

农村劳动力转移就业职业培训教材



湖北省人力资源和社会保障厅 编  
湖北省劳动就业管理局

# 数控车工

SHUKONG CHEGONG

高万新 主编

湖北科学技术出版社

机械加工制造类  
JIXIE JIAGONG ZHIZHAOLEI

请农民朋友和转岗人员按书后所附地址免费参加培训

湖北省人力资源和社会保障厅 编  
湖北省劳动就业管理局

# 数控车工

SHUKONG CHEGONG

## 编委会

主 任	邵汉生				
副 主 任	皮广洲	鄢楚怀	高 忻	李齐贵	
	熊娅玲	党铁娃			
委 员	罗海浪	李湘泉	彭明良	程明贵	
	姜 铭	周大铭	李国俊	阎 晋	
	金 晖	卢建文	高 铮	李 琪	
	刘健飞	刘长胜	陆 军	陈 飞	
	李贞权	刘 君	李雯莉	苏公亮	
	龚荣伟	周建亚	胡 正	汪袁香	
本书主编	高万新				

湖北科学技术出版社

机械加工制造类

JIXIE JIAGONG ZHIZHAOLEI

## 图书在版编目 (C I P) 数据

数控车工 / 高万新主编. — 武汉: 湖北科学技术出版社,  
2009.8

(农村劳动力转移就业职业培训教材丛书)

ISBN 978-7-5352-4026-2

I. 数… II. 高… III. 数控机床: 车床-车削-技术培训-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 078323 号

策 划: 刘键飞 李慎谦 刘 玲

责任校对: 蒋 静

责任编辑: 梁 琼

封面设计: 喻 杨

出版发行: 湖北科学技术出版社

电话: 027-87679468

地 址: 武汉市雄楚大街 268 号

邮编: 430070

(湖北出版文化城 B 座 12-13 层)

网 址: <http://www.hbstp.com.cn>.

印 刷: 孝感市三环印务有限责任公司

邮编: 432100

850×1168 1/32

6.375 印张

153 千字

2009 年 8 月第 1 版

2009 年 8 月第 1 次印刷

定价: 11.50 元

本书如有印装质量问题 可找本社市场部更换

# 序

中国共产党十七届三中全会明确指出：农业、农村、农民问题关系党和国家事业发展全局。解决三农问题，最根本的出路在于城镇化，创造有效的就业岗位，引导农村劳动力向制造业和服务业等非农产业转移。我省是农业大省，农村劳动力资源丰富，做好农村劳动力的转移就业工作，对统筹城乡发展、建设和谐社会，具有重大意义。

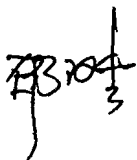
近年来，我省农村劳动力转移就业步伐加快，成效显著。但是，由于长期以来的二元经济结构，形成了城乡分割的就业管理体制，致使农村劳动力转移就业仍然面临较大困难。专业技能的缺乏，也在一定程度上成为制约农村劳动力转移就业的“瓶颈”所在。一方面，随着部分企业生产项目调整、生产方式转变、产品更新换代加快，企业对劳动者的技能要求、管理能力要求有了较大的提高，符合企业用工要求的技术工人、高级管理人员相对缺乏；另一方面，许多农村外出务工人员由于教育培训不足，文化程度偏低，职业素质与专业技能与用工单位的要求还存在一定的差距，形成有人无事做，有事无人做的局面。因此，切

实加强农村劳动力技能培训,对于有效帮助农村劳动力实现转移就业具有十分重要的意义。

加强农村劳动力的技能培训是人力资源和社会保障部门的重要职责,为提高农村劳动力的职业技能和就业能力,我们针对湖北省的实际情况,组织有关专家编写了一套《农村劳动力转移就业职业培训教材丛书》,涉及服务类、建筑类、机械加工类、电工电子类等适合农村劳动力转移就业的50多个岗位,对帮助农村劳动力转移就业有着现实的指导意义。全省各有关机构要适应形式的发展要求,积极引导和保护好农民朋友参加培训的积极性,大力推动我省农村劳动力转移就业工作上新台阶。

我衷心希望,这套丛书为广大农民朋友外出务工时获得理想的工作和收入提供帮助。

湖北省人力资源和社会保障厅厅长



2009年5月31日

# 目 录

<b>第一章 数控机床概述</b> .....	(1)
一、数控技术的基本概念 .....	(1)
二、数控机床的组成及各部分的功能 .....	(2)
三、数控机床的工作原理 .....	(6)
四、数控机床的分类 .....	(6)
五、数控车床的结构 .....	(10)
六、数控机床的特点及发展方向 .....	(12)
<b>第二章 数控车床编程基础</b> .....	(17)
一、数控车床的坐标系统 .....	(17)
二、数控车床对刀 .....	(22)
三、NC 程序的结构 .....	(29)
<b>第三章 华中数控系统编程与操作</b> .....	(32)
一、辅助功能 M 代码 .....	(32)
二、F、S、T 功能 .....	(34)
三、准备功能 G 代码 .....	(36)
四、编程示例 .....	(82)
<b>第四章 FANUC 数控系统编程与操作</b> .....	(100)
一、FANUC 0 型数控系统编程与操作 .....	(100)
二、FANUC 0I 型数控系统编程与操作 .....	(134)
<b>第五章 典型零件的编程与操作</b> .....	(160)
一、简单轴类零件的加工 I .....	(160)
二、简单轴类零件的加工 II .....	(163)

---

三、复杂轴类零件的加工 I .....	(165)
四、复杂轴类零件的加工 II .....	(170)
五、外形轮廓综合件加工 .....	(174)
六、套类零件的加工 I .....	(179)
七、套类零件的加工 II .....	(185)
<b>参考文献</b> .....	<b>(191)</b>
<b>培训机构名称、地址</b> .....	<b>(192)</b>

# 第一章 数控机床概述

随着科学技术和社会生产的迅速发展,机械产品日趋复杂,社会对机械产品的质量和生产率提出了越来越高的要求。在航空航天、造船、军工和计算机等工业中,零件精度高、形状复杂、批量小、变化大、加工困难、生产效率低、劳动强度大,质量难以保证。机械加工工艺过程的自动化和智能化是解决上述问题的最佳途径。一种灵活、通用、高精度、高效率的“柔性”自动化生产设备数控机床在这种情况下应运而生。由于生产力水平的提高,数控机床的价格在不断下降,因此数控机床在机械行业中的使用已很普遍。

## 一、数控技术的基本概念

数字控制(numerical control),简称 NC,它是采用数字化信息实现加工自动化的控制技术,用数字化信号对机床的运动及其加工过程进行控制的机床,称作数控机床。早期的数控机床的 NC 装置是由各种逻辑元件、记忆元件组成随机逻辑电路,是固定接线的硬件结构,由硬件来实现数控功能,称作硬件数控,由这种技术实现的数控机床一般称作 NC 机床。计算机数控(computer numerical control)简称 CNC。现代数控系统是采用微处理器或专用微机的数控系统,由事先存放在存储器里的系统程序(软件)来实现控制逻辑,实现部分或全部数控功能,并通过接口与外围设备进行连接,称为 CNC 系统,这样的机床一般称为 CNC 机床。总之,数控机床是数字控制技术与机床相结合的产物,从狭义的方面看,数控一词就是“数控机床”的代名词,从广义的方面看,数控技术本身在其他行业中有更广泛的应用,称为广义数字控制。数控机床就是将加工过程的各种机床动作,由数字化的代码表示,通过某种载体将信息输入数控系统,控制计算机对输入的数据进行处理,来控制机床的伺服系统或其他执行元件,使机床加工出所需要的工件,



其工作过程如图 1-1 所示。

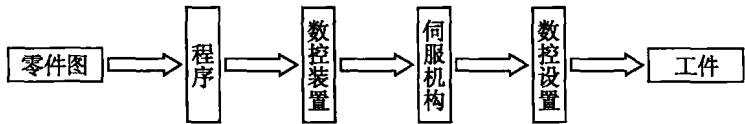


图 1-1 数控机床工作过程

## 二、数控机床的组成及各部分的功能

现代数控机床一般由输入(输出)设备、数控装置、伺服单元、驱动装置(或称执行单元)、可编程控制器(PLC)、辅助装置、机床主体及测量装置组成。图 1-2 是数控机床的组成框图,其中除机床主体之外的部分称为 CNC 系统。

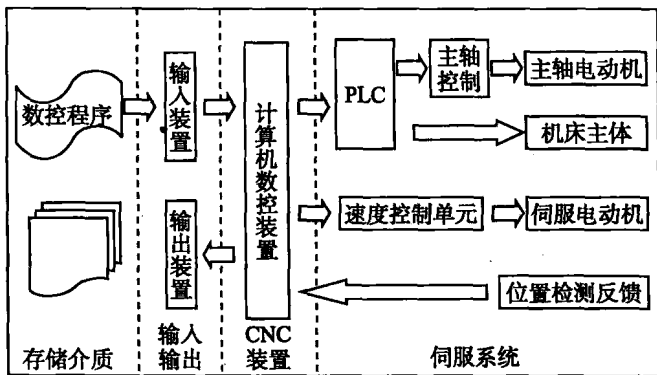


图 1-2 CNC 系统

### (一) 输入与输出装置

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码传送并存入数控装置内。目前,数控机床的输入装置有键盘、磁盘驱动器、光电阅读机等,其相应的程序载体为磁盘。

各种类型数控机床中最直观的输出装置是显示器,有 CRT 显示器或彩色液晶显示器两种。输出装置的作用是:数控系统通过

显示器为操作人员提供必要的信息。显示的信息是正在编辑的程序、坐标值、报警信号等。

因此,输入(输出)装置是机床数控系统和操作人员进行信息交流所必须具备和必要的交互设备。

## (二) 数控装置

数控装置(或称计算机数控装置)是计算机数控系统的核心,它接受的是输入装置送来的脉冲信号。信号通过数控装置的系统软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种信号和指令,控制机床的各个部分,使其进行规定的、有序的动作。这些控制信号中最基本的信号是经插补运算决定的各坐标轴(即作进给运动的各执行部件)的进给速度、进给方向和位移量指令(送到伺服驱动系统驱动执行部件作进给运动),其他还有主轴的变速、换向和启停信号,选择和交换刀具的刀具指令信号,控制冷却液、润滑油启停,工件和机床部件松开、夹紧,分度工作台转位的辅助指令信号等。

数控装置主要包括微处理器(CPU)、存储器、局部总线、外围逻辑电路以及与CNC系统的其他组成部分联系的接口等。

数控装置的作用是,接收由加工程序等送来的各种信息,并经处理和分配后,向驱动机构发出执行的命令。在执行过程中,其驱动、检测等机构同时将有关信息反馈给数控装置,经处理后,发出新的执行命令。

## (三) 伺服单元

伺服单元接收来自数控装置的速度和位移指令。这些指令经变换和放大后通过驱动装置转变成执行部件进给的速度、方向和位移。因此,伺服单元是数控装置与机床主体的联系环节,它把来自数控装置的微弱指令信号放大成控制驱动装置的大功率信号。根据接收指令的不同,伺服单元有脉冲式单元和模拟式单元之分。伺服单元就其系统而言又有开环系统、半闭环系统和闭环系统之分,其工作原理亦有差别。

#### (四) 驱动装置

驱动装置把经过放大的指令信号变为机械运动,通过机械连接部件驱动机床工作台,使工作台精确定位或按规定的轨迹作严格的相对运动,加工出形状、尺寸与精度都符合要求的零件。和伺服单元相对应,驱动装置有步进电动机、交流伺服电动机等。

伺服单元和驱动装置可合称为伺服驱动系统,它是机床工作的动力装置,用以实施计算机数控装置的指令,所以,伺服驱动系统是数控机床的重要组成部分。从某种意义上说,数控机床的功能主要取决于数控装置,而数控机床的性能主要取决于伺服驱动系统。

#### (五) 可编程控制器

可编程控制器亦称可编程逻辑控制器(PLC—programmable logic controller)。

数控机床的控制是通过 CNC 和 PLC 的谐调配合来完成的。其中 CNC 主要完成与数字运算和管理有关的功能,如零件程序的编辑、插补运算、译码、位置伺服控制等。PLC 主要完成与逻辑运算有关的一些动作,而没有轨迹上的具体要求。它接收 CNC 的控制代码 M(辅助功能)、S(主轴转速)、T(选刀、换刀)等顺序动作信息,对顺序动作信息进行译码,转换成对应的控制信号,控制辅助装置完成机床相应的开关动作,如工件的装夹、刀具的更换、冷却液的开关等一些辅助动作。它还接收机床操作面板的指令,一方面直接控制机床的动作,另一方面将一部分指令送到数控装置,用于加工过程的控制。

数控机床的 PLC 一般分为两类:一类是内装型,将 CNC 和 PLC 综合起来设计,即 PLC 是 CNC 装置的一部分;另一类是独立型 PLC。

#### (六) 检测装置

检测装置的作用是通过测量装置将机床移动的实际位置、速度参数检测出来,转换成电信号,并反馈到 CNC 装置中,使 CNC

能随时判断机床的实际位置、速度是否与指令一致,并发出相应指令,纠正所产生的误差。测量装置安装在数控机床的工作台或丝杠上,相当于普通机床的刻度盘和人的眼睛。

### (七) 辅助控制装置

辅助控制装置包括刀库的转位换刀,在加工中心上还有工件自动交换、工件自动夹紧和放松机构,液压泵、冷却泵等控制接口电路,电路含有的换向阀电磁铁、接触器等强电电气元件。现代数控机床可采用可编程控制器进行控制,所以辅助装置的控制电路变得十分简单。

### (八) 机床主体

机床主体是机械结构的实体,与普通机床相比,它的整体布局、外观造型、传动机构、工具系统、操作机构都发生了很大的变化。具体归纳如下。

(1) 主传动系统。采用高性能主传动及主轴部件,具有传递功率大、刚度高、抗震性好及热变形小的优点。

(2) 床身及导轨。数控车床的车身除了采用传统的铸造床身外,也有采用加强钢筋或钢板焊接等结构,以减轻其结构重量,提高其刚度。

(3) 机械传动机构。除了部分主轴箱内的齿轮传动等机构外,数控车床已在原普通车床传动链的基础上,作了大幅度的简化,如取消了挂轮箱、进给箱、滑板箱及其绝大部分传动机构,而仅保留了纵、横进给的螺纹传动机构(一般采用滚珠丝杠螺母副),并在驱动电动机至丝杠间增设了(少数车床未增设)可消除其侧隙的齿轮副,保证传递运动精度高。

(4) 刀架。刀架是自动转位刀架的简称,它是数控车床普遍采用的一种最简单的自动换刀设备。由于自动转位刀架上的各种刀具不能按加工要求自动进行装、卸,故它只能属于自动换刀系统中的初级形式,不能实现真正意义上的自动换刀。

(5) 外形。采用全封闭的罩壳,以保证加工的安全性。

### 三、数控机床的工作原理

在数控机床上加工零件经过以下步骤,如图 1-3 所示。

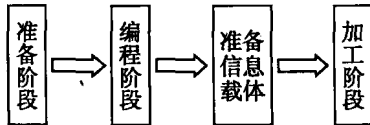


图 1-3 数控加工过程

#### (一) 准备阶段

分析加工零件的图样,确定加工工艺方案(如制订工艺过程、选择机床、加工的切削用量、刀具、夹具等信息)和计算刀具轨迹坐标值(如运动轨迹的起点、终点、圆弧的圆心等)。

#### (二) 编程阶段

根据加工工艺信息,用机床数控系统能识别的语言编写数控加工程序,程序就是对加工工艺过程的描述,并填写程序单。

#### (三) 准备信息载体

根据已编好的程序单,将程序存放在信息载体(穿孔带、磁带、磁盘等)上,信息载体上存储着加工零件所需要的全部信息。目前,随着计算机网络技术的发展,可直接由计算机通过网络与机床数控系统通信。

#### (四) 加工阶段

当执行程序时,机床系统将程序译码、寄存和运算,向机床伺服机构发出运动指令,以驱动机床的各运动部件,自动完成对工件的加工。

### 四、数控机床的分类

数控机床的分类方法很多,大致有以下几种。

#### (一) 按工艺用途分类

数控机床是在普通机床的基础上发展起来的,各种类型的数

控机床基本上起源于同类型的普通机床,按工艺用途分类大致如下。

### 1. 金属切削类数控机床

这类数控机床包括数控车床、数控钻床、数控铣床、数控磨床、数控镗床以及加工中心。切削类数控机床发展最早,目前种类繁多,功能差异也较大。这里需要特别强调的是加工中心,也称为可自动换刀的数控机床。这类数控机床都带有一个刀库,可容纳10~100多把刀具。其特点是:工件经一次装夹后,数控系统能控制机床自动更换刀具,自动连续地对工件各加工面进行铣(车)、镗、钻、铰、攻螺纹等多道工序。

### 2. 金属成型类数控机床

这类数控机床包括数控折弯机、数控组合冲床、数控弯管机、数控回转头压力机等。这类机床起步晚,但目前发展很快。

### 3. 数控特种加工机床

如数控线(电极)切割机床、数控电火花加工、火焰切割机、数控激光切割机床等。

### 4. 其他类型的数控机床

如数控三坐标测量机等。

## (二) 按运动方式分类

### 1. 点位控制数控机床

刀具从某一位置向另一位置移动时,不管中间的移动轨迹如何,只要刀具最后能正确到达目标位置的控制方式,称为点位控制。这类控制在

移动过程中不进行切削加工,对两点间的移动速度及运动轨迹没有严格要求,如图1-4所示。

### 2. 直线控制数控机床

这类数控机床除了控制点的位置之外,还要保证两点之间移

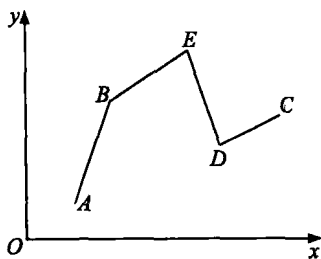


图1-4 点位数控机床加工示意图

动的轨迹是一条直线,对移动速度也要进行控制,因为机床在两点之间移动时要进行切削加工。一些数控车床、数控磨床和数控镗床等都属于直线控制数控机床,如图 1-5 所示。

### 3. 轮廓控制数控机床

轮廓控制又称连续轨迹控制,这类数控机床能够对两个或两个以上运动坐标的位移及速度进行连续相关的控制,因而可以进行曲线或曲面的加工。属于这类机床的有数控车床、数控铣床、加工中心等,如图 1-6 所示。

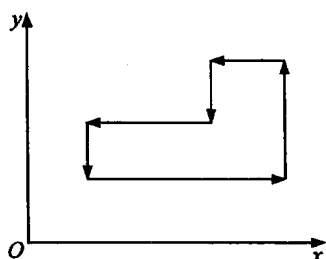


图 1-5 直线数控机床加工示意图

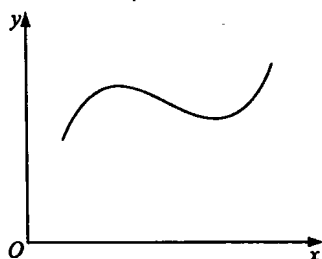


图 1-6 轮廓数控机床加工示意图

## (三) 按控制方式分类

### 1. 开环控制系统

开环控制系统是指不带反馈的控制系统,即系统没有位置反馈元件,通常用步进电动机或电液伺服电动机作为执行机构。输入的数据经过数控系统的运算,发出指令脉冲,通过环形分配器和驱动电路,使步进电动机或电液伺服电动机转过一个步距角,再经过减速齿轮带动丝杠旋转,最后转换为工作台的直线移动,如图 1-7 所示。

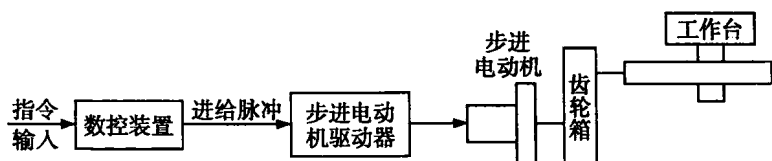


图 1-7 开环控制系统

## 2. 半闭环控制系统

半闭环控制系统是在开环系统的丝杠上装有角位移测量装置,通过检测丝杠的转角间接地检测移动部件的位移,然后反馈到数控系统中,由于惯性较大的机床移动部件不包括在检测范围之内,因而称作半闭环控制系统,如图 1-8 所示。

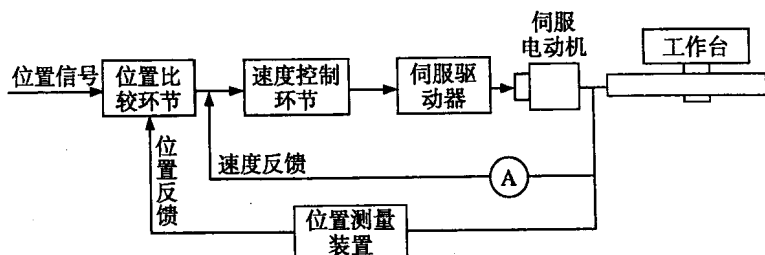


图 1-8 半闭环控制系统

## 3. 闭环数控系统

闭环数控系统是在机床移动部件上直接装有位置检测装置,将测量的结果直接反馈到数控装置中,与输入的指令位移进行比较,用偏差进行控制,使移动部件按照实际的要求运动,最终实现精确定位,如图 1-9 所示。

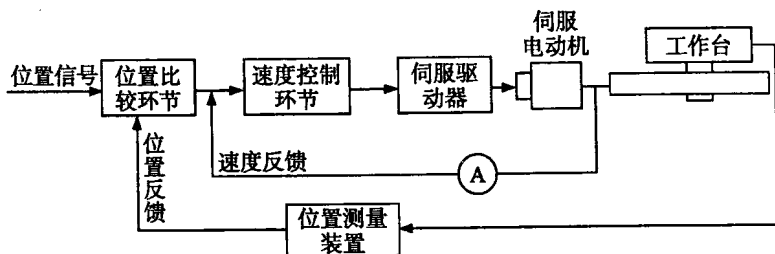


图 1-9 闭环控制系统



## 五、数控车床的结构

### (一) 数控车床的功能及结构特点

数控车床又称 CNC 车床,能自动地完成对轴类与盘类零件内外圆柱面、圆锥面、圆弧面、螺纹等切削加工,并能进行切槽、钻孔、扩孔和铰孔等工作。数控车床具有加工精度稳定性好、加工灵活、通用性强,能适应多品种、小批生产自动化的要求,特别适合加工形状复杂的轴类或盘类零件。

从总体上看,数控车床没有脱离卧式车床的结构形式,其结构上仍然是由主轴箱、刀架、进给系统、床身以及液压、冷却、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的差别。卧式车床的进给运动是经过交换齿轮架、进给箱、溜板箱传到刀架实现纵向和横向进给运动的,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,其结构较卧式车床大为简化。图 1-10 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,与丝杠联结带动刀架运动,也可以用同步齿形带联结。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,按控制指令作无级变速,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 1-11 所示。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、刚度高、抗震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。