



❖ 项目内容:

任务一	点动控制电路的分析、接线与调试
任务二	点动/长动控制电路的分析、接线与调试
任务三	自动往返控制电路的分析、接线与调试
任务四	Y— Δ 减压起动控制电路的分析、接线与调试
任务五	反接制动控制电路的分析、接线与调试





❖ 项目重点:

- (1) 低压电器的结构、工作原理。
- (2) 控制线路的基本环节的工作原理、分析方法。





❖ 能力要求:

通过本章的学习，要求读者具有正确选用机床常用电器的能力、分析机床控制电路基本环节的能力和看懂电气控制原理图的能力。





一、学习目标

- 1) 认识并会选用组合开关、控制按钮、熔断器、接触器、三相笼型异步电动机。
- 2) 能正确分析点动控制电路，并能说出其控制原理。
- 3) 能根据电路图正确安装与调试点动控制电路。

二、任务

本任务是完成点动控制电路的分析、接线与调试。电路控制要求为：按下起动按钮，电动机运转；松开起动按钮，电动机停转。





三、设备

主要元器件见表1-1。

序号	名称	数量
1	组合开关	1个
2	熔断器	4个
3	交流接触器	1个
4	笼型异步电动机	1台
5	按钮	1个
6	电工工具及导线	若干





四、知识储备

1. 组合开关

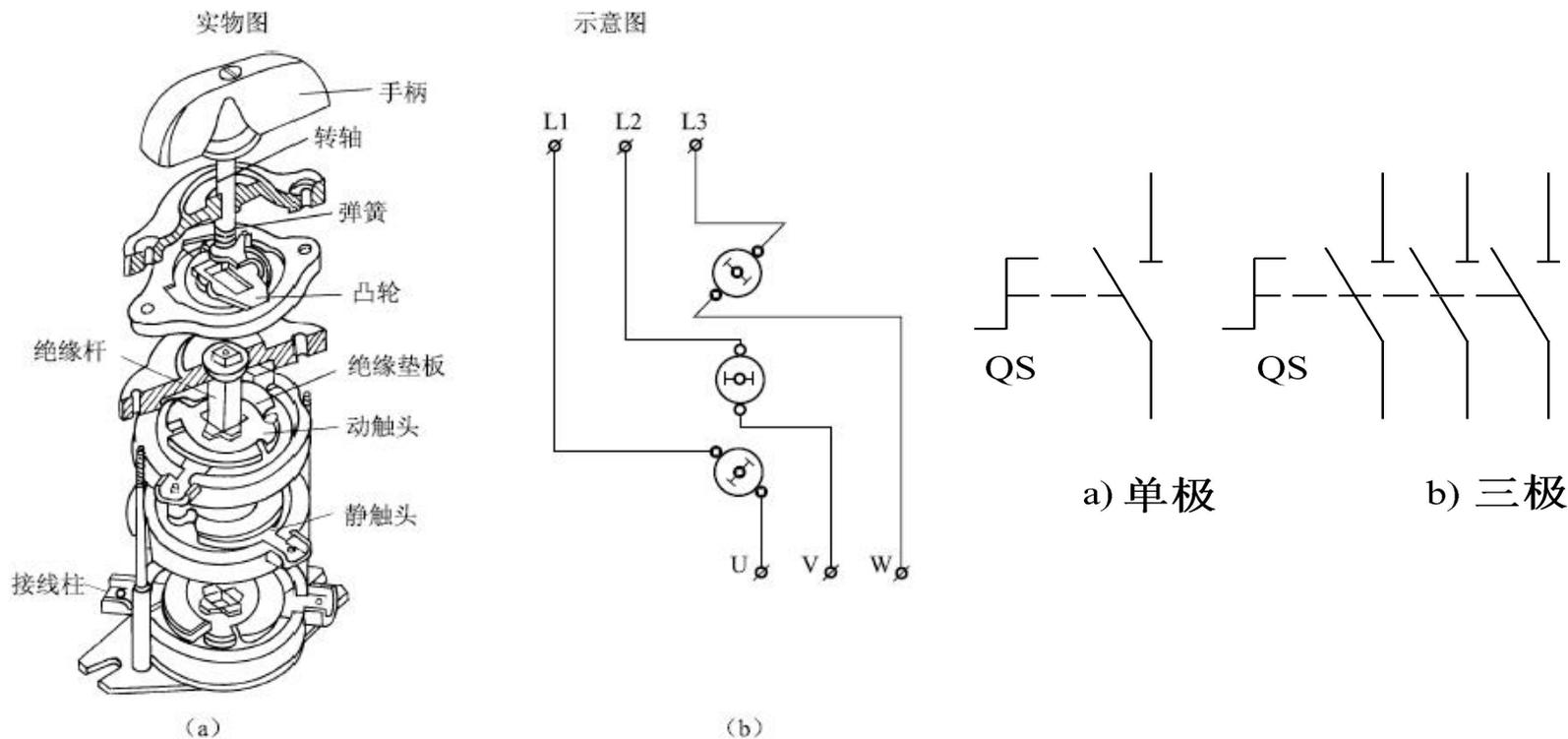
在机床电气控制中主要用作电源开关，不带负载接通或断开电源，供转换之用；也可以直接控制5kW以下的异步电动机的起动、停止等，组合开关不适于频繁操作的场所使用。

开关的额定电流一般取电动机额定电流的1.5~2.5倍。





组合开关的图形符号和文字符号如图所示。



主要根据电源种类、电压等级、所需触头数及电动机容量进行选用。

组合开关的常用产品有HZ5、HZ10系列。





2. 控制按钮

主令电器是一种在电气控制线路起发送或转换控制指令作用的电器，常用于接通或断开控制电路，再通过接触器、继电器间接控制主电路的接通与断开，但主令电器不能直接用于主电路的分合。电气控制线路中常用的主令电器主要有控制按钮、行程开关和转换开关等。

控制按钮主要用于低压控制电路中，手动发出控制信号，以控制接触器、继电器等，按钮触头允许通过的电流较小，一般不超过**5A**。



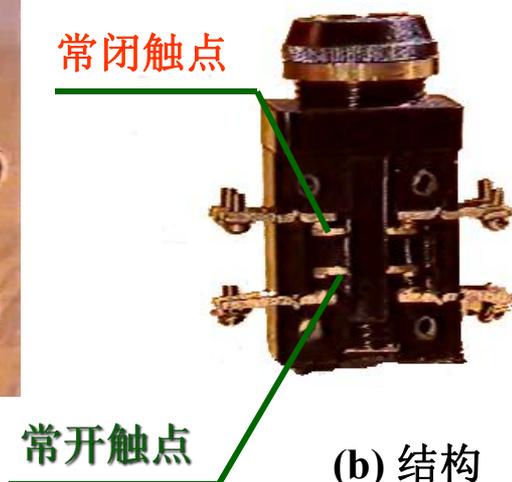


1) 控制按钮结构

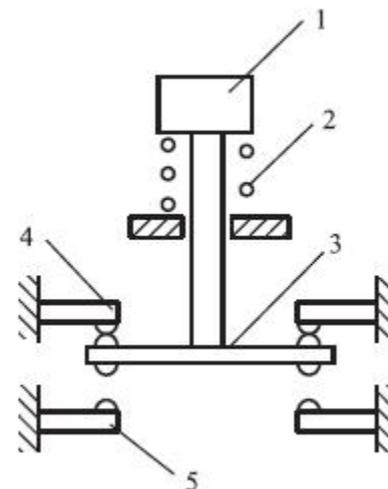
按钮外形及结构如图所示，当手动按下按钮帽1时，常闭触头3断开，常开触头闭合；当手松开时，复位弹簧2将按钮的动触头4恢复原位，从而实现了对电路的控制。



(a) 外形图



(b) 结构





为便于识别各按钮作用，避免误操作，在按钮帽上制成不同标志并采用不同颜色以示区别，一般红色表示停止按钮、绿色或黑色表示起动按钮。不同场合使用的按钮还制成不同的结构，例如紧急式按钮装有突出的蘑菇形按钮帽以便于紧急操作，旋钮式按钮通过旋转进行操作，指示灯式按钮在透明的按钮帽内装和信号进行信号显示，钥匙式按钮必须用钥匙插入方可旋转操作等。

图 片				
形式	平头式	凸头式	蘑菇头式	自锁式





2) 控制按钮型号

控制按钮型号标注型式为：

常用的按钮种类有**LA2、LA18、LA19、LA20、LA25**等系列。

3) 控制按钮选用

按钮类型选用应根据使用场合和具体用途确定。

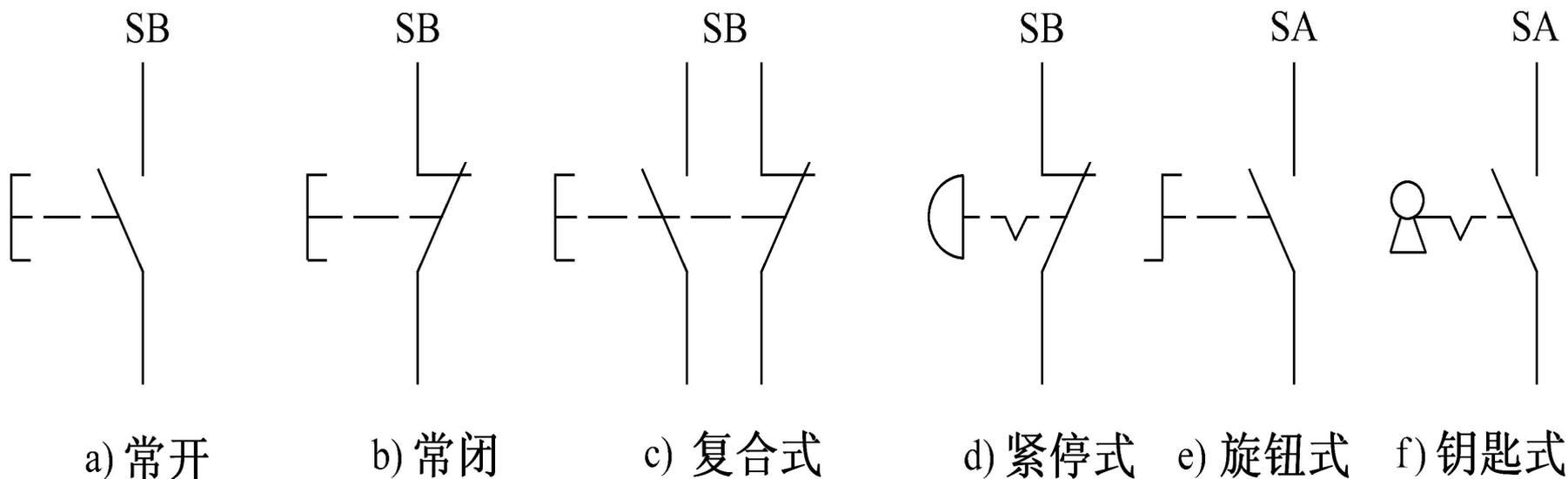
例如控制柜面板上的按钮一般选用开启式，需显示工作状态则选用带指示灯式，重要设备为防止无关人员误操作就需选用钥匙式。

按钮颜色根据工作状态指示和工作情况要求选择，见**1-1**表。





按钮图形和文字符号如图所示。



按钮选择的主要依据是使用场所、所需要的触头数量、种类及颜色。





3. 熔断器

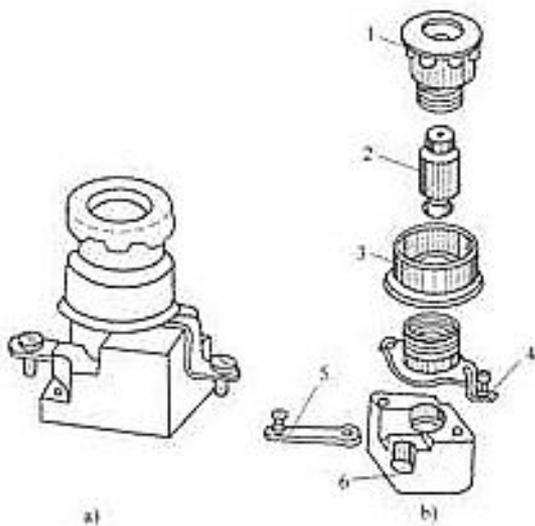
当电路发生短路或严重过载时，熔断器的熔体自身发热而熔断，从而分断电路的电器。熔断器主要用于短路保护。

1) 熔断器结构

熔断器一般由熔体和底座等组成。

熔断器的类型分为瓷插（插入）式、螺旋式和封闭管式三种。

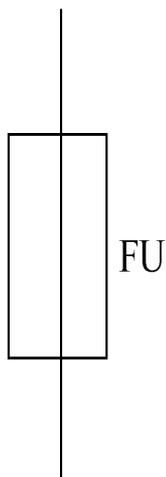




螺旋式熔断器结构

1-瓷帽 2-熔管 3-瓷套 4-上接线端 5-下接线端 6-底座

熔断器的图形符号及文字符号如图所示。



选择熔断器时主要是选择熔断器的类型、额定电压、额定电流及熔体的额定电流。





2) 熔断器主要技术参数

① 额定电压

指熔断器能长期正常工作时承受的电压，其值一般等于或大于电气设备的额定电压。

② 额定电流

指熔断器长期工作时各部件温升不超过规定值时所能承受的电流称为熔断器额定电流，而熔体能长期流过而不被熔断的电流则称为熔体额定电流。其值应大于或等于电气设备的额定电流。

③ 分断能力

指熔断器在额定电压等规定工作条件下可以分断的预期短路电流值，也就是熔断器可以分断的最大短路电流值。





④ 保护特性

该特性又称安秒特性，指熔体的熔化电流 I 与熔断时间 t 的关系。电流通过熔体时产生的热量与电流通过时间成正比，电流越大，则熔体熔断时间越短，其特征曲线见图1-21。

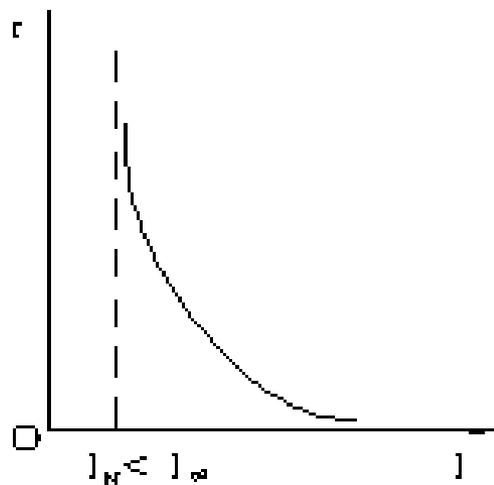


图1-21 熔断器保护特性曲线





5) 熔断器熔化系数

通常将熔断器熔体额定电流与最小熔化电流之比 I/I_N 称为熔化系数，一般 $I/I_N \gg 1.5 \sim 2$ ，该系数反映熔断器在过载时的保护特性。若要使熔断器能保护小过载电流，则熔化系数应低；为避免电动机启动时的短时电流，熔体熔化系数就应选高。





3) 熔断器选用

①熔断器类型选用

对于小容量电动机或照明线路，一般考虑过电流保护，应选较小熔化系数的熔体材料，如铅锡合金或RC1A系列熔断器；对于大容量电动机或照明线路，除考虑过电流保护外还要考虑短路时的分断短路电流的能力，预期短路电流较小时，可选用熔体为铜质的RC1A系列和熔体为锌质的RM10系列熔断器，预期短路电流较大时，宜选用具有高分断能力的RL6系列螺旋式熔断器，预期短路电流很大时，需选用具有更高分断能力的RT12或RT14系列熔断器

②熔断器额定电压选择

额定电压应大于或等于所在电气控制线路的额定电压。





电动机回路中作短路保护时，对于单台直接起动电动机，应按下式计算：

$$I_{fu} = (1.5 \sim 2.5) I_N$$

I_N —— 电动机的额定电流。

对于多台直接起动电动机，应按下式计算：

$$I_{fu} = (1.5 \sim 2.5) I_{Nmax} + \sum I_N$$

I_{Nmax} —— 功率最大的一台电动机额定电流。

$\sum I_N$ —— 其余电动机额定电流之和。





4. 接触器

接触器是一种用来频繁地接通或分断带有负载的主电路(如电动机)的自动控制电器。

接触器种类分为直流、交流两种，机床上应用最多的是交流接触器。目前我国常用的交流接触器主要有：CJ20、CJX1、CJX2、CJ12和CJ10等系列，引进德国BBC公司制造技术生产的B系列，德国SIEMENS公司的3TB系列等。





1) 接触器结构及符号

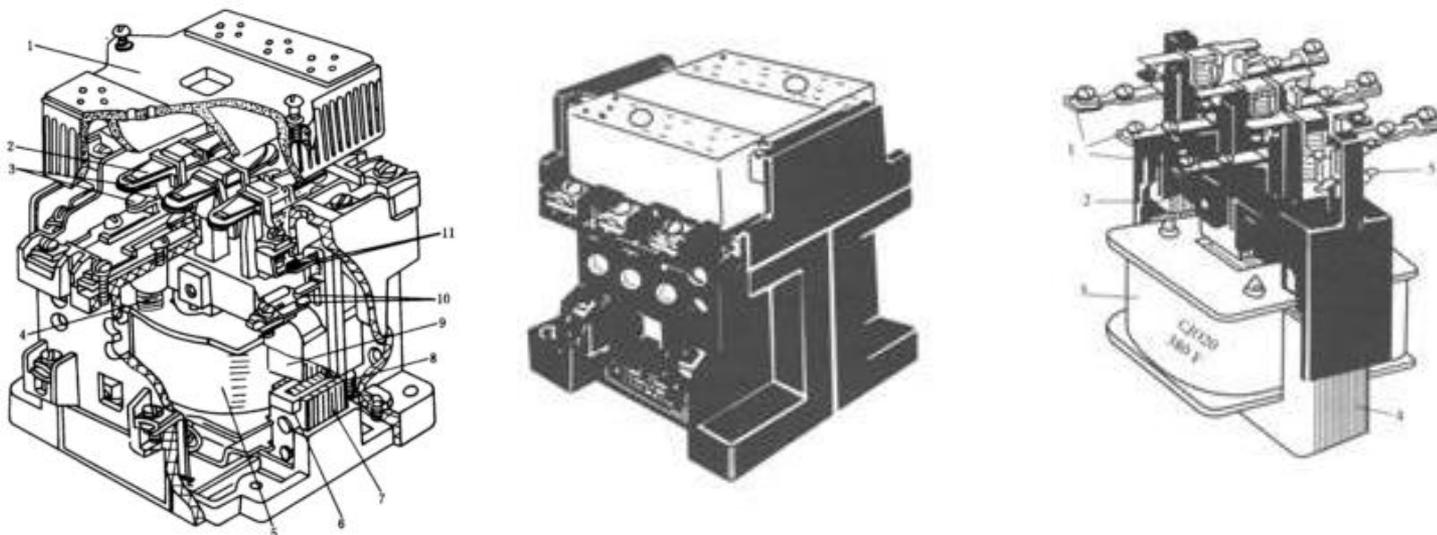


图1-1 CJ10-20型交流接触器

1—灭弧罩 2—触点压力弹簧片 3—主触点 4—反作用弹簧 5—线圈 6—短路环 7—静铁心 8—弹簧 9—动铁心 10—辅助常开触点 11—辅助常闭触点





通常交流接触器的结构如图1-7所示,当线圈通电时,静铁芯产生电磁吸力,将动铁芯吸合,由于触头系统是与动铁芯联动的,因此动铁芯带动三条动触片同时运行,触点闭合,从而接通电源。当线圈断电时,吸力消失,动铁芯联动部分依靠弹簧的反作用力而分离,使主触头断开,切断电源。

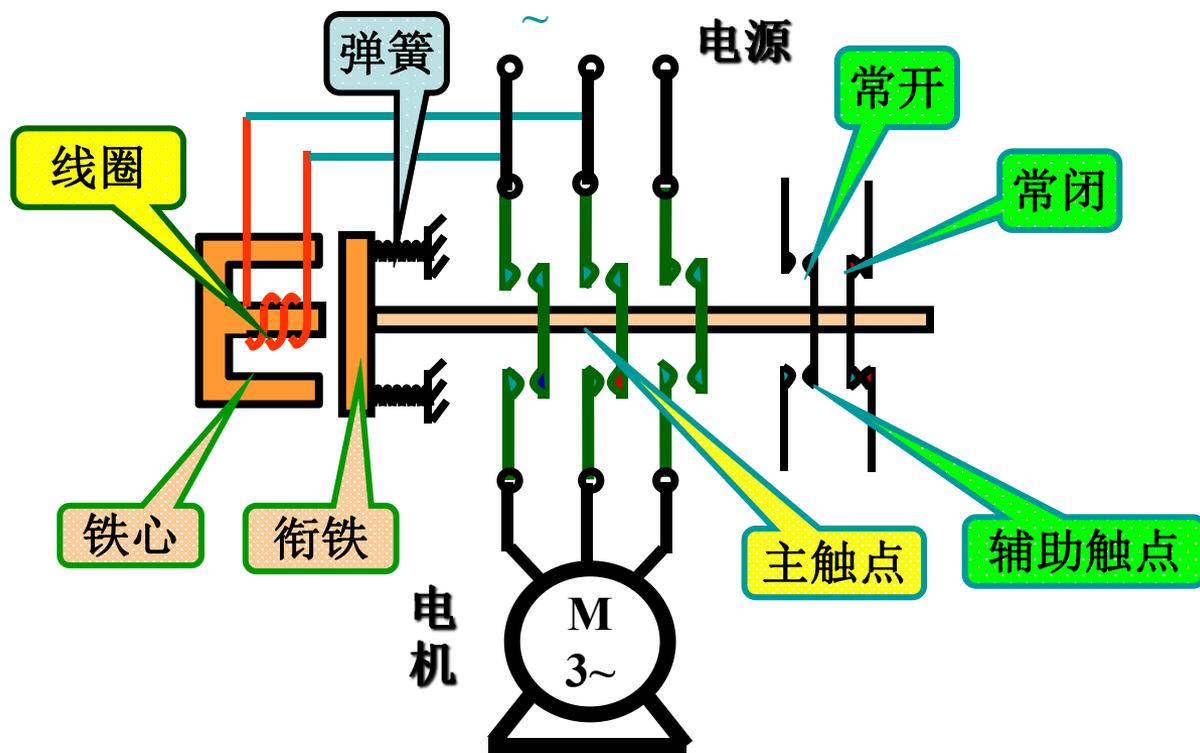
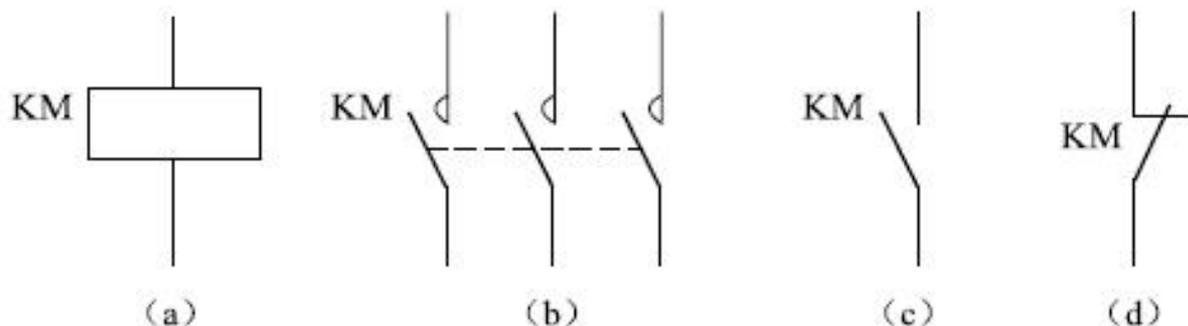


图1-7交流接触器的结构





接触器的图形符号及文字符号如图所示。



选择交流接触器时主要考虑主触点的额定电压、额定电流、辅助触点的数量与种类、吸引线圈的电压等级、操作频率等。





(2) 交流接触器的选择

(a) 持续运行的设备。接触器按67-75%算，即100A的交流接触器，只能控制最大额定电流是67-75A以下的设备。

(b) 间断运行的设备。接触器按80%算，即100A的交流接触器，只能控制最大额定电流是80A以下的设备。

(c) 反复短时工作的设备。接触器按116-120%算，即100A的交流接触器，只能控制最大额定电流是116-120A以下的设备。还要考虑工作环境和接触器的结构形式。





(3) 接法

(a) 一般三相接触器一共有8个点，三路输入，三路输出，还有是控制点两个。输出和输入是对应的，很容易能看出来。如果要加自锁的话，则还需要从输出点的一个端子将线接到控制点上面。

(b) 首先应该知道交流接触器的原理。它是用外界电源来加在线圈上，产生电磁场。加电吸合，断电后接触点就断开。知道原理后，应该弄清楚外加电源的接点，也就是线圈的两个接点，一般在接触器的下部，并且各在一边。其它的几路输入和输出一般在上部，一看就知道。还要注意外加电源的电压是多少（220V或380V），一般都标着。并且注意接触点是常闭还是常开。如果有自锁控制，根据原理理一下线路就可以了。





接触器在选用时主要依据其技术参数，一般遵循以下原则：

- 1) 根据负载性质选择接触器的类型。
- 2) 接触器的额定电压应大于或等于主电路的工作电压。
- 3) 接触器的额定电流应大于或等于被控电路的额定电流。
- 4) 接触器的线圈电压必须与接入此线圈的控制电路额定电压相等。
- 5) 接触器触点数量和种类应满足主电路和控制线路的需要。但实际选用时还要考虑具体情况。





交流接触器的额定电压（指主触点的额定电压）一般为500V或380V两种，应大于或等于负载电路的电压。

接触器的额定电流（指主触点的额定电流）应大于或等于被控回路的额定电流。

$$I_C = \frac{P_N}{KU_N} \quad K=1\sim 1.4$$

接触器线圈的电流种类（交流和直流两种）和电压等级应与控制电路相同。

触点数量和种类应满足主电路和控制电路的要





5.三相笼型异步电动机

三相笼型异步电动机由定子和转子两个基本部分组成。当三相定子绕组接入三相对称交流电源后，将在气隙中产生一个旋转磁场，此旋转磁场切割转子导体，产生感应电流。流有感应电流的转子导体在旋转磁场的作用下产生转矩，使转子旋转。根据左手定则可判断出转子的旋转方向与旋转磁场的旋转方向相同。小型低压三相笼型异步电动机的外形如图所示。

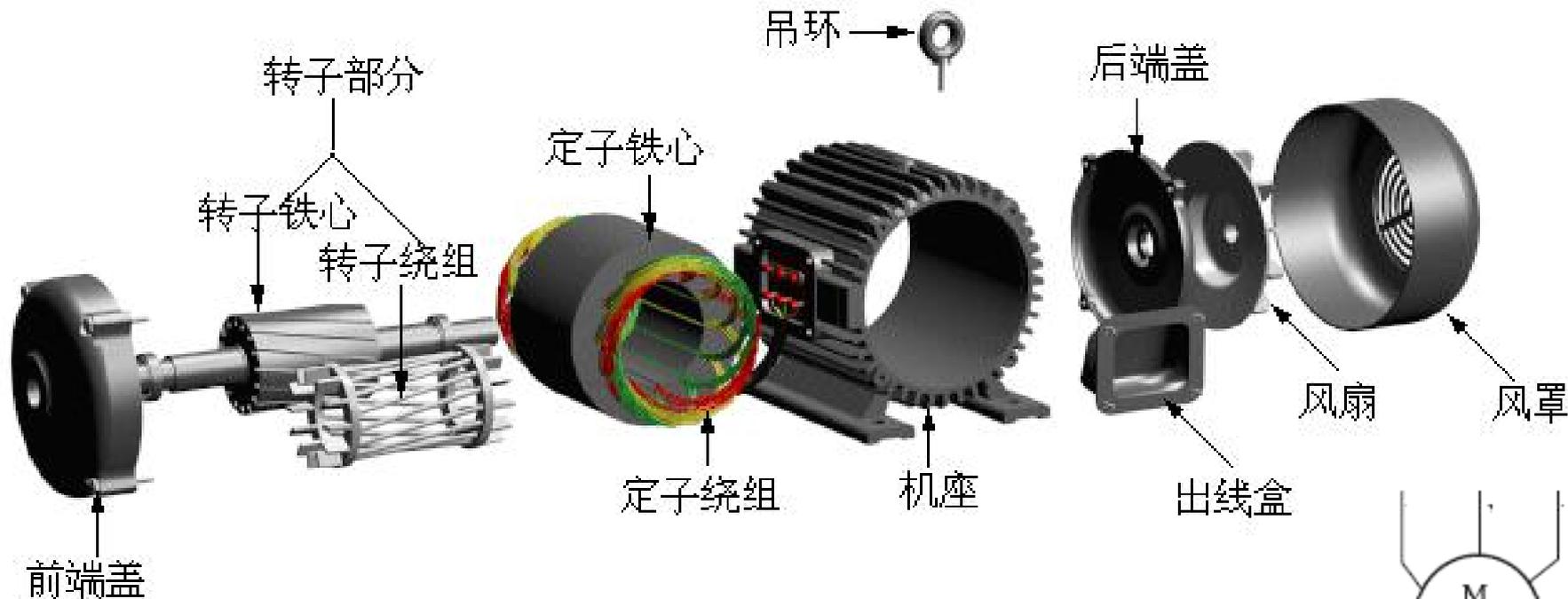




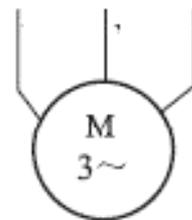
右图是一台三相鼠笼型异步电动机的外形图。



下面是它主要部件的拆分图。

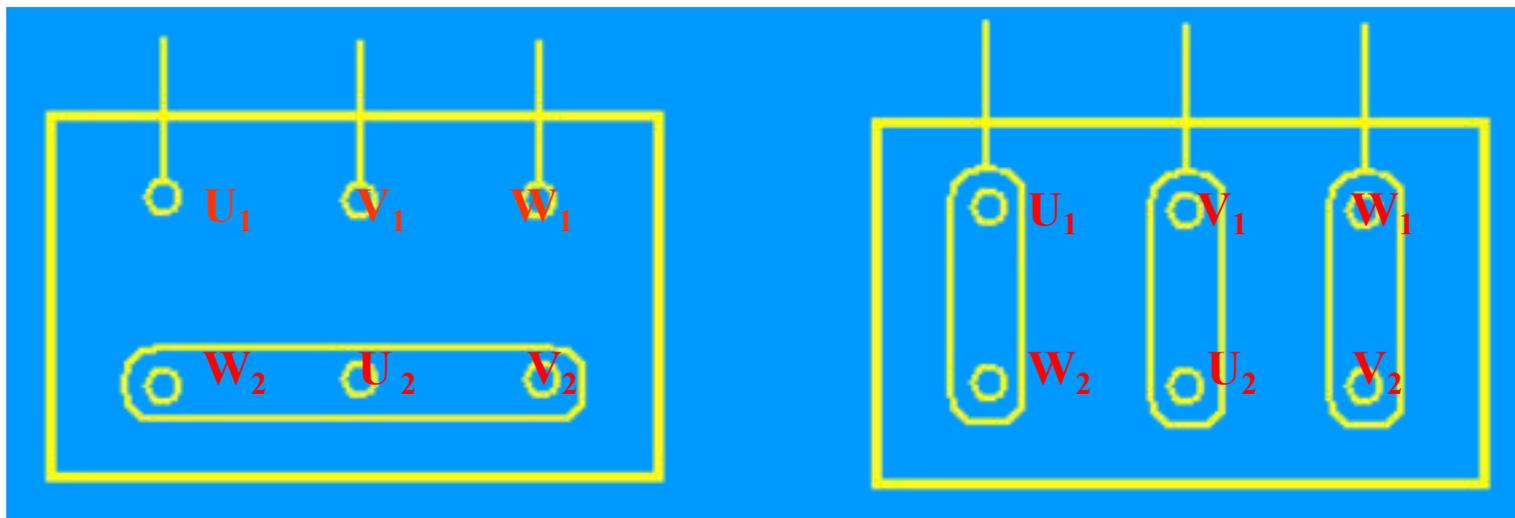


三相笼型异步电动机图形符号





三相异步电动机的定子绕组有星形（Y）联结和三角形（ Δ ）联结两种。若电压为380V，接法为 Δ 联结，表示定子绕组的额定线电压为380V，应接成 Δ 联结。若电压为380V/220V，接法为Y/ Δ ，表明电源线电压为380V时，应接成Y联结；电源线电压为220V时，应接成 Δ 联结。



Y联结

Δ 联结





6. 机床电气原理图的画法及阅读方法

(1) 电气原理图的画法

电气原理图是为了便于阅读和分析控制线路，根据简单清晰的原则，采用电气元件展开的形式绘制成的表示电气控制线路工作原理的图形。





电气控制系统是由电动机和若干电气元件按照一定要求连接组成，以便完成生产的过程控制特定功能的系统。为了表达生产机械电气控制系统的组成及工作原理，同时也便于设备的安装、调试和维修，而在系统中各电气元件及连接关系用一定的图样反映出来，在图样上用规定的图形符号表示各电气元件，并用文字符号说明各电气元件，这样的图样叫做电气图。常用的电气图包括：电气原理图、电器元件布置图、电气安装接线图。用图形符号、文字符号、项目代号等表示电路各个电气元件之间的关系和工作原理的图称为电气原理图。电气原理图结构简单、层次分明，适用于研究和分析电路工作原理、并可作为寻找故障提供帮助，同时也是编制电气安装接线图的依据，因此在设计部门和生产现场得到广泛应用。



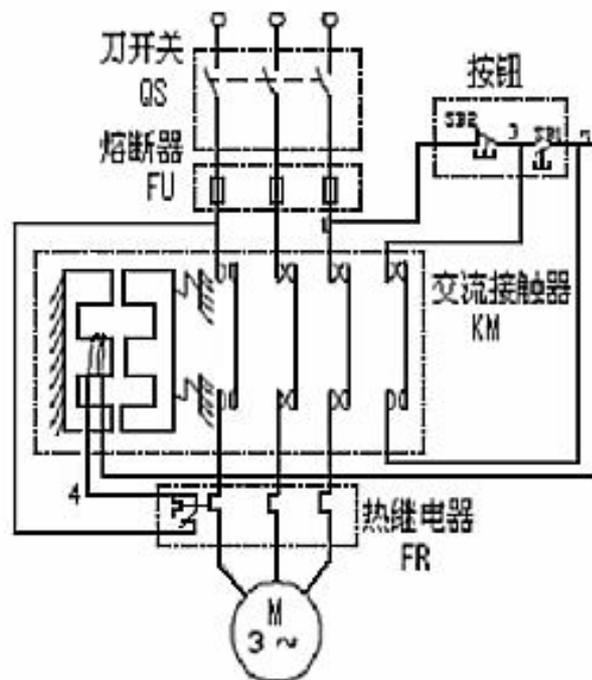


图1-31 全压起动控制线路结构图

电气原理图是把一个电气元件的各部件以分开的形式进行绘制，现场也有将同一电器上各个零部件均集中在一起，按照其实际位置画出的电路结构图，如图1-31所示，就是三相异步电动机的全压起动控制线路的电路结构图，其中用了刀开关**QS**、交流接触器**KM**、按钮**SB**、热继电器**FR**、熔断器**FU**等几种电器





图1-32所示的三相异步电动机的全压起动控制线路电气原理图中，根据工作原理把主电路和控制电路清楚地分开画出，虽然同一电器的各部件（比如接触器的线圈和触点）是分散画在各处的，但它们的动作是相互关联的，为了说明它们在电气上的联系，也为了便于识别，同一电器的各个部件均用相同的文字符号来标注。例如，接触器KM1的触点、吸引线圈，都用KM1来标注；接触器KM2的触点和线圈，都用KM2来标注。

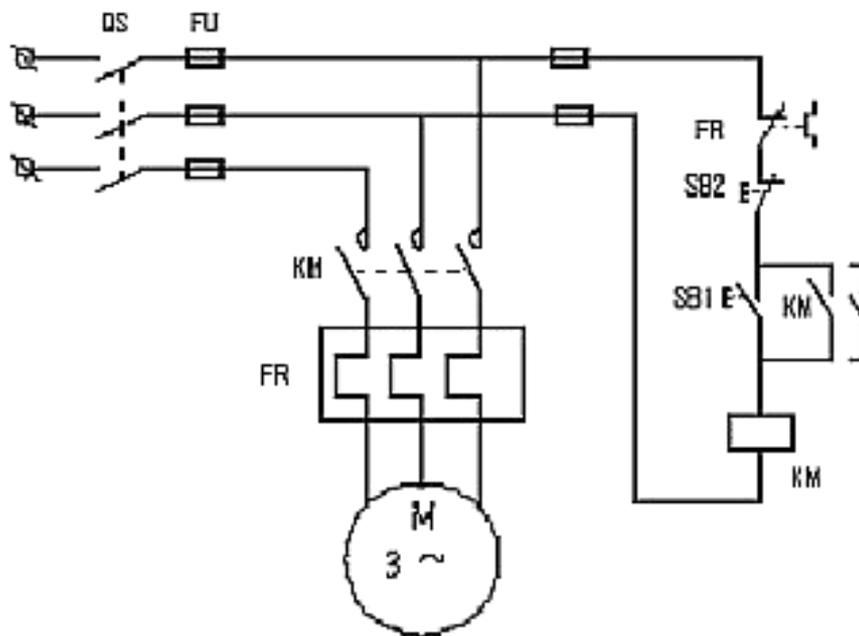
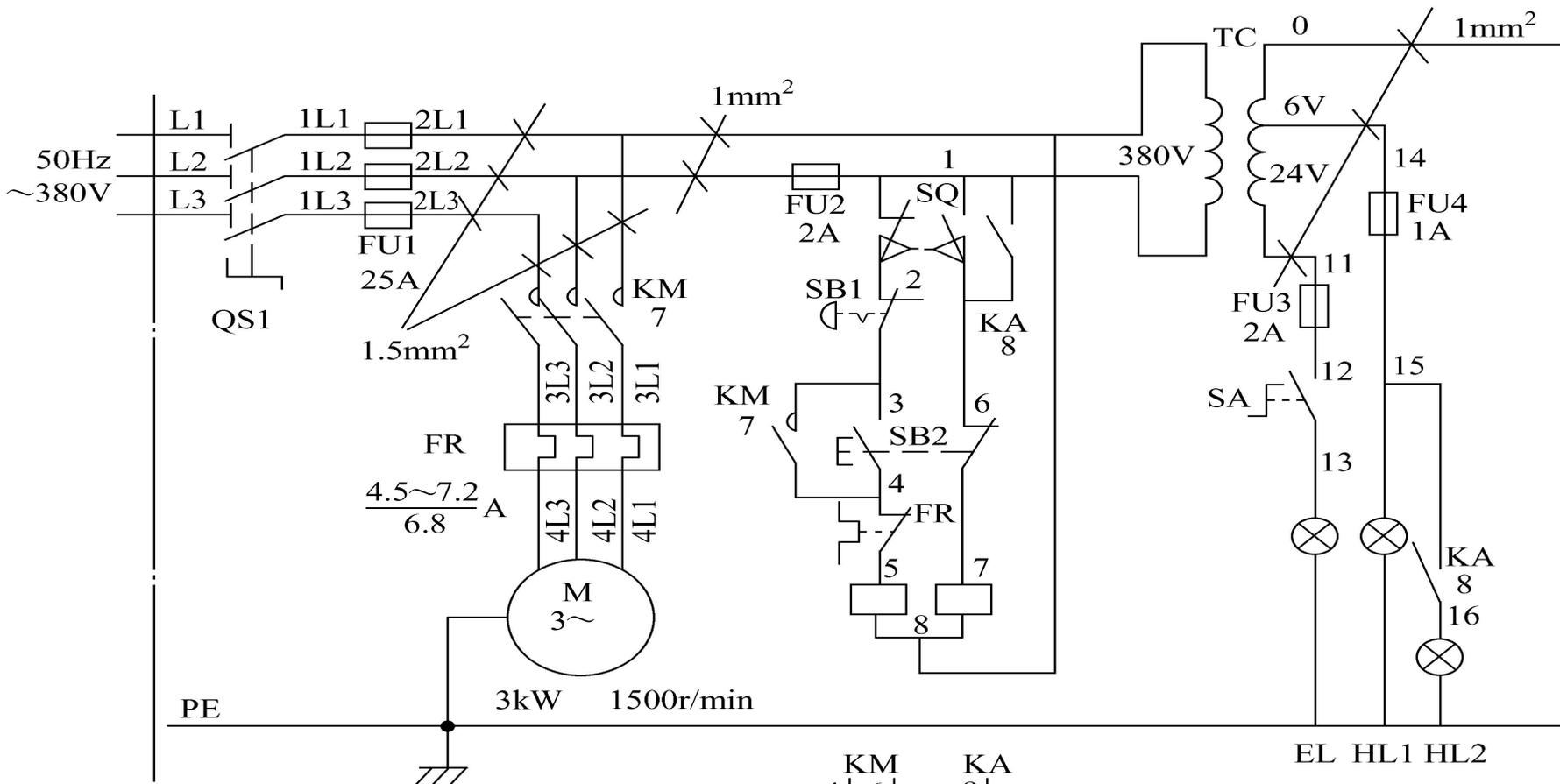


图1-32 全压起动控制电气原理图





1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
电源开关及保护			主电动机		起停控制电路				变压器	照明及信号		



	KM	KA
4	6	9
4	×	12
5		×
		×





1) 绘制电气原理图的基本规则

①电气原理图一般分为主电路、控制电路、辅助电路，主电路就是从电源到电动机绕组的大电流通过的路径，控制电路是由接触器、继电器的吸引线圈和辅助触点以及热继电器、按钮的触点等组成，辅助电路包括照明灯、信号灯等电器元件。控制电路、辅助电路中通过的电流较小。一般主电路用粗实线表示，画在左边（或上部）；辅助电路用细实线表示，画在右边（或下部）。





②在原理图中，各电器元件不画实际的外形图，而采用国家规定的统一标准来画，文字符号也要符合国家标准。属于同一电器的线圈和触点，都要用同一文字符号表示。当使用相同类型电器时，可在文字符号后加注阿拉伯数字序号来区分。

③同一电器的各个部件可以不画在一起，但必须采用同一文字符号标明。若有多个同一种类的电器元件，可在文字符号后加上数字序号，如KM1、KM2。





④元器件和设备的可动部分在图中通常均以自然状态画出。所谓自然状态是指各种电器在没有通电和外力作用时的状态。对于接触器、电磁式继电器等是指其线圈未加电压，而对于按钮、限位开关等，则是指其尚未被压合。

⑤在原理图中，有直接电联系的交叉导线的连接点，要用黑圆点表示。无直接电联系的交叉导线，交叉处不能画黑圆点。

⑥在原理图中，无论是主电路还是辅助电路，各电气元件一般应按动作顺序从上到下，从左到右依次排列，可水平布置或垂直布置。





2) 图面区域的划分

图面分区时，竖边从上到下用拉丁字母，横边从左到右用阿拉伯数字分别编号。分区代号用该区域的字母和数字表示。图区横向编号下方的“电源开关及保护”……等字样，表明它对应的下方元件或电路的功能，以便于理解全电路的工作原理。

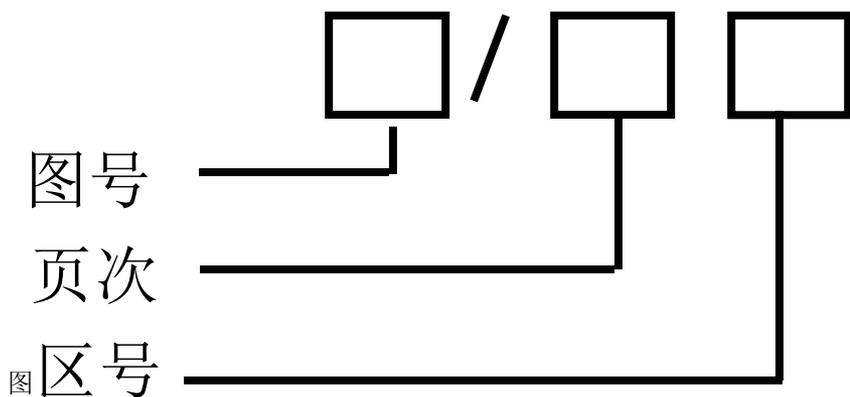




3) 符号位置的索引

在较复杂的电气原理图中，对继电器、接触器的线圈的文字符号下方要标注其触点位置的索引；而在触点文字符号下方要标注其线圈位置的索引。

符号位置的索引，用图号、页次和图区编号的组合索引法。





4) 技术数据的标注

电气元件的技术数据，除在电气元件明细表中标明外，有时也可用小号字体标在其图形符号的旁边。





(2) 电气原理图阅读和分析方法

1) 查线读图法

查线读图法是按照线路根据生产过程的工作步骤依次读图。

- ①了解生产工艺与执行电器的关系
- ②分析主电路
- ③分析控制电路





2) 逻辑代数法

逻辑代数法又称间接读图法，是通过对电路的逻辑表达式的运算来分析控制电路的，其关键是正确写出电路的逻辑表达式。

通常把继电器、接触器、电磁阀等线圈通电或按钮、限位开关受力（其常开触点闭合接通），用逻辑“1”表示。把线圈失电或按钮、限位开关未受力（其常开触点断开），用逻辑“0”表示。





在继电器接触器控制线路中，把表示触点状态的逻辑变量称为输入逻辑变量；把表示继电器、接触器等受控元件的逻辑变量称为输出逻辑变量。输出逻辑变量是根据输入逻辑变量经过逻辑运算得出的。输入、输出逻辑变量的这种相互关系称为逻辑函数关系。





- (1) 逻辑与
逻辑与用触点串联来实现。

$$KM=KA1 \cdot KA2$$

- (2) 逻辑或
逻辑或用触点并联电路实现。

$$KM=KA1+KA2$$

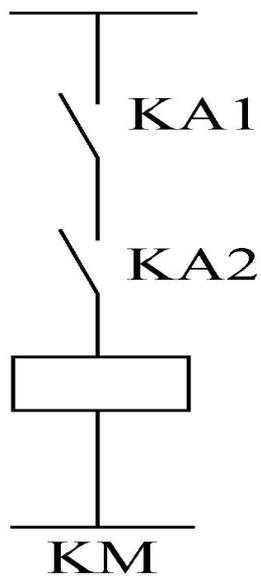
- (3) 逻辑非
逻辑非实际上就是触点状态取反。

$$KM=\overline{KA}$$

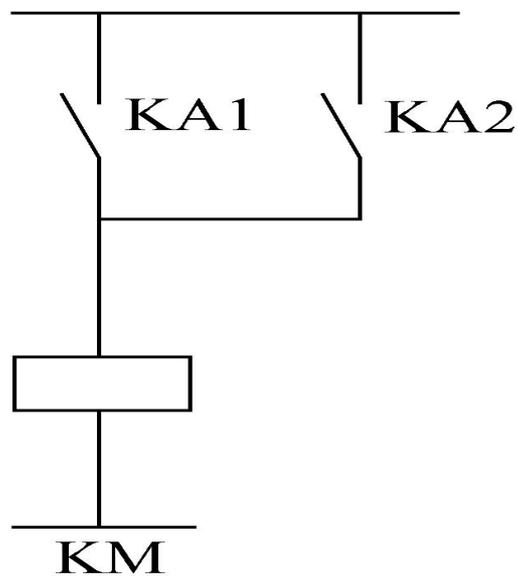




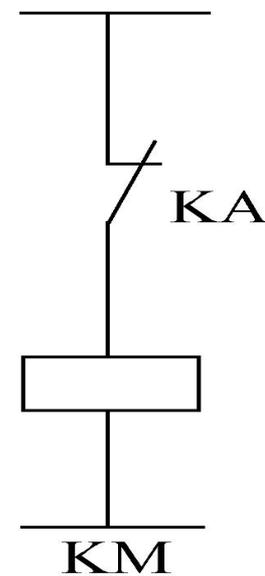
基本逻辑图如图所示。



a) 逻辑与



b) 逻辑或



c) 逻辑非





五、点动控制电路分析

小型异步电动机可采用直接起动方式，起动时将电动机的定子绕组直接接在额定电压的交流电源上。点动控制就是直接起动的一种方式。

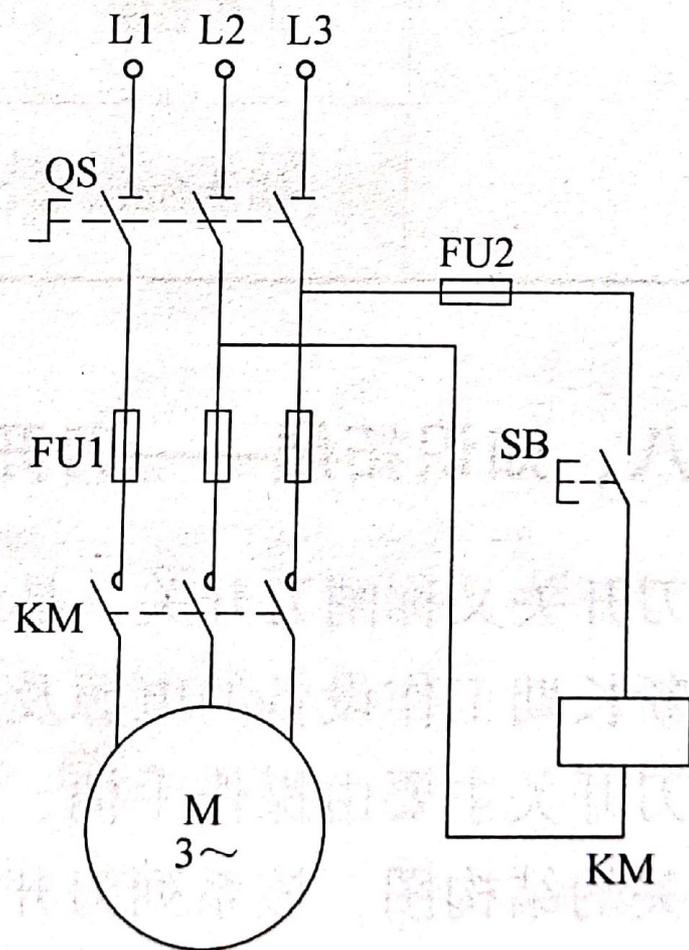
图所示为电动机点动控制电路，图中组合开关**QS**、熔断器**FU1**、交流接触器**KM**的主触点与电动机组成主电路，主电路中通过的电流较大。控制电路由熔断器**FU2**、起动按钮**SB**、接触器**KM**的线圈组成，控制电路中流过的电流较小。





控制电路的工作原理如下：接通电源开关**QS**，按下起动按钮**SB**，接触器**KM**的吸引线圈通电，常开主触点闭合，电动机定子绕组接通三相电源，电动机起动。松开起动按钮，接触器线圈断电，主触点断开，切断三相电源，电动机停止。

电路中，所有电器的触点都按电器没有通电和没有外力作用时的初始状态画出，如接触器的触点按线圈不通电时的状态画出；按钮按不受外力作用时的状态画出。





- 布置作业：
- 1. 写出组合开关、控制按钮、熔断器、接触器和电动机的图形符号和文字符号。
- 2. 绘制电动控制电路，并写出控制原理。

