



## 模块

# 基本逻辑控制

学习目标：

- 完成电动机正反转启动停止控制、单按钮启动停止控制、Y/ $\Delta$ 降压启动控制、顺序启动停止控制和传送带产品检测 5 个控制任务的实施。
- 通过任务实施和思考拓展的学习过程,学习 PLC 的基本指令。
- 学会基本逻辑控制程序的设计方法和调试技巧。
- 开始接触 PLC 梯形图编程,体会它的特殊魅力。

## 任务 1 三相异步电动机正反转启动、停止控制 ——输入/输出指令学习

三相异步电动机正反转启动、停止控制是电气设备最基本的控制之一,通过该任务的实施,学习 PLC 控制的基本方法和过程,学会区分主回路和控制回路,学会 PLC 输入/输出地址的分配,并能用 PLC 的基本指令编写控制程序和调试。

### 1.1 任务引入

一个用继电器控制的三相异步电动机正反转启动、停止控制电路如图 3-1-1 所示。其中图 3-1-1(a)是主回路,图 3-1-1(b)是控制回路。在控制回路中,通过操作启动按钮 SB1、SB2 和停止按钮 SB3,来控制电动机 M 的正转启动、反转启动和停止,通过热继电器来对电动机进行过载保护。

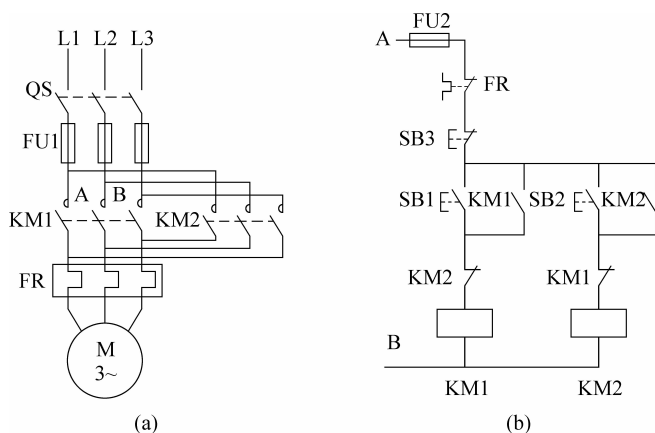


图 3-1-1 三相异步电动机正反转启动、停止控制电路

(a) 主回路; (b) 继电器控制回路

### 1. 控制要求

本任务的控制要求是：用 PLC 来控制电动机的正转启动、反转启动和停止，添加过载指示灯。

- (1) 在电动机停止时，按下 SB1 按钮，线圈 KM1 得电，主回路电动机 M 正转，并保持。
- (2) 在电动机停止时，按下 SB2 按钮，线圈 KM2 得电，主回路电动机 M 反转，并保持。
- (3) 在电动机旋转时，按下 SB3 按钮，线圈 KM1、KM2 失电，主回路电动机 M 停止。
- (4) 若电动机过载时，热继电器 FR 动作，其动合触点闭合，电动机 M 停止，同时报警灯 H 闪烁。

### 2. 任务分析

观察图 3-1-1，三相异步电动机正反转启动、停止电路分为主回路和控制回路，根据控制要求，本任务主要改造的是控制回路，要用 PLC 的硬件和软件来代替控制回路。

PLC 控制的硬件设计首先要分清控制系统的输入和输出设备，在本任务的控制回路中，启动按钮 SB1 和 SB2、停止按钮 SB3 和热继电器触点 FR 是 PLC 的输入设备，应将它们接到 PLC 的输入端；接触器线圈 KM、指示灯是 PLC 的负载设备，应将它们接到 PLC 的输出端。要将各元件接到相应的 PLC 输入或输出端子上，就要熟悉 PLC 输入/输出 (I/O) 地址的分配。

其次是要编写一个控制程序，输入设备的信号通过 PLC 的输入单元将信号送入 PLC，经控制程序处理后，将结果送到输出端来控制负载，这就要熟悉 PLC 的指令。

## 1.2 知识准备

### 1.2.1 软元件号分配及功能

PLC 内部的继电器统称为软元件，按一定的规则进行编号。在 FX2N 系列中用 X 表

示输入继电器,X表示输出继电器,M表示辅助继电器,D表示数据寄存器,T表示定时器,C表示计数器,S表示状态继电器。本任务只介绍X、Y和M,其他在相关任务中介绍。

### 1. 输入继电器 X

输入继电器是PLC用来接收用户输入设备发出的输入信号。输入继电器只能由外部信号所驱动,不能用程序内部的指令来驱动。因此,在程序中输入继电器只有触点,PLC硬件中的输入模块则可等效成输入继电器的输入线圈。其等效电路如图3-1-2所示。

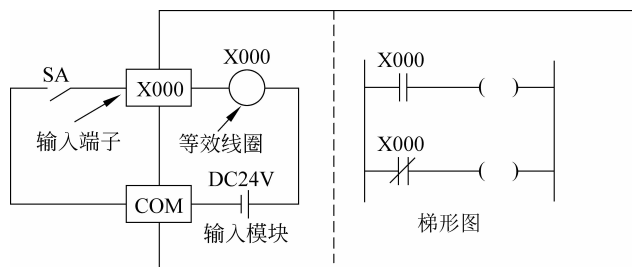


图 3-1-2 输入继电器等效电路

### 2. 输出继电器 Y

输出继电器是PLC用来将输出信号传送给负载的元件。输出继电器由内部程序驱动,其触点有两类,一类是由软件构成的内部触点(软触点),另一类则是由输出模块构成的外部触点(硬触点),它具有一定的带负载能力。其等效电路如图3-1-3所示。

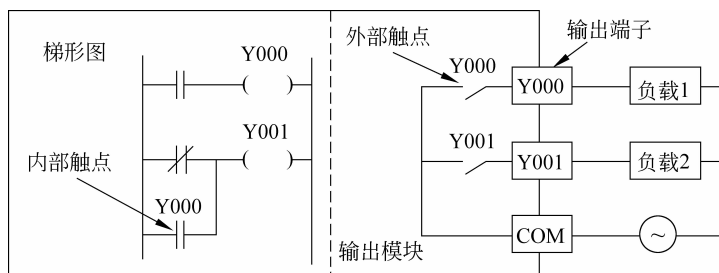


图 3-1-3 输出继电器等效电路

从图3-1-3中可以看出,输入继电器或输出继电器是由硬件(I/O模块)和软件构成的。由软件构成的内部触点可任意取用,不限数量,而由硬件构成的外部触点只能单一使用。输入/输出继电器的地址分配表见表3-1-1。

表 3-1-1 输入/输出继电器地址分配表

| 型号      | FX2N-16M         | FX2N-32M          | FX2N-48M          | FX2N-64M          | FX2N-80M          | FX2N-128M         | 带扩展                             | 合计       |
|---------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|----------|
| 输入继电器 X | X000-X007<br>8 点 | X000-X017<br>16 点 | X000-X027<br>24 点 | X000-X037<br>32 点 | X000-X047<br>40 点 | X000-X077<br>64 点 | X000-X267(X177)<br>184 点(128 点) | 256<br>点 |
| 输出继电器 Y | Y000-Y007<br>8 点 | Y000-Y017<br>16 点 | Y000-Y027<br>24 点 | Y000-Y037<br>32 点 | Y000-Y047<br>40 点 | Y000-Y077<br>64 点 | Y000-Y267(Y177)<br>184 点(128 点) |          |

### 3. 辅助继电器 M

在 PLC 内部的继电器叫做辅助继电器。它与输入/输出继电器不同,是一种程序用继电器,不能读取外部输入,也不能直接驱动外部负载,只起到中间继电器的作用。辅助继电器中有一类保持用继电器,即使在 PLC 电源断电时,也能储存 ON/OFF 状态,其储存的数据和状态由锂电池保护,当电源恢复供电时,能使控制系统继续电源掉电前的控制。辅助继电器的地址分配见表 3-1-2。其中 M8000~M8255 为特殊用继电器,它主要的功能有 PLC 状态、时钟、标记、PLC 方式、步进、中断禁止、出错检测等。常用的有:

- (1) M8000 当 PLC 运行时,M8000 为 ON(接通)。
- (2) M8002 当 PLC 开始运行时,M8002 为 ON,接通时间为一个扫描周期。
- (3) M8005 锂电池电压异常降低时工作。
- (4) M8012 提供振荡周期为 100ms 的脉冲,可用于计数和定时。
- (5) M8013 提供振荡周期为 1s 的脉冲。
- (6) M8014 提供振荡周期为 1min 的脉冲。

其余的在相关任务中介绍,或见《编程手册》。

表 3-1-2 辅助继电器地址分配表

| 辅助继电器<br>M | (M0~M499)500 点<br>通用 <sup>①</sup> | (M500~M1023)524 点<br>保存用 <sup>②</sup> | (M1024~M8255)2048 点<br>保存用 <sup>③</sup> | (M8000~M8255)156 点<br>特殊用 |
|------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|
|------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------|

注: ( ) 内的元件为电池备用区。

① 非备用区,根据设定参数可以变更备用区。

② 电池备用区,根据设定参数可以变更非电池备用区。

③ 电池备用固定区,区域特性不能变更。

## 1.2.2 输入/输出指令及应用

FX2N 系列 PLC 的指令分为基本指令、步进指令和应用指令。本任务主要介绍基本指令中的输入/输出指令。

### 1. 触点和线圈

梯形图中有常开触点、常闭触点和线圈,触点上和线圈中标有软元件的地址。触点的地址可以是输入继电器 X、输出继电器 Y、辅助继电器 M、状态继电器 S、定时器 T 和计数器 C;除输入继电器 X 外,Y、M、S、T、C 都可以是线圈的地址。

**说明:** 为了区分 PLC 外部接入硬元件和 PLC 内部的软元件,本书中将硬元件的触点按国家标准称为“动合触点”和“动断触点”,将软元件的触点按《编程手册》的习惯还是称为“常开触点”和“常闭触点”。

### 2. 触点的连接

触点可以串联、并联和混联,根据触点在梯形图中的位置不同,采用的指令也不同。

(1) 在和左母线连接时使用取指令(LD)来连接常开触点,使用取反指令(LDI)来连接常闭触点。

(2) 在和其他触点并联时使用或指令(OR)来并联常开触点,使用或非指令(ORI)来并联常闭触点。

(3) 在和其他触点串联时使用与指令(AND)来串联常开触点,使用与非指令(ANI)来串联常闭触点。

(4) 在触点组合的连接用块与指令(ANB)来串联块,使用块或指令(ORB)来并联块。

### 3. 线圈的驱动

线圈必须紧靠右母线,线圈的得电与否,由线圈左边触点的组合来驱动,驱动线圈用OUT(输出)指令。当驱动条件成立时,软元件线圈得电,为 ON。

### 4. 条件的反转

将驱动条件取反用 INV(取反)指令,其作用是将 INV 指令执行前的运算结果取反,不指定软元件号。

LD、LDI、OUT、INV 指令的应用如图 3-1-4 所示。图中当输入端子 X000 有信号输入时,常开触点 X000 闭合,输出继电器 Y000 得电;当输入端子 X001 有信号输入时,常闭触点 X001 断开,输出继电器 Y001 失电;当输入端子 X001 无信号输入时,常闭触点 X001 闭合,输出继电器 Y001 得电。INV 在这里的作用就是将 X002 的状态取反,相当于一个常闭触点,所以当触点 X002 闭合时,Y002 失电。

编写这个程序有两种方法:一是在梯形图编程界面,直接用图标工具绘制梯形图,如图 3-1-4(a)所示,若有需要可以转换成指令表,如图 3-1-4(b)所示;二是在指令表编程界面,用指令编程,完成后可以转换成梯形图。

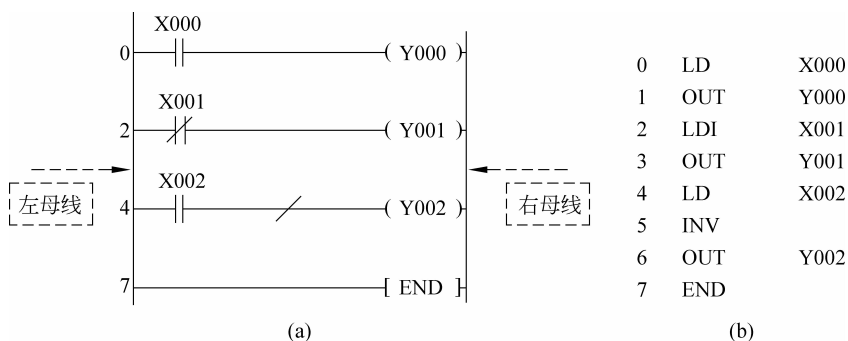


图 3-1-4 LD、LDI、INV、OUT 指令的应用

(a) 梯形图; (b) 指令表

**说明:** 因为输入元件触点的闭合/断开,和所连接的输入端子信号的有/无相对应,进而和梯形图中相应的输入继电器常开触点的闭合/断开,或常闭触点的断开/闭合有着一一对应的关系,为叙述简洁,以后在分析梯形图时,不再讨论输入元件的动作,读者可按照上述的对应关系,操作输入元件。输出继电器线圈的得电/失电也和外接负载的得电/失电一一对应,以后分析时,也只分析到输出继电器线圈的状态为止。

另外,因为步号和最后的 END 指令在编程软件中是自动生成的,为讲述简便,除任务实施中的完整梯形图外,在单元梯形图和指令表中不再出现步号和 END 指令。

OR、ORI 指令的应用如图 3-1-5 所示。图中只要触点 X000、X001 或 X002 中任一触点闭合,Y000 就得电。Y001 的得电只有赖于触点 Y000、X003 和 X004 的组合,它相当

于触点的混联,当触点 Y000 和 X003 同时闭合或 X004 闭合时,Y001 得电。

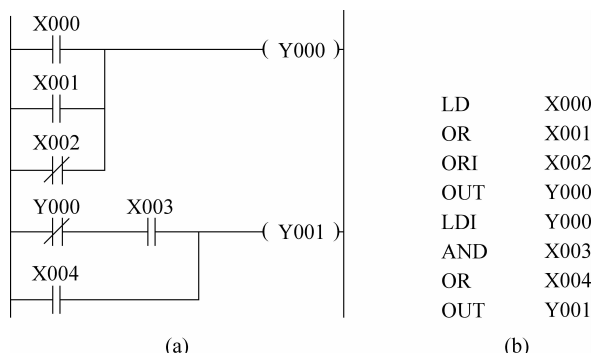


图 3-1-5 OR、ORI 指令的应用

(a) 梯形图; (b) 指令表

AND、ANI 指令的应用如图 3-1-6 所示。图中触点 X000 与 X001 串联,当 X000 和 X001 都闭合时,输出继电器 Y000 得电,当 X002 和 X003 都闭合时,Y001 也得电。在输出指令 OUT Y001 后,通过触点 M12 对 Y002 使用 OUT 指令,称为纵接输出。即当触点 X002、X003 都闭合且 M12 也闭合时,Y002 得电。这种纵接输出可多次重复使用。

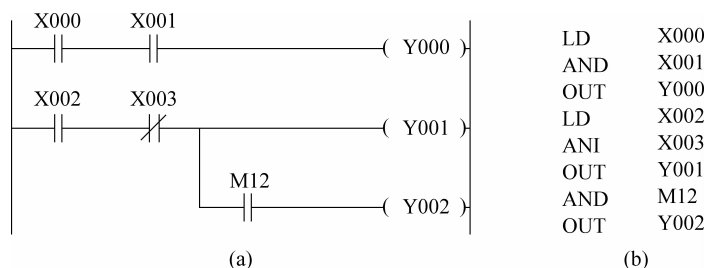


图 3-1-6 AND、ANI 指令的应用

(a) 梯形图; (b) 指令表

ANB 指令的应用如图 3-1-7 所示。触点 X001 和 X002 是并联块,X003 和 X004 是并联块,然后是块与块的串联。

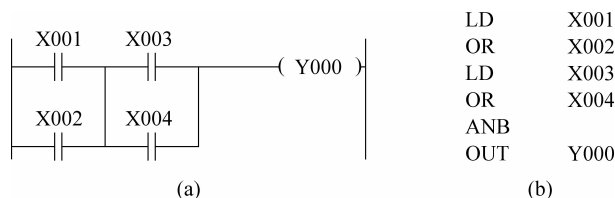


图 3-1-7 ANB 指令的应用

(a) 梯形图; (b) 指令表

ORB 指令的应用如图 3-1-8 所示。触点 X000 与 X001、X002 与 X003、X004 与 X005 分别构成 3 个串联块,然后并联,有两种不同的指令表达方式。

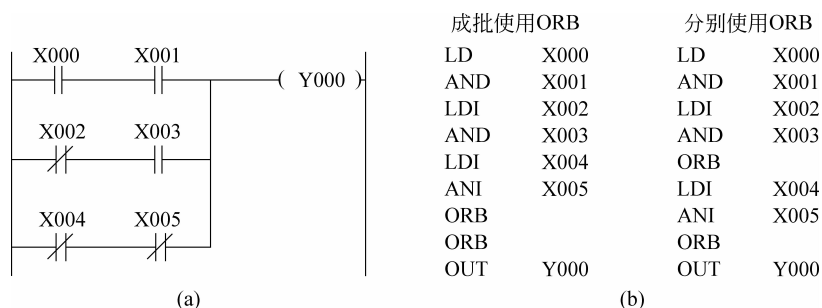


图 3-1-8 ORB 指令的应用

(a) 梯形图; (b) 指令表

ANB、ORB 指令的混合使用如图 3-1-9 所示。

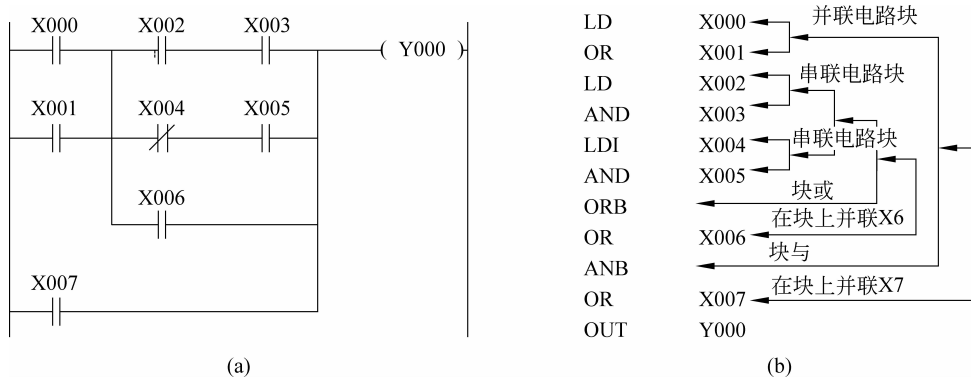


图 3-1-9 ANB、ORB 指令的混合使用

(a) 梯形图; (b) 指令表

### 1.2.3 置位、复位指令及应用

置位和复位指令的符号、名称、功能、梯形图和可用软元件见表 3-1-3。

表 3-1-3 置位和复位指令

| 符号  | 名称 | 功 能           | 梯 形 图 | 可用软元件       |
|-----|----|---------------|-------|-------------|
| SET | 置位 | 动作保持          |       | Y、M、S       |
| RST | 复位 | 清除动作保持, 寄存器清零 |       | Y、M、S、T、C、D |

置位与复位指令的应用可用图 3-1-10 形象地说明。

(1) 在图 3-1-10(a)中, 触点 X000 一旦闭合, Y000 得电; 触点 X000 断开后, Y000 仍得电。触点 X001 一旦闭合, 则无论触点 X000 闭合还是断开, Y000 都不得电, 其波形如图 3-1-10(c)所示。

(2) 对同一软元件, SET、RST 可多次使用, 顺序先后也可任意, 但以最后执行的一行

有效。如将图中的第一条与第二条梯形图对换,因为 SET 指令在 RST 指令后面,所以当 X000、X001 都闭合时,输出 Y000 一直得电。

(3) 对于数据寄存器 D,可使用 RST 指令。

(4) 积累定时器,T246~T255 的当前值的复位和触点复位也可用 RST 指令。

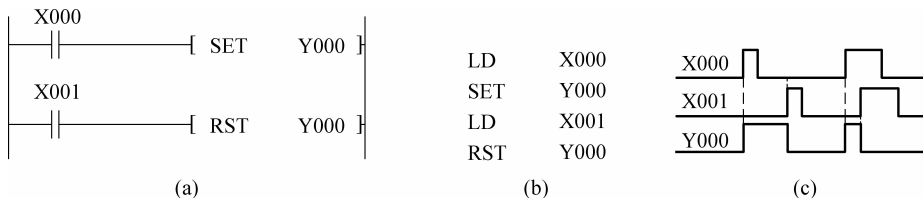


图 3-1-10 SET 和 RST 指令的应用  
(a) 梯形图; (b) 指令表; (c) 波形图

## 1.3 任务实施

根据任务分析和相关知识的学习,任务实施过程如下。

### 1.3.1 改造硬件电路

在改造前,必须分清输入/输出设备,合理地分配 I/O 地址。本任务的分配表见表 3-1-4,表中地址按 FX2N 型 PLC 实际地址填写。

表 3-1-4 I/O 地址分配表

| 输入元件   | 符号  | 输入地址 | 输出元件    | 符号  | 输出地址 |
|--------|-----|------|---------|-----|------|
| 正转启动按钮 | SB1 | X000 | 正转接触器线圈 | KM1 | Y000 |
| 反转启动按钮 | SB2 | X001 | 反转接触器线圈 | KM2 | Y001 |
| 停止按钮   | SB3 | X002 | 报警灯     | HL  | Y002 |
| 热继动合触点 | FR  | X003 |         |     |      |

保持原电路中的主回路,拆除控制回路,用 PLC 控制系统来代替原控制回路,如图 3-1-11 所示。其中图 3-1-11(a)是主回路,图 3-1-11(b)是 I/O 接线图,即控制回路。请注意,所有输入元件均以“动合”触点的形式接入,是为初学者设计的,具体分析可见本任务的“思考与拓展”。

在图 3-1-11(b)所示的 PLC 的输入端,SB1 是正转启动按钮,SB2 是反转启动按钮,SB3 是停止按钮。在图 3-1-11(b)所示的 PLC 的输出端,KM1 是正转接触器,KM2 是反转接触器,HL 是指示灯。考虑到 PLC 继电器输出单元触点容量是 250V、2A,所以必须将图 3-1-1 中额定电压为 380V 的接触器线圈调换成额定电压为 220V 的线圈,指示灯的额定电压也是 220V,同时将输出的 COM 端接电源的相线 L,负载的公共端接电源的零线 N。为了提高控制电路的可靠性,在输出电路中设置电路互锁,同时要求在梯形图中也要实现软件互锁。

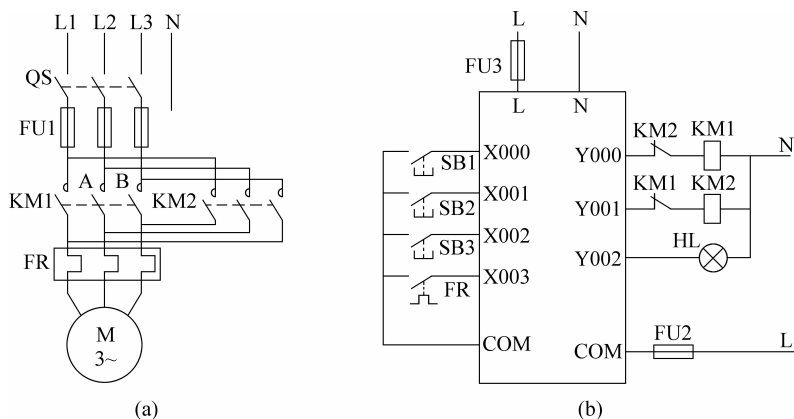


图 3-1-11 三相异步电动机正反转启动、停止控制电路

(a) 主回路；(b) I/O 接线图(控制回路)

### 1.3.2 编写控制程序(梯形图)

#### 1. 利用触点组合编写的控制梯形图

利用触点组合编写的梯形图如图 3-1-12 所示。



图 3-1-12 利用触点组合编写的控制梯形图

图 3-1-12 中为各触点和线圈添加了软元件注释,方便初学者阅读,也方便调试。

在计算机上编写如图 3-1-12 所示的梯形图,并传送到 PLC,再使 PLC 处于“RUN”状态。按下正转启动按钮 SB1,输入继电器 X000 得电,在梯形图上,其常开触点 X000 闭合,输出继电器 Y000 得电,内部常开触点 Y000 闭合自锁,Y000 外部动合触点闭合,线圈 KM1 得电,从而使主回路电动机 M 正向旋转。

按下停止按钮 SB3,输入继电器 X002 得电,在梯形图上,其常闭触点 X002 断开,输出继电器 Y000 失电,内部常开触点 Y000 断开解锁,Y000 外部动合触点断开,线圈 KM1 失电,主回路中动合主触点 KM1 断开,电动机 M 停止旋转,等待下一个启动信号。

在第一条和第二条梯形图中分别串入了常闭触点 Y001、Y000,用于软元件触点的互锁,以提高控制系统的安全性。

反转启动和停止的操作同上。

若电动机过载时,FR 动合触点闭合,输入继电器 X003 得电,其常闭触点 X003 断开,输出继电器 Y000 或 Y001 失电,线圈 KM 失电,电动机失电停转,以实现保护。

图 3-1-12 中的 M8013 即 1s 时钟脉冲,当电动机过载时,常开触点 X003 闭合,在秒脉冲的作用下,导致输出 Y002 0.5s 得电,0.5s 失电,使报警指示灯闪烁。

## 2. 利用置位、复位指令编写的控制梯形图

利用置位、复位指令编写的控制梯形图如图 3-1-13 所示。图中正转启动时,当 SB1 (X000) 一经闭合,输出 Y000 被置位,线圈 KM 得电,SB1 断开后,Y000 得电保持;反转启动的操作也同此。当停止或过载时,SB3(X002)或 FR(X003)闭合,Y000 或 Y001 立即复位,线圈 KM1 或 KM2 失电,SB2 或 FR 断开后,KM1 或 KM2 仍旧失电。当 SB1 和 SB3 均闭合时,由于 RST 指令在后,所以 KM1 失电,这就是停止优先控制。若将图 3-1-13 中的第 3 条梯形图换到第 1 条梯形图前面,就成了启动优先控制,请读者不妨一试。

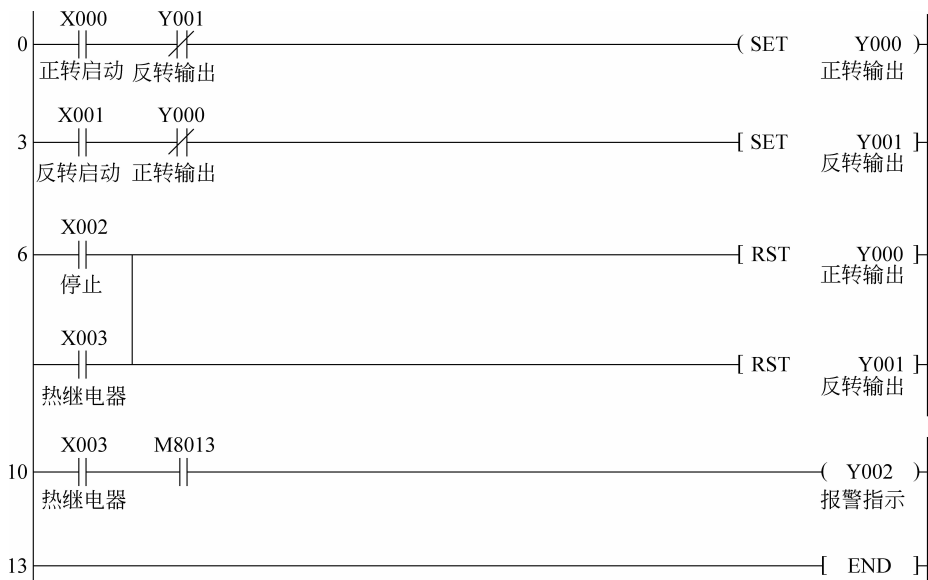


图 3-1-13 利用置位、复位指令编写的控制梯形图

## 1.4 思考与拓展

### 1.4.1 电动机的点动和长动控制

电动机的点动和长动控制的 I/O 地址分配表见表 3-1-5,X000、X001 和 X002 的作用