



职业技能 短期培训教材

- ◆ 全国职业培训推荐教材
- ◆ 劳动和社会保障部教材办公室评审通过
- ◆ 适合于职业技能短期培训使用

推荐使用对象：▲ 农村进城务工人员 ▲ 就业与再就业人员 ▲ 在职人员

数控铣床操作基本技能

SHUKONG XICHUANG CAOZUO JIBEN JINENG

 中国劳动社会保障出版社

全国职业培训推荐教材

劳动和社会保障部教材办公室评审通过

适合于职业技能短期培训使用

数控铣床操作基本技能

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控铣床操作基本技能/李红军, 陈平主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2008

职业技能短期培训教材

ISBN 978-7-5045-6787-1

I. 数… II. ①李…②陈… III. 数控机床: 铣床-操作
IV. TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 024971 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

*

北京谊兴印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

850 毫米×1168 毫米 32 开本 6.625 印张 161 千字

2008 年 3 月第 1 版 2008 年 3 月第 1 次印刷

定价: 12.00 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: 010-64954652

前 言

职业技能培训是提高劳动者知识与技能水平、增强劳动者就业能力的有效措施。职业技能短期培训能够在短期内，使受培训者掌握一门技能，达到上岗要求，顺利实现就业。

为了适应开展职业技能短期培训的需要，促进短期培训向规范化发展，提高培训质量，中国劳动社会保障出版社组织编写了职业技能短期培训系列教材，涉及二产和三产近百种职业（工种）。在组织编写教材的过程中，以相应职业（工种）的国家职业标准和岗位要求为依据，并力求使教材具有以下特点：

短。教材适合 15~30 天的短期培训，在较短的时间内，让受培训者掌握一种技能，从而实现就业。

薄。教材厚度薄，字数一般在 10 万字左右。教材中只讲述必要的知识和技能，不详细介绍有关的理论，避免多而全，强调有用和实用，从而将最有效的技能传授给受培训者。

易。内容通俗，图文并茂，容易学习和掌握。教材以技能操作和技能培养为主线，用图文相结合的方式，通过实例，一步步地介绍各项操作技能，便于学习、理解和对照操作。

这套教材适合于各级各类职业学校、职业培训机构在开展职业技能短期培训时使用。欢迎职业学校、培训机构和读者对教材中存在的不足之处提出宝贵意见和建议。

劳动和社会保障部教材办公室

简 介

本书是职业技能短期培训教材，由劳动和社会保障部教材办公室组织编写。

本书内容涉及数控铣削加工过程、机床及装备知识、数控铣床的操作、数控铣削加工工艺基础、编程规范、指令应用及编程方法等。

本书内容充实，实用性强，图文并茂，通俗易懂。通过本书的学习，学员在基本知识及操作技能上可达到初级技术工人应知、应会的要求，且能运用这些知识和技能解决生产中的有关问题。

本书由李红军、陈平主编，王鹏、姜聪参编，王虹主审。

目 录

第一单元 数控铣削加工基础	(1)
模块一 数控机床基本概述.....	(1)
模块二 数控铣床的特点和典型数控系统简介.....	(9)
单元练习.....	(16)
第二单元 数控铣床加工基础	(17)
模块一 加工工艺文件的填写.....	(17)
模块二 数控铣削加工工艺方案.....	(22)
单元练习.....	(42)
第三单元 数控铣削编程基础知识	(44)
模块一 数控铣削编程规则.....	(44)
模块二 机床的坐标系及常用的编程指令.....	(51)
单元练习.....	(60)
第四单元 数控铣床基本操作	(62)
模块一 数控铣床的面板操作.....	(62)
模块二 FANUC 0i 系统铣床控制面板介绍.....	(66)
模块三 数控铣床的基本操作方法.....	(72)
单元练习 建立工件坐标系及刀具补偿.....	(85)

第五单元	轮廓加工	(88)
模块一	加工工艺的确定.....	(89)
模块二	直线指令的应用.....	(95)
模块三	圆弧插补指令.....	(101)
单元练习	“S”字母的加工	(106)
第六单元	刀具半径补偿指令的应用	(112)
模块一	刀具半径补偿指令.....	(112)
模块二	刀具半径补偿的应用.....	(117)
单元练习	倒“C”形凸台的加工	(120)
第七单元	刀具长度补偿指令的应用	(126)
模块一	刀具长度补偿指令.....	(126)
模块二	刀具长度补偿的应用.....	(132)
单元练习	型腔的加工.....	(136)
第八单元	钻孔加工	(144)
模块一	加工工艺的确定.....	(145)
模块二	钻孔指令.....	(148)
单元练习	垫块的加工.....	(154)
第九单元	镗孔加工	(161)
模块一	加工工艺的确定.....	(162)
模块二	镗孔指令.....	(168)
单元练习	固定套的加工.....	(171)
第十单元	螺纹加工	(178)
模块一	加工工艺的确定.....	(178)

模块二 螺纹加工指令·····	(181)
单元练习 四孔螺纹零件的加工·····	(185)
第十一单元 子程序应用·····	(189)
模块一 加工工艺的确定·····	(189)
模块二 子程序加工指令·····	(191)
单元练习 盖板的加工·····	(192)

第一单元 数控铣削加工基础

模块一 数控机床基本概述

一、数控机床的产生和发展

数字控制简称数控，是用数字信息实现自动控制机床运转的一种方法。它把机床的加工程序和运动变量（如坐标方向、位移量、轴的转向和转速等），以数字形式预先记录在控制介质（如拨码开关、磁带等）上，通过数控装置自动地控制机床运动，同时具有完成自动换刀、自动测量、自动润滑、冷却等功能。

数控机床发展到今天，完全依赖于数控系统的发展。自1952年美国研制出第一台数控铣床起，数控系统经历了两个阶段和六代的发展。

1. 数控（NC）阶段（1952—1970年）

早期计算机的运算速度低，这对当时的科学计算和数据处理影响还不大，但不能适应机床适时控制的要求。人们不得不采用数字逻辑电路“搭”成一台机床专用计算机作为数控系统，被称为硬件连接数控（HARD-WIRED NC），简称数控（NC）。随着电子元器件的发展，这个阶段经历了三代，即：

第一代数控：1952—1959年采用电子管元件构成的专用数控装置。

第二代数控：1959—1964年采用晶体管电路的N装置。

第三代数控：1965—1970年采用小、中规模集成电路的NC装置。

2. 计算机数控 (CNC) 阶段 (1970—现在)

到 1970 年, 通用小型计算机业已出现成批生产, 其运算速度比五六十年代有了大幅度的提高, 且成本低、可靠性高。于是将它移植过来作为数控系统的核心部件, 从此进入了计算机数控 (CNC) 阶段。随着计算机技术的发展, 这个阶段也经历了三代, 即:

第四代数控: 1970—1974 年采用大规模集成电路的小型通用计算机控制系统。

第五代数控: 1974—1990 年微处理器应用于数控系统。

第六代数控: 1990 年以后 PC 机 (个人计算机, 国内习惯称微机) 的性能已发展到很高的阶段, 可满足作为数控系统核心部件的要求, 数控系统从此进入了基于 PC 的时代。

二、数控机床的组成

数控机床主要由以下几个部分组成, 如图 1—1 所示。

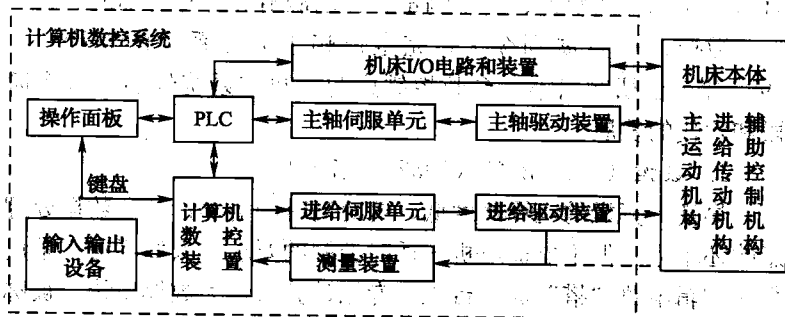


图 1—1 数控机床的组成

1. 计算机数控装置 (CNC 装置)

计算机数控装置是计算机数控系统的核心, 其主要作用是根据输入的零件加工程序或操作命令进行相应的处理, 然后输出控制命令到相应的执行部件 (伺服单元、驱动装置和 PLC 等), 完成零件加工程序或操作所要求的工作。在 CNC 装置的协调控制

及合理组织下，整个系统有条理地工作。CNC 装置主要由计算机系统、位置控制板、PLC 接口板、通信接口板、扩展功能模块以及相应的控制软件等组成。

2. 伺服单元、驱动装置和测量装置

伺服单元和驱动装置包括主轴伺服驱动装置、主轴电动机、进给伺服驱动装置及进给电动机。测量装置是指位置和速度测量装置，它是实现主轴控制、进给速度闭环控制和进给位置闭环控制的必要装置。主轴伺服系统的作用是实现零件加工的切削运动，其控制量为速度。进给伺服系统的作用是实现零件加工所需的成形运动，其控制量为速度和位置，特点是能灵敏、准确地实现 CNC 装置的位置和速度指令。

3. 控制面板

控制面板又称操作面板，是操作人员与数控机床（系统）进行信息交互的工具。操作人员可以通过它对数控机床（系统）进行操作、编程、调试或对机床参数进行设定和修改，也可以通过它了解和查询数控机床（系统）的运行状态。它是数控机床的一个输入输出部件，主要由按钮站、状态灯、按键阵列（功能同计算机键盘）和显示器等部分组成。

4. 控制介质与程序输入输出设备

控制介质是记录零件加工程序的媒介，是人与机床建立联系的介质。程序输入输出设备是 CNC 系统与外部设备进行信息交换的装置，其作用是将记录在控制介质上的零件加工程序输入 CNC 系统，或将调试好的零件加工程序通过输出设备存放或记录在相适应的介质上。目前，数控机床的控制介质和程序输入输出设备是磁盘和磁盘驱动器等。

此外，现代数控系统一般可利用通信方式进行信息交换，通信方式是实现 CAD（计算机辅助设计）/CAM（计算机辅助制造）的集成和 FMS（柔性制造系统）、CIMS（计算机集成制造系统）的基本技术。目前，在数控机床上常用的通信方式有：串

行通信、自动控制专用接口、网络技术。

5. PLC (可编程控制器)、机床 I/O (输入/输出) 电路和装置

PLC 由 CPU、存储器、基本 I/O 接口电路、外设接口、电源等组成。机床 I/O 电路和装置是用来实现 I/O 控制的执行部件,是由继电器、电磁阀、行程开关、接触器等组成的逻辑电路。它们共同完成以下任务:

(1) 接收 CNC 的 M、S、T 指令,对其进行译码并转换成对应的控制信号,控制装置完成机床相应的开关动作。

(2) 接收操作面板和机床传送来的 I/O 信号,送给 CNC 装置,经处理后,输出指令控制 CNC 系统的工作状态和机床的动作。

6. 机床本体

机床本体是数控系统的控制对象,是实现加工零件的执行部件。它主要由主运动部件(主轴、主运动传动机构)、进给运动部件(工作台、滑板及相应的传动机构)、支承件(立柱、床身等)以及特殊装置、自动工作台交换(APC)系统、自动刀具交换(ATC)系统和辅助装置、冷却和润滑系统、转位和夹紧装置等组成。

数控机床的组成相对于普通机床有以下几个特点:

(1) 由于采用了高性能的主轴及进给伺服驱动装置,数控机床的机械传动装置得到了简化,传动链较短。

(2) 数控机床的机械结构具有较高的动态特性、动态刚度、阻尼精度、耐磨性以及抗热变形性。

(3) 较多地采用高效传动部件,如滚珠丝杠副、直线滚动导轨等。

三、数控机床的分类

1. 按控制的运动轨迹分类

(1) 点位控制。点位控制数控机床只要求获得准确的加工坐标点的位置。由于数控机床只是在刀具或工件到达指定位置后才

开始加工，在运动过程中并不进行加工，所以从一个位置移动到另一个位置的运动轨迹不需要严格控制。数控钻床、数控坐标镗床和数控冲床等均采用点位控制。

图 1—2 所示是点位控制加工示意图。因为这类机床最重要的性能指标是要保证孔的相对位置，并要求快速点定位，以便减少空行程时间，经常采用的控制方式是当刀具到工件接近定位点时分两步完成，首先降低移动速度，然后实现准确停止。

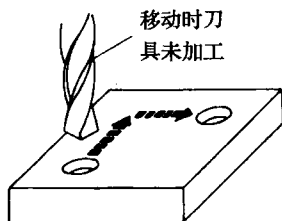


图 1—2 点位控制

(2) 点位直线控制。点位直线控制数控机床，除了要求控制位移终点位置外，还能实现平行坐标轴的直线切削加工，并且可以设定直线切削加工的进给速度，例如在数控车床上车削台阶轴，数控铣床上铣削台阶面等。图 1—3 所示是点位直线控制切削加工示意图。

(3) 连续控制。连续控制系统又称轮廓控制系统，该系统能对刀具相对于零件的运动轨迹进行连续控制，以加工任意斜率的直线、圆弧、抛物线或其他函数关系的曲线。这种系统一般都是两坐标或两坐标以上的多坐标联动控制系统，其功能齐全，可加工任意形状的曲线或型腔。图 1—4 所示为连续控制系统加工示意图。

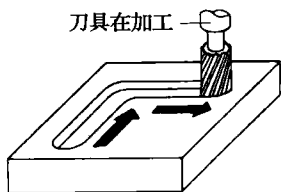


图 1—3 点位直线控制



图 1—4 连续控制系统加工

2. 按控制方式分类

数控机床按照对被控量有无检测反馈装置可分为开环控制和闭环控制两种。在闭环系统中,根据测量装置安放的位置又分为全闭环控制和半闭环控制两种。

(1) 开环伺服系统。图 1—5 所示为采用步进电动机驱动的开环伺服系统原理图。它一般是由环形分配器、步进电动机功率放大器、步进电动机、齿轮箱和丝杠螺母传动副等组成。每当数控装置发出一个指令脉冲信号,就使步进电动机的转子旋转一个固定角度,该角称为步距角,而机床工作台将移动一定的距离,即脉冲当量。

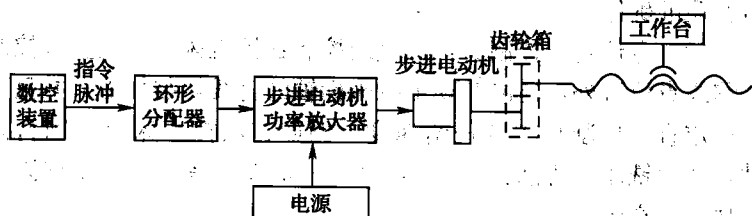


图 1—5 开环伺服系统

从原理图上可知,工作台位移量与进给指令脉冲的数量成正比,即数控装置发出的指令脉冲频率越高,则工作台的位移速度越快。这种只含有信号放大和变换,不带有位移检测反馈的伺服系统称为开环伺服系统或简称开环系统。

开环伺服系统既没有工作台位移检测装置,又没有位置反馈和校正控制系统,所以工作台的位移精度完全取决于步进电动机的步距角精度、齿轮箱中齿轮和丝杠螺母副的精度与传动间隙等,由此可见这种系统很难保证较高的位置控制精度。同时由于受步进电动机性能的影响,其速度也受到一定的限制。但这种系统的结构简单、调试方便、工作可靠、稳定性好、价格低廉,因此被广泛用于精度要求不太高的经济型数控机床上。

(2) 闭环伺服系统。图 1—6 所示为采用宽调速电动机驱动

的闭环伺服系统原理图。它主要由比较环节（位置比较、速度比较）、驱动元件、机械传动装置和测量装置等组成。其中驱动元件可采用调速直流电动机或宽调速交流电动机，测量元件可采用感应同步器或光栅等直线测量元件。

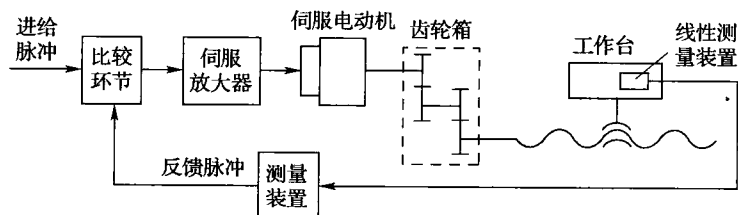


图 1—6 闭环伺服系统

闭环伺服系统的工作原理是当数控装置发出位移指令脉冲，经电动机和机械传动装置使机床工作台移动时，安装在工作台上的位置检测器把机械位移变成电信号，反馈到输入端与输入信号相比较，得到的差值经过放大和变换，最后驱动工作台向减少误差的方向移动。如果输入信号不断地产生，则工作台就不断地跟随输入信号运动。只有在差值为零时，工作台才静止，即工作台的实际位移量与指令位移量相等时，电动机停止转动，工作台停止移动。由于闭环伺服系统有位置反馈系统，可以补偿机械传动装置中的各种误差、间隙和干扰的影响，因而可以达到很高的定位精度，同时还能达到较高的速度。因此，闭环伺服系统在数控机床得到了广泛的应用，特别是用在精度要求高的大型和精密机床上。

从理论上讲，闭环伺服系统的精度主要取决于测量元件的精度和数/模转换器的精度。但由于该系统受进给丝杠的拉压刚度、扭转刚度及摩擦阻尼特性和间隙等非线性因素的影响，给调试工作造成很大困难。若各种参数匹配不当，将会引起系统振荡，造成系统不稳定，影响定位精度，因此闭环伺服系统要比开环伺服系统的安装调试更加困难和复杂，价格较贵，维护费用也较高。

(3) 半闭环伺服系统。若在闭环伺服系统中，用安装在进给丝杠轴端或电动机轴端的角位移测量元件（如旋转变压器、脉冲编码器、圆光栅等）来代替安装在机床工作台上的直线测量元件，用测量丝杠或电动机轴旋转角位移来代替测量工作台直线位移的伺服系统称为半闭环伺服系统，如图 1—7 所示。因这种系统未将丝杠螺母副、齿轮传动副等传动装置包含在闭环反馈系统中，不能补偿该部分装置的传动误差，所以半闭环伺服系统的加工精度低于闭环伺服系统的加工精度。但半闭环伺服系统将惯性大的工作台安排在闭环之外，使这种系统调试较容易，稳定性也较好。

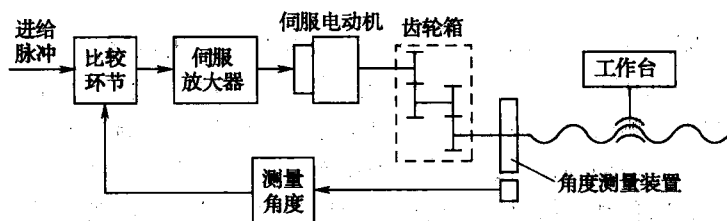


图 1—7 半闭环伺服系统

另外，角位移测量元件比直线位移的测量元件简单，价格也较低。如选用传动精度较高的滚珠丝杠和精密消除齿轮副，再配备存储有螺距误差补偿和反向间隙补偿功能的数控装置，那么半闭环伺服系统仍能达到较高的加工精度，这在生产中应用得相当普遍。

3. 按功能分类

(1) 经济型数控机床。在计算机中一般用一个微处理器作为主控单元，伺服系统大多是步进电动机驱动，采用开环控制方式，脉冲当量为 $0.01 \sim 0.005 \text{ mm/脉冲}$ 。机床快速移动速度为 $5 \sim 8 \text{ m/min}$ ，精度较低，功能较简单，基本具备了计算机控制数控机床的主要功能。

(2) 全功能型数控机床。在计算机中采用 2~4 个微处理器进行控制, 其中一个为主控微处理器, 其余为从属微处理器。主控微处理器完成用户程序的数据处理、粗插补运算、文本和图形显示等, 从属微处理器在主控微处理器管理下, 完成对外围设备、伺服控制系统的控制和管理, 从而实现同时对各坐标轴的连续控制。

全功能型数控机床允许最大速度一般为 $8 \sim 24 \text{ m/min}$, 脉冲当量为 $0.01 \sim 0.001 \text{ mm/脉冲}$, 广泛用于加工形状复杂或精度要求较高的工件。

(3) 精密型数控机床。精密型数控机床采用闭环控制, 它不仅具有全功能型数控机床的全部功能, 而且机械系统的动态响应较快。其脉冲当量一般小于 0.001 mm/脉冲 , 适用于精密和超精密加工。

模块二 数控铣床的特点和典型数控系统简介

一、数控铣床的特点

随着科学技术和市场经济的不断发展, 对机械产品的质量、生产率和新产品开发的周期提出了越来越高的要求。

虽然许多生产企业(如汽车、拖拉机、家用电器等制造厂)已经采用了自动机床和专用自动生产线, 以提高生产效率和产品质量, 降低生产成本, 但是, 由于市场竞争日趋激烈, 企业必须不断开发新产品。在频繁地开发新产品的生产过程中, 使用“刚性”(不可变)的自动化设备, 要改变其工艺过程是非常复杂的, 因此, 刚性自动化设备日益暴露其缺点。

另外, 在机械制造工业中, 并不是所有产品零件都具有很大的批量。据统计, 单件小批量生产约占加工总量的 $75\% \sim 80\%$ 。对于单件、小批量复杂零件的加工, 用“刚性”自动化设备加工