

## 前言

《学徒制校企培训教学指导书》主要由实习和实训两大部分组成。学徒制校企培训部分包括大学新生入学教育及军训、钳工实习、矿井机电设备认识实习、培训考核四个环节，各培训实习均有实习任务书，实习指导书，实习报告编写提纲。实训部分包括电工基本实训、电力开关柜实训、电子安装技术实训、机械设计基础课程设计、单片机原理及应用实训、机电一体化综合实训、PLC 工业控制与编程实训、电机综合实训和变频技术实训共八个环节，各实训具体内容有实训任务书和实训指导书等。《学徒制校企培训教学指导书》实践与理论教学相结合，内容全面，可操作性强，深浅适中，使用方便，是引导学生顺利完成实习与实训教学的必备指导书，也是教师教学的参考书。

# 目录

前言.....	1
目录.....	2
《学徒制校企培训教学指导书》编写委员会.....	5
电工基本技能实训.....	6
实验课要求.....	6
实训一 常用电测量仪器仪表的使用.....	1
实训二 实际电源的等效变换.....	8
实训三 叠加定理.....	9
实训四 功率因数的提高.....	10
实训五 变压器原理.....	11
实训六 变压器变换电压功能的探究.....	12
实训七 三相异步电动机的接线.....	13
实训八 判别三相异步电动机定子绕组首、尾端.....	13
实训九 继电—接触器控制系统的应用.....	14
钳工实习.....	20
一、钳工实习要求.....	20
二、钳工安全操作规程.....	20
三、实习教学设备.....	21
四、时间及实习方式.....	21
五、实习内容、方法及步骤.....	21
六、总结和考评.....	25
电力开关柜实训.....	26
实训一 SYMCLD-01 矿井电气漏电保护实训装置.....	26
实训二 煤矿电气控制技能实训装置.....	39
电子安装技术实训.....	46
一、实训目的.....	46
二、实验内容和步骤.....	46
三、实训要求.....	56
四、实训总结.....	57
机械设计基础课程设计.....	58
一、设计课题.....	58
二、编写编制计算说明书.....	60
三、设计的基本步骤及目录.....	62
四、设计内容.....	66
五、完成装配图.....	85
六、绘制零件工作图.....	87
单片机原理及应用实训.....	95

实训一 单片机开发系统的使用	95
课题一、开发系统实验箱原理及使用	95
课题二、开发系统使用及人工汇编技能训练	108
实训二 汇编语言程序编程及人工汇编技能训练	110
课题一、简单程序设计（上）	110
课题二、简单程序设计（下）	111
课题三、分支程序的设计	111
课题四、循环程序设计	113
课题五、子程序设计	114
课题六、查表程序的设计	115
实训三 伟福 6000 软件机器汇编技能训练	116
课题一、清零程序汇编调试	116
实训四 74LS164 仿真软件仿真技能训练	118
课题一、多位数码管字段显示	118
课题二、8 键 8 灯 2 管显示	119
课题三、单个数码管显示	122
课题四、中断控制多种显示样式	124
课题五、中断计数	125
课题六、定时器串联应用	127
课题七、测试外部脉冲频率	128
课题八、独立式按键和一位数码显示	129
课题九、开关量输出	130
课题十、模数转换	130
<b>机电一体化综合实训</b>	<b>132</b>
实训任务书	132
绪论	132
实训一 自动线中传感器的使用	133
实训二 自动化生产线中的异步电机控制	137
实训三 伺服电机及驱动器在生产中的应用	142
实训四 气动技术在自动化生产线中的应用	143
实训五 可编程控制器在自动化生产线中的应用	146
实训六 通信技术在自动化生产线中的应用	153
<b>PLC 工业控制与编程实训</b>	<b>155</b>
概述	155
实训一 基本指令的编程练习	167
课题一、与或非逻辑功能实验	168
课题二、定时器/计数器功能实验	169
课题三、栈及主控指令练习	172
课题四、置位、复位及脉冲指令练习	175
课题五、运料小车的自动控制	178
实训二 PLC 电气控制实验	180
课题一、三相电动机点动控制和长动（自锁）控制	180
课题二、设计两台电动机顺序控制 PLC 系统	181

课题三、两台三相异步电动机顺启顺停控制.....	182
课题四、三相鼠笼式异步电动机联锁正反转控制.....	184
课题五、三相鼠笼式异步电动机带延时正反转控制.....	185
课题六、三相鼠笼式异步电动机星/三角换接起动控制(一).....	186
课题七、三相鼠笼式异步电动机带正反转的星/三角换接起动控制(二).....	187
课题八、三台皮带输送机顺启逆停控制.....	189
课题九、四节传送带的模拟.....	190
课题十、自动往返工作台控制系统设计.....	191
<b>实训三 PLC 控制应用实验.....</b>	<b>196</b>
课题一、自动配料系统的模拟.....	196
课题二、十字路口交通灯控制的模拟.....	200
课题三、水塔水位控制.....	204
课题四、天塔之光.....	205
课题五、液体混合装置控制的模拟实验.....	208
课题六、LED 数码显示控制.....	210
课题七、三层电梯控制系统的模拟实验.....	211
<b>电机综合实训.....</b>	<b>213</b>
实训一 电动机机械故障修理.....	213
实训二 电动机绕组损坏与修理.....	215
实训三 三相异步电动机定子绕组.....	217
实训四 异步电动机绕组重嵌准备.....	219
实训五 异步电动机绕组嵌线工艺.....	221
实训六 绕组接线.....	224
实训七 绕组试验与浸漆.....	226
<b>变频器原理及应用技术实训.....</b>	<b>230</b>
实训一 变频器键盘面板的基本操作.....	230
实训二 三相异步电动机的变频开环调速.....	233
实训三 变频器的端子控制操作.....	236
实训四 变频器的多段速运行操作.....	241
实训五 变频器的模拟量控制运行操作.....	246



## 《学徒制校企培训教学指导书》编写委员会

主 任 宋永斌

副主任 马军 宋继祥

王成玺（淮南矿业集团）

周晓燕（赛力威机电设备有限公司）

闵 宏（淮南舜立机械有限公司）

成 员 郝 坤 黄保华 李全军 刘立群 王良超

王 慧 赵广引 宫 毓 宫 佳 沈颂芸

王海波 刘 慧 常平树 孟凡军 苏 磊

吴乐兵 臧广磊 郑道义

# 电工基本技能实训

## 实验课要求

实验课是高等教育的一个重要教学环节，是理论联系实际的重要手段。通过教学实验验证和巩固所学的理论知识，训练实验技能，培养学生的实际工作能力。

对于电工技术实验课，应通过实验达到以下目的：

1. 培养学生实事求是，一丝不苟，严肃认真的科学态度，养成良好的实验习惯和作风。

2. 训练学生基本的实验技能，如正确使用常用的电工仪器、仪表，掌握一些基本的电工测试技术、试验方法及数据分析处理。

### 一．实验课前的准备工作

学生在每次实验课前，必须认真预习。具体要求是：

(1) 阅读实验指导书，明确实验的目的与要求，并结合实验原理复习有关理论；了解完成实验的方法和步骤；设计好实验数据的记录表格。

(2) 理解并记住指导书中提出的注意事项。对实验中所用仪器设备的作用及使用方法要有初步了解。

在上述基础上完成《实验报告》中的“预习报告”部分，实验前由教师检查通过后方可进入实验室。

### 二．实验过程中的工作

(1) 接线前，首先了解各种仪器设备及元器件的额定值、使用方法和电源设备的情况。

(2) 实验中所用的仪器、仪表、实验板以及各种开关等，应根据连线清晰、调节顺手和读数观察方便的原则合理布局。

(3) 接线可按先串联后并联的原则先接无源部分，再接电源部分。接线时应将所有电源开关断开，并将可调设备的旋钮、手柄置于最安全位置。接好线后，经仔细检查无误，教师复查后才能接通电源。合电源时，要注意各仪表的偏转是否正常。

(4) 实验进行中要胆大心细，一丝不苟认真观察现象，仔细读取数据，随时分析研究实验结果的合理性。如发现异常现象，应及时查找原因。

(5) 实验完毕，先切断电源，再根据实验要求核对实验数据，然后请教师审核（签字），通过以后再拆线，并将仪器设备摆放整齐。

(6) 注意仪器设备及人身安全。

(7) 实验结束后，按要求作好清洁卫生工作。

特别需要指出的是：学生在实验过程中，应保持肃静，讲文明、有秩序；同时要爱护公物，严格遵受仪器设备的安全操作规程及实验室的一切规章制度；对违犯实验室管理，擅自动用与本实验无关的仪器设备或私自拆卸元器件的行为要追究责任，对因违反操作规程及安全技术要求而造成仪器设备及物质器材损坏、丢失者，要依据有关规定予以赔偿。

### 三. 实验课后的整理工作

整理工作主要是编写《实验报告》中的“实验总结报告”部分。这是实验的总结，应认真完成。这是实验的总结和理论上的进一步提高，要用简明扼要的形式将实验结果完整和真实的表达出来，报告要求字迹工整，电路实验图规范。实验报告主要内容有：

#### 实验报告

班级	姓名	学号	同组人	报告日期	成绩

- 1、实验名称
- 2、实验目的
- 3、实验设备、工具
- 4、实验电路图
- 5、实验方法、步骤
- 6、实验中遇到的问题和处理方法
- 7、实验的心得体会

## 实训一 常用电测量仪器仪表的使用

【讲授】验电器是检验导线或电气设备是否带电的一种检验工具。按被检对象的电压等级，分为低压验电器和高压验电器。

### 一、 低压验电器

#### 1. 结构

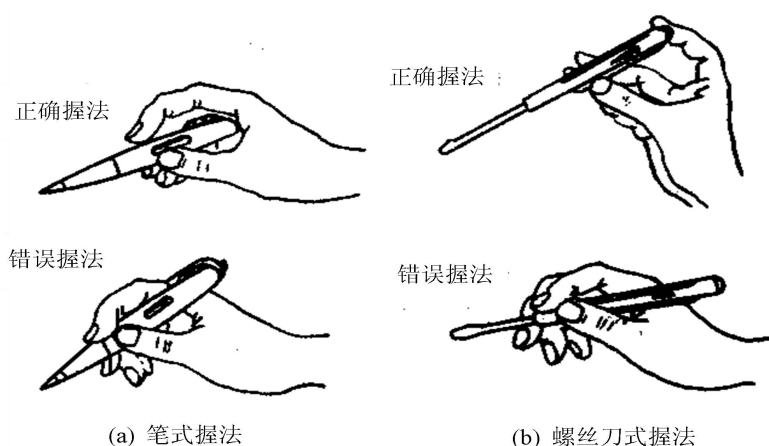
低压验电器也称测电笔或电笔，有笔式和螺丝刀式两种。笔式低压验电器由氖管、电阻、弹簧、笔身和笔尖等组成，如图所示。



#### 2. 使用方法

低压验电器在使用时，必须手指触及笔尾的金属部分，并使氖管小窗背光且朝自己，以便观测氖管的亮暗程度，防止因光线太强造成误判，其使用方法如图 6-3 所示。

当用电笔测试带电体时，电流经带电体、电笔、人体及大地形成通电回路，只要带电体与大地之间的电位差超过 60V 时，电笔中的氖管就会发光。



低压验电器检测的电压范围为 60V~500V。

#### 3. 注意事项

使用前，必须在有电源处对验电器进行测试，以证明该验电器确

实良好，方可使用。

验电时，应使验电器逐渐靠近被测物体，直至氖管发亮，不可直接接触被测体。

验电时，手指必须触及笔尾的金属体，否则带电体也会误判为非带电体。

验电时，要防止手指触及笔尖的金属部分，以免造成触电事故。

## 二、万用表

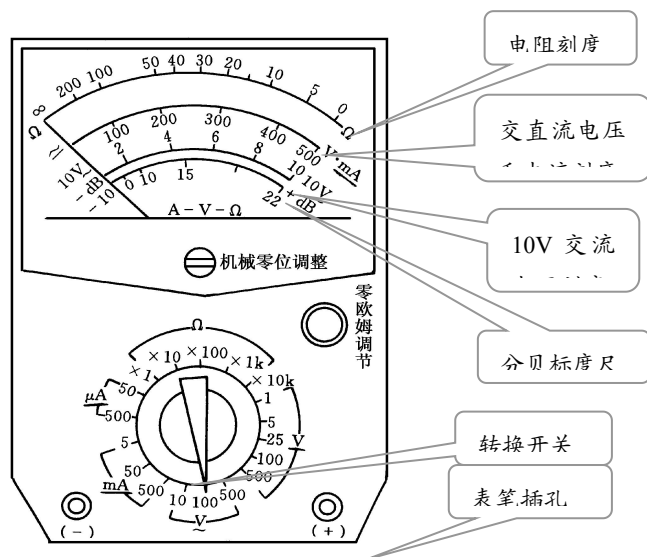
【展示】万用表实物。

【概述】①万用表是电工测量中最常用的多功能仪表，具有测量种类多，量程范围广、价格低廉以及使用方便，便于携带等优点，特别适用于检查线路和修理电气设备，是电气工作人员必不可少的工具。②万用表有指针式和数字式两种。

### 一、指针式万用表

【说明】①图中表示了万用表测量直流电流  $\mu A$ 、直流电压  $V$ 、交流电压  $V$  和电阻  $\Omega$  的电路转换情况，实际上测量每一种电量都有多种量程。

②万用表的型号规格很多，其面板结构和使用方法大同小异。下面以图所示的 **MF-30 型** 袖珍式万用表为例，说明万用表的使用方法。



## 1. 直流电流的测量

有  $50\mu\text{A}$ 、 $500\mu\text{A}$ 、 $5\text{mA}$ 、 $50\text{mA}$  和  $500\text{mA}$  五档。

【说明】①刻度尺上标的是最大量程（ $500\text{mA}$ ）的刻度，其他量程应按比例读数。

②如果对被测电流的大小不了解，应先由最大档量程试测，然后再选用适当的量程。

③应把万用表串联在电路中，让电流从“+”端流进，“-”端流出。

## 2. 直流电压的测量

有  $1\text{V}$ 、 $5\text{V}$ 、 $25\text{V}$ 、 $100\text{V}$  和  $500\text{V}$  五档，

【说明】应把万用表与被测电路并联，“+”、“-”号不可接反。

## 3. 交流电压的测量

有  $10\text{V}$ 、 $100\text{V}$  和  $500\text{V}$  三档。

**【说明】**①磁电系仪表本身只能测量直流，但由于在线路中增加了整流元件，故可以把交流电变为直流电后再进行测量。

②由于二极管是非线性元件，特别当被测电压较低时，对读数有较大影响，面板上另有第三条标有“10V”的刻度尺，专供10V交流档读数用。

③面板上的第四条刻度尺是用于测量分贝的。分贝（dB）是量度功率增益和衰减的计量单位。其测量方法不是本课程的内容。

④普通万用表可测量频率为45Hz~1000Hz的正弦交流电，但不能测量非正弦周期电量。

#### 4. 电阻的测量

有 $\times 1$ 、 $\times 10$ 、 $\times 100$ 、 $\times 1k$ 、 $\times 10k$ 五档。

**【说明】**①阻值数等于读数乘以该量程的倍数。

②电阻的刻度方向与电流、电压的刻度方向相反。

**【注意】**测量电阻时应注意：①要选择合适的量程，尽量使用刻度尺的中间段。

②测量电阻时要先进行欧姆调零。每换一档量程，都要重新调零。如果指针调不到0刻度上，则需更换电池。

③禁止在带电的线路上测量电阻。

④如果被测电阻在电路中有并联支路，则应将被测电阻与电路分开后再测量。

⑤在测量高电阻（ $R > 10k\Omega$ ）时，不要用手同时接触两表笔的导电部分。



**【注意】**使用万用表注意事项：（1）万用表应水平放置使用，不得受振动，并注意防潮。

（2）使用前应先选好转换开关的位置和量程，不准带电转动量程开关旋钮。

（3）用毕后应将转换开关转到高电压档，以免下次使用不慎而损坏电表。

## 二、兆欧表的使用方法

**【展示】**兆欧表实物。

**【概述】**①兆欧表俗称摇表，它是测量高电阻的仪表，其刻度以兆欧为单位，符号是“ $M\Omega$ ”。

②前已学过，新的或长久不用的电动机在使用前应进行绝缘电阻检查，测量工具就用兆欧表。

**【讲授】**①兆欧表与其它仪表的不同之处在于它本身带有高压电源，这对于测量高压电气设备的绝缘电阻是十分必要的。因为在低压下测量出来的绝缘电阻并不能反映在高压工作条件下真正的电阻值。

②兆欧表的主要组成部分是一个磁电式流比计和一架作为测量电源的手摇高压直流发电机。

**【说明】**①流比计的测量机构有两个互相垂直的线圈，固定在轴上可以一起转动，轴上没有反作用装置。因此，在线圈不通电时，表针能停在任何位置。

②线圈 A 同表内的附加电阻  $R$  串联，线圈 B 同所测的电阻  $R_x$  串联，两个线圈一起接到手摇发电机上。

③摇动手摇发电机，两个线圈中同时有电流流过，在两个线圈上产生方向相反的转矩。当转动部分偏转到两个转矩平衡的位置时，指针停止偏转。

④在原理上偏转的大小与电压的高低无关。但实际上电压不应变化太大，所以手摇发电机都附有调速器，能在手摇转速不均衡时，保持发电机转速在 120r/min 左右，使输出电压大体上稳定。

## 1．兆欧表的选择

一般应选兆欧表的额定电压略高于被测设备的额定电压。

【说明】兆欧表手摇发电机发出的电压主要有 250V、500V、1000V、2500V、5000V 等，这就是兆欧表的额定电压。例如测量额定电压为 380V 的三相异步电动机的绝缘电阻时，应选用额定电压为 500V 的兆欧表。若选用额定电压为 2500V 的兆欧表，则有将设备绝缘击穿的危险。

## 2．测量前的准备

- (1) 应将被测设备与电源断开并擦拭干净
- (2) 对有电容的设备还应进行短路放电。
- (3) 对兆欧表作一次开路试验和短路试验。

【说明】①开路试验是使兆欧表端钮开路，摇动手柄看指针是否指向“ $\infty$ ”。

②短路试验是将“E”和“L”端钮短接，轻轻摇动手柄看指针是否指向“0”。

③如若两次试验不是分别指向“ $\infty$ ”和“0”，说明兆欧表有故障，必须检查修理。

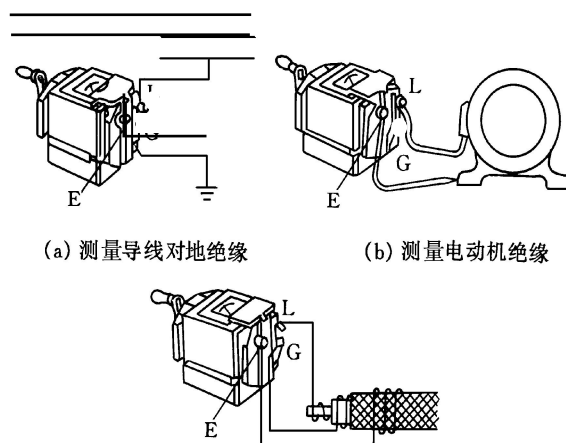
【注意】短路试验时间不能过长，以免损坏兆欧表。

### 3. 接线

“地”（E）端钮——应与被测设备的外壳或接地端相联

“线”（L）端钮——应与被测设备的带电部分相联

【讲授】如示图。



【说明】①（G）端钮是在测量电缆或绝缘导体对地绝缘电阻时，为了防止被测物表面泄漏电流的影响而接的。一般测量时 G 端钮可空着不用。

②接线时，应选用单股导线分别单独联结 L 和 E，不可用双股导线或绞线，因为线间的绝缘电阻会影响测量结果。

### 4. 测量

摇动手柄由慢至快，待调速器发生滑动后，应保持转速稳定不变，在表针稳定不动时读取数据。

**【演示】**用兆欧表测量绝缘电阻。

**【注意】**①如果发现表针摆到“0”，应立即停止摇动手柄，以免损坏兆欧表。

②在兆欧表没有停止转动，设备尚未放电前，切莫用手去触摸。

③在测量大电容设备的绝缘电阻时，应在读数后一方面降低手柄转速，一方面拆去接地端接头，待兆欧表停转后，再拆去线路接头，然后对被测物进行放电，以防被充电的电容对兆欧表放电。

**【小结】**①万用表是一种多用途、多量程的常用电工仪表，特别适用于供电线路和电气设备的检修。万用表有指针式和数字式两种。

②使用万用表时应注意转换开关所选的测量种类和量程，以免因误用而损坏电表。测量直流电流和电压时，还要注意正、负端的极性。用指针式万用表测量各档电阻前应先调零。使用完毕后，指针式应将转换开关转到高电压档，数字式应关闭电源。

③兆欧表是测量电气设备绝缘电阻的仪表，它的特点是本身带有手摇高压发电机。应选其额定电压比被测设备的额定电压稍高。摇动手柄应保持转速稳定，操作前后都要注意安全。

**【提问】**

1. 兆欧表的额定电压应如何选择？
2. 用兆欧表测量绝缘电阻时应注意什么问题？

## 实训二 实际电源的等效变换

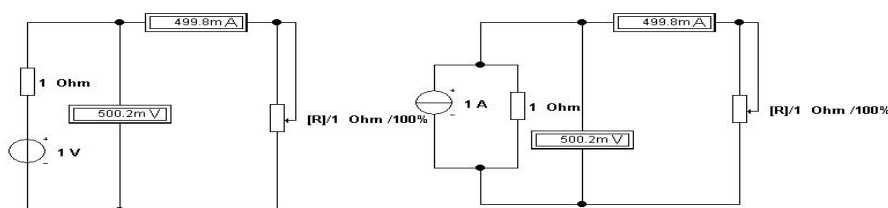
实验目的：电源的两种模型及其等效变换。

建立电路：1. 取电压源和  $1\ \Omega$  电阻建立电路。

2. 取电流源和  $1\ \Omega$  电阻建立电路。

实验步骤：1. 观察通过电阻的电流及其两端的电压。 2. 理解等效的概念。

实验数据：



两种情况下，通过负载的电流和负载两端的电压是相等的。

**【学生分析】**

**【得出结论】** 对外电路而言，电源的两种电路模型相互间是等效的。

### 实训三 叠加定理

实验目的：线性电路的叠加定理。

建立电路：含有电源的支路用开关控制状态。

实验步骤：1. 只接通电流源支路。

2. 只接通电压源支路。

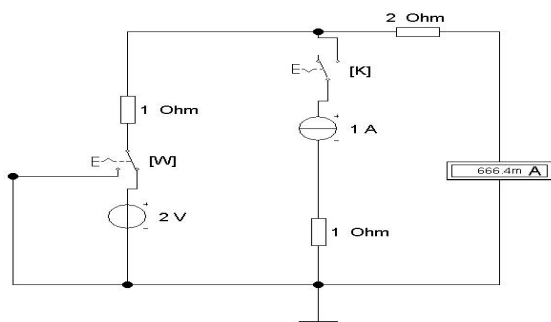
3. 同时接通电流源、电压源支路。

4. 观察电阻支路中电流的变化。

实

验数据

状态	电阻支路中的
----	--------



叠加原理电路

【学生分析】

【结论】:验证了叠加原理。

	电流
只接通电流源支路	333.2mA
只接通电压源支路	666.4mA
同时接通电流源、电压源支路	1A

#### 实训四 功率因数的提高

实验目的：功率因数提高的原理和方法。

建立电路：1. RL 串联电路

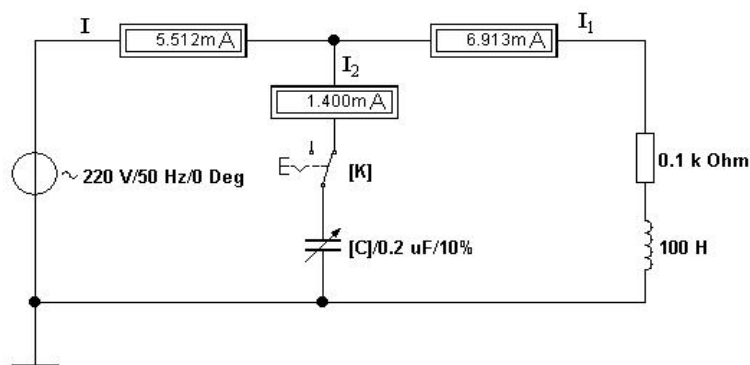
2. RL 两端电容 C，用开关 K 控制

3. 加交流电源

实验步骤：1. 断开开关 K，观察电路中的电流。

2. 闭合开关 K，观察电路中的电流。

3. 上两种情况下，估算电路功率



实验数据:

K 断开	$I = 6.913\text{mA}$	$I_1 = 6.913\text{mA}$	$I_2 = 0$
K 闭合	$I = 5.512\text{mA}$	$I_1 = 6.913\text{mA}$	$I_2 = 1.4\text{mA}$

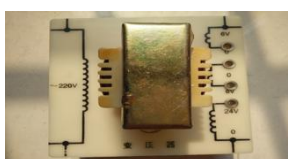
结论:

1. 并联电容后, 不影响原来电路的工作, 有功功率没有改变。
2. 并联电容后, 总的电流变小, 视在功率变小, 功率因数得到了提高。

## 实训五 变压器原理

1. 现在就请同学们仔细观察你们试验台上的变压器, 结合课本回答

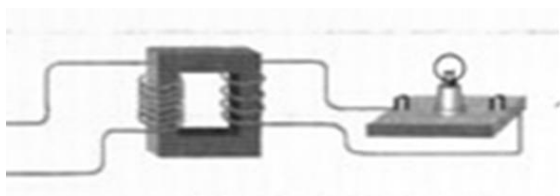
变压器主要由哪几部分组成的?



## 2. 画出变压器的结构示意图和图形符号

**【演示】**：现在我将原线圈接照明电源，副线圈接交流电压表上，观察交流电压表是否有示数？输出的电压能否改变呢？

**【实验电路图】**：



线圈接 220V 的交流电，小灯泡的额定电压为 6.2V，接通电路以后，小灯泡没有烧坏，而是正常发光，这说明了什么？  
大家思考一下：中间这个变压器起了什么作用？

### 实训六 变压器变换电压功能的探究

要求：1. 注意仪器设备及人身安全

2. 将试验台上变压器的原线圈接 220V 照明电源上，万用表上交流电压表分别接到不同的副线圈上，观察交流电压表示数

3. 实验进行中要胆大心细，一丝不苟认真观察现象，仔细读取数据，随时分析研究实验结果的合理性。如发现异常现象，应及时查找原因。

4. 实验数据填写在下列表格中

原线圈电压 (V)	副线圈电压 (V)		
220	0~6V	0~6V	0~24V

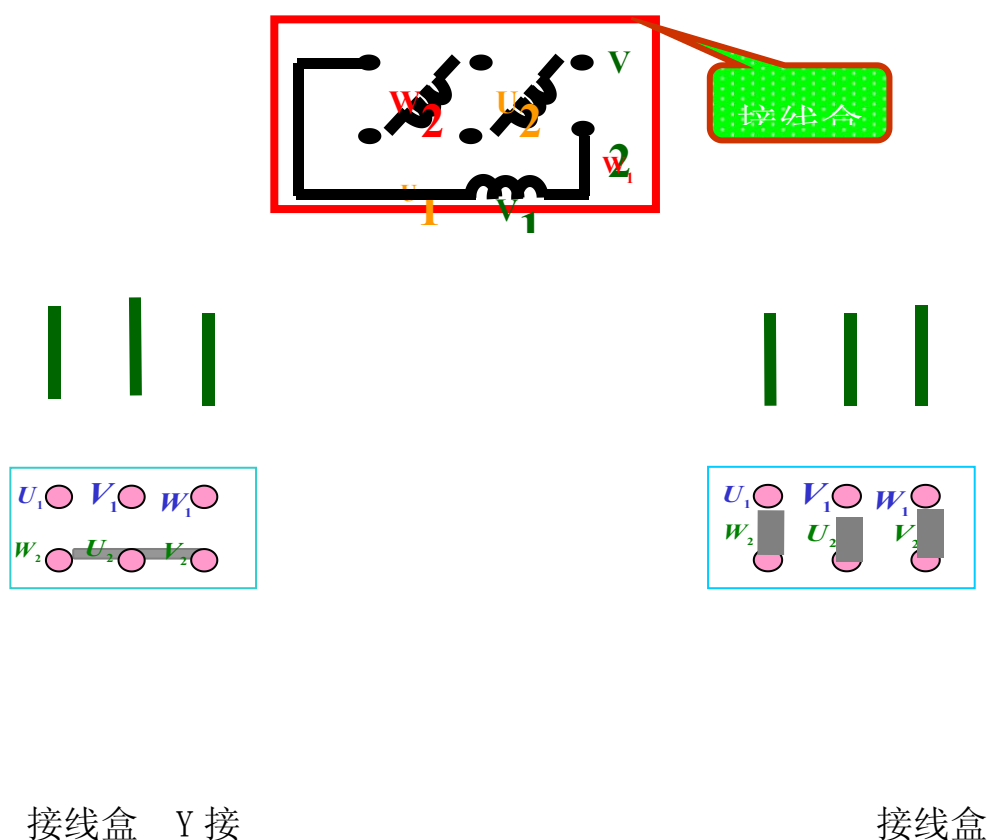
5. 对实验结果进行分析得出结论



6. 实验完毕，先切断电源，并将仪器设备摆放整齐。

7. 认真编写 “实验总结报告”

## 实训七 三相异步电动机的接线



Δ接

【任务内容】：将电动机作星形和角形连接

时限：10min

使用工具、材料：电工常用工具、三相异步电动机、导线

要求：正确使用工具；接法正确；布线横平、竖直；线头压接合理

## 实训八 判别三相异步电动机定子绕组首、尾端

1、用干电池和万用表判别首尾端

a. 判别三个绕组各自的首尾端

万用表调到电阻挡→分清两个线端→同一相绕组的电阻很小。

b. 判别其中两相绕组的首、尾端

万用表调直流最小档→任一相绕组接万用表，指定“+”为首，然后拿另外任一绕组接干电池，瞬间万用表正偏，则与电池“+”极接的为绕组的尾端。

c. 按上述方法判断最后一相

## 实训九 继电—接触器控制系统的应用

### 一、实验目的

1. 了解各种常用控制电器的动作原理及构造。
2. 通过实际安装接线，掌握由电气原理图接成实际操作电路的方法。
3. 加深对电气控制系统各种保护、自锁、互锁等环节的理解。
4. 学会分析、排除继电—接触控制线路故障的方法。

### 二、实验注意事项

1. 本实验系强电实验，接线前(包括改接线路)、实验后都必须断开实验线路的电源，特别改接线路和拆线时必须遵守“先断电，后拆线”的原则。操作时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。

2. 本实验所使用的接触器线圈的电压等级为220V，使用时切勿疏忽，否则，电压过高易烧坏线圈，电压过低，吸力不够，不易吸合或

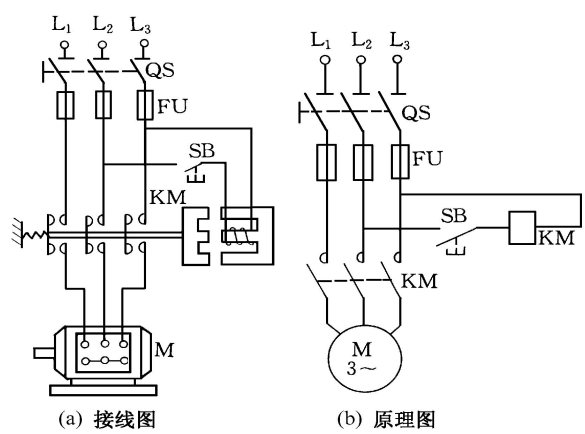
吸合频繁，也易烧坏线圈。

三. 实验设备

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	三相交流电源		1	
2	三相鼠笼式异步电动机	DJ24	1	
3	继电接触控制实验装置	HE-51/52	1	

四. 实验内容

1. 点动控制设计



**控制要求：**当按下按钮时，电动机起动并运行；当松开按钮时，电动机停止运行。

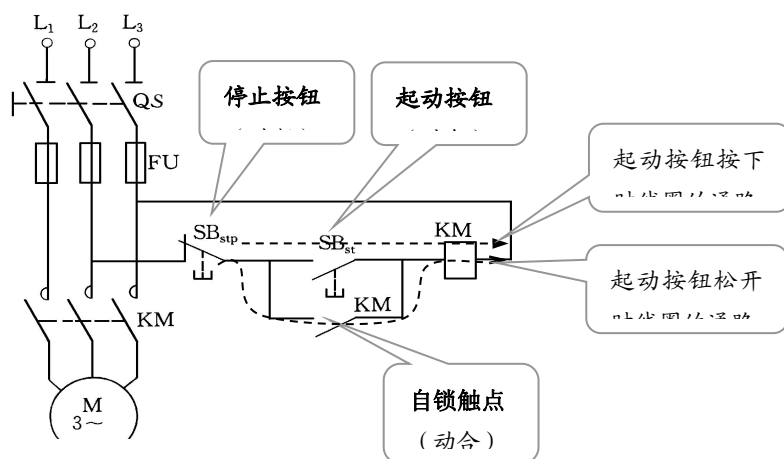
## 安装要求:

1. 按图接好线路
2. 布线时要横平竖直、分布均匀;
3. 变换走向时应垂直;
4. 同一平面的导线高低一致, 不能交叉;
5. 导线与接线柱连接时不能压绝缘层, 也不能裸露太长, 更不能有毛刺;
6. 安装完毕, 必须经过认真检查, 才允许申请通电试车 {a. 从电源端逐段核对; b. 用万用表检查}
7. 注意安全操作, 实验完毕切断实验线路电源

## 2. 连续运转控制线路

### 控制要求:

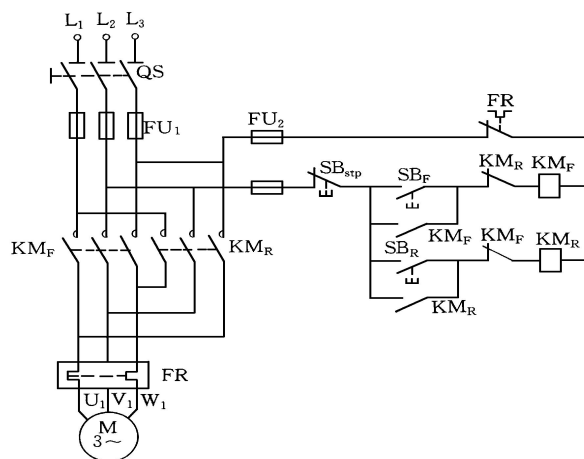
- 1) 按一下绿色启动按钮, 电动机连续运行, 松开按钮, 电动机不停止, 仍然继续运行。
- 2) 按下红色停止按钮, 电动机停止运行。



## 3. 正反转控制

### 任务（一）：接触器互锁的正反转控制电路

设计任务: 利用两个交流接触器交替工作就能改变电源接入电动机的相序



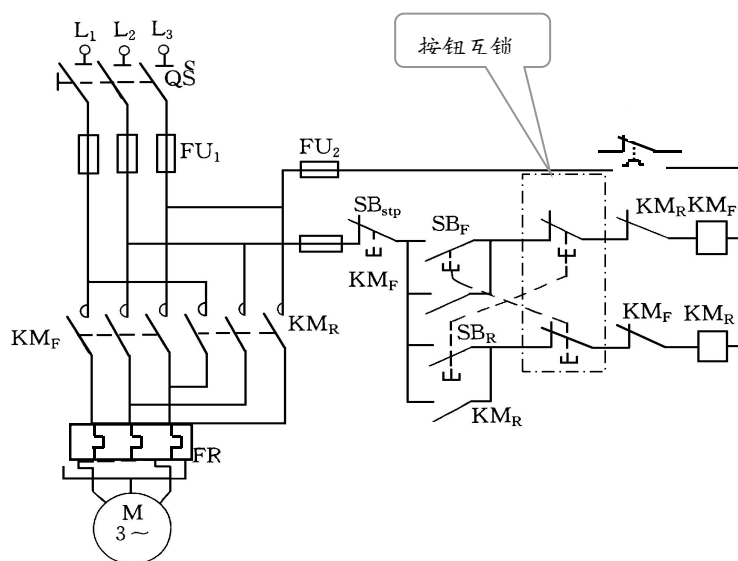
【说明】①正、反两个接触器的主触点分别闭合时电动机电流的相序相反。

②正、反两个接触器的线圈分别由两个控制电路控制。

③正、反两个接触器的主触点不允许同时闭合，否则会发生主电路相线间短路。因此要求在各自的控制电路中串接入对方的辅助动断触点，称为互锁。

安装要求：同前

## 任务（二）、复合互锁的正反转控制电路



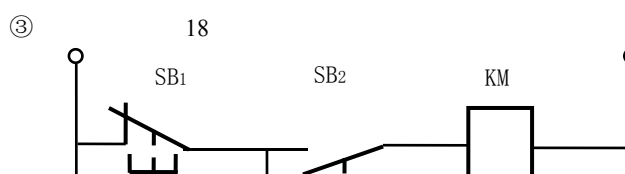
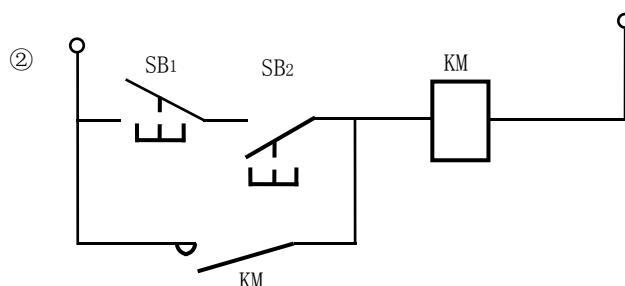
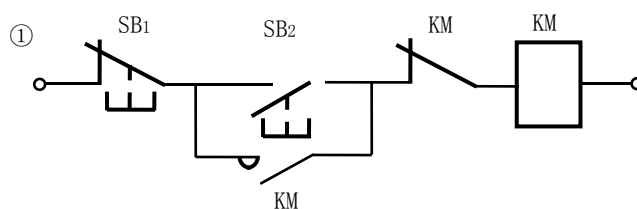
### 【讨论】任务总结与考核

说说在我们中还有那些电器设备应用了电动机正反转？

## 七、实验总结

1. 在电动机正、反转控制线路中，为什么必须保证两个接触器不能同时工作？采用哪些措施可解决此问题，这些方法有何利弊，最佳方案是什么？

2. 分析下图所示各控制电路是否能完成异步电动机起动、停机操作？简述其原因。





# 钳工实习

## 一、钳工实习要求

1. 了解钳工工作在机械制造及设备维修中的作用。了解钳工工作的主要内容，基本操作方法及所用的设备及工、卡、量具。
2. 掌握钳工工作（划线、锯、锉、钻孔、攻螺纹、套螺纹等）的基本操作及作用。
3. 了解钻、扩、铰、刮削和研磨等方法。
4. 掌握钳工常用工具、量具的正确使用方法并具有一定的操作技能。
5. 能按零件图熟练进行锯、锉、钻、攻螺纹、套螺纹等加工较复杂零件，按图纸要求做出实训产品。
6. 掌握并严格遵守钳工安全操作规程。

## 二、钳工安全操作规程

1. 使用锉刀、手锤等钳工工具前应仔细检查是否牢固可靠，有无损裂，不合格的不准使用。
2. 凿、铲工件及清理毛刺时，严禁对着他人工作，要戴好防护镜，防止铁屑飞出伤人。使用手锤时，禁止戴手套。不准用扳手、锉刀等工具代替手锤敲打物件，不准用嘴吹或手摸铁屑，以防伤害眼、手。
3. 用台钳夹持工件时，钳口不允许张得过大（不准超过最大行程的 2/3）。夹持圆工件或精密工件时应用铜垫，防工件坠落或损伤工件。



4. 钻小工件时，必须用夹具固定，不准用手拿着工件钻孔，使用钻床加工工件时，禁止戴手套操作。

5. 用汽油和挥发性易燃品清洗工件，周围应严禁烟火及易燃物品，油桶、油盘，回丝要集中堆放处理。

6. 使用手锯要防止锯条突然折断，造成割伤事故。

### 三、实习教学设备

台式钻床、钳台、各种工量具等。

### 四、时间及实习方式

实习课时：30 学时。

理论教学及示范操作（4 学时），操作技能训练（26 学时）。

### 五、实习内容、方法及步骤

#### （一）准备工作：

1. 自我介绍、点名考勤、小组划分、设备分配、穿戴劳动防护用品等；

2. 钳工概述。

#### （二）基础知识

##### 1. 钳工工作特点及作用

钳工主要利用台虎钳、手用工具和一些机械工具完成某些零件的加工，部件、机器的装配和调试，以及各类机械设备的维护、修理等任务。

作用：生产前的准备；单件小批生产中的部分加工；生产工具的调整；设备的维修和产品的装配等。

2. 钳工基本操作：划线、錾削、锯割、锉削、钻孔（扩孔、铰孔、绞孔）、攻（套）螺纹、装配、刮削、研磨、矫正和弯曲以及铆接等。

### 3. 划线的基本知识和方法

根据图样要求，在毛坯或工件上用划线工具划出待加工部位的轮廓或作为基准的点线叫划线。

#### 1) 划线基准的概念；

#### 2) 划线常用工具、量具的使用的方法；

#### 3) 平面划线的方法和步骤：

##### (1) 根据图样要求，选定划线基准；

##### (2) 对零件进行划线前的准备；

##### (3) 划出加工界限(直线、圆及连接圆弧)；

##### (4) 在划出的线上打样冲眼。

#### 4) 立体划线的方法和步骤。

### 4. 锯削的基本知识和方法

用手锯把原材料和零件割开，或在其上锯出沟槽的操作叫锯削。

#### 1) 锯架的种类；

#### 2) 锯条的种类、选择及安装方法；

#### 3) 起锯方法及锯割姿势（指导老师演示）。

### 5. 锉削的基本知识和方法

用锉刀从零件表面锉掉多余的金属，使零件达到图样要求的尺寸、形状和表面粗糙度的操作叫锉削。

#### 1) 锉刀的种类和规格及选用原则；

2) 锉削的方法：平面锉（顺向锉、交叉锉、推锉）、滚锉、圆弧锉法（指导老师演示）。

## 6. 钻削的基本知识和方法

零件上孔的加工，除去一部分由车、镗、铣和磨等机床完成外，很大一部分是由钳工利用各种钻床和钻孔工具完成的。钳工加工孔的方法一般指钻孔、扩孔和铰孔。

用钻头在实心零件上加工孔叫做钻孔。钻孔的尺寸公差等级低，为 IT14~IT11，表面粗糙度 Ra 值为 25~12.5  $\mu\text{m}$ 。

### 1) 钻孔方法

钻孔前先用样冲在孔中心线上打出样冲眼，用钻尖对准样冲眼铤一个小坑，检查小坑与所划孔的圆周线是否同心（称试钻）。

### 2) 扩孔、铤孔、铰孔

## （三）实习操作指导

### 1. 设备认识

讲解设备各部分的组成、工作原理及作用（指导老师演示）。

### 2. 台钻及摇臂钻操作与使用（指导老师演示）

### 3. 操作及安全

1) 钻前应检查钻床传动是否正常、工具、电气、安全防护装置等是否完好，钻床上保险块，挡块不准拆除，并按加工情况调整好才使用；

2) 摇臂钻床在校夹或校正工件时，摇臂必须移离工件并升高，刹好车，必须用压板压紧或夹住工件，以免回转甩出伤人；

3) 钻床床面上不要放其他东西,换钻头、夹具及装卸工件时须停车进行。带有毛刺和不清洁的锥柄,不允许装入主轴锥孔,装卸钻头要用楔铁,严禁用手锤敲打;

4) 钻削小工件时,要用台虎钳,钳紧后再钻。严禁用手去刹住转动着的钻头。薄板、大型或长形的工件竖着钻孔时,必须压牢,严禁手扶加工;当工件孔将钻穿时,应减压慢速,防止损坏平台。

#### 4. 操作示范

钳工各基本操作示范(指导老师演示)。

#### 5. 工具、量具的整理、收藏。

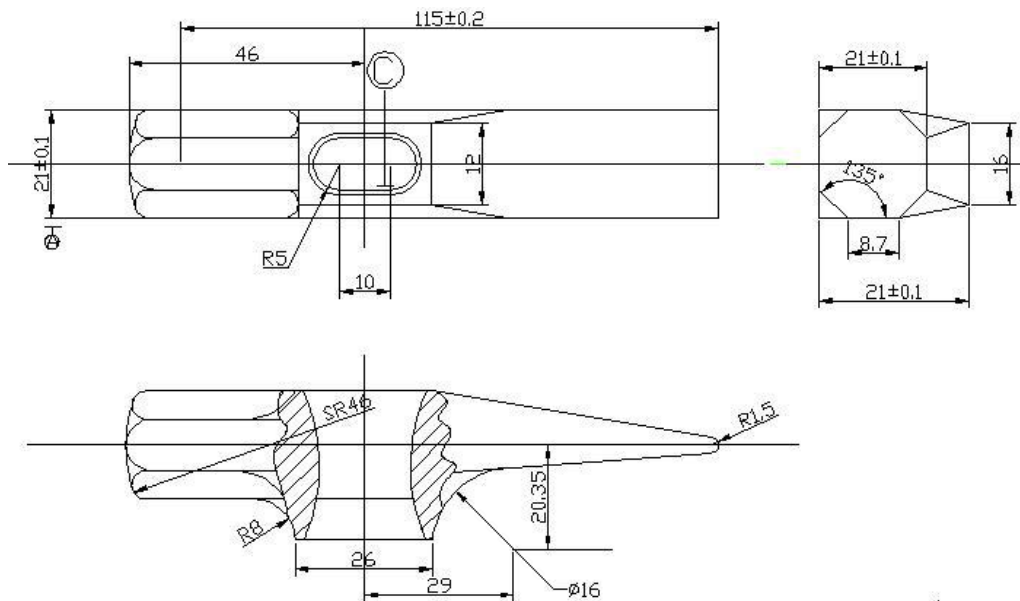
### (四) 实习操作——学生独立操作(以现场实际图样为准)

1. 工件名称:扁嘴锤。

2. 工件功能:手锤。

3. 技术要求:熟练掌握各种设备、工具、量具的正确使用与操作。能够熟练看懂图纸、并能按照图纸要求设计正确的加工方案及其加工步骤。

4. 工具、量具、刃具及材料:锯条、锯弓、划针、样冲、钻头、钢板直尺、游标卡尺、各种锉刀等。



图样：扁嘴锤

## 六、总结和考评

### （一）学生填写实习报告

1. 完成《报告》中的作业；
2. 完成《报告》中的工艺报告和小结；
3. 对指导老师进行评议。

### （二）老师对学生进行总结考评

1. 学生《报告》全批全改；
2. 按《工件评分标准》检验工件；
3. 安全、出勤、文明、劳动态度等评定；
4. 成绩汇总、登录。

## 电力开关柜实训

### 实训一 SYMCLD-01 矿井电气漏电保护实训装置

#### 一、用途和适用范围



1.1 主要用于煤矿井下，交流 50Hz, 额定电压为 1140V/660V、660V/380V, 额定电流在 40A 及以下的供电系统中，作为总开关、分支开关，也可作为大容量电动机不频繁启动控制之用，当供电线路中出现过载、短路或漏电时能自动切断电源。本开关自身带有漏电保护功能，作总开关时具有三相对称性漏电保护，用于分支开关漏电保护的后备保护；作分支开关使用时还具有选择性漏电保护与漏电闭锁保护功能。过载保护具有反时限特性，近端出口短路采用大电流无压释放保护电路。

1.2 可在下列环境条件下使用：

1.2.1 海拔不超过 2000 米；

1.2.2 环境温度 $-5^{\circ}\text{C}$ ~ $+40^{\circ}\text{C}$ ；

1.2.3 空气相对湿度不大于 95%( $+25^{\circ}\text{C}$  时)；

1.2.4 在无强烈震动和冲击振动的地方；

1.2.5 与垂直面的安装倾斜度不超过  $15^{\circ}$  ；

1.2.6 含有沼气和煤尘的空气中，但无足以腐蚀金属和破坏绝缘的气体和蒸气；

1.2.7 无滴水的地方。

## 二、主要技术特征

1 额定电压：1140V、660V 或 660V、380V；

2 额定电流：200A、400A；

3 极限分断电流：9000A、7500A/1140；

4 短路保护动作时间：<100 毫秒

5 经 1KD 电阻漏电动作时间：作分支开关时多作总开•关 Bf <100 毫秒(秀

延时)；200~400 毫秒(有延时)

6 在电网每相对地电容不大于 1 $\mu$ f，配电分支电容不大于 0.3 $\mu$ f 时，漏电阻在 20K(1140V)，11K(660V)，7K(380V) 以下能可靠地实现选择性漏电保护和后备保护，在 1K $\Omega$  漏电时能保证有选择性地实现 30 毫安秒的安全保护指标。三相对称漏电保护和后备 漏电保护动作时间不大于 100 毫秒与 400 毫秒(有延时)。

7 作分支开关使用时，负荷侧绝缘电阻低于 40K $\Omega$ +20%(1140V)、22K $\Omega$ +20%(660V) . 1 1K $\Omega$ +20%(380V) 时能可靠地实现漏电闭锁功能。

8 过载保护特性：

8.1 过载保护整定电流：额定电流 200A 时，60A~200A；额定电流 400A 时，120A~400A；由过流保护插件上的电位器进行整定，反时限保护特性见表 1。

8.2 短路保护特性：短路电流整定：额定电流 200A 时，200A~2000A，额定电流 400A 时，400A~4000A；由过流保护插件上的电位器进行整

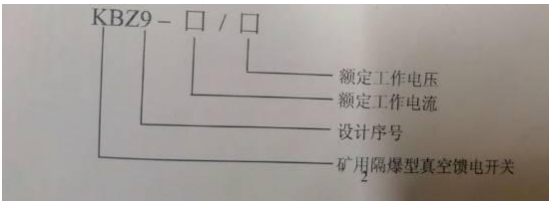
定，动作时间<10 毫秒，并且有大于 10 倍额定电流整定值的无压释放功能。

9. 出口短路采用大电流无压释放电路，短路电流大于 10 倍额定电流整定值时，动作时间≤100 毫秒。

表 1

序号	过电流/整定电流	动作时间	起始状态	复位时间
1	1.05	2h 不动作		
2	1.25	<60min	热态	<3min
3	2	≤10min	热态	<3min
4	6	>10s	冷态	<3min

10 型号意义：



三、使用和改造方法

1 原理与接线：

1.1 短路、过载、漏电保护以及漏电闭锁为集成运放电路组成。选择性漏电保护采用零序电性原理，对称性漏电保护以及选择性漏电保护的后备保护采用附加直流电源原理，出口短路及无压释放采用大于 10 倍额定电流值和电容贮能放电原理，操作机构采用手动合、分闸，故障状态时采用电磁跳闸。

2 保护整定：



2-1 短路保护整定：短路电流整定电位器整定值按被保护线路远端二相短路电流 值，参照 5 的规定来整定和校验灵敏度系数。

2. 2 过载保护整定：由于本开关是馈电开关，其反时限保护特性和整定时应当参照 开关实际所控制线路和负荷状态实际情况进行整定。

2. 3 漏电保护整定：本开关具有选择性漏电保护功能，作总开关时采用分支时采用 的是零序电流方向性原理。使用和维修中务必搞清楚这一点。

A、作总开关使用时，后边分支开关用同型号开关或其它具备选择性漏电保护功能 的分支开关，此时应将总开关漏电保护插件内“延时开关”拨向（S）位，“总分开关” 拨向（ZK）档。总开关不必另装检漏继电器。

B、作总开关使用时，如果后边分支开关不用本公司的同类开关或分支开关没有选 择性漏电保护，此时应将总开关漏电保护插件内“延时开关”拨向（0）位，“总开关” 拨向（ZK）粗。总分开关不必另装检漏继电器。

C、若用本开关二台并联都作总开关使用，因有关规程规定不允许在同一供电系统 中并用 2 台检漏继电器，则应注意将其中任一开关漏电保护插件内的“总分开关”推向（FK）档，“延时开关，，拨向（0）位即可，以错开同时跳闸问题。

2. 4 注意事项：要注意调节电网容性电流的最佳补偿状态，否则有可能发生误动作， 在和其它漏电继电器配合使用时务必注意。

作总开关使用时》（ZK）位置

380V漏电动作电阻值3. 5-7K  $\Omega$

660 V漏电动作电阻值9-13K  $\Omega$

1140V漏电动作电阻值11-24K  $\Omega$

作分支开关使用时：(FK) 位置

380V漏电动作电阻值3. 5-7K  $\Omega$

660V漏电动作电阻值5-13K  $\Omega$

1140V漏电动作电阻值11-24K  $\Omega$

作分支开关时漏电闭锁值 (FK)位置

380V 漏电动作电阻值 11+20%K  $\Omega$

660V 漏电动作电阻值 22+20%K  $\Omega$

1140V 漏电动作电阻值 40+20%K  $\Omega$

3 试验方法：送电试验前一定要确认电压等级。

### 3.1 漏电试验：

做总开关试验，将漏电保护插件内拨动开关推向(zk)位置，即总开关用位置。另 将延时开关推向(S)位，即延时位置，电压等级开关推向实际电压位置。此后，按动 壳外的漏电试验钮，开关应延时动作，并有相应显示。

做分开支试验，此时上一级开关必须加经改造的带延时的总检漏开关，否则会出 现越级跳闸。将漏电插件内拨动开关推向(FK)位置，即分支开关位置，延时开关推向(0) 位,即瞬时位置，注意电压等级要和实际相符此后，按动壳外的漏电试验钮，开关应 动作，并有相应显示。其他支路有漏电也不会影响本开关。

3. 2 短路试验：可接大电流发生器通大电流进行试验。但要注意在辅助电源变压器 一次侧加额定电压。

3. 3 过载保护以及出口短路保护试验：

都可采用接大电流发生器通大电流的方法进行。仍要注意在辅助电源变压器一次 侧加额定电压。

3. 4 绝缘耐压和绝缘电阻测量：

A、 绝缘耐压试验按有关标准进行。

主回路：4200V（用在 1140V 时）、2500V 用在（660V、380V）做耐压试验时应取下 电子保护插件以及阻容吸收装置。

B、 绝缘电阻测量时，注意事项同上。

3. 5 合闸机构调整：

本开关合闸机构使用一定时间经磨损可能合闸困难，此时应及时进行调节机构上 的合闸角度螺钉，应定期对转动机构加适量润滑油，确保机构灵活可靠。在井下也可进 行，这对现场使用是很方便的。

#### 四、线路原理说明

本于关主要由防爆外壳、木体组成，本体主要由真空断路器, 保护系统等组成。

真空断路器采用手动合闸、分闸、故障时电磁脱扣分闸，这种方式简单、可靠、易于维修。真空管的额定电流为 400 安培，电压为 1140V, 极限分断能力为 9000 安培，电 寿命为  $1 \times 10^4$  次，机械寿命为  $1 \times 10^4$ 。

1 保护系统中各主要器件作用：

### 1.1 电源变压器

一次电压为 380、660V、1140V

二次电压为 0-28V、0-15V-110V, 0-70V、17V-0-17V

### 1.2 电流互感器

把一次电流信号变换为二次直流电压信号，互感器用环氧树脂灌封，有两个出线，一端接地，一端送入保护插件。二端不可颠倒相接。

### 1.3 三相电抗器

采用星形接法，由中心点送入保护插件使用，其作用为：

- A、 输出零序电压信号。
- B、 直流监测电压通过三相电抗器中心点接入三相电网。

### 1.4 零序电流互感器

零序电流互感器用高导磁材料做成铁芯，外绕几千匝绕组，并在该绕组上取得漏电信号。互感器用环氧树脂灌封，有两个出线端：一端接地，一端送入漏电保护插件，二者不可颠倒连接。

## 2 线路工作原理

2.1 上电工作：提起合闸手柄，电源开关闭合，主变压器得电，漏电插件、过载插件投入工作，电源指示灯亮，同时漏电闭锁检测，若负载绝缘正常，TQ 线圈不吸合，方可合闸，若检测负载漏电，则 TQ 线圈吸合，漏电指示，不能合闸。

2.2 过载保护：由过流保护插件执行，由 DH 电流互感器 A-V 变换器变换进入过载插件 A7 脚，经 W1 整定至 IC<sub>3</sub>10 端与 IC<sub>3</sub>9 比较。1.25I<sub>e</sub> 过载时 10 端电位大于 9 端电位，8 端输出为高电位+24V，A 点电

位经 R7、R12、R13 对 C5 充电，经延时 C5 电位升至 IC12 脚电位，ICJ 脚输出高电位+24V 推动 G 使 J1 吸合、QT 动作、断路器分闸，同时+24V 经 DU，BS 脚，XS9，进入显示插件，过载显示。

2. 3 漏电闭锁：由漏电保护插件执行，“总分开关”打在 FK 位，由电源+12V 经 2R13、2R14、2D1、2A1、ZD、2B6、FK、SK 至电网到 RZ 进行对地绝缘监测，若 RZ 低于规定值，B 点电位(ICa3)下降低于 ICJ2 脚，则 14 脚变为+12V，经 2R32，2D8，FK，<sup>2</sup>J1，2B7 进入 过载插件 A2 脚时 D13 截止，过载插件 IC<sub>2</sub>5 脚变为高位，使 IC<sub>2</sub>7 输出+2 礼推动 G 管，使 J1 吸合，QT 动作闭锁，使断路器在三相对地绝缘电阻低于规定值时不能合闸，同时漏电插件 IG14 输出的+12V 经过 2A8 脚，进入显示插件 XS3，漏电显示。

2-4 短路保护“由过流保护插件执行，若短路电流大于短路整定电流值时，DH 输出电位经 R1、R2 分压至 ICJ2 端，高于 ICJ3 端整定门槛电位，使 ICJ4 端输出+24V 高电位，推动 G 管，使 J1 吸合，QT 动作，断路器分闸。同时+24V 经 D12，B2 脚进入显示插件 XS2，短路显示。

2. 5 近端失压短路保护即开关出口端短路，由过流保护插件执行。强大电流使三相电压降至 60%<sub>0</sub>，本保护器应有能力使断路器分闸，具体工作原理如下：因 C6 为大容量电容，平时贮存着大量电荷，如果出现近端电路短路，则电容 C6 放电使 TQ 动作，断路器分闸。

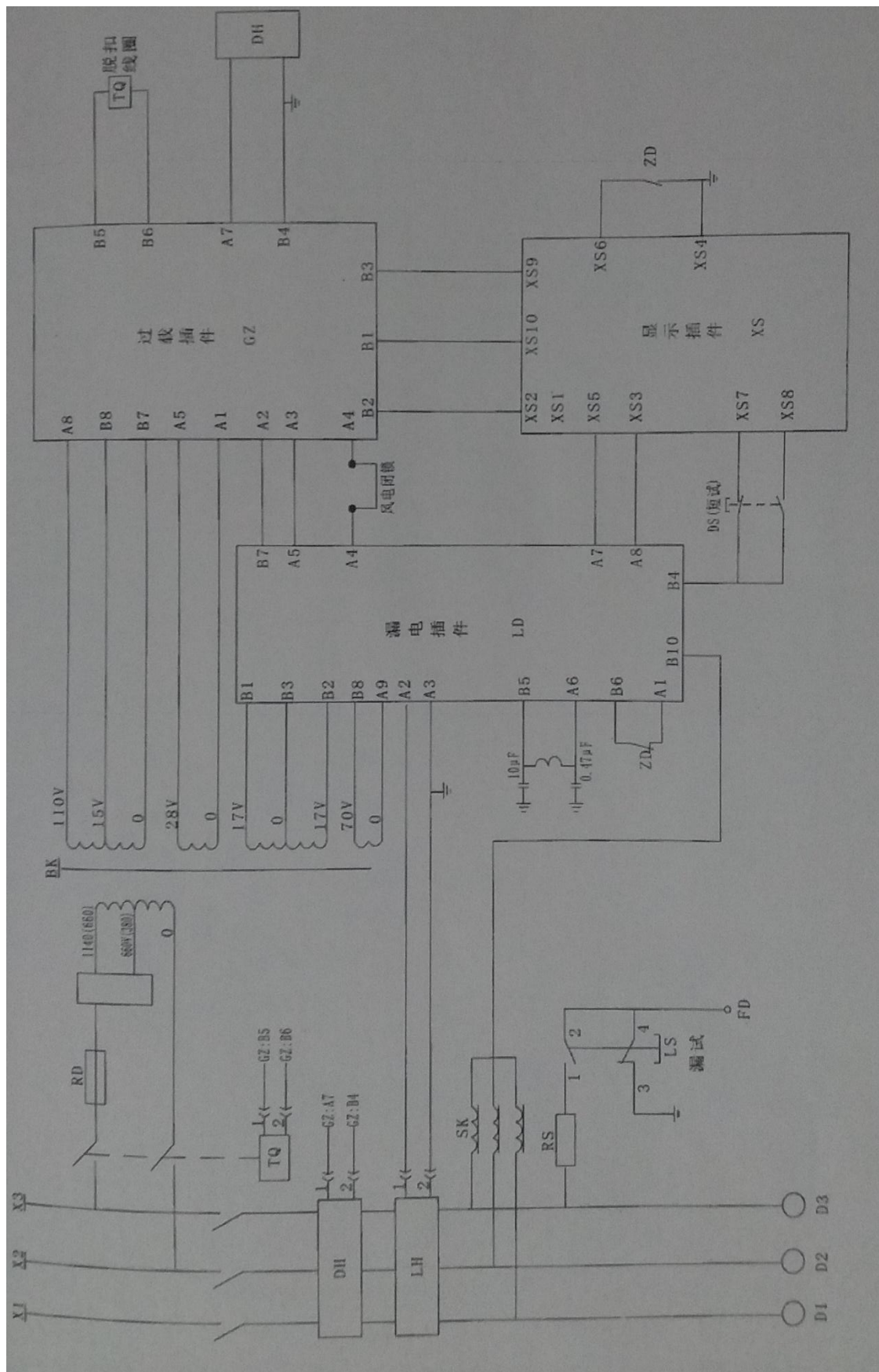
2-6 选择性漏电保护，由漏电保护插件执行。

当分开关用时，本支路漏电电阻若小于规定值时，零序电流互感器输

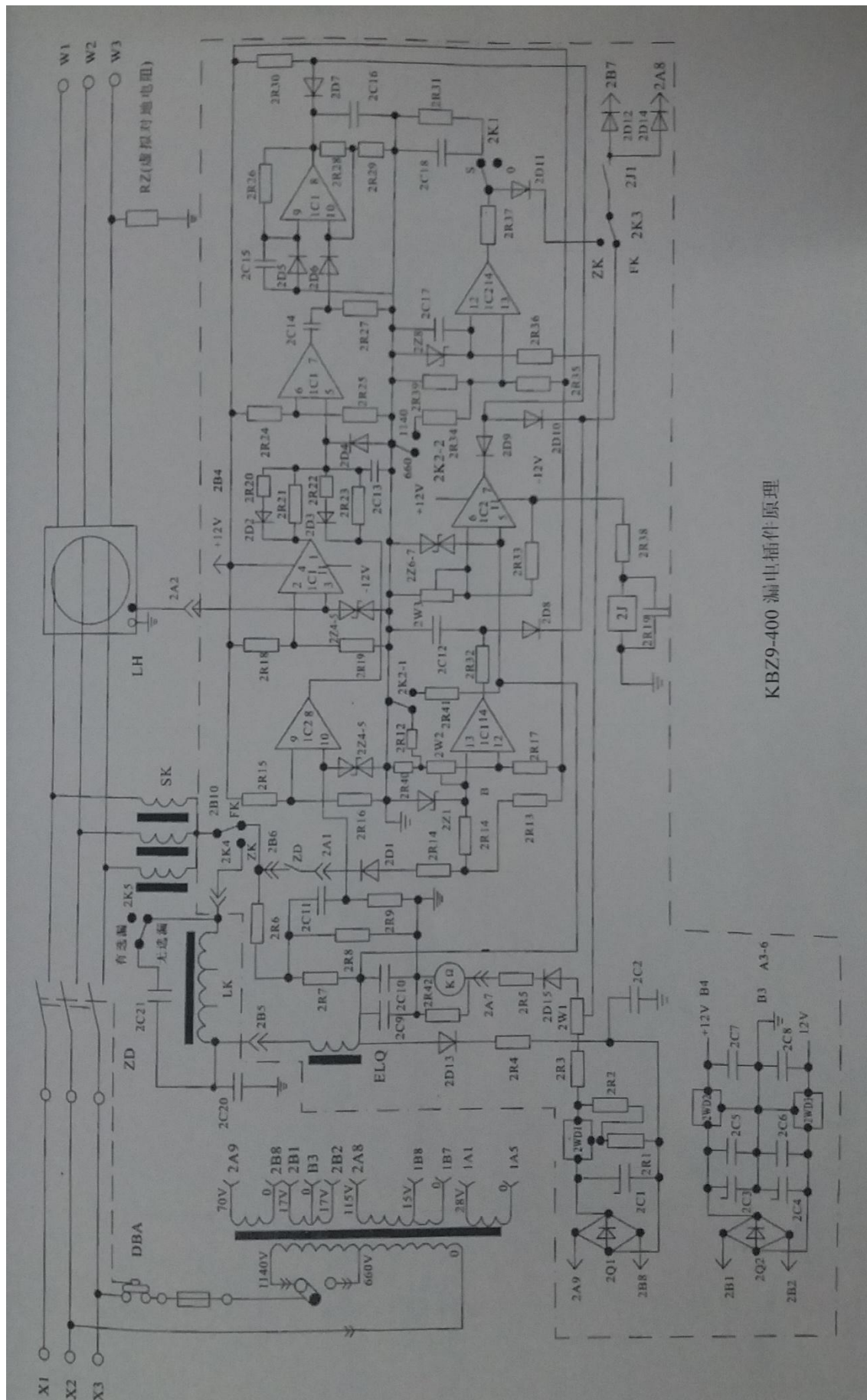
出电压送 1C。脚与 IG2 脚相比较,若绝对值大于 2 脚电位,时,FK, 2R6, 2C11 移相送入 IC210 脚与 IC29 脚相比较,若绝对值大于 9 脚电位, IC28 脚将输出脉冲波信号,若两脉冲方波正半周信号 重合满足一定值时即相位差最大不超过某个值时,两信号向 2C13 充电,当 IQ5 电位高于 IC,6 脚电位时, ICJ 脚输出高定位,直至 IC!8 脚输出将是宽脉冲,使 2D7 截止;另外 70V 附加直流通过二相电抗器,对三相网络进行漏电监测,若漏电电阻小于规定值时 IC25 脚 电位将高于 IC26 脚整定值时, IC27 脚变为高电位,使 2D9 截止, +12V 经 2R30、2D10. FK, 经 2B7 进入过载插件 A2 脚, 过载插件的 IC27 输出+24V, 推动 G 管, 分闸后, 若漏电电阻未 排除, 使脱扣器动作, 断路器分闸。

分闸后, 若漏电电阻未排除, 则执行漏电闭锁部分。

当总开关后备保护时, +73V—2R3—2W1—2R5—KQ 表—地—漏电电阻—二相电抗 器—2K4—LK—2D13—2R4—0V。因而漏电电阻大小变化将反应在 2W1 的压降上, 若漏电 电阻小于规定值, IC212 脚电位将高于 13 脚整定值, 使 14 脚输出高电位, 推动 G 管, 使断 路器分闸, 同时漏电显示。

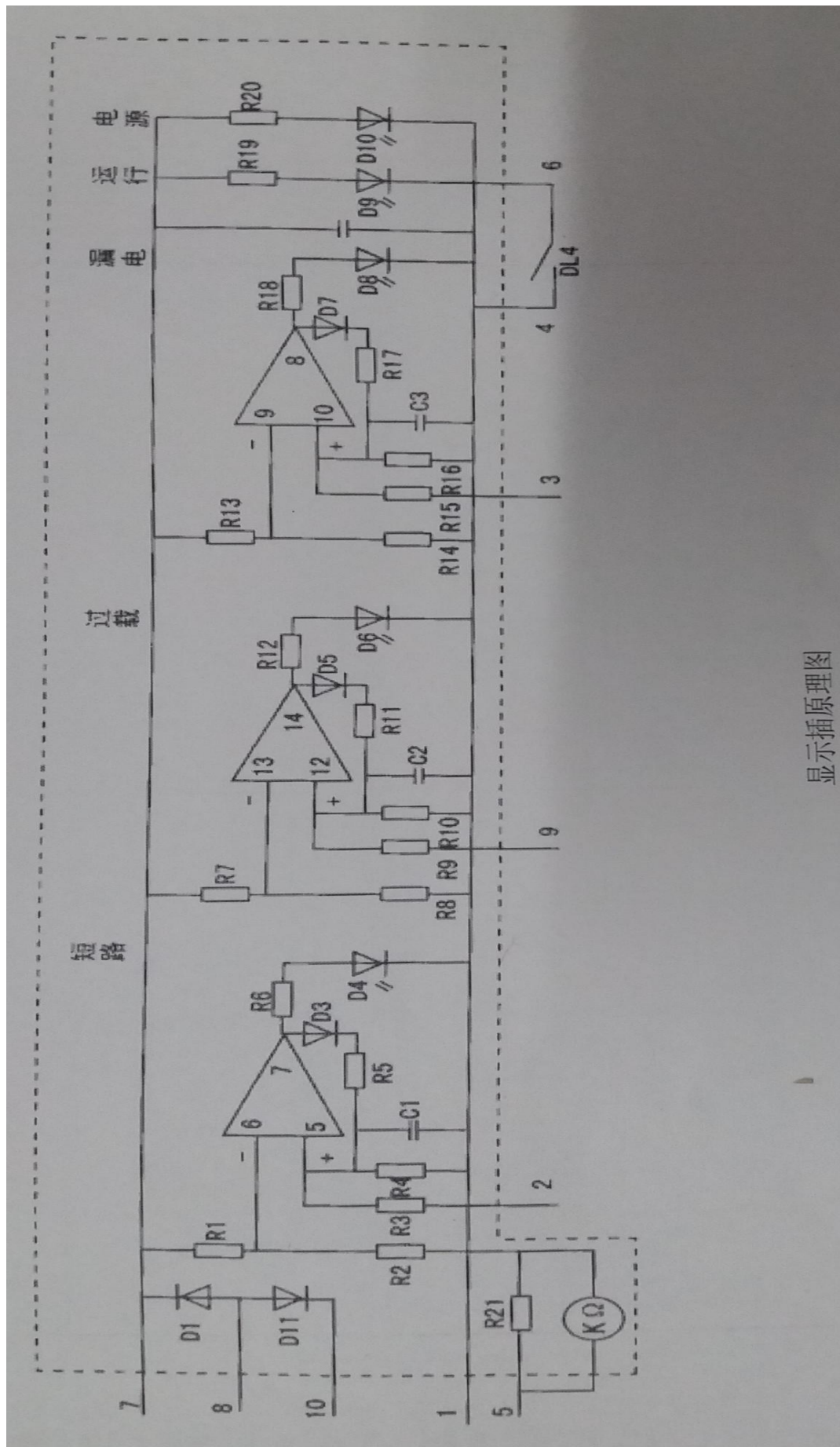




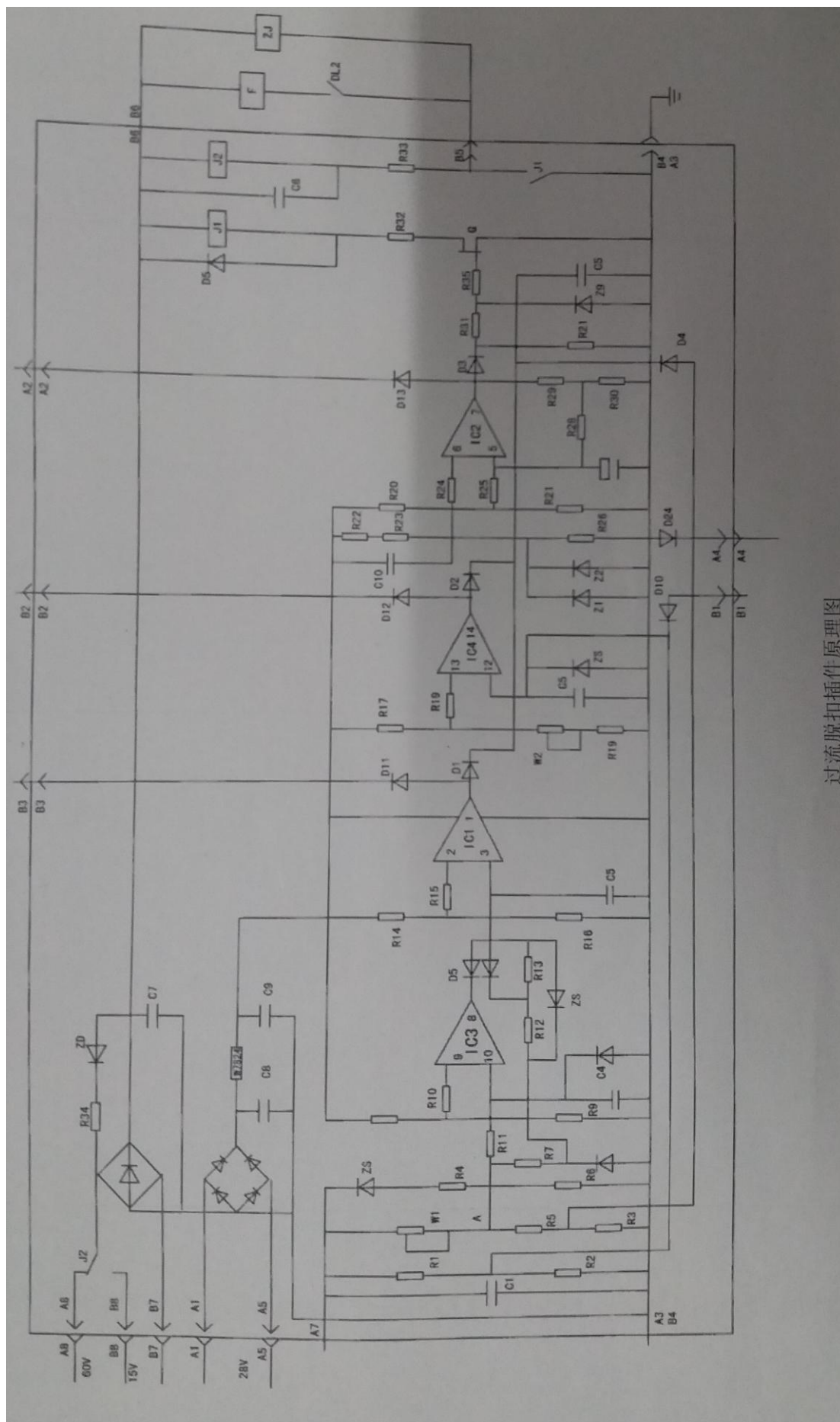


KBZ9-400 漏电插件原理





显示插原理图



过流脱扣插件原理图

## 实训二 煤矿电气控制技能实训装置

### 实验一 三相鼠笼电动机点动控制线路

#### 一、实验目的

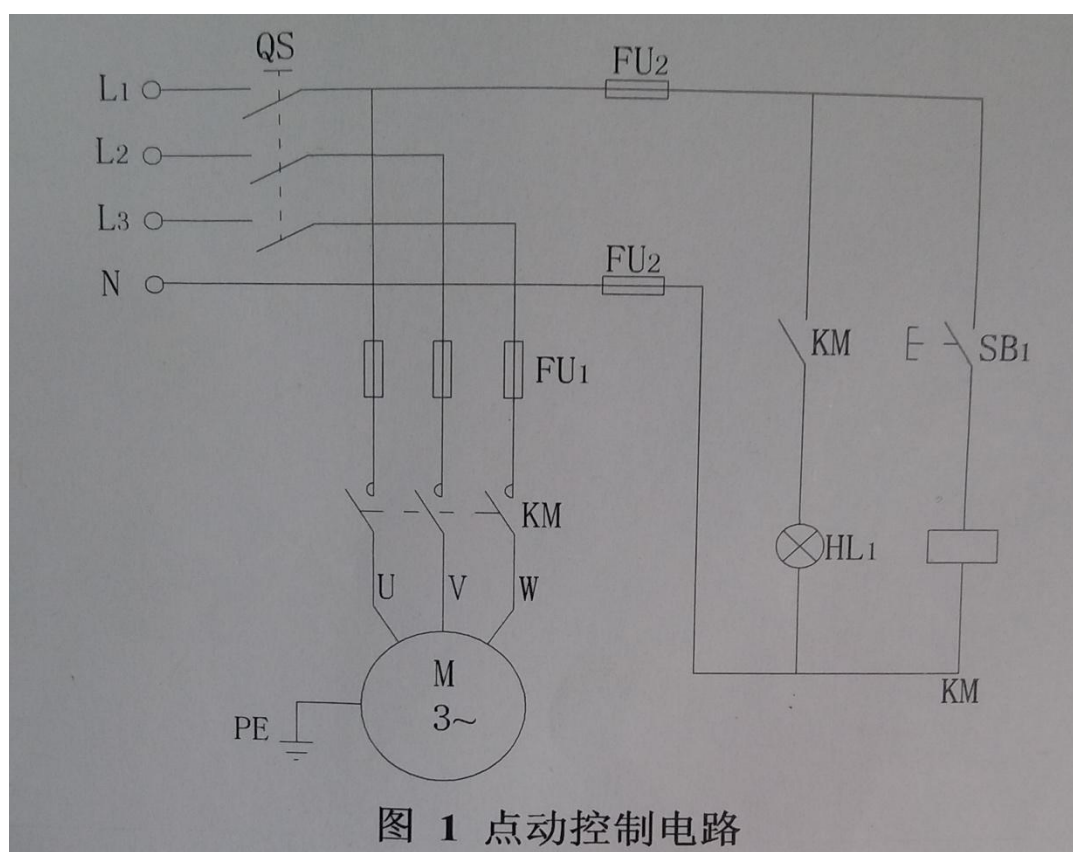
- 1、通过点动控制线路的安装接线，掌握通过原理图的安装接线的技能。
- 2、通过实验掌握及加深理解点动控制线路。

#### 二、实验电路

线路连线如下图所示，经指导老师检查无误后，方可实验。

#### 三、实验步骤

- 1、闭合开关 QS，按下启动按钮(不动)，KM 线圈得电，KM 主触头闭合电动机得电启动同时 KM 常开触点闭合 HL 亮。
- 2、开按钮 SB1, KM 线圈失电，接触器各触点复位，电动机停止转动。



## 实验二 三相鼠笼电动机点动自锁控制线路

### 一、实验目的

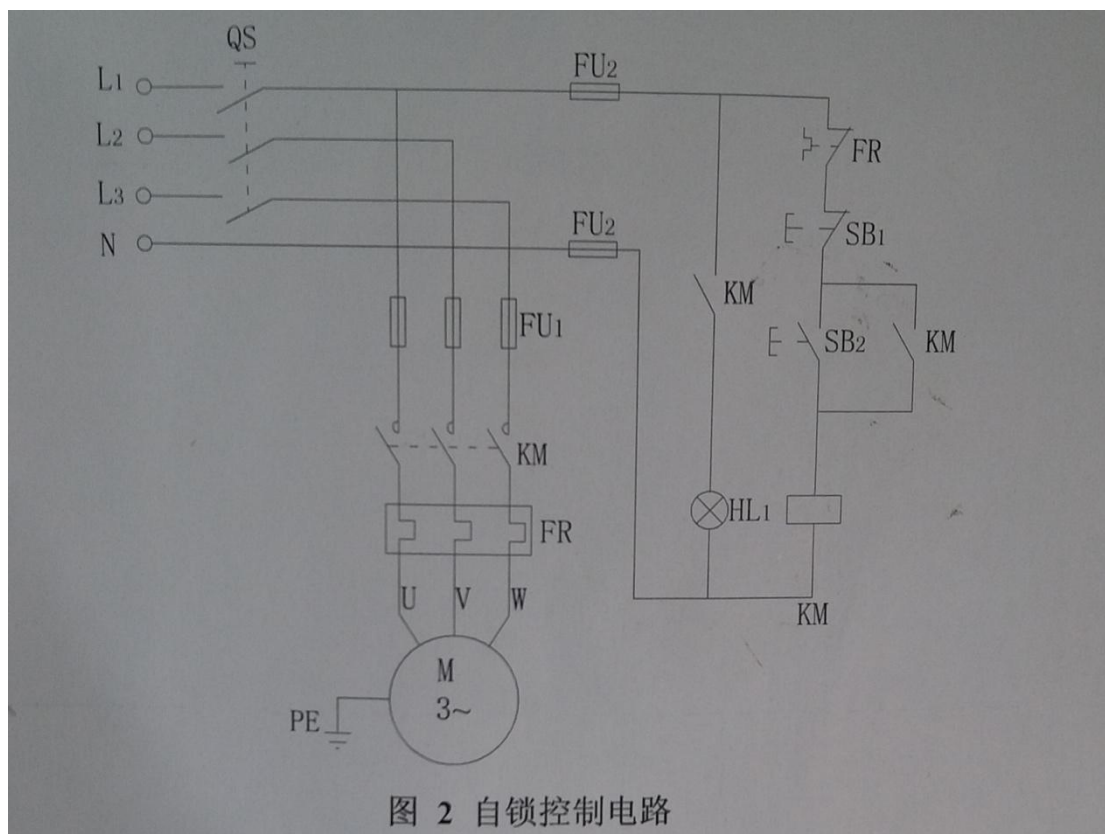
- 1、通过点动控制线路的安装接线，掌握通过原理图的安装接线的技能。
- 2、通过实验掌握及加深理解自锁控制线路。

### 二、实验电路

线路连线如下图所示，经指导老师检查无误后，方可实验。

### 三、实验步骤

- 1、闭合开关 QS，按下启动按钮 SB2，KM 线圈得电主触点闭合电动机转动，KM 常开触点闭合自锁且灯 HL1 亮。
- 2、按下停止按钮 SB1, KM 线圈失电，KM 的各触点复位，电动机停止转动。





### 实验三 三相鼠笼电动机点动正反转控制线路

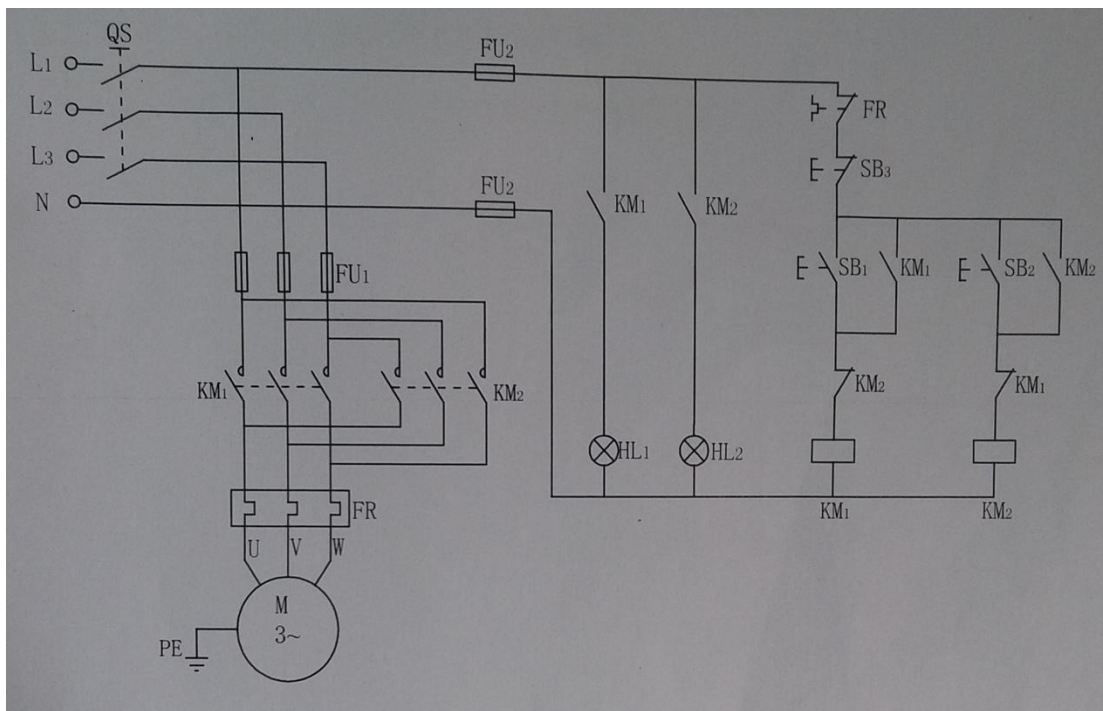
#### 一、实验目的

- 1、通过点动控制线路的安装接线，掌握通过原理图的安装接线的技能。
- 2、掌握正、反转的工作原理。

#### 二、实验电路

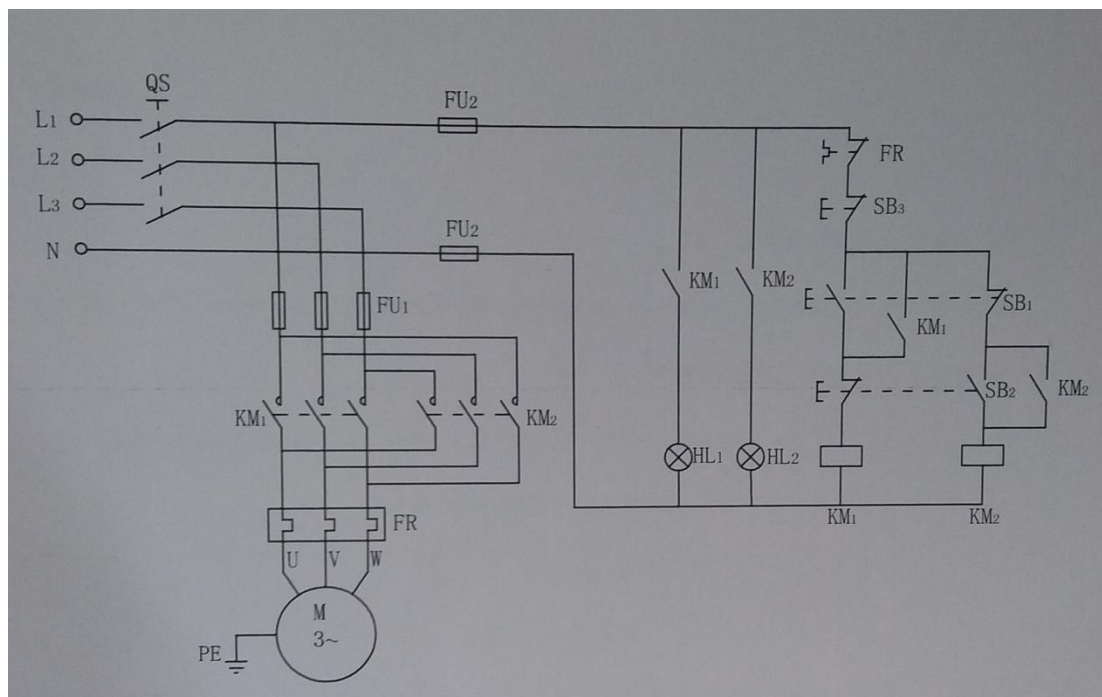
##### 方式一：接触器连锁的正反转控制电路

按下图接线，经指导老师检查无误后，方可实验。



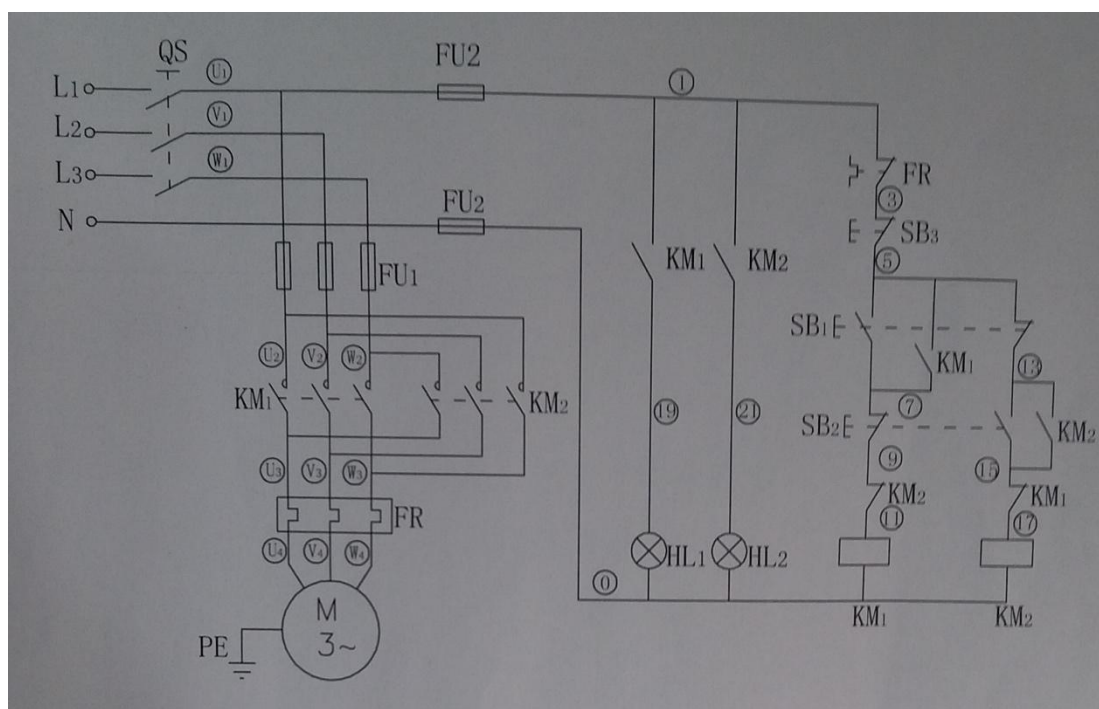
##### 方式二：按钮连锁的正反转控制电路

按下图接线，经指导老师检查无误后，方可实验



### 方式三：按钮、接触器连锁的正反转控制电路

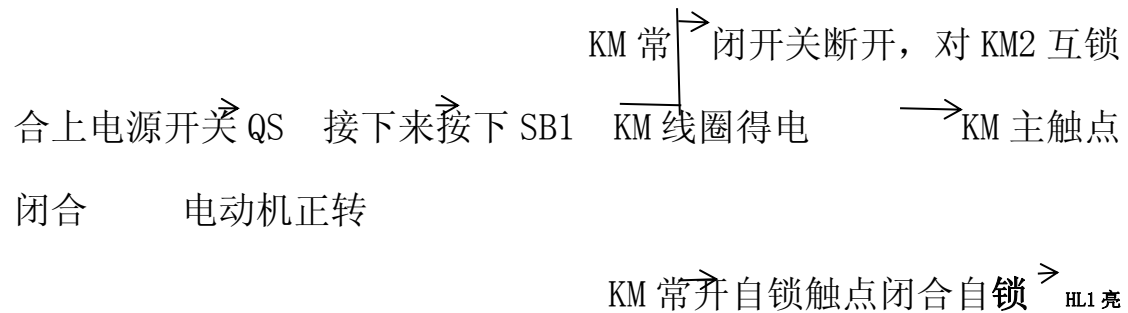
按下图接线，经指导老师检查无误后，方可实验



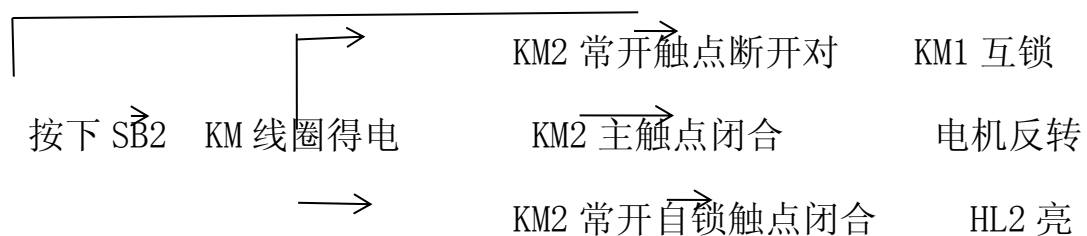
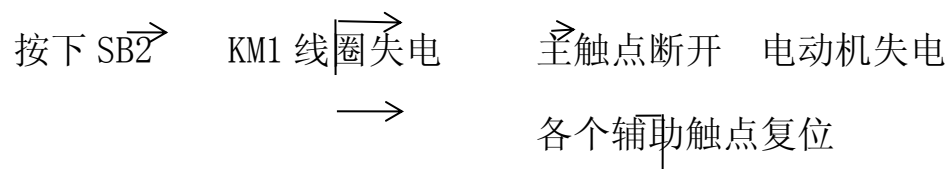
### 三、实验步骤:

#### 方式一:

(1)



(2)

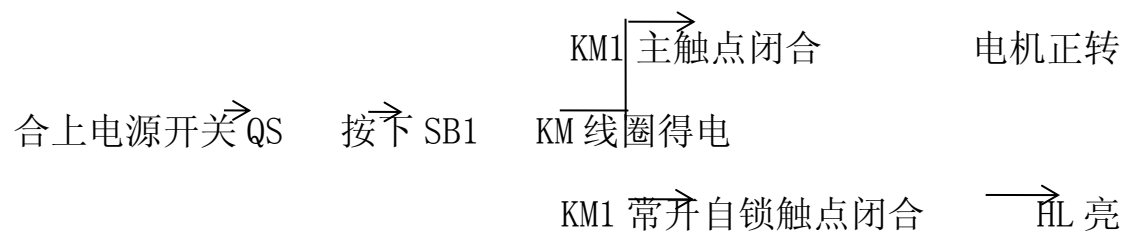


(3)

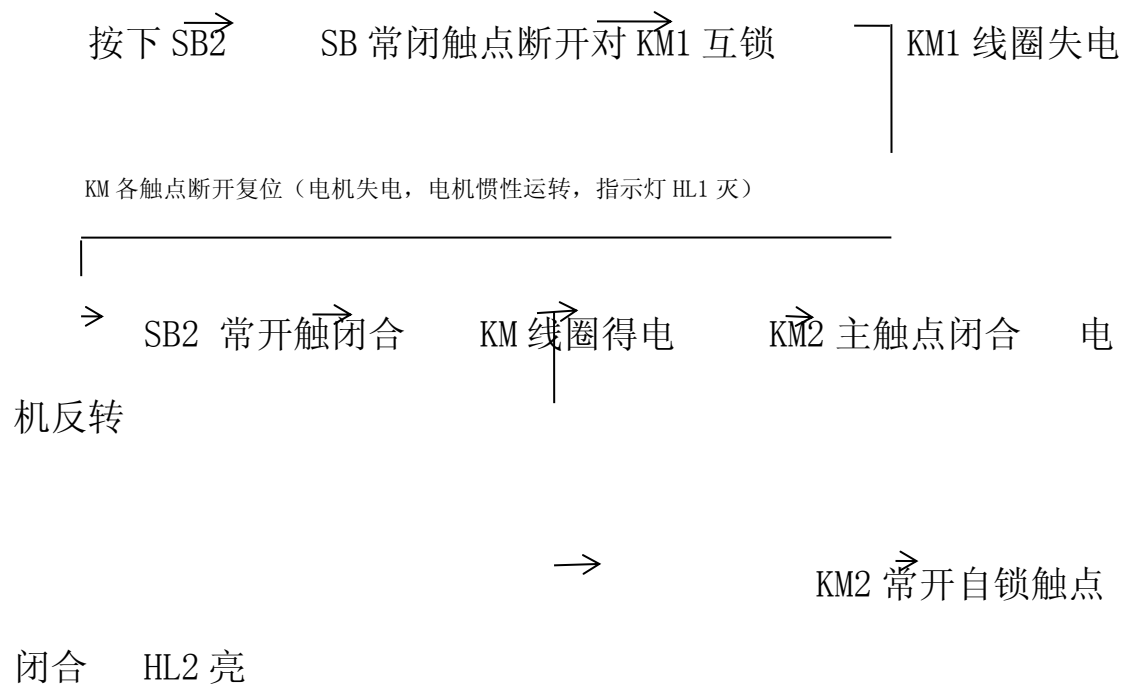


#### 方式二:

(1)



(2)



(3)

按下 $\overrightarrow{SB3}$     系统停车



方式三：

为了操作方便，又能有效防止电源的相间短路，可以采用按钮、接触器双重联锁的正反转控制线路。

按钮接触器双重联锁的控制线路如方式三图所示。这个线路是把接触器联锁和按钮联锁两个控制线路的优点结合起来，可不按停止按钮而直接按反转按钮改变电动机的转动方向，当接触器发生熔焊等故障时又不会发生电源的相间短路，从而达到了双重保护的目的。

按钮接触器双重联锁的控制线路的工作原理是：合上电源开关 QS，按下按钮 SB1，接触器 KM1 电磁线圈获电，KM1 主触点闭合，电动机正转，KM1 常开辅助触点闭合形成自锁，同时指示灯 HL1 亮，KM1 常闭辅助触点断开反转 KM2 回路实现联锁。若需要反转，则按下按钮 SB2，SB2 的常闭触点断开使 KM1 电磁线圈断电，KM1 主触点断开、电动机电源断开：KM1 常开辅助触点复位解除自锁，指示灯 HL1 灭，KM1 常开辅助触点恢复闭合解除联锁：同时 SB2 的常开触点闭合。接触器 KM2 电磁线圈获电，KM2 主触点闭合，电动机反转：KM2 常开辅助触点闭合实现自锁，同是指示灯 HL2 亮 KM2 常闭辅助触点断开实现联锁。若需要停止则按下按钮 SB3，工作的接触器电磁线圈断电，触点复位，电动机停止转动，指示灯灭。

# 电子安装技术实训

## ——六管超外差收音机的组装实训

### 一、实训目的

1. 了解电子产品装配的基本过程；
2. 掌握简单电子元器件的质量检测和极性识别的方法；
3. 熟悉并初步掌握收音机整机的装配工艺。

### 二、实验内容和步骤

由于直接放大式收音机的灵敏度比较低，只能接受本地区强信号的电台，接收远地电台的能力较弱，它的选择性差，接收相邻频率的电台信号时存在串台现象。

为了提高灵敏度和选择性，就要采用超外差式收音机。超外差式收音机有别于直放式收音机的特点是它不直接放大广播信号，而是通过一个叫变频级的电路将接收的任何一个频率的广播电台信号变成

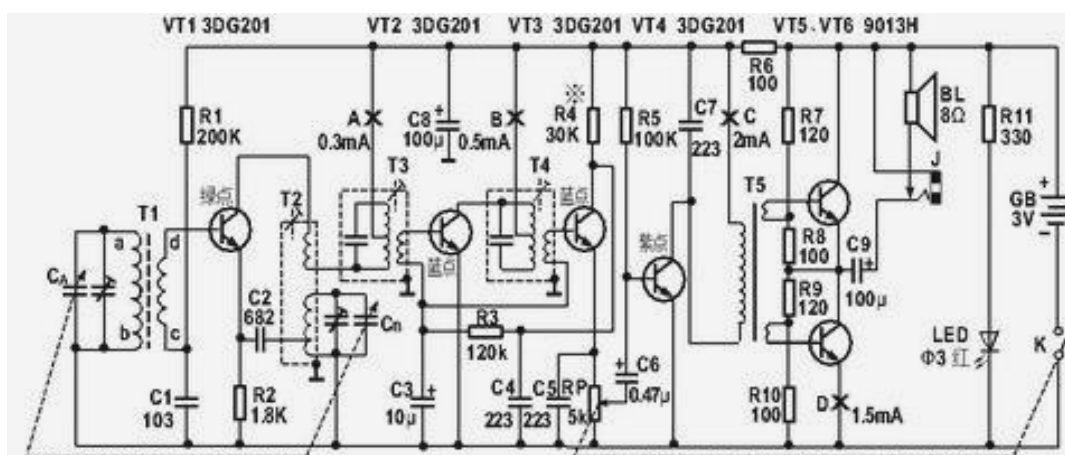


图 6-1 六管超外差收音机的电路原理

一个固定中频信号(我国规定中频频率是 4 6 5 KHz)，由中频放大器进行放大，然后进行检波，得到音频信号，最后推动扬声器工作。

## （一）电路的工作原理

六管超外差收音机的电路原理如图 6 - 1 所示。

六管超外差式收音机的组成框图如图 6 - 2 所示。

显然收音机主要由输入回路、变频级、中放级、检波级、低放级、功率输出级组成。

### 1. 输入调谐电路

输入调谐电路由双连可变电容器的 CA 和 T 1 的初级线圈 Lab 组成，是一并联谐振电路，T 1 是磁性天线线圈，从天线接收进来的高频信号，通过输入调谐电路的谐振选出需要的电台信号，电台信号频

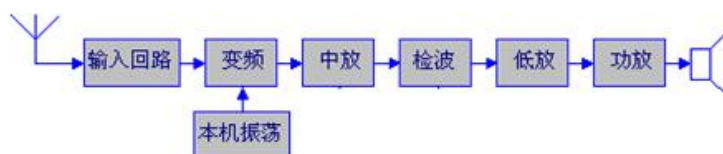


图 6-2 六管超外差收音机的组成框图

率是  $f = 1 / 2 \pi LabCA$ ，当改变 CA 时，就能收到不同频率的电台信号。

### 2. 变频电路

本机振荡和混频合起来称为变频电路。变频电路是以 VT 1 为中心，它的作用是把通过输入调谐电路收到的不同频率电台信号(高频信号)变换成固定的 465KHz 的中频信号。

VT 1、T2、CB 等元件组成本机振荡电路，它的任务是产生一个比输入信号频率高 465 KHz 的等幅高频振荡信号。由于 C 1 对高频信号相当短路，T 1 的次级 Lcd 的电感量又很小，对高频信号提供了通路，所以本机振荡电路是共基极电路，振荡频率由 T2、cB 控制，CB 是双连电容器的另一连，调节它以改变本机振荡频率。T2 是振荡线

圈，其初次绕在同一磁芯上，它们把 VT 1 的等电极输出的放大的振荡信号以正反馈的形式耦合到振荡回路，本机振荡的电压由 T2 的初级的抽头引出，通过 C2 耦合到 VT 1 的发射极上。

混频电路由 VT 1、T3 的初级线圈等组成，是共发射极电路。其工作过程是：(磁性天线接收的电台信号)通过输入调谐电路接收到的电台信号，通过 T1 的次级线圈 Lcd 送到 VT 1 的基极，本机振荡信号又通过 C2 送到 VT 1 和发射极，两种频率的信号在 T 1 中进行混频，由于晶体[三极管](#)的非线性作用，混合的结果产生各种频率的信号，其中有一种是本机振荡频率和电台频率的差等于 465KHz 的信号，这就是中频信号。混频电路的负载是中频变压器，T3 的初级线圈和内部电容组成的并联谐振电路，它的谐振频率是 465KHz，可以把 465KHz 的中频信号从多种频率的信号中选择出来，并通过 T3 的次级线圈耦合到下一级去，而其它信号几乎被滤掉。

### 3. 中频放大电路

中频放大电路主要由 VT2、VT3 组成的两级中频放大器。第一中放电路中的 VT2 负载是中频变压器 T4 和内部电容组成，它们构成并联谐振电路，谐振频率是 465KHz，与前面介绍的直放式收音机相比，超外差式收音机灵敏度和选择性都提高了许多，主要原因是有了中频放大电路，它比高频信号更容易调谐和放大。

### 4. 检波和自动增益控制电路

中频信号经一级中频放大器充分放大后由 T4 耦合到检波管 VT3，VT3 既起放大作用，又是检波管，VT3 构成的三极管检波电路，这种

电路检波效率高，有较强的自动增益控制（AGC）作用。

AGC 控制电压通过 R3 加到 VT2 的基极，其控制过程是：外信号电压  $\uparrow \rightarrow V_{b3} \uparrow \rightarrow I_{b3} \uparrow \rightarrow I_{c3} \uparrow \rightarrow V_{c3} \downarrow$  通过 R3  $V_{b2} \downarrow \rightarrow I_{b2} \downarrow \rightarrow I_{c2} \downarrow \rightarrow$  外信号电压  $\downarrow$ 。

检波级的主要任务是把中频调幅信号还原成音频信号，C4、C5 起滤去残余的中频成分的作用。

### 5. 前置低放电路

检波滤波后的音频信号由电位器 RP 送到前置低放管 VT4，经过低放可将音频信号电压放大几十到几百倍，但是音频信号经过放大后带负载能力还很差，不能直接推动扬声器工作，还需进行功率放大。旋转电位器 RP 可以改变 VT4 的基极对地的信号电压的大小，可达到控制音量的目的。

### 6. 功率放大器 (OTL 电路)

功率放大器的任务是不仅要输出较大的电压，而且能够输出较大的电流。本电路采用无输出变压器功率放大器，可以消除输出变压器引起的失真和损耗，频率特性好，还可以减小放大器的体积和重量。

VT5、VT6 组成同类型晶体管的推挽电路，R7、R8 和 R9、R10 分别是 VT5、VT6 的偏置电阻。变压器 T5 做倒相耦合，C9 是隔直电容，也是耦合电容。为了减少低频失真，电容 C9 选得越大越好。无输出变压器的功率放大器的输出阻抗低，可以直接推动扬声器工作。

### （二）元器件的选择

可变电容器 CA，CB 采用 CMB - 223 型的密封双连。

磁性天线采用  $5\text{mm} \times 13\text{mm} \times 55\text{mm}$  的中波扁磁棒，初级 Lab 用线经 0.17 毫米的漆包线绕 100 圈，次级用同规格的线绕 10 圈。其外形见图 6-3。

T2 是振荡线圈，型号为 LF10-1 (红色)，T3、T4 是中频变压器，中频变压器也叫作中周。它的初级线圈有三根引线，次级有二根引

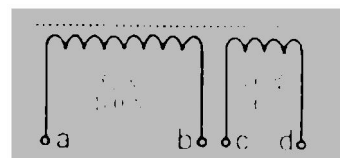


图 6-3 磁棒线圈示意图

线。线圈绕在 I 型磁芯上，磁芯外面有磁帽。调节磁帽可改变线圈的电感量。中周外面有金属屏蔽外壳，把外壳接地，可减小互相干扰。T3 是第一放用中周，型号为 TF10-1 (白色)，T4 是第二中放用中周，型号为 TF10-2 (黑色)。T2、T3、T4 在出厂前均已调在规定频率上，装好图 3 磁性天线示意图后可以不调。如要调整只需微调，请不要调乱。中周外壳除起屏蔽作用外，本电路还起导线的作用，所以安装中周时外壳必须焊接在相应处。

T5 是输入变压器，型号是 E14，有六个引出脚，线圈骨架上有凸点标记的为初级。VT1~VT4 是高频小功率三极管，VT1 选用低  $\beta$  值 (如绿点或黄点)， $\beta$ ：40~80 间；VT2、VT3 选用中  $\beta$  值 (如兰点和紫点)， $\beta$ ：80~180 司；VT4 选用高  $\beta$  值 (紫点或灰点)， $\beta$ ：120~270 间，VT1~VT4 的型号一般是 3DG201，9014；VT5、VT6 选用 9013 属于中功率三极管，请不要与 VT1~VT4 相混淆。

电容要求容量准确，c1、C2、c4、c5、c7 一般选用瓷片电容，c3、c6、c8、c9 选用电解电容，耐压一般不低于 6V，漏电要小。电阻

器采用同规格的碳膜电阻器。误差在±5%以内。其余的元器件和附件见表 6 - 1。

表 6 - 1 元件清单

序号	名称	型号规格	位号	数量	序号	名称	型号规格	位号	数量
1	三极管	3DG201 (绿、黄)	VT1	1 只	18	瓷片电容	682、103	C2、C1	各 1 只
2	三极管	3DG201 (兰、紫)	VT2、VT3	2 只	19	瓷片电容	223	C4、C5、C7	3 只
3	三极管	3DG201 (紫、灰)	VT4	1 只	20	双联电容	CBM - 223P	CA	1 个
4	三极管	9013H	VT5、VT6	2 只	21	收音机前盖			1 个
5	发光二极管	Φ3 红	LED	1 只	22	收音机后盖			1 个
6	磁棒线圈	5×13×55mm	T1	1 根	23	刻度尺、音窗			各 1 个
7	中周	红、白、黑	T2、T3、T4	3 个	24	双联拨盘			1 个
8	输入变压器	E 型	T5	1 个	25	电位器拨盘			1 个
9	扬声器	Φ58mm	BL—	1 个	26	磁棒支架			1 个
10	电阻器	100 Ω	R6、R8、R10	3 只	27	印刷电路板			1 块
11	电阻器	120 Ω	R7、R9	2 只	28	原理图及说明			1 张
12	电阻器	330 Ω、1.8K	R11、R2	各 1 只	29	电池正负极片			3 片
13	电阻器	30K、100K	R4、R5	各 1 只	30	连接导线			4 根
14	电阻器	120K、200K	R3、R1	各 1 只	31	耳机插座	Φ2.5mm	J	1 个
15	电位器	5K	RP	1 个	32	双联拨盘螺钉	Φ2.5×5		3 只
16	电解电容	0.47 uF、10 uF	C6、C3	各 1 只	33	电位器拨盘螺钉	Φ1.6×5		1 只
17	电解电容	100 uF	C8、C9	2 只	34	自攻螺钉	Φ2×5		1 只

本机的印刷电路图如图 6 - 4 所示。印刷电路板上元件面和焊接面之分。一般将元件安装面称为正面，覆铜焊接面称为反面。正面上的各个孔位都标明了应安装元件的图形符号和文字符号，制作者只需按照印刷电路板上标明的符号，再通过原理电路图查找其规格，将相应元件对号入座即可。

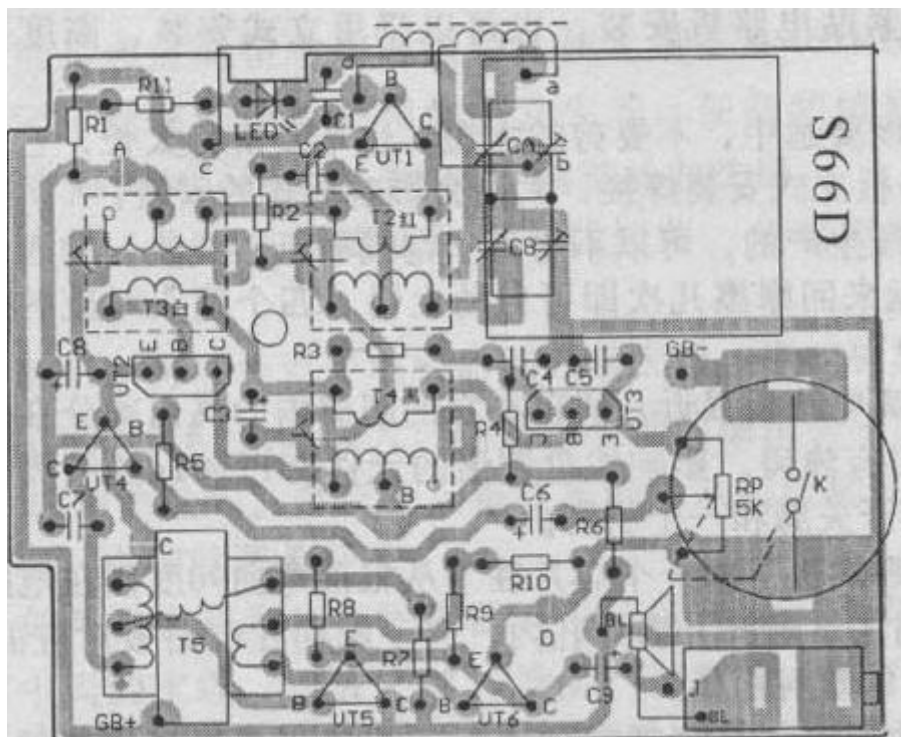


图 6-4 S66D 印刷面板图

### (三) 安装工艺要求

安装时请先装低矮或耐热的元件(如电阻),然后再装大一点的元件(如中周、变压器),最后装怕热的元件(如三极管)。

1. 电阻的安装 请将电阻的阻值(参照本说明书的“色环电阻色标数”)选择好后根据两孔的距离弯曲电阻脚可采用卧式紧贴电路板安装,也可以采用立式安装,高度要统一。

2. 瓷片电容和三极管的脚剪的长度要适中,不要剪的太短,也不要留得太长,它们不要超过中周的高度。电解电容紧贴线路板立式安装焊接,太高会影响后盖的安装。

3. 磁棒线圈(系采用进口的自焊线生产的,可以不用刀子刮或砂纸砂线头)的四根引线头可以直接用电烙铁配合松香焊锡丝来回摩擦几次即可自动上锡,四个线头对应的焊在线路板的铜泊面。



4. 由于调谐用的双联拨盘安装时离电路板很近，所以在它的圆周内的高出部分在焊接前先用斜口钳剪去，以免安装或调谐时有障碍，影响拨盘调谐的元件有 T2 和 T4 的引脚及接地焊片、双连的三个引出脚、电位器的开关脚和一个引脚。

5. 耳机插座的安装。先将插座的靠尾部下面一个焊片往下从根部弯曲 90 度插在电路板上，然后再用剪下来的一个引脚一端插在靠尾部上端的孔内，另一端插在电路板对应的 J 孔内，焊接时速度要快一点以免烫坏插座的塑料部分。

6. 发光管的安装请按照要求弯曲成型，直接插在电路板上焊接，最后请将跨线 J1 连接。

7. 喇叭安放挪位后再用电烙铁将周围的三个塑料桩子靠近喇叭边缘烫下去把喇叭压紧 以免喇叭松动。

总之，装配焊接过程中我们应当特别细心，不可有虚焊、错焊、漏焊等现象发生。初学者比较容易发生的错误是：a. 电阻色环认错。色环中红、棕、橙容易混淆，在不能确定时，请用万用表检测其阻值；b. 将电解电容器和发光二极管等有极性的元件焊反。电解电容器长脚为正极，短脚为 负极，其外壳圆周上也标有“-”号，说明靠近“-”号的那根引线是负极。发光二极管的长 脚为正极，短脚为负极，将管体透过光线来看，电极小那根引线是正极，另一个引线是负极；c. 中周、振荡线圈弄混。振荡线圈 T2 的磁帽是红色，T3 是第一中周磁帽是白色，T4 是第二中周磁帽是黑色，它们之间千万不要弄混；d. 输入变压器 T5 装反。T5 的塑料骨架上有凸点的一边为初级，印刷板

上也有圆点作为标记，将它们一一对应即可；e. 磁性线圈的线头未上锡就焊接。

#### （四）六管超外差式收音机的调试

一台不经过调整的收音机可能收不到电台或声音很小，要提高收音机的灵敏度、选择性和收听频率范围，还必须经过调整。在通电调试之前，要对照印刷电路图认真检查元器件有无错漏的地方，焊点之间有没有短路现象，元器件引线之间有无相碰现象等。

##### 1. 调整各级晶体三极管的静态工作点

晶体三极管的工作状态是否合适，会直接影响整机的性能，严重时甚至使整机不能工作。所谓工作状态的调整主要是指集电极电流的调整。图 1 中有“X”的地方为电流表接入处，线路板上留有四个测量电流的缺口，分别是 A、B、c、D 四个点，将电位器的开关打开(音量旋至最小即测量静态电流)，用万用表的 10mA 档测量各点的三极管静态电流是  $I_{c1} \approx 0.3\text{mA}$ ， $I_{c2} \approx 0.5\text{mA}$ ， $I_{c4} \approx 2\text{mA}$ ， $I_{c5,6} \approx 1.5\text{mA}$ ，测量值与上述值差不多时可用。

电烙铁将这四个缺口依次连接，再把音量开到最大，调双连拨盘即可收到电台声音。如果遇到某一级电流太大或太小时首先重点检查这一级三极管的极性和质量，然后检查三极管周围元件是否有问题。

##### 2. 调整中频频率

就是通过调整中周的磁帽，使它谐振在 465KHz 上。调中周的工具应该使用无感起子，调中周最好使用高频信号发生器，使高频信号发生器输出 465KHz 的中频信号，用 1KHz 音频调制，调制度选 30%。

调整的方法是：首先，将本机振荡回路用导线短路，使它停振，以避免造成对中频调试工作的干扰；然后，将双连可变电容器调到最大值(逆时针旋到底)。打开收音机的电源开关 K，将音量电位器 RP 旋到最大，信号发生器的输出头碰触 VT2 的基极，调整 T4，使扬声器发出 1KHz 的响声最响。然后由后级往前级，从基级输入信号，仅调整 T3、T4，使扬声器中声音最响，中频就调整好了。

如果没有高频信号发生器，也可以利用一台成品收音机做信号源。从成品收音机的第二中周的次级(检波之前)焊出一根导线，串联一个 0.01 的电容器作为中频输出端头，成品收音机调准一个电台，音量电位器旋到最小位置，测试调整方法同上。

这步调试完成后，将使本机振荡器停振的短路线去掉，以便进行下一步的调试工作。

### 3. 调整频率范围

调整频率范围也叫做调整频率覆盖。它是通过调整本机振荡线圈 T2 和振荡回路的补偿电容来实现。

在中波波段，规定接收频率范围是 535KHz 到 1605KHz，也就是要求双连可变电容器全部旋入时能接收 535KHz 的信号，全部旋出时能接收 1605KHz 的信号。

首先在低端收一个广播电台，例如武汉交通广播电台 603KHz 的广播。如果刻度盘指针位置比 603KHz 低，说明振荡线圈的电感量小了，可以把振荡线圈的磁帽旋进一点。反之，可以把振荡线圈的磁帽旋出一点，直到指针的位置在 603KHz 处收到这个广播电台。

然后在高端收一个广播电台，例如武汉楚天广播电台 1179KHz，如果指针的位置不在 1179KHz 处，要调整补偿电容器(双连背后)，直到指针的位置在 1179KHz 处收到这个电台为止。

在调整的过程中，高低端相互存在影响，需要来回调整几次。

#### 4. 跟踪统调

统调的目的是使本机振荡频率同天线回路频率始终相差 465KHz。当然这两个频率要处处保持相差 465KHz 是困难的。但是可以做到高、低二点相差 465KHz。

先在低端接收一个广播电台，例如 603KHz 的广播，移动磁性天线线圈 T1 在磁棒上的位置，使扬声器的声音最响，低端统调就算初步完成了。再在高端接收一个广播电台，例如 1179KHz 的广播，调整天线回路中的补偿电容器(双连的背后)，使扬声器的声音最响，高端统调就初步完成了。由于高、低端相互影响，因此要反复调整几次。

### 三、实训要求

- (1) 机壳及刻度板清洁完整，不得有划伤、烫伤及缺损。
- (2) 元件安装整齐美观，焊接质量好，无损伤。
- (3) 导线焊接可靠，线头不得裸露太长，不得有虚焊。
- (4) 转动部分灵活，固定部分可靠。
- (5) 性能指标：
  - ①频率范围 535KHZ - 1605KHZ;
  - ②灵敏度较高（相对）;
  - ③音传清晰、噪声低。

#### 四、实训总结

写出自己的心得体会

# 机械设计基础课程设计

## 一、设计课题

课题一：设计一台带式输送机中使用的单级直齿圆柱齿轮减速器。

技术参数：如图 8 - 1 所示。运输带传递的有效圆周力  $F=4000\text{N}$ ，运输带速度  $v=0.75\text{m/s}$ ，滚筒的计算直径

$D=300\text{mm}$ ，原动机为电动机，齿轮单向

传动，有轻微冲击，工作时间 10 年，每年按 300 天计，单班工作（每班 8 小时）。

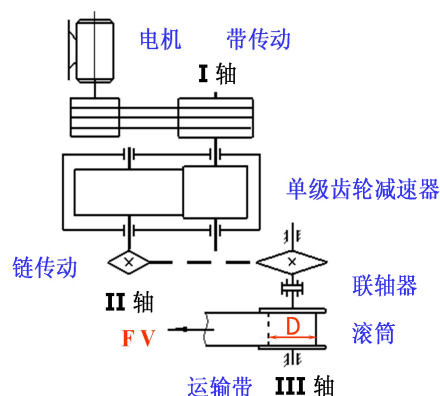


图 8-1 带式输送机传动示意图

课题二：设计零件清洗运输装置中的一级斜齿圆柱齿轮减速器。

技术参数：运输带传递的有效圆周力  $F=6500\text{N}$ ，运输带速度  $v=0.42\text{m/s}$ ，滚筒的计算直径  $D=400\text{mm}$ ，原动机为电动机，齿轮单向传动，工作平稳，有轻

微冲击，双班制工作，运输带速度允许误差正负 5%，工作年限为 10

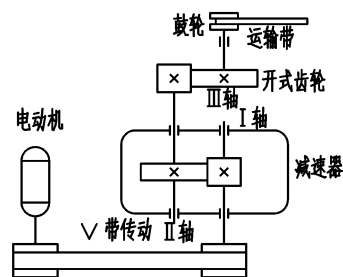


图 8-2 带传动示意图

年，每年按 300 天计，单班工作（每班 8 小时）。带传动方案如图 8-2 所示。

课题三：设计一台带式输送机中使用的二级直齿圆柱齿轮减速器。

技术参数：

数据编号	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
运输带工作拉力	2000	2000	2200	2300	2600	2800	3000	2500	3000	2200
运输带工作速度	1.0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.4	0.8	1.1	1.5	1.6
卷筒直径	250	220	240	320	200	350	250	400	400	450

1. 机器的工作条件：三班制，连续单向运转，载荷平稳，室内工作，有粉尘(带式输送机的效率已经在  $F$  中考虑)；
2. 使用年限：十年，大修期三年；
3. 生产批量：10 万台；
4. 生产条件：中等规模机械厂，可加工 8~9 级精度齿轮及蜗轮；
5. 动力来源：电力，三相交流（220/380）；
6. 运输带速度允许误差：5%；
7. 设计工作量：
  - (1) 减速器装配图一张（A0）；
  - (2) 零件图一张（A3）；
  - (3) 设计说明书一份

8. 传动方案如图8-3所示。

## 二、编写编制计算说明书

计算说明书是设计计算的整理和总结、是图纸设计的理论根据，而且是审核设计的技术文件之一。因此编写计算说明书是设计工作的一个重要组成部分。

计算说明书的内容视设计任务而定，对于传动装置设计内容大致包括：

- (1) 目录（标题及页次）；
- (2) 设计任务书；
- (3) 传动方案的拟定（简要说明附传动方案简图）；
- (4) 电动机的选择及传动装置运动和动力参数计算（计算电动机所需功率，选择电动机，分配各级传动比，计算各轴转速、功率和扭矩）；
- (5) 传动零件的设计计算；
- (6) 轴的计算；
- (7) 链联接的选择和计算；
- (8) 滚动轴承的选择和计算；
- (9) 联轴器的选择；

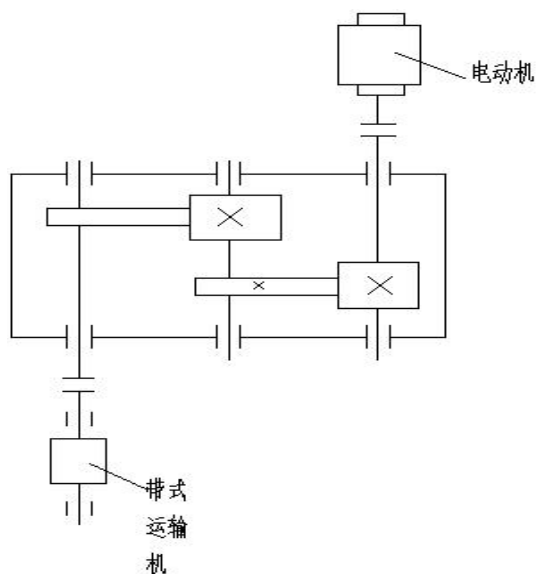


图 8-3 传动方案示意图



(10) 参考资料(资料的编号[x]及书名、作者、出版单位、出版年月)。

说明书还可以包括一些其他技术说明,如装配、拆卸、安装时的注意事项,将采取的重要措施,啮合件及轴承的润滑方法和润滑剂的选择,散热和冷却……。

注意:计算说明书不得用铅笔或除兰、黑以外的其他彩色笔书写,一般用 16 开纸并加上封面装订成册(封面的格式见右图),要求计算正确,论述清楚,文字精炼,插图简明,书写整洁。

(1) 计算部分的书写,首先列出用文字符号表达的计算公式,再代入各文字符号的数值(不作任何运算和简化),最后写下计算结果(标明单位、注意单位的统一,并且写法应一致,即全用汉字或全用符号,不要混用)。

(2) 对所引用的计算公式和数据,应注明来源、参考资料的编号和页次。

(3) 对计算结果,应有简短的结论,例如,关于强度计算中应力计算的结论“低于许用应力”、在“规定范围内”等,也可用不等式表式。如计算结果与实际所取之值相差较大,应作简短的解释,说明原因。

(4) 计算部分可用校核形式书写。

(5) 为了清楚说明计算内容,应附有必要的插图例如,传动方案简图、轴的结构简图、受力图、弯矩和扭矩图以及键联接受力图等)。在传动方案简图中对齿轮、轴等零件应统一编号,以便在计算中称呼

或作注脚之用（注意在全部计算中所使用的符号和注脚，必须前后一致，不要混乱）。

（6）对每一自成单元的内容：都应有大小标题，使其醒目突出。

（7）所选主要参数、尺寸和规格以及主要的计算结果等，可写在每页右侧留出的约 25mm 宽的长框内，或集中写于相应的计算之中也可采用表格形式；例如各轴的运动和动力参数等一类数据可列表写出。

三、设计的基本步骤及目录

（一）电动机的选择及运动参数的计算  
一般电动机均采用三相交流电动机，如无特殊要求都采用三相交流异步电动机，其中首选 Y 系列全封闭自扇冷式电动机。

1. 电动机的选择

1) 确定皮带输送机所需功率

$$P_w = F_w \cdot V_w / 1000$$

(kw)

式 (8-1)

2) 传动装置的效率

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot \eta_5$$

式 (8-2)

式中  $\eta_1$ ——三角带传动效率；  
 $\eta_2$ ——齿轮传动效率；  
 $\eta_3$ ——滚动轴承的效率；  
 $\eta_4$ ——联轴器的效率；  
 $\eta_5$ ——运输机平型带传动效率。

常见机械效率参见表 8-1。

表 8-1 常用机械传动效率

机械传动类型	传动效率
圆柱齿轮传动	闭式传动 0.96~0.98 (7~9 级精度)
	开式传动 0.94~0.96
圆锥齿轮传动	闭式传动 0.94~0.97 (7~8 级精度)
	开式传动 0.92~0.95



## (二) 总传动比的计算及传动比的分配

### 1. 传动装置总传动比

$$i = n_m / n_w$$

式 (8-7) 2. 分配传动装置各级传动比

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdots$$

$i_n$

式 (8-8) 式中  $i_1$ 、 $i_2$ 、 $i_3 \cdots i_n$

从表 8-2 中选值。

## (三) 传动装置的运动和动力参数的计算

### 1. 各轴的功率计算

$$P_1 = P \eta_1 \cdot \eta_3$$

式 (8-9)

$$P_2 = P \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3$$

式 (8-10)

### 2. 各轴的转速计算

#### (1) 高速轴转速

$$n_1 = n_m / i_1$$

(r/min)

式 (8-11)

#### (2) 低速轴转速

$$n_2 = n_m / (i_1 \cdot i_2)$$

(r/min)

式 (8-12)

### 3. 各轴扭矩的计算

$$T_k = 9.55 \times 10^3 \times P_k / n_k \quad (\text{N} \cdot \text{mm})$$

式 (8-13)

## (四) 三角带传动设计

1. 选择三角带型号;
2. 选择带轮的基准直径, 并验算带速 ( $5\text{m/s} \leq V \leq 25\text{m/s}$ );
3. 确定中心距和带长, 验算小轮包角; ( $\alpha_1 \geq 120^\circ$ )
4. 按许用功率计算带的根数;
5. 确定作用在轴上的压力;
6. 确定带轮的结构和尺寸 (只要求绘制大带轮的零件图)。

## (五) 齿轮传动设计

1. 参考教材步骤设计这一对齿轮的尺寸 (只要求绘制大齿轮的零件图);
2. 选择齿轮传动的润滑油粘度、润滑方式。

## (六) 轴的设计

参考教材的附加内容的例子及设计步骤进行设计, 只要求低速轴的设计并绘制低速轴的零件图。

## (七) 滚动轴承的选择 (低速轴)

按教材选择步骤进行滚动轴承的选择, 并确定润滑方式。

(八) 键的选择及强度校核(低速轴的键), 键的尺寸选择可参照《公差与配合》教材的相关章节。

(九) 联轴器的选择(低速轴), 参考相关章节。主要检验它的转速和转矩。联轴器的类型选择可参照《机械设计手册》

(十) 绘制各种规格的零件图、装配图

1. 零件图的绘制 图面全部用 A3 号纸绘制, 比例可用 1:1 或 1:2 图面布置合理, 线型正确和清晰, 符号国家的制图标准, 公差尺寸配合正确, 结构合理, 连接部分应圆滑, 技术要求一律写在右上角, 标的字母、数字、汉字应做到字体端正、排列整齐、间隔均匀, 汉字应写成仿宋体。

2. 装配图的绘制 用 1 号图纸, 比例可用 1:1 或 1:2 绘制三个视图。

(十一) 编写设计计算说明书

1. 设计计算说明书的内容

- (1) 目录;
- (2) 设计任务书;
- (3) 电动机的选择;
- (4) 计算传动装置的运动和动力参数;
- (5) 三角带传动设计;
- (6) 齿轮的设计计算;
- (7) 轴的设计计算;
- (8) 滚动轴承的选择及计算;
- (9) 键联接的选择及校核计算;
- (10) 联轴器的选择;
- (11) 润滑与密封(润滑与密封方式的选择、润滑剂的选择);
- (12) 设计小结(本设计的优缺点、及课程设计的体会);
- (13) 参考资料目录;

还可以包括一些其它技术说明, 例如装拆、安装的注意事项, 维护保养的要求等。

2. 编写说明书的要求(一律用 word 编制打印)

- (1) 设计计算说明书要求论述清楚, 文字精炼, 计算正确;
- (2) 说明书一律采用 A4 纸按一定格式打印, 装订成册;
- (3) 说明书中应附有必要的插图;
- (4) 计算中所引用的公式和数据应有根据, 并注明其来源(如由资料[ ] p. ×式(×-×)等);
- (5) 说明书中每一自成单元的内容, 应有大小标题, 使其醒目便于查阅;

(6) 计算过程应层次分明。一般可列出计算内容，写出计算公式，然后代入数据，略去具体验算过程，直接得出计算结果，并写上结论性用语，如“合格”、“安全”、“强度足够”等。对技术计算出的数据，需圆整的应予圆整，属于精确计算的不得随意圆整。

### 3. 设计计算说明书

## 四、设计内容

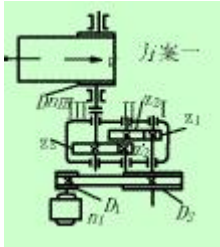
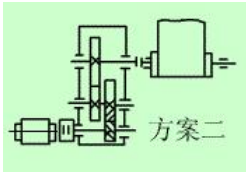
### (一) 传动装置的总体分析

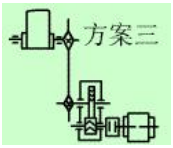
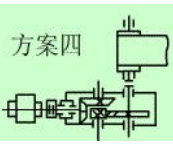
#### 1. 拟定传动方案

传动装置的设计方案一般用运动简图表示。它直观地反映了工作机、传动装置和原动机三者间的运动和力的传递关系。

满足工作机性能要求的传动方案，可以由不同传动机构类型以不同的组合形式和布置顺序构成。合理的方案首先应满足工作机的性能要求，保证工作可靠，并且结构简单、尺寸紧凑、加工方便、成本低廉、传动效率高和使用维护便利。一种方案要同时满足这些要求往往是困难的，因此要通过分析比较多种方案，选择能满足重点要求的较好传动方案。带式运输机的四种传动方案见表 8 - 4。

表 8 - 4 传动方案参考表

方 案	特 点
 <p>方案一</p>	<p>采用 V 带传动与齿轮传动的组合，即可满足传动比要求，同时由于带传动具有良好的缓冲、吸振性能，可适应大起动转矩工况要求，结构简单，成本低，使用维护方便。缺点是传动尺寸较大，V 带使用寿命较短。</p>
 <p>方案二</p>	<p>传动效率高，使用寿命长，但要求大起动力矩时，起动冲击大，使用维护较方便。</p>

 <p>方案三</p>	<p>能满足传动比要求，但要求大起动力矩时，链传动的抗冲击性能差，噪音大，链磨损快寿命短，不宜采用。</p>
 <p>方案四</p>	<p>传动效率高，结构紧凑，使用寿命长。当要求大起动力矩时，制造成本较高。</p>

以上四种传动方案都可满足带式输送机的功能要求，但其结构性能和经济成本则各不相同，一般应由设计者按具体工作条件，选定较好的方案。

常用传动机构的布置原则：

- (1) 带传动的承载能力较小，传动平稳，缓冲吸振能力较强，宜布置在高速级。
- (2) 链传动运转不均匀，有冲击，宜布置在低速级。
- (3) 蜗杆传动效率较低，但传动平稳，当与齿轮副组成传动机构时，宜布置在高速级。
- (4) 开式齿轮传动的工作环境一般较差，润滑条件不好，因而磨损严重，寿命较短，应布置在低速级。
- (5) 斜齿轮传动的平稳性较直齿轮传动好，常用在高速级或要求传动平稳的场合。

## 2. 电动机选择

### 1) 选择类型和结构形式

一般选用系列三相异步电动机。经常启动、制动和正反转的电动机，其结构形式有防滴式，封闭自扇冷式和防爆式等根据要求选择。

常用系列三相异步电动机的技术要求和外形尺寸见《简明机设计手册》或其它手册。

## 2) 选择电动机

电动机的功率对电动机的正常工作和经济性能都有影响。功率过大或过小都不能使电动机发挥其正常的效能。

对于载荷稳定、连续运转的机械，通常只需电动机的额定功率  $P_d$  大于或等于所需电机功率  $P_w$ 。

变载下长期运行的电动机、短时运行的电动机（工作时间短，停歇时间较长）和重复短时运行的电动机（工作时间和停歇时间都不长），电动机的额定功率选择要按等效功率法计算并进行发热验算。

长期连续运转、载荷不变或很少变化的机械，要求所选电动机的额定功率  $P_{ed}$  稍大于所需电动机输出的功率  $P_d$ ，则一般不需校验电动机的发热和起动力矩。

### (1) 所需电动机输出的功率

$$P_d = P_w / \eta \quad (\text{kw})$$

式中  $P_w$ ——工作机器的输出功率（kw）；

$\eta$ ——由电动机到工作机的总效率。

### (2) 工作机器的输出功率

若已知工作机器的阻力  $F$  (N)，圆周速度  $v$  (m/s)，则

$$P_w = F v / 1000 \quad (\text{kw})$$

若已知作用在工作机器上的转矩  $T$  (N·m) 及转速  $n_w$  (r/min)，  
则



$$P_w = T n_w / 9550 \text{ (kw)}$$

(3) 由电动机到工作机器的总效率  $\eta$

$$\eta = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \dots \cdot \eta_w$$

式中  $\eta_1$ 、 $\eta_2$ 、 $\eta_3$ 、 $\dots$ 、 $\eta_w$  为各级传动（齿轮、带或链）、一对轴承、每个联轴器的效率。各种传动效率的数值查《机械设计手册》。

在进行效率计算时，还应注意以下几点：

①轴承效率指一对而言，如一根轴上有三个轴承时，按两对计算。

②同类型的多对传动副，要分别计入各自的效率。

③设计计算所依据的功率，可以是电动机的额定功率  $P_{ed}$ ，也可以是工作机实际需要的功率  $P_d$ ，对于通用机械，常用电动机的额定功率  $P_{ed}$  作为设计功率。对于传动装置的设计功率，一般按实际需要的电动机功率  $P_d$ 。转速按电动机额定功率时的转速  $n_m$ （满载转速，不等于同步转速）计算。

### 3. 确定传动比

传动装置的总传动比可由电动机满载转速和工作机转速之比得到，总传动比为各级传动比连乘积。

$$i = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot \dots \cdot i_n$$

合理分配总传动比，可使传动装置的外形小或重量轻，以实现降低成本和结构紧凑的目的；也可以降低齿轮的动载和传动精度等级的要求；还可以使齿轮有较好的润滑条件。在传动比分配时，主要考虑以下几点：

(1) 各级传动比都应在各自的合理范围内，以保证传动形式的工作特点和结构紧凑。

(2) 分配各传动形式的传动比时，应注意各传动件尺寸协调、结构合理。

(3) 各传动件不能发生碰撞

(4) 在二级减速器中，高速级和低速级的大齿轮直径应尽量相近，以利于浸油润滑。

#### 4. 计算传动装置的运动和动力参数

为进行传动件的设计计算，应首先推算出各轴的转速、功率和转矩。一般按电动机至工作机之间运动传递的路线推算出各轴的运动和动力参数。

### (二) 传动零件的设计计算

设计减速器的装配图前，必须先计算各级传动件的参数，确定其尺寸，并选好联轴器的类型和规格。为使设计减速器的原始条件比较准确，一般先计算减速器的外传动件，如带传动、链传动和开式齿轮传动等，然后计算其内传动件。

#### 1. 选择联轴器的类型和规格

传动装置中一般有两个联轴器，一个是联接电动机与减速器高速轴的联轴器，另一个是联接减速器低速轴与工作机轴的联轴器。前者由于转速较高，为了减小起动载荷、缓和冲击，应选用具有较小转动惯量的弹性联轴器，如弹性柱销联轴器等；后者由于所联接的转速较低，传递的转矩较大，减速器与工作机常不在同一底座上而要求有较

大的轴向偏移，常选用无弹性元件的挠性联轴器，如十字滑块联轴器等。

对于标准联轴器，按传递扭矩的大小和转速选择型号。

选择时注意：该型号最大、最小孔径尺寸必须与两联接轴相适应。

## 2. 设计减速器外传动零件

设计方法参见《机械设计基础》教材。设计时注意事项：

### 1) 带传动

采用普通 V 带或窄 V 带传动，参见图 8 - 4。

(1) 检查带轮尺寸与传动装置外廓尺寸的相互关系，如装在电机轴上的小带轮直径与电机中心高是否对称，其轴孔直径是否与电机轴径是否一致，大带轮是否过大与机架相碰。

(2) 带轮的结构型式主要取决于带轮直径的大小。带轮直径与电动机的中心高应相称，带轮轴孔的直径、长度应与电机轴的直径、长度对应，大带轮的外圆半径不能过大，否则会与机器底座相干涉等。

(3) 带轮直径确定后，应验算实际传动比和大带轮的转速，并以此修正减速器的传动比和输入转矩。

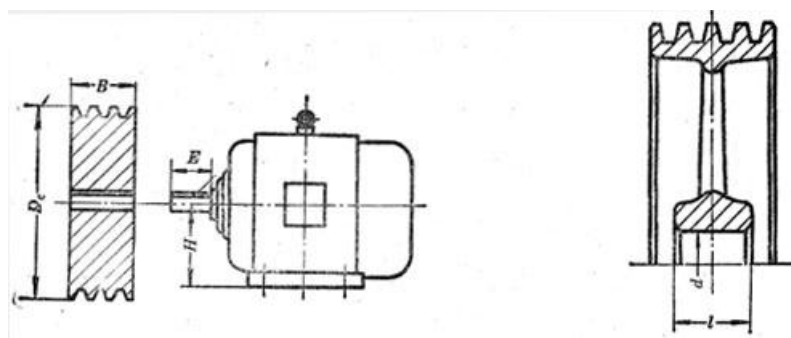


图 8-4 带轮选择示意图

### 2) 链传动

(1) 应使链轮的直径、轴孔尺寸等与减速器、工作机相适应。  
应由所选链轮的齿数计算实际传动比,并考虑是否需要修正实际传动比。

(2) 如果选用的单列链尺寸过大,则应该选双列链。画链轮结构图时只需要画其轴面齿形图。

### 3) 开式齿轮传动

(1) 开式齿轮传动一般布置在低速级,常采用直齿齿轮。因开式齿轮的传动润滑条件差,磨损严重,因此只需计算轮齿的弯曲强度,再将计算模数增大 10%~20%。

(2) 应选用耐磨性好的材料作为齿轮材料。选择大齿轮的材料时应考虑毛坯尺寸和制造方法,例如当齿轮尺寸超过 50mm 时,应采用铸造毛坯。

(3) 由于开式齿轮的支承刚度小,其齿宽系数应取小些。

### 3. 设计减速器内传动零件

设计时应选择正确的设计准则,计算出减速器各齿轮的参数,主要为:模数、齿数、螺旋角、齿轮宽度、传动中心距,并计算出各齿轮的主要尺寸。计算中应注意以下问题:

(1) 选择齿轮材料时,通常先估计毛坯的制造方法,当齿轮直径  $d \leq 500\text{mm}$  时,可以采用锻造或铸造毛坯,当  $d > 500\text{mm}$  多用铸造毛坯。小齿轮根圆直径与轴径接近时,齿轮与轴如制成一体,则所选材料应兼顾轴的要求。材料种类选定后,根据毛坯尺寸确定材料机械性能,以进行齿轮强度设计。在计算出齿轮尺寸后,应检查与所定机械

性能是否相符，必要时，应对计算作必要的修改；同一减速器中的各级小齿轮（或大齿轮）的材料应尽可能一致，以减少材料牌号和工艺要求。

（2）齿轮传动的计算方法，由工作条件和材料的表面硬度来确定。要注意当有短期过载作用时，要进行过载静强度校验计算。

（3）根据  $\Phi_d = b / d_1$  求齿宽  $b$  时， $b$  应是一对齿轮的工作宽度，为易于补偿齿轮轴向位置误差，应使小齿轮宽度大于大齿轮宽度，因此大齿轮宽度取  $b$ ，而小齿轮宽度取  $b_1 = b + (5 \sim 10) \text{ mm}$ ，齿宽数值应圆整。

（4）齿轮传动的几何参数和尺寸有严格的要求，应分别进行标准化、圆整或计算其精确值。例如模数必须标准化，中心距和齿宽尽量圆整，啮合尺寸（节圆、分度圆、齿顶圆以及齿根圆的直径、螺旋角、变位系数等）必须计算精确值，长度尺寸准确到小数点后 2~3 位（单位为 mm），角度准确到秒。圆整中心距时，对直齿轮传动，可以调整模数  $m$  和齿数  $z$ ；对斜齿轮传动可以调整螺旋角  $\beta$ 。

（5）齿轮结构尺寸，如轮缘内径  $D_1$ 、轮辐厚度  $C_1$ 、轮辐孔径  $d_0$ 、轮裁直径  $d$ ，和长度  $L$  等，按参考资料给定的经验公式计算，但都应尽量圆整，以便于制造和测量。

注意：各级大、小齿轮几何尺寸和参数的计算结果应及时整理并列表，同时画出结构简图，以备装配图设计时应用。

### （三）装配图的设计和绘制

#### 1. 装配图的设计和准备阶段

画装配图前，应通过翻阅资料、拆装减速器、看录像片等搞清楚减速器各零部件的作用、类型和结构。并注意以下几项减速器的技术数据：

- （1）电动机型号、电动机输出轴的轴径、轴伸出长度、电动机的中心高；
- （2）联轴器的型号、孔径范围、孔宽和拆装尺寸要求；
- （3）各传动件的主要尺寸和参数，如齿轮传动中心距、分度圆直径、齿顶圆直径以及齿轮的宽度；
- （4）轴承的类型；
- （5）箱体的结构方案（剖分式或整体式）；
- （6）所推荐箱体结构的有关尺寸。

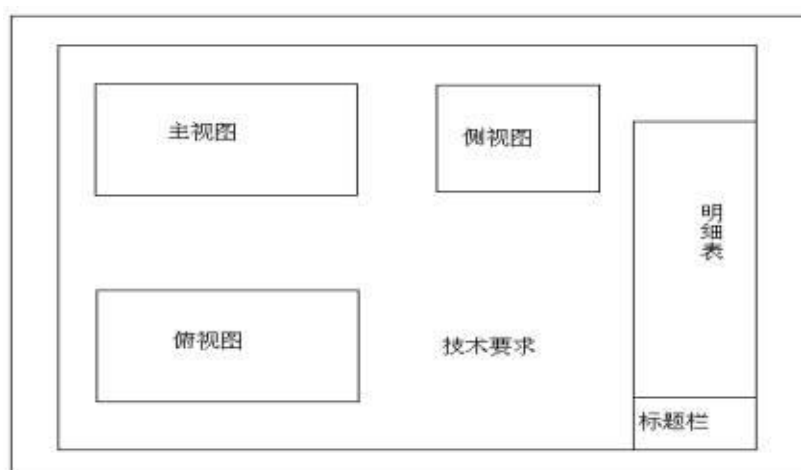


图 8-5 装配图的布置示意图

画装配图时，应选好比例尺，布置好图面。草图的比例尺应与正式图比例尺同，并优先用 1:1 比例尺，以便于绘图并有真实感。

减速器装配图一般需三个视图才能完全表达各主要零部件的相对位置、尺寸和结构，必要时附加些局部试图和剖视图，并应尽量将

减速器的工作原理和主要装配关系表达在一个视图上。根据传动件尺寸的大小，参考类似结构估计出减速器的结构大小，并考虑标题栏、明细表、零件号、技术要求等的位置，作好图面的合理布置。如图 8-5 所示。

## 2. 开始画图

首先确定减速器的大致轮廓，然后进行轴的结构设计，确定轴承



的型号和位置，找出轴承支承点和轴系上作用力的作用点，从而对轴和轴承进行验算。大致步骤如框图。

注意：画图时由箱内的传动件画起，由内向外画，内外兼顾。三视图中以俯视图为主，兼顾主视图。包括：

(1) 确定各传动件的中心线、齿顶圆（或蜗轮）外圆、节圆、齿根圆、轮圆及轮毂宽等轮廓尺寸。

### (2) 箱体内壁位置的确定

箱体内壁与传动件间应留有一定间隙，如齿轮的齿顶圆至箱体各部位应留有间隙 $\Delta_1$ ，齿轮端面至箱体内壁间应留有间隙 $\Delta_2$ ， $\Delta_1$ 和 $\Delta_2$ 的值参见《机械设计基础课程设计指导书》。对于一级圆柱齿轮减速器，根据图面布置，在主、俯视图上画出齿轮的中心线及齿顶圆、节圆、齿宽轮廓线。

### (3) 轴承端面位置的确定

为了增加轴承的刚性，轴承旁的螺栓应尽量靠近轴承。轴承座端面的位置由箱体的结构确定。

### (4) 轴的结构设计

轴的结构设计就是确定轴的结构形状、各部分的直径和长度等全部尺寸。

## 3. 轴结构设计

### 1) 设计要求

- (1) 保证轴及轴上零件有准确工作位置，固定可靠；
- (2) 轴及轴上零件装拆和调整方便，具有良好的制造工艺性；
- (3) 轴的结构有利于提高轴的强度、减轻应力集中等。

### 2) 一般步骤

- (1) 初步计算应根据轴的具体受载及应轴的直径

按纯扭矩受力状态初步估算轴径，计算时应降低许用扭转剪应力确定轴端最小直径，具体方法参见教材有关章节。

$$d = C \sqrt[3]{\frac{P}{n}} \quad (\text{mm})$$

式中  $P$ ——轴所传送的功率 kW；

$n$ ——轴的转速 (r/min)；

$C$ ——由轴的许用切应力所确定的系数，其值可查有关教材。

对外伸轴，初估算的轴径常作为轴的最小直径（轴端直径）。当  
外伸轴通过联轴器与电动机联接时，则初估算的直径  $d$  必须与电动机



轴和联轴器孔相匹配；如外伸轴上装带轮，则其直径应与带轮孔径相同；必要时可改变轴径  $d$ （或增或减）。

（2）拟订轴上零件的装配方案并选择轴支承的结构形式。

（3）确定轴各段直径和长度。

确定轴向尺寸时应考虑：保证轴上零件的固定可靠；轴承位置适当；便于零件装拆。

设计轴的结构时，即要满足强度要求，又要保证轴上零件的定位、固定和便于装配，并有良好的加工工艺性，所以轴的结构一般设计成阶梯形。轴的结构设计，是以上述初步计算轴径为基础进行的。

阶梯轴的径向尺寸（直径）的变化是根据轴上零件受力情况、安装、固定及对轴表面粗糙度、加工精度等要求而定的。阶梯轴的轴向尺寸（各段长度）则根据轴上零件位置、配合长度及支承结构确定。轴结构和具体尺寸可按下述方法确定：

### ①轴的径向尺寸

当直径变化处的端面是为了固定轴上零件或承受轴向力时，则相邻直径变化要大些。如图 8-6 中直径  $d$  和  $d_1$ 、 $d_3$  和  $d_4$ 、 $d_4$  和  $d_5$  的变化，都是为了轴上零件的定位，所以变化大些。这些轴肩的圆角半径  $r'$  应小于轴孔的倒角  $C$  和轴肩高  $h$ ；轴肩高度  $h$  应大于该处轴上零件的倒角或圆角半径  $2\sim 3\text{mm}$ 。当固定滚动轴承时，轴肩（或套筒）直径  $D$  应小于轴承内圈的外径（厚度），以便于拆装轴承。如图 8-7 给出两种不同的结构。

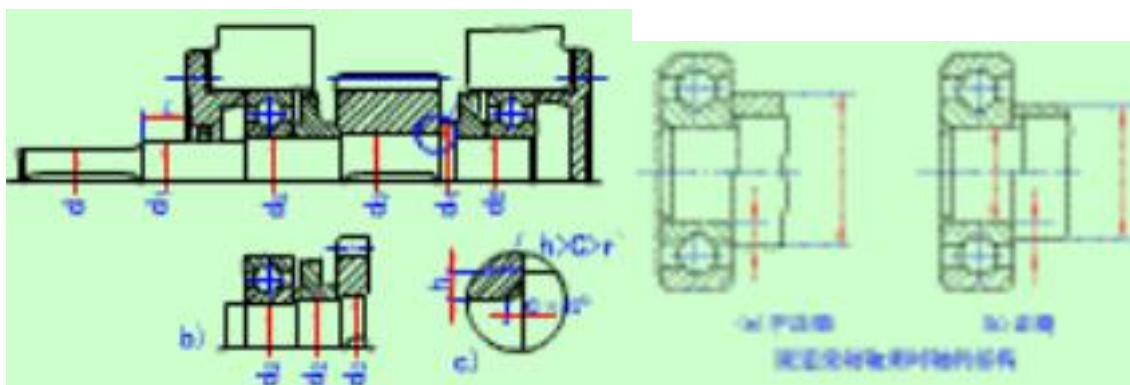
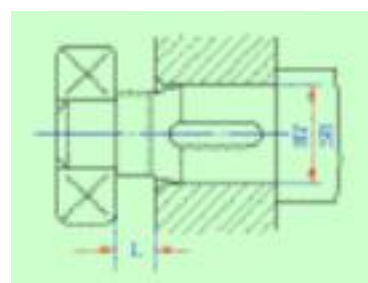
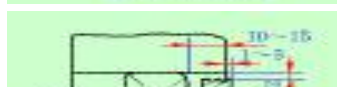
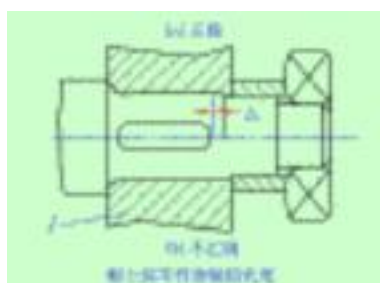
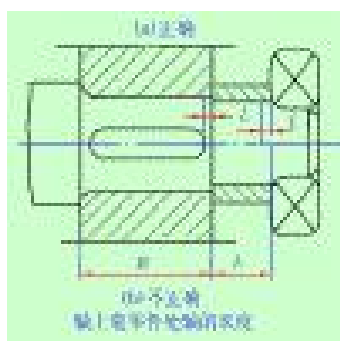


图 8-6 轴颈结构示意图

图 8-7 两种不同轴颈结构

## ②轴的轴向尺寸

轴上安装传动零件的轴段长度是由所装零件的轮毂宽度决定的，而轮毂宽度一般都是和轴的直径有关，在确定这些长度时，必须注意



直径变化的位置，因为它将影响零件固定的可靠性。如图 8 - 8 所示，轴的端面与零件端面应留有距离 1mm，以保证零件端面与套筒接触起

到轴向固定作用，一般可取  $l=1\sim 3\text{mm}$ 。如图 8-8 (b) 是不正确的结构、因制造有误差时，将不能保证零件轴向固定和定位。

在装键的轴段，应使键槽靠近直径变化处，以使在安装时，使零件上的键槽与轴上的键容易对准。采用过盈配合固定轴上零件时，为了便于装配，直径变化可用锥面，过渡锥面大端应在键槽直线部分，如图所示，这时可不用增加轴向固定的套筒。

如一根轴上有多个键，在轴径相差不大时，可取同一尺寸的键，以便用一把刀具加工。轴承的型号根据轴的直径可初步选出，一根轴上宜取同一规格的轴承，使轴承孔可一次镗出，保证加工精度。轴承在轴承座中的位置见图 8-9。

轴的外伸长度与外接零件及轴承端盖的结构有关。采用不同的轴承端盖结构，将影响轴外伸的长度，当用凸缘式端盖图时，轴外伸长度必须考虑拆卸端盖螺钉所需的足够长度  $L$ ，以便在不拆卸联轴器器的情况下，可以打开减速器机盖。

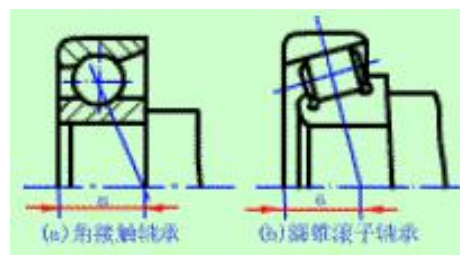


图 8-10 角接触轴承支点受力分析

#### (4) 确定轴上零件力的作用点及轴的支点

根据轴上零件的位置，可以定出轴的支点距离和轴上零件的力的作用点位置。当采用角接触轴承和圆锥滚子轴承时，支点位置应取在离轴承外圈端面的  $a$  处。如图 8-10 所示。

#### (5) 校核轴、轴承和键

进行轴的强度校核时，根据受力情况，采取适当的计算方法，并选取适当的许用应力。对于主要用于传递扭矩的轴，应按扭转强度计算；对于既传递扭矩有承受弯矩的轴，应按弯扭合成应力计算强度。

对于滚动轴承的校核，按有关书籍的方法计算。校核时，轴承的寿命可按使用年限计算，也可参考各种设备轴承寿命的推荐值。若验算结果轴承寿命低于减速器寿命，可取减速器的检修期作为轴承寿命（一般 2~3 年），到检修期时更换。也可改变轴承类型或直径系列来满足要求，而不要轻易改变内径，以免影响轴的结构。

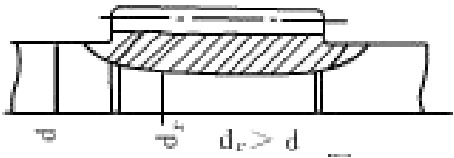


图 8-11 齿轮轴局部结构图

#### 4. 传动零件设计

传动零件为齿轮，齿轮的结构形状与齿轮的几何尺寸、材料、毛坯及制造加工方法、使用要求等因素有关。进行齿轮结构设计时通常是先按齿轮的直径大小选定合适的结构型式，然后再根据推荐用的经验数据进行结构设计

尺寸较小的齿轮可与轴做成一体（如图 8 - 11 所示）。

当齿轮根圆直径  $d_f$  大于轴径  $d$ ，并且  $x \geq 2.5\text{mm}$  时，齿轮可与轴分开制造

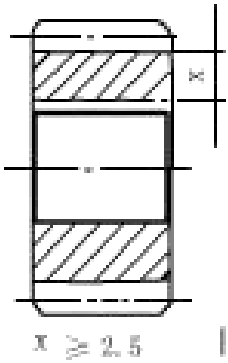


图 8-12 实心式齿轮

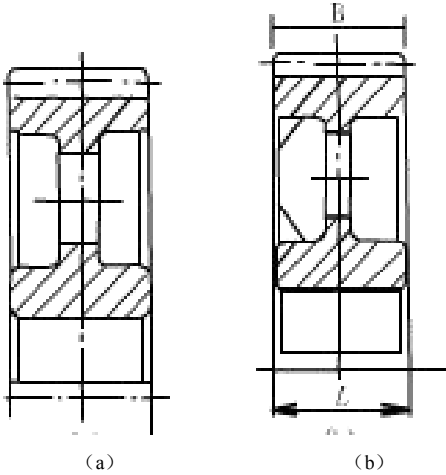


图 8-13 腹板式齿轮

(如图 8 - 12)；齿轮直径较大时用腹板结构（如图 8 - 13），并在腹板上打孔，以便于加工时装夹具和减轻重量。

### 5. 滚动轴承的润滑和密封

#### 1) 滚动轴承的润滑

##### (1) 油飞溅润滑

根据轴颈的速度，轴承可以用润滑油或润滑脂润滑。当浸油齿轮圆周速度小于  $2\text{m/s}$  时，宜用润滑脂润滑；当浸油齿轮圆周速度大于  $2\text{m/s}$  时，一般可以靠机体内油的飞溅直接润滑轴承，或经机体剖分面上的油沟流到轴承处的油进行润滑，这时必须在端盖上开缺口。为防止装配时缺口没有对准油沟而将油路堵塞，可将端盖端部直径取小些。

##### (2) 脂润滑

当高速级大齿轮的圆周速度小于  $2\text{m/s}$  时，应采用脂润滑。润滑脂的充量为轴承空间的  $1/2 \sim 1/3$ ，六个月左右更换一次。

为防止润滑油与润滑脂混杂，应在轴承靠近箱体内壁一侧加密封装置或挡油板。

#### 2) 滚动轴承的密封

密封形式很多，相应的密封效果也不一样。密封形式的选择，主要是根据密封处轴表面的圆周速度、润滑剂的种类、工作温度、周围环境等因素决定。各种密封形式适用的参考圆周速度参见表 8 - 5。

表 8 - 5 密封形式选择表

密封件形式	适用的圆周速度 (m/s)	适用的工作温度 (°C)
粗毛粘圈密封	3	<90
橡胶油封	8	-40~100

油沟密封	5	低于润滑脂溶化温度
迷宫密封	10	低于润滑脂溶化温度

## 6. 轴承端盖结构

轴承盖用于固定轴承、调整轴承间隙并承受轴向力。

轴承盖有嵌入式和凸缘式两种，如下图 8 - 14 所示。

嵌入式轴承端盖结构简单，但密封性能差，调整轴承间隙比较麻烦。需打开机盖，放置调整垫片，只宜用于向心球轴承。如用嵌入式端盖固定角接触轴承时，应在端盖上增加调整螺钉，以便于调整。

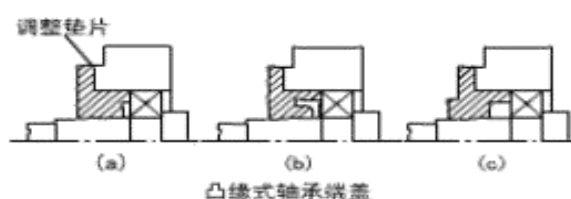


图 8-14 轴承端盖结构

凸缘式轴承盖调整轴承间隙比较方便，密封性较好，所以用得较多。这种端盖大多采用铸造件，所以要考虑铸造工艺，如尽量使整个壁厚均匀。

当轴承采用稀油润滑时，轴承盖上必须开设缺口。

为了调整轴承间隙，端盖与箱体之间应放置若干 08F 的软钢片或紫铜片组成的调整垫片。

## 7. 减速器箱体设计

减速器机体是用以支承和固定轴系零件并保证传动件的啮合精度和良好润滑及轴系可靠密封的重要零件，设计其结构时应考虑以下几方面的问题：

### 1) 机体要有足够的刚度

设计机体时可在轴承座处附加支撑筋，以保证其轴承座的刚度。当轴承座是剖分式结构时，为保证其联接刚度，一般可使轴承座孔两侧的联接螺栓间距尽量小些，为此轴承座孔附近应做出凸台，并有足够的扳手空间。

为保证机体的刚度，机盖和机座的联接凸缘应取厚些。机座底凸缘的宽度  $B$  应超过机体内壁。

## 2) 便于机体内零件的润滑、密封和散热

机体内需有足够的润滑油，用以润滑传动零件，并起散热作用。用浸油润滑时，圆柱齿轮和蜗杆蜗轮浸入油的深度以一个齿高为宜，但不应小于 10mm，圆锥齿轮应浸入整个齿宽。为避免油搅动时沉渣泛起，齿顶到油池底面的距离不应小于 30~50mm。

## （四）附件设计

### 1. 窥视孔盖和窥视孔

窥视孔开在机盖的顶部（如图 8 - 15 所示），应能看到传动零件啮合，并有足够的大小，以便于检修。



图 8-15 窥视孔结构

### 2. 放油螺塞

放油孔的位置应在油池最低处，并安排在减速器不与其他部件靠近的一侧，以便于放油，放油孔用螺塞堵住，其结构如图 8 - 16 所示。

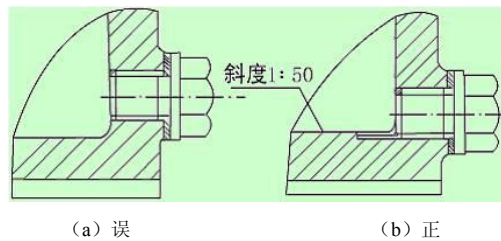


图 8-16 油塞的安装位置

### 3. 油标

油标多为标准件，常放置在便于观察减速器油面及油面稳定之处（低速级传动件附近，如图 8 - 17 所示）。

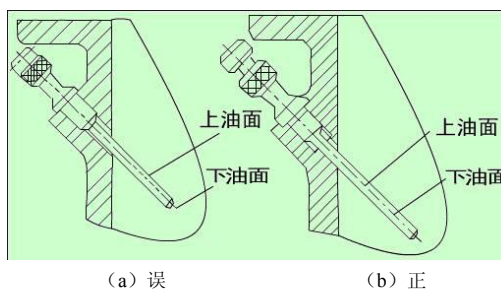


图 8-17 油标的安装位置

### 4. 通气器

通气器一般为标准件，其安装位置常固定在窥视孔盖处，其形状如图 8 - 18 所示。

### 5. 启盖螺钉和定位销

启盖螺钉上的螺纹长度要大于机盖联接凸缘的厚度, 钉杆端部要做成圆柱形, 或半圆形, 以免顶坏螺纹, 启盖螺钉直径与凸缘联接螺栓相同。如图 8 - 19 所示。

定位销安置在机体联接凸缘的长度方向两侧，一般为圆锥定位销，如图 8 - 20 所示。



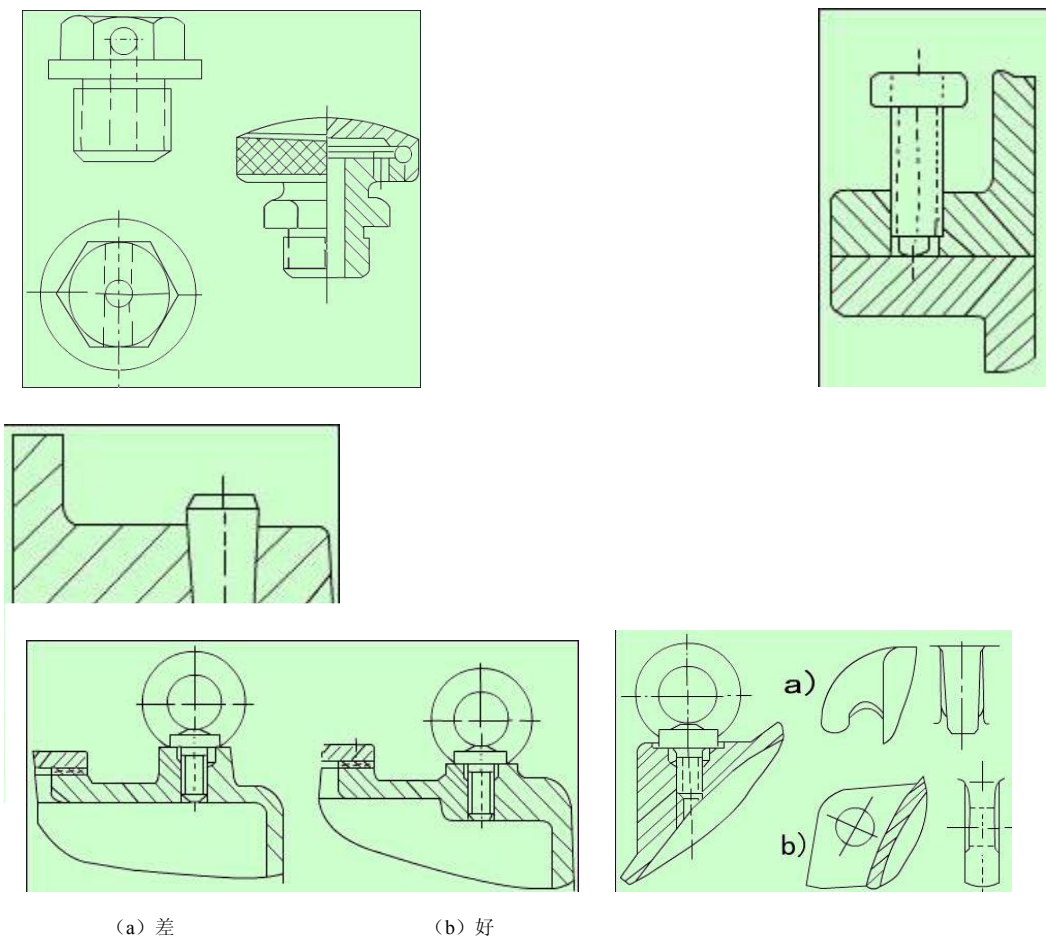


图 8-21 安装吊环螺钉处的箱体结构

图 8-22 吊钩结构

## 6. 环首螺钉、吊环和吊钩

为便于拆卸及搬运，一般在机盖上装有标准件环首螺钉或铸出吊钩、吊环，在机座上铸出吊钩（如图 8 - 21、8 - 22 所示）。

## 五、完成装配图

经过前面几个阶段的设计，已将减速器的各零部件结构基本设计好。接下来的工作是要标出装配图必要的尺寸、装配关系，编写技术要求、技术特性表，确定零件序号、明细表和标题栏等。

在装配图上尽量把减速器的工作原理和主要装配关系集中表达在一个视图上。装配图上的螺栓、螺母和滚动轴承可以采用制图标准

中规定的简易画法，对同类零件可只画一个，其余用中心线表示。装配图中的主要内容有：

### 1. 标注尺寸

- (1) 特性尺寸 传动零件的中心距及偏差。
- (2) 主要零件的配合尺寸 轴与传动零件及轴承的配合尺寸，轴承与轴承座孔的配合尺寸等。
- (3) 外廓尺寸 减速器的总长、总宽和总高等。
- (4) 安装尺寸 箱体底面的长度和宽度、地脚螺栓孔径及中心距离、减速器的中心高度等。

### 2. 写出减速器的技术特性

技术特性包括：输入功率、传动比、高速轴转速、传动效率及各传动零件的主要参数等。

### 3. 编写技术要求

- (1) 对零件的要求在装配前，检验零件的配合尺寸，合格零件才能装配。
- (2) 机体内无杂物并涂防侵蚀涂料。
- (3) 对润滑的要求 注明传动零件及轴承所用的润滑剂牌号、用量、补充及更换时间。
- (4) 对密封的要求 所有联接面及轴承端盖处都不许漏油，不许加垫片。
- (5) 对安装和调试的要求 在安装滚动轴承时，要保证有一定的游隙。安装齿轮时，要保证有一定的啮合侧隙及齿面接触斑点；啮

合侧隙的大小是由选择适当的齿厚极限偏差和中心距极限偏差来保证的，其数值可查阅有关设计手册。

(6) 对试验的要求 空载试验，在额定转速下正反各转 1~2 小时，要求运转平稳、噪音小、联接处不得松动，各剖分面及各密封处不得有漏油现象；负载试验，在额定转速及额定负载下试验油温平衡，对于齿轮减速器，轴承处温升不得超过 40℃，油池温升不得超过 35℃。

#### 4. 零件编号及零件明细表

装配图上所有零件都应编号，编号方法可以采用不区分标准件和非标准件，统一编号，也可把标准件和非标准件分开编号。序号按顺时针或逆时针方向排列整齐，不得有重号或缺号；编号线不得交叉、不得与剖面线或尺寸线平行。

零件明细表由下向上填写，尽量减少材料和标准件的品种和规格。标准件按照规定的标记完整写出零件名称、规格数量、材料牌号、标准号，齿轮必须注出主要参数，如模数、齿数、螺旋角等。

### 六、绘制零件工作图

#### 1. 绘图要求

(1) 零件工作图是零件制造、检验和制订工艺规程的基本技术文件。它既要反映出设计意图，又要考虑到制造的可能性和合理性。因此零件工作图应包括制造和检验零件所需全部内容，如图形、尺寸及其公差、表面粗糙度、形位公差、对材料及热处理的说明及其他技术要求、标题栏等。

(2) 每个零件必须单独绘制在一个标准图幅中，合理安排视图，尽量采用 1:1 比例尺，用各种视图把零件各部分结构形状及尺寸表达清楚。对于细部结构（如环形槽、圆角等）如有必要可用放大的比例尺另行表示。

(3) 零件的基本结构及主要尺寸应与装配图一致，不应随意更改。如必须更改，应对装配图作相应的修改。

(4) 标注尺寸时要选好基准面，标出足够的尺寸而不重复，并且要便于零件的加工制造、应避免在加工时作任何计算。大部分尺寸最好集中标注在最能反映零件特征的视图上。

(5) 零件的所有表面都应注明表面粗糙度等级，如较多表面具有同样粗糙度等级，可集中在图纸右上角标注、并加“其他”字样，但只允许就一个粗糙度如此标注。粗糙度等级的选择，可参看有关手册，在不影响正常工作的情况下，尽量取低的等级。

(6) 零件工作图上要标注必要的形位公差。它是评定零件质量的重要指标之一，其具体数值及标注方法可参考有关手册和图册。

(7) 对传动零件还要列出主要几何参数、精度等级及偏差表。

此外，还要在零件工作图上提出必要的技术要求、它是在图纸上不使用图形或符号表示，而在制造时又必须保证的条件和要求。

## 2. 轴类零件工作图的设计要点

这类零件系指圆柱体形状的零件如轴、套筒等。

### (1) 视图

一般只需一个视图，在有键槽和孔的地方，增加必要的剖视或刨面。对于不易表达清楚的局部，例如退刀槽、中心孔等，必要时应绘制局部放大图。

## （2）标注尺寸

标注径向尺寸时，凡有配合处的直径，都应标出尺寸偏差。

标注轴向尺寸时，首先应选好基准面，并尽量使尺寸的表注反映加工工艺的要求，不允许出现封闭的尺寸链（但必要时可以标注带有括号的参考尺寸）。

如图 8 - 22 所示为轴向尺寸标注示例。图中小齿轮用弹性挡圈固定其轴向位置，所以轴向尺寸  $30^{+0.03}_{-0.01}$  及  $25^{+0.03}_{-0.01}$  要求精确，应从基准面一次标出，加工是一次测量，以减少误差。

$\Phi 32$  轴段长度是次要尺寸，误差大小不影响装配精度，取它作为封闭环、在图②上不注尺寸，使加工时的误差积累在该轴段上，避免出现封闭的尺寸链。由于该轴在加工时要调头，所以取①为主要基准面、②为辅助基准面。

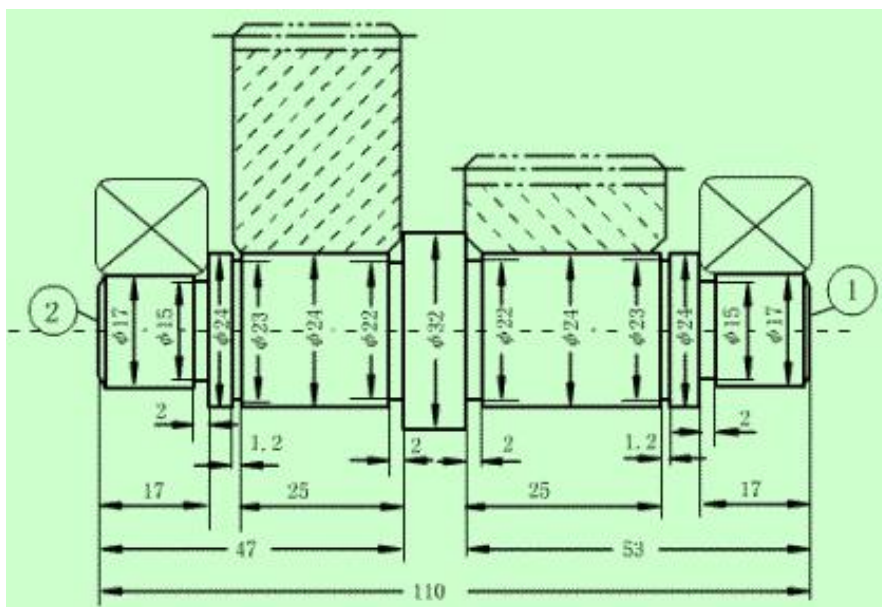


图 8-23 轴向尺寸标注示例

键槽的尺寸偏差及标注方法可查手册。

在零件工作图上对尺寸及偏差相同的直径应逐一标注，不得省略；对所有倒角、圆角都应标注无遗，或在技术要求中说明。

### (3) 表面粗糙度

轴的各个表面都要加工、其表面粗糙度可查手册选择。

### (4) 形位公差

### (5) 技术要求

轴类零件图的技术要求包括：

- (a) 对材料的机械性能和化学成分的要求、允许的代用材料等。
- (b) 对材料表面机械性能的要求，如热处理方法，热处理后的硬度，渗碳深度及淬火深度等。
- (c) 对加工的要求，如是否要保留中心孔，若要保留中心孔，应在零件图上画出或按国标加以说明。与其他零件一起配合加工的（如配钻或配铰等）也应说明。

(d) 对于未注明的圆角、倒角的说明，个别部位的修饰加工要求，以及对较长的轴要求毛坯校直等。

### 3. 齿轮类零件工作图的设计要点

#### (1) 视图

这类零件图一般用两个视图表示。为了表达齿形的有关特征及参数，必要时应画出局部剖视图。

#### (2) 标注尺寸

各径向尺寸以轴的中心线为基准标出，齿宽方向的尺寸以端面为基准标出。齿轮类零件的分度圆直径虽不能直接测量，但它是设计的基本尺寸，应该标注。这类零件的轴孔是加工、测量和装配时的重要基准、尺寸精度要求高，应标出尺寸偏差。齿顶圆的偏差值与该直径是否作为测量基准有关，可查手册标出。齿根圆是根据其他参数加工的结果，在图纸上不标注。

所有轴、孔的键槽尺寸按规定标注。

#### (3) 表面粗糙度

可参考有关手册。

#### (4) 齿坯形位公差推荐项目

#### (5) 啮合特性

误差检验项目和具体数值、查齿轮公差标准或有关手册。

#### (6) 技术要求

包括下列内容

(a) 对铸件、锻件或其他类型坯件的要求。

(b) 对材料的机械性能和化学成分的要求及允许代用的材料。

(c) 对材料表面机械性能的要求，如热处理方法、处理后的硬度、渗碳深度及淬火深度等。

(d) 对未注明倒角、圆角半径的说明。

(e) 对大型或高速齿轮的平衡试验要求。

#### 4. 机体零件工作图的设计要点

##### (1) 视图

一般用三个基本视图表示。为表示机体内部和外部结构尺寸，常需增加一些局部剖视图或局部视图。当两孔不在一条轴线上时，可采用阶梯剖表示。

对于油尺孔、螺栓孔、销钉孔、放油孔等细部结构，可采用局部剖视图表示。

##### (2) 标注尺寸

机体的尺寸标注较轴类零件和齿轮类零件复杂、形状多样。尺寸繁多标注尺寸时，既要考虑铸造、加工工艺及测量的要求，又要多而不乱一目了然，为此，必须注意以下几点：

(a) 机体尺寸可分为形状尺寸和定位尺寸。形状尺寸是机体各部位形状大小的尺寸，如壁厚、各种孔径及其深度、圆角半径、槽的深度、螺纹尺寸及机体长高宽等。这类尺寸应直接标出，而不应有任何运算。



定位尺寸是确定机体各部位相对于基准的位置尺寸。如孔的中心线、曲线的中心位置及其他有关部位的平面等与基准的距离。定位尺寸都应从基准(或辅助基准)直接标注。

(b) 要选好基准。最好采用加工基准作为标注尺寸的基准。这样便于加工和测量。

(c) 对于影响机器工作性能的尺寸应直接标出，以保证加工准确性，如机体孔的中心距及其偏差按齿轮中心距极限偏差 $\pm f_a$ 注出。

(d) 标注尺寸要考虑铸造工艺特点。机体大多为铸件，因此标注尺要便于木模制作。

(e) 配合尺寸都应标出其偏差。标注尺寸时应避免出现封闭尺寸链。

(f) 所有圆角、例角、拔模斜度等都必须标注或在技术要求中说明。

### (3) 表面粗糙度

机体的表面粗糙度  $R_a$  荐用值可从手册中查出。

### (4) 形位公差

### (5) 技术要求

技术要求有下列内容：

(a) 机盖与机座的轴承孔应用螺栓联接并装入定位销后镗孔。

(b) 剖分面上的定位销孔加工，应将机盖和机座固定后配钻、配铰。

(c) 时效处理及清砂。

(d) 机体内表面需用煤油清洗，并涂防腐漆。

(e) 铸造斜度及圆角半径。

(f) 机体应进行消除内应力的处理。

# 单片机原理及应用实训

## 实训一 单片机开发系统的使用

### 课题一、开发系统实验箱原理及使用

#### 一、通用外围电路

DVCC仿真实验系统中设计了一系列实验所必要的外围电路。包括逻辑电平开关电路、发光二极管显示电路、时钟电路、单脉冲发生电路、继电器及驱动电路、直流电机及驱动电路、步机电机及驱动电路、电子音响及驱动电路、模拟电压、基准电压产生电路；另外，系统中设计了系统总线扩展插座和通用IC插座。

##### 1. 逻辑电平开关电路

该系统提供10位逻辑电平开关，每一个输出端有一插孔，分别标有K1~K10。开关向上打时，输出高电平“1”，向下时输出低电平“0”。

##### 2. 发光二极管显示电路

实验系统提供十二个发光二极管，其中四红、四绿、四黄。其输入端有十二个插孔，分别标有L1~L12，它对应1~12个发光二极管。输入端为高电平“1”时，发光二极管亮；输入端为低电平“0”时，发光二极管灭。

##### 3. 时钟电路

可以输出4MHZ经1~8次分频获得的8种时钟信号，供0809A / D转换器、8253A定时器/计数器接口实验使用。

##### 4. 单脉冲发生电路

采用RS触发器产生“±”单脉冲。实验者每按一次州按钮，即可以从两个插座上分别输出一个正脉冲SP及负脉冲 / SP，供“中断”、“CLR”、定时器/计数器等实验使用。

##### 5. 继电器及驱动电路

现代自动化控制设备中都存在一个电子与电气电路的互相联结问题。一方面要使电子电路的控制信号能够控制电气电路的执行元件(电动机、电磁铁、电灯泡等)；另一方面又要为电子电路的电气设备提供良好的电隔离，以保护电子电路和人身的安全。电子继电器便能完成这一桥梁作用。

##### 6. 直流电机及驱动电路

系统中设计有一个+5V直流电机及相应的驱动电路。小直流电机

的转速是由加到其输入端“DJ”的脉冲电平及占空比来决定的，正向占空比越大转速越快，反之越慢。驱动电路输出接直流电机。

#### 7. 步进电机及驱动电路

步进电机是工业控制及仪表中常用的控制元件之一，它有输入脉冲与电机轴转角成比例的特征，在智能机器人、软盘驱动器、数控机床中广泛使用，微电脑控制步进电机最适宜。系统中设计使用20BY-0型号步进电机，它使用+5V直流电源，步距角为18度，电机线圈由四相组成。

#### 8. 电子音响及驱动电路

音响电路的控制输入插孔为“SIN”，控制输入信号经放大后接喇叭。

#### 9. 模拟信号、基准电压产生电路

系统中提供1路0~5V模拟电压信号，1路基准电压产生电路供A/D、D/A转换实验使用。

#### 10. 脉冲滤波电路

FIN输入脉冲经过滤波，可形成三角波输出。

### 二、DVCC系列单片仿真实验系统各开关插头、插座定义

1. J1为电源插座；

2. J2为通信系统插座；

3. J3为步进电机驱动输出插座；

4. J4为直流电机驱动输出插座；

5. J5为喇叭驱动输出插座；

6. J6为MC5-51CPU仿真插座，同时兼做196CPU卡、8088CPU卡连接插座；

7. J7为打印机接口。打印驱动由8255芯片的PA口实现，如图所示。括号中的内容为打印机上接口的信号名；

8. J8为8279键盘显示接口；

9. WAVE为示波器测量接口插座；

10. J10为示波器通信插座；

做有关串行通信实验时，将随机配备的用户实验专用通信电缆线一头四芯插头插入实验系统J10插座中，另一头9芯D型插头接到上位机串行口上即可，COM1~COM4任选；

11. 开关SKi为CPU切换开关；

12. 开关SK3、SK4为不同CPU总线切换开关（只适用于DVCC-5286JH）；

13. 卧式开关KBB在主机的左中偏上；

14. 短路块DL1~DL4；

15. RESET复位按钮；
16. AN为单脉冲产生按钮，按一次产生一个正脉冲、一个负脉冲；
17. 总线扩展插针座；
18. 通用IC插座。

系统中扩有IC - 14插座1或2只，对DVCC - 52196JH另扩有IC - 40插座1只，既可插IC - 40，又可插IC - 28、IC - 24，非常灵活方便。

### 三、键盘监控命令简介

DVCC系列单片机仿真实验系统键盘共有32个，15只功能键均为多功能键。显示部分有6只数码显示器组成。DVCC系列单片机仿真实验系统、十六位微机8088接口实验系统，其键盘操作、显示设置完全一

! R7 7	( DPL 8	) DPH 9	? ILin A A	% TV MEM S	/ EPRGH DEL J	↑ PRT P	= EXEC FVBP @
& R4 4	QUit R5 5	Back R6 6	DLin B B	T REG OFST M	← * ODRW INS O	↓ COMP V	→ PCDBG EPRGL X
- R1 1	K R2 2	W R3 3	G PSW C	+ F1 LAST R	· EPMOV L	H MOVE ,	Z STEP NVBP #
< R0 0	> PCH F	Y PCL E	Q SP D	 F2 NEXT SHIFT	U EPCH EPCOM N	: DAR □	、 I MON ↓

图 7-1 键盘布置图

样。只要熟悉一种系统的键盘操作即可。特殊的地方将在下面的论述中以详细说明。

#### 1. 键盘布置

键盘布置如图7 - 1所示。左边16个为数字键，数字键键下面的表示十六进制数字0~F，用于输入地址、数据或机器语言代码。对51CPU而言，键上面的是工作寄存器名或其省略写法，如DPH表示数据指针DRTR高8位，DPL表示数据指针DRTR低8位，PCH表示程序指针的高8位，PCL表示程序指针低8位。但在不同的CPU状态，由于其内部寄存器的设置不一样，因此键盘上的代号代表的意义不一样。图中右边16个为功能键，在独立运行模式下输入操作命令，其通用功能如下：

TV/MEM：TV/程序存储器检查

REG/OFST：片内RAM、寄存器、特殊功能寄存器检查/偏移量计算

ODRW/INS：外部存储器、外部RAM、I/O检查/偏移量计算

EPRGH/DEL：EPROM高速写入/删除一字节

F1/LAST: 第一标志键/读上一字节

F2/NEXT: 第二标志键/读下一字节

STEP/NVBP: 单拍/单拍跟踪

EXEC/FVBP: 连续执行/断点运行

PCDBG/EPRGL: 与上位机通讯调试/低速固化

EPMOV: 固化去内容移入目标 RAM

EPCH/EPCOM: EPROM 真空/EPROM 比较

PRT: 打印命令

COMP: 源程序与目标程序比较

MOVE: 程序块或数据块移动

DAR: 反汇编

MON: 退出当前操作, 返回初态——显示闪动 “P.”

RESET: 系统复位按钮, 无论何时按 RESET 键, 都使整个系统复位,  
返回初始状态——显示闪动 “P.”

## 2. 键盘监控特点

- (1) 一键多用, 减少键数, 增强功能。
- (2) 闪动的光标提示, 指出应做什么操作, 操作位置在那里。
- (3) 除复位键以外, 大多数键有自动连续功能, 持续按键1秒以上, 就会产生连续按键的效果, 达到快速扫描、检查, 简化了操作, 节省了时间。
- (4) 省零功能, 数字后的0可省略, 减少了按键次数。
- (5) 重键检测功能, 几个数字键同时按下, 不会使程序丢掉, 以防误操作。
- (6) EPROM固化, 写入时自动加VPP电压, 写好后自动关断VPP电压, 保证插拔 EPROM芯片安全。
- (7) 相对偏移量计算功能, 为无系统机的用户现场调试、修改程序, 带来了极大方便, 防止手工计算出错。
- (8) 键盘监控没有换挡键, 键的功能取决于计算机所处的状态。

各个键的功能同计算机状态联系在一起，免去了记忆上下挡的麻烦。计算机的状态可以从显示方式中判断，不会引起混乱。

(9) 具有单拍跟踪功能，持续按压单拍执行键STEP，计算机便进入跟踪状态，以每分500条指令快速执行用户程序，同时显示程序执行地址及该单元内容，只要松开键便可立刻停止，同时返回待命状态1。本机有单拍、单拍跟踪、全速断点、连续执行等功能，大大提高了本机的开发功能。

(10) 在监控中的插入命令INS和删除一字节命令DEL，由于两个键功能“互补”，当不慎按错其中一键后，可以用操作另一个键来补救，使影响范围减至最小。尤其插入、删除命令可自动或指定某一范围，使插入、删除影响范围更小，并使插入删除速度加快。

(11) 可与上位机联机工作，可充分利用系统机资源，提高实验效率。

(12) 开发机上出借给用户的仿真调试程序 / 数据复合空间达64KB。用户系统可设计成64KB程序数据复合空间，也可设计成一个64KB程序空间，一个64KB数据空间。并能对用户系统进行调试、分析。

### 3. 键盘监控工作状态

可以通过32个键向本机发出各种操作命令，大多数键均有2个以上功能，本机无上下档转换键，计算机到底进行什么操作，不仅与按压什么键有关，也与当前计算机所处的工作状态有关。“工作状态”在操作中，是一个重要的概念：

(1) 单板状态 在本状态时，显示器的左端显示提示符，一个闪动的“P.”字符，表示开发机处于初始化状态，等待操作；

按压RESET复位键后，使本机处于单板状态；

在大多数情况下，按MON键，也可以使本机进入单板状态(在后面也称为待命状态0)。待命状态0时，可以进行的操作有：

按压任一数字键，进入待命状态1，待命状态1即为数字键可输入状态；

按压F1标志键，进入仿真2态，在51/196状态，仿真2态就是用户只是借用实验系统CPU，其余均在用户系统上。PC值指向外部用户程序空间，DPTR指向外部数据空间，显示闪动的“H……”(适用51、196)；

按压F2标志键，进入仿真1态，在51/196状态，仿真1态就是用户借用实验系统CPU和实验系统上的仿真程序区。PC值指向实验系统用户程序空间，DPTR指向外部数据空间，显示闪动的“P……”(适用51、196)；

按压PCDBG键，进入与上位机通讯、调试、反汇编，显示器全暗；

按压EPCH键，检查EPROM内容是否是全FFH(适用51、196)；

按压EXEC键，从现行PC地址开始执行用户程序；

按压STEP键，从现行PC地址开始单拍执行用户程序。

(2) MEM态 即存贮器读写状态，进入存贮器读写状态时，前4位显示器显示存贮器地址，后2位显示器显示该存贮器单元中的内容。

在待命状态下，按压MEM键，或当执行用户程序时遇到断点、单拍执行、EPROM编程写入出错等都会使计算机进入该状态，本状态可进入如下操作：

按压OFST键，进入相对偏移量计算；

按压DEL键，进入删除操作，按一下，删除一字节；

按压INS键，进入插入操作，按一下，插入一字节；

按压LAST键，进入上一字节读写操作；

按压NEXT键，进入下一字节读写操作；

按压STEP键，以当前显示器内容作为地址，按压一下，执行一条命令，即执行用户程序一步；

按压EXEC键，以当前显示器内容作为地址，连续执行用户程序(若要退出，应按RESET复位按钮)；

按压MON键，返回待命状态0(按EXEC键后，该命令无效)。

(3) REG态 即寄存器读写状态，进入该状态时，前面1位和2位显示寄存器地址，后面2位显示该寄存器中的内容。

在待命状态1，按压REG键，可进入如下操作：

对51CPU状态如前面键入1位地址，进入当前工作寄存器读写 / 检查状态；

如前面键入2位地址，进入片内寄存器读写(包括特殊功能寄存器和通用寄存器)。

(4) ODRW态 即用户目标系统数据存贮器读写状态(本状态只适用于51CPU系统)。

在仿真1状态，即显示“P……”状态下键入4位地址后按ODRW键，读写的内容都是用户系统中的扩展数据存贮器或扩展I / O口，与实验系统无关。前面4位显示用户目标系统数据存贮器地址，后2位显示存贮器中的内容。

(5) 标志态 即F态。

在待命状态1，再按压F1键，本机便进入标志态，标志态功能特别强。

F1键功能 装入源程序首址，即把当前显示器内容作为源程序首址，装入本机的约定单元，并显示闪动“┐”标志符。

F2键功能 装入源程序末址，即把当前显示器内容作为源程序末址，装入本机的约定单元，并显示闪动“┘”标志符。

在“┘”状态下，再键入的数，便是目标首址；

F标志态可进入的操作：



按压MOVE键, 进入程序 / 数据块移动。

在“P.”态, 本机内部0000H—FEFFH空间相互传送。

在“P. ……”态, 本机内部0000H—FEFFH空间的内容移到用户系统数据区, 在“H……”态, 用户目标程序区移到本机仿真RAM区。

操作如下 源首地址, F1, 源末地址, F2, 目标首地址, MOVE。

按压COMP键, 进入程序块比较, 操作步骤如下:

源首址, F1, 源末址, F2, 目首址, COMP。

按压EPRGH键, 进入EPROM高速固化(适用51、196系统), 操作步骤如下:

源首址(RAM区), F1, 源末址(RAM区), F2, 目首址(EPROM), EPRGH。

按压EPRGL键, 进入EPROM低速固化(适用51、196系统), 操作步骤如下:

源首址, F1, 源末址, F2, 目首址, EPRGL。

按压EPMOV, 把固化区程序搬运到程序区(适用51、196系统):

在“P.”态, 固化区内容传向本机内0000H—FEFFH空间。

按压FVBP键, 进入断点运行(适用51、196系统), 操作步骤如下:

断点地址, F1, 执行首址, FVBP。

#### 4. 键盘监控操作命令介绍

##### (1) 复位命令——RESET键

在任何时刻按压复位键RESET, 都会迫使计算机进入初始状态(与通电复位作用一样), 在RST为高的第二个周期执行内部复位, 并且在RST变低前每一个周期重复执行内部复位, 复位后, 使8155、8255 I / O接口芯片复位; 使计算机进入待命状态0; 按压复位键不会改变用户存贮区的内容, 也不会改变CPU片内RAM区的内容及外部数据区的内容。

##### (2) 返回待命状态—MON键

按MON, 可迫使计算机进入待命状态。通常用MON键进行以下操作: 清除已送入显示器的数字; 退出其他操作状态。例如, 退出存储器读写状态, 寄存器读写状态等; 按MON键, 不会影响用户的存贮器、寄存器内容。

##### (3) 程序存贮器读写命令——MEM、NEXT、LAST键

这一组命令是用来检查(读出)或更改(写入)内存单元, 因此, 通过这些键命令的操作, 向计算机送入程序和数据或从计算机中读出数据。

在“P.”闪动状态下, 读出的是仿真程序/数据区的内容(在实验系统上的外部存贮器)。

在“P. ……”状态下, 读出的是仿真程序/数据区的内容(在实验系统上的外部存贮器)。

在“H……”状态下，读出的是用户板(目标板)上程序存储器即EPROM中内容。

先按压MON键，使计算机处于待命状态0，然后送入4位表示要检查的程序存储器地址，再按MEM键，读出该单元的内容，计算机便进入存储器读写状态。

在程序存储器读写状态，显示器的左边4位数字是内存单元地址，右边的2位是该单元的内容。光标(闪动的数字)表示等待修改(写入)的数字。

程序存储器读写状态是键盘监控的一种重要状态；这时多数命令键都具有与待命状态1不同的功能。

注意：程序存储器读写状态的明显标志是显示6位数字，光标在第五位或第六位。

在程序存储器读写状态，使用LAST或NEXT键可以读出上一个或下一个存储单元的内容，同时光标自动移动到第五位。持续按LAST或NEXT键在1秒以上，计算机便开始对内存进行向上或下扫描，依次显示各单元地址及内容，或快速移动到要检查的单元，从而简化了操作。

按MON键，可使计算机退出存储器读写状态，返回待命状态。

(4) 寄存器读写、特殊功能寄存器检查、片内RAM区读写命令——REG、NEXT、LAST键：

寄存器读写可以输入一位地址，亦可以二位地址。在51CPU系统中，输入一位地址时作为寄存器代号。特殊功能寄存器、片内RAM的读写输入二位地址。

输入一位地址时，寄存器读写状态的标志是：显示器上显示3个数字，左边第一位数字代表寄存器的代号，右边的2位数字表示该寄存器的内容。光标处于显示器的第5位到第6位之中。

若要对寄存器的内容进行改写，可按压所需的数字键，光标所在处的数字即被更换，而光标随即往右移一位。(若到了最右端，又重新回到起始位)。

特殊功能寄存器检查状态标志是：显示器上显示4个数字，左边第一位、第二位数字代表寄存器地址，右边的2位数字表示该寄存器的内容，中间两位是空格，光标在第五位中第六位。

片内RAM区读写状态是：显示器上显示四个数字，左边两位是RAM区地址，右边两位是该地址的内容，中间两位是空格。光标处于显示器的第5位或第6位。

若要对RAM区的内容进行改写，可按压所需的数字键，光标所处的数字即被更换。按压NEXT或LAST键，可检查更改下一或上一单元RAM区(按地址顺序排列)的内容。持续按LAST或NEXT键的时间在1秒以上

时,可实现快速查找。按压MON键,可以从寄存器、RAM区读写状态返回待命状态0。

初始化时该单元为04,即4000开始PC指针自动指向外部目标系统,若目标系统仿真RAM大于4000应对SS进行重新设置,否则4000以后的仿真程序不能实施仿真调试。

单板状态与仿真2态SS无效,在这两个状态SS可为任意值,不需用户设定。

特殊功能寄存器检查状态标志是:显示器上显示4~6个数字,(字节寻址显示8位数据,字寻址显示16位数据)左边第一位、第二位数字代表寄存器地址,右边的4位数字表示该寄存器的内容。

片内RAM区读写状态是:显示器上显示6个数字,左边两位是RAM区地址,右边四位是该地址的内容。

(5)外部数据存贮器、外部RAM、口读写命令——ODRW、NEXT、LAST键(只适用51CPU系统)

用ODRW键可以对外部数据存贮器和扩展I / O口进行检查(读出)或更改(写入)。

在“P.”状态下,用该键读写仿真RAM区的内容(在实验系统上)。

在“P……”状态下,用该键读写的是用户板上外扩展数据存贮器或I/O口的内容。

在“H……”状态下,用该键读写的是用户板上外扩展数据存贮器或I/O口的内容。

对外部数据、RAM口读写,一般应先按MON键,使计算机进入待命状态0。然后按所要访问的外部数据区的地址及扩展RAM的地址,计算机便进入读写状态。

外部数据存贮器读写的状态标志是:显示器显示6个数字,左边4位数字是存贮单元地址,右边两位是该单元的内容,光标在第五位与第六位之间,表示等待修改单元内容。

外部扩展RAM及口的读写的状态标志是:显示器上显示4个数字。左边二位数字是RAM或口的单元地址,右边两位是该单元的内容,光标在第五位与第六位之间,表示等待修改单元内容,中间两位是空格。

按压NEXT或LAST键,可查访、更改下一个或上一个单元的内容。持续按LAST或

NEXT键的时间在1秒以上,可实现快速查找。

按MON键,可使计算机返回待命状态0。


#### (6)断点运行

本机提供了断点方式运行仿真RAM中的程序,为用户提供了检测用户CPU定时响应中断的速度或定时精度提供了方便,断点运行方式不适合于运行用户样机内EPROM中的程序。操作方法为:先送入断点

地址，按下设置断点键F1，然后键入执行首址，再按FVBP键。延时在这里就看不出了，因为是断点运行，遇到断点才停下来。运行的操作规程如下：

以51CPU系统为例，先把一个8字循环程序用存贮器读写命令键MEM送入实验系统RAM区。程序如下：

0000	7480	MOV A, #80H
0002	7822	MOV, R0, #22H
0004	7921	MOV, R1, #21H
0006	F2	MOVX@R1, A
0007	7401	MOV, A, #01H
0009	F3	LOOP: MOVX@R1, A
000A	120010	LCALL DELAY
000D	23	RL A
000E	80F9	SJMP LOOP
0010	7EFF	DELAY: MOV R6, #0FFH
0012	7FFF	DELA2: MOV R7, #0FFH
0014	DFFE	DELA1: DJNZ R7, DELY1
0016	DEFA	DJNZ R6, DELY2
0018	22	RET

遇到断点后可以再设断点，再按下FVBP；也可以返回监控测试现场，单拍运行用户程序。这样几种运行方式交叉使用，加快程序的调试速度，若断点设置不正确或用户系统硬件、软件有故障，则显示器LED5显示“”，除非复位，否则实验系统不会返回监控，复位后，还会保持用户CPU内RAM现场和I/O扩展口现场，但设置断点处的原内容被破坏三个单元，用户需予以恢复。

实验系统RAM区的0000H为用户机复位人口，0003H、000BH、0013H、001BH、0023H分别为用户系统的中断人口。

若断点设在中断人口，或中断服务程序中，则可以检测用户CPU

是否响应中断，以及检测中断服务程序是否正确，用户设置断点时必须注意断点地址需在指令的第一个字节所在的地址，若断点设置错误或程序有错，断点方式运行过程中碰不到断点时，则显示器不显示，此时按任一个键，显示器显示当前用户CPU的PC值及该单元内容，这为用户判断程序是否出现死循环或飞掉提供了方便。用户可以单拍、断点交替运行用户程序以验证程序的正确性，排除软硬件故障。

#### (7) 执行程序命令——EXEC

执行键EXEC在待命状态0、待命状态1和存贮器读写状态时有效。在待命状态0显示一个闪动“P.”，按EXEC键，计算机将按照用户0000H的地址，开始执行程序；在待命状态1(送入数字后的状态，数字后的0可省)，则按显示器上地址执行程序；在存贮器读写状态，按显示器的现行地址执行程序。在其它状态，EXEC键无效。

用EXEC键执行用户程序，在程序中遇到断点时会停下来，显示断点地址和该单元内容并保护所有的寄存器的内容，返回待命状态1。这时EXEC键作为断点运行键(FVBP)。

例1：键入0000H，再按EXEC键，则显示器上显示“8”字循环。

例2：在上例中000DH设断点，执行断点运行，操作如下：在待命状态0，按000D，再按F1标志键，然后按执行首址0（后三个0可省），再按FVBP键，则程序运行到000DH地址停下。并显示000DH及该单元内容23，说明000DH以上程序正确无误，这对带有延时子程序的调试，带来方便。

#### (8) EPROM检查、编程写入命令——EPROM、EPCOM、EPRGH、EPRGL键

在仿真实验仪上，有一EPROM写入区，利用实验系统上可编程I/O接口芯片8255，可对2764、27128实现编程写入（程序固化）。

对EPROM高速编程写入的步骤如下：

a) 把需要固化的EPROM芯片，插在对应的EPROM插座上，芯片缺口朝上。

固化区EPROM首地址均为0000H；2764EPROM地址为0000H—1FFFH；27128EPROM地址为0000H—3FFFH。

b) 检查插座上EPROM是否全部擦干净（EPROM中的内容是否是全FFH）。在待命状态0，按压EPCH键，对EPROM进行检查，在显示器上出现“P.”字符，即说明EPROM是全FFH，可以对EPROM进行编程(固化程序)。如果在显示器上出现出错地址及数据，即该片在显示器上的地址单元内容不是FFH，则不能进行编程，可再一次擦除（用EPROM擦除器进行），或调换一片，用上述方法再进行检查，直到检查通过为止。

有的EPROM烧坏后，检查也是全FFH，所以必须能改写EPROM才是真正好的芯片，也可用电流表串接在VPP电压中，若静态电流大于50mA，

说明该芯片已损坏，不能使用。

c) 用导线将线路板上(4X8键盘左下)VPP插孔和外置电源上的+25V(+12V~+25V可调)插孔相连,根据经验,EPROM芯片写入电压在12V至24V之间,视各芯片电压而定,有的厂家在芯片上注明PGM(写入电压),有的芯片不作说明,目前市场有很多芯片不标明PGM固化电压,往往使许多用户上当,烧坏了大量芯片,一般12V芯片中的硅片比21V的芯片小1/2倍。请用户特别引起注意,所以你写EPROM时若没有把握,电压可以从低(12V)到高(25V)逐渐试写。

d) 用存贮器读写命令,或系统机通讯方式下的装载命令,将要求写入EPROM的内容送入程序RAM区,如果是拷贝ROM,应把原芯片插在EPROM固化区(在8255旁边),读到内存中去。

读入方法如下:键入EPROM芯片首地址,按F1,再键入EPROM芯片末地址(2764末址为1FFFH、27128末地址为3FFFH),按F2键,再键入仿真RAM区首地址(0000H)按EPMOV,待仿真器显示“P.”读入结束。

f) 固化操作步骤如下:在显示器上键入源首址;再键入F1标志键;再键入RAM区源末址;再键入F2标志键;再键入目标EPROM首址;再键入EPRGH键;则自动进入高速写入,显示器上显示写入地址及其内容,这过程是一边写入、一边校对、一边显示。如写入正确无误,写完后显示器上显示“P.”,若有错,则显示出错地址及其内容。

在编程写入操作过程中,按RESET键,可使计算机中止编程操作而返回待状态0。

对EPROM低速编程写入的步骤如下:

操作同用EPRGH键的(1)~(5);仅在步骤上,不按EPRGH,而按EPRGL键,则进入低速编程。

以固化“8”字循环为例:

i. 先把前面8字循环程序输入到用户区0000H—0020H中,再按EXEC键,应有“8”字在LED上循环显示。

ii. 你把固化的芯片插在对应的EPROM插座上。

iii. VPP中串接50mA电流表,加上符合EPROM芯片要求的固化电压。

iv. 固化操作: 0000(源首址)→F1→0020(源末地址)→F2→0000(目标EPROM首地址),再按EPRGH进入固化,正确结束显示“P.”。

v. 比较操作 0000(EPROM首地址)→F1→0020(末地址)→F2→0000(RAM首地址)→EPCOM。进入比较,正确结束显示“P.”。

vi. 关掉直流稳压电源。

vii. 打开直流稳压电源,把刚固化的内容读到内存执行,查看固化正确与否,具体操作如下:

即: 0000 F1 0020 F2 0000 EPMOV。按EPMOV键后,即刻把固化

区内容读到0000H为首址内存。再按EXEC键(0地址可省),应显示“8”字循环。

#### (9) 插入和删除命令——INS、DEL键(适用51、196CPU系统)

这二个命令的功能是在调试机器码程序时,在程序存贮器单元中插入或删除某些指令或数据,而不必重新装入整个程序。

基本操作如下:

**INS键** 在单板状态下,先输入要插入内容的首地址,按F1键,后输入下限地址,按INS键,开发机返回“P.”状态。从首地址到下限地址之间所有单元的内容都向下移动一个字节,而下限单元原来的内容将溢出丢失。如果不规定上下限区域,则在存贮器读写状态下,按一次INS键,内容下移一个字节,当前地址中的内容清0,此时可以输入要插入的内容。

**DEL键** 在单板状态下,先输入要删除内容的首地址,按F1键,后输入下限地址,按DEL键,开发机返回“P.”状态。首地址所在单元的内容被删除,下限地址以上单元的内容依次向上移动一个字节。如果不规定删除区域,则在存贮器读写状态下,按一次DEL键,删除一个字节。

由上所述,INS和DEL命令键,对内存是有影响的,所以操作时不应随意按压。

#### (10) 单步执行键——STEP

单步执行键在待命状态1和存贮器读写状态时有效。在待命状态1,则按显示器上的地址单步执行;在存贮器读写状态,按现行地址执行。

按STEP键,计算机将依据上述三种情况,执行一条用户指令,继而显示当前PC和它的内容,等待下一个命令。

持续按单步键1秒以上,计算机就进入跟踪执行状态,以每分钟500条指令的速度执行用户程序,同时显示程序的执行地址和累加器的内容。这对检查延时循环程序特别有用。因此可监视程序的运行路线,在松开按键时,便立即停止跟踪状态,显示中止时的PC及累加器的内容,并返回待命状态0。

按MON键,返回到待命状态0。

单步命令不会影响已设置断点。

#### (11) 计算相对转移偏移量命令——OFST键

在51CPU系统中,OFST键命令的功能,是用来计算MCS-51指令系统中相对转移指令的操作数——偏移量。OFST键命令只在贮器读写状态有效。

先在需要填入偏移量的单元上填入所要转移的(目标)地址的低字节,然后按OFST键,该单元的内容立即转变成所要求的偏移量,也就是自动将偏移量填入,这时计算机仍处于存贮器读写状态,用户可

直接继续往下送入程序。

## 课题二、开发系统使用及人工汇编技能训练

### ——实验箱指令命令练习

#### 一、 实验目的

掌握人工汇编的基本方法，熟悉键盘操作。

#### 二、 实验内容

ORG 0000H

0000 7400       MOV   A, #00H

0002 7810       MOV   R0, #10H

0004 F6           MOV   @R0, A

0005 7511F1       MOV   11H, #0F1H

0008 06           INC    @R0

0009 E6           MOV   A,  @R0

000A F4           CPL    A

000B F9           MOV   R1, A

000C 8912       MOV   12H, R1

000E 30           7FMOV  R7, #30H

000F CF           XCH   A, R7

0010 C4           SWAP  A

0011 FE           MOV   R6, A

0012 901000       MOV   DPTR, #1000H

0015 F0           MOVX  @DPTR, A



```

0016 A3      INC  DPTR

0017 E9      MOV  A, R1

0018 F0      MOVX  @DPTR, A

0019 FA      MOV  R2, A

001A 2A      ADD  A, R2

001B 8B      MOV  R3, A

001C 75F020   MOV  B, #20H

001F E4      CLR  A

0020 04      INC  A

0021 A4      MUL  AB

0022 FC      MOV  R4, A

0023 ACF0     MOV  R5, B

0025 80FE     AAA: SJMP AAA

```

### 三、 实验要求

1. 对所给程序段进行人工汇编；
2. 为每条指令加上注释；
3. 将汇编后的目标程序输入机器；
4. 执行所给程序段，将执行后部分寄存器和存储单元的内容填入下表。

R0	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	A
10H	11H	12H	B	DPL	DPH	PSW	1000H	1001H

#### 四、实验步骤

#### 五、实验体会

### 实训二 汇编语言程序编程及人工汇编技能训练

#### 课题一、简单程序设计（上）

##### 一、实验目的

1. 进一步熟悉 51 系列单片机实验箱的基本使用方法；
2. 掌握汇编语言设计和调试方法，熟悉键盘操作；
3. 掌握简单程序的设计方法。

##### 二、实验内容

1. 编写程序，将外部 RAM 2000H~2003H 单元的内容清零；
2. 拆字程序 将外部 RAM 2004H 单元的内容拆开，高位送 2005H 的低位，低位送 2006H 的低位，2005H、2006H 的高位清零。

##### 三、实验要求

1. 用顺序结构编写程序(设程序起始地址分别在 0300H 和 0400H 单元)；
2. 为每条指令加上注释；
3. 进行人工汇编；
4. 将目标程序输入机器进行结果验证。

##### 四、实验步骤

在运行程序之前在外部 RAM 2000H~2004H 单元中分别输入 1AH, 2BH, 3CH, 4DH 和 5EH，检查验证程序运行后的结果。

##### 五、实验体会

## 课题二、简单程序设计（下）

### 一、实验目的

1. 掌握汇编语言设计和调试方法，熟悉键盘操作；
2. 掌握简单程序的设计方法。

### 二、实验内容

1. 拼字程序 在内部 RAM 30H 和 31H 单元中存放有数字 0~9 范围内的 ASCII 码，要求将它们的低四位拼装在一起存入 32H 单元。
2. 求 R1、R0 中存放的 16 位二进制数的补数，并存入 R3、R2 中。

### 三、实验要求

1. 用顺序结构编写程序(设程序起始地址分别在 0500H 和 0600H 单元)；
2. 为每条指令加上注释；
3. 进行人工汇编；
4. 将目标程序输入机器进行结果验证。

### 四、实验步骤

1. 在 30H 和 31H 中输入 35H 和 38H，检查验证程序运行后的结果；
2. 在 R1 和 R0 中输入 6CH 和 E3H，检查验证程序运行后的结果。

### 五、实验体会

## 课题三、分支程序的设计

### 一、实验目的

1. 掌握条件转移指令的用法；

2. 掌握分支程序的设计与调试方法;

3. 学习伪指令的使用。

## 二、实验内容

1. 两个无符号数分别存于 ONE 和 TWO 单元, 试比较它们的大小, 将较大数存入 MAX 单元, 较小数存入 MIN 单元。

2. 内 RAM 40H 单元中存有一个数 X, 若 X 为一奇数, 则将  $X*2$  存入 41H 中; 若 X 为偶数, 则将  $X/2$  存入 41H 中。

3. 分段函数: 设变量 X 存于 VAR 单元, 函数 Y 存于 FUNC 单元, 试按照下式的要求给 Y 赋值:

$$Y = \begin{cases} 1 & X > 20 \\ 0 & 10 \leq X \leq 20 \\ -1 & X < 10 \end{cases}$$

## 三、实验要求

1. 用分支程序结构编写源程序 (设程序起始地址分别在 0700H、0800H 和 0900H 单元);

2. 为每条指令加上注释;

3. 进行人工汇编;

4. 将目标程序输入机器进行结果验证。

## 四、实验步骤

1. 用 EQU 伪指令将 ONE、TWO、MAX 和 MIN 单元分别定义为 30H、31H、

32H、33H，在 30H、31H 中输入 5BH 和 34H，检查验证程序运行后的结果；

2. 40H 中分别输入 35H 和 38H，检查验证程序运行后的结果；

3. 用 EQU 伪指令将 VAR 和 FUNC 单元定义为 50H、51H，在 50H 中分别输入 5AH、0FH 和 04H，程序运行后的结果为。

## 五、实验体会

### 课题四、循环程序设计

#### 一、实验目的

1. 学习用断点方式运行程序；
2. 掌握循环程序的设计与调试方法；
3. 继续学习伪指令的使用。

#### 二、实验内容

1. 求字符串长度：内存中以 STRING 开始的区域有一个字符串，该字符串的最后一个字符为\$（其 ASCII 码为 24H），试统计该字符串中字符的个数，并存入 NUM 单元。
2. 单字节数求累加和：将内 RAM 中从 DATA 开始的 10 个无符号数相加，和存入 NUM 单元。
3. 从 BLOCK 单元开始有一个无符号数据块，其长度存于 LEN 单元，试求出数据块中最大的数，并存入 MAX 单元。

#### 三、实验要求

1. 用循环程序结构编写源程序（设程序起始地址分别在 0A00H、0B00H

和 0C00H 单元);

2. 为每条指令加上注释;
3. 进行人工汇编;
4. 将目标程序输入机器进行结果验证。

#### 四、实验步骤

1. 从 40H 单元开始输入 “GOOD MORNING \$”，结果存于 4FH 单元。检查验证程序运行后的结果。
2. 从 50H 单元开始输入 10 个数 12H、31H、05H、08H、17H、02H、09H、56H、33H、01H，结果存于 5FH 单元。检查验证程序运行后的结果。
3. 从 60H 单元开始输入 5 个数 04H、31H、05H、08H、17H，结果存于 6FH 单元。检查验证程序运行后的结果。

#### 五、实验体会

### 课题五、子程序设计

#### 一、实验目的

1. 掌握子程序调用与返回指令的用法;
2. 掌握子程序设计与调试的方法。

#### 二、实验内容

1. 用子程序实现  $C=A^2+B^2$ ，设 A、B、C 存于内 RAM 的三个单元 D1、D2、D3，均为 0~9 中的任意一个数;
2. 16 进制数转换成 ASCII 码 内 RAM 中从 HEX 开始存有 10 个十六进制数（每个单元放 2 位），将它们转换成 ASCII 码，存入从 ASC 开始

的 10 个单元中；

3. 数组传送 有两个无符号数据块分别存于以 BLOCK1 和 BLOCK2 为首地址的内 RAM 单元，每个数据块的第一个字节存放数据块长度，将两个数据块传送至外部 RAM 从 DATA1 开始的连续区域。

### 三、实验要求

1. 用子程序结构编写源程序（设程序起始地址分别在 0D00H、0E00H 和 0F00H 单元）；
2. 为每条指令加上注释；
3. 进行人工汇编；
4. 将目标程序输入机器进行结果验证。

### 四、实验步骤

1. 30H 开始输入 06H、08H，检查验证程序的运行结果。
2. 从 40H 开始输入 12H、1AH、05H、0C8H、17H，检查验证程序的运行结果。
3. 从 50H 开始输入 04H、1AH、05H、0C8H、17H，从 60H 开始输入 03H、34H、67H、8FH，检查验证程序的运行结果。

### 五、实验体会

## 课题六、查表程序的设计

### 一、实验目的

1. 掌握查表程序的设计与调试方法；
2. 继续学习本实验装置的使用方法。

## 二、实验内容

1. 设 R0 中存有 1 个 2 位的十六进制数，将其转换成 ASCII 码存于 R2 和 R1 中。
2. 设 30H 单元中存有 1 个 1 位的 BCD 码，求其平方值存于 31H 中。

## 三、实验要求

1. 用查表程序结构实现程序的编写（设程序起始地址在 1000H 和 1100H 单元）；
2. 为每条指令加上注释；
3. 进行人工汇编；
4. 将目标程序输入机器进行结果验证。

## 四、实验步骤

1. 设 (R0) = 3BH，检查验证程序的运行结果。
2. 设 (30H) = 08H，检查验证程序的运行结果。

## 五、实验体会

### 实训三 伟福 6000 软件机器汇编技能训练

#### 课题一、清零程序汇编调试

```
ORG 0030H
CLEAR: MOV R0, #00H
        MOV DPTR, #7000H      ; 设数据指针 DPTR=7000H
CLEAR: CLR A
        MOVX@DPTR, A          ; 清第一个数据单元
        INC DPTR              ; 指针加 1
        INC R0                ; 字节数加 1
```



CJNE R0, #00H, CLEAR1 ; 判字节数满 256 个否, 不满继续

SJMP CLEAR ; 满结束程序

END

## 课题二、拆字程序汇编调试

ORG 0050H

CWORD: MOV DPTR, #7000H ; 设数据指针 DPTR=7000H

MOVX A, @DPTR ; 取 (7000H) 内容暂存 B

MOV B, A

SWAP A

ANL A, #0FH ; 将 (7000H) 的高半字节存入 (7001H)

INC DPTR

MOVX @DPTR, A

INC DPTR

MOV A, B ; 将 (7000H) 的低半字节存入 (7002H)

ANL A, #0FH

MOVX @DPTR, A

CWORD1: SJMP CWORD1 ; 结束

END

## 课题三、拼字程序汇编调试

ORG 0070H

PWORD: MOV DPTR, #7000H ; 设数据指针 DPTR=7000H

MOVX A, @DPTR

ANL A, #0FH

SWAP A

MOV B, A ; (7000H) 中内容低 4 位交换到高 4 位暂存于 B 中

INC DPTR

MOVX A, @DPTR ; (7001H) 中的内容屏蔽高 4 位

ANL A, #0FH

ORL A, B ; 两字节的内容相或 (相折) 后存入 (7002H)

INC DPTR

MOVX @DPTR, A

PWORD1: SJMP PWORD1

END

## 实训四 Protes7 仿真软件仿真技能训练

### 课题一、多位数码管字段显示

#### 一、实训项目 多位数码管字段显示

#### 二、实训任务

首先最左侧数码管依次显示 a~f 段轮流被点亮，然后下移一个数码管依次轮流点亮 a~f 段，不断循环。

#### 三、实训目的

掌握 I/O 口的综合应用技术；掌握延时子程序编写与使用；了解数码管显示原理；掌握编程技巧；掌握单片机系统的仿真过程。

#### 四、实训准备

1. 复习数码管的基本知识，如 8 个 LED 排列顺序，共阴极和共阳极等。
2. 复习单片机指令功能，特别是移位指令，还有堆栈的用法等。
3. 复习程序设计的基本方法，程序的结构等。
4. 按照数位和字段变化规律编写程序。仿真程序：LED.DSN。

参考电路：按照技能训练图 7-2 绘制电路原理图。参考源程序(仿真文件夹\第 4 章\4 位数码管字段显示)。

#### 五、操作步骤

1. 按要求准备好电路图。

2. 读懂参考程序, 进行有益的改进。

3. 在 Proteus 环境下, 建立新仿真项目, 设计电路原理图, 添加程序, 编译, 执行, 看到要求的效果。

4. 暂停, 单步查看指令功能和控制结果之间的关系。

5. 单步查看各个存储器的内容变化, 理解堆栈原理和作用。

6. 思考是否能改成拉幕式显示。

7. 提交仿真报告。  
思考: 在程序中取消延时程序, 运行结果如何? 为什么?

六、说明

这个仿真主要是练习指令与程序, 如果感兴趣, 可以打开源文件所在文件夹中对应的列表文件 (扩展名为 .LST), 看看程序的机器码与源程序文件的对应关系。

仿真程序参看: 仿真文件\第4章\4位数码管字段显示\LED.DSN。

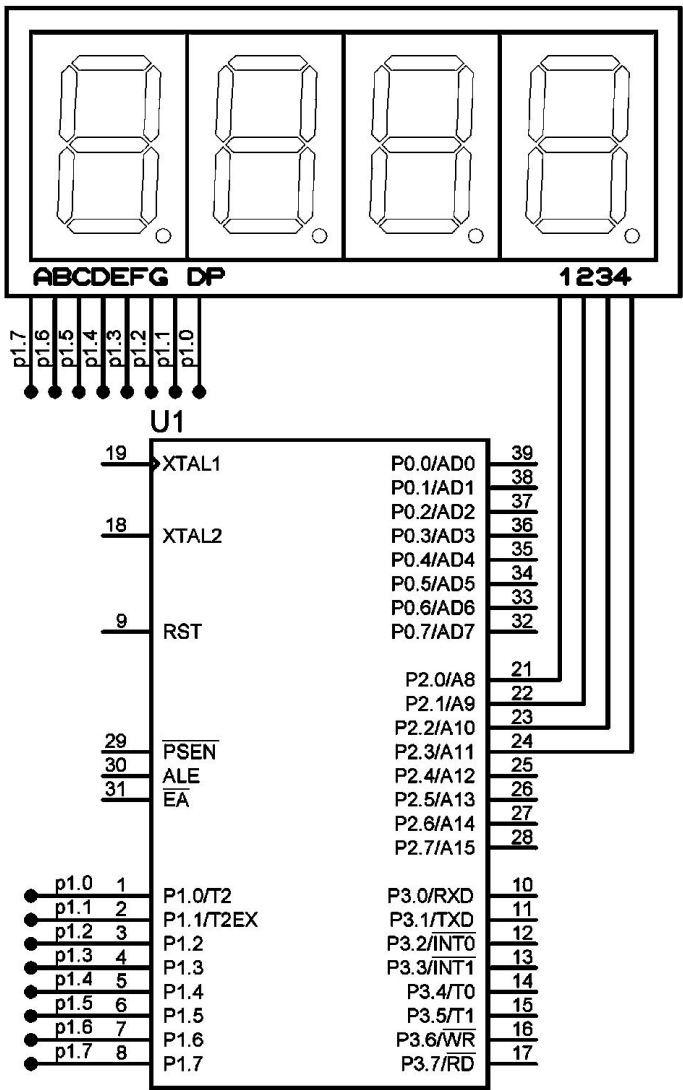


图 7-2 多位数码管字段显示技能训练图

课题二、8 键 8 灯 2 管显示

一、仿真题目 8 键 8 灯 2 管

二、训练目的

掌握I/O口的综合应用技术；掌握延时子程序编写与使用；了解数码管显示原理；了解按键输入的方法；掌握编程技巧；掌握单片机系统的仿真过程。

### 三、训练任务

P1口接8个按键开关作为输入信号，P0、P2、P3口同步输出。

在按键都没有按下时，P0、P2、P3交替出现高电平和低电平10次，左移5次，右移5次，如此循环。

按下任意按键时，就把按键所接P1口电平送到P0、P2、P3、P1口输入，P0、P2、P3口输出，所有输出都是P0、P2、P3相同，以便比较产生的效果。研究数码管的字形与代码的关系，便于将来按照数位和字段变化规律编写显示程序。

### 四、训练准备

1. 复习数码管的基本知识，如8个LED排列顺序，共阴极和共阳极等。
2. 复习单片机指令功能，特别是移位指令，堆栈的用法等。
3. 复习程序设计的基本方法，程序的结构等等。
4. 重点研究数码管的字形与代码的关系。

8键8灯2管显示电路如图7-3所示。参考源程序(仿真文件夹\

第4章\8键8灯2管)。

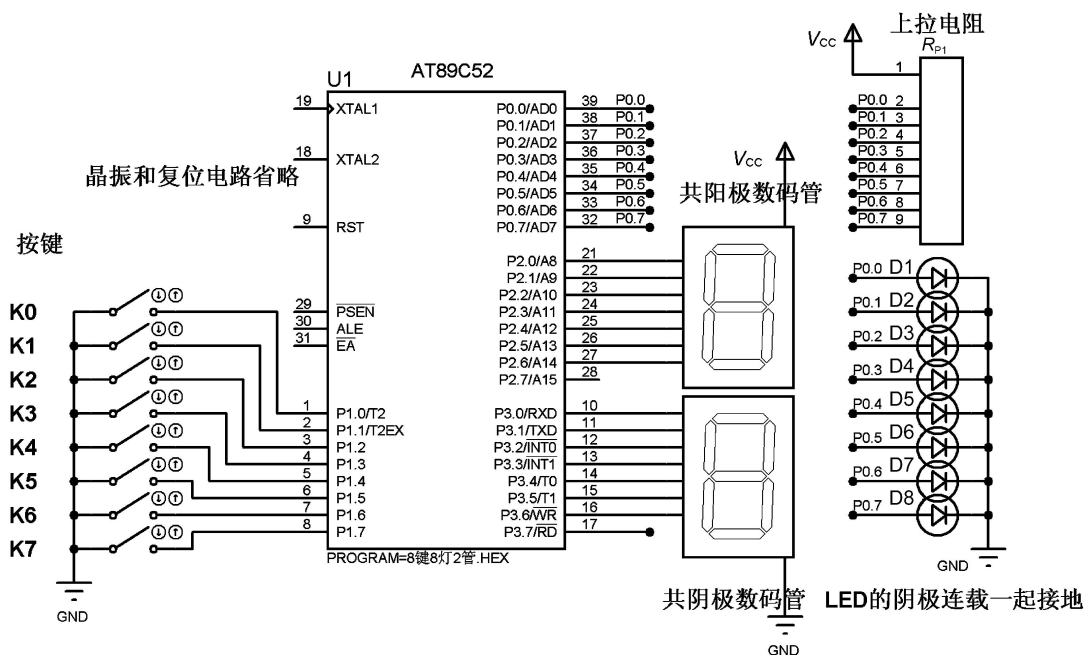


图 7-3 8 键 8 灯 2 管显示电路图

## 五、操作步骤

1. 按要求准备好电路原理图和程序。
2. 读懂参考程序，理解主程序与子程序的关系。
3. 在Proteus环境下，建立新仿真项目，设计电路原理图，添加程序，编译，执行，看到要求的效果。
4. 点击不同按键，查看代码与显示之间的关系。
5. 研究共阴极、共阳极显示字形的区别。
6. 提交仿真报告。

思考：要让共阴极数码管显示 2，应该输入什么代码？

## 六、说明

主程序开头没有使用伪指令 ORG 0000H，但是，一般情况下默认从 0000H 开始，也是可以的。

导线附近的小方块代表电平高低，红色代表高电平，蓝色代表低电平，灰色代表悬空或中间电平。

仿真程序参考光盘：仿真文件夹\第 4 章\8 键 8 灯 2 管\8 键 8 灯 2 管.DSN。

### 课题三、单个数码管显示

#### 一、仿真题目 单个数码管显示

#### 二、训练目的：

掌握 I/O 口的综合应用技术；掌握延时子程序编写与使用；重点掌握数码管显示原理，学习数字到字形码的转换方法，为以后编写数码管显示程序做准备；掌握编程技巧；掌握单片机系统的仿真过程。

#### 三、训练任务

P2 口接一个共阳极发光数码管，输出字形 0~F，不断循环显示。

研究数码管的字形与代码的关系，便于将来按照数位和字段变化规律编写显示程序。

#### 四、训练准备

1. 复习数码管的基本知识，如 8 个 LED 排列顺序，共阴极和共阳极等。
2. 复习单片机指令功能，特别是查表指令。
3. 复习程序设计的基本方法，注意主程序到子程序的参数传递方法。
4. 重点研究代码与数码管的字形关系，掌握转换方法。

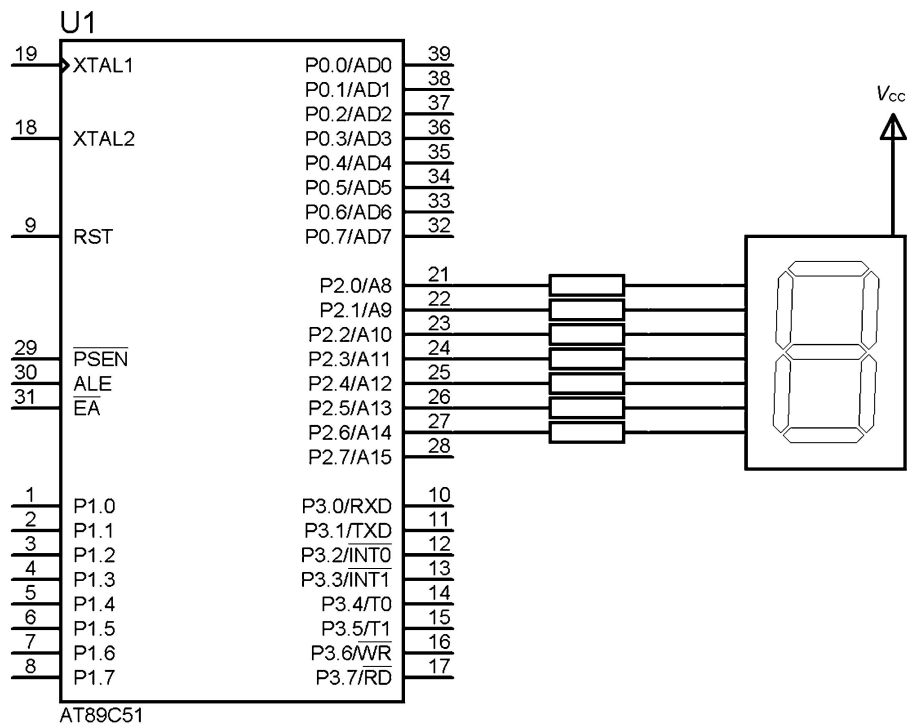


图 7-4 单个数码管显示电路图

单个数码管显示技能训练图如图 7 - 4 所示。可以仿照图中共阳极数码管的电路绘制电路原理图，其他无用的元件去掉；也可以直接使用技能训练图的电路，无用的元件不必理会。参考程序（仿真文件夹\第 4 章\一位数码管）。

## 五、操作步骤

1. 注意所用的 LED 数码管的极性，如果是共阴极要修改程序。
2. 这次实验的目的是研究数码管显示程序的编写方法。实验结果要能够按照要求显示。
3. 提交实验报告。

## 六、说明

思考如下问题：

1. 如果用的是共阳极数码管，应该如何修改程序？

2. 如果使用的是 8 键 8 灯 2 管的电路, 如何使 2 个数码管显示相同的数码?

3. 如果用 2 个相同的数码管显示 2 位数字, 应该如何编程?

4. 以上程序中标号为 DISPTAB1 的字形表和标号为 DISPTAB2 的字形表作用是什么?

如果有了答案, 要写在实验报告中。如果哪一题目还没有答案, 就好好研究一下吧。

#### 课题四、中断控制多种显示样式

##### 一、训练题目 中断控制多种显示样式

##### 二、训练目的

熟练掌握在 Proteus 环境下原理图绘制; 掌握 Proteus 环境下的源程序编辑与编译; 掌握中断方式下程序的编制方法; 掌握中断返回的使用方法; 掌握 Proteus 仿真调试方法;

##### 三、实训任务

按钮 SW1 由引入单片机, 每按一次变换一种显示样式, 共四种显示样式, 显示样式编号由 P2 口输出到数码管 (共阳极) 显示, 每种显示样式的具体内容由 P1 口输出到数码管 (共阴极) 显示, 中断控制多种显示样式电路参考技能训练图 7-5。

显示样式 1: 显示样式数码管显示 0~9 数码;

显示样式 2: 显示样式数码管显示 9~0 数码;

显示样式 3: 显示样式数码管顺时方向依次显示数码笔画;



显示样式 4：显示样式数码管逆时方向依次显示数码笔画；

四、训练准备

复习外部中断的设置、入口地址、中断引脚、响应条件和编程方法等知识。按任务要求准备电路图和程序。

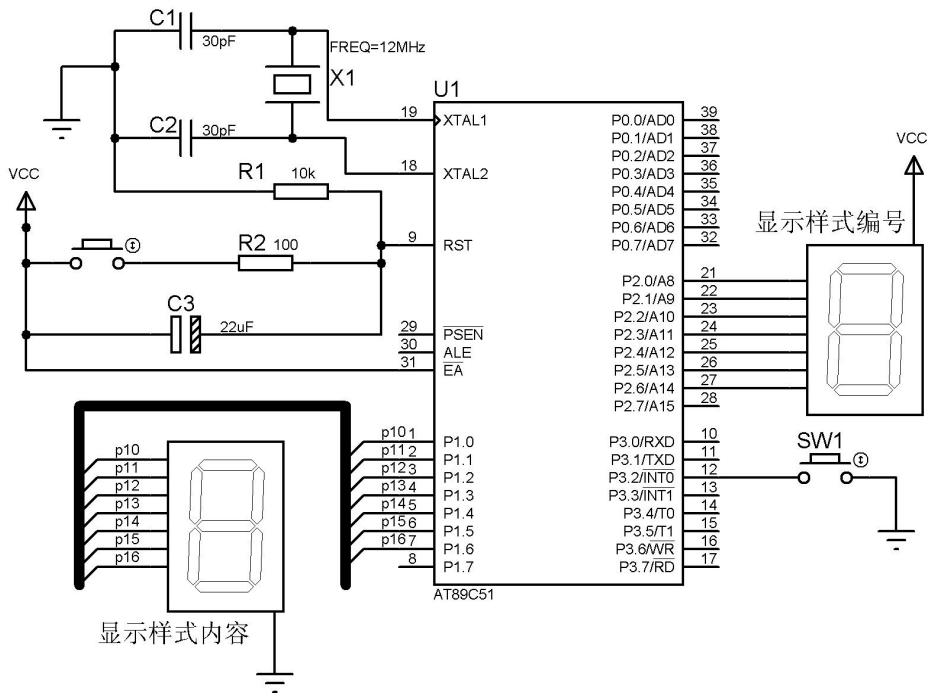


图 7-5 中断控制多种显示技能训练图

参考电路：参考源程序(仿真文件夹\第5章\中断控制多样显示)。

五、实训步骤

1. 按照硬件电路原理图，在Proteus环境下完成原理图绘制；
2. 根据实训任务设计出相应的源程序；
3. 在Proteus下进行源程序的编译；
4. 编译后HEX文件装入单片机仿真运行。

六、说明

光盘提供Proteus仿真文件，运行文件夹\第五章\中断控制多样显示\ZHD5\_4.DSN，观察运行结果，并进一步分析源程序。

课题五、中断计数

一、训练题目 中断计数



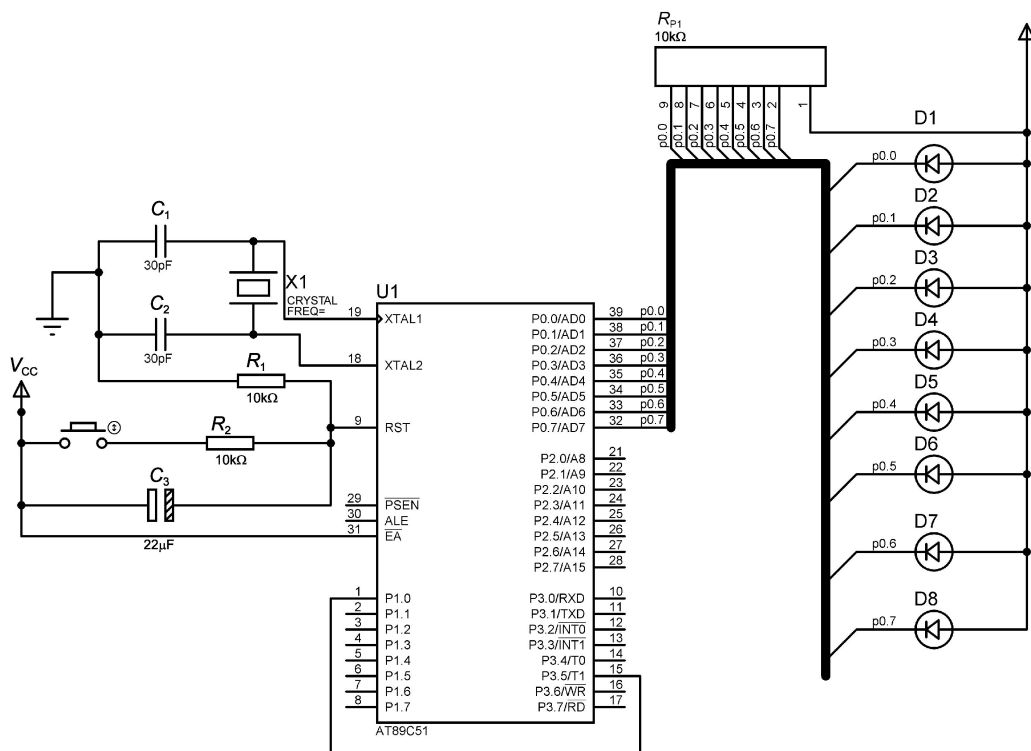


图 7-7 控制发光二极管闪烁技能训练图

## 课题六、定时器串联应用

### 一、实训项目 定时器串联应用

### 二、实训任务

实现发光二极管闪烁（发光2s，熄灭2s）。P0口外接8个发光二极管，引脚P1.0与P3.5相连，设 $f_{osc}=6\text{MHz}$ ，T0与T1串联使用（T0方式1定时，T1方式2计数）。

三、实训目的 灵活使用单片机定时器，利用定时器串联实现长时间延时。

### 四、实训准备

1. 分析题目要求，在Proteus中绘制原理图（参考技能训练图7-7）。

2. 根据实训任务设计出相应的程序。

### 五、实训分析

每次定时0.1s，T0的计数初值=3C B0H；

每0.1s对P1.0取反一次，这样T1计数10次，可得2s；

T1的计数初值=256-T1的计数次数=256-10=246；

设置TMOD。T0方式1定时，与外部脉冲无关，TMOD的低4位为0001；T1方式2计数，与外部脉冲无关，TMOD的高4位为0110。

参考程序(仿真文件夹\第6章\定时器串联)，观察运行结果，并进一步分析源程序。

## 课题七、测试外部脉冲频率

### 一、实训项目 测试外部脉冲频率

### 二、实训任务

T0方式1定时，T1方式1计数，外部脉冲由P3.5（T1）引脚输入，将1秒内的脉冲计数值在数码管中显示。

### 三、实训目的

1. 掌握频率测量的原理；
2. 掌握二—十进制转换程序设计方法；
3. 掌握显示数据传送到显示缓冲区的程序设计方法；
4. 了解数码管动态显示的程序设计思路。

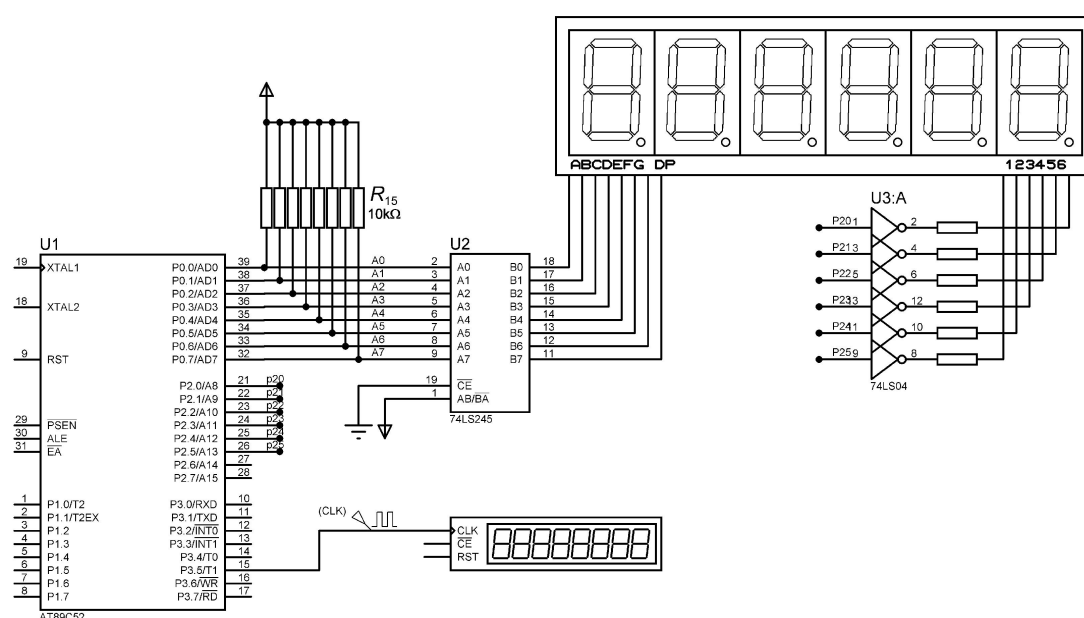


图 7-8 频率计原理技能训练图

### 四、实训准备

1. 分析题目要求，在Proteus中绘制原理图（技能训练图7-8）。
2. 根据实训任务设计出相应的程序。

参考源程序(仿真文件夹\第6章\频率测量). 观察运行结果, 并进一步分析源程序。

五、思考题：如何实现以“时 分 秒”的方式进行时钟计时。

### 课题八、独立式按键和一位数码显示

#### 一、实训目的

1. 练习按键编程；
2. 练习数码显示编程。

#### 二、实训任务（可以根据实际条件改做类似按键和显示的实验）

1. 8个按键，分别对应一个子程序，按1号键，执行第一个子程序，按2号键执行第二个子程序，依此类推。
2. 每个子程序功能是，在一位数码管上显示键号。

#### 三、实训准备

1. 分析电路，准备材料，按图连接电路；
  2. 分析任务，编写程序，并仿真调试；
  3. 要求用散转指令实现多分支；
- 参考仿真文件：按键数码.DSN。参考电路如图7-9所示。

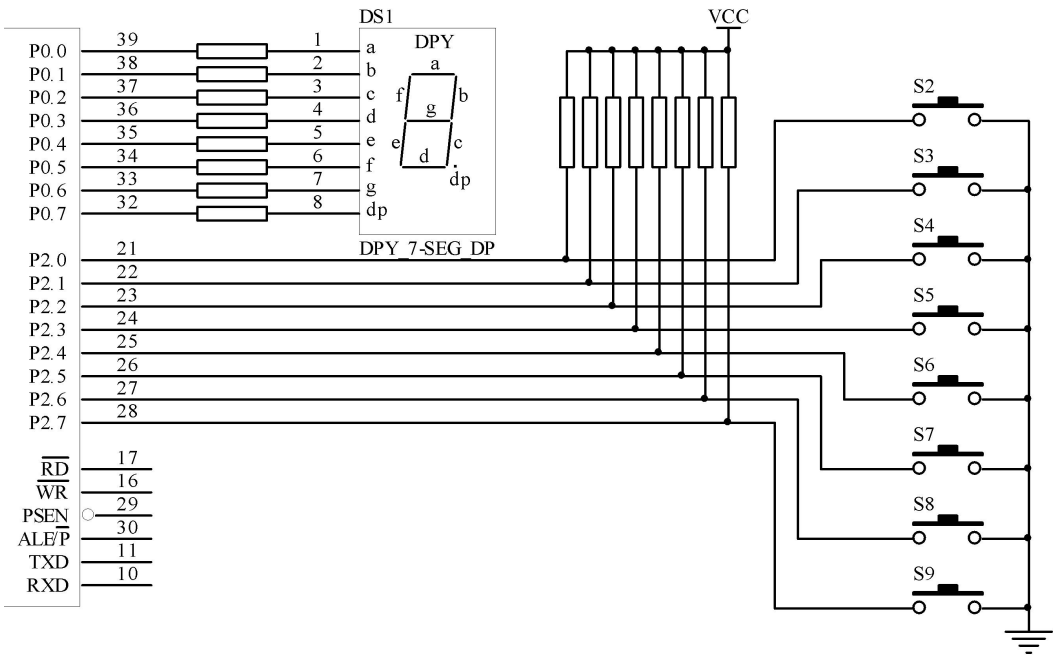


图 7-9 数码显示编程技能训练图

说明：此图省略了单片机的复位和晶振电路，试验时必须加上。

四、参考程序（仿真文件夹\第9章\按键数码）。

## 课题九、开关量输出

### 一、训练目的

1. 熟悉一种开关量的输出方法和驱动电路；
2. 练习输出编程。

### 二、训练任务

利用单片机控制一路继电器，每秒钟动作一次，就是断开一秒，再接通一秒，依次循环不止。（模仿航标灯）

参考电路如图7-10所示。

### 三、训练准备

1. 看懂参考电路图，准备材料。为了指示继电器的动作，利用继电器的常开触点控制一个指示灯。

2. 编写控制程序，编写训练步骤，写明所用材料。

四、参考程序(仿真文件夹\第10章\光耦输出 a\光耦输出 a. DSN)。

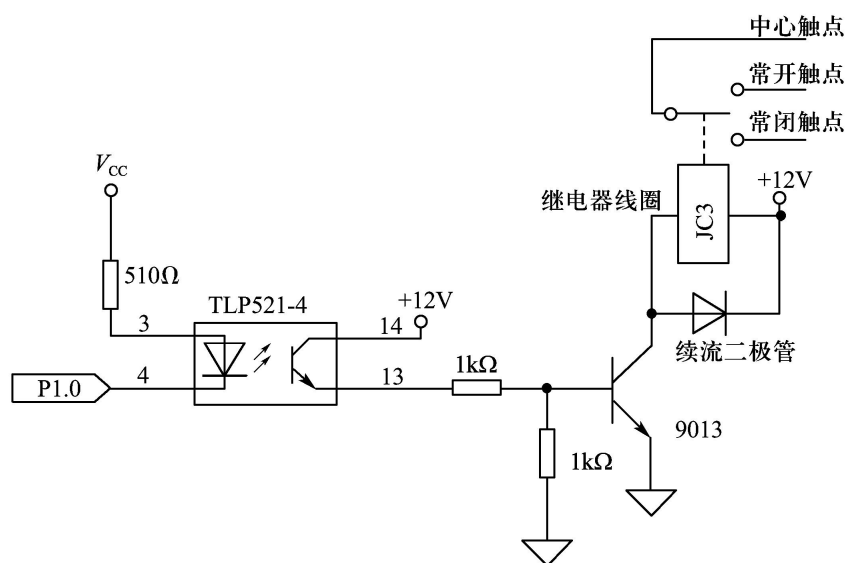


图 7-10 技能训练参考电路图

## 课题十、模数转换

### 一、训练目的

1. 熟悉一种ADC芯片ADC0809；

2. 综合应用输出显示电路;
3. 综合程序设计。

## 二、训练任务

利用ADC0809将可调直流电压(0~5V)通过IN0通道转换成数字量给单片机输入数据,然后处理此数据,最后利用串行口在数码管上显示此数据。(模仿电压表)

## 三、训练准备

1. 研究第10章的图10 - 9和它的配套程序,以便采集数据;
2. 研究第7章的训练,利用其显示电路和显示驱动程序,以便显示;
3. 准备训练材料,列出材料清单;
4. 编写能完成这次训练任务的程序,可以利用前面提到的子程序。

## 四、训练步骤

1. 按照图10 - 9连接单片机和ADC0809电路。
2. 按照第7章训练连接数码管显示电路,并连接到单片机的串行口。
3. 准备好0~5V直流可调电源,连接到ADC0809的IN0(26号引脚)。
4. 检查电路,确保连接无误。
5. 输入训练程序,并且确保软件仿真验证程序正确,如有错误要修改好。
6. 将程序写入单片机(没有硬件仿真器的情况),将单片机插入实验板。如果有硬件仿真器,则将仿真头插入实验板,程序传送到仿真器。插入的时候要注意不要插错。
7. 经实训指导教师检查允许后,接通电源。
8. 观察电路无异常现象,进行训练记录。
9. 调节输入直流电压,观察显示数据,记录并计算电压对应的数据。
10. 如果出现异常现象,要找出原因并处理好,记录整个过程。

## 五、参考程序(仿真文件夹\第 10 章\0809ADC+\0809ADC+.DSN)。

## 机电一体化综合实训

### 实训任务书

1、任务名称：自动化生产线安装与调试

2、工作任务：

（1）设备安装。

（2）气路连接。

（3）电路设计和电路连接。

（4）程序编制和程序调试。

3、 时间安排：

顺序	任务	时间（天）
1	自动化设备安装、气路连接安	2
2	电路设计和电路连接	2
3	自动线程序设计	2
4	自动线调试	2
5	实习报告的书写和验收	2

根据学生独立分析问题和解决问题的能力、理论与实践相结合的能力、实习实训中的工作态度综合给出成绩评定。评定等级分为优、良、中、及格和不及格五等。

### 绪论

自动线是在流水线的基础上逐渐发展起来的，它不仅要求线体上各种机械加工装置能自动地完，成预定的各道工序及工艺过程的制品，而且要求在装卸工件在工序间的输送、工件的分拣甚至包装等都能自动地进行，使其按照规定的程序自动地进行工作。自动线技术通过一些辅助



装置按工艺顺序将各种机械加工装置连成一体,并控制液压、气压和电气系统将各个部分动作联系起来,完成预定的生产加工任务。

现代化的自动生产设备(自动生产线)的最大特点是它的综合性和系统性,在这里,机械技术、电工电子技术、传感器技术、PLC 控制技术、接口技术、驱动技术、网络通信技术、触摸屏组态编程等多种技术有机地结合,并综合应用到生产设备中;而系统性指的是,生产线的传感检测、传输与处理、控制、执行与驱动等机构在 PLC 的控制下协调有序地工作并有机地融合在一起。

YL-335B 自动生产线由供料、加工、装配、分拣和输送等 5 个工作站组成,各工作站均设置一台 S7-200 系列 PLC 承担其控制任务,各 PLC 之间通过 PPI 通信方式实现互连,构成分布式的控制系统。

系统主令工作信号由连接到输送站 PLC 的触摸屏人机界面提供,整个系统的主要工作状态除了在人机界面上显示外,尚须由安装在装配单元的警示灯显示上电复位、启动、停止、报警等状态。

本次实训自动生产线的工作目标是:将供料单元料仓内的工件送往加工单元的物料台,加工完成后,把加工好的工件送往装配单元的装配台,然后把装配单元料仓内的白色和黑色两种不同颜色的小圆柱零件嵌入到装配台上的工件中,完成装配后的成品送往分拣单元分拣输出。

## 实训一 自动线中传感器的使用

### 任务目标

- 1) 掌握生产线中磁性开关、光电开关、光纤式光电接近开关、电感式接近开关、光电编码器等传感器结构、特点及电气口特性;
- 2) 能进行各种传感器在生产线中的安装与调试

#### 1. 1 传感器的认知

传感器技术是测量技术、半导体技术、计算机技术、信息处理技术、微电子学、光学、声学、精密机械、仿生学和材料科学等众多学科相互交叉的综合性和高新技术密集型前沿技术之一,是现代新技术革命和信息社会的重要基础,是自动检测和自动控制技术不可缺少的重要组成部分,生产线中传感器用于感知外部信息,用于检测位置、颜色等信,并且把相应的信号输入给 PLC。

## 1. 2 开关分类及工作原理

1 ) 接近开关 : 主要用于检测位置, 有磁控式 ( 磁场变化 ) 接近开关、感应式 ( 金属物体 ) 接近开关、光电型接近开关等。磁控开关 : 磁控开关是一种非接触式位置检测开关, 不会磨损和损伤被测对象, 相应速度比较快。

2 ) 磁控接近开关工作原理: 当有磁性物质接近磁控开关时, 磁控开关被磁化而使得接点吸合在一起, 从而使回路接通, 常应用于测量气缸位置, 生产线中磁控开关位置调整: 旋转气缸、直线气缸。磁控接近开关内部接线图: 串联电阻限制电流大小, 保护接点不被烧毁; 串联二极管保证在电源极性接反时保护内部电路。

3 ) 光电式接近开关: 用在环境比较好、无灰尘、无粉尘污染的场所, 为非接触式测量, 对被测物无任何影响, 在工业生产过程中得到广泛的应用。

4 ) 工作原理: 利用光敏三极管、光敏二极管、光敏电阻或光敏电池检测反射回的光的强弱或有无光线, 从而检测是否存在物体。

### 5 ) 光电式接近开关类型

(1) 漫反射式光电开关: 它是一种集发射器和接收器于一体的传感器, 当有被检测物体经过时, 物体将光电开关发射器发射的足够量的光线反射到接收器, 于是光电开关就产生了开关信号。当被检测物体的表面光亮或其反光率极高时, 漫反射式的光电开关是首选的检测模式。

(2) 镜反射式光电开关: 它亦集发射器与接收器于一体, 光电开关

发射器发出的光线经过反射镜反射回接收器,当被检测物体经过且完全阻断光线时,光电开关就产生了检测开关信号。

(3) 对射式光电开关:它包含了在结构上相互分离且光轴相对放置的发射器和接收器,发射器发出的光线直接进入接收器,当被检测物体经过发射器和接收器之间且阻断光线时,光电开关就产生了开关信号。当检测物体为不透明时,对射式光电开关是最可靠的检测装置。

(4) 槽式光电开关:它通常采用标准的U字型结构,其发射器和接收器分别位于U型槽的两边,并形成一光轴,当被检测物体经过U型槽且阻断光轴时光电开关就产生了开关量信号。槽式光电开关比较适合检测高速运动的物体,并且它能分辨透明与半透明物体,使用安全可靠。

(5) 光纤式光电开关:它采用塑料或玻璃光纤传感器来引导光线,可以对距离远的被检测物体进行检测。通常光纤传感器分为对射式和漫反射式。

### 1. 3 光电编码器

1) 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。分为绝对式编码器和相对式编码器。BCD输出直接输出当前位置,格雷码输出直接输出相对位置。

#### 2) 光电编码器应用

通过计算每秒光电编码器输出脉冲的个数(或数据变化速度)就能反映当前电动机的转速。如果能够确定每转一圈代表的位移量,就能够通过测量脉冲用的个数(或当前值)来计算位移。

### 3) 相对式光电编码器- 位置和方向的判断

零点的判断：加装零点检测输出信号

方向判断：安装两组光电检测装置，位置上相差  $1/4$  周期。

### 4) 格雷码特点

(1) 相邻数字只差一位数字，提高抗干扰的能力

(2) 绝对式编码器位数  $N$ ：决定精度。

最小角度  $= 360/2N$  (度)

(3) 相对式编码器：条纹数决定精度最小角度  $= 360/2N$  (度)，可以用倍频的方法提高精度 (有 4 和 2 倍频)。

#### 1. 4 其他接近开关

1) 电涡流式开关：内部有一个线圈，其通有一定频率电流，从而产生磁场。利用导电物体在接近接近开关的电磁场时，使物体内部产生涡流。这个涡流反作用到接近开关，使开关内部电路参数发生变化，由此识别出有无导电物体移近，进而控制开关的通或断。接近开关所能检测的物体必须是导电体。

2) 电容式开关：开关的测量回路通常是构成电容器的一个极板，而另一个极板是开关的外壳。外壳在测量过程中通常是接地或与设备的机壳相连接。当有物体移向接近开关时，不论它是否为导体，由于它的接近，总要使电容的介电常数发生变化，从而使电容量发生变化，使得和测量头相连的电路状态也随之发生变化，由此便可控制开关的接通或断开。这种接近开关检测的对象，不限于导体，可以绝缘的液体或粉状物等。

## 实训二 自动化生产线中的异步电机控制

### 任务目标

- 1) 掌握生产线中磁性开关、光电开关、光纤式光电接近开关、电感式接近开关、光电编码器等传感器结构、特点及电气接口特性；
- 2) 能进行各种传感器在生产线中的安装与调试。

### 2. 1 交流电异步动的使用

#### 1) 三相异步电动机

三相异步电动机在运行过程中需注意，若其中一相和电源断开，则变成单相运行。此时电机仍会按原来方向运转。但若负载不变，三相供电变为单相供电，电流将变大，导致电机过热。使用中要特别注意这种现象；三相异步电动机若在启动前有一相断电，将不能启动。此时只能听到嗡嗡声，长时间启动不了也会过热，必须赶快排除故障。注意外壳的接地线必须可靠的接大地，防止漏电引起人身伤害。

#### 2) 灯的使用情况

(1) 在单站工作情况下，装配单元上安装的红、黄、绿三色警示灯用于本单元的状态显示和报警显示。按钮/指示灯模块的指示灯不使用。

(2) 在单站工作情况下，装配单元上安装的红、黄、绿三色警示灯用于本单元的状态显示和报警显示。按钮/指示灯模块的指示灯不使用。

(3) 在单站工作情况下，装配单元上安装的红、黄、绿三色警示灯用于本单元的状态显示和报警显示。按钮/指示灯模块的指示灯不使用。

(4) 在单站工作情况下，装配单元上安装的红、黄、绿三色警示灯用于本单元的状态显示和报警显示。按钮/指示灯模块的指示灯不使用。

#### 3) 上料装配

(1) 推料位置要手动调整推料气缸或者挡料板位置，调整后，再固定螺栓。否则位置不到位引起工件推偏。

(2) 磁性开关的安装位置可以调整，调整方法是松开磁性开关的紧定螺栓，让它顺着气缸滑动，到达指定位置后，再旋紧紧定螺栓。注意夹料气缸要把工件夹紧，行程很短，因此它上面的二个磁性开关几乎靠近在一起。如果磁性开关安装位置不当，影响控制过程。

(3) 底座和装料管安装的光电开关，若该部分机构内没有工件，光电开关上的指示灯不亮；若在底层起有 3 个工件，底层处光电开关亮，而第 4 层处光电接近开关不亮；若在底层起有 4 个工件或者以上，二个光电开关都亮。否则调整光电开关位置或者光强度。

2. 2 用变频器驱动装置的使用通

1) YL-335B 分拣站使用的三相交流减速电机的速度、方向控制采用西门子通用变频器 MM420，三相交流电源经熔断器、交流接触、滤波器（可选）、变频器输出到交流电动机。

变频器控制输出正旋波的驱动电源是以恒电压频率比（U/f）保持磁通不变为基础，在经过正旋波脉宽调制（SPWM）驱动主电路，以产生 U、V、W 三相交流电驱动三相交流异步电动机。

SPWM 调制的控制信号为幅值和频率均可调的正旋波，载波信号为三角波，该电路采用正弦波控制，三角波调制。当控制电压高于三角波电压时，比较器输出电压 Ud 为“高”电平，否则输出“低”电平。

SPWM 调制波经功率放大才能驱动电机。SPWM 变频器功率放大主回路中，左侧的桥式整流器将工频交流电变成直流恒值电压，给图中右侧逆变器供电。等效正弦脉宽调波 Ua、Ub、Uc 送入 T1~T6 的基极，则逆变器输出脉宽按正弦规律变化的等效矩形电压波，经过滤波变成正弦交流电用来驱动交流伺服电机。

2) MM420 变频器是一个智能化的数字式变频器，在基本操作板（BOP）上可以进行参数设置。参数分为 4 个级别：

- (1) 标准级：可以访问最经常使用的参数。
- (2) 扩展级：允许扩展访问多数的范围，例如变频器的 I/O 功能。
- (3) 专家级：只供专家使用
- (4) 维修级：只供授权的维修人员使用—具有密码保护。


3) 显示按钮及功能说明

显示/按钮	功能	功能的说明
	状态显示	LCD 显示变频器当前的设定值

	启动变 频器	按此键起动变频器。缺省值运行时此键是被封锁的。为了使此键的操作有效，应设定 $P0700 = 1$
	停止变频器	<p>OFF1：按此键，变频器将按选定斜坡下降速率减 速停车，缺省值运行时此键被封锁；为了允许此键 操作，应设定 <math>P0700 = 1</math>。</p> <p>OFF2：按此键两次（或一次，但时间较长）电动机 将在惯性作用下自由停车。此功能总是“使能”的。</p>
	改变电动机的 转动方向	按此键可以改变电动机的转动方向，电动机的反向时，用负号表示或用闪烁的小数点表示。缺省值运 行时此键是被封锁的，为了使此键的操作有效应设定 $P0700 = 1$
	电动机 点动	在变频器无输出的情况下按此键，将使电动机起动， 并按预设定的点动频率运行。释放此键时，变频器 停车。如果变频器/

		电动机正在运行，按此键将不起作用。
	跳转功能	<p>此键用于浏览辅助信息。</p> <p>变频器运行过程中，在显示任何一个参数时按下此键并保持不动 2 秒钟，将显示开始):</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 直流回路电</li> <li>2. 输出电流</li> <li>3. 输出频率</li> <li>4. 输出电压</li> <li>5. 由 P0005 选定的数值（如果 P0005 选择显示上述参数中的任何一个（3，4 或 5，这里将不再显示）。</li> </ol> <p>连续多次按下此键将轮流显示以上参数。</p> <p>在显示任何一个参数（rXXXX 或 PXXXX）时短时间按下此键，将立即跳转到 r 数。跳转到 r00，如果需要的话，您可以接着修改其它的参</p> <p>后，按此键将返回原来的显示</p>



		点。
	访问参数	按此键即可访问参数

#### 4) 参数设定值及其意义

设定值	所指定参数组意义	设定值	所指定参数组意义
0	全部参数	12	驱动装置的特征
2	变频器参数	13	电动机的控制
3	电动机参数	20	通讯
	命令，二进制 I/O		报警 / 警告 /

7		21	监控
8	模-数转换和数-模转换	22	工艺参量控制器
10	设定值通道/ RFG（斜坡函数发生器）		

### 实训三 伺服电机及驱动器在生产线中的使用

#### 任务目标

- 1) 掌握伺服电机的特性及控制方法，伺服驱动器的原理及电气接线；
- 2) 能使用伺服驱动器进行伺服电机的控制；
- 3) 会设置伺服驱动器的参数。

#### 3.1 变频器驱动装置的使用

在 YL-335B 的输送单元上中采用了松下 MHMD022P1U 永磁同步交流伺服电机，及 MADDT1207003 全数字交流永磁同步伺服驱动装置作为运输机械手的运动控制装置。

MHMD022P1U 的含义：MHMD 表示电机类型为大惯量，02 表示电机的额定功率为 200W，2 表示电压规格为 200V，P 表示编码器为增量式编码器，脉冲数为 2500p/r，分辨率 10000，输出信号线数为 5 根线。

交流永磁同步伺服驱动器主要有伺服控制单元、功率驱动单元、通讯接口单元、伺服电动机及相应的反馈检测器件组成，其控制器系统结构框图。其中伺服控制单元包括位置控制器、速度控制器、转矩和电流控制器等等。

### 3. 2 伺服电机及驱动器的硬件接线

伺服电机及驱动器与外围设备之间接线，输入电源经断路器，滤波器后直接到控制电源输入端（X1）L1C、L2C，滤波器后的电源经接触器、电抗器后到伺服驱动器的电源输入端（X1）L1、L3，伺服驱动器的输出电源（X2）U、V、W 接伺服电机，伺服电机的编码器输出信号也要接到驱动器的编码器接入（X6），相关的 I/O 控制信号（X5）还要与 PLC 等控制器相连接，伺服驱动器还可以与计算机或手持控制器相连，个方面来介绍伺服驱动装置的参数设置。

### 3. 3 伺服驱动器的参数设置与调整

伺服电机及驱动器与外围设备之间的接线，输入电源经断路器，滤波器后直接到控制电源输入端（X1）L1、L2C，滤波器后的电源经接触器、电抗器后到伺服驱动器的电源输入端（X1）L1、L3，伺服驱动器的输出电源（X2）U、V、W 接伺服电机，伺服电机的编码器输出信号也要接到驱动器的编码器接入端（X6），相关的 I/O 控制信号（X5）还要与 PLC 等控制器相连接，伺服驱动器还可以与计算机或手持控制。

## 实训四 气动技术在自动化生产线中的使用

### 任务目标

- 1) 掌握常见气动元件的功能、特性；
- 2) 能使用气动元件构成气动系统，连接气路。

### 4. 1 气泵的认知

气泵包括：空气压缩 安全保护器、储气罐、压力开关、过载 压力表、气源开关、主管道过滤器。



图 2-45 气泵上的元件介绍

#### 4. 2 气动执行元件的认知

1) 气动系统常用的执行元件为气缸和气马达。气缸用于实现直线往复运动；气马达用于实现连续回转运动。在 YL-335B 中只用到了气缸，包括笔型缸、薄型气缸、回转气缸、双杆气缸、手指气缸等。

##### 2) 分类

(1) 按大小分类：微型 2.5~6mm，小型 8~25mm，中型 32~320mm

(2) 按方式分类

安装方式：固定式气缸和摆动式气缸

润滑方式：给油气缸不给油气缸

驱动方式：单作用气缸和双作用气缸

3) 普通型单活塞双作用气缸结构：主要由缸筒活塞杆、前后端盖及密封件等组成。

#### 4. 3 气动控制元件的认知

1) 在 YL-335B 中使用的气动控制元件按其作用和功能有压力控制阀、方向控制阀、流量控制阀。

(1) 压力控制阀在 YL-335B 中使用到的压力制阀主要有减压阀、溢流阀。

(2) 减压阀的作用是降低由空气压缩机来的压力，以适于每台气动设备的需要，并使这一部分压力保持稳定。



(3) 溢流阀的作用是当系统压力超过调定值时，便自动排气，使系统的压力下降，以保证系统安全，故也称其为安全阀。

## 2) 流量控制阀

节流阀是将空气的流通截面缩小以增加气体的流通阻力，而降低气体的压力和流量。度（无级调节），并可保持其开口度不变，此类如图 所示，阀体上有一个调整螺 丝，可以调节流阀的开口阀称为可调节开口截流阀。

3) 方向控制阀用来改变气流流动方向或通断的控制阀，通常使用的是电磁阀。电磁阀是利用其电磁线圈通电时，静铁芯对动铁芯产生电磁吸力 使阀芯切换，达到改变气流方向的目的。

4) “位” 的概念：“位” 指的是为了改变气体方向，阀芯相对于阀体所具有的不同的工作 位置。“通” 的含义则指换向阀与系统相连的通口，有几个通口即为几通。

二位三通、二位四通和二位五通控电磁换向阀的图形符号，图形中有几个方格就是几位，方格中的“”和“”符号表示各接口互不相通

## 5) 电磁阀的安装步骤:

第一步 切断气源，用螺丝刀拆卸下已经损坏的电磁阀，

第二步 用螺丝刀新的电磁阀装上

第三步 将电气控制接头插入电磁阀上

第四步 将气路管插入电磁阀上的快速接头

第五步 接通气源，用手控开关进行调试，检查气缸动作情况

## 实训五 可编程控制器在自动化生产线中的使用

任务目标

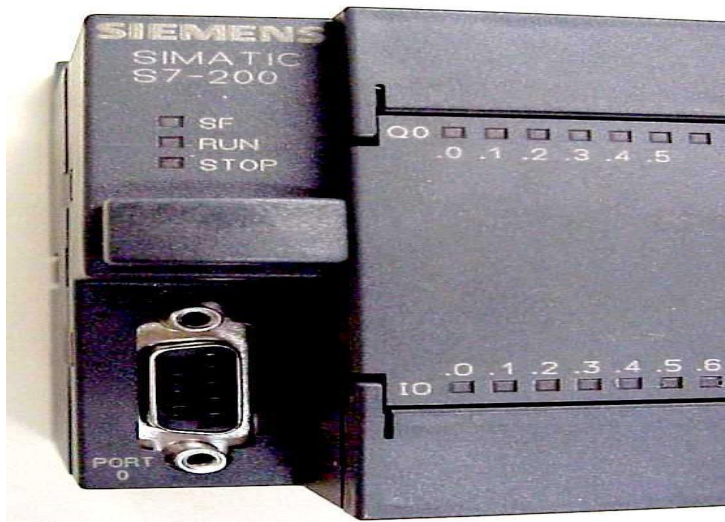
- 1) 掌握 PLC 的工作原理、外部接口特性、输入输出端口的选择原则、常用指令；
- 2) 能分析控制系统的工艺要求，确定数字量、模拟量的输入输出点数
- 3) 能应用常用指令编写控制系统的程序。

### 5.1 S7-200PLC 结构与认知

#### 1) 可编程控制器 (PLC)

PLC 是一种专为工业环境下应用设计的控制器，是一种数字运算操作的电子系统。PLC 是在电气控制技术和计算机技术的基础上开发出来的，并逐渐发展成为以微处理器为核心，将自动化技术、计算机技术、通信技术融为一体的新型工业控制装置。

S7-200 系列 PLC 属于混合式 PLC，由 PLC 主机和扩展模块组成。其中，PLC 主机由 CPU、存储器、通讯电路、基本输入输出电路、电源等基本模块组成，相当于一个整体式的 PLC，可以单独地完成控制功能，它包含一个控制系统所需的最小组成单元。图是 S7-200CPU 模块的外形结构图，它将一个微处理器、一个集成电源和数字量 I/O（输入/输出）点集成在一个紧密地封装之中。



S7-200CPU 模块外形结构图

## 2) 通讯接口

S7-200 系列 PLC 整合了一个或两个 RS485 通讯接口，既可作为 PG（编程）接口，可也作为 OP（操作终端）接口，如连接一些 HMI（人机接口）设备。支持自由通讯协议及 PPI（点对点主站模式）通讯协议。

## 3) 电源

S7-200 本机单元有一个内部电源，为本机单元、扩展模块以及一个 24VDC 电源输出。每一个 S7-200 CPU 模块向外提供 5VDC 和 24VDC 电源。

以下两点需要注意：

（1）CPU 模块都有一个 24VDC 传感器电源，它为本机输入点和扩展模块继电器线圈提供 24VDC。如果电源要求超出了 CPU 模块 24VDC

电源的定额，您可以增加一个外部 24VDC 电源来供给扩展模块的 24VDC。

（2）当有扩展模块连接时 CPU 模块也为其提供 5V 电源。如果扩展模块的 5V 电源需求超出了 CPU 模块的电源额定值时，必须卸下扩展模块，直到需求在电源预定值之内才行。

## 5. 2 PLC 的位置控制

### 1) PT0 的认知与编程

Q0.0 和 Q0.1 输出端子的高速功能输出通过对 PT0/PWM 寄存器的不同设置来实现。PT0/PWM 寄存器由 SMB65~SMB85 组成，它们的作用是监视和控制脉冲输出 (PT0) 和脉宽调制 (PWM) 功能。使用位控向导编程的步骤如下：

（1）为 S7-200 PLC 选择选项组态内置 PT0/PWM 操作。在 STEP7 V4.0 软件命令菜单中选择 “工具” → “位置控制向导” 并选择配置 S7-200PLC 内置 PT0/PWM 操作

（2）单击 “下一步” 选择 “Q0.0”，再单击 “下一步” 选择 “线性脉冲输出 (PT0)”。

（3）单击 “下一步” 后，在对应的编辑中输入 MAX\_SPEED 和 SS\_SPEED

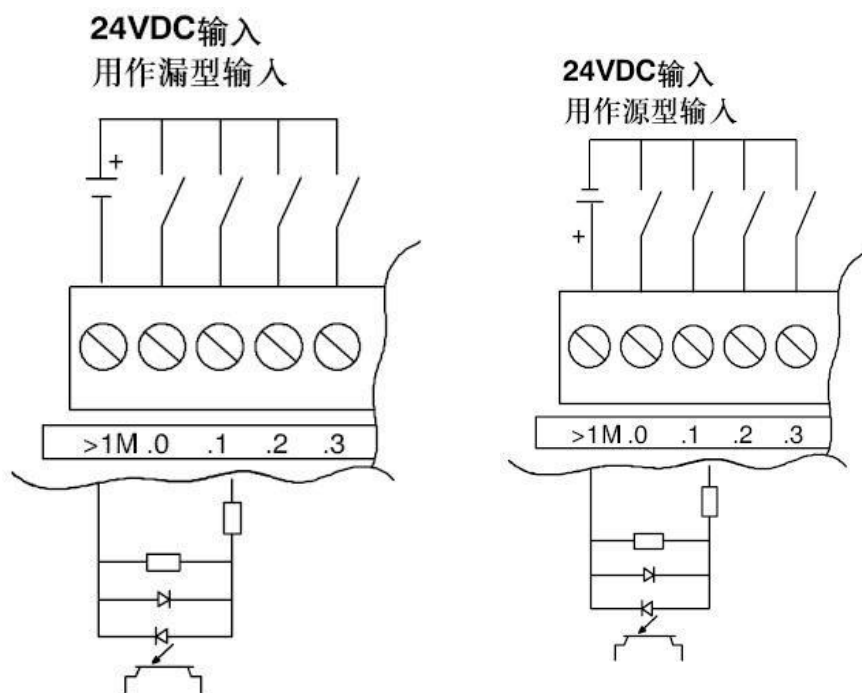
（4）单击 “下一步” 填写电机加速时间 “1500” 和电机减速时间 “200”

（5）接下来一步是配置运动包络界面

（6）运动包络编写完成单击 “确认”，向导会要求为运动包络指定 V 存储区地址（建议地址为 VB75~VB300），默认这一建议，单击 “下一步”，单击 “完成”。



输入接口将按钮、行程开关或传感器等产生的开关量信号或模拟量信号，转换成数字信号送给 CPU。开关量输入工程上常称为“开入量”或“DI（数字量输入）”。



S7200PLC 输入模块接线图

## 2) 伺服(步进)电机运行的运动包络

运动包络	站点	脉冲量	移动方向
1	供料站→加工站	85600	
2	加工站→装配站	52000	
3	装配站→分拣站	42700	
4	分拣站→高速回 零前	168000	DIR
5	低速回零	单速返回	DIR

## 5.3 PLC 的 PTO/PWM 寄存器说明

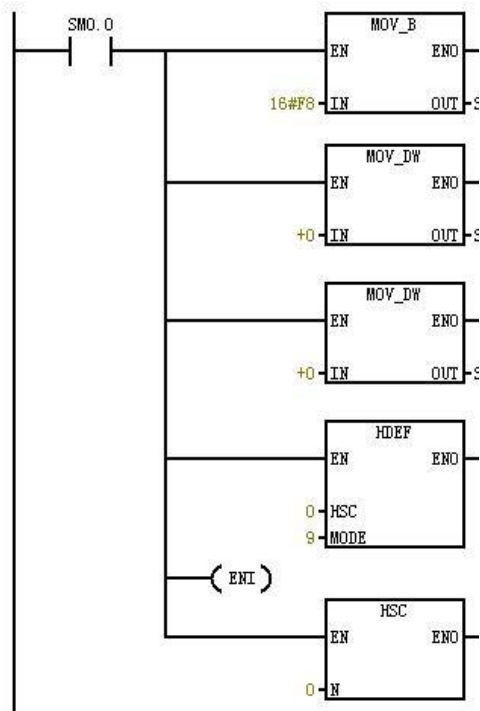
高速脉冲输出功能在 s7-200 系列 PLC 的 Q0.0 或 Q0.1 输出端产生高速脉冲,用来驱动诸如伺服(步进)电动机一类负载,实现速度和位置控制。高速脉冲输出有脉冲输出 PTO 和脉宽调制输出 PWM 两种

形式。

## 1) PT0/PWM 寄存器说明

Q0.0	Q0.1	说明	
SM66.4	SM76.4	PT0 包络由于增量计算错误异常终止	0: 无错; 1: 异常终止
SM66.5	SM76.5	PT0 包络由于用户命令异常终止	0: 无错; 1: 异常终止
SM66.6	SM76.6	PT0 流水线溢出	0: 无溢出; 1: 溢出
SM66.7	SM76.7	PT0 空闲	0: 运行中; 1: PT0 空闲
SM67.0	SM77.0	PT0/PWM 刷新周期值	0: 不刷新; 1: 刷新
SM67.1	SM77.1	PWM 刷新脉冲宽度值	0: 不刷新; 1: 刷新
SM67.2	SM77.2	PT0 刷新脉冲记数值	0: 不刷新; 1: 刷新
SM67.3	SM77.3	PT0/PWM 时基选择	0: 1 $\mu$ s; 1: 1ms
SM67.4	SM77.4	PWM 更新方法	0: 异步更新; 1: 同步更新
SM67.5	SM77.5	PT0 操作	0: 单段操作; 1: 多段操作
SM67.6	SM77.6	PT0/PWM 模式选择	0: 选择 PT0; 1: 选择 PWM
SM67.7	SM77.7	PT0/PWM 允许	0: 禁止; 1: 允许
SMW68	SMW78	PT0/PWM 周期时间值 (范围: 2~65535)	
SMW70	SMW80	PWM 脉冲宽度值 (范围: 0~65535)	
SMD72	SMD82	PT0 脉冲计数值 (范围: 1~4294967295)	
SMB166	SMB176	段号 (仅用于多段 PT0 操作), 多段流水线 PT0 运行中的段的编号	
SMW168	SMW178	包络表的起始位置, 用距 V0 的字节偏移量表示 (仅用于多段 PT0 操作)	

## 2) 程序清单



→ ; SMB37—计数器控制信号（1字节）  
 ; 除bit7=1，允许执行HSC“使能”指令外，  
 SMB37 ; 其余均为0。

→ ; SMD38—现行计数值（2字，连续4字节）  
 SMD38

→ ; SMD42—计数预置值（2字，连续4字节）  
 SMD42

→ ; 高速计数器定义指令。  
 ; 配置HC0为模式9，CV=0，PV=0，增计数

; 开放中断

→ ; 启动计数器

## 实训六 通信技术在自动化生产线中的使用

### 任务目标

- 1) 掌握 PLC 的 PPI 通信接口协议及网络编程指令；
- 2) 能进行 PPI 通讯网络的安装、编程与调试。

#### 6.1 认知 PPI 通信速度值

通信技术的作用就是实现同的设备之间进行交换数据，PPI (point to point) 是点对点的串行通信，串行通信是指每次只传输的速度较慢，但是其接位二进制数。因而其传少，可以长距离传输数据。PLC—200 自带了串行通信接口。

#### 6.2 网络读写命令的使用

PLC 的网络读写命令实现多个 PLC 之间进行通信。网络读 NETR 指令可从远程站最多读取 16 字节信息，网络写 NETW 指字节信息。可在程序中使 NETR/NETW 指令，但在可向远程站最多写入 16 任意数目的 何时间最多只能有 8 条 NETR 和 NETW 指令同时被激活。

##### 1) TBL 表定义格式

地址偏移	表头				
0	D	A	E	0	错误代码
1	对方 PLC 地址				
2	指针指向对方 PLC 数据单元的地址				
3	占用四个字符				
4					
5	可以指向对方的 Q I M V				



# PLC工业控制与编程实训

## 概述

可编程控制器是采用微机技术的通用工业自动化装置，近几年来，在国内已得到迅速推广普及。正改变着工厂自动控制的面貌，对传统的技术改造、发展新型工业具有重大的实际意义。

可编程序控制器，英文称 Programmable Controller，简称 PC。人们习惯地用 PLC 作为可编程序控制器的缩写。它是一个以微处理器为核心的数字运算操作的电子系统装置，专为在工业现场应用而设计，它采用可编程序的存储器，用以在其内部存储执行逻辑运算、顺序控制、定时/计数和算术运算等操作指令，并通过数字式或模拟式的输入、输出接口，控制各种类型的机械或生产过程。PLC 是微机技术与传统的继电接触控制技术相结合的产物，它克服了继电接触控制系统



图 9-1 PLC 硬件系统结构图

中的机械触点的接线复杂、可靠性低、功耗高、通用性和灵活性差的缺点，充分利用了微处理器的优点，又照顾到现场电气操作维修人员的技能与习惯，特别是 PLC 的程序编制，不需要专门的计算机编程语言知识，而是采用了一套以继电器梯形图为基础的简单指令形式，使用户程序编制形象、直观、方便易学；调试与查错也都很方便。用户

在购到所需的 PLC 后，只需按说明书的提示，做少量的接线和简易的用户程序的编制工作，就可灵活方便地将 PLC 应用于生产实践。

## 一、PLC 的结构及各部分的作用

PLC 的类型繁多，功能和指令系统也不尽相同，通常由主机、输入/输出接口、电源、编程器扩展器接口和外部设备接口等几个主要部分组成。

PLC 的硬件系统结构如下图 9 - 1 所示。

### 1. 主机

主机部分包括中央处理器（CPU）、系统程序存储器 and 用户程序及数据存储器。CPU 是 PLC 的核心，它用以运行用户程序、监控输入/输出接口状态、作出逻辑判断和进行数据处理，即读取输入变量、完成用户指令规定的各种操作，将结果送到输出端，并响应外部设备（如编程器、电脑、打印机等）的请求以及进行各种内部判断等。PLC 的内部存储器有两类，一类是系统程序存储器，主要存放系统管理和监控程序及对用户程序作编译处理的程序，系统程序已由厂家固定，用户不能更改；另一类是用户程序及数据存储器，主要存放用户编制的应用程序及各种暂存数据和中间结果。

本实验装置共有三种型号的三菱主机供用户根据自身的需要加以选用。

（1）FX1N - 40MR - 001 AC/DC/继电器内置数字量 I/O （24 路开关量输入，16 路继电器输出），另配置 FX0N - 3A 模拟量模块（2 路模拟量输入，1 路模拟量输出）；FX2N - 485 - BD 通信模块；SC - 09 通



信编程器，采用 RS485 网络通信。

(2) FX2N - 48MR - 001 AC/DC/继电器内置数字量 I/O (24 路开关量输入, 24 路继电器输出), 另配置 FX0N - 3A 模拟量模块 (2 路模拟量输入, 1 路模拟量输出), FX2N - 485 - BD 通信模块。SC - 09 通信编程器, 采用 RS485 网络通信。

(3) FX2N - 48MR - 001 AC/DC/继电器内置数字量 I/O (24 路开关量输入, 24 路继电器输出), 另配置 FX0N - 3A 模拟量模块 (2 路模拟量输入, 1 路模拟量输出), FX2N - 32CCL 通信模块。SC - 09 通信编程器, 采用 CC - Link 网络通信。

## 2. 输入/输出 (I/O) 接口

I/O 接口是 PLC 与输入/输出设备连接的部件。输入接口接受输入设备 (如按钮、传感器、触点、行程开关等) 的控制信号。输出接口是将主机经处理后的结果通过功放电路去驱动输出设备 (如接触器、电磁阀、指示灯等)。I/O 接口一般采用光电耦合电路, 以减少电磁干扰, 从而提高了可靠性。I/O 点数即输入/输出端子数是 PLC 的一项主要技术指标, 通常小型机有几十个点, 中型机有几百个点, 大型机将超过千点。

## 3. 电源

图中电源是指为 CPU、存储器、I/O 接口等内部电子电路工作所配置的直流开关稳压电源, 通常也为输入设备提供直流电源。

## 4. 编程器

编程器是 PLC 的一种主要的外部设备, 用于手持编程, 用户可用

以输入、检查、修改、调试程序或监视 PLC 的工作情况。除手持编程器外，还可通过适配器和专用电缆线将 PLC 与电脑联接，并利用专用的工具软件进行电脑编程和监控。

### 5. 输入/输出扩展单元

I/O 扩展接口用于连接扩充外部输入/输出端子数的扩展单元与基本单元（即主机）。

### 6. 外部设备接口

此接口可将编程器、打印机、条码扫描仪等外部设备与主机相联，以完成相应的操作。

## 二、PLC 的工作原理

PLC 是采用“顺序扫描，不断循环”的方式进行工作的。即在 PLC 运行时，CPU 根据用户按控制要求编制好并存于用户存储器中的程序，按指令步序号（或地址号）作周期性循环扫描，如无跳转指令，则从第一条指令开始逐条顺序执行用户程序，直至程序结束。然后重新返回第一条指令，开始新一轮新的扫描。在每次扫描过程中，还要完成对输入信号的采样和对输出状态的刷新等工作。

PLC 的扫描一个周期必经输入采样、程序执行和输出刷新三个阶段。

PLC 在输入采样阶段：首先以扫描方式按顺序将所有暂存在输入锁存器中的输入端子的通断状态或输入数据读入，并将其写入各对应的输入状态寄存器中，即刷新输入。随即关闭输入端口，进入程序执行阶段。

PLC 在程序执行阶段：按用户程序指令存放的先后顺序扫描执行每条指令，执行的结果再写入输出状态寄存器中，输出状态寄存器中所有的内容随着程序的执行而改变。

输出刷新阶段：当所有指令执行完毕，输出状态寄存器的通断状态在输出刷新阶段送至输出锁存器中，并通过一定的方式（继电器、晶体管或晶闸管）输出，驱动相应输出设备工作。

### 三、PLC 的程序编制

#### 1. 编程元件

PLC 是采用软件编制程序来实现控制要求的。编程时要使用到各种编程元件，它们可提供无数个动合和动断触点。编程元件是指输入继电器、输出继电器、辅助继电器、定时器、计数器、通用寄存器、数据寄存器及特殊功能继电器等。

PLC 内部这些继电器的作用和继电接触控制系统中使用的继电器十分相似，也有“线圈”与“触点”，但它们不是“硬”继电器，而是 PLC 存储器的存储单元。当写入该单元的逻辑状态为“1”时，则表示相应继电器线圈得电，其动合触点闭合，动断触点断开。所以，内部的这些继电器称之为“软”继电器。

表 9 - 1 FX2N - 48MR 编程元件的编号范围与功能说明




元件名称	代表字母	编号范围	功 能 说 明
输入继电器	X	X0~X27 共 24 点	接受外部输入设备的信号
输出继电器	Y	Y0~Y27 共 24 点	输出程序执行结果并驱动外部设备
辅助继电器	M	M0~M499 共 500 点	在程序内部使用，不能提供外部输出
继电器	T	T0~T199	100ms 延时定时继电器，触点在程序内部使用
		T200~T245	10ms 延时定时继电器，触点在程序内部使用
计数继电器	C	C0~C99	加法计数继电器，触点在程序内部使用
数据寄存器	D	D0~D199	数据处理用的数值存储元件
嵌套指针	N、P	N0~N7 P0~P127	N 主控用，P 跳跃、子程序用

## 2. 编程语言

所谓程序编制，就是用户根据控制对象的要求，利用 PLC 厂家提供的程序编制语言，将一个控制要求描述出来的过程。PLC 最常用的编程语言是梯形图语言和指令语句表语言，且两者常常联合使用。

### 1) 梯形图（语言）

梯形图是一种从继电接触控制电路图演变而来的图形语言。它是借助类似于继电器的动合、动断触点、线圈以及串、并联等术语和符号，根据控制要求联接而成的表示 PLC 输入和输出之间逻辑关系的图形，直观易懂。

梯形图中 、 图形符号分别表示 PLC 编程元件的动断和动合接点；  
用  表示它们的线圈。梯形图中编程元件的种类用图形符号及标注的字母或数加以区别。

梯形图的设计应注意到以下三点：

（1）梯形图按从左到右、自上而下的顺序排列。每一逻辑行（或称梯级）起始于左母线，然后是触点的串、并联接，最后是线圈与右母线相联。

（2）梯形图中每个梯级流过的不是物理电流，而是“概念电流”，从左流向右，其两端没有电源。这个“概念电流”只是用来形象地描述用户程序执行中应满足线圈接通的条件。

（3）输入继电器用于接收外部输入信号，而不能由 PLC 内部其

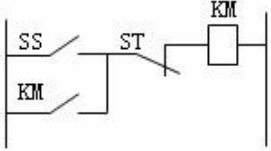
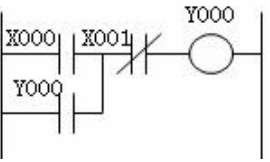
它继电器的触点来驱动。因此，梯形图中只出现输入继电器的触点，而不出现其线圈。输出继电器输出程序执行结果给外部输出设备，当梯形图中的输出继电器线圈得电时，就有信号输出，但不是直接驱动输出设备，而要通过输出接口的继电器、晶体管或晶闸管才能实现。输出继电器的触点也可供内部编程使用。

### 2) 指令语句表

指令语句表是一种用指令助记符来编制 PLC 程序的语言，它类似于计算机的汇编语言，但比汇编语言易懂易学，若干条指令组成的程序就是指令语句表。一条指令语句是由步序、指令语和作用器件编号三部分组成。

为 PLC 实现三相鼠笼电动机起/停控制的两种编程语言的表示方法如表 9 - 2 所示。

表 9 - 2 三相鼠笼电动机起/停控制的两种编程语言的表示方法

继电器接触控制线路图	梯 形 图	指 令 语 言 表		
		步序	指令语	器件号
		0	LD	X000
		1	OR	Y000
		2	ANI	X001
		3	OUT	Y000
		4	END	

## 四、可编程控制器基本指令简介

表 9 - 3 基本指令表

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 是取指令。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 是取反指令。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 是线圈驱动指令，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 是与指令。用于单个动合接点的串联。

ANI 是与非指令，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 是或指令，用于单个动合接点的并联。

ORI 是或非指令，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。

## 五、可编程控制器的编程规则

### （一）编程的八个步骤

#### 1. 决定系统所需的动作及次序

当使用可编程控制器时，最重要的一环是决定系统所需的输入及输出，这主要取决于系统所需的输入及输出接口分立元件。

输入及输出要求：

（1）第一步是设定系统输入及输出数目，可由系统的输入及输出分立元件数目直接取得。

（2）第二步是决定控制先后、各器件相应关系以及作出何种反应。

#### 2. 将输入及输出器件编号

每一输入和输出，包括定时器、计数器、内置继电器等都有一个唯一的对应编号，不能混用。

#### 3. 画出梯形图

根据控制系统的动作要求，画出梯形图。

梯形图设计规则

（1）触点应画在水平线上，不能画在垂直分支上。应根据自左



至右、自上而下的原则和对输出线圈的几种可能控制路径来画。

(2) 不包含触点的分支应放在垂直方向，不可放在水平位置，以便于识别触点的组合和对输出线圈的控制路径。

(3) 在有几个串联回路相并联时，应将触头多的那个串联回路放在梯形图的最上面。在有几个并联回路相串联时，应将触点最多的并联回路放在梯形图的最左面。这种安排，所编制的程序简洁明了，语句较少。

(4) 不能将触点画在线圈的右边，只能在触点的右边接线圈。

#### 4. 将梯形图转化为程序

把继电器梯形图转变为可编程控制器的编码，当完成梯形图以后，下一步是把它编码成可编程控制器能识别的程序。

这种程序语言是由地址、控制语句、数据组成。地址是控制语句及数据所存储或摆放的位置，控制语句告诉可编程控制器怎样利用数据作出相应的动作。

5. 在编程方式下用键盘输入程序。

6. 编程及设计控制程序。

7. 测试控制程序的错误并修改。

8. 保存完整的控制程序。

### 六、PLC 实训前预备知识

(一) 预习 PLC “27 条” 基本指令。

(二) 熟悉 PLC 应用软件 “SWOPC - FXGP” 的使用。

1. 首先把 PLC 的通信接口用通信数据线将 PLC 与电脑相连(一端

与 PLC 相连另一端与电脑相连)，然后再打开电脑。

2. 从开始菜单选择“所有程序”（或从桌面找到 PLC 软件 FXGP - WIN - C），点击图标进入 PLC 编程软件，然后点击菜单栏下“文件”选择“新文件”选择 PLC 类型，选择“FX1N”点击“确定”（根据所使用的 PLC 类型进行选择）。

3. 进入 PLC 编程前点击菜单栏“工具”，选择“全部清除”（以清除 PLC 内所有程序）点击“确定”系统自动进入清除 PLC 内部程序。

4. 进入 PLC 软件进行编制程序，点击“左键”使屏幕上蓝色方块与左母线相连，此时便可输入 PLC 程序（用指令表输入或编程元件符号输入）。输入一条指令后按一下空格键再输入编程元件符号，输入编程元件后按“回车”键。再用左键把蓝色方块移到左母线上，再输入第二行指令。

5. 程序输入完毕后，点击菜单栏“工具”选择“转换”或点击工具栏下“转换图标”，系统进入自动转换使所编制的灰色梯形图变成白色。

6. PLC 外部基本接线，首先将 PLC 所用的 COM1~COM5 用导线连接后再与“正”电源相连；再把所用演示板上的 COM 端子与 PLC 上 COM 相连后再与“负”电源相连。

7. 连接 PLC 外部接线（连接输入/输出端子接线）根据控制对象的输入/输出开关量进行接线，连接后再打开 PLC 的 24V 直流电源（操作台上的 24V 电源开关），电源指示灯亮，同时 PLC 指示灯亮。

8. 点击菜单栏“PLC”选择“遥控运行/停止”，选择“中止”点

击“确定”，PLC 运行（RUN）指示灯不亮。

9. 点击菜单栏“PLC”选择“传送”，点击“写出”选择“所有范围”或选择“范围设置”；点击“确定”系统进入自动传送数据，PLC 运行（RUN）指示灯亮。

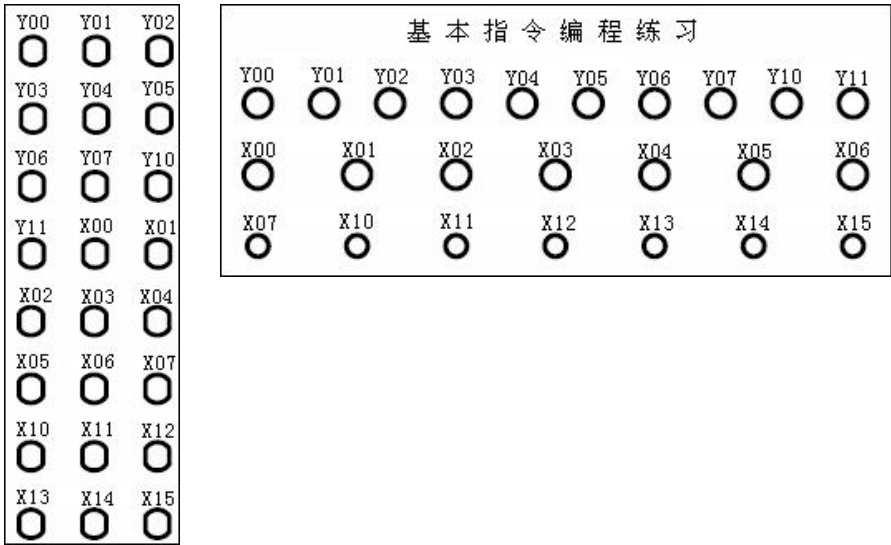
10. 点击菜单栏“PLC”选择“遥控运行/停止”；选择“运行”点击“确定”，系统开始执行程序。

11. 点击菜单栏“监控/测试”选择“开始监控”可观察梯形图上的程序运行情况。

12. 退出程序前可点击菜单栏“保存或另存为”保存程序，最后点击程序上“关闭”按钮即可退出程序。

实训一 基本指令的编程练习

在 MF21 模拟实验挂箱中基本指令的编程练习实验区完成本实验。



基本指令编程练习的实验面板如图 9 - 2 所示，用以模拟输出负载的通与断。

图中竖排的接线孔，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。图中横排的接线孔，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，

课题一、与或非逻辑功能实验

在 MF21 模拟实验挂箱中基本指令的编程练习实验区完成本实验。

一、实验目的

- 1. 熟悉 PLC 装置；
- 2. 熟悉 PLC 及实验系统的操作；
- 3. 掌握与、或、非逻辑功能的编程方法。

二、实验原理

调用 PLC 基本指令，可以实现“与”“或”“非”逻辑功能。

三、输入/输出接线列表如 9 - 4。

表 9 - 4    接线列表

输入	X10	X11	输出	Y1	Y2	Y3	Y4
接线	X10	X11	接线		Y01	Y02	Y03

四、实验步骤

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。

五、梯形图参考程序

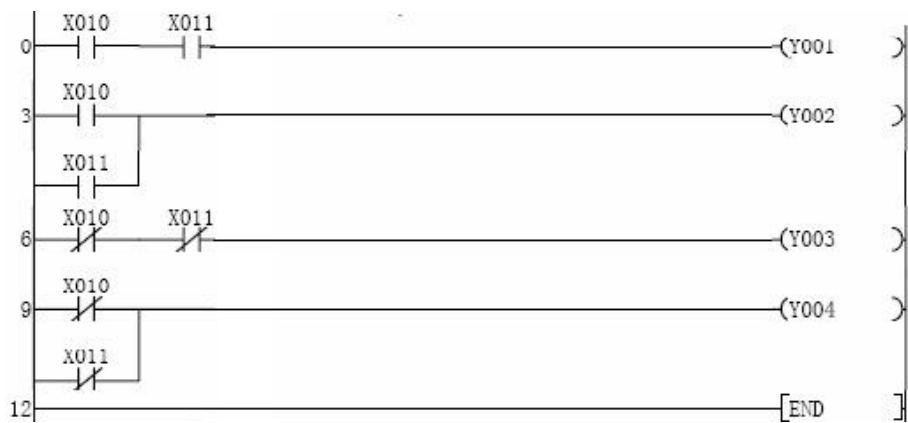


图 9-3

参考图 9 - 3。

课题二、定时器/计数器功能实验

在 MF21 模拟实验挂箱中基本指令的编程练习实验区完成本实验。

一、定时器的认识实验

1. 实验目的

认识定时器，掌握针对定时器的正确编程方法。

2. 实验原理

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。

### 3. 梯形图参考程序

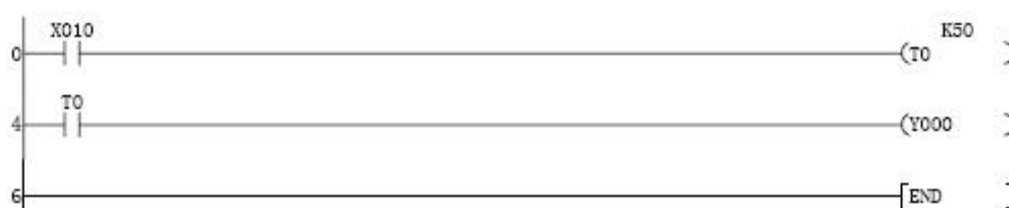


图 9-4

参考图 9 - 4。

## 二、定时器扩展实验

### 1. 实验目的

掌握定时器的扩展及其编程方法。

### 2. 实验原理

由于 PLC 的定时器都有一定的定时范围。如果需要的设定值超过机器范围,我们可以通过几个定时器的串联组合来扩充设定值的范围。

### 3. 梯形图参考程序

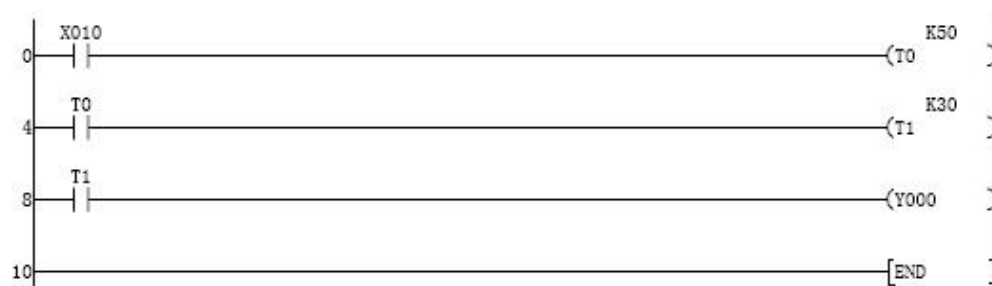


图 9-5

参考图 9 - 5。

## 三、计数器认识实验

### 1. 实验目的

认识计数器,掌握针对计数器的正确编程方法。

## 2. 实验原理

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： $T_{总} = T0 \times C0 = 1 \times 10 = 10S$ 。

## 3. 梯形图参考程序

参考图 9 - 6。

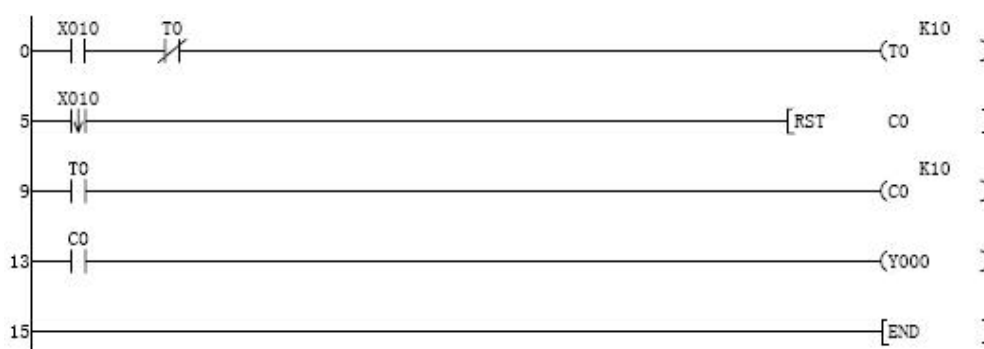


图 9-6

## 四、计数器的扩展实验

### 1. 实验目的

掌握计数器的扩展及其编程方法

## 2. 实验原理

由于 PLC 的计数器都有一定的定时范围。如果需要的设定值超过机器范围,我们可以通过几个计数器的串联组合来扩充设定值的范围。

此实验中,总的计数值  $C_{总}=C0 \times C1=20 \times 3 \times 1=60S$

## 3. 梯形图参考程序

参考图 9 - 7。



图 9-7

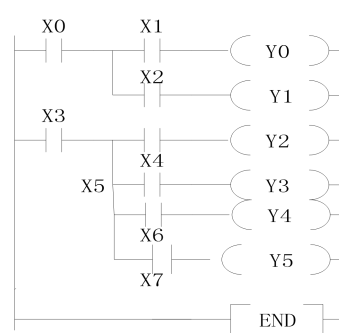
## 课题三、栈及主控指令练习

### 一、实验目的

1. 熟悉和掌握进栈 MPS、读栈 MRD、出栈 MPP 指令的使用方法；

2. 熟悉和掌握主控 (MC、MCR) 指令的使用

方法；





3. 熟悉 FXGP-WIN 编程软件的使用。

## 二、实验器材

1. PLC-2 型可编程控制器实验台 1 台；

2. PC 机 1 台；

3. 编程电缆 1 根；

4. 连接导线若干；

5. PLC 基本实验电路板 1 块。

## 三、实验步骤

1. 多重输出线路，进栈 MPS、读栈 MPD、出栈 MPP 指令。

1) 一段堆栈（如图 9 - 8）

（1）输入程序；

（2）写出助记符指令；

（3）画出外部接线图，X0~X7 接 K0~K7，Y0~Y6 接 L0~L6；

（4）系统进入监控状态，运

行程序，按如下操作观察 Y0~Y6 状

态：a. X0、X3 为 ON 时；b. X0、X3

为 OFF 时。

2) 四段堆栈（如图 9 - 9）

（1）输入程序；

（2）写出助记符指令；

（3）画出外部接线图，X0~X4 接 K0~K4，Y0~Y4 接 L0~L4；

（4）系统进入监控状态，运行程序，观察输出 Y0~Y4 状态，把

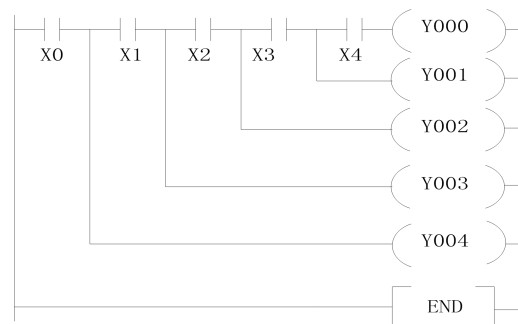


图 9-9

结果填入表 9 - 5。

表 9 - 5 观察状态数据表

X0	X1	X2	X3	X4	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4
1	1	1	1	1					
1	1	1	1	0					
1	1	1	0	0					
1	1	0	0	0					
1	0	0	0	0					
1	0	1	1	1					
1	0	0	1	1					
1	0	0	0	1					
0	1	1	1	1					

2. 主控 MC、主控复位 MCR 指令（如图 9 - 10）

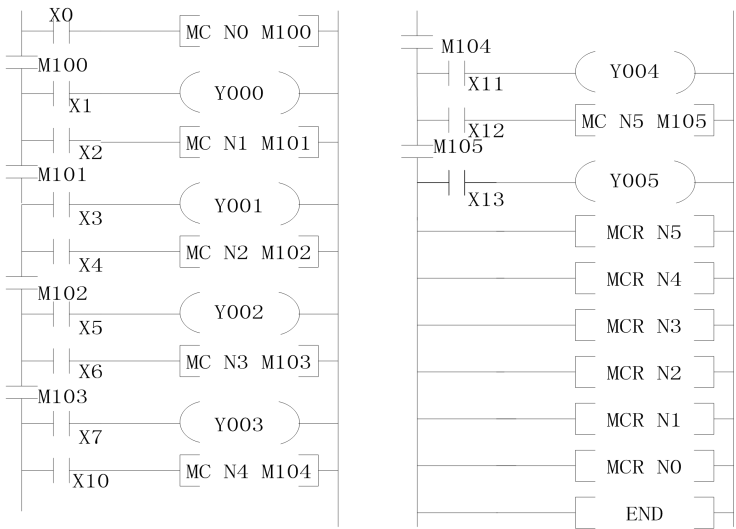


图 9-10

- (1) 输入程序；
  - (2) 写出助记符指令；
  - (3) 画出外部接线图，X0~X13 接 K0~K13，Y0~Y5 接 L0~L5；
- 系统进入监控状态，运行程序，依次分别使 X0~X13 为 ON，输

出依次为 Y0~Y5 为 ON。观察输出 Y0~Y5 状态，把结果填入表 9 - 6。

表 9 - 6 观察状态数据表

I/O		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
X0	1						
	0						
X1	1						
X2	1						
	0						
X3	1						
X4	1						
	0						
X5	1						
X6	1						
	0						
X7	1						
X10	1						
	0						
X11	1						
X12	1						
	0						
X13	1						

#### 课题四、置位、复位及脉冲指令练习

##### 一、实验目的

1. 熟悉和掌握 SET（置位）、RST（复位）、PLS（上升沿脉冲）和 PLF（下降沿脉冲）指令的使用方法；
2. 学会 PLC - 2 型实验台的输入控制信号、输出负载的使用；
3. 学会 FXGP - WIN 编程软件的使用。

##### 二、实验器材

1. PLC - 2 型可编程控制器实验台 1 台；

2. PC 机 1 台；
3. 编程电缆 1 根；
4. 连接导线若干；
5. PLC 基本实验电路板 1 块。

### 三、实验步骤

#### 1. 自保持和消除（SET、RST，如图 9 - 11）

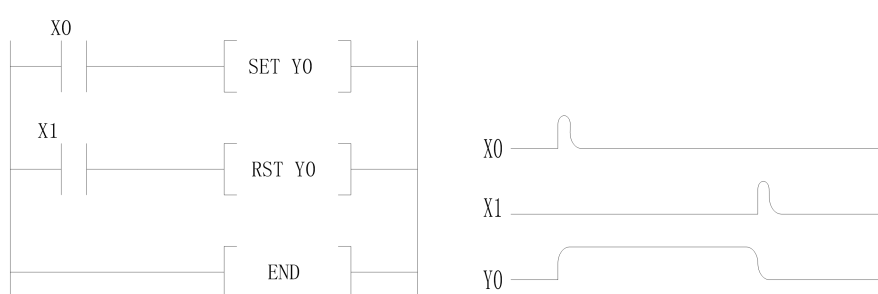


图 9-11

- (1) 画出外部接线图；
- (2) 完成外部接线；
- (3) 系统进入监控状态，切换输入触点，观察输出结果是否与波形图一样。
- (4) 将实验结果填入真值表 9 - 7。

表 9 - 7 实验结果真值表

I/O		Y000
X000	0	
	1	
X001	0	
	1	

#### 2. 脉冲输出（PLS、PLF，如图 9 - 12）

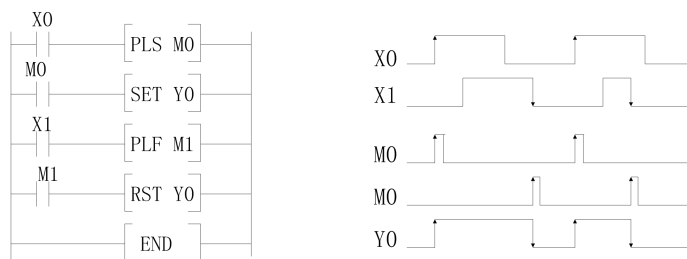


图 9-12

- (1) 画出外部接线图；
- (2) 完成外部接线，Y0 可接实验台上的发光管、指示灯、蜂鸣器或直流电机等；
- (3) 系统进入监控状态，分别切换 X0 和 X1，观察输出结果，比较是否与波形图一样。
- (4) 将实验结果填入真值表 9 - 8。

表 9 - 8 实验结果真值表

I/O		Y000
X000	0	
	1	
X001	0	
	1	

3. 输入如图 9 - 13 中 3 个程序，观察运行结果，分别画出它们的 X - Y 关系波形图。其中输入控制信号接实验台上的开关信号，输出接 LED 发光管。

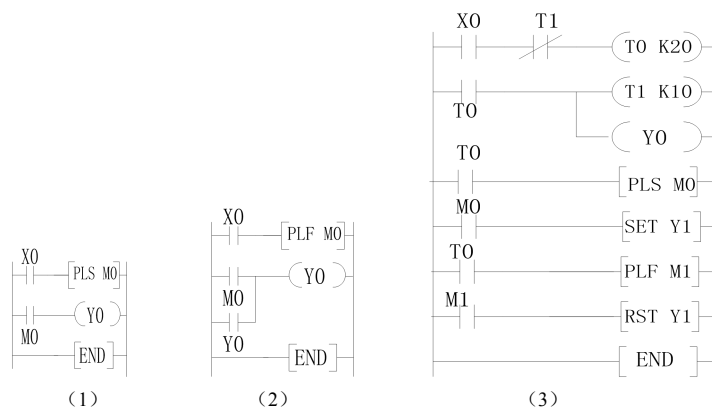


图 9-13

四、实验总结。观察分析实训操作数据写出操作过程。

## 课题五、运料小车的自动控制

### 一、实验目的

1. 学会用 PLC 解决一个实际问题的思路；。
2. 熟悉 PLC 指令的功能；
3. 掌握程序设计中起保停电路、自锁电路和互锁电路的设计方法。

### 二、实验器材

1. FX 系列 PLC 可编程控制器实验台 1 台；
2. 模拟实验板一块
3. 编程电缆
4. 连接导线

### 三、实验原理

表 9-9 运料小车 I/O 分配表

输入			输出		
器件	器件号	功能说明	器件	器件号	功能说明
0	X0	停止	0	Y0	从甲地到乙地
1	X1	甲地启动	1	Y1	从乙地到甲地

2	X2	乙地启动	2	Y2	从甲到乙的指示灯
3	X3	甲地行程开关	3	Y3	从乙到甲的指示灯
4	X4	乙地行程开关			

小车的自动控制可由 PLC 完成。小车可在甲、乙两地分别启动。且在甲、乙两地停留时间均为 1min。在甲地起动时小车停车等待装料，然后自动驶向乙地，到达乙地后停车 1min 等待卸料，然后返回甲地。小车从乙地起动时，小车等待 1min 等待卸料，然后自动驶向甲地，在甲地停车 1min 等待装料，然后驶向乙地，循环往复。在运行过程中，小车可在任意位置手动停车，再次起动后，小车重复原来的运动。此外，在小车前进、后退过程中，分别有指示灯指示其行进方向。

根据实验要求，PLC 的 I/O 分配如表 9 - 9 所示。

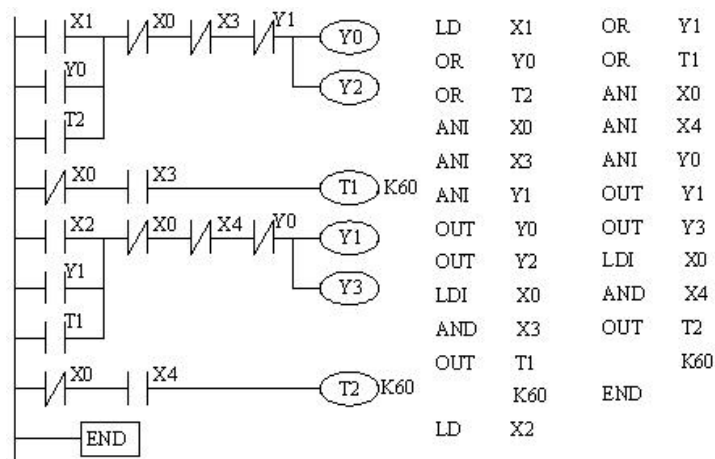


图 9-14

本实验的的梯形图和指令表如图 9 - 14 所示。

四、实验步骤和内容

- 1. 按图图 9 - 14 输入程序；
- 2. 检查程序是否正确；
- 3. 运行程序，观察结果是否与要求相符合。

五、预习要求

1. 复习起保停电路及正反转控制电路的设计方法；
2. 阅读本次实验原理、内容和步骤。

#### 六、实验报告要求

1. 按一定格式完成实验报告。
2. 分析本实训课题并举例说明本课题在实际生产中的应用。

## 实训二 PLC 电气控制实验

### 课题一、三相电动机点动控制和长动（自锁）控制

#### 一、实验目的

1. 熟悉和掌握 PLC 基本电路；
2. 熟悉和掌握“既点动又能长动控制”电路；
3. 熟悉梯形图程序设计方法和指令表的书写；
4. 熟悉 FXGP - WIN 编程软件的使用。

#### 二、实验器材

1. PLC - 2 型可编程控制器实验台 1 台；
2. PC 机 1 台；
3. 编程电缆 1 根；
4. 连接导线若干；
5. 电机的 PLC 自动控制实验电路板 1 块。

#### 三、实验步骤

1. 画出 PLC “点动和长动控制控制”电路梯形图；



2. 画出“点动和长动控制”电路的外部接线图；编写 I/O 地址分配表。

3. 写出助记符指令；

4. 完成接线，输入程序，在监控状态下观察结果。

#### 四、实验说明

##### 1. 点动控制

启动 按启动按钮 SB1，X0 的动合触点闭合，实现点动控制。每按动 SB1 一次，电机运转一次。

##### 2. 长动（自锁）控制

启动 按启动按钮 SB2，X1 的动合触点闭合，实现自锁控制。只有按下停止按钮 SB3 时电机才停止运转。

3. 用一只按钮控制电动机的启动与停止。（运用 SET（置位）、RST（复位）、PLS（上升沿脉冲）、PLS（上升沿脉冲）、计数器 C 进行编程）。

#### 五、实验总结

### 课题二、设计两台电动机顺序控制 PLC 系统

#### 一、实验目的

1. 熟悉和掌握 PLC 基本电路；
2. 熟悉和掌握“两台电动机顺序控制”电路；
3. 熟悉梯形图程序设计方法和指令表的书写；
4. 熟悉 FXGP - WIN 编程软件的使用。

## 二、实验器材

1. PLC - 2 型可编程控制器实验台 1 台；
2. PC 机 1 台；
3. 编程电缆 1 根；
4. 连接导线若干；
5. 电机的 PLC 自动控制实验电路板 1 块。

## 三、实验步骤

1. 画出 PLC “两台电动机顺序控制” 电路梯形图；
2. 画出 “两台电动机顺序控制” 电路的外部接线图；编写 I/O 地址分配表。
3. 写出助记符指令；
4. 完成接线，输入程序，在监控状态下观察结果。

## 四、实验说明

两台电动机相互协调运转，M1 运转 10S，停止 5S，M2 要求与 M1 相反，M1 停止 M2 运行，M1 运行 M2 停止，如此反复动作 3 次，M1 和 M2 均停止。

## 五、实验总结

### 课题三、两台三相异步电动机顺启顺停控制

## 一、实验目的

1. 熟悉和掌握 PLC 基本电路；
2. 熟悉和掌握 “二台电动机顺启顺停控制” 电路；

3. 熟悉梯形图程序设计方法和指令表的书写；
4. 熟悉 FXGP - WIN 编程软件的使用。

## 二、实验器材

1. PLC - 2 型可编程控制器实验台 1 台；
2. PC 机 1 台；
3. 编程电缆 1 根；
4. 连接导线若干；
5. 电机的 PLC 自动控制实验电路板 1 块。

## 三、实验步骤

1. 画出 PLC “二台电动机顺启顺停控制” 电路梯形图；
2. 画出 “四台电动机顺启逆停控制” 电路的外部接线图，编写 I/O 地址分配表。
3. 写出助记符指令；
4. 完成接线，输入程序，在监控状态下观察结果。

## 四、实验说明

有两台三相异步电动机 M1 和 M2，要求：

- (1) M1 启动后，M2 才能启动；
- (2) M1 停止后，M2 延时 30 秒后才能停止；
- (3) M2 能点动调整。

## 五、实验总结

## 课题四、 三相鼠笼式异步电动机联锁正反转控制

### 一、实验目的

1. 熟悉和掌握基本 PLC 电路；
2. 熟悉和掌握“电动机联锁正反转控制”电路；
3. 熟悉梯形图程序设计方法和指令表的书写；
4. 熟悉 FXGP - WIN 编程软件的使用。

### 二、实验器材

1. PLC - 2 型可编程控制器实验台 1 台；
2. PC 机 1 台；
3. 编程电缆 1 根；
4. 连接导线若干；
5. 电机的 PLC 自动控制实验电路板 1 块。

### 三、实验步骤

1. 画出 PLC “电动机联锁正反转控制”电路梯形图；
2. 画出“电动机联锁正反转控制”电路的外部接线图；编写 I/O 地址分配表。

3. 写出助记符指令；
4. 完成接线，输入程序，在监控状态下观察结果；

### 四、实验说明

在电机正转时反转按钮 SB2 是不起作用的，只有当按下停止按钮 SB3 时电机才停止工作；在电机反转时正转按钮 SB1 是不起作用的，

只有当按下停止按钮 SB3 时电机才停止工作。

#### 四、实验总结

### 课题五、 三相鼠笼式异步电动机带延时正反转控制

#### 一、实验目的

1. 熟悉和掌握 PLC “电动机带延时正反转控制” 电路；
2. 熟悉和掌握 “三相异步电动机正反转控制” 电路；
3. 熟悉梯形图程序设计方法和指令表的书写；
4. 熟悉 FXGP - WIN 编程软件的使用。

#### 二、实验器材

1. PLC - 2 型可编程控制器实验台 1 台；
2. PC 机 1 台；
3. 编程电缆 1 根；
4. 连接导线若干；
5. 电机的 PLC 自动控制实验电路板 1 块。

#### 三、实验步骤

1. 画出 PLC “电动机带延时正反转控制” 电路梯形图；
2. 画出 “电动机带延时正反转控制” 电路的外部接线图；编写 I/O 地址分配表。
3. 写出助记符指令；

4. 完成接线，输入程序，在监控状态下观察结果；

#### 四、实验说明

启动 按启动按钮 SB1，X0 的动合触点闭合，Y3 的线圈得电，Y0 的线圈也同时得电，此时电机正转，延时 3S 后，Y0 的线圈失电，Y1 的线圈得电，此时电机反转；按启动按钮 SB2，X1 的动合触点闭合，Y3 的线圈得电，Y1 的线圈也同时得电，此时电机反转，延时 4S，Y1 的线圈失电，Y0 的线圈得电，此时电机正转；按停止按钮 SB3 电机停止运转。

#### 五、实验总结

### 课题六、 三相鼠笼式异步电动机星/三角换接起动控制(一)

#### 一、实验目的

1. 熟悉和掌握 PLC 基本“电动机星/角控制”电路；
2. 熟悉和掌握“三相异步电动机电动机星/角控制”电路；
3. 熟悉梯形图程序设计方法和指令表的书写；
4. 熟悉 FXGP - WIN 编程软件的使用。

#### 二、实验器材

1. PLC - 2 型可编程控制器实验台 1 台；
2. PC 机 1 台；
3. 编程电缆 1 根；

4. 连接导线若干；
5. 电机的 PLC 自动控制实验电路板 1 块。

### 三、实验步骤

1. 画出 PLC “电动机星/角控制” 电路梯形图；
2. 画出 “电动机星/角控制” 电路的外部接线图；编写 I/O 地址分配表。
3. 写出助记符指令；
4. 完成接线，输入程序，在监控状态下观察结果；

### 四、实验说明

启动 按启动按钮 SB1, X0 的动合触点闭合, M20 线圈得电, M20 的动合触点闭合, 同时 Y0 线圈得电, 1S 后 Y3 线圈得电, 电动机作星形连接启动; 6S 后 Y3 的线圈失电, 同时 Y2 线圈得电, 电动机转为三角形运行方式, 按下停止按钮 SB3 电机停止运行。

### 五、实验总结

## 课题七、三相鼠笼式异步电动机带正反转的星/三角换接起动控制(二)

### 一、实验目的

1. 熟悉和掌握 PLC 基本 “电动机星/角控制” 电路；
2. 熟悉和掌握 “三相异步电动机电动机星/角控制” 电路；
3. 熟悉梯形图程序设计方法和指令表的书写；

4. 熟悉 FXGP - WIN 编程软件的使用。

## 二、实验器材

1. PLC - 2 型可编程控制器实验台 1 台；
2. PC 机 1 台；
3. 编程电缆 1 根；
4. 连接导线若干；
5. 电机的 PLC 自动控制实验电路板 1 块。

## 三、实验内容及步骤

### 1. 设计要求

电机起动可以正转启动和反转启动。而且正、反转可切换，即在正转时可直接按下反转启动按钮，电机即开始反转，同时切断正转电路，反之亦可。启动时，要求电机先为“Y”形连接，过一段时间再变成“△”连接运行。另外还要有停止按钮。

### 2. I / O 地址

输入地址	停止—X000	正转启动—X001	反转启动—X002
------	---------	-----------	-----------

输出地址	正转继电器 KM1—Y000	反转继电器 KM2—Y001
	Y 形连接继电器—Y002	△形连接继电器—Y003

### 3. 实验步骤

- (1) 输入程序并检查；
- (2) 按 I / O 地址分配接线；
- (3) 按设计要求检验程序正确否。



## 课题八、三台皮带运输机顺启逆停控制

### 一、实验目的

1. 熟悉和掌握 PLC 基本电路；
2. 熟悉和掌握 “三台电动机顺启逆停控制” 电路；
3. 熟悉梯形图程序设计方法和指令表的书写；
4. 熟悉 FXGP - WIN 编程软件的使用。

### 二、实验器材

1. PLC - 2 型可编程控制器实验台 1 台；
2. PC 机 1 台；
3. 编程电缆 1 根；
4. 连接导线若干；
5. 电机的 PLC 自动控制实验电路板 1 块。

### 三、实验步骤

1. 画出 PLC “三台电动机顺启逆停控制” 电路梯形图；
2. 画出 “三台电动机顺启逆停控制” 电路的外部接线图；编写 I/O 地址分配表。

3. 写出助记符指令；
4. 完成接线，输入程序，在监控状态下观察结果；

### 四、实验说明

有一 3 台皮带运输机传输系统，分别用电动机 M1、M2、M3 带动，按下起动按钮，先起动最末一台皮带机 M3，经 5S 后再依次起动其它

皮带机。M3 → M2 → M1。正常运行时，M3、M2、M1 均工作。

按下停止按钮时，先停止最前一台皮带机 M1，待料送完后再依次停止其它皮带机。M1 → M2 → M3。

#### 四、实验总结

### 课题九、四节传送带的模拟

#### 一、实验目的

1. 熟悉和掌握 PLC 基本电路；
2. 熟悉和掌握基本“四台电动机顺启逆停控制”电路；
3. 熟悉梯形图程序设计方法和指令表的书写；
4. 熟悉 FXGP - WIN 编程软件的使用。

#### 二、实验器材

1. PLC - 2 型可编程控制器实验台 1 台；
2. PC 机 1 台；
3. 编程电缆 1 根；
4. 连接导线若干；
5. 电机的 PLC 自动控制实验电路板 1 块。

#### 三、实验步骤

1. 画出 PLC “四台电动机顺启逆停控制”电路梯形图；
2. 画出“四台电动机顺启逆停控制”电路的外部接线图；编写

I/O 地址分配表。

3. 写出助记符指令；

4. 完成接线，输入程序，在监控状态下观察结果；

#### 四、实验说明

有一个用四条皮带运输机的传送系统，分别用四台电动机带动，控制要求如下：

启动时先起动最末一条皮带机，经过 1 秒延时，再依次起动其它皮带机。停止时应先停止最前一条皮带机，待料运送完毕后再依次停止其它皮带机。当某条皮带机发生故障时，该皮带机及其前面的皮带机立即停止，而该皮带机以后的皮带机待运完后才停止。例如 M2 故障，M1，M2 立即停，经过 5 秒延时后，M3 停，再过 5 秒，M4 停。当某条皮带机上有重物时，该皮带机前面的皮带机停止，该皮带机运行 1 秒后停，而该皮带机以后的皮带机待料运完后才停止。例如，M3 上有重物，M1，M2 立即停，再过 1 秒，M4 停。

#### 四、实验总结

### 课题十、自动往返工作台控制系统设计

#### 一、实验目的

1. 熟悉和掌握 PLC 基本电路；

2. 熟悉和掌握基本“自动往返工作台控制系统”电路；

3. 熟悉梯形图程序设计方法和指令表的书写；
4. 熟悉 FXGP - WIN 编程软件的使用。

## 二、实验器材

1. PLC - 2 型可编程控制器实验台 1 台；
2. PC 机 1 台；
3. 编程电缆 1 根；
4. 连接导线若干；
5. 电机的 PLC 自动控制实验电路板 1 块。

## 三、实验步骤

用 PLC 控制工作台自动往返运行，工作台前进、后退由电动机通过丝杠驱动工作台控制示意图如图 9 - 15 所示。

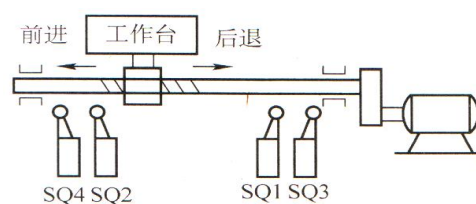


图 9-15 工作台控制示意图

### （一）步骤

1. 画出“工作台自动往返运行”电路的外部接线图；编写 I/O 地址分配表。
2. 根据每一步梯形图, 写出每一步的助记符指令；
3. 完成接线，输入程序，在监控状态下观察结果。

### （二）控制要求

1. 自动循环工作；
2. 点动控制器；
3. 单循环和多次循环两种运行状态。

首先分析控制要求。工作台的前进与后退通过电动机的正反转来实现，所以，完成这一动作可以采用电动机正反转控制的基本程序。

工作台的工作方式有点动和自动往返连续运行两种方式，可以采用程序实现两种工作方式的转换，也可以采用选择开关 S1 来转换。设选择开关 S1 闭合时，工作台采用点动控制方式；S1 断开时，工作台采用自动往返连续运行方式。

工作台的单循环和多次循环两种运行状态，也可以采用选择开关 S2 来转换。设 S2 闭合时，工作台为单循环状态；S2 断开时，工作台为多次循环运行状态，循环次数由计数器控制。

I/O 点分配：

X0 用于点动/自动控制 X0=OFF，自动；X0=ON，点动。

X1 - 正转；X2 - 反转；X3 - 停止。

X10 用于单循环/多次循环控制：X10=OFF，多次循环；X10=ON，单循环。

行程开关 SQ1~SQ4，对应 X11、X12、X13、X14。

正转接触器 KM1 对应 Y1；反转接触器 KM2 对应 Y2。

### （三）根据控制要求设计梯形图

1. 设计基本控制程序 基本控制程序为正反转控制程序，如图 9-16 所示。

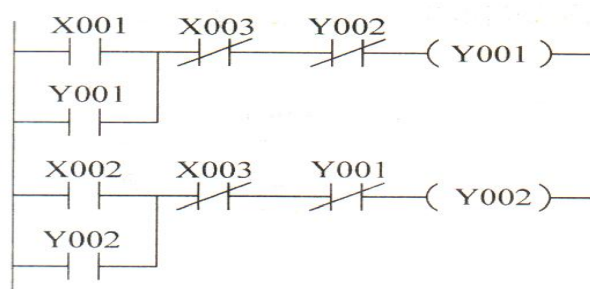


图 9-16 正反转控制程序

2. 设计自动往返控制程序 在工作台自动往返的工作过程中，工作台前进中压合 SQ2 后，SQ2 动作，X12 常闭触点断开 Y1 线圈，使工

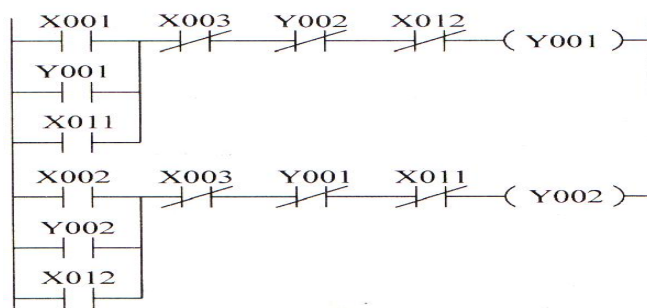


图 9-17 自动往返控制程序

作台停止前进，X12 常开触点接通 Y2 线圈，使工作台后退，完成工作台由前进转为后退的动作。同理，工作台后退中压合 SQ1 后，工作台完成由后退转为前进的动作。自动往返控制程序如图 9 - 17 所示。

3. 设计点动控制程序 根据点动控制的方法可知，如果解除自锁功能，就能实现点动控制。利用开关 S1 来选择点动与自动控制方式。选择开关 S1 闭合时，工作台在点动状态；S1 断开时，工作台在自动往返连续运行状态。S1 对应的 X0 与实现自锁的常开触点 Y1、Y2 串联，在 X0=ON 时使 Y1、Y2 失去自锁作用，实现系统的点动控制。点动控制程序如图 9 - 18 所示。

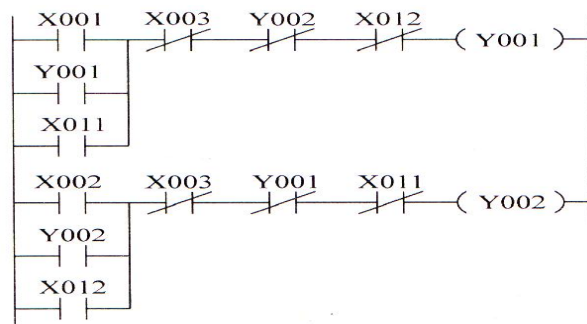


图 9-18 点动控制程序

4. 设计单循环控制程序 在 X11 常开触点闭合后，只要不使 Y1 线圈得电，工作台就不会前进，这样便宜实现了单循环控制。

当单循环选择开关 S2 闭合时，X10 常开触点断开，与 X10 串联

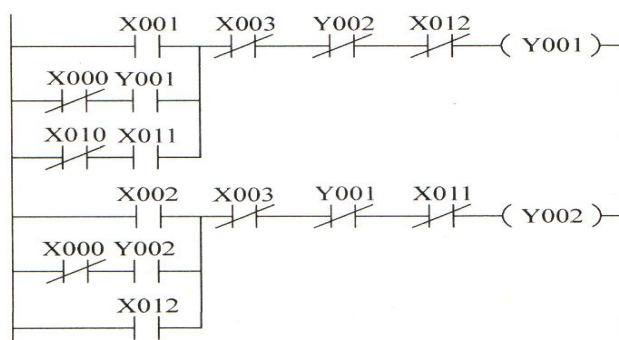


图 9-19 单循环控制程序

的 X11 触点失去作用，Y1 不能得电，工作台后退回来后不能再前进，实现了单循环控制。单循环控制程序如图 9 - 19 所示。

5. 设计保护环节 最后合并实现完整控制要求， 工作台自动往返过程中，通过限位行程开关 SQ3、SQ4 实现后退与前进方向的限位保护。完整的梯形图如图 9 - 20 所示。

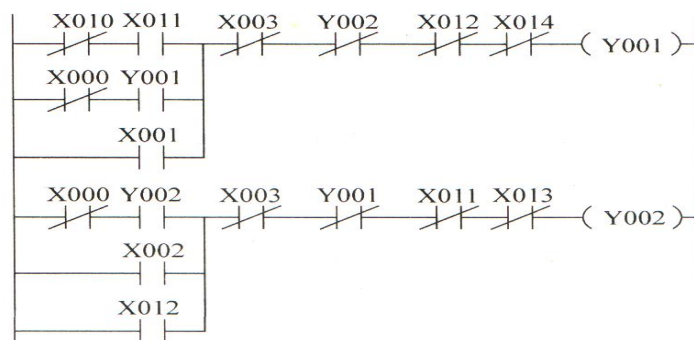


图 9-20 完整控制程序

自动往返连续控制与点动控制的区别在于有无自锁环节；工作台前进与后退可以利用正反转实现；自动往返可以通过带机械联锁的正反转实现；单次往返可以通过解锁联锁环节来实现。

### 实训三 PLC 控制应用实验

#### 课题一、自动配料系统的模拟

##### 一、实验目的

1. 熟练掌握 PLC 的编程和程序调试；
2. 了解掌握现代工业中自动配料系统的工作过程和编程方法。

##### 二、控制要求

系统启动后，配料装置能自动识别货车到位情况及对货车进行自动配料，当车装满时，配料系统能自动关闭。

三、自动配料系统模拟实验面板如图 9 - 21 所示。



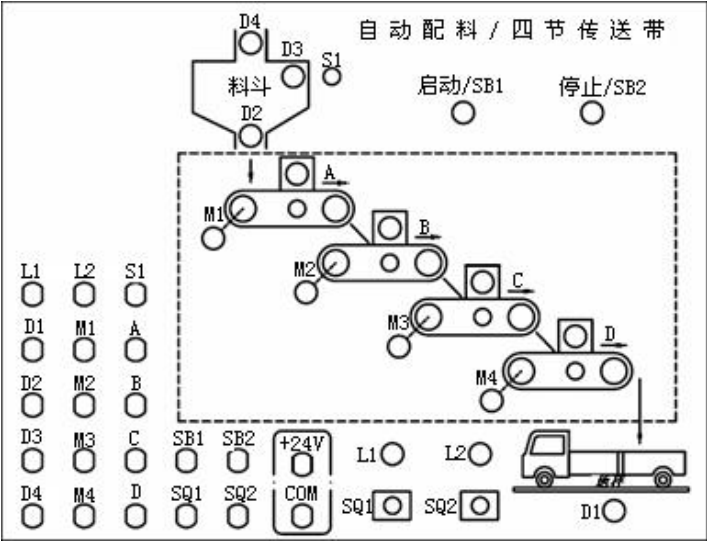


图 9-21 系统模拟实验面板

四、输入/输出接线列表

按钮	SB1	SB2	S1	SQ1	SQ2
功能	启动	停止	料斗满	车未到位	车装满
连线	X0	X1	X2	X3	X4

指示灯	D1	D2	D3	D4
功能	车装满	料斗下口下料	料斗满	料斗上口下料
连线	Y0	Y1	Y2	Y3

指示灯	L1	L2	M1	M2	M3	M4
功能	车未到位	车到位	电机 M1	电机 M2	电机 M3	电机 M4
连线	Y4	Y5	Y6	Y7	Y10	Y11

五、工作过程

1. 初始状态

系统启动后，红灯 L2 灭，绿灯 L1 亮，表明允许汽车开进装料。料斗出料口 D2 关闭，若料位传感器 S1 置为 OFF(料斗中的物料不满)，进料阀开启进料（D4 亮）。当 S1 置为 ON（料斗中的物料已满），则停止进料（D4 灭）。电动机 M1、M2、M3 和 M4 均为 OFF。

## 2. 装车控制

装车过程中，当汽车开进装车位置时，限位开关 SQ1 置为 ON，红灯信号灯 L2 亮，绿灯 L1 灭；同时启动电机 M4，经过 2S 后，再启动启动 M3，再经 2S 后启动 M2，再经过 2S 最后启动 M1，再经过 2S 后才打开出料阀（D2 亮），物料经料斗出料。

当车装满时，限位开关 SQ2 为 ON，料斗关闭，2S 后 M1 停止，M2 在 M1 停止 2S 后停止，M3 在 M2 停止 2S 后停止，M4 在 M3 停止 2S 后最后停止。同时红灯 L2 灭，绿灯 L1 亮，表明汽车可以开走。

## 3. 停机控制

按下停止按钮 SB2，自动配料装车的整个系统终止运行。

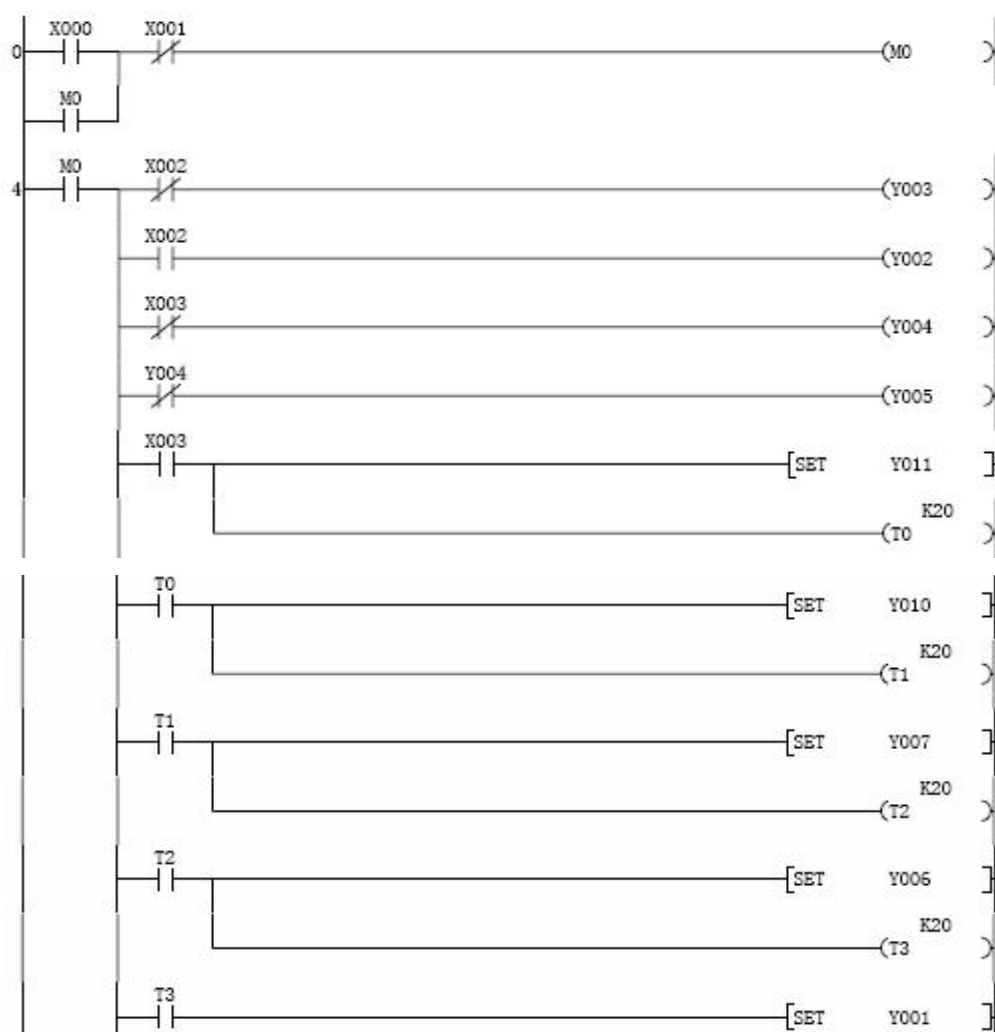


图 9-22 (a)

六、梯形图参考程序如图 9 - 22 (a) 、 (b)。

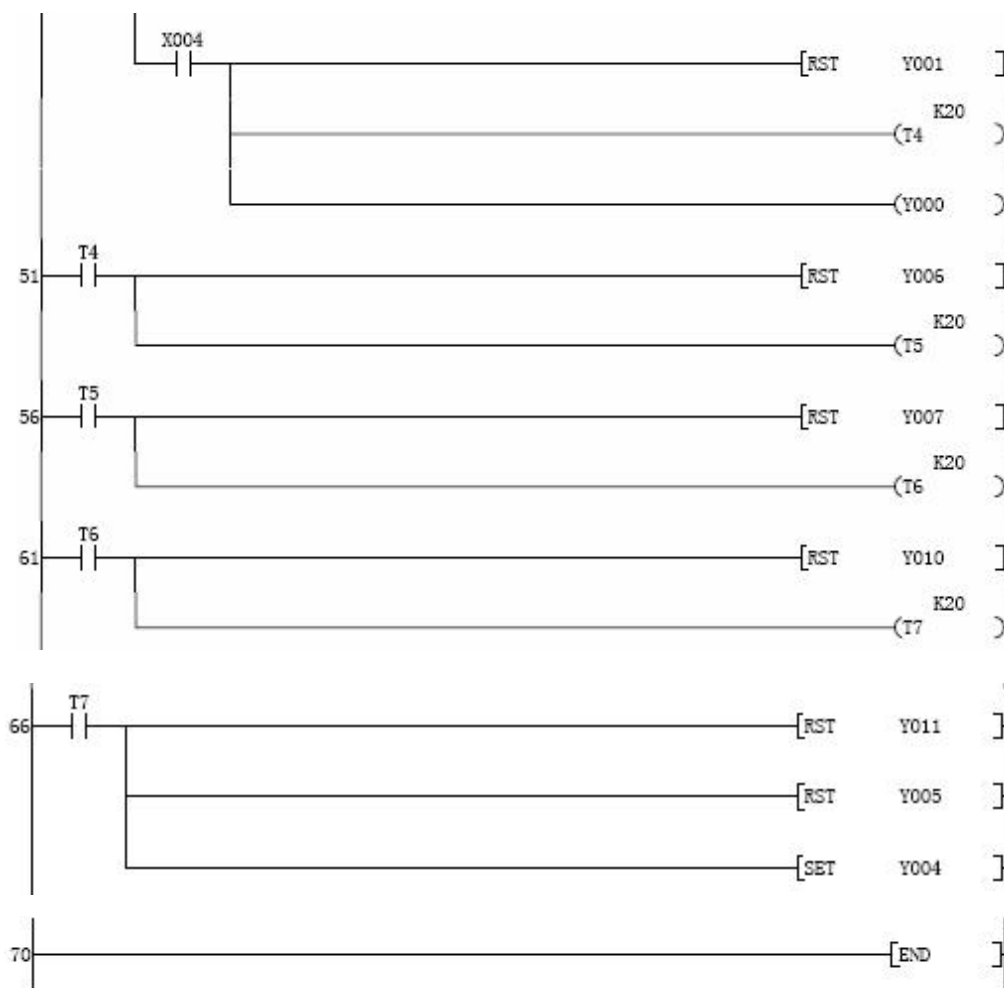


图 9-22 (b)

## 课题二、十字路口交通灯控制的模拟

### 一、实验目的

熟练使用各基本指令，根据控制要求，掌握 PLC 的编程方法和程序调试方法，使学生了解用 PLC 解决一个实际问题的全过程。

二、十字路口交通灯控制实验面板如图 9 - 22 所示。

实验面板图中，甲模拟东西向车辆行驶状况；乙模拟南北向车辆行驶状况。东西南北四组红绿黄三色发光二极管模拟十字路口的交通灯。

### 三、控制要求

信号灯受一个启动开关控制，当启动开关接通时，信号灯系统开始工作，且先南北红灯亮，东西绿灯亮。当启动开关断开时，所有信号灯都熄灭。

南北红灯亮维持 25 秒。东西绿灯亮维持 20 秒。到 20 秒时，东西绿灯闪亮，闪亮 3 秒后熄灭。在东西绿灯熄灭时，东西黄灯亮，并维持 2 秒。到 2 秒时，东西黄灯熄灭，东西红灯亮，同时，南北红灯熄灭，绿灯亮。

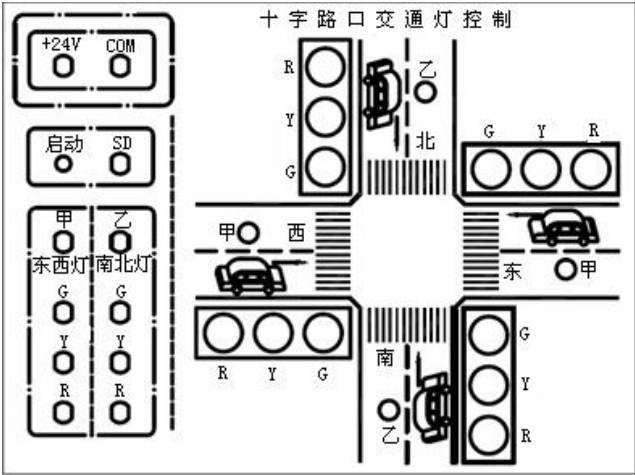


图 9-23 交通灯控制实验面板图

东西红灯亮维持 25 秒。南北绿灯亮维持 20 秒，然后闪亮 3 秒后熄灭。同时南北黄灯亮，维持 2 秒后熄灭，这时南北红灯亮，东西绿灯亮，周而复始。

#### 四、输入/输出接线列表

输入	SD	输出	南北 G	南北 Y	南北 R	东西 G	东西 Y	东西 R	甲	乙
接线	X0	接线	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y7	Y6

#### 五、工作过程

当启动开关 SD 合上时，X000 触点接通，Y002 得电，南北红灯亮；同时 Y002 的动合触点闭合，Y003 线圈得电，东西绿灯亮。1 秒后，T12 的动合触点闭合，Y007 线圈得电，模拟东西向行驶车的灯亮。维持到 20 秒，T6 的动合触点接通，与该触点串联的 T22 动合触点每隔 0.5 秒导通 0.5 秒，从而使东西绿灯闪烁。又过 3 秒，T7 的动断触点断开，Y003 线圈失电，东西绿灯灭；此时 T7 的动合触点闭合、T10 的动断触点断开，Y004 线圈得电，东西黄灯亮，Y007 线圈失电，模拟东西向行驶车的灯灭。再过 2 秒后，T5 的动断触点断开，Y004 线圈失电，东西黄灯灭；此时起动累计时间达 25 秒，T0 的动断触点断开，Y002 线圈失电，南北红灯灭，T0 的动合触点闭合，Y005 线圈得电，东西红灯亮，Y005 的动合触点闭合，Y000 线圈得电，南北绿灯亮。1 秒后，T13 的动合触点闭合，Y006 线圈得电，模拟南北向行驶车的灯亮。又经过 25 秒，即起动累计时间为 50 秒时，T1 动合触点闭合，与该触点串联的 T22 的触点每隔 0.5 秒导通 0.5 秒，从而使南北绿灯闪烁；闪烁 3 秒，T2 动断触点断开，Y000 线圈失电，南北绿灯灭；此时 T2 的动合触点闭合、T11 的动断触点断开，Y001 线圈得

电，南北黄灯亮，Y006 线圈失电，模拟南北向行驶车的灯灭。维持 2 秒后，T3 动断触点断开，Y001 线圈失电，南北黄灯灭。这时起动累计时间达 5 秒钟，T4 的动断触点断开，T0 复位，Y003 线圈失电，即维持了 30 秒的东西红灯灭。

上述是一个工作过程，然后再周而复始地进行。

## 六、梯形图参考程序

梯形图参考程序如图 9 - 24 (a)、(b)、(c) 所示。

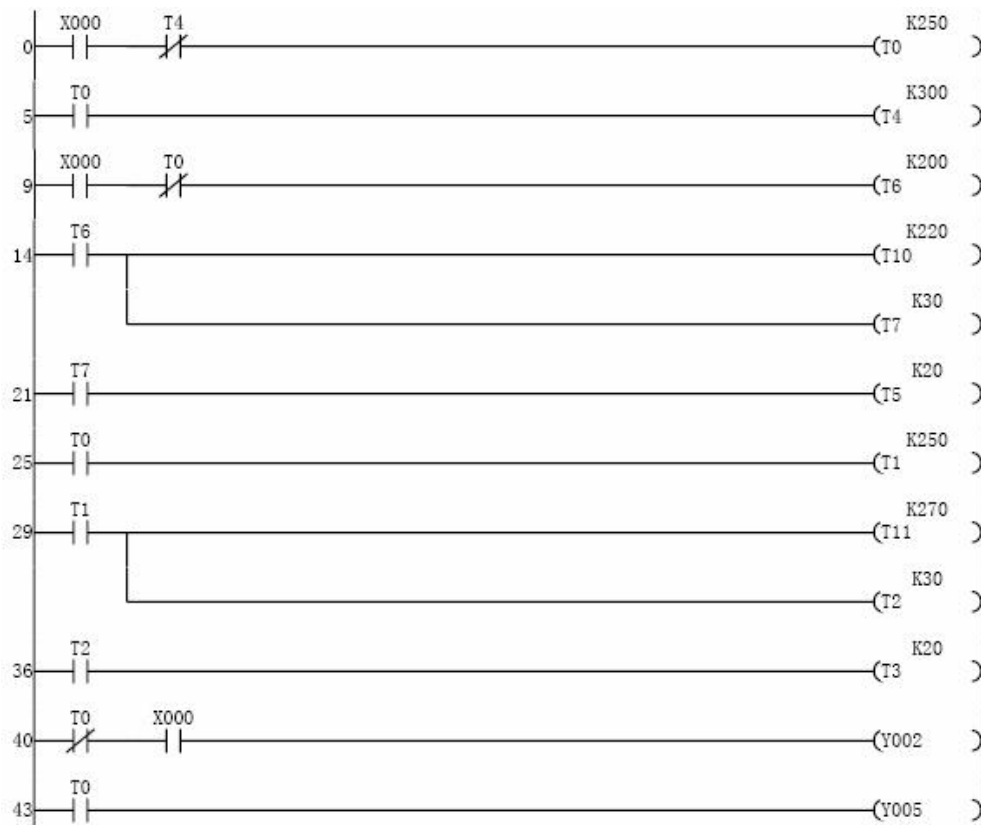


图 9-24 (a)

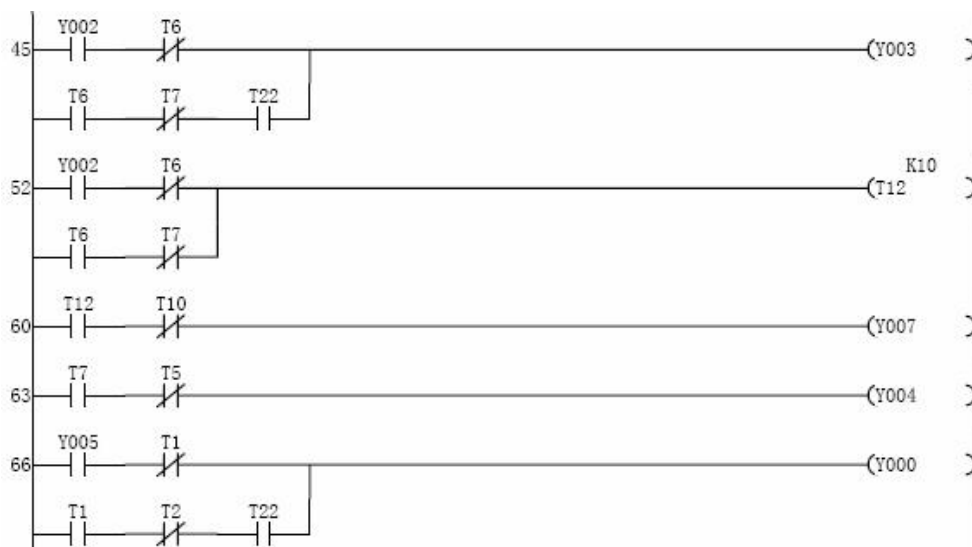


图 9-24 (b)



图 9-24 (c)

### 课题三、水塔水位控制

#### 一、实验目的

用 PLC 构成水塔水位自动控制系统。

#### 二、控制要求

当水池水位低于水池低水位界（S4 为 ON 表示），阀 Y 打开进水（Y 为 ON）定时器开始定时，4 秒后，如果 S4 还不为 OFF，那么阀 Y 指示灯闪烁，表示阀 Y 没有进水，出现故障，S3 为 ON 后，阀 Y 关闭（Y 为 OFF）。当 S4 为 OFF 时，且水塔水位低于水塔低水位界时 S2 为 ON，电机 M 运转抽水。当水塔水位高于水塔高水位界时电机 M 停止。

#### 三、水塔水位控制的实验面板图

如图 9 - 25 所示，面板中 S1 表示水塔的水位上限，S2 表示水塔水位下限，S3 表示水池水位上限，S4 表示水池水位下限，M1 为抽水电机，Y 为水阀。

#### 四、输入/输出接线列表

输出	M1	Y	输入	S1	S2	S3	S4
接线	Y0	Y1	接线	X0	X1	X2	X3

#### 五、梯形图参考程序

水塔水位控制梯形图参考程序如图 9 - 26 所示。

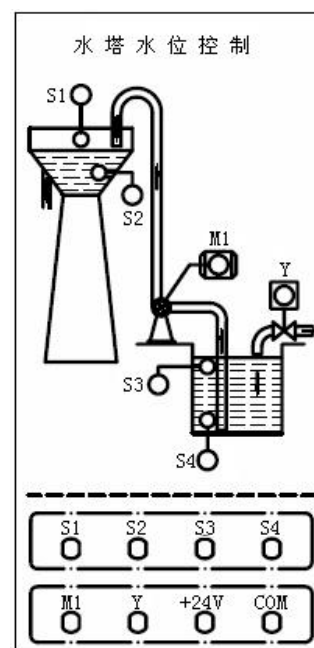


图 9-25 水位控制实验面板



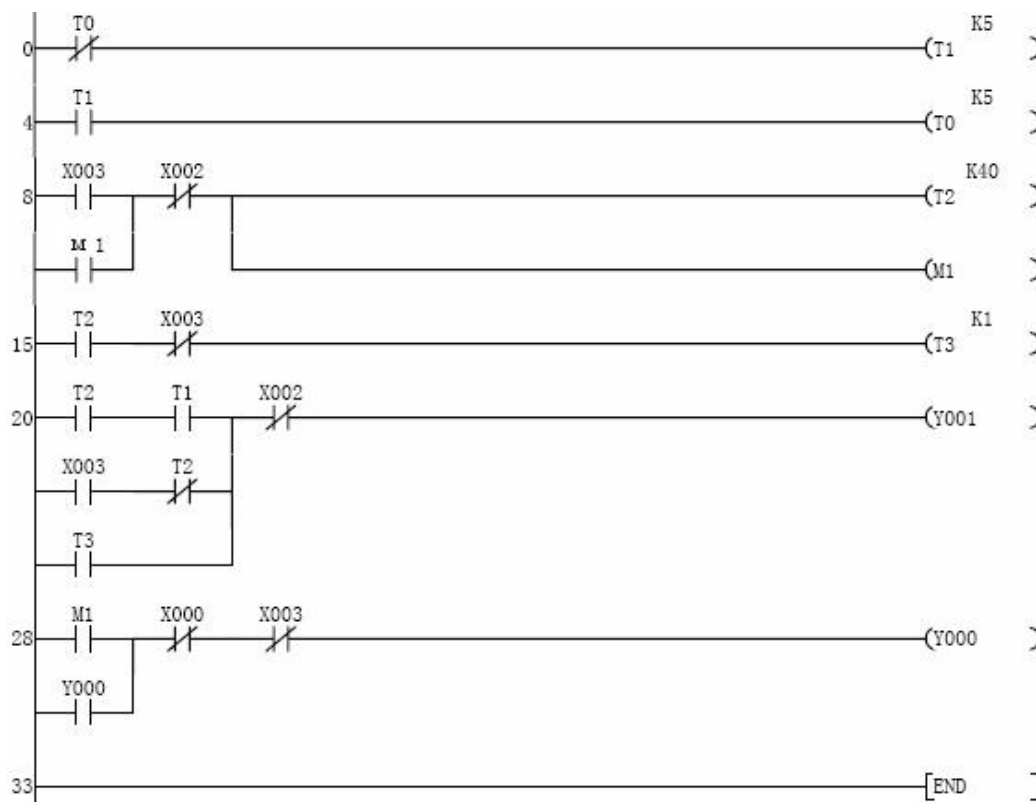


图 9-26

## 课题四、天塔之光

在 MF23 模拟实验挂箱中天塔之光实验区完成本实验。

### 一、实验目的

用 PLC 构成闪光灯控制系统。

### 二、控制要求

合上启动按钮后，按以下规律显示：L1→L1、L2→L1、L3→L1、L4→L1、L5→L1、L2、L4、→L1、L3、L5→L1→L2、L3、L4、L5→L6、L7→L1、L6→L1、L7→L1→L1、L2、L3、L4、L5→L1、L2、L3、L4、L5、L6、L7→L1、L2、L3、L4、L5、L6、L7→L1……如此循环，周而复始。

### 三、天塔之光的实验面板图

天塔之光的实验面板如图 9 - 27 所示。

### 四、输入/输出接线列表

输入	SD	ST	输出	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

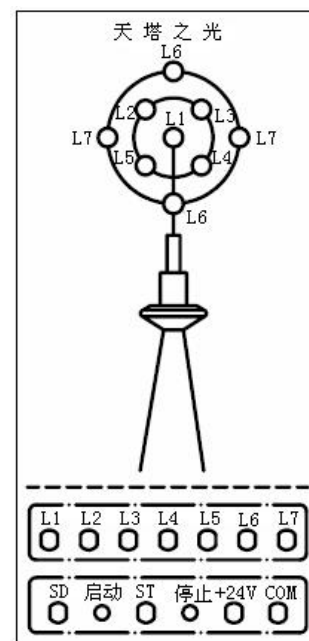


图 9-27 模拟实验挂箱面板

接线	X0	X1	接线	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

五、梯形图参考程序



图 9-28 (a)

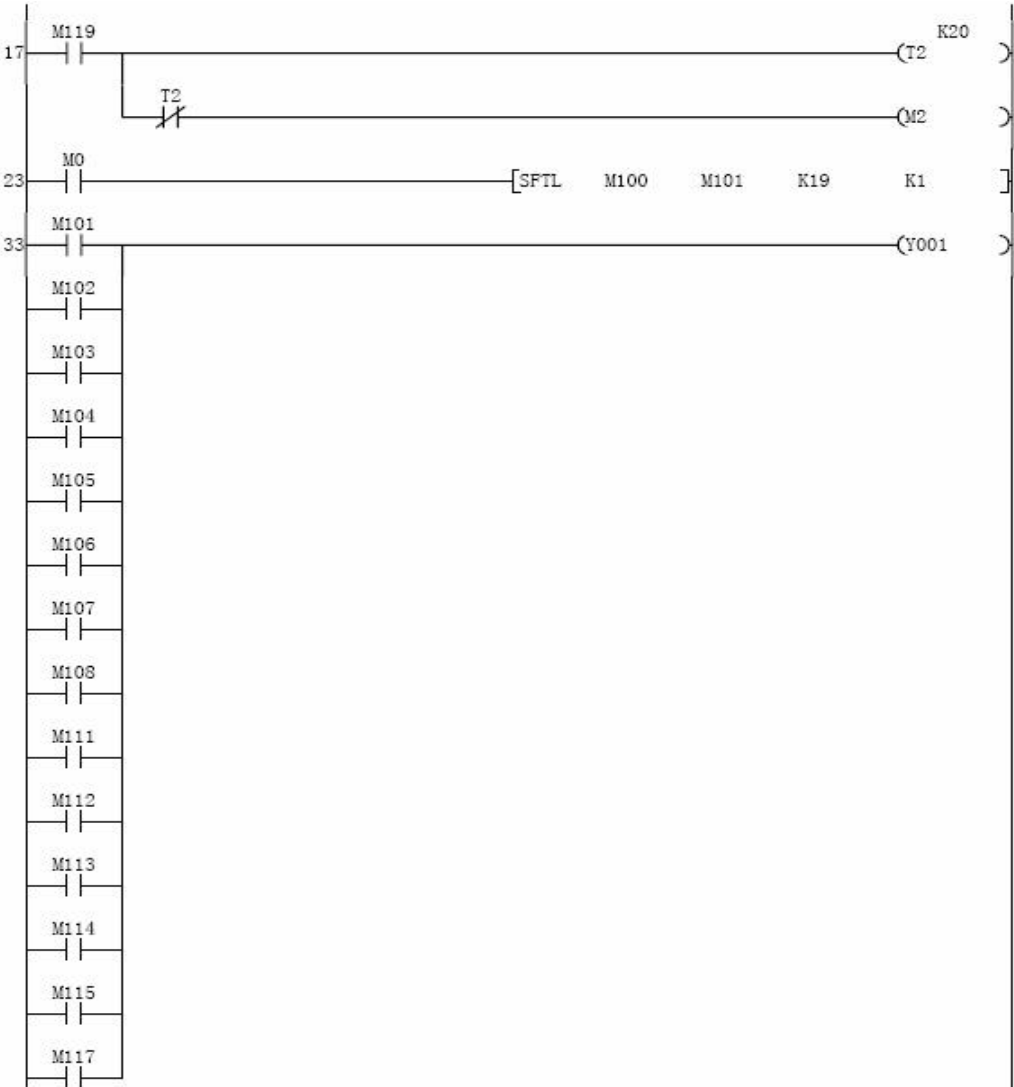


图 9-28 (b)



图 9-28 (c)

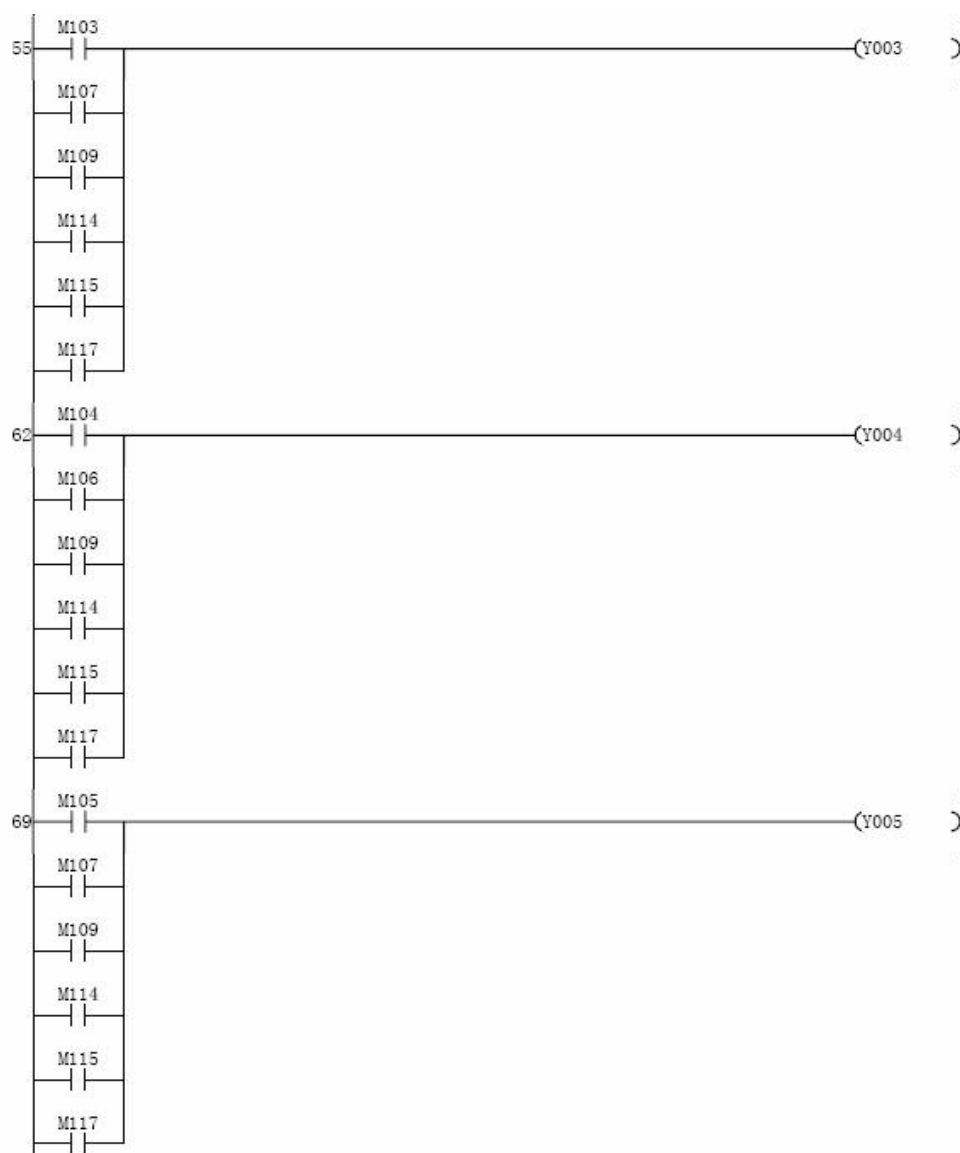


图 9-28 (d)

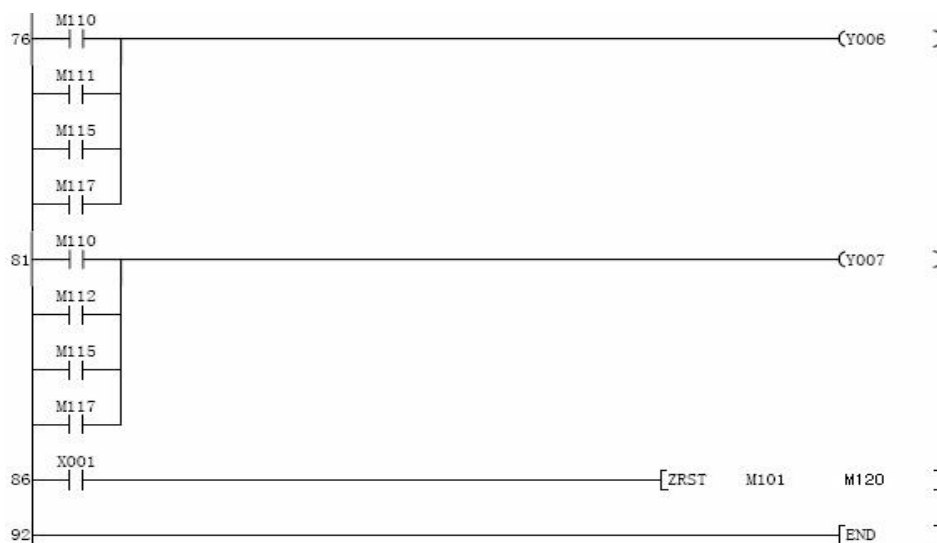


图 9-28 (c)

## 课题五、液体混合装置控制的模拟实验

### 一、实验目的

熟练使用各条基本指令，通过对工程实例的模拟，熟练地掌握 PLC 的编程和程序调试。

### 二、控制要求

本装置为两种液体混合模拟装置，SL1、SL2、SL3 为液面传感器，液体 A、B 阀门与混合液阀门由电磁阀 YV1、YV2、YV3 控制，M 为搅匀电机，控制要求如下：

(1) 初始状态 装置投入运行时，液体 A、B 阀门关闭，混合液阀门打开 20 秒将容器放空后关闭。

(2) 启动操作 按下启动按钮 SB1，装置就开始按下列约定的规律操作。

液体 A 阀门打开，液体 A 流入容器。当液面到达 SL2 时，SL2 接通，关闭液体 A 阀门，打开液体 B 阀门。液面到达 SL1 时，关闭液体 B 阀门，搅匀电机开始搅匀。搅匀电机工作 6 秒后停止搅动，混合液体阀门打开，开始放出混合液体。当液面下降到 SL3 时，SL3 由接通变为断开，再

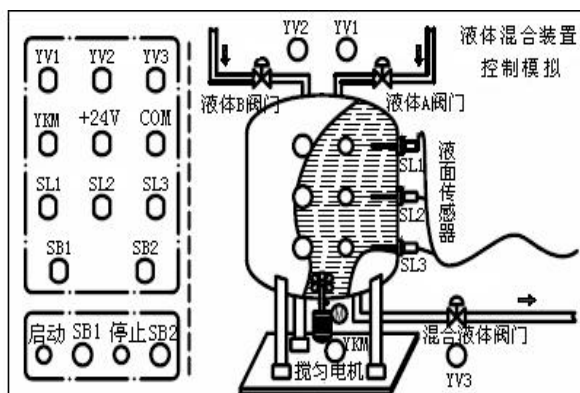


图 9-29 模拟实验面板图

过 2 秒后，容器放空，混合液阀门关闭，开始下一周期。

（3）停止操作 按下停止按钮 SB2 后，在当前的混合液操作处理完毕后，才停止操作（停在初始状态上）。

三、液体混合装置控制的模拟实验面板图

液体混合装置控制的模拟实验面板如图 9 - 29 所示。

此面板中，液面传感器用钮子开关来模拟，启动、停止用动合按钮来实现，液体 A 阀门、液体 B 阀门、混合液阀门的打开与关闭以及搅匀电机的运行与停转用发光二极管的点亮与熄灭来模拟。

四、输入/输出接线列表

输入	SB1	SB2	SL1	SL2	SL3	输出	YV1	YV2	YV3	YKM
接线	X0	X1	X2	X3	X4	接线	Y0	Y1	Y2	Y3

五、工作过程分析

根据控制要求编写的梯形图分析其工作过程。

（1）启动操作 按下启动按钮 SB1，X000 的动合触点闭合，M100 产生启动脉冲，M100 的动合触点闭合，使 Y000 保持接通，液体 A 电磁阀 YV1 打开，液体 A 流入容器。

当液面上升到 SL3 时，虽然 X004 动合触点接通，但没有引起输出动作。

当液面上升到 SL2 位置时，SL2 接通，X003 的动合触点接通，M103 产生脉冲，M103 的动合触点接通一个扫描周期，复位指令 RST Y000 使 Y000 线圈断开，YV1 电磁阀关闭，液体 A 停止流入；与此同时，M103 的动合触点接通一个扫描周期，保持操作指令 SET Y001 使 Y001 线圈接通，液体 B 电磁阀 YV2 打开，液体 B 流入。

当液面上升到 SL1 时，SL1 接通，M102 产生脉冲，M102 动合触点闭合，使 Y001 线圈断开，YV2 关闭，液体 B 停止注入，M102 动合触点闭合，Y003 线圈接通，搅匀电机工作，开始搅匀。搅匀电机工作时，Y003 的动合触点闭合，启动定时器 T0，过了 6 秒，T0 动合触点闭合，Y003 线圈断开，电机停止搅动。当搅匀电机由接通变为断开时，使 M112 产生一个扫描周期的脉冲，M112 的动合触点闭合，Y002 线圈接通，混合液电磁阀 YV3 打开，开始放混合液。

液面下降到 SL3，液面传感器 SL3 由接通变为断开，使 M110 动合触点接通一个扫描周期，M201 线圈接通，T1 开始工作，2 秒后混合液流完，T1 动合触点闭合，Y002 线圈断开，电磁阀 YV3 关闭。同时 T1 的动合触点闭合，Y000 线圈接通，YV1 打开，液体 A 流入，开始下一循环。

（2）停止操作 按下停止按钮 SB2，X001 的动合触点接通，M101 产生停止脉冲，使 M200 线圈复位断开，M200 动合触点断开，在当前的混合操作处理完毕后，使 Y000 不能再接通，即停止操作。

## 课题六、LED 数码显示控制

在 MF25 模拟实验挂箱中 LED 数码显示控制实验区完成本实验。

### 一、实验目的

了解并掌握置位与复位指令 SET、RST 在控制中的应用及其编程方法。

### 二、实验原理

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、数据寄存器、变址寄存器的内容清零。

### 三、控制要求

按下启动按钮后，由八组 LED 发光二极管模拟的八段数码管开始显示：先是一段段显示显示次序是 A、B、C、D、E、F、G、H。随后显示数字及字符，显示次序是 0、1、2、3、4、5、6、7、8、9、A、b、C、d、E、F，再返回初始显示，并循环不止。

### 四、LED 数码显示控制的实验面板图

LED 数码显示控制的实验面板如图 9 - 30 所示。

### 五、输入/输出接线列表

输入 接线	SD	输 出 接 线	A	B	C	D	E	F	G	H
	X0		Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7

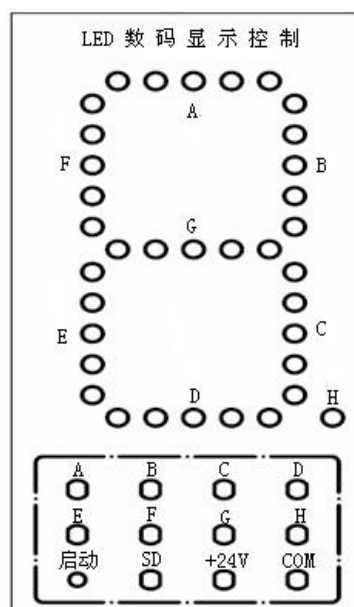


图 9-30 LED 数码显示控制面板

## 课题七、三层电梯控制系统的模拟实验

在 MF27 模拟实验挂箱中三层电梯控制系统的模拟实验区完成本实验。

### 一、实验目的

1. 进一步熟悉 PLC 的 I/O 连接
2. 熟悉三层楼电梯控制系统的编程方法。

### 二、控制要求

电梯由安装在各楼层厅门口的上升和下降呼叫按钮进行呼叫操纵，其操纵内容为电梯运行方向  
电梯轿厢内设有楼层内选按钮

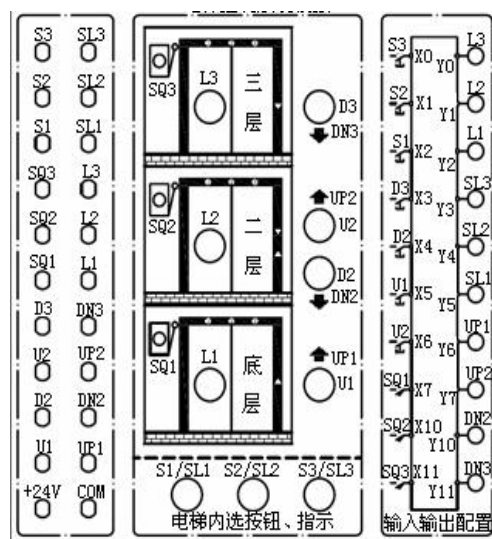


图 9-31 电梯控制系统模拟面板图

S1~S3，用以选择需停靠的楼层。L1 为一层指示、L2 为二层指示、L3 为三层指示，SQ1~SQ3 为到位行程开关。电梯上升途中只响应上升呼叫，下降途中只响应下降呼叫，任何反方向的呼叫均无效。例如，电梯停在一层，在二层轿厢外呼叫时，必须按二层上升呼叫按钮，电梯才响应呼叫（从一层运行到二层），按二层下降呼叫按钮无效；反之，若电梯停在三层，在二层轿厢外呼叫时，必须按二层下降呼叫按钮，电梯才响应呼叫（从三层运行到二层），按二层上升呼叫按钮无效，依此类推。

### 三、三层电梯控制系统的模拟实验面板图

三层电梯控制系统的模拟实验面板如图 9 - 31 所示。

#### 四、输入/输出接线列表

输入接线列表

序 号	名 称	输入点	序 号	名 称	输出点
0	三层内选按钮 S3	X000	5	一层上呼按钮 U1	X005
1	二层内选按钮 S2	X001	6	二层上呼按钮 U2	X006
2	一层内选按钮 S1	X002	7	一层行程开关 SQ1	X007
3	三层下呼按钮 D3	X003	8	二层行程开关 SQ2	X010
4	二层下呼按钮 D2	X004	9	三层行程开关 SQ3	X011

输出接线列表

序 号	名 称	输入点	序 号	名 称	输出点
0	三层指示 L3	Y000	6	二层内选指示 SL2	Y006
1	二层指示 L2	Y001	7	一层内选指示 SL1	Y007
2	一层指示 L1	Y002	8	一层上呼指示 UP1	Y010
3	轿厢下降指示 DOWN	Y003	9	二层上呼指示 UP2	Y011
4	轿厢上升指示 UP	Y004	10	二层下呼指示 DN2	Y012
5	三层内选指示 SL3	Y005	11	三层下呼指示 DN3	Y013



# 电机综合实训

## 实训一 电动机机械故障修理

电气专业工作者对于电机修理，主要指的是绕组部分，但是为了能在短时间内有效地排除电动机的故障，以利于及时恢复生产，电工必须学会检查分析和排除电动机故障的方法，学会掌握机械部分修理方法也是很必要的。

### § 1 — 1 电动机正确拆装

#### 一、电动机的拆卸

##### 1. 拆卸皮带轮或联轴器

先将皮带轮或联轴器端面距前端盖处的位置尺寸记录下来，然后把皮带轮或联轴器上的固定螺丝或销子松脱，再用拉力把皮带轮或联轴器慢慢拉出来。如果拉不出来，可以渗入煤油再拉，如仍拉不出，可以用喷灯加热，乘热胀时拉下，温度不能过高，以防机轴变形。

##### 2. 拆卸端盖。

首先应在端盖与机座接缝处做好标记，以免装配时弄错位置，端盖上如有轴承室外盖，应先拆掉，一般小型电动机只拆前端盖和后侧的风罩，风扇和后端盖螺丝，然后将转子连同后端盖一起抽出。拆卸前端盖时，用扁铲在螺丝连接“耳子”处和与机座的接缝处用手锤在不同位置轻轻敲打，使之分离，卸下端盖时应应用木板垫住。以免端盖与轴颈碰撞造成损伤。前端盖卸下后，拧下后端盖螺丝，垫上木板用手锤轻轻敲打轴伸端面，使后端盖与机座离缝把转子和后端盖一同抽出。

##### 3. 抽出转子

小型电动机的转子可以用手取出，较大的电机可用一根长钢管套住轴伸，由一人抬住钢管另一人在另一端抽出管子，更大的电机因转子较重，用起重设备将转子吊住平移抽出。

#### 二、电动机装配

##### 1. 装配前的准备

首先要把绕组和机壳内部吹扫干净，机座，端盖，轴承盖的止口和转子表面都要擦拭干净。清洗后的轴承重新加入的润滑油要适量，约为轴承或轴承室的1/2-1/3为宜，4极以上电机取上限，2极电机取下限，润滑脂过多，会使轴承温度过高，空载损耗增大，变稀淌出。

##### 2. 装配

电动机装配基本上是电动机拆卸的反过程。装配时，应按标记将各部件复位。敲打端盖或转轴端面等部位时要垫上木板敲打。端盖的固定螺丝要依对角交替均匀地拧紧。在将轴承盖紧固，这时要边拧紧螺丝边转动转子应灵活，否则应检查端盖与机座连接部位是否合适，并相应调整螺丝的松紧，转子灵活后，装上风扇，风罩和皮带轮。

## § 1---2 轴承的维护与修理

在电动机的故障中，轴承的故障是经常发生的。轴承损坏时，电动机的转子将与定子铁芯相擦，进而发热破坏绕组绝缘，所以必须注意轴承的保养，有了故障应及时排除。

轴承档轴颈稍有磨损时，可用冲子在轴颈圆周上均匀冲上一些麻点。或用扁铲打毛再装上轴承。即可配合较为紧密。如有条件可在磨损部分镀上一层金属，或用电焊条在轴颈圆周上堆焊，然后按正常尺寸车圆。

## § 1---3 机座，端盖修理

一般小型电动机机座和端盖都是铸铁制成的。如机座、端盖有裂缝或机座底脚断裂，可用铸铁焊条补焊。端盖轴承室磨损，如果磨损不大时，可用冲子轻轻地在轴承室圆周上均匀地冲上些麻点，也可用扁铲打毛，然后再安装轴承，如磨损较大，须采用镶套的办法补救。

## § 1---4 铁心的修理

常见的铁心故障有：铁心槽齿向外张开，铁心硅钢片沿轴向松弛，铁心槽齿局部烧熔等。铁心槽齿向外张开或扭曲，主要是由于拆除旧绕组时用力过猛造成的。可用尖嘴钳子矫正，然后敲打平整。

铁心松弛，主要原因是制造不良和使用修理方法不当造成的。当电机铁心采用内压装时，可用压力机把铁心重新压紧，把扣片扣严或与压圈焊住。

铁心，槽齿局部烧熔，主要是因绕组短路或碰铁产生高热烧毁槽齿，可用扁铲把烧毁部分铲掉，再用细锉除去毛刺。

## § 1---5 轴承的检查与清洗

小型电动机均采用滚动轴承。电动机拆开后，首先检查润滑脂是否变干涸或缺少，用手摇动轴承外圈，如感觉松动说明轴承磨损。磨损程度可用塞尺检查。

更换润滑脂，进一步检查轴承有无锈蚀，裂纹与损坏时，要清洗轴承。清洗时，不必拉下轴承，先剥去轴承和轴承盖上的废油，先用毛刷蘸清洗盆中的汽油刷洗（不要转动轴承以免滚入杂物），油污去除后，再用另一盆清洁汽油清洗，然后用破布擦干。

## 实训二 电动机绕组损坏与修理

### § 2---1 定子绕组损坏与修理

定子绕组是电动机的主要部分，也是最容易发生故障的部位。其主要原因是绕组绕制质量不好，使用时选择不当，以及长期运行绕组绝缘老化等。

#### 一、绕组接地

绕组本身绝缘损坏，绕组导线与机壳铁心相撞就造成接地故障。为了保证安全在安装使用时，机壳都进行了接地处理，一旦发生绕组接地故障时，就会产生短路现象。如果电动机机壳没做接地处理。发生绕组接地时机壳带电，危及人身安全。

处理接地故障时，先仔细检查绕组绝缘损伤的情况及部位。除绝缘老化变质外，一般是可做局部修理的，接地点大多数都在槽口附近。修理时将绕组加热待绝缘物软化后用划线板撬起绕组，插入适当大小的绝缘材料。用兆欧表检查故障是否消失。如接地故障已排除，则在修补处热涂刷一层绝缘漆。如有两根以上导线绝缘损坏，则在处理槽绝缘同时还要将导线之间的绝缘修补好，以免发生匝间短路故障。接地点发生在槽内大多须更换绕组。

#### 二、绕组短路

主要原因是电源电压过高或过低，过载或两相运行，或制造不良，绝缘层老化等所制。

绕组短路的情况有：匝间短路，绕组间短路，极相组间短路，相间短路。

检查方法：

（一）检查相间短路，通常使用兆欧表或万用表分别检查两相绕组间的绝缘电阻。检查时如果测得的绝缘电阻值很低。就说明该两相绕组间短路，有时由于两相以上绕组同时发生接地故障而造成相间短路。所以在检查时，一般先检查绕组对地绝缘。

（二）检查绕组相间短路或极相组间短路，可以用电桥测量三相绕组的直流电阻值，电阻值较小的一相为短路相。也可以三相绕组通入单相低压电流。分别测量每相绕组电流。电流大的为短路相。

（三）检查匝间短路。常利用短路侦察器测量。

处理方法：

1. 故障点在端部，由于引线和绝缘套管损伤造成的相间短路或极相组间短路，只要把损伤处重新包以相应的绝缘。就能故障排除有时须将绕组加热。撬开引线，把绝缘管重新套到槽口部分或垫好绝缘纸，可消除故障。由于绕组端部绝缘损坏造成的绕组间短路或相间短路，找出有故障的两组线圈后，把线圈加热软化，撬开后塞入绝缘纸垫好。

线圈匝间短路，若故障点在端部，并且不太严重时，可以把导线包以绝缘后，再刷上绝缘漆烘干。

## 2. 故障点在槽内

槽内线圈短路损坏，线圈匝间短路故障点在槽内或者故障点虽在端部，但比较严重的都应把短路线圈进行更换。

更换个别损坏线圈时，往往容易弄坏其他完好的绕组，更换一个线圈就要把一个节距内的线圈全部拉到槽外，损坏的几率更多，所以局部拆换线圈时可以采用“穿绕修补法”操作时先把线圈加热软化，打出槽楔，剪断损坏线圈的端部，然后用钳子把导线一根一根地从槽

底抽出，把槽清理干净，另用绝缘纸卷成圆筒塞进槽内，取比原线圈总长略长的同规格漆包线在槽内穿线绕至原来的匝数。经检验证明故障排除后，再浸漆烘干。如果损坏线圈较多，应全部拆换。

## 三、绕组断路

造成绕组断路的原因主要有：接头焊接不良，长期运行接头过热而断路；绕组受外力作用折断；由于匝间短路绕组接地而造成的绕组烧断。检查绕组断路可用兆欧表，万用表的欧姆档。检查时要每相分别测试，找到断路相后，在拆开极相组间连线，逐把线圈检查，找出故障点。也可以分别测量三相绕组电流，电流值小或等于零的相为断路相。

如断路故障是端部导线断线或接头松脱，则只要重新连接焊牢，包扎好绝缘在涂上绝缘漆即可。如导线在槽内断开，则要先加热翻出线圈找出故障点，加入一根新导线，将连接点设在线圈的两个端部，焊牢后涂漆或套管包扎好，把翻出的导线和新的一根导线嵌入槽内封好槽口。

由于某种原因造成绕组烧断，个别线圈故障少的可维修，绕组损坏较多时则须全部拆换。

## § 2---2 转子绕组的损坏与修理

铸铝鼠笼型转子绕组比较坚固而不易损坏，但由于铸铝质量不好或使用不当，将造成的转子断条，如有转子断条时，电动机运行带负载时转速下降，串接的电流表指针摆动。

检查转子断条的方法：

一、外表检查拆开电机取出转子，仔细观察端环和转子，铁心表面处的铝条，检查有无断裂或过热变色处。

二、用短路侦察器检查侦察器的开口铁心外缘形状应是凹弧形，应与转子外圆吻合，沿转子表面逐槽检查，检查时串联一只电流表，通以适当的交流电源，若检查到某一槽时，电流变小，说明这个槽内有断条故障。

三、用铁粉检查在转子的两个端环上通以低压大电流把铁粉撒在转子表面，未断的铝条有电流通过，周围产生磁场，铁粉就被吸附在铁心槽口附近，如果某槽口附近聚集的铁粉很少，甚至没有，就说明该槽内铝条有断条或细条故障。

笼型转子：如端环部分发生断裂可用气焊修补，个别铝条断条时，也可将断条钻掉，清槽后打入与槽形相符的铝条，用气焊与端环焊牢。

## 实训三 三相异步电动机定子绕组

### § 3——1 异步电动机绕组参数

#### 一、极距

极距是指沿定子铁心内圈，每个磁极所占的范围，可用长度表示，也可用槽

数表示，则极距：
$$t = \frac{Z}{2P}$$

式中：Z——定子铁心总槽数

P——磁极对数

#### 二、节距

节距也称跨距，指的是每把线圈两个有效边之间的距离，用槽数表示。当线圈节距等于极距时称为全节距；当线圈节距小于极距时称为短节距。一般单速电动机多采用短节距，因为可以改善电磁性能，又节省导线材料。

#### 三、每极每相槽数。

定子绕组在每个磁极下，每一相所占的槽数称为每极每相槽数。

表示：
$$q = \frac{Z}{2Pm}$$
 m: 相数

把属于同一相的 q 只线圈按一定方式串联成组，称为极相组，通常在绕线时一次绕成，然后分别嵌装单层绕组，每相的极相组数等于极对数。

#### 四、电角度

计量电磁关系的角度称为电角度。电角度=极对数×机械角度。电动机的空间机械角度都是 360 度。但不同磁极对数的电动机其电角度不同。不论电动机有几个磁极，一对磁极即占有 360 度电角度；一个极距为 180 度电角度。

#### 五、相带

所谓的相带，就是每极每相所占的电角度，大家知道，三相电动机所产生的旋转磁场是定子三相绕组的合成磁场，因此在每对磁极所占据范围内均应有三相绕组的有效边。通常把每对磁极下绕组平均分成六个区段。并把每极下的三个区段分 A、B、C 三相。因为一个极距为 180 度，所以每一相带电角度为 60 度。一般情况下，三相单速电动机绕组都绕成 60 度相带。

### § 3——2 异步电动机绕组

#### 一、绕组种类

三相异步电动机定子绕组均属于分布绕组，它的种类结构也较复杂多样，主要分为单层绕组，双层绕组等多种。

所谓单层绕组就是每个定子槽中只嵌线圈的一个有效边,因此线圈的绕制和嵌线都比较方便,而且还没有层间绝缘,槽满率较高,不会发生槽内相间短路,但每个线圈的两个端部不易处理整齐。电气性能也较差,绕组的线圈数等于总槽数的一半。所以一般应用于小容量的电动机中。

双层绕组的每一个槽都嵌上下两个线圈的有效边,槽的利用率较高,电气性能也得到了提高,因此一般应用于大容量的异步电动机定子绕组。

## 二、绕线型式

1、同心式绕组在同一极相组内,绕组由节距不等的同心线圈组成。顾名思义,这种

绕组极相组的连接方式是“尾接头”串联顺接,因为单层绕组每相的极相组数等于磁极对数,所以当极对数  $P$  为偶数时,整个电机绕组数也为偶数。线圈的端部通常安排在两个平面上,即先把各相半数的极相组线圈嵌入槽内,其端部处于一个平面上,在嵌放各相另一半极相组线圈,后嵌入线圈端部处在先嵌好的线圈端部的上面,因此整个绕组线圈在两个平面上。同心式绕组较易嵌线,但铜线用量较多,因此多用于小容量二极电动机中。

2、链式绕组 当每极每相槽数  $q=2$  时,把每个极相组中的两只线圈分别折向两边。其极相组线圈间形成“头接头”“尾接尾”反接串联的连接方式,整个三相绕组如链相扣,故各为链式绕组。构成链式绕组的线圈节距必定是奇数,否则无法构成。

链式绕组线圈节距相等;端部较短,比同心式绕组节省铜线。因此链式绕组在小容量电动机中普遍使用。

3、交叉链式绕组当  $q=3, 5, 7$  等奇数时,把每一极相组线圈也分为两组折向两边,一组为偶数,一组为奇数,且两组线圈节距不等,各组线圈作链式连接,这种绕组称交叉链式绕组。其排列方法与链式绕组相同,极相组间连接,采用反接串联。绕组端部连接短,但下线工艺较复杂,一般用于  $q$  为奇数的小容量电机中。

4、同心链式(交叉同心式)绕组当极对数  $P$  为奇数时,整个电机绕组有奇数个极相组。通常是把一个极相组的线圈分为两部分,把其中一部分线圈的端接部分折向另一边,使三相绕组的端线分别处在三个平面上,称三平面同心绕组。当每极每相槽数  $q>2$  的偶数时,每极相组折向两边为线圈数相等的同心线圈,如绕组也同链式绕组排列,则称为同心链式绕组。.

## 实训四 异步电动机绕组重嵌准备

电动机绕组出现严重的短路、断路接地故障时,采用局部修理已无法使绕组恢复完好状态时,或绝缘老化,就要全部拆换旧绕组更换新绕组。其方法如下:

### § 4——1 记录原始数据

目的是以原始数据作为重嵌线的重要依据,使电动机修复后各种参数不变。

#### 一、铭牌数据

主要应记录:型号、功率、转速、接法、电压、电流等。

#### 二、绕组数据

应判明记录:绕组形式、节距、并绕根数、支路数、导线直径、每槽匝数、联结方式、绝缘等级、画出接线图等。

#### 三、铁心数据

测量和记录:定子铁心、外径、内径、长度、槽数等。

### § 4——2 拆除旧绕组

成品电动机绕组都经过浸漆、烘干处理,坚硬而不易拆掉,拆除时首先需加热,使绕组绝缘软化,无论用何种方法加热,事先须把接线板等易损部件拆下,以免损坏。

#### 一、烘焙加热

用烘箱加热到绝缘材料软化,乘热拆除,温度控制在 200℃ 为宜。

#### 二、通电加热

将绕组适当连接,利用调压器或电焊机等电源设备,通电加热,电流的大小可控制在额定电流的 2—3 倍,如果电源容量不够,可以先对一组或一个线圈加热,边加热边拆除,绕组如有短路断路情况,通电的局部得不到加热,可用喷灯进行烧烤后再拆除。

#### 三、绕组拆除

1. 先将槽契打出,把无连接线一端的线把剪开,在另一端用钢丝钳逐根地从槽内拉出,不要一次拉出太多,也不要用力过猛。

2. 要设法拆下一把没有变形的完整线把,作为制造线模绕制新线圈时参考。

3. 绕组全部拆除后,要把每个槽里的杂物清除干净,硅钢片如有弯曲歪扭也要修整好。

### § 4——3 绕制线圈

#### 一、制作绕线模

尺寸要比较正确,若线模尺寸小绕制的线圈端部长度不足,嵌线困难,甚至嵌不下去。若线模尺寸太大,线圈电阻和端部漏抗都增大,影响电动机的电气性能,还浪费铜线。因此绕线模的尺寸一定要做得适当。

### (一)模芯尺寸的确定

1. 按照拆出的完好旧线圈量出.
2. 根据经验按线圈节距在定子铁心上估计出.
3. 根据电动机铭牌型号参考技术手册中的数据确定模芯尺寸.
4. 根据绕组型式进行计算.

#### 单层同心式和链式绕组模芯计算

(1)模芯宽度:  $A = \pi \frac{(\text{定子铁心内径} + \text{槽深})}{\text{槽数}} \times (\text{节距} - k) \text{ (毫米)}$   $K$ ——校正系数 4 极  $K=0.5 \sim 0.7$

(2) 模芯直线长度:  $L = \text{铁心长度} + 2\delta \text{ (毫米)}$   $\delta$ : 取  $10 \sim 15 \text{ (毫米)}$

(3) 端部圆弧半径:  $R = \frac{A}{2} + t \text{ (毫米)}$   $t$ : 经验系数、取  $5 \sim 8 \text{ (毫米)}$

(4) 模心厚度:  $H = (\sqrt{\text{线圈导线根数}} + 0.5) \times \text{绝缘线径}$

小型电动机:  $H$  取  $8 \sim 10 \text{ 毫米}$

较大型电动机:  $H$  取  $10 \sim 15 \text{ 毫米}$

### (二) 绕线模制作

1?. 固定式绕线模, 由模芯和夹板组成, 一般用干燥硬木制作, 或者 5 层以上的胶合板即可, 制作的线模不应翘裂变形。

模芯做成后, 通常在其轴心处斜锯开, 每块各固定在一个夹板上, 这样绕成的线圈容易脱模。

夹板形状与模心相同, 但每边要比模芯放出  $5 \sim 10 \text{ 毫米}$  长度, 夹板上要留出引线槽和绑线槽。

2?. 活络式绕线模有多种式样, 这里只介绍简单的一种, 隔板可用干燥木板或胶合板制作, 板上钻几排孔, 孔的位置和数量可以根据需要安排。隔板为同样的两块, 中间夹装可以拆卸的轮子, 若要连绕几只线圈, 就要放几组轮子。

### 二、绕制线圈

首先要准备好绕线机和绕线模, 绕线机有手动和电动的两种, 都要带有计数器, 使用方便。

绕制时. 把导线线轴搭在放线架上, . 应能灵活转动, . 并与绕线机保持一定距离. 手握纱团或破布, 把导线裹持住, 给导线一定的拉力, . 使其平直无曲折, 但手的拉力应适中. 每组线圈的首尾端要留适当长度, 并且应留在同一方向, 绕制线圈前, 要把布带或线绳放入线模的绑线槽中, 导线应尽量紧密排列平整, 不要交叉重叠, . 一个极相组几个线圈连绕时, 通常是先从左面绕起, . 逐槽右移,



过桥线不用套绝缘管,若一相线圈连绕时,应预先把所用的套管套在导线上,绕完一个机相组后,放好一个套管,再继续绕下一组线圈。绕到规定的匝数后,用绑线槽中的布带或线绳,把线圈四个转角扎好,并留一定长度引线剪断取下。

绕制线圈时,如果需要接线头,必须要接在端部焊接后套上绝缘管。绕完一组线圈应先试嵌,合格后再继续绕制。

## 实训五 异步电动机绕组嵌线工艺

### § 5——1 嵌线前的准备工作

嵌线前要准备好一些嵌线工具和辅助材料，使用的工具有压线板、划线板、钢划板、长柄弯头剪刀、橡皮锤等。

压线板一般用钢材料制作，压脚宽度应比槽上部宽度略小，根据不同的槽型，选用不同的

尺寸，压脚面必须光滑无棱角，以免损伤导线绝缘和槽绝缘。

划线板可用竹、木、塑料板等制作，端部略尖，一边稍薄如刺刀形，表面应十分光滑，. 划线板是用来划顺导线，使堆积在槽口的导线受到劈的作用，而迫进槽两侧，划线板要能划入槽内 2/3 处。

钢划板用于折合槽口处绝缘纸封闭槽口；弯头剪刀用于剪去多余的引槽纸，橡皮锤用于绕组端部成型。

嵌线用的绝缘材料有：槽绝缘材料、端部和相间绝缘材料、白布带、槽契等。

§ 5——2 定子绕组绝缘及导电材料

电动机的绝缘结构，取决于绕组工作电压的高低和绝缘耐热等级，绝缘材料按其正常运行条件下允许的最高工作温度分级，称为耐热等级。

绝缘材料的耐热等级和极限温度

耐热等级	Y	A	E	B	F	H	C
极限度℃	90	105	120	130	155	180	>180

一、槽绝缘配置

1. 槽绝缘材料规范

低压小型电动机常用 E、 B 级绝缘材料。

E 级：1~2 号机座，采用 0.22 毫米复合聚脂薄膜青壳纸，或用一层 0.05 毫米聚脂薄膜和一层 0.15 毫米青壳纸。

B 级：中心高 80~112 的机座，采用 0.25 毫米 DMDM 或一层 0.2 毫米 DMD 一层 0.05 毫米 M。

2. 槽绝缘结构

小型单层绕组采用临时引槽纸法，把绝缘纸剪成长方形纸片，剪去四角，然后折叠放入槽内，以加强槽口处的绝缘强度，嵌线时在槽口插入两片宽约 20~30 毫米薄模青壳纸，作为临时引槽纸，嵌好线后抽出引槽纸，盖上一条槽盖纸，然后用槽契封槽。

3. 槽绝缘尺寸确定

(1)槽绝缘宽度 “以其紧贴槽壁而达到槽口下转角处为宜” 不要高出槽口，或放至太低，以免造成嵌线困难或影响嵌线质量。

(2)槽绝缘长度 槽绝缘两端伸出铁心的长度也要适当，若太短时，使得绕组对铁心的漏电距离不够，端部相间绝缘也不容易与槽绝缘相接。若太长时，则会增加线圈直线部分长度。槽绝缘两端一般各伸出铁心 6~15 毫米，视电动机容量

大小而定。考虑到槽绝缘两端伸出部分折叠成双层放置,所以裁剪槽绝缘时,其长度要将绝缘部分和折回槽内部分一并计算。

## 二、相间绝缘

绕组端部相间垫入与槽绝缘相同的绝缘材料,形状与线圈端部相似。

## 三、槽楔

通常可用干燥的毛竹、硬木制作,用变压器油浸煮,一端要倒角,防止打入槽内时勾破绝缘。Y系列小型电动机,采用成型MDB复合槽楔或新型的引拔槽楔,宽度应以用手能推入槽长的一半为宜,然后用锤子打入另一半。注意不能高出铁心表面,槽楔长度一般比相应槽绝缘要短4~6毫米。

## 四、其他绝缘材料

电机嵌线所使用的其他绝缘材料,如套管、扎带、绑线、绝缘漆等选用时,要使其耐热等级与电机的主要绝缘材料相适应。

## 五、导电材料

1. 电磁线分为漆包线、绕包线、无机绝缘电磁线和特种电磁线四大类。普通中小型电机绕组,常用漆包线、绕包线,目前QZ漆包线使用面极为广泛。

E级或B级绝缘电机目前应用的是聚脂漆包线(QZ),它的机械强度高,耐压耐溶剂性均较好。B级绝缘电机,有的应用高强度聚乙稀醇缩醛漆包线(QQ)。在小型电机中,所用电磁线的线径一般在1.56毫米以下,中大型电机要求较大截面时,可以用几根并绕的方法。

2. 引出线 电机引出线用多股绝缘铜线。可采用丁青聚氯乙烯绝缘电机电器引出线,型号为JVR。丁青橡胶电缆型号为JBQ。其截面积视电机额定功率或额定电流,加放一定余量选择。

在电机修理过程中,可以用耐热等级较高的绝缘材料,代替耐热等级较低的绝缘材料,而不能以低带高。另外还要注意到主要绝缘材料和套管、绑线、引出线、浸渍漆等的配套性。

## §5——3 嵌线工艺

### (一)嵌线方法

1. 首先要注意线圈的引出线端,应嵌放在机壳的出线孔一侧。为了嵌线方便和防止出差错,一般嵌线时习惯上要面向机座出线孔的对面。线圈由定子膛的右面向左嵌入,引出线留在右面。

2. 嵌线时,应将线圈宽度稍压缩,先嵌靠身体一侧的线圈有效边。单层绕组应使先下的一边外侧导线扭在下面,用手把线圈尽量捏扁,将捏扁线圈的左端从槽口右侧倾斜着嵌进槽里,此时左手在定子的另一端接住,逐渐向左移动,轻轻地来回拉动,尽可能地将线圈一次拉入槽内。

3. 未拉入的导线可用划线板划入槽内,要使槽内导线平整服贴,不能太乱和交叉太多,应使线圈两端伸出铁心长度相等。

4. 当槽内部分导线有凸起或槽满率较高时,可把压线板从槽的一端插入,用小锤轻敲压线板背部,边敲边移,把槽内导线压实压平,盖上槽盖绝缘打入槽楔。槽楔不能劈裂、歪斜或高出铁心表面。

5. 为了使暂不嵌入线圈的另一有效边,不影响其他线圈边的嵌线,可用线绳将其绑在膛内吊起来,或用破布等暂时垫起,此把线圈称为吊把或起把。

6. 起把后的另一有效边,其嵌线方法是把线圈边的右端先嵌入槽口,然后用划线板从右向左把导线逐渐划入槽内。

7. 嵌单层绕组时,端部相间绝缘应剪成半圆形随嵌随加,也可以待端部整形后塞入。相间绝缘必须与槽绝缘相接,并重叠大约 2 毫米左右。端部整形后,相间绝缘应修剪整齐,比线圈端部长出 5 毫米左右为宜。

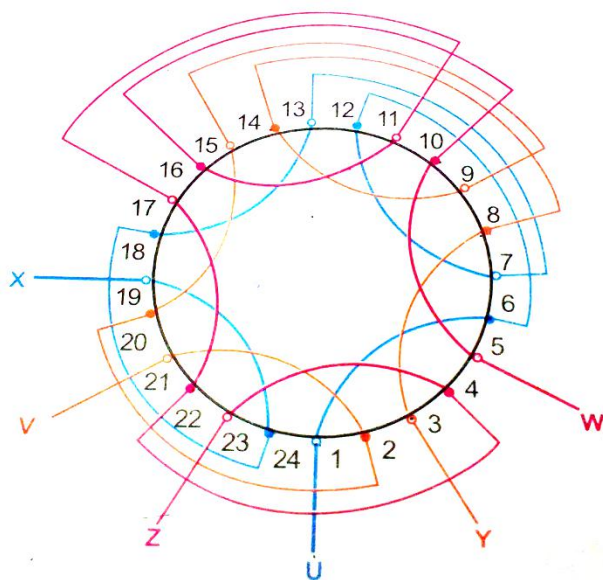
8. 绕组全部嵌完后,须对绕组端部进行一次整形,用橡皮锤或用手锤垫竹板或木板轻敲绕组端部,使绕组两端呈喇叭口形,避免安装时绕组与转子相碰,同时也有利于通风散热。

## (二) 嵌线规律

确定第一个槽位置时,应考虑使嵌完线后,引线对称地位于出线孔的两侧,最好是从出线孔的对面引过来,单层绕组的嵌线顺序,一般习惯都是后退进行。

例:二十四槽单层链式绕组

嵌线规律是“嵌 一 空 一 吊 二”



## 实训六 绕组接线

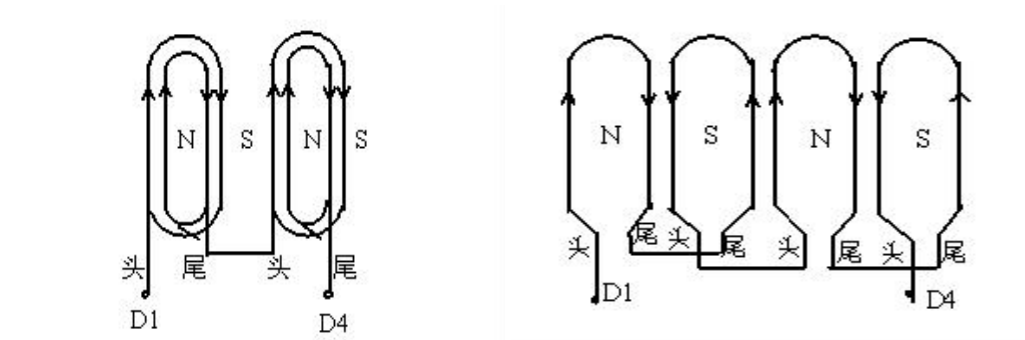
绕组嵌好线后,就要把每相的极相组,按照绕组嵌线图串联成一路或并联成多路,然后把三相绕组的首尾端分别与引出线连接,并引出到接线盒内。

### § 6——1 极相组间连接

根据绕组的型式与排列, 极相组间的连接分两种:

1. “正串”接法: 极相组间‘尾接首’相连
2. “反串”接法: 极相组间‘首接首’ ‘尾接尾’相连

以三相四极 24 槽电机为例, 画出其中 A 相绕组的“正串”和“反串”两种接法。



#### “正串”接法 “反串”接法

绝大多数电机, 无论是单层绕组或双层绕组, 各极相组间的连接, 都是头接头尾接尾, 极相组间采用头接尾的电机是很少的。

#### § 6——2 引出线

三相绕组电源引出线, 一般由单层绕组的里层边引出。三相绕组的首端要互差  $120^\circ$  电度角。

确定三相绕组首端位置时, 首先确定 A 相首端所在的槽位, B、C 两相的首端应依次与 A 相相差  $120^\circ$  电角度和  $240^\circ$  电角度, 可按电机定子的槽距角计算出 B、C 相的首端槽位。对于极相组间以尾接尾头接头连接的绕组, 有时为了出线紧凑和接线方便, 也可以把 B、C 相的首端, 置于 A 相首端左右各间隔  $120^\circ$  电角度的位置。

#### § 6——3 接线和引线焊接

在连接线和电源引出线焊接时, 一定要把线头刮干净, 特别是漆包线, 要用刮刀刮净线头圆周上的绝缘漆层。以松香为焊剂, 先搪锡后焊接, 焊接后表面应无毛刺和虚焊假焊现象, 焊接处要套上绝缘套管。

#### § 6——4 端部统包

在引出线侧, 当接头焊接完毕套好绝缘管后, 要把所有的连接线和引出线连同接头处套管, 用布带或线绳紧紧地绑扎在端部喇叭口上。接线要对称整齐, 小型电机的引出线最好从出线孔的对面引过来, 包扎整齐。小型电动机也可以把接线布置在端部外侧。

## 实训七 绕组试验与浸漆

为了保证修理质量，重新嵌线的电机在浸漆前，应进行必要的质量检查和试验。

### § 7——1 绕组半成品试验

#### 一、外观检查

检查绕组端部尺寸是否符合要求；槽底口绝缘是否完好；槽口绝缘是否封好；绝缘低或槽契是否凸出槽口；相间绝缘是否垫好；绕组端部是否统包绑扎牢固等。

## 二、测量直流电阻

首先应测量每相绕组是否通路，然后用电桥测量每相绕组的直流电阻，其不平衡度应小于 5%。若绕组不通路或三相直流电阻相差超过平均值的 5%，则应检查绕组是否断路。连接时导线绝缘是否处理好，接触电阻是否大等原因，并予以排除。

## 三、测量绝缘电阻

一般使用兆欧表。应测量每相绕组对地及三相绕组之间的绝缘电阻，500 伏以下电机用 500 伏兆欧表；500 伏～3000 伏的电机用 1000 伏兆欧表；3000 伏以上电机用 2500 伏兆欧表；

新嵌线的电机绕组一般规定：低压电机不小于 5 兆欧；3-6 千伏高压电机不小于 20 兆欧；若绝缘电阻值很低或为零时应仔细检查。

## 四、极性检查

首先应将极相组连接起来后，三相绕组分别串入电流表，经三相调压器送入低压交流电。调节电压使其接近额定电流值，若三相电流基本平衡，任何一相电流不超过三相平均值的 10% 时，则说明绕线、嵌线、接线均正确无误。这时把两端折起的铁片，中间小孔作轴，沿定子中心轴线放入铁心中，则铁片应沿旋转磁场方向旋转起来。这就说明定子铁心上有了极性，而且是正确的。

## 五、耐压试验

这项试验是绕组对地，绕组之间的绝缘介电强度试验。经专用的试验变压器供给 50 赫兹高压交流电进行。

对于接线后未浸漆的绕组，试验电压规定为：

1 千瓦以下电机试验电压为  $2U_e + 750$  伏

1~3 千瓦电机试验电压为  $2U_e + 1500$  伏

3 千瓦以上电机试验电压为  $2U_e + 2000$  伏

试验时，试验电源的火线接在绕组的相线端，地线接在机壳上。试验方法是：第一次将 A、B 相绕组接火线，C 相绕组与机壳接地。第二次 A、C 相绕组接火线，B 相绕组与机壳接地。这样试验两次，即可将各相绕组对机座，及各相绕组之间的绝缘介电强度试验完毕。每次试验时间均为 10 秒钟，如果天气潮湿等原因，可适当降低试验电压值。

## § 7——2 浸漆与烘干

### 一. 浸漆处理的意义

电机绕组嵌装好，绕组各项试验合格后，还须进行浸漆处理，其意义在于：

1. 提高绕组的防潮性能，增加电气绝缘强度。

绕组经过烘培,浸漆处理后,可使绕组绝缘材料的微孔和间隙中的潮气烘出,而且其空隙为绝缘漆所填充,使潮气水分不易浸入绝缘内部。因而提高了防潮性能。同时,由于绝缘漆的介电强度比空气高,所以也提高了电气绝缘强度。

## 2. 改善绝缘导热性能

绕组经过浸漆处理后,使槽绝缘和导线间隙缝内充填了绝缘漆,排挤出了其中的空气,烘干后,绝缘漆比空气传导热量的能力大得多。大大地改善了绕组导热性能,使温升降低。

## 3. 提高绕组机械强度

经过浸漆处理后,绕组导线与绝缘材料粘结成坚实整体,从而提高了绕组的机械强度。此外,浸漆所形成的光滑漆膜,使外面的灰尘,油污和腐蚀性气体不易进入线圈内部,也提高了化学稳定性。绕组的浸漆处理对于电机制造和修理都是十分重要的。

## 二. 浸漆工艺

绕组浸漆方法有:沉浸法、真空压力浸和滴浸等。电动机修理后的浸漆处理,通常为沉浸法。其工艺如下:

1. 预烘目的是驱除绕组中所含的潮气,以提高浸渍的质量。依据绝缘材料的耐热等级,选取预烘温度,按照电机容量大小决定预烘时间。E、B级电机预烘温度为 $120\pm 5^{\circ}\text{C}$ ,预烘时间为4~6小时。

在预烘过程中,通常用兆欧表测量绕组对地的绝缘电阻来决定预烘时间,兆欧表的一端接在三相绕组连接的中心端头上,另一端接机座。从预烘开始每小时测量一次,记录所测结果。如连续三次测得的数值没有变化,这说明绝缘电阻已经稳定,绕组内潮气已基本驱除。把所经历的时间乘以1.1~1.2的系数,即可定为预烘时间。一般在预烘温度下,10千瓦以上电机绝缘电阻应稳定在15兆欧以上,10千瓦以下电机应稳定在50兆欧以上。

2. 浸漆一般采用沉浸法,就是将经过预烘的电机定子绕组浸没入绝缘漆槽内,使漆渗透到绕组及绝缘内部,填充其所有空隙。沉浸法用漆量较多,如果没有条件,可把定子垂直放置,将绝缘漆往绕组上浇灌,浇完一面后翻过来再浇另一面,或用刷子蘸绝缘漆往绕组上涂刷,无论用那种方法都应把绕组浸透。

①工件温度预烘后的定子,待铁心温度降到 $60\sim 80^{\circ}\text{C}$ 时,开始浸漆为合适。温度过高,会使漆中的溶剂大量挥发,浪费原料,同时绝缘漆在较热的工件表面,迅速结成一层漆膜,堵塞了向内部浸透的通道。反之温度过低,漆的流动性渗透性较差,也不能有较好的浸渍效果。

②漆的粘度一次性浸漆时,所用漆的粘度以35~38秒为宜。两次性浸漆时,第一次浸漆漆粘度为22~26秒,漆粘度较低,便于渗透。第二次采用30~38秒,漆粘度较高,以便绝缘表面形成较好漆膜。

③浸漆次数在正常情况下,一般应浸两次。工作在高湿度下的湿热带电机一般浸三次,工作在很潮湿或化学气体影响下的电机,还应适当增加浸漆次数。

④浸渍时间第一次浸渍时间为15~20分钟;第二次为10~15分钟;以后每次浸渍时间为5~10分钟。



每次浸漆后，在进行烘干之前，都要在室温下把漆滴干，一般需要 30~60 分钟，至没有漆滴出为止。

### 3. 烘焙

E、B 级绝缘的电机，浸过漆以后烘焙温度为：低温阶段 70~80℃；高温阶段 130±5℃；烘焙时间为：低温阶段 3~4 小时。高温阶段第一次是 6~8 小时；第二次是 8~10 小时；

烘焙的低温阶段，主要是漆中溶剂挥发过程，如果这一阶段升温过快，温度过高则会因溶剂挥发过快，在漆膜表面形成小孔，影响浸漆质量。同时，因漆膜表面很快硬化，使内部溶剂不易挥发，造成不易烘干的后果。在烘干过程中，注意要间断通风，排出挥发气体。高温阶段主要是漆聚合固化阶段，以使工件表面形成坚硬的漆膜。

实际工作中，由于工作条件和烘焙方法不同，绕组的烘焙时间和温度都有差异。烘干时要求每一小时测量一次绕组的绝缘电阻。烘焙时间以绝缘电阻的持续三次达到稳定值为止，一般第一次烘干时，绝缘电阻应稳定在 2~3 兆欧以上，第二次烘干时，应稳定在 1~1.5 兆欧以上。

### 三、常用烘焙设备及方法

1. 烘房和烘箱在制造或修理批量较大时，采用烘房和烘箱。烘房应采用热风循环式，烘箱采用装有风机排气伐门和自动控温装置。

2. 灯泡烘焙法对于容量较小和单件修理的电机，采用大功率红外线灯泡或普通灯泡，放置于铁心内膛烘烤。

3. 通电干燥法将三相绕组互相串联后，接上降压变压器等单相低压电源，电流控制在额定值的 50~70%，依靠绕组发热烘焙。

### § 7——3 修复后试验

电机大修或重绕线圈后，必须逐台进行的试验项目和方法：

#### 一. 外观检查

试验前，应检查电动机的装配质量，如引线连接是否正确；紧固螺栓是否拧紧；转子转动是否灵活等。

#### 二. 轴承检查

电动机空载运行时，轴承运转是否平稳、轻快、无停滞现象，声音均匀而无杂音。

#### 三. 直流电阻测量

绕组直流电阻的测量，采用直流双臂电桥测量。绕组的每相电阻与以前测得的数值相比较，其差别不应超过 2~3%，平均值不应超过 4%，三相绕组不平衡度小于 5%为合格。

三相电阻平均值：
$$r_{\text{平均}} = \frac{r_1 + r_2 + r_3}{3}$$

三相电阻不平衡度：
$$\frac{r_{\text{最大}} - r_{\text{最小}}}{r_{\text{平均}}} \times 100\% < 5\%$$

#### 四. 绝缘电阻测量

500 伏以下三相异步电动机，绝缘电阻值 $\geq 0.5$  兆欧，否则须经干燥处理后，方可进行耐压试验及通电运转。

在实际工作中，以吸收比的数值来判断电机是否受潮。

一般应符合：
$$\frac{R_{60}}{R_{15}} > 1.3 \text{ (中小型电机)}$$

测试时，要以每分钟平均转动 120 转的速度，用兆欧表在连续不断测量 1 分钟内，读取 R15 和 R60 值。

#### 五. 耐压试验

试验内容及方法与前相同；

耐压标准： 1 千瓦以下电机试验电压  $2U_e + 500$  伏

1~3 千瓦以上电机试验电压  $2U_e + 1000$  伏

加压时，应从试验电压全值的  $1/3 \sim 1/2$  以下电压开始，在 10~15 秒内逐渐升至全值，维持 1 分钟。然后迅速将电压降至全值的  $1/3 \sim 1/2$  后再切断电源。试验以绕组对机座及绕组之间绝缘不击穿为合格。

#### 六. 空载实验

在定子绕组上加入三相交流额定电压，使电动机空转运行 30 分钟以上，测量空载电流和空载损耗。三相空载电流相差应该不超过 5%。如有超出空载电流与额定电流百分比很多时，应查找原因。

#### 七. 短路试验

试验时，先判明转子转向，然后将转子堵住，用调压器不断升高电压，使定子电流达到额定值时，读取短路电压及短路功率值。小型电机 0.6~7.5 千瓦，短路电压是 90—75 伏，如短路电压超出标准时应查找原因。

#### 八. 匝间绝缘强度试验

试验时，仍采用短路试验线路。在定子绕组上加 1.3 倍额定电压，使电机空载运行 5 分钟，绕组匝间绝缘应不被击穿。

## 变频器原理及应用技术实训

### 实训一 变频器键盘面板的基本操作

#### 一. 实训目的

- ❖ 1. 熟悉变频器的键盘面板各按键的功能；

❖ 2. 掌握键盘面板设定变频器参数的操作方法；

## 二. 实训器材

MM440 变频器，电工工具，万用表

## 三. 实训内容












### 1. 操作面板上按钮说明

显示/按钮	功能	功能的说明
	状态显示	LCD 显示变频器当前的设定值。
	起动变频器	按此键起动变频器。
	停止变频器	OFF1: 按此键，变频器将按选定的斜坡下降速率减速停车； OFF2: 按此键两次（或一次，但时间较长）电动机将在惯性作用下自由停车。
	改变电动机的转动方向	按此键可以改变电动机的转动方向。电动机的反向用负号（-）表示或用闪烁的小数点表示。
	电动机点动	在变频器无输出的情况下按此键，将使电动机起动，并按预设定的点动频率运行。释放此键时，变频器停车。如果变频器/电动机正在运行，按此键将不起作用。
	增加数值	按此键即可增加面板上显示的数值。
	减少数值	按此键即可减少面板上显示的数值。
	功能键	<p>此键用于浏览辅助信息。变频器运行过程中，在显示任何一个参数时按下此键并保持不动 2 秒钟，将显示以下参数值（从任何一个参数开始）：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 直流回路电压（用 d 表示 - 单位：V）</li> <li>2. 输出电流（A）</li> <li>3. 输出频率（Hz）</li> <li>4. 输出电压（用 o 表示 - 单位：V）。</li> <li>5. 由 P0005 选定的数值（如果 P0005 选择显示上述参数中的任何一个（3，4，或 5），这里将不再显示）。</li> </ol> <p>连续多次按下此键，将轮流显示以上参数。</p> <p><b>跳转功能</b></p> <p><u>在显示任何一个参数（rXXXX 或 PXXXX）时短时间按下此键，将立即跳转到 r0000, 如果需要的话，您可以接着修改其它的参数。跳转到 r0000 后，按此键将返回原来的显示点。</u></p>

### 2. 变频器键盘面板操作

以修改参数过滤器 P0004 数值为例，说明修改参数的步骤。

如下表所示。

操作步骤	显示的结果
1. 按  访问参数	
2. 按  直到显示出 P0004	
3. 按  进入参数数值访问级	
4. 按  或  达到所需要的数值	
5. 按  确认并存储参数的数值	

### 3. 用基本面板查看信息

见 MM4 变频器基本操作面板按键 Fn 说明

### 4. MM440 变频器参数复位设置

参 数 号	设置 值	参数说明
P0010	30	加入工厂复位准备状态
P0970	1	将参数复位到出厂设定值

当设置完上述三个参数后，BOP 显示屏显示“busy”，表示变频器正处于复位中，复位时间在 3～5 分钟。当复位结束后，BOP 显示屏显示 P0970 参数，表示复位完成。此时，参数 P0010=0，P0970=0。

### 四. 注意事项

1. 要确保接线正确，以防接线错误而烧坏变频器。
2. 变频器进行参数设定操作时，应认真观察 LED 监视窗的内容。

3. 在送电和停电过程中要注意安全。

## 实训二 三相异步电动机的变频开环调速

### 一. 实训内容:

利用变频器的键盘面板进行变频器参数的设定和确认, 并进行运行状态的监视。

### 二. 实训目的:

- ❖ 1. 利用变频器键盘面板控制电动机连续运行;
- ❖ 2. 利用变频器键盘面板控制电动机点动运行。
- ❖ 3. 掌握变频器各参数的意义与调试方法。

### 三. 实训器材

MM440 变频器, 三相交流电动机, 电工工具, 万用表, 导线

### 四. 技能训练

#### 1. 将变频器与电源、电动机进行正确连接

(1) 在缺省设置时, 用 BOP 控制电动机的功能是被禁止的。如果要用 BOP 进行控制, 参数 P0700 应设置为 1, 参数 P1000 也应设置为 1。

#### (2) 通用快速调试程序

P0010=30                  参数为工厂的设定值

P0970=1	全部参数复位
P0010=1	开始快速调试
P0100=0	选择工作地区：欧洲，50 Hz
P0304=380	电动机额定电压
P0305=0.68	电动机额定电流
P0307=0.18	电动机额定功率
P0310=50	电动机额定频率
P0311=1400	电动机额定转速
P0700=1	选择命令源为 BOP
P1000=1	用 BOP 控制频率升降
P1040=0	给定频率（默认为 5Hz）
P1080=0	下限频率设定值
P1082=50	上限频率设定值
P1120=10	电动机加速时间设定值
P1121=10	电动机减速时间设定值
P3900=1	结束快速调试

### （3）设置电动机参数

表 5-4 设置电动机参数表

参数号	出厂值	设定值	说明
P0003	1	1	用户访问级为标准级
P0010	0	1	快速调试
P0100	0	0	使用地区：欧洲（kW），50Hz
P0304	230	380	电动机额定电压（V）
P0305	3.25	1.05	电动机额定电流（A）
P0307	0.75	0.37	电动机额定功率（kW）
P0310	50	50	电动机额定频率（Hz）
P0311	0	1400	电动机额定转速（r/min）

（4）设置电动机正转、反转和正向点动、反向点动控制参数。

参数	出厂值	设置值	说明
P0003	1	1	设置用户访问级为标准级
P0004	0	7	命令，二进制I/O
P0700	2	1	由BOP（键盘）输入设定值
P0003	1	1	设置用户访问级为标准级
P0004	0	10	设定值通道和斜坡函数发生器
P1000	2	1	频率设定值为键盘（MOP）设定值
* P1080	0	0	电动机运行最低频率（Hz）
* P1082	50	50	电动机运行最高频率（Hz）
P0003	1	2	设用户访问级为扩展级
P0004	0	10	设定值通道和斜坡函数发生器
P1040	5	40	设定键盘控制的频率（Hz）
* P1058	5	10	正向点动频率（Hz）
* P1059	5	10	反向点动频率（Hz）

注：标“\*”的参数可根据用户实际要求进行设置

## 2. 变频器控制电动机连续运行

P0700=1 选择命令源为 BOP

P1000=1 用 BOP 控制频率升降

P1040=0 给定频率

## 3. 变频器控制电动机点动运行

P1058=4 正向点动频率

P1059=4 反向点动频率

## 4. 变频器上限频率和下限频率的设定及运行

P1082=60	上限频率设定值
P1080=0	下限频率设定值
P0700=1	由 BOP 键盘控制运行
P1000=1	用 BOP 控制频率升降
P1040=45	给定频率

## 5. 变频器跳跃频率的设定及运行

P1091=20	跳跃频率设定值
P1101=2	跳跃频率的频带宽度设定值
P1040=20	给定频率

## 五. 注意事项

1. 确保接线正确，以防接线错误而烧坏变频器。
2. 电动机为星型联接。
3. 变频器进行参数设定操作时，应认真观察 LED 监视窗的内容。
4. 在送电和停电过程中要注意安全。

## 实训三 变频器的端子控制操作

### 一. 实训内容

一台三相异步电动机，功率为 0.37KW，额定电流为 1.05A，额定电压为 380V。现用 MM440 变频器进行外端子控制。即由变频器的外端子控制电动机的启停。

### 二. 实训目的



1. 正确进行变频器的外部接线；
2. 正确设置变频器的相关参数；
3. 能够独立进行变频器的外部端子操作。

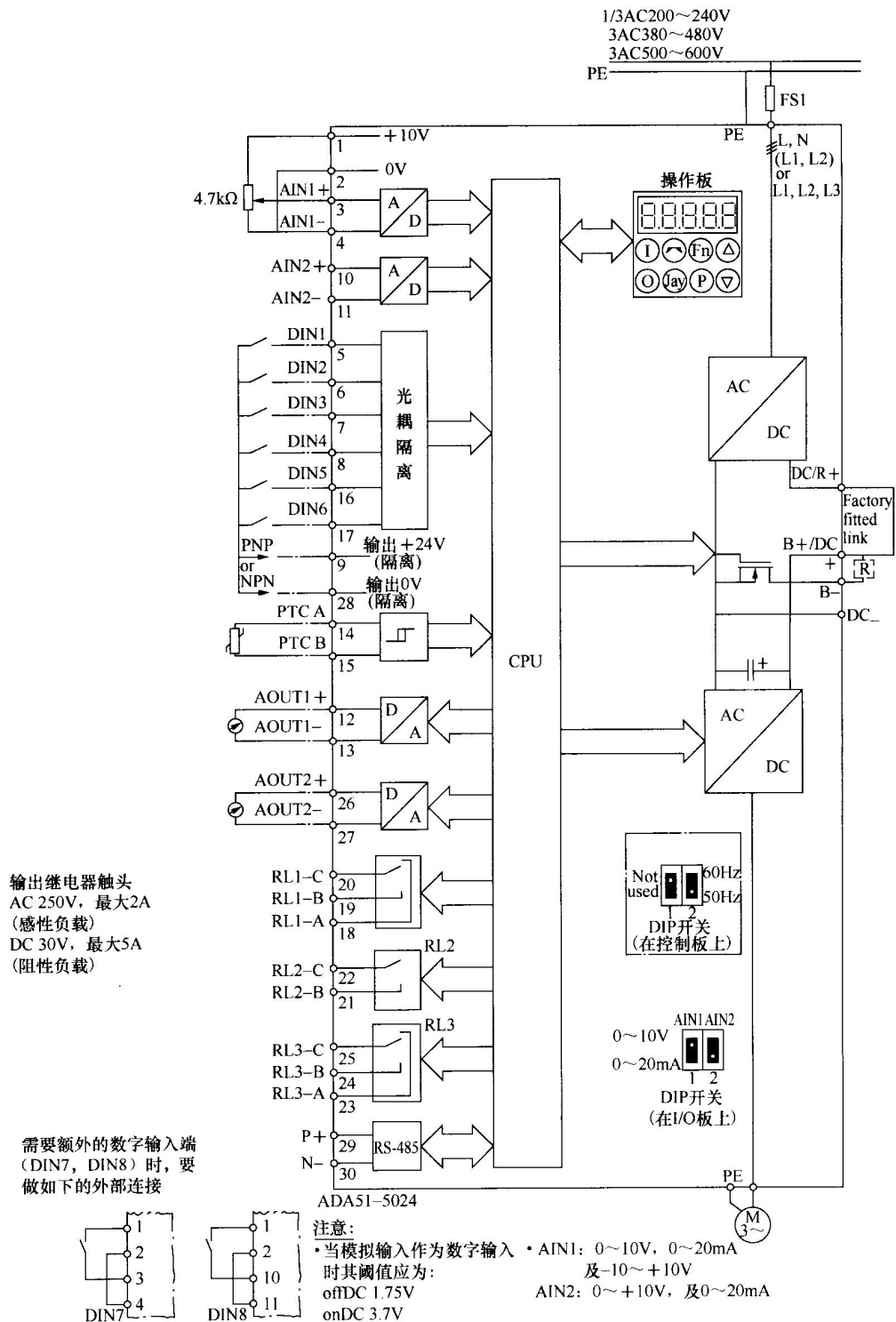
### 三. 实训器材

MM440 变频器，三相交流电动机，电工工具，万用表，按钮，  
导线

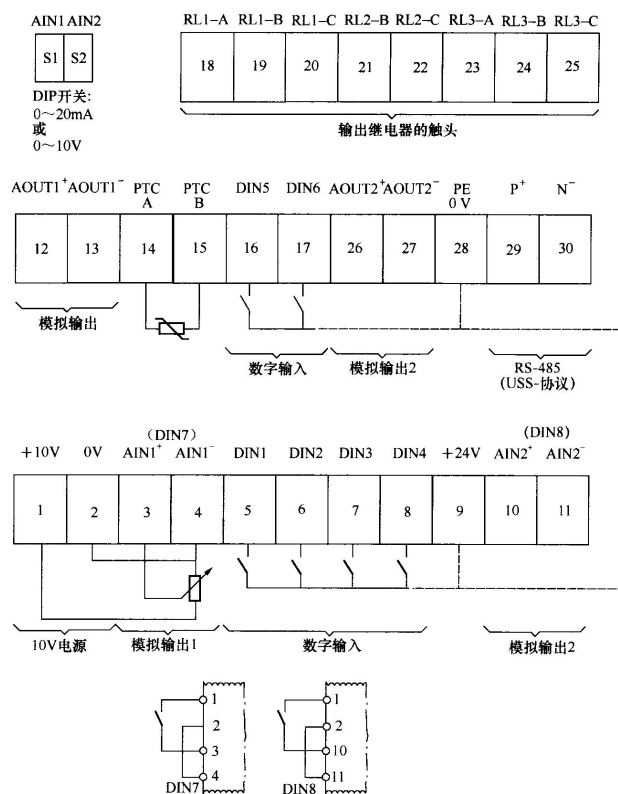
### 四. 技能训练

#### 1. 主电路端子（变频器的标准接线与端子功能）

- (1) L1、L2、L3 (L、N): 交流电源输入端。
- (2) U、V、W (电机 M): 变频器输出端
- (3) B+、B-: 连接制动单元
- (4) PE: 电源电机电缆屏蔽层的接线端子

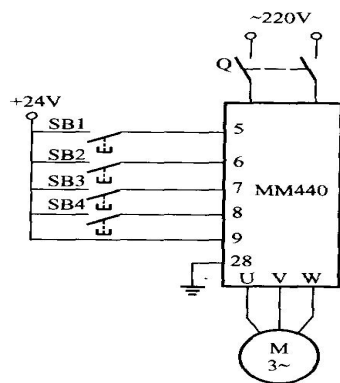


## 2. 控制电路接线端子



### 3. 外端子控制电动机正反转操作步骤如下：

- ❖ （1）进行正确电路接线后，合上变频器电源空气开关 Q。
- ❖ （2）恢复变频器工厂默认值。按下 P 键，变频器开始复位到工厂默认值。
- ❖ （3）设置电动机参数，然后设 P0010=0，变频器当前处于准备状态，可正常运行。
- ❖ （4）设置数字输入控制端口开关操作运行参数。
- ❖ （5）数字输入控制端口开关操作运行控制



a. 电动机正向运行。

按下按钮 SB1，变频器数字输入端口“5”为“ON”，电动机按 P1120 所设置的 5s 斜坡上升时间正向起动，经 5s 后正向运行在 560r/min 的转速上。转速与 P1040 所设置的 20Hz 频率对应。松开按钮 SB1，数字输入端口 5 为“OFF”，电动机按 P1121 所设置的 5s 斜坡下降时间停车，经 5s 后电动机停止运行。

P0003=1	设置用户访问级为标准级
P0004=7	命令，二进制 I/O
P0700=2	选择命令源为端子排
P0003=2	设置用户访问级为扩展级
P0004=7	命令，二进制 I/O
P0701=1	端子 5 接通正转，off 停止
P0702=2	端子 6 接通反转，off 停止
P0703=10	端子 7 接通正向点动，off 停止
P0704=11	端子 8 接通反向点动，off 停止
P0004=10	设定值通道和斜坡函数发生器
P1120=5.0	加速时间设定值

P1121=5.0          减速时间设定值

P1040=20          给定频率为 20 Hz

b. 电动机反向运行（略）， 操作情况与正向运行类似。

c. 电动机正向点动运行

当按下正向点动按钮 SB3 时，变频器数字输入端口 7 为“ON”，电动机按 P1060 所设置的 5s 点动斜坡上升时间正向点动运行，经 5s 后正向稳定运行在 280r/min 的转速上。此转速与 P1058 所设置的 10Hz 频率对应。当松开按钮 SB3 时，数字输入端口 7 为“OFF”，电动机按 P1061 所设置的 5s 点动斜坡下降时间停车。

P1060=5.0          点动斜坡上升时间

P1058=10          正向点动频率

P1061=5.0          点动斜坡下降时间

d. 电动机反向点动运行（略），操作运行情况与正向点动运行类似。

## 五. 注意事项

1. 要确保接线正确，以防接线错误而烧坏变频器。
2. 电动机为星型联接。
3. 变频器进行参数设定操作时，应认真观察 LED 监视窗的内容。
4. 在送电和停电过程中要注意安全。
5. 变频器正反转切换时，加减速时间可根据电动机功率和工作

环境条件不同而定。

## 实训四 变频器的多段速运行操作

### 一. 实训内容

1. 利用 MM440 变频器控制实现电动机 3 段速频率运转。3 段速度设置如下：

第 1 段：输出频率为 10Hz；

第 2 段：输出频率为 25Hz；

第 3 段：输出频率为 50Hz。

2. 利用 MM440 变频器控制实现电动机 7 段速频率运转。7 段速度设置如下：

第 1 段：输出频率为 10Hz；

第 2 段：输出频率为 20Hz；

第 3 段：输出频率为 50Hz。

第 4 段：输出频率为 30Hz；

第 5 段：输出频率为-10Hz；

第 6 段：输出频率为-20Hz；

第 7 段：输出频率为-50Hz。

## 二. 实训目的

1. 掌握变频器多段速频率控制方式；
2. 正确进行变频器的外部接线；
3. 正确设置变频器的相关参数；
4. 能够进行变频器的运行调试。

## 三. 实训器材

MM440 变频器，三相交流电动机，电工工具，万用表，按钮，导线

## 四. 技能训练

1. 将变频器与电动机正确连接
2. 变频器控制电动机 3 段固定频率运行

**操作步骤如下：**

- (1) 进行正确的接线后，合上变频器电源空气开关 Q。
- (2) 恢复变频器工厂默认值。按下 P 键，变频器开始复位到工厂默认值。
- (3) 设置电动机参数，然后设 P0010=0，变频器当前处于准备状态，可正常运行。
- (4) 设置 3 段固定频率控制参数，如下表所示。

参数↵	出厂值↵	设置值↵	说明↵
P0003↵	1↵	1↵	设置用户访问级为标准级↵
P0004↵	0↵	7↵	命令，二进制I/O↵
P0700↵	2↵	2↵	由端子排输入↵
P0003↵	1↵	2↵	设用户访问级为扩展级↵
P0004↵	0↵	7↵	命令，二进制I/O↵
P0701↵	1↵	17↵	选择固定频率↵
P0702↵	1↵	17↵	选择固定频率↵
P0703↵	1↵	1↵	ON接通正转，OFF停止↵
P0003↵	1↵	1↵	设置用户访问级为标准级↵
P0004↵	0↵	10↵	设定值通道和斜坡函数发生器↵
P1000↵	2↵	3↵	选择固定频率设定值↵
P0003↵	1↵	2↵	设用户访问级为扩展级↵
P0004↵	0↵	10↵	设定值通道和斜坡函数发生器↵
*P1001↵	0↵	10↵	设置固定频率1（Hz）↵
*P1002↵	5↵	25↵	设置固定频率2（Hz）↵
*P1003↵	10↵	50↵	设置固定频率3（Hz）↵

#### (5) 3 段固定频率控制：

当按下带锁按钮 SB3 时，数字输入端口“7”为“ON”，允许电动机运行。

第 1 频段控制。当 SB1 按钮开关接通、SB2 按钮开关断开时，变频器数字输入端口“5”为“ON”，端口“6”为“OFF”，变频器工作在由 P1001 参数所设定的频率为 10Hz 的第 1 频段上，电动机运行在由 10Hz 所对应的转速上。

第2频段控制。当SB1按钮开关断开，SB2按钮开关接通时，变频器数字输入端口“5”为“OFF”，端口“6”为“ON”，变频器工作在由P1002参数所设定的频率为25Hz的第2频段上，电动机运行在由25Hz所对应的转速上。

第3频段控制。当SB1按钮开关接通、SB2按钮开关接通时，变频器数字输入端口“5”、“6”均为“ON”，变频器工作在由P1003参数所设定的频率为50Hz的第3频段上，电动机运行在由50Hz所对应的转速上。

电动机停车。当SB1、SB2按钮开关都断开时，变频器数字输入端口“5”、“6”均为“OFF”，电动机停止运行。或在电动机正常运行的任何频段，将SB3断开使数字输入端口“7”为“OFF”，电动机也能停止运行。

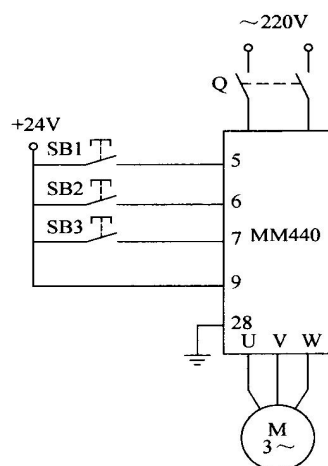
(6) 注意的问题。

3个频段的频率值可根据用户要求通过P1001、P1002和P1003参数来修改。当电动机需要反向运行时，只要将相对应频段的频率值设定为负就可以实现。

固定频率↕	6端口 (SB2)↕	5端口 (SB1)↕	对应频率所设置的参数↕	频率/Hz↕	电动机转速 /min↕
1↕	0↕	1↕	P1001↕	10↕	280↕
2↕	1↕	0↕	P1002↕	25↕	700↕
3↕	1↕	1↕	P1003↕	50↕	1400↕
OFF↕	0↕	0↕	↕	0↕	0↕

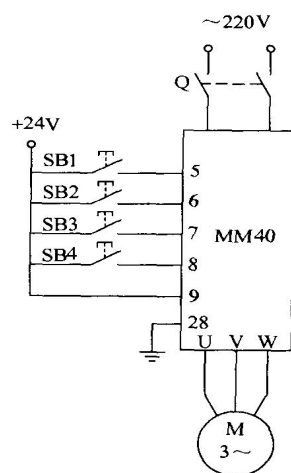
(7) 3段固定频率控制接线图





### 3. 变频器控制电动机 7 段固定频率运行

#### (1) 7 段固定频率控制接线图



固定 频率↕	7端口 ( SB3 )↕	6端口 ( SB2 )↕	5端口 ( SB1 )↕	对应频率所设置 的参数↕	频率/Hz↕	电动机转速 /min↕
1↕	0↕	0↕	1↕	P1001↕	10↕	280↕
2↕	0↕	1↕	0↕	P1002↕	20↕	560↕
3↕	0↕	1↕	1↕	P1003↕	50↕	1400↕
4↕	1↕	0↕	0↕	P1004↕	30↕	840↕
5↕	1↕	0↕	1↕	P1005↕	-10↕	-280↕
6↕	1↕	1↕	0↕	P1006↕	-20↕	-560↕
7↕	1↕	1↕	1↕	P1007↕	-50↕	-1400↕
OFF↕	0↕	0↕	0↕	↕	0↕	0↕

## 五、注意事项

1. 要确保接线正确，以防接线错误而烧坏变频器。
2. 电动机为星型联接。
3. 变频器进行参数设定操作时，应认真观察 LED 监视窗的内容。
4. 在送电和停电过程中要注意安全。
5. 变频器正反转切换时，加减速时间可根据电动机功率和工作环境条件不同而定。

## 实训五 变频器的模拟量控制运行操作

### 一. 实训内容

一台三相异步电动机，功率为 0.37KW，额定电流为 1.05A，额定电压为 380V。现用 MM440 变频器进行外端子模拟量控制电动机的升降速。

### 二. 实训目的

1. 正确进行变频器的外部接线；
2. 正确设置变频器的相关参数；
3. 掌握 MM440 变频器外接电位器控制变频器输出频率的方法。

### 三. 实训器材

MM440 变频器，三相交流电动机，电工工具，万用表，按钮，导线

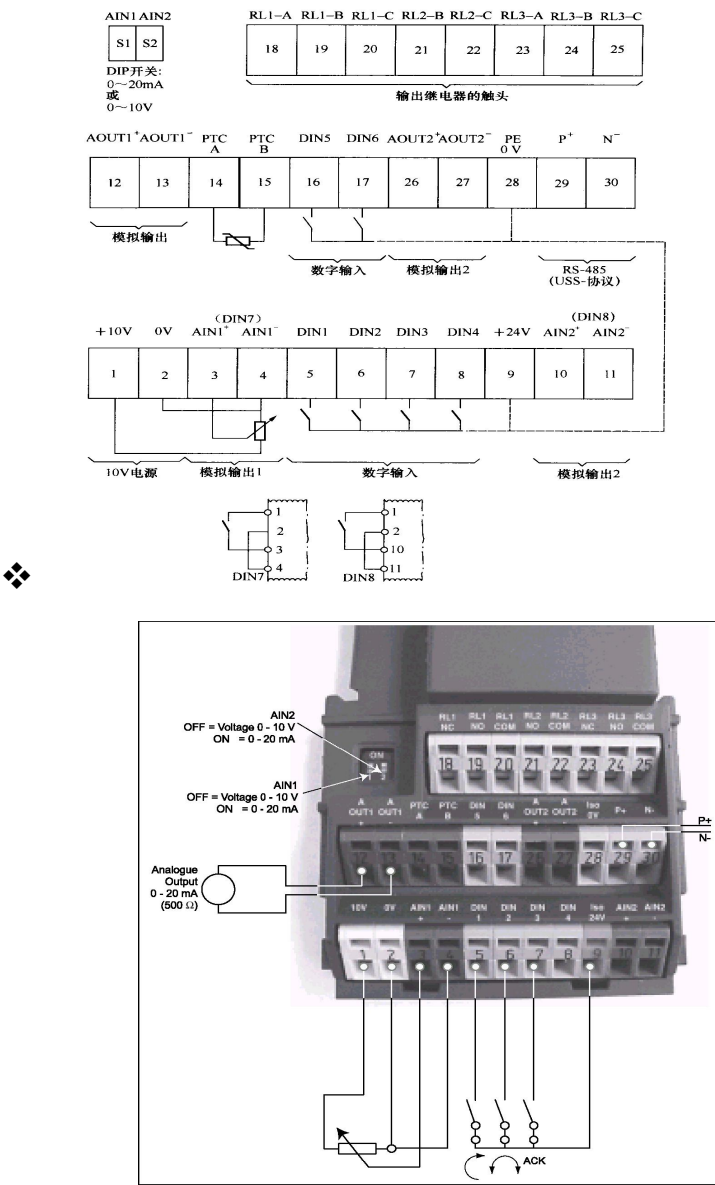
### 四. 技能训练

将变频器与电动机正确连接。

1. 主电路端子

- (1) L1、L2、L3 (L、N): 交流电源输入端。
- (2) U、V、W (电机 M): 变频器输出端
- (3) B+、B-: 连接制动单元
- (4) PE: 电源电机电缆屏蔽层的接线端子

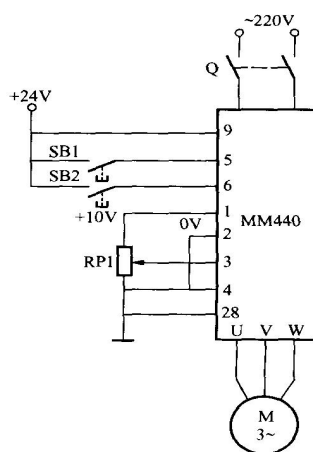
2. 控制电路接线端子



3. 变频器的外端子模拟量控制电动机转速

系统操作步骤如下：

- (1) 连接电路，检查接线正确后合上变频器电源空气开关 Q。
- (2) 恢复变频器工厂默认值。按下 P 键，变频器开始复位到工厂默认值。
- (3) 设置电动机参数。设 P0010=0，变频器当前处于准备状态，可正常运行。
- (4) 设置模拟信号操作控制参数。
- (5) 模拟信号操作控制



### 1) 电动机正转:

按下电动机正转按钮 SB1，数字输入端口 5 为 “ON”，电动机正转运行，转速由外接电位器 RP1 来控制，模拟电压信号从 0V~+10V 变化，对应变频器的频率从 0~50Hz 变化，通过调节电位器 RP1 改变 MM440 变频器 3 端口模拟输入电压信号的大小，可平滑无级地调节电动机转速的大小。

当松开按钮 SB1 时，电动机停止。

通过 P1120 和 P1121 参数，可设置斜坡上升时间和斜坡下降时间。

### 2) 电动机反转:

当按下电动机反转按钮 SB2 时，数字输入端口 6 为“ON”，电动机反转运行，与电动机正转相同，反转转速的大小仍由外接电位器 RP1 来调节。

当放开按钮 SB2 时，电动机停止。

## 五. 注意事项

1. 要确保接线正确，以防接线错误而烧坏变频器。
2. 电动机为星型联接。
3. 变频器进行参数设定操作时，应认真观察 LED 监视窗的内容。
4. 在送电和停电过程中要注意安全。