


数控机床加工实训丛书

# 数控车床

▶ 关颖 主编



 化学工业出版社  
工业装备与信息工程出版中心

数控机床加工实训丛书

# 数控车床

关颖 主编



化学工业出版社  
工业装备与信息工程出版中心

· 北京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目 ( CIP ) 数据

数控车床/关颖主编. —北京: 化学工业出版社, 2005.5

(数控机床加工实训丛书)

ISBN 7-5025-6910-3

I. 数… II. 关… III. 数控机床: 车床  
IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 037116 号

---

数控机床加工实训丛书

**数 控 车 床**

关 颖 主 编

责任编辑: 张兴辉

文字编辑: 廉 静

责任校对: 顾淑云 吴 静

封面设计: 于 兵

\*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行  
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

\*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市前程装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 18 $\frac{1}{2}$  字数 453 千字

2005 年 6 月第 1 版 2005 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6910-3

定 价: 38.00 元

---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

## 《数控机床加工实训丛书》编委会

主任 王 强

副主任 邹 伟 赵福成 郝 博

委员 (按姓氏笔画排序)

王 强 关 颖 孙红雨 李 超

李青石 邹 伟 张晓光 周 玮

赵福成 郝 博 胡育辉 段晓旭

徐 衡 栾 敏 管俊杰 翟 斌

# 序

进入 21 世纪,我国机床制造业既面临着提升机械制造业水平的需求而引发的良机,也遭遇到加入 WTO 后激烈的市场竞争压力。从技术层面上来讲,加速推进数控技术将是解决机床制造业持续发展的一个关键。

装备制造业的技术水平和现代化程度决定着整个国民经济的水平和现代化程度。当今世界各国制造业广泛采用数控技术,以提高制造能力和水平,提高对动态多变市场的适应能力和竞争能力。此外世界上各工业发达国家还将数控技术及数控装备列为国家的战略物资,不仅采取重大措施来发展自己的数控技术及其产业,而且在“高精尖”数控关键技术和装备方面对我国实行限制政策。我国技能型人才培养模式相对落后,迫切需要提高数控专业技术性人才培训的针对性和适应性。据悉,教育部、劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部等 6 部门共同启动了“制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程”,以缓解劳动力市场上技能型人才的紧缺状况。

走新型工业化道路,不仅需要一大批拔尖创新人才,也需要数以千万计的专门人才和数以亿计的高素质劳动者。我国要成为“世界工厂”,需要培训和造就数十万数控技术应用领域的编程人员、操作人员和维修人员。

《数控机床加工实训丛书》是针对目前我国制造业职工队伍的整体素质偏低,熟悉各数控系统操作的高级技工严重短缺,以满足市场急需的现状编写的。丛书共 3 册,包括《数控车床》、《数控铣床》、《数控加工中心》。本丛书立足于应用,面向工程技术人员和技术工人。在内容组织和编排上选用了技术先进、占市场份额最大的 FANUC(发那科)、SIEMENS(西门子)系统和国内较知名的华中、三英等系统作为典型数控系统进行剖析。在素材的组织上,突出了实用的特点,搜集了大量的相关权威资料并加以细致的整理,许多加工实例都来源于生产实际和教学实践,便于读者借鉴。在写作风格上,语言通俗易懂。编排上图文并茂,便于技术人员自学。

丛书得到了国家“863”项目课题“多层次结构机械产品整体方案三维创新设计技术研究”(2003AA411340)和国家自然科学基金项目课题“基于知识进化的多层次结构产品整体方案创新设计技术”(60473134)的资助。

丛书内容非常实用,可供数控加工工程技术人员、技术工人参考,也可作为高等、高职、高专数控专业和其他机电专业学生的培训教程。

工学博士、教授 郝博

# 前 言

数控机床综合了精密机械、电子、电力拖动、自动控制、自动检测、故障诊断和计算机等多方面的技术，是典型的高精度、高效率及高柔性的机电一体化产品。数控机床在国内应用非常广泛，数控车削加工是机械加工中最主要的数控加工方法之一。

本书从数控车床加工实训的要求出发，注重技能训练，结合典型实例，详细介绍了机床操作、车削加工工艺分析、编程、自动编程等核心内容。在内容组织和编排上选用了技术先进、占市场份额最大的 FANUC（发那科）、SIEMENS（西门子）系统和国内较知名的华中系统作为典型数控系统进行剖析。在素材的组织上，突出了实用的特点，搜集了大量的相关权威资料并加以细致的整理，许多加工实例都来源于生产实际和教学实践，便于读者借鉴。

本书精选了大量典型实例，特别适于用作数控车床技术工人的培训教材，也可供传统制造业技术工人更新知识、提高职业技能、学习数控知识使用，还可作为高职、高专数控专业和其他机电专业以及相关工程技术人员的参考书籍。

本书由关颖主编并统稿，特别感谢江阴纺织机械制造有限公司的缪才华和赵燕工程师提供了 SIEMENS（西门子）系统的生产实例，在编写过程中参考了在数控技术方面的诸多论述、教材和数控机床维修手册，本书编者对参考文献中的各位作者深表谢意。同时在编写过程中也得到了沈阳职业技术学院领导和机械工程系领导及同志的关心和大力支持与帮助，在此一并表示感谢。

限于编者的水平和经验，书中难免有欠妥之处，敬请读者批评指正。

编 者  
2005 年 1 月

# 目 录

|  |    |
|--|----|
| <b>第 1 章 数控车床实训基础</b> .....            | 1  |
| 1.1 数控车床安全生产规则和日常维护 .....              | 1  |
| 1.1.1 数控车床安全生产规则 .....                 | 1  |
| 1.1.2 日常维护 .....                       | 1  |
| 1.2 数控车床操作工职业技能鉴定标准 .....              | 2  |
| 1.2.1 数控车床操作工标准 .....                  | 2  |
| 1.2.2 对中级数控车床操作工的要求 .....              | 2  |
| 1.3 数控车床车削加工 .....                     | 3  |
| 1.3.1 数控车床的用途与分类 .....                 | 3  |
| 1.3.2 数控车床的组成、布局和特点 .....              | 5  |
| 1.3.3 数控系统功能 .....                     | 7  |
| 1.3.4 数控车床的机械结构 .....                  | 10 |
| 1.4 数控车床的加工工艺 .....                    | 20 |
| 1.4.1 数控车削加工零件的类型 .....                | 21 |
| 1.4.2 数控车削的加工特点 .....                  | 21 |
| 1.4.3 数控车床加工的主要对象 .....                | 22 |
| 1.4.4 数控车床加工工艺剖析 .....                 | 23 |
| 1.4.5 数控加工工艺文件的拟订 .....                | 25 |
| 1.4.6 工件在数控车床上的定位与装夹 .....             | 29 |
| 1.4.7 刀具的选择 .....                      | 35 |
| 1.4.8 典型零件数控车削加工工艺 .....               | 40 |
| <b>第 2 章 FANUC 数控系统-数控车床加工实训</b> ..... | 42 |
| 2.1 FANUC 数控系统-数控车床操作设备 .....          | 42 |
| 2.1.1 FANUC 数控系统-数控车床系统操作设备 .....      | 42 |
| 2.1.2 FANUC 系统数控车床机床操作设备 .....         | 44 |
| 2.2 FANUC Oi-TA 系统数控车床的操作方法 .....      | 47 |
| 2.2.1 电源接通前后的检查工作 .....                | 47 |
| 2.2.2 手动操作机床 .....                     | 48 |
| 2.2.3 自动运行 .....                       | 50 |
| 2.2.4 机床的试运转 .....                     | 56 |
| 2.2.5 机床的急停 .....                      | 57 |
| 2.2.6 程序的编辑 .....                      | 58 |
| 2.2.7 设定和显示数据 .....                    | 64 |
| 2.2.8 图形模拟 .....                       | 70 |

|            |                                    |            |
|------------|------------------------------------|------------|
| 2.2.9      | 数控车床避免碰撞的方法                        | 71         |
| 2.2.10     | 数控车床的对刀与找正                         | 73         |
| 2.3        | FANUC 系统-数控车床加工实例                  | 76         |
| 2.3.1      | 简单型面数控车削加工实例                       | 76         |
| 2.3.2      | 轴类零件的数控加工实例                        | 82         |
| 2.3.3      | 轴类件上的孔加工循环切削实例                     | 84         |
| 2.3.4      | 盘类零件的数控车削实例                        | 86         |
| 2.3.5      | 套类零件的数控车削加工实例                      | 94         |
| 2.3.6      | 螺纹类零件的数控加工实例                       | 97         |
| 2.3.7      | 子程序数控加工实例                          | 99         |
| 2.3.8      | 综合数控车削加工实例                         | 100        |
| 2.3.9      | 异形轴类综合数控车削加工实例                     | 103        |
| <b>第3章</b> | <b>SIEMENS 802D 数控系统-数控车床加工实训</b>  | <b>107</b> |
| 3.1        | SIEMENS 802D 数控系统-数控车床操作设备及软件功能    | 107        |
| 3.1.1      | SIEMENS 802D 数控控制面板                | 107        |
| 3.1.2      | SIEMENS 802D 键符定义                  | 108        |
| 3.1.3      | SIEMENS 802D 机床控制面板                | 109        |
| 3.1.4      | SIEMENS 802D 数控系统屏幕划分              | 110        |
| 3.1.5      | 操作区域键                              | 112        |
| 3.1.6      | 直角坐标系                              | 112        |
| 3.2        | SIEMENS 数控系统-数控车床的操作方法             | 114        |
| 3.2.1      | 开机回参考点                             | 114        |
| 3.2.2      | “加工”操作区——JOG 运行方式                  | 115        |
| 3.2.3      | 手摇脉冲发生器-手轮的运行                      | 117        |
| 3.2.4      | MDA 手动输入方式                         | 117        |
| 3.2.5      | 车削端面                               | 119        |
| 3.2.6      | 程序输入                               | 120        |
| 3.2.7      | 输入刀具参数及刀具补偿                        | 124        |
| 3.2.8      | 输入/修改零点偏置值                         | 128        |
| 3.2.9      | 自动加工                               | 131        |
| 3.3        | SIEMENS 数控系统-数控车床加工实例              | 136        |
| 3.3.1      | 简单型面(端面及外圆)数控车削加工实例                | 136        |
| 3.3.2      | 轴类零件数控车削加工实例                       | 138        |
| 3.3.3      | 盘类零件数控车削加工实例                       | 144        |
| 3.3.4      | 螺杆螺旋槽类零件的数控加工实例                    | 150        |
| 3.3.5      | 螺纹类零件的数控加工实例                       | 154        |
| 3.3.6      | 子程序数控加工实例                          | 157        |
| 3.3.7      | 复杂零件综合数控加工实例                       | 159        |
| <b>第4章</b> | <b>华中(HNC-21/22T)数控系统-数控车床加工实训</b> | <b>167</b> |
| 4.1        | 华中(HNC-21/22T)数控系统-数控车床操作设备及软件功能   | 167        |



|   |            |
|---|------------|
| 4.1.1 HNC-21T 世纪星车床数控装置操作台 .....          | 167        |
| 4.1.2 HNC-21T 世纪星车床软件操作界面 .....           | 168        |
| 4.1.3 HNC-21T 世纪星车床功能菜单 .....             | 169        |
| 4.2 华中 (HNC-21/22T) 数控系统-数控车床的操作 .....    | 170        |
| 4.2.1 数控车床的准备操作 .....                     | 170        |
| 4.2.2 数控机床手动操作 .....                      | 172        |
| 4.2.3 手动数据输入 (MDI) 运行 .....               | 174        |
| 4.2.4 机床自动运行 .....                        | 175        |
| 4.2.5 数据设置 .....                          | 176        |
| 4.2.6 程序输入与文件管理 .....                     | 180        |
| 4.2.7 程序运行 .....                          | 188        |
| 4.2.8 图形显示 .....                          | 192        |
| 4.3 华中 (HNC-21/22T) 数控系统-数控车床加工实例 .....   | 197        |
| 4.3.1 简单形面数控车削加工实例 .....                  | 197        |
| 4.3.2 轴类零件数控车削加工实例 .....                  | 200        |
| 4.3.3 盘类零件数控车削加工实例 .....                  | 206        |
| 4.3.4 螺纹类零件的数控加工实例 .....                  | 211        |
| 4.3.5 子程序数控加工实例 .....                     | 217        |
| 4.3.6 车床综合零件的数控加工实例 .....                 | 219        |
| <b>第5章 数控车自动编程 .....</b>                  | <b>223</b> |
| 5.1 自动编程软件概述 .....                        | 223        |
| 5.2 CAXA 数控车自动编程 .....                    | 224        |
| 5.2.1 界面与菜单介绍 .....                       | 224        |
| 5.2.2 系统的交互方式 .....                       | 227        |
| 5.2.3 CAXA 数控车的 CAD 功能 .....              | 229        |
| 5.3 CAXA 数控车的 CAM 功能 .....                | 235        |
| 5.3.1 数控车 CAM 功能概述 .....                  | 235        |
| 5.3.2 CAXA 数控车软件的车削加工 .....               | 236        |
| 5.4 CAXA 数控车自动编程实例 .....                  | 251        |
| 5.4.1 轴类零件的加工 .....                       | 251        |
| 5.4.2 套类零件的加工 .....                       | 257        |
| 5.4.3 套类零件中孔的加工 .....                     | 265        |
| 5.4.4 手柄零件的加工 .....                       | 268        |
| 5.4.5 轴类零件的螺纹加工 .....                     | 275        |
| <b>附录 .....</b>                           | <b>280</b> |
| 附录 1 FANUC Oi-TA 准备功能 G 指令代码 .....        | 280        |
| 附录 2 华中世纪星 (HNC-21/22T) 准备功能 G 指令代码 ..... | 281        |
| 附录 3 SIEMENS 系统准备功能 G 指令代码 .....          | 282        |
| <b>参考文献 .....</b>                         | <b>283</b> |

# 第1章 数控车床实训基础

## 1.1 数控车床安全生产规则和日常维护

### 1.1.1 数控车床安全生产规则

① 数控车床的使用环境要避免光的直射和其他热辐射，要避免太潮湿或粉尘过多的场所，特别要避免腐蚀气体的场所。

② 为了避免电源不稳定给电子组件造成损坏，数控机床应采取专线供电或增设稳压装置。

③ 数控车床的开机、关机顺序，一定要按照机床说明书的规定操作。

④ 主轴启动开始切削之前，要关好防护罩门，程序正常运行中禁止开启防护罩门。

⑤ 机床在正常运行时不允许开电器柜的门，禁止按动“急停”、“复位”按钮。

⑥ 机床发生故障，操作者要注意保留现场，并向维修人员如实说明故障发生的前后情况，以利于分析情况，查找故障原因。

⑦ 数控机床的使用一定要由专人负责，严禁其他人随意动用数控设备。

⑧ 要认真填写数控车床的工作日志，做好交接班工作，消除事故隐患。

⑨ 不得随意更改控制系统内制造厂设定的参数。

⑩ 加工程序必须在经过严格校验后方可进行自动操作运行。在加工过程中，一旦出现异常现象，应立即按下“急停”按钮，以确保人身和设备的安全。

### 1.1.2 日常维护

为了使数控车床保持良好的状态，除了发生故障及时修理外，坚持经常的维修保养是非常重要的。坚持定期检查，经常维护保养，可以把许多故障隐患消除在萌芽之中，防止或减少事故的发生。不同型号的数控车床日常保养的内容和要求不完全一样，对于具体机床应按说明书中的规定执行。

以下列出几个具有普遍性的日常维护内容。

① 做好各导轨面的清洁润滑，有自动润滑系统的机床要定期检查，清洗自动润滑系统，检查油量及时添加润滑油，检查油泵是否定期启动打油及停止。

② 每天检查主轴箱自动润滑系统工作是否正常，定期更换主轴箱润滑油。

③ 注意检查电器柜中冷却风扇工作是否正常，风道过滤网有无堵塞，清洗粘附的尘土。

④ 注意检查冷却系统，检查液面高度，及时添加油或水，油、水脏时，应及时更换清洗。

⑤ 注意检查主轴驱动带，调整松紧程度。

⑥ 注意检查导轨镶条松紧程度，调节间隙。

⑦ 注意检查机床液压系统油箱油泵有无异常噪声，工作油面高度是否合适，压力表指示是否正常，管路及各接头有无泄漏。

⑧ 注意检查导轨机床防护罩是否齐全有效。

- ⑨ 注意检查各运动部件的机械精度，减少形状和位置偏差。
- ⑩ 每天下班前做好机床卫生清扫，清扫切屑，擦净导轨部位的冷却液，防止导轨生锈。
- ⑪ 车床启动后，在车床自动连续运转前，必须监视其运转状态。
- ⑫ 车床运转时，不得调整刀具和测量工件尺寸，手不得靠近旋转的刀具和工件。
- ⑬ 数控车床工作时，要确保冷却液输出通畅，流量充足。
- ⑭ 停机时要除去工件或刀具上的切屑，养成良好的工作习惯。
- ⑮ 加工完毕后，关闭电源，清扫车床并涂防锈油。

## 1.2 数控车床操作工职业技能鉴定标准

### 1.2.1 数控车床操作工标准

- ① 工种定义：操作数控车床，按技术要求编制程序，利用数控技术对工件进行切削加工。
- ② 适用范围：常用数控车床的编程、操作、维护及保养。
- ③ 等级线：中级。
- ④ 学徒期：三年，其中培训期两年，见习期一年，或由相关工种转化，无学徒期。

### 1.2.2 对中级数控车床操作工的要求

(1) 对中级数控车床操作工知识要求

- ① 熟悉常用数控车床的型号、规格、性能、结构及组成。
  - ② 熟悉常用数控车床及其数控系统、润滑系统的使用规则、维护保养方法及一般调整方法。
  - ③ 熟悉常用设备附件，包括自动回转对架、对刀仪、磁盘驱动器、光盘驱动器等的使用规则和维护保养方法。
  - ④ 熟悉常用工、夹、量具（仪器）的名称、规格、构造、使用调整和维护保养方法。
  - ⑤ 熟悉金属切削原理和刀具基本知识。
  - ⑥ 熟悉切削用量的选择和计算方法。
  - ⑦ 熟悉工件定位、夹紧的基本原理和方法以及防止工件变形的办法。
  - ⑧ 熟悉编制工艺规程的基本知识。
  - ⑨ 熟悉中等复杂零件的车工工艺知识、编程知识和加工测量方法。
  - ⑩ 理解机床坐标系和工件坐标系及机床参考点、机床原点、刀架原点及工件零点的意义和相互关系。
  - ⑪ 掌握一般数控机床精度的检验方法及机床精度对加工精度的影响，提高工件加工精度的方法。
  - ⑫ 掌握刀尖位置补偿和刀尖圆弧半径补偿使用方法。
  - ⑬ 理解常用设备操作面板及控制屏幕上英文词汇的意义。
  - ⑭ 掌握液压和气动基本知识。
  - ⑮ 掌握微机应用的基本知识。
  - ⑯ 了解生产技术管理知识。
- (2) 对中级数控车床操作工技能要求

① 掌握常用数控车床的操作、调整和维护保养, 阅读数控车床各类报警信息, 能处理一般的报警故障。

② 能看懂复杂的零件图和部件装配图, 能绘制一般的零件图。

③ 能正确选择和合理使用刀具(包括可转让不重磨刀具), 并能根据工件要求刃磨非标准刀具。

④ 能合理使用工、夹具和测量仪器, 并可自行调整。

⑤ 能根据工件的技术要求, 确定一般零件的工艺路线。能使用常用数控车床的全部功能编制中等复杂程度零件的程序, 并进行加工。

⑥ 对一般零件能进行工艺和编程的优化, 以保证精度和加工效率。

⑦ 熟练掌握机内对刀(包括对刀仪法和试切对刀法)操作, 并能根据工件的尺寸变化修改刀具的偏置, 掌握机外对刀操作。

⑧ 掌握加工程序的输入、输出、调用、修改及工件参数的输入、修改等基本操作。

⑨ 掌握分析工作中产生废品、次品的原因。

⑩ 掌握正确执行数控车床安全操作规程。

(3) 中级数控车床操作工工作实例要求

① 车削机床主轴。符合图样要求: 要求采用粗切循环功能。

② 车削内外球面。球面的位置度不大于 0.04mm; 要求采用刀尖圆弧半径补偿功能。

③ 车削三联齿轮。符合图样要求。

④ 车削蜗杆(包括多头螺纹)。符合图样要求, 要求采用子程序功能。

⑤ 相应复杂程度工件的加工。

## 1.3 数控车床车削加工

数控车床又称为 CNC (Computer Numerical Control) 车床, 即用计算机数字控制的车床, 也是目前使用较为广泛的数控机床之一。数控车床是将编制好的加工程序输入到数控系统中, 由数控系统通过 X、Z 坐标轴方向上的伺服电动机去控制车床进给运动部件的动作顺序、移动量和进给速度, 再配以主轴的转速和转向, 便能加工出各种形状不同的轴类或盘类回转体零件。普通卧式车床是靠手工操作机床来完成各种切削加工, 数控车床从原理上讲与普通车床基本相同, 但由于它增加了数字控制功能, 加工过程中自动化程度高, 与普通车床相比具有更强的通用性和灵活性以及更高的加工效率和加工精度。

### 1.3.1 数控车床的用途与分类

车削加工一般是通过工件旋转和刀具进给完成切削过程的。其主要加工对象是回转体零件, 加工内容包括车外圆、车端面、切断和车槽、钻中心孔、钻孔、车孔、铰孔、镗孔、车螺纹、车圆锥面、车成型面、滚花和攻螺纹等。但是由于数控车床是自动完成内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、端面、螺纹等工序的切削加工, 所以数控车床特别适合加工形状复杂的轴类或盘类零件。

数控车床具有加工灵活、通用性强、能适应产品品种和规格频繁变化的特点, 能够满足新产品的开发和多品种、小批量、生产自动化的要求, 因此被广泛应用于机械制造业, 例如汽车制造厂、发动机制造厂等。

随着数控车床制造技术的不断发展，数控车床品种繁多，可采用不同的方法进行分类。

### (1) 按机床的功能分类

① 经济型数控车床 经济型数控车床是在卧式车床基础上进行改进设计的，一般采用步进电动机驱动的开环伺服系统，其控制部分通常用单板机或单片机实现，具有 CRT 显示、程序存储、程序编辑等功能。但其加工精度不高，主要用于精度要求不高，有一定复杂程度的零件，如图 1-1 所示。

② 全功能数控车床 该系列数控车床在结构上突出了精度、精度保持性、可靠性、可扩展性、安全性、易操作和可维修性等。适用于对回转体、轴类和盘类零件进行直线、圆弧、曲面、螺纹、沟槽和锥面等高效、精密、自动车削加工，具有刀尖半径自动补偿、恒线速、固定循环、宏程序等先进功能，如图 1-2 所示。

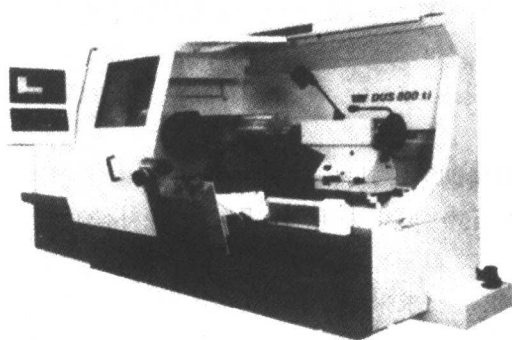


图 1-1 经济型数控车床

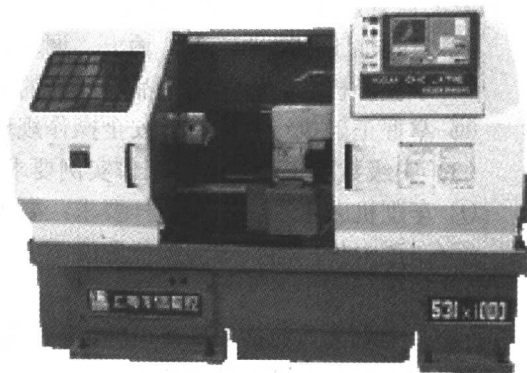


图 1-2 全功能数控车床

③ 车削中心 车削中心的主体是数控车床，配有动力刀座或机械手，可实现车、铣复合加工，如高效率车削、铣削凸轮槽和螺旋槽。图 1-3 所示为一种高速卧式车削中心。

④ 数控立式车床 数控立式车床主要用于加工径向尺寸大，轴向尺寸相对较小，且形状较复杂的大型或重型零件，适用于通用机械、冶金、军工、铁路等行业的直径较大的车轮、法兰盘、大型电机座、箱体等回转体的粗、精车削加工，如图 1-4 所示。

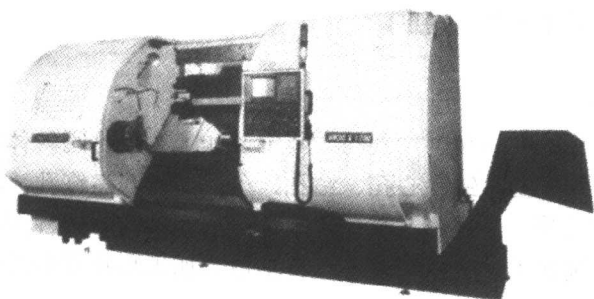


图 1-3 高速卧式车削中心

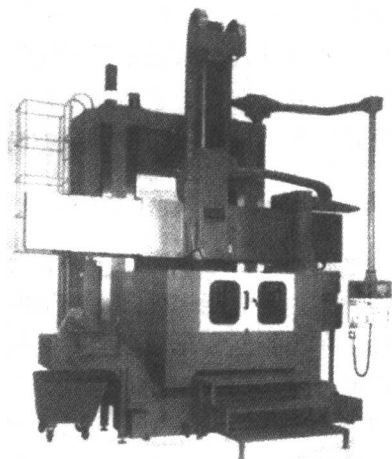


图 1-4 数控立式车床

### (2) 按主轴的配置形式分类

① 卧式数控车床 主轴轴线处于水平位置的数控车床。

② 立式数控车床 主轴轴线处于垂直位置的数控车床。

另外，还有具有两根主轴的车床，称为双轴卧式数控车床或双轴立式数控车床。

(3) 按数控系统控制的轴数分类

① 两轴控制的数控车床 机床上只有一个回转刀架，可实现两坐标控制。

② 四轴控制的数控车床 机床上有两个独立的回转刀架，可实现四轴控制。

对于车削中心或柔性制造单元，还要增加其他的附加坐标轴来满足机床的功能。目前，我国使用较多的是中小规格的两坐标连续控制的数控车床。

### 1.3.2 数控车床的组成、布局和特点

#### (1) 数控车床的结构组成

数控车床与卧式车床相比较，其结构上仍然是由主轴箱、刀架、进给传动系统、床身、液压系统、冷却系统、润滑系统等部分组成，只是数控车床的进给系统与卧式车床的进给系统在结构上存在着本质上的差别，图 1-5 所示为典型数车床的机械结构组成。卧式车床主轴的运动经过挂轮架、进给箱、溜板箱传到刀架，实现纵向和横向进给运动。而数控车床是采用伺服电动机，经滚珠丝杠传到滑板 and 刀架，实现 Z 向（纵向）和 X 向（横向）进给运动。数控车床也有加工各种螺纹的功能，主轴旋转与刀架移动间的运动关系通过数控系统来控制。数控车床主轴箱内安装有脉冲编码器，主轴的运动通过同步齿形带 1:1 地传到脉冲编码器。当主轴旋转时，脉冲编码器便发出检测脉冲信号给数控系统，使主轴电动机的旋转与刀架的切削进给保持加工螺纹所需的运动关系，即实现加工螺纹时主轴转一转，刀架 Z 向移动工件一个导程。

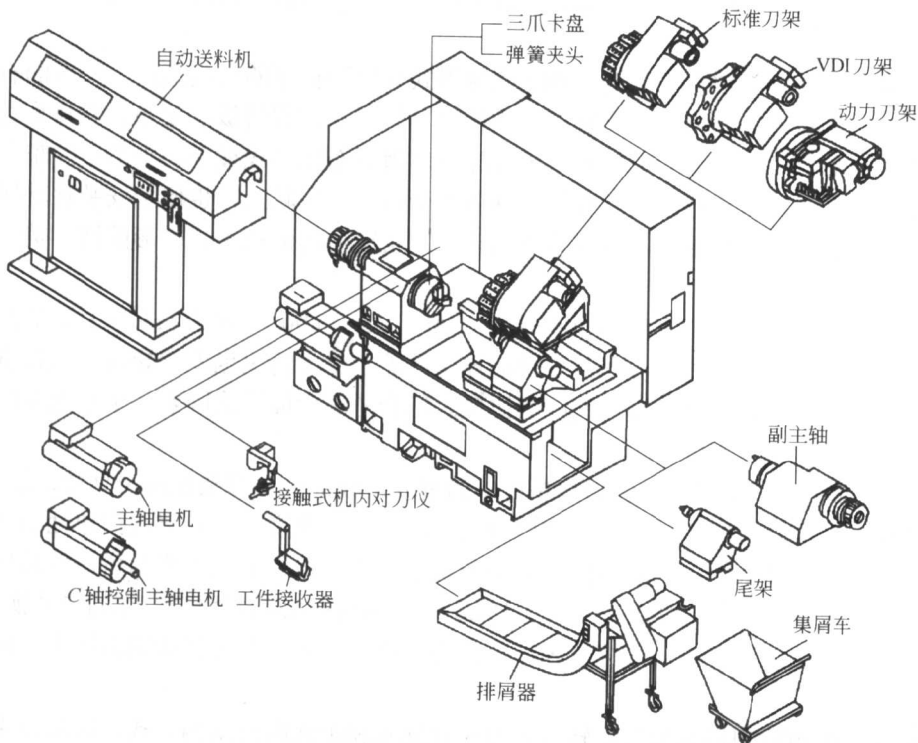


图 1-5 典型数控车床的机械结构组成

## (2) 数控车床的布局

数控车床的主轴、尾座等部件相对床身的布局形式与卧式车床基本一致，而刀架和导轨的布局形式发生了根本的变化，这是因为刀架和导轨的布局形式直接影响数控车床的使用性能及机床的结构和外观所致。另外，数控车床上都设有封闭的防护装置。

① 床身和导轨的布局 数控车床床身导轨与水平面的相对位置如图 1-6 所示，共有 4 种布局形式：平床身、斜床身、平床身斜滑板和立床身。

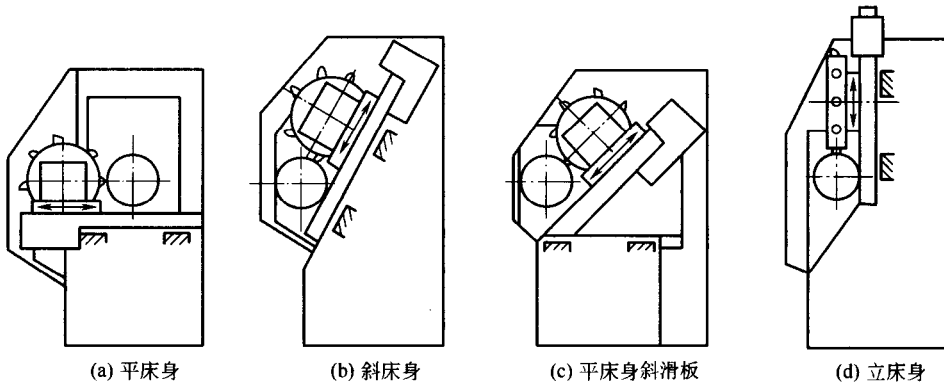


图 1-6 数控车床的布局形式

水平床身的工艺性好，便于导轨面的加工。水平床身配上水平配置的刀架可提高刀架的运动速度，一般可用于大型数控车床或小型精密数控车床的布局。但是水平床身由于下部空间小，导致排屑困难。从结构尺寸上看，刀架水平放置使得滑板横向尺寸较长，从而加大了机床宽度方向的结构尺寸。

水平床身配上倾斜放置的滑板，并配置倾斜式导轨防护罩的布局形式，一方面有水平床身工艺性好的特点，另一方面机床宽度方向的尺寸较水平配置滑板的要小，且排屑方便。

水平床身配上倾斜放置的滑板和斜床身配置斜滑板布局形式被中、小型数控车床普遍采用。这是由于此两种布局形式排屑容易，铁屑不会堆积在导轨上，也便于安装自动排屑器；操作方便，易于安装机械手，以实现单机自动化；机床占地面积小，外形简洁、美观，容易实现封闭式防护。

斜床身的导轨倾斜的角度可为  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$ 、 $75^\circ$  和  $90^\circ$ （称为立式床身）等几种。倾斜角度小，排屑不便；倾斜角度大，导轨的导向性差，受力情况也差。导轨倾斜角度的大小还会直接影响机床外形尺寸高度与宽度的比例。综合考虑上面的诸因素，中小规格的数控车床，其床身的倾斜度以  $60^\circ$  为宜。

② 刀架的布局 数控车床的刀架是机床的重要组成部分，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，在一定程度上，刀架结构和性能体现了数控车床的设计与制造水平。随着数控车床不断发展，刀架结构形式不断创新，但总体来说大致可以分两大类，即排刀式刀架和转塔式刀架。有的车削中心还采用带刀库的自动换刀装置。

排刀式刀架一般用于小型数控车床，各种刀具排列并夹持在可移动的滑板上，换刀时可实现自动定位。

转塔式刀架也称刀塔或刀台，转塔式刀架有立式和卧式两种结构形式。转塔刀架具有多刀位自动定位装置，通过转塔头的旋转、分度和定位来实现机床的自动换刀动作。转塔刀架

应分度准确、定位可靠、重复定位精度高、转位速度快、夹紧刚性好，以保证数控车床的高精度和高效率。有的转塔刀架不仅可以实现自动定位，而且还可以传递动力。目前两坐标联动车床多采用 12 工位的回转刀架，也有采用 6 工位、8 工位、10 工位回转刀架的。回转刀架在机床上的布局有两种形式：一种是由于加工盘类零件的回转刀架，其回转轴垂直于主轴；另一种是由于加工轴类和盘类零件的回转刀架，其回转轴平行于主轴。

四坐标控制的数控车床的床身上安装有两个独立的滑板和回转刀架，故称为双刀架四坐标数控车床。其中，每个刀架的切削进给量是分别控制的，因此两刀架可以同时切削同一工件的不同部位，既扩大了加工范围，又提高了加工效率。四坐标数控车床的结构复杂，且需要配置专门的数控系统，实现对两个独立刀架的控制。这种机床适合加工曲轴、飞机零件等形状复杂、批量较大的零件。

### 1.3.3 数控系统功能

数控机床加工中的动作在加工程序中用指令的方式予以规定，其中包括准备功能 G、辅助功能 M、主轴转速功能 S、刀具功能 T 和进给功能 F 等。准备功能 G 和辅助功能 M 由 JB3208—1983 部颁标准制订。由于我国现行数控系统种类较多，它们的指令尚未统一，因此，编程技术人员在编程前必须充分了解所用数控系统的功能，并详细阅读编程说明书，以免发生错误。

下面以 FANUC Oi-TA 系统常用辅助功能为例加以介绍。

#### (1) 准备功能

准备功能 G 又称“G 功能”或“G 代码”，是由地址字和后面的两位数来表示的，见表 1-1。

表 1-1 FANUC Oi-TA 系统准备功能

| 序号 | 代码    | 组别 | 功能                 |
|----|-------|----|--------------------|
| 1  | G00   | 01 | 快速点定位              |
| 2  | G01   |    | 直线插补               |
| 3  | G02   |    | 顺时针圆弧插补或螺旋线插补      |
| 4  | G03   |    | 逆时针圆弧插补或螺旋线插补      |
| 5  | G04   | 00 | 延迟(暂停)             |
| 6  | G10   |    | 可编程数据输入            |
| 7  | G11   |    | 取消可编程数据输入          |
| 8  | G12.1 | 21 | 极坐标插补模式            |
| 9  | G13.1 |    | 取消极坐标插补模式          |
| 10 | G17   | 16 | XpYp 平面选择          |
| 11 | G18   |    | ZpXp 平面选择          |
| 12 | G19   |    | YpZp 平面选择          |
| 13 | G20   | 06 | 英制输入               |
| 14 | G21   |    | 米制输入               |
| 15 | G22   | 09 | 存储行程检查             |
| 16 | G23   |    | 存储行程检查功能取消         |
| 17 | G25   | 08 | 主轴转速波动检测取消         |
| 18 | G26   |    | 主轴转速波动检测           |
| 19 | G27   | 00 | 返回参考点检查            |
| 20 | G28   |    | 返回到参考点             |
| 21 | G30   |    | 返回到第 2、第 3、第 4 参考点 |
| 22 | G31   |    | 跳跃功能               |



续表

| 序号 | 代码    | 组别 | 功能                  |
|----|-------|----|---------------------|
| 23 | G33   | 01 | 螺纹切削                |
| 24 | G34   |    | 变螺距螺纹切削             |
| 25 | G36   | 00 | 自动刀具补偿 X            |
| 26 | G37   |    | 自动刀具补偿 Z            |
| 27 | G40   | 07 | 刀具半径补偿取消            |
| 28 | G41   |    | 刀尖圆弧半径左补偿           |
| 29 | G42   |    | 刀尖圆弧半径右补偿           |
| 30 | G50   | 00 | 坐标系设定 1; 最高主轴速度限定 2 |
| 31 | G50.3 |    | 工件坐标系预置             |
| 32 | G50.2 | 20 | 取消多边形车削             |
| 33 | G51.2 |    | 多边形车削               |
| 34 | G52   | 00 | 局部坐标系设定             |
| 35 | G53   |    | 机床坐标系设定             |
| 36 | G54   | 14 | 选择工件坐标系设定 1         |
| 37 | G55   |    | 选择工件坐标系设定 2         |
| 38 | G56   |    | 选择工件坐标系设定 3         |
| 39 | G57   |    | 选择工件坐标系设定 4         |
| 40 | G58   |    | 选择工件坐标系设定 5         |
| 41 | G59   |    | 选择工件坐标系设定 6         |
| 42 | G65   | 00 | 宏程序调用               |
| 43 | G66   | 12 | 宏程序模态调用             |
| 44 | G67   |    | 取消宏程序模态调用           |
| 45 | G70   | 00 | 精车循环                |
| 46 | G71   |    | 粗车外圆复合循环            |
| 47 | G72   |    | 粗车端面复合循环            |
| 48 | G73   |    | 固定形状粗加工复合循环         |
| 49 | G74   |    | 端面深孔钻削循环            |
| 50 | G75   |    | 外径、内径钻削循环           |
| 51 | G76   |    | 螺纹切削复合循环            |
| 52 | G80   | 10 | 取消固定钻削循环            |
| 53 | G83   |    | 端面钻削循环              |
| 54 | G84   |    | 端面攻丝循环              |
| 55 | G86   |    | 端面镗孔循环              |
| 56 | G87   |    | 侧面钻削循环              |
| 57 | G88   |    | 侧面攻丝循环              |
| 58 | G89   |    | 侧面镗孔循环              |
| 59 | G90   | 01 | 单一形状外径、内径切削循环       |
| 60 | G92   |    | 螺纹切削循环              |
| 61 | G96   | 02 | 端面切削速度控制            |
| 62 | G97   |    | 取消端面切削速度控制          |
| 63 | G98   | 05 | 每分钟进给量              |
| 64 | G99   |    | 每转进给量               |
| 65 | —     | 11 | 返回初始平面              |
| 66 | —     |    | 返回 R 平面             |

注: 00 组的 G 代码为非模态代码, 其他均为模态代码。