

SHU KONG CH

简明数控技术工具丛书

# 数控车 技术分册

沈建国 主编

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

简明数控技术工具丛书

# 数控车技术分册

主 编 沈建国

副主编 郭 平

 **北京理工大学出版社**

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

## 内容简介

本书内容力求化繁为简、便于使用,提高一般性数控车设计及加工工作效率。主要包括数控车床结构与分类,典型数控车床介绍,数控车削常用刀具与夹具,数控车加工工艺,数控车编程技术,数控车操作,数控车床的安装与调试、维护与保养、常见故障诊断与排除、发展趋势。

本书主要面向高职高专院校数控类专业学生,满足课程学习、课程设计、毕业设计,及毕业后日常工作需要。也可供数控车技术人员在数控车编程、加工中使用。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目(CIP)数据

简明数控技术工具丛书. 数控车技术分册/沈建国主编. —北京:北京理工大学出版社, 2011. 6

ISBN 978 - 7 - 5640 - 4043 - 7

I. ①简… II. ①沈… III. ①数控机床: 车床 IV. ①TG659②TG519. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 112834 号

---

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京正合鼎业印刷技术有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 14

字 数 / 256 千字

责任编辑 / 王 丹

版 次 / 2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

张慧峰

印 数 / 1 ~ 4000 册

责任校对 / 周瑞红

定 价 / 27.00 元

责任印制 / 吴皓云

---

图书出现印装质量问题, 本社负责调换

# 前 言

数控机床是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础，其水平高低和拥有量多少是衡量一个国家工业现代化的重要标志。工业发达国家把数控机床视为具有高技术附加值和高利润的重要出口产品。数控机床已成为关系到国家战略地位和体现国家综合国力的重要基础性产品。数控机床集机械制造技术、信息技术、微电子技术和自动化技术等为一体，随着科学技术的发展而不断地发展与创新。

数控车床在数控机床中占有的份额较高，中、高职学校数控、机电等机械类专业以数控车加工技术作为核心课程进行教学，这就要求学生对数控车床的机械结构和维护，熟悉数控车床的加工工艺和加工软件等基础知识，同时也要求熟悉数控车床的编程知识。这种形势对机械类专业应用型学生在数控车床方面的知识及技能也提出了新的要求，即要求学生具备一定的数控车床理论知识及应用方面的基本知识和技能。

编写本书的指导思想是在学生已具备数控加工应用能力的基础上，应用本工具手册，进一步提高数控车的基本理论和知识水平；掌握数控车床的机械结构和控制知识；掌握数控车床的保养与维修；学会数控车床的加工工艺和编程方法，并能把学到的知识应用到生产实践中。

本书通俗易懂，涉及面广，内容丰富，可操作性强，适合作为应用型职业院校机械类专业的教学用书，也可作为应用型职业院校的数控技术应用、机械工程及其自动化、机械设计制造及其自动化、机电一体化等专业学生的毕业设计技术手册，还可作为广大自学者及工程技术人员的查寻资料。

本书由沈建国任主编，郭平任副主编。第1章、第8章由赵太平编写，第2章由赵太平、喻佩佩编写，第3章由陈震乾编写，第4章由沈建国编写，第5章由林丽、郭平编写，第6章由陆春伟编写，第7章由李海峰编写，第9章由石阶安编写，第10章及附录由何平编写。王猛主审，他对本书提出了不少宝贵的意见和建议，编者在此表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限，加之时间仓促，书中不足之处，恳请专家、同仁和广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

<b>第 1 章 数控车床结构与分类</b> .....	1
1.1 数控车床结构 .....	1
1.2 数控车床分类及特点 .....	6
1.2.1 数控车床布局 .....	6
1.2.2 数控车床分类 .....	7
<b>第 2 章 典型数控车床简介</b> .....	11
2.1 经济型数控车床 .....	11
2.1.1 CAK6150 数控车床 .....	11
2.1.2 CY-K360 数控车床 .....	14
2.2 中档型数控车床 .....	15
2.3 高精度数控车床 .....	18
2.3.1 车削中心功能与配置 .....	18
2.3.2 CH6145A 车削中心 .....	19
2.4 数控车床的选用 .....	21
<b>第 3 章 数控车削常用刀具与夹具</b> .....	23
3.1 数控车削常用刀具 .....	23
3.1.1 数控刀具的要求和特点 .....	23
3.1.2 常见刀具的名称 .....	23
3.1.3 刀具的材质 .....	24
3.1.4 刀具的参数 .....	25
3.2 数控车床常用夹具 .....	33
3.2.1 数控车床夹具的特点 .....	33
3.2.2 数控夹具的介绍 .....	33
3.2.3 夹具的选择和工件装夹方法的确定 .....	35
3.2.4 综合举例 .....	36
<b>第 4 章 数控车加工工艺</b> .....	38
4.1 数控车加工工艺概述 .....	38
4.2 数控车加工工艺主要内容 .....	38
4.3 数控车加工工艺性分析 .....	38

4.4	数控车加工工艺路线的设计 .....	39
4.4.1	工序的划分 .....	39
4.4.2	顺序的安排 .....	40
4.5	数控车加工工序的设计 .....	40
4.5.1	确定走刀路线和安排工步顺序 .....	40
4.5.2	定位基准与夹紧方案的确定 .....	41
4.5.3	夹具的选择 .....	41
4.5.4	刀具的选择 .....	41
4.5.5	确定刀具与工件的相对位置 .....	41
4.5.6	确定加工用量 .....	42
4.5.7	数控车加工专用技术文件的编写 .....	51
<b>第5章</b>	<b>数控车编程技术 .....</b>	<b>55</b>
5.1	编程基础 .....	55
5.1.1	数控车床的坐标系 .....	55
5.1.2	编程方式的选择 .....	57
5.1.3	程序的结构与格式 .....	58
5.2	数值计算 .....	59
5.2.1	基点计算 .....	59
5.2.2	节点计算 .....	60
5.3	基本代码 .....	62
5.3.1	准备功能(G代码) .....	63
5.3.2	辅助功能(M代码) .....	64
5.3.3	F、S、T主要功能说明 .....	65
5.3.4	常用G代码的格式 .....	66
5.4	宏程序 .....	71
5.4.1	变量 .....	72
5.4.2	变量的类型 .....	72
5.4.3	变量的引用 .....	72
5.4.5	运算 .....	73
5.4.6	算术和逻辑运算 .....	73
5.4.7	转移和循环 .....	75
5.5	典型实例介绍 .....	77
5.6	其他系统 .....	84
5.6.1	西门子系统 .....	84
5.6.2	华中系统 .....	108

<b>第 6 章 数控车床操作</b> .....	115
6.1 面板介绍 .....	115
6.1.1 操作面板介绍 .....	115
6.1.2 软键盘的介绍及使用方法 .....	115
6.1.3 车床按钮及功能介绍 .....	116
6.2 程序编程与校验 .....	119
6.2.1 建立新程序 .....	119
6.2.2 编辑程序 .....	120
6.2.3 程序调试 .....	122
6.3 对刀与刀补 .....	123
6.3.1 任何点对刀法 .....	123
6.3.2 固定点对刀法 .....	125
6.3.3 刀具磨损补偿 .....	125
6.4 检测与测量技术 .....	126
6.4.1 轴类工件的测量 .....	126
6.4.2 套类工件的测量 .....	131
6.4.3 圆锥类工件的测量 .....	134
6.4.4 螺纹与蜗杆的测量 .....	137
6.4.5 中径测量 .....	137
6.5 典型案例 .....	138
6.5.1 工件图样 .....	138
6.5.2 加工零件操作 .....	139
6.6 西门子数控系统简介 .....	140
6.6.1 西门子 802C 操作界面 .....	140
6.6.2 NC 键盘简介 .....	140
6.6.3 车床控制面板简介 .....	141
<b>第 7 章 安装与调试</b> .....	143
7.1 数控车床的主要技术指标 .....	143
7.2 安装的一般技术 .....	144
7.2.1 对安装环境的要求 .....	144
7.2.2 车床的安装步骤 .....	144
7.3 调试的一般技术 .....	146
7.3.1 车床通电试车的目的 .....	146
7.3.2 车床精度和功能调试 .....	146
7.3.3 车床的运行试验 .....	147

7.4	数控车床的验收 .....	148
7.5	数控车床的安装和调试 .....	153
7.5.1	安装的环境要求 .....	153
7.5.2	数控车床的安装 .....	153
7.5.3	数控车床的调试 .....	155
7.6	数控车床检测的标准 .....	156
<b>第8章</b>	<b>数控车床维护与保养 .....</b>	<b>159</b>
8.1	数控车床操作注意事项 .....	159
8.2	数控车床日常维护与保养 .....	160
<b>第9章</b>	<b>常见故障诊断与排除 .....</b>	<b>168</b>
9.1	报警系统及识读 .....	168
9.2	常见故障诊断与排除案例 .....	169
9.2.1	电源引起的故障 .....	169
9.2.2	系统显示故障 .....	170
9.2.3	CNC 单元故障 .....	172
9.2.4	急停报警故障 .....	175
9.2.5	手动操作类故障分析与维修 .....	177
9.2.6	参考点编码器类故障分析与维修 .....	178
9.2.7	参数设定错误引起的故障 .....	180
9.2.8	刀架、刀库及换刀常见故障 .....	180
9.2.9	数控加工类故障 .....	181
9.3	常见系统参数与故障排除 .....	183
9.3.1	系统参数 .....	183
9.3.2	常见的故障现象与解除 .....	190
9.3.3	常见的报警号及原因 .....	195
9.3.4	错误报警及解除 .....	198
<b>第10章</b>	<b>发展趋势 .....</b>	<b>200</b>
10.1	数控车床的发展趋势 .....	200
10.2	数控车床各部分的发展趋势 .....	204
10.2.1	数控系统发展趋势 .....	204
10.2.2	数控分度头发展趋势 .....	205
10.2.3	数控转台发展趋势 .....	205
10.2.4	数控刀架发展趋势 .....	205
10.3	中国数控车床的发展 .....	206



10.3.1 中国数控车床的现状 .....	206
10.3.2 中国发展数控车床存在的主要问题 .....	206
10.3.3 中国加速数控车床产业发展之路 .....	207
10.3.4 国家政策扶持数控车床产业化基地建设 .....	208
附录 .....	209
参考文献 .....	212

# 第1章 数控车床结构与分类

数控车床是数字程序控制车床的简称，其外形如图1-1所示。数控车床能自动完成轴类及盘类零件内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、螺纹以及各种回转曲面切削加工，并能进行切槽、钻孔、扩孔和铰孔等工作，有些还可以配备动力刀头，完成部分铣削加工等。它是目前国内使用量最大、覆盖面最广的一种数控机床。

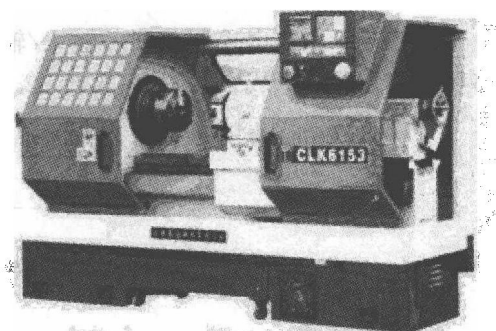


图1-1 数控车床

## 1.1 数控车床结构

数控车床与普通卧式车床在结构形式上有许多相似之处，其结构仍然是由主轴箱、刀架、进给系统、床身以及液压、气压、润滑系统等部分组成，但数控车床与卧式车床在结构上有本质区别，如图1-2所示。卧式车床的进给系统是经过交换齿轮架、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）的进给运动，数控车床刀架的两个运动方向分别由两台伺服电动机驱动，不必使用交换齿轮、丝杠等传动部件，传动链短。伺服电动机可以直挂与丝杠连接

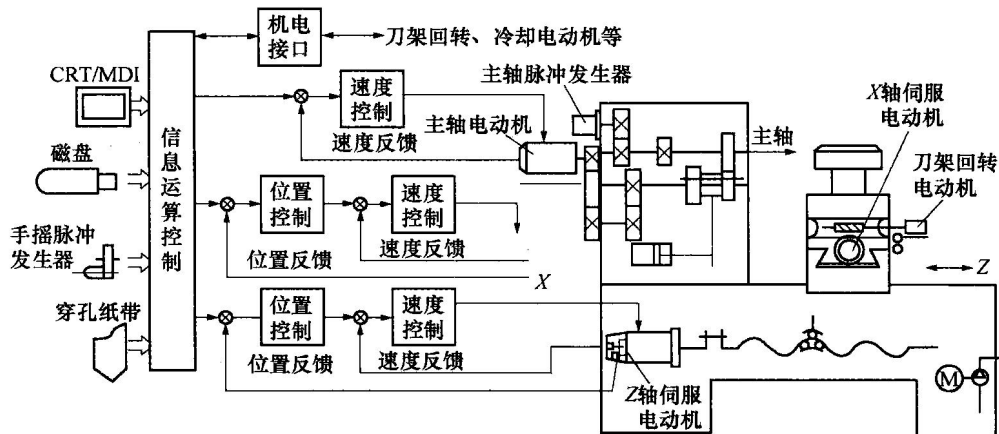


图1-2 数控车床结构示意图

来带动刀架运动，也可以用同步齿形带连接。全功能数控车床一般采用交流或直流主轴控制单元来控制主轴，按控制指令实现无级变速，与主轴之间无须再用多级齿轮副来进行变速，其主轴箱内的结构较卧式车床简单得多。因此数控车床的结构大为简化，其精度和刚度大大提高。

### 数控车床的组成

数控车床主要由控制介质、输入/输出装置、数控系统、伺服系统、车床本体和辅助装置等组成，如图 1-3 所示。

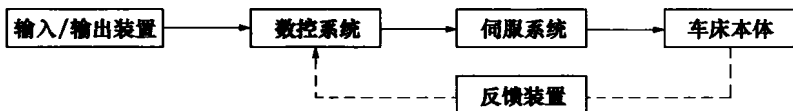


图 1-3 数控车床系统组成框图

#### 1. 控制介质

控制介质又称为信息载体，是人和数控车床之间联系的中间媒介物质。程序的存储介质有纸带、磁带、光盘等。

#### 2. 输入/输出装置

存储介质上记载的加工信息需要通过输入装置传送给车床数控系统，内存中的数控加工程序可以通过输出装置传送到存储介质上。输入/输出装置是车床和外部设备的接口，目前主要有纸带阅读机、软盘驱动器、RS232 串行通信口等。

#### 3. 数控系统

数控系统是数控车床实现自动加工的核心，由 CPU、存储器、控制器、PLC、各类输入/输出接口等组成。主要控制对象是位置、角度、速度等机械量，以及温度、压力等物理量。控制方式可分数据运算处理控制和时序逻辑控制两类。数据运算处理控制是根据所读入的零件程序，通过译码、编译等处理后，进行相应的刀具轨迹插补运算，并通过与各坐标伺服系统的位置、速度反馈信号比较，从而控制各坐标轴的位移。而时序逻辑控制通常由 PLC 来完成，根据车床加工过程中各动作要求进行协调，按各检测信号进行逻辑判断，从而控制车床各部件按顺序工作。

#### 4. 伺服系统

伺服系统是数控系统和车床本体之间的电传动联系环节。主要由伺服电动机、驱动控制系统和检测与反馈装置等组成。伺服电动机是系统的执行元件，驱动控制系统则是伺服电动机的动力源。数控系统发出的指令信号与位置反馈信号比较后作为位移指令，再经过驱动系统的功率放大后，驱动电动机运转，通过机械传动装置拖动刀架运动，并可对其位置、速度等进行控制。

(1) 伺服系统的类型。伺服系统一般可根据有无检测反馈环节分为开环系统、闭环系统和半闭环系统。

① 开环伺服系统。开环伺服系统中没有位置、速度等检测反馈装置（如图 1-4 所示），由步进电动机驱动线路和步进电动机组成。每一个脉冲信号使步进电动机转动一个角度，通过滚珠丝杠推动工作台移动一定的距离。这类系统的信息流是单向的，即进给脉冲发出后，实际位移值不再反馈回来，所以称为开环伺服系统。

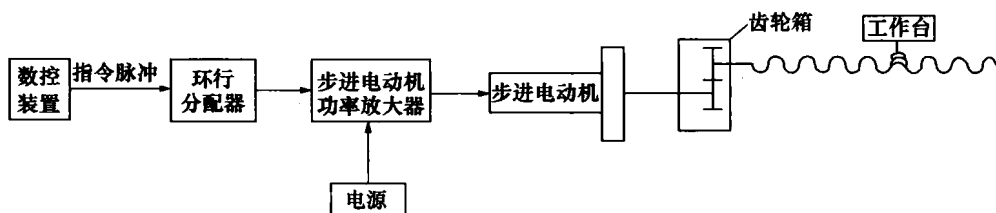


图 1-4 开环伺服系统框图

这种伺服机构比较简单，工作稳定，操作方法容易掌握，但精度和速度提高受到限制，如果切削负荷突变或脉冲频率突变（如加速、减速），则数控运动部件可能发生“失步”，即丢失移动数目的进给指令脉冲，从而造成进给运动速度和位移误差。所以这类控制方式仅限于精度不高、轻载负荷变化不大的经济型中、小数控车床。

② 半闭环伺服系统。半闭环伺服系统是由比较环节、伺服放大器、伺服电动机和检测装置组成，如图 1-5 所示。

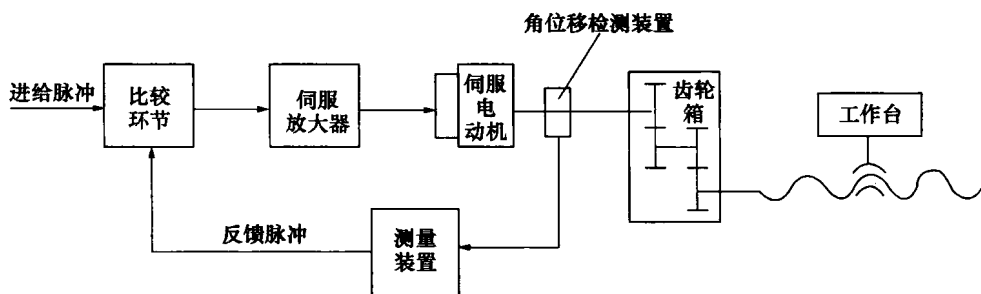


图 1-5 半闭环伺服系统框图

其位置检测元件安装在丝杠或伺服电动机的端部，利用丝杠的回转角计算工作台的位移量，再将该值与指令值进行比较，若存在误差，则控制伺服电动机朝消除该误差值的方向转动，直到消除误差值为止。这种控制系统是利用丝杠的回转角间接测出工作台的位置，位于检测装置之后的传动件和执行件不在反馈环路内，所以称为半闭环伺服系统。

常用的伺服电动机有交、直流伺服电动机和电液伺服电动机。位置检测元件有旋转变压器、光电脉冲发生器和圆光栅等。这种伺服机构所能达到的精度、速度和动态特性优于开环伺服机构，并且它的环路中非线性因素少，容易整定，可以比较方便地通过补偿提高位置控制精度，而且电气控制部分和执行机械部分相对独立，系统通用性强，维修维护比较容易，因此在数控车床中应用最为广泛。

③ 闭环伺服系统。闭环伺服机构与半闭环伺服机构基本相同（如图 1-6 所示），只是将位置检测元件安装在工作台上，可直接测出工作台的实际位置，这种控制系统因其将最终的执行部件的位移量进行反馈、比较和补偿，所以称为闭环伺服系统。

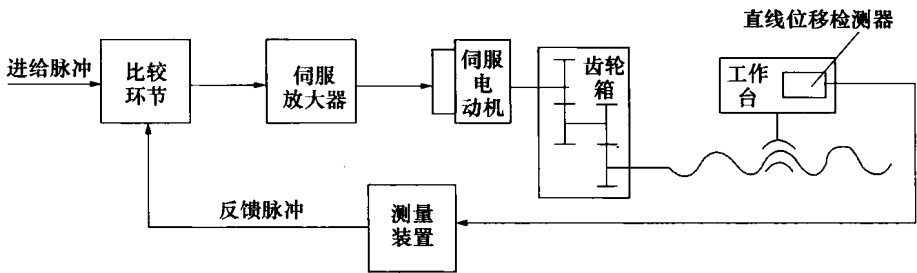


图 1-6 闭环伺服系统框图

闭环伺服系统所用的伺服电动机与半闭环相同，位置检测元件有长光栅、长感应同步器或长磁栅。它的反馈精度高，但调试难度大，维护维修比较困难，常用于高精度和大型数控车床。

(2) 位置检测元件的类型。在闭环和半闭环伺服系统中，位置检测元件是其重要的组成部分，对提高数控车床的精度起到决定性作用，为此，检测元件应满足的要求是：工作可靠，抗干扰性强，在满足数控车床精度和速度要求的前提下，成本低、维修方便。常用位置检测元件类型见表 1-1。

表 1-1 常用位置检测元件类型表

项目	数字式		模拟式	
	增量式	绝对式	增量式	绝对式
旋转型	脉冲编码器 圆光栅	编码盘	旋转变压器 圆感应同步器 圆磁栅	多极旋转变压器 三速圆感应同步器
直线型	长光栅 激光干涉仪	编码尺	直线感应同步器 磁栅	绝对值式磁尺 三速感应同步器

## 5. 车床本体

车床本体是加工运动的实际机械机构，主要包括：主运动机构、进给运动机构、床身、导轨和刀架等。

数控车床机械传动机构与普通车床相比已大大简化，除了部分主轴箱内的齿轮传动外，取消了挂轮箱、进给箱、溜板箱和绝大部分的传动机构。

(1) 主运动机构。主运动机构包括主轴部件和主轴驱动。主运动的最高与最低转速、转速范围、传递功率和动力特性，决定数控车床的切削效率和加工工艺能力。主轴组件的回转精度、刚度、抗振性和热变形，直接影响加工零件的尺寸、位置精度和表面质量等。

(2) 进给运动机构。进给运动机构包括引导和支承执行部件的导轨、丝杠螺母副等。它的精度、灵敏度和稳定性，将直接影响到工件的加工精度。

(3) 床身。数控车床的床身除了采用传统的铸造床身外，也可采用加强钢筋板或钢板焊接结构，以减轻其结构重量，提高其刚度。

(4) 导轨。数控车床上的运动部件都是沿着它的床身、立柱、横梁等部件上的导轨而运行，导轨起支承和导向作用。导轨很大程度上决定数控车床的精度、刚度和精度保持性。目前数控车床上的导轨形式主要有滑动导轨、滚动导轨和静压导轨。

(5) 刀架。刀架是数控车床普遍采用的一种简单的换刀装置。刀架的结构形式如图 1-7 和图 1-8 所示。

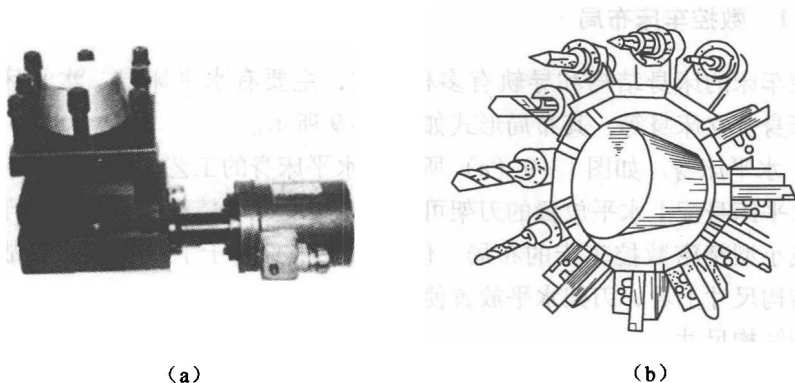


图 1-7 基本结构的自动转位刀架

(a) 四工位刀架；(b) 转塔式刀架

刀架的换刀过程是：接受换刀指令→松开夹紧机构→分度定位→粗定位→精定位→锁紧→发出动作完成回答信号。驱动刀架的工作动力有电动和液压两种。

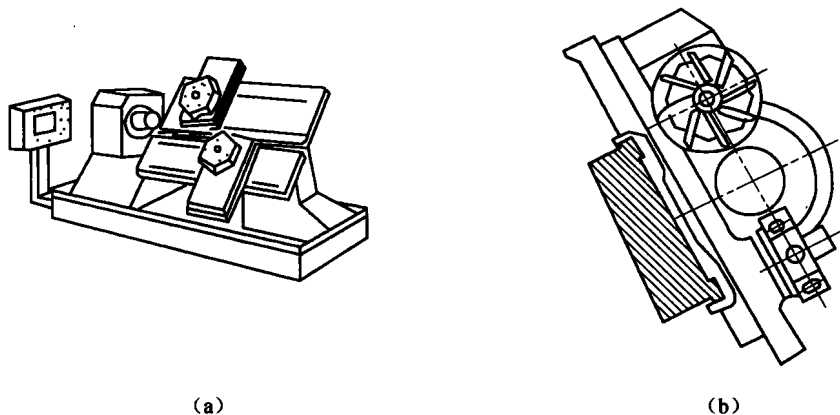


图 1-8 组合形式的自动转位刀架

(a) 平行交错双刀架；(b) 垂直交错双刀架

## 6. 辅助装置

辅助装置是指数控车床上的一些配套部件，如液压、气压装置、润滑系统、自动排屑装置、机内对刀仪等。

# 1.2 数控车床分类及特点

## 1.2.1 数控车床布局

数控车床的床身结构和导轨有多种形式，主要有水平床身、水平床身斜导轨、斜床身及立床身等，其布局形式如图 1-9 所示。

(1) 水平床身。如图 1-9 (a) 所示，水平床身的工艺性好，便于导轨面的加工。水平床身配上水平放置的刀架可提高刀架的运动精度，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，故排屑困难。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。

(2) 水平床身斜导轨。如图 1-9 (b) 所示，水平床身配上倾斜放置的滑板，并配置倾斜式导轨防护罩，这种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。

(3) 斜床身。如图 1-9 (c) 所示，斜床身的导轨倾斜角分别为  $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 、 $60^\circ$  和  $75^\circ$  等。常用的有  $45^\circ$ 、 $60^\circ$  和  $75^\circ$ 。

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，热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。

(4) 立床身。如图 1-9 (d) 所示,从排屑的角度看,立床身布局最好,切屑自由落下,不易损伤导轨面,导轨的维护和防护比较简单,但车床的精度不如其他三种布局形式高,所以应用较少。

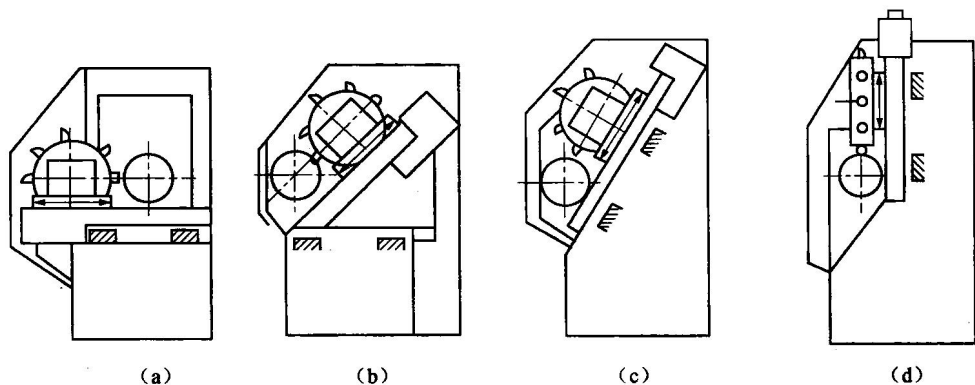


图 1-9 数控车床的布局形式

(a) 水平床身; (b) 水平床身斜导轨; (c) 斜床身; (d) 立床身

综上所述,数控车床的床身和导轨的布局形式不仅影响数控车床的结构和外观,而且直接影响数控车床的使用性能。

## 1.2.2 数控车床分类

数控车床品种繁多,规格不一,可按如下方法进行分类。

### 1. 按车床主轴位置分类

(1) 卧式数控车床。其主轴轴线处于水平位置,是应用最广泛的数控车床。卧式数控车床的刀架布局结构有前置、后置和排式三种。

① 前置刀架数控车床。如图 1-10 所示,刀架布局结构为前置四工位回转刀架,该刀架结构简单,一次装刀数量少,床身导轨为水平导轨,操作者观察切削情况和测量工件不方便。

② 后置刀架数控车床。如图 1-11 所示,刀架布局结构为后置转塔刀架,中高档数控车床一般采用后置刀架的布局结构,床身导轨为倾斜导轨(或水平床身上配倾斜放置的滑板)。刀架后置方便了操作者观察切削情况和测量工件。

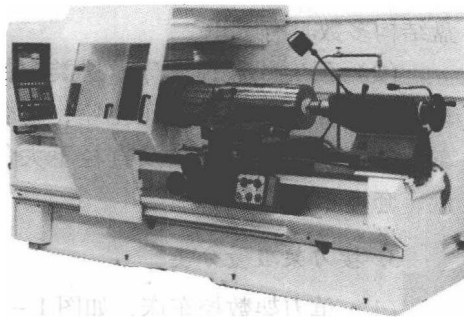


图 1-10 前置刀架数控车床



③ 排式刀架数控车床。如图 1-12 所示，排式刀架数控车床的特点是：比同类车床占地面积小，加工行程大，宽敞合理的操作空间满足加工需求，特别适合小型精密零部件加工。

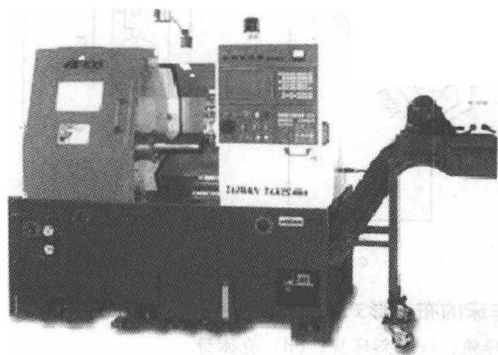


图 1-11 后置刀架数控车床

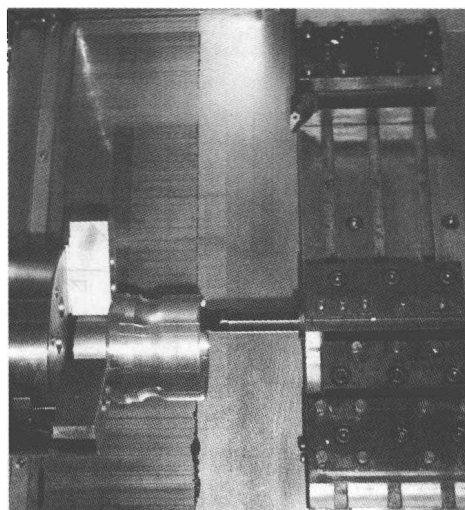


图 1-12 排式刀架数控车床

(2) 立式数控车床。立式数控车床简称为数控立车（如图 1-13 所示），其车床主轴垂直于水平面，一个直径很大的圆形工作台，用来装夹工件。这类车床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。

## 2. 按加工零件的基本类型分类

(1) 卡盘式数控车床。这类数控车床未配置尾座，适合车削盘类零件。其夹紧方式多为电动或液压控制，卡盘结构多数具有卡爪。

(2) 顶尖式数控车床。这类数控车床配有普通尾座或液压尾座，适合车削较长的轴类零件以及直径不大的盘、套类零件。

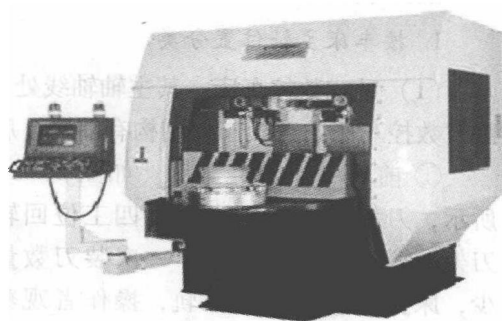


图 1-13 数控立车

## 3. 按刀架数量分类

(1) 单刀架数控车床，如图 1-14 所示。数控车床一般都配置有各种形式的单刀架，如四工位卧式转位刀架或多工位转塔式自动转位刀架等。

(2) 双刀架数控车床，如图 1-15 所示。这类车床是高效率的数控车床。双刀架配置平行分布，也可以是相互垂直分布。