

项目 1

三相笼形异步电动机基本控制电路的分析、安装与调试



项目主要内容

- (1) 点动控制电路的分析、安装与调试。
- (2) 连续运转控制电路的分析、安装与调试。
- (3) 正反转控制电路的分析、安装与调试。
- (4) 自动往返控制电路的分析、安装与调试。
- (5) Y- Δ 降压起动控制电路的分析、安装与调试。
- (6) 反接制动控制电路的分析、安装与调试。
- (7) 绕线式电动机串频敏变阻器起动控制电路的分析、安装与调试。

任务 1 点动控制电路的分析、安装与调试

一、学习目标

- (1) 掌握低压电器的定义、分类及基本的工作原理。
- (2) 会识别、使用螺旋式熔断器、交流接触器和按钮。
- (3) 会识读点动控制线路电路图、布置图和接线图,并能分析电路的工作原理。
- (4) 会按照板前布线工艺要求,能根据线路图正确安装与调试点动控制线路。

二、任务描述

本任务是分析、安装与调试三相笼形异步电动机点动控制线路。要求线路具有电动机点动运转控制功能,即按下起动按钮,电动机运转;松开起动按钮,电动机停转。

三、知识储备

1. 低压电器基础知识

电器是一种能根据外界信号(机械力、电动力和其他物理量)和要求,手动或自动地接通、断开电路,以实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的元器件或设备。

低压电器通常是指工作在交流电压小于 1200V、直流电压小于 1500V 的电路中起通、断、保护、控制或调节作用的各种元器件。低压电器的品种规格繁多,构造差异也很大。常用的低压电器主要有刀开关、熔断器、断路器、接触器、继电器、按钮、行程开关等,学习识别与使用这些元器件是掌握电气控制技术的基础。低压电器的分类见表 1-1-1。

表 1-1-1 低压电器的分类

分类方式	类 型	说 明
按用途控制 对象分类	低压配电电器	主要用于低压配电系统中,实现电能的输送、分配及保护电路和用电设备的作用,包括刀开关、组合开关、熔断器和自动开关等
	低压控制电器	主要用于电气控制系统中,实现发布指令、控制系统状态及执行动作等作用,包括接触器、继电器、主令电器和电磁离合器等
按工作原理 分类	电磁式电器	根据电磁感应原理来动作的电器,如交流、直流接触器,各种电磁式继电器,电磁铁等
	非电量控制电器	依靠外力或非电量信号(如速度、压力、温度等)的变化而动作的电器,如转换开关、行程开关、速度继电器、压力继电器、温度继电器等
按动作方式 分类	自动电器	自动电器是指依靠电器本身参数变化(如电、磁、光等)而自动完成动作切换或状态变化的电器,如接触器、继电器等
	手动电器	手动电器是指依靠人工直接完成动作切换的电器,如按钮、刀开关等

2. 熔断器

(1) 熔断器的结构和用途

熔断器是一种当电流超过额定值一定时间后,以本身产生的热量使熔体熔化而分断电路的电器。熔断器由熔体和安装熔体的外壳(熔座)两部分组成,熔体是熔断器的核心,通常用低熔点的铅锡合金,锌、铜、银的丝状或片状材料制成,新型的熔体通常设计成灭弧栅状和具有变截面片状结构。熔断器是串联连接在被保护电路中的,当电路短路时,电流很大,熔体急剧升温,立即熔断,所以熔断器可用于短路保护。由于熔体在用电设备过载时所通过的过载电流能积累热量,当用电设备连续过载一定时间后熔体积累的热量也能使其熔断,所以熔断器也可作过载保护。图 1-1-1 所示为几种常用熔断器实物。

使熔断器熔体熔断的电流值与熔断时间的关系称为熔断器的保护特性曲线,也称为



图 1-1-1 常用熔断器实物

熔断器的 $I-t$ 特性,如图 1-1-2 所示,由特性曲线可以看出,流过熔体的电流越大,熔断所需的时间越短。熔体的额定电流 I_{RN} 是熔体长期工作而不致熔断的电流。

① 用途。RL1 系列熔断器适用于交流额定电压至 500V、额定电流至 200A 的电路中,在控制箱、配电屏和机床设备的电路中,主要作短路保护之用。

② 型号及其含义。熔断器按其结构形式有插入式(瓷插式)、螺旋式、有填料密封管式、无填料密封管式等,品种规格很多。

熔断器的图形符号和文字符号如图 1-1-3 所示。

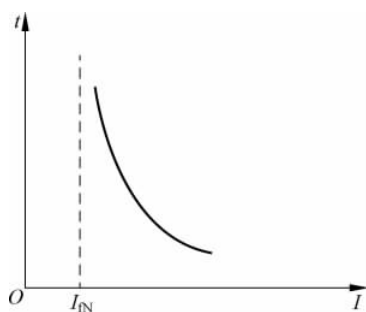
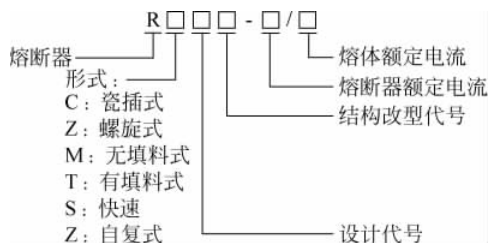


图 1-1-2 熔断器的保护特性曲线



图 1-1-3 熔断器的图形符号和文字符号

熔断器的型号标志组成及其含义如下。



RL1 系列螺旋式熔断器的型号及其含义如下。



③ 主要技术参数。RL1 系列熔断器的主要技术参数见表 1-1-2。

表 1-1-2 RL1 系列熔断器的主要技术参数

额定电压/V	额定电流/A	熔体额定电流等级/A	极限分断能力/kA
500	15	2、4、6、10、15	2
	60	20、25、30、35、40、50、60	3.5
	100	60、80、100	20
	200	100、125、150、200	50

④ 结构。如图 1-1-4 所示,螺旋式熔断器由瓷帽、熔管、瓷套、上接线端子、下接线端子及瓷座组成。当电路发生短路或通过熔断器的电流达到甚至超过规定电流值时,熔管中的熔体熔断,从而分断电路,起到保护作用。

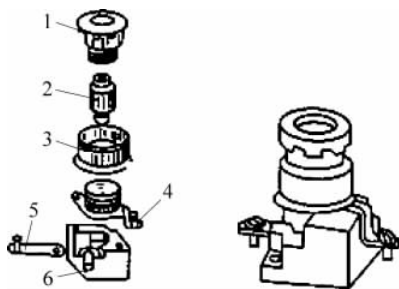


图 1-1-4 螺旋式熔断器的结构

1—瓷帽；2—熔管；3—瓷套；4—上接线端子；5—下接线端子；6—瓷座

(2) 新型熔断器

前面介绍的熔断器,熔体一旦熔断,需要更换后才能使电路重新接通,在某种意义上来说,既不方便,又不能迅速恢复供电。有一种新型限流元器件——自复式熔断器可以解决这一矛盾,它是应用非线性电阻元器件——金属钠在高温下电阻特性突变的原理制成的。

自复式熔断器用金属钠制成熔体,它在常温下具有高导电率(略次于铜),短路电流产生的高温能使钠气化,气压增高,高温、高压、气态下的电阻迅速增大呈现高电阻状态,因此限制了短路电流。当短路电流消失后,温度下降,气态钠又变成固态钠,恢复原来良好的导电性能,所以自复式熔断器可以多次使用。自复式熔断器只能限流,所以需与熔断器串联使用,来提高分断电路能力。

(3) 熔断器的选择及使用时注意事项

① 熔断器的选择。熔断器的选择主要包括熔断器类型、额定电压、额定电流和熔体额定电流等的确定。

熔断器的类型主要由电控系统整体设计确定,熔断器的额定电压应大于或等于实际电路的工作电压;熔断器额定电流应大于或等于所装熔体的额定电流。

确定熔体电流是选择熔断器的关键,具体来说可以参考以下几种情况。

a. 对于照明线路或电阻炉等电阻性负载,熔体的额定电流应大于或等于电路的工作

电流,即

$$I_{\text{IN}} \geq I$$

式中, I_{IN} ——熔体的额定电流, A;

I ——电路的工作电流, A。

b. 保护一台异步电动机时,考虑电动机冲击电流的影响,熔体的额定电流可按下式计算:

$$I_{\text{IN}} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{\text{N}}$$

式中, I_{N} ——电动机的额定电流, A。

c. 保护多台异步电动机时,若各台电动机不同时起动,则应按下式计算:

$$I_{\text{IN}} \geq (1.5 \sim 2.5) I_{\text{Nmax}} + \sum I_{\text{N}}$$

式中, I_{Nmax} ——容量最大的一台电动机的额定电流, A;

$\sum I_{\text{N}}$ ——其余电动机额定电流的总和, A。

d. 为防止发生越级熔断,上、下级(即供电干、支线)熔断器间应有良好的协调配合,为此,应使上一级(供电干线)熔断器的熔体额定电流比下一级(供电支线)大1~2个级差。

② 熔断器使用的注意事项。

a. 安装熔断器时必须在断电情况下操作。以保证安全,严禁带负载取装熔体或熔管,以防电弧烧伤人身或设备。

b. 安装位置及相互间距应便于更换熔体。

c. 应垂直安装,并应能防止熔体熔断飞溅在临近带电体上。

d. 安装螺旋式熔断器时,为了更换熔体时安全,下接线端应接电源,而连接螺口的接线端应接负载。必须注意将电源线接到瓷底座下的接线端上,以保证安全。

e. 有熔断指示的熔体,其指示器方向应装在便于观察侧。

f. 熔断器应安装在线路的各相线上,单相交流电路的中性线上也应安装熔断器,但在三相四线制的中性线上严禁安装熔断器。

g. 对不同性质的负载,如照明电路、电动机电路的主电路和控制电路等,应尽量分别保护,装设单独的熔断器。

h. 更换熔体时应切断电源,并应换上相同额定电流的熔体,不能随意加大熔体。

i. 更换新熔体时,不能用铜丝或铝丝等胡乱代替。

j. 安装软熔丝时应留有一定的松弛度,螺钉不能拧得太紧或太松;否则会损伤熔丝造成误动作,或因接触不良引起电弧烧坏螺钉。

3. 组合开关

组合开关又称转换开关,实质上是一种特殊的刀开关,因其可实现多组触点组合故称组合开关。与刀开关不同点在于一般刀开关的操作手柄在垂直安装的平面上,而组合开关的操作手柄则是在平行于安装面的平面内向左或向右转动。组合开关多用在机床电气控制线路中,作为电源的引入开关,也可用于不频繁地接通和断开电路、转换电源相序和负载等。常用组合开关的外形及其电气图形和文字符号如图1-1-5所示。



图 1-1-5 组合开关

(1) 组合开关的结构

组合开关的内部有三对静触点,分别用三层绝缘板相隔,各自附有连接线路的接线柱。三个动触点互相绝缘,与各自的静触点对应,套在共同的绝缘杆上。绝缘杆的一端装有操作手柄,转动手柄,即可完成三组触点之间的开、合或切换。开关内装有速断弹簧,用以加速开关的分断速度。

(2) 组合开关的选择

用于照明或电热电路。组合开关的额定电流应大于或等于被控制电路中各负载电流的总和。

用于电动机电路。组合开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

(3) 组合开关的使用

由于组合开关的通断能力较低,故不能用来分断故障电流。当用于控制电动机作可逆运转时,必须在电动机完全停止转动后,才允许反向接通。

当操作频率过高或负载功率因数较低时,转换开关要降低容量使用;否则会影响开关寿命。

4. 按钮

按钮是一种手动且可以自动复位的主令电器。由于其触点允许通过的电流较小,只能短时接通或分断小电流电路,所以不能直接控制主电路的通断,而在控制电路中发出“指令”去控制接触器、继电器等电器,再由它们去控制主电路。由于其结构简单,控制方便,在低压控制电路中得到广泛应用。

(1) 按钮的结构和用途

按钮由按钮帽、复位弹簧、桥式触点和外壳等组成,其结构如图 1-1-6 所示。触点采用桥式触点,触点额定电流在 5A 以下,分动合触点和动断触点两种。在外力作用下,动断触点先断开,然后动合触点再闭合;复位时,动合触点先断开,然后动断触点再闭合。

按用途和结构的不同,按钮分为起动按钮、停止按钮和复位按钮等。

按使用场合、作用不同,通常将按钮帽做成红、绿、黑、黄、蓝、白、灰等颜色。国标《机械电气安全 机械电气设备 第 1 部分:通用技术条件》(GB 5226.1—2008)对按钮帽颜色作

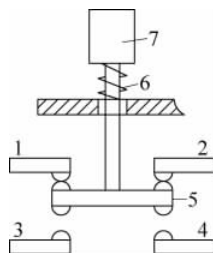


图 1-1-6 按钮结构示意图
1、2—动断触点; 3、4—动合触点; 5—桥式触点; 6—复位弹簧; 7—按钮帽

了如下规定。

- “停止”和“急停”按钮必须是红色。
- “起动”按钮的颜色为绿色。
- “起动”与“停止”交替动作的按钮必须是黑白、白色或灰色。
- “点动”按钮必须是黑色。
- “复位”按钮必须是蓝色(如保护继电器的复位按钮)。

在机床电气设备中,常用的按钮有 LA18、LA19、LA20、LA25 和 LAY3 等系列。其中 LA25 系列按钮为通用型按钮的更新换代产品,采用组合式结构,可根据需要任意组合其触点数目,最多可组成 6 个单元。图 1-1-7 所示为常用按钮实物。图 1-1-8 所示为按钮的图形符号和文字符号。



图 1-1-7 常用按钮实物

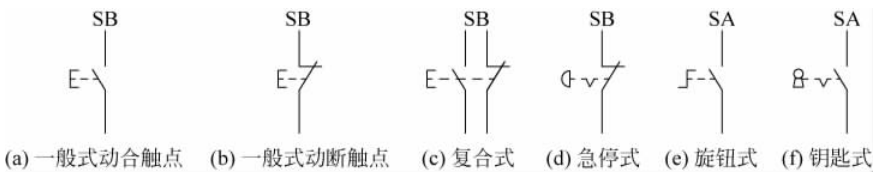


图 1-1-8 按钮的图形符号和文字符号

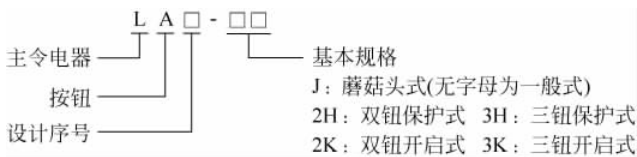
① 用途。LA4 系列按钮适用于交流 50Hz、额定工作电压为 380V,或直流工作电压为 220V 的工业控制电路中,在磁力起动器、接触器、继电器及其他电器线路中,主要作远程控制之用。

② 型号及其含义。按钮型号标志组成及其含义如下：



其中,结构形式代号的含义为: K 为开启式,S 为防水式,J 为紧急式,X 为旋钮式,H 为保护式,F 为防腐式,Y 为钥匙式,D 为带灯按钮。

LA 系列按钮的型号及其含义如下：



③ 主要技术参数。LA4 系列按钮的主要技术参数见表 1-1-3。

表 1-1-3 LA4 系列按钮的主要技术参数

额定电压/V	额定电流/A	额定绝缘电压/V	约定发热电流/A	机械寿命/万次
380	2.5	380	5	>100

(2) 按钮的选择与使用

① 按钮主要根据使用场合、用途、控制需要及工作状况等进行选择。

- 根据使用场合,选择控制按钮的种类,如开启式、防水式、防腐式等。
- 根据用途,选用合适的形式,如钥匙式、紧急式、带灯式等。
- 根据控制回路的需要,确定不同的按钮数,如单钮、双钮、三钮、多钮等。
- 根据工作状态指示和工作情况的要求,选择按钮及指示灯的颜色。

② 按钮的使用。

a. 由于按钮的触点间距较小,如有油污等极易发生短路事故,故使用时应经常保持触点间的清洁。

b. 按钮用于高温场合,易使塑料变形老化,导致按钮松动,引起接线螺钉间相碰短路,可视情况在安装时多加一个紧固圈,两个拼紧使用;也可在接线螺钉处加套绝缘塑料管来防止。

c. 带指示灯的按钮由于灯泡要发热,时间长时易使塑料灯罩变形造成调换灯泡困难,故不宜用在通电时间较长之处;如欲使用,可适当降低灯泡电压,延长使用寿命。

d. 按钮安装在面板上时,应布置整齐,排列合理,如根据电动机起动的先后次序,从上到下或从左到右排列。

e. 同一个机床运动部件如果具有几种不同的工作状态(如上、下,前、后,左、右,松、紧等),应使每一对相反状态的按钮安装在一组。

f. 为了应付紧急情况,当按钮板上安装的按钮较多时,应采用红色蘑菇头的总停按钮,且应安装在显眼而容易操作的地方。

g. 复合按钮操作时,动断按钮先断开,动合按钮后闭合;复位时,正好相反。

5. 接触器

接触器是用于远距离频繁地接通和切断交直流主电路及大容量控制电路的一种自动控制电器。其主要控制对象是电动机,也可以用于控制其他电力负载、电热器、电照明、电焊机与电容器组等。接触器具有操作频率高、使用寿命长、工作可靠、性能稳定、维护方便等优点,同时还具有低压释放保护功能。因此,在电力拖动和自动控制系统中,接触器是运用最广泛的控制电器之一。

按其主触点通过的电流种类不同,接触器分为交流接触器和直流接触器两大类。图 1-1-9 所示为常见接触器实物。

(1) 接触器的结构和用途

交流接触器常用于远距离、频繁地接通和分断额定电压至 1140V、电流至 630A 的交流电路。图 1-1-10 所示为 CJT1 系列接触器实物。



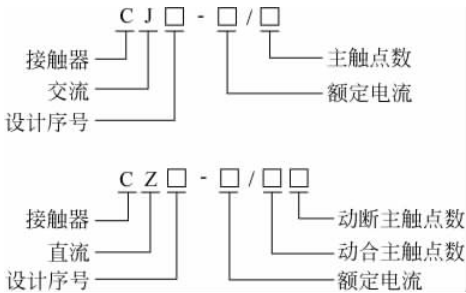
图 1-1-9 常见接触器实物

① 用途。CJT1 系列交流接触器主要用于交流 50Hz(或 60Hz),额定工作电压至 380V 的电路中,主要作接通和分断电路之用。



图 1-1-10 CJT1 系列部分接触器实物

② 型号及其含义。接触器的标志组成及其含义如下：



CJ 系列交流接触器的型号及其含义如下：



③ 主要技术参数。CJT1 系列交流接触器的主要技术参数见表 1-1-4。

表 1-1-4 CJT1 系列交流接触器的主要技术参数

线圈额定电压 U_s 等级/V	电流等级/A	吸合电压	释放电压
36、110、127、220、380	10、20、60、100、150	$(85\% \sim 110\%)U_s$	$(20\% \sim 75\%)U_s$

④ 结构与符号。如图 1-1-11 所示,交流接触器由触点系统、电磁系统、灭弧装置及辅助结构部分等组成。当接触器的线圈得电时,其衔铁和铁心吸合,从而带动其动断触点断开、动合触点闭合;当接触器的线圈失电时,其衔铁和铁心释放,从而带动其动合触点复位断开、动断触点复位闭合。交流接触器的图形符号和文字符号如图 1-1-12 所示。

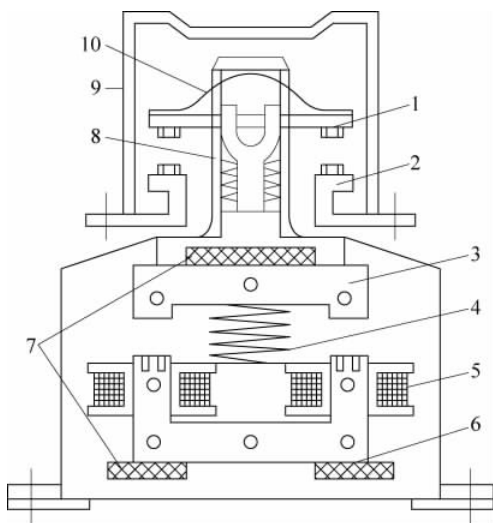


图 1-1-11 CJ 系列交流接触器的结构图

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

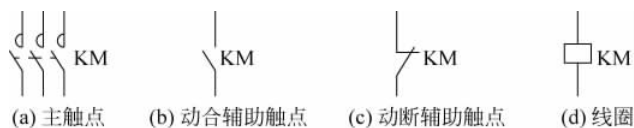


图 1-1-12 交流接触器的图形符号和文字符号

交流接触器工作时,一般当施加在线圈上的交流电压大于线圈额定电压值的 85% 时,铁心中产生的磁通对衔铁产生的电磁吸力克服复位弹簧拉力,使衔铁带动触点动作。触点动作时,动断触点先断开,动合触点后闭合,主触点和辅助触点是同时动作的。当线圈中的电压值降到某一数值时,铁心中的磁通下降,吸力减小到不足以克服复位弹簧的拉力时,衔铁复位,使主触点和辅助触点复位。这个功能就是接触器的失压保护功能。

(2) 接触器的选择

接触器的选择主要考虑以下几个方面。

- ① 接触器的类型。根据接触器所控制的负载性质,选择直流接触器或交流接触器。
- ② 额定电压。接触器的额定电压应大于或等于所控制电路的电压。
- ③ 额定电流。接触器的额定电流应大于或等于所控制电路的额定电流。对于电动机负载可按下列经验公式计算:

$$I_C = \frac{P_N}{KU_N}$$