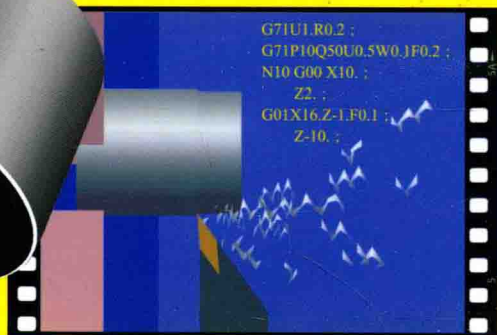
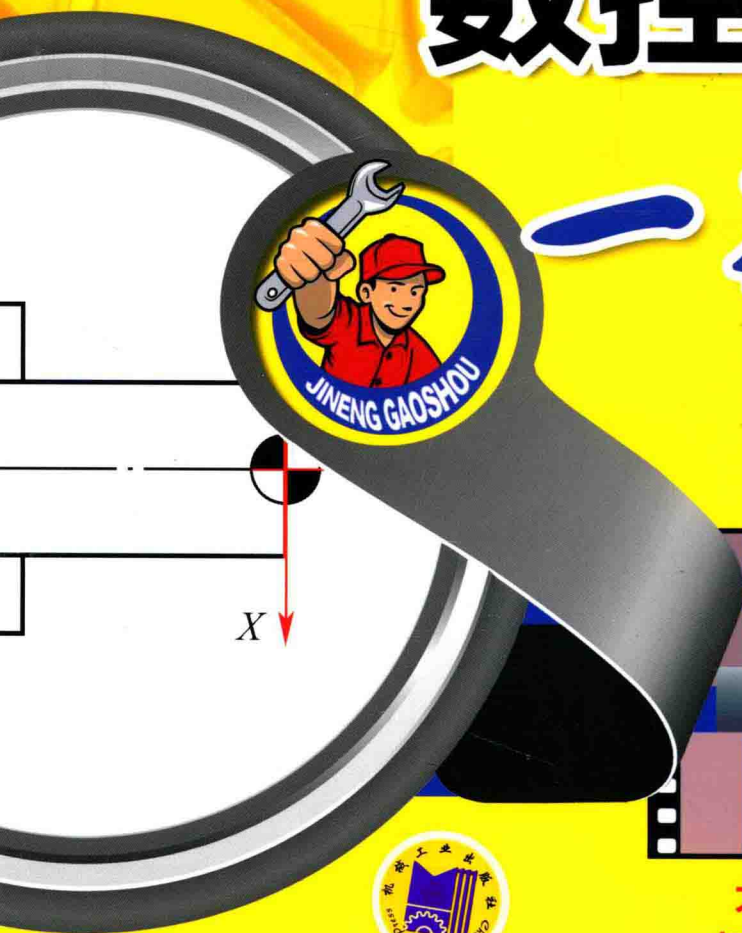




机械工人新手易学一本通

双色图解 数控车工 一本通

王兵 编著



大量仿真加工视频
扫描书中二维码观看

- ① 双色合理运用，重点难点一目了然
- ② 图文有机结合，步骤方法形象直观
- ③ 经验方法总结，技能技巧快速掌握

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

机械工人新手易学一本通

双色图解

数控车工一本通

王 兵 编 著



机械工业出版社

本书以 FANUC Oi 数控系统为基础,详细介绍了数控车工所必须掌握的基本知识和操作技能。本书主要内容包括:数控车床加工基础,数控车床的基本操作,数控车床基本编程与加工,子程序的应用与特殊型面的加工,数控车床的维护与故障诊断。本书内容由浅入深,采用双色印刷,通过图解形式介绍指令的概念和使用方法,并将编程技巧贯穿其中。书中包含多个综合加工实例,均按生产实际编制加工工艺与程序,具有很强的实用性和适用性。本书对部分程序配备了仿真视频,通过扫描对应的二维码可观看视频。

本书可供从事数控加工的编程人员和操作人员使用,也可供职业院校和技工院校数控专业师生使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

双色图解数控车工一本通/王兵编著. —北京:机械工业出版社, 2015. 7

(机械工人新手易学一本通)

ISBN 978-7-111-50480-1

I. ①双… II. ①王… III. ①数控机床—车床—车削—图解
IV. ①TG519.1—64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 126326 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:赵磊磊 责任编辑:赵磊磊 宋亚东

版式设计:霍永明 责任校对:张征

封面设计:张静 责任印制:李洋

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2015 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 12 印张 · 229 千字

0 001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-50480-1

定价: 29.80 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

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

前 言

数控机床综合了精密机械、电子技术、自动控制、故障诊断和计算机等多方面的技术，是典型的高精度、高效率与高柔性的机电一体化产品。数控车削是机械加工中最主要的数控加工方法之一。数控车工的主要工作是编制数控加工程序并操作数控机床进行零件的车削加工。随着产品精度的不断提高，对数控车工的技能要求也越来越高。为了满足广大数控车工快速掌握基本知识和操作技能的需求，我们编写了本书。

本书采用图表形式，将复杂的知识点简单化、清晰化，并对操作中易犯的 error 和应该注意的事项进行提炼，对于重点内容和不易理解的内容用粉红色表示，使读者一目了然。本书主要内容包括：数控车床加工基础，数控车床的基本操作，数控车床基本编程与加工，子程序的应用与特殊型面的加工，数控车床的维护与故障诊断。书中包含多个综合加工实例，均按生产实际编制加工工艺与程序，具有很强的实用性和适用性。本书对部分程序配备了仿真加工视频，通过扫描对应的二维码可观看视频。

本书可供从事数控加工的编程人员和操作人员使用，也可供职业院校和技工院校数控专业师生使用。

本书由王兵编著，奚亚洲、张继红、刘璇、邱言龙、杨东、段红云、曾艳参与了部分绘图工作，并给予大力的支持和帮助，在此表示感谢。

由于编者水平有限，书中错误或不足之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

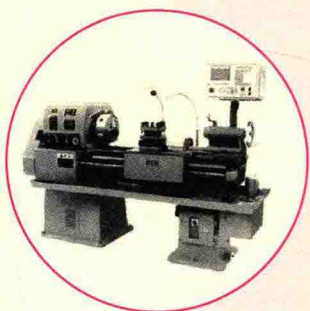


目 录

前言

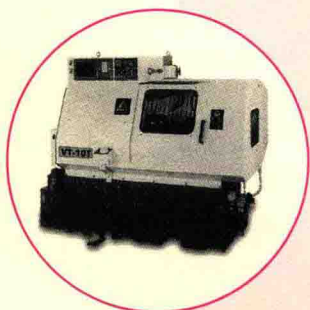
第1章 数控车床加工基础

- 1.1 认识数控车床 / 1
 - 1.1.1 安全文明生产 / 1
 - 1.1.2 数控车床的组成与工作原理 / 4
- 1.2 数控车床编程基础 / 13
 - 1.2.1 数控车床坐标系统 / 13
 - 1.2.2 数控编程方法 / 17
 - 1.2.3 常用术语与指令代码 / 20
 - 1.2.4 数控加工程序的格式与组成 / 25
 - 1.2.5 数控车床编程规则 / 26
- 1.3 数控车床常用切削刀具与车削用量的选择 / 29
 - 1.3.1 车削刀具材料 / 29
 - 1.3.2 机夹硬质合金车刀 / 29
 - 1.3.3 数控车削用刀具的选用 / 31
 - 1.3.4 装刀与对刀 / 33
 - 1.3.5 车削用量的选择 / 35
- 1.4 数控车削加工工艺 / 36
 - 1.4.1 加工顺序与走刀路线的确定 / 36
 - 1.4.2 数控加工工艺文件 / 38



第2章 数控车床的基本操作

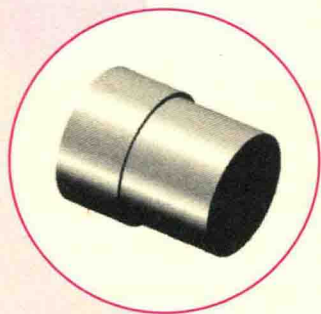
- 2.1 认识数控车床操作面板 / 45
 - 2.1.1 车床数控系统简介 / 45
 - 2.1.2 数控系统控制面板按钮与功能 / 45
- 2.2 数控车床的基本操作 / 50
 - 2.2.1 数控车床的手动操作 / 50
 - 2.2.2 数控程序的编辑与输入 / 52
 - 2.2.3 数控车床的对刀 / 56
- 2.3 数控车床操作基本要求 / 58
 - 2.3.1 数控车床操作注意事项 / 58
 - 2.3.2 数控车床的润滑保养 / 60



目 录

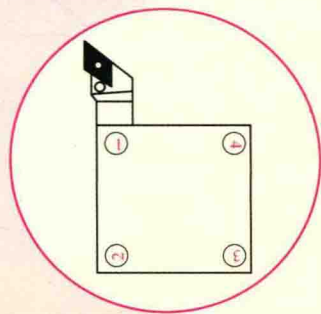
第3章 数控车床基本编程与加工

- 3.1 简单轴类零件的加工 / 64
 - 3.1.1 外圆、台阶和端面的加工 / 64
 - 3.1.2 圆弧面的加工 / 72
 - 3.1.3 外圆锥面的加工 / 80
- 3.2 复合固定循环的应用 / 87
 - 3.2.1 外圆粗车固定循环加工 / 87
 - 3.2.2 径向粗车固定循环加工 / 92
 - 3.2.3 仿形车复合固定循环 / 96
 - 3.2.4 切槽加工 / 100
- 3.3 螺纹加工 / 108
 - 3.3.1 G32 指令车外螺纹 / 108
 - 3.3.2 G92 指令车外锥螺纹 / 116
 - 3.3.3 复合固定循环加工螺纹 / 122



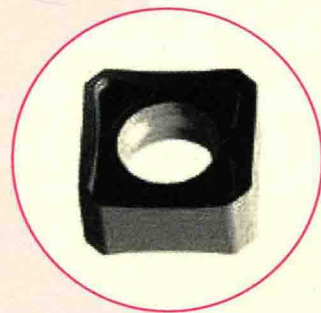
第4章 子程序的应用与特殊型面的加工

- 4.1 子程序与刀尖圆弧半径补偿加工 / 128
 - 4.1.1 子程序应用 / 128
 - 4.1.2 刀尖圆弧半径补偿加工 / 135
- 4.2 特殊型面的加工 / 141
 - 4.2.1 椭圆面的加工 / 141
 - 4.2.2 抛物线曲面的加工 / 151
 - 4.2.3 正弦曲线面的加工 / 154

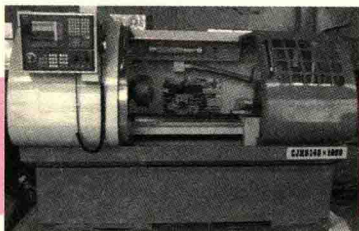


第5章 数控车床的维护与故障诊断

- 5.1 数控车床的安装与调试 / 160
 - 5.1.1 数控车床的安装 / 160
 - 5.1.2 数控车床的调试 / 163
- 5.2 数控车床的精度检验 / 165
 - 5.2.1 数控车床几何精度 / 165
 - 5.2.2 数控车床定位精度 / 169
 - 5.2.3 数控车床切削精度 / 171
- 5.3 常见故障的诊断与排除 / 172
 - 5.3.1 数控车床维修的目的 / 172
 - 5.3.2 数控机床故障诊断及维修的特点 / 173
 - 5.3.3 数控系统维修的基础 / 174
 - 5.3.4 数控车床常见故障的诊断与排除 / 175

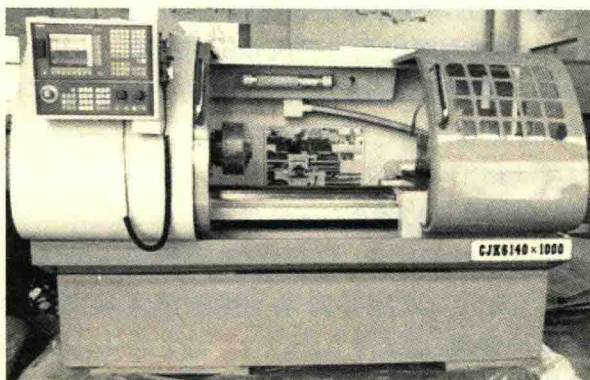


第1章 数控车床加工基础



1.1 认识数控车床

数控车床是集通用性好的万能型车床、加工精度高的精密型车床和加工效率高的专用型普通车床的特点于一身，以数字量作为指令的信息形式，通过数字逻辑电路或计算机控制的一种机床，在生产加工中应用广泛，占数控机床总数的25%左右。



▲ 数控车床外形图

1.1.1 安全文明生产

“高高兴兴上班来，平平安安回家去”是职场安全的基本要求，因此在生产中必须严格按照规范操作。

1. 文明生产和安全操作注意事项

(1) 文明生产 文明生产是现代企业制度中一项十分重要的内容，而数控加工是一种先进的加工方法。与普通机床相比，数控车床自动化程度高。操作者除了应掌握数控车床的性能外，还应用心去操作。一是要管好、用好和维护好数控车床，二是必须养成文明生产的良好工作习惯和严谨的工作作风，必须具备良好的职业素养、强烈的责任心和较好的合作精神。

(2) 安全操作注意事项 要使数控车床能充分发挥出其应有的作用，必须严格按照数控车床操作规程去做，具体要求为：

1) 进入数控实训场地后，应服从安排，不得擅自启动或操作车床数控

系统。

- 2) 按规定穿戴好工作服、帽子、护目镜等。
- 3) 不准穿高跟鞋、拖鞋上岗，更不允许戴手套和围巾进行操作。
- 4) 开车床前应仔细检查车床各部分结构是否完好，各传动手柄、变速手柄的位置是否正确，还需按要求认真对车床进行润滑保养。
- 5) 操作、使用数控系统面板时，对各按键、按钮及开关的操作不得用力过猛，更不允许用扳手或其他工具进行操作或敲击。
- 6) 严禁两人同时操作车床，防止意外伤害事故发生。
- 7) 手动操作中，应注意观察，防止刀架、刀架电动机与车床尾座等部位发生碰撞，造成设备或刀具的损坏。
- 8) 操作过程中，工具、量具、工件、夹具等应放置在规定位置，不得放置在溜板、主轴箱、防护罩上。卡盘扳手任何时候都不得“停放”在卡盘上。
- 9) 车床使用中，发现问题应及时停机并迅速汇报。
- 10) 完成对刀后，要做模拟换刀试验，以防止正式操作时发生撞坏刀具、工件或设备的事故。
- 11) 车床进行自动加工时，应关闭防护门，随时注意观察。在车床加工过程中，不允许离开操作岗位，以确保安全。
- 12) 观察者应选择好观察位置，不要影响操作者的操作，不得随意开启防护门、罩进行观察。

2. 数控车床的维护管理

(1) 数控车床的使用管理 数控车床是目前机械制造行业中应用最广泛的一种机电高度结合的一体化产品。虽然它自动化、智能化程度不断提高，但要保证其正常、高效运行，生产合格的产品，并有较长的使用寿命，操作者就必须对其进行严格管理。数控车床的管理分为前期管理、使用管理、维修管理。前期管理主要指数控车床从选型、采购、运输、安装、调试到验收的管理工作；使用管理主要指车床在加工产品的过程中日常使用维护的管理工作；维修管理主要指数控车床在出现故障，进行大、中、小修时的管理要求与管理方法。

数控车床的使用操作人员必须经过良好的专业培训，对车床的结构、原理有一定了解；熟悉数控车床数控系统的操作方法，受过相应操作与维护培训；能熟练掌握数控车床的基础操作技能，且具有相应操作证书。

数控车床的维护、维修人员应熟悉数控车床的结构、原理，掌握数控车床的控制与工作方法，具备相应的机械与电气设备修理能力，受过相关专业与技能培训，且具有相应操作证书。

数控车床在使用中应指定专人负责车床的维护管理工作，操作、维护人员应相对稳定，具有高度的责任心，能自觉维护与爱惜设备。

(2) 数控机床的安装 由于数控机床的整体结构相对简单,一般在车床出厂时,制造厂家已将数控系统以及主要的结构部件装配、连接到位,并进行了相应的调试与检测。在运输途中车床基本保持整体状态,到达安装场地后不需要再次组装,因此其安装工作比较简单。

1) 数控机床的初始就位。车床启封、安装之前,应根据车床厂家提供的安装基础图做好车床的基础,在安装地脚螺栓的部位做好预留孔。对于加工零件精度要求不高、零件尺寸比较小的车床,也可以利用减振垫铁直接将其放置在平整、稳固的基础上。车床拆箱后,首先找到随机的文件资料,找出车床装箱单,按装箱单清点包装箱内的零部件、工具、配件、资料等,然后按照车床说明书的介绍将车床主体与部分构件吊装在地基之上,同时也应将可调整垫铁、地脚螺栓等按规定位置安放到位。

2) 外部供电电源、气源等的连接。按车床安装说明书的电气接线图和液、气压管路图,将相关电缆、气管、油管做好标记并对应接好,连接时注意整洁、可靠地接触与密封。电缆连接一定要拧紧紧固螺钉,油、气管的连接应防止污物从接口进入系统。还应进行防护罩、冷却液箱、铁屑收集箱等外围装置在对应位置的安装与紧固。

(3) 日常维护 不同数控机床的数控系统其使用维护的方法在其随机所带的使用说明书中都有明确的规定。总的来说,还应注意以下几点:

1) 制定严格的设备管理制度。定岗、定人、定机,严禁无证人员随便开机。

2) 制定数控系统日常维护的规章制度。根据各种部件的特点,确定各自保养条例。

3) 严格执行机床说明书中的通断电顺序。一般来讲,通电时先强电后弱电;先外围设备(如通信 PC 机),后数控系统。断电时,与通电顺序相反。

4) 应尽量少开数控柜和强电柜的门。因为机加工车间空气中一般都含有油雾、飘浮的灰尘甚至金属粉末,一旦它们落在数控装置内的印制电路板或电子器件上,容易引起元器件间绝缘电阻下降,并导致元器件及印制电路板的损坏。为使数控系统能超负荷长期工作,采取打开数控装置柜门散热的降温方法更不可取,其最终结果是导致系统的加速损坏。因此,除进行必要的调整和维修外,不允许随便开启柜门,更不允许敞开柜门加工。

5) 定时清理数控装置的散热通风系统。应每天检查数控装置上各个冷却风扇工作是否正常,并视工作环境的状况,每半年或每季度检查一次风道过滤网是否有堵塞现象。如过滤网上灰尘积聚过多,应及时清理,否则将会引起数控装置内部温度过高(一般不允许超过 $55 \sim 60^{\circ}\text{C}$),致使数控系统不能可靠地工作,甚至发生过热报警现象。

6) 数控系统输入/输出装置的定期维护。软驱和通信接口是数控装置与外部进行信息交换的一个重要的途径, 如有损坏, 将导致读入信息出错。为此, 软驱仓门应及时关闭; 通信接口应有防护盖, 以防止灰尘、切屑落入。

7) 经常监视数控装置用的电网电压。数控装置通常允许电网电压在额定值的 $\pm (10 \sim 15)\%$ 的范围内, 频率在 $\pm 2\text{Hz}$ 内波动, 如果超出此范围就会造成系统不能正常工作, 甚至会引起数控系统内的电子部件损坏。必要时可增加交流稳压器。

8) 存储器电池的定期更换。存储器一般采用 CMOS RAM 器件, 设有可充电电池维持电路, 防止断电期间数控系统丢失存储的信息。在正常电路供电时, 由 +5V 电源经一个二极管向 CMOS RAM 供电, 同时对可充电电池进行充电。当电源停电时, 则改由电池供电保持 MOS RAM 的信息。在一般情况下, 即使电池尚未失效, 也应每年更换一次, 以便确保系统能正常地工作。但要注意, 更换电池时应在 CNC 装置通电状态下进行, 以避免系统数据丢失。

9) 备用印制电路板的维护。印制电路板长期不用是很容易出现故障的。因此, 对于已购置的备用印制电路板应定期装到数控装置上通电运行一段时间, 以防损坏。

提示:



若数控系统处在长期闲置的情况下, 要经常给系统通电, 特别是在环境湿度较大的霉雨季节更要这样。在机床锁住不动的情况下, 让系统空运行, 一般每月通电 2~3 次, 通电运行时间不少于 1h。利用电器元件本身的发热来驱散数控装置内的潮气, 以保证电器元件性能的稳定可靠及充电电池的电量。

1.1.2 数控车床的组成与工作原理

1. 数控车床的主要功能与特点

不同数控车床其功能是不一样的, 但都应具备下面六个主要功能:

- 1) 直线插补功能。
- 2) 圆弧插补功能。
- 3) 固定循环功能。
- 4) 恒线速度切削功能。
- 5) 刀尖半径自动补偿功能。

数控车床是实现柔性自动化的重要设备, 与普通车床相比, 数控车床须从两个方面来表达。

▼ 数控车床总的特点

特 点	简要说明	备 注
适合于复杂零件的加工	数控车床可用于加工几何形状复杂的零件,一般难以用手动操作或非数控车床加工的复杂零件,如凸轮、样板、模具型面、复杂轴、盘、箱体零件等,可用数控车床方便地加工	简易数控车床将许多数控车床的功能进行简化,适合于某些较简单零件的加工
换批量调整方便,适合于多品种、中小批量柔性自动化生产	批量加工时数控车床远非非数控车床(如凸轮控制车床、程序控制车床等)方便	换批调整快慢取决于工人的技术熟练程度
便于实现信息流自动化,在数控车床基础上,可实现 CIMS(计算机集成制造系统)	数控车床在数字控制上具有突出优点,利用计算机可以实现信息流自动化,从而进一步实现 CIMS	目前 CIMS 处于研制发展阶段

▼ 数控车床的结构特点

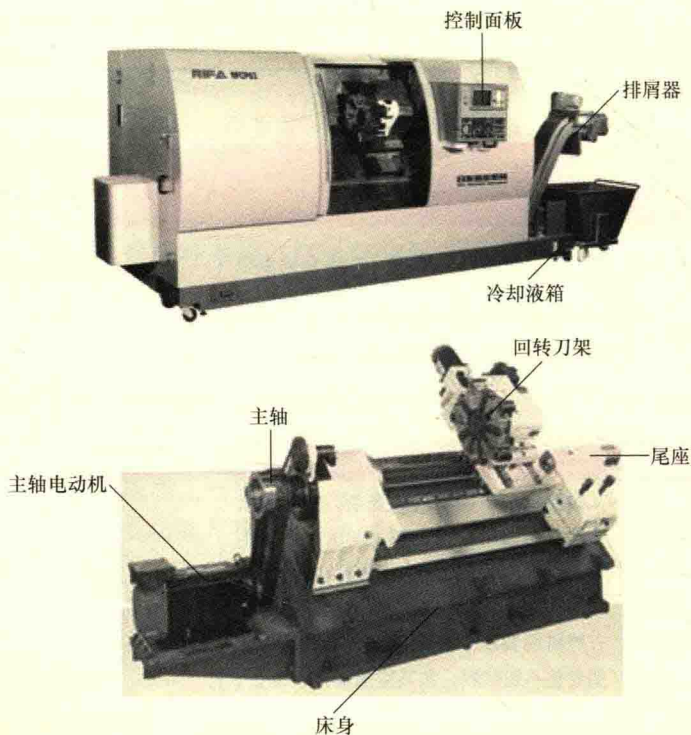
特 点	简要说明	备 注
结构方面		
数控车床主轴和进给可自动变速,各坐标可自动定位,机、电、液驱动机构的互相配合十分严格	要求主轴驱动电动机、工作伺服电动机自动变速,且具有较高的快速性、灵敏度,对主轴轴承、床身导轨、驱动电动机液压电气控制元件均有严格的技术要求	主轴电动机、伺服电动机的性能,严重影响数控车床的加工能力
安装维护方面		
要求正确安装,特别是对于高精度数控车床,尤其应该重视正确安装。严格进行正常维护	数控车床的控制系统复杂,且具有较多的机械、电子、液压、气压元件及测量元件等,数控系统有强电、弱电两部分,安装地区、位置比一般非数控车床有严格的要求。防止灰尘杂物侵入,温度变化不能剧烈,尤其应加强正常维护,对任何故障应及时排除,否则数车床的使用不能得到良好的经济效果	应有成套的维修队伍和高水平的技术人员与工人,并有充足的备件
车床的驱动、执行、控制三部分,控制部分比较复杂	数控车床的控制部分比非数控车床复杂,如果没有先进可靠的电子元件和功能齐全的数控系统及计算机技术,就无法体现数控车床的优点并使之可靠地工作	数控车床的可靠性和刀具的先进性,均十分关键,是数控车床可靠工作的根本保障

(续)

特 点	简要说明	备 注
安装维护方面		
在总体布局上,要求车床具有足够的刚度、精度,并易于排屑	数控车床实现半自动工作,通过自动换刀装置(ATC)和交换工作台(APC),可实现全自动无人化工作,车床在强力切削的条件下工作,效率高,要求具有足够的刚度、精度和保持性,并易于排除切屑	

2. 数控车床的结构组成与工作原理

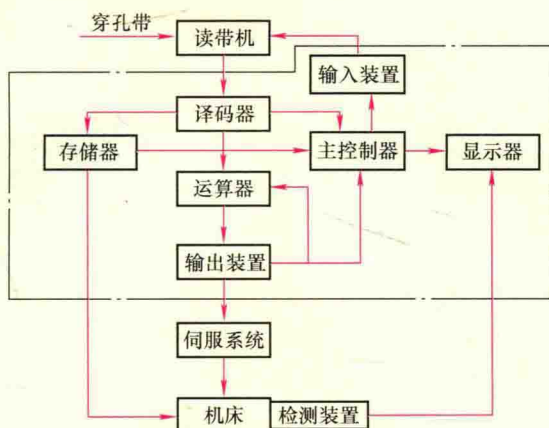
(1) 数控车床的结构组成 数控车床一般由数控装置、床身、主轴箱、回转刀架、刀架进给系统、尾座、冷却系统、润滑系统、液压系统、排屑器等组成。



▲ 数控车床的主要结构

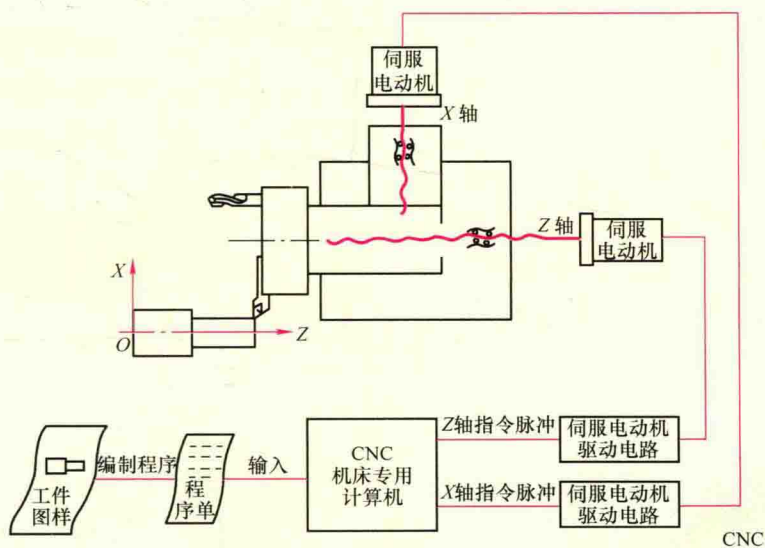
数控车床的关键与核心还是其数控系统,它包含伺服系统与数控装置。伺服系统是关键部件,在车床中起“伺候服务”的作用,主要用来接收数控装置输出的指令信息。其输出端是数控车床刀架运动部分的驱动元件,它包括驱动装置和执行机构两部分。数控装置是核心部件,它控制车床中各种指令信息的接收、

处理及调配，并对伺服系统发出命令。它一般由译码器、运算器、存储器、显示器、输入装置和输出装置等组成。



▲ 数控装置的逻辑框图

(2) 数控车床的工作原理 数控车床加工零件时，一般根据被加工零件的工作图样，用规定的数字代码和程序格式编制程序单，再将编制好的程序单记录在信息介质上，通过阅读机把信息介质上的代码转变为电信号，并输送到数控装置，数控装置将所接受的信号进行处理后，再将其处理结果以脉冲信号形式向伺服系统发出执行指令，伺服系统接到指令后，马上驱动车床各进给机构按规定的加工顺序、速度和位移量，自动完成对零件的车削。

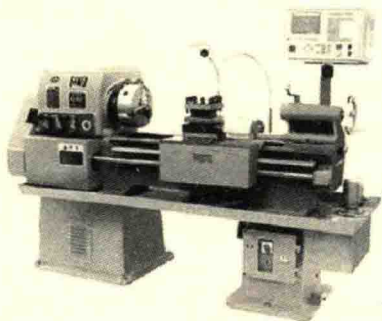


▲ 数控车床的基本工作原理

3. 数控车床的分类与布局

(1) 数控车床的分类 数控车床的品种繁多，规格不一，可按如下方法进行分类。

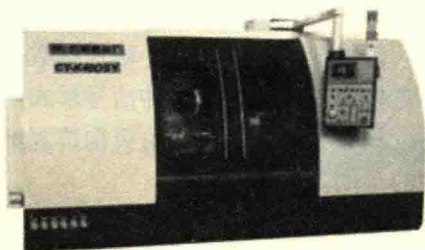
1) 按数控系统的功能分类。这种分类方法将数控车床分为经济型数控车床、全功能型数控车床、车削中心、FMC 车床。



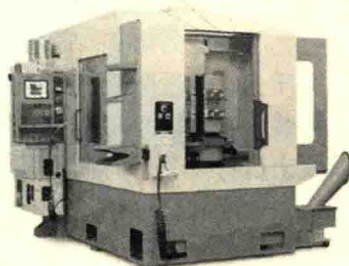
▲ 经济型数控车床



▲ 全功能型数控车床

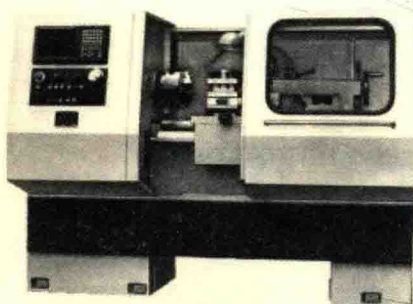


▲ 车削中心



▲ FMC 车床

2) 按主轴位置分类。这类数控车床可分为卧式和立式。卧式车床的主轴轴线处于水平位置，是应用最为广泛的数控车床。立式数控车床的主轴垂直于水平面，并有一个直径很大的圆形工作台，用来装夹零件。立式数控车床主要用于加工径向尺寸较大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。

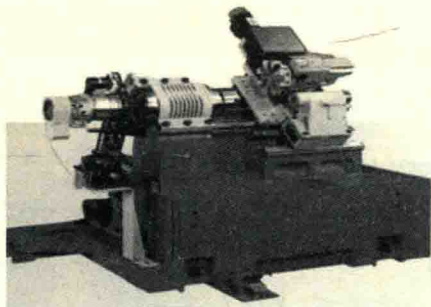


▲ 卧式数控车床

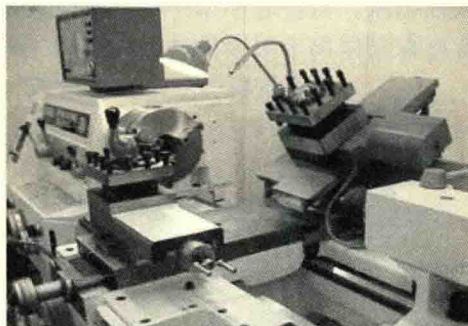


▲ 立式数控车床

3) 按刀架数量分类。这类车床分为单刀架数控车床和双刀架数控车床。

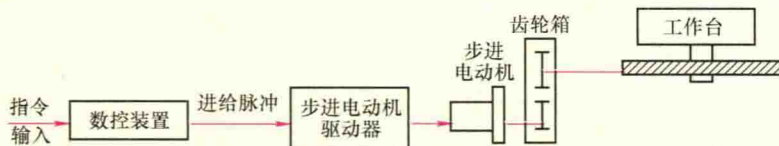


▲ 单刀架数控车床

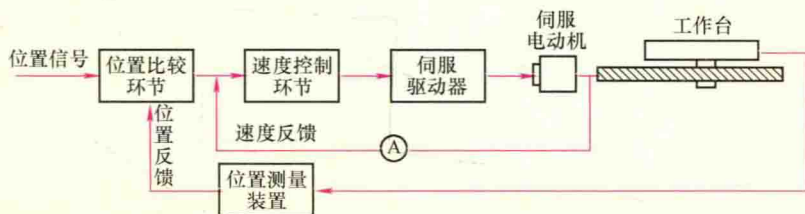


▲ 双刀架数控车床

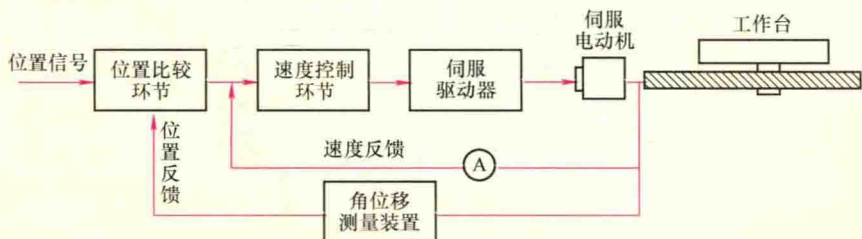
4) 按控制方式分类。分为开环伺服数控车床、闭环伺服数控车床、半闭环伺服控制数控车床。



▲ 开环伺服系统

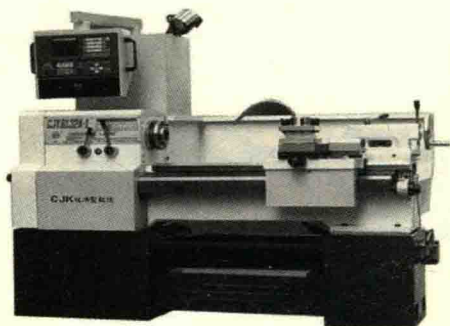


▲ 闭环伺服系统

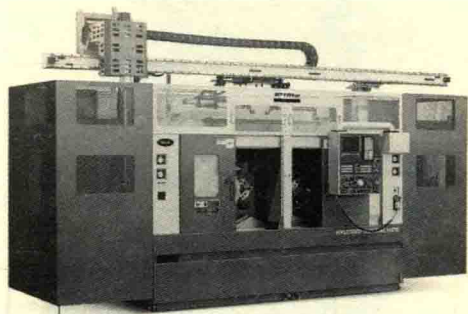


▲ 半闭环伺服系统

5) 按数控车床主轴数量分类。可将数控车床分为单主轴数控车床和多主轴数控车床。与普通车床一样,部分数控车床都是一个主轴,但因加工需要,有的数控车床使用了多主轴结构。

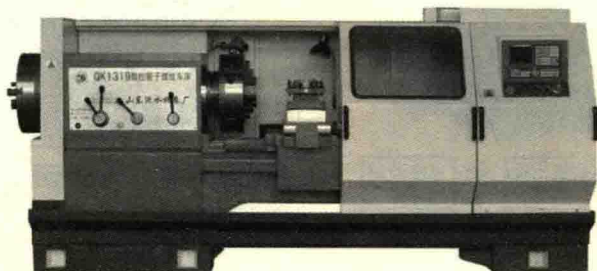


▲ 单主轴数控车床

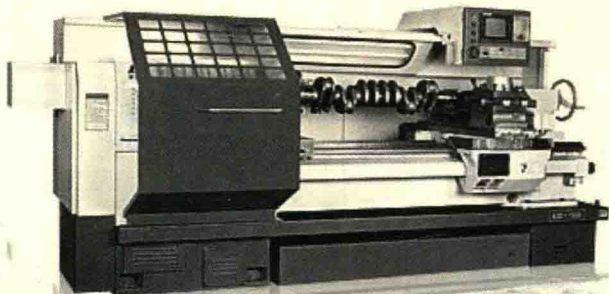


▲ 双主轴数控车床

6) 按特殊或专门的工艺性能分类。可把数控车床分为螺纹数控车床、活塞数控车床、曲轴数控车床等。螺纹数控车床主要用于加工生产各种螺纹;活塞数控车床主要用于汽车、拖拉机行业对内燃机活塞的外圆、环槽及顶面的精加工;曲轴数控车床是专门加工各种曲轴轴承室的专用机床。



▲ 螺纹数控车床

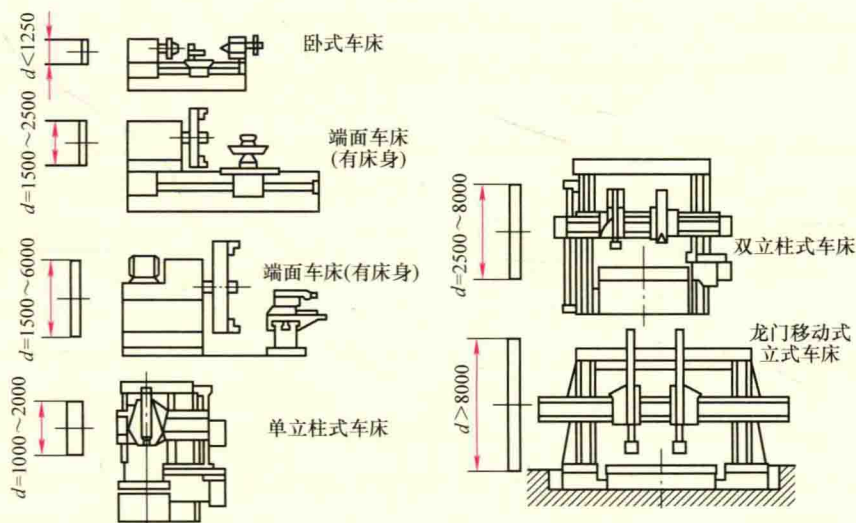


▲ 曲轴数控车床

(2) 数控车床的布局

1) 影响数控车床布局的因素。数控车床的布局形式与普通车床基本一致,但也受多方面因素的影响:

① 工件尺寸、质量和形状的影响。随着工件尺寸、质量和形状的变化,数控车床的布局有卧式、落地式、单立柱式、双立柱式和龙门移动式。

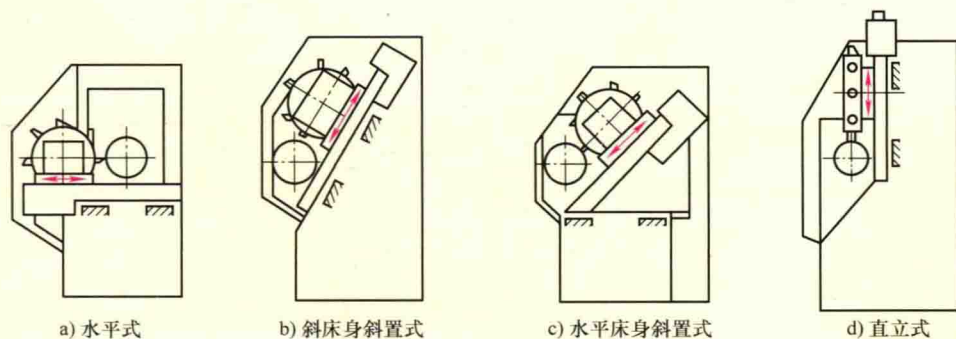


▲ 工件尺寸、质量对车床布局的影响

② 车床精度的影响。提高车床的工作精度,需降低车床工作时切削力、切削热和切削振动对自身的影响,数控车床在布局时必须考虑各部件的刚度、抗振性和热变形等问题。否则,对加工尺寸会造成一定的影响。

③ 车床生产率的影响。伴随着生产率要求的不同,数控车床的布局可以有单主轴单刀架和双主轴单刀架以及双主轴双刀架等不同的结构变化。

2) 床身和导轨的布局。数控车床床身导轨水平面的相对位置如下。



▲ 数控车床床身和导轨的布局