

# 电气图的绘制

电气控制系统是由许多电气元件按一定要求连接而成的。为了表达生产机械电气控制系统的结构、工作原理,同时也为了便于电气元件的安装、接线、运行、维护,需要将电气控制系统中各电气元件的连接用一定的图形表示出来。人们希望通过阅读技术文件就能够正确地掌握操作技术和维修方法。因此,需要用统一的工程语言,即用图的形式将电气控制线路的组成、工作原理及安装、调试、维修等技术要求表达出来,这种采用统一规定的图形符号、文字符号及标准画法进行绘制的图称为电气图,又称电气控制系统图。电气控制系统图是用符号或带注释的框,概略表示系统的组成、各组成部分相互关系及其主要特征的图样,它比较集中地反映了所描述工程对象的规模,包括电气原理图、电气布置图和电气接线图。

## 3.1 电气图中的图形符号、文字符号

为了便于交流,在电气控制系统图中,用不同的图形符号表示各种电气设备、装置和元器件,用不同的文字符号进一步说明图形符号所代表的电气元件的基本名称、功能、状态、主要特征及编号等。电气控制系统图应根据简单易懂的原则,采用统一的国家标准规定的图形符号、文字符号和标准画法进行绘制。国家标准局颁布了《电气图常用图形符号》(GB/T 4728—2005)系列标准、《电气技术中的文字符号制订通则》(GB 7159—1987)系列标准、《电气技术用文件的编制》(GB/T 6988—1997)系列标准和《电气设备接线端子和特定导线端的识别及应用字母数字系统的通则》(GB 4026—1992)、《电气制图》(GB/T 6998—2008)系列标准。绘制电气控制电路中的图形符号和文字符号必须符合最新的国家标准。一些常用的电气图形符号和文字符号见附录 A。

### 1. 图形符号

图形符号是用于电气图或其他文件中表示项目或概念的一种图形、记号或符号,是电气技术领域一种最基本的工程语言。正确、熟练地掌握绘制和识别各种电气图形符号是识读电气图的基本功。

### 2. 文字符号

文字符号是表示和说明电气设备、装置和元器件名称、功能、状态和特征的字符代码,

用字母或字母组合构成,是重要的字符代码,分为基本文字符号、辅助文字符号及脚标。一些电气设备常用的基本文字符号见附录 B。

#### 1) 基本文字符号

基本文字符号采用单字母符号和双字母符号,单字母符号是按拉丁字母将电气设备、装置和元器件分为 23 大类(除去 J、I、O 容易混淆的三个字母),每一类用一个专用字母表示。

双字母符号是由一个表示种类的单字母符号和另一个字母组成。只有当单字母符号不能满足要求,需要将大类进一步划分时,才采用双字母符号,以便较详细地表述电气设备、装置和元器件。例如 Q 为开关电气的单字母符号,用 QS 表示隔离开关,而用 QF 表示断路器。基本字母符号不应超过两个字母。一些常用的电气图形符号和文字符号见附录 A。

#### 2) 辅助文字符号

为了表示电气设备、装置和元器件意见线路的功能、状态和特征,常在基本文字符号后面加上辅助文字符号,组成多字母符号,例如 GN 表示绿色,HL 表示指示灯,二者结合在一起 GNHL 就表示绿色指示灯,有时习惯用 GN 表示绿色,标注在图形符号处。

#### 3) 角标

如果在一个项目或控制系统中包含两个以上相同种类的电气设备、装置和元器件,应在文字符号后面加上角标以示区别。例如一个系统中包含两个按钮时,则应在文字符号 SB 后加上脚标,表示为 SB<sub>1</sub>、SB<sub>2</sub>。

## 3.2 接线端子标记

电气控制系统图中各电气接线端子用字母和数字符号标记,要符合国家标准 GB 4026—1983《电器接线端子的识别和用字母数字符号标记接线端子的通则》规定。

三相交流电源引入线用 L<sub>1</sub>、L<sub>2</sub>、L<sub>3</sub>、N、PE 标记。直流系统的电源正、负、中间线分别用 L<sub>+</sub>、L<sub>-</sub>、M 标记。三相动力电器引出线分别按 U、V、W 顺序标记。

三相感应电动机的绕组首端分别用 U<sub>1</sub>、V<sub>1</sub>、W<sub>1</sub> 标记,绕组尾端分别用 U<sub>2</sub>、V<sub>2</sub>、W<sub>2</sub> 标记,电动机绕组中间抽头分别用 U<sub>3</sub>、V<sub>3</sub>、W<sub>3</sub> 标记。

对于数台电动机,其三相绕组接线端标记以 1U、1V、1W; 2U、2V、2W; …以示区别。三相供电系统的导线与三相负荷之间有中间单元时,其相互连接线用字母 U、V、W 后面加数字表示,且用从上至下由小到大的数字表示。

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。

## 3.3 电气原理图

电气原理图是用国家统一规定的图形符号和文字符号表示各个电气元件的连接关系和电气控制线路工作原理的图。图中包括了所有电气元件的导电部件和接线端子,但并不是按照各电气元件的实际位置和实际接线情况绘制的。根据简单、清晰的原则,电气原理图是采用电气元件展开的形式绘制而成的图样,便于阅读和分析电路的工作原理。电

气原理图习惯上也称为电路图。

### 3.3.1 电气原理图的组成

电气原理图一般分主电路和辅助电路两部分。

(1) 主电路是设备的驱动电路,即从电源到电动机通过大电流的路径,一般由刀开关或组合开关、熔断器、接触器的主触点、热继电器的热元件和电动机等组成。

(2) 辅助电路包括控制电路、照明电路、信号电路及保护电路等。辅助电路中通过的电流比较小,一般不超过 5A。辅助电路通常由熔断器、主令电器、接触器的线圈及辅助触点、继电器的线圈和触点、热继电器的常闭触点、保护电器的触点和信号灯等组成。

由于在辅助电路中控制电路是最常用的,所以通常所说的电气原理图指包括主电路和控制电路。

### 3.3.2 电气原理图的图幅分区

在绘制电气工程制图时,图纸上需要限定绘图区域,用粗实线画出限定绘图区域,这个线框称为图框线。图框的格式分为留装订边和不留装订边两种,但同一产品图样只能采用一种格式。

绘制电气原理图时采用图幅分区的方式,便于迅速准确地查找图中某个电气元件及其各部分的位置。

图幅分区的方法:在图纸的四边画出图框线,边框和图框线之间的距离根据图纸的大小不同而不同,参阅《电气制图规则应用指南》,一般不留装订边的 A0、A1、A2 号图纸为 10mm,A3、A4 号图纸为 5mm。在图框线内将图纸的各边等分,等分的数目取决于图的复杂程度,每边必须为偶数,任何一边的长度的取值应为 25~75mm。横方向的边用阿拉伯数字编号,竖方向的边用大写的英文字母编号。编号的顺序从左上角开始,将图分成若干图区,图幅分区示例如图 3-1 所示。图中的分区为(25~75mm)×(25~75mm)的长方形,分区的代号由竖方向边的英文字母和横方向的数字组成,且英文字母在左、数字在右,例如 A1、B5 等。

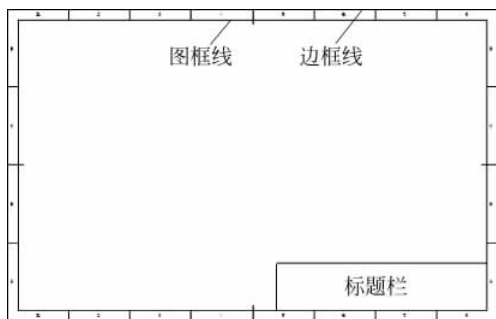


图 3-1 图幅分区示例

在电气原理图上方的图框线内的编号区域下面标出该区域中电路或电气元件的功能,便于读者检索电气线路,方便阅读和分析电路的原理,在电气元件的列表中标出该元

件所在分区的分区代号,可以方便读者迅速查找到该元件的位置。

### 3.3.3 电气原理图的绘制

电气原理图的布局安排应便于阅读分析,结构应简单,层次分明,触点和元件布置应合理,如图 3-2 所示的普通车床电气原理图。绘制电气原理图的基本原则如下。

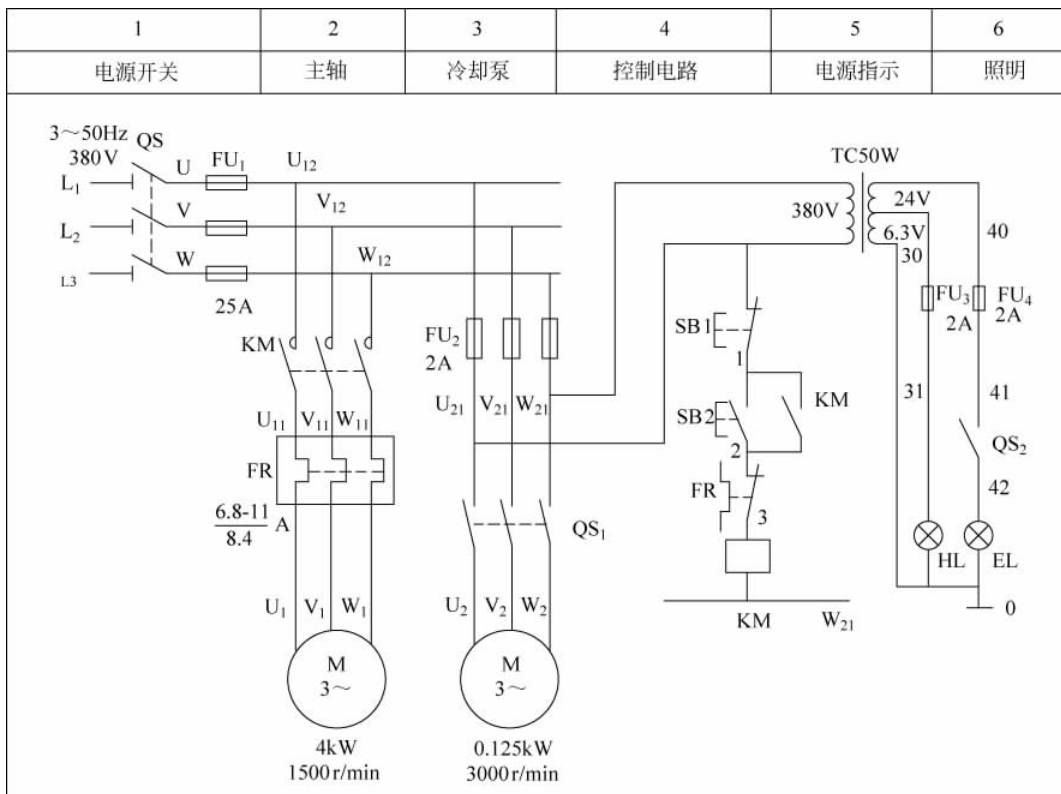


图 3-2 普通车床电气原理图

(1) 电气原理图可以水平布置也可以垂直布置。图中所有的电气元件必须采用国家标准中规定的图形符号和文字符号。采用垂直布局时,动力电路的电源线用粗实线绘成水平线,绘制在图纸的上部或左部;电动力设备和保护电器所在的主电路应垂直于电源电路画出;控制回路和信号回路应用细实线垂直地画在两条电源线之间,应绘制在图纸的右部或下部;耗能元件,包括线圈、电磁铁、信号灯等,应画在电路的最下面。

(2) 在电路原理图中,各电气元件应按动作顺序从上到下、从左到右依次排列,并尽量避免线条交叉。如果导线有直接电的联系,导线的交叉点要用实心圆表示。

(3) 主电路用粗实线绘制,在图纸的左部或上部;控制电路应用细实线绘制在图纸的右部或下部,在两条电源线之间;耗能元件(如线圈、电磁铁、信号灯等)应在电位低的一端;控制触点应在高电位的电源线与耗能元件之间。

(4) 所有电气设备的触点的状态均应按常态绘制。所谓常态是指电气元件没有通电或者没有外力作用时的状态,此时常闭触点闭合,常开触点断开。

(5) 对于一个电气元件可以采用展开图的画法,即同一元件的各个部分可以不画在一起。如将一个接触器的线圈和触点分开来画,分别画在主电路和控制电路中的不同位置,但同一电气元件的各个部分必须标以相同的文字符号。当使用多个相同类型的电器时,要在文字符号后面标注不同的数字序号加以区别,如  $KM_1$ 、 $KM_2$  等。

(6) 交流电压线圈不能串联。在电气原理图的下方附表中要列出接触器或继电器的线圈与触点的从属关系。在接触器和继电器的线圈的下方给出相应的文字符号,文字符号的下方要标注其触点的位置的索引代号,对未使用的触点用“×”表示。并标注该电气元件的图幅分区的代号。

### 3.4 电气元件布置图

电气元件布置图是用来表示电气元件在控制盘或控制柜中实际的安装位置。它是电气控制设备在安装、维护时必不可少的技术资料。

绘制布置图应遵循以下基本原则。

(1) 电气元件用粗实线绘制出简单的外形轮廓,并标上文字符号,电气控制柜的轮廓线用细实线或点画线绘制。

(2) 要绘出接线端子和接插件,并按顺序标出进/出线的接线号。

(3) 电气元件的布置要便于操作和日常维护。

(4) 布线要整齐、外形结构要美观。

(5) 发热元件安装在上部,要考虑发热元件的散热问题。

(6) 体积大、重量重的电气元件应在电气布置图的下部。

(7) 注意弱电的屏蔽问题和强电的干扰问题。

图 3-3 所示为普通车床的电气元件布置图。

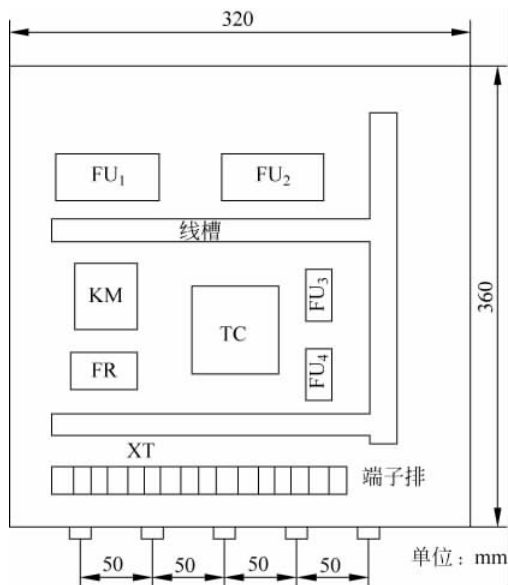


图 3-3 普通车床的电气元件布置图

### 3.5 电气接线图

电气接线图是用来表明电气控制线路中所有电器的相对位置、符号、端子号、导线的类型和截面面积等,标出各电器之间的接线关系和接线去向。电气接线图主要用于电气设备安装和线路维护。通常与电气原理图、电气元件布置图一起使用。图中的所有电气元件和配套设备等均采用简化图表示,但在其旁边需标注符号及技术数据。图 3-4 所示为普通车床的电气接线图。

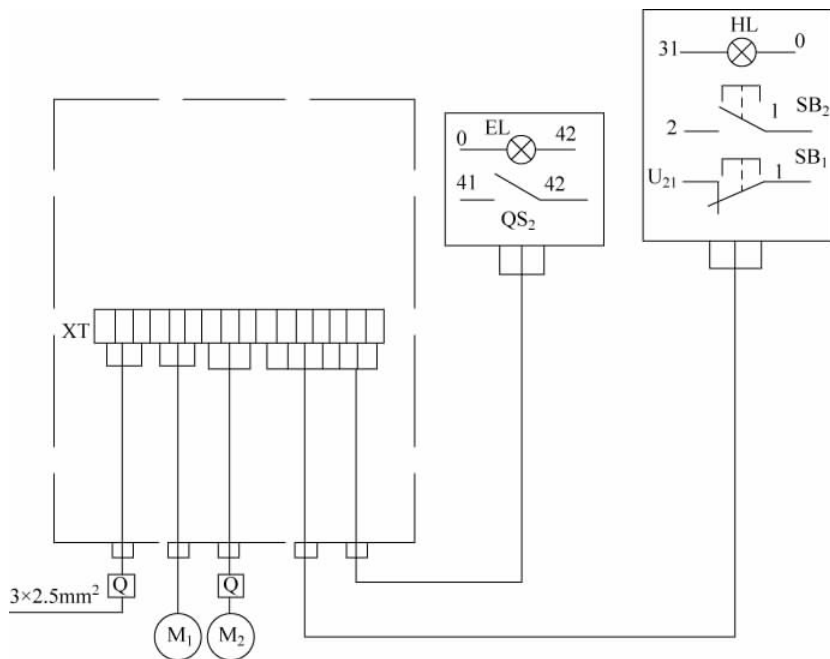


图 3-4 普通车床的电气接线图

根据表达对象和用途不同,电气接线图可以分为单元接线图、互连接线图 and 端子接线图。

绘制接线图时应遵循以下基本原则。

- (1) 接线图中各电气元件的位置应与实际安装位置一致,按照比例进行绘制。
- (2) 同一个电气元件的所有部件应画在一起,并用点画线框起来。当有多个电气元件画在一个框里时,表示这些电气元件在同一个面板中。
- (3) 接线图中各电气元件的图形符号和文字符号必须符合国家标准,必须与电气原理图一致。
- (4) 各电气元件上凡是需要接线的部件端子都应绘出,并且一定要标注端子编号,各接线端子的编号必须与原理图上相应的线号一致。
- (5) 同一根导线上连接的所有端子的编号应相同。
- (6) 同一控制柜内或盘上的电气元件可以直接连接,如果要与外部元件连接时,必须

经过接线端子板,且互连线应注明规格。

(7) 走向相同的相邻导线可以绘成一股线。在接线图中一般不表示导线的实际走线,施工时可由操作者根据实际情况选择最佳走线方式。

### 3.6 电气元件明细表

电气元件明细表是把成套装置、设备中各组成元件(包括电动机)的名称、型号、规格和数量等列成表格,供准备材料及维修使用。

### 3.7 电气图的识图

电气图的识图指对电气原理图、电气元件布置图和电气接线图的读识,以便于理解电气控制装置或系统的工作原理及电气元件的布置和电气的接线关系。

电气元件布置图和电气接线图的读识:工程技术人员在掌握了电气图形符号和文字符号含义的基础上,按照图中的标注仔细进行读识就可以理解电气元件布置的位置及电气接线的连接关系了。

电气原理图为了方便阅读和分析控制原理,绘制时采用“展开法”,即分为主电路和辅助电路两部分,主电路是电源向负载(通常为电动机)输送电能的电路,即电动机所在电路。辅助电路是对主电路进行控制、保护、监视和测量的电路,如图 3-2 所示为普通车床电气原理图。图中电气元件并不是按照实际的位置画在一起,而是根据电气元件在电路中所起的作用,画在不同的地方,但同一电气元件用相同的文字符号标识,图中所有电器的触头均按未通电时的常态画出。

在读识电气原理图时,应分清主电路和辅助电路,按照先看主电路再看辅助电路的顺序读图。通过读辅助电路的工作原理来研究主电路的控制程序。

#### 1. 主电路的识图

主电路的识图从电源开始,经控制电器到负载,如电动机等。例如三相电源  $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ →刀开关 QS→熔断器  $FU_1$ →接触器 KM 的主触点→热继电器 FR→电动机 M。

#### 2. 辅助电路的识图

辅助电路的识图应从下面几个方面着手。

- (1) 看辅助电路的电源种类,是交流还是直流。
- (2) 看电压等级,辅助电路从电源的两条相线上接线,为 380V; 如果一端接电源的相线上,另一端接在零线上,则为 220V。
- (3) 辅助电路的识图应从上到下,从左到右。即从电源的一端开始→熔断器  $FU_2$ →按钮、接触器线圈等电气元件到电源的另一端。
- (4) 读辅助电路的工作原理,从主令电器开始,按下起动按钮,看各个电气元件的动作对主电路的控制。

电气原理图的识图应从电气控制基本电路开始练习,由浅入深,循序渐进地学习、掌握电气图的读图方法,提高读图能力。

## 思考与练习题

1. 电气图包括哪几个,它们的作用是什么?
2. 绘制电气原理图时采用图幅分区的方式有什么好处?
3. 电气原理图中图幅分区的方法是什么?
4. 绘制电气原理图应遵循哪些基本原则?
5. 绘制电气布置图应遵循哪些基本原则?
6. 绘制电气接线图应遵循哪些基本原则?
7. 自己找几个电气图,练习识图,掌握读图方法。

# 继电器-接触器控制

为了实现某些控制要求以及人身和设备安全,人们采用自动或手动电器对电气设备进行控制,以继电器-接触器为核心的电气控制系统称为继电器-接触器控制系统。在电气控制系统中,三相异步电动机是最常见的被控制对象之一,三相异步电动机具有结构简单、价格便宜、坚固耐用、运行维护方便等优点,功率从数百瓦到数十千瓦,因此得到广泛应用。在实际生产中,三相异步电动机的数量占电力拖动设备总台数的 80% 以上。本章以三相异步电动机为被控对象介绍继电器-接触器电气控制系统。

## 4.1 基本控制电路

三相异步电动机的继电器-接触器电气控制系统的电路由主电路和辅助电路组成。辅助电路包括控制电路、信号电路和照明电路。由于在辅助电路中,控制电路是主要的电路,有的电气控制系统没有信号电路和照明电路,因此通常人们也说三相异步电动机的继电器-接触器电气控制系统的电路由主电路和控制电路组成。

### 4.1.1 点动控制

#### 1. 电路组成

电动机的点动控制电路是最简单的控制电路,图 4-1 所示为三相异步电动机点动控制电路。图中主电路刀开关 QS 起隔离作用,熔断器  $FU_1$  为短路保护,接触器 KM 的主触点(常开)控制电动机起动、运行和停车。控制电路中  $FU_2$  为短路保护,SB 为点动控制按钮(常开)。由于电动机只有点动控制,运行时间比较短,因此主电路不需要接热继电器作过载保护。

#### 2. 工作原理

使用时,先合上刀开关 QS,将电源引入主电路和控制电路。

当起动电动机时,按下点动控制按钮 SB,接触器 KM 的线圈得电,触点动作,主触点 KM 闭合,电动机 M 运行;松开点动控制按钮 SB,接触器 KM 的线圈失电,触点恢复常态,主触点 KM 断开,电动机 M 停止运行。可见,按下按钮电动机就转,松开按钮电动机

就停,这种控制方式称为点动控制。手动控制电动机间断工作。

## 4.1.2 连续控制

### 1. 电路组成

图 4-2 所示为三相异步电动机单向连续运行控制电路。主电路刀开关 QS 起隔离作用,熔断器 FU<sub>1</sub> 为短路保护,接触器 KM 的主触点(常开)控制电动机起动、运行和停车,热继电器 FR 为过载保护。控制电路中 FU<sub>2</sub> 为短路保护,SB<sub>1</sub> 为停车按钮(常闭),SB<sub>2</sub> 为起动按钮(常开),FR 为热继电器的常闭触点,接触器 KM 的常开辅助触点 KM 为自锁触点,使电动机 M 单向连续运行。

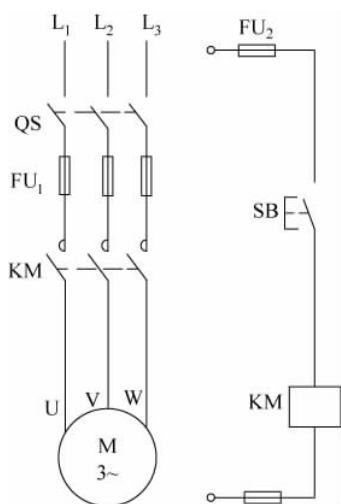


图 4-1 三相异步电动机点动控制电路

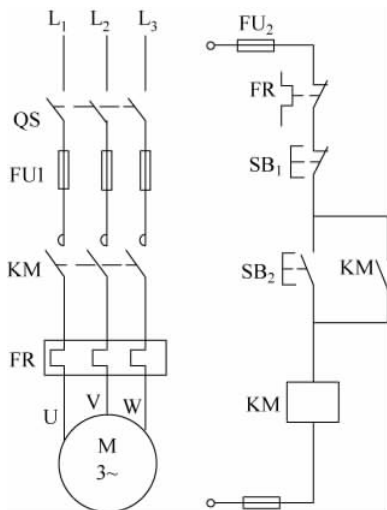


图 4-2 三相异步电动机单向连续运行控制电路

### 2. 工作原理

先合上刀开关 QS,将电源引入主电路和控制电路。

当起动电动机时,按下起动按钮 SB<sub>2</sub>,接触器 KM 的线圈得电,其触头系统动作,接触器 KM 的主触点 KM 闭合,接通主电路,电动机通电;接触器 KM 的辅助常开触点 KM 闭合自锁,电动机 M 连续运行;当松开起动按钮 SB<sub>2</sub>,由于与起动按钮 SB<sub>2</sub> 并联的接触器 KM 的辅助常开触点 KM 闭合,使接触器 KM 的线圈保持连续得电,确保电动机 M 连续运行。这种借助接触器本身的触点保持自己的线圈连续得电的现象称为自锁,起自锁作用的触点称为自锁触点,这部分电路为自锁电路。

若要使电动机停止运行,则要按下停车按钮 SB<sub>1</sub>,接触器 KM 的线圈失电,触点恢复常态,接触器 KM 的主触点 KM 断开,主电路断开,辅助常开触点 KM 也断开,使接触器 KM 的线圈不能自锁,电动机停止运行。

手动控制电动机起动后,利用接触器辅助触点实现自锁,使电动机连续运行,这种控制方式称为连续控制。

### 3. 保护环节

一个好的控制电路既要能够完成控制系统的控制要求,还要保证系统安全可靠。电