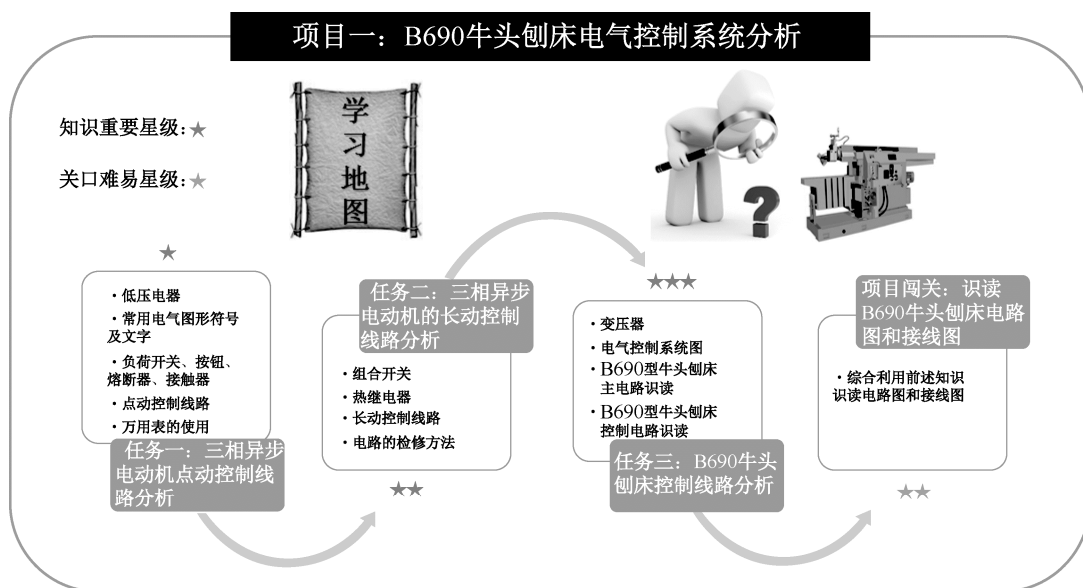


# 项目一 B690 牛头刨床电气控制系统分析

## 1.1 项目导航



## 1.2 任务一：三相异步电动机点动控制线路分析



### 抛砖引玉

生产中常常要求机械具有频繁通断、远距离控制和自动控制功能，如电动葫芦中的起重电动机控制，车床拖板箱快速移动电动机控制等。以 B690 牛头刨床为例，当要快速移动刨床刀架时，操作人员只要按下按钮，刀架就会快速移动；松开按钮，刀架就会立即停止。刀架快速移动采用的是一种点动控制线路，它通过按钮和接触器来实现线路的自动控制。本次任务主要是分析点动控制线路并排除常见故障。



## 有的放矢

- (1) 掌握低压电器的概念、常用电气图形符号及文字符号。
- (2) 了解负荷开关、熔断器、按钮、接触器的结构、型号、规格及使用方法。
- (3) 掌握负荷开关、熔断器、按钮、接触器的工作原理、图形文字符号及用途。
- (4) 掌握三相异步电动机点动控制线路的工作原理。



## 聚沙成塔

### 知识卡 1: 低压电器 (★☆☆)

电器是根据外界特定的信号和要求, 自动或手动接通和断开电路, 断续或连续地改变电路参数, 实现对电路或非电对象的切换、控制、保护、检测、变换和调节的电气设备。电器的种类繁多, 构造各异。根据其工作电压高低, 电器可分为高压电器和低压电器。低压电器通常指工作电压在交流 1200V 以下、直流 1500V 以下电路中的电器。

### 知识卡 2: 常用电气图形符号及文字符号 (★★☆)

相关国家标准规定了电气工程图中的图形符号和文字符号。图形符号通常由符号要素、一般符号和限定符号组成, 是一个设备、元器件或概念的图形标记。文字符号是一种书写在电气设备、装置和元器件上或其旁边, 以表明电气设备、装置和元器件的名称、功能和特征的符号, 用大写正体拉丁字母表示。这些符号是电气工程技术的通用技术语言, 常用电器、电动机的图形符号与文字符号见附录 A。

在机床电气控制系统图中, 三相交流电源引入线用 L1、L2、L3 标记, 中性线用 N 标记, 保护接地用 PE 标记。电源开关之后的三相交流电源主电路分别按 U、V、W 顺序标记。分级三相交流电源主电路采用 U1、V1、W1 和 U2、V2、W2 标记。各电动机分支电路各接点标记采用三相文字代号后面加数字的形式来表示, 数字中的十位数表示电动机的代号, 个位数表示该支路各接点的代号, 从上到下按数值大小顺序标记, 如“U21”表示电动机 M2 第 1 相的第 1 个接点。电动机绕组首端分别用 U、V、W 标记, 如果是六个接线头的电动机, 那么尾端分别用 U'、V'、W' 标记, 双绕组的中点用 U"、V"、W" 标记。控制电路采用阿拉伯数字进行编号, 一般由三位或两位以下的数字组成。标记方法按等电位原则进行, 在垂直绘制的电路中, 一般由上而下编号, 凡是被线圈、触点、电路元器件等隔离的线段, 都应标以不同的电路标记。

### 知识卡 3: 负荷开关 (★☆☆)

#### 1. 功能

开启式负荷开关又称为瓷底胶盖刀开关, 简称刀开关。生产中常用的是 HK 系列开启式负荷开关, 适用于照明、电热设备及小容量电动机控制线路, 供手动不频繁地接通和分断电路, 并起短路保护作用。

封闭式负荷开关又称铁壳开关，它是在开启式负荷开关基础上改进设计的一种开关，其灭弧性能、操作性能、通断能力、安全防护性能等都优于刀开关。因外壳为铸铁或薄钢板冲压而成，故俗称铁壳开关。可用于手动不频繁地接通和分断带负载的电路及线路末端的短路保护，也可用于控制小容量交流电动机的不频繁直接启动和停止。

### 2. 结构、符号

开启式负荷开关按极数分为单极、双极与三极 3 种，其中三极开关结构如图 1-2-1 (a) 所示，主要由静触点、动触点和熔体构成。如图 1-2-1 (b) 所示为 HRTO 熔断式负荷开关，额定电压为 380V，额定电流为 100 ~ 400A。开启式负荷开关的电路符号如图 1-2-1 (c) 所示，型号规格如图 1-2-1 (d) 所示。

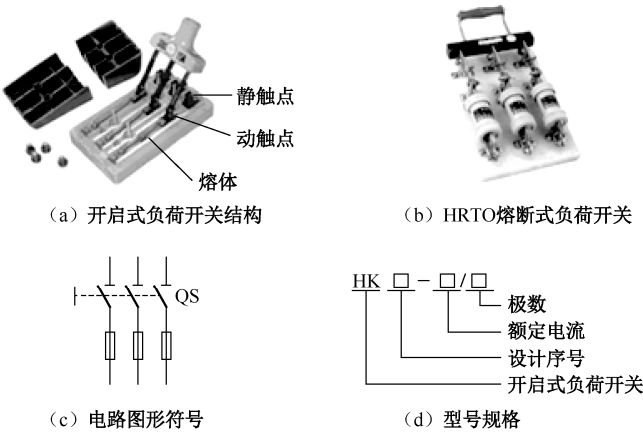


图 1-2-1 开启式负荷开关

铁壳开关主要由触点系统（包括动触点和静夹座）、操作机构（包括手柄、速断弹簧）、熔断器、灭弧装置和外壳构成，其外形、内部结构、电路符号和型号规格如图 1-2-2 所示。

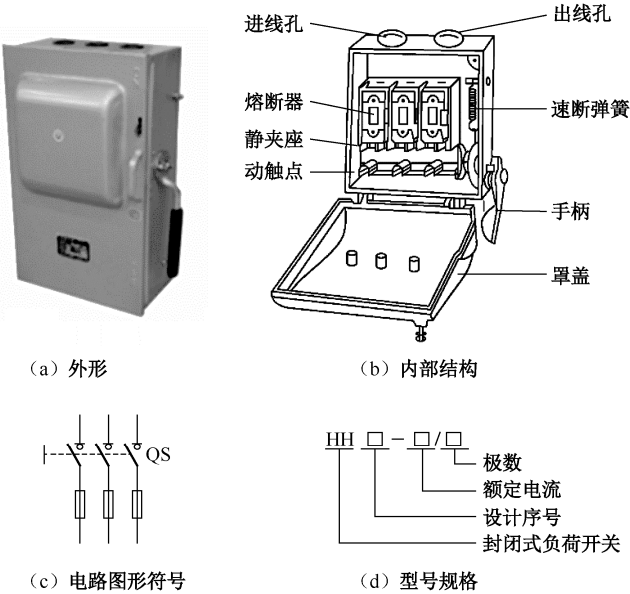


图 1-2-2 封闭式负荷开关

封闭式负荷开关的操作机构具有两个特点：一是设置了连锁装置，保证了开关在合闸状态下罩盖不能开启，而罩盖开启时不能合闸，以保证操作安全；二是采用储能分合闸方式，在手柄转轴与底座之间装有速动弹簧，能使开关快速接通与断开，与手柄操作速度无关，这样有利于迅速灭弧。

### 3. 选用

开启式负荷开关在一般的照明电路和功率小于 5.5kW 的电动机控制线路中被广泛采用。但这种开关由于没有专门的灭弧装置，所以其刀式动触点和静夹座易被电弧灼伤引起接触不良，因此不宜用于操作频繁的电路。具体选用方法如下：

(1) 用于照明和电热负载时，选用两极开关，其额定电压为 220V 或 250V，额定电流不小于电路所有负载额定电流之和。

(2) 用于控制电动机的直接启动和停止时，选用三极开关，其额定电压为 380V 或 500V，额定电流不小于电动机额定电流 3 倍。

封闭式负荷开关的额定电压应不小于工作电路的额定电压；额定电流应等于或稍大于电路的工作电流。用于控制电动机工作时，考虑到电动机的启动电流较大，所以应使开关的额定电流不小于电动机额定电流的 3 倍。

### 知识卡 4：按钮（★★☆）

#### 1. 功能

按钮是一种手动操作接通或分断小电流控制电路的主令电器。一般情况下按钮不直接控制主电路的通断，主要利用按钮远距离发出手动指令或信号去控制接触器、继电器等电磁装置，实现主电路的分合、功能转换或电气连锁。

#### 2. 结构、符号

如图 1-2-3 所示为控制设备中常用按钮以及按钮的结构、电路符号与型号规格。按钮是通过手动操作并具有储能（弹簧）复位能力的控制开关，一般由按钮帽、复位弹簧、桥式动触点、静触点、支柱连杆及外壳等部分组成。一般分为常开按钮、常闭按钮和复合按钮，其电路符号如图 1-2-3 (b) 所示。按钮的型号规格如图 1-2-3 (c) 所示，其中结构代号含义为：K—开启式、H—保护式、S—防水式、F—防腐式、J—紧急式、X—旋钮式、Y—钥匙操作式、D—光标式。例如，LA10-3K 表示开启式三联按钮。常用按钮的额定电压为 380V，额定电流为 5A。

#### 3. 选用

(1) 根据使用场合和具体用途选择按钮种类。例如，嵌装在操作面板上的按钮可选用开启式；要求显示工作状态的可选用光标式；要求能防止无关人员误操作的重要场合宜选用钥匙操作式；在有腐蚀性气体处要用防腐式。

(2) 根据工作状态指示和工作情况要求，选择按钮或指示灯的颜色。例如，启动按钮可选用白、灰或黑色，优先选用白色，也允许选用绿色。急停按钮应选用红色。停止按钮可选用黑、灰或白色，优先用黑色，也允许选用红色。

(3) 根据控制电路的需要选择按钮的数量。如单按钮、双联按钮和三联按钮等。

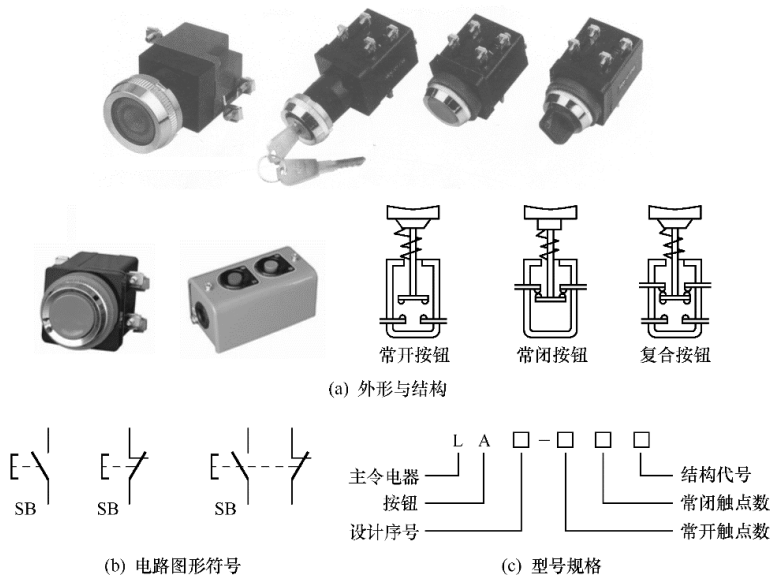


图 1-2-3 按钮

知识卡 5: 熔断器 (★★☆)

熔断器是一种简单而有效的保护电器，俗称保险丝，在低压配电电路中起短路和严重过载时的保护作用，在电动机控制电路中主要作为短路保护。使用时将熔断器串联在被保护的电路中，让负载电流流过熔体。当电路正常工作时，发热温度低于熔断温度，熔体不会熔断；当电路发生严重过载或短路故障时，电流大于熔体允许的正常发热电流，使熔体温度急剧上升，超过其熔点时，熔体被瞬时熔断，从而分断电路，起到了保护电路和设备的作用。

1. 外形、结构与符号

熔断器的外形、结构与符号如图 1-2-4 所示。RT 系列圆筒帽形熔断器采取导轨安装和安全性能高的指触防护接线端子，目前在电气设备中广泛应用。瓷插式熔断器多用于照明电路，目前已被断路器所取代。螺旋式熔断器常用于机床电气设备中，其熔断管的端口处装有熔断指示片，该指示片脱落时表示内部熔丝已断。不同规格的熔断器按电流等级配置熔断管，如 380V/60A 的 RL1 型熔断器配有 20A、25A、30A、35A、40A、50A、60A 额定电流等级的熔断管。螺旋式熔断器底座的中心端为连接电源端子。

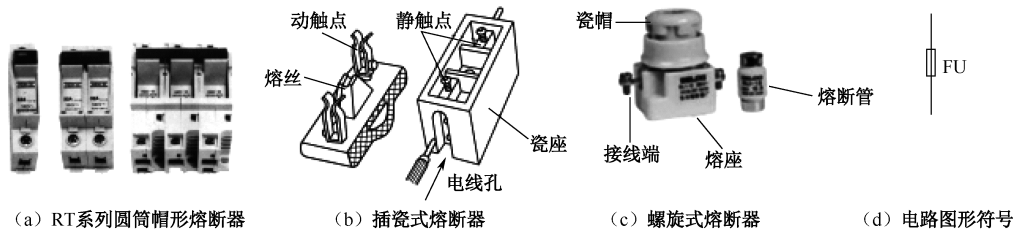
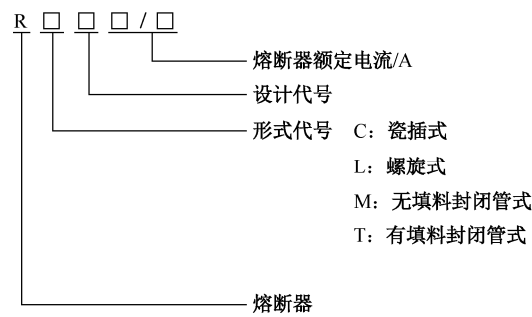


图 1-2-4 熔断器外形、结构与符号

熔断器型号及表示意义如下：



熔断器主要由熔体、熔管和熔座三部分组成。熔体是熔断器的核心，常制成丝状、片状或栅状，制作熔体的材料一般有铅锡合金、锌、铜和银等。熔管是熔体的保护外壳，用耐热绝缘材料制成，在熔体熔断时兼有灭弧作用。熔座是熔断器的底座，起固定熔管和连接引线作用。

2. 主要技术参数

(1) 额定电压：指熔断器长期正常工作能承受的最高电压。如果熔断器的实际工作电压大于其额定电压，熔体熔断时可能会发生电弧不能熄灭的危险。

(2) 额定电流：指保证熔断器能长期正常工作的电流，它的大小是由熔断器各部分长期工作时的允许温升决定的。

注意：熔断器的额定电流与熔体的额定电流是两个不同的概念。熔体的额定电流是指在规定工作条件下，长时间通过熔体而熔体不熔断的最大电流值。通常，一个额定电流等级的熔断器可以配用若干个额定电流等级的熔体，但熔体的额定电流不能大于熔断器的额定电流值。如型号为 RL1-15 的熔断器，其额定电流为 15A，但可以配用额定电流为 2A、4A、6A、10A 和 15A 的熔体。

(3) 分断能力：指在规定的电压及性能条件下，熔断器能分断的预期分断电流值。常用极限分断电流值来表示。

(4) 时间—电流特性：在规定的条件下，表征流过熔体的电流与熔体熔断时间的关系曲线称为时间—电流特性，也称为安—秒特性或保护特性，如图 1-2-5 所示。从特性曲线可以看出，熔断器的熔断时间随电流的增大而减小。如表 1-2-1 所示为熔体的安—秒特性列表。

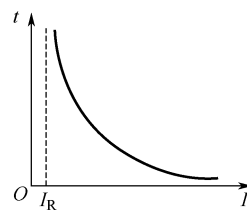


图 1-2-5 熔断器的时间—电流特性

表 1-2-1 常用熔体的安—秒特性

| 熔体通过电流 (A) | $1.25I_N$ | $1.6I_N$ | $1.8I_N$ | $2I_N$ | $2.5I_N$ | $3I_N$ | $4I_N$ | $8I_N$ |
|------------|-----------|----------|----------|--------|----------|--------|--------|--------|
| 熔断时间 (s)   | $\infty$  | 3 600    | 1 200    | 40     | 8        | 4.5    | 2.5    | 1      |

表中,  $I_N$  为熔体额定电流, 通常取  $2I_N$  为熔断器的熔断电流, 其熔断时间约为 40s, 因此, 熔断器对轻度过载反应迟缓, 一般不宜作为过载保护, 主要作为短路保护。

### 3. 熔断器的选用

熔断器的选用主要考虑熔断器的形式、额定电流、额定电压以及熔体额定电流。熔体额定电流的选择是熔断器选择的核心, 其选择方法如表 1-2-2 所示。

表 1-2-2 熔体额定电流选择

| 负 载 性 质     |                | 熔体额定电流 ( $I_{Te}$ )                                                                                            |
|-------------|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 电炉和照明等电阻性负载 |                | $I_{Te} \geq I_N$                                                                                              |
| 单台电动机       | 绕线式电动机         | $I_{Te} \geq (1 \sim 1.25)I_N$                                                                                 |
|             | 笼式电动机          | $I_{Te} \geq (1.5 \sim 2.5)I_N$                                                                                |
|             | 启动时间较长的某些笼式电动机 | $I_{Te} \geq 3I_N$                                                                                             |
|             | 连续工作制直流电动机     | $I_{Te} = I_N$                                                                                                 |
|             | 反复短时工作制直流电动机   | $I_{Te} = 1.25I_N$                                                                                             |
| 多台电动机       |                | $I_{Te} \geq (1.5 \sim 2.5)I_{Nmax} + I_{de}$ ;<br>$I_{Nmax}$ : 熔体额定电流最大的那台电动机的额定电流;<br>$I_{de}$ : 其他电动机额定电流之和 |

注意: 在安装、更换熔体时, 一定要切断电源, 将刀开关拉开, 不要带电作业, 以免触电。熔体烧坏后, 应换上和原来同材料、同规格的熔体, 千万不要随便加粗熔体, 或用不易熔断的其他金属丝去替换。

### 知识卡 6: 接触器 (★★★)

接触器是一种用来接通或切断交、直流主电路和控制电路, 并且能够实现远距离控制的电器。大多数情况下其控制对象是电动机, 也可以用于其他电力负载, 如电阻炉、电焊机等, 接触器不仅能自动地接通和断开电路, 还具有控制容量大、欠电压释放保护、零压保护、可频繁操作、工作可靠、寿命长等优点。接触器实际上是一种自动的电磁式开关。触点的通断不是由手来控制, 而是电动操作, 属于自动切换电器。接触器按主触点通过电流的种类, 分为交流接触器和直流接触器两类。在机床电气控制电路中主要使用的是交流接触器。

#### 1. 交流接触器的结构和符号

CJ10 系列等交流接触器的外形如图 1-2-6 所示。

交流接触器主要由电磁系统、触点系统、灭弧装置和辅助部件等组成。

#### 1) 电磁系统

电磁系统由线圈、动铁芯 (衔铁) 和静铁芯组成。静铁芯和衔铁一般用 E 形硅钢片叠压而成, 以减小铁芯的磁滞和涡流损耗; 铁芯的两个端面上嵌有短路环, 用以消除电磁系

统的振动和噪声；线圈做成粗而短的圆筒形，且在线圈和铁芯之间留有空隙，以增强铁芯的散热效果。

交流接触器利用电磁系统中线圈的通电或断电，使铁芯吸合或释放衔铁，从而带动动触点与静触点闭合或分断，实现电路的接通或断开。

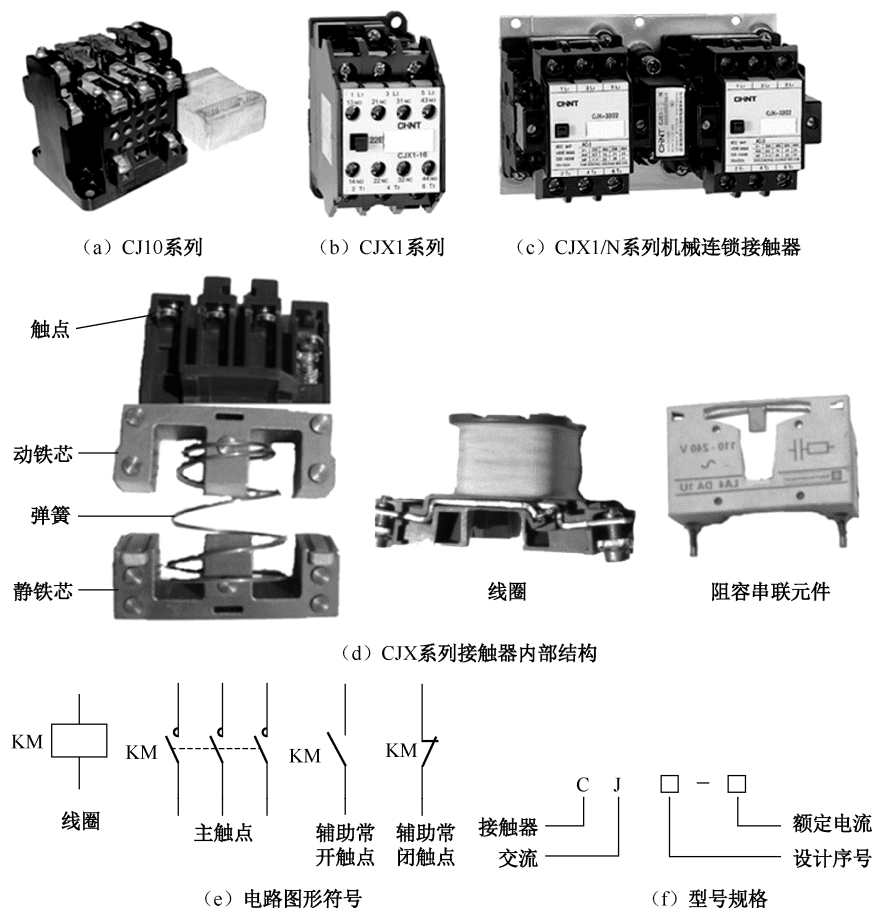


图 1-2-6 交流接触器

## 2) 触点系统

触点按通断能力可分为主触点和辅助触点。主触点用以通断电流较大的主电路，一般由三对常开触点组成。辅助触点用以通断电流较小的控制电路，一般由两对常开触点和两对常闭触点组成。常开触点和常闭触点是联动的。当线圈通电时，常闭触点先断开，常开触点后闭合，中间有一个很短的时间差。当线圈断电后，常开触点先恢复断开，随后常闭触点恢复闭合，中间也存在一个很短的时间差。这个时间差虽然很短，但对实现电路的控制作用却很重要。

## 3) 灭弧装置

交流接触器在断开大电流或高电压电路时，会在动、静触点之间产生很强的电弧。电弧是触点间气体在强电场作用下产生的放电现象，它的产生一方面会灼伤触点，减少触点的使用寿命；另一方面会使电路切断时间延长，甚至造成弧光短路或引起火灾事故。因此

触点间的电弧应尽快熄灭。

灭弧装置的作用是熄灭触点分断时产生的电弧，以减轻电弧对触点的灼伤，保证可靠地分断电路。交流接触器常采用的灭弧装置有双断口结构电动力灭弧装置、纵缝灭弧装置和栅片灭弧装置。对于容量较小的交流接触器，一般采用双断口结构电动力灭弧装置和纵缝灭弧装置；对于容量较大的交流接触器多采用栅片来灭弧。

#### 4) 其他部件

包括反作用弹簧、缓冲弹簧、触点压力弹簧、传动机构及外壳等。反作用弹簧安装在衔铁和线圈之间，其作用是线圈断电后，带动触点复位；缓冲弹簧安装在静铁芯和线圈之间，其作用是缓冲衔铁在吸合时对静铁芯和外壳的冲击力，保护外壳；触点压力弹簧安装在动触点上，其作用是增加动、静触点间的压力，从而增大接触面积，以减少接触电阻的阻值，防止触点过热损伤；传动结构的作用是在衔铁或反作用弹簧的作用下，带动动触点实现与静触点的接通或分断。

接触器的电路符号如图 1-2-6 (e) 所示，型号规格如图 1-2-6 (f) 所示，例如，CJX1-16 表示主触点额定电流为 16A（可控电动机最大功率为 7.5kW/380V）的交流接触器。

### 2. 交流接触器的工作原理

交流接触器的工作原理如图 1-2-7 所示。当接触器线圈通电时，线圈中的电流产生磁场，使静铁芯磁化产生足够大的电磁吸力，克服反作用弹簧的作用力将衔铁吸合，衔铁通过传动机构带动辅助常闭触点先断开，三对常开主触点和辅助触点后闭合；当接触器线圈断电或电压显著下降时，由于铁芯的电磁吸力消失或过小，衔铁在反作用弹簧的作用下复位，并带动各触点恢复到原始状态。

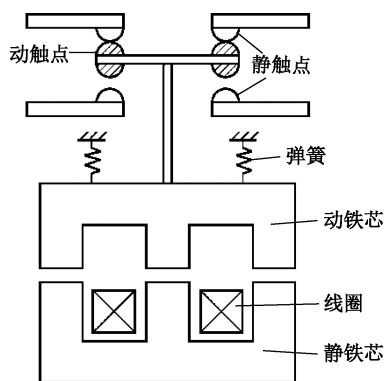


图 1-2-7 交流接触器工作原理图

### 3. 交流接触器的选用

(1) 主触点额定电压的选择。接触器主触点的额定电压应大于或等于被控制电路的额定电压。

(2) 主触点额定电流的选择。接触器主触点的额定电流应大于或等于电动机的额定电流。如果用于电动机的频繁启动、制动及正反转的场合，应将接触器主触点的额定电流降低一个等级使用。

(3) 线圈额定电压选择。线圈的额定电压应与设备控制电路的电压等级相同。通常使

用 380V 或 220V 的电压，如基于安全考虑使用较低电压时，也可选用 36V 或 110V 电压的线圈，但要通过变压器降压供电。

### 知识卡 7：点动控制线路（★☆☆）

#### 1. 点动主电路

主电路是电动机电流流经的电路，其特点是电压高、电流大，在电路原理图中主电路常绘制于左侧。点动主电路如图 1-2-8 所示，由三相交流电源 L1、L2、L3 与负荷开关 QS、熔断器 FU1、交流接触器 KM 主触点和三相异步电动机 M 构成，其中 QS 起接通电源的作用，FU1 实现主电路的短路保护，交流接触器 KM 主触点控制电动机 M 的启动与停止。显然，合上负荷开关 QS，虽然电源已经接通，但由于交流接触器主触点未吸合，主电路仍处于断开状态，电动机 M 并不能得电启动运转，只有当交流接触器 KM 主触点闭合，主电路形成电路后，电动机 M 才能得电启动运转。

#### 2. 点动控制电路

控制电路是对主电路起控制作用的电路，控制电路的特点是电压不确定（可通过变压器变压，通常电压范围为 36~380V），电流小，在电路原理图中控制电路按主电路动作顺序绘在右侧。点动控制电路如图 1-2-9 所示，由熔断器 FU2、启动按钮 SB 和交流接触器 KM 线圈构成，熔断器 FU2 用于控制电路的短路保护，启动按钮 SB 控制交流接触器 KM 线圈通电与断电。当电源接通后，按下启动按钮 SB，控制电路接通，交流接触器 KM 线圈通电，KM 主触点闭合，此时电动机 M 得电启动运转。松开 SB，控制电路断开，KM 线圈断电，KM 主触点断开复位，电动机 M 也随之失电停转。这种按下按钮，电动机就得电运转；松开按钮，电动机就失电停转的控制方法，称为点动控制。

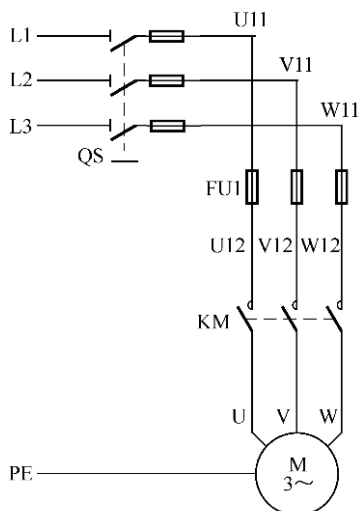


图 1-2-8 点动主电路原理图

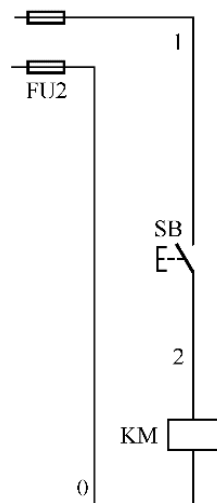


图 1-2-9 点动控制电路原理图

点动控制线路示意图如图 1-2-10 所示。

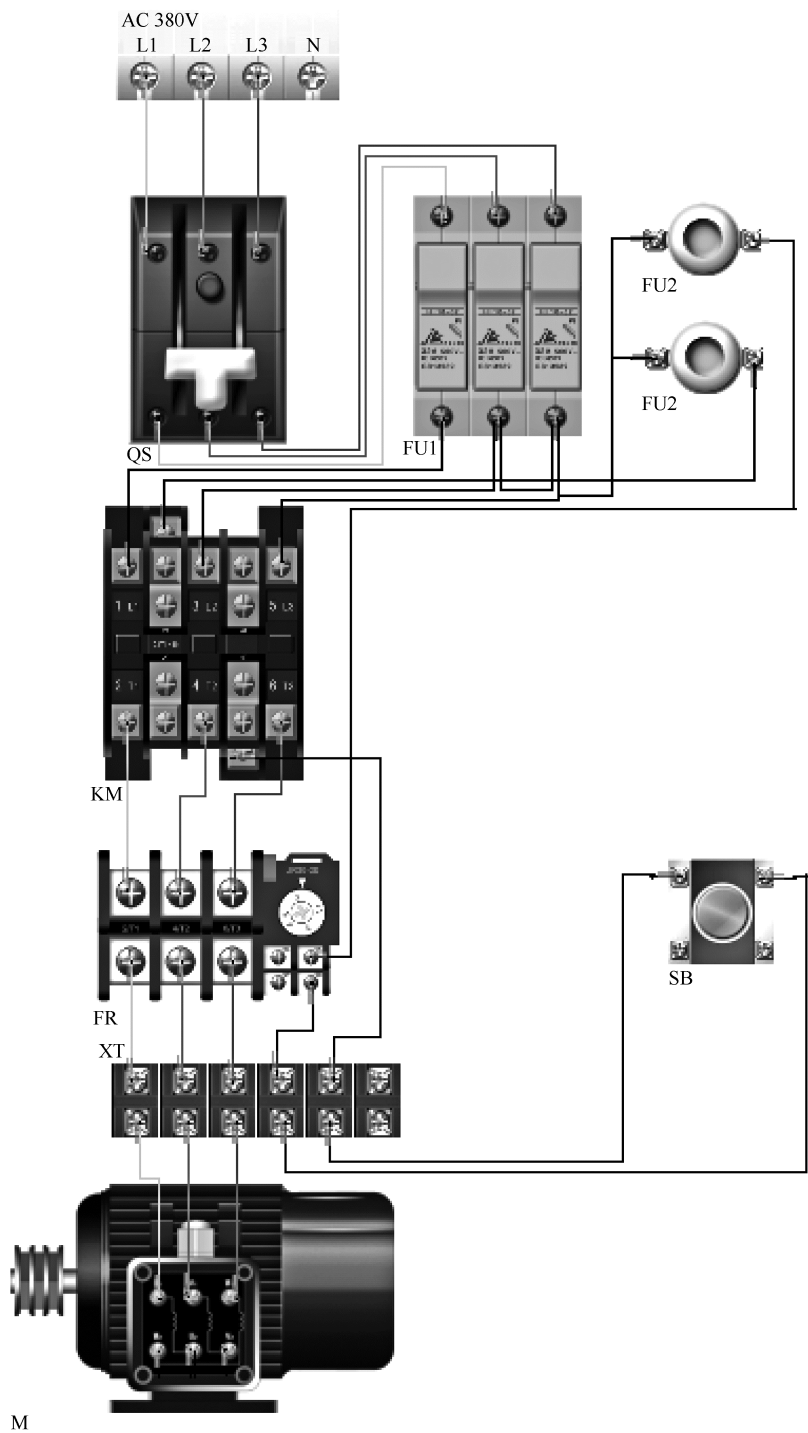


图 1-2-10 点动控制线路示意图

## 技能卡：万用表的使用（★★☆）

### 1. 万用表基本介绍

使用万用表时，将转换开关置于合适挡位；使用完毕，使之置于 OFF 挡位。显示器显示万用表的读数。万用表面板信息：DCV——直流电压挡；ACV——交流电压挡；DCA——直流电流挡；ACA——交流电流挡； $\Omega$ ——电阻挡。万用表插孔：黑表笔插入 COM 插孔；在测量交、直流电压和电阻时，红表笔插入 V/ $\Omega$  插孔；测量电流时，红表笔插入 ADC 插孔。



图 1-2-11 万用表

### 2. 测量交流电压

步骤 1：将转换开关置于 ACV 挡“750”量程，并合上 QS。

步骤 2：将两表笔分别接至 、 端，读出示数，如图 1-2-12 所示。

### 3. 测量电阻

步骤 1：将转换开关置于电阻挡“2000”量程，并断开 QS。

步骤 2：将两表笔分别接至 、 端，读出示数，如图 1-2-13 所示。



## 小试牛刀

(1) HH 系列封闭式负荷开关的罩盖与操作机构设置了连锁装置，保证开关在闭合状态下罩盖\_\_\_\_\_，而当罩盖开启时又\_\_\_\_\_，以确保操作安全。

(2) 按钮按不受外力作用（即静态）时触点的分合状态，分为\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和复合按钮。

(3) 交流接触器的电磁系统主要由\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_和\_\_\_\_\_三部分组成。

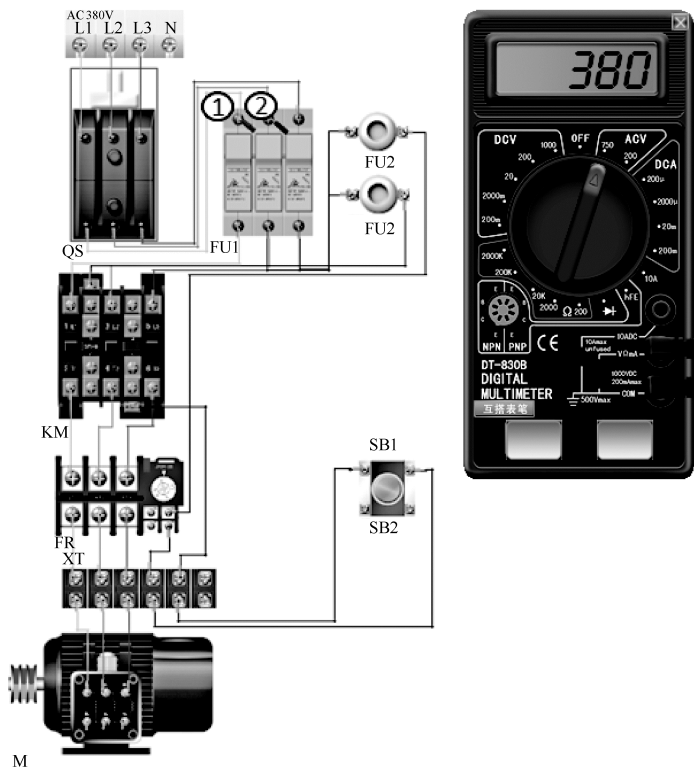


图 1-2-12 测量交流电压

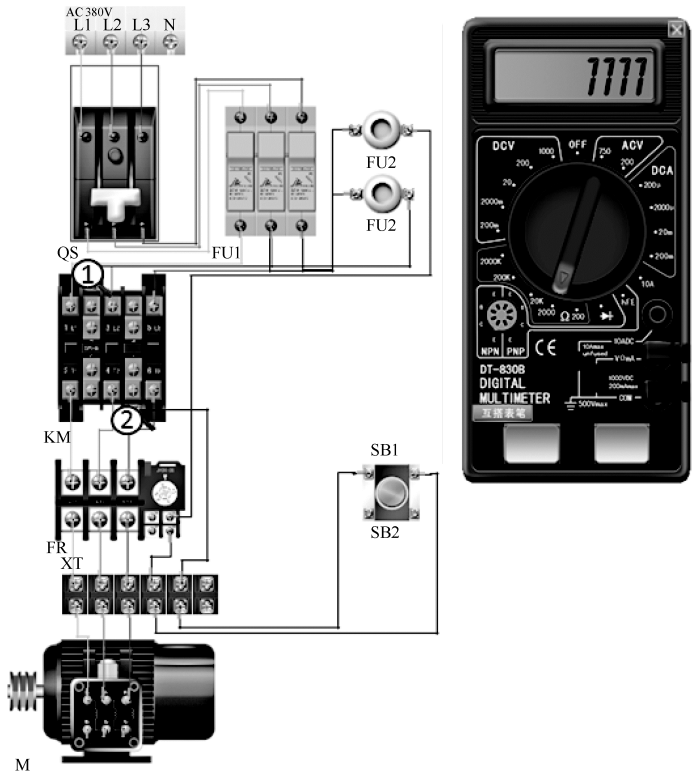


图 1-2-13 测量电阻

(4) 当接触器线圈通电时, \_\_\_\_\_ 先断开, \_\_\_\_\_ 后闭合, 中间有一个很短的时间差。当线圈断电后, \_\_\_\_\_ 先恢复断开, \_\_\_\_\_ 后恢复闭合, 中间也存在一个很短的\_\_\_\_\_。

(5) 接触器的主触点一般由三对常开触点组成, 用以通断( )。

- A. 电流较小的控制电路                      B. 电流较大的主电路  
C. 控制电路和主电路

(6) 接触器的励磁线圈( )接于电路中。

- A. 串联                      B. 并联                      C. 串联或并联

(7) 如果用于电动机的频繁启动、制动及正反转的场合, 应将接触器主触点的额定电流降低一个等级使用。 ( )

(8) 灭弧装置的作用是熄灭触点分断时产生的电弧, 以减轻电弧对触点的灼伤, 保证可靠地分断电路。 ( )



## 大显身手

请分析、排除以下故障并填写故障记录表 1-2-3。

表 1-2-3 故障记录表

|     |         |  |
|-----|---------|--|
| 故障一 | 故障现象    |  |
|     | 故障分析    |  |
|     | 测量与排除方法 |  |
| 故障二 | 故障现象    |  |
|     | 故障分析    |  |
|     | 测量与排除方法 |  |

### 1. 故障一

故障现象: 接通电源后, 按下按钮 SB, 电动机不转动, 接触器线圈不吸合。

故障范围: 根据故障现象分析得出, 故障范围在控制电路部分, 如图 1-2-14 所示。

排查故障点:

(1) 通过测量控制电路的电压, 准确、迅速地找出故障点。

注意: 测量时选用万用表交流电压合适挡位, 再合上 QS。

(2) 根据故障点的不同情况, 采取正确的修复方法, 迅速排除故障。

(3) 排除故障后通电试车。

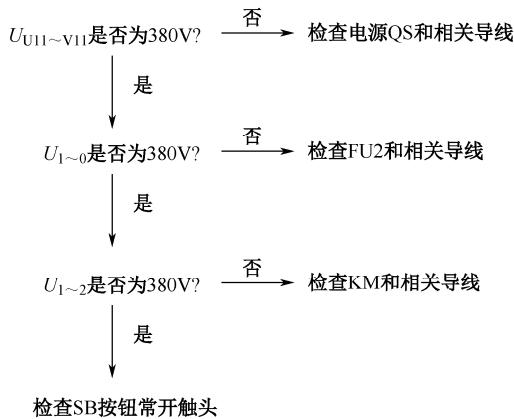
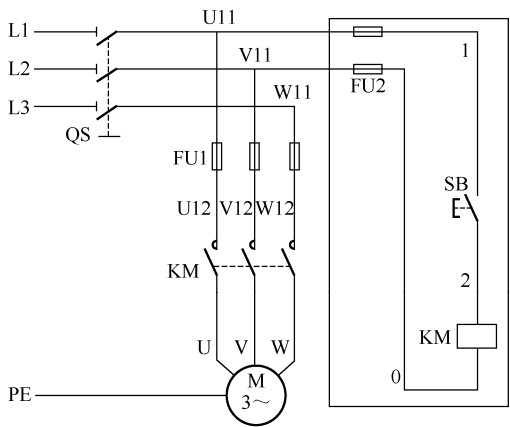


图 1-2-14 点动控制线路故障一

2. 故障二

故障现象：按下按钮 SB，接触器 KM 线圈吸合，但电动机不转动（或缺相）。  
故障范围：根据故障现象分析得出，故障范围在主电路部分，如图 1-2-15 所示。  
排查故障点：

- (1) 通过测量控制电路的电压，准确、迅速地找出故障点。  
注意：测量时选用万用表交流电压合适挡位，再合上 QS。
- (2) 根据故障点的不同情况，采取正确的修复方法，迅速排除故障。
- (3) 排除故障后通电试车。



点石成金

1. 缺相故障检测

检测缺相故障，用电阻法较简单，检测时利用电动机绕组构成的电路进行。方法是切断电源后，用万用表测量  $U_{11} \sim V_{11}$ 、 $U_{11} \sim W_{11}$ 、 $V_{11} \sim W_{11}$  之间的电阻，如三次测量电阻值相等且较小，判断  $U_{11}$ 、 $V_{11}$ 、 $W_{11}$  三点至电动机三段电路无故障，若某一相与其他两相间阻值为无穷大，则该相断路。由于线路较为简单，故障一般发生在低压电器上。

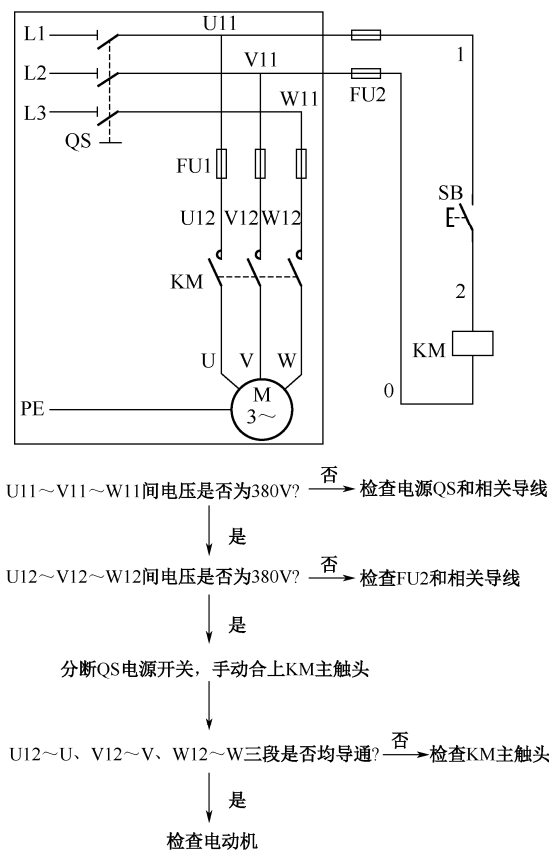


图 1-2-15 点动控制线路故障二

## 2. 交流接触器检测

用万用表测量各触点的通断情况，特别注意“常开”、“常闭”触点的不同。所谓“常开”、“常闭”是指电磁系统未通电时触点的状态，二者是联动的，当线圈通电时，常闭触点先断开，常开触点后闭合；线圈断电时，常开触点先断开，常闭触点后闭合。“常开”、“常闭”触点动作的先后顺序不能弄错，否则会影响到电路的分析。此外，交流接触器线圈电压在其 85%~105%额定电压时，能可靠地工作。电压过高，则磁路趋于饱和，线圈电流将显著增大，线圈有被烧坏的危险；电压过低，则吸不牢衔铁，触点跳动，不但影响电路正常工作，而且线圈电流会达到额定电流的几十倍，使线圈过热而烧坏。因此，电压过高或过低都会造成线圈发热而烧毁。

## 1.3 任务二：三相异步电动机长动控制线路分析



### 抛砖引玉

点动控制线路中，手必须按在按钮上电动机才能运转，手松开按钮后，电动机则停转。

这种控制电路对于生产机械中电动机的短时间控制十分有效，如果生产机械中电动机需要长时间控制，操作人员一只手必须始终按在按钮上，则不方便进行其他操作，劳动强度也大，因此现实中的许多生产机械都要求按下按钮启动电动机后，即使松开手，电动机仍继续运行。B690 型牛头刨床主轴电动机就是采用这种长动控制方式。本次任务将分析长动控制线路并排除常见故障。



有的放矢

- (1) 了解组合开关、热继电器、熔断器、变压器的结构、型号、规格及使用方法。
- (2) 掌握组合开关、热继电器、熔断器、变压器的工作原理、图形文字符号及用途。
- (3) 掌握三相异步电动机长动控制基本线路的工作原理。



聚沙成塔

知识卡 1：组合开关（★☆☆）

组合开关实际上是一种转换开关，其特点是体积小，触点对数多，接线方式灵活，操作方便。在机床电气设备中作为电源引入开关，也可以用于三相异步电动机非频繁的正/反转控制。

1. 组合开关的结构与型号

组合开关由多对动触点和静触点、方形转轴、手柄、定位机构和外壳等组成，其静触点装在能随转轴转动的绝缘垫板上，这样当手柄和转轴沿顺时针或逆时针方向转动 90° 时，就能带动三个动触点分别与静触点接触或分离，实现接通和断开电路的目的，其结构和图形、文字符号如图 1-3-1 所示。

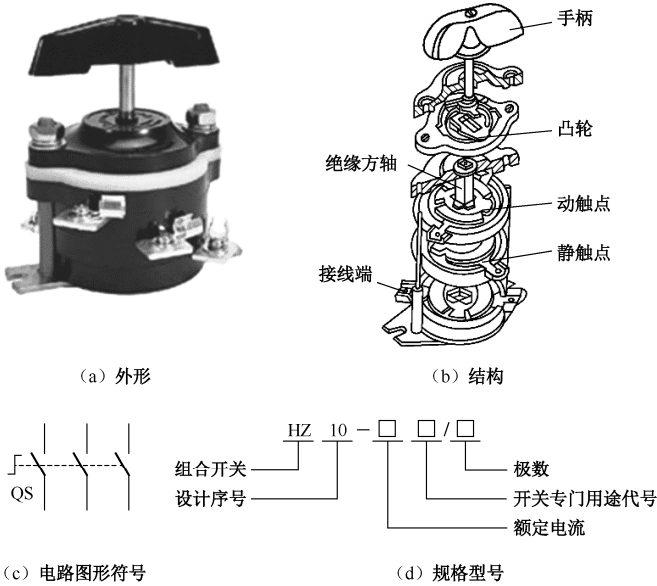


图 1-3-1 HZ10-10/3 组合开关的外形与结构示意图

## 2. 组合开关的主要技术数据及选用

组合开关可分为单极、双极和多极三类，主要参数有额定电压、额定电流、极数等，额定电流有 10A、20A、40A、60A 几个等级。组合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用。在用于控制小型异步电动机的运转时，开关的额定电流一般取电动机额定电流的 1.5~2.5 倍。

## 3. 组合开关的安装与使用

(1) HZ10 系列组合开关应安装在控制箱（或壳体）内，其操作手柄最好伸出在控制箱的前面或侧面。开关为断开状态时应使手柄在水平位置。HZ3 系列组合开关外壳上的接地螺钉应可靠接地。

(2) 若要在箱内操作，开关最好装在箱内右上方，并且不要在它的上方安装其他电器，如果要安装则应采取隔离或绝缘措施。

(3) 组合开关的通断能力较低，故不能用来分断异常电流。

(4) 当操作频率过高或负载功率因数较低时，应降低开关的容量使用，以延长其使用寿命。

## 知识卡 2：热继电器（★★☆）

### 1. 功能

热继电器是利用流过继电器的电流所产生的热效应而使其动作的自动保护电器。电动机在运行过程中，难免会遇到过载运行、频繁启动、断相运行、欠电压运行等情况，这样有可能造成电动机的电流超过它的额定值。当超过的量不大时，熔断器不会熔断，但时间长了会引起电动机过热，加速电动机绝缘的老化，缩短电动机的使用寿命，严重时甚至会烧毁电动机绕组，因此必须对电动机进行长期过载保护。

### 2. 结构与工作原理

热继电器的形式有多种，主要有双金属片式和电子式，在机床电气控制中双金属片式应用最多。按极数划分有单极、两极和三极三种，其中三极的又包括带断相保护装置的和不带断相保护装置的。按复位方式分有自动复位式和手动复位式。目前使用的热继电器有两极和三极两种类型。如图 1-3-2 (a) 所示为两极双金属片式热继电器。它主要由热元件、传动推杆、常闭触点、电流整定旋钮和复位杆组成。热元件由主双金属片和绕在外面的电阻丝组成。主双金属片由两种膨胀系数不同的金属片用机械辗轧而成。

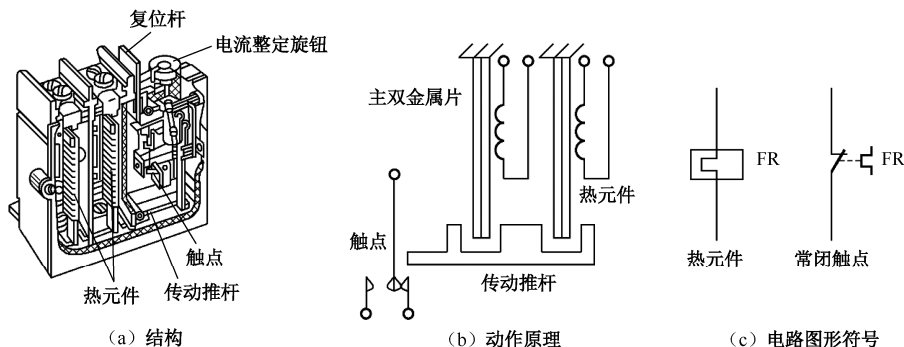


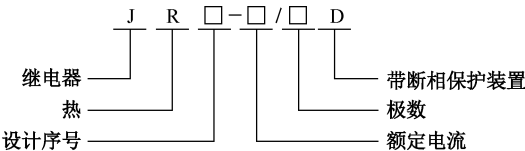
图 1-3-2 热继电器的结构、动作原理和电路符号

使用热继电器时，要将热元件串联在主电路中，常闭触点串联在控制电路中。动作原理如图 1-3-2 (b) 所示，当电动机过载时，流过电阻丝的电流大于热继电器的整定电流值，电阻丝温度升高，由于两块金属片的膨胀系数不同而使主双金属片弯曲，通过传动推杆推动常闭触点使其分断，断开控制电路，再通过接触器切断主电路，实现对电动机的过载保护。电源切断后，主双金属片逐渐冷却回到原位。热继电器的复位杆有手动复位和自动复位两种形式，可根据使用要求通过复位调节螺钉来自由调整选择。热继电器的电路符号如图 1-3-2 (c) 所示。

热继电器的整定电流是指使热继电器连续工作而不动作的最大电流，可通过旋转电流整定旋钮来调节。一般自动复位时间不大于 5min，手动复位时间不大于 2min。超过整定电流，热继电器将在负载未达到其允许的过载极限之前动作。

3. 型号含义及选用

热继电器的型号及表示意义如下：



例如，JRS1-12/3 表示 JRS1 系列额定电流为 12A 的三极热继电器。

热继电器的选择：应根据电动机的额定电流来确定其型号及热元件的额定电流等级。应注意的是热继电器不能用于短路保护。

(1) 根据电动机的额定电流选择热继电器的规格。一般应使热继电器的额定电流略大于电动机的额定电流。

(2) 根据需要的整定电流值选择热元件的编号和电流等级。一般情况下，热元件的整定电流为电动机额定电流的 0.95 ~ 1.05 倍。

(3) 根据电动机定子绕组的连接方式选择热继电器的结构形式，即定子绕组为 Y 形连接的电动机选用普通三极结构的热继电器，而采用 形连接的电动机选用三极带断相保护装置的热继电器。

知识卡 3：长动控制线路 (★★☆)

长动控制线路如图 1-3-3 所示，其主电路和点动控制线路的主电路相同，但在控制电路部分又串联了一个停止按钮 SB2，在启动按钮 SB1 的两端并联了接触器 KM 的一对辅助常开触点。长动控制线路不但能使电动机连续运转，而且还具有欠压和失压（或零压）保护作用。

1. 工作原理

合上电源开关 QS 后，按下启动按钮 SB2，接触器 KM 线圈通电吸合，KM 的 3 对主触点闭合，电动机 M 通电启动，同时与 SB2 并联的 1 对辅助常开触点闭合，形成自锁。松开 SB2 后，接触器 KM 的线圈通过辅助常开触点的闭合仍继续保持通电，从而实现电动机的连续运转。这种依靠

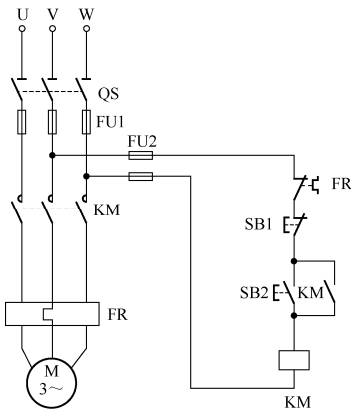


图 1-3-3 长动控制线路原理图

接触器自身辅助常开触点使其线圈保持通电的控制方式称为自锁。与启动按钮并联起自锁作用的辅助常开触点称为自锁触点。当需要电动机停转时，只要按下停止按钮，则接触器 KM 线圈断电，KM 主触点分断，电动机 M 失电停转。

长动控制线路示意图如图 1-3-4 所示。

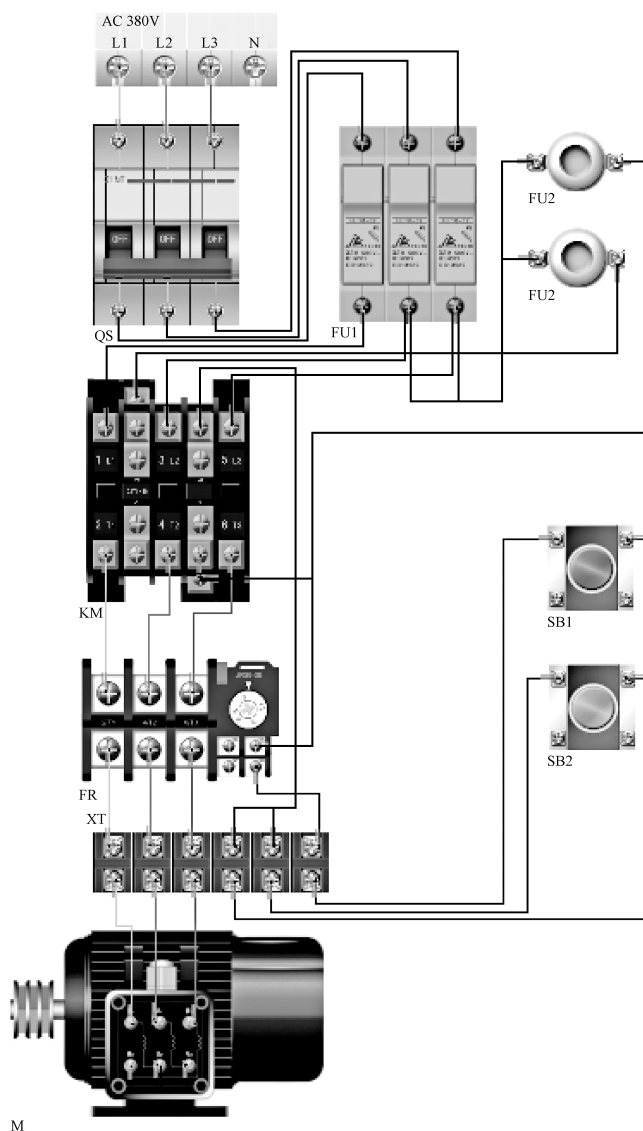


图 1-3-4 长动控制线路示意图

技能卡：电路的检修方法（★★★）

测量法是在机床电路的检修中最常用的方法，利用电工工具和仪表对电路进行带电或断电测量，是查找故障点的可靠方法。

#### 1. 电压分阶测量法

测量检查时，首先把万用表的转换开关置于交流 750V 挡位。