

# 项目一

## 数控机床电气维修基础知识

### 【项目描述】

随着现代制造业的发展,对机械加工范围、加工精度、加工效率、加工灵活性和适应性都提出了更高的要求,传统的普通加工机床已经不能满足生产的需要。因此,一种高效率、高精度和高柔性的加工机床——数控机床应运而生。

数控机床是采用数字控制技术的机床,是采用数字化信号控制机床运动及其加工过程,是数控技术与机床相结合的产物。随着现代控制理论与自动化技术的高速发展,尤其是微电子技术和计算机技术的日新月异,使得数控技术也在同步飞速发展,数控机床已经被广泛应用于制造业的各个领域。

熟悉数控机床的基本组成和工作原理,掌握数控机床的基本操作与编程知识,以及掌握数控机床电气维修的基本内容和方法,需要我们进入项目——数控机床电气维修基础知识。

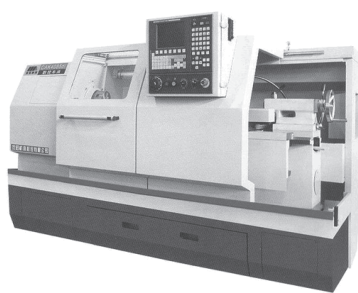
### ◆ 任务一 认识数控机床

#### 【学习目标】

1. 掌握数控机床的组成和工作原理。
2. 能认识常用数控机床的主要组成部件,并掌握各主要组成部件之间的连接关系。

#### 【任务呈现】

数控机床是一种综合应用微电子技术、计算机技术、自动控制技术、精密测量技术和机床结构设计技术等先进技术的典型机电一体化产品。相比于传统的普通机床,其机械装配系统更加精密,电气控制系统更加复杂,机电一体化结合程度更加密切。如图 1-1-1 所示为实际生产中常用的几种数控机床。



(a) 数控车床



(b) 数控铣床



(c) 卧式加工中心



(d) 立式加工中心

图 1-1-1 实际生产中常用的数控机床

本任务要求是：

1. 能识别常用数控机床的主要组成部件以及在机床上所处的位置。
2. 熟悉常用数控机床各主要组成部件之间的连接关系。

### 【知识链接】

数字控制技术是近代发展起来的一种自动控制技术,采用了数字控制技术的机床就是数字控制机床(Numerical Control Machine Tool),简称数控机床。

国际信息处理联盟(IFIP)对数控机床的定义是:数控机床是一种装有程序控制系统的机床,该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码指令规定的程序并将其译码,从而使机床动作并加工零件。此定义中的程序控制系统即数控系统。

现代数控系统是利用计算机控制加工,实现数字控制功能,并通过接口与外围设备连接,这种数控系统称为计算机数控(Computer Numerical Control)系统,简称 CNC 系统。具有 CNC 系统的机床常称为 CNC 机床。

## 一、数控机床的组成

数控机床一般由计算机数控系统(CNC 系统)和机床本体两部分组成,其中 CNC 系统是由输入/输出装置、数控装置(CNC 装置)、可编程控制器(PLC)、主轴驱动系统、进给伺服

驱动系统等组成的一个整体系统,如图 1-1-2 所示。

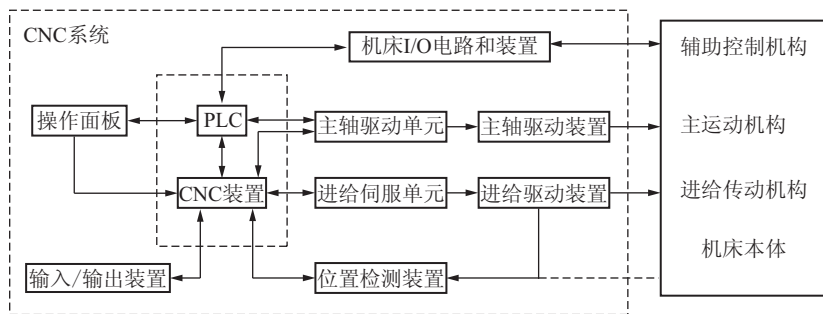


图 1-1-2 数控机床的组成

### 1. 输入/输出装置

输入/输出装置是数控装置与外部设备进行数据或信息交换的设备。

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码变成相应的电脉冲信号,传送并存入数控装置内。程序载体又称控制介质,是人与数控机床之间的媒介物质,反映了数控加工中的全部信息。控制介质有多种形式,它随着数控装置的类型不同而不同。早期的数控机床常用穿孔纸带、磁带等控制介质;现代的数控机床常用磁盘、闪存卡、U 盘、移动硬盘及其他半导体存储器等控制介质,如图 1-1-3 所示。根据不同的控制介质,输入装置可以是光电阅读器、磁带机或软盘驱动器等。此外,现代的数控机床可以不用控制介质,直接由操作人员通过 MDI(Manual Data Input,手动数据输入)键盘手动输入零件加工程序,或采用通信方式进行零件加工程序的输入/输出。目前,数控机床常采用的通信方式有串行通信(RS232、RS422、RS485 等)、自动控制专用接口和规范(DNC 方式、MAP 协议等)、网络通信(Internet、LAN 等)。



(a) 闪存卡



(b) U 盘



(c) 移动硬盘

图 1-1-3 控制介质

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,显示的信息可以是正在编辑的程序、坐标值、以及报警信号等。目前,输出装置主要是显示器,有 CRT 显示器和彩色液晶显示器两种。

### 2. 数控装置

数控装置(如图 1-1-4)是数控机床电气控制系统的核心,由硬件和软件两部分组成。其中数控装置的硬件主要包括微处理器 CPU、存储器、局部总线、外围逻辑电路以及与数控系统其他组成部分联系的接口等。数控装置接受输入装置送来的脉冲信号,经过数控装置

的系统软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种控制信号和指令,控制机床的各个部分进行规定的、有序的动作。这些控制信号中最基本的信号是坐标轴的进给速度、进给方向和位移量指令,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,控制切削液、润滑油启停、工件和机床部件松开或夹紧、分度工作和转位的辅助指令信号等。

### 3. 主轴驱动系统

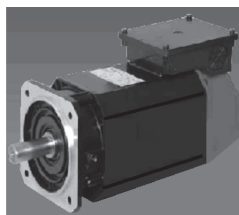
主轴驱动系统由主轴驱动单元和主轴驱动装置(包括速度检测元件)组成,如图 1-1-5 所示。主轴驱动系统接受来自数控装置的驱动指令,经过速度与转矩(功率)调节,输出驱动信号驱动主轴电动机转动,同时接受速度反馈信号实施速度闭环控制,实现对主轴转速的调节。



图 1-1-4 数控装置



(a) 主轴驱动单元



(b) 主轴电动机

图 1-1-5 主轴驱动系统

### 4. 进给伺服驱动系统

进给伺服驱动系统由进给伺服单元和进给驱动装置(一般内装速度和位置检测元件)组成,如图 1-1-6。进给伺服驱动系统接受来自数控装置的速度指令,经过速度与电流(转矩)调节,输出驱动信号驱动进给伺服电动机转动,同时接受速度反馈信号实施速度闭环控制,实现机床坐标轴运动。



(a) 进给伺服单元



(b) 进给伺服电动机

图 1-1-6 进给伺服驱动系统

### 5. 可编程控制器(PLC)及机床 I/O 电路和装置

在数控机床中,PLC(如图 1-1-7)主要完成与逻辑运算有关的一些顺序动作的 I/O 控制,它和实现 I/O 控制的执行部件——机床 I/O 电路和装置(由继电器、电磁阀、行程开关、接触器等组成的逻辑电路)一起共同完成以下任务:



图 1-1-7 可编程控制器

(1) 接受 CNC 装置的控制代码 M(辅助功能)、S(主轴功能)、T(刀具功能)等顺序动作信息,对其进行译码转换成对应的控制信号。一方面,它控制主轴单元实现主轴转速控制;另一方面,它控制辅助装置完成机床相应的开关动作,如卡盘夹紧松开(工件的装夹)、刀具的自动更换、切削液(冷却液)的开关、机械手取送刀、主轴正反转和停止、准停等动作。

(2) 接受数控机床控制面板(循环启动、进给保持、手动进给等)和机床侧(行程开关、压力开关、温控开关等)的 I/O 信号。一部分信号直接控制机床的动作,另一部分信号送往 CNC 装置,经其处理后,输出指令控制 CNC 系统的工作状态和机床的动作。

用于数控机床的 PLC 一般分为两类:内装型(集成型)PLC 和通用型(独立型)PLC。

### 6. 位置检测装置

位置检测装置是将数控机床各坐标轴的实际位移量、速度等参数检测出来,转变成电信号反馈给 CNC 装置。CNC 装置将反馈回来的实际位移值与位移设定值进行比较,发出指令去控制进给驱动装置,使各坐标轴按照位移设定值移动,从而实现对位置的精确控制。常用的位置检测元件有光栅、光电编码器、感应同步器、旋转变压器、磁栅尺等,现代数控机床多采用光栅尺和光电脉冲编码器作为位置测量元件,如图 1-1-8。



(a) 光栅尺

(b) 光电脉冲编码器

图 1-1-8 位置检测装置

### 7. 机床主体

机床本体即数控机床的机械部件,包括主运动部件、进给运动执行部件(工作台、拖板及

其传动部件)和支承部件(床身、立柱等),还包括具有冷却、润滑、转位和夹紧等功能的辅助装置。加工中心类的数控机床还有存放刀具的刀库、交换刀具的机械手等部件。数控机床机械部件的组成与普通机床相似,由于数控机床的高速度、高精度、大切削用量和连续加工的要求,其机械部件在精度、刚度、抗震性等方面的要求更高。

此外,为保证数控机床功能的充分发挥,还有一些辅助系统,如冷却、润滑、液压(或气动)、排屑、防护系统等。

## 二、数控机床的工作原理

### 1. 工作原理

数控机床是一种高度自动化的机床,它在加工工艺与加工表面形成方法上与普通机床基本相同,最根本的不同在于实现自动化控制的原理与方法,数控机床是用数字化的信息来实现自动控制的。在数控机床上加工零件时,首先要将被加工零件图上的几何信息和工艺信息数字化。

先根据零件加工图样的要求确定零件加工的工艺过程、工艺参数、刀具参数,再按数控机床规定采用的代码和程序格式,将与加工零件有关的信息如工件的尺寸、刀具运动中心轨迹、位移量、切削参数(主轴转速、切削进给量、背吃刀量)以及辅助操作(换刀、主轴的正转与反转、切削液的开与关)等编制成零件加工程序,并存放于某种控制介质上,再经相应的输入装置输入至 CNC 装置。CNC 装置根据输入的零件加工程序和操作指令进行相应的处理,输出位置控制指令到进给伺服驱动系统以实现刀具和工件的相对移动;输出速度控制指令到主轴驱动系统以实现切削运动;输出 M、S、T 指令到 PLC 以实现顺序动作的开关量进行 I/O 控制,从而加工出符合图样要求的零件。

### 2. 插补

(1) 插补的概念:如何控制刀具或工件的运动是数控机床的核心问题。数控机床的信息数字化就是把刀具与工件的运动坐标分割成一些最小单位量,即最小位移量。数控系统按照程序的要求,经过信息处理、分配,使坐标移动若干个最小位移量,实现刀具与工件的相对运动,完成零件的加工。

在数控机床中,刀具的运动轨迹是折线,因此刀具不能严格地沿着所加工的曲线运动,只能用折线以一定的精度要求逼近被加工曲线,当逼近误差相当小时,这些折线之和就接近曲线了。数控机床是以脉冲当量为单位,计算轮廓起点与终点之间的坐标值,进行有限分段,以折代直,以弦代弧,以直代曲,分段逼近,相连成轨迹的。CNC 装置每发出一个脉冲,机床执行部件的最小位移量称为脉冲当量。常用机床的脉冲当量为  $0.01 \sim 0.001 \text{ mm/脉冲}$ 。脉冲当量越小,数控机床精度越高。各种斜线、圆弧、曲线均可以由脉冲当量为单位的微小直线段拟合而成。零件的轮廓形状是由各种线形如直线、螺旋线、抛物线、自由曲线等构成的,用户在加工程序中,一般仅提供描述该线形所必需的相关参数。例如,对直线,仅提供起点和终点的坐标值;对圆弧,除必须提供起点和终点的坐标值外,还必须提供圆心相对于起点的位置数值以及圆弧的旋转方向。因此,数控系统必须在运动过程中实时计算出满足线形和进给速度要求的若干中间点(在起点和终点之间),这就是插补。它实质上是根据有限的信息完成“数据密化”的工作。可将插补定义为根据给定进给速度和给定轮廓线形的

要求,在轮廓的已知点之间计算中间点的方法。数控系统对直线进行的插补计算即为直线插补,对圆弧进行的插补计算为圆弧插补,对其他曲线进行的插补计算为其他的曲线插补。数控系统能进行哪几种线形的插补计算,即具有哪几种插补功能。目前,绝大多数数控系统只有直线插补功能和圆弧插补功能,作直线进给和圆弧进给的指令分别为 G01 和 G02/G03。

(2) 插补方法的分类:目前常用的插补方法大致分为两类:脉冲增量插补和数字增量插补。

① 脉冲增量插补。主要用于采用步进电机驱动的开环系统。每次插补计算结束,CNC 装置向各坐标轴驱动装置发出一个脉冲,驱动步进电机带动机床移动部件运动。其基本思想是用折线来逼近曲线(包括直线)。脉冲增量插补每次插补的结果仅产生一个单位的行程增量(一个脉冲当量),以一个个脉冲的方式输出给步进电机。脉冲增量插补的插补速度与进给速度密切相关,还受到步进电机最高运行频率的限制。脉冲增量插补的实现方法较为简单,比较容易用硬件来实现,也有用软件来完成这类算法的。这类插补算法有逐点比较法、最小偏差法、数字积分法等。逐点比较法的基本原理是:数控系统在控制加工过程中,逐点计算和判别加工误差,与规定的运动轨迹进行比较,由比较结果决定下一步的移动方向。这种算法的特点是运算直观,插补误差小于一个脉冲当量,输出脉冲均匀,而且输出脉冲的速度变化小,调节方便。因此,逐点比较法在两坐标联动的数控机床中应用较为广泛。

② 数字增量插补。主要用于采用交、直流伺服电机为进给伺服驱动系统的闭环、半闭环数控系统,也可以用于以步进电机为进给伺服驱动系统的开环数控系统。目前所使用的 CNC 系统中,大多采用这类插补方法。CNC 装置产生的不是单个脉冲,而是标准的二进制数。其基本思想是用直线段来逼近曲线(包括直线)。采用数字增量插补时,插补程序以一定的时间间隔定时进行,根据编程的速度将轮廓曲线分割为插补采样周期的进给段即轮廓步长,用弦线和割线逼近轮廓轨迹。在每一插补周期内,插补程序被调用一次,计算出各坐标轴在下一插补周期内的位移增量(数字量而不是单个脉冲) $\Delta X$ 、 $\Delta Y$  等,然后再计算出相应插补点位置的坐标值。插补运算速度与进给速度无严格的关系,因此可以达到较高的进给速度。数字增量插补的实现算法较脉冲增量插补复杂,对计算机的运算速度有一定要求。这类插补算法有数字积分法、二阶近似插补法、时间分割法等。

### 三、数控机床的特点

数控机床是实现柔性自动化的重要设备,与普通机床相比,数控机床具有如下特点:

#### 1. 适应性强

数控机床在更换产品(生产对象)时,只需要改变数控装置内的加工程序和调整有关的数据就能满足新产品的生产需要,不需改变机械部分和控制部分的硬件。这一特点不仅可以满足当前产品更新更快的市场竞争需要,而且较好地解决了单件、中小批量和多变产品的加工问题。适应性强是数控机床最突出的优点,也是数控机床得以产生和迅速发展的主要原因。

#### 2. 加工精度高

数控机床本身的精度都比较高,中小型数控机床的定位精度可达 0.005 mm,重复定位

精度可达 0.002 mm,而且还可利用软件进行精度校正和补偿,因此可以获得比机床本身精度还要高的加工精度和重复定位精度。加之数控机床是按预定程序自动工作的,加工过程不需要人工干预,工件的加工精度全部由机床保证,消除了操作者的人为误差,因此加工出来的工件精度高、尺寸一致性好、质量稳定。

### 3. 生产效率高

数控机床具有良好的结构特性,可进行大切削用量的强力切削,有效节省了基本作业时间,还具有自动变速、自动换刀和其他辅助操作自动化等功能,使辅助作业时间大为缩短,所以一般比普通机床的生产效率高。

### 4. 自动化程度高,劳动强度低

数控机床的工作是按预先编制好的加工程序自动连续完成的,操作者除了输入加工程序或操作键盘、装卸工件、关键工序的中间检测以及观察机床运行之外,不需要进行繁杂的重复性手工操作,劳动强度与紧张程度均可大为减轻,加上数控机床一般都具有较好的安全防护、自动排屑、自动冷却和自动润滑装置,操作者的劳动条件也大为改善。

## 四、数控机床的分类

数控机床的品种很多,通常按下面几种方法进行分类。

### 1. 按工艺用途分类

(1) 一般数控机床:最普通的数控机床有数控车床、数控钻床、数控铣床、数控镗床、数控磨床和数控齿轮加工机床。它们和传统的通用机床工艺用途相似,但是它们的生产率和自动化程度比传统机床高,适合加工单件、小批量和复杂形状的工件。

(2) 数控加工中心:这类数控机床是在一般数控机床上加装一个刀库和自动换刀装置,构成一种带自动换刀装置的数控机床。这类数控机床的出现打破了一台机床只能进行单工种加工的传统概念,实行一次安装定位,完成多工序加工。例如 TH5632 型立式加工中心,它的刀库容量是 16 把刀具,在刀具和主轴之间有一换刀机械手,工件一次装夹后,可自动连续进行铣、钻、镗、铰、扩、攻螺纹等多种工序加工。由于数控加工中心一次安装定位完成多工序加工,可避免因工件多次安装造成的误差,减少机床台数,提高生产效率和加工自动化程度。

### 2. 按加工方式分类

(1) 金属切削类数控机床:如数控车床、加工中心、数控钻床、数控磨床、数控镗床等。

(2) 金属成型类数控机床:如数控折弯机、数控弯管机、数控回转头压力机等。

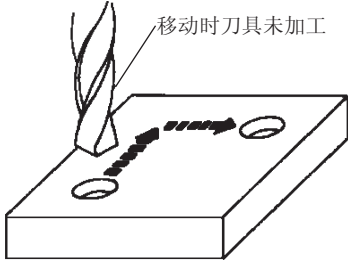
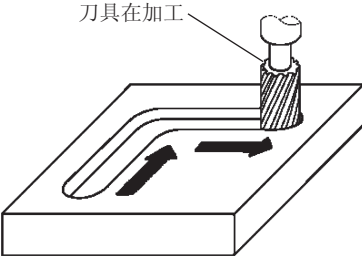
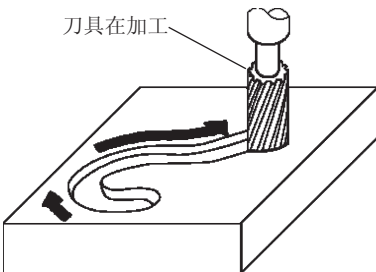
(3) 数控特种加工机床:如数控线(电极)切割机床、数控电火花加工机床、数控激光切割机等。

### 3. 按加工路线分类

数控机床按其进刀与工件相对运动方式,可以分为点位控制数控机床、直线控制数控机床和轮廓控制数控机床,见表 1-1-1。



表 1-1-1 数控机床按其进刀与工件相对运动方式分类

类 型	示 意 图	应 用 范 围
点位控制数控机床	 <p>刀具相对于工件移动过程中不进行切削加工,它对运动轨迹没有严格要求,只要实现从一点坐标到另一点坐标位置的准确移动,而不考虑两点之间的运动路径和方向。</p>	<p>多应用于数控钻床、数控冲床、数控坐标镗床和数控点焊机等。</p>
直线控制数控机床	 <p>刀具与工件相对运动时,除控制从起点到终点的准确定位外,还要保证平行于坐标轴方向的直线切削运动。</p>	<p>只作平行于坐标轴方向的直线进给运动,一般只能加工矩形、台阶形零件。运动时的速度是可以控制的,对于不同的刀具和工件,可以选择不同的切削用量。多用于简易型数控车床、数控铣床、数控磨床等。</p>
轮廓控制数控机床	 <p>刀具与工作相对运动时,能对两个或两个以上坐标轴的运动同时进行控制。</p>	<p>不仅能够控制机床移动部件的起点和终点坐标,而且能按需要严格控制刀具移动轨迹,以加工出任意斜率的直线、圆弧、抛物线及其他函数关系的曲线和曲面。多用于数控车床、数控铣床、数控磨床、加工中心等。</p>

#### 4. 按控制方式分类

数控机床按照对被控量有无检测装置可分为开环控制和闭环控制两种。在闭环系统

中,根据检测装置安放的部位又分为全闭环控制和半闭环控制两种。

(1) 开环控制系统:如图 1-1-9 所示,开环控制系统中没有检测反馈装置。数控装置将工件加工程序处理后,发出指令脉冲(又称进给脉冲),经驱动电路功率放大后,驱动步进电动机转动,再经传动机构带动工作台移动。由于指令信息单方向传送,并且指令发出后,不再反馈回来,故称开环控制系统。

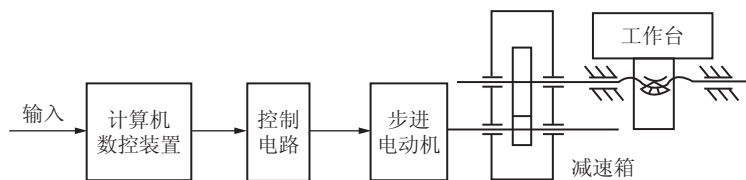


图 1-1-9 开环控制系统框图

### 小贴士

① 数控机床的开环控制系统不带位置检测反馈装置,不检测运动的实际位置,因此系统的精度比较低。其精度主要取决于步进电机和传动机构的精度。

② 驱动元件一般采用步进电动机,改变进给脉冲的数目和频率可改变步进电动机的转数和转速,从而改变工作台的位移量和速度。

③ 开环控制系统结构简单,调试方便,容易维修,成本较低,主要应用于经济型数控机床。

(2) 闭环控制系统:如图 1-1-10 所示为闭环控制系统框图,通过安装在工作台上的位置检测元件将工作台实际位移量反馈到计算机中,与所给定的位置指令进行比较,用比较的差值进行控制,直到差值消除为止。闭环控制系统可以消除机械传动部件的各种误差和工件加工过程中产生的干扰影响,从而使加工精度大大提高。速度检测元件的作用是将伺服电动机的实际转速转换成电信号送到速度控制电路中,进行反馈校正,使电动机转速保持稳定。

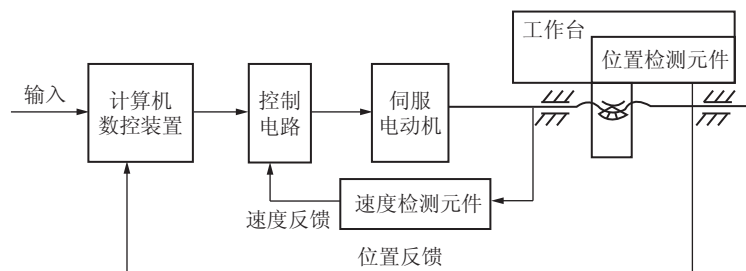


图 1-1-10 闭环控制系统框图

### 小贴士

① 数控机床的闭环控制系统,一般在工作台上安装位置检测反馈装置(目前,一般采用光栅尺),其控制精度很高。

② 驱动元件一般采用直流伺服电动机或交流伺服电动机,速度检测元件一般常用测速发电机。

③ 闭环控制系统调试和维修比较复杂,成本也高。如果不是精度要求很高的数控机床,一般不采用这种控制方式。

(3) 半闭环控制系统:如图 1-1-11 所示为半闭环控制系统框图,位置检测元件不是直接检测工作台的位移量,而是采用转角位移检测元件,测出伺服电动机或丝杠的转角,推算出工作台的实际位移量,反馈到计算机中进行位置比较,用比较的差值进行控制。由于此反馈环内不包括丝杠、螺母副及工作台,故称半闭环控制系统。

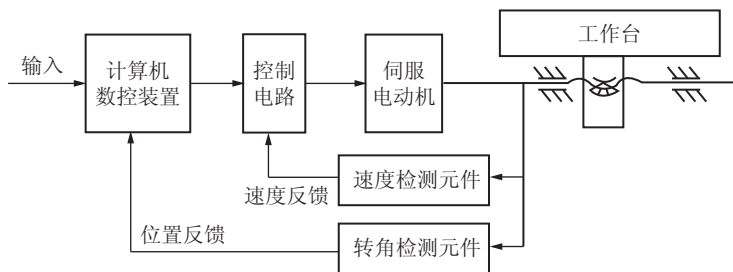


图 1-1-11 半闭环控制系统框图

## 小贴士

① 数控机床的半闭环控制系统是在电动机的端头或丝杠的端头安装位置检测元件(目前,一般采用光电编码器)。

② 驱动元件一般采用直流伺服电动机或交流伺服电动机。

③ 控制精度较闭环控制差,但稳定性好,成本也较低,调试维修也比较容易,并兼顾了开环控制和闭环控制两者的特点,因此应用比较普遍。

## 【任务实施】

### 一、实训设备

实施本任务所需要设备可参考表 1-1-2。

表 1-1-2 实训设备

序号	名称	型号	数量
1	数控车床(FANUC Oi Mate-TD 系统)	CAK4085di	1 台
2	数控车床电气控制与维修实训台	天煌 THWLDF-1	1 套
3	FANUC Oi Mate-TD 使用说明书		1 本

## 二、参观工厂数控加工车间或学校数控实训室

参观工厂数控加工车间或学校数控实训室,认识数控车床、数控铣床、数控车削中心、加工中心等数控机床,了解各数控机床的型号及其所用的数控系统,填入表 1-1-3 中。

表 1-1-3 数控机床的名称、型号及其数控系统

序号	数控机床名称	数控机床型号	数控系统
1			
2			
3			
4			

## 三、认识数控车床的主要组成部件

1. 在教师指导下,认识数控车床的主要组成部件及其在机床上所处的位置。
2. 记录数控车床的主要组成部件的型号和作用,填入表 1-1-4 中。

表 1-1-4 数控车床的主要组成部件的型号和作用

序号	名称	型号	作用
1	输入/输出装置	—	
2	数控装置		
3	PLC		
4	主轴驱动单元		
5	进给伺服单元		
6	位置检测装置		
7	机床本体	—	

## 四、熟悉数控车床各主要组成部件之间的连接关系

按照图 1-1-2 所示数控机床的组成图,仔细观察数控装置和其他数控电气设备之间的连接关系,并画出数控车床电气系统连接关系图。

### 【任务评价】

认识数控机床任务评价见表 1-1-5。

表 1-1-5 认识数控机床任务评价表

序号	评价内容	配分	评价标准	得分
1	参观工厂或学校数控实训室	20	记录数控机床的型号及其数控系统有错误或遗漏,每处扣 2 分。	
2	识别数控车床的主要组成部件	40	(1) 不认识数控车床的主要组成部件及其在机床上所处位置,每个扣 2 分。 (2) 记录数控车床的主要组成部件的型号和作用有错误或遗漏,每处扣 2 分。	
3	熟悉数控车床各主要组成部件之间的连接关系	40	绘制数控车床电气系统连接关系图错误,每处扣 2 分。	
4	安全与文明生产	违反安全与文明生产规程,扣 5~50 分。		
开始时间			结束时间	成绩
学生姓名			考评员	(签字) 年 月 日

## 【知识拓展】

### 典型数控系统简介

数控系统是数控机床的核心。数控机床根据功能和性能要求,配置不同的数控系统。数控系统不同,其指令代码也有差别。因此,编程时应按所使用数控系统代码的编程规则进行编程,功能越强大,操作越复杂。典型数控厂家的主要产品有 FANUC(发那科,日本)、SIEMENS(西门子,德国)、FAGOR(发格,西班牙)、HEIDENHAIN(海德汉,德国)、MITSUBISHI(三菱,日本)等公司的数控系统及相关产品,这些公司及其产品在数控机床行业占据主导地位;我国数控产品有华中数控、航天数控、广州数控(GSK)等。近年来,我国也有多家公司已将高性能的数控系统国产化。

#### 1. FANUC 数控系统

日本 FANUC 公司自 20 世纪 50 年代末期生产数控系统以来,已开发出 40 多种系列的数控系统。20 世纪 70 年代中期,FANUC 公司的 CNC 系统大量进入中国市场,在中国 CNC 市场上处于举足轻重的地位。目前,以 FOi/F16i、18i 及 16Oi/18Oi/21Oi/16Ois/18Ois/21Ois - MODEL B、18Ois - M MODEL B5 最为常见。

(1) 高性能/价格比的 Oi 系列:该系统具有整体软件功能包,高速、高精度加工,并有网络功能。其 Oi 系列分为两大类,一是 M 类用于加工中心与铣床;二是 T 类用于车床。例如 Oi - MB/MA 用于加工中心和铣床,4 轴 4 联动;Oi - TB/TA 用于车床,4 轴 2 联动;Oi - mate 系列主要有 Oi - mate MA/MC 用于铣床,3 轴 3 联动;Oi - mate TA/TB/TD 用于车床。

(2) 具有网络功能的超小型、超薄型 CNC 16i/18i/21i 系列:该系统其控制单元与 LCD 集成于一体,具有网络功能,超高速串行数据通讯。其中 FS16i - MB 的插补、位置检测和伺

服控制以纳米为单位。16i 最大可控 8 轴,6 轴联动;18i 最大可控 6 轴,4 轴联动;21i 最大可控 4 轴,4 轴联动。

(3) 开放式 CNC 16Oi/18Oi/21Oi 系列:这种开放式 CNC 将 CNC 与 PC 功能融合为一体,CNC 和电脑之间通过高速网络连接,高速传送大批量数据,并实现机床的智能化。如 CNC 机床的图形操作界面,利用网络功能的信息交换、利用数据库的刀具文件管理等。其中,FANUC Series 16Oi/18Oi/21Oi 是使用 Windows 2000/XP 的高性能开放式 CNC,是一台独立的 CNC,内部具有运行于 Windows 2000/XP 的计算机板,经高速串行总线接口与 CNC 显示单元连接。

FANUC Series 16Ois/18Ois/21Ois 是采用 Windows CE 的高可靠性的开放式 CNC。Windows CE 是面向内嵌用途而开发出来的实现紧凑操作的 O/S(操作系统),由于这类操作系统采用半导体存储器而不需要硬盘,因而即使在现场环境下也可以确保高可靠性。FANUC Series 16Ois/18Ois/21Ois 具有两种形式:CNC 与显示单元一体型和有计算机板的独立 CNC,后者经高速串行总线与显示器相连。

## 2. SIEMENS 数控系统

德国西门子数控系统,主要有 SINUMERIK3/8/810/850/880/820/802/840 等系统。

(1) SINUMERIK 802S/C 系统:该系统专门为低端数控机床市场而开发的经济型 CNC 控制系统。802S/C 两个系统具有同样的显示器、操作面板、数控功能、PLC 编程方法等,所不同的只是 SINUMERIK 802S 带有步进驱动系统和控制步进电机,可带 3 个步进驱动轴及一个±10 V 模拟伺服主轴;SINUMERIK 802C 带有伺服驱动系统,它采用传统的模拟伺服±10 V 接口,最多可带 3 个伺服驱动轴及一个伺服主轴。

(2) SINUMERIK 802D 系统:该系统属于中低档系统,其特点是:全数字驱动,中文系统,结构简单(通过 PROFIBUS 连接系统面板、I/O 模块和伺服驱动系统),调试方便。具有免维护性能的 SINUMERIK 802D 核心部件——控制面板单元(PCU)具有 CNC、PLC、人机界面和通讯等功能,集成的 PC 硬件可使用户非常容易地将控制系统安装在机床上。

(3) SINUMERIK 802D SL 系统:该系统是一种将数控系统(NC,PLC,HMI)与驱动控制系统集成在一起的控制系統,可连接全数控键盘(垂直型或水平型)、支持最多 3 个 PP72/48 I/O 模块、两个 ADI4 模块、支持 MCPA 模块、支持通过 PP72/48 I/O 模块连接的机床控制面板 MCP,或通过 MCPA 模块连接的机床控制面板 MCP 802D SL、通过 PROFIBUS 总线与 PLC I/O 连接通讯和通过 Drive-CliQ 总线连接驱动控制系统 SINAMICS S120。SINUMERIK 802D SL 系统适用于车削,铣削,磨削,冲压等标准机床。

(4) SINUMERIK 840C 系统:该系统一直雄居世界数控系统水平之首,内装功能强大的 PLC 135WB2,可以控制 SIMODRIVE 611A/D 模拟式或数字式交流驱动系统,适合于高复杂度的数控机床。

(5) SINUMERIK 840D/810D/840Di 系统:840D/810D 是 90 年代中期新设计的全数字化数控系统,具有高度模块化及规范化的结构,它将 CNC 和驱动控制集成在一块板上,将闭环控制的全部硬件的软件集成,便于操作、编程的监控,具有非常高的系统一致性,显示/操作面板、机床操作面板、S7-300PLC、输入/输出模块、PLC 编程语言、数控系统操作、工件程序编程、参数设定、诊断、伺服驱动等许多部件均相同。

### 3. 华中数控系统

华中数控系统的产品类型主要有:世纪星系列、小博士系列、华中 I 型系列等产品。世纪星系列、小博士系列为高性能经济型数控装置,华中 I 型系列为高档高性能数控装置。

世纪星系列数控系统主要有 HNC - 21T、HNC - 21/22M、HNC - 18i/18xp/19xp、HNC - 210A/B/C 数控装置等型号。华中“世纪星”系统采用先进的开放式体系结构,内置嵌入式工业 PC,配置 7.5"或 9.4"彩色液晶显示屏和通用工程面板,集成进给轴接口、主轴接口、手持单元接口、内嵌式 PLC 接口于一体,支持硬盘、电子盘等程序存储方式以及软驱、DNC、以太网等程序交换功能,具有低价格、高性能、配置灵活、结构紧凑、易于使用、可靠性高的特点,主要应用于车、铣、加工中心等各种机床控制。

### 4. 广州数控系统

广州数控系统的产品类型主要有 GSK928 系列数控系统、GSK980 系列数控系统、GSK983 系列数控系统等。

(1) GSK928 系列数控系统:该系统为经济型数控系统,采用大规模门阵列(CPLD)进行硬件插补,实现高速控制。采用液晶显示器(LCD),中文菜单及刀具轨迹图形显示,界面友好。加减速时间可调,可适配反应式步进系统、混合式步进系统或交流伺服系统构成不同档次的数控系统。

(2) GSK980 系列数控系统:1998 年推出普及型数控系统 GSK980 系列产品,随后出现升级换代产品 GSK980TDa、980TB1、GSK980TA2、GSK980TB2 等车床数控系统。该数控系统采用了 32 位嵌入式 CPU 和超大规模可编程器件 FPGA,运用实时多任务控制技术和硬件插补技术,实现了  $\mu\text{m}$  级精度的运动控制,确保高速、高效率加工。在保持 GSK980 系列外形尺寸及接口一致的前提下,采用了 7 寸彩色宽屏 LCD 及更友好的显示界面,加工轨迹能实时跟踪显示,增加了系统时钟及报警日志。在操作编程方面,采用 ISO 国际标准数控 G 代码,同时兼容日本发那科(FANUC)数控系统。

(3) GSK983 系列数控系统:该系统采用最新的高集成 FPGA、CPLD 芯片和表面贴装技术,使控制单元的尺寸大大减小。采用了 LCD 显示器,实现了显示单元的薄型化。具有高速、高精度加工;最大 5 个进给轴 +1 个主轴控制、内置强大的 PLC、高速缓冲串行 DNC 接口,以高达 38 400 的比特率连接电脑或 U 盘,从而实现了高速度的 DNC 加工,适用于铣床、加工中心的控制。

## 【课后测评】

### 一、填空题

1. 计算机数控系统\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_等组成的一个整体系统。
2. 主轴驱动系统由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_组成;进给伺服驱动系统由\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_组成。
3. 数控机床按照对被控量有无检测装置可分为\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_两种。
4. 所谓“插补”就是指在一条已知起点和终点的曲线上进行\_\_\_\_\_的过程。

## 二、判断题(正确的打“√”,错误的打“×”)

1. 主轴驱动系统是控制机床主轴旋转运动。 ( )
2. 进给驱动系统是控制机床各坐标的进给运动。 ( )
3. 开环伺服系统即为无位置反馈的系统,其驱动元件主要是步进电动机。 ( )
4. 在闭环和半闭环控制系统中,数控检测装置的主要作用是检测运动部件的位移(线位移或角位移)和速度,并发送反馈检测信号至数控装置,构成伺服系统的闭环或半闭环控制,使工作台按指令的路径精确地移动。 ( )
5. 半闭环控制的数控机床,其位置检测装置一般采用旋转变压器或编码器,安装在进给电机或丝杠上,旋转变压器或编码器每旋转一定角度,都严格地对应着工作台移动的一定距离。 ( )
6. 半闭环控制的数控机床,测量了电机或丝杠的角位移,也就间接地测量了工作台的直线位移。 ( )

## 三、选择题(请把正确答案的字母填入括号中)

1. 下面哪种设备不是 CNC 系统的输入设备? ( )  
 A. MDI 键盘            B. 纸带阅读机            C. CRT 显示器            D. 磁带机
2. 下述能对控制介质上的程序进行译码的装置是( )。  
 A. 数控装置            B. 伺服系统            C. 机床            D. 测量装置
3. 数控系统除了位置控制功能外,还需要主轴起/停、换刀、冷却液开/停等辅助控制功能,这部分功能一般由( )实现。  
 A. 输入/输出装置    B. 数控装置            C. 可编程序控制器(PLC)
4. ( )用来检测工作台的实际位移或丝杠的实际转角。  
 A. 位置检测装置    B. 进给伺服驱动系统    C. 数控装置

## 四、简答题

1. 数控机床主要由哪几部分组成?
2. 简述数控机床的工作原理。
3. 按照控制方式,数控机床可以分为哪几类?
4. 列举几种常用的数控系统品牌。