

就业金钥匙



《就业金钥匙》编委会 组织编写



TUJIE
SHUKONG
CHEGONG
JINENG
YIBENTONG

数控车工技能 一本通



学会一技之长 快速打开就业之门
面向岗位需求 全新图解操作技能



化学工业出版社

就业金钥匙



《就业金钥匙》编委会 组织编写



数控车工技能 本通



化学工业出版社

· 北 京 ·

《图解数控车工技能一本通》是《就业金钥匙》丛书机械加工行业中的一本。书中系统地介绍了数控车床基础知识、数控车削加工工艺、数控车床编程基础、数控车床的操作方法和典型数控车削加工综合实例等内容。本书可供下岗、转岗、再就业人员和农村进城务工人员阅读,也可供高职高专、中职等院校学生使用参考。

图书在版编目(CIP)数据

图解数控车工技能一本通/《就业金钥匙》编委会
组织编写. —北京:化学工业出版社, 2014. 1
(就业金钥匙)
ISBN 978-7-122-17870-1

I. ①图… II. ①就… 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(2013)第 150534 号

责任编辑:王 焯
责任校对:宋 玮

文字编辑:谢蓉蓉
装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京云浩印刷有限责任公司

装 订:三河市前程装订厂

850mm×1168mm 1/32 印张 8¼ 字数 216 千字

2013 年 10 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888 (传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:36.00 元

版权所有 违者必究



前言

随着城市化进程的加快，越来越多的农村富余劳动力向非农产业转移，如何赋予这部分群体以新技能，引导其转移就业，如何打造新农村建设急需的新人才，为农村发展助力，是社会不容忽视而又亟待解决的问题。素质不高、缺乏就业技能，是制约农村劳动力转移的一大瓶颈。授之以鱼不如授之以渔，掌握一技之能显得尤为重要。

《就业金钥匙》丛书，旨在帮助那些进城务工、转岗就业的学员掌握一技之长。在注重理论培训的同时，更注重提升实际操作技能，提升就业竞争力。本丛书立足技能培训和考证上岗，有针对性地对农民工和下岗人员进行学习指导，涉及机械加工、电工电子、家用电器维修、车辆维修等多个岗位紧俏、薪酬待遇好的工种。

本丛书具有如下特点：

- ① 全零起点，内容编写采用图解的形式，易学易懂。
- ② 重点突出操作技能与操作要点，以指导入门人员快速上手为目的。
- ③ 操作技能步骤清晰、方法可靠。
- ④ 配有典型的操作实例。

相信通过学习，广大学员可以凭借自己的一技之长，搭上就业的快速列车，为今后顺利步入社会铸造一把“就业金钥匙”。

《图解数控车工技能一本通》是《就业金钥匙》丛书机械加工行业中的一本。书中系统地介绍了数控车床基础知识、数控

车削加工工艺、数控车床编程基础、数控车床的操作方法和典型数控车削加工综合实例等内容。本书可供下岗、转岗、再就业人员和农村进城务工人员阅读，也可供高职高专、中职等院校学生使用参考。

由于编者水平所限，文中不妥之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

本书编委会

第 1 章 数控车床基础知识**1**

1.1 数控车床概述	2
1.1.1 数控车床的组成和布局	2
1.1.2 数控车床的分类	8
1.1.3 数控车床的数控系统	9
1.1.4 数控车床的机械机构	14
1.1.5 常用的 CNC 数控系统简介	23
1.2 数控车削加工基础	25
1.2.1 数控车削加工原理	25
1.2.2 数控车削加工特点	27
1.2.3 数控车削加工的应用	28

第 2 章 数控车削加工工艺**31**

2.1 数控车削加工工艺的制定	32
2.1.1 零件加工的工艺性分析	32
2.1.2 零件基准和加工定位基准的选择	33
2.1.3 加工工序和顺序的确定	34
2.1.4 进给路线的确定	36
2.1.5 退刀与换刀	41
2.1.6 切削用量的选择	44
2.1.7 加工工艺文件	45
2.2 数控车床刀具的选择与装夹	46
2.2.1 数控车刀的类型与选择	47

2.2.2	数控车床刀具的安装	49
2.3	数控车床对刀	53
2.3.1	刀位点	53
2.3.2	刀补的测量	53
2.3.3	试切法对刀的步骤	57
2.3.4	工件坐标系建立的步骤	57
2.4	典型零件数控车削工艺分析	59
2.4.1	轴类零件	59
2.4.2	轴套类零件	62

第3章 数控车床编程基础

73

3.1	数控编程基础知识	74
3.1.1	数控编程的基本概念	74
3.1.2	数控机床的坐标系统	77
3.1.3	数控加工程序与指令代码	81
3.2	数控车床的程序编制	88
3.2.1	数控车床的编程特点	88
3.2.2	数控车床的坐标系统	89
3.2.3	FANUC 数控系统的编程指令	92
3.2.4	换刀点的设置与自动换刀	104
3.2.5	刀具补偿功能	106
3.2.6	固定循环功能	111
3.2.7	螺纹车削加工	128
3.2.8	倒角与倒圆角	135
3.3	典型车床数控系统编程指令	137
3.3.1	华中 HNC-21/22TG 车床数控系统编程指令简介	137
3.3.2	SINUMERIK 802D 系统编程指令简介	151
3.4	数控车削编程实例	160

3.4.1 轴类零件加工·····	160
3.4.2 盘类零件的数控车削加工·····	167

第4章 数控车床的操作方法

170

4.1 数控车床的操作·····	171
4.1.1 数控车床的操作方法·····	171
4.1.2 数控车床的安全操作规程·····	181
4.1.3 数控车床日常维护及保养·····	182
4.1.4 车床常见故障及排除方法·····	184
4.2 典型数控车床操作要点·····	191
4.2.1 FANUC Oi-TA 系统的操作方法 ·····	191
4.2.2 SIEMENS 802S/C 系统的操作方法 ·····	203

第5章 典型数控车削加工综合实例

217

5.1 复杂型面加工·····	218
5.2 壁套加工·····	221
5.3 偏心轴加工·····	224
5.4 锥孔螺母套加工·····	227
5.5 盘类零件加工·····	233
5.6 组合零件加工·····	237
5.7 大力神杯加工·····	241
5.8 酒杯加工·····	244

参考文献

249

第 1 章

数控车床基础
知识





1.1 数控车床概述

在机械制造行业中，机床是一种主要的生产设备。机械行业的产品，其结构日趋复杂，精度和性能要求日趋提高，因此对生产设备——机床也相应地提出了高效率、高精度和高自动化的要求。

大批大量生产的产品，如汽车、拖拉机与家用电器的零件，为了提高产量和质量，广泛采用组合机床、凸轮控制的多刀多工位机床以及专用的自动生产线和自动化车间进行加工。但是应用这类专用机床和生产设备，生产准备周期长，使更新产品及修改加工工艺的时间较长，费用较高，制约了产品的更新换代。在制造行业中，单件与小批量产品占 70%~80%，这类产品的零件一般都采用通用机床加工，通用机床的自动化程度不高，基本上由人工操作，难于提高生产效率和保证产品质量。特别是一些由曲线、曲面组成的复杂零件，只能借助划线和样板用手工操作的方法来加工，或者利用靠模和仿形机床来加工，其加工精度和生产效率仍会受到很大的限制。

数控机床就是为了解决单件、小批量、多品种，特别是复杂型面零件加工的自动化并保证质量要求而产生的。从第一台数控机床问世到现在的半个世纪中，数控技术的发展非常迅速，几乎所有品种的机床都实现了数控化。数控机床的应用领域也从航空工业部门逐步扩大到汽车、造船、机床、建筑等民用机械制造行业。此外，还出现了金属成形类数控机床。这些都说明，数控机床已成为组成现代机械制造生产系统，实现计算机辅助设计（CAD）、制造（CAM）、检验（CAT）与生产管理等全部生产过程自动化的基本条件。

1.1.1 数控车床的组成和布局

（1）数控车床的组成

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送到数控系统中，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的，数控车床从成形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。

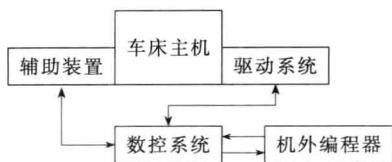


图 1-1 数控车床的组成框图

数控车床大致由五个部分组成（图 1-1），各部分的基本结构和功能见表 1-1。

表 1-1 数控车床的组成

序号	组成部分	描 述
1	车床主机	车床主机指的是数控车床的机械部件，主要包括床身、主轴箱、刀架、尾座、进给传动机构等
2	数控系统	数控系统（有时称为控制系统）是数控车床的控制核心。其主要部分是一台计算机，这台计算机与通常使用的计算机在构成上基本是相同的，其中包括 CPU（中央处理器）、存储器、CRT（显示器）等部分，但从其硬件结构和控制软件上，它与一般的计算机又有较大的区别。数控系统中用的计算机一般是专用计算机，也有一些是工业控制用计算机（工控机）
3	驱动系统	驱动系统是数控车床切削工作的动力部分，主要实现主运动和进给运动。在数控车床中，驱动系统称为伺服系统，由伺服驱动电路和驱动装置两大部分组成。伺服驱动电路的作用是接收指令，经过软件的处理，推动驱动装置运动。驱动装置主要由主轴电机、进给系统的步进电机或交、直流伺服电机等组成
4	辅助装置	与普通车床相类似，辅助装置是指数控车床中一些为加工服务的配套部分，如液压、气动装置，冷却、照明、润滑、防护和排屑装置等

续表

序号	组成部分	描 述
5	机外编程器	由于数控车床经常用于加工一些复杂的零件,比如加工具有复杂母线的回转体零件等,所以可能有一些加工程序会比较复杂。如果在车床上编制这些加工程序,一方面要占用大量的机时,另一方面在程序的编制过程中容易发生错误,于是机外编程器就应运而生了。机外编程器是在普通的计算机上安装一套编程软件,使用这套编程软件以及相应的后置处理软件,就可以生成加工程序。通过车床控制系统上的通信接口或其他存储介质(如软盘、光盘等),把生成的加工程序输入到车床的控制系统中,完成零件的加工

从总体上看,数控车床与卧式车床的机械结构相似,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。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。可见数控车床进给传动系统的结构较卧式车床大为简化。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之间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的运动关系。

图 1-2 为数控车床的结构示意图。由于数控车床刀架的两个方向运动分别由两台伺服电动机驱动,所以它的传动链短,不必使用交换齿轮、光杠等传动部件。伺服电动机可以直挂,与丝杠连接带动刀架运动,也可以用同步齿形带连接。多功能数控车床一般采用直流或交流主轴控制单元来驱动主轴,按控制指令做无级变速,所以数控车床主轴箱内的结构也比卧式车床简单得多。

在数控车床上增加刀库和 C 轴控制,可使它除了能车削、镗

削外，还能进行端面和圆周面上任意部位的钻、铣、攻螺纹，而且在具有插补功能的情况下，还能铣削曲面，这样就构成了车削中心，如图 1-3 所示。

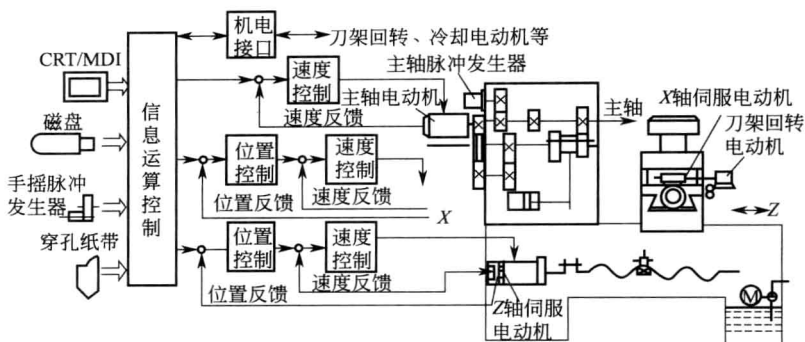


图 1-2 数控车床结构示意图

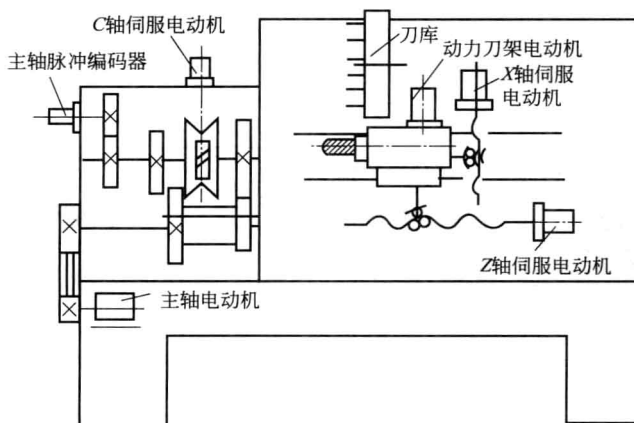


图 1-3 车削中心结构示意图

综上所述，数控车床机械结构特点如下。

① 采用高性能的主轴部件，具有传递功率大、刚度 high、抗振性好及热变形小等优点。

② 进给伺服传动一般采用滚珠丝杠副、直线滚动导轨副等高



性能传动件，具有传动链短、结构简单、传动精度高等特点。

③ 高档数控车床，有较完善的刀具自动变换和管理系统。工件在车床上一次安装后，能自动地完成工件多道加工工序。

(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 1-4 所示，共有 4 种布局形式：平床身 [图 1-4(a)]、斜床身 [图 1-4(b)]、平床身斜滑板 [图 1-4(c)] 和立床身 [图 1-4(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。

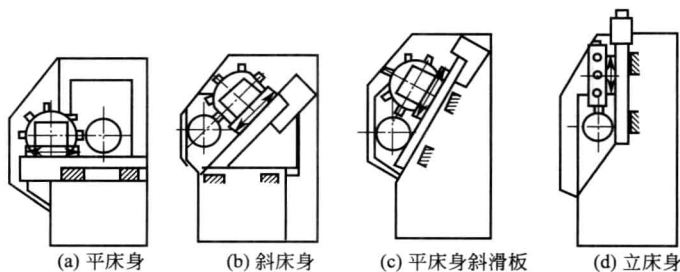


图 1-4 数控车床的布局形式

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的布局形式被中、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。



特别提醒

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。综合考虑各种因素，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，刀架的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，但总体来说大致可以分为两大类，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，而且还可以转递动力。目前的两坐标联动车床多采用 12 工位的回转刀架，有采用 6 工位、3 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：一种是用于加工盘类零件的回转刀架，其回转轴垂直于主轴；另一种是用于加工轴类和盘类零件的回转刀架，其回转轴平行于主轴。

在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。



特别提醒

四坐标数控车床结构复杂，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。

1.1.2 数控车床的分类

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，见表 1-2。

表 1-2 数控车床的分类及用途

机床分类 (按工艺分)	按数控系统 功能分类	主要用途	加工工件举例
数 控 车 床	卡盘式	直线控制	无圆弧、锥度成形面的复杂盘类零件
		轮廓控制 (多轴联动)	有成形面的复杂盘类零件
	顶尖式	直线控制	无圆弧、锥度成形面的复杂轴类零件
		轮廓控制 (多轴联动)	有成形面的复杂轴类零件
车削中心	轮廓控制 (多轴联动)	除车削成形的、带圆弧、锥度的复杂盘类、轴类零件外，还能进行铣平面、横钻孔	带成形面、圆周、平面或径向孔的复杂盘类、轴类零件

1.1.3 数控车床的数控系统

(1) 数控系统的组成

数控车床主要由机床本体和计算机数控系统两大部分组成（图 1-5），其中的计算机数控系统（computerized numerical control system，简称 CNC 系统）是数控机床的核心。CNC 系统由输入/输出设备、数控系统、伺服单元、驱动装置（或执行机构）、可编程逻辑控制器（PLC）及电气控制装置（即强电装置）和检测反馈装置等组成。CNC 系统可以分为硬件装置和数控软件两大部分。

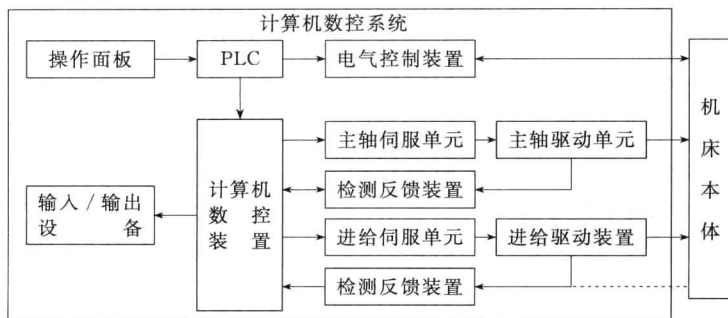


图 1-5 CNC 数控系统的组成

① 输入/输出设备 数控机床必须由操作人员输入零件的加工程序，才能按照加工程序加工出所需要的零件。在向数控系统输入命令后的加工过程中，数控系统要显示必要的信息，如切削方向、坐标值、报警信号等。此外，输入的加工程序可能不完全正确，时常需要进行编辑、修改和调试。上述操作人员与机床数控系统的信息交互过程，要通过数控系统中的输入输出设备（即交互设备）来完成。

键盘和显示器是数控系统不可缺少的人机交互设备。操作人员可通过键盘及显示器输入程序、编辑修改程序和发送操作命令。手动数据输入（MDI，manual data input）是最重要的输入方式之一。键盘是 MDI 中最主要的输入设备。显示器为操作人员提供程