

# 实验指导书

## 机械工程实验Ⅲ



浙江大学机械制造及其自动化实验室

二〇〇九年八月

## 目 录

实验一	数控系统基础实验 .....	2
实验二	数控系统中的 PLC 实验 .....	15
实验三	数控系统的插补实验 .....	21
实验四	数控加工刀具半径补偿及 DNC 传输实验 .....	25
实验五	步进系统、伺服系统的故障诊断与维修 .....	34
实验六	数控系统 I/O 部分的故障诊断与维修 .....	43
实验七	主轴及编码器故障诊断与维修 .....	48
实验八	数控系统综合故障诊断与维修 .....	53
实验九	基于三坐标测量机的复杂零件公差检测实验 .....	67
实验十	PLC 基本指令的编程练习 .....	74
实验十一	三相异步电动机点动控制和自锁控制 .....	80
实验十二	机械手动作的模拟实验 .....	82
实验十三	五相步进电动机控制的模拟实验 .....	84
实验十四	加工中心模拟实验 .....	85
实验十五	变频器功能参数设置与操作 .....	90
实验十六	基于 PLC 通信方式的变频器开环调速 .....	91
实验十七	基于 PLC 通信方式的变频器闭环定位控制 .....	95
实验十八	基于 PLC 模拟量方式的变频器闭环调速 .....	99

## 实验一 数控系统基础实验

### 一、实验目的

通过数控系统连接、参数设置与调试,掌握数控系统的组成结构,了解数控系统接线方法,参数设置与调试方法。

### 二、实验要求

1. 熟悉并掌握西门子 802S 数控系统使用方法。
2. 熟悉并掌握数控系统参数的定义及设置方法。
3. 了解参数设置对数控系统运行的作用及影响。

### 三、实验原理

#### (一) SINUMERIK 802S/C 数控系统组成与结构

20 世纪 90 年代中后期,SIEMENS 公司推出 SINUMERIK802 系列数控系统,其中 802S 和 802C 是经济型数控系统,可带 3 个进给轴。802S 采用带有脉冲及方向信号的步进驱动接口,可配接 STEPDRIVE C/C+步进驱动器和五相步进电机或 FMSTEPDRIVE 步进驱动器和 1FL3 系列三相步进电机;802C 则包含有传统的-10V~+10V 的接口,可配接 SIMODRIVE611 驱动装置。802S/802C 除 3 个进给轴外,都有一个-10V~+10V 的接口,用于连接主轴驱动。SINUMERIK802S/802C 包括操作面板、机床控制面板、NC 单元、PLC 模块。NC 单元和 PLC 模块可安装在通用的安装导轨上。



图 1-1

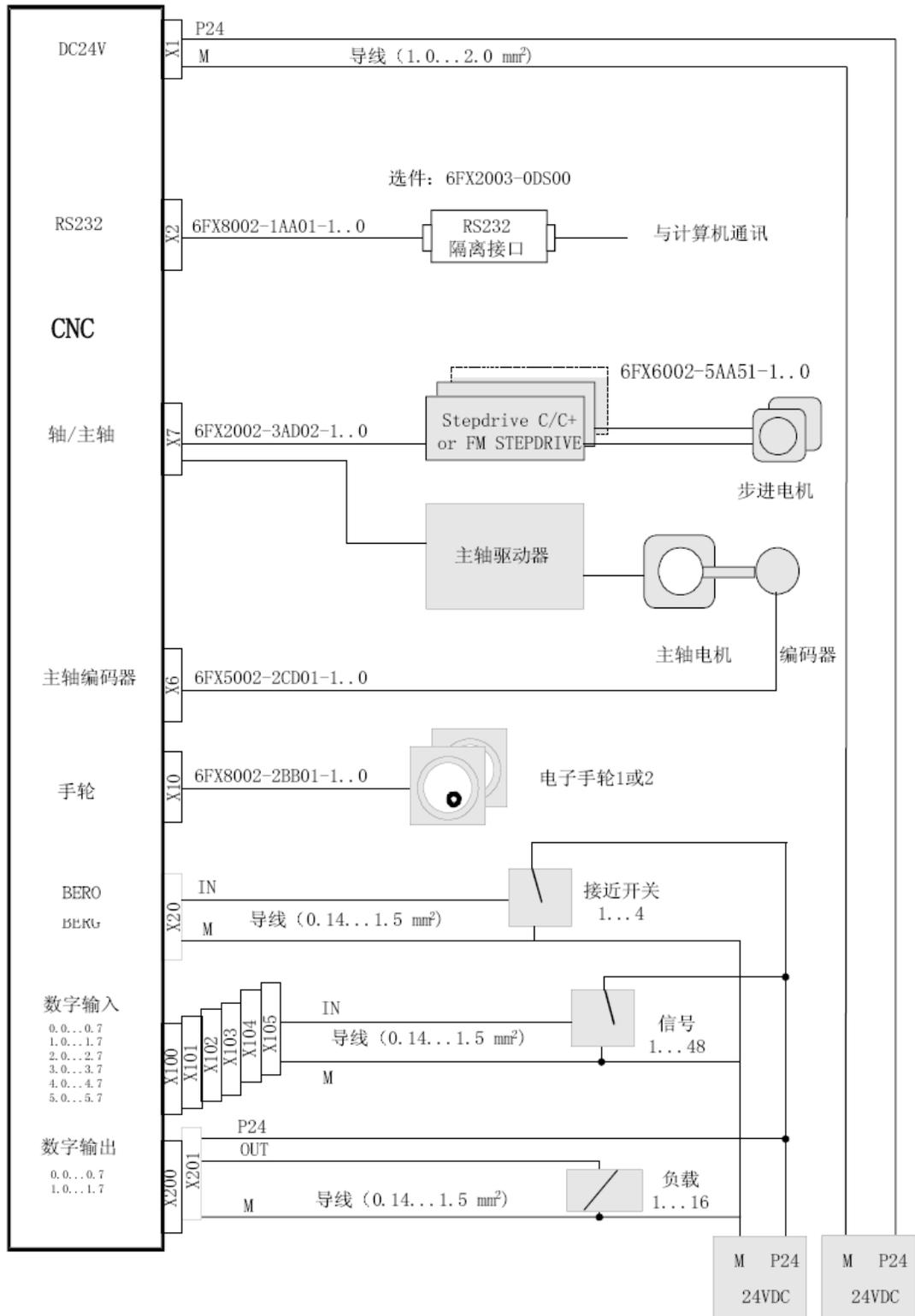
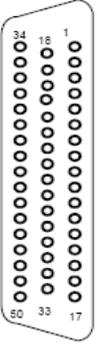
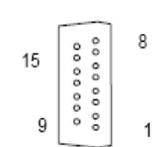


图 1-2

X7								
引脚	信号	类型	引脚	信号	类型	引脚	信号	类型
1	n.c.		18	ENABLE1		34	n.c.	A0
2	n.c.		19	ENABLE1_N		35	n.c.	A0
3	n.c.		20	ENABLE2		36	n.c.	A0
4	AGND4	A0	21	ENABLE2_N		37	A04	A0
5	PULS1	0	22	M	VO	38	PULS1_N	0
6	DIR1	0	23	M	VO	39	DIR1_N	0
7	PULS2_N	0	24	M	VO	40	PULS2	0
8	DIR2_N	0	25	M	VO	41	DIR2	0
9	PULS3	0	26	ENABLE3		42	PULS3_N	0
10	DIR3	0	27	ENABLE3_N		43	DIR3_N	0
11	PULS4_N	0	28	ENABLE4		44	PULS4	0
12	DIR4_N	0	29	ENABLE4_N		45	DIR4	0
13	n.c.		30	n.c.		46	n.c.	
14	n.c.		31	n.c.		47	n.c.	
15	n.c.		32	n.c.		48	n.c.	
16	n.c.		33	n.c.		49	n.c.	
17	SE4.1	K				50	SE4.2	K

	CNC 侧	电缆	驱动侧	
	引脚	中芯颜色	信号名	引脚
	5	黑	轴 1	P1
	38	棕		P1N
	6	红		D1
	39	橙		D1N
	18	黄		E1
	19	绿		E1N
	40	白/灰	轴 2	P2
	7	棕/黑		P2N
	41	蓝		D2
	8	紫		D2N
	20	灰		E2
	21	白		E2N
	9	白/黑	轴 3	P3
	42	白/棕		P3N
	10	棕/红		D3
	43	棕/橙		D3N
	26	白/红		E3
	27	白/橙		E3N
	17	白/黄	主轴	9
	50	白/绿		65
4	白/蓝	14		
37	白/紫	56		

X6					
引脚	信号	型号	引脚	信号	型号
1	n.c.		9	M	V0
2	n.c.		10	Z	I
3	n.c.		11	Z_N	I
4	P5_MS	V0	12	B_N	I
5	n.c.		13	B	I
6	P5_MS	V0	14	A_N	I
7	M	V0	15	A	I
8	n.c.				



X20高速输入接口BERO 及NC-READY

插头X20各引脚分配

X20: 高速输入接口 接线端子					
引脚	信号	说明	引脚	信号	说明
1	RDY1	使能	6	HI_4	未定义
2	RDY2	使能	7	HI_5	未定义
3	HI_1	参考点脉冲X轴	8	HI_6	未定义
4	HI_2	参考点脉冲Y轴	9	M	24V地
5	HI_3	参考点脉冲Z轴	10	M	24V地

说明：NC 使能后，内部使能继电器接触点闭合，即 RDY1、RDY2 导通，150VDC 或 125VAC 时最大电流 2A。

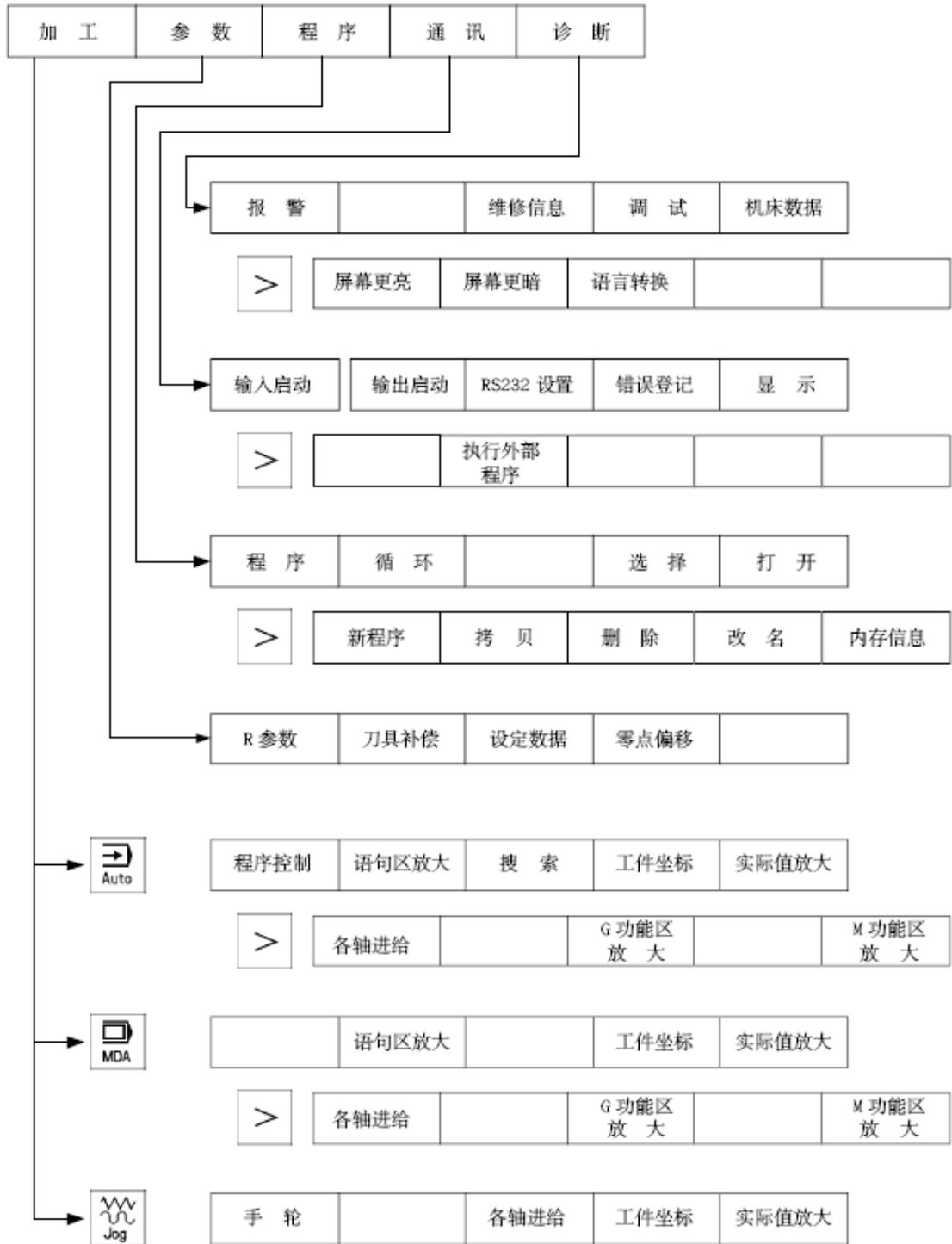


图 1-3

### SIEMENS 802S/c 机床操作面板

机床操作面板位于窗口的右下侧，如下图所示，主要用于控制机床运行状态，由模式选择按钮、程序运行控制开关等多个部分组成，每一部分的详细说明如下：

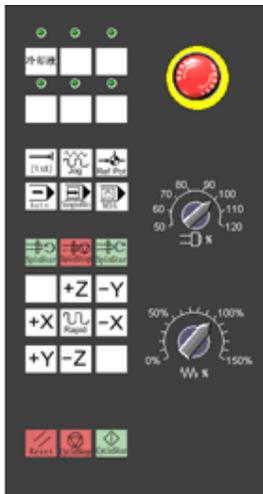


图 1-4 802S/c(铣床)面板

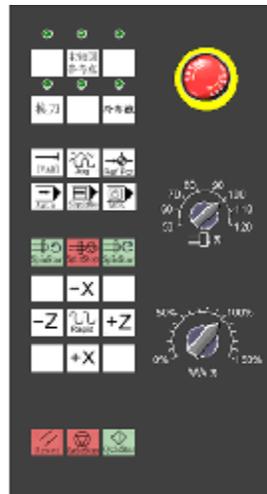
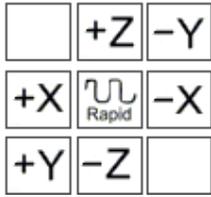
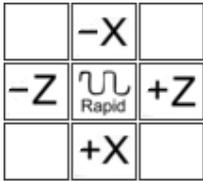


图 1-5 802S/c(车床)面板

-  MDA 用于直接通过操作面板输入一段数控程序
-  AUTO 进入自动循环模式
-  JOG 手动方式，手动连续移动台面或者刀具
-  REF 手动模式回参考点
-  [VAR] VAR 增量选择
-  SINGLEBLOCK 自动加工模式中，单步运行
-  SPINSTAR 主轴正转
-  SPINSTAR 主轴反转
-  SPINSTP 主轴停止
-  RESET 复位键
-  CYCLESTAR 循环启动
-  CYCLESTOP 循环停止
-  RAPID 快速移动



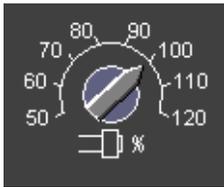
方向键：选择要移动的轴(SIEMENS 802S/c 铣床)



方向键：选择要移动的轴(SIEMENS 802S/c 车床)



紧急停止旋钮



主轴速度调节旋钮

### 数控系统操作

#### 按键介绍

如下图所示：用操作键盘结合显示屏可以进行数控系统操作。

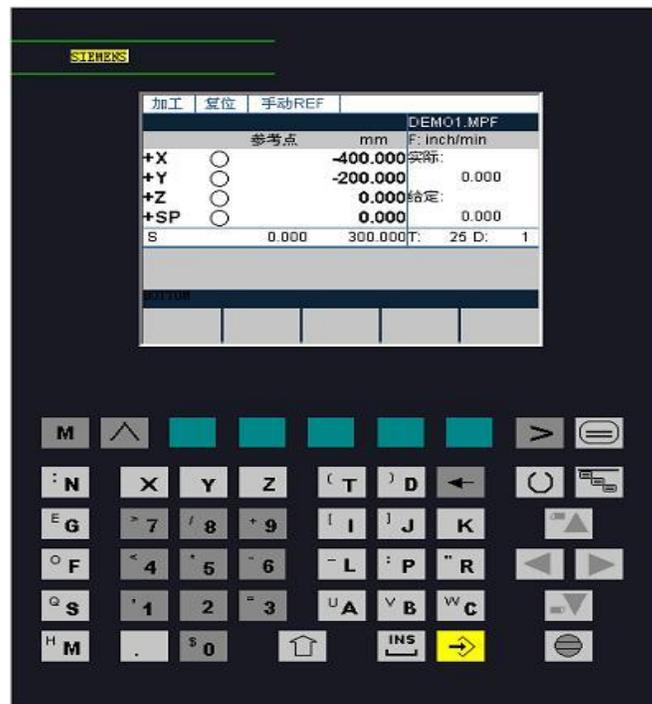


图 1-6

- |   |  |
|---|--|
|  软菜单键  |  M 加工显示   |
|  返回键   |  V 菜单扩展键  |
|  区域转换键   |  删除键(退格键)   |
|  光标向左键   |  光标向右键  |
|  光标向上键 上档: 向上翻页键   |  光标向下键 上档: 向下翻页键  |
|  垂直菜单键   |  报警应答键  |
|  选择/转换键  |  回车/输入键   |
|  上档键   |  INS 空格键(插入键)   |
|  U A  Z 字母键 上档键转换对应字符 |  \$ 0  + 9 数字键 上档键转换对应字符 |

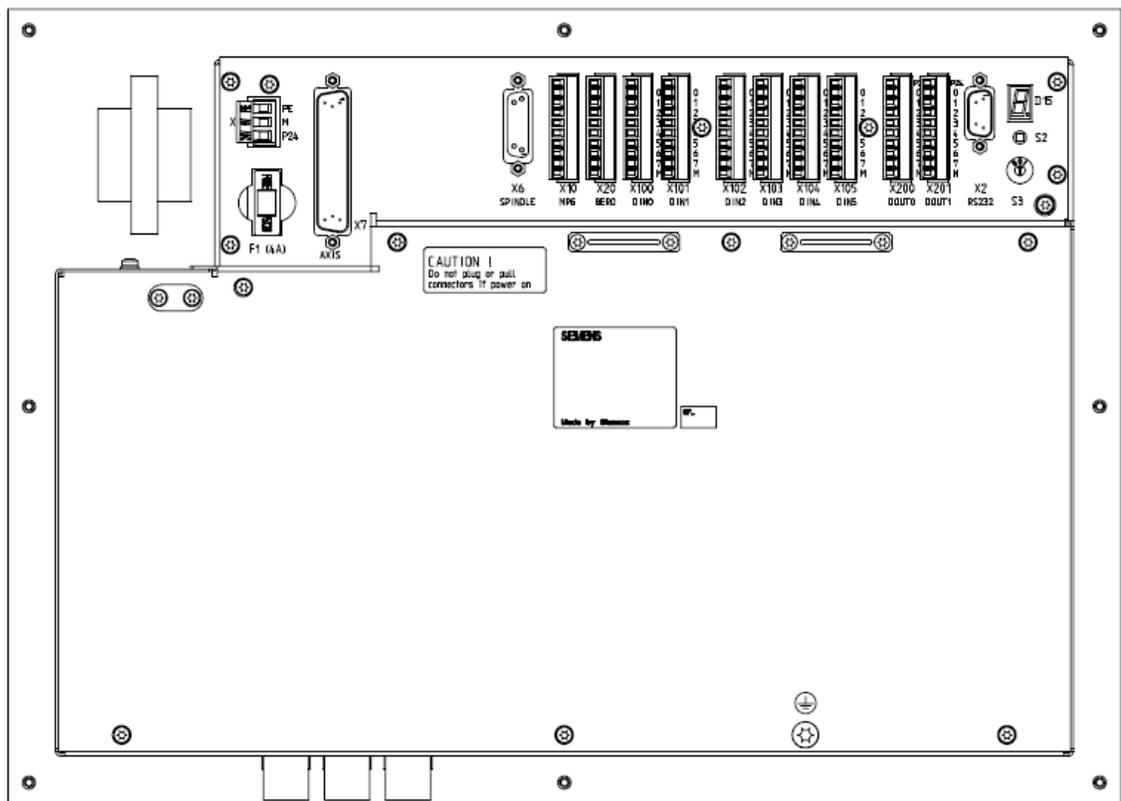


图 1-7

接口 CNC 部分

X1 电源接口 (DC24V)

3 芯螺钉端子块, 用于连接 24V 负载电源

X2 RS232 接口 (V24)

9 芯 D 型插座

X6 主轴接口 (ENCODER)

15 芯 D 型插座, 用于连接一个主轴增量式编码器

## (二) SINUMERIK 802S/C 数控系统参数一览表

数据类型:

BOOLEAN	机床数据位 (1 或 0)
BYTE	整数值 (从-128 到 127)
DOUBLE	实数和整数值 (从 $4.19 \cdot 10^{307}$ 到 $1.67 \cdot 10^{308}$ )
DWORD	整数值 (从 $-2.147 \cdot 10^9$ 到 $2.147 \cdot 10^9$ )
STRING	由带有数字和下划线的大写字母组成字符串 (最大 16 个字符)
UNSIGNED WORD	整数值 (从 0 到 65536)
SIGNED WORD	整数值 (从 -32768 到 32767)
UNSIGNED DWORD	整数值 (从 0 到 4294967300)
SIGNED DWORD	整数值 (从 -2147483650 到 2147483649)
WORD	十六进制数 (从 0000 到 FFFF)
DWORD	十六进制数 (从 00000000 到 FFFFFFFF)
FLOAT DWORD	实数 (从 $8.43 \cdot 10^{-37}$ 到 $3.37 \cdot 10^{38}$ )

生效条件:

PO (Power On)	系统上电时参数生效 ;
RE (Reset)	系统复位时参数生效 ;
CF (Configuration)	按“数据生效”软菜单键参数生效 ;
IM (Immediate)	立即生效 ;

## (三) 数据说明

数据格式:

数据号	机床数据名称	-			
单位	说明及其它	生效条件			
HW / 功能	标准值	最小值	最大值	数据类型	保护级

轴数据:

30130	CTRL_OUT_TYPE	-			
-	给定值输出类型: 0 此 MD 是用来输入速度设定点输出类型: 0: 模拟 (不需硬件) 1: 标准 (由于硬件配置产生的差异) 2: 步进电机 3, 4: 不存在	PO			
Always	0	0	2	BYTE	2/7

30240	ENC_TYPE	-			
-	实际值类型: 0: 仿真	PO			

	2: 方波发生器, 标准编码器 (脉冲倍频) 3: 用于步进电机的编码器				
Always	0	0	Always	BYTE	2/7

34200	REFP_CYCLE_NR				-
-	0: 不回参考点; 如果有绝对值编码器, REFP_SET_POS 生效 1: 零脉冲 (编码器给出) 2: 接近开关单边沿触发 3: 位置坐标系基准标记 4: 接近开关双边沿触发 5: 接近开关凸轮		PO		
Always	1	0	6	BYTY	2/7

31020	ENC_RESOL				-
-	每转编码器线数(编码器号)		PO		
Always	2048	0	plus	DWORD	2/7

31400	STEP_RESOL				-
-	步进电机每转步数		PO		
Always	1000	0	plus	DWORD	2/7

31030	LEADSCREW_PITCH				-
mm	丝杠螺距		PO		
Always	10.0	0	plus	DOUBLE	2/7

31050	DRIVE_AX_RATIO_DENOM				-
-	减速箱电机端齿轮齿数(控制参数号): 0...5		PO		
Always	1, 1, 1, 1, 1, 1	1	2147000000	DWORD	2/7

31060	DRIVE_AX_RATIO_NUMERA				-
-	减速箱丝杠端齿轮齿数(控制参数号): 0...5		PO		
Always	1, 1, 1, 1, 1, 1	1	2147000000	DWORD	2/7

#### 四、实验步骤

由于 SINUMERIK 802S/C 数控系统采用了数据保护措施, 不同的数据只能在特定的级别下修改。以下数据的修改需要制造商口令, 设定口令的步骤如下:

**软键** 诊断  $\bar{\cup}$  调试  $\bar{\cup}$   $\bar{\triangleright}$   $\bar{\cup}$  口令设定, 输入制造商口令 EVENING

##### 1. 轴数据设置

(1) 按 **软键** 诊断  $\bar{\cup}$  机床数据  $\bar{\cup}$  轴数据  $\bar{\cup}$   $\bar{\triangleright}$

(2) 按 **软键** 轴+ 或 **软键** 轴- 选择相应的坐标轴。首先选择 X 轴。

(3) 按  或 ，将光标移至 30130，输入数值   2   按 

(4) 按 ，将光标移至 30240，输入数值   3   按 

(5) 按 **软键** 搜索 输入要查询的机床数据号“34200” 按 **软键** 确认，光标立

即定位刀所要查询的机床数据 34200 上，输入设定值   2   按 

(6) 按 **软键** 轴+，选择 Z 轴。重复步骤 4—7：设定 30130=\_\_\_\_，30240=\_\_\_\_，34200=\_\_\_\_

(7) 按 **软键** 调试 按 **软键** 调试开关 按 **软键** NC，选择正常上电启动 按 **软键** 确认

## 2. 传动系统的机械参数设定

(1) 设定下列参数：

31020=1000， 31400=1000

(步进电机步距角 1.8 度，采用 5 细分，则： $360/1.8*5=1000$ )

31030=5 丝杠螺距，单位：mm

31050=1， 31060=1 即减速比  $31050/31060=1/1=1$

**说明** 以上设定的操作步骤，先选定 X 轴参数，再设定 Z 轴参数。下面其它参数设定的操作步骤与此相同，不再赘述。

(2) 设定相关的速度 (X 轴、Z 轴)

32000=3000； 最大轴速度 mm/min；

32010=3000； 点动快速 mm/min；

32020=2000； 点动速度 mm/min；

32260=3000； 电机额定转速；

36200=11500； 坐标速度极限。

(3) 系统重新上电。

按 **软键** 调试 按 **软键** 调试开关 按 **软键** NC，选择正常上电启动 按 **软键** 确认；系统重新上电自动计算步进电机最大频率：

$(3000/60)$  转/秒  $\times$  1000 脉冲/转 = 50000 脉冲/秒 = 50000Hz

检查 31350 参数，应该为 50000

输入监控频率 (X 轴、Z 轴)

36300=300000； 即步进频率极限

## 3. 设定参考点

34000=1； 减速开关有效；

- 34020=4000; 寻找减速开关速度;
- 34060=5.0; 寻找接近开关的最大距离;
- 34040=300; 寻找零脉冲速度;
- 34070=200; 参考点定位速度;
- 34010=0; 减速开关方向正;
- 34050=1; 接近开关方向正。

为进一步理解所设定参数，可选作以下实验：

- (1) 设定 34000=0; 减速开关无效。
- (2) 按复位键, 使设定的所有参数有效。
- (3) 执行回参考点操作，观察系统运行是否正常。
- (4) 将参数 34000 恢复为 1。

#### 4. 设定坐标软限位

- (1) 对 X 轴参数进行设定 (Z 轴设定方法相同)
  - 36100=-130; 轴负向软限位值;
  - 36110=40; 轴正向软限位值;
- (2) 按, 使设定的参数有效。
- (3) 长按 +X、-X 来移动坐标轴到极限位置，观察屏幕上轴位置坐标和报警信息。

为进一步理解所设参数，可选做以下实验：

- (1) 设定
  - 34100=0; 参考点位置值;
  - 36100=-150; 轴负向软限位值;
  - 36110=50; 轴正向软限位值;
- (2) 按, 使设定的参数有效。
- (3) 手动方式移动坐标轴。出现“021614”报警号
- (4) 按 , 阅读故障说明，分析为什么会先出现硬限位报警？
- (5) 恢复 34100=0, 36100=-130, 36110=40

#### 5. 主轴参数调试

- (1) 设定:
  - 30130=1, 有±10V 模拟量输出;
  - 30200=1, 主轴有编码器反馈;
- (2) 因为主轴安装了编码器，因而应设定下列主轴参数:
  - 30240=2, 因为主轴带测量系统;
  - 31020=1024, 编码器每转脉冲数;

32260=1000, 主轴额定转速;

36200=5000, 最大主轴监控速度;

(3) 设定: 36300=300000, 主轴监控频率;

(4) 统重新上电, 使设定参数有效: 按  调试  调试开关  NC, 选择正常上电启动  按 

## 6. 数据保护

(1) 关闭口令

在各项机床数据高度完毕后, 必须关闭口令进行数据保护。操作过程如下:

 诊断  调试    关闭口令

(2) 机内数据存储

在系统内部把后备受时间限制的存储器中数据保存到永久存储器, 一般用于以下情况:

- u 系统关机超过 50 小时, 则必须进行内部数据保护
- u 对重要数据进行了修改, 建议立即进行内部数据保护

 诊断   调试    数据存储

(3) 机外数据保护

将在实验“数控系统 DNC 传输连接与调试”进行详细介绍。

## 五、实验报告

1. 总结数控系统中常见参数及其功能。
2. 观察并记录修改相应参数设置后对数控系统运行状况的影响。

## 实验二 数控系统中的 PLC 实验

### 一、实验目的

熟悉并掌握数控系统中 PLC 参数的定义及设置方法，了解 PLC 参数设置对数控系统运行的作用及影响。

### 二、实验要求

1. 熟悉并掌握西门子 802S 数控系统中 PLC 参数的定义。
2. 熟悉并掌握数控系统中 PLC 参数的设置方法。
3. 了解数控系统中 PLC 参数设置对数控系统运行的作用及影响。

### 三、实验原理

(一) PLC 状态下可查询数据

输入端	I	输入字节 (IBx)、输入字 (IWx)、双输入字 (IDx)
输出端	Q	输出字节 (QBx)、输出字 (QWx)、双输出字 (QDx)
标志器	M	标志字节 (Mx)、标志字 (MW)、双标志字 (MDx)
定时器	T	定时器 (Tx)
计数器	C	计数器 (Cx)
资料	V	数据字节 (VBx)、数据字 (VWx)、双数据字 (VDx)
格式	B H D	二进制 十六进制 十进制 在双字方式中不可以使用二进制。计数器和定时器使用十进制

接口是连接 CNC 系统、PLC 及机床本体的节点，节点是信息传递和控制的通道，通过接口的状态信息（通“1”、断“0”），若系统带有分立 PLC 时，系统发生故障后，应判断故障是出现在 CNC 系统内部，还是 PLC 或机床侧。这就要求熟悉 CNC-PLC 之间信息交换的内容，必须熟悉各测量反馈组件的位置、作用及发生故障时的现象与后果。搞清楚某一个动作不执行是由于 CNC 没有给 PLC 指令，还是由于 CNC 给了 PLC 指令而 PLC 不执行，或是由于 PLC 未准备好应答信号，CNC 不能提供该指令等等。

(二) PLC 在数控机床中的作用

PLC 程序是用来控制数控机床的顺序动作，常见的顺序程序的形式有：语句表、梯形图、流程图三类。梯形图因其形式直观，近似与电器原理图的特点而易受大家接受。数控机床 PLC 程序完成一下功能。

编译功能：编译接口信号，控制机床动作

对机床控制面板的各个按键、旋钮输入信号进行编译，以控制数控系统的状态

对辅助功能指令（M、S、T）的译码。对辅助功能的接口进行译码处理，将它转化为相应的控制指令，通过与其它状态的逻辑运算控制机床的运行，如刀具交换、冷却启停、工作台交换等。

机床外部输入/输出信号的控制。将机床侧的各类开关信号送入 PLC，经逻辑运算后，将运算结果送入到输出口，控制机床侧的动作，如液压系统的启停，刀库（或转塔）、机械手、工作台交换机构等的控制。

伺服控制。控制主轴和伺服进给装置的使能信号，以满足伺服驱动的条件，控制机床的

运行。

其它外围设备的控制。如探头、软驱等。

#### 四、实验步骤

##### 1. PLC 调试

(1) 按 **软键** 诊断 **Ú** **软键** 调试 **Ú** **软键** PLC 状态；

诊断	复位	自动	10000 INC
			DEMO.MPF
PLC 状态显示			有效
地址	格式	值	
IB0	B	0000 0000	
p			u
修改			删除

(2) 键入 “IB0” **Ú** ；

(3) 将 I/O 模块演示板上方的开关向上打。观察屏幕数据变化

##### 2. 设定 PLC 参数

MD14512 机床参数	USER_DATA_HEX PLC 机床参数—十六进制							
数据号	位 7	位 6	位 5	位 4	位 3	位 2	位 1	位 0
14512[0]	定义有 输入位(接口 X100, 端子号: 0~7)							
	I0.7	I0.6	I0.5	I0.4	I0.3	I0.2	I0.1	I0.0
14512[1]	定义有 输入位(接口 X101, 端子号: 8~15)							
	I1.7	I1.6	I1.5	I1.4	I1.3	I1.2	I1.1	I1.0
14512[2]	定义输入位为常闭连接(接口 X100, 端子号: 0~7)							
	I0.7	I0.6	I0.5	I0.4	I0.3	I0.2	I0.1	I0.0
14512[3]	定义输入位为常闭连接(接口 X101, 端子号: 8~15)							
	I1.7	I1.6	I1.5	I1.4	I1.3	I1.2	I1.1	I1.0
14512[4]	定义有 输出位(接口 X200, 端子号: 0~7)							
	Q0.7	Q0.6	Q0.5	Q0.4	Q0.3	Q0.2	Q0.1	Q0.0
14512[5]	定义有 输出位(接口 X201, 端子号: 8~15)							
	Q1.7	Q1.6	Q1.5	Q1.4	Q1.3	Q1.2	Q1.1	Q1.0
14512[6]	定义输出位为低电平有 (接口 X200, 端子号: 0~7)							
	Q0.7	Q0.6	Q0.5	Q0.4	Q0.3	Q0.2	Q0.1	Q0.0
14512[7]	定义输出位为低电平有 (接口 X201, 端子号: 8~15)							
	Q1.7	Q1.6	Q1.5	Q1.4	Q1.3	Q1.2	Q1.1	Q1.0
14512[11]	PLC 实例程 配置							
	刀架 控制 有	模拟 主轴 换挡 控制			主轴  有	卡紧 放松  有	润滑  有	冷却  有
14512[12]	进给/主轴倍率控制方式配置							
	定义主轴倍率 转换速度	定义进给倍率 转换速度			开机 主轴 倍率 设置	开机 进给 倍率 设置		倍率 控制 方式
14512[16]		转监控			主轴配置			
		Z 轴	Y 轴	X 轴	配备	单极	主轴	调试
		转 监控	转 监控	转 监控	倍率 开关	模拟 主轴	使能自 动取	过程中
14512[17]	定义带制动装置的进给电机				定义回参考点倍率无 的轴			
		Z 轴 抱闸	Y 轴 抱闸	X 轴 抱闸		Z 轴 REF	Y 轴 REF	X 轴 REF
14512[18]	急停链 生	定义硬 Z 单开 关硬 位	位螺距 Y 单开 关硬 位	X 单开 关硬 位		技术设定		
						开机 自动 润滑 一次	驱动 优化 生	

PLC 参数是 PLC 程序中的一种待定变量，可以在机床数据中设定从而改变 PLC 程序的运行，例如可以用一个变量代表润滑的周期，PLC 控制润滑的灵活，PLC 参数随 PLC 程序改变。

MD14512 参数定义，由于实例 PLC 程序，PLC 机床参数的定义在为用户预留的区域内

(1) 按  诊断  机床数据  轴数据   搜索  
 键入“14512”  确认；

X100	车床	有效设置 14512 (0)	负逻辑设置 14512 (2)
I0.0	硬限位 X+	1	1
I0.1	硬限位 Z+	1	1
I0.2	X 参考点减速开关	1	1
I0.3	Z 参考点减速开关	1	1
I0.4	硬限位 X-	1	1
I0.5	硬限位 Z-	1	1
I0.6	未定义	1	0
I0.7	启动完毕信号	1	1

注：

有效设置 MD14512(0),(1)，输入信号是否有效

0 ——设置无效

1 ——设置有效

负逻辑设置 MD14512(2),(3)

0 ——正逻辑，即 24Vdc 为逻辑 1

1 ——负逻辑，即 0Vdc 为逻辑 1

脉冲监控有效 MD14512(10)

0 ——设置功能无效

1 ——设置功能有效

机床配置 MD14512(11)

BIT[0]-0 斜床身车床（MCP 上+X,-XKey 位置保持不变）

BIT[0]-1 水平床身车床（MCP 上+X,-XKey 位置互换）

(2) 机床配置在 14512 (0)，键入“11111111” 

X101	车床	有效设置 14512 (1)	负逻辑设置 14512 (3)
I1.0	刀架信号 T1	1	1
I1.1	刀架信号 T2	1	1
I1.2	刀架信号 T3	1	1
I1.3	刀架信号 T4	1	1
I1.4	刀架信号 T5	1	1
I1.5	刀架信号 T6	1	1
I1.6	变频器内部故障	1	1
I1.7	未定义	1	1

(3) 按 ，将光标移动到 14512 (1)，键入“11111111” 

(4) 按 ，将光标移动到 14512 (2)，键入“10111111” 

按 , 将光标移动到 14512 (3), 键入 “11111111” 

X200	车床	有效设置 14512 (4)	负逻辑设置 14512 (6)
Q0.0	主轴正转	1	0
Q0.1	主轴反转	1	0
Q0.2	冷却泵输出	1	0
Q0.3	润滑泵输出	1	0
Q0.4	刀架正转	1	0
Q0.5	刀架反转	1	0
Q0.6	工作灯输出	1	0
Q0.7	未定义	1	0

(5) 按 , 将光标移动到 14512 (4), 键入 “11111111” 

X201	车床	有效设置 14512 (5)	负逻辑设置 14512 (7)
Q1.0	黄色报警灯输出	1	0
Q1.1	黄色报警灯输出	1	0
Q1.2*	黄色报警灯输出	1	0
Q1.3	未定义	1	0
Q1.4	制动器输出	1	0
Q1.5*	未定义	1	0
Q1.6*	未定义	1	0
Q1.7*	未定义	1	0

(6) 按 , 将光标移动到 14512 (5), 键入 “11111111” 

(7) 按 , 将光标移动到 14512 (6), 键入 “0” 

按 , 将光标移动到 14512 (7), 键入 “0” 

(8) 按 , 将光标移动到 14512 (8), 键入 “0” 

(9) 按 , 将光标移动到 14512 (9), 键入 “0” 

按 , 将光标移动到 14512 (10), 键入 “0” 

(10) 按 , 将光标移动到 14512 (11), 键入 “10001011” 

### 3. 设定 PLC 参数 14510

(1) 设定 14510 (0) = 4; (输入实际刀架的刀位数)。

(2) 按 , 将光标移动到 14510 (1), 键入 “4” ; 刀架卡紧时间: 以 100ms 为单位输入刀架的反转卡紧时间。如果刀架允许必须给定该值。

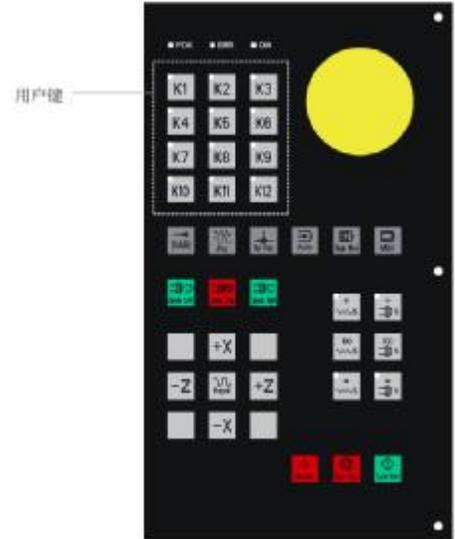
(3) 按 ，将光标移动到 14510 (2)，键入“8” ；主轴制动时间：以 100ms 为单位给定主轴制动时间。主轴制动由面板停键或零件程序中 M05 激活。

(4) 按 ，将光标移动到 14510 (3)，键入“10” ；润滑间隔时间：用于制动润滑，以 1Min 为单位给定润滑间隔。

(5) 按 ，将光标移动到 14510 (4)，键入“10” ；每次润滑时间：以 100ms 为单位给定每次润滑的时间。

(6) 重新上电，使所设参数有效。

键号	用于车床	设置
K1	驱动器使能，或禁止	1
K2	刀具卡紧，或放松	1
K3	换刀	1
K4	照明启动	1
K5	润滑泵启动	1
K6	冷却泵启动	1
K7	未定义	1



## 五、实验报告

1. 简述 PLC 参数的定义及设置方法。
2. 观察 PLC 参数设置对数控系统运行的作用及影响。

## 实验三 数控系统的插补实验

### 一、实验目的

了解数控系统直线插补和圆弧插补的原理及其实现方法，通过插补算法的可视化，加深对常用插补算法的了解。应用标准 G 代码编程实现直线插补和圆弧插补，掌握标准 G 代码的直线插补和圆弧插补编程方法。

### 二、实验要求

- 1、掌握数控机床插补原理。
- 2、掌握数控机床直线和圆弧插补。

### 三、实验原理

#### 1. 基本概念

机床数字控制的核心问题之一，就是如何控制刀具与工件的相对运动。加工平面直线或曲线需要两个坐标轴联动，对于空间曲线或曲面则需要三个或三个以上坐标轴联动，才能走出其轨迹。插补（interpolation）的实质上是决定联动过程中各坐标轴的运动顺序、位移、方向和速度。

具体来说，插补方法是指在轮廓控制系统中，根据给定的进给速度和轮廓线形的要求，在已知数据点之间插入中间点。每种方法又可能用不同的计算方法来实现，具体的计算方法称之为插补算法。插补的实质就是数据点的密化。

数控系统中完成插补工作的装置叫插补器。根据插补器的不同结构，可分为硬件插补器和软件插补器两大类。硬件插补器由专用集成电路组成，它的特点是运算速度快，但灵活性差；软件插补器利用微处理器通过系统程序完成各种插补功能，这种插补器的特点是灵活易变，但速度较慢。随着微处理器运算速度和存储容量的提高，现代数控系统大多采用软件插补或软、硬件插补相结合的方法。

#### 2. 插补算法

按数学模型来分，有一次（直线）插补，二次（圆、抛物线等）插补及高次曲线插补等，大多数数控机床都具有直线插补和圆弧插补。根据插补所采用的原理和计算方法的不同，有许多插补方法，目前应用较多的插补方法分为脉冲增量插补和数字增量插补两类。

脉冲增量插补又称为基准脉冲插补，适用于以步进电动机驱动的开环数控系统中。在控制过程中通过不断向各坐标轴驱动电机发出互相协调的进给脉冲，每个脉冲通过步进电动机驱动装置使步进电动机转过一个固定的角度（称为步距角），并使机床工作台产生相应的位移。该位移称为脉冲当量，是最小指令位移。脉冲增量插补算法很多，最常用的是逐点比较法、数字积分法、最小偏差法、目标点跟踪法、单步追踪法等。

数字增量插补是根据编程的进给速度,将轮廓曲线分割为插补采样周期的进给段——即轮廓步长。在每一插补周期中,插补程序被调用一次,为下一周期计算出坐标轴应该行进的增量段(而不是单个脉冲)  $\Delta x$  或  $\Delta y$  等,然后再计算出相应插补点(动点)位置的坐标值。在 CNC 系统中,数字增量插补通常采用时间分割插补算法,此外还有数字积分(DDA)法、二阶近似法、双 DDA 法、角度逼近法等。

#### 四、实验步骤

##### 1. 编制程序

按图 4-1 所示图形编制轮廓程序。

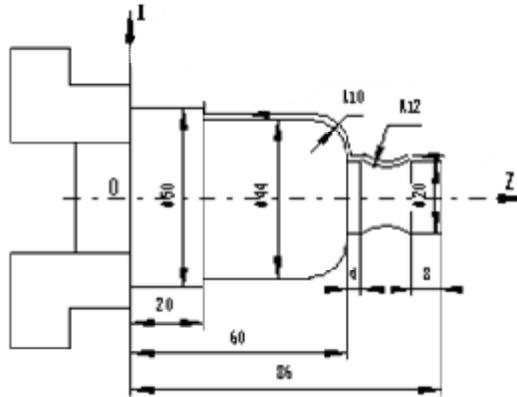


图 4-1 精车轮廓编程图例

轮廓绘制程序如下：若以工件右端轴心为原点，则程序如下：

<b>T1D1M6</b>	使用 1 号刀 1 号刀补
<b>M03S500</b>	主轴以 500 rpm 正转
<b>G0G22G94X10Z0</b>	快速移到图形的右端起点
<b>G01Z-8F1000</b>	
<b>G02 X10Z-22 CR=12</b>	
<b>G01Z-26</b>	圆弧插补
<b>X12</b>	
<b>G03X22Z-36 CR=10</b>	圆弧插补
<b>G01Z-66</b>	
<b>X25</b>	
<b>Z-86</b>	
<b>X30</b>	退刀
<b>M05</b>	主轴停转
<b>M30</b>	程序结束

一般地,程序头包括程序番号、建立工件坐标系,启动主轴、开启切削液、从起刀点快速进到工件要加工的部位附近等准备工作,如例题中程序前部带下划线的程序段;程序主干

则是由具体的车削轮廓的各程序段组成，有必要的可含子程序调用；程序尾包括快速返回起刀点、关主轴和切削液、程序结束停机等，如例题中程序后部带下划线的程序段。

**注意：**

**I 由于实验台刀（笔）尖固定，而实际车床刀尖随机床运动，故实验台刀（笔）尖运动轨迹与编程轨迹成原点对称。**

**I 实验台为前刀座坐标系。**

## 2. 机床操作

(1) 参考点操作。

① 先检查一下各轴是否在参考点的内侧，如不在，则应手动回到参考点的内侧，以避免回参考点时产生超程；

② 按功能键区的  功能按键；

③ 分别按 +X 、 +Z 轴移动方向按键，使各轴返回参考点，回参考点后，相应的指示灯将点亮。

(2) 点动、步进操作。

① 按功能键区的 （手动）或 （增量）功能按键；

② （增量模式）时按倍率选择键 x1 、 x10 、 x100 、 x1000 选择增量进给的倍率大小；

③ 按机床操作面板上的“+X”或“+Z”键，则刀具向 X 或 Z 轴的正方向移动，按机床操作面板上的“-X”或“-Z”键，则刀具向 X 或 Z 轴的负方向移动；

④ 如欲使某坐标轴快速移动，只要在按住某轴的“+”或“-”键的同时，按住  键即可。

(3) MDA 操作。

① 按  选择 MDA 功能；

② 在菜单行上部的提示输入行上将出现光标，在光标处输入想要执行的 MDA 程序段，此时可左右移动光标以修改程序；

③ 如输入：G91 G01 X20.0 Z20.0 F200 ；然后按“Enter”键，按  键，则所输入的程序将立即运行；

④ 在运行过程中，按  键，则刀具将停止运动，但主轴并不停转，此时再按  键即可继续运行程序。

(4) 程序输入及调试。

## 五、实验报告

- 1、什么是插补？数据采样插补是如何实现的。
- 2、将图 4-2 所示零件的加工程序填在实验报告上，并在数控系统综合实验台上操作画出轮廓图。

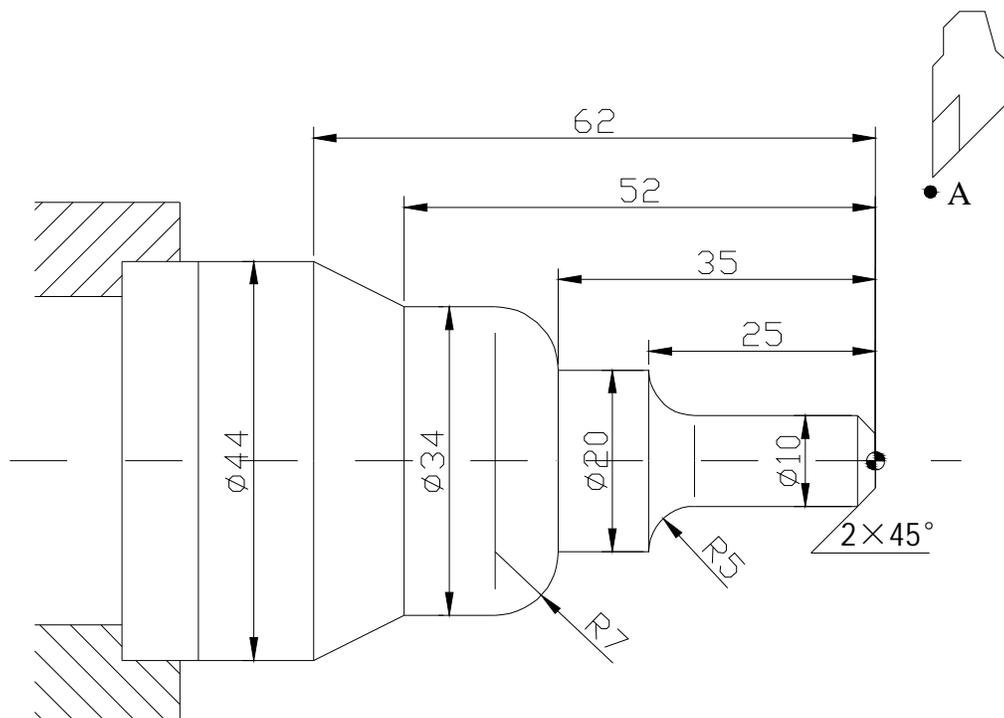


图 4-2

## 实验四 数控加工刀具半径补偿及 DNC 数控程序传输实验

### 一、实验目的

掌握数控车削加工中刀具长度、半径补偿编程及应用；熟练掌握车削程序的输入调试过程；掌握 DNC 传输程序的方法。

### 二、实验要求

1. 掌握数控车削加工中刀具长度、半径补偿编程及应用；
2. 掌握 DNC 传输程序的方法

### 三、实验原理

#### 1. 刀具半径补偿

数控机床在加工过程中，它所控制的是刀具中心的轨迹，为了方便起见，用户总是按零件轮廓编制加工程序，因而为了加工所需的零件轮廓，在进行内轮廓加工时，刀具中心必须向零件的内侧偏移一个刀具半径值；在进行外轮廓加工时，刀具中心必须向零件的外侧偏移一个刀具半径值。如图 5-1 所示。这种根据按零件轮廓编制的程序和预先设定的偏置参数，数控装置能实时自动生成刀具中心轨迹的功能称为刀具半径补偿功能。在图 5-1 中，实线为所需加工的零件轮廓，虚线为刀具中心轨迹。

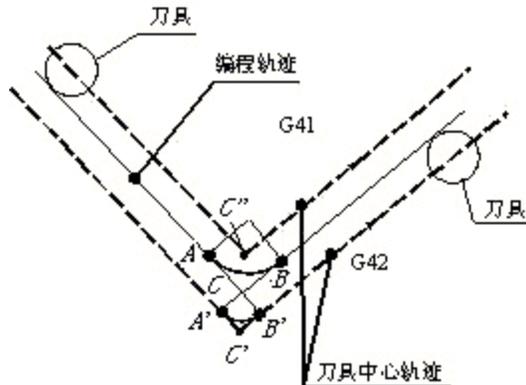


图 5-1 刀尖圆弧半径补偿示意图

这种补偿方法主要运用于数控铣床与数控加工中心，数控车床上车刀的刀尖圆弧半径补偿的处理方法也与之相同。

刀具半径补偿解决了编程轨迹与刀具中心轨迹之间的矛盾。特别是对轮廓控制，经过译码后得到的数据，还不能直接用于插补控制，要通过半径补偿计算，将编程轮廓数据转换成刀具中心轨迹的数据才能用于插补。

刀具半径补偿计算通常不是由程序编制人员完成的，程序编制人员只是按零件的加工轮廓编制程序，在程序中指明何处进行刀具半径补偿，然后由 CNC 系统自动地完成刀具半径补

偿计算。

## 2. 刀具半径补偿的执行过程

刀具半径补偿的执行过程分为刀补建立、刀补进行和刀补撤消三个步骤，刀补仅在指定的二维坐标平面内进行。平面的指定由代码 G17(X—Y 平面)、G18(X—Z 平面)和 G19(Y—Z 平面)表示。刀具半径值通过代码 H 或 D 来指定。

### (1) 刀具补偿建立

刀具由起刀点接近工件，由于建立起了刀补，所以本段程序执行后，刀具中心轨迹的终点不在下一段程序指定轮廓起点，而是在法线方向上偏移一个刀具补偿半径的距离。偏移的方向取决于 G41 还是 G42。

### (2) 刀具补偿进行

一旦建立刀补，则刀补状态就一直维持到刀补撤消。在刀补进行期间，刀具中心轨迹始终偏离程序轨迹一个刀具补偿半径的距离。

### (3) 刀具补偿撤消

刀具完成切削，回到起刀点。这时，按编程的轨迹和上段程序末刀具中心位置计算出运动轨迹，使刀具中心回到起刀点。

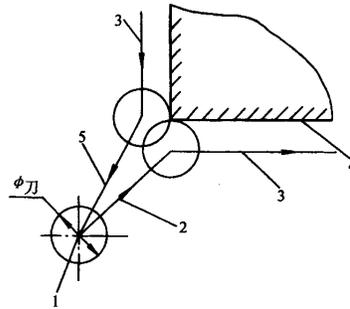


图 5-2 刀补的建立与撤消

1-刀具加工起点 2-刀补建立 3-刀具中心轨迹 4-零件轮廓 5-刀补撤消

## 3. B 刀补和 C 刀补

### B 刀补的特点：

(1) 利用上段程序求出下段程序的起点偏移后的坐标值，实质上主要是计算出刀具半径在本程序段终点的坐标分量。

(2) B 刀补的执行过程一般都分三步，即刀补建立、刀补进行、刀补撤消。

(3) 对于两线段组成的尖角，在加工过程中，一般都要附加一段程序，而且附加的轨迹常常为圆弧，即所谓非圆滑过渡的附加程序。

可见，在 B 刀补中是将尖角过渡和与零件轮廓相同的刀补计算分开进行的，对于只有 B 刀具补偿的 CNC 系统，编程人员必须事先估计出在进行刀具补偿后可能出现的间断点和交叉点的情况，并进行人为的处理。如遇到间断点时，可以在两个间断点之间增加一个半径为刀具半径的过渡圆弧段。遇到交叉点时，事先在两程序段之间增加一个过渡圆弧段，圆弧的半

径必须大于所使用的刀具的半径。显然，这种仅有 B 刀具补偿功能的 CNC 系统对编程人员是很不方便的。

### C 刀补的基本思想

随着 CNC 技术的发展，系统工作方式、运算速度及存储容量都有了很大的改进和增加，采用直线或圆弧过渡，直接求出刀具中心轨迹交点的刀具半径补偿方法已经能够实现了，这种方法被称为 C 功能刀具半径补偿（简称 C 刀具补偿或 C 刀补）。

B 刀具补偿对编程限制的主要原因是在确定刀具中心轨迹时，都采用了读一段，算一段，再走一段的控制方法。这样，就无法预计到由于刀具半径所造成的下一段加工轨迹对本段加工轨迹的影响。于是，对于给定的加工轮廓轨迹来说，当加工内轮廓时，为了避免刀具干涉，合理地选择刀具的半径以及在相邻加工轨迹转接处选用恰当的过渡圆弧等问题，就不得不靠程序员来处理。

为了解决下一段加工轨迹对本段加工轨迹的影响，在计算完本段轨迹后，提前将下一段程序读入，然后根据它们之间转接的具体情况，再对本段的轨迹作适当的修正，得到正确的本段加工轨迹。

### 程序段间转接情况分析

在 CNC 系统中，所能控制的最基本的轮廓线型是直线段和圆弧段。随着前后两段编程轨迹的连接方式不同，相应的转接方式有：直线与直线的转接；圆弧与圆弧的转接；直线与圆弧的转接。根据两段程序轨迹的矢量夹角  $\alpha$  和刀具补偿方向的不同，又可以有以下几种转接过渡方式：伸长型；缩短型；插入型。而插入型又分两种过渡方式，即直线过渡型和圆弧过渡型。

## 4. 刀具半径补偿指令

右刀补：刀具中心轨迹在编程轨迹(零件轮廓)前进方向的右边，用 G42 指令实现；

左刀补：刀具中心轨迹在编程轨迹(零件轮廓)前进方向的左边，用 G41 指令实现。

刀补取消：G40。

进行刀具补偿时，要用 G17/G18/G19 选择刀补平面，G17：XY 平面、G18：XZ 平面、G19：YZ 平面。缺省状态是 XY 平面。

D 是刀补号地址，是系统中记录刀具半径的存储器地址，后面跟的数值是刀具号，用来调用内存中刀具半径补偿的数值。刀补号地址可以有 D01-D99 共 100 个地址。其中的值可以用 MDI 方式预先输入在内存刀具表中相应的刀具号位置上。

G40 是取消刀具半径补偿功能，所有平面上取消刀具半径补偿的指令均为 G40。

G40, G41, G42 是模态代码，它们可以互相注销。

G41、G42 不能重复使用，即在程序中前面有了 G41 或 G42 指令之后，不能再直接使用另一个指令；必须先用 G40 指令解除原补偿状态后再使用。否则，补偿无法正常进行。

## 5. DNC 的定义

1980 年颁布的《ISO 2806:1980 工业自动化系统机床数值控制词汇》对 DNC 定义为“Direct Numerical Control”，其含义为：此系统使一群数控机床与公用零件程序或加工程序存储器发生联系，一旦提出请求，它立即把数据分配给有关机床。

1994 年颁布的《ISO2806:1994 工业自动化系统机床数值控制词汇》对 DNC 定义为“Distributed Numerical Control（分布式数控）”，其含义为：在生产管理计算机和多个数控系统之间分配数据的分级系统。

## 6. 串行调试

SINUMERIK 802S / C base line 具有串行调试功能，特别适用于批量生产。

串行调试是指当一台机床调试完备后，可通过串行电缆将已经调试完备的系统中的所有数据（试车数据）传到另一台机床的系统中；也可以将备份的试车数据通过计算机传送到另一台机床的系统中。需调试机床的系统只需设定各坐标的软限位和反向间隙补偿值和螺距补偿值。注意：串行调试时不可使用 RS232 隔离器！

由于现场干扰信号和 RS232 驱动 IC 的限制，通讯系统电缆长度不应超过 15 米，否则使得传输线上产生压降，高电平信号标准电位可能会变为低电位，使得接受方受到的信号产生错误。RS232 串口严禁热插拔，否则可能烧坏驱动接口电路。

使用台式计算机时，必须将计算机的地线与数控系统的地线牢固地连接在一起，以免因计算机漏电造成数控系统地 RS232 接口损坏，或者使传送信号发生错误。为了提高系统抗干扰能力，通讯电缆要采用带屏蔽层的双绞线电缆，并且屏蔽层要良好接地。

## 7. 802S/C 系统机床数据备份

802S/C 系统内配备了静态存储器 SRAM 与高速闪存 FLASH ROM 两种存储器，静态存储器区存放工作数据（可修改），高速闪存区存放固定数据，通常作为数据备份区，以及存放系统程序。工作数据区内的数据内容有：机床数据、刀具数据、零点偏移、设定数据、螺距补偿、R 参数、零件程序、固定循环。

备份数据区内的数据内容是对工作数据区内容的备份，系统在数据存储操作后工作数据区的全部内容复制到备份数据区。

802S/C 的数据保护分为机内存储和机外存储两种

机内存储是将静态存储器 SRAM 区已修改过的有用数据存放到高速闪存 FLASH ROM 区保存。通常系统断电后，SRAM 区的数据由高能电容 C 上的电压进行保持，可在断电情况下保持数据不少于 50 小时（一般情况下可在 14 天左右）。对于长期不通电的机床，SRAM 区的数据将丢失。当重新上电时，系统会根据电容上电压的情况，在启动过程中自动调用备份数据区上一次存储的机床数据（方式 3 启动），若没有做过数据存储则在启动过程中自动调用出厂数据区上数据（方式 1 启动）。机内存储即数据存储功能是一种不需任何工具的方便快速的数据保护方法。

机外存储是将静态存储器 SRAM 区数据通过 RS232 串行口传输至电脑保存。

## 四、实验步骤

### 刀具半径补偿

按图 5-3 编制程序：

程序	说明
N10 G00G22G94X5Z5	到达起刀点
N20 T1D1M6	换刀
N30 M03 S500	主轴正转
N40 G42G1 X0 Z0F2000	至图形原点
N50 G03 X12 Z-24 CR=15	逆园插补
N60 G02 X13 Z-31 CR=5	顺园插补
N70 G01 Z-50	直线插补
N80 G40X30	退刀
N90 M5	主轴停止
N100 M30	程序结束

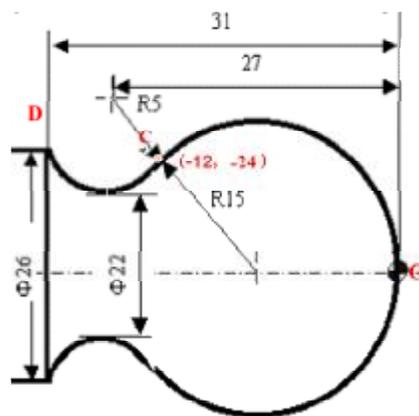


图 5-3

- (1) 按“回零”功能按键，然后分别按 +X +Z 轴移动方向按键，使各轴返回参考点，回参考点后，相应的指示灯将点亮。
- (2) 将坐标显示切换到机床坐标系的显示方式，此时屏幕上坐标显示应为 (0, 0)。
- (3) 刀补清零  
按[区域转换键]-[参数]软键-[刀具补偿]软件  
设置 1 号刀具 1 号刀沿 L1=0、L2=0、半径=0、刀沿设置码=2
- (4) 输入程序
- (5) 执行程序
- (6) 设置刀补  
按[区域转换键]-[参数]软键-[刀具补偿]软件  
设置 1 号刀具 1 号刀沿 L1=-20、L2=-20、半径=3、刀沿设置码=2
- (7) 再次执行程序
- (8) 观察分析轨迹

#### 注意：

- I 由于实验台刀(笔)尖固定，而实际车床刀尖随机床运动，故实验台刀(笔)尖运动轨迹与编程轨迹成原点对称。
- I 实验台为前刀座坐标系。

## DNC 数控程序传输

在进行通讯实验前，应学会安装和使用通讯工具软件（WINPCIN）和 PLC 编程工具软件（Programming Tool PLC802）。传输文件按格式可分为文本文件和二进制文件，在传送文件之前必须设定文件类型：RS232 文本/RS232 二进制，同时务必保证 PC 机和数控系统中设置的波特率一致。

数据类型	内容	文件类型
零件程序和子程序	主程序目录内的所有零件程序文件	文本
标准循环	所有在固定循环目录内的标准固定循环文件	文本
各种数据	机床数据	文本
	设定数据	文本
	刀具参数	文本
	R 参数	文本
	零点偏移	文本
丝杠螺距误差补偿	文本	
试车数据	试车数据到 PC 机	二进制
PLC 应用程序	PLC 应用程序（包括报警文本）到 PC 机	二进制

### 1. WINPCIN 软件设置:

(1) 打开 WINPCIN 软件，见下图 5-4 所示:



图 5-4 WINPCIN 界面

(2) 单击“RS232 Config”进入通讯参数设置界面，如图 5-5 所示:

界面的右上角有两个键，分别为 Binary Format(二进制格式)和 Text Format(文本格式)。当传加工程序和标准循环数据时点击“Text Format”，当传试车数据和 PLC 应用数据时，点击“Binary Format”。

设置以下参数：Commport=COM1；Baudrate=19200；其他数据默认设置。设置参数完毕后，点击“Save&Activate”，保存并激活设置。点击“Back”退出设置界面，返回到软件

的主界面。

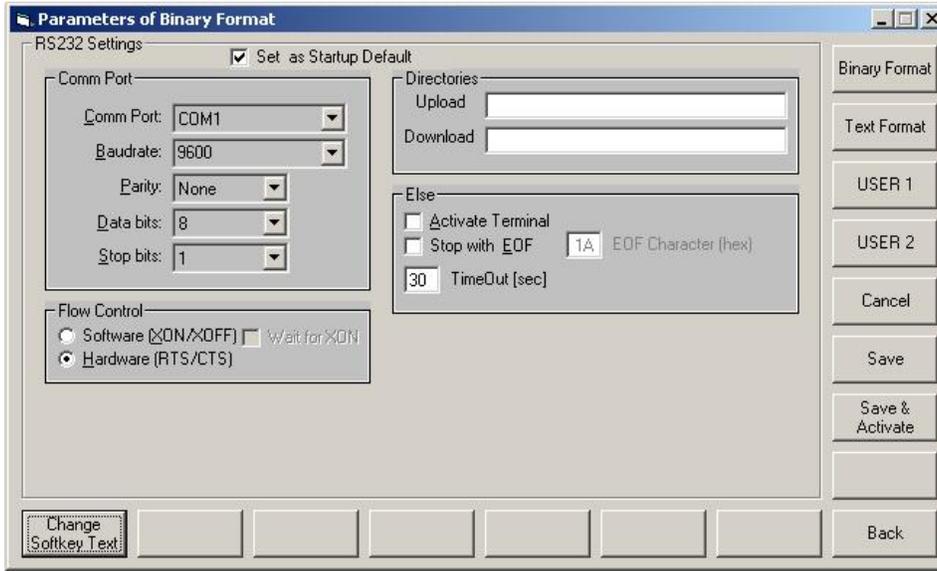


图 5-5 RS232 通讯协议设置

(3) 准备传输：

**Receive Date:** 接收数据。如从 802C 系统传输数据到电脑，那么需要点击此键接收传来的数据；输入要保存文件的名称，点击“保存”即可。

**Send Date:** 发送数据。如需把电脑中的数据发送到 802C 系统中，点击此键选择发送文件，点击“打开”即可。

## 2. 802S 系统设置

(1) 打开 802S 系统，启动完毕。按“区域转换键”  进入系统主菜单；按“通讯”软键进入通讯界面，如图 5-6。

(2) 按“RS232 设置”软键进行数控系统的 RS232 参数设置，如图 5-7 所示。

(3) 选择“RS232 文本”或“RS232 二进制”进行相应的设置，所设参数必须与 PC 机同。



图 5-6

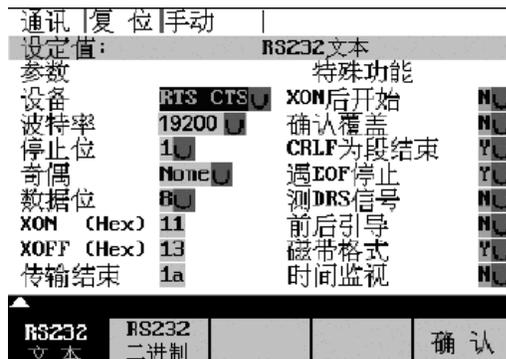


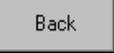
图 5-7

### 3. 备份数据（802S/C→电脑）

无论是数据备份还是数据恢复，都是在进行数据的传送。传送的原则是：永远是准备接收数据的一方先准备好，处于接收状态；设备两端通讯口设置参数需设定一致。

(1) 连接 RS232 标准通讯电缆

(2) 进入 802S/C 主界面，选择[通讯]软键，按[RS232 设置]软键，进入通讯参数设置画面，按[RS232 二进制]软键，用光标向上键或光标向下键进行参数选择，通过改变参数设定值。

(3) 电脑上启动 WINPCIN 软件，点击按钮选择二进制格式，点击按钮设置接口参数。将文件类型设置为 Binary Format (二进制格式)，点击按钮保存并激活设定的通讯参数，点击按钮返回接口配置设定功能。

(4) 在 WINPCIN 软件中点击按钮，出现选择接收文件名对话框，要求给文件起名同时确定目录。输入文件名回车后使计算机处于等待状态。

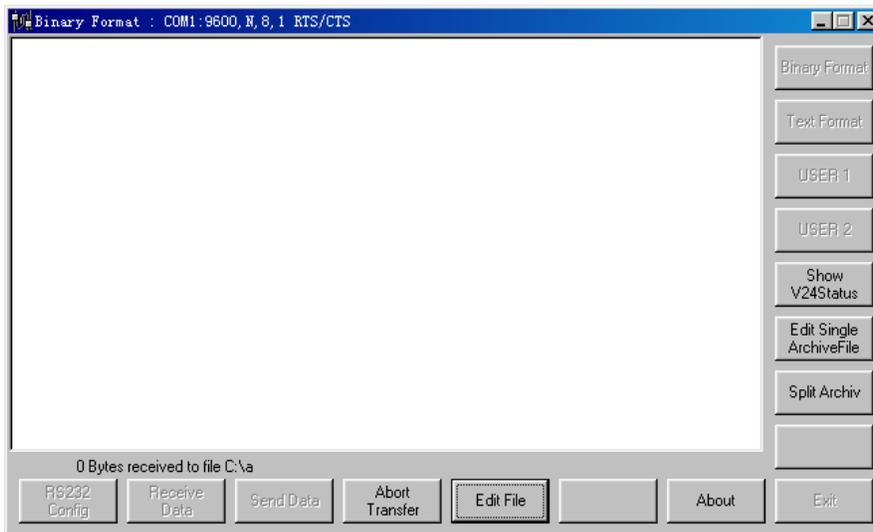


图 5-8

(5) 在 802S/C 上选择试车数据，按[输出启动]软键。

#### 注意：

通讯双方的的通讯参数（如波特率）应匹配。备份或恢复“试车数据”时，波特率应小于等于 19200；

进行数据传输时 802S/C 通讯口不能用于 PLC 通讯上。否则会出现通讯口正用于 PG 通讯的操作提示。

试车数据备份需要在有口令状态下进行。

在传输时，在 802S/C 上会有字节数变化以表示正在传输进行中，可以用[停止]软菜单键停止传输。传输完成后可用[错误登记]软菜单键查看传输记录。在电脑 WINPCIN 中，会有字节数变化表示传输正在进行中，可以点击  按钮停止传输。

#### 4. 恢复数据（电脑→802S/C）

- (1) 连接 RS232 标准通讯电缆
- (2) 802S/C 上，设置 802S/C 通讯参数，试车数据必须为二进制格式。
- (3) 电脑上，启动 WINPCIN 软件，设定文本类型为二进制格式。
- (4) 在 802S/C 上[通讯]功能中，按[输入启动]软菜单键，802S/C 处于等待数据输入状态。

(5) 在 WINPCIN 软件中点击  按钮，出现文件选择对话框，输入正确的试车数据文件名并回车。

- (6) 在传输结束后，系统恢复标准通讯接口设定，并关闭口令。

#### 注意：

在传输时，802S/C 出现警告框，会要求用户确认读入试车数据，按[确认]软菜单后，传输继续，在整个传输过程中，系统会要多次自动复位启动，整个过程大约要 5 分钟左右，一般不要中途中止传输。

### 五、实验报告

1. 编制图 5-3 无刀补的程序，并操作数控系统综合实验台画出图形与有刀补程序画出的图形进行比较和分析。
2. 归纳在实验过程中进行 DNC 加工时系统的软硬件环境及注意事项。

## 实验五 步进系统、伺服系统的故障诊断与维修

### 一、实验目的

通过步进电机驱动系统故障产生的各种原因分析,掌握步进电机驱动系统的故障诊断方法,进一步了解步进电机的工作原理和步进电机驱动系统的缺点和不足。熟练掌握伺服电机驱动系统的原理,分析伺服系统故障产生的各种原因,掌握伺服系统故障诊断方法。

### 二、实验要求

1. 熟悉步进电机驱动系统故障产生原因。
2. 掌握步进电机驱动系统的故障诊断方法。
3. 掌握伺服系统的模块结构。
4. 熟悉伺服电机故障产生原因。
5. 掌握伺服电机驱动系统故障诊断方法。

### 三、实验原理

#### (一) 步进系统电气原理图

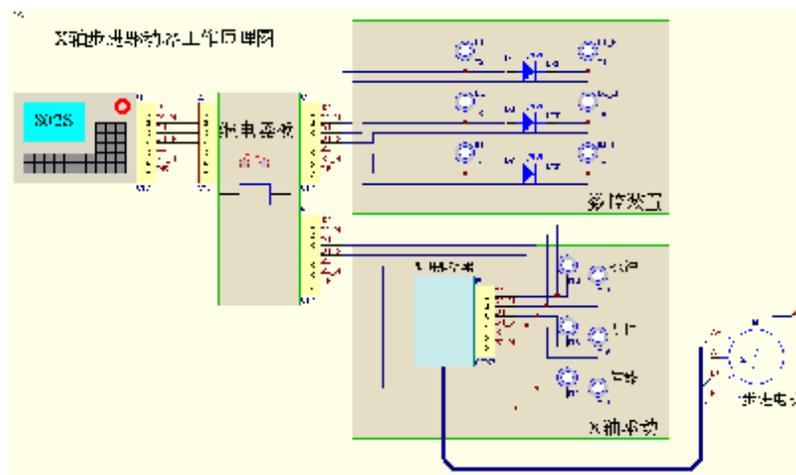


图 5-1

#### (二) 步进系统接线图

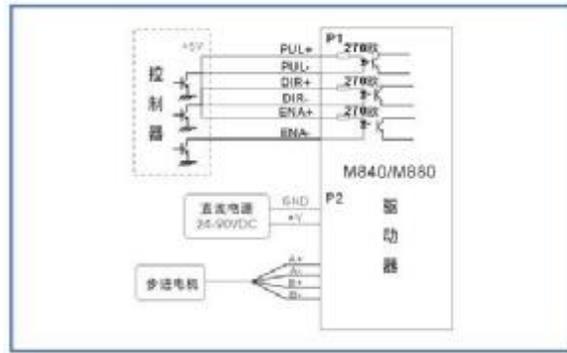


图 5-2

- (1) 步进驱动系统为开环系统，数控系统向步进驱动器发出指令脉冲，驱动器按脉冲信号输出相应的脉冲功率驱动电机运转。在电机端无执行反馈。故称之为开环系统。正常情况下，电机会忠实地执行系统所发出的命令。
- (2) 由于开环系统无反馈检测，所以系统发出的命令值如因某种原因不能得到执行，系统无法进行报警监控，而形成运行误差。此现象通常称之为步进电机的丢步现象。形成丢步的主要因素有电机的输出扭矩小于驱动负载所需要的扭矩，电源供电故障，电机断相等。
- (3) 步进驱动，根据电机的结构，有不同的步距角（即每个脉冲电机所旋转的角度），如西门子 6FC5548 系列五相二十拍步距角为 0.36 度，系统每发出 1000 个脉冲，电机旋转 1000 个步距角，即电机旋转一周。

例如，数控系统执行加工程序 G91G1Z50F1000，步进电机步距角为 0.18 度，Z 轴电机与丝杆为相连，Z 轴丝杆螺距为 5mm。执行完该程序电机所转的圈数为  $50/5=10$  圈，系统所发的脉冲为  $10 \times 360/0.18 \times 5=100000$  个，系统每分钟所脉冲数为  $1000/10 \times 360/0.18 \times 5=100000$  个。

- (4) 步进电机的输出扭矩随电机转速的升高而下降，所以步进电机在高速运行时，有时会有丢步现象。又由于步进电机是以脉冲方式工作的，所以在低频的某以频率段会与机床产生振，影响加工，这些都要修改加工程序予以避开。
- (5) 步进驱动器工作的三组脉冲信号：  
P+,P-,D+,D-,E+,E-;其中，P 为命令脉冲，D 为方向脉冲，E 为使能脉冲（有些驱动器无须此信号）

### (三) 伺服系统电气原理图

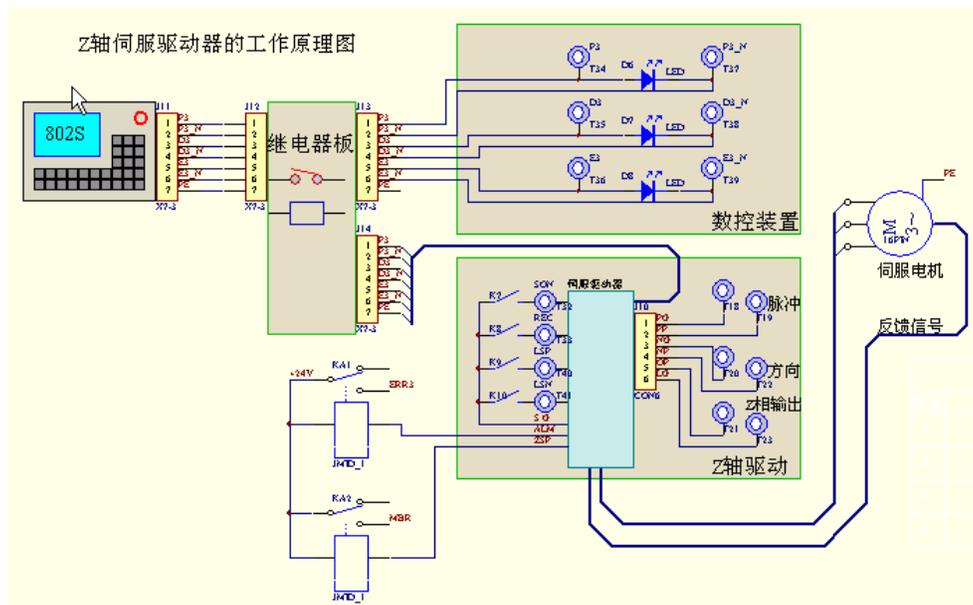


图 5-3

#### (四) 伺服系统接线图

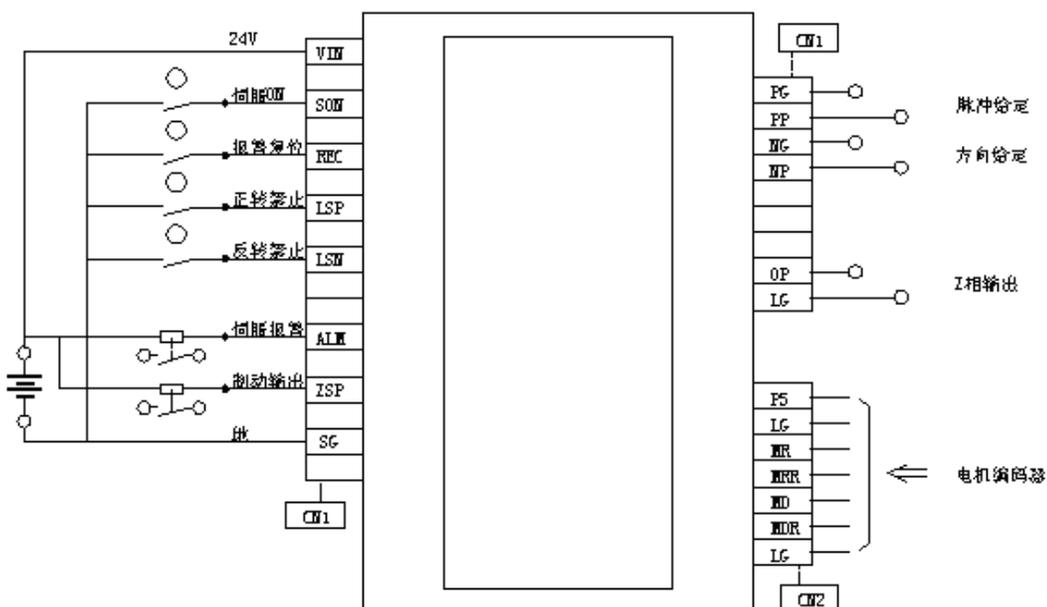


图 5-4

数控机床的伺服系统属于自动控制系统中的一种，亦称随动系统，它控制被控对象的转角或位移，使其能自动、连续、精确的复现输入指令的变化规律。数控机床的伺服系统包括

进给伺服系统和主轴伺服系统。数控机床的伺服系统一般由驱动单元、机械传动部件、执行件和检测反馈环节等组成。驱动控制单元和驱动组件组成伺服驱动系统，机械传动部件和执行组件组成机械传动系统，检测组件和反馈电路组成检测装置，亦称检测系统，见下图。主轴一般只需控制其转速及转向，不属于伺服控制。但当对数控机床主轴有位置控制要求时，主轴的驱动控制系统就属于伺服控制系统，称主轴伺服系统。

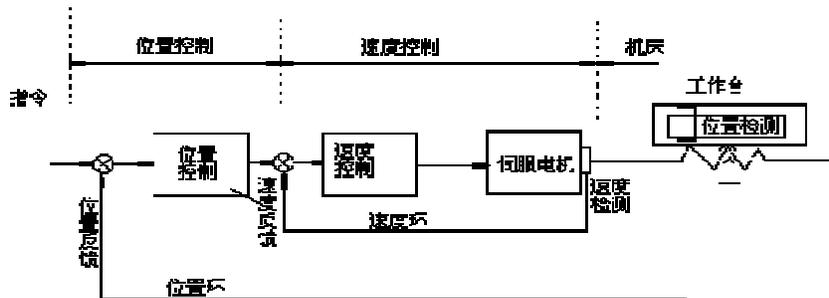


图 5-5

伺服系统是反馈控制系统，它以指令脉冲为输入给定值与反馈脉冲进行比较，利用比较后产生的偏差值对系统进行自动调节，以消除偏差，使被调量跟踪给定值。进给伺服系统的任务是完成各坐标轴的位置控制，在整个系统中它又分为：位置环、速度环、电流环。

控制方式：一般伺服都有三种控制方式：速度控制方式，转矩控制方式，位置控制方式。速度控制和转矩控制都是用模拟量来控制的。位置控制是通过发脉冲来控制的。具体采用什么控制方式要根据满足何种运动功能来选择。

① 转矩控制：转矩控制方式是通过外部模拟量的输入或直接的地址的赋值来设定电机轴对外的输出转矩的大小。例如 10V 对应 5Nm 的话，当外部模拟量设定为 5V 时电机轴输出为 2.5Nm，如果电机轴负载低于 2.5Nm 时电机正转，外部负载等于 2.5Nm 时电机不转，大于 2.5Nm 时电机反转（通常在有重力负载情况下产生）。可以通过即时的改变模拟量的设定来改变设定的力矩大小，也可通过通讯方式改变对应的地址的数值来实现。

主要应用在对材质的受力有严格要求的缠绕和放卷的装置中，例如绕线装置或拉光纤设备，转矩的设定要根据缠绕的半径的变化随时更改以确保材质的受力不会随着缠绕半径的变化而改变。

② 位置控制：位置控制模式一般是通过外部输入的脉冲的频率来确定转动速度的大小，通过脉冲的个数来确定转动的角度，也有些伺服可以通过通讯方式直接对速度和位移进行赋值。由于位置模式可以对速度和位置都有很严格的控制，所以一般应用于定位装置。应用领域如数控机床、印刷机械等等。

③ 速度模式：通过模拟量的输入或脉冲的频率都可以进行转动速度的控制，在有上位控制装置的外环 PID 控制时速度模式也可以进行定位，但必须把电机的位置信号或直接负载的位置信号给上位反馈以做运算用。位置模式也支持直接负载外环检测位置信号，此时的电机轴端的编码器只检测电机转速，位置信号就由直接的最终负载端的检测装置来提供了，

这样的优点在于可以减少中间传动过程中的误差，增加了整个系统的定位精度。

伺服系统按照位置控制方式分为开环、闭环和半闭环伺服系统。

开环：无位置和速度检测元件，执行元件一般是步进电动机。由于无反馈装置，为幌子精度主要由步进电机的制造精度和与之相连的丝杠等传动机构决定，精度较低，但开环伺服系统结构简单，易于控制，一般用于速度和精度要求不太高的场合及经济型数控机床上。

闭环：有位置和速度检测元件，具有反馈系统。检测元件直接测量和反馈工作台的实际位置，机械传动各部分误差都包含在反馈控制环内，所以工作台的定位精度主要取决于位置检测系统的误差。闭环系统可实现高精度的控制，一般用于高精度的数控机床。

半闭环：半闭环和闭环的区别在于检测元件安装位置的不同。半闭环系统的位置检测元件一般安装在电动机的非负载轴上，简介测量工作台的实际位置，反馈信号来自伺服电机轴，不能纠正机械传动系统各部分误差对工作台定位精度产生的影响，因此，精度比闭环差一些。但检测元件安装比闭环方便，同时，不存在机械振荡缓解，不易引起振荡，稳定性好，设计时主要考虑保证系统的定位精度，因此，半闭环系统目前应用较多。

按照执行电动机的类型分为直流伺服系统和交流伺服系统，均采用闭环或半闭环控制。如果它们速度控制单元的伺服电机是直流伺服电动机，则该系统是直流伺服系统；如果它们速度控制单元中的伺服电机是交流伺服电机，则该系统是交流伺服系统。值得注意的是伺服电动机和伺服驱动单元是配套生产的和使用的，同类型不同型号电机的驱动单元不能通用。

## 四、实验步骤

### 步进系统实验步骤

#### 1. 观察 X 轴正常运行时的信号

(1) 观察 X 轴运行时的系统输出的脉冲信号，即在 X 轴运动时用示波器观察“数控装置”面板 X7 接口 P1 和 P1\_N 之间波形，同时观察发光二极管的变化。

结果记录： \_\_\_\_\_

(2) 观察 X 轴运行时的驱动器输入的脉冲信号，即在 X 轴运动时用示波器观察“X 轴电机驱动”面板“脉冲”信号的波形。

结果记录： \_\_\_\_\_

(3) 观察 X 轴运行时的系统输出的的方向信号，即在 X 轴换向时用示波器观察“数控装置”面板 X7 接口 D1 和 D1\_N 之间波形，或用电压表测量 D1 和 D1\_N 之间的电压。

结果记录： \_\_\_\_\_

(4) 观察 X 轴运行时的系统输出的使能信号，即用电压表测量 E1 和 E1\_N 之间的电压。

结果记录： \_\_\_\_\_

#### 2. 步进驱动器电源线故障

(1) 正常状态下，测量 X 轴驱动器电源电压为 47V（测量时注意安全）

(2) 学生机发送【实验十三 —— 步进驱动电源线故障】到实验台

(3) 按  或  使 X 轴运动  $\dot{U}$  出现故障

(4) 故障现象：按  或 ，X 轴无动作

(5) 收集信息：观察发现屏幕的坐标值随按键变化正常，说明 CNC 的侧的信号输出正常；发现驱动器电源指示灯灭

(6) 故障假设：**步进驱动器电源线故障；**

(7) 假设验证：观察步进电机驱动上方小孔内的电源指示灯发现灯不亮，测量 X 轴驱动电源电压，发现电压为 0V。

(8) 决策实施：按“排障”选择“步进驱动器电源线故障”按钮，然后按“确认”提交答案。

(9) 故障排除：机床恢复正常。

### 3. X 轴脉冲指令故障

(1) 学生机发送【实验十三——X 轴脉冲指令故障】到实验台

(2) 故障现象：按  或 ，X 轴始终无动作；

(3) 收集信息：观察发现屏幕的坐标值随按键有相应的变化，说明 CNC 的侧的信号输出正常，驱动器指示灯绿色

(4) 故障假设：外围的脉冲指令连线断开；

(5) 验证假设：

┆ 按住  或 ，同时用示波器测量 X 轴的系统输出脉冲信号  $\dot{U}$  发现波形为方波，与正常状态一致  $\dot{U}$  故系统输出信号正常；

┆ 按住  或 ，同时用示波器测量 X 轴的驱动输入脉冲信号  $\dot{U}$  发现波形为一一直线，与正常状态不符  $\dot{U}$  故为 X 轴脉冲指令故障

(6) 决策实施：按“排障”后选择“X 轴脉冲指令故障”按钮，按“确认”提交答案；

(7) 故障排除：机床恢复正常；

### 4. X 轴方向指令故障

(1) 正常状态下，测量“数控装置”面板 X 轴正向运动时方向信号之间电压为 -3V，负向时为 +3V。

(2) 学生机发送【实验十三——X 轴脉冲指令故障】到实验台；

(3) 故障现象：按  或 ，X 轴始终朝一个方向运动；

(4) 收集信息：观察发现屏幕的坐标值随按键变化正常，说明 CNC 的侧的信号输出正常；

(5) 故障假设：X 轴脉冲指令故障；

(6) 验证假设：测量 X 轴驱动的输入方向信号  $\dot{U}$  发现电压为 0V  $\dot{U}$  故为 X 轴脉冲指令故

障

- (7) 决策实施：按“排障”后选择“X轴脉冲指令故障”，按确认提交答案；
- (8) 故障排除：机床恢复正常；

### 5. 步进驱动器内部故障

- (1) 学生机发送【实验十三——步进驱动器内部故障】到实验台；
- (2) 故障现象：按  或 ，X轴始终朝一个方向运动；
- (3) 收集信息：观察发现屏幕报警 70018：X轴驱动器异常
- (4) 故障假设：步进驱动器内部故障；
- (5) 验证假设：驱动器内部故障会引起驱动器损坏故，所这里只是演示会有这种故障；
- (6) 决策实施：按“排障”后选择步进驱动器内部故障按钮，按确认提交答案；
- (7) 故障排除：按  复位，机床恢复正常；

### 6. 步进驱动 A 相断线故障

- (1) 学生机发送【实验十三——步进驱动 A 相断线故障】到实验台；
- (2) 故障现象：按  或 ，X轴始终无动作；
- (3) 收集信息：发现电源指示灯亮；
- (4) 故障假设：步进驱动某项断线；
- (5) 验证假设：测量电机 A 相电压为 0V（测量是注意安全）；
- (6) 决策实施：按“排障”后选择步进驱动 A 相断线故障按钮，按确认提交答案；
- (7) 故障排除：机床恢复正常；

## 伺服系统实验步骤

### 1. 观察 Z 轴正常运行时的信号

- (1) 观察 X 轴运行时的系统输出的脉冲信号，即在 X 轴运动时用示波器观察“数控装置”面板 X7 接口 P1 和 P1\_N 之间波形，同时观察发光二极管的变化；

结果记录：\_\_\_\_\_

- (2) 观察 X 轴运行时的驱动器输入的脉冲信号，即在 X 轴运动时用示波器观察“X 轴驱动”面板两“脉冲”信号的波形；

结果记录：\_\_\_\_\_

- (3) 观察 Z 轴运行时的系统输出的方向信号，即在 Z 轴换向时用示波器观察“数控装置”面板 X7 接口 D3 和 D3\_N 之间波形，或用电压表测量 D3 和 D3\_N 之间的电压；

结果记录：\_\_\_\_\_

- (4) 观察 Z 轴运行时的系统输出的使能信号，即用电压表测量 E3 和 E3\_N 之间的电压；

结果记录：\_\_\_\_\_

### 2. 伺服驱动电源线故障

(1) 正常状态下，观察 Z 轴驱动器电源指示灯是否亮。

(2) 学生机发送【实验十四 ——A020 2.伺服驱动电源线故障】到实验台

(3) 故障现象：按  或 ，Z 轴无动作；

(4) 收集信息：观察发现屏幕的坐标值随按键变化正常，说明 CNC 侧的信号输出正常，且发现驱动器 LED 没有显示；

(5) 故障假设：2.伺服驱动电源线故障；

(6) 验证假设：测量 Z 轴驱动电源电压  $\dot{U}$  发现电压为 0V  $\dot{U}$  故为 2.伺服驱动电源线故障；（测量时注意安全）

(7) 决策实施：按   按钮，按  提交答案；

(8) 故障排除：机床恢复正常

### 3.Z 轴脉冲指令故障

(1) 学生机发送【实验十四 ——A016 3.Z 轴脉冲指令故障】到实验台；

(2) 故障现象：按  或 ，Z 轴无动作；

(3) 收集信息：观察发现屏幕的坐标值随按键有相应的变化，说明 CNC 侧的信号输出正常，驱动器 LED 显示正常；

(4) 故障假设：3.Z 轴脉冲指令故障；

(5) 验证假设：测量 Z 轴驱动的输入脉冲信号  $\dot{U}$  发现波形为 一直线，与正常状态不符。或者，观察驱动器 LED 上的脉冲数在按动时有无变化  $\dot{U}$  故为 3.Z 轴脉冲指令故障；

(6) 决策实施：按   按钮，按  提交答案；

(7) 故障排除：机床恢复正常；

### 4.Z 轴方向指令故障

(1) 正常状态下，测量“数控装置”面板 Z 轴正向运动时方向信号之间电压为 -3V，负向时为 +3V

(8) 学生机发送【实验十四 ——A017 学生机发送【实验十四 ——A016 3.Z 轴脉冲指令故障】到实验台；

(9) 故障现象：按  或 ，Z 轴无动作；

(10) 收集信息：观察发现屏幕的坐标值随按键有相应的变化，说明 CNC 侧的信号输出正常，驱动器 LED 显示正常；

(11) 故障假设：3.Z 轴脉冲指令故障；

(12) 验证假设：测量 Z 轴驱动的输入脉冲信号  $\dot{U}$  发现波形为 一直线，与正常状态不符。或者，观察驱动器 LED 上的脉冲数在按动时有无变化  $\dot{U}$  故为 3.Z 轴脉冲指令故障；

- (13) 决策实施: 按  按钮, 按  提交答案;
- (14) 故障排除: 机床恢复正常;
- (2) 4.Z 轴方向指令故障】到实验台;
- (3) 故障现象: 按  或 , Z 轴始终朝一个方向运动;
- (4) 收集信息: 观察发现屏幕的坐标值随按键变化正常, 说明 CNC 侧的信号输出正常;
- (15) 故障假设: 学生机发送【实验十四 ——A016 3.Z 轴脉冲指令故障】到实验台;
- (16) 故障现象: 按  或 , Z 轴无动作;
- (17) 收集信息: 观察发现屏幕的坐标值随按键有相应的变化, 说明 CNC 侧的信号输出正常, 驱动器 LED 显示正常;
- (18) 故障假设: 3.Z 轴脉冲指令故障;
- (19) 验证假设: 测量 Z 轴驱动的输入脉冲信号  $\dot{U}$  发现波形为 一直线, 与正常状态不符。或者, 观察驱动器 LED 上的脉冲数在按动时有无变化  $\dot{U}$  故为 3.Z 轴脉冲指令故障;
- (20) 决策实施: 按  按钮, 按  提交答案;
- (21) 故障排除: 机床恢复正常;
- (5) 4.Z 轴方向指令故障:
- (6) 验证假设: 测量 Z 轴驱动的输入方向信号  $\dot{U}$  发现电压为 0V  $\dot{U}$  故为学生机发送【实验十四 ——A016 3.Z 轴脉冲指令故障】到实验台;
- (22) 故障现象: 按  或 , Z 轴无动作;
- (23) 收集信息: 观察发现屏幕的坐标值随按键有相应的变化, 说明 CNC 侧的信号输出正常, 驱动器 LED 显示正常;
- (24) 故障假设: 3.Z 轴脉冲指令故障;
- (25) 验证假设: 测量 Z 轴驱动的输入脉冲信号  $\dot{U}$  发现波形为 一直线, 与正常状态不符。或者, 观察驱动器 LED 上的脉冲数在按动时有无变化  $\dot{U}$  故为 3.Z 轴脉冲指令故障;
- (26) 决策实施: 按  按钮, 按  提交答案;
- (27) 故障排除: 机床恢复正常;
- (7) 4.Z 轴方向指令故障:
- (8) 决策实施: 按   到实验台;
- (28) 故障现象: 按  或 , Z 轴无动作;
- (29) 收集信息: 观察发现屏幕的坐标值随按键有相应的变化, 说明 CNC 侧的信号输出正常, 驱动器 LED 显示正常;
- (30) 故障假设: 3.Z 轴脉冲指令故障;

(31) 验证假设：测量 Z 轴驱动的输入脉冲信号  $\dot{U}$  发现波形为 一直线，与正常状态不符。或者，观察驱动器 LED 上的脉冲数在按动时有无变化  $\dot{U}$  故为 3.Z 轴脉冲指令故障；

(32) 决策实施：按  按钮，按  提交答案；

(33) 故障排除：机床恢复正常；

(9) 4.Z 轴方向指令故障  按钮，按  提交答案；

(10) 故障排除：按  复位，机床恢复正常；

## 五、实验报告

- (一) 分析步进系统故障树
- (二) 为什么步进系统在高速时，有时会有丢步现象？
- (三) 步进系统运行时的共振现象是故障吗？
- (四) 总结伺服系统故障树。

## 实验六 数控系统 I/O 部分的故障诊断与维修

### 一、实验目的

了解数控机床输入输出电路原理，分析故障产生的各种原因，掌握输入输出电路故障诊断方法。

### 二、实验要求

- 1. 熟悉数控机床输入输出电路原理；
- 2. 掌握数控机床输入输出电路故障诊断方法。

### 三、实验原理

注：输出电路故障的故障形式基本一致，这里详细讲解工作灯故障的相关知识及诊断排障方法，另外冷却泵故障及主轴冷却故障读者可以按照同样的步骤去操作。

(一) 系统输出接口表

X200	车床	有效设置 14512 (4)	负逻辑设置 14512 (6)
Q0.0	主轴正转	1	0
Q0.1	主轴反转	1	0

Q0.2	冷却泵输出	1	0
Q0.3	润滑泵输出	1	0
Q0.4	刀架正转	1	0
Q0.5	刀架反转	1	0
Q0.6	工作灯输出	1	0
Q0.7	未定义	1	0

X201	车床	有效设置 14512 (5)	负逻辑设置 14512 (7)
Q1.0	黄色报警灯输出	1	0
Q1.1	黄色报警灯输出	1	0
Q1.2*	黄色报警灯输出	1	0
Q1.3	未定义	1	0
Q1.4	制动器输出	1	0
Q1.5*	未定义	1	0
Q1.6*	未定义	1	0
Q1.7*	未定义	1	0

工作灯电气接线图

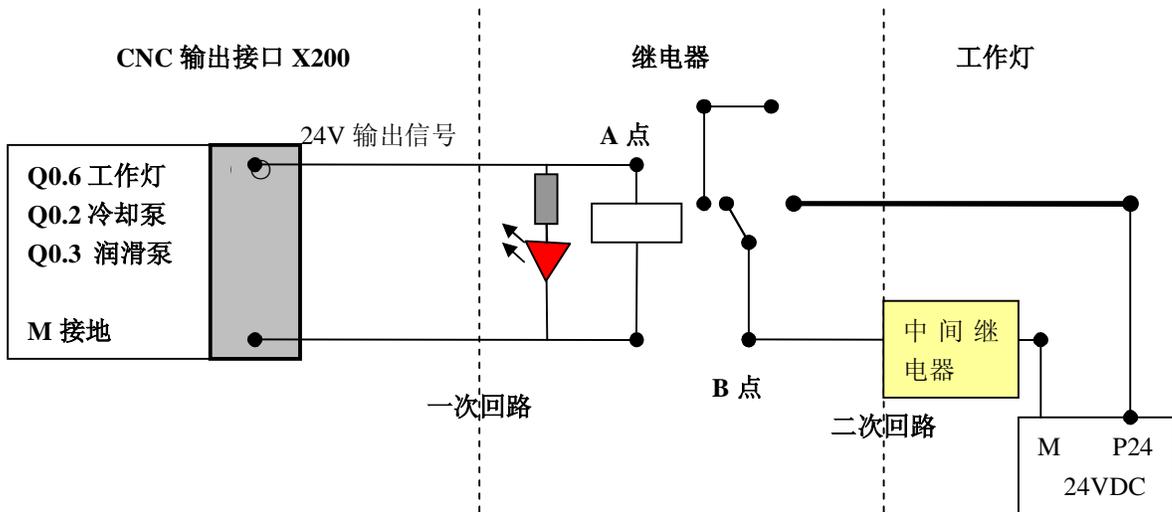


图 6-1

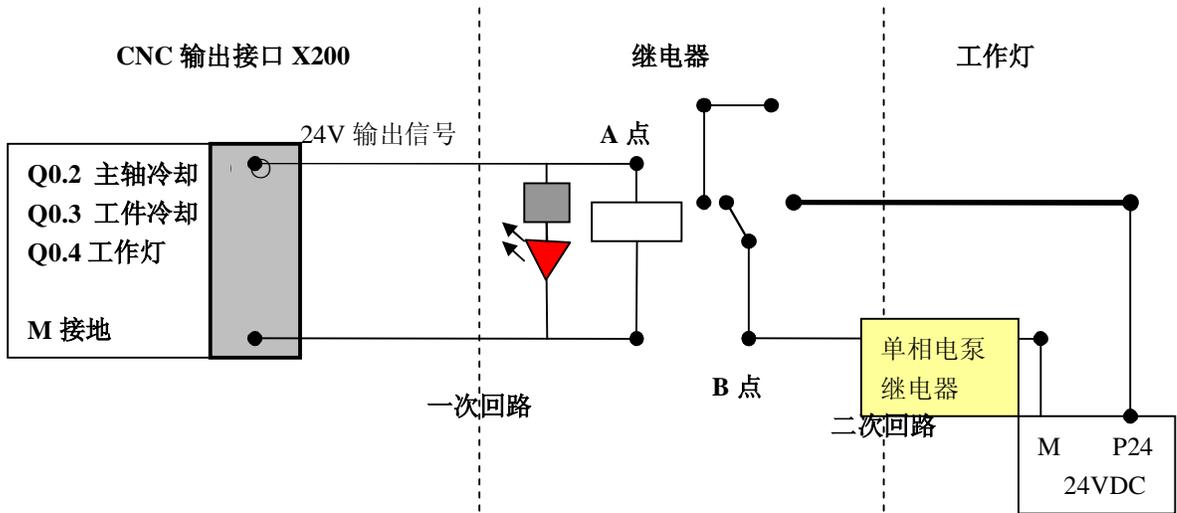


图 6-2

(确定范围, 分析出正常状态, 划分区块, 分块分析)

(二) 电气原理图

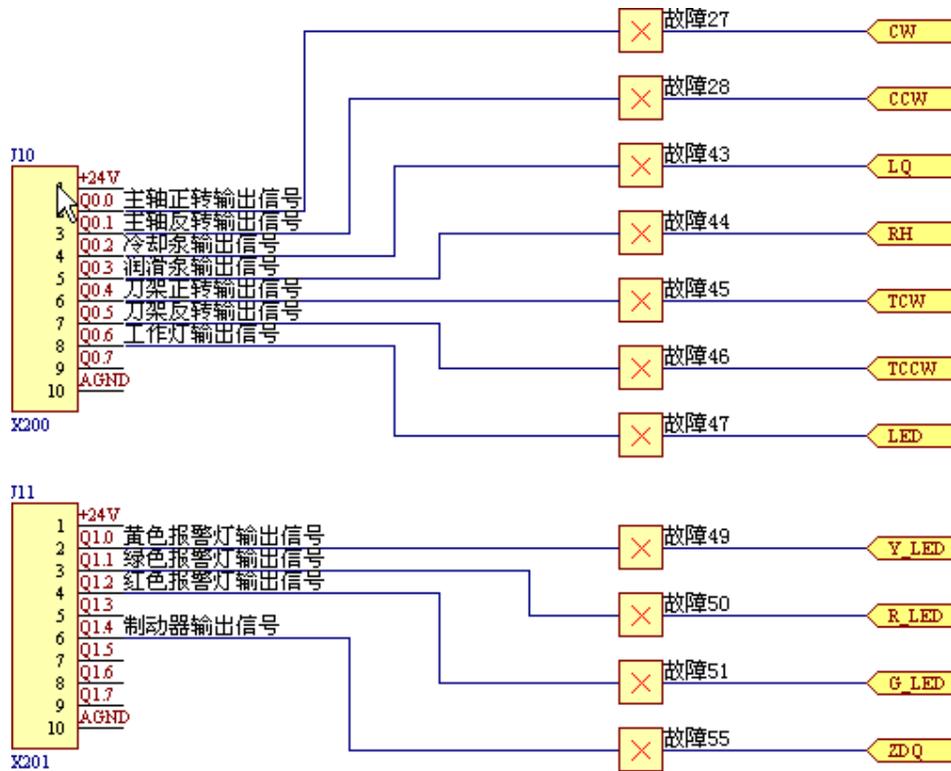


图 6-3

(三) FTA 故障树

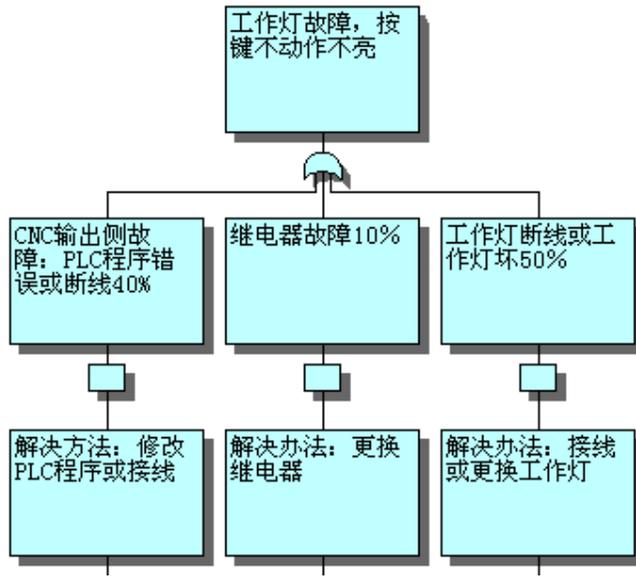


图 6-4

#### 四、实验步骤

##### 1. 观察系统输出状态

- (1) 按 **软键** 诊断 **软键** 调试 **软键** PLC 状态；
- (2) 键入“QB0” **软键** **软键**；
- (3) 当按 **K4** 打开工作灯时，Q0.6 位由 0 变为 1。

##### 2. 工作灯 CNC 侧信号线故障

- (1) 按 **K4** 打开工作灯 **软键** 工作灯工作正常；
- (2) 学生机发送【实验十八 ——A047 工作灯 CNC 侧信号线故障】到实验台；
- (3) 按 **K4** 打开工作灯 **软键** 出现故障；
- (4) **故障现象**：按 **K4** 无法打开工作灯；
- (5) **收集信息**：观察到按下 **K4** 无法打开工作灯，Q0.6 接口继电器线圈指示灯未亮，继电器没有发出动作声，查看 PLC 状态发现按下 **K4** 时 QB0 第 6 位由 0 变成 1。
- (6) **故障假设**：按电路图以及故障现象分析，初步假设工作灯 CNC 侧信号线故障；
- (7) **假设验证**：按下 **K4**，并测量输入口 **L7** 与 **M** 之间电压，电压值为     0 V    ，正常状态应为高电平 24V，故为工作灯 CNC 侧信号线故障；
- (8) **决策实施**：按 **提交** 工作灯 CNC 侧信号线故障按钮，按 **确认** 提交答案；

(9) 故障排除：机床恢复正常。

### 3. 工作灯灯泡侧断线故障

- (1) 按  打开工作灯  $\hat{U}$  工作灯工作正常；
- (2) 学生机发送【实验十八 ——A048 工作灯灯泡侧断线故障】到实验台；
- (3) 按  打开工作灯  $\hat{U}$  出现故障；
- (4) 故障现象：按  无法打开工作灯；
- (5) 收集信息：观察到按下  无法打开工作灯，Q0.6 接口继电器线圈指示灯亮，继电器发出动作声，查看 PLC 状态发现按下  时 QB0 第 6 位由 0 变成 1。
- (6) 故障假设：按电路图以及故障现象分析，初步假设工作灯灯泡侧断线故障；
- (7) 假设验证：按下 ，并测量输入口  $\alpha L7$  与  $\alpha M$  之间电压  $\hat{U}$  电压值为 24V，正常状态应为高电平 24V  $\hat{U}$  排除工作灯 CNC 侧信号线故障；

按下 ，并测量输入口  $\alpha NO7$  与  $\alpha COM7$  之间电压  $\hat{U}$  电压值为 0V，正常状态继电器触点接通后为 0V，若未接通则为 24V  $\hat{U}$  说明触点已接通，排除继电器线圈故障  $\hat{U}$  排除法得出结论为：工作灯灯泡侧断线故障；

- (8) 决策实施：按   按钮，按  提交答案；
- (9) 故障排除：机床恢复正常。

## 五、实验报告

1. 绘制电泵故障 FTA 图。
2. 填写分段电压测试表。

### 工作灯电压测试表

测试点	正常状态	测试状态
A	K4 按动信号变化	
B	K4 按动电压变化	

### 工件冷却电压测试表

测试点	正常状态	测试状态
A	K4 按动信号变化	
B	K4 按动电压变化	

### 主轴冷却电压测试表

测试点	正常状态	测试状态
A	K4 按动信号变化	
B	K4 按动电压变化	

## 实验七 主轴及编码器故障诊断与维修

### 一、实验目的

掌握主轴编码器与主轴转速之间的关系,了解数控系统通过主轴编码器识别主轴旋转方向的原理,分析主轴产生故障的原因,掌握主轴故障诊断方法。

### 二、实验要求

1. 掌握主轴系统故障产生的各种原因。
2. 掌握主轴系统的故障诊断方法。

### 三、实验原理

(一)就电气控制而言,机床主轴的控制是有别于机床进给轴的。一般情况下,机床主轴的控制系统为速度控制系统,而机床进给轴的控制系统为位置控制系统。换句话说,主轴编码器一般情况下不是用于位置反馈的(也不用于速度反馈的),而仅作为速度测量组件使用,从主轴编码器上所获取的数据,一般有两个用途,其一是用于主轴转速显示;其二是用于主轴与进给配合运行的场合(如螺纹切削加工、恒线速度、G95 转进给等)。

**注意:**当机床主轴驱动单元使用了带速度反馈的驱动装置以及标准主轴电机时,主轴可以根据需要工作在伺服状态。此时,主轴编码器作为位置反馈组件使用。

(二)机床主轴,一般用于给机床加工提供动力,通常主轴驱动被加工工件旋转的是车削加工,所对应的机床应该是车床类;主轴驱动切削刀具旋转的是铣削加工,对应的机床是铣床类。主轴电机通常有普通电机与标准主轴电机两种(与之对应的驱动装置也分为开环与闭环

两种)。

(三) 主轴驱动装置, 有普通变频器与闭环主轴驱动装置等, 普通变频器的生产厂家很多, 目前市场上流行的有德国西门子公司、日本三菱、安川等。闭环主轴驱动装置一般由各数控公司自行研制并生产, 如西门子的 611 系列, 日本法那克公司的  $\alpha$  系列等。

(四) 主轴编码器, 机床的主轴编码器一般直接安装在主轴上或安装在主轴附近用相应传动装置与主轴相连, 使其能如实地向数控系统反映主轴的转速、方向等信号。主轴编码器一般有 3 个信号通道: A、B 和 Z, 其中 A、B 两边为相差 90 度的脉冲信号, 其二通道主要反映主轴的转速和方向。数控系统根据两通道单位时间的脉冲数来计算主轴的速度, 根据 A 信道与 B 信道之间的相位差来判别主轴的旋转方向。Z 为零脉冲信号, 主轴每转一圈, Z 通道发一个零脉冲, 该通道主要给系统在加工时提供相关基准信号。A、B、Z 为各通道差分信号的负脉冲信号。主轴编码器在安装、拆卸时要特别小心, 以防止损坏玻璃光栅。编码器硬件出现故障时, 数控系统侧会出现 025000 号报警。

(五) 与编码器相关的机床数据, 如表所示。

主轴编码器, 机床的主轴编码器一般直接安装在主轴附近或安装在主轴附近用相应的传动装置与主轴连接, 使其能如实地向数控系统反映主轴的转速、方向等信号。主轴编码器一般有三个信号通道: A、B 和 Z, 其中 A、B 两边缘为相差 90 度的脉冲信号, 其二通道主要反映主轴的转速与方向。数控系统根据两通道单位时间的脉冲数来计算主轴的速度, 根据 A 信道和 B 信道之间的相位差来判断主轴的旋转方向。Z 为零脉冲信号, 主轴每转一圈, Z 通道发一个零脉冲, 该通道主要给系统在加工时提供相关基准信号。

(六) 编码器原理

光电编码器, 是一种通过光电转换将输出轴上的机械几何位移量转换成脉冲或数字量的传感器。光电编码器每转输出 1000 个脉冲, 五线制。其中两根为电源线, 三根为脉冲线(A 相、B 相、Z)。电源的工作电压为 (+5~+24V) 直流电源。光电编码器是由光栅盘和光电检测装置组成。光栅盘是在一定直径的圆板上等分地开通若干个长方形孔。由于光电码盘与电动机同轴, 电动机旋转时, 光栅盘与电动机同速旋转, 经发光二极管等电子组件组成的检测装置检测输出若干脉冲信号, 其原理示意图如图 7-1 所示; 通过计算每秒光电编码器输出脉冲的个数就能反映当前电动机的转速。此外, 为判断旋转方向, 码盘还可提供相位相差 90° 的两路脉冲信号。

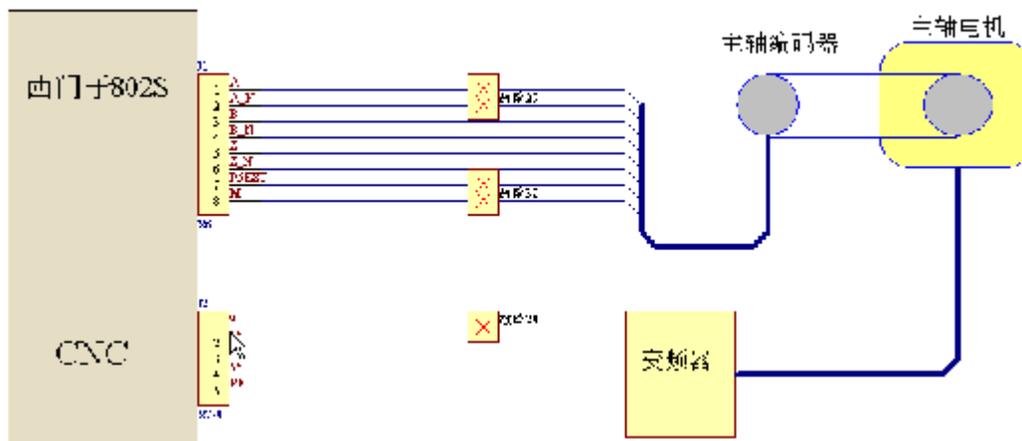


图 7-1

表 与编码器相关的机床数据

参考号	参数含义
-----	------

MD30200	编码器的个数
MD30240	“1”，sin/cos 编码器 “2”，TTL 方波编码器 “3”，无编码器反馈
MD31020	编码器的脉冲数
MD31040	编码器直接编码器安装在主轴上
MD31070	编码器端减速齿轮齿数
MD31080	主轴轴端减速齿轮齿数
MD32100	轴方向转换
MD32110	编码器反馈方向
MD34200	为“1”时，以编码器的零脉冲作参考点脉冲

#### 四、实验步骤

##### 1. 程序运行实验

(1) 在 MDA 方式下运行程序 G95 G91 G01 Z100 F200，观察机床的运行情况和 NC 屏幕上的反应并做相应记录，\_\_\_\_\_。

(2) 按“RESET”键使系统复位，再在上述程序后加入 M03 S400，使其变成 G95 G91 G01 Z100 F200 M03 S400，再启动 NC，并观察机床运行情况做相应记录\_\_\_\_\_。

##### 2. 变频器内部故障

(1) 学生机发送【实验十五——2. 变频器内部故障】到实验台；

(2) 故障现象：主轴无法转动，报警号 700031：变频器异常；

(3) 收集信息：观察发现屏幕报警 70031：变频器异常；

(4) 故障假设：2. 变频器内部故障；

(5) 验证假设：演示实验，是驱动器内部故障会引起驱动器损害故这里只是演示会有这种故障；

(6) 决策实施：按  2. 变频器内部故障按钮，按  提交答案；

(7) 故障排除：按  复位，报警消除，机床恢复正常；

##### 3. 主轴正转信号 CNC 侧线路故障

(1) 学生机发送【实验十五——A0223. 主轴正转信号 CNC 侧线路故障】到实验台；

(2) 故障现象：主轴无法正转；

(3) 收集信息：反转正常；

(4) 故障假设：3. 主轴正转信号 CNC 侧线路故障；

(5) 验证假设：测量“输入输出”面板处 KA1 处接口  $\alpha$ L1 与  $\alpha$ M 之间电压，电压为\_\_\_\_\_  $\bar{U}$

正常状态按下  时应为高电平  $24V\bar{U}$  故为 3. 主轴正转信号 CNC 侧线路故障；

(6) 决策实施: 按  3. 主轴正转信号 CNC 侧线路故障 按钮, 按  提交答案;

(7) 故障排除: 机床恢复正常;

#### 4. 主轴反转信号 CNC 侧线路故障

(1) 学生机发送【实验十五——A023 4. 主轴反转信号 CNC 侧线路故障】到实验台;

(2) 故障现象: 主轴无法反转;

(3) 收集信息: 正转正常;

(4) 故障假设: 4. 主轴反转信号 CNC 侧线路故障;

(5) 验证假设: 测量接口  $\alpha L2$  与  $\alpha M$  之间电压, 电压值为 \_\_\_\_\_  $\dot{U}$  正常状态按下  时应为高电平  $24V\dot{U}$  故为 4. 主轴反转信号 CNC 侧线路故障;

(6) 决策实施: 按  4. 主轴反转信号 CNC 侧线路故障 按钮, 按  提交答案;

(7) 故障排除: 机床恢复正常;

#### 5. 主轴正转信号变频器侧故障

(1) 学生机发送【实验十五——A027 主轴正转信号变频器侧故障】到实验台;

(2) 故障现象: 主轴无法正转;

(3) 收集信息: 反转正常;

(4) 故障假设: 主轴正转信号变频器侧故障;

(5) 验证假设: 测量接口  $\alpha L1$  与  $\alpha M$  之间电压, 电压值为 \_\_\_\_\_  $\dot{U}$  正常状态按下  时应为高电平  $24V\dot{U}$  3. 主轴正转信号 CNC 侧线路故障 正常  $\dot{U}$  用排除法可得: 主轴正转信号变频器侧故障;

(6) 决策实施: 按  主轴正转信号变频器侧故障按钮, 按  提交答案;

(7) 故障排除: 机床恢复正常;

#### 6. 主轴反转信号变频器侧故障

(1) 学生机发送【实验十五——A028 主轴反转信号变频器侧故障】到实验台;

(2) 故障现象: 主轴无法反转;

(3) 收集信息: 正转正常;

(4) 故障假设: 主轴反转信号变频器侧故障;

(5) 验证假设: 测量接口  $\alpha L2$  与  $\alpha M$  之间电压, 电压值为 \_\_\_\_\_  $\dot{U}$  正常状态按下 

时应为高电平 24V。4. 主轴反转信号 CNC 侧线路故障正常。用排除法可得：主轴反转信号变频器侧故障；

(6) 决策实施：按 **排障** 主轴反转信号变频器侧故障按钮，按 **确认** 提交答案；

(7) 故障排除：机床恢复正常；

### 7. 主轴编码器电源线故障

(1) 学生机发送【实验十五——A0307. 主轴编码器电源线故障】到实验台；

(2) 按  或  主轴转动出现故障；

(3) 故障现象：主轴转动时系统无主轴转速和位置显示；

(4) 收集信息：无明显的外部信息，分析电路图；

(5) 故障假设：按电路图以及故障现象分析，初步假设 7. 主轴编码器电源线故障；

(6) 假设验证：测量面板 X6 接口  $\alpha$ +5V 与  $\alpha$ GND 之间电压，电压值为\_\_\_\_\_，正常状态应为\_\_\_\_\_，故为 7. 主轴编码器电源线故障；

(7) 决策实施：按 **排障** 选择 **7. 主轴编码器电源线故障** 按钮，按 **确认** 提交答案；

(8) 故障排除：机床恢复正常。

### 8. 主轴编码器脉冲断线故障

(1) 学生机发送【实验十五——A0328. 主轴编码器脉冲断线故障】到实验台；

(2) 按  或  主轴转动出现故障；

(3) 故障现象：主轴转动时系统无主轴转速和位置显示；

(4) 收集信息：观察到数控系统位置有跳动；

(5) 故障假设：按电路图以及故障现象分析，初步假设 8. 主轴编码器脉冲断线故障；

(6) 假设验证：测量面板 X6 接口  $\alpha$ +5V 与  $\alpha$ GND 之间电压，电压值为\_\_\_\_\_，正常，

排除“7. 主轴编码器电源线故障”。用示波器观察  $\alpha$ A1 与  $\alpha$ A1\_N 波形，未观察到波形。故为 8. 主轴编码器脉冲断线故障；

(7) 决策实施：按 **排障** 选择 **8. 主轴编码器脉冲断线故障** 按钮，按 **确认** 提交答案；

(8) 故障排除：机床恢复正常。

## 五、实验报告

1. 若一车床，执行 M3 时，主轴转速显示负值，执行 M4 时主轴转速显示正值，我们要做

怎么着的修改，才能予以更正？

2. 若一机床主轴实际转速与系统屏幕上显示的转速不相符，可能的原因有哪些？

## 实验八 数控系统综合故障诊断与维修

### 一、实验目的

了解和熟悉数控机床回基准点原理，掌握排除常见回基准点故障的方法。

### 二、实验要求

1. 掌握数控机床回基准点原理。
2. 掌握常见回基准点故障诊断方法。

### 三、实验原理

（一）为了使系统在开机以后能够立即精确地识别机床零点，必须使系统与进给轴或主轴的位置测量系统进行同步，该过程就是所谓的回参考点过程。对于使用步进电机的进给轴，尽管没有测量系统，但也要求回参考点。在此，把带步进电机的进给轴视作具有“内部”位置测量系统

（二）在机床中可以在 JOG 方式下通过按方向键对每个进给轴回参考点（与 MD:REFP\_CAM\_DIR\_MINUS 中的设定有关），其它操作会自动执行。一个进给轴参考点之后，屏幕上会显示出来。可以同时对所有坐标轴进行回参考点运行。如果要求进给轴按照一定的顺序回参考点，那么用户只需在启动时按照该顺序执行。

(三) 如果没有测量系统(带步进电机的进给轴没有位置测量系统),则要求使用一个BERO(接近开关)信号,该接近开关可以直接位于电机轴或丝杠上。在这种情况下,电机每转会发出若干个脉冲信号。为了确定哪一个脉冲用于某个进给轴的同步,就需要第二个信号。这就要求一个减速档块。减速档块的信号可同时用于控制回参考点过程。

(四) 系统可以采用接近开关的上升沿(单边沿触发),也可以采用上升沿和下降沿的中点(双边沿触发)。

(五) 如果整个轴运行范围只给出一个同步信号,就可以不用减速档块(MD:REFP\_CAM\_IS\_ACTIVE=0)。

(六) 为了把接近开关的开关信号传送到系统中,要求有一个快速输入端。

(七) 功能说明

时序过程:有减速档块的步进电机进给轴(不带测量系统)回参考点使,其过程可以分为如下三个阶段:

- a) 阶段一: 寻找减速档块
- b) 阶段二: 与接近开关信号BERO同步(相当于增量式测量系统的“零标”)
- c) 阶段三: 寻找参考点

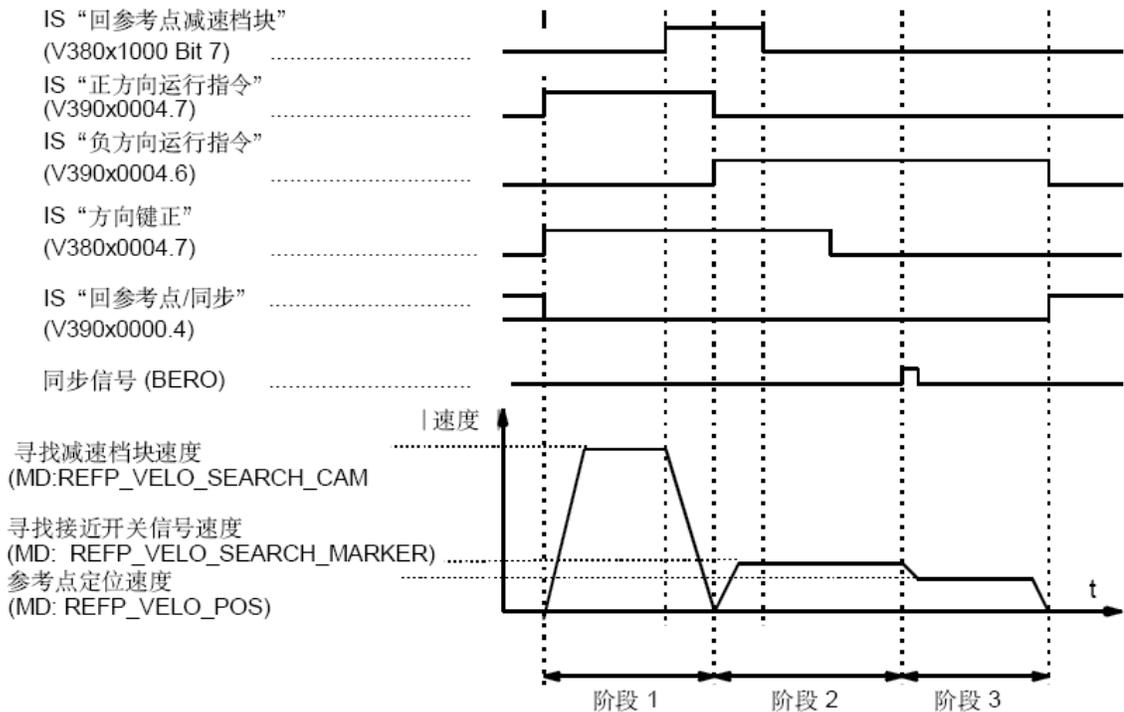


图 8-1

适用于 SINUMERIK 802S base line 和 SINUMERIK 802C base line, 其中 BERO 指接近开关 号, 适用于 SINUMERIK 802S base line; 脉冲指编码器 号的零脉冲, 适用于 SINUMERIK 802C base line。

根据接近开关 号/零脉冲位置, 又可以分为两种情况:

- 1) 接近开关 号/零脉冲在减速开关之前:  
MD34050; REFP\_SEARCH\_MARKER\_REVERS=0, 遇减速开关后, 反 找接近  
开关/零脉冲 号;

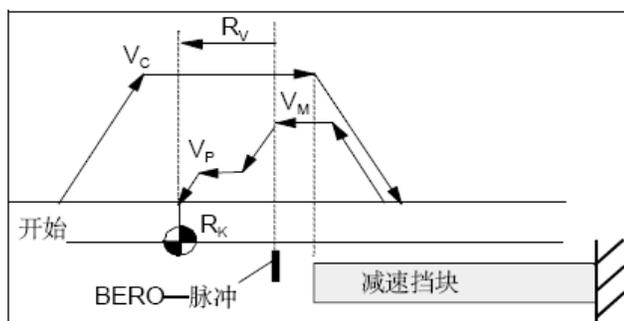


图 8-2

运行过程

在下表中列出带/不带减速档块回参考点时不同的运行过程。

回参考点方式	同步脉冲(接近开关 BERO)	运行过程
带减速档块	同步脉冲(BERO)在减速档块之前, 参考点坐标在BERO之前	
	同步脉冲(BERO)在减速档块上, 参考点坐标在BERO之后, 反向时在减速档块上	
不带减速档块	参考点在BERO之后	

$V_C$ -寻找减速档块速度(MD: REFP\_VELO\_SEARCH\_CAM)  
 $V_M$ -寻找接近开关信号速度(MD: REFP\_VELO\_SEARCH\_MARKER)  
 $V_P$ -参考点定位速度(MD: REFP\_VELO\_POS)  
 $R_V$ -参考点偏移(MD: REFP\_MOVE\_DIST+REFP\_MOVE\_DIST\_CORR)  
 $R_x$ -参考点坐标(MD: REFP\_SET\_POS[0])  
 反向-MD: REFP\_SEARCH\_MARKER\_REVERS=1

注释:

$V_C$ - 找减速档块速度	MD34020: REFP_VELO_SEARCH_CAM
$V_M$ - 找接近开关 号/零脉冲速度	MD34040: REFP_VELO_SEARCH_MARKER
$V_P$ -参考点定位速度	MD34070: REFP_VELO_POS
$R_V$ -参考点偏移	MD34080: REFP_MOVE_DIST
$R_x$ -参考点坐标	MD34100: REFP_SET_POS[0]

参数设定:

参数号	参数名	单位	轴	举例值	参数定义
34000	REFP_CAM_IS_ACTIVE	-	X, Y, Z	1	减速开关生
34010	REFP_CAM_DIR_IS_MINUS	-	X, Y, Z	0/1	减速开关方 向 : 0-正; 1-负
34020	REFP_VELO_SEARCH_CAM	mm/Min	X, Y, Z	2000	找减速开关速度
34040	REFP_VELO_SEARCH_MARKER	mm/Min	X, Y, Z	300	找零脉冲速度
34050	REFP_SEARCH_MARKER_REVERSE	-	X, Y, Z	0/1	零脉冲在: 0 开关外; 1 开关内
34060	REFP_MAX_MARKER_DIST	mm	X, Y, Z	200	找接近开关的最大距离
34070	REFP_VELO_POS	mm/Min	X, Y, Z	200	参考点定位速度
34080	REFP_MOVE_DIST	mm	X, Y, Z	-2	零脉冲后的位移 (带方 向)
34100	REFP_SET_POS	mm	X, Y, Z	29.4	参考点位置值

系统设定参数

轴名	34000	34010	34020	34040	34050	34060	34070	34080
X	1	0	2000	300	0	20	100	-2
Z	1	0	2000	300	0	20	100	-2

参数说明:

34000=1; 减速开关有效;

34020=800; 寻找减速开关速度;

34060=20; 寻找接近开关的最大距离;

34040=300; 寻找零脉冲速度;

34070=200; 参考点定位速度;

34010=0; 减速开关方向 正;

34050=0; 接近开关方向 正。

为进一步理解所设定参数, 可选作以下实验:

实验步骤:

1. 设定 34000=0; 减速开关无效。
2. 按【复位】键, 使设定的所有参数有效。
3. 回参考点操作, 观察现在是如何回参考点, 为何不正确。
4. 将 34000 恢复为 1。

34010 机床数据号	REFP_CAM_DIR_IS_MINUS 负方向回参考点		
标准: 0	最小: 0	最大: 1	
修改自 POWER ON(上电)后生效	保护等级: 2/7	单位: -	
数据类型: 二进制	有效自软件版本:		
含义:	REFP_CAM_DIR_IS_MINUS=0 : 正方向回参考点(方向键+生效) REFP_CAM_DIR_IS_MINUS=1 : 负方向回参考点(方向键-生效) 如果机床坐标轴位于减速档块之前, 当按方向键正/负时, 坐标轴以 MD: REFP_VELO_SEARCH_CAM(寻找减速档块速度)中规定的速度加速。如果按错了方向键, 将不执行回参考点。 如果机床坐标轴位于减速档块之上, 坐标轴以 MD: REFP_VELO_SEARCH_CAM (寻找减速档块速度)中规定的速度, 按 MD: REFP_CAM_DIR_IS_MINUS 中给定方向的反方向加速。 机床坐标轴起始点必须位于减速档块之前。		

34020 机床数据号	REFP_VELO_SEARCH_CAM 寻找减速档块速度		
标准: 5000	最小: 0	最大: 正	
修改自 POWER ON(上电)后生效	保护等级: 2/7	单位: mm/min,	
数据类型: 双字节	有效自软件版本:		
含义:	按方向键之后, 机床坐标轴以此速度在寻找减速档块的方向运行(阶段 1)。该值可以设定得较大, 使坐标轴在碰到硬件限位开关并在档块上停止之前还可以制动到停止。		

34030 机床数据号	REFP_MAX_CAM_DIST 减速档块最大位移		
标准: 10000	最小: 0	最大: 正	
修改自 POWER ON(上电)后生效	保护等级: 2/7	单位: mm	
数据类型: 双字节	有效自软件版本:		
含义:	如果机床坐标轴从出发点位置在减速档块方向运行 MD: REFP_MAX_CAM_DIST 中给定的位移, 而没有到达减速档块(是“回参考点减速档块”(380x 1000/7)已经复位), 则坐标轴停止, 并发出报警 20000 “没有到达减速档块”。		

34040 机床数据号	REFP_VELO_SEARCH_MARKER[0] 寻找接近开关信号速度		
标准：300	最小：0	最大：正	
修改自 POWER ON(上电)后生效	保护等级：2/7	单位 t; mm/min	
数据类型：双字节	有效自软件版本:		
含义	<p>在识别出减速档块到用第一个同步信号(BERO, 零标)进行同步这段时间之内, 坐标轴以该速度运行 (-&gt;阶段 2)。</p> <p>MD: REFP_SEARCH_MARKER_REVERSE=0 时(下降的减速档块边沿不会使方向反向): 立即以该速度搜寻, 方向: 始终与搜寻减速档块的方向相反 (MD: REFP_CAM_DIR_IS_MINUS)。该方向不受新的减速档块边沿的影响。</p> <p>MD: REFP_SEARCH_MARKER_REVERSE=1 时(下降的减速档块边沿使方向反向): 只有重新识别出一个减速档块上升沿之后才采用该速度, 也就是说, 只有在与寻找减速档块方向(MD: REFP_CAM_DIR_IS_MINUS)相反的方向才开始运行。此时速度符合 MD: REFP_VELO_SEARCH_CAM 设定的速度。如果是减速档块的下降沿, 则坐标轴停止运动, 方向相反, 并用寻找接近开关信号速度搜寻第一个同步脉冲。</p>		
相应于 ...	MD: REFP_SEARCH_MARKER_REVERSE MD: REFP_CAM_DIR_IS_MINUS		

34050 机床数据号	REFP_SEARCH_MARKER_REVERSE[0] 反向寻找同步信号		
标准：0	最小：0	最大：1	
修改自 POWER ON(上电)后生效	保护等级：2/7	单位: -	
数据类型：二进制	有效自软件版本:		
含义:	<p>这里可设置寻找第一个同步脉冲(BERO; 零标)(BERO 在减速档块之前或在减速档块之上)的方向。</p> <p>0: 在减速档块下降沿之后进行同步  机床坐标轴以 MD: REFP_VELO_SEARCH_MARKER(寻找接近开关信号速度)中给定的速度加速, 其方向与 MD: REFP_CAM_DIR_IS_MINUS(负方向回参考点)的方向相反。  如果离开减速档块(IS“回参考点减速档块”(V380x1000.7)已经复位), 则控制器与第一个同步脉冲(BERO; 零标)同步。</p> <p>1: 在减速档块上升沿之后进行同步  机床坐标轴以 MD: REFP_VELO_SEARCH_CAM(寻找减速档块速度)中给定的速度加速, 其方向与 MD: REFP_CAM_DIR_IS_MINUS(负方向回参考点)的方向相反。如果离开减速档块(下降沿, IS“回参考点减速档块”复位), 则机床坐标轴制动到停止, 并以 MD: REFP_VELO_SEARCH_MARKER(寻找接近开关信号速度)中给定的速度按相反的方向在减速档块上运行。到达减速档块时(IS“回参考点减速档块”(380x1000.7)已经复位)控制器与第一个同步脉冲(BERO, 零标)同步。</p>		

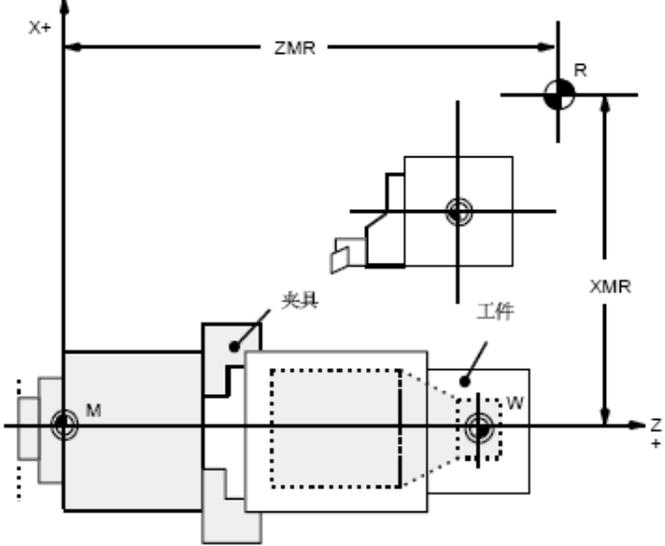
34060 机床数据号	REFP_MAX_MARKER_DIST[0] 到零标的最大位移		
标准：20	最小：0	最大：正	
修改自 POWER ON(上电)后生效	保护等级：2/7	单位：毫米	
数据类型：双字节	有效自软件版本：		
含义：	监控功能： 如果机床坐标轴从减速档块处运行(IS“回参考点减速档块”已经复位)，在运行了 MD: REFP_MAX_MARKER_DIST 设定的位移之后没有发现零标信号，则坐标轴停止，并发出报警 20002。		
使用示例	如果要确保控制器使用同一个同步脉冲信号来进行同步(否则识别错误的机床零点)，则 MD: REFP_MAX_MARKER_DIST 中设定的最大值不得超出两个同步脉冲信号之间的距离。		

34070 机床数据号	REFP_VELO_POS 回参考点速度		
标准：10000	最小：0	最大：正	
修改自 POWER ON(上电)后生效	保护等级：2/7	单位：毫米/分钟	
数据类型：双字节	有效自软件版本：		
含义	从同步脉冲进行同步到回到参考点(参考点坐标 MD: REFP_SET_POS)，坐标轴按照此速度运行。		

34080 机床数据号	REFP_MOVE_DIST[0] 同步脉冲信号(BERO)至参考点距离的一部分		
标准：-2.0	最小：***	最大：***	
修改自 POWER ON(上电)后生效	保护等级：2/7	单位：毫米	
数据类型：双字节	有效自软件版本：		
含义：	与同步脉冲信号进行同步以后，坐标轴按照 MD: REFP_VELO_POS(回参考点速度)设定的速度运行一段位移，该位移为 MD: REFP_MOVE_DIST 和 MD: REFP_MOVE_DIST_CORR(参考点偏移)的位移之和。(→阶段 3)这段位移之和就等于所识别的同步脉冲信号与参考点之间的位移。		
	<p>MD: REFP_MOVE_DIST + MD: REFP_MOVE_DIST_CORR</p> <p>MD: REFP_VELO_SEARCH_CAM (寻找减速档块速度)</p> <p>MD: REFP_VELO_SEARCH_MARKER (寻找接近开关信号速度)</p> <p>MD: REFP_SET_ZPOS[0]</p> <p>同步脉冲 (BERO)</p> <p>参考点挡块</p>		

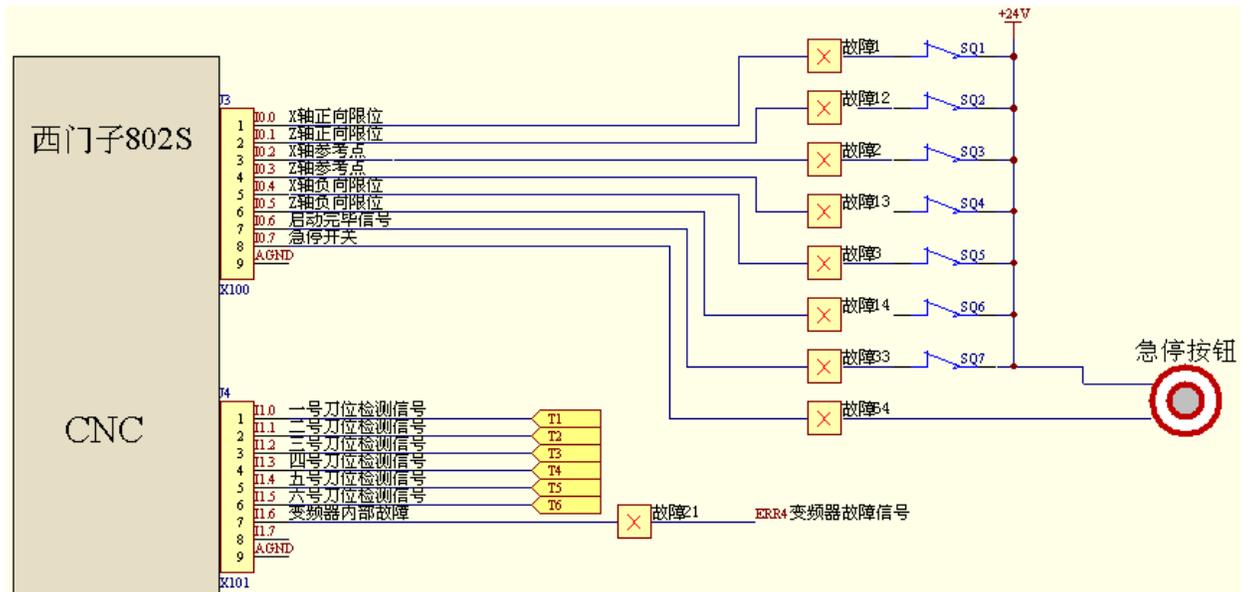
34090 机床数据号	REFP_MOVE_DIST_CORR[0] 参考点偏移		
标准: 0	最小: ***	最大: ***	
修改自 POWER ON(上电)后生效	保护等级: 2/7	单位: 毫米, 度	
数据类型: 双字节	有效自软件版本:		
含义:	识别出同步脉冲信号之后, 坐标轴运行 REFP_MOVE_DIST+REFP_MOVE_DIST_CORR 距离。运行这段距离之后, 坐标轴回到参考点。REFP_SET_POS 获得实际值。 在运行 REFP_MOVE_DIST+REFP_MOVE_DIST_CORR 这段距离时修调开关有效。		

34092 机床数据号	REFP_CAM_SHIFT 带等距离零标的增量测量系统的电子凸轮偏移量.		
标准: 0.0	最小: 0.0	最大:	
修改自 POWER ON(上电)后生效	保护等级: 2/7	单位: 毫米	
数据类型: 双字节	有效自软件版本:		
含义:	<p>在出现减速档块信号时并不立即寻找零标, 而是要延迟一段位移 REFP_CAM_SHIFT 之后才开始。通过这段位移延迟, 就可以在减速档块受热变形时也能对所选择的零标反复进行寻找。</p> <p>因为控制器是在一个插补节拍内计算减速档块的偏移量, 所以实际的减速档块偏移量最小为 REFP_CAM_SHIFT, 最大为 REFP_CAM_SHIFT+(REFP_VELO_SEARCH_MARKER/插补节拍)。</p> <p>减速档块的偏移位于寻找零标的方向。</p> <p>减速档块的机床数据 REFP_CAM_IS_ACTIVE=1 时减速档块偏移生效。</p>		

34100 机床数据号	REFP_SET_POS[0] 参考点(参考点坐标)		
标准: 0.0	最小: ***	最大: ***	
修改自 RESET(复位)后生效	保护等级: 2/7	单位: 毫米, 度	
数据类型: 双字节		有效自软件版本:	
含义:	识别出同步脉冲信号并运行 REFP_MOVE_DIST+REFP_MOVE_DIST_CORR 位移之后该值作为实际的坐标轴位置设置。		
图 12	 <p data-bbox="565 1066 1024 1213"> M 机床零点  W 工件零点  R 参考点  XMR X方向参考点(MD: REFP SET POS[X])  ZMR Z方向参考点(MD: REFP SET POS[Z]) </p>		
相应于 ...			

<b>20000</b>	通道%1坐标轴%2没有到达减速档块
<b>说明</b>	<p>%1=通道号</p> <p>%2=坐标轴名称, 主轴号</p> <p>在启动回参考点运行之后, 必须在MD34030REFF_MAX_CAM_DIST规定的位移之内到达减速档块的上升沿(回参考点阶段1)。(该报警只会在使用增量编码器时出现)。</p>
<b>反应</b>	<p>报警时NC停止</p> <p>禁止NC启动</p> <p>报警显示</p> <p>设置接口信号</p>
<b>消除方法</b>	<p>可以考虑有3种可能的原因:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. MD34030REFF_MAX_CAM_DIST中的设定量太小。 计算从开始回参考点到减速档块之间可能的最大位移, 然后与D34030REFF_MAX_CAM_DIST中的设定值进行比较; 如果需要, 放大MD中的数值。</li> <li>2. 减速档块信号没有到达PLC输入组件。 手动操作回参考点开关, 检查NC/PLC接口的输入信号(路线! 开关! 插头! 电缆! PLC-输入端! 用户程序)。</li> <li>3. 减速档块没有碰撞参考点开关。 检查减速档块和减速开关之间的垂直距离。</li> </ol>
<b>程序继续运行</b>	用复位键删除报警, 重新启动零件程序。
<b>20002</b>	通道%1坐标轴%2零标未找到
<b>说明</b>	<p>%1=通道号</p> <p>%2=坐标轴名称, 主轴号</p> <p>增量式位置编码器的零标不在所规定的位移之内。</p> <p>PLC接口信号“回参考点减速档块”(V380x1000.7)的上升沿/下降沿使触发器启动之后, 并且识别出编码器的零标, 则表示回参考点的阶段2结束。从开始启动触发器到随后的零标之间的最大位移在MD34060REFF_MAX_MARKER_DIST中确定。</p> <p>该监控功能防止越过零标信号而把下一个零标作为参考点信号进行处理! (由于档块的长度调节有误, 或者PLC用户程序编程了太大的延迟时间)。</p>
<b>反应</b>	<p>报警时NC停止</p> <p>禁止NC启动</p> <p>报警显示</p> <p>设置接口信号</p>
<b>消除方法</b>	<p>检查档块的调节, 提供足够大的档块结束到随后零标信号之间的距离。该距离必须大于PLC一个循环时间之内坐标轴移动的距离。</p> <p>放大MD34060REFF_MAX_MARKER_DIST中设定的位移值, 但须小于两个零标之间的距离。否则有可能断开监控功能!</p>
<b>程序继续运行</b>	用复位键删除报警, 重新启动零件程序。

## 电器原理图



## 四、实验步骤

### 1. 观察机床正常回零时机床动作过程

(1) 观察 X 轴回零时的**减速开关**信号，即测量输入口  $\alpha$ I0.2 与  $\alpha$ M 之间电压，同时观察发光二极管的变化；

? 结果记录: \_\_\_\_\_

(2) 观察 X 轴回零时的接近开关信号，即测量  $\alpha$ X20 接口  $\alpha$ HI-1 与 M 之间电压，也可使用示波器观察 HI-1 与 M 之间波形；

? 结果记录: \_\_\_\_\_

### 2. 减速开关故障

(1) 学生机发送【实验十一 ——A002 X 轴减速开关信号故障】到实验台；

(2) 按  到回零模式  $\hat{U}$  长按  使 X 轴回参考点  $\hat{U}$  出现故障；

(3) **故障现象**：数控系统出现“21614”报警，X 轴回零时沿回零反方向运动直到撞限位；

(4) **收集信息**：观察到  $\alpha$ I0.2 接口发光二极管一直处于熄灭状态；

(5) **故障假设**：按电路图以及故障现象分析，初步假设减速开关周边断线或减速开关故障；

(6) **假设验证**：测量输入口  $\alpha$ I0.2 与  $\alpha$ M 之间电压  $\hat{U}$  电压值为      0V  $\hat{U}$  正常状态应为

触发时为低电平，平时为高电平  $\hat{U}$  故为减速开关周边断线或减速开关故障；

(7) **决策实施**：按  X 轴减速开关信号故障 按钮，按  提交答案；

(8) **故障排除**：按  复位，机床恢复正常。

### 3. 接近开关故障

(1) 学生机发送【实验十一 ——A008 X 轴回零基准信号故障】到实验台；

(2) 按  到回零模式  $\dot{U}$  长按  使 X 轴回参考点  $\dot{U}$  出现故障；

(3) **故障现象：**数控系统出现“20002”报警，通道 1 轴 X 参考标记未找到；

(4) **收集信息：**观察到  $\alpha$ HI-1 接口发光二极管一直处于熄灭状态，且回零第一和第二阶段均正常；

(5) **故障假设：**按电路图以及故障现象分析，初步假设接近开关周边断线或接近开关故障；

(6) **假设验证：**手动触发接近开关（即用手轮控制 Z 轴进给），并测量输入口  $\alpha$ HI-1 与  $\alpha$ M 之间电压  $\dot{U}$  电压值为 0V  $\dot{U}$  正常状态应为触发时为高电平，平时为低电平  $\dot{U}$  故为接近开关周边断线或接近开关故障；

(7) **决策实施：**按  X 轴回零基准信号故障 按钮，按  提交答案；

(8) **故障排除：**按  复位，机床恢复正常。

### 五、实验报告

1. 绘制正常状态 X 轴回零时序关系图。
2. 说明两种不同故障现象的原因。

# 实验九、基于三坐标测量机的复杂零件公差检测实验

## 一、实验目的

随着制造业的飞速发展，产品的加工精度要求越来越高，形状也越来越复杂，常规的检测方法和器具已不能适应高精度、高效率、复杂产品的质量检测要求。为此，综合机械、信息、计算机、控制技术而发展的坐标测量技术应运而生，是一项先进的质量检测技术，三坐标测量机是该技术的载体，将 CAD、CAM、CAT、CNC 等先进技术集于一体。根据产品质量检测要求，结合产品的三维数字模型，可手动或自动布置测量路径，通过接触式（或非接触式）测头获取系列点的三维坐标，然后根据后置处理模块中的相关算法拟合所测元素，并给出测量误差。其主要特点是高速、高效、高精、低成本。三坐标测量技术是先进制造技术的重要组成部分，是产品质量保证的支撑技术。

为了便于学生了解并掌握这一精密检测新技术的基本原理，特开设基于三坐标测量机的复杂零件公差检测实验。通过实验，使学生能比较全面地了解利用三坐标测量机进行复杂零件质量检测的过程，掌握坐标测量的基本原理，进一步认识三坐标测量机在产品制造中的作用。

## 二、实验设备——三坐标测量机简介

### 2.1 设备介绍

#### 机械结构

BQC 系列复合式坐标测量机的主要组成及部件名称如图 9-1 所示。

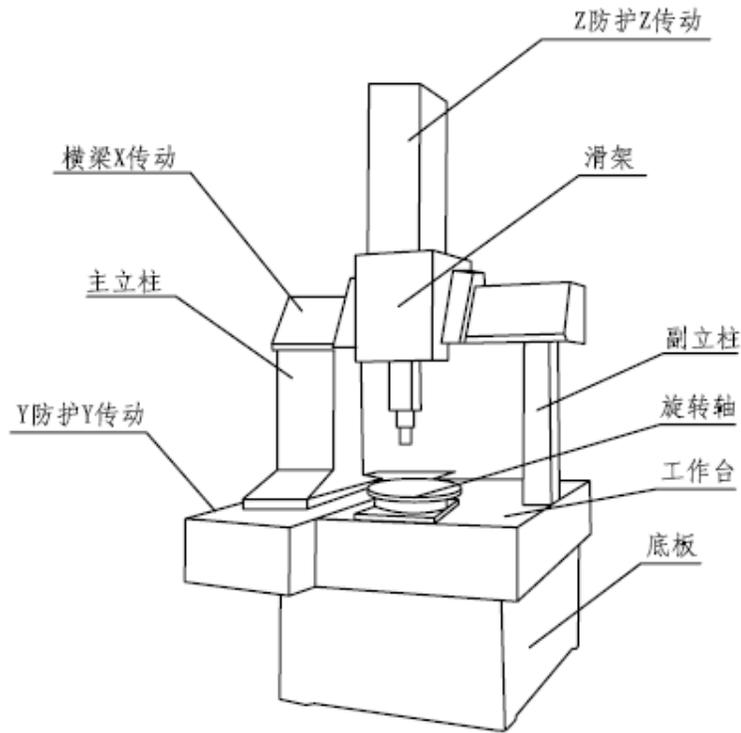


图 9-1 复合式坐标测量机结构示意图

## 移动桥架

主立柱、副立柱和横梁构成移动桥架。整机采用移动桥移动，工作台固定结构，移动桥移动形成 Y 轴进给运动，滑架在固定横梁上移动形成 X 轴进给运动，Z 轴相对于滑架在 XY 平面的垂直方向运动。

工作台由优质花岗岩精制而成，材质坚硬、稳定性好、不易变形、不锈蚀，能保证精密测量的要求。

## 标尺系统

采用 Renishaw 精密光栅尺，读数头有 LED 安装状态指示灯监控，而无需示波器及其它复杂的安装监控装置，安装、调整及维护都极方便。

## 导轨系统

预载荷空气轴承配以精密制造的花岗岩导轨，消除了摩擦和磨损的影响。

## 驱动机构

三轴采用直流伺服电机控制，同步带传动方式，确保运动平稳可靠。

## 测头系统

可配置各种 Renishaw 接触式测头系统，及激光扫描测量系统。

## 电气控制系统

由电脑、控制柜、传输电缆等组成。

## 2.2 设备基本操作说明

### 2.2.1 设备的开、关机步骤

#### 开机步骤：

- (1) 用酒精和医用棉花或软布擦拭导轨。
- (2) 检查是否有阻碍机器运动的障碍物。
- (3) 检查复合式坐标测量机的气压表指示，不低于 0.45Mpa.
- (4) 接通控制系统总电源。
- (5) 接通控制系统电源。
- (6) 打开计算机。
- (7) 启动控制软件。
- (8) 顺时针旋转，松开控制柜上的急停按钮。
- (9) 打开操纵盒上的急停按钮。

## 关机步骤：

- (1) 把测头座 A 角转到 90 度。（激光测头不需此步骤）
- (2) 用手操器抬起 Z 轴至安全位置。
- (3) 关闭伺服，按下操纵盒及控制柜上的急停按钮，关断气源。
- (4) 退出控制软件操作界面。
- (5) 关闭计算机。
- (6) 关断电源。

## 2.2.2 安全操作注意事项

-  (1) 在确信已经彻底了解了在紧急情况下如何关机之后，才能尝试运行机器。
- (2) 请只用花岗岩表面作为测量区域。
- (3) 不要使用压缩空气来清理机器，未经良好处理的压缩空气可能导致污垢，影响空气轴承的正常工作。尽可能使用吸尘器。
- (4) 保持工作台面的整洁和被测工件表面清洁。
- (5) 测量工件时，如果中间休息，请把 Z 轴移到被测工件的上方，并留出一段净空，然后按下操纵盒上的急停按钮。
-  (6) 不要试图让机器急速转向或反向。
- (7) 手动操控机器探测时应使用较低的速度并保持速度均匀。在自动回退完成之前，不要狠扳操纵杆。
-  (8) 测量小孔或狭槽之前请确认回退距离设置适当。
- (9) 运行一段测量程序之前请检查当前坐标系是否与该段程序要求的坐标系一致。
-  (10) 回零操作，要保证路径通畅，防止测头发生碰撞。
- (11) 激光扫描时请避光，若是色调不均、透明、反光等实物需要均匀喷涂反差剂扫描；
- (12) 扫描或测量工件时，请勿触动工件，否则影响扫描或测量结果；
- (13) 扫描工件时，被扫描面尽可能与激光垂直，否则影响扫描精度；
- (14) 测量工件时，须先将工件上毛刺和油污清理干净，以免影响测量结果；
- (15) 在自动扫描和测量工件时，须由工作人员验证扫描或测量路径不发生干涉后，方可操作；
- (16) 不要随意打开控制箱，避免发生触电事故和元件损坏；
- (17) 在扫描时注意激光不能直接照射人的眼睛，避免发生意外；

- ⊘(18) 激光测头与接触式测头互换时，必须关闭电机伺服；
- (19) 标定圆柱与检定球在不需使用时，要定期擦防锈油；
- ⊘(20) 禁止带电插拔各硬件接口卡、电脑与控制箱相关联的插头；
- ⊘(21) 禁止靠扶在机床的移动桥上；
- ⊘(22) 禁止用手触摸光栅尺。

### 2.2.3 手持操作器说明

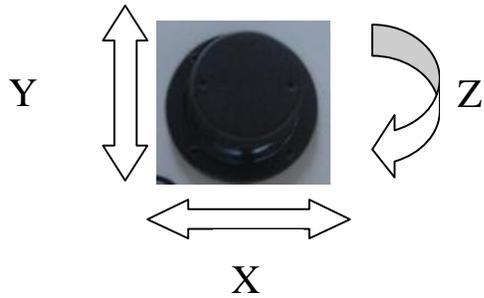


图 9—2 手持操作器

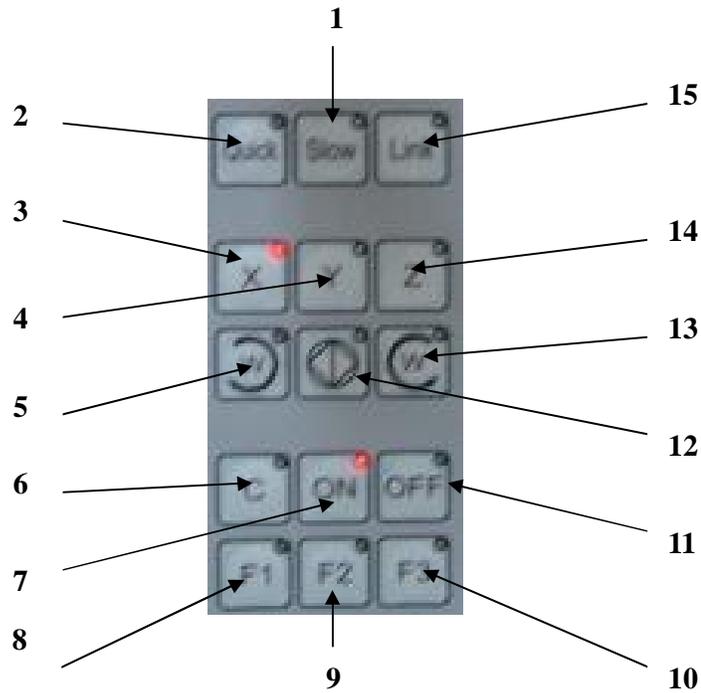
1. 电源指示    2. 速度调节旋钮    3. 操作面板    4. 移动摇杆    5. 急停开关

手操器是手动控制设备移动的操作部件，主要结构（如图）由五部分组成。第 1 项为电源的接通显示；第 2 项主要是调整移动速度；第 3 项是操作面板；第 4 项是控制轴的移动方向和速度；第 5 项是紧急停止按钮。其中第 3、4 项是主要操作功能的实现按键（钮），下面将详细介绍。

移动摇杆控制方向示意图:



摇杆前后移动控制 Y 方向，左右移动控制 X 方向，旋转控制 Z 方向移动。



- |  |   |
|--|---|
| 1、Slow 慢速移动  | 2、Quik 快速移动   |
| 3、X X 轴选择键   | 4、Y Y 轴选择键  |
| 5、  W 轴顺时针旋转  | 6、C 解锁键   |
| 7、ON 手操器开  | 8、9、10、为扩展功能键 (F1、F2、F3)  |
| 11、OFF 手操器关  | 12、  键面锁 |
| 13、  W 轴逆时针旋转 | 14、Z 轴选择键   |
| 15、Link 联动方式   |   |

## 2.3 设备功能及软件介绍

控制软件基于 Windows 2000/xp 操作平台，采用中文操作界面，简单快捷的操作方法，

完善的监控系统。

该设备的操作软件有两个模块：测量模块、扫描模块。本次实验中只使用测量功能。

测量模块具有手动和自动两种自由操作选择，既可以对单个零件进行检测，同时还能运用自动形式完成批量零件的检测工作。在测头系统中，可动态配置测头系统的可视化操作，对测针运动过程中是否与被测零件发生碰撞行为进行自动检验，并自动生成新的测量路径以避免碰撞的发生。基准球、测头和探针系统产生自动校验程序，仅用鼠标单击确定所有相关的测量参数即可。测量模块支持 IGES、STEP、BREP 等格式模型的读入和导出，测量结果可输出为 HTML 文档、EXCEL 文档等。

扫描模块中，扫描形式具有多种不同形式，能够对结构件和复杂曲面进行完整的扫描。扫描过程中，支持间断扫描，扫描过程参数可更调。扫描过程中三维数据点云动态显示，直观、形象。得出的扫描数据具有多种数据输出格式，如可以输出 ASCII 和 IGES 文件格式，更方便导入其它造型软件处理，进行反求制作与设计。反求完成后则可通过 CNC 数控加工，制造出所需的产品。

### 三、 实验内容

利用三坐标测量机对所提供的零件进行相关几何元素的尺寸、形状、位置关系检测。

### 四、 实验步骤

- 1、固定测量模型并标定基准球建立测量基准
- 2、导入 CAD 模型
- 3、建立测量坐标系
- 4、测量模型几何公差元素
- 5、清空缓存区
- 6、建立手动测量坐标系
- 7、手动测量几何公差元素
- 8、自动测量几何元素

### 五、 实验要求

学生通过老师演示及自己动手实验，学习设备操作过程，掌握公差测量的方法，并得出测量结果。

## 六、实验报告要求

- 1、三坐标测量机的工作原理。
- 2、利用三坐标测量机进行零件检测的主要工作流程。
- 3、零件测量结果的输出报告。

## 七、思考题

1. 试比较常规测量仪器（如游标卡尺）与三坐标测量机在测量长度方法上的本质区别。
2. 三坐标测量机在产品加工制造中的作用。
3. 试述复合式三坐标测量机 BQC654 的主要功能，与常规三坐标测量机有何不同。

实验 基于三坐标测量机的复杂零件公差检测实验			
一、实验目的： 通过实验，了解利用三坐标测量机进行复杂零件质量检测的过程，掌握坐标测量的基本原理，进一步认识三坐标测量机在产品制造中的作用。			
二、实验环境：（1）硬件环境：BQC654 复合式三坐标测量机 （2）软件环境：DMIS 测量软件			
三、实验及操作过程：			
四、实验现象分析：			
完成日期	班级	学生姓名	指导教师

## 实验十 PLC 基本逻辑指令的编程练习

### 一 实验目的

1. 熟悉 FX2N PLC 的组成，电路接线和开机步骤。
2. 熟悉三菱 GX-Developer 编程软件的使用方法
3. 掌握基本逻辑指令 LD LDI AND ANI OR ORI ORB ANB SET RST MC MCR 的使用方法
4. 学会用基本逻辑指令实现顺控系统的编程
5. 学会 PLC 程序调试的基本步骤及方法
6. 学会用 PLC 改造继电器典型电路的方法

### 二 实验设备

- |                 |     |
|-----------------|-----|
| 1. 计算机          | 1 台 |
| 2. 可编程序控制器综合实验台 | 1 套 |
| 3. 连接电缆         | 1 根 |
| 4. 实验箱挂件        | 1 套 |

### 三 预习内容

1. 熟悉三菱 GX-Developer 编程软件的使用方法
2. 熟悉 FX2N PLC 的基本位元件: X Y M
3. 熟悉基本逻辑指令 LD LDI AND ANI OR ORI ORB ANB SET RST MC MCR 的使用方法
4. 熟悉典型继电器电路的工作原理
5. 预习本次实验内容，在理论上分析运行结果，预先写出程序的调试步骤

### 四 实验步骤

1. 了解 FX2N PLC 的组成，熟悉 PLC 的电源输入信号端 X 和公共端 COM 输出信号端 Y 和公共端 COM;PLC 的编程口及 PC 机的串行通信口编程电缆的连接；RUN/STOP 开关机各类指示灯的作用等。

电路连接好并将 RUN/STOP 开关置于 STOP 位置，启动三菱 GX-Developer 编程软件，新建工程，进入编程环境。

1. 根据实验内容，在 GX-Developer 环境下输入梯形图程序，转换后下载到 PLC 中
2. 程序运行调试并修改
3. 写实验报告

### 六 实验内容

#### 1. “与”“或”“非”逻辑功能实验

##### (1) 控制要求：

通过专用电缆连接 PC 与 PLC 主机。打开编程软件，逐条输入程序，检查无误并把其下载到 PLC 主机后，将主机上的 STOP/RUN 按钮拨到 RUN 位置，运行指示灯点亮，表明程序开始运行，有关的指示灯将显示运行结果。

拨动输入开关 X10、X11，观察输出指示灯 Y1、Y2、Y3、Y4 是否符合与、或、非逻辑的正确结果

##### (2) 输入、输出信号的定义

输入			输出		
名称		输入点	名称		输出点
输入开关	SB1	X10	输出端		Y001
输入开关	SB2	X11	输出端		Y002
			输出端		Y003
			输出端		Y004

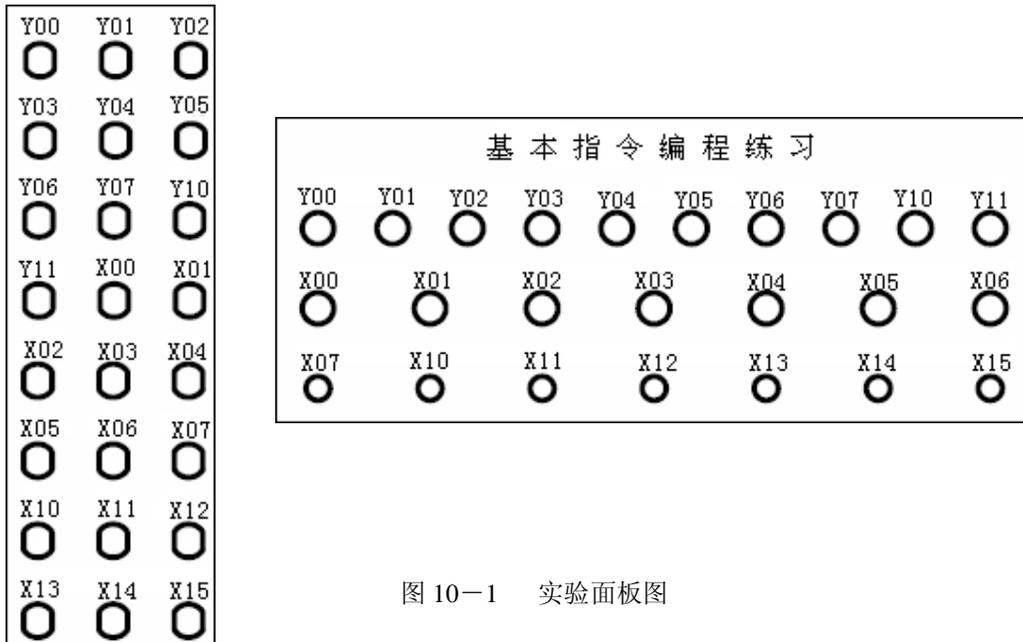


图 10—1 实验面板图

在图 10—1 中的接线孔，通过防转座插锁紧线与 PLC 的主机相应的输入输出插孔相接。Xi 为输入点，Yi 为输出点。

上图中下面两排 X0~X15 为输入按键和开关，模拟开关量的输入。上边一排 Y0~Y11 是 LED 指示灯，接 PLC 主机输出端，用以模拟输出负载的通与断

(3) 参考梯形图

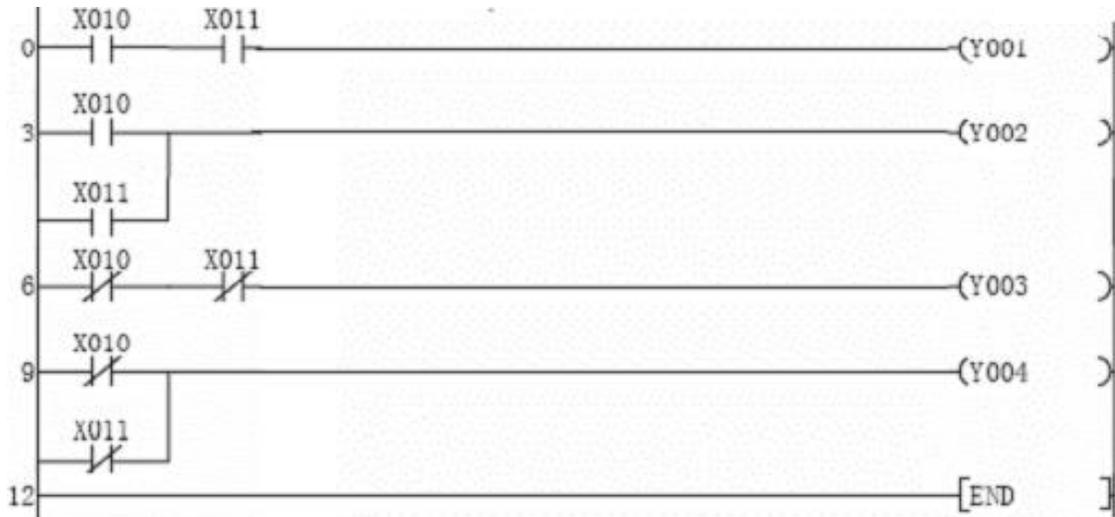


图 10-2 参考梯形图

2. 定时器实验. 定时器的控制逻辑是经过时间继电器的延时动作, 然后产生控制作用。其控制作用同一般继电器。利用定时器指令进行编程实验 (延时 5 秒钟动作)

(1) 控制要求:

逐条输入程序, 检查无误并把其下载到 PLC 主机后, 将主机上的 STOP/RUN 按钮拨到 RUN 位置, 运行指示灯点亮, 表明程序开始运行, 有关的指示灯将显示运行结果。

拨动输入开关 X10, 观察输出指示灯 Y000 是否与要求的功能一致

(2) 输入、输出信号的定义

输入		输出	
名称	输入点	名称	输出点
输入开关	SB1	输出端	Y000

(3) 参考梯形图

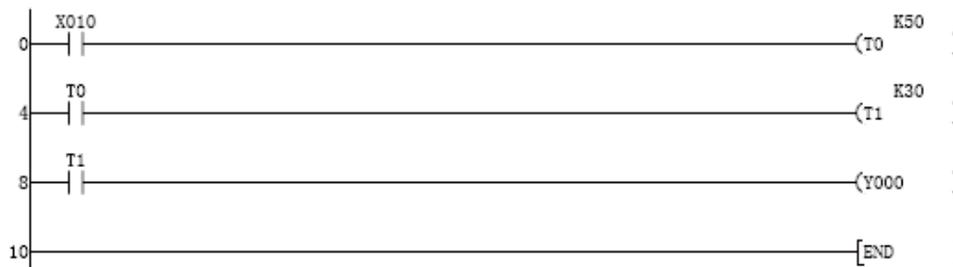
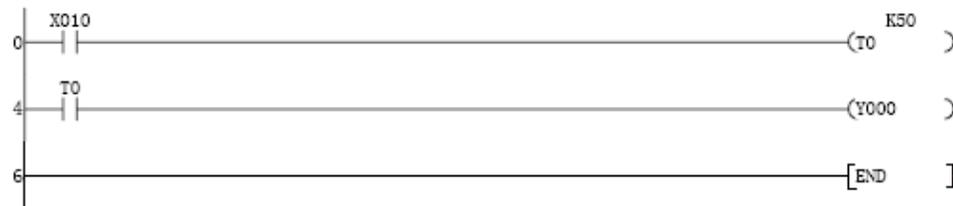


图 10-3 参考梯形图

### 3. 计数器实验

认识计数器，掌握针对计数器的正确编程方法，三菱 FX0S 系列的内部计数器分为 16 位二进制加法计数器和 32 位增计数 / 减计数器两种。其中的 16 位二进制加法计数器，其设定值在 K1~K32767 范围内有效。

这是一个由定时器 T0 和计数器 C0 组成的组合电路。T0 形成一个设定值为 1 秒的自复位定时器，当 X10 接通，T0 线圈得电，经延时 1 秒，T0 的常闭接点断开，T0 定时器断开复位，待下一次扫描时，T0 的常闭接点才闭合，T0 线圈又重新得电。即 T0 接点每接通一次，每次接通时间为一个扫描周期。计数器对这个脉冲信号进行计数，计数到 10 次，C0 常开接点闭合，使 Y0 线圈接通。从 X10 接通到 Y0 有输出，延时时间为定时器和计数器设定值的乘积： $T_{总}=T0 \times C0=1 \times 10=10S$ 。

(1) 控制要求：

逐条输入程序，检查无误并把其下载到 PLC 主机后，将主机上的 STOP/RUN 按钮拨到 RUN 位置，运行指示灯点亮，表明程序开始运行，有关的指示灯将显示运行结果。

拨动输入开关 X10，观察输出指示灯 Y000 是否与要求的功能一致

(2) 输入、输出信号的定义

输入		输出	
名称	输入点	名称	输出点
输入开关	SB1	输出端	Y000

#### 3) 梯形图参考程序

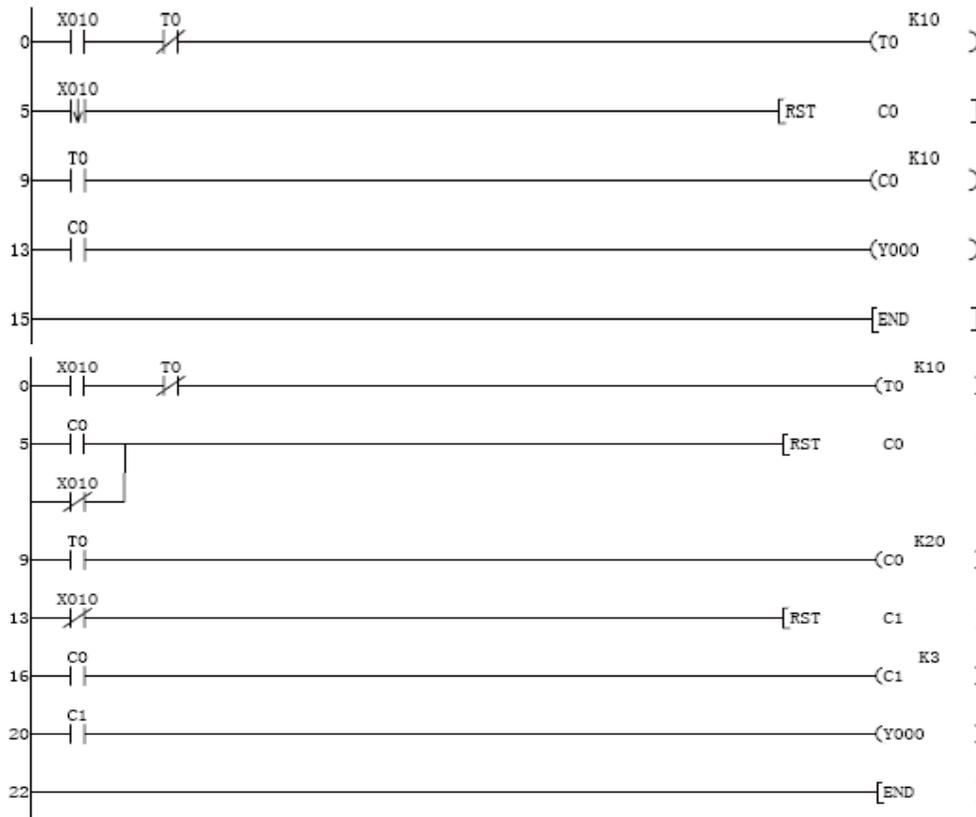


图 10-4 参考梯形图

#### 4. 中断实验

学习和掌握可变程序控制器中断指令的使用方法

##### (1) 控制要求:

逐条输入程序, 检查无误并把其下载到 PLC 主机后, 将主机上的 STOP/RUN 按钮拨到 RUN 位置, 运行指示灯点亮, 表明程序开始运行, 有关的指示灯将显示运行结果。

拨动输入开关 X0, 输出指示灯 Y000 点亮. 接通 X03, 判断中断是否响应.

I 3 0 1

I 外部中断指针

3 这里对应输入 X3 (X0—X5 对应 6 点外部中断源)

0 常置 0            1 上升沿中断    (0 下降沿中断)

##### (2) 输入、输出信号的定义

输入			输出		
名称		输入点	名称		输出点
输入开关	SB1	X0	输出端		Y000
	SB2	X03 中断源			Y01

##### (3) 梯形图参考程序

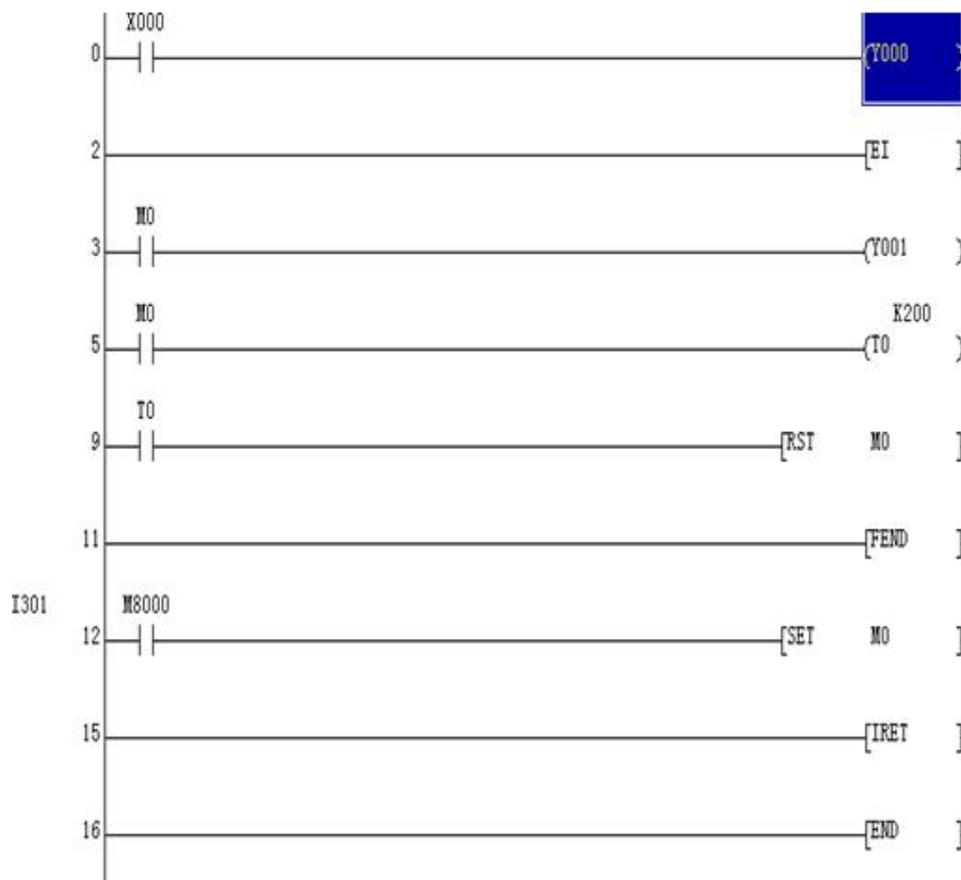


图 10-5 参考梯形图

## 实验十一 三相异步电动机点动控制和自锁控制

在继电器接触控制实验挂箱完成本实验

### 一、实验目的

1. 通过对三相异步电动机点动控制和自锁控制线路的实际安装接线，掌握由电气原理图变换成安装接线图的知识。

2. 通过实验进一步加深理解点动控制和自锁控制的特点

### 二、实验原理

1. 继电—接触控制在各类生产机械中获得广泛地应用，凡是需要进行前后、上下、左右、进退等运动的生产机械，均采用传统的典型的正、反转继电—接触控制。

交流电动机继电—接触控制电路的主要设备是交流接触器，其主要构造为：

(1) 电磁系统—铁心、吸引线圈和短路环。

(2) 触头系统—主触头和辅助触头，还可按吸引线圈得电前后触头的动作状态，分动合（常开）、动断（常闭）两类。

(3) 消弧系统—在切断大电流的触头上装有灭弧罩，以迅速切断电弧。

(4) 接线端子，反作用弹簧等。

2. 在控制回路中常采用接触器的辅助触头来实现自锁和互锁控制。要求接触器线圈得电后能自动保持动作后的状态，这就是自锁，通常用接触器自身的动合触头与起动按钮相并联来实现，以达到电动机的长期运行，这一动合触头称为“自锁触头”。使两个电器不能同时得电动作的控制，称为互锁控制，如为了避免正、反转两个接触器同时得电而造成三相电源短路事故，必须增设互锁控制环节。为操作的方便，也为防止因接触器主触头长期大电流的烧蚀而偶发触头粘连后造成的三相电源短路事故，通常在具有正、反转控制的线路中采用既有接触器的动断辅助触头的电气互锁，又有复合按钮机械互锁的双重互锁的控制环节。

3. 控制按钮通常用以短时通、断小电流的控制回路，以实现近、远距离控制电动机等执行部件的起、停或正、反转控制。按钮是专供人工操作使用。对于复合按钮，其触点的作用规律是：当按下时，其动断触头先断，动合触头后合；当松手时，则动合触头先断，动断触头后合。

4. 在电动机运行过程中，应对可能出现的故障进行保护。

采用熔断器作短路保护，当电动机或电器发生短路时，及时熔断熔体，达到保护线路、保护电源的目的。熔体熔断时间与流过的电流关系称为熔断器的保护特性，这是选择熔体的主要依据。

采用热继电器实现过载保护，使电动机免受长期过载之危害。其主要的技术指标是整定电流值，即电流超过此值的20%时，其动断触头应能在一定时间内断开，切断控制回路，动作后只能由人工进行复位。

5. 在电气控制线路中，最常见的故障发生在接触器上。接触器线圈的电压等级通常有220V和380V等，使用时必须认清，切勿疏忽，否则，电压过高易烧坏线圈，电压过低，吸力不够，不易吸合或吸合频繁，这不但会产生很大的噪声，也因磁路气隙增大，致使电流过大，也易烧坏线圈。此外，在接触器铁心的部分端面嵌装有短路铜环，其作用是为了使铁心吸合牢靠，消除颤动与噪声，若发现短路环脱落或断裂现象，接触器将会产生很大的振动与噪声。

### 三、实验设备

序号	名称	数量
1	三相交流电源	1
2	三相鼠笼式异步电动机	1
3	交流接触器	1
4	按钮	2
5	热继电器	1
6	万用电表	1

#### 四、实验内容

认识各电器的结构、图形符号、接线方法；抄录电动机及各电器铭牌数据；并在断电状态下用万用电表检查各电器线圈、触头是否完好。

鼠笼机接成 $\Delta$ 接法；实验线路电源端接三相电源的U、V、W端。

##### 1. 点动控制

按图6-22-1点动控制线路进行安装接线，接线时，先接主电路，即从三相交流电源的输出端U、V、W开始，经接触器KM的主触头，热继电器FR的热元件到电动机M的三个线端A、B、C，用导线按顺序串联起来。主电路连接完整无误后，再连接控制电路，即从三相交流电源某输出端(如V)开始，经过常开按钮SB1、接触器KM的线圈、热继电器FR的常闭触头到三相交流电源的接地端。显然这是对接触器KM线圈供电的电路。

接好线路，经指导教师检查后，方可进行通电操作。

- (1) 开启控制屏电源总开关。
- (2) 按起动按钮SB1，对电动机M进行点动操作，比较按下SB1与松开SB1电动机和接触器的运行情况。
- (3) 实验完毕，按控制屏停止按钮，切断实验线路三相交流电源。

##### 2. 自锁控制电路

按图11-2所示自锁线路进行接线，它与图11-1的不同点在于控制电路中多串联一只常闭按钮SB2，同时在SB1上并联一只接触器KM的常开触头，它起自锁作用。

接好线路经指导教师检查后，方可进行通电操作。

- (1) 按控制屏启动按钮，接通三相交流电源。
  - (2) 按起动按钮SB1，松手后观察电动机M是否继续运转。
  - (3) 按停止按钮SB2，松手后观察电动机M是否停止运转。
  - (4) 按控制屏停止按钮，切断实验线路三相电源，拆除控制回路中自锁触头KM，再接三相电源，启动电动机，观察电动机及接触器的运转情况。从而验证自锁触头的作用。
- 实验完毕，按控制屏停止按钮，切断实验线路的三相交流电源。

#### 五、实验注意事项

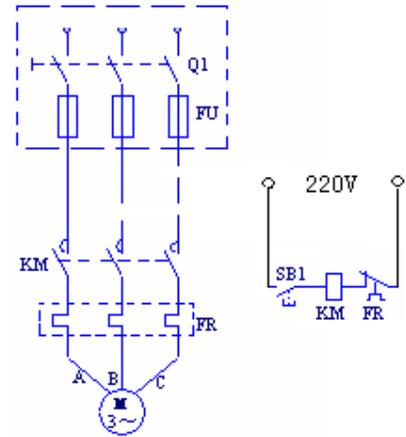


图11-1 梯型图

1. 接线时合理安排挂箱位置，接线要求牢靠、整齐、清楚、安全可靠。
2. 操作时要胆大、心细、谨慎，不许用手触及各电器元件的导电部分及电动机的转动部分，以免触电及意外损伤。
3. 通电观察继电器动作情况时，要注意安全，防止碰触带电部位。

## 六、思考题

1. 试比较点动控制线路与自锁控制线路从结构上看主要区别是什么？从功能上看主要区别是什么？
2. 自锁控制线路在长期工作后可能出现失去自锁作用。试分析产生的原因是什么？
3. 交流接触器线圈的额定电压为220V，若误接到380V电源上会产生什么后果？反之，若接触器线圈电压为380V，而电源线电压为220V，其结果又如何？
4. 在主回路中，熔断器和热继电器热元件可否少用一只或两只？熔断器和热继电器两者可否只采用其中一种就可起到短路和过载保护作用？为什么

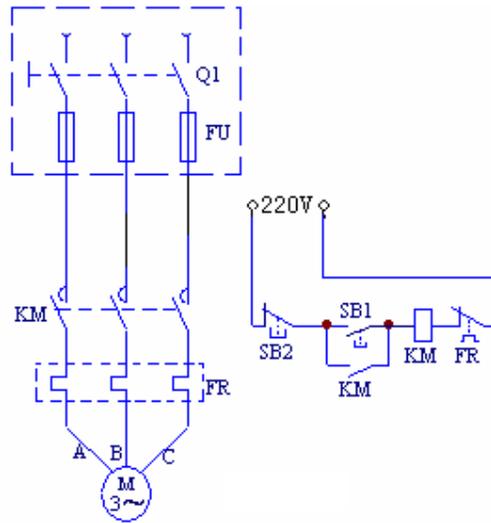


图 11-2 控制电路图

## 实验十二 机械手动作的模拟

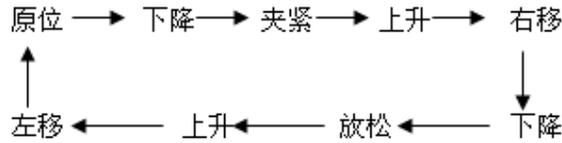
### 一、实验目的

用步进顺控 STL RET 指令来实现机械手动作的模拟。

### 二、控制要求

图中为一个将工件由 A 处传送到 B 处的机械手，上升/下降和左移/右移的执行用双线圈二位电磁阀推动气缸完成。当某个电磁阀线圈通电，就一直保持现有的机械动作，例如一旦下降的电磁阀线圈通电，机械手下降，即使线圈再断电，仍保持现有的下降动作状态，直到相反方向的线圈通电为止。另外，夹紧/放松由单线圈二位电磁阀推动气缸完成，线圈通电执

行夹紧动作，线圈断电时执行放松动作。设备装有上、下限位和左、右限位开关，它的工作过程如图所示，有八个动作，即为：



### 三、机械手动作的模拟实验面板图：

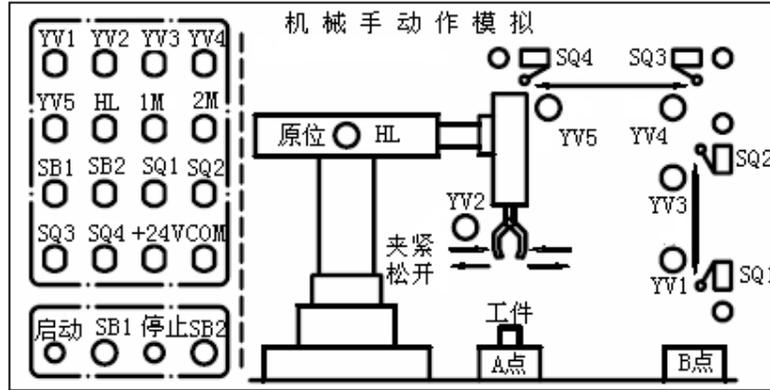


图 12-1 机械手动作的模拟实验面板图

此面板中的启动、停止用动断按钮来实现，限位开关用钮子开关来模拟，电磁阀和原位指示灯用发光二极管来模拟。

### 四、输入/输出接线列表

输入	SB1	SQ1	SQ2	SQ3	SQ4	SB2
接线	X0	X1	X2	X3	X4	X5

输出	YV1	YV2	YV3	YV4	YV5	HL
接线	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5

下面以图所示的机械手为例，进一步说明状态转移图。机械手将工件从 A 点向 B 点移送。机械手的上升、下降与左移、右移都是由双线圈两位电磁阀驱动气缸来实现的。抓手对物件的松开、夹紧是由一个单线圈两位电磁阀驱动气缸完成，只有在电磁阀通电时抓手才能夹紧。该机械手工作原点在左上方，按下降、夹紧、上升、右移、下降、松开、上升、左移的顺序依次运行。它有手动自动等几种操作方式。下图表示出了自动运行方式的状态转移图。

状态图的特点是由某一状态转移到下一状态后，前一状态自动复位。

S2 为初始状态，用双线框表示。当辅助继电器 M8041, M8044 接通时，状态从 S2 向 S20 转移，下降输出 Y0 动作，当下限位开关 X1 接通时，状态 S20 向 S21 转移，下降输出 Y0 切

断，夹紧输出 Y1 接通并保持。同时启动定时器 T0。1S 后定时器 T0 的接点动作，转至状态 S22，上升输出 Y2 动作，当上升限位开关 X2 动作时，状态转移到 S23，右移输出 Y3 动作。右移限位开关 X3 接通，转到 S24 状态，下降输出 Y0 再次动作。当下降限位开关 X1 又接通时，状态转移至 S25，使输出 Y1 复位，即夹钳松开，同时启动定时器 T1，1S 之后状态转移到 S26，上升输出 Y2 动作。当上限位开关 X2 接通，状态转移至 S27，左移输出 Y4 动作，到达左限位开关 X4 接通，状态返回 S2，又进入下一个循环。

### 五、参考梯形图

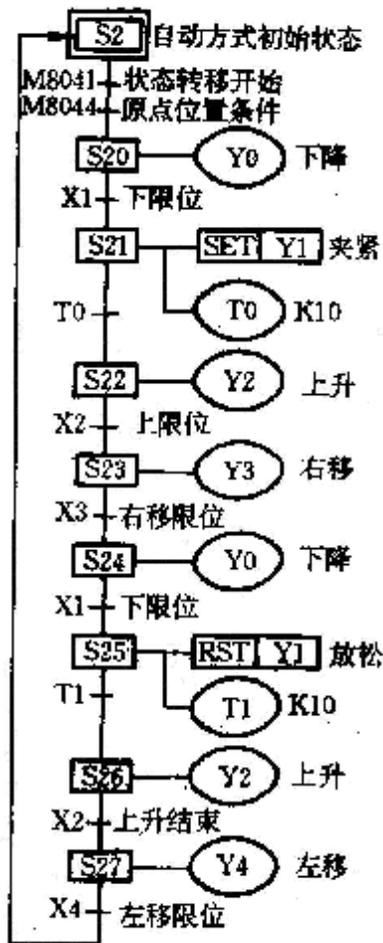


图 12-1 机械手动作梯型图

## 实验十三 五相步进电动机控制的模拟

在 MF25 模拟实验挂箱中五相步进电动机的模拟控制实验区完成本实验。

### 一、实验目的

了解并掌 MOV 功能指令在控制中的应用及其编程方法。

二、**控制要求**要求对五相步进电动机五个绕组依次自动实现如下方式的循环通电控制：

第一步：A~B~C~D~E

第二步：A~AB~BC~CD~DE~EA

第三步：AB~ABC~BC~BCD~CD~CDE~DE~DEA

第四步：EA~ABC~BCD~CDE~DEA

三、五相步进电动机的模拟控制的实验面板图：

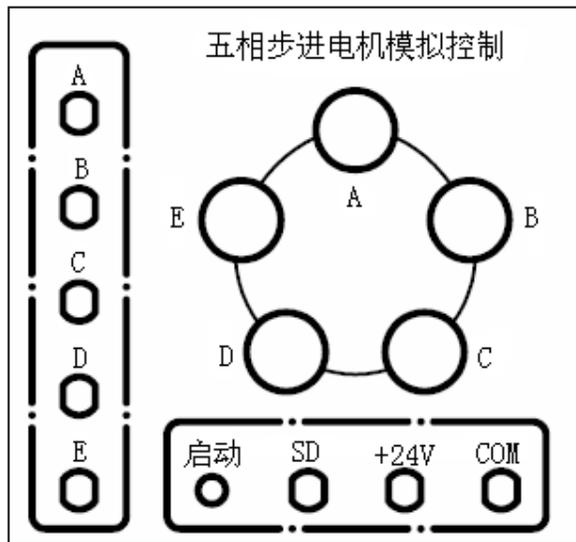


图 13-1 五相步进电动机的模拟控制的实验面板图

框中发光二极管的点亮与熄灭用以模拟步进电机五个绕组的导电状态。

四、输入/输出接线列表

输入	SD	输出	A	B	C	D	E
接线	X0	接线	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5

五、练习题：

## 实验十四 加工中心模拟系统控制

在 MF31 模拟实验挂箱中加工中心模拟实验区完成本实验

一、实验目的

1. 通过对加工中心实验的模拟，掌握运用 PLC 解决实际问题的方法。
2. 熟练掌握 PLC 的编程和调试方法。

二、控制要求

T1、T2、T3 为钻头，用其实现钻功能；T4、T5、T6 为铣刀，用其实现铣刀功能。X 轴、Y

轴、Z轴模拟加工中心三坐标的六个方向上的运动。围绕T1-T6刀具，分别运用X轴的左右运动；Y轴的前后运动；Z轴的上下运动实现整个加工过程的演示。

### 三、加工中心模拟实验面板图，如图 14-1 所示

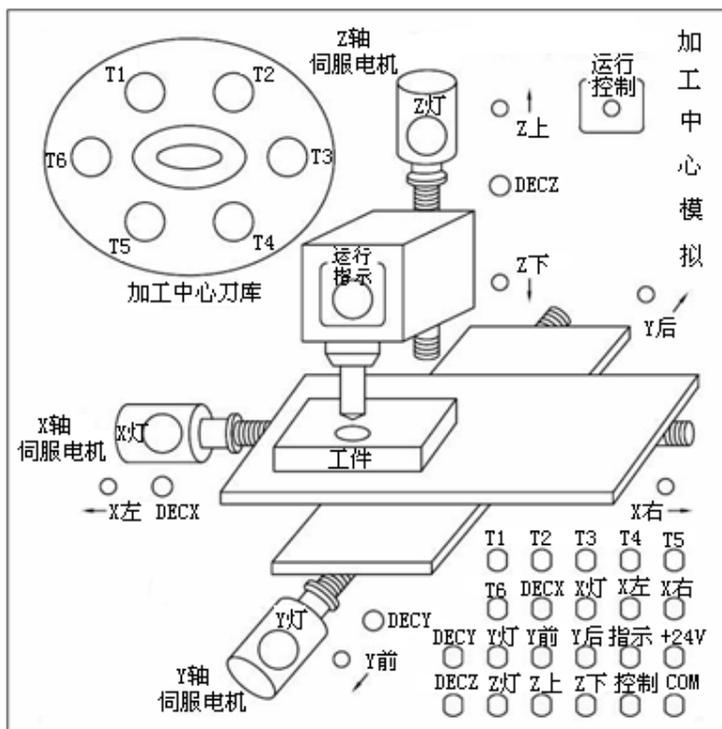


图 14-1 五相步进电动机的模拟控制的实验面板图

在 X、Y、Z 轴运动中，用 DECX、DECY、DECZ 按钮模拟伺服电机的反馈控制。用 X 左、X 右拨动开关模拟 X 轴的左、右方向限位；用 Y 前、Y 后模拟 Y 轴的前、后限位；用 Z 上、Z 下模拟刀具的退刀和进刀过程中的限位现象。

### 四、输入/输出接线列表

输入 接线	运行 控制	DECX	DECY	DECZ	X 左	X 右	Y 前	Y 后	Z 上	Z 下
	X0	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X10	X11

输出 接线	运行 指示	T1	T2	T3	T4	T5	T6	X 灯	Y 灯	Z 灯
	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y10	Y11

## 五、工作过程分析

### 1、自动演示循环工作过程分析



图 14-2 循环工作过程

### 2、现场模拟工作过程分析

- (1) 拨动“运行控制”开关，启动系统。“X轴运行指示灯”亮，模拟工件正沿X轴向左运行。
- (2) 触动“DECX”按钮三次，模拟工件沿X轴向左运行三步，拨动“X左”限位开关，模拟工件已到指定位置。此时T3钻头沿Z轴向下运动（Z灯、T3灯亮）。
- (3) 触动“DECZ”按钮三次，模拟T3转头向下运行三步，对工件进行钻孔。拨动“Z下”限位开关置ON，模拟钻头已对工件加工完毕；继续触动“DECZ”按钮三次，模拟T3钻头返回刀库，复位“Z下”限位开关后，使“Z上”限位开关置ON，系统将自动取铣刀T5，准备对工件进行铣加工。
- (4) 同上，触动“DECZ”按钮三次，复位“Z上”限位开关后，置“Z下”限位开关为ON，“Y轴运行指示灯”亮，模拟对工件的铣加工。
- (5) 触动“DECY”按钮4次后，拨动“Y前”限位开关置ON，模拟铣刀已对工件加工完毕，系统进入退刀状态（Z轴运行指示灯亮）。
- (6) 再次触动“DECZ”按钮三次，复位“Z下”限位开关后，置位“Z上”限位开关，模拟铣刀T5已回刀库，“X灯”亮，将“X左”、“Y前”和“Z上”复位，进入下一轮加工循环。

## 六、思考题

### 七、实验参考梯形图

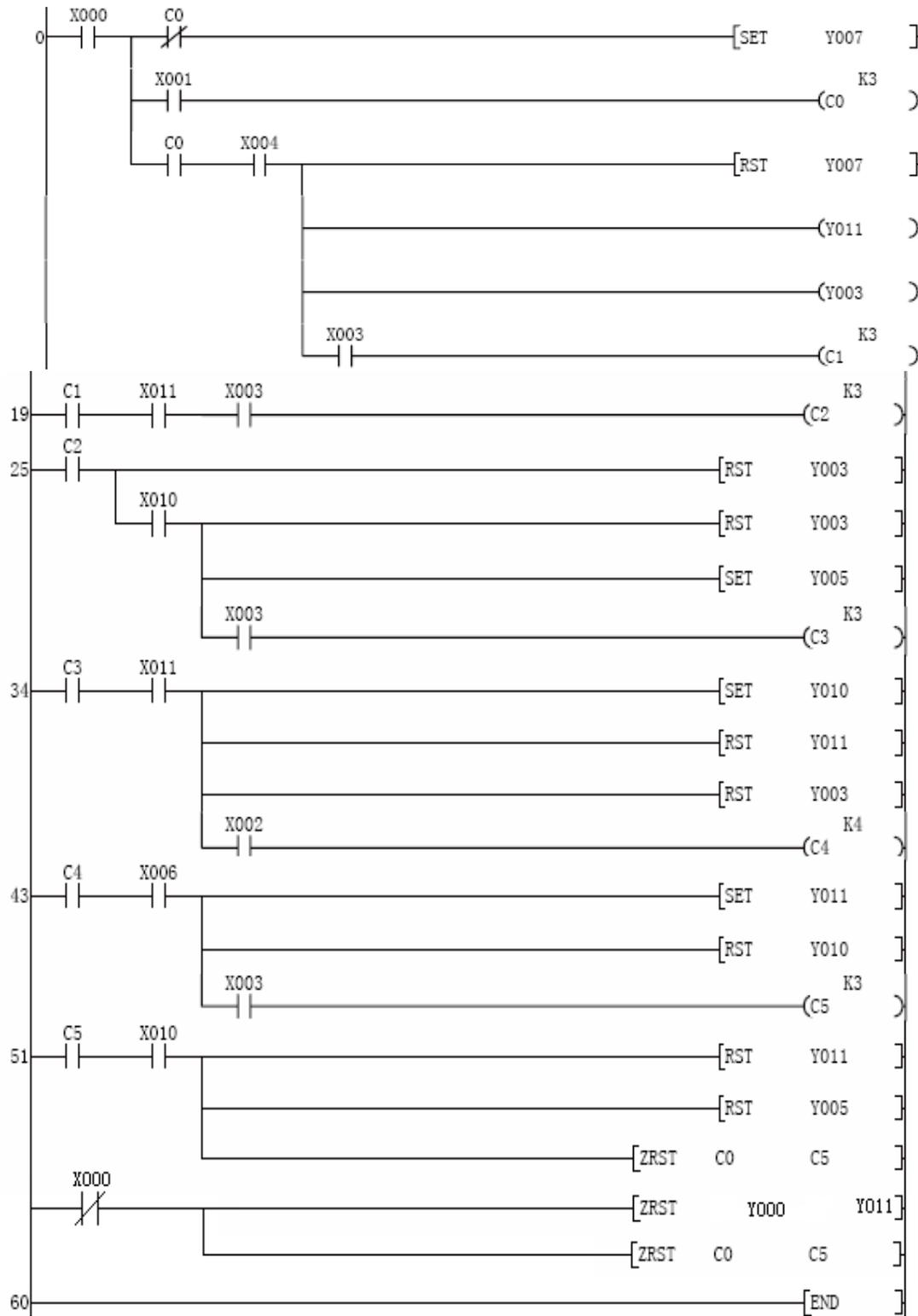


图 14-3 梯型图

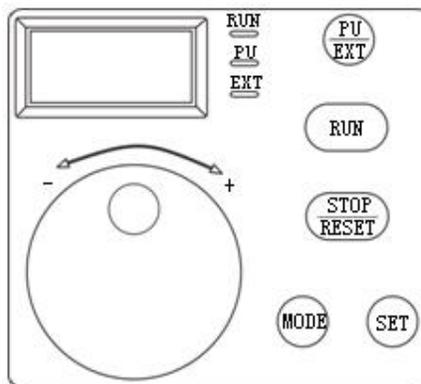
## 实验十五 变频器功能参数设置与操作

在 MF51 变频器实验挂箱中完成此实验

### 一、实验目的

了解并掌握变频器面板控制方式与参数的设置

### 二、变频器面板图



显示/按钮	功能	备注
RUN显示	状运行时点亮/闪灭	点亮：正在运行中 慢闪灭（1.4S/次）：反转运行中 快闪灭（0.2S/次）：非运行中
PU显示	PU操作模式时点亮	计算机连接运行模式时，为慢闪亮
监视用3位LED	表示频率，参数序号等	
EXT显示	外部操作模式时点亮	计算机连接运行模式时，为慢闪亮
设定用按钮	变更频率设定、参数的设定值	不能取下
PU/EXT键	切换PU/外部操作模式	PU：PU操作模式 EXT：外部操作模式 使用外部操作模式（用另外连接的频率设定旋钮和启动信号运行）时，请按下此键，使EXT显示为点亮状态
RUN键	运行指令正转	反转用（Pr.17）设定
STOP/RESET键	进行运行的停止，报警的复位	
SET键	确定各设定	
MODE键	切换各设定	

### 三、基本功能参数一览表

参数	名称	表示	设定范围	单位	出厂设定值
0	转矩提升	P 0	0~15%	0.1%	6% 5% 4%
1	上限频率	P 1	0~120Hz	0.1Hz	50 Hz
2	下限频率	P 2	0~120Hz	0.1Hz	0 Hz
3	基波频率	P 3	0~120Hz	0.1Hz	50 Hz
4	3速设定（高速）	P 4	0~120Hz	0.1Hz	50 Hz
5	3速设定（中速）	P 5	0~120Hz	0.1Hz	30 Hz
6	3速设定（低速）	P 6	0~120Hz	0.1Hz	10 Hz
7	加速时间	P 7	0~999s	0.1s	5s
8	减速时间	P 8	0~999s	0.1 s	5s
9	电子过电流保护	P 9	0~50A	0.1A	额定输出电流
30	扩展功能显示选择	P 30	0, 1	1	0
79	操作模式选择	P 79	0~4, 7, 8	1	0

注意：当 Pr.30 “扩展功能显示选择” 设定值设定为 “1” 时，变频器的扩展功能参数才有效。

### 五、实验过程

1. 设定频率运行（例：在 50Hz 状态下运行）。操作步骤如下：

- (1) 接通电源，显示监视显示画面。
- (2) 按  键设定 PU 操作模式。
- (3) 旋转设定用旋钮，直至监视用 3 位 LED 显示框显示出希望设定的频率。约 5 秒闪灭。
- (4) 在数值闪灭期间按  键设定频率数。此时若不按  键，闪烁 5 秒后，显示回到 0.0。还需重复 “操作 3”，重新设定频率。

- (5) 约闪烁 3 秒后，显示回到 0.0 状态，按  键运行。
- (6) 变更设定时，请进行上述的 3、4 的操作。（从上次的设定频率开始）
- (7) 按  键，停止运行。

2. 参数设定（例：把 Pr.7 的设定值从 “5 秒” 改为 “10 秒”）。操作步骤如下：

- (1) 接通电源，显示监视显示画面。
- (2) 按  键选中 PU 操作模式，此时 PU 指示灯亮。
- (3) 按  键进入参数设置模式。
- (4) 拨动设定用按钮，选择参数号码，直至监视用三位 LED 显示 P7。
- (5) 按  键读出现在设定的值。（出厂时默认设定值为 5）
- (6) 拨动设定用按钮，把当前值增加到 10。
- (7) 按  键完成设定值。

### 六、思考题

- (1) 设定频率时，有时会出现不能在设定的频率下运行，为什么？找出问题并加以解决。

## 实验十六 基于 PLC 通信方式的变频器开环调速

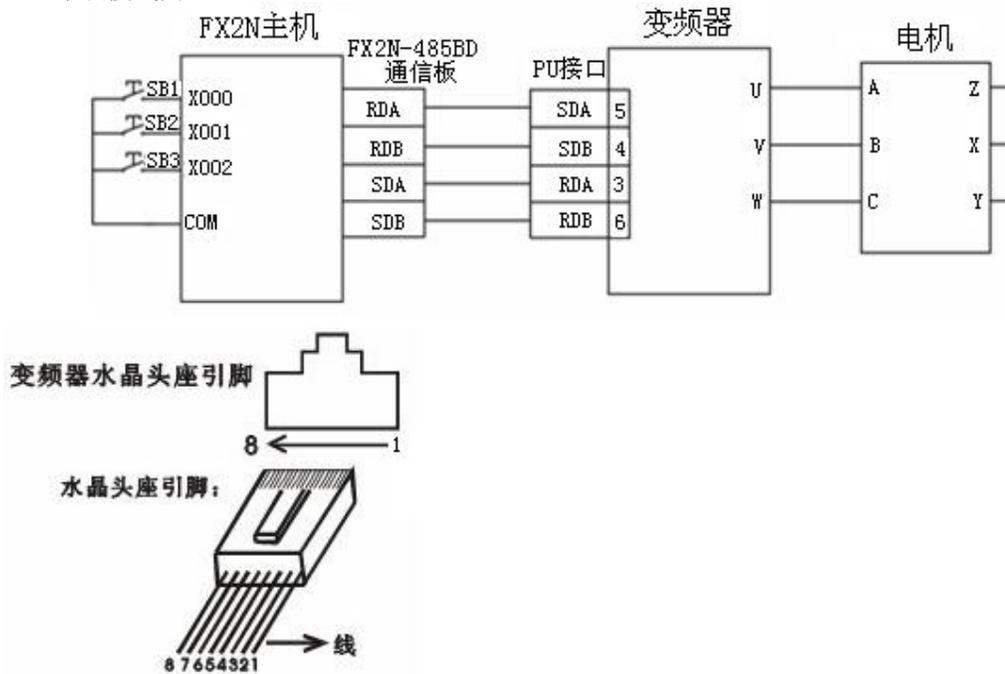
### 一、实验目的

1. 熟悉变频器与 PLC 之间的通讯方式和接线方法。
2. 掌握用 PLC 控制电机转速的方法。

### 二、控制要求

本实验中的 SB1 为启动/停止开关，SB2、SB3 分别为加、减频率按钮。触动一次 SB1，使系统处于启动状态，再触动 SB2、SB3 对频率进行调节，电机的转速随之而改变。再次触动 SB1，电机停止转动。

### 三、系统接线图



### 四、实验步骤

- (1) 正确按接线图接好线后，接通 PLC 电源和变频器电源。
- (2) 按下表设置变频器参数。

Pr. 30	Pr. 79	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	n11
1	0	1	48	10	0	----	----	----	0	0	1	0

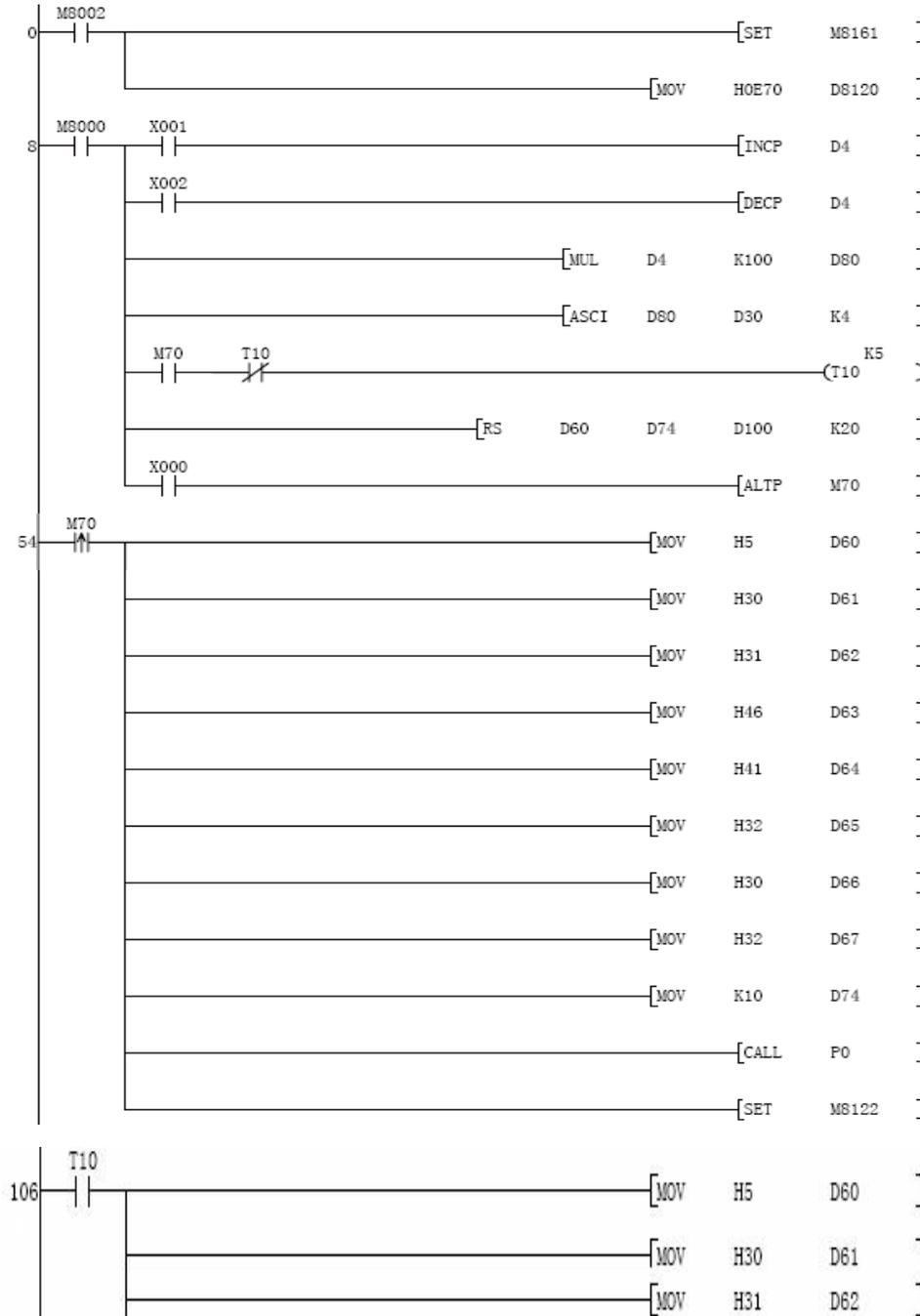
在改其他的参数时，要首先把 n10 改成 0，然后掉电，再开电把变频器打开，再按 PU 键使变频器 PU 指示灯亮，然后改其他的参数，然后掉电。把参数保存入变频器，然后上电，再改 n10 参数，然后在上电保存参数。（注意：不要改变变频器的其它参数，容易出错。更不要随意改变频率上限值，以免引发事故。）

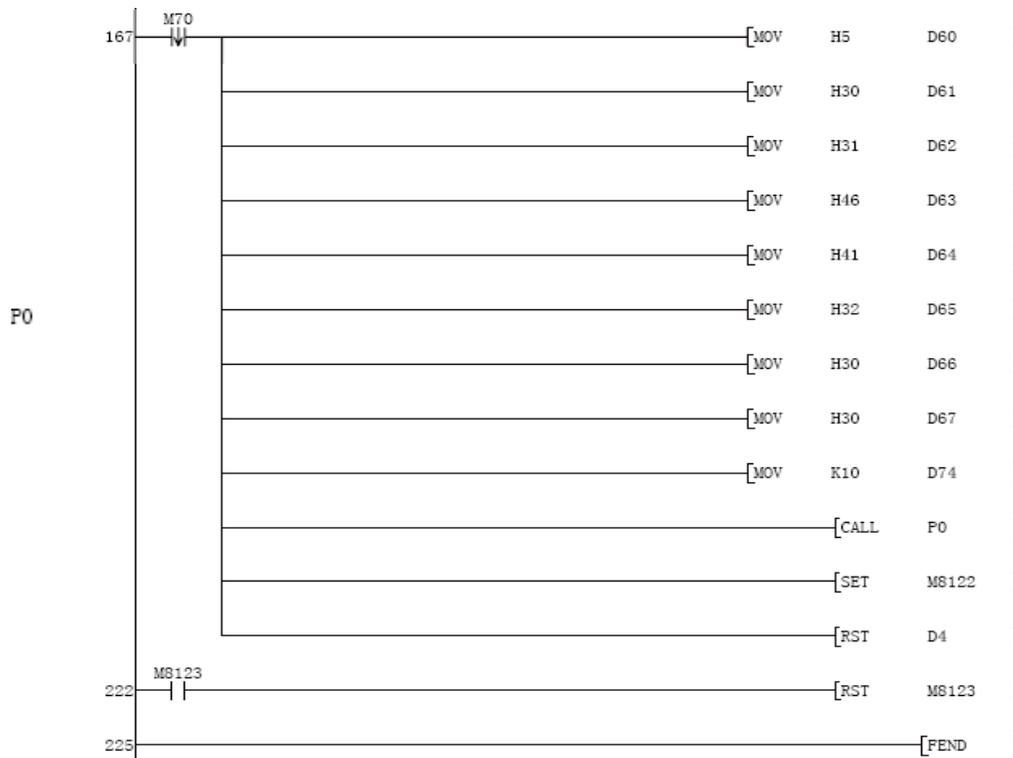
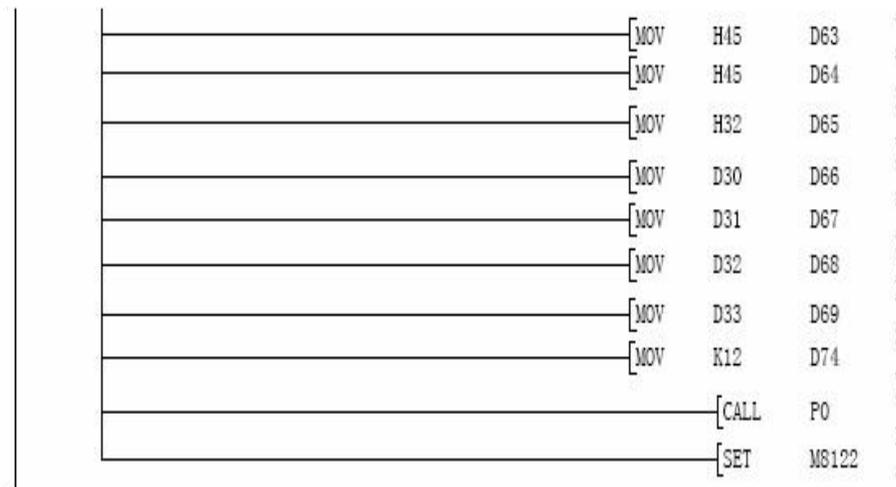
(3) 程序写入。打开 GX 软件，调出相应的实验参考程序，选择“在线”菜单下的“PLC 写入”选项，进行程序的下载(由 PC 机进入 PLC 主机)。注意：写入程序的对话框中三项只需

选中“程序 MAIN”即可，写入完毕后 PLC 主机要断电一次，以确保参数的写入。下载完毕后将主机切换到“RUN”位置。

(4) 触动 SB1、SB2、SB3，观察对电机转速的影响。(注意：当将 PLC 主机由“STOP”切换到“RUN”状态时，触动 SB1，此时电机的初始转速默认为零，只有触动 SB2 按钮对频率进行加值，电机方才转动。)

### 五、梯形图参考程序





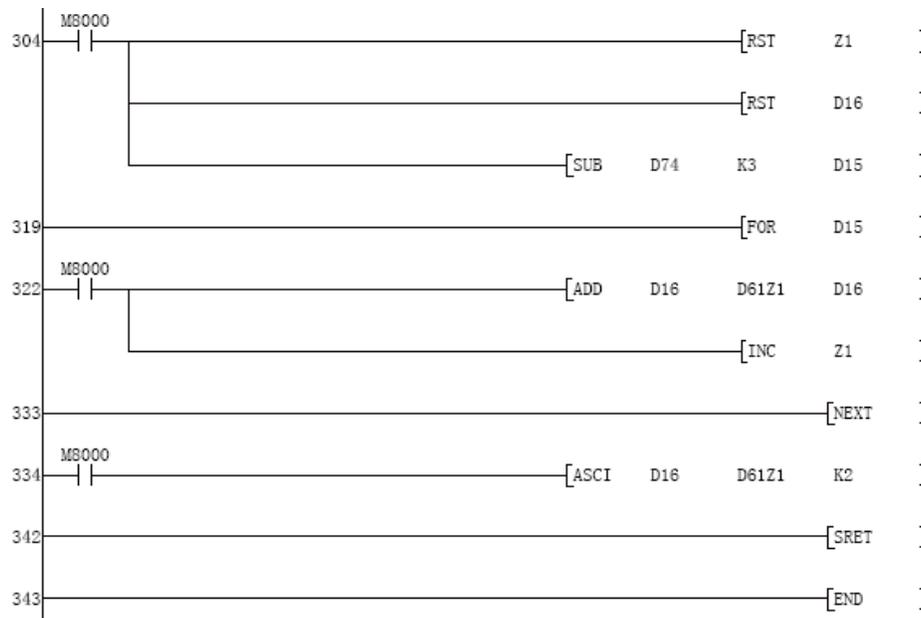


图 16-1 参考梯型图

## 实验十七 基于 PLC 通信方式的变频器闭环定位控制

在 MF51 变频器实验挂箱中完成此实验

### 一、实验目的

了解并掌握 PLC 高速计数定位的方法

### 二、控制要求

电机上同轴连旋转编码器，变频器控制电机。变频器按照设定值工作，带动电机运行，同时电机带动编码盘旋转，电机每转一圈，从编码盘脉冲端输出 500 个脉冲信号到 PLC 的高速计数端 X0，这样就可以根据计数器所计脉冲数计算出电机转数。当计数器计数到设定阈值后执行减速程序段，控制电机减速至停止，完成定位控制。

### 三、系统接线原理图

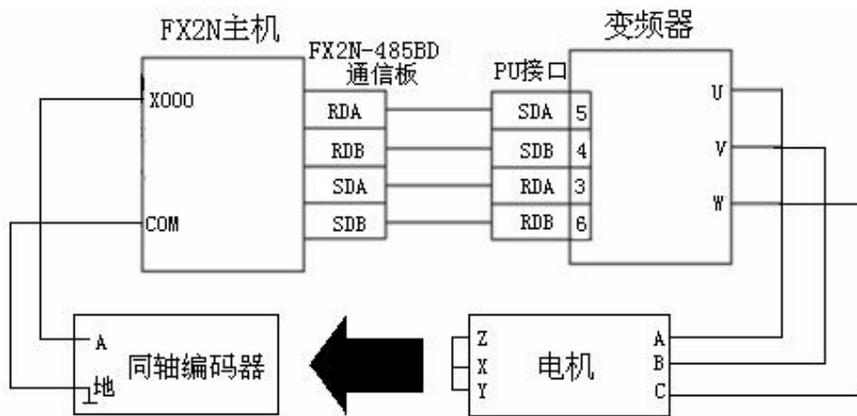


图 17-1 系统接线原理图

### 四、电机转速曲线

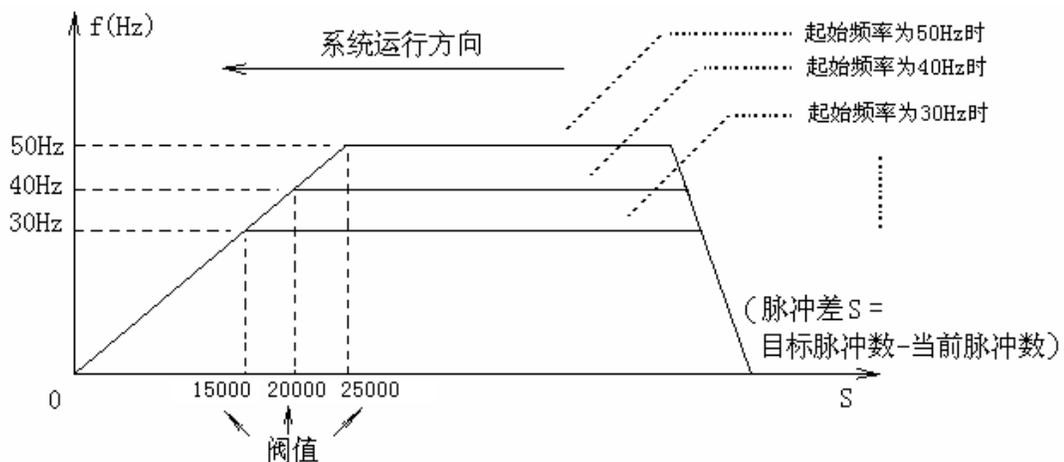


图 17-2 电机转速曲线

注意：上述“阈值”只是系统中的一个设定参数，它是根据大量实验所得到的一个数据，在实验过程中，可根据实际情况加以适当修改，以达到最佳的控制效果。

## 五、实验步骤

1. 按下表对变频器进行参数设置:

Pr.8	Pr.30	Pr.79	n1	n2	n3	n4	n5	n6	n7	n8	n9	n10	n11
0	1	0	1	48	10	0	----	----	----	0	0	1	0

在改其他参数时,要首先把 n10 改成 0,然后掉电,再开电把变频器打开,再按 PU 键使变频器 PU 指示灯亮,然后改其他参数,然后掉电。把参数保存入变频器,然后上电,再改 n10 参数,然后在上电保存参数。(注意:不要改变变频器的其它参数,容易出错。更不要随意改变频率上限值,以免引发事故。)

2. 正确将导线连接完毕后,将程序下载至 PLC 主机,将“RUN/STOP”开关拨到“RUN”。

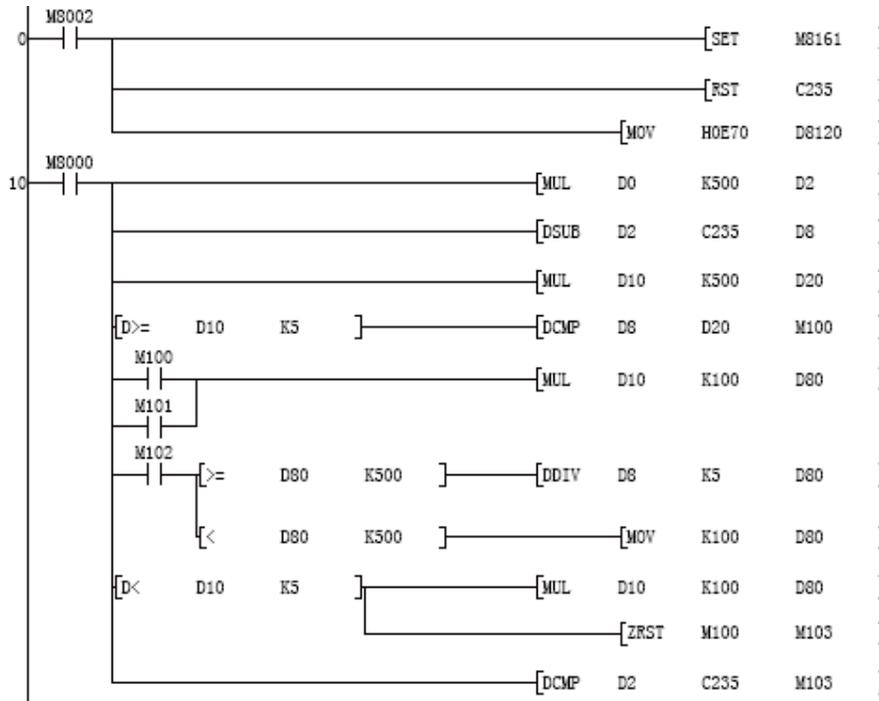
3. 点击标准工具条上的“软件测试”快捷项(或选择“在线”菜单下“调试”项中的“软件测试”项),进入软件测试对话框。

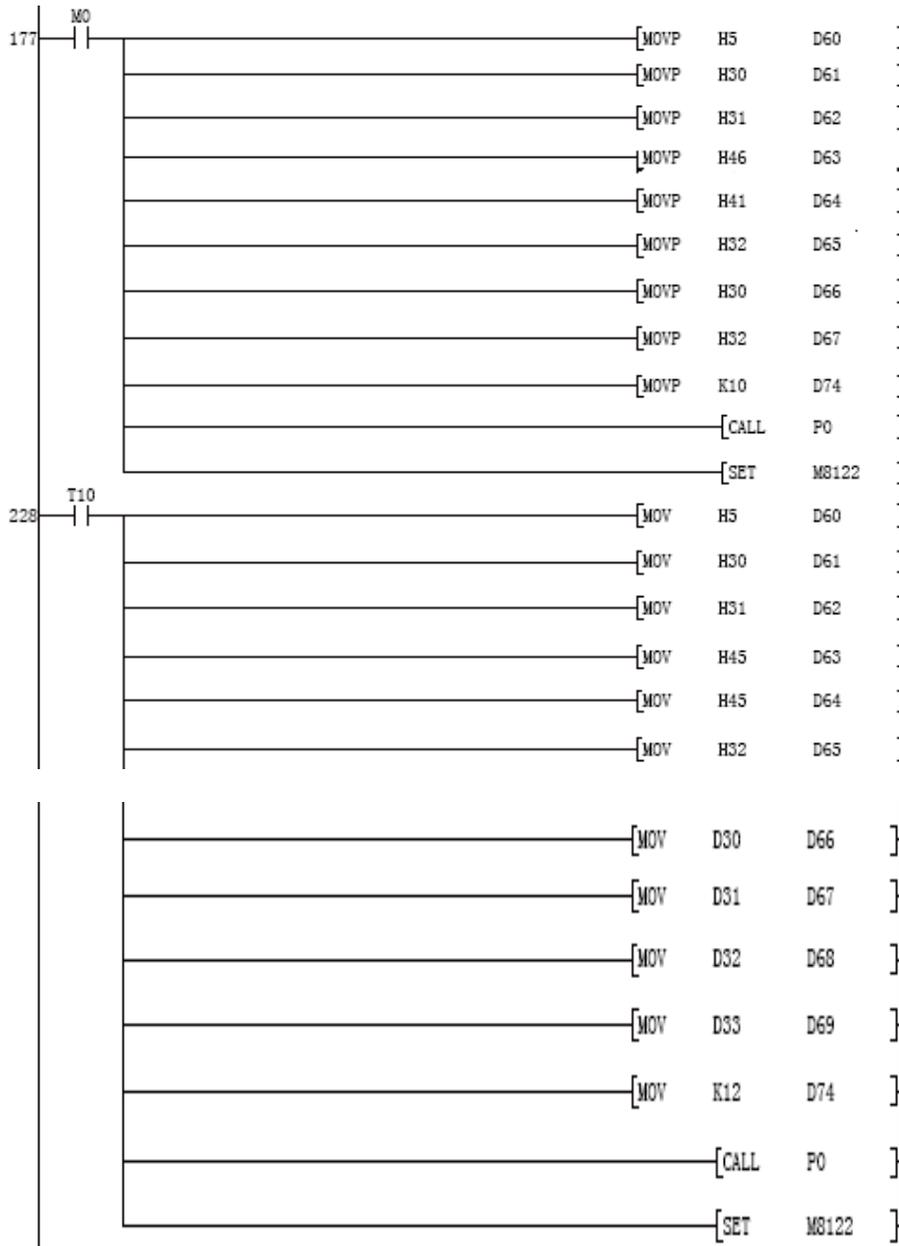
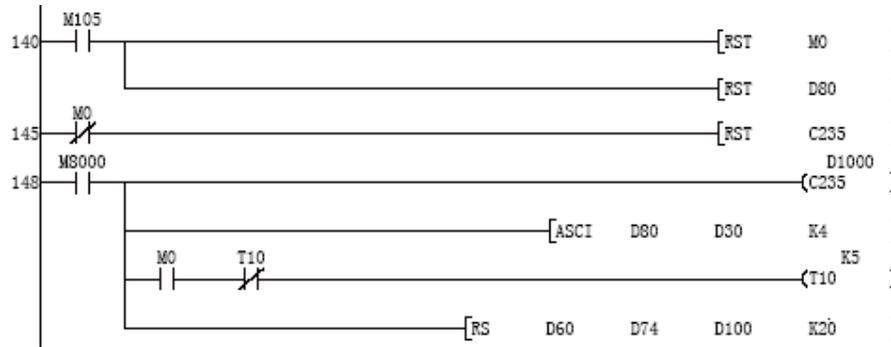
(1) 在“软元件/缓冲存储区”栏中的“软元件”项中键入 D10,设置 D10 的值,确定电机的起始转速。输入设定值 N,N 为十进制数,为变频器设定的频率。(如: N=30,则变频器的设定起始频率为 30Hz)。建议频率设定不要过大或过小,否则电机将不易受到 PLC 的控制。

(2) 在“软元件/缓冲存储区”栏中的“软元件”项中键入 D0,设置 D0 的值,确定电机的转数。(如:输入十进制数“100”,则电机将在启动的条件下转动 100 圈后停止运行)。由于电机本身的性能以及变频器的特性,定位略有偏差。

(3) 在位软元件中的软元件键入 M0,由 M0 强制 ON 控制电机转动。电机将在转动设定圈数后停止运行。如想在此过程中让其停止,点击“强制 OFF”便可。

## 六、梯形图参考程序





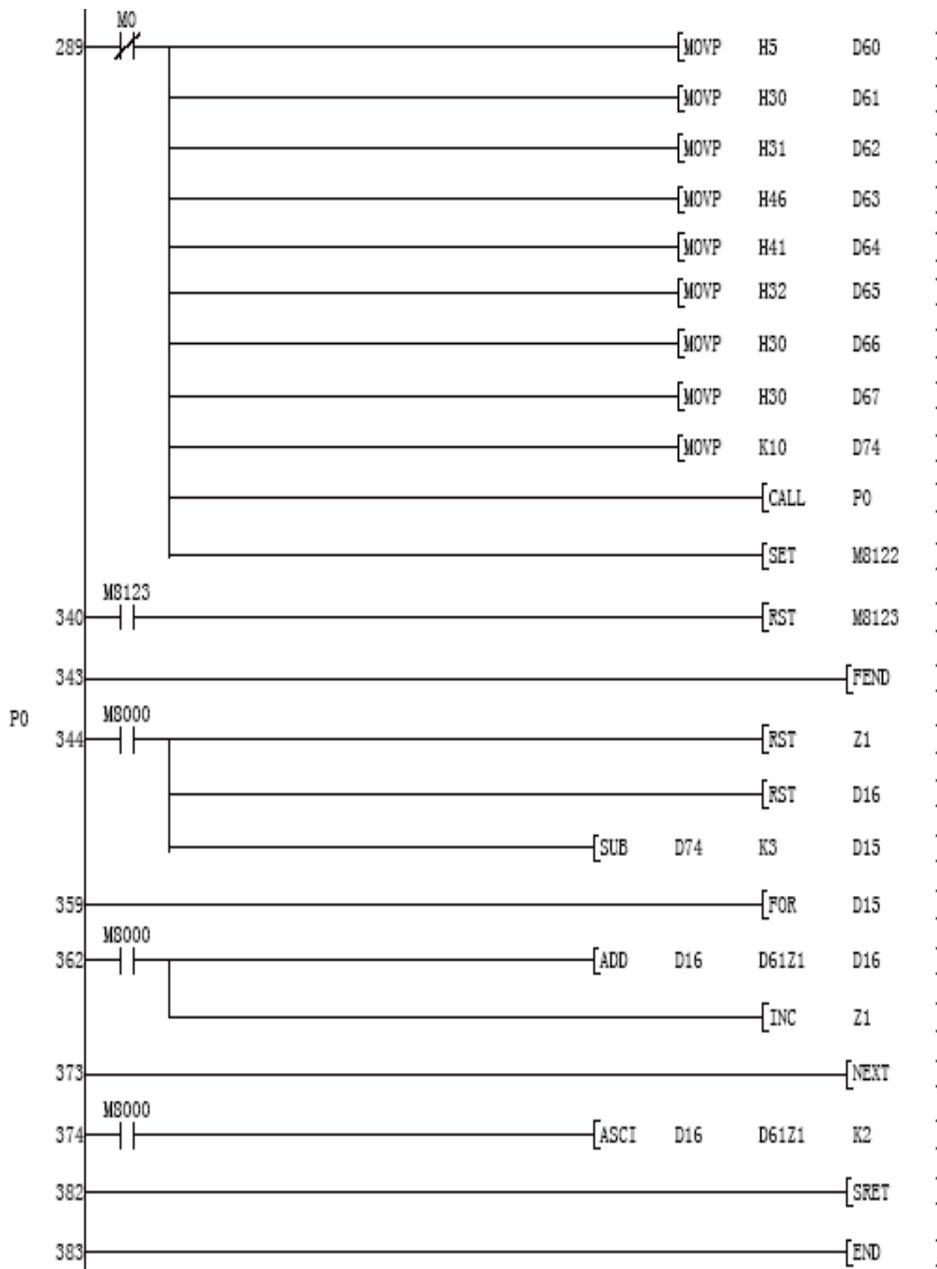


图 17-3 参考梯型图

## 实验十八 基于 PLC 模拟量方式的变频器闭环调速

### 一、实验目的

1. 利用可编程控制器及其模拟量模块，通过对变频器的控制，实现电机的闭环调速。
2. 了解可编程控制器在实际工业生产中的应用及可编程控制器的编程方法。

### 二、控制要求

变频器控制电机，电机上同轴连旋转编码器。编码器根据电机的转速变化而输出电压信号 Vi 1 反馈到 PLC 模拟量模块（FXON-3A）的电压输入端，在 PLC 内部与给定量经过运算处理后，通过 PLC 模拟量模块（FXON-3A）的电压输出端输出一路 DC0~+10V 电压信号 Vout 来控制变频器的输出，达到闭环控制的目的。

### 三、控制系统原理图

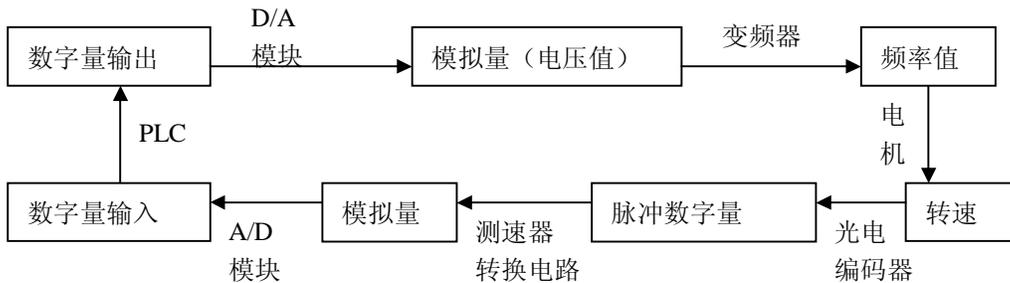
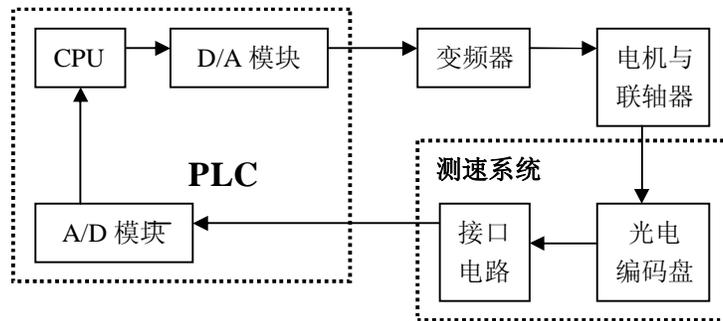


图 18-1 控制系统原理图

### 四、PID 闭环调速运算规律

1. 理解 FXon 系列的 PID 功能指令



FXon 系列的 PID 回路运算指令的功能指令编号为 FNC88, 源操作数 [S1], [S2], [S3] 和目标操作数均为 D, 16 位运算占 9 个程序步, [S1], [S2] 分别用来存放给定值 SV 和当前测量到的反馈值 PV, [S3]--[S3]+6 用来存放控制参数的值, 运算结果 MV 存放在 [D] 中。

PID 指令用于闭环模拟量的控制, 在 PID 控制之前, 应使用 MOV 指令将参数设定值预先写入数据寄存器中。如果使用有断电保护功能的数据存储器, 不需要重复写入。如果目标操作数 [D] 有断电保护功能, 应使用初始化脉冲 M8002 的常开触点将它复位。

[S3]--[S3]+24 分别用来存放 PID 运算的各种参数, 具体如下:

[S3]	采样周期(Ts)	1—32767(ms)	
[S3]+1	动作方向(ACT)		
[S3]+2	输入滤波常数(α)	0—99%	0 时没有输入滤波
[S3]+3	比例增益(Kp)	1--32767%	
[S3]+4	积分时间(TI)	0—32767(×100ms)	0 时作为∞处理
[S3]+5	微分增益(KD)	0--100%	0 时无微分增益
[S3]+6	微分时间(TD)	0—32767(×10ms)	0 时无微分处理
[S3]+7----[S3]+19		PID 运算的内部处理占用 (其中[S3]+19 为输出值 D 放大 100 倍的数值)	
[S3]+20	输入变化量(增侧)报警设定值	0--32767	
[S3]+21	输入变化量(减侧)报警设定值	0--32767	
[S3]+22	输出变化量(增侧)报警设定值和输出上限设定值		
[S3]+23	输出变化量(减侧)报警设定值和输出下限设定值		
[S3]+24	报警输出		

在 P, I, D 这三种控制作用中, 比例部分与误差部分信号在时间上一致的, 只要误差一出现, 比例部分就能及时地产生与误差成正比例的调节作用, 具有调节及时的特点。比例系数越大, 比例调节作用越强, 系统的稳态精度越高; 但是对于大多数的系统来说, 比例系数过大, 会使系统的输出振荡加剧, 稳定性降低。

调节器中的积分作用与当前误差的大小和误差的历史情况都有关系, 只要误差不为零, 控制器的输出就会因积分作用而不断变化, 一直要到误差消失, 系统处于稳定状态时, 积分部分才不再变化, 因此, 积分部分可以消除稳态误差, 提高控制精度。但是积分作用的动作缓慢, 可能给系统的动态稳定性带来不良影响, 因此很少单独使用。

积分时间常数增大时, 积分作用减弱, 系统的动态性能(稳定性)可能有所改善, 但是, 消除稳态误差的速度减慢。

根据误差变化的速度(即误差的微分), 微分部分提前给出较大的调节作用, 微分部分反映了系统变化的趋势, 它较比例调节更为及时, 所以微分部分具有预测的特点。微分时间常数增大时, 超调量减小, 动态性能得到改善, 但抑制高频干扰的能力下降。如果微分时间常数过大, 系统输出量在接近稳态值时上升缓慢。

采样时间按常规来说应越小越好, 但是时间间隔过小时, 会增加 CPU 的工作量, 相邻两次采样的差值几乎没有什么变化, 所以也不易将此时间取的过小, 另外, 假如此项取比运算时间短的时间数值, 则系统无法执行。

## 2. PID 闭环调速运算规律

PID 控制器的数字化, PLC 的 PID 控制器的设计是以连续系统的 PID 控制规律为基础, 将其数字化写成离散形式的 PID 控制方程, 再根据离散方程进行控制程序设计。

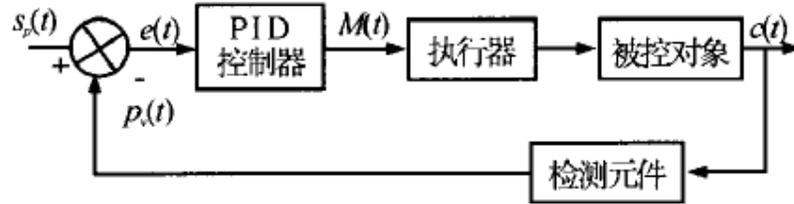


图 18-2 PID 连续闭环控制系统方框图

在连续系统中, 典型的 PID 闭环控制系统如图 6.4 所示。图中  $sp(t)$  是给定值,  $pv(t)$  是反馈量,  $c(t)$  是系统的输出量, PID 控制的输入输出关系式为:

$$M(t) = K_c [e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt + \frac{1}{T_D} de(t) / dt] + M_0 \quad (1)$$

式中:  $M(t)$ —控制器的输出量,  $M_0$  为输出的初始值;  $e(t)=sp(t)-pv(t)$ —误差信号;  $K_C$  比例系数;  $T_I$ —积分时间常数;  $T_D$ —微分时间常数。

式(1)的右边前 3 项分别是比例、积分、微分部分, 它们分别与误差, 误差的积分和微分成正比。如果取其中的一项或两项, 可以组成 P、PD 或 PI 控制器。假设采样周期为  $TS$ , 系统开始运行的时刻为  $t=0$ , 用矩形积分来近似精确积分, 用差分近似精确微分, 将公式(1)离散化, 第  $n$  次采样时控制器的输出为:

$$M_n = K_c e_n + K_I \sum_{j=1}^n e_j + K_D (e_n - e_{n-1}) + M_0 \quad (2)$$

式中:  $e_{n-1}$ —第  $n-1$  次采样时的误差值;  $K_I$ —积分系数;  $K_D$ —微分系数。

输入输出变量的转换, PID 控制有两个输入量: 给定值( $sp$ )和过程变量( $pv$ )。过程变量是经 A/D 转换和计算后得到的被控量的实测值。给定值与过程变量都是与被控对象有关的值, 对于不同的系统, 它们的大小、范围与工程单位有很大的区别。应用 PLC 的 PID 指令对这些量进行运算之前, 必须将其转换成标准化

的浮点数(实数)。同样，对于 PID 指令的输出，在将其送给 D/A 转化器之前，也需进行转换。

动作方向	PID 运算规律
正动作	$\Delta MV = K_p [(EV_n - EV_{n-1}) - \frac{T_s}{T_i} EV_n + D_n]$ $EV_n = PV_{nf} - SV$ $D_n = \frac{T_D}{T_s + \alpha_D \cdot T_D} (-2PV_{nf-1} + PV_{nf} + PV_{nf-2}) + \frac{\alpha_D \cdot T_D}{T_s + \alpha_D \cdot T_D} \cdot D_{n-1}$ $MV_n = \sum \Delta MV$
逆动作	$\Delta MV = K_p [(EV_n - EV_{n-1}) + \frac{T_s}{T_i} EV_n + D_n]$ $EV_n = SV - PV_{nf}$ $D_n = \frac{T_D}{T_s + \alpha_D \cdot T_D} (2PV_{nf-1} - PV_{nf} - PV_{nf-2}) + \frac{\alpha_D \cdot T_D}{T_s + \alpha_D \cdot T_D} \cdot D_{n-1}$ $MV_n = \sum \Delta MV$

上表为PID程序所使用的PID运算规律，其中各参数说明如下：

EV<sub>n</sub>: 本次采样时的偏差

TD: 微分常数

EV<sub>n-1</sub>: 1个周期前的偏差

αD: 微分增益

SV: 目标值

PV<sub>nf</sub>: 本次采样时的测定值（滤波后）

PV<sub>nf-1</sub>: 1个周期前的测定值（滤波后）

PV<sub>nf-2</sub>: 2个周期前的测定值（滤波后）

ΔMV: 输出变化量

MV<sub>n</sub>: 本次操作量

D<sub>n</sub>: 本次的微分量

D<sub>n-1</sub>: 1个周期前的微分量

K<sub>p</sub>: 比例增益

T<sub>s</sub>: 采样周期

T<sub>i</sub>: 积分常数

其中:  $PV_{nf} = PV_n + L$  ( $PV_{nf} - 1 - PV_n$ )

$PV_n$ : 本次采样时的测定值

L: 滤波系数

## 五、接线图

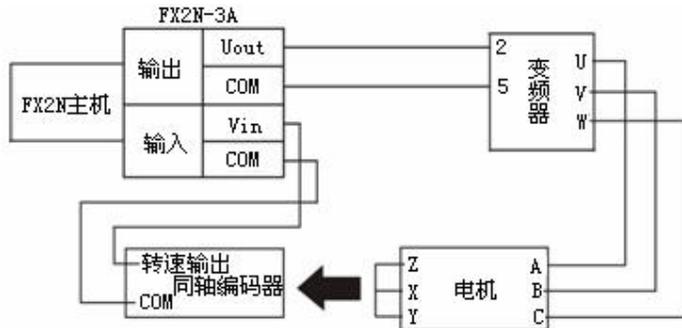


图 18-3 接线图

## 六、实验步骤

- 按下表对变频器进行参数设置:

Pr. 30	Pr. 73	Pr. 79	n10
1	1	4	0

- 参考所给的梯形图程序, 按照 PID 闭环调速运算规律自行编写一段程序替代其中的 PID 功能指令, 在编写过程中特别注意以下几点:

- 所有运算不支持浮点, 编程时要注意不能出现小数除以大数的情况, 否则结果为 0;
- 每个软元件存储器的位数为 8 位, 即数据范围为 0-32767, 注意计算是不能使中间的数据超过该范围上限;
- 要注意其中参数的单位, 比例增益是带%的, 积分时间则是  $\times 100ms$  为单位的, 定时器 T 的单位等, 注意统一单位换算;
- 参考所给的梯形图, 与“D”有关的参数可设置为 0 以简化编程。

- 按接线列表正确将导线连接完毕后, 将程序下载至 PLC 主机, 其“RUN/STOP”开关控制的是 M8000 软元件, 注意此时不要将其拨到“RUN”。

3. 先设定给定值。点击标准工具条上的“软元件测试”快捷项(或选择“在线”菜单下“调试”项中的“软元件测试”项), 进入软元件测试对话框。在“字软元件/缓冲存储区”栏中的“软元件”项中键入 D0, 设置 D0 的值, 确定电机的转速。输入设定值 N, N 为十进制数, 如:  $N=300$ , 则电机的转速目标值就为 300 转/min。

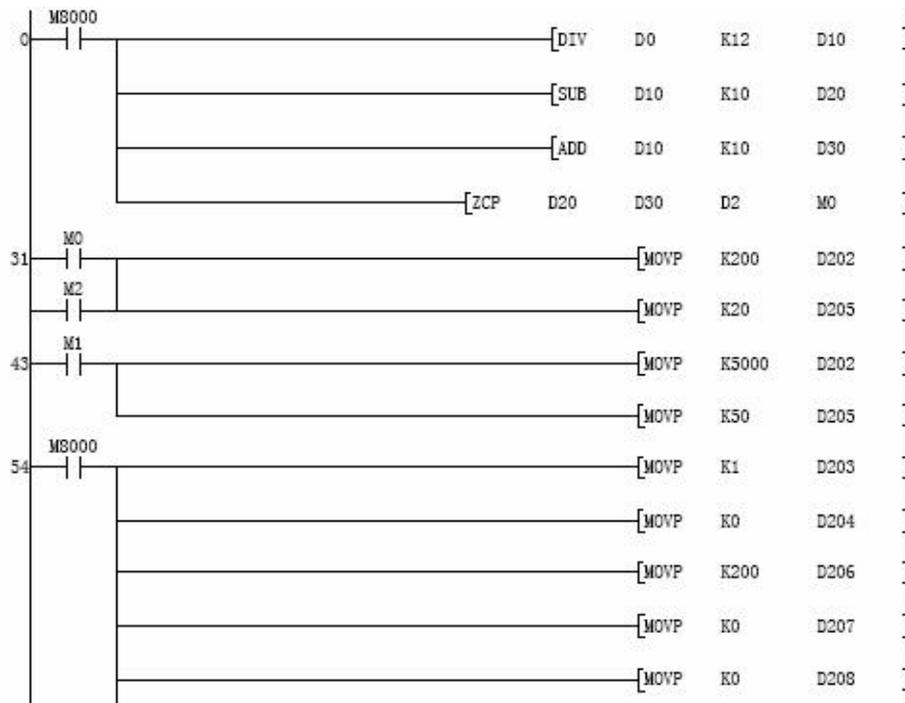
4. 先按变频器面板上的“RUN”, 再将 PLC 的“RUN/STOP”开关控制拨到“RUN”, 启动电机转动。电机转动平稳后, 记录给定目标转速、电机实际转速、和他们之间的偏差, 再改变给定值, 观察电机转速的变化并记录数据。(注意: 由于闭环调节本身的特性, 所以电机要过一段时间才能达到目标值)

请观察并记录数据添入下列表格:

给定目标转速 (r/min)	电机实际转速 (r/min)	变频器输出频率 (Hz)	最大震荡偏差

5. 按变频器面板上的“STOP/RESET”，使电机停止转动。

### 七、梯形图参考程序



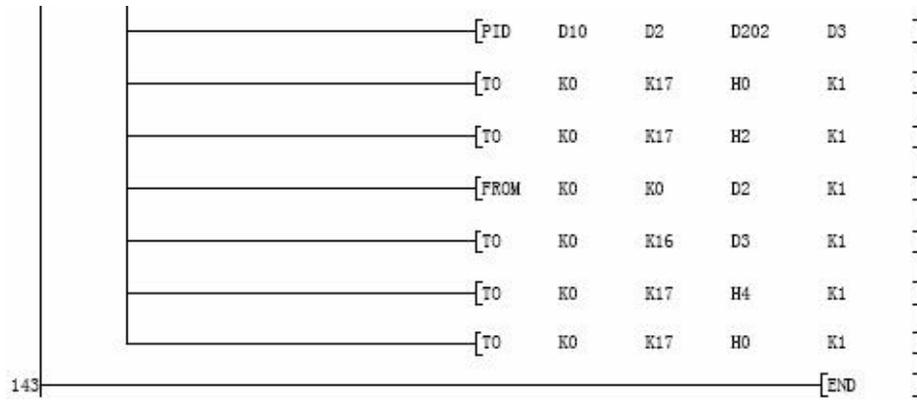


图 18-4 参考梯型图

## 附录 1. 可编程控制器基本指令简介

基本指令如表所示：

名 称	助记符	目 标 元 件	说 明
取指令	LD	X、Y、M、S、T、C	常开接点逻辑运算起始
取反指令	LDI	X、Y、M、S、T、C	常闭接点逻辑运算起始
线圈驱动指令	OUT	Y、M、S、T、C	驱动线圈的输出
与指令	AND	X、Y、M、S、T、C	单个常开接点的串联
与非指令	ANI	X、Y、M、S、T、C	单个常闭接点的串联
或指令	OR	X、Y、M、S、T、C	单个常开接点的并联
或非指令	ORI	X、Y、M、S、T、C	单个常闭接点的并联
或块指令	ORB	无	串联电路块的并联连接
与块指令	ANB	无	并联电路块的串联连接
主控指令	MC	Y、M	公共串联接点的连接
主控复位指令	MCR	Y、M	MC 的复位
置位指令	SET	Y、M、S	使动作保持
复位指令	RST	Y、M、S、D、V、Z、T、C	使操作保持复位
上升沿产生脉冲指令	PLS	Y、M	输入信号上升沿产生脉冲输出
下降沿产生脉冲指令	PLF	Y、M	输入信号下降沿产生脉冲输出
空操作指令	NOP	无	使步序作空操作
程序结束指令	END	无	程序结束

## 一、逻辑取及线圈驱动指令 LD、LDI、OUT

LD，取指令。表示一个与输入母线相连的动合接点指令，即动合接点逻辑运算起始。

LDI，取反指令。表示一个与输入母线相连的动断接点指令，即动断接点逻辑运算起始。

OUT，线圈驱动指令，也叫输出指令。

LD、LDI 两条指令的目标元件是 X、Y、M、S、T、C，用于将接点接到母线上。也可以与后述的 ANB 指令、ORB 指令配合使用，在分支起点也可使用。

OUT 是驱动线圈的输出指令，它的目标元件是 Y、M、S、T、C。对输入继电器不能使用。OUT 指令可以连续使用多次。

LD、LDI 是一个程序步指令，这里的一个程序步即是一个字。OUT 是多程序步指令，要视目标元件而定。

OUT 指令的目标元件是定时器和计数器时，必须设置常数 K。

## 二、接点串联指令 AND、ANI

AND，与指令。用于单个动合接点的串联。

ANI，与非指令，用于单个动断接点的串联。

AND 与 ANI 都是一个程序步指令，它们串联接点的个数没有限制，也就是说这两条指令可以多次重复使用。这两条指令的目标元件为 X、Y、M、S、T、C。

OUT 指令后，通过接点对其它线图使用 OUT 指令称为纵输出或连续输出。这种连续输出如果顺序没错，可以多次重复。

## 三、接点并联指令 OR、ORI

OR，或指令，用于单个动合接点的并联。

ORI，或非指令，用于单个动断接点的并联。

OR 与 ORI 指令都是一个程序步指令，它们的目标元件是 X、Y、M、S、T、C。这两条指令都是一个接点。需要两个以上接点串联连接电路块的并联连接时，要用后述的 ORB 指令。

OR、ORI 是从该指令的当前步开始，对前面的 LD、LDI 指令并联连接。并联的次数无限制。

## 四、串联电路块的并联连接指令 ORB

两个或两个以上的接点串联连接的电路叫串联电路块。串联电路块并联连接时，分支开始用 LD、LDI 指令，分支结束用 ORB 指令。ORB 指令与后述的 ANB 指令均为无目标元件指令，而两条无目标元件指令的步长都为一个程序步。ORB 有时也简称或块指令。

ORB 指令的使用方法有两种：一种是在要并联的每个串联电路后加 ORB 指令；另一种是集中使用 ORB 指令。对于前者分散使用 ORB 指令时，并联电路块的个数没有限制，但对于后者集中使用 ORB 指令时，这种电路块并联的个数不能超过 8 个（即重复使用 LD、LDI 指令的次数限制在 8 次以下），所以不推荐用后者编程。

## 五、并联电路的串联连接指令 ANB

两个或两个以上接点并联电路称为并联电路块，分支电路并联电路块与前面电路串联连接时，使用 ANB 指令。分支的起点用 LD、LDI 指令，并联电路结束后，使用 ANB 指令与前面电路串联。ANB 指令也简称与块指令，ANB 也是无操作目标元件，是一个程序步指令。

## 六、主控及主控复位指令 MC、MCR

MC 为主控指令，用于公共串联接点的连接，MCR 叫主控复位指令，即 MC 的复位指令。在编程时，经常遇到多个线圈同时受到一个或一组接点控制。如果在每个线圈的控制电路中都串入同样的接点，将多占用存储单元，应用主控指令可以解决这一问题。使用主控指令的接点称为主控接点，它在梯形图中与一般的接点垂直。它们是与母线相连的动合接点，是控制一组电路的总开

关。

MC 指令是 3 程序步，MCR 指令是 2 程序步，两条指令的操作目标元件是 Y、M，但不允许使用特殊辅助继电器 M。

#### 七、置位与复位指令 SET、RST

SET 为置位指令，使动作保持；RST 为复位指令，使操作保持复位。SET 指令的操作目标元件为 Y、M、S。而 RST 指令的操作元件为 Y、M、S、D、V、Z、T、C。这两条指令是 1~3 个程序步。用 RST 指令可以对定时器、计数器、数据寄存、变址寄存器的内容清零。

#### 八、脉冲输出指令 PLS、PLF

PLS 指令在输入信号上升沿产生脉冲输出，而 PLF 在输入信号下降沿产生脉冲输出，这两条指令都是 2 程序步，它们的目标元件是 Y 和 M，但特殊辅助继电器不能作目标元件。使用 PLS 指令，元件 Y、M 仅在驱动输入接通后的一个扫描周期内动作（置 1）。而使用 PLF 指令，元件 Y、M 仅在驱动输入断开后的一个扫描周期内动作。

使用这两条指令时，要特别注意目标元件。例如，在驱动输入接通时，PLC 由运行到停机到运行，此时 PLS M0 动作，但 PLS M600（断电时，电池后备的辅助继电器）不动作。这是因为 M600 是特殊保持继电器，即使在断电停机时其动作也能保持。

#### 九、空操作指令 NOP

NOP 指令是一条无动作、无目标元件的 1 程序步指令。空操作指令使该步序作空操作。用 NOP 指令替代已写入指令，可以改变电路。在程序中加入 NOP 指令，在改动或追加程序时可以减少步序号的改变。

#### 十、程序结束指令 END

END 是一条无目标元件的 1 程序步指令。PLC 反复进行输入处理、程序运算、输出处理，若在程序最后写入 END 指令，则 END 以后的程序就不再执行，直接进行输出处理。在程序调试过程中，按段插入 END 指令，可以按顺序扩大对各程序段动作的检查。采用 END 指令将程序划分为若干段，在确认处于前面电路块的动作正确无误之后，依次删去 END 指令。要注意的是在执行 END 指令时，也刷新监视时钟。

## 附录 2 功能指令

表 2. 功能指令

分类	FNC NO.	指令助记符	功能说明	对应不同型号的 PLC				
				FX0S	FX0N	FX1S	FX1N	FX2N
	0	CJ	条件跳转	P	P	P	P	P
	1	CALL	子程序调用	Î	Î	P	P	P
	2	SRET	子程序返回	Î	Î	P	P	P
程	3	I RET	中断返回	P	P	P	P	P
	4	EI	开中断	P	P	P	P	P
序	5	DI	关中断	P	P	P	P	P
	6	FEND	主程序结束	P	P	P	P	P
流	7	WDT	监视定时器刷新	P	P	P	P	P
	8	FOR	循环的起点与次数	P	P	P	P	P
程	9	NEXT	循环的终点	P	P	P	P	P
	10	CMP	比较	P	P	P	P	P
传	11	ZCP	区间比较	P	P	P	P	P
	12	MOV	传送	P	P	P	P	P
送	13	SMOV	位传送	Î	Î	Î	Î	P
	14	CML	取反传送	Î	Î	Î	Î	P
与	15	BMOV	成批传送	Î	P	P	P	P
	16	FMOV	多点传送	Î	Î	Î	Î	P
比	17	XCH	交换	Î	Î	Î	Î	P
	18	BCD	二进制转换成 BCD 码	P	P	P	P	P
较	19	BIN	BCD 码转换成二进制	P	P	P	P	P
	20	ADD	二进制加法运算	P	P	P	P	P
算								
术								
与	21	SUB	二进制减法运算	P	P	P	P	P
	22	MUL	二进制乘法运算	P	P	P	P	P
逻	23	DIV	二进制除法运算	P	P	P	P	P
	24	INC	二进制加 1 运算	P	P	P	P	P
辑	25	DEC	二进制减 1 运算	P	P	P	P	P
	26	WAND	字逻辑与	P	P	P	P	P
运	27	WOR	字逻辑或	P	P	P	P	P
	28	WXOR	字逻辑异或	P	P	P	P	P

算	29	NEG	求二进制补码	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
	30	ROR	循环右移	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
循	31	ROL	循环左移	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
	32	RCR	带进位右移	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
环	33	RCL	带进位左移	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
	34	SFTR	位右移	P	P	P	P	P
与	35	SFTL	位左移	P	P	P	P	P
	36	WSFR	字右移	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
移	37	WSFL	字左移	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
	38	SFWR	FIFO(先入先出)写入	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P	P	P
位	39	SFRD	FIFO(先入先出)读出	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P	P	P
	40	ZRST	区间复位	P	P	P	P	P
	41	DECO	解码	P	P	P	P	P
	42	ENCO	编码	P	P	P	P	P
数	43	SUM	统计 ON 位数	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
	44	BON	查询位某状态	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
据	45	MEAN	求平均值	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
	46	ANS	报警器置位	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
处	47	ANR	报警器复位	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
	48	SQR	求平方根	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
理	49	FLT	整数与浮点数转换	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
	50	REF	输入输出刷新	P	P	P	P	P
	51	REFF	输入滤波时间调整	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
	52	MTR	矩阵输入	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P	P	P
高	53	HSCS	比较置位 (高速计数用)	$\hat{I}$	P	P	P	P
	54	HSCR	比较复位 (高速计数用)	$\hat{I}$	P	P	P	P
速	55	HSZ	区间比较 (高速计数用)	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
	56	SPD	脉冲密度	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P	P	P
处	57	PLSY	指定频率脉冲输出	P	P	P	P	P
	58	PWM	脉宽调制输出	P	P	P	P	P
理	59	PLSR	带加减速脉冲输出	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P	P	P
	60	IST	状态初始化	P	P	P	P	P
	61	SER	数据查找	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
	62	ABSD	凸轮控制(绝对式)	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P	P	P
方	63	INCD	凸轮控制(增量式)	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P	P	P
	64	TTMR	示教定时器	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P
便	65	STMR	特殊定时器	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	P

	66	ALT	交替输出	P	P	P	P	P
指	67	RAMP	斜波信号	P	P	P	P	P
	68	ROTC	旋转工作台控制	I	I	I	I	P
令	69	SORT	列表数据排序	I	I	I	I	P
	70	TKY	10 键输入	I	I	I	I	P
外								
部	71	HKY	16 键输入	I	I	I	I	P
	72	DSW	BCD 数字开关输入	I	I	P	P	P
I/O	73	SEGD	七段码译码	I	I	I	I	P
	74	SEGL	七段码分时显示	I	I	P	P	P
设	75	ARWS	方向开关	I	I	I	I	P
	76	ASC	ASCI 码转换	I	I	I	I	P
备	77	PR	ASCI 码打印输出	I	I	I	I	P
	78	FROM	BFM 读出	I	P	I	P	P
	79	TO	BFM 写入	I	P	I	P	P
	80	RS	串行数据传送	I	P	P	P	P
外	81	PRUN	八进制位传送(#)	I	I	P	P	P
	82	ASCI	16 进制数转换成 ASCI 码	I	P	P	P	P
围	83	HEX	ASCI 码转换成 16 进制数	I	P	P	P	P
	84	CCD	校验	I	P	P	P	P
设	85	VRRD	电位器变量输入	I	I	P	P	P
	86	VRSC	电位器变量区间	I	I	P	P	P
备	87	-	-					
	88	PID	PID 运算	I	I	P	P	P
	89	-	-					
	110	ECMP	二进制浮点数比较	I	I	I	I	P
	111	EZCP	二进制浮点数区间 比较	I	I	I	I	P
	118	EBCD	二进制浮点数→十 进制浮点数	I	I	I	I	P
	119	EBIN	十进制浮点数→二 进制浮点数	I	I	I	I	P
浮	120	EADD	二进制浮点数加法	I	I	I	I	P
	121	EUSB	二进制浮点数减法	I	I	I	I	P
点	122	EMUL	二进制浮点数乘法	I	I	I	I	P
	123	EDIV	二进制浮点数除法	I	I	I	I	P
数	127	ESQR	二进制浮点数开平 方	I	I	I	I	P
	129	INT	二进制浮点数→二	I	I	I	I	P

			进制整数					
运	130	SIN	二进制浮点数 Sin 运算	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>
	131	COS	二进制浮点数 Cos 运算	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>
算	132	TAN	二进制浮点数 Tan 运算	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>
	147	SWAP	高低字节交换	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>
	155	ABS	ABS 当前值读取	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	$\hat{I}$
	156	ZRN	原点回归	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	$\hat{I}$
定	157	PLSY	可变速的脉冲输出	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	$\hat{I}$
	158	DRVI	相对位置控制	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	$\hat{I}$
位	159	DRVA	绝对位置控制	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	$\hat{I}$
	160	TCMP	时钟数据比较	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
时								
	161	TZCP	时钟数据区间比较	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
钟	162	TADD	时钟数据加法	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	163	TSUB	时钟数据减法	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
运	166	TRD	时钟数据读出	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	167	TWR	时钟数据写入	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
算	169	HOUR	计时仪	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	
外	170	GRY	二进制数→格雷码	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>
围								
设	171	GBIN	格雷码→二进制数	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>
	176	RD3A	模拟量模块 (FXON-3A) 读出	$\hat{I}$	<b>P</b>	$\hat{I}$	<b>P</b>	$\hat{I}$
备	177	WR3A	模拟量模块 (FXON-3A) 写入	$\hat{I}$	<b>P</b>	$\hat{I}$	<b>P</b>	$\hat{I}$
	224	LD=	(S1) = (S2) 时起始触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	225	LD>	(S1) > (S2) 时起始触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	226	LD<	(S1) < (S2) 时起始触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	228	LD<>	(S1) <> (S2) 时起始触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	229	LD $\leq$	(S1) $\leq$ (S2) 时起始触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	230	LD $\geq$	(S1) $\geq$ (S2) 时起始触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>

	232	AND=	(S1) = (S2)时串联触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	233	AND>	(S1) > (S2)时串联触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	234	AND<	(S1) < (S2)时串联触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	236	AND<>	(S1) <> (S2)时串联触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	237	AND $\cong$	(S1) $\cong$ (S2)时串联触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
触	238	AND $\cong$	(S1) $\cong$ (S2)时串联触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	240	OR=	(S1) = (S2)时并联触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
点	241	OR>	(S1) > (S2)时并联触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	242	OR<	(S1) < (S2)时并联触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
比	244	OR<>	(S1) <> (S2)时并联触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
	245	OR $\cong$	(S1) $\cong$ (S2)时并联触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>
较	246	OR $\cong$	(S1) $\cong$ (S2)时并联触点接通	$\hat{I}$	$\hat{I}$	<b>P</b>	<b>P</b>	<b>P</b>

## 附录 3. 可编程控制器的网络及通信

### 一、可编程控制器的网络化趋势

如果把 PLC 与 PLC、PLC 与计算机或 PLC 与其它智能装置通过传输介质连接起来，就可以实现通信或组建网络，从而构成功能更强，性能更好的控制系统，这样可以提高 PLC 的控制能力及控制范围实现综合及协调控制，同时，还便于计算机管理及对控制数据的处理，提供人机界面友好的操控平台；可使自动控制从设备级发展到生产线级，甚至工厂级，从而实现智能化工厂（Smart Factory）的目标。

随着计算机技术、通信及网络技术的飞速发展，PLC 在通信及网络方面的发展也极为迅猛，几乎所有提供可编程控制器的厂家都开发了通信模块或网络系统。三菱电机率先较早的开发了 CC-link 网络，随着网络化控制及集散式控制不断普及，工业控制要求的不断提高，传统的 PLC 控制系统的网络化方向发展已成为趋势。

### 二、三菱可编程控制器的通讯类型

#### （一）N：N 网络

用 FX2N，FX2NC，FX1N，FX0N 可编程控制器进行的数据传输可建立在 N：N 的基础上，总站点数最大 8 个。

#### （二）计算机链接（用专用协议进行数据传输）

用 RS485（422）单元进行的数据传输可用专用协议在 1：N（16）的基础上完成，最多可以连 16 台 PLC 机。

#### （三）CC-link 网络

用 FX2N-16CCL-M 主站模块和 FX2N-32CCL 网络接口模块构成 CC-link 网络，完成 1：N（8）通信。

### 三、通讯格式

本节解释怎样在无协议通讯（RS 指令）和计算机链接之间进行通讯设置。

#### 1. 什么是通讯格式。

通讯格式决定计算机链接和无协议通讯（RS 指令）间的通讯设置（数据长度，奇偶校验和波特率等）。

通讯格式可用可编程控制器中的特殊数据寄存器 D8120 来进行设置。根据所使用的外部设备来设置 D8120。当修改了 D8120 的设置后，确保关掉可编程控制器的电源，然后再打开，否则无效。

#### （二）相关标志和数据寄存器。

##### 1. 特殊辅助继电器

特殊辅助继电器	描述
M8121	数据传输延时（RS 指令）
M8122	数据传输标志（RS 指令）
M8123	接收结束标志（RS 指令）
M8124	载波检测标志（RS 指令）
M8126	全局标志（计算机链接）

M8127	接通要求握手标志（计算机链接）
M8128	接通要求错误标志（计算机链接）
M8129	接通要求字/字节变换（计算机链接）
	超时评估标志（RS 指令）
M8161	8 位/16 位变换标志（RS 指令）

## 2. 特殊数据寄存器

特殊数据寄存器	描述
D8120	通讯格式（RS 指令，计算机链接）
D8121	站点号设定（计算机链接）
D8122	剩余待传输数据数（RS 指令）
D8123	接收数据数（RS 指令）
D8124	数据标题（初始值：STX）（RS 指令）
D8125	数据结束符（初始值：ETX）（RS 指令）
D8127	接通要求首元件寄存器（计算机链接）
D8128	接通要求数据长度寄存器（计算机链接）
D8129	数据网络超时计时器值（RS 指令，计算机链接）

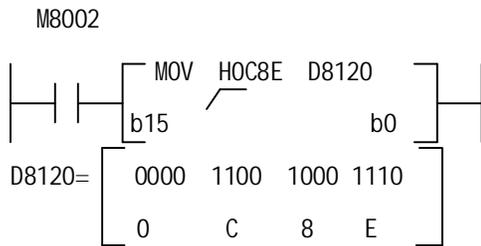
（）表示使用的应用场合。

## 3. 通讯格式

位号	名称	描述	
		0（位=OFF）	1（位=ON）
b0	数据长度	7 位	8 位
b1 b2	奇偶	(b2, b1) (0, 0): 无 (0, 1): 奇 (1, 1): 偶	
b3	停止位	1 位	2 位
b4 b5 b6 b7	波特率（BPS）	(b7, b6, b5, b4) (0, 0, 1, 1): 300 (0, 1, 0, 0): 600 (0, 1, 0, 1): 1, 200 (0, 1, 1, 0): 2, 400	(b7, b6, b5, b4) (0, 1, 1, 1): 4, 800 (1, 0, 0, 0): 9, 600 (1, 0, 0, 1): 19, 200

b8	标题	无	有效 (D8124) 默认: STX (02H)
b9	终结符	无	有效 (D8125) 默认: ETX (03H)
b10	控制线	无协议	(b12, b11, b10) (0, 0, 0): 无作用<RS232C 接口>
b11			(0, 0, 1): 端子模式<RS232C 接口>
b12			(0, 1, 0): 互连模式<RS232C 接口> (FN2N V2.00 版或更晚) (0, 1, 1): 普通模式 1<RS232C 接口><RS485 (422) 接口> (1, 0, 1): 普通模式 2<RS232C 接口> (仅 FX, FX2C)
		计算机链 接	(b12, b11, b10) (0, 0, 0): RS485 (422) 接口 (0, 1, 0): RS232C 接口
b13	和校验	没有添加和校验码	自动添加和校验码
b14	协议	无协议	专用协议
b15	传输控制 协议	协议格式 1	协议格式 4

例如:



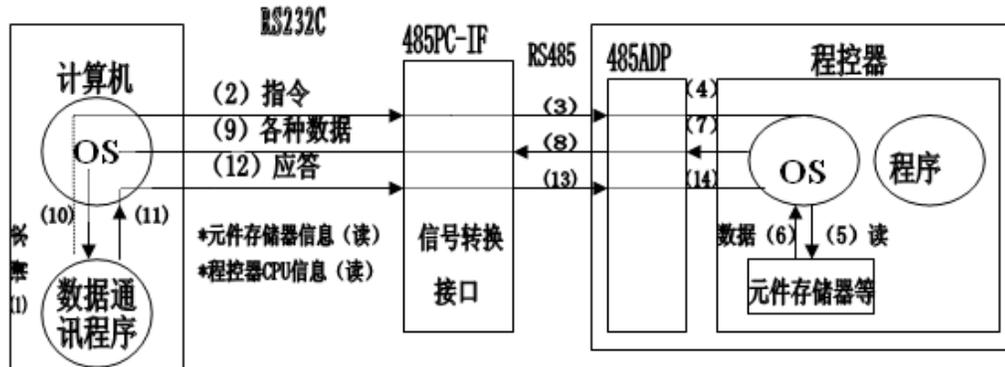
数据长度	7 位
奇偶	偶
停止位	2 位
波特率	9600BPS
协议	无协议
标题	未使用
终结符	未使用
控制线	普通模式 1

#### 四、计算机链接 (即 1: N 通讯)

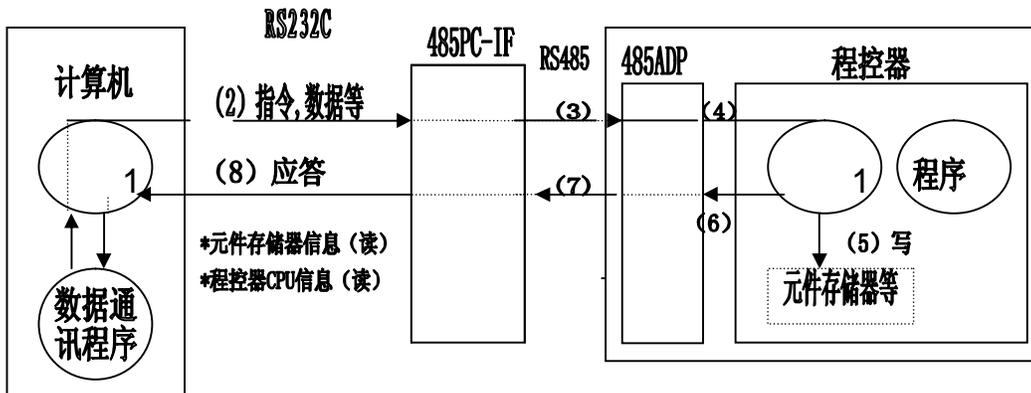
##### 1. 链接后的数据流

下述图样为可编程控制器的读、写及状态控制的数据流图。

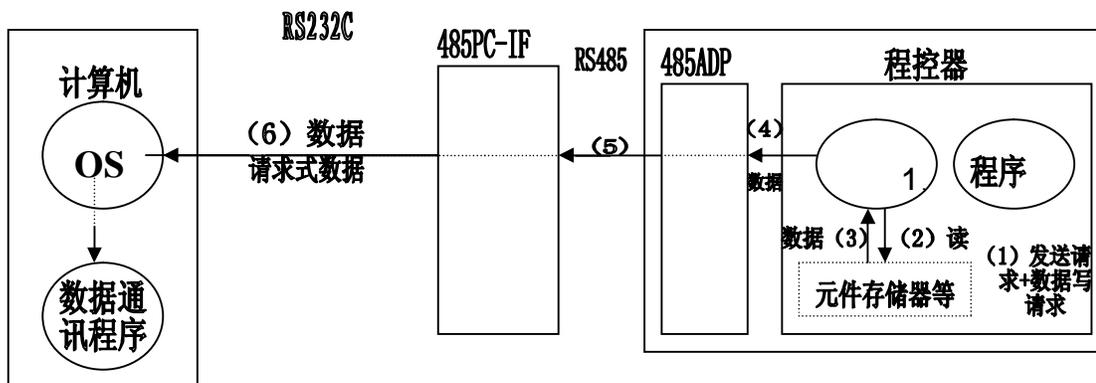
##### 1) 计算机从可编程控制器读取数据。



2) 计算机向可编程控制器发送数据

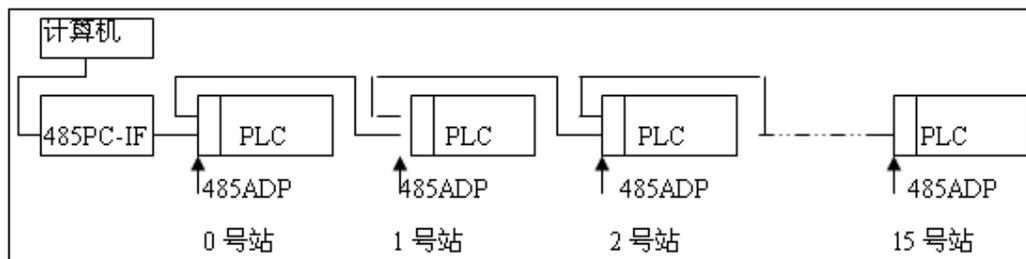


3) 可编程控制器向计算机发送数据



## 2. 站号

站号即可编程控制器提供的数字，用来确定计算机在访问哪一个可编程控制器。在 FX 系列可编程控制器中，站号是通过特殊数据寄存器 D8121 来设定的。设定范围是从 00H 到 0FH。最多可以实现 16 台通信。框图如下：

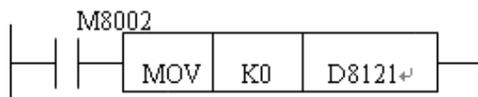


在以上系统中，可以用以下的指令来设定站号。如：0号站设定如下：

```
LD M8002
```

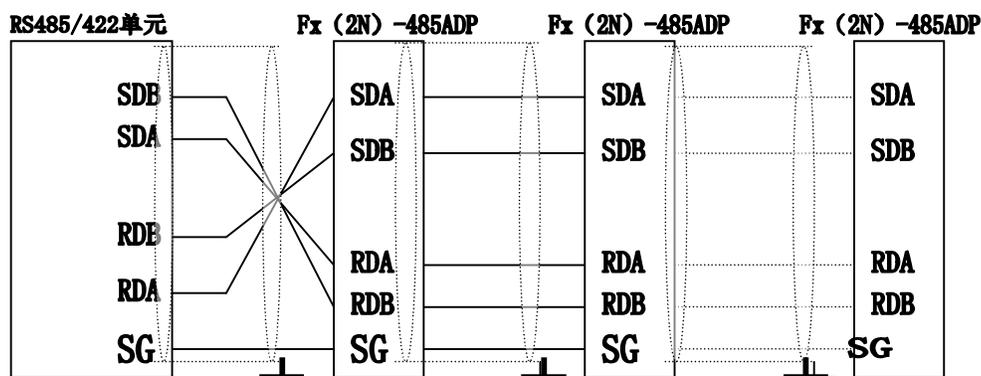
```
MOV K0 D8121
```

梯形图如右：



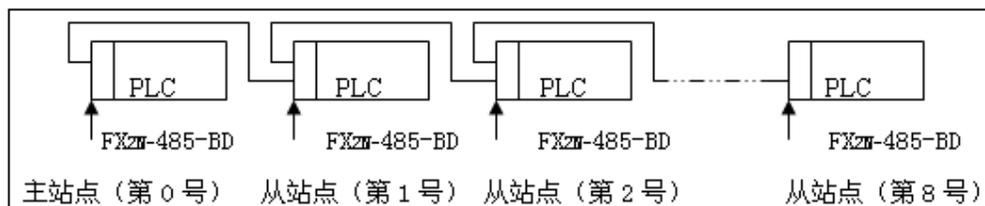
注意事项如下：

- 1) 在设定站号时，不要为多个站设定相同的号码，否则，传送数据将会混乱并引起通讯的不正常。
- 2) 站号不必按数字顺序来设定，在指定范围内（00H 到 0FH）可以自由设定。例如，按随机的顺序或跳过一些数字都是可以的，但总站数不能超过 16。一般情况 16 台设定 0 到 15。
- 3) 用一对导线连接，接线图如下：



## 五、N: N 网络

框图如下：FX<sub>2N</sub>-485-BD



### 1. 相关标志和数据寄存器介绍

#### (1) 辅助继电器

特性	辅助继电器 FX2N	名称	描述	响应类型
只读	M8038	N: N 网络参数设置	用来设置 N: N 网络参数	主站点, 从站点
只读	M8183	主站点的通讯错误	当主站点产生通讯错误时它是 ON	从站点
只读	从 M8184 到 M8191	从站点的通讯错误	当从站点产生通讯错误时它是 ON	主站点, 从站点
只读	M8191	数据通讯	当与其它站点通讯时它是 ON	主站点, 从站点

说明：

在 CPU 错误，程序错误或停止状态下，对每一站点处产生的通讯错误数目不能进行计数。

#### (2) 数据寄存器。

特性	辅助继电器 (FX2N)	名 称	描 述	响应类型
只读	D8173	站点号	存储它自己的站点号	主站, 从站
只读	D8174	从站点总数	存储从站点总数	主站, 从站
只读	D8175	刷新范围	存储刷新范围	主站, 从站
只写	D8176	站点号设置	设置它自己的站点号	主站, 从站
只写	D8177	总从站点数设置	设置从站点总数	主站
只写	D8178	刷新范围设置	设置刷新范围	主站
读写	D8179	重试次数设置	设置重试次数	主站
读写	D8180	通讯超时设置	设置通讯超时	主站
只读	D8201	当前网络扫描时间	存储当前网络扫描时间	主站, 从站
只读	D8202	最大网络扫描时间	存储最大网络扫描时间	主站, 从站
只读	D8203	主站点的通讯错误数目	主站点的通讯错误数目	从站
只读	D8204 到 D8210	从站点的通讯错误数目	从站点的通讯错误数目	主站, 从站
只读	D8211	主站点的通讯错误代码	主站点的通讯错误代码	从站
只读	D8212 到 D8218	从站点的通讯错误代码	从站点的通讯错误代码	主站, 从站

### (3) 设置

当程序运行或可编程控制器电源打开时, N: N 网络的每一个设置都变为有效。

#### 3.1 设定站点号 (D8176)

设定 0 到 7 的值到特殊数据寄存器 D8176 中。

设定值	描 述
0	主站点
1 到 7	从站点号 例子: 1 是第 1 从站点, 2 是第 2 从站点

如: 设定主站 0:

```
MOV K0 D8176;
```

设定从站 1:

```
MOV K1 D8176;
```

#### 3.2 设定从站点的总数 (D8177)

设定 0 到 7 的值到特殊数据寄存器中。(默认=7)

对于从站点此设定不需要。

设定值	描 述
1	1 个从站点
2	2 个从站点
3	3 个从站点
4	4 个从站点
5	5 个从站点
6	6 个从站点
7	7 个从站点

#### 3.3 设置刷新范围 (D8178)

设定 0 到 2 的值到特殊数据寄存器 D8178 中。(默认=0)

对于从站此设置不需要。

在每种模式下使用的元件被 N: N 网络的所有点所占用。

通讯设备	刷新范围		
	模式 0	模式 1	模式 2
位软元件 (M)	0 点	32 点	64 点
字软元件 (D)	4 点	4 点	8 点

1) 在模式 0 的情况下。

站点号	软元件号	
	位软元件 (M)	字软元件 (D)
	0 点	4 点
第 0 号	---	D0 到 D3
第 1 号	---	D10 到 D13
第 2 号	---	D20 到 D23
第 3 号	---	D30 到 D33
第 4 号	---	D40 到 D43
第 5 号	---	D50 到 D53
第 6 号	---	D60 到 D63
第 7 号	---	D70 到 D73

2) 在模式 1 的情况下。

站点号	软元件号	
	位软元件 (M)	字软元件 (D)
	32 点	4 点
第 0 号	M1000 到 M1031	D0 到 D3
第 1 号	M1064 到 M1095	D10 到 D13
第 2 号	M1128 到 M1159	D20 到 D23
第 3 号	M1192 到 M1223	D30 到 D33
第 4 号	M1256 到 M1287	D40 到 D43
第 5 号	M1320 到 M1351	D50 到 D53
第 6 号	M1384 到 M1415	D60 到 D63
第 7 号	M1448 到 M1479	D70 到 D73

3) 模式 2 的情况下。

站点号	软元件号	
	位软元件 (M)	字软元件 (D)
	64 点	8 点
第 0 号	M1000 到 M1063	D0 到 D7
第 1 号	M1064 到 M1127	D10 到 D17
第 2 号	M1128 到 M1191	D20 到 D27
第 3 号	M1192 到 M1255	D30 到 D37
第 4 号	M1256 到 M1319	D40 到 D47
第 5 号	M1320 到 M1383	D50 到 D57
第 6 号	M1384 到 M1447	D60 到 D67
第 7 号	M1448 到 M1511	D70 到 D77

### 3.4 设定重试次数 (D8178)

设定 0 到 10 的值到特殊寄存器 D8178 中。(默认=3)

从站点不需要此设置。

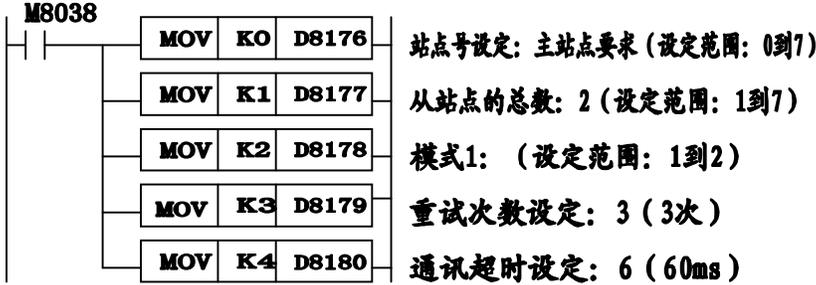
### 3.5 设置通讯超时 (D8179)。

设定 5 到 255 的值到特殊寄存器 D8179 中。(默认=5)

此值乘以 10 (ms) 就是通讯超时的持续时间。

通讯超时是主站与从站间的通讯驻留时间，

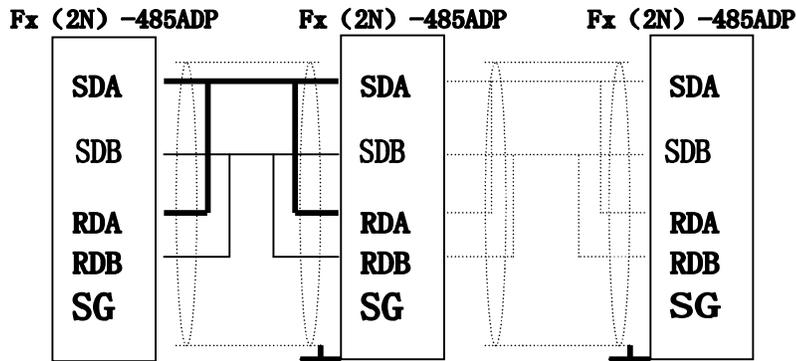
例如：



确保把以上的程序作为 N: N 网络参数设定程序从第 0 步开始写入。

此程序不需要执行，因为当把其编入此位置时，它自动变为有效。

3.6 用一对导线连接，接线图如下：



#### (4) 数据定义

##### ①控制代码

信号名	ASCII码	内容
STX	H02	Start Of Text (数据开始)
ETX	H03	End Of Text (数据结束)
ENQ	H05	Enquiry (通讯请求)
ACK	H06	Acknowledge (未发现数据错误)
LF	H0A	Line Feed (换行)
CR	H0D	Carriage Return (回车)
NAK	H15	Negative Acknowledge (发现数据错误)

##### ②变频器站号

规定与计算机通讯的变频器站号。

##### ③指令代码

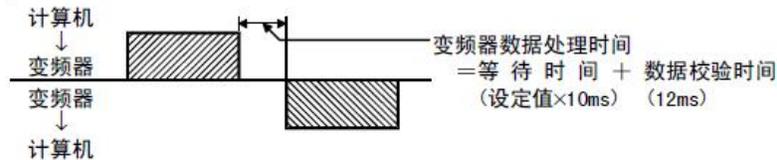
由计算机发给变频器，指明程序要求(例如:运行, 监视)。因此, 通过相应的指令代码, 变频器可进行各种方式的运行和监视。(参照145页)

##### ④数据

表示变频器的频率和参数等的写入, 读出数据。根据指令代码决定设定数据的定义和设定范围。(参照145页)

##### ⑤等待时间

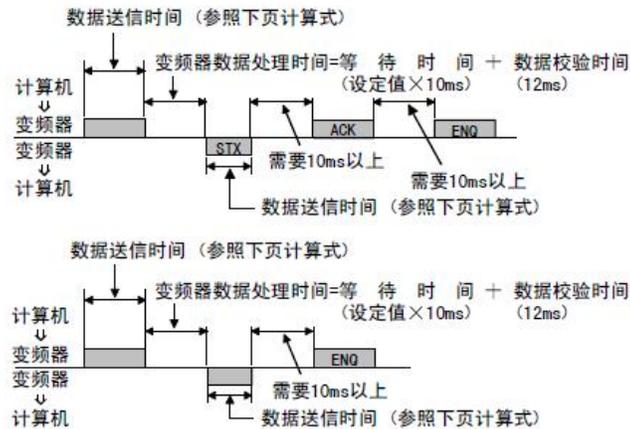
规定变频器收到从计算机来的数据和传输应答数据之间的等待时间。根据计算机的响应时间在0和150ms之间设定等待时间, 最小设定单位为10ms。(例; 1:10ms, 2:20ms)



#### 备注

通信参数n7“等待时间设定”≠“- - -”时, 数据格式里没有“等待时间”, 请做成通信请求数据。(字符数减少一个。)

##### ⑥响应时间



[数据送信时间计算式]  
 $\frac{1}{\text{通讯速度 (bps)}} \times \text{数据字节数} \times \text{通讯规格 (合计位数)} = \text{数据送信时间 (s)}$   
 (参照100页) (参照下述)

●通讯规格

名称	位数	
停止位长	1位	
	2位	
数据长	7位	
	8位	
校验	有	1位
	无	0

除左表外需要开始位1位。  
 最小合计位数…9位  
 最大合计位数…12位

⑦总和校验码

把被检验数据的ASCII码变成代码，用2进制加算（总和），其结果的个位（8位）转换成16进制的2位ASCII码，此码就是总和检验代码。



⑧错误代码

如果变频器在接收数据时发现任何错误，它的定义和NAK代码一起被送回到计算机。  
 (参照105页)

备注

1. 当从计算机来的数据有错误时，变频器将不接受此数据。
2. 任何数据的通讯都是在计算机给出通讯请求后开始例如：运行指令、监示等。没有计算机的指令，变频器不会返回任何数据。因此，对于监示，在设计程序时让计算机提出读数请求是必要的。
3. 当读写参数设定值时，根据参数，网络参数扩展设定的数据有如下表所示的不同。

		指令代码	数据内容
网络参数扩展设定	读出	H7F	H00: Pr. 0~Pr. 99的值可读写 H01: 校正参数C1~C7 (Pr. 901~Pr. 905), 通信参数n13 (Pr. 145) 的值可读写
	写入	HFF	H03: 通信参数n1~n12 (Pr. 331~Pr. 342) 的值可读写 H09: 通信参数n14~n17 (Pr. 990~Pr. 993) 的值可读写

No.	项 目	指令代码	数据内容	数据位数 (数据代码FF=1)																																																																																																									
1	运行模式	读 出	H7B H0000: 通信运行 H0001: 外部运行	4位																																																																																																									
		写 入	HFB H0000: 通信运行 H0001: 外部运行																																																																																																										
2	监 示	输出频率 [转速]	H6F H0000~HFFFF: 输出频率 (16进制) 单位0.01Hz [Pr.37=“0.1~999”时, 转速 (16进制) 单位: r/min]	4位 (6位)																																																																																																									
		输出电流	H70 H0000~HFFFF: 输出电流 (16进制) 单位0.01A	4位																																																																																																									
		报警定义	H74~H75 H0000~HFFFF最近的两次报警记录 报警定义表示例子 (指令代码H74时) <div style="text-align: center;"> <table style="margin: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">b15</td> <td style="text-align: center;">b8b7</td> <td style="text-align: center;">b0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">1</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td><td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td colspan="8" style="text-align: center;">└──────────────────┘</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">└──────────┘</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="8" style="text-align: center;">前一次报警</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">最近一次报警</td> <td colspan="4"></td> </tr> <tr> <td colspan="8" style="text-align: center;">(H30)</td> <td colspan="4" style="text-align: center;">(HA0)</td> <td colspan="4"></td> </tr> </table>             报警代码  <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>代码</th><th>内 容</th><th>代码</th><th>内 容</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>H00</td><td>没有报警</td><td>H40</td><td>FIN</td></tr> <tr><td>H10</td><td>OC1</td><td>H60</td><td>OLT</td></tr> <tr><td>H11</td><td>OC2</td><td>H80</td><td>GF</td></tr> <tr><td>H12</td><td>OC3</td><td>H90</td><td>OHT</td></tr> <tr><td>H20</td><td>OV1</td><td>HA0</td><td>OPT</td></tr> <tr><td>H21</td><td>OV2</td><td>HB0</td><td>PE</td></tr> <tr><td>H22</td><td>OV3</td><td>HB1</td><td>PUE</td></tr> <tr><td>H30</td><td>THT</td><td>HB2</td><td>RET</td></tr> <tr><td>H31</td><td>THM</td><td>HCO</td><td>CPU*</td></tr> </tbody> </table>             *ERROR CODE不返回。         </div>	b15	b8b7	b0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	└──────────────────┘								└──────────┘								前一次报警								最近一次报警								(H30)								(HA0)								代码	内 容	代码	内 容	H00	没有报警	H40	FIN	H10	OC1	H60	OLT	H11	OC2	H80	GF	H12	OC3	H90	OHT	H20	OV1	HA0	OPT	H21	OV2	HB0	PE	H22	OV3	HB1	PUE	H30	THT	HB2	RET	H31	THM	HCO
b15	b8b7	b0																																																																																																											
0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0																																																																																														
└──────────────────┘								└──────────┘																																																																																																					
前一次报警								最近一次报警																																																																																																					
(H30)								(HA0)																																																																																																					
代码	内 容	代码	内 容																																																																																																										
H00	没有报警	H40	FIN																																																																																																										
H10	OC1	H60	OLT																																																																																																										
H11	OC2	H80	GF																																																																																																										
H12	OC3	H90	OHT																																																																																																										
H20	OV1	HA0	OPT																																																																																																										
H21	OV2	HB0	PE																																																																																																										
H22	OV3	HB1	PUE																																																																																																										
H30	THT	HB2	RET																																																																																																										
H31	THM	HCO	CPU*																																																																																																										

No.	项 目	指令代码	数据内容	数据位数 (数据代码FF=1)																									
3	运行指令	HFA	<table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">b7</td> <td style="text-align: center;">b0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </table> <p style="margin-left: 40px;">(对于例1)</p> <p>[例1] H02...正转 [例2] H00...停止</p> <p>b0: _____ b1: 正转 (STF) b2: 反转 (STR) b3: 低速 (RL) b4: 中速 (RM) b5: 高速 (RH) b6: _____ b7: _____</p> <p>*用Pr. 60~Pr. 63(输入端子功能选择)可以改变功能。</p>	b7	b0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2位											
b7	b0																												
0	0																												
0	0																												
0	0																												
0	0																												
0	1																												
0	0																												
4	变频器状态 监视	H7A	<table border="1" style="margin-left: 20px;"> <tr> <td style="text-align: center;">b7</td> <td style="text-align: center;">b0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">1</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td style="text-align: center;">0</td> </tr> </table> <p style="margin-left: 40px;">(对于例1)</p> <p>[例1] H02...正转运行中 [例2] H80...因报警停止</p> <p>b0: 变频器正在运行 (RUN)* b1: 正转中 b2: 反转中 b3: 频率到达 (SU) b4: 过负荷 (OL) b5: _____ b6: 频率检测 (FU) b7: 发生报警*</p> <p>*用Pr. 64, Pr. 65(输出端子功能选择)可以改变功能。</p>	b7	b0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2位											
b7	b0																												
0	0																												
0	0																												
0	0																												
0	0																												
0	1																												
0	0																												
5	设定频率读出 (E <sup>2</sup> PROM)	H6E	读出设定频率 (RAM或E <sup>2</sup> PROM)。 H0000~H2EE0; 单位0.01Hz (16进制)	4位																									
	设定频率读出 (RAM)	H6D		(6位)																									
	设定频率写入 (RAM和E <sup>2</sup> PROM)	HEE	H0000~H2EE0; 单位0.01Hz (16进制) (0~120.00Hz) * 频繁改变运行频率时, 写入到变频器的RAM。(指令代码: HED) *最小设定单位是0.01Hz, 但只能设定到0.1Hz单位。	4位																									
	设定频率写入 (只限RAM)	HED		(6位)																									
6	变频器复位	HFD	H9696: 复位变频器。 当变频器在通讯开始由计算机复位时, 变频器不能发送 回应答数据给计算机。	4位																									
7	报警内容全部 清除	HF4	H9696: 报警履历全部清除。	4位																									
8	参数全部清除	HFC	<p>所有参数返回到出厂设定值。 根据设定的数据不同有四种清除操作方式。</p> <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">参数 数据</th> <th style="text-align: center;">通信 参数</th> <th style="text-align: center;">校正 参数</th> <th style="text-align: center;">其它 参数*</th> <th style="text-align: center;">HEC HFF</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">H9696</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">×</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">H9966</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">H5A5A</td> <td style="text-align: center;">×</td> <td style="text-align: center;">×</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">H55AA</td> <td style="text-align: center;">×</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> <td style="text-align: center;">○</td> </tr> </tbody> </table> <p>当执行H9696, H9966时, 所有参数被清除, 与通讯相关的 参数设定值也返回到出厂设定值, 当重新运行时, 需要 设定参数。 * Pr. 75不被清除。</p>	参数 数据	通信 参数	校正 参数	其它 参数*	HEC HFF	H9696	○	×	○	○	H9966	○	○	○	○	H5A5A	×	×	○	○	H55AA	×	○	○	○	4位
参数 数据	通信 参数	校正 参数	其它 参数*	HEC HFF																									
H9696	○	×	○	○																									
H9966	○	○	○	○																									
H5A5A	×	×	○	○																									
H55AA	×	○	○	○																									

No.	项 目	指令 代码	数据内容	数据 位数 (数据 代码 FF=1)
9	参数写入	H80~HFD	参考数据代码表(145页)，写入、读出必要的参数。	4位
10	参数读出	H00~H7B		
11	网络参数 其它设定	读 出	H7F H00: Pr. 0~Pr. 99的值可读写 H01: 通信参数n13(Pr. 145)，校正参数C1~C7(Pr. 901~Pr. 905)的值可读写	2位
		写 入	HFF H03: 通信参数n1~n12(Pr. 331~Pr. 342)的值可读写 H09: 通信参数n14~n17(Pr. 990~Pr. 993)的值可读写	
12	第二参数 更改 (代码HFF =1)	读 出	H6C 设定偏置・增益(数据代码H5E~H61, HDE~HE1)的参数情况 H00: 频率(*1) H01: 模拟 H02: 端子的模拟值(*2)	2位
		写 入	HEC *1 增益的频率用Pr. 38, Pr. 39(数据代码A6, A7)也可写入。 *2 用给外部端子加电压的方法校正偏置, 增益时写入时的数据值为4位数。	