

全国中等职业技术学校 **数控加工专业教材**

GUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO SHUKONG JIAGONG ZHUANYE JIAOCAI



车床数字 Shukong 控制

(第三版)

中国劳动社会保障出版社



全国中等职业技术学校数控加工专业教材

车床数字控制

(第三版)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

车床数字控制/宋乃林主编. —3 版. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2006
全国中等职业技术学校数控加工专业教材

ISBN 7 - 5045 - 5739 - 0

I. 车… II. 宋… III. 数控机床: 车床 - 专业学校 - 教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 078113 号

◆

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出 版 人: 张梦欣

*

北京人卫印刷厂印刷装订 新华书店经销

787 毫米×1092 毫米 16 开本 10.75 印张 267 千字

2006 年 7 月第 3 版 2006 年 7 月第 1 次印刷

定价: 15.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64911344

前 言

全国中等职业技术学校数控加工专业教材自出版以来，为满足中等职业技术学校教学及相关职业培训发挥了重要作用，受到了广大师生的好评。但是，随着我国社会主义市场经济和现代加工技术的迅速发展，社会及企业对技能人才的知识与技能结构提出了更新、更高的要求，数控技术和设备也有了很大的进步。为适应培养 21 世纪技能人才的需要，满足全国中等职业技术学校数控加工专业教学，我们根据劳动和社会保障部培训就业司颁发的相关专业教学计划和教学大纲，以及国家职业标准，组织有关专家对原版教材进行了全面修订，修订后的教材包括：《车床数字控制（第三版）》《数控车工生产实践（第二版）》。

在本套教材的教材编写过程中，我们始终坚持了以下几个原则：

以学生就业为导向，以企业用人标准为依据。在专业知识的安排上，紧密联系培养目标的特征，坚持够用、实用的原则，摒弃“繁难偏旧”的理论知识，同时，进一步加强技能训练的力度，特别是加强基本技能与核心技能的训练。

在考虑各地办学条件的前提下，力求反映机械行业发展的现状和趋势，尽可能多地引入新技术和新设备，使教材富有时代感。同时，采用最新的国家技术标准，使教材更加科学和规范。

遵从中等职业技术学校学生的认知规律，在结构安排和表达

方式上，强调由浅入深，循序渐进，强调师生互动和学生自主学习，并通过大量生产中的案例和图文并茂的表现形式，使学生能够比较轻松掌握所学内容。

本套教材的编写工作得到了江苏、山东、陕西等省劳动和社会保障厅及有关学校的支持和帮助，对此我们表示衷心的感谢。

《车床数学控制（第三版）》主要内容有：本书包括数控车床概述、数控车床的数控系统、数控车床的伺服系统、数控车床机床本体、数控车床加工工艺基础、数控车床编程基础、编程中的数学处理、数控车床编程实例、自动编程简介等。

《车床数字控制（第三版）》由宋乃林主编，沈红宝、赵颖飞、高一新参加编写。

劳动和社会保障部教材办公室

2006年6月

目 录

第一章 数控车床概述	(1)
§ 1—1 车床数字控制概述	(1)
§ 1—2 普通车床与数控车床的区别	(3)
§ 1—3 数控车床的特点及适用范围	(4)
§ 1—4 数控车床的组成及分类	(6)
【阅读】车削中心简介	(11)
第二章 数控车床的数控系统	(15)
§ 2—1 概述	(15)
§ 2—2 数控车床的数控系统的分类	(16)
§ 2—3 计算机数控系统的构成	(18)
§ 2—4 计算机数控系统的工作过程	(20)
§ 2—5 计算机数控系统的功能	(22)
§ 2—6 典型数控车床的数控系统介绍	(23)
【阅读】数控车床的可编程控制器 (PLC)	(25)
第三章 数控车床的伺服系统	(28)
§ 3—1 概述	(28)
§ 3—2 数控车床伺服系统的组成和分类	(29)
§ 3—3 数控车床伺服系统的执行元件	(32)
【阅读】新型伺服系统执行元件——直线电动机介绍	(34)
§ 3—4 数控车床伺服系统的反馈检测单元	(35)
§ 3—5 数控车床的典型伺服系统	(37)
第四章 数控车床机床本体	(41)
§ 4—1 概述	(41)
§ 4—2 数控车床的机械结构特点	(43)
§ 4—3 数控车床主传动系统与主轴结构	(44)
【阅读】电主轴	(45)
§ 4—4 数控车床进给系统的机械传动机构	(46)
§ 4—5 数控车床导轨	(50)

§ 4—6 数控车床的自动换刀装置	(52)
§ 4—7 数控车床液压尾架和排屑装置	(54)
【阅读】并联结构数控车床	(55)
第五章 数控车床加工工艺基础	(58)
§ 5—1 数控车床加工工艺分析	(58)
§ 5—2 工件的装夹	(73)
§ 5—3 数控车削刀具的选用	(74)
§ 5—4 切削用量的选择	(79)
§ 5—5 数控车床的对刀	(81)
第六章 数控车床编程基础	(84)
§ 6—1 数控车床程序编制的过程	(84)
§ 6—2 数控车床程序编制的方法	(85)
§ 6—3 数控车床编程的基础知识	(86)
§ 6—4 数控车床程序的结构	(89)
§ 6—5 数控车床的基本功能	(90)
§ 6—6 常用指令的编程要点	(97)
第七章 编程中的数学处理	(117)
§ 7—1 数学处理的内容	(117)
§ 7—2 数值换算	(117)
§ 7—3 基点坐标的计算	(119)
§ 7—4 节点坐标的计算	(121)
§ 7—5 数学处理中的辅助计算	(125)
【阅读】插补运算原理	(126)
第八章 数控车床编程实例	(129)
§ 8—1 轴类零件加工程序编制	(129)
§ 8—2 套筒类零件加工程序编制	(133)
§ 8—3 盘类零件加工程序编制	(138)
§ 8—4 综合性零件加工程序编制	(141)
第九章 自动编程简介	(150)
§ 9—1 自动编程概述	(150)
§ 9—2 语言方式自动编程	(151)
§ 9—3 图形交互式自动编程	(153)
§ 9—4 常用自动编程软件介绍	(155)
§ 9—5 自动编程技术的发展	(156)
第十章 数控车床典型零件加工案例	(158)

数控车床概述

在金属切削加工中，车削加工占有很大比重。数控车床是指应用数字控制技术对加工过程进行控制的车床，它集万能型车床、精密型车床和专用型普通车床的特点于一身，具有良好的通用性，加工精度高等特点，是国内使用量最大、覆盖面最广泛的一种数控机床。

§ 1—1 车床数字控制概述

数字控制（Numerical Control，缩写为 NC）简称数控，是近年来迅速发展起来的一种自动控制技术，国家标准（GB8129—87）对数字控制的定义为“用数字化信号对机床运动及其加工过程进行控制的一种方法”。

数控机床（Numerical Control Machine Tools）是指采用数字控制技术的机床。按数控机床用途进行分类，用于完成车削加工的数控机床称为数控车床。

数控车床实现数字控制的工作过程，可先由圆弧加工实例作一般性了解。在数控车床上车削如图 1—1 所示的球头手柄时，数控车床控制车刀刀尖从工件原点 O 出发，车削凸凹球面的工作过程如下：

(1) 根据零件加工图样进行工艺分析，确定加工方案和工艺参数，并经过数值计算，确定位移数据。

(2) 用规定的程序代码和格式编写零件加工程序单；或用自动编程软件从 CAD/CAM 中直接生成零件的加工程序文件。

(3) 如果是手工编写的程序，可以通过数控车床的操作面板输入程序；如果是编程软件生成的程序，可以通过计算机的串行通信接口直接传输到数控车床的数字控制装置。

(4) 对加工程序进行试运行、刀具路径模拟等。

(5) 正确操作数控车床，运行程序，完成零件的加工。

车刀刀尖从工件原点 O 出发，车削凸凹球面的加工程序见表 1—1。

加工后的零件实物如图 1—2 所示。

从表 1—1 中的程序段可以看出，它由数字 0~9，文字 N、G、X、Z、R、F、…，符号“+”“-”“.”等组成，而这些都要转换成“二进制”数字代码输入到数控车床的数字控制装置（即控制机床的专用计算机）中去，经过计算机的计算处理、伺服控制，驱动机床各

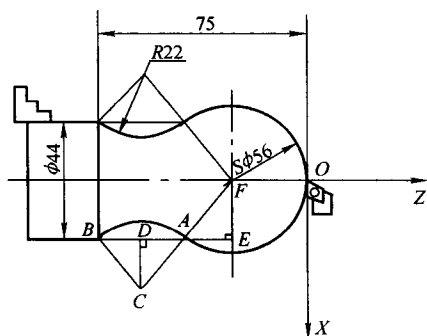


图 1—1 圆弧加工实例

表 1—1

程 序 编 制

程序号	程序	简 要 说 明
.....		
N × ×	G03 X44.0 Z - 45.32 R28.0 F0.1	O → A: 车刀刀尖从工件原点 O (0, 0) 出发, 先加工直径为 56 mm (半径 R 为 28.0 mm) 的 OA 段球面, 终点为程序段中给定的点 A (44, -45.32), 数控车床进给部件的运动速度为 0.1 mm/r
N × ×	G02 X44.0 Z - 75.0 R22.0 F0.1	A → B: 以 A 点为起点, 加工半径为 22 mm 的 AB 段曲面, 终点为程序段中给定的点 B (44, -75), 数控车床进给部件的运动速度为 0.1 mm/r
.....		

部件运动, 完成上述空间曲线 (或空间直线段) 的加工。由于指令执行过程是以“二进制”数字代码进行的, 所以称这种控制为数字控制。

由上述加工实例可知数控车床的工作原理。首先根据被加工零件的图样, 将工件的形状、尺寸及技术要求等, 采用手工或计算机按运动顺序和所用数控车床规定的指令代码及程序格式编成加工程序单, 并将这些程序代码存储在信息载体上, 用通信方式或直接用键盘输入的方式, 输入到计算机数控装置中。

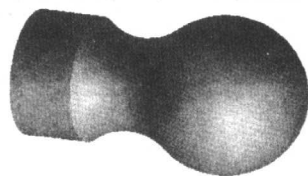


图 1—2 球头手柄实物图

计算机数控装置对输入的指令进行一系列处理和运算, 变成脉冲信号, 并将其输入驱动装置, 带动机床传动机构、机床工作部件有次序地按要求的程序自动进行工作 (如工件夹紧与放松、切削液的开/关、刀具的自动更换、各轴的进给等), 加工出图样要求的零件。

图 1—3 为数控车床工作原理示意图。

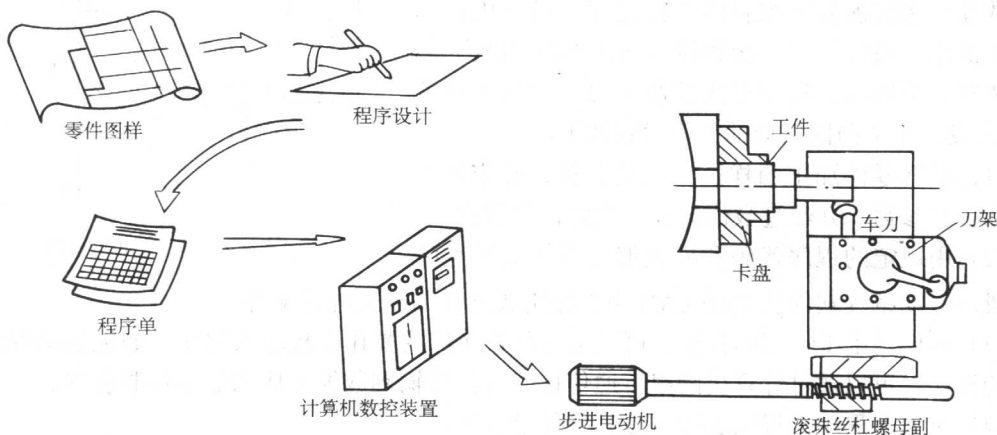


图 1—3 数控车床工作原理示意图

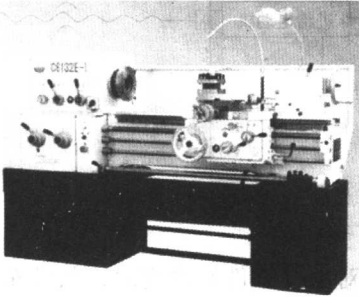
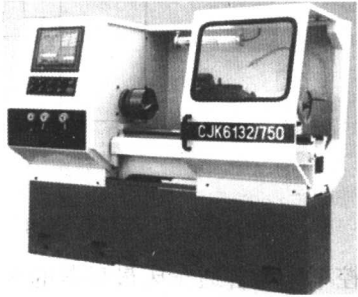
【思考】 请思考图 1—1 所示的球头手柄在普通车床上的加工过程, 并与数控车床上的加工过程进行比较, 列举两者之间的区别。

§ 1—2 普通车床与数控车床的区别

普通车床与数控车床的区别见表 1—2。

表 1—2

普通车床与数控车床的区别

	普 通 车 床	数 控 车 床
实物照片		
功能比较	具有手动加工和机动加工功能，加工过程全部由人来操作	具有手动加工、机动加工和程序控制自动加工功能，加工过程一般不需人来操作；具有 CRT 屏幕显示和自动报警显示功能
	主传动和进给传动一般采用三相交流异步电动机，由变速箱实现多级变速，以满足工艺要求，传动链长（见图 1—4）	主传动和进给传动采用直流或交流无级调速伺服电动机，一般没有主轴变速箱和进给变速箱，传动链短（见图 1—5）
	适合于加工形状简单、单一工序的产品	加工零件复杂程度高，适合于多工序加工
	操作者以自己的方式完成加工，加工方式多样，很难实现标准	适合于长时间无人操作和加工自动化
	加工过程中，必须由人工不断地进行测量，保证工件的加工精度	具有工件测量系统，加工过程中不需进行工件尺寸的人工测量
	高质量、高精度的加工要求操作者具有较高的技能水平	加工精度高，质量稳定，较少依赖于操作者的技能水平

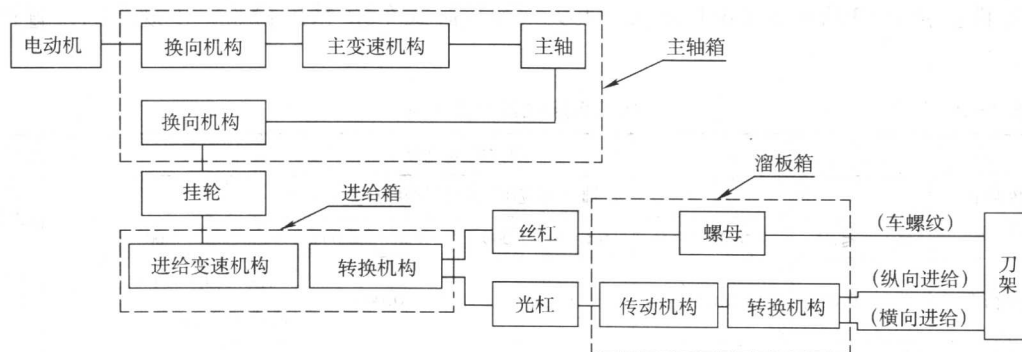


图 1—4 普通卧式车床的传动示意图

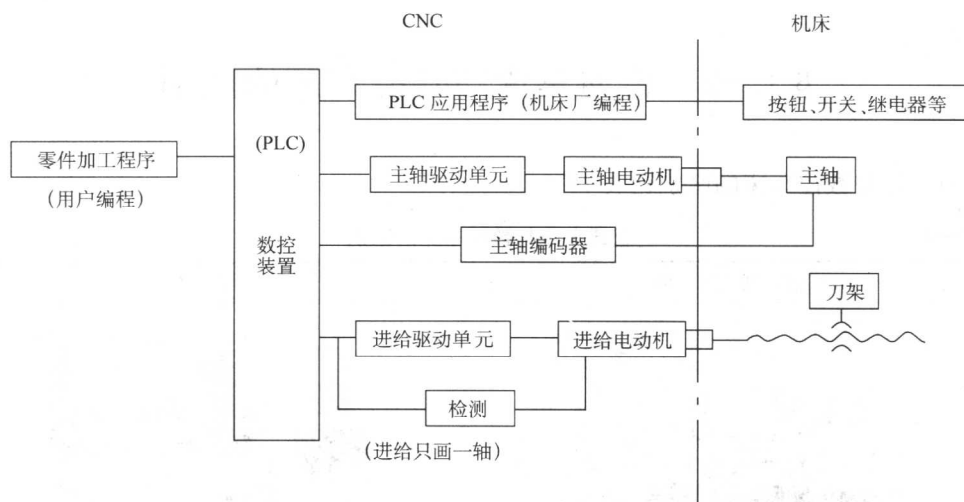


图 1—5 数控车床传动示意图

数控车床与普通车床最显著的区别是：当加工对象（工件）改变时，数控车床只需改变加工程序，而不需对机床做较大的调整，就能满足不同工件的加工。

§ 1—3 数控车床的特点及适用范围

1. 数控车床的特点

(1) 适应能力强

在数控车床上改变加工对象时，只要重新编制或修改加工程序，而不需制造或更换许多工具、夹具，更不需更新机床，就可以迅速满足加工要求，大大缩短了更换机床硬件的技术准备时间，因此适用于新产品的试制和多品种、单件或小批量加工。

(2) 加工精度高

由于数控车床集机、电等高新技术于一体，机床本身的零部件都具有很高的制造精度，特别是数控车床上能实现机械间隙补偿和刀具补偿，因此，能够加工形状和尺寸精度要求较高的零件。表 1—3 所示为 GB/T 16462—1996《数控卧式车床 精度检验》中规定的位置精度指标。

表 1—3

数控车床位置精度指标

精度项目	定位精度允差/mm						
	Z 轴（对应不同的顶尖距 D_C ）						X 轴
	D_C	≤ 500	$> 500 \sim 1\,000$	$> 1\,000 \sim 1\,500$	$> 1\,500 \sim 2\,000$	$> 2\,000$	
定位精度	A	0.020	0.025	0.032	0.040	D_C 每增加 1 000，允差值增加 0.010	0.016
重复定位精度	R	0.008	0.010	0.013	0.016	0.020	0.007

一般情况下,机床的加工精度通常是定位精度的2~3倍,从表1—3中的数据可以看出,数控车床的定位精度是重复定位精度的2.3~2.5倍。对于批量生产的中、小型零件,机床的重复定位精度直接影响一批零件加工尺寸的一致性。

同时,数控车床的加工过程是由计算机根据预先输入的程序进行控制的,这就避免了因操作者技术水平的差异而引起的产品质量差异。此外,数控车床的加工过程受操作者的体力、情绪变化的影响也很小,消除了操作者的人为操作误差,使加工质量更稳定,产品合格率更高。

(3) 生产效率高

数控车床比普通车床的生产效率高出许多倍,尤其是对某些复杂零件的加工,生产效率甚至可提高十几倍。其原因如下:

1) 数控车床具有较高的刚性,可采用较大的切削用量,有效地减少了加工中的切削时间。

2) 具有自动变速、自动换刀和其他辅助操作自动化等功能,而且无须工序间的检验与测量,使辅助时间大为缩短。

3) 工序集中、一机多用,如车削中心,在一次装夹工件后几乎可以完成零件的全部加工工序,这样不仅可减少装夹误差,还可减少半成品的周转时间。

4) 通过增加数控车床的控制轴,就能在一台数控车床上同时加工出两个多工序的相同或不同的零件,也便于实现一批复杂零件车削全过程的自动化。如在一台六轴控制的数控车床上,左右两个同轴线的主轴和前后配置的两个刀架,可并在一台数控系统的控制之下进行多种车削加工。

(4) 适合复杂零件的加工

由于数控车床能实现两轴或两轴以上的联动,所以能完成轮廓形状复杂零件的加工,特别是对于可用数学方程式和坐标点表示的形状复杂的零件,加工非常方便。

另外,由于数控车床进给传动系统是由伺服驱动系统来实现的,可以任意调节进给速度,因此,数控车床不仅能车削任何等导程的直螺纹、锥螺纹及端面螺纹,还能车削变导程螺纹以及要求等导程与变导程之间平滑过渡的螺纹。

(5) 减轻劳动强度

数控车床加工时,机床动作是按加工程序要求连续进行切削加工,操作者手工操作工作量较小,大大降低了劳动强度,劳动条件也得到了很大的改善。

(6) 有利于实现制造和生产管理的现代化

采用数控车床加工零件,能准确地计算产品生产的工时,并有效地进行检验及工夹具和半成品的管理工作。数控车床使用数字信号与标准代码作为输入信号,适宜与计算机网络连接,构成由计算机控制和管理的生产系统,为计算机辅助设计、制造及管理一体化奠定了基础。

数控车床除上述特点外,还有初期设备投资大、机床维修费用高、对管理及操作人员的专业素质要求较高等特点。在选择数控车床生产加工时,应注意考虑。

2. 数控车床的适用范围

数控车床特点适用于数控车床加工的零件包括:

(1) 多品种、小批量生产的零件或新产品试制中的零件。

(2) 轮廓形状复杂的零件。

- (3) 加工过程中必须进行多工序加工的零件。
- (4) 用普通车床加工时, 需要有昂贵的工艺装备的零件。
- (5) 同一批加工零件的尺寸一致性必须严格控制, 对加工精度要求高的零件。
- (6) 工艺设计需多次改型的零件。
- (7) 价格昂贵, 加工中不允许报废的关键零件。
- (8) 需要最短生产周期的零件。

数控车床和普通车床都有各自的应用范围, 如图 1—6 所示。图 1—7 所示为各种车床的加工零件批量和综合费用的关系。

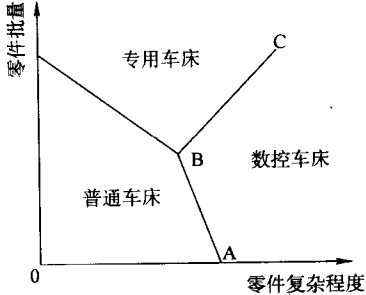


图 1—6 各种车床的适用范围

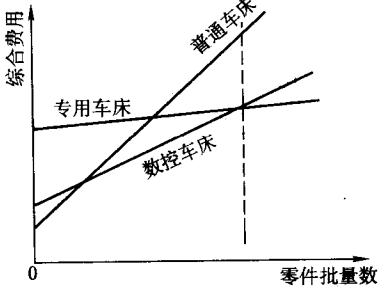


图 1—7 各种车床的加工批量与综合费用的关系

§ 1—4 数控车床的组成及分类

1. 数控车床的组成

数控车床主要由信息输入、运算及控制、伺服驱动系统、位置检测反馈、机床本体以及机电接口五大部分组成。

一般将信息输入、运算及控制、伺服驱动系统中的位置控制以及 PC 控制统称为数控系统, 将它们安装在一个柜式的装置中, 称为数控装置。伺服驱动 (常指速度控制环) 单元、伺服电动机、机械传动环节统称为伺服系统。图 1—8 所示为数控车床组成示意图。

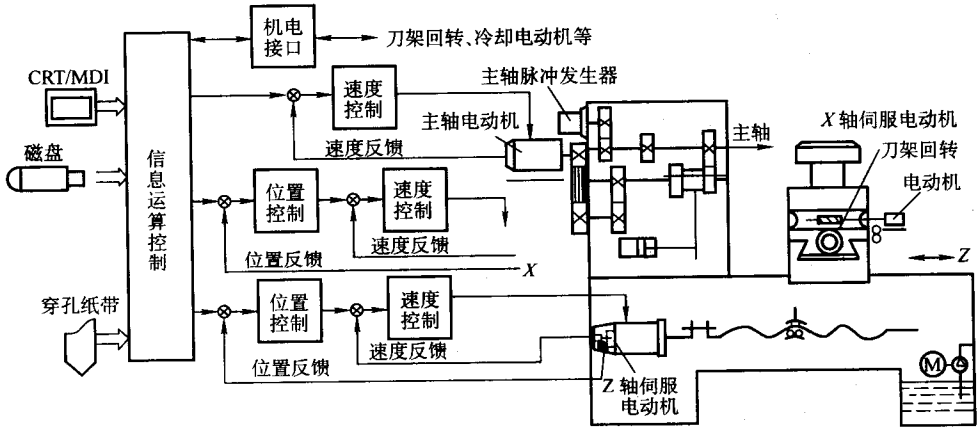


图 1—8 数控车床组成示意图

(1) 信息输入

数控车床是按照输入的零件加工程序运行的。零件加工程序包括机床上刀具和工件的相对运动轨迹、工艺参数（如进给速度、主轴转数等）和辅助运动等信息。将零件加工程序以一定的格式和代码，存储在一种载体上，如穿孔纸带、磁带或软磁盘等，通过数控车床的输入装置，将程序信息输入到数控装置内。

(2) 信息运算及控制

这一部分是数控车床的核心，整个数控车床的功能强弱主要由这一部分决定。输入到数控装置内的程序信息，由专用（或通用）计算机经过译码、轨迹计算（速度计算）、插补运算和补偿计算，再给各个坐标的伺服驱动系统分配速度、位移指令，实现刀具和工件间的相对运动。

(3) 伺服驱动系统

伺服驱动系统接受计算机运算处理后分配来的信号，该信号经过调解、转换、放大后去驱动伺服电动机，带动数控车床的执行部件运动。它的伺服精度和动态响应是影响数控车床的加工精度、表面质量和生产效率的重要因素之一。

(4) 机床本体

数控车床的主机包括车床的主运动部件、进给运动部件、执行部件和基础部件，如床身、滑板、刀架、导轨等。与传统的车床相比，数控车床在结构强度、刚度和抗振性，传动系统与刀具系统的部件结构，操作机构等方面具有许多优点，可满足数控技术的要求。

(5) 机电接口

数控车床上有一些连接数控装置和机床本体的接口，统称为机电接口。机电接口用于实现数控车床上除了加工零件轮廓轨迹控制外的许多其他控制，如主轴的启停，刀具的更换，工件的夹紧松开，切削液开停，各种辅助交流电动机的启停，电磁铁的吸合、释放，离合器的开合，电磁阀的打开与关闭等。

2. 数控车床的分类

(1) 按车床主轴配置形式分类

1) 立式数控车床。主轴轴线处于垂直位置的数控车床。立式数控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。图 1—9 所示为立式数控车床。

2) 卧式数控车床。主轴轴线处于水平位置的数控车床。卧式数控车床又分为水平导轨卧式数控车床和倾斜导轨卧式数控车床。倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性，并易于排除切屑。图 1—10 所示为水平导轨卧式数控车床，图 1—11 所示为倾斜导轨卧式数控车床。

3) 双轴卧式（立式）数控车床。具有两根主轴的数控车床，称为双轴卧式数控车床或双轴立式数控车床。

(2) 按加工零件的基本类型分类

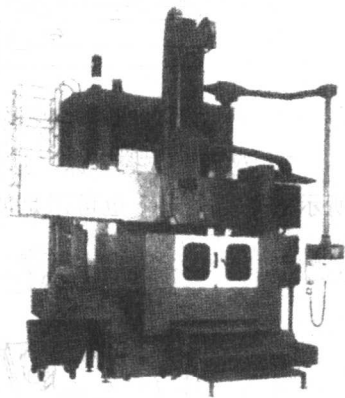


图 1—9 立式数控车床

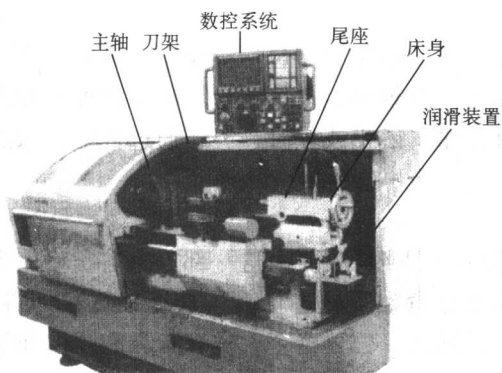


图 1—10 水平导轨卧式数控车床

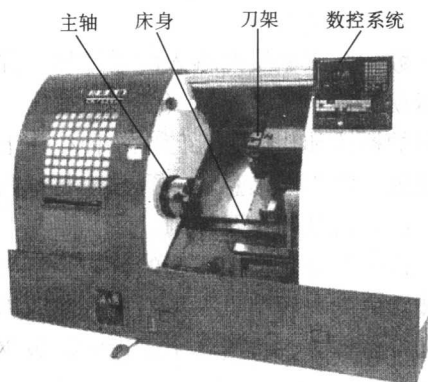


图 1—11 倾斜导轨卧式数控车床

1) 卡盘式数控车床。这类车床未设置尾座，适合车削盘类（含短轴类）零件。其夹紧方式多为电动或液动控制，卡盘结构多具有可调卡爪或不淬火卡爪（即软卡爪）。

2) 顶尖式数控车床。这类数控车床配置有普通尾座或数控尾座，适合车削较长的轴类零件及直径不太大的盘、套类零件。

3) 专用数控车床。如螺纹数控车床、活塞数控车床、曲轴数控车床等。

(3) 按刀架数量分类

1) 单刀架数控车床。普通数控车床一般都配置有各种形式的单刀架，如四工位卧式自动转位刀架（见图 1—12）或多工位转塔式自动转位刀架（见图 1—13）。

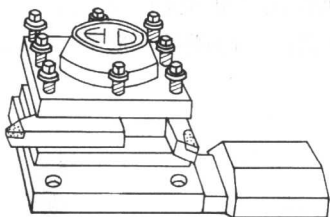


图 1—12 四工位卧式自动转位刀架

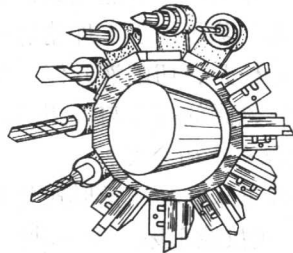


图 1—13 多工位转塔式自动转位刀架

2) 双刀架数控车床。这类车床其双刀架的配置（即移动导轨分布）可以是如图 1—14 所示的平行分布，也可以是如图 1—15 所示的相互垂直分布，还可以是同轨结构。

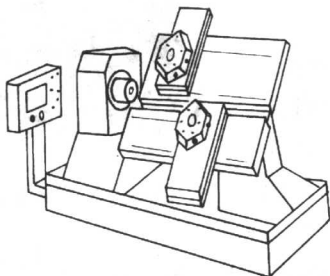


图 1—14 平行交错双刀架

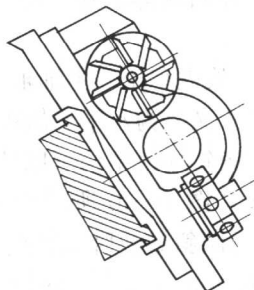


图 1—15 垂直交错双刀架

(4) 按坐标轴数分类

1) 两坐标数控车床。两坐标数控车床是指可以控制两个坐标轴同时运动来加工曲线轮廓零件的车床，即两轴联动。例如，可以同时控制 X 和 Z 坐标轴的数控车床。

2) 多坐标数控车床。联动坐标轴以及可以控制的坐标轴均为三轴或三轴以上的车床，统称为多坐标数控车床。这类数控车床的控制精度较高，加工零件的形状多为空间曲面，故适宜加工形状特别复杂、精度要求较高的零件。

(5) 按伺服系统的类型分类

按车床进给伺服系统的控制方式不同，可分为开环控制数控车床、半闭环控制数控车床、闭环控制数控车床。

1) 开环控制数控车床。开环控制数控车床的主要特征是车床所采用的开环伺服系统内没有位置检测反馈装置。这类数控车床的控制精度主要取决于伺服系统的传动链及步进电动机本身，故控制精度不高。但其结构简单，调试及维修方便，价格低廉。

2) 半闭环控制数控车床。这类数控车床所采用的伺服系统内设有以位置检测元件为主的测量反馈装置，它在车床的控制过程中形成部分位置随动控制环路，但不把机械传动位置等包括在内，故称该控制环路为“半闭环”。该伺服系统因能自动进行位置检测和误差比较，可对部分误差进行补偿，故其控制精度比开环伺服系统高。

3) 闭环控制数控车床。这类数控车床所采用的伺服系统内也设有以位置检测元件为主的测量反馈装置，其控制精度很高，所采用的全闭环伺服系统在车床的控制过程中，形成全部位置随动控制环路，自动检测并补偿所有的位移误差。但该伺服系统的调试、维修工作均较困难，价格也较高。

(6) 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普通车床基础上进行改进设计制造的，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，具有显示器显示、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。图 1—16 所示为经济型数控车床。

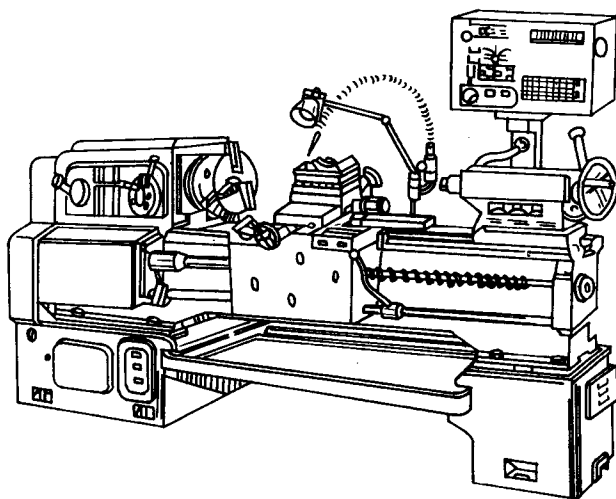


图 1—16 经济型数控车床

2) 全功能型数控车床。全功能型数控车床一般采用后置转塔式刀架, 倾斜床身结构, 常采用闭环或半闭环控制系统, 数控系统的功能较多, 有刀尖半径自动补偿、恒线速、固定循环、宏程序等先进功能。其具有高刚度、高精度、高效率等特点, 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。图 1—17 所示为全功能型数控车床。

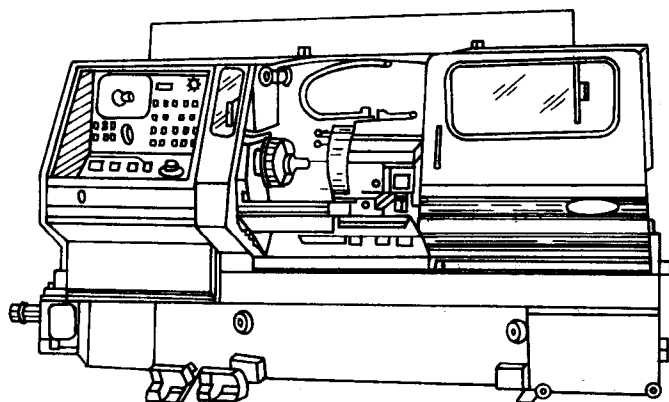


图 1—17 全功能型数控车床

3) 车削中心。车削中心的主体是数控车床, 它除具有数控车削加工功能外, 还采用了动力刀架, 具有先进的动力刀具功能, 即在自动转位刀架的某个刀位或所有刀位上, 可使用多种旋转刀具, 如铣刀、钻头等, 可实现车、铣复合加工。这样, 即可对车削工件的某些部位进行钻、铣削加工, 如铣削端面槽、多棱柱及螺纹槽等。图 1—18 所示为车削中心。

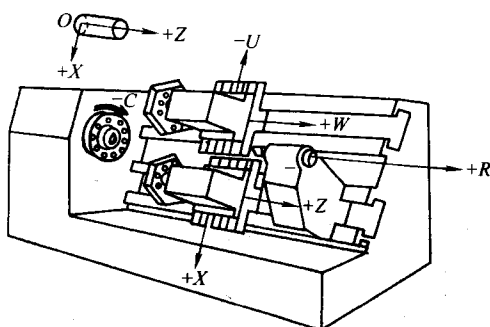


图 1—18 车削中心

4) FMC 车床。FMC 是英文 Flexible Manufacturing Cell (柔性加工单元) 的缩写。FMC 车床实际上就是一个由数控车床、机器人等构成的系统。它能实现工件搬运、装卸的自动化和加工调整准备的自动化操作。图 1—19 所示为 FMC 车床。