

1

电动机单向连续运转控制电路 的安装与调试

任务一 接触器控制的电动机连续运转电路

知识目标：

1. 掌握相关低压电器的结构、原理、图形符号、文字符号及选用。
2. 掌握电动机连续运转控制电路的工作原理。
3. 了解电气控制电路的装配工艺。

技能目标：

1. 正确选用和使用低压电器。
2. 电动机连续运转控制电路的装配。

【任务描述】

在实际生产过程中，生产设备的运行与停止都需要对拖动电动机进行起动、停止控制；有些生产设备为了实现位置调整还需要对电动机进行点动控制。

对电动机的起动、停止控制，是通过运用一些电气器件、按照控制要求组成的控制电路实现的。要实现对电动机的控制，需要掌握常用低压电器的结构、原理，以及阅读和分析电气控制电路图的方法等相关知识。

【相关知识】

一、常用低压电器

电器是能够根据外界施加的信号和要求自动或手动地断开或接通电路，连续或断续地改变电路参数，以实现电或非电对象的切换、控制、检测、保护、变换和调节的电工器件。

工作在交流 1200V、直流 1500V 电压及以下的电器，称为低压电器，其用途是对供电、用电系统进行通断、控制、保护和调节。根据控制对象的不同，低压电器可分为低压配电电器和控制电器两大类。

1. 闸刀开关

(1) 功能：闸刀开关又称为开启式负荷开关，适用于照明、电热设备及小容量（5.5kW 及以下）动力电路中，供手动不频繁地接通和断开电路，并具有短路保护作用。

(2) 结构：HK1 系列闸刀开关的外形及结构如图 1-1 所示。

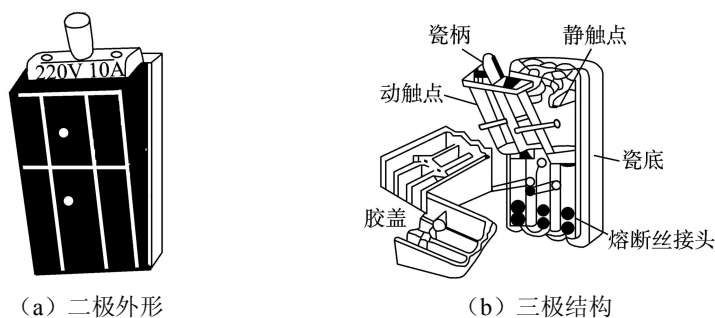


图 1-1 胶盖闸刀开关外形及结构

闸刀开关主要由操作手柄、触刀、触点座和底座组成。按闸刀数可分为单极、双极和三极。

(3) 选用：

①用于照明和电热负载时，选用额定电压 250V、额定电流不小于电路所有负载额定电流之和的两极开关。

②开关用于控制电动机直接起动和停止时，选用额定电压 380V 或 500V、额定电流不小于电动机额定电流 3 倍的三极开关。

③安装闸刀开关时，应注意将电源线装在静触点上，将用电负荷接在开关的下出线端上。闸刀在和闸状态时，手柄应向上，不可倒装或平装。

(4) 符号：刀开关的图形及文字符号如图 1-2 所示。

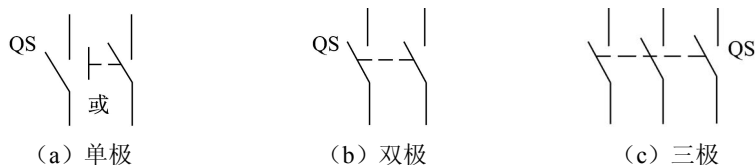


图 1-2 刀开关的图形、文字符号

2. 低压断路器

低压断路器又称自动空气开关或自动空气断路器，按其结构不同分类，有装置式和万能式两种。

(1) 功能：低压断路器在低压电路中，用于分断和接通负荷电路，控制电动机运行和停止。当电路发生过载、短路、失压、欠压等故障时，能自动地切断故障电路，保护电路和用电设备的安全。

(2) 结构及工作原理。

低压断路器的外形如图 1-3 所示。



图 1-3 低压断路器外形图

低压断路器主要由触点、灭弧装置和各种脱扣器组成。脱扣器包括过流脱扣器、失压脱扣器、热脱扣器、分励脱扣器和自由脱扣器，它们是断路器的感受元件，当电路出现故障时，脱扣器检测到故障信号后，由脱扣机构带动断路器主触点分断，从而断开主电路。低压断路器的结构示意图，如图 1-4 所示。

(3) 符号：低压断路器的图形及文字符号如图 1-5 所示。

(4) 型号：低压断路器的型号及含义如图 1-6 所示。

(5) 主要参数有：

- 额定电压：指断路器在电路中长期工作时，所允许施加的电源电压。
- 额定电流：指脱扣器允许长期通过的电流。
- 断路器的分断能力：指在规定的操作条件下，断路器能接通和断开短路电流的能力。
- 分断时间：断路器切断故障电流所需的时间。

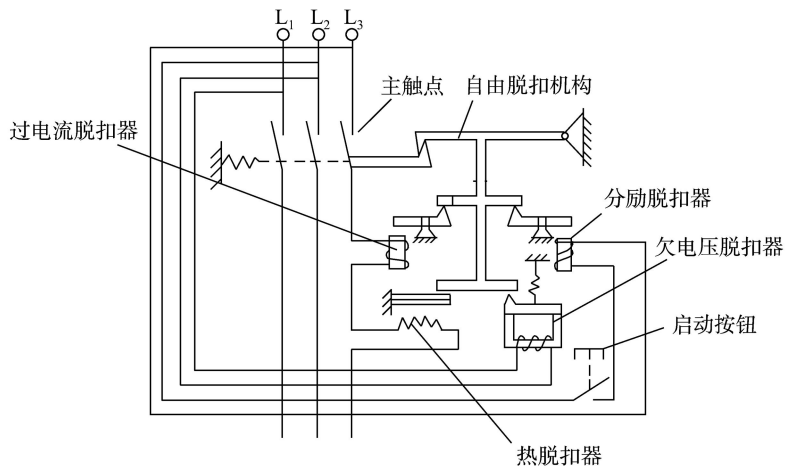


图 1-4 低压断路器的结构示意图

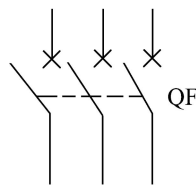


图 1-5 低压断路器的图形及文字符号

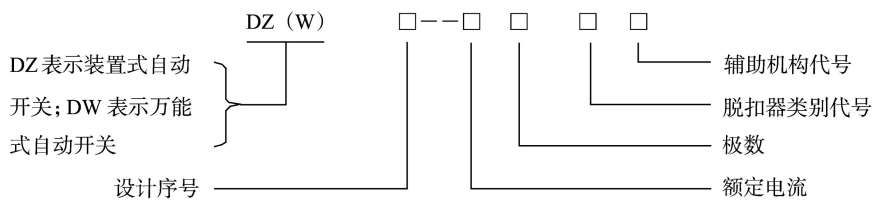


图 1-6 低压断路器的型号及含义

(6) 选用:

- ①断路器的额定电压和额定电流应高于线路的正常工作电压和电流。
- ②热脱扣器的整定电流应等于所控制负载的额定电流。
- ③电磁脱扣器的瞬时脱扣整定电流应不小于电动机起动电流的 1.7 倍。

3. 转换开关

(1) 功能: 转换开关又称组合开关, 在低压电气线路中, 供手动不频繁地接通和断开电路、换接电源, 也可控制 5kW 以下小容量异步电动机的起动、停止和正反转等。

(2) 型号。

转换开关的型号及含义如图 1-7 所示。

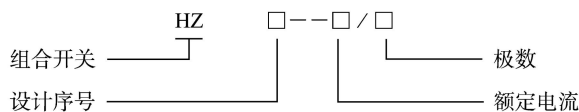


图 1-7 转换开关型号及含义

(3) 结构：组合开关实质上是一种刀开关，体积小、接线方式多、操作方便。组合开关本身不带熔断器，需要用作短路保护时必须另设熔断器。组合开关的结构示意图如图 1-8 所示，图形及文字符号如图 1-9 所示。

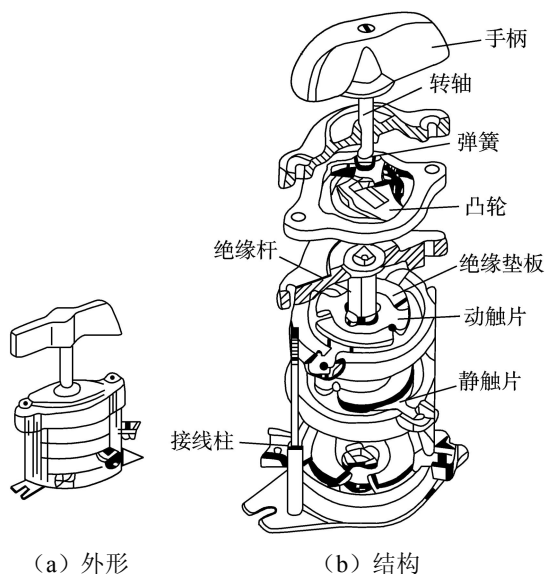


图 1-8 组合开关的结构示意图

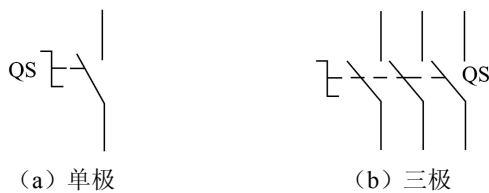


图 1-9 组合开关的图形、文字符号

(4) 选择：转换开关应根据电源种类、电压等级、所需触点数、接线方式和负载容量进行选择。用于直接控制异步电动机的起停和正反转时，开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

4. 按钮

(1) 用途：按钮是一种短时接通或断开控制电路的手动电器。由于它专门发送命令或信号，所以按钮属于主令电器，也称“主令开关”。按钮的触点允许通过的电流比较小，一般不

超过 5A。

(2) 结构：按钮开关的外形和结构如图 1-10 所示，图形符号及文字符号如图 1-11 所示。

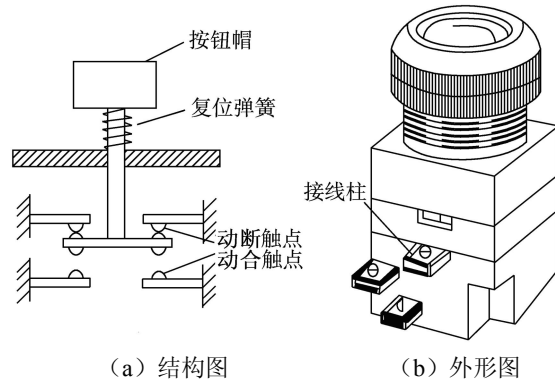


图 1-10 LA19 系列按钮开关结构及外形图

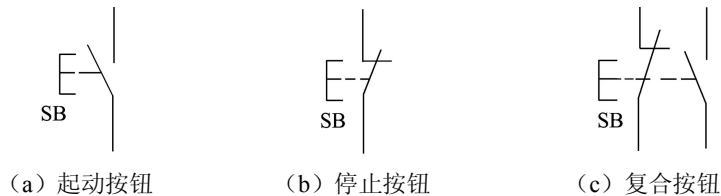


图 1-11 按钮的图形、文字符号

按钮主要由按钮帽、复位弹簧、动合触点、动断触点、接线柱、外壳等组成。按钮在未受到外力作用时，在复位弹簧作用下已闭合的触点称为动断触点，断开的触点称为动合触点。当按下按钮时，动断触点先断开，动合触点后闭合，按钮松开后，在复位弹簧作用下，触点又复位，即动断触点闭合，动合触点断开。

(3) 型号：按钮的型号及含义如图 1-12 所示。

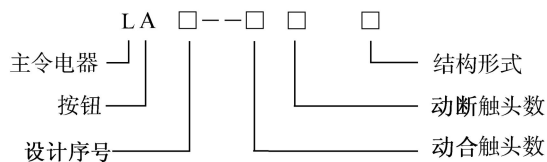


图 1-12 按钮型号的含义

为满足不同用途和操作的需要，可选择不同结构形式的按钮，如开启式、防护式、防水式、隔爆式、旋钮式、钥匙式等。为了识别各个按钮的作用避免误操作，通常在按钮帽上涂以不同的颜色加以区别，以红色表示停止按钮，绿色表示起动按钮。

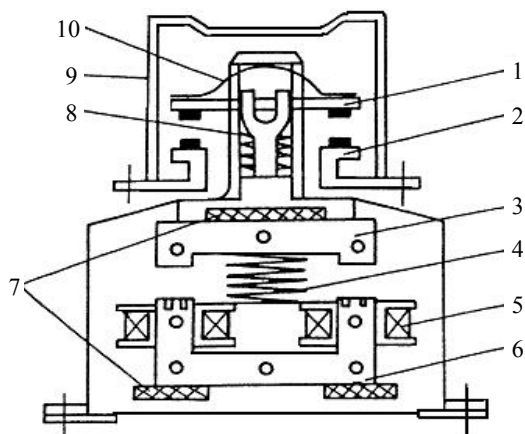
5. 接触器

(1) 用途：接触器是一种频繁接通、断开电动机或其他负载主电路的控制电器，具有零压和欠压保护功能。

(2) 结构：接触器的外形如图 1-13 所示，接触器的结构示意图如图 1-14 所示。



图 1-13 接触器的外形图



1—动触桥；2—静触点；3—衔铁；4—缓冲弹簧；5—电磁线圈；
6—静铁心；7—垫毡；8—触点弹簧；9—灭弧罩；10—触点压力弹簧

图 1-14 接触器的结构示意图

①电磁系统。交流接触器的电磁系统由线圈、静铁心、动铁心（衔铁）等组成，其作用是操纵触点的闭合与分断。

②触点系统。接触器的触点按功能不同分为主触点和辅助触点两类。主触点用于接通和分断电流较大的主电路，体积较大，一般由三对动合触点组成；辅助触点用于接通和分断小电

流的控制电路，体积较小，有动合和动断两种。

③灭弧装置。交流接触器在分断较大电流时，在动、静触点间将产生较强的电弧。电弧不仅会灼伤触点，使电路切断时间延长，严重时还会造成相间短路。因此在容量稍大接触器（10A 以上）均加装灭弧装置用于熄灭电弧。

④其他部件。交流接触器除上述三个主要部分外，还包括反作用弹簧、复位弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构、接线柱、外壳等部件。

(3) 工作原理。

根据电磁感应原理，当接触器电磁线圈接通电源时，线圈电流产生磁场，使静铁心产生足以克服弹簧反作用力的吸力，将动铁心向下吸合，使动合主触点和辅助触点闭合，动断辅助触点断开。主触点将主电路接通，辅助触点则接通或分断与之相连的控制电路。

当线圈断电时，静铁心吸力消失，动铁心在反力弹簧的作用下复位，各触点也随之复位，实现主电路和控制电路分断，因此，接触器具有失压和欠压释放保护功能。

(4) 接触器的主要技术参数：

①额定电压。即接触器正常工作时，主触点所允许施加的电源电压。交流接触器的电压等级为：36V、127V、220V、380V、500V、660V 等。

②额定电流。即主触点允许长期通过的负荷电流。目前常用的电流等级为 6.3~800A。

③线圈的额定电压。即接触器线圈正常工作应施加的电压值。交流接触器的常用电压等级如下：36V、127V、220V、380V。

(5) 符号。

接触器的图形符号和文字符号如图 1-15 所示。

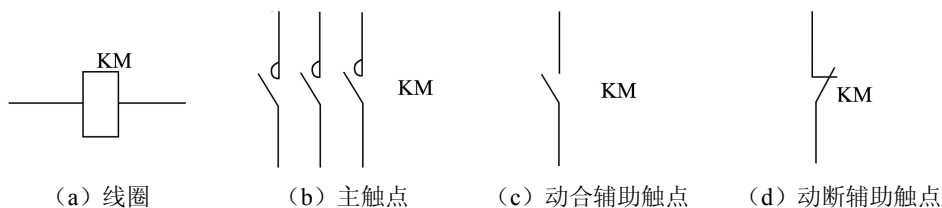
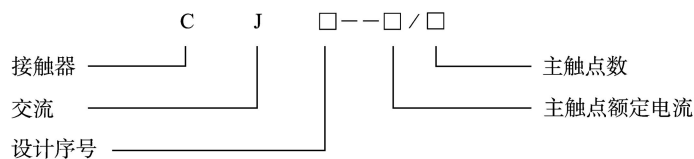


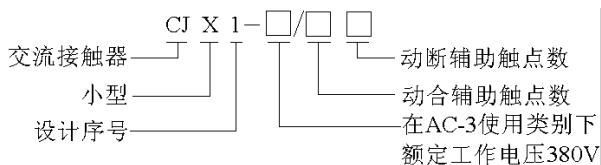
图 1-15 接触器的图形符号和文字符号

(6) 型号：国产常用交流接触器有 CJ0、CJ10、CJ12、CJ20 等系列产品，其型号的含义如图 1-16 (a) 所示。

除国产交流接触器，我国还引进了德国西门子公司的 3TB 系列、BBC 公司的 B 型系列等产品。CJX1 系列交流接触器型号的含义如图 1-16 (b) 所示。CJX1 系列交流接触器是引进德国西门子制造技术，性能等同于 3TB、3TF，特性及安装尺寸等同于德国西门子生产的 3TB、3TF、3TD。



(a) CJ系列接触器的型号



(b) CJX1系列交流接触器的型号

图 1-16 交流接触器的型号

其结构特征为：接触器为双断点触头的直动式运动结构，动作机构灵活，手动检查方便，结构紧凑；触头、磁系统采用封闭结构，粉尘不易进入，能提高寿命；接线端均有防护罩覆盖，使用安全可靠；安装可用螺钉紧固，也可扣装在 35mm 的安装轨上，装卸迅速方便。

(7) 选用：

- ①接触器主触点的额定电压应大于或等于被控制电路的最高电压。
- ②接触器主触点的额定电流应大于被控制电路负载的最大工作电流。
- ③接触器线圈的额定电压应与控制电路的电压一致。
- ④接触器的触点数量和种类应满足主电路和控制电路的要求。

二、电气控制系统图的识图

电气控制线路是用导线将电动机、电器、仪表等电器元件连接起来并实现某种要求的电气线路。为了表达电气控制线路的组成、原理等设计意图，同时也为了便于电器元件的安装、接线、调试、运行及维护，将电气控制线路中各电器元件的连接用统一的工程语言即工程图的形式来表示，这种图就是电气控制系统图。

电气控制系统图主要有三种：电气原理图、电器布置图、电气安装接线图。为了便于阅读，在绘制电气控制系统图时，必须采用国家统一规定的图形符号、文字符号和绘图方法。

1. 常用电气图形符号和文字符号

随着我国经济的发展，近年来我国从国外引进大量的先进设备，为便于掌握引进的先进技术和设备，加强国际交流和满足国际市场的需要，我国参考国际电工委员会（IEC）颁布的相关文件，对原有的电气制图标准做了大量的修改，颁布了一系列国家标准，主要有：

GB 4728—1985 《电气图用图形符号》

GB 6988—1986 《电气制图》

GB 5094—1985 《电气技术中的项目代号》

GB 7159—1987《电气技术中的文字符号制定通则》

GB 4026—1983《电器接线端子的识别和用字母数字符号标志接线端子的通则》。

(1) 图形符号

GB 4728—1985 中的图形符号通常用于图样或其他文件，以表示一个设备或概念的图形、标记或字符，它由一般符号、符号要素、限定符号等组成。

①一般符号。用来表示一类产品或此类产品特征的一种通常很简单的符号，称为一般符号，如电动机的一般符号为“ Ⓜ ”，“*”用“M”代替表示电动机，用“G”代替表示发电机。

②符号要素。一种具有确定意义的简单图形，必须同其他图形组合以构成一个设备或概念的完整符号，如电动机的符号“ Ⓜ ”，就是由表示装置的符号要素“ ○ ”加上电动机的英文名称的字首“M”组合而成。

③限定符号。用来提供附加信息的一种加在其他符号上的符号，称为限定符号。限定符号不能单独使用，它可使图形符号更具多样性。如在电阻器一般符号的基础上分别加上不同的限定符号，就可得到可变电阻器、压敏电阻器和热敏电阻器。

(2) 文字符号

GB 7159—1987 中的文字符号适用于电气技术领域中文文件的编制，也可标示在电气设备、装置和元器件上或其近旁，以标明电气设备、装置和元器件的名称、功能和特征。文字符号分为基本文字符号和辅助文字符号。

基本文字符号有单字母符号和双字母符号两种。单字母符号是按拉丁字母将各种电气设备、装置和元器件划分为 23 个大类，每一大类用一个专用单字母符号表示。如“C”表示电容器类，“R”表示电阻器类。双字母符号是由一个表示种类的单字母符号与另一字母组成。其组合形式是以单字母符号在前，另一个字母在后的次序列出。如“F”表示保护器件类，而“FU”表示熔断器。

辅助文字符号用来表示电气设备、装置和元器件以及线路的功能、状态和特征。基本由英语单词前面的字母组成，如“E”（Earthing）表示接地、“DC”（Direct Current）表示直流、“OUT”（Output）表示输出等。辅助文字符号也可放在表示种类的单字母符号后组成双字母符号，如“YB”表示电磁制动器、“SP”表示压力传感器等。为了简化文字符号，若辅助文字符号由两个以上字母组成时，允许只采用其第一位字母进行组合，如“MS”表示同步电动机等。辅助文字符号还可以单独使用，如“ON”表示接通，“PE”表示保护接地等。

(3) 接线端子标记

电气控制系统图中各电器接线端子用字母数字符号标记，应符合 GB 4026—1983《电器接线端子的识别和用字母数字符号标志接线端子的通则》中的规定。

三相交流电源引入线采用 L1、L2、L3、N（中性线）、PE（保护接地线）标记。

电源开关之后的三相交流主电路分别用 U、V、W 标记。

电动机的绕组首端分别用 U1、V1、W1 标记，绕组尾端分别用 U2、V2、W2 标记。

控制电路各线号采用三位或三位以下的数字标记，其顺序一般为从左到右、从上到下，

凡是被线圈、触点、电阻、电容等元件所间隔的接线端点，都应标以不同的线号。

2. 电气原理图的绘制

电气原理图是根据电路的工作原理绘制的，它表达了所有电器元件的导电部件和接线端子之间的相互关系，但并不按照电器元件的实际布置位置 and 实际接线情况来绘制，也不反映电器元件的实际大小。电气原理图结构简单、层次分明，通过它可以很方便地阅读和分析电气控制线路，了解控制系统的工作原理，指导系统或设备的安装、调试和维修。

电气原理图一般分为主电路（主回路）和辅助电路（辅助回路）两部分。主电路是从电源到电动机等通过大电流的电路，由熔断器、接触器主触点、热继电器等组成；辅助电路包括控制电路、照明电路、信号电路及保护电路等，由继电器和接触器的线圈、继电器的触点、接触器的辅助触点、按钮、照明灯、信号灯、控制变压器等电器元件组成，辅助电路中流过的是小电流。

图 1-17 所示为电机正反转控制电路原理图，以此为例说明电气原理图的绘制原则。

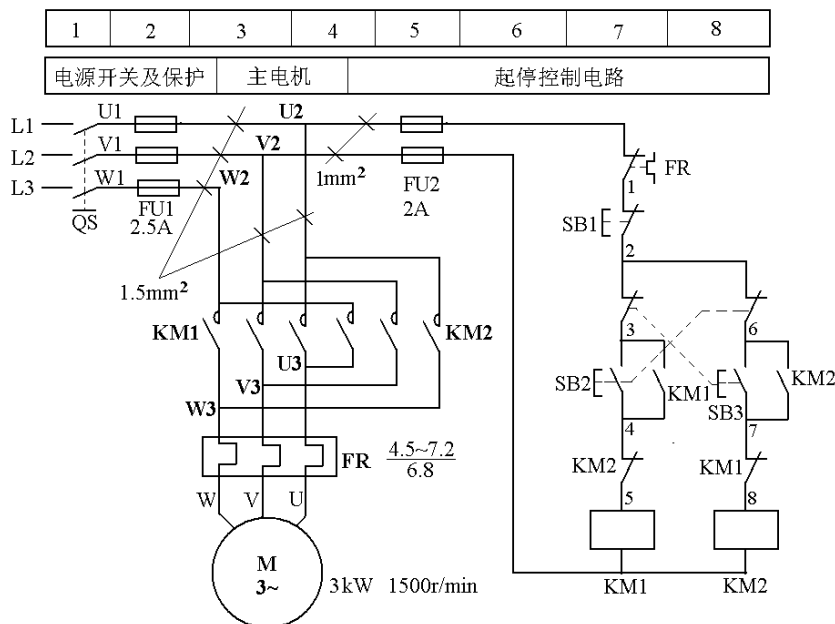


图 1-17 三相异步电动机正反转控制电路图

电气原理图的绘制原则：

(1) 电气原理图应按国家标准规定的图形符号、文字符号和回路标号绘制。图中各电器元件不画实际的外形图，而采用国家统一规定的标准符号。

(2) 主电路和辅助电路应分别绘制。主电路用粗实线绘制在图面的左侧或上部，辅助电路用细实线绘制在图面的右侧或下部。

(3) 各电器元件和部件在控制线路中的位置，应根据便于阅读的原则安排。同一电器元

件的各个部件可以不画在一起,但要采用统一的文字符号。例如图 1-17 中的接触器 KM1 的线圈和触点没有画在一起,但都要采用统一的文字符号“KM1”。同一种类的电气元件用同一字母符号后加数字序号来区分,例如电路中的两个接触器分别用 KM1 和 KM2 来表示。

(4) 所有电器元件的图形符号,均按电器未接通电源和没有受到外力作用时的状态绘制,触点的动作方向必须是:当图形符号垂直绘制时,垂线左侧的触点为动合触点,垂线右侧的触点为动断触点;当图形符号水平绘制时,水平线下方为动合触点,水平线上方为动断触点。

(5) 图中电器元件应按功能布置,一般按动作顺序从上到下、从左到右依次排列。

(6) 电气原理图中,有直接联系的交叉导线连接点要用黑圆点表示,无直接联系的交叉导线连接点不画黑圆点。

(7) 为了安装和检修方便,电机和电器的接线端均应标记编号。主电路的接线端一般用一个字母附加数字加以区分,辅助电路的接线端用数字标注。

3. 电气原理图阅读方法

(1) 首先了解设备的基本结构、运行情况、工艺要求、操作方法,以及设备对电力拖动的要求,电气控制和保护的具體要求,以期对设备有一个总体了解,为阅读电气原理图做准备。

(2) 阅读电气原理图中的主电路。了解电力拖动系统是由几台电动机组成的,结合工艺了解电动机的运行情况(如起动、制动方式,是否正反转,是否调速等),是由什么电器进行控制和保护的。

(3) 看电气原理图的控制电路。在掌握电动机控制电路基本环节的基础上,按照设备的工艺要求和运行顺序,分析各个控制环节的工作原理。

(4) 根据设备对电气的控制和保护要求,结合设备机、电、液系统的配合情况,分析各环节之间的联系、工作过程和连锁关系。

(5) 通观整个电路有哪些保护环节。有些电器的工作情况可结合电气安装图来进行分析。

(6) 再看电气原理图的其他辅助电路。

三、电气安装的工艺要求

1. 电气安装的工艺要求

(1) 仔细检查各个器件是否良好,规格型号是否符合要求。

(2) 刀开关应垂直安装,合闸后手柄应向上,分闸后手柄应向下,不许平装或倒装。受电端应在开关的上方,负荷端应在开关的下方,保证分闸后闸刀不带电。空气开关与刀开关安装方法相同。组合开关安装应使手柄旋转在水平位置为分断状态。

(3) RL 系列螺旋熔断器的受电端应为其底座的中心端。RTO、RM 等系列熔断器应垂直安装,其上端为受电端。

(4) 带电磁吸引线圈的时间继电器应垂直安装,以保证继电器断电后,动铁心释放后的运动方向符合重力向下的方向。

(5) 各元器件安装位置要合理, 间距要适当, 以便于维修和更换元器件, 并且排列要整齐、匀称。

(6) 元器件安装固定要松紧适度, 保证既不会松动, 也不会因过紧而损坏元器件。

2. 导线明敷配线工艺要求

明敷配线是指在电气配电箱正面明线敷设, 完成整个电路连接的一种配线方法。一般应注意以下几点:

(1) 装配前, 应把导线拉直拉平, 去除小弯。

(2) 配线尽可能短, 要以最简单的形式完成电路连接。

(3) 排线要求横平竖直, 整齐美观。变换走向应垂直变向, 杜绝斜线连接。

(4) 主控线路在空间的平面层次不宜多于三层。同一层导线间隔要均匀, 除过短的行线外, 一般要紧贴敷设面走线。

(5) 同一层面上的导线应高低一致, 避免交叉。

(6) 线端剥皮的长短要适当, 并且不能伤到线芯。

(7) 对于较复杂的线路, 宜先配控制回路, 后配主电路。

(8) 压线要牢固、不松动。压线既不能过长而压倒绝缘皮, 裸露的导体也不能过多。

(9) 元器件的接线端子, 应该直压线的必须用直压法; 应当圈压线的必须圈压线, 并避免反圈压线。一个接线端子要避免“一点压三线”。

(10) 盘外电器与盘内电器的连接导线必须经过接线端子排连接。

(11) 主、控回路应穿套号码管(回路编号), 便于装配和维修。

3. 线槽配线的工艺要求

(1) 根据行线多少和导线截面, 估算和确定线槽的规格型号。配线后, 宜使导线约占线槽空间的 70%。

(2) 规划线槽的走向, 并按一定尺寸合理地裁割线槽。

(3) 线槽换向应拐直角弯, 衔接方式宜用横、竖各 45° 角对插方式。

(4) 线槽与元器件之间的间隔要适当, 以便于压线和换件。

(5) 线槽安装要牢固。

(6) 所有行线的两端, 应正确地套装与电气原理图一致编号的号码管。

(7) 应避免线槽内的行线过短或过紧, 应留有少量裕量, 并尽量减少槽内交叉。

四、电动机点动、连续运转控制电路

图 1-18 为用接触器控制的实现电动机连续运转的控制电路。

图 1-18 (a) 为主电路。工作时合上刀开关 QS, 三相电源经过 QS、熔断器 FU1、接触器的主触点 KM、热继电器元件 FR 至三相交流电动机, 形成电动机控制的主电路。

图 1-18 (b) 为最简单的点动控制电路。所谓点动, 即按下按钮 SB2, 接触器 KM 线圈得电, 接触器主触点闭合, 电动机运行; 松开按钮 SB2, 接触器 KM 线圈失电, 接触器主触点

断开，电动机停止运行。

图 1-18 (c) 为电动机连续运行控制电路。所谓连续运行，是指按下按钮 SB2，接触器线圈得电，主触点闭合使电动机运行后，即使再松开按钮 SB2 后，接触器线圈仍能得电吸和。电路控制原理如下：按下按钮 SB2，接触器线圈得电吸和，主触点闭合，电动机运转，同时接触器的辅助动合触点闭合，即使按钮 SB2 断开，接触器的线圈仍能通过其闭合的动合触点维持线圈得电，电动机连续运行。并联在起动按钮 SB2 两端的接触器辅助动合触点，称为自锁触点。停止时，按下停止按钮 SB1，接触器线圈失电，主触点断开电动机交流电源，同时其辅助动合触点也断开。

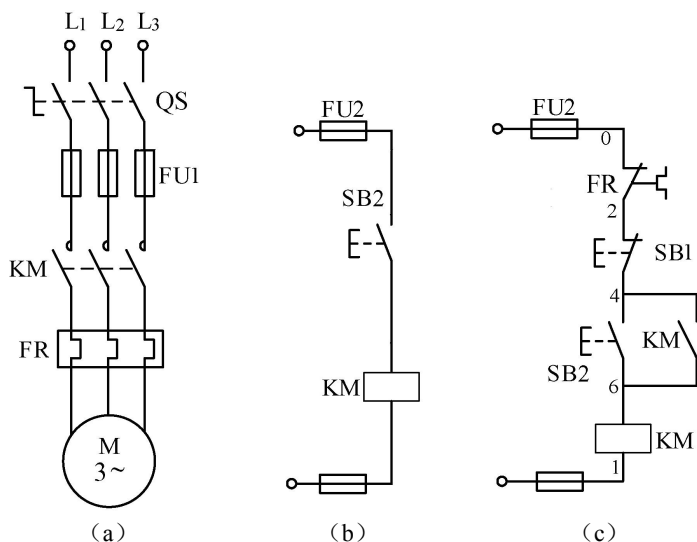


图 1-18 电动机连续运行控制电路

【任务实施】

一、制作工具、器材选择

按图 1-18 (c) 电路选择器件，器件清单如下：三相交流电动机 1 台 (2.2kW)、交流接触器 1 个 (380V, 10A)、热继电器 1 个 (整定电流 5A)、10A 熔断器 3 个、5A 熔断器 2 个、起动按钮 1 个 (绿色)、停止按钮 1 个 (红色)、隔离开关 1 个 (用 16A 低压断路器代替)、万用表 1 块、电工工具、导线若干、电路装配网板一块。

二、电动机连续运转控制电路的安装

- (1) 电气元件 (熔断器、热继电器、接触器、按钮、电动机) 的选择及检测。
- (2) 根据图 1-18 (c) 所示的电路原理图绘制位置图，在装配网板上布置、固定电气元

件，安装线槽。

- (3) 绘制接线图，在装配网板上按接线图的走线方法采用板前槽配线的配线方式布线。
- (4) 安装电动机。
- (5) 连接电动机金属外壳的保护接地线。
- (6) 连接电源、电动机等控制盘外部的导线。
- (7) 自检布线的正确性、合理性、可靠性及元件安装的牢固性。

三、电路调试

电路的调试可在电路没有接通电源的情况下，通过用万用表的欧姆挡“测电阻”的方法测量电路的通、断，来初步判断电路连接是否正确，进行电路调试；或者在电路接通电源的情况下，通过万用表交流电压挡“测电压”的方法，通过测量电路的电压值进行电路调试。结合图 1-18 电路原理图，下面简要介绍使用万用表通过“测电阻”进行电路调试的方法。

1. 主电路调试

取下 FU2 熔体，断开控制电路，装好 FU1 熔体，将万用表拨在 $R \times 1K$ 电阻挡位，分别测量开关 QS 下端三接线端子之间的电阻，正常时均为 $R \rightarrow \infty$ 。若某次测量结果为 $R \rightarrow 0$ ，这说明所测两相之间的接线有短路现象，应仔细检查排除故障。

取下接触器 KM 的灭弧罩，用手按下接触器 KM 动触头，万用表拨在 $R \times 1$ 电阻挡位，分别测量三个熔断器 (FU1) 之间的电阻，正常时万用表应指示一定的电阻值，此电阻值是电动机定子绕组间的电阻值。若测量结果为 $R \rightarrow \infty$ ，说明所测两相之间的接线有断路现象，应仔细检查熔断器 (FU1)、接触器 KM 的主触点和热继电器 (FR) 的热元件以及主电路接线是否有断路，找出断路点；若测得电阻 $R \rightarrow 0$ ，说明上述电路有短路，应仔细检查，找出故障点。

2. 控制电路调试

装好 FU2 熔体，用万用表 $R \times 1$ 电阻挡分别测量 0、2，0、4 之间的电阻，若 $R \rightarrow 0$ 说明热继电器 FR、停止按钮 SB1 动断触点闭合正常；若 $R \rightarrow \infty$ ，说明上述两元件动断触点或接线有断路，应进一步检查。然后再测标号 1、6 之间的电阻值，电路应导通且有一定的电阻值，此电阻值为接触器线圈的直流电阻。万用表测量 0、1 之间的电阻，应 $R \rightarrow \infty$ ；按下起动按钮 SB2，万用表应指示接触器线圈的直流电阻值。若上述测量结果均正常，初步说明电路连接基本正常，可通电试车。

四、通电试车

检查三相电源，将热继电器按电动机的额定电流整定好，在一人操作一人监护下进行通电试车。

1. 空载试验

拆掉电动机的连线，合上开关 QS。按下起动按钮 SB2，接触器 KM 线圈应通电动作并能自保持；按下停车按钮 SB1，接触器 KM 应能释放。重复操作几次，检查电路动作的可靠性。

2. 带负载试车

断开电源，恢复电动机连接线，并作好停车准备。合上开关 QS，接通电源，按下起动按钮 SB2，电动机应能起动并运行（注意电动机运行的声音是否正常）；按下停止按钮 SB1，电动机应能自由停车。如电路动作不正常，应切断电源对主电路和控制电路进一步检查，直到动作正确为止。

【能力考评】

配分、评分标准见表 1-1。

表 1-1 配分、评分标准

项目内容	配分	评分标准	扣分
安装前检查	15	1. 电动机质量检查，每漏一处扣 5 分 2. 元器件检查，漏检或错检每处扣 2 分	
安装元件	15	1. 元件布置不整齐、不均匀、不合理，每只扣 3 分 2. 元件安装不牢固，每只扣 3 分 3. 安装元器件时漏装木螺钉，每只扣 1 分 4. 元件损坏每只扣 15 分	
布线	30	1. 不按电路图接线扣 25 分 2. 布线不符合要求：主电路每根扣 4 分，控制线路每根扣 2 分 3. 接点松动、漏铜过长、压绝缘层、反圈等，每处扣 1 分 4. 损伤导线绝缘或线芯，每根扣 2 分 5. 漏套或错套编码管，每处扣 2 分 6. 漏接接地线扣 10 分	
通电试车	40	1. 热继电器未整定或整定错扣 5 分 2. 主、控电路熔体规格配错各扣 5 分 3. 第一次试车不成功扣 20 分，第二次试车不成功扣 30 分，第三次试车不成功扣 40 分	
安全文明生产	违反安全文明生产扣 5~40 分		
额定时间 100 分钟	每超过 5 分钟，扣 5 分		
备注	除额定时间外，各项目最高扣分不应超过配分数		成绩
开始时间		结束时间	实际时间

思考与练习

1. 刀开关在电路中的主要功能是什么？刀开关能否断开短路电流？
2. 低压断路器可以对电气线路和设备起哪些保护作用？
3. 按钮在电动机控制电路起什么作用？

4. 接触器由哪几部分组成？其在电路中的功能是什么？接触器是否具有欠压保护功能？
5. 绘制电气原理图的原则是什么？
6. 线槽配线应注意哪些事项？
7. 什么是自锁？

任务二 认识 PLC

知识目标：

1. 了解 PLC 的产生、特点、应用。
2. 理解 PLC 的性能和控制功能。
3. 掌握 PLC 基本组成、工作原理及基本编程语言。

技能目标：

熟悉 PLC 的硬件结构。

【任务描述】

传统的接触器控制系统具有结构简单、价格低廉、容易操作、技术难度较小等优点，被长期广泛应用于工业控制的各个领域，但继电器控制系统也存在电路连线复杂、控制功能单一、可靠性差等缺点。可编程序控制器（PLC）具有系统组成简单，可在不改变硬件电路接线的情况下，通过修改程序而改变系统的控制功能，且可靠性高等优点，越来越多地应用在各种工业控制系统中。为正确使用 PLC，需要了解 PLC 的基本知识。

【相关知识】

一、PLC 的产生及定义

1. PLC 的产生

1968 年，美国通用汽车公司为了适应汽车型号的不断翻新，提出了这样的设想：把计算机的功能完善、通用灵活等优点与继电器接触器控制简单易懂、操作方便、价格便宜等优点结合起来，制成一种通用控制装置，以取代原有的继电器控制线路；并要求把计算机的编程方法和程序输入方法加以简化，用“自然语言”进行编程，使得不熟悉计算机的人也能方便地使用。美国数字设备公司（DEC）根据以上设想和要求，在 1969 年研制出第一台可编程控制器（PLC），并在通用汽车公司的汽车生产线上使用并获得了成功，这就是第一台 PLC 的产生。

当时的 PLC 仅有执行继电器逻辑控制、计时、计数等较少的功能。

2. PLC 的发展

从 PLC 产生至今,已经发展到第四代产品。其过程基本可分为:

第一代 PLC (1969—1972 年):大多用一位机开发,用磁芯存储器存储,只具有单一的逻辑控制功能,机种单一,没有形成系列化。

第二代 PLC (1973—1975 年):采用了 8 位微处理器及半导体存储器,增加了数字运算、传送、比较等功能,能实现模拟量的控制,开始具备自诊断功能,初步形成系列化。

第三代 PLC (1976—1983 年):随着高性能微处理器及位片式 CPU 在 PLC 中大量的使用,PLC 的处理速度大大提高,从而促使它向多功能及联网通信方向发展,增加了多种特殊功能,如浮点数的运算、三角函数、表处理、脉宽调制输出等,自诊断功能及容错技术发展迅速。

第四代 PLC (1983 年—现在):不仅全面使用 16 位、32 位高性能微处理器,高性能位片式微处理器, RISC (Reduced Instruction Set Computer) 精简指令系统 CPU 等高级 CPU,而且在一台 PLC 中配置多个微处理器,进行多通道处理,同时生产了大量内含微处理器的智能项目,使得第四代 PLC 产品成为具有逻辑控制功能、过程控制功能、运动控制功能、数据处理功能、联网通信功能的真正名符其实的多功能控制器。

正是由于 PLC 具有多种功能,并集三电(电控装置、电仪装置、电气传动控制装置)于一体,使得 PLC 在工厂中备受欢迎,用量高居首位,成为现代工业自动化的三大支柱(PLC、机器人、CAD/CAM)之一。

3. PLC 的定义

可编程逻辑控制器(Programmable Logic Controller,简称 PLC)是一种带有指令存储器、数字的或模拟的输入/输出接口,以位运算为主,能完成逻辑、顺序、定时、计数和运算等功能,用于控制机器或生产过程的自动化控制装置。

由于 PLC 的飞速发展,使其功能已经远远超出了逻辑控制的范围,因而仅用“PLC”已不能描述其多功能的特点。1980 年,美国电气制造商协会(NEMA)给它起了一个新的名称,叫“programmable controller”,简称 PC。由于 PC 这一缩写在我国早已成为个人计算机(Personal Computer)的代名词,为避免造成名词术语混乱,因此在我国仍沿用 PLC 表示可编程控制器。

二、PLC 的特点及应用

1. PLC 的主要特点

可编程序控制器是现代计算机技术与传统继电器控制技术相结合的产物,专用于工业控制环境,具有许多其他控制器件所无法相比的优点。

(1) 可靠性高、抗干扰能力强。

PLC 是专为工业控制而设计的,在设计与制造过程中均采用了屏蔽、滤波、光电隔离等有效措施,并且采用项目式结构,有故障迅速更换,故 PLC 可平均无故障运行 2 万小时以上。此外,PLC 还具有很强的自诊断功能,可以迅速方便地检查判断出故障,缩短检修时间。

(2) 编程简单, 使用方便。

编程简单是 PLC 优于微机的一大特点。目前大多数 PLC 都采用与实际电路接线图非常相近的梯形图编程, 这种编程语言形象直观, 易于掌握。

(3) 功能强、速度快、精度高。

PLC 具有逻辑运算、定时、计数等很多功能, 还能进行 D/A 转换、A/D 转换、数据处理、通信联网, 并且运行速度很快、精度高。

(4) 通用性好

PLC 品种多, 档次也多, 许多 PLC 制成项目式, 可灵活组合。

(5) 设计、安装、调试周期短。

(6) 易于实现机电一体化。

2. PLC 的应用领域

目前, 在国内外 PLC 已广泛应用于冶金、石油、化工、建材、机械制造、电力、汽车、轻工、环保及文化娱乐等各行各业, 随着 PLC 性能价格比的不断提高, 其应用领域不断扩大。从应用类型看, PLC 的应用大致可归纳为以下几个方面:

(1) 开关量逻辑控制

利用 PLC 最基本的逻辑运算、定时、计数等功能实现逻辑控制, 可以取代传统的继电器控制, 用于单机控制、多机群控制、生产自动线控制等。

(2) 运动控制

大多数 PLC 都有拖动步进电机或伺服电机的单轴或多轴位置控制项目, 这一功能广泛用于各种机械设备, 如对各种机床、装配机械、机器人等进行运动控制。

(3) 过程控制

大、中型 PLC 都具有多路模拟量 I/O 项目和 PID 控制功能, 有的小型 PLC 也具有模拟量输入输出。所以 PLC 可实现模拟量控制, 而且具有 PID 控制功能的 PLC 可构成闭环控制, 用于过程控制。这一功能已广泛用于锅炉、反应堆、水处理、酿酒以及闭环位置控制和速度控制等方面。

(4) 数据处理

现代的 PLC 都具有数学运算、数据传送、转换、排序和查表等功能, 可进行数据的采集、分析和处理, 同时可通过通信接口将这些数据传送给其他智能装置——如计算机数值控制 (CNC) 设备——进行处理。

(5) 通信联网

PLC 的通信包括 PLC 与 PLC、PLC 与上位计算机、PLC 与其他智能设备之间的通信, PLC 系统与通用计算机可直接或通过通信处理单元、通信转换单元相连构成网络, 以实现信息的交换, 并可构成“集中管理、分散控制”的多级分布式控制系统, 满足工厂自动化 (FA) 系统发展的需要。

三、可编程控制器的结构组成和工作原理

1. PLC 的硬件结构组成

PLC 的结构多种多样，但其组成的一般原理基本相同，都是采用以微处理器为核心式的结构。硬件系统主要由中央处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM）、输入接口（I）、输出接口（O）、扩展接口、编程器和电源等几部分组成，如图 1-19 所示。其内部采用总线结构进行数据和指令的传输。外部的各种信号送入 PLC 的输入接口，在 PLC 内部进行逻辑运算或数据处理，最后以输出变量的形式经输出接口，驱动输出设备进行各种控制。各部分的功能介绍如下：

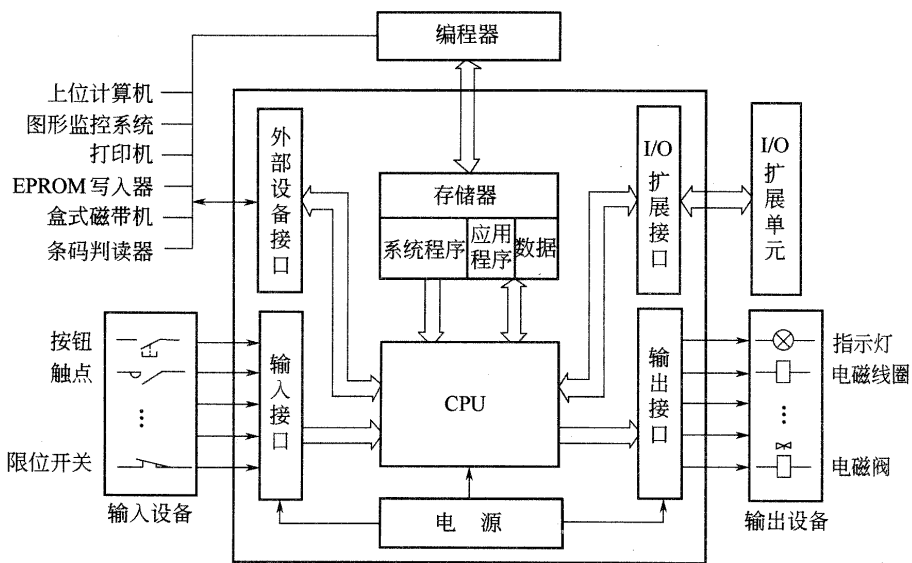


图 1-19 PLC 结构示意图

(1) 中央处理器（CPU）

CPU 是 PLC 控制系统的核心，它控制着整个 PLC 系统有序地运行。PLC 控制系统中，PLC 程序的输入和执行、PLC 之间或 PLC 与上位机之间的通信、接收现场设备的状态和数据都离不开 CPU。CPU 还可以进行自我诊断，即当电源、存储器、输入/输出端子、通信等出现故障时，它可以给出相应的指示或做出相应的动作。

(2) 存储器单元

PLC 中的存储器主要用来存放系统程序、用户程序和数据。

①系统程序存储器。系统程序存储器存放 PLC 生产厂家编写的系统程序，固化在 PROM 和 EEPROM 中，用户不能修改。

②用户程序存储器。用户程序存储器可分程序存储区和数据存储区。程序存储区存放用

户编写的控制程序，用户用编程器写入 RAM 或 EEPROM。数据存储区存放程序执行过程中所需或产生的中间数据，包括输入输出过程映像、定时器、计数器的预置值和当前值。

(3) 输入/输出接口

输入/输出接口又称 I/O 接口，是联系外部现场和 CPU 项目的桥梁。用户设备输入 PLC 的各种控制信号，如限位开关、按钮、选择开关、行程开关以及其他一些传感器输出的开关量或模拟量（要通过模数变换进入机内）等，通过输入接口电路将这些信号转换成中央处理单元能够接收和处理的信号。

输出接口电路将中央处理单元送出的弱电控制信号转换成现场需要的强电信号输出，以驱动电磁阀、接触器等被控设备的执行元件。

①输入接口。输入接口接收和采集输入信号（如限位开关、按钮、选择开关、行程开关以及其他一些传感器输出的开关量），并将这些信号转换成 CPU 能够接受和处理的数字信号。输入接口电路通常有两种类型，直流输入型如图 1-20 所示，交流输入型如图 1-21 所示。从图中可以看出，两种类型都设有 RC 滤波电路和光电耦合器，在电气上使 CPU 内部和外界隔离，增强了抗干扰能力。

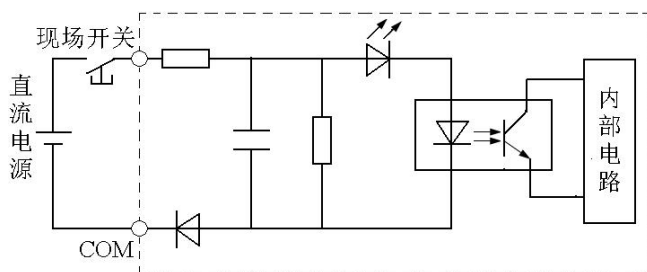


图 1-20 直流输入接口电路示意图

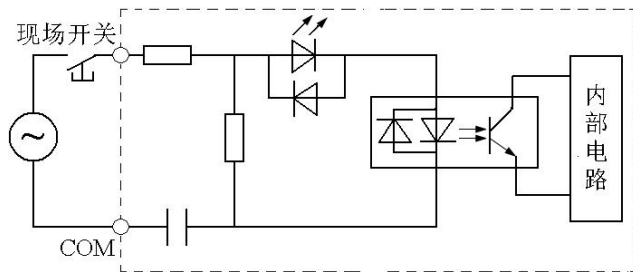


图 1-21 交流输入接口电路示意图

②输出接口。输出接口将经中央处理单元（CPU）处理过的输出数字信号传送给输出端的电路元件，以控制其接通或断开，从而驱动接触器、电磁阀、指示灯、数字显示装置和报警装置等。

为适应不同类型的输出设备负载，PLC 的接口类型有继电器输出型、双向晶闸管输出型

和晶体管输出型三种，分别如图 1-22、图 1-23 和图 1-24 所示。其中继电器输出型为有触点输出方式，可用于接通或断开开关频率较低的直流负载或交流负载回路，这种方式存在继电器触点的电气寿命和机械寿命问题；双向晶闸管和晶体管输出型皆为无触点输出方式，开关动作快、寿命长，可用于接通或断开开关频率较高的负载回路，其中双向晶闸管输出型只用于带交流负载，晶体管输出型则只用于带直流负载。

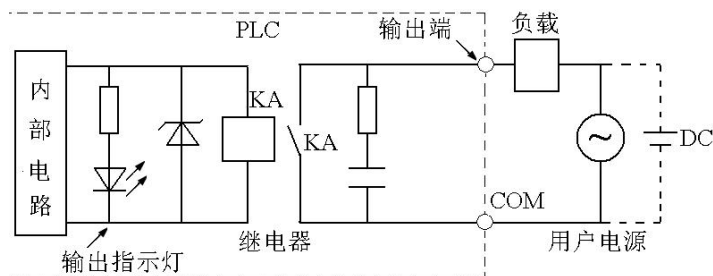


图 1-22 继电器输出接口电路示意图

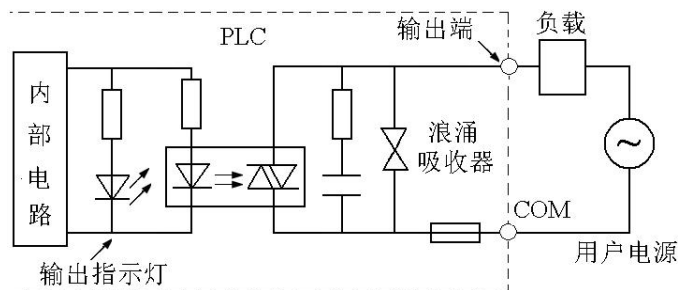


图 1-23 双向晶闸管输出接口电路示意图

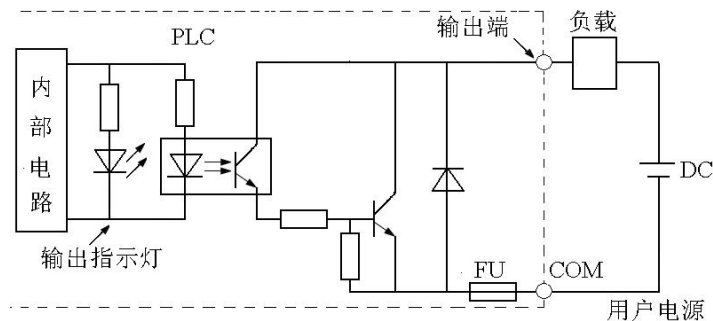


图 1-24 晶体管输出接口电路示意图

从三种类型的输出电路可以看出，继电器、双向晶闸管和晶体管作为输出端的开关元件受 PLC 的输出指令的控制，完成接通或断开与相应输出端相连的负载回路的任务，它们并不向负载提供电源。

负载工作电源的类型、电压等级和极性应该根据负载要求以及 PLC 输出接口电路的技术性能指标确定。

(4) 电源单元

PLC 配有开关电源, 以供内部电路使用。与普通电源相比, PLC 电源的稳定性好、抗干扰能力强。对电网提供的电源稳定度要求不高, 一般允许电源电压在其额定值 $\pm 15\%$ 的范围内波动。许多 PLC 还向外提供直流 24V 稳压电源, 用于给外部传感器供电。

(5) 编程器

编程器的作用是将用户编写的程序下载至 PLC 的用户程序存储器, 并利用编程器检查、修改和调试用户程序, 监视用户程序的执行过程, 显示 PLC 状态、内部器件及系统的参数等。

编程器有简易编程器和图形编程器两种。简易编程器体积小、携带方便, 但只能用语句形式进行联机编程, 适合小型 PLC 的编程及现场调试。图形编程器既可用语句形式编程, 又可用梯形图编程, 同时还能进行脱机编程。

目前 PLC 制造厂家大都开发了计算机辅助 PLC 编程支持软件, 当个人计算机安装了 PLC 编程支持软件后, 可用作图形编程器, 进行用户程序的编辑、修改, 并通过个人计算机和 PLC 之间的通信接口实现用户程序的双向传送、监控 PLC 运行状态等。

(6) 其他接口

其他接口有 I/O 扩展接口、通信接口、编程器接口、存储器接口等。

① I/O 扩展接口。小型的 PLC 输入输出接口都是与中央处理单元 (CPU) 制造在一起的, 为了满足被控设备输入输出点数较多的要求, 常需要扩展数字量输入输出项目; 为了满足模拟量控制的要求, 常需要扩展模拟量输入输出项目, 如 A/D、D/A 转换项目; I/O 扩展接口如图 1-25 所示。



图 1-25 PLC 扩展接口连接图

② 通信接口。通信接口用于 PLC 与计算机、PLC、变频器和文本显示器 (触摸屏) 等智能设备之间的连接, 实现 PLC 与智能设备之间的数据传送, 如图 1-26 所示。

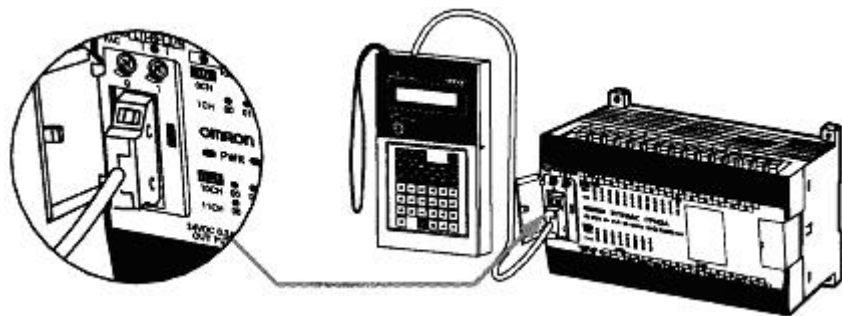


图 1-26 通信接口的连接示意图

2. PLC 工作原理

(1) PLC 的工作过程

PLC 采用周期循环扫描的工作方式。PLC 对用户程序的执行过程是 CPU 循环扫描并周期性地集中采样、集中输出。这个工作过程一般包括五个阶段：内部处理、与编程器等通信处理、输入扫描、用户程序执行、输出处理。其工作过程如图 1-27 所示。

①上电初始化

PLC 上电后，首先对系统进行初始化，包括硬件初始化，I/O 项目配置检查、停电保持范围设定及清除内部继电器、复位定时器等。

②CPU 自诊断

在每个扫描周期须进行自诊断，通过自诊断对电源、PLC 内部电路、用户程序的语法等进行检查，一旦发现异常，CPU 使异常继电器接通，PLC 面板上的异常指示灯 LED 亮，内部特殊寄存器中存入出错代码并给出故障显示标志。

③与外部设备通信

与外部设备通信阶段，PLC 与其他智能装置、编程器、终端设备、彩色图形显示器、其他 PLC 等进行信息交换，然后进行 PLC 工作状态的判断。

PLC 有 STOP 和 RUN 两种工作状态，如果 PLC 处于 STOP 状态，则不执行用户程序，将与编程器等设备交换信息，完成用户程序的编辑、修改及调试任务；如果 PLC 处于 RUN 状态，则将进入扫描过程，执行用户程序。

④扫描过程

PLC 以扫描方式把外部输入信号的状态存入输入映像区，再执行用户程序，并将执行结果输出存入输出映像区，直到传送到外部设备。

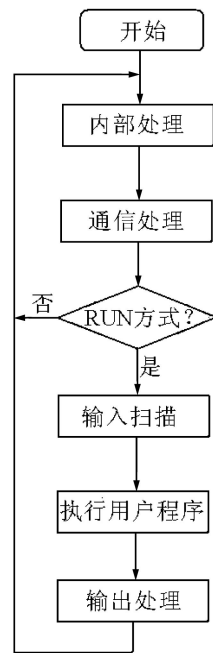


图 1-27 PLC 工作过程示意图

(2) 用户程序循环扫描

PLC 对用户程序进行循环扫描分为输入采样、程序执行和输出刷新三个阶段，如图 1-28 所示。

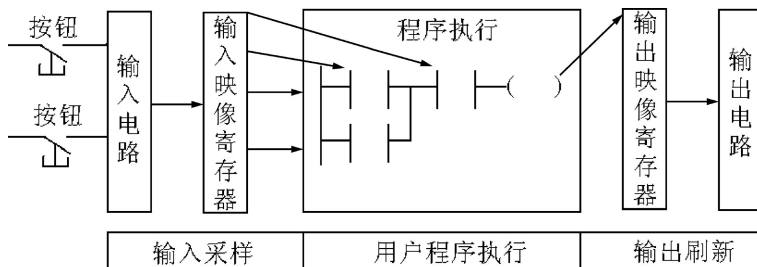


图 1-28 PLC 系统等效电路示意图

①输入采样扫描阶段：PLC 逐个扫描每个输入端口，将所有输入设备的当前状态保存至相应的存储区（又称输入映像寄存器），在一个扫描周期中状态保持不变，直至下一个扫描周期又开始采样。

②执行用户程序扫描阶段：PLC 采样完成后进入程序执行阶段。CPU 从用户程序存储区逐条读取用户指令，经解释后执行，产生的结果送入输出映像寄存器，并更新。在执行的过程中用到输入映像寄存器和输出映像寄存器的内容为上一个扫描周期执行的结果。程序执行自左到右、自上向下顺序进行。

③输出刷新扫描阶段：在此阶段将输出映像寄存器的内容传送到输出锁存器中，经接口送到输出端子，驱动负载。

3. PLC 的软件

(1) PLC 的软件构成

PLC 的软件系统可分为系统程序和用户程序两大类。系统程序是厂家编写的程序，随 PLC 的功能不同而不同，它包括管理程序、用户指令解释程序和供系统调用的标准程序项目等，主要用于时序管理、存储空间分配、系统自检和用户程序翻译等；用户程序是用户根据控制要求，按系统程序允许的编程规则，用厂家提供的编程语言编写的程序。

(2) PLC 的编程语言

不同厂家的 PLC 有不同的编程语言。现以西门子 PLC 的编程语言为例，说明各种编程语言之间的异同。

①梯形图（LAD）

这是使用最多的 PLC 编程语言。因与继电器电路很相似，具有直观易懂的特点，很容易被熟悉继电器控制的电气人员掌握，特别适合数字量逻辑控制，不适合编写大型控制程序。

梯形图由触点、线圈和用方框表示的指令构成。触点代表逻辑输入条件，线圈代表逻辑运算结果，指令方框用来表示定时器、计数器或数学运算等指令。

②语句表 (STL)

语句表语言是采用类似计算机汇编语言的助记符来描述程序的一种程序设计语言, 语句由操作码和操作数组成, 多条语句组成一个程序段。语句表适合经验丰富的程序员使用, 可以实现某些梯形图不能实现的功能。

③顺序功能图 (SFC)

这是位于其他编程语言之上的图形语言, 用来编制顺序控制的程序。编写时, 工艺过程被划分为若干个顺序出现的步, 每步中包括控制输出的动作, 从一步到另一步的转换由转换条件控制, 特别适合生产制造过程。

其他编程语言请参见有关参考资料。

在西门子 S7-200 系列 PLC 的编程软件 STEP7-Micro/WIN 中, 主要用 LAD、STL 方式编写用户程序。

思考与练习

1. PLC 有哪些主要功能?
2. PLC 的基本结构及各部分的作用是什么?
3. 简述 PLC 的工作原理。
4. PLC 的特点是什么?
5. 简述 PLC 的三种输出接口电路的特点。它们分别适用于什么类型的负载?
6. 在一个扫描周期中, 如果在程序执行期间输入状态发生变化, 则输入映像寄存器的状态是否也随之改变? 为什么?