

SUNWODA
欣旺达

电气控制理 论与实践



深圳市第一职业技术学校

THE FIRST VOCATIONAL TECHNICAL SCHOOL OF SHENZHEN

2021届现代学徒制班



电器控制理论与实践

(排名不分先后)

教研组组长 : 黄建行、尹庆玲、朱建顺、刘会龙

教研组副组长 : 肖盛生、卢曙红、张立新、周毅、陈念东、何新文、蔡哲豪

教研组成员 : 蔡哲豪、陈进爵、陈志林、李长春、刘建华、廖庆江、李维能、潘鑫根、潘大为、阙忠平、覃程、田其光、许锦发、肖国政、谢华崧、燕海涛、邹志能、杨永、郑晓辉

教务组成员 : 刘艳玉、胡燕妮、罗雄新、孙乐、张莹

校企合作·现代学徒制学徒手册第一版

校企合作项目组编

出版机构 : 欣旺达大学

出版日期 : 2020-03-27

页数 : 123

开本 : 210mm*297mm

版次 : 2020年03月第一版

欣旺达电子股份有限公司

Sunwoda Electronic Co., Ltd.

电话: 86-755-29516888

邮编: 518108

网址: <http://www.sunwoda.com>

地址: 深圳市宝安区石岩街道石龙社区颐和路2号

公司内部资料, 严禁外传。

Sunwoda confidential



前言

本书为了方便读者能够更加快速地进入电器控制理论与实践的学习，其教学内容涉及到的知识点会比较集中化，让初学者能够少走弯路，因此思维跳跃跨度大。请各位读者在学习的同时，务必跟随讲授者的节奏，按部就班地学好每一个知识点。它们之间是有必然关系的，如果错过其中任意一个知识点，对书本后续内容的学习都会带来阻碍。

当然，我们更希望各位读者们能够利用课外更多的时间主动去延伸在课堂上学到的知识，毕竟要在一本书里展现电器控制所有技术是不可能的事情。所以本书只能尽可能地把最常见及相对实用的挑选出来，供各位读者参考学习。

在本书的编写过程中，由于个人能力有限，存在一些字体、排版以及教材信息错误等在所难免，敬请各位读者谅解，并能够提出宝贵的建议和意见。

编者

2019年6月10日



目录

第一章 设备的联机控制	1
第一节 简述自动化系统的组成.....	1
第二节 实现各个部分的联机.....	2
第二章 电器元件的功能及选型	4
第一节 简单介绍电.....	4
第二节 电控柜的基本组成结构.....	5
第三节 常见低压电器.....	6
第三章 电器图的识别	12
第一节 电路及其基本物理量.....	12
第二节 电器识图.....	18
第三节 案例分析.....	21
第四章 三菱 L 系列 PLC 的入门知识绍	23
第一节 可编程控制器基本知识.....	23
第二节 可编程控制器的基本组成.....	26
第三节 可编程控制器的工作原理.....	29
第四节 三菱 L 系列 PLC 介绍.....	35
第五节 软元件.....	39
第六节 三菱 L 系列 PLC 指令介绍.....	44
第七节 如何读、绘制梯形图.....	48
第八节 编程软件 GX Works2.....	51
第五章 电器设备维修	69
第一节 案例分析.....	69
第二节 维护保养.....	79
附录	100
附录 A GX Works2 快捷键列表.....	100
附录 B 参考文献.....	100



第一章 设备的联机控制

[教学目标]

- (1) 了解组成自动化系统的各个模块
- (2) 了解系统之间各自的通讯方式

第一节 简述自动化系统的组成

自动化系统以构成的软、硬件可分类为：自动化设备、仪器仪表与测量设备、自动化软件、传动设备、计算机硬件、通信网络等。自动控制系统主要控制元件和执行元件两大部分组成。其中控制元件分为 PLC、马达驱动器、工控机、机器人控制器等，执行元件分为机器人、伺服模组、气缸、皮带等。图 1-1 为自动线设备常见的一些控制执行元件。



图 1-1 常见的控制执行元件

从下表中我们可以了解到常见的控制执行元件所实现的功能。

系统	模块	功能
控制元件	可编程控制器	通过编程可实现数据处理、运动控制、开关量的逻辑控制、模拟量控制等功能。
	工控机	软件的平台，搭载 Windows 系统，可安装各类检测类软件，记录数据、实现产品追溯等功能。
	机器人控制器	通过编程可实现一些高速运动控制，例如一些搬运动作，常用于空间受限制的设备。
执行元件	机器人	类似于人类的手臂，能够配合控制器的程序实现各种拟人化的动作，特点是快、准、稳。
	气缸	常用于两个工位之间来回动作，其活动空间受其本身行程限制且调整范围较小。
	伺服模组	常用于多工位之间物料的搬运，其活动空间受其本身模组长度限制且调整范围较大。

在实际运用中，自动化设备需要有一套整体规范的逻辑控制流程。根据这个流程，电器工程师和软件工程师来进行编程，从而实现自动线的联机控制。图 1-2 为自动化系统的逻辑控制图。

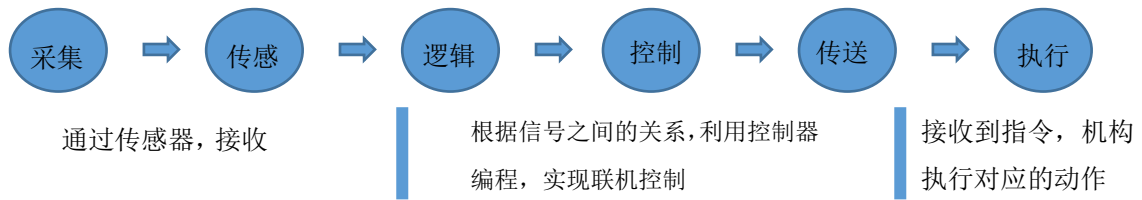


图 1-2 自动化系统的逻辑控制图

第二节 实现各个部分的联机

根据上一节所讲到自动化系统的分类,我们需要将这几大部分实现联机控制。那么,所谓的联机控制是指什么?又是如何实现的?带着这些问题,我们首先要弄清各个部分的通讯方式及通讯的作用。以下是几种常见的通讯方式:

通讯分类	实现方式	通讯速度	通讯距离	优点	缺点
RS485	主从通信方式,即一个主机带多个从机	通信速度快,数据最高传输速率达到10Mbps以上。	在通信速率110kbs的情况下,其通信距离可达到1200米。	成本低、单独组网;用于多点互连时非常方便。	组网数量有限,一般在1000台以内。而且组网范围受限,一般在几百米范围内。
RS232	不平衡传输方式,即单端通讯	通信速度慢	传输距离有限,最大传输距离为50米。	应用广泛,价格便宜,编程容易	接口信号电平高,容易损坏电路芯片,传输距离非常有限
TCP/IP以太网	星型结构	通信速度快,是以上两种的十倍	可通过光纤、无线等多种方式跨地区	比较先进,性能好,组网无限制,方位广	成本较高,对施工人员的网络知识及计算机水平要求更高
USB	阶梯式拓扑结构	通信速度因接口不同而不同,USB3.0最大传输速率达到10Gbps	传输距离有限,最大传输距离为5米。	使用方便,传输速度较快,高自由度连接	不能串联多个设备,碰到高功耗的设备,容易供电不足。

图 1-3 常见的通讯方式介绍

设备通过彼此之间的通讯,实现了数据的相互传输。简单地说,就是设备之间能够不断进行信号的交互,从而实现联机控制。下面我们举个例子来简单说明一下,我们本

节开头提出的两个问题。某车间上料机设备，可以通过人机界面来进行一些手动操作。在自动运行中，皮带传输物件，到达位置后告知机器人从皮带上抓取物件，然后机器人将物件转移到扫码位置进行扫码，扫码后将信息上传到服务器，最后机器人将物件放到

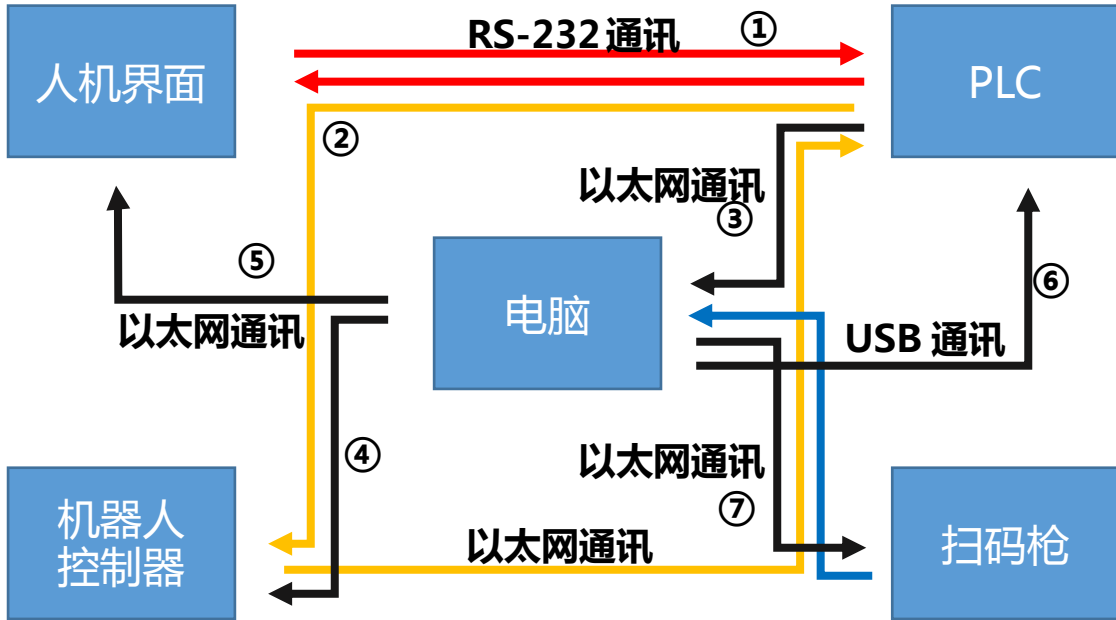


图 1-4 为某车间上料机设备的联机控制通讯系统。

图 1-4 某车间上料机设备的通讯系统

我们可以通过图 1-5 来了解各个部分通讯后的具体作用。这里只以单台设备来列举了一个比较简单的例子，像比较大的工厂其车间的自动化系统会更加先进，因此数据的处理量非常大且更加复杂。

序号	功能
①	通过人机界面实现设备的手动操作
②	1. 设备启动后，PLC 要给信号告知机器人去取物件（PLC→机器人） 2. 机器人取了物件到扫码位置时，要给信号告知 PLC 可以扫码了（机器人→PLC）
③	接收到机器人的信号后，PLC 立刻给信号到上位机软件（PLC→电脑）
④	1. 接收到 PLC 的信号后，上位机软件立刻给信号告知扫码枪扫码（电脑→扫码枪） 2. 扫码后，扫码枪会将读到的信息上传到上位机软件（扫码枪→电脑）
⑤	编程时使用



⑥	编程时使用
⑦	编程时使用

图 1-5 通讯后的具体作用

思考题

1. 请详述自动线包含哪些元件，并一一列举各元件包含哪些部分？
2. 请描述自动化系统的控制逻辑顺序。
3. 请详述设备之间的通讯分类，并简述其相互差异。



第二章 电器元件的功能及选型

[教学目标]

- (1) 了解强电与弱电的定义
- (2) 掌握常见电器元件的功能及其原理

第一节 简单介绍电

我们使用的电是由发电厂的发电机发出的，经过高压输电、变电、配电送到千家万户。目前发电的方式有很多，如火力发电、水力发电、太阳能发电、风力发电、核能发电等。在电力系统中，36V 以下的电压称为安全电压，1KV 以下的电压称为低压，1KV 以上的电压称为高压，直接供电给用户的线路称为配电线路，如用户电压为 380/220V，则称为低压配电线路。强电与弱电是相对的概念，从概念上讲，主要区别是用途的不同，而不能单纯的以电压大小来界定两者关系。如果非要指定用电压来区分的话，那我们可以定义安全电压（36V）以上为强电，安全电压（36V）以下为弱电。

2.1.1、强电

强电的处理对象是能源（电力），其特点是电压高、电流大、功率大、频率低，主要考虑的问题是减少损耗、提高效率。如车间里的电灯、插座、设备等，电压在 220V~380V。车间设备中机器人、步进电机、伺服马达、真空泵、焊接机设备的电力能源等均为强电供电。图 2-1 为借助按钮 SB2 启动后马达保持长动的强电电路控制图。

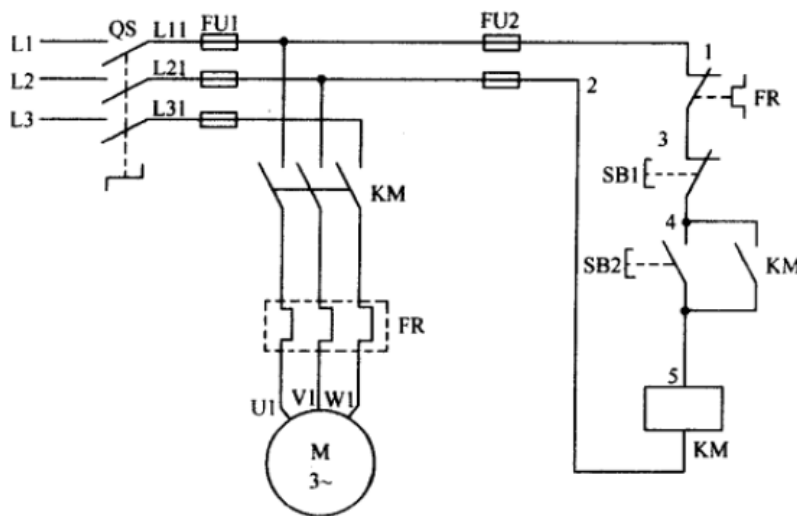
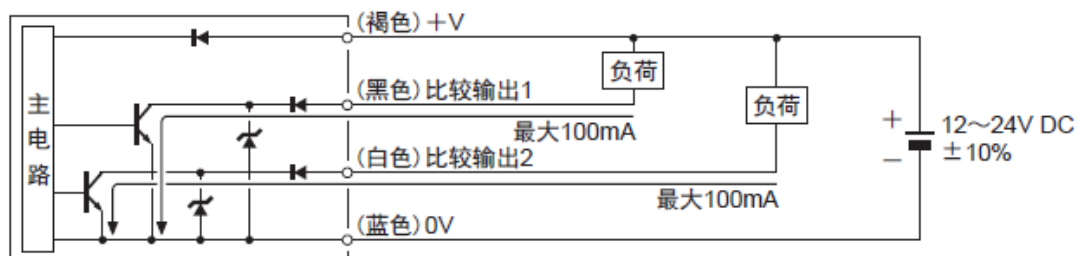


图 2-1 马达长动控制图线路（强电）

2.1.2、弱电

弱电的处理对象主要是信息，即信息的传送和控制，其特点是电压低、电流小、功率小、频率高，主要考虑的是信息传送的效果问题，如信息传送的保真度、速度、广度、可靠性。弱电作为一种信号电，有交流与直流之分。一般交流 36V 以下，直流 24V 以下。





车间设备中机器人控制器、传感器、马达驱动器、焊机设备的控制电源等均为弱电供电。图 2-2 为松下真空压力传感器弱电电路控制图。

图 2-2 真空压力传感器控制图线路（弱电）

第二节 电控柜的基本结构组成

在自动化生产车间，随处可见机械手、气缸、皮带运输等机械式的动作来回循环运动，而在第一章我们有提到过控制与执行元件，实现以上这些动作的机构就是我们能够比较直观看到的执行元件。相反，控制元件考虑到产品美观，方便安装及维护这三大方面因素，一般不会暴露在设备外面，机械工程师会出图设计专门安装这些元件的区域，因此就有了电控柜的出现。

电控柜的出现对维护人员提供了便利，能够一目了然地检查发现故障区域。除了机械工程师，电器工程师也会根据这一点来提前做好布局设计。毕竟，控制元件有很多种，其中又区分强电和弱电，需要做好防干扰的措施。因此，怎样去布局是考验电器工程师水准的一个评判标准。图 2-3 为某车间下料机的电控柜平面布局图（黑线以左为强电，黑线以右为弱电）。

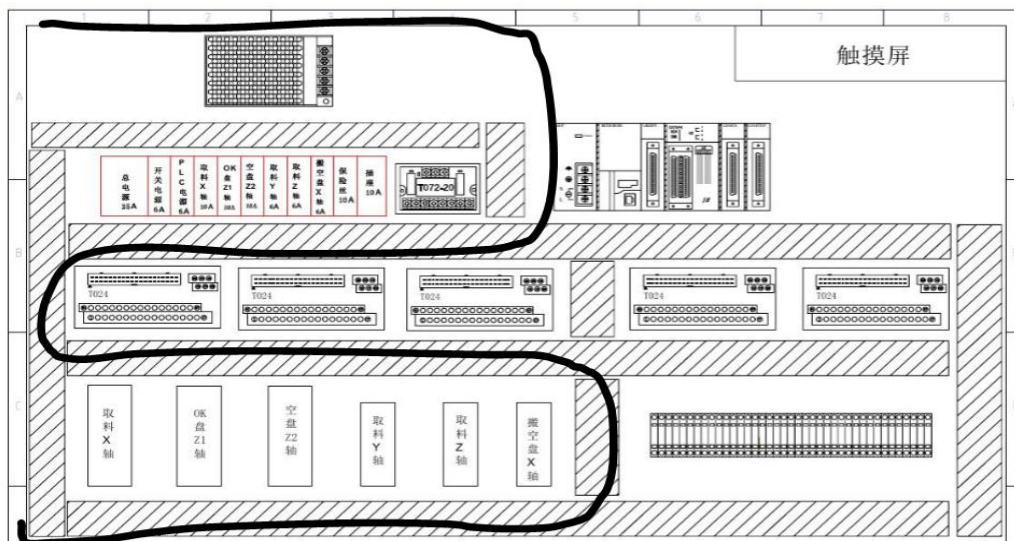


图 2-3 某车间下料机电控柜基本结构组成

第三节 常见低压电器

电器是所有电工器件的简称。凡是用来接通和断开电路，以达到控制、调节、转换和保护目的的电工器件都称为电器。低压电器是指工作电压在直流 1200V、交流 1000V 以下的各种电器。

低压电器种类繁多，用途极其广泛，其分类方法有很多种。按动作性质可分为自动电器和手动电器。自动电器是按照信号或某个物理量的变化而自动动作的电器，如继电器、接触器、自动空器开关等。手动电器是通过人力操作而动作的电器，如按钮、空器开关、转换开关等。按职能可分为控制电器和保护电器。控制电器用来控制电器的接通、分段及电动机的各种运行状态、如按钮、接触器等。保护电器是用来实现某种保护功能，如熔断器、热继电器等。

2.3.1、转换开关

一种可供两路或两路以上电源或负载转换用的开关电器。转换开关由多层绝缘壳体组装而成，可立体布置，减小了安装面积，结构简单、紧凑，操作安全可靠。在电器设备中，用于交流 50HZ，电压至 380V 及以下，直流电压 220V 及以下，作手动不频繁接通或分断电路，换接电源或负载，可承载电流一般较大。



图 2-4 转换开关

2.3.2、漏电保护器

漏电保护器，简称漏电开关，又叫漏电断路器，主要是用来在设备发生漏电故障时以及对有致命危险的人身触电保护，具有过载和短路保护功能，可用来保护线路或电动机的过载和短路，亦可在正常情况下作为线路的不频繁转换启动之用。

漏电保护器的工作原理是利用系统的剩余电流反应和动作，正常运行时系统的剩余电流几乎为零，故它的动作整定值可以整定得很小（一般为 mA 级），当系统发生人身触电或设备外壳带电时，出现较大的剩余电流，漏电保护器则通过检测和处理这个剩余电流后可靠地动作，切断电源。图 2-5 为漏电保护器的外形与结构原理图。

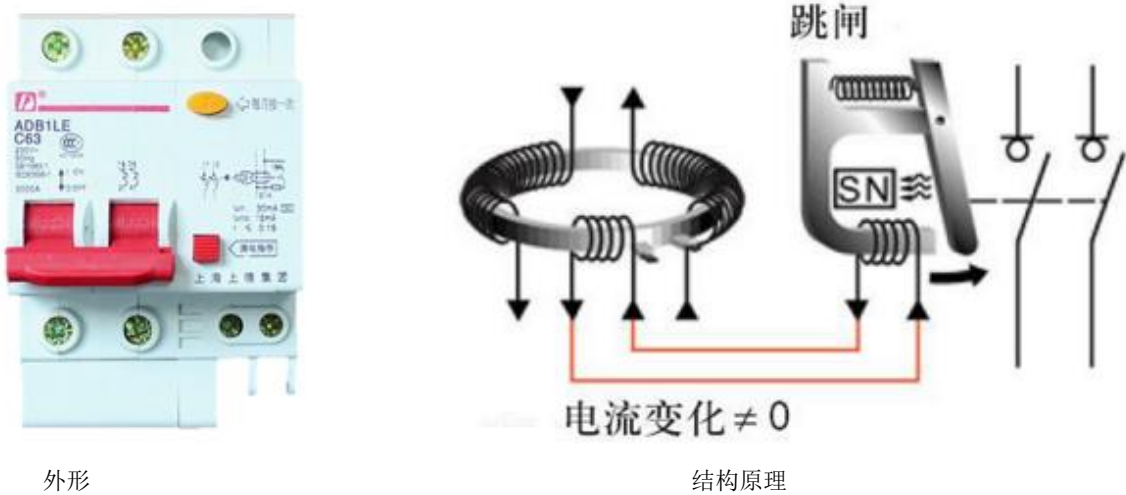


图 2-5 漏电保护器的外形和结构

2.3.3、空器开关

空器开关，又名空器断路器，是断路器的一种。是一种只要电路中电流超过额定电流就会自动断开的开关。空器开关是低压配电网和电力拖动系统中非常重要的一种电器，它集控制和多种保护功能于一身。除能完成接触和分断电路外，尚能对电路或电器设备发生的短路、严重过载及欠电压等进行保护，同时也可以用于不频繁地启动电动机。

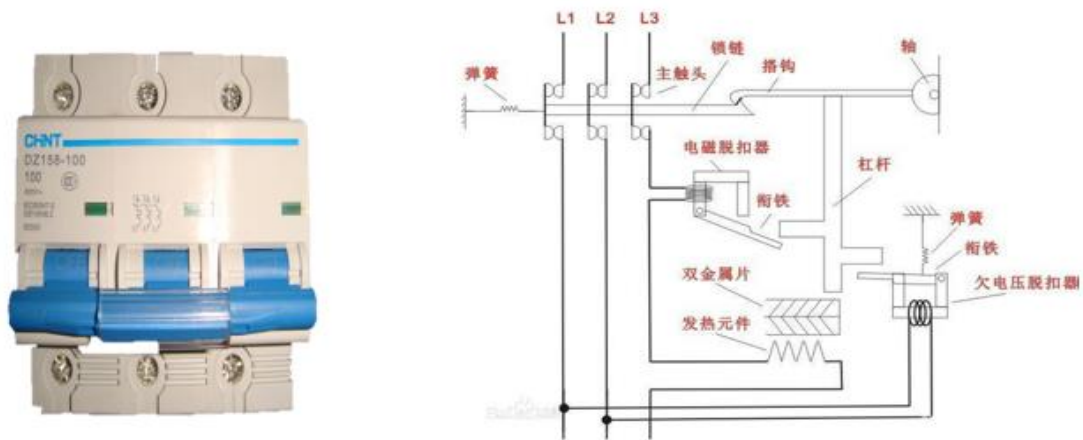


图 2-6 为空气开关的外形和结构原理图。

外形

结构原理

图 2-6 空器开关的外形和结构

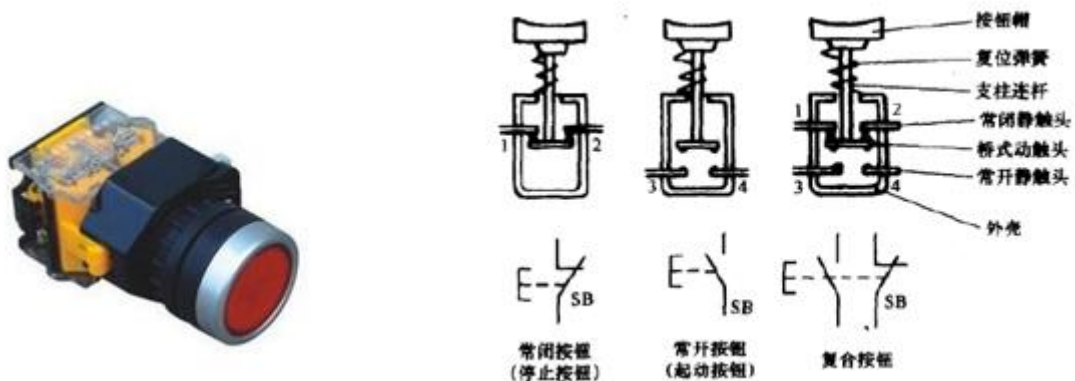
2.3.4、低压熔断器

熔断器（fuse）是指当电流超过规定值时，以本身产生的热量使熔体熔断，断开电路的一种电器。熔断器是根据电流超过规定值一段时间后，以其自身产生的热量使熔体熔化，从而使电路断开；运用这种原理制成的一种电流保护器。熔断器广泛应用于高低压配电系统和控制系统以及用电设备中，作为短路和过电流的保护器，是应用最普遍的保护器件之一。

图 2-7 低压熔断器

2.3.5、按钮

按钮，是一种常用的控制电器元件，通常用于控制电路中发出启动或停止等指令，以控制接触器、继电器等电器的线圈电流的接通或断开，再由它们去接通或断开主电路。按钮一般由按钮帽、复位弹簧、桥式动触点、静触点和外壳等组成，可分为常开按钮、常闭按钮或复合按钮等结构类型。图 2-8 为按钮的外形和结构原理图。



常闭按钮或复合按钮等结构类型。图 2-8 为按钮的外形和结构原理图。



外形

结构原理

图 2-8 按钮的外形和结构

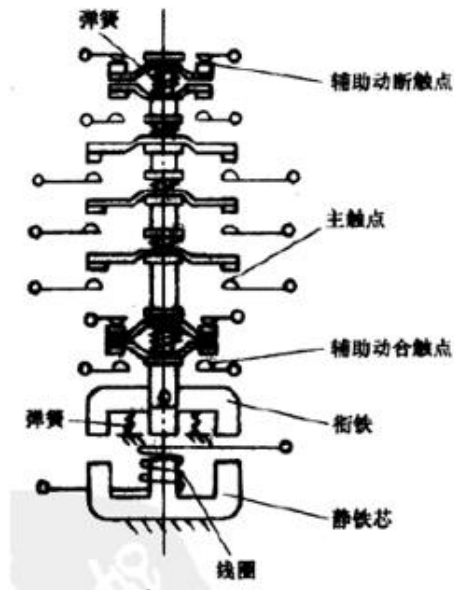
2.3.6 交流接触器

接触器是最常用的一种自动开关，是利用电磁吸力使触点闭合或分段的电器。它根据外部信号（如按钮或其他电器的触点的闭合或分断）来接通带有负载的电路。交流接触器与组合开关类似，都具有通断电路的功能。但相比之下，交流接触器更适用于频繁通断电路的场合。另外，由于结构上的差异，交流接触器具有多对触点、其控制功能更为多样、灵活。在自动控制系统中，接触器是应用最广泛的电器之一。

交流接触器主要由触点系统、电磁机构和灭弧装置等部分组成。其工作原理是接触器线圈通电后，它产生的电磁吸力克服弹簧的反作用力，将衔铁吸合并带动支架使动、静触点接触闭合，从而接通主电路；当线圈断电后，由于电磁吸力消失，衔铁与动触点在弹簧反作用力作用下跳开，最后切断主电路。图 2-9 为其外形和结构原理图。



外形



结构原理

图 2-9 按钮的外形和结构

2.3.7 继电器

继电器是一种自动动作的电器。当给继电器输入相应的电压，继电器的触点便接通或分断所控制或保护的电路。其工作原理与交流接触器基本相同，主要区别是：接触器

的触头可以接大电流，继电器的触头只能通过小电流。所以，继电器被广泛应用于自动化的控制电路中。继电器的种类很多，我们一般常用的继电器为 DC24V 中间继电器，也叫电压继电器。另外，因特殊需要还会用到一种时间继电器。本节以中间继电器为例，主要介绍一下继电器的结构及原理。

继电器一般由输入感测机构（线圈）和输出执行机构（底座）两部分组成。图 2-10 为 DC24V 中间继电器的外形和结构原理图。

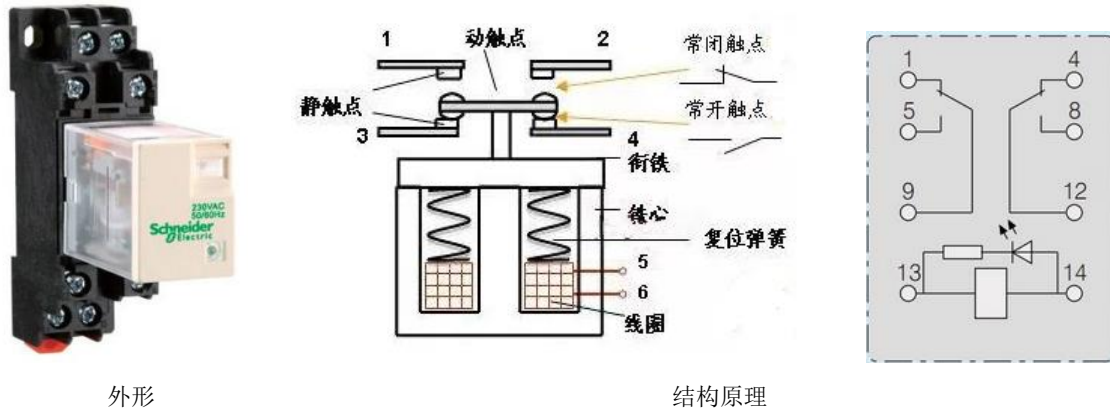
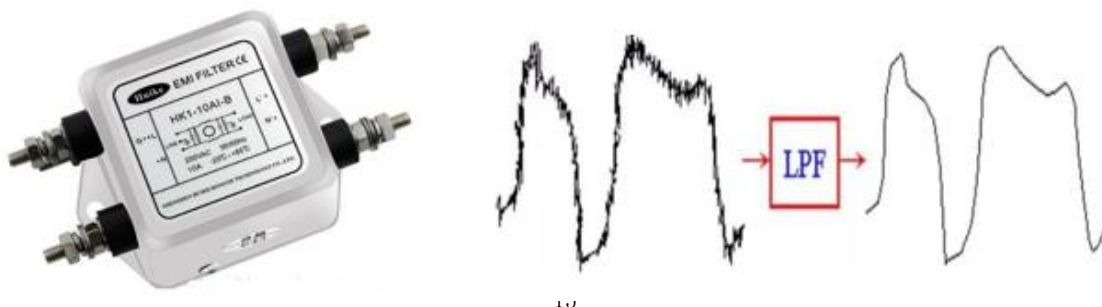


图 2-10 中间继电器的外形和结构

2.3.8 滤波器

电源滤波器是由电容、电感和电阻组成的滤波电路，又名“电源 EMI 滤波器”，或是“EMI 电源滤波器”，一种无源双向网络，它的一端是电源，另一端是负载。电源滤波器的原理就是一种——阻抗适配网络：电源滤波器输入、输出侧与电源和负载侧的阻抗适配越大，对电磁干扰的衰减就越有效。滤波器可以对电源线中特定频率的频点或该频点以外的频率进行有效滤除，得到一个特定频率的电源信号，或消除一个特定频率后的电源信号。

滤波器一般安装在伺服驱动器输入端，其用途是有效预支伺服驱动器对外界的干扰，提高系统的可靠性、解决因电网谐波引起的误报警、误动作等问题。图 2-11 为滤波器的外形和滤波示意图。



外形

结构原理

图 2-11 滤波器的外形和滤波示意图

2.3.9 驱动器

因电机内部的机构不同，驱动器分为伺服驱动器和步进驱动器。

伺服驱动器又称为“伺服控制器”、“伺服放大器”，是用来控制伺服电机的一种控制器。一般是通过位置、速度和力矩三种方式对伺服电机进行控制，实现高精度的传动系统定位，目前是传动技术的高端产品。

步进电机驱动器是一种将电脉冲转化为角位移的执行机构。当步进驱动器接收到一个脉冲信号，它就驱动步进电机按设定的方向转动一个固定的角度(称为“步距角”)，它的旋转是以固定的角度一步一步运行的。可以通过控制脉冲个数来控制角位移量，从而达到准确定位的目的。图 2-12 为常见的松下伺服驱动器和雷塞步进驱动器。



松下驱动器和伺服马达



雷塞驱动器和步进马达

图 2-12 常见的驱动器和马达

2.3.10 开关电源

开关电源又称交换式电源、开关变换器，是一种高频化电能转换装置，是电源供应器的一种。其功能是将一个位准的电压，透过不同形式的架构转换为用户端所需求的电压或电流。开关电源的输入多半是交流电源（例如市电），而输出多半是需要直流电源的设备。

开关电源产品广泛应用于工业自动化控制、军工设备、科研设备、LED 照明、工控设备、通讯设备、电力设备、仪器仪表、医疗设备、半导体制冷制热、空器净化器，电子冰箱，液晶显示器，LED 灯具，通讯设备，视听产品，安防监控，LED 灯带，电脑机箱，数码产品和仪器类等领域。图 2-13 为设备控制柜内常见的开关电源。



图 2-13 常见的开关电源（交流 220V—直流 24V）



思考题

1. 什么是强电？什么是弱电？该如何区分它们？
2. 对人体不会造成伤害的电压叫什么？它的范围又是多少？
3. 请简述电控柜的意义。
4. 在本章所学到低压元件中，请选择 3 个你认为你掌握比较全面的来详细讲述其结构及工作原理。
5. 假如要你负责设计一台简易正反输送机的电气控制部分，请大致分析应该选择哪些元件？



第三章 电器图的识别

[教学目标]

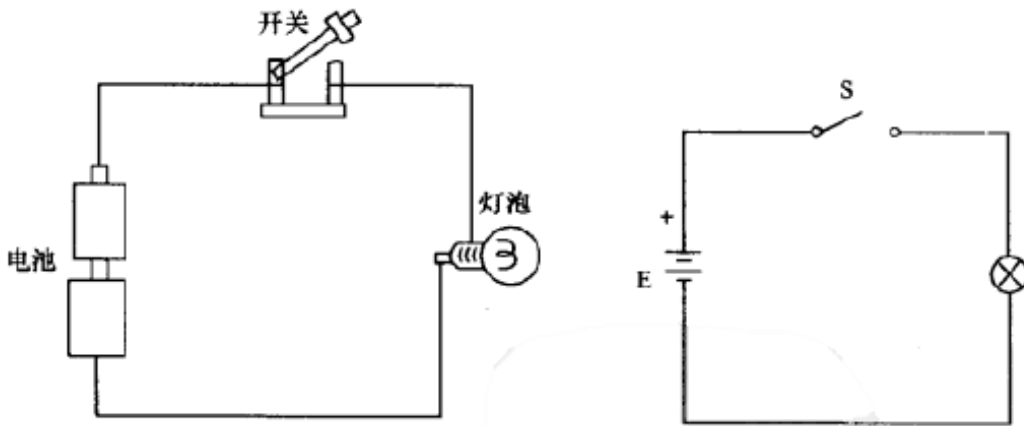
- (1) 了解电路的组成、类型、物理量之间的关系及作用
- (2) 结合事例熟练掌握电路图中常见的各种电器符号

第一节 电路及其基本物理量

3.1.1、电路和电路图

电路就是电的流通过径，其通常分为两部分：主电路和辅助电路。主电路也叫一次回路，是电源向负载输送电能的电路。它一般包括发电机、变压器、开关、接触器、熔断器、负载等。辅助电路也叫二次回路，是对主电路进行控制、保护、检测、指示的电路。它一般包括继电器、仪表、指示灯、控制开关等。通常主电路通过的电流较大，导线线径粗；辅助电路通过的电流较小，导线线径细。图 4-1 为一个最简单的电路，也就是我们日常生活中经常用到的手电筒简单电路。

在实际工作中，为便于分析，通常将电路中的实际电器元件用图形符号表示在电路



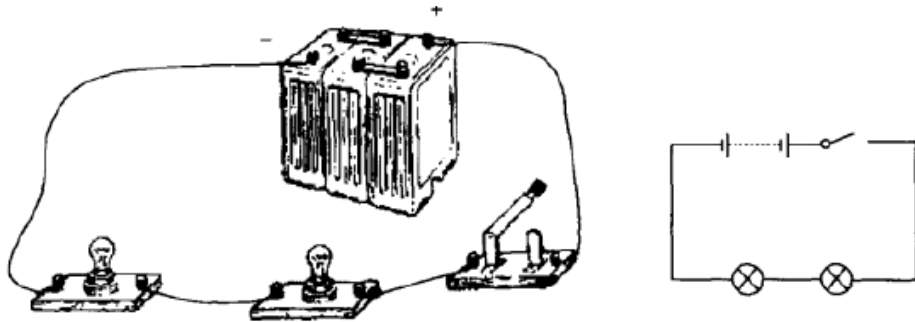
中，称为电路原理图，也叫电路图。图 3-2 就是图 3-1 的电路图。

图 3-1 简单电路

图 3-2 简单电路的电路图

电路又分为串联电路和并联电路两种，它们是最基本的电路，实际应用也非常普遍。根据这两种电路的控制方式，我们可以实现不一样的控制效果。图 3-3 所示，把两只小灯泡顺次连接在电路里，只通过一个开关就能够实现两个灯泡同时点亮同时熄灭。像这样把这些电器元件逐个顺次连接起来的电路，我们称为串联电路。图 3-4 所示，有两个小灯泡，要实现两只灯泡可以各自点亮和熄灭，彼此不受影响。可以将两只灯泡并列接在电路中，并在串联一个开关。像这样把电器元件并列地连接起来的电路，我们称为并联电路。不难发现，并联电路中一定也会有串联电路，但串联电路中不一定会有并联电路。

在实际应用中，例如装饰用的小彩灯，其中的几十只彩色小灯泡就是串联的。在家庭中，像照明灯、电风扇、空调、冰箱、电视机等家用电器，则都是并联在电路中的，



能够实现独立控制。图 3-5 所示为家用电器的并联连接。

图 3-3 串联电路

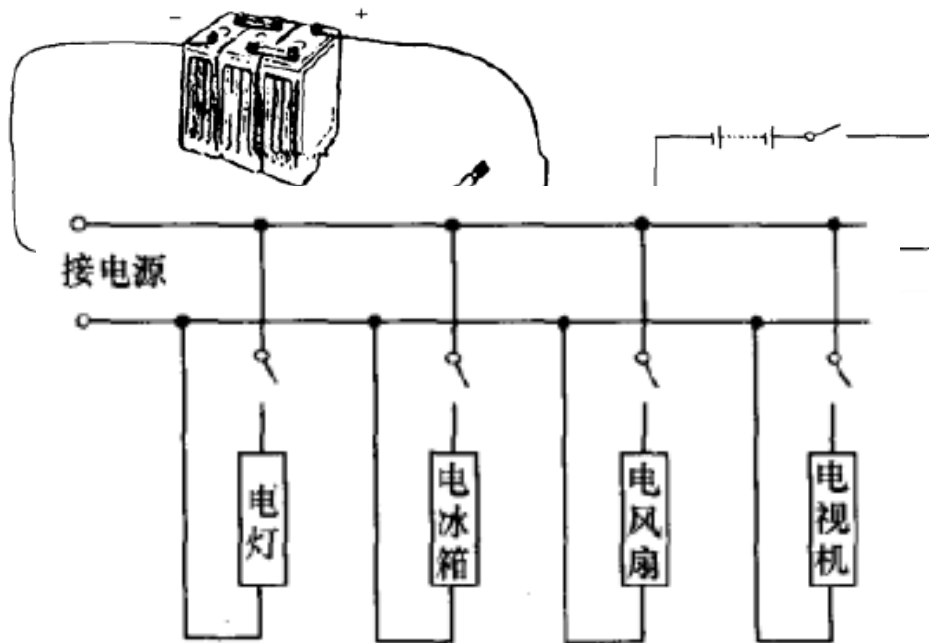
图 3-4 并联电路

图 3-5 家用电器的并联连接

3.1.2、电路的基本物理量

1. 电流

(1) 电流的定义



什么叫电流？举个例子，我们日常生活中常见的水管中水流有大有小，在相同的时间内，从水管中流出的水越多，水流就越大。同样，导体中的电流也有大有小，但是电流看不见，摸不着，怎样才能知道它的大小呢？



电流通过导体时会产生各种效应，因此可以根据产生这种效应的大小来判断电流的大小。最简单的例子，电流通过灯泡时，灯丝发热而发光，这就是电流的热效应。我们可以做个实验，用一只小灯泡跟一节干电池连通，再把这只小灯泡跟两节干电池连通，我们观察小灯泡的发光亮度。

通过实验可以看出，用一节干电池时小灯泡发光较暗，而两节干电池小灯泡发光较亮。对同一个小灯泡，它越亮则表示通过它的电流产生的效应越大，也就是电流越大。电流是有电荷的移动形成的，在一定时间内，通过导体某一横截面的电荷越多即电量越大，电流也越大。在一些比较落后的地区，供电不稳定时，灯泡会一亮一暗，其原理就是这样。

电流的大小用电流强度（简称电流）表示，电流强度等于 1s 内通过导体横截面的

$$I = \frac{q}{t}$$

电量。国际上通常用字母 I 表示电流，如果用 q 表示导体横截面的电量，t 表示通电时间，其中电量 q 的单位和单位是库，符号为 C；时间 t 的单位用秒，符号是 s；电流 I 的单位是安培（简称安），符号是 A；如果在 1s 内通过导体横截面的电量是 1 库，那么导体中的电流就是 1A。常见的电流单位还有毫安（mA）和微安（ μ A），其换算关系如下：

1A=1000mA，1mA=1000 μ A。

(2) 电流的方向

电流不但有大小，而且还有方向，习惯规定正电荷运动的方向或负电荷（自有电子）运动的反方向为电流的实际方向。电路中电流数值的正与负与参考方向密切相关，它是计算复杂电路时任意假定的电流或电压方向，并不一定是它们的实际方向所以，参考方向仅仅是计算电流或电压值和确定其实际方向的依据。

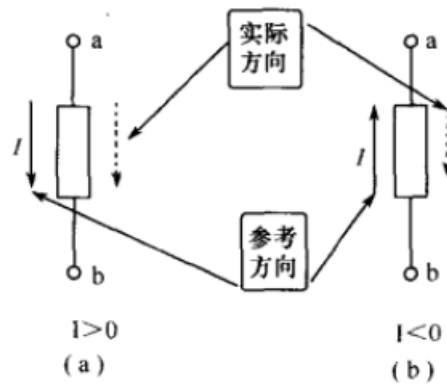


图 3-6 电流的方向

(3) 电流的分类

电流可以分为直流电流和交流电流两大类。

直流电流是大小和方向不随时间变化的恒定电流。如图 3-7 所示。

交流电流是大小和方向均随着时间变化而变化的电流，常见的交流电流主要有正弦交流电流（图 3-8 所示）等，交流电流一般用小写字母 i 表示。

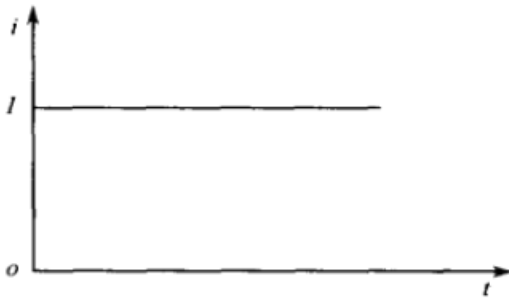


图 3-7 直流电流

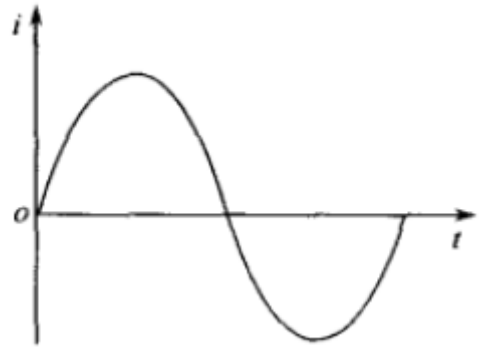


图 3-8 正弦交流电流

2. 电压

(1) 电压的定义

为了衡量电场力做功的大小，引入了电压这个物理量。从电场力做功概念定义，电压就是将单位正电荷从电路中一点移至电路中另一点电场力做功的大小。如图 3-9 所示。

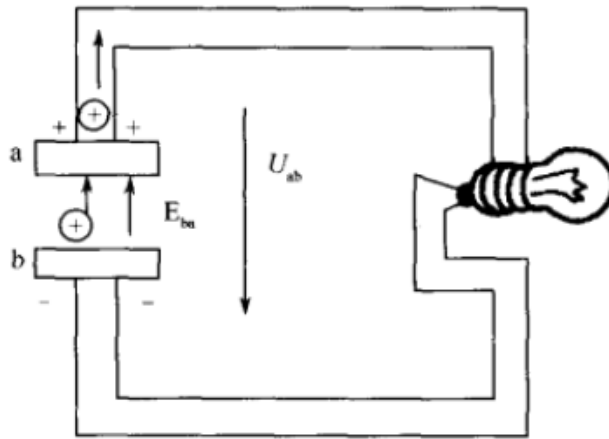


图 3-9 电压定义示意图

电压类似于我们生活中常说的水压。其定义为：a、b 两点间的电压 U_{ab} 在数值上等于把单位正电荷从 a 点移到 b 点时，电场力所做的功。电压的单位是伏特（简称伏），符号是 V，一节干电池的电压 $U=1.5V$ ，家用电压 $=220V$ 。常见的单位还有千伏（kV）、毫伏（mV）、微伏（ μV ）等，其换算关系如下： $1kV=1000V$ ， $1V=1000mV$ ， $1mV=1000\mu V$ 。

(2) 电压的方向

电压不但有大小，而且还有方向，电压的实际方向规定由实际高电位指向实际低电位。在不知道电压实际方向的情况下，可以先假定一个参考方向。

参考方向是任意假定的电压方向，我们可以根据实际计算出的电压值来判断电压的实际方向。若电压计算值为正，表示实际方向与参考方向一致，见图 3-10 (a)；若电压计算值为负，表示实际方向与参考方向相反，见图 3-10 (b)。

在电路图中，一般用“+”“-”号标出电压的参考方向。“+”表示高电位，“-”表示为低电位，由高电位指向低电位的方向为电压的参考方向。也可以用文字叙述，一般用字母加双下标表示参考方向。例如 U_{ab} ，表示电压的方向由 a 到 b。

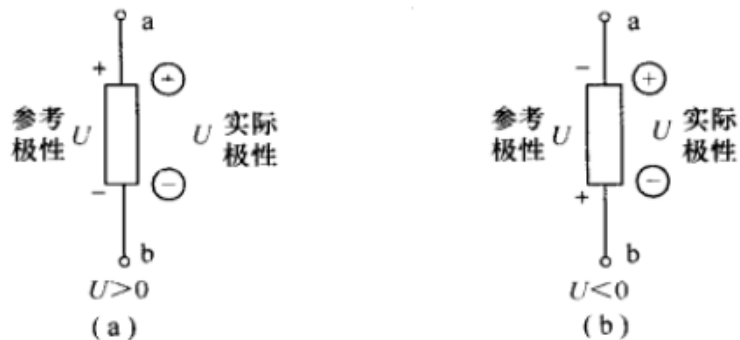


图 3-10 电压的方向

(3) 电压的分类

电压可分为直流电压和交流电压两大类。

直流电压是指大小和方向均不随时间变化的电压，也称为恒定电压。如图 3-11 所示。

大小和方向随着时间而变化的电压，称为变动电压；其中，周期性变化且平均值为零的变动电压称为交流电压，常见的正弦交流电压如图 3-12 所示。

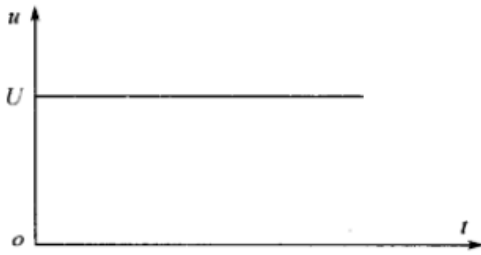


图 3-11 直流电压

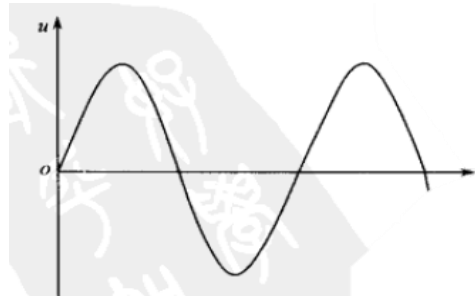


图 3-12 正弦交流电压

3. 电位

在电路分析中，会用到“电位”这个物理量，那么“电位”是什么呢？在电路中任选一个参考点，计算或测量其他各点对参考点的电压降，就是该点的电位。需要强调以下几点：

- 电位是相对物理量，如果不确定参考点，讨论电位的高低无意义。
- 在同一电路中，参考点不同时，各点电位值也不同。
- 在同一电路中，如果确定了参考点，各点电位值有唯一确定数值。
- 常选大地或设备外壳作为参考点。
- 电位的单位与电压的单位相同。

电位与电压之间的关系为：两点之间的电压等于两点的电位之差，例如 $U_{ab}=U_a - U_b$ 。

另外，电位计算值为正，表示该点电位高于参考点，正值越大，电位越高；电位计算值为负，表示该点电位低于参考点，负值越大，电位越低。

4. 电功

水流可以做功，例如水流可以推动水轮机做功；同样，电流也可以做功，例如，电



风扇通电后，风扇电机转动起来，说明电流通过电动机做功的过程中，电能转化为机械能。电流不仅可以通过电动机做功，通过电灯、电炉等电器时都要做功。电流通过电灯，灯丝灼热发亮，电能转化为光能；电流通过电炉时发热，电能转化为热能。

电流做功的过程，实际就是电能转化为其他形式能量的过程。电流做了多少功，就有多少电能转化为其他形式的能量。研究表明，电流所做的功跟电压、电流和通电时间成正比。电流所做的功叫做电功，用字母 W 来表示，其单位是焦耳，符号是 J 。计算公式如下：

$$W=UIt \quad (\text{适用条件: } U、I \text{ 不随时间变化})$$

日常生活中，我们常用“度”来作为电功的单位。“度”又叫做“千瓦时”，符号是“ $kW \cdot h$ ”。是指设备用电功率 $1kW$ ，运转 $1h$ 所消耗的电能，即为 $1kW \cdot h$ 或 1 度电的用电量。度和焦耳的换算关系如下：

$$1 \text{ 度} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦}, \text{ 即 } 1kW \cdot h = 3.6 \times 10^6 J$$

5. 电功率

(1) 电功率的定义

在相同时间内，电流通过不同用电器所做的功一般不同。例如，在相同的时间内，电流通过电力机车的电动机所做的功，要明显大于通过电扇的电动机所做的功。为了表示电流做功的快慢，引入了电功率这个物理量。

电流在单位时间内所做的功叫做电功率。电功率用 P 来表示， $P=W/t$ ，而 $W=UIt$ ，所以 $P=UI$ 。即电功率等于电压与电流的乘积，若电压的单位为伏，电流的单位为安，则电功率 P 的单位为瓦特（简称瓦），符号为 W 。电功率的单位还有千瓦， $1kW=1000W$ 。

(2) 额定值

为使电器设备安全、经济地运行和保证一定的使用期限，一般要对产品的电压、电流、功率等值的使用范围进行一定的限制，额定值就是制造厂对产品使用参数的规定。

额定值通常标注在设备的铭牌上，一般用下标 N 的符号来表示：额定电压 U_N 、额定电流 I_N 、额定功率 P_N 。如在马达铭牌上看到的铭牌数据“ $380V600W$ ”，表示额定电压是 $380V$ ，额定功率是 $600W$ 。使用时应该接在 $380V$ 的电源上，此时马达的消耗功率是 $600W$ 。若是将其接到 $220V$ 电源上，马达不会动作或者动作异常。



3.1.3、电路的三种状态

电路在使用时，可能出现以下三种状态：

一是通路，也称闭路。是指电路中的开关闭合后构成的闭合回路，电路中有电流流过。在通常情况下，电源产生的功率等于负载消耗的功率与电源内部消耗的功率之和，符合能量守恒定律。

二是断路，也称开路。是指开关或电路中某处断开，电路中无电流流过。此时，电源输出的电压为开路电压，其值等于电源的电动势，输出功率等于零，即电源不输出功率，此时称电源处于空载状态。

三是短路，也称捷路。是指电路中的某两点直接连通，使电流走捷径。短路分为电源短路和元件短路两种情况，其中电源短路是危险的情况，又称事故短路。由于短路时电流很大，超过了电源、连接导线的额定电流值，因而会引起电源或导线绝缘的损坏。为了保护电路或排除事故，通常在电源后面安装有熔断器。一旦发生短路，大电流会即刻将熔断器烧断，故障电路会自动断开，使电源、导线得到保护。在电工、电子技术中，有时为了某种设计需求，将一部分电路或元件某两端用导线相连。这种情况，我们一般称之为短接。



第二节 电器识图

在工业生产中，广泛采用继电器-接触器控制系统，这种控制系统主要由交流接触器、按钮、热继电器、熔断器、电磁阀等电器组成。对中、小功率异步电动机、皮带、气缸进行控制。因此在掌握常用电器符号的基础上，学会识读电器图的基本方法，才能在实际工作中迅速、正确地进行安装、接线、调试和维护。

3.2.1、识图要点

电器控制是借助于各种电磁元件的结构、特性对机械设备进行自动或远距离控制的一种方法。电器元件是一种根据外界的信号和要求，采用手动或自动断开电路，断续或连续改变电参数，以实现电路或非电对象的切换、控制、保护、检测和调节。掌握元器件的结构原理是个重点。例如接触器、中间继电器的线圈得电，带动衔铁的吸合，使它们的主、辅触头作相反的变化，去接通或断开主电路或其他电路以实现控制。只要我们掌握这些元器件的特点，其控制电路就很容易看懂了。

电器控制电路分主控电路和辅助电路。主电路一般用粗实线画在图样的上方，它与三相电源相连，连接负载，允许通过较大的电流，受辅助电路的控制；辅助电路是通过较弱电流的控制，用细实线来绘画的，其主要控制主电路的动作。

3.2.2、看图步骤

(1) 阅读产品使用说明书

在看图之前应首先了解设备的机械机构、电器传动方式、对电器控制的要求、电动机和电器元件的大体布置情况以及设备的使用操作方法，各种按钮、开关、指示器等的作用。此外还应了解使用要求、安全注意事项等，对设备要有一个全面完整的认识。

(2) 看图样说明书

图样说明包括图纸目录、技术说明、元器件明细表和施工说明书等。识图时，首先要看清楚图样说明书的各项内容，搞清设计内容和施工要求，这样就可以了解图样的大体情况和抓住识图要点。

(3) 看标题栏

图样中的标题栏也是重要的组成部分，它告诉你电器图的名称及图号等有关内容，

由此可对电器图的类型、性质、作用等有明确认识，同时可大致了解电器图的内容。

(4) 看框图

读图样说明后，就要看框图，从而了解整个系统的组成概况、相互关系及主要特征，为进一步理解系统的工作原理打下基础。

(5) 看主电路图

先读主电路，再读控制电路的顺序识读。看主电路时，通常由下往上看，即从用电设备开始，经控制元器件、保护元器件依次看到电源。通过看主电路，要搞清楚用电设备是怎样获得电源的，电源经过哪些元器件到达负载，这些元器件的规格、型号、作用是什么。

(6) 看控制电路

应自上往下，从左向右看，即先看电源，再依次看各条回路，分析各条回路元器件的工作情况及其对主电路的控制关系。看控制电路时，要搞清楚电路的构成，各元器件之间的联系（如顺序、互锁等）及控制关系和在什么条件下电路构成通路或断路，控制电路是如何控制主电路工作的，从而搞清楚整个系统的工作原理，如图 3-13 所示。

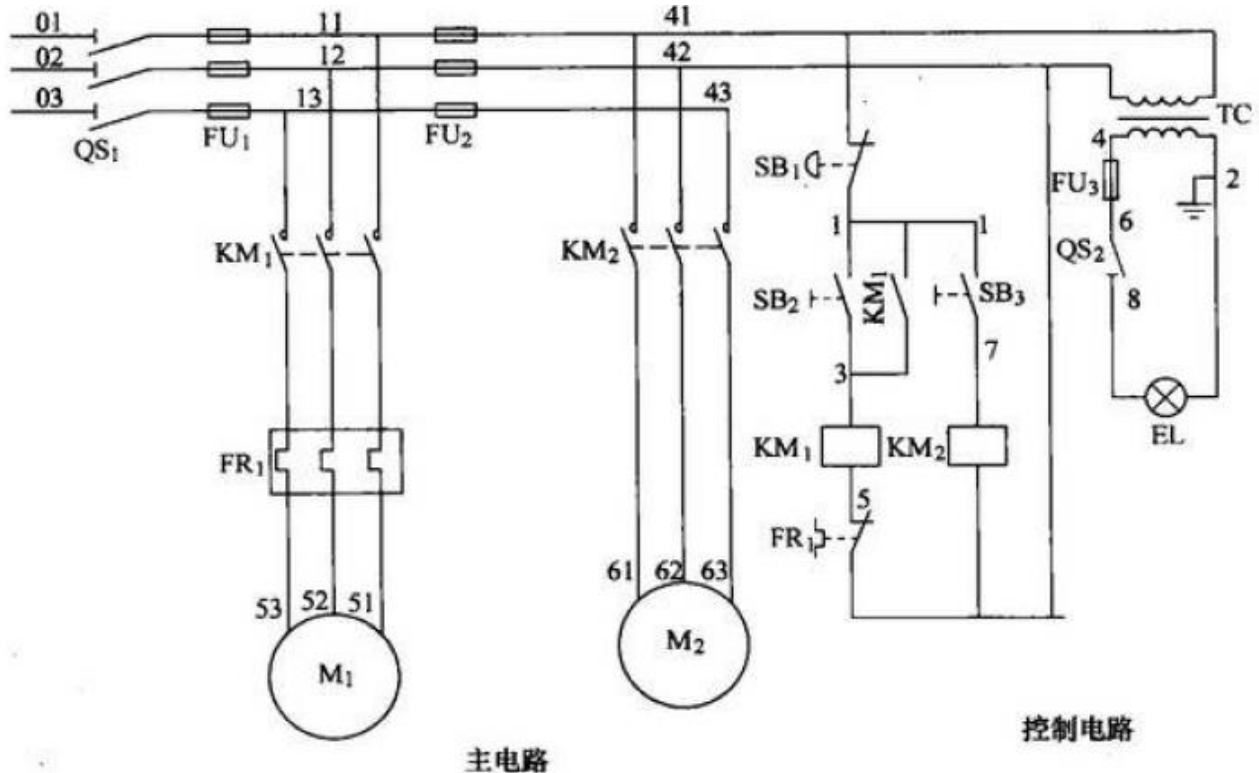


图 3-13 电动机起动控制原理图



(7) 看接线图

接线图是根据电路原理图绘制的，读接线图时，要对照原理图来读接线图。

先看主电路，再看控制电路。看接线图要根据端子标志、回路标号，从电源端顺次读下去，搞清楚线路的走向和电路的连接方法，即搞清楚每个元器件是如何通过连线构成闭合回路的。读主电路时，从电源输入端开始，顺次经过控制元器件、保护元器件到用电设备，跟看电路原理图时有所不同。看控制电路时，要从电源的引入端，经控制元器件到构成回路回到电源的另一端，按元器件的顺序对每个回路进行分析。接线图中的回路标号(线号)是电器元件间导线连接的标记，标号相同的导线原则上可以接在一起。

总之，电器原理图是电器图的核心，对一些小型设备，电路比较简单，看图相对容易，但对一些大型设备，由于电路比较复杂，读图难度较大。我们可以按照由简到繁、由易到难、由粗到细的步骤分步去读图，直到完全搞清楚。

3.2.3、常见电器符号

电器图利用各种电器符号、图线来表示电器系统中各电器设备、装置、元器件的相互关系或连接关系。电器符号包括文字符号、图形符号、项目代号、回路标号等，它们相互关联、互相补充，以图形和文字从不同角度为电器图提供了各种信息。只有弄清楚电器符号的含义、构成及使用方法，才能正确地识图。

(1) 文字符号

所谓文字符号就是表示电器设备、装置、元器件的名称、功能、状态和特征的字符代码。在电路图中，我们根据元器件的文字符号要能够快速判断它是什么元器件、其在电路图中的作用是什么。图 3-14 为常见的文字符号：

文字符号	说明	文字符号	说明
M	电动机	KM	接触器
QF	断路器	SB	按钮
QS	刀开关、隔离开关	KA	交流继电器
FU	熔断器	HL	指示灯
W	导线	XS	插座
EL	照明灯	XT	接线端子排

图 3-14 常见文字符号

(2) 图形符号

图形符号指用于图样或其他技术文件中，表示一个设备或概念的图形、标记或字符。

图形符号常由符号要素、一般符号和限定符号组成。图 3-15 为常见的图形符号：












图形符号	说明	图形符号	说明
	直流		常开按钮
	交流		常闭按钮
	接地		常开触点
	保护接地		常闭触点
	三根导线		交流电动机
	隔离开关		断路器
	熔断器		指示灯
	蜂鸣器		继电器、接触器线圈
	多极开关		直流电动机

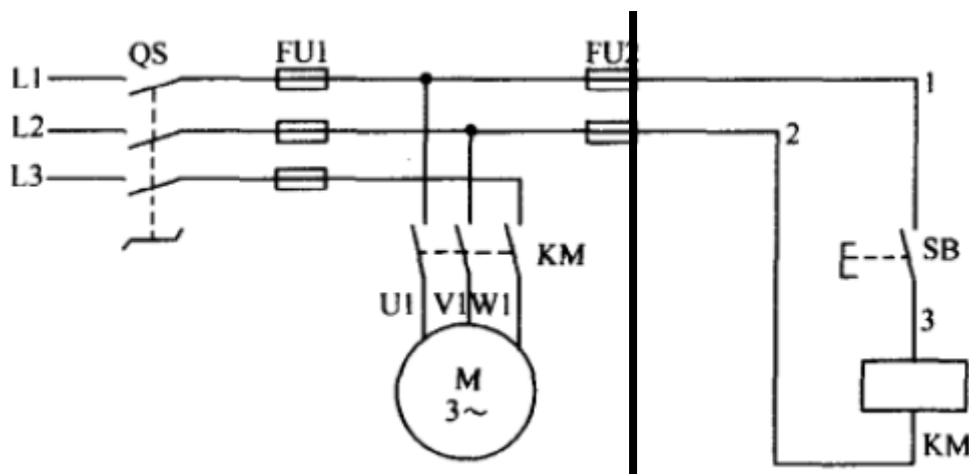
图 3-15 常见图形符号

第三节 案例分析

各种生产机械设备如车床、铣床、磨床、钻床、水泵等，一般都是由电动机来拖动的，为了使电动机按照生产的要求进行起动、制动、正反转和调速等，必须配备一定的控制线路对电动机进行控制才能达到目的。在生产实践中，控制线路不管是简单的还是复杂的，一般都是由几个基本控制电路组成的。电动机基本控制电路有以下几种：起动控制、调速控制和制动控制等。因此，掌握好电动机基本控制电路具有重要的意义。

3.3.1、三相异步电动机的起动控制

对于容量稍大或者起动频繁的电动机，接通与断开电路应采用交流接触器。图 3-16



为采用接触器点动控制电动机的线路。

图 3-16 点动控制电路

整个控制线路分为主电路（黑线往左）和控制电路（黑线往右）两部分。主电路是从电源 L1、L2、L3 经电源开关 QS、熔断器 FU1、接触器 KM 的主触点到电动机 M 的电路，流过的电流较大。控制电路由熔断器 FU2、按钮 SB、接触器 KM 线圈组成。其工作原理如下：合上电源开关 QS，按下点动按钮 SB，接触器 KM 线圈得电。通电回路为：电源 L1 → 转换开关 QS → 熔断器 FU1 → 熔断器 FU2 → 1 号导线 → 按钮 SB → 3 号导线 → 接触器线圈 KM → 2 号导线 → 熔断器 FU2 → 熔断器 FU1 → 转换开关 QS → 电源 L2。接触器线圈 KM 得电后，其对应的主触点 KM 闭合，因此接通电动机 M 的三相电源，电动机起动运转。松开按钮 SB，接触器线圈 KM 失电释放，其对应的主触点 KM 断开，切断电动机 M 的三相电源，电动机停止运转。

重点提示 读图时，先读主电路，再读控制电路。

主电路是指给电动机供电的那部分电器，以传递电能为主，电流较大。控制电路则是由接触器线圈、辅助触点、继电器、按钮及其他控制电器组成的电路，用来完成信号的传递及逻辑控制，并按一定的规律来控制主电路工作，电流较小。读主电路时，可以自下而上，也可以自上而下；读控制电路时，应注意其电源是如何引入的，借助于控制电器的原理，搞清各控制电器之间的逻辑关系。

3.3.2、三相异步电动机的正反转控制

实际生产中，例如机床工作台的前进与后退、起重机的上升与下降等，都需要两个相反的运动方向。这就要求拖动生产机械的电动机能够实现正反转控制。根据电机学的原理，只要把接到三相异步电动机的三相电源线中任意两相对调，即可实现反转。图 3-17 为通过接触器互锁的正反转控制线路。

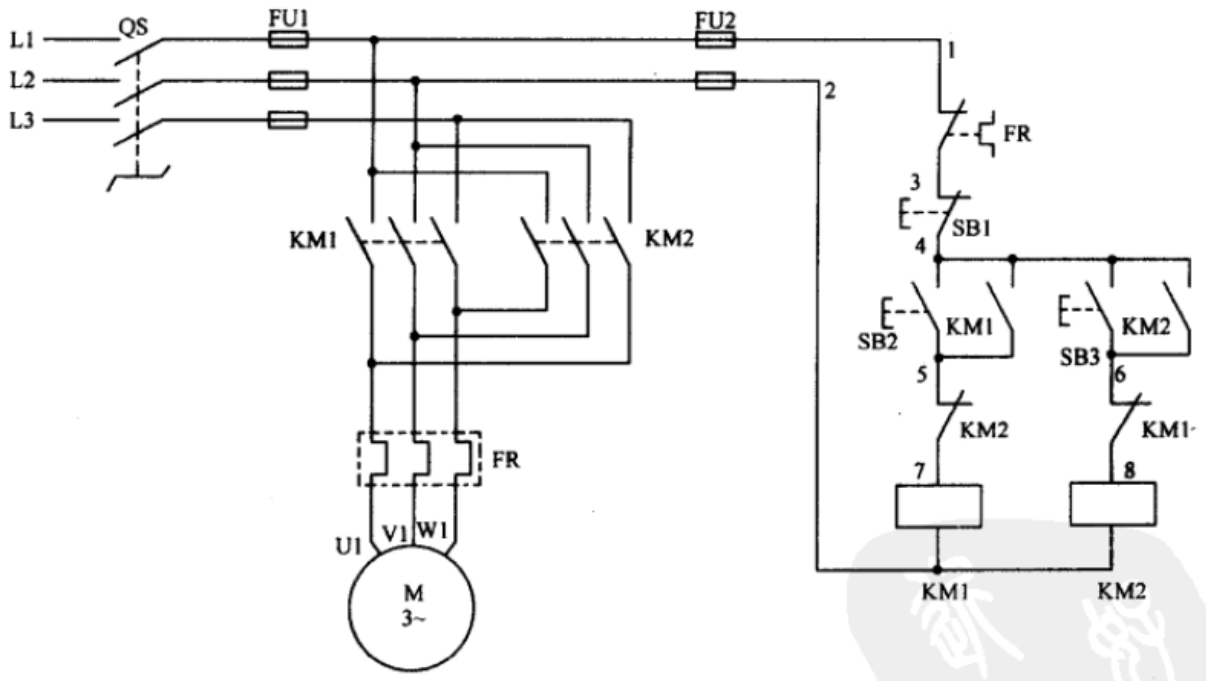


图 3-17 接触器互锁的正反转控制线路

主电路采用了两个接触器，其中接触器 KM1 用于正转，接触器 KM2 用于反转。当接触器 KM1 的主触点闭合时，电动机 M 接线端 U、V、W 接通 L1、L2、L3 三相电源，电动机正转；而当接触器 KM2 主触点闭合时，电动机 M 接线端 U、V、W 接通 L3、L2、L1 三相电源，其中 L1、L3 两相对调了，于是电动机的旋转方向相反。但从线路可以看出，KM1 与 KM2 不能同时得电，否则 L1 和 L3 两相电源会短路。所以，必须利用互锁的原理



来控制这两个接触器，即其中一个接触器得电时，另外一个接触器会强制失电，以起到保护作用。

正反转控制线路的工作原理为：合上电源开关 QS。当需要电动机正转时，按下电动机 M 的正转起动按钮 SB2，接触器 KM1 线圈得电，其主触点接通电动机 M 的正转电源，电动机 M 起动正转。同时，接触器 KM1 的辅助动合触点 (4-5) 闭合自锁，使得松开按钮 SB2 时，接触器 KM1 线圈仍然能保持通电吸合，而接触器 KM1 辅助动断触点 (6-8) 断开，切断接触器 KM2 线圈回路的电源，使得在接触器 KM1 得电吸合时，接触器 KM2 不能得电，实现了 KM1、KM2 的互锁。

当需要电动机 M 停止时，按下按钮 SB1，接触器 KM1 线圈失电释放，所有常开、常闭触点复位，电路恢复常态。

同理当需要电动机 M 反转时，按下反转起动按钮 SB3，接触器 KM2 线圈得电，其主触点接通电动机 M 的反转电源，电动机 M 起动反转。同时，接触器 KM2 的辅助动合触点 (4-6) 闭合自锁，使得松开按钮 SB3 时，接触器 KM2 线圈仍然能够保持通电吸合，而接触器 KM2 辅助动断触点 (5-7) 断开，切断接触器 KM1 线圈回路的电源，使得在接触器 KM2 得电吸合时，接触器 KM1 不能得电，从而实现了 KM1、KM2 的互锁。当按下停止按钮 SB1 时，接触器 KM2 线圈失电，电动机 M 断电停转。

思考题

1. 请阐明电路及电路图的含义，并画出电路含有的几种控制方式。
2. 请一一说明电路所包含的基本物理量。
3. 请从本章中选择一个电路图，并介绍该如何按步骤去识图？



第四章 三菱 L 系列 PLC 的入门知识介绍

[教学目标]

- (1) 了解什么是 PLC
- (2) 掌握 PLC 的结构、特点、功能及其运行方式
- (3) 熟练掌握 PLC 内部软元件、各指令的应用
- (4) 熟练运用 PLC 的编程软件
- (5) 学会简单的编程



第一节 可编程控制器基本知识

可编程控制器 (Programmable Controller) 是计算机家族中的一员, 是为工业控制应用而设计制造的。早起的可编程控制器称为可编程逻辑控制器, 主要用来代替继电器实现逻辑控制。随着技术的发展, 这种装置的功能已经大大超过了逻辑控制的范围, 因此, 今天这种装置称作可编程控制器, 简称 PC。但是为了避免与个人计算机 (Personal Computer) 混淆, 所以将可编程控制器仍简称为 PLC。

4.1.1、PLC 的发展

在 20 世纪 60 年代, 汽车生产流水线的自动控制系统基本上都是由继电器装置构成的。当时汽车的每一次改型都直接导致继电器控制装置的重新设计和安装。随着生产的发展, 汽车型号更新的周期愈来愈短, 这样, 继电器控制装置就需要经常地重新设计和安装, 十分费时, 费工, 费料, 甚至阻碍了更新周期的缩短。为了改变这一现状, 美国通用汽车公司在 1969 年公开招标, 要求用新的控制装置取代继电器控制装置, 并提出了 10 项招标指标。

- (1) 编程方便, 现场可修改程序。
- (2) 维修方便, 采用模块化结构。
- (3) 可靠性高于继电器控制装置。
- (4) 体积小于继电器控制装置。
- (5) 数据可直接送入管理计算机。
- (6) 成本可与继电器控制装置竞争。
- (7) 输入可以是交流 115V。
- (8) 输出为交流 115V、2A 以上, 能直接驱动电磁阀、接触器等。
- (9) 在扩展时, 原系统只要很小变更。
- (10) 用户程序存储器容量至少能扩展到 4KB。

1969 年, 美国数字设备公司 (DEC) 研制出第一台 PLC, 在美国通用汽车自动装配线上试用, 获得了成功。这种新型的工业控制装置以其简单易懂, 操作方便, 可靠性高, 通用灵活, 体积小, 使用寿命长等一系列优点, 很快地在美国其他工业领域推广应用。到 1971 年, 已经成功地应用于食品、饮料、冶金、造纸等工业。



这一新型工业控制装置的出现，也受到了世界其他国家的高度重视。1971年，日本从美国引进了这项新技术，很快研制出了日本国内第一台 PLC。1973年，西欧诸国也研制出它们的第一台 PLC。我国从 1974 年开始研制，于 1977 年应用于工业。

虽然 PLC 问世时间不长，但是随着微处理器的出现，大规模、超大规模集成电路技术的迅速发展和数据通信技术的不断进步，PLC 也迅速发展，其发展过程大致可分以下几个阶段。

1. 早期的 PLC (20 世纪 60 年代—20 世纪 70 年代中期)

早期的 PLC 一般称为可编程逻辑控制器。这时候的 PLC 多少有点继电器控制装置的替代物的含义，其主要功能只是执行原先由继电器完成的顺序控制、定时等。它在硬件上以准计算机的形式出现，在 I/O 接口电路上作了改进以适应工业控制现场的要求。装置中的器件主要采用分立元件和中小规模集成电路，存储器采用磁芯存储器，另外还采取了一些措施，以提高其抗干扰的能力。在软件编程上，采用广大电器工程技术人员所熟悉的继电器控制线路的方式——梯形图。因此，早期的 PLC 的性能要优于继电器控制装置，其优点包括简单易懂，便于安装，体积小，能耗低，有故障指使，能重复使用等。其中 PLC 特有的编程语言——梯形图一直沿用至今。

2. 中期的 PLC (20 世纪 70 年代中期—20 世纪 80 年代中后期)

在 20 世纪 70 年代，微处理器的出现使 PLC 发生了巨大的变化。美国、日本、德国等一些厂家先后开始采用微处理器作为 PLC 的中央处理单元 (CPU)。这样，PLC 的功能大大增强。在软件方面，除了保持其原有的逻辑运算、计时、计数等功能以外，还增加了算术运算、数据处理和传送、通信、自诊断等功能。在硬件方面，除了保持其原有的开关模块以外，还增加了模拟量模块、远程 I/O 模块、各种特殊功能模块。并扩大了存储器的容量，使各种逻辑线圈的数量增加，还提供了一定数量的数据寄存器，使 PLC 的应用范围得以扩大。

3. 近期的 PLC (20 世纪 80 年代中后期至今)

进入 20 世纪 80 年代中后期，由于超大规模集成电路技术的迅速发展，微处理器的市场价格大幅下跌，使得各种类型的 PLC 所采用的微处理器的档次普遍提高。特别是 20 世纪 90 年代中期至今，为了进一步提高 PLC 的处理速度，各制造厂商还纷纷使用 16 位和 32 位的微处理器芯片，有的已使用 RISC 芯片，这样使得 PLC 软、硬件功能发生了巨大变化。



4.1.2、PLC 的定义

PLC 问世以来，尽管时间不长，但发展迅速。为了使其生产和发展标准化，国际电工委员会(IEC)在 1987 年 2 月通过了对 PLC 的定义：“可编程控制器是一种数字运算操作的电子系统，专为在工业环境应用而设计的。它采用一类可编程的存储器，用于其内部存储程序，执行逻辑运算，顺序控制，定时，计数与算术操作等面向用户的指令，并通过数字或模拟式输入/输出控制各种类型的机械或生产过程。可编程控制器及其有关外部设备，都按易于与工业控制系统联成一个整体，易于扩充其功能的原则设计。”

总之，可编程控制器是一台计算机，它是专为工业环境应用而设计制造的计算机。它具有丰富的输入/输出接口，并且具有较强的驱动能力。但可编程控制器产品并不针对某一具体工业应用，在实际应用时，其硬件需根据实际需要进行选用配置，其软件需根据控制要求进行设计编制。

4.1.3、PLC 的特点

1. 可靠性高

PLC 的一个显著特点是可靠性高。PLC 组成的控制系统用软件代替了传统的继电器控制中复杂的硬件线路，因此使用 PLC 的控制系统显然故障小于不使用 PLC 的控制系统。另一方面，PLC 本身采用了抗干扰能力强的微处理器作 CPU，电源采用多级滤波并采用集成稳压块稳压，以适应电网电压的波动；输入/输出回路采用光电隔离技术；工业应用的 PLC 还采用了较多的屏蔽措施。所有这一切都使 PLC 本身的抗干扰能力得以提高，从而提高了整个系统的可靠性，使 PLC 的控制系统能在恶劣的工作环境下良好地运行。

2. 丰富的 I/O 接口模块

PLC 针对不同的工业现场信号，如交流或直流，开关量或模拟量，电压或电流，脉冲或电位，强电或弱电等，有相应的 I/O 模块与工业现场的器件或设备，如按钮、行程开关、接近开关、传感器及变送器、电磁线圈、控制器等直接连接。另外为了提高操作性能，它还有多种人一机对话的接口模块；为了组成工业局部网络，它还有多种通信联网的接口模块等。

3. 采用模块化结构

为了适应各种工业控制需要，除了单元式的小型 PLC 以外，绝大多数 PLC 均采用模



块化结构。PLC 的各个部件，包括 CPU、电源、I/O 等均采用模块化设计，由机架及电缆将各模块连接起来，系统的规模和功能可根据用户的需要自行组合，使系统构成十分灵活。PLC 的内部不需要接线和焊接，只要编程就可以使用，故安装方便。PLC 辅助触点的使用不受次数的限制，内部器件可多到使用户不感到有什么限制，只需考虑输入、输出点个数即可。

4. 编程简单，使用方便

PLC 的设计宗旨是方便使用，使计算机控制技术得到推广和普及。目前大多数的 PLC 均采用继电器控制形式的梯形图编程方式。采用这种编程方式既继承传统控制线路的清新直观感，又顾及了大多数电器技术人员的读图习惯。因此，这种编程方式简单易学，容易被技术人员接受在一定程度上推动了计算机控制技术的普及和应用。相比而言，通常用作计算机控制的汇编语言编出的程序短小精悍，运行快。但是，由于汇编语言指令复杂较难掌握，程序通用性和易读性较差，而且对于大多数机电设备来说，PLC 编程所增加的运行时间微不足道，所以用汇编语言编程进行控制的方法一直得不到普及和推广。

5. 安装简单，维修方便

PLC 不需要专门的机房，可以在各种工业环境下直接运行。使用时只需将现场的各种设备与 PLC 相应的 I/O 端相连接，即可投入运行。各种模块上均有运行和故障指示装置，便于用户了解运行情况和查找故障。由于采用模块化结构，因此一旦某模块发生故障，用户可以通过更换模块的方法，使系统迅速恢复运行。

6. 设计施工周期短

使用 PLC 完成一项控制工程，在系统设计完成后，现场施工和 PLC 程序设计可同时进行，设计周期短，且程序调试和修改方便。

正是由于有上述优点，使得 PLC 受到了广泛的欢迎。

4.1.4、PLC 的分类

PLC 产品的种类很多，一般可以从它的结构形式、输入/输出点数及功能进行分类。

1. 按结构形式分类

由于 PLC 是专门为工业环境应用而设计的，为了便于现场安装和接线，其结构形式与一般计算机有很大的区别，主要有整体式和模块式两种结构形式。

(1) 整体式结构：整体式结构的 PLC 是把 CPU、存储器单元、输入/输出单元、外部设



备接口单元和电源单元集中装在一个机箱内，形成一个整体，称为主机。这种整体式结构的 PLC 具有输入/输出点数少、体积小、价格低等特点。一般小型 PLC 常采用这种结构，适用于单体设备的开关量自动控制和机电一体化产品的开发应用等场合。

(2) 模块式结构：模块式结构的 PLC 是把中央处理单元、存储器单元、输入/输出单元等做成各自相对独立的模块，然后按需求组装在一个带有电源单元的机架或母板上。这种模块式结构的 PLC 具有输入/输出点数多、模块组合灵活的特点，一般大、中型 PLC 采用这种结构，适用于复杂过程控制系统的应用场合。

2. 按输入/输出点数和内存容量分类

为适应不同工业生产过程中的应用要求，PLC 能够处理的输入/输出点数是不一样的。按输入/输出点数的多少和内存容量的大小，可分为超小型机、小型机、中型机、大型机和超大型机五种类型。

(1) 超小型机：超小型 PLC 的输入/输出点数在 64 点以下，内存容量在 1KB 以内。其输入/输出信号是开关量信号，功能以逻辑运算为主，并有定时和计数功能，结构紧凑，为整体式结构。

(2) 小型机：小 PLC 的输入/输出点数在 128 点以下，内存容量小于 4KB。以开关量输入/输出为主，控制功能简单，结构形式多为整体型。

(3) 中型机：中型 PLC 的输入/输出点数在 128 点~512 点之间，内存容量小于 8KB。既有开关量输入/输出，又有模拟量输入/输出，控制功能比较丰富，结构形式多为模块型。

(4) 大型机：大型 PLC 的输入/输出点数在 512 点~1024 点，内存容量小于 16KB。除一般类型的输入/输出信号外，还有特殊类型的输入/输出单元和智能输入/输出单元，控制功能完善，结构形式采用模块型。

(5) 超大型机：超大型 PLC 的输入/输出点数在 1024 点以上，内存容量大于 16KB。除一般类型的输入/输出信号外，还有特殊类型的输入/输出单元和智能输入/输出单元，控制功能完善，可以与集散控制系统 DCS 相当，结构形式采用模块型。

3. 按功能分类

根据工业生产过程中控制系统复杂程度的要求不同，PLC 的功能各不相同，大致可设定为低档、中档、高档三个类型。

(1) 低档机：低档 PLC 以逻辑量控制为主，适用于开关量控制、定时/计数控制、顺序



控制及少量模拟量控制等场合。它具有逻辑运算、定时、计数、移位及自诊断等基本功能，还可有输入/输出扩展和与外部设备通信的功能。

(2)中档机：中档 PLC 既有开关量的控制又有模拟量的控制，适用于小型连续生产过程的复杂逻辑控制和闭环调节控制场合。除具有低档机的功能外，还有较强的模拟量 I/O、算术运算、数据传送与比较、数制转换、子程序、远程 I/O 以及通信联网等功能，有些还设有中断控制、PID 回路控制等功能。

(3)高档机：高档 PLC 既有开关量的控制又有模拟量的控制，可用于更大规模的过程控制，构成分布式控制系统，形成整个工厂的自动化网络。除具有中档机的功能外，还有较强的数据处理、模拟调节、特殊功能函数运算、监视记录、打印等功能，以及更强的通信联网、中断控制、智能及过程控制等功能。

第二节 可编程控制器的基本组成

PLC 实质是一种专用于工业控制的计算机，其硬件结构基本上与微型计算机相同。可编程控制器主要由中央处理器、存储器、输入/输出接口、电源及外接编程器构成。在目前较流行的模块式结构中，常在母板上按系统要求配置 CPU 单元（包括电源）、存储单元、I/O 单元等，如图 4-1 所示。

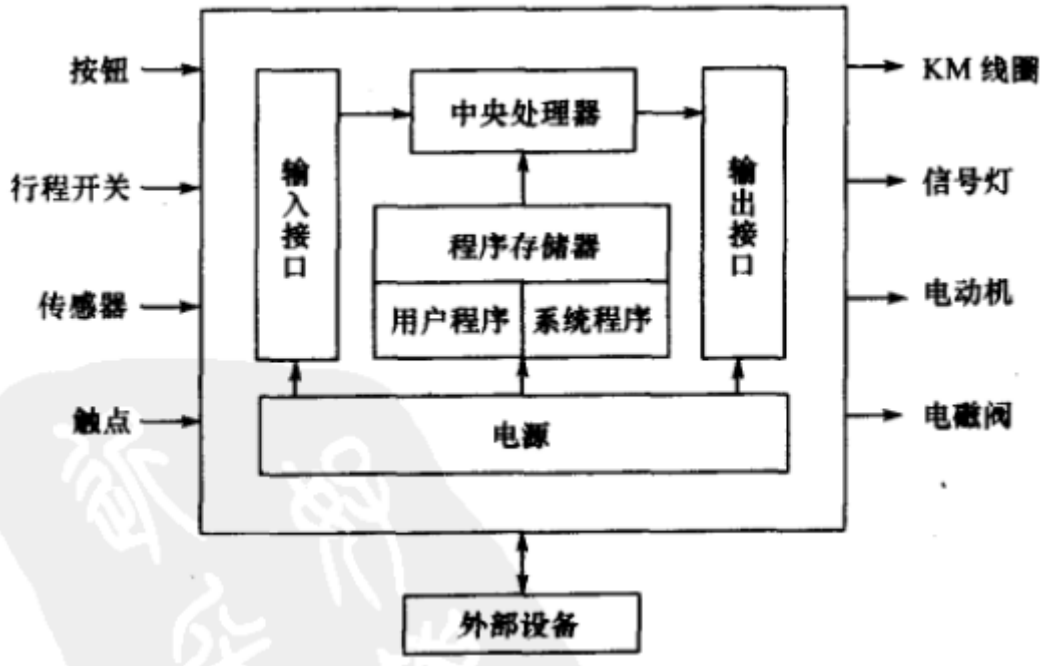


图 4-1 可编程控制器的组成

4.2.1、中央处理单元

中央处理单元(CPU)是 PLC 的控制中枢。它按照 PLC 系统程序赋予的功能接收并存储从编程器键入的用户程序和数据；检查电源、存储器、I/O 以及警戒定时器的状态，并能诊断用户程序中的语法错误。当 PLC 投入运行时，首先它以扫描的方式接收现场各输入装置的状态和数据，并分别存入 I/O 映像区，然后从用户程序存储器中逐条读取用户程序，经过命令解释后按指令的规定执行逻辑或算术运算的结果送入 I/O 映像区或数据寄存器内。等所有的用户程序执行完毕之后，最后将 I/O 映像区的各输出状态或输出寄存器内的数据传送到相应的输出装量，如此循环运行，直到停止运行。

为了进一步提高 PLC 的可靠性，近年来对大型 PLC 还采用双 CPU 构成冗余系统，或



采用三 CPU 的表决式系统。这样，即使某个 CPU 出现故障，整个系统仍能正常运行。

重点提示 现代微型计算机使用的 CPU 主要有以下几种。

(1)通用微处理器，如 8080、6800、Z80A、8086 等。通用微处理器的价格便宜，通用性强。

(2)单片机，如 8051 等。单片机由于集成度高、体积小、价格低，和可扩充性好，很适合在小型微型计算机上使用，也广泛地用于微型计算机的智能 I/O 模块。

(3)位片式微处理器，如 AMD2900 系列等。位片式微处理器是独立于微型计算机的另一分支。它主要追求运算速度快，它以 4 位为一片。用几个位片级联，可以组成任意字长的微处理器。

4.2.2、存储器

存放系统软件的存储器称为系统程序存储器；存放应用软件的存储器称为用户程序存储器。

1. 系统程序存储器

制造可编程序控制器产品的厂家根据 CPU 部件的指令系统编写的程序为系统程序，它固化在只读存储器 ROM 和可擦除只读存储器 EPROM 中。存储在 ROM 和 EPROM 的内容，在断电情况下保持不变。

系统程序存储器存放内容包括系统工作程序(监控程序)、模块化应用功能子程序、命令解释程序、功能子程序的调用管理程序、系统诊断程序和系统参数。以上系统程序存储器中的内容都是事先存放在 ROM(EPROM)芯片中，开机后便可运行其中程序。另外，存放在系统程序存储器中的内容用户无法直接存取，它和硬件一起决定了该可编程序控制器的各项性能。

2. 用户程序存储器

使用可编程序控制器产品的用户根据机器指令编写的程序称为用户程序。一般可编程序控制器产品说明书中所列的存储器是指用户存储器。所以不同的可编程序控制器产



品，其存储容量各不相同。用户程序存储器一般采用加备用电池的读/写存储器(随机存储器)RAM、EPROM 和 EEPROM。存放在 RAM 中的内容在可编程序控制器断电时会消失，所以目前一般采用锂电池在可编程序控制器断电时保存其内容，直到用户需要修改时为止。

4.2.3、输入/输出接口

输入/输出接口起着可编程序控制器与外围设备之间传送信息的作用。

1. 输入接口

可编程序控制器通过输入接口把工业设备或生产过程的状态或信息输入主机，通过用户程序的运算和操作，将结果通过输出接口输出给执行机构。一般情况下，现场的输入信号可以是按钮开关、行程开关、接触器的触点以及其他一些传感器输出的开关量或模拟量（要通过数 / 模变换后才能输入可编程序控制器内）。输入接口一般由光电耦合电路和微电脑输入接口电路组成。

(1)光电耦合输入接口电路：该电路的核心是光电耦合器件，应用最多的是发光二极管和光电三极管构成的光电耦合器。采用光电耦合电路与现场输入信号连接可以有效防止现场的强电干扰进入到可编程序控制器中。由于信号依靠光耦合，在电器上完全隔离，传输后的信号不会反馈到输入端，不会产生地线干扰和其他串扰。考虑到发光二极管的正向电阻较低。其阻值一般约 $100\ \Omega \sim 1K\ \Omega$ ，所以其输入阻抗较低，而外界干扰信号的内阻远远大于发光二极管的正向电阻，根据分压原理可知，干扰源能够分配（馈送）给可编程序控制器输入端的干扰噪声很小。发光二极管的原理告诉我们，只有在发光二极管中通过一定量的电流时才会发光，尽管干扰源能产生较大的电压，但其内阻很大，能量并不大，只能产生很弱的电流，所以干扰信号受到抑制。

(2)微电脑输入接口电路：微电脑输入接口电路是由专用集成电路芯片来完成的，在这个芯片上一般由输入数据寄存器、选通电路和中断请求电路构成。现场的输入信号通过光电耦合传送到输入数据寄存器，然后由总线传送给 CPU。

2. 输出接口

可编程序控制器的输出信号是通过输出接口传送的，这些信号控制现场的执行部件完成相应的动作。常见现场执行部件有电磁阀、接触器、继电器、信号灯、电动机等。现场输出接口电路由输出接口电路和功率驱动电路组成。

(1)输出接口电路：与微电脑输入接口电路一样，输出接口电路也采用集成的输出数



据寄存器、选通电路和中断请求电路。在 CPU 的控制下，通过数据总线将要输出的信号传送到输出数据寄存器中，在功率驱动电路作用下输出。

(2) 功率驱动电路：可编程序控制器输出一般有三种方式可供选用，分别采用继电器方式输出、晶闸管方式输出和晶体管方式输出，目前以继电器方式输出较多。

继电器方式输出接触电阻小，使用寿命可达 10^{10} 次，但其响应速度慢，一般为毫秒级，常用于低速大功率负载。

晶闸管方式输出负载电流比较大，耐压也可以较高，响应速度较快，一般为微秒级，常用于高速大功率负载。

晶体管方式输出响应速度快，一般为纳秒级，并且输出可调节，寿命长，常用语高速小功率负载。

4.2.4、电源

有些 PLC 中的电源，是与 CPU 模块合二为一的，有些是分开的，其主要用途是为 PLC 各模块的集成电路提供工作电源。同时，有的还为输入电路提供 24V 的工作电源。电源输入类型有交流电源（交流 220V 或 110V）和直流电源（直流 24V）。

4.2.5、底板或机架

大多数模块式 PLC 使用底板或机架，其作用是：电器上，实现各模块间的联系，使 CPU 能访问底板上的所有模块；机械上，实现各模块间的连接，使各模块构成一个整体。

4.2.6、PLC 的通信联网

PLC 具有通信联网的功能，它使 PLC 与 PLC 之间、PLC 与上位计算机以及其他智能设备之间能够交换信息，形成一个统一的整体，实现分散集中控制。现在几乎所有的 PLC 新产品都有通信联网功能，它和计算机一样具有 RS232 接口，通过双绞线、同轴电缆或光缆，可以在几千米甚至几十千米的范围内交换信息。

当然，PLC 之间的通信网络是各厂家专用的，PLC 与计算机之间的通信，一些生产厂家采用工业标准总线，并向标准通信协议靠拢，这将使不同机型的 PLC 之间、PLC 与计算机之间可以方便地进行通信与联网。



了解了 PLC 的基本结构，在购买程控器时就有了一个基本配置的概念，做到既经济又合理，尽可能发挥 PLC 所提供的最佳功能。

第三节 可编程控制器的控制原理

4.3.1、PLC 的编程语言

可编程控制器的编程语言，根据生产厂家不同和机型不同而各不相同。由于目前还没有统一的通用语言，所以在使用不同厂家的可编程控制器时，同一种编程语言(例如梯形图编程语言或指令表编程语言)也有所不同。它们大致可分成四种，如图 4-2 所示。

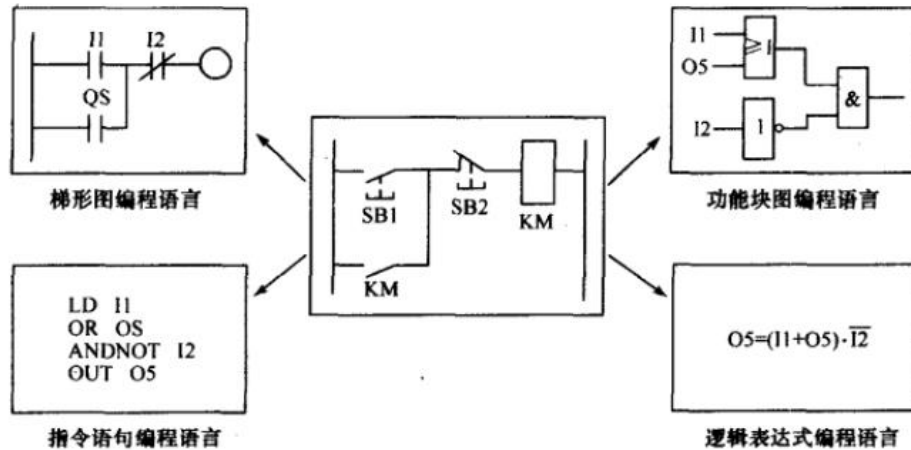


图 4-2 PLC 的几种编程语言

下面主要介绍梯形图编程语言、指令语句编程语言和功能块图(逻辑符号)编程语言。

1. 梯形图编程语言

梯形图编程语言是在继电器—接触器控制系统电路图基础上简化了符号演变而来的，可以说是沿袭了传统控制电路图。在简化的同时还加进了许多功能强而又使用灵活的指令，将微型计算机的特点结合进去，使编程容易，而实现的功能却大大超过传统控制电路图，是目前用得最普通的一种可编程控制器编程语言。图 4-3 列出了物理继电器与 PLC 输出继电器的符号对照表。

继电器		物理继电器	PLC 继电器
线圈			
触点	常开		
	常闭		

图 4-3 物理继电器与 PLC 输出继电器的符号对照表

图 4-4(a) 为用继电器控制的电动机直接起、停控制梯形图，图 4-4(b) 为用 PLC 控制的梯形图程序。由图可见，这两种梯形图形式很相似。但是，它们只是形式上的相似，实质上却存在着本质的差别，其主要区别有以下几点。

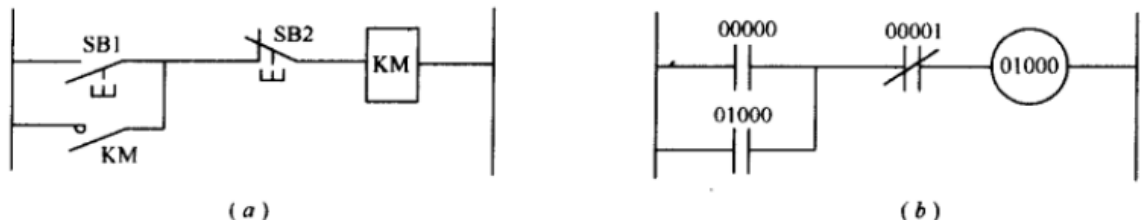


图 4-4 两种控制方式的梯形图

(1) 两种继电器的区别

1) 继电器控制电路中使用的继电器都是物理的电器，继电器与其他控制电器间的连接必须通过硬接线来完成；PLC 的继电器不是物理的电器，它是 PLC 内部的寄存器位，常称之为“软继电器”。之所以称为“软继电器”，是因为它具有与物理继电器相似的功能。例如，当它的“线圈”通电时，其所属的常开触点闭合，常闭触点断开；当它的“线圈”断电时，其所属的常开触点和常闭触点均恢复常态。PLC 梯形图中的接线称为“软接线”，这种“软接线”是通过编程来实现的。

2) PLC 的每一个继电器都对应着内部的一个寄存器位，由于可以无限次地读取某位寄存器的内容，所以，可以认为 PLC 的继电器有无数个常开、常闭触点可供用户使用。而物理继电器的触点个数是有限的。

3) PLC 的输入继电器是由外部信号驱动的，在梯形图中只能使用输入继电器的触点，而不出现它的线圈。而物理继电器触点的状态取决于其线圈中有无电流通过，在继电器控制电路中，若不接继电器线圈，只接其触点，则触点永远不会动作。

(2) 两种梯形图的区别

PLC 梯形图左右的两根线也叫母线，但与继电器控制电路的两根母线不同。继电器控制电路的母线与电源连接，其每一行（也称梯级）在满足一定条件时将通过两条母线形成电流通路，从而使电器动作；而 PLC 梯形图的母线并不接电源，它只表示每一个梯级的起始和终止，PLC 的每一个梯级中并没有实际的电流通过。通常说 PLC 的线圈接通了，这只不过是为了分析问题方便而假设的概念电流通路，而且概念电流只能从左向右流，这是 PLC 梯形图与继电器控制电路本质的区别。

(3) 实现控制功能的手段不同

继电器控制是通过改变电器间的硬接线来实现各种控制功能的，而 PLC 是通过编程实现控制的。

为便于大家对两种梯形图有一个深刻的认识，下面举一例子来说明。图 4-5 为采用继电器控制的线路图。

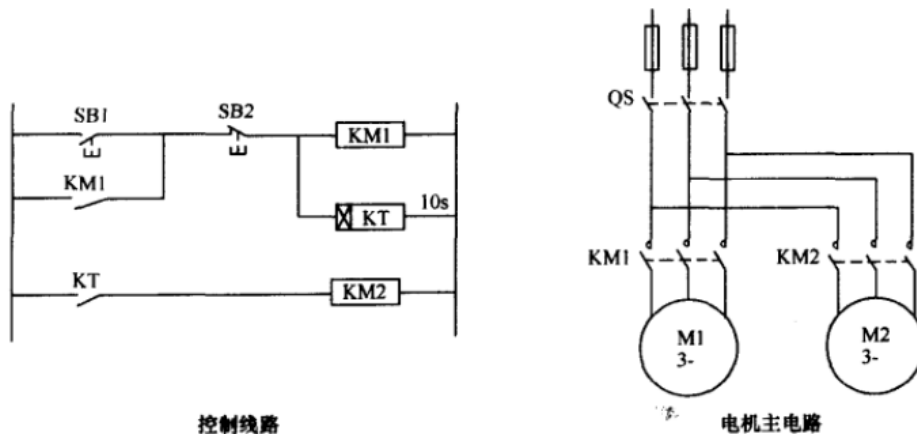


图 4-5 采用继电器控制的线路图

控制功能如下：按下起动按钮 SB1，电机 M1 开始运转，过 10s 后，电机 M2 开始运转；按下停止按钮 SB2，电机 M1、M2 同时停止运转。

如果采用 PLC 控制，控制线路如图 4-6 所示。

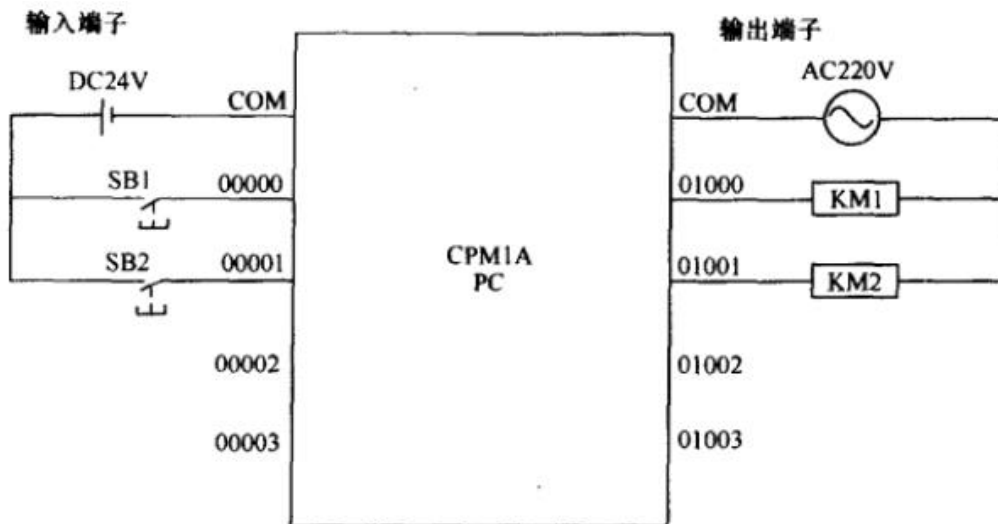


图 4-6 采用 PLC 控制的线路图

控制功能如下：按下起动按钮 SB1，电机 M1 开始运转，过 10s 后，电机 M2 开始运转；按下停止按钮 SB2，电机 M1、M2 同时停止运转。

PLC 的等效控制电路如图 4-7 所示。

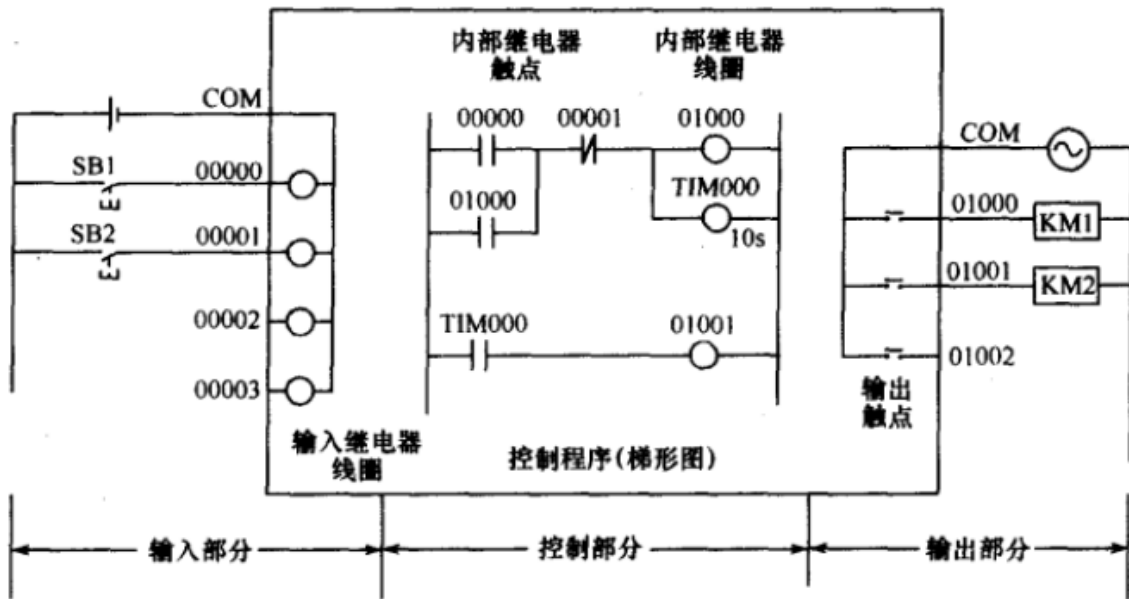


图 4-7 PLC 的等效控制电路

具体控制过程是：当按下 SB1 时，输入继电器 00000 的线圈通电，00000 的常开触点闭合，使输出继电器 01000 的线圈得电，01000 对应的硬输出触点闭合，KM1 得电 M1 开始运转，同时 01000 的一个常开触点闭合并自锁。

时间继电器 TIM000 的线圈通电开始延时，10s 后 TIM000 的常开触点闭合，输出继电器 01001 的线圈得电，01001 对应的硬输出触点闭合，KM2 得电 M2 开始运转。

当按下 SB2 时，输入继电器 00001 的线圈通电，00001 的常闭触点断开，01000、TIM000 的线圈均断电，01001 的线圈也断电，01000、01001 两个硬输出触点随之断开，KM1、KM2 断电，M1、M2 停转。

重点提示

(1) 梯形图语言中，只有动合和动断两种触点。动合触点和动断触点图形符号基本相同，但它们的文字符号不相同，随不同机种、不同位置（输入或输出）而不同。因为在可编程控制器中每一触点的状态均存入可编程控制器内部的存储单元中，所以同一标记的触点可以反复使用，次数不限。

(2) 梯形图语言最左边是起始母线，每一逻辑行必须从起始母线开始画起。有些类型的产品在梯形图最右边还有结束母线，有的则省略不用。

(3) 梯形图语言必须按从左到右、从上到下顺序书写，可编程控制器是按这个顺序执行程序的。



- (4) 梯形图语言中的触点可以任意串联或并联。
- (5) 梯形图语言中输出继电器可以并联，但不能串联。
- (6) 程序结束应有结束符，一般用“END”表示。

2. 指令语句编程语言

梯形图编程语言优点是直观、简便，但要求带 CRT 屏幕显示的图形编程器方可输入图形符号。小型机一般无法满足，而是采用经济便携的编程器(指令编程器)将程序输入到可编程序控制器中，这种编程方法使用指令语句(助记符语言)，它类似微型计算机中的汇编语言。

语句是指令语句编程语言的基本单元，每个控制功能由一个或多个语句组成的程序来执行。每条语句是规定可编程控制器中 CPU 如何动作的指令，它是由操作符和操作数组成的。操作码用助记符表示(例如，LD 表示“取”，OR 表示“或”，OUT 表示“输出”等)要执行的功能，操作数(参数)表明操作的地址(例如输入继电器，输出继电器，定时器等)或一个预先设定的值(例如定时值，计数值等)。

对同样功能的指令，不同厂家的 PLC 使用的助记符一般不同。对图 4-4(b)所示的欧姆龙 CPM1 A 系列 PLC 的梯形图，其语句表为：

LD	00000	(常开触点 00000 与左母线连接)
OR	01000	(常开触点 01000 与常开触点 00000 相并联)
ANDNOT	00001	(串联一个常闭触点 00001)
OUT	01000	(输出到继电器 01000)

指令语句是 PLC 用户程序的基础元素，多条语句的组合构成了语句表。一个复杂的控制功能是用较长的语句表来描述的。语句表编程语言不如梯形图形象、直观，但是在使用简易编程器输入用户程序时，必须把梯形图程序转换成语句表才能输入。

3. 功能块图编程语言

功能块图编程语言实际上是以逻辑功能符号组成功能块表达命令的图形语言，与数字电路中逻辑图一样，它极易表现条件与结果之间的逻辑功能。

图 4-2 所示为先“或”后“与”再输出操作的功能块图编程语言图。由图可见，这种编程方式是根据信息流将各种功能块加以组合，是一种逐步发展起来的新式的编程语言，正在受到各种可编程控制器厂家的重视。



4.3.2、PLC 的工作方式

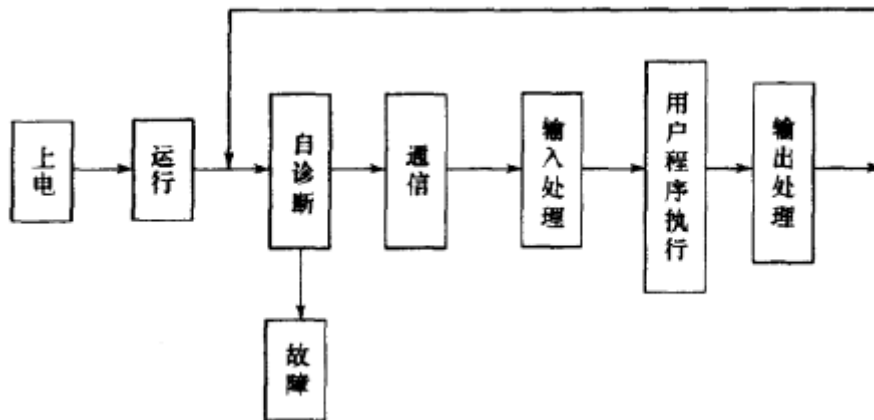
最初研制生产的 PLC 主要用于代替传统的由继电器接触器构成的控制装置，但两者的运行方式是不相同的。

继电器控制装置采用硬逻辑并行运行的方式，即如果这个继电器的线圈通电或断电，该继电器所有的触点(包括其常开或常闭触点)在继电器控制线路的哪个位置上都会立即同时动作。PLC 的 CPU 则采用顺序逻辑扫描用户程序的运行方式，即如果一个输出线圈或逻辑线圈被接通或断开，该线圈的所有触点(包括其常开或常闭触点)不会立即动作，必须等扫描到该触点时才会动作。

重点提示 在继电器控制电路中. 当某些梯级同时满足导通条件时，这些梯级中的继电器线圈会同时通电，也就是说，继电器控制电路是一种并行工作方式。PLC 是采用循环扫描的工作方式，在 PLC 执行用户程序时，CPU 对梯形图自上而下、自左向右地逐次进行扫描，程序的执行是按语句排列的先后顺序进行的。这样，PLC 梯形图中各线圈状态的变化在时间上是串行的，不会出现多个线圈同时改变状态的情况，这是 PLC 控制与继电器控制最主要的区别。

为了消除两者之间由于运行方式不同而造成的差异，考虑到继电器控制装置各类触点的动作时间一般在 100ms 以上，而 PLC 扫描用户程序的时间一般均小于 100ms，因此，PLC 采用了一种不同于一般微型计算机的运行方式——扫描技术。这样在 I/O 响应要求不高的场合，PLC 与继电器控制装置的处理结果上就没有什么区别了。

PLC 采用循环扫描的工作方式，即“顺序扫描，不断循环”。这种工作方式是在系



统软件控制下进行的。当 PLC 运行时，CPU 根据用户按控制要求编制好并存于用户存储器中的程序，按指令序号做周期性的程序循环扫描，如果无跳转指令，则从第一条指令开始逐条顺序执行用户的程序，直到程序结束，然后重新返回第一条指令，开始新一轮的扫描，如此周而复始。实际上，PLC 扫描工作除了执行用户程序外，还要完成其他工作，整个工作过程分为自诊断、通信服务、输入处理、输出处理、用户程序执行五个阶段，如图 4-8 所示。

图 4-8 PLC 循环扫描周期示意图

1. 自诊断

每次扫描用户程序之前，都先执行故障自诊断程序。自诊断内容包括 I/O 部分、存储器、CPU 等，并且通过 CPU 设置定时器来监视每次扫描是否超过规定的时间，发现异常则停机显示出错。若自诊断正常，继续向下扫描。

2. 通信服务

PLC 检查是否有与编程器、计算机等的通信要求，若有则进行相应处理。

3. 输入处理（输入刷新）

PLC 在输入刷新阶段，首先以扫描方式按顺序从输入锁存器中读入所有输入、端子的状态或数据，并将其存入内存中为其专门开辟的暂存区——输入状态映像区中，这一过程称为输入采样或输入刷新，随后关闭输入端口，进入程序执行阶段。在程序执行阶段，即使输入端状态有变化，输入状态映像区中的内容也不会改变。变化了的输入信号的状态只能在下一个扫描周期的输入刷新阶段被读入。

4. 输出处理(输出刷新)



同输入状态映像区一样，PLC 内存中也有一块专门的区域，称为输出状态映像区。当程序所有指令执行完毕，输出状态映像区中所有输出继电器的状态在 CPU 的控制下被一次集中送至输出锁存器中，并通过一定输出方式输出，推动外部相应执行元件工作，这就是 PLC 的输出刷新阶段。

5. 用户程序执行

PLC 在程序执行阶段，按用户程序顺序扫描执行每条指令，从输入状态映像区中读取输入信号的状态，经过相应的运算处理后，将结果写入输出状态映像区。

通常，自诊断和通信服务合称为监视服务，输入刷新和输出刷新合称为 I/O 刷新。因此，一个扫描周期也可分为监视服务、I/O 刷新、程序执行三个阶段，且监视服务只占用扫描周期的很短时间。

可以看出，PLC 在一个扫描周期内，对输入状态的扫描只是在输入采样阶段进行，对输出赋的值也只有输出刷新阶段才能被送出去，而在程序执行阶段输入/输出被封锁。这种方式称作集中采样、集中输出。

4.3.3、PLC 的扫描周期

扫描周期即完成一次扫描(I/O 刷新、程序执行和监视服务)所需时间。由 PLC 的工作过程可知，一个完整的循环扫描周期 T 应为：

$$T = (\text{读入一点时间} \times \text{输入点数}) + (\text{运算速度} \times \text{程序步数}) + (\text{输出一点时间} \times \text{输出点数}) + \text{监视服务时间}$$

扫描周期的长短主要取决于三个因素：一是 CPU 执行指令的速度；二是每条指令占用的时间；三是执行指令条数的多少，即用户程序的长短。扫描周期超长，系统的响应速度越慢。现在厂家生产的基本型 PLC 的一个扫描周期大约为 10ms，这对于一般的开关量控制系统来说是完全允许的。不但不会造成影响，反而可以增强系统的抗干扰能力。这是因为输入采样仅在输入刷新阶段进行，PLC 在一个工作周期的大部分时间里实际上是与外设隔离的。而工业现场的干扰常常是脉冲式的、短时的，由于系统响应较慢，往往要几个扫描周期才响应一次，而多次扫描后，因瞬间干扰而引起的误动作将会大大减少，从而提高了系统的抗干扰能力。但是对于控制时间要求较严格、响应速度要求较快的系统，就需要精心编制程序，必要时采取一些特殊功能，以减少因扫描周期造成的响应滞后后的不良影响。



总之，采用循环扫描的工作方式，是 PLC 区别于微型计算机和其他控制设备的最大特点，在学习时应充分注意。

第四节 三菱 L 系列 PLC 介绍

从 20 世纪 60 年代末至今的 30 多年时间里，PLC 生产已发展成为一个产业，主要厂商集中在一些欧美国家和日本。欧美国家的 PLC 是以大型的 PLC 而闻名，而日本则以高性价比的小型机著称。

美国是 PLC 生产大国，其中 A-B 公司、通用电器（GE）公司、德州仪器（TI）公司等都是著名的大公司。A-B 公司是美国最大的 PLC 制造商，在我国引进的大型 PLC 中，美国 A-B 公司的产品几乎占了一大半。

德国的西门子（SIEMENS）、AEG 及法国的 TI 公司是欧洲著名的 PLC 制造商。德国的西门子电子产品以性能精良而久负盛名。在中、大型 PLC 产品领域中与美国的 A-B 公司齐名。

日本的小型 PLC 很有特色，在小型机领域中颇具盛名。某些用欧美中、大型 PLC 才能实现的控制，用日本的小型机就能够解决，所以格外受到用户的欢迎。日本有很多品牌的 PLC 制造商，如欧姆龙（OMRON）、三菱（MITSUBISHI）、松下（PANASONIC）、富士、日立、东芝等。在世界小型 PLC 市场上，日本产品约占有 70% 的份额。

下面主要以应用较为广泛的三菱 L 系列模块式 PLC 为例进行介绍。

4.4.1、特点和规格

1. L 系列 PLC 的特点

三菱 L 系列 PLC 具有以下特点。

(1) CPU 单元具备多种控制功能。L 系列内置了种类丰富的 I/O 类型及多项实用功能，用户可以根据用途进行选择，实现多种控制。

(2) 对应高速大容量的 CPU。配备基本运算处理速度达 9.5ns 的高速 CPU，还可确保 260K 步的程序容量，在必须进行复杂运算的装置控制方面的性能也非常出色。

(3) 凭借优异的操作性提高作业效率。使用显示模块的无电脑操作、SD 存储卡的活用、便捷的编程环境等，大幅提高了设计、控制、应用过程中的操作便利性，有助于提高作业效率。

(4) 通过安装各种模块，可以根据用途进行系统扩展。此外，由于是无基板结构，因此不会受限于基板的尺寸，可以有效地利用控制盘的空间。

2. L 系列 CPU 的规格

三菱 L 系列 PLC 的 CPU 规格如图 4-9 所示。

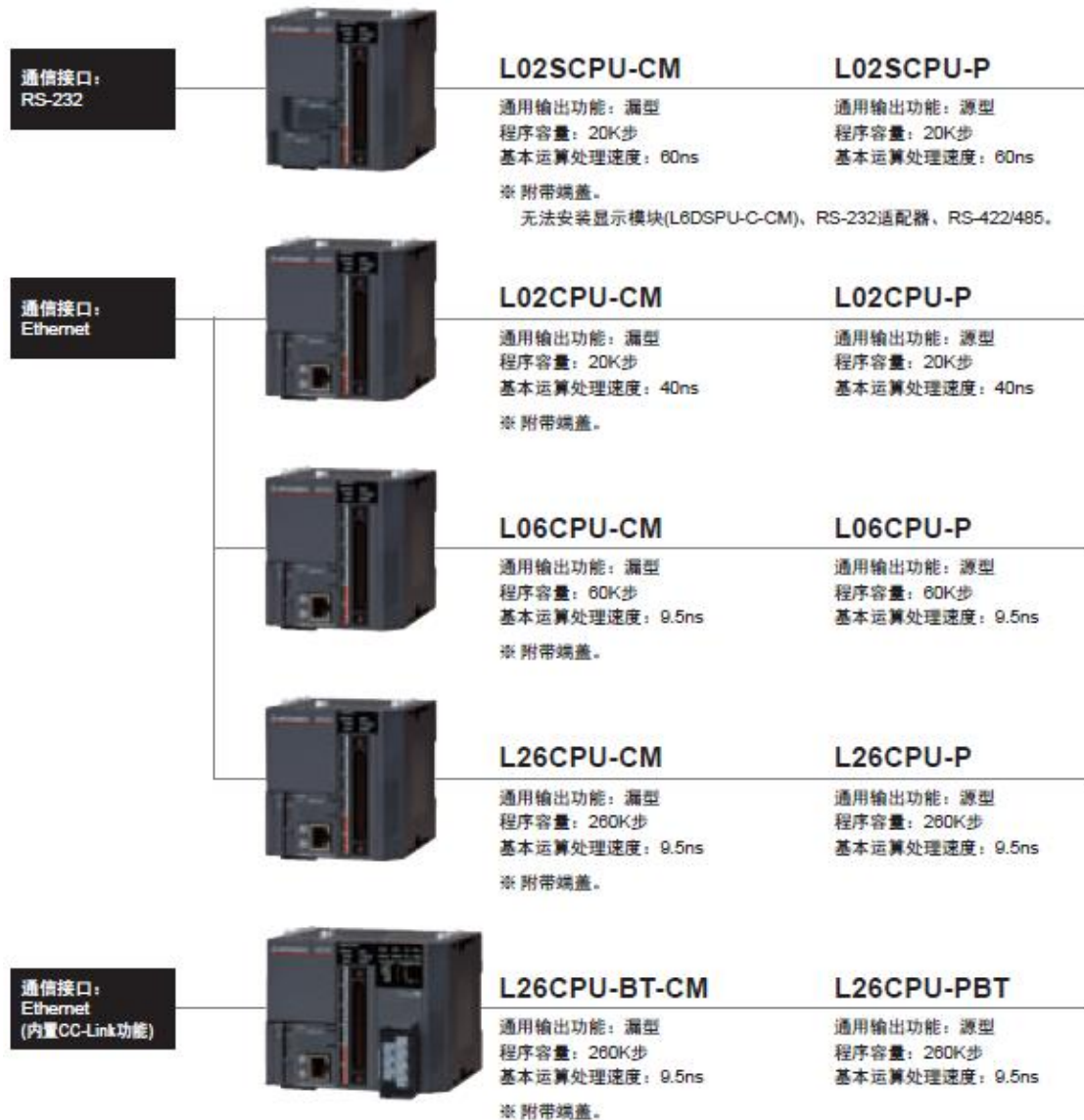


图 4-9 三菱 L 系列 CPU 的规格

4.4.2、外型结构

图 4-10 为三菱 L 系列 PLC 模块式的面板结构。

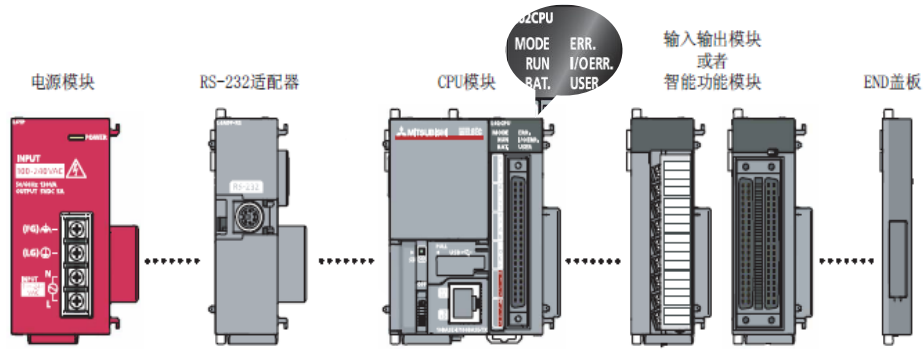
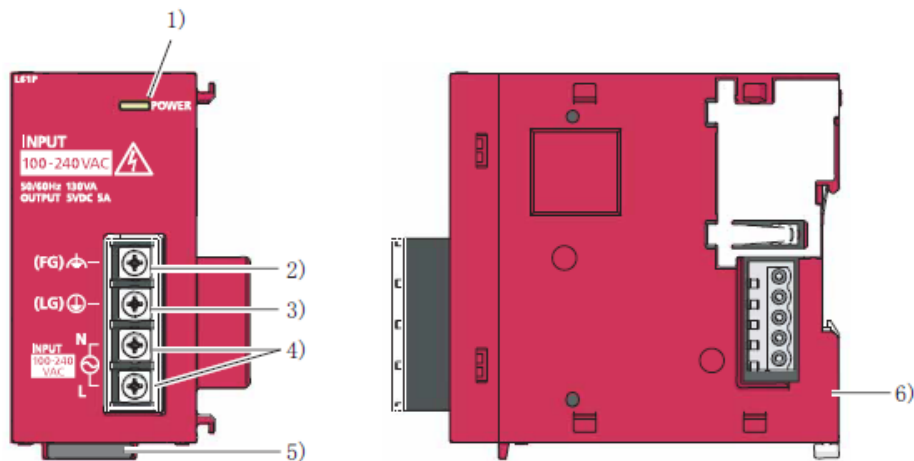


图 4-10 三菱 L 系列 PLC 模块式结构

各个模块的主要功能介绍如下。

1. 电源模块

电源模块是对 CPU 模块、输入输出模块等各模块进行供电的模块。AC 电源型的电压为 AC100V~240V。图 4-11 为电源模块各部分的名称。



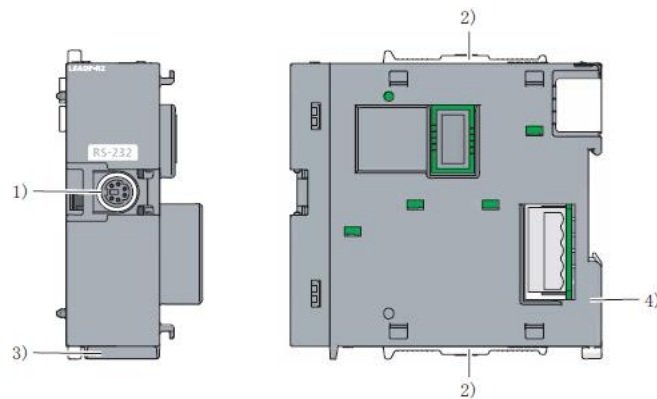
No	名称	用途
1)	POWER LED	显示电源的动作状态。 绿灯亮：正常运行中 熄灯：输入电源为输入、停电或硬件故障。
2)	FG 端子	是与印刷电路板上的屏蔽模板连接的接地端子。
3)	LG 端子	是电源滤波器的接地。 AC 输入的情况下，保持输入电压的 1/2 的电位。

4)	电源输入端子	是电源的输入端子。
5)	序列号显示部	显示额定铭牌的序列号。
6)	DIN 导轨安装用挂钩	是用于安装到 DIN 导轨上的挂钩。

图 4-11 电源模块各部分的名称

2. RS-232 适配器

用于与 RS-232 兼容的外围设备进行连接连接器。此模块为选购产品，有需要时可以选择使用。图 4-12 为 RS-232 模块各部分的名称。

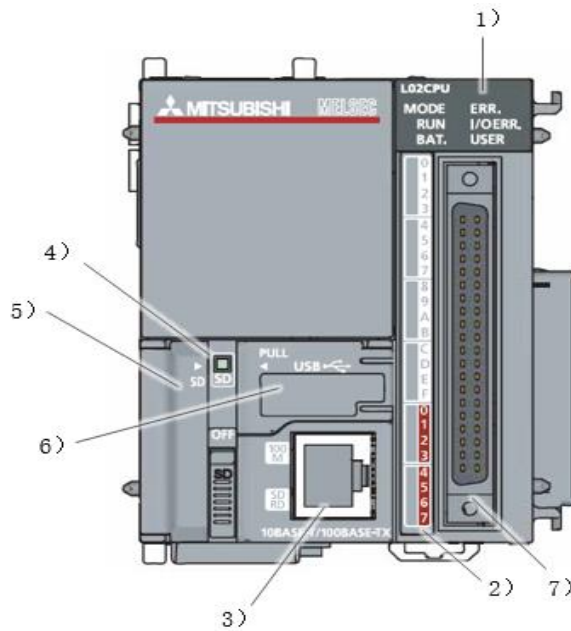


No	名称	用途
1)	RS-232 连接器	是用于与 RS-232 兼容的外围设备进行连接 的连接器。
2)	模块连接用挂钩	是用于对模块连接进行固定的挂钩。

图 4-12 RS-232 模块各部分的名称

3. CPU 模块

进行可编程控制器的总体控制的模块。包含程序存储、伺服定位控制、外部通信、



I/O 控制、数据记录、工作状态指示等功能。图 4-13 为 L02CPU 模块主要部分的名称。

No	名称	用途
1)	MODE	显示 CPU 模块的模式。 绿灯亮：普通模式 绿灯闪烁：强制模式（使用功能时）
	RUN	显示 CPU 模块的工作状态。 绿灯亮：正常运行中 绿灯闪烁：在 STOP 状态下进行可编程控制器写入、未复位状态下置为 RUN 时 熄灯：停止中或检测出停止型出错时
	BAT	显示 CPU 模块的电池状态以及锁存数据备份状态。 绿灯亮：至标准 ROM 的锁存数据备份还原完成时（5 秒钟） 绿灯闪烁：至标准 ROM 的锁存数据备份完成时 黄灯闪烁：发生电池出错时 熄灯：正常运行中
	ERR	显示 CPU 模块的出错检测状态。



		<p>红灯亮：检测出继续运行型出错时</p> <p>红灯闪烁：检测出停止型出错时或执行复位时</p> <p>熄灯：正常运行中</p>
	I/O ERR	<p>显示内置 I/O 功能出错检测状态。</p> <p>红灯亮：内置 I/O 功能中发生错误时</p> <p>熄灯：正常运行中</p>
	USER	<p>显示报警器（F）的状态。</p> <p>红灯亮：报警器（F）ON 时</p> <p>熄灯：正常时或使用报警器（F）时</p>
2)	IN 0~IN F LEDs	<p>显示输入状态。</p> <p>绿灯亮：输入信号 ON 时</p> <p>熄灯：输入信号 OFF 时</p>
	OUT 0~OUT 7 LEDs	<p>显示输出状态。</p> <p>绿灯亮：输出信号 ON 时</p> <p>熄灯：输出信号 OFF 时</p>
3)	内置以太网端口	是用于连接支持以太网的设备的连接器。
4)	SD LED	<p>显示 SD 存储卡的状态。</p> <p>绿灯亮：SD 存储卡使用中</p> <p>绿灯闪烁：SD 存储卡准备中</p> <p>熄灯：未使用 SD 存储卡</p>
5)	SD 存储卡插槽	是插入 SD 存储卡的插槽。
6)	USB 连接器	是用于连接支持 USB 的外围设备的连接器。
7)	外部设备连接用连接器（40 针）	是用于连接外部设备等的输入输出信号线的连接器。

图 4-13 L02CPU 模块主要部分的名称

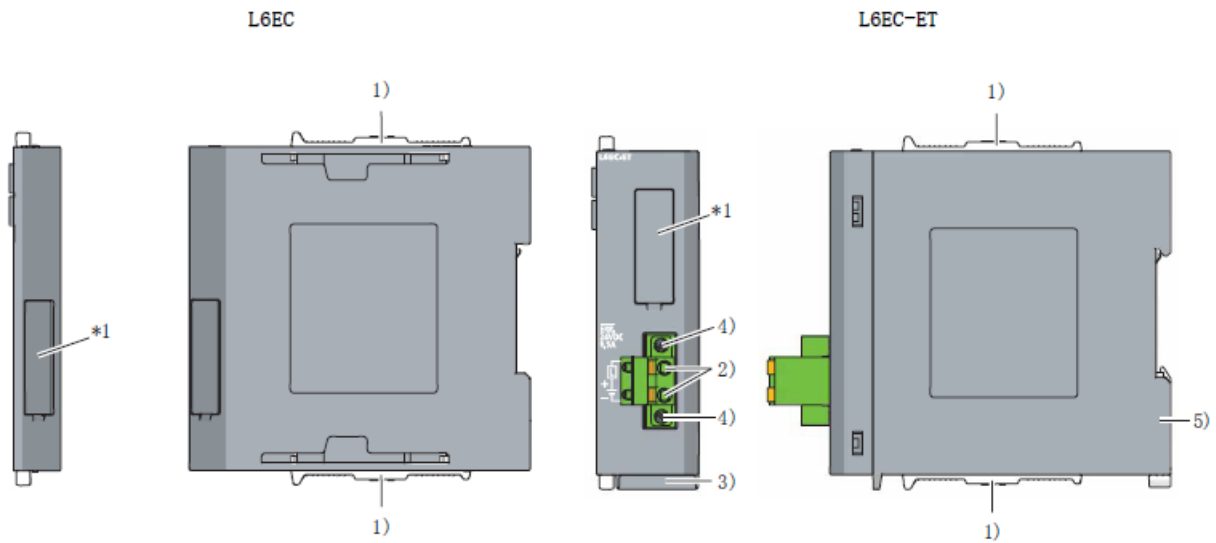
4. 输入输出模块

用于连接输入输出设备。发送接收 I/O 信号，用来控制各种负载，例如电机、电磁阀、继电器、接触器等，需要外部提供 DC24V 电源接到模块的 COM 端。

5. END 盖板

随 CPU 模块附带的模块。模块的最右端必须安装 END 盖板，否则 PLC 无法正常使用。

图 4-14 为 L6EC END 盖板各部分的名称。



No	名称	用途
1)	模块连接用挂钩	是用于对模块连接进行固定的挂钩。
2)	ERR 端子	该端子是用于进行出错检测的触点输出端子。 全部系统正常运行时为 ON，电源 OFF 时或 CPU 模块发生了停止型出错（包括复位时）的情况下，将置为 OFF。

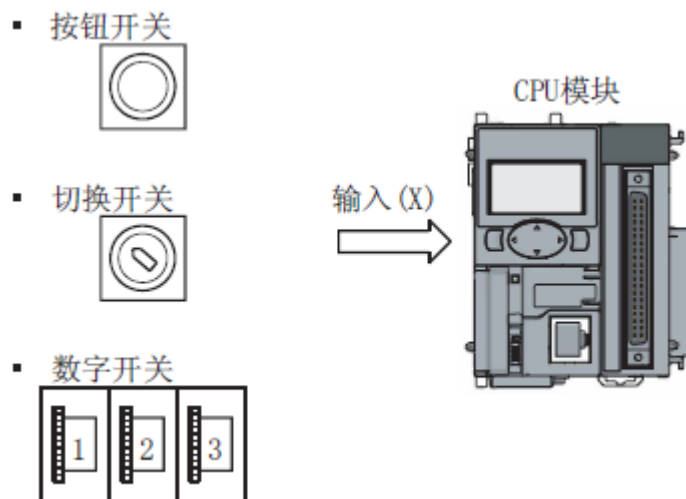
图 4-14 END 盖板各部分的名称

第五节 软元件

三菱 L 系列 PLC 的软元件常用的有输入继电器 (X)、输出继电器 (Y)、内部继电器区 (M)、特殊继电器区 (SM)、锁存继电器区 (L)、链接继电器区 (B)、数据寄存器区 (D)、特殊寄存器区 (SD)、定时器区 (T) 和计数器区 (C) 等。

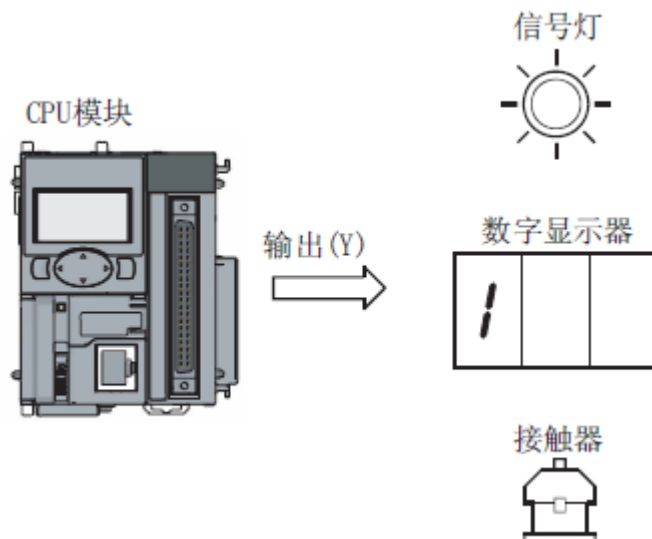
4.5.1、输入继电器 (X)

输入继电器是用来接收可编程控制器外部开关信号的 ON/OFF 信息获取到 CPU 中的软元件,它是程序只读存储器,也就是说它只能由外部信号驱动,不能被程序指令驱动。输入继电器的使用范围为 X0~X1FFF, 16 进制, 总共有 8192 点。



4.5.2、输出继电器 (Y)

输出继电器是用来传送信号到外部负载的器件,它是可读可写的存储器。输出继电器有一个外部输出动合触点,它是按照程序的执行结果而被驱动的,在内部有许多动合





触点供编程时使用。输出继电器的使用范围为 Y0~Y1FFF，16 进制，总共有 8192 点。

4.5.3、内部继电器（M）

内部辅助继电器不能直接驱动外部设备，但它可以由可编程控制器中各种继电器的触点驱动。内部继电器在适当的指令作用下，可以使继电器建立起一定的逻辑关系，其功能相当于继电器——继电器系统中的中间继电器。内部继电器的使用范围为 M0~M8191，10 进制，总共有 8192 点。

4.5.4、特殊继电器（SM）

特殊继电器（SM）是可编程控制器内部规格确定的内部继电器。因此，不能像通常的内部继电器那样用到程序中。但是，根据需要可以进行 ON/OFF 而用于控制 CPU 模块。下面就挑选一些常用的特殊继电器作一些介绍，见图 4-15。

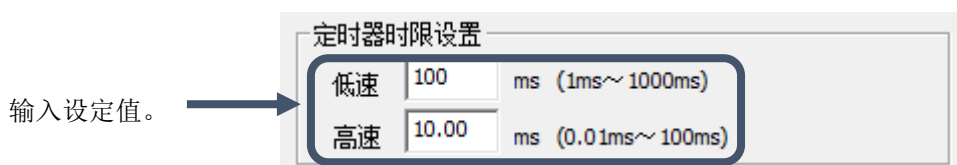
功能	编号	名称	详细内容
诊断信息	SM52	电池电压过低	OFF：正常 ON：CPU 模块的电池电压低于规定以下，SM52 变为 ON，以后电池电压正常时 SM52 将变为 OFF。
系统时钟 /计数器	SM400	常时 ON	CPU 模块的电源 ON 时变为常时 ON
	SM401	常时 OFF	CPU 模块的电源 ON 时变为常时 OFF
	SM402	RUN 后仅一个扫描 ON	/
	SM403	RUN 后仅一个扫描 OFF	/
	SM409	0.01 秒时钟	以一定时间间隔重复 ON/OFF
	SM410	0.1 秒时钟	
	SM412	1 秒时钟	
内置 I/O 功能	SM184 0	轴 1Busy	OFF：不处于 Busy 中 ON：执行各种控制（定位控制、原点回归、

			JOG 运行) 时, SM1840 将变为 ON。
SM184 1	轴 1 定位完成		OFF: 定位未完成 ON: 原点回归、位置控制、绝对位置恢复 正常时 SM1841 将变为 ON。
SM184 2	轴 1 原点回归请求		OFF: 机械原点回归控制完成 ON: 电源 ON 时、复位时、STOP→ON 时、 驱动器模块就绪信号 OFF 时或机械原点回归 控制始动时, SM1842 将变为 ON。
SM184 3	轴 1 原点回归完成		OFF: 原点回归未完成 ON: 机械原点回归控制正常完成时, SM1843 变为 ON。
SM184 5	轴 1 发生出错		OFF: 无出错 ON: 发生出错时 SM1845 将变为 ON。
SM184 6	轴 1 发生报警		OFF: 无报警 ON: 发生报警时 SM1846 将变为 ON。
SM185 0	轴 1 出错复位		OFF→ON: 轴 1 出错复位, SM1845 及 SM1846 将变为 OFF。 OFF: 轴 1 出错复位解除

图 4-15 特殊继电器编号及功能

4.5.5、定时器 (T)

定时器是线圈为 ON 时开始测量 (加法运算), 当前值与设定值相同时触点为 ON 的软元件。定时器分为线圈 OFF 时当前值变为 0 且将触点置为 OFF 的定时器和线圈 OFF 时对当前值及触点的状态进行保持的累计定时器两种类型, 其中各自都分为低速和高速。低速的测量单位为 1~1000ms, 高速的测量单位为 0.01~100ms。定时器的使用范围为 T0~T2047, 10 进制, 总共有 2048 点。



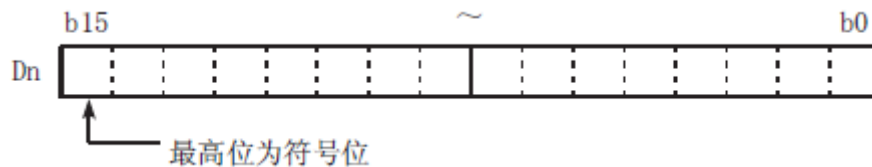
4.5.6、计数器（C）

计数器是对程序输入中的上升沿次数进行计数（加法）的软元件。计数值与设定值相同时，触点将变为 ON。计时器的使用范围为 C0~C1023，10 进制，总共有 1024 点。

4.5.7、数据寄存器（D）

数据寄存器是带符号使用的，可存储数值数据的存储器。数据寄存器中存储的数据在存储其它数据之前将被保持。但是，如果进行 CPU 模块的电源 OFF→ON 或者复位将被初始化。

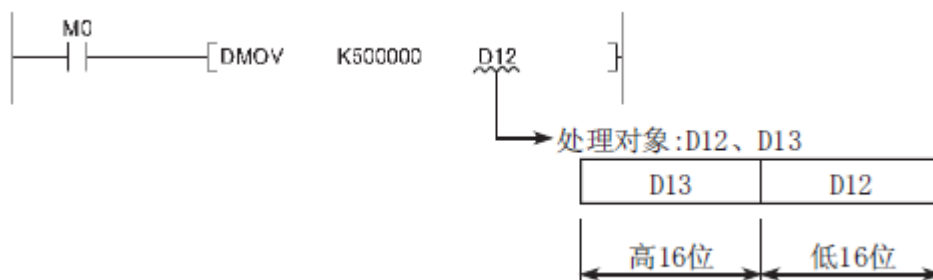
数据寄存器 1 点由 16 位构成，HEX（16 进制数）的情况下可存储 0000H~FFFFH、



DEC（10 进制数）的情况下可存储-32768~32767。

数据寄存器 2 点由低 16 位和高 16 位构成，程序指定的寄存器编号（Dn）为低 16 位，程序中指定的数据寄存器编号+1 为高 16 位，HEX（16 进制数）的情况下可存储 00000000H~FFFFFFFFH、DEC（10 进制数）的情况下可存储-2147483648~2147483647。

例 在 DMOV 指令中指定 D12 的情况下，D12 为低 16 位，D13 为高 16 位。



4.5.8、数据的种类

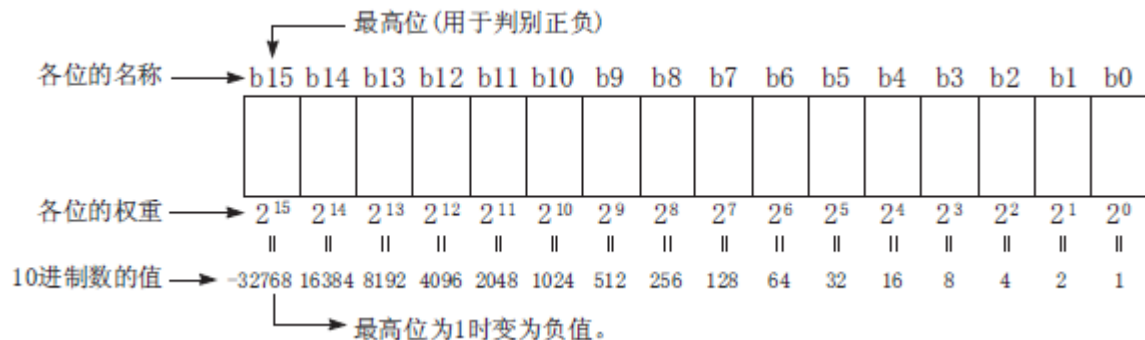
在 CPU 模块内部，将数值及字母等的数据以“0”及“1”的位进行排列表示。该以“0”及“1”表示的数据称为 2 进制数（BIN）。其他还有 10 进制数（DEC）、16 进制数（HEX）、2 进制编码的 10 进制数（BCD）及浮点数据等。下面主要介绍常用的 2 进制数、



10 进制数及 16 进制数。

1.2 进制数 (BIN: Binary Code)

BIN 是以“0”及“1”的位进行排列表示的数据。各个位大于 1 时执行进位。



2. 10 进制数 (DEC:Decimal)

10 进制常数在程序中以 K 的形式进行指定，例如 K1234，它表示指定 10 进制数据 (K) 的软元件。10 进制常数的指定范围如上一节讲到数据寄存器 (D) 时强调，这里不再重复。

3. 16 进制数 (HEX:Hexadecimal)

16 进制常数在程序中以 H 的形式进行指定，例如 H1234，它表示指定 16 进制数据 (H) 的软元件。16 进制数将 4 位作为 1 位数处理，1 位数中可表示的值换算为 10 进制数时为 0~15，大于 9 的值使用 A、B、C、D、E、F 表示，大于 F 时执行进位。16 进制常数的指定范围如上一节讲到数据寄存器 (D) 时强调，这里不再重复。

4.5.9、数据的转换

由于计算机内部表示数的字节单位都是定长的，以 2 的幂次展开，或者 8 位，或者 16 位，或者 32 位。于是，一个二进制数用计算机表示时，位数不足 2 的幂次时，高位上要补足若干个 0。

1. 二进制转换十进制

二进制转十进制的转换原理：从二进制的右边第一个数开始，每一个乘以 2 的 n 次方，n 从 0 开始，每次递增 1。然后得出来的每个数相加即是十进制数。

例 0111 1101

 ↑ _____ 位数不足 8 位，高位补足 1 个 0

$$0 \times 2^7 + 1 \times 2^6 + 1 \times 2^5 + 1 \times 2^4 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 = 125$$



2. 十进制转换二进制

将一个十进制数除以二，得到的商再除以二，依此类推直到商等于一或零时为止，

		余数	
2	125	1	↑ 从最后一个余数读到第一个
2	62	0	
2	31	1	
2	15	1	
2	7	1	
2	3	1	
		1	

倒取除得的余数，即换算为二进制数的结果。只需记住要点：除二取余，倒序排列。

3. 十进制转换十六进制

一个十进制数除以十六，直到得到的商和余数小于 15 为止，倒取除得的商和余数，

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

$$\begin{array}{r}
 16 \overline{) 125} \quad 13 \\
 \underline{7} \\

 \end{array}
 \qquad 125=7DH$$

即换算为十六进制数的结果。

4. 十六进制转换十进制（不常用）

十六进制数转十进制数方法：十六进制数按权展开，从十六进制数的右边第一个数开始，每一个乘以 16 的 n 次方，n 从 0 开始，每次递增 1。然后得出来的每个数相加即是十进制数。方法与二进制转换十进制近似，这里不再重复。

5. 二进制转换十六进制（不常用）

与二进制转八进制方法近似，八进制由三个二进制数表示，十六进制是四个二进制数表示。（注意事项，4 位二进制转成十六进制是从右到左开始转换，不足时补 0）。

$$0111 \quad 1101$$



$$\begin{array}{rcccl} 0 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 1 \times 2^1 + 1 \times 2^0 & & 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 & & \\ & 7 & & 13 & = 7DH \end{array}$$

6. 十六进制转换二进制（不常用）

十六进制数通过除 2 取余法，得到二进制数，每个十六进制数为 4 个二进制数表示，不足时在最左边补零。与十进制转二进制方法近似，这里不再重复。



第六节 三菱 L 系列 PLC 指令介绍

CPU 模块指令的主要类型包括顺控程序指令、基本指令、应用指令、数据链接指令、多 CPU 高速专用指令、多 CPU 高速通信专用指令和冗余系统用指令。

4.6.1、指令分类

指令的分类如图 4-16 所示。

指令分类	指令	详细内容
顺控程序指令	触点指令	运算开始、串行连接、并行连接。
	连接指令	梯形图块的连接、运算结果的记忆&读取、运算结果的脉冲化。
	输出指令	位软元件的输出、脉冲输出、输出取反。
	移位指令	位软元件的移位
	主控制指令	主控制
	结束指令	结束程序
	其它指令	程序停止、无处理等未列入上述分类中的指令
基本指令	比较运算指令	=、>、<等的比较
	算术运算指令	BIN、BCD 的加法、减法、乘法或除法。
	BCD→BIN 转换指令	将 BCD 转成 BIN 或将 BIN 转换成 BCD。
	数据转移指令	传送指定的数据
	程序分支指令	程序跳转
	程序的执行控制指令	中断程序的允许/禁止
	I/O 刷新指令	部分刷新的执行



	令	
	其它使用方便的指令	计数器增加/减小、示教定时器、特殊功能定时器、旋转台的就近控制等指令。
应用指令	逻辑运算指令	逻辑和、逻辑积等的逻辑运算
	旋转指令	指定数据的旋转
	移位指令	指定数据的移位
	位处理指令	位设置/复位、位测试、位软元件的批量复位
	数据处理指令	16 位数据的查找、解码和编码数据处理
	结构化指令	重复运算、子程序调用、梯形图单位的变址修饰
	表操作指令	数据表的读/写
	缓冲存储器访问指令	智能功能模块的数据读/写
	显示指令	ASCII 码的打印等
	调试&故障诊断指令	检查、状态锁存、采样跟踪
	数据控制指令	上下限控制、死区控制、区域控制、标度。
	切换指令	文件寄存器的块号切换、文件寄存器/注释文件的指定。
	时钟指令	年、月、日、时、分、秒和星期的读/写；时、分、秒的加减法运算；
	扩展时钟指令	年、月、日、时、分、秒和星期的读取
程序控制用指令	用于切换程序的执行条件的指令	
数据链接用指令	链接刷新指令	指定网络的刷新



	路由信息读取/写入指令	路由信息的读取/登录
	刷新软元件写入/读取指令	刷新软元件写入/读取
多 CPU 专用指令	多 CPU 专用指令	至本站 CPU 共享存储器的写入，从其它站 CPU 共享存储器的读取。
多 CPU 高速通信专用指令	多 CPU 软元件写入/读取指令	至其它站的软元件写入，至其它站的软元件读取
冗余系统指令	用于冗余 CPU 的指令	系统切换

图 4-16 三菱 L 系列 PLC 指令分类

4.6.2、顺控程序指令

下面将挑选顺控程序指令中一些常用的指令作主要介绍。

1. 触点指令

分类	指令符号	符号	处理内容
触点	LD		逻辑运算开始
	LDI		逻辑否运算开始
	AND		逻辑积（串行连接）
	ANI		逻辑积否定（串行连接）
	OR		逻辑和（并行连接）
	ORI		逻辑和否定（并行连接）
	LDP		上升脉冲运算开始
	LDF		下降脉冲运算开始



	ANDP		上升脉冲串行连接
	ANDF		下降脉冲串行连接
	ORP		上升脉冲并行连接
	ORF		下降脉冲并行连接
	LDPI		上升脉冲否定运算开始
触点	LDFI		下降脉冲否定运算开始
	ANDPI		上升脉冲否定串行连接
	ANDFI		下降脉冲否定串行连接
	ORPI		上升脉冲否定并行连接
	ORFI		下降脉冲否定并行连接

2. 连接指令

分类	指令符号	符号	处理内容
连接	INV		运算结果的取反
	MEP		运算结果上升脉冲化
	MEF		运算结果下降脉冲化

3. 输出指令

分类	指令符号	符号	处理内容
输出	OUT		软元件的输出
	SET		软元件的设置
	RST		软元件的复位
	PLS		输入信号的上升沿时产生 1 个程序周期的脉冲



	PLF		输入信号的下降沿时产生 1 个程序周期的脉冲
--	-----	--	------------------------

4. 结束指令

分类	指令符号	符号	处理内容
结束	FEND		结束主程序
	END		结束顺控程序

4.6.3、基本指令

下面将挑选基本指令中一些常用的指令作主要介绍。

1. 比较运算指令

分类	指令符号	符号	处理内容
比较运算	LD=		当 (S1) = (S2) 时处于导通状态 当 (S1) ≠ (S2) 时处于不导通状态
	AND =		
	OR=		
	LD<		当 (S1) ≠ (S2) 时处于导通状态 当 (S1) = (S2) 时处于不导通状态
	AND <		
比较运算	OR<		当 (S1) > (S2) 时处于导通状态 当 (S1) ≤ (S2) 时处于不导通状态
	LD>		
	AND >		



	OR> =		
	LD< =		
	AND <=		当 (S1) ≤ (S2) 时处于导通状态 当 (S1) > (S2) 时处于不导通状态
	OR< =		
	LD< AND <		当 (S1) < (S2) 时处于导通状态 当 (S1) ≥ (S2) 时处于不导通状态
	OR< AND >=		
	LD> =		当 (S1) ≥ (S2) 时处于导通状态 当 (S1) < (S2) 时处于不导通状态
	AND >=		
	OR> =		

2. 算术运算指令

分类	指令符号	符号	处理内容
算术运算	+		$(D) + (S) \rightarrow (D)$
			$(S1) + (S2) \rightarrow (D)$
	-		$(D) - (S) \rightarrow (D)$
			$(S1) - (S2) \rightarrow (D)$
	*		$(S1) \times (S2) \rightarrow (D+1, D)$
	/		$(S1) \div (S2) \rightarrow \text{商 } (D), \text{ 余数 } (D+1)$



3. 数据传送指令

分类	指令符号	符号	处理内容
数据 传送	MOV		(S) → (D)

4.6.4、应用指令

下面将挑选应用指令中一些常用的指令作主要介绍。

1. 位处理指令

分类	指令符号	符号	处理内容
位处理	BSET		
	BRST		
	BKRST		

2. 结构化指令

分类	指令符号	符号	处理内容
重复	FOR		在 FOR~NEXT 之间循环 n 次
	NEXT		
	BREAK		强行结束 FOR~NEXT 之间循环后，跳转到指针 Pn 处。

3. 时钟指令

分类	指令符号	符号	处理内容														
时钟读取	DATERD		(时钟因子) → (D)+0 <table border="1" style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr><td>+0</td><td>年</td></tr> <tr><td>+1</td><td>月</td></tr> <tr><td>+2</td><td>日</td></tr> <tr><td>+3</td><td>时</td></tr> <tr><td>+4</td><td>分</td></tr> <tr><td>+5</td><td>秒</td></tr> <tr><td>+6</td><td>星期</td></tr> </table>	+0	年	+1	月	+2	日	+3	时	+4	分	+5	秒	+6	星期
+0	年																
+1	月																
+2	日																
+3	时																
+4	分																
+5	秒																
+6	星期																

第七节 定位功能介绍

在自动化车间里面,设备会大量运用PLC的主要目的是用来控制伺服模组、机器人、气缸等进行逻辑控制,实现各种各样的动作,完成所需的工艺流程操作。其中,伺服定位就是通过专门的PLC模块来实现的。前面章节我们已经学习过三菱可编程控制器CPU具有伺服定位功能(两轴),如果设备超过了两轴则需要另外扩展智能功能模块(LD75P2/LD75P4)来增加轴数。

伺服定位功能的控制通过专用指令执行,另外,不一样的品牌或不一样的模块,其专用指令都会不一样。比如,三菱可编程控制器CPU与三菱智能功能模块LD75系列的指令截然不同,控制方式也完全不一样。

下面就以三菱L系列可编程控制器CPU的定位功能来做详细介绍。

4.7.1、定位功能的执行步骤

定位功能执行步骤如图4-17所示。

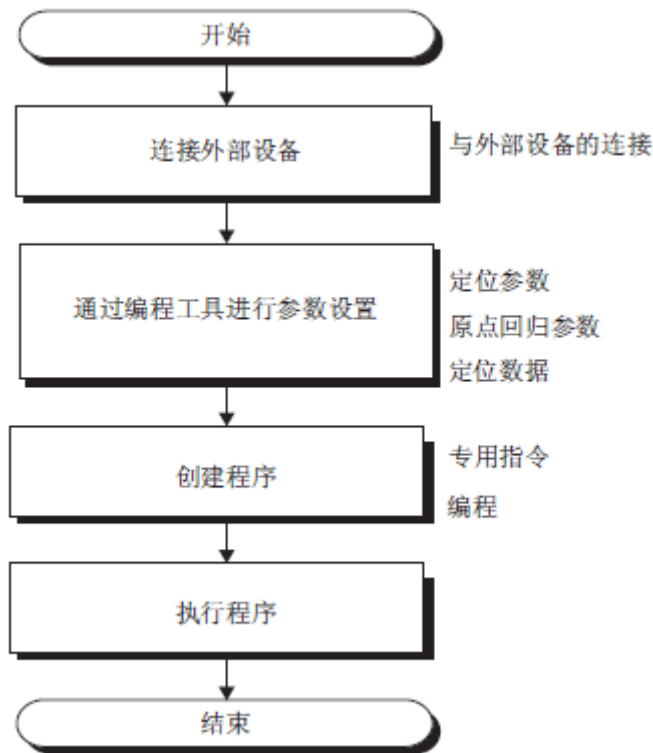


图4-17 定位功能执行步骤

4.7.2、参数设置

定位参数是所有控制中通用的项目,对各个轴进行设置。



设置内容	设置范围	默认
脉冲输出模式	CW/CCW 模式	CW/CCW 模式
	PULSE/SIGN 模式	
	A 相/B 相模式 (1 倍增)	
	A 相/B 相模式 (4 倍增)	
旋转方向设置	通过正转脉冲输出增加当前值	通过正转脉冲输出增加当前值
	通过逆转脉冲输出增加当前值	
软件行程限制上限值 (pulse)	-2147483648~2147483647	2147483647
软件行程限制下限值 (pulse)		-2147483648
速度限制值 (pulse/s)	1~200000	10000
始动时偏置速度 (pulse/s)	0~200000	0
加减速方式选择	梯形加减速	梯形加减速
	S 字加减速	
原点回归速度 (pulse/s)	1~200000	1
蠕动速度 (pulse/s)		
原点回归加减速时间 (ms)	0~32767	1000
原点回归减速停止时间(ms)		
原点回归方式	近点狗式	近点狗式
	制动器 1	
	制动器 2	
	制动器 3	
	计数 1	
	计数 2	
	无方式	



原点回归方向	正转方向	正转方向
	逆转方向	
原点地址 (pulse)	-2147483648~2147483647	0
近点狗 ON 后的移动量设置 (pulse)	0~2147483647	0
原点回归停顿时间 (ms)	0~65535	

4.7.3、轴动作状态的确认

1. 特殊继电器、特殊寄存器

特殊继电器编号		名称	特殊寄存器编号		名称
轴 1	轴 2		轴 1	轴 2	
SM184 0	SM186 0	轴 BUSY	SD184 0	SD186 0	轴进给当前值
SM184 1	SM186 1	轴定位完成	SD184 1	SD186 1	
SM184 2	SM186 2	轴原点回归请求	SD184 2	SD186 2	轴当前速度
SM184 3	SM186 3	轴原点回归完成	SD184 3	SD186 3	
SM184 4	SM186 4	轴速度	SD184 4	SD186 4	轴动作状态
SM1845	SM1865	轴出错发生	SD1845	SD1865	轴出错代码
SM1846	SM1866	轴报警发生	SD1846	SD1866	轴报警代码
SM184 7	SM186 7	轴运行中始动	SD184 7	SD186 7	轴外部输入输出信号
SM184 8	SM186 8	轴始动指令执行中	SD184 8	SD186 8	轴近点狗 ON 后的移动量



SM185 0	SM187 0	轴出错复位	SD184 9	SD186 9	
SM185 1	SM187 1	轴原点回归请求 OFF 请求	SD185 0	SD187 0	轴执行中的定位数据 No.
SM185 2	SM187 2	允许轴速度·位置切换	/	/	/

2. 动作状态

存储值	动作状态	内容
0	待机中	处于下述动作完成后的状态 <ul style="list-style-type: none"> • 运行（正常）完成 • 电源 ON • 复位 • 出错复位 • JOG 运行后 • 绝对位置恢复完成
1	停止中	处于通过轴停止指令（IPSTOP1）正常停止的状态
2	JOG 运行中	处于 JOG 运行过程中状态
3	原点回归中	处于机械原点回归过程中状态
4	位置控制中	处于位置控制过程中状态
5	速·位速度	处于速度·位置切换控制的速度控制中状态
6	速·位位置	处于速度·位置切换控制的位置控制中状态
7	减速中（轴停止 ON）	处于通过停止指令（IPSTOP1）进行的减速中状态
8	减速中（JOG 始动 OFF）	处于通过 JOG 始动指令（IPJOG1）的执行指令 OFF 进行的减速中状态
9	高速原点回归中	处于高速原点回归中状态
10	速度控制中	处于速度控制中状态
11	分析中	处于绝对位置恢复中状态
-1	出错发生中	处于出错发生中状态

4.7.4、专用指令

以下为可编程控制器 CPU 定位功能中常使用的专用指令。

指令		功能	内容
轴 1	轴 2		
1 IPDSTRT	2 IPDSTRT	定位控制	不使用编程工具中预先设置的“定位数据”No. 1~No. 10, 以控制数据中指定的软元件以后存储的数据进行定位始动。
IPOPR1	IPOPR2	原点回归	指定方式后, 进行指定轴的原点回归始动。
IPJOG1	IPJOG2	轴点动	进行指定轴的 JOG 运行始动
IPSTOP1	IPSTOP2	轴停止	使运行中的轴停止

4.7.5、JOG 运行



执行 JOG 运行时, 对 JOG 速度、JOG 加减速时间及方向进行设置后通过 JOG 始动指令 (IPJOG1) 进行始动。

1. 设置数据

设置数据	设置内容	设置范围	数据类型
S1	存储控制数据的软元件的起始编号	指定软元件的范围	软元件名
S2	JOG 运行的方向指定 0: 正转 1: 反转	0, 1	位

2. 控制数据

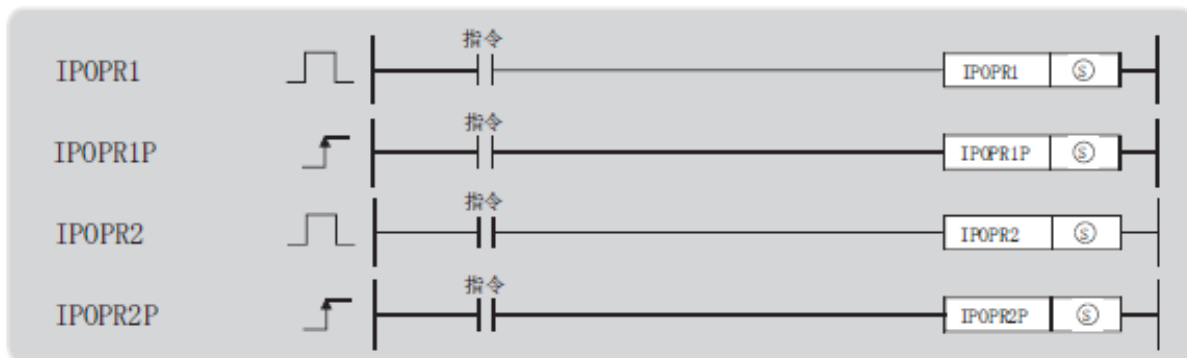
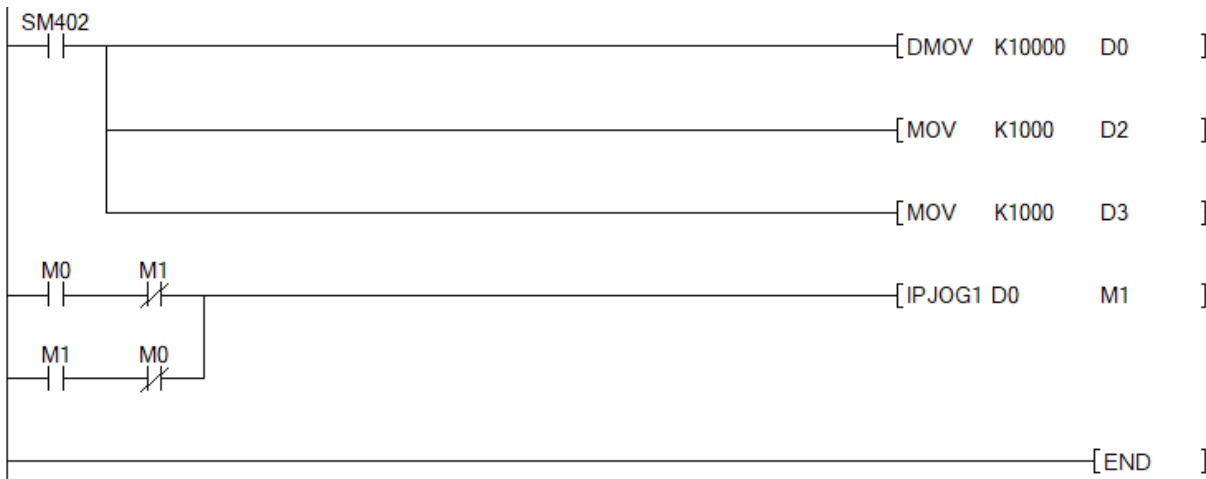


软元件	设置内容	设置范围	设置方
S1	JOG 速度	0~200000(pulse/s)	用户
S1+1			
S1+2	JOG 加速时间	0~32767 (ms)	
S1+3			

3. 程序示例

以下为 M0 变为 ON 时进行正转 JOG 始动，M1 变为 ON 时进行反转 JOG 始动的程序。

软元件	设置内容	设定值
D0, D1	JOG 速度	10000 (pulse/s)
D2	JOG 加速时间	1000 (ms)
D3	JOG 减速时间	



4.7.6、原点回归控制

为了执行原点回归控制，需要在“定位功能参数设置”画面中对“原点回归参数”



进行设置。

1. 设置数据

设置数据	设置内容	设置范围	数据类型
S	存储控制数据的软元件的起始编号	指定软元件的范围	软元件名

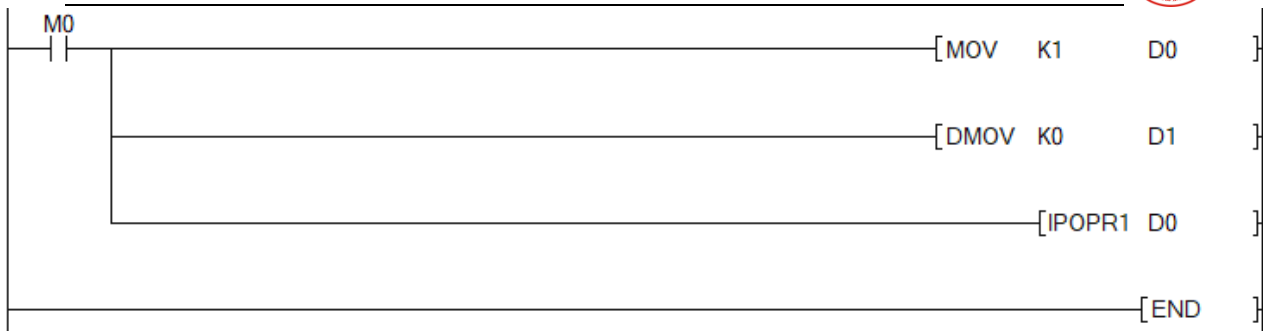
2. 控制数据

软元件	设置内容	设置数据	设置范围	设置方
S	原点回归类型	1. 机械原点回归 2. 高速原点回归（原点地址） 3. 高速原点回归（待机地址）	1~3	用户
S+1	待机地址	/	-2147483648~ 2147483647 (pulse)	
S+2	（仅在原点回归类型设置为高速原点回归（待机地址（3））时进行设置）			

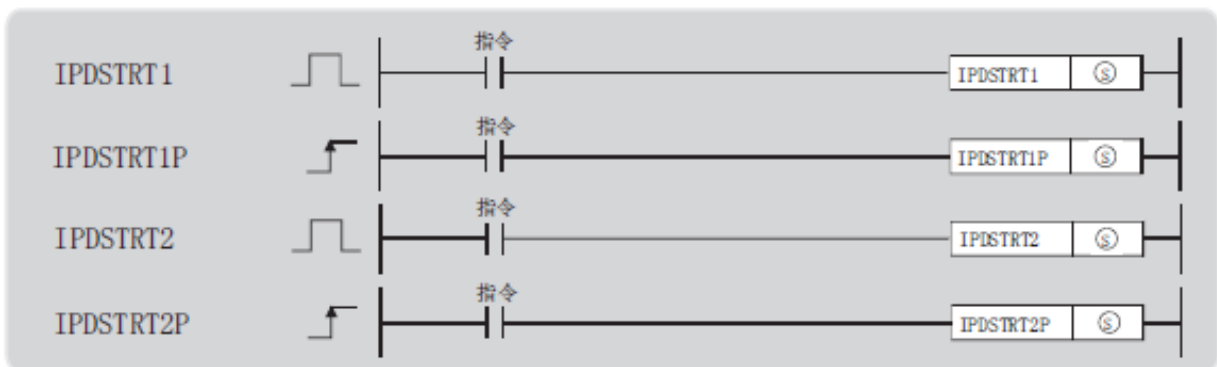
3. 程序示例

以下为 M0 变为 ON 时对轴 1 的机械原点回归进行始动的程序。

软元件	设置内容	设定值
D0	原点回归类型	1
D1, D2	待机地址	0



4.7.7、定位控制



定位始动控制时，对控制方式、加减速时间、停顿时间、指令速度及定位地址进行设置后通过定位始动指令（IPDSTRT1）进行始动。

1. 设置数据

设置数据	设置内容	设置范围	数据类型
S	存储控制数据的软元件的起始编号	指定软元件的范围	软元件名

2. 控制数据

软元件	设置内容	设置数据	设置范围	设置方
S	控制方式	1: 位置控制 (ABS) 2: 位置控制 (INC) 3: 速度·位置切换控制(正转) 4: 速度·位置切换控制(逆	1~7	用户



		转) 5: 当前值更改 6: 速度控制 (正转) 7: 速度控制 (逆转)	
S+1	加减速时间	/	0~32767 (ms)
S+2	减速停止时间	/	0~32767 (ms)
S+3	停顿时间	/	0~65535 (ms)
S+4, S+5	指令速度	/	0~200000 (pulse/s)
S+6, S+7	定位地址/移动量	/	-2147483648~ 2147483647 (pulse)

3. 程序示例

以下为 M0 变为 ON 时，设置对应的定位数据，然后进行轴 1 的定位始动。

软元件	设置内容	设定值
D0	控制方式	位置控制 (ABS)
D1	加减速时间	1000 (ms)
D2	减速停止时间	1000 (ms)
D3	停顿时间	0 (ms)
D4, D5	指令速度	20000 (pulse/s)
D6, D7	定位地址/移动量	100000 (pulse)





第八节 怎样读、绘制梯形图

4.8.1、如何读梯形图

设计梯形图的方法和设计一般控制电路的方法是一样的，例如要设计一个“启动/停止”并带自锁的开关电路，其梯形图如图 4-18 所示。硬件连接上，在输入端 X0 和 X1 上各安装一只按钮开关，对应于“启”和“停”的功能。

梯形图中常开触点 X0(输入点)与母线相连,所以线圈 Y0 不得电而使 Y0 继电器处于释放状态,注意,在分析梯形图时所说的得电或失电都是指软件上的数据变化,并不表示实际电路情况。如果开关 X0(外部的)被按下,梯形图中常开触点 X0 变为闭合,线圈 Y0 通过触点 X0 和 X1 与母线相通, Y0 继电器因得电而吸合。继电器的常开触点 Y0 也因此闭合,当开关 X0 被放开时,由于 Y0 常开触点已经闭合而使 Y0 继电器维持吸合(自锁)。直到开关 X1(外部)被按下(梯形图中常闭触点 X1 断开),线圈 Y0 失电才能使 Y0 继电器释放。



图 4-18 启停带自锁开关的梯形图

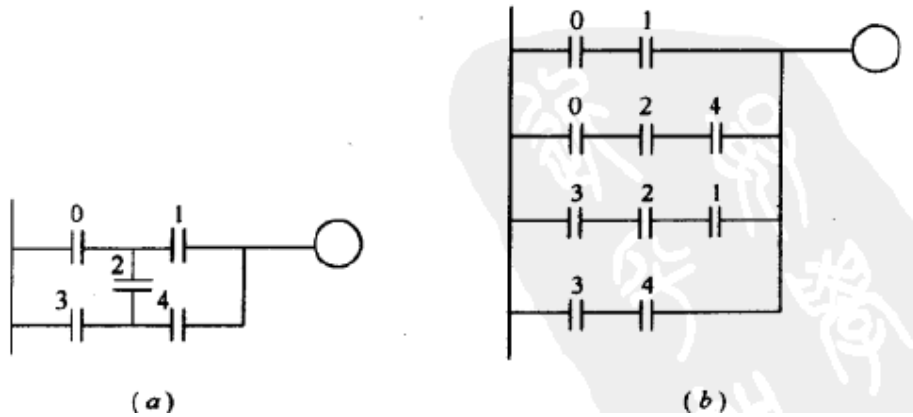
通过上面例子的分析,可以看出用 PLC 设计控制方案可以在硬件接线方式完全不变的情况下,用设计控制线路的方法绘制梯形图然后编程。用数据的变化来模拟梯形图的逻辑状态,从而实现用同一种硬件(指 PLC)和同样的接线方式构造各种各样的逻辑控制。因为梯形图和 PLC 源程序的关系是一一对应的,所以只要能够看懂电器控制线路的人都能轻易地绘制梯形图,并根据一一对应的原则写出 PLC 源程序。这一点正是不懂计算机控制的人也能利用 PLC 编出优秀的控制程序的原因。

4.8.2、如何绘制梯形图

绘制梯形图时,一般应遵循以下几条原则。

(1)画梯形图时,应从上至下、从左至右进行。先在最左边画一长条竖线,称为母线,这条线相当于控制线路图中的电源母线,从母线向右边画逻辑线和各种触点元件。与继电器控制线路图不同的是,梯形图不需要最右边的公共母线。

梯形图对于串联或并联触点的数目没有限制，想画多少就可以画多少，每个触点的使用次数也不限制，可以理解为每个软继电器(计数器、定时器)都有无数个可使用的常开触点和常闭触点(它们都使用同一个编号)，但不允许两行之间有垂直连接触点。例如图 4-19 (a) 为一个桥型电路，它不能直接编程，要转换成图 4-19 (b) 的形式才可编



程。

图 4-19 桥型电路及其转化形式

(2) 画梯形图时，线圈应该放在最右边。图 4-20 (a) 所示的梯形图是正确的，图 4-20 (b) 则是错误的。

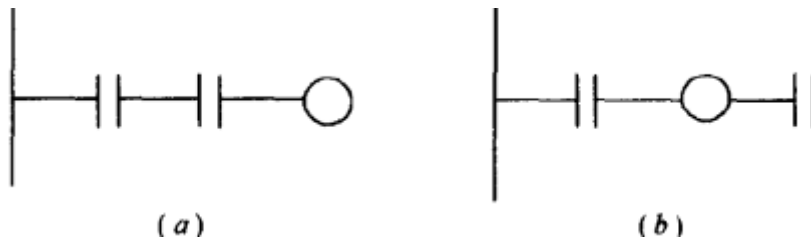


图 4-20 线圈在最右边

(3) 除极少数指令不允许有执行条件外，几乎所有的指令都需要执行条件。如果需要，可以通过特殊辅助继电器 SM400 (常 ON 继电器)、SM401 (常 OFF 继电器) 或 SM402 (在 RUN 后第一个扫描周期处于 ON，然后处于 OFF 状态) 的触点进行连接，如图 4-21 所示。

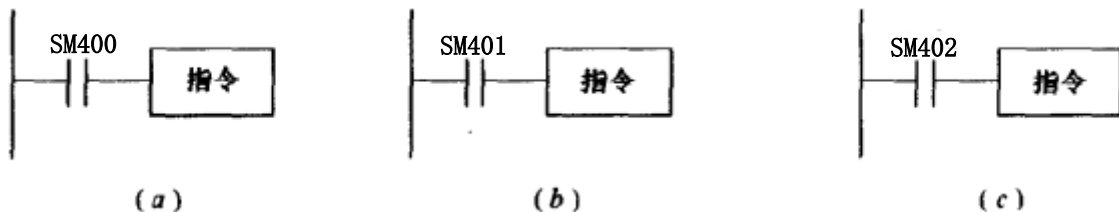


图 4-21 使用特殊辅助继电器连接指令

(4) 编程时，对于逻辑关系复杂的程序段，应按照先复杂后简单的原则编程。如图 4-22 所示，对于图 4-22 (a) 所示的单个触点与触点组并联的电路，应将单个触点放在下面，采用“上重下轻”的原则。对于图 4-22 (b) 所示的单个触点与触点组串联的电路，应将触点组放在左边，采用“左重右轻”的原则。

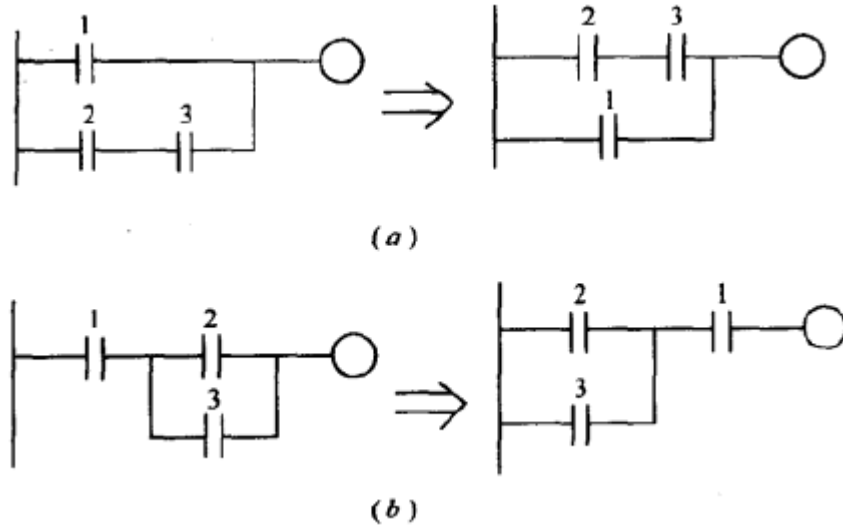


图 4-22 按先复杂后简单的顺序画梯形图

(5) 尽量避免双线圈输出。同一个程序中，同一元件的线圈使用了两次或多次，称为双线圈输出。如图 4-23 所示，在程序检查时软件会提示双线圈输出，为避免造成程序的逻辑混乱或无法运行，一般在编程时尽量避免双线圈输出。

程序检查

No.	结果	数据名	分类	内容	错误代码
1	Error	MAIN	程序检查	'Y0' 为双线圈。可能会无法正常运行，请修改程序。(步No. 3)	C9300
2	Error	MAIN	程序检查	'Y0' 为双线圈。可能会无法正常运行，请修改程序。(步No. 6)	C9300

图 4-23 程序检查时提示双线圈输出错误

(6) 有些梯形图难以用基本逻辑指令编写语句表时，需要重新安排梯形图。如图 4-24 (a) 所示的梯形图应该改画成 4-24 (b) 所示的形式。

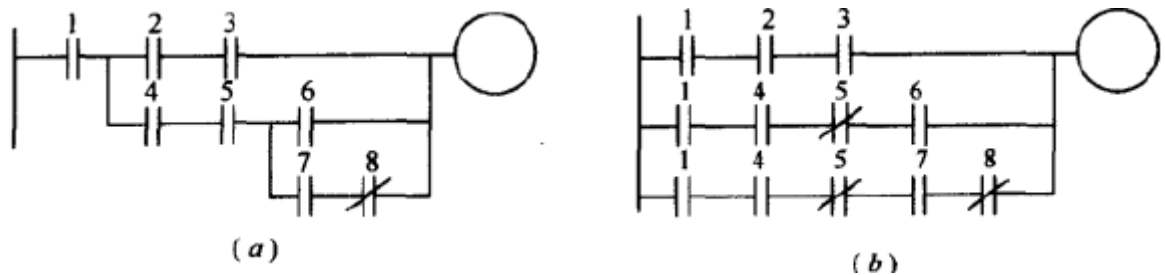


图 4-24 梯形图的改画

(7) 两个或两个以上线圈之间可以并联，但不能够串联。

第九节 编程软件 GX Works2

PLC 的编程工具有编程器和计算机辅助编程。编程器可直接安装在 PLC 的 CPU 上，对 PLC 进行编程和调试，在 PLC 未与上算机构成网络的情况下，可用编程器作为编程工具。计算机辅助编程是当上位计与 PLC 建立通信后，在上位机上运行专用的编程软件，对 PLC 进行编程和调试。本章主要介绍三菱 PLC 专用编程软件 GX Works2 的使用方法。

4.9.1、主要功能

GX Works2 是基于 Windows 运行的，用于进行设计、调试、维护的编程工具。与传统的 GX Developer（三菱 FX 系列 PLC 专用软件）相比，提高了功能及操作性能，变得更加容易使用。

1. 参数设置

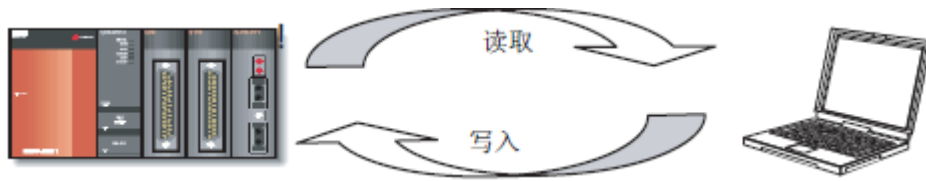
可以对可编程控制器 CPU 的参数及网络参数进行设置。此外，也可对智能功能模块的参数进行设置。



2. 至可编程控制器 CPU 的写入/读取功能

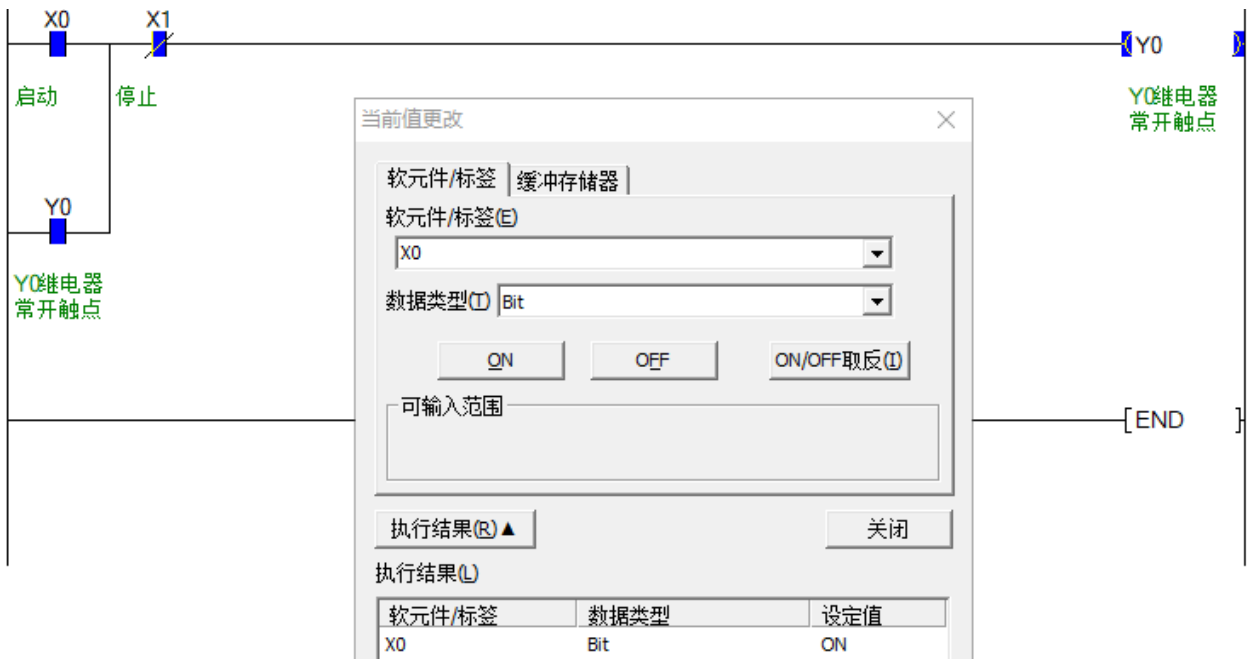
通过可编程控制器读取/写入功能，可以将创建的顺控程序写入/读取到可编程控制

器 CPU 中。此外，通过 RUN 中写入功能，可以在可编程控制器 CPU 处于运行状态下对顺控程序进行更改。



3. 监视/调试

将创建的顺控程序写入到可编程控制器 CPU 中，可对运行的软元件值等进行离线/在线监控。








4. 诊断

可以对可编程控制器 CPU 的当前出错状态及故障履历等进行诊断。通过诊断功能，可以缩短恢复作业的时间。此外，通过系统监视，可以了解智能功能模块等的相关详细信息。由此可以减少发生了出错时恢复作业所需时间。



4.9.2、梯形图语言的功能列表

以下为通过梯形图编辑器进行编辑时可使用的功能。

分类	功能	详细内容
编辑	连续粘贴	在对所剪切/复制的梯形图内存在的软元件的软元件号进行递增的同时连续进行粘贴。
	删除	对选择的数据进行删除。
	返回至梯形图转换后的形态	将编辑中的梯形图返回为最后转换时的形态。
	行插入	在光标位置处插入行。
	行删除	将光标位置的删除行。
	列插入	在光标位置处插入列。
	列删除	将光标位置的删除列。
	NOP 批量插入	在光标位置的梯形图块的前面插入NOP。
	NOP 批量删除	对当前编辑中的程序中的NOP进行批量删除。
	划线写入	在光标位置处输入划线。
	划线删除	从光标位置开始删除划线。
	TC设置值改变	对程序内使用的定时器、计数器的设置值进行批量更改。
	读取模式	将当前打开的窗口切换至“读取模式”。
	写入模式	将当前打开的窗口切换至“写入模式”。
	常开触点	在光标位置输入 
	常闭触点	在光标位置输入 
	常开触点 OR	在光标位置输入 
	常闭触点 OR	在光标位置输入 
	线圈	在光标位置输入 



	应用指令	在光标位置输入
	竖线输入	在光标位置输入
	横线输入	在光标位置输入
	竖线删除	在光标位置输入
	横线删除	在光标位置输入
	上升沿脉冲	在光标位置输入
	下降沿脉冲	在光标位置输入
	上升沿脉冲 OR	在光标位置输入
	下降沿脉冲 OR	在光标位置输入
	非上升沿脉冲	在光标位置输入
	非下降沿脉冲	在光标位置输入
	非上升沿脉冲 OR	在光标位置输入
	非下降沿脉冲 OR	在光标位置输入
	运算结果取反	在光标位置输入
	运算结果上升沿脉冲化	在光标位置输入
	运算结果下降沿脉冲化	在光标位置输入
编辑	内嵌 ST 框插入	对内嵌 ST 框进行插入。
	模板显示	插入对应命令/函数/控制语句的模板。
	模板参数选择（左）	通过选择菜单，将模板的参数从左开始置为选择状态。
	模板参数选择（右）	通过选择菜单，将模板的参数从右开始置为选择状态。
	FB 实例名编辑	对功能块的实例名进行更改。
	软元件注释编辑	对软元件注释进行编辑。
	声明编辑	对声明进行编辑。
	注解编辑	对注解进行编辑。
	声明/注解批量编辑	对程序中的的声明/注解进行批量编辑。
	在右侧的的梯形图符	从光标位置开始向右侧的指令或划线的指令或划线进行横线连接。



	号中横线连接	
	在左侧的的梯形图符 号中横线连接	从光标位置开始向左侧的指令或划线进行横线连接。
	右方向的横线输入/删除	从光标位置开始向右方向进行横线的输入/删除。
	左方向的横线输入/删除	从光标位置开始向左方向进行横线的输入/删除。
	下方向的横线输入/删除	从光标位置开始向下方向进行横线的输入/删除。
	上方向的横线输入/删除	从光标位置开始向上方向进行横线的输入/删除。
	A/B 触点切换	对常开触点及常闭触点进行切换。
	声明/注解类型切换	对声明/注解的类型进行切换。
	指令的的部分编辑	在选择了第 1 个参数的状态下显示 <u>梯形图输入画面</u> 。
	梯形图块的列表编辑	将梯形图块以列表格式格式进行显示/编辑。
	从 CSV 文件读取	对列表格式的 CSV 文件进行读取，在梯形图中进行显示。
	写入到 CSV 文件	将梯形图以列表格式写入到 CSV 文件中。
搜索/ 替换	模块起始 I/O 号更改	对缓冲存储器地址指令的模块起始 I/O 号进行替换。
	声明/注解类型更改	对声明/注解的类型（整合/外围）进行更改。
	行间声明列表	对程序中使用的行间声明进行列表显示。
	跳转	将光标移动至指定的的步位置。
	下一梯形图块起始跳转	将光标从当前位置跳转至下一梯形图块的的起始处。
	上一梯形图块起始跳转	将光标从当前位置跳转至上一梯形图块的的起始处。
	下一软元件	跳转到与光标位置的软元件相同的软元件。
	下一触点	跳转到使用与光标位置的软元件相同软元件的触点。

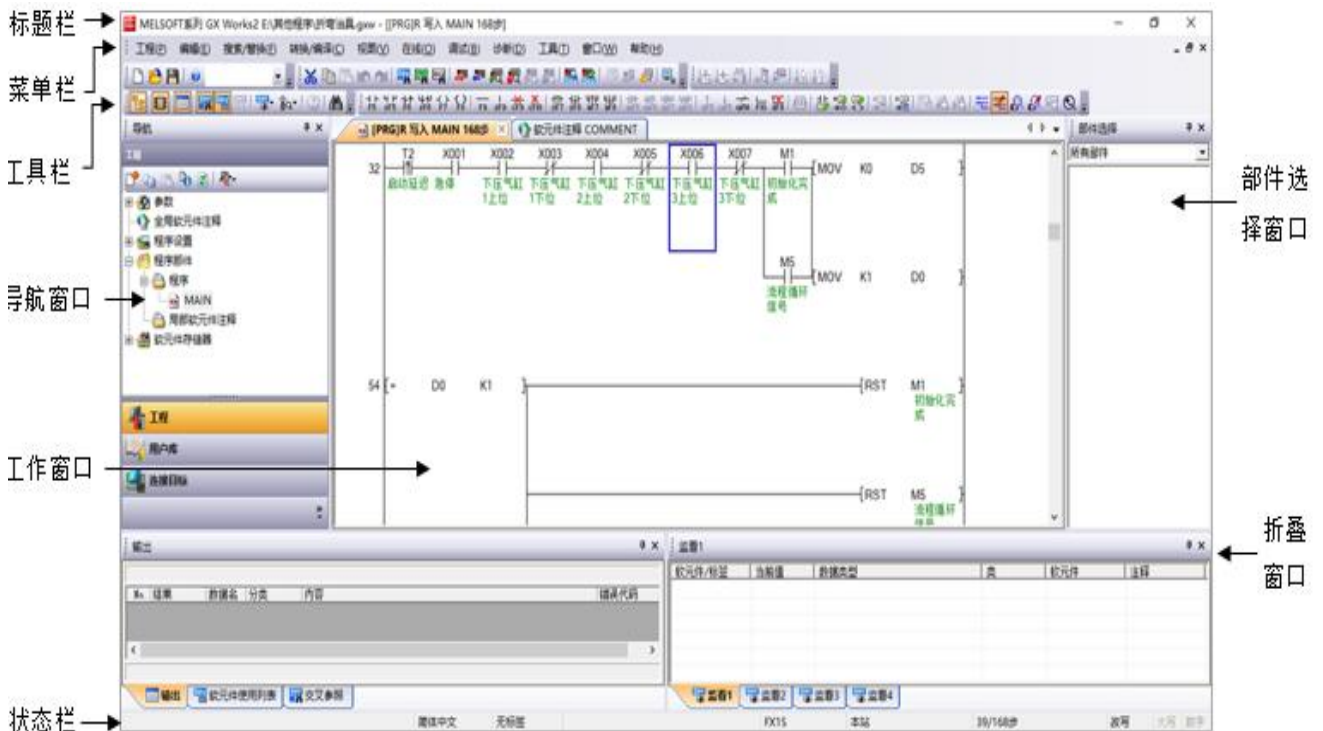


	下一线圈	跳转到使用与光标位置的软元件相同软元件的线圈。
	后退	使光标返回到“下一软元件”“下一触点”“下一线圈”的跳转源。
显示	注释显示	对软元件注释、标签注释进行显示。
	声明显示	对声明进行显示。
	注解显示	对注解进行显示。
	当前值监视行显示	打开选项画面，对当前值监视行的显示/隐藏进行切换。
	软元件注释的显示格式	打开选项画面，对软元件注释的显示格式进行设置。
	梯形图块的隐藏	对光标位置的梯形图块进行隐藏。
	梯形图块的显示	对光标位置的隐藏梯形图块进行显示。
	隐藏所有梯形图块	对所有的梯形图块进行隐藏。
显示	显示所有梯形图块	对所有的梯形图块进行显示。
	软元件显示	同通过编译分配的软元件进行显示。
	软元件批量显示	将程序编辑器中使用的所有标签进行软元件批量显示。
	解除软元件批量显示	对程序编辑器中使用的所有软元件显示进行解除、恢复为输入时的显示状态。
	编译结果显示	对内嵌 ST 框的编译结果以列表方式进行显示。
	放大/缩小	对梯形图的显示比例进行更改。
	放大	对编辑画面的字符的显示尺寸进行放大。
	缩小	对编辑画面的字符的显示尺寸进行缩小。
	打开参照窗口	打开梯形图编辑器的参照窗口。
	刷新参照窗口	将最新的梯形图程序反映到参照窗口中。
	打开参照源窗口	对参照源梯形图编辑器进行显示。
	上下并列打开 FB	对梯形图编辑器及功能块的程序编辑器进行上下并列显示。

	打开标签设置	打开编辑中的程序中的局部标签设置画面。
	打开 Zoom 源块	对启动源 SFC 图进行显示。
	打开指令帮助	对指令帮助进行显示。
在线	监视条件设置	对开始监视的条件进行设置。
	监视停止条件设置	对停止监视的条件进行设置。
	梯形图登录监视	登录梯形图块以进行监视。
	删除全部登录梯形图	将已登录的梯形图块全部删除。

4.9.3、软件画面构成

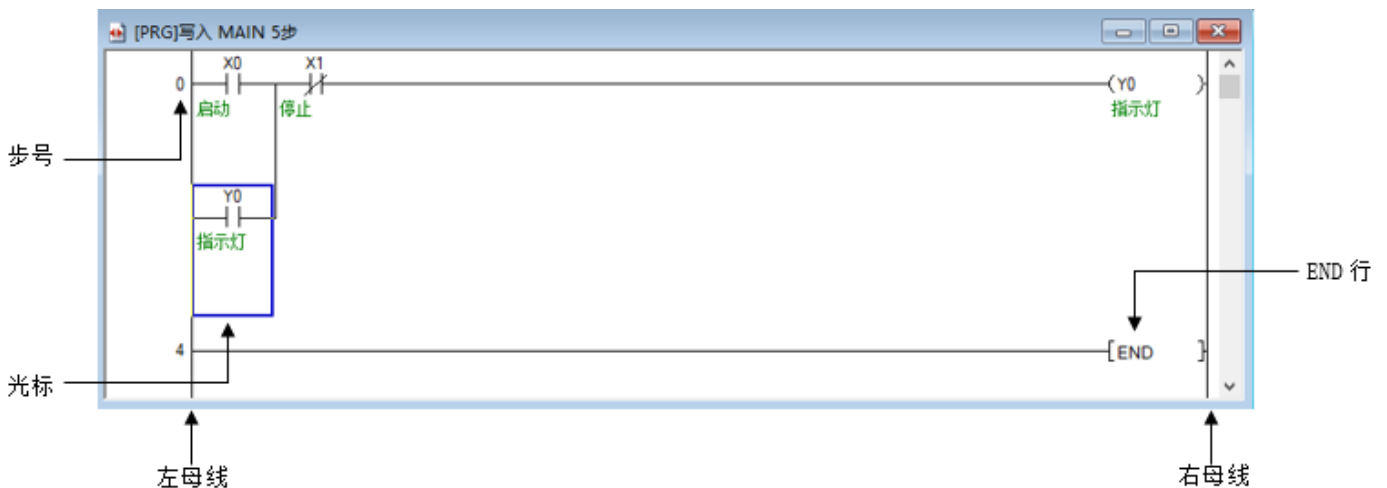
1. 起动画面（基本画面）



名称	显示内容
标题栏	对工程名称进行显示。
菜单栏	对执行各功能的菜单进行显示。
工具栏	对执行各功能的工具按钮进行显示。
工作窗口	是进行编程、参数设置、监视等的主界面。

状态栏		对编辑中的工程相关信息进行显示。
导航窗口		将工程的内容以树状结构形式进行显示。
部件选择窗口		将程序创建用的部件（功能块等）以列表形式进行显示。
折叠窗口	输出	对编译及检查的结果（出错、报警等）进行显示。
	交叉参照	对交叉参照的结果进行显示。
	软元件使用列表	对软元件使用列表进行显示。
	监看 1~4	是对软元件的当前值等进行监视及更改的画面。
	智能功能模块监视 1~10	是对智能功能模块进行监视的画面。
	查找/替换	是对工程中的字符串进行搜索/替换的画面。
	调试	是对使用模拟功能的调试进行设置的画面。

2. 梯形图编辑器



名称	显示内容
步号	对梯形图块的起始步号进行显示。
光标	光标的位置将成为编辑的对象。
左母线	梯形图程序的母线。
右母线	
END 行	表示梯形图程序的最后。 不能在 END 行以下进行程序的创建。



4.9.4、程序创建步骤

以下对从简单工程中的程序创建开始，至可编程控制器 CPU 中执行为止的步骤。

1. 创建新工程

启动 GX Works2，对简单工程进行创建。

2. 参数的设置

进行参数的设置。比如软元件设置、以太网设置等。

3. 标签设置（不常用）

使用标签的情况下，对全局或局部标签进行定义。

4. 程序的编辑及转换/编译（梯形图）

根据所需功能进行梯形图编辑，然后进行转换，最后对程序进行检查。

5. 连接至可编程控制器 CPU

利用编程所用的个人 PC 连接至可编程控制器 CPU。

6. 对可编程控制器进行写入

实现通讯之后，将参数及顺控程序写入到可编程控制器 CPU 中。

7. 动作确认

可以通过个人 PC 在线监视顺控程序的执行状态，确认是否存在逻辑错误。

8. 工程结束

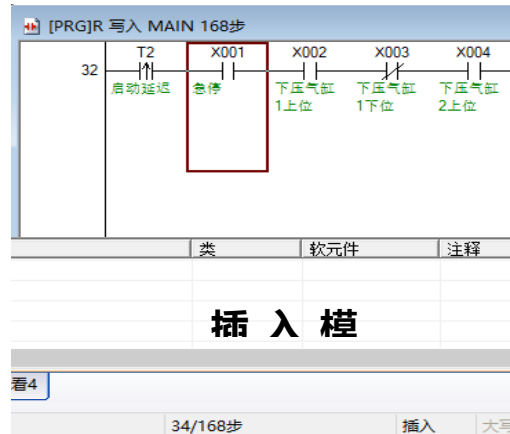
确认无误，对工程进行保存，结束 GX Works2。

4.9.5、梯形图的编辑

1. 模式切换

(1) 改写模式及插入模式

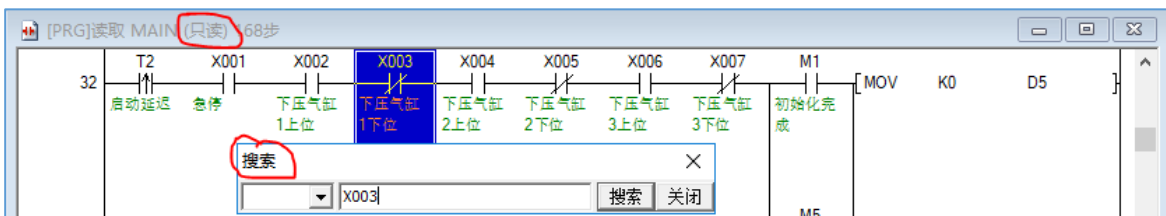
每次按压键盘“Insert”时，在起动画面的右下角会“改写”“插入”进行切换提示，另外编辑画面的光标颜色也会随之变化。在“改写”模式下，新输入的触点/线圈/



应用指令将被覆盖；在“插入”模式下，新输入的触点/线圈/应用指令将被插入到光标的前面。

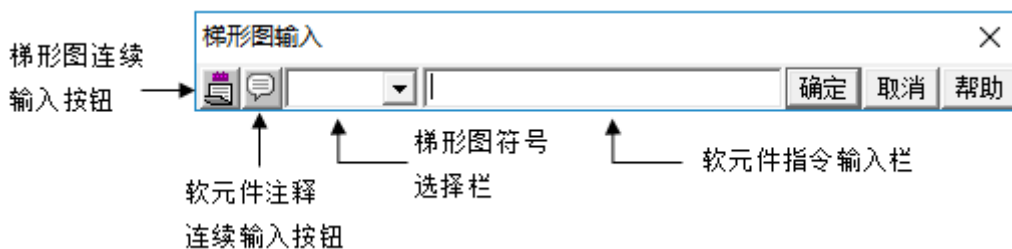
(2) 写入模式及读取模式

选择“编辑”→“梯形图编辑模式”进行“读取模式”“写入模式”的切换。读取模式/监视模式状态下，画面标题将显示“只读”，而且在程序编辑器中只能显示搜索画面，进行软元件搜索。写入模式/监视（写入模式）状态下，则可以在程序编辑中离线或在线修改顺控程序。







2. 指令输入

将光标移至梯形图的输入位置，用鼠标左键双击或按压键盘“Enter”时，程序编辑器中会显示梯形图输入画面。



名称	详细内容
----	------

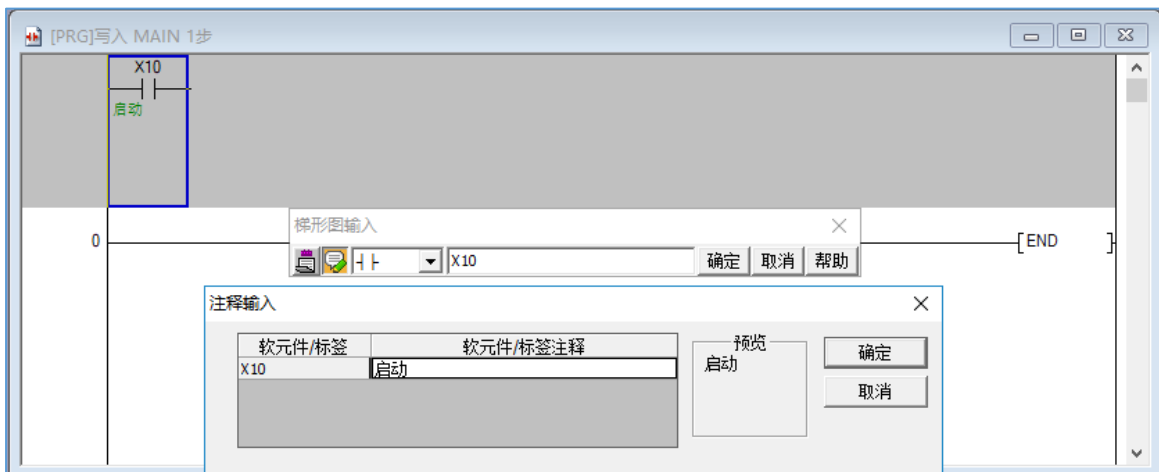
梯形图连续输入按钮	设置连续输入状态时，可以连续进行梯形图输入。  连续输入状态  非连续输入状态
软元件注释连续输入按钮	设置连续输入状态时，可以在梯形图输入后连续输入软元件注释。  连续输入状态  非连续输入状态
梯形图符号选择栏	对梯形图的符号进行选择或更改。
软元件指令输入栏	输入指令和软元件。



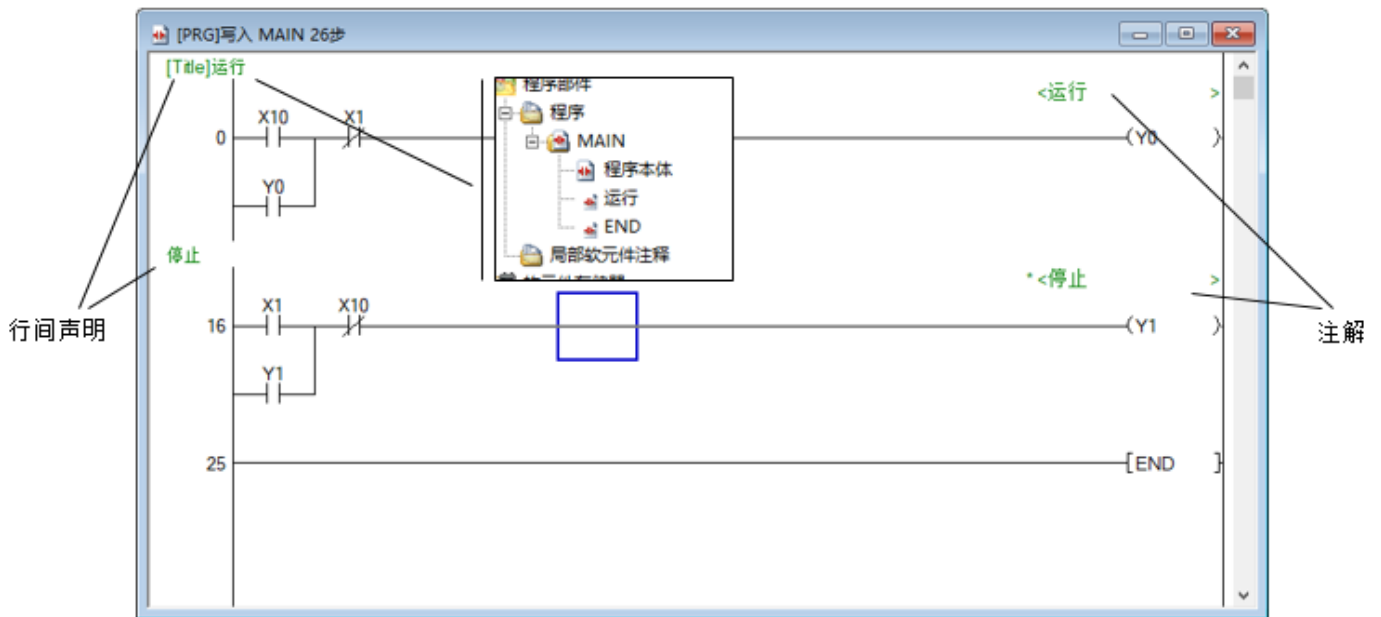
如下图所示，输入常开触点 X10 后点击确定，输入的梯形图将显示到编辑画面中。

如下图所示，选择软元件注释连续输入后，输入指令后会显示注释输入窗口，再输入自定义的软元件标签或注释点击确定。如需在编辑画面中显示注释，选择“视图”→“注释显示”。

重点提示 这里只重点介绍指令及注释的输入，触点/线圈/应用指令的删除、梯形图复制粘贴、划线/竖线输入、删除等内容请参照 GX Works Version1 操作手册（简单工程篇）。



4.9.6、注释/声明/注解的编辑




声明及注解在画面中的显示。

通过使用声明，可以对梯形图块进行注释；通过附加注释，处理等的流程将易于理解及调试。通过在树状结构中显示行间声明，而且可以对行间声明设置位置的程序进行显示，从而快速找到梯形图块。通过使用注解，可以对程序中的线圈/应用指令附加解释；通过附加解释，线圈及应用指令的内容等易于理解。

下面介绍行间声明的操作步骤，注解的操作步骤与其类似，不再重复介绍。

1. 选择模式

行间声明可以通过菜单栏“编辑”→“文档创建”→“声明编辑”进入声明输入模式，也可以直接在工具栏上点击“”图标进入声明输入模式。

2. 选择区域

将光标移动至进行行间声明输入的梯形图块的左端处，并按压键盘“Enter”或双击鼠标左键，显示行间声明输入界面。



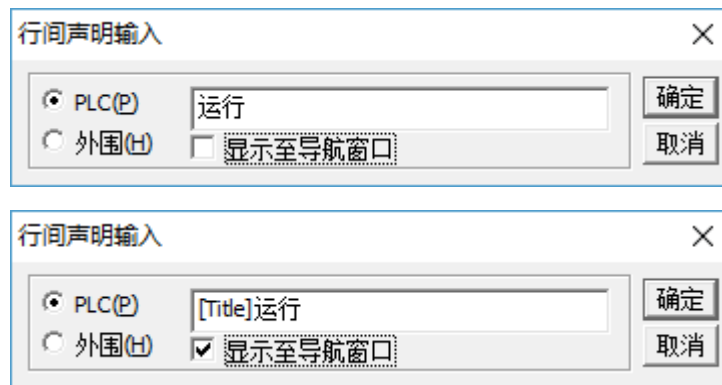
3. 选择类型

声明/注解中，有“PLC”和“外围”两种类型。前者可将声明/注解存储到可编程控制器 CPU 中，后者则不能。选择“外围”类型时，显示的文本前面将被自动附加*符号。


4. 输入行间声明

输入梯形图快的行间声明，点击确定。要在导航窗口的树状结构中显示行间声明的情况下，请勾选“显示至导航窗口”，在显示的行间声明前面将被自动附加[Title]。

重点提示 注解没有“显示至导航窗口”选项。一般情况下，声明/注解的类型默认选择“PLC”。

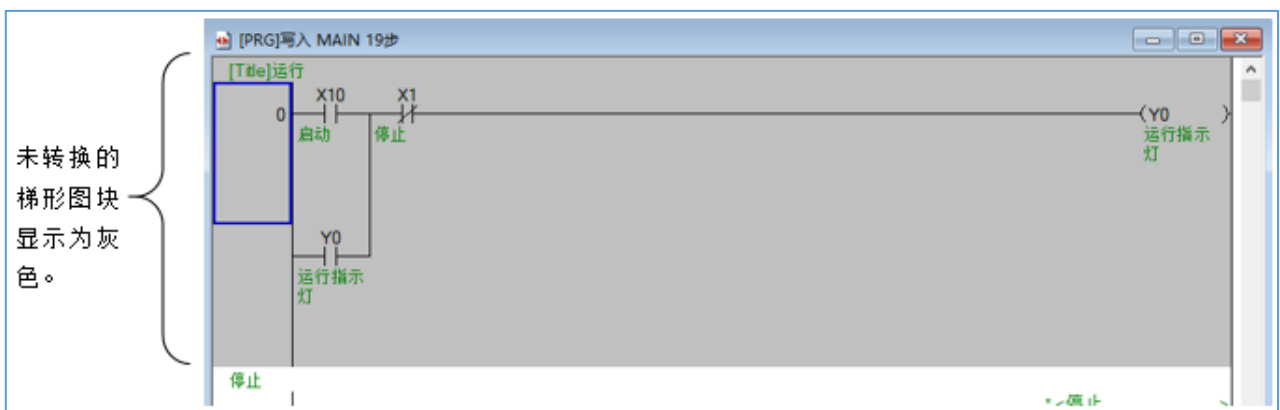


5. 结束输入模式

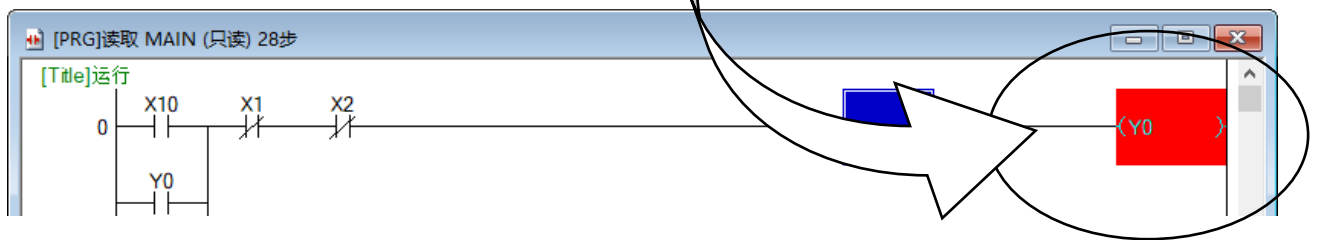
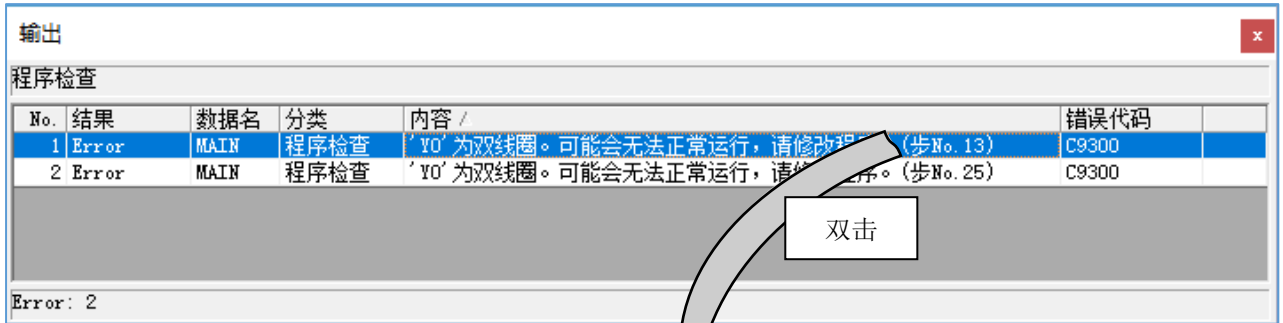
再次通过菜单栏“编辑”→“文档创建”→“声明编辑”可解除声明输入模式，也可以直接在工具栏上点击“”图标解除声明输入模式。

4.9.7、程序的转换/编译

通过对程序进行转换/编译，使之变为可编程控制器 CPU 中可执行的顺控程序。



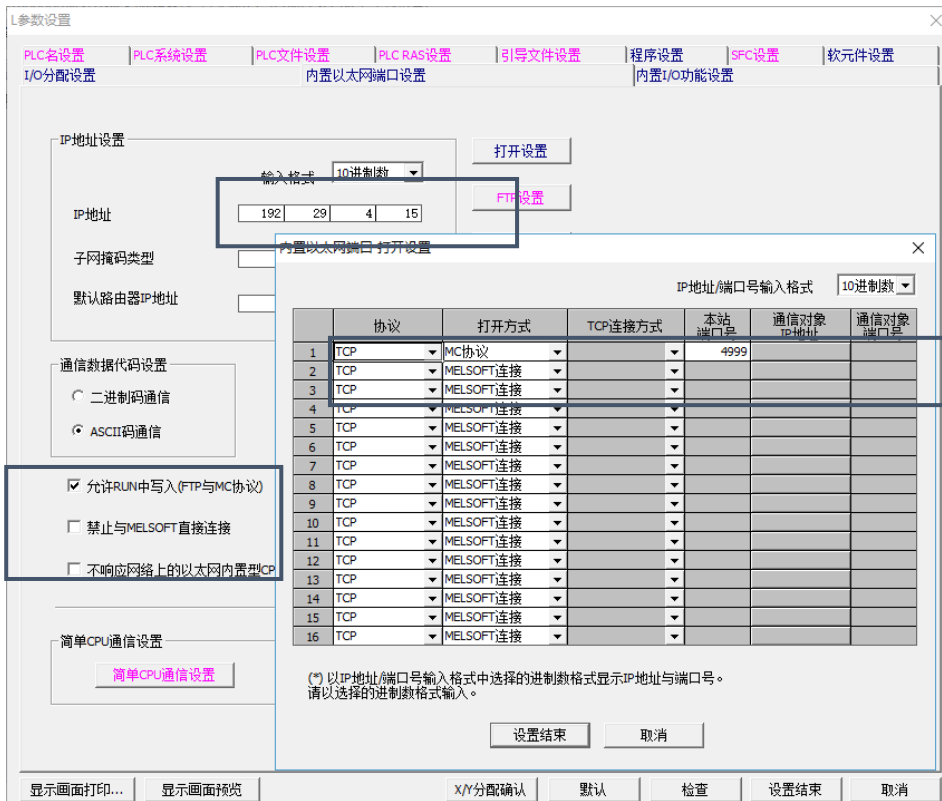
在转换的同时程序被编译，结果将显示到输出窗口中。如果对输出窗口中显示的结果（仅限出错/报警）进行双击，将跳转至出错的相应位置处。



4.9.8、通讯连接设置（以太网）

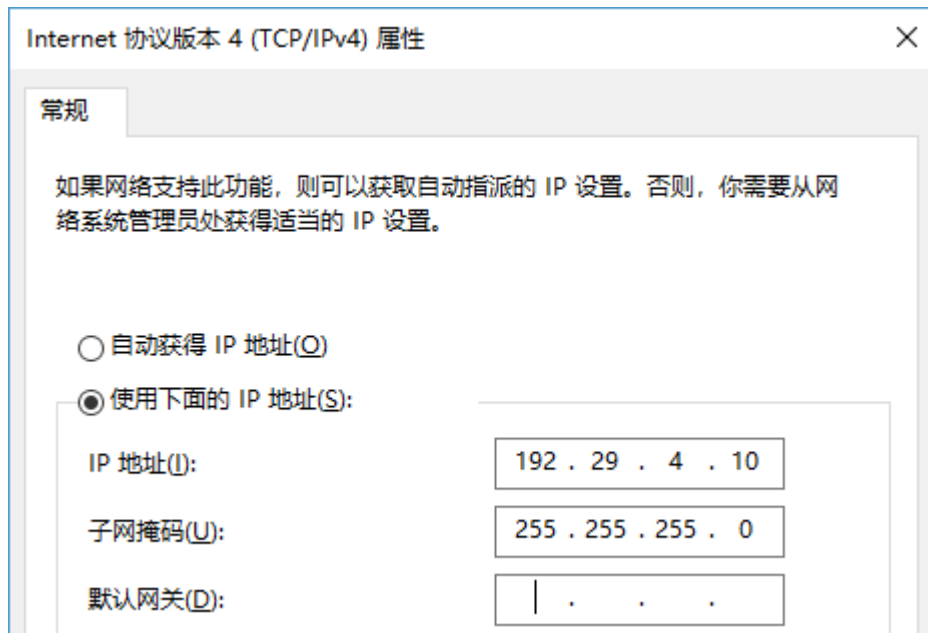
1. PLC 内部以太网设置

通过导航窗口“PLC 参数”→“内置以太网端口参数”，设置各项参数，包括 IP 地址、通信数据代码、协议及端口号等。



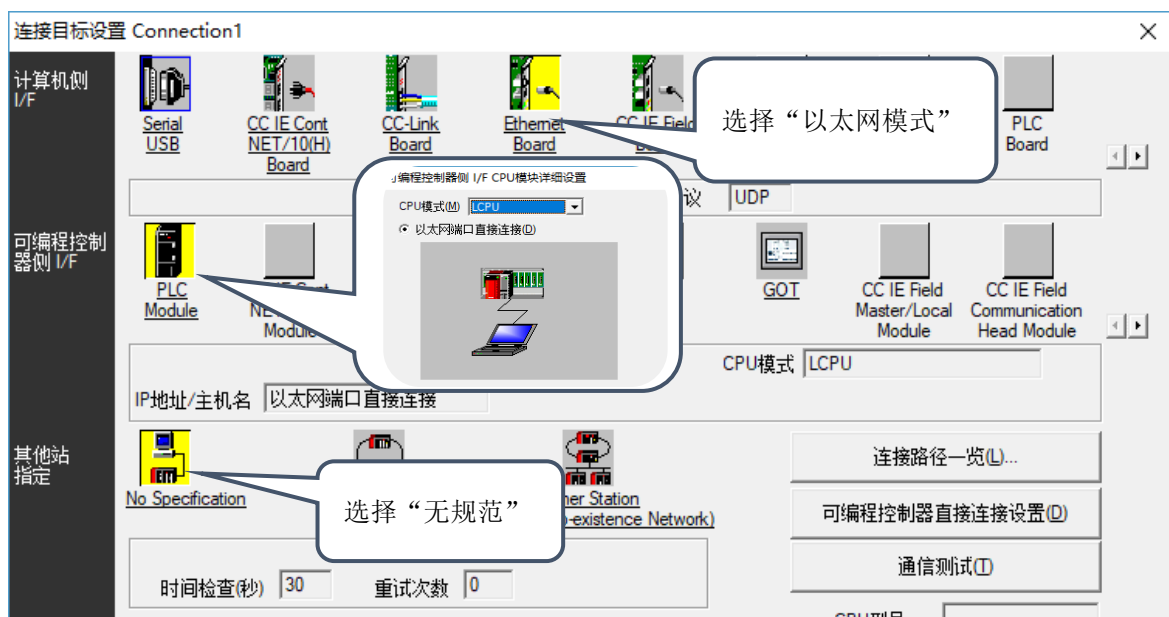
2. 本地 IP 设置

利用网线在 PC 与可编程控制器 CPU 之间进行连接，设置本地 IP 地址（注意：此 IP 地址与 PLC 内部以太网所设置的 IP 区间段必须一致）。



3. 设置通讯方式

通过导航窗口“连接目标”进入连接目标设置，设定 PC 与可编程控制器 CPU 之间的通讯方式。



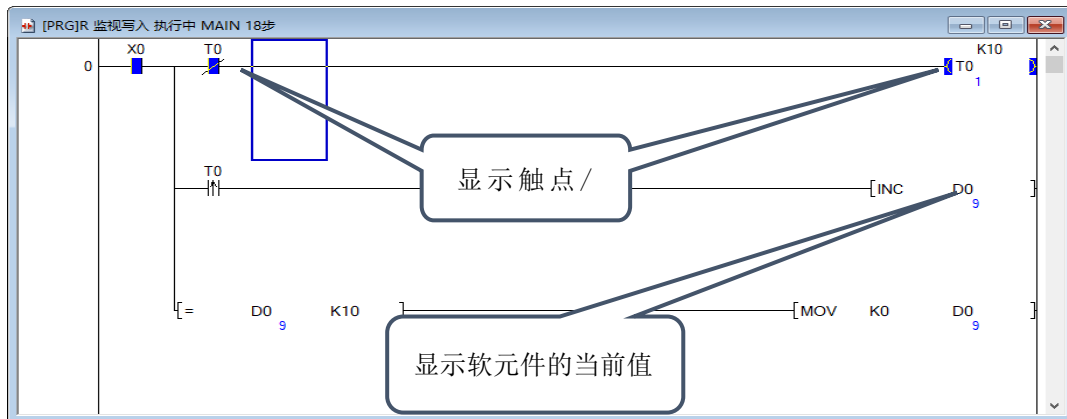
4.9.9、CPU 的数据写入/读取

通过菜单栏“在线”→“PLC 写入”/“PLC 读取”，将显示在线数据操作界面。



4.9.10、监视

通过菜单栏“在线”→“监视”→“监视开始”，进行顺控程序的在线监视。在执行监视开始后，梯形图编辑模式将变成“监视模式”，因此不能进行梯形图的编辑。要对梯形图进行编辑的情况下，需要将“监视模式”切换到“监视（写入模式）”。



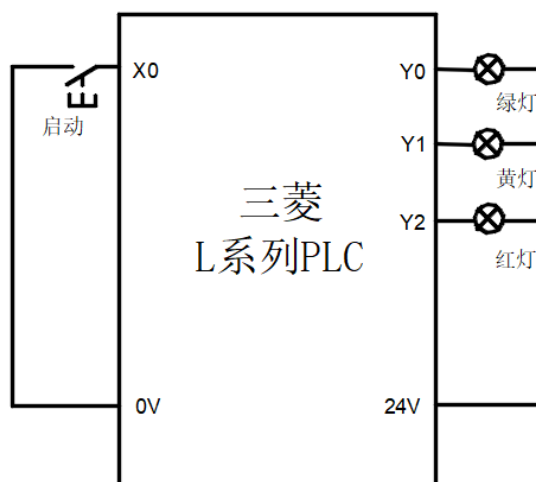
4.9.11、编程实例

在某个车辆来来往往的路口需要安装一个红绿灯，以此来控制车辆的分流。要求如下：首先按下启动按钮，红绿灯按照以下模式进行循环显示，绿灯亮 30 秒→绿灯 1s 闪烁 5 次→黄灯亮 5 秒→红灯亮 20 秒。



重点提示 红绿灯的交换显示，其主要是通过时间的变化来实现的，因此我们可以通过之前章节所学习的定时器来实现时间的长短变化、计数器来实现闪烁的变化，最后我们可以利用数据寄存器来保存我们要使用的时间参数。

如图 4-25 所示，只需要通过外部输入简单连接一个启动按钮、外部输出连接三个



指示灯即可构成 PLC 的 I/O 配线图。

图 4-25 红绿灯控制电路

与配线图对应的 I/O 分配表如下所示。

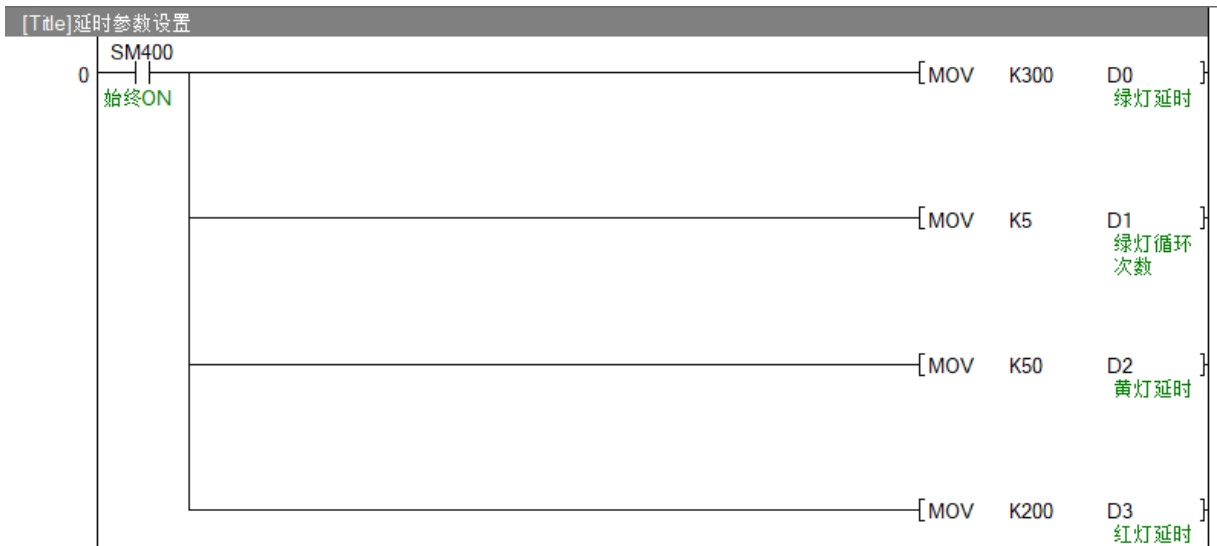


输入		输出	
启动按钮	X0	绿灯	Y0
		黄灯	Y1
		红灯	Y2

根据配线图和 I/O 分配表编制的梯形图，总共分为两大块，首先第一块程序是延时参数设置，第二块程序自动循环程序，我们逐块来讲解。

1. 延时参数设置

如下图所示，在程序一开始，在可编程控制器 CPU 电源 ON 时，SM400 变为常 ON，通过 MOV 指令将红绿灯所有要用到的参数传送到数据寄存器里面，后续程序中直接调用数据寄存器即可。



2. 自动循环程序





重要提示 请一定要注意理解程序中各指示灯之间的互锁关系。例如, 当红灯亮 20s 后靠 T2 定时器把 T1 定时器断开, 相当于红灯 Y2 也断开。因此根据第一步程序, 启



动按钮 X0 保持常闭，当黄灯 Y1、红灯 Y2、T0 定时器都断开时，程序又会自动执行，绿灯 Y0 继续接通，按照所设定的工作流程动作，只要保持启动按钮 X0 不断开，程序将一直循环下去。



第五章 电器设备维修

[教学目标]

- (1) 了解常见的电器故障
- (2) 熟练掌握维护保养的技巧

第一节 案例分析

5.1.1、电工常见故障与维修

电工电子产品在长期使用过程中，可能出现以下故障。

1. 开关（按钮）的故障

由于开关或按钮经常使用，反复操作，会发生自然损坏、接触不良、接线脱落等问题，使电器装置无法工作。

维修检查方法：过一段时间检查一次，如发现上述故障，可用钳子、螺钉旋具把松动的接线、螺母拧紧，脱落的导线用电烙铁重新焊接即可。损坏严重不能继续维修使用的，可按原型号更新。

2. 熔丝(管)熔断

熔丝(管)的熔断，是一切电器装置、产品常见的故障，导致整机断电不能工作。产生原因是内部出现短路、或开关过程冲击电流过大所致。

熔丝(管)熔断后，换上同规格容量大小相同的熔丝(管)即可。但一定不能用铜丝或铁丝来代替。

3. 电池夹生锈霉变

现代的电子装置日趋微型化，交直流两用或用电池供电，特别用电池供电的，时间长了，电池流出腐蚀液体，使电池夹生锈霉变，电路接触不良或不通电。

要注意定期更换电池，对生锈霉变的电池夹，可用砂纸、小刀和除锈剂把锈除掉，使之接触良好。

4. 弹簧弹失、螺母松动

在电子装置中，弹簧弹失、螺母松动、脱落的现象时有发生，影响整机的工作，且掉落不好寻找。这时可用一块永久磁铁来寻找，然后用扳手或钳子把它拧紧。

5. 内部元器件损坏



内部元器件出现损坏,可用万用表检查元器件的参数、工作点电压是否符合正常值,否则,使用同规格型号的元器件进行更新。

6. 空器潮湿

电子装置由于空器潮湿,使印制电路板、变压器等受潮、发霉或绝缘性能降低,甚至损坏。此时,应提高温度来排除湿器。

7. 元器件失效

某些元器件失效。例如,电解电容器的电解液干涸,导致电解电容器的失效或损耗增加而发热。处理方法是更换元器件。

8. 接插件接触不良

如印制电路板插座簧片弹力不足,断路器触头表面氧化发黑,造成接触不良,使控制失灵。应检查或更换插接件,使之良好接触。

9. 元器件布局不当

元器件由于排布不当,造成相碰而引起短路,有的是连接导线焊接时绝缘外皮剥除过多或因过热而后缩,也容易和别的元器件或机壳相碰引起短路。拉开元器件间的距离,使之不能相碰。

10. 线路设计不合理

线路设计不合理,允许元器件参数的变动范围过窄,以致元器件参数稍有变化,机器就不能正常工作。应修改设计或调整元器件参数。

5.1.2、交流接触器的维修

1. 故障：接触器相间短路

(1) 故障原因分析

接触器在潮湿、尘土、水蒸气或有腐蚀性器体的环境下工作造成短路；接触器灭弧盖损坏或脱落；负载短路造成接触器触头同时短路；正反转接触器操作不当，加上联锁互锁不可靠，造成换向时两只接触器同时吸合。

(2) 故障维修方法

1) 改善工作环境，保持清洁。

2) 重新选配接触器灭弧罩。

3) 处理负载短路故障。



4) 重新检查接触器互锁电路，并改变操作方式。

2. 故障：接触器触点熔焊

(1) 故障原因分析

接触器负载侧短路；接触器触头超负载使用；触头表面有异物或有金属颗粒突起；触头弹簧压力过小；接触器电路接触不良，使接触器瞬间多次吸合释放。

(2) 故障维修方法

1) 首先断电，用螺钉旋具把熔焊的触头分开，修整触头接触面，并排除短路故障。

2) 更换容量大一级的高质量接触器。

3) 用钢挫把接触器触头表面修整平整并清除异物。

4) 重新调整好弹簧压力。

5) 检查接触器线圈控制回路接触不良处，重新把电路接通或更换电器元件，使其通断可靠良好。

3. 故障：接触器铁心吸合不上

(1) 故障原因分析

电源电压过低；接触器控制电路有误或接不通电源；接触器线圈断线或烧坏；接触器磁铁机械部分不灵活及动触头卡住；触头弹簧压力过大。

(2) 故障维修方法

1) 如果测得值与线圈额定电压差别太大，则要从电源上查找原因并调整电压达正常值。

2) 更正接触器控制电路，按正确电路连接；更换损坏的电器元件。

3) 用万用表欧姆挡在接触器线圈断电情况下，测线圈电阻，如电阻过大、线圈断路或短路，应更换线圈。

4) 修理接触器机械故障，去除锈迹，并在机械动作机构处加些润滑油；更换损坏零件。

5) 按技术要求重新调整触头弹簧压力。

4. 故障：接触器铁心释放缓慢或不能释放

(1) 故障原因分析

接触器铁心端面有油污，造成释放缓慢；反作用弹簧损坏，造成释放缓慢；接触器铁心机械动作机构被卡住或生锈，造成动作不灵活；接触器触头熔焊，造成不能释放。

(2) 故障维修方法



1) 拆开接触器，把动铁心取出，用棉布反复擦拭两铁心端面，把油污擦净，重新装配好。

2) 更换新的反作用弹簧。

3) 拆开接触器，检查机构卡住原因，修理或更换损坏零件；清除杂物与除锈。

4) 用螺钉旋具把动静触头分开，并用铁挫修整触头表面。修好后要查出熔焊的原因，对应处理。

5. 故障：接触器线圈过热或烧毁

(1) 故障原因分析

电源电压过高；操作接触器过于频繁；环境温度过高；接触器铁心端面不平；接触器动铁心有机械故障，使其通电后不能吸合，匝间短路。

(2) 故障维修方法

1) 测量接触器上的工作电压是否与接触器线圈的额定电压相符，如过高或过低，调整到正常电压值上。

2) 改善工作环境温度，加强散热。

3) 清洗擦拭接触器铁心端面，严重时更换铁心。

4) 检查接触器机械部分动作是否灵活，修复后如线圈烧毁应更换同型号线圈。

5) 排除造成接触器机械损伤的原因，更换接触器线圈。

6. 故障：接触器主触头过热或灼伤

(1) 故障原因分析

接触器在环境温度过高的地方长期工作；操作过于频繁；触头超程太小；触头表面有杂质或不平；触头弹簧压力过小；三相触头不能同步接触；负载侧短路。

(2) 故障维修方法

1) 在高温环境下对接触器要实行强迫风冷。

2) 更换比原来容量大一级的接触器成重新更换触头。

3) 去除触头毛刺，使其平滑接触良好。

4) 更换新弹簧和触头。

7. 故障：接触器工作时噪声过大

(1) 故障原因分析

通入接触器线圈的电源电压过低；铁心端面生锈或有杂物；吸合时歪斜或机械有卡



住；接触器铁心短路环断裂或脱落；铁心端面磨损严重。

(2) 故障维修方法

1) 用万用表测接触器线圈上的电压是否低于所要求的额定电压值，如过低，应在线路上查找原因，并调整电压以达到正常值。

2) 用细砂纸打磨接触器铁心的吸合端面，清除杂物，必要时在端面上涂少许润滑油，并重新装配。

3) 重新装配，修理接触器机械动作机构。

4) 焊接短路环并重新安装。

5) 更换接触器铁心。

6) 重新调整接触弹簧压力，使其压力适当。

5.1.3、三相交流电动机的维修

1. 故障：三相异步电动机起动不了，且无任何声响

(1) 故障原因分析

1) 电源没电；熔丝熔断数相；电源线断线或有接触不良处。

2) 按钮或起动设备卡死或控制电路接触不良。

3) 过载保护装置动作，切断电路。

(2) 故障维修方法

1) 用低压试电笔测量三相电源是否有电，如无电压要先接通电源。

2) 用低压试电笔测该配电起动设备熔断器下桩头，检查是否三相都带电，如果某一相或某两相、三相熔断器熔断，要更换同样规格的熔断器。测量时要注意细心观察，注意试电笔对每一相熔断器下柱头带电的亮度是否一致，以防感应电造成错误判断。

3) 检查电路有无接触不良处，找出故障后要重新把线头刮净接好。

4) 检查机械吸合动作装置是否灵活，如卡死，要重新进行装配，并在基些地方加润滑油，然后断开电源用万用表检查开关、按钮、看常开般头是否能按下闭合，常用触头是否能接通复位，以及起动设备、电动机绕组接触处是否良好。

5) 首先检查过载保护调整的电流与电动机额定电流配合是否合适，如不合适，要调整好再复位热继电器动作机构。

2. 故障：三相异步电动机不能起动，但电动机有嗡嗡声



(1) 故障原因分析

- 1) 电源电压过低。
- 2) 断相，电源电路或熔断器有一相断线，绕组有一相或两相断线。
- 3) 定子与转子相摩擦。
- 4) 负载机械卡死。
- 5) 电动机轴承损坏卡死或润滑脂过多过硬。

(2) 故障维修方法

- 1) 用试电笔检查，如断相，应找出新相点进行修复恢复供电。
- 2) 用万用表重新检查电动机三相绕组有无断相处，如果测出电动机绕组内部的三相绕组有一相断相，或三角形绕组有两相断相，需打开电动机端盖，找出新相点的接头重新接好；如果是线圈本身局部烧坏，则需局部换线或重新绕制电动机绕组。
- 3) 如果电源电压过低，应找出过低的原因。
- 4) 查找接线有无错误。如果有错误重新接线。
- 5) 把电动机拆开，对转子清洗污垢、除铁锈，经校准后重新装配。
- 6) 判断是否负载过重或卡死。
- 7) 检查轴承是否损坏，如轴承损坏严重，应更换新轴承或者更换新的润滑油脂。

3. 故障：电动机起动困难

(1) 故障原因分析

- 1) 电源电压过低。
- 2) 电动机的负载过重、卡死。
- 3) 定子绕组一相接反或把星形误接成三角形或把三角形误接成星形。
- 4) 电动机三角形联结时接线绕组的一相中断，定子线圈有短路或接地。
- 5) 转子笼条或端环断裂。
- 6) 电动机轴承损坏。
- 7) 电动机转子与电动机中心轴脱开。
- 8) 电动机所配熔断器过小。
- 9) 电动机受潮严重，内部进水短路。

(2) 故障维修方法

- 1) 检查电源电压过低的根本原因。如果是线路太长、导线太细，要重新架设横截面积



较大的线路，从而减少电压降。如果是专用电力变压器供电，要与供电部门协商，把变压器电压适当调高些。

2) 检查机械传动装置，传动带是否过紧，过紧时要把传动带调整得松紧适当。检查负载机械有无卡死现象，如果为负载过重，要首先处理机械负载方面的原因。

3) 打开电动机接线端子，拆除电源线，检查定子绕组有无一相接反。如果电动机原来为△形联结，现接成了Y形，又加上重负载起动，电动机起动就很困难，这时要按正确方法更正接线。

4) 首先用500V绝缘电阻表测量电动机定子绕组三相对地的绝缘电阻，如果为零，就要分析三相绕组对地短路的原因。如果是潮湿所致，应烘干处理后再测量。如果绝缘层损坏是因为连接线对电动机外壳短路，要更换新的连接线，如果是线圈本身内部对电动机外壳短路，就需更换电动机绕组。电动机如有匝间短路，首先打开电动机，观察线圈变色部位，进行局部恢复；若是故障点不明显，要用“短路侦察器”作进一步检查，查出短路点并及时修复或更换电动机绕组。

5) 查出电动机转子笼条、端环有断裂痕迹，应更换转子。

6) 如轴承损坏，应予更换。

7) 检查电动机转子与电动机中心轴是否脱开，如果脱开要重新焊接。

8) 电动机熔丝要选配合理，选择熔丝的额定电流应为电动机额定电流的1.5~2.5倍。

9) 用500V绝缘电阻表检测电动机绝缘情况。对地为零时，应对电动机清除污渍后进行干燥处理。如果烘干后仍短路，就要对电动机绕组进行重新绕制。

4. 故障：电动机三相电压不平衡，导致温度过高甚至冒烟

(1) 故障原因分析

1) 电源电压不平衡；电动机单相运转；电源电压过低或过高；电动机过载。

2) 电动机三相绕组接线有错误或部分导线或支路有断线。

3) 电动机轴承损坏，转子与定子相碰。

(2) 故障维修方法

1) 首先用万用表测三相是否断相或接地。当高压平衡时，应查低压侧线路有无断相、接地或某处接触不良，并作相应处理。

2) 造成电动机单相运转的原因很多，采用耳听，电动机有无“嗡嗡”声，若有，是断相运行；另外一点，采用闻器味，电动机断相运转时其外壳的温度会升得很高，并可嗅



到焦糊味，可进一步确定电动机是否断相运行；三是触摸，感觉温度的高低；四是测量，用钳形电流表测量电动机三相引出线上的电流是否平衡，若一相无电流或电流较小，则可判断电动机处于单相运行，这时要立即停机，接好断线处。

3) 电源电压过低或过高时，可适当调整供电电压到正常值。

4) 检查电动机过载时，一般先用手转动电动机对轮或带轮，看其是否卡死或过裁

5. 故障：电动机有异常的振动或声响

(1) 故障原因分析

1) 电动机基础不稳或校正不好，安装固定不符合要求。

2) 转子风叶碰触风叶罩外壳或风叶片某处损坏造成转子不平衡。

3) 转子铁心变形或轴弯曲有裂纹。

4) 电动机传动装置不同心或传动带接头不好或对轮与齿轮配合不好。

5) 滑动轴承与轴承内圈间隙过大或过小，滚动轴承在轴上装配不好，轴承损坏严重。

6) 电动机单相运行，有“嗡嗡”声。

7) 机座和铁心配合不好。

8) 转子笼条或端环断裂。

9) 电动机绕组有短路、并联支路断路或开路，绕组绝缘损坏有接地处。

(2) 故障维修方法

1) 检查电动机基础的安装情况，如不牢固，应重新加固安装，并加以校正。

2) 校正风叶，旋紧螺钉。如果风叶片损坏不对称，应设法从对称角度去掉对方的另一片风叶的一部分，使风叶整体基本对称平衡。损坏严重则应更换。

3) 将转子在车床上用千分表找正，并校正弯轴，严重时更换新轴。

4) 如果电动机所带的传动带接头不好，应重新接好。对轮齿轮不平衡时，要做静平衡或动平衡试验加以校正。

5) 打开电动机，细心检查滑动轴承的情况，并处理间隙过大或过小的问题。检查轴承的装配情况，轴承损坏时要更换新轴承并重新加油。

6) 电动机单相运行时异常振动或伴有“嗡嗡”声，应立即停止运行，查出断相原因，并接上断相的熔丝或是接上断相的电线接头再重新起动电动机。

7) 机座和铁心配合不紧密时要重新加固。

8) 转子笼条或端环断裂的情况较为少见，可打开电动机，直接观察转子上的烧伤痕迹



即可发现，也可用“短路侦察器”进行侦察做出判定。如确定是转子笼条或端环断裂，要更新铸铝，严重时要更新转子。

9) 打开电动机，用万用表查找断线处并接好，或用 500V 绝缘电阻表检查对地绝缘情况，看有无短路、绕组断线、短路、有接地处，要予以修复。损坏严重时应重新更换电动机线圈。

6. 故障：电动机正常运转，但电动机内部温度过高

(1) 故障原因分析

- 1) 电动机周围环境温度过高。
- 2) 电动机灰尘、油污过多，通风不畅，影响散热，电动机上的风叶损坏严重，角度不对。
- 3) 电动机受太阳直接曝晒。
- 4) 电动机受潮或浸漆后未烘干。
- 5) 电源电压过高、过低。
- 6) 转子运转时与定子相摩擦使温度升高，或是铁心部分硅钢片之间绝缘不良有毛刺。
- 7) 电动机绕组接线错误或局部有短路、断路、接地等故障。

(2) 故障维修方法

1) 电动机周围环境温度过高，又满负载运转，热量不易散发，使电动机温度过高。这时应改善环境温度，保持通风良好，必要时可采用大排风扇降温，对连续工作且必须在高温环境中运行的电动机，可换为绝缘等级较高的 B 级、F 级电动机。

2) 检查电动机通风孔遭是否堵塞，清除灰尘、油污以及影响通风的东西，周围设施尽量远离电动机。

3) 电动机在户外应用，应增设遮阳设施和防雨设施，最好根据电动机的大小在其上方焊一个铁架子，上面加装铁皮，一方面防阳光曝晒，另一方面起防雨防潮作用。

4) 一旦检查出电动机受潮或浸漆后未烘干，就要尽快拆下电动机，彻底进行一次干燥处理。

5) 用万用表检查电动机三相电压是否过高或过低，如果因电压不正常使电动机过热，应仔细检查线路。

6) 转子与定子相互摩擦大多是因电动机轴承损坏所致，可更换轴承。如铁心之间有毛刺，可用钢锉将毛刺削掉。



7) 对照电动机铭牌，检查电动机绕组联结方式是否正确，如接错应予纠正。

5.1.4、直流电动机的维修

1. 故障：直流电机不能起动

(1) 故障原因分析

- 1) 电动机未接入合适的电压或电源无电压。
- 2) 励磁回路断路。
- 3) 电刷有接触不良处。
- 4) 起动时通入直流电动机的电流过小。
- 5) 负载过重难以起动。

(2) 故障维修方法

1) 首先用万用表测电源有无电压，无电压时要恢复供电电压。检查熔断器是否熔断，线路接线是否断路，如断路应接好连接线。另外，检查过载保护动作情况，如已动作，应查明原因后进行复位，再重新起动电动机。

2) 用万用表欧姆挡测励磁绕组通断，如触头烧断，要重新接好；如线圈烧毁断路，应更换线圈。最后用万用表电压挡测所通入的励磁电压是否正常，从配电线路上查找原因，并加以修复。

3) 检查直流电动机电刷的接触情况，并用细砂纸磨平接触面，调整电刷压力，使电刷压力适当。

4) 检查线路是否有接触不良处，核对起动设备与直流电动机是否配套。

5) 电动机负载过重是直流电动机不能起动的重要原因之一。首先用手转动一下电动机对轮或传动带轮，看其是否能灵活转动，如果电动机负载过重或卡死，应从机械传动方面找原因，并修复机械设备。如果是电动机本身轴承损坏卡死，就需打开电动机，更换同型号的轴承。

2. 故障：直流电动机起动后转速异常，过高成过低，并伴有强烈的火花

(1) 故障原因分析

- 1) 电刷位置偏移，不在正常位置上。
- 2) 励磁线圈回路电阻过大。
- 3) 电枢及磁场绕组有短路或断路点。



4) 励磁电动机负载过轻。

5) 励磁磁场绕组接反。

(2) 故障维修方法

1) 重新按原来刻记的位置装配电刷或用感应法调整电刷位置。

2) 检查磁场线圈回路的所有触头是否有氧化层，这会造成接触不良，用砂纸磨平接好。用万用表检查磁场线圈，电阻过大时，应打开电动机查找原因，并测实际通入磁场的电压值对不对，如果不对，要从配电线路上查找原因。

3) 打开直流电动机，分开接线连接头，分别测量磁场绕组的电阻，查找每组线圈的断路点，并局部更换线圈或修复线圈。

4) 串激电动机轻载时，而电动机线路又无问题时，要适当增加电动机的负载。

5) 检查串励磁场绕组接线情况，并按正确方法重新接线。

3. 故障：直流电动机在运行时出现振荡

(1) 故障原因分析

1) 直流电动机电源电压波动。

2) 电动机电刷未在中性线上。

3) 励磁电流过小或励磁电路有短路。

4) 串励绕组或换向极绕组接反。

5) 机械负载在转动时波动太大。

(2) 故障维修方法

1) 首先断开电动机电枢电压，接上电炉负载，检查电枢电压波动的原因，从配电设备上查找原因并加以处理。

2) 按照原来刻记的位置重新装配电刷，或按照感应法调整电刷位置。

3) 检查励磁线路中是否有短路点或断路处，线路短路严重时，要更换线圈。

4) 对照直流电动机铭牌上的接线，重新连接换向极绕组。

5) 检查机械磨损情况，是否有瞬间过载，并更换机械磨损严重的部件。

4. 故障：直流电动机在运行中电刷火花过大

(1) 故障原因分析

1) 电刷与换向器有接触不良处。

2) 电刷与刷架配合过量，在里面卡死。

- 3) 电刷磨损过度或新更换的电刷尺寸与性能和原来的不一致。
- 4) 电刷分布不均以及电刷之间电流分布不均。
- 5) 换向极绕组接反或有短路点。
- 6) 电枢绕组与换向器脱焊。
- 7) 电刷位置不在中性线上或刷架松动移动。
- 8) 电刷压力不适当或不均匀。
- 9) 换向器极面有污垢，接触电阻太大，或换向片间绝缘物突出。
- 10) 机械负载过重。

(2) 故障维修方法

1) 用细砂纸研磨电刷接触面，并用干净布擦磨电刷与换向器接触处，装好电刷，通入电压，使直流电动机在低转速轻载下空转 1h 左右。

2) 用细砂纸稍微磨小电刷，使电刷在刷架内上下活动自如。

3) 按直流电动机原来的型号和尺寸更换合适的新电刷。

4) 重新调整电刷分布位置。

5) 按正确的方向，重新连接换向极绕组的接线，并用 500V 绝缘电阻表测绝缘情况，线圈短路严重时更换线圈。

6) 打开直流电动机，认真观察电枢绕组与换向器脱焊点，并重新焊接。

7) 调整刷杆座至原位或用感应方法重新找出电刷中性线位置。例如，在电动机得电时，将毫伏表接到相邻两组的电刷上，励磁绕组串联一个开关，接上 3V 电池，当通断开关时，毫伏表指针即左右摆动，这样连续反复通断开关，将电刷架位置来回移动，直到指针摆动最小时，电刷位置即正好在中性线上，如图 5-1 所示。

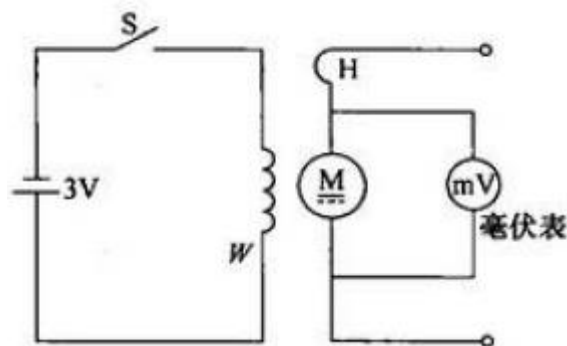


图 5-1 电刷中性线位置检查法

8) 找一个弹簧秤，校正电刷压力，在 $150 \sim 250 \text{g/cm}^2$ 为好。



9) 擦磨换向器不洁处，将云母绝缘物适当消除掉。

10) 检查负载过载原因，是电动机轴承引起的要更换轴承，是机械负载引起的应修理机械故障点，电动机容量不适当时应更换一台容量大的直流电动机。

5. 故障：直流电动机配电柜冒烟

(1) 故障原因分析

- 1) 电动机过载时间较长。
- 2) 电动机的换向器或电枢短路。
- 3) 电动机直接高速起动或正反向运转频繁。
- 4) 电动机端电压过低。
- 5) 电动机轴承损坏。
- 6) 定子与转子内有铁锈杂物相互摩擦。

(2) 故障维修方法

- 1) 立即断开电动机电源，查找机械负载故障原因，待负载正常时再起动电动机。
- 2) 细心观察换向器内有无异物或金属屑等落入，进行清扫处理，然后用毫伏表检查电枢绕组短路情况，短路较轻微能修复的应修复，最后加绝缘漆处理。不能修复的要重新绕制线圈。
- 3) 使用配套的配电柜，并调整起动操作方法，延长正反转换接时间。
- 4) 检查配电设备，用万用表测量电动机电枢电压是否过低，并调到正常值。
- 5) 打开直流电动机，检查电动机轴承损坏情况，更换同型号质量较好的轴承。
- 6) 打开电动机抽出转子，清除铁锈杂物，检查电动机器隙是否均匀，器隙不均匀时应更换轴承。

6. 故障：直流电动机换向片每隔一片烧焦发黑，经清刷后使用，电动机仍发黑

(1) 故障原因分析

- 1) 烧焦发黑的换向片均压线，与电枢绕组连接之间有脱焊、断路故障。
- 2) 连接到这些烧焦发黑的换向片上的电枢绕组有短路点。

(2) 故障维修方法

- 1) 重新焊接断路均压线，检查与电枢绕组之间脱焊处，重新焊接。
- 2) 打开电动机，检查电枢绕组短路处，加以修复。如短路严重，要重新更换电枢绕组。

7. 故障：直流电动机并励电动机起动时反转，起动后又变成正转



(1) 故障原因分析

串励绕组接反。

(2) 故障维修方法

调换一下串励绕组两根出线的引出线接头。

8. 故障：直流电动机机壳漏电

(1) 故障原因分析

- 1) 电动机进水或有其他导电杂质进入电动机内部。
- 2) 电动机引出线某处与电动机外壳接触。
- 3) 电动机接地线断路或电动机绕组对外壳绝缘电阻太小。
- 4) 电动机绕组绝缘损坏与外壳连接。

(2) 故障维修方法

- 1) 打开电动机，直接观察内部有无进水和潮湿处，经清洗后加以烘干，然后用 500V 绝缘电阻表测电动机每相绕组及对地绝缘，达到要求方能再使用电动机。
- 2) 打开电动机，对引出线接触外壳或对外壳绝缘差的导线给予更换。
- 3) 用多股铜导线重新接好电动机保护接地线。对绝缘性能差的电动机进行刷绝缘漆处理，并加以烘干。
- 4) 更换电动机绝缘损坏的绕组。

9. 故障：直流电动机有异常振动

(1) 故障原因分析

- 1) 直流电动机基础不牢。
- 2) 固定电动机螺钉未紧固或滑丝。
- 3) 电动机轴承损坏。
- 4) 直流电动机和机械轮配合不同心。

(2) 故障维修方法

- 1) 重新安装电动机基础设施。
- 2) 紧固电动机地脚螺钉或重给地脚孔攻螺纹。
- 3) 更换同型号的电动机轴承。
- 4) 把电动机地脚螺钉松开，重新校正电动机轮与机械负载轮，使其同心对正。

10. 故障：直流电动机产生火花



直流电动机在运转时有时很难完全避免火花的发生，在一定程度内，火花对电动机的连线正常工作，实际上并无影响，在无法消除的情况下，可允许其存在，如果所发生的火花大于规定的限度，则将起破坏作用，必须及时加以检查纠正。

电动机的火花，可根据下表所示鉴别等级，以确定电动机是否能继续工作。1级、1.25级、1.5级火花对电刷及换向器的连线工作上实际上并无损害。在正常连续工作时，可允许其存在。

火花等级	电刷下的火花状态	换向器及电刷的状态
1	无火花	换向器上没有黑痕及电刷上没有灼痕。
1.25	电刷边缘仅小部分范围有微弱的点状火花，或有非放电性的红色小火花。	
1.5	电刷边缘大部或全部有轻微的花	换向器上有黑痕出现，但不发展，用汽油擦其表面即能除去，同时在电刷上有轻微灼痕。
2	电刷边缘大部或全部有强烈的火花	换向器上有黑痕出现，用汽油不能擦除，同时电刷上有灼痕。如短时出现这一级火花，换向器不出现灼痕。电刷不致被烧焦或损坏。
3	电刷的整个边缘有强烈的火花即坏火，同时有大火花飞出	换向器上的黑痕相当严重，用汽油不能擦除，同时电刷上有灼痕。如在这一级火花等级下短时运行，换向器将出现灼痕，电刷被烧焦或损坏。

11. 使用和维护直流电动机的注意事项

1) 电动机在满载连续运转下，周围的空器温度不应高于 40℃，相对湿度不得超过 75% (在 20℃ 时)。

2) 安装电动机的室内，不得有有害及腐蚀性器体或瓦斯等可燃器，以及煤灰等污物侵入。



3) 电动机在运转期中, 应保持外表面及其周围环境的清洁, 在电动机上或电动机内部不得放置异物。应检查电动机的底脚是否紧固于地基, 运转时是否有异声或振动情况, 通风窗是否空器畅通, 是否有长时期的过载, 接地装置是否可靠。

4) 对经常运转的直流电动机, 需作定期检查, 每月不少于一次, 在额定负载下换向器上不得有大于 1.5 级的火花出现, 检查换向器表面是否光洁. 电刷是否磨损过甚, 刷握的压力是否适当。

5) 如电动机需有较长时间停止运转, 则需以厚 1mm、浸过石结的纸板将换向器包好, 并用厚防雨布将整个电动机盖起, 保证电动机存放地点的温度不低于 5℃, 并不得有水汽及腐蚀性器体侵入。

6) 当电动机换向器表面磨损很多时, 片间的云母层将凸出铜面, 这时必须将片间云母下刻 1~1.5mm。

7) 电刷必须与光洁的换向器工作面有良好的接触, 电刷压力正常为 0.15~0.25kg/cm² (±10%), 电刷与刷握的配合不能过紧, 而需目有适量的间隙 (不大于 0.15mm)。

8) 轴承的正常工作温升应不超过 55℃, 且有轻微均匀的响声, 当发现温度太高或夹有不均匀的杂声时, 说明轴承可能损坏或有外物侵入, 应即拆下清洗加以检查, 若清洗后, 未发现有损坏迹象, 但在运转时仍有杂声时, 则必须更换新轴承。

9) 轴承安装后, 在轴承盖的油室内填入约等于 2/3 空间的润滑脂, 在工作 2000~2500h 后应调换新的调滑脂, 但每年不得少于一次, 同时防止灰空及潮器侵入。

第二节 维护保养

5.2.1、安全用电常识

电器工作人员在进行电器操作时必须按规程进行, 具备有关安全知识, 在工作中采取必要的安全措施, 确保人身安全和电器设备正常运行。为此必须做到:

(1) 电工人员在安装配电设备中, 必须把电源引入线装配在该配电设备的总刀开关、总开关或总电源的上桩头, 不得倒装。这样在拉下单元配电设备总开关时, 即可断开所有熔断器及用电设备的电源。

(2) 不要在室内和其他用电场所乱拉电线, 乱接电器设备。如因需要必须增加电器线路时, 其敷设高度应符合“电器设备安装标准”的有关规定。平时不要乱拉 220V 的临时



灯。

(3)在电器线路中安装合格的漏电保护装置是防止因电器线路或电器设备绝缘损坏造成触电事故的有效措施。

(4)安装电灯时，保证相线进开关。

(5)平时应防止导线和电器设备受潮，不要用湿手去拔插或扳动电器开关，也不要湿毛巾去擦拭带电的用电设备。

(6)使用移动式电器设备时，应先检查其绝缘是否良好，在使用过程中应采取增加辅助绝缘的措施，如使用手电钻时最好戴绝缘手套并站在橡胶垫上进行工作。

(7)选用熔断器要与电器设备的容量相适应，不能用金属丝代替熔断器使用。

(8)当发现电器设备故障时，应请专业电工来修理。

(9)合理选择导线截面，必须满足最大负载电流的要求。

(10)使用各种电器设备时，应严格遵守“电器安全工作规程”的规定及电器设备使用说明的要求。电器设备使用完毕应立即切断电源。

(11)停电维修电器设备时，要遵守操作规程，采取安全措施，严防突然来电。

(12)应定期对电器线路和电器设备进行检查和维修，更换绝缘老化的线路，对绝缘破损处进行修复，确保所有绝缘部分完好无损。

(13)家用电器在安装使用时，必须按要求将金属外皮做好接零线或接地线的保护措施，以防止电器设备绝缘损坏时外皮带电造成触电事故。

5.2.2、电器设备的维护保养

1. 电器设备维护保养的重要性

各种电器设备在运行过程中会产生各种各样的故障，致使设备停止运行而影响生产，严重的还会造成人身或设备事故。引起电器设备故障的原因，除部分是由于电器元件的自然老化引起之外，还有相当部分的故障是因为忽视了对电器设备的日常维护和保养，以致使小毛病发展成重大事故，还有些故障则是由于电器维修人员在处理电器故障时的操作方法不当，或因缺少配件凑合行事，或因误判断、误测量而扩大了事故范围所造成。所以为了保证设备正常运行，以减少因电器修理的停机时间，提高劳动生产率，必须十分重视对电器设备的维护保养。另外根据各厂设设备和生产的具体情况，应储备部分必要的电器元件和易损配件等。



2. 日常维护

电力拖动电路和机床电路的日常维护对象有电动机，控制、保护电器及电器线路本身。维护内容如下：

(1) 检查电动机：定期检查电动机相绕组之间、绕组对地之间的绝缘电阻；电动机自身转动是否灵活；空载电流与负载电流是否正常；运行中的温升和响声是否在限度之内；传动装置是否配合恰当；轴承是否磨损、缺油或油质不良；电动机外壳是否清洁。

(2) 检查控制和保护电器：检查触点系统吸合是否良好，触点接触面有无烧蚀、毛刺穴坑；各种弹簧是否疲劳、卡住；电磁线圈是否过热；灭弧装置是否被损坏；电器的有关整定值是否正确。

(3) 检查电器线路：检查电器线路接头与端子板、电器的接线桩接触是否牢靠，有无断落、松动、腐蚀、严重氧化现象；线路绝缘是否良好；线路上有无油污或异物。

(4) 检查限位开关：检查限位开关是否能起限位保护作用，重点检查滚轮传动机构和触点工作是否正常。

5.2.3、电器设备的检修方法

常用的电器故障的检修方法有电压法、电阻法、短路法和开路法。

1. 电压法

利用仪表测量线路上某点的电压值来判定电器设备故障点的范围或元器件的故障的方法叫做电压法或电压测量法。其中，在应用电压法测量线路时，又可采用以下测量技巧。

(1) 分阶测量

如图 5-2 所示线路，若按下起动按钮 SB2，接触器 KM1 不吸合，说明电路有故障。检修时，首先用万用表测量 1、7 两点电压，若电路正常，应为 380V。然后按下起动按钮 SB2 不放，同时将黑色表棒接到 7 点，红色表棒依次接 6、5、4、3、2 点，分别测到 7、6 之间，7、5 之间，7、4 之间，7、3 之间，7、2 之间的电压。电路正常时，各阶电压应为 380V。如测到 7、6 之间无电压，说明是断路故障。可将红色表棒前移，当移到某点电压正常时，说明该点以后的触头或接线断路，一般是此点后第一个触头或连线断路。

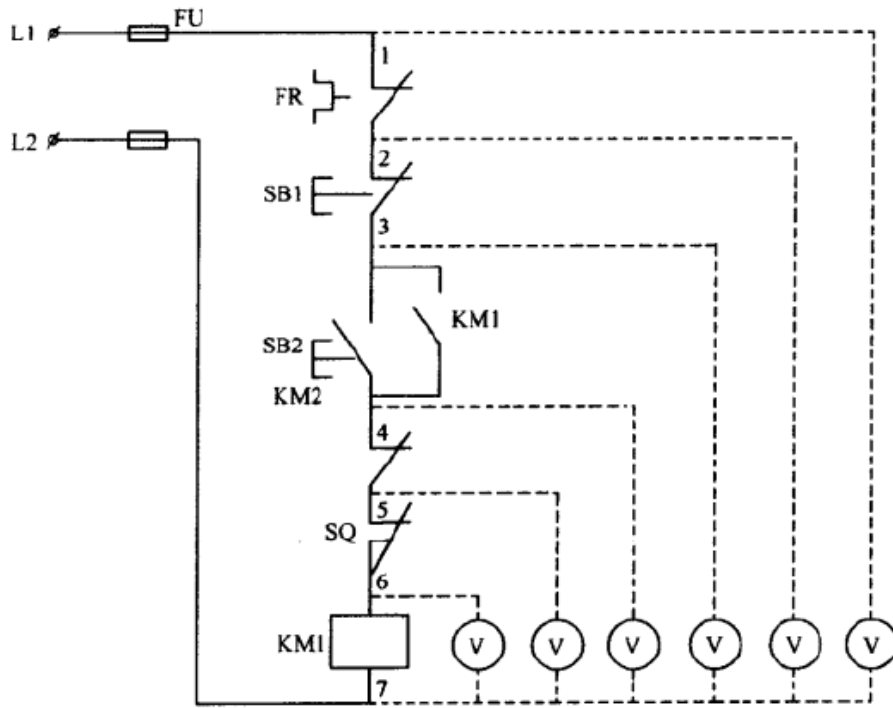
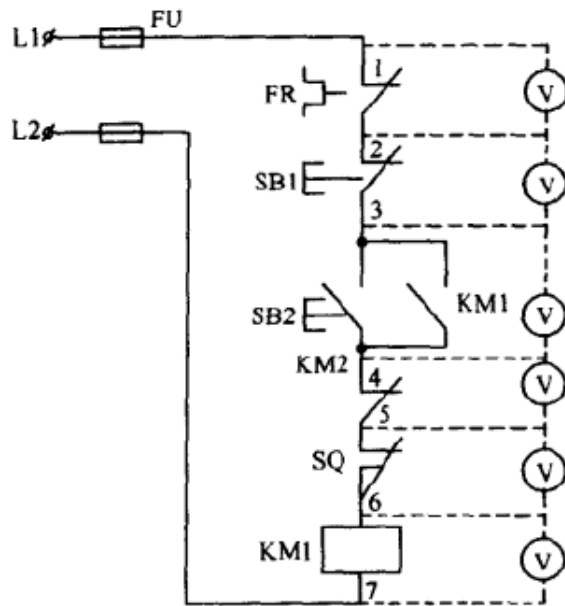


图 5-2 电压分阶测量法

(2) 分段测量

如图 5-3 所示线路，即先用万用表测试 1、7 两点电压，电压为 380V，说明电源电压正常。然后逐段测量相邻两点 1、2 之间，2、3 之间，3、4 之间，4、5 之间，5、6 之间，6、7 之间的电压。如电路正常，除 6、7 两点间电压等于 380V 外，其他任意相邻两点间的电压都应为零。如测量某相邻两点电压为 380V，说明两点所包括的触头及其连



接导线接线不良或断路。

图 5-3 电压分段测量法

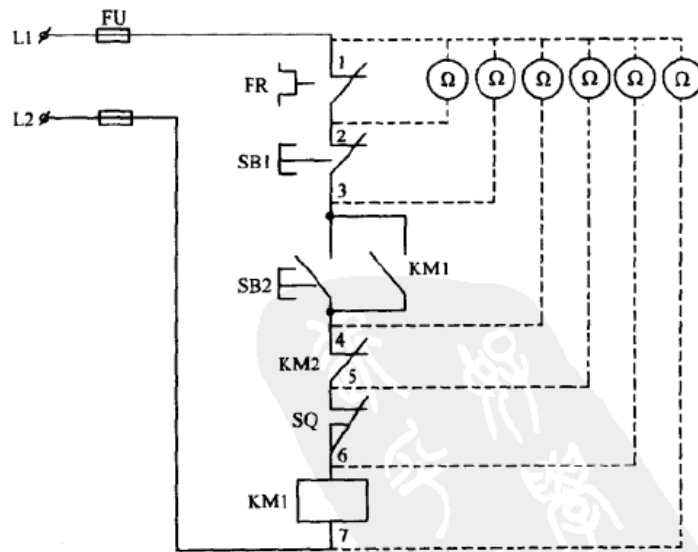
用电压法检测电路的故障点简单、明了、直观，但应注意线路中的交流电压和直流电压的测量，并应注意万用表电压量程，切不可用万用的电流档或电阻档在线路上带电进行测量，以免烧坏万用表。

2. 电阻法

利用仪表测量线路上某点或某个元器件的通断来确定故障点的方法电阻法。用电阻法来检查电器设备故障时，应先切断设备电源，然后用万用表电阻档对有怀疑的线路或元器件进行测量。其中，在应用电阻法测量线路时，又可采用以下测量技巧。

(1) 分阶电阻测量

如图 5-4 所示，按起动按钮 SB2，若接触器 KM1 不吸合，说明电器回路有故障。检查时，先断开电源，按下 SB2 不放，用万用表电阻档测量 1、7 两点间电阻。如果电阻无穷大，说明电路断路；然后逐段测量 1、2，1、3，1、4，1、5，1、6 各点间的电阻



值。若测量某点的电阻突然增大时，说明表棒跨接的触头或连接线接触不良或断路。

图 5-4 电阻分阶测量法

(2) 分段电阻测量

如图 5-5 所示线路，检查时切断电源，按下 SB2，逐段测量 1、2，2、3，3、4，4、5，5、6 各点间的电阻。如测得某两点间电阻很大，说明该触头接触不良或导线断路。

用电阻法测量同电压法一样，同样简单、明了、直观。它主要用在检测元器件好坏或线路的通断上，但特别注意测量前一定要切断设备电源，否则会烧坏万用表。

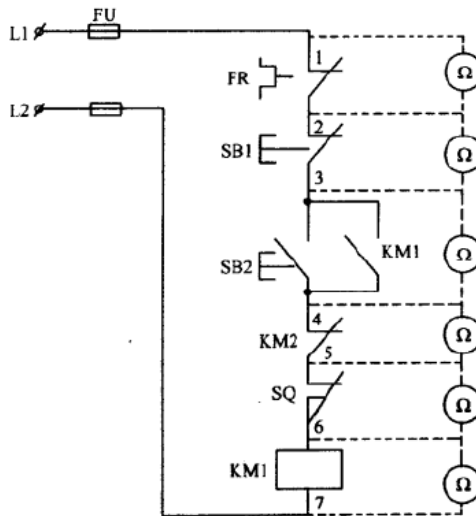


图 5-5 电阻分段测量法

3. 短路法

用导线将设备上两等电位点短接起来，确定故障点的范围或故障点的方法叫短路法。

应用短接法检修线路时，可采用以下技巧。

(1) 局部短路

图 5-6 为局部短接技巧，若按下 SB2，接触器 KM1 不闭合，可以断定 1-7 有断点。用一绝缘导线分别短接 1、2，2、3，3、4，4、5，5、6 各点，当短接到某两点时，接触器 KM1 吸合，则断路故障就在这里。

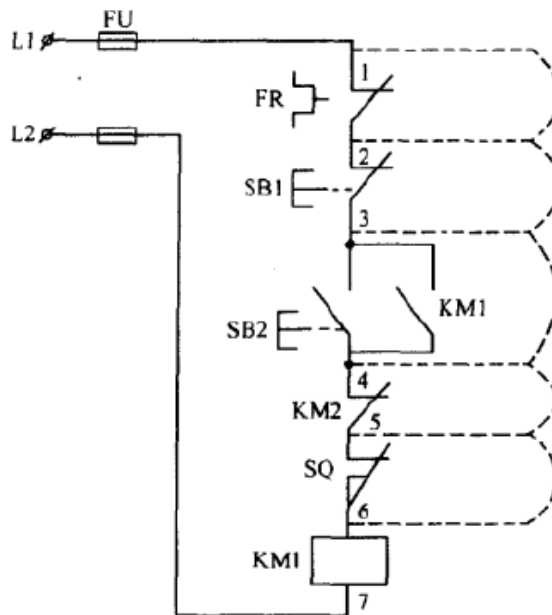
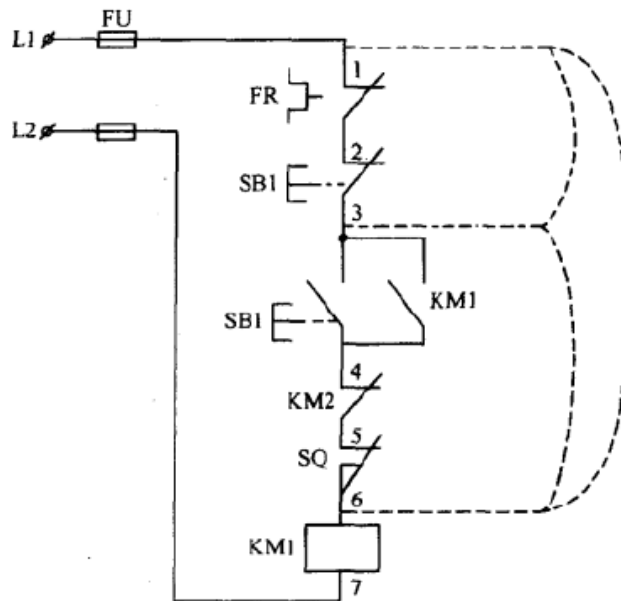


图 5-6 局部短接

(2) 长短接

图 5-7 为长短接法，它一次短接两个或多个触头，与局部短接法配合使用，可缩小故障范围，迅速排除故障。如：当 FR、SB1 的触头同时接触不良时，仅测量 1、2 两点电阻会造成判断失误。而用长短接法将 1、6 短接，如果 KM1 吸合，说明 1-6 这段电路上



有故障；然后再用局部短接法找出故障点。

图 5-7 长短接

重点提示 短路法简单、实用，查找故障快捷、迅速，是熟练维修电工常用的方法之一。它主要用在电器控制电路的故障检查上。但在使用过程中一定要注意“等电位”点的概念，不能随意进行短路。例如在图 5-7 中，1 号线与 6 号线为“等电位”点，即在 1 号线与 6 号线之间没有串接任何器件使 1 号线和 6 号线产生电位差，可以短接。但是 1 号线与 7 号线就不是等电位点，它们之间接了一个 KM1 线圈，存在较高的电压差，如果将它们短接，就会发生短路事故。这是检修人员在用短路法之前务必要弄清楚的概念。

4. 开路法

在检修电器线路时，有时为了检测特殊需要，必须将线路断开进行检查，这种方法叫开路法。例如，在图 5-8 电路中，如果按下 SB3，接触器 KM1 闭合，电动机不起动，但有“嗡嗡”声，可以断定电动机缺相。但是究竟是电动机本身绕组断路还是电源缺相？这时必须断开电动机的三相电源进行测量，否则在测量时着电动机处于单相运行状态，可能会烧毁电动机。如果测量线路上均有 380V 电压，则证明电动机有问题，应重点检查电动机，否则检查主电路。

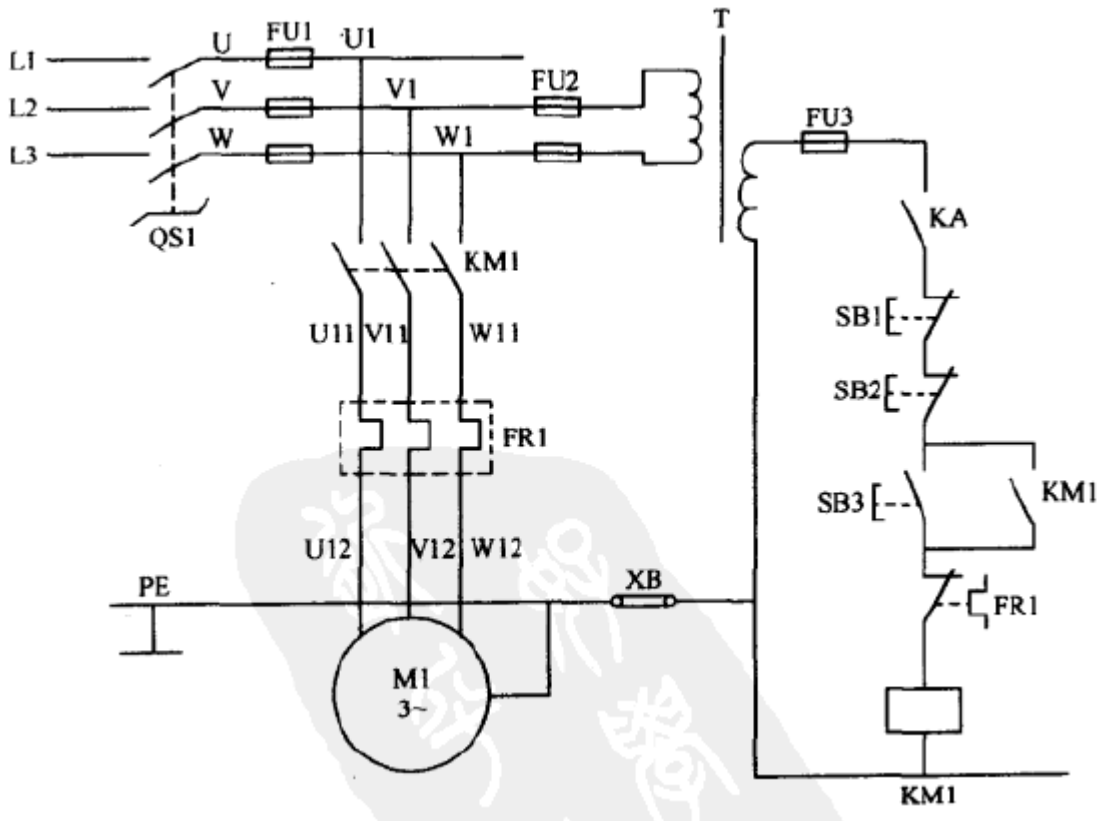


图 5-8 开路测量法

5.2.4、电器设备的检修步骤

对于初学者来说，一旦电器设备出现电器故障，怎样去检修，如何确定检修步骤是很重要的。电电器设备故障检修一般分为以下几个步骤。

1. 准备工作

包括必需的工具、仪表、电器电路图和其他资料等。

2. 读图

对于要检修的设备，首先必须读懂电器原理图。如果原理图都弄不清楚，根本就无法进行检修。初学者对有的电路图一时弄不清楚，这不要紧，慢慢地读。在读图的过程中分清主电路与其他部分，并将主电路和控制电路化整为零，明确哪部分控制电路控制



哪部分主电路。

3. 检修前的故障调查

通过“问、看、听、摸、操作”，弄清楚故障现象和故障发生前后的情况。

问：首先向设备操作者了解故障发生的前后情况，故障是首次发生还是经常发生；是否有烟雾、跳火、异常声音和器味出现；有何失常和误动；是否经历过维护、检修或改动线路等。

看：观察熔体是否熔断；电器元件有无发热、烧毁、触点熔焊、接线松动、脱落及断线等情况。

听：倾听电动机、变压器和电器元件运行时的声音是否正常。

摸：电动机、变压器和电磁线圈等发生故障时，温度是否显著上升，有无局部过热现象。

操作：对机床的所有功能进行操作，在操作中发现机床的故障。

4. 分析故障大致范围

由以上“问、看、听、摸、操作”基本弄清楚故障的现象，这时即可结合电路图分析故障的大致范围，然后采用相应的检测方法，找出故障点。


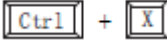

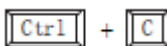









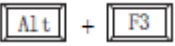



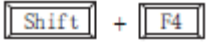


仍以图 5-8 为例来说明。故障现象为按下 SB3，M1 不起动，这时可以用“听”来分析判断是主电路的问题还是控制电路的问题。如果听到有接触器的闭合声，M1 不起动，这时可断定为主电路的问题，应用电压法检测主电路的三相电压是否正常。若听不到接触器的闭合声，可断定为控制电路的故障，此时可用电压法、电阻法或短路法对电路进行检查，找出故障点。

5. 更换元器件




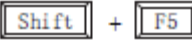



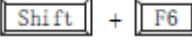







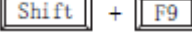

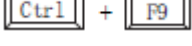

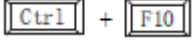

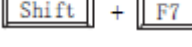

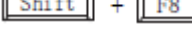

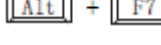

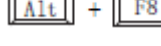

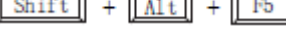

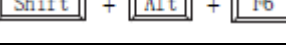



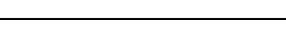

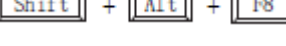
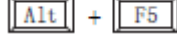

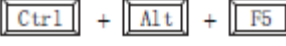
故障点找出后，需要更换元器件。更换元器件时，新的元器件必须负荷设备原有元器件的标准，比如额定电压值、额定电流值、功率等。例如，接触器在更换时不但要注意它的额定电流值，还要注意它的额定电压值。机床上一般使用 110V 电压的接触器，绝对不能将额定电压为 24V 的接触器装上，否则 would 烧毁接触器线圈，也不能将额定电压为 380V 的接触器装上，这样将会造成接触器通电后接触器不闭合或吸力不足产生振动，使接触器线圈中电流增大而烧毁接触器线圈。

附录 A GX Works2 快捷键列表

附录 1、通用的工具栏及快捷键

工具栏图标	快捷键	对应菜单	概要
		剪切	对选择的数据或范围进行剪切
		复制	对选择的数据或范围进行复制
		粘贴	将剪切/复制的数据粘贴到光标处
		撤销	返回为之前的操作
		恢复	重新执行由[撤销]取消的操作
		监视开始	对当前、操作对象窗口开始监视
		监视停止	对当前、操作对象窗口停止监视
		转换/转换+编译	对当前编辑中的程序进行转换/编译
		转换+RUN 中写入 转换+编译+RUN 中写入	转换/编译后，将顺控程序写入到可编程控制器 CPU 中
		转换（全部程序）/转换+全部编译	对工程中存在的所有程序进行转换/编译

附录 2、程序编辑器中的工具栏及快捷键

工具栏图标	快捷键	对应菜单	概要
		常开触点	将常开触点写入到光标位置处
		常开触点 OR	将常开触点 OR 写入到光标位置处
		常闭触点	将常闭触点写入到光标位置处
		常闭触点 OR	将常闭触点 OR 写入到光标位置处
		线圈	将线圈写入到光标位置处
		应用指令	将应用指令写入到光标位置处
		横线输入	将横线写入到光标位置处
		竖线输入	将竖线写入到光标位置处
		横线删除	对光标位置的横线进行删除
		竖线删除	对光标位置的竖线进行删除
		上升沿脉冲	将上升沿脉冲写入到光标位置处
		下降沿脉冲	将下降沿脉冲写入到光标位置处
		上升沿脉冲 OR	将上升沿脉冲 OR 写入到光标位置处
		下降沿脉冲 OR	将下降沿脉冲 OR 写入到光标位置处
		非上升沿脉冲	非将上升沿脉冲写入到光标位置处
		非下降沿脉冲	非将下降沿脉冲写入到光标位置处
		非上升沿脉冲 OR	非将上升沿脉冲 OR 写入到光标位置处
		非下降沿脉冲 OR	非将下降沿脉冲 OR 写入到光标位置处
		非下降沿脉冲 OR	非将下降沿脉冲 OR 写入到光标位置处
		运算结果上升沿脉冲化	将运算结果上升沿脉冲化写入到光标位置处
		运算结果下降沿脉冲化	将运算结果下降沿脉冲化写入到光标位置处

		运算结果取反	将运算结果取反写入到光标位置处
		划线写入	将划线写入到光标位置处
		划线删除	从光标位置删除划线
		读取模式	将当前打开的窗口切换至“读取模式”
		写入模式	将当前打开的窗口切换至“写入模式”
		监视模式	在监视过程中，将当前打开的窗口切换至“监视模式”
		监视（写入模式）	在监视过程中，将当前打开的窗口切换至“监视（写入模式）”
		软元件显示	对通过编译分配的实际软元件进行显示
/		连续粘贴	对所剪切/复制的梯形图的软元件号进行递增并连续进行粘贴
/		行插入	在光标位置插入行
/		行删除	将光标位置的行删除
/		列插入	在光标位置插入列
/		列删除	将光标位置的列删除
/		在右侧的梯形图符号中横线连接	从光标位置开始向右侧的梯形图符号进行横线连接
/		在左侧的梯形图符号中横线连接	从光标位置开始向左侧的梯形图符号进行横线连接
/		右方向的横线输入/删除	从光标位置开始向右方向进行横线的输入/删除
/		左方向的横线输入/删除	从光标位置开始向左方向进行横线的输入/删除

/		上方向的横线输入/删除	从光标位置开始向上方向进行横线的输入/删除
/		下方向的横线输入/删除	从光标位置开始向下方向进行横线的输入/删除
/		常开/常闭触点切换	对常开触点及常闭触点进行切换
/		声明/注解类型切换	对声明/注解的类型进行切换
/		指令的部分编辑	在选择了第 1 个参数的状态下打开梯形图输入画面
/		/	在梯形图输入画面中将软元件/标签设置为选择状态。通过  /  对选择软元件/标签进行切换。
/		/	在梯形图输入画面中对软元件/标签进行递增/递减
/		/	在梯形图输入画面中对指令/标签的候选进行显示
/		/	在梯形图输入画面显示中对编辑画面的光标进行移动
/		跳转	对指定行进行显示
/		下一梯形图块起始跳转	将光标从当前位置跳转至下一梯形图块的起始处
/		上一梯形图块起始跳转	将光标从当前位置跳转至上一梯形图块的起始处
/		下一软元件	跳转到与光标位置的软元件相同的软元件
/		下一触点	跳转到使用与光标位置的软元件相同软元件的触点
/		下一线圈	跳转到使用与光标位置的软元件相



			同软元件的线圈
/		后退	使光标返回到“下一软元件”“下一触点”“下一线圈”的跳转源
/		注释显示	对软元件注释进行显示
/		声明显示	对声明进行显示
/		注解显示	对注解进行显示
/		梯形图块的隐藏	对梯形图块进行隐藏
/		梯形图块的显示	对隐藏的梯形图块进行显示
/		放大	将编辑画面的字符显示尺寸放大
/		缩小	将编辑画面的字符显示尺寸缩小



附录 B 参考文献

- 【1】刘建清 . 高广海 . 李凤伟 . 鲁金 . 从零开始学电器控制与 PLC 技术 . 北京：国防工业出版社 . 2006
- 【2】刘建清 . 寻立波 . 刘汉文 . 李雨 . 从零开始学电路基础 . 北京：国防工业出版社 . 2007
- 【3】王俊峰 . 从零开始学电工 . 北京：机械工业出版社 . 2010
- 【4】三菱 PLC 手册
- 《GX Works2 操作手册（简单工程篇）》
 - 《MELSEC-L CPU 模块 硬件设计维护点检》
 - 《MELSEC-QL 编程手册（公共指令篇）》
 - 《MELSEC-L CPU 模块用户手册（功能解说程序基础篇）》
 - 《MELSEC-L CPU 模块用户手册（内置 IO 功能篇）》



欣旺达电子股份有限公司
Sunwoda Electronic Co., Ltd.

地址: 深圳市宝安区石岩街道石龙社区颐和路2号欣旺达新能源产业园

电话: 86-755-2951 6888 传真: 86-755-2951 6999

网址: www.sunwoda.com