

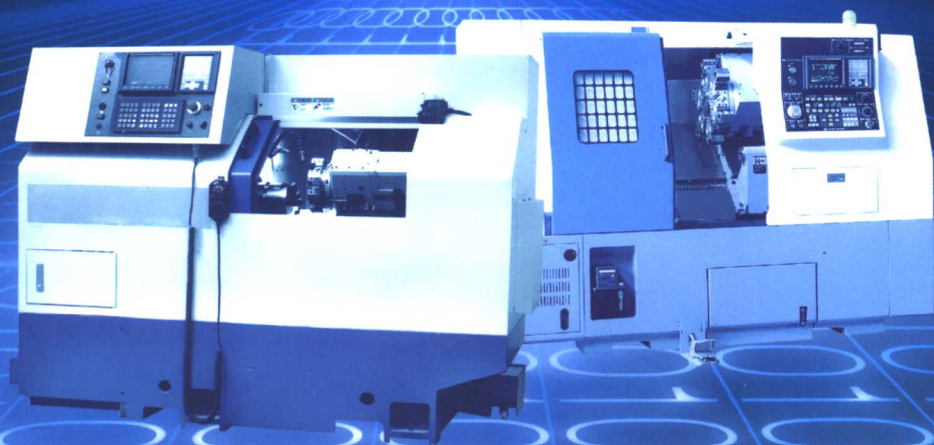
FANUC **系统**

数控车床 培训教程

沈阳职业技术学院（国家级数控培训基地）

关颖 主编

- 国家职业教育推荐教材
- “双证制”教学改革用书



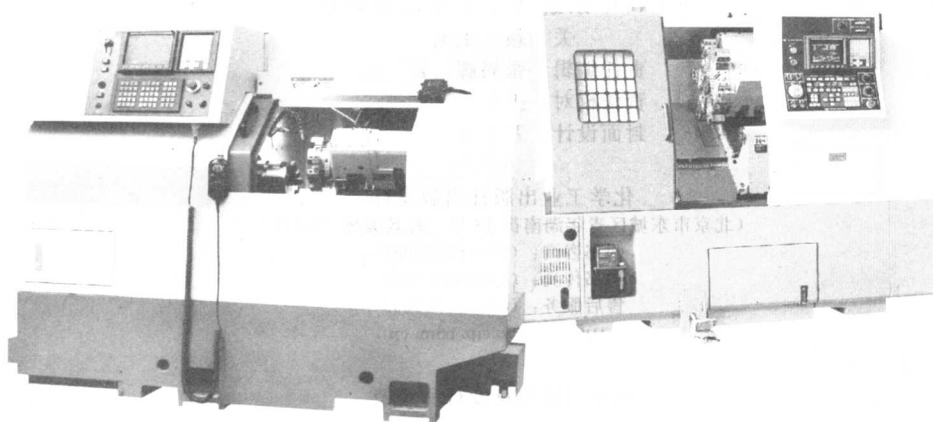
化学工业出版社

FANUC[®]系统

数控车床 培训教程

沈阳职业技术学院（国家级数控培训基地） 关颖 主编

- 国家职业教育推荐教材
- “双证制”教学改革用书



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

FANUC 系统数控车床培训教程/关颖主编. —北京:
化学工业出版社, 2006. 8
国家职业教育推荐教材
“双证制”教学改革用书
ISBN 978-7-5025-9233-2

I. F… II. 关… III. 数控机床: 车床-程序设计-
技术培训-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 102644 号

国家职业教育推荐教材
“双证制”教学改革用书
FANUC 系统数控车床培训教程

关 颖 主 编
责任编辑: 张兴辉 黄 滢
责任校对: 王素芹
封面设计: 尹琳琳

*

化学工业出版社出版发行
(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
购书咨询: (010)64518888
购书传真: (010)64519686
售后服务: (010)64518899
<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
三河市万龙印装有限公司装订
开本 787mm×1092mm 1/16 印张 21 $\frac{3}{4}$ 字数 566 千字
2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月北京第 1 次印刷
ISBN 978-7-5025-9233-2
定 价: 42.00 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

《FANUC 系统数控车床培训教程》编委会

主 任 邹 伟

委 员 邹 伟 李 超 栾 敏 关 颖

徐 衡 陈 光 赵宏立 段晓旭

前 言

进入第十一个“五年计划”，中国高新技术产业以前所未有的速度迅猛发展。数控机床行业的健康发展是确保我国制造水平的重要条件，也是国家经济安全和国防安全的重要保证；数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础，又是当今先进制造的核心技术之一。编辑此书旨在提高制造水平和对多变市场的适应能力与竞争能力，同时培养既能编程又能熟练操作数控车床，并具备设备的维护保养能力的高技能型人才。

本书以国家劳动和社会保障部 2005 年新颁布的数控职业技能鉴定标准为基点，以工程应用为目的，并结合高等职业技术教学要求，确定了编写的指导思想和教材特色，加强了针对性和实用性，强化了实践技能。本书以企业中使用较广泛、具有先进性的 FANUC 数控系统车床切削加工为主线，围绕数控车床的设备、工艺、编程与操作等核心内容，全面、系统地介绍了数控技术的基础知识、数控车床的数控系统与机械结构、车削加工的工艺分析、编程技术、数控车床的操作和自动编程，用实例的形式讲解数控车床的手工及自动编程方法和具体加工中的细节工艺处理问题。书中精选了全国数控车削工艺员、数控车削中高级和全国数控车削大赛的理论及技能题库，并附有详尽的参考答案、操作的数控工艺卡片和程序说明，同时配有书中实例加工的讲解光盘，图文并茂，便于读者考核复习。

全书精选了大量典型实例，在素材的组织上，突出了实用特点，内容通俗易懂，适用于高技能型数控人才、各高等职业技术学院数控及相关专业使用，特别应用于国家职业技能鉴定数控中高级技工、技师的考试参考用书，同时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，也可作为从事数控机床使用、维修等工作的技术人员的培训教材和参考书籍。

沈阳职业技术学院作为国家级数控培训基地，常年从事数控机床和 CAXA、PRO/E 软件的教学培训工作，本书的编写人员全部由沈阳职业技术学院具有丰富数控教学、生产、培训经验的专家组成。全书由关颖主编并统稿，赵宏立参与编写了附录 2 中的所有内容，陈光参与编写了第 1 章的内容，光盘由高级工程师、数控大赛获奖选手段晓旭编录。该书在编写过程中参考了在数控技术方面的诸多论著，本书编者对参考文献中的各位作者深表谢意。同时也得到了沈阳职业技术学院领导和机械装备系领导及同事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，书中欠妥之处，敬请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 数控车床结构	1
1.1 数控车床的功能、组成及分类	1
1.1.1 数控车床的功能、特点及其应用	1
1.1.2 数控车床的结构组成和布局形式	1
1.1.3 数控车床的分类	3
1.2 数控车床的机械结构	4
1.2.1 数控车床主传动系统及主轴部件	4
1.2.2 数控车床进给传动系统及传动装置	7
1.2.3 数控车床自动回转刀架	10
1.2.4 数控车床润滑系统	13
1.2.5 数控车床排屑系统	13
1.2.6 数控车床尾座	14
1.3 数控车床的维护、故障诊断与日常保养	14
1.3.1 数控车床安全生产规则	14
1.3.2 数控车床常见故障和常规处理方法	15
1.3.3 数控系统的维护和故障诊断	18
1.3.4 日常保养	20
第 2 章 数控车削加工工艺	21
2.1 数控车床的加工工艺	21
2.1.1 数控车削加工零件的类型	21
2.1.2 数控车削的加工特点	21
2.1.3 数控车床加工的主要对象	22
2.2 数控车床加工工艺剖析	23
2.2.1 数控车削加工的主要内容	23
2.2.2 数控车削加工的工艺特点	23
2.3 数控车床加工工艺文件的拟定	25
2.3.1 数控车削加工方案的确定	26
2.3.2 工序划分的原则	26
2.3.3 加工顺序安排原则	27
2.3.4 加工路线的确定	27
2.3.5 工件在数控车床上的定位与装卡	29
2.3.6 刀具的选择	36
2.3.7 切削参数的选择	47
2.3.8 典型零件数控车削加工工艺	49
第 3 章 FANUC 系统数控车床编程	52
3.1 程序编制的基本概念	52
3.1.1 数控编程方法	52

3.1.2	程序代码	52
3.1.3	程序结构与格式	52
3.1.4	数控车床的编程特点	54
3.1.5	数控系统功能	54
3.2	数控车床编程基础知识	57
3.2.1	数控车床坐标系统	57
3.2.2	编程原则	58
3.2.3	不具备刀具半径补偿功能的编程	59
3.3	数控车床常用指令及编程方法	61
3.3.1	工件坐标系设定	61
3.3.2	刀具的直线插补	62
3.3.3	圆弧插补指令 (G02、G03)	63
3.3.4	暂停 (延时) 指令 (G04)	66
3.3.5	米制输入与英制输入 (G21、G20)	66
3.3.6	回参考点检验 (G27)、自动返回参考点 (G28)、从参考点返回 (G29)	66
3.4	单一形状固定循环	67
3.4.1	外圆切削循环 (G90)	67
3.4.2	锥面切削循环 (G90)	67
3.4.3	端面切削循环 (G94)	68
3.4.4	带锥度的端面切削循环 (G94)	68
3.5	内、外圆复合形状多重固定循环	68
3.5.1	外圆粗车循环 (G71)	68
3.5.2	端面粗车循环 (G72)	70
3.5.3	固定形状粗车循环 (G73)	71
3.5.4	精车循环 (G70)	72
3.5.5	使用内、外圆复合固定循环 (G71、G72、G73、G70) 时的注意事项	72
3.6	切槽 (钻孔) 循环	73
3.6.1	端面切槽 (钻孔) 循环 (G74)	73
3.6.2	径向切槽 (钻孔) 循环 (G75)	74
3.6.3	使用切槽复合固定循环 (G74、G75) 时的注意事项	75
3.7	螺纹加工循环	75
3.7.1	单行程螺纹切削 (G32)	76
3.7.2	螺纹切削循环 (G92)	77
3.7.3	螺纹切削复合循环 (G76)	78
3.7.4	螺纹切削时的有关问题	79
3.8	子程序	80
3.8.1	子程序调用	80
3.8.2	子程序编程实例	81
3.9	钻孔固定循环 (G80~G89)	81
3.9.1	钻孔循环操作	81
3.9.2	固定循环代码	82
3.9.3	钻孔固定循环指令	83

3.10 数控车床刀具补偿功能	86
3.10.1 刀具的偏移	86
3.10.2 刀具的几何磨损补偿	86
3.10.3 刀具半径补偿	86
3.10.4 刀具补偿量的设定	88
3.11 用户宏程序	88
3.11.1 变量	88
3.11.2 系统变量	89
3.11.3 算术和逻辑运算	90
3.11.4 用户宏程序语句	90
3.11.5 用户宏程序的调用	92
第4章 FANUC 系统数控车床操作	96
4.1 FANUC 系统数控车床系统操作设备	96
4.2 FANUC 系统数控车床机床操作设备	98
4.3 电源接通前后的检查工作	102
4.3.1 电源接通前的检查	103
4.3.2 电源接通后的检查操作	103
4.4 机床的手动操作	103
4.4.1 手动返回参考点	103
4.4.2 手动连续 (JOG) 进给	104
4.4.3 增量 (INC) 进给	104
4.4.4 手轮 (HANDER) 移动	105
4.5 自动运行程序操作	105
4.5.1 存储器运行	105
4.5.2 MDI 运行	106
4.5.3 程序再启动	106
4.5.4 计划调度功能	108
4.5.5 子程序调用 (M98)	108
4.5.6 手轮中断	109
4.5.7 镜像	109
4.5.8 手动干预和返回	109
4.5.9 DNC 运行	109
4.6 机床的试运转	110
4.6.1 机床的空运行	110
4.6.2 机床的实际切削	111
4.7 机床的急停	111
4.8 程序的编辑	112
4.8.1 程序的输入	112
4.8.2 程序的输出	114
4.8.3 程序的检查	114
4.8.4 程序的修改	114
4.9 设定和显示数据	117

4.9.1	用功能键[POS]显示的画面和参数设定	117
4.9.2	用功能键[PROG]显示的画面和参数设定	118
4.9.3	用功能键[OFFSET SETTING]显示的画面和参数设定	118
4.9.4	用功能键[SYSTEM]显示的画面和参数设定	121
4.9.5	用功能键显示的画面	121
4.10	图形模拟	122
4.11	数控车床避免碰撞的方法	123
4.11.1	避免程序中的坐标值超越卡爪尺寸	123
4.11.2	当工件形状特殊时避免发生碰撞	123
4.11.3	防止程序中 G00 的负值引起碰撞	123
4.12	数控车床的对刀与找正	124
4.12.1	试切法对刀	124
4.12.2	测量法对刀(机外对刀——对刀仪对刀)	125
4.12.3	机内光学对刀法——ATC 对刀	126
4.12.4	自动对刀	127
第 5 章	FANUC 系统数控车床加工实例	129
5.1	轴类件的典型表面数控车削加工实例	129
5.1.1	端面及阶梯外圆数控车削	129
5.1.2	圆锥面、倒角及切断数控车削加工	130
5.1.3	内孔加工切削	132
5.1.4	轴类件上的孔加工循环切削	134
5.1.5	轴类零件的数控车削精加工	137
5.2	盘类零件的数控车削加工实例	138
5.2.1	小盘类零件的数控车削加工	138
5.2.2	普通盘类零件的数控车削加工	139
5.2.3	复杂盘类零件的数控车削加工	141
5.3	套类零件的数控车削加工实例	145
5.4	螺纹类零件的数控车削加工实例	148
5.5	子程序数控车削加工实例	150
5.6	综合数控车削加工实例	150
5.7	异形轴类综合数控车削加工实例	153
第 6 章	数控车自动编程	157
6.1	自动编程软件的优点及操作步骤	157
6.1.1	自动编程软件的优点	157
6.1.2	自动编程的操作步骤	157
6.2	CAXA 数控车自动编程软件介绍	157
6.2.1	界面与菜单介绍	157
6.2.2	系统的交互方式	160
6.3	CAXA 数控车的 CAD 功能	162
6.4	CAXA 数控车的 CAM 功能	167
6.4.1	数控车 CAM 功能概述	167

6.4.2 CAXA 数控车软件的车削加工	168
6.5 CAXA 数控车自动编程实例	181
6.5.1 轴类零件的加工	181
6.5.2 套类零件的加工	186
6.5.3 套类零件中孔的加工	194
6.5.4 螺纹加工	197
附录 1 数控车削工艺员试题库及答案	202
1.1 数控车削工艺员理论题库	202
1.2 数控车削工艺员理论题库答案	218
1.3 数控车削工艺员上机题库	220
1.4 数控车削工艺员上机题库答案	229
1.5 数控车削工艺员实操题库	245
1.6 数控车削工艺员实操题库答案	247
附录 2 全国职业技能鉴定数控车削中高级试题库及答案	256
2.1 全国数控车削中高级理论题库	256
2.2 全国数控车削中高级理论题库答案	276
2.3 全国数控车削中高级实操题库	293
2.4 全国数控车削中高级实操题库答案	298
附录 3 全国数控车削大赛试题库及答案	305
3.1 全国数控车削大赛理论题库	305
3.2 全国数控车削大赛理论题库答案	319
3.3 全国数控车削技能大赛实操题库	323
3.4 全国数控车削技能大赛实操题库答案	327
参考文献	337

光盘：FANUC 系统数控车床操作

内容：1. 讲解、演示第 4 章内容

2. 两个全过程数控加工实例

3. 编入自动编程实例的造型图及刀具轨迹图

第 1 章 数控车床结构

1.1 数控车床的功能、组成及分类

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,因此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。

1.1.1 数控车床的功能、特点及其应用

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,因此数控车床更加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。

1.1.2 数控车床的结构组成和布局形式

(1) 数控车床的结构组成

数控车床与普通卧式车床相比较,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普通卧式车床的进给系统在结构上存在着本质上的差别,图 1-1 为典型数车床的机械结构组成图。普通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和刀架,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。

(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 数控车床共有 4 种布局形式:平床身 [图 1-2(a)]、斜床身 [图 1-2(b)]、平床身斜滑板 [图 1-2(c)] 和立床身 [图 1-2(d)]。

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

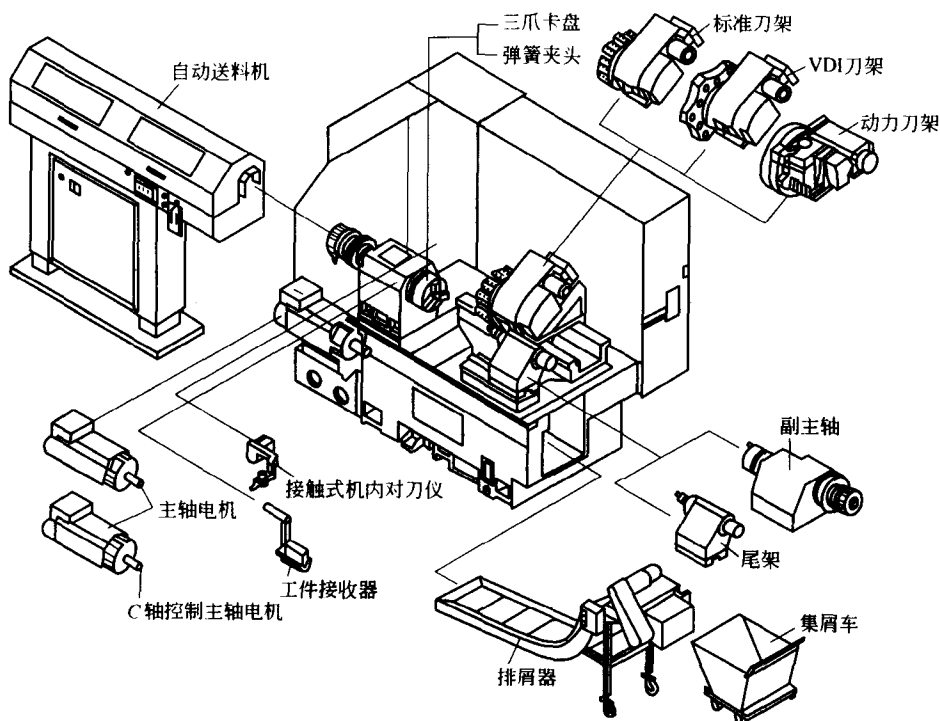


图 1-1 典型数控车床的机械结构组成图

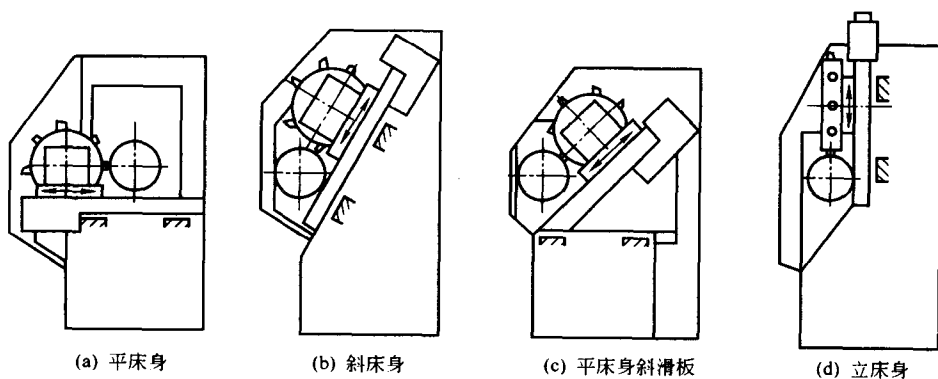


图 1-2 数控车床的布局形式

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、小型数控车床所普遍采用。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° 、 45° 、 60° 、 75° 和 90° （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° 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。随着数控车床的不断发展，刀架结构形式也不断创新，但总体来说大致可分两大类，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。

1.1.3 数控车床的分类

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 1-3 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

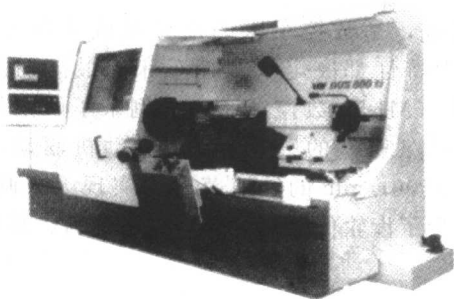


图 1-3 经济型数控车床

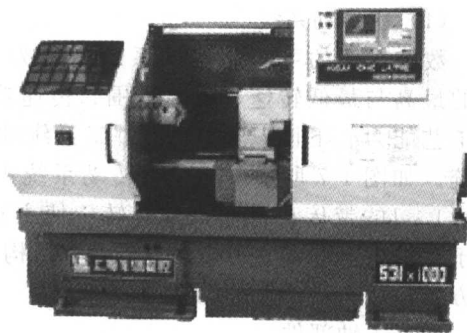


图 1-4 全功能数控车床

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 1-4 所示。

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。如图 1-5 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 1-6 所示。

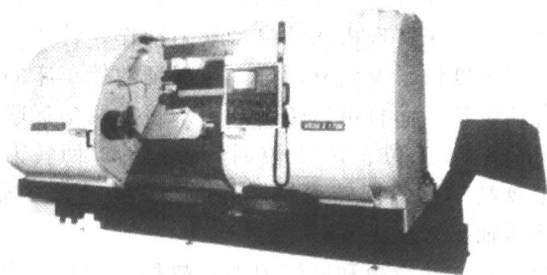


图 1-5 高速卧式车削中心

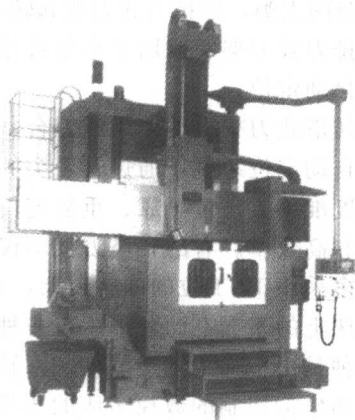


图 1-6 数控立式车床

(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。

1.2 数控车床的机械结构

1.2.1 数控车床主传动系统及主轴部件

(1) 主传动系统

数控车床的主运动传动系统简称为主传动系统，是数控车床的重要组成部分之一，它的最高与最低转速、转速范围、传递功率和动力特性都决定了数控车床的最高切削加工工艺能力。下面以 FANUC 0-T 系统的数控车床 (MJ-50 数控车床) 为例来了解主传动系统。如图 1-7 所示，其中主传动系统由功率为 11/15kW 的 AC 伺服器电动机驱动，经一级 1:1 的带传动带动主轴旋转，使主轴在 35~3500r/min 的转速范围内实现无级调速。由于主轴箱内部省去了齿轮传动变速机构，因此减少了齿轮传动对主轴精度的影响，并且维修方便。

(2) 主轴部件

数控车床主轴部件的精度、刚度和热变形对加工质量有直接影响。

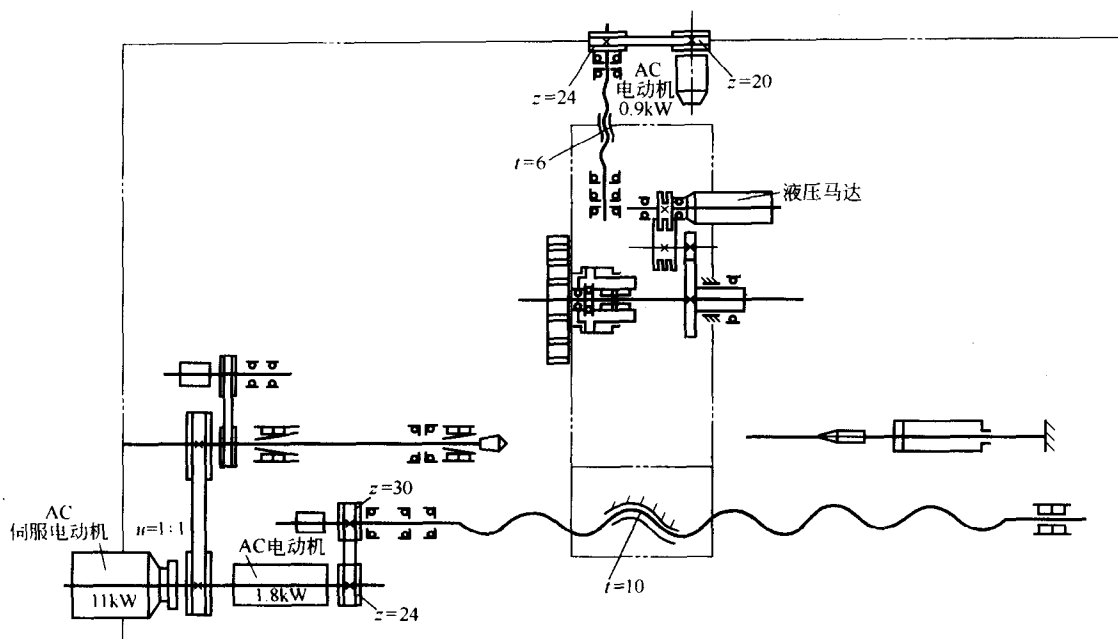


图 1-7 MJ-50 数控车床的传动系统图

① 主轴的支承和润滑 如图 1-8 所示，数控车床主轴的支承配置形式主要有以下三种：

a. 前支承采用双列圆柱滚子轴承和 60° 双列角接触球轴承组合，后支承采用成对安装的高精度角接触球轴承，这种配置形式使主轴的综合刚度大幅度提高，普遍应用于各类数控机床主轴；

b. 前轴承采用高精度双列（或三列）角接触球轴承，后支承采用单列（或双列）角接触球轴承，这种配置适用于高速、轻载和精密的数控机床主轴；

c. 前后轴承采用双列和单列圆锥滚子轴承，适用于中等精度、低速与重载的数控机床主轴。

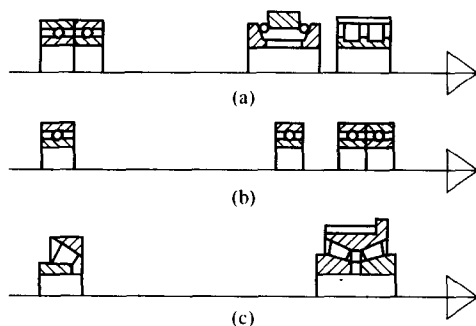


图 1-8 数控车床主轴的主要支承配置形式

如图 1-9 所示为 MJ-50 数控车床主轴结构。

交流主轴电动机通过带轮 15 把运动传给主轴 7。主轴前支承由一个双列圆柱滚子轴承 11 和一对角接触球轴承 10 组成，轴承 11 用来承受径向载荷，两个角接触球轴承分别承受两个方向的轴向载荷，另外还承受径向载荷。松开螺母 8 的锁紧螺钉，就可用螺母来调整前支承轴承的间隙。主轴的后支承为双列圆柱滚子轴承 14，轴承间隙由螺母 1 和 6 来调整。主轴的支承形式为前端定位，主轴受热膨胀向后伸长，前后支承所用双列圆柱滚子轴承的支承刚性好，允许的极限转速高。前支承中的角接触球轴承能承受较大的轴向载荷且允许的极限转速高。主轴所采用的支承结构适宜高速大载荷的需要。主轴的运动经过同步带轮 16 和 3 以及同步带 2 带动脉冲编码器 4，使其与主轴同速运转。脉冲编码器用螺钉 5 固定在主轴箱体 9 上。

如图 1-10 所示为另一种常见的主轴结构（TND360 数控车床）。主轴内孔用于通过长的棒料，也可以通过气动、液压夹紧装置（动力夹盘）。主轴前端的短圆锥及其端面用于安装

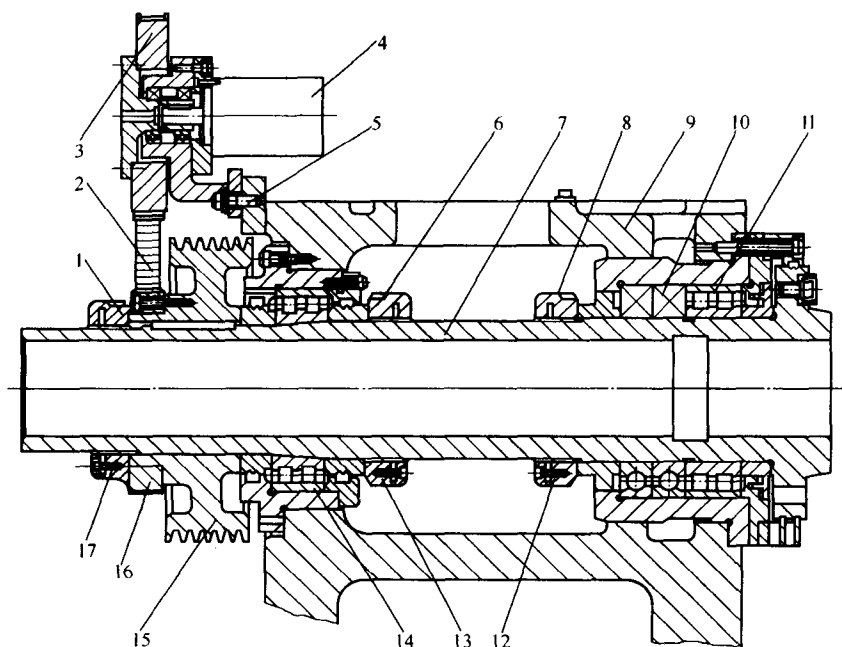


图 1-9 MJ-50 数控车床主轴结构

1、6、8—螺母；2—同步带；3、16—同步带轮；4—脉冲编码器；5、12、13、17—螺钉；7—主轴；
9—箱体；10—角接触球轴承；11、14—圆柱滚子轴承；15—带轮

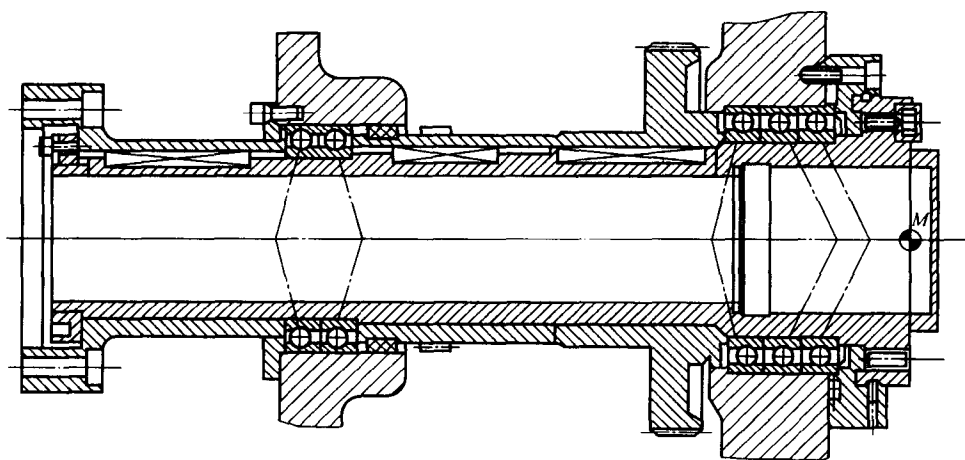


图 1-10 TND360 数控车床的主轴结构

卡盘或夹盘。主轴前后支承都采用角接触球轴承或其他球轴承。前支承三个一组，前面两个大口朝前端，后面一个大口朝后端。后支承两个球轴承小口相对。前后轴承都由轴承厂配好，成套供应，装配时不需修配。

② 液压卡盘的结构 数控车床工件夹紧装置可采用三爪自定心卡盘、四爪单动卡盘或弹簧夹头（用于棒料加工）。为了减少数控车床装卡工件的辅助时间，广泛采用液压或气动动力自定心卡盘。如图 1-11 所示，液压卡盘固定安装在主轴前端，回转液压缸 1 与接套 5 用螺钉 7 连接，接套又通过螺钉与主轴后端面连接，使回转液压缸随主轴一起转动。卡盘的

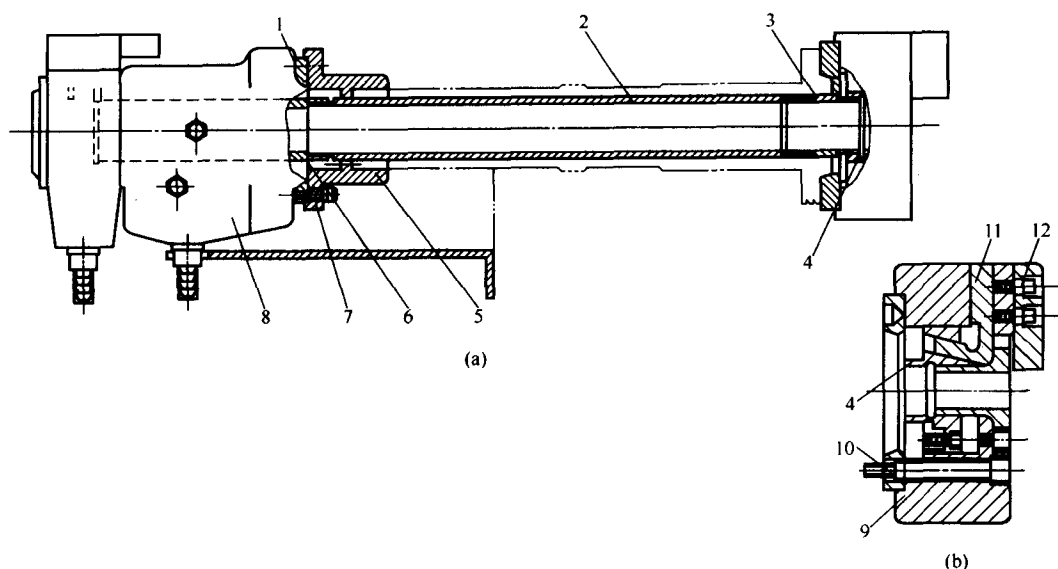


图 1-11 液压卡盘结构简图

1—回转液压缸；2—空心拉杆；3—连接套；4—滑套；5—接套；6—活塞；
7、10—螺钉；8—回转液压缸；9—卡盘体；11—卡爪座；12—卡爪

夹紧与松开，由回转液压缸通过一根空心拉杆 2 来驱动。拉杆后端与液压缸内的活塞 6 用螺纹连接，连接套 3 两端的螺纹分别与拉杆 2 和滑套 4 连接。图 1-11 (b) 为卡盘内楔形机构示意图。当液压缸内的压力油推动活塞和拉杆向卡盘方向移动时，滑套 4 向右移动，并通过楔形槽的作用，使卡爪座 11 带着卡爪 12 沿径向向外移动，从而使卡盘松开。反之液压缸内的压力油推动活塞和拉杆向主轴后端移动时，通过楔形机构使卡盘夹紧工件。卡盘体 9 用螺钉 10 固定安装在主轴前端。

③ 主轴编码器 数控车床主轴编码器采用与主轴同步的光电脉冲发生器。该装置可以通过中间轴上的齿轮 1:1 地与主轴同步转动，也可以通过弹性联轴器与主轴同轴安装。利用主轴编码器检测主轴的运动信号，一方面可实现主轴调速的数字反馈，另一方面可用于进给运动的控制，例如车螺纹时控制主轴与刀架之间的运动关系。

数控车床主轴的转动与进给运动之间没有机械方面的直接联系，为了加工螺纹，要求输给进给伺服电动机的脉冲数与主轴的转数应有相位关系，主轴脉冲发生器起到了联系主轴传动与进给传动的作用。

1.2.2 数控车床进给传动系统及传动装置

(1) 进给传动系统的特点

数控车床的进给传动系统是控制 X、Z 坐标轴伺服系统的主要组成部分。它将伺服电动机的旋转运动转化为刀架的直线运动，而且对移动精度要求很高，X 轴最小移动量为 0.0005mm（直径编程），Z 轴最小移动量为 0.001mm。采用滚珠丝杠螺母传动副，可以有效地提高进给系统的灵敏度、定位精度和防止爬行。另外，消除丝杠螺母的配合间隙和丝杠两端的轴承间隙也有利于提高传动精度。

数控车床的进给系统采用伺服电动机驱动，通过滚珠丝杠螺母带动刀架移动，所以刀架的快速移动和进给为同一传动路线。

(2) 对进给系统的性能要求