
步进电机、伺服电机在自动生产线中的应用

一、步进电动机控制原理分析

步进电动机是一种专门用于位置和速度精确控制的特种电动机，由于其工作原理易学易用，成本低、电动机和驱动器不易损坏，近年来在各行各业的控制设备中获得了越来越广泛的应用，图5-3为步进电动机外形图。



图5-3 步进电动机外形图

一、步进电动机控制原理分析

步进电动机是一种将电脉冲信号转化为角位移的开环控制元件。当步进驱动器接受到一个脉冲信号时，它就驱动步进电动机按设定的方向转动一个固定的角度（称为步距角），它的旋转是以固定的角度一步一步运行的。其输出的角位移与输入的脉冲数成正比，可以通过控制脉冲个数来控制角位移量，从而达到准确定位的目的；同时可以通过控制脉冲频率来控制电动机转动的速度和加速度，从而达到调速的目的。

步进电动机的相数是指电动机内部的线圈组数，目前常用的有二相、三相、四相、五相步进电动机。电动机相数不同，其步距角也不同，一般二相电动机的步距角为 $0.9^\circ/1.8^\circ$ 、三相的为 $0.75^\circ/1.5^\circ$ 、五相的为 $0.36^\circ/0.72^\circ$ 。

一、步进电动机控制原理分析

1、步进电动机的工作方式。本项目以三相步进电机来说明其工作方式。步进电动机工作时以电脉冲信号向**A、B、C**三相控制绕组轮流通过电流，转子就向一个方向一步一步地转动。定子绕组每改变一次通电方式，步进电动机就走一步，称其为**一拍**。如果每拍只有一相绕组通电，称为**“单”**通电；如果每拍同时有两相绕组通电，称为**“双”**通电。三相步进电动机的工作方式有以下三种：

(1) 三相单三拍方式：三相步进电动机如果按**A-B-C-A**方式循环通电工作，就称这种工作方式为单三拍工作方式。“三拍”是定子三相绕组绕组需经过三次切换才能完成一个循环。若通电顺序**A-B-C-A**为电动机正转，则**A-C-B-A**为反转。

(2) 三相双三拍方式：三相步进电动机通电顺序**AB-BC-CA**若为正转，则**BA-AC-CB**为反转。

(3) 三相单双六拍方式：三相步进电动机通电顺序：**A-~~AB-B-BC-C-CA~~**若为正转，则**~~CA-C-BC-B-AB-A~~**为反转。

一、步进电动机控制原理分析

2、转速控制。以单三拍的工作方式为例，必须使脉冲发生器输出周期为 T 的三个控制脉冲信号 Y_0 、 Y_1 、 Y_2 按照单三拍的通电方式接通，其接通顺序如图5-4所示：

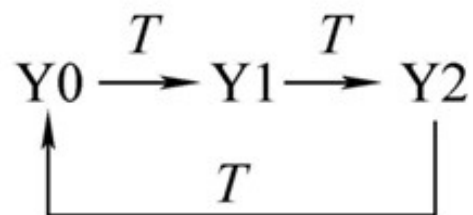


图 5-4 三个控制脉冲信号的接通顺序

该过程对应于三相步进电机的通电顺序如图 5-5 所示：

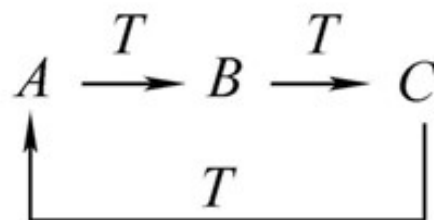


图 5-5 三相步进电机的通电顺序

选择不同的脉冲周期 T ，可以获得不同频率的控制脉冲，实现对步进电动机的调速。

一、步进电动机控制原理分析

3、正反转控制。通过调换相序，即改变Y0、Y1和Y2接通的顺序，以实现步进电动机的正、反转控制，如图5-6所示。

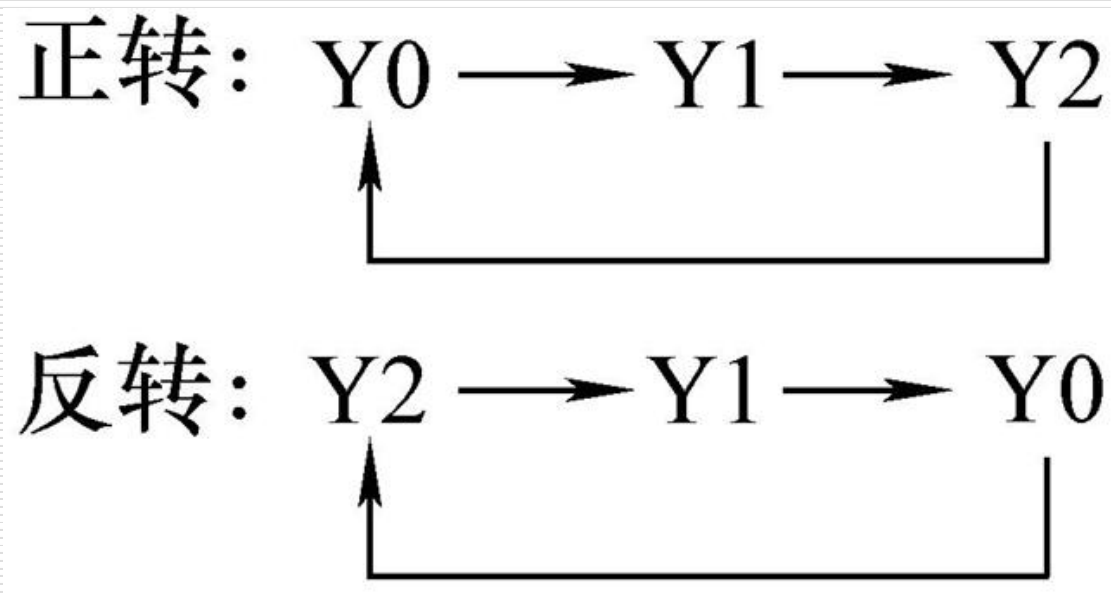


图5-6 三相步进电机正反转控制

4、步数控制。通过脉冲计数器，控制脉冲的个数，实现对步进电动机步数的控制。

二、步进电机的控制

在工业应用中，一个步进电机控制系统通常由控制器、步进电机驱动器和步进电机三部分组成。控制器可以是PLC、单片机和定位模块，其主要作用是产生脉冲和方向信号。FX2N系列PLC（晶体管输出型）可通过特定的输出口（Y000、Y001）输出指定频率及数量的脉冲串。步进电机驱动器的主要作用是将接收到的脉冲信号依一定的规律分配给电动机的各个绕组和将脉冲信号进行功率放大，从而控制每一相的绕组是否得电。

1、脉冲输出指令PLSY

脉冲输出指令PLSY的助记符、操作数等指令属性如表5-1所示。

表 5-1 PLSY 指令的属性

指令名称	助记符	功能号	操作数		
			[S1.]	[S2.]	[D.]
脉冲输出	PLSY	FNC57	K、H、KnX、KnY、 KnM、KnS、T、C、 D、V、Z	K、H、KnX、KnY、 KnM、KnS、T、C、 D、V、Z	Y000、Y001

二、步进电机的控制

PLSY指令是以指定的频率，产生定量脉冲的指令，PLSY指令的使用说明如图5-7所示

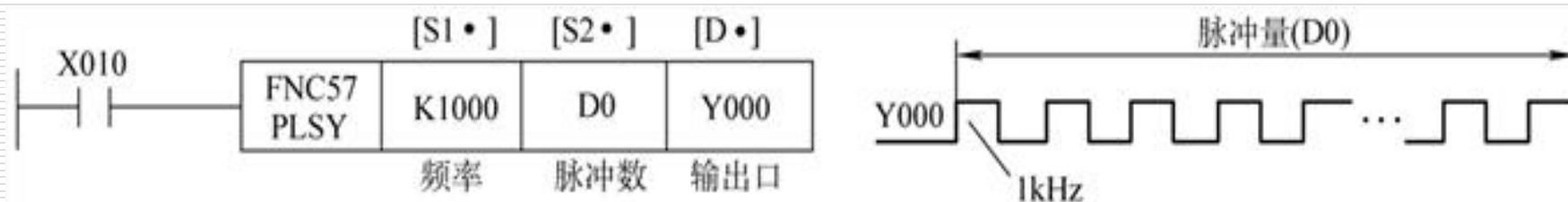


图5-7 PLSY指令的使用说明

图5-7中源操作数[S1.]指定频率值，范围为2~20KHz（FX2N机型），在指令执行中更改[S1.]的内容，输出频率也随之发生改变。源操作数[S2.]指定产生的脉冲量，范围为1~32767（16位指令）或1~2147483647（32位指令），将该值指定为0时，则对产生的脉冲不作限制，在指令执行中更改[S2.]的内容，将从下一个指令驱动开始执行时变更内容。[D.]用以指定输出脉冲的输出端口号（仅限于晶体管型机Y000或Y001有效），输出脉冲的高低电平各占50%。

当X010为ON时，执行脉冲输出指令。当X010中途变为OFF时，脉冲输出中止，当X010再次为ON时，重新从零开始输出。设定脉冲量输出结束时，指令执行结束标志M8029置1。

二、步进电机的控制

2、步进电动机驱动器

步进电动机驱动器是与步进电动机配套使用的一种装置，它是按照控制器发来的脉冲/方向指令对步进电动机线圈进行控制，从而控制电动机转轴的位置和速度。步进电动机驱动器接收的外部信号有脉冲信号（**CP**，或称**PU**）和方向信号

（**DIR**），另外步进电机在停止时，通常有一相得电，电机的转子被锁住，所以当需要转子松开时，应该使用脱机信号

（**FREE**，或称**EN**）。图5-8为步进电动机驱动器外形，图5-9为步进电动机、步进电动机驱动器和PLC间的连接图。



二、步进电机的控制

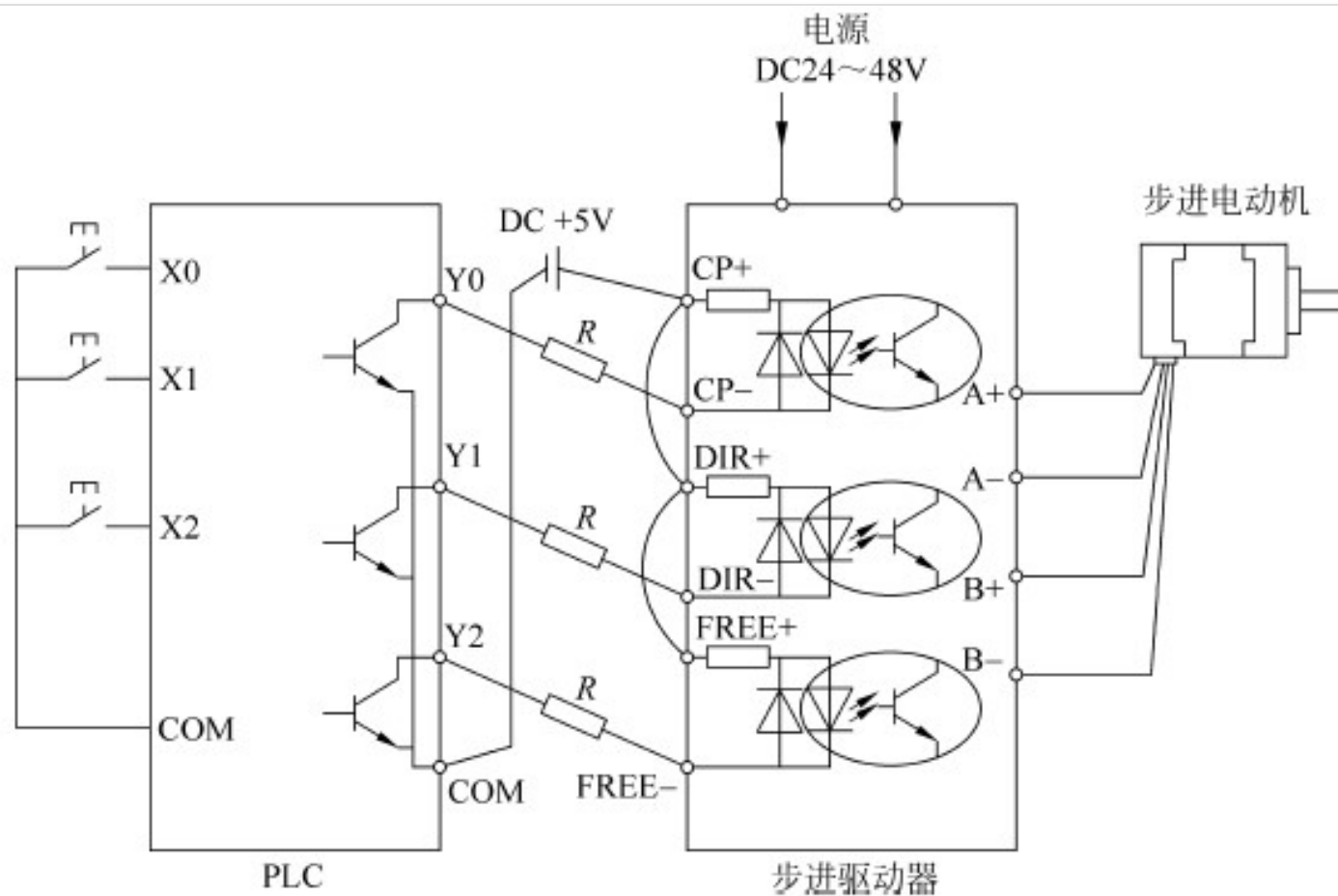


图5-9 步进电动机、步进电动机驱动器和PLC间的连接图

二、步进电机的控制

图5-9中，各控制信号的含义如下：

CP+（或PU+）：步进脉冲信号输入正端；

CP-（或PU-：步进脉冲信号输入负端；

DIR+：步进方向信号输入正端；

DIR-：步进方向信号输入负端；

FREE+：脱机使能信号输入正端；

FREE-：脱机使能信号输入负端；

电源DC24V~48V为驱动器的工作电源；

DC+5V为控制信号回路电源，该回路电源电压也可为12V、24V；R为限流电阻，当控制信号回路电源电压不同时，R值的大小也不同。一般的，当电压为5V时，R可以短接；当电压为24V是，R为2K。

二、步进电机的控制

为了提高步进电动机控制的精度，现在的步进电动机驱动器都有细分的功能。所谓细分，就是通过驱动器中电路的方法把步距角减少。比如把步进电动机驱动器**5**细分，假设原来步距角为**1.8°**，那么**5**细分后，步距角就是**0.36°**。也就是原来一步可以走完的，设置成细分后需要走**5**步，一方面可以提高控制精度，另一方面可以使步进电动机运行更加平稳。驱动器细分是通过驱动器上的**DIP**开关来设置的，具体设置方法可见驱动器上面的细分设置表。

二、步进电机的控制

3、应用案例

利用PLC作为上位机，控制步进电动机按一定的角度旋转。控制要求为：按下起动按钮，步进电动机顺时针转2周，停5s；逆时针转1周，停2s；如此循环进行，按下停止按钮，电动机马上停止（电动机的轴锁住）。按下脱机按钮，电动机的轴松开。

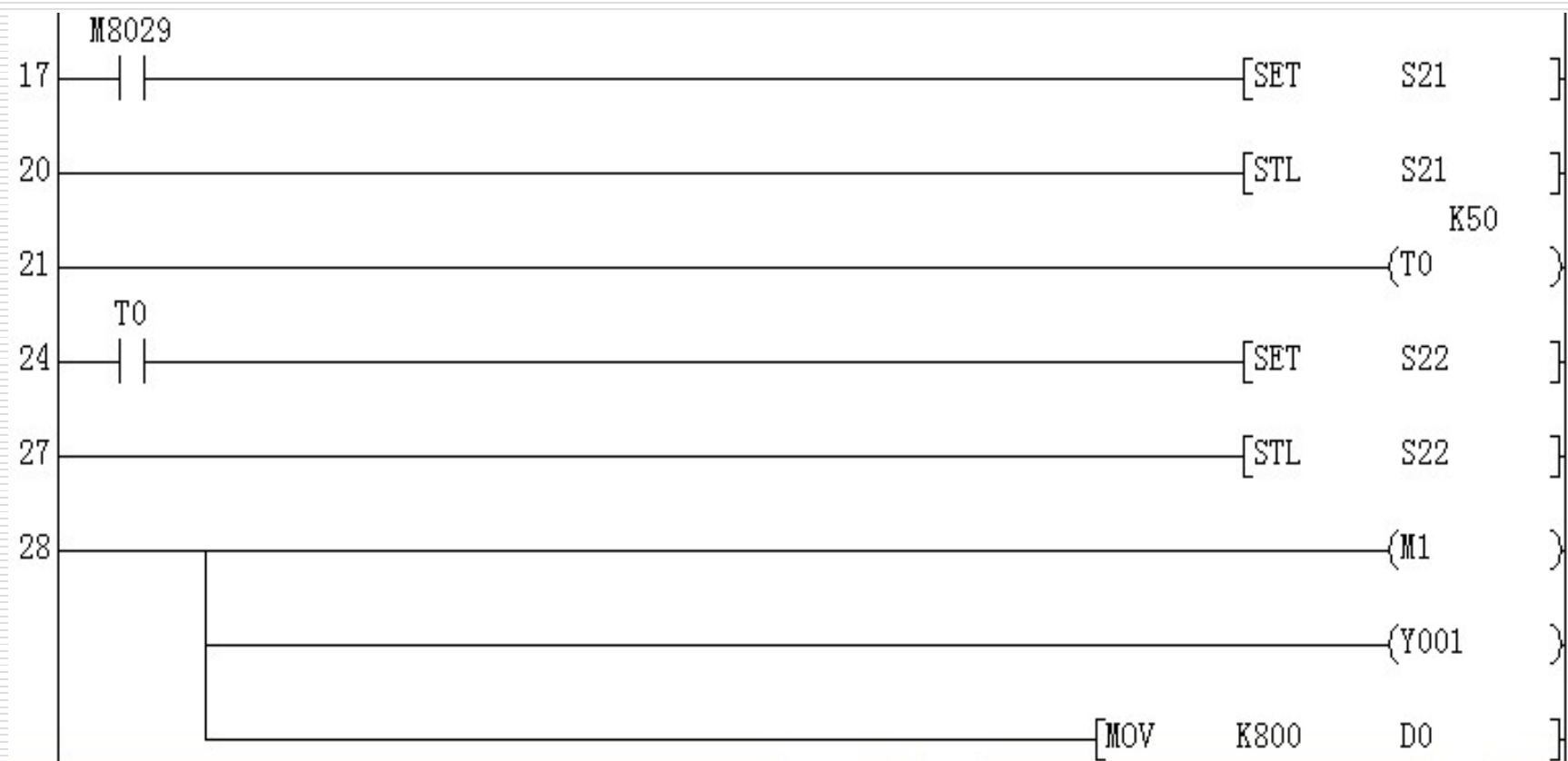
通过分析控制要求可知，该控制系统有3个输入：起动按钮SB1——X0、停止按钮SB2——X1、脱机按钮SB2——X2；输出有3个：脉冲输出——Y0、控制方向——Y1、脱机信号——Y2。根据I/O分配，可以设计出控制的I/O接线图以及PLC、步进电动机驱动器和步进电动机的接线图如图5-9所示。

假设步进电动机的步距角为 1.8° ，要求设置4细分，可按照驱动器上细分表进行DIP开关的设置。在没有设置细分时，步距角为 1.8° ，也就是200脉冲/转。设置成4细分后，则是800脉冲/转，也就是步进电动机转一周，要求PLC发出800个脉冲。PLC控制程序如图5-10所示。

二、步进电机的控制



二、步进电机的控制



二、步进电机的控制

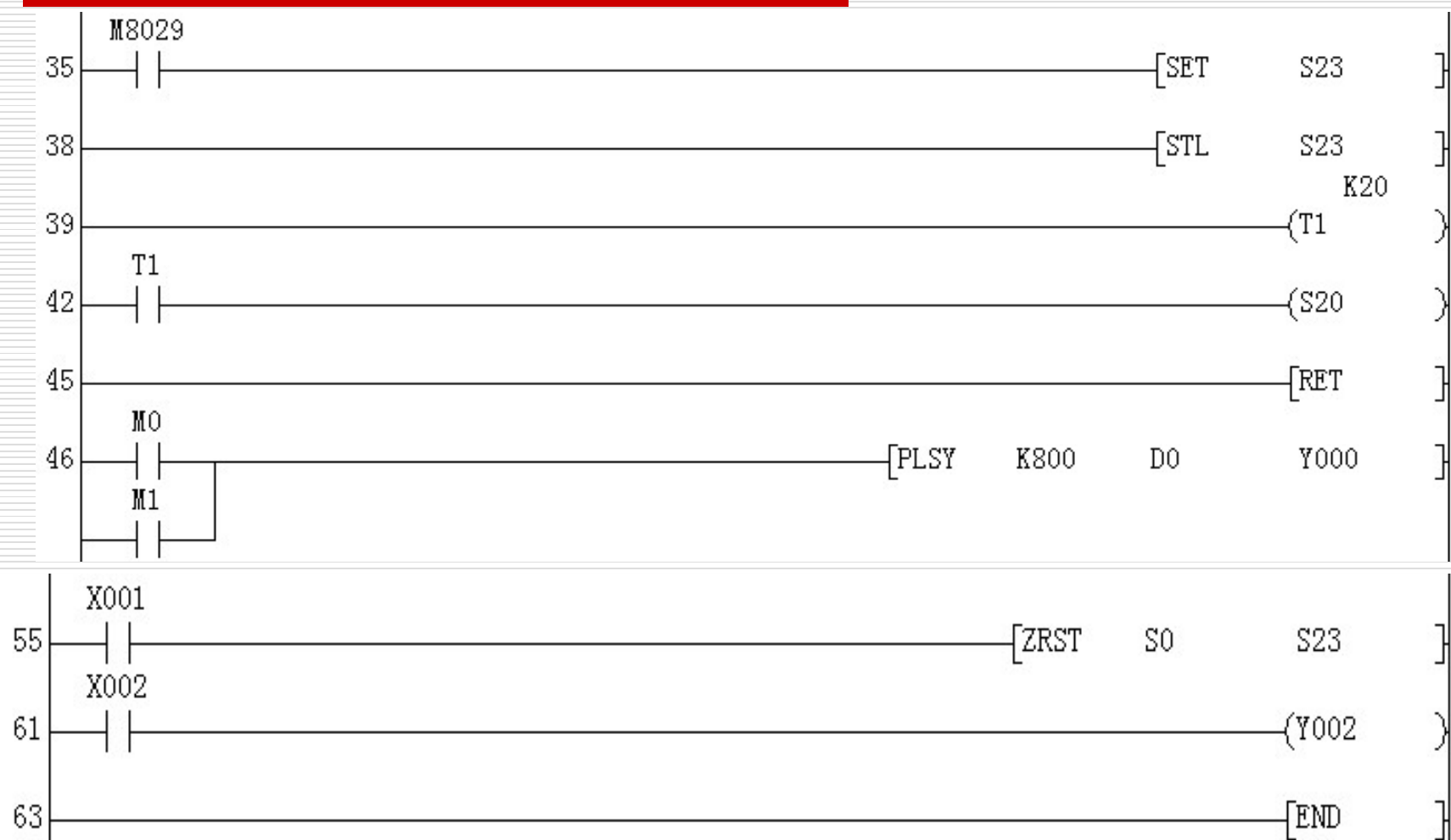


图5-10 PLC控制程序

三、伺服系统及其应用

伺服系统（servomechanism）又称随动系统，是用来精确地跟随或复现某个过程的反馈控制系统。伺服系统使物体的位置、方位、状态等输出被控量能够跟随输入目标（或给定值）的任意变化的自动控制系统。它的主要任务是按控制命令的要求，对功率进行放大、变换与调控等处理，使驱动装置输出的力矩、速度和位置控制非常灵活方便。在很多情况下，伺服系统专指被控制量（系统的输出量）是机械位移或位移速度、加速度的反馈控制系统，其作用是使输出的机械位移（或转角）准确地跟踪输入的位移（或转角），其结构组成和其他形式的反馈控制系统没有原则上的区别。伺服系统主要由三部分组成：控制器，功率驱动装置，反馈装置和伺服电机。控制器按照数控系统的给定值和通过反馈装置检测的实际运行值的差，调节控制量；功率驱动装置作为系统的主回路，一方面按控制量的大小将电网中的电能作用到电动机之上，调节电动机转矩的大小，另一方面按电动机的要求把恒压恒频的电网供电转换为电动机所需的交流电或直流电；伺服电机又称执行电动机，在自动控制系统中，用作执行元件，把所收到的电信号转换成电动机轴上的角位移或角速度输出。其主要特点是，有控制电压时转子立即旋转，无控制电压时转子立即停转。转轴转向和转速是由控制电压的方向和大小决定的。

三、伺服系统及其应用

目前，高性能的伺服系统，大多数采用交流伺服系统。交流伺服系统由交流伺服驱动器和伺服电机组成，伺服驱动器以高性能专用数字信号处理芯片为处理器，运用现代伺服电机控制理论，以旋转编码器为反馈，以智能功率模块为逆变器实现对伺服电机的全数字高性能控制；伺服电机在伺服驱动器的控制下，按照一定的方向及转速旋转，根据负载情况输出一定力矩，带动传动系统运转。

1、交流伺服电动机

交流伺服电动机定子的构造基本上与电容分相式单相异步电动机相似。其定子上装有两个位置互差 90° 的绕组，一个是励磁绕组 R_f ，它始终接在交流电压 U_f 上；另一个是控制绕组 L ，联接控制信号电压 U_c 。所以交流伺服电动机又称两个伺服电动机。

交流伺服电动机的转子通常做成鼠笼式，但为了使伺服电动机具有较宽的调速范围、线性的机械特性、无“自转”现象和快速响应的性能，它与普通电动机相比，应具有转子电阻大和转动惯量小这两个特点。

三、伺服系统及其应用

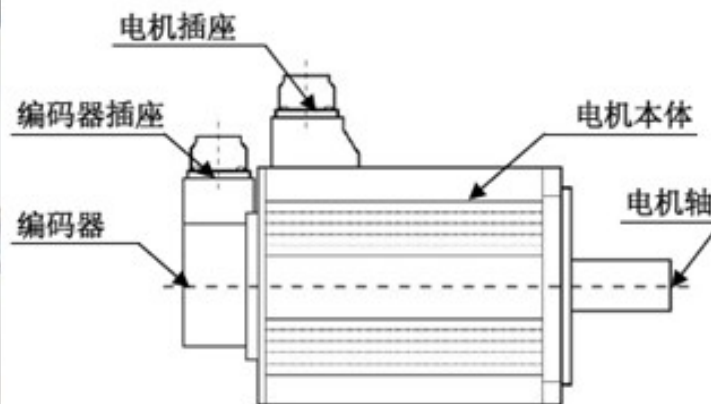
2、交流伺服驱动器

伺服驱动器均采用数字信号处理器（**DSP**）作为控制核心，其优点是
可以实现比较复杂的控制算法，实现数字化、网络化和智能化。功率器件普
遍采用以智能功率模块（**IPM**）为核心设计的驱动电路，**IPM**内部集成了驱
动电路，同时具有过电压、过电流、过热、欠压等故障检测保护电路，在主回
路中还加入软启动电路，以减小启动过程对驱动器的冲击。

伺服电机外观及各部分名称见图5-11，伺服驱动器的外观和面板则如
图5-12所示。



(a) 外观图



(b) 各部分名称图

图 5-11 伺服电机结构概图

三、伺服系统及其应用



图5-12伺服驱动器的外观和面板图

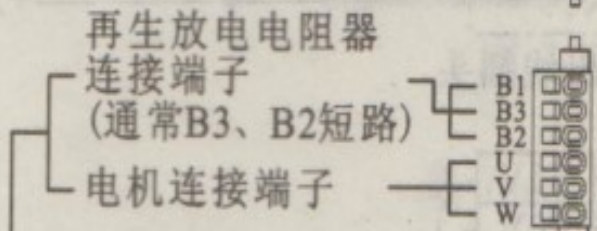
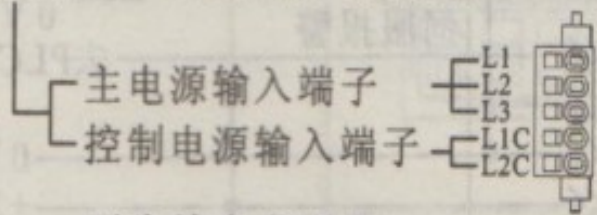
伺服电机HC-KFS23型号含义：**HC-KFS**表示三菱公司低惯量小容量系列伺服电机，适合用于负载惯性矩发生变动的机械及皮带驱动等的韧性较差的机械。**2**表示输出功率为**200W**，**3**表示额定速度为**3000r/min**。

驱动器**MR-J2S-20A**含义型号：**MR-J2S**表示三菱伺服驱动器系列号，**20**表示输出功率为**200W**，**A**表示通用接口。

MSMD022G1S 的含义：MSMD 表示电机类型为低惯量；02 表示电机的额定功率为 200W；2 表示电压规格为 200V；G 表示编码器为增量式编码器，脉冲数为 2500p/r，分辨率 10000，输出信号线数为 5 根线；1S 表示标准设计，电机结构为有键槽、无保持制动器、无油封。

MADHT1507E 的含义：MADH 表示松下 A5 系列 A 型驱动器，T1 表示最大瞬时输出电流为 10A，5 表示电源电压规格为单相/三相 200V，07 表示电流监测器额定电流为 7.5A，E 表示 A5E 系列。

连接器 ×A: 电源输入连接器



连接器 ×B: 再生放电电阻器连接器

接地连接螺丝(2处)

充电灯

前面板

连接器 ×7: 监视器用连接器

连接器 ×1: USB连接器

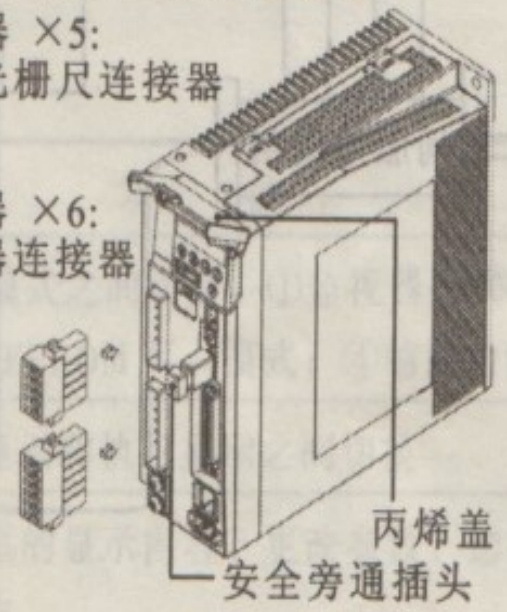
连接器 ×2: 串行通信用

连接器 ×3: 安全功能用连接器

连接器 ×4: 并行I/O连接器

连接器 ×5: 反馈光栅尺连接器

连接器 ×6: 编码器连接器



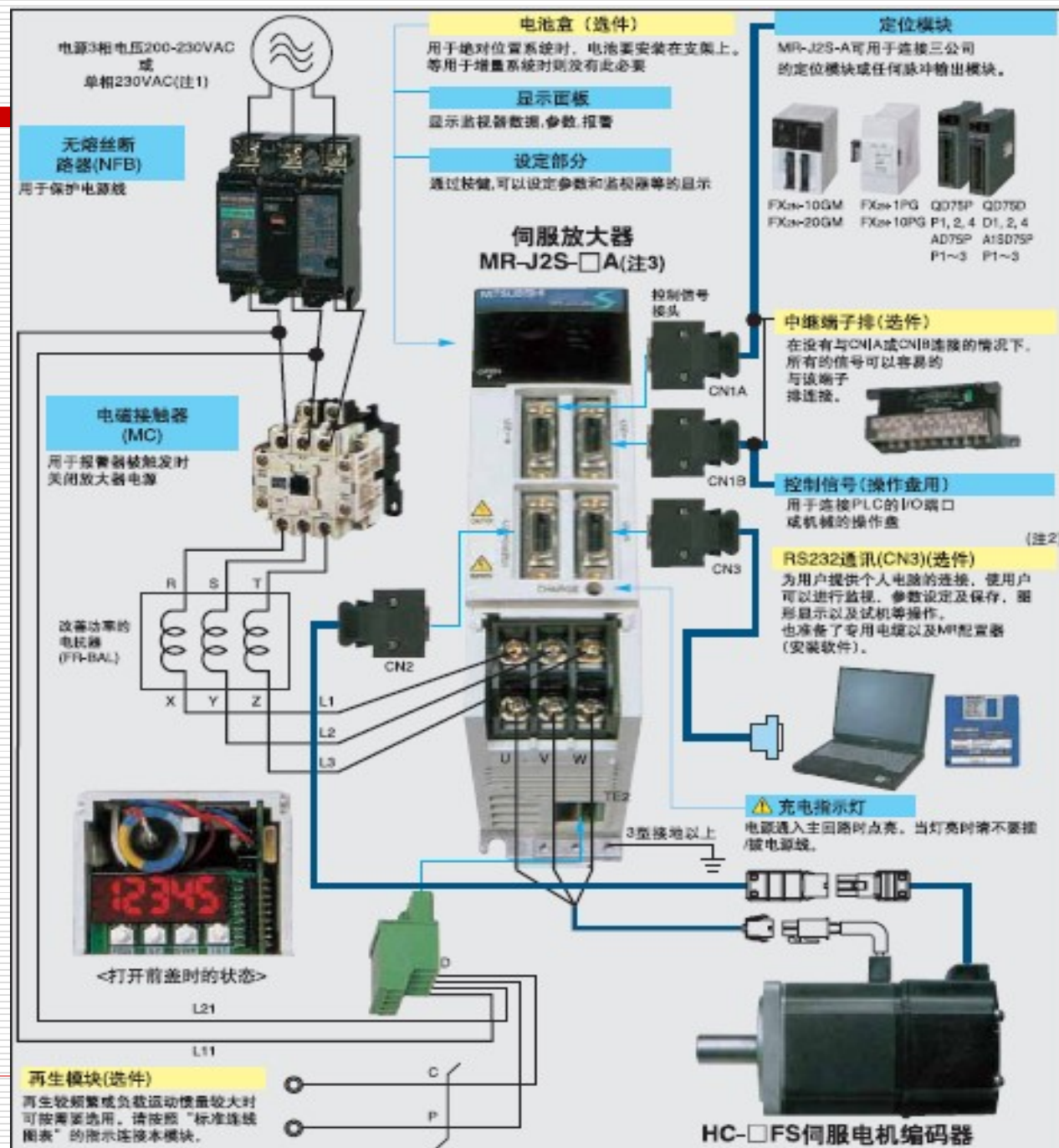
丙烯盖
安全旁通插头

三、伺服系统及其应用

1) 接线

MR-J2S-20A伺服驱动器面板上有多个接线端口，如图5-13所示。

主电路端子座**TE1**：用于输入电源、伺服电机的连接。如果是三相电源时接**L1**、**L2**、**L3**端子；单相电源供电时接**L1**、**L2**端子，不要接**L3**端子。伺服放大器输出端子**U**（红色）、**V**（白色）、**W**（黑色），要与伺服电机主回路接线端子**U**、**V**、**W**按规定的次序一一对应连接，否则可能造成驱动器的损坏和引起伺服电机运行异常。



三、伺服系统及其应用

控制电路端子座**TE2**：用于和控制电路电源、再生制动选件的连接。控制电路电源接至**L11**、**L21**端子。再生制动选件接线端子**P**、**C**、**D**，出厂时**P-D**之间是短接的，使用再生制动选件时，必须去除**P-D**之间的接线，在**P-C**之间接再生制动选件。再生制动选件和伺服放大器只能按照指定的配合使用，否则可能引起故障或火灾。根据使用的再生制动选件设定参数**No.0**。

由于发热，再生制动选件的温度可达**100**。所以，安装时应充分考虑散热量、安装位置和使用的电线。使用的电线应采用阻燃处理，并尽量与再生制动选件分开。再生制动选件与伺服放大器接触处应使用双绞线，最大接线长度为**5m**。伺服驱动器主电路接线如图**5-14**所示。

三、伺服系统及其应用

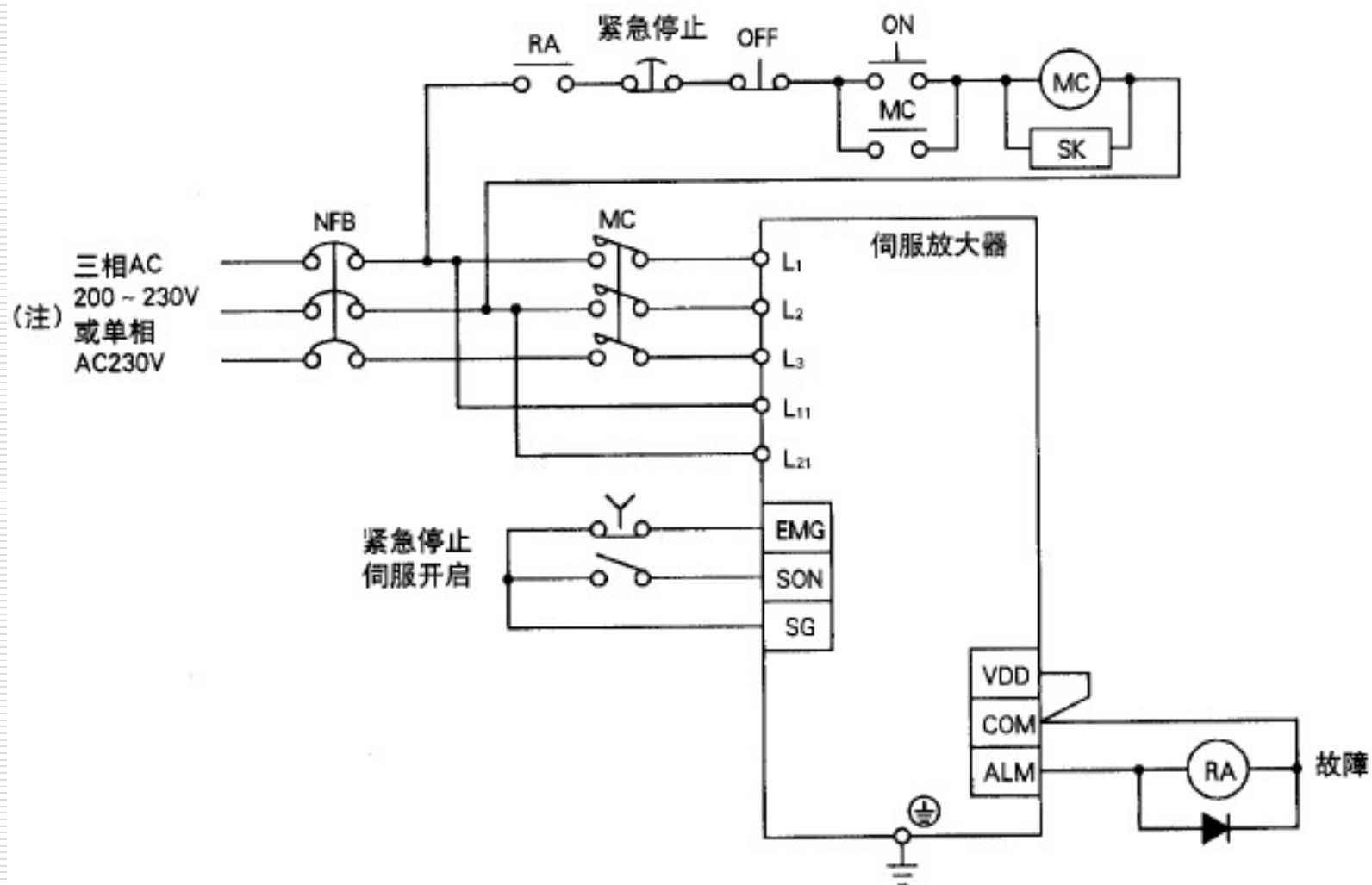


图5-14 伺服驱动器主电路接线图

三、伺服系统及其应用

电源接通的步骤如下：

- （1）在主电路电源侧需要使用电磁接触器，并能在报警发生时从外部断开电磁接触器；
 - （2）控制电路电源**L11**、**L21**应和主电路电源同时投入使用或比主电路电源先投入使用。如果主电路电源不投入使用，显示器会显示报警信息。当主电路电源接通后，报警便消除，可以正常操作；
 - （3）伺服放大器在主电路电源接通约**1s**后便可以接受伺服开启信号（**SON**）。所以，如果在三相电源接通的同时将**SON**设定为**ON**，伺服放大器处于可运行状态；
 - （4）复位信号（**RES**）为**ON**时主电路断开，伺服电机处于自由停车状态。
-

三、伺服系统及其应用

CN1A、CN1B：I/O控制信号端口，包括伺服开启、紧急停止、复位、正向行程末端、反向行程末端、正向脉冲串、反向脉冲串、故障、定位完毕等I/O信号，其部分引脚信号定义与选择的控制模式有关，不同模式下的接线请参考《**MR-J2S-A**伺服放大器技术资料集》。

CN2：连接到电机编码器信号接口，连接电缆应选用带有屏蔽层的双绞电缆，屏蔽层应接到电机侧的接地端子上，并且应确保将编码器电缆屏蔽层连接到插头的外壳（**FG**）上。

CN3：RS232通讯接口，为用户提供个人电脑的连接，使用户可以进行监视、参数设定及保存、图形显示以及试机等操作。也准备了专用电缆以及**MR**配置器（安装软件）。

保护接地端子（PE）：为防止触电，伺服放大器和伺服电机必须确保接地良好。接地时要将伺服电机的地线接至伺服放大器的保护接地端子（**PE**）上，将伺服放大器的地线经过控制柜的保护地端子接地。

三、伺服系统及其应用

2) 伺服驱动器的参数设置与调整

三菱J2S伺服驱动器有六种控制运行方式，即位置控制、速度控制、转矩控制、位置/速度控制、位置/转矩、速度/转矩。位置方式就是输入脉冲串来使电机定位运行，电机转速与脉冲串频率相关，电机转动的角度与脉冲个数相关；速度方式有两种，一是通过输入直流-10V至+10V指令电压调速，二是选用驱动器内设置的内部速度来调速；转矩方式是通过输入直流-10V至+10V指令电压调节电机的输出转矩，这种方式下运行必须要进行速度限制，有如下两种方法：1) 设置驱动器内的参数来限制，2) 输入模拟量电压限速。

三、伺服系统及其应用

3) 参数设置方式操作说明

要准确高效地使用伺服系统，必须准确设置伺服放大器的参数。根据参数的安全系数和使用频度，**MR-J2S**系列伺服放大器的参数分为基本参数、扩展参数**1**和扩展参数**2**。在出厂状态下，用户可以修改基本参数，不能修改扩展参数，但通过修改参数**NO.19**，就可以修改扩展参数。

当修改少量参数时，可通过驱动器上操作面板来完成。通过**MR-J2S**系列伺服放大器前面的**5段7位LED**显示器和**4个**按键，可进行状态显示、参数设置、故障诊断等功能。

4个功能键分别如下：

MODE:功能菜单的切换；

UP :菜单的上下选择；

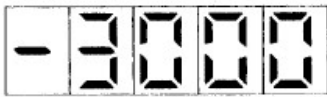
DOWN:菜单的上下选择；

SET :功能的确认、参数的读写。

三、伺服系统及其应用

(1) 状态显示

运行时，可通过5段7位LED显示器显示伺服放大器的状态，并可用UP/DOWN按钮任意改变显示内容。选择了显示内容后，就会出现相应的符号，这时按SET按钮，数据就会显示出来。只是在电源投入使用时，参数No.18选定的状态符号将显示2秒钟，之后数据便会显示出来。伺服放大器的显示器中，可显示伺服电机速度等16种数据的后5位数字，显示样例如图5-16所示。

项目	状态	显示方法
		伺服放大器显示
伺服电机速度	以 2500r/min 的速度正转	
	以 3000r/min 的速度反转	 反转时用“-”显示
负载转动惯量比	15.5 倍	
ABC 计数器	11252rev	
	-12566rev	 变亮 负数时，高 4 位数字下方的小数点变亮

三、伺服系统及其应用

(2) 修改参数操作方法

下面以接通电源后，用参数No.0将控制模式改变到速度控制模式的操作为例进行说明，如图5-17所示。使用“MODE”按钮，显示基本参数画面。



图5-17 操作方法示例图

要移到下一个参数时，可用“UP”、“DOWN”按钮。符号前带有*的参数，在改变设定后，需将电源断开，再重新接通电源，参数才会生效。

三、伺服系统及其应用

(3) 模式的切换

电源接通后，可以按照以下步骤选择点动运行或无电机模式运行，如图5-18所示。使用“MODE”按钮，切换到诊断画面。

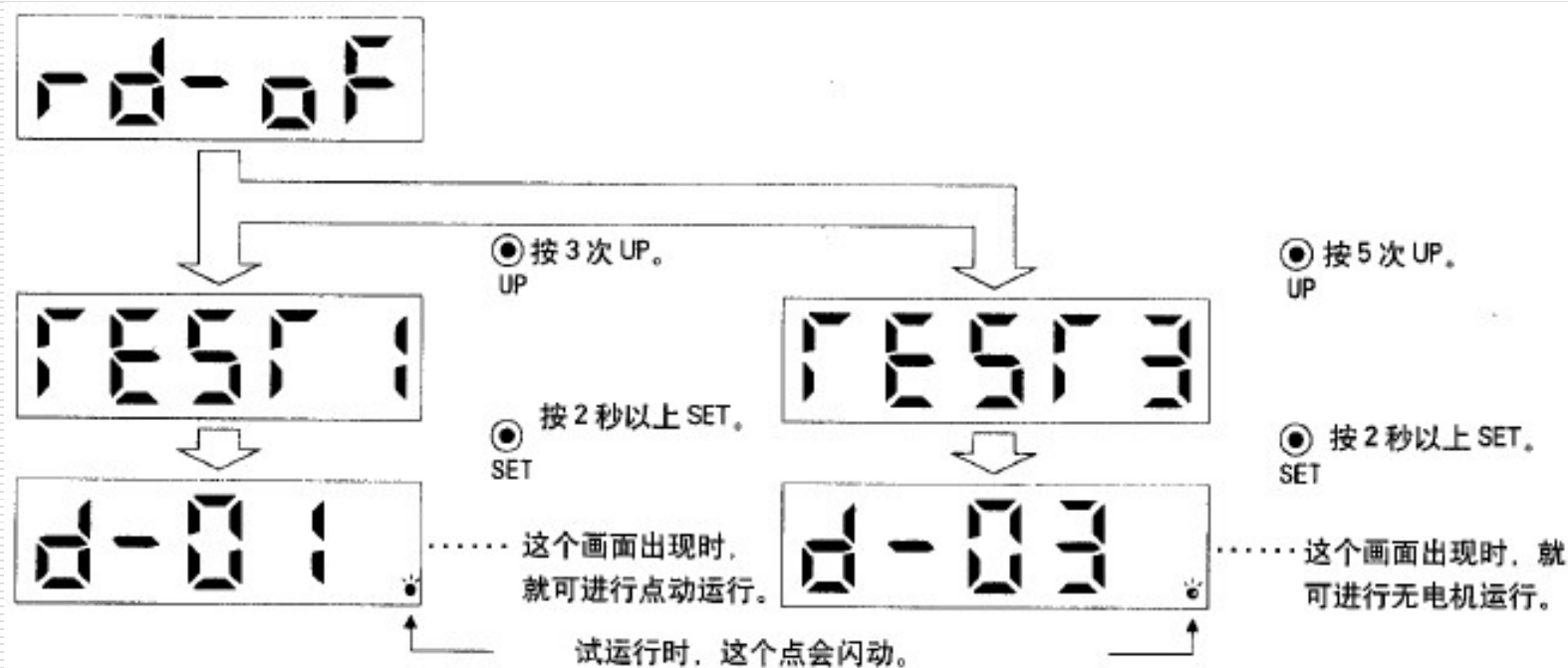


图5-18 模式切换操作方法示例图

三、伺服系统及其应用

4) 部分参数说明

在自动化生产线上，伺服驱动装置工作于位置控制模式，**FX1N-40MT**的**Y000**输出脉冲作为伺服驱动器的位置指令，脉冲的数量决定伺服电机的旋转位移，即机械手的直线位移，脉冲的频率决定了伺服电机的旋转速度，即机械手的运动速度，输出点**Y002**作为伺服驱动器的方向指令。对于控制要求较为简单，伺服驱动器可采用自动增益调整模式。根据上述要求，伺服驱动器参数设置如下表**5-2**。

类型	No	符号	名称和功能	初始值	单位	设定范围	控制模式
基本参数	0	*STY	控制模式，再生制动选件选择： 用于选择控制模式和再生选件。 00 控制模式的选择 0: 位置 1: 位置和速度 2: 速度 3: 速度和转矩 4: 转矩 5: 转矩和位置 选择再生制动选件 0: 不用 1: 备用（请不要设定） 2: MR-RB032 3: MR-RB12 4: MR-RB32 5: MR-RB30 6: MR-RB50 注意： ● 错误设定可导致再生制动选件损坏。 ● 如果选择与伺服电机不匹配的再生制动选件将发生“参数异常”报警（AL.37）。	0000		0000h ~ 0605h	P·S·T

3	CMX	电子齿轮分子（指令脉冲倍率分子）： 设定电子齿轮比的分子。 有关设定的方法请参照 5.2.1 节。 如果设定值是0, 可根据连接的伺服电机的分辨率自动的设定这个参数。 例如在使用 HC-MFS 系列电机的场合，自动设定为 131072。	1		0 · 1 ~ 65535	P
4	CDV	电子齿轮分母（指令脉冲倍率分母）： 设定电子齿轮比的分母。 有关设定的方法请参照 5.2.1 节	1		1 ~ 65535	P
5	INP	定位范围 用电子齿轮计算前的指令脉冲为单位设定。 设定输出定位完毕（INP）信号的范围。	100	脉冲	0 ~ 10000	P

类型	No	符号	名称和功能	初始值	单位	设定范围	控制模式
扩展参数 1	21	*OP3	功能选择 3（指令脉冲选择）： 用于选择脉冲串输入信号的输入波形（参照 3.4.1） 0 0 指令脉冲串输入波形 0: 正转 / 反转脉冲串 1: 带符号的脉冲串 2: A/B 相脉冲串 脉冲串逻辑选择 0: 正 1: 负	0000		0000h ~ 0012h	P

三、伺服系统及其应用

5) 位置控制模式下电子齿轮比的概念

位置控制模式下，等效的单闭环系统方框图如图5-19所示。

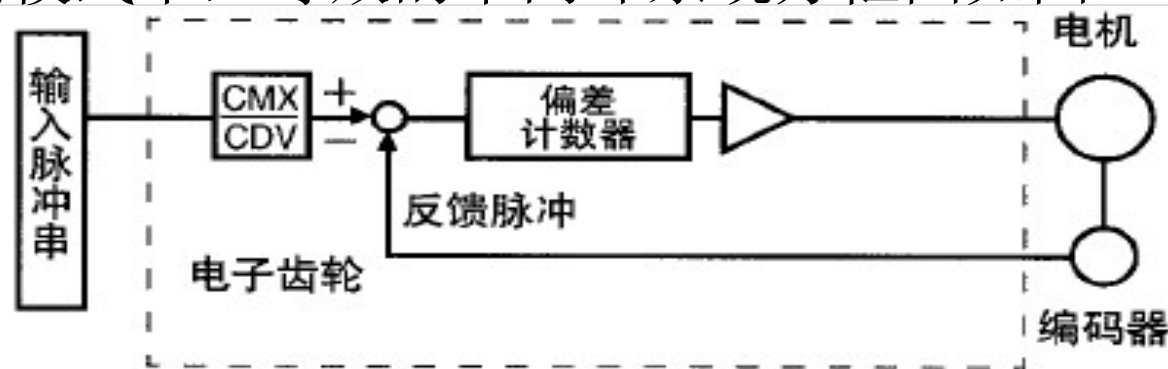


图5-19 等效的单闭环位置控制系统方框图

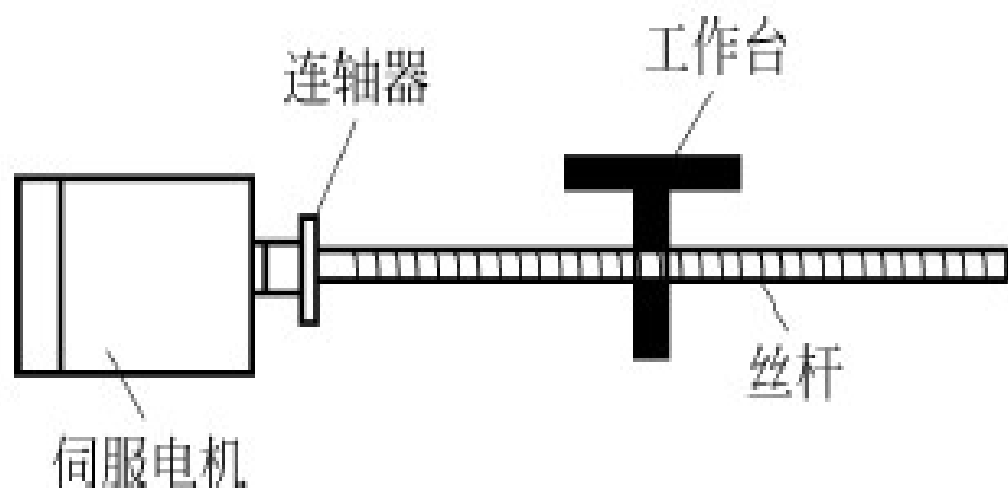
在进行位置控制模式时，需要设置电子齿轮比，电子齿轮的设置和系统的机械结构以及控制的精度有关。

电子齿轮的设定范围为： $1/50 < \text{CMX}/\text{CDV} < 50$ 。

电子齿轮的计算通常以电机旋转一周进行计算。要求上位机发出的脉冲个数乘以电子齿轮比等于电机编码器反馈回来的脉冲数。电机旋转一周编码器反馈脉冲的个数时131072。

三、伺服系统及其应用

例1：伺服系统如图5-20所示，丝杆的螺距是5mm，脉冲当量是1 μm，伺服电机直接和丝杆相连，试设置电子齿轮比。



$$5000 \times \frac{A}{B} = 131072$$

$$\frac{A}{B} = \frac{131072}{5000} = \frac{16384}{625}$$

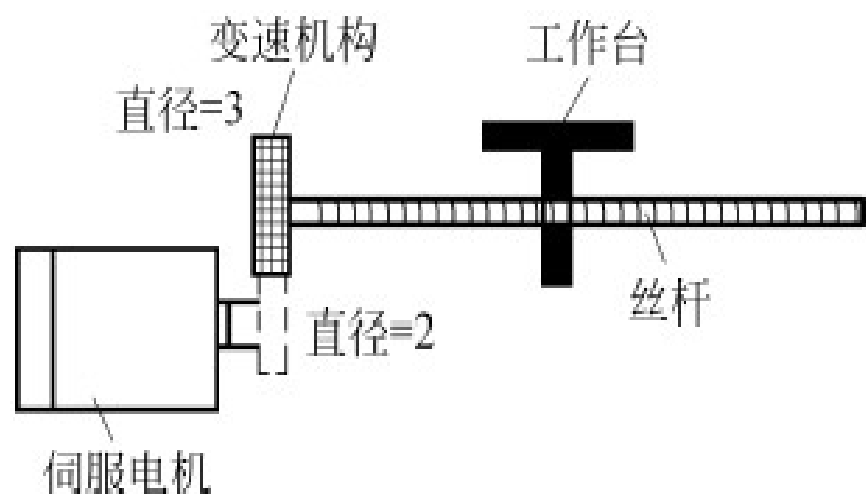
电子齿轮分子 (CMX)=16384

电子齿轮分母 (CDV)=625

分析：由于脉冲当量是1 μm，丝杆的螺距是5mm，所以要求上位机发出5000个脉冲，使电机转1周，故电子齿轮比的计算如上。

三、伺服系统及其应用

例2：伺服系统如图5-21所示，伺服电机通过变速机构和丝杆相连，丝杆的螺距是5mm，脉冲当量是1 μm，试设置电子齿轮比。



$$5000 \times \frac{A}{B} = 131072 \times \frac{3}{2}$$

$$\frac{A}{B} = \frac{131072}{5000} \times \frac{3}{2} = \frac{16384}{625} \times \frac{3}{2} = \frac{24576}{625}$$

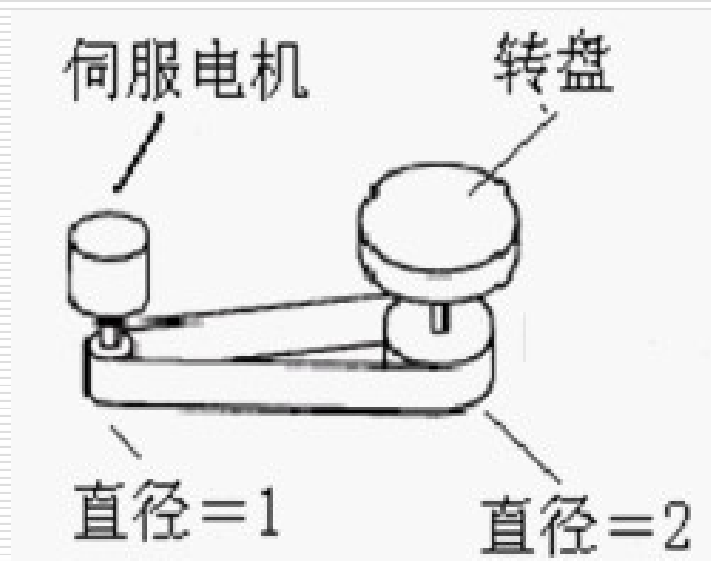
$$\text{电子齿轮分子 (CMX)} = 24576$$

$$\text{电子齿轮分母 (CDV)} = 625$$

分析：由于脉冲当量是1 μm，丝杆的螺距是5mm，所以要求上位机发出5000个脉冲，使丝杆转1周。由于有变速机构，丝杆转一周，电机要转3/2周，故电子齿轮比的计算如上。

三、伺服系统及其应用

例3：伺服系统如图5-22所示，伺服电机通过皮带带动旋转工作台，要求脉冲当量是 0.01° ，试设置电子齿轮比。



$$36000 \times \frac{A}{B} = 131072 \times 2$$

$$\frac{A}{B} = \frac{131072 \times 2}{36000} = \frac{8192}{1125}$$

电子齿轮分子 (CMX)= 8192

电子齿轮分母 (CDV)=1125

分析：由于脉冲当量是 0.01° ，转盘转动1周，上位机要产生36000个脉冲。转盘转动1周，电机要转动2周，故电子齿轮比的计算如上。

三、伺服系统及其应用

3、FX1N的脉冲输出功能及定位控制编程

晶体管输出的FX1N系列PLC CPU单元支持高速脉冲输出功能，但仅限于Y000和Y001点，输出脉冲的频率最高可达100KHZ。

使用脉冲输出指令FNC57（PLSY）和带加减速的脉冲输出指令FNC59（PLSR）就可以实现对伺服电机（或步进电机）的控制。但PLSY和PLSR两指令均未考虑旋转方向，为了使电机实现正反转，必须另外指定方向输出，并且两指令仅用特殊寄存器（Y000: [D8141, D8140], Y001: [D8143, D8142]）保存输出的脉冲总数，不能反映当前的位置信息，因此它们并不具备真正的定位控制功能。

为了实现对伺服电机的定位控制，可以使用FX1N的简易定位控制指令实现。简易定位控制指令包括原点回归FNC156（ZRN）、相对位置控制FNC158(DRVI)、绝对位置控制FNC158(DRVA)和可变速脉冲输出指令FNC157（PLSV），分别介绍如下。

三、伺服系统及其应用

1) 原点回归指令**FNC156 (ZRN)**

原点回归指令主要用于上电时和初始运行时，搜索和记录原点位置信息。

该指令要求提供一个近原点的信号，原点回归动作须从近点信号的前端开始，以指定的原点回归速度开始移动；当近点信号由OFF变为ON时，减速至爬行速度；最后，当近点信号由ON变为OFF时，在停止脉冲输出的同时，使当前值寄存器（Y000: [D8141, D8140], Y001: [D8143, D8142]）清零。动作过程示意如图5-23所示。

三、伺服系统及其应用

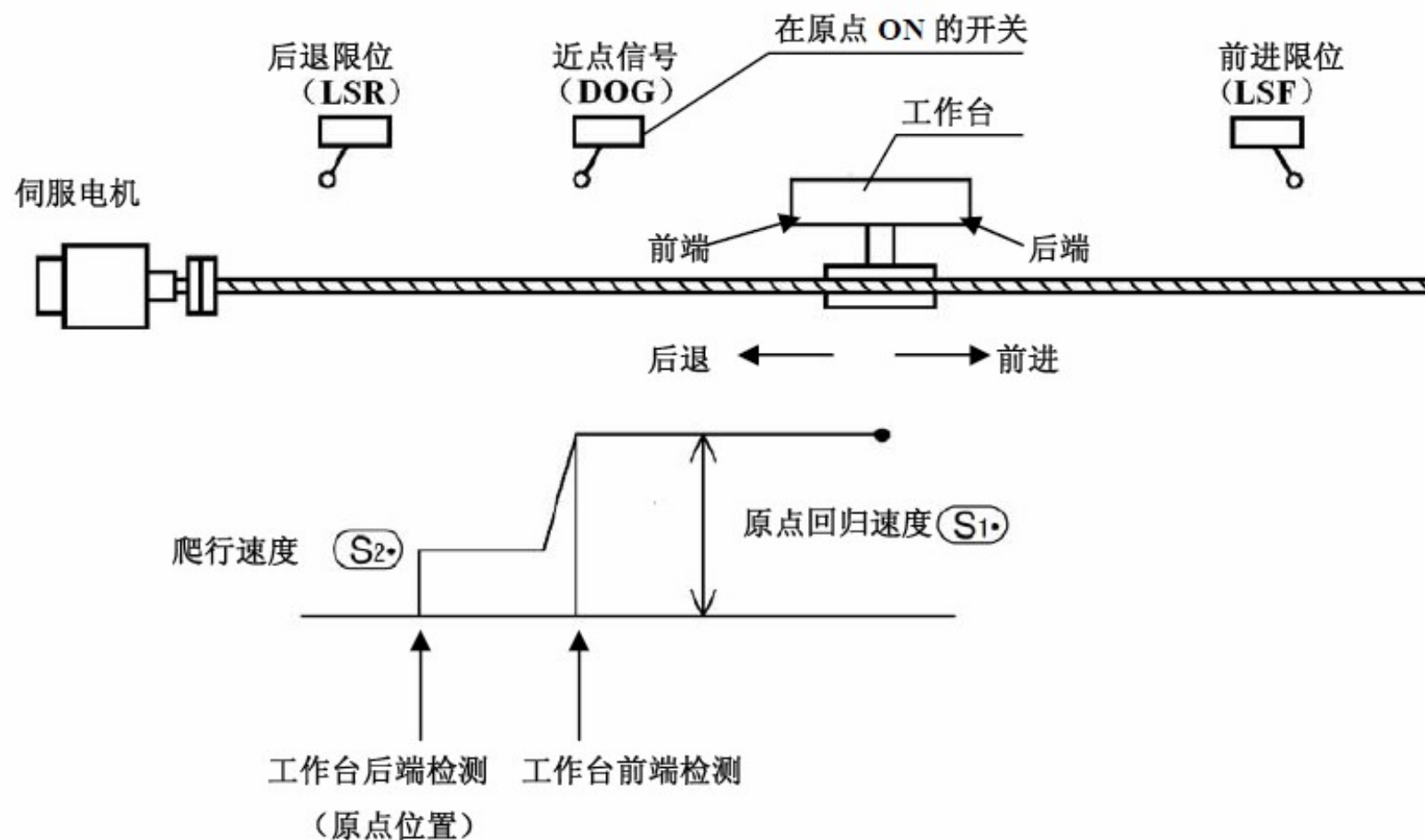
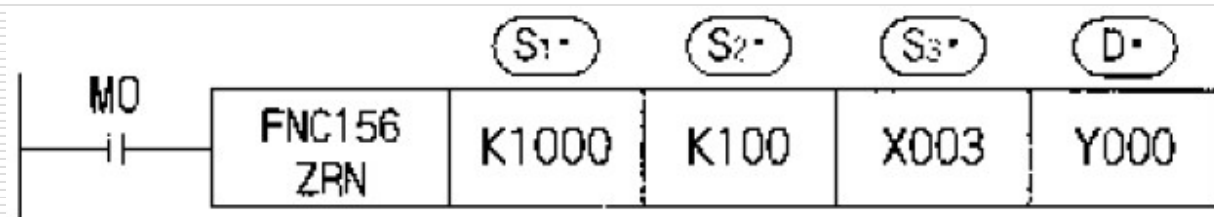


图5-23 原点归零示意图

三、伺服系统及其应用

由此可见，原点回归指令要求提供3个源操作数和1个目标操作数，源操作数为：①原点回归开始的速度，②爬行速度，③指定近点信号输入。目标操作数为指定脉冲输出的Y编号（仅限于Y000或Y001）。原点回归指令格式如图5-24所示。



使用原点回归指令编程时应注意：

- (1) 回归动作必须从近点信号的前端开始，因此当前值寄存器（Y000: [D8341, D8340], Y001: [D8351, D8350]）数值将向减少方向动作。
- (2) 原点回归速度，对于16位指令，这一源操作数的范围为10~32,767(Hz)，对于32位指令，范围为10~100(KHz)。
- (3) 近点输入信号宜指定输入继电器（X），否则由于会受到可编程控制器运算周期的影响，会引起原点位置的偏移增大。
- (4) 在原点回归过程中，指令驱动接点变OFF状态时，将不减速而停止。并且在“脉冲输出中”标志（Y000: M8340, Y001: M8350）处于ON时，将不接受指令的再次驱动。仅当回归过程完成，执行完成标志（M8029）动作的同时，脉冲输出中标志才变为OFF。

三、伺服系统及其应用

2) 相对位置控制和绝对位置控制指令

进行定位控制时，目标位置的指定，可以用两种方式。一是指定当前位置到目标位置的位移量（以带符号的脉冲数表示），另一种是直接指定目标位置对于原点的坐标值（以带符号的脉冲数表示）。前者为相对驱动方式，用相对位置控制指令**FNC158（DRVI）**实现；后者为绝对驱动方式，用绝对位置控制指令**FNC159（DRVA）**实现。

相对位置控制指令和绝对位置控制指令的指令格式分别如图5-25和图5-26所示。

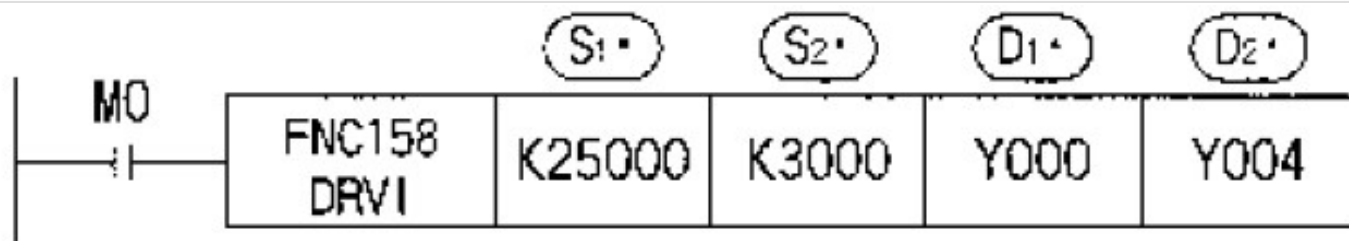


图5-25 DRVI的指令格式

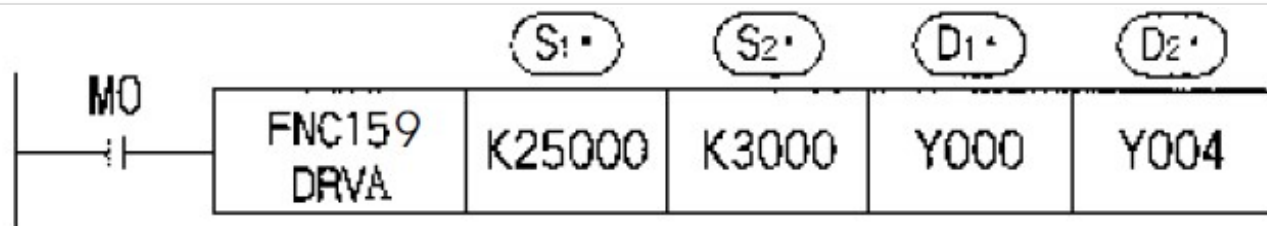
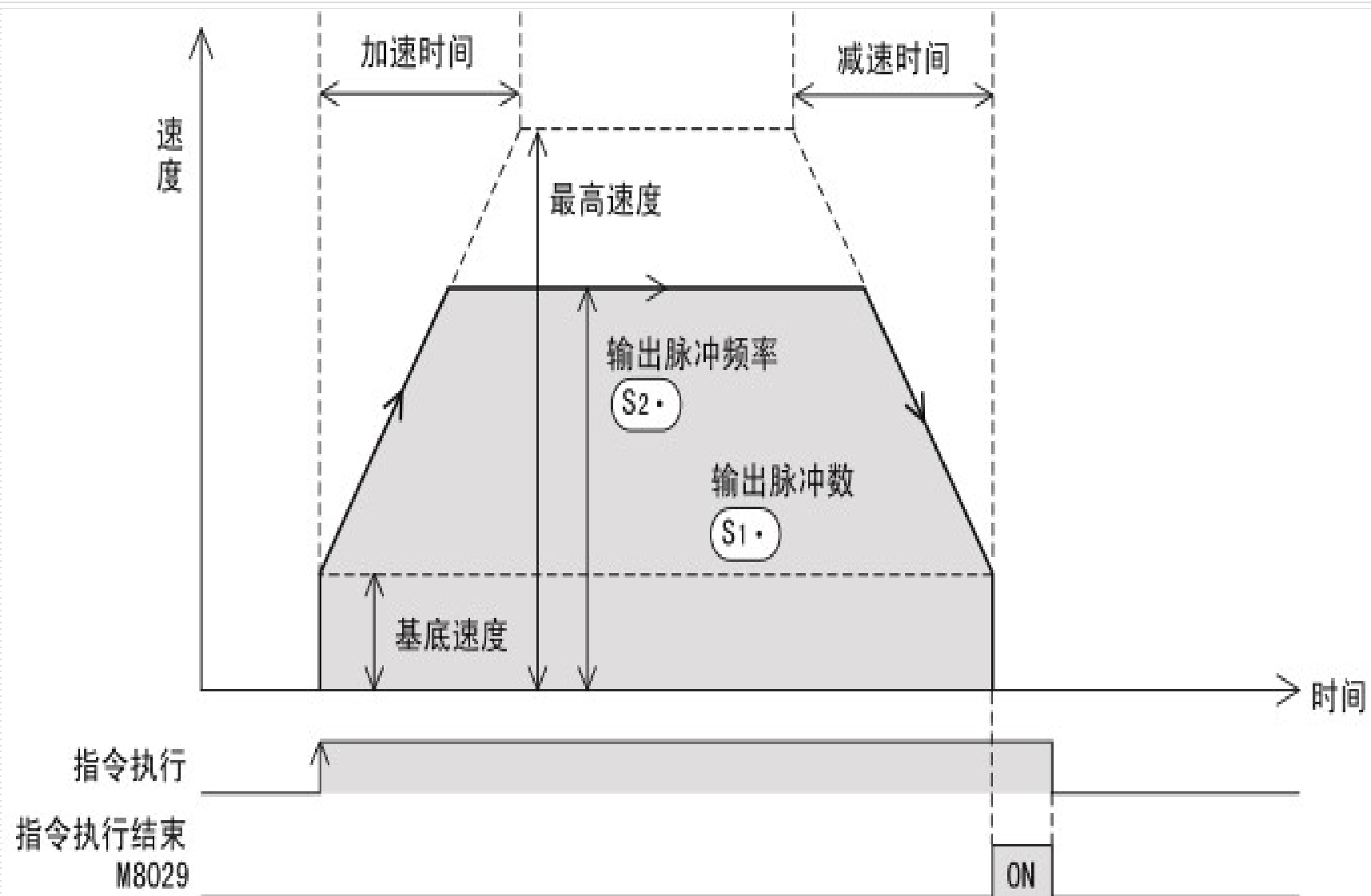


图5-26 DRVA的指令格式



三、伺服系统及其应用

可见，这两个指令均须提供2个源操作数和2个目标操作数。

(1) 源操作数[S1.]，给出目标位置信息，但对于相对方式和绝对方式则有不同含义。对于相对位置控制指令，此操作数指定从当前位置到目标位置所需输出的脉冲数（带符号）；对于绝对位置控制指令，指定目标位置对于原点的坐标值（带符号的脉冲数），执行指令时，输出的脉冲数是输出目标设定值与当前值之差。对于16位指令，此操作数的范围为-32,768~+32,767，对于32位指令，范围为-999,999~+999,999。

(2) 源操作数[S2.]、目标操作数[D1.]和[D2.]，对于两个指令，均有相同含义。

[S2.]指定输出脉冲频率，对于16位指令，操作数的范围为10~32,767(Hz)，对于32位指令，范围为10~100(KHz)。

[D1.]指定脉冲输出地址，指令仅能用于Y000、Y001。

[D2.]指定旋转方向信号输出地址。当输出的脉冲数的为正时，此输出为ON，而当输出的脉冲数的为负时，此输出OFF。

三、伺服系统及其应用

④ 执行DRVI或DRVA指令时，需要如下一些基本参数信息，请在PLC上电时（M8002 ON），写入相应的特殊寄存器中。

- 指令执行时的最高速度，指定的输出脉冲频率必须小于该最高速度。设定范围为10~100(KHz)。存放于[D8343, D8344]中。

- 指令执行时的基底速度，存放于[D8342]中。设定范围为最高速度（D8343, D8344）的1/10以下，超过该范围时，自动降为最高速度的1/10数值运行。

- 指令执行时的加减速时间，存放于[D8348]中。加减速时间表示到达最高速度（D8343, D8344）所需时间。因此，当输出脉冲频率低于最高速度时，实际加减速时间会缩短。设定范围：50~5000ms。

⑤ 在编程DRVI或指令DRVA时须注意各操作数的相互配合：

- 加减速时的变速级数固定在10级，故一次变速量是最高频率1/10。在驱动步进电机情况下，设定最高频率时应考虑在步进电机不失步的范围内。

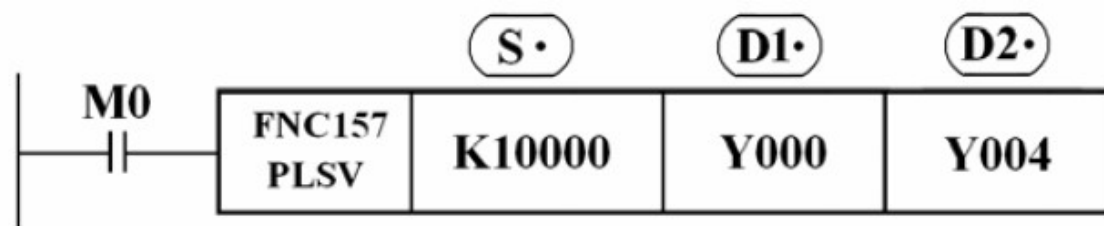
- 加减速时间不小于PLC的扫描时间最大值（D8012值）的10倍，否则加减速各级时间不均等。



三、伺服系统及其应用

3) 可变速脉冲输出指令FNC57 (PLSV)

它是一个附带旋转方向的可变速脉冲输出指令，执行这一指令，即使在脉冲输出状态中，仍然能够自由改变输出脉冲频率。指令格式示例如图5-27所示。



图中，源操作数[S.]指定输出脉冲频率，对于16位指令，操作数的范围为1~32,767(Hz)，-1~-32,767(Hz)；对于32位指令，范围为1~100(KHz)，-1~-100(KHz)。

目标操作数[D1.]指定脉冲输出地址，仅能用于Y000、Y001。

目标操作数[D2.]指定旋转方向信号输出地址，当[S.]为正值时输出为ON。

使用PLSV指令须注意：

①在起动/停止时不执行加减速，若有必要进行缓冲开始/停止时，可利用FNC67 (RAMP) 等指令改变输出脉冲频率的数值。

②指令驱动接点变为OFF后，在脉冲输出中标志

(Y000:[M8147],Y001:[M8148]处于ON时，将不接受指令的再次驱动。

三、伺服系统及其应用

4) 与脉冲输出功能有关的主要特殊内部存储器

[D8141, D8140] 输出至Y000的脉冲总数;

[D8143, D8142] 输出至Y001的脉冲总数;

[D8136, D8137] 输出至Y000和Y001的脉冲总数;

[M8145] Y000脉冲输出停止指令（立即停止）;

[M8146] Y001脉冲输出停止指令（立即停止）;

[M8147] Y000脉冲输出中监控;

[M8148] Y001脉冲输出中监控;

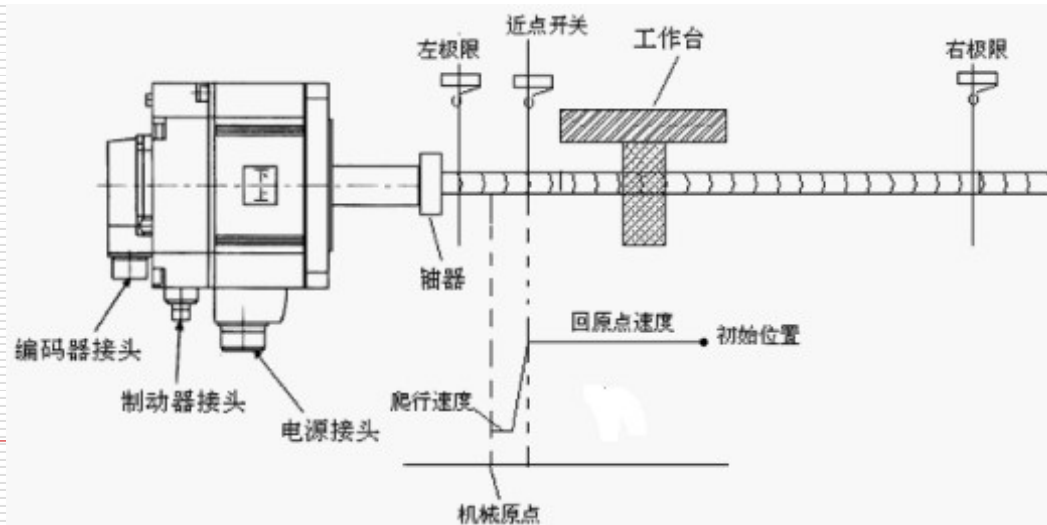
各个数据寄存器内容可以利用“(D) MOV K0 D81□□”执行清除。

三、伺服系统及其应用

4、伺服系统应用举例

某伺服控制系统如图5-28所示，伺服电机直接和丝杆相连，要求以PLC为上位机进行控制，控制要求如下：

- （1）工作台移动的距离可以通过外部数字开关设置，设置的单位是毫米，设置完成后，工作台在这个范围内左右循环移动，按下停止按钮，工作台马上停止；
- （2）按下回原点按钮，工作台能自动回到原点位置；
- （3）可以通过手动左移按钮或手动右移按钮控制工作台左右移动，但不能超出左右极限，丝杆螺距是5mm。



三、伺服系统及其应用

1) 分析控制要求

(1) 由于工作台移动的距离由外部设置，因此须采用位置控制；系统手动是要求能手动快速左移、右移，因此可以采用速度控制模式；所以最后可以设置成“位置/速度”控制模式，自动时运行位置模式，手动时运行速度模式；

(2) 系统有回原点控制要求，可以采用FX1N系列的PLC，FX2N系列PLC没有回原点控制指令。

2) 系统主电路设计:系统主电路设计如图5-29所示。

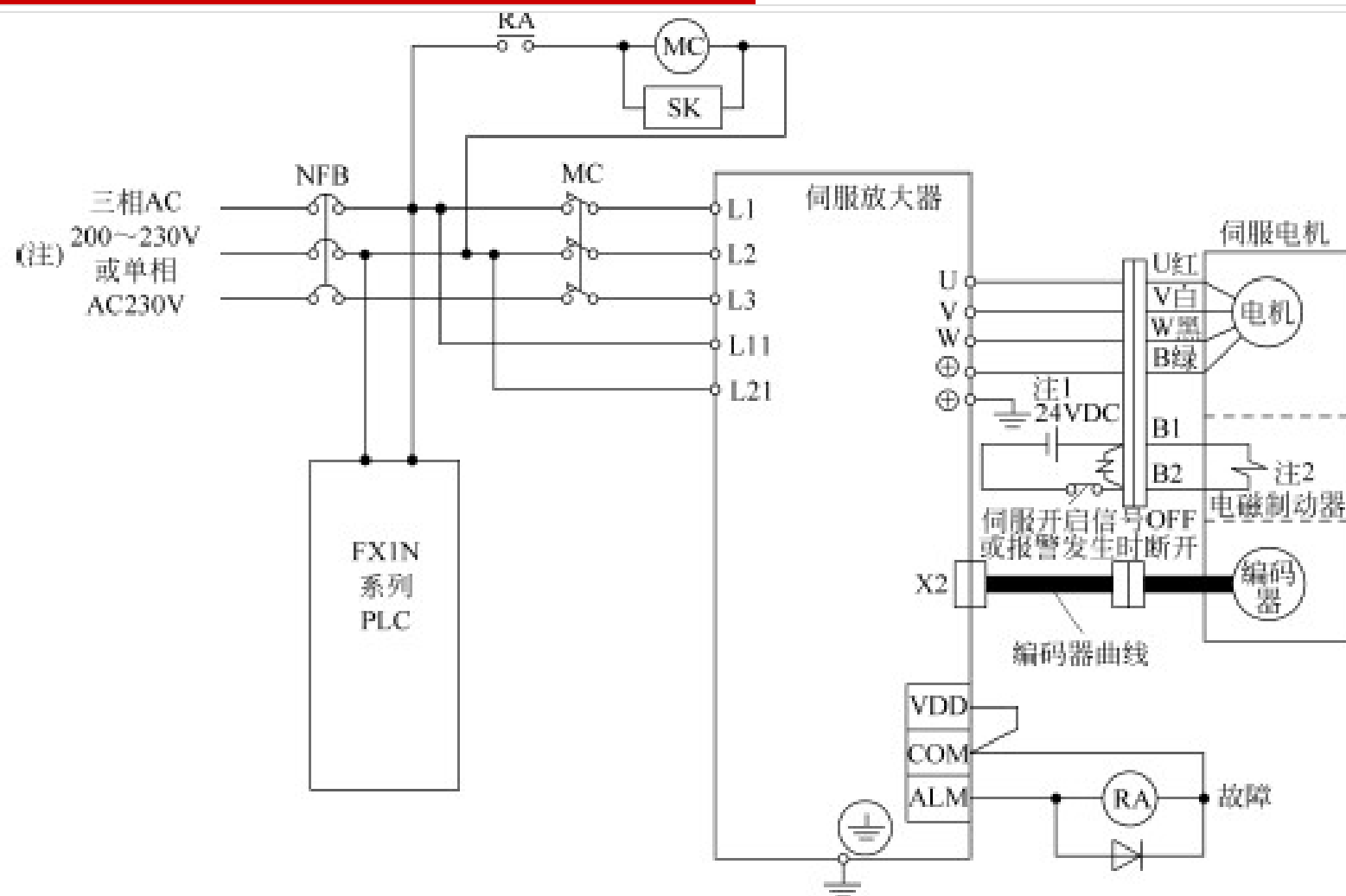


图5-29 系统主电路图

3) 系统控制电路设计:系统控制电路设计如图5-30所示。

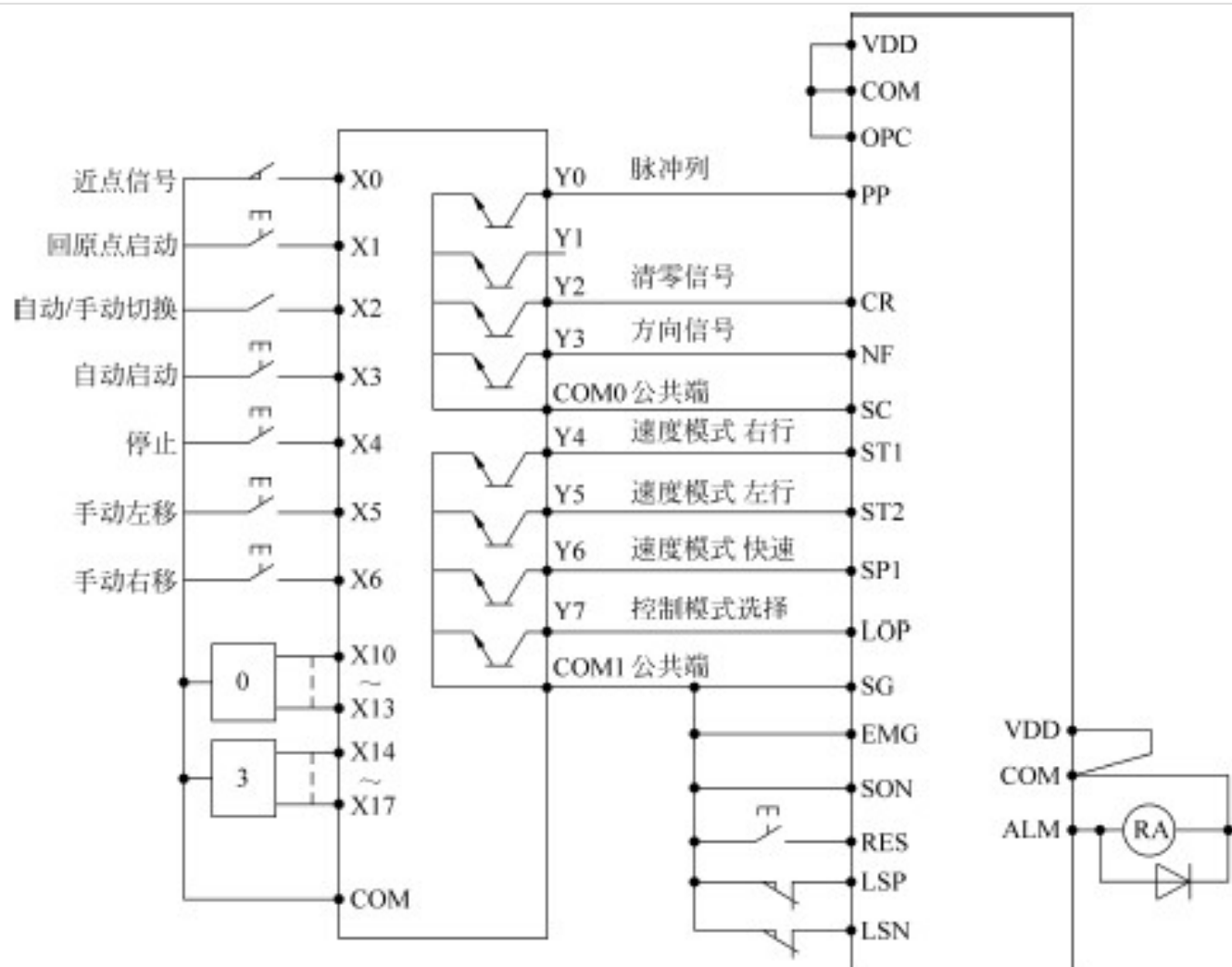


图5-30 系统控制电路设计图

三、伺服系统及其应用

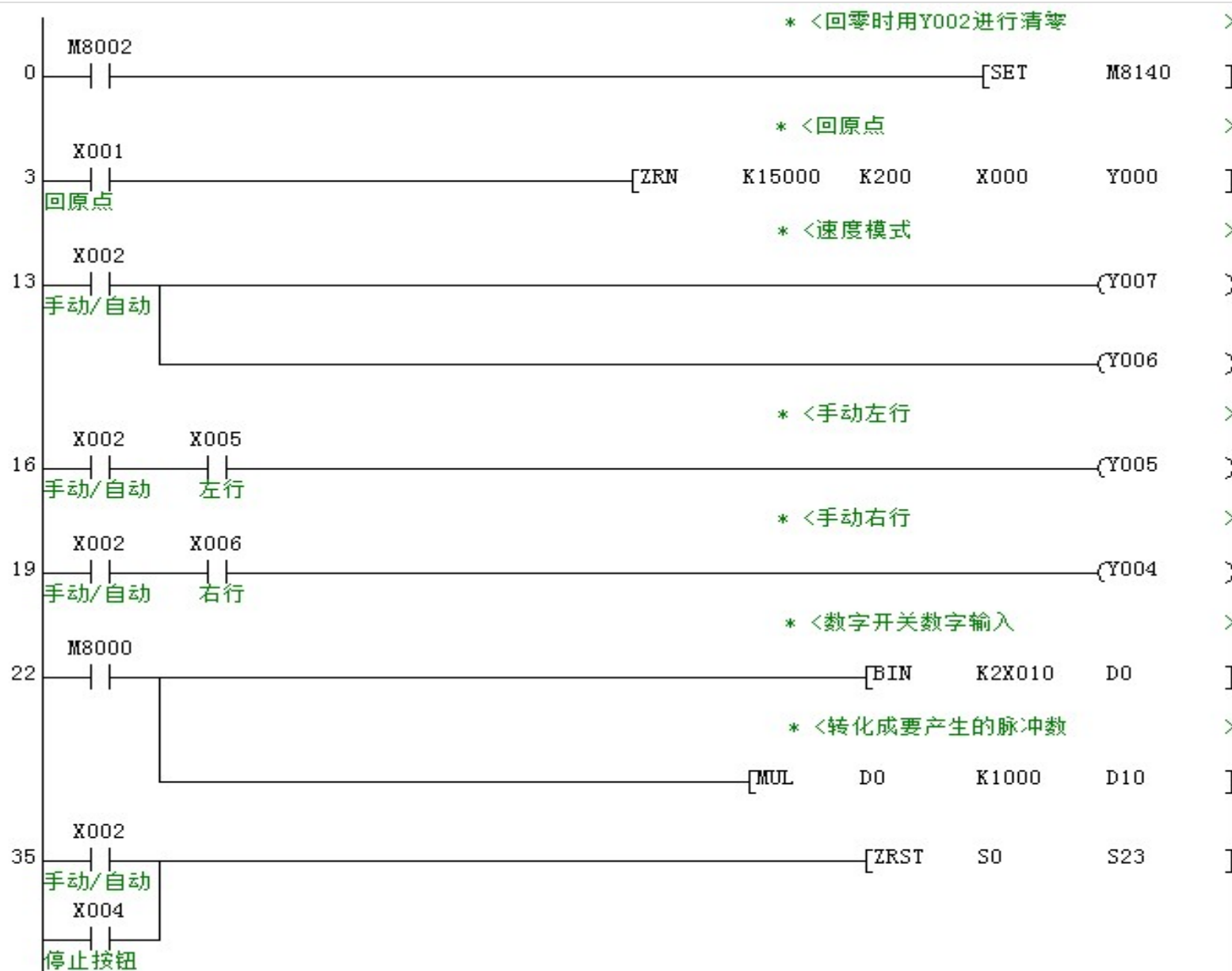
4) 伺服驱动器参数设置

伺服驱动器参数设置如表5-3所示。

表5-3 伺服驱动器参数设置表

参数	名 称	出厂值	设定值	说 明
NO.0	控制模式选择	0000	0001	设置成位置和速度模式
NO.2	自动调整	0105	0105	设置为自动调整
NO.3	电子齿轮分子	1	16384	设置成上位机发出 5000 个脉冲电机转一周
NO.4	电子齿轮分母	1	625	
NO.8	内部速度指令 1	100	1000	1000r/min
NO.21	功能选择 3	0000	0001	用于选择脉冲串输入信号波形（设定脉冲加方向控制）

5) 系统控制程序:系统控制程序程序如图5-31所示。



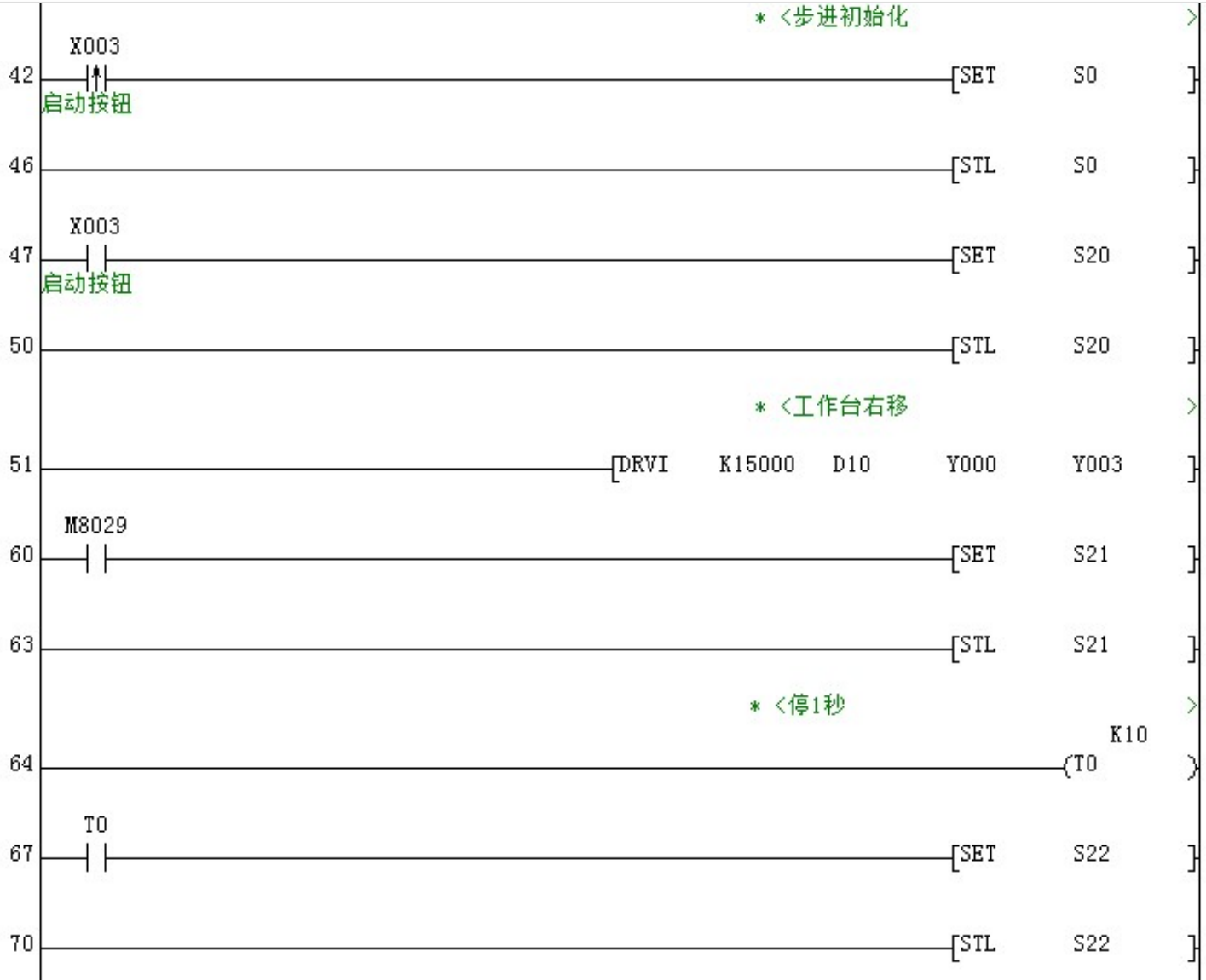




图5-31 系统控制程序程序