

第 2 章 数控机床电气控制基本环节

本章知识点

- (1) 数控机床电气原理图的绘图规则。
- (2) 数控机床电气控制的逻辑表示方法。
- (3) 数控机床电气控制的基本规律。

数控机床电气控制系统是由电气设备及电气元件按照一定的控制要求连接而成，为了表达数控机床电气控制系统的组成结构，工作原理及安装、调试、维修等技术要求，需要用工程图的形式来表达，这种图就是电气控制系统图。电气控制系统图有 3 类：电气原理图、电气安装接线图和电气元件布置图。

2.1 数控机床电气原理图的绘图规则

电力拖动控制系统由拖动机器的电动机和电气控制电路等组成。为了表达电气控制系统的设计意图，便于分析其工作原理、安装、调试和检修控制系统，必须采用统一的图形符号和文字符号来表达。目前，我国已发布实施了电气图形和文字符号的有关国家标准，例如：GB 4728—1985 电气图常用图形符号、GB 5226—1985 机床电气设备通用技术条件、GB 7159—1987 电气技术中的文字符号制定通则、GB 6988—1986 电气制图和 GB 5094—1985 电气技术中的项目代号等。

2.1.1 电气控制线路的图形及文字符号

电气图示符号有：图形符号、文字符号、回路标号以及坐标标示和文字标示。

1. 图形符号

图形符号通常用于图样或其他文件以表示一个设备或概念的图形、标记或字符。

电气控制系统图中的图形符号必须按国家标准绘制，附录绘出了电气控制系统的部分图形符号。图形符号含有符号要素、一般符号和限定符号。

（1）符号要素一种具有确定意义的简单图形，必须同其他图形组合才构成一个设备或概念的完整符号。如接触器常开主触点的符号就由接触器触点功能和常开触点符号组合而成。

（2）一般符号用以表示一类产品和此类产品特征的一种简单的符号。如电动机可用一个圆圈表示。

（3）限定符号用于提供附加信息的一种加在其他符号上的符号。

运用图形符号绘制电气系统图时应注意：

① 符号尺寸大小、线条粗细依国家标准可放大与缩小，但在同一张图样中，同一符号的尺寸应保持一致，各符号间及符号本身比例应保持不变。

② 标准中示出的符号方位，在不改变符号含义的前提下，可根据图面布置的需要旋转，或成镜像位置，但文字和指示方向不得倒置。

③ 大多数符号都可以加上补充说明标记。

④ 有些具体器件的符号由设计者根据国家标准的符号要素、一般符号和限定符号组合而成。

⑤ 国家标准未规定的图形符号，可根据实际需要，按突出特征、结构简单、便于识别的原则进行设计，但需要报国家标准局备案。当采用其他来源的符号或代号时，必须在图解和文件上说明其含义。

2. 文字符号

文字符号分为基本文字符号和辅助文字符号。文字符号适用于电气技术领域和技术文件的编制，也可表示在电气设备、装置和元件上或其近旁以标明它们的名称、功能、状态和特征。常用文字符号见附录。

（1）基本文字符号有单字母与双字母两种。单字母符号按拉丁字母顺序将各元件电气设备、装置和元器件划分成为 23 大类，每一大类用一个专用单字母符号表示，如“C”表示电容器类，“R”表示电阻器类等。双字母符号由一个表示种类的单字母符号与另一个字母组成，且以单字母符号在前，另一字母在后的次序列出，如“F”表示保护器类，“FU”则表示为熔断器，“FR”表示具有延时动作的限流保护器等。

（2）辅助文字符号是用以表示电气设备、装置和元器件以及电路的功能、状态和特征的。如“RD”表示红色，“SYN”表示限制等。辅助文字符号也可以放在表示种类的单字母后边组成双字母符号，如“SP”表示压力传感器，“YB”表示电磁制动器等。为简化文字符号起见，若辅助文字符号由两个以上字母组成时，允许只采用其第一位字母进行组合，

如“MS”表示同步电动机。辅助文字符号还可以单独使用，如“ON”表示接通，“PE”表示接地，“N”表示中间线等。

(3) 补充文字符号的原则。当规定的基本文字符号和辅助文字符号如不敷使用，可按国家标准中文字符号组成规律和下述原则予以补充。

① 在不违背国家标准文字符号编制的条件下，可采用国际标准中规定的电气技术文字符号。

② 在优先采用基本和辅助文字符号的前提下，可补充未列出的双字母文字符号和辅助文字符号。

③ 文字符号应按电气名词术语国家标准或专业技术标准中规定的英文术语缩写而成。基本文字符号不得超过两位字母，辅助文字符号一般不超过三位字母。

④ 文字符号采用拉丁字母大写正体字。

⑤ 因拉丁字母中大写正体字“I”和“O”易同阿拉伯数字“1”和“0”混淆，因此不允许单独作为文字符号使用。

3. 电路各接点标记

① 三相交流电源引入线采用 L1、L2、L3 标记。

② 电源开关之后的三相交流电源主电路分别按 U、V、W 顺序标记。

③ 分级三相交流电源主电路采用三相文字代号 U、V、W 的前边加上阿拉伯数字 1、2、3 等来标记，如 1U、1V、1W；2U、2V、2W 等。

④ 各电动机分支电路各接点标记采用三相文字代号后面加数字来表示，数字中的个位数表示电动机代号，十位数字表示该支路各接点的代号，U21 为第一相的第二个接点代号，以此类推。

⑤ 电动机绕组首端分别用 U、V、W 标记，尾端分别用 U'、V'、W' 标记，双绕组的中点则用 1U、1V、1W 记。

⑥ 控制电路采用阿拉伯数字编号，一般由三位或三位以下的数字组成。标注方法按“等电位”原则进行，在垂直绘制的电路中，标号顺序一般由上而下编号，凡是被线圈、绕组、触点或电阻、电容等元件所间隔的线段，都应标以不同的电路标号。

2.1.2 电气控制线路的绘制

电气控制线路的表示方法有两种，一种是原理图，一种是安装图。由于它们的用途不同，绘制原则亦有所差别。这里重点介绍电气原理图。

电气原理图是为了便于阅读和分析控制线路，它是采用简明、清晰、易懂的原则，根据电气控制线路的工作原理来绘制的。图中包括所有电器元件的导电部分和接线端子，但并不按照电器元件的实际布置来绘制。下面是说明绘制电气原理图的基本规则和注意事项。

1. 电气原理图绘制的基本规则

（1）电气控制电路原理图按所规定的图形符号、文字符号和回路标号进行绘制。

原理图中，所有电机、电器等元件都应采用国家统一规定的图形符号和文字符号来表示。属于同一电器的线圈和触点，都要用同一文字符号表示。当使用相同类型电器时，可在文字符号后加注阿拉伯数字序号来区分。

（2）原理图分为主电路和辅助电路两部分：主电路就是从电源到电机绕组的大电流通过的路径。辅助电路包括控制回路、照明电路、信号电路及保护电路等，由继电器的线圈和触点、接触器的线圈和触点、按钮、照明灯、信号灯、控制变压器等电器元件组成。

一般主电路用粗实线表示，画在左边（或上部）；辅助电路用细实线表示，画在右边（或下部）。动力电路的电源电路一般绘成水平线；受电的动力装置电动机主电路用垂直线绘制在图面的左侧，控制电路用垂直线绘制在图面的右侧，主电路与控制电路一般应分开绘制。各电路元件采用平行展开画法，但同一电器的各元件采用同一文字符号标明。

（3）原理图中所有电器触点，都按没有通电或没有外力作用时的开闭状态画出。如：继电器、接触器的触点，按线圈未通电时的状态画；按钮、行程开关的触点按不受外力作用时的状态画；控制器按手柄处于零位时的状态画等。

所有电路元件的图形符号，均按电器未接通电源和没有受外力作用时的状态绘制。促使触点动作的外力方向必须是：当图形垂直放置时为从左向右，即在垂线左侧的触点为常开触点，在垂线右侧的触点为常闭触点；当图形水平放置时为从上向下，即在水平线下方的触点为常开的触点，在上方的触点为常闭触点。

（4）原理图中，各电器元件的导电部件如线圈和触点的位置，应根据便于阅读和分析的原则来安排，绘在它们完成作用的地方。同一电器元件的各个部件可以不画在一起。

（5）原理图中，有直接电联系的交叉导线的连接点，要用黑圆点表示。无直接电联系的交叉导线，交叉处不能画黑圆点。

（6）原理图中，具有循环运动的机械设备应在电气控制电路原理图上绘出工作循环图。转换开关、行程开关等应绘出动作程序及动作位置示意图表。

（7）由若干元件组成的具有特定功能的环节，可用虚线框括起来，并标注出环节的主要作用，如速度调节器、电流继电器等。

对于电路和元件完全相同并重复出现的环节，可以只绘出其中一个环节的完整电路，其余相同环节可用虚线方框表示，并标明该环节的文字符号或环节的名称。该环节与其他环节之间的连线可在虚线方框外面绘出。

（8）电气控制电路原理图的全部电机、电器元件的型号、文字符号、用途、数量、额定技术数据，均应填写在元件明细表内。

2. 图面区域的划分

图面分区时，竖边从上到下用拉丁字母，横边从左到右用阿拉伯数字分别编号。分区代

号用该区域的字母和数字表示，如 B3、C5。

3. 符号位置的索引

在较复杂的电气原理图中，对继电器、接触器的线圈的文字符号下方要标注其触点位置的索引；而在触点文字符号下方标注其线圈位置的索引。接触器和继电器线圈与触点的从属关系，应用附图表示。即在原理图中相应线圈的下方，给出触点的图形符号，并在其下面注明相应的索引代号。有时也可以采用省去触点图形符号的表示法。符号位置的索引，用部件代号、页次和图区编号的组合索引法，索引代号的组成如图 2-1 所示。

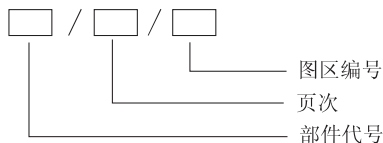


图 2-1 索引代号的组成

4. 电气原理图中技术数据的标注

电气元件的技术数据除在电气元件明细表中标明外，有时也可用小号字体注在其图形符号的旁边。

2.1.3 数控机床电气原理图

电气原理图包含有各种导线的标号及规格，电机功率，接触器的触点和线圈、继电器的触点、断路器、熔断器等。电器一般均标明了规格及参数。

2.2 数控机床电气控制的逻辑表示

2.2.1 机床电气的逻辑表示

逻辑变量通常只有“1”，“0”两种取值，表示两种相反的逻辑状态，开关、线圈元件触点的开关状态，线圈的通断电状态。通常“1”表示线圈通电、开关闭合状态；“0”则正好相反。也有使用“真”、“假”和字母表示逻辑状态。

2.2.2 逻辑运算法则

1. 逻辑与电路

如图 2-2 所示触点串联实现逻辑与运算，逻辑“与”运算相当于算术运算中的“乘”运算，用符号“·”表示，图 2-2 中的电路可用逻辑表达式表示为

$$KM = KA1 \cdot KA2$$

2. 逻辑或电路

如图 2-3 所示触点并联实现逻辑或运算，逻辑“或”运算相当于算术运算中的“加”

运算，用符号“+”表示，图2-3中的电路可用逻辑表达式表示为

$$KM = KA1 + KA2$$

3. 逻辑非电路

如图2-4所示触点连接实现逻辑非运算。逻辑“非”用符号“—”表示，图2-5中的电路可用逻辑表达式表示为

$$KM = \overline{KA}$$

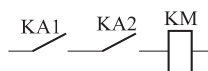


图2-2 “与”电路



图2-3 “或”电路

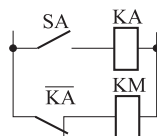


图2-4 “非”电路

逻辑代数的基本公式

下面是逻辑代数中的一些基本公式

0 定则	$0 + A = A$	$0 \cdot A = 0$
1 定则	$1 + A = 1$	$1 \cdot A = A$
互补定律	$A + \overline{A} = 1$	$\overline{A} \cdot A = 0$
同一律	$A + A = A$	$A \cdot A = A$
反转定律	$\overline{\overline{A}} = A$	
交换律	$A + B = B + A$	$A \cdot B = B \cdot A$
结合律	$(A + B) + C = A + (B + C)$	$(A \cdot B) \cdot C = A \cdot (B \cdot C)$
分配律	$A \cdot (B + C) = A \cdot B + A \cdot C$	$A + B \cdot C = (A + B) \cdot (A + C)$
反演律（摩根定理）	$\overline{A + B} = \overline{A} \cdot \overline{B}$	$\overline{A \cdot B} = \overline{A} + \overline{B}$

2.3 数控机床电气控制线路的基本规律

2.3.1 自锁控制

如图2-5所示为三相异步电动机单向全压启动、停止控制线路，主电路由断路器QA，接触器KM的主触点、电动机构成。控制回路由停止按钮SB1，启动按钮SB2，接触器线圈KM和接触器线圈辅助常开触点KM组成。启动时，合上QA，按下SB2，则KM线圈通电，KM主触点和辅助常开触点闭合，当松开SB2后，由于KM线圈自身的辅助常开触点保持通电，这种状态称为自锁。当按下停止按钮SB1时，KM线圈断电释放，KM主触点和辅助常

开触点断开, 控制回路解除自锁, 电动机停止转动, 松开 SB1 后控制回路也不能自行启动。电气原理图如图 2-5 所示。

逻辑表达式为:

$$KM = (KM + SB2) \cdot \overline{SB1} \quad (2-1)$$

当按下启动按钮 SB2, 此时 SB2 为“1”。代入式 (2-1) 中, 有 $KM = (KM + 1) \cdot \overline{SB1} = \overline{SB1}$ 即 KM 吸合, 此时 $KM = (1 + SB2) \cdot \overline{SB1} = \overline{SB1}$ 与 SB2 无关。接触器 KM 的辅助常开触点与启动按钮 SB2 并联, 起到自锁作用。若按下停止按钮 SB1, 代入式 (2-1) 中, 则 $KM = SB1 = 1 = 0$, 即 KM 线圈断电。

2.3.2 互锁控制

生产中常需要电机能实现正反两个方向的转动, 如数控机床主轴的正反转。由三相异步电机的原理可知, 只要将电机接到三相电源中的任意两根连线对调, 即可使电动机反转。

如图 2-6 所示, 启动按钮 SB2, SB3 使用复合按钮, 复合按钮的常闭触点用来断开转向相反的接触器线圈的通电回路, 两个接触器的常闭触点 KM1, KM2 起互锁作用, 即当一个接触器通电时, 其常闭触点断开, 使另一个接触线圈不能通电。

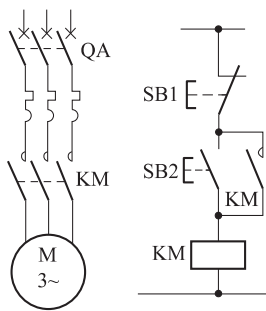


图 2-5 接触器自锁电路

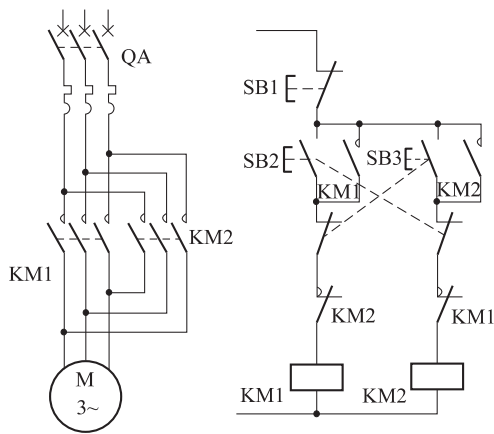


图 2-6 互锁控制线路

图中逻辑关系表达式为:

$$KM1 = \overline{KM2} \cdot (KM1 + SB2) \cdot \overline{SB3} \cdot \overline{SB1} \quad (2-2)$$

$$KM2 = \overline{KM1} \cdot (KM2 + SB3) \cdot \overline{SB2} \cdot \overline{SB1} \quad (2-3)$$

当按下启动按钮 SB2 时, SB2 为“1”, 代入式 (2-2) 中, 有

$$\begin{aligned}
 \overline{KM1} &= \overline{KM2} \cdot (\overline{KM1} + 1) \cdot \overline{SB3} \cdot \overline{SB1} \\
 &= \overline{KM2} \cdot \overline{SB3} \cdot \overline{SB1} \\
 &= \overline{KM2} \cdot 0 \cdot 0 \\
 &= \overline{KM2}
 \end{aligned}
 \tag{2-4}$$

将 SB2 为“1”，代入式（2-3）中，有

$$\begin{aligned}
 \overline{KM2} &= \overline{KM1} \cdot (\overline{KM2} + SB3) \cdot \overline{1} \cdot \overline{SB1} \\
 &= \overline{KM1} \cdot (\overline{KM2} + SB3) \cdot 0 \cdot \overline{SB1} \\
 &= \overline{KM1} \cdot 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}
 \tag{2-5}$$

此时由式（2-4）可知， $\overline{KM1} = \overline{KM2} = 0 = 1$ ，即 KM1 吸合。

当按下启动按钮 SB3 时，SB3 为“1”，代入式（3）中，有

$$\begin{aligned}
 \overline{KM2} &= \overline{KM1} \cdot (\overline{KM2} + 1) \cdot SB2 \cdot \overline{SB1} \\
 &= \overline{KM1} \cdot \overline{SB2} \cdot \overline{SB1} \\
 &= \overline{KM1} \cdot 0 \cdot 0 \\
 &= \overline{KM1}
 \end{aligned}
 \tag{2-6}$$

将 SB3 为“1”，代入式（2-2）中，有

$$\begin{aligned}
 \overline{KM1} &= \overline{KM2} \cdot (\overline{KM1} + SB2) \cdot \overline{1} \cdot \overline{SB1} \\
 &= \overline{KM2} \cdot (\overline{KM1} + SB2) \cdot 0 \cdot \overline{SB1} \\
 &= \overline{KM2} \cdot 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}
 \tag{2-7}$$

此时由式（2-6）可知， $\overline{KM2} = \overline{KM1} = 0 = 1$ ，即 KM2 吸合。

由式（2-4）和式（2-6）两式可知，KM1 和 KM2 是互锁的，KM1 和 KM2 不能同时通电吸合。

当按下停止按钮 SB1，SB1 为“1”，分别代入式（2-2）和（2-3）中，有

$$\begin{aligned}
 \overline{KM1} &= \overline{KM2} \cdot (\overline{KM1} + SB2) \cdot \overline{SB3} \cdot \overline{SB1} \\
 &= \overline{KM2} \cdot (\overline{KM1} + SB2) \cdot \overline{SB3} \cdot \overline{1} \\
 &= 0 \\
 \overline{KM2} &= \overline{KM1} \cdot (\overline{KM2} + SB3) \cdot \overline{SB2} \cdot \overline{SB1} \\
 &= \overline{KM1} \cdot (\overline{KM2} + SB3) \cdot \overline{SB2} \cdot \overline{1} \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

即 KM1 和 KM2 断电。

2.3.3 实现按顺序工作的联锁控制

生产实践中经常要求各种运动部件之间能够实现按顺序工作。例如车床主轴转动时要求

油泵先给齿轮箱供油润滑,即要求保证润滑泵电动机启动后主电机才允许启动。图2-7所示将油泵电动机接触器 KM1 常开触点串入主电机接触器 KM2 的线圈电路中实现这一联锁。图中 SB2、SB4 分别为油泵电机的启动、停止按钮;SB3、SB5 分别为主轴电机的启动、停止按钮。

图中逻辑关系表达式为:

$$KM1 = (KM1 + SB2) \cdot \overline{SB4} \cdot SB1 \quad (2-8)$$

$$KM2 = KM1 \cdot (KM2 + SB3) \cdot \overline{SB5} \cdot \overline{SB1} \quad (2-9)$$

当按下油泵启动按钮 SB2, SB2 为“1”,代入式(2-8)中,有

$$\begin{aligned} KM1 &= (KM1 + 1) \cdot \overline{SB4} \cdot \overline{SB1} \\ &= \overline{SB4} \cdot \overline{SB1} = \overline{0} \cdot \overline{0} = 1 \end{aligned}$$

即 KM1 吸合,并自锁。而当按下油泵停止按钮 SB4, SB4 为“1”,代入式(2-8)中,有

$$\begin{aligned} KM1 &= (KM1 + SB2) \cdot \overline{SB4} \cdot \overline{SB1} \\ &= (KM1 + SB2) \cdot \overline{1} \cdot \overline{SB1} = 0 \end{aligned}$$

即 KM1 断电。当按下主轴启动按钮 SB3, SB3 为“1”,代入式(2-9)中,有

$$\begin{aligned} KM2 &= KM1 \cdot (KM2 + SB3) \cdot \overline{SB5} \cdot \overline{SB1} \\ &= KM1 \cdot 1 \cdot \overline{0} \cdot \overline{0} = KM1 \end{aligned}$$

由上式可知,若 KM1 未吸合即断电时,则 $KM2 = KM1 = 0$,则 KM2 不能吸合,只有当 KM1 吸合后, KM2 才能吸合,从而实现顺序控制。KM2 启动后,按下 SB5 停止按钮,则 KM2 断电。

当按下停止按钮 SB1,则 $KM1 = 0$, $KM2 = 0$,则 KM1、KM2 均断电。

2.3.4 自动循环

为了降低成本,提高劳动生产率,因而要求自动化生产。例如车床车削螺纹通过使用行程开关达到使刀架自动进刀、进给、退刀、返回等,图2-8表示刀架的自动循环,要求刀架移动到位置2后退刀,然后自动退回位置1。图2-9为刀架的自动循环控制线路, SQ1、SQ2 分别为位置1、位置2处行程开关。

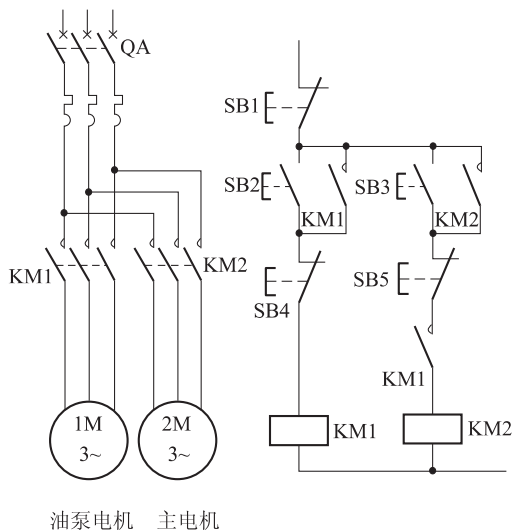


图 2-7 联锁控制线路

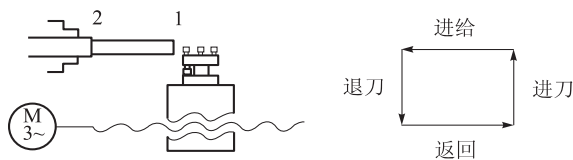


图 2-8 刀架的自动循环

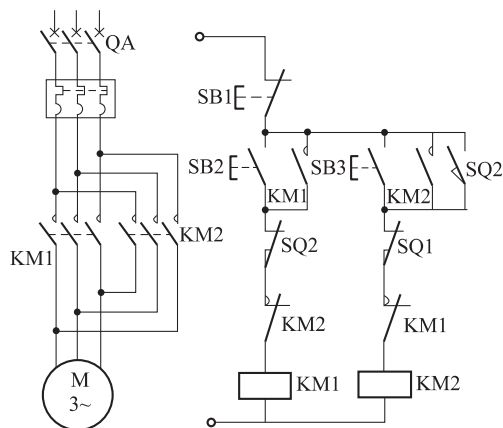


图 2-9 刀架的自动循环控制线路

逻辑关系式为

$$KM1 = \overline{KM2} \cdot (KM1 + SB2) \cdot \overline{SQ2} \cdot \overline{SB1} \quad (2-10)$$

$$KM2 = KM1 \cdot (KM2 + SB3 + SQ2) \cdot SQ1 \cdot \overline{SB1} \quad (2-11)$$

当刀架在位置1时，此时SQ1被压下，即SQ1为“1”，此时按下启动按钮SB2，SB2为“1”，代入式(2-10)中，则有

$$\begin{aligned} KM1 &= \overline{KM2} \cdot (KM1 + SB2) \cdot \overline{SQ2} \cdot \overline{SB1} \\ &= KM2 \cdot 1 \cdot 0 \cdot 0 = \overline{KM2} \end{aligned} \quad (2-12)$$

此时由(2-11)式可知， $KM2 = KM1 \cdot (KM2 + \overline{0} + \overline{0}) \cdot 1 \cdot 0 = 0$

则KM2断电，由(2-12)式可知， $KM1 = KM2 = 0 = 1$ ，即KM1吸合，刀架向位置2运动，SQ1松开，即SQ1为“0”，当刀架运动到位置2时，SQ2被压下，此时SQ2为“1”，代入(2-10)式中，则有

$$KM1 = \overline{KM2} \cdot (KM1 + SB2) \cdot \overline{1} \cdot \overline{SB1} = 0$$

即KM1断电，此时由(2-11)式可知，

$$\begin{aligned} KM2 &= \overline{KM1} \cdot (KM2 + SB3 + 1) \cdot \overline{SQ1} \cdot \overline{SB1} \\ &= \overline{0} \cdot 1 \cdot \overline{0} \cdot \overline{0} = 1 \end{aligned}$$

即KM2吸合，刀架后退，SQ2松开，即SQ2为“0”。当退到位置1时，此时刀架压下行程开关SQ1，SQ1为“1”，代入(2-10)式中，则有

$$KM2 = KM1 \cdot (KM2 + SB3 + 0) \cdot 1 \cdot SB1 = 0$$

即KM2断电，刀架停止运动，从而实现了循环控制。

2.3.5 数控机床电气控制线路应用示例

如图2-10~图2-12所示是某数控车床的部分电气原理图。

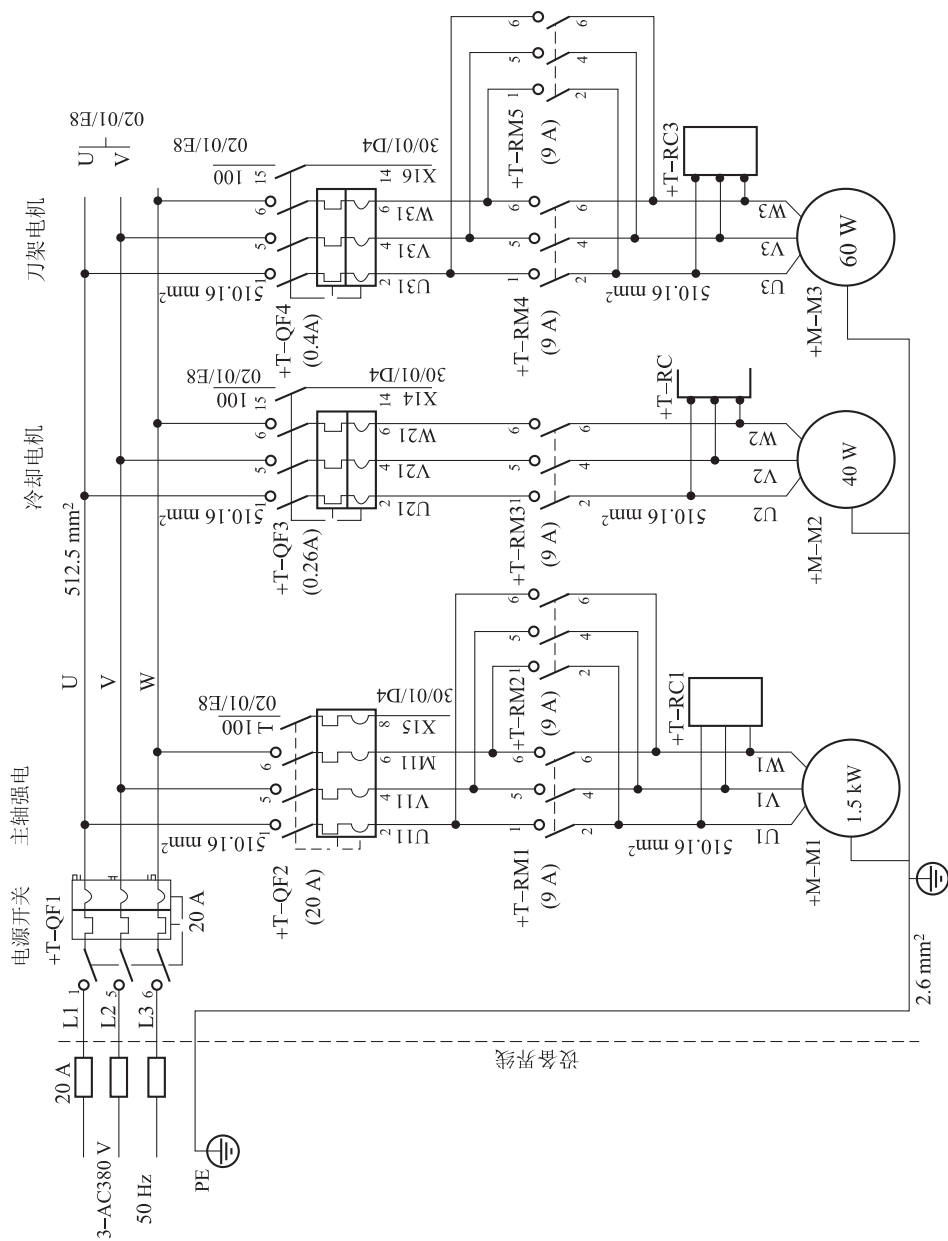


图 2-10 机床动力线路

图 2-10 为机床的动力线路，图中交流接触器 KM1 和 KM2 用来控制主轴电机 M1 的正反转，断路器 QF2 作为主轴电机的过载及短路保护；交流接触器 KM4 和 KM5 用来控制刀架电机 M3 的正反转，断路器 QF3 作为冷却电机的过载及短路保护；交流接触器 KM3 用来控制冷却电机 M2 的启动和停止，断路器 QF4 作为刀架电机的过载及短路保护。灭弧器 RC1 ~ RC3 用来保护交流接触器主触点，防止当主触点断开时，在动、静触点间产生强烈电弧，烧坏主触点。断路器 QF1 用来对整个动力线路进行过载及短路保护。

图 2-11 为机床的交流控制线路，图中交流接触器 KM1 线圈和 KM2 一对常闭辅助触点串接，交流接触器 KM2 线圈和 KM1 一对常闭辅助触点串接，从而实现主轴电机正反向接触器间的互锁控制；交流接触器 KM4 线圈和 KM5 一对常闭辅助触点串接，交流接触器 KM5 线圈和 KM4 一对常闭辅助触点串接，从而实现刀架电机正反向接触器间的互锁控制；交流接触器 KM3 线圈用来控制 KM3 的主触点吸合。继电器 KA2 ~ KA6 触点由可编程控制器或数控装置 I/O 接口控制，用来控制交流接触器 KM1 ~ KM5 的线圈得电或断电。

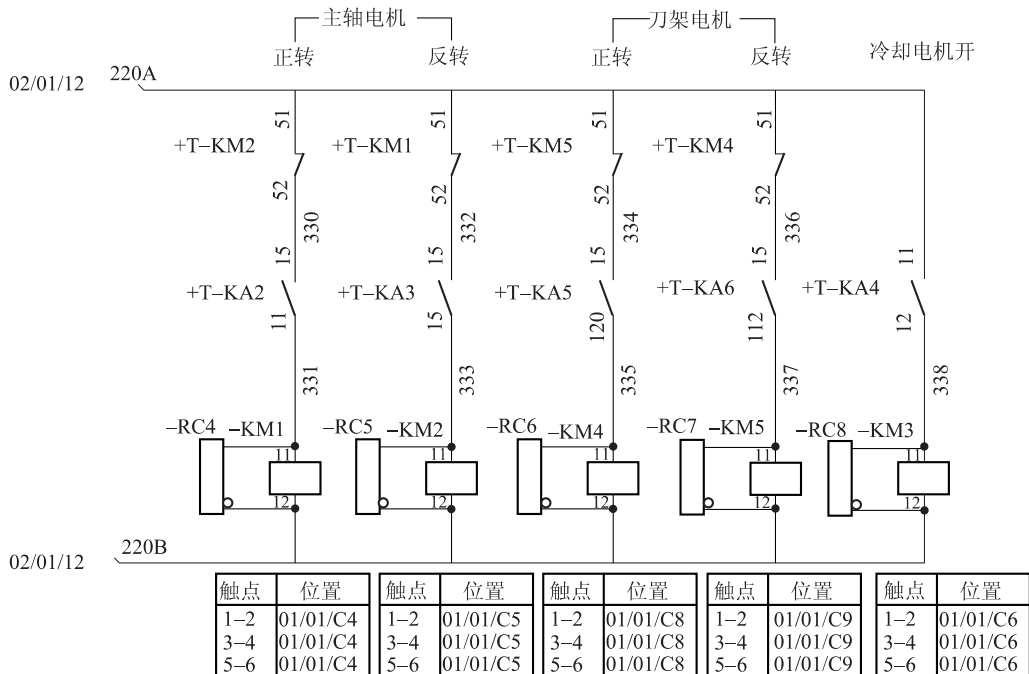


图 2-11 机床交流控制线路

图 2-12 为机床的电源线路，图中变压器 TC2 原边接三相 AC380 V，副边三组绕组分别提供 AC220 V、AC24 V、AC110 V 电压，AC220 V 给开关电源供电，AC24 V 给工作灯供电，AC110 V 给电柜风扇供电，熔断器 FU1 ~ FU3 用来对线路进行过载及短路保护。



第 3 章 计算机数控系统

本章知识点

- (1) 数控系统的组成和类型，熟悉各组成部分的功能和特点。
- (2) 计算机数控系统结构。
- (3) 计算机数控装置的接口。
- (4) 经济型与标准型数控系统。
- (5) 数控系统的电磁兼容性。

数控系统是数控机床的控制核心。数控系统从 1952 年开始，经历了电子管、晶体管、小规模集成电路、计算机数字控制、软件和微处理器时代的发展过程。目前世界上数控系统种类繁多，形式各异，组成结构也各有特点。但是无论哪种系统，它们的基本原理和构成是相似的。

3.1 典型数控系统简介

3.1.1 典型数控系统之 SIEMENS 系统

1. 西门子公司简介

(1) 西门子产品种类。西门子数控系统是西门子集团旗下自动化与驱动集团的产品，西门子数控系统 SINUMERIK 发展了很多代。目前在广泛使用的主要有 802、810、840 等几种类型。

用一个简要的图表对西门子各系统的定位作描述如下，如图 3-1 所示。

① SINUMERIK 802D。具有免维护性能的 SINUMERIK 802D，其核心部件 PCU（面板控

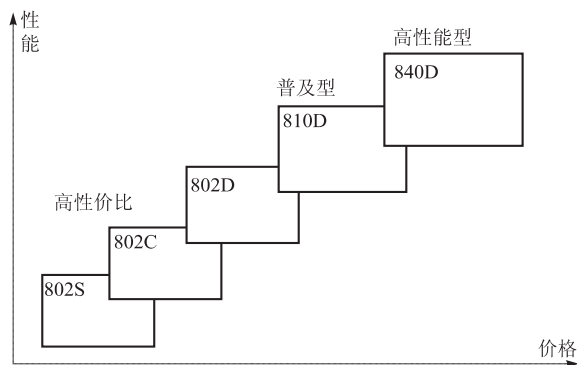


图 3-1 西门子各系统的性价比较

制单元）将 CNC、PLC、人机界面和通信等功能集成于一体，可靠性高、易于安装。

SINUMERIK 802D 可控制 4 个进给轴和一个数字或模拟主轴。通过生产现场总线 PROFIBUS 将驱动器、输入输出模块连接起来。

模块化的驱动装置 SIMODRIVE611Ue 配套 1FK6 系列伺服电机，为机床提供了全数字化的动力。

通过视窗化的调试工具软件，可以便捷地设置驱动参数，并对驱动器的控制参数进行动态优化。

SINUMERIK 802D 集成了内置 PLC 系统，对机床进行逻辑控制。采用标准的 PLC 的编程语言 Micro/WIN 进行控制逻辑设计。并且随机提供标准的 PLC 子程序库和实例程序，简化了制造厂设计过程，缩短了设计周期。

② SINUMERIK 810D。在数字化控制的领域中，SINUMERIK 810D 第一次将 CNC 和驱动控制集成在一块板子上。

快速的循环处理能力，使其在模块加工中独显威力。

SINUMERIK 810D CNC 软件选件的一系列突出优势可以帮助您在竞争中脱颖而出。例如提前预测功能，可以在集成控制系统上实现快速控制。

另一个例子是坐标变换功能。固定点停止可以用来卡紧工件或定义简单参考点。模拟量控制模拟信号输出；

刀具管理也是另一种功能强大的管理软件。

样条插补功能（A，B，C 样条）用来产生平滑过渡；压缩功能用来压缩 CNC 记录；多项式插补功能可以提高 810D/810DE 运行速度。

温度补偿功能保证您的数控系统在这种高技术、高速度运行状态下保持正常温度。此外，系统还为您提供钻、铣、车等加工循环。

③ SINUMERIK 840D。SINUMERIK 840D 数字 NC 系统用于各种复杂加工，它在复杂的

系统平台上,通过系统设定而适于各种控制技术。840D 与 SINUMERIK_611 数字驱动系统和 SIMATIC7 可编程控制器一起,构成全数字控制系统,它适于各种复杂加工任务的控制,具有优于其他系统的动态品质和控制精度。

(2) 西门子产品功能。SINUMERIK 840D 标准控制系统的特征是具有大量的控制功能,如钻削、车削、铣削、磨削以及特殊控制,这些功能在使用中不会有任何相互影响。全数字化的系统、革新的系统结构、更高的控制品质、更高的系统分辨率以及更短的采样时间,确保了一流的工件质量。

① 控制类型。采用 32 位微处理器、实现 CNC 控制,用于完成 CNC 连续轨迹控制以及内部集成式 PLC 控制。

② 机床配置。可实现钻、车、铣、磨、切割、冲、激光加工和搬运设备的控制,备有全数字化的 SIMDRIVE611 数字驱动模块:最多可以控制 31 个进给轴和主轴。进给和快速进给的速度范围为 $100 \sim 9\,999 \text{ mm/min}$ 。其插补功能有样条插补、三阶多项式插补、控制值互联和曲线表插补,这些功能。为加工各类曲线曲面零件提供了便利条件。此外还具备进给轴和主轴同步操作的功能。

③ 操作方式。其操作方式主要有 AUTOMATIC (自动)、JOG (手动)、示教 (TEACH IN) 和手动输入运行 (MDA),自动方式:程序的自动运行,加工程序中断后,从断点恢复运行;可进行进给保持及主轴停止,跳段功能,单段功能,空运转。

④ 轮廓和补偿。840D 可根据用户程序进行轮廓的冲突检测、刀具半径补偿的进入和退出策略及交点计算、刀具长度补偿、螺距误差补偿测量系统误差补偿、反向间隙补偿、过象限误差补偿等。

⑤ 安全保护功能。数控系统可通过预先设软极限开关的方法。进行工作区域的限制及程序执行中的进给减速,同时还可以对主轴的运行进行监控。

⑥ NC 编程。840D 系统的 NC 编程符合 DIN 66025 标准 (德国工业标准),是具有高级语言编程特色的程序编辑器,可进行公制、英制尺寸或混合尺寸的编程,程序编制与加工可同时进行,系统具备 1.5 兆字节的用户内存,用于零件程序、刀具偏置、补偿的存储。

⑦ PLC 编程。840D 的集成式 PLC 完全以标准 sIMAncs7 模块为基础,PLC 程序和数据内存可扩展到 288 KB, u/o 模块可扩展到 2 048 个输入/输出点、PLC 程序能以极高的采样速率监视数据输入,向数控机床发送运动停止/启动等指令。

⑧ 操作部分硬件。840D 系统提供了标准的 PC 软件、硬盘、奔腾处理器,用户可在 Windows98/2 000 下开发自定义的界面。此外,2 个通用接口 RS232 可使主机与外设进行通信,用户还可通过磁盘驱动器接口和打印机并联接口完成程序存储、读入及打印工作。

⑨ 显示部分。840D 提供了多沿种的显示功能,用户只需按一下按钮。即可将用户界面从一种语言转换为一种语言,系统提供的语言有中文、英语、德语、西班牙语、法语、意大利语:显示屏上可显示程序块、电动机轴位置、操作状态等信息。

2. 西门子数控系统的基本构成

西门子数控系统有很多种型号，首先我们来观察一下 802D 所构成的实物图，如图 3-2 所示。SINUMERIK 802D 是个集成的单元，它是由 NC 以及 PLC 和人机界面（HMI）组成，通过 PROFIBUS 总线连接驱动装置以及输入输出模板，完成控制功能。

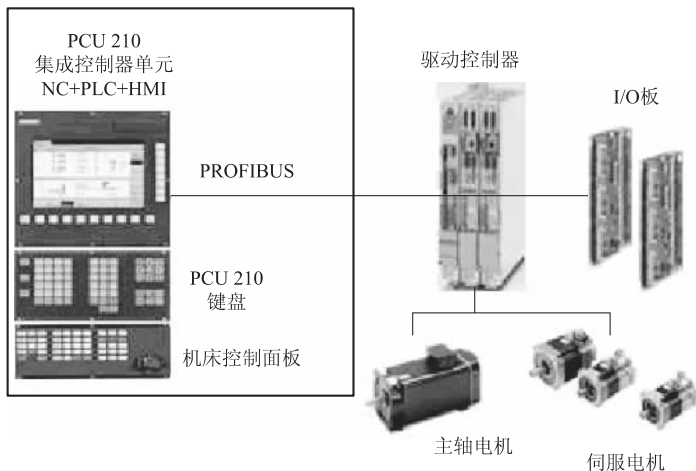


图 3-2 SINUMERIK 802D 实物图

而在西门子的数控产品中最有特点，最有代表性的系统应该是 840D 系统。因此，我们可以通过了解西门子 840D 系统，来了解西门子数控系统的结构。首先通过以下的实物图观察 840D 系统，如图 3-3 所示。

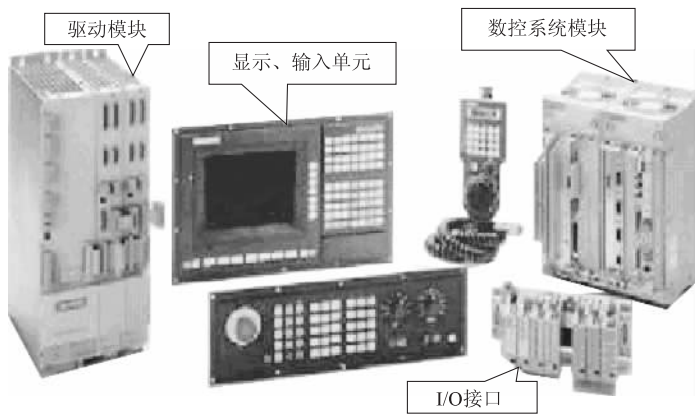


图 3-3 SINUMERIK 840D 实物图

SINUMERIK 840D 是由数控及驱动单元（CCU 或 NCU）、MMC、PLC 模块三部分组成，



图 3-4 西门子数控系统基本构成

由于在集成系统时，总是将 SIMODRIVE611D 驱动和数控单元（CCU 或 NCU）并排放在一起，并用设备总线互相连接，因此在说明时将二者划归一处，如图 3-4 所示。

（1）人机界面。人机交换界面负责 NC 数据的输入和显示，它由 MMC 和 OP 组成 MMC（Man Machine Communication）包括：OP（Operation Panel）单元，MMC，MCP（Machine Control Panel）三部分。MMC 实际上就是一台计算机，有自己独立的 CPU，还可以带硬盘，带软驱；OP 单元正是这台计算机的显示器，而西门子 MMC 的控制软件也在这台计算机中。

① MMC（Man Machine Communication）。最常用的 MMC 有两种：MMCC100.2 和 MMC103，其中 MMC100.2 的 CPU 为 486，不能带硬盘；而 MMC103 的 CPU 为奔腾，可以带硬盘，一般的用户为 SINUMERIK 810D 配 MMC100.2，而为 SINUMERIK 840D 配 MMC103。PCU（PC UNIT）是专门为配合西门子最新的操作面板 OP10、OP10S、OP10C、OP12、OP15 等而开发的 MMC 模块，目前有三种 PCU 模块——PCU20、PCU50、PCU70，PCU20 对应于 MMC100.2，不带硬盘，但可以带软驱；PCU50、PCU70 对应于 MMC103，可以带硬盘，与 MMC 不同的是：PCU50 的软件是基于 WINDOWS NT 的。PCU 的软件被称作 HMI，MI 又分为两种：嵌入式 HMI 和高级 HMI。一般标准供货时，PCU20 装载的是嵌入式 HMI，而 PCU50 和 PCU70 则装载高级 HMI。

② OP（Operation Panel）。OP 单元一般包括一个 10.4" TFT 显示屏和一个 NC 键盘。根据用户不同的要求，西门子为用户选配不同的 OP 单元，如：OP030，OP031，OP032，OP032S 等，其中 OP031 最为常用。

③ MCP（Machine Control Panel）。MCP 是专门为数控机床而配置的，它也是 OPI 上的一个节点，根据应用场合不同，其布局也不同，目前，有车床版 MCP 和铣床版 MCP 两种。对 810D 和 840D，MCP 的 MPI 地址分别为 14 和 6，用 MCP 后面的 S3 开关设定。

对于 SINUMERIK 840D 应用了 MPI（Multiple Point Interface）总线技术，传输速率为 187.5 k/s，OP 单元为这个总线构成的网络中的一个节点。为提高人机交互的效率，又有 OPI（Operator PanelInterface）总线，它的传输速率为 1.5 M/s。

（2）NCU（Numerical Control Unit）数控单元。SINUMERIK 840D 的数控单元被称为 NCU（Numerical Control Unit）单元（在 810D 中称为 CCU（Compact Control Unit））：中央控制单元、负责 NC 所有的功能、机床的逻辑控制，还有和 MMC 的通讯，它由一个 COM CPU 板、一个 PLC CPU 板和一个 DRIVE 板组成，如图 3-5 所示。

根据选用硬件如 CPU 芯片等和功能配置的不同，NCU 分为 NCU561.2、NCU571.2、NCU572.2、NCU573.2（12 轴）、NCU573.2（31 轴）等若干种，同样，NCU 单元中也集成 SINUMERIK 840D 数控 CPU 和 SIMATIC PLC CPU 芯片，包括相应的数控软件和 PLC 控制软



图 3-5 数控系统部分

件，并且带有 MPI 或 Profibus 接口、RS232 接口、手轮及测量接口，PCMCIA 卡插槽等，所不同的是 NCU 单元很薄，所有的驱动模块均排列在其右侧。

（3）数字驱动。数字伺服：运动控制的执行部分，由 611D 伺服驱动和 1FT6（1FK6）电机组成。

SINUMERIK 840D 配置的驱动一般都采用 SIMODRIVE611D。它包括两部分：电源模块 + 驱动模块（功率模块），如图 3-6 所示。

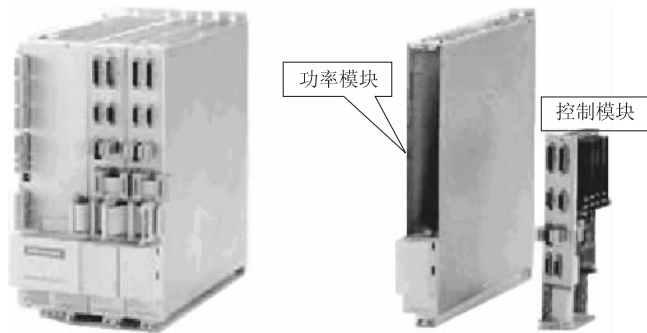


图 3-6 数字驱动模块

电源模块：主要为 NC 和给驱动装置提供控制和动力电源，产生母线电压，同时监测电源和模块状态。

611D 数字驱动：是新一代数字控制总线驱动的交流驱动，它分为双轴模块和单轴模块两种，相应的进给伺服电机可采用 1FT6 或者 1FK6 系列，编码器信号为 1V_{pp} 正弦波，可实现全闭环控制。主轴伺服电机为 1PH7 系列。

（4）PLC 模块。SINUMERIK 810D/840D 系统的 PLC 部分使用的是西门子 SIMATIC S7 - 300 的软件及模块，在同一条导轨上从左到右依次为电源模块（Power Supply）、接口模块（Interface Module）及信号模块（Signal Module），如图 3-7 所示。

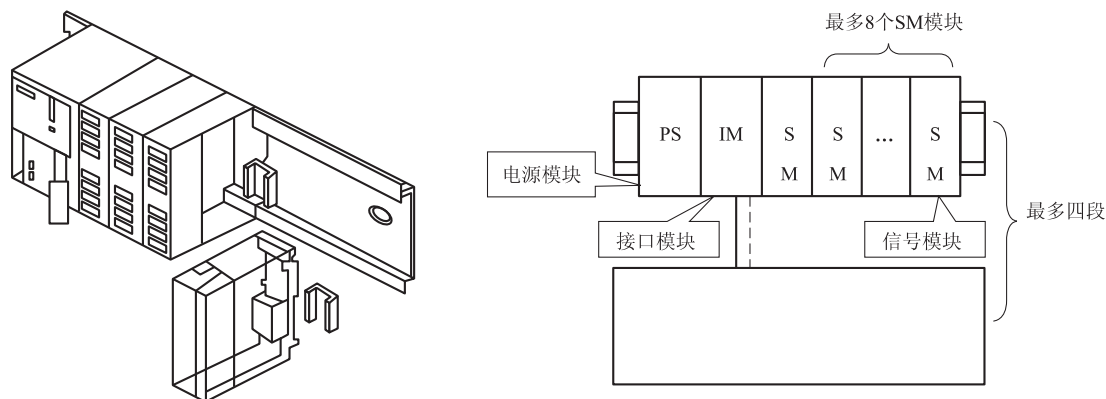


图 3-7 PLC 模块

电源模块（PS）是为 PLC 和 NC 提供电源的 +24 V 和 +5 V。

接口模块（IM）是用于级之间互联的。

信号模块（SM）使用与机床 PLC 输入/输出的模块，有输入型和输出型两种。

3. SINUMERIK 810D、840D 系统数据简介

810D、840D 系统参数分为两个大类：机床数据、设定数据。

机床数据是用于生产、安装、调试用的数据，主要用于设定、匹配机床的主要数据。设定数据主要是机床在使用过程中需要设定的数据，是一些常用的用于调整机床使用性能的数据。

其中机床数据有以下几种类型：通用机床数据、通道机床数据、用于驱动器的机床数据、用于操作面板的机床数据、轴专用机床数据。

设定数据有以下几种类型：通用设定数据、通道专用设定数据、轴专用设定数据。

3.1.2 典型数控系统之 FANUC 系统

1. FANUC 系统简介

FANUC 系统是日本富士通公司的产品，通常其中文译名为发纳科。FANUC 系统进入中国市场有非常悠久的历史，有多种型号的产品在使用，使用较为广泛的产品有 FANUC 0、FANUC16、FANUC18、FANUC21 等。在这些型号中，使用最为广泛的是 FANUC0 系列。

系统在设计中大量采用模块化结构。这种结构易于拆装、各个控制板高度集成，使可靠性有很大提高，而且便于维修、更换。FANUC 系统设计了比较健全的自我保护电路。

PMC 信号和 PMC 功能指令极为丰富, 便于工具机厂商编制 PMC 控制程序, 而且增加了编程的灵活性。系统提供串行 RS232C 接口, 以太网接口, 能够完成 PC 和机床之间的数据传输。

FANUC 系统性能稳定, 操作界面友好, 系统各系列总体结构非常的类似, 具有基本统一的操作界面。FANUC 系统可以在较为宽泛的环境中使用, 对于电压、温度等外界条件的要求不是特别高, 因此适应性很强。

鉴于前述的特点, FANUC 系统拥有广泛的客户。使用该系统的操作员队伍十分庞大, 因此有必要了解该系统的一些软、硬件上的特点。

我们可以通过常见的 FANUC 0 系列了解整个 FANUC 系统的特点。

(1) 刚性攻丝。主轴控制回路为位置闭环控制, 主轴电机的旋转与攻丝轴 (Z 轴) 进给完全同步, 从而实现高速高精度攻丝, 如图 3-8 所示。

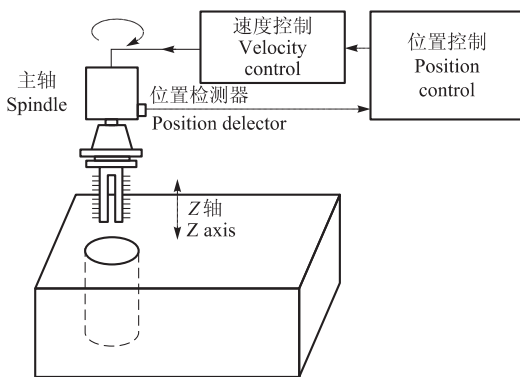


图 3-8 刚性攻丝

(2) 复合加工循环。复合加工循环可用简单指令生成一系列的切削路径, 如图 3-9 所示。比如定义了工件的最终轮廓, 可以自动生成多次粗车的刀具路径, 简化了车床编程。

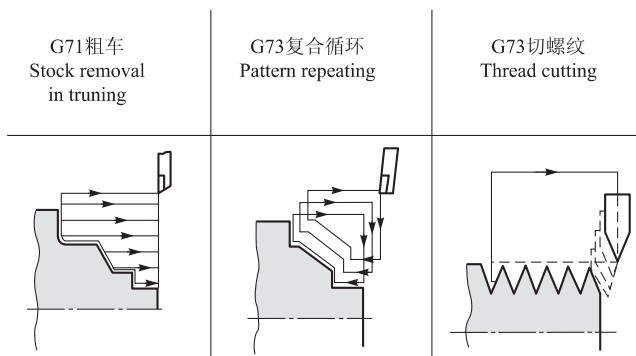


图 3-9 复合加工循环

(3) 圆柱插补。适用于切削圆柱上的槽, 能够按照圆柱表面的展开图进行编程, 如图 3-10 所示。

(4) 直接尺寸编程。可直接指定诸如直线的倾角、倒角值、转角半径值等尺寸, 这些尺寸在零件图上指定, 这样能简化部件加工程序的编程, 如图 3-11 所示。

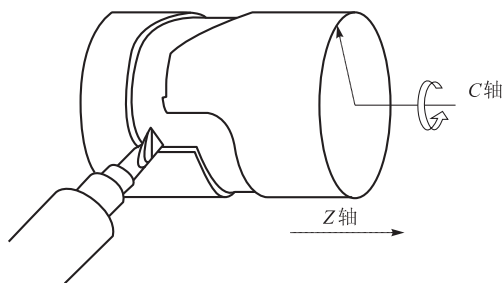


图 3-10 圆柱插补

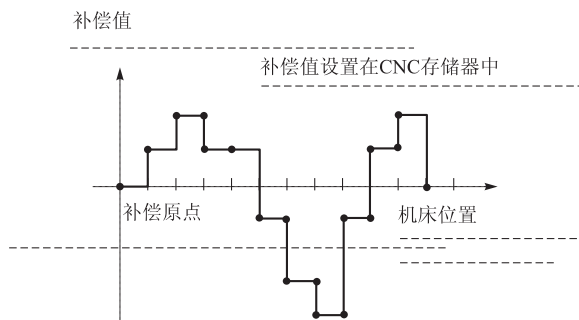


图 3-11 直接尺寸编程

（5）记忆型螺距误差补偿。可对丝杠螺距误差等机械系统中的误差进行补偿，补偿数据以参数的形式存储在 CNC 的存储器中。

（6）CNC 内装 PMC 编程功能。PMC 对机床和外部设备进行程序控制。

（7）随机存储模块。MTB（机床厂）可在 CNC 上直接改变 PMC 程序和宏执行器程序。由于使用的是闪存芯片，故无需专用的 RAM 写入器或 PMC 的调试 RAM。

（8）显示装置。显示装置如图 3-12 所示。



9 in RT/MDI装置
9" CRT/MI



7.2 in 单色LCD/MDI装置
7.2" monochrome LCD/MI



8.4 in 彩色LCD/MDI装置(限于Oi)
8.4" color LCD/MI(Oi only)



10.4 in 彩色LCD装置
(限于Oi)
8.4" color LCD(Oi only)



具有电脑功能的
显示单元(限于Oi)
Display unit with
PC function(Oi only)

图 3-12 显示装置

2. FANUC 0 系列硬件框架

（1）系统构成。图 3-13 从总体上描述了系统板上应该连接的硬件和应具有的功能。

如图 3-14 所表示的是 FANUC Oi 控制单元及其所要连接的部件示意图，每一个文字方框中表示的部件，都按照图中所列的位置（插座、插槽）与系统相连接。

（2）系统连线。系统连线对应了系统板上的插槽名以及每一个插槽所连接的部件。

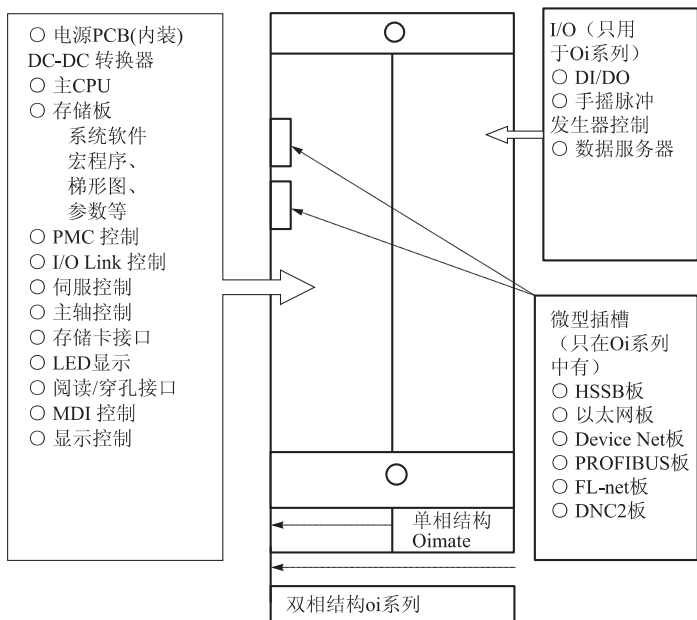


图 3-13 系统硬件概要

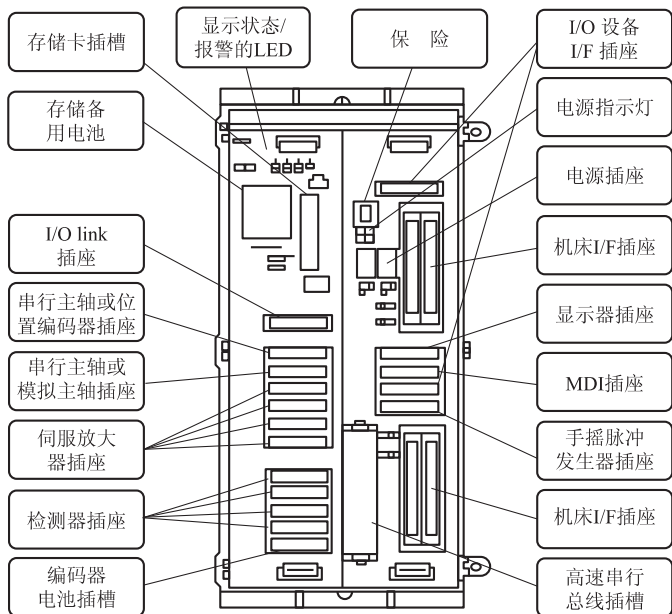


图 3-14 FANUC Oi 系列控制单元构成及连接

（3）系统构成。主轴电动机的控制有两种接口；模拟和数字（串行传送）输出。模拟接口需用其他公司的变频器及电动机。

① 模拟主轴接口。模拟主轴的接口定义如图 3-15 所示。

1	0 V	11	0 V	信号名称	说明
2	CLKX0	12	CLKX1	SVC,ES	主轴公共电压和公共线
3	0 V	13	0 V	ENB1,ENB2	主轴使能信号
4	FSX0	14	FSX1	CLKX0,CLKX1, FSX0,FSX1, DX0,DX1 ±15 V,+5 V,0 V	进给轴检测信号
5	ES	15	0 V		
6	DX0	16	DX1		
7	SVC	17	-15 V		
8	ENB1	18	+5 V		
9	ENB2	19	+15 V		
10	+15 V	20	+5 V		

图 3-15 模拟主轴接口

模拟主轴的连接如图 3-16 所示。

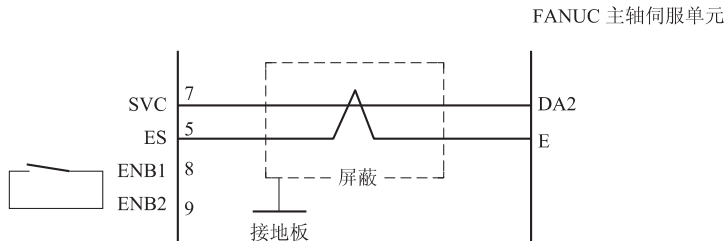


图 3-16 模拟主轴的连接

② 串行主轴接口。串行主轴的接口定义如图 3-17 所示。

串行主轴的连接如图 3-18 所示。

③ 数字伺服。伺服的连接分 A 型和 B 型，由伺服放大器上的一个短接棒控制。A 型连接是将位置反馈线接到 CNC 系统，B 型连接是将其接到伺服放大器。0i 和近期开发的系统用 B 型。O 系统大多数用 A 型。两种接法不能任意使用，与伺服软件有关。连接时最后的放大器 JX1B 需插上 FANUC 提供的短接插头，如果遗忘会出现#401 报警。另外，荐选用一个伺服放大器控制两个电动机，应将大电动机电枢接在 M 端子上，小电动机接在 L 端子上。否则电动机运行时听到不正常的嗡声。

3.1.3 典型数控系统之 HNC 系统

1. 华中数控系统基本构成

（1）华中数控系统产品类型。华中数控系统是基于通用 PC 的数控装置，是武汉华中数

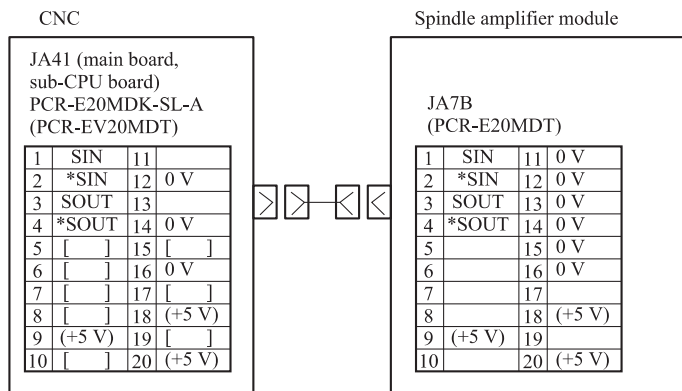


图 3-17 串行主轴接口

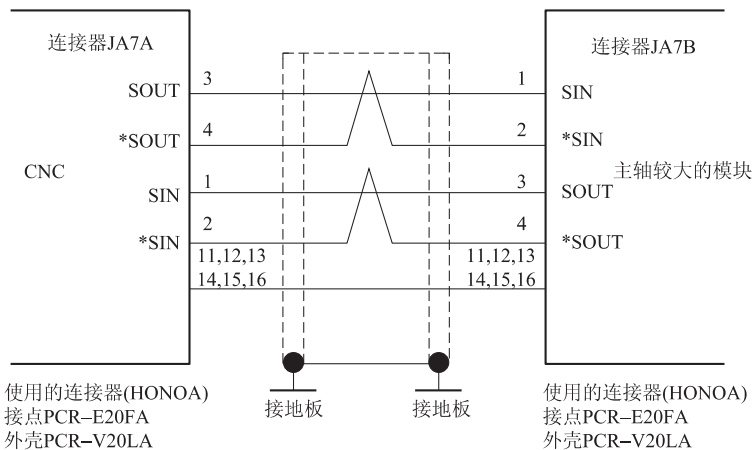


图 3-18 串行主轴的连接

控股份有限公司在国家八五、九五科技攻关的重大科技成果。华中数控系统发展为三大系列：世纪星系列、小博士系列、华中 I 型系列。而华中 I 型系列为高档高性能数控装置，为满足市场要求，开发了世纪星系列、小博士系列高性能经济型数控装置。世纪星系列采用通用原装进口嵌入式工业 Pc 机，彩色 LCD 液晶显示器，内置式 PLC，可与多种伺服驱动单元配套使用；小博士系列为外配通用 PC 机的经济型数控装置。具有开放性好、结构紧凑、集成度高、可靠性好、性能价格比高、操作维护方便的特点。

(2) 华中数控系统主要技术规格。华中“世纪星”数控系统是在华中 I 型、华中 2000 系列数控系统的基础上，满足用户对低价格、高性能、简单、可靠的要求而开发的数控系统。华中“世纪星”系列数控单元（HNC—2IT、HNC—21/22M）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。

HNC—21/22M 铣削系统功能介绍如下:

- ① 最大联动轴数为 4 轴。
 - ② 可选配备种类型的脉冲式、模拟式交流伺服驱动单元或步进电机驱动单元以及 H5V 系列串口式伺服驱动单元。
 - ③ 除标准机床控制面板外, 配置 40 路光电隔离开关量输入和 32 路开关量输出接口、手持单元接口、主轴控制与编码器接口。还可扩展远程 128 路输入/128 路输出端子板。
 - ④ 采用 7.5” 彩色液晶显示器 (分辨率为 640×480), 全汉字操作界面、故障诊断与报警、多种形式的图形加工轨迹显示和仿真, 操作简便, 易于掌握和使用。
 - ⑤ 采用国际标准 G 代码编程, 与各种流行的 CAD/CAM 自动编程系统兼容具有直线、圆弧、螺旋线、固定循环、旋转、缩放、镜像、刀具补偿、宏程序等功能。
 - ⑥ 小线段连续加工功能。特别适合于 CAD/CAM 设计的复杂模具零件加工。
 - ⑦ 加工断点保存/恢复功能, 方便用户使用。
 - ⑧ 反向间隙和单、双向螺距误差补偿功能。
 - ⑨ 超大程序加工能力, 不需 DNC, 配置硬盘可直接加工单个达 2 GB 的 G 代码程序。
 - ⑩ 内置 RS232 通信接口, 轻松实现机床数据通信。
- (3) 华中数控系统产品型号。如图 3-19 所示。

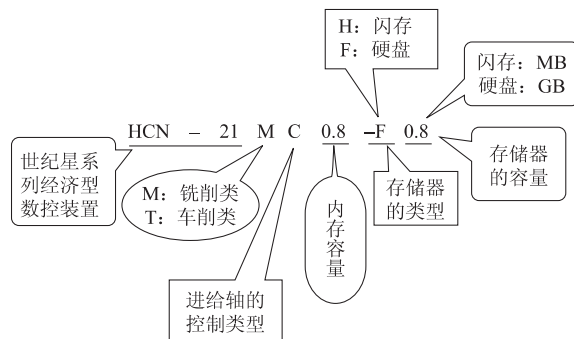


图 3-19 华中数控系统产品型号

(4) 华中数控系统部件连接。如图 3-20 所示。

在图 3-20 中有连接各个进给轴的接口, 主轴的控制接口, 以及用于辅助控制的输入输出接口, 还提供了电源、键盘、以太网、软驱以及 RS232 的接口等。

2. 华中数控系统与驱动装置的连接

华中数控系统的进给轴的控制类型有脉冲式接口、串行接口、模拟接口。

(1) 串行接口。

① 串行接口的定义如图 3-21 所示。

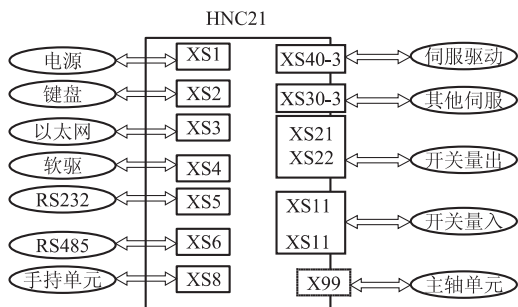


图 3-20 华中数控系统部件连接

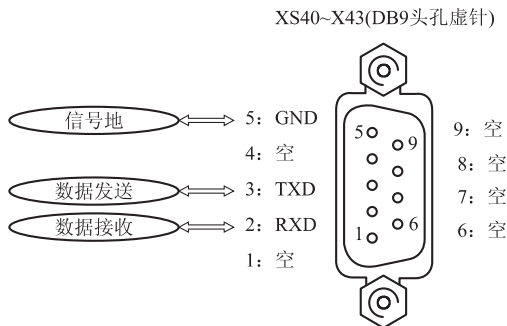


图 3-21 串行接口的定义

② 串行接口与交流伺服驱动装置连接如图 3-22 所示。

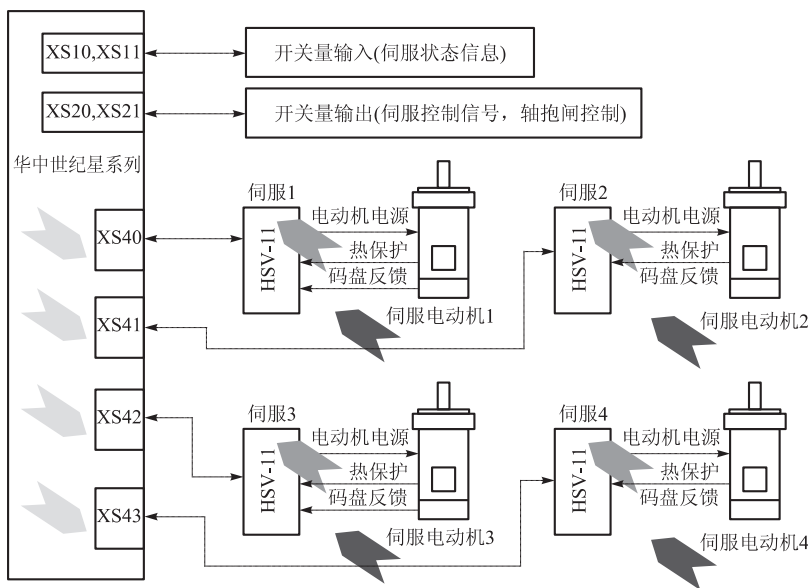


图 3-22 串行接口与交流伺服驱动装置连接

XS40 ~ XS43 是数控装置上所提供的串行接口。

(2) 脉冲接口。

① 脉冲接口的定义如图 3-23 所示。

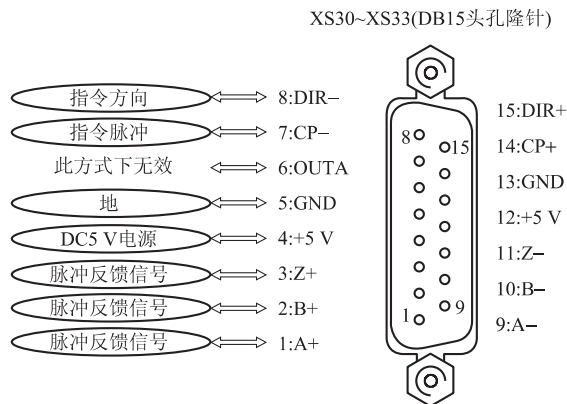


图 3-23 脉冲接口的定义

② 脉冲接口与步进驱动装置连接如图 3-24 所示。

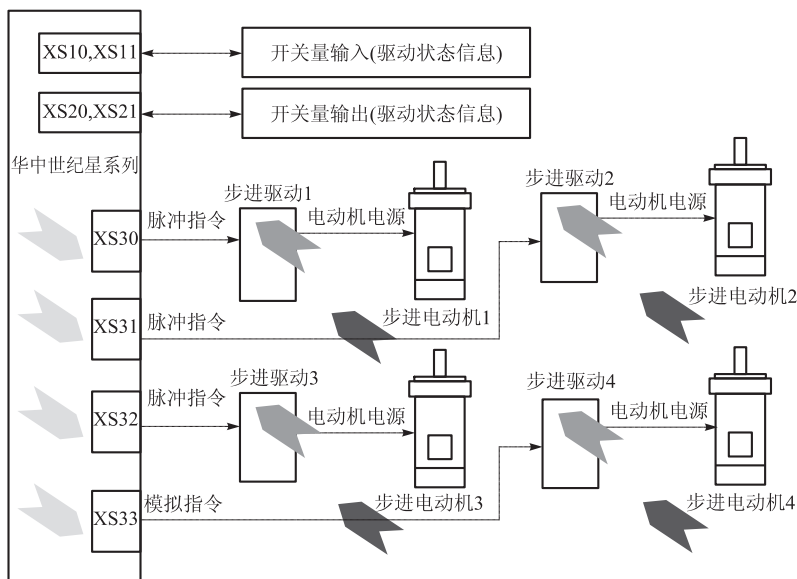


图 3-24 脉冲接口与步进驱动装置连接

XS30 ~ XS33 是数控装置上所提供的脉冲接口。

(3) 模拟接口。

① 模拟接口的定义如图 3-25 所示。

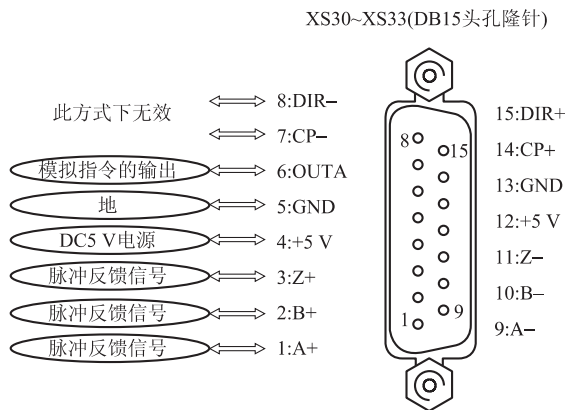


图 3-25 模拟接口的定义

② 模拟接口与伺服驱动装置连接如图 3-26 所示。

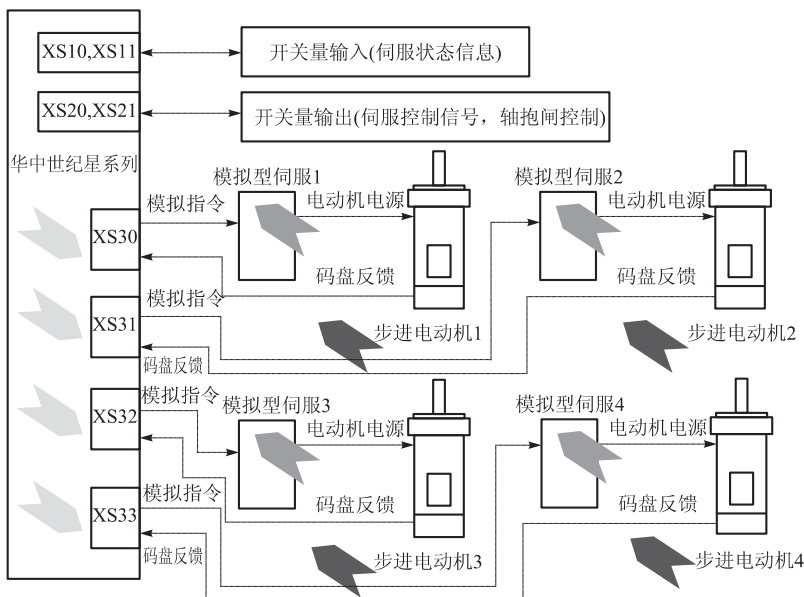


图 3-26 模拟接口与伺服驱动装置连接

XS30 ~ XS33 是数控装置上所提供的模拟接口。

3. 世纪星数控系统参数

世纪星数控系统的参数修改后，都必须重启数控系统才能生效。按照功能和重要性确定

了参数的等级，装置设置了3种级别的权限，不同授权的用户可以修改相应等级的参数。通过这种方式可以对系统参数进行恰当的保护，防止不必要事故、故障。查看和备份数据不需要特别授权。

可以通过一种树型结构来描述系统的参数构成，如图3-27所示。

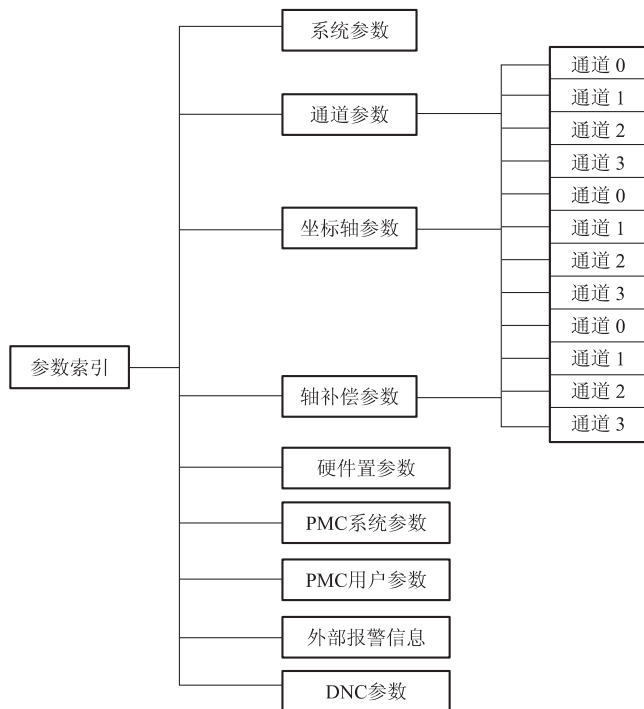


图3-27 世纪星数控系统参数树型结构

通过这个树形机构可以清楚地看到，世纪星系统的参数构成。这些构成系统参数的各类参数，分别由若干个参数构成。具体的每一个参数的内容和所要调整和控制的性能，可参照华中数控股份有限公司编制的《世纪星数控装置连接说明书》。

3.2 计算机数控系统结构

计算机数控（CNC）系统装置是数控系统的核心，它主要由硬件和软件组成。通过系统软件与硬件的配合，合理的组合、管理数据系统的输入，数据处理、插补运算和信息输出，控制执行部件，使数控机床按照操作者的要求进行加工。它以计算机为硬件，在计算机

中存储控制程序，计算机运行控制程序，执行对机床的数字控制功能。因此，CNC 装置是一种采用存储程序的专用计算机，它由软件来实现部分或者全部功能。

3.2.1 CNC 的硬件结构

CNC 装置由硬件和软件两大部分组成。硬件装置由微处理器（CPU）、存储器、位置控制、输入/输出接口、PLC、图形、电源等模块组成，硬件的组成如图 3-28 所示。软件主要指系统软件，包括管理软件和控制软件，软件组成如图 3-29 所示。

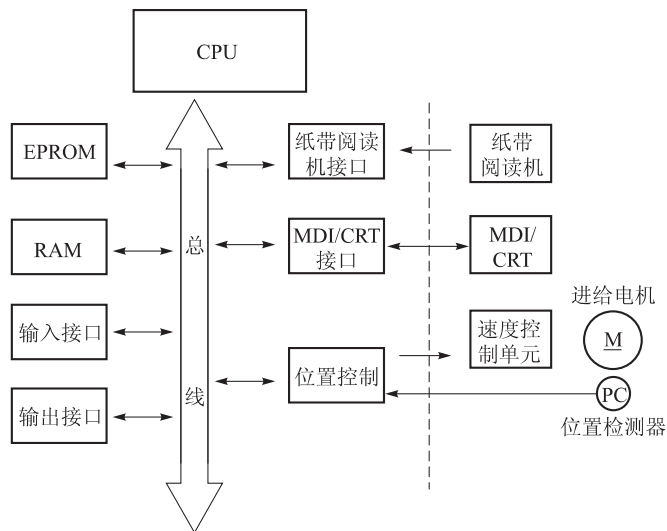


图 3-28 CNC 装置的硬件组成

根据 CNC 装置内部逻辑电路不同，又可以将数控系统分为单微处理器结构和多微处理器结构。

1. 单微处理器结构

单微处理器结构只有一个微处理器，因此多采用集中控制，分时处理的方式完成数控的各个任务。有的 CNC 装置虽然有两个或两个以上的微处理器，但其中一个微处理器能够控制系统总线，占有总线资源，而其他微处理器

不能控制系统总线，不能访问主存储器，只作为一个智能部件工作，各微处理器组成主从结构，这种 CNC 装置也属于单微处理器结构。单微处理器结构 CNC 装置如图 3-30 所示。系统以微处理器（CPU）来集中控制。微处理器通过总线与存储器、可编程逻辑控制器、位置

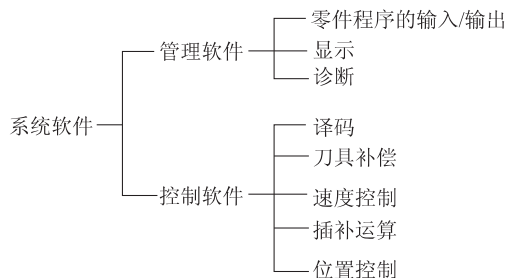


图 3-29 CNC 装置的软件组成

控制器及各种接口相连。CNC 装置的系统程序通常存放在可擦除的只读存储器 EPROM 中, 采用专用的写入器将程序写入, 程序一旦写入就可以长期保存。常用的 EPROM 有 2716、2732、2746、27256、27101 等。运算的中间结果存放在随机存储器 RAM 中, 可以对其随机读写, 但断电后信息消失。零件加工程序、数据、参数存放在带有后备电池的 RAM 或磁泡存储器中, 断电后信息仍能保存。

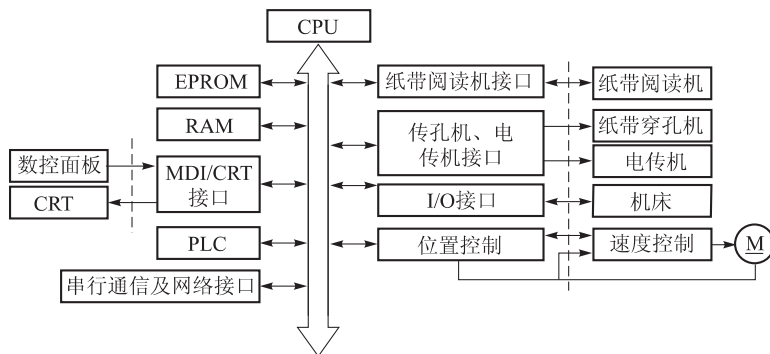


图 3-30 单微处理器结构 CNC 装置组成框图

(1) 微处理器和总线。微处理器主要完成控制和运算两个方面的任务。

① 控制任务主要包括内部控制、对零件加工程序输入/输出的控制、对机床加工现场状态信息的记忆控制。内部控制功能用于保持 CNC 装置内各功能部件的动作以及各部件的协调; 输入/输出的控制, 用于保持对外联系和机床的控制状态信息的输入/输出。

② 运算任务是完成一系列的数据处理工作: 译码、刀补计算、运动轨迹计算、插补计算和位置控制的给定值与反馈值的比较计算。选用 CPU 时, 要根据实时控制、数据宽度、寻址能力和运算速度几方面来考虑。总线是 CPU 与各组成部件、接口之间的信息公共传输线, 包括控制、地址和数据三总线。传输距离的高速度和多任务性, 使总线结构和标准也在不断发展。

(2) 存储器。CNC 装置中的存储器包括只读存储器 ROM 和随机存储器 RAM 两类。系统程序存放在只读存储器 EPROM 中, 由生产厂家固化, 即使断电, 信息也不会丢失, 程序只能被 CPU 读出, 不能写入。

运算的中间结果、需要显示的数据、运行的中间状态和标志信息等都放在随机存储器 RAM 中, 它可以随时地读入, 断电后, 信息就消失。

加工的零件程序、机床参数、刀具参数存放在有后备电池的 CMOS RAM 中, 或者存放在存储器中。这些信息在这种存储器中能被读出, 还可以根据需要进行修改, 断电后, 信息能保留。

(3) 位置控制单元。CNC 装置中的位置控制单元又称为位置控制器或位置控制模块。位置控制主要是对数控机床的进给运动的坐标轴位置进行控制, 不仅对单个轴的位置精度有严格的要求, 而且在多轴联动时, 还要求各个移动轴有很好的动态配合。

对主轴的控制要求是, 在很宽的范围内速度连续可调, 并在每一种速度下均能提供的切削功率和转矩。

(4) 输入/输出接口。数控计算机的 I/O 接口是连接计算机与各类外围设备及机床伺服控制机构, 实现计算机与外部设备信息交换的通路。它要完成的主要任务是: 提供数据的缓冲, 完成信息形式的转换, 实现微处理器和各类外围设备间数据输送的同步。对于数控计算机这类工业控制计算机而言, 它的 I/O 接口还应能有效地隔离计算机与被控对象, 防止外界干扰进入计算机, 使计算机安全可靠地工作。

按信息的走向可将 I/O 接口分为输入接口、输出接口和双向接口三类。根据传送信息的宽度, 又可将接口分为并行接口和串行接口。并行接口可以同时输入或输出若干位二进制信息, 其宽度通常为一个字节或者与系统数据宽度相等。打印机接口是并行输出接口的例子。

I/O 接口子系统也通过系统总线同其他部件连接。I/O 接口的地址译码器对地址总线上的地址进行译码。如果发现与本接口的地址相同, 则产生选中的信号, 这个选中信号“使能”该接口的所有操作。控制总线上的读写信号决定传送的性质。数据总线提供数据输入输出的通路。与通用的微机系统相比, 数控计算机的 I/O 接口种类多, 可靠性要求高, 要特别重视。

2. 单微处理器结构的 CNC 系统特点

单微处理器结构的 CNC 系统具有如下一些特点:

(1) CNC 系统内只有一个微处理器, 对存储、插补运算、输入/输出控制, 以及 CRT 显示等功能都由它集中控制分时处理。

(2) 微处理器通过总线与存储器、输入/输出控制等各种接口连接, 构成 CNC 系统。

(3) 结构简单, 容易实现。

(4) 单微处理器因为只有一个微处理器集中控制, 其功能将受微处理器字长、数据宽度、寻址能力和运算速度等因素限制。由于插补等功能由软件来实现, 因此, 数控功能的实现与处理速度成为一对突出的矛盾。为了解决这个矛盾, 可以增加浮点协处理器, 由硬件实现精插补, 采用有微处理器的 PC 和 CRT 等智能部件; 或者采用多微处理器的结构。

3. 多微处理器结构

多微处理器结构多采用模块化结构, 典型的结构有共享总线型、共享存储型以及他们的混合型结构等。每个微处理器分管各自的任务特定的功能单元, 即功能模块。由于采用模块化结构, 可以采取积木方式组成 CNC 装置, 所以具有良好的适应性和扩展性, 且结构紧凑。与单微处理器结构 CNC 装置相比, 多微处理器结构 CNC 装置的运算速度有了很大的提高, 适合于多轴控制、高进给控制、高精度、高效率的数控要求。

多微处理器结构 CNC 装置的系统组成框图如图 3-31 所示, 它一般由下面几种功能模块组成:

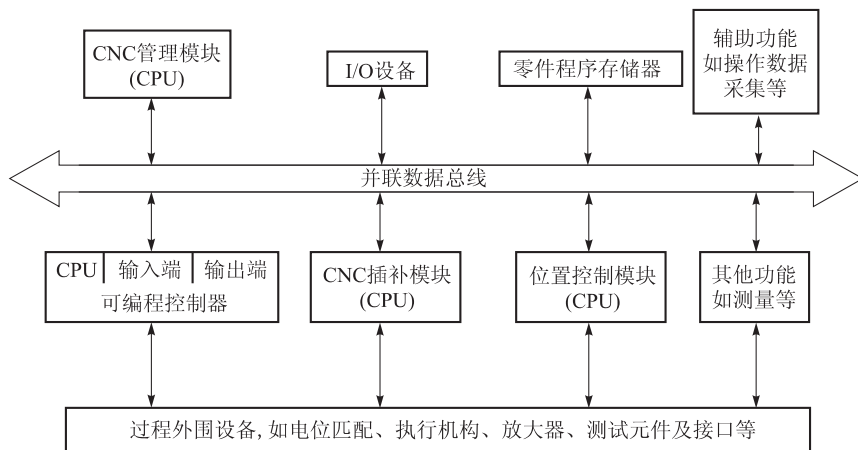


图 3-31 多微处理器结构 CNC 装置结构框图

(1) CNC 管理模块。用来管理和组织整个 CNC 系统的工作, 主要包括系统的初始化中断管理、总线仲裁、系统出错识别和处理、系统软硬件诊断等功能。

(2) CNC 插补模块。用来完成零件程序的译码、刀具半径补偿、坐标位移量计算、进给速度处理等, 按规定的插补类型进行插补计算, 为各坐标轴提供位置给定值。

(3) PLC 模块。零件程序中的开关功能和由机床来的信号在这个模块中做逻辑处理, 实现各功能和操作方式之间的连锁、机床电气设备的启与停、刀具变换、转台分度、工件数量和运转时间的计数等。

(4) 位置控制模块。插补后的坐标位置给定值与位置检测器测得的位置实际值进行比较, 进行自动加减速回基准点, 伺服系统滞后量的监视和漂移补偿, 最后得到速度控制的模拟电压, 去驱动进给电机。

(5) 操作控制数据输入输出和显示模块。零件程序、参数和数据, 各种操作命令的输入 (如通过纸带阅读机、键盘, 或上级计算机等)、输出 (如通过穿孔机、打印机), 以及显示 (如通过 CRT 等) 所需要的各种接口电路。

(6) 存储器模块。这是程序和数据的主存储器, 或是功能模块间数据传送用的共享存储器。

4. 多微处理器 CNC 装置的共享总线结构

如图 3-32 所示, 在共享总线结构中, 是将带 CPU 或 DMA 的模块, 即主模块直接挂在共享总线上。在系统中只有主模块有权使用系统总线。由于某一时刻只能由一个主模块占有总线, 设由总线仲裁器来解决多个主要模块的同时请求使用总线造成的竞争矛盾,

每个主模块按其承担任务的重要程度，已预先排好优先级别的顺序。总线仲裁的目的，就是在它们征用总线时，判别各模块的优先权。这种结构配置灵活，结构简单，无源总线造价低，因此经常被采用。缺点是会引起竞争，使信息传输率降低，总线一旦出现故障，会影响全局。

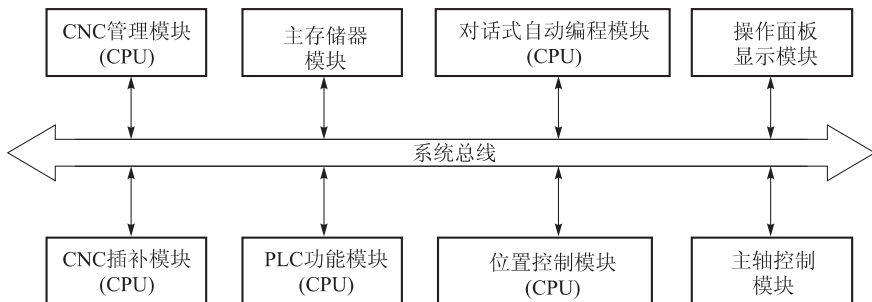


图 3-32 多微处理器共享总线结构图

5. 多微处理器 CNC 装置的存储器

多微处理器 CNC 装置采用多端口存储器来实现多微处理器之间的互联和通讯，即数据交换，每个端口都配备有一套数据、地址和控制线，以供端口访问，由专门的多端口控制逻辑电路解决访问的冲突问题。当微处理器数量增多时，往往会由于争用共享而造成信息传输的阻塞，降低系统效率，因此这种结构功能扩展比较困难。

(1) CPU1 为中央处理器，其任务是数控程序的编程、译码，以及刀具和机床参数的输入。

(2) CPU2 为插补处理器，插补控制程序。

(3) CPU4 为 CRT 显示处理器，它的任务是根据 CPU1 的指令和显示数据，在显示缓冲区中组成一幅画面数据，通过 CRT 控制器，字符发生器和移位寄存器，将显示的数据送到视频电路进行显示。

(4) 共享存储器是通过 CPU1 分别向 CPU2 和 CPU4 发送总线请求时保持信号 HOLD，才被占用的。

6. 微处理器数控装置的特点

(1) 计算处理速度高。多微处理器结构中，每一个处理器完成系统中指定的一部分功能，独立执行程序，并行运行，比单微处理器提高了计算处理速度。它能满足多轴控制、高进给速度、高精度、高效率的数控要求。由于系统共享资源，性能价格比也较高。

(2) 可靠性高。由于系统中每个微处理器分管各自的任务，形成若干模块。因此，插件模块更换方便，可使故障对系统影响减到最小。共享资源省去了重复机构，不但降低造价，也提高了可靠性。

（3）有良好的适应性和扩展性。多微处理器的 CNC 装置大都采用模块化结构。这样可将微处理器、存储器、输入/输出控制组成独立的微型计算机级的硬件模块，相应的软件也是模块结构，固化在硬件模块中。硬软件模块形成一个特定的功能单元，称为功能模块。功能模块间有明确定义的接口，接口是固定的，成为工厂标准或工业标准，彼此可以进行信息交换。于是可以积木式组成 CNC 装置，使设计简单，有良好的适应性和扩展性。

（4）硬件易于组织规模生产。一般硬件是通用的，容易配置，只要开发新的软件就可构成不同的 CNC 装置，便于组织规模生产，保证质量，形成批量。

当控制功能不十分复杂时，多采用单微处理器结构的 CNC 装置，早期的 CNC 装置都是采用单微处理器结构。现代 CNC 装置多采用多微处理器结构，以满足高速化、复合化、智能化、系统化的要求。

3.2.2 CNC 的软件结构

CNC 装置是由硬件和软件组成的。硬件为软件提供了一个支持环境，在系统软件的作用下，CNC 装置对输入的程序进行处理并发出相应的控制命令。CNC 软件设计成不同的结构形式。不同的软件结构，对各项任务的安排方式不同，管理方式也不同。CNC 装置的系统软件包括两大部分：管理软件和控制软件。管理软件包括：输入、I/O 处理、通讯、显示、诊断和加工程序的编制管理软件。控制软件包括：译码、刀具补偿、速度处理、插补和位置控制等。

1. CNC 装置的控制流程

数控加工是个位置控制装置，它由 CNC 装置根据零件加工程序控制数控机床自动完成的。工作时，根据输入数据插补出理想的运动轨迹，输出到执行部件，加工出所需要的零件。CNC 装置控制机床所需要的各种控制指令、参数及加工数据通过输入设备送入 CNC 装置的存储器中。加工时再从存储器中调出进行译码。译码后分成两路：低速辅助信息（主要用于实现 M、S、T 功能）通过 PLC 处理，输出；高速轨迹信息通过预处理（包括刀具补偿处理和进给速度处理），插补和位置控制，控制伺服系统实现坐标轴的协同移动。如图 3-33 所示为输入过程。

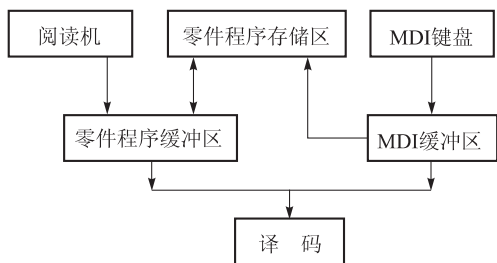


图 3-33 输入过程

（1）输入。数控加工所需要的零件加工程序通常从键盘或光电阅读机输入。现代 CNC 系统也可以通过通信接口由上位计算机或其他设备输入。从键盘或光电阅读机输入零件加工程序由 CNC 装置中的输入程序来完成。输入程序主要完成两项任务：一是从键盘或光电阅读机将零件加工程序输入到零件程序存储器中；二是将零件程序存储器中的零件加工程序送

入缓冲器中,以便进行后续处理。

当从键盘输入零件加工程序时,零件加工程序从键盘经 MDI 缓冲器进入零件程序存储器。当从光电阅读机输入零件加工程序时,零件加工程序从光电阅读机经零件程序缓冲器进入零件程序存储器。零件加工程序从键盘送到 MDI 缓冲器由键盘中断服务程序完成,从光电阅读机送到零件程序缓冲器由光电阅读机中断服务程序完成。零件程序进入缓冲器后,再在输入程序控制下进入零件程序存储器。在调用或编辑零件加工程序时,根据调用命令中指定的程序名查阅目录表。查不到则给出错误信息。查到则将该零件加工程序的起始地址和终止地址取出,存放在指定单元,然后逐段取出,直到将该零件加工程序取完为止。

(2) 译码。译码即是将零件加工程序转换为 CNC 装置能够接受的代码。译码处理总是以程序段为单位进行的。将零件加工程序按程序段划分,并按照一定语法规则对每个程序段中的各种零件轮廓信息(如起点、终点、直线还是圆弧等)、速度信息(F 代码)和其他辅助信息(M、S、T 代码)等进行解释,再将解释后生成的目标代码以一定的数据格式存储在指定的存储区。在译码过程中,还要完成对程序段的语法检查。发现语法错误立即报警。

译码本身包括对零件加工程序的整理和存放。常用以下两种方法:

① 不按字符格式的整理与存放。零件加工程序经译码,去掉程序段序号,每个程序段数据均以 LF 或 CR 开头和结尾。程序段中各功能字 G、M、S、T 用特征码进行换码,换码后的特征码与原标准编码不一定一致。对以 X、Y、Z、I、J、K 开头的尺寸字,以及以 F 开头的速度字将不保留地址符,将尺寸及速度数据转换成二进制数后按固定格式存放。存放顺序依次为 X、Y、Z、I、J、K、F。无数则填“0”。每个尺寸字占用的字符常数由可能输入的最大尺寸的位数确定。

② 保留字符格式的整理与存放。采用这种方法,在零件加工程序输入时,只对字符换码,暂不进行十翻二运算及格式整理。这给程序段检索及程序编辑带来方便,输出零件加工程序只要进行反换码即可。但这种整理方法使各程序段之间及各尺寸字之间差别较大,若对其直接进行处理和解释执行,将使解释、区分的程序变得复杂。因此,实际应用中常通过编辑将零件加工程序转换成一种标准的固定格式。在编辑过程中,将零件程序存储器中已换码字符逐个取出,识别后将序号字和功能字后的数字进行拼装,按图中的预定单元存放。其中尺寸字、速度字和暂停时间要进行十翻二运算。

(3) 预处理。预处理是插补运算前的预备处理。在预处理中,对译码生成的目标代码进行刀具补偿处理和进给速度处理。刀具补偿包括刀具长度补偿和刀具半径补偿。经过刀具补偿处理后,零件轮廓轨迹转换成了刀具中心轨迹。中、高档 CNC 装置都带有 C 刀具补偿功能,能够自动进行程序段之间的转接处理,进行过切判别。进给速度处理包括:

- ① 根据程序给出的坐标合成速度计算出各运动坐标方向的分速度。
- ② 根据机床允许的最低速度和最高速度进行限速处理。

预处理所用时间的长短是 CNC 装置的重要性能指标之一,它在相当程度上决定了最小

分辨率下所能达到的最高加工速度。对于经济型 CNC 装置,为了提高最小分辨率下的加工速度,可以把预处理放到自动加工之前进行,即将预处理与插补、位置控制分开,使其不与插补、位置控制争时间。

(4) 插补。插补是在一条已知起点和终点的曲线上进行数据点的密化。插补算法是机床数控技术中的一个基本问题。为了满足数控机床在实时控制中快速性和精确性的双重要求,采用一种既简单又精确的插补算法是十分重要的。目前常用的插补算法有两种:以脉冲形式输出的脉冲增量法和以数字形式输出的数字增量法。

① 位置控制。在闭环(半闭环)的 CNC 系统中,位置控制由 CNC 装置中的位置环来完成。位置环还包括有速度环和电流环。传统的 CNC 系统,其速度环和电流环在伺服放大器中闭合。现代 CNC 系统的位置环、速度环和电流环均在 CNC 装置(计算机)内闭合,即所谓的全数字式伺服控制。在位置控制中,通常还要完成位置回路的增益调整,各坐标方向的螺距误差补偿和反向间隙补偿等。

② I/O 处理。I/O 处理即是利用 PLC 程序对 CNC 装置与机床之间的信号输入、输出进行逻辑处理和控制在。

③ 显示。现代 CNC 装置多采用 CRT 或 LCD 作为显示工具。可以显示零件加工程序、参数、刀具位置、机床状态、故障信息、加工轨迹的静态和动态图形。利用显示器的软键和软件菜单不仅简化了操作,而且也丰富了操作内容。可以利用显示器和编辑键盘直接进行人机对话编程,可以对零件加工程序进行仿真,判断是否会出现加工干涉现象。总之,采用 CRT 或 LCD 进行显示使 CNC 装置的面目为之一新。

④ 诊断。现代 CNC 装置都具有比较完善的诊断功能。一般有 3 种类型的诊断:启动诊断、在线诊断和离线诊断。

启动诊断是指从系统通电至进入正常的运行准备状态一段时间内,CNC 装置内部诊断程序自动执行的诊断。通常对 CPU、存储器、I/O 接口等电路板或模块、CRT/MDI 单元、软驱、阅读机等外设一些硬件进行诊断。有的启动诊断程序还对硬件配置进行诊断,检查设备、模块间的连接是否正常,一些重要芯片是否插装到位,规格型号是否正确等。

在线诊断也称后台诊断(Background Diagnostics),是指通过 CNC 装置内装诊断程序在准备和循环运行状态期间,对 CNC 装置本身及与其连接的外部设备、伺服系统等执行的自动诊断。包括输入数据、程序错误的检测;操作差错的检测;与伺服系统、电动机有关的故障检测;超程检测;电路板间连接故障的检测;机内超温检测;动态 RAM 的电池电压监测等。

离线诊断多在 CNC 装置因故障停机后进行。离线诊断一般由经过专门训练的人员,借助于模拟操作面板、测试用的计算机、逻辑分析仪以及专用的工程师面板、便携式测试仪器等,对 CNC 装置进行检查,以便查明故障原因,精确确定故障部位。离线诊断所用软件由 CNC 装置设计、制造及维修部门开发。软件的存储及使用方法各不相同。有的只在做离线

诊断时才将专用的诊断程序读入 CNC 装置中运行；有的则将诊断程序与 CNC 装置控制软件一起存入 CNC 装置中，维修人员可随时调用诊断程序并使之运行。

离线诊断还可以采用远程通信的方式进行。当用户的 CNC 装置出现故障时，将 CNC 装置通过电话线与远程通信诊断中心的计算机相连，由诊断中心计算机向用户 CNC 装置发送诊断程序，同时收集测试数据，分析并确定故障所在，将诊断结论和处理方法通知用户。

2. CNC 装置的软件结构

在 CNC 软件的设计中，必须考虑 CNC 装置的实时、多任务、并行处理等特点。一般而言，软件结构首先要受到硬件的限制。当然，软件结构亦有其独立性，对于同样的硬件结构，可以配备不同结构的软件。数控系统是一个实时的计算机控制系统，其数控的基本功能是由各种功能子程序实现的。例如译码子程序、刀具半径补偿子程序、插补子程序、伺服控制子程序等。这是任何一个数控系统所必须具备的。CNC 软件可以设计成不同的结构形式。不同的软件结构，对各项任务的安排方式不同，管理方式也不同。常见的 CNC 软件结构有前后台式软件结构和中断式软件结构。

（1）前后台式软件结构。前后台型的软件结构就是将数控系统的整个控制软件分前台程序和后台程序。前台程序是一个实时中断服务程序，实现插补、位置控制及机床开关逻辑控制等实时功能，后台程序又称背景程序，是一个循环运行程序，实现数控加工程序的输入和预处理（预译码，刀补计算和速度计算等数据处理）以及管理的各项任务。前台程序和后台程序相应配合完成整个控制任务。后台程序是数控系统的主程序，主要功能是根据（控制面板上的）开关命令所确定的系统工作方式，进行任务的调度，来实现输入译码、数据处理及管理等功能，它是一个循环运行程序，它由 3 个主要的程序环所组成（即加工程序编辑服务程序，自动循环服务程序，手动操作服务程序），以便为键盘、单段、自动和手动四种工作方式服务。前后台式软件总体框图如图 3-34。

前后台软件结构的特点是：前台程序是一个中断服务程序，用以完成全部的实时功能；后台程序是一个循环运行程序，管理软件和插补准备在这里完成。后台程序运行时，实时中断程序不断插入，前后台程序相配合，共同完成零件的加工任务。前后台结构的缺点是：程序模块间依赖关系复杂，功能扩展困难，程序运行时资源不能合理协调。

（2）中断式软件结构。中断式软件结构没有前后台之分。中断型软件结构的特点是：除初始化程序外，整个系统软件、各任务模块分别安排在不同级别的中断服务程序中，即整个软件就是一个庞大的中断系统，其管理功能主要是通过各级中断服务程序之间的相互通讯来完成的。优先级高的程序可以中断优先级低的程序，系统软件本身就是一个大的多重中断系统。各级中断功能表如表 3-1 所示。

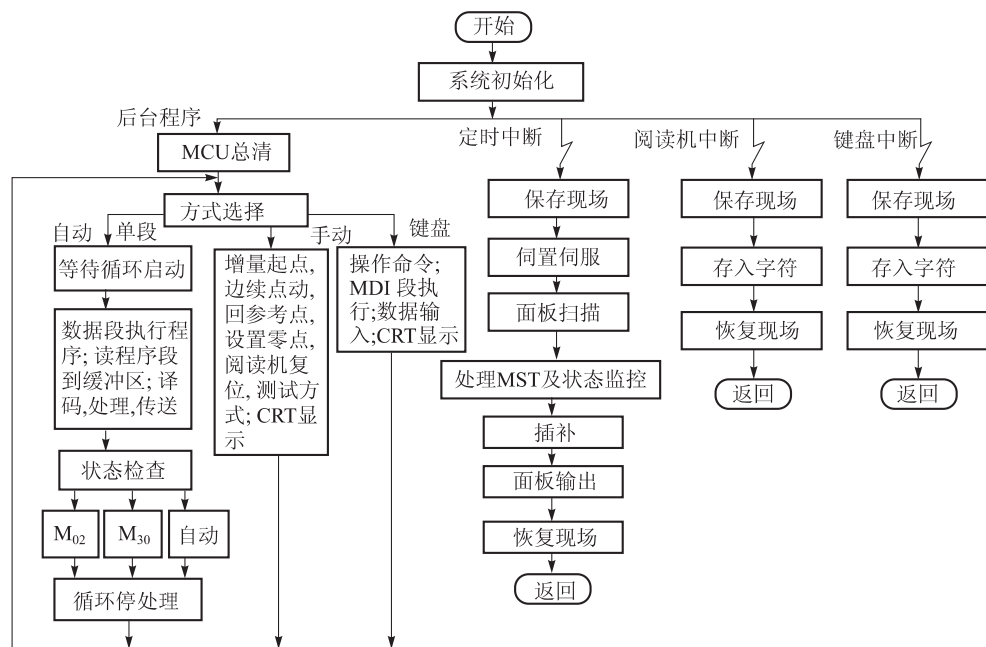


图 3-34 前后台式软件总体框图

表 3-1 各级中断功能表

优先级	主要功能	中断源
0	初始化	开机后进入
1	CRT 显示, ROM 奇偶校验	硬件, 主程序
2	工作方式选择	软件, 16 ms 定时
3	PLC 控制	软件, 16 ms 定时
4	参数、变量、数据存储器控制	硬件
5	插补运算	软件, 8 ms 定时
6	监控及急停信号	软件, 2 ms 定时
7	键盘输入	硬件, 随机
8	光电阅读机	硬件, 随机
9	报警	串行传送报警
10	ROM 校验, 电源断开	非屏蔽中断

在多 CPU 的数控系统中,各 CPU 分别承担一定的任务,因而具有很高的并行处理能力,它们之间的通讯依靠共享总线或共享存储器进行协调。其中的单个 CPU 仍然采用前后台型或中断型软件结构,如果单个 CPU 承担的任务比较单一,该 CPU 的软件也许只是循环往复式的结构,顺序执行程序。

3.3 计算机数控装置的接口

计算机数控装置(以下称数控装置)的接口是数控装置与数控系统的功能部件(主轴模块、进给伺服模块、PLC 模块等)和机床进行信息传递、交换和控制的端口,称之为接口。接口在数控系统中占有重要的位置。不同功能模块与数控系统相连接,采用与其相应的输入/输出(I/O)接口。

数控装置与数控系统各个功能模块和机床之间的来往信息和控制信息,不能直接连接,而要再过 I/O 接口电路连接起来,该接口电路的主要任务是:

① 进行电平转换和功率放大。因为一般数控装置的信号是 TTL 逻辑电路产生的电平,而控制机床的信号则不一定是 TTL 电平,且负载较大,因此,要进行必要的信号电平转换和功率放大。

② 提高数控装置的抗干扰性能,防止外界的电磁干扰噪声而引起误动作。接口采用光电耦合器件或继电器,避免信号的直接连接。

③ 输入接口接收机床操作面板的各开关信号、按钮信号、机床上的各种限位开关信号及数控系统各个功能模块的运行状态信号,若输入的是触点输入信号,要消除其振动。

④ 输出接口是各种机床工作状态灯的信息送至机床操作面板上显示,将控制机床辅助动作信号送至可控电柜,从而控制机床主轴单元、刀库单元、液压单元、冷却单元等的继电器和接触器。

如图 3-35(a)、(b)所示是 FANUC Oi 以及华中世纪星数控装置的连接示意图。

以国产华中世纪星 HNC-21 数控系统为例,介绍数控装置接口及连接。华中“世纪星”HNC-21 系列数控单元(HNC-21T、HNC-21M)采用先进的开放式体系结构,内置嵌入式工业 PC 机,配置 7.5' 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、铣小型加工中心。



图 3-35 FANUC Oi、华中世纪星数控系统连接示意图

(a) FANUC Oi 数控系统连接示意图；(b) 华中世纪星数控系统连接示意图

1. HNC-21 的数控设备的结构框图（图 3-36）

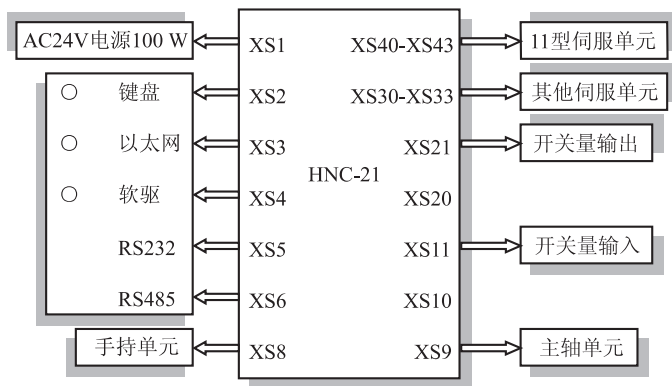


图 3-36 HNC-21 的数控设备的结构框图

2. HNC-21 的数控设备的接线示意图 (图 3-37)

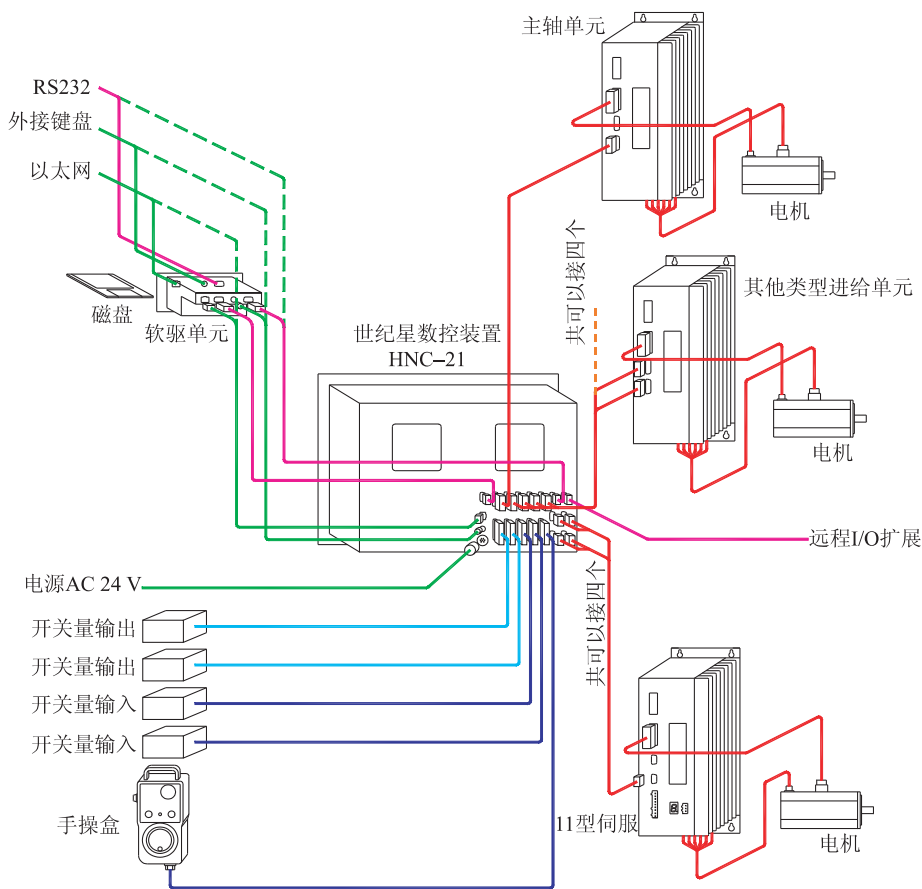


图 3-37 HNC-21 的数控设备的接线示意图

3. 华中世纪星 HNC-21 数控装置的接口

HNC-21 数控单元的所有接口如图 3-38 所示。

- (1) 电源接口：XS1，其管脚如图 3-39，引脚分配如表 3-2。
- (2) PC 键盘口：XS2，其管脚如图 3-40，引脚分配见表 3-3。
- (3) 以太网口：XS3，其管脚如图 3-41，引脚分配见表 3-4。
- (4) 软驱：XS4，其管脚如图 3-42，引脚分配见表 3-5。
- (5) RS232：XS5（DB9 头孔座针），其管脚如图 3-43，引脚分配见表 3-6。
- (6) 远程 I/O 接口：XS6，其管脚如图 3-44，引脚分配见表 3-7。

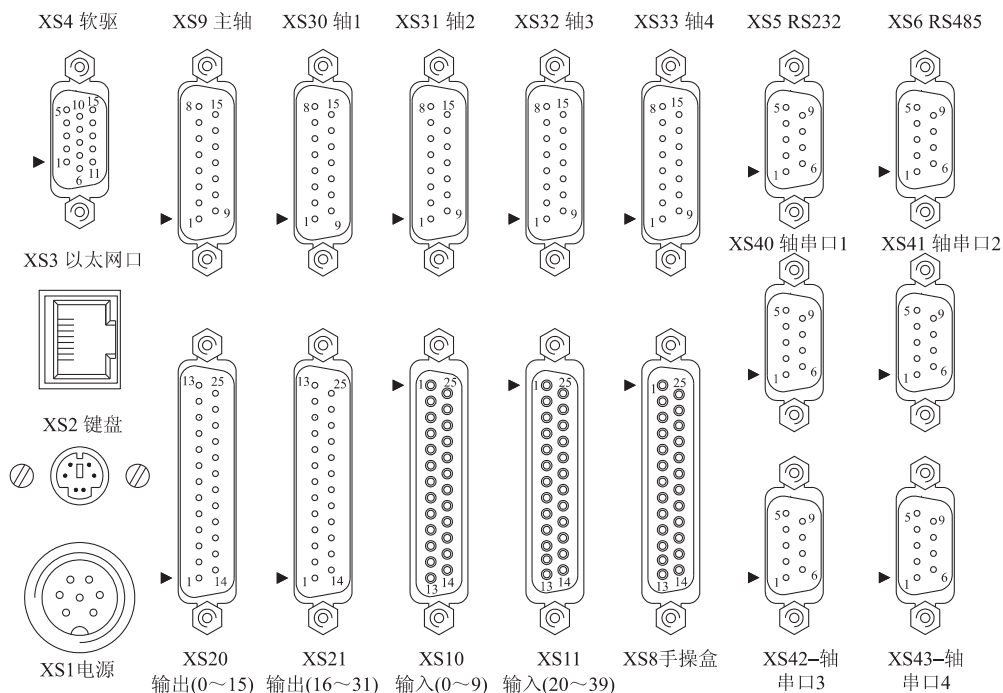


图 3-38 HNC-21 数控单元的所有接口

表 3-2 XS1 引脚分配

引脚号	信号名	说 明
1, 2	AC24V1	交流 24 V 电源
3	空	
4, 5	AC24V2	交流 24 V 电源
6	PE	地

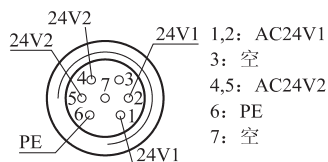


图 3-39 XS1 管脚图

表 3-3 XS2 引脚分配

引脚号	信号名	说 明
1	DATA	数据
2	空	
3	GND	电源地
4	VCC	电源
5	CLOCK	时钟
6	空	

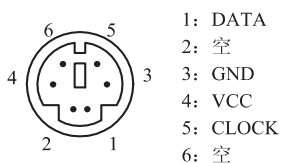


图 3-40 XS2 管脚图

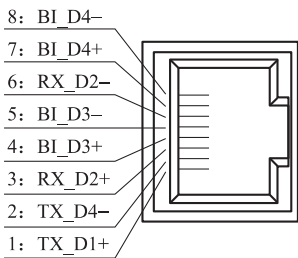


图 3-41 XS3 管脚图

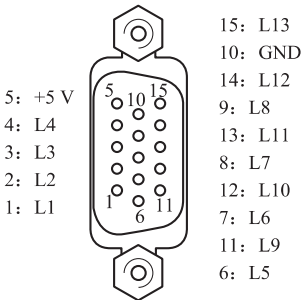


图 3-42 XS4 管脚图

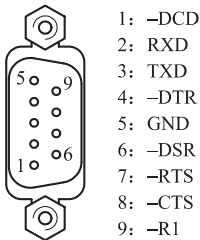


图 3-43 XS5 管脚图

表 3-4 XS3 引脚分配

引脚号	信号名	说 明
1	TX_D1 +	发送数据
2	TX_D1 -	发送数据
3	RX_D2 +	接收数据
4	BI_D3 +	空置
5	BI_D3 -	空置
6	RX_D2 -	接收数据
7	BI_D4 +	空置
8	BI_D4 -	空置

表 3-5 XS4 引脚分配

引脚号	信号名	说 明
1	L1	减小写电流
2	L2	驱动器选择 A
3	L3	写数据
4	L4	写保护
5	+5 V	驱动器电源
6	L5	驱动器 A 允许
7	L6	步进
8	L7	0 磁道
9	L8	盘面选择
10	GND	驱动器电源地、信号地
11	L9	索引
12	L10	方向
13	L11	写允许
14	L12	读数据
15	L13	更换磁盘

表 3-6 RS232XS5 引脚分配

引脚号	信号名	说 明
1	- DCD	载波检测
2	RXD	接收数据
3	TXD	发送数据
4	- DTR	数据终端准备好
5	GND	信号地
6	- DSR	数据装置准备好
7	- RTS	请求发送
8	- CTS	准许发送
9	- R1	振零指示

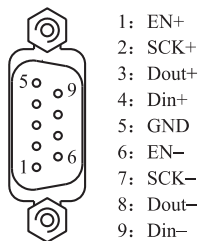


图 3-44 XS6 管脚图

表 3-7 XS6 引脚分配

引脚号	信号名	说 明
1	EN +	使能
2	SCK +	时钟
3	Dout +	数据输出
4	Din +	数据输入
5	GND	地
6	EN -	使能
7	SCK -	时钟
8	Dout -	数据输出
9	Din -	数据输入

（7）手持单元接口：XS8，其管脚如图 3-45，引脚分配见表 3-8。

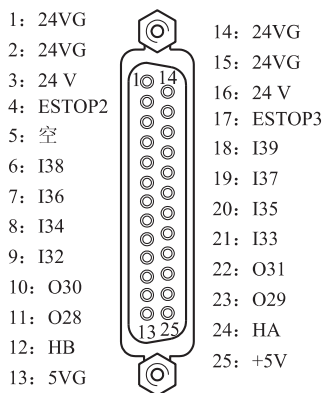


图 3-45 XS8 管脚图

表 3-8 XS8 引脚分配

信号名	说 明
24 V、24 VG	DC24 V 电源输出
ESTOP2、ESTOP3	手持单元急停按钮
I32 ~ I39	手持单元输入开关量
O28 ~ O31	手持单元输出开关量
HA	手摇 A 相
HB	手摇 B 相
+5 V、5 VG	手摇 DC5V 电源

（8）主轴控制接口：XS9，其管脚如图 3-46，引脚分配见表 3-9。

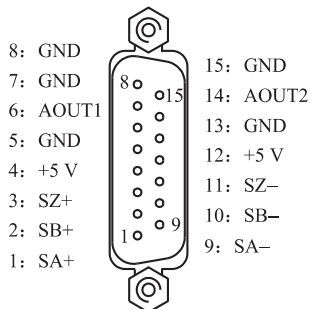


图 3-46 XS9 管脚图

表 3-9 XS9 引脚分配

信号名	说 明
SA +、SA -	主轴码盘 A 相位反馈信号
SB +、SB -	主轴码盘 B 相位反馈信号
SZ +、SZ -	主轴码盘 Z 脉冲反馈
+5 V、GND	DC5V 电源
AOUT1、AOUT2	主轴模拟量指令输出
GND	模拟量输出地

（9）开关量输入输出接口：XS10/XS11，XS20/XS21 其管脚如图 3 - 47，引脚分配见表 3 - 10。

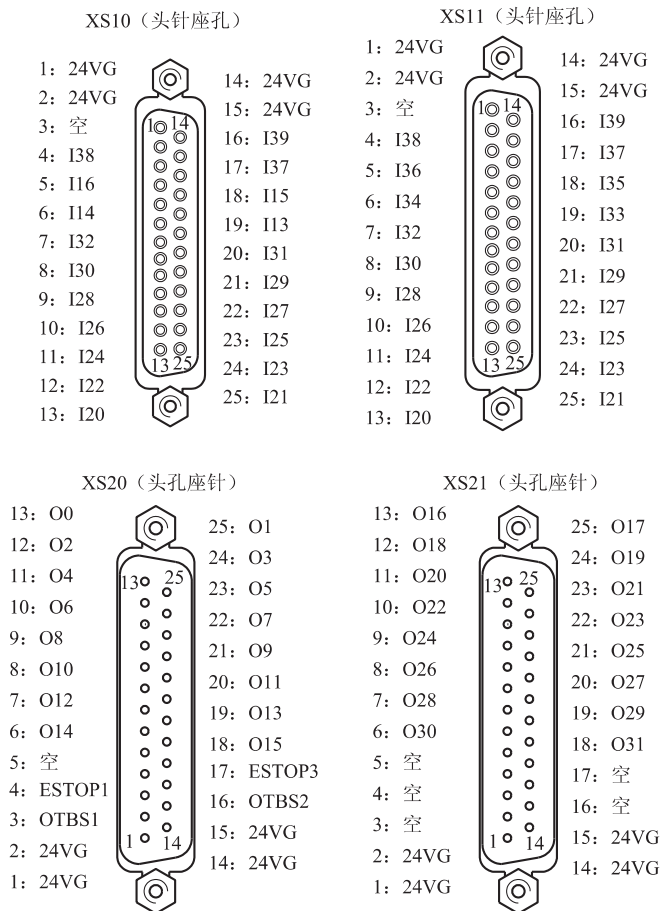


图 3 - 47 XS10/XS11，XS20/XS21 管脚图

表 3 - 10 XS10/XS11，XS20/XS21 引脚分配

信号名	说 明	信号名	说 明
24 VG	外部开关量 DC24V 电源地	ESTOP1 ESTOP3	急停按钮
I0 ~ I39	输入开关量	OTBS1 OTBS2	超程解除按钮
O0 ~ O31	输出开关量		