



21 世纪高职高专系列规划教材

# 中级维修电工技能实训教程

罗庚兴 田亚娟 主编  
宁玉珊 陈朝辉 副主编  
曾向昌 主审

北京师范大学出版社

---

图书在版编目(CIP)数据

中级维修电工技能实训教程/罗庚兴,田亚娟主编. —北京:北京师范大学出版社, 2010. 8

21世纪高职高专系列规划教材

ISBN 978-7-303-11444-3

I. ①中… II. ①罗… III. ①电工—维修—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TM07

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 162210 号

---

---

出版发行: 北京师范大学出版社 <http://www.bnup.com.cn>  
北京新街口外大街 19 号  
邮政编码: 100875

印 刷: 全国新华书店  
经 销: 全国新华书店  
开 本: 184 mm×260 mm  
印 张: 14.75  
字 数: 千字  
版 次: 2010 年 9 月第 1 版  
印 次: 2010 年 9 月第 1 次印刷  
定 价: 24.00 元

---

策划编辑: 庞海龙 责任编辑: 庞海龙  
美术编辑: 高 霞 装帧设计: 华鲁印联  
责任校对: 李 茵 责任印制: 张 坤

**版权所有 侵权必究**

反盗版、侵权举报电话: 010-58800697

北京读者服务部电话: 010-58808104

外埠邮购电话: 010-58808083

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 010-58800825

# 出版说明

高等职业教育是新世纪我国高等教育大众化进程中的一个亮点，正由规模扩张转向内涵发展。高等职业教育内涵发展的核心是课程建设。只有有一套充分体现高等职业教育规律、符合高职学生学习特点以及与职业岗位或职业岗位群相匹配的课程体系，才能有效发挥高等职业教育的特长，为社会各行各业培养具备全面素质和良好综合职业能力的高层次、应用型人才。

北京师范大学出版社是教育部职业教育教材出版基地之一，有着二十余年的职业教育教材出版历史，积累了丰富的职业教育教材编辑出版经验。近年来，在教育部高等教育司、职业教育与成人教育司以及北京师范大学的支持下，北京师范大学出版社汇聚教育界、出版界的专家及高等职业院校的优秀教师组建了“全国职业教育教材改革与出版领导小组”，具体负责指导职业教育教材研发工作，以为高等职业教育的课程建设贡献一份力量。目前，我社按照“就业导向、能力本位、任务驱动”等职业教育新理念的要求，研发了高职高专文化基础课、专业主干课教材近二百个品种，其中近30种被列为国家级“十一五”普通高等教育规划教材。这些教材具有如下特点：

1. 紧密结合高等职业教育改革与发展的需求。这批教材依据教育部或相关行业协会颁布的课程标准或教学纲要，针对高等职业教育的培养目标，以就业导向、能力本位为指导，以综合职业能力培养为重点，以为学生职业生涯发展服务为目的，设计教材体系、选择教材内容，体现出先进性和时代性的特点。

2. 针对高职学生的学习特点精心设计教材的栏目。这批教材注重学生学习兴趣的激发，在表现形式上力求灵活多样、新颖精致，既体现教材内容的特点，又与高职高专院校学生的学习习惯、认知能力和相应的职业岗位群的要求相适应。各书有选择地设计了以下栏目：

**学习目标：**简明扼要地指出各章的学习方向，引导学生有的放矢地学习。

**案例分析：**以实例创设学习情境，引导学生学习新知识，形成新技能。

**提个醒：**告诉学生在学习相关内容的过程中应注意的问题，以提高学习的效率和效益。

**小思考：**用有趣而有效的问题，启迪学生的思维。

**小资料：**提供相关材料或背景资料，拓展学生的视野。

**小知识：**生动而有趣的知识点，帮助学生吃透学习内容，增强学习兴趣。

**本章小结：**概括本章的主要内容，有助于学生从整体上把握知识结构和复习巩固所学内容。

**复习思考题：**精心设计各种类型的练习题，供学生复习、实践使用，以全面提升学生的综合能力。

3. 紧密结合行业发展动态。这批教材充分吸收了行业的新知识、新技术、新工艺、新规范，并注重根据行业的发展及时更新教材的内容，突出教材的职业性与实践性。

4. 形成了立体化、网络化的资源。我们在组织教材研发的过程中，配套研发了电子教案、课件或实验、实习指导材料等。

综合来看，这些教材理念先进、内容丰富、形式新颖、语言通俗，注重理论知识的“必需、够用”，更强化以实践能力、创新能力为重点的综合职业能力的培养。

高职高专教材建设是一项复杂的、系统的工作。我们将在未来的日子里，与高等职业教育的改革同行，致力出版精品教材，服务并促进高等职业教育的发展。

全国职业教育教材改革与出版领导小组  
北京师范大学出版社

# 前 言

维修电工是指从事机械设备和电气系统线路及器件的安装、调试与维护、修理的人员。维修电工主要掌握：维修电工常识和基本技能，室内线路的安装，接地装置的安装与维修，常见变压器的检修与维护，各种常用电机的拆装与维修，常用低压电器及配电装置的安装与维修，电动机基本控制线路的安装与维修，常用机床电气线路的安装与维修，电子线路的安装与调试，电气控制线路设计，可编程控制器及其应用。

本书参照国家技能鉴定标准(维修电工中级应会部分)编写，综合考虑了新知识、新技术、新材料等“四新知识”的具体应用情况，内容上力求体现“以职业活动为导向，以能力为本位”的课程观，结构上针对维修电工(中级工)职业的“技能要求”，按照“典型工作任务”的方式进行编写。

本书包括电子技术应用技能实训、小型 PLC 技能实训和机床控制线路故障维修技能实训三大部分。电子技术应用技能实训选取了串联型可调稳压电源的安装与调试、彩灯循环控制器的设计与制作等 4 个典型项目作为教学载体。小型 PLC 技能实训选用常用的 FX<sub>2N</sub> 型 PLC 作为样机，选取了皮带传送控制、零件计数及显示控制等 7 个典型项目作为教学载体。机床控制线路维修技能实训由 M7120 平面磨床和 Z3050 型摇臂钻床电气线路的控制分析和故障排除等典型项目作为教学载体。通过合理选取教学内容，将维修电工国家职业标准(中级)中的技能要求转化为实训项目，力求达到“做”中学和“学”中做的工学交替效果。

书后第四部分为理论总复习题和理论考试模拟题，帮助学

生熟悉考试题型，增强考证的应试能力。

本书第一部分由松山学院田亚娟高级技师编写，第二部分由松山学院罗庚兴副教授和宁玉珊高级工程师共同编写，第三部分由松山学院陈朝辉高级技师编写，习题精选部分由罗庚兴高级工程师收集整理。全书由罗庚兴副教授组织编写和负责统稿，曾向昌副教授在百忙之中对本书进行了认真细致的审核。由于时间仓促，书中难免还有错误，恳请读者指正，以便再版时更正。

# 目 录

<b>第 1 篇 电子技术应用技能实训</b> ..... (1)	考核标准 ..... (47)
<b>项目 1 电子元器件的检测与识别</b> ..... (2)	<b>第 2 篇 小型 PLC 技能实训</b> ..... (49)
学习目标 ..... (2)	<b>项目 5 FX<sub>2N</sub>系列 PLC 的认识实训</b> ..... (50)
设备、工具、材料 ..... (2)	学习目标 ..... (50)
相关知识 ..... (2)	设备、工具、材料 ..... (50)
技能实训 ..... (23)	相关知识 ..... (50)
考核标准 ..... (23)	技能实训 ..... (63)
<b>项目 2 串联型可调稳压电源的安装与     调试</b> ..... (24)	考核标准 ..... (64)
学习目标 ..... (24)	<b>项目 6 编程软件的使用</b> ..... (65)
设备、工具、材料 ..... (24)	学习目标 ..... (65)
相关知识 ..... (24)	设备、工具、材料 ..... (65)
技能实训 ..... (29)	相关知识 ..... (65)
考核标准 ..... (31)	技能实训 ..... (75)
<b>项目 3 彩灯循环控制器的设计与制作</b> ..... (32)	考核标准 ..... (79)
学习目标 ..... (32)	<b>项目 7 电动机的起保停控制</b> ..... (80)
设备、工具、材料 ..... (32)	学习目标 ..... (80)
相关知识 ..... (32)	设备、工具、材料 ..... (80)
技能实训 ..... (38)	相关知识 ..... (80)
考核标准 ..... (41)	技能实训 ..... (83)
<b>项目 4 单向晶闸管调光电路的安装与     调试</b> ..... (42)	考核标准 ..... (85)
学习目标 ..... (42)	<b>项目 8 电动机的点动和连续控制</b> ..... (86)
设备、工具、材料 ..... (42)	学习目标 ..... (86)
相关知识 ..... (42)	设备、工具、材料 ..... (86)
技能实训 ..... (45)	相关知识 ..... (86)
	技能实训 ..... (89)
	考核标准 ..... (91)



项目 9 电动机的正反转控制 .....	(92)
学习目标 .....	(92)
设备、工具、材料 .....	(92)
相关知识 .....	(92)
技能实训 .....	(94)
考核标准 .....	(96)
项目 10 皮带自动往返控制 .....	(97)
学习目标 .....	(97)
设备、工具、材料 .....	(97)
相关知识 .....	(97)
技能实训 .....	(100)
考核标准 .....	(102)
项目 11 具有延时功能的皮带自动往 返控制 .....	(103)
学习目标 .....	(103)
设备、工具、材料 .....	(103)
相关知识 .....	(103)
技能实训 .....	(106)
考核标准 .....	(111)
项目 12 数码管显示控制 .....	(112)
学习目标 .....	(112)
设备、工具、材料 .....	(112)
相关知识 .....	(112)
技能实训 .....	(116)
考核标准 .....	(119)
项目 13 具有零件计数及显示功能 的皮带控制 .....	(120)
学习目标 .....	(120)
设备、工具、材料 .....	(120)
相关知识 .....	(120)
技能实训 .....	(121)
考核标准 .....	(124)

### 第 3 篇 机床控制线路维修技能

<b>实训</b> .....	(125)
项目 14 机床控制线路维修基础 .....	(126)
学习目标 .....	(126)
设备、工具、材料 .....	(126)
相关知识 .....	(126)
项目 15 M7120 平面磨床电气线路的 控制分析和故障排除 ...	(136)
学习目标 .....	(136)
设备、工具、材料 .....	(136)
相关知识 .....	(136)
技能实训 .....	(144)
考核标准 .....	(144)
项目 16 Z3050 型摇臂钻床电气线路的 控制分析和故障排除 ...	(145)
学习目标 .....	(145)
设备、工具、材料 .....	(145)
相关知识 .....	(145)
技能实训 .....	(150)
考核标准 .....	(150)
<b>附录 技能评分表及理论总复习     题精选与模拟试题</b> .....	(151)
附录 A 中级维修电工 PLC 程序设 计技能评分表 .....	(152)
附录 B 中级维修电工技能考试、评 分标准及现场记录 .....	(153)
附录 C 应知题库试题精选 .....	(154)
附录 D 中级维修电工模拟试题(一) .....	(210)
附录 E 中级维修电工模拟试题(二) .....	(217)
主要参考文献 .....	(224)

# 第 1 篇

---

## 电子技术应用技能实训

# 项目 1 电子元器件的检测与识别

## 学习目标

1. 了解常用电子元件的分类和参数标示方法。
2. 了解元器件的特性参数及使用方法，能正确选择和使用电子元器件。
3. 掌握常用电子元器件的测试方法，包括参数测试，元器件的性能好坏的测试。
4. 掌握多用电表的正确使用方法。
5. 满足焊接要求的情况下，用正确的焊接方法进行焊接且达到一定工艺要求。

## 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 1.1。

表 1.1 设备、工具、材料

名称	型号规格	数量
多用电表	数字式或模拟式	1 台
电烙铁	220 V/30 W	1 把
烙铁架		1 个
吸锡器		1 个
焊锡丝	细软(带松香)	1 米
镊子		1 支
串联稳压电源旧板件		1 块
彩灯循环控制器旧板件		1 块

## 相关知识

### 一、多用电表的正确使用

多用电表分为模拟式和数字式，是用来测量交直流电压、电阻、交直流电流、电容值、三极管放大系数等的仪表。下面以模拟式多用电表为例介绍其使用方法。

#### 1. 多用电表使用前的准备和注意事项

多用电表的型号很多，但使用方法基本相同。使用多用电表必须注意以下几点。

##### (1) 使用之前要调零

为了减小测量误差，在使用多用电表之前要进行机械调零。在测量电阻之前，还

要进行欧姆调零。

### (2) 要正确接线

多用电表面板上的插孔和接线柱都有极性标记。使用时将红表笔与“+”极性孔相连，黑表笔与“-”极性孔相连。测量直流量时，要注意正、负极性，以免指针反转。测量电流时，仪表应串联在被测电路中；测量电压时，仪表要并联在被测电路两端。在用多用电表测量晶体管时，应牢记多用电表的红表笔与内部电池的负极相接，黑表笔与内部电池的正极相接。

### (3) 要正确选择测量挡位

测量挡位包括测量对象和量程。例如，测量电压时应将转换开关放在相应的电压挡，测量电流时应放在相应的电流挡等。如误用电流挡去测量电压，会造成仪表损坏。选择电流或电压量程时，最好使指针处在标尺 2/3 以上的位置；选择电阻量程时，最好使指针处在标度尺的中间位置。这样做的目的是为了尽量减小测量误差。测量时，当不能确定被测量电流、电压的数值范围，应先将转换开关转到对应的最大量程，然后根据指针的偏转程度逐步减小至合适量程。

特别强调，严禁在被测电阻带电的情况下用欧姆挡去测量电阻。否则，外加电压极易造成多用电表的损坏。

### (4) 要正确读数

在多用电表的表盘上有许多条标度尺，分别用于不同的测量对象。所以测量时要在对应的标度尺上读数，同时要注意标度尺读数和量程的配合，避免出错。

### (5) 要注意操作安全

在使用多用电表过程中，不能用手去接触表笔的金属部分，这样一方面可以保证测量的准确；另一方面也可以保证人身安全。在进行高电压测量或测量点附近有高压时，一定要注意人身和仪表的安全。在进行高电压及大电流测量时，严禁带电切换量程开关，否则有可能损坏转换开关。

另外，多用电表用完之后，最好将转换开关置于空挡或交流电压最高挡，以防下次测量时由于疏忽而损坏多用电表。

## 2. 欧姆量程的使用

1) 选择合适的倍率。在欧姆表测量电阻时，应选适当的倍率，使指针指示在中值附近。最好不使用刻度左边 1/3 的部分，这部分刻度密集会使读数误差加大。

2) 使用前要调零。

3) 不能带电测量。

4) 被测电阻不能有并联支路。

5) 测量晶体管、电解电容等有极性元件的等效电阻时，必须注意两支笔的极性。

6) 用多用电表不同倍率的欧姆挡测量非线性元件的等效电阻时，测出电阻值是不相同的。这是由各挡位的中值电阻和满度电流各不相同所造成的，机械表中，一般倍率越小，测出的阻值越小。

如图 1.1 所示，以 MF47 型多用电表为例，多用电表的读数如下。第一条刻度线



图 1.1 MF47 型多用电表

是电阻值指示，最左端是无穷大，右端为零，当中刻度不均匀。电阻挡有  $R \times 1$ 、 $R \times 10$ 、 $R \times 100$ 、 $R \times 1k$ 、 $R \times 10k$  各挡，分别用刻度的指示再乘上对应的倍数，才得到实际的电阻值(单位为  $\Omega$ )。欧姆挡测电阻，每换一次电阻挡位还要做一次欧姆调零。调零就是把多用电表的红表笔和黑表笔搭在一起，然后转动调零钮，使指针指向零的位置。 $h_{FE}$  挡位是测量三极管的电流放大系数的，只要把三极管的三个管脚插入多用电表面板上对应的孔中，就能测出  $h_{FE}$  值。注意对于 PNP、NPN 型三极管是不同的。

例如，用  $R \times 100$  挡测一个电阻，指针指示为“10”，那么它的电阻值为  $10 \times 100 = 1\,000\ \Omega$ ，即  $1\ k\Omega$ 。

第二条刻度线是 500 V 挡和 500 mA 挡位共用，需要注意的是电压挡、电流挡位的指示原理不同于电阻挡，例如，5 V 挡位表示该挡位只能测

量 5 V 以下的电压，500 mA 挡位只能测量 500 mA 以下的电流，若是超过量程，就会损坏多用电表。

### 3. 电流量程的使用

- 1) 进行机械调零。
- 2) 选择合适的量程挡位。

3) 使用多用电表电流挡测量电流时，应将多用电表串联在被测电路中，因为只有串联才能使流过电流表的电流与被测支路电流相同。测量时，应断开被测支路，将多用电表红、黑表笔串接在被断开的两点之间。特别应注意电流表不能并联接在被测电路中，这样做是很危险的，极易使多用电表烧毁。

4) 直流电流测量时注意电极性。

5) 正确使用刻度和读数。

6) 当选取用直流电流的 2.5 A 挡时，多用电表红表笔应插在 2.5 A 测量插孔内，量程开关可以置于直流电流挡的任意量程上。

7) 如果被测的直流电流大于 2.5 A，则可将 2.5 A 挡扩展为 5 A 挡。方法很简单，使用者可以在“2.5 A”插孔和黑表笔插孔之间接入一个  $0.24\ \Omega$  的电阻，这样该挡位就变成了 5 A 电流挡了。接入的  $0.24\ \Omega$  电阻应选取用 2 W 以上的线绕电阻，如果功率太小会使之烧毁。

### 4. 电压量程的使用

将量程选择开关的尖头对准标有 V 的电压挡范围内。测量电压时，要把电表表笔并联接在被测电路上。根据被测电路的大约数值，选择一个合适的量程位置。干电池

每节最大值为 1.5 V，所以可放在 5 V 量程挡。这时在面板上表针满刻度读数的 500 应作 5 来读数，即缩小 100 倍。如果表针指在 300 刻度处，则读为 3 V。注意量程开关尖头所指数值即为表头上表针满刻度读数的对应值，读表时只要据此折算，即可读出实值。除了电阻挡外，量程开关所有挡均按此方法读测量结果。在实际测量中，遇到不能确定被测电压的大约数值时，可以把开关先拨到最大量程挡，再逐挡减小量程到合适的位置。测量直流电压时应注意正、负极性，若表笔接反了，表针会反打。如果不知道电路正负极性，可以把多用电表量程放在最大挡，在被测电路上很快试一下，看笔针怎么偏转，就可以判断出正、负极性。测 220 V 交流电，把量程开关拨到交流 500 V 挡。这时满刻度为 500 V，读数按照刻度 1:1 来读。将两表笔插入供电插座内，表针所指刻度处即为测得的电压值。测量交流电压时，表笔没有正负之分。

## 二、阻抗元件的认识与测试

阻抗元件包括电阻器(电位器)、电容器和电感器(变压器)。它们是电子产品中应用最广泛的电路元件。

### 1. 阻抗元件的标称值与标志

标称值：阻抗元件上的标示值。

误差的表示：误差用标准符号表示，表 1.2 给出常用误差符号与阻抗元件的误差等级之间的关系。

表 1.2 误差的表示方法

误差/%	±0.1	±0.25	±0.5	±1	±5	±10	±20	+20 -10	+30 -20	+50 -20	+80 -20	+100 0
字母代号	B	C	D	F	J	K	M			S	E	H
曾用符号				0	I	II	III	IV	V	VI		
说明	精密元件				一般元件				适用于部分电容			

元件标称值和误差的标示法：电阻、电容、电感的标称值和误差等参数都用一定的表示方法标示在元件上。

1) 直标法：用文字符号和阿拉伯数字在阻抗元件表面直接标出型号、标称值、允许误差(用百分数表示)、生产日期等参数。

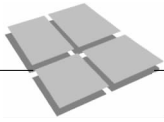
直标法可用单位代替小数点。直标法适用于体积较大的元件。

2) 数码标示法：用三位数字表示元件的标称值。从左至右，前两位表示有效数位，第三位表示  $10^n$  ( $n=0\sim9$ )。当  $n=9$  时为特例，表示  $10^{-1}$ 。例如：采用数码标示法，电容 479 为 4.7 pF。

片状电阻多用数码标示法，例如，512 表示 5.1 k $\Omega$ ，而标示是 0 或 000 的电阻器表示是跳线，阻值为 0  $\Omega$ 。

电感一般不用数码标示法。

3) 文字符号法：将电阻器和电容器的标称值和允许误差用数字和文字符号按一定规律组合标在电阻体和电容体上。例如，电阻器：6  $\Omega$  J 表示该电阻标称值为 6.2  $\Omega$ ，



允许误差(J)为 $\pm 5\%$ ；3k6K表示电阻值为 $3.6\text{ k}\Omega$ ，允许误差(K)为 $\pm 10\%$ 。电容器：2n2J表示该电容器标称值为 $2.2\text{ nF}$ ，即 $2\ 200\text{ pF}$ ，允许误差(J)为 $\pm 5\%$ ；47 nK表示电容器容量为 $47\text{ nF}$ 或 $0.047\text{ }\mu\text{f}$ ，允许误差(K)为 $\pm 10\%$ 。

4)色标法：是用不同颜色的色带或色点在元件表面表示标称值和允许误差的方法。

各种颜色表示数字和误差的意义如表 1.3 所示。色标法的计量单位分别是：电阻为 $\Omega$ ，电容为 $\text{pF}$ ，电感为 $\mu\text{F}$ 。

表 1.3 各种颜色表示数字和误差的意义

意义	黑	棕	红	橙	黄	绿	蓝	紫	灰	白	金	银	无色
有效数字	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			
倍乘(数量级)	$10^0$	$10^1$	$10^2$	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$	$10^7$	$10^8$	$10^9$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	
误差/%		$\pm 1$	$\pm 2$			$\pm 0.5$	$\pm 0.25$	$\pm 0.1$		+50 -20	$\pm 5$	$\pm 10$	$\pm 20$

电阻、电容、电感随其形状不同分别用色环或色点在元件上进行标示，如图 1.2 所示。

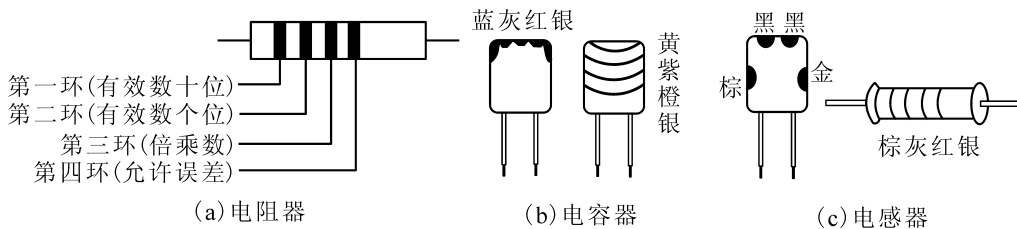


图 1.2 色标法

普通电阻用四色环(点)表示，第一、二环表示两位有效数字；第三环表示倍乘 $10^n$ ， $n$ 为色环所表示的值；第四色环表示允许误差。精密电阻用五条色环(点)表示标称值和允许误差，第一、二、三环表示有效数字；第四环表示倍乘 $10^n$ ；第五环表示误差。

## 2. 电阻器

电阻定义：导体对电流的阻碍作用称为电阻，用符号 $R$ 表示，单位为欧姆、千欧、兆欧，分别用 $\Omega$ 、 $\text{k}\Omega$ 、 $\text{M}\Omega$ 表示。

### (1) 电阻的型号命名方法

国产电阻器的型号由四部分组成(不适用敏感电阻)。

第一部分：主称，用字母表示，表示产品的名字。如 $R$ ——电阻， $W$ ——电位器， $M$ ——敏感电阻。

第二部分：材料，用字母表示，表示电阻体用什么材料组成， $T$ ——碳膜、 $H$ ——合成碳膜、 $S$ ——有机实心、 $N$ ——无机实心、 $J$ ——金属膜、 $Y$ ——氮化膜、 $C$ ——沉积膜、 $I$ ——玻璃釉膜、 $X$ ——线绕。

第三部分：分类，一般用数字表示，个别类型用字母表示，表示产品属于什么类型。1——普通、2——普通、3——超高频、4——高阻、5——高温、6——精密、7——精密、8——高压、9——特殊、G——高功率、T——可调。

第四部分：序号，用数字表示，表示同类产品中不同品种，以区分产品的外形尺寸和性能指标等。

例如，RJ72：R表示电阻器，J表示金属膜，7表示精密电阻，2表示生产序号，整个符号表示精密金属膜电阻器。RTX：R表示电阻器，T表示碳膜，X表示小型电阻器。

### (2) 电阻器的分类

1) 线绕电阻器：通用线绕电阻器、精密线绕电阻器、大功率线绕电阻器、高频线绕电阻器。

2) 薄膜电阻器：碳膜电阻器、合成碳膜电阻器、金属膜电阻器、金属氧化膜电阻器、化学沉积膜电阻器、玻璃釉膜电阻器、金属氮化膜电阻器。

3) 实心电阻器：无机合成实心碳质电阻器、有机合成实心碳质电阻器。

4) 敏感电阻器：压敏电阻器、热敏电阻器、光敏电阻器、力敏电阻器、气敏电阻器、湿敏电阻器。

### (3) 主要特性参数

1) 标称阻值：电阻器上面所标示的阻值。

2) 允许误差：标称阻值与实际阻值的差值和标称阻值之比的百分数称阻值误差，它表示电阻器的精度。

允许误差与精度等级对应关系如下： $\pm 0.5\%$ —0.05、 $\pm 1\%$ —0.1(或00)、 $\pm 2\%$ —0.2(或0)、 $\pm 5\%$ —I级、 $\pm 10\%$ —II级、 $\pm 20\%$ —III级

3) 额定功率：在正常的大气压力 90 kPa~106.6 kPa 及环境温度为  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ~ $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  的条件下，电阻器长期工作所允许耗散的最大功率。

线绕电阻器额定功率系列为(W)：1/20、1/8、1/4、1/2、1、2、4、8、10、16、25、40、50、75、100、150、250、500，非线绕电阻器额定功率系列为(W)：1/20、1/8、1/4、1/2、1、2、5、10、25、50、100。

4) 额定电压：由阻值和额定功率换算出的电压。

5) 最高工作电压：允许的最大连续工作电压。在低气压工作时，最高工作电压较低。

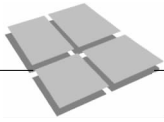
6) 温度系数：温度每变化  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  所引起的电阻值的相对变化。温度系数越小，电阻的稳定性越好。阻值随温度升高而增大的为正温度系数，反之为负温度系数。

7) 老化系数：电阻器在额定功率长期负荷下，阻值相对变化的百分数，它是表示电阻器寿命长短的参数。

8) 电压系数：在规定的电压范围内，电压每变化 1 V，电阻器的相对变化量。

9) 噪声：产生于电阻器中的一种不规则的电压起伏，包括热噪声和电流噪声两部分，热噪声是由于导体内部不规则的电子自由运动，使导体任意两点的电压不规则变





化引起的。

#### (4) 电阻器的检测方法 with 经验

1) 固定电阻器的检测。将两表笔(不分正负)分别与电阻的两端引脚相接即可测出实际电阻值。为了提高测量精度,应根据被测电阻标称值的大小来选择量程。由于欧姆挡刻度的非线性关系,它的中间一段分度较为精细,因此应使指针指示值尽可能落到刻度的中段位置,即全刻度起始的20%~80%弧度范围内,以使测量更准确。根据电阻误差等级不同,读数与标称阻值之间分别允许有±5%、±10%或±20%的误差。如不相符,超出误差范围,则说明该电阻变值了。

注意:测试时,特别是在测几十千欧以上阻值的电阻时,手不要触及表笔和电阻的导电部分;被检测的电阻从电路中焊下来,至少要焊开一端,以免电路中的其他元件对测试产生影响,造成测量误差;色环电阻的阻值虽然能以色环标志来确定,但在使用时最好还是用多用电表测试一下其实际阻值。

2) 电位器的检测。检查电位器时,首先要转动旋柄,看看旋柄转动是否平滑,开关是否灵活,开关通、断时“咔嚓”声是否清脆,并听一听电位器内部接触点和电阻体摩擦的声音,如有“沙沙”声,说明质量不好。用多用电表测试时,先根据被测电位器阻值的大小,选择好多用电表的合适电阻挡位,然后可按下述方法进行检测。

①用多用电表的欧姆挡测两端管脚,其读数应为电位器的标称阻值,如多用电表的指针不动或阻值相差很多,则表明该电位器已损坏。

②检测电位器的活动臂与电阻片的接触是否良好。用多用电表的欧姆挡测一端和中间的管脚,将电位器的转轴按逆时针方向旋至接近“关”的位置,这时电阻值越小越好。再顺时针慢慢旋转轴柄,电阻值应逐渐增大,表头中的指针应平稳移动。当轴柄旋至极端位置时,阻值应接近电位器的标称值。如多用电表的指针在电位器的轴柄转动过程中有跳动现象,说明活动触点有接触不良的故障。

### 3. 电容器

电容器是电子设备中大量使用的电子元件之一,广泛应用于隔直、耦合、旁路、滤波、调谐回路、能量转换、控制电路等方面。电容用 $C$ 表示,单位有法拉(F)、微法拉( $\mu\text{F}$ )、皮法拉(pF), $1\text{F}=10^6\mu\text{F}=10^{12}\text{pF}$ 。

#### (1) 电容器的型号命名方法

国产电容器的型号一般由四部分组成(不适用于压敏、可变、真空电容器)。依次分别代表名称、材料、分类和序号。

第一部分:名称,用字母表示,电容器用 $C$ 。

第二部分:材料,用字母表示。

用字母表示产品的材料:A——钽电解、B——聚苯乙烯等非极性薄膜、C——高频陶瓷、D——铝电解、E——其他材料电解、G——合金电解、H——复合介质、I——玻璃釉、J——金属化纸、L——涤纶等极性有机薄膜、N——钽电解、O——玻璃膜、Q——漆膜、T——低频陶瓷、V——云母纸、Y——云母、Z——纸介。

第三部分:分类,一般用数字表示,个别用字母表示。

第四部分：序号，用数字表示。

#### (2) 电容器的分类

1) 按照结构分三大类：固定电容器、可变电容器和微调电容器。

2) 按电解质分类：有机介质电容器、无机介质电容器、电解电容器和空气介质电容器等。

3) 按用途分：高频旁路电容器、低频旁路电容器、滤波电容器、调谐电容器、高频耦合电容器、低频耦合电容器、小型电容器。

高频旁路电容器：陶瓷电容器、云母电容器、玻璃膜电容器、涤纶电容器、玻璃釉电容器。

低频旁路电容器：纸介电容器、陶瓷电容器、铝电解电容器、涤纶电容器。

滤波电容器：铝电解电容器、纸介电容器、复合纸介电容器、液体钽电容器。

调谐电容器：陶瓷电容器、云母电容器、玻璃膜电容器、聚苯乙烯电容器。

高频耦合电容器：陶瓷电容器、云母电容器、聚苯乙烯电容器。

低频耦合电容器：纸介电容器、陶瓷电容器、铝电解电容器、涤纶电容器、固体钽电容器。

小型电容器：金属化纸介电容器、陶瓷电容器、铝电解电容器、聚苯乙烯电容器、固体钽电容器、玻璃釉电容器、金属化涤纶电容器、聚丙烯电容器、云母电容器。

#### (3) 电容器主要特性参数

1) 标称电容量和允许误差。标称电容量是标志在电容器上的电容量。电容器实际电容量与标称电容量的偏差称误差，在允许的误差范围称精度。

精度等级与允许误差对应关系：00(01)— $\pm 1\%$ ，0(02)— $\pm 2\%$ ，I— $\pm 5\%$ ，II— $\pm 10\%$ ，III— $\pm 20\%$ ，IV— $(+20\% - 10\%)$ ，V— $(+50\% - 20\%)$ ，VI— $(+50\% - 30\%)$ 。

一般电容器常用 I、II、III 级，电解电容器用 IV、V、VI 级，根据用途选取。

2) 额定电压。在最低环境温度和额定环境温度下可连续加在电容器的最高直流电压有效值，一般直接标注在电容器外壳上，如果工作电压超过电容器的耐压，电容器被击穿，将造成不可修复的永久损坏。

3) 绝缘电阻。直流电压加在电容上，并产生漏电电流，两者之比称为绝缘电阻。

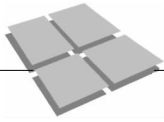
当电容较小时，主要取决于电容的表面状态，容量大于  $0.1\mu\text{F}$  时，主要取决于介质的性能，绝缘电阻越大越好。

电容的时间常数：为恰当评价大容量电容的绝缘情况而引入了时间常数，它等于电容的绝缘电阻与容量的乘积。

4) 损耗。电容在电场作用下，在单位时间内因发热所消耗的能量叫做损耗。各类电容都规定了其在某频率范围内的损耗允许值，电容的损耗包括介质损耗、电导损耗和电容所有金属部分的电阻所引起的损耗。

在直流电场的作用下，电容器的损耗以漏导损耗的形式存在，一般较小；在交变电场的作用下，电容的损耗不仅与漏导有关，而且与周期性的极化建立过程有关。

5) 频率特性。随着频率的上升，一般电容器的电容量呈现下降的规律。



#### (4) 电容器的检测

检测电容器的好坏可用指针式多用电表的电阻挡进行。测量电容器的容量可选用数字式多用电表，如果需要测量电容量的准确值，应选用电容测试仪测量。

##### 1) 普通固定电容器的检测。

①因  $10\text{ pF}$  以下的固定电容器容量太小，用多用电表进行测量，只能定性的检查其是否有漏电，内部短路或击穿现象。测量时，可选用多用电表，用两表笔任意接电容的两个引脚，阻值应为无穷大。若测出阻值(指针向右摆动)为零，则说明电容漏电损坏或内部击穿。

②检测  $10\text{ pF}\sim 0.01\text{ }\mu\text{F}$  固定电容器是否有充电现象，进而判断其好坏。多用电表选用  $R\times 1\text{ k}$  挡，两只三极管的  $\beta$  值均为 100 以上，且穿透电流要小。可选用 3DG6 等型号硅三极管组成复合管。多用电表的红和黑表笔分别与复合管的发射极 e 和集电极 c 相接。由于复合三极管的放大作用，把被测电容的充放电过程予以放大，使多用电表指针摆动幅度加大，从而便于观察。应注意的是：在测试操作时，特别是在测较小容量的电容时，要反复调换被测电容引脚才能明显地看到多用电表指针的摆动。

③对于  $0.01\text{ }\mu\text{F}$  以上的固定电容，可用多用电表的  $R\times 10\text{ k}$  挡直接测试电容器有无充电过程以及有无内部短路或漏电，并可根据指针向右摆动的幅度大小估计出电容器的容量。

##### 2) 电解电容器的检测。

①因为电解电容的容量较一般固定电容大得多，所以，测量时，应针对不同容量选用合适的量程。根据经验，一般情况下， $1\text{ }\mu\text{F}\sim 47\text{ }\mu\text{F}$  的电容，可用  $R\times 1\text{ k}$  挡测量，大于  $47\text{ }\mu\text{F}$  的电容可用  $R\times 100$  挡测量。

②将多用电表红表笔接负极，黑表笔接正极，在刚接触的瞬间，多用电表指针即向右偏转较大偏度(对于同一电阻挡，容量越大，摆幅越大)，接着逐渐向左回转，直到停在某一位置。此时的阻值便是电解电容的正向漏电阻，此值略大于反向漏电阻。实际使用经验表明，电解电容的漏电阻一般应在几百千欧以上，否则，将不能正常工作。在测试中，若正向、反向均无充电的现象，即表针不动，则说明容量消失或内部断路；如果所测阻值很小或为零，说明电容漏电大或已击穿损坏，不能再使用。

③对于正、负极标志不明的电解电容器，可利用上述测量漏电阻的方法加以判别。即先任意测一下漏电阻，记住其大小，然后交换表笔再测出一个阻值。两次测量中，阻值大的那一次便是正向接法，即黑表笔接的是正极，红表笔接的是负极。

④使用多用电表电阻挡，采用给电解电容进行正、反向充电的方法，根据指针向右摆动幅度的大小，可估测出电解电容的容量。多用电表测量电容的方法和原理如图 1.3 所示。

##### 3) 可变电容器的检测。

①用手轻轻旋动转轴，应感觉十分平滑，不应感觉有时松时紧甚至有卡滞现象。将载轴向前、后、上、下、左、右等各个方向推动时，转轴不应有松动的现象。

②用一只手旋动转轴，另一只手轻摸动片组的外缘，不应感觉有任何松脱现象。

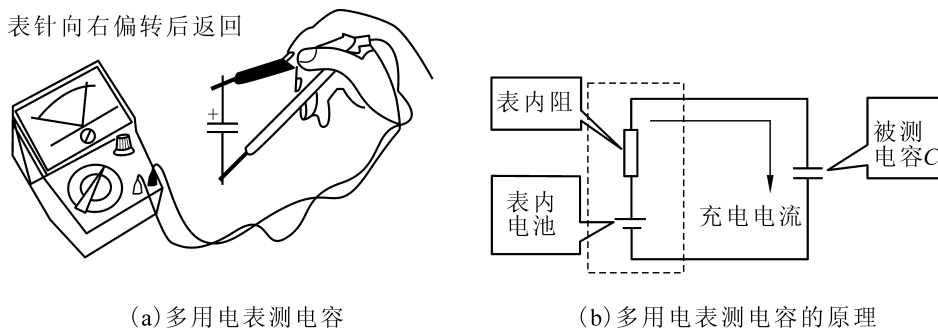


图 1.3 多用电表测电容

转轴与动片之间接触不良的可变电容器，是不能再继续使用的。

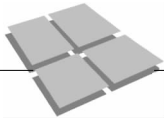
③将多用电表置于  $R \times 10k$  挡，一只手将两个表笔分别接可变电容器的动片和定片的引出端，另一只手将转轴缓缓旋动几个来回，多用电表指针都应在无穷大位置不动。在旋动转轴的过程中，如果指针有时指向零，说明动片和定片之间存在短路点；如果碰到某一角度，多用电表读数不为无穷大而是出现一定阻值，说明可变电容器动片与定片之间存在漏电现象。

### 三、半导体分立元件的检测

国产半导体元件的命名方法如表 1.4 所示。

表 1.4 国产半导体元件的命名方法

第一部分		第二部分		第三部分				第四部分	第五部分
用数字表示器件的电极数目		用汉语拼音字母表示器件的材料和极性		用汉语拼音字母表示器件的类型				用数字表示器件的序号	用汉语拼音字母表示规格号
符号	意义	符号	意义	符号	意义	符号	意义		
2	二极管	A	N型, 锗材料	P	普通管	X	低频小功率管		
		B	P型, 锗材料	V	微波管	( $f_{\text{hfb}} < 3\text{MHz}$ , $P_c < 1\text{W}$ )			
		C	N型, 硅材料	W	稳压管	D	低频大功率管		
		D	P型, 硅材料	C	参量管	( $f_{\text{hfb}} < 3\text{MHz}$ , $P_c \geq 1\text{W}$ )			
3	三极管	A	PNP型, 锗	Z	整流管	G	高频小功率管		
		B	NPN型, 锗	L	整流堆	( $f_{\text{hfb}} \geq 3\text{MHz}$ , $P_c < 1\text{W}$ )			
		C	PNP型, 硅	S	隧道管	A	高频大功率管		
		D	NPN型, 硅	N	阻尼管	( $f_{\text{hfb}} \geq 3\text{MHz}$ , $P_c \geq 1\text{W}$ )			
		E	化合物材料	U	光电器件	CS	场效应器件		
				T	场效应器件	BT	半导体特殊器件		
		B	雪崩管	FH	复合管				
		J	阶跃恢复管	PIN	PIN型管				
				JG	激光器件				



## 1. 二极管

### (1) 二极管特性

把一块纯净半导体一部分制成 P 型半导体，另一部分制成 N 型半导体，则在 N 型和 P 型半导体之间的交界面上形成了具有单向导电性能的 PN 结，分别从 P 区和 N 区引出两个电极，并以管壳封装则制成了二极管。从 P 区引出的电极称为正极，从 N 区引出的电极称为负极。普通二极管的结构、电路图形符号如图 1.4 所示。

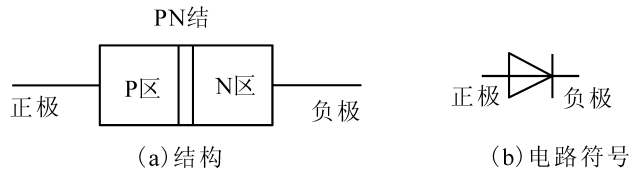


图 1.4 二极管的结构、电路图形符号

二极管的特性：二极管最主要的特性是单向导电性。

1) 正向特性。当加在二极管两端的正向电压(P 为正、N 为负)很小时(锗管小于 0.1 V，硅管小于 0.5 V)，管子不导通，处于“截止”状态，当正向电压超过一定数值后，管子才导通，电压再稍微增大，电流急剧增加。不同材料的二极管，起始电压不同，硅管为 0.5 V~0.7 V，锗管为 0.1 V~0.3 V。

2) 反向特性。二极管两端加上反向电压时，反向电流很小，当反向电压逐渐增加时，反向电流基本保持不变，这时的电流称为反向饱和电流。不同材料的二极管，反向电流大小不同，硅管约为 1 微安到几十微安，锗管则可高达数百微安，另外，反向电流受温度变化的影响很大，锗管的稳定性比硅管差。

3) 击穿特性。当反向电压增加到某一数值时，反向电流急剧增大，这种现象称为反向击穿。这时的反向电压称为反向击穿电压，不同结构、工艺和材料制成的管子，其反向击穿电压值差异很大，可由 1 伏到几百伏，甚至高达数千伏。

4) 频率特性。由于结电容的存在，当频率高到某一程度时，容抗小到使 PN 结短路，导致二极管失去单向导电性，不能工作，PN 结面积越大，结电容也越大，越不能在高频情况下工作。

### (2) 二极管的主要参数

普通二极管：最大整流  $I_{FM}$ ，最高反向工作电压  $V_M$ ，反向  $I_R$ ，最高工作频率  $f_M$  等。

发光二极管：正向电压降  $V_F$ ，最大电流  $I_M$ ，最大功率  $P_M$  等。

稳压二极管：稳压电压  $V_Z$ ，最大工作电流  $I_M$ ，动态电阻  $r_o$ ，最大功率  $P_M$  等。

### (3) 二极管的类型

二极管外形及特点如图 1.5 所示。

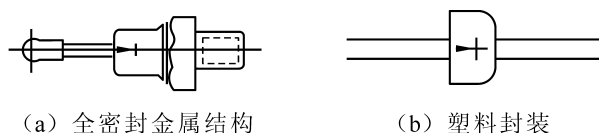











图 1.5 二极管全塑料封装图

1) 整流二极管。将交流电整流成为直流电的二极管叫做整流二极管，它是面结合型的功率器件，因结电容大，故工作频率低。通常， $I_F$  在 1 A 以上的二极管采用金属壳封装，以利于散热； $I_F$  在 1 A 以下的采用全塑料封装(见图 1.5)，由于近代工艺技术不断提高，国外出现了不少较大功率的管子，也采用塑封形式。

表 1.5 几种二极管外形及特点

	普通二极管	发光二极管	稳压二极管	特殊二极管	金属封装大功率管
外型					
符号					
用途	整流、检波等	正向通电发光	反向应用于稳压	各种相关应用	大功率整流
特点	整流二极管 检波二极管 开关二极管	发红色、绿色、黄色、红外、激光等 发光二极管	各种金封、塑封和玻璃封装稳压二极管	各种敏感二极管、变容二极管等	金属封装

2) 检波二极管。检波二极管是用于把叠加在高频载波上的低频信号检出来的器件，它具有较高的检波效率和良好的频率特性。

3) 开关二极管。在脉冲数字电路中，用于接通和关断电路的二极管叫开关二极管，它的特点是反向恢复时间短，能满足高频和超高频应用的需要。

开关二极管有接触型，平面型和扩散台面型几种，一般  $I_F < 500 \text{ mA}$  的硅开关二极管多采用陶瓷片状全密封环氧树脂封装，引脚较长的一端为正极，如图 1.6 所示。

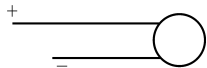


图 1.6 陶瓷片状全密封环氧树脂封装

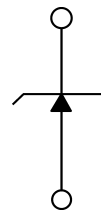
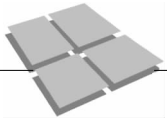


图 1.7 稳压二极管的图形符号

4) 稳压二极管。稳压二极管是由硅材料制成的面结合型晶体二极管，它是利用 PN 结反向击穿时的电压基本上不随电流的变化而变化的特点，来达到稳压的目的，因为它能在电路中起稳压作用，故称为稳压二极管，(简称稳压管)，图形符号如图 1.7 所示。



#### (4) 二极管的特性曲线

二极管的特性曲线就是阳极电流随阳极电压而变化的曲线，又叫伏安特性曲线，如图 1.8 所示。

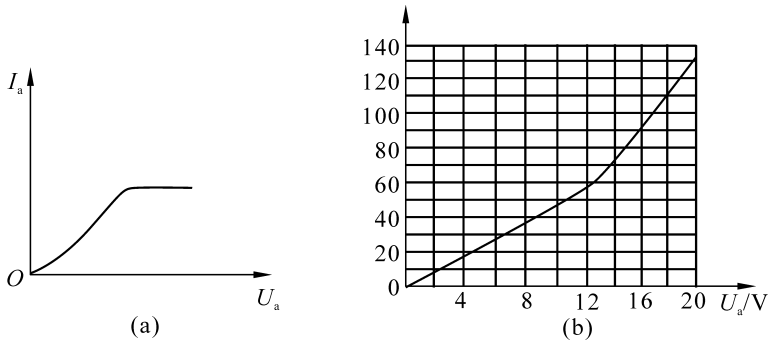


图 1.8 二极管特性曲线

由特性曲线图 1.8(a)可看出，随着阳极电压的增加，阳极电流也增加。但当阳极电压足够大，阴极发射的电子已全部被吸引到了阳极，阳极电流就不会继续增加而变为平坦。但通常二极管在出现这种平坦状态之前，阴极已被烧坏了，所以二极管只能工作在二极管特性曲线的上升部分，如图 1.8(b)所示。通常，二极管的特性曲线为

$$i_a = GU_a^{3/2} \quad (1.1)$$

式中， $G$ ——常数，由二极管的构造决定；

$U_a$ ——阳极电压；

$i_a$ ——阳极电流。

式(1.1)常称为二极管的 3/2 次方定律。

#### (5) 二极管的参数和极限值

为了对不同的二极管进行比较和选用，除了特性曲线之外，还利用一些参数来表示二极管的性质。

1) 内阻。二极管的内阻  $R_i$  一般是指在额定灯丝电压下，直流阳极电压  $U_a$  对直流阳极电流  $I_a$  的比值，即

$$R_i = \frac{U_a}{I_a} \quad (1.2)$$

由于二极管特性曲线的非线性，各工作点的内阻是不相同的。手册中给出的二极管内阻是在特性曲线的运用范围内各工作点内阻的平均值。

2) 阳极耗散功率。二极管在工作时，电子撞击阳极而消耗的能量，使阳极温度升高，阳极必须把这些热量散发出去。每种管子阳极能散发掉的能量，称为阳极耗散功率。

阳极耗散功率等于阳极电压  $U_a$  与阳极电流  $I_a$  的乘积，即

$$P_a = U_a I_a \quad (1.3)$$

3) 最大阳极反峰电压。二极管的反向电压(阴极为正，阳极为负)的最大允许值就是二极管的最大阳极反峰电压。当反峰电压超过阳极和阴极之间的绝缘强度时，就会

使二极管击穿面损坏,所以在使二极管时,应注意不得超过手册上规定的最大反峰电压值。

4)最大整流电流。二极管允许连续不断地通过的最大平均阳极电流值,称为二极管的最大整流电流,当超过这个电流时,阳极温度将迅速升高而损坏管子。

5)最大阳极峰值电流。二极管在导电的半个周期内,当外加电压达到峰值时,阳极电流也达到最大值,所谓最大阳极峰值电流,就是指二极管允许的最大瞬时电流值。在选用整流管时,主要从负载所需的直流电压和直流电流来考虑,整流管的最大整流电流应比负载电流大,而最大阳极反峰电压,不应低于为满足输出直流电压所需要的交流电压峰值的两倍。

6)寿命。当电子管发射电流降低到额定数值的 80% 时,所用的小时数称为电子管的寿命。一般电子管的寿命约为 500 h~5 000 h,长寿命管(管名后加注 S)则在 5 000 h 以上。

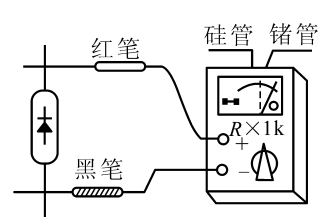
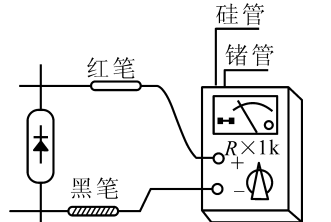
除了上述电气性能的定额外,还有使用环境方面的定额,如外壳温度、最低气压等。

#### (6) 多用电表检测二极管

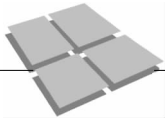
1)普通二极管检测。二极管的极性通常在管壳上注有标记,如无标记,可用多用电表电阻挡测量其正反向电阻来判断(一般用  $R \times 100$  挡或  $R \times 1k$  挡)具体方法如表 1.6 所示。

2)发光二极管的检测。发光二极管的正向阻值比普通二极管大,一般在  $10\text{ k}\Omega$  的数量级,反向电阻在  $500\text{ k}\Omega$  以上。且发光二极管的正向压降比较大,用多用电表  $R \times 1k$  以下各挡,因表内电池仅为  $1.5\text{ V}$  不能使发光二极管正向导通和发出光来。一般用  $R \times 10k$  挡(内部电池是  $9\text{ V}$  或更大)进行测试,可测出正向电阻,同时可看到发光二极管发出微弱的光。若测得的正反向电阻都很小,说明内部击穿短路。若测得的正、反向电阻都是无限大,说明内部开路。

表 1.6 二极管简易测试方法

项目	正向电阻	反向电阻
测试方法		
测试情况	<p>硅管: 表针指示位置在中间或中间偏右一点; 锗管: 表针指示在右端靠近满刻度的地方(如上图所示)表明管子正向特性是好的。如果表针在左端不动,则管子内部已经断路</p>	<p>硅管: 表针在左端基本不动,极靠近 00 位置; 锗管: 表针从左端起一点,但不应超过满刻度的 <math>1/4</math>(如上图所示),则表明反向特性是好的,如果表针指在 0 位,则管子内部已短路</p>





## 2. 晶体三极管

晶体三极管(以下简称三极管)是电子线路中的核心元件,在模拟电路中用它构成各种放大器,各种波形产生、变化和信号处理电路;在脉冲数字电路中,作为开关控制元件。

### (1) 三极管的结构、类型和外形

三极管的结构如图 1.9 所示,图 1.9(a)是 NPN 管的结构图,它是由 2 块 N 型半导体中间夹着一块 P 型半导体所组成,发射区与基区之间形成的 PN 结称为发射结,而集电区与基区形成的 PN 结称为集电结,三条引线分别称为发射极 e、基极 b 和集电极 c。

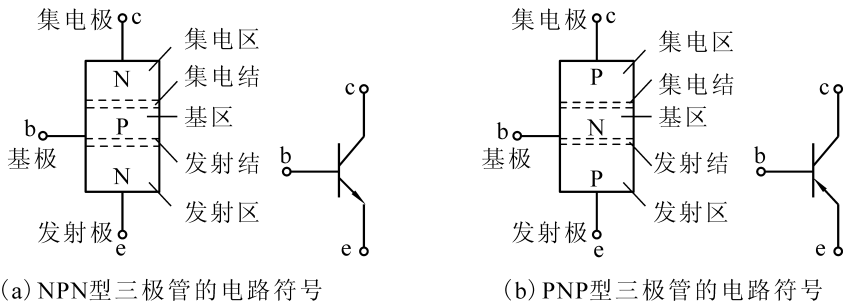


图 1.9 三极管结构和电路符号

当 b 点电位高于 e 点电位零点几伏时,发射结处于正偏状态,而 c 点电位高于 b 点电位几伏时,集电结处于反偏状态,集电极电源  $E_c$  要高于基极电源  $E_b$ 。

在制造三极管时,有意地使发射区的多数载流子浓度大于基区的,同时基区做得很薄,而且,要严格控制杂质含量,这样,一旦接通电源后,由于发射结正偏,发射区的多数载流子(电子)及基区的多数载流子(空穴)很容易地穿越过发射结互相向反方扩散,但因前者的浓度差大于后者,所以通过发射结的电流基本上是电子流,这股电子流称为发射极电流  $I_e$ 。

由于基区很薄,加上集电结的反偏,注入基区的电子大部分越过集电结进入集电区而形成集电极电流  $I_c$ ,只剩下很少(1%~10%)的电子在基区与空穴进行复合,被复合掉的基区空穴由基极电源  $E_b$  重新补充,从而形成了基极电流  $I_b$ 。根据电流连续性原理得

$$I_e = I_b + I_c \quad (1.4)$$

这就是说,在基极补充一个很小的  $I_b$ ,就可以在集电极上得到一个较大的  $I_c$ ,这就是所谓电流放大作用,  $I_c$  与  $I_b$  是维持一定的比例关系,即

$$\beta_1 = \frac{I_c}{I_b} \quad (1.5)$$

式中,  $\beta_1$ ——直流放大倍数。

集电极电流的变化量  $\Delta I_c$  与基极电流的变化量  $\Delta I_b$  之比为

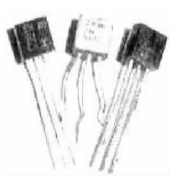
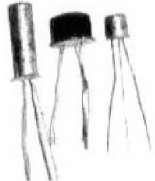
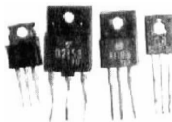


$$\beta = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_b} \quad (1.6)$$

式中,  $\beta$ ——交流电流放大倍数, 由于低频时  $\beta_1$  和  $\beta$  的数值相差不大, 所以有时为了方便起见, 对两者不作严格区分,  $\beta$  值约为几十至一百多。

三极管是一种电流放大器件, 实际使用中常常利用三极管的电流放大作用, 通过电阻转变为电压放大作用。

三极管的外形大小各有不同, 常见外形如表 1.7 所示。

表 1.7 三极管外形及特点

	塑封小功率管	金封小功率管	塑封大功率管	金封大功率管	片状三极管
外形					
特点	各种小功率高、低频管	各种小功率高、低频管	塑封造价低, 大功率需加合适的散热片	功率大, 需加合适的散热片	引脚短(或无), 贴片安装, 特性好

## (2) 三极管的主要参数

### 1) 直流参数。

集电极—基极反向饱和电流  $I_{cbo}$ : 发射极开路 ( $I_e = 0$ ) 时, 基极和集电极之间加上规定的反向电压  $V_{cb}$  时的集电极反向电流, 它只与温度有关, 在一定温度下是个常数, 所以称为集电极—基极的反向饱和电流。良好的三极管  $I_{cbo}$  很小, 小功率锗管的  $I_{cbo}$  为  $1 \mu A \sim 10 \mu A$ , 大功率锗管的  $I_{cbo}$  可达数毫安, 而硅管的  $I_{cbo}$  则非常小, 是毫微安级。

集电极—发射极反向电流  $I_{ceo}$  (穿透电流): 基极开路 ( $I_b = 0$ ) 时, 集电极和发射极之间加上规定反向电压  $V_{ce}$  时的集电极电流。  $I_{ceo}$  大约是  $I_{cbo}$  的  $\beta$  倍, 即  $I_{ceo} = (1 + \beta) I_{cbo}$ 。  $I_{cbo}$  和  $I_{ceo}$  受温度影响极大, 它们是衡量管子热稳定性的重要参数, 其值越小, 性能越稳定, 小功率锗管的  $I_{ceo}$  比硅管大。

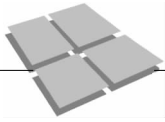
发射极—基极反向电流  $I_{ebo}$ : 集电极开路时, 在发射极与基极之间加上规定的反向电压时发射极的电流, 它实际上是发射结的反向饱和电流。

直流电流放大系数  $\beta_1$  (或  $h_{EF}$ ): 这是指共发射接法, 没有交流信号输入时, 集电极输出的直流电流与基极输入的直流电流的比值, 如式(1.5)。

### 2) 交流参数。

交流电流放大系数  $\beta$  (或  $h_{ic}$ ): 这是指共发射极接法, 集电极输出电流的变化量  $\Delta I_c$  与基极输入电流的变化量  $\Delta I_b$  之比, 如式(1.6)。

一般晶体管的  $\beta$  在  $10 \sim 200$ , 如果  $\beta$  太小, 电流放大作用差, 如果  $\beta$  太大, 电流放大作用虽然大, 但性能往往不稳定。



共基极交流放大系数  $\alpha$  (或  $h_{fb}$ ) : 这是指共基接法时, 集电极输出电流的变化量  $\Delta I_c$  与发射极电流的变化量  $\Delta I_e$  之比, 即

$$\alpha = \frac{\Delta I_c}{\Delta I_e} \quad (1.7)$$

因为  $\Delta I_c < \Delta I_e$ , 故  $\alpha < 1$ 。高频三极管的  $\alpha > 0$ ,  $\alpha$  与  $\beta$  之间的关系为

$$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha} \approx \frac{1}{1-\alpha}$$

截止频率  $f_\beta$ 、 $f_\alpha$ : 当  $\beta$  下降到低频时 0.707 倍的频率就是共发射极的截止频率  $f_\beta$ ; 当  $\alpha$  下降到低频时 0.707 倍的频率就是共基极的截止频率  $f_\alpha$ 。 $f_\beta$ 、 $f_\alpha$  是表明管子频率特性的重要参数, 它们之间的关系为

$$f_\beta \approx (1-\alpha)f_\alpha \quad (1.8)$$

特征频率  $f_T$ : 因为频率  $f$  上升时,  $\beta$  就下降, 当  $\beta$  下降到 1 时, 对应的频率就是  $f_T$ 。 $f_T$  是全面地反映晶体管的高频放大性能的重要参数。

### 3) 极限参数。

集电极最大允许电流  $I_{CM}$ : 当集电极电流  $I_c$  增加到某一数值, 引起  $\beta$  值下降到额定值的 2/3 或 1/2, 这时的  $I_c$  值称为  $I_{CM}$ 。所以当  $I_c$  超过  $I_{CM}$  时, 虽然不致使管子损坏, 但  $\beta$  值显著下降, 影响放大质量。

集电极—基极击穿电压  $V_{CBO}$ : 当发射极开路时, 集电结的反向击穿电压称为  $BV_{EBO}$ 。

发射极—基极反向击穿电压  $V_{EBO}$ : 当集电极开路时, 发射结的反向击穿电压称为  $BV_{EBO}$ 。

集电极—发射极击穿电压  $V_{CEO}$ : 当基极开路时, 加在集电极和发射极之间的最大允许电压, 使用时如果  $V_{ce} > V_{ceo}$ , 管子就会被击穿。

集电极最大允许耗散功率  $P_{CM}$ : 集电流过  $I_c$ , 温度要升高, 管子因受热而引起参数的变化不超过允许值时的最大集电极耗散功率称为  $P_{CM}$ 。管子实际的耗散功率于集电极直流电压和电流的乘积, 即  $P_c = U_{ce} \times I_c$ 。使用时应使  $P_c < P_{CM}$ 。

$P_{CM}$  与散热条件有关, 增加散热片可提高  $P_{CM}$ 。

### (3) 晶体三极管的测试

一些典型晶体管管脚排列如图 1.10 所示。

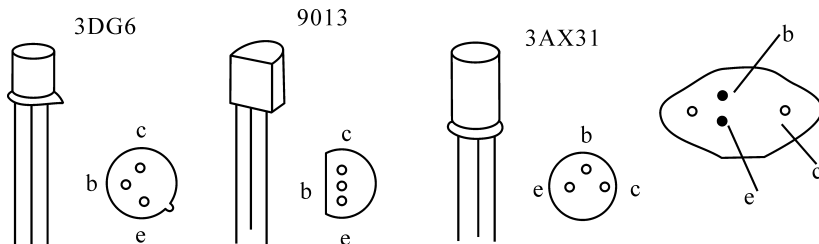


图 1.10 典型晶体管引脚排列

用多用电表的电阻挡判测三极管的基极，就是测 PN 结的单向导电性。

1) 基极的判别。对 1 W 以下的小功率管，选用多用电表的  $R \times 100$  或  $R \times 1k$  挡；对于测量 1W 以上的大功率管，则选用  $R \times 1$  挡或  $R \times 10$  挡。

首先，选一管脚假设其为基极，将多用电表的黑表笔接触该管脚，再将多用电表的红表笔分别接触另外两管脚，若两次测得电阻值都是小，再交换表笔，即红表笔接所设基极，而用黑表笔分别接触其余两管脚，两次测得电阻值都是大，则所设基极是正确的，如图 1.11 所示。若上面两次测试中有一次阻值是“一大一小”，则所设电极就不是基极，需再另选一电极并设为基极继续进行测试，直至判断出基极为止。

测出基极的同时，还可判别出管型。若用多用电表的黑表笔接触基极，再用多用电表的红表笔分别接触另外两脚，若两次测得的电阻值均小，则管子是 NPN 型；若用多用电表的黑表笔接触基极，再用红表笔分别接触另外两脚，若两次测得的电阻值均大，则所测管子为 PNP 型。

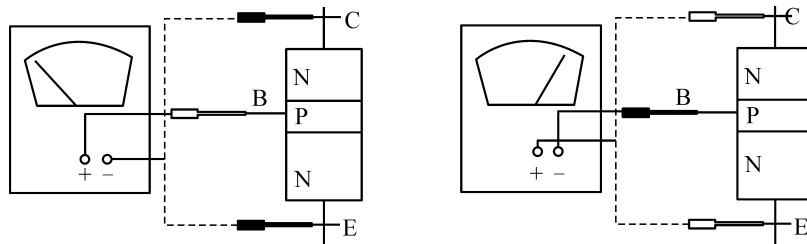


图 1.11 基极的判别

2) 判别三极管的集电极和发射极。用测量放大倍数的方法测量：粗略地说，对于一只三极管，在集电极和基极之间加上人体电阻时，指针偏转角度越大，三极管的电流放大倍数越大。

以 NPN 型管为例，在已判出基极和管型的情况下，假设余下两管脚中一脚为集电极，将多用电表的黑表笔接所设集电极，红表笔接另一脚。在所设集电极和基极之间加上一人体电阻，如图 1.12 所示。观察表针偏转情况。交换表笔，设管脚中另一脚为集电极，仍在所设集电极和基极之间加上人体电阻，观察表针的偏转位置。两次假设中，指针偏转大的一次黑表笔所接电极是集电极，另一脚是发射极。

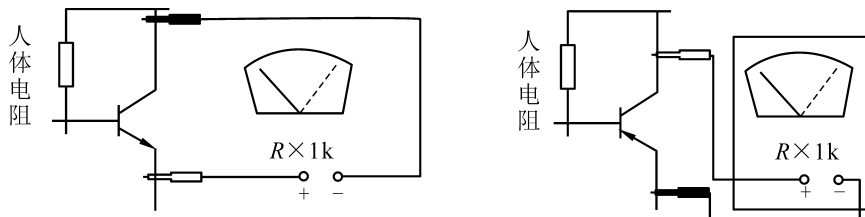
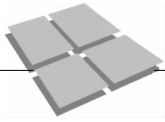


图 1.12 集电极和发射极的判别

对于 PNP 型三极管，黑表笔接所设发射极，仍在基极和集电极之间加人体电阻，观察指针偏转大小，指针偏转较大的一次，黑表笔接的是发射极。



#### 四、电子元件的焊接方法

##### 1. 焊接基础知识

焊接是金属加工的基本方法之一。通常，焊接技术分为熔焊、压焊和钎焊三大类。

锡焊属于钎焊中的软钎焊(钎料熔点低于  $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ )。习惯上把钎料称为焊料，采用铅锡料进行焊接称为铅锡焊，简称锡焊。

锡焊：简略地说，就是将铅锡焊料熔入焊件的缝隙使其连接的一种焊接方法，其特征如下。

- 1) 焊料熔点低于焊件熔点。
- 2) 焊接时将焊件与焊料共同加热到焊接温度，焊料熔化而焊件不熔化。
- 3) 连接的形式是由熔化的焊料润湿焊件的焊接表面而产生冶金、化学反应形成结合层而实现的。

锡焊接在电子产品装配中具有如下优点。

- 1) 铅锡焊料熔点低于  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，适合半导体等电子材料的连接。
- 2) 只需简单的加热工具和材料即可加工，投资少。
- 3) 焊点有足够强度和电气性能。
- 4) 锡焊过程可逆，易于拆焊。

##### 2. 锡焊接工具与材料

###### (1) 手工焊接的工具

1) 电烙铁。手工锡焊接的常用工具是电烙铁。选择合适的烙铁，是保证焊接质量的基础。电烙铁从结构上分为内热式烙铁、外热式烙铁、恒温式烙铁、吸锡烙铁等。从电烙铁的功率分，有  $15\text{ W}$ 、 $20\text{ W}$ 、 $25\text{ W}$ 、 $35\text{ W}$ 、 $40\text{ W}$ 、 $75\text{ W}$ 、 $100\text{ W}$  等。

在电子电路的手工焊接中，常用烙铁有内热式(发热的芯子装在烙铁头的内部)和外热式(发热体装在烙铁头的外部)电烙铁。

电烙铁由烙铁头、连接杆手柄和电源线组成。由于内热式烙铁发热芯子装在烙铁头内部，热量能有效地传到烙铁头上，发热快，热效率高，可达  $85\% \sim 90\%$ ，烙铁头温度可达  $350\text{ }^{\circ}\text{C}$  左右。内热式电烙铁具有体积小、重量轻、发热快、耗电低等优点，得到广泛应用。

烙铁头一般用紫铜做成，根据焊接的需要可加工成不同形状，对于手工焊接，一般加工成凿形或尖锥形。对于焊点密集、元件小而怕热的元件焊接，可将烙铁头加工成圆锥形。

2) 烙铁架。为了避免烙铁烫坏其他东西和使用方便，平常在焊接间隙都将烙铁放在特制的烙铁架上。

3) 电烙铁使用注意事项。对于一般普通电烙铁，烙铁头都是用紫铜做成。初次使用的新烙铁，必须首先对烙铁头上锡。将烙铁头用锉刀加工成需要的形状，通电加热，去除氧化层上锡。在使用一段时间后，由于烙铁头在高温情况下容易氧化，烙铁头被焊料侵蚀而改变形状，使烙铁在焊接时不好使用，这时也要及时对烙铁进行修整上锡。

现有一种合金烙铁头，在烙铁头表面上镀有一层合金，使得烙铁头的使用寿命比

普通烙铁长得多(如外热式)。此烙铁头不得用砂纸、砂布或锉刀对烙铁头进行打磨加工,以免破坏镀层,缩短烙铁的使用寿命,可以借助于松香或助焊剂进行上锡。在使用时,烙铁头上有脏物,只能用浸水海绵或湿布擦拭。

内热式电烙铁的加热元件是用瓷管做成,不能用力敲击烙铁或者用钳子用力夹连接杆,以免损坏加热元件。

一般烙铁有3个电源线柱,其中一个与烙铁的外壳相通,经过外接线接地。另外两个接线柱接加热元件,这两接线柱经外线插座接220V交流电。在使用中不能接错。

烙铁的外壳接地有两个好处,一是可以避免烙铁外壳带电而使操作者有触电的危险;二是在焊接时,若烙铁头带电会损坏电路上的元件,将烙铁外壳接地,从而防止由于烙铁带电对电路元件的影响,特别是焊接CMOS元件,要求一定要将烙铁接地。

电子电路元件的焊接,使用烙铁的功率一般在20W~40W。

在烙铁的使用中,还要注意使用安全,防止烫伤。

### (2) 焊接材料

1) 焊料。凡是用来熔合两种或两种以上的金属面,使之成为一个整体的金属或合金都叫焊料。下面所说焊料只针对锡焊所用焊料。

焊料是易熔金属,它熔点低于被焊金属,在熔化时能在被焊金属表面形成合金而将被焊金属连接到一起。按焊料成分,有锡铅焊料、银焊料、铜焊料等,在一般电子产品装配中主要使用锡铅焊料,按熔点分为软焊料(熔点在450℃以下)和硬焊料(熔点在450℃以上)。

用锡和铅做成的锡铅合金,既可以降低焊料的熔点,又可避免纯锡较脆的缺点,提高了焊接强度。在无线电整机装配中常用的是锡铅焊料,简称焊锡。常用的焊锡有管状焊锡丝、抗氧化焊锡、含银焊锡等。

2) 焊剂。作用:在焊接时,金属在加热的情况下,很容易氧化,在被焊接的金属表面会产生一层氧化膜,阻碍焊剂在焊接表面的浸润性,影响焊接质量。为了减小氧化作用的影响,采用助焊剂来改善焊接的性能,提高焊点的质量。

电子装配锡焊常用松香系列,其活性弱,但无腐蚀性。

## 3. 手工焊接工艺

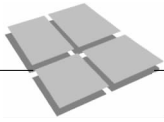
### (1) 手握烙铁的姿势

焊接时,一手拿烙铁,一手拿焊锡丝。手握烙铁的手柄,绝不能握在金属部分。电烙铁的握法有两种,对于小功率烙铁的握法是“握笔式”。对于电子线路的焊接,使用功率比较小的烙铁,并且烙铁头都是直型,常用此握法。对于大功率的烙铁,比较大也比较重,采用“拳握法”。

### (2) 手工烙铁锡焊的基本步骤

1) 准备:焊接前要先将加热到能熔锡的烙铁头放在松香或蘸水海绵上轻轻擦拭,以去除氧化物残渣;然后把少量的焊料和助焊剂加到清洁的烙铁头上,就是常称之为让烙铁头吃上锡,使烙铁随时处于可焊接状态。

2) 加热被焊件:将烙铁头放置在被焊件的焊接点上,使焊点升温。烙铁头上带有



少量焊料，可使烙铁头的热量较快传送到焊点上。

3) 熔化焊料：将焊点加热到一定温度后，用焊锡丝触到焊接件处，熔化适量的焊料。焊锡丝应从烙铁头的对称侧加入到被加热的焊接点处，而不是直接将焊锡加在烙铁头上。

4) 移开焊锡丝：当焊锡丝适量熔化后，迅速移开焊锡丝。焊锡量多少的控制是非常重要的，要在熔化焊料时注意观察和控制。

5) 移开烙铁：当焊接点上的焊料流散接近饱满，助焊剂尚未完全挥发，即焊接点上的温度适当、焊锡最光亮、流动性最强的时刻，迅速拿开烙铁头。移开烙铁头的时间、方向和速度，决定着焊接点的焊接质量。

正确的方法是先慢后快，烙铁头沿  $45^\circ$  角方向移动，并在将要离开焊接点时快速往回一带，然后迅速离开焊接点。

上述各步骤的完成一般在  $3\text{ s}\sim 5\text{ s}$  内。对于初学者，要特别指出，锡焊接是用烙铁加热被焊元件和焊锡，使焊锡熔化将被焊元件和电路焊接在一起。不是用烙铁将熔化的焊锡像泥工弄水泥一样将元件黏在电路板上。

#### (3) 对锡焊质量的要求和检查

焊接质量如何，将直接影响整机质量，焊接完毕后，要对焊点进行质量检查。基本要求如下。

1) 具有良好的导电性。良好的焊点应是焊料与金属被焊面互相扩散形成金属化合物，而不是简单地将焊料堆在被焊金属面上或只有部分形成金属化合物。未形成金属化合物的简单堆附或只有部分形成合金的锡焊称为虚焊。虚焊是焊接的大敌，要使电子产品能长期可靠地工作，至关重要的是要消灭虚焊现象。

2) 焊点上的焊料要适当。焊点上的焊料过少，不仅机械强度低，而且由于表面氧化层逐渐加深，容易导致焊接失效。若焊料过多，不仅浪费焊料，而且容易造成短路，同时堆的焊锡过多仍可造成虚焊现象。

3) 具有一定的机械强度。为使被焊件不松动或脱落，焊点应有一定的强度。为了增加强度，可根据需要增大焊接面积，或把元器件的引线、导线先行网绕、绞合、打弯、钩接在接点上，再进行焊接。

4) 焊点表面应有光泽；焊点不应有毛刺、空隙；焊点表面应清洁。

#### (4) 拆焊与重焊

##### 1) 拆焊技术。

引脚较少的元件拆法：一手拿电烙铁加热待拆元件的引脚焊点，熔解原焊点焊锡，另一只手用镊子夹住元件轻轻往外拉。

多焊点元件且元件引脚较硬的拆法：①采用吸锡器或吸锡烙铁将焊点上的锡吸掉后，再将元件取出。②用吸锡材料将焊点上的锡吸掉。

2) 重新焊接：首先将元件孔疏通，再根据孔距用镊子弯好元件引脚，然后插入元件进行焊接。


**技能实训**
**一、实训要求**

通过对旧板件的拆装，学习电烙铁和吸锡器的使用，熟悉拆装元器件的技巧。

1)要求在拆的过程中，不能损坏元器件，所拆板件要保持板面清洁，万能板尽量做到不要使焊接点脱落。

2)用以前用过的万能板练习焊接工艺，要求焊点满足焊接质量要求，焊接熟练。

**二、用多用电表检测各电子元器件****1. 阻抗元件的测试**

1)电阻、电位器、电容器的测试，能够用色标法读出电阻器或电容器的阻抗值，并与测量比较，记录测试结果。

2)用多用电表检测电容器的好坏，对好的电容器确定其绝缘电阻的大小，电容量的大小，检测电解电容器的极性。

**2. 半导体元件测试**

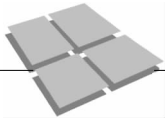
用多用电表测量出普通二极管、发光二极管、稳压二极管、三极管的极性、好坏，总结归纳半导体元件的测试方法。


**考核标准**

班级：\_\_\_\_\_ 学号：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 得分：\_\_\_\_\_

考核项目	考核内容	评分标准	配分	得分
板件拆除	无元器件损坏，板件清洁	损坏一个元件扣5分，板件不清洁一处扣5分	30	
电子元器件检测	用多用电表检测常用电子元器件	半导体元件不会检测管脚每种扣5分，色标法不会读阻抗值扣5分，不会判断元器件好坏每种扣5分	50	
仪器仪表使用	正确使用仪器仪表检测各电子元器件	不能根据所测元件正确选择测量挡位每次扣4分	10	
安全文明意识	正确使用设备和工具，无操作不当引起的事故		10	
考核时间	年 月 日	教师签字		





## 项目 2 串联型可调稳压电源的安装与调试

### 学习目标

1. 能够对串联型可调稳压电源电路的原理进行熟练的分析。
2. 能够由电路图合理安排元件位置和走线，并进行焊接。
3. 安装完毕的电路能够自行进行接通电源，进行调试，有故障会分析处理。

### 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 2.1。

表 2.1 设备、工具、材料

名 称	型号规格	数量
多用电表	数字式或模拟式	1 台
电烙铁	220 V/30 W	1 支
烙铁架		1 个
吸锡器		1 个
焊锡丝	细软(带松香)	0.5 米
镊子		1 支
串联稳压电源套件		1 套
变压器	220 V/18 V	1 个

### 相关知识

#### 一、最简单的串联型直流稳压电源电路的介绍

最简单的串联型直流稳压电源(见图 2.1), 其中三极管 VT 为调整管, R、DW 组成基准电压源, VT、R、DW 相当于一个可变电阻, 同负载  $R_L$  组成分压器, 当负载  $R_L$  或  $V_i$  改变时只要调节 R, 就可使  $R_L$  两端电压基本保持不变, 图中的 VT 即起到一个可变电阻的作用, 它的基极加有基准电压, 当输入电压  $V_i$  升高或负载电阻  $R_L$  减小时电流增大,  $V_o$  升高, VT 的  $V_{be} = V_b - V_e$  减小, 其内阻增大,  $V_o$  降低。相反输入电压降低或负载  $R_L$  增大时, 电流减小  $V_o$  降低,  $V_{be}$  升高, VT 的内阻减小,  $V_o$  上升, 因此 VT 起到了自动调整电压的作用。调整过程中关键是  $V_{be}$  发生变化, 所以  $V_b$  越稳定调整精度越高, VT 的  $\beta$  值越高则调整作用越明显, 灵敏度越高。

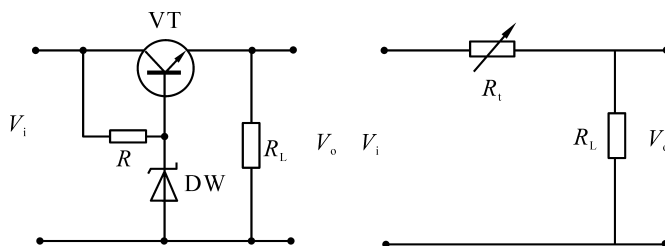


图 2.1 最简单的串联型直流稳压电源

由于  $V_e = V_b - V_{be}$ ，所以  $V_e$  随  $V_b$  变化，他们始终差一个  $V_{be}$  值，VT 是一个射极跟随器。

## 二、具有放大环节的串联型可调稳压电源电路介绍

具有放大环节的串联型可调稳压电源电路如图 2.2 所示。

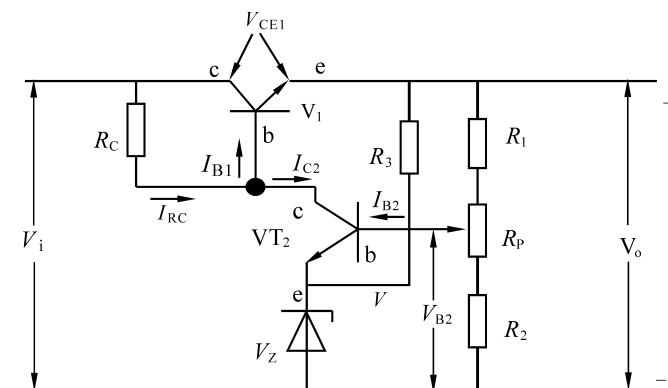


图 2.2 串联型可调稳压电源

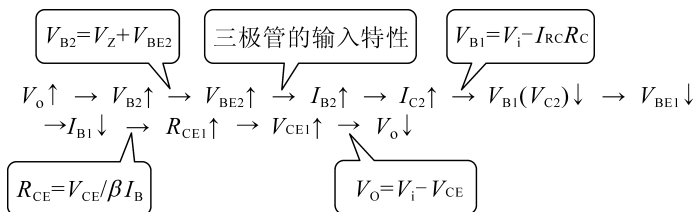
### 1. 电路及各元件的作用

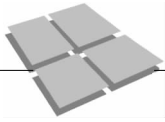
- 1) 调整部分：调整管  $V_1$ 。
- 2) 取样电路： $R_1$ 、 $R_p$ 、 $R_2$  组成的分压器。
- 3) 基准环节：稳压管  $V_z$  和  $R_3$  组成的稳压电路。
- 4) 比较放大级：放大管  $V_2$  等。

因为  $V_i = V_{CE1} + V_o$ ，则有  $V_o = V_i - V_{CE1}$ ，当  $V_o$  增加时  $V_{CE1}$  增加，则  $V_o$  下降。

### 2. 稳压原理

稳压原理如下：





**想一想**

由于某种原因引起  $V_o$  有下降的趋势时, 电路将是怎样的一个稳压过程?

**3. 输出稳定电压的调节**

在忽略  $VT_2$  管的基极电流的情况下, 按分压关系有

$$V_{B2} = V_Z + V_{BE2} \quad (2.1)$$

$$V_{B2} = \frac{V_o}{R_1 + R_P + R_2} [R_2 + R_{P(\downarrow)}] \quad (2.2)$$

由以上两式有

$$V_o = \frac{R_1 + R_P + R_2}{R_2 + R_{P(\downarrow)}} (V_Z + V_{BE2}) \quad (2.3)$$

因  $V_Z \gg V_{BE2}$  则有

$$V_o = \frac{R_1 + R_2 + R_P}{R_2 + R_{P(\downarrow)}} V_Z \quad (2.4)$$



**想一想**

怎样调整输出电压  $V_o$  大小?

只要改变  $R_P$  的抽头位置即可改变电路分压比, 从而调整输出电压  $V_o$  的大小。



**想一想**

何时可取到  $V_{o\max}$ ,  $V_{o\min}$ ?

当  $R_{P(\downarrow)} = 0$  时, 可取到  $V_o$  的最大值

$$V_{o\max} = \frac{R_1 + R_P + R_2}{R_2} V_Z$$

当  $R_{P(\downarrow)} = R_P$  时, 可取到  $V_o$  的最小值

$$V_{o\min} = \frac{R_1 + R_P + R_2}{R_2 + R_P} V_Z$$

**三、稳压电源的技术指标及对稳压电源的要求**

稳压电源的技术指标可以分为两大类: 一类是特性指标, 如输出电压、输出电流及电压调节范围; 另一类是质量指标, 反映一个稳压电源的优劣, 包括稳定度、等效内阻(输出电阻)、纹波电压及温度系数等。对稳压电源的性能, 主要有以下四个方面的要求。

**1. 稳定性好**

当输入电压  $U_{sr}$  (整流、滤波的输出电压) 在规定范围内变动时, 输出电压  $U_{sc}$  的变化应该很小, 一般要求

$$\frac{\Delta U_{sc}}{U_{sc}} \leq 1\% \quad (2.5)$$

$$S = \frac{\Delta U_{sc}/U_{sc}}{\Delta U_{sr}/U_{sr}} = \frac{\Delta U_{sc}}{\Delta U_{sr}} \cdot \frac{U_{sr}}{U_{sc}} \quad (2.6)$$

由于输入电压变化而引起输出电压变化的程度, 称为稳定度指标。S 的大小反映了一个稳压电源克服输入电压变化的能力。在同样的输入电压变化条件下, S 越小, 输出电压的变化越小, 电源的稳定度越高。通常 S 为  $10^{-2} \sim 10^{-4}$ 。

## 2. 输出电阻小

负载变化时(从空载到满载),输出电压  $U_{sc}$  应基本保持不变。稳压电源这方面的性能可用输出电阻表征。

输出电阻(等效内阻)用  $r_{un}$  表示,它等于输出电压变化量和负载电流变化量之比,即

$$r_{un} = \frac{\Delta U_{sc}}{\Delta I_{Lz}} \quad (2.7)$$

$r_{un}$  反映负载变动时,输出电压维持恒定的能力,  $r_{un}$  越小,则  $I_{Lz}$  变化时输出电压的变化也越小。性能优良的稳压电源,输出电阻可小到  $1 \Omega$ ,甚至  $0.01 \Omega$ 。

## 3. 电压温度系数小

当环境温度变化时,会引起输出电压的漂移。良好的稳压电源,应在环境温度变化时,有效地抑制输出电压的漂移,保持输出电压稳定。输出电压的漂移用温度系数  $K_T$  来表示,即

$$K_T = \left. \frac{\Delta U_{sc}}{\Delta T} \right|_{\substack{\Delta U_{sc}=0 \\ \Delta I_{Lz}=0}} \quad (2.8)$$

## 4. 输出纹波电压小

所谓纹波电压,是指输出电压中的 50 Hz 或 100 Hz 的交流分量,通常用有效值或峰值表示。经过稳压作用,可以使整流滤波后的纹波电压降低,降低的倍数反比于稳压系数  $S$ 。

## 四、实训电路图的介绍

电路图如图 2.3 所示。稳压电路部分,可分为取样和调压、基准电压、比较放大、调整放大四个部分,在上面已经介绍过相应内容,不同的是调整放大部分采用复合管。还有一部分为输出显示部分,由  $R_5$  和  $V_9$  组成。

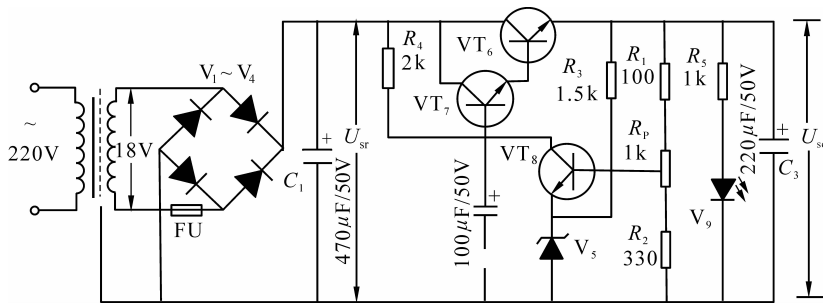
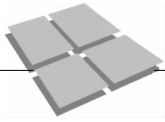


图 2.3 串联可调直流稳压电源的实训电路图

### 1. 变压、整流滤波部分

调整管为了保证工作在放大区,需要有一定的管压降  $U_{ce}$ ,一般取  $U_{ce} = U_{sr} - U_{sc} = 3 \text{ V} \sim 8 \text{ V}$ 。 $U_{ce}$  选得大,可调整范围宽,适应性好,但调整管的功率损耗  $U_{ce} I_c$  较大。根据上述原则可得

$$U_{sr} = U_{scmax} + U_{ce} \quad (2.9)$$



式中,  $U_{scmax}$ ——稳压电源输出电压的最大值, 它由  $U_{sc}$  的可调范围决定, 可取

$$U_{scmax} = (1 + 10\%) U_{sc} = 1.1 \times 12 = 13.2(\text{V}) \quad (2.10)$$

则

$$U_{sr} = 13.2 + (3 \sim 8) = 16.2 \sim 21.2(\text{V}) \quad (2.11)$$

整流电路的输出电流, 包括电源的负载电流(已定为 500 mA)、取样电阻  $R_1$ 、 $R_w$ 、 $R_2$  的电流、稳压管限流电阻  $R_2$  的电流, 所以整流输出电流要大于电源负载电流, 现取 550 mA。

根据在电容滤波电路中带负载时的输出电压为  $U_{sr} = 1.2E_2$ , 由此可以得出变压器次级电压为

$$E_2 = \frac{U_{sr}}{1.2} = \frac{21.2}{1.2} \approx 17.7(\text{V}) \quad (2.12)$$

取  $E_2 = 18 \text{ V}$ 。

整流二极管承受的最大反向电压为  $U_{DM} = \sqrt{2}E_2 = 1.41 \times 18 \approx 25.4(\text{V})$ , 二极管通过的最大电流为

$$I_{DM} = \frac{1}{2} \times 550 = 275(\text{mA})$$

因此可选用 IN4007 型整流管。

选取滤波电容  $C_1$  为 100  $\mu\text{F}$ ; 根据电容耐压值为  $1.5 \times \sqrt{2}E_2 = 27(\text{V})$ , 可选耐压值为 50 V。

稳压电路部分, 可分为取样和调压、基准电压、比较放大、调整放大四个部分, 在上面已经介绍过相应内容, 不同的是调整放大部分采用复合管。

## 2. 电路分析

所选稳压管的基准电压  $U_w$ , 应低于输出电压  $U_{sc}$  最小值 2 V, 但不能太低。这里选取 2Cw56 型稳压管, 其稳定电压 6 V~7 V。 $R_3$  为分压电阻,  $R_3$  与稳压管  $V_5$  为  $V_8$  的发射极提供一个基本稳定的直流参考电压。 $R_4$  与  $V_8$  将取样电路送来的输出电压变动量与基准电压进行比较, 放大后再去控制调整管, 调整管由复合管  $V_6$ 、 $V_7$  组成, 它受比较放大部分的输出电压控制, 自动调整管压降的大小, 以保证输出电压稳定不变。图中, 当  $R_p$  的滑臂向上滑动时, 输出电压下降; 反之, 当  $R_p$  的滑动臂向下滑动时, 输出电压上升。可调范围是有限的, 当  $R_{p(上)}$  过小就会使  $V_8$  饱和;  $R_{p(上)}$  过大又会使  $V_8$  截止, 所以  $R_{p(上)}$  过小及过大都会导致稳压电路失控。

## 3. 电路元件明细表

电路元件明细表见表 2.2

表 2.2 电路元件明细表

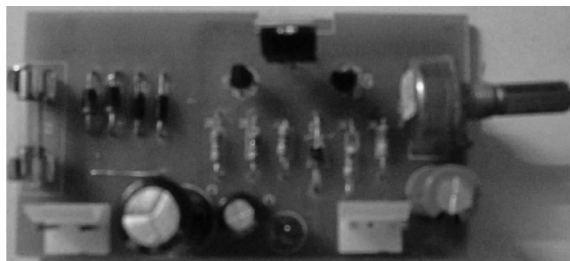
序号	材料名称	型号/规格	单位	数量
1	二极管	IN4007	个	4
2	保险管(配座)	2A	个	1
3	电解电容	470 $\mu\text{F}$ /50 V	个	1

续表

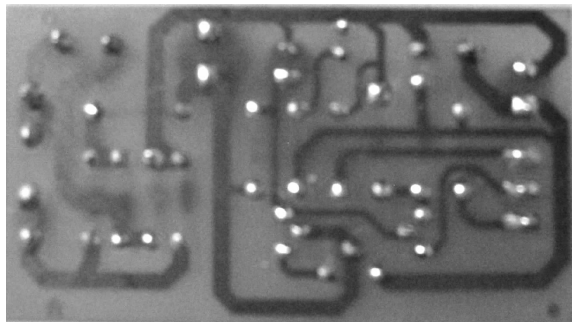
序号	材料名称	型号/规格	单位	数量
4	电解电容	220 $\mu$ /50 V	个	1
5	电解电容	100 $\mu$ /50 V	个	1
6	三极管	BU406	个	1
7	三极管	9013	个	2
8	稳压二极管	2 CW56, 6 V~7 V	个	1
9	电阻	2 k $\Omega$ , 1/4 W	个	1
10	电阻	1.5 k $\Omega$ , 1/4 W	个	1
11	电阻	330 $\Omega$ , 1/4 W	个	1
12	电阻	100 $\Omega$ , 1/4 W	个	1
13	电阻	1 k $\Omega$ , 1/4 W	个 <td 1	
14	电位器	1 k $\Omega$ , 1 W	个	1
15	发光二极管	红色	个	1
16	二极插排座		套	2
17	印刷电路板		块	1

### 技能实训

元件布局如图 2.4(a)所示, 图 2.4(b)是实训完成后某同学的作品, 让我们按照实训步骤来试一试吧。

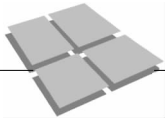


(a)板前元件布局



(b)板后工艺

图 2.4 学生作品



### 1. 安装

- 1) 根据元件明细表配齐元件并检测元件。
- 2) 根据电路图自左向右安装元件。
- 3) 注意走线合理，元件布局美观。

### 2. 调试

#### (1) 不带电检测

用多用电表的欧姆挡在板前依次检测各连接引脚，查看有无虚焊、假焊点，分别测试输入、输出电阻值，看有无短路现象。

#### (2) 带电调试，记录数据

1) 用多用电表的交流挡测变压器二次侧电压，即板件输入电压  $E_2$  为( )；

2) 用多用电表的直流挡测整流输出电压，即电容  $C_1$  两端电压  $U_{C1}$  为( )；测稳压管电压  $U_{V5}$  为( )；调电位器  $R_P$  的大小，测调整管  $U_{ce}$  两端电压；不带负载，测输出电压的变化范围，将测量数据填入表 2.3 中；接上负载  $R_L$  (500  $\Omega$ 、1 A 的滑线变阻器)，改变  $R_L$  大小，测量数据填入表 2.4。

#### (3) 讨论总结

对测得的数据与理论进行对比分析，并总结结论。

表 2.3 实训数据记录表(1)

$R_{P(\downarrow)}/\Omega$	$U_{ce}/V$	$U_{sc}/V$
		$U_{scmin} =$
		12 V
		$U_{scmax} =$

表 2.4 实训数据记录(2)

$I_o/mA$	测试值 $U_{sc}/V$
空载	
50	
100	

### 3. 故障检测

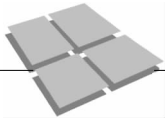
- 1) 整流输出的电压即电容  $C_1$  两端若为理论分析电压的一半，则桥臂有故障。
- 2) 若  $U_{ce}$  两端电压与  $C_1$  两端电压相等或很小，则调整管处于截止或饱和状态，则调整管部分有问题。
- 3) 若稳压管两端电压不符合要求，则基准电路部分有问题。
- 4) 调  $R_P$  若输出电压不可调，则查找取样电路部分。



班级：\_\_\_\_\_ 学号：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 得分：\_\_\_\_\_

项目	考核内容及要求	配分	评分标准	扣分	得分
安装前检查	1. 核对元件数量和规格 2. 用多用电表判别三极管元件的管脚极性和性能 3. 用多用电表检查所用稳压管、二极管的好坏和极性	20	1. 核对有错每个扣 2 分 2. 不会用多用电表检查三极管的好坏扣 10 分 3. 不会用多用电表判别稳压管和二极管的好坏和极性的扣 5 分		
安装质量	1. 装接正确，焊接牢固 2. 元件排列整齐、美观、线路板清洁 3. 焊点光亮圆滑，无虚焊或漏焊 4. 焊接过程中不损坏元件	30	1. 装接不正确，每处扣 3 分 2. 线路板上元件排列不整齐扣 3 分，不清洁扣 3 分 3. 虚焊或焊点有毛刺每处扣 3 分，漏焊每处扣 8 分 4. 焊接时损坏元件扣 10 分		
调试	1. 会正确使用仪表 2. 调试方法正确 3. 按要求调试输出值，并记录有关数据	50	1. 不正确使用仪表扣 10 分 2. 调试方法不正确扣 10 分 3. 调试后输出未达到要求扣 10 分 4. 记录数据不正确，每处扣 5 分		
安全文明生产	1. 遵守电工操作规程，安全文明操作，违反规定从总分中扣分 2. 考生故意违反安全文明生产或发生重大事故，取消其考试资格		1. 工具、仪表使用和放置不合理每次扣 2 分，人为损坏扣 10 分 2. 违反操作规程没造成事故一次扣 5 分，造成事故一次扣 20 分 3. 考完不清理场地扣 10 分		
考核时间	年 月 日		教师签字		





## 项目 3 彩灯循环控制器的设计与制作

### 学习目标

1. 掌握 555 定时器的组成及外引线排列图，理解 555 定时器的工作原理，掌握其工作特点。
2. 掌握 555 定时器的典型应用，特别是本实训中将用到的由 555 定时器构成的多谐振荡器。
3. 能够根据设计任务书完成彩灯循环控制器的设计及制作。
4. 对设计的作品进行调试并能够进行故障排除。
5. 进一步学习示波器的使用。
6. 学习用手工绘图或用电子线路画图软件画出实训图。

### 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 3.1。

表 3.1 设备、工具、材料

名称	型号规格	数量
多用电表	数字式或模拟式	1 台
示波器		1 台
电烙铁	15~30W	1 支
烙铁架		1 个
吸锡器		1 个
彩灯循环控制器套件		1 套
变压器	220V/18V	1 个
直流可调串联稳压电源板		1 块

### 相关知识

#### 一、555 定时器介绍

555 定时器为数字-模拟混合集成电路；可产生精确的时间延迟和振荡，内部有 3 个 5 kΩ 的电阻分压器，故称 555 定时器；在波形的产生与变换、测量与控制、家用电器、电子玩具等许多领域中都用到了 555 定时器。

各公司生产的 555 定时器的逻辑功能与外引线排列都相同，其类型特点见表 3.2。

表 3.2 555 定时器产品

	双极型产品	CMOS 产品
单 555 型号的最后几位数码	555	7 555
双 555 型号的最后几位数码	556	7 556
优点	驱动能力较大	低功耗、高输入阻抗
电源电压工作范围	5 V~16 V	3 V~18 V
负载电流	可达 200 mA	可达 4 mA

### 1. 电路组成

555 定时器主要由比较器、触发器、反相器和由三个  $5\text{ k}\Omega$  电阻组成的分压器等部分构成, 电路如图 3.1 所示。

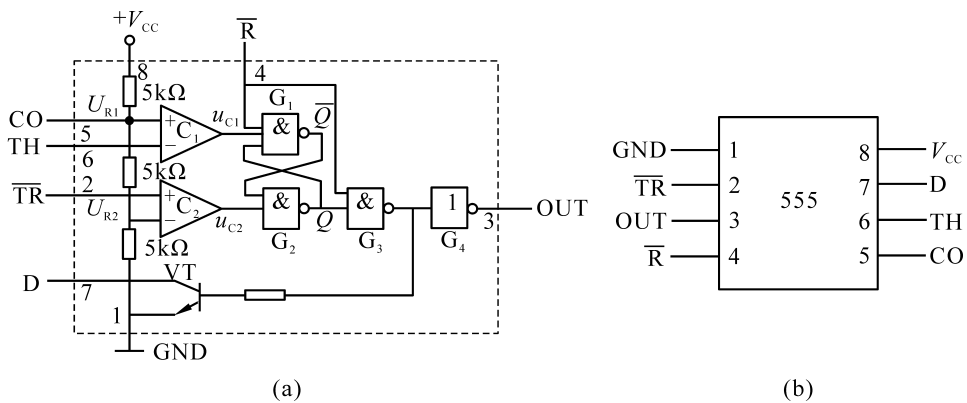


图 3.1 555 定时器的结构及引脚图

#### (1) 电阻分压器

由 3 个  $5\text{ k}\Omega$  的电阻  $R$  组成, 为电压比较器  $C_1$  和  $C_2$  提供基准电压。

#### (2) 电压比较器 $C_1$ 和 $C_2$

当  $U_+ > U_-$  时,  $U_C$  输出高电平, 反之则输出低电平。CO 为控制电压输入端。

当 CO 悬空时,  $U_{R1} = \frac{2}{3}V_{CC}$ ,  $U_{R2} = \frac{1}{3}V_{CC}$ 。当  $CO = U_{CO}$  时,  $U_{R1} = U_{CO}$ ,  $U_{R1} =$

$$U_{R2} = \frac{1}{2}U_{CO}。$$

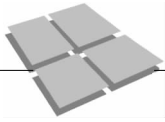
TH 称为高触发端, TR 称为低触发端。

#### (3) 基本 RS 触发器

其置 0 和置 1 端为低电平有效触发。R 是低电平有效的复位输入端。正常工作时, 必须使 R 处于高电平。

#### (4) 放电管 T

T 是集电极开路的三极管。相当于一个受控电子开关。输出为 0 时, T 导通, 输出为 1 时, T 截止。



(5) 缓冲器

缓冲器由  $G_3$  和  $G_4$  构成，用于提高电路的负载能力。

2. 电路工作原理

(1) 555 定时器的功能表

555 定时器功能见表 3.3。

表 3.3 555 定时器功能

输 入			输 出	
TH	$\overline{TR}$	$\overline{R}$	OUT	T
×	×	0	0	导通
$>U_{R1}$	$>U_{R2}$	1	0	导通
$<U_{R1}$	$>U_{R2}$	1	不变	不变
$<U_{R1}$	$<U_{R2}$	1	1	截止

(2) 555 定时器的工作原理

从功能表可以看出：TH 接至反相输入端，当  $TH > U_{R1}$  时， $U_{C1}$  输出低电平，使触发器置 0，故称为高触发端(有效时置 0)；TR 接至同相输入端，当  $TR < U_{R2}$  时， $U_{C2}$  输出低电平，使触发器置 1，故称为低触发端(有效时置 1)；555 定时器有两个阈值电平，分别是  $1/3V_{CC}$  和  $2/3V_{CC}$ ；输出端为低电平时三极管 VT 导通，7 脚输出低电平；输出端为高电平时三极管 VT 截止，如果 7 脚接一个上拉电阻，7 脚输出为高电平。所以当 7 脚接一个上拉电阻时，输出状态与 3 脚相同。

3. 555 定时器的典型应用电路

555 定时器的典型应用有作为单稳态触发器、施密特触发器和多谐振荡器使用。实训中我们用到的是作为多谐振荡器使用。

555 定时器构成的多谐振荡器如图 3.2(a) 所示。它是将两个触发端 2 脚和 6 脚合并在一起，放电端 7 脚接于两电阻之间。电容  $C$  上的充放电波形及振荡器输出  $u_o$  波形如图 3.2(b) 所示。

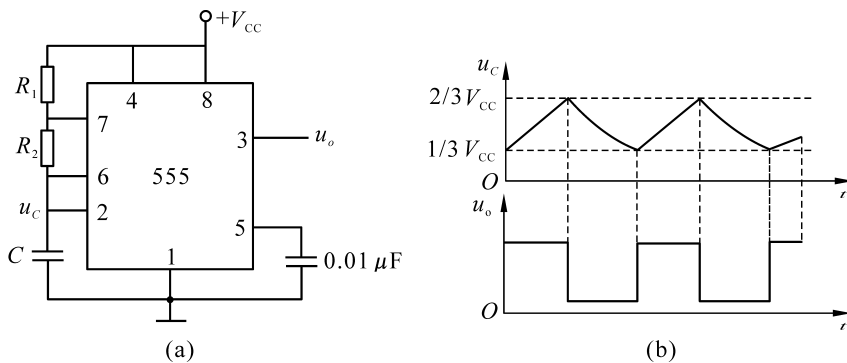


图 3.2 多谐振荡器组成及输出波形图

输出波形的振荡周期可用过渡过程公式计算。

设输出波形的高电平时间为  $t_{w1}$ ，低电平时间为  $t_{w2}$ ，则由  $C$  的充电过程有

$$u_{c(0)} = \frac{1}{3}V_{CC}、u_{c(\infty)} = V_{CC}、\tau_1 = (R_1 + R_2)C$$

当  $t = t_{w1}$  时， $u_{c(t_{w1})} = \frac{2}{3}V_{CC}$ ，代入式

$$u_c(t) = u_c(\infty) + [u_c(0) - u_c(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3.1)$$

可解出

$$t_{w1} = 0.7(R_1 + R_2)C$$

由  $C$  的放电过程有

$$u_{c(0)} = \frac{2}{3}V_{CC}、u_{c(\infty)} = 0V、\tau_1 = R_2C$$

当  $t = t_{w2}$  时， $u_{c(t_{w2})} = \frac{1}{3}V_{CC}$ ，可解出

$$t_{w2} = 0.7R_2C$$

于是可求得振荡周期  $T$ 、频率  $f$  和占空比为

$$T = t_{w1} + t_{w2} = 0.7(R_1 + 2R_2)C \quad (3.2)$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C} \quad (3.3)$$

$$D = \frac{T_1}{T} \times 100\% = \frac{t_{w1}}{T} \times 100\% \quad (3.4)$$

式中， $D$ ——占空比。

对于图 3.2 所示的多谐振荡器，因  $t_{w1} > t_{w2}$ ，它的占空比大于 50%，占空比不可调节。图 3.3 是一种占空比可调的电路，该电路因加入了二极管，使电容器的充电和放电回路不同，可以调节电位器使充、放电时间常数相同。如果  $R_A = R_B$ ，调节电位器可以获得 50% 的占空比，即

$$\tau_{充} = R_A C$$

$$t_{w1} = 0.7R_A C$$

$$\tau_{放} = R_B C$$

$$t_{w2} = 0.7R_B C$$

则振荡周期

$$T = t_{w1} + t_{w2}$$

## 二、彩灯循环控制器设计任务书

彩灯循环控制器技术指标如下。

- 1) 彩灯能够自动循环点亮。
- 2) 彩灯循环显示且频率快慢可调。
- 3) 控制电路具有 8 路以上输出。

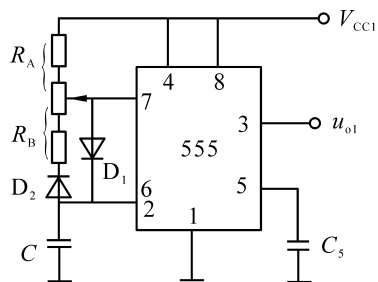
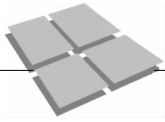


图 3.3 占空比可调的多谐振荡器



### 三、设计过程

在实际工作中，能够实现上述设计任务要求的电路形式或方案很多，现给出一种与数字电路内容结合紧密且容易实现的电路方案，以期开阔思路，学习数字电路的设计与制作方法。

#### 1. 方案分析

此电路主要由三部分组成，其整体框图如图 3.4 所示。

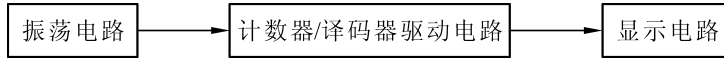


图 3.4 彩灯循环控制器电路框图

#### 2. 方案实现

##### (1) 振荡电路

主要用来产生时间基准信号(脉冲信号)。因为循环彩灯对频率的要求不高，只要能产生高低电平就可以了，且脉冲信号的频率可调，所以采用 555 定时器组成的振荡器，其输出的脉冲作为下一级的时钟信号，电路如图 3.5 所示。

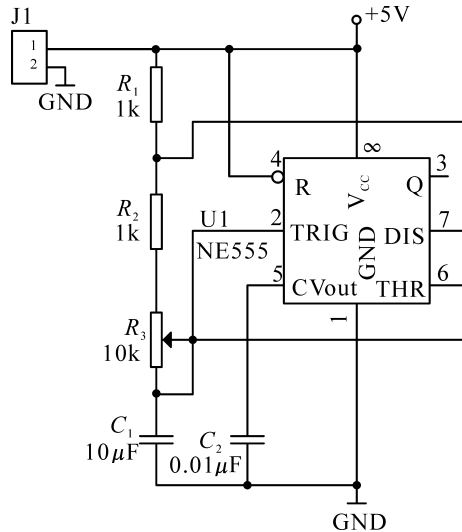


图 3.5 555 定时器组成的振荡器

##### (2) 计数器/译码器驱动电路

计数器是用来累计和寄存输入脉冲个数的时序逻辑部件。在此电路中采用十进制计数/分频器 CD4017，它是一种用途非常广泛的电路。其内部由计数器及译码器两部分组成，由译码输出实现对脉冲信号的分配，整个输出时序就是  $Q_0, Q_1, Q_2, \dots, Q_9$  依次出现与时钟同步的高电平，脉冲宽度等于时钟周期。

CD4017 有 3 个输入端(RST, CLK 和  $\overline{\text{ENA}}$ )，RST 为清零端，当在 RST 端上加高电平或正脉冲时其输出  $Q_0$  为高电平，其余输出端( $Q_1 \sim Q_9$ )均为低电平。CLK 和  $\overline{\text{ENA}}$  是 2 个时钟输入端，若要用上升沿来计数，则信号由 CLK(14 脚)端输入；若要用下降

沿来计数，则信号由 $\overline{\text{ENA}}$ 输入。设置 2 个时钟输入端，级联时比较方便，可驱动更多二极管发光。

CD4017 有 10 个输出端( $Q_0 \sim Q_9$ )和 1 个进位输出端 CO。每输入 10 个计数脉冲，CO 就可得到 1 个进位正脉冲，该进位输出信号可作为下一级的时钟信号。

由此可见，当 CD4017 有连续脉冲输入时，其对应的输出端依次变为高电平状态，故可直接用作顺序脉冲发生器。

CD4017 的管脚仿真图如图 3.6 所示，集成块的管脚分布图如图 3.7 所示。

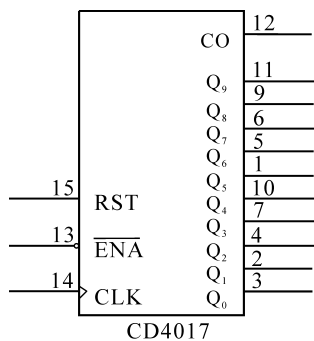


图 3.6 CD4017 的管脚仿真图

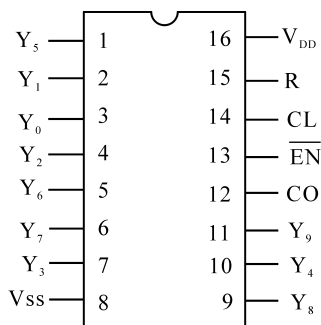


图 3.7 CD4017 的管脚分布图

### (3) 显示电路

显示电路主要由发光二极管组成，如图 3.8 所示。当 CD4017 的输出端依次输出高电平时，驱动发光二极管也依次点亮，产生一种流动变化的效果。发光二极管要求驱动电压小一点，一般在 1.66 V 左右，电流在 5 mA 左右。彩灯的循环速度由脉冲源频率决定。R、C 构成微分电路，用于上电复位。

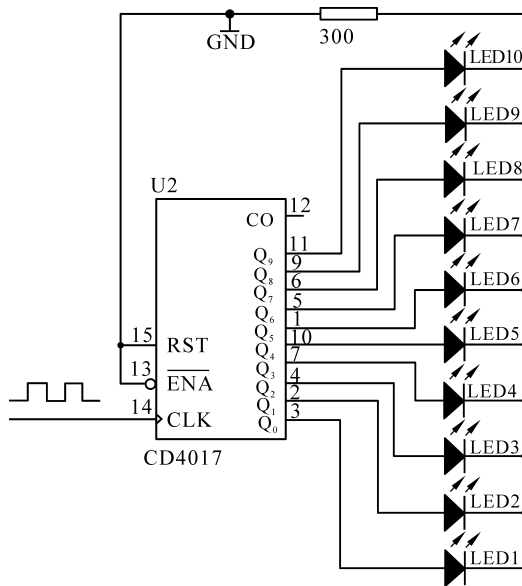
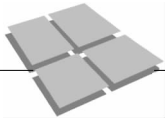


图 3.8 CD4017 与发光二极管组成的显示电路图



整机电路如图 3.9 所示。

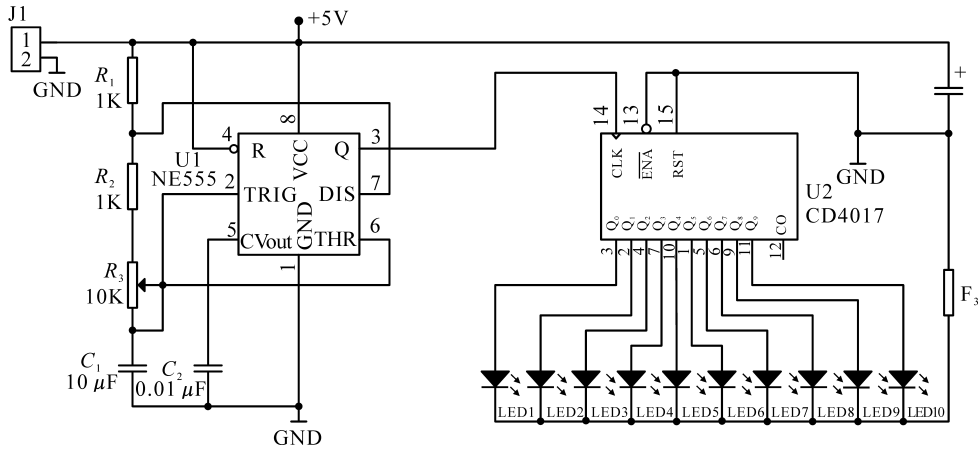


图 3.9 整机电路图

### 技能实训

#### 1. 手工制图或 PCB 图设计与生成

- 1) 由原理图手工绘制布线图或由整机电路图直接生成网络表。
- 2) 调用 Protel PCB，并进行元器件合理布局。
- 3) 调用网络表，并自动布线。
- 4) PCB 图的人工调整及打印输出。

设计完成的 PCB 图如图 3.10 所示，图 3.11 是实训完成后某同学的作品，让我们来试一试吧。

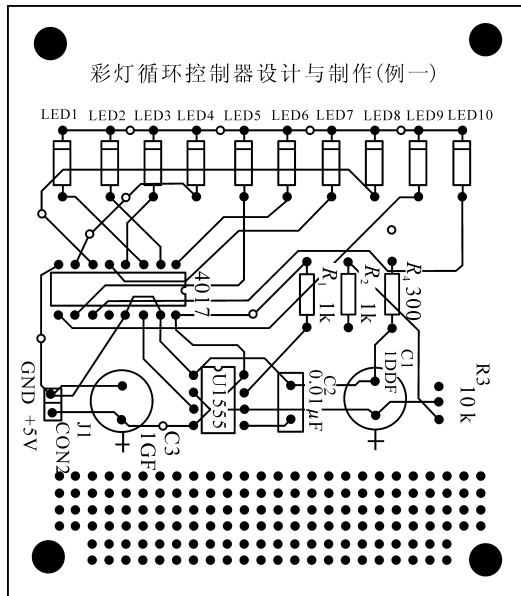


图 3.10 整机电路 PCB 图

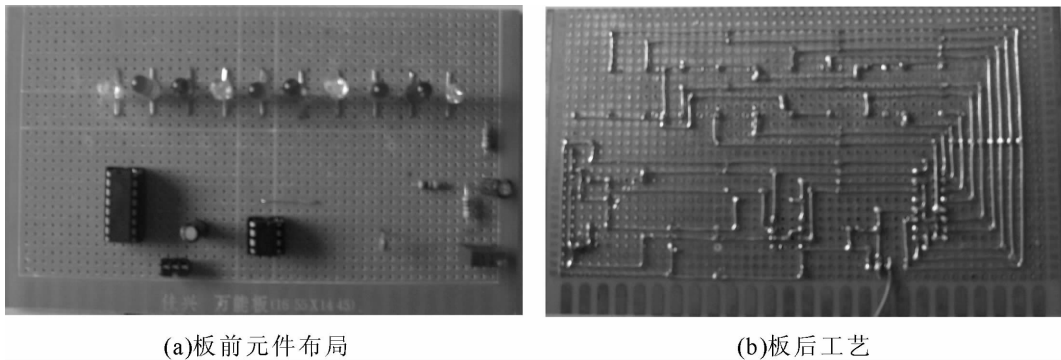


图 3.11 学生作品图

## 2. 板件安装及调试

### (1) 安装前的准备

安装如图 3.9 所示的彩灯循环控制电路前，应做好以下准备工作：

1) 备料：根据原理图 3.9 及表 3.5 备齐各元器件。

2) 准备工具：根据表 3.1 准备好所需工具。

3) 校对：根据电路原理图核对元件，用多用电表检测元器件质量，根据图 3.10 所示的线路排列元件。

### (2) 电路安装

根据自己画的布线图或图 3.10 将各元器件安装固定在对应位置，要求接触紧密；电阻、电容器件排列整齐，高度一致；安装连接件或插接件时，要保持平直。所有连线应简洁、明了，不走架空线。

### (3) 调试

1) 不带电检测。用多用电表的欧姆挡在板前依次检测各连接引脚，查看有无虚焊、假焊点；测试输入电阻值，看有无短路现象；测试电源、接地线，确定无漏接线；测试显示部分，确定二极管与芯座管脚可靠连接，二极管的极性正确。

2) 带电调试，画出波形并记录数据。接上电源，灯应循环点亮闪烁，且闪烁频率可调。用示波器测试  $u_c$  波形和  $u_3$  波形，并记录数据填入表 3.4 中。

### (4) 分析讨论

将记录的数据与理论值对比分析，得到相应的结论。

表 3.4 实训数据记录表

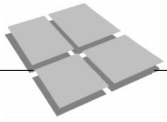
$U_{R1}$ (V)	$U_{R21}$ (V)	$T_{\max}$ (ms)	$T_{\min}$ (ms)	$U_3$ 幅值(V)

## 3. 设计要求

1) 画出电路原理图(或仿真电路图)。

2) 元器件及参数选择。





- 3) 电路仿真与调试。
  - 4) PCB 文件生成与打印输出。
  - 5) 自行安装与调试, 发现问题和解决问题。
  - 6) 编写设计报告。写出设计与制作全过程, 附上有关资料和图纸及心得体会等。
  - 7) 答辩。在规定时间内, 完成叙述并回答提问。
- 彩灯循环控制器设计与制作元器件清单见表 3.5。

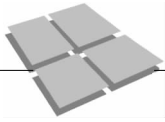
表 3.5 实训元器件清单

元 件	特 征	数 量	位 置
0.01 $\mu$ F	独石电容	1	C2
10 k $\Omega$	3 329	1	R3
10 $\mu$ F	25 V	1	C1
1 k $\Omega$	1/4 W	2	R1、R2
1 $\mu$ F	25 V	1	C3
300 $\Omega$	1/4 W	1	R4
CD4017	DIP16	1	U2
NE555	DIP8	1	U1
7805	DIP3	1	VCC/5 V
CON2	SIP2	1	J1
LED	$\phi$ 5 发光二极管	10	LED1、LED2、LED3、LED4、LED5、 LED6、LED7、LED8、LED9、LED10
IC 管座	DIP16	1	U2
IC 管座	DIP8	1	U1
IC 管座	DIP3	1	VCC/5 V
2 芯电源线	线径 0.15 红色、黑色各 30 cm	1	J1
彩灯循环控制器设计与制作万能板		1	彩灯循环控制器设计与制作



班级：\_\_\_\_\_ 学号：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 得分：\_\_\_\_\_

项目	考核内容及要求	配分	评分标准	扣分	得分
安装前检查	1. 核对元件数量和规格 2. 用多用电表判别所用元件的好坏 3. DIP 管座与芯片的使用	20	1. 核对有错每个扣 2 分 2. 不会用多用电表检查元件的好坏扣 10 分 3. 不会正确使用 DIP 管座及芯片扣 10 分		
安装质量	1. 装接正确，焊接牢固 2. 元件排列整齐、美观、线路板清洁 3. 焊点光亮圆滑，无虚焊或漏焊 4. 焊接过程中不损坏元件 5. 不走交叉线	30	1. 装接不正确，每处扣 5 分 2. 线路板上元件排列不整齐扣 3 分，不清洁扣 3 分 3. 虚焊或焊点有毛刺每处扣 3 分，漏焊每处扣 8 分 4. 焊接时损坏元件扣 10 分 5. 每走一处交叉线扣 5 分		
调试	1. 会正确使用仪表 2. 调试方法正确，出现问题能独立解决 3. 按要求调试输出现象，并记录有关数据	50	1. 错误使用示波器扣 10 分 2. 调试方法不正确扣 10 分。不能独立解决问题扣 10 分 3. 调试后输出未达到要求扣 10 分，记录数据不正确扣 10 分		
安全文明生产	1. 遵守电工操作规程，安全文明操作，违反规定从总分中扣分 2. 考生故意违反安全文明生产或发生重大事故，取消其考试资格		1. 工具、仪表使用和放置不合理每次扣 2 分，人为损坏扣 10 分 2. 违反操作规程没造成事故一次扣 5 分，造成事故一次扣 20 分 3. 考完不清理场地扣 10 分		
考核时间	年 月 日	教师签字			



## 项目 4 单向晶闸管调光电路的安装与调试

### 学习目标

1. 会判断和识别晶闸管和单结晶体管。
2. 能够对单向晶闸管调光电路的原理进行熟练的分析。
3. 能够由电路图合理安排元件位置和走线，并进行焊接。
4. 安装完毕的电路能够自行进行接通电源，进行调试，有故障会分析处理。

### 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 4.1。

表 4.1 设备、工具、材料

名称	型号规格	数量
多用电表	数字式或模拟式	1 台
示波器		1 台
电烙铁	220 V/30 W	1 支
烙铁架		1 个
吸锡器		1 个
焊锡丝	细软(带松香)	0.5 米
镊子		1 支
晶闸管调光电路元件清单		1 套
变压器	220 V/36 V	1 个

### 相关知识

#### 一、晶闸管和单结晶体管

##### 1. 晶闸管

###### (1) 晶闸管的导通和阻断

晶闸管(可控硅)是一种可控的单向导电元件，是一种具有三个 PN 结的四层结构的半导体器件，其结构示图和符号如图 4.1 所示，三个电极分别为阳极 A、阴极 K、控制极 G。

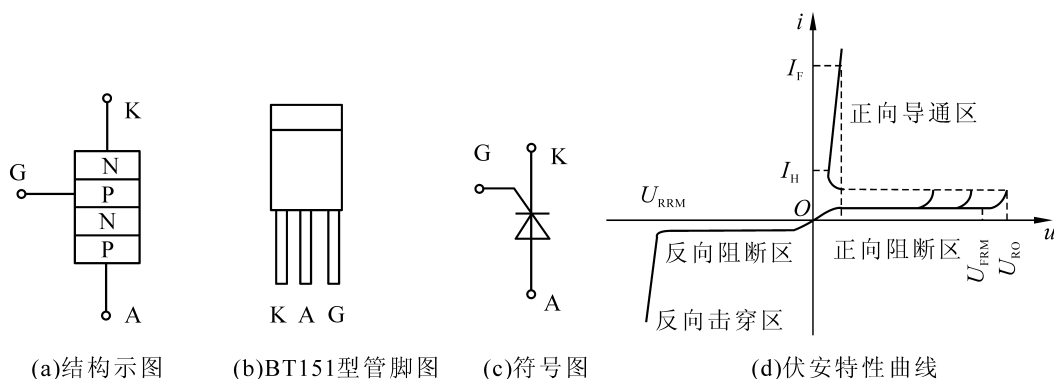


图 4.1 晶闸管的结构及伏安特性曲线

晶闸管从阻断状态转为导通状态必须具备两个条件：一是阳极 A 与阴极 K 之间加正向电压。二是控制极 G 与阴极 K 之间加正向电压。晶闸管导通后，控制极就失去作用，这时去掉或重复供给控制电压，都不会影响晶闸管的继续导通。所以当阳极与阴极之间加正向电压时，只要在控制极上加一个短时存在的正向脉冲电压，就可触发晶闸管导通。晶闸管的伏安特性曲线如图 4.1(d) 所示。晶闸管从导通转为阻断的条件是：流过正向阳极 A 极的电流必须小于晶闸管的维持电流  $I_H$ 。

图 4.1(a) ~ (c) 为晶闸管的结构图、管脚排列及电路符号。阴极(K)与阳极(A)之间、阳极(A)与控制极(G)之间的正反向电阻  $R_{AK}$ 、 $R_{KA}$ 、 $R_{AG}$ 、 $R_{GA}$  都很大，而控制极(G)与阴极(K)之间的正向电阻  $R_{GK}$  较小，反向电阻  $R_{KG}$  较大。若测出的控制极和阳极间，或阴极和阳极间的电阻很小，则表示该晶闸管已被击穿，不能使用。

## (2) 晶闸管整流电路

整流电路是将交流电变换为电压大小可以调节的直流电的电路，通常有主电路和触发电路两部分组成。图 4.2 是单相半波可控整流电路(主电路)，它与普通的不可控半波整流电路的差别在于用一个晶闸管代替了原来的二极管。触发电压  $u_g$  由单结晶体管触发电路供给。改变触发电压  $u_g$  的相位，即改变控制角  $\alpha$  的大小，就可以改变晶闸管的导通时刻，从而改变了输出直流电压  $U_L$  的值。图 4.2 是在纯电阻性负载时各部分的电压及负载电流的波形。在单相半波可控整流的情况下， $U_L$  为

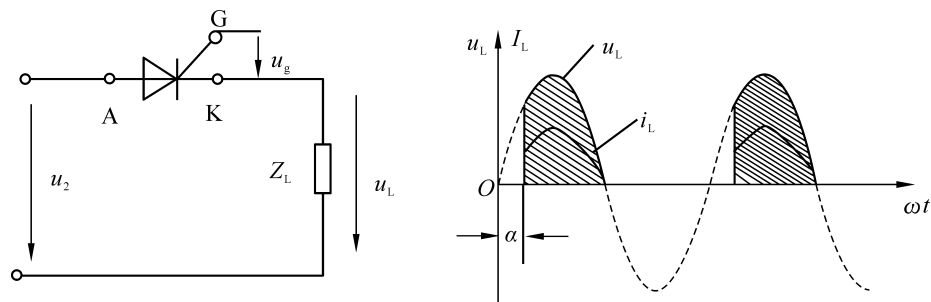
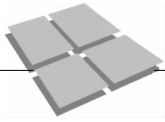


图 4.2 单相半波可控整流主电路及波形



$$U_L = 0.45U_2 \frac{1 + \cos \alpha}{2} \quad (4.1)$$

### (3) 晶闸管的检测

把多用电表置于  $R \times 100$  挡或  $R \times 1k$  挡, 黑表笔接假设的控制极 G, 红表笔接另外两极, 当出现一次电阻值大, 一次电阻值小时, 黑表笔接的就是晶闸管的控制极 G。确定晶闸管的控制极 G 以后, 电阻值小的一次, 红表笔接的是晶闸管的阴极 K, 另一极则为阳极 A。

## 2. 单结晶体管

### (1) 单结晶体管的图形和文字符号

单结晶体管又称为双基极二极管, 它有两个基极(第一基极  $B_1$ 、第二基极  $B_2$ )和一个发射极 E, 图 4.3 是单结晶体管的外形、符号和等效电路图。

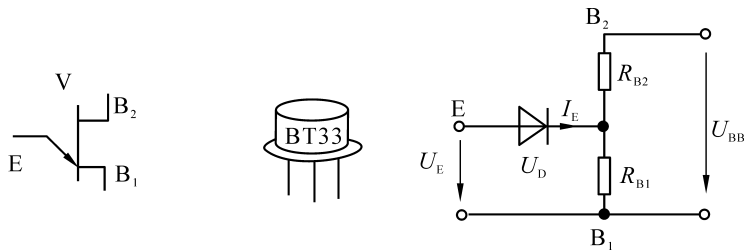


图 4.3 单结晶体管符号、外形及等效电路图

单结晶体管的伏安特性曲线是指在基极  $B_2$ 、 $B_1$  间加一个恒定电压  $U_{BB}$  时 ( $B_2$  接正,  $B_1$  接负) 发射极电流  $i_E$  与电压  $u_E$  的关系曲线。如图 4.4 所示,  $U_P$  为峰点电压, 只有当  $u_E$  的电压到达峰点电压时, 单结晶体管才能导通; 导通后, 当  $u_E$  的电压下降到小于谷点电压  $U_V$  后, 单结晶体管又恢复截止。

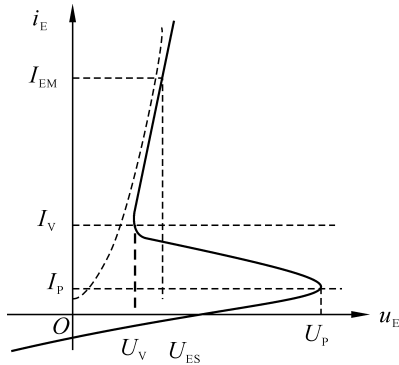


图 4.4 单结晶体管的伏安特性曲线

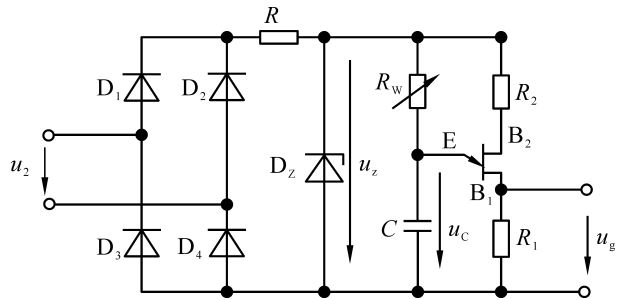


图 4.5 单结晶体管的触发电路

### (2) 单结晶体管的触发电路

在图 4.5 中, 电压  $u_2$  经整流和削波电路后的梯形电压  $u_z$  经电阻  $R_w$  向电容  $C$  充电, 当电容电压  $u_C$  升至单结晶体管的峰点电压时, 单结晶体管导通, 电容  $C$  经发射极 E 和第一基极  $B_1$  向电阻  $R_1$  放电, 当电容电压  $u_C$  降到单结晶体管的谷点电压时, 单结晶体

管截止，从而在  $R_1$  上形成一个正向脉冲电压  $u_g$ ，此时梯形波电压再次经  $R_w$  向  $C$  充电，重复上述过程。改变  $R_w$  的值即可改变充电的速度，也就是改变每个半周中出现第一个脉冲的时刻，从而改变晶闸管开始导通的时间。 $R_w$  的值越小，充电越快，出现第一个脉冲的时刻越早，即控制角  $\alpha$  越小。

### (3) 单结晶体管的检测

1) 判断单结晶体管发射极 E 的方法是：把多用电表置于  $R \times 100$  挡或  $R \times 1k$  挡，黑表笔接假设的发射极，红表笔接另外两极，当出现两次低电阻时，黑表笔接的就是单结晶体管的发射极。

2) 单结晶体管  $B_1$  和  $B_2$  的判断方法是：把多用电表置于  $R \times 100$  挡或  $R \times 1k$  挡，用黑表笔接发射极，红表笔分别接另外两极，两次测量中，电阻大的一次，红表笔接的就是  $B_1$  极。

应当说明的是，上述判别  $B_1$ 、 $B_2$  的方法，不一定对所有的单结晶体管都适用，有个别管子的发射极 E 与基极  $B_1$  间的正向电阻值较小。不过准确地判断基极  $B_1$  和基极  $B_2$  在实际使用中并不特别重要。即使  $B_1$ 、 $B_2$  颠倒了，也不会使管子损坏，只影响输出脉冲的幅度(单结晶体管多作脉冲发生器使用)，当发现输出的脉冲幅度偏小时，只要将原来假定的  $B_1$ 、 $B_2$  对调过来就可以了。

## 二、单向晶闸管调光电路

实训电路如图 4.6 所示，220 V 的交流电经变压器，在副边绕组得到  $U_2 = 36$  V 电压作为桥式整流电路的输入电压，主电路与触发电路由同一个整流电源供电。白炽灯作为电阻性负载串接在晶闸管主电路。晶闸管导通所需的触发脉冲由单结晶体管触发电路供给，全波整流电压  $u_0$  经稳压管削波后，得到一个梯形波  $u_z$ ，作为单结晶体管电路的同步电源，当交流电源电压过零时， $u_z$  也过零，使电容端电压  $u_c$  每次都从电源电压过零时开始充电，从而保证了触发电路与主电路之间的同步关系。

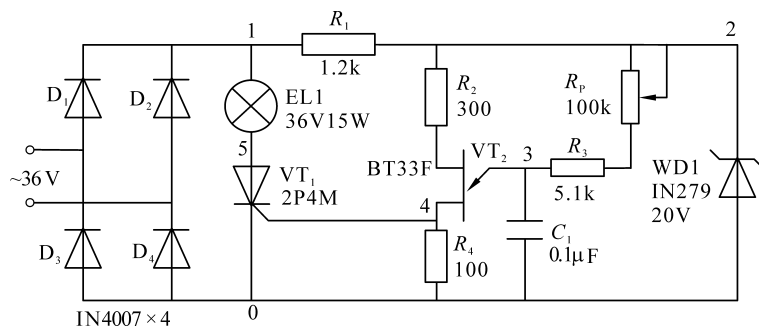
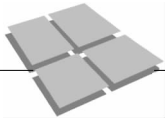


图 4.6 单向晶闸管调光电路

## 技能实训

### 1. 判别元件

用多用电表测试单结晶体管和晶闸管并判别其是否完好。



## 2. 根据实训电路图配齐元件并安装

根据实训电路图按表 4.2 配齐元件。

在万能板上按图 4.6 将各元器件安装固定在对应位置，要求接触紧密；电阻、电容器件排列整齐，高度一致，要保持平直。所有连线应简洁、明了，不走架空线。

表 4.2 元件清单

序号	材料名称	型号 \ 规格	单位	数量
1	保险管(配座)	2A	个	1
2	二极管	IN4007	个	4
3	单向晶闸管	2P4M	个	1
4	单结晶体管	BT33F	个	1
5	电阻	1.2 k $\Omega$ 1/4 W	个	1
6	电阻	300 $\Omega$ 1/4 W	个	1
7	电阻	100 $\Omega$ 1/4 W	个	1
8	电阻	1.2 k $\Omega$ 1/4 W	个	1
9	电位器	100 k $\Omega$	个	1
10	电容	0.1 $\mu$ F/25 V	个	1
11	稳压二极管	IN279 20 V	个	1
12	万能板	15 cm $\times$ 10 cm	块	1
13	二极管排座		套	2

## 3. 调试

经不带电检查无误后，接通电源。带电调试原则：先调控制电路再调主电路。

### (1) 控制电路调试

把电位器  $R_p$  放在最小处，用示波器观察并绘下 2-0、3-0、4-0 点的波形，画在图 4.7 中。调节  $R_p$ ，观察  $u_{C1}$ 、 $u_{R4}$  波形的变化，并与上述波形作比较。

### (2) 主电路调试

1) 主电路负载用白炽灯泡，接入交流电压  $u_2$  后测量  $U_2$  值，晶闸管控制极 G 接上触发脉冲  $u_g$  后，把电位器  $R_p$  调到最小，用示波器观察交流输入电压  $u_2$ 、晶闸管压降  $u_T$  (5-0)、输出电压  $u_L$  (1-5) 的波形，并绘在图 4.7 中。

2) 调节  $R_p$ ，观察白炽灯亮度的变化以及  $u_T$ 、 $u_L$  波形的变化，同时用多用电表测量负载电压  $U_L$ ，并计算相应的控制角  $\alpha$ 。记入表 4.3 中。

3) 调试不成功时，能独立查找故障原因并排除故障。

4) 将测得的波形和记录的数据与理论值对比分析，得出相应的结论。

表 4.3 负载电压  $u_L$  及控制角  $\alpha$ 

测试项目	灯泡亮度	$u_L/V$	计算 $\alpha$
$R_P$ 最小			
$R_P$ 适中			
$R_P$ 最大			

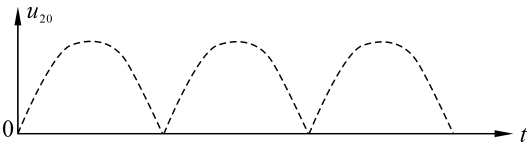
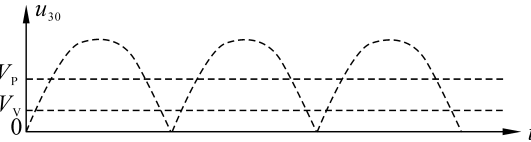
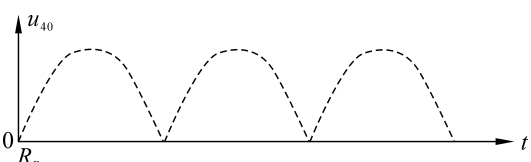
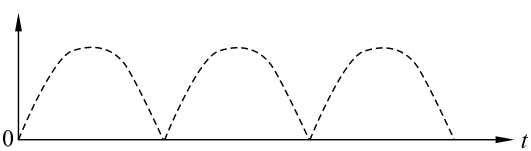
电压名称	观察点	波形	配分	得分
梯形波 同步电压	2—0		5	
锯齿波 电压 ( $R_P$ 较大)	3—0		5	
输出 脉冲	4—0		5	
输出 电压	1—5		5	

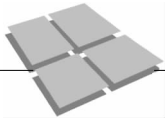
图 4.7 单向晶闸管调光电路各点波形



班级：\_\_\_\_\_ 学号：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 得分：\_\_\_\_\_

项目	考核内容及要求	配分	评分标准	扣分	得分
安装 前检 查	1. 核对元件数量和规格 2. 用多用电表判别晶闸管元件的管脚极性和性能 3. 用多用电表检查所用单结晶体管的好坏	20	1. 核对有错每个扣 2 分 2. 不会用多用电表检查晶闸管的好坏扣 10 分 3. 不会用多用电表判别单结晶体管 E 极的扣 5 分		





续表

项目	考核内容及要求	配分	评分标准	扣分	得分
安装质量	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 装接正确，焊接牢固</li> <li>2. 元件排列整齐、美观、线路板清洁</li> <li>3. 焊点光亮圆滑，无虚焊或漏焊</li> <li>4. 焊接过程中不损坏元件</li> </ol>	30	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 装接不正确，每处扣 3 分</li> <li>2. 线路板上元件排列不整齐扣 3 分，不清洁扣 3 分</li> <li>3. 虚焊或焊点有毛刺每处扣 3 分，漏焊每处扣 8 分</li> <li>4. 焊接时损坏元件扣 10 分</li> </ol>		
调试	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 会正确使用仪表</li> <li>2. 调试方法正确</li> <li>3. 按要求调试输出值，并记录有关数据</li> </ol>	50	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不正确使用仪表扣 10 分</li> <li>2. 调试方法不正确扣 10 分</li> <li>3. 调试后输出未达到要求扣 10 分</li> <li>4. 记录数据错误扣 10 分</li> </ol>		
安全文明生产	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 遵守电工操作规程，安全文明操作，违反规定从总分中扣分</li> <li>2. 考生故意违反安全文明生产或发生重大事故，取消其考试资格</li> </ol>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 工具、仪表使用和放置不合理每次扣 2 分，人为损坏扣 10 分</li> <li>2. 违反操作规程没造成事故一次扣 5 分，造成事故一次扣 20 分</li> <li>3. 考完不清理场地扣 10 分</li> </ol>		
考核时间	年 月 日		教师签字		

## 第 2 篇

---

# 小型 PLC 技能实训

# 项目 5 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 的认识实训

## 学习目标

1. 掌握 PLC 的基本概念、PLC 的基本构成，了解 PLC 的发展历程和应用情况。
2. 掌握 PLC 的基本特点，FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 的型号、外部端子的功能与连接方法。
3. 认识 FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 软元件、熟悉内部继电器的分类与编号。
4. 了解 PLC 在生产控制中的应用情况。

## 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 5.1。

表 5.1 设备、工具、材料

名称	型号规格	数量
PLC	FX <sub>2N</sub> -48MR	1 台
多用电表	MF500	1 台
按钮	常开	1 个
螺丝刀	十字, 3.5 mm	1 把
导线	1.5 mm <sup>2</sup>	若干

## 相关知识

### 一、PLC 的基础知识

#### 1. PLC 的产生与发展

1968 年，美国通用汽车公司(GM)，为了满足生产出小批量、多品种、多规格、低成本和高质量产品的要求，适应汽车改型或改变工艺流程的生产要求，希望新的逻辑顺序控制装置具有以下功能特点。

- 1) 用计算机代替继电器控制盘。
- 2) 用程序代替硬件接线。
- 3) 输入/输出电平可与外部装置直接连接。
- 4) 结构易于扩展。

根据以上要求，美国的数字设备公司(DEC)在 1969 年研制出了世界上第一台可编程序控制器，并在 GM 公司的汽车自动装配线上首次使用，获得成功。此后这项技术

迅速发展，并推动世界各国对可编程序控制器的研制和应用。1971 年日本从美国引进技术很快就研制出了日本的第一台可编程序控制器，1973 年西欧各国的各种可编程序控制器也相继研制成功，我国于 1974 年开始研制，1977 年开始工业应用。

早期的可编程序控制器在功能上只能进行逻辑控制，因此被称为可编程序逻辑控制器(Programmable Logic Controller)，简称 PLC。随着计算机技术的飞速发展，微处理器被迅速用作可编程序控制器的中央处理单元，使可编程序控制器不仅可以进行逻辑控制，也可以完成模拟量的控制，其功能和处理速度大大增强，而且具有通信功能和远程 I/O 能力。因此，在 20 世纪八九十年代，可编程序控制器(Programmable Controller)简称为 PC。20 世纪 90 年代末以后，为了与个人计算机(Personal Computer)的简称 PC 相区别，可编程序控制器仍然简称为 PLC。

国际电工委员会(IEC)在 1985 年对 PLC 的定义如下：可编程序控制器是一种数字逻辑运算操作的电子系统，专为工业环境下应用而设计。它采用可编程序的存储器，用来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的指令，并通过数字式、模拟式的输入和输出，控制各种类型的机械或生产过程。可编程序控制器及其有关设备，都应按易于使工业控制系统形成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。

经过 30 多年的发展，目前世界上著名的 PLC 厂家及其 PLC 产品主要如下所述。

- 1) 美国 A-B 公司(Allen-Bradley)的系列 PLC，美国 GE 公司的系列 PLC；
- 2) 德国西门子公司(SIEMENS)的 LOGO、S7-200、S7-300/400 系列 PLC；
- 3) 法国施耐德公司(Schneider)的 Modicon TSX Micro 型 PLC；
- 4) 日本三菱公司(MITSUBISHI)的 FX 系列 PLC，欧姆龙公司(OMRON)的 C 系列和 CQM1 系列 PLC，东芝公司(Toshiba)的 EX20/40 系列和 V 系列 PLC。

1994 年，美国 ARC 公司的高情调查表明，世界最大的 5 家 PLC 制造商依次是：德国西门子公司、美国 A-B 公司、法国施耐德公司、日本三菱公司和欧姆龙公司。

## 2. PLC 的基本结构

PLC 主要由 CPU 模块、输入/输出接口、存储器和电源模块五部分组成，其结构如图 5.1 所示。各部分的作用如下所述。

### (1) CPU 模块

CPU 相当于人的大脑。它不断地采集输入信号，执行用户程序，刷新系统输出，以及诊断 PLC 内部电路的工作状态和编程过程中的语法错误。

### (2) 存储器

存储器存放系统程序、用户程序和运行数据。它包括只读存储器(ROM)和随机存取存储器(RAM)。

只读存储器(ROM)用来存放监视程序、管理程序、命令解释程序、功能子程序、系统诊断程序等系统程序，不能被用户随意改变。系统程序也常用 PROM 或 EPROM 来存放。

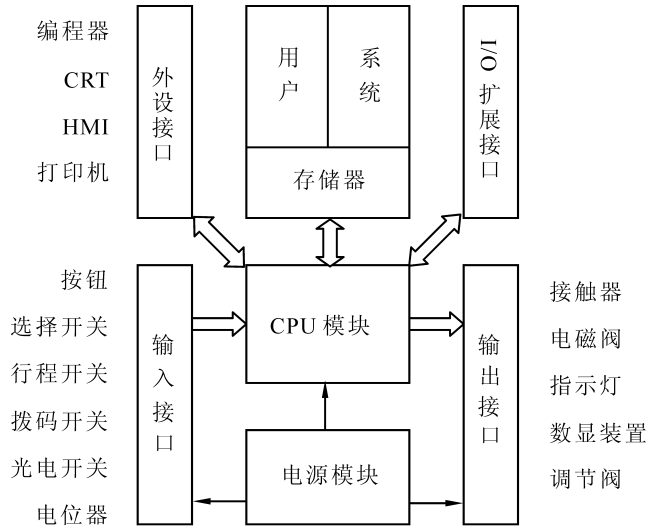
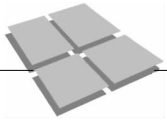


图 5.1 PLC 的基本结构示意图

随机存取存储器(RAM)用来存放用户编制的应用程序和各种系统参数(如 I/O 映像、定时、累加数据等)。

### (3) 输入/输出接口

输入/输出接口也称为 I/O 接口、I/O 模块。是 CPU 与现场 I/O 装置或设备通信的桥梁。

### (4) 电源模块

PLC 一般使用 AC220V 或 DC24V 电源。内部的开关型电源模块，将其转换成 DC5V、DC±12V、DC24V 的电压供 CPU、存储器和接口电路使用。开关型电源具有输入电压范围宽、体积小、质量轻、效率高、抗干扰性能好等优点。

### (5) I/O 扩展接口

I/O 扩展接口是 PLC 为了扩展输入/输出点数和类型的部件，有并行接口、串行接口等多种形式。

### (6) 外设接口

外设接口是 PLC 实现人机对话、机机对话的通道，一般采用 RS232C 或 RS422A 串行通信接口。PLC 通过它们可以和编程器、彩色图形显示器(CRT)、打印机、人机界面(如 OP3、OP27、TP27、TP37 等)、其他 PLC 或上位 PC 连接。

### (7) 外部设备

PLC 的外部设备有编程器、彩色图形显示器(CRT)、打印机、存储卡等。

## 3. PLC 的分类

### (1) 按结构形式分

1) 整体式结构。把 CPU、存储器、I/O 接口、电源等都装配在一起的整体装置。一个箱体就是一台完整的 PLC。早期产品和小型低档机多采用这种结构。其结构紧凑、

体积小、成本低、安装方便。这类产品有欧姆龙公司的 C20P、C40P、C60P，三菱公司的 F1、F2、FX2 系列，东芝公司的 EX20/40 系列，西门子公司的 LOGO、S7-200 系列，和利时自动化公司的 LEC G3 系列等。

2) 模块式结构。把 PLC 的每个工作单元都制成独立的模块，通过带有插槽的母版或机架，把这些模块按控制系统需要选取后，都插到母版或机架上，构成一台完整的 PLC。这种结构的 PLC 系统构成非常灵活，安装、扩展、维修很方便。常见的产品有欧姆龙公司的 C200H、C2000H，三菱公司的 A 系列，东芝公司的 V 系列，西门子公司的 S7-300/400 系列，GE 公司的 GE-90U 等。

#### (2) 按 I/O 点数及内存容量分

一般将一路信号叫做一个点，将输入点数和输出点数的总和称为机器的点。按照点数和存储容量来分，PLC 大致可分为大、中、小型三种。

1) 小型 PLC：I/O 点数小于 256 点，用户存储器容量在 2 KB 以下。

小型 PLC 在结构上一般是整体式的，主要用于中等以下容量的开关量控制，具有逻辑运算、定时、计数、顺序控制、通信等功能。

2) 中型 PLC：I/O 点数在 256~1024 点之间，用户存储器容量在 2~8 KB。

中型 PLC 属于模块式结构，除具有小型 PLC 的功能外，还增加了数据处理能力，适用于小规模的综合控制系统。

3) 大型 PLC：I/O 点数在 1024 点以上，用户存储器容量达 8 KB 以上。

大型 PLC 属于模块式结构，主要用于多级自动控制和大型分布式控制系统。

#### (3) 按功能分

PLC 按功能可以分为低档机、中档机和高档机。低档机以逻辑运算为主，具有定时、计数、移位等功能。中档机一般具有整数及浮点运算、数制转换、PID 调节、中断控制及联网功能，可用于复杂的逻辑运算及闭环控制场合。高档机具有更强的数字处理能力，可进行矩阵运算、函数运算，完成数据管理工作，有更强的通信能力，可以和其他计算机构成分布式生产过程综合控制管理系统。

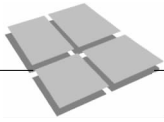
### 4. PLC 的特点

#### (1) 硬件配套齐全，用户使用方便，适应性强

由于 PLC 产品的系列化和模块化，PLC 配备有品种齐全和各种硬件装置供用户选用，可以组成能满足各种控制要求的控制系统，用户不必自己再设计和制作硬件装置。用户在硬件方面的设计工作只是确定 PLC 的硬件配置和 I/O 的外部接线。控制对象的硬件配置确定后，可以通过修改用户程序，方便快速地适应工艺条件的变化。

#### (2) 功能强，性能价格比高

一台小型 PLC 内有成百上千个可供用户使用的编程元件，有很强的功能。不仅可以实现逻辑运算、定时、计数、顺序控制，而且还可以对模拟量实现 PID 控制、数值运算和数据处理等功能，有的还具有通信联网功能，可与上位计算机构成分布式控制系统，实现分散控制，集中管理。与相同功能的继电器控制系统比，具有很高的性能价格比。



### (3) 可靠性高，抗干扰能力强

PLC 采用的一系列的硬件和软件抗干扰措施，具有很强的抗干扰能力，平均无故障时间达到数万小时以上，可直接用于有强烈干扰的工业生产现场。

硬件方面：PLC 的 I/O 电路与 CPU 之间采用光电隔离措施，有效地抑制了外部干扰源对 PLC 的影响，同时可防止外部高电压蹿入 CPU 模块；在 PLC 电源和 I/O 模块中，设置了多种滤波电路，有效地抑制了高频干扰信号；采用开关电源，具有自动调整与保护性能；CPU 模块用良好的导电材料进行屏蔽，消除了空间电磁干扰的影响；此外，I/O 电路还设置了输出联锁、故障诊断与显示电路。

软件方面：设置了故障检测与诊断程序，信息保护与恢复程序等功能。PLC 在扫描时，检测系统硬件是否正常，检测锂电池电压是否过低，外部环境是否正常（如交流电源是否掉电、输入电压是否超过允许值等）；此外，PLC 还要检查用户程序的语法错误。发现问题后，立即自动作出相应的处理，如报警、保护数据、封锁输出等。

### (4) 编程方法简单易学

梯形图是 PLC 使用最多的编程语言，其电路符号和表达方式与继电器电路原理图相似。梯形图语言形象直观、易学易懂，熟悉继电器电路图的电气技术人员只要花几天时间就可以熟悉梯形图语言，并用来编制用户程序。梯形图语言实际是一种面向用户的高级语言，PLC 在执行梯形图程序时，先用解释程序将它“翻译”成汇编语言后再去执行。

### (5) 系统的设计、安装和调试工作量少

PLC 用软件功能取代了继电器控制系统中大量的中间继电器、时间继电器、计数器等器件，使控制柜的设计、安装、接线工作量大大减少。

PLC 的梯形图一般采用顺序控制设计法。这种编程方法很有规律，容易掌握。对于复杂的控制系统，梯形图的设计时间比继电器系统电路图的设计时间要少得多。

PLC 的用户程序可以在实验室模拟调试，输入信号用小开关来模拟，通过 PLC 模块上的发光二极管可观察输出信号的状态。完成了系统的安装和接线后，在现场的统调过程中发现的问题一般可以通过修改程序就可以解决，系统的调试时间比继电器系统要少得多。

### (6) 维修工作量小，维修方便

PLC 的故障率很低，且有完善的自诊断和显示功能。PLC 或外部的输入装置或执行机构发生故障时，可以根据 PLC 上的发光二极管或编程器上提供的信息迅速地查明产生故障的原因，用更换模块的方法迅速地排除故障。

### (7) 体积小，能耗低

PLC 是集成了微电子技术、计算机技术和自动控制技术等新型工业控制装置，其结构紧凑、坚固，体积小，重量轻，功耗低。如 S7200 CPU221/222，其外形尺寸（长×宽×高）仅为 90 mm×80 mm×62 mm；CPU224，外形尺寸为 120.5 mm×80 mm×62 mm，8 点扩展模块（如 EM221/222）外形尺寸为 46 mm×80 mm×62 mm，16 点扩展模块（如 EM223）外形尺寸为 71.2 mm×80 mm×62 mm，32 点扩展模块外形尺寸

为 137.3 mm×80 mm×62 mm。又如 S7300 CPU314/315，其外形尺寸(长×高×宽)为 130 mm×125 mm×80 mm，重量 530 g，功耗仅为 8 W；其扩展模块，如 SM321 外形尺寸为 117 mm×125 mm×40 mm，重量 200 g，功耗仅为 3.5 W，SM322 的功耗为 5 W。较重的如 CPU318-2DP 宽 160 mm，重量也只有 900 g，功耗为 12 W。

此外，PLC 的配线比继电器控制系统的配线少得多，故可以省下大量的配线和附件，减少大量的安装接线工时，加上开关柜体积的缩小，可以节省大量的费用。

### 5. PLC 的应用领域

微电子技术运用到 PLC 中，元器件的集成度越来越高，使得 PLC 的性能价格比不断提高，应用范围也不断扩大。PLC 在工业自动化中起着举足轻重的作用，在国内外已广泛应用于机械、冶金、石油、化工、轻工、纺织、电力、电子、食品、交通等行业。经验表明，80 % 以上的工业控制可以使用 PLC 来完成。在日本，凡 8 个以上中间继电器组成的控制系统都已采用 PLC 来取代。以微处理器为核心的 PLC，不仅适用于开关量、模拟量和数字量的控制，而且已进入过程控制和位置控制等领域，成为一种多功能、高可靠性、应用场合最多的工业控制微型计算机。

#### (1) 开关量逻辑和顺序控制

这是 PLC 应用最广泛、最基本的场合。它的主要功能是完成开关逻辑运算和进行顺序逻辑控制，从而可以实现各种简单或十分复杂的控制要求。

#### (2) 运动控制

PLC 使用专用的运动控制模块，对直线运动或圆周运动的位置、速度和加速度进行控制，可实现单轴、双轴、3 轴和多轴位置控制，使运动控制与顺序控制功能有机地结合在一起。PLC 的运动控制功能广泛地用于各种机械，如金属切削机床、装配机械、机器人、电梯等场合。

#### (3) 闭环过程控制

过程控制是指对温度、压力、流量等连续变化的模拟量的闭环控制。PLC 通过模拟量的 I/O 模块，实现 A/D 和 D/A 转换，并对模拟量实现闭环 PID 控制。这一功能可以用 PID 子程序或专用的 PID 模块来实现。PID 闭环控制功能已经广泛地应用与塑料挤压成形机、加热炉等设备。

#### (4) 数据处理

新型 PLC 都具有数据处理功能，它不仅能进行数学运算、数据传送，而且还能进行数据比较、转换、排序、查表、显示、打印等功能。有些 PLC 还可以进行浮点运算和函数运算。

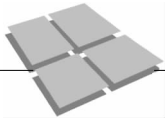
#### (5) 通信联网

PLC 的通信包括主机与远程 I/O 之间的通信、多台 PLC 之间的通信、PLC 和其他智能控制设备(如计算机、变频器、数控装置)之间的通信。PLC 与其他智能设备一起，可以组成“集中管理、分散控制”的分布式控制系统(DCS)。

## 二、FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 的硬件认识

三菱公司 20 世纪 80 年代推出了 F 系列小型 PLC，90 年代初 F 系列被 F<sub>1</sub> 系列和 F<sub>2</sub>



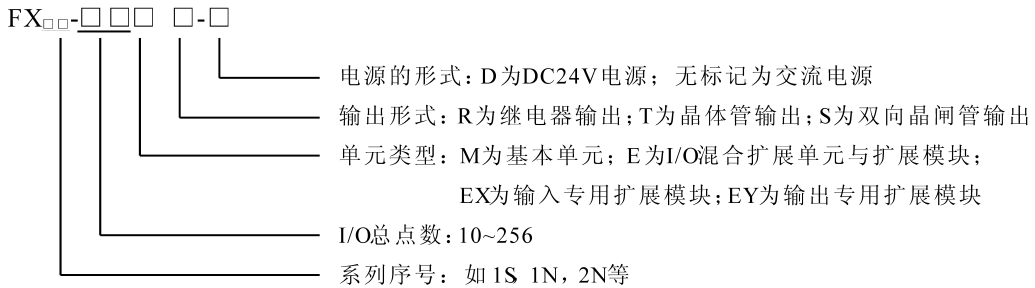


系列取代,后来又相继推出了FX<sub>1</sub>、FX<sub>2</sub>、FX<sub>2C</sub>、FX<sub>0</sub>、FX<sub>0N</sub>、FX<sub>0S</sub>等系列产品。目前,三菱公司的FX系列产品样本中仅有FX<sub>1S</sub>、FX<sub>1N</sub>、FX<sub>2N</sub>和FX<sub>2NC</sub>这4个子系列。

FX系列是国内使用得最多的PLC系列产品之一,特别是近年推出的FX<sub>2N</sub>系列PLC具有功能强、应用范围广、性价比高优点,并且有很强的网络通信功能,最多可扩展到256个I/O点,可满足大多数用户的需要,在国内占有很大的市场份额。

### 1. FX系列型号的含义

FX系列PLC型号名称的含义如下:



### 2. FX<sub>2N</sub>系列PLC的外形

图5.2是FX<sub>2N</sub>-32MR的外形面板图,面板上有状态指示灯、RS422通信接口、工作方式选择开关、I/O端子等。

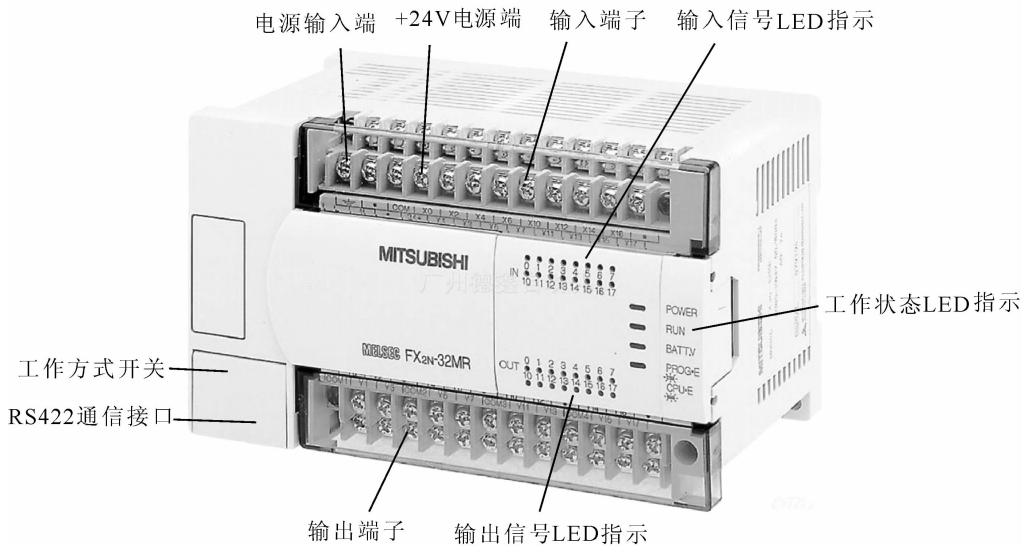


图 5.2 FX<sub>2N</sub>-32MR 面板

## (1) 状态指示

POWER: 电源指示, 外部电源接通时亮。

RUN: 运行指示, PLC 处于运行方式时亮。

BATTV: 电源电压过低指示, 电源电压过低或内部锂电池电压不足时亮。

PROG-E: 用户程序错误时闪烁。

CPU-E: CPU 发生错误时亮。

IN/OUT LED: 外部输入电路接通时, 对应的 IN LED 亮; 内部有逻辑输出时, 对应的 OUT LED 亮。

## (2) 方式选择开关

在盖板下, 有一个手拨开关, 可选择工作方式。

STOP: 停止方式, 运行指示灯不亮。

RUN: 运行方式, 运行指示灯亮。

## (3) 通信接口

采用 RS422 串行通信接口, 可用于与手持式编程器、上位计算机进行通信。

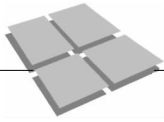
**3. FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 性能特点**

FX<sub>2N</sub> 目前是 FX 系列中功能最强、速度最快的微型 PLC, 它有 20 种基本单元。电源有 AC 和 DC 两种, 输入电路采用 24V 直流电源, 输出方式有继电器输出和晶体管输出两种。基本单元最小 I/O 点数为 16, 最大为 128 点。它的基本指令执行时间高达 0.08 $\mu$ s 每条指令, 内置的用户存储器为 8KB 步, 可扩展到 16KB 步, 最大可扩展到 256 个 I/O 点。有多种特殊功能模块或功能扩展板, 可实现多轴定位控制, 每个基本单元可扩展 8 个特殊单元。机内有实时时钟, PID 指令可实现模拟量闭环控制。有功能很强的数学指令集, 如浮点数运算、开平方和三角函数等。

通过通信扩展板或特殊适配器可实现多种通信和数据链接。FX<sub>2N</sub> 对应的通信功能如表 5.2 所示。

表 5.2 FX<sub>2N</sub> 通信功能

通信类型	功能用途	
CC-LINK	功能	可构建以 FX 可编程控制器为主站的系统
	用途	生产线的分散控制和集中管理, 与上位网络之间进行信息交换
N : N 网络	功能	在 FX 可编程控制器之间进行简单的数据链接
	用途	生产线的分散控制和集中管理
并联链接	功能	在 FX 可编程控制器之间进行简单的数据链接
	用途	生产线的分散控制和集中管理
计算机链接	功能	可将计算机作为主站, FX 做从站进行边接
	用途	数据的采集和集中管理



续表

通信类型	功能用途	
无协议链接	功能	与 232 或者 485 接口的设备，以无协议的方式数据交换
	用途	与打印机、条形码阅读器、各种测量仪表连接
变频器通信	功能	控制三菱变频器
	用途	运行监控、控制值的写入，参数的参考及变更

#### 4. FX<sub>2N</sub>系列 PLC 的元器件

##### (1) 输入继电器 X

输入继电器与 PLC 的输入端子相连，是 PLC 接收外部开关信号的窗口。PLC 通过输入端子将外部信号的状态读入并存储在输入映像寄存器中。FX<sub>2N</sub>系列 PLC 的输入继电器采用八进制地址编号，如 X000~X007，X010~X017 等，最多可达 256 点。

图 5.3 是一个 PLC 控制系统的示意图，X0 端子外接的输入电路接通时，它对应的输入映像寄存器为 1 状态，断开时为 0 状态。输入继电器的状态唯一地取决于外部输入信号的状态，不受用户程序的控制。

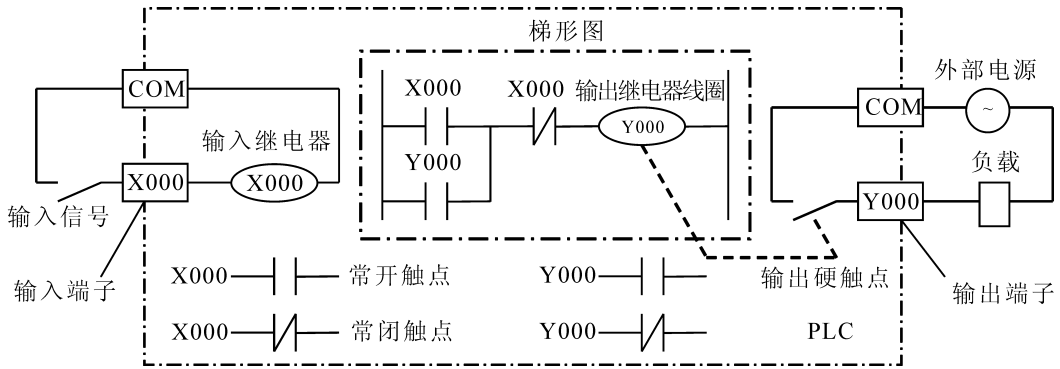


图 5.3 PLC 控制系统的示意图

输入端子既可用于连接无源开关(如图 5.3 所示)，也可以和两线接近开关、光电开关等电子输入装置连接。如图 5.4 为 NPN 集电极开路输出传感器的接法。DC24V 输入方式的电路延迟时间较短，适用于信号线不长、物理环境较好、电磁干扰较轻的场合。

##### (2) 输出继电器 Y

输出继电器与 PLC 的输出端子相连，是 PLC 向外部负载发送信号的窗口。输出继电器用来将 PLC 的输出信号传送给输出单元，再由后者驱动外部负载。如图 5.3 的梯形图中 Y0 的线圈“得电”，继电器型输出单元中对应的硬件继电器的常开触点闭合，使外部负载工作。输出单元中的每一个硬件继电器仅有一对硬的常开触点，但在梯形图中，每一个继电器的常开触点和常闭触点都可以多次使用。FX 系列 PLC 的输出继电器采用八进制地址编号，如 Y0~Y7，Y10~Y17 等，最多可达 256 点。

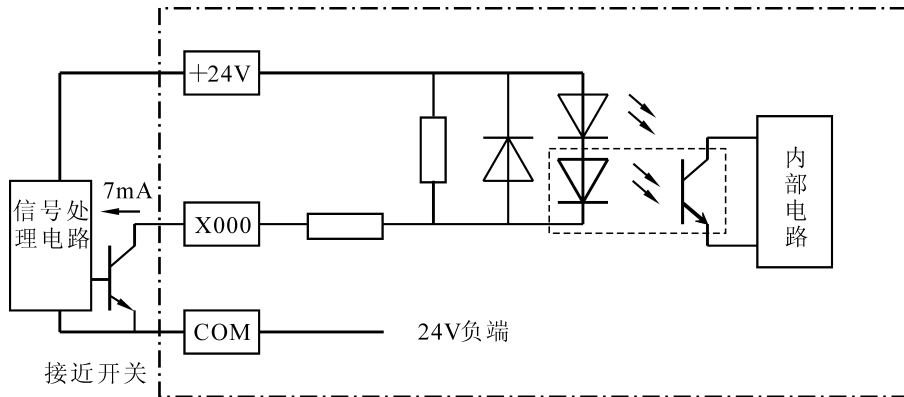


图 5.4 有源开关接线示意图

输出继电器用于连接电磁阀、接触器、小型电动机、灯和电动机起动器，具有电平转换、隔离和功率放大的作用。输出单元有继电器输出方式、晶体管输出方式和双向晶闸管输出方式三种。FX<sub>2N</sub> 系列的 PLC 只有继电器输出方式和晶体管输出方式两种。

继电器输出方式电路如图 5.5 所示。其特点是：带负载能力强，工作寿命长；可用于交直流负载。

晶体管输出方式的电路如图 5.6 所示。其特点是：可靠性高，响应速度快，寿命长；但过载能力稍差，只能用于直流负载。

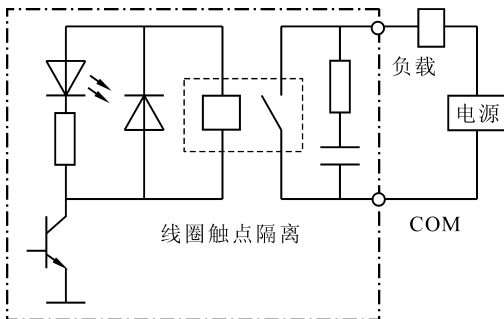


图 5.5 继电器输出方式

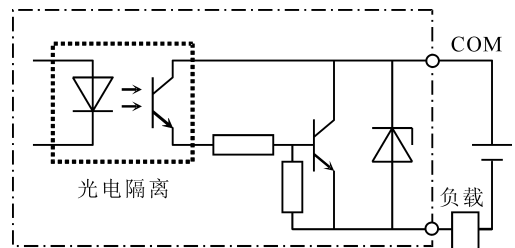


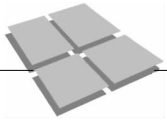
图 5.6 晶体管输出方式

### (3) 辅助继电器 M

PLC 内部有很多辅助继电器，它是一种内部的状态标志，相当于继电器控制系统中的中间继电器。它的常开、常闭触点在 PLC 的梯形图内可以无限制的自由使用，但是这些触点不能直接驱动外部负载。FX<sub>2N</sub> 的辅助继电器有三种。

1) 通用型。M0~M499，共 500 点。通用辅助继电器没有断电保持功能。

2) 掉电保持型。M500~M1023，共 524 点。在电源中断时用锂电池保持 RAM 中映像寄存器的内容。在某些控制系统中要求记忆电源中断瞬间的状态，重新通电后再再现其状态，可以用掉电保持型辅助继电器。



3)特殊辅助继电器。特殊辅助继电器共 256 点,它们用来表示 PLC 的某些状态,提供时钟脉冲和标志,设定 PLC 的运行方式,或者用于步进顺控、禁止中断、设定计数器是加计数还是减计数等。常用的特殊辅助继电器如下:

M8000——运行监视,PLC 运行时接通;

M8002——初始化脉冲,仅在运行开始瞬间接通一个 PLC 扫描周期;

M8011~M8014——时钟脉冲序列,分别是 10ms、100ms、1s 和 1min 的时钟脉冲序列;

M8030——锂电池电压指示,当锂电池电压跌落时接通;

M8033——PLC 停止时输出保持;

M8034——禁止输出;

M8039——定时扫描。

#### (4)状态继电器 S

状态继电器是构成状态转移图的重要软元件,它与后面要讲的步进顺控指令配合使用。不使用步进顺控指令时,状态继电器 S 也可以作为辅助继电器使用。通常状态继电器有下面 5 种类型:

①初始状态继电器 S0~S9 共 10 点;

②回零状态继电器 S10~S19 共 10 点;

③通用状态继电器 S20~S499 共 480 点;

④保持状态继电器 S500~S899 共 400 点;

⑤报警用状态继电器 S900~S999 共 100 点。

#### (5)定时器 T

FX<sub>2N</sub>的定时器如表 5.3 所示。定时器可以用常数 K 作为设定值,也可以用数据寄存器 D 的内容作为设定值。

表 5.3 FX<sub>2N</sub>的定时器

类型	时基	地址	定时范围
通用型	100ms	200(T0~T199)	0.1s~3 276.7s
	10ms	46(T200~T245)	0.01s~327.67s
积算型	1ms	4(T246~T249)	0.001s~32.767s
	100ms	6(T250~T255)	0.1s~3 276.7s

1)通用型定时器。图 5.7 是通用型定时器的工作原理图,当驱动输入 X0 接通时,定时器 T200 的当前值计数器对 10 ms 时钟脉冲进行计数,当该值与设定值 K123 相等时,定时器的常开触点接通,而常闭触点断开。驱动输入 X0 断开或 PLC 发生断电时,当前计数器就复位,定时器的触点也复位。

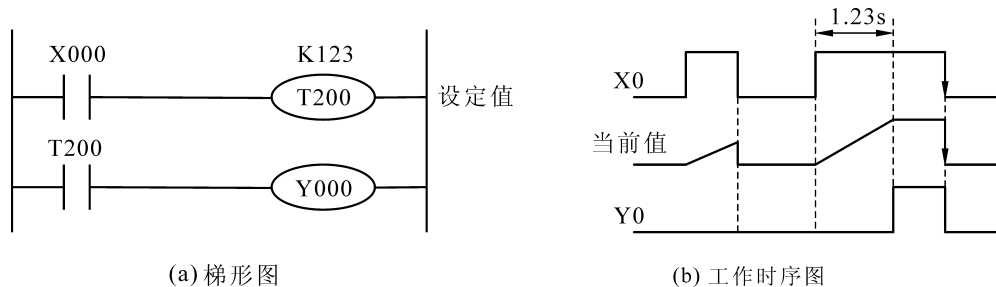


图 5.7 通用型定时器工作原理

注意：得电开始定时，延时闭合，断电自动复位。

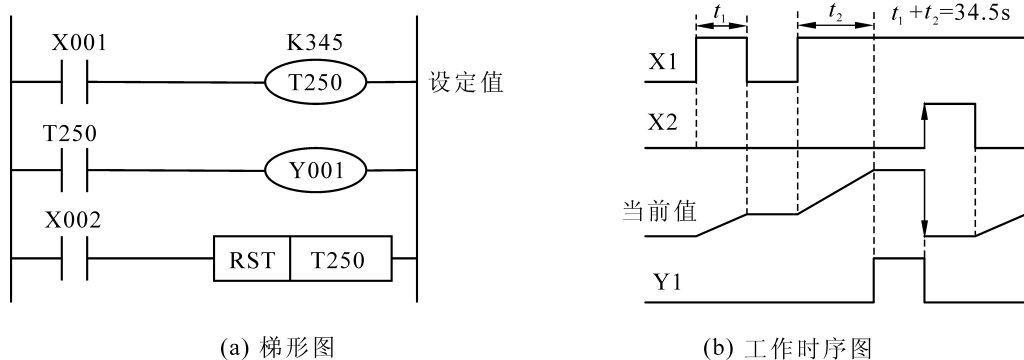


图 5.8 积算型定时器工作原理

2) 积算型定时器。图 5.8 是积算定时器的工作原理图，当定时器线圈 T250 的驱动输入 X1 接通时，T250 当前值计数器开始累积 100ms 的时钟脉冲的个数，当前值与设定值 K345 相等时，定时器的常开触点接通，而常闭触点断开。当定时中间驱动输入 X1 断开或停电时，当前值可保持，输入 X1 再接通或复电时，定时继续进行。当复位输入 X2 接通时，当前计数器复位，定时器的触点也复位。

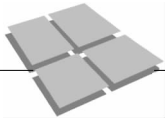
注意：得电开始定时，延时闭合，断电保持，高电平复位。

#### (6) 计数器 C

$\text{FX}_{2\text{N}}$  的计数器如表 5.4 所示。

表 5.4  $\text{FX}_{2\text{N}}$  的计数器

类型	地址	计数范围
16 位通用型	100(C0~C99)	1~32 767
16 位掉电保持型	100(C100~C199)	
32 位通用双向型	20(C200~C219)	-2 147 483 648~+2 147 483 647
32 位掉电保持双向型	15(C220~C234)	
高速计数器	21(C235~C255)	



1)16 位加计数器。图 5.9 给出了加计数器的工作过程，图中 X10 接通后，C0 被复位，它对应的位存储单元被置 0，它的常开触点断开，常闭触点接通，同时其计数当前值被清为 0。X11 用来提供计数脉冲，当复位输入信号 X10 断开，计数输入电路每接通一次，计数器的当前值加 1，在 5 个计数脉冲之后，C0 的当前值等于设定值 5，它对应的位存储单元被置 1。再来计数脉冲，当前值不变。

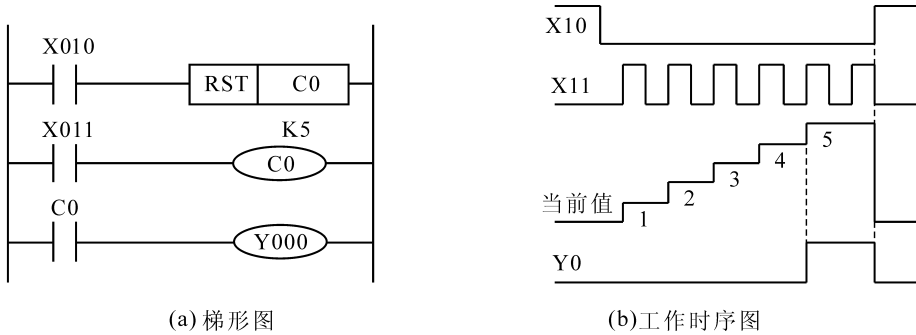


图 5.9 16 位加计数器工作原理

具有掉电保持功能的计数器在电源断电时可保持其状态信息，重新送电后能立即按断电时的状态恢复工作。

2)32 位加/减计数器。计数方式由特殊辅助继电器 M8200~M8234 设定。例如，计数器 C213，当 M8213 接通时为减计数器，当 M8213 断开时为加计数器。

图 5.10 给出了加/减计数器的工作过程，当 X12 断开时，C200 为加计数器，X14 每来一个脉冲，计数器当前值加 1。当 X12 接通时，C200 为减计数器，X14 每来一个脉冲，计数器的当前值减 1。若计数器的当前值由 -3 到 -4，计数器的输出触点复位；若计数器的当前值由 -4 到 -3 时，计数器的输出触点置位。

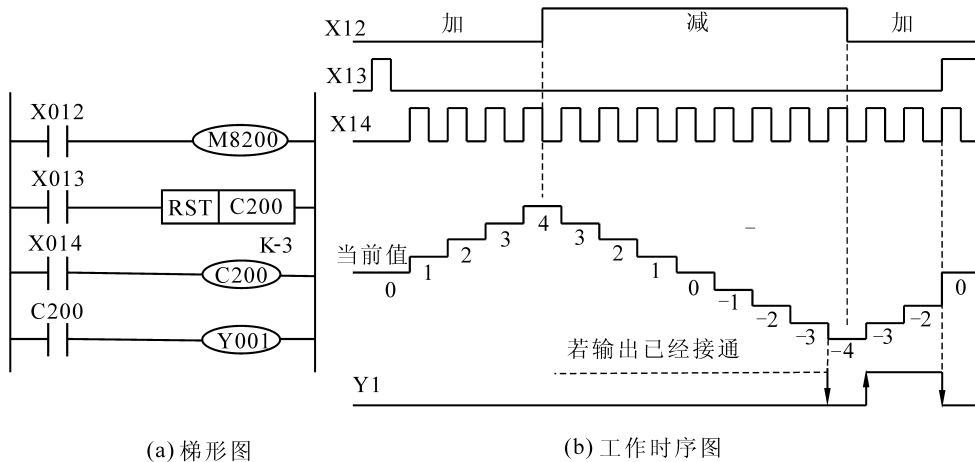


图 5.10 32 位加/减计数器工作原理

3) 高速计数器。高速计数器均为 32 位加减计数器。但适用高速计数器输入的 PLC 输入端只有 6 个: X0~X5。最多只能有 6 个高速计数器同时工作。高速计数器的类型如下: 单相无起动/复位端子高速计数器 C235~C240; 单相带起动/复位端子高速计数器 C241~C245; 单相双输入(双向)高速计数器 C246~C250; 双相输入(A-B 相型)高速计数器 C251~C255。

#### (7) 数据寄存器 D

FX<sub>2N</sub> 的数据寄存器如表 5.5 所示。数据寄存器在模拟量检测与控制以及位置控制等场合用来存储数据和参数, 数据寄存器可储存 16 位二进制数或一个字, 两个数据寄存器合并起来可以存放 32 位数据。如 D0 和 D1 可组成一个双字, D0 存放低 16 位, D1 存放高 16 位。最高位为符号位, 该位为 0 表示正数, 为 1 表示负数。

表 5.5 FX<sub>2N</sub> 的数据寄存器

类型	地址	用途
通用寄存器	200(D0~D199)	存储数据
掉电保持寄存器	7800(D200~D7999)	存储重要数据
特殊寄存器	106(D8000~D8195)	用来控制和监视 PLC 内部的各种工作方式和元件
文件寄存器	7000(D1000~D7999)	为 PLC 的参数区, 可被外部设备存取

#### (8) 变址寄存器 V 和 Z

FX 系列 PLC 有 16 个变址寄存器 V0~V7 和 Z0~Z7, 在 32 位操作时将 V、Z 合并使用, Z 为低位。变址寄存器用来改变软元件的元件号。例如, 若 V0=5, Z0=24, 指令“MOV D5V0 D10Z0”, 相当于“MOV D10 D34”。

#### (9) 指针 P 和 I

指针(P/I)包括分支和子程序用的指针(P)以及中断用的指针(I)。在梯形图中, 指针放在左母线的左边。



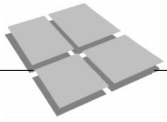
### 1. PLC 硬件认识

- 1) 根据实训室提供的 PLC 写出具体型号及其含义。
- 2) 指出 PLC 各部分的结构组成, 认识手持编程器、编程适配器、通信电缆等。

### 2. FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 元器件认识

- 1) 完成实训所用 PLC 的 I/O 地址列表。
- 2) 在教师的指导下接通 PLC 的电源, 观察 PLC 的各指示灯是否正常。
- 3) 分别测量 +24V 端子与 COM 端子、输入端子(比如 X000)与 COM、输出端子(比如 Y000)与 COM1(或 COM2/3/4)之间的电压, 判断 PLC 的输入端子极性(漏型或源型), 认识输入端子的地址和输出端子地址, 判断那些输出端子为一组共用公共端。
- 4) 通过按钮分别将各个输入信号与 COM 连接, 按下按钮, 观察 PLC 面板上对应





的输入指示灯是否发亮。

5) 拨动工作方式开关，观察 RUN 指示灯的状态。

### 3. 要求及注意事项

- 1) 整理实训操作结果，按标准完成实训报告。
- 2) 当 CPU-E 灯亮时，请及时断开电源，并报告老师。
- 3) 严禁将 +24V 端子与 COM 端子短接。
- 4) 电源线确认无误地接在 L 和 N 端子后，方能送电。



### 考核标准

班级：\_\_\_\_\_ 学号：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 得分：\_\_\_\_\_

考核项目	考核内容	评分标准	配分	得分
态度	认真听讲	笔记	20	
	善于思考	提问题及回答情况	15	
	动手	积极动手操作情况	15	
实训报告	按照要求完成	报告内容	20	
安全文明意识	正确使用设备和工具，无操作不当引起的事故		15	
团队协作精神	小组成员分工协作、积极参与		15	
考核时间	年 月 日	教师签字		

## 项目 6 编程软件的使用

### 学习目标

1. 了解 FX-20P 编程器的组成及操作面板各部分的作用。
2. 了解和熟悉 SW7D5C-GXW 编程软件的主要功能。
3. 掌握 SW7D5C-GXW 编程软件的使用方法。

### 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 6.1。

表 6.1 设备、工具、材料

名称	型号规格	数量
PLC	FX <sub>2N</sub> -48MR	1 台
计算机	装有 GX Developer Version7.08J 编程软件	1 台
编程通信电缆	SC08/SC-09	1 根
手持编程器	FX-20P-E	1 块
电缆	FX-20P-CAB0	1 根
常用电工工具		1 套
导线	1.5 mm <sup>2</sup>	若干

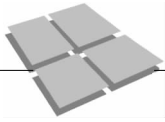
### 相关知识

#### 一、手持式 PLC 编程器简介

##### 1. FX-20P 的组成

FX-20P 型手持式编程器由 FX-20-PWM 型 ROM 写数器、FX-20P-ADP 电源适配器、FX-20P-FXIT 型接口、FX-20P-CAB 型电缆、液晶显示屏、各种键等组成。其操作面板如图 6.1 所示。

FX-20P 手持式编程器(简称 HPP)适用于三菱公司 FX 系列可编程控制器,插在 PLC 上使用时,既可将程序写入 PLC 的 RAM 中,又可在操作过程中监视 PLC 的运行,还可在 PLC 的 RAM 存储器 and EEPROM 存储器之间传送程序。它有联机(ON-LINE)和脱机(OFFLINE)两种操作方式。选用脱机方式时,需用 FX-20P-ADP 电源适配器对编程器供电。若通电 1h, RAM 内的信息可以保留 3 天。液晶显示屏便于阅读,



面板小巧轻便、易于携带。若配有 FX-20P-FXIT 型接口，该编程器也可以对 F1 和 F2 编程。

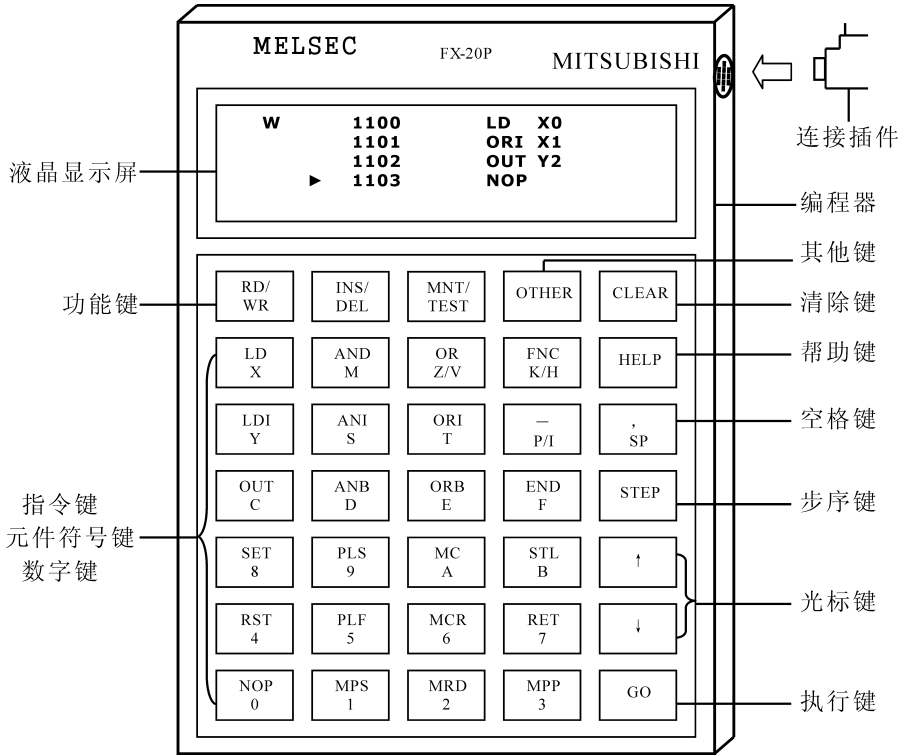


图 6.1 FX20-P 手持式编程器面板布置图

(1) 液晶显示屏

液晶显示屏大小为 16 字符×4 行，面板如图 6.2 所示。

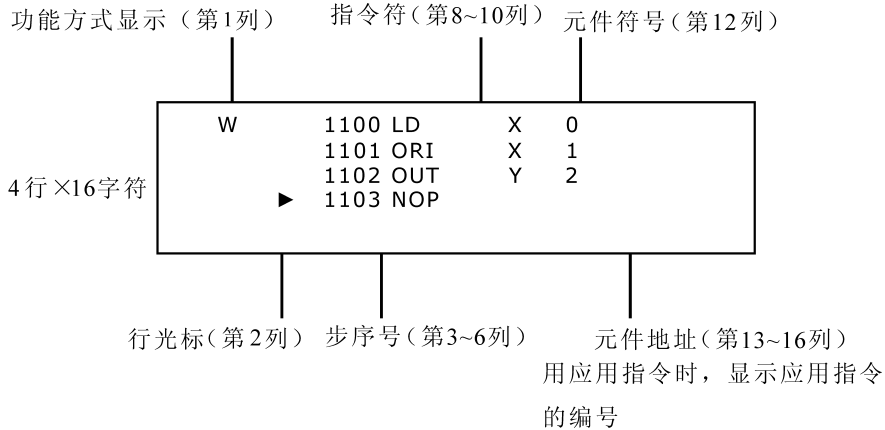


图 6.2 液晶显示屏

## (2) 键盘

1) 功能键：读出/写入键 (RD/WR)；插入/删除键 (INS/DEL)；监视/测试键 (MNT/TEST)。这些键按第一次时选择第一个功能，按第二次时选择第二个功能。

2) 其他键 (OTHER)：在任何情况下按此键，显示方式菜单。安装 ROM 写入模式时，在脱机方式菜单下进行项目选择。

3) 清除键 (CLEAR)：在按 (GO) 键前按此键，可清除键入的数据。该键也可以清除显示屏上的出错信息或恢复原来的画面。

4) 帮助键 (HELP)：显示应用指令一览表，在监视时，进行十进制与十六进制的转换。

5) 空格键 (SP)：在输入时，该键指定元件号和常数。

6) 步序键 (STEP)：该键设定步序号。

7) 光标键 (↑)、(↓)：用该键移动光标和提示符，指定当前元件的前一个或后一个元件，作行滚动。

8) 执行键 (GO)：此键用于指令的确认、执行、显示后面的画面和再搜索。

9) 指令键、元件符号键和数字键：它们是复用键，上部为指令，下部为元件符号或数字。上下部的功能是根据当前所执行的操作自动进行切换。下部的元件符号 (Z/V)、(K/H)、(P/I) 交替起作用。

## 2. 操作过程

### (1) 操作准备

打开 PLC 上部连接 HPP 用的插座盖板，用 HPP 自带的电缆连接 HPP 和 PLC，接通 PLC 的电源。

### (2) 方式选择

用 HPP 的键操作进行联机/脱机方式和功能选择。

### (3) 编程

将 PLC 内部用户存储器的程序全部清除 (在指定的范围内成批写入 NOP 指令)，然后用编程器的编辑功能进行编程。

### (4) 监视

监视写入的程序是否正确，确认所指定的元件的动作和控制状态。

### (5) 测试

对所指定的元件进行强制 ON/OFF 以及进行常数修改。

## 3. 联机操作编程

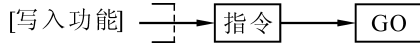
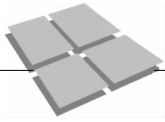
在写入程序前，应先对 PLC 的用户存储器清零，清零过程如下：



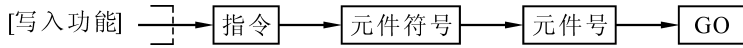
### (1) 指令的写入 (PLC 状态：STOP)

1) 基本指令写入 (按两次 RD/WR 键)。基本指令有三种情况。

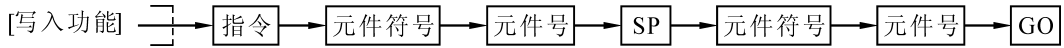
仅有指令助记符不带元件，写入操作如下：



有指令助记符和一个元件，写入操作如下：

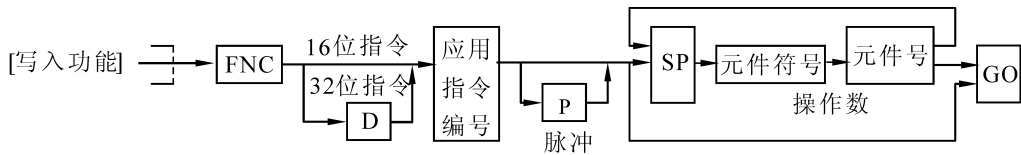


指令助记符带二个元件，写入操作如下：

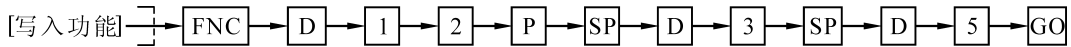


2)应用指令的写入。在输入应用指令时，按[FNC]键后再输入应用指令号，这时不能像写入基本指令那样使用元件符号。

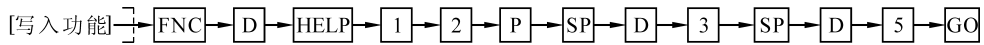
应用指令的输入方法有两种：一是直接输入指令号；二是借助于[HELP]键的功能，在所显示的指令一览表上检索指令编号后再输入。



例如，直接输入(D)MOV(P) D3 D5 指令，键操作如下：

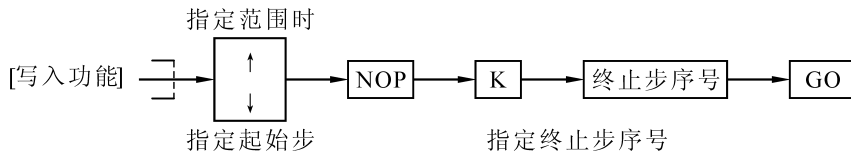


借助于[HELP]键的功能输入(D)MOV(P) D3 D5 指令，键操作如下：



3)标号的写入。当程序中P(指针)、I(中断指针)作为标号使用时，其输入方法与指令相同。如写入中断用的指针，应连续按两次[P/I]键。

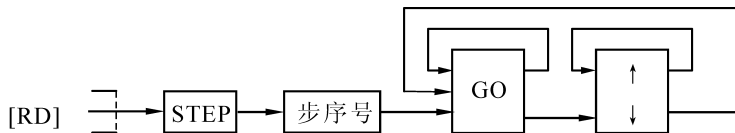
4)NOP 成批写入(PLC 状态：STOP)，操作如下：



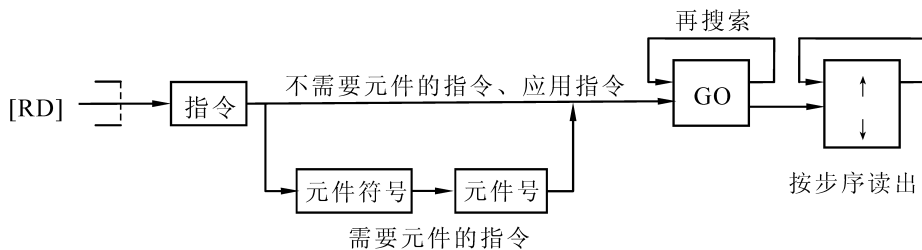
全范围写入 NOP 即为清零。

(2)指令的读出(PLC 状态：RUN、STOP)

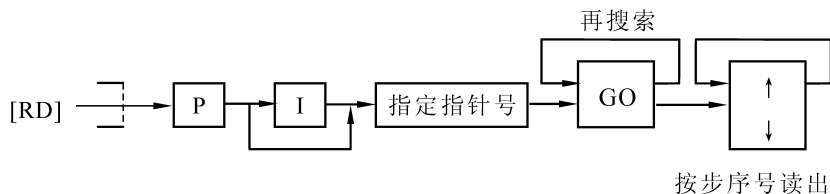
1)根据步序号读出，其基本操作为：



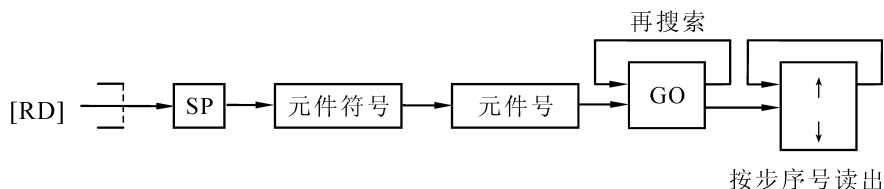
2)根据指令读出。将指定指令从用户程序存储器中读出并显示(在联机方式下，PLC 处于 STOP 状态)，其基本操作为：



3) 根据指针读出。根据指定指针，从用户程序存储器中读出并显示程序(在联机方式下，PLC 处于 STOP 状态)，其基本操作为：



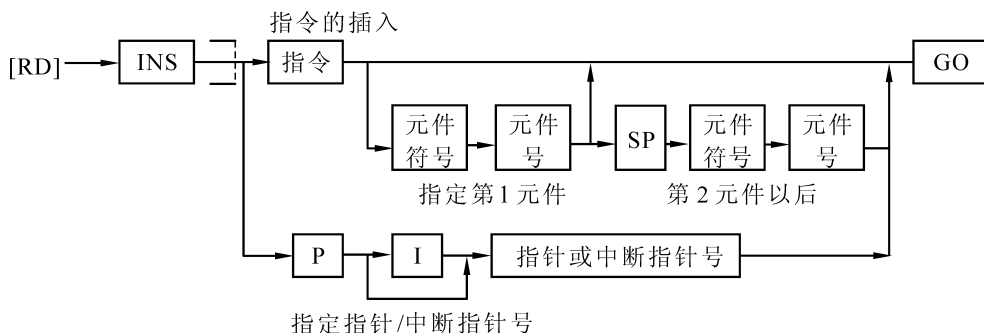
4) 根据元件读出。根据元件符号和地址符号，从用户程序存储器中读出并显示程序(在联机方式下，PLC 处于 STOP 状态)，其基本操作为：



### (3) 程序的修改(PLC 状态：STOP)

1) 在指定步序号上的修改。根据步序号读出原指令后，按  $\overline{\text{RD}}/\overline{\text{WR}}$  键，使编程器处于写(WR)工作方式，然后写入新指令、元件符号和元件号。如果要修改应用指令中的操作数，读出该指令后，将光标直接移到欲修改的操作数所在行，然后修改该行的参数。

2) 指令的插入。根据步序号读出程序，在指定的位置上插入指令或指针，其操作如下所示：





FXGP/WIN 编程软件[简称为 FXGP(WIN)]格式文件之后,可以在 FXGP(DOS)或者 FXGP(WIN)中进行编辑。

#### (2) 操作性能大幅度地提高

通过对 Excel、Word 等所创建的注释数据等进行复制、粘贴,可以对现有的资源加以利用,使操作性能大幅提高。

#### (3) 程序的标准化

1) 标签编程。通过标签编程创建顺控程序,可以使用标签代替软元件编号来创建标准程序。只要对标签编程所创建的程序进行编译,即可生成实际的执行程序。

2) 功能块(简称为 FB)。FB 是为了提高顺序控制程序的开发效率而开发的功能。在开发顺序控制程序时,将反复使用的顺序控制程序的梯形图块转化为 FB 部件,从而使顺序控制程序的开发变得简便易行。此外,通过部件化后的程序可以被引用到其他的顺序控制程序中,也可以防止顺序控制程序的输入错误。

3) 宏。在任意的梯形图形式中附加名称(宏名)之后预先将其登记(宏登记)到文件中,此后只需通过输入简单的指令,就可以读出已登记的梯形图形式,或者改变软元件加以利用。

#### (4) 丰富的编程语言

可以通过继电器符号语言、逻辑符号语言、MELSAP3(SFC)、MELSAP-L 创建功能块,此外,还新增了结构化文本(简称为 ST 语言)。

#### (5) 访问其他站时的设置简单

通过将链接对象的指定图形化,即使是在配置复杂系统的情况下,也可以简单地进行设置以访问其他站。

#### (6) 可以与可编程控制器 CPU 以各种方式进行连接

各种连接方式包括:①通过串行口;②通过 USB;③通过 MELSECNET(II)板;④通过 MELSECNET/10(H)板;⑤通过 CC-Link 板;⑥通过以太网板;⑦通过 CPU 板;⑧通过 AF 板。

#### (7) 丰富的调试功能

1) 可以通过使用 GX Simulator 简单地进行模拟调试:①不需要与可编程控制器 CPU 进行连接。②不需要创建用于模拟调试的顺序控制程序。

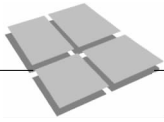
2) 在“帮助”菜单下“PLC 出错”栏目的说明内容提供了对错误代码进行详细的解释,包括错误信息、LED 的状态、错误现象原因和解决方法。“特殊继电器/特殊寄存器”栏目对特殊继电器和特殊寄存器的功能和使用方法进行了详细的说明,便于用户编程参考。

3) 创建数据过程中只要发生错误,将会弹出导致出错原因的信息,参考这些信息可以减少大量创建数据的时间。

## 2. 系统环境

GX Developer Version7.08J(SW7D5C-GXW)软件是应用于三菱公司所有 FX 系列、Q 系列、QnA 系列和 A 系列可编程控制器的编程软件,可以在 Windows98/ME/2000/





XP Professional / XP Home Edition / 2003 操作系统下进行梯形图的编辑和指令表程序的编辑。注意 GX 软件不支持 Windows 95、Windows NT Workstation 4.0 操作系统。此外，GX 编程软件可直接设定 CC-Link 及其他三菱网络的参数，能方便地实现监控、故障诊断、程序的传送和打印等功能。

### 3. 安装

- 1) 先装 EnvMEL，在 SW7D5C-GPPW-C/EnvMEL/目录下执行 setup.exe。
- 2) 再在 SW7D5C-GPPW-C/目录下，执行 setup.exe。
- 3) GX Simulator6-C/目录下为仿真软件。

### 4. GX 编程软件的使用

#### (1) 准备工作

按图 6.3 进行连接，检查连接是否正确。接通 PLC 电源，将 PLC 的 STOP/RUN 开关置于 STOP 位置。

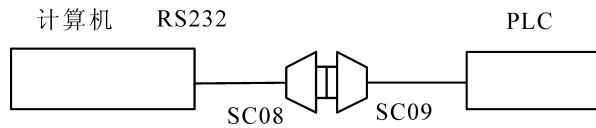



图 6.3 PLC 与 PC 的连接

#### (2) 创建新工程

双击桌面图标 ，或者从“开始”→“程序”→“MELSOFT 应用程序”→“GX Developer”进入软件操作界面。图 6.4 所示为已经建立好工程名的窗口。

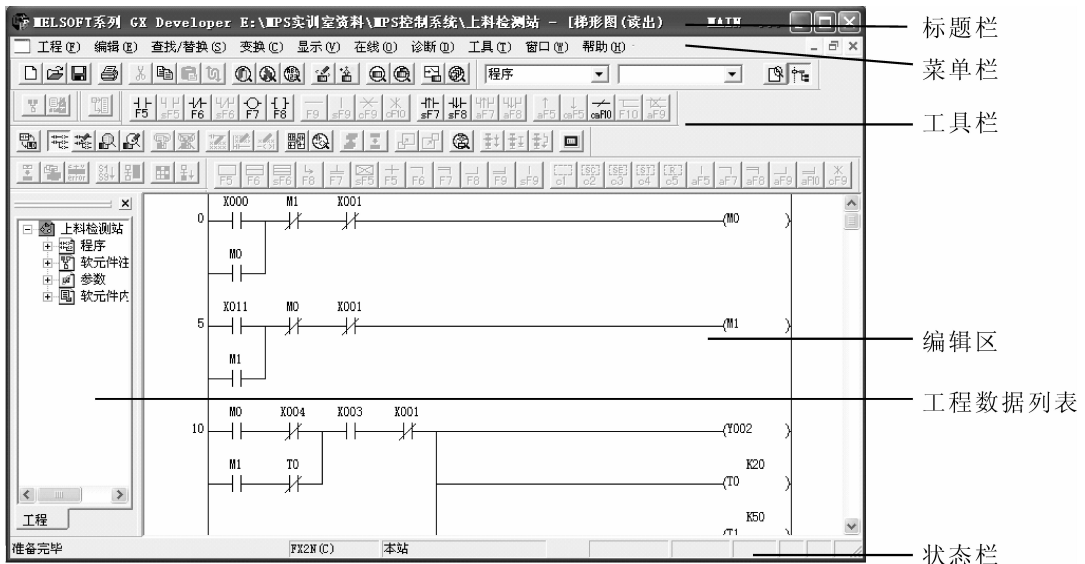


图 6.4 编程窗口


新进入界面的窗口编辑区域是不可用的，工具栏中除了新建和打开按钮可见以外，其余按钮均为灰色。单击图 6.4 中的  按钮，或执行菜单命令“工程”→“创建新工程”，可以创建一个新工程，出现如图 6.5 所示画面。



图 6.5 创建新工程画面

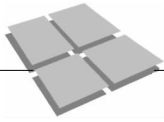
在图 6.5 中，按要求选择 PLC 所属系列和型号，设置编程语言类型为梯形图和语句表(SFC 为顺控程序)，设置文件的保存路径和工程名称等。注意 PLC 系列和型号两项是必须选择的，且必须与所连接的 PLC 一致，否则程序将无法写入到 PLC。设置好后，单击“确定”按钮，即可进入程序的编制。

### (3) 菜单栏

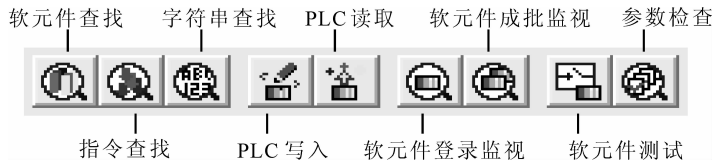
GX 编程软件有 10 个菜单项。“工程”菜单项可执行工程的创建、打开、关闭、删除、打印等。“编辑”菜单项提供图形程序或指令编辑的工具，如复制、粘贴、插入行(列)、删除行(列)、画连线、删除连线等。“查找/替换”主要用于查找/替换设备、指令等。“变换”只在梯形图编程方式可见，程序编好后，需要将图形程序转化为系统可以识别的指令，因此需要进行变换才可存盘、传送等。“显示”用于梯形图与指令之间的切换，注释、申明和注释的显示或关闭等。“在线”主要用于实现计算机与 PLC 之间的程序传送、监视、调试及检测等。“诊断”主要用于 PLC 诊断、网络诊断及 CC-link 诊断。“工具”主要用于程序检查、参数检查、数据合并、清除注释或参数等。“帮助”主要用于查阅各种出错代码等功能。

### (4) 工具栏

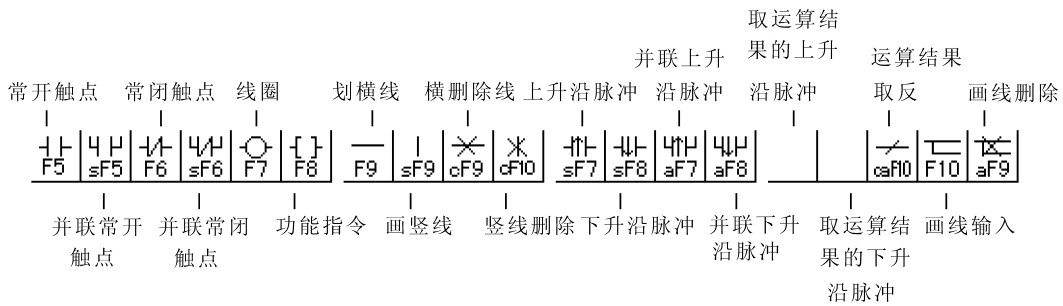
工具栏分为主工具栏、图形工具栏、视图工具栏等，它们在工具栏的位置是可以拖动改变的。主工具栏提供文件新建、打开、保存、复制、粘贴等功能。图形工具栏只在图形编程时才可见，提供各类触点、线圈、连接线等图形。视图工具栏可实现屏幕显示切换，如可在主程序、注释、参数等内容之间实现切换，也可实现屏幕放大/缩小或打印预览等功能。此外工具栏还提供程序的读/写、监视、查找和程序检查等快捷执行按钮。



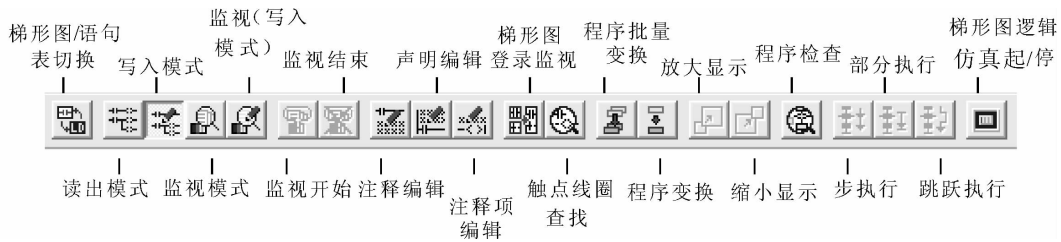
编程软件工具栏说明如图 6.6 所示。



(a)快捷工具栏



(b)图形工具栏



(c)视图工具栏

图 6.6 工具栏

对于在 GX 中不能操作的功能，将显示为淡字符(屏蔽)而无法选中。无法选中的原因如下。

- 1) 在所使用的可编程控制器 CPU 中没有此功能。
- 2) 由于在当前所操作的功能下无法使用而导致无法选中。

#### (5) 编辑区

编辑区是程序、注解、注释、参数等的编辑的区域。编辑梯形图时，首先确定光标位置，在绘图工具栏内单击欲用的元件，此时出现一个对话框，输入元件号后，元件图形出现在原光标位置。按照这种方法，逐一将元件加到梯形图上。当梯形图完成后，单击工具栏的“程序变换”，然后再按下“梯形图/语句表切换”，可以将梯形图转换成语句表程序。

编写好的程序可以通过工具栏中的命令“PLC 写入”，将程序下载到 PLC 中；也可以用菜单命令“PLC 读取”，将 PLC 中的程序读到与之通信的 PC 中。

## (6) 工程数据列表

以树状结构显示工程的各项内容，如程序、软元件注释、参数等。



## (7) 状态栏

显示当前的状态，如鼠标所指按钮功能提示、读写状态、PLC 的型号等内容。

## 技能实训

### 1. 语句表编程练习

1) 运行 GX 软件，创建一个新工程。如图 6.5 所示，设置新工程参数。PLC 系列选择为 FXCPU，PLC 类型选择为 FX2N(C)，程序类型选择为梯形图逻辑，将新工程命名为“语句表编程练习”。

2) 执行菜单命令“显示”→“列表显示”，选定编辑区为语句表编程方式，也可以单击快捷工具按钮。然后单击快捷工具按钮或按 F2 键，使其为写模式(查看状态栏)。

3) 选中当前编辑的区域，当前编辑区为蓝色方框。用键盘输入图 6.7 中左边的语句表。

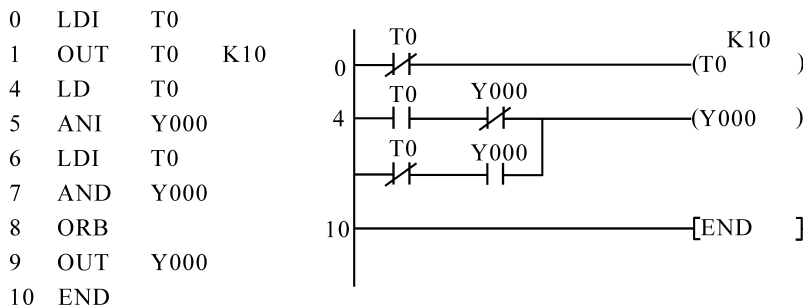


图 6.7 语句表练习程序

4) 用键盘输入指令“LDI T0”，显示如图 6.8 所示。一条指令输入完后，按 Enter 键或单击确定按钮，即将指令添加到编辑区选定位置。用同样的方法输入图 6.7 中的语句表指令。



图 6.8 指令语句表输入框

## 5) 如何形成梯形图电路？

6) 试“运行软元件查找”、“指令查找”、“触点线圈查找”等命令。

7) 试运行“程序检查”命令。检查是否有语法错误、双线圈错误和电路错误。

8) 通信连接和设置。用专用电缆将计算机与 PLC 连接，接通 PLC 电源，并置 PLC 于 STOP 状态。程序编制完后，单击“在线”→“传输设置”菜单命令，弹出如图 6.9 所示的窗口，设置好 PC I/F 和 PLC I/F 的各项参数，其他项保持为默认，单击“确定”按钮。可以进行通信测试，以检查计算机与 PLC 是否连接成功。

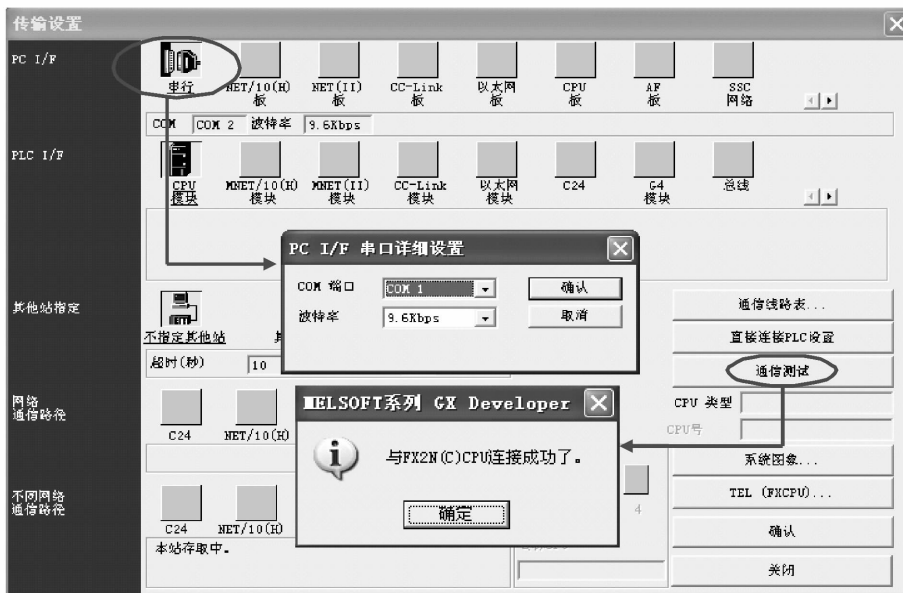
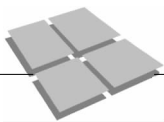


图 6.9 通信设置与通信测试画面

9)将应用程序写入 PLC。方法是执行菜单命令“在线”→“PLC 写入”，弹出如图 6.10 所示窗口。选中主程序，再单击“执行”，在弹出的对话框中单击“是”即可。如果要快速地下载程序，可以在“程序”选项卡中选择要下载的程序范围。如图 6.7 中程序有 11 步，则范围选择为“0 步到 10 步”。

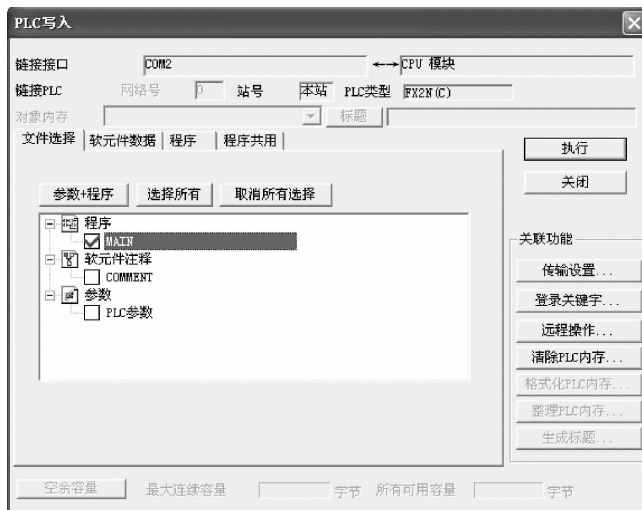





图 6.10 程序写入画面

10)将 PLC 设置为“RUN”状态，此时 PLC 的 Y0 输出指示灯亮一秒、灭一秒，不停闪烁。

11) 执行菜单命令“在线”→“监视”→“监视模式”，可监控 T0 及 Y0 元件。也可以执行菜单命令“工具”→“梯形图逻辑测试起动”或单击快捷按钮，将程序下载到仿真软件中进行模拟演示。

## 2. 梯形图编辑练习

1) 执行菜单命令“在线”→“清除 PLC 内存”。在 PLC 内存清除的对话框中，选择 PLC 存储空间项，按下“确认”按钮，清除 PLC 内存程序。

2) 执行菜单命令“显示”→“梯形图显示”，选定编辑区为梯形图编程方式，也可以单击快捷工具按钮。然后单击快捷工具按钮或按 F2 键，使其为写模式(查看状态栏)。

3) 以图 6.11 所示电路进行编程练习。

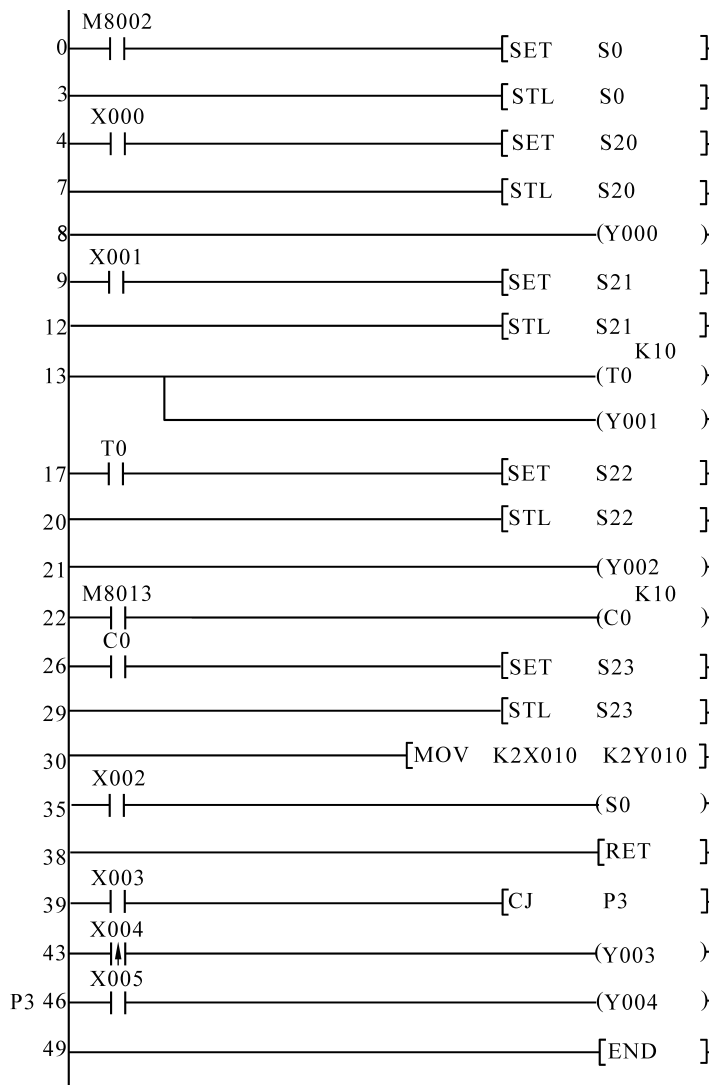
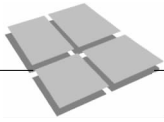




图 6.11 梯形图编程练习程序




梯形图的输入顺序是从左到右进行输入，首先移动光标到编程区左端，输入常开触点 M8002。


①常开触点的输入方法：移动光标到需要放置触点的位置，单击右端绘图工具中的  按钮，出现“梯形图输入”对话框，在白色输入位置输入“M8002”后，单击“确定”按钮或按 Enter 键确定输入。其余触点的输入方法同样。

此时光标后退一格，界面出现灰色区域，此区域表示为未转换区域，输入置位指令“SET”。


②置位指令的输入方法：单击绘图工具中的  按钮，出现“梯形图输入”对话框，在白色输入位置输入“SET $\cup$ S0”后，单击“确定”按钮或按 Enter 键确定输入。其余功能指令的输入方法同样。

下一行步进功能的 STL 指令的输入方法同置位指令的输入相似，只要在“梯形图输入”对话框中输入“STL $\cup$ S0”即可，以下功能指令和触点的输入方法同上。

③输出线圈的输入方法：单击绘图工具中的  按钮，出现“梯形图输入”对话框，在白色输入位置输入“Y0”后，单击“确定”按钮或按 Enter 键确定输入。

④计时器、计数器线圈的输入方法：单击绘图工具中的  按钮，出现“梯形图输入”对话框，在白色输入位置输入“T0 $\cup$ K10”后，单击“确定”按钮或按 Enter 键确定输入。计数器的输入方法同样。

⑤跳转标号的输入方法：把光标移到标号区，按“P”键或双击标号区，出现“梯形图输入”对话框，输入要输入的标号数字，单击“确定”按钮或按 Enter 键确定输入。

梯形图编制完成后，在写入 PLC 或保存之前，必须进行变换。单击菜单命令“变换”→“变换”，或直接按 F4 键，或单击快捷工具  按钮来完成变换。若梯形图无错误，则灰色区域恢复成白色。有错误则出现有错误对话框。

最后把梯形图下载到 PLC 机中，进行调试监控。

### 3. 完成实训报告

整理实训操作结果，按标准写出实训报告。

### 4. 问题思考

- 1)GX 编程软件的主菜单有哪些？
- 2)利用 GX 编程软件能够进行哪些操作？
- 3)GX 编程软件出现无法与 PLC 通信，可能的原因是什么？
- 4)GX 软件能否在指令显示模式下执行监视模式？
- 5)PLC 诊断和程序检查有什么不同？
- 6)当 PLC 处于 STOP 模式时，能否下载程序？能否进行运程运行/停止控制？
- 7)梯形图中出现了灰色区域标记，说明有什么问题？转换不通过的程序能否下载到 PLC 中？符号注释能否下载到 PLC 中？

### 5. 注意事项

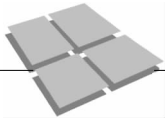
- 1) 编程软件出现无法与 PLC 通信时，请及时报告老师。
- 2) PLC 故障指示灯亮时，及时关闭电源并报告老师。
- 3) 禁止带电接线。



班级：\_\_\_\_\_ 学号：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 得分：\_\_\_\_\_

考核项目	考核内容	评分标准	配分	得分
编程操作	创建工程文件	会创建工程文件	5	
	程序的编辑	能正确输入程序	10	
	程序的传送	能建立通信连接	2	
能写入/读出程序		3		
监控操作	元件监视	会监视元件的动作状态	10	
	强制元件 ON/OFF	会强制元件 ON/OFF	5	
	修改当前值和设定值	会修改元件当前值与设定值	5	
运作操作	I/O 接线	I/O 接线正确	5	
	程序调试	会调试程序	5	
	程序运行	运行结果正确	10	
实训报告	按照报告要求完成	报告内容	20	
安全文明意识	正确使用设备和工具， 无操作不当引起的事故		10	
团队协作精神	小组成员分工协作、积 极参与		10	
考核时间	年 月 日	教师签字		





## 项目 7 电动机的起保停控制

### 学习目标

1. 熟悉 PLC 的基本编程思路。
2. 掌握 LD/LDI、OUT、AND/ANI、OR/ORI、SET/RST 等基本指令的用法。
3. 进一步理解 PLC 的工作原理，掌握 PLC 的外围接线方法。

### 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 7.1。

表 7.1 设备、工具、材料

名称	型号规格	数量
PLC	FX <sub>2N</sub> -48MR	1 台
计算机	装有 GX Developer Version7.08J 编程软件	1 台
编程通信电缆	SC08/SC-09	1 根
直流接触器	MY4NJ24VDC	1 个
按钮	LA19	2 个
三相异步电动机	JW5014	1 台
直流减速电动机	70JB-55ZYN001J1000、减速比 1 : 40	1 台
连接导线		若干

### 相关知识

#### 一、PLC 的基本逻辑指令

FX<sub>2N</sub> 机型具有基本逻辑指令 27 条，本项目只介绍 9 条，其他分别在后面的项目中介绍。基本逻辑指令的操作元件包括 X、Y、M、T、C 和 S。

#### 1. 逻辑取和线圈驱动指令 LD/LDI/OUT

LD：取指令，常开触点逻辑运算起始，可用于 X、Y、M、T、C 和 S。

LDI：取反指令，常闭触点逻辑运算起始，可用于 X、Y、M、T、C 和 S。

OUT：输出，线圈驱动，可用于 Y、M、T、C 和 S。

逻辑取和线圈驱动指令的应用如图 7.1 所示。

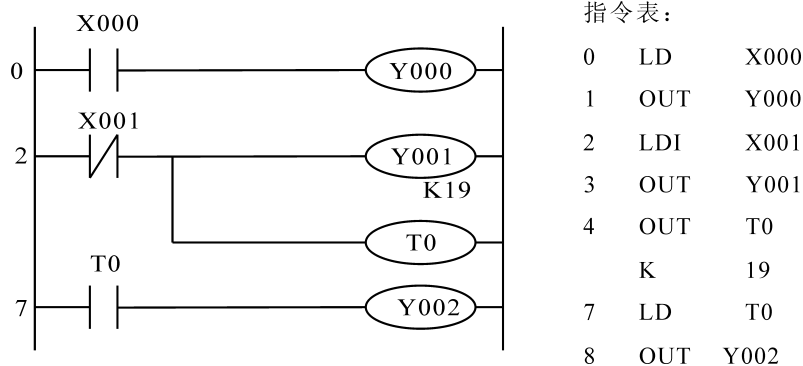


图 7.1 逻辑取和线圈驱动指令的用法

使用 LD/LDI/OUT 时要注意以下事项。

- 1) LD 与 LDI 指令一般用于与左母线相连的触点，也可用于电路块的起始触点。
- 2) OUT 指令可并行多次输出。
- 3) 输入继电器 X 不能使用 OUT 指令。
- 4) 对于定时器或计数器的线圈，必须在 OUT 指令后设定常数。
- 5) 线圈一般不能重复使用(双线圈输出)，否则，后面的线圈的动作状态会取代前面的线圈的动作状态，引起逻辑错误。

## 2. 触点串、并联指令 AND/ANI/OR/ORI

AND: 与指令，常开触点串联连接，可用于 X, Y, M, T, C 和 S。

ANI: 与反指令，常闭触点串联连接，可用于 X, Y, M, T, C 和 S。

OR: 或指令，常开触点并联连接，可用于 X, Y, M, T, C 和 S。

ORI: 或反指令，常闭触点并联连接，可用于 X, Y, M, T, C 和 S。

触点串联指令的应用如图 7.2 所示。

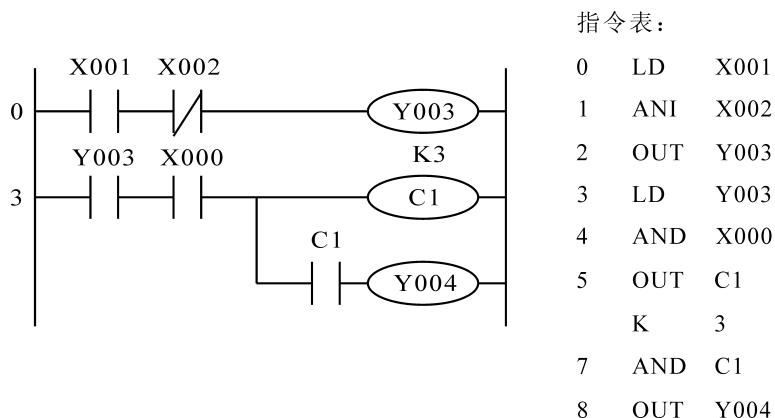
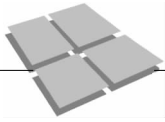


图 7.2 触点串联指令的应用



触点并联指令的应用如图 7.3 所示。

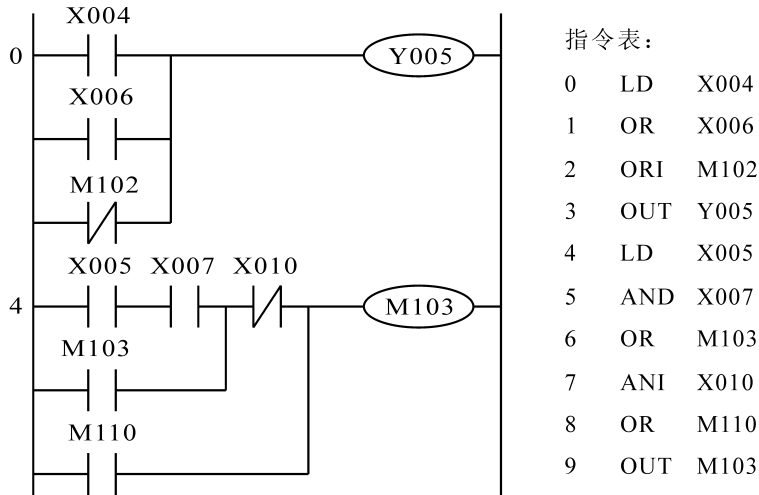


图 7.3 触点并联指令的应用

使用 AND/ANI/OR/ORI 时要注意以下事项。

1) 单个触点与左边的电路串联, 使用 AND 和 ANI 指令, 串联触点的个数没有限制。

2) 单个触点与前面的电路并联, 使用 OR 和 ORI 指令, 并联触点的左端接到前面电路块的起始点(LD/LDI 点)上, 右端与前一条指令对应的触点的右端相连。

3) OUT 指令后通过触点去驱动另一线圈的情况, 称为连续输出。

### 3. 置位与复位指令 SET/RST

SET: 置位指令, 令元件自保持 ON, 可用于 Y, M, S。

RST: 复位指令, 令元件自保持 OFF 或清除数据寄存器的内容, 可用于 Y, M, S, C, D, V, Z 和积算定时器 T。

置位与复位指令的应用如图 7.4 所示。



(a) 梯形图

(b) 工作时序图

图 7.4 置位与复位指令的应用

使用 SET/RST 时要注意以下事项。

1) 对同一元件可以多次使用 SET、RST 指令。

2) 要使 D, C, T, V, Z 的内容清零, 也可用 RST 指令。

#### 4. 空操作和程序结束指令 NOP/END

NOP: 空操作, 无动作。

END: 结束, 输入输出处理, 程序回到第 0 步, 无操作元件。

若将 LD、LDI、ANB、ORB 等指令换成 NOP 指令, 电路构成将有较大幅度的变化, 必须注意。执行程序全清除操作后, 全部指令都变成 NOP。

PLC 按照扫描的工作方式, 首先进行输入处理, 然后进行程序处理, 当处理到 END 指令时, 即进行输出处理。在调试程序时, 可以将 END 指令插在各段程序之后, 调试好以后必须删去程序中间的 END 指令。

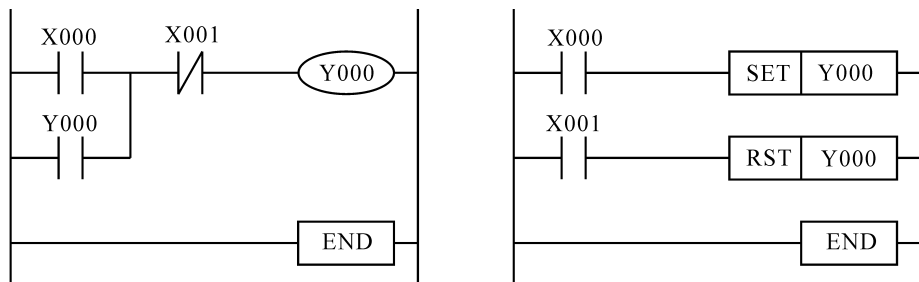
## 二、编程规则

### 1. 梯形图编程设计的基本原则

- 1) X/Y, M, T, C 等软元件的触点可重复使用。
- 2) 线圈不能直接与左母线相连, 触点不允许放在线圈的右边。
- 3) 梯形图程序必须符合顺序执行的原则, 即从左到右, 从上到下执行。

### 2. 起保停控制程序

起保停控制程序的设计方法有两种, 如图 7.5 所示。



(a) 起保停电路实现

(b) 置位与复位指令实现

图 7.5 起保停电路的控制程序

## 技能实训

### 1. 控制要求

三相异步电动机的起停控制: 按下起动按钮 SB1, 接触器 KM 得电, 三相异步电动机起动运行; 按下停止按钮 SB2, 接触器 KM 断电, 三相异步电动机停止运行。主电路如图 7.6(a) 所示。

直流电动机的起保停控制: 按下起动按钮 SB1, 接触器 KM 得电, 直流电动机起动运行; 按下停止按钮 SB2, 接触器 KM 断电, 直流电动机停止运行。主电路如图 7.6(b) 所示。

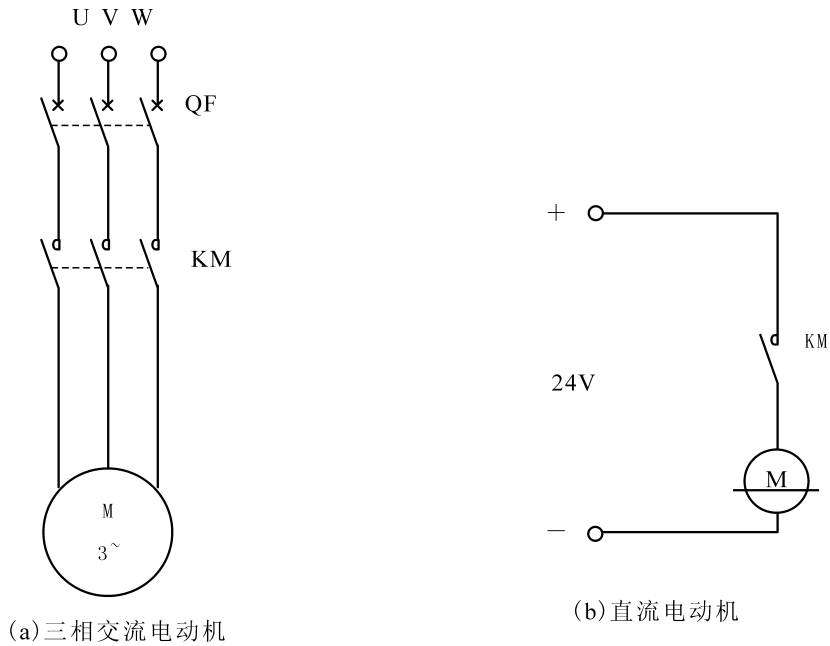
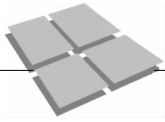


图 7.6 起保停控制主电路

## 2. 输入/输出(I/O)接线图

无论是交流电动机，还是直流电动机，其输入/输出线路接线图基本一致，这里电动机的功率很小，主电路没有采用热继电器保护，因此控制线路也不需要考虑热继电器的触点。接线如图 7.7 所示。

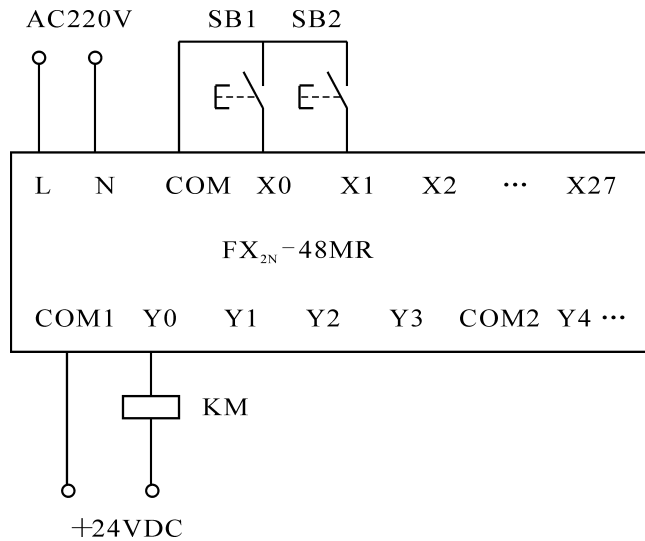


图 7.7 电动机起保停控制的 PLC I/O 接线图

### 3. 程序设计

根据控制要求，完成梯形图设计。

### 4. 系统接线

按照图 7.7 所示，完成主电路和控制电路的接线。

### 5. 系统调试

1) 输入程序。

2) 模拟调试。在正确连接好控制电路线路的情况下，进行 PLC 的模拟调试，按下启动按钮 SB1，Y0 亮，接触器 KM 得电；按下停止按钮 SB2，Y0 熄灭，接触器 KM 断电。观察 PLC 的输出是否符合控制要求，否则，检查并修改程序，直至指示正确。

3) 负载调试。接入直流电动机主电路，进行系统的负载调试，观察接触器和电动机能够按控制要求动作，否则，检查电路或修改程序，直至满足控制要求。

拆除直流电动机主电路，接入交流电动机主电路，进行系统的负载调试，直到满足控制要求。

### 6. 实训报告

完成实训报告，画出梯形图，并加适当的注释。

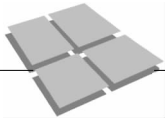
### 7. 问题思考

1) 比较图 7.5 所示的两种控制梯形图。

2) 试设计一个能够实现单台电动机两地控制起停的程序。如果不改变控制程序，能否实现？



中级维修电工 PLC 程序设计实操考核评分表见附录 A。



## 项目 8 电动机的点动和连续控制

### 学习目标

1. 掌握 ORB、PLS 等基本逻辑指令的理解和应用。
2. 学习用时序表分析程序的工作过程。
3. 掌握 PLC 编程的基本方法和技巧。
4. 进一步熟悉编程软件的使用方法和基本操作。
5. 掌握电动机点动和连续控制的 PLC 外部接线及操作。

### 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料如表 8.1 所示。

表 8.1 设备、工具、材料

名称	型号规格	数量
PLC	FX <sub>2N</sub> -48MR	1 台
计算机	装有 GX Developer Version7.08J 编程软件	1 台
编程通信电缆	SC08/SC-09	1 根
直流接触器	MY4NJ24VDC	1 个
按钮(常开)	LA19	2 个
急停按钮	LA19	1 个
直流减速电动机	70JB-55ZYN001J1000, 减速比 1:40	1 台
连接导线		若干

### 相关知识

#### 1. 电路块连接指令 ORB/ANB

ORB: 块或指令, 串联电路的并联连接, 无操作元件。

ANB: 块与指令, 并联电路的串联连接, 无操作元件。

电路块连接指令的应用如图 8.1 和图 8.2 所示。

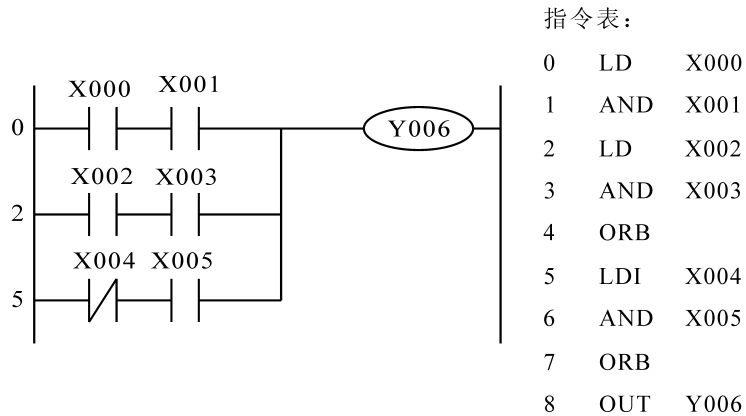


图 8.1 串联电路块并联连接指令的用法

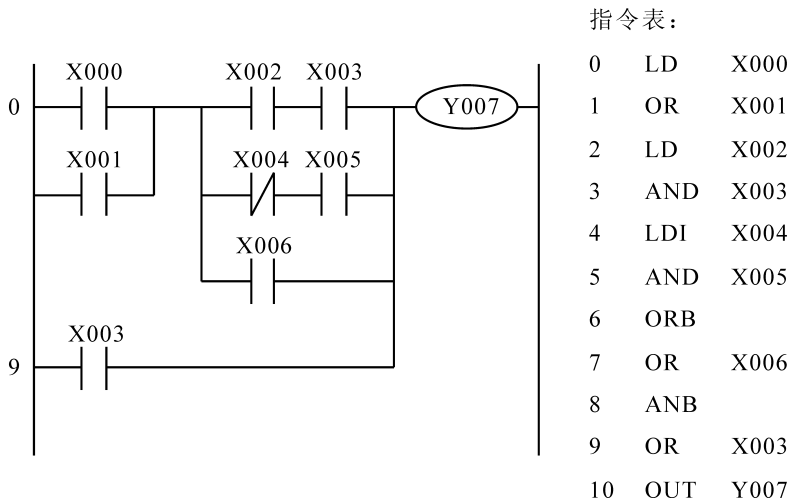


图 8.2 并联电路块串联连接指令的用法

使用 ORB/ANB 时要注意以下事项。

- 1) 串联和并联电路块的起始触点要使用 LD/LDI 指令。
- 2) ORB、ANB 指令可以多次重复使用，但是，连续使用时，应限制在 8 次以下。

## 2. 脉冲输出指令 PLS/PLF

PLS：上升沿脉冲，上升沿微分输出，可用于 Y，M。

PLF：下降沿脉冲，下降沿微分输出，可用于 Y，M。

脉冲输出指令的应用如图 8.3 所示。

使用 PLS 和 PLF 时要注意以下事项。

- 1) 脉冲输出指令仅输出一个 PLC 扫描周期宽的脉冲。
- 2) 不能用于具有掉电保持功能的 M。



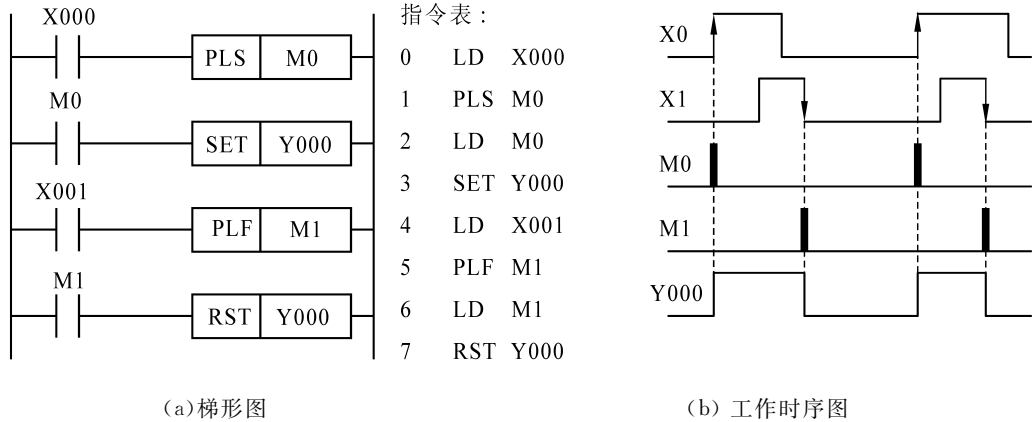
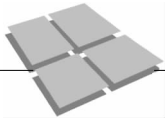


图 8.3 脉冲输出指令的用法

### 3. 二分频电路

二分频电路如图 8.4 所示，有两种实现方法。以图 8.4(a)为例，讲解其工作过程。

假设电路的初始状态( $T_n$ 周期及以前)为：输入信号  $X_0=0$ ，中间继电器信号  $M_0=0$ ， $M_1=0$ ，输出信号  $Y_0=0$ 。在  $T_{n+1}$ 周期扫描时，输入信号接通，即  $X_0=1$ ，则  $M_0=1$  且仅接通一个扫描周期， $M_1=M_0 \cdot Y_0=0$ ， $Y_0$  在计算前为 0，计算后值为 1。在  $T_{n+2}$ 周期时，尽管  $X_0=1$ ，但  $M_0$  为 0，使  $M_1=0$ ， $Y_0$  保持为 1。

在  $T_m$ 周期及以前电路的状态为：输入信号  $X_0=0$ ，中间继电器信号  $M_0=0$ ， $M_1=0$ ，输出信号  $Y_0=1$ 。在  $T_{m+1}$ 周期扫描时，输入信号接通，即  $X_0=1$ ，则  $M_0=1$  且仅接通一个扫描周期， $M_1=M_0 \cdot Y_0=1$ ， $Y_0$  在计算前为 1，计算后值为 0。在  $T_{m+2}$ 周期时，尽管  $X_0=1$ ，但  $M_0=0$ ，使  $Y_0$  保持为 0。

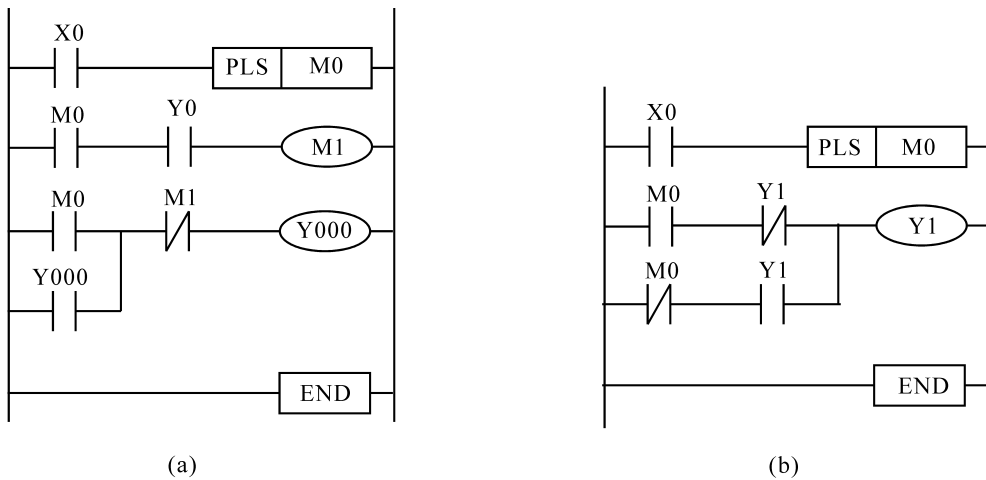


图 8.4 二分频电路

图 8.4(a)的变量时序如表 8.2 所示。请同学们根据时序分析表画出输入变量  $X_0$  和

输出变量 Y0 的时序波形图。

表 8.2 二分频电路变量时序表

变量名称	$T_n$	$T_{n+1}$	$T_{n+2}$	...	$T_m$	$T_{m+1}$	$T_{m+2}$	...
X0	0	1	1	0	0	1	1	0
M0	0	1	0	0	0	1	0	0
M1	0	0	0	0	0	1	0	0
Y0	0	0 1	1	1	1	1 0	0	0

图 8.4(b)也是一个二分频电路，其工作过程请同学们仿照图 8.4(a)的自行分析。

## 技能实训

### 一、电动机点动和连续控制

#### 1. 控制要求

按下起动按钮 SB1，接触器 KM 得电，直流电动机起动运行；按下急停按钮 SB3，接触器 KM 断电，电动机停止运行。按下点动按钮 SB2 电动机点动运行。主电路如图 7.6(b)所示。

#### 2. I/O 接线图

I/O 地址分配如下。X0：起动按钮；X1：点动按钮；X2：急停按钮；Y0：电动机接触器。

I/O 接线图如图 8.5 所示。

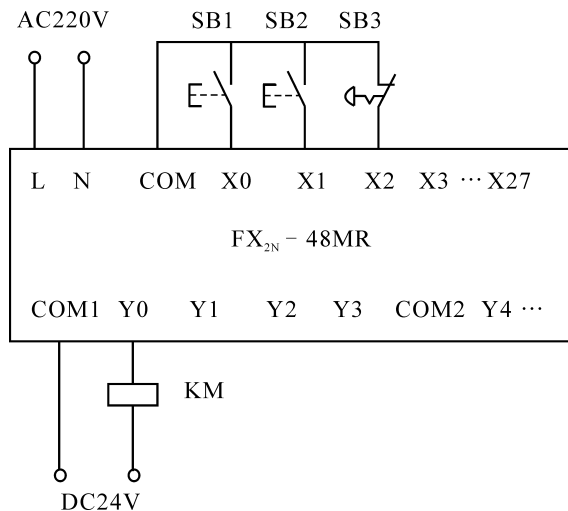
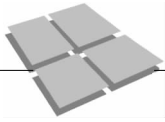


图 8.5 电动机点动和连续控制 I/O 接线图



### 3. 程序设计

为了实现点动和连续运行的联锁控制，采用了一个中间继电器 M0 作为连续控制的记忆存储位，用 M0 的常开触点去接通 Y0。要实现点动控制时，必须先断开 M0，故将点动输入的常闭触点串联在 M0 的线圈电路中。

梯形图程序如图 8.6 所示。

### 4. 系统接线

按图 8.5 所示，完成控制电路的 I/O 接线。

### 5. 系统调试

#### (1) 输入程序

创建一个 FX<sub>2N</sub> 项目，工程名为“电动机点动和连续控制”。将图 8.6 所示的梯形图输入到项目中。

#### (2) 空载调试

在正确连接好控制电路线路的情况下，进行 PLC 的空载调试，按下起动按钮 SB1，Y0 亮，接触器 KM 得电；按下急停按钮 SB3，Y0 熄灭，接触器 KM 断电。按下点动按钮 SB2，Y0 亮，松开 SB2，Y0 熄灭。观察 PLC 的输出是否符合控制要求，否则，检查并修改程序，直至指示正确。

#### (3) 负载调试

按照图 7.6(b) 所示，完成直流电动机主电路的接线。进行系统的负载调试，观察接触器和电动机能够按控制要求动作，否则，检查电路或修改程序，直至满足控制要求。

拆除直流电动机主电路，接入交流电动机主电路，进行系统的负载调试，直到满足控制要求。

## 二、单按钮实现电动机起停控制

### 1. 控制要求

第 1 次按下按钮 SB1，接触器 KM 得电，直流电动机起动运行；再次按下按钮 SB1，接触器 KM 断电，电动机停止运行，以后均如此。

### 2. I/O 接线图

I/O 接线及地址分配在图 8.5 的基础上输入信号仅保留 SB1。

### 3. 程序设计

梯形图程序如图 8.4 所示。

### 4. 系统调试

#### (1) 输入程序

创建一个 FX<sub>2N</sub> 项目，工程名为“单按钮实现电动机起停控制”。将图 8.4(a) 所示的

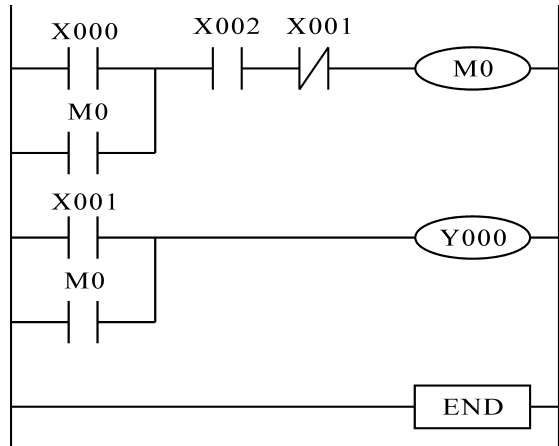


图 8.6 电动机点动和连续控制梯形图

梯形图输入到项目中。

#### (2) 模拟调试

在正确连接好控制电路线路的情况下，进行 PLC 的模拟调试。第 1 次按下按钮 SB1，观察 Y0 是否保持常亮；再次按下按钮 SB1，观察 Y0 是否保持熄灭。否则，检查并修改程序，直至指示正确。

#### (3) 负载调试

按照图 7.6(b)所示，完成直流电动机主电路的接线。进行系统的负载调试，观察接触器和电动机能够按控制要求动作，否则，检查电路或修改程序，直至满足控制要求。

### 三、完成实训报告

完成实训报告，画出梯形图，并加适当的注释。

### 四、问题思考

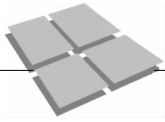
1) 在图 8.5 中，急停按钮采用了常闭按钮。如果将 SB3 改成常开按钮，图 8.6 所示程序应该如何修改才能满足控制要求？

2) 继电器控制系统改成 PLC 控制后，原电路中的常闭输入信号如停止按钮、行程开关等应该如何处理？在何种情况下，外部的常闭信号不应改成常开的信号？

3) 在 PLC 的控制程序中，能否像继电器控制电路一样用复合按钮实现点动和连续的联锁控制，为什么？用表 8.2 的变量时序分析。



中级维修电工 PLC 程序设计实操考核评分表见附录 A。



## 项目 9 电动机的正反转控制

### 学习目标

1. 进一步掌握编程软件的基本操作。
2. 掌握电动机正反转控制的 PLC 编程方法及操作。
3. 掌握联锁保护电路的接线方法。
4. 进一步学习 PLC 控制程序调试的基本步骤。

### 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 9.1。

表 9.1 设备、工具、材料

名 称	型号规格	数量
PLC	FX <sub>2N</sub> -48MR	1 台
计算机	装有 GX Developer Version7.08J 编程软件	1 台
编程通信电缆	SC08/SC-09	1 根
直流接触器	MY4NJ24VDC	2 个
按钮	LA19	3 个
直流减速电动机	70JB-55ZYN001J1000、减速比 1 : 40	1 台
连接导线		若干

### 相关知识

#### 1. 多重输出电路指令 MPS/MRD/MPP

MPS: 进栈指令, 无操作元件。

MRD: 读栈指令, 无操作元件。

MPP: 出栈指令, 无操作元件。

多重输出电路指令的应用如图 9.1 和图 9.2 所示。

使用 MPS/MRD/MPP 时需要注意的事项。

1) 电路的第一个支路前使用 MPS 进栈指令, 多重电路的中间支路前使用 MRD 指令, 多种电路的最后一个支路前使用 MPP 指令。

2)MPS 和 MPP 指令要成对出现，且使用不多于 11 次。

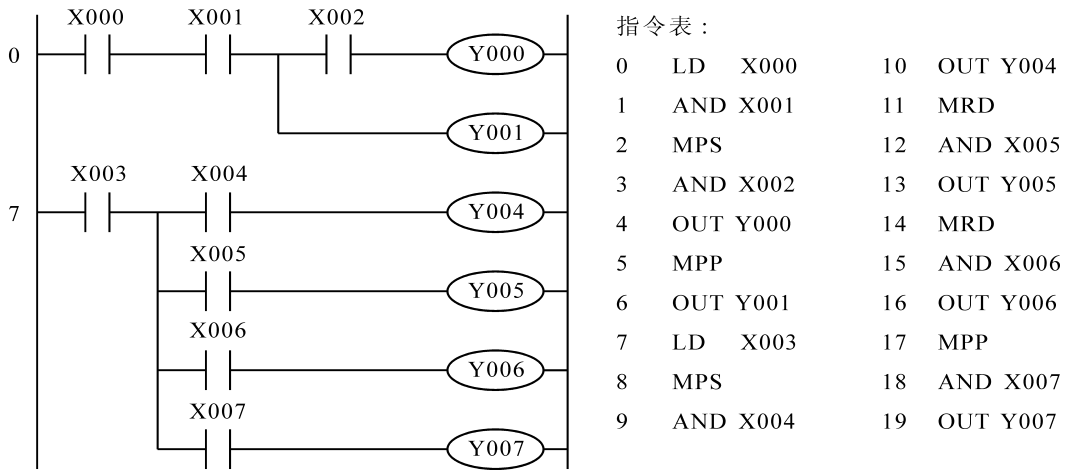


图 9.1 简单多重输出电路

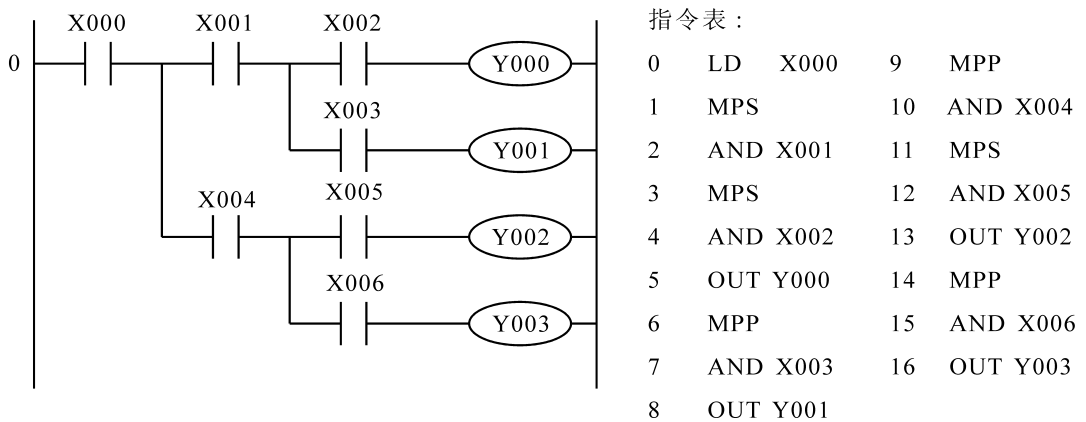


图 9.2 嵌套多重输出电路

## 2. 直流继电器

MY4NJ24VDC 型直流继电器器采用模块化结构，可安装在 35mm 的标准导轨上。其控制线圈接 24VDC，触点允许的电压为 DC24V5A/AC220V2A。MY4NJ24VDC 型继电器提供了 4 对常开/常闭触点，其内部结构如图 9.3 所示。接线端子 1—5—9 组成一对常开/常闭触点，5—9 之间是常开触点，1—5 之间是常闭触点；其他 2—6—10 为一组，3—7—11 为一组，4—8—12 为一组。14—13 是线圈的接线端子，如果带信号指示的继电器，则端子 14 和 13 之间串接有一电阻和发光二极管，此时 14 应接电源“+”。

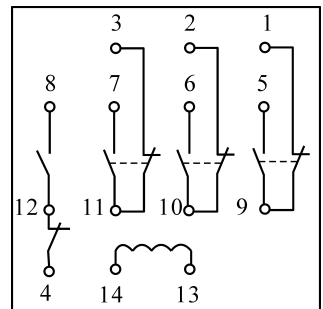
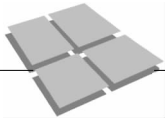


图 9.3 继电器内部结构示意图



**技能实训**

**1. 控制要求**

设计一个用 PLC 控制直流电动机正反转的系统，其控制要求如下。

- 1) 按下正转起动按钮 SB1，继电器 KM1 得电，直流电动机正转运行。
- 2) 按下反转起动按钮 SB2，继电器 KM2 得电，直流电动机反转运行。
- 3) 任何时候按下停止按钮 SB3，KM1 或 KM2 均失电，电动机停止运行。
- 4) 为了安全，保留必要的联锁控制。

**2. I/O 分配**

PLC 控制直流电动机正反转的 I/O 地址分配如表 9.2 所示。

表 9.2 PLC 的 I/O 地址分配表

输入地址	外部输入信号	输出地址	外部输出信号
X1	正转起动按钮 SB1	Y1	电动机正转接触器 KM1
X2	反转起动按钮 SB2	Y2	电动机反转接触器 KM2
X3	停止按钮(急停)SB3		

**3. 系统接线**

根据系统控制要求，其系统接线图如图 9.4 所示。图 9.4(a)为主电路，继电器 KM1 和 KM2 的 5 端接在一起通过 1 号线接电源“+”端；继电器 KM1 和 KM2 的 6 端接在一起通过 0 号线接电源的“-”端；继电器 KM1 的 9 端与继电器 KM2 的 10 端接在一起通过 2 号线接直流电动机 M 线圈的“+”端；继电器 KM1 的 10 端与继电器 KM2 的 9 端接在一起通过 3 号线接直流电动机 M 线圈的“-”端。注意，继电器的端子号别弄错了。

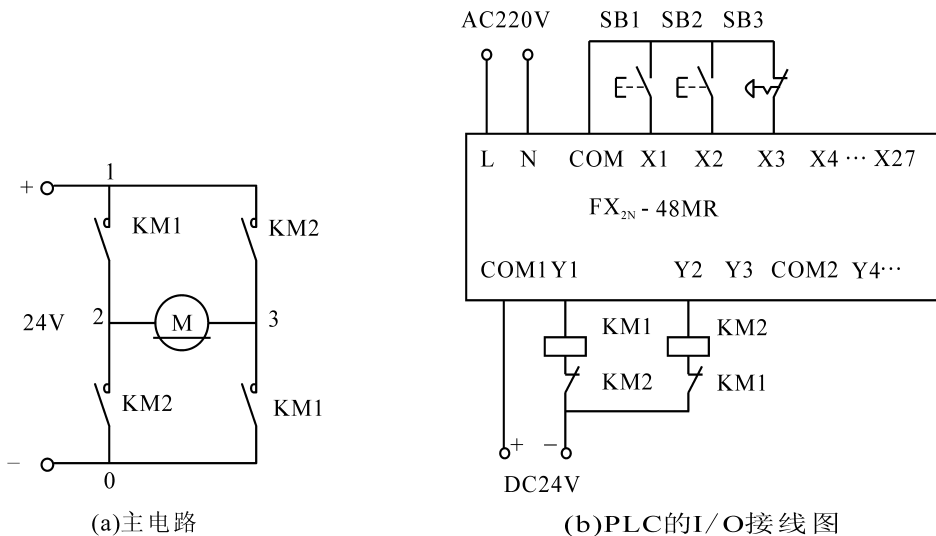


图 9.4 直流电动机正反转控制系统接线图

图 9.4(b)为控制电路接线图。梯形图中的软件互锁和按钮联锁电路并不安全,在电动机切换方向的过程中,可能原来接通的接触器的主触点还没有完全断开(分断电弧还没熄灭);另一个接触器的主触点已经闭合了,由此造成瞬间的电源相间短路。此外,如果某一接触器主触点因电弧熔焊而被粘结,这时如果另一接触器的线圈通电,也会造成电源短路事故。因此 PLC 的外部电路中必须保留 KM1 和 KM2 的硬件互锁电路,即 KM1 的常闭触点串接在 KM2 的线圈电路中, KM2 的常闭触点串接在 KM1 的线圈电路中。

#### 4. 程序设计

根据控制要求,直流电动机正反转控制的梯形图如 9.5 所示。为了避免按钮 SB1 和 SB2 同时按下造成 Y1 和 Y2 同时得电的故障,程序中增加了 X1 和 X2 的联锁控制。

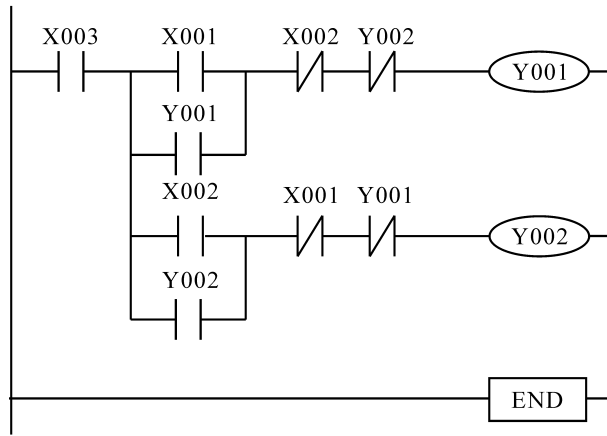


图 9.5 电动机自动往返控制梯形图

#### 5. 系统调试

##### (1) 编辑并下载程序

通过计算机将图 9.5 所示的梯形图输入 PLC 中。

##### (2) 模拟调试

按图 9.4(b)所示的 PLC 的 I/O 接线图正确连接好按钮等输入设备,进行 PLC 的模拟调试。按控制要求输入信号,观察 PLC 的输出指示灯是否按要求显示。否则,检查并修改程序,直至显示正确。

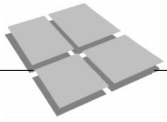
##### (3) 空载调试

按图 9.4(b)所示的系统接线图正确连接好继电器等输出设备,进行系统的空载调试,观察直流接触器能否按控制要求动作。否则,检查电路或修改程序,直至继电器 KM1 和 KM2 均能按控制要求动作。

##### (4) 负载调试

按图 9.4(a)所示主电路接线图正确连接好直流电动机,进行带负载调试。





(5)保存程序

进行监视程序，添加元器件编号的设备注释，保存程序。

**6. 实训报告**

完成实训报告，画出梯形图，并加适当的注释。

**7. 问题思考**

1)图 9.5 的程序中使用了按钮互锁和线圈互锁两种联锁控制。若不用按钮互锁，会发生什么情况？若不要线圈互锁，行不行，为什么？

2)如要实现三相交流电动机的正反转控制，试问图 9.4(b)所示的控制电路应如何修改，图 9.5 所示的程序要不要修改？

3)如果正反转控制的主电路增加热继电器保护，控制电路和程序应如何修改？试画出正确的控制电路并写出正确的控制程序。

4)如果图 9.5 程序中不使用多重输出指令 MPS/MPP，那么，程序应该如何修改？比较修改前后程序的步序，哪种方法的执行速度要快(步序号少)？



中级维修电工 PLC 程序设计实操考核评分表见附录 A。

## 项目 10 皮带自动往返控制

### 学习目标

1. 熟练皮带控制面板的使用。
2. 掌握皮带自动往返的 PLC 控制。
3. 熟悉光电开关等非接触式传感器的工作原理和接线方法。

### 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 10.1。

表 10.1 设备、工具、材料

名 称	型号规格	数量
PLC	FX <sub>2N</sub> -48MR	1 台
计算机	装有 GX Developer Version7.08J 编程软件	1 台
编程通信电缆	SC08/SC-09	1 根
直流接触器	MY4NJ24VDC	2 个
按钮	LA19	3 个
光电开关	MHT15, NPN	1 个
金属传感器	TS12-05N-1	1 个
皮带控制面板	带直流减速电动机、直流电源等	1 块
连接导线		若干

### 相关知识

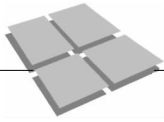
#### 1. 皮带控制面板简介

图 10.1 所示为皮带控制面板俯视图。皮带主要由直流减速电动机 20、直流继电器 15、开关电源 19、急停按钮 16、按钮 17/18、电容式接近开关 3、光电开关 4 以及皮带等组成。所有电气元件的端子均已连接到安全插座上。

#### 2. 电容式接近开关

##### (1) 基本工作原理

电容式接近开关属于一种具有开关量输出的位置传感器，在高频振荡型电容传感



器接近开关中，以高频振荡器(LC振荡器)中的电容作为检测元件。它的测量头通常是构成电容器的一个极板，而另一个极板是物体的本身，当物体移向接近开关时，物体和接近开关的介电常数发生变化，导致等效电容量  $C$  的变化，从而引起振荡器振幅或频率的变化，由传感器的信号调理电路将该变化转换成开关量输出，从而达到检测目的。工作示意图如图 10.2 所示。

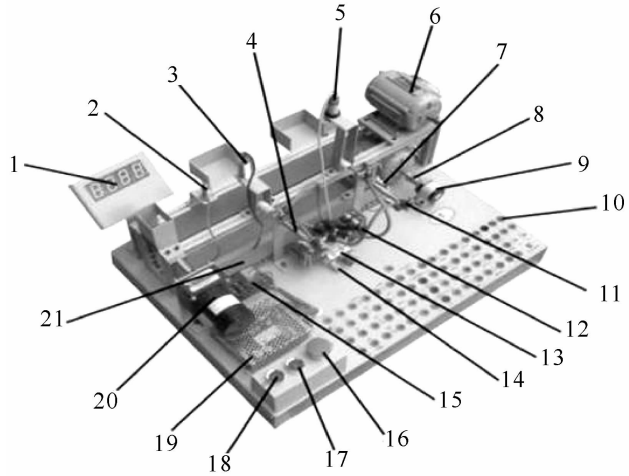


图 10.1 皮带控制面板

这种接近开关的检测物体，并不限于金属导体，也可以是绝缘的液体或粉状物体，检测距离  $2\text{ mm} \sim 20\text{ mm}$ 。在检测较低介电常数  $\epsilon$  的物体时，可以顺时针调节多圈电位器(位于开关后部)来增加感应灵敏度，一般调节电位器使电容式的接近开关在  $0.7 \sim 0.8 S_n$  ( $S_n$  为电容式接近开关的标准检测距离)的位置动作。

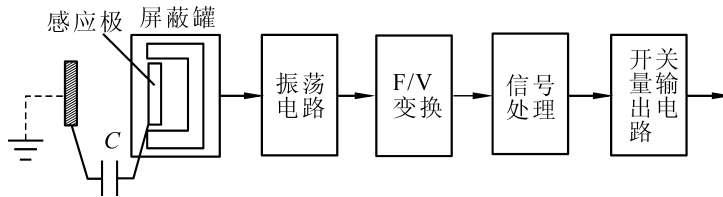


图 10.2 高频振荡型电容式接近开关工作示意图

(2) 图形符号

电容式接近开关的图形符号如图 10.3 所示。开关量输出电路也有 PNP 和 NPN 两种。对于 PNP 型输出来说，负载  $R_L$  应接在输出端(黑)和电源负端(蓝)之间；对于 NPN 型输出来说，负载  $R_L$  应接在输出端(黑)和电源正端(棕)之间。

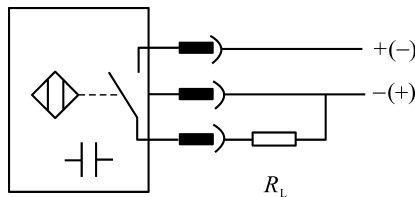


图 10.3 电容式接近开关图形符号

### 3. 光电式接近开关

光电式传感器是用光电转换器件作为敏感元件，将光信号转换为电信号的装置。

#### (1) 基本工作原理

光电式接近开关主要由发射器、接收器和检测电路组成，如图 10.4 所示。发射器用于发射红外光或可见光；发送器对准目标发射光束，发射的光束一般来源于半导体光源，发光二极管(LED)和激光二极管。光束不间断地发射，或者改变脉冲宽度。接收器有光电二极管或光电三极管组成，用于接收发射器发射的光。在接收器的前面，装有光学元件如透镜和光圈等。在其后面是检测电路，它能滤出有效信号并将光电信号转换成电信号以开关量形式输出。

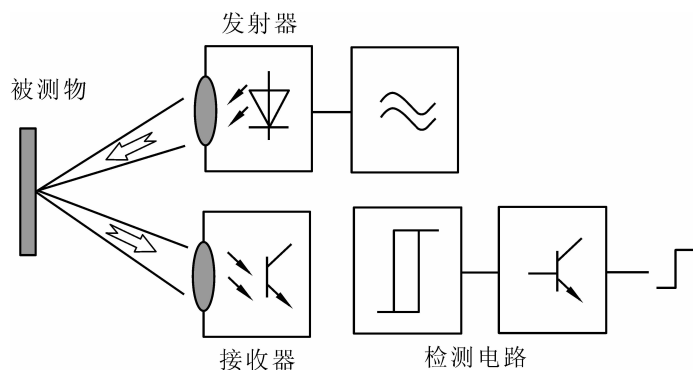


图 10.4 光电式接近开关组成原理图

红外线光电开关(光电传感器)属于光电接近开关的简称，它是利用被检测物体对红外光束的遮光或反射，用同步回路选通而检测物体的有无，其物体不限于金属，对所有能反射光线的物体均可检测，检测距离 0.1m~30m。

光电开关种类很多，按照接收器接收光的方式不同，光电接近开关可以分为漫反射式、镜反射式、对射式和槽式等几种。发射器和接收器也有一体式和分体式两种。按信号输出的方式可分为 NPN 输出型和 PNP 输出型两种。NPN 输出型光电传感器比较常用。

#### (2) 图形符号

光电式接近开关的图形符号如图 10.5 所示。开关量输出电路也有 PNP 和 NPN 两种，负载的接线方式同电感式接近开关。

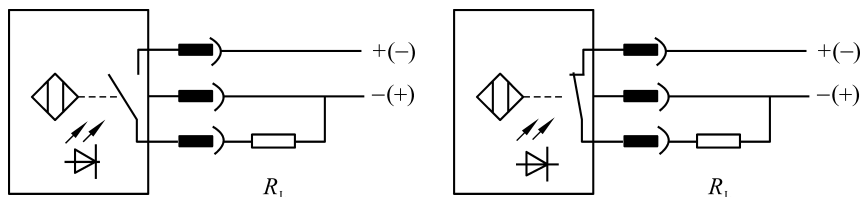
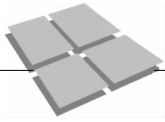


图 10.5 光电式接近开关的图形符号



### (3) 输出形式

输出形式分 NPN 二线, NPN 三线, NPN 四线, PNP 二线, PNP 三线, PNP 四线, AC 二线, AC 五线(自带继电器), 及直流 NPN/PNP/常开/常闭多功能等几种常用的形式输出。

输出回路接线举例如图 10.6 所示。

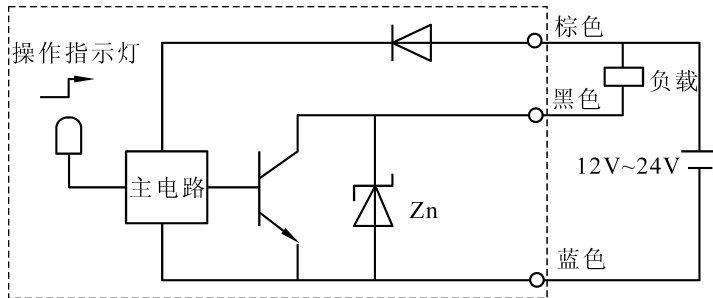


图 10.6 NPN 输出光电开关工作原理图

在用 PLC 控制的时候, 只需将传感器的电源正(棕色线)接到 PLC 的输出 24V 上端子上, 电源负(蓝色线)接到 PLC 的 COM 端子上, 信号线(黑色)接到 PLC 输入端子(比如 X0)上。如果传感器检测到有工件, 则 PLC 的 X0 就会有输入, 对应的指示灯亮, 反之就没有输入。接线如图 5.4 所示。

MHT15 型光电传感器上有调节旋钮, 可以调节检测元件的灵敏度。当传感器不能正确检测工件时, 比如, 没有工件传感器也有输出, 或工件移开后传感器的输出信号不消失等故障现象, 可以通过调节光电传感器的安装距离或旋转调节旋钮等方法, 来校正传感器。

## 技能实训

### 1. 控制要求

设计一个用 PLC 控制皮带自动往返的系统, 其控制要求如下。

1) 按下右行起动按钮 SB1, 电动机正转, 皮带右行; 工件运行到右限位光电开关 S1 处, 电动机自动反转, 皮带左行; 工件运行到左限位光电开关 S2 处, 电动机自动正转, 皮带右行; 如此循环, 直到按下停止按钮 SB3。

2) 皮带右行中, 可按下左行起动按钮 SB2, 皮带转为左行。

### 2. I/O 分配

皮带自动往返 PLC 控制的 I/O 地址分配如表 10.2 所示。

表 10.2 PLC 的 I/O 地址分配表

输入地址	外部输入信号	输出地址	外部输出信号
X1	右行起动按钮 SB1	Y1	皮带右行接触器 KM1
X2	左行起动按钮 SB2	Y2	皮带左行接触器 KM2
X3	停止按钮 SB3		
X4	右限位光电开关 S1		
X5	左限位光电开关 S2		

### 3. 系统接线

根据系统控制要求，其系统接线图如图 10.7 所示。

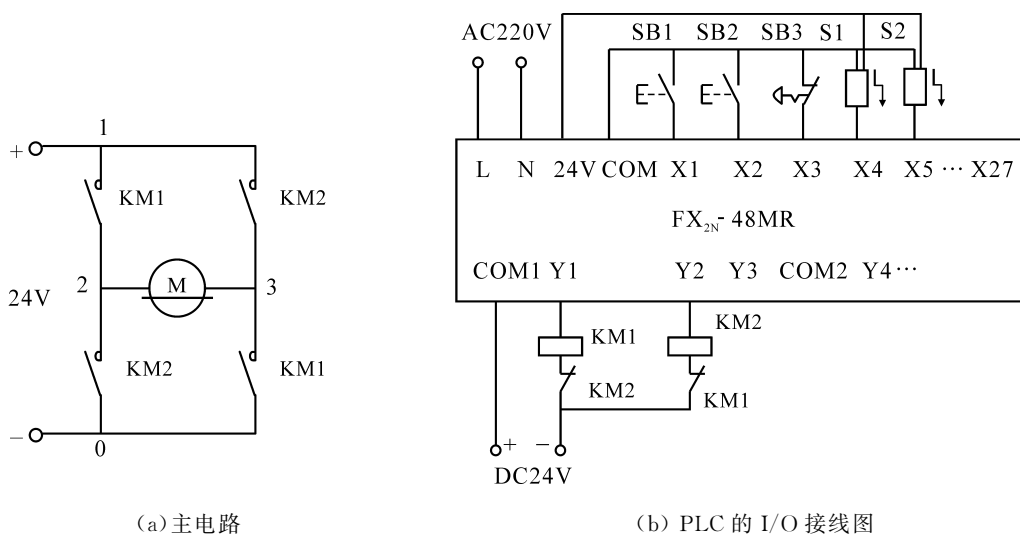


图 10.7 皮带自动往返控制系统接线图

图 10.7(a)所示为主电路。图 10.7(b)为控制电路接线图。S1 和 S2 是光电开关，注意正确连接光电开关。控制电路中用到了两个 24V 电源，一个是用于驱动光电开关 S1 和 S2 的；另一个是用于驱动直流继电器 KM1 和 KM2 的。接线时，注意不要接混了，特别是不要接短路了。

### 4. 程序设计

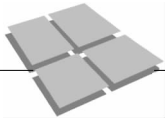
根据控制要求，皮带自动往返控制的梯形图如图 10.8 所示。

### 5. 系统调试

1) 编辑并下载程序。通过计算机将图 10.8 所示的梯形图输入 PLC 中。

2) 模拟调试。按图 10.7(b)所示的 PLC 的 I/O 接线图正确连接好按钮等输入设备，进行 PLC 的模拟调试。按控制要求输入信号，观察 PLC 的输出指示灯是否按要求显示。否则，检查并修改程序，直至显示正确。

3) 空载调试。按图 10.7(b)所示的系统接线图正确连接好继电器等输出设备，进行



系统的空载调试，观察直流接触器能否按控制要求动作。否则，检查电路或修改程序，直至继电器 KM1 和 KM2 均能按控制要求动作。

4)接近开关调试。正确连接光电开关和金属传感器。用金属工件接近传感器，观察传感器上的指示灯能否正常发光，PLC 对应的输入信号是否亮，检查左右限位开关的对应的 PLC 地址是否正确。

5)负载调试。按图 10.7(a)所示主电路接线图正确连接好直流电动机，进行带负载调试，观察皮带的运行控制是否符合要求，工件能否在两个光电检测开关之间来回自动往返。

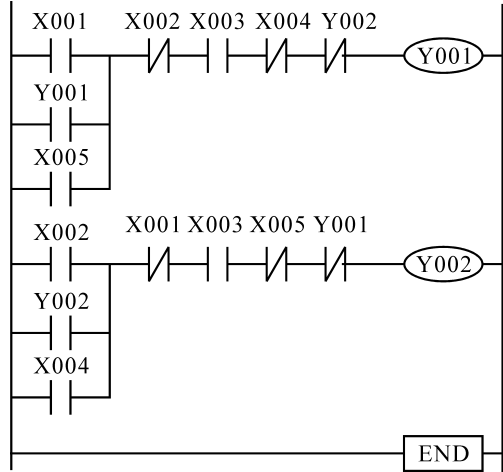


图 10.8 皮带自动往返控制梯形图

### 6. 实训报告

完成实训报告，画出梯形图，并加适当的注释。

### 7. 问题思考

- 1)比较图 9.5 和图 10.8 所示的两个程序，总结电动机起停控制的规律。
- 2)结合项目 9 和项目 10，总结继电器控制和 PLC 控制两种方式的优劣。
- 3)如果用 SET/RST 指令来实现自动往返控制，应该如何编写程序？



中级维修电工 PLC 程序设计实操考核评分表见附录 A。

## 项目 11 具有延时功能的皮带自动往返控制

### 学习目标

1. 进一步熟练皮带控制面板的使用。
2. 掌握皮带延时自动往返的 PLC 控制。
3. 进一步熟悉光电开关等非接触式传感器的工作原理和接线方法。
4. 学习定时器的基本使用方法。

### 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 11.1。

表 11.1 设备、工具、材料

名 称	型号规格	数量
PLC	FX <sub>2N</sub> -48MR	1 台
计算机	装有 GX Developer Version7.08J 编程软件	1 台
编程通信电缆	SC08/SC-09	1 根
直流接触器	MY4NJ24VDC	2 个
按钮	LA19-11	3 个
光电开关	MHT15, NPN	2 个
金属传感器	TS12-05N-1	1 个
皮带控制面板	带直流减速电动机、直流电源等	1 块
连接导线		若干

### 相关知识

#### 1. 主控触点指令 MC/MCR

MC 主控，主控电路块起点。

MCR 主控复位，主控电路块终点。

主控触点指令的应用如图 11.1 所示。图中圈出部分只有监控状态下才显示。



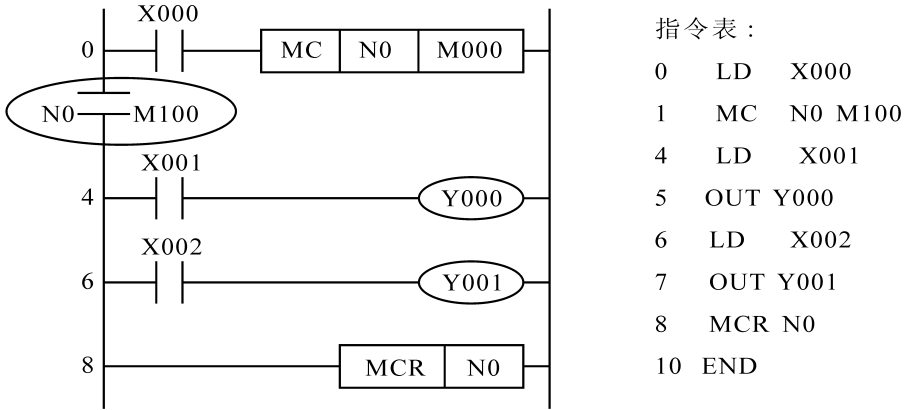
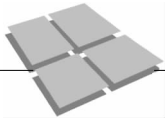


图 11.1 主控指令的用法

使用 MC/MCR 时需要注意如下事项。

- 1) MC 是主控起点，操作数 N(0~7 层)为嵌套层数，操作元件为 M、Y。
- 2) MC 与 MCR 必须成对使用。
- 3) 与主控触点相连的触点必须用 LD 或 LDI 指令。
- 4) 主控无效(X0 断开)时，其中的积算定时器、计数器和用复位/置位指令驱动的软元件保持当时的状态，其余的元件被复位。

## 2. 脉冲式触点指令 LDP/LDF/ANDP/ANDF/ORP/ORF

LDP，取上升沿脉冲，可用于 X、Y、M、S、T 和 C。

LDF，取下降沿脉冲，可用于 X、Y、M、S、T 和 C。

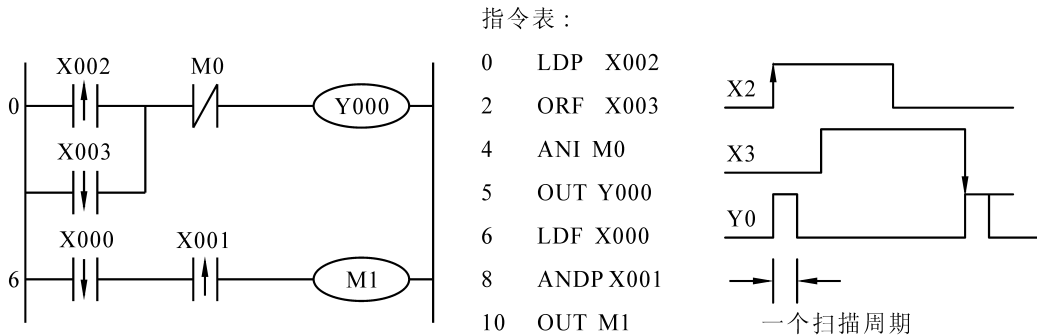
ANDP，与上升沿脉冲，可用于 X、Y、M、S、T 和 C。

ANDF，与下降沿脉冲，可用于 X、Y、M、S、T 和 C。

ORP，或上升沿脉冲，可用于 X、Y、M、S、T 和 C。

ORF，或下降沿脉冲，可用于 X、Y、M、S、T 和 C。

脉冲式触点指令的应用如图 11.2 所示。



(a) 梯形图

(b) 工作时序图

图 11.2 脉冲式触点指令的用法

### 3. 100ms 得电延时型定时器

FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 提供了 200 个得电延时型定时器，即通用型定时器，地址范围为 T0~T199，定时范围为 0.1 s~3 276.7 s。其使用方法如图 5.7 所示。

### 4. 断电延时电路

FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 没有断电延时型定时器。如果来实现断电延时，可采用如图 11.3 所示的电路。当 X0 得电，Y0 得电且保持，但 X0 断电时，T0 开始定时，延时 3s 时间到，Y0 断电，然后 T0 断电完成定时。从而实现了得电接通，断电延时断开的功能。

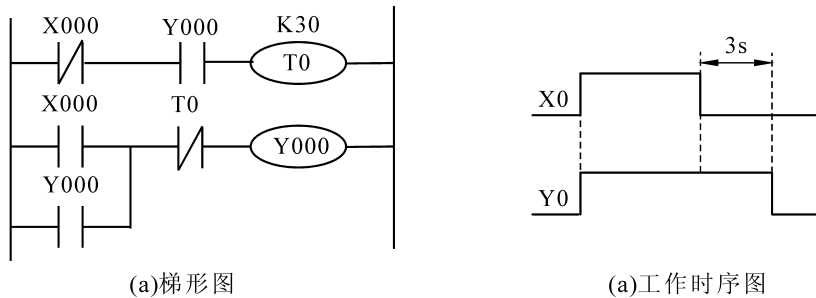


图 11.3 断电延时型电路

### 5. 闪烁电路

图 11.4 是用定时器实现的脉冲发生器。图 11.4(a) 是一个占空比可调的电路，当控制开关 X0 接通后，输出 Y0 周期性断通，断开时间由 T1 定，导通时间由 T2 定，改变 T2 的预置值 K，就可以改变输出脉冲的脉宽。图 11.4(b) 是占空比固定(等于 0.5)的电路，此电路中，定时器 T1 设计成一个自触发电路，用来每隔 2 s 产生一个脉冲(一个扫描周期宽)，Y0 的电路是一个二分频电路。二分频电路的工作原理如下：初始时，

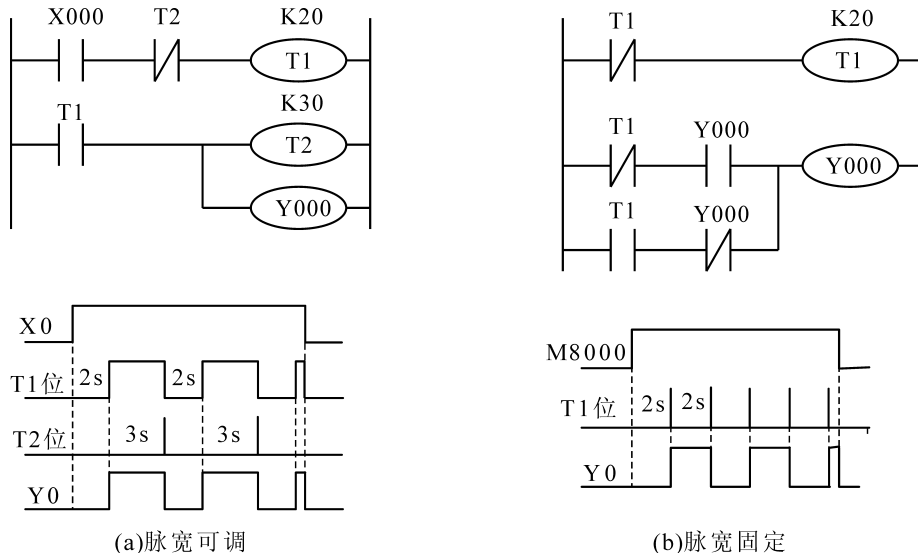
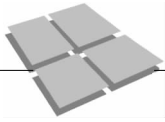


图 11.4 用定时器实现的闪烁电路



Y0 为 OFF；在 T1 第一次接通的这个扫描周期，经过上面的支路使线圈 Y0=ON；在下一个扫描周期时，由于 T1 已经断开，而 Y0 的触点为 ON，经过下面的支路使线圈 Y0 保持得电。在 T1 第二次接通的这个扫描周期，由于 Y0=ON，上下两条支路均断开，使得线圈 Y0 断电；在下一个扫描周期，T1 已经断开，而 Y0 的触点为 OFF，上下两条支路仍都断开，Y0 保持断电。



### 一、具有延时功能的皮带自动往返控制系统

#### 1. 控制要求

1)按下起动按钮 SB1，皮带左行；工件运行到左限位光电开关 S1 处，皮带自动停；延时 3 s 后，皮带自动右行；工件运行到右限位光电开关 S2 处，皮带又自动左行；如此往复循环，直到按下停止按钮 SB3。

2)为了便于调试，保留了皮带右行起动功能。

3)有必要的保护功能。

#### 2. I/O 分配

具有延时功能的皮带自动往返 PLC 控制的 I/O 地址分配如表 11.2 所示。

表 11.2 PLC 的 I/O 地址分配表

输入地址	外部输入信号	输出地址	外部输出信号
X1	左行起动按钮 SB1	Y1	皮带左行接触器 KM1
X2	右行起动按钮 SB2	Y2	皮带右行接触器 KM2
X3	停止按钮(急停)SB3		
X4	左限位光电开关 S1		
X5	右限位光电开关 S2		

#### 3. 定时器分配

T0 左限位处延时 3 s 定时器，T1 右限位处延时 4 s 定时器。

#### 4. 系统接线

根据系统控制要求，其系统接线图如图 10.7 所示。

#### 5. 程序设计

在图 10.8 的基础上，根据控制要求修改程序。当工件运行到左限位处，X4 接通，断开左行接触器 Y1，同时接通左限位定时器 T0。T0 延时 3 s 时间到，接通右行接触器 Y2，工件右行。当工件运行到右限位处，X5 接通，断开右行接触器 Y2，同时接通右限位定时器 T1。T1 延时 4 s 时间到，接通左行接触器 Y1，工件左行。修改后的梯形图程序如图 11.5 所示。

防抖动处理。行程开关在闭合过程中，其前沿可能出现抖动现象，如图 11.6 所

示, 使闭合不迅速, 造成定时不准确。可用脉冲式触点进行防抖动处理, 改进后的梯形图程序如图 11.7 所示。

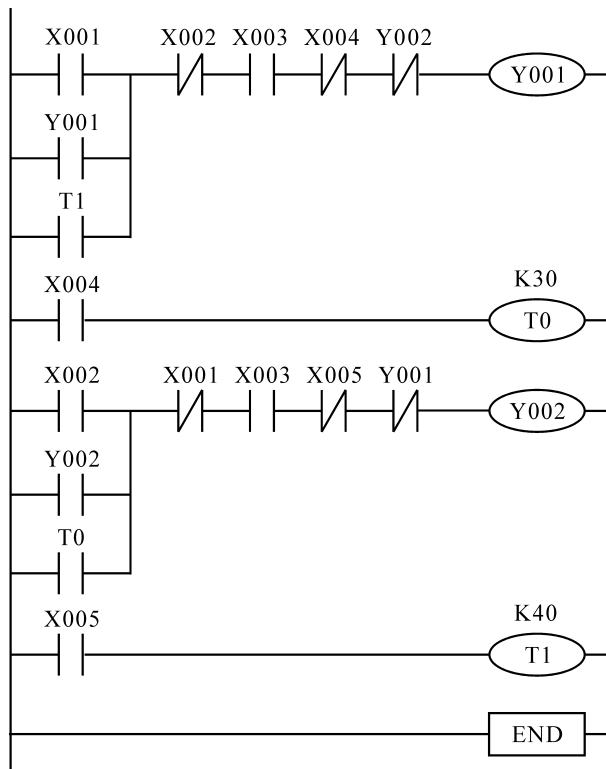


图 11.5 皮带自动往返控制梯形图

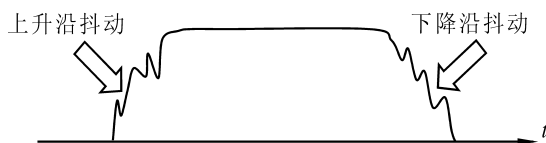


图 11.6 触点的抖动现象

## 6. 系统调试

1) 编辑并下载程序。

通过计算机将图 11.7 所示的梯形图输入 PLC 中。

2) 运行调试。按照项目 10 介绍的步骤进行系统调试。先按图 10.7(b)接入输入电路进行调试, 控制无误后再按图 10.7(b)接入输出电路进行调试; 继电器正确动作后, 再按图 10.7(a)接入主电路, 进行带负载调试。观察控制系统是否满足控制要求。

## 7. 实训报告

完成实训报告, 画出梯形图, 并加适当的注释。

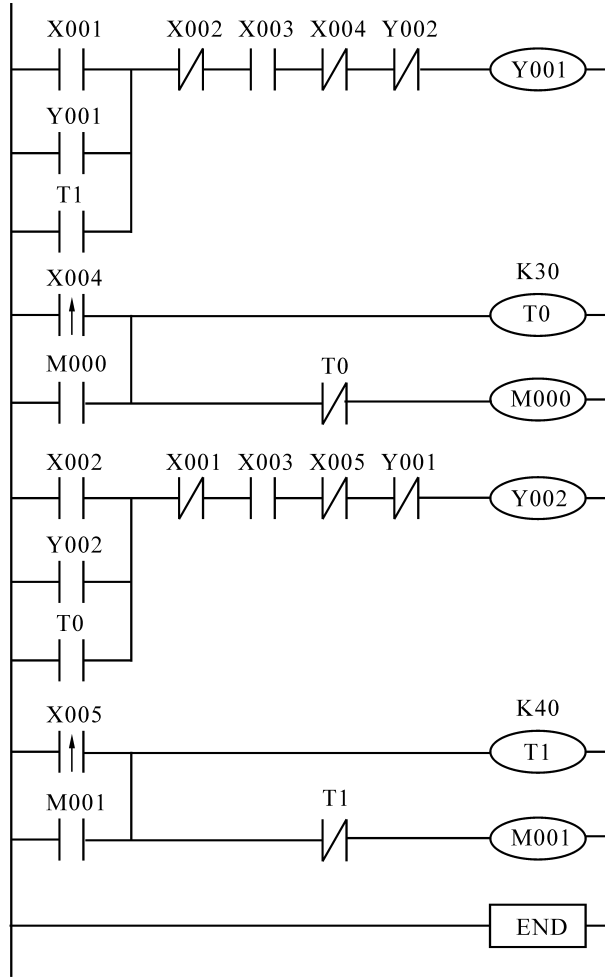
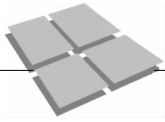


图 11.7 有防抖动处理的梯形图

### 8. 问题思考

1) 试输入图 11.5 所示程序, 观察皮带的运行情况, 正常时是否满足控制要求? 如果初始状态工件停留在左(或右)限位处, 皮带是否会自行起动?

2) 观察图 11.7 所示程序的皮带运行情况, 皮带是否会出现自行起动的情况?

3) 对于图 11.7 所示程序, 如果系统初始时停止, 人为将工件移动到限位处, 皮带是否会自行起动? 如果皮带自行起动, 应该如何改进程序?

图 11.8 为改进后的参考程序。

4) Y- $\Delta$ 降压起动控制继电器电路如图 11.9 所示。按下起动按钮 SB1, 时间继电器 KT 和星形接触器 KM2 先闭合, 之后主接触器 KM1 得电并自锁, 进行 Y 形起动; KT 延时 3 s 后 KM2 断开, Y 形起动过程结束, 同时三角形接触器 KM3 得电, 电动机进入正常运行状态。按下停止按钮 SB0 或热继电器 FR 动作(用急停按钮代替), 电动机

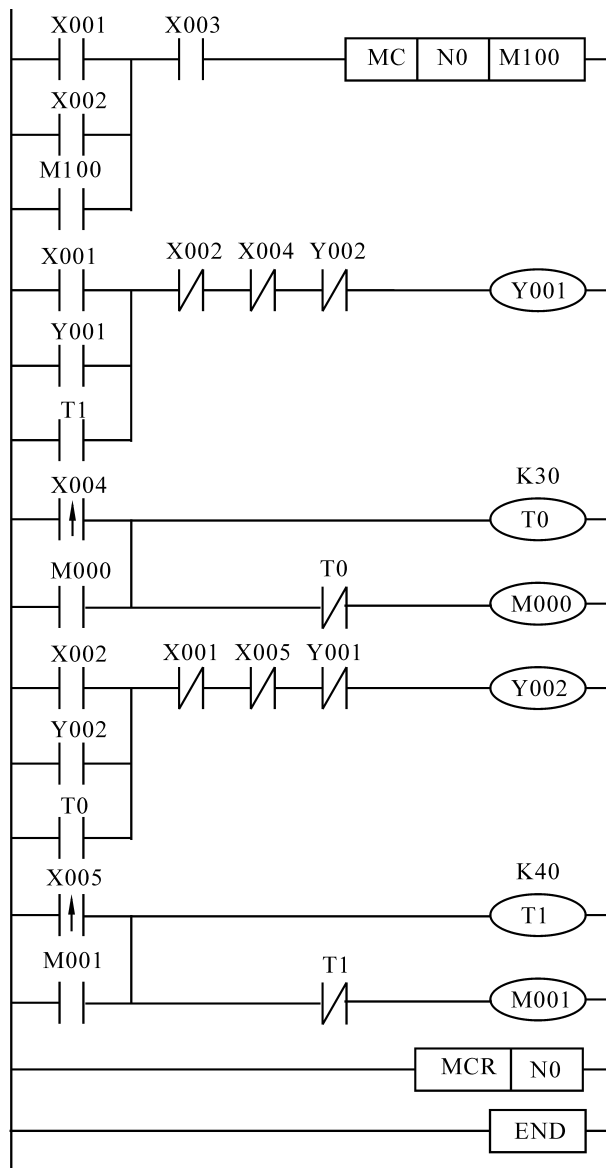


图 11.8 改进后的皮带延时自动往返控制

无条件停止。Y- $\Delta$ 降压启动控制的 PLC 接口电路如图 11.10 所示。试编写正确的控制程序。应该如何编写程序？

5) PLC 的外部负载最大只能为 AC220V 或 DC24V；如负载超出此范围，应怎样处理？

6) 若在 Y- $\Delta$ 降压启动期间要有闪烁信号(从 Y4 输出)，闪烁周期为 1 s。应如何设计程序？

7) 在 Y- $\Delta$ 降压启动控制的基础上，增加能耗制动功能，应如何编程实现？

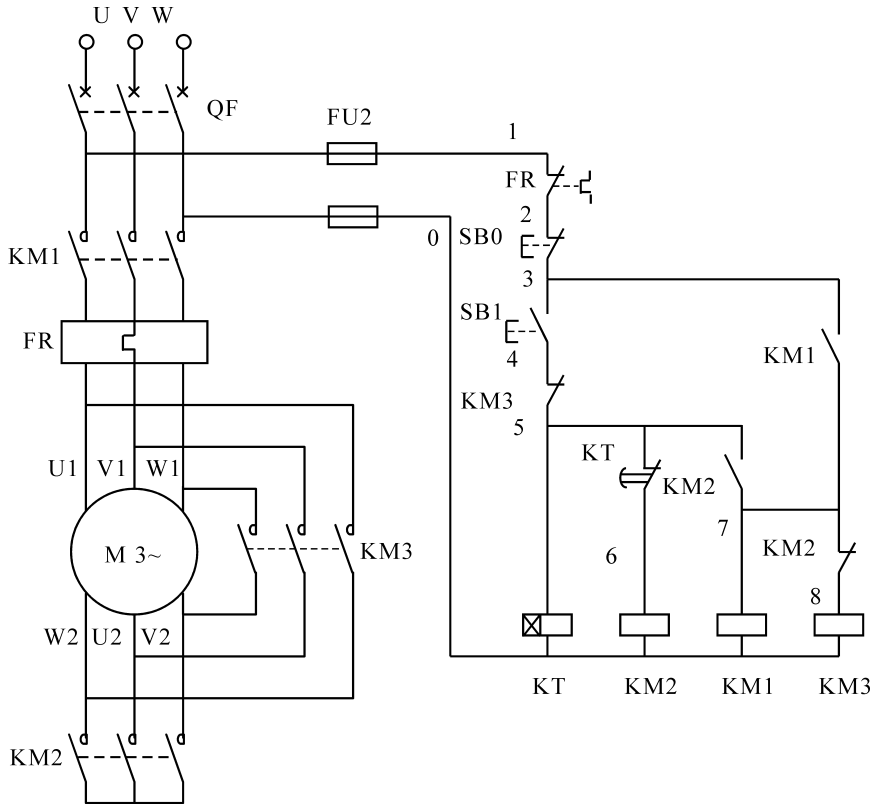
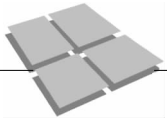


图 11.9 Y-Δ降压起动控制电路图

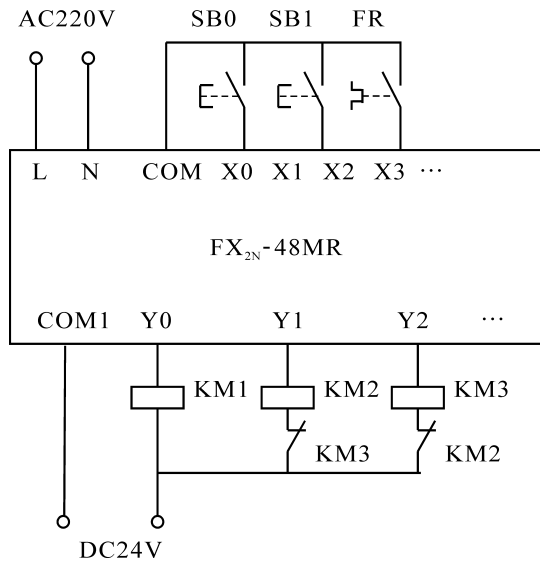


图 11.10 Y-Δ降压起动的 PLC 外部接线图

8) 编写用单按钮实现 Y- $\Delta$  降压起动控制的程序。

## 二、具有延时功能的皮带正反向点动控制

### 1. 控制要求

为了避免太大的负载变化，皮带正反向点动控制只允许在 2 s 封锁时间之后运动。例如，皮带向右点动运行，它只能在 2 s 封锁时间过后才能向左点动。

### 2. I/O 分配

具有延时功能的皮带正反向点动控制 PLC 的 I/O 地址分配如表 11.3 所示。

表 11.3 PLC 的 I/O 地址分配表

输入地址	外部输入信号	输出地址	外部输出信号
X1	左行点动按钮 SB1	Y1	皮带左行接触器 KM1
X2	右行点动按钮 SB2	Y2	皮带右行接触器 KM2

### 3. 定时器、中间继电器分配

T1 左行延时 2 s 定时器，T2 右行延时 2 s 定时器。

M1 左行延时断开中间继电器，M2 右行延时断开中间继电器。

### 4. 程序设计

根据系统控制要求，当 X1 接通时，Y1 要得电，当 X1 断开时，需用一个断电延时断开信号串接在 Y2 的线圈电路中，使 Y2 延时 2 s 后才可能得电；同理，当 X2 断开时，需用一个断电延时信号控制 Y1 的接通。结合图 11.3 所示断电延时电路，实现延时点动控制功能的程序如图 11.11 所示。

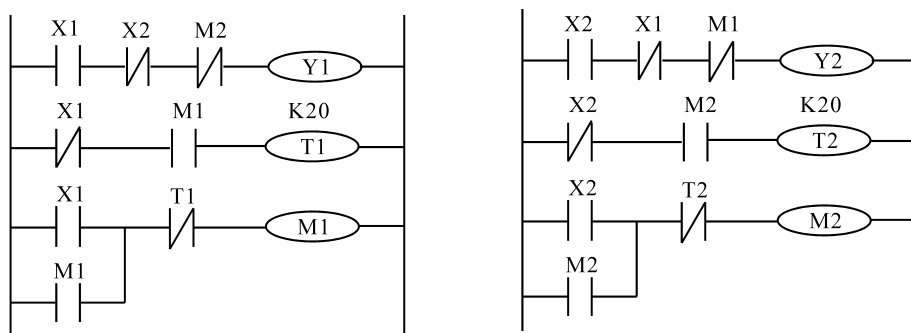


图 11.11 延时正反转点动控制程序

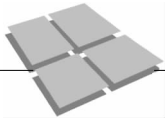
### 5. 下载调试

按照项目 10 介绍的步骤进行系统调试。先接入输入电路进行调试；控制无误后，再接入输出电路进行调试；继电器正确动作后，再接入主电路，进行带负载调试。观察控制系统是否满足控制要求。



中级维修电工 PLC 程序设计实操考核评分表见附录 A。





## 项目 12 数码管显示控制

### 学习目标

1. 进一步学习 PLC 的基本指令的应用。
2. 学习根据时序表编写控制程序的方法。
3. 掌握七段数码管循环点亮的 PLC 控制方法。
4. 掌握 MOV、CMP、INC、DEC、BCD、SEGD 等功能指令的使用。

### 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 12.1。

表 12.1 设备、工具、材料

名称	型号规格	数量
PLC	FX <sub>2N</sub> -48MR	1 台
计算机	装有 GX Developer Version7.08J 编程软件	1 台
编程通信电缆	SC08/SC-09	1 根
按钮	LA19-11	2 个
七段数码管	共阳接法，已经串接了限流电阻和译码电路	1 个
稳压电源	D-30B, 220VAC/24VDC/5VDC	1 块
连接导线		若干

### 相关知识

#### 1. 传送指令 MOV(P)

MOV(P)指令是将源操作数的内容送到目标操作数中。

源操作数[S.]可以使用的元件有 K、H、KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V 和 Z。元件可以是 16 位长度，也可以是 32 位长度。

目标操作数[D.]可使用的元件有 KnY、KnM、KnS、T、C、D、V 和 Z。

传送指令的应用如图 12.1 所示。

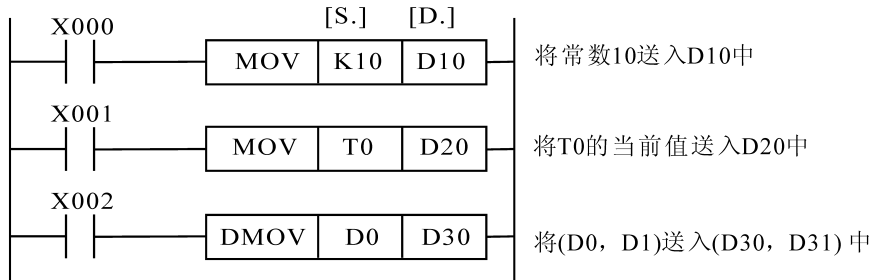


图 12.1 传送指令的用法

## 2. 比较指令 CMP

CMP 指令是将两个操作数大小进行比较，然后将比较结果通过指定的位元件(占用连续的 3 个点)进行输出。

源操作数[S1.]和[S2.]可以使用的元件有 K、H、KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V 和 Z。元件可以是 16 位长度，也可以是 32 位长度。

目标操作数[D.]可使用的位元件有 Y、M 和 S。

比较指令的应用如图 12.2 所示。当 X0 为 ON，则比较结果通过目标元件 M0、M1、M2 输出；当 X0 为 OFF，则指令不执行，M0、M1、M2 的状态保持不变，可以使用复位指令或区间复位指令清除比较结果。

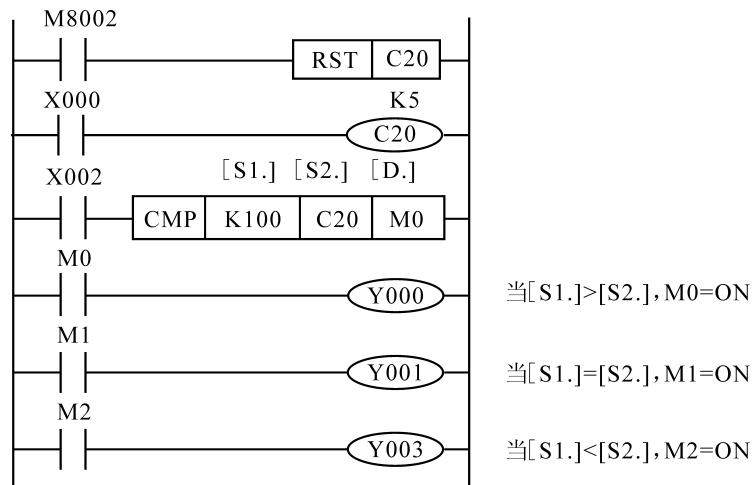
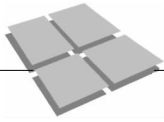


图 12.2 比较指令的用法

## 3. 区间比较指令 ZCP

ZCP 指令是将一个数据与两个源数据进行比较。源数据[S2.]的值大于等于[S1.]的值。源操作数[S1.]、[S2.]和[S.]可以使用的元件有 K、H、KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V 和 Z。元件可以是 16 位长度，也可以是 32 位长度。

目标操作数[D.]可使用的位元件有 Y、M 和 S。



区间比较指令的应用如图 12.3 所示。当 X0 为 ON，则比较结果通过目标元件 M0、M1、M2 输出；当 X0 为 OFF，则指令不执行，M0、M1、M2 的状态保持不变，可以使用复位指令或区间复位指令清除比较结果。

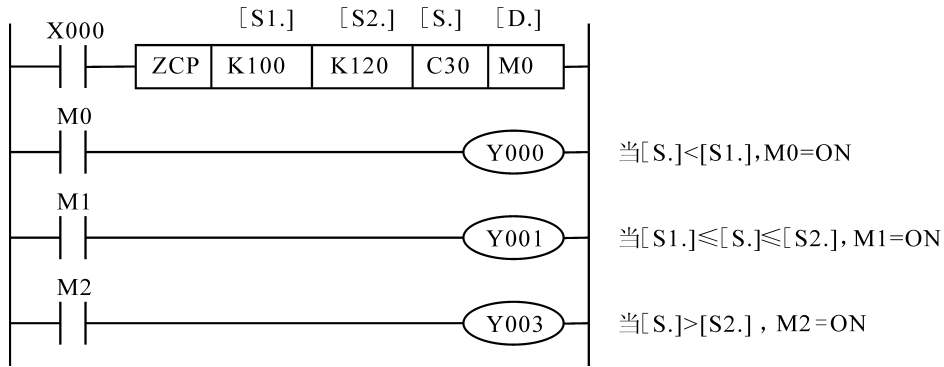


图 12.3 区间比较指令的用法

#### 4. 加 1 运算指令 INC(P)

目标操作数[D.]可使用的元件有 KnY、KnM、KnS、T、C、D、V 和 Z。INC 指令的使用如图 12.4 所示。

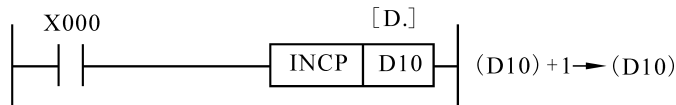


图 12.4 加 1 指令 INC 的用法

X0 每 ON 一次，[D.]所指定元件的内容就加 1，如果是连续执行的指令，则每个扫描周期都将执行加 1 运算。

16 位运算时，如果目标元件的内容为 +32 767，则执行加 1 指令后结果为 -32 768，但标志不动作；32 位运算同理。

#### 5. 减 1 运算指令 DEC(P)

减 1 指令的操作数格式同 INC 指令。DEC 指令的使用如图 12.5 所示。

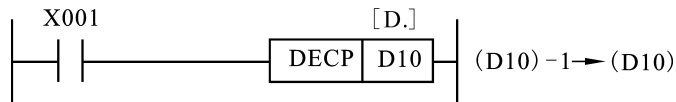


图 12.5 减 1 指令 DEC 的用法

X1 每 ON 一次，[D.]所指定元件的内容就减 1，如果是连续执行的指令，则每个扫描周期都将执行减 1 运算。

#### 6. 区间复位指令 ZRST

ZRST 指令的用法如图 12.6 所示。其功能是将[D1.]、[D2.]指定的元件号范围内的同类元件成批复位。目标操作数[D1.]、[D2.]可取 T、C、D 或 Y、M、S。[D1.]、

[D2.]指定的元件应为同类元件，且[D1.]的元件号小于[D2.]的元件号，否则，只有[D1.]指定的元件被复位。

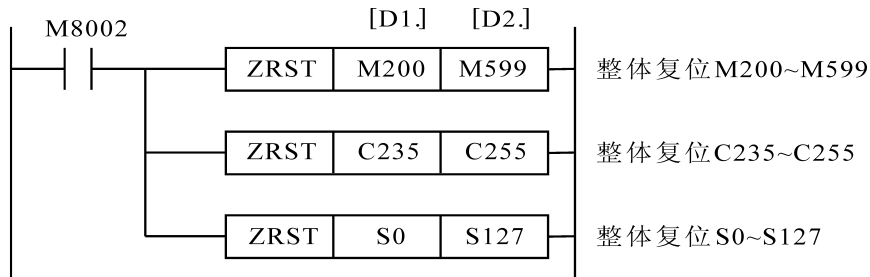


图 12.6 ZRST 指令的用法

### 7. BCD(P)传送

BCD(P)指令是二—十进制指令，将源操作数的内容转换为 BCD 码传送到目标操作数中。16 位的二进制数转换成十进制数不能超过 9 999 (32 位的转换不超过 99 999 999)。

源操作数[S.]可以使用的元件有 KnX、KnY、KnM、KnS、T、C、D、V 和 Z。元件可以是 16 位长度，也可以是 32 位长度。

目标操作数[D.]可使用的元件有 KnY、KnM、KnS、T、C、D、V 和 Z。

BCD 指令的用法如图 12.7 所示。X0 为 ON 时清除 Z0 的值，X1 每 ON 一次依次将 C0~C9 的当前值转化为 BCD 码向 K4Y0 输出，当 Z0 的值为 10 时，M1 动作，自动复位 Z0，可再次将 C0~C9 的当前值以 BCD 码输出。

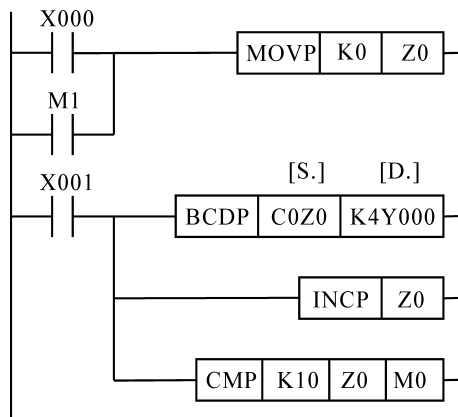
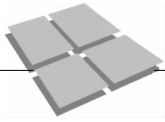


图 12.7 BCD 指令的用法

### 8. 七段译码指令 SEGD

SEGD(P)指令的使用如图 12.8 所示，功能说明如下：当条件满足时，将[S.]的低 4 位指定的 0~F(16 进制)的数据译成七段码，显示的数据存入[D.]的低 8 位，[D.]的高 9 位不变。当条件不满足时，[D.]输出不变。



源操作数[S.]可使用的元件有 K, H, KnX, KnY, KnM, KnS, T, C, D, V 和 Z。目标操作数可使用的元件有 KnY, KnM, KnS, T, C, D, V 和 Z。

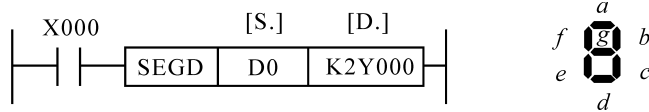


图 12.8 七段译码指令的用法

### 技能实训

设计一个用 PLC 来控制数码管循环显示数字 0, 1, 2, 3, ..., 9 的控制系统。

#### 1. 控制要求

(1)用基本逻辑指令设计

1)按下按钮 SB1, 数码管显示 0, 延时 1 s, 显示 1, 延时 1 s, 显示 2, ..., 延时 1 s, 显示 9, 延时 1 s, 再显示 0, 如此循环。

2)再次按下按钮 SB1, 程序无条件停止运行。

(2)用功能指令设计

1)手动时, 即选择开关 S 断开, 每按一次按钮 SB1, 数码管加 1, 由 0~9 依次点亮, 并实现循环。

2)自动时, 即选择开关 S 接通, 每隔 1 s 数码管显示值自动加 1, 由 0~9 依次点亮, 并实现循环。

#### 2. I/O 分配

数码管循环点亮控制的 I/O 地址分配如表 12.2 所示。考虑 BCD 指令的目标操作数使用元件用 K1Y 为 4 位, 故用 PLC 较后面的地址, Y13~Y10。

表 12.2 PLC 的 I/O 地址分配表

输入地址	外部输入信号	输出地址	外部输出信号
X1	按钮 SB1	Y10	数码管数据位 DB0
X2	选择开关 S(急停按钮)	Y11	数码管数据位 DB1
		Y12	数码管数据位 DB2
		Y13	数码管数据位 DB3
		Y4	数码管片选位 CB0

#### 3. 系统接线

选择开关 S 用急停按钮来实现, 按下急停按钮, 选择自动方式, 松开急停按钮, 选择手动方式。数码管为共阳接法, 故数据信号为低电平有效; 数码管的片选信号也是低电平有效, 故数据位和片选位的 PLC 公共端均接电源地。数码管的电源为 DC5V, 已经连接到稳压电源上, 不需要用户再接。其系统接线如图 12.9 所示。

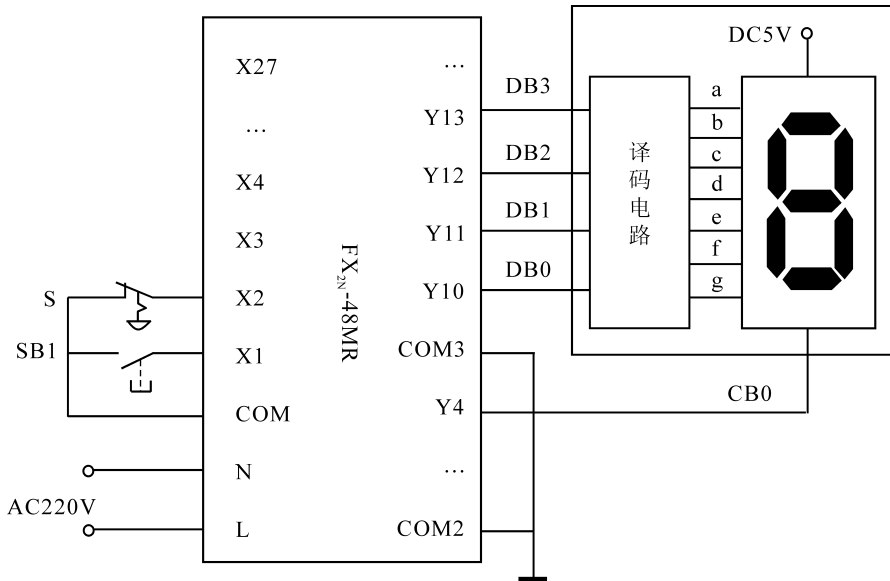


图 12.9 数码管显示控制接线图

#### 4. 程序设计

##### (1) 用基本逻辑指令设计

根据控制要求，程序需要一个每隔 1 s 发出一个脉冲(脉宽=扫描周期)的时钟序列，这个时钟序列可以用 T0 来实现[参考图 11.4(b)的方法]。这个时钟脉冲可用片选信号 Y4 用按钮 SB1(X1)的二分频电路实现通断控制。时钟脉冲 T0 与数据位信号 Y10~Y13 的关系如图 12.10 所示。

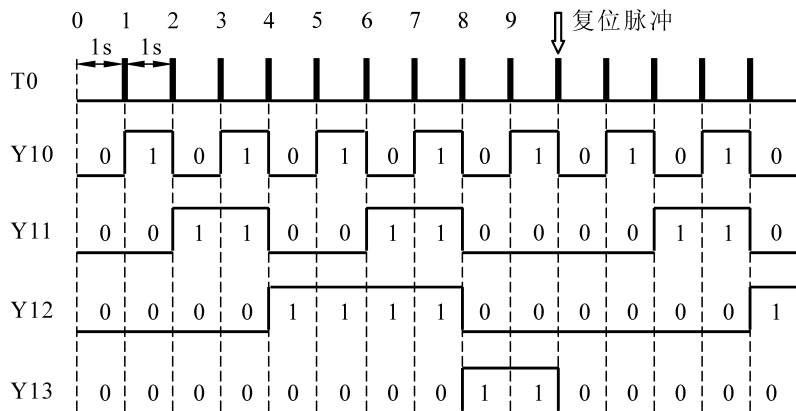


图 12.10 1 s 定时脉冲与数据位信号的时序图

由图 12.10 所示时序图分析，Y10 是 T0 的二分频电路，T0 每发出一个脉冲，Y10 翻转一次。Y11 是 Y10 的二分频电路，在 Y10 的下降沿，Y11 翻转。Y12 是 Y11 的二分频电路，在 Y11 的下降沿，Y12 翻转。Y13 是 Y12 的二分频电路，在 Y12 的下降

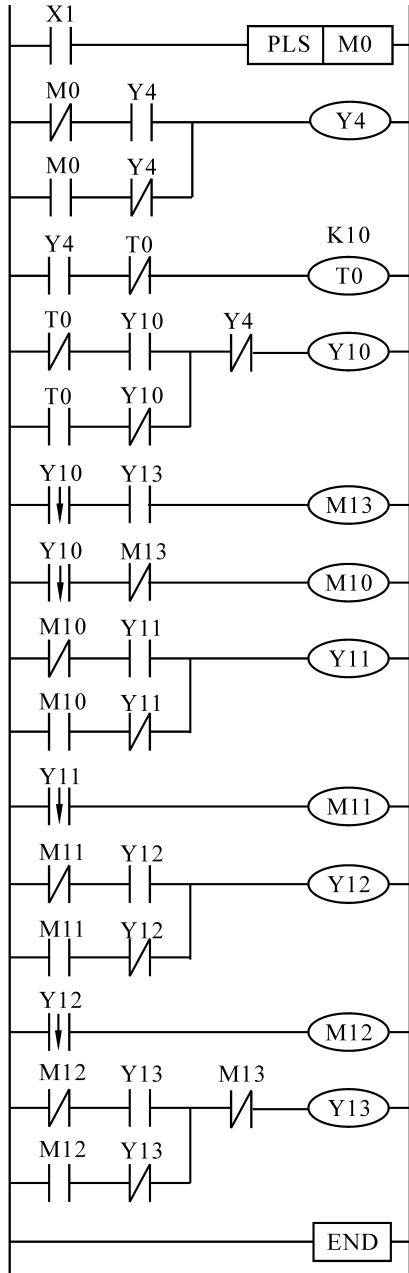
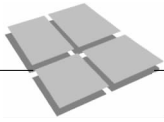


图 12.11 基本逻辑指令控制梯形图

沿, Y13 翻转。用 M10、M11、M12 分别存放 Y10、Y11、Y12 的下降沿脉冲。当 T0 的第 10 个脉冲来到时, 需要一个复位脉冲实现对所有输出的总复位。复位脉冲用 M13 来存放。由时序图分析, 这个复位脉冲应该在 Y13 高电平和 Y10 的下降沿时产生。因为复位脉冲 M13 来到时, 需要禁止 Y11 和 Y12 翻转, 同时要复位 Y13, 所以 M13 的控制电路放在 Y10 的输出电路后, M10 脉冲前。将 M13 的常闭触点串接在 M10 的控制电路中, 用来禁止 Y11 翻转, 同时也禁止了 Y12 翻转; 将 M13 的常闭触点串接在 Y13 的控制电路中, 用来复位 Y13。

根据上述分析, 用基本逻辑指令设计的数码管显示电路梯形图如图 12.11 所示。

### (2) 用功能指令设计

用 D0(16 位)存放加 1 操作的数据。当选择开关 S 断开(X2=OFF)时, 为手动加 1 操作方式, X1 每接通一次, D0 的值加 1。当选择开关 S 接通(X2=ON)时, 为自动加 1 操作方式, T0 每秒产生一个脉冲, D0 的值加 1。

当 PLC 初始上电(M8002 接通一次), 或者计数到了 10 时, 用 MOV 指令对 D0 执行复位操作。

计数次数用比较指令 CMP 来判断, 当计数次数满(10), 则 M1=ON。

因为外部电路使用了译码电路, 故 PLC 只需要输出 BCD 码。用 BCD 指令将 D0 中的二进制数据转换成 BCD 码, 从 K1Y10 输出。

用功能指令设计的数码管显示程序如图 12.12 所示。本程序中没有考虑片选信号的控制, 在实际测试时, 可将 CB0 直接接 DC5V 的负端。

### 5. 系统调试

1) 按图 12.9 接好控制线路, 接线时要注意数码管的极性。

2) 按图 12.11 所示输入程序, 并下载到 PLC 中。按下按钮 SB1, 观察数码管是否每隔 1 s 依次显示“0”, “1”, “2”, …, “9”, 最后回到“0”。再次按下按钮 SB1, 观察数码管是否停止计数。第三次按下按钮 SB1, 数码管是否恢复继续计数。

3) 按图 12.12 所示输入程序, 并下载到 PLC 中。当选择开关 S 断开(X2=OFF)

时, 每按下一次 SB1(即 X1 接通一次), 数码管的值是否加 1, 并由 0~9 依次点亮, 实现循环。当选择开关 S 接通(X2=ON)时, 每隔 1s 数码管显示值是否自动加 1, 并由 0~9 依次点亮, 实现循环。

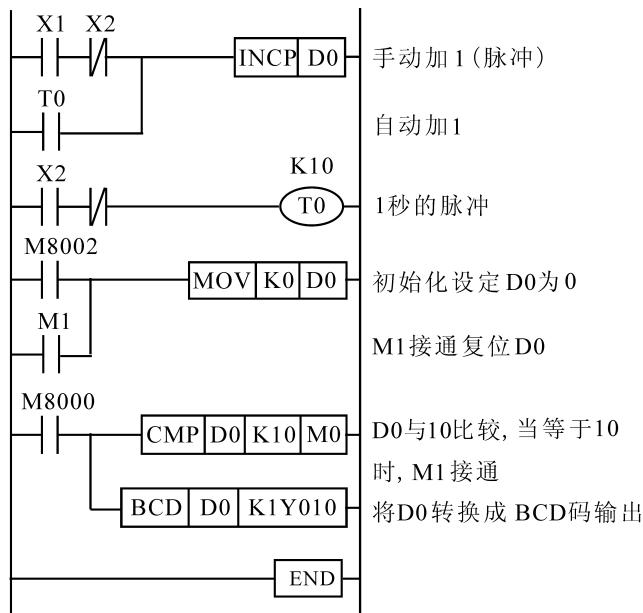


图 12.12 功能指令实现数码管显示控制

## 6. 实训报告

完成实训报告, 画出梯形图, 并加适当的注释。

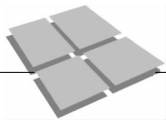
## 7. 问题思考

- 1) 图 12.10 的程序, 复位脉冲 M13 的输出控制如果放在 Y13 输出电路之后, 行不行, 会产生什么输出效果?
- 2) 观察图 12.11 的程序, 当从手动切换到自动或从自动切换到手动方式时, 数码管的数据是否能连续, 为什么?
- 3) 设计一个现实顺序从 9~0 循环变化的显示控制, 其他要求同功能指令设计。
- 4) 如果外部没有七段译码器, 图 12.12 所示的程序应该如何修改数码管才能正确显示?
- 5) 如果要循环显示从 0~99 的数字, 必须用到两位数码管, 程序应该如何设计?
- 6) 若数码管为共阴接法, 试画出其 PLC 的接线图。



中级维修电工 PLC 程序设计实操考核评分表见附录 A。





## 项目 13 具有零件计数及显示功能的皮带控制



### 学习目标

1. 进一步学习数码管显示的 PLC 控制方法。
2. 进一步学习 CMP、BCD 等功能指令的使用。
3. 进一步熟悉光电开关等非接触式传感器的工作原理和接线方法。
4. 掌握具有零件计数及显示功能的皮带控制方法。
5. 学习定时器的基本使用方法。



### 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 13.1。

表 13.1 设备、工具、材料

名称	型号规格	数量
PLC	FX <sub>2N</sub> -48MR	1 台
计算机	装有 GX Developer Version7.08J 编程软件	1 台
编程通信电缆	SC08/SC-09	1 根
直流接触器	MY4NJ24VDC	1 个
按钮	LA19	2 个
金属传感器	TS12-05N-1	1 个
皮带控制面板	带直流减速电动机、直流电源等	1 块
七段数码管	共阳接法, 已经串接了限流电阻和译码电路	1 个
稳压电源	D-30B, 220VAC/24VDC/5VDC	1 块
连接导线		若干



### 相关知识

#### 1. 16 位加计数器

FX<sub>2N</sub> 系列 PLC 提供了 100 个通用型加计数器(地址范围为 C0~C99)和 100 个 16 位掉电保持型计数器(地址范围为 C100~C199), 计数范围为 1~32767。其使用方法如图 5.9 所示。

计数器的功能是: 每个计数脉冲使计数器的当前值加 1, 当前值等于设定值时, 计

数器置位，不再计数。当复位高电平有效时，计数器复位且不计数。

## 2. 编程技巧

利用 PLC 进行编程时，为了减少指令条数，节省内存和提高运行速度，应掌握以下放程技巧。

1) 把串联触点多的电路放在上方。

2) 把并联触点多的电路放在左边。

3) 多重输出电路，最好将触点串联接点多的电路放在下边。

4) 复杂电路，可以重复使用一些触点，或者设置中间单元以简化电路，再进行编程。

5) 时间继电器的触点出现了四种状态时，须采用一中间继电器来处理瞬动触点。

## 3. 经验设计法

在一些典型电路的基础上，根据被控对象对控制系统的具体要求，不断地修改和完善梯形图，最后得到一个较为满意的结果，这种设计方法叫做经验设计法，其特点如下。

1) 没有普遍的规律可以遵循，具有很大的试探性和随着性，最后的结果不是唯一的。

2) 设计所用的时间、设计的质量与设计者的经验有很大的关系。

3) 适用于简单的开关量控制系统的设计。



## 技能实训

设计具有零件计数及显示功能的皮带 PLC 控制系统。

### 1. 控制要求

1) 按下起动按钮 SB1，继电器 KM 得电，皮带左行。按下停止按钮 SB2，继电器 KM 失电，皮带自动停，且数码管的显示清零。

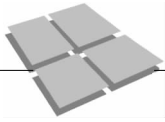
2) 金属传感器 S 每检测到有一个工件通过，数码管显示自动加 1；当计数到 6 个工件后，皮带延时 2.3 s 后自动停，此时数码管的显示值保持。

### 2. I/O 分配

具有零件计数及显示功能的皮带 PLC 控制的 I/O 地址分配如表 13.2 所示。

表 13.2 PLC 的 I/O 地址分配表

输入地址	外部输入信号	输出地址	外部输出信号
X1	起动按钮 SB1	Y1	直流继电器 KM
X2	停止按钮 SB2	Y4	数码管片选位 CB0
X4	金属传感器 S	Y10	数码管数据位 DB0
		Y11	数码管数据位 DB1
		Y12	数码管数据位 DB2
		Y13	数码管数据位 DB3



### 3. 系统接线

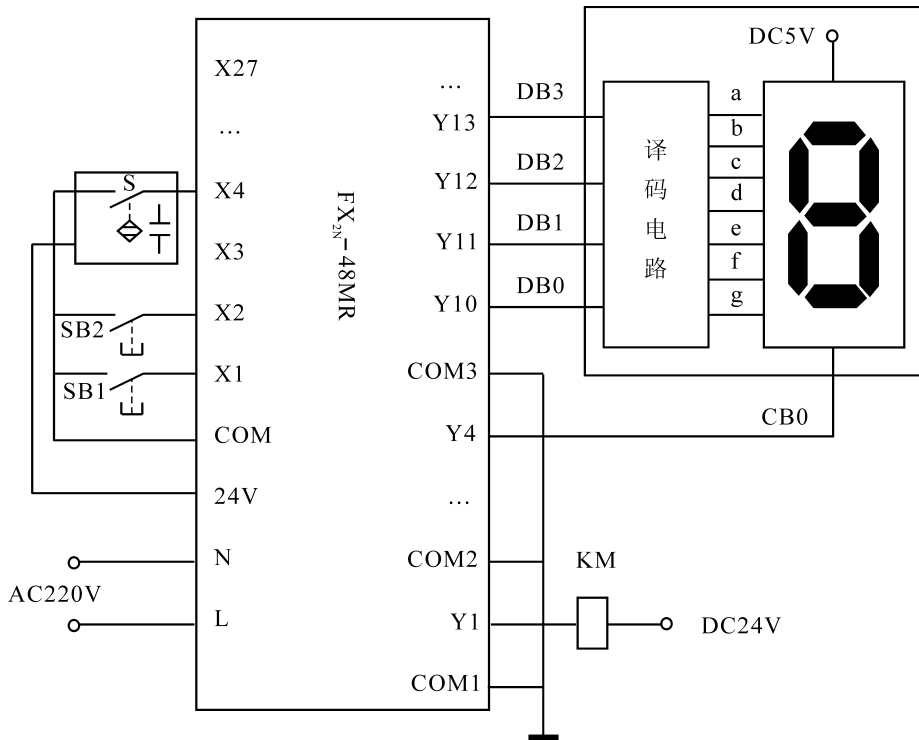


图 13.1 具有零件计数及显示功能的皮带控制接线图

控制系统的主电路部分，直流电动机的主电路如图 7.6(b)所示。

控制系统的控制电路部分。输入部分有起动按钮 SB1、停止按钮 SB2 和金属传感器 S，其中金属传感器需接 24V 电源。输出部分有直流继电器 KM 和数码管电路。直流继电器的电源为 DC24V，数码管的电源为 DC5V，两者不一样，故公共端需分开。其系统接线如图 13.1 所示。

### 4. 程序设计

根据控制要求分析，皮带的运行控制是一个典型的起保停电路。起动信号是按钮 SB1(X1)；停止信号比较复杂，除了停止按钮 SB2(X2)外，还有延时定时器(T1)的信号。零件计数采用计数器 C0 来实现，在皮带运行状态下，金属传感器 S(X4) 每来一个脉冲，C0 计数一次。用计数器的触点去驱动延时定时器 T0。计数器的当前值用 BCD 指令转化为 BCD 码从 K1Y10 输出，送数码管显示。计数器的复位信号用停止按钮实现，上电也可以复位。按照上述思路设计的程序如图 13.2 所示。

### 5. 系统调试

- 1) 编辑并下载程序。通过计算机将图 13.2 所示的梯形图输入 PLC 中。
- 2) 运行调试。按照项目 10 介绍的步骤进行系统调试。先按图 13.1 接入输入电路进行调试，金属传感器的信号用金属工件靠近传感器来实现；当控制无误后，再按图

13.1 接入输出电路进行调试；继电器能正确动作后，再按图 7.6(b)接入主电路，进行带负载调试。观察皮带能否正确起动和停止，数码管能否正确显示计数值。否则修改程序或接线，直到控制系统满足要求。

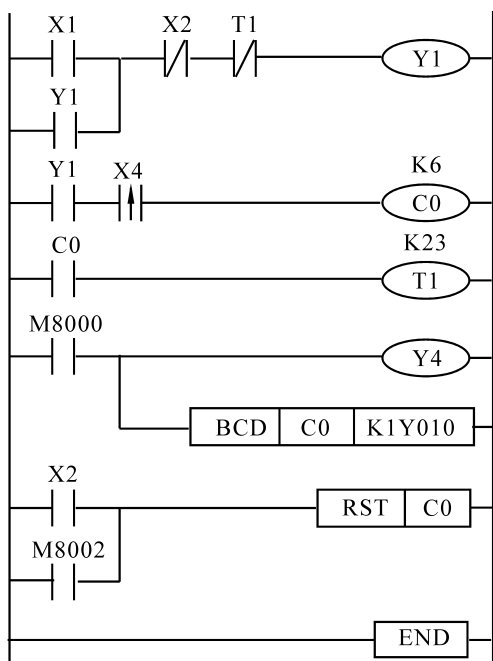


图 13.2 具有计数及显示功能的皮带控制程序

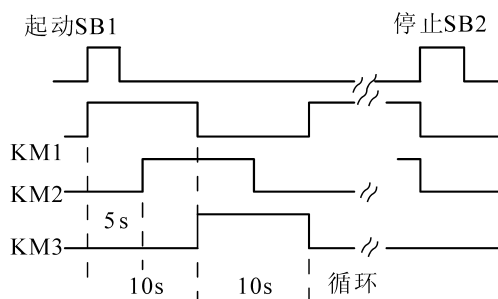


图 13.3 多台电动机顺序起停控制示意图

## 6. 实训报告

完成实训报告，画出梯形图，并加适当的注释。

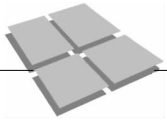
## 7. 问题思考

1) 设计一个工件自动往返 3 次的控制系统：初始时工件位于右限位端，按下起动按钮，皮带左行，工件到左限位处，皮带自动右行；如此循环 3 个周期后，工件返回右限位端，自动停止；显示循环次数；运行过程中，可按下停止按钮，使皮带停止运行，同时系统复位。

2) 在 1) 中，若工件到左端停 2 s，然后自动返回；到右端停 3 s，然后再左行；其他条件不变，试设计程序。

3) 多台电动机顺序起停控制工作过程示意图如 13.3 所示。SB1 为起动按钮，SB2 为停止按钮。KM1、KM2 和 KM3 分别用来控制三台电动机。按下起动按钮 SB1，首先 KM1 得电，工作 10 s 后停止；KM1 得电后延时 5 s，KM2 得电，工作 10 s 后停止；KM2 得电后延时 5 s，KM3 得电，工作 10 s 后停止；完成一个工作循环。以后又 KM1 得电，如此循环，直到按下停止按钮 SB2，KM1、KM2 和 KM3 同时断电。设计控制程序。

►提示 可采用时间继电器连续累积计时的方法实现多台电动机顺序起停控制。用三个起保停电路实现 KM1、KM2 和 KM3 的控制。因为顺序起动时间间隔为 5 s，顺



序停止时间间隔也是 5 s，完成一次循环需要 4 个 5 s 时间间隔，所以用四个延时定时器 T1~T4 来完成延时功能。KM1 的起动用 X0 控制，停止用第二个 5 s 延时时间 T2 控制。KM2 的起动用 T2 控制，停止用第三个 5 s 延时时间 T3 控制。KM2 的起动用 T2 控制，停止用第四个 5 s 延时时间 T4 控制。为了达到循环目的，将最后一个时间定时器的常开触点 T4 并联到 KM1 的起动电路中。为了实现同时停车，停止按钮 X1 串联到所有输出的线圈电路中。



中级维修电工 PLC 程序设计实操考核评分表见附录 A。

## 第 3 篇

---

# 机床控制线路维修技能实训

# 项目 14 机床控制线路维修基础

## 学习目标

1. 了解机床电气设备控制和信号电路的相关规定。
2. 学习机床电气设备常见故障的分析和检修方法。

## 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 14.1。

表 14.1 设备、工具、材料

名称	型号规格	数量
平面磨床电气线路实训板	M7120	1 块
电工工具		1 套
废旧元件		若干
连接导线	1.5 mm <sup>2</sup>	若干

## 相关知识

### 一、控制和信号电路规定

#### 1. 控制和信号电路的电源和保护

##### (1) 变压器的使用

对于具有 5 个以上电磁线圈或电气柜外还具有控制器件或仪表的机床，必须采用分离绕组的变压器给控制和信号电路供电，并应接在电源开关的负载侧，最好是接在两条相线之间。

如果电源具有接地中线，在不要求专门保护措施情况下，可以把控制变压器直接接到电源的相线和接地中线之间。

当机床有几个控制变压器时，每个变压器尽可能只给机床一个单元的控制电路供电。只有这样，才能使得不工作的那个控制电路不会危及人身、机床和工件的安全。

##### (2) 过电流保护

控制和信号电路必须有短路保护。当控制和信号电路是通过变压器供电时，变压器二次侧的一根线接保护电路，而另一根线接短路保护器件。

控制和信号电路不需要过载保护。

## 2. 控制线路

### (1) 控制电压

由变压器供电的交流控制电路，二次电压为 24 VAC 或 48 VAC，频率为 50 Hz。触点外露在空气中的电路，由于电压过低而使电路工作不可靠时，应采用 48 VAC 或更高的电压 110 VAC 和 220 VAC。

直流控制电路的电压为 24 V、48 V、110 V、220 V。

大型机床由于线路长，串联的触点多，压降大，故一般不使用 24 V 或 48 V。

### (2) 线圈和触点的连接

每个电磁动作器件的线圈、信号灯或向信号灯供电的变压器一次线圈，必须连接在控制电路接地的一边。保护继电器的触点可以接在控制电路接地边和线圈之间。

### (3) 保护联锁

如果辅助功能(如润滑、冷却和排屑等)的任一电动机或装置停止工作，会危及人身安全，损坏机床或工件时，则它们的意外停止必须使其他电动机也停止运转。

各种操作同时进行会引起事故时，必须对这些操作设置可靠的联锁。

控制器件(接触器、继电器和电子装置等)同时动作会带来危险时(例如相反运动)，必须设法防止不正确动作的产生。控制电动机转向的反向接触器必须有联锁，使得换向时不发生短路并能正常工作。

当电动机采用反接制动时，必须采取有效措施，防止制动结束时电动机反转危害人身安全或损伤工件。绝对不允许采用用时限方式控制电动机的反接制动和会引起电动机的人为或非人为的错误起动。

并励和复励直流电动机应具备超速或失磁保护，以防电动机超速运转。

如果超程会带来危险时，使循环正常进行的位置传感器必须是双重的，至少应保证停止有关运动。

## 3. 信号电路

当采用独立的信号电路时(与控制电路不连接的电路)，电路电压为交流或直流 6 V、24 V(优选电压)。

当采用独立内装式变压器时，灯泡应为 6 V(优选值)或 24 V。

## 4. 控制器件规定

### (1) 位置与安装

控制器件应尽可能地安装在干燥和清洁的地方，便于维护和检修，并避免装卸材料或其他移动设备对其损害。

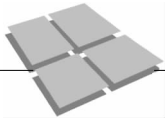
控制器件应安装在维修站台上至少 0.2 m 的高处，位置传感器和脚踏控制开关除外。

手控开关的手柄必须安装在操作者不需要靠近机床运动部件或者其他的危险部分就能摸到的地方。

### (2) 按钮的相对位置及颜色

1) 按钮的相对位置。对应的“起动”和“停止”按钮应相邻安装。“停止”按钮必须在





“起动”按钮的下边或左边。当用两个“起动”按钮控制相反方向时，“停止”按钮可以装在它们之间。

2)按钮的颜色。“停止”和“急停”按钮必须是红色。当按下红色按钮时，必须使设备停止工作或断电。“起动”按钮的颜色是绿色。“起动”和“停止”按钮交替动作的按钮必须是黑色、白色或灰色，不得使用红色或绿色。“点动”按钮必须是黑色。“复位”按钮(如保护继电器的复位按钮)必须是蓝色。当复位按钮还有“停止”作用时，则必须是红色。按钮颜色的含义及应用如表 14.2 所示。

表 14.2 按钮颜色及其含义

颜色	含义	典型应用
红	急情出现时动作	急停
	停止或断开	总停 停止一个或几个电动机 停止机床的一部分 停止循环(如果操作者在循环期间按此按钮，机床在有关循环完成后停止) 断开开关装置 兼有停止作用的复位
黄	干预	排除反常情况或避免不希望的变化。如当循环尚未完成，把机床部件返回到循环起点按压黄色按钮可以超越预先的其他功能
绿	起动或接通	总起动 开动一个或几个电动机 开动机床的一部分 开动辅助功能 闭合开关装置 接通控制电路
蓝	红、黄、绿三种颜色未定义的和特定含义	红、黄、绿含义未包括的特殊情况，可以用蓝色 蓝色：复位
黑、灰、白	未赋予特定含义	除专用“停止”功能外，可用于任何功能。如： 黑色：点动 白色：控制与工作循环无直接关系的辅助功能

3)在自动和手动操作中红色蘑菇头按钮用作急停。

其他颜色的蘑菇头按钮，可用于“双手操作”的“循环开动”按钮，或用于备用机械保护装置“循环开动”按钮。在上述情况下，按钮不得为红色，应为黑色或灰色。

(3)指示灯和光标按钮的颜色及其含义

1)指示灯的颜色及其含义。指示灯(通常灯亮发信息)用来指示和作证明，前者是

吸引操作者注意或指示操作者应完成某种任务；后者是证明一种指令、一种状态或条件，或者一种变化或过渡周期的结束。

指示灯的颜色规定：在使用指示灯的地方，红、黄、绿这三种颜色不得有其他含义；对于其他用途的指示灯，应使用蓝色或白色。

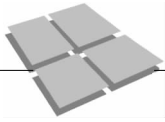
指示灯的颜色及其含义如表 14.3 所示。

表 14.3 指示灯的颜色及其含义

颜色	灯亮的含义	说明	典型应用
红	危险或报警	警报潜在危险或要求立刻行动的情况	润滑系统压力出故障 温度超过规定(安全)极限 命令立即停止机床(如因为过载) 主要设备因保护器件动作而停止 出现容易接触的带电或运动部件的危险
黄	警告	情况发生变化或即将发生变化	温度(或压力)不正常 出现短时的有限过载 自动循环正在运行
绿	安全	表示安全、授权开始后工作，表示无障碍	冷却液循环正常 机床准备就绪可以工作，所有必需的辅助工作完毕，各种机械处于起动状态，液压或电动机发发电机组输出电压在规定范围内等 循环完毕，机床准备重新起动
蓝	按照情况需要赋予的特定含义	上述红、黄、绿三种未包含的任何特定含义，都可由蓝色表示	遥控指示 选择开关处于“整定”状态 装置处于“正向”状态 刀架或装置微量进给
白	未赋予特定含义	使用红、黄、绿三色存在问题时，可以用白色，如证明	电源开关接通 正在选择速度或转向 与工作循环无关的辅助设备正在工作

2) 光标按钮颜色的用法。光标按钮应是：灯亮和灯熄均为同一种颜色；释放按钮后，自行复位。不能采用光标按钮的地方，必须单独使用按钮和指示灯。光标按钮不得用于急停，也不得用于点动。

光标按钮用来发指示时，光标按钮灯亮，指示操作者可以或者应当按那个亮的按钮。在某些使用场合，指示操作者必须先完成某项任务，然后按那个按钮。灯灭，证明给出的命令已经被接受或执行完毕。使用的顺序：先是按钮灯亮，而后按压按钮。



黄、绿、蓝三种颜色通常用于这种方式。

光标按钮用来作证明时，当按下未亮的按钮时，使灯亮，证明由按钮所给出的命令已经被接受或执行。此后，灯一直亮，直到接到相反的命令为止。使用的顺序：先按压按钮，然后按钮灯亮。白色通常用于这种方式。光标按钮颜色的用法如表 14.4 所示。

表 14.4 光标按钮颜色的用法

颜色	按钮的含义	按钮的用途	应用举例及备注
红	不推荐使用	“停止”或“断开”；有时用作“复位”	如果需要使用红色，它们的含义必须严格符合表 14.4 按钮的颜色规定
黄	注意或警告	企图避免险情出现而开始操作	某些数值(如电流、温度)接近极限 按下黄色按钮可以超越原来选定的其他功能
绿	机床或装置准备好可以操作	光标按钮授权后进行“起动”	起动一台或几台辅助功能电动机 起动机床部件 接通电磁吸盘或卡盘 开始循环或部分顺序动作
蓝	上述红、黄、绿三色和白色未包含的含义	上述红、黄、绿三色和白色未包含的任何用途	指示或命令操作者去执行某些任务，例如，进行调整(在完成调整之后，按此按钮作为回答)
白	证实电路已经接通，或证实一种功能或一个运动已经开始或预选好	接通电路，或“起动”或预选	接通与工作循环无关的辅助电路 开动 预选：进给运动的方向和速度等 清除

## 二、机床设备的日常维护

机床电气设备在运行中常会发生各种故障，轻者使机床工作停止，影响生产，重者造成事故。维修电工不仅要及时排除故障，更重要的是要加强日常维护检修，消除隐患，防止故障发生。

机床电气设备的日常维护包括：电动机和电器及控制线路。维护的内容和要求如下所述。

### 1. 电动机部分

1) 电动机应经常保持清洁，进、出风口必须保持畅通，不允许有任何异物进入电

动机的内部。

2)在正常运行时,电动机的负载电流不得超过铭牌规定的额定值。同时,还应检查三相电流是否平衡,三相电流任何一相与其三相平均值相差不允许超过10%。

3)经常检查电源电压、频率是否与铭牌相符,并同时检查电源三相电压是否对称。

4)经常检查电动机的温升是否超过铭牌规定的数值。

5)经常检查电动机的振动、噪声及是否有不正常气味,是否冒烟。若有,应立即停车检查。

6)经常检查电动机轴承是否过热,是否有漏油情况,油量是否适当。轴承的振动和轴向位移不得超过规定值。

7)对绕线转子异步电动机,应检查电刷与集电环间的接触压力,磨损及火花情况。一般电刷与集电环的接触面不应小于全面积的75%;电刷压强应为15 kPa~25 kPa;刷握和集电环间应有2 mm~4 mm间距;电刷与刷握内壁应保持0.1 mm~0.2 mm缝隙。如发现有不正常火花时,则应清理集电环表面,用零号砂布均匀地把集电环表面磨平,并校正电刷压强到不产生火花为止。

8)直流电动机应检查换向器表面是否光滑圆整,有无机械损伤或火花灼伤。若沾有碳粉、油污等杂物,应用干净柔软的白布沾酒精擦去。当电动机运行一段时间后,会在换向器表面形成一层均匀的暗褐色光泽薄膜,这层薄膜具有保护换向器的功效,切忌用砂布磨去。

9)应检查电动机的转速是否正常,若负载转速低于额定转速,应首先检查负载、传动机械是否正常,电动机铭牌所示接法、电压、频率与电动机绕组实际接法、电源电压、频率是否相符,然后再检查电动机本身是否存在故障。

10)检查传动机械是否正常运行,联轴器带轮或传动齿轮是否跳动。

11)电动机的引出线是否绝缘良好、连接可靠。

12)检查电动机的接地装置是否可靠和完整。

## 2. 电器及控制线路部分

1)擦拭电器控制箱、操纵台的外表,用清洁的干布擦净箱(台)内的积尘。

2)检查各连接点的导线有否松脱。

3)用油光锉锉净各动、静触点上的电弧灼痕。

4)调整、平整辅助触点的接触点。

5)检查接触器、继电器等电磁线圈是否过热。

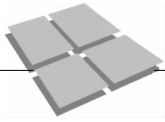
6)试验位置开关能否起位置保护作用。

7)检查静铁芯与衔铁吸合时,铁芯端面接触是否良好,有无噪声、卡住或滞缓现象及衔铁行程是否符合规定。断电时,衔铁是否能顺利释放。

8)检查电器的操作机械是否灵活、可靠,若有卡住现象,可加少许润滑油。

9)检查电气柜、台、盒及各电器、导线通道的散热情况是否良好,并应防止水汽和金属屑侵入。

10)检查各整定值是否恰当。



11) 检查各类指示信号装置和照明装置是否完好。

12) 检查电气设备和机床的所有裸露导体零件是否接到保护接地专用端子上, 并是否达到了保护电路连续性的要求。

### 3. 注意事项

1) 机床加工时, 金属屑和油污易进入电器、电动机和线路中, 造成电气绝缘下降、触点接触不良、散热条件恶化, 甚至接地或短路。所以, 要注意保持机床电气设备的清洁。

2) 为保证机床电气正常运行的各种保护环节, 如过载、短路、过流等, 在维护时不得随意改变热继电器、低压断路器的整定值, 更换熔体, 必须按要求选配, 不得放大或缩小原有规格。

3) 电路接点接触不良, 是机床电气故障常见原因之一。日常维护中应特别注意接触器、继电器及接线端子接点的维护。

4) 要加强在高温、霉雨、严寒季节对电气设备的检查和维护。

5) 日常维护时, 必须注意安全, 电气设备的接地或接零必须可靠。

### 三、机床设备常见故障分析和检修

机床设备故障主要可分为两大类: 一类是有明显的外表特征并容易被发现的, 例如, 电动机的绕组过热、冒烟、甚至发生焦臭味或火花等, 在排除这类故障时, 除了更换损坏了的电动机绕组或线圈之外, 还必须找出和排除造成上述故障的原因; 另一类故障是没有外表特征的, 例如, 在控制电路中由于元件调整不当、动作失灵或小零件损坏及导线断裂等原因引起的, 这类故障在机床电路中经常碰到, 由于没有外表特征, 常需要用较多的时间去寻找故障的原因, 有时还需要运用各类测量仪表和工具才能找出故障点, 方能进行调整和修复, 使电气设备恢复正常运行。因此, 找出故障点是机床电气设备检修工作中的一个重要步骤。

电气设备发生故障后一般检查和分析方法分述如下。

#### 1. 修理前的调查研究

1) 看: 熔断器内熔体是否熔断, 其他电气元件有无烧毁、发热、断线, 导线连接螺钉是否松动, 有无异常的气味等。

2) 问: 发生故障后, 向操作者了解故障发生的前后情况, 有利于根据电气设备的工作原理来判断发生故障的部位, 分析故障的原因, 一般询问项目是: 故障是经常发生, 还是偶然发生, 有哪些现象(如响声、冒火、冒烟等); 故障发生前有无频繁起动、停止、过载, 是否经过保养检修等。

3) 听: 电动机、变压器和有些电器元件在正常运行时的声音与发生故障时的声音有无明显差异, 听听它们的声音是否正常, 可以帮助寻找故障部位。

4) 摸: 电动机、变压器和电磁线圈等发生故障时, 温度显著上升, 可切断电源用手去摸一摸。

看、问、听、摸是寻找故障的第一步, 有些故障还应进一步检查。

## 2. 根据电气控制线路分析检查故障范围

机床电气设备发生故障后,为了能根据情况迅速找到故障位置,就必须熟悉机床的电气线路。一台机床的电气线路中任何一个电器元件的损坏或任何一根连接导线的断裂或脱落,都会造成故障。不同的故障原因有时会出现相似的故障现象;同一种故障原因在不同情况下有时会出现不同的故障现象。因此,要做到有目的地检查故障,并能够正确地判断和迅速排除故障,就必须了解整台机床电气线路的工作原理。

机床的电气线路是根据机床的用途和工艺要求而定的,因此了解机床的基本工作原理、加工范围和操作程序对掌握机床电气控制线路的原理和各环节的作用具有一定的意义。任何一台机床的电气控制线路总是由主电路和控制电路两大部分组成,而控制电路又可分成若干个控制环节。分析电路时,通常首先从主电路入手,了解机床各运动部件和辅助机构采用了几台电动机传动,从每台电动机主电路中所使用的接触器的主触点的连接方式大致可看出电动机是否有正反转或制动控制等,再从接触器主触点的文字符号在控制电路中找到相应的控制环节和各环节之间的关系。联系到机床对控制线路的要求和前面所述的各种环节电路的知识,逐步深入了解各个环节电路由哪些电器组成的,它们互相间怎样联系,各环节间有什么联系等。在弄清控制线路原理的基础上,对照机床电气控制箱内的电器,进一步熟悉每台电动机各自所用的控制电器和保护电器,这样即使再复杂的电气线路也是可以弄清楚的。

## 3. 确定故障发生的范围

从故障现象出发,按线路工作原理进行分析,便可判断故障发生的可能范围,以便进一步分析,找出故障发生的确切部位。

## 4. 进行外表检查

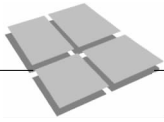
在判断了故障可能发生的范围后,在此范围内对有关器件进行外表检查,常能发现故障的确切部位。例如,接线头脱落、触点接触不良或未焊牢、弹簧断裂或脱落以及线圈烧坏等,都能明显地表明故障点。

## 5. 试验控制电路的動作顺序

经外表检查未发现故障点时,可进一步检查电器元件动作情况,如操作开关或按钮,查看线路中各继电器、接触器相关触点是否按规定顺序动作;若不符合规定者,则说明此电器有关的电路存在问题,再在此电路中进行逐项分析和检查,一般便可发现故障。在检查时常用一段导线以逐段短接法来缩小故障范围,但必须注意人身及设备安全。要遵守安全操作规程,不得随意触动带电部分,要尽可能切断电动机主电路电源,只在控制电路带电的情况下进行检查;如需电动机运转,则应使其在空载下运行,避免机床运动部分因误动作而发生撞击;要暂时隔断有故障的主电路,以免故障扩大,并预先充分估计到局部线路动作可能发生的不良后果。

## 6. 利用仪表器材来检查

利用多用电表的电阻挡来检测电器元件是否短路或断路(测量时必须切断电源),用多用电表的电压、电流挡来检测线路的电压、电流值是否正常,三相是否平衡,检查方法如下。



(1) 电压测量法

检查时把多用电表的选择开关转到交流电压 500 V 挡位上。

1) 分阶测量法。电压的分阶测量法如图 14.1 所示。检查时, 首先用多用电表测量 0—1 两点间的电压, 若电路正常应为 380 V。然后, 分阶测量 2, 3, 4, 5, 6 点与 0 点之间的电压, 根据各阶段的电压值来检查故障的方法可见表 14.5。

表 14.5 分阶段测量法所测电压值及故障原因(设控制电压为 380 V)

故障现象	测试状态	0—6	0—5	0—4	0—3	0—2	0—1	故障原因
按下 SB2 时, KM1 不吸合	按下 SB2 不放松	0	380 V	380 V	380 V	380 V	380 V	SQ1 触点接触不良, 未导通
		0	0	380 V	380 V	380 V	380 V	KM2 常闭触点接触不良, 未导通
		0	0	0	380 V	380 V	380 V	SB2 触点接触不良, 未导通
		0	0	0	0	380 V	380 V	SB1 触点接触不良, 未导通
		0	0	0	0	0	380 V	FR 常闭触点接触不良, 未导通

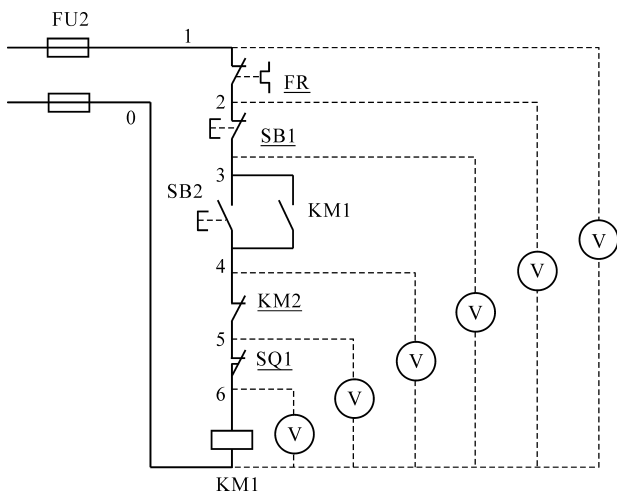


图 14.1 电压的分阶测量法

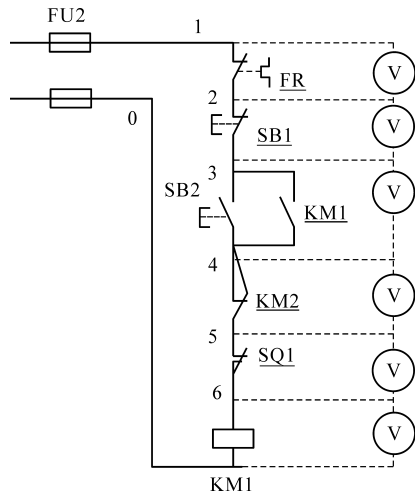


图 14.2 电压的分段测量法

2) 分段测量法。电压的分段测量法如图 14.2 所示。先用多用电表测试 0—1 两点间的电压, 电压值为 380 V, 说明电源电压正常。然后, 逐段测量相邻两标号点 1—2、2—3、3—4、4—5、5—6、6—0 间的电压, 根据各段的电压值来检查故障的方法可见表 14.6。

表 14.6 分段测量法所测电压值及故障原因(设控制电压为 380 V)

故障现象	测试状态	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	故障原因
按下 SB2 时, KM1 不吸合	按下 SB2 不放松	380 V	0	0	0	0	FR 常闭触点接触不良, 未导通
		0	380 V		0	0	SB1 触点接触不良, 未导通
		0	0	380 V	0	0	SB2 触点接触不良, 未导通
		0	0	0	380 V	0	KM2 常闭触点接触不良, 未导通
		0	0	0	0	380 V	SQ1 触点接触不良, 未导通

### (2) 电阻测量法

电阻测量也可以采用分阶测量法和分段测量法。检查时, 先切断电源, 然后把多用电表的选择开关转至电阻挡。按下起动按钮 SB2 不放, 先测量 0—1 之间的电阻, 如电阻值为无穷大, 说明电路断开。此时, 逐步分阶测量或分段测量各点之间的电阻值, 当测量到某标号间的电阻值突然增大, 则说明表刚跨接的触点或连接导线接触不良或断路。

电阻测量法的优点是安全, 缺点是测得的电阻值不准确时, 容易造成判断错误。为此应注意下列几点。

1) 用电阻测量法检查故障时一定要断开电源。

2) 如被测的电路与其他电路并联时, 必须将该电路与其他电路断开, 否则所测得的电阻值是不准确的。

3) 测量高电阻的电器元件时, 把多用电表的选择开关旋转至合适的电阻“ $\Omega$ ”挡。

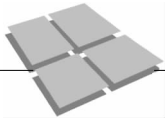
### 7. 检查是否存在机械故障

在许多电气设备中, 电器元件的动作是由机械来推动的, 或与机械构件有着密切的联动关系, 所以, 在检修电气故障的同时, 应检查、调整和排除机械部分的故障。

总之, 检查分析电气设备故障的一般顺序和方法, 应按不同的故障情况灵活掌握, 力求迅速有效地找出故障点, 判明故障原因, 及时排除故障。

在实际工作中, 每次排除故障后, 应及时总结经验, 并作好维修记录。记录的内容可包括: 机床的名称、型号和编号; 故障发生的日期; 故障的现象; 故障的部位; 损坏的电器; 故障原因; 修复措施及修复后运行情况等, 作为档案以备日后维修时参考。并通过对历次故障的分析和排除, 采用有效措施, 防止类似事故的再次发生。





# 项目 15 M7120 平面磨床电气线路的控制分析和故障排除

## 学习目标

1. 进一步了解机床电气设备控制和信号电路的相关规定。
2. 熟悉 M7120 平面磨床的结构、运动形式和电气工作原理。
3. 掌握 M7120 平面磨床电气线路的控制分析和故障排除。

## 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 15.1。

表 15.1 设备、工具、材料

名称	型号规格	数量
平面磨床电气线路实训板	M7120	1 块
电工工具		1 套
线码管		若干
彩色灯泡	220 V/15 W	若干
交流接触器	CJ10-10	若干
控制变压器	BK-50	若干
连接导线	1.5 mm <sup>2</sup>	若干

## 相关知识

### 一、磨床的主要结构及运动形式

平面磨床是用砂轮磨削加工各种零件平面的机床，M7120 型平面磨床是平面磨床中使用较为普遍的一种，它的磨削精度高和表面较光洁，操作方便，适于磨削精密零件和各种工具，M7120 型平面磨床的外形如图 15.1 所示。

M7120 型平面磨床共有四台电动机，即砂轮电动机、砂轮升降电动机、液压泵电动机和冷却泵电动机。砂轮电动机直接带动砂轮旋转，对工件进行磨削加工，在 M7120 型平面磨床中，砂轮并不要求调速，所以通常用笼型异步电动机来拖动，这是平面磨床的主运动；砂轮升降电动机使砂轮在立柱导轨上做垂直运动，用以调整砂轮与工件位置。工作台和砂轮的往复运动是靠液压泵电动机进行液压传动的，液压传动

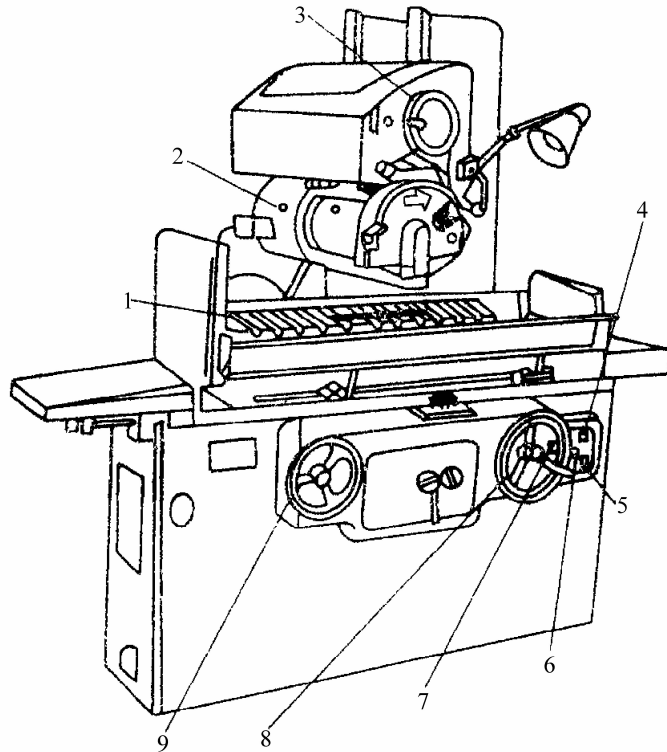


图 15.1 M7120 型平面磨床

1. 电磁吸盘；2. 磨头；3. 磨头横向进给手轮；4. 砂轮起动按钮；5. 停止按钮；6. 电磁吸盘按钮；7. 液压泵电动机起动停止按钮；8. 磨头垂直进给手轮；9. 工作台移动手轮

较平稳，能实现无级调速，转换时惯性小，换向平稳。M7120 型平面磨床工作台的往返运动采用液压传动，能保证加工精度。由液压电动机拖动液压泵，经液压传动装置实现工作台的往复运动。冷却泵电动机带动冷却泵供给砂轮和工件冷却液，同时利用冷却液带走磨削下来的铁屑。

## 二、电气控制线路分析

M7120 型平面磨床的电气控制线路如图 15.2 所示。

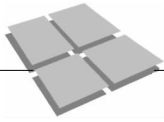
图 15.2 中，电气控制线路分为主电路、控制线路、电磁工作台控制线路和照明与指示灯电路四部分。

### 1. 主电路

主电路中共有四台电动机，其中 M1 是液压泵电动机，实现工作台的往复运动；M2 是砂轮电动机，带动砂轮旋转磨削加工工件；M3 是冷却泵电动机，为砂轮磨削工件时输送冷却液；M4 是砂轮升降电动机，用以调整砂轮与工件的位置。

四台电动机的工作要求是：M1、M2 和 M3 只需要正转控制；M4 需要正反转控制，冷却泵电动机 M3 只有在砂轮电动机 M2 运转后才能起动。

四台电动机具有短路、欠电压和失电压保护，分别由熔断器 FU1 和接触器 KM1、



KM2、KM3 和 KM4 来执行，除 M4 之外，其余三台电动机分别由热继电器 FR1、FR2 和 FR3 进行过载保护。

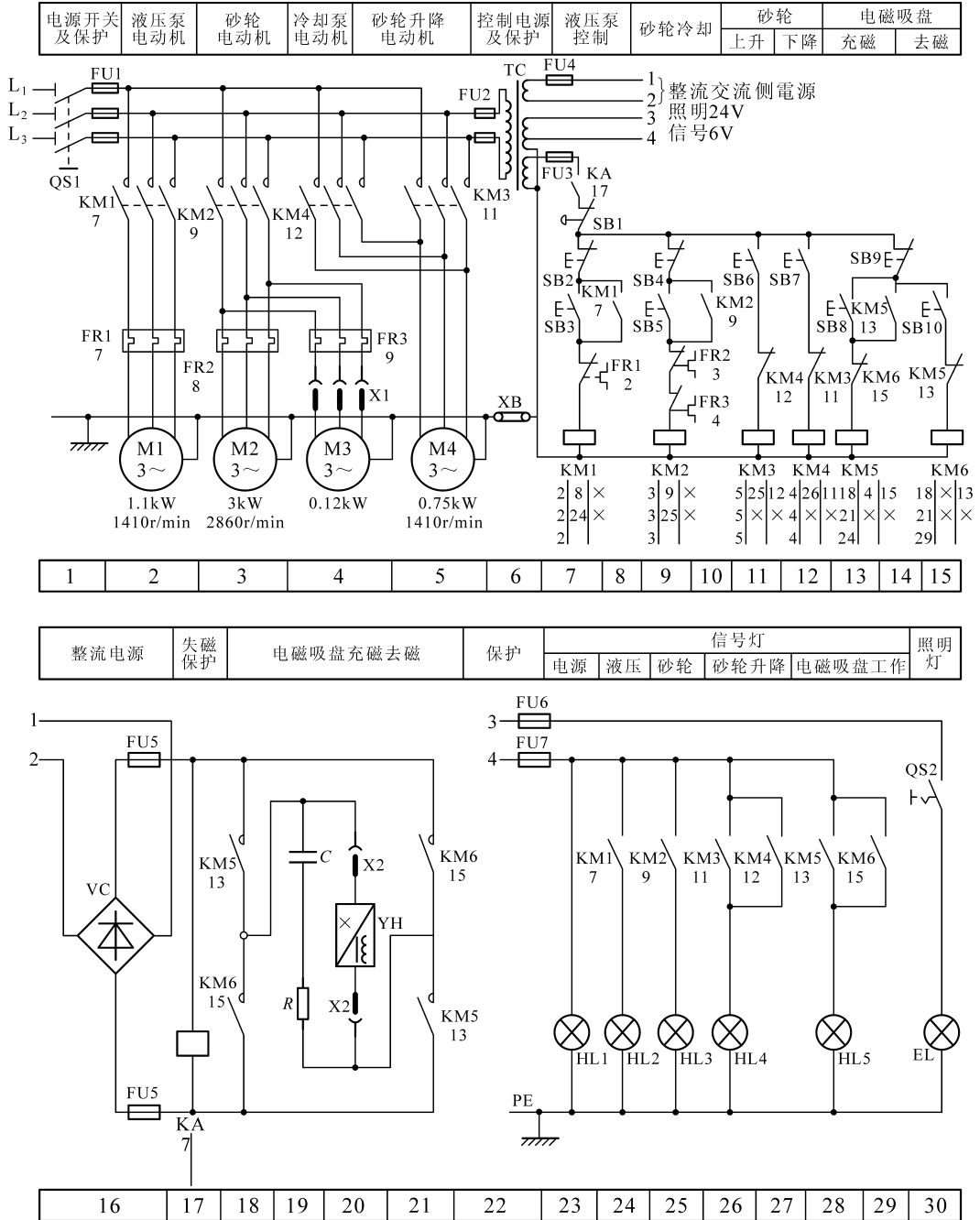


图 15.2 M7120 型平面磨床电气控制线路

## 2. 控制电路

### (1) 液压泵电动机 M1 的控制

如电源电压正常，欠电压继电器 KA 的线圈(17区)吸合，其常开触点 KA(7区)闭合；然后按下起动按钮 SB3，接触器 KM1 线圈得电，其主触点闭合，液压泵电动机 M1 起动运转，同时 KM1 的自锁触点也闭合。若按下停止按钮 SB2，接触器 KM1 线圈断电释放，电动机 M1 断电停转。

### (2) 砂轮电动机 M2 及冷却泵电动机 M3 的控制

按下起动按钮 SB5，接触器 KM2 线圈得电吸合，砂轮电动机 M2 起动运转。由于冷却泵电动机 M3 通过接插器 X1 和 M2 联动控制，所以 M3 与 M2 同时起动运转。当按下停止按钮 SB4 时，接触器 KM2 线圈断电释放，M2 与 M3 同时断电停转。热继电器 FR2 和 FR3 分别为电动机 M2 和 M3 的过载保护。

### (3) 砂轮升降电动机 M4 的控制

因为砂轮升降是短时运转，所以采用点动控制。当按下点动按钮 SB6，接触器 KM3 线圈得电吸合，电动机 M4 起动正转，砂轮上升，上升到所需的位置，松开 SB6，KM3 线圈断电释放，电动机 M4 停转，砂轮停止上升。

按下点动按钮 SB7，接触器 KM4 线圈得电吸合，电动机 M4 起动反转，砂轮下降，当砂轮下降到所需位置时，松开 SB7，KM4 线圈断电释放，电动机 M4 停转，砂轮停止下降。

为了防止电动机 M4 的正反转线路同时接通，故在控制电路中采用接触器联锁。

## 3. 电磁工作台控制电路

控制电路由停止按钮 SB9、起动按钮 SB8、接触器 KM6 常闭触点、接触器 KM5 线圈及自锁触点和起动按钮 SB10、接触器 KM5 常闭触点、接触器 KM6 线圈等组成两条分别给电磁工作台(又称电磁吸盘)充磁和去磁的控制电路。

图 15.2 中，YH 是电磁吸盘。电磁吸盘是固定加工工件的一种夹具。利用导体通电产生磁场吸牢铁磁材料的工件，以便加工。它与机械夹紧装置相比较，具有夹紧迅速、不损伤工件、工作效率高、一次能吸牢若干个小工件、工件在加工中发热可以自由伸缩等优点。电磁吸盘在平面磨床中用得十分广泛。

电磁吸盘的结构如图 15.3 所示。

其外壳是钢制的箱体，中部有凸起的心体，心体上面绕有线圈，吸盘的盖板有钢板制成，钢制盖板用隔磁材料如铅锡合金等隔成若干小块，当线圈通以直流电时，吸盘的心体就被磁化，产生磁场，工件就被牢牢地吸住。

电磁吸盘的工作电路包括整流装置、控制装置和保护装置三个部分。

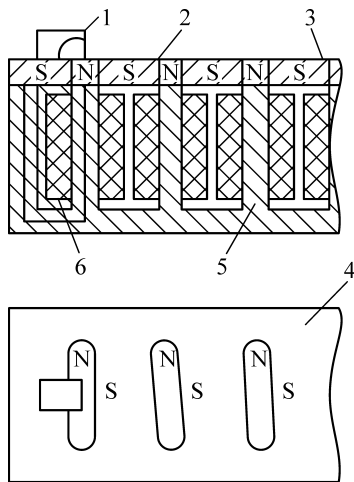
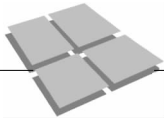


图 15.3 电磁吸盘

1. 工件；2. 绝磁材料；3. 工作台；  
4. 盖板；5. 心体；6. 线圈



整流装置由整流变压器 TC 和单相桥式整流器 VC 组成，提供约 110 V 直流电源。单相桥式整流器一般用硅整流器或硒整流器。

控制装置由按钮 SB8、SB9、SB10 和接触器 KM5、KM6 等组成。当需要使电磁吸盘具有吸力时，只需操作控制电路中的按钮 SB8，充磁过程如下：

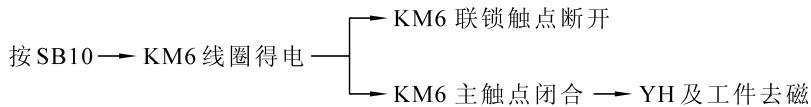


充磁电流的回路如下：

VC 正极 → FU5 → KM5 主触点 → X2(接插件) → YH → X2 → KM5 主触点 → FU5 → VC 负极

加工完毕，需将工件取下时，先按 SB9，切断电磁吸盘 YH 的直流电源，但吸盘和工件都有剩磁，这就会使取下工件时造成困难，同时工件上也不允许有剩磁；为此，在取下工件前，需对吸盘和工件进行去磁，去磁的方法是向吸盘线圈中通入一个反向电流以消除其剩磁。

去磁过程如下：



去磁电流的回路如下：

VC 正极 → FU5 → KM6 主触点 → X2(接插件) → YH → X2 → KM6 主触点 → FU5 → VC 负极

若去磁时间过长，将使电磁吸盘反向磁化，因此，接触器 KM6 的控制电路需采用点动控制。

保护装置是由放电电阻  $R$  和放电电容  $C$  以及欠电压继电器 KA 组成。电阻  $R$  和电容  $C$  的作用是：由于电磁吸盘线圈是一个大电感，在电磁吸盘工作时，线圈中储存着大量磁场能量；当电磁吸盘在脱离电源的瞬间，吸盘的两端会产生很大的自感电动势，若没有放电电路，将使吸盘线圈绝缘及其他电器损坏，故用此电阻和电容组成放电回路，使电磁吸盘断电瞬间线圈中所储存的能量通过  $R$  和  $C$  进行放电。欠电压继电器 KA 的作用是：在加工过程中，若电源电压不足，则电磁吸盘的吸力也就不足，会导致工件因失去足够的吸力而被高速旋转的砂轮碰击飞出，造成严重事故。因此，在线路中设置了欠电压继电器 KA，将其线圈并联在电磁吸盘的工作电路中，而将其常开触点串联在液压泵电动机 M1 的控制电路中，当电源电压不足或断电时，欠电压继电器 KA 便释放，其常开触点断开，切断控制电路，使液压泵电动机 M1 和砂轮电动机 M2 停转，保证了安全；同时，若在开车前因整流器件损坏而没有直流电源，或电源电压太低，欠电压继电器 KA 不会动作，常开触点处于断开状态，接触器 KM1(或 KM2)线圈断电，这时虽按 SB3，液压电动机 M1 也不能起动，防止产生工件未被吸牢而开动工作台，将工件抛出去的危险。

#### 4. 照明与指示电路

图 15.2 中 EL 为照明灯, 其工作电压为 24 V, 由变压器 TC 供电。QS2 为照明开关。

HL1、HL2、HL3、HL4 和 HL5 为指示灯, 其工作电压为 6 V, 也由变压器 TC 供电。五个指示灯的作用如下:

HL1 亮, 表示控制电路的电源正常; 不亮, 表示电源有故障。

HL2 亮, 表示液压泵电动机 M1 处于运转状态, 工作台正在运行往复运动; 不亮, 表示 M1 停转。

HL3 亮, 表示砂轮电动机 M2 及冷却泵电动机 M3 处于运转状态; 不亮, 表示 M2 和 M3 停转。

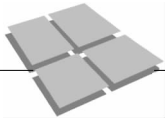
HL4 亮, 表示砂轮升降电动机 M4 处于工作状态; 不亮, 表示 M4 停转。

HL5 亮, 表示电磁吸盘 YH 处于工作状态(充磁或去磁); 不亮, 表示电磁吸盘未工作。

M7120 型平面磨床电器元件如表 15.2 所示。

表 15.2 M7120 型平面磨床电器元件明细表

代号	元件名称	型号	规格	件数	作用
M1	液压电动机	JO2-21-4	1.1 kW 1 410 r/min	1	液压泵传动
M2	砂轮电动机	JO2-31-4	3 kW 2 860 r/min	1	砂轮传动
M3	冷却泵电动机	PB-25A	0.12 kW	1	供给冷却泵
M4	砂轮升降电动机	JO3-801-4	0.75 kW 1 410 r/min	1	砂轮升降传动
KM1	接触器	CJ0-10	110 V	1	控制液压泵电动机 M1
KM2	接触器	CJ0-10	110 V	1	控制砂轮电动机 M2
KM3	接触器	CJ0-10	110 V	1	点动控制砂轮升降电动机 M4 上升
KM4	接触器	CJ0-10	110 V	1	点动控制砂轮升降电动机 M4 下降
KM5	接触器	CJ0-10	110 V	1	控制电磁吸盘充磁
KM6	接触器	CJ0-10	110 V	1	点动控制电磁吸盘去磁
FR1	热继电器	JR10-10	2.71A	1	液压泵电动机 M1 过载保护
FR2	热继电器	JR10-10	6.18A	1	砂轮电动机 M2 过载保护
FR3	热继电器	JR10-10	0.47A	1	冷却泵电动机 M3 过载保护
SB1	按钮	LA2 型		1	总停
SB2	按钮	LA2 型		1	液压泵停止
SB3	按钮	LA2 型		1	液压泵起动作
SB4	按钮	LA2 型		1	砂轮停止



续表

代号	元件名称	型号	规格	件数	作用
SB5	按钮	LA2 型		1	砂轮起动
SB6	按钮	LA2 型		1	砂轮上升起动
SB7	按钮	LA2 型		1	砂轮下降起动
SB8	按钮	LA2 型		1	电磁吸盘充磁
SB9	按钮	LA2 型		1	电磁吸盘停止充磁
SB10	按钮	LA2 型		1	电磁吸盘去磁
TC	变压器	BK-150	380/110、24、6、140 V	1	整流降压照明指示灯电压电源
VC	硅整流器	4×2CZ11C		1	整流
KA	欠电压继电器				欠电压保护
R	电阻	GF 型	50 W 500 Ω		放电保护
C	电容		600 V 5 μF		放电保护
YH	电磁吸盘	HDXP	110 V 1.45 A		吸持工件
X1	接插器	CY0-36 型			连接电磁吸盘
X2	接插器	CY0-26 型			连接 M3
FU1	熔断器	RL1	60/25 A	3	总线路短路保护
FU2	熔断器	RL1	15/6 A	2	变压器输入端短路保护
FU3	熔断器	RL1	15/6 A	1	控制电路短路保护
FU4	熔断器	RL1	15/2 A	1	变压器输出端短路保护
FU5	熔断器	RL1	15/2 A	2	整流电路短路保护
FU6	熔断器	RL1	15/2 A	1	低压照明短路保护
FU7	熔断器	BCF	15/2 A	1	指示灯电路短路保护
QS1	三相转换开关	HZ1	25/3	1	总电源开关
QS2	单相转换开关	HZ10-10/1	10 A	1	低压照明开关
HL1~5	信号灯	ZSD	6.3 V	5	指示电路信号灯
EL	低压照明灯		24 V	1	电压照明

### 三、常见故障分析

#### 1. 砂轮电动机不能起动

先检查电源部分的主电路熔断器 FU1 的熔体是否熔断，接线头是否有脱落、松动或过热，因为这类故障易引起接触器不吸或时吸时不吸，还会使接触器的线圈和电动机过热等。如无异常，则可用多用电表检查电源开关 QS1 是否良好。

如果电源和主电路无故障，则故障必定在控制电路中。可依次检查熔断器 FU2 和 FU3、热继电器 FR2 和 FR3 的常闭触点、急停按钮 SB1、停止按钮 SB4、起动按钮 SB5 和接触器 KM2 的线圈是否断路，检查欠压继电器 KA 是否正常吸合。

### 2. 砂轮升降电动机正反向均不能起动

故障原因一般是主电路熔断器 FU1 熔断等原因，检查方法与砂轮电动机故障类似；其次是由接触器 KM3 或 KM4 的主触点接触不良引起的。

### 3. 砂轮只能上升不能下降

首先检查点动按钮 SB7 的连接线是否脱落，其次检查接触器 KM4 线圈是否断开，接头是否脱落，主触点接触是否良好，接触器 KM3 联锁触点接触是否良好。

### 4. 电磁吸盘没吸力

首先检查主电路熔断器 FU1 及电磁吸盘电路熔断器 FU5 的熔体是否熔断；再检查接插器 X2 触点接触是否良好，检查方法是用多用电表直流电压挡测量 X2 两触点是否有电压。

如上述检查均未发现故障，则可检查电磁吸盘线圈的两个出线头，由于吸盘密封不好，冷却液的侵蚀使绝缘损坏，造成两个出线线头间短路或断路，当线头间形成短路时，若不及时检修，就有可能使整流器和整流变压器烧毁，所以电磁吸盘线圈重绕修复后，不仅其本身的绝缘要处理好，安装后还要密闭，以防冷却液的侵蚀。

### 5. 电磁吸盘吸力不足

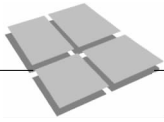
电磁吸盘吸力不足可能的原因之一是交流电源电压低，导致直流电压相应地下降，以致吸力不足，检查时，用多用电表测量整流器 VC 的输出端电压是否大于 110 V（空载时直流输出电压为 130 V~140 V，带负载时不低于 110 V）；另外，接触器 KM5 主触点和接插器 X2 触点接触不良也会造成吸力不足。

另一个原因是整流电路的故障。电路中整流器 VC 是由四个桥臂组成，若整流器是由硅二极管组成的，那么，每臂就是一只硅二极管；在早期的产品中，有用硒整流器的，这种整流器的每臂由一组同向串联的硒片组成，四个桥臂的四组硒片就按电路要求的正向或反向串联在一起，在各组硒片间接出连接引线，如果硅二极管损坏或接线断裂，或者硒整流器的某一片与导流圈（两片间金属圈）接触不良，都会造成某一臂开路，这时，直流输出电压将要下降一半左右，吸盘电流也就相应地减小，吸力降低。检修时，可测量直流输出电压是否有下降一半的现象；用手触摸四个整流臂的温度也可判断是否有一臂断路，断路的一臂以及与它相对的另一臂由于没有电流通过，温度要比其余两臂低。

在切断外电路的情况下，用多用电表测量整流器件的正反向电阻，可找出损坏的器件。如果测量的正反向电阻都很大，说明二极管已断路损坏；如果正反向电阻都很小，说明二极管已击穿短路。

若有一臂的整流器件被击穿形成短路，此时与它相邻的另一臂的整流器件也会因过电流而很快损坏，整流变压器因外电路短路也会造成过电流。这种故障的表现为吸力很小或没有吸力，整流变压器和已损坏的整流器件温度较高。如不及时切断电源，





整流变压器将有烧毁的可能。

电磁吸盘线圈损坏需重绕时，圈数及导线规格应与原来的一致，否则，若选用导线截面偏大，则线圈通过的电流大，温度高；若偏小，则线圈通过的电流小，吸盘吸力比原来的减小。修理完毕后，应进行吸力测试，用电工纯铁或 10# 钢做成试块，跨放在两极之间，用弹簧秤在垂直方向拉试，应达  $58.8 \text{ N/cm}^2$ ，剩磁的吸力应小于充磁时吸力的 10%，线圈与盘体间绝缘电阻应大于  $5 \text{ M}\Omega$ 。

硅整流二极管损坏后，应更换；硒整流器损坏后，可将损坏的硒片逐片更换。

检修时，要注意整流器件的极性不能接反，否则，会烧毁整流器件和变压器。



### 1. 实训任务

- 1) 用通电试验法发现机床故障现象，进行故障分析，并在电气原理图中用虚线标出最小故障范围的线段。
- 2) 按图排除 M7120 平面磨床主电路和控制电路中人为设置的三个电气自然故障点。
- 3) 采用正确的排除方法并在额定时间内排除故障。
- 4) 排除故障时，必须修复故障点，不得采用更换电器元件、借用触点及改动线路的方法，否则，作不能排除故障点处理。
- 5) 检修时，严禁扩大故障范围或产生新的故障，并不得损坏电器元件。
- 6) 完成实训报告。

### 2. 注意事项

- 1) 要掌握好机床的电气控制原理，熟悉机床的操作方法。
- 2) 检修整流电路时，不可将二极管的极性接错，若接错一只二极管，将会发生整流器和电源变压器的短路事故。
- 3) 检修中需采用测量方法时，要考虑控制变压器 TC 二次绕组对测量结果的影响，防止产生错误判断。
- 4) 要做到安全操作和确保检修安全。



国家职业技能鉴定统一中级维修电工技能试卷、评分标准及现场记录如附录 B 所示。

## 项目 16 Z3050 型摇臂钻床电气线路的控制分析和故障排除

### 学习目标

1. 熟悉 Z3050 型摇臂钻床的主要结构、运行方式和电气工作原理。
2. 掌握 Z3050 型摇臂钻床电气线路的控制分析和故障排除。

### 设备、工具、材料

所需设备、工具、材料见表 16.1。

表 16.1 设备、工具、材料

名称	型号规格	数量
摇臂钻床电气线路实训板	Z3050	1 块
电工工具		1 套
线码管		若干
连接导线	1.5 mm <sup>2</sup>	若干

### 相关知识

#### 一、钻床的主要结构及运动形式

Z3050 型摇臂钻床电气线路及结构组成如图 16.1 所示。

##### 1. 主要结构

由底座、内外立柱、摇臂、主轴箱等组成。

##### 2. 运动形式

1) 主轴转动由主轴电动机驱动。通过主轴箱内的主轴、进给变速传动机构、正反转摩擦离合器和操纵安装在主轴下端的操纵手柄、手轮, 能实现主轴正反转、停车(制动)、变速、进给、空挡等控制。同时, 主轴可随主轴箱沿摇臂上的水平导轨作手动径向移动。

2) 摇臂升降由摇臂升降电动机驱动。同

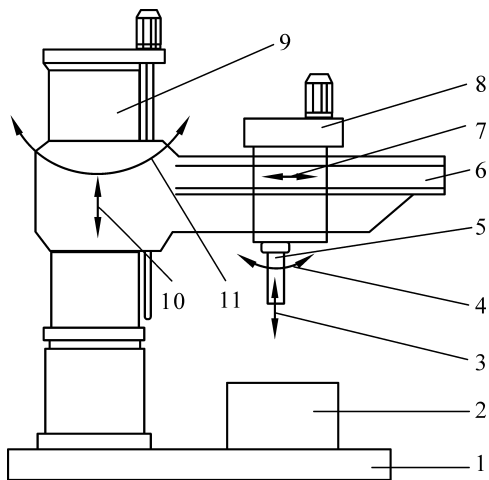


图 16.1 Z3050 型摇臂钻床结构及运动

1. 底座; 2. 工作台; 3. 主轴进给方向; 4. 主轴转动方向; 5. 主轴; 6. 摇臂; 7. 主轴箱移动方向; 8. 主轴箱; 9. 立柱; 10. 摇臂转动方向; 11. 摇臂上升下降方向

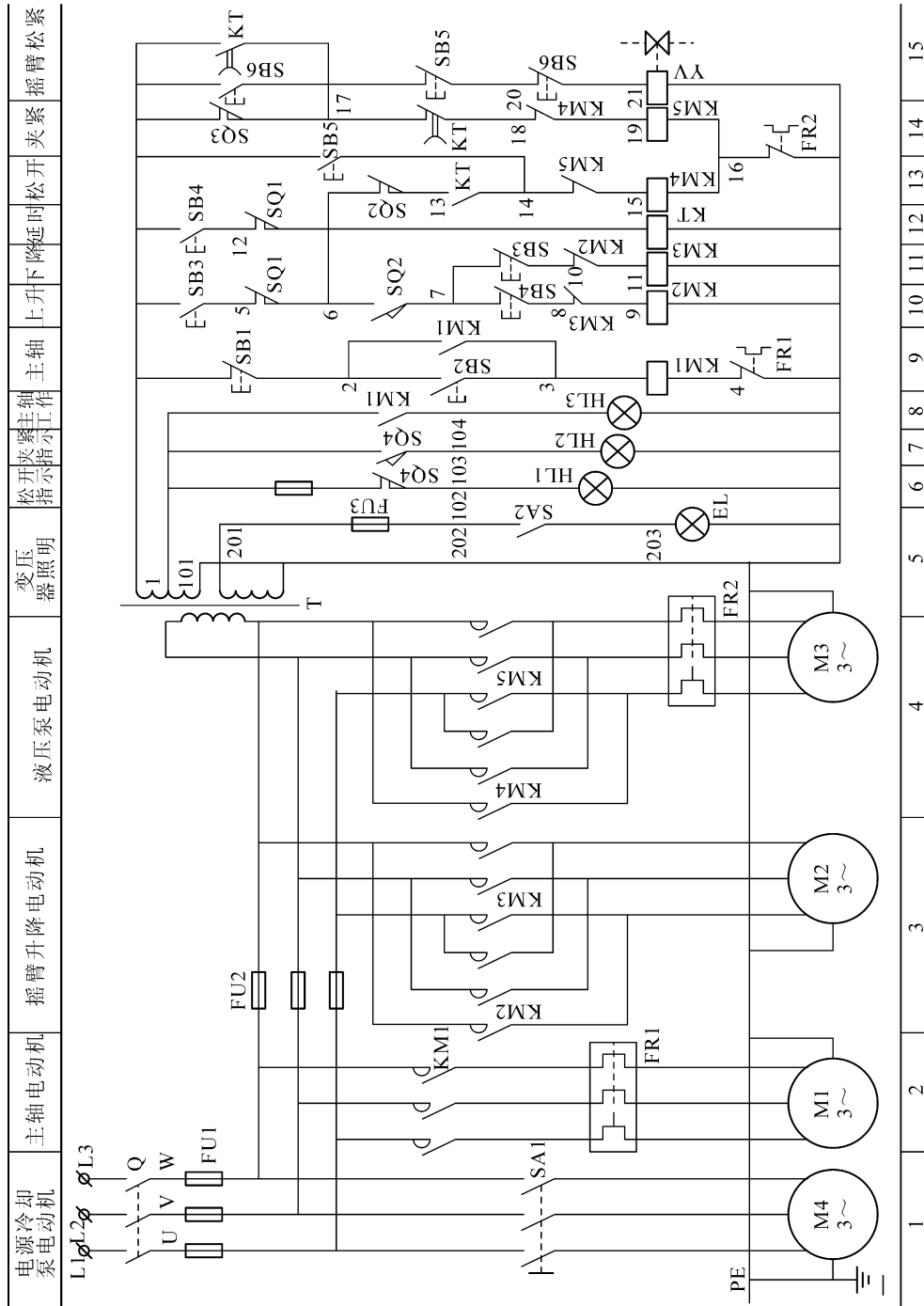
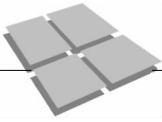


图 16.2 Z3050 型摇臂钻床电气控制线路

时, 摇臂与外立柱一起相对内立柱还能作手动  $360^{\circ}$  回转。

3) 机床加工时, 对主轴箱、摇臂及内外立柱的夹紧由液压泵电动机作动力, 它是采用液压驱动的菱形块夹紧机构, 夹紧可靠。

### 3. 机床对电气线路的主要要求

1) 主轴正、反转是由正反转摩擦离合器来实现的, 所以只要求主轴电动机能正转。

2) 摇臂上升、下降是由摇臂升降电动机正、反转实现的, 因此要求电动机能双向起动, 同时为了设备安全, 应具有极限保护。

3) 主轴箱、摇臂、内外立柱的夹紧是采用液压驱动, 要求液压泵电动机能双向起动。

4) 冷却泵电动机要求单向起动。

5) 为操作安全, 控制电路的电源电压为 127 V。

6) 摇臂采用自动夹紧和放松控制, 要保证摇臂在放松状态下进行升降并有夹紧、放松指示。

## 二、电气控制线路分析

机床电气控制线路见图 16.2 所示。

### 1. 主电路

机床采用 380 V/50 Hz 三相交流电源供电。并有保护接地措施。组合开关 Q 为机床总电源开关。

为了传动各机构, 机床上装有四台电动机:

M1 为主轴电动机, 只能正转控制;

M2 为摇臂升降电动机, 能正、反转控制;

M3 为液压泵电动机, 能正、反转控制;

M4 为冷却泵电动机, 只能正转控制。

电路中 M4 用组合开关 SA1 进行手动控制, 故不设过载保护。M1、M3 分别由热继电器 FR1、FR2 作过载保护。FU1 为总熔断器, 兼作 M1、M4 的短路保护; FU2 熔断器作 M2、M3 及控制变压器一次侧的短路保护。

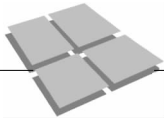
机床除冷却泵电动机 M4、电源开关 Q 及 FU1、SA1 是安装在固定部分外, 其他电气设备均安装在回转部分上。由于本机床主柱顶上没有集电环, 故在使用时, 不要总是沿着一个方向连续转动摇臂, 以免把穿入内立柱的电源线拧断。

### 2. 控制及照明、指示电路

控制、照明和指示电路均由控制变压器 TC 降压后供电, 电压分别为 127 V、36 V 及 6 V。各电器元件明细表见表 16.2 所示。

#### (1) 主轴电动机的控制

合上电源开关后, 按起动按钮 SB2, 接触器 KM1 吸合并自锁, 主轴电动机 M1 起动, M1 旋转指示灯 HL3 亮。停车时, 按 SB1, KM1 释放 M1 停止旋转, M1 旋转指示灯熄。



### (2) 摇臂升降控制

按下摇臂上升(或下降)按钮 SB3(或 SB4), 时间继电器 KT 吸合, 其瞬动作的常开触点和延时断开的常开触点闭合, 使电磁铁 YV 和接触器 KM4 同时吸合, 液泵电动机 M3 旋转, 供给压力油, 压力油经二位六通阀进入摇臂松开油腔, 推动活塞和菱形块, 使摇臂松开, 同时, 活塞杆通过弹簧片压位置开关 SQ2, 使 KM4 释放, 而使 KM2(或 KM3)吸合, M3 停止旋转, 升降电动机 M2 正转(或反转)带动摇臂上升(或下降)。

如果摇臂没有松开, SQ2 的常开触点不能闭合, KM2(或 KM3)就不能吸合, 摇臂不会升降。

当摇臂上升(或下降)到所需位置时, 松开 SB3(或 SB4), KM2(或 KM3)和 KT 释放, M2 停止旋转, 摇臂停止升降, 由于 KT 为断电延时型, 在 KT 释放经过 1~3 秒延时后, 延时闭合的常闭触点闭合, 使接触器 KM5 吸合, M3 反向旋转, 此时 YV 仍处吸合状态, 压力油从相反方向经二位六通阀进入摇臂夹紧油腔, 向相反主向推动活塞和菱形块, 使摇臂夹紧, 同时, 活塞杆通过弹簧片压位置开关 SQ3, 使 KM5 和 YV 都释放, 液压泵停止旋转。

时间继电器的主要作用是控制接触器 KM5 的吸合时间, 使升降电动机停止运转后, 再夹紧摇臂。KT 的延时间视需要, 整定时间为 1~3 秒。

摇臂的自动夹紧是由位置开关 SQ3 来控制的, 如果液压夹紧系统出现故障而不能自动夹紧摇臂, 或者由于 SQ3 调整不当, 在摇臂夹紧后不能使 SQ3 的常闭触点断开, 都会使液压泵电动机 M3 处于长时间过载运行状态, 造成损坏。为了防止损坏 M3, 电路中使用了热继电器 FR2, 其整定值应根据 M3 的额定电流来调整。

利用位置开关 SQ1 来限制摇臂的升降行程。当摇臂上升到极限位置时, SQ1 动作, 使电路 SQ1(5—6)断开, KM2 释放, 升降电动机 M2 停止旋转, 但另一组 SQ1(12—6)仍处闭合, 以保证摇臂能够下降。当摇臂下降到极限位置时, SQ1 动作, 使电路 SQ1(12—6)断开, KM3 释放, M2 停止旋转, 但另一组触点 SQ1(5—6)仍处闭合, 以保证摇臂能够上升。

### (3) 立柱和主轴箱的松开或夹紧控制

立柱和主轴箱的松开或夹紧是同时进行的。按松开按钮 SB5(或夹紧按钮 SB6)接触器 KM4(或 KM5)吸合, 液压泵电动机 M3 旋转, 供给压力油, 压力油经二位六通阀(此时电磁铁 YV 是处于释放状态)进入立柱夹紧及松开油缸和主轴箱夹紧及松开油缸, 推动活塞及菱形块, 使立柱和主轴箱分别松开(或夹紧), 松开指示灯亮(或夹紧指示灯亮)。

表 16.2 Z3050 型摇臂钻床电器元件明细表

代号	元件名称	型号	规格	件数	备注
M1	主轴电动机	JO2-41-4	4 kW、1 410 r/min	1	380 V、50 Hz、T2
M2	摇臂升降电动机	JO2-22-4	1.5 kW、1 410 r/min	1	380 V、50 Hz、T2

续表

代号	元件名称	型号	规格	件数	备注
M3	液压泵电动机	JO2-11-4	0.6 kW、1 410 r/min	1	380 V、50 Hz、T2
M4	冷却泵电动机	AOB-25	90 W、3 000 r/min	1	380 V、50 Hz
KM1	接触器	CJ0-20	110 V	1	
KM2-KM5	接触器	CJ0-10	110 V	4	
KT	时间继电器	JJSK2-4	110 V	1	
FR1	热继电器	JR0-40/3	4-10 A	1	
FR2	热继电器	JR0-40/3	1-1.6 A	1	
Q	组合开关	HZ2-25/3		1	
SA1	组合开关	HZ2-10/3		1	
SA2	组合开关	HZ4-22		1	
SQ2、SQ3	位置开关	LX5-11		1	
SQ4	位置开关	LX3-11K		1	
TC	控制变压器	BK-150	380 V/127 V—36 V/6 V	1	
SB1、SB3、SB4	按钮	LA19-11		1	
SB2、HL3	按钮	LA19-11		1	
SB6、HL2	按钮	LA19-11		1	
FU1	熔断器	RL1-60/30	30 A	1	
FU2	熔断器	RL1-15/10	10 A	3	
FU3	熔断器	RL1-15/2	2 A	1	
YA	电磁铁	MFJ1-3	127 V、50HZ	1	
EL、SA	机床工作灯	JC2		1	

### 三、常见故障分析

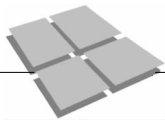
#### 1. 主轴控制电路的故障

##### (1) 主轴电动机不能起动

首先，检查熔断器 FU1 和 FU2 是否熔断；其次，检查按钮 SB1、SB2、热继电器 FR1 的常闭触点和接触器 KM1 的线圈是否断开。

##### (2) 主轴电动机不能停止

多是由于接触器的动、静触点熔焊在一起而造成的。要更换熔焊的触点，同时还必须找出产生触点熔焊的原因，彻底排除故障。其次，也可能是停止按钮 SB1 短路造成的。



## 2. 摇臂升降运动的故障

摇臂钻床的升降运动是由电气、机械和液压系统紧密配合实现的。因此，在维修时，不但要注意电气控制部分，还要注意机械和液压部分的协调。

摇臂升降电气部分的常见故障有以下几方面。

- 1) 摇臂上升(下降)后，电动机 M3 仍正反转重复不停。
- 2) 摇臂升降后不能充分夹紧。
- 3) 摇臂升降后不能按需要停止。

## 3. 立柱夹紧与松开线路的故障

(1) 立柱松紧电动机 M4 不能起动

这主要是由于按钮 SB5 或 SB6 的接触不良，或者是接触器 KM4 和 KM5 的常闭触点及主触点接触不良所致；若主电路的熔断器 FU1 或 FU2 已经熔断，立柱松紧电动机也是不能起动的。可根据故障现象和检查故障原因，并予以排除。

(2) 立柱在放松或夹紧后，不能切断电动机 M4 的电源

这大都是接触器 KM4 或 KM5 的主触点发生熔焊造成的，应及时切断总电源，予以更换，以防止电动机过载而烧毁。



## 技能实训

### 1. 实训任务

- 1) 用通电试验法发现机床故障现象，进行故障分析，并在电气原理图中用虚线标出最小故障范围的线段。
- 2) 按图排除 Z3050 型摇臂钻床主电路和控制电路中人为设置的三个电气自然故障点。
- 3) 采用正确的排除方法并在额定时间内排除故障。
- 4) 排除故障时，必须修复故障点，不得采用更换电器元件、借用触点及改动线路的方法，否则，作不能排除故障点处理。
- 5) 检修时，严禁扩大故障范围或产生新的故障，并不得损坏电器元件。
- 6) 完成实训报告。

### 2. 注意事项

- 1) 要掌握好机床的电气控制原理，熟悉机床的操作方法。
- 2) 检修整流电路时，注意各限位装置的初始状态。
- 3) 检修中需采用测量方法时，要考虑各限位装置的状态及控制变压器 TC 二次绕组对测量结果的影响，防止产生错误判断。
- 4) 要做到安全操作和确保检修安全。



## 考核标准

国家职业技能鉴定统一中级维修电工技能试卷、评分标准及现场记录如附录 B 所示。

# 附录

---

## 技能评分表及理论总复习题 精选与模拟试题



# 附录 A 中级维修电工 PLC 程序设计技能评分表

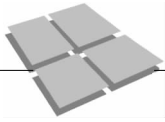
考号：\_\_\_\_\_ 单位(班级)：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 得分：\_\_\_\_\_

考试题目			考试等级			中级	
项目	考核内容及要求	配分	评分标准			扣分	得分
I/O 接线	按照控制要求，正确连接主电路和控制线路	20	1. 没有接线的，不得分 2. 漏接、错接、误接线，每处扣 2 分 3. 走线不合理，布线散乱，扣 3~5 分 4. 损坏元件每个扣 10~20 分				
系统与程序设计	1. 按照控制要求正确设计 I/O 接线图 2. 梯形图设计满足控制要求 3. 程序输入正确	30	1. 不会编写或基本不会编写梯形图，扣 20 分 2. 没有绘制 I/O 接线图的扣 10 分 3. 控制功能不完善、梯形图不合理，每处扣 5 分 4. I/O 配置与接线不相符合每处扣 2 分 5. 梯形图元件符号错误，地址错标、漏标，每处扣 2 分				
编程调试运行	1. 程序下载 2. 系统运行 3. 系统调试	30	1. 通信错误，不能下载程序，扣 5 分 2. 程序运行基本满足要求，但可能引起误操作、软件上没有采取必要的安全措施的，扣 5~10 分 3. 程序只有部分可以满足要求的，扣 10~20 分 4. 一次运行不成功，扣 10 分，最多两次 5. 系统调试中思路不清楚，调试方法不正确，每次扣 5~10 分				
工作原理分析	1. 分析电气原理图 2. 阐述控制工作过程 3. 回答监考教师的两道问题	20	1. 不会分析电气原理图，扣 6 分，经考评员提示后仍不会分析的扣 10 分 2. 工作过程及动作情况叙述不完整的，每项 2~3 分 3. 提问回答不出来的，每题扣 5 分				
安全文明操作		0	每违反一项扣 5~10 分。最多扣 20 分				
备注							
定额时间	120 分钟	开始时间	时 分	结束时间	时 分	实际时间	
监考人			考评员			主考人	
鉴定日期：				年 月 日			

## 附录 B 中级维修电工技能考试、 评分标准及现场记录

考号：\_\_\_\_\_ 单位(班级)：\_\_\_\_\_ 姓名：\_\_\_\_\_ 得分：\_\_\_\_\_

序号	试题及考核要求	评分标准	配分	扣分	得分		
1	<p>一、试题：由监考老师在学生所配的线路板上接上电动机(用指示灯代替)，设隐蔽故障三处，其中主回路一处，控制回路两处。考生可以自行通电试验，检查故障现象，并单独排除故障</p> <p>二、考核要求：</p> <p>1. 从设故障开始，监考老师不得进行提示</p> <p>2. 根据故障现象，在电气控制线路上分析故障可能的产生原因，确定故障发生的范围。(在图中标注说明故障范围和故障点)</p> <p>3. 进行检修时，监考老师进行监护，注意安全</p> <p>4. 排除故障过程中如果扩大故障，在规定时间内可以继续排除故障</p> <p>5. 正确使用工具和仪表</p> <p>6. 安全文明操作</p>	<p>1. 排除故障前不进行调查研究扣10分</p> <p>2. 错标或标不出故障范围，每个故障点扣5分</p> <p>3. 不能标出最小的故障范围，每个故障点扣5分</p> <p>4. 实际排除故障中思路不清楚，每个故障点扣5分</p> <p>5. 每少查出一处故障点扣5分</p> <p>6. 每少排除一处故障点扣10分</p> <p>7. 排除故障方法不正确，每处扣10分</p> <p>8. 扩大故障范围或产生新的故障后不能自行修复，每个扣30分，已经修复，每个扣15分</p> <p>9. 损坏电动机或其他电气元件扣30分</p>	10				
2	<p>一、试题：安全文明生产</p> <p>二、考核要求：</p> <p>1. 安全文明生产：(1)劳动防护用品穿戴整齐；(2)电工工具佩带齐全；(3)遵守操作规程；(4)尊重监考老师，讲文明礼貌；(5)考试结束要清理现场</p> <p>2. 当监考老师发现考生有重大事故隐患时，要立即予以制止</p> <p>3. 考生故意违反安全文明生产或发生重大事故，取消其考试资格</p> <p>4. 监考老师要在备注栏注明考生违纪情况</p>	<p>1. 在以上各项考试中，违反安全文明生产考核要求的任何一项扣5分，扣完为止；考生在不同的技能试题中，违反安全文明生产考核要求同一项内容的，要累计扣分</p> <p>2. 当监考老师发现考生有重大事故隐患时，要立即予以制止，并每次扣考生安全文明生产总分10分</p>					
备注							
定额时间	40分	开始时间	时 分	结束时间	时 分	实际时间	
监考人：		考评员：		主考人：		年 月 日	



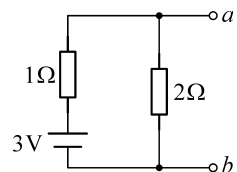
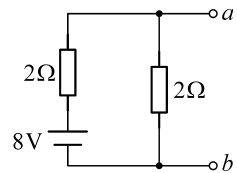
## 附录 C 应知题库试题精选

### 一、选择题

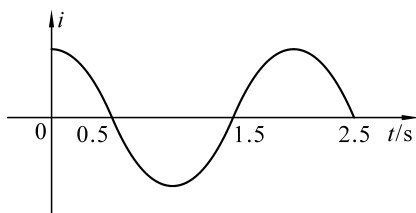
#### 1. 电工基础知识

##### 1.1 电路

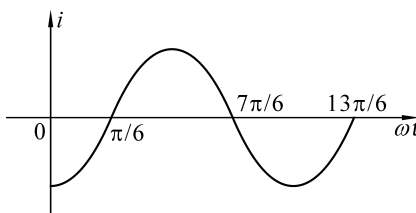
- 电压源与电流源等效变换的依据是( )。  
A. 欧姆定律  
B. 全电路欧姆定律  
C. 叠加定律  
D. 戴维宁定理
- 应用戴维宁定理分析含源二端网络的目的是( )。  
A. 求电压  
B. 求电流  
C. 求电动势  
D. 用等效电源代替二端网络
- 电动势为 10 V, 内阻为  $2\ \Omega$  的电压源变换成电流源时, 电流源的电流和内阻分别是( )。  
A. 10 A,  $2\ \Omega$   
B. 20 A,  $2\ \Omega$   
C. 5 A,  $2\ \Omega$   
D. 2 A,  $5\ \Omega$
- 电流为 5 A, 内阻为  $2\ \Omega$  的电流源变换成一个电压源时, 电压源的电动势和内阻为( )。  
A. 10 V,  $2\ \Omega$   
B. 2.5 V,  $2\ \Omega$   
C. 0.4 V,  $2\ \Omega$   
D. 4 V,  $2\ \Omega$
- 任何一个含源二段网络可以用一个适当的理想电压与一个电阻( )来代替。  
A. 串联  
B. 并联  
C. 串联或并联  
D. 随意连接
- 一电流源的内阻为  $2\ \Omega$ , 若能把等效变换成 10 V 的电压源, 电流源的电流是( )。  
A. 5 A  
B. 2 A  
C. 10 A  
D. 2.5 A
- 如图所示二端网络, 等效为一个电压源时的电动势为( )。  
A. 8 V  
B. 4 V  
C. 2 V  
D. 6 V
- 把如图所视的二端网络等效为一个电压源, 其电动势和内阻为( )。  
A. 3 V,  $3\ \Omega$   
B. 3 V,  $1.5\ \Omega$   
C. 2 V,  $1.5\ \Omega$   
D. 2 V,  $1.5\ \Omega$



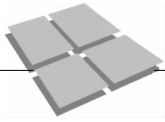
9. 如图所示正弦交流电的角频率为( )rad/s。  
 A. 2.5                      B. 2                      C. 3.14                      D. 1.5



10. 如图所示正弦交流电的初相位是( )。  
 A.  $\pi/6$                       B.  $-(\pi/6)$                       C.  $7\pi/6$                       D.  $\pi/3$



11. 正弦交流电的有效值为 10 A, 频率为 50 Hz, 初相位为  $-30^\circ$ , 它的解析式为( )。  
 A.  $i=10\sin(314t+30^\circ)$  A                      B.  $i=10\sin(314t-30^\circ)$  A  
 C.  $i=10\sqrt{2}\sin(314t-30^\circ)$  A                      D.  $i=10\sqrt{2}\sin(50t+30^\circ)$  A
12. 交流电压  $u=100\sin(628t+60^\circ)$  V, 它的频率为( )。  
 A. 100 Hz                      B. 50 Hz                      C. 60 Hz                      D. 628 Hz
13. 相量  $\dot{U}=100e^{-j60}$  V 的解析式为( )。  
 A.  $U=100\sqrt{2}\sin(\omega t-60^\circ)$  V                      B.  $U=100\sin(\omega t-60^\circ)$  V  
 C.  $U=100\sin(\omega t+60^\circ)$  V                      D.  $U=100\sqrt{2}\sin(\omega t+60^\circ)$  V
14. 电流  $i=10\sqrt{2}\sin(314t-30^\circ)$  A 的相量为( )。  
 A.  $\dot{I}=10e^{j30^\circ}$  A                      B.  $I=10e^{-j30^\circ}$  A  
 C.  $\dot{I}=14.1e^{-j30^\circ}$  A                      D.  $\dot{I}=10e^{-j30^\circ}$  A
15. 三相对称负载接成三角形时, 若某相的线电流为 1 A, 则三相线电流的矢量和为( )A。  
 A. 3                      B.  $\sqrt{3}$                       C.  $\sqrt{2}$                       D. 0
16. 在星形连接的三相对称电路中, 相电流与线电流的相位关系是( )。  
 A. 相电流超前线电流  $30^\circ$                       B. 相电流滞后线电流  $30^\circ$   
 C. 相电流与线电流同相                      D. 相电流滞后线电流  $60^\circ$
17. 三相对称负载接成三角形时, 线电流的大小为相电流的( )倍。  
 A. 3                      B.  $\sqrt{3}/3$                       C.  $\sqrt{3}$                       D.  $\sqrt{2}$



18. 三相对称负载星形连接的电路中,  $I_{\text{线}}$  与  $I_{\text{相}}$  之间的关系是( )。
- A.  $I_{\text{线}} = \sqrt{3} I_{\text{相}}$       B.  $I_{\text{线}} = 3I_{\text{相}}$       C.  $I_{\text{线}} = \sqrt{2} I_{\text{相}}$       D.  $I_{\text{线}} = I_{\text{相}}$
19. 在三相四线制中性点接地供电系统中, 线电压指的是( )的电压。
- A. 相线之间      B. 零线对地间      C. 相线对零线间      D. 相线对地间
20. 额定电压都为 220 V 的 40 W、60 W 和 100 W 三只灯泡串联在 220 V 的电源中, 它们的发热量由大到小排列为( )。
- A. 100 W, 60 W, 40 W      B. 40 W, 60 W, 100 W  
C. 100 W, 40 W, 60 W      D. 60 W, 100 W, 40 W
21. 纯电感或纯电容电路无功功率等于( )。
- A. 单位时间内所储存的电能  
B. 电路瞬时功率的最大值  
C. 电流单位时间内所做的功  
D. 单位时间内与电源交换的有功电能
22. 纯电容电路的功率因数( )零。
- A. 大于      B. 小于      C. 等于      D. 等于或大于
23. 一阻值为  $3 \Omega$ , 感抗为  $4 \Omega$  的电感线圈接在交流电路中, 其功率因数为( )。
- A. 0.3      B. 0.6      C. 0.5      D. 0.4
24. 阻值为  $6 \Omega$  的电阻与容抗为  $8 \Omega$  的电容串联后接在交流电路中, 功率因数为( )。
- A. 0.6      B. 0.8      C. 0.5      D. 0.3
25. 在 RLC 串联电路中, 视在功率  $P_{\text{S}}$ , 有功功率  $P$ , 无功功率  $P_{\text{qc}}$  和  $P_{\text{ql}}$  四者的关系是( )。
- A.  $P_{\text{S}} = P + P_{\text{ql}} + P_{\text{qc}}$       B.  $P_{\text{S}} = P + P_{\text{ql}} - P_{\text{qc}}$   
C.  $P_{\text{S}}^2 = P^2 + (P_{\text{ql}} - P_{\text{qc}})^2$       D.  $P_{\text{S}}^2 = P^2 + (P_{\text{ql}} + P_{\text{qc}})^2$
26. 某台电动机的效率高, 说明电动机( )。
- A. 做功多      B. 功率大  
C. 功率因素大      D. 本身功率损耗小
27. 某台电动机的额定功率 1.2 kW, 输入功率是 1.5 kW, 功率因数是 0.5, 电动机的效率为( )。
- A. 0.5      B. 0.8      C. 0.7      D. 0.9
28. 为了提高设备的功率因数, 常在感性负载的两端( )。
- A. 串联适当的电容器      B. 并联适当的电容器  
C. 串联适当的电感      D. 并联适当的电感
29. 应用戴维宁定理求含源二端网络的输入等效电阻是将网络内各电动势( )。
- A. 串联      B. 并联      C. 开路      D. 短接
30. 一含源二端网络, 测得其开路电压为 100 V, 短路电流 10 A, 当外接  $10 \Omega$  负

载电阻时, 负载电流是( )。

- A. 10 A                      B. 5 A                      C. 15 A                      D. 20 A

31. 一含源二端网络测得其短路电流是 4 A, 若把它等效为一个电源, 电源的内阻为  $2.5 \Omega$ , 电动势为( )。

- A. 10 V                      B. 5 V                      C. 1 V                      D. 2 V

32. 在正弦交流电的解析式  $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$  中,  $\varphi$  表示( )。

- A. 频率                      B. 相位                      C. 初相位                      D. 相位差

33. 正弦交流电路中的总电压, 总电流的最大值分别为  $U_m$  和  $I_m$ , 则视在功率为( )。

- A.  $U_m I_m$                       B.  $U_m I_m / 2$                       C.  $1/\sqrt{2} U_m I_m$                       D.  $\sqrt{2} U_m I_m$

34. 电力系统负载大部分是感性负载, 要提高电力系统的功率因数常采用( )。

- A. 串联电容补偿                      B. 并联电容补偿                      C. 串联电感                      D. 并联电感

35. 一台电动机的效率是 0.75, 若输入功率是 2 kW 时, 它的额定功率是( ) kW。

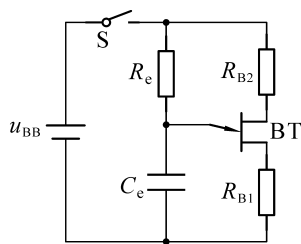
- A. 1.5                      B. 2                      C. 2.4                      D. 1.7

36. 三相四线制供电的相电压为 200 V, 与线电压最接近的值为( ) V。

- A. 280                      B. 346                      C. 250                      D. 380

37. 如图所示单结晶体管振荡电路, 决定控制角  $\alpha$  的元件是( )。

- A.  $R_e$                       B.  $R_e$  和  $C_e$   
C.  $R_{B2}$                       D.  $R_{B1}$

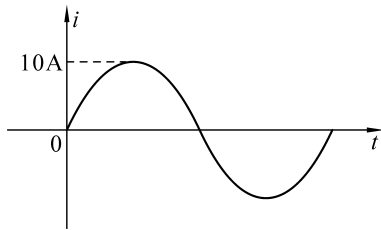


38. 关于同步电压为锯齿波的晶体管触发电路叙述正确的是( )。

- A. 产生的触发功率最大                      B. 适用于大容量晶闸管  
C. 锯齿波线性度最好                      D. 适用于较小容量晶闸管

39. 如图所示正弦交流电流的有效值是( )。

- A.  $5\sqrt{2}$                       B. 5  
C. 10                      D. 6.7



40. 合理选择电动机( )则在保证电动机性能的前提下, 能达到节能的效果。

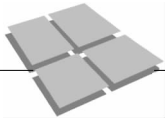
- A. 电压等级                      B. 电流等级  
C. 功率等级                      D. 温升等级

41. 阻值为  $4 \Omega$  的电阻和容抗为  $3 \Omega$  的电容串联, 总复数阻抗为( )。

- A.  $\bar{Z} = 3 + j4$                       B.  $\bar{Z} = 3 - j4$                       C.  $\bar{Z} = 4 + j3$                       D.  $\bar{Z} = 4 - j3$

42. 正弦交流电  $e = E_m \sin(\omega t + \varphi)$  式中的  $(\omega t + \varphi)$  表示正弦交流电的( )。

- A. 周期                      B. 相位                      C. 初相位                      D. 机械角



1.2 模拟电子技术

43. 二极管两端加上正向电压时( )。

- A. 一定导通
- B. 超过死区电压才导通
- C. 超过 0.3 V 才导通
- D. 超过 0.7 V 才导通

44. 一个硅二极管反向击穿电压为 150 V, 则其最高反向工作电压为( )。

- A. 大于 150 V
- B. 略小于 150 V
- C. 不得超过 40 V
- D. 等于 75 V

45. 放大电路的静态工作点, 是指输入信号( )三极管的工作点。

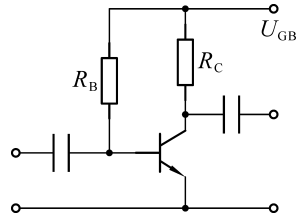
- A. 为零时
- B. 为正时
- C. 为负时
- D. 很小时

46. 放大电路设置静态工作点的目的是( )。

- A. 提高放大能力
- B. 避免非线性失真
- C. 获得合适的输入电阻和输出电阻
- D. 使放大器工作稳定

47. 共发射极放大电路如图所示, 现在处于饱和状态, 欲恢复放大状态, 通常采用的方法是( )。

- A. 增大  $R_B$
- B. 减小  $R_B$
- C. 减小  $R_C$
- D. 改变  $U_{GB}$



48. 差动放大电路的作用是( )信号。

- A. 放大共模
- B. 放大差模
- C. 抑制共模
- D. 抑制共模, 又放大差模

49. 对功率放大电路最基本的要求是( )。

- A. 输出信号电压大
- B. 输出信号电流大
- C. 输出信号电压和电流均大
- D. 输出信号电压大、电流小

50. 直接耦合放大电路产生零点漂移的主要原因是( )变化。

- A. 温度
- B. 湿度
- C. 电压
- D. 电流

51. 直接耦合放大电路可放大( )。

- A. 直流信号
- B. 交流信号
- C. 直流信号和缓慢变化的交流信号
- D. 反馈信号

52. 阻容耦合多级放大电路的输入电阻等于( )。

- A. 第一级输入电阻
- B. 各级输入电阻之和
- C. 各级输入电阻之积
- D. 末级输入电阻

53. 变压器耦合式振荡器属于( )。

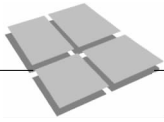
- A. LC 振荡电路
- B. RC 振荡电路
- C. RL 振荡电路
- D. 石英晶体振荡电路

54. 推挽功率放大电路在正常工作过程中, 晶体管工作在( )状态。

- A. 放大
- B. 饱和
- C. 截止
- D. 放大或截止

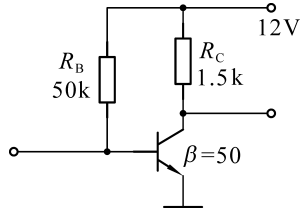
55. 推挽功率放大电路比单管甲类功率放大电路( )。
- A. 输出电压高    B. 输出电流大    C. 效率高    D. 效率低
56. 乙类推挽功率放大器, 易产生的失真是( )。
- A. 饱和失真    B. 截止失真    C. 交越失真    D. 线形失真
57. 将一个具有反馈的放大器的输出端短路, 即三极管输出电压为 0 V, 反馈信号消失, 则该放大器采用的反馈是( )。
- A. 正反馈    B. 负反馈    C. 电压反馈    D. 电流反馈
58. 欲使放大器净输入信号削弱, 应采取的反馈类型是( )。
- A. 串联反馈    B. 并联反馈    C. 正反馈    D. 负反馈
59. 欲改善放大电路的性能, 常采用的反馈是( )。
- A. 电流反馈    B. 电压反馈    C. 正反馈    D. 负反馈
60. 放大电路采用负反馈后, 下列说法不正确的是( )。
- A. 放大能力提高了    B. 放大能力降低了  
C. 通频带展宽了    D. 非线性失真减小了
61. 在脉冲电路中, 应选择( )的三极管。
- A. 放大功能强    B. 开关速度快  
C. 集电极最大耗散功率高    D. 价格便宜
62. 正弦波振荡器由( )大部分组成。
- A. 2    B. 3    C. 4    D. 5
63. 半导体整流电路中使用的整流二极管应选用( )。
- A. 变容二极管    B. 稳压二极管  
C. 点接触型二极管    D. 面接触型二极管
64. 单结晶体管触发电路产生的输出电压波形是( )。
- A. 正弦波    B. 直流电    C. 尖脉冲    D. 锯齿波
65. 在 MOS 门电路中, 欲使 PMOS 管导通可靠, 栅极所加电压应( )开启电压 ( $U_{TP} < 0$ )。
- A. 大于    B. 小于    C. 等于    D. 任意
66. 多级放大电路总放大倍数是各级放大倍数的( )。
- A. 和    B. 差    C. 积    D. 商
67. 阻容耦合多级放大器中, ( )的说法是正确的。
- A. 放大直流信号    B. 放大缓慢变化的信号  
C. 便于集成化    D. 各级静态工作点互不影响
68. 正弦波振荡器的振荡频率  $f$  取决于( )。
- A. 正反馈强度    B. 放大器放大倍数  
C. 反馈元件参数    D. 选频网络参数
69. 用于整流的二极管型号是( )。
- A. 2AP9    B. 2CW14C    C. 2CZ52B    D. 2CK84A





70. 如图所示电路中, 三极管工作状态是( )。

- A. 放大                      B. 饱和  
C. 截止                      D. 击穿



71. 阻容耦合多级放大器可放大( )。

- A. 直流信号                      B. 交流信号  
C. 交流、直流信号              D. 反馈信号

72. 单结晶体管振荡电路是利用单结晶体管( )的工作特性设计的。

- A. 截止区                      B. 负阻区  
C. 饱和区                      D. 任意区域

1.3 数字电子技术

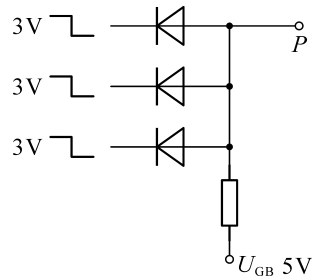
73. 下表所示真值表, 其表达式为( )。

- A.  $P = A \cdot B$                   B.  $P = A + B$                   C.  $P = \overline{A \cdot B}$                   D.  $P = \overline{A + B}$

A	B	P
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

74. 如图表示的是( )电路。

- A. 或门                      B. 与门  
C. 非门                      D. 与非门



75. 由一个三极管组成的基本门电路是( )。

- A. 与门                      B. 非门  
C. 或门                      D. 异或门

76. 三极管的开关特性是( )。

- A. 截止相当于开关接通  
B. 放大相当于开关接通  
C. 饱和相当于开关接通  
D. 截止相当于开关断开, 饱和相当于开关接通

77. 开关三极管一般的工作状态是( )。

- A. 截止                      B. 放大                      C. 饱和                      D. 截止或饱和

78. 或门逻辑关系的表达式是( )。

- A.  $P = AB$                       B.  $P = A + B$                       C.  $P = \overline{A + B}$                       D.  $P = \overline{A \cdot B}$

79. TTL“与非”门电路的输入输出逻辑关系是( )。

- A. 与                      B. 非                      C. 与非                      D. 或非

80. TTL“与非”门电路是以( )为基本元件构成的。

- A. 电容器                      B. 双极性三极管

C. 二极管

D. 晶闸管

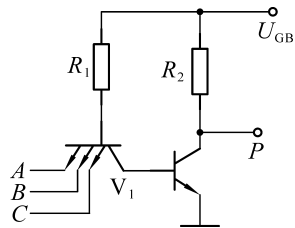
81. 如图所示电路中  $V_1$  为多发射极三极管, 该电路的输入输出的逻辑关系是( )。

A.  $P = A + B + C$

B.  $P = A \cdot B \cdot C$

C.  $P = \overline{A \cdot B \cdot C}$

D.  $P = \overline{A + B + C}$



82. 半导体发光数码管由( )个条状的发光二极管组成。

A. 5

B. 6

C. 7

D. 8

83. 七段式数码管可显示( )个一位数字。

A. 7

B. 8

C. 9

D. 10

84. 如图所示真值表中所表达的逻辑关系是( )。

A. 与

B. 或

C. 与非

D. 或非

A	B	P
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

85. 数字集成门电路, 目前生产最多应用最普遍的门电路是( )。

A. 与门

B. 或门

C. 非门

D. 与非门

86. 符合“或”逻辑关系的表达式是( )。

A.  $1+1=2$

B.  $1+1=10$

C.  $1+1=1$

D.  $\overline{1+1}=0$

#### 1.4 电力电子技术

87. 普通晶闸管管心具有( )个 PN 结。

A. 1 个

B. 2 个

C. 3 个

D. 4 个

88. 普通晶闸管由中间 P 层引出的电极是( )。

A. 阳极

B. 门极

C. 阴极

D. 无法确定

89. 晶闸管外部的电极数目为( )。

A. 1 个

B. 2 个

C. 3 个

D. 4 个

90. 晶闸管具有( )性。

A. 单向导通

B. 可控单向导电性

C. 电流放大

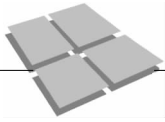
D. 负阻效应

91. 晶闸管硬开通是在( )情况下发生的。

A. 阳极反向电压小于反向击穿电压

B. 阳极正向电压小于正向转折电压

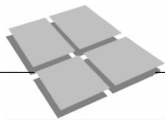
C. 阳极正向电压大于正向转折电压



- D. 阴极加正压、门极加反压
92. 欲使导通晶闸管关断,错误的做法是( )。
- A. 阳极阴极间加反向电压  
B. 撤去门极电压  
C. 将阳极阴极间正压减小至小于维持电压  
D. 减小阴极电流,使其小于维持电流
93. KP20-10 表示普通反向阻断型晶闸管的通态正向平均电流是( )。
- A. 20 A                      B. 2 000 A                      C. 10 A                      D. 1 000 A
94. KP10-20 表示普通反向阻断型晶闸管的正反重复峰值电压是( )。
- A. 10 V                      B. 1 000 V                      C. 20 V                      D. 2 000 V
95. 室温下,阳极加 6 V 正压,为保证可靠触发所加的门极电流应( )门极触发电流。
- A. 小于                      B. 等于                      C. 大于                      D. 任意
96. 晶闸管触发电路输出的触发功率与单晶体管触发电路相比( )。
- A. 较大                      B. 较小                      C. 一样                      D. 无法确定
97. 单相半波可控整流电路,若变压器次级电压为  $U_2$ ,则输出平均电压的最大值为( )。
- A.  $U_2$                       B.  $\frac{1}{2}U_2$                       C.  $\sqrt{2}U_2$                       D.  $0.45 U_2$
98. 单相半波可控整流电路,若负载平均电流为 10 mA,则实际通过整流二极管的平均电流为( )。
- A. 5 mA                      B. 0 mA                      C. 10 mA                      D. 20 mA
99. 若将半波可控整流电路中的晶闸管反接,则该电路将( )。
- A. 短路                      B. 和原电路一样正常工作  
C. 开路                      D. 仍然整流,但输出电压极性相反
100. 单向全波可控整流电路,若输入电压为  $U_2$ ,则输出平均电压为( )。
- A.  $U_2$                       B.  $0.9U_2 \frac{1+\cos\alpha}{2}$                       C.  $0.9U_2$                       D.  $0.45U_2$
101. 单相全波可控整流电路,若控制角  $\alpha$  变大,则输出平均电压( )。
- A. 不变                      B. 变小                      C. 变大                      D. 为零
102. 在三相半波可控整流电路中,控制角  $\alpha$  的最大移相范围是( )。
- A.  $90^\circ$                       B.  $150^\circ$                       C.  $180^\circ$                       D.  $360^\circ$
103. 三相半波可控整流电路,若变压器次级电压为  $U_2$ ,且  $0 < \alpha < 30^\circ$ ,则输出平均电压( )。
- A.  $1.17U_2 \cos \alpha$                       B.  $0.9U_2 \cos \alpha$   
C.  $0.45U_2 \cos \alpha$                       D.  $1.17U_2$
104. 三相全波可控整流电路的变压器次级中心抽头,将次级电压分为( )两

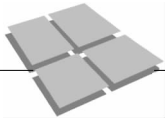
部分。

- A. 大小相等, 相位相反                      B. 大小相等, 相位相同  
C. 大小不等, 相位相反                      D. 大小不等, 相位相同
105. 同步电压为锯齿波的晶体管触发电路( )。  
A. 产生的触发功率最大                      B. 适用于大容量晶闸管  
C. 产生的锯齿波线性度最好                      D. 适用于较小容量晶闸管
106. 同步电压为锯齿波的晶体管触发电路, 以锯齿波电压为基准, 再串入( )控制晶体管状态。  
A. 交流控制电压                      B. 直流控制电压  
C. 脉冲信号                      D. 任意波形电压
107. 普通晶闸管管心由( )层杂质半导体组成。  
A. 1                      B. 2                      C. 3                      D. 4
108. 晶闸管导通必须具备的条件是( )。  
A. 阳极与阴极间加正向电压  
B. 门极与阴极间加正向电压  
C. 阳极与阴极间加正压, 门极加适当正压  
D. 阳极与阴极间加反压, 门极加适当正压
109. 三相半波可控整流电路, 晶闸管承受的最大反向电压是( )。  
A. 变压器次级相电压有效值                      B. 变压器次级相电压最大值  
C. 变压器次级线电压有效值                      D. 变压器次级线电压最大值
110. 晶体管触发电路适用于( )的晶闸管设备中。  
A. 输出电压线性好                      B. 控制电压线性好  
C. 输出电压和电流线性好                      D. 触发功率小
111. 单向半波可控整流电路, 若变压器次级电压为  $U_2$ , 则输出平均电压的最大值为( )。  
A.  $U_2$                       B.  $\frac{1}{2}U_2$                       C.  $\sqrt{2}U_2$                       D.  $0.45U_2$
112. 单向全波可控整流电路, 若输入电压为 10 V, 则晶闸管承受的最大峰值电压为( )。  
A. 10 V                      B. 14 V                      C. 18 V                      D.  $20\sqrt{2}$  V
113. 单向半波可控整流电路, 变压器次级电压为 20 V, 则整流二极管实际承受的最高反向电压为( )。  
A. 20 V                      B.  $20\sqrt{2}$  V                      C. 18 V                      D. 9 V
- 1.5 电气测量技术
114. 严重歪曲测量结果的误差叫( )。  
A. 绝对误差                      B. 系统误差                      C. 偶然误差                      D. 疏失误差
115. 低频信号发生器开机后( )即可使用。



- A. 很快  
B. 加热 1 分钟后  
C. 加热 20 分钟后  
D. 加热 1 个小时后
116. 低频信号发生器的频率范围一般为( )。  
A. 0~20 Hz      B. 20 Hz~200 Hz      C. 50 Hz~100 Hz      D. 100 Hz~200 Hz
117. 低频信号发生器的低频振荡信号由( )振荡器产生。  
A. LC      B. 电感三点式      C. 电容三点式      D. RC
118. 用单臂直流电桥测量一估算为  $12 \Omega$  的电阻, 比率臂应选( )。  
A. 1      B. 0.1      C. 0.01      D. 0.001
119. 用单臂直流电桥测量电阻时, 若发现检流计指针向“+”方向偏向, 则需( )。  
A. 增加比率臂电阻      B. 增加比较臂电阻  
C. 减少比率臂电阻      D. 减少比较臂电阻
120. 用单臂直流电桥测量电感线圈直流电阻时, 应( )。  
A. 先按下电源按钮, 再按下检流计按钮。  
B. 先按下检流计按钮, 再按下电源按钮。  
C. 同时按下电源按钮和检流计按钮。  
D. 无需考虑按下电源按钮和检流计按钮的先后顺序。
121. 直流双臂电桥要尽量采用容量较大的蓄电池, 一般电压为( )V。  
A. 2~4      B. 6~9      C. 9~12      D. 12~24
122. 双臂直流电桥主要用来测量( )。  
A. 大电阻      B. 中电阻      C. 小电阻      D. 小电流
123. 直流双臂电桥可以精确测量( )的电阻。  
A.  $1 \Omega$  以下      B.  $10 \Omega$  以上      C.  $100 \Omega$  以上      D.  $100 \text{ k}\Omega$  以上
124. 使用直流双臂电桥测量小电阻时, 被测电阻的电流端应接在电位端钮的( )。  
A. 外侧      B. 内侧      C. 并联      D. 内侧或外侧
125. 使用直流双臂电桥测量电阻时, 动作要迅速, 以免( )。  
A. 烧坏电源      B. 烧坏桥臂电阻      C. 烧坏检流计      D. 电池耗电量过大
126. 欲精确测量中等电阻的阻值, 应选用( )。  
A. 多用电表      B. 单臂电桥      C. 双臂电桥      D. 兆欧表
127. 用电桥测电阻时, 电桥与被测电阻的连接应用( )的导线。  
A. 较细较短      B. 较粗较长      C. 较细较长      D. 较粗较短
128. 在潮湿的季节, 对久置不用的电桥, 最好能隔一定时间通电( )小时, 以驱除机内潮气, 防止元件受潮变值。  
A. 半      B. 6      C. 12      D. 24
129. 电桥所用的电池电压超过电桥说明书上要求的规定值时, 将造成电桥的( )。

- A. 灵敏度上升  
B. 灵敏度下降  
C. 桥臂电阻被烧坏  
D. 检流计被击穿
130. 电桥电池电压不足将造成电桥的( )。  
A. 灵敏度下降  
B. 灵敏度上升  
C. 准确度下降  
D. 准确度上升
131. 电桥用完后, 要将检流计锁扣锁上以防( )。  
A. 电桥出现误差  
B. 破坏电桥平衡  
C. 搬动时振坏检流计  
D. 电桥的灵敏度降低
132. 发现示波管的光点太亮时, 应调节( )。  
A. 聚焦旋钮  
B. 辉度旋钮  
C. Y 轴增幅旋钮  
D. X 轴增幅旋钮
133. 示波器荧光屏上出现一个完整、稳定正弦波的前提是待测波形频率( )扫描锯齿波电压频率。  
A. 低于  
B. 等于  
C. 高于  
D. 不等于
134. 用普通示波器观测一波形, 荧光屏显示由左向右不断移动的不稳定波形时, 应当调整( )旋钮。  
A. X 位移  
B. 扫描范围  
C. 整步增幅  
D. 同步选择
135. 用普通示波器观测频率为 1 000 Hz 的被测信号, 若需在荧光屏上显示出 5 个完整的周期波形, 则扫描频率应为( )Hz。  
A. 200  
B. 2 000  
C. 1 000  
D. 5 000
136. 调节通用示波器的“扫描范围”旋钮可以改变显示波形的( )。  
A. 幅度  
B. 个数  
C. 亮度  
D. 相位
137. 调节示波器“X 轴位移”旋钮可以改变光点在( )。  
A. 垂直方向的幅度  
B. 水平方向的幅度  
C. 垂直方向的位置  
D. 水平方向的位置
138. 用通用示波器观察工频 220 V 电压波形时, 被测电压应接在( )之间。  
A. “Y 轴输入”和“X 轴输入”端钮  
B. “Y 轴输入”和“接地”端钮  
C. “X 轴输入”和“接地”端钮  
D. “整步输入”和“接地”端钮
139. 长期不工作的示波器重新使用时, 应该( )。  
A. 先通以 1/2 额定电压工作 2 小时, 再升至额定电压工作  
B. 先通以 2/3 额定电压工作 10 分钟, 再升至额定电压工作  
C. 先通以 2/3 额定电压工作 2 小时, 再升至额定电压工作  
D. 直接加额定电压工作
140. 对于长期不使用的示波器, 至少( )个月通电一次。  
A. 3  
B. 5  
C. 6  
D. 10
141. 判断检流计线圈的通断( )来测量。  
A. 用多用电表的  $R \times 1$  挡  
B. 用多用电表的  $R \times 1\,000$  挡  
C. 用电桥  
D. 不能用多用电表或电桥直接
142. 使用检流计时发现灵敏度低, 可( )以提高灵敏度。



- A. 适当提高张丝张力  
B. 适当放松张丝张力  
C. 减小阻尼力矩  
D. 增大阻尼力矩
143. 搬动检流计或使用完毕后( )。  
A. 将转换开关置于最高量程  
B. 要进行机械调零  
C. 断开被测电路  
D. 将止动器锁上
144. 使用检流计要做到( )。  
A. 轻拿轻放  
B. 水平放置  
C. 竖直放置  
D. 随意放置
145. 在遥测系统中, 需要通过( )把非电量的变化转变为电信号。  
A. 电阻器  
B. 电容器  
C. 传感器  
D. 晶体器
146. 检测各种金属, 应选用( )型的接近开关。  
A. 超声波  
B. 永磁型及磁敏元件  
C. 高频振荡  
D. 光电
147. 检流计内部采用张丝或悬丝支承, 可以( )。  
A. 提高仪表灵敏度  
B. 降低仪表灵敏度  
C. 提高仪表准确度  
D. 降低仪表准确度
148. 示波器荧光屏上亮点不能太亮, 否则( )。  
A. 保险丝将熔断  
B. 指示灯将烧坏  
C. 有损示波管使用寿命  
D. 影响使用者的安全
149. 使用检流计时, 要按( )位置放置。  
A. 水平  
B. 竖直  
C. 正常工作  
D. 原来
150. 检测不透光的所有物质应选择工作原理为( )型的接近开关。  
A. 高频振荡  
B. 电容  
C. 电磁感应  
D. 光电
151. 搬动检流计或使用完毕后, 应该( )。  
A. 用导线将两接线端子短路  
B. 将两接线端子开路  
C. 将两接线端子与电阻串联  
D. 将两接线端子与电阻并联
152. 不要频繁开闭示波器的电源, 防止损坏( )。  
A. 电源  
B. 示波管灯丝  
C. 保险丝  
D. X轴放大器
153. 采用增加重复测量次数的方法可以消除( )对测量结果的影响。  
A. 系统误差  
B. 偶然误差  
C. 疏失误差  
D. 基本误差
154. 低频信号发生器是用来产生( )信号的信号源。  
A. 标准方波  
B. 标准直流  
C. 标准高频正弦  
D. 标准低频正弦
155. 疏失误差可以通过( )的方法来消除。  
A. 校正测量仪表  
B. 正负消去法  
C. 加强责任心, 抛弃测量结果  
D. 采用合理的测试方法
156. 检流计主要用于测量( )。  
A. 电流的大小  
B. 电压的大小  
C. 电流的有无  
D. 电阻的大小
157. 低压电磁铁的线圈的直流电阻用电桥进行测量, 根据检修规程, 线圈直流电

阻与铭牌数据之差不大于( )。

- A. 10%                      B. 5%                      C. 15%                      D. 20%

158. 使用低频信号发生器时( )。

- A. 先将“电压调节”放在最小位置，再接通电源  
B. 先将“电压调节”放在最大位置，再接通电源  
C. 先接通电源，再将“电压调节”放在最小位置  
D. 先接通电源，再将“电压调节”放在最大位置

## 2. 电器

### 2.1 低压电器

1. 陶土金属栅片灭弧罩灭弧是利用( )的原理。

- A. 窄缝冷却电弧                      B. 电动力灭弧  
C. 铜片易导电散热                      D. 串联短弧压和去离子栅片灭弧

2. 直流电器灭弧装置多采用( )。

- A. 陶土灭弧罩                      B. 金属栅片灭弧罩  
C. 封闭式灭弧室                      D. 串联磁吹式灭弧装置

3. 采用单结晶体管延时电路的晶体管时间继电器，其延时电路由( )等部分组成。

- A. 延时环节、监幅器、输出电路、电源和指示灯  
B. 主电路、辅助电源、双稳态触发器及其附属电路  
C. 振荡电路、记数电路、输出电路、电源  
D. 电磁系统、触头系统

4. 晶体管时间继电器消耗的功率( )电磁式时间继电器消耗的功率。

- A. 小于                      B. 等于零                      C. 大于                      D. 远大于

5. 磁吹式灭弧装置的磁吹灭弧能力与电弧电流的大小关系是( )。

- A. 电弧电流越大磁吹灭弧能力越小      B. 无关  
C. 电弧电流越大磁吹灭弧能力越强      D. 没有固定规律

6. 直流电弧稳定燃烧的条件( )。

- A. 输入气隙的能量大于因冷却而输出的能量  
B. 输入气隙的能量等于因冷却而输出的能量  
C. 没有固定规律  
D. 输入气隙的能量小于因冷却而输出的能量

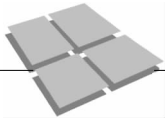
7. BG4 和 BG5 型功率继电器主要用于电力系统( )。

- A. 二次回路功率的测量及过载保护      B. 过流保护  
C. 过电压保护                      D. 功率方向的判别元件

8. 晶体管功率继电器 BG4、BG5 型的电气原理框图由( )组成。

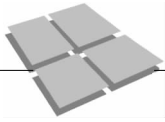
- A. 输入部分、相敏电路、晶体管执行电路  
B. 输入电路和执行电路





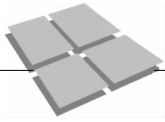
- C. 电子管执行电路和相敏电路  
D. 电子管输入电路和电子管输出电路
9. 功率继电器中属于晶体管功率继电器的型号是( )。  
A. LG-11            B. BG4、BG5            C. GG-11            D. LG-11 和 BG4
10. 晶体管无触点位置开关与普通位置开关相比在工作可靠性、寿命长短、适应工作环境性三方面性能( )。  
A. 优            B. 差            C. 相同            D. 不规律
11. 晶体管接近开关原理方框图是由( )个方框组成。  
A. 2            B. 3            C. 4            D. 5
12. 晶体管接近开关用量最多的是( )。  
A. 电磁感应型    B. 电容型            C. 光电型            D. 高频振荡型
13. 检测不透过超声波的物质应选择工作原理为( )型的接近开关。  
A. 超声波            B. 高频振荡            C. 光电            D. 永磁
14. 检测各种金属, 应选用( )型的接近开关。  
A. 超声波            B. 永磁型及磁敏元件  
C. 高频振荡            D. 光电
15. 我国生产的 CJ0-40 型交流接触器采用的灭弧装置是( )。  
A. 电动力灭弧            B. 半封闭式金属栅片陶土灭弧罩  
C. 窄缝灭弧            D. 磁吹式灭弧装置
16. CJ20 系列交流接触器是全国统一设计的新型接触器, 容量从 6.3~25 A 的采用( )灭弧罩的型式。  
A. 纵缝灭弧室    B. 栅片            C. 陶土            D. 不带
17. 交流接触器在检修时, 发现短路环损坏, 该接触器( )使用。  
A. 能继续            B. 不能继续  
C. 在额定电流下可以    D. 不影响
18. 接触器检修后由于灭弧装置损坏, 该接触器( )使用。  
A. 仍能继续            B. 不能  
C. 在额定电流下可以    D. 短路故障下也可以
19. 对检修后的电磁式继电器的衔接与铁心闭合位置要正, 其歪斜度要求( ), 吸合后不应有杂音、抖动。  
A. 不得超过 1 mm            B. 不得歪斜  
C. 不得超过 2 mm            D. 不得超过 5 mm
20. 为了保证继电器触头在磨损之后保持良好接触, 在检修时要保持超程大于或等于( ) mm。  
A. 1.5            B. 1            C. 0.8            D. 0.5
21. 当检修继电器发现触头接触部分磨损到银或银基合金触头厚度的( )时, 应更换新触头。

- A. 1/3                      B. 2/3                      C. 1/4                      D. 3/4
22. 测量电磁铁线圈的直流电阻应采用( )仪器仪表进行测量。  
A. 欧姆表                      B. 多用电表                      C. 电桥                      D. 伏安表法
23. 电磁铁进行通电试验时, 当加至线圈电压额定值的( )时, 衔铁应可靠吸合。  
A. 80%                      B. 85%                      C. 65%                      D. 75%
24. 检修接触器, 当线圈工作在电压( )以下时交流接触器动铁心应释放, 主触头自动打开切断电路, 起欠压保护作用。  
A.  $85\%U_N$                       B.  $50\%U_N$                       C.  $30\%U_N$                       D.  $90\%U_N$
25. 检修后的机床电器装置其操纵、复位机构必须( )  
A. 无卡组现象                      B. 灵活可靠                      C. 接触良好                      D. 外观整洁
26. 更换或修理各种继电器时, 其型号、规格、容量、线圈电压及技术指标, 应与原图纸要求( )。  
A. 稍有不同                      B. 相同                      C. 可以不同                      D. 随意确定
27. 陶土金属灭弧罩的金属是( )。  
A. 镀铜铁片或镀锌铁片                      B. 铝片  
C. 薄锡片                      D. 锰薄片
28. 晶体管无触点开关的应用范围比普通位置开关更( )。  
A. 窄                      B. 广                      C. 接近                      D. 小
29. 功率方向继电器是方向电流保护的主要元件, 其作用是判断短路功率的方向, 当( )时, 继电器动作。  
A. 短路功率由母线流向线路                      B. 短路功率由线路流向母线  
C. 短路电流方向不定                      D. 短路电压出现畸变
30. 下列型号的时间继电器属于晶体管时间继电器的是( )。  
A. JS7-2A                      B. JS17                      C. JDZ2-S                      D. JS20 和 JSJ
31. 晶体管时间继电器按电压鉴别线路的不同可分为( )类。  
A. 5                      B. 4                      C. 3                      D. 2
32. 晶体管时间继电器按构成原理分为( )两类。  
A. 电磁式和电动式                      B. 整流式和感应式  
C. 阻容式和数字式                      D. 磁电式和电磁式
33. 晶体管时间继电器比气囊式时间继电器在寿命长短、调节方便、耐冲击三项性能相比( )。  
A. 差                      B. 良  
C. 优                      D. 因使用场合不同而异
34. 灭弧装置的作用是( )。  
A. 引出电弧                      B. 熄灭电弧  
C. 使电弧分段                      D. 使电弧产生磁力



35. 直流电弧熄灭的条件是( )。
- A. 必须使气隙内消游离速度等于游离速度
  - B. 必须使气隙内消游离速度小于游离速度
  - C. 必须使气隙内消游离速度超过游离速度
  - D. 没有固定规律
36. 关于电弧熄灭的说法( )是正确的。
- A. 在同样电参数下交流电弧比直流电弧更容易熄灭
  - B. 熄灭交流电弧常用的是磁吹式灭弧装置
  - C. 在同样电参数下直流电弧比交流电弧更容易熄灭
  - D. 气隙内消游离速度小于游离速度电弧一定熄灭
37. 接触器有多个主触头, 动作要保持一致。检修时根据检修标准, 接通后各触头相差距离应在( )mm 之内。
- A. 1
  - B. 2
  - C. 0.5
  - D. 3
38. 接近开关比普通位置开关更适用于操作频率( )的场合。
- A. 极低
  - B. 低
  - C. 中等
  - D. 高
- 2.2 高压电器
39. 电压互感器将系统的高电压变为( )的标准低电压。
- A. 100 V 或  $100/\sqrt{3}$  V
  - B. 50 V
  - C. 36 V
  - D. 220 V
40. 电压互感器可采用户内或屋外式电压互感器, 通常电压在( )kV 以下的制成户内式。
- A. 10
  - B. 20
  - C. 35
  - D. 6
41. 高压 10 kV 隔离开关的主要用途是( )。
- A. 供高压电气设备在无负载而有的电压情况下分合电路之用, 检修时作电源隔离
  - B. 切断正常负载电路
  - C. 接通正常负载电路
  - D. 既能分合正常负载电路又能切断故障电路
42. 下列关于高压断路器用途的说法正确的是( )。
- A. 切断空载电流
  - B. 控制分断或接通正常负荷电流
  - C. 既能切换正常负荷又可切除故障, 同时承担着控制和保护双重任务
  - D. 接通或断开电路空载电流, 严禁带负载拉闸
43. 高压负荷开关的用途是( )。
- A. 主要用来切断和闭合线路的额定电流
  - B. 用来切断短路故障电流
  - C. 用来切断空载电流
  - D. 既能切断负载电流又能切断故障电流

44. 高压 10 kV 型号为 FN-10 户内用负荷开关的最高工作电压为( ) kV。  
A. 15                      B. 20                      C. 10                      D. 11.5
45. RW3-10 型户外高压熔断器作为小容量变压器的前级保护安装在室外, 要求熔丝管底端对地面距离以( )m 为宜。  
A. 3                        B. 3.5                      C. 4                        D. 4.5
46. 额定电压 10kV 互感器交流耐压试验的目的是( )。  
A. 提高互感器的准确度                      B. 提高互感器容量  
C. 提高互感器绝缘强度                      D. 准确考验互感器绝缘强度
47. 额定电压 3 kV 的互感器在进行大修后作交流耐压实验, 应选交流耐压试验标准为( )kV。  
A. 10                      B. 15                      C. 28                      D. 38
48. 高压 10 kV 互感器的交流耐压试验是指( )对外壳的工频交流耐压试验。  
A. 初级线圈                                      B. 次级线圈  
C. 瓷套管                                        D. 线圈连同套管一起
49. 对电流互感器进行交流试验后, 若被试品合格, 试验结束应在 5 s 内均匀地降到电压试验值的( ), 电压至零后, 拉开刀闸。  
A. 10%                      B. 40%                      C. 50%                      D. 25%
50. 高压 10 kV 及以下隔离开关交流耐压试验的目的是( )。  
A. 可以准确地测出隔离开关绝缘电阻值  
B. 可以准确地考验隔离开关的绝缘强度  
C. 使高压隔离开关操作部分更灵活  
D. 可以更有效地控制电路分合状态
51. 大修后, 在对 6 kV 隔离开关进行交流耐压试验时, 应选耐压试验标准为( )kV。  
A. 24                      B. 32                      C. 42                      D. 10
52. 高压 10 kV 隔离开关在交接及大修后进行交流耐压试验的电压标准为( )kV。  
A. 24                      B. 32                      C. 42                      D. 20
53. 对高压隔离开关进行交流耐压试验, 在选择标准试验电压时应为 38 kV, 其加压方法在 1/3 试验电压前可以稍快, 其后升压应按每秒( )试验电压均匀升压。  
A. 5%                      B. 10%                      C. 3%                      D. 8%
54. 高压隔离开关在进行交流耐压试验时, 试验合格后, 应在 5s 内均匀地将电压下降到试验值的( )以下, 电压至零后拉开刀闸, 将被试品接地放电。  
A. 10%                      B. 40%                      C. 50%                      D. 25%
55. 对于过滤及新加油的高压断路器, 必须等油中气泡全部逸出后才能进行交流耐压试验, 一般需静止( )左右, 以免油中气泡引起放电。  
A. 5 h                      B. 4 h                      C. 3 h                      D. 10 h



56. 高压 10 kV 断路器经大修后作交流耐压试验, 应通过工频试验变压器加( ) kV 的试验电压。

- A. 15                      B. 38                      C. 42                      D. 20

57. 高压断路器和高压负荷开关在交流耐压试验时, 标准电压数值均为( )kV。

- A. 10                      B. 20                      C. 15                      D. 38

58. FN4-10 型真空负荷开关是三相户内高压电器设备, 在出厂作交流耐压试验时, 应选用交流耐压试验标准电压( ) kV。

- A. 42                      B. 20                      C. 15                      D. 10

59. 高压负荷开关交流耐压试验在标准试验电压下持续时间为( )min。

- A. 5                      B. 2                      C. 1                      D. 3

60. LFC—10 型瓷绝缘贯穿式复匝电流互感器, 在进行交流耐压试验前, 测绝缘电阻合格, 按试验电压标准进行试验时发生击穿, 其击穿原因是( )。

- A. 变比准确度不准                      B. 周围环境湿度大  
C. 表面有脏污                      D. 产品制造质量不合格

61. LFC-10 型高压互感器额定电压比为 10 000/100, 在次级绕组用 1 000 V 或 2 500 V 兆欧表测绝缘电阻, 其阻值应不低于( )MΩ。

- A. 1                      B. 2                      C. 3                      D. 0.5

62. 运行中 10 kV 隔离开关, 在检修时对其有机材料传动杆, 使用 2 500 V 兆欧表测得绝缘电阻阻值不得低于( )MΩ。

- A. 200                      B. 300                      C. 500                      D. 1 000

63. SN10-10 系列少油断路器中的油是起灭弧作用, 两导电部分和灭弧室的对地绝缘是通过( )来实现的。

- A. 变压器油                      B. 绝缘框架                      C. 绝缘拉杆                      D. 支持绝缘子

64. 检修 SN10-10 高压少油断路器时, 根据检修规程应测断路器可动部分的绝缘电阻, 应选取额定电压( )兆欧表进行绝缘电阻摇测。

- A. 250 V                      B. 500 V                      C. 2 500 V                      D. 1 000 V

65. 高压 10 kV 以下油断路器作交流耐压前后, 其绝缘电阻不下降( )为合格。

- A. 15%                      B. 10%                      C. 30%                      D. 20%

66. FN3-10T 型负荷开关, 在新安装之后用 2 500 V 兆欧表测量开关动片和触点对地绝缘电阻, 交流试验时应不少于( )MΩ。

- A. 300                      B. 500                      C. 1 000                      D. 800

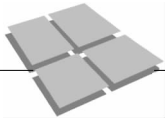
67. 额定电压 10 kV 的 FN1-10R 型负荷开关, 在作交流耐压前应绝缘电阻的测试, 应选额定电压为( )V 的兆欧表。

- A. 250                      B. 500                      C. 1 000                      D. 2 500

68. 对额定电流 200 A 的 10 kV GN1-10/200 型户内隔离开关, 在进行交流耐压试验时, 升压过程中支柱绝缘子有闪烁出现, 造成跳闸击穿, 其击穿原因是( )。

- A. 绝缘拉杆受潮                      B. 支持绝缘子破损

- C. 动静触头脏污  
D. 周围环境湿度增加
69. 对 SN-10G 型户内少油断路器进行交流耐压试验时, 在刚加试验电压 15 kV 时, 却出现绝缘拉杆有放电闪烁击穿, 其原因是( )。
- A. 绝缘油不合格  
B. 支柱绝缘子有脏污  
C. 绝缘拉杆受潮  
D. 周围湿度过大
70. DN3-10 型户内多油断路器在合闸状态下进行耐压试验时合格, 在分闸进行交流耐压时, 当电压升至试验电压一半时, 却出现跳闸击穿, 且有油的“劈啪”声, 其绝缘击穿原因是( )。
- A. 油箱中的变压器油含有水分  
B. 绝缘拉杆受潮  
C. 支柱绝缘子有破损  
D. 断路器动静触头距离过大
71. 对 FN1-10R 型高压户内负荷开关进行交流内压试验时, 当升至超过 11.5 kV 后就发现绝缘拉杆有闪烁造成击穿, 其击穿原因是( )。
- A. 绝缘拉杆受潮  
B. 支柱绝缘子良好  
C. 动静触头脏污  
D. 周围环境湿度过大
72. 对 FN1-10 型户内负荷开关进行交流耐压试验时被击穿, 其原因是( )。
- A. 支柱绝缘子破损, 绝缘拉杆受潮  
B. 周围环境温度减小  
C. 开关动静触头接触良好  
D. 灭弧室功能完好
73. 对 GN5-10 型户内高压隔离开关进行交流耐压试验时, 在升压过程中发现在绝缘拉杆处有闪烁放电, 造成跳闸击穿, 其击穿原因是( )。
- A. 绝缘拉杆受潮  
B. 支柱瓷瓶良好  
C. 动静触头脏污  
D. 环境湿度增加
74. 对 RN 系列室内高压熔断器, 检测其支持绝缘子的绝缘电阻, 应选用额定电压为( )的兆欧表进行测量。
- A. 1 000 V  
B. 2 500 V  
C. 500 V  
D. 250 V
75. 10 kV 电流互感器在大修后进行交流耐压试验, 应选耐压试验标准为( )kV。
- A. 38  
B. 4  
C. 6  
D. 3
76. 高压负荷开关交流耐压试验的目的是( )。
- A. 可以准确测出开关绝缘电阻值  
B. 可以准确考验负荷开关操作部分的灵活性  
C. 可以更有效地切断短路故障电流  
D. 可以准确检验负荷开关的绝缘强度
77. 对额定电压为 380 V, 功率 3 kW 及以上的电动机作耐压试验时, 试验电压应取( )V。
- A. 500  
B. 1 000  
C. 1 500  
D. 1 760
78. 型号 JDZ-10 型电压互感器作预防性交流耐压试验时, 标准试验电压应选( ) kV。



- A. 10                      B. 15                      C. 38                      D. 20

79. 额定电压 10 kV 的 JDZ-10 型电压互感器, 在进行交流耐压试验时, 产品合格, 但在试验后被击穿。其击穿原因是( )。

- A. 绝缘拉杆受潮  
B. 互感器表面脏污  
C. 环氧树脂浇注质量不合格  
D. 试验结束, 试验者忘记降压就拉闸断电

80. 型号为 RN2-10-20/0.5 的户内高压熔断器为电压互感器专用, 检修时发现熔体熔断, 应选熔体的规格是( )。

- A. 用镍铬丝作引线的 0.5 A 熔丝      B. 0.5 A 锌片  
C. 20 A 熔体                              D. 10 A 熔体

81. 检测 SN10-10 型高压断路器操作机构分合闸接触器线圈绝缘电阻, 其值应不低于( )M $\Omega$ 。

- A. 1                              B. 0.5                      C. 2                              D. 3

82. 额定电压 6 kV 的油断路器在新安装及大修后作交流耐压试验, 应选标准试验电压( ) kV。

- A. 28                              B. 15                              C. 10                              D. 38

83. 运行中 FN1-10 型高压负荷开关在检修时, 使用 2 500 V 兆欧表, 测得绝缘电阻应不小于( )M $\Omega$ 。

- A. 200                              B. 300                              C. 500                              D. 800

84. 高压 10 kV 隔离开关交流耐压试验方法正确的是( )。

- A. 先做隔离开关的基本预防性试验, 后做交流耐压试验  
B. 做交流耐压试验取额定电压值就可, 不必考虑过电压的影响  
C. 做交流耐压试验前应先 500 V 摇表测绝缘电阻合格后, 方可进行  
D. 交流耐压试验时, 升压至试验电压后, 持续时间 5 min

85. 型号为 JDJJ-10 的单相三线圈油浸式户外用电压互感器, 在进行大修后作交流耐压试验, 其试验耐压标准为( )kV。

- A. 24                              B. 38                              C. 10                              D. 15

86. 对 SN10-10 型高压少油断路器在合闸状态下进行交流耐压试验时合格, 分闸状态下进行试验时, 在升压过程中却发生跳闸击穿, 其原因可能是( )。

- A. 支持绝缘子绝缘下降                      B. 绝缘拉杆受潮  
C. 动静触头距离增大                      D. 油箱中的绝缘油不合格

87. 额定电压 10 kV 的隔离开关, 在交流耐压试验前测其绝缘电阻, 应选用额定电压为( )V 的兆欧表才符合标准。

- A. 2 500                              B. 1 000                              C. 500                              D. 250

88. 对户外多油断路器 DW7-10 检修后作交流耐压试验时合闸状态试验合格, 分闸状态在升压过程中却出现“劈啪”声, 电路跳闸击穿其原因是( )。

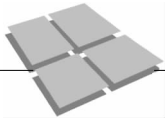
- A. 支柱绝缘子破损  
B. 油质含有水分  
C. 绝缘拉杆受潮  
D. 油箱有脏污

### 3. 电动机与拖动

#### 3.1 直流电动机与拖动

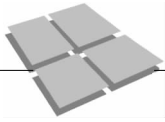
- 现代发电厂的主体设备是( )。  
A. 直流发电机  
B. 同步电机  
C. 异步发电机  
D. 同步发电机
- 直流电动机的电枢铁心一般用( )制成。  
A. 0.5 mm 厚的薄钢板冲制成型后再用铆钉钉紧  
B. 0.5 mm 厚的表面有绝缘层的硅钢片叠压  
C. 整块的钢板  
D. 整块的铸铁
- 大、中型直流电动机的主极绕组一般用( )制造。  
A. 漆包铜线  
B. 绝缘铝线  
C. 扁铜线  
D. 扁铝线
- 一台牵引列车的直流电动机( )。  
A. 只能作电动机运行  
B. 只能作发电机运行  
C. 只能产生牵引力  
D. 既能产生牵引力, 又能产生制动力矩
- 直流电动机换向极的作用是( )。  
A. 削弱主磁场  
B. 增强主磁场  
C. 抵消电枢磁场  
D. 产生主磁场
- 直流电动机中的换向极由( )组成。  
A. 换相极铁心  
B. 换相极绕组  
C. 换相器  
D. 换向极铁心和换相极绕组
- 直流电动机中的换向器是由( )而成的。  
A. 相互绝缘特殊形状的梯形硅钢片组装  
B. 相互绝缘的特殊形状的梯形铜片组装  
C. 特殊形状的梯形铸铁加工  
D. 特殊形状的梯形整块钢板加工
- 按励磁方式分类, 直流电动机可分为( )种。  
A. 2  
B. 3  
C. 4  
D. 5
- 直流发电机的电枢上装有许多导体和换向片, 其主要目的是( )。  
A. 增加发出的直流电动势大小  
B. 减小发出的直流电动势大小  
C. 增加发出的直流电动势的脉动量  
D. 减小发出的直流电动势的脉动量
- 直流发电机电枢上产生的电动势是( )。





- A. 直流电动势  
C. 脉冲电动势
- B. 交变电动势  
D. 非正弦交变电动势
11. 直流发电机应用最广泛的是( )。
- A. 差复励发电机 B. 他励发电机 C. 串励发电机 D. 积复励发电机
12. 直流并励发电机的机械特性曲线是( )。
- A. 双曲线 B. 抛物线 C. 一条直线 D. 圆弧线
13. 直流并励发电机空载时,可认为发电机的电动势  $E_0$  与端电压  $U$  的关系是( )。
- A.  $E_0 \neq U$  B.  $E_0 > U$  C.  $E_0 = U$  D.  $E_0 < U$
14. 直流并励发电机的输出电压随负载电流的增大而( )。
- A. 增大 B. 降低 C. 不变 D. 不一定
15. 在直流积复励发电机中,并励绕组起( )的作用。
- A. 产生主磁场 B. 使发电机建立电压  
C. 补偿负载时电枢回路的电阻压降 D. 电枢反应的去磁
16. 复励发电机的两个励磁绕组产生的磁通方向相反时,称为( )发电机。
- A. 平复励 B. 过复励 C. 积复励 D. 差复励
17. 直流电动机是利用( )的原理工作的。
- A. 导体切割磁力线 B. 通电线圈产生磁场  
C. 通电导体在磁场中受力运动 D. 电磁感应
18. 直流电动机的某一个电枢绕组在旋转一周的过程中,通过其中的电流是( )。
- A. 直流电流 B. 交流电流  
C. 脉冲电流 D. 互相抵消正好为零
19. 直流电动机无法起动,其原因可能是( )。
- A. 串励电动机空载运行 B. 电刷磨损过短  
C. 通风不良 D. 励磁回路断开
20. 直流电动机起动后,电流很大,是因为( )。
- A. 反电动势为零 B. 电枢回路有电阻  
C. 磁场变阻器电阻太大 D. 电枢与换向器接触不好
21. 对于没有换向极的小型直流电动机,带恒定负载向一个方向旋转,为了改善换向,可将其电刷自几何中性面处沿电枢转向( )。
- A. 向前适当移动  $\beta$  角 B. 向后适当移动  $\beta$  角  
C. 向前转  $90^\circ$  D. 向后移到主磁极轴线上
22. 直流电动机采用电枢回路串变阻器启动时,将起动电阻( )。
- A. 由大往小调 B. 由小往大调  
C. 不改变其大小 D. 不一定向哪方向调
23. 直流电动机除极小容量外,不允许( )起动。

- A. 降压                  B. 全压                  C. 电枢回路串电阻 D. 降压电枢电压
24. 直流电动机采用电枢回路串电阻起动, 应把起动电流限制在额定电流的( )倍。
- A. 4~5                  B. 3~4                  C. 1~2                  D. 2~2.5
25. 直流电动机启动时, 起动电流很大, 可达额定电流的( )倍。
- A. 4~7                  B. 2~25                  C. 10~20                  D. 5~6
26. 直流电动机电枢回路串电阻调速, 当电枢回路电阻增大, 其转速( )。
- A. 升高                  B. 降低                  C. 不变                  D. 不一定
27. 为使直流电动机的旋转方向发生改变, 应将电枢电流( )。
- A. 增大                  B. 减小                  C. 不变                  D. 反向
28. 改变直流电动机励磁绕组的极性是为了改变( )。
- A. 电压的大小          B. 电流的大小          C. 磁场方向                  D. 电动机转向
29. 改变直流电动机励磁电流方向的实质是改变( )。
- A. 电压的大小                  B. 磁通的方向  
C. 转速的大小                  D. 电枢电流的大小
30. 为使直流电动机反转, 应采取( )措施可改变主磁场的方向。
- A. 改变励磁绕组极性          B. 减少电流  
C. 增大电流                  D. 降压
31. 他励直流电动机改变旋转方向常采用( )来完成。
- A. 电枢反接法  
B. 励磁绕组反接法  
C. 电枢、励磁绕组同时反接  
D. 断开励磁绕组, 电枢绕组反接
32. 直流并励电动机的机械特性是( )。
- A. 陡降的直线          B. 水平一条直线          C. 软特性                  D. 硬特性
33. 并励直流电动机限制起动电流的方法有( )种。
- A. 2                  B. 3                  C. 4                  D. 5
34. 并励电动机电枢回路串电阻调速, 其机械特性( )。
- A. 变硬                  B. 不变  
C. 变软                  D. 更接近自然特性
35. 改变直流电动机旋转方向, 对并励电动机常采用( )。
- A. 励磁绕组反接法                  B. 电枢绕组反接法  
C. 励磁绕组和电枢绕组都反接          D. 断开励磁绕组, 电枢绕组反接
36. 为了防止直流串励电动机转速过高而损坏电动机, 不允许( )起动。
- A. 带负载                  B. 重载                  C. 空载                  D. 过载
37. 串励直流电动机启动时, 不要( )起动。
- A. 串电阻                  B. 降低电枢电压          C. 空载                  D. 有载



38. 串励电动机的反转宜采用励磁绕组反接法。因为串励电动机的电枢两端电压很高，励磁绕组两端的( )，反接较容易。

- A. 电压很低      B. 电流很低      C. 电压很高      D. 电流很高

39. 将直流电动机电枢的动能变成电能消耗在电阻上称为( )。

- A. 反接制动      B. 回馈制动      C. 能耗制动      D. 机械制动

40. 对于要求制动准确、平稳的场合，应采用( )制动。

- A. 反接      B. 能耗      C. 电容      D. 再生发电

41. 直流电动机反接制动时，当电动机转速接近于零时，就应立即切断电源，防止( )。

- A. 电流增大      B. 电动机过载  
C. 发生短路      D. 电动机反向转动

42. 使并励直流电动机改变旋转方向的方法有( )种。

- A. 2      B. 3      C. 4      D. 5

43. 串励直流电动机不能直接实现( )。

- A. 回馈制动      B. 反接制动      C. 能耗制动      D. 机械制动

44. 串励直流电动机的能耗制动方法有( )种。

- A. 2      B. 3      C. 4      D. 5

45. 做耐压试验时，直流电动机应处于( )状态。

- A. 静止      B. 起动      C. 正转运行      D. 反转运行

46. 直流电压耐压试验的试验电压为( )。

- A. 50 Hz 正弦波交流电压      B. 1 000 Hz 正弦波交流电压  
C. 脉冲电流      D. 直流

47. 直流电动机的耐压试验主要是考核( )之间的绝缘强度。

- A. 励磁绕组与励磁绕组      B. 励磁绕组与电枢绕组  
C. 电枢绕组与换向片      D. 各导电部分与地

48. 直流电动机耐压试验的目的是考核( )。

- A. 导电部分的对地绝缘强度      B. 导电部分之间的绝缘强度  
C. 导电部分对地绝缘电阻大小      D. 导电部分所耐电压的高低

49. 做直流电动机耐压试验时，加在被试部件上的电压由零上升至额定试验电压值后，应维持( )。

- A. 30 s      B. 60 s      C. 3 min      D. 6 min

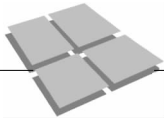
50. 直流电动机在耐压试验中绝缘被击穿的原因可能是( )。

- A. 换向器内部绝缘不良      B. 试验电压为交流  
C. 试验电压偏高      D. 试验电压偏低

51. 直流电动机在耐压试验中绝缘被击穿的原因可能是( )。

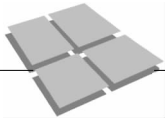
- A. 电动机内部灰尘过大      B. 电枢绕组开路  
C. 电枢绕组接反      D. 试验电压偏高

52. 功率在 1 kW 以下的直流电动机做耐压试验时, 成品试验电压可取( )。
- A. 500 V                      B. 额定电压  $U_N$                       C.  $2U_N$                       D.  $2U_N + 500$  V
53. 功率在 1 kW 以上的直流电动机做耐压试验时, 成品试验电压为( )。
- A.  $2U_N + 1\ 000$  V                      B.  $2U_N + 500$  V                      C. 1 000 V                      D. 2 000 V
54. 一直流电动机的磁极绕组过热, 怀疑并励绕组部分短路, 可用( )测量每个磁极绕组, 找出电阻值低的绕组进行修理。
- A. 多用电表欧姆挡                      B. 电桥  
C. 兆欧表                      D. 摇表
55. 直流电动机的电刷因磨损而需更换时应选用( )的电刷。
- A. 与原电刷相同                      B. 较原电刷稍硬                      C. 较原电刷稍软                      D. 任意软硬
56. 直流电动机出现振动现象, 其原因可能是( )。
- A. 电枢平衡未校好                      B. 负载短路  
C. 电动机绝缘老化                      D. 长期过载
57. 一直流电动机的磁极绕组过热, 怀疑并励绕组部分短路, 可用( )测量每个磁极绕组, 找出电阻值低的绕组进行修理。
- A. 多用电表欧姆挡                      B. 电桥                      C. 兆欧表                      D. 摇表
58. 直流电动机回馈制动时, 电动机处于( )。
- A. 电动状态                      B. 发电状态                      C. 空载状态                      D. 短路状态
59. 直流电动机改变电源电压调速时, 调节的转速( )铭牌转速。
- A. 大于                      B. 小于                      C. 等于                      D. 大于和等于
60. 在直流电动机中, 为了改善换向, 需要装置换向极, 其换向极绕组应与( )。
- A. 主磁极绕组串联                      B. 主磁极绕组并联  
C. 电枢绕组串联                      D. 电枢绕组并联
61. 直流电动机常用的电力制动方法有( )种。
- A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5
62. 直流并励电动机中换向器的作用是( )。
- A. 把交流电压变成电动机的直流电流  
B. 把直流电压变成电动机的交流电流  
C. 把直流电压变成电枢绕组的直流电流  
D. 把直流电流变成电枢绕组的交流电流
63. 直流电动机励磁绕组不与电枢连接, 励磁电流由独立的电源供给称为( )电动机。
- A. 他励                      B. 串励                      C. 并励                      D. 复励
64. 不会造成直流电动机绝缘击穿故障是( )。
- A. 电枢绕组端部对支架绝缘不良                      B. 电枢绕组接反  
C. 电动机绝缘受潮                      D. 电动机换向器内部绝缘不良
65. 直流电动机的耐压试验一般用( )进行。



- A. 兆欧表            B. 电桥            C. 工频耐压试验机 D. 调压器
66. 能耗制动时, 直流电动机处于( )。
- A. 发电状态        B. 电动状态        C. 空载状态        D. 短路状态
67. 直流电动机主磁极上两个励磁绕组, 一个与电枢绕组串联, 一个与电枢绕组并联, 称为( )电动机。
- A. 他励            B. 串励            C. 并励            D. 复励
68. 直流电动机的电气调速方法有( )种。
- A. 2                B. 3                C. 4                D. 5
69. 改变电枢电压调速, 常采用( )作为调速电源。
- A. 并励直流发电机            B. 他励直流发电机  
C. 串励直流电动机            D. 交流发电机
70. 直流电动机中的电刷是为了引导电流, 在实际应用中一般都采用( )。
- A. 铜质电刷        B. 银质电刷        C. 金属石墨电刷    D. 电化石墨电刷
- ### 3.2 变压器
71. 从工作原理来看, 中、小型电力变压器的主要组成部分是( )。
- A. 油箱和油枕            B. 油箱和散热器  
C. 铁心和绕组            D. 外壳和保护装置
72. 油浸式中、小型电力变压器中变压器油的作用是( )。
- A. 润滑和防氧化            B. 绝缘和散热  
C. 阻燃和防爆            D. 灭弧和均压
73. 中、小型电力变压器的绕组按高、低压绕组相互位置和形状的不同, 可以分为( )两种。
- A. 手绕式和机绕式            B. 绝缘导线式和裸导线式  
C. 心式和壳式            D. 同心式和交叠式
74. 有一台电力变压器, 型号为 S7-500/10, 其中的数字“10”表示变压器的( )。
- A. 额定容量是 10 kV·A        B. 额定容量是 10 kW  
C. 高压侧的额定电压是 10 kV    D. 低压侧的额定电压是 10 kV
75. 一台三相变压器的连接组别 Y, y0, 其中“Y”表示变压器的( )。
- A. 高压绕组为 Y 接法        B. 高压绕组为△接法  
C. 低压绕组为 Y 接法        D. 低压绕组为△接法
76. 一台三相变压器的连接组别为 Y, yn0, 其中“yn”表示变压器为( )。
- A. 低压绕组为有中性线引出的 Y 连接  
B. 低压绕组为 Y 连接, 中性点需接地, 但不引出中性线  
C. 高压绕组为有中性线引出的 Y 连接  
D. 高压绕组为 Y 连接, 中性点需接地, 但不引出中性线
77. 一台三相变压器的连接组别为 Yn, d11, 其中的“11”表示变压器的低压边( )电角度。

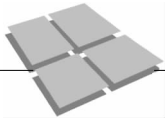
- A. 线电势相位超前高压边线电势相位  $330^\circ$   
B. 线电势相位滞后高压边线电势相位  $330^\circ$   
C. 相电势相位超前高压边相电势相位  $30^\circ$   
D. 相电势相位滞后高压边相电势相位  $30^\circ$
78. 变压器过载运行时的效率( )额定负载时的效率。  
A. 大于                      B. 等于                      C. 小于                      D. 大于等于
79. 变压器负载运行并且其负载的功率因数一定时, 变压器的效率和( )的关系叫做变压器负载运行的效率特性。  
A. 时间                      B. 主磁通                      C. 铁损耗                      D. 负载系数
80. 变压器负载运行时, 原边电源电压的相位超前于铁心中主磁通的相位, 且略大于( )。  
A.  $180^\circ$                       B.  $90^\circ$                       C.  $60^\circ$                       D.  $30^\circ$
81. 变压器带感性负载运行时, 副边电流的相位滞后于原边电流的相位, 且小于( )。  
A.  $180^\circ$                       B.  $90^\circ$                       C.  $60^\circ$                       D.  $30^\circ$
82. 提高企业用电负荷的功率因数, 变压器的电压调整率将( )。  
A. 不变                      B. 减小                      C. 增大                      D. 基本不变
83. 三相变压器的额定电流是指变压器在额定状态下运行时( )。  
A. 原、副边的相电流                      B. 原、副边的线电流  
C. 原边的相电流                      D. 原边的线电流
84. 三相变压器并联运行时, 要求并联运行的三相变压器的连接组别( )。  
A. 必须相同, 否则不能并行运行  
B. 不可相同否则不能并行运行  
C. 组标号的差值不超过 1 即可  
D. 只要组标号相等, Y, y 连接和 Y, d 连接的变压器也可并联运行
85. 三相变压器并联运行时, 要求并联运行的三相变压器变比( ), 否则不能并联运行。  
A. 必须绝对相等                      B. 的误差不超过  $\pm 0.5\%$   
C. 的误差不超过  $\pm 5\%$                       D. 的误差不超过  $\pm 10\%$
86. 中、小型电力变压器投入运行后, 每年应小修一次, 而大修一般为( )年进行一次。  
A. 2                      B. 3                      C. 5~10                      D. 15~20
87. 在中、小型电力变压器的定期检查维护中, 若发现变压器箱顶油面温度与室温之差超过( ), 说明变压器过载或变压器内部已发生故障。  
A.  $35^\circ\text{C}$                       B.  $55^\circ\text{C}$                       C.  $105^\circ\text{C}$                       D.  $120^\circ\text{C}$
88. 在中、小型电力变压器的检修中, 若在室温下环境相对湿度为  $75\%$  以下, 则器身在空气中贮留的时间不宜超过( )。



- A. 4 h                      B. 8 h                      C. 12 h                      D. 24 h
89. 在中、小型电力变压器的定期维护中,若发现瓷套管( ),只需做简单处理而不需更换。
- A. 不清洁                      B. 有裂纹                      C. 有放电痕迹                      D. 螺纹损坏
90. 中、小型电力变压器控制盘上的仪表,指示着变压器的运行情况和电压质量,因此必须经常监察,在正常运行时应每( )抄表一次。
- A. 0.5 h                      B. 1 h                      C. 2 h                      D. 4 h
91. 若变压器绝缘受潮,则在进行耐压试验时会( )。
- A. 使绝缘击穿  
B. 因试验时绕组发热而使绝缘得以干燥,恢复正常  
C. 无任何影响  
D. 危及操作人员的人身安全
92. 进行变压器耐压试验时,若试验中无击穿现象,要把变压器试验电压均匀降低,大约在5 s内降低到试验电压的( )或更小,再切断电源。
- A. 15%                      B. 25%                      C. 45%                      D. 55%
93. 电力变压器大修后耐压试验的试验电压应按《交接和预防性试验电压标准》选择,标准中规定电压级次为6 kV的油浸变压器的试验电压为( )。
- A. 15 kV                      B. 18 kV                      C. 21 kV                      D. 25 kV
94. 电力变压器大修后耐压试验的试验电压应按“交接和预防性试验电压标准”选择,标准中规定电压级次为3 kV的油浸变压器试验电压为( )。
- A. 5 kV                      B. 10 kV                      C. 15 kV                      D. 21 kV
95. 电力变压器大修后耐压试验的试验电压应按《交接和预防性试验电压标准》选择,标准中规定电压级次为0.3 kV的油浸变压器试验电压为( )。
- A. 1 kV                      B. 2 kV                      C. 5 kV                      D. 6 kV
96. 变压器在大修时无意中在绝缘中夹入了异物(非绝缘物),则在进行耐压试验时会( )。
- A. 完全正常                      B. 发生局部放电  
C. 损坏耐压试验设备                      D. 造成操作者人身伤害
97. 磁分路动铁式电焊变压器的原副绕组( )个铁心柱上。
- A. 应同心的套在一                      B. 分别套在两  
C. 副绕组的一部分与原绕组同心的套在一个铁心柱上,另一部分单独套在另一  
D. 原绕组的一部分与副绕组同心的套在一个铁心柱上,另一部分单独套在另一
98. 为了适应电焊工艺的要求,交流电焊变压器的铁心应( )。
- A. 有较大且可调的空气隙                      B. 有很小且不变的空气隙  
C. 有很小且可调的空气隙                      D. 没有空气隙
99. 带电抗器的电焊变压器供调节焊接电流的分接开关应接在电焊变压器的( )。

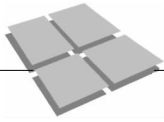
- A. 原绕组  
B. 副绕组  
C. 原绕组和副绕组  
D. 串联电抗器之后
100. 带电抗器的交流电焊变压器其原副绕组应( )。
- A. 同心的套在一个铁心柱上  
B. 分别套在两个铁心柱上  
C. 使副绕组套在原绕组外边  
D. 使原绕组套在副绕组外边
101. 进行变压器耐压试验时, 试验电压升到要求数值后, 应保持( ), 无放电或击穿现象为试验合格。
- A. 30 s  
B. 60 s  
C. 90 s  
D. 120 s
102. 变压器进行耐压试验时绝缘被击穿, 则可能是因为( )。
- A. 试验电压持续时间过短  
B. 试验电压偏低  
C. 绝缘老化  
D. 变压器分接开关未置于额定分接头
103. 为了提高中、小型电力变压器铁心的导磁性能, 减少铁损耗, 其铁心多采用( )制成。
- A. 0.35 mm 厚, 彼此绝缘的硅钢片叠装  
B. 整块钢材  
C. 2 mm 厚, 彼此绝缘的硅钢片叠装  
D. 0.5 mm 厚, 彼此不需绝缘的硅钢片叠装
104. 在检修中、小型电力变压器的绕组时, 若绝缘出现( )的现象, 必须更换绕组。
- A. 坚硬  
B. 稍有老化  
C. 颜色变深  
D. 用手按压绝缘物呈碳片脱落
105. 三相变压器并联运行时, 要求并联运行的三相变压器短路电压( ), 否则不能并联运行。
- A. 必须绝对相等  
B. 的差值不超过其平均值的 20%  
C. 的差值不超过其平均值的 15%  
D. 的差值不超过其平均值的 10%
106. 变压器的额定容量是指变压器在额定负载运行时( )。
- A. 原边输入的有功功率  
B. 原边输入的视在功率  
C. 副边输出的有功功率  
D. 副边输出的视在功率
107. 变压器负载运行时的外特性是指当原边电压和负载的功率因数一定时, 副边端电压与( )的关系。
- A. 时间  
B. 主磁通  
C. 负载电流  
D. 变压比
- 3.3 交流电动机拖动
108. 三相异步电动机同一相绕组的各个有效边在同性磁极下的电流方向应( )。
- A. 相同  
B. 相反  
C. 一半相同, 一半相反  
D. 随意
109. 三相异步电动机定子各相绕组在每个磁极下应均匀分布, 以达到( )的目的。





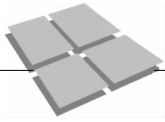
- A. 磁场均匀      B. 磁场对称      C. 增强磁场      D. 减弱磁场
110. 中、小型三相单速异步电动机定子绕组概念图中的每一个小方块代表定子绕组的一个( )。
- A. 线圈      B. 绕组      C. 极相组      D. 元件
111. 绘制三相单速异步电动机定子绕组接线圈时, 要先将定子槽数按极数均分, 每一等份代表( )电角度。
- A.  $90^\circ$       B.  $120^\circ$       C.  $180^\circ$       D.  $360^\circ$
112. 对照三相单速异步电动机的定子绕组, 画出实际的概念图, 若每相绕组都是顺着极相组电流箭头方向串联成的, 这个定子绕组接线( )。
- A. 一半接错      B. 全部接错  
C. 全部接对      D. 不能说明对错
113. 三相异步电动机定子绕组圆形接线参考图中, 沿圆周绘制了若干段带箭头的短圆弧线, 一段短圆弧线代表( )。
- A. 一相绕组      B. 一个线圈      C. 一个节距      D. 一个极相组
114. 一台三相异步电动机, 定子槽数为 36, 磁极数为 4, 定子每槽电角度是( )。
- A.  $15^\circ$       B.  $60^\circ$       C.  $30^\circ$       D.  $20^\circ$
115. 一台三相异步电动机, 磁极数为 4, 定子槽数为 24, 定子绕组形式为单层链式, 节距为 5, 并联支路数为 1, 在绘制绕组展开图时, 同相各线圈的连接方法应是( )。
- A. 正串联      B. 反串联      C. 正并联      D. 反并联
116. 三相异步时机定子各相绕组的电源的引出线应彼此相隔( )电角度。
- A.  $60^\circ$       B.  $90^\circ$       C.  $120^\circ$       D.  $180^\circ$
117. 在三相交流异步电动机定子上布置结构完全相同, 在空间位置上互差( )电角度的三相绕组, 分别通入三相对称交流电, 则在定子与转子的空气隙间将会产生旋转磁场。
- A.  $60^\circ$       B.  $90^\circ$       C.  $120^\circ$       D.  $180^\circ$
118. 在三相交流异步电动机定子上布置结构完全相同, 在空间位置上互差  $120^\circ$  电角度的三相绕组, 分别通入( ), 则在定子与转子的空气隙间将会产生旋转磁场。
- A. 直流电      B. 交流电  
C. 脉动直流电      D. 三相对称交流电
119. 在三相交流异步电动机定子绕组中通入三相对称交流电, 则在定子与转子的空气隙间产生的磁场是( )。
- A. 恒定磁场      B. 脉动磁场      C. 为零的合成磁场      D. 旋转磁场
120. 要使三相异步电动机的旋转磁场方向改变, 只需要改变( )。
- A. 电源电压      B. 电源相序      C. 电源电流      D. 负载大小
121. 要使三相异步电动机反转, 只要( )就能完成。

- A. 降低电压  
B. 降低制动  
C. 将任两根电源线对调  
D. 降低线路功率
122. 三相异步电动机的正反转控制关键是改变( )。  
A. 电源电压  
B. 电源相序  
C. 电源电流  
D. 负载大小
123. 三相鼠笼式异步电动机直接起动电流过大, 一般可达额定电流的( )倍。  
A. 2~3  
B. 3~4  
C. 4~7  
D. 10
124. 三相异步电动机采用 Y- $\Delta$  降压启动时, 启动转矩是  $\Delta$  接法全压启动时的( )倍。  
A.  $\sqrt{3}$   
B.  $\sqrt{3}/3$   
C.  $\sqrt{3}/2$   
D. 1/3
125. 异步电动机采用起动补偿器启动时, 其三相定子绕组的接法( )。  
A. 只能采用  $\Delta$  接法  
B. 只能采用 Y 接法  
C. 只能采用 Y/ $\Delta$  接法  
D.  $\Delta$  接法及 Y 接法都可以
126. 转子绕组串电阻起动适用于( )。  
A. 鼠笼式异步电动机  
B. 绕线式异步电动机  
C. 串励直流电动机  
D. 并励直流电动机
127. 三相异步电动机的调速方法有( )种。  
A. 2  
B. 3  
C. 4  
D. 5
128. 绕线式异步电动机的转子电路中串入一个调速电阻属于( )调速。  
A. 变极  
B. 变频  
C. 变转差率  
D. 变容
129. 三相异步电动机变级调速成的方法一般只适用于( )。  
A. 鼠笼式异步电动机  
B. 绕线式异步电动机  
C. 同步电动机  
D. 滑差电动机
130. 反接制动时, 旋转磁场反向转动, 与电动机的转动方向( )。  
A. 相反  
B. 相同  
C. 不变  
D. 垂直
131. 反接制动时, 旋转磁场与转子相对的运动速度很大, 致使定子绕组中的电流一般为额定电流的( )倍左右。  
A. 5  
B. 7  
C. 10  
D. 15
132. 三相异步电动机反接制动时, 采用对称制电阻接法, 可以在限制制动转矩的同时, 也限制了( )。  
A. 制动电流  
B. 起动电流  
C. 制动电压  
D. 起动电压
133. 三相异步电动机采用能耗制动, 切断电源后, 应将电动机( )。  
A. 转子回路串电阻  
B. 定子绕组两相绕组反接  
C. 转子绕组进行反接  
D. 定子绕组送入直流电
134. 三相异步电动机采用能耗制动时, 电源断开后, 同步电动机就成为( )被外接电阻短接的同步发电机。  
A. 电枢  
B. 励磁绕组  
C. 定子绕组  
D. 直流励磁绕组
135. 对存在机械摩擦和阻尼的生产机械和需要多台电动机同时制动的场合, 应采



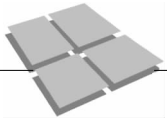
- 用( )制动。
- A. 反接                      B. 能耗                      C. 电容                      D. 再生发电
136. 三相变极双速异步电动机的连接方法常见的有( )。
- A. Y/ $\Delta$                       B. YY/ $\Delta$                       C. Y/Y                      D.  $\Delta$ / $\Delta$
137. 交流电动机在耐压试验中绝缘被击穿的原因可能是( )。
- A. 试验电压偏低                      B. 试验电压偏高  
C. 试验电压为交流                      D. 电动机没经过烘干处理
138. 交流电动机耐压试验中绝缘被击穿的原因可能是( )。
- A. 试验电压高于电动机额定电压两倍      B. 鼠笼式转子断条  
C. 长期停用的电动机受潮                      D. 转轴弯曲
139. 不会造成交流电动机绝缘被击穿的原因是( )。
- A. 电动机轴承内缺乏润滑油                      B. 电动机绝缘受潮  
C. 电动机长期过载运行                      D. 电动机长期过压运行
140. 耐压试验时的交流电动机应处于( )状态。
- A. 起动                      B. 正转运行                      C. 反转运行                      D. 静止
141. 交流电动机耐压试验的试验电压种类为( )。
- A. 直流                      B. 工频交流                      C. 高频交流                      D. 脉冲交流
142. 交流电动机作耐压试验时,对额定电压为 380 V,功率在 1~3 kW 以内的电动机,试验电压取( )。
- A. 500 V                      B. 1 000 V                      C. 1 500 V                      D. 2 000 V
143. 线绕式电动机的定子作耐压试验时,转子绕组应( )。
- A. 开路                      B. 短路                      C. 接地                      D. 严禁接地
144. 三相异步电动机制动的的方法一般有( )大类。
- A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5
145. 适用于电动机容量较大且不允许频繁起动的降压起动方法是( )。
- A. Y- $\Delta$                       B. 自耦变压器                      C. 定子串电阻                      D. 延边三角形
146. 三相异步电动机按转速高低划分,有( )种。
- A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5
147. 为了监视中、小型电力变压器的温度,可用( )的方法看其温度是否过高。
- A. 手背触摸变压器外壳  
B. 在变压器外壳上滴几滴冷水看是否立即沸腾蒸发  
C. 安装温度计于变压器合适位置  
D. 测变压器室的室温
148. 为了满足电焊工艺的要求,交流电焊机在额定负载时的输出电压应在( )左右。
- A. 85 V                      B. 60 V                      C. 30 V                      D. 15 V
149. 一台三相异步电动机,磁极对数为 2,定子槽数为 36,则极距是( )槽。

- A. 18                      B. 9                      C. 6                      D. 3
150. 三相对称负载接成三角形时,若某相的线电流为 1 A,则三相线电流的矢量和为( ) A。
- A. 3                      B.  $\sqrt{3}$                       C.  $\sqrt{2}$                       D. 0
151. 改变三相异步电动机的电源相序是为了使电动机( )。
- A. 改变旋转方向                      B. 改变转速  
C. 改变功率                      D. 降压起动
152. 三相异步电动机能耗制动时,电动机处于( )状态。
- A. 电动                      B. 发电                      C. 起动                      D. 调速
153. 用 YY/  $\Delta$ 接法的三相变极双速异步电动机变极调速时,调速前后电动机的( )基本不变。
- A. 输出转矩                      B. 输出转速                      C. 输出功率                      D. 磁极对数
154. 交流电动机做耐压试验时,试验时间应为( )。
- A. 30 s                      B. 60 s                      C. 3 min                      D. 10 min
155. 交流电动机耐压试验的目的是考核各相绕组之间及各相绕组对机壳之间的( )。
- A. 绝缘性能的好坏                      B. 绝缘电阻的大小  
C. 所耐电压的高低                      D. 绝缘的介电强度
156. 三相异步电动机降压起动的常见方法有( )种。
- A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5
157. 一台三相异步电动机,磁极数为 6,定子圆周对应的电角度为( )。
- A.  $18^\circ$                       B.  $36^\circ$                       C.  $108^\circ$                       D.  $216^\circ$
158. 三相单速异步电动机定子绕组概念图中每相绕组的每个极相组应( )着电流箭头方向连接。
- A. 逆                      B. 顺  
C. 1/3 顺着, 2/3 逆着                      D. 1/3 逆着, 2/3 顺
159. 三相交流电动机耐压试验中不包括( )之间的耐压。
- A. 定子绕组相与相                      B. 每相与机壳  
C. 线绕式转子绕组相与地                      D. 机壳与地
160. 额定电压为 380 V,功率在 1~3 kW 以内的电动机在耐压试验中绝缘被击穿,其原因可能是( )。
- A. 试验电压为 1 500 V                      B. 试验电压为工频  
C. 电动机线圈绝缘受损                      D. 电动机轴承磨损
161. 反转控制线路,在实际工作中最常用最可靠的是( )。
- A. 倒顺开关                      B. 接触器联锁  
C. 按钮联锁                      D. 按钮、接触器双重联锁
162. 交流测速发电机的定子上装有( )。



- A. 一个绕组  
B. 两个串联的绕组  
C. 两个并联的绕组  
D. 两个在空间相差  $90^\circ$  电角度的绕组
- 3.4 特种电动机
163. 在水轮发电机中, 如果  $n=100$  r/min, 则电动机应为( )对极。  
A. 10  
B. 30  
C. 50  
D. 100
164. 汽轮发电机的转子一般做成隐极式, 采用( )。  
A. 良好导磁性能的硅钢片叠加而成  
B. 良好导磁性能的高强度合金钢锻成  
C. 1~1.5 mm 厚的铜片冲制后叠成  
D. 整块铸钢或锻钢制成
165. 直流电焊机具有( )的特性。  
A. 平直  
B. 陡降  
C. 上升  
D. 稍有下降
166. 直流弧焊发电机由( )构成。  
A. 原动机和去磁式直流发电机  
B. 原动机和去磁式交流发电机  
C. 直流电动机和交流发电机  
D. 整流装置和调节装置
167. 直流弧焊发电机在使用中, 出现电刷下有火花且个别换向片有炭迹, 可能的原因是( )。  
A. 导线接触电阻过大  
B. 电刷盒的弹簧压力过小  
C. 个别电刷刷绳线断  
D. 个别换向片突出或凹下
168. 他励加串励式直流弧焊发动机焊接电流的粗调是靠( )来实现的。  
A. 改变他励绕组的匝数  
B. 调节他励绕组回路中串联电阻的大小  
C. 改变串励绕组的匝数  
D. 调节串励绕组回路中串联电阻的大小
169. 整流式电焊机是由( )构成的。  
A. 原动机和去磁式直流发电机  
B. 原动机和去磁式交流发电机  
C. 四只二极管  
D. 整流装置和调节装置
170. 整流式直流电焊机是通过( )来调节焊接电流的大小。  
A. 改变他励绕组的匝数  
B. 改变并励绕组的匝数  
C. 整流装置  
D. 调节装置
171. 整流式直流电焊机次级电压太低, 其故障原因可能是( )。  
A. 变压器初级线圈匝间短路  
B. 饱和电抗器控制绕组极性接反  
C. 稳压器谐振线圈短路  
D. 稳压器补偿线圈匝数不恰当
172. 整流式直流电焊机磁饱和电抗器的铁心由( )字形铁心组成。  
A. 一个“口”  
B. 三个“口”  
C. 一个“日”  
D. 三个“日”

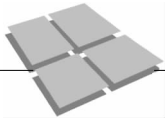
173. 为了满足电焊工艺的要求, 交流电焊机具有( )的特点。  
A. 平直                      B. 陡降                      C. 上升                      D. 稍有下降
174. 若要调大带电抗器的交流电焊机的焊接电流, 可将电抗器的( )。  
A. 铁心空气隙调大                      B. 铁心空气隙调小  
C. 线圈向内调                      D. 线圈向外调
175. 直流电焊机之所以不能被交流电焊机取代, 是因为直流电焊机具有( )  
优点。  
A. 制造工艺简单, 使用控制方便  
B. 电弧稳定, 可焊接碳钢、合金钢和有色金属  
C. 使用直流电源, 操作较安全  
D. 故障率明显低于交流电焊机
176. 与直流弧焊发电机相比, 整流式直流电焊机具有( )的特点。  
A. 制造工艺简单, 使用控制方便  
B. 制造工艺复杂, 使用控制不便  
C. 使用直流电源, 操作较安全  
D. 使用调速性能优良的直流电动机拖动, 使得焊接电流易于调整
177. 同步电动机的转子磁极上装有励磁绕组, 由( )励磁。  
A. 正弦交流电                      B. 三相对称交流电  
C. 直流电                      D. 脉冲电流
178. 同步电动机转子的励磁绕组作用是通电后产生一个( )磁场。  
A. 脉动                      B. 交变  
C. 极性不变但大小变化的                      D. 大小和极性都不变化的恒定
179. 同步电动机不能自行起动, 其原因( )。  
A. 本身无起动转矩                      B. 励磁绕组开路  
C. 励磁绕组串电阻                      D. 励磁绕组短路
180. 同步电动机的起动方法多采用( )起动方法。  
A. 降压                      B. 同步                      C. 异步                      D. Y- $\Delta$
181. 同步电动机的起动方法有同步起动法和( )起动法。  
A. 异步                      B. 反接                      C. 降压                      D. 升压
182. 异步启动时, 同步电动机的励磁绕组不能直接短路, 否则( )。  
A. 引起电流太大电动机发热  
B. 将产生高电势影响人身安全  
C. 将发生漏电影响人身安全  
D. 转速无法上升到接近同步转速, 不能正常起动
183. 同步电动机停车时, 如需进行电力制动, 最方便的方法是( )。  
A. 机械制动                      B. 反接制动                      C. 能耗制动                      D. 电磁抱闸
184. 三相同步电动机采用能耗制动时, 电源断开后, 保持转子励磁绕组的直流励



- 磁，同步电动机就成为电枢被外电阻短接的( )。
- A. 异步电动机                      B. 异步发电机  
C. 同步发电机                      D. 同步电动机
185. 三相同步电动机采用能耗制动时，电源断开后，保持转子励磁绕组的直流励磁，同步电动机就成为( )被外接电阻短路的同步发电机。
- A. 电枢                                  B. 励磁绕组  
C. 定子绕组                          D. 直流励磁绕组
186. 同步电动机能耗制动时，将运行中的定子绕组电源断开，并保留( )的直流励磁。
- A. 线路                      B. 定子                      C. 转子励磁绕组      D. 定子励磁绕组
187. 同步电动机采用能耗制动时，要将运行中的定子绕组电源断开，并保留转子励磁绕组的( )。
- A. 直流励磁              B. 交流励磁              C. 电压                      D. 交直流励磁
188. 同步电动机采用能耗制动时，将运行中的同步电动机定子绕组( )，并保留转子励磁绕组的直流励磁。
- A. 电源短路              B. 电源断开              C. 短路                      D. 串联
189. 在变电站中，专门用来调节电网的无功功率，补偿电网功率因数的设备是( )。
- A. 同步发电电动机      B. 同步补偿机              C. 同步电动机              D. 异步电动机
190. 我国研制的( )系列的高灵敏度直流测速发电机，其灵敏度比普通测速发电机高 1 000 倍，特别合适作为低速伺服系统中的速度检测元件。
- A. CY                              B. ZCF                      C. CK                              D. CYD
191. 测速发电机是一种能将旋转机械的转速变换成( )输出的小型发电机。
- A. 电流信号              B. 电压信号              C. 功率信号              D. 频率信号
192. 测速发电机在自动控制系统和计算装置中，常作为( )元件使用。
- A. 校正                      B. 控制                      C. 放大                      D. 电源
193. 目前较为理想的测速元件是( )测速发电机。
- A. 空心转子式                      B. 交流同步  
C. 永磁式                              D. 电磁式
194. 测速发电机在自动控制系统中常作为( )元件使用。
- A. 电源                      B. 负载                      C. 测速                      D. 放大
195. 直流测速电动机在负载电阻较小，转速较高时，输出电压随转速升高而( )。
- A. 增大                      B. 减小                      C. 不变                      D. 线性上升
196. 交流测速发电机的定子上装有( )。
- A. 一个绕组                              B. 两个串联的绕组  
C. 两个并联的绕组                      D. 两个在空间相差  $90^\circ$  电角度的绕组

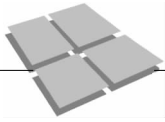






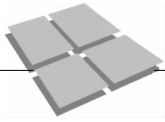
209. 交流伺服电动机的励磁绕组与( )相连。  
A. 信号电压      B. 信号电流      C. 直流电源      D. 交流电源
210. 电磁转差离合器的主要缺点是( )。  
A. 过载能力差      B. 机械特性曲线较软  
C. 机械特性曲线较硬      D. 消耗功率较大
211. 电磁转差离合器中,磁极的励磁绕组通入( )进行励磁。  
A. 直流电流      B. 非正弦交流电流  
C. 脉冲电流      D. 正弦交流电
212. 电磁调速异步电动机又称为( )。  
A. 交流异步电动机      B. 测速电动机  
C. 步进电动机      D. 滑差电动机
213. 电磁调速异步电动机的基本结构型式分为( )两大类。  
A. 组合式和分立式      B. 组合式和整体式  
C. 整体式和独立式      D. 整体式和分立式
214. 电磁调速异步电动机主要由一台单速或多速的三相笼型异步电动机和( )组成。  
A. 机械离合器      B. 电磁离合器      C. 电磁转差离合器      D. 测速发电机
215. 在电磁转差离合器中,如果电枢和磁极之间没有相对转速差时,( ),也就没有转矩去带动磁极旋转,因此取名为“转差离合器”。  
A. 磁极中不会有电流产生      B. 磁极就不存在  
C. 电枢中不会有趋肤效应产生      D. 电枢中就不会有涡流产生
216. 电磁转差离合器中,磁极的转速应该( )电枢的转速。  
A. 远大于      B. 大于      C. 等于      D. 小于
217. 改变电磁转差离合器( ),就可调节离合器的输出转矩和转速。  
A. 励磁绕组中的励磁电流      B. 电枢中的励磁电流  
C. 异步电动机的转速      D. 旋转磁场的转速
218. 在滑差电动机自动调速控制电路中,测速发电机主要作为( )元件使用。  
A. 放大      B. 被控      C. 执行      D. 检测
219. 使用电磁调速异步电动机自动调速时,为改变控制角 $\alpha$ 只须改变( )即可。  
A. 主电路的输入电压      B. 触发电路的输入电压  
C. 放大电路的放大倍数      D. 触发电路的输出电压
220. 同步电动机的起动方法有( )种。  
A. 2      B. 3      C. 4      D. 5
221. 交流测速发电机可分为( )两种。  
A. 空心杯转子和同步      B. 空心杯转子和永磁式  
C. 空心杯转子和电磁式      D. 永磁式和电磁式
222. 交流测速发电机的杯形转子是用( )材料做成的。

- A. 高电阻      B. 低电阻      C. 高导磁      D. 低导磁
223. 交流测速发电机的输出电压与( )成正比。  
A. 励磁电压频率    B. 励磁电压幅值    C. 输出绕组负载    D. 转速
224. 整流式直流弧焊机是利用整流装置将( )的一种电焊机。  
A. 交流电变成直流电      B. 直流电变成交流电  
C. 交流电变成交流电      D. 直流电变成直流电
225. 整流式直流电焊机焊接电流调节范围小, 其故障原因可能是( )。  
A. 变压器初级线圈匝间短路      B. 饱和电抗器控制绕组极性接反  
C. 稳压器谐振线圈短路      D. 稳压器补偿线圈匝数不恰当
226. 交流测速发电机的输出绕组与( )相连。  
A. 短路导线      B. 负载电阻      C. 高阻抗仪表      D. 低阻抗仪表
227. 异步电动机不希望空载或轻载的主要原因是( )。  
A. 功率因数低      B. 定子电流较大  
C. 转速太高有危险      D. 转子电流较大
228. 整流式直流电焊机焊接电流调节失灵, 其故障原因可能是( )。  
A. 变压器初级线圈匝间短路      B. 饱和电抗器控制绕组极性接反  
C. 稳压器谐振线圈短路      D. 稳压器补偿线圈匝数不恰当
229. 在使用电磁调速异步电动机调速时, 三相交流测速发电机的作用是( )。  
A. 将转速转变成直流电压      B. 将转速转变成单相交流电压  
C. 将转速转变成三相交流电压      D. 将三相交流电压转换成转速
230. 同步电动机采用能耗制动时, 要将运行中的同步电动机定子绕组电源( )。  
A. 短路      B. 断开      C. 串联      D. 并联
231. 同步电动机采用异步法启动时, 起动过程可分为( )大过程。  
A. 2      B. 3      C. 4      D. 5
232. 同步电动机一旦出现“失步”现象, 应立即( )。  
A. 切断电源      B. 提高电源电压    C. 去掉负载      D. 降低电源电压
233. 下列特种电动机中, 作为执行元件使用的是( )。  
A. 测速发电机    B. 伺服电动机    C. 自整角机      D. 旋转变压器
234. 使用电磁调速异步电动机调速时, 电磁离合器励磁绕组的直流供电是采用( )。  
A. 干电池      B. 直流发电机  
C. 桥式整流电路      D. 半波可控整流电路
235. 同步发电机他励式半导体励磁系统中的主励磁机是一个( )。  
A. 工频(50 Hz)的三相交流发电机    B. 中频(100 Hz)的三相交流发电机  
C. 直流发电机      D. 直流电动机
236. 双速电动机属于( )调速方法。  
A. 变频      B. 改变转差率      C. 改变磁极对数    D. 降低电压



237. 同步电动机启动时要将同步电动机的定子绕组通入( )。
- A. 交流电压      B. 三相交流电流      C. 直流电流      D. 脉动电流
238. 同步发电机的定子上装有一套在空间上彼此相差( )的三相对称绕组。
- A.  $60^\circ$       B.  $60^\circ$ 电角度      C.  $120^\circ$       D.  $120^\circ$ 电角度
239. 直流弧焊发电机在使用过程中出现焊机过热现象的原因可能是( )。
- A. 电枢线圈短路      B. 电刷盒的弹簧压力过小  
C. 换向器振动      D. 导线接触电阻过大
240. 中、小型单速异步电动机定子绕组概念图中, 每个小方块上面的箭头表示的是该段线圈组的( )。
- A. 绕向      B. 嵌线方向      C. 电流方向      D. 电流大小
241. 水轮发电机的转子一般用( )做成。
- A. 1~1.5 mm 厚的钢片冲制后叠成, 也可用整块铸钢或锻钢  
B. 1~1.5 mm 厚的硅钢片叠加  
C. 整块高强度合金钢  
D. 整块铸铁
242. 把封闭式异步电动机的凸缘端盖与离合器机座合并成为一个整体的叫( )电磁调速异步电动机。
- A. 组合式      B. 整体式      C. 分立式      D. 独立式
- 3.5 机床控制
243. 根据实物测绘机床电气设备电气控制原理图时, 同一电器的各元件( )。
- A. 要画在 1 处      B. 要画在 2 处  
C. 要画在 3 处      D. 根据需要画在多处
244. 按实物测绘机床电气设备控制线路的接线图时, 同一电器的各元件要画在( )处。
- A. 1      B. 2      C. 3      D. 多
245. C5225 车床的工作台电动机制动原理为( )。
- A. 反接制动      B. 能耗制动      C. 电磁离合器      D. 电磁抱闸
246. 对于 M7120 型磨床的液压泵电动机和砂轮升降电动机的正反转控制采用( )来实现。
- A. 点动      B. 点动互锁      C. 自锁      D. 互锁
247. M7120 型磨床的控制电路, 当具备可靠的( )后, 才允许起动砂轮和液压系统, 以保证安全。
- A. 交流电压      B. 直流电压      C. 冷却泵获电      D. 交流电流
248. 在 M7120 型磨床控制电路中, 为防止砂轮升降电动机的正反转线路同时接通, 故需要进行( )控制。
- A. 点动      B. 自锁      C. 联锁      D. 顺序
249. M7475B 磨床中的电磁吸盘在进行可调励磁时, 下列晶体管起作用的是

- ( )。
- A.  $V_1$                       B.  $V_2$                       C.  $V_3$                       D.  $V_4$
250. 对于 M7475B 型磨床, 工作台的移动采用( )控制。  
A. 点动                      B. 点动互锁                      C. 自锁                      D. 互锁
251. M7475B 磨床电磁吸盘退磁时, YH 中电流的频率等于( )。  
A. 交流电源频率                      B. 多谐振荡器的振荡频率  
C. 交流电源频率的两倍                      D. 零
252. Z37 摇臂钻床零压继电器的功能是( )。  
A. 失压保护                      B. 零励磁保护                      C. 短路保护                      D. 过载保护
253. Z37 摇臂钻床的摇臂回转是靠( )实现的。  
A. 电动机拖动                      B. 人工拉转                      C. 机械传动                      D. 自动控制
254. Z37 摇臂钻床的摇臂升、降开始前, 一定先使( )松开。  
A. 立柱                      B. 联锁装置                      C. 主轴箱                      D. 液压装置
255. 为防止 Z37 摇臂升、降电动机正反转继电器同时得电动作, 在其控制线路中采用( )种互锁保证安全的方法。  
A. 1                      B. 2                      C. 3                      D. 4
256. T68 卧式镗床常用( )制动。  
A. 反接                      B. 能耗                      C. 电磁离合器                      D. 电磁抱闸
257. T610 镗床工作台回转有( )种方式。  
A. 1                      B. 2                      C. 3                      D. 4
258. T610 镗床的主轴和平旋盘是通过改变( )的位置实现调速的。  
A. 钢球无级变速器                      B. 拖动变速器  
C. 测速发电机                      D. 限位开关
259. X62W 万能铣床工作台各个方向的限位保护是靠( )完成。  
A. 限位挡铁碰限位开关  
B. 限位挡铁碰撞操作手柄  
C. 限位挡铁任意碰限位开关或操作手柄  
D. 限位挡铁碰报警器, 提醒操作者
260. X62W 万能铣床的进给操作手柄的功能是( )。  
A. 只操纵电器                      B. 只操纵机械  
C. 操纵机械和电器                      D. 操纵冲动开关
261. 起重机各移动部分均采用( )作为行程限位保护。  
A. 反接制动                      B. 能耗制动                      C. 限位开关                      D. 电磁离合器
262. 起重机的升降控制线路属于( )控制线路。  
A. 点动                      B. 自锁                      C. 正反转                      D. 顺序控制
263. 桥式起重机采用( )实现过载保护。  
A. 热继电器                      B. 过流继电器



- C. 熔断器  
D. 空气开关的脱扣器
264. 起重机设备上的移动电动机和提升电动机均采用( )制动。  
A. 反接 B. 能耗 C. 电磁离合器 D. 电磁抱闸
265. 桥式起重机主钩电动机放下空钩时电动机工作在( )状态。  
A. 正转电动 B. 反转电动 C. 倒拉反转 D. 再生发电
266. 天车在工作过程中,如( )台电动机的电流超过允许值时,所有电动机都会脱离电源而停车。  
A. 一 B. 二 C. 三 D. 任何一
267. 根据实物测绘机床电气设备电气控制线路的布线图时,应按( )绘制。  
A. 实际尺寸 B. 比实际尺寸大 C. 比实际尺寸小 D. 一定比例
268. X62W 型万能铣床电气线路中采用了完备的电气联锁措施,主轴与工作台工作的先后顺序是( )。  
A. 工作台起动后,主轴才能起动 B. 主轴起动后,工作台才起动  
C. 工作台与主轴同时起动 D. 工作台快速移动后,主轴起动
269. X62W 型万能铣床左右进给手柄搬向右,工作台向右进给时,上下、前后进给手柄必须处于( )。  
A. 上位 B. 后位 C. 零位 D. 任意位置
270. 铣床高速切削后,停车很费时间,故采用( )制动。  
A. 电容 B. 再生 C. 电磁抱闸 D. 电磁离合器
271. 按实物测绘机床电气设备控制线路图时,应先绘制( )。  
A. 电气原理图 B. 框图 C. 接线图草图 D. 位置图
272. T610 镗床主轴电动机点动时,定子绕组接成( )。  
A. Y 形 B.  $\Delta$ 形 C. 双星形 D. 无要求
273. M7475B 磨床电磁吸盘在进行不可调励磁时,流过 YH 的电流是( )。  
A. 直流 B. 全波整流 C. 半波整流 D. 交流
274. 起重机上采用电磁抱闸制动的原理是( )。  
A. 电力制动 B. 反接制动 C. 能耗制动 D. 机械制动
275. T610 型卧式镗床主轴进给方式有快速进给、工作进给、点动进给、微调进给几种。进给速度的变换是靠( )来实现的。  
A. 改变进给装置的机械传动机构 B. 液压装置改变油路油压  
C. 电动机变速 D. 离合器变速
276. M7475B 磨床在磨削加工时,流过电磁吸盘线圈 YH 的电流是( )。  
A. 直流 B. 交流 C. 单向脉动电流 D. 锯齿形电流
277. 为克服起重机再生发电制动没有低速段的缺点,采用了( )方法。  
A. 反接制动 B. 能耗制动 C. 电磁抱闸 D. 单相制动
278. 在桥式起重机线路中,每台电动机的制动电磁铁都是在( )时制动。  
A. 电压升高 B. 电压降低 C. 通电 D. 断电

279. Z3050 型摇臂钻床的摇臂升降控制采用单台电动机的( )控制。

- A. 点动  
B. 点动互锁  
C. 自锁  
D. 点动、双重联锁

280. M7120 型磨床的电气联锁的工作原理是( )不能可靠动作,各电动机均无法起动。

- A. 电压继电器 KA  
B. 液压泵控制线圈 KM1  
C. 砂轮机接触器线圈 KM2  
D. 冷却泵电动机 M3

#### 4. 自动控制

1. 程序控制器大体上可分为( )大类。

- A. 2  
B. 3  
C. 4  
D. 5

2. 工业上通称的 PLC 机是指( )。

- A. 顺序控制器  
B. 工业控制器  
C. 可编程控制器  
D. PC 微型计算机

3. 采用比例调节器调速,避免了信号( )输入的缺点。

- A. 串联  
B. 并联  
C. 混联  
D. 电压并联电流串联

4. 采用电压微分负反馈后,自动调速系统的静态放大倍数将( )。

- A. 增大  
B. 减小  
C. 不变  
D. 互锁

5. 被控制量对控制量能有直接影响的调速系统称为( )调速系统。

- A. 开环  
B. 闭环  
C. 直流  
D. 交流

6. 直流发电机一直流电动机自动调速成系统在基速成以上调节直流电动机励磁电路的实质是( )。

- A. 改变电枢电压  
B. 改变励磁磁通  
C. 改变电路电阻  
D. 限制起动电流

7. 直流发电机一直流电动机调速系统中,若改变发电机的励磁磁通,则属于( )调速。

- A. 变励磁磁通  
B. 变电枢电压  
C. 变电源电压  
D. 改变磁极

8. 直流发电机一直流电动机调速系统采用变电枢电压调速时,实际转速( )额定转速。

- A. 等于  
B. 大于  
C. 小于  
D. 不小于

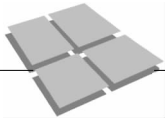
9. 直流发电机一直流电动机自动高速系统采用改变励磁磁通调速时,其实际转速应( )额定转速。

- A. 等于  
B. 大于  
C. 小于  
D. 不大于

10. 直流发电机一直流电动机自动调速系统中,正反转控制的过程可看成是( )阶段。

- A. 1  
B. 2  
C. 3  
D. 4

11. 在晶闸管调速系统中,当电流截止负反馈参与系统调节作用时,说明调速系统



主电路电流( )。

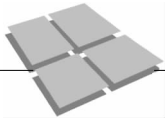
- A. 过大                      B. 正常                      C. 过小                      D. 为零
12. 电流正反馈自动调速电路中, 电流正反馈反映的是( )的大小。  
A. 电压                      B. 转速                      C. 负载                      D. 能量。
13. 为使闭环调速系统稳定工作又要保证良好的动、静态性能, 最好的方法是降低( )。  
A. 动态放大倍数    B. 静态放大倍数    C. 负载电流                      D. 负载电压
14. 转速负反馈调速系统中, 给定电压和反馈电压是( )。  
A. 反极性串联        B. 反极性并联        C. 顺极性串联                      D. 顺极性并联
15. 直流发电机一直流电动机自动调速系统中, 发电机的剩磁电压约是额定电压的( )%。  
A. 2~5                      B. 5                      C. 10                      D. 15
16. LC 振荡器中, 为容易起振而引入的反馈属于( )。  
A. 负反馈                      B. 正反馈                      C. 电压反馈                      D. 电流反馈
17. 直流发电机一直流电动机自动调速系统的调速常采用( )种方式。  
A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5
18. 带有电流截止负反馈环节的调速系统, 为使电流截止负反馈参与调节后机械特性曲线下垂段更陡一些, 应把反馈取样电阻阻值选得( )。  
A. 大一些                      B. 小一些                      C. 接近无穷大                      D. 接近零
19. 电流截止负反馈在交磁电动机扩大机自动调速系统中起( )作用。  
A. 限流                      B. 减少电阻                      C. 增大电压                      D. 增大电流
20. 转速负反馈调速系统中, 给定电压和反馈电压是( )。  
A. 反极性串联        B. 反极性并联        C. 顺极性串联                      D. 顺极性并联

### 5. 相关知识

1. 千斤顶是一种手动的小型起重和顶压工具, 常用的有( )种。  
A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5
2. 滑轮用来起重或迁移各种较重设备或部件, 起重高度在( )m 以下。  
A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5
3. 起吊设备时, 只允许( )指挥, 同时指挥信号必须明确。  
A. 1 人                      B. 2 人                      C. 3 人                      D. 4 人
4. 焊剂使用前必须( )。  
A. 烘干                      B. 加热                      C. 冷却                      D. 脱皮
5. 气焊低碳钢应采用( )火焰。  
A. 氧化焰                      B. 轻微氧化焰  
C. 中性焰或轻微碳化焰                      D. 中性焰或轻微氧化焰
6. 常见焊接缺陷按其焊缝中的位置不同, 可分为( )种。  
A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5

7. 焊条保温筒分为( )种。  
A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5
8. 焊接电缆的作用是( )。  
A. 绝缘                      B. 降低发热量                      C. 传导电流                      D. 保证接触良好
9. 低氢型焊条一般在常温下超过( )小时, 应重新烘干。  
A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5
10. 根据国标规定, 低氢型焊条一般在常温下超过 4 h, 应重新烘干, 烘干次数不超过( )次。  
A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5
11. 氩弧焊是利用惰性气体( )的一种电弧焊接方法。  
A. 氧                      B. 氢                      C. 氩                      D. 氮
12. 焊接时接头根部未完全熔透的现象叫( )。  
A. 气孔                      B. 未熔合                      C. 焊接裂纹                      D. 未焊透
13. 检查焊缝外观质量时, 用以测量对接和角接接头是否符合标准要求的专用工具是( )。  
A. 通用量具                      B. 样板                      C. 万能量规                      D. 正弦规
14. 焊缝表面缺陷的检查, 可用表面探伤的方法来进行, 常用的表面探伤的方法有( )种。  
A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5
15. 部件的装配略图是( )的依据。  
A. 画零件图                      B. 画装配图                      C. 总装图                      D. 设备安装图
16. 部件的装备略图可作为拆卸零件后( )的依据。  
A. 画零件图                      B. 重新装配成部件                      C. 画总装图                      D. 安装零件
17. 部件测绘时, 首先要对部件( )。  
A. 画零件图                      B. 拆卸成零件                      C. 画装配图                      D. 分析研究
18. 物流管理属于生产车间管理的( )。  
A. 生产计划管理                      B. 生产现场管理                      C. 作业管理                      D. 现场设备管理
19. 每次排除常用电气设备的电气故障后, 应及时总结经验, 并( )。  
A. 作好维修记录                      B. 清理现场  
C. 通电试验                      D. 移交操作者使用
20. 电气设备用高压电动机, 其定子绕组绝缘电阻为( )时, 方可使用。  
A. 0.5 M $\Omega$                       B. 0.38 M $\Omega$                       C. 1 M $\Omega$                       D. 1 M $\Omega$
21. 在保证电动机性能的前提下, 合理选择电动机的( ), 能达到节能的效果。  
A. 电压等级                      B. 电流等级                      C. 功率等级                      D. 温升等级
22. 为了提高设备的功率因数, 常在感性负载的两端( )。  
A. 串联电容器                      B. 并联适当的电容器  
C. 串联电感                      D. 并联适当的电感





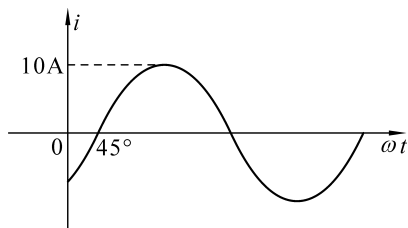
23. 为了提高设备的功率因数，常在感性负载的两端( )。
- A. 串联适当的电容器                      B. 并联适当的电容器  
C. 串联适当的电感                         D. 并联适当的电感
24. 降低电力线路的( )，可节约用电。
- A. 电流                      B. 电压                      C. 供电损耗                      D. 电导
25. 电气设备的所有整定数值大小应( )电路的实用要求。
- A. 符合                      B. 大于                      C. 小于                      D. 不等于
26. 在检查电气设备故障时，( )只适用于降压极小的导线及触头之类的电器故障。
- A. 短接法                      B. 电阻测量法                      C. 电压测量法                      D. 外表检查法
27. 检修电气故障的同时，还应检查( )。
- A. 是否存在机械、液压部分故障  
B. 指示电路是否存在故障  
C. 照明电路是否存在故障  
D. 机械联锁装置和开关装置是否存在故障
28. 检修后的电气设备，其绝缘电阻要合格，在经( )检测合格后方能满足电路的要求。
- A. 检测直流电阻                      B. 加大截面积  
C. 通电试验                      D. 断电试验
29. 工厂企业供电系统的日负荷波动较大时，将影响供电设备效率，而使线路的功率损耗增加。所以应调整( )，以达到节约用电的目的。
- A. 线路负荷                      B. 设备负荷                      C. 线路电压                      D. 设备电压
30. 使用两根绳起吊一个重物，当起吊绳与吊钩垂线的夹角为( )时，起吊绳受力是所吊重物的重量。
- A.  $0^\circ$                       B.  $30^\circ$                       C.  $45^\circ$                       D.  $60^\circ$
31. 零件测绘时，对于零件上的工艺结构，如倒角圆等，( )。
- A. 可以省略                      B. 不可以省略  
C. 不标注                      D. 不应画在图上
32. 生产作业的管理属于车间生产管理的( )。
- A. 生产作业控制                      B. 生产计划管理  
C. 生产现场管理                      D. 物流管理
33. 埋弧焊是电弧在焊剂下燃烧进行焊接的方法，分为( )种。
- A. 2                      B. 3                      C. 4                      D. 5
34. 生产第一线的质量管理叫( )。
- A. 生产现场管理                      B. 生产现场质量管理  
C. 生产现场设备管理                      D. 生产计划管理
35. 在感性负载的两端并联适当的电容器，是为了( )。

- A. 减小电流      B. 减小电压      C. 增大电压      D. 提高功率因数
36. 更换或修理各种继电器时, 其型号、规格、容量、线圈电压及技术指标, 应与原图纸要求( )。
- A. 稍有不同      B. 相同      C. 可以不同      D. 随意确定

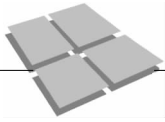
## 二、判断题

### 1. 电工基础

- ( ) 1. 采用正负消去法可以消除系统误差。
- ( ) 2. 解析法是用三角函数式表示正弦交流电的一种方法。
- ( ) 3. 戴维宁定理最适用于求复杂电路中某一条支路的电流。
- ( ) 4. 利用戴维宁定理, 可把一个含源二端网络等效成一个电源。
- ( ) 5. 正弦交流电的有效值、频率、初相位都可运用符号法从代数式中求出来。
- ( ) 6. 如图所示正弦交流电的瞬时值表示式为  $i = 10\sin(\omega t + 45^\circ)$  A。



- ( ) 7. 在纯电感电路中欧姆定律的符号形式是  $\dot{U} = \omega L \dot{I}$ 。
- ( ) 8. 在交流电路中功率因数  $\cos \Phi$  = 有功功率/(有功功率+无功功率)。
- ( ) 9. 三相对称负载为 $\Delta$ 形连接, 若每相负载的阻抗为  $10 \Omega$ , 接在线电压为  $380 \text{ V}$  的三相交流电路中, 则电路的线电流为  $38 \text{ A}$ 。
- ( ) 10. 负载的功率因数大, 说明负载对电能的利用率高。
- ( ) 11. 测量检流计内阻时, 必须采用准确度较高的电桥去测量。
- ( ) 12. 在 MOS 门电路中, 欲使 NMOS 管导通可靠, 栅极所加电压应小于开启电压  $U_{\text{TN}}$ 。
- ( ) 13. 多级放大电路, 要求信号在传输的过程中失真要小。
- ( ) 14. 差动放大电路既可以双端输入, 又可以单端输入。
- ( ) 15. 在三相半波可控整流电路中, 若  $\alpha > 30^\circ$ , 输出电压波形连续。
- ( ) 16. 数字集成电路比由分立元件组成的数字电路具有可靠性高和微型化的优点。
- ( ) 17. 高电位用“1”表示, 低电位用“0”表示, 称为正逻辑。
- ( ) 18. 单结晶体管具有单向导电性。
- ( ) 19. 在单结晶体管触发电路中, 单结晶体管工作在关状态。
- ( ) 20. 单向半波可控整流电路, 无论输入电压极性如何改变, 其输出电压极性不会改变。
- ( ) 21. 晶闸管的通态平均电压越大越好。

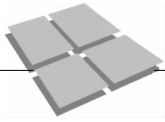


- ( ) 22. 晶闸管加正向电压，触发电流越大，越容易导通。
- ( ) 23. 晶闸管无论加多大正向阳极电压，均不导通。
- ( ) 24. 晶体管触发电路要求触发功率较大。
- ( ) 25. 在三相半波可控整流电路中，若触发脉冲在自然换相点加入，输出电压波形变为缺相波形。
- ( ) 26. 对于长期不使用的示波器，至少 10 个月应通电 5 min 一次。
- ( ) 27. 单臂直流电桥主要用来精确测量电阻值。
- ( ) 28. 直流双臂电桥在使用过程中，动作要迅速，以免烧坏检流计。
- ( ) 29. 电桥使用完毕后应将检流计的锁扣锁住，防止搬动电桥时检流计的悬丝被振坏。
- ( ) 30. 绝对不准用电桥测量检流计的内阻。
- ( ) 31. 在交流电路中视在功率就是电源提供的总功率，它等于有功功率与无功功率之和。
- ( ) 32. 三相负载星形连接时，中线上的电流一定为零。
- ( ) 33. 低频信号发生器开机后需加热 30 min 后方可使用。
- ( ) 34. 若使动圈式电焊变压器的焊接电流为最小，应使原、副绕组间的距离最大。
- ( ) 35. 晶闸管的通态平均电流大于 200 A，外部均为平板式。
- ( ) 36. 低频信号发生器是由振荡器、功率放大器、直流稳压电源及电压表等部分组成的。
- ( ) 37. 在实际工作中整流二极管和稳压二极管可互相代替。
- ( ) 38. 非门电路只有一个输入端，一个输出端。
- ( ) 39. 用戴维宁定理解决任何复杂电路问题都方便。
- ( ) 40. 对用电器来说提高功率因数，就是提高用电器的效率。
- ( ) 41. 桥式起重机的大车、小车和副钩电动机一般采用电磁制动器制动。
- ( ) 42. 实际工作中，放大三极管与开关三极管不能相互替换。
- ( ) 43. 一正弦交流电的有效值是 10 V，频率为 50 Hz，初相位为  $-30^\circ$ ，它的解析式是  $i = 14 \sin(100t - 30^\circ) \text{ A}$ 。
- ( ) 44. 利用戴维宁定理，可把一个含源二端网络等效成一个电源的方法。
- ( ) 45. 发现电桥的电池电压不足时应及时更换，否则将影响电桥的灵敏度。
- ( ) 46. 光点在示波器荧光屏一个地方长期停留，该点将受损老化。
- ( ) 47. 使用检流计时，一定要保证被测电流从“+”端流入，“-”端流出。
- ( ) 48. 电压负反馈调速系统静态特性要比同等放大倍数的转速负反馈调速系统好些。
- ( ) 49. 单向全波可控整流电路，可通过改变控制角大小改变输出负载电压。
- ( ) 50. 功放管的散热问题，是功率放大器基本技术要求之一。
- ( ) 51. 采用降低供用电设备的有功功率措施，也可以提高功率因数。

- ( )52. 单相全波可控整流电路, 晶闸管导通角  $\theta$  越小, 输出平均电压越高。
- ( )53. 普通示波器所要显示的是被测电压信号随频率而变化的波形。

## 2. 电器知识

- ( )1. BG-5 型晶体管功率方向继电器为零序方向时, 可用于接地保护。
- ( )2. 晶体管时间继电器也称半导体时间继电器或电子式时间继电器, 是自动控制系统的元件。
- ( )3. 接近开关作为位置开关, 由于精度高, 只适合于操作频繁的设备。
- ( )4. 接近开关功能用途除行程控制和限位保护外, 还可检测金属的存在、高速计数、测速、定位、变换运动方向、检测零件尺寸、液面控制及用作无触点按钮等。
- ( )5. 小容量交流电器多采用多断点电动力综合灭弧。
- ( )6. 直流电弧从燃烧到熄灭的暂态过程中, 会因回路存在恒定电感的作用出现过电压现象, 破坏线路和设备的绝缘。
- ( )7. 接触器触头为了保持良好接触, 允许涂以质地优良的润滑油。
- ( )8. 互感器是电力系统中变换电压或电流的重要元件, 其工作可靠性对整个电力系统具有重要意义。
- ( )9. 电流互感器是将高压系统中的电流或低压系统中的大电流变成低压标准的小电流 (5 A 或 1 A)。
- ( )10. 电压互感器作交流耐压试验时, 次级绕组试验电压为 1 000 V, 次级绕组可单独进行, 也可与二次回路一起进行。
- ( )11. 利用隔离开关断口的可靠绝缘能力, 使需要检修的高压设备或高压线路与带电的设备或带电线路隔离, 造成一个明显的断开点, 以保证工作人员安全地检修。
- ( )12. LJ 形接近开关比 JLXK 系列普通位置开关触头对数更多。
- ( )13. 接触器为保证触头磨损后仍能保持可靠地接触, 应保持一定数值的超程。
- ( )14. 只要牵引电磁铁额定电磁吸引力一样, 额定行程相同, 而通电持续率不同, 两者在应用场合的适应性上就是相同的。
- ( )15. 隔离开关作为交流耐压试验应先进行基本试验, 如合格再进行交流耐压试验。
- ( )16. 高压隔离开关, 实质上就是能耐高压的闸刀开关, 没有专门的灭弧装置, 所以只有微弱的灭弧能力。
- ( )17. 高压断路器是供电系统中最重要的控制和保护电器。
- ( )18. 高压断路器交流工频耐压试验是保证电气设备耐电强度的基本试验, 属于破坏性试验的一种。
- ( )19. 型号为 FW4-10/200 的户外柱上负荷开关, 额定电压 10 kV, 额定电流 200 A, 主要用于 10 kV 电力系统, 在规定负荷电流下接通和切断线路。

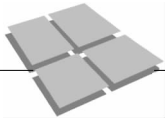


- ( ) 20. 高压 10 kV 负荷开关, 经 1 000 V 兆欧表测得绝缘电阻不少于 1 000 M $\Omega$ , 才可以做交流耐压试验。
- ( ) 21. 高压负荷开关虽有简单的灭弧装置, 其灭弧能力有限, 但可切断短路电流。
- ( ) 22. 直流耐压试验比交流耐压试验更容易发现高压断路器的绝缘缺陷。
- ( ) 23. 高压负荷开关经其基本试验完全合格后, 方能进行交流耐压试验。
- ( ) 24. 额定电压 10 kV 油断路器绝缘电阻的测试, 不论哪部分一律采用 2 500 V 兆欧表进行。
- ( ) 25. 接近开关是晶体管无触点开关。
- ( ) 26. 绝缘有明显缺陷的高压开关, 严禁再做交流耐压试验。
- ( ) 27. 开关电路触头间在断开后产生电弧, 此时触头虽已分开, 但由于触头间存在电弧, 电路仍处于通路状态。
- ( ) 28. 继电器触头容量很小, 一般 5 A 以下的属于小电流电器。
- ( ) 29. 额定电压 10 kV 的隔离开关, 大修后进行交流耐压试验, 其试验电压标准为 10 kV。
- ( ) 30. 高压断路器作交流耐压试验时, 升至试验电压标准后, 持续时间越长, 越容易发现缺陷。
- ( ) 31. 变压器负载运行时, 副绕组的感应电动势、漏抗电动势和电阻压降共同与副边输出电压相平衡。
- ( ) 32. 高压互感器分高压电压互感器和高压电流互感器两大类。
- ( ) 33. 交流耐压试验对隔离开关来讲是检验隔离开关绝缘强度最严格、最直接、最有效的试验方法。
- ( ) 34. 高压负荷开关与高压隔离开关结构上很相似, 在断路状态下都具有明显可见的断开点。
- ( ) 35. 电弧是一种气体放电的特殊形式。
- ( ) 36. 高压熔断器是人为的在电网中设置一个最薄弱的发热元件, 当过负荷电流或短路电流流过该元件时, 利用其熔体本身产生的热量将自己熔断, 从而使电路断开, 达到保护电网和电气设备的目的。

### 3. 电动机与拖动

- ( ) 1. 由于直流电焊机应用的是直流电源, 因此是目前使用最广泛的一种电焊机。
- ( ) 2. 直流弧焊发电机与交流电焊机相比, 结构较复杂。
- ( ) 3. 直流弧焊发电机电刷磨损后, 应同时换掉全部电刷。
- ( ) 4. 直流弧焊发电机焊接电流的调节是靠调节铁心的空气隙的大小来实现的。
- ( ) 5. 由于整流式直流电焊机仅由六只二极管组成, 所以其成本很低。
- ( ) 6. 整流式直流电焊机应用的是交流电源, 因此使用较方便。
- ( ) 7. 整流式直流电焊机是一种直流弧焊电源设备。

- ( )8. 整流式直流电焊机控制电路中有接触不良故障时会使焊接电流不稳定。
- ( )9. 交流电焊机为了保证容易起弧,应具有 100 V 的空载电压。
- ( )10. 电焊机使用中出現环火时,仍可继续使用。
- ( )11. 电源电压过低会使整流式直流弧焊机次级电压太低。
- ( )12. 变压器负载运行时的效率特性在直角坐标系中的图像是第一象限内以原点为始点的一条射线。
- ( )13. 变压器耐压试验的目的是检查绕组对地绝缘和对另一绕组之间的绝缘。
- ( )14. 10 kV 的油浸电力变压器大修后,耐压试验的试验电压为 30 kV。
- ( )15. 变压器负载运行时效率等于其输入功率除以输出功率。
- ( )16. 变压器负载运行时,原边电流包含有励磁分量和负载分量。
- ( )17. 中小型电力变压器无载调压分接开关的调节范围是其额定输出电压的  $\pm 15\%$ 。
- ( )18. 中、小型电力变压器按铁心结构的基本形式分为芯式和壳式两种,其中芯式变压器的结构特点是绕组包围铁心。
- ( )19. 在中、小型电力变压器的定期检查中,若通过贮油柜的玻璃油位表能看到深褐色的变压器油,说明该变压器运行正常。
- ( )20. 在中、小型电力变压器的定期检查中,若发现呼吸干燥器中的变色硅胶全部为蓝色,则说明变色硅胶已失效,需更换或处理。
- ( )21. 只要是原、副边额定电压有效值相等的三相变压器,就可将多台三相变压器并联运行。
- ( )22. 如果变压器绕组之间绝缘装置不适当,可通过耐压试验检查出来。
- ( )23. 直流电动机在运行时,在电刷与换向器表面之间常有火花产生,火花通常出现在换向器离开电刷的一侧。
- ( )24. 直流并励发电机建立电势的两个必要条件是:①主磁极必须有剩磁,②励磁电流产生的磁通方向必须与剩磁方向相反。
- ( )25. 直流发电机在电枢绕组元件中产生的是交流电动势,只是由于加装了换向器和电刷装置,才能输出直流电动势。
- ( )26. 串励直流电动机启动时,常用减小电枢电压的方法来限制启动电流。
- ( )27. 直流电动机启动时,常在电枢电路中串入附加电阻,其目的是为了增大启动转矩。
- ( )28. 直流串励电动机的机械特性为软特性,主要用于转速要求恒定的场合。
- ( )29. 在小型串励直流电动机上,常采用改变励磁绕组的匝数或接线方式来实现调磁调速。
- ( )30. 并励直流电动机的励磁绕组匝数多,导线截面较大。
- ( )31. 并励直流电动机启动时,常用减小电枢电压和电枢回路串电阻两种方法。
- ( )32. 能耗制动的制动力矩与通入定子绕组中的直流电成正比,因此电流越大



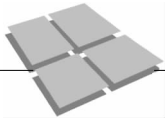
越好。

- ( ) 33. 直流电动机进行能耗制动时，必须将所有的电源切断。
- ( ) 34. 直流电动机改变励磁磁通调速是通过改变励磁电流的大小来实现的。
- ( ) 35. 笼型异步电动机的笼型转子断条是耐压试验中电动机绝缘被击穿的原因之一。
- ( ) 36. 绕线式异步电动机不能直接起动。
- ( ) 37. 只要在绕线式电动机的转子电路中接入一个调速电阻，改变电阻的大小，就可平滑调速。
- ( ) 38. 要使三相绕线式异步电动机的起动转矩为最大转矩，可以用在转子回路中串入合适电阻的方法来实现。
- ( ) 39. 绘制三相异步电动机定子绕组展开图时，应顺着电流方向把同相线圈连接起来。
- ( ) 40. 一台三相异步电动机，磁极数为 4，转子旋转一周为  $360^\circ$  电角度。
- ( ) 41. 电源容量在  $180 \text{ kV} \cdot \text{A}$  以上，电动机容量在  $7 \text{ kW}$  以下的三相异步电动机可直接起动。
- ( ) 42. 三相异步电动机定子绕组同相线圈之间的连接应顺着电流方向进行。
- ( ) 43. 三相电动机接在同一电源中，做  $\Delta$  形连接时的总功率是作 Y 形连接时的 3 倍。
- ( ) 44. 只要在三相交流异步电动机的每相定子绕组中都通入交流电流，便可产生定子旋转磁场。
- ( ) 45. 三相异步电动机产生旋转磁场的条件，一是在定子上布置有结构完全相同，在空间位置互差  $120^\circ$  电角度的三相绕组；二是向这三个绕组中通入三个交流电流。
- ( ) 46. 由可控硅整流器和可控硅逆变器组成的变频调速装置，可使鼠笼式异步电动机无级调速。
- ( ) 47. 三相电动机的机械制动一般常采用电磁抱闸制动。
- ( ) 48. 三相异步电动机正反转控制线路，采用接触器联锁最可靠。
- ( ) 49. 三相异步电动机的变极调速属于无级调速。
- ( ) 50. 耐压试验时的交流电动机必须处于静止状态。
- ( ) 51. 同步电动机与异步电动机一样，主要是由定子和转子两部分组成。
- ( ) 52. 同步电动机主要分同步发电机和同步电动机两类。
- ( ) 53. 同步电动机本身没有起动转矩，所以不能自行起动。
- ( ) 54. 同步电动机能耗停车时，不需另外的直流电源设备。
- ( ) 55. 同步电动机停车时，如需电力制动，最常见的方法是反接制动。
- ( ) 56. 对于重载起动的同步电动机，启动时应将励磁绕组电压调到额定值。
- ( ) 57. 同步补偿机实际上就是一台满载运行的同步电动机。
- ( ) 58. 异步启动时，同步电动机的励磁绕组不准开路，也不能将励磁绕组直接

短路。

- ( ) 59. 同步电动机停车时, 如需进行电力制动, 最常用的方法是能耗制动。
- ( ) 60. 当在同步电动机的定子三相绕组中通入三相对称交流电流时, 将会产生电枢旋转磁场, 该磁场的旋转方向取决于三相交流电流的初相角大小。
- ( ) 61. 测速发电机分为交流和直流两大类。
- ( ) 62. 直流测速发电机的结构与直流伺服电动机基本相同, 原理与直流发电机相似。
- ( ) 63. 永磁式测速发电机的转子是用永久磁铁制成的。
- ( ) 64. 直流伺服电动机实质上就是一台自励式直流电动机。
- ( ) 65. 交流伺服电动机的转子通常做成笼型, 但转子的电阻比一般异步电动机大得多。
- ( ) 66. 交流伺服电动机电磁转矩的大小取决于控制电压的大小。
- ( ) 67. 电磁转差离合器中, 磁极的励磁绕组通入的是正弦交流电流。
- ( ) 68. 滑差电动机自动调速线路主要由主电路、放大电路和控制电路组成。
- ( ) 69. 在滑差电动机自动调速线路中, 三相交流测速发电机可将转速变为三相交流电压, 经三相桥式整流和电容滤波后, 由电阻分压得到反馈电压。
- ( ) 70. 要保证两台电动机 M1 起动后, M2 才能起动的要求, 只要将 M2 的控制线路与接触器 KM1 的线圈并联后再与 KM1 的自锁触头串联即可。
- ( ) 71. 反接制动由于制动时对电动机产生的冲击比较大, 因此应串入限流电阻, 而且仅用于小功率异步电动机。
- ( ) 72. M7475B 平面磨床的线路中, 当零压继电器 KA1 不工作, 就不能起动砂轮电动机。
- ( ) 73. M7475B 平面磨床的工作台左右移动是点动控制。
- ( ) 74. T610 卧式镗床的钢球无级变速器达到极限位置, 拖动变速器的电动机应自动停车。
- ( ) 75. 铣床在高速切削后, 停车很费时间, 故采用能耗制动。
- ( ) 76. 机械驱动的起重机械中必须使用钢丝绳。
- ( ) 77. 测绘较复杂机床电气设备电气控制线路图时, 应按实际位置画出电路原理图。
- ( ) 78. 同步发电机运行时, 必须在励磁绕组中通入直流电来励磁。
- ( ) 79. 交流测速发电机的主要特点是其输出电压与转速成正比。
- ( ) 80. 直机电动机灰尘大及受潮是其在耐压试验中被击穿的主要原因之一。
- ( ) 81. 同步电动机一般采用异步起动法。
- ( ) 82. Z37 摇臂钻床的摇臂回转是靠电动机拖动实现的。
- ( ) 83. 磁吹式灭弧装置中的磁吹线圈利用扁铜线弯成, 且并联在电路中。
- ( ) 84. 直流电动机的运行是可逆的, 即一台直流电动机既可作发电机运行, 又可作电动机运行。



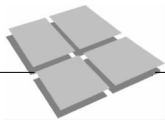


- ( ) 85. 不论直流发电机还是直流电动机, 其换向极绕组都应与主磁极绕组串联。
- ( ) 86. 要改变直流电动机的转向, 只要同时改变励磁电流方向及电枢电流的方向即可。
- ( ) 87. 在 X62W 型万能铣床电气线路中采用了两地控制方式, 其控制按钮是按串联规律连接。
- ( ) 88. 进行变压器高压绕组的耐压试验时, 应将高压边的各相线端连在一起, 接到试验机高压端子上, 低压边的各相线端也连在一起, 并和油箱一齐接地, 试验电压即加在高压边与地之间。
- ( ) 89. 如果变压器绕组绝缘受潮, 在耐压试验时会使绝缘击穿。
- ( ) 90. 直流电动机中的换向器用以产生换向磁场, 以改善电动机的换向。
- ( ) 91. 电磁转差离合器的主要优点是它的机械特性曲线较软。
- ( ) 92. 交流电动机耐压试验的目的是考核各相绕组之间及各相绕组对机壳之间的绝缘性能好坏, 以确保电动机安全运行及操作人员的安全。
- ( ) 93. 并励直流电动机采用反接制动时, 经常是将正在电动运行的电动机电枢绕组反接。
- ( ) 94. 三相电力变压器并联运行可提高供电的可靠性。
- ( ) 95. 变压器耐压试验的目的是检查绕组对地绝缘及和另一绕组间的绝缘。
- ( ) 96. 直流伺服电动机不论是他励式还是永磁式, 其转速都是由信号电压控制的。
- ( ) 97. 根据现有部件(或机器)画出其装配图和零件图的过程, 称为部件测绘。
- ( ) 98. 当变压器带感性负载时, 副边端电压随负载电流的增大而下降较快。
- ( ) 99. 三相变压器连接时, Y, d 连接方式的三相变压器可接成组标号为“0”的连接组别。
- ( ) 100. 交流电焊机为了保证容易起弧, 应具有 100 V 的空载电压。
- ( ) 101. 直流电动机一般都允许全电压直接起动。
- ( ) 102. 电动机定子绕组相与相之间所能承受的电压叫耐压。
- ( ) 103. 作直流电动机耐压试验时, 加在被试部件上的电压应由零迅速上升到额定试验电压值, 并维持 1 min, 再将电压迅速减小到零, 切断电源, 对被试部件进行放电后, 即算试验合格。
- ( ) 104. Z3050 型钻床, 摇臂升降电动机的正反转控制继电器, 不允许同时得电动作, 以防止电源短路事故发生, 在上升和下降控制电路中只采用了接触器的辅助触头互锁。
- ( ) 105. 直流电动机中的主磁极, 其作用是通入交流励磁电流, 产生主磁场。
- ( ) 106. 直流伺服电动机的优点是具有线性的机械特性, 但起动转矩不大。
- ( ) 107. 直流电动机启动时, 必须限制起动电流。
- ( ) 108. T68 型卧式镗床常采用能耗制动。

- ( )109. 中、小型三相变极双速异步电动机, 欲使极对数改变一倍, 只要改变定子绕组的接线, 使其中一半绕组中的电流反向即可。
- ( )110. 交流测速发电机可分为永磁式和电磁式两种。
- ( )111. 转速负反馈调速系统能够有效地抑制一切被包围在负反馈环内的扰动作用。
- ( )112. 直流测速发电机由于存在电刷和换向器的接触结构, 所以寿命较短, 对无线电有干扰。
- ( )113. 交流伺服电动机的励磁绕组与信号电压相连。
- ( )114. 交流电动机作耐压试验时, 试验电压应从零逐步升高到规定的数值, 历时 5 min 后, 再逐步减小到零。
- ( )115. 交流耐压试验是高压电器最后一次对绝缘性能的检验。
- ( )116. 改变三相异步电动机磁极对数的调速称为变极调速。
- ( )117. 若使动圈式电焊变压器的焊接电流为最小, 应使原、副绕组间的距离最大。
- ( )118. 直流耐压试验比交流耐压试验更容易发现高压断路器的绝缘缺陷。
- ( )119. 为改善直流电动机的换向, 在加装换向极时应使换向极磁路饱和。
- ( )120. 在直流发电机——直流电动机自动调速系统中, 直流发电机能够把励磁绕组输入的较小电信号转换成强功率信号。
- ( )121. 桥式起重机各移动部分均采用限位开关作为行程开关和限位保护。

#### 4. 相关知识

- ( )1. 焊丝使用前必须除去表面的油、锈等污物。
- ( )2. 采用电弧焊时, 电流大小的调整取决于工件的厚度。
- ( )3. 采用电弧焊时, 焊条直径主要取决于焊接工件的厚度。
- ( )4. 焊接过程中, 形成穿孔缺陷的原因是对焊件加热过甚。
- ( )5. 生产过程的组织是车间生产管理的基本内容。
- ( )6. 常用电气设备的维修应包括日常维护保养和故障检修两个方面。
- ( )7. 机床电器装置的各种衔铁应无卡阻现象, 灭弧罩完整、清洁并安装牢固。
- ( )8. 在机械驱动的起重机械中严禁使用麻绳。
- ( )9. 机床电器装置的所有触点均应完整、光洁、接触良好。
- ( )10. 零件测绘是根据已有零件画出其零件图和装配图的过程。
- ( )11. 焊条必须在干燥通风良好的室内仓库中存放。
- ( )12. 降低电力线路和变压器等电气设备的供电损耗, 是节约电能的主要途径之一。

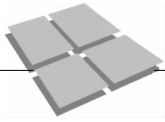


## 附录 D 中级维修电工模拟试题(一)

### 一、选择题(每题 1 分, 共 60 分)

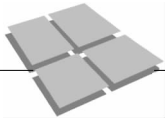
1. 一电流源的内阻为  $2\ \Omega$ , 但把它等效变换成  $10\ \text{V}$  的电压源时, 电流源的电流是( )。  
A.  $5\ \text{A}$                       B.  $2\ \text{A}$                       C.  $10\ \text{A}$                       D.  $2.5\ \text{A}$
2. 一正弦交流电的有效值为  $10\ \text{A}$ , 频率为  $50\ \text{Hz}$ , 初相位为  $-30^\circ$ , 它的解析式为( )。  
A.  $i=10\sin(314t+30^\circ)\text{A}$                       B.  $i=10\sin(314t-30^\circ)\text{A}$   
C.  $i=10\sqrt{2}\sin(314t-30^\circ)\text{A}$                       D.  $i=10\sqrt{2}\sin(50t+30^\circ)\text{A}$
3. 相量  $U=100e^{-j50^\circ}\ \text{V}$  的解析式为( )。  
A.  $U=100\sqrt{2}\sin(\omega t-60^\circ)\text{V}$                       B.  $U=100\sin(\omega t-60^\circ)\text{V}$   
C.  $U=100\sin(\omega t+60^\circ)\text{V}$                       D.  $U=100\sqrt{2}\sin(\omega t+60^\circ)\text{V}$
4. 在  $RLC$  串联电路中, 视在功率  $P_S$ , 有功功率  $P$ , 无功功率  $P_{qc}$  和  $P_{ql}$  四者的关系是( )。  
A.  $P_S=P+P_{ql}+P_{qc}$                       B.  $P_S=P+P_{ql}-P_{qc}$   
C.  $P_S^2=P^2+(P_{ql}-P_{qc})^2$                       D.  $P_S^2=P^2+(P_{ql}+P_{qc})^2$
5. 三相对称负载作三角形连接时, 相电流是  $10\ \text{A}$ , 线电流与相电流最接近的值是( )  $\text{A}$ 。  
A. 14                      B. 17                      C. 7                      D. 20
6. 低频信号发生器的低频振荡信号由( )振荡器产生。  
A.  $LC$                       B. 电感三点式                      C. 电容三点式                      D.  $RC$
7. 低频信号发生器开机后, ( )即可使用。  
A. 很快                      B. 加热  $1\ \text{min}$   
C. 加热  $20\ \text{min}$                       D. 加热  $1\ \text{min}$
8. 用单臂直流电桥测量电感线圈直流电阻时, 应( )。  
A. 先按下电源按钮, 再按下检流计按钮  
B. 先按下检流计按钮, 再按下电源按钮  
C. 同时按下电源按钮和检流计按钮  
D. 无需考虑按下电源按钮和检流计按钮的先后顺序
9. 发现示波管的光点太亮时, 应调节( )。  
A. 聚焦旋钮                      B. 辉度旋钮                      C. Y 轴增幅旋钮                      D. X 轴增幅旋钮

10. 直流双臂电桥要尽量采用容量较大的蓄电池，一般电压为( )。
- A. 2 V~4 V      B. 6 V~9 V      C. 9 V~12 V      D. 12 V~24 V
11. 对于长期不使用的示波器，至少( )个月通电一次。
- A. 3      B. 4      C. 6      D. 10
12. 判断检流计线圈的通断( )来测量。
- A. 用多用电表的  $R \times 1$  挡      B. 用多用电表的  $R \times 1\,000$  挡  
C. 用电桥      D. 不能用多用电表或电桥直接
13. 变压器负载运行时，原边电源电压的相位超前于铁心中主磁通的相位，且略大于( )。
- A.  $180^\circ$       B.  $90^\circ$       C.  $60^\circ$       D.  $30^\circ$
14. 提高企业用电负荷的功率因数，变压器的电压调整率将( )。
- A. 不变      B. 减小      C. 增大      D. 基本不变
15. 三相变压器并联运行时，要求并联运行的三相变压器变比( )，否则不能并联运行。
- A. 必须绝对相等      B. 的误差不超过  $\pm 0.5\%$   
C. 的误差不超过  $\pm 5\%$       D. 的误差不超过  $\pm 10\%$
16. 整流式直流电焊机磁饱和电抗器的铁心由( )字形铁心组成。
- A. 一个“口”      B. 三个“口”      C. 一个“日”      D. 三个“日”
17. 整流式直流电焊机次级电压太低，其故障原因可能是( )。
- A. 变压器初级线圈匝间短路      B. 饱和电抗器控制线组级性接反  
C. 稳压器谐振线圈短路      D. 稳压器补偿线圈匝数不恰当
18. 在中、小型电力变压器的定期检查维护中，若发现变压器箱顶油面温度与室温之差超过( )，说明变压器过载或变压器内部已发生故障。
- A.  $35^\circ\text{C}$       B.  $55^\circ\text{C}$       C.  $105^\circ\text{C}$       D.  $120^\circ\text{C}$
19. 进行变压器耐压试验时，若试验中无击穿现象，要把变压器试验电压均匀降压，大约在 5 s 内降低到试验电压的( )或更小，再切断电源。
- A.  $15\%$       B.  $25\%$       C.  $45\%$       D.  $55\%$
20. 电力变压器大修后耐压试验的试验电压应按《交接和预防性试验电压标准》选择标准中规定电压级次为 6 kV 的油浸变压器的试验电压为( )。
- A. 15 kV      B. 18 kV      C. 21 kV      D. 25 kV
21. 异步启动时，同步电动机的励磁绕组不能直接短路，否则( )。
- A. 引起电流太大电动机发热  
B. 将产生高电势影响人身安全  
C. 将发生漏电影响人身安全  
D. 转速无法上升到接近同步转速，不能正常起动
22. 对于没有换向极的小型直流电动机，带恒定负载向一个方向旋转，为了改善换向，可将其电刷自几何中性面处沿电枢转向( )。

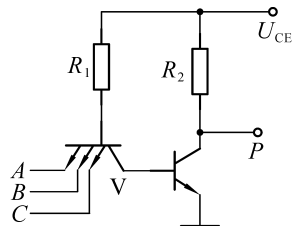


- A. 向前适当移动  $\beta$  角  
B. 向后适当移动  $\beta$  角  
C. 向前转  $90^\circ$   
D. 向后移到主磁极轴线上
23. 我国研制的( )系列的高灵敏度直流测速发电机, 其灵敏度比普通测速发电机高 1 000 倍, 特别合适作为低速伺服系统中的速度检测元件。  
A. CY                      B. ZCF                      C. CK                      D. CYD
24. 直流永磁测速发电机( )。  
A. 不需另加励磁电源                      B. 需加励磁电源  
C. 需加交流励磁电源                      D. 需加直流励磁电源
25. 低惯量直流伺服电动机( )。  
A. 输出功率大                      B. 输出功率小  
C. 对控制电压反应快                      D. 对控制电压反应快
26. 他励式直流伺服电动机的正确接线方式是( )。  
A. 定子绕组接信号电压, 转子绕组接励磁电压  
B. 定子绕组接励磁电压, 转子绕组接信号电压  
C. 定子绕组和转子绕组都接信号电压  
D. 定子绕组和转子绕组都接励磁电压
27. 电磁调速异步电动机的基本结构型式分为( )两大类。  
A. 组合式和分立式                      B. 组合式和整体式  
C. 整体式和独立式                      D. 整体式和分立式
28. 在滑差电动机自动调速控制电路中, 测速发电机主要作为( )元件使用。  
A. 放大                      B. 被控                      C. 执行                      D. 检测
29. 使用电磁调速异步电动机自动调速时, 为改变控制角  $\alpha$  只须改变( )即可。  
A. 主电路的输入电压                      B. 触发电路的输入电压  
C. 放大电路的放大倍数                      D. 触发电路的输出电压
30. 交磁电动机扩大机直轴电枢反应磁通的方向为( )。  
A. 与控制磁通方向相同                      B. 与控制磁通方向相反  
C. 垂直与控制磁通                      D. 不确定
31. 交流电动机作耐压试验时, 对额定电压为 380 V, 功率在 1~30 W 以内的电动机, 试验电压取( )V。  
A. 500                      B. 1 000                      C. 1 500                      D. 2 000
32. 功率在 1 kW 以上的直流电动机作耐压试验时, 成品试验电压为( )V。  
A.  $2U_N + 1 000$                       B.  $2U_N + 500$                       C. 1 000                      D. 2 000
33. 采用单结晶体管延时电路的晶体管时间继电器, 其延时电路由( )等部分组成。  
A. 延时环节、监幅器、输出电路、电源和指示灯  
B. 主电路、辅助电源、双稳态触发器及其附属电路  
C. 振荡电路、记数电路、输出电路、电源

- D. 电磁系统、触头系统
34. 下列关于高压断路器用途的说法正确的是( )。
- A. 切断空载电流  
B. 控制分断或接通正常负荷电流  
C. 既能切换正常负荷又可切除故障，同时承担着控制和保护双重任务  
D. 接通或断开电路空载电流，严禁带负载拉闸
35. 高压 10 kV 及以下隔离开关交流耐压试验的目的是( )。
- A. 可以准确地测出隔离开关绝缘电阻值  
B. 可以准确地考验隔离开关的绝缘强度  
C. 使高压隔离开关操作部分更灵活  
D. 可以更有效地控制电路分合状态
36. 对于过滤及新加油的高压断路器，必须等油中气泡全部逸出后才能进行交流耐压试验，一般需静止( )h 左右，以免油中气泡引起放电。
- A. 5                      B. 4                      C. 3                      D. 10
37. FN4-10 型真空负载开关是三相户内高压电器设备，在出厂做交流耐压试验时，应选用交流耐压试验标准电压( )kV。
- A. 42                      B. 20                      C. 15                      D. 10
38. 额定电压 3 kV 的互感器在进行大修后做交流耐压实验，应选交流耐压试验标准为( )kV。
- A. 10                      B. 15                      C. 28                      D. 38
39. 磁吹式灭火装置的磁吹灭火能力与电弧电流的大小关系是( )。
- A. 电弧电流越大磁吹灭弧能力越小  
B. 无关  
C. 电弧电流越大磁吹灭弧能力越强  
D. 没有固定规律
40. RW3-10 型户外高压熔断器作为小容量变压器的前级保护安装在室外，要求熔丝管底端对地面距离以( )m 为宜。
- A. 3                      B. 3.5                      C. 4                      D. 4.5
41. SN10-10 系列少油断路器中的油是起灭弧作用，两导电部分和灭弧室的对地绝缘是通过( )来实现的。
- A. 变压器油              B. 绝缘框架              C. 绝缘拉杆              D. 支持绝缘子
42. 三相鼠笼式异步电动机直接起动电流过大，一般可达额定电流的( )倍。
- A. 2~3                      B. 3~4                      C. 4~7                      D. 10
43. 三相异步电动机反接制动时，采用对称制电阻接法，可以在限制制动转矩时同时，也限制了( )。
- A. 制动电流              B. 起动电流              C. 制动电压              D. 起动电压
44. 绕线式异步电动机的转子电路中串入一个调速电阻属于( )调速。



- A. 变极                      B. 变频                      C. 变转差率                      D. 变容
45. 直流电动机电枢回路电阻调速, 当电枢回路电阻增大, 其转速( )。
- A. 升高                      B. 降低                      C. 不变                      D. 不一定
46. 三相同步电动机采用能耗制动时, 电源断开后保持转子励磁绕组的直流励磁, 同步电动机就成为电枢被外电阻短接的( )。
- A. 异步电动机                      B. 异步发电机                      C. 同步发电机                      D. 同步电动机
47. 三相异步电动机变级调速成的方法一般只适用于( )。
- A. 鼠笼式异步电动机                      B. 绕线式异步电动机  
C. 同步电动机                      D. 滑差电动机
48. 他励直流电动机改变放置方向常采用( )来完成。
- A. 电枢反接法                      B. 励磁绕组反接法  
C. 电枢、励磁绕组同时反接                      D. 断开励磁绕组, 电枢绕组反接
49. 直流发电机-直流电动机自动调速成系统在基速成以上调节直流电动机励磁电路的实质是( )。
- A. 电枢反接法                      B. 改变励磁磁通  
C. 改变电路电阻                      D. 限制起动电流
50. 直流发电机-直流电动机调速系统中, 若改变发电机的励磁磁通, 则属于( )调速。
- A. 变励磁磁通                      B. 变电枢电压  
C. 变电源电压                      D. 改变磁极
51. 阻容耦合多级放大电路的输入电阻等于( )。
- A. 第一级输入电阻                      B. 各级输入电阻之和  
C. 各级输入电阻之积                      D. 末级输入电阻
52. 差动放大电路的作用是( )信号。
- A. 放大共模                      B. 放大差模  
C. 抑制共模                      D. 抑制共模, 又放大差模
53. 一个硅二极管反向击穿电压为 150 V, 则其最高反向工作电压为( )。
- A. 大于是 150 V                      B. 略小于 150 V  
C. 不得超过 40 V                      D. 等于 70 V
54. 在脉冲电路中, 应选择( )的三极管。
- A. 放大功能强                      B. 开头速度快  
C. 集电极最大耗散功率高                      D. 价格便宜
55. 如图所示电路中 V 为多发射极三极管, 该电路的输入输出的逻辑关系是( )。
- A.  $P=A+B+C$   
B.  $P=A \cdot B \cdot C$   
C.  $P=\overline{A \cdot B \cdot C}$



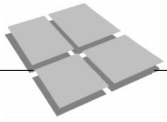
$$D. P = \overline{A+B+C}$$

56. 普通晶闸管由中间  $P$  层引出的电极是( )。
- A. 阳极                  B. 门极                  C. 阴极                  D. 无法确定
57. 三相全波可控整流电路的变压器次级中心抽头, 将次级电压分为( )两部分。
- A. 大小相等, 相位相反                  B. 大小相等, 相位相同  
C. 大小不等, 相位相反                  D. 大小不等, 相位相同
58. 千斤顶是一种手动的小型起重和顶压工具, 常用的有( )种。
- A. 2                          B. 3                          C. 4                          D. 5
59. 检修后的电气设备, 其绝缘电阻要合格, 在经( )检测合格后方能满足电路的要求。
- A. 检测直流电阻                          B. 加大截面积  
C. 通电试验                                  D. 断电试验
60. 为了提高设备的功率因数, 常在感性负载的两端( )。
- A. 串联电容器                                  B. 并联适当的电容器  
C. 串联电感                                      D. 并联适当的电感

## 二、判断题(每题 2 分, 共 40 分)

- ( ) 61. 采用正负消去法可以消除系统误差。
- ( ) 62. 测量检流计内阻时, 必须采用准确度较高的电桥去测量。
- ( ) 63. 交流电焊机为了保证容易起弧, 应具有 100 V 的空载电压。
- ( ) 64. 如果变压器绕组之间绝缘装置不适当, 可通过耐压试验检查出来。
- ( ) 65. 三相异步电动机定子绕组同相线圈之间的连接应顺着电流方向进行。
- ( ) 66. 交流伺服电动机电磁转矩的大小取决于控制电压的大小。
- ( ) 67. BG-5 型晶体管功率方向继电器为零序方向时, 可用于接地保护。
- ( ) 68. 接近开关功能用途除行程控制和限位保护外, 还可检测金属的存在、高速计数、测速、定位、变换运动方向、检测零件尺寸、液面控制及用作无触点按钮等。
- ( ) 69. 接触器为保证触头磨损后仍能保持可靠地接触, 应保持一定数值的超程。
- ( ) 70. 反接制动由于制动时对电动机产生的冲击比较大, 因此应串入限流电阻, 而且仅用于小功率异步电动机。
- ( ) 71. M7475B 型平面磨床的线路中, 当零压继电器 KA1 不工作, 就不能起动砂轮电动机。
- ( ) 72. 数字集成电路比由分立元件组成的数字电路具有可靠性高和微型化的优点。
- ( ) 73. 高电位用“1”表示, 低电位用“0”表示, 称为正逻辑。
- ( ) 74. 晶闸管加正向电压, 触发电流越大, 越容易导通。





- ( )75. 单晶体管具有单向导电性。
- ( )76. 单向半波可控整流电路，无论输入电压极性如何改变，其输出电压极性不会改变。
- ( )77. 焊丝使用前必须除去表面的油、锈等污物。
- ( )78. 采用电弧焊时，电流大小的调整取决于工件的厚度。
- ( )79. 生产过程的组织是车间生产管理的基本内容。
- ( )80. 常用电气设备的维修应包括日常维护保养和故障检修两个方面。

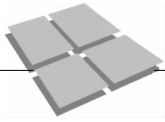
## 附录 E 中级维修电工模拟试题(二)

### 一、选择题(每题 1 分, 共 80 分)

- 应用戴维宁定理分析含源二端网络的目的是( )。  
A. 求电压  
B. 求电源  
C. 求电动势  
D. 用等效电源代替二端网络
- 电动势为 10 V, 内阻为  $2\ \Omega$  的电压源变换成电流源时, 电流源的电流和内阻是( )。  
A. 10 A,  $2\ \Omega$       B. 20 A,  $2\ \Omega$       C. 5 A,  $2\ \Omega$       D. 2 A,  $5\ \Omega$
- 某台电动机的效率高, 说明电动机( )。  
A. 做功多  
B. 功率大  
C. 功率因数大  
D. 本身功率损耗小
- 在星形连接的三相对称电路中, 相电流与线电流的相位关系是( )。  
A. 相电流超前线电流  $30^\circ$   
B. 相电流滞后线电流  $30^\circ$   
C. 相电流与线电流同相  
D. 相电流滞后线电流  $60^\circ$
- 用单臂直流电桥测量电感线圈的直流电阻时, 应( )。  
A. 先按下电源按钮, 再按下检流计按钮  
B. 先按下检流计按钮, 再按下电源按钮  
C. 同时按下电源按钮和检流计按钮  
D. 无须考虑先后顺序
- 电桥使用完毕后, 再将检流扣锁上以防( )。  
A. 电桥出现误差  
B. 破坏电桥平衡  
C. 震动时振坏检流计  
D. 电桥的灵敏度降低
- 三相对称负载接成三角形时, 若某相的线电流为 1 A, 则三相线电流的矢量和为( )。  
A. 3      B.  $\sqrt{3}$       C.  $\sqrt{2}$       D. 0
- 一台三相变压器的连接组别为 Y, yn0, 其中“yn”表示变压器的( )。  
A. 低压绕组为有中性线引出的星形连接  
B. 低压绕组为星形连接, 中性点需接地  
C. 高压绕组为有中性线引出的星形连接  
D. 高压绕组为星形连接, 中性点需接地, 但不引出中性线
- 三相变压器并联运行时, 要求并联运行的三相变压器比( ), 否则不能运行。  
A. 必须绝对相等      B. 的误差不超过  $\pm 0.5\%$

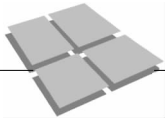


- 着级相组电流箭头方向串联成的，这个定子绕组接线( )。
- A. 一半接错      B. 全部接错      C. 全部接对      D. 不能说明对错
22. 现代发电厂的主体设备是( )。
- A. 直流发电电动机      B. 同步发电机      C. 异步发电机
23. 同步电动机的转子磁极上装有励磁绕组，由( )励磁。
- A. 正弦交流电      B. 三相对称交流电      C. 直流电      D. 脉冲电流
24. 同步电动机转子的励磁绕组作用是通电后产生一个( )磁场。
- A. 脉动      B. 交变  
C. 极性不变但大小变化的      D. 大小和极性都不变化的恒定
25. 复励发电机的两个励磁绕组产生的磁通方向相反时，称为( )电动机。
- A. 平复励      B. 过复励      C. 积复励      D. 差复励
26. 大、中型直流电动机的主极绕组一般用( )制成。
- A. 漆包铜线      B. 绝缘铝线      C. 扁铜线      D. 扁铝线
27. 直流发电机电枢上产生的电动势是( )。
- A. 直流电动势      B. 交变电动势  
C. 脉冲电动势      D. 非正弦交变电动势
28. 一直流电动机的磁极绕组过热，怀疑并励绕组部分短路，可用( )测量每个磁极绕组，找出电阻值低的绕组进行修理。
- A. 多用电表欧姆挡      B. 电桥      C. 兆欧表      D. 摇表
29. 测速发电机在自动控制系统中常作为( )元件使用。
- A. 电源      B. 负载      C. 测速      D. 放大
30. 目前较为理想的测速元件是( )测速发电机。
- A. 空心杯转子      B. 交流同步      C. 永磁式      D. 电磁式
31. 直流永磁式测速发电机又称为( )。
- A. 不需另加励磁电源      B. 需要励磁电源  
C. 需要交流励磁电压      D. 需要直流励磁电压
32. 电磁调速异步电动机又称为( )。
- A. 交流异步电动机      B. 测速电动机      C. 步进电动机      D. 滑差电动机
33. 电磁转差离合器中，磁极的转速应该( )电枢的转速。
- A. 远大于      B. 大于      C. 等于      D. 小于
34. 被控制量对控制量能有直接影响的调速系统称为( )调速系统。
- A. 开环      B. 闭环      C. 直流      D. 交流
35. 交磁电动机扩大机直轴电枢反应磁通的方向为( )。
- A. 与控制磁通方向相同      B. 与控制磁通方向相反  
C. 垂直于控制磁通      D. 不确定
36. 交流电动机扩大机的去磁绕组工作时应通入( )。
- A. 直流电流      B. 交流电流      C. 脉冲电流      D. 脉动电流
37. 不会造成交流电动机绝缘被击穿的原因是( )。

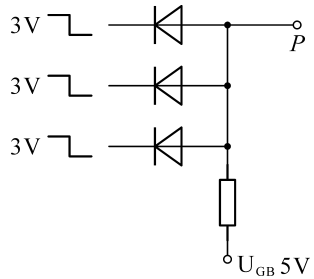


- A. 电动机轴承内缺乏润滑油  
B. 电动机绝缘受潮  
C. 电动机长期过载运行  
D. 电动机长期过压运行
38. 直流电动机耐压试验的目的是考核( )。  
A. 导电部分的对地绝缘强度  
B. 导电部分之间的绝缘强度  
C. 导电部分对地绝缘电阻大小  
D. 导电部分所耐电压的高低
39. 做直流电动机耐压试验时, 加在被试部件上的是电压由零上升至额定试验电压值后, 应维持( )。  
A. 30 s  
B. 60 s  
C. 3 min  
D. 6 min
40. 直流电动机在耐压试验中绝缘被击穿的原因可能是( )。  
A. 换向器内部绝缘不良  
B. 试验电压为交流  
C. 试验电压偏高  
D. 试验电压偏低
41. 晶体管时间继电器消耗的功率( )电磁式时间继电器消耗的功率。  
A. 小于  
B. 等于  
C. 大于  
D. 远大于
42. 晶体管功率继电器 BG4、BG5 型的电气原理框图由( )组成。  
A. 输入部分、相敏电路、晶体管势行电路  
B. 输入电路和势行电路  
C. 电子管势行和相敏电路  
D. 电子管输入电路和电子管输出电路
43. 高压 10 kV 断路器经大修后做交流耐压试验, 应通过工频试验变压器加( ) kV 的试验电压。  
A. 15  
B. 38  
C. 42  
D. 20
44. 高压 10 kV 隔离开关的主要用途是( )。  
A. 供高压电气设备在无负载而有的电压情况下分合电路之用, 检修时作电源隔离  
B. 切断正常负载电路  
C. 接通正常负载电路  
D. 既能分合正常负载又能切断故障电路
45. DN3-10 型户内多油断路器在合闸状态下进行耐压试验时合格, 在分闸进行交流耐压时, 当电压升至试验电压一半时, 却出现跳闸击穿, 且有油的“劈啪”声, 其绝缘击穿原因是( )。  
A. 油箱中的变压器油含有水分  
B. 绝缘拉杆受潮  
C. 支柱绝缘子有破损  
D. 断路器动静触头距离过大
46. 高压断路器和高压负荷开关在交流耐压试验时, 标准电压数值均为( ) kV。  
A. 10  
B. 20  
C. 15  
D. 38
47. 对高压隔离开关进行交流耐压试验, 在选择标准试验电压时应为 38 kV, 其加压法在 1/3 试验电压前可以稍快, 其后升压应按每秒( )试验电压均匀升压。  
A. 5%  
B. 10%  
C. 3%  
D. 8%
48. 电压互感器将系统的电压变为( )V 的标准电压。

- A. 100 或  $100/\sqrt{3}$     B. 50    C. 36    D. 220
49. 陶土金属栅片灭弧是利用( )的原理。  
 A. 窄缝冷却电弧    B. 电动力灭弧  
 C. 铜片易导电易散热    D. 串联短弧降压和去离子栅片灭弧
50. 直流电弧稳定燃烧的条件是( )。  
 A. 输入气隙的能量大于因冷却而输出的能量  
 B. 输入气隙的能量等于因冷却而输出的能量  
 C. 没有固定规律  
 D. 输入气隙的能量小于因冷却而输出的能量
51. 接触器检修后由于灭弧装置损坏, 该接触器( )使用。  
 A. 仍可使用    B. 不能  
 C. 在额定电流下可以    D. 短路故障下也可以
52. 检修 SN10-10 高压少油断路器时, 根据检修规程应测断路器可动部分的绝缘电阻, 应选取额定电压( )兆欧表进行绝缘电阻遥测。  
 A. 250 V    B. 500 V    C. 2 500 V    D. 1 000 V
53. 测量电磁铁线圈的直流电阻应采用( )仪器仪表进行测量。  
 A. 欧姆表    B. 多用电表    C. 电桥    D. 伏安表法
54. 三相鼠笼异步电动机起动电流过大, 一般可达额定电流的( )倍。  
 A. 2~3    B. 3~4    C. 4~7    D. 10
55. 改变直流电动机励磁绕组的级性是为了改变( )。  
 A. 电压的大小    B. 电流的大小    C. 磁场方向    D. 电动机转向
56. 同步电动机不能自行起动, 其原因是( )。  
 A. 本身无起动转矩    B. 励磁绕组开路    C. 励磁绕组串电阻    D. 励磁绕组短路
57. 异步电动机采用起动补偿器启动时, 其三相定子绕组的接法( )。  
 A. 只能采用三角形接法    B. 只能采用星形接法  
 C. 只能采用星型/三角形接法    D. 三角形接法及星形接法都可以
58. 要使三相异步电动机反转, 只要( )就能完成。  
 A. 降低电压    B. 降低电流  
 C. 将任两根电源线对调    D. 降低线路功率
59. 反接制动时, 旋转磁场与转子相对的运动速度很大, 致使定子绕组中的电流一般为额定电流的( )倍左右。  
 A. 5    B. 7    C. 10    D. 15
60. 串励直流电动机启动时, 不能( )起动。  
 A. 串电阻    B. 降低电枢电压    C. 空载    D. 有载
61. 使并励直流电动机改变旋转方向的方法有( )种。  
 A. 2    B. 3    C. 4    D. 5
62. 同步电动机采用能耗制动时, 将运行中的同步电动机定子绕组( ), 并保留转子励磁绕组的直流励磁。



- A. 电源短路      B. 电源短开      C. 开路      D. 串联
63. 程序控制器大体可分为( )大类。  
A. 2      B. 3      C. 4      D. 5
64. 对于 M7475B 型磨床, 工作台的移动采用( )控制。  
A. 电动      B. 点动互锁      C. 自锁      D. 互锁
65. 采用电压微分负反馈后, 自动调速系统的静态放大倍数将( )。  
A. 增大      B. 减小      C. 不变      D. 先增大后减小
66. Z37 型摇臂钻床零压继电器的功能是( )。  
A. 失压保护      B. 零励磁保护      C. 短路保护      D. 过载保护
67. 放大电路的静态工作点, 是指输入信号( )三极管的工作点。  
A. 为零时      B. 为正时      C. 为负时      D. 很小时
68. 放大电路采用负反馈后, 下列说法不正确的是( )。  
A. 放大能力提高了      B. 放大能力降低了  
C. 通频带展宽了      D. 非线性失真件小了
69. 乙类推挽功率放大器, 易产生的失真是( )。  
A. 饱和失真      B. 截止失真      C. 交越失真      D. 无法确定
70. 变压器耦合式振荡器属于( )。  
A. LC 振荡电路      B. RC 振荡电路  
C. RL 振荡电路      D. 石英晶体振荡电路
71. 如图所示的是( )门电路。  
A. 或门      B. 与门  
C. 非门      D. 与非门
72. 单结晶体管触发电路产生的输出电压波形是( )。  
A. 正弦波      B. 直流电  
C. 尖脉冲      D. 锯齿波
73. 同步电压为锯齿波的晶体管触发电路产生的输出电压波形是( )。  
A. 交流控制电压      B. 直流控制电压      C. 脉冲信号      D. 任意波形电压
74. 若将半波可控整流电路的晶体管反接, 则该电路将( )。  
A. 短路      B. 和原电路一样正常工作  
C. 开路      D. 仍然整流, 但输出电压极性相反
75. 三相全波可控整流电路中的晶闸管反接, 则该电路将( )。  
A. 大小相等, 相位相反      B. 大小相等, 相位相同  
C. 大小不等, 相位相反      D. 大小不等, 相位相同
76. 焊剂使用前必须( )。  
A. 绝缘      B. 降低发热量  
C. 传导电流      D. 保证接触良好
77. 焊接电缆的作用是( )。

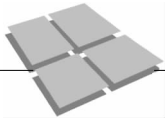


- A. 烘干            B. 加热            C. 冷却            D. 脱皮
78. 部件的装配列图可作为拆卸零件后( )的依据。  
A. 画图零件        B. 重新装配成部件 C. 画总装图        D. 安装零件
79. 滑轮用来起重或迁移各种较重设备或部件、起重高度在( )m 以下。  
A. 2                B. 3                C. 4                D. 5
80. 在检查电气设备故障时, ( )只适用于压降极小的导线及触头之类的电器故障。  
A. 短接法            B. 电阻测量法        C. 电压测量法        D. 外表检查法

## 二、判断题(每题 1 分, 共 20 分)

- ( ) 81. 正弦交流电的有效值、频率、初相位都可以运用符号法从代数中求出来。
- ( ) 82. 采用正负消去法可以消除系统误差。
- ( ) 83. 电桥使用完毕后应将检流计的所扣锁住, 防止搬动电桥时煎流计的悬丝被振坏。
- ( ) 84. 绝对不准用电桥测量检流计的内阻。
- ( ) 85. 变压器负载运行时, 原边电流包含有励磁分量和负载分量。
- ( ) 86. 由于直流电焊机应用的是直流电源, 因此是目前使用最广泛的一种电焊机。
- ( ) 87. 在中、小型电力变压器的定期检查中, 若通过贮油柜的玻璃油位表能看到深色的变压器油, 说明该变压器正常。
- ( ) 88. 一台三相异步电动机, 磁极数为 4, 转子旋转一周为  $360^\circ$  电角度。
- ( ) 89. 直流串励电动机的机械特性为软特性, 主要用于转速要求恒定的场合。
- ( ) 90. 交流伺服电动机电磁转矩的大小取决于控制电压的大小。
- ( ) 91. 在滑差电动机自动调速线路中, 三相交流测速发电机可将转速转变为三相交流电压, 经三相桥式整流和电容滤波后, 由电阻分压得到反馈电压。
- ( ) 92. 耐压试验时的交流电动机必须处于静止状态。
- ( ) 93. 电压互感器作交流耐压试验时, 次级绕组试验电压为 1 000 V, 次级绕组可单独进行, 也可与二次回路一起进行。
- ( ) 94. 只要在绕线式电动机的转子电路中接入一个可调电阻, 改变电阻的大小, 就可平滑调速。
- ( ) 95. 直流电动机启动时, 常在电枢电路中串入附加电阻, 其目的是为了增大起动转矩。
- ( ) 96. 三相异步电动机在能耗制动时不需另外的直流电源设备。
- ( ) 97. M7475B 型平面磨床的工作台左右移动是点动控制。
- ( ) 98. 晶体管的通态平均电压越大越好。
- ( ) 99. 采用电弧焊时, 电流大小的调整取决于工件的厚度。
- ( ) 100. 焊接过程中, 形成穿孔陷的原因是对焊件加热过甚。





## 主要参考文献

- [1] 华成英. 模拟电子技术基础[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.
- [2] 曹天汉, 刘树林. 模拟电子技术[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2005.
- [3] 孙蕙芹. 模拟电子技术[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2005.
- [4] 朱凤琴. 数字电子技术[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2005.
- [5] 魏绍亮, 陈新华. 电子技术实践[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [6] 谢云, 易波等. 现代电子技术实践课程指导[M]. 北京: 机械工业出版社, 2003.
- [7] 陈立周. 电气测量[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [8] 沙占友. 万用表测量技巧[M]. 北京: 电子工业出版社, 1992.
- [9] 陈永甫, 谭秀华. 实用电子报警装置全书[M]. 北京: 电子工业出版社, 1994.
- [10] 张运波. 工厂电气控制技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [11] 王廷才. 电力电子技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [12] 劳动部培训司. 维修电工生产实习(第二版)[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 1994.
- [13] 职业技能培训 MES 系列教材编委会. 维修电工技能[M]. 北京: 航空工业出版社, 1999.
- [14] 杨宇, 罗庚兴. 维修电工中级·应知[M]. 广州: 广东科技出版社, 2005.
- [15] 钟肇新. 可编程控制器原理及应用[M]. 广州: 华南理工大学出版社, 2002.
- [16] 阮友德. 电气控制与 PLC 实训教程[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2006.
- [17] 张万忠. 可编程控制器应用技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [18] 汤自春. PLC 原理及应用技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [19] 李显全. 维修电工[M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2002.