |                   |                                       |            |
|------------------------------|--------------------------------------|-----|-------------------|---------------------------------------|------------|
| 4.3.4                        | Mastercam 数控车削编程<br>——沟槽车削编程.....    | 232 |                   | 数据设定 .....                            | 291        |
| 4.3.5                        | Mastercam 数控车削编程<br>——车端面编程.....     | 241 | 5.2.4             | 刀具偏置功能对工件加工尺寸<br>的调整与控制 .....         | 297        |
| 4.3.6                        | Mastercam 数控车削编程<br>——车螺纹编程.....     | 243 | 5.2.5             | 刀具偏置补偿使用时的注意<br>事项 .....              | 306        |
| 4.3.7                        | Mastercam 数控车削编程<br>——切断编程.....      | 250 | 5.2.6             | 多刀加工实训 .....                          | 307        |
| 4.3.8                        | Mastercam 数控车削其他<br>编程方法分析 .....     | 253 | 5.3               | 数控程序的手工输入与存储器<br>运行 .....             | 310        |
| 4.3.9                        | Mastercam 数控车削编程<br>——综合编程练习示例.....  | 260 | 5.3.1             | 程序的手工输入与存储器<br>运行基础 .....             | 310        |
| 4.4                          | Mastercam 软件自动生成程序<br>的结构分析与修改 ..... | 261 | 5.3.2             | 固定循环指令的程序示例 .....                     | 313        |
| <b>第5章 数控车床的典型操作示例分析 270</b> |                                      |     | 5.4               | 数控车床的程序传输与 DNC (计算<br>机辅助编程及应用) ..... | 325        |
| 5.1                          | 数控车削加工工件坐标系的<br>设定方法 .....           | 270 | 5.4.1             | RS232 通信参数的设定.....                    | 325        |
| 5.1.1                        | 工件坐标系设定方法回顾 .....                    | 270 | 5.4.2             | RS232 通信口数控程序传输<br>与试运行 .....         | 328        |
| 5.1.2                        | 工件坐标系设定示例 .....                      | 270 | 5.4.3             | 存储卡通信参数的设定及其<br>程序的传输和试运行 .....       | 330        |
| 5.1.3                        | 工件坐标系设定综合实训 .....                    | 275 | 5.4.4             | CF 卡的 DNC 加工示例 .....                  | 332        |
| 5.2                          | 刀具指令及刀具偏置程序示例.....                   | 275 | 5.5               | 计算机辅助编程与加工示例.....                     | 333        |
| 5.2.1                        | 几何偏置对刀程序示例与分析 .....                  | 276 | 5.5.1             | 计算机辅助编程与程序修改.....                     | 333        |
| 5.2.2                        | 标准刀对刀程序示例与分析 .....                   | 283 | 5.5.2             | 计算机辅助编程与存储卡 DNC<br>加工实训 .....         | 338        |
| 5.2.3                        | 刀尖圆弧半径补偿分析与                          |     | <b>参考文献 .....</b> |                                       | <b>339</b> |

## 第1章 数控车床基础知识

>>>

数控机床是指采用数控技术进行控制的机床。

NC 指的是英文 Numerical Control 的缩写，其直译为数控，但也可广义地理解为数控技术。NC 是数控技术刚出现时给出的定义，现在一般将其指定为早期的以硬件逻辑电路构成的数控系统时代的数控技术。

CNC 指的是英文 Computer Numerical Control 的缩写，直译为计算机数控技术。随着计算机技术的发展，近年来的数控系统几乎均是采用软件程序代替硬件逻辑电路构成的数控系统，即 CNC 系统。

如果粗略来理解，NC 和 CNC 的含义基本相同。

### 1.1 数控车床的结构、组成与工作原理

数控车床是数控机床家族中重要的金属切削机床之一，广泛用于回转体类零件的加工，包括外圆、内孔、端面、切断、切槽、钻中心孔、铰孔、镗孔、车螺纹、车锥面、车型面、滚花、攻螺纹等。图 1-1 所示为部分典型车削加工示意图。

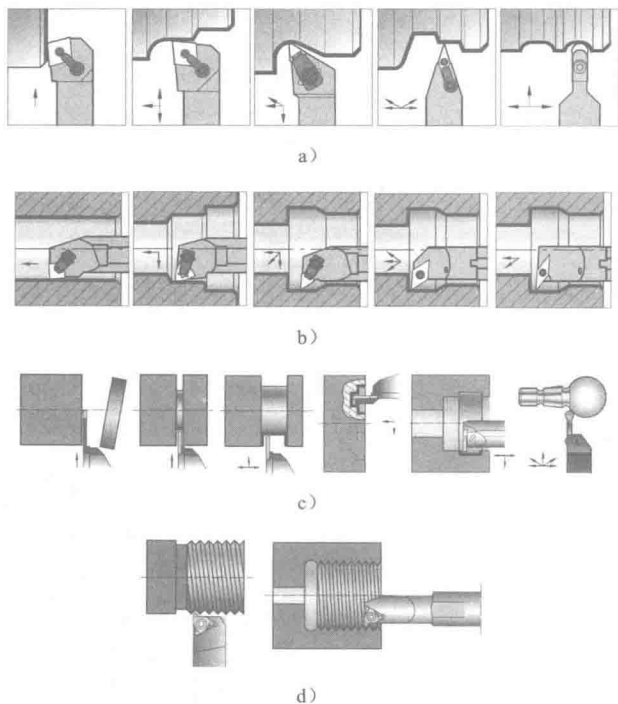


图 1-1 部分典型车削加工示例

a) 端面与外圆车加工 b) 内孔车加工 c) 切断与切槽车加工 d) 外、内螺纹车加工



## 1.1.1 数控车床的分类

数控车床种类繁多，规格不一。其分类方法主要有以下几种。

### 1. 按车床主轴位置分类

(1) 卧式数控车床 其主轴轴线水平布置，分为平床身和斜床身两种，如图 1-2 所示。

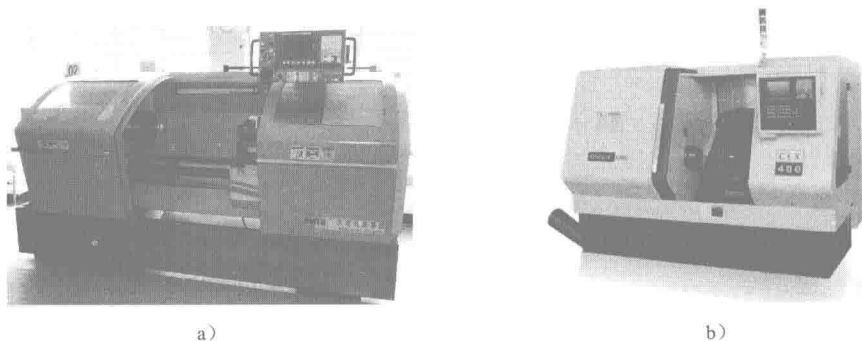


图 1-2 卧式数控车床

a) 平床身 b) 斜床身

(2) 立式数控车床 其主轴轴线垂直布置，如图 1-3 所示。主轴端面有一个很大的圆形工作台用于装夹工件，主要用于加工尺寸或重量较大、长径比较小的零件。

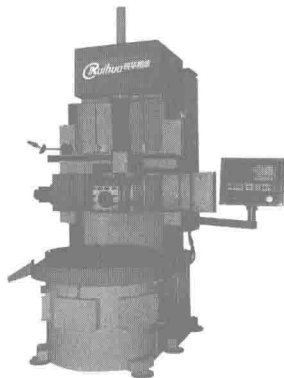


图 1-3 立式数控车床

### 2. 按车床的功能分类

(1) 经济型数控车床 又称简易型数控车床，一般指对普通车床通过数控化改造后的车床，其进给控制一般采用步进电动机驱动的开环伺服控制方式，数控系统多采用单片机为主体构造而成。近年来，这种形式的数控化改造的数控车床已不多见。

(2) 普通型数控车床 是根据车削加工的要求和特点而专门设计的数控车床，其控制系统多选取功能齐备的通用数控系统，进给控制一般选取伺服电动机驱动的闭环或半闭环控制方式，其可完成图 1-1 所示各种表面的加工，并具备主轴无级调速、刀尖圆弧半径补偿、恒线速度控制、固定循环功能、宏程序等先进功能。普通型数控车床一般控制两个坐标轴，即 X 和 Z 轴。

(3) 数控车削中心 数控车削中心的主体仍然是数控车床，但相对于普通型数控车床而言，其增加了C轴和动力刀架，其刀架上的刀位数量也更多，甚至还带有刀库和机械手等。数控车削中心控制的坐标轴一般为三轴，包括X、Z和C轴。其加工功能大大增强，除可进行车削加工外，还可以进行径向和轴向铣削、曲面铣削、中心线不在零件回转中心的孔和径向孔的钻削等加工。数控车削中心一般均采取斜床身结构，图1-4为数控车削中心加工案例。

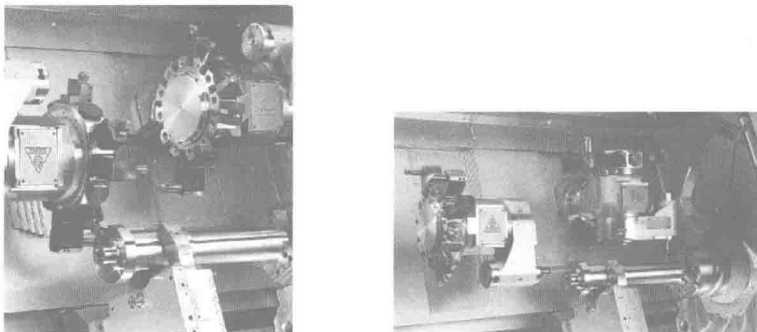


图 1-4 数控车削中心加工案例

### 3. 其他形式的数控车床

除了上面常见的数控车床外，还有一些其他形式的数控车床，如双刀架数控车床、双主轴数控车床等。此外，还有按特殊要求或专门工艺设计的数控车床，如螺纹数控车床、活塞数控车床、曲轴数控车床等。

## 1.1.2 数控车床的结构与组成

数控车床与普通车床相比，在结构上仍然具有主轴箱、刀架、进给传动系统、床身、冷却系统、润滑系统和液压系统等，并增加了数控系统（CNC）。

### 1. 数控车床的组成

数控车床是指采用数控技术进行控制的车床，数控车床包括数控系统与机床本体两大部分，如图1-5所示。

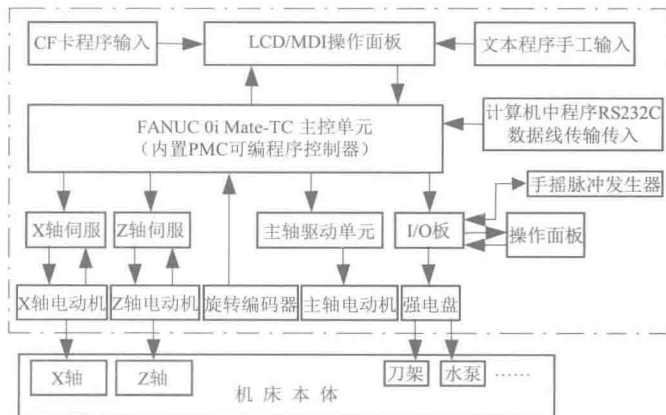


图 1-5 数控机床的组成

FANUC 0i 系列数控系统主控单元中内置了 PMC（可编程序控制器），程序的输入方法有三种——手工键盘输入、CF 卡复制输入和数据线传输输入，主轴驱动有伺服驱动与变频器驱动两种，主轴电动机联动一个旋转编码器反馈给主控单元，进给轴的反馈有半闭环与闭环两种，PMC 主要用于机床上开关量的控制。

2. 数控机床的结构

图 1-2a 所示是大连机床厂生产的 CKA6150 型数控车床，该数控车床为两坐标连续控制的卧式车床，选配了典型的 FANUC 0i 数控系统（根据用户的要求也可选用其他数控系统）。该机床的纵（Z）、横（X）向运动轴采用伺服电动机驱动、精密滚珠丝杠副和高刚性精密复合轴承传动，以及高分辨率位置检测元件（脉冲编码器）构成半闭环 CNC 控制系统。导轨副采用国际流行的高频淬火（硬轨）加“贴塑”工艺，各运动轴响应快、精度高、寿命长。主轴转速控制可采用手动换档变频型（手动三档，档内无级调速）及自动换档变频型（自动三档，档内无级调速）。配有集中润滑器对滚珠丝杠及导轨结合面进行强制自动润滑。采用内喷淋式不抬起刀架冷却，更有利于提高工件表面质量及防止切削液飞溅。机床标准配置采用立式四工位刀塔。可根据要求配置手动、气动、液压卡盘或手动、气动、液压尾座等。其主要技术参数和系统功能见表 1-1。

表 1-1 CKA6150 型数控车床的主要技术参数

|               |                                                                                                                    |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 最大工件回转直径      | 500 mm                                                                                                             |
| 最大工件长度        | 750 mm/1000 mm/1500 mm/2000 mm                                                                                     |
| 主轴通孔直径        | 48 mm                                                                                                              |
| 主轴转速范围        | 手动三档变频型（手动换档或档内无级变速），7~2200 r/min（低档：7~135 r/min；中档：30~550 r/min；高档：110~2200 r/min）                                |
| X 向（横向）快速移动速度 | 6000 mm/min                                                                                                        |
| Z 向（纵向）快速移动速度 | 10000 mm/min                                                                                                       |
| 切削进给范围        | 0.01~500 mm/r                                                                                                      |
| 自动回转刀架工位数     | 4/6（可选）                                                                                                            |
| 定位精度          | 横向（X）0.03 mm；纵向（Z）0.04 mm                                                                                          |
| 重复定位精度        | 横向（X）0.012 mm；纵向（Z）0.016 mm                                                                                        |
| 工件加工精度        | IT6~IT7                                                                                                            |
| 工件表面粗糙度       | Ra1.6μm                                                                                                            |
| 主电机功率         | 6.5kW                                                                                                              |
| 机床外形尺寸（长×宽×高） | 2580mm×1750mm×1620mm（750 型），2830mm×1750mm×1620mm（1000 型），3330mm×1750mm×1620mm（1500 型），3830mm×1750mm×1620mm（2000 型） |

数控车床根据床身和导轨的布置形式不同有平床身、斜床身、平床身斜滑块和立床身四种，如图 1-6 所示。

刀架是数控车床的重要组成部分，刀架是用于夹持切削刀具的，因此其结构直接影响机床的切削性能和切削效率。常见的数控车床有四工位刀架、六工位刀架、排式刀架、回转式刀架以及动力刀架等，如图 1-7 所示。

数控车床的主轴有手动有级调速、手动换档无级调速（手动有级换档、档内无级调速）

及无级调速三种形式。手动有级调速一般用于普通车床数控化改造后的经济型数控车床。数控车床的主轴一般设置了一个同步带联结有一个主轴旋转编码器,用于检测主轴的运动信号,一方面可以实现主轴调速的数字反馈,另一方面也可用于进给运动的精确控制,实现车螺纹时主轴转速与刀架移动之间的精确运动关系。数控车床的主轴根据需要可配备液压卡盘,实现自动化程度较高的工件夹紧与松开的动作。

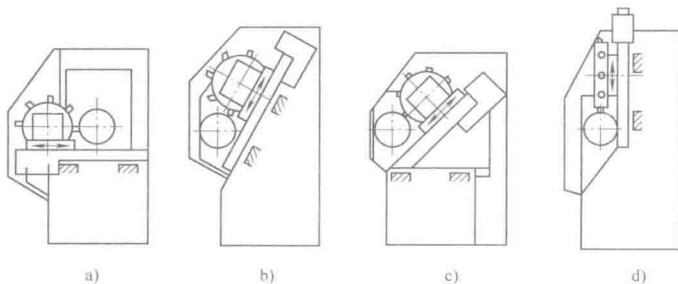
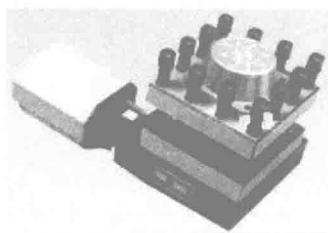
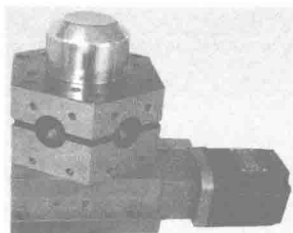


图 1-6 数控车床的布局形式

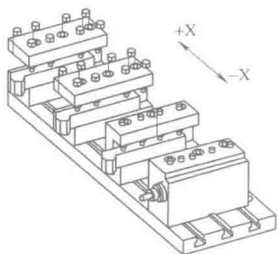
a) 平床身 b) 斜床身 c) 平床身斜滑块 d) 立床身



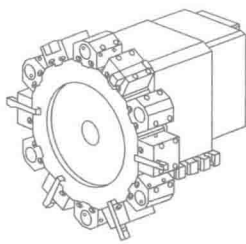
a)



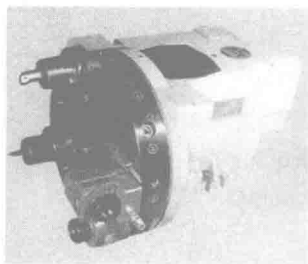
b)



c)



d)



e)



f)

图 1-7 刀架的种类

a) 四工位刀架 b) 六工位刀架 c) 排式刀架 d) 回转式刀架 e、f) 动力刀架

数控车床的进给传动系统是控制 X、Z 坐标轴精确移动的主要组成部分，其与普通车床相比有很大的不同。数控车床的进给系统每一坐标轴有一个伺服电动机为动力，通过高精度的滚珠丝杠—螺母传动副将旋转运动转化为刀架的直线运动。普通型数控车床的进给系统一般采取闭环与半闭环控制方式，如图 1-8 所示。对于采用半闭环控制的进给系统，机床开机启动后必须执行返回坐标参考点操作。

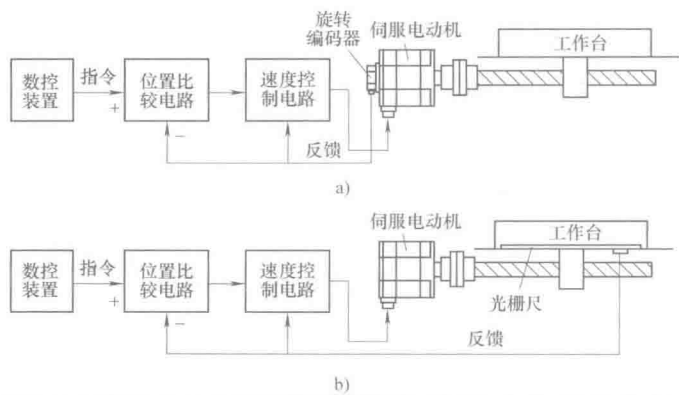


图 1-8 数控车床进给传动控制系统

a) 半闭环控制 b) 闭环控制

数控车床的润滑系统主要包括机床导轨、传动齿轮、滚珠丝杠和主轴箱等的润滑。其润滑形式有电动间歇润滑泵和定量式集中润滑泵润滑等。其中电动间歇润滑泵用得较多，其自动润滑时间和每次泵油量可根据需要进行调整或用参数设定。图 1-9 为机床进给系统常用的润滑泵，对于自动化程度高的数控车床多采用电动润滑泵。

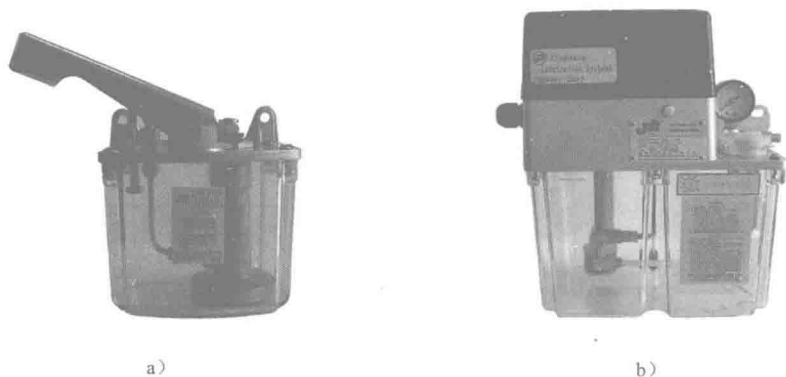


图 1-9 机床进给系统润滑泵

a) 手动型 b) 电动间隙型

排屑系统也是数控车床上常常选配的装置之一。由于在数控机床的切屑中往往混合着切削液，排屑装置应从其中分离出切屑，并将它们送入切屑收集箱内，而切削液则被回收到切削液箱。常见的排屑装置有平板链式、刮板式、螺旋式排屑装置，如图 1-10 所示。

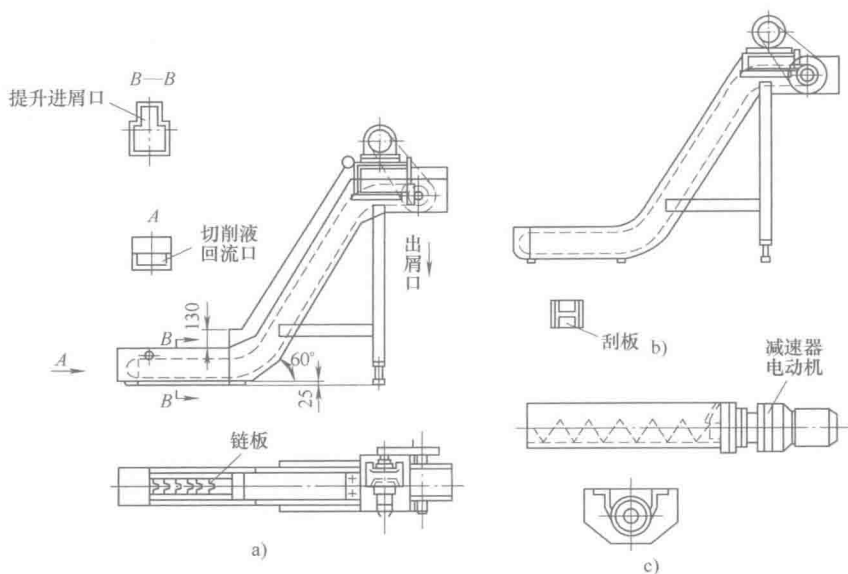


图 1-10 数控车床的排屑装置

a) 平板链式 b) 刮板式 c) 螺旋式

### 1.1.3 数控车床的工作原理

数控车床通过对数控程序的读入与处理，然后驱动主轴旋转、进给轴移动以及切削液的开关等动作，对零件进行预定的加工。数控车床加工的工作流程可用图 1-11 表示。

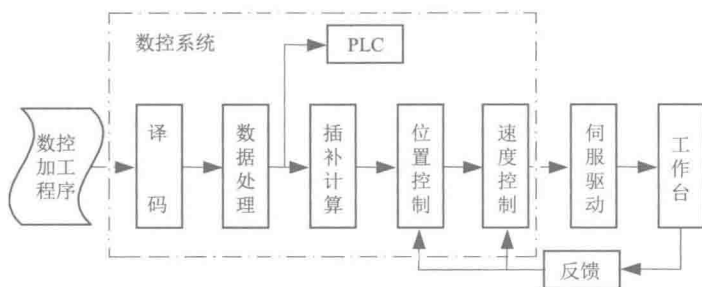


图 1-11 数控机床的工作原理

(1) 加工程序输入 将零件加工程序以及补偿数据等通过键盘输入、通信传输和在线加工等方式输入机床的数控系统中。

(2) 译码 数控系统通过译码程序来识别输入的内容，将加工程序翻译成计算机内部能够识别的信息。

(3) 数据处理 数据处理就是处理译码信息，数控系统的数据处理部分一般设置有若干缓冲区，每读入一个程序段，并对其进行译码处理，将译码处理的数据存入一个缓冲区，同时继续读入下一个程序段，以此类推。译码数据处理包括刀补处理、速度预处理、控制机床顺序逻辑动作的开关量信号等。

(4) PLC 控制 接收数据处理后控制机床顺序逻辑动作开关量信号部分信息，并用于控制各种辅助控制功能（M 功能）、主轴速度控制（S 功能）、选刀功能（T 功能）等。

(5) 插补计算 接收数据处理后控制机床切削运动的信息，并进行插补处理。插补处理是依据插补原理，在给定的走刀轨迹类型（如直线、圆弧）及其特征参数，如直线的起点和终点，圆弧的起点、终点及半径，在起点和终点之间进行数据点的密化处理，并给相应坐标轴的伺服系统进行脉冲分配。密化处理的实质就是采用一小段直线或圆弧去对实际的轮廓曲线进行拟合，以满足加工精度的要求。

(6) 位置控制 对于闭环或半闭环控制系统，需要通过位置控制处理程序来计算理论指令坐标位置与工作台实际坐标位置的偏差，通过偏差信号来对伺服驱动系统进行控制。

(7) 速度控制 同位置控制，对于闭环或半闭环控制系统，需要通过速度控制来控制工作台实际的移动速度。

(8) 伺服驱动 伺服驱动是由伺服驱动电动机和伺服驱动装置组成，它能对数控系统输出的位置和控制信号进行放大处理，并驱动工作台运动，它是数控机床的执行部分。

(9) 反馈装置 反馈装置是闭环或半闭环控制所必需的一部分装置，它能将数控机床工作台的实际位置和移动速度反馈给数控系统，对工作台的位置误差和移动速度的误差进行修正，以实现高精度的控制。

## 1.2 数控车削刀具工作部分结构分析

### 1.2.1 数控车削刀具工作部分的基本概念与结构

#### 1. 车削加工的基本运动和加工表面

以图 1-12 所示的外圆车削为例，工件的旋转运动和刀具的进给运动共同作用完成了外圆的车削加工。

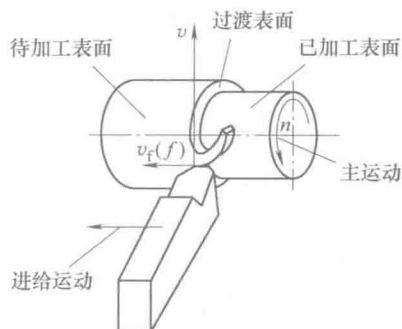


图 1-12 外圆车削运动与切削表面

基本运动：

(1) 主运动 工件旋转运动，是外圆车削的基本运动，其消耗的功率最大。主运动转速用  $n$  表示，单位为  $r/s$  或  $r/min$ ，车削加工常用  $r/min$ 。

(2) 进给运动 刀具的连续移动，是刀具连续去除材料的保证，其消耗的功率远小于主运动。

切削表面：

- (1) 已加工表面 切削后在工件上形成的新表面，加工过程中逐渐扩大。
- (2) 待加工表面 工件上待切除切削层的表面，加工过程中逐渐缩小。
- (3) 过渡表面 切削刃正切削的表面，是已加工表面与待加工表面之间的过渡表面，加工过程中不断变化。

## 2. 切削用量

切削用量是指切削速度、进给速度和背吃刀量三加工参数的总称，所以又称为切削用量三要素，如图 3-13 所示。

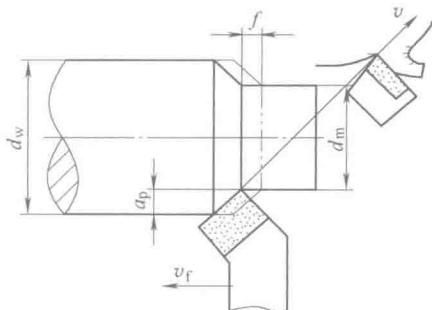


图 1-13 切削用量三要素

- 1) 切削速度是切削刃上选定点的线速度，用  $v_c$  表示，单位为  $\text{m/min}$ 。

$$v_c = \frac{\pi dn}{1000}$$

- 2) 进给速度有分进给 ( $\text{mm/min}$ ) 与转进给 ( $\text{mm/r}$ ) 两种，两者关系为

$$v_f = n f$$

- 3) 已加工表面与待加工表面的垂直距离，用  $a_p$  表示，单位为  $\text{mm}$ 。

$$a_p = \frac{d_w - d_m}{2}$$

## 3. 车刀切削部分的几何要素

所有的车削刀具都是由刀柄（刀体）和刀头（刀齿）组成，如图 4-14 所示。刀柄（刀体）用于夹持刀具，刀头或刀齿构成刀具的切削部分，承担着切削的工作。所谓几何要素即构成几何体的点、线、面。

刀具切削部分的几何要素可归纳为三个刀面、两条切削刃和一个刀尖，具体如下：

- (1) 前面  $A_f$  切屑流出的表面。
- (2) 主后面  $A_a$  与过渡表面相对的表面。
- (3) 副后面  $A'_a$  与已加工表面相对的表面。
- (4) 主切削刃  $S$  前面与主后面的交线。
- (5) 副切削刃  $S'$  前面与副后面的交线。
- (6) 刀尖 主切削刃与副切削刃的交点。



理论上刀尖是一个几何点，实际上刀尖不可能绝对的“尖”。另外，根据切削加工的需要，有时人为将刀尖磨成一定的形状——过渡刃。

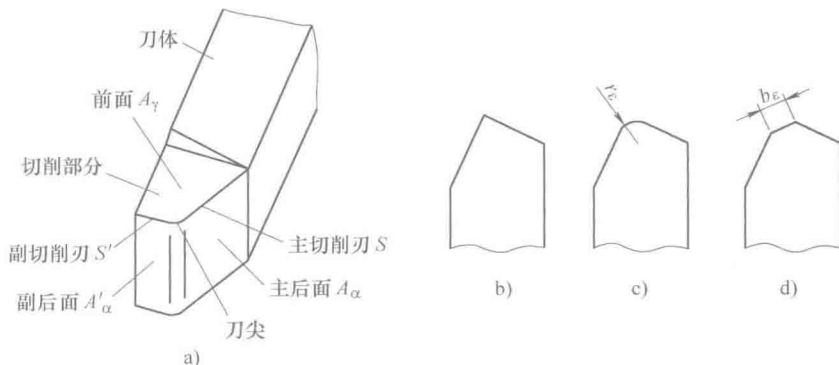


图 1-14 外圆车刀切削部分的几何要素

a) 外圆车刀 b) 理想刀尖 c) 圆弧过渡刃 d) 直线过渡刃

#### 4. 刀具标注角度的参考系

刀具标注角度是刀具设计、制造和刃磨时所必需的刀具几何参数。刀具角度的标注必须在一定的参考坐标系中进行。常用的刀具参考系有正交平面参考系、法平面参考系及背平面和假定工作平面参考系，如图 1-15 所示。

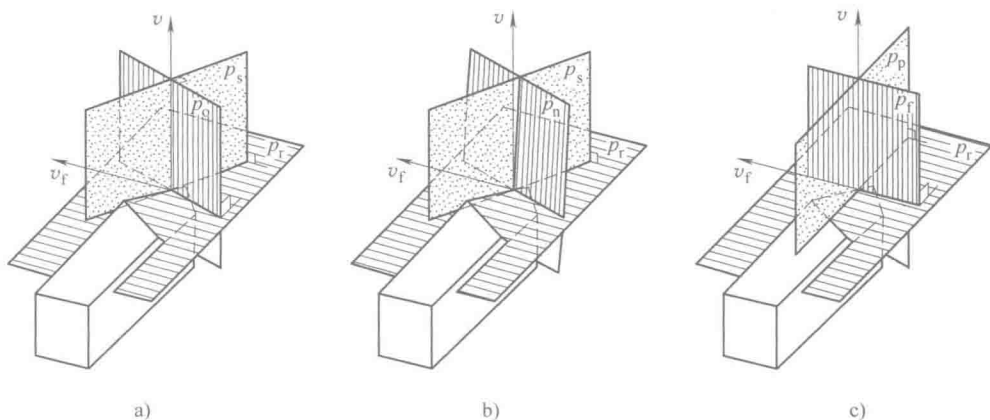


图 1-15 刀具标注角度参考系

a) 正交平面参考系 b) 法平面参考系 c) 背平面、假定工作平面参考系

(1) 刀具标注角度参考系涉及的基准平面 主要有以下五个。

- 1) 基面  $p_r$ ：通过切削刃上的选定点并与该点主运动切削速度  $v_c$  向量垂直的平面。
- 2) 切削平面  $p_s$ ：通过切削刃上的选定点与切削刃相切且垂直于基面的平面。
- 3) 正交平面  $p_o$ ：通过切削刃上的选定点并同时垂直于基面与切削平面的平面。
- 4) 法平面  $p_n$ ：通过切削刃上的选定点并垂直于主切削刃（或切线）的平面。
- 5) 背平面  $p_p$  和假定工作平面  $p_r$ ：背平面是通过切削刃上的选定点，平行于刀杆轴线并垂直于基面的平面；假定工作平面是通过切削刃上的选定点，同时垂直于刀杆轴线和基面的平面。